

SCCS 2021

**第十五届全国化学传感器学术会议**  
**化学生物传感新时代**

**论文摘要集**

**主 办:**中国仪器仪表学会分析仪器分会化学传感器专业委员会

**承 办:**化学生物传感与计量学国家重点实验室（湖南大学）

湖南大学化学化工学院

2021.11.13-15

湖南长沙





## 摘要目录集

化学测量学学科发展与 NSFC 的改革 王春霞, 国家自然科学基金委化学部	
极谱学发展促进现代电分析化学 汪尔康, 中科院长春应化所.....	1
生物燃料电池与自供能生物传感器的研究进展 董绍俊, 中科院长春应化所.....	2
分子医学助力健康中国 谭蔚泓, 湖南大学	
智能传感科技的今天与明天 陈洪渊, 南京大学.....	3
成组毒理学与细胞测试技术 江桂斌, 中科院生态环境研究中心	
单细胞分析化学 李景虹, 清华大学.....	4
纳米催化医学与纳米生物检测 施剑林, 中科院上海硅酸盐研究所	
动态核极化谱仪(DNP-NMR)的研制 刘买利, 中科院精密测量科学与技术创新研究院	
薄膜基光化学传感技术及其应用 张玉奎, 中科院大化所	
基于双偏振干涉方法的生物分子相互作用研究 杨秀荣, 中科院长春应化所.....	5
纳米生物表界面相互作用机制 赵宇亮, 国家纳米科学中心	
光驱动智能染料: 从靶标识别到肿瘤诊疗 彭孝军, 大连理工大学.....	6
框架核酸: 从分子创造到智能制造 樊春海, 上海交通大学	
Sensing by AIEgens 唐本忠, 香港中文大学(深圳)	
单/多细胞测温系统研究进展 顾宁, 东南大学.....	7
病毒与宿主相互作用的动态示踪 张先恩, 中科院生物物理所	
超高稳定量子点: 从生物分析基础研究到背光显示应用 庞代文, 南开大学.....	8
全面升级 雷磁新一代电化学分析仪 金建余, 上海雷兹	
微流控、柔性生物电子与医学应用 蒋兴宇, 南方科技大学.....	9
智能生物传感及癌症的纳米诊疗 张学记, 深圳大学.....	10
脑电信号的化学表达分析 田阳, 华东师范大学.....	11
Kinetically Orthogonal Probe for Simultaneous Measurement of H <sub>2</sub> S and Nitroreductase: a Refined Method to Predict the Invasiveness of Tumor Cell 梁琼麟, 清华大学.....	12
活体成像仿生纳米生物探针 谢海燕, 北京理工大学.....	13
氮化碳光电转换与分子传感 张袁健, 东南大学.....	14
利用无标记细胞整合药理学技术发现天然活性化合物 梁鑫淼, 中国科学院大连化学物理研究所...15	15
单细胞生物传感新方法 刘宝红, 复旦大学.....	16
新型光/电化学传感器构建及在食品安全检测中的应用研究 王坤, 江苏大学.....	17
可编程纳米孔单分子反应器 黄硕, 南京大学.....	19
新型金属气凝胶的设计及其可穿戴生物传感应用 文丹, 西北工业大学.....	20
用于即时检测的光学生物传感器的研究 段忆翔, 西北大学/四川大学.....	21
疾病标志物感应智能生物传感器研究与在体原位诊疗应用 叶邦策, 华东理工大学.....	22
活体单细胞的非靶向代谢分析及代谢调控研究 黄光明, 中国科学技术大学.....	24
微介入式生物传感 谢曦, 中山大学.....	25
基于磁微粒化学发光无透镜成像的数字 ELISA/基于 SERS 纳米标签的多元检测试纸条 赵祥伟, 东南大学	

食品小分子毒素免疫传感器的制备及应用 刘英菊, 华南农业大学	28
聚集诱导电致化学发光传感器 徐静娟, 南京大学	29
DNA-Bonded Colloidal SERS Hotspots 邓兆祥, 中国科学技术大学	30
面向生命健康的仿生化学传感器设计与分析应用 韩鹤友, 华中农业大学	31
单细胞测序视野下的肿瘤液体活检 施奇惠, 复旦大学	32
生物分子及细胞的超低场磁传感 姚立, 中国科学院化学研究所	33
智能单体光散射分析方法的构建和应用 黄承志, 西南大学	34
Study Cellular Uptake of Nanoparticles with Single Particle Tracking 何彦, 清华大学	35
多种单分子技术研究细胞膜结构 王宏达, 中科院长春应化所	37
多通道荧光相关光谱原位研究单个活细胞内蛋白泛素化和去泛素化过程 任吉存, 上海交通大学	38
基于生物发光的氧气成像及单个细菌 $K_m$ 值测量 王伟, 南京大学	39
等离子体质谱在生命科学分析探索中的应用 王建华, 东北大学	40
在天然细胞膜里膜蛋白的结构和动力学: 来自魔角旋转固体核磁共振的新视角 杨俊, 中科院精密测量科学与技术创新研究院	
Structural insights into molecular mechanism of aptamer recognizing ochratoxin A 李从刚, 中科院精密测量科学与技术创新研究院	41
基于磁共振调谐成像策略的活体致病菌分析 宋尔群, 西南大学	42
荧光成像的定量与高保真分析探索 舒杨, 东北大学	43
细胞代谢组学如何满足从群体细胞到少量细胞、单细胞和亚细胞的分析需求? 许国旺, 中国科学院大连化物所	44
Integrated omics studies for improved cancer differentiation using mass spectrometry with one tissue sample loading 陈焕文, 东华理工大学	45
基于能量状态差异的药物靶蛋白系统鉴定方法 叶明亮, 中国科学院大连化物所	
发现基于血液金属同位素指纹的疾病标志物 刘倩, 中国科学院生态环境研究中心	46
集成化样品前处理技术的发展及蛋白质组学应用 田瑞军, 南方科技大学	47
基于半导体纳米材料的单细胞水平 SERS 分析 郑婷婷, 华东师范大学	48
体液荷电物质的预处理 肖丹, 四川大学	49
仿生多尺度粘附界面材料 王树涛, 中国科学院理化技术研究所	51
电化学发发生化传感 苏彬, 浙江大学	52
无表面活性剂过渡金属磷化物多功能纳米结构: 保形制备及催化与传感应用 孙旭平, 电子科技大学	53
近红外光指导下的药物递送 李晓民, 复旦大学	54
基于金-硒构筑的金纳米探针用于生物传感 唐波, 山东师范大学	55
AIE 探针: 激活性与双亲型 朱为宏, 华东理工大学	
近红第二窗口活体多重成像分析 张凡, 复旦大学	56
激活响应型探针与生物成像分析 史海斌, 苏州大学	57
生物功能分子的多模态活体成像分析 叶德举, 南京大学	58
长波长光学探针与传感分析 (2021) 马会民, 中国科学院化学研究所	59
花菁荧光分子的理性设计 尤进茂, 曲阜师范大学	60

基于 CBT-Cys 点击反应的成像分析 梁高林, 东南大学.....	61
具有大斯托克斯位移的近红外荧光探针可准确检测活细胞和小鼠模型中的酶 颜 梅, 济南大学...	62
Fluorogenic probe for bioimaging and biosensing in living cells 王 璐, 复旦大学.....	63
基于有机染料的近红外光声成像探针的合成与应用 赵书林, 广西师范大学.....	64
面向脑科学的光电化学活体分析 刘志洪, 武汉大学/湖北大学.....	65
含氟纳米探针构筑及活体成像 汪乐余, 北京化工大学.....	67
内质网靶向的吡啶啉类光敏剂的设计及生物传感 仇 华, 河南师范大学.....	68
新型光学示踪探针的结构调控与成像应用 李 凯, 南方科技大学.....	69
Discovery of Fluorogenic Tools Enables Sensing and Functional Imaging of 4-Hydroxyphenylpyruvate Dio 杨文超, 华中师范大学.....	70
花青素及隐色体染料的光谱性能研究与应用 董 川, 山西大学.....	71
眼见为实的先进荧光活体成像技术-助力精准医学 王强斌, 中科院苏州纳米所	
高灵敏血液细胞分析用荧光探针 樊江莉, 大连理工大学.....	72
近红外荧光探针用于癌症标志物的成像检测 李春艳, 湘潭大学.....	73
难检测蛋白的荧光成像 苏冬冬, 北京工业大学.....	74
纳米材料的电致化学发光及其生物传感应用 鞠焜先, 南京大学.....	75
基于环介导等温扩增反应的高灵敏度分析方法 李正平, 北京科技大学.....	76
构建反应性拉曼增强检测体系及其 POCT 应用探索 杨海峰, 上海师范大学.....	77
原子尺度类酶材料设计及其生物传感应用 朱成周, 华中师范大学.....	78
增敏探针快速检测瘦肉精 王 丽, 西北农林科技大学.....	79
细胞表面分子标记与组装及生物传感应用 李根喜, 南京大学.....	80
基于手性纳米颗粒及其生物效应 匡 华, 江南大学.....	81
基于 CRISPR 技术的核酸检测新方法研究 李 颖, 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院...	82
基于功能核酸探针的生物传感与生化分析研究 金 燕, 陕西师范大学.....	84
铜纳米团簇在葡萄糖、生物硫醇检测中的应用研究 刘继锋, 天津科技大学.....	85
近红外水光谱探针及应用研究 邵学广, 南开大学.....	87
传感器与闭环智能给药系统 刘万卉, 烟台大学.....	88
DNA 纳米结构介导的核酸探针的构建及其生物学应用 孔德明, 南开大学.....	90
肿瘤微环境多靶标协同荧光传感体系的构建 李朝辉, 郑州大学.....	91
噬菌体修饰生物传感器的构建及其用于海洋弧菌检测研究 干 宁, 宁波大学.....	92
功能核酸探针新发展 杨荣华, 湖南师范大学.....	93
基于等离激元增强拉曼散射的单细胞分析及疾病诊断分析新方法研究 刘 震, 南京大学.....	94
核酸适配体分子识别体系设计及生物分析应用 袁 荃, 湖南大学.....	95
锁核酸共臂分子信标同时区分单核苷酸多态性序列 周翠松, 四川大学.....	96
基于磷脂组装体的人造细胞 韩晓军, 哈尔滨工业大学.....	97
活体化学传感原理和方法研究 毛兰群, 北京师范大学.....	
自参比电化学传感器用于单细胞器分析 江德臣, 南京大学.....	98
框架核酸界面化学及生物医学应用 左小磊, 上海交大医学院.....	99
微流控亲和筛选新方法 朱 志, 厦门大学.....	100

基于新型电化学发光材料的生物传感器性能提升策略 卓 颖, 西南大学	101
Ag <sup>+</sup> -硫醇环状配位聚合物的构建和光谱传感 江云宝, 厦门大学	103
眼部疾病的长时程靶向荧光成像分析与检测 何 耀, 苏州大学	104
酶调控型传感器用于空间选择性分子成像 李乐乐, 国家纳米科学中心	105
选择性检测氨基酸的电化学传感新方法 曹 忠, 长沙理工大学	106
新冠中和适体 宋彦龄, 厦门大学	107
智能 DNA 微凝胶传感体系构建与分析应用 郭玮炜, 南开大学	108
单细胞分析与功能调控 夏兴华, 南京大学	109
生物膜相互作用的谱学电化学分析及应用 姜秀娥, 中科院长春应化所	110
调控离子传输的活体分析 于 萍, 中国科学院化学研究所	
基于纳米催化功能材料的医学与环境传感监测器件的研究 王 桦, 曲阜师范大学/湖州师范学院	111
具有错误矫正功能的活细胞 microRNA 多重分析方法 董海峰, 深圳大学	112
人工细胞的化学构建与诊疗应用 刘剑波, 湖南大学	113
面向家庭实验室的微流控微量血样生化分析系统 方 群, 浙江大学	
<b>Circular DNzyme directed RNA-primed amplification for high-fidelity imaging of individual RNA molec</b> 赵永席, 西安交通大学	115
智能响应 DNA 纳米机器构建及其分析诊疗应用 刘 颖, 南京大学	117
非天然碱基助力功能核酸探针开发与应用 张力勤, 北京大学	118
基于 CRISPR/Cas 系统的新型生物感平台 周小明, 华南师范大学	119
高通量免标记基于孔板和 SPR 的免疫分析方法 周飞麟, 济南大学	120
循环脂蛋白组成定量分析及新发现 唐惠儒, 复旦大学	121
ICP-MS 单细胞分析 胡 斌, 武汉大学	122
复杂样品分离富集与识别传感一体化快速检测方法研究 李攻科, 中山大学	123
基于可变形材料的即时检测平台及其应用 李 菲, 西安交通大学	125
指纹化学成分的表面等离激子共振成像分析 陈 义, 中科院化学所/淮阴工学院	
生物分子的调控与识别 戴志晖, 南京师范大学	126
量子点探针制备及其在分析检测中的应用研究 何治柯, 武汉大学	127
基于磁性抗污染材料的比率型电化学生物传感器及在 CEA 精准检测中的应用 丁彩凤, 青岛科技大学	129
基于低温、室温氢敏传感材料和传感技术 杨大驰, 南开大学	130
外泌体高效分离分析 杨朝勇, 厦门大学	131
复杂生物体系的微量核酸测序 黄岩谊, 北京大学	
基于微流控技术的细胞外囊泡分离分析 孙佳姝, 国家纳米科学中心	132
基于核酸计算的分子诊断 韩 达, 上海交通大学	
超灵敏单分子动态传感技术 余 辉, 上海交通大学	133
正交上转换发光分析 梅青松, 暨南大学	134
基于微流控技术的细胞黏附强度对流体剪切力响应的研究 林金明, 清华大学	135
纳米多孔材料的创制及其储能和传感特性研究 孙立贤, 桂林电子科技大学	136

电化学反应过程的原位拉曼光谱分析 李剑锋, 厦门大学.....	137
In Situ AFM Imaging of Li-O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> Electrochemical Reactions 文 锐, 中国科学院化学研究所.....	138
纳米晶耦合探针的设计及活体成像 崔家斌, 苏州大学.....	139
化学高阶传感与多维校正的理论及应用 吴海龙, 湖南大学.....	140
纳米孔道限域电化学分析 龙亿涛, 南京大学	
$\pi$ -穴... $\pi$ 键和 $\sigma$ -穴... $\pi$ /lep 键在力感和圆偏振发光材料设计中的应用 晋卫军, 北京师范大学.....	141
Lateral Flow Nucleic Acid Biosensors 刘国东, 安徽科技学院.....	142
电化学超微电流测量芯片与阵列化 应佚伦, 南京大学.....	143
多核 MRI 在重大疾病与生命分析中的应用 周 欣, 中科院精密测量科学与技术创新研究院	
基于核磁共振方法的膜蛋白动态构象变化分析进展汇报 田长麟, 中国科学技术大学.....	144
细胞内蛋白质弱相互作用的检测研究 姚礼山, 中国科学院青岛生物能源与过程研究所.....	145
单颗粒分析与生物传感 刘成辉, 陕西师范大学.....	146
新型卤化物钙钛矿的电化学发光研究及其生物传感应用 朱俊杰, 南京大学.....	147
柔性可拉伸电化学生物传感 黄卫华, 武汉大学.....	148
材料全生命周期可视化分析 吕 超, 北京化工大学, 郑州大学.....	149
基于单层石墨烯电极的单细胞电子转移研究 陈子轩, 南京大学.....	150
可抛式电化学适配体传感器设计及典型霉菌毒素灵敏检测研究 钱 静 , 江苏大学.....	151
卟啉类电化学发光传感器的研究 卢小泉, 西北师范大学.....	152
基质辅助制样新技术在 MALDI 质谱成像中的应用研究 张书胜, 郑州大学	
常压质谱传感与超灵敏生物标志物分析 白 玉, 北京大学.....	153
用于生物医学检测的纳米电化学生物传感与有机小分子荧光探针研究 贾能勤, 上海师范大学.....	154
电池材料制备、梯次利用与再制造过程中的原位检测方法 徐盛明, 清华大学.....	156
DNA 表观遗传修饰的精准分析 汪海林, 中国科学院生态环境研究中心.....	157
纳米材料生物组织亚器官质谱成像研究 聂宗秀, 中国科学院化学所.....	158
重金属污染与环境健康 林 璋, 中南大学.....	160
基于纳米材料精准设计的生物传感分析 渠凤丽, 中国科学院基础医学与肿瘤研究所	
单细胞异质性的质谱分析研究 张新荣, 清华大学.....	161
基于单壁碳纳米管的生物传感器 吴海臣, 中科院化学所化学所	
基于新型金属有机框架复合物的光催化二氧化碳还原 刘松琴, 东南大学.....	162
Pt <sub>0</sub> 与 PolyA/-SH 双作用力介导的稳定修饰及探针构建 卿志和, 长沙理工大学.....	163
基于质谱的蛋白质糖基化分析新方法 陆豪杰, 复旦大学.....	164
基于髓过氧化物酶的 DNA 磷硫酰化位点切割 张四纯, 清华大学.....	165
无酶型单量子点传感器检测 miRNA 和 lncRNA 的研究 张春阳, 山东师范大学.....	166
基于噬菌体展示的病原微生物检测 刘爱骅, 青岛大学.....	167
DNA 自组装与生物传感 晁 洁, 南京邮电大学.....	168
活体原位自组装生物纳米材料 王 浩, 国家纳米科学中心.....	169
基于 G 四联体荧光复合物的生物成像研究 聂 舟, 湖南大学.....	171
基于导电功能材料的多组分传感分析研究 张 闽, 华东师范大学.....	172

基于聚合物基质的双级靶向荧光纳米探针构建及细胞成像研究 张培盛, 湖南科技大学.....	173
基于活性氧调节策略的纳米探针 逯乐慧, 中国科学院长春应用化学研究所.....	174
人工智能助力的拉曼光谱技术 任 斌, 厦门大学	
杂化荧光生物探针及其疾病早期检测性能 李永生, 华东理工大学.....	175
聚集诱导型分子复合结构探针在生物成像分析中的应用 王 卓, 北京化工大学	
生物体内活性硫物质的光学探针与传感分析 陈 巍, 华中科技大学.....	176
新型稀土配合物智能发光材料研究 唐 瑜, 兰州大学.....	177
光学活性纳米探针及生命分析 徐丽广, 晋传来.....	178
针对爆炸物和有机磷神经毒剂等危险物质的可视化荧光探测方法研究 张 奎, 安徽工业大学.....	179
基于限域效应的铜纳米簇荧光探针的制备及应用 贾 琼, 吉林大学.....	180
可穿戴自供能电化学传感器研究 朱 楠, 大连理工大学.....	181
新型 SERS 器件用于水体中敌草快的检测 曹 玥, 南京医科大学.....	182
基于乳液模板和智能手机构建的集成式天然酶-纳米酶多级孔水凝胶农残传感平台 牛湘衡, 江苏大学.....	183
基于碳纳米毛细管电极的单细胞电化学分析 潘荣容, 南京大学.....	184
可实现原位除垢的片上声电化学传感系统 牛鹏飞, 天津大学.....	185
分子印迹聚合物基离子选择性电极在环境监测中的应用 梁荣宁, 中科院烟台海岸带研究所.....	187
自供能生物传感器的研制及多目标物同时检测应用研究 魏 婕, 江苏大学.....	188
基于新形状光纤的高灵敏局域表面等离子共振的生物传感器 罗泽伟, 西北大学.....	189
结合电化学分析技术和质谱分析技术用于细胞分析 徐加泉, 东华理工大学.....	190
探究不同尺寸的纳米火焰在外泌体分析中的影响及应用 孟红敏, 郑州大学.....	191
有机大环半导体材料与纸基无创气体传感芯片 朱沛华, 济南大学.....	192
系列近红外二区荧光探针平台分子的构建 雷祖海, 复旦大学.....	193
稀土上转换纳米颗粒微观表面性质和能量转移新机制研究 任 伟, 陕西师范大学.....	194
肿瘤免疫微环境可视化及响应治疗 张 燕, 华中科技大学.....	195
多功能纳米材料设计用于活性氧相关疾病研究 穆 婧, 北京大学深圳医院.....	196
细胞内源组分辅助荧光放大与高灵敏生物成像分析 杨 盛, 湖南师范大学.....	197
基于生物分子创建的生物分析与成像新方法研究 雷春阳, 湖南大学.....	198
四面体结构动态网络检测冠状病毒及其多编码逻辑门应用 潘家峰, 广东省科学院生态环境与土壤研究所.....	199
基于新型荧光纳米材料的生物医学传感应用 岑 瑶, 南京医科大学.....	200
基于 DNA 分子网络的精准肿瘤免疫诊疗 杨 宇, 上海交通大学.....	201
基于噬菌体的细菌分离与电化学检测方法构建 周 彦, 西安交通大学.....	203
基于光阴极与 DNA 扩增反应的光电化学传感 邓克勤, 湖南科技大学.....	204
有机场效应晶体管在早期癌症诊断中的应用 程姗姗, 天津大学.....	206
新型光电纳米材料的设计及其生物传感研究 刘红艳, 西南大学.....	208
二元 Au 合金表面微-纳米结构薄膜的电化学制备及其电分析应用 夏 悦, 湖南师范大学.....	209
基于四链核酸的分析研究 周 俊, 南京大学.....	210
共价有机框架的制备及其在光电方面的应用研究 王科伟, 山西大同大学	

光电化学纸芯片与传感分析 张彦, 济南大学.....	211
基于声流控平台的三元发射可视化分析新策略 张丽颖, 南京医科大学.....	212
基于 Ni-Co MOF 的纸基电化学生物传感器用于肿瘤 POCT 检测 舒韵, 扬州大学.....	214
以金微管电极测量电化学发光层厚度并解析发光机制 郭维亮, 南京师范大学	
自泵 (self-pumping) 织物用于促伤口愈合和体表热管理 时连鑫, 中国科学院理化技术研究所...	215
单分子尺度葫芦脲光反应过程研究 杨扬, 厦门大学.....	216
单原子纳米酶的结构设计与生物分析应用 叶代新, 上海大学.....	217
基于金簇纳米酶活性的检测及生物应用 姜晖, 东南大学	
单颗粒和单细胞层面的电化学发光分析 马诚, 扬州大学.....	218
便携光电传感器的研制及在食品/环境检测中的应用 郝楠, 江苏大学.....	220
构建碳点纳米复合材料新型电化学传感器 黄启同, 赣南医学院.....	221
单原子纳米酶检测生物小分子研究 胡芳馨, 苏州科技大学	
<b>Carbon Nanotube Labeled Lateral Flow Assay for the Rapid Detection of Aflatoxin B1</b> 邱万伟, 安徽科技学院.....	222
载脂蛋白 E 的基因分型与癌细胞检测 衣馨瑶, 中南大学.....	223
基于构象熵驱动的 DNA 组装的荧光传感器检测 SARS-CoV-2 抗原的研究 周琛, 四川大学.....	224
三重态湮灭上转换生物探针设计与应用 黄灵, 南开大学.....	226
基于光子晶体增强效应的纳米簇传感器的制备和应用 刘蓉, 湖南城市学院.....	227
基于酶生物催化沉淀的氯霉素适配体电化学发光传感器研究 康天放 贺彰瑾, 北京工业大学环境与生命学部.....	228
一种调整聚(离子液体)的相变和发光行为实现视觉温度传感的新策略 尹娜娜, 东北大学理学院化学系.....	229
基于氧化还原探针的固态离子选择性电极电流读出技术研究 尹坦姬, 中国科学院烟台海岸带研究所.....	230
二维仿生纳米通道的热电阈值响应 刘姗姗, 浙江大学.....	232
<b>A membrane-activated fluorescent probe for imaging mitochondrial membrane potential and morphology</b> 林博, 东北大学理学院.....	233
基于 rGO@MoS <sub>2</sub> 修饰的 3D 柔性电极免疫传感器对大肠杆菌快速灵敏性检测 戈瑞, 集美大学海洋食品与生物工程学院.....	234
基于超高密度微孔阵列电极的空间分辨电化学发光成像 丁家连, 浙江大学.....	235
微米线电极用于电化学发光层成像及反应机理解析 傅文轩, 浙江大学化学系.....	236
一锅法合成铁磁性-MoS <sub>2</sub> -碳点纳米材料用于丝网印刷电极电化学检测抗坏血酸、多巴胺和尿酸 吴鹏, 上海第二工业大学.....	237
NAD(P)H 探针用于肿瘤能量代谢过程中的双模态成像和光热治疗 王之卿, 湘潭大学.....	238
基于四面体 DNA 纳米结构的比率型赭曲霉毒素适体传感器的研制 杨云慧, 云南师范大学.....	239
一种双波长比率电化学发光免疫传感器用于灵敏检测人血清中 $\beta$ -淀粉样蛋白 覃东庙, 广西师范大学.....	241
基于电位分辨电化学发光共振能量转移策略同步检测神经元特异性烯醇化酶和.....	242
TBAPy 基双模分离式免疫传感器用于超灵敏检测 $\alpha$ -SynO 高瑶, 吉林大学化学学院.....	243

单细胞 AP 位点的超灵敏识别: 多色信号监测 冯北斗, 河南师范大学.....	244
双功能 MOF 用于苯二胺异构体的识别 夏颖慧, 曲阜师范大学化学与化工学院.....	245
基于铁钴氮共掺杂碳点的双读分析法定量检测尿酸 黎帆, 南昌大学.....	246
基于铂纳米粒子结合 AHNSA 荧光探针及酶抑制法检测甲基对硫磷 王慧雯, 南昌大学.....	247
基于单链回文 DNA 构建的 siRNA 纳米载体用于肿瘤细胞靶向治疗的研究 吴静挺, 福州大学化学学院肿瘤转移预警和预防研究所.....	248
基于铜纳米簇荧光探针及酶抑制法检测有机磷农药 彭邹君, 南昌大学.....	249
单碱基错配级区分 microRNA 以可靠地评估肿瘤分期 刘伟, 西南大学.....	250
Glucose-derived carbon nanospheres with highly electrocatalytic activity for ultrasensitive detectio 雷鹏, 山西大学.....	252
多色荧光碳点的制备及其对盐酸小檗碱的高灵敏检测 贾晶, 山西大学.....	253
基于碳点的聚集诱导发光特性对卡托普利的灵敏检测 崔赛, 山西大学.....	254
CuO@MWCNTs 纳米复合材料作为非酶葡萄糖传感器研究 赵珊, 山西大学.....	255
基于 DNAzyme 介导的分支迁移构建多层逻辑电路 邓芳, 广东省科学院生态环境与土壤科学研究所.....	256
蒽醌类席夫碱金属络合物用于焦磷酸根的传感研究 赵晨, 山西大学.....	257
Y 型分支 DNA 多位点银纳米簇的构筑及其比率荧光生物传感 杨春丽, 西南大学化学化工学院发光分析与分子传感教育部重点实验室.....	258
过氧化物酶活性 Cu <sub>2-x</sub> Se@PSS 的合成及其在谷胱甘肽检测中的应用 颜国娟, 倪欢欢, 邹鸿雁, 西南大学药学院.....	260
基于二氰基异弗尔酮的比率荧光探针用于次氯酸根离子的传感研究 孔祥宇, 山西大学.....	261
基于吩嗪-咪唑的 Cd <sup>2+</sup> 离子比率荧光探针及其在生物成像中的应用 王建华, 山西大学化学化工学院.....	262
基于 AIE 效应的三苯胺基吡啶类荧光探针的合成及应用 田小永, 东华大学.....	263
酶触发的 DNA 纳米机器在电化学核酸适体传感器中的应用 杨通、李紫滢, 云南师范大学化学化工学院.....	265
肿瘤微酸环境和胞外 ATP 双激活型三维 DNA 纳米机器人用于活体肿瘤成像研究 袁昆, 郑州大学化学学院.....	266
基于无酶放大技术的试纸条用于 miRNA 的高灵敏分析 孙洪志, 郑州大学化学学院.....	267
Primary Aromatic Amines Derived Carbon Dots Based on Diazo Coupling for Optical Dual-Mode and Smartp Xiaojuan Gong (弓晓娟), 山西大学.....	268
构建高负载和高集成的 3D DNA 纳米机器用于 miRNA-21 的灵敏检测 孔令琪, 西南大学化学化工学院.....	269
基于区域识别原理对活细胞中的前体和成熟 microRNA 进行同时定量、定位的灵敏荧光成像检测 周杰, 西南大学化学化工学院.....	270
在低激发电位下具有高稳定阴极电致化学发光的钾掺杂石墨相氮化碳用于 MicroRNA 灵敏分析 刘琳蕾, 西南大学化学化工学院.....	271
基于横向 HCR 反应构建超灵敏传感器用于 HIV-DNA 的检测 刘捷, 西南大学化学化工学院.....	272

精密设计的多臂 DNA 纳米装置用于肿瘤标志物蛋白 MUC-1 的高效高灵敏电化学检测 胡文曦, 西南大学化学化工学院.....	273
基于双重信号增强的高效湮灭电致化学发光金纳米团簇 朱小春, 西南大学化学化工学院.....	274
基于硼氮双掺杂碳点的三元电致化学发光体系用于乙肝病毒 DNA 的灵敏检测 郭雨卓, 西南大学化学化工学院.....	275
DNA 甲基化转化扩增触发 DNA 酶马达以实现其高效鉴定 赵美玲, 西南大学.....	276
基于双金属簇作为前体合成 Mn 掺杂 CdS@ZnS 核壳结构量子点作为高效的电致化学发光体用于 microRNA-let-7a 的灵敏检测 羊钰婷, 西南大学化学化工学院.....	277
以 3D g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 为发光体, 溶解氧为共反应试剂构建的对 miRNA 灵敏检测的生物传感器 曹维维, 西南大学化学化工学院.....	278
基于网状 DNA 结构的可编程触点开关电化学生物传感器用于三磷酸腺苷的检测 柳莹, 西南大学化学化工学院.....	279
MOF 衍生的膨化米饼状多孔碳作为无金属电极材料对 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 的灵敏检测 李君, 长沙理工大学.....	280
络合阵列微流控纸芯片同时检测多种重金属离子 沈晓芳, 江南大学.....	281
超快响应和高灵敏度的钉掺杂二氧化锡纳米管丙酮气体传感器 李瑾, 华南师范大学华南先进光电电子研究院先进材料研究所.....	282
硫酸修饰对 MOF 衍生的 ZnO 材料的丙酮传感性能的影响 冼建标, 华南师范大学华南先进光电研究院先进材料研究所.....	283
刚性平面 DNA 三角架原位生成光活性 3D 纳米球实现 miRNA 超灵敏检测 肖明君, 西南大学化学化工学院.....	284
基于 SnS <sub>2</sub> 量子点聚合物空心纳米微球和铌纳米棒构建 ECL 比率传感器检测 cTnI 赵晋文, 陈时洪, 西南大学化学化工学院.....	285
纳米金-量子点比率荧光传感器构建及核酸检测 赖其珍, 吉邢虎, 何治柯, 武汉大学.....	287
基于杂交链式反应及 DNA 功能化 QDs 检测凝血酶 盖兰, 吉邢虎*, 何治柯, 武汉大学.....	288
双向电催化功能的 MnO@C 纳米复合材料作为信号放大用于癌症生物标志物的双信号电化学传感 刘凤平, 广西师范大学.....	289
基于铜络合物构建的复合纳米药物用于协同抗肿瘤治疗以及余辉成像 赵迪, 郑州大学.....	290
基于中空 In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> 纳米柱的分子印迹光电化学传感器应用于谷胱甘肽的检测 刘栋青, 上海师范大学.....	291
基于 CdS@Cu <sub>2</sub> O 异质结构纳米复合材料的分子印迹光电传感器用于细胞色素 c 的高灵敏度检测 孙璟, 上海师范大学.....	293
过氧化氢响应的血小板仿生脂质体探针用于动脉粥样硬化的早期检测 刘博, 南开大学.....	294
Plasma-assisted nitrogen doping into MoS <sub>2</sub> as efficient nanozymes with enhanced catalysis 冯路平, 哈尔滨工业大学.....	295
A highly sensitive and visible-light-driven photoelectrochemical sensor for chlorpyrifos detection u 张立享, 哈尔滨工业大学.....	297
单细胞水平上动态检测内源性羟基自由基 吴绍君, 南京大学.....	299
智能 DNAzyme 探针用于捕获和选择性释放多种循环肿瘤细胞 张倩莹, 南京大学.....	300

超分子杂多价传感阵列 胡心悦, 南开大学.....	302
超分子传感阵列判别蜂蜜 田嘉宏, 南开大学.....	303
通过纳米颗粒微操作的动态单分子检测快速和超灵敏的生物标志物 曾 强, 上海交通大学.....	304
基于银纳米颗粒及其丁达尔效应的人体尿液中 肌酐含量的高灵敏比色检测新策略 孙 焱, 桂林理工大学.....	305
基于双功能 MIL-53(Fe)纳米酶的胆固醇无标记荧光检测新方法 高 谦, 桂林理工大学.....	306
基于丁达尔效应的蛋白质纳米传感新方法 莫小梅, 桂林理工大学.....	307
基于微孔阵列的单颗粒光催化研究 高 佳, 南京大学.....	308
内滤介导生物发光探针及氧化还原循环监测 杨 盛, 长沙理工大学/湖南师范大学.....	310
MXene@Ag 基比率型电化学传感策略用于高效检测蔬菜样品中的多菌灵 钟 蔚, 江西农业大学.....	311
合成 C18 修饰孔道的介孔二氧化硅包裹磁性石墨烯复合材料用于氯丙嗪的选择性富集和检测 杨兴东, 南京大学化学化工学院.....	312
ZnO@rGO 负载姜黄素对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制机制研究 刘玲红, 南昌大学化学学院.....	314
可抛式适配体传感芯片设计及其多种典型霉菌毒素同时检测研究 钱 静, 江苏大学化学化工学院.....	315
磁性纳米载体原位生长 MoS <sub>2</sub> 纳米片构建的荧光生物传感器: 可消除背景波动的影响 钱静, 江苏大学化学化工学院.....	316
基于 CRISPR 系统的基因兴奋剂快速检测新方法研究 闫嘉宇, 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院.....	317
3D 微环境硬度促进单细胞 MMP-9 的分泌及基质降解 赵 银, 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院.....	319
Linear poly-thymine probe-based coupling of autocatalytic target recycling with nonlinear DNA assemb 王 杰, Hefei First People's Hospital, Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, 230032, .....	320
适配体功能化的金属有机框架用于外泌体快速可视化检测 丁子玲, 东北大学.....	321
基于磷酸盐柱[5]芳烃与亚甲基蓝主客体识别作用构建 T4 多聚核苷酸激酶电化学传感器 张艳丽, 云南民族大学.....	322
基于生物条形码和核酸等温扩增技术构建电化学生物传感器用于蛋白激酶的检测 张艳丽, 云南民族大学.....	324
基于 PEDOT 修饰的 Fe-MOF 马拉硫磷有机光电化学晶体管 适配体传感器构建与应用研究 丁丽君, 江苏大学.....	326
成像检测疾病过程中高尔基体氧化应激水平 王 慧, 山东师范大学.....	327
MMP-independent near-infrared probes for real-time monitoring mitochondrial viscosity 孔凡鹏, 山东师范大学.....	328
铜系-有机框架材料的制备及其在荧光检测中的应用研究 翟小永, 兰州大学化学化工学院.....	329
AuNRs@Tb-MOF 智能发光纳米探针用作荧光测温 以及癌症光热, 化疗的组合治疗 张 彤, 兰州大学.....	330

可控的自组装纳米探针用于原位高保真光声成像 (Controllable Assembly based Molecular Probes that Can Eliminate Off-Site Resp)	樊晓朋, 湖南大学	331
基于钕(II)配合物嫁接的中空多级孔 MOF 构建 ECL 传感器实现凝血酶的灵敏检测	黄 维, 中山大学	333
Atomically unveiling the structure-activity relationship of biomacromolecule-metal-organic framework	童琳净, 中山大学	334
氢键生物杂交框架衍生的碳纳米酶用于生物标志物的传感	叶倪茹, 中山大学	335
一种类超氧化物歧化酶的纳米酶传感器用于磷酸化蛋白的检测	吴 童, 中山大学化学学院	336
基于奶制品碳量子点的制备及其表征研究	白小莲, 内蒙古师范大学	337
取代基团对 P 型有机材料的影响	李春伶, 兰州大学化学化工学院	338
基于四苯乙烯衍生物和葫芦脲荧光探针的构建及对百草枯的检测	袁茂森, 西北农林科技大学化学与药学院	339
基于酶@HOFs 杂交材料的自驱动微纳米马达实现肿瘤标记物的高效萃取	杨煌盛, 中山大学	340
快速检测海水中汞离子的拉曼芯片	郑强廷, 上海师范大学	341
基于 DNA 分子筛的尺寸选择性分子识别策略及其 microRNA 精准检测应用	殷 焱, 湖南大学化学化工学院	342
固体接触式聚合物膜钾离子选择性电极的制备与应用	曹 忠, 长沙理工大学	343
卷烟纸中钠离子含量的测定	曹 忠, 长沙理工大学	344
用于检测 L-半胱氨酸的钴酸锌复合膜电极	曹 忠, 长沙理工大学	345
基于 UWP 低功耗蓝牙的无线监测系统研究	曹 忠, 长沙理工大学	346
基于包埋金纳米簇 DNA 水凝胶的 ATP 引发双模式传感器用于海水中副溶血性弧菌快速检测	贾志舰, 宁波工程学院	347
内质网靶向酪氨酸酶比率荧光探针研究	谢文智, 长沙理工大学化学与食品工程学院	348



# 极谱学发展促进现代电分析化学

汪尔康

中国科学院长春应用化学研究所电分析化学国家重点实验室  
长春市人民大街 5625 号, 长春 吉林 130022

1922 年 J. 海洛夫斯基发明了极谱, 1924 年他与日本人志方益三发明了极谱仪. 继而他和他的领导的布拉格极谱学派实奠定建立了极谱学基础和应用. 推导出在增长着的汞滴(滴汞电极)界面的各类电极过程包括扩散, 动力, 慢电极反应, 吸附及极谱极大等过程; 发展推广各类技术方法如示波极谱, 极谱流动分析, 悬汞电极等在实际中广泛应用. 1959 年基于海洛夫斯基在极谱学的科学成就获得了诺贝尔奖.

极谱学的发展也催生现代电分析化学的前进, 并与各类分析分离技术方法结合诸如各类光谱波谱电分析化学, 电化学扫描探针显微镜, 色谱和离子交换电分析化学, 毛细管电泳电分析化学以及电化学发光和毛细管电泳电化学发光等. 电分析化学的电极过程基本上可基于极谱基础. 只是电分析化学所用工作电极比极谱中所用的滴汞电极在理论计算方面处理会简便些. 现代电分析化学多用固体电极易于功能化制成化学修饰电极, 制成传感器, 也便于小型化, 制成微电极, 制成芯片易于实现流动分析和现场分析.

近七十年来, 我们在这些方面长期从事较系统的基础和应用推广工作. 将举例报告.

# 生物燃料电池与自供能生物传感器的研究进展

董绍俊

电分析化学国家重点实验室  
中国科学院长春应用化学研究所, 130022, 长春

酶生物燃料电池 (EBFCs) 是一类以酶为催化剂将生物质化学能转化为电能的绿色能源转化装置。围绕 EBFCs, 我们开展了以下两方面的研究:

有关 EBFCs 自供能生物传感器: 注重在微小型能源器件、自供能传感分析及可穿戴设备领域中的应用研究。利用折纸和纸芯片技术, 将 GOx (或 GDH) 阳极与电容电极 MnO<sub>2</sub> 组装, 构筑了小型化 EBFCs, 具低能耗、高效率、可一次性使用等优点。近期, 我们将生物电催化甲醛氧化与普鲁士蓝电致变色结合, 构筑一种由阴极颜色变化 (PB / PW) 指示体系甲醛 (液相/气相) 含量的自供能生物传感器。在可穿戴设备研究中, 将 LOD 阳极与 PTh 光阴极组合, 构筑成乳酸/空气光生物燃料电池的自供能生物传感器, 实现汗液中乳酸浓度及环境中光照强度的同时监测。所获数据通过蓝牙装置传递到智能手机, 向佩戴者实时反馈监测信息。

有关 EBFCs 的功能发展研究: 构筑了一系列酶生物光电化学体系, 着重研究生物电催化与光电催化反应的交叉结合, 提升 EBFCs 的整体性能。设计构筑基于水/氧循环的生物光电化学池, 实现了体系无燃料状态下太阳能与生物质化学能向高质量清洁能源的同时转化。同时, 针对昼夜更迭引起的光源间歇问题, 将 PPy 电容电极引入水/氧循环体系中, 实现了对太阳能的连续存储与转化, 为解决光照间歇所引起的能源转化不连续问题提供了一个可行性的策略。

**关键词:** EBFCs, PBFCs, Biosensor, Self-powered biosensor, Solar Energy

**致谢:** 感谢国家科技部, 国家自然科学基金委员会, 电分析化学国家重点实验室的资助和支持; 感谢实验室老师和同学们的科研贡献。

**参考文献:**

[1] Biosens. Bioelectron., 2021, 177, 112975; ACS Sens., 2019, 4, 2631

[2] Angew. Chem. Int. Ed., 2018, 57, 1547; J. Am. Chem. Soc., 2019, 141, 16414

# 智能传感科技的今天与明天

陈洪渊

南京大学

Email: hychen@nju.edu.cn

报告分五个部分：

- 1.智能传感在智能制造中的重要性
- 2.智能传感器的发展现状
- 3.智能传感器的发展趋势
- 4.纳米孔道单分子智能传感器的发展
- 5.结束语-寄语

该报告从传感器的一般概念出发，明确地指出传感器是测量的眼睛和手臂，也是智能制造的第一方阵和前沿战线，并扼要地阐述了它所依靠的数理基础；在 2.“传感器的发展现状”中，则从个体传感器的分类开始：即从物理、化学、生物等类型分述，由个体的智能传感上升到传感的集成化，类比于神经网络等等。在 3.“智能传感器发展的未来趋势”中，阐述传感器如何与物理世界相通，即构建物联网及其深化发展；引进与生命对话，构建人机界面等等。在 4.纳米孔道单分子智能传感器的发展：结合本实验室和本课题组的工作，分别介绍关于纳米孔道电化学传感器和纳米孔道荧光传感器。在结束语中，借本人在 2018 年在两院院士大会上的《寄语》来表述对与会中青年学者的期望。

不当之处，谨请指正为盼。祝好！

# 单细胞分析化学

李景虹

清华大学化学系，北京 100084

\*Email: [jhli@mail.tsinghua.edu.cn](mailto:jhli@mail.tsinghua.edu.cn)

“单细胞生物学”是未来若干年生命科学发展的一个重要研究方向。分析化学能否提供准确可靠的分析方法和仪器设备，满足“单细胞生物学”未来发展的需要，是对分析化学学科发展的一个重要的机遇与挑战。单细胞的生物传感与成像分析提供了单细胞组成、结构和性质方面的丰富信息，使人们能够更好地在分子水平上了解生物分子在活细胞中的功能和作用，认识重要生物过程和信号传导机制，对及时发现疾病早期的分子异常及病理演变提供可行方法。

# 基于双偏振干涉方法的生物分子相互作用研究

杨秀荣

中国科学院长春应用化学研究所，电分析化学国家重点实验室

长春人民大街 5625 号，130022

Email: xryang@ciac.ac.cn

研究生物分子之间的相互作用，可以从分子水平上了解生命现象，对于我们认识人类自身、发现致病机制以及治疗途径等都具有非常重要的理论和现实意义。

双偏振干涉（DPI）方法是近年发展起来的研究生物分子相互作用的分析方法。它是基于生物分子在相互作用过程中质量、构象、密度的变化而探讨生物分子相互作用的定量关系、分子机制、以及动力学的分析方法。DPI 方法也能应用于不同的研究领域如：生物纳米、表面科学、药物发现、脂质研究等。

我们课题组在应用双偏振干涉方法(DPI)研究生物分子相互作用方面进行了探索，特别在应用 DPI 方法对 DNA 与药物分子、DNA 与金属离子相互作用方面进行了研究。近期我们还应用 DPI 研究了 A $\beta$  蛋白与受体、A $\beta$  蛋白与 Apo E 亚型的相互作用，有助于理解为什么 Apo E4 有更高的患阿尔茨海默症的风险。

感谢国家自然科学基金（No. 2162780047）的支持。

关键词：分子识别；生物分子相互作用；DNA；蛋白质

## 光驱动智能染料：从靶标识别到肿瘤诊疗

彭孝军

大连理工大学

通过分子智能设计，提升分子识别、肿瘤早期诊断、手术引导与光动治疗等应用功能。例如，在染料分子上引入识别基团，可以创制出众多荧光染料分子探针系列，对不同客体和环境具有荧光响应。例如，研制出癌细胞高表达特征酶的荧光成像，可实现癌组织、炎症组织和普通组织的区分，为肿瘤精准诊疗提供依据；通过染料分子智能改造，还可以用于肿瘤的光动力治疗（PDT）和声动力治疗（SDT）。其核心是染料光敏剂的靶标选择性、光敏效率、对乏氧状态的适应性。



报告人简介：大连理工大学教授、化工学院院长。中国科学院院士。精细化工国家重点实验室主任、中国石油与化工联合会高端化学品专业委员会主任、中国化工学会日用化学委员会主任。主要从事精细化工研究，包括高性能染料、荧光探针、有机光学材料等，在数码彩色打印、血液细胞分析系统等领域获得产业化应用，分别获得国家技术发明二等奖和国家自然科学二等奖，多年入选全球“高被引科学家”。2017年当选中国科学院院士。

# 单/多细胞测温系统研究进展

顾宁 王方旭

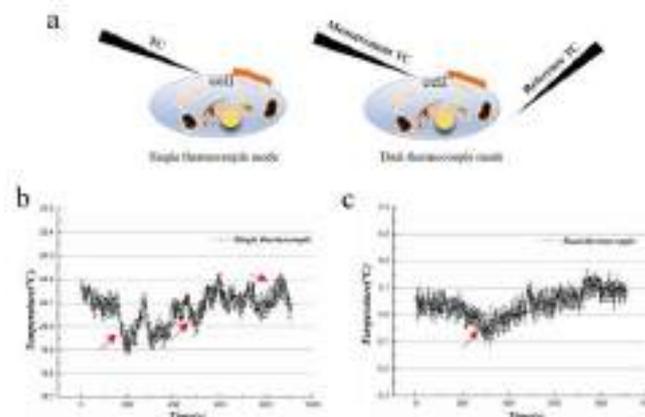
东南大学生物科学与医学工程学院, 生物电子学国家重点实验室, 江苏省生物材料与器件重点实验室, 南京 210096  
guning@seu.edu.cn

## 摘要:

生命活动的所有过程都伴随着能量的交换, 这些活动往往会使生命体产生温度的变化。细胞温度会在内/外界环境的影响下而改变, 通过细胞温度参数可以了解细胞的生理状态信息, 并对各种细胞事件进行掌握分析。

为了对细胞生命活动进行研究分析, 我们基于热电阻的原理开发了多细胞无线测温系统, 可在维持细胞正常培养的状态下进行实时、无损伤的温度检测。通过该系统我们研究了炎症产生及修复过程中细胞温度的变化, 测量了不同寒热药物作用于黑色素瘤细胞系 A375 时的温度变化并对其作用机制进行初步探究[1]。同时为研究单个细胞的温度变化, 我们构建了 Pt-W 微纳热电偶测温系统, 制备了亚微米级尺寸的测温探针, 成功实现了对单细胞温度变化的检测, 并通过该系统研究了肿瘤转移消失 (MIM) 蛋白不同表达水平的细胞在喜树碱及紫杉醇药物刺激下具有不同的响应特征。进一步设计了热电偶差分温度测量系统, 通过比较双热电偶差分法和单热电偶法来测量 U251 细胞的温度, 从而证明了温度测量的效果, 并发现不同细胞周期阶段的温度测量结果存在显著差异[2]。

两种热电偶温度测量方法的比较。a)两种测温方法原理图; b)用单个热电偶测量细胞温度; c)用双热电偶测量细胞温度[2]。



**关键词:** 细胞温度、热电偶、差分测温

## 参考文献:

- [1] Yu S, Li C, Ding Y, et al. *Pharmaceutical Biology* 58 (2020) 208-218.  
[2] Han Y, He W, et al. *Journal of Southeast University (English Edition)*, 2021, (2021): 1-7.

# 超高稳定量子点：从生物分析基础研究到背光显示应用

刘安安<sup>1</sup>, 朱小波<sup>2</sup>, 朱东亮<sup>2</sup>, 董博然<sup>2</sup>, 郭三维<sup>2</sup>, 徐越<sup>2</sup>, 刘书琳<sup>1</sup>

王志刚<sup>1</sup>, 庞代文\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南开大学化学学院, <sup>2</sup> 武汉珈源同创科技有限公司  
dwpang@whu.edu.cn

## 摘要:

量子点是指因电子态量子限域效应表现出尺寸依赖性质的晶态纳米颗粒, 通常是指半径小于或接近于其激子玻尔半径的准零维半导体荧光纳米晶体, 性质优异独特, 如高亮度、荧光发射波长可根据尺寸和组成调节、单色激发多色发射、发射光谱窄而对称, 等等。量子点是迄今为止性质最好的发光材料, 可望广泛应用于发光显示、照明、太阳能电池、生物标记成像等领域。然而, 若要充分发挥量子点等纳米材料的性能优势, 也绝非易事! 关键在于: 难以精确控制其结构和性能, 尤其是难以满足规模化应用需求。本团队从 2001 年开始, 一直致力于生物医学量子点精确制备方法研究, 并努力推进量子点在单病毒动态示踪和背光显示领域的应用。尤其是, 近年来突破了量子点与高分子材料高温熔融加工稳定性难题, 经 200℃ -250℃ 高温重新加工制备的光学转换器件, 性能优异, 具有强劲竞争力。

**关键词:** 量子点 稳定性 生物 分析 显示

# 微流控、柔性生物电子与医学应用

蒋兴宇\*

南方科技大学

Email: jiang@sustech.edu.cn

## 摘要:

微流控为生物检测带来了高通量、低消耗、便携化等优势，亦可高效地筛选药物、纳米材料等用于生物医学的需求。把液态金属和用弹性高分子的微芯片整合成柔性电子电路后，这些柔性电子电路可在人体表面以及人力器官表面贴附并发挥长期检测与检测的作用。如使用液态金属-弹性高分子微流控可以制备全柔性血氧传感器、全柔性汗液检测装置以及薄到如纹身般的检测器件。还能用这些新材料制备可长期检测血液中的生理与生化指标的电子血管。

# 智能生物传感及癌症的纳米诊疗

张学记\*

<sup>1</sup> 生物医学工程学院, 深圳大学, 深圳市南山区南海大道 3688 号, 518061

\*Email: zhangxueji@szu.edu.cn

## 摘要:

智能生物传感技术具有自适应, 自诊断, 自校正等功能, 交叉融合了生命科学、纳米技术、光电器件、大数据、人工智能等领域, 以其快速、准确、便携等特点, 在疾病诊断和监控、环境质量监控等领域具有广阔的应用前景, 是当今世界强国必争的战略前沿要地。我们将从生物传感出发, 讲述 5G、人工智能、大数据技术在生物传感发展趋势, 围绕柔性电子材料与器件、植入式材料与器件、多维度感知融合、人-机-自然交互等关键方向, 开发具有结合多种功能的可穿戴、可植入等生物传感, 实现智能分析, 智能处理, 智能识别, 智能预警与给药。<sup>[1]</sup> 此外, 将从纳米诊疗体系的构建入手, 讲述课题组在新型的 microRNA/ctDNA/蛋白识别探针的设计和构建、纳米及靶标分子循环信号放大技术、单分子荧光计数技术及微腔阵列的单分子水平数字化分析方法、生物标记物检测的新原理和新方法等方面的进展。<sup>[2]</sup>

**关键词:** 智能传感器; 纳米诊疗; 癌症

## 参考文献:

[1] Jin, X.; Liu, C.; Xu, T.\*; Su, L.; Zhang, X.\*, **Artificial intelligence biosensors: Challenges and prospects. *Biosens Bioelectron* 2020, 165, 112412.**

[2] Liu, C.; Cao, Y.; Cheng, Y.; Wang, D.; Xu, T.; Su, L.; Zhang, X.\*; Dong, H.\*, **An open source and reduce expenditure ROS generation strategy for chemodynamic/photodynamic synergistic therapy. *Nat. Commun.* 2020, 11 (1), 1735.**

# 脑电信号的化学表达分析

田阳\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 华东师范大学化学与分子工程学院, 上海市闵行区东川路 500 号, 200241

Email: ytian@chem.ecnu.edu.cn

## 摘要:

记录神经元活动最广泛使用的工具是基于细胞外微电极的电生理学。然而, 电生理技术只能记录神经元间通信的电信号。而电信号的产生主要是由于离子化学信号的变化。因此, 要了解大脑的生理、病理过程, 需要同时记录大脑的电信号和化学信号。

我们小组一直致力于开发用于脑内检测金属离子等化学信号的生物传感器[1-3]。最近, 我们成功构建了基于 Au-C≡C 界面的比率型 Fe<sup>2+</sup>电化学传感器, 结合电化学、质谱成像等技术, 我们发现皮层和纹状体的 Fe<sup>2+</sup>受环腺苷酸的调控, 该发现为阿尔茨海默症的发病机制研究提供了新的依据[4]。我们基于电化学电生理联用微阵列实现自由移动大鼠深部大脑中多种离子的化学信号与癫痫发作期间的动态变化的实时绘制和定量, 首次实现在全脑中无串扰的电化学及电生理信号同时记录[5]。此外, 我们进一步构建一种抗生物污染的超细纤维阵列, 实时定量监测脑中 7 个不同脑区细胞外 Ca<sup>2+</sup>的浓度变化与神经元的局部电位, 发现脑中中风时 ROS 对 Ca<sup>2+</sup>异常和神经元死亡具有显著影响[6]。

**关键词:** 氧化应激; 脑; 电化学微阵列; 分子机制

## 参考文献:

- [1]. Liu, L., Zhao, F., Liu, W., Zhu, T., Zhang, J. Z. H., Chen, C., Dai, Z., Peng, H., Huang, J-L., Hu, Q., Bu, W., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*(2017), 10471-10475.
- [2]. Liu, W., Dong, H., Zhang, L., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **56**(2017), 16328-16332.
- [3]. Dong, H., Zhou, Q., Zhang, L., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**(2019) 13948-13953.
- [4]. Zhao, F., Liu, Y., Dong, H., Feng, S., Shi, G., Lin, L., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**(2020), 10426-10430.
- [5]. Zhang, C., Liu, Z., Zhang, L., Zhu, A., Liao, F., Wan, J., Zhou, J., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **59**(2020), 20499-20507.
- [6]. Liu, Y., Liu, Z., Zhao, F., Tian, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **60**(2021), 14429.

# Kinetically Orthogonal Probe for Simultaneous Measurement of H<sub>2</sub>S and Nitroreductase: a Refined Method to Predict the Invasiveness of Tumor Cell

Jialaing Xiong, Yu Wang, Xue Jiang, Qionglin Liang\*

Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing, 100084  
(E-mail: liangql@tsinghua.edu.cn)

**Abstract:** Due to the significant increase of nitroreductase in tumor tissues and its close relationship with tumor invasiveness, its concentration is widely used to predict tumor invasiveness. However, as for the fluorescence detection method which is the most common for nitroreductase detection, hydrogen sulfide, which also has the ability of invasion promotion and nitro reduction, will cause indistinguishable interference to the measurement of nitroreductase. In addition, hydrogen sulfide has a generation path independent of hypoxia, and the above interference may lead to wrong judgment of tumor invasiveness. These problems are especially common in several kinds of cancer represented by breast cancer and colon cancer. Because of this, we combined the kinetic discrimination and thermodynamic signal amplification strategies and constructed a kinetic orthogonal fluorescent probe, which distinguishes the mixed signals through the distinctive slope of the different time range, to realize the simultaneous measurement of nitroreductase and hydrogen sulfide and a more accurate and comprehensive evaluation of tumor invasiveness.

**Keywords:** fluorescent probe; kinetically orthogonal; distinguishing of hydrogen sulfide and nitroreductase; colon tumor; prediction of invasiveness

## ACKNOWLEDGMENT

This work was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (81872835, 21621003, 21563010) and Health Major Project (BWS17J028 and AWS16J018).

# 活体成像仿生纳米生物探针\*\*

谢海燕\*, 黄利利, 武广昊, 聂伟东

北京理工大学生命学院, 北京, 中国, 100081

\* hyanxie@bit.edu.cn

## 摘要

活体成像可以无损、实时测量机体内特定物质的含量、分布及其变化过程,而这取决于生物探针的信号强度、特异性和灵敏度。我们利用天然细胞膜对功能纳米材料进行仿生修饰,结合生物正交表面功能化技术,构建具有优异生物相容性和特异靶向性的仿生纳米生物探针,实现了复杂活体环境中肿瘤免疫响应等的高信倍比成像监测。进而,将细胞膜仿生探针发展为细胞外囊泡纳米诊疗系统,利用巨噬细胞囊泡、肿瘤微粒等自身的生物学功能,结合化学修饰、分子生物学改造、药物装载等,构建可智能响应的诊疗系统,通过囊泡、化学材料、药物分子之间的功能协同与增强,实现了早期肿瘤、心血管疾病等的精准高灵敏诊疗[1-6]。这些研究提供了一种利用天然生物材料进行重大疾病高效诊疗的新思路。

## 参考文献

- [1] L. Huang, W. Nie, J. Zhang, et.al., *Acc. Chem. Res.*, 2020, 53(1): 276-287.
- [2] G. Wu, J. Zhang, Q. Zhao, et.al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020, 59(10): 4068-4074.
- [3] K. Xiong, W. Wei, Y. Jin, et.al., *Adv. Mater.*, 2016, 28(36): 7929-7935.
- [4] W. Nie, G. Wu; J. Zhang, et.al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020, 59(5): 2018-2022.
- [5] J. Ding, G. Lu, W. Nie, et.al., *Adv. Mater.*, 2021, 2005562.
- [6] L. Zuo, W. Nie, S. Yu, et.al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, anie.202109258.

# 氮化碳光电转换与分子传感

张袁健\*

东南大学化学化工学院, 江苏省南京市, 211189

邮箱: Yuanjian.Zhang@seu.edu.cn

## 摘要:

不同形式能量间的高效转换是科学与技术发展的一个核心问题。例如, 作为重要的分析手段, 基于光子-电子转换的光电化学和基于电子-光子转换的电化学发光已被广泛用于高灵敏生物传感。然而, 目前适用于生理体系的光电活性材料还非常少, 亟需发展高性能的光电活性材料。纳米碳材料由于丰富的成键方式、独特的几何结构和优异的性能, 在材料、化学、生命等领域获得了许多重要应用。进一步元素掺杂, 特别是N元素的引入, 碳材料的电子结构和表面性质会发生巨大的改变。例如, C和N共价连接的石墨相氮化碳(g-CN)相比于石墨烯由于带隙被打开, 因而被用作新一代无金属半导体光催化剂用于水分解制氢和生物友好的荧光成像探针。我们的前期工作发现g-CN具有光电转换性能, 通过化学掺杂可进一步提高光电转换效率。因此, g-CN可作为一类生物友好的新型碳基光电敏感材料, 通过结构优化可进一步调控其电子结构和光电性质, 在光电分析领域将具有广阔的应用前景。

然而, 将g-CN用于光电分析, 提高传感的灵敏度和选择性, 还有诸多挑战。一方面, g-CN光电转换动力学过程亟需阐明和调控, 这其中涉及基本分子功能单元的解析、电荷传递途径的改善和光电/电光转换效率的提高; 另一方面, g-CN与目标分子、溶剂和器件本身等界面性质差。围绕这些挑战, 近年来, 我们开展了氮化碳光电传感研究, 通过分析化学方法与理论计算结合, 揭示了g-CN更精细的分子结构和基本分子功能单元; 在此基础上, 利用化学剪裁、非共价修饰和金属配位等途径, 调控了g-CN独特的电子结构、光电/电光转换性质和表面特性, 改善了限制其传感应用的动力学和界面瓶颈。提出了竞争多机制、光谱分辨多组分分析等新方法, 提高了传感灵敏度、选择性和可靠性, 建立了基于氮化碳光敏材料的光/电分析新方法新技术。

**关键词:** 电分析化学; 光电转换; 氮化碳; 分子结构调控

## 参考文献

- [1] C. Huang, Y. Wen, J. Ma, D. Dong, Y. Shen, S. Liu, H. Ma, Y. Zhang, *Nat. Commun.* **2021**, *12*, 320.
- [2] Y. Xu, J. Xue, Q. Zhou, Y. Zheng, X. Chen, S. Liu, Y. Shen, Y. Zhang, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 14498.
- [3] T. Zhao, Q. Zhou, Y. Lv, D. Han, K. Wu, L. Zhao, Y. Shen, S. Liu, Y. Zhang, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 1139.
- [4] Y. Lv, S. Chen, Y. Shen, J. Ji, Q. Zhou, S. Liu, Y. Zhang, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 2801.
- [5] J. Ji, J. Wen, Y. Shen, Y. Lv, Y. Chen, S. Liu, H. Ma, Y. Zhang, *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 11698.

## 利用无标记细胞整合药理学技术发现天然活性化合物

徐芳芳<sup>2</sup>, 侯滔<sup>1,2</sup>, 王纪霞<sup>1,2</sup>, 刘艳芳<sup>1,2</sup>, 梁鑫淼<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院大连化学物理研究所 分离分析重点实验室, 大连 116023, <sup>2</sup> 赣江中药创新中心, 南昌 330100

Email: liangxm@dicp.ac.cn

### 摘要:

无标记细胞整合药理学 (Cellular label-free integrative pharmacology, CLIP) 技术是本世纪发展起来的一种高通量活性筛选新技术, 通过将细胞受药物刺激的动态质量重置经共振波导光栅光学生物传感器转变成可视化的图谱, 从而反映药物影响的靶点和通路 [1], 具有无标记、无伤害、无偏袒、高时空分辨及高通量的特点。经过多年的发展, CLIP 技术已实现了多方面的应用, 特别是在 G 蛋白偶联受体 (G protein-coupled receptors, GPCRs) 领域。迄今为止, 本课题组已在该技术平台上表征了数十个 GPCRs, 例如神经降压素受体 [2]、阿片受体 [3]、脂肪酸受体 [4], 这些受体聚焦于肿瘤、神经系统疾病、代谢性疾病及炎症免疫系统疾病等重大疾病。

天然产物是新药研发的重要资源, 为了发现有价值的药物或药物先导化合物, 我们利用 CLIP 技术在数十个 GPCRs 上筛选了 30 余种中药材、近千个组分、上百个天然化合物, 发现了几十个有价值的天然活性分子, 其中部分是活性量级在百纳摩级别的新化合物, 活性化合物靶点涵盖阿片受体、毒蕈碱受体、多巴胺受体等。此外, 我们在天然活性化合物的深入药理及作用机制等研究方面也取得了较好的进展, 例如我们利用 CLIP 技术初步阐明了清肺排毒汤治疗新型冠状病毒肺炎的与抗炎、免疫、呼吸相关的作用机理 [5], 解释了新疆紫草药材降血糖的药效物质基础 [4] 等。

综上所述, 这些研究为活性化合物发现及中药的分子药理机制提供了重要的基础, 对于推动中医药现代化具有重要的意义。

**关键词:** 无标记细胞整合药理学技术; G 蛋白偶联受体; 天然产物; 活性筛选; 作用机制

### 参考文献:

- [1] F. Ye, *Assay Drug Dev Technol* 4 (2006) 583-595.
- [2] T. Hou, L. Shi, J. Wang, L. Wei, L. Qu, X. Zhang, X. Liang, *Pharmacol Res* 108 (2016) 39-45.
- [3] T. Hou, F. Xu, X. Peng, H. Zhou, X. Zhang, M. Qiu, J. Wang, Y. Liu, X. Liang, *J Ethnopharmacol* 270 (2021) 113872.
- [4] F. Xu, P. Wang, X. Zhang, T. Hou, L. Qu, C. Wang, J. Wang, Y. Liu, X. Liang, *Pharmacol Res* 163 (2021) 105173.
- [5] F. Xu, T. Hou, A. Shen, H. Jin, Y. Xiao, W. Yu, X. Li, J. Wang, Y. Liu, X. Liang, *J Ethnopharmacol* 280 (2021) 114488.

# 单细胞生物传感新方法

李彬晓, 柳懿芯, 刘玉洁, 姚媛媛, 刘宝红\*

复旦大学化学系, 上海市杨浦区淞沪路 2005 号, 200438

Email: bhliu@fudan.edu.cn

## 摘要:

细胞在时间和空间上具有高度的异质性, 因此, 单细胞水平的测量是研究特定细胞或细胞群体异质性的有效策略。在细胞转化过程中蛋白质和代谢分子等生物分子的差异表达起到了关键的作用, 这些特异性生物分子常常含量稀少, 其丰度、结构的变化都可能与疾病密切相关。我们发展基于信号放大策略的电化学传感技术, 实现单细胞水平表面特征抗原的同时检测; 构建了基于两相界面自组装的三维等离子体空腔, 在界面自由能驱动下, 银纳米粒子自发组装整形成三维等离子体空腔, 在表面形成微结构, 该等离子体空腔具有较强的表面增强效应, 可用于单细胞及其分泌物的高灵敏度检测。此外, 与传统的系综测量的方法相比, 单分子测量可以提供更丰富的信息, 能够直接测量单个分子的行为, 通过对单个分子行为进行统计分布, 可以探索样本隐藏的异质性。我们发展了多种生物传感新方法, 用于单分子水平的生物分子成像和测量。

**关键词:** 单细胞分析; 生物传感; 单分子成像

## 参考文献:

- [1] Yao, Y.; Ji, J.; Zhang, H.; Zhang, K.; Yang, P.; Liu, B. *Anal. Chem.* (2018) 90: 10394
- [2] Wang, X.; Ji, J.; Liu, T.; Liu, Y.; Liu, B. *Anal. Chem.* (2019) 91: 2260.
- [3] Zhang, H.; Zhang, K.; Yao, Y.; Liu, Y.; Ji, J.; Huang, X.; Liu, J.; Liu, B. *Anal. Chem.* (2019) 91: 9500
- [4] Zhang, H.; Huang, X.; Liu, J.; Liu, B. *Chem. Sci.* (2020) 11: 3812.
- [5] Li, B.; Liu, Y.; Liu, Y.; Tian, T.; Yang, B.; Huang, X.; Liu, J.; Liu, B. *ACS Nano* (2020) 14: 8116

# 新型光/电化学传感器构建及在食品安全检测中的应用研究

王坤

江苏大学化学化工学院, 江苏镇江, 212013

Email: wangkun@ujs.edu.cn

## 摘要:

“民以食为天，食以安为先”。食品是人类赖以生存和发展的物质基础，食品安全问题是关系到人类身体健康和国计民生的重大问题。遗憾的是，从当前来看，我国食品安全科技储备、科技平台建设与发达国家相比，还存在较大的差距。相关检测方法落后或缺失、快速检测设备缺乏，已成为制约我国食品安全监控的瓶颈。这就要求相关科研工作者要依靠科技创新，确保人民群众“舌尖上的安全”。近年来，本课题组采用多种功能杂化材料制备技术，制备了一系列功能纳米材料，并利用制备的功能杂化材料的电催化活性、光化学活性、电致化学发光特性、信号放大、生物相容性以及荧光等优异的物理化学性能，构建了一系列电化学传感平台和光学传感平台，建立了一系列简便、快速、准确和高效检测农产（食）品中农药残留、微囊藻毒素、抗生素、真菌毒素、重金属离子、农产品中营养成分和食品转基因成分的分析方法。

**关键词:** 功能纳米材料; 杂化; 传感器; 农（食）产品检测

## 参考文献:

- [1] Wei, J.; Hu, Q.; Gao, Y.; Hao, N.; Qian, J.; Wang, K., *Anal. Chem.* 93 (2021) 6214-6222.
- [2] Wei, J.; Hu, Q.; Gao, Y.; Hao, N.; Qian, J.; Wang, K., *Anal. Chem.* 93 (2021) 12690-12697.
- [3] Hao, N.; Dai, Z.; Xiong, M.; Han, X.; Zuo, Y.; Qian, J.; Wang, K., *Anal. Chem.* 93 (2021) 8393-8398.
- [4] Long, L.; Han, Y.; Liu, W.; Chen, Q.; Yin, D.; Li, L.; Yuan, F.; Han, Z.; Gong, A.; Wang, K., *Anal. Chem.* 92 (2020) 6072-6080.
- [5] Dai, Z.; Hao, N.; Xiong, M.; Han, X.; Zuo, Y.; Wang, K., *Anal. Chem.* 92 (2020) 13604-13609.
- [6] Du, X.; Jiang, D.; Liu, Q.; Hao, N.; Wang, K., *Anal. Chem.* 91 (2019) 1728-1732.
- [7] An, K.; Lu, X.; Wang, C.; Qian, J.; Chen, Q.; Hao, N.; Wang, K., *Anal. Chem.* 91 (2019) 8660-8666.
- [8] Hao, N.; Hua, R.; Zhang, K.; Lu, J.; Wang, K., *Anal. Chem.* 90 (2018) 13207-13211.
- [9] Du, X.; Jiang, D.; Dai, L.; Zhu, W.; Yang, X.; Hao, N.; Wang, K., *Anal. Chem.* 90 (2018) 3615-3620.
- [10] Jiang, D.; Du, X.; Zhou, L.; Li, H.; Wang, K., *Anal. Chem.* 89 (2017) 4525-4531.
- [11] Hao, N.; Zhang, Y.; Zhong, H.; Zhou, Z.; Hua, R.; Qian, J.; Liu, Q.; Li, H.; Wang,

- K., *Anal. Chem.* 89 (2017) 10133-10136.
- [12] Zhang, M.; Zhang, Z.; Wei, J.; Dai, Z.; Hao, N.; Wang, K., *Chem. Commun.* 57 (2021) 5973-5976.
- [13] Hao, N.; Qiu, Y.; Li, Y.; Lu, J.; Han, X.; Qian, J.; Wang, K., *Chem. Commun.* 57 (2021) 6511-6513.
- [14] Zhu, W.; Hao, N.; Lu, J.; Dai, Z.; Qian, J.; Yang, X.; Wang, K., *Chem. Commun.* 56 (2020) 1409-1412.
- [15] Long, L.; Yuan, X.; Cao, S.; Han, Y.; Liu, W.; Chen, Q.; Gong, A.; Wang, K., *Chem. Commun.* 55 (2019) 8462-8465.
- [16] Zhou, Z.; Hao, N.; Zhang, Y.; Hua, R.; Qian, J.; Liu, Q.; Li, H.; Zhu, W.; Wang, K., *Chem. Commun.* 53 (2017) 7096-7099.
- [17] Zhang, Y.; Hao, N.; Zhou, Z.; Hua, R.; Qian, J.; Liu, Q.; Li, H.; Wang, K., *Chem. Commun.* 53 (2017) 5810-5813.

# 可编程纳米孔单分子反应器

贾文东<sup>1</sup>, 胡程真<sup>2</sup>, 黄硕<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 南京大学化学化工学院  
Email: shuo.huang@nju.edu.cn

## 摘要:

化学反应常被以单分子的形式描述和理解。然而, 受限于传感器的检测分辨率, 直接观测单分子化学反应过程却非常困难。借助生物纳米孔的高时空分辨率, 经过改造的溶血素纳米孔可以实现对单个化学键的成键和断键过程的直接观测。近年来, *Mycobacterium smegmatis* porin A (MspA) 也被报道用于单分子化学观测, 并展现出了更加优异的检测分辨率和信号放大能力。但是由于 MspA 天然的八聚体存在形式, 对 MspA 的生物和化学改造亦受到诸多结构限制。本文通过以可编程方式合成功能化核酸分子, 并将其嵌入 MspA 孔道中, 构建了一种高度灵活自由的孔道反应器构建, 并命名该技术为 Programmable Nano-Reactor for Stochastic Sensing (PNRSS)。借助 PNRSS 技术灵活多变的检测能力, 本文实现了金属离子和碱基, 苯硼酸和多种多元醇类物质的直接单分子反应, 并进而实现灵敏的检测功能。在具体的实验中, PNRSS 实现了多达 20 多种单分子反应的观测, 并进而实现了乳酸、邻苯二酚、甘油、乙二醇、肾上腺素、维生素和瑞德西韦及其衍生物的直接传感。该方法具有优异的检测抗噪性, 亦可以直接通过体液实现对应小分子的高分辨检测, 具备优异的临床检测价值和药物代谢动力学应用可能。



**Fig. 1 A programmable nanopore reactor for single molecule sensing of monatomic ions or small molecules.**

**关键词:** 纳米孔; 单分子; 反应器; 小分子药物; 单离子; 点击反应

## 参考文献:

- [1] Cao, J.; Jia, W.; Zhang, J.; Xu, X.; Yan, S.; Wang, Y.; Zhang, P.; Chen, H.-Y.; **Huang, S.\***, *Nature Communications* **2019**, 10, 5668.
- [2] Jia, W.; Hu, C.; Wang, Y.; Gu, Y.; Qian, G.; Du, X.; Wang, L.; Liu, Y.; Cao, J.; Zhang, S.; Yan, S.; Zhang, P.; Ma, J.; Chen, H.-Y.; **Huang, S.\*** *Nature Communications* **2021**. 12, 5811

# 新型金属气凝胶的设计及其可穿戴生物传感应用

文丹\*

西北工业大学材料学院, 陕西西安, 710072

\*Email: dan.wen@nwpu.edu.cn

基于汗液的可穿戴传感器直接作用于皮肤表面, 可实现便捷、无痛的汗液中标志物的原位、在线检测, 因而引起了研究者的广泛关注。以贵金属纳米颗粒为基本单元, 通过可控组装构建的新型气凝胶具有多孔、超轻、大表面积、良好的电子导通性等特点, 在可穿戴传感器领域表现出重要的应用前景。这主要是由于这种金属纳米网络结构通常具有优异的催化性能、快速的电子传递和传质扩散能力、以及良好的柔韧性。因此, 在电化学可穿戴传感检测中可以: 1) 加速检测目标物的反应动力学 (促进了反应过程中的电子转移 (导电性好) 和传质扩散 (分级多孔结构)), 提供更多的反应活性位点 (大比表面)), 将有效提高传感灵敏度; 2) 为生物酶的固定及分散提供了保障, 从而增强传感的选择性和稳定性 (三维网络结构); 3) 具有常规纳米电极材料所缺乏的柔韧性, 在实际可穿戴传感应用中有效的防止人体活动发生形变时的传感检测失真 (相互交联的纳米线结构)。

本工作通过对金属气凝胶的多维度设计, 使其既可作为高导电性和大表面积的三维基底负载生物识别组分用于生物传感的构建, 亦可作为高效的催化剂促进传感中的电化学反应过程, 同时兼具敏感电极的柔韧性, 从而构筑先进的生物传感策略和高性能的可穿戴传感器件。具体来说, 我们将主要汇报基于贵金属气凝胶的纳米加工实现其生物传感应用的一些工作。例如: 通过对贵金属纳米颗粒的调控, 实现了对应金属气凝胶的表面、形貌、组分加工, 发展了多种生物小分子的传感检测, 并在此基础上结合微机电加工技术、丝网印刷电极, 制备了稳定的可穿戴传感器件, 实现了对多种目标物的原位、无创、在线监测。

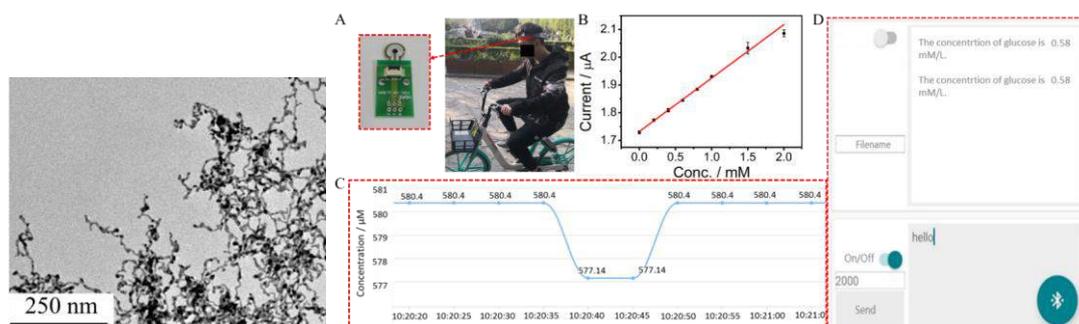


Fig. 1 TEM image of the Au aerogel (left) and a real-time and non-invasive glucose monitoring (right).

关键词: 金属气凝胶; 可穿戴传感器件; 原位检测

参考文献

- [1] Kim, J.; Campbell, A. S.; Ávila, B. E. F. et al. *Nat. Biotechnol.* **2019**, *37*, 389-406.
- [2] Du, R.; Joswig, J.; Fan, X. et al. *Matter* **2020**, *2*, 908-920.
- [3] Wen, D; Liu, W., Haubold, D. et al. *ACS Nano* 2016, *10*: 2559-2567.

# 用于即时检测的光学生物传感器的研究

段忆翔<sup>1,2,\*</sup>, 罗泽伟<sup>1</sup>, 黄志钧<sup>1</sup>, 吴孟璠<sup>2</sup>, 林庆宇<sup>2</sup>, 王旭<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 西北大学, 化学与材料科学学院, 分析仪器研究中心, 710127, 西安,

<sup>2</sup> 四川大学, 机械工程学院, 分析仪器研究中心, 610065, 成都

Email: [yduan@scu.edu.cn](mailto:yduan@scu.edu.cn)

**摘要：** 即时检测是在不依赖于大型仪器的条件下实现现场快速、高灵敏分析，成为医学检验、环境分析和食品安全等多个领域的研究热点。光学生物传感器利用光信号变化进行检测分析，是实现即时检测的主要途径之一。为摆脱大型仪器依赖，研制一系列高性能光学生物传感器，包括便携式的荧光传感器 1、拉曼传感器 2、光纤传感器 3,4、基于激光诱导击穿光谱的生物传感器 5, 6 和无需仪器的比色传感器 7；为满足高灵敏的需求，从光路设计、样品富集和信号放大等多维角度改进光学生物传感器。基于此，构建的光学生物传感器已实现了细菌、细胞、核酸、蛋白、金属离子和小分子的高灵敏、快速即时检测分析。

**关键词：** 即时检测，便携式，光学，分析仪器

**参考文献：**

- [1] Wu M.#; Zhang C.#; Tian Z.; Xie Q.; Lu X.; Ning W.; Li Y. \*; **Duan Y. \***, *Biosens. Bioelectron.*, (2021) DOI: 10.1016/j.bios.2021.113731.
- [2] Yang E.; Li D.; Yin P.; Xie Q.; Li Y.; Lin Q. \*; **Duan Y. \***, *Biosens. Bioelectron.*, 172 (2021) 112758.
- [3] Luo, Z.; Xu, Y.; He, L.; He, F.; Wu, J.; Huang, Z.; Tian, Y.; Li, Y.; **Duan, Y. \***, *Sens. Actuat. B-Chemical* 336 (2021) 129706.
- [4] He, L.#; He, F.#; Feng, Y.; Wang, X.; Li, Y.; Tian, Y.; Gao, A.; Zhang, P.; Qi, X. \*; Luo, Z.\*; **Duan, Y. \***, *Biosens. Bioelectron.*, 194 (2021) 113599.
- [5] Wu M.; Wang X.; Niu G.; Zhao Z.; Zheng R.; Liu Z.; Zhao Z. \*; **Duan Y. \***, *Anal. Chem.*, 93 (2021) 10196-10203.
- [6] Yin P.#; Yang E.#; Chen Y.; Peng Z.; Li D.; Duan Y.; Lin Q. \*; *Chem. Commun.*, 57 (2021) 7312-7315.
- [7] Huang Z.; Yao N.; Li X.; Tian Y.; **Duan Y. \***, *Anal. Chem.*, 93 (2021), 14334-14342.

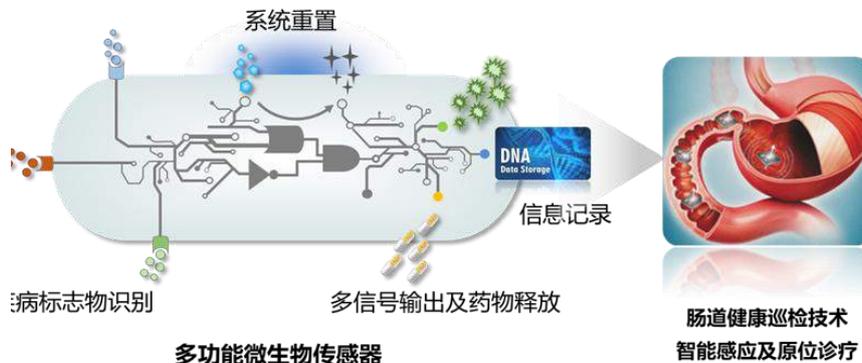
# 疾病标志物感应智能生物传感器研究与在体原位诊疗应用

邹振平<sup>1</sup>, 周英<sup>1</sup>, 叶邦策\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室, 上海梅陇路 130 号, 200237, <sup>2</sup> 浙江工业大学药学院绿色制药协同创新中心, 浙江杭州潮王路 18 号, 310032  
bcye@ecust.edu.cn; yebangce@zjut.edu.cn

## 摘要:

人体中发生的许多分子事件是短暂的, 或难以在其原生环境中进行监测和研究, 因此发展无创的、可实现长期高效原位监测体内状态或疾病标志物动态变化的生物传感器是分析化学和临床诊断医学发展的重要方向。合成生物学的发展为这种智能生物传感器研究提供了新的契机和独特解决方案。我们以炎症性肠病 (IBD) 在体诊疗作为研究模型 (近年来, 中国 IBD 发病率显著增加, 预计 2025 年将达到 150 万人), 在肠道定殖益生菌大肠杆菌 *Escherichia coli* Nissle 1917 细胞内构造分子识别及逻辑响应的基因电路, 赋予人工改造的微生物细胞检测、传感及治疗功能。我们开发的这种多功能“智能”工程益生菌 i-ROBOT, 实现了炎症性肠病的诊断, 疾病过程信息记录以及即时药物释放。i-ROBOT 利用 Crispr 单碱基编辑技术把炎症标志物出现的信息转化为可遗传的基因组 DNA 序列信息, 永久记录并存储于微生物细胞内, 该序列信息可以激活蛋白质翻译并诱导颜色信号产生, 炎症标志物记录信息可以传递给下一代, 并可累积叠加; 智能传感系统利用 DNA 编辑记录炎症的过程信息, 解决体内短暂出现异常状态难以检测及发现的问题, 同时也可以利用即时荧光信号显示当前的炎症状态信息; i-ROBOT 拥有一套疾病标志物激活的自调节, 无干预的药物释放系统, 以实现 IBD 的即时治疗; 木糖激活的擦除和重写记录逻辑电路实现了全细胞记录器的重置及重复使用功能。这种具有特异性感知及记录肠道内炎症标志物动态变化、疾病即时信号 (荧光) 与疾病过程信号 (基因组 DNA 刻录及显色反应) 多信号输出以及在体即时药物释放等执行功能的智能生物传感器 (工程化微生物活体细胞), 实现了炎症性肠病的早期诊断、长期原位监控及治疗, 并即时了解肠道健康状况, 有助于解析肠道炎症的发生、发展的动态过程及分子机制。



关键词: 工程生物学、生物传感器、细胞记录器、疾病在体诊断

## 参考文献:

- [1] Zhenping Zou, Bang-Ce Ye\*. Long-term rewritable report and recording of environmental stimuli in engineered bacterial populations. *ACS Synthetic Biology*. 9, 2440-2449, 2020.
- [2] Wen-Ping Wei, Yan-Zhe Shang, Ping Zhang, Yong Liu, Di You, Bin-Cheng Yin, Bang-Ce Ye\*. Engineering prokaryotic transcriptional activator XylR as a xylose-inducible biosensor for transcription activation in yeast. *ACS Synthetic Biology*. 9(5), 1022-1029, 2020.
- [3] Pei-Qiang Ma, Qing Huang, Hua-Dong Li, Bin-Cheng Yin\* & Bang-Ce Ye\*. A Multimachine Communication Network that Mimics the Adaptive Immune Response. *J Am Chem Soc* 142(8), 3851-3861, 2020.
- [4] Sheng-Yan Chen, Wenping Wei, Bin-Cheng Yin, Yanbin Tong, Jianjiang Lu, **Bang-Ce Ye\***. Development of a highly sensitive whole-cell biosensors for arsenite detection through engineered promoter modifications. *ACS Synthetic Biology*. 8(10), 2295-2302, 2019.

# 活体单细胞的非靶向代谢分析及代谢调控研究

黄光明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 化学与材料科学学院, 中国科学技术大学, 合肥, 安徽 2300026

Email: gmhuang@ustc.edu.cn

## 摘要:

受限于灵敏度和分析速度等技术限制, 传统代谢组学研究中得到广泛应用的色谱质谱联用以及核磁技术难以直接应用于单细胞代谢组学研究。由于扩增技术带来灵敏度的大幅提高, 基于 RNAseq 的多种技术目前被广泛应用于单细胞代谢组学中。然而, 对单细胞中代谢物的直接非靶向分析仍然缺乏有效的检测方法。

针对单细胞代谢组学分析面临的几个挑战: 1) 细胞内干扰物质众多; 2) 样品量极小, 我们进行了一系统深入的研究, 突破质谱仪器的离子采样极限, 将分析的时间分辨率提高到亚毫秒量级, 从而实现更精细的超快分离和后续质谱检测, 大幅提高了单细胞代谢物的覆盖率和准确率。最终发现可以从单细胞代谢组学的层面, 利用少量细胞即可对肿瘤细胞以及免疫细胞的亚型进行准确鉴定, 并对肿瘤的免疫杀伤的代谢调控开展研究, 希望能够推动新型质谱分析方法在临床医学等领域的广泛应用。

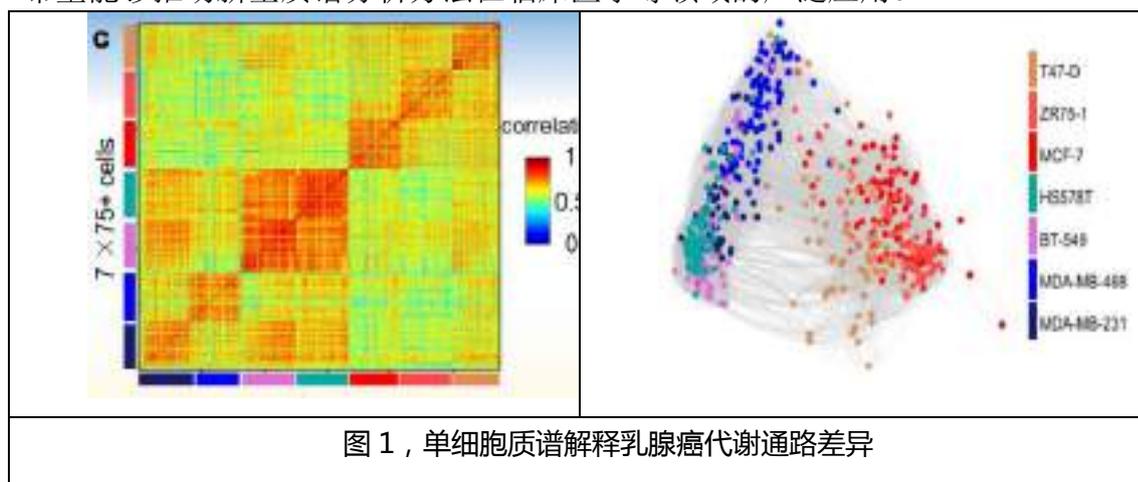


图 1, 单细胞质谱解释乳腺癌代谢通路差异

关键词: 单细胞代谢组, 超快电泳分离, 感应式电喷雾离子源

## 参考文献:

- [1] Zhu H.Y., Wang N., ..., Huang G.M., Xiong W., *Cell*, 2018, 173(7), 1716-1727.
- [2] Zhu H.Y., Zou G.C., Wang N., ..., Xiong W., Huang G.M., *PNAS*, 2017, 114(10), 2586-2591.
- [3] Chen Y.T., Li G.Y., Yuan S.M., Liu Y.Z., Huang G.M., *Anal. Chem.*, 2019, 91: 10441-10447.
- [4] Zhuang M.H., Hou Z.H., Chen Y.T., Liang G.L., Huang G.M., *Chem. Sci.*, 2020, 11: 7308-7312.

# 微介入式生物传感

谢 曦

中山大学

**Minimally Invasive Biosensors**

谢曦教授为中山大学电子与信息工程学院/光电材料与技术国家重点实验室教授博导，国家高层次引进人才，生物电子学科带头人。谢教授为广东潮州人，本科毕业于中山大学，博士毕业于美国斯坦福大学，随后在美国麻省理工学院 Langer 教授实验室从事博士后研究。现于中山大学率领团队致力于微纳诊疗系统基础研究，在体外、表皮、体内诊疗三层次发展：1) 体外细胞微纳芯片；2) 透皮式微纳诊疗系统；3) 体内植入式诊疗系统，取得突破性的方法论创新，并开发为原型仪器或器械进行转化。在中山大学已建成含 30 名人员的高水平科研团队，主持生物电子学科平台；作为中山大学附属第一医院双聘教授，积极推动微纳器件技术与生物医学领域的交叉合作。以通讯作者在 Nature Nanotechnology、Advanced Functional Materials、Nano Letters 等期刊发表论文 48 篇。曾以第一作者在 Nature Biomedical Engineering 发表论文。受邀以通讯作者在 Advanced Science、Advanced Materials 发表综述论文，被 Nature 子刊 3 次撰稿亮点报导，并被 Nature、Nature Biomedical Engineering、Nature Nanotechnology 等顶级期刊多次大篇幅引用。申请中国发明专利共 42 项，软件著作权 7 件。入选《麻省理工科技评论》中国区科技创新 35 人，获中国电子学会“优秀科技工作奖”等多项学术荣誉。被中国“卓越计划”领军期刊、SCI 一区期刊 Microsystems & Nanoengineering 委任为副主编，并在《生命科学仪器》、《国际生物医学工程》等中国核心期刊担任编委。



微电子技术与生物科学的融合交叉，极大推动了新型医学诊疗技术的发展，并已成为当前研究热点之一。现代生物电子与学研究要求在微观尺度原位实时地对细胞内部或动物体内部进行调控治疗和检测传感。但当前技术方法仍存在多个难题，其中包括：1) 如何无创或微创式调控或检测细胞内部环境；2) 如何原位实时调控或检测细胞或体内的动态生物信息；3) 如何实现高度生物相容性的可植入器件技术，等一系列难题。本

团队工作致力于新型微纳生物医学器件的基础研究,发展原位实时的治疗/检测技术方法:  
1) 致力于研发新型微纳芯片或器件,应用于功能性细胞(免疫细胞、干细胞、癌细胞等)的基础研究,实现对细胞的精准调控或检测传感;2) 研发新型的穿戴式/植入式设备,应用于重点疾病(糖尿病、心血管病、神经性疾病等)的诊疗应用,实现对疾病的精准治疗调控或检测传感。

#### 代表性论文:

1. Ji Wang,+ Hui-Jiuan Chen,+ Tian Hang, Yang Yu, Guishi Liu, Gen He, Shuai Xiao, Bo-ru Yang, Chengduan Yang, Fanmao Liu, Jun Tao, Mei X. Wu,\* **Xi Xie**\*. Physical Activation of Innate Immunity by Spiky Particles. *Nature Nanotechnology*. 2018, DOI: 10.1038/s41565-018-0274-0.
2. **Xi Xie**,+ Joshua C. Doloff,+ Volkan Yesilyurt,+ Atieh Sadraei,+ James J. McGarrigle, Mustafa Omami, Omid Veisheh, Shady Farah, Douglas Isa, Sofia Ghani, Ira Joshi, Arturo Vegas, Jie Li, Weiheng Wang, Andrew Bader, Hok Hei Tam, Jun Tao, Hui-jiuan Chen, Boru Yang, Katrina Ann Williamson, Jose Oberholzer, Robert Langer, and Daniel G. Anderson\*. Reduction of measurement noise in a continuous glucose monitor by coating the sensor with a zwitterionic polymer. *Nature Biomedical Engineering*. 2018, DOI: 10.1038/s41551-018-0273-3.
3. Xiangling Li+, Xinshuo Huang+, et al., **Xi Xie**\*. A Fully Integrated Closed-loop System based on Mesoporous Microneedles-Iontophoresis for Diabetes Treatment. *Advanced Science*. 2021, Accepted.
4. Gen He+, Ning Hu+, Alex Xu+, Xiangling Li, Yunlong Zhao, **Xi Xie**\*. Nanoneedle Platforms: The Many Ways to Pierce Cell Membrane. *Advanced Functional Materials*. 2020, DOI: 10.1002/adfm.201909890.
5. Gen He+, Chengduan Yang+, Jianming Feng, Jiangming Wu, Lingfei Zhou, Rui Wen, Shuang Huang, Qianni Wu, Fanmao Liu, Hui - Jiuan Chen, Tian Hang, **Xi Xie**\*. Hierarchical Spiky Microstraws-Integrated Microfluidic Device for Efficient Capture and In Situ Manipulation of Cancer Cells. *Advanced Functional Materials*. 2019, DOI: 10.1002/adfm.201806484.
6. Gen He, Jianming Feng, Aihua Zhang, Lingfei Zhou, Rui Wen, Jiangming Wu, Chengduan Yang, Jiang Yang, Chunwei Li, Demeng Chen, Ji Wang, Ning Hu, **Xi Xie**\*. Multifunctional Branched Nanostraw-Electroporation Platform for Intracellular Regulation and Monitoring of Circulating Tumor Cells. *Nano Letters*. 2019, DOI: 10.1021/acs.nanolett.9b02790.
7. Chengduan Yang, Gen He, Aihua Zhang, Qianni Wu, Lingfei Zhou, Tian Hang, Di Liu, Shuai Xiao, Hui-Jiuan Chen, Fanmao Liu, Linxian Li, Ji Wang\* and **Xi Xie**\*. Injectable Slippery Lubricant-Coated Spiky Microparticles with Persistent and Exceptional Biofouling-Resistance, *ACS Central Science*. 2019, DOI: 10.1021/acscentsci.8b00605.
8. Yaping Chen+, Ji Wang+, Xiangling Li, Ning Hu, Nicolas H. Voelcker\*, **Xi Xie**\*, Roey Elnathan\*, Emerging Roles of 1D Vertical Nanostructures in Orchestrating Immune Cell

Functions, *Advanced Materials*, 2020, DOI: 10.1002/adma.202001668.

9. Cheng Yang, Xinshuo Huang, Xiangling Li, Chengduan Yang, Tao Zhang, Qianni Wu, Dong liu, Haotian Lin, Weirong Chen, Ning Hu,\* **Xi Xie**\*. Wearable and Implantable Intraocular Pressure Biosensors: Recent Progress and Future Prospects, *Advanced Science*, 2021, 8, 2002971.

10. Hui-Juan Chen+, Tian Han+, Chengduan Yang, Di Liu, Chen Su, Shuai Xiao, Chenglin Liu, Di-an Lin, Tao Zhang, Quanchang Jin, Jun Tao, Mei X. Wu, Ji Wang \* and **Xi Xie**\*. Functionalized Spiky Particles for Intracellular Biomolecular Delivery, *ACS Central Science*. 2019, DOI: 10.1021/acscentsci.8b00749.

# 食品小分子毒素免疫传感器的制备及应用

朱鸿帅, 陈梦婷, 刘伟鹏, 刘英菊\*

<sup>1</sup> 华南农业大学材料与能源学院应用化学系 Email: liuyingju@hotmail.com

## 摘要:

赭曲霉毒素是一类由青霉菌属和曲霉菌分泌生成的有毒产物, 主要是 A、B 和 C 等 7 种具有类似结构的真菌毒素, 其中 OTA 分布最为广泛、危害程度最大, 因此对食品中 OTA 的检测非常重要。本文基于模板辅助法合成了具有过氧化物仿生模拟酶活性的核壳结构的  $\text{Cu}_2\text{O}@\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 进行了一系列的材料表征, 通过酶活测试, 表面  $\text{Cu}_2\text{O}$  与  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  之间的协同增效作用大幅增强了催化活性。同时利用双表面活性剂诱导种子生长法和一步微波法分别合成了功能显色底物 Au 纳米棒和荧光量子点, 开发了基于  $\text{Cu}_2\text{O}@\text{Fe}(\text{OH})_3$  模拟酶的荧光-显色双模态免疫传感器, 实现了 OTA 的高灵敏的可视化检测。同时, 开发了系列快捷检测设备用于食品小分子毒素的快检。

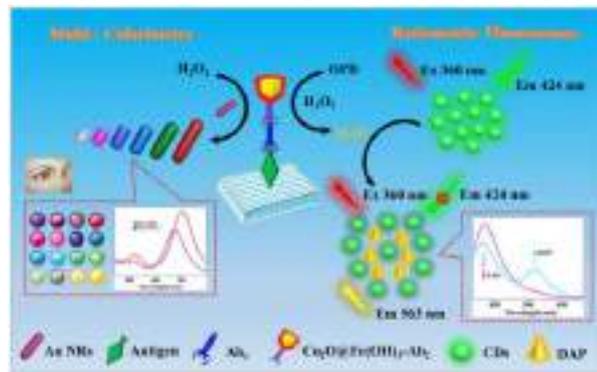


Fig.1 Schematic graph of Immunosensor

**关键词:** 免疫传感器; 赭曲霉毒素; 金属模拟酶

## 参考文献:

- [1] Wei, J.; Chang, W.; Qileng, A.; Liu, W.; Zhang, Y.; Rong, S.; Lei, H.; Liu Y.J. *Anal. Chem.*, 90 (2018) 9606-9613.
- [3] Zhu, H.S.; Cai, Y.; Qileng, A.; Quan, Z.; Zeng, W.; He, K.; Liu, Y.J. *J. Hazard Mater.*, 411 (2021) 125090.
- [4] Shen, H.; Qileng, A.; Yang, H.; Liang, H.Z.; Zhu, H.S.; Liu, Y.J.; Lei, H.T.; Liu, W. P. *Anal. Chem.*, 93 (2021) 11816-11825.
- [5] Cai, Y.; Zhu, H.S.; Zhou, W.C.; Qiu, Z.Y.; Chen, C.C.; Qileng, A.; Li, K.S.; Liu, Y.J. *Anal. Chem.*, 93 (2021) 7275-7282.

# 聚集诱导电致化学发光传感器

徐静娟\*

南京大学化学化工学院 生命分析化学国家重点实验室, 南京, 210023

Email: xujj@nju.edu.cn

## 摘要:

电化学发光 (ECL) 作为化学发光和电化学相结合的一门技术, 在临床诊断和生命分析等领域得到了广泛应用。为了满足对灵敏度日益增长的需求, 许多新型 ECL 纳米材料, 如半导体量子点、类石墨烯及聚合物点 (Pdots) 等取得了快速的发展。其中, 聚集诱导电化学发光 (AIECL) 活性的 Pdots, 以其高的发光效率、好的生物相容性、无生物毒性、易于合成及结构可调等优点, 在 ECL 领域的发展中得到了越来越多的关注。本报告将从 AIECL 型 Pdots 的设计、合成及传感应用等方面介绍我们课题组近三年在 Pdots ECL 方面的工作。

**关键词:** 聚集诱导增强电致化学发光 (AIECL); 聚合物点 (Pdots); 传感器

## 参考文献:

- [1] Wei, X.; Zhu, M.J.; Cheng, Z.; Lee, M.; Yan, H.; Lu, C.; Xu, J.J. *Angew. Chem. Int. Ed.* **58** (2019) 3162.
- [2] Wei, X.; Zhu, M.J.; Yan, H.; Lu, C.; Xu, J.J. *Chem. Eur. J.* **25** (2019) 12671
- [3] Gao, H.; Zhang, N.; Li, Y.; Zhao, W.; Quan, Y.; Cheng, Y.; Chen, H.Y.; Xu, J.J. *Sci. China Chem.* **63**(5) (2020) 715
- [4] Ji, S.Y.; Zhao, W.; Gao H.; Pan, J.B.; Xu, C.H.; Quan, Y.; Xu, J.J. Chen, H.Y. *iScience* **23** (2020) 100774
- [5] Gao, H.; Zhang, N.; Pan, J.B.; Quan, Y.; Cheng, Y.; Chen, H.Y.; Xu, J.J. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **48** (2020) 54012
- [6] Wang, Z.; Pan, J.B.; Li, Q.; Zhou, Y.; Xu, J.J.; Hua, D.B. *Adv. Funct. Mater.* **30** (2020) 2000220
- [7] Wang, Z.; Xu, M.; Zhang, N.; Pan, J.B.; Wu, X.; Liu, P.; Xu, J.J.; Hua, D.B. *J. Mater. Chem. A* **9** (2021) 12584
- [8] Gao, H.; Zhang, N.; Hu, J.; Pan, J.B.; Cheng, Y.; Chen, H.Y.; Xu, J.J. *ACS Appl. Nano Mater.* **4**(7) (2021) 7244
- [9] Zhang, N.; Gao, H.; Jia, Y.L.; Pan, J.B.; Luo, X.L.; Chen, H.Y.; Xu, J.J. *Anal. Chem.* **93** (2021) 6857

# DNA-Bonded Colloidal SERS Hotspots

邓兆祥\*

中国科学技术大学化学系  
zhxdeng@ustc.edu.cn

## 摘要:

A dielectric gap confined between two plasmonic metal nanoparticles can generate a strongly localized electric field upon excitation of a specific bonding dipole plasmon (BDP) mode. Such a greatly enhanced light field (hotspot) is highly favorable for detecting molecules existing at a very low concentration (or single molecules) by surface enhanced Raman spectroscopy (SERS). The enhancement of a SERS signal is proportional to the fourth power of an electric field gain in the hotspot such that any structural changes to the hotspot will significantly alter the Raman intensity. Therefore, building solution-dispersible colloidal SERS hotspots with precise/reproducible structural parameters is key to solving the above problem. Herein we present a DNA-directed strategy to realize controllable “colloidal interactions” inside DNA-bonded nanoparticle dimers. Strong plasmonic coupling corresponding to sub-1.5-nm interparticle gaps with significantly intensified light field is achieved, representing a unique class of SERS hotspots dispersible in a homogenous solution.

**关键词:** Nanoparticle, DNA, strong coupling, SERS

## 参考文献:

- [1] Y. Hao, L. Fang, Z. Deng. *CCS Chem.* 2 (2020) 1359-1367
- [2] Y. Li, Z. Deng. *Acc. Chem. Res.* 52 (2019) 3442-3454
- [3] Y. Wang, L. Fang, M. Gong, Z. Deng. *Chem. Sci.* 10 (2019) 5929-5934
- [4] L. Fang, D. Liu, Y. Wang, Y. Li, L. Song, M. Gong, Y. Li, Z. Deng. *Nano Lett.* 18 (2018) 7014-7020
- [5] Y. Wang, L. Fang, G. Chen, L. Song, Z. Deng. *Small* 14 (2018) 1703303

# 面向生命健康的纳米传感器设计与应用

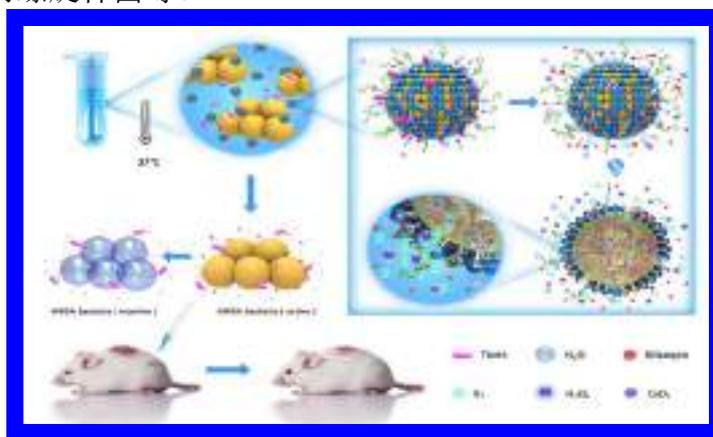
王盼, 周娇娇, 吴阳, 宋智勇, 韩鹤友\*

华中农业大学

Email: hyhan@mail.hzau.edu.cn

## 摘要:

聚焦仿生化学传感器设计与生物分析应用, 包括(1)仿壁虎脚 SERS 传感器设计及其应用于蔬果表面农药残留检测; (2)面向狂犬病病毒的传感器设计与检测治疗; (3)“多米诺”纳米反应器的设计及其应用于超级细菌 MARS 检测治疗等; (4)“纳米瓶”的设计及其用于治疗幽门螺旋杆菌等。



“多米诺”纳米反应器治疗超级细菌 MARS, *Nat. Commun.*, 2019, 10, 1-10

**关键词:** 仿生化学传感器;壁虎脚; 狂犬病病毒; 纳米反应器.

## 参考文献:

- [1] Jiaojiao Zhou, Meishen Ren, Wenjing Wang, Liang Huang, Zhicheng Lu, Zhiyong Song, Mohamed F. Foda, Ling Zhao\* and Heyou Han\*. Pomegranate-Inspired Silica Nanotags Enable Sensitive Dual-Modal Detection of Rabies Virus Nucleoprotein, *Anal. Chem.*, 2020, 92, 13, 8802–8809
- [2] Pan Wang, Long Wu, Zhicheng Lu, Qin Li, Wenmin Yin, Fan Ding, and Heyou Han\*, Gecko-Inspired Nanotentacle SERS Substrate for Rapid Sampling and Reliable Detection of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables, *Anal. Chem.*, 2017, 89, 2424–2431.
- [3] Yang Wu, Zhiyong Song, Huajuan Wang and Heyou Han\*. Endogenous stimulus-powered antibiotic release from nanoreactors for a combination therapy of bacterial infections, *Nat. Commun.*, 2019, 10, 1-10.
- [4] Yang Wu, Zhiyong Song, Guiyun Deng, Kai Jiang, Huajuan Wang, Xueji Zhang,\* and Heyou Han\*. Gastric Acid Powered Nanomotors Release Antibiotics for in vivo Treatment of Helicobacter pylori Infection, *Small*, 2021, 2006877.

## 单细胞测序视野下的液体活检

施奇惠

复旦大学

施奇惠简介:



施奇惠，复旦大学生物医学研究院研究员，基础医学院医学系统生物学系教授、博士生导师，复旦大学附属闵行医院双聘 PI，上海生物医学检测试剂工程技术研究中心副主任，入选青年千人计划、上海市浦江人才计划，曾获达沃斯论坛新领军者年会青年科学奖、22 届中国国际工业博览会高校展区特等奖。主要研究方向为液体活检与单细胞测序、单细胞蛋白组分析，在 PNAS, Nat. Commun., Nat. Med., Anal. Chem., Lab Chip 等期刊发表 50 篇论文，获 6 项中国专利、3 项美国专利。

### 摘要:

液体活检是指从患者的体液及血液样本中检测从病变器官脱落的细胞或 DNA 的技术，包括肿瘤液体活检与无创产检。其中脱落肿瘤细胞因其具有完整的形态、基因组、转录组和蛋白组信息因而能提供肿瘤存在的高级别证据以及分子特征。前期研究中一方面由于缺乏准确的标志物因而难以将稀有的肿瘤细胞、尤其是表型发生变化的肿瘤细胞准确的鉴别出来，另一方面由于缺乏系统性的单细胞测序与单细胞分子分析缺乏对标志物的验证和稀有肿瘤细胞分子特征的表征与疾病相关靶点的检测。我们从肿瘤代谢异常这一功能性特征出发，通过代谢标志物鉴定高代谢活性的肿瘤细胞，并使用单细胞分析手段进行验证并进一步研究不同体液与血液样本中各种不同癌症脱落肿瘤细胞的分子特征与临床意义，为肿瘤诊断、预后、用药指导以及转移机制研究提供新的工具。

# 生物分子及细胞的超低场磁传感

姚立\*

中国科学院化学研究所, 100190, 北京

\* E-mail: [yaoli@iccas.ac.cn](mailto:yaoli@iccas.ac.cn)

在众多生物传感器中, 由磁场传感器和磁性粒子所实现的磁传感技术具有诱人的优势。利用磁性粒子标记生物靶标产生的杂散磁场与外部磁铁的耦合来发展新型磁性生物传感平台已经引起了人们越来越多的兴趣。最近报道的一种新颖超低场磁传感技术, 利用高灵敏的超低场光学原子磁力仪, 通过扫描磁成像方法, 可以对作为超低场磁探针的磁性纳米粒子产生的剩磁信号进行定量和定位的检测, 并对蛋白、核酸等生物分子进行检测, 灵敏度达到 pM-fM 量级。与荧光标记相比, 磁颗粒物探针虽然不受外界环境光线的干扰, 但不具有区分不同生物分子的能力。因此, 如何利用超低场磁传感技术对多种生物标志物进行同时检测仍然是一个亟待解决的问题。我们采用新型的超低场磁传感力谱技术, 利用结合力参数对不同生物标志物进行编码标记, 实现不同靶标的同时检测; 根据超低场磁信号下降的大小与靶标浓度的定量关系可以对生物标志物进行高灵敏检测, 而且磁性粒子探针不受外界环境光线和溶液的干扰, 磁信号非常稳定, 充分发挥了超低场磁传感的优势。上述建立的新方法在分子水平上对肿瘤相关蛋白实现了多靶标同时检测, 提高了肿瘤早期诊断、监测的准确性, 并通过序列调控手段可以改变检测范围, 使得该方法具有更广阔临床应用的潜力。此外, 通过纳米磁探针进行细胞标记, 还可以进一步实现细菌粘附、肿瘤转移等重大疾病相关的生物过程研究, 探讨细胞与细胞、细胞与基质之间的相互作用。总之, 开发以超低场磁传感为中心的新型生物技术, 既能为基于力编码的生物机械传感器的构建提供理论基础, 也为包括癌症、细菌感染等疾病的早期临床诊断提供新的磁传感检测方法和手段, 对提高疾病早期诊断的准确性和检测效率具有重要价值和意义。

**关键词:** 磁传感; 超低场; 力编码; 多靶标检测

**参考文献:**

- [1] Yao L, Xu S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, 48, 5679.
- [2] Yao L, Jamison AC, Xu S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2010**, 49, 7493.
- [3] Yao L, Xu S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, 50, 4407.
- [4] Yao L, Li Y, Tsai TW, Xu S, Wang Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, 52, 14041.
- [5] Chai Y, Feng F, Li Q, Yu C, Feng X, Lu P, Wang X, Yao L. *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, 141, 3366.
- [6] Lu P, Zhang D, Chai Y, Yu C, Wang X, Tang Y, Ge M, Yao L. *Anal. Chim. Acta* **2019**, 1045, 1.

# 智能单体光散射分析方法的构建和应用

贺薇, 周骏, 黄承志\*

发光分析与分子传感教育部重点实验室, 西南大学药学院, 重庆, 400715  
chengzhi@swu.edu.cn

## 摘要:

单体测量产生于上世纪六十年代, 出现了单原子和单分子测量等单体分析法。到了九十年代, 单分子分析、单颗粒分析、单颗粒示踪和单细胞分析等单体分析方法层出不穷<sup>[1]</sup>。单体分析方法可以克服集合体分析的平均化的缺点, 突出单体之间的差异, 提高分析的灵敏度和准确度, 而人工智能技术为开发智能单体分析方法提供了支持, 成为前沿科学领域<sup>[2-3]</sup>。

本课题组利用暗场单颗粒光散射成像技术和单颗粒光谱技术结合图像处理、机器学习发展了智能单体光散射分析方法, 在电子转移成像、生物组织成像、化学反应监控等领域表现出极大的应用潜力。(1) 依据等离激元共振电子转移的基本原理, 构建了可视化监控电子转移和传输的单颗粒分析平台, 为基于电子转移的光催化反应的设计、复合纳米材料的合成和单颗粒光谱调控提供了理论依据。<sup>[4-6]</sup> (2) 结合人工智能技术, 使用深度学习从活细胞中的背景干扰散射信号中有效识别了暗场散射成像中的等离激元纳米颗粒<sup>[7]</sup>, 在复杂生物分析和组织成像中具有很大的应用前景。(3) 建立了基于机器学习的弱散射信号测量方法, 实现了弱化学反应的实时监控, 监测了银纳米颗粒在水中的缓慢氧化过程以及与稀释的汞溶液之间不明显的汞齐化反应<sup>[8]</sup>。

上述研究表明, 智能单颗粒光散射成像技术能极大提升暗场散射成像的精度、置信度以及抗背景干扰能力, 彰显了人工智能在分析化学领域的优势。

**关键词:** 智能单体分析; 暗场显微成像; 单颗粒光散射分析

## 参考文献:

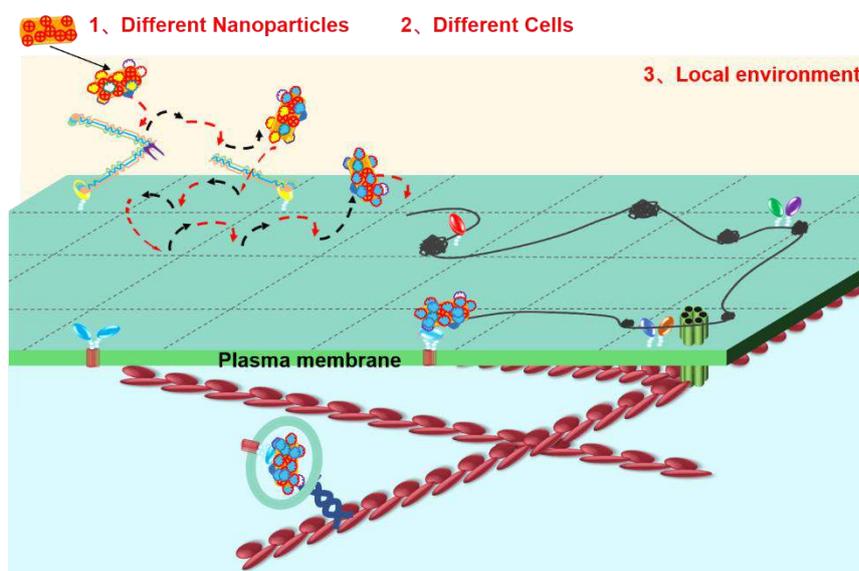
- [1] Goines, S.; Dick, J. E. *J. Electrochem. Soc.*, 167(2019), 037505.
- [2] Zhou, J. J.; Chizhik, A. I.; Chu, S.; Jin, D. Y. *Nature*, 579 (2020), 41-50.
- [3] Lerner, E.; Cordes, T.; Ingargiola, A.; Alhadid, Y.; Chung, S.; Michalet, X.; Weiss, S. *Science*, 359(2018), eaan1133.
- [4] Lei, G.; Gao, P. F.; Yang, T.; Zhou, J.; Zhang, H. Z.; Sun, S. S.; Gao, M. X.; Huang, C. Z., *ACS Nano*, 11(2017), 2085-2093.
- [5] Pan, Z. Y.; Gao, P. F.; Jing, C. J.; Zhou, J.; Liang, W. T.; Lei, G.; Feng, W.; Li, Y. F.; Huang, C. Z., *Appl. Catal. B*, 291(2021), 120090.
- [6] Xia, C.; Gao, P. F.; He, W.; Wang, Y.; Li, C. H.; Zou, H. Y.; Li, Y. F.; Huang, C. Z., *J. Mater. Chem. C* 9(2021), 3108-3114.
- [7] Song, M. K.; Chen, S. X.; Hu, P. P.; Huang, C. Z.; Zhou, J. *Anal. Chem.*, 93(2021), 2619-2626.
- [8] Ma, Y. P.; Li, Q.; Luo, J. B.; Huang, C. Z.; Zhou, J. *Anal. Chem.*, 93(2021), 12131-12138.

# Study Cellular Uptake of Nanoparticles with Single Particle Tracking

Feng Ge, Yi Du, Yan He\*

*Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing 100084, China.*  
[yanhe2021@mail.tsinghua.edu.cn](mailto:yanhe2021@mail.tsinghua.edu.cn)

Researches of cellular uptake of nanoparticles is important for understanding cell functions, such as essential-material transport and cell signaling, which is fundamentally important to wide-ranging fields from nanotoxicology to drug delivery.<sup>1-2</sup> In the past few decades, researchers have systematically studied the endocytosis mechanism of nanoparticles with different physico-chemical characteristics, including size, shape, surface modification, etc.<sup>3</sup> However, in addition to nanoparticles, the endocytosis of nanoparticles is also shaped by cell properties and local environment of the cells. Furthermore, the cellular uptake of nanoparticles is an extremely complicated spatiotemporal heterogeneous dynamic process. Hence, to avoid data information loss, several single particle tracking methods have been developed and applied to study the cellular uptake dynamics of nanoparticles.<sup>2, 4</sup> Here, we systematically observed and analyzed the endocytosis dynamics of plasmonic gold nanorods (AuNRs) through dark-field microscopy with different factors, including AuNRs with different surface modifications, different cell lines, and different cell culture environments. In addition, we also analyzed the whole dynamic cellular uptake process of AuNRs in detail to show how the AuNRs become more cell-friendly, how the AuNRs find transmembrane sites and enter cells, and how the AuNRs are efficiently transported through the cytoskeleton. Our research presents an overall and comprehensive physical picture for cellular uptake of nanoparticles, which provides an important reference for the development of nanotoxicity and precision nanomedicine.



**Figure 1.** Schematic diagram of dynamic cellular uptake process of single gold nanorods.

### Acknowledgement

This work was financially supported by the National Natural Science Foundation of China with grant numbers of 21425519, 21621003 and 91853105, and by the Tsinghua University Startup Fund.

### Reference

- 1 P. Rees; J. W. Wills; M. R. Brown; C. M. Barnes and H. D. Summers, *Nat. Commun.* 2019, **10**(1), 2341.
- 2 S. Behzadi; V. Serpooshan; W. Tao; M. A. Hamaly; M. Y. Alkawareek; E. C. Dreaden; D. Brown; A. M. Alkilany; O. C. Farokhzad and M. Mahmoudi, *Chem. Soc. Rev.* 2017, **46**(14), 4218-4244.
- 3 H. G. Sulin Zhang, Gang Bao, *ACS Nano* 2015, **9**(9), 8655-8671.
- 4 Z. Ye; X. Wang and L. Xiao, *Anal. Chem.* 2019, **91**(24), 15327-15334.

## 多种单分子技术研究细胞膜结构

王宏达\*, 蔡明军, 高婧, 周露露, 石岩, 徐海娇

中国科学院长春应用化学研究所, 吉林长春, 130022

Email: hdwang@ciac.ac.cn

### 摘要:

细胞膜是生命体基本结构单元“细胞”的天然屏障, 它把细胞与外界环境分离开来。细胞膜有许多重要的生物功能, 如物质隔离、物质交换和细胞通讯等。在分子水平研究细胞膜的结构对解释细胞膜的功能和治疗细胞膜相关疾病有重要的指导意义。我们利用多种单分子技术(原子力显微镜、超分辨荧光显微镜和单分子力谱等技术)在接近生理条件下对多种细胞膜结构(包括多种红细胞膜、多种哺乳动物有核体细胞膜)进行了深入系统的研究[1-3], 从整体角度揭示了细胞膜的非对称性和种类差异性, 提出了红细胞的“半镶嵌”模型和哺乳动物组织细胞的“蛋白层-磷脂-蛋白岛”模型[4], 并通过力学测量和荧光成像验证了新的模型结构。同时, 基于活细胞荧光动态成像技术和细胞膜结构新认知, 我们又提出新的“膜非对称性决定的有序囊泡转运”模型, 它合理解释了细胞内物质有序运输过程和机制[5]。

**关键词:** 细胞膜; 原子力显微镜; 超分辨光学显微镜; 冷冻电镜; 单分子

### 参考文献:

- [1] Wu, Q.; Cai, M.; Gao, J.; Zhao, T.; Xu, H.; Yan, Q.; Jing, Y.; Shi, Y.; Kang, C.; Liu, Y.; Liang, F.; Chen, J.; Wang, H. *Nanoscale Horiz.* 5(2020): 523.
- [2] Yan, Q.; Lu, Y.; Zhou, L.; Chen, J.; Xu, H.; Cai, M.; Shi, Y.; Jiang, J.; Xiong, W.; Gao, J.; Wang, H. *PNAS* 115(2018): 7033.
- [3] Chen, J.; Liu, T.; Gao, J.; Gao, L.; Zhou, L.; Cai, M.; Shi, Y.; Xiong, W.; Jiang, J.; Tong, T.; Wang, H. *Adv. Sci.* 3(2016): 1600270.
- [4] Shan, Y.; Wang, H. *Chem. Soc. Rev.* 44(2015): 3617.
- [5] Xu, H.; Gao, J.; Cai, M.; Chen, J.; Zhang, Q.; Li, H.; Wang, H. *Anal. Chem.* 92(2020): 6555.

# 多通道荧光相关光谱原位研究单个活细胞内蛋白泛素化和去泛素化过程

刘尧旗 董朝青 任吉存\*

上海交通大学 化学化工学院  
jicunren@sjtu.edu.cn

## 摘要:

蛋白的泛素化是一种非常重要的后修饰过程。它是指蛋白在一系列泛素化酶（包括泛素激活酶、结合酶、连结酶和降解酶等）的作用下，将一个或者多个泛素分子 (Ub) 共价连接到蛋白上。最终，带有泛素分子标记的底物蛋白能够被 26S 蛋白酶复合体识别并酶解。泛素化在蛋白质的定位、代谢、功能、调节和降解过程中发挥十分重要的作用。同时，它也参与了细胞周期、增殖、凋亡、分化、转移、基因表达、转录调节、信号传递、损伤修复、炎症免疫等几乎一切生命活动的调控。目前由于缺乏蛋白泛素化和去泛素化过程原位实时分析有效方法，严重地阻碍了该领域基础研究及其相关药物的研发。我们研制了多通道荧光相关光谱原位分析系统，与微流控芯片在线细胞培养技术结合，建立了单个活细胞内蛋白泛素化和去泛素化过程分析新方法。发展了活细胞内蛋白原位标记方法，以细胞新合成蛋白和 p53 蛋白为研究模型，系统地研究了新合成蛋白和 p53 蛋白的泛素化过程，p53 蛋白的 SUMO 化过程以及 p53 蛋白去泛素化过程。

**关键词:** 荧光相关光谱 微流控芯片 活细胞 泛素化 去泛素化

## 参考文献:

- [1] Hen Liu, Chaoqing Dong, Jicun Ren, *J. Am. Chem. Soc.*, 136(2014), 2775–2785.
- [2] Zhixue Du, Jing Yu, Fucan Li, Liyun Deng, et al, *Anal. Chem.*, **90(2018)**, 6144–6151.
- [3] Fucan Li, Zhixue Du, Xiangyi Huang, Chaoqing Dong, Jicun Ren, *Anal. Chem.*, 93(2021), 886-894.
- [4] Shengrong Yu, Fucan Li, Xiangyi Huang, Chaoqing Dong, Jicun Ren, *Anal. Chem.*, 92(2020), 2988-2996.
- [5] Liyun Deng, Xiangyi Huang, Jicun Ren, *Anal. Chem.* 92(2020), 7020–7027.
- [6] Fucan Li, Xiangyi Huang, Chaoqing Dong, Jicun Ren, *Biochemistry*, 60(2021), 1498-1505.

# 基于生物发光的氧气成像及单个细菌 $K_m$ 值测量

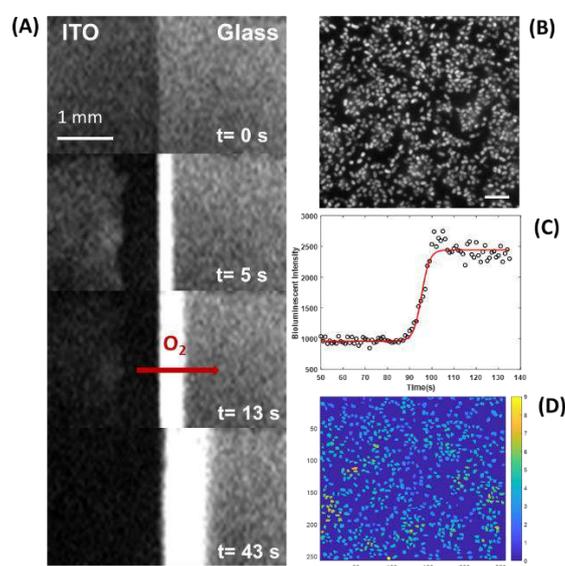
厉耀华, 王伟\*

南京大学化学化工学院, 生命分析化学国家重点实验室, 南京 210023

\*Email: wei.wang@nju.edu.cn

## 摘要:

生物发光是由生物体内发生化学反应释放出光子的过程, 在这个反应中, 氧气必不可少。细菌生物发光所需的荧光素  $\text{FMNH}_2$  存在于所有细胞中, 体内成像时不需要额外补充底物, 使得发光稳定性良好, 因此在生物成像方面具有较大的应用前景。但是由于细胞所处微环境的复杂性和动态性, 生物发光成像的定量分析具有难度。其中氧气作为细胞微环境的重要组成部分, 在生物体新陈代谢和生命周期运转中发挥巨大作用, 而且在调节生物发光的动力学中也扮演重要角色。基于生物发光对氧气的依赖性, 我们以明亮发光杆菌为模型, 分别成像了溶液中无规运动的氧气波以及电解水定向扩散的氧气波, 响应快速, 具有可逆性, 计算得到了氧气在培养液中的扩散系数。并进一步分析了电解产氧扩散过程中生物发光强度的动力学, 得到了受氧气扩散影响的“s 型”曲线, 利用此条曲线, 我们分析得到了单个细菌酶促反应的米氏常数  $K_m$  值, 比较发现不同细菌之间  $K_m$  值具有差异性, 这为细胞内直接测量荧光素酶的  $K_m$  值提供了一种简单快捷的方法, 更真实地反映酶与底物的结合情况, 有助于理解氧气与生物发光强度的关系, 为生物发光成像的定量分析提供指导意义。



图(A).电解产生的氧气扩散成像; 图(B).单个细菌的生物发光(Scale bar: 10  $\mu\text{m}$ ); 图(C).单个细菌发光动力学曲线; 图(D).不同细菌的 $K_m$ 值分布图

**关键词:** 生物发光; 氧气; 明亮发光杆菌; 米氏常数

## 参考文献:

[1] Yaohua Li, Sa Wang, Xinyu He, Shijun Li, Tianhua Zheng, Youpeng Chen\*, Hua Cui\*, Wei Wang\*, Imaging the oxygen wave with a single bioluminescent bacterium, *Chem. Sci.*, 2021, 12, 12400-12406

# 等离子体质谱在生命科学分析探索中的应用

刘珣, 张尚青, 舒杨, 陈明丽, 王建华

东北大学理学院化学系

Email: jianhuajrz@mail.neu.edu.cn

## 摘要:

电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 是测定金属及其相关组分的最灵敏分析方法, 然而其在生命科学相关的领域及研究中的应用还较少。在细胞等微小生命体中超微量组分的分析中, 合理设计并应用 ICP-MS 可望提供新型的超灵敏分析技术。在我们的前期研究中, 利用 ICP-MS 发展了一系列生命物质的分析方法, 包括: 将 ICP-MS 定量与荧光成像技术相关联, 建立了基于荧光成像对细胞内金属组分进行定量的新方法, 利用相关方法可对细胞中铜纳米粒子的代谢行为进行深入探讨; 基于 DNA 杂交技术, 富集上转换纳米粒子, 在通过 ICP-MS 检测可实现超灵敏 micro-RNA 的定量, 并用于血清中癌症标志物的检测; 基于上转换纳米粒子富集银纳米簇, 碱性磷酸酶导致纳米簇的脱落, 通过 ICP-MS 定量, 间接实现进行磷酸酶的高灵敏测定; 建立 AuNPs-适配体复合物, 在微流控通道中有效分离与适配体结合的循环肿瘤细胞, 通过定量金同位素实现 CTC 的定量检测, 为疾病筛查提供依据。

**关键词:** ICP-MS; 荧光成像; micro-RNA; 碱性磷酸酶; CTC

## 参考文献:

- [1] Shu Y, Zheng N, Zheng A. -Q, Guo T.-T, Yu Y.-L, Wang J.-H. *Anal. Chem*, 2019, 91, 4157-4163.
- [2] 郑安琪, 郝亚男, 果婷婷, 舒杨\*, 王建华\*. *分析化学*, 2020, 48 (10), 1359-1366.
- [3] Liu X, Zhang S.-Q, Cheng Z.-H, Wei, X, Yang T, Yu Y.-L, Chen M.-L, Wang J.-H. *Anal. Chem*, 2018, 90, 12116-12122.
- [4] Liu X, Cheng Z.-H, Zhang S.-Q, Wei, X, Wu N, Yang T, Chen M.-L, Wang J.-H. *Anal. Chem*, 2020, 92, 3769-3774.
- [5] Zhang X, Wei X, Men X, Wu C.-X, Bai J.-J, Li W.-T, Tnag T, Chen M.-L, Wang J.-H. *ACS. Appl. Mater. Interfaces*, 2021, 13, 43668-43675.

# Structural insights into molecular mechanism of aptamer recognizing ochratoxin A

Guohua Xu<sup>1</sup>, Jiajing Zhao<sup>1</sup>, Hao Yu<sup>2</sup>, Qiang Zhao\*<sup>2</sup>, Maili Liu\*<sup>1</sup>, Conggang Li\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Magnetic Resonance in Biological Systems, State Key Laboratory of Magnetic Resonance and Atomic and Molecular Physics, National Center for Magnetic Resonance in Wuhan, Innovation Academy for Precision Measurement Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430071, P. R. China.

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085, P. R. China.

Email: conggangli@wipm.ac.cn qiangzhao@rcees.ac.cn ml.liu@wipm.ac.cn

## Abstract:

The understanding of molecular mechanism of aptamer recognition and the rational design of highly functional aptamers to a great extent depend on structural determination of the high-resolution structures of aptamer-target complex. However, to date, the number of aptamer–ligand structures is still small in PDB database. Ochratoxin A (OTA) is a widespread food-contaminating mycotoxin mainly produced by fungal species *Aspergillus ochraceus* and *Penicillium verrucosum*. OTA is considered to pose a serious health threat to both humans and animals due to its nephrotoxicity and carcinogenicity[1]. A 36-mer OTA binding DNA aptamer (OBA36), which shows high affinity binding to OTA, but bind OTB, which is a nonchlorinated structural analogue of OTA, 100-fold less affinity compared to OTA[2], has been incorporated into a vast variety of aptasensor platforms for OTA detection. Due to the lack of high-resolution structures of aptamer complex, the molecular mechanism of aptamer discriminatory recognition of two analogs OTA and OTB remains unknown. Herein we gain insights into the structural basis for specific molecular recognition of OTA by aptamer through the high-resolution solution structures of OTA bound to aptamer by NMR spectroscopy. Our results indicate that the aptamer forms duplex-quadruplex structural scaffold. OTA is located at the junction between the double helix and G-quadruplex. The halogen bonds play an important role in discriminating between OTA and OTB. The present research contributes to a deeper understanding of molecular recognition and will facilitate the development of new aptamer biosensors for biomedical research.

**Keywords :** ochratoxin A, aptamer, NMR, high-resolution structure, recognition mechanism

## References:

[1] Pfohl-Leszkowicz, A. and Manderville, R.A. *Mol. Nutr. Food Res.*, 51 (2007), 1192-1192.

[2] Cruz-Aguado, J.A. and Penner, G. *J. Agr. Food Chem.*, 56 (2008), 10456-10461.

# 基于酶响应激活磁共振调谐策略的活体致病菌成像分析

李林瑶, 顾培林, 邓思雨, 宋尔群\*

西南大学药学院, 重庆, 400715

\*Email: eqsong@swu.edu.cn

## 摘要:

致病菌引起的感染性疾病, 尤其是深部组织疾病如肺炎、脑膜炎、心膜炎等严重威胁人们身体健康和生命安全。<sup>1</sup> 细菌原位成像为感染性疾病的精准诊断和疗效监测提供了新的契机。已报道的活体致病菌成像技术如计算机断层扫描、荧光成像、核磁共振成像和超声成像等虽能实现体内细菌的检测, 但由于无法区分细菌感染与其他病症(如癌症和炎症等)、以及灵敏度较低等限制了这些成像技术的临床应用。<sup>2</sup> 本工作基于纳米尺度距离依赖的磁共振调谐(Magnetic Resonance Tuning, MRET)策略<sup>3</sup>构建了一种基质金属蛋白酶(MMP-2)特异性响应的MRET核磁成像探针。该探针由具有细菌靶向识别肽和具有可被MMP-2酶切和T1(钆标记)成像功能多肽修饰的铁基磁纳米粒子基于 $\pi$ - $\pi$ 堆积作用自组装为磁纳米粒子聚集体。这种聚集作用极大缩短了钆剂与磁纳米粒子之间的距离导致MRET探针ON呈现较弱的T1成像性能。当探针通过识别肽靶向细菌后, 细菌感染部位的MMP-2通过酶切作用可将MRET探针中的钆剂释放使MRET探针OFF, T1恢复, 实现目标菌的特异灵敏检测, 有望在细菌感染性疾病的准确灵敏诊断以及其疗效监测方面发挥积极作用。

**关键词:** MRET; 酶响应; 多肽; 致病菌; MRI 成像

## 参考文献:

- [1] 王辉, 任健康, 王明贵, *临床微生物学检验(第一版)*, (2015), 3-6.
- [2] Li, L.Y. et al, *Small*. (2021), 2103627.
- [3] Choi, J. S. et al, *Nat. Mater.* 16 (2017), 537-542.

# 荧光成像的定量与高保真分析探索

舒杨\*, 李志豪, 林博, 王建华

东北大学 辽宁沈阳市和平区文化路 3-11 号

Email: shuyang@mail.neu.edu.cn

## 摘要:

荧光成像技术可原位、实时、动态的提供细胞内化学物质与生物分子浓度及其状态/形态变化的可视化信息。由于荧光成像的灵敏度所限，通常只能在细胞培养液中外加待测物，利用细胞膜的渗透性增加细胞中含量以实现成像[1]。另外，由于无法制备细胞内的标准/校准样品系列，目前对细胞内分子的定量具有很高的挑战性。本研究建立基于荧光成像的胞内金属定量方法：以标准定量方法（如电感耦合等离子体质谱 ICPMS）准确测定胞内金属含量，将此信息与荧光成像相关联，确立胞内金属含量-荧光强度比值的定量关系，实现荧光成像法对细胞内金属的定量检测（图 a）。

共轭阳离子探针在成像中通常会遭遇严重的光漂白和非靶向区域发射引起的假阴性或阳性信号。具有优异光稳定性的原位激活荧光探针能有效抑制这些干扰。我们制备了一种具有聚集诱导发射（AIE）特征亲脂性阳离子探针——TPE-NT 用于高保真成像线粒体的膜电位（-160—180 mV）。在正常的线粒体中，TPE-NT 被富集到线粒体内膜表面，其荧光被膜高粘度的微环境激活[2]。当线粒体去极化时，探针扩散至低粘度的细胞质基质中或细胞外，伴随着探针荧光的淬灭（图 b）。此外，TPE-NT 具有优异的光稳定性和较低的细胞毒性。因此，TPE-NT 能够用于高保真地成像线粒体的膜电位。

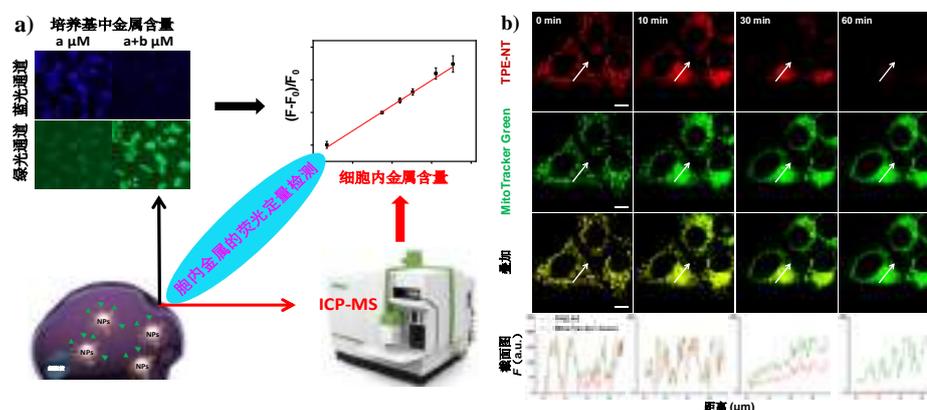


图 a). ICP-MS 与荧光成像统计关联并实现细胞内金属定量分析的工作原理图, b).向 10  $\mu\text{M}$  TPE-NT 和 2  $\mu\text{M}$  Mito Tracker Green 染色的 Lovo 细胞加入 10  $\mu\text{M}$  CCCP 后各时刻的荧光成像。比例尺:10  $\mu\text{m}$ 。

关键词: 荧光成像, 定量分析, 高保真

## 参考文献:

[1] Zhang, J.; Cheng, F. and Li, J., etc. *Nano Today*, 11 (2016), 309-329.

[2] Zielonka, J.; Joseph, J. and Sikora, A., etc., *Chemical Reviews*, 117 (2017), 10043-10120.

# 细胞代谢组学如何满足从群体细胞到少量细胞、单细胞和亚细胞的分析需求？

徐天润<sup>1,2</sup>, 丰迪生<sup>1</sup>, 李杭<sup>1</sup>, 于迪<sup>1</sup>, 周丽娜<sup>1</sup>, 胡春秀<sup>1</sup>, 石先哲<sup>1</sup>

刘心昱<sup>1</sup>, 许国旺<sup>1,2\*</sup>

1. 中国科学院大连化学物理研究所, 大连 116023;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

Email: Xugw@dicp.ac.cn

## 摘要:

代谢组学已在生命科学的各领域发挥越来越重要的作用, 研究的样品包括组织、体液和细胞。对细胞代谢组学来说, 一般需要  $10^5 \sim 10^7$  个细胞。在一些特殊的场合, 如干细胞、循环肿瘤细胞、原代细胞等, 细胞数十分有限, 常规的细胞代谢组学分析方法就有问题, 需要发展针对少量细胞(如几十个细胞)的方法。在细胞异质性研究中, 甚至需要发展针对单细胞的代谢组学方法。不仅如此, 亚细胞的代谢组研究也日益提到日程上来。

针对上述需求, 我们基于纳升电喷雾直接进样的高分辨质谱(nanoESI DI-HRMS), 分别结合质谱信息非依赖采集(DIA)、拼接式质谱采集、毛细管微探针取样等技术, 实现了大规模人群样本代谢组的高通量分析[1]和 20 个哺乳动物细胞脂质组的高通量高灵敏检测[2]。基于 96 孔板的同位素标记细胞实验显示[3], 研究成本显著下降。不仅如此, nanoESI DI-HRMS 与微流控芯片结合, 可为单细胞的代谢组学分析提供解决方案。

针对亚细胞代谢组学分析的需求, 我们研制了特异识别外泌体表面膜蛋白的核酸适配体功能化纳米复合材料, 发展了复杂生物样本中少量外泌体的高效分离纯化方法, 结合高灵敏的非靶向液质分析方法, 实现了细胞外泌体的高覆盖代谢组学分析[4]。进一步地, 我们研制了抗体修饰的磁性亲和材料, 用于不同肝细胞中完整线粒体的选择性分离及后续的代谢组学分析[5]。

本报告将报告我们的最新研究结果。

**关键词:** 代谢组学, 脂质组学, 20 个细胞, 亚细胞, 单细胞

## 参考文献

[1] Lichao Wang, et al., *Anal. Chem.* 93 (2021) 10528–10537

[2] Tianrun Xu, et al., *Anal. Chem.* 93 (2021) 10031–10038

[3] Di Yu, et al., *Anal. Chem.* (2021) accepted

[4] Mengmeng Chang, et al., *Anal. Chem.* 92 (2020) 15497–15505

[5] Mengmeng Chang, et al., *Anal. Chem.* 93 (2021) 11099–11107

# Integrated omics studies for improved cancer differentiation using mass spectrometry with one tissue sample loading

Huanwen Chen

Jiangxi Key Laboratory for Mass Spectrometry and Instrumentation, East China University of Technology, Nanchang 330013, P. R. China. Email: [chw@163.com](mailto:chw@163.com)

## Abstract:

Along with the development of system biology, omics studies have been increasingly employed in life science and related fields. Usually, hetero source samples are being used for omics studies at different levels. For example, a liver tissue sample separated from a bulk liver may be used for metabolomics studies while it could not be used for either proteomics nor lipidomics studies, because each omics study requires a dedicated purpose-based sample pretreatment procedure, and thus the specific tissue sample. On the other hand, the small molecules, particularly the extracellular metabolites, might spread at long distances since they are likely diffused much more easily than either proteins or lipids. Consequently, heterogenous distribution among the metabolites, lipids and proteins could be achieved in a bulk tissue, especially for different cell lines. Theoretically, the logic linkage between the results obtained in different omics studies using different tissue samples might not be reliable as it was believed.

In our laboratory, using the unique technique termed as internal extractive electrospray ionization mass spectrometry (iEESI-MS)<sup>[1, 2]</sup>, the metabolites, lipids and proteins were successively fingerprinted in the mass spectra requiring one tissue sample loading and no offline pretreatment. Therefore, the omics data of proteins, lipids and metabolites were obtained using the exactly identical tissue sample, which resulted in improved performance for cancer differentiation in tumor detection and well consistent results in comparative studies of molecular alterations upon cancer between mice and humans. The method and the experimental data as well will be presented, and the possible mechanism behind the performance will be briefly discussed.

**Keywords:** internal extractive electrospray ionization mass spectrometry, omics study, system biology, liver cancer, tissue analysis.

## References:

- [1] H. Zhang, K. Chingin, J. Li, H. Lu, K. Huang and H. Chen, *Anal. Chem.*, 90(2018), 12101-12107.
- [2] Zhang, K. Chingin, Y. Wei, J. Xu, M. Ke, K. Huang, S. Feng and H. Chen, *Anal. Chem.*, 91(2019), 10532-10540.

## 发现基于血液金属同位素指纹的疾病标志物

王伟超, 张璐瑶, 令伟博, 陈子谷, 刘倩\*, 江桂斌

中国科学院生态环境研究中心, 环境化学与生态毒理学国家重点实验室

Email: qianliu@rcees.ac.cn

### 摘要:

稳定同位素指质子数相同、中子数不同的非放射性元素形式。自然界多数元素具有多个天然稳定同位素, 且组成相对恒定。特定来源的元素可能具有特定的稳定同位素组成范围, 即具有特定的稳定同位素指纹。而一些物理、化学和生物过程能够不断地对同位素进行分离, 造成元素的同位素组成在一定范围内变化, 即产生稳定同位素分馏。目前已有研究发现一些疾病发生过程中存在稳定同位素分馏现象, 如 Walczyk 和 von Blanckenburg 报道人血液具有长期稳定的 Fe 同位素组成, 而血色沉着病能造成血液中 Fe 同位素分馏。Balter 等人报道了肝癌患者血液中存在 Cu 和 S 同位素分馏。因此, 稳定同位素分馏提供了不同以往的技术手段, 可以提供新的研究视角来揭示疾病发生发展的诱因和途径。我们设想疾病的发生能够导致一些重要生理元素产生特定的稳定同位素分馏效应。因此, 通过研究疾病诱导的同位素分馏效应, 能够辨析导致元素指标异常的来源、关键生理过程和分子机制。我们的研究表明, 膀胱癌、前列腺癌、自身免疫疾病等疾病均能导致血液中发生显著的 Cu 同位素分馏, 且同位素组成对于疾病的响应灵敏度远高于浓度响应。我们的研究表明, 血液金属稳定同位素指纹有望成为一种新的疾病标志物, 广泛应用于疾病风险预警、早期诊断、治疗干预等方面。

**关键词:** 稳定同位素分馏、金属元素、疾病诊断、生物标志物、指纹

### 参考文献:

- [1] Walczyk, T.; von Blanckenburg, F. Natural Iron Isotope Variations in Human Blood,
- [2] *Science* 2002, 295, 2065-2066.
- [3] Krayenbuehl, P.-A.; Walczyk, T.; Schoenberg, R.; von Blanckenburg, F.; Schulthess,
- [4] G. Hereditary hemochromatosis is reflected in the iron isotope composition of blood.
- [5] *Blood* 2005, 105, 3812-3816.
- [6] Balter, V.; da Costa, A. N.; Bondanese, V. P.; Jaouen, K.; Lamboux, A.; Sangrajang,
- [7] S.; Vincent, N.; Fourel, F.; Tékouk, P.; Gigou, M.; Léuyer, C.; Srivatanakul, P.;
- [8] Bréhot, C.; Albarède, F.; Hainaut, P. Natural variations of copper and sulfur stable
- [9] isotopes in blood of hepatocellular carcinoma patients. *PNAS* 2015, 112, 982-985.

# 集成化样品前处理技术的发展及蛋白质组学应用

田瑞军

南方科技大学化学系

Email: tianrj@sustech.edu.cn

## 摘要:

蛋白质组学是继基因组学后系统生物学领域的又一重要研究方向。与解析“静态”的基因编码序列的基因组学相比,蛋白质组学的主要研究目标在于定性和定量地研究特定蛋白质组里的所有蛋白质,包括其表达量、细胞内的定位、蛋白质间的相互作用、蛋白质的翻译后修饰等。目前主流的 Shot-gun 蛋白质组学分析均需要进行复杂的样品前处理,极易造成微量样品的损失并降低相关生化反应的效率。为解决上述技术难题,我们利用易于操作的离心技术,发展了应用于微量生物样品蛋白质组深度覆盖分析的集成化样品前处理技术 SISPROT。在小于 200 微升的离心式反应器中,我们成功地实现了蛋白质组学样品前处理步骤的高度集成化,主要包括:蛋白质组分的富集、蛋白质的二硫键打开和保护、蛋白质的酶解和多肽组分的除盐等,大大减少了微量蛋白样品的损失,并显著地提高了蛋白质组学定性分析的灵敏度和定量分析的重复性。更为重要的是, SISPROT 技术可以同时实现基于高 pH 反相液相色谱分级或基于强阴离子交换和高 pH 反向液相色谱的二维多肽组分分级,为微量生物样品的蛋白质组深度覆盖分析提供了高效和便捷的样品前处理平台。我们已利用 SISPROT 技术成功地实现了对临床组织活检、液体活检及人肠道微生物群样品等的规模化蛋白质组学分析应用。本文将重点展示我们近期开展的基于激光显微切割技术的临床组织标本中空间分辨率的蛋白质组和糖基化蛋白质组分析。

**关键词:** 蛋白质组学、集成化样品前处理、精准医学

# 基于半导体纳米材料的单细胞水平 SERS 分析

郑婷婷\*, 冯恩铎, 周琰, 田阳\*

华东师范大学, 上海市东川路 500 号 200241

Email: ttzheng@chem.ecnu.edu.cn

ytian@chem.ecnu.edu.cn

## 摘要:

表面增强拉曼技术 (SERS) 在复杂体系痕量分子分析中独具优势, SERS 领域的每一次突破都离不开拉曼基底的发展。目前, 基于电磁场增强机理 (EM) 的贵金属拉曼基底, 表现出超高的拉曼增强, 可以进行单分子水平分析检测; 但是, 这种基于 EM 的 SERS 效应不具有选择性, 导致生命体系中各种相互作用的复杂信号同时增强, 不能满足痕量生物分子分析的高特异性和高准确度要求。

近年来, 我们小组围绕复杂生命体系中痕量分子的高选择、高灵敏和多通道同时在线 SERS 分析的关键科学问题, 另辟蹊径, 通过系统解析拉曼增强机理, 调控材料能级和结构, 构筑了一系列新型半导体拉曼基底, 从三个层次发展了复杂生命体系中痕量分子的 SERS 分析新方法: (一) 构建与信号分子的能级和结构双重匹配的石墨烯/半导体拉曼基底, 结合富 G 碱基序列对信号分子的特异性识别, 实现了复杂生命体系中肿瘤相关蛋白酶的高选择性原位检测; (二) 提出局域表面等离子体共振效应与电荷转移协同作用以及异质结效应促进电荷分离增强拉曼新机理, 分别构筑了等离子体特性和 p-n 异质结构两种半导体拉曼基底, 大幅提升增强因子, 实现了肿瘤相关痕量分子的高灵敏实时监测; (三) 合成与多种信号分子能级匹配的半导体拉曼基底, 结合拉曼峰宽窄和波谱范围宽的特点, 实现了多种肿瘤相关分子的高选择性多通道实时在线分析, 探究了分子之间相互作用关系。

**关键词:** 表面增强拉曼光谱; 半导体; 机理解析; 痕量分析

## 参考文献:

- [1] Feng, E.; He, X.; Chen, J.; Zheng, T.; Tian, Y. *Sci. Adv.* 4(2018), eaau3494.
- [2] Liu, J.; Zheng, T.; Tian, Y. *Angew. Chem. Inter. Ed.* 58(2019), 7757.
- [3] Liu, J.; Qu, Y.; Zheng, T.; Tian, Y. *Chem. Comm.* 55(2019), 9673.
- [4] Zhou, Y.; Liu, J.; Zheng, T.; Tian, Y. *Anal. Chem.* 92(2020), 5910.
- [5] Su, Y.; Xu, S.; Zhang, J.; Chen, X.; Jiang, L-P.; Zheng, T.; Zhu, J-J. *Anal. Chem.* 91(2019), 864.

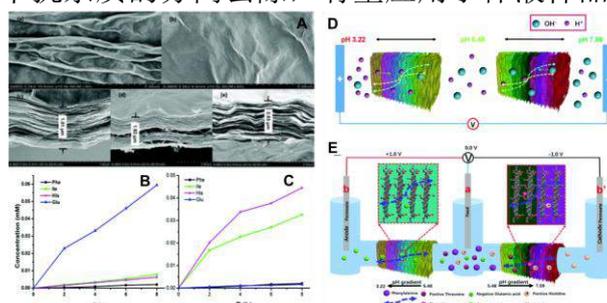
# 体液荷电物质的预处理

吴玉<sup>1</sup>, 肖丹\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 重庆理工大学药学与生物工程学院, 重庆市巴南区红光大道 69 号, 400054, <sup>2</sup> 四川大学化学工程学院, 四川省成都市一环路南一段 24 号, 610065  
Email: xiaodan@scu.edu.cn

## 摘要:

由于体液样品中的复杂组分会对分析检测产生严重干扰, 因此预处理对分析检测具有重要意义。氧化石墨烯 (GO) 结构中含有大量含氧官能团, 为 GO 的功能化提供大量结合位点<sup>[1]</sup>, 可通过引入聚合物、金属离子、纳米材料等<sup>[2-7]</sup>进行功能化, 形成含有大量二维纳米通道的功能化膜。基于此在 GO 分散液中引入有机分子, 制备功能化石墨烯基复合膜。水溶性的对苯二酚 (HQ) 可部分还原 GO, 在 GO 分散液中引入 HQ, 可恢复部分  $\pi$ - $\pi$  共轭结构<sup>[8]</sup>, 有利于与曙红 Y (EY) 通过  $\pi$ - $\pi$  作用结合。EY 的引入不仅可增加膜的层间距, 同时由于 EY 是阴离子染料, 因此可在部分还原 GO 与 GO 纳米片层间形成通道<sup>[9]</sup>。通过滴涂法制得功能化的石墨烯基复合膜, 并将其用于两性物质分离。氨基酸 (AA) 是典型两性化合物, 其带电情况可通过体系 pH 控制<sup>[10,11]</sup>, 因此使用 AA 作为目标物。通过调节溶液 pH, 得到带不同电荷的 AA 混合物, 将功能化膜组装于自制分离装置中以分离 AA 混合物, 通过外加电场驱动力, 考察功能化膜对 AA 混合物的分离性能。基于加入池和接收池溶液 pH 差异, 可形成 pH 梯度, 使得带不同电荷 AA 离子在电场驱动下向目标接收池迁移, 接收池的 pH 为目标 AA 的等电点, 当目标 AA 到达接收池后由离子转变成电中性分子, 在电场作用下不再迁移, 实现分离。经功能化修饰的膜机械性能、离子选择性和机械强度等性能显著提高。利用此方法可实现样品中待测组分的富集以及干扰杂质的分离去除, 有望应用于体液样品的前处理。



**Fig. 1** A is the SEM images of the surface morphology of GO membrane (a) and FFGM (b), (c) and (d) are the cross-sections of GO membrane and FFGM before dissolving Cu foil, and (e) is the cross-section of FFGM after dissolving Cu foil; B and C represent the concentration of the quaternary AA system in the anode and cathode receivers after 8 h, respectively; D represents the pH gradient formed within free-standing graphene membrane (FFGM); E is the separation mechanism of multiple AA via FFGMs in an electric field.

**关键词:** 功能化; 氧化石墨烯; 电驱动; 荷电物质; 体液

**参考文献:**

[1] Sun, P. Z.; Zhu, M.; Wang, K. L.; Zhong, M. L.; Wei, J. Q.; Wu, D. H.; Xu, Z. P.; Zhu, H. W. *ACS Nano* 7 (2013) 428-437.

- [2] Han, D. L.; Yan, L. F.; Chen, W. F.; Li, W. *Carbohydr. Polym.* **83** (2011) 653-658.
- [3] Zinadini, S.; Zinatizadeh, A. A.; Rahimi, M.; Vatanpour, V.; Zangeneh, H. *J. Membr. Sci.* **453** (2014) 292-301.
- [4] Ionita, M.; Pandele, M. A.; Iovu, H. *Carbohydr. Polym.* **94** (2013) 339-344.
- [5] Park, S. J.; Lee, K. S.; Bozoklu, G.; Cai, W. W.; Nguyen, S. T.; Ruoff, R. S. *ACS Nano.* **2** (2008) 572-578.
- [6] Huang, H. B.; Song, Z. G.; Wei, N.; Shi, L.; Mao, Y. Y.; Sun, L. W.; Xu, Z. P.; Peng, X. S. *Nat. Commun.* **4** (2013) 2979.
- [7] Wang, W. T.; Eftekhari, E.; Zhu, G. S.; Zhang, X. W.; Yan, Z. F.; Lin, Q. *Chem. Commun.* **50** (2014) 13089-13092.
- [8] Wang, G. X.; Yang, J.; Park, J. S.; Gou, X. L.; Wang, B.; Liu, H.; Yao, J. *J. Phys. Chem. C.* **112** (2008) 8192-8195.
- [9] Wu, Y.; Ji, H. Y.; Yang, F.; Meng, Y.; Wang, Y. J.; Dai, J. Y.; Ren, H. S.; Tan, G. Q.; Xiao, D. *Nanoscale.* **10** (2018) 1119-1128.
- [10] Read, O. M. K.; Mengers, H. J.; Wiratha, W.; Wessling, M.; Nijmeijer, K. *J. Membr. Sci.* **384** (2011) 166-175.
- [11] Read, O. M. K.; Girones, M.; Nijmeijer, K. *J. Membr. Sci.* **429** (2013) 338-348.

# 仿生多尺度粘附界面材料

王树涛<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> 中科院仿生材料与界面科学重点实验室，中国科学院理化技术研究所

Email: stwang@mail.ipc.ac.cn

## 摘要:

生物界面粘附是界面化学研究中的前沿热点之一，不仅有助于我们了解生命的奥秘，还对发展新型功能界面材料和相关技术有着重要意义。向自然学习，为发展新材料源源不断的提供新原理和新思路。近年来，我们研究了几种生物界面上的特殊粘附现象，并受此启发发展了系列仿生粘附可控界面。1) 揭示了鸟类羽毛耐撕裂的性能是源于羽毛上的钩-槽-钩机械级联互锁结构，颠覆了传统认为的简单钩-槽互锁结构；发展了仿蜻蜓干态粘附材料，解决了传统仿苍耳尼龙粘扣已坏、噪音大等问题；发展了仿肾小管内壁的抗矿物粘附界面材料；2) 提出结构匹配和分子识别的协同仿免疫界面识别理念，利用化学刻蚀、气相沉积、电化学沉积、模板复形、电纺等技术构筑了系列仿免疫 CTC 捕获芯片；提出界面乳液聚合方法，构筑了系列形状可控（从 Janus 到多孔）与表面化学可控的仿免疫磁珠微球；3) 揭示了伤口血痂的微观结构，构筑了系列仿血痂伤口辅料，有效的促进了伤口的愈合。

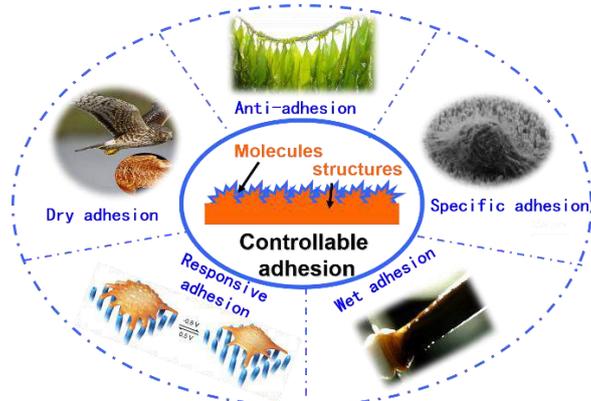


Fig. 1 Bio-inspired multiscale adhesive interfacial materials

关键词：生物启发；粘附；界面材料

## 参考文献:

- [1] Zhang, F.; Fan, J.; Wang, S. T. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, **59**: 21840.
- [2] Dai, B.; Li, K.; Shi, L.; Wan, X.; Liu, X.; Zhang, F.; Jiang, L.; Wang, S. T. *Adv. Mater.* **2019**, **31**: 1904113.
- [3] Shi, L.; Liu, X.; Wang, W.; Jiang, L.; Wang, S. T. *Adv. Mater.* **2019**, **31**: 1804187.
- [4] Song, Y.; Fan, J.; Li, X.; Liang, X.; Wang, S. T. *Adv. Mater.* **2019**, **31**: 1900391.
- [5] Liu, X.; Shi, L.; Wan, X.; Dai, B.; Yang, M.; Gu, Z.; Shi, X.; Jiang, L.; Wang, S. T. *Adv. Mater.* **2021**, 2007301.

# 电化学发光生化传感

苏彬\*

浙江大学化学系

Email: subin@zju.edu.cn

## 摘要:

电化学发光是电极表面反应引起的暗场光辐射,具有背景低、灵敏度高和时空可控等优势。但现行电化学发光分析以光强测量为主,单次检测仅能完成一种靶标分子的定量分析,无法准确揭示电化学发光的复杂界面反应机制,也难以拓展表面分析应用。通过精准调控发光探针的电化学发光起光电位、发光波长,从电位、时间和空间多维度调控电极反应过程,我们实现了从光强到光谱和成像测量模式的提升。建立了电位调制的光谱检测方法,实现了多靶标同时定量检测[1,2];提出了发光分子定位测量方法,揭示了电化学发光表面限域和可控延展等机制[3,4];以该机制为基础,将电化学发光分析从定量检测拓展到表面分析、细胞成像等领域[5-8]。

**关键词:** 电化学发光, 光谱, 成像, 传感, 细胞

## 参考文献:

- [1] W. Guo, H. Ding, C. Gu, Y. Liu, X. Jiang, B. Su, Y. Shao, *J. Am. Chem. Soc.* 140 (2018) 15904.
- [2] Z. Cao, Y. Shu, H. Qin, B. Su, X. Peng, *ACS Cent. Sci.* 6 (2020) 1129.
- [3] Y. Wang, W. Guo, Q. Yang, B. Su, *J. Am. Chem. Soc.* 142 (2020) 1222.
- [4] W. Guo, P. Zhou, L. Sun, H. Ding, B. Su, *Angew. Chem. Int. Ed.* 60 (2021) 2089.
- [5] W. Guo, H. Ding, P. Zhou, Y. Wang, B. Su, *Angew. Chem. Int. Ed.* 59 (2020) 6745.
- [6] H. Ding, W. Guo, B. Su, *Angew. Chem. Int. Ed.* 59 (2020) 449.
- [7] **H. Ding, P. Zhou, W. Fu, L. Ding, W. Guo, B. Su, *Angew. Chem. Int. Ed.* 60 (2021) 11769.**
- [8] 丁露榕, 傅文轩, 丁昊, 周萍, 郭维亮, 苏彬, *分析化学*, 49 (2021) 1188.

# 无表面活性剂过渡金属磷化物多功能纳米结构： 保形制备及催化与传感应用

孙旭平<sup>1,\*</sup>, 王早<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 电子科技大学基础与前沿研究院, 四川省成都市成华区建设北路二段4号, 610054  
\*Email: xpsun@uestc.edu.cn; 028-85412198

过渡金属磷化物是磷原子进入过渡金属晶格而形成的金属间隙化合物, 由于具有极强的导电性、高的热稳定性和化学稳定性[1], 可作为性能优异的电极材料用于电催化及传感领域。表面活性剂的存在会阻碍催化剂表面的活性位点而降低催化效率, 因此, 无表面活性剂过渡金属磷化物纳米结构的制备是其催化及传感应用的重要基础。广泛用于制备过渡金属磷化物的高温有机液相法过程繁琐, 大量使用多种有机溶剂, 且需大量表面活性剂以避免粒子团聚。

我们发展了保形磷化策略制备过渡金属磷化物纳米结构及三维纳米阵列, 解决了无表面活性剂过渡金属磷化物可控制备难题, 这种新型纳米结构在电催化[2-8]及电化学[8,9]和荧光[10]传感等方面展示出优越性能。特别是, 将计算化学和实验相结合, 我们可实现对其催化性能的有效调控, 进一步优化其传感性能[11]。我们相信, 作为多功能材料, 过渡金属磷化物纳米结构将在分析及相关领域具有重要应用前景。

**关键词:** 无表面活性剂; 过渡金属磷化物; 保形; 催化; 传感

## 参考文献

- [1] Oyama, S. T.; Gott, T.; Zhao, H.; Lee, Y.-K. *Catal. Today* **2009**, *143*, 94.
- [2] Tian, J.; Liu, Q.; Asiri, A. M.; Sun, X. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 7587.
- [3] Liu, Q.; Tian, J.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 6710.
- [4] Tian, J.; Liu, Q.; Cheng, N.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 9577.
- [5] Jiang, P.; Liu, Q.; Liang, Y.; Tian, J.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 12855.
- [6] Tang, C.; Gang, L.; Zhang, R.; Lu, W.; Jiang, X.; Jiang, X.; Asiri, A. M.; Sun, X.; Wang, J.; Chen, L. *Nano. Lett.* **2016**, *16*, 6617.
- [7] Tang, C.; Zhang, R.; Lu, W.; He, L.; Jiang, X.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Adv. Mater.* in press.
- [8] Tang, C.; Zhang, R.; Liu, D.; Hao, S.; Du, G.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* under revision.
- [9] Chen, T.; Liu, D.; Lu, W.; Wang, K.; Du, G.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Anal. Chem.* **2016**, *88*, 7885.
- [10] Tian, J.; Cheng, N.; Xing, W.; Sun, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 5493.
- [11] Yang, L.; Liu, D.; Hao, S.; Du, G.; Mao, Y.; Asiri, A. M.; Sun, X. *Anal. Chem.* **2017**, *89*, 2191.

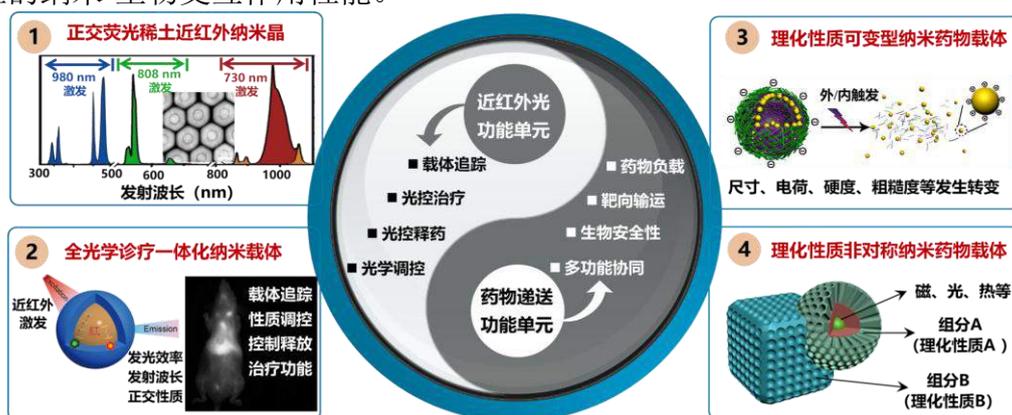
# 近红外光指导下的药物递送

李晓民\*

复旦大学化学系, 先进材料实验室, 上海, 200438

Email: lixm@fudan.edu.cn

**摘要:** 近红外光不易被细胞吸收, 光毒性小, 具有较深的组织穿透能力, 对于纳米诊疗中的光学成像和光控递药意义重大, 但是单纯的近红外纳米材料的药物递送能力较差, 限制了近红外光学诊疗一体化的发展。针对该问题, 我们将具有优良近红外光学性质的纳米材料与纳米药物载体相结合, 构筑了近红外光指导下的药物递送平台。该平台由近红外光功能单元和递药功能单元两部分组成。通过多层核壳及稀土能级结构的设计, 我们发展了一系列具有独特近红外光学性质的近红外光功能单元, 如高效上转换、下转换、上/下转换双模式、正交荧光等, 为全光学诊疗一体化打下良好基础。在递药功能单元方面, 我们发展了一系列新型纳米药物载体, 如刺激响应型理化性质可变纳米药物载体、非对称结构纳米药物载体等。将近红外光功能单元和递药功能单元相结合, 所得的复合纳米药物载体不仅具备载体实时追踪、光控释药物、光控治疗等特性, 还具有独特且可控的纳米-生物交互作用性能。



图一、近红外光指导下的药物递送: 近红外光功能单元及药物递送单元结构示意图。

关键词: 近红外光; 荧光成像; 药物递送; 药物载体

参考文献:

- [1] X. Li, D. Zhao\* & F. Zhang\* et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 2464;
- [2] T. Zhao, X. Li\* & D. Zhao\* et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 2611;
- [3] L. Liu, X. Li\* & F. Zhang\* et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 7518;
- [4] T. Zhao, X. Li\* & D. Zhao\* et al. *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 4387;
- [5] T. Zhao, X. Li\* & D. Zhao\* et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *142*, 2035;
- [6] L. Chen & X. Li\* et al. *Chem. Sci.* **2020**, *11*, 2819;
- [7] W. Wang & X. Li\* et al. *Chem* **2020**, *6*, 1097;
- [8] L. Chen & X. Li\* et al. *Nat. Commun.* **2021**, *12*, 4556;

# 基于金-硒构筑的金纳米探针用于生物传感

唐波\*

山东师范大学化学化工与材料科学学院, 分子与纳米探针教育部重点实验室  
山东省济南市文化东路 88 号, 250014  
Email: tangb@sdu.edu.cn

## 摘要:

巯基功能化的金纳米颗粒已被广泛地应用于传感、药物运输、生物成像和治疗等领域。然而在复杂的生理环境下, 巯基化的识别单元在金纳米材料表面的负载量较低, 容易被细胞内高浓度的生物硫醇竞争性取代, 引起检测结果的失真。因此, 如何从根本上解决 Au-S 键在生物体内不稳定的问题, 避免高浓度硫醇引起的检测干扰, 对于以纳米金为基础的纳米材料在生物领域的应用, 具有重大意义。

为了解决这一难题, 我们课题组利用 Au-Se 键更高的稳定性, 提出了以 Au-Se 纳米界面重构传统的 Au-S 纳米平台。与传统的 Au-S 平台相比, 该 Au-Se 平台具有更高的选择性和稳定性, 能够有效避免细胞内高浓度生物硫醇引起的检测结果的失真。基于 Au-Se 纳米平台, 我们设计了多种生物标志物探针, 并实现了其在荧光检测、拉曼检测和电化学检测中的应用。与传统的 Au-S 纳米探针相比, Au-Se 键构建的探针能有效避免细胞内高浓度 GSH 引起的检测结果失真, 具有更低的检测限和更高的灵敏度, 实现了对活性小分子、DNA 和蛋白的检测, 对准确解析细胞内的信号通路以及疾病标志物的高保真检测具有重要意义。

**关键词:** 金硒键; 探针; 抗生物硫醇干扰; 金纳米颗粒

## 参考文献:

- [1] Hu, B.; Kong, F.; Gao, X.; Jiang, L.; Li, X.; Gao, W.; Xu, K.; Tang, B. *Angew. Chem. Int. Ed.* 57(2018): 5306.
- [2] Gao, X.; Jiang, L.; Hu, B.; Kong, F.; Liu, X.; Xu, K.; Tang, B. *Anal. Chem.* 90(2018): 4719.
- [3] Kong, F.; Ge, L.; Pan, X.; Xu, K.; Liu, X.; Tang, B. *Chem. Sci.* 7(2016): 1051.
- [4] Hu, B.; Cheng, R.; Liu, X.; Pan, X.; Kong, F.; Gao, W.; Xu, K.; Tang, B. *Biomaterials.* 92(2016): 81.
- [5] Liu, X.; Song, X.; Luan, D.; Hu, B.; Xu, K.; Tang, B. *Anal. Chem.* 91(2019): 5994.
- [6] Chen, Y.; Song, X.; Li, L.; Tang, B. *Anal. Chem.* 92(2020): 5855.
- [7] Li, X.; Duan, X.; Li, L.; Ye, S.; Tang, B. *Chem. Commun.* 56(2020): 9320.

# 近红第二窗口活体多重成像分析

张凡<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 复旦大学化学系, 上海市淞沪路 2205 号, 200433

Email: zhang\_fan@fudan.edu.cn

## 摘要:

发展高灵敏度的荧光体系一直是生物医学检测分析研究的重要内容。近年来,运用具有光学活性的有机荧光染料、量子点荧光材料作为生物荧光标记已经成为研究热点,并取得了一定的进展。然而,这些纳米探针不同程度的存在着化学稳定性和荧光稳定性差、背景荧光干扰严重以及生物毒性高等缺陷。因此,发展化学稳定性和发光灵敏度高、生物毒性低的近红外荧光探针是满足目前生物医学分析进一步发展迫切需要解决的问题。近期引起人们关注的稀土近红外发光材料(上转换/下转换发光)正好克服了传统荧光染料和量子点目前所存在的缺陷,近红外光的长波光光子不易被细胞吸收,对活细胞的光毒性小,容易穿透更厚的生物组织样品,这对着对于生物医学分析具有重要的意义。

**关键词:** 稀土发光纳米材料; 近红外; 生物医学分析

## 参考文献:

- [1] Wang, T.; Wang, S.F.; Zhang, F.\* et al. *Nat. Mater.* 2021, 10.1038/s41563-021-01063-7.
- [2] Pei, P.; Fan, Y.; Zhang, F.\* et al. *Nat. Nanotechnol.* 2021, doi.org/10.1038/s41565-021-00922-3.
- [3] Lu, L.; Li, B.; Ding, S. W.; Fan, Y.\*; Wang, S.; Sun, C.; Zhao, M.; Zhao, C.; Zhang, F.\* NIR-II Bioluminescence for In Vivo High Contrast Imaging and In Situ ATP-Mediated Metastases Tracing, *Nat. Commun.* 2020, 11, 4192.
- [4] Sun, C.<sup>+</sup>; Li, B.<sup>+</sup>; Zhao, M.; Wang, S.; Lei, Z.; Lu, L.; Zhang, H.; Feng, L.; Dou, C.; Yin, D.; Xu, H.; Cheng, Y.; Zhang, F.\* J-aggregates of Cyanine Dye for NIR-II In-vivo Dynamic Vascular Imaging Beyond 1500 nm, *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 19221-19225.
- [5] Lei, Z., Sun, C.; Pei, P.; Wang, S.; Li, D.; Zhang, X.; Zhang, F.\* Stable, Wavelength-Tunable Fluorescent Dyes in the NIR-II Region for in-vivo High-Contrast Bioimaging and Multiplexed Biosensing, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58(24), 8166-8171.
- [6] Wang, S.; Fan, Y.; Li, D.; Sun, C.; Lei, Z.; Lu, L.; Wang, T.; Zhang, F.\* Anti-quenching NIR-II Molecular Fluorophores for in vivo High-contrast Imaging and pH Sensing, *Nat. Commun.* 2019, 10, 1058.
- [7] Fan, Y.; Wang, P.; Lu, Y.\*; Wang, R.; Zhou, L.; Zheng, X.; Li, X.; Piper, J.; Zhang, F.\* Lifetime-engineered NIR-II Nanoparticles Unlock Multiplexed in Vivo Imaging, *Nat. Nanotechnol.* 2018, 13(10), 941-946.

# 激活响应型探针与生物成像分析

史海斌\*

苏州大学医学部放射医学与防护学院，江苏省苏州工业园区仁爱路 199 号，215123

Email: hbshi@suda.edu.cn

## 摘要:

肿瘤微环境是肿瘤细胞赖以生存的优质“土壤”。肿瘤微环境中存在着大量区别于正常组织的特征因子，如弱酸性、乏氧、活性氧、高表达肿瘤特征酶等，被广泛地作为一类可靠的肿瘤生物标志物用于癌症的诊断、治疗与预后评估研究。因此，基于肿瘤微环境特征因子构建智能化分子探针不仅有利于提高肿瘤成像的准确度和灵敏性，还能有效地增强肿瘤的治疗效果。本课题组近年来围绕肿瘤的早期诊断与高效治疗这一重大科学问题开展研究，策略性设计和构建了一系列新型的智能分子探针，包括：1) 肿瘤特征因子特异性激活响应型探针；2) 肿瘤微环境介导原位“锚定”型探针；3) 诊疗功能智能调控型纳米探针等，并成功地应用于活体肿瘤的成像分析研究。

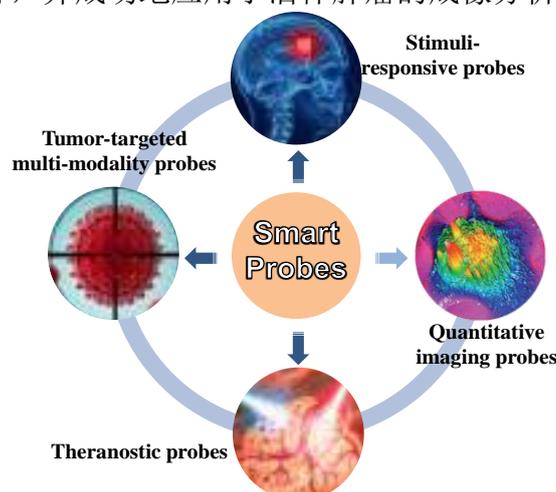


图 1. Developing smart probes for bioimaging applications.

关键词：分子探针；细胞成像；活体示踪；定量可视化

## 参考文献:

- [1] Cheng, X.; Zhou, X.; Xu, J.; Sun, R.; Xia, H.; Ding, J.; Eugene Chin, Y.; Chai, Z.; Shi, H.; Gao, M. *Anal Chem.* 2021, 93: 9277.
- [2] Ye, S.; Cui, C.; Cheng, X.; Zhao, M.; Mao, Q.; Zhang, Y.; Wang, A.; Fang, J.; Zhao, Y.; Shi, H. *J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142: 21502.
- [3] Wang, A.; Mao, Q.; Zhao, M.; Ye, S.; Fang, J.; Cui, C.; Zhao, Y.; Zhang, Y.; Zhang, Y.; Shi, H. *Anal Chem.* 2020, 92: 16113.
- [4] Yin, L.; Sun, H.; Zhang, H.; He, L.; Qiu, L.; Lin, J.; Xia, H.; Zhang, Y.; Ji, S.; Shi, H.; Gao, M. *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141: 3265.

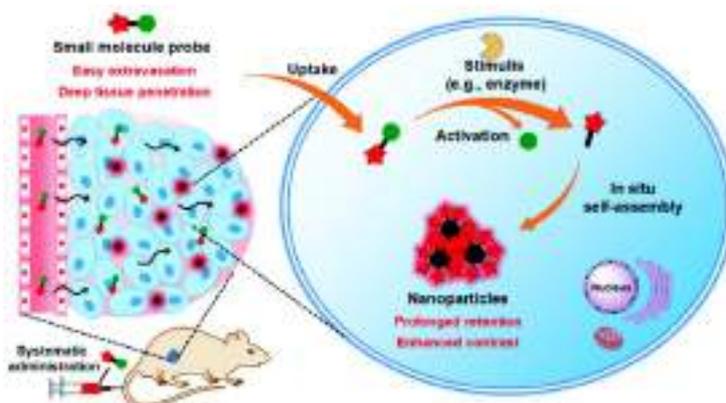
# 生物功能分子的多模态活体成像分析

叶德举<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南京大学化学化工学院，生命分析化学国家重点实验室，南京大学化学与生物医药创新研究院 (ChemBIC)

Email: dejuye@nju.edu.cn

**摘要:** Precise detection of biomolecules in living systems with molecular imaging probes is highly important in unraveling the functional roles of biomolecule in biological processes and promoting early diagnosis of diseases. Recent progress have been actively made on the development of a myriad of molecular imaging probes featured with different imaging modalities, including optical imaging, magnetic resonance imaging (MRI), nuclear imaging, and photoacoustic imaging, allowing for non-invasive detection of various biomolecules in vivo with high sensitivity and high spatial resolution. Among these imaging probes, activatable probes whose imaging signals can be specifically switched from “off” to “on” state upon interaction with a molecule target of interest are particularly attractive owing to the improved sensitivity and specificity [1-3]. Particularly, controlling the self-assembly of small molecule probes into supramolecular nanostructures has emerged as a promising strategy for the development of activatable probes, as the biomolecule-triggered synthesis of supramolecular nanostructures in situ can efficiently prolong the retention of imaging probes at the site, thus allowing to enrich imaging signals[4]. This can be allowed to afford a high imaging contrast for biomolecule detection both in live cells and living animals. In this talk, I will briefly discuss the strategy of using controlled in-situ self-assembly for the design of activatable probes (Figure 1a), and give some examples that my lab has been doing to build activatable multimodality imaging probes to detect different enzymes, such as caspase-3 and ALP in living mice.



图注 ( 楷体五号或 Times New Roman )

**关键词:** Biomolecules, molecular imaging, multimodality, activatable probes, self-assembly

**参考文献:**

[1] R. Yan, Y. Hu, D. Ye, et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, *141*, 10331.

[2] Y. Wang, X. Hu, D. Ye, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, 4886

[3] Y. Hu, Y. Miao, D. Ye, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, 18082

# 长波长光学探针与传感分析（2021）

马会民

中国科学院化学研究所，北京，100190

Email: mahm@iccas.ac.cn

## 摘要:

长波长光学探针由于具有背景荧光低、穿透能力强等优点在生物传感与成像分析方面扮演者重要的角色。本报告将简介我们实验室在此领域所取得的一些新进展。主要包括: 检测铁凋亡中 $\cdot\text{OH}$ 和粘度的双功能光学探针; 近红外二区光学探针(FM1210、VIX-4)与活体成像等[1-4]。

**致谢:** 感谢国家自然科学基金的资助 (No. 21820102007, 22074151)。

**关键词:** 光学探针; 成像分析; 分子光谱, 荧光分析

## 参考文献:

- [1] 马会民主编. 光学探针与传感分析. 北京: 化学工业出版社, 2020.
- [2] Li HY, Shi W, Li XH, Hu YM, Fang Y, Ma HM. *J. Am. Chem. Soc.* 141(2019)18301.
- [3] Fang Y, Shang JZ, Liu DK, Shi W, Li XH, Ma HM. *J. Am. Chem. Soc.* 142(2020)15271.
- [4] Liu DK, He ZX, Zhao YY, Yang YT, Shi W, Li XH, Ma HM. *J. Am. Chem. Soc.* 2021, in press.

# 花菁荧光分子的理性设计

李赞, 尤进茂\*

曲阜师范大学, 化学与化工学院, 山东省生命有机分析重点实验室

lilizanzan@163.com;jmyou6304@163.com

## 摘要:

花菁荧光染料由于具较大共轭结构和稳定的光化学、光物理性质, 近年来被广泛应用于荧光检测和成像领域。本部分工作立足于花菁荧光团, 通过对染料进行结构改性实现新型荧光团的合成、新型检测机理的探索以及新型光动力光敏剂的开发。通过本部分工作的探索, 实现了基于多氮杂环的全新半花菁荧光团的开发、过氧亚硝酸检测的非氧化策略构建以及持续性光动力学治疗试剂的开发。

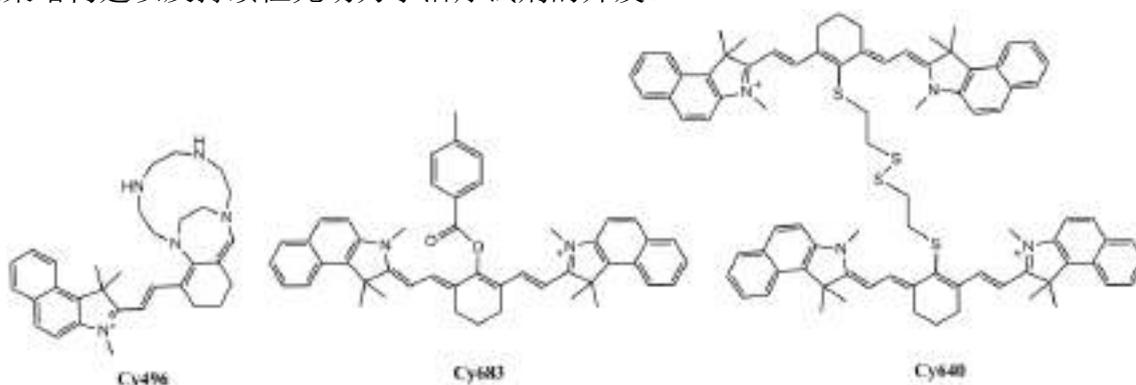


图 1 本研究代表性化合物结构

关键词: 多氮杂环, 花菁染料, 非氧化策略, 光动力治疗

## 参考文献:

- [1] J. Lu, Z. Li, Q. Gao, J.K. Tan, Z.W. Sun, L.X. Chen, J.M. You, *Analytical Chemistry*, 2021, 93, 3426–3435.
- [2] S. Csaba, I. Harry, R. Rafael. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2007, 6, 662–680.
- [3] Z. J. Chen, W. Ren, Q. E. Wright, *Journal of the American Chemical Society*, 2013, 135, 14940–14943.

## 基于 CBT-Cys 点击反应的成像分析

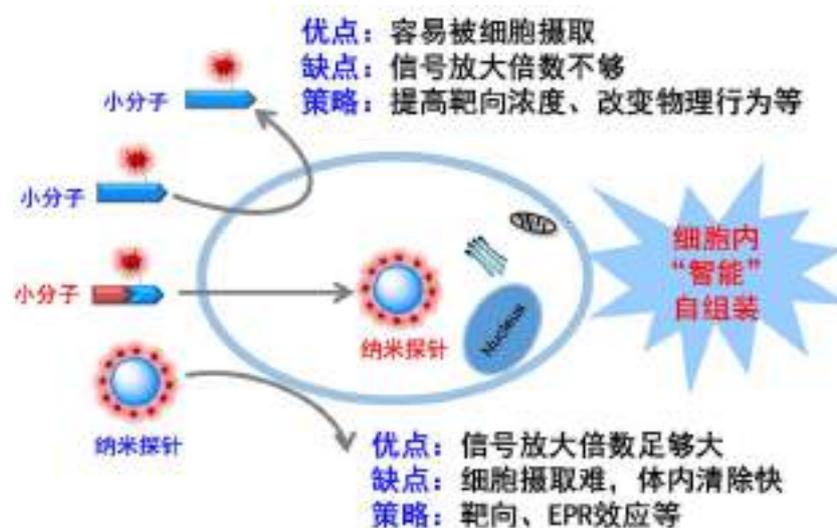
梁高林者\*

东南大学生物科学与医学工程学院, 江苏, 南京 2100961

Email: gliang@seu.edu.cn

### 摘要:

分子影像是在分子与细胞层面对生物过程的一个成像追踪。在一次成功的分子影像所包含的 6 个步骤中, 信号放大策略是分子影像的关键科学问题之一。本研究把细胞内的 CBT-Cys 点击反应和分子影像结合起来, 利用该点击反应能够放大成像信号的特点, 实现了对几种生物标志物高表达的重要疾病 (肿瘤、凋亡等) 的高灵敏生物成像分析。本报告将侧重介绍设计前体小分子, 细胞内酶控自组装成纳米探针, 实现重要疾病的 NanoCT、核磁共振等成像分析。



图注:基于 CBT-Cys 点击反应的探针设计。

关键词: CBT-Cys 点击反应; 蛋白酶; 肿瘤; 磁共振成像号。

### 参考文献:

- [1] Miaomiao Zhang, Yong Guan, Zheng Dang, Pinggen Zhang, Zhen Zheng, Liang Chen, Wen Kuang, Chenchen Wang, and **Gaolin Liang\***. *Sci. Adv.* 6 (2020), eaba3190.
- [2] Peiyao Chen, Yinchu Ma, Zhen Zheng, Chengfan Wu, Yucui Wang,\* and **Gaolin Liang\***. *Nat. Commun.* 10 (2019), 1192.
- [3] Zijuan Hai, Yanhan Ni, Dilizhatai Saimi, Hongyi Yang, Haiyang Tong, Kai Zhong,\* and **Gaolin Liang\***. *Nano Lett.* 19 (2019), 2428.
- [3] **Gaolin Liang**, Hongjun Ren, and Jianghong Rao\*. *Nat. Chem.* 2 (2010), 54.

# 具有大斯托克斯位移的近红外荧光探针可准确检测活细胞和小鼠模型中的酶

颜梅<sup>\*1</sup>, 张晶<sup>\*1</sup>, 卫先哲<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 济南大学化学化工学院, 山东省济南市南辛庄西路 336 号, 250022

\*Email: [chm\\_yanm@126.com](mailto:chm_yanm@126.com); [zhangjingdadi@126.com](mailto:zhangjingdadi@126.com)

## 摘要:

酶在肿瘤的生长, 迁移, 血管生成和转移中起着至关重要的作用[1, 2]。对异常表达的酶进行可靠检测是早期诊断多种疾病的有效方法。由于传统生化技术的固有局限性, 其在检测过程中无法对酶的时空分布进行可视化, 也不能对活体动物进行原位成像。小分子荧光探针可以克服上述缺点, 并在生物系统中实现高特异性, 超灵敏, 无损和快速分析[3-6]。特别是, 近红外荧光探针具有无创可视化、深层组织穿透力和有效避免自体荧光干扰的优势, 在图像引导疾病诊断和治疗中具有重大意义[7]。然而, 许多具有相对较小斯托克斯位移的荧光探针限制了它们的进一步生物检测。为了克服这些缺点, 具有大斯托克斯位移的近红外荧光探针得到了迅速发展, 它们可以通过增加激发和发射带之间的光谱距离来有效减少自吸收干扰, 从而提高生物标志物检测的准确性[8]。因此, 开发具有大斯托克斯位移的近红外荧光探针对于准确检测生物酶具有重要意义。在我们的工作中, 合理设计了具有大斯托克斯位移的近红外荧光探针, 可以准确检测活细胞和小鼠肿瘤模型中的酶。此外, 该探针可以用于区分酶过度表达的肿瘤细胞与正常细胞, 并揭示了小鼠肿瘤模型中无创追踪酶活性的能力。值得注意的是, 探针通过对癌症进行成像, 在病理学的早期诊断和治疗中具有巨大的应用前景, 随着进一步研究有望获得酶的全面生理功能。

**关键词:** 生物酶检测; 近红外荧光探针; 大斯托克斯位移; 细胞成像; 动物肿瘤模型

## 参考文献:

- [1] N. Serratrice, A. Cubizolle, S. Ibanes, N. Mestre-Frances, N. Bayo-Puxan, S. Creyssels, A. Gennetier, F. Bernex, J.M. Verdier, M.E. Haskins, G. Couderc, F. Malecaze, V. Kalatzis, E.J. Kremer, *J. Controlled Release* 181 (2014) 22-31.
- [2] Y. Di, S. Ji, P. Wolf, E.S. Krol, J. Alcorn, *AAPS PharmSciTech* 18 (2017) 2336-2345.
- [3] J. Zhang, X. Chai, X.P. He, H.J. Kim, J. Yoon, H. Tian, *Chem. Soc. Rev.* 48 (2019) 683-722.
- [4] H.W. Liu, L. Chen, C. Xu, Z. Li, H. Zhang, X.B. Zhang, W. Tan, *Chem. Soc. Rev.* 47 (2018) 7140-7180.
- [5] X.Z. Wei, M.J. Hao, X.X. Hu, Z.L. Song, Y. Wang, R.H. Sun, J. Zhang, M. Yan, B.Y. Ding, J.H. Yu, *Sens. Actuators B* 326 (2021) 128849.
- [6] X.Z. Wei, X.X. Hu, L.L. Zhang, J. Li, J. Rong, P. Wang, Z.L. Song, J. Zhang, M. Yan, J.H. Yu, *Microchem. J.* 157 (2020) 105046.
- [7] L. Zhu, H.-W. Liu, Y. Yang, X.-X. Hu, K. Li, S. Xu, J.-B. Li, G. Ke, X.-B. Zhang, *Anal. Chem.* 91 (2019) 9682-9689.
- [8] A.C. Sedgwick, L. Wu, H.H. Han, S.D. Bull, X.P. He, T.D. James, J.L. Sessler, B.Z. Tang, H. Tian, J. Yoon, *Chem. Soc. Rev.* 47 (2018) 8842-8880.

# Fluorogenic probe for bioimaging and biosensing in living cells

Lu Wang

<sup>1</sup> 复旦大学药学院, 上海市浦东新区张衡路 826 号, 201203

Email: lwangfd@fudan.edu.cn

Live-cell fluorescence imaging is a powerful tool to study cellular biology on a molecular scale, yet its use is held back by the paucity of suitable fluorescent probes. Rhodamines are the most important class of fluorophores for applications in live-cell fluorescence microscopy. Here we report a general strategy to transform regular rhodamines into fluorescent probes for various imaging application.<sup>1</sup> The conversion of the ortho-carboxy moiety in rhodamines to sulfonamides offers fluorogenic probes for wash-free, multicolour, live-cell stimulated emission depletion (STED) microscopy, while the one with alkylamides produces a spontaneously blinking dyes for single molecule localization microscopy (SMLM).<sup>2</sup> Besides, the fluorogenic probes coupled to different protein ligands allows us to develop a new platform for the generation of semisynthetic biosensors.<sup>3</sup>

## Reference:

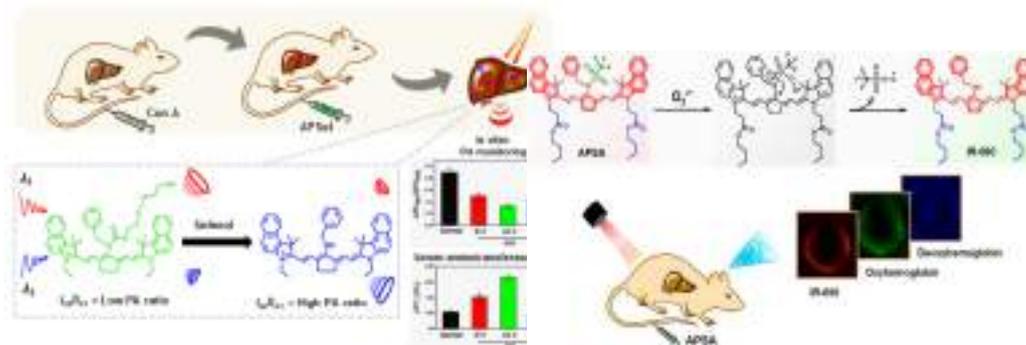
1. Nicolas Lardon, Lu Wang\*, Aline Tschanz, Philipp Hoess, Mai Tran, Elisa D'Este, Jonas Ries, and Kai Johnsson\*, Systematic Tuning of Rhodamine Spirocyclization for Super-resolution Microscopy. **J. Am. Chem. Soc.** 2021, 143, 36, 14592–14600.
2. Lu Wang,\* Mai Tran, Elisa D'Este, Julia Roberti, Birgit Koch, Lin Xue, Kai Johnsson\*, A general strategy to develop cell permeable and fluorogenic probes for multi-colour nanoscopy. **Nat.Chem.** 2020, 12, 165–172.
3. Lu Wang\*<sup>1</sup>, Julien Hiblot<sup>1</sup>, Christoph Popp, Lin Xue, Kai Johnsson\*, Environmentally Sensitive Color-Shifting Fluorophores for Bioimaging. **Angew. Chem. Int. Ed.** 2020, 59, 21880. (<sup>1</sup>Equally contributing authors)

# 基于有机染料的近红外光声成像探针的合成与应用

赵书林

(药用资源化学与药物分子工程省部共建国家重点实验室, 广西师范大学化学与药学院, 桂林 541004, E-mail: [shulinzhao001@163.com](mailto:shulinzhao001@163.com))

提高生物成像的分辨率、灵敏度、准确性和组织穿透深度, 是目前生物成像领域急待解决的重大科学问题。光声成像融合了光学成像和超声成像的优势, 显示出对生物体内深层组织的高分辨率、高对比度的成像能力。基于此目的, 我们以原位、特异性、实时获取活体内深层组织中活性小分子成像信息为研究目标, 应对传统荧光成像存在的生物组织穿透深度有限、对荧光的吸收和散射, 及生物组织自身荧光背景干扰和时空分辨率不高的挑战, 原创性地设计、合成了一系列特异性识别生物活性小分子的有机染料基光声成像探针, 包括比率光声成像探针, 多光谱光声断层扫描成像探针和近红外 II 区光声成像探针。发展了一系列原位、实时、动态、高分辨示踪活体内活性小分子(超氧阴离子、羟基自由基、硒醇及金属离子)的光声成像方法, 为探究活性小分子参与的相关信号转导过程, 剖析相关重大疾病发生和发展的分子机制, 及相关疾病的诊断、治疗和疗效评估提供了新的技术支持。其中硒醇的比率光声成像探针和超氧阴离子的多光谱光声断层扫描成像探针及应用原理示意图如下图所示。



左图: 硒醇的比率光声成像探针及应用原理示意图。

右图: 超氧阴离子的多光谱光声断层扫描成像探针及应用原理示意图。

关键词: 活性小分子, 生物成像, 光声探针, 疾病诊断

## 参考文献

1. Chaobang Zhang, Rongkang Gao, Liangliang Zhang, Chengbo Liu,\* Zhengmin Yang, and Shulin Zhao.\* *Anal. Chem.*, 2020, 92, 6382–6390.
2. Chaobang Zhang, Zhidong Qiu, Liangliang Zhang,\* Qiufang Pang, Zhengmin Yang, Jiang-Ke Qin, Hong Liang and Shulin Zhao.\* *Chem. Sci.*, 2021, 12, 4883–4888.

\*本研究系国家自然科学基金 ( No. 21874030 ) 资助。

# 面向脑科学的光电化学活体分析方法

叶晓雪<sup>1</sup>, 王星<sup>1</sup>, 向运辉, 陶丽霞, 刘志洪\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 湖北大学, <sup>2</sup> 武汉大学

Email: zhliu@whu.edu.cn

**摘要:** 脑内神经化学物质的活体原位监测能为我们进一步了解脑功能和脑疾病相关的生理和病理事件提供第一手信息。利用光作为激发源, 电作为信号源的光电化学(PEC)传感器具有背景信号低、灵敏度高和生物相容性好等优点, 在活体原位分析中表现出很好的应用潜力。我们针对 PEC 传感在复杂活体环境中选择性不足、检测结果易受诸多环境因素干扰和激发光的组织穿透深度有限等问题, 发展了一系列光电化学活体分析方法, 并成功应用于多种脑内神经化学物质的活体原位检测, 为脑科学在神经化学方面的进一步探索提供了可靠的工具。

## 1. 基于 FRET 调控的高选择性光电化学活体分析

我们提出了一种基于荧光共振能量转移(FRET)调控光电化学信号的新策略, 实现了光电化学对活体内非电活性物质的高选择检测。<sup>[1]</sup>以 SO<sub>2</sub> 作为概念验证分子, 基于 FRET 原理设计合成了对 SO<sub>2</sub> 特异性响应的上转换纳米/染料(cSO<sub>2</sub>)荧光探针, 在 980 nm 近红外光激发下, 通过 FRET 体系产生的荧光来激发微电极上修饰的 CdTe 量子点产生光电流。光电流信号的大小受 FRET 过程调控, 并且与目标物浓度相关, 从而实现 SO<sub>2</sub> 定量检测。进一步地, 我们将这种方法应用于大鼠缺血再灌注和热惊厥模型中脑内 SO<sub>2</sub> 水平的监测, 验证了该方法在活体分析中的可行性。

## 2. 有机小分子半导体构建比率型光电化学微传感器用于活体分析

PEC 微传感器的输出信号易受到活体内还原性物质浓度、激发光强度和电极表面蛋白质非特异性吸附的影响。比率型信号输出能够消除生物体内复杂环境因素的干扰, 从而保证检测结果的准确性和可靠性。然而, 基于无机半导体构建的比率型光电传感器设计难以完全消除环境因素对两个电极或两种材料影响的差异性。针对这个问题, 我们提出利用有机小分子半导体(SMOS)构建比率型 PEC 微传感器的新策略, 通过化学识别反应对 SMOS 吸收光谱的调控实现其光电化学信号的比率变化, 从而消除了环境因素对检测结果的干扰。该方法也成功用于小鼠脑水肿及癫痫模型中脑内硫醇的原位检测。<sup>[2]</sup>

## 3. 一体式光纤传感器用于多脑区及深部脑区原位检测

考虑到激发光的组织穿透深度, 只能利用近红外光作为激发源来激发植入脑内的微电极。然而, 绝大部分光电活性材料都不能被近红外光有效激发, 从而限制了这些材料下光电化学活体分析中的应用。另一方面, 生物组织对光的吸收和散射也导致不同深度脑区不能在同一条件下检测, 给结果分析带来了困难, 同时也限制了对深部脑区的检测。针对这个问题, 我们将微光纤与光电化学检测电极集成化 制备了可植入的光纤微电极, 从而突破了光源穿透深度的限制, 采用可见光原位激发, 实现了多脑区同等检测和深度脑区检测。

**关键词：**活体分析，光电化学传感，原位检测，神经化学

**参考文献：**

[7] X. Ye, X. Wang, Y. Kong, M. Dai, D. Han, Z. Liu, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, 11774-11778.

[8] Y. Xiang, Y. Kong, W. Feng, X. Ye, Z. Liu, *Chem. Sci.* **2021**, DOI: 10.1039/D1SC03069H.

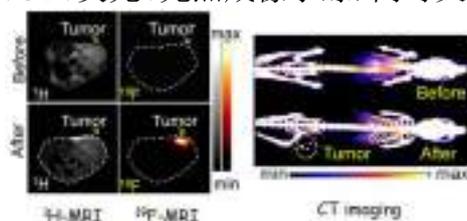
# 含氟纳米探针构筑及活体成像

汪乐余<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>北京化工大学, 化学学院, 化工资源有效利用国家重点实验室, 北京市北三环东路 15 号, 100029

\*Email: lywang@mail.buct.edu.cn

<sup>19</sup>F磁共振成像(<sup>19</sup>F-MRI)背景低、穿透深、安全、无毒副作用, 适合大型动物尤其是人体的深层组织影像分析, <sup>19</sup>F-MRI信号强度随<sup>19</sup>F原子数的增加而增加, 因此, 增加单个探针中<sup>19</sup>F数量, 是提高<sup>19</sup>F-MRI信号强度的前提。但增加<sup>19</sup>F数量时, 含<sup>19</sup>F分子运动性受限, 进而降低<sup>19</sup>F-MRI信号强度。因此, 如何在提高<sup>19</sup>F原子数的同时, 仍保持含<sup>19</sup>F分子的运动性, 是发展高灵敏<sup>19</sup>F-MRI的关键。发展了若干在无机或有机纳米颗粒表面嫁接含<sup>19</sup>F功能分子, 显著提高含氟功能分子的数量。此外, 由于含<sup>19</sup>F功能分子暴露于纳米探针表面, 其活动性未受限, <sup>19</sup>F-MRI信号强。成功构建了系列多功能纳米探针, 既可以对肿瘤进行<sup>19</sup>F MRI、CT、荧光、光热成像示踪, 同时又可以实现光热治疗(PTT)。



**Fig. 1** Multifunctional nanoprobes for highly sensitive <sup>19</sup>F-MRI and CT imaging.

**关键词:** 纳米探针; 氟磁共振成像; 光热成像

## 参考文献

- [1]. Y. Zhang, Q. Ma, Y. Yan, C. Guo, S. Xu, L. Y. Wang. *Anal. Chem.* **92**, 15679-15684 (2020).
- [2]. Y. Li, H. Zhang, C. Guo, G. Hu, L. Y. Wang. *Anal. Chem.* **92**, 11739-11746 (2020).
- [3]. C. Guo, Y. Zhang, Y. Li, S. Xu, L. Y. Wang. *Anal. Chem.* **91**, 8147-8153 (2019).
- [4]. R. Jiang, L. Li, T. Sheng, G. Hu, Y. Chen, L. Y. Wang. *J. Am. Chem. Soc.* **140**, 11594-11598 (2018).
- [5]. J. Cui, R. Jiang, C. Guo, X. Bai, S. Xu, L. Y. Wang. *J. Am. Chem. Soc.* **140**, 5890-5894 (2018).
- [6]. J. Xu<sup>†</sup>, L. Y. Wang, *et al.* *Angew. Chem.-Int. Edit.* **55**, 6502-6505 (2016).
- [7]. H. Chen, L. Y. Wang, *et al.* *ACS Nano* **10**, 1355-1362 (2016).

# 内质网靶向的吡啶啉类光敏剂的设计及生物传感

王亚甫, 仇华\*

河南师范大学化学化工学院, 新乡市, 邮编: 453007

邮箱: zhanghua1106@163.com

**摘要:** 光介导下光敏剂产生大量生物活性物种 (ROS), 进而诱导细胞凋亡, 是目前光动力治疗 (PDT) 的主要机制。然而, 活性氧的基本生物特性 (如: 有限的作用位置), 严重的限制了临床上的 PDT 疗效。基于此, 本工作以五元含氮杂环为核心, 构建一例吡啶啉类新型高效光敏剂 (WNs)。WNs 对光极其敏感, 在光介导下产生大量 ROS 的同时, WNs 能够特异性靶向到细胞内质网, 从而限定了内质网较小的 ROS 作用位置, 有效的提高了 ROS 的作用效果, 展现了良好的 PDT 治疗效应。WNs 具有优异的生物学效应, 其可以作为临床癌症治疗中的潜在工具。

**关键词:** 吡啶啉; 光动力治疗; 内质网

## 参考文献

[5] Li, Z. L.; Li, S. K.; Guo, Y. H.; et al. Metal-Free Nanoassemblies of Water-Soluble Photosensitizer and Adenosine Triphosphate for Efficient and Precise Photodynamic Cancer Therapy. *ACS Nano* 2021, 15, 4979-4988.

[6] Zhang, J.; Liu, C. L.; Liu J. J.; et al. Eluting mode of photodynamic nanofibers without photosensitizer leakage for one-stop treatment of outdoor hemostasis and sterilizing superbacteria. *Nanoscale*, 2021, 13, 6105-6116.

[7] Zou, Y.; Long, S. R.; Xiong, T.; et al. Single-Molecule Förster Resonance Energy Transfer-Based Photosensitizer for Synergistic Photodynamic/Photothermal Therapy. *ACS Cent. Sci.* 2021, 7, 327-334.

# 新型光学示踪探针的结构调控与成像应用

李凯\*

南方科技大学, 深圳, 中国, 518055

\*lik@sustech.edu.cn

## 摘要:

分子影像在基础研究与临床应用中占有重要的地位。其中, 光学成像具有灵敏度高、成本低、仪器操作方便等优势, 在生物医学尤其是疾病诊疗等生命分析应用中引起了研究人员的广泛关注, 而性能优异的分子与纳米成像剂是其中至关重要的工具。为解决传统诊疗剂面临的挑战, 我们基于共轭聚合物与聚集诱导发光材料开发了一系列新型分子与纳米成像剂, 通过分子结构调控, 优化其光学性能, 应用于细胞疗法及肿瘤诊疗[1]。该类有机材料具有良好的生物相容性、较高的亮度、较好的光学稳定性和多样性, 为新型诊疗探针的开发提供了一些思路。首先, 我们合成了一系列可以进行长效细胞示踪的纳米示踪剂, 这一类示踪剂表现出比商业化产品 Qtracker 系列更加优异的性能, 可以进行长达 40 天以上的在体细胞示踪同时不影响被标记细胞的活性, 为解答肿瘤的生长过程以及干细胞等功能性细胞的体内命运提供了一种简便直接的分析手段。另外, 基于该类纳米示踪剂, 我们发展了一系列疾病诊疗纳米平台。首先, 建立了一种新型 miRNA 体内递送系统, 即利用纳米示踪剂携带 miRNA 在剪切稀化的可注射水凝胶中进行大鼠心脏缺血部位的 miRNA 递送, 此递送系统稳定性高、毒性较低, 且显著提高了 miRNA 在心肌细胞和血管内皮细胞中的转染效率[2-3], 可促进心肌梗死大鼠模型的心脏功能修复; 另外, 设计了基于双键的一类分子马达, 通过分子调控, 这一类分子可以表现出优异的光动力或光热性能, 用于光动力抗耐药菌感染以及低温光热肿瘤诊疗中[4,5]。其中, 一类亚胺基分子马达体现出了高达 90% 的光热转换效率, 可在较低功率密度下实现对小鼠肿瘤的检测与有效抑制, 为新型小分子光热成像剂的开发提供了思路。综上所述, 基于共轭聚合物与聚集诱导发光材料的新型成像体系, 将促进新型诊疗探针的开发与活体成像应用。

**关键词:** 光学探针, 活体成像

## 参考文献:

- [9] G. Yang, J.-S. Ni, Y. Li, M. Zha, Y. Tu, K. Li\*. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, 5386-5393.
- [10] X. Qin, H. Chen, H. Yang, H. Wu, X. Zhao, H. Wang, T. Chour, E. Neofytou, D. Ding, H. Daldrup-Link, S. C. Heilshorn, K. Li\*, J. C. Wu\*. *Adv. Funct. Mater.* **2018**, *28*, 1704939.
- [11] H. Yang\*, X. Qin, H. Wang, X. Zhao, Y. Liu, H.-T. Wo, C. Liu, M. Nishiga, H. Chen, J. Ge, N. Sayed, O. J. Abilez, D. Ding, S. C. Heilshorn, K. Li\*. *ACS Nano* **2019**, *13*, 9880-9894.
- [12] J.-S. Ni, T. Min, Y. Li, M. Zha, P. Zhang, C. L. Ho, K. Li\*. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 10179-10185.
- [13] J.-S. Ni, X. Zhang, G. Yang, T. Kang, X. Lin, M. Zha, Y. Li, Li. Wang, K. Li\*. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 11298-11302.

# Discovery of Fluorogenic Tools Enables Sensing and Functional Imaging of 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase

Wu-Yingzheng Guo, Yi-Xuan Fu, Shi-Yu Liu, Wen-Chao Yang and Guang-Fu Yang  
Key Laboratory of Pesticide & Chemical Biology of Ministry of Education, International Joint Research Center for Intelligent Biosensor Technology and Health, College of Chemistry, Central China Normal University, Wuhan 430079, P.R. China

## Abstract

4-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) plays important role in plant growth and development and HPPD inhibitors are considered ideal solution for weeds control for the past decades. However, the methods for HPPD activity measurement are either time and cost consuming or indirectly and none of these methods could be applied into *in vivo* tracing HPPD activity. We herein reported construction of HPPD activity-based probe by inhibitor-based probe design and firstly obtained two “off-on” probe with high specificity toward human HPPD (*hHPPD*) and *Arabidopsis* HPPD (*AtHPPD*) respectively, with these probes, for the first time we established fluorescence based high throughput HPPD inhibitors screening methods for *hHPPD* or *AtHPPD*. Moreover, probe **HP-1** was further applied into imaging HPPD activity in living plants which provided a new tool for HPPD based herbicide discovery and physiological study.

## References

- (1) Lin, H. Y.; Yang, J. F.; Wang, D. W.; Hao, G. F.; Dong, J. Q.; Wang, Y. X.; Yang, W. C.; Wu, J. W.; Zhan, C. G.; Yang, G. F. Molecular Insights into the Mechanism of 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibition: Enzyme Kinetics, X-Ray Crystallography and Computational Simulations. *FEBS J.* **2019**, *286* (5), 975–990.
- (2) Ndikuryayo, F.; Moosavi, B.; Yang, W. C.; Yang, G. F. 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibitors: From Chemical Biology to Agrochemicals. *J. Agric. Food Chem.* **2017**, *65* (39), 8523–8537.

# 花青素及隐色体染料的光谱性能研究与应用

董川<sup>\*</sup>, 弓晓娟, 张俊, 双少敏

山西大学环境科学研究所, 山西太原, 030006

Email: dc@sxu.edu.cn

## 摘要:

花青素 (anthocyanin) 是自然界一类广泛存在于植物中的水溶性天然色素, 是由花色苷水解而得到的有颜色的苷元。它属于黄酮类化合物, 具有三环结构, 其基本的碳架是 C6-C3-C6。绝大多数花青素无副作用, 安全性高, 因此被广泛应用于食品、药品、化妆品、纺织等行业。本课题组从生物质原料 (紫洋葱、火龙果、紫薯等) 中提取了花青素, 通过色谱分离、质谱鉴定了花青素的主要成分, 对其光学性能和应用进行了研究<sup>[1]</sup>, 探讨了花青素的显色和褪色机理 (图 1a)。

隐色体染料通常是无色的。隐色体这一术语已适用于任何 (可逆) 类型染料的氧化还原形式, 同时也可指通过诸如非还原的分子内环化过程 (受 pH 变化、加热或光照制约的反应) 制得的染料无色形式。在隐色体染料中, 研究较多的是水致显色染料<sup>[2]</sup>和水致褪色染料<sup>[3]</sup>。本课题组通过研究荧烷类隐色体染料的变色机理, 结合天然植物色素中的花青素, 研制出一系列功能性水致褪色染料 (图 1b)<sup>[4]</sup>, 并将其广泛应用于教学教具、重复打印、油墨印刷等领域。



图 1 (a) 花青素在不同 pH 下的显色和褪色机理; (b) 隐色体染料的变色机理 (上) 和课题组研制的不同颜色的水致褪色染料 (下)。

关键词: 花青素, 隐色体染料, 光谱性能

## 参考文献:

- [1] Y. Jiao, Y. Gao, Y. Meng, W. Lu, Y. Liu, H. Han, S. Shuang, L. Li, C. Dong, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 11 (2019) 16822-16829.
- [2] L. Sheng, M. Li, S. Zhu, H. Li, G. Xi, Y.-G. Li, Y. Wang, Q. Li, S. Liang, K. Zhong, S. X.-A. Zhang, *Nat. Commun.* 5 (2014) 3044.
- [3] 张俊, 董川, 隐色体染料功能化研究, *化学工业出版社* (2018) ISBN 978-7-122-33095-6.
- [4] 董川, 双少敏, 隐色体染料化学与应用, *化学工业出版社* (2010) ISBN 978-7-122-09024-9.

# 高灵敏血液细胞分析用荧光探针

樊江莉\*, 姚起超, 夏天平, 彭孝军

<sup>1</sup> 大连理工大学精细化工国家重点实验室, 大连, 中国, 116024

Email: fanjl@dlut.edu.cn

## 摘要:

研究工作围绕血液细胞和肿瘤成像染料, 开展了靶向性染料分子结构与性能关系研究。提出了增强型光诱导分子内电子转移机理, 发展了依据其  $\Delta G$  变化实现荧光响应的染料分子设计方法; 创制了细胞内肿瘤标志物、核酸等系列荧光识别染料; 进一步优化了染料的稳定性、在细胞中的渗透扩散性和亚细胞器定位性等, 发展出系列荧光染料产品, 在血液细胞分群等领域得到产业化应用。为了进一步提高细胞分群灵敏度, 近期开发了我们研制了一种绿光核酸荧光探针, 该探针定位于细胞核和核仁, 表现出对核酸高信噪比的荧光增强。当探针被制成血液学分析试剂盒并应用于自动化血液学分析仪时, 使红细胞(RET)和血小板(PLTs)在血影鉴别(DIFF)通道中更好的分离。此外, 该试剂盒在 DIFF 和网织红细胞(RET)通道中均表现出良好的性能。

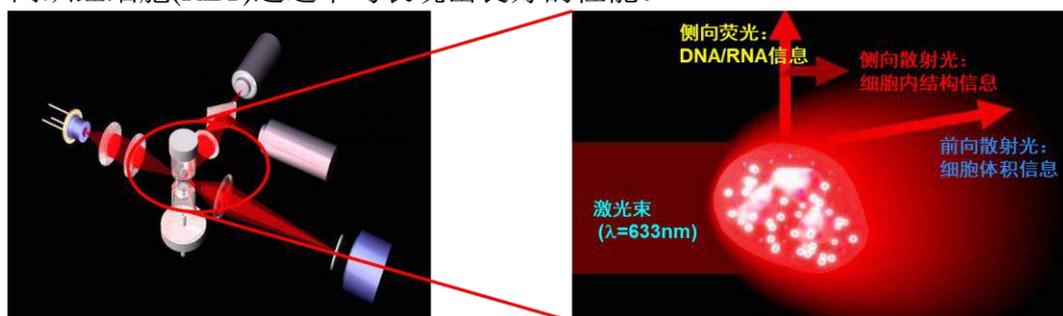


图 1 荧光平台光路及检测原理

关键词: 荧光染料, 靶向, 核酸

## 参考文献:

- [1] H. Zhu, Z. Zhang, J. Fan et al. *Nat. Protoc.*, (13)2018, 2348.
- [2] W. Sun, Jiangli Fan, Xiaojun Peng. *Acc. Chem. Res.*, 52(2019), 2818.
- [3] M. Xiao, J. Fan et al. *Adv. Funct. Mater.*, 2018, 1805128.
- [4] Q. Yao, J. Fan et al. *Biomaterials*, 2018, 177, 78-87.
- [5] M. Yang, J. Fan, K. Pu et al. *Chem. Soc. Rev.*, 49(2020), 6800-6815.

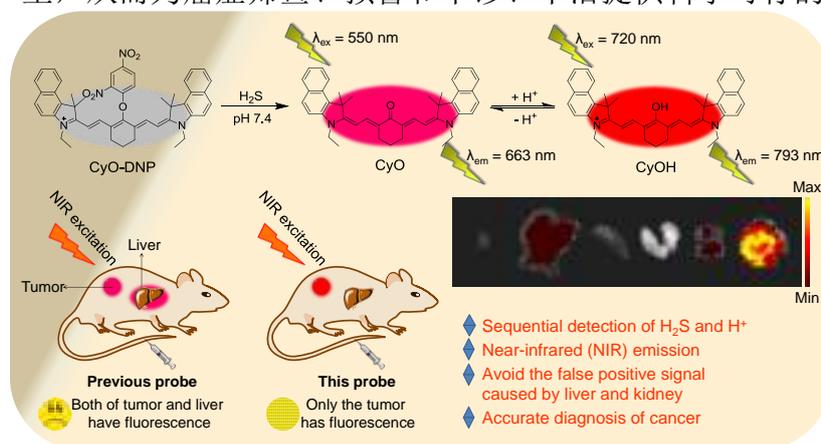
# 近红外荧光探针用于癌症标志物的成像检测

李春艳\*, 江文丽, 王文新, 王之卿

湘潭大学化学学院, 湖南湘潭, 411105

E-mail: lichunyan79@sina.com

**摘要:** 荧光探针具有灵敏度高、分辨率高、生物相容性好等显著优势, 成为检测癌症标志物的有效工具。然而, 见诸于报道的荧光探针的发射波长大多在可见光区, 这限制它们在生物体系中的应用。在生物医学成像研究中需要近红外探针, 因为近红外区的荧光探针在体外和体内检测目标分子具有独特的优势, 如深的组织渗透能力, 对生物样品的光损伤小以及生物背景荧光低。本课题组通过探讨荧光发射波长与探针分子结构的关系, 合成一系列基于花菁染料的新型近红外荧光探针, 分别用于生物样品中还原型辅酶 (NADPH)、谷氨酰转肽酶 (GGT)、硫化氢 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 等癌症标志物的成像检测。(1) 开发基于花菁染料的多功能分子探针, 该探针通过近红外荧光和光声双模态成像监控细胞和肿瘤小鼠模型中 NADPH 的含量, 并提出了一种通过注射葡萄糖提高肿瘤小鼠光热治疗的效果的新策略, 为未来肿瘤的诊断和治疗提供了新工具。(2) 通过合成, 在花菁染料引入谷胱甘肽分子, 构建具有高水溶性的近红外荧光探针用于复杂生物样品中 GGT 的成像检测。该探针能够在肿瘤微环境中被过度表达的 GGT 激活, 可以有效的区分肿瘤微环境和正常微环境, 实现对癌症的早期诊断和手术导航。(3) 通过在花菁染料引入二硝基苯分子, 构建近红外荧光探针 CyO-DNP (Fig. 1), 用于细胞和活体中癌症标志物  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{H}^+$  的连续成像检测。这种连续检测策略可以有效地预防复杂生物样品中的“假阳性”信号的产生, 从而为癌症筛查、预警和早诊、早治提供科学可行的新策略。



**Fig. 1** The design of probe CyO-DNP for sequential detection of  $\text{H}_2\text{S}$  and  $\text{H}^+$ .

**关键词:** 荧光探针; 近红外; 癌症标志物; 成像检测

**参考文献:**

- [1] Tian, Yang; Li, Chun-Yan; et al. *Biomaterials* 271 (2021) 120376.
- [2] Wang, Wen-Xin; Li, Chun-Yan; et al. *Anal. Chem.* 93 (2021) 3301-3307.
- [3] Jiang, Wen-Li; Li, Chun-Yan; et al. *Anal. Chem.* 93 (2021) 2510-2518.
- [4] She, Zun-Pan; Li, Chun-Yan; et al. *Anal. Chem.* 93 (2021) 11826-11835.

# 难检测蛋白的荧光成像

苏冬冬\*, 张勇, 陈雪倩

<sup>1</sup> 北京工业大学环境与生命学部化学与生物系

Email: chmsudd@bjut.edu.cn

## 摘要:

疾病相关蛋白的可视化成像标记是研究其功能的重要手段。一些疾病相关蛋白的功能缺失是由于蛋白结构的转变、聚集或破坏引起的,其难以作为靶向蛋白有两方面重要原因:疾病相关目标蛋白结构不确定以及缺乏已知特异性结合位点。因此,针对难检测蛋白,如何在蛋白结构不确定以及缺乏已知特异性结合位点信息的情况下,实现目标蛋白的高特异性标记成像,是成像分析中待解决的重大科学问题。报告人发展了“分子库-高通量筛选”策略来克服上述局限性。分子库-高通量筛选策略将快速组合化学和高通量筛选相结合,创建具有化学多样性的分子库,针对不同的难检测蛋白设置不同的高通量筛选条件,在无需事先了解目标蛋白特异性结合位点的情况下,通过基于光学信号、细胞或组织的高通量筛选,可以直接发现适合于不同难检测蛋白的成像标记探针。应用以上方法,发现了脑中难检测 A $\beta$  寡聚体 (oligomer) 的成像分析探针<sup>[1]</sup>,以及难检测弹性蛋白的可视化成像探针<sup>[2]</sup>。通过分子库-高通量筛选策略制备的大量分子探针不局限于任何特定目标分析物,可以广泛地扩展到各类生物大分子或者不同结构形态目标蛋白,以实现难检测蛋白的成像标记。

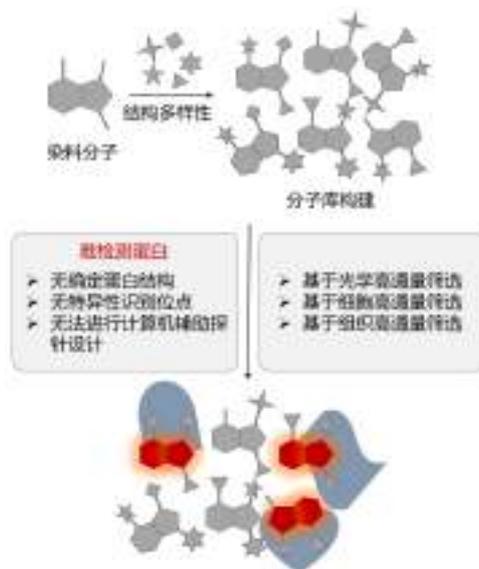


图 1 开发 “分子库-高通量筛选” 策略, 发现高特异性难检测蛋白探针。

**关键词:** 荧光, 分子探针, 蛋白检测, 高通量筛选

**参考文献:**

[1] Su, D.; Teoh, C. L.; Park, S. J.; et al, *Chem.*, 2018,4,1128-1138.

[2] Teoh, C. L.<sup>†</sup>; Su, D.<sup>†</sup>; Sahu, S.; et al, *J. Am. Chem. Soc.*, 2015, 137, 13503-13509.

# 纳米材料的电致化学发光及其生物传感应用

鞠焯先

南京大学 生命分析化学国家重点实验室, 南京 210023

\*Email: hxju@nju.edu.cn

## 摘要:

本世纪以来,电分析化学以提高灵敏度、准确度为发展主线,研究层面已从原来的微量分析拓展到纳量级,甚至单分子、单细胞水平,研究对象从模型生化分子的分析发展到关键生物分子(基因、蛋白质)与细胞分子的原位分析,通过电位分辨、分子识别实现其选择性检测。

在扩展检测对象的同时,电化学生物传感的信号转换技术也得到发展。各种电致化学发光、光电化学、比例电化学(包括比例安培、比例电致化学发光、比例光电化学)检测方法不断涌现。其中,电致化学发光分析技术得到了快速发展。

本报告将从电致化学发光概念与发展历史入手,介绍我们组在量子点电致化学发光生物传感的创新思路与研究内容<sup>(1)</sup>,特别是近年来在无机纳米粒子<sup>(2)</sup>与聚合物点电致化学发光<sup>(3,4)</sup>的研究成果,并谈一谈纳米材料的电致化学发光在生物传感与生物成像中的应用<sup>(1,3,4)</sup>。

**关键词:** 电分析化学, 电化学生物传感, 电致化学发光, 量子点, 无机纳米粒子, 聚合物点

## 参考文献:

1. Ju, H.X.; et al. *Anal. Chem.* **2004**, **76**: 6817; **2007**, **79**: 6690; **2007**, **79**: 8055; **2008**, **80**: 5377; **2010**, **82**: 3359; **2010**, **82**: 7351; **2011**, **83**: 5214; **2013**, **85**: 5390; *Chem. Commun.* **2007**, 404; **2010**, **46**: 5446; **2012**, **48**: 9159; *Chem. Eur. J.* **2010**, **16**: 10764.
2. Ju, H.X.; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, **59**: 10446; *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, **143**: 3049.
3. Ju, H.X.; et al. *Anal. Chem.* **2016**, **88**: 845; **2017**, **89**: 7659; *Biosens. Bioelectron.* **2018**, **100**: 28; *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, **9**: 5296.
4. Ju, H.X.; et al. *Anal. Chem.* **2018**, **90**: 1202; **2018**, **90**: 7708; *Chem. Sci.* **2019**, **10**: 6815; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, **60**: 197; *Anal. Chem.* **2021**, **93**: 5327.

# 基于环介导等温扩增反应的高灵敏度分析方法

李正平\*<sup>1</sup>, 刘成辉<sup>2</sup>, 王辉<sup>1</sup>, 高克俭<sup>1</sup>, 王洪红<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北京科技大学化学与生物工程学院, <sup>2</sup> 陕西师范大学化学化工学院

Email: lzpbd@ustb.edu.cn

## 摘要:

环介导的等温扩增 (Loop-mediated isothermal amplification, LAMP) 反应具有扩增效率高、速度快、特异性好的优点, 且只需要一种 DNA 聚合酶, 可以在等温条件下一步完成, 由此近年来在核酸分析中得到广泛应用。我们基于 LAMP 反应, 针对 DNA 单核苷酸多态性、DNA 甲基化、micro RNA<sup>[1-3]</sup>、融合基因<sup>[4]</sup>、转录本、端粒酶<sup>[5]</sup>、环形 RNA<sup>[6]</sup> 等生物标志物的高灵敏度分析, 设计了不同的探针体系, 比较系统的研究了影响基于 LAMP 核酸分析方法的灵敏度、选择性及背景信号的主要因素, 实现了在均相溶液中单分子、单细胞水平的核酸分析。



图注 环介导等温扩增示意图

**关键词:** 环介导等温扩增, 生物标志物, 灵敏度分析

## 参考文献:

- [1] Cuiping Li, Zhengping Li\*, Hongxia Jia, Jingli Yan, *Chem. Commun* 47 (2011) 2595–2597.
- [2] Yuanyuan Sun, Hui Tian, Chenghui Liu\*, Yueying Sun, Zhengping Li \*, *Chem. Commun* 53 (2017) 11040– 11043.
- [3] Kejian Gao, Pengbo Zhang, Hui Wang, Honghong Wang, Fengxia Su, Zhengping Li \*, *Chem. Commun* 57 (2021) 5570–5573.
- [4] Hui Wang, Honghong Wang, Yuting Jia, Ruyan Sun, Weixiang Hong, Mai Zhang, Zhengping Li\*, *Anal. Chem* 91 (2019) 12428–12434.
- [5] Honghong Wang, Hui Wang, Chenghui Liu\*, Xinrui Duan, Zhengping Li\*, *Chem. Sci* 7 (2016) 4945–4950.
- [6] Pengbo Zhang, Kejian Gao, Yuchao Liang, Fengxia Su, Fangfang Wang, Zhengping Li\*, *Talanta* 217 (2020) 121021.

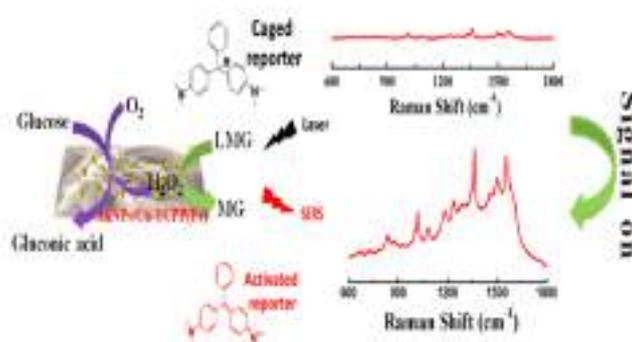
# 构建反应性拉曼增强检测体系及其 POCT 应用探索

杨海峰\* 胡森 将雨宁 滕欣妍 翟艳 郭小玉 王丰 文颖

资源化学教育部重点实验室, 资源化学教育部国际联合实验室, 上海市分子影像探针和传感器高校重点实验室, 上海师范大学化学系, 上海 200234

\*Email: hfyang@shnu.edu.cn ; Phone/fax : 021-64321701

发展体液中生物标志物快速分析方法是 POCT(Point-of-Care Test)领域的迫切需求。本文合成二维基底或复合材料, 构建等离子共振热点增强平台, 提高检测的灵敏度; 通过表面反应性分子或复合材料的纳米酶活性, 进一步了检测的选择性, 探索其应用于体液中疾病相关分子标志物的 POCT 分析的可行性。



**Figure 1.** Schematic illustration of the enzyme-free tandem reaction strategy for SERS detection of glucose.

如图 1 所示, 在二维金属有机框架 (MOF) 化合物(Cu- tetra (4-carboxyphenyl) porphyrin chloride(Fe (III))表面原位合成纳米金, 构建了稳定的表面增强拉曼散射 (SERS) 基底。原位合成的纳米金小于 15 nm, 有葡萄糖氧化酶作用, 可催化葡萄糖产生双氧水; MOF 有辣根过氧化物酶活性, 催化双氧水, 氧化无拉曼活性的隐形孔雀石绿, 生成拉曼活性的孔雀石绿。基于上述纳米酶串联反应策略, 可 SERS 检测唾液中的葡萄糖含量, 用于无痛糖尿病患者血糖相关的日常监测。

相同的反应性拉曼检测体系的构建, 也应用于血清中肿瘤标志物唾液酸、肾炎标志物肌酐和尿路早期细菌感染分子标志物的快速分析。

**关键词:** 拉曼; 反应性表面增强基底; 疾病分子标志物

**致谢** 感谢国家自然科学基金 (No. 21475088) 资助

**参考文献:**

- [1] Sen Hu, Yuning Jiang, Yiping Wu\*, Xiaoyu Guo, Ye Ying, Ying Wen, Haifeng Yang\* ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 55324–55330
- [2] Xinyan Teng, Fu Chen, Yun Gao, Ru Meng, Yiping Wu, Feng Wang, Ye Ying, Xinling Liu, Xiaoyu Guo, Yang Sun, Ping Lin, Ying Wen, and Haifeng Yang\* Analytical Chemistry 2020, 92, 3332–3339

# 原子尺度类酶材料设计及其生物传感应用

朱成周

华中师范大学化学学院, 武汉, 430079

\*czzhu@mail.ccnu.edu.cn

天然酶在自然中被人类广泛探索开发并主要应用于生物医学、食品安全以及环境保护等不同领域,但同时也伴随着天然酶易变性、成本高等固有缺陷。因此,利用生物或化学方法模拟天然酶不仅具有重要的科学意义,而且具有巨大的实际应用价值。纳米酶是有类酶活性的纳米材料,是一类新型的模拟酶。与天然酶相比,纳米酶具有催化活性高、稳定性强、成本低等优势,近几年来,纳米酶在生物传感等领域越来越受到人们的关注。

纳米材料复杂的结构和原子组成不利于确定生物催化本征活性位点,对研究者理解纳米酶构效关系时造成巨大挑战。现有的一些工作表明单原子催化剂具有原子级分散的活性位点,与天然金属蛋白酶类似,表现出优异的类酶活性。我们的工作突破了纳米尺度催化材料的研究思路并发展了新型原子尺度材料,尤其是单原子催化剂,结合其优异的类酶催化活性,实现了生物传感的催化信号放大。在原子尺度类酶材料调控,构效关系探讨和分析新方法构建等方面取得了重要进展,为构建高灵敏的生物传感器提供了新的解决方案。

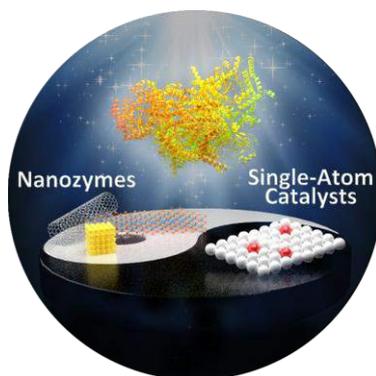


图 1. 原子尺度类酶材料设计

## 参考文献

- [13] Jiao, L.; Yan, H.; Wu, Y.; Gu, W.; Zhu, C.; Du, D.; Lin, Y., *Angew. Chem., Int. Ed.* **2020**, *59*, 2565-2576.
- [14] Jiao, L.; Xu, W.; Yan, H.; Wu, Y.; Liu, C.; Du, D.; Lin, Y.; Zhu, C., *Anal. Chem.* **2019**, *91*, 11994-11999.
- [15] Jiao, L.; Xu, W.; Zhang, Y.; Wu, Y.; Gu, W.; Ge, X.; Chen, B.; Zhu, C.; Guo, S., *Nano Today* **2020**, *35*, 100971.
- [16] Jiao, L.; Wu, J.; Zhong, H.; Zhang, Y.; Xu, W.; Wu, Y.; Chen, Y.; Yan, H.; Zhang, Q.; Gu, W.; Gu, L.; Beckman, S. P.; Huang, L.; Zhu, C., *ACS Catal.* **2020**, *10*, 6422-6429.

# 增敏探针快速灵敏检测肉制品中瘦肉精

赵爽<sup>1</sup> 王丽<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>西北农林科技大学食品科学与工程学院 陕西杨凌 712100)

**摘要** 瘦肉精作为禁止使用的药物，可以通过食物链在人体内蓄积，并引起各种健康问题，但在畜牧业生产中瘦肉精的使用仍屡禁不止。目前已有的瘦肉精检测技术，如高效液相色谱法、气相色谱-质谱联用法等，在实际应用中易受到仪器昂贵、操作方法、特异性不强等缺点的制约。因此，对动物源食品中瘦肉精残留进行便捷、灵敏检测对于保障食品安全和人体健康具有重要意义。本文提出增敏石墨烯探针检测肉制品中主要瘦肉精污染（以盐酸克伦特罗为例）的快检方法。以功能化石墨烯量子点为探针，并利用盐酸克伦特罗的重氮化偶联反应，同时结合层析快速检测试纸等使检测易于便携化应用，从而实现盐酸克伦特罗等瘦肉精的比色快速检测。本研究可为检测瘦肉精提供了一个有效且快速的检测方法，而且该检测的设计方案可为其他食品污染物的检测提供新启发。

**关键词** 瘦肉精；肉制品快速检测；增敏探针；盐酸克伦特罗

# 细胞表面分子标记与组装及生物传感应用

曾余静<sup>1</sup>, 高涛<sup>2</sup>, 赵婧<sup>3</sup>, 李根喜\*<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 南京大学生命科学学院, 医药生物技术国家重点实验室, 南京 210023, <sup>2</sup> 南京师范大学生命科学学院, 江苏省分子医学生物技术重点实验室, 南京 210023, <sup>3</sup> 上海大学生命科学学院, 上海大学分子识别与生物传感研究中心, 上海 200444

Email: genxili@nju.edu.cn

## 摘要:

生命演化进程中, 从单细胞生物到具有多细胞系统的高等生物, 自然界向我们呈现了多尺度、多层次、多功能的结构体系。在生理和疾病进程中, 细胞通过在细胞膜界面完成一系列的分子事件, 建立细胞间的交流, 促进细胞增殖、分化和迁移等活动。这些不同类型的细胞经“互作”与“集合”共同构成了具备完整功能的生命结构体系。由此, 发展细胞表面分子标记与组装技术, 并尝试从分子水平探究细胞的界面行为, 了解细胞表面分子事件与生化反应, 是探究生命体功能和实现生物医学应用的关键, 可极大推动多个研究和应用领域的融合发展, 包括生物传感、疾病诊断、转化医学、组织工程等。另一方面, 细胞膜表面存在的诸多生物活性分子为细胞功能研究提供了便利, 也为生化分析新方法提供了重要物质基础, 而细胞表面分子修饰与组装使得人为操纵细胞活动成为可能, 为后续探究细胞界面分子事件提供技术手段, 并且为生物传感和生物成像, 细胞治疗、组织工程、再生医学、药物输送等领域的研究提供了工具。细胞表面分子标记、修饰与组装方法的进一步改进将促进细胞表面功能的特定化修饰, 在生物传感和临床医学领域具有广阔的前景。此外, 现阶段的研究越来越清楚地表明, 细胞可以在膜平面之外的三维空间感知信号, 由此通过系统地设计分子长度、配体价态和多尺度构型, 可以持续推进生物传感领域的研究发展, 有助于人们更加清楚地理解细胞表面的分子空间构成和分子活动机制。借第十五届全国化学传感器学术会议的机会, 作者就课题组在细胞表面分子标记与组装及生物传感应用方面所取得的一些研究成果向同行们做一汇报, 以便与同行们进行交流。

**关键词:** 生物传感; 生化分析; 分子标记; 分子组装; 细胞表面

## 参考文献:

- [1] T. Gao, T. Chen, C. Feng, X. He, C. Mu, J. Anzai, G. Li, *Nat. Commun.*, 10 (2019) 2946
- [2] L. Shi, C. Mu, T. Gao, W. Chai, A. Sheng, T. Chen, J. Yang, X. Zhu, G. Li, *J. Am. Chem. Soc.*, 141 (2019) 8239-8243
- [3] Z. Sun, S. Wu, Y. Peng, M. Wang, M. Jalalah, M.S. Al-Assiri, F.A. Harraz, J. Yang, G. Li, *Chem. Eng. J.*, 405 (2021) 126707
- [4] Y. Cao, X. Yu, B. Han, L. Dong, J. Xu, Y. Dai, G. Li, J. Zhao, *J. Am. Chem. Soc.*, 143 (2021) 15899-16310
- [5] M. Li, Y. Zeng, X. Qu, M. Jalalah, S. A. Alsareii, C. Li, F. A. Harraz, G. Li, *Small*, (2021), 2103255

# 基于手性纳米颗粒及其生物效应

匡华<sup>1,2</sup>, 徐丽广<sup>2</sup>, 孙茂忠<sup>2</sup>, 胥传来\*<sup>2</sup>

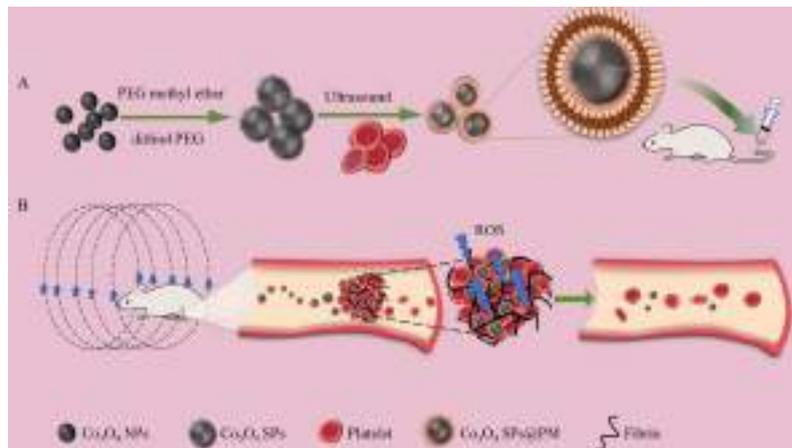
<sup>1</sup> 江南大学未来食品科学中心, <sup>2</sup> 江南大学食品学院

Email: xcl@jiangnan.edu.cn

## 摘要:

由蛋白质错误折叠引起的神经退行性疾病严重损害了中老年人的生活质量和健康状况,加重了社会负担。我们在前期的工作中,发现手性纳米颗粒对 $\beta$ 淀粉样纤维蛋白结合力有显著差异,通过制备不同手性的纳米颗粒,实现了阿尔兹海默症、帕金森症相关蛋白的清除以及疾病的诊疗<sup>[1,2]</sup>。

最近,我们利用 $\sim 5\text{nm}$ 的 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 颗粒合成手性超粒子(SPs)<sup>[3]</sup>,并在其表面包裹一层血小板膜。研究发现,在磁场存在的条件下,SPs对纤维蛋白和血凝块的溶解效率明显提高。D- $\text{Co}_3\text{O}_4$  SPs产生单线态氧的量是L- $\text{Co}_3\text{O}_4$  SPs的1.5倍。小鼠的存活率提高了70%。



手性 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 超粒子制备及其溶血栓效应

关键词: 手性纳米结构, 光/磁调控, 生物效应

## 参考文献:

[1] Wang, G.; Hao, C.; *et al* Chiral Plasmonic Triangular Nanorings with SERS Activity for Ultrasensitive Detection of Amyloid Proteins in Alzheimer's Disease. *Advanced materials* 2021, e2102337.

[2] Qu, A.; Sun, M.; *et al* Stimulation of neural stem cell differentiation by circularly polarized light transduced by chiral nanoassemblies. *Nat Biomed Eng* 2021, 5 (1), 103-113.

[3] Wang, X.; Sun, M.; *et al* Improved Reactive Oxygen Species Generation by Chiral  $\text{Co}_3\text{O}_4$  Supraparticles under Electromagnetic Fields. *Angew Chem Int Ed* 2021. 10.1002/anie.202105675

# Integration of CRISPR-Cas12a and G-quadruplex for highly sensitive nucleic acid detection

*Ying Li, PhD, Professor*

*Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Innovation Academy for Precision Measurement Science and Technology, CAS*

*Wuhan 430071 PR China*

Email: [lying@wipm.ac.cn](mailto:lying@wipm.ac.cn)

Web: <http://people.ucas.edu.cn/~YingLi>



**Biography:** Professor Ying Li obtained his bachelor's degree and Ph.D. in Biomedical Engineering from Huazhong University of Science and Technology in 2008 and 2013. He received postdoctoral training in Houston Methodist Research Institute and Duke University from 2013 to 2018. In 2018, he joined Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Innovation Academy for Precision Measurement Science and Technology, CAS. His research focuses on developing microfluidics-based biosensors and single-cell analysis systems. He has published more than 40 papers in many prestigious journals, including JACS, Science Advances, ACS Nano, Analytical Chemistry and Lab Chip. He has been granted 8 Chinese patents and 3 US patents.

**Abstract:** Comprehensive studies have demonstrated that some of CRISPR-Cas proteins exhibit collateral cleavage on non-specific targets (termed trans-cleavage) after the target-specific cleavage (termed cis-cleavage).<sup>[1]</sup> Cas12a was proved to be able to trans-cleave non-target ssDNA (but not dsDNA and RNA), and this feature has been widely implemented in biosensing systems for nucleic acid detection.<sup>[2]</sup> Herein, we revealed for the first time that the activated Cas12a system trans-cleaves DNA G-quadruplexes (G4s) and G-triplex (G3s).<sup>[3-4]</sup> This phenomenon was verified by fluorescence spectroscopy, circular dichroism spectroscopy, gel electrophoresis and nuclear magnetic resonance. Based on the cleavage kinetics analysis, we screened a G3 structure (termed TBA11) that can be cleaved by Cas12a in ~5 min and it is very promising to serve as a Cas12a reporter. We established a biosensing system named G-CRISPR, which improved the detection sensitivity up to 20 times over previous ssDNA-based Cas12a platform and achieved a LOD of 0.1 aM. An overall specificity and sensitivity of 100% and 94.7% was obtained in the detection of HPV16/18 in 27 patient samples. This system is ready to be combined with microfluidics for multiplexed detection of nucleic acid targets, holding great potential in point-of-care diagnostics.

## **Selected references:**

[1] Varble, A., Marraffini, L. A., Three New Cs for CRISPR: Collateral, Communicate, Cooperate. *Trends Genet*, **2019**, *35* (6), 446-456.

[2] Chen, J. S., Ma, E., Harrington, L. B., Da Costa, M., Tian, X., Palefsky, J. M., Doudna, J. A., CRISPR-Cas12a target binding unleashes indiscriminate single-stranded DNase activity. *Science*, **2018**, *360* (6387), 436-439.

[3] **Li, Y.\***, Li, T., Liu, B. F., Hu, R., Zhu, J., He, T., Zhou, X., Li, C., Yang, Y., Liu, M.\*, CRISPRCas12a trans-cleaves DNA G-quadruplexes. *Chem Commun*, **2020**, 56, 12556-12529.

[4] Li, T., Hu, R., Xia, J., Xu, Z., Chen, D., Xi, J., Liu, B. F., Zhu, J., **Li, Y.\***, Yang, Y., Liu, M.\*, G-triplex: A new type of CRISPR-Cas12a reporter enabling highly sensitive nucleic acid detection. *Biosens. Bioelectron.*, **2021**, 187, 11392.

1

# 基于功能核酸探针的生物传感与生化分析研究

金燕\*, 史璐, 杨冰, 汤巧荣

陕西师范大学化学化工学院, 陕西省, 西安市, 710119

Email: jinyan@snnu.edu.cn

## 摘要:

在生物样本中目标物丰度较低、干扰组分多, 如何将高度专一性的分子识别反应转换成能可靠检测的信号, 是生物传感与生化分析的关键科学问题。本研究团队利用功能核酸构型多样、靶标多样和分子识别机制多样的优势, 开展了基于功能核酸探针的生物传感与生化分析, 提出了生物传感新原理, 建立了光学生物传感与成像分析的新方法, 为疾病标志物检测、环境污染物检测提供了高灵敏、高选择性的新方法。即时检测是指利用便携式设备在现场快速检测的技术。发展新型即时检测技术在临床检验与食品安全分析等领域具有巨大需求。近年来, 可视化、便携式的即时检测研究备受关注。我们以便携式器件为检测工具, 结合核酸信号放大技术, 提出了生物分析新原理, 建立了高灵敏、高特异性、低成本检测疾病标志物和重金属离子的气压型即时检测法、化学发光即时检测法和可视化即时检测法。

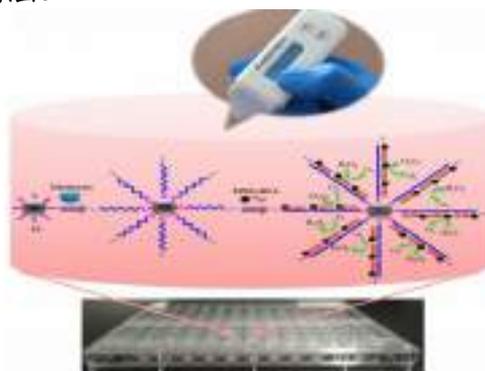


图 1. 基于便携式气压计检测端粒酶的原理示意图。

关键词: 生物传感, 生化分析, 功能核酸探针

## 参考文献:

- [1] Y. J., Wang, L. Z. Yang, B. X. Li, C. Y. Yang, Y. Jin. *Anal. Chem.*, 89 (2017), 8311-8318.
- [2] L. Shi, J. Lei, B. Zhang, B. X. Li, C. Y. Yang, and Y. Jin. *ACS. Appl. Mater. Interfaces*, 10 (2018), 12526-12533.
- [3] J. Lei, L. Shi, B. X. Li, C. Y. Yang, Y. Jin. *Biosens. Bioelectron.*, 122 (2018), 32-36.
- [4] J. R. Zhu, Y. Wang, B. X. Li, Y. Jin, *Sensor. Actuat. B-Chem.*, 301 (2019), 127109.
- [5] Y. Wang, L. Shi, J. R. Zhu, B. X. Li, Y. Jin, *Biosens. Bioelectron.*, 156 (2020), 112132.
- [6] L. Shi, W. Liu, B. X. Li, C. Y. Yang, Y. Jin. *ACS Appl Mater Interfaces*. 13 (2021), 15008-15016.

# 铜纳米团簇在葡萄糖、生物硫醇检测中的应用研究

韩爱玲, 刘继锋\*

天津科技大学, 食品工程与生物技术学院, 省部共建食品营养与安全国家重点实验室,  
天津市, 300457

Email: [liujifeng111@gmail.com](mailto:liujifeng111@gmail.com)

由于巯基配体与金属核部分紧密相连, 改变表面配体就不可避免的会引起金属核的变化, 反之亦然<sup>[1-3]</sup>, 因此, 硫醇保护的金属纳米团簇的结构复杂多变, 结构与性质间的关系仍然存在很多疑问。通过改变表面配体及金属离子前驱体, 我们研究了配体对铜纳米团簇 (Cu NCs) 组分、结构、电荷分布、组装形貌、电催化活性、荧光等性质的影响, 并将其用作探针, 建立了葡萄糖的非酶电化学检测方法和生物硫醇的荧光检测方法<sup>[4]</sup>。

以四氟苯硫酚 (TFTP) 和五氟苯硫酚 (PFTP) 为配体, 通过调整两种配体的混合比例, 成功制备出了带状、线状、网状和片状四种形貌的 Cu NCs 组装体。由于对位取代基团的不同, 配体结构内电子云密度分布不同, TFTP 和 PFTP 还原铜离子前驱体的能力也有差异, 最终得到组分分别为  $\text{Cu}_4(\text{TFTP})_3$  和  $\text{Cu}_3(\text{PFTP})_3$  的 Cu NCs。  $\text{Cu}_4(\text{TFTP})_3$  和  $\text{Cu}_3(\text{PFTP})_3$  的构型、电子能级分布、偶极吸引力、电荷分布以及表面静电势等都表现出不同的特征, 进而引起 Cu NCs 组装体形貌的变化, 以及电催化葡萄糖氧化的催化活性的差异。基于 Cu NCs 组装体对葡萄糖氧化的催化活性, 其修饰的玻碳电极可用于葡萄糖的非酶电化学检测。以铜离子和镍离子为前驱体, 4-(三氟甲基)苯硫酚为配体, 制备了具有红色荧光的 Cu NCs 组装体。镍掺杂之后, Cu NCs 组装体的荧光强度提高了 3 倍, 绝对量子产率从 4.53% 提高到 19.76%。这是由于掺杂的镍与铜核间的 Ni-Cu 亲金属作用, 促进了激发电子的辐射释放, 从而使 Cu NCs 组装体的荧光增强。实验发现, 生物硫醇可通过形成 Cu-S 键与铜核结合, 取代 Cu NCs 表面原来的配体, 引起 Cu NCs 组分及组装结构的变化, 最终使得 Cu NCs 组装体的荧光被猝灭。基于此, 我们建立了一种生物硫醇的荧光检测方法, 该方法对半胱氨酸、同型半胱氨酸和谷胱甘肽均表现出良好的线性响应及灵敏度。

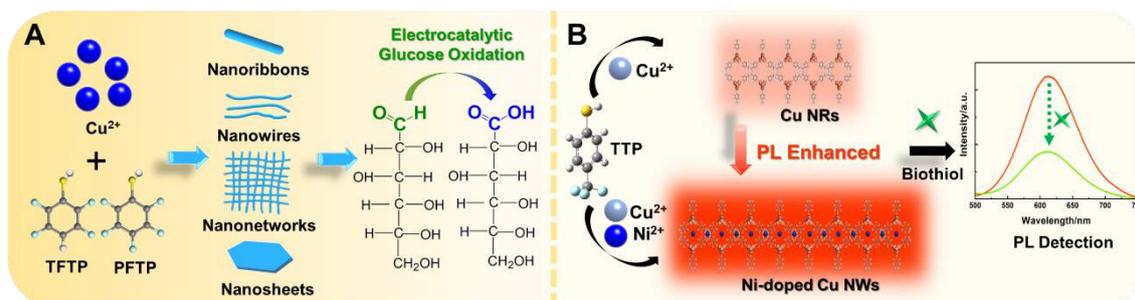


示意图 (A) Cu NCs 自组装体的制备与催化葡萄糖氧化机理图; (B) 镍掺杂的 Cu NCs 自组装体的制备及其用于生物硫醇检测机理

**关键词：**铜纳米团簇；配体调控；金属掺杂；荧光传感

**参考文献：**

- [1] T. Higaki, Q. Li, M. Zhou, et al. *Accounts of Chemical Research*, 51(2018): 2764-2773.
- [2] Q. Yao, T. Chen, X. Yuan, et al. *Accounts of Chemical Research*, 51(2018): 1338-1348.
- [3] H. Qian, M. Zhu, Z. Wu, et al. *Accounts of Chemical Research*, 45(2012): 1470-1479.
- [4] A. Han, Y. Yang, X. Li, et al. *ACS Applied Nano Materials*, 4(2021): 4129-4139.

# 近红外水光谱探针及应用研究

邵学广\*

南开大学化学学院, 分析科学研究中心, 天津, 300071

\*Email: xshao@nankai.edu.cn

光谱探针是近年来分析化学(特别是光谱分析)的前沿研究内容, 在高灵敏、高选择性、快速分析及生物医学成像分析中得到了成功应用。水在自然界中广泛存在, 是生命体系的重要组成部分, 也是化学体系, 特别是水溶液及生物样品的基本组成成分。研究表明, 水的结构和性质随所处的环境发生变化, 通过水分子的结构可以对所处的环境进行一定的了解。另一方面, 水在近红外光谱区间具有很高的灵敏度。因此, 采用水的近红外光谱信号作为探针有可能对分析体系的组成、结构及含量进行探测。

为了对水的结构、性质以及水与其他物质的相互作用进行分析, 发展了温控近红外光谱分析技术, 利用温度效应引起的光谱变化对目标物的含量和结构进行分析[1]。为了从温控近红外光谱数据中获取定量和结构信息, 对高维数据分析方法进行了研究, 建立温度和浓度定量模型, 实现了水溶液及血清等复杂样品中组分和pH的定量分析[2,3]。同时, 采用化学计量学方法对水的近红外光谱进行分析, 结合分子模拟技术得到了水的不同结构形式以及水光谱的精细结构信息[4]。研究了蛋白质和聚合物的热变性过程, 揭示了生物小分子的功能和对水结构稳定性的作用, 发现水结构变化可以反映蛋白质和聚合物的变性过程并且在蛋白质和聚合物变性过程中起到重要作用[5-7]。

**关键词:** 近红外光谱; 化学计量学; 定量模型; 光谱探针

## 参考文献

- [1] Cui, X.Y.; Sun, Y.; Cai, W.S.; Shao, X.G. *Sci China Chem* **2019**, 62(5): 583
- [2] Shao, X.G.; Cui, X.Y.; Yu, X.M.; Cai, W.S. *Talanta* **2018**, 183: 142
- [3] Han L., Cui X.Y., Cai W.S., Shao X.G., *Talanta*, **2020**, 217: 121036
- [4] Tan J.H., Sun Y., Ma L., Feng H.Y., Guo Y.C., Cai W.S., Shao X.G., *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, 2020, 206: 04150
- [5] Wang L., Zhu X.W., Cai W.S., Shao X.G., *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2019, 21, 5780-5787
- [6] Ma L., Cui X.Y., Cai W.S., Shao X.G., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2018, 20(30): 20132-20140
- [7] Ma B., Wang L., Han L., Cai W.S., Shao X.G., *Spectrochimica Acta Part A*, **2021**, 253: 119573

# 传感器与闭环智能给药系统

刘万卉<sup>1, 2</sup> 梁苑英竹<sup>2</sup>

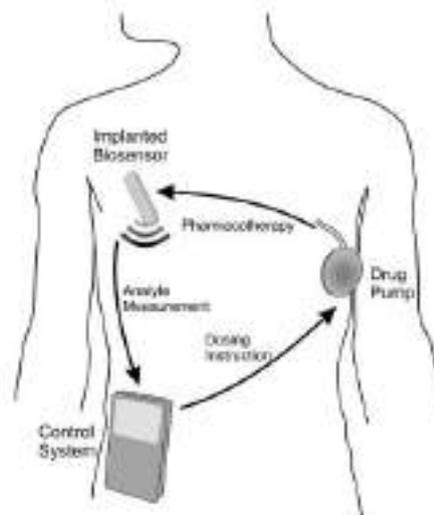
<sup>1</sup> 烟台大学药学院, <sup>2</sup> 长效与靶向国家重点实验室  
Liuwanhui01@163.com

## 摘要:

闭环智能给药是一种使用自控反馈系统调节药物治疗的全自动方法。主要包括三个主要组件(图1): (i) 监测生理状况、循环药物浓度或生物标志物水平的植入式生物传感器; (ii) 接收来自传感器的输入并提供药物剂量指示的控制系统; (iii) 提供药物治疗的药物输送装置, 其目标是在传感器监测下产生可测量的患者状况变化(闭合回路)。近几十年来, 研究人员一直希望有这样一种闭环给药系统用于慢性病的治疗。该系统不仅仅是给药方便, 而且将从根本上改变治疗的理念。药物可以精确地维持在所需的水平, 以保证在长时间内获得最佳治疗效果。闭环系统可以在病情突然恶化时立即响应, 甚至抢先响应, 几乎可以完全消除患者的依从性、医生错误以及用药过量或不足等长期存在的问题。

但开发闭环给药系统最大的障碍是缺乏可行和可靠的生物传感器。2017年, 第一个闭环智能给药系统获得FDA批准。MiniMed® 670G (Medtronic PLC., Dublin, 爱尔兰) 自动调节胰岛素输送, 依靠植入式葡萄糖传感器持续测量血糖水平。这突如其来的成功是植入式生物传感技术取得重大进展的结果, 特别是商业上可用的葡萄糖生物传感器植入物的开发。

本文将综述生物传感器在闭环智能给药系统中的作用; 生物传感器开发面临的主要挑战, 重点是对长留置设备的需求, 即: 灵敏度、选择性和寿命; 以及智能给药在糖尿病、帕金森病等疾病治疗中的应用。



**图 1** 闭环给药系统的三个主要部件：植入式生物传感器，给药泵，控制系统

关键词：生物传感器，递药系统，智能给药，糖尿病

参考文献：

- [1] Scholten K, Meng E. A Review of Implantable Biosensors for Closed-Loop Glucose Control and Other Drug Delivery Applications[J]. International Journal of Pharmaceutics 544 (2018) 319–334.
- [2] Sharma R, Singh D, Gaur P, et al. Intelligent automated drug administration and therapy: future of healthcare[J]. Drug Delivery and Translational Research, 2021:1-25.
- [3] Coffel J, Nuxoll E . BioMEMS for Biosensors and Closed-Loop Drug Delivery[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2018:S0378517318300425.
- [4] Prem C. , Govind P, Roger J.. Minimally Invasive Platforms in Biosensing [J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2020, 00894.
- [5] Young Joo Yang. The Future of Capsule Endoscopy: The Role of Artificial Intelligence and Other Technical Advancements [J]. Clinical Endoscopy, 2020, 2234-2443.
- [6] Fleming J E , Dunn E , Lowery M . Simulation of closed-loop deep brain stimulation control schemes for suppression of pathological beta oscillations in Parkinson's disease. 2019.

# DNA 纳米结构介导的核酸探针的构建及其生物学应用

汪晶, 王东霞, 王雅馨, 孔德明\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南开大学化学学院分析科学研究中心, 天津 300071

<sup>2</sup> 天津市生物传感与分子识别重点实验室, 天津 300071

Email: [kongdem@nankai.edu.cn](mailto:kongdem@nankai.edu.cn)

## 摘要:

DNA 因其良好的生物相容性和可编程性, 被广泛用作生物传感、体内成像、药物开发和疾病治疗的构建模块。然而, 传统的基于 DNA 的传感大多是通过 DNA 探针的随机扩散来实现, 效率较低。为了克服上述局限性, 我们开发了一系列基于 DNA 纳米结构的探针, 从而改善了 DNA 的体外和体内应用, 例如: (1) DNA 纳米结构介导的核酸高阶结构的研究: 多肽、蛋白质、DNA、脂类和有机分子, 已被越来越多地被用作组装体的构建单元, 用于更为复杂的组装体的构建, 其中 DNA 被认为是最有发展潜力的组装体构建单元之一。我们利用 DNA 纳米结构介导的无酶催化反应组装高阶 DNA 结构, 通过在 TDN 的顶点引入不同数量的 DNA 发夹, 获得不同价态的结构单元, 进而组装纳米和微米尺度的 DNA 结构。此外, 其他功能基团, 如 AuNPs 或 DBCO, 也可以修饰在结构单元上, 从而使组装反应具有多样化的应用。例如, 具有精确结构的 AuNPs 簇和细胞组装的团块可以以可控的组装方式被成功构建<sup>[1]</sup>; (2) DNA 纳米结构介导的传感及检测的研究: 作为一种常用的无酶核酸扩增技术, 杂交链式反应 (hybridization chain reaction, HCR) 因其精巧的设计且兼具可靠的荧光输出信号已被应用在多项研究中。但对于常规的 HCR 反应, 由于反应速率慢、功能单一, 在多功能型分子机器构建中受限。通过将参与 HCR 的 DNA 发夹组装在四面体 DNA 纳米结构 (TDN) 的四个顶点, 构建了 TDN 介导的超支化 HCR 策略。该策略很好地借助于多个反应方向的相互协同作用, 反应速度是传统 HCR 的 70 倍<sup>[2]</sup>。此外, 通过对核酸结构的精心设计、分析和优化, 采用多个短链 DNA 交替杂交的方法, 实现了球形 DNA 纳米结构的简单高效制备, 这种完全由 DNA 材料制成的纳米球我们称为 DNA 纳米灯笼。DNA 纳米灯笼具有成本低、易于设计和制备、可任意调节的探针数目多、信号读出高的优点, 而且可以很容易地与已报道的基于 DNA 的策略和技术集成, 从而显示出广阔的应用前景<sup>[3,4]</sup>。在另一项工作中, 以 DNA 四面体为模型, 通过交替添加一对刺激物 (核酸/反义核酸、Hg<sup>2+</sup>/半胱氨酸、H<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup>) 可以重复多次进行四面体可逆地组装和拆卸。基于这一特点, 构建了循环逻辑电路, 开发了基于荧光共振能量转移的比率传感平台, 用于多目标分析<sup>[5]</sup>。

**关键词:** DNA 纳米结构; 等温核酸扩增; 细胞组装; 金球组装; 生物传感

## 参考文献:

- [1] Wang J, Ma JY, Wang DX, Liu B, Tang AN, Kong DM. *Chem Comm.* 2021, 57(55), 6760-6763.
- [2] Wang J, Wang DX, Ma JY, Wang YX, Kong DM. *Chem Sci.* 2019;10(42):9758-9767.
- [3] Wang DX, Wang J, Cui YX, Wang YX, Tang AN, Kong DM. *Anal Chem.* 2019;91(20):13165-13173.
- [4] Wang DX, Wang J, Wang YX, Du YC, Huang Y, Tang AN, Cui YX, Kong DM. *Chem Sci.* 2021;12(22):7602-7622.
- [5] Wang YX, Wang DX, Wang J, Du YC, Cui YX, Tang AN, Jiang HX, Kong DM. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2021, 330, 129335.

# 肿瘤微环境多靶标协同荧光传感体系的构建

李朝辉\*

郑州大学化学学院，河南省功能分子绿色构建与生物分析国际联合实验室，河南省郑州市科学大道 100 号，450001  
\*Email: zhaohui.li@zzu.edu.cn

细胞内微环境主要包括细胞内极性、粘度、pH 和乏氧等，它们在细胞内信号传导，生物大分子间相互作用，酶的活性等过程中起着至关重要的作用。研究表明异常的微环境与生理疾病的发病和进展密切相关，微环境在癌症的早期阶段开始发生异常变化并随着生理疾病的发展而不断变化。<sup>[1]</sup>因此，实时微环境变化将为癌症的早期诊断、过程监控和预测提供宝贵的信息。<sup>[2-3]</sup>然而细胞内微环境是异质的，即在不同的位置具有不同的微环境。细胞器作为细胞的最小单位，不同的细胞器也具迥异微环境。为了准确测定局部微环境变化，应在特定的细胞器内进行检测。然而只通过一种微环境参数的变化来实现对癌症的检测具有较低的灵敏度和准确度，为达到癌症的高对比度和准确检测，需要构建肿瘤微环境触发型多靶标协同荧光传感体系。近年来，我们团队构建了一系列肿瘤微环境触发的多靶点协同荧光成像系统，包括小分子荧光探针、荧光碳点和 DNA 纳米探针。这些传感系统可以区分癌细胞与正常细胞，以及癌组织与正常组织，可作为肿瘤边界识别和荧光引导手术的有效工具。

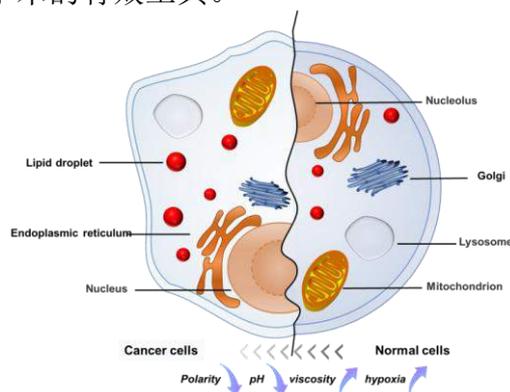


图 1. 利用癌细胞和正常细胞在细胞器和微环境的差异设计构建多靶标协同荧光传感体系。

## 参考文献:

- (1) Song, Y.; Zhang, H.; Wang, X.; Geng, X.; Sun, Y.; Liu, J.; Li, Z. One Stone, Three Birds: pH Triggered Transformation of Aminopyronine and Iminopyronine Based Lysosome Targeting Viscosity Probe for Cancer Visualization. *Anal. Chem.* **2021**, *93* (3), 1786–1791.
- (2) Geng, X.; Sun, Y.; Guo, Y.; Zhao, Y.; Zhang, K.; Xiao, L.; Qu, L.; Li, Z. Fluorescent Carbon Dots for in Situ Monitoring of Lysosomal ATP Levels. *Anal. Chem.* **2020**, *92* (11), 7940–7946.
- (3) Liang, Z.; Sun, Y.; Zeng, H.; Sun, K.; Yang, R.; Li, Z.; Zhang, K.; Chen, X.; Qu, L. Simultaneous Detection of Human Serum Albumin and Sulfur Dioxide in Living Cells Based on a Catalyzed Michael Addition Reaction. *Anal. Chem.* **2020**, *92* (24), 16130–16137.

# 噬菌体修饰生物传感器的构建及其用于海洋弧菌检测研究

于宁<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> 宁波大学材料科学与化学工程学院, 浙江宁波, 315211

Email: ganning@nbu.edu.cn

## 摘要:

弧菌病会严重危害海水养殖业发展和食用者健康。建立快速准确、灵敏廉价的现场分析传感器对防控弧菌病爆发, 维护食品安全意义重大。电化学生物传感器具有高灵敏、快速、集成小型化等优势, 但如何提高其在复杂基质中检测特异性是重要科学问题, 解决问题的关键之一是制备稳定高效的生物识别探针。噬菌体对待测菌株具有高特异性, 易于大量培养和进行信号标记, 尤其是只检测活菌等特点, 非常适合于构建细菌检测传感器的捕获探针。本研究拟以常见的海水养殖危害性弧菌(副溶血弧菌, V.P)作为分析物, 采用已筛选的噬菌体作为捕获探针并修饰到电极表面; 进而通过 MXene 等二维纳米导电材料作为载体, 标记二茂铁等电活性物质做为信号标签。将噬菌体捕获探针和信号标签相组合, 构建用于弧菌检测的信号增强型夹心电化学生物传感器。该类探针可特异性的结合待测弧菌, 将其转换为相应的灵敏电信号, 由此在 20min 内实现  $10^2$ CFU/mL 的 V.P 现场快速检测。该研究提出的一种基于噬菌体捕获并进行信号转换的通用分析策略, 改变探针上噬菌体种类即可分析其他目标物。该研究为突破养殖水体的活弧菌现场、高灵敏现场检测瓶颈提供了新思路, 具有重要应用价值和理论意义。

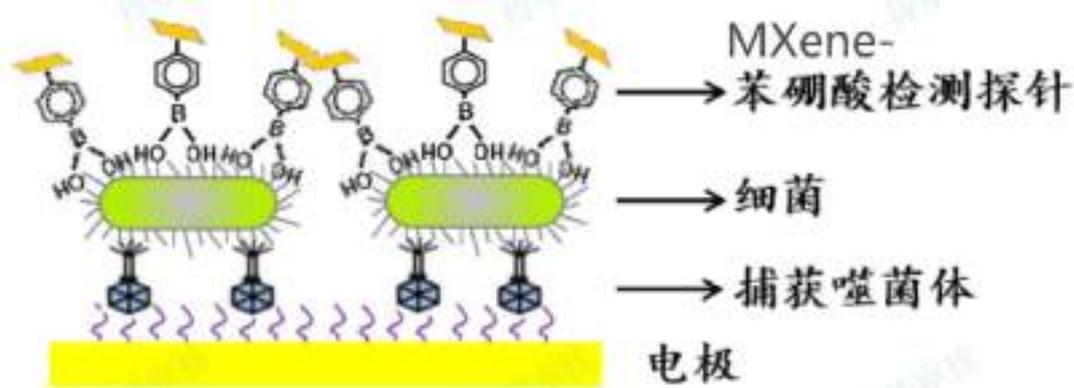


图 1 以噬菌体作为捕获探针的夹心型传感器设计示意图

关键词: 海洋弧菌, 噬菌体, 生物传感器, MXene, 现场检测

## 参考文献:

- [1] Kadam R, Maas M, Rezwan K. *ACS Applied Bio Materials*, 2019, 2 (8): 3520-3531.
- [2] 陈星, 唐金利, 姜宫凌侠, 亢振军, 李楠. 海洋弧菌鉴定与分类相关功能基因研究进展[J]. *广东海洋大学学报*, 2020, 40(1): 116-125.

## 功能核酸探针新发展

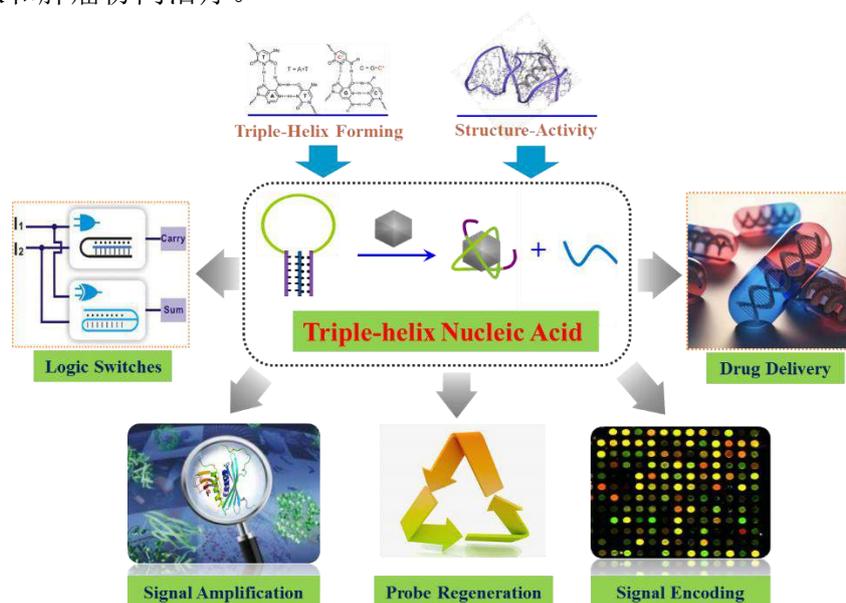
杨荣华<sup>\*1</sup>, 邓翔熙<sup>2</sup>, 赵聪慧<sup>2</sup>, 孙芸琳<sup>2</sup>, 邹振<sup>2</sup>, 雷艳丽<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 湖南师范大学化学化工学院, 湖南省长沙市麓山路 36 号, 410081

<sup>2</sup> 长沙理工大学化学化工学院, 长沙市天心区万家丽南路 2 段 960 号, 410114

\*Email: yangrh@pku.edu.cn

**摘要:** 功能核酸是一类具有独立的结构和特殊功能的核酸序列, 可以特异性识别目标物或催化某一反应, 并执行特定生物功能。其中三链核酸是一种特殊的核酸结构, 它是在 DNA 双螺旋结构的基础上与第三条寡核苷酸链通过 Hoogsteen 氢键杂交形成三螺旋核酸结构。三链核酸结构为核酸探针的构建和生物学应用提供了一个广阔的平台。近年来, 本课题组通过探针识别单元与信号报告单元的分离, 实现了基于三链核酸探针的多目标检测、信号放大以及探针的再生。并且由于第三条核酸链的引入, 使得三链核酸分子探针在组装调控和信号输出方面又更具多样性和可操控性。随着分析传感研究工作的不断提升, 引入第三条单链寡核苷酸链, 拓展三链核酸分子探针的实际应用一直是该领域研究的科学难题。本报告将介绍课题组近几年来围绕三链核酸探针生物传感和疾病诊疗一体化取得的研究进展。主要内容包括: 长度/二级结构编码的多种生物标志物的同时分析, 基于逻辑运算的新型冠状病毒核酸高特异性检测, 和三链核酸纳米颗粒的 RNA 成像和肿瘤协同治疗。



关键词: 三链核酸; 探针; 荧光传感; 诊疗

参考文献:

- [1] Z. Qing, J. Xu, J. Hu, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, 58, 11574–11585
- [2] Z. Qing, G. Luo, S. Xing, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, 59, 14044–14048
- [3] Z. Zou, L. He, X. Deng, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, 60, 22970–22976

# 基于等离子体增强拉曼散射的单细胞分析及疾病诊断新方法研究

刘震\*

南京大学化学化工学院, 生命分析化学国家重点实验室, 南京 210021

Email: zhenliu@nju.edu.cn

## 摘要:

表面增强拉曼散射 (SERS) 具有灵敏度高、对样品环境不敏感、可现场分析等优势, 在化学传感、食品安全、环境分析等诸多领域中已广泛应用。但是, SERS 检测也存在着很多生物分子没有响应和数据重现性差等缺点。为了解决这些局限, 报告人研究团队提出“等离子体免疫夹心法 (PISA)”[1, 2]和“等离子体亲和夹心法 (PASA)”两种方法[3, 4]。这两种方法已经应用于单个活细胞中和血液和尿液等生理样品中的蛋白质和 microRNA 等的检测, 成功应用于单细胞信号通路分析和疾病诊断分析等重要应用。本报告将主要介绍以上技术的最新进展和独特应用。

**关键词:** 拉曼光谱、等离子体、单细胞分析、疾病诊断、分子识别

## 参考文献:

- [1] Jia Liu, Danyang Yin, Shuangshou Wang, Hong-Yuan Chen, Zhen Liu. *Angewandte Chemie International Edition*, 55 (2016) 13215–13218.
- [2] Jia Liu, Hui He, Dan Xie, Yanrong Wen, Zhen Liu. *Nature Protocols*, 16 (2021) 3522–3546.
- [3] Jia Liu, Yanrong Wen, Hui He, Hong-Yuan Chen, Zhen Liu. *Chemical Science*, 9 (2018) 7241–7246.
- [4] Qi Zhang, Jia Liu, Yueru Dong, Wei Li, Rongrong Xing, Yanyan Ma, Zhen Liu. *ACS Applied Nano Materials*, 2 (2019) 3960–3970.

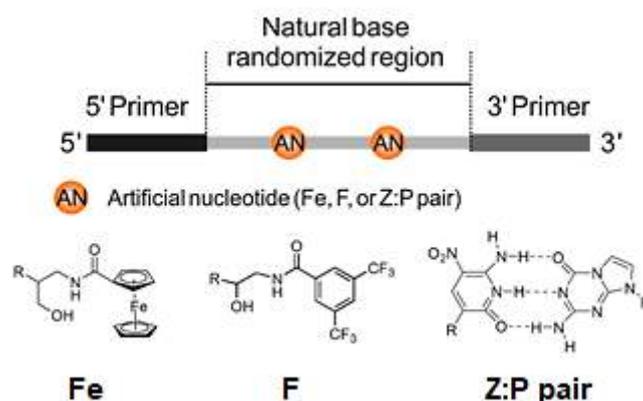
# 核酸适配体分子识别体系设计及生物分析应用

袁荃\*

湖南大学 化学化工学院, 长沙, 410082

通讯作者邮箱: yuanquan@whu.edu.cn

**摘要:** 核酸适配体 (Aptamer) 是指通过指数富集 (SELEX) 技术, 从人工合成的 DNA/RNA 文库中筛选得到的, 能够与靶标分子高特异性识别、结合的单链寡核苷酸。核酸适配体具有在高温、高盐浓度情况下可实现反复变性-复性, 可通过互补链温和逆转其功能, 并易于进行表面修饰和固定的特性, 因而在生物分析领域具有广阔的应用前景。然而天然核苷酸的种类有限<sup>1</sup>, 突破天然核苷酸的局限, 构建功能核酸适配体在阐明生物过程的分子基础和药物设计领域具有十分重要的作用。**方法:** 针对该问题, 我们设计将人工碱基引入核酸适配体中。**结果:** 使用该方法, 我们获得了一系列具有功能性的核酸适配体<sup>2</sup>, 并成功将其应用于蛋白活性调控、药物设计等工作中。**结论:** 这种引入人工碱基的方法有望为功能核酸适配体的构建提供新的动力和方向, 并为人工碱基核酸适配体在实际生物分析领域的应用开创新的平台。



**Figure 1.** Molecular design of artificial-nucleotide-expanded cell SELEX method.

## 参考文献

1. H. Yin and A. Hamilton, Strategies for Targeting Protein-Protein Interactions with Synthetic Agents. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005, 44: 4130–4163.
2. J. Tan, M. Zhao, J. Wang, Z. Li, L. Liang, L. Zhang, Q. Yuan and W. Tan, Regulation of Protein Activity and Cellular Functions Mediated by Molecularly Evolved Nucleic Acids. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58: 1621–1625

# 锁核酸共臂分子信标同时区分单核苷酸多态性序列

钟汶君, 黎亚萍, 雷静, 黄玉琴, 周翠松\*

四川大学化学学院

Email: zcs@scu.edu.cn

**摘要:** 单核苷酸多态性 (Single-nucleotide polymorphism, SNP) 在基因表达的遗传水平和表观遗传水平中起着至关重要的作用。 $\alpha$ -溶血素生物纳米孔技术具有高时空分辨率、免标记、单分子水平分析等优势。利用流经纳米孔离子流的阻断时间、阻断电流以及穿孔频率的变化, 可以实现靶标物的快速识别与灵敏检测

我们利用锁核酸高亲和力, 设计锁核酸共臂分子信标, 发展了一种二维信号分析策略, 能同时区分 SNP 核酸序列, 成功用于耐药突变 T790M, ctDNA 的特异性识别与灵敏检测。实验结果表明野生型与 T790M 的阻断时间差异 (114.2 倍) 和阻断电流差异 (81%-96%), 耐药突变 T790M 的检测灵敏度提高至 0.0001%, 检测限低至 0.1pM<sup>1</sup>。结肠直肠癌标志物 KRAS G12DM 的含 15 个碱基的 ctDNA 及单碱基差异 ncDNA 被同时区分。利用 mfold 软件模拟并评估不同长度探针形成的完全互补与单碱基错配杂交双链之间的热力学稳定性, 优化得到了稳定性差异 ( $\Delta T_m$ ) 最大的锁核酸探针 LP11。该锁核酸探针检测靶标 ctDNA 表现出高的信背比 ( $\sim 8.34 \times 10^3$ ) 和强的单碱基差异区分能力 ( $\sim 12.3$  倍), 并且实现了人血清样品中 ctDNA 及相似序列 ncDNA 的同时区分<sup>2</sup>。

基于锁核酸的纳米通道传感器提供了一种高灵敏的单分子检测方法, 在低丰度疾病标志物的检测中具有很好的应用前景, 有望为疾病的早期监测以及临床诊断提供了新的辅助手段。

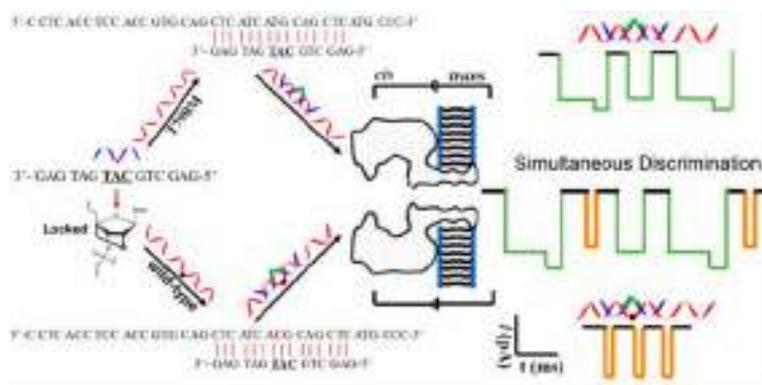


图 1: 锁核酸探针同时区分野生型与耐药突变 T790M 序列<sup>1</sup>

**关键词:**  $\alpha$ -HL; 锁核酸; 同时区分; 二维分析; 耐药突变 T790M

**参考文献:**

[1] Lei, J.; Huang, Y.; Zhong, W.; Xiao, D.; Zhou, C. S. *Anal. Chem.* 2020, 92, 8867–8873.

[2] Huang, Y.; Lv, Y.; Geng, J.; Xiao, D.; Zhou, C. S. *Chin. Chem. Lett.* 2020, 31, 172–176.

# 基于磷脂组装体的人造细胞

韩晓军\*

哈尔滨工业大学

\*Email: hanxiaojun@hit.edu.cn

## 摘要:

生命从细胞开始。人造细胞是指能模拟细胞部分（或全部）功能的类细胞结构。通过自下而上构建人造细胞可揭示细胞的运行机制，为生命起源提供理论基础。人造细胞的构建基元包括嵌段共聚物、磷脂分子等。由于磷脂分子本身就是细胞膜的重要组成部分，因此用其构建人造细胞具有天然的优势。我们课题组长期从事基于磷脂分子的人造细胞研究[1]，近年来开展了如下研究：1) 在巨型磷脂囊泡构建方面，解决了生理盐溶液中电形成巨型囊泡的业内难题，构建了可分裂的人造“真核细胞”[2]，实现了人造细胞内两个“细胞器”之间的化学信息交流；2) 在非球形细胞器的模拟方面，提出了囊状堆叠人工细胞器的构建方法[3,4]，制备出能捕获光能的人工叶绿体基粒和具有螺旋结构的人工内质网；3) 在人造细胞的群体行为方面，建立了研究人造细胞间、以及人造细胞与真实细胞间的化学信息交流的平台，实现了人造细胞间以及人造细胞与癌细胞（或细菌）间的分子传递。[5-7]

**关键词：**磷脂分子；生物分子组装；人造细胞；

## 参考文献：

- [1] X. Wang, H. Du, Z. Wang, W. Mu, Xiaojun Han\*, *Adv. Mater.*, 2021, 33, 2002635
- [2] W. Zong, S. Ma, X. Zhang, X. Wang, Q. Li, Xiaojun Han\*, *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 139, 9955.
- [3] Q. Li, Xiaojun Han\*, *Adv. Mater.* 2018, 30, 1707482.
- [4] Q. Li, C. Li, W. Mu, Xiaojun Han\*, *ACS Nano*, 2019, 13, 3573.
- [5] Q. Li, S. Li, X. Zhang, W. Xu, Xiaojun Han\*, *Nat. Commun.*, 2020, 11, 232.
- [6] X. Wang, L. Tian, H. Du, M. Li, W. Mu, B. Drinkwater, Xiaojun Han\*, S. Mann\*, *Chem. Sci.*, 2019, 10, 9446.
- [7] X. Wang, L. Tian\*, Y. Ren, Z. Zhao, H. Du, Z. Zhang, B. W. Drinkwater, S. Mann\* and Xiaojun Han\*, *Small*, 2020, 16, 1906394

# 自参比电化学传感器用于单细胞器分析

江德臣\*

<sup>1</sup> 生命分析化学国家重点实验室, <sup>2</sup> 南京大学化学化工学院

Email: dechenjiang@nju.edu.cn

## 摘要:

在典型的单细胞电化学分析中,所使用的纳米电极多位于活细胞内,而参比电极位于细胞外。这种设置面临一个问题是:在细胞质膜上施加一定的电位,这种电压降有可能会干扰细胞活性。为了解决这一问题,课题组在过去几年中发展了自参比的电化学传感器,用于单细胞及单细胞器的电化学分析。在传感器设计中,在纳米毛细管内加入参比电极,在针尖处设计一个铂环作为电化学表面,形成电化学回路,从而构成具有自参比能力的纳米传感器。施加在铂环和参比电极之间的电势限制在毛细管内,对周围细胞环境的影响可以忽略不计。使用这种新传感器,可用于测量氧化应激下细胞核中的过氧化氢分子。研究发现,与细胞质相比,细胞核中测得的过氧化氢含量较少,表明细胞内存在不均匀的氧化应激。这一结果不仅将大大改善单细胞内电化学分析的电流设置,而且还将提供更多的有关活细胞内小分子分布的生物学信息。

**关键词:** 自参比电化学传感器、单细胞器分析、电化学分析、氧化应激

# 框架核酸界面化学及生物医学应用

左小磊\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 上海市核酸化学与纳米医学重点实验室, 上海交通大学医学院分子医学研究院, 上海市浦建路 160 号, 200127  
Email: zuoxiaolei@sjtu.edu.cn

## 摘要:

生物探针的界面自组装及其精确调控一直是制约电化学生物传感器发展的瓶颈问题, 直接关系着生物探针的识别效率、识别速度和特异性等关键指标。我们致力于将框架核酸与界面生物分子的自组装精确调控相结合, 可以在纳米级精度, 实现生物分子的界面调控(包括对生物探针的组装密度, 空间取向等)。在利用四面体框架核酸作为生物传感新平台的基础之上, 我们设计了一系列具有不同尺寸大小的新型四面体, 可在 2.38-12.8 纳米之间精确调控 DNA 探针之间的纳米距离, 并通过电化学, 荧光, 原子力显微镜技术对这种界面进行了表征与测定, 并深入探讨了 DNA 探针的识别效率和速度与探针之间距离的密切关系。我们称此技术为“跨尺度的界面精确调控”, 即传感界面具有纳米级精度的调控特性, 同时又可以实现宏观尺度的制备。纳米级精确调控保证了传感界面的快速传质过程, 而在宏观尺度的制备保证了极低浓度的靶分子与探针的碰撞几率。充分利用框架核酸精确可调的特点, 进一步发展了针对蛋白质、核酸(DNA/RNA)、小分子等不同分子水平靶标的高灵敏检测方法。基于这一精确自组装策略发展的通用生物检测平台为实现多分子水平肿瘤标志物的联合奠定了基础, 为实现癌症早期精准检测提供了强有力的工具<sup>[1-4]</sup>。

**关键词:** 框架核酸; 生物传感; 电化学; 界面调控

## 参考文献:

- [1] M. Li, X. Zuo\*, Q. Xia\* et al. *Chem. Rev.* **2021**, 10.1021/acs.chemrev.1c00241
- [2] F. Li, X. Zuo\* et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, **142**, 9975.
- [3] X. Zuo, C. Fan\*, H-Y Chen\* *Nat. Biomed. Eng.* **2017**, **1**, 0091.
- [4] M. Lin, X. Zuo\* et al. *Nat. Protoc.* **2016**, **11**, 1244.

## 微流控亲和筛选新方法

朱志\*<sup>1</sup>, 王军霞<sup>1</sup>, 李星锐<sup>1</sup>, 李良<sup>1</sup>, 谭誉宇<sup>1</sup>, 杨朝勇<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 厦门大学化学化工学院化学生物学系, 福建厦门, 361005

<sup>2</sup> 上海交通大学医学院分子医学研究院, 上海浦东, 200127

Email: zhuzhi@xmu.edu.cn

### 摘要:

生化信息获取是人类探索生命现象本质的关键环节。生物传感技术是生化信息获取的重要手段,是人类探索生命现象本质的重要工具,为疾病诊断与治疗、生物医学研究及生化威胁预警等人类健康和重大需求问题的解决提供有效而快速的分析手段。识别分子是生物传感的核心,是现代分析检测和医学诊断的物质基础,然而高效的分子识别工具匮乏已成为该领域发展的瓶颈。传统筛选方法,包括针对核酸适体的 SELEX 技术、多肽筛选的噬菌体展示技术、以及抗体筛选的杂交瘤技术等,仍然普遍面临多轮筛选、耗时长、劳动密集、成功率低、效率低的问题。近年来,微流控凭借其反应体系小、传质效率高、流体操纵精准、易于集成和自动化的优势在生物、化学、医学及其交叉领域应用广泛。因此,基于微流控技术,我们发展了多种更严格、更高效、自动化的亲和筛选新方法,包括基于液滴微流控的单分子筛选新方法,基于微流控增频碰撞去除非特异吸附的单轮筛选新方法,以及基于数字微流控技术的自动化筛选平台。因此,我们致力于解决已有筛选方法繁琐、耗时、昂贵、成功率低的问题,建立了多种通用高效的筛选平台,获得了多种特异性识别分子,为生物传感领域提供了重要识别分子基础。

**关键词:** 微流控; 识别分子; 单分子筛选; 数字微流控

### 参考文献:

- [1] Wang, J; Guo, J; Zhao, K; Ruan, W; Li, L; Ling, J; Peng, R; Zhang, H; Yang, C; Zhu, Z\*. *Lab Chip* **2021**, *21*, 2702-2710.
- [2] Wang, J; Tan, Y; Ling, J; Zhang, M; Li, L; Liu, W; Huang, M; Song, J; Li, A; Song, Y; Yang, C; Zhu, Z\*. *Lab Chip* **2021**, *21*, 1175-1184.
- [3] Yin, K; Zeng, X; Liang, X; Wei, H; Zeng, H; Qi, W; Ruan, W; Song, Y; Yang, C; Zhu, Z\*, *Sci. China Chem.* **2020**, *63*, 1507-1514.
- [4] Li, X; Zhang, D; Ruan, W; Liu, W; Yin, K; Tian, T; Bi, Y; Ruan, Q; Zhao, Y; Zhu, Z\*; Yang, C. *Anal. Chem.*, **2019**, *91*, 13611-13619.
- [5] Li, X; Zhang, D; Zhang, H; Guan, Z; Song, Y; Liu, R; Zhu, Z\*; Yang, C. *Anal. Chem.* **2018**, *90*, 2570-2577.
- [6] Zhu, Z; Yang, C. *Acc. Chem. Res.* **2017**, *50*, 22-31.

# 基于新型电化学发光材料的生物传感器性能提升策略

雷燕梅, 刘伟, 赵美玲, 袁若, 卓颖\*

发光分析与分子传感教育部重点实验室(西南大学)

西南大学化学化工学院, 重庆, 400715

\*Email: yingzhuo@swu.edu.cn.

## 摘要:

金纳米簇 (Au NCs) 一般由几个或者十几个金属原子组成, 具有独特的光子、电子特性, 使其在能源、催化、生物传感等领域受到极大的关注。我们设计了一个微环境电化学发光响应平台, 它利用 Au NCs 限域的水凝胶作为细胞外基质, 可特异性地监测细胞与微环境的相互作用。通过使用水凝胶基质对 Au NCs 发光体进行空间定位, 限域于水凝胶中的 Au NCs 在水相介质中显示出很强的双色发射峰, 获得了迄今报道的 Au NCs 的最高电化学发光效率(94.83%)。更吸引人的是, 通过调节共反应试剂三乙胺的浓度, 首次实现了覆盖 204 nm 宽光谱的颜色可调的 Au NCs 表面态 ECL。实验表明, 该 ECL 响应平台具有良好的生物相容性和颜色可调的 ECL, 能实现在药物刺激下肿瘤细胞衍生硫化物的实时监测。该技术为细胞外微环境的监测开辟了一条新的途径, 具有优异的灵活性和准确性。

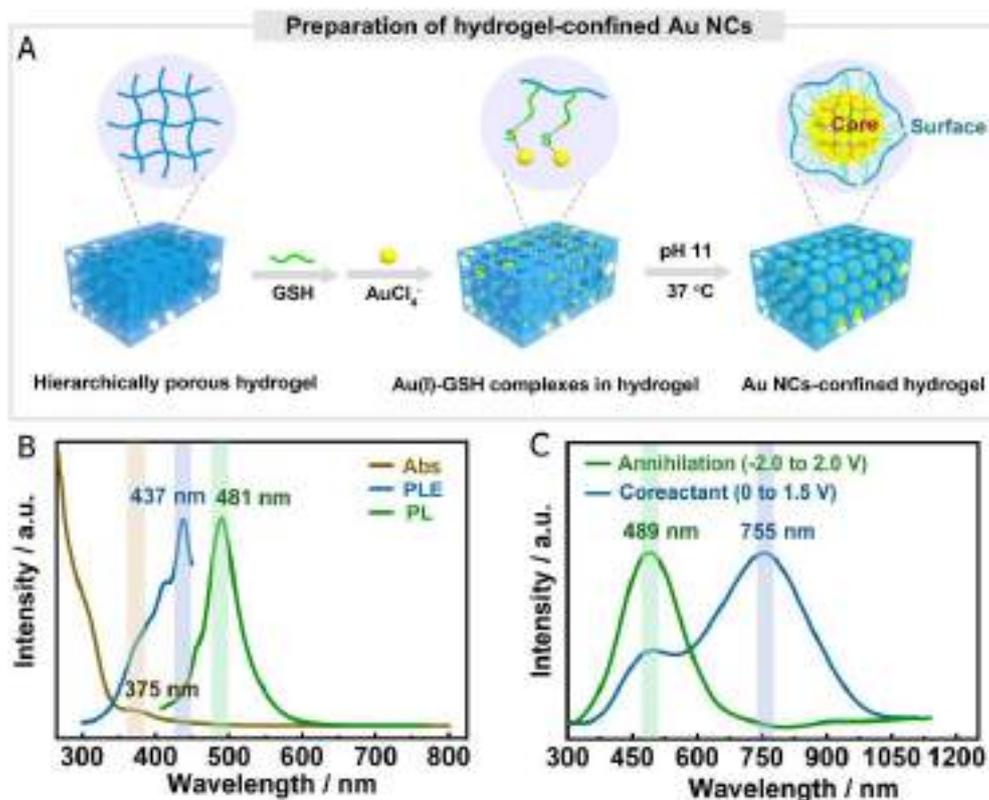


图 1. (A) 分层多孔水凝胶和水凝胶限域的 Au NCs 的制备示意图。(B) 水凝胶限域的 Au NCs 的紫外-可见吸收(棕色线)、PL 激发(PLE, 蓝线)和 PL(绿线)光谱。(C)水凝胶限域的 Au NCs 以湮灭原理发光(绿线)和以三乙胺为共反应试剂发光(蓝线)的 ECL 光谱。

## 参考文献:

- [1] Liao, L., Wang, C., Zhuang, S., Yan, N., Zhao, Y., Yang, Y., Li, J., Deng, H., Wu, Z., *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2020, 59, 731.
- [2] Foster, D. M., Pavloudis, T., Kioseoglou, J., Palmer, R. E., *Nat. Commun.*, 2019, 10, 1-8.
- [3] Galchenko, M., Black, A., Heymann, L., Klinke, C., *Adv. Mater.*, 2019, 31, 1900684.
- [4] Zhou, Y., Chen, S., Luo, X., Chai, Y., Yuan, R., *Anal. Chem.*, 2018, 90, 10024-10030.
- [5] Zhou, Y., Chai, Y., Yuan, R., *Anal. Chem.*, 2019, 91, 14618-14623.

# Ag<sup>+</sup>-硫醇环状配位聚合物的构建和光谱传感

江云宝

厦门大学化学化工学院，谱学分析与仪器教育部重点实验室，厦门 361005

E-mail: ybjjiang@xmu.edu.cn

最近十多年我们构建了一系列链状 Ag<sup>+</sup>-硫醇配位聚合物，发现链骨架中的 Ag<sup>+</sup>...Ag<sup>+</sup>相互作用和侧链配体之间的相互作用共同支撑着配位聚合物。因此，调节侧链之间的相互作用将影响配位聚合物的稳定性和 Ag<sup>+</sup>...Ag<sup>+</sup> 相互作用，进而影响与 Ag<sup>+</sup>...Ag<sup>+</sup> 相互作用相关的光谱性质（如位于 350 nm 附近的吸收和 CD 光谱信号、荧光光谱信号），构成基于链状配位聚合物施行光谱传感的基础，并获得成功应用。最近我们将研究拓展至环状配位聚合物的构建，提出了基于“超分子表面活性剂”原理的构建设想，采用亲水-疏水平衡的两种硫醇于水溶液中与 Ag<sup>+</sup>形成环状配位聚合物，并据此发展新的传感体系。初步研究发现，环状配位聚合物可资手性硫醇的对映体过量的光谱检测和糖的选择性传感。

感谢国家自然科学基金的资助和实验室合作老师、研究生同学的辛勤工作。

江云宝博士，厦门大学化学系教授。研究方向为荧光光谱分析法、超分子光化学传感和分子识别、超分子聚集和手性；先后主持国家自然科学基金、科技部蛋白质重大研究计划课题、教育部创新团队等项目，发表 190 多篇学术论文，先后三次获得教育部科技进步、自然科学奖。

# 眼部疾病的长时程靶向荧光成像分析与检测

何耀\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 苏州市纳米技术与生物医药重点实验室，苏州大学功能纳米与软物质研究院，江苏省苏州市工业园区仁爱路199号，215123

Email: yaohe@suda.edu.cn

## 摘要:

目前临床上主要使用有机荧光染料造影剂来分析诊断眼底新生血管相关疾病。值得指出的是，小分子有机荧光染料较短的血液循环时间、非靶向性和光漂白特性限制了其长时程靶向眼底荧光成像分析的应用。因此，发展针对眼底新生血管靶向标记和长时程成像分析方法对于眼部疾病的病理研究和诊断具有非常重要的意义。报告人利用硅纳米材料表面性质和量子尺寸效应，发展了具有高荧光强度（荧光量子效率：25-50%）、优异光学稳定性、良好生物相容性和水分散性的小尺寸（直径：3-5 纳米）荧光硅基纳米探针[1-4]。在此基础上，报告人将制备的荧光硅纳米探针用于眼部血管成像。具体而言，报告人利用荧光硅纳米探针优异的光学稳定性和较长的血液驻留时间，可在约 10 分钟对视网膜毛细血管进行成像分析，比荧光素钠（广泛使用的 FA 造影剂）（约 1 分钟）成像时长提高了约 10 倍。更为重要的是，报告人进一步构建了以食蟹猕猴为非人类灵长类动物的眼科疾病（例如：年龄相关性黄斑病变）模型。在此基础上，通过对食蟹猕猴眼底血管的长时程成像，论证了该方法用于动态监测与分析灵长类动物眼科疾病发生发展的可行性[5-8]。

**关键词：**眼科；硅；成像；传感；荧光

## 参考文献:

- [1] Cui, M.; Li, M.; Wang, J.; Chen, R.; Xu, Z.; Wang, J.; Han, J.; Hu, G.; Sun, R.; Jiang, X.; Song, B.; He, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, **60**: 15490.
- [2] Song, B.; He, Y. *Nano Today* **2019**, **26**: 149.
- [3] Peng, F.; Su, Y.; Zhong, Y.; Lee, S. T.; He, Y. *Acc. Chem. Res.* **2014**, **47**: 612.
- [4] Tang, J. L.; Chu, B.; Wang, J.; Song, B.; Su, Y.; Wang, H.; He, Y. *Nat. Commun.* **2019**, **10**: 4057.
- [5] Li, M.; Xu, Z.; Zhang, L.; Cui, M.; Zhu, M.; Guo, Y.; Sun, R.; Han, J.; Song, E.; He, Y.; Su, Y. *ACS Nano* **2021**, **15**: 9808.
- [6] Tang, M. M.; Ji, X. Y.; Xu, H.; Zhang, L.; Jiang, A. R.; Song, B.; Su, Y. Y.; He, Y. *Anal. Chem.*, **2018**, **90**: 8188.
- [7] Zhang, L.; Ji, X.; Su, Y.; Zhai, X.; Xu, H.; Song, B.; Jiang, A.; Guo, D.; He, Y. *Nano Res.* **2021**, **14**: 52.
- [8] Tang, M.; Zhang, L.; Song, B.; Ji, X.; Wang, C.; Wang, H.; Xu, H.; Su, Y.; He, Y. *Nano Res.* **2021**, **14**: 3840.

# 酶调控型传感器用于空间选择性分子成像

李乐乐\*

国家纳米科学中心

Email: lilele@nanoctr.cn

## 摘要:

基于功能性核酸的化学与生物传感器被广泛应用于生物医学领域。特别是用于肿瘤相关重要分子的生物检测和成像，包括小分子、RNA、金属离子和蛋白质等。然而，几乎所有这些靶标分子仅在癌细胞中高表达，在正常组织中也较低水平的有分布，导致分子成像的肿瘤特异性有限。因此，如何提高化学与生物传感器的空间选择性是亟待解决的一个关键科学问题。近几年，我们提出利用上转换发光赋予传感器时空可控性的概念性方法。在此基础上，我们进一步开发了内源性酶（如特定核酸酶和蛋白酶）调控型生物传感器，用于提高分子成像的空间选择性。该调控技术扩展了生物分析的工具箱，将在肿瘤标志物精准成像分析方面具有广泛的应用潜力。

**关键词:** 分子成像, 传感器, 酶调控, 空间特异性

## 参考文献:

- [1] Zhao, J.; Gao, J.; Xue, W.; Di, Z.; Xing, H.; Lu, Y.; Li, L. *J. Am. Chem. Soc.* 2018, 140, 578.
- [2] Zhao, J.; Chu, H.; Zhao, Y.; Lu, Y.; Li, L. *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 7056.
- [3] Yi, D.; Zhao, J.; Li, L. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2021, 60, 6300.
- [4] Fan, Z.; Zhao, J.; Chai, X.; Li, L. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2021, 60, 14887.
- [5] Xiang, Z.; Zhao, J.; Yi, D.; Zhao, J.; Li, L. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2021, doi.org/10.1002/anie.202106639

## 选择性检测氨基酸的电化学传感新方法

何军意, 朱凯杰, 吴玲\*, 周宁涛, 肖忠良, 曹忠\*

长沙理工大学化学化工学院, 电力与交通材料保护湖南省重点实验室, 细胞化学湖南省重点实验室, 长沙 410114

Email: lingwu@csu.edu.cn (L. Wu), caoz@csust.edu.cn (Z. Cao)

### 摘要:

L-色氨酸(L-Trp)、L-酪氨酸(L-Tyr)等营养必需氨基酸,对人和动物的新陈代谢、生长发育起着重要的作用,是建立和维持正氮平衡所必需的重要营养物质,体内氨基酸含量异常将引发代谢失衡,致使精神分裂、免疫力下降、甚至癌症等<sup>[1]</sup>。因此,快速灵敏测定 L-Trp、L-Tyr 等氨基酸对研究相关疾病病理和临床诊断及营养健康具有重要意义。由于色氨酸和酪氨酸在体内共存,结构和性质相似,且二者氧化峰位置严重重叠,如何有效地避免干扰实现单一或两种氨基酸同时高选择性、高灵敏性检测仍然是当今的一个巨大挑战<sup>[2]</sup>。本文制备发展了一系列具有超微结构的金属纳米复合材料如硫化铜纳米片等,借助媒介物作用改变氧化历程使氧化峰分开的方法,可实现 L-Trp、L-Tyr 等氨基酸的选择性检测(图 1),其中 L-Trp 的线性范围为 0.8-60  $\mu\text{M}$ ,检测下限为 0.046  $\mu\text{M}$ ,50 倍浓度的其它共存氨基酸如 L-Tyr 都没有干扰。电极具有好的重现性、稳定性。运用该电极检测猪血清中的 L-Trp 浓度,与高效液相色谱法相比,二者测定结果一致,且电极的回收率为 94.5-102.6%,经验证表明该方法可用于构建 L-Trp 的通用检测平台,在生命分析和营养健康领域具有潜在的应用前景。

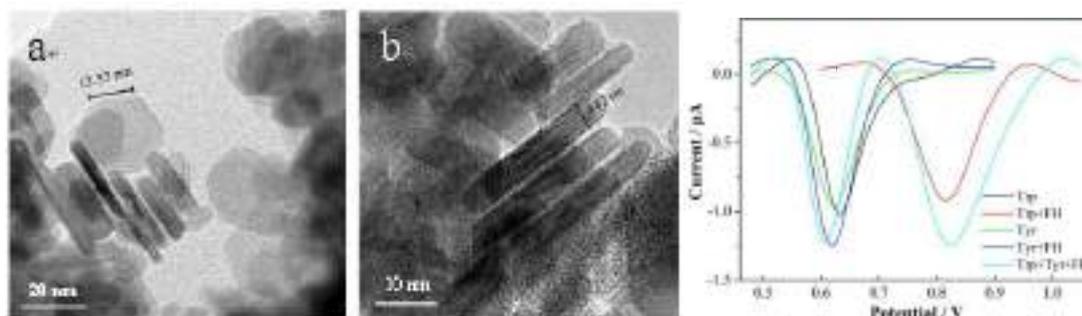


图1 CuS NS形貌(a)和厚度(b)的TEM表征图及其复合膜电极的DPV响应曲线关系图(c)

关键词: 氨基酸选择性检测, L-色氨酸, L-酪氨酸, 电化学分析

### 参考文献:

- [1] T. Pradhan, H.S. Jung, J.H. Jang, T.W. Kim, C. Kang and J.S. Kim, *Chem. Soc. Rev.*, 2014, 43, 4684-4713.
- [2] Q. Zhu, C. Liu, L. Zhou, L. Wu, K.J. Bian, J. Zeng, J.X. Wang, Z.M. Feng, Y.L. Yin, Z. Cao, *Biosens. Bioelectron.*, 2019, 140: 111356

# 新冠中和适体

孙淼<sup>1</sup>, 张佳露<sup>1</sup>, 宋佳<sup>2</sup>, 万霜<sup>1</sup>, 杨朝勇<sup>\*1, 2</sup>, 宋彦龄<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>厦门大学化学化工学院化学生物学系, 福建省厦门市思明区思明南路 422 号, 361005

<sup>2</sup>上海交通大学医学院分子医学研究院, 上海市浦东新区塘桥街道浦建路 160 号, 2001207

Email ylsong@xmu.edu.cn

## 摘要:

新型冠状病毒的特异性识别分子可用于快速诊断、预防治疗, 对疫情防控具有重要意义。近期, 基于发展的机器学习核酸适体筛选新方法, 我们快速筛选获得了新型冠状病毒刺突糖蛋白受体结合域的化学抗体—核酸适体。相比于抗体, 核酸适体具有尺寸小、易批量合成修饰、可室温保存运输等优势。基于所获适体的高效识别能力, 结合手持式拉曼检测仪高灵敏度信号输出, 我们发展了可针对多种突变株的新冠抗原快速检测新方法。

此外, 新冠适体分子不仅能高效识别病毒刺突蛋白, 而且能阻断病毒上刺突蛋白和宿主细胞 ACE2 识别, 发展为新冠中和适体, 因此有望成为一种新型新冠病毒针对性预防和治疗药物。为提高中和适体针对多种突变病毒的普适性和抑制侵染效率, 我们利用同种、异种适体形成多位点、多价识别并结合 DNA 纳米技术等, 获得了具有和刺突蛋白拓扑结构高度匹配的中和适体组装体。其不仅能靠适体序列自身竞争刺突蛋白上的 ACE2 结合位点, 并且能一定程度阻碍刺突蛋白同源三聚体构象重排。这种基于位点阻断、构象限制的双抑制机制, 促使该种中和适体组装体不仅在真新冠病毒水平半抑制浓度低达阿摩尔数量级, 而且能抑制病毒突变株侵染。该项研究成果, 为新冠病毒的针对性识别、检测、治疗药物研发提供了新分子、新思路, 有望进一步用于新冠肺炎的预防与治疗甚至未来不可预知的新型病原微生物防治。

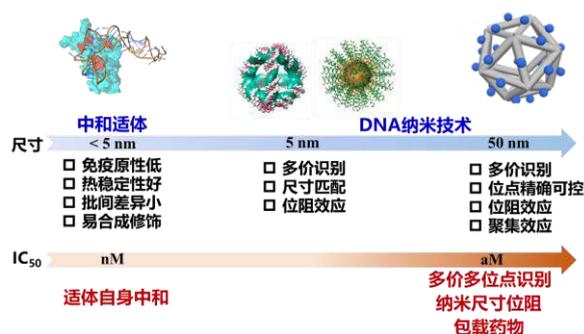


Fig. The mechanism of SARS-CoV-2 neutralization by neutralizing aptamers.

关键词: 新冠病毒; 中和适体; DNA 纳米技术

参考文献:

[1] M. Sun, S. Liu, X. Wei, S. Wan, M. Huang, T. Song, Y. Lu, X. Weng, Z. Lin, H. Chen, Y. Song, C. Yang, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 10266

[2] Y. Song, J Song, X Wei, M Huang, M Sun, L Zhu, B Lin, H Shen, Z Zhu, C Yang, *Anal. Chem.* 2020, 92, 14, 9895

# 智能 DNA 微凝胶传感体系构建与分析应用

郭玮炜\*

南开大学，化学学院，分析科学研究中心，天津市南开区卫津路 94 号，邮编 300071

\*Email: weiweiguo@nankai.edu.cn

基于人工合成DNA片段可构建具有可编码的目标识别、催化信号放大等功能的智能传感材料，因而在分析传感中具有重要的应用潜力。特别是智能DNA水凝胶具有对分析目标动态响应的三维亲水网络结构，在分析物的存在下，水凝胶网络结构会发生解体转化为溶液态或者发生动态的溶胀/收缩行为，从而实现传感信号的输出，因而可用于发展智能响应的生化传感器件和系统。然而，DNA水凝胶本身较高的材料构筑成本以及块体水凝胶对分析目标较慢的响应速度，限制了相关传感体系的广泛应用<sup>[1]</sup>。报告人与合作者近年来在发展基于DNA微凝胶的高性能传感体系方面开展了系统的研究工作，并在多个方面取得了创新进展：**(I)** 成功发展了同时具有交联贯通大孔通道和功能DNA交联区域的分级结构DNA智能水凝胶，改善了传统DNA水凝胶对大分子分析目标物响应缓慢的缺点，并且该水凝胶体系可承受大形变等优良的力学性能也有望进一步用于发展实用化的DNA水凝胶传感体系；<sup>[2]</sup> **(II)** 发展了三维尺度在纳米至微米级别的智能DNA微凝胶颗粒传感体系，该体系得益于具有较大的比表面和具有聚合物核/功能DNA壳层的结构，因而所负载的功能DNA结构展示了高效的响应效率，而温敏的聚合物核可使得该DNA微凝胶通过简单的加热离心过程进行回收，因而可用于发展可回收的生化传感体系；<sup>[3]</sup> **(III)** 发展了长宽在宏观尺度而厚度在微米尺度的二维自支撑DNA水凝胶膜传感体系，该自支撑DNA水凝胶膜结构可对特定分析目标物响应并发生大角度的弯曲形变，从而成功实现了以该凝胶薄膜的可视化形变作为传感信号对目标物的动态分析传感，相比于传统的可视化DNA水凝胶传感体系大大降低了对昂贵的DNA水凝胶材料的使用<sup>[4]</sup>。这些工作有望在未来进一步启发发展新型的基于智能DNA水凝胶的POCT生化传感器件和装置。

**关键词：**生物分析；生物传感器；DNA水凝胶

## 参考文献

- [1] Li, F. Y.; Lyu, D. Y.; Liu, S.; Guo, W. W.\* *Adv. Mater.* **2020**, **32**: 1806538.
- [2] Du, X. X.; Bi, Y. H.; He, P. P.; Wang, C. Y.; Guo, W. W.\* *Adv. Funct. Mater.* **2021**, **30**: 2006305.
- [3] Li, F. Y.; Wang, C. Y.; Guo, W. W.\* *Adv. Funct. Mater.* **2018**, **28**: 1705876.
- [4] Bi, Y. H.; Du, X. X.; He, P. P.; Wang, C. Y.; Liu, C.; Guo, W. W.\*, *Small* **2020**, **16**: 1906998.

# 单细胞分析与功能调控

夏兴华

南京大学生命分析化学国家重点实验室，南京大学化学化工学院，南京 210023

\*Email: xhxia@nju.edu.cn

生物纳米探针用于单细胞分析及功能调控需具备良好的生物相容性、易于修饰、信号稳定与灵敏检测等特点。我们采用金属纳米粒子间表面等离子共振耦合放大信号特性，通过修饰特异性识别分子，构建了信号持续稳定、灵敏度高、特异性好的卫星生物纳米探针，探测了单细胞中生物分子相互作用及重要活性生活分子的检测与成像；随后，利用DNA分子的可构造特性和金属纳米粒子等离激元共振耦合或荧光能量转移光学特性，构建了双识别靶点的生物纳米探针，实现了单细胞力谱探测及细胞功能的调控；通过设计多识别靶点DNA纳米探针，可分别或同时激活神经细胞表面的各受体，观察神经细胞的增殖分化过程，揭示了不通受体在神经细胞增殖分化中的作用，并实现了神经细胞增殖分化的有效调控。

**关键词：**生物纳米探针；等离激元光学；荧光能量转移；单细胞；神经细胞

## 参考文献

- [1] M.R. Younis and X.H. Xia *et al. ACS Nano* **2019**, *13*: 2544-2557.
- [2] (a) Y.B. Liu, Y.B. Wang, and X.H. Xia *et al. Talanta* **2019**, *193*: 123-127; (b) T.T. Zhai and X.H. Xia *et al. ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, *10*: 33966-33975.
- [3] (a) Q.W. Zhang and X.H. Xia *et al. Biosens. Bioelectron.* **2019**, *138*: 111316(b) M.R. Younis and X.H. Xia *et al. ACS Appl. Bio Mater.* **2019**, *2*: 3942-3953.
- [4] M.M.F.A. Baig and X.H. Xia *et al. Nano Lett.* **2019**, *19*: 7503-7513.

# 生物膜相互作用的谱学电化学分析及应用

姜秀娥\*<sup>1</sup>, 李珊珊<sup>1</sup>, 武烈<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院长春应用化学研究所, 长春市人民大街 5625 号, 130022

\*Email: jiangxiue@ciac.ac.cn

## 摘要:

生物膜广泛存在于细菌、细胞及亚细胞器中, 不仅是隔绝内外环境的物理屏障, 也是具有分子过程的动态实体, 承担物质转运和信号接收等诸多生物学功能。以往人们对生物膜功能进行研究时, 往往忽略了水的重要作用。实际上, 水可以通过氢键、偶极作用与生物膜形成复杂、微妙的缔合而调控其功能。如通过调节静电势, 调控生物膜的相互作用, 进而影响分子识别、物质转运等功能。因此, 揭示水分子对生物膜的修饰及调控机制是生物膜化学研究的关键和基础。

表面增强红外吸收光谱 (SEIRA) 利用红外辐射激发纳米结构金属的局域等离子体产生的电磁场效应, 增强吸附在金属表面的分子的吸收, 其独有的光学近场效应可将有效检测距离限定在 10 nm 以内, 进而可以有效消除衰减全反射 (ATR) 测量模式下体相溶液的干扰。更有利的是, 纳米结构的金膜也可以作为工作电极, 易于与电化学联用。借助于电化学表面增强红外光谱的光学近场效应和水在中红外的强吸收, 我们系统的研究了纳米尺度物质与仿生膜和活细胞膜相互作用的驱动力、作用效果及作用机理, 为重大疾病的治疗提供新思路、新策略。

**关键词:** 表面增强红外光谱电化学; 仿生膜; 弱相互作用; 细胞凋亡; 原位传感

## 参考文献:

- [1] Wu, L.; Zeng, L.; Jiang, X. *J. Am. Chem. Soc.* 137 (2015) 10052.
- [2] Wang, C.; Cao, F.J.; Ruan, Y.D.; Jia, X.D.; Zhen, W.Y.; Jiang, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* 58 (2019) 9846.
- [3] Li, S.; Wu, L.; Zhang, X.; Jiang, X. *Angew. Chem. Int. Ed.* 59 (2020) 6627.
- [4] Zhang, X.; Wu, L.; Zhen, W.; Li, S.; Jiang, X. *Fundamental Research* [10.1016/j.fmre.2021.07.008](https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.07.008).

# 基于纳米催化功能材料的医学与环境传感监测器件的研究

王桦<sup>1, 2\*</sup>, 李帅<sup>1</sup>, 傅超颖<sup>1</sup>, 尚积祯<sup>1</sup>, 李攀<sup>2</sup>, 张生<sup>2</sup>, 冯路平<sup>3</sup>, 张立享<sup>3</sup>

<sup>1</sup>湖州师范学院生命科学学院; <sup>2</sup>曲阜师范大学化学化工学院; <sup>3</sup>哈尔滨工业大学化工学院

Email: [wanghua@zjhu.edu.cn](mailto:wanghua@zjhu.edu.cn)

## 摘要:

分别采用溶剂热、生物矿化、超分子自组装、以及等离子体表面处理技术, 制备了一系列基于金属硫化物或磷化物、二硫化钼、氮化碳、磁性颗粒、碳基材料、三聚氰胺、金属有机骨架物等纳米酶和光催化复合材料或纳米 Z 型异质结, 进而结合构建超亲疏水浸润性微孔阵列, 以及光学和电学传感探针或识别分子, 构建了一系列特异、灵敏、高通量、可现场应用(可穿戴式)的化学与生物传感技术平台, 用以实现了对汗液、血液、尿液、废水等医学和环境样品中相关目标物(如汞离子、铅离子、铜离子、多硫化物、硫化氢、谷胱甘肽、microRNA、氨基酸、ATP 等)的高效光电传感分析。

**关键词:** 纳米酶; 光催化材料; 医学标志物; 环境目标物; 光电传感监测

## 参考文献

- [1] Li, S., Zhao, X., Gang, R. ...Wang, H.\* *Analytical Chemistry*, 2020, 92: 5152-5157.
- [2] Li, S., Zhao, X., Gang, R. ...Wang, H.\* *Analytical Chemistry*, 2019, 91: 14737-14742.
- [3] Zhang, L., Li, P., Feng, L.,... Wang, H.\* *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 387: 121715.
- [4] Yin, M., Wan, Y., Li, S., ...Wang, H.\* *Journal of Hazardous Materials*, 2021, 408: 124978.
- [5] Zhang, L., Feng, L., Li, P.,... Wang, H.\* *Chemical Engineering Journal*, 2021, 409: 128154.
- [6] Zhang, L., Feng, L., Li, P.,... Wang, H.\* *Chemical Engineering Journal*, 2021, 417: 129222.
- [7] Zhang, L., Feng, L., Li, P.,... Wang, H.\* *Chemical Engineering Journal*, 2020, 395: 125072.
- [8] Liu M., Feng L., Zhang X.,... Wang, H.\* *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2018, 10: 32038.
- [9] Chen, X., Zhang, W., Zhang, L., ...Wang, H.\* *Journal of Materials Chemistry A*, 2020, 8: 18816-18825.
- [10] Chen, X., Zhang, W., Zhang, L., ...Wang, H.\* *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2021, 13: 25868-25878.

# 具有错误校正功能的活细胞 microRNA 多重分析方法

董海峰\*, 魏薇, 苏佳欣, 代文浩

深圳大学生物医学工程学院, 生物传感器与纳米诊疗研究中心, 广东, 518060

\*Email: hfdong@szu.edu.cn; hfdong@ustb.edu.cn

精确测量单个活细胞中多个 microRNA 的拷贝数和空间分布是了解细胞行为和功能的必要条件。然而, 由于缺乏光谱上独特的编码荧光团和非细胞毒性方法, 单个活细胞中多个 microRNA 的同时成像仍是一个难题。我们描述了一种错误校正的荧光标记编码方法, 称为荧光编码纠错标记 (fluorophores-encoded error-corrected label, FluEL), 它使活细胞中的多重 microRNA 成像具有纠错能力。

FluEL 包括用于编码的比例性双荧光团和用于误差校正定量的恒定单荧光团, 同时嵌入用分子信标探测探针修饰的核壳硅纳米颗粒中。FluEL 具有低细胞毒性, 可以准确定量和空间解析九种乳腺癌相关 microRNA, 并评估它们的相关性。

FluEL 提供了一个单细胞分析平台来评估 microRNA 表达谱和 microRNA 相关疾病的分子机制。

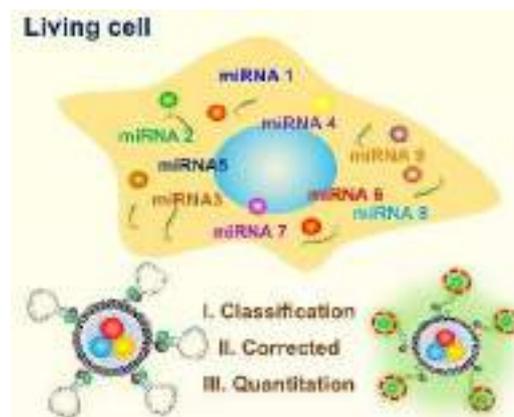


图 1. 荧光编码纠错标记(FluoELs)用于 microRNA 多重检测.

关键词: microRNA, 多重检测, 活细胞成像, 错误校正

# 人工细胞的化学构建与诊疗应用

刘剑波\*

化学生物传感与计量学国家重点实验室，湖南大学化学化工学院，生物纳米与分子工程  
湖南省重点实验室，410082，长沙

Email: liujianbo@hnu.edu.cn

## 摘要:

人工细胞是具有生物细胞类似结构与功能的人造系统，是合成生物学的重要分支，在生物传感、生物制造、微反应器、基因工程、环境修复和诊疗等方面具有潜在的应用前景。人工细胞具有感知和响应，能够代替功能障碍的病态细胞，有望成为疾病诊疗的重要工具。近年来，课题组在人工细胞的化学构建与生物医学应用方面开展了一系列研究工作：

(1) 针对人工细胞腔室的设计，发展了基于凝集体液滴的新型人工细胞腔室。真实细胞内存在多层液液相分离形成的凝集体液滴，我们以此为模型，化学组装多层凝集体液滴，仿生构建了人工细胞多腔室结构；在凝集体液滴表面组装磷脂，制备了囊泡腔室结构，具有真实细胞类似结构特征和微反应器特征。

(2) 针对人工细胞的信号传导，发展了基于核酸纳米结构的跨膜传输体系。跨膜体系的策略是，以 DNA 纳米结构作为分子识别基元，疏水功能修饰作为磷脂膜结合基元。基于该策略，发展了 G-四聚体离子通道，核酸适配体通道，仿生的二聚体膜受体。进一步，在单细胞膜内外信号传导的基础上，通过光信号与化学信号的传递，建立了多细胞群体之间的信号通讯网络。

(3) 针对疾病的诊疗应用，发展了基于级联酶的内源激活的人工细胞。发展持续产生 NO 的人工细胞，有望代替功能障碍的内皮细胞，应用于心血管疾病诊疗。筛选了产生 NO 的葡萄糖氧化酶/血红蛋白的级联酶体系，固载在人工细胞微腔室中，限域环境显著提高催化效率；红细胞膜包被保证了人工细胞活体应用的生物相容性。将人工细胞植入活体，实现了活体水平的血管舒张。该工作拓展了人工细胞的生物医学应用（图 1）。

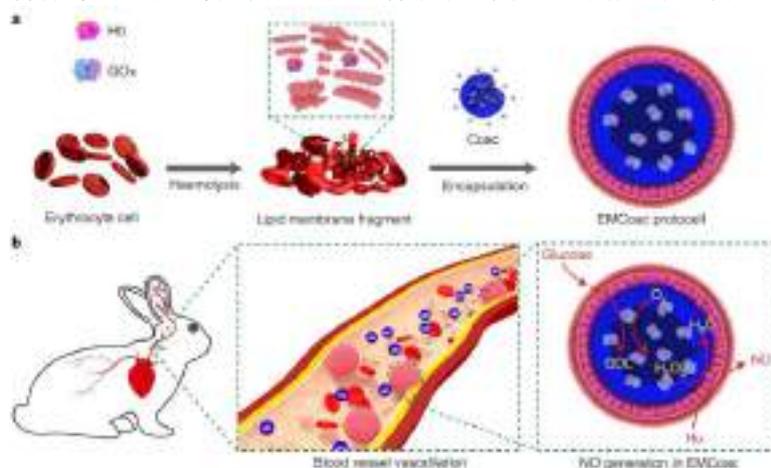


图1 Nitric oxide production in membrane-enclosed coacervate microdroplets.

关键词：人工细胞，信号传导，心血管诊疗

参考文献：

- [17] S. Liu, Y. Zhang, M. Li, K. Wang, **J. Liu**,\* S. Mann, \* et. al. *Nat. Chem.* **2020**, **12**, 1165.
- [18] Y. Zhang, Y. Chen, S. Liu, K. Wang, **J. Liu**,\* S. Mann, \* et. al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, **143**, 2866.
- [19] **J. Liu**,\* L. Tian, K. Wang, M. Li,\* S. Mann,\* et. al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2020**, **59**, 6853.
- [20] Y. Chen, M. Yuan, Y. Zhang, X. Yang, K. Wang,\* **J. Liu**, \* et. al. *Chem. Sci.*, **2020**, **11**, 8617.

# Circular DNzyme directed RNA-primed amplification for high-fidelity imaging of individual RNA molecules

Yongxi Zhao\*<sup>1</sup>, Xiaowen Cao<sup>1</sup>, Feng Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Analytical Chemistry and Instrument for Life Science, The Key Laboratory of Biomedical Information Engineering of Ministry of Education, School of Life Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xianning West Road, Xi'an 710049, Shaanxi, P. R. China

Email: yxzhao@mail.xjtu.edu.cn

## Abstract:

Single molecule fluorescence imaging can reveal the intracellular locations as well as provide accurate copy numbers of individual RNA molecules in single cells<sup>1-3</sup>. However, the representative technology, single-molecule fluorescence in situ hybridization is refractory to detect shorter or similar RNA sequences such as microRNAs, homologous sequences or single-nucleotide variation in RNA targets<sup>4-6</sup>. Such imaging technologies of RNAs with precise sequence or base resolution are now not readily available. Herein, we designed a circular DNzyme directed RNA-primed amplification for high-fidelity imaging of individual RNA molecules. The circular DNzyme can cleave the target RNA with single-base specificity, generating a RNA with 2',3'-cyclophosphoric acid at the 3' terminal and a RNA with oxhydryl at the 5' terminal. Therefore, target RNA can trigger in situ amplification as the primer, following the activation by phosphokinase to provide 3'-oxhydryl. Besides, the two recognition regions in circular probe can target precise RNA sequence with the read length of 30 nucleotides. Therefore, this method allows discrimination of RNAs with single-base precision and quantification of RNAs with single-molecule resolution. We applied the developed strategy to single-cell image RNAs of breast cancer cell line, achieving high-fidelity imaging without background noise. This technology will be useful for the detection of single nucleic acid mutations in cancer cells.

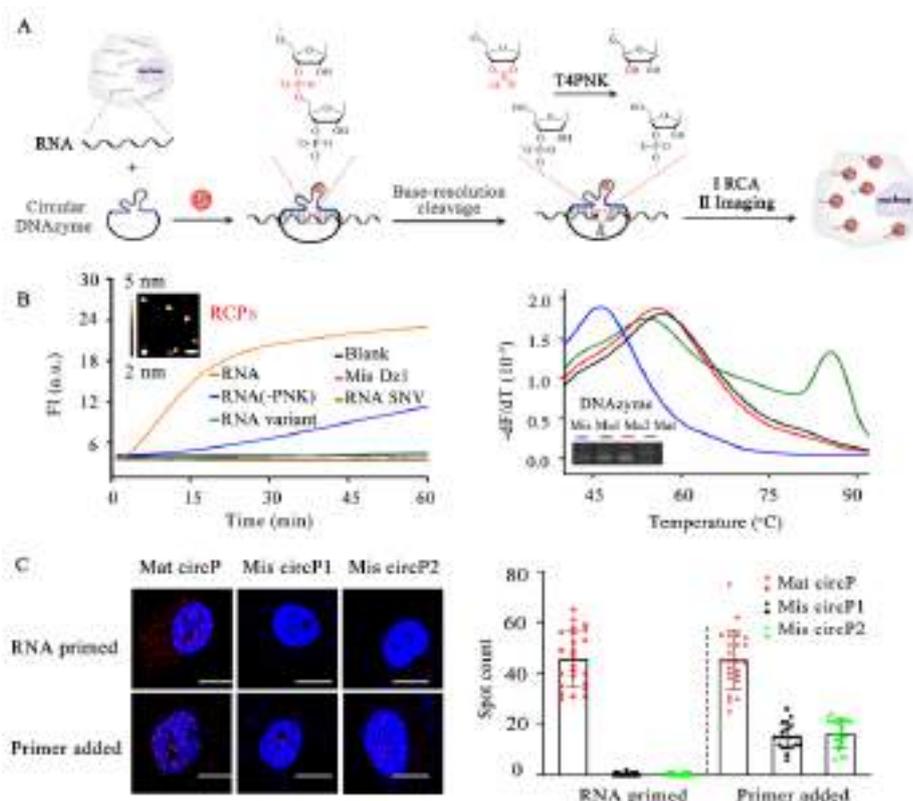


Figure 1. Circular DNAzyme directed RNA-primed amplification in vitro and in situ. (A) schematic description of the design. (B) Left: real-time fluorescence of RCA in different cases; insert: AFM image of amplicons, scale

Bar=2  $\mu\text{m}$ ; Right: melting curve analysis of the cleavage products of circular DNAzyme in different cases ; insert: gel electrophoresis image of cleavage products. (C) Left: the representative cell images of RNA-primed amplification and primer-added amplification. Right: statistical analysis of RCP spot counts for each sample in single cells (N=30; red, GAPDH; blue, DAPI), MDA-MB-231 cells were used here. The scale bars are 10  $\mu\text{m}$ .

**Keywords:** circular DNAzyme, RNA-primed, single-molecular imaging

#### References:

- [1] Raj, A.; van den Bogaard, P.; Rifkin, S. A.; van Oudenaarden, A.; Tyagi, S, *Nat. Methods* 5 (2008): 877-879.
- [2] Jeffrey M. Levsky; Robert H. Singer, *Cell Sci.* 116 (2003): 2833-2838.
- [3] Femino; M., A., *Science* 280 (1998): 585-590.
- [4] Ren, X.; Deng, R.; Zhang, K.; Sun, Y.; Teng, X.; Li, J., *ACS Cent. Sci.* 4 (2018): 680-687.
- [5] Hu, R.; Zhang, X.; Zhao, Z.; Zhu, G.; Chen, T.; Fu, T.; Tan, W., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 53 (2014): 5821-5826.
- [6] Deng, R.; Zhang, K.; Sun, Y.; Ren, X.; Li, J., *Chem. Sci.* 8 (2017): 3668-3675.

# 智能响应 DNA 纳米机器构建及其分析诊疗应用

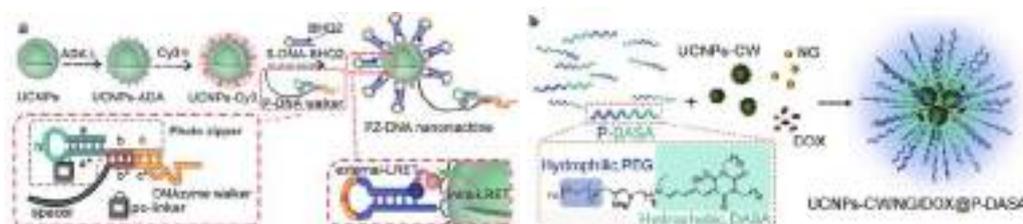
刘颖\*, 张玥, 何玉玲, 方燕云, 王莹菲, 鞠焯先\*

南京大学化学化工学院,生命分析化学国家重点实验室, 仙林大道 163 号南京大学仙林校区, 210046

\*Email: yingliu@nju.edu.cn

DNA作为自然存在的聚合物大分子,不仅是生物遗传信息的载体,由于其良好的生物相容性、低毒性和严格遵循的碱基互补配对原则,更可作为有序的结构单元自组装构建纳米材料。智能响应DNA纳米机器能够利用生物信号或外部刺激调控DNA的杂交与解离,进而引发材料整体构型与运动状态的“刺激-响应”变化,在生命分析、疾病精准诊疗与医学仿生领域具有重要价值。

常规内源生物标志物响应的DNA纳米机器在运行过程中易被非特异性激活,产生成像过程中的假阳性信号或治疗过程中的“脱靶效应”。针对这一问题,我们一方面利用上转换纳米材料在近红外光照下发射紫外/可见光的特点,设计智能响应策略提高诊疗可控性与选择性。结合光照构型改变的有机小分子设计了一系列自组装DNA纳米机器,通过光照响应断裂<sup>1,2</sup>(图1a)、构型翻转<sup>3</sup>、或亲疏水性改变<sup>4,5</sup>(图1b)的小分子调控DNA纳米机器的运行或纳米结构的自组装与解自组装,实现了肿瘤细胞中miRNA的高灵敏检测与高效肿瘤治疗。另一方面,我们进一步提高智能响应的精确度,克服光照面积难以实现单个细胞区分的局限,设计“跨细胞膜DNA逻辑运算”策略,有效提高了DNA探针对靶标细胞的识别特异性与治疗准确度,在高效精准诊疗中具有应用潜力。



**Fig. 1** Schematic illustrations of a) DNA nanomachine with “photo zipper” controlled activation, and b) NIR light controlled disassembly of nanostructure with fast drug release.

**关键词:** DNA纳米机器; 上转换纳米材料; DNA逻辑门; miRNA检测; 肿瘤治疗  
**参考文献**

[1] Zhang, Y.; Zhang, Y.; Zhang, X.; Li, Y.; He, Y.; Liu, Y.\*; Ju, H. X. *Chem. Sci.* **2020**, **11**, 6289.

[2] Zhang, Y.; Zhang, Y.; Song, G.; He, Y.; Zhang, X.; Liu, Y.\*; Ju, H. X.\* *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, **58**, 18207.

[3] Zhang, Y.; Chen, W.; Zhang, Y.; Zhang, X.; Liu, Y.\*; Ju, H.\* *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, **59**, 21454.

[4] Zhang, Y.; Zhang, X.; Chen, W.; He, Y.; Liu, Y.\*; Ju, H. X.\* *J. Control. Release* **2021**, **336**, 469.

[5] He, Y.; Jin, X.; Guo, S.; Zhao, H.; Liu, Y.\*; Ju, H. X. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2021**, **13**, 31452.

# 非天然碱基助力功能核酸探针开发与应用

张力勤

北京大学药学院，天然药物与仿生药物国家重点实验室  
lqzhang@hsc.pku.edu.cn

## 摘要:

精准治疗和早期干预诊断是目前全世界范围内最有效的癌症防治手段。而肿瘤相关生物标志物的发现和相应分子探针的开发则一直都是基础医学和生物分析的前沿领域。功能核酸探针作为一类生物传感元件，由于其易于制备、易于修饰、稳定性好的优点，近年来备受关注，在生物医学领域具有极大的应用潜力。然而，由于核酸分子结构较为简单，缺乏化学多样性与结构多样性，在探针的筛选和构建中面临很大的挑战。

非天然碱基在天然核酸分子的骨架和四个天然碱基的基础上，通过非天然人工合成的碱基，引入功能化的分子基团，并且确保加入人工碱基的序列能够被扩增酶识别从而适用于扩增和测序等生物技术方法。加入非天然碱基的核酸在核酸适配体筛选、功能核酸探针的设计、核酸纳米结构的构建中表现出了极大的潜力。

本课题组的工作主要围绕核酸适体和其他功能核酸分子探针的构建和其在生物分析领域的应用展开，尤其是在将正交的人工碱基对融入核酸分子体系方面：1) 开发了基于拓展基因碱基系统的核酸适体筛选平台技术；2) 提出了核酸适体筛选后纳米修饰与结构改造的策略；3) 构建了一系列功能核酸应用于生物分析、药物递送和标志物发现。

课题组近期的工作聚焦于构建多元功能核酸探针，结合先进的生物传感元件和分析方法，致力于在药物筛选、靶点发现、药物和毒物检测等生物药物分析领域构建新的方法并开发应用。



图：课题组总体思路与内容

关键词：核酸探针，生物传感，非天然碱基，多元功能核酸，疾病诊疗

# 基于 CRISPR/Cas 系统的新型生物传感平台

周小明\*

华南师范大学生命科学学院, 广州市天河区中山大学大道西 55 号, 510631

\*Email: zhouxm@scnu.edu.cn

## 摘要:

近年来, CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) /Cas (CRISPR-associated) 系统因其对于靶标核酸的精确识别、靶向和切割能力, 已逐渐发展为一种新型的分子诊断技术。基于此, 我们面向灵敏、特异、快速的核酸检测需求, 以交叉学科为背景, 围绕 CRISPR/Cas 技术, 开发了一系列特异性高、灵敏度好、通用性强、稳定性高的生物传感平台: (1) 基于微流控芯片的分析检测微量化、自动化和快速化的特点, 开发了一种在免扩增条件下即能实现单分子灵敏度的 DNA 和 RNA 绝对定量技术。该技术成功摆脱了传统核酸定量技术 (如数字 PCR 技术) 对于核酸扩增的依赖性, 避免了气溶胶污染和样品间交叉污染的风险, 增加了核酸定量的精确度。(2) 开发了一种基于单步操作、无巯基修饰的冷冻标记法, 革新了传统的胶体金生物探针标记技术。并以该探针为基础, 利用 CRISPR/Cas9 系统的精准基因靶向能力, 构建了一种具备快速、简便、低成本等特点的核酸试纸条技术 (CASLFA), 实现了 1 小时内对靶基因高灵敏、高特异的肉眼可视化检测。此外, 我们还成功将该平台扩展至 SARS-CoV-2 RNA 的双基因协同检测, 进一步提高了检测的准确性。综上所述, 我们所构建的这些生物传感平台均在一定程度上革新了现有的核酸诊断技术, 将为快速诊断和大规模疾病筛查提供一种有力工具。

**关键词:** CRISPR/Cas 系统; 核酸检测; AuNP 生物探针; 侧向流层析技术; 数字化液滴核酸定量

## 参考文献:

- [1] Hu, M.; Yuan, C; Tian, T; Wang, X; Sun, j; Xiong, E; Lin, W; Wang, H; Zhou, X. *J.Am.Chem.Soc.* 2020, 142: 7506.
- [2] Wang, X; Xiong, E; Tian, T; Cheng, M; Liu, W.; Zhang, G; Sun, J; Zhou, X. *ACS Nano*. 2020, 14: 2497.
- [3] Xiong, E; Jiang, L; Tian, T; Hu, M; Yue, H; Huang, M; Lin, W; Jiang Y; Zhu, D; Zhou, X. *Angew Chem Int Ed*. 2021, 60: 5307.
- [4] Tian, T; Shu, B; Jiang, Y; Ye, M; Liu, L; Wang, Z; Guo, Z; Han, Z; Zhou, X. *ACS Nano*. 2021., 15: 1167.
- [5] Yue, H; Shu, B; Tian, T; Xiong,E; Huang, M; Zhu, D; Sun, J; Liu, Q; Wang, S; Li, Y; Zhou, X. *Nano Letters*. 2021, 11: 4643.

# 高通量免标记基于孔板和 SPR 的免疫分析方法

刘雯汶<sup>1</sup>, 董添宝<sup>1</sup>, 江萌<sup>1</sup>, 刘璐瑶<sup>1</sup>, 康青<sup>1</sup>, 汪鹏程<sup>1</sup>, 周飞翥\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 表面分析与化学生物学研究院, 济南大学, 山东省济南市, 中国 250022

Email: ila\_zhoufm@ujn.edu.cn

## 摘要:

酶联免疫吸附剂测定法 (ELISA) 等传统的免疫分析方法都需要利用不稳定的酶标记的抗体, 这不仅导致检测价格的提高, 也会影响分析检测的准确性和重现性。在临床检测上, 人们不仅追求免标记的免疫分析方法, 也期望分析方法具有较高的通量。本课题组在生物传感的无酶纳米材料的应用以及免标记的表面等离子共振 (SPR) 检测方面开发了一些检测方法, 将主要介绍以下化学生物传感的工作: 一、新型纳米材料—抗体复合物的应用: 通过纳米材料—抗体复合物包裹具有紫外可见光吸收、荧光或者光热转换的物质, 建立了无酶、稳定的比色、荧光或光热的免疫分析方法; 二、高通量的光热检测方法: 通过半柱面棱镜对激光的扩束, 我们采用四探头的热电偶温度计, 在孔板上实现了一次检测多个孔温度变化的免疫分析法, 极大地提高了光热检测的通量; 三、高通量免标记的 SPR 分析方法: 基于三次氨基三乙酸 (Tris-NTA) 芯片, 我们开发了免标记可再生的 SPR 分析方法。运用结合段的 SPR 信号, 实现了短时快速的定量检测。结合多通道 SPR 仪器, 成功地进行了血清样本中免疫球蛋白的高通量分析。在此基础上, 我们也建立了新型冠状病毒相关的 SPR 免疫分析方法。

**关键词:** 高通量, 免标记, 孔板, SPR

## 参考文献:

- [1] Shao F, Zhang L, Jiao L, Wang X, Miao L, Li H, Zhou F. *Anal Chem.* 90 (2018) 8673–8679.
- [2] Tan X, Wang X, Zhang L, Liu L, Zheng G, Li H, Zhou F. *Anal Chem.* 91 (2019) 8274–8279.
- [3] Wang X, Wang X, Han Y, Li L, Kang Q, Wang P, Zhou F. *ACS Applied Nano Mater.* 2 (2019), 7170–7177.
- [4] Liu W, Wang X, Tai C, Yan W, Yu R, Li Y, Zhao H, Zhou F. *Anal Chem.* 92 (2020) 15705–15710.
- [5] Liu L, Han C, Jiang M, Zhang T, Kang Q, Wang X, Wang P, Zhou F. *Anal Chim Acta.* 1170 (2021), 338625.

# Quantitative lipoprotein phenotyping reveals new insights for pathophysiology

Huiru Tang (唐惠儒)

State Key Laboratory of Genetic Engineering, School of Life Sciences, Human Phenome Institute, Metabonomics & Systems Biology Lab at Shanghai International Centre for Molecular Phenomics, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200438, China.  
[huiru\\_tang@fudan.edu.cn](mailto:huiru_tang@fudan.edu.cn)

Lipoproteins are major metabolic intermediates in circulation delivering lipids to every cell in all organs. Lipoprotein metabolism involves multiple organs (e.g., intestines, liver, circulation and all cells), systems (digestive, circulation and enterohepatic recirculation) and thus almost all aspects of mammalian physiology and/or pathophysiology. Apart from parameters measured in clinical settings such as HDL-C and LDL-C, however, these lipoproteins have subclasses and complex compositional components. For example, HDL includes HDL1 to HDL4 whilst LDL includes LDL1 to LDL6 with very different compositions, which have diverse biological functions. This presentation will report a rapid method for quantifying 300 parameters for lipoprotein subclasses and components using standardized NMR techniques. Two applications will also be reported in MAFLD and cardiovascular diseases. Hopefully, this will demonstrate potentials of such quantitative methods in molecular phenotyping.

## References:

1. M. F. Xia, H. Zeng, S. Wang, H.R. Tang, X. Gao, *J Hepatol* 74:974-977, 2021
2. Y. Xu, T. Shi, X. Cui, L. Yan, Q. Wang, X. Xu, Q. Zhao, X. Xu, Q. Tang, H.R. Tang, D.N. Pan, *EMBO J*. e108069, 2021.
3. Q. Wu, Q.X. Huang, H.L. Zeng, S. Ma, H.D. Lin, M.F. Xia, H.R. Tang, X. Gao, *Phenomics*, doi.10.1007/s43657-021-00021-2.
4. R.L. Loo, Q.W. Lu, E.M. Carter, S. Liu, S. Clark, Y.L. Wang, J. Baumgartner, H.R. Tang and Q. Chan, *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 31:328-344, 2021.
5. K. Zhang, J. Zheng, Y.Q. Chen, J.B. Dong, Z.Q. Li, Y.P. Chiang, M.L. He, Q. X. Huang, H.R. Tang, X.C. Jiang, *Atherosclerosis*, 324:9-17, 2021
6. M. Cui, Y.F. Jiang, Q.H. Zhao, Z. Zhu, X.N. Liang, K.X. Zhang, W.Q. Wu, Q. Dong, Y.P. An, H.R. Tang, D. Ding, X.D. Chen, *Alzheimer's Dement*, 16:779-788, 2020
7. Y.M. Chen, Y.T. Zheng, Y. Yu, Y.Z. Wang, Q.X. Huang, F. Qian, L. Sun, Z.G. Song, Z.Y. Chen, J.W. Feng, Y.P. An, J.C. Yang, Z.Q. Su, S.Y. Sun, F.H. Dai, Q.S. Chen, Q.W. Lu, P. C. Li, Y. Ling, Z. Yang, H.R. Tang, L.M. Shi, L. Jin, E.C. Holmes, C. Ding, T.Y. Zhu, Y.Z. Zhang, *EMBO J*, (2020), e105896.
8. Jimenez B, Holmes E, Heude C, Tolson RF, Harvey N, Lodge SL, Chetwynd AJ, Cannet C, Fang F, Pearce JTM et al, *Anal Chem*, 90: 11962 – 11971, 2018.

# ICP-MS 单细胞分析

胡斌\*

武汉大学化学与分子科学学院, 武汉, 430072

Email: [binhu@whu.edu.cn](mailto:binhu@whu.edu.cn)

## 摘要:

细胞是生命体的基本组成单元, 细胞中痕量元素及其形态分析对从分子水平上探究痕量元素的生物作用机理至关重要。电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)因具有灵敏度高和可多元素同时分析等优点已被证明是痕量元素及其形态分析的最有效手段之一。然而采用常规的 ICP-MS 分析单细胞时, 仍然存在待测元素跳峰信号来自于多个细胞等问题。微流控芯片具有试剂消耗少、通量高、集成化和自动化程度高、低成本以及可进行单细胞多功能操控等特点, 是一种理想的单细胞分析平台; 将微流控芯片技术与 ICP-MS 检测体系结合将会是单细胞内痕量元素及形态分析的有效方法。

本课题组构建了液滴微流控芯片、液滴裂分微流控芯片以及液滴微流体单细胞操纵平台并与-时间分辨(TRA)-ICP-MS 在线联用, 建立了液滴微流控芯片/微流体-TRA-ICP-MS 单细胞痕量元素及形态分析方法[1-4], 并将其用于单细胞水平的痕量元素/纳米粒子的摄取行为研究。

**关键词:** 单细胞分析; ICP-MS; 微流控芯片; 痕量元素

## 参考文献:

- [1] Wang H, et al. A Facile Droplet-Chip-Time-Resolved Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Online System for Determination of Zinc in Single Cell. *Anal. Chem.* 89 (2017) 4931-4938.
- [2] Yu X, et al. 3D Droplet-Based Microfluidic Device Easily Assembled from Commercially Available Modules Online Coupled with ICPMS for Determination of Silver in Single Cell. *Anal. Chem.* 91 (2019) 2869-2875.
- [3] Yu X, et al. Argon Enclosed Droplet Based 3D Microfluidic Device Online Coupled with Time-Resolved ICPMS for Determination of Cadmium and Zinc in Single Cells Exposed to Cadmium Ion. *Anal. Chem.* 92 (2020) 13550-13557.
- [4] Chen Z, et al. Droplet-Splitting Microchip Online Coupled with Time-Resolved ICPMS for Analysis of Released Fe and Pt in Single Cells Treated with FePt Nanoparticles. *Anal. Chem.* 92 (2020) 12208-12215.

# 复杂样品分离富集与识别传感一体化快速检测方法研究

李攻科\*, 张卓旻, 夏凌, 胡玉斐, 肖小华

中山大学化学学院, 广东省广州市, 510006

\*Email: [cesgkl@mail.sysu.edu.cn](mailto:cesgkl@mail.sysu.edu.cn)

**摘要:** 样品制备作为分析过程中最耗时、易引起误差的关键环节, 严重制约了复杂样品快速检测的速度、准确度和精密度。样品制备是将被分析物从样品基体转移到定性、定量评价的过程。从混沌到有序, 这种传质过程不会自动发生, 加速样品制备的策略是如何使热力学第二定律的自发过程逆转并快速定量进行。为提高样品制备效率, 包括分离和富集过程, 必须在传质系统中引入能量以减少熵增。通过引入新相、膜和场, 改变系统中化学势的分布, 是降低系统熵, 提高制样效率有效途径。随着快速灵敏传感检测系统的发展, 快速样品制备技术成为快速检测的瓶颈[1]。为提高样品制样速度, 在样品制备过程中引入额外的能量有助于加速传质和换热, 利用声波、微波和电场等辅助场, 可提高样品制样效率[1]。其次, 通过引入新相加速制样过程中传质, 包括相吸附、相分配、化学转化、空间识别以加速传质[2]。第三, 减少样品量缩短样品制备时间, 包括微萃取、微流体分离等[3]。第四, 阵列/集成策略, 同时完成一批样品制备, 结合高通量分析技术减少单样平均制备时间。通过联用实现分离富集与识别传感步骤一体化加快检测速度[2,4,5]。本文报道了复杂样品分离富集与识别传感一体化快速检测方法研究策略, 包括表面增强拉曼光谱、化学发光及荧光快速检测方法。

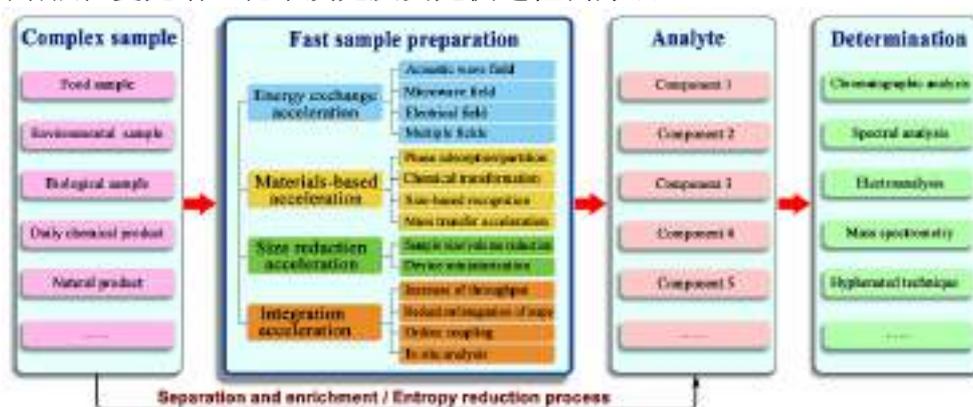


Fig.1 Fast Sample Preparation Techniques for Rapid Analysis[1]

**关键词:** 复杂样品; 快速样品制备; 分子光谱; 传感检测; 一体化。

## 参考文献

- [1] Xia L.; Yang J.N.; Su R.H.; Zhou W.J.; Zhang Y.S.; Zhong Y.H.; Huang S.M.; Chen Y.L.; Li G.K. *Analytical Chemistry*, **2020**, *92*:34-48.
- [2] Zhang H.D.; Lai H.S.; Wu X.R.; Li G.K.; Hu Y.F. *Analytical Chemistry*, **2020**, *92*:4607-4613.

基金项目: 基金项目: 国家自然科学基金项目 (Nos. 21804147, 21976213, 21874159, 22074161 和 22076223)、国家自然科学基金重点项目 (No. 22134007)、国家重点研发计划项目 (No. 2019YFC1606101) 和广东省重点领域研发计划项目 (No. 2019B020211001) 资助项目。

- [3] Chen Z.Y.; Li G.K.; Zhang Z.M. *Analytical Chemistry*, **2017**, **89**:9593-9600.
- [4] Yang J.N.; Xiao X.H.; Xia L.; Li G.K.; Shui L.L. *Analytical Chemistry*, **2021**, **93**:8273-8280.
- [5] Yu Z.N.;Huang L.; Zhang Z.M.; Li G.K. *Analytical Chemistry*, **2021**, **93**: 13072-13079.

# 基于可变形材料的即时检测平台及其应用

牛纪成, 李迎春, 刘灏, 徐峰, 李菲\*

西安交通大学生命科学与技术学院, 西安市, 邮编: 710049

邮箱: feili@mail.xjtu.edu.cn

**摘要:** 应用软材料(如纸、水凝胶)代替传统的硬材料(如玻璃、硅)作基底已成为近年来即时检测(point-of-care testing, POCT)领域的发展趋势之一。另外,通过将软材料与电化学或电子器件的集成,可进一步拓展POCT的应用领域。在我们最近工作中,使用了四种软材料(包括纸、PDMS、水凝胶和液体弹珠)作为POCT的新型软质基底平台,并实现了它们在POCT中的新应用。例如,将电极和疏水通道通过自制笔的简易书写方法整合在纸上,成功将纸基电化学装置应用于人工尿液中葡萄糖和样品溶液中三聚氰胺的检测;通过将MWNTs/PDMS纤维作为多功能传感器制作并集成在手套上,实现了智能手套的姿态识别和温度测量;通过将液态金属注入水凝胶的三维螺旋结构中,将水凝胶与电子传感装置结合,利用可穿戴的多功能水凝胶装置实现了温度、紫外和肌电信号的检测;利用液体弹珠作为小型等电聚焦分离装置,实现了蛋白质的POCT分离和分析。这些新型的软质POCT检测平台在食品安全、疾病检测等领域显示出应用前景。



**关键词:** 即时检测; 蛋白分离; 纸基微流控; 液体橡皮泥; 三维折纸

## 致谢

感谢陕西自然科学基金计划杰出青年科学基金项目(2020JC-06)和陕西省重点研发计划(2021SF-168)的项目支持。

## 参考文献

- [8] Niu, J. C.; Shi, H. X.; Wei, H. G.; Gao, B.; Li, J.; Xu, F.; Li, X. G.; Li, F. Liquid plasticine integrated with isoelectric focusing for miniaturized protein analysis, *Anal. Chem.*, 2020, 92, 9048.
- [9] Niu, J. C.; Bao, Z. H.; Wei, Z. N.; Li, J. X. Z.; Gao, B.; Jiang, X. F.; Li, F. A three-dimensional paper-based isoelectric focusing device for direct analysis of proteins in physiological samples, *Anal. Chem.*, 2021, 93, 3959.
- [10] Li, Y. C.; Zheng, C. R.; Liu, S.; Huang, L.; Fang, T. S.; Li, J.; Xu, F.; Li, F. A smart glove integrated with tunable MWNTs/PDMS fibers made of one-Step extrusion method for finger dexterity, gesture and temperature recognition, *ACS App. Mater. & Interfaces*, 2020, 12, 23764.
- [11] Liu, H.; Li, M. X.; Liu, S. B.; Jia, P. P.; Guo, X. J.; Feng, S. S.; Lu, T. J.; Yang, H. Y.; Li, F.; Xu, F. Spatially modulated stiffness on hydrogels for soft and stretchable integrated electronics, *Mater. Hori.*, 2020, 7, 203.
- [12] Liu, H.; Li, M. X.; Ouyang, C.; Lu, T. J.; Li, F.; Xu, F. Biofriendly, stretchable, and reusable hydrogel electronics as wearable force sensors, *Small*, 2018, 14, 1801711.

# 生物分子的调控与识别

戴志晖

南京师范大学化学与材料科学学院

E-mail: daizhihui@njnu.edu.cn

**摘要:** 利用 HRP 保护获得稳定且形貌完整的银纳米三角片, 利用 DNA 实现银纳米三角片的可控后塑形。多聚胞嘧啶 DNA 可使三角片的角部钝化, 实现三角片到圆片的形貌转变, 通过消光光谱的变化结合模拟电场分布和理论计算, 构建后塑形过程的量化模型。利用此后塑形作用, 可实现两种核酸酶的定量分析。研究 DNA 对金铜纳米晶/氧化石墨烯拉曼增强性能的影响。发现由于不同碱基与该材料亲和力不同, 改变 DNA 序列可促进或抑制拉曼增强效果。基于上述发现构建 DNA 修复酶检测体系, 分析效果明显强于商业试剂盒。制备低毒性的  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  核壳量子点, 通过氨基酸的包覆, 提高了水溶性和生物相容性。发现氨基酸包覆在核中荧光发射波长的红移, 实现近红外发光; 包覆在壳中则引起荧光强度的增大。利用此近红外量子点基于阳离子交换的原理, 实现了细胞中  $\text{Cd}^{2+}$  高灵敏高选择性检测及多色荧光成像。设计具有结合序列和底物序列的三功能多肽, 结合静电作用实现纳米材料间距的控制, 实现凋亡蛋白的定量分析。通过 DNA 末端修饰磷酸基团, 有效抵抗核酸外切酶的降解, 实现了 DNA 末端保护, 实现循环肿瘤 mRNA 的高灵敏高选择性检测。使用多聚胸腺嘧啶作为模板合成了具有荧光发光能力的铜纳米簇, 发现焦磷酸能猝灭此铜纳米簇的荧光。利用碱性磷酸酶对焦磷酸的分解作用, 设计针对碱性磷酸酶及其抑制剂的传感体系。发现竞争型抑制剂的效果好于非竞争型, 还可用于实样血清中碱性磷酸酶的定量分析。

# 量子点探针制备及其在分析检测中的应用研究

何治柯\*, 吉邢虎

武汉大学化学与分子科学学院, 湖北 武汉 430072

邮箱: zhkhe@whu.edu.cn

**摘要:** 量子点相关研究自 2002 年第一次获得国家基金资助开始, 在国家科技部、教育部及自然科学基金委员会的大力支持下, 我们有关量子点的研究不断深入, 量子点探针性能不断提升。从裸量子点到核/壳结构再到掺杂量子点, 从 DNA/适配体功能化量子点到双色荧光量子点, 从酶联量子点到点击反应量子点, 再到量子点信标。我们可以精准调控量子点表面 DNA 链的数量, 实现量子点组装, 目前正在将其组装到 DNA 折纸结构上的研究。有些试剂的合成还进行了放大实验。所研制的量子点在分析检测与成像方面得到广泛应用, 检测对象包括: 无机离子、有机小分子、核酸、蛋白及细胞等。所研制的量子点信标已成功应用于单个艾滋病毒 RNA 的标记与成像, 相关成果在国际顶级化学期刊 JACS 上作为封面文章发表。基于所研制的量子点, 已用于胰蛋白酶和酪氨酸等疾病标志物检测, 并开发了葡萄糖(糖尿病)检测微球、色卡等便携式检测技术和器件, 实现了尿酸与葡萄糖、乳酸与葡萄糖等的同时检测。

**关键词:** 量子点; DNA 功能化; 生物传感; 生物成像

**致谢:** 该项目研究获得国家自然科学基金(项目编号: 21974101)的资助。

## 参考文献

- [1] Mao, G.; Ma Y.; Wu, G.; Du, M.; Tian, S.; Huang, S.; Ji, X.; He, Z. Novel method of clickable quantum dot construction for bioorthogonal labeling. *Anal. Chem.* 2021, 93, 777-783.
- [2] Mao, G.; Peng, W.; Tian, S.; Zheng, J.; Ji, X., He, Z. Dual-protein visual detection using ratiometric fluorescent probe based on Rox-DNA functionalized CdZnTeS QDs. *Sens. Actuators B Chem.* 2019, 283, 755-760.
- [3] Ma, Y.; Mao, G.; Huang, W.; Wu, G.; Yin, W.; Ji, X.; Deng, Z.; Cai, Z.; Zhang, X.; He, Z.; Cui, Z. Quantum dot nanobeacons for single RNA labeling and imaging. *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 13454-13458.
- [4] Mao, G.; Cai, Q.; Wang, F.; Luo, C.; Ji, X.; He, Z. One-step synthesis of Rox-DNA functionalized CdZnTeS quantum dots for the visual detection of hydrogen peroxide and blood glucose. *Anal. Chem.* 2017, 89, 11628-11635.
- [5] Zhang, C.; Yan, J.; Liu, C.; Ji, X.; He, Z. One-pot synthesis of DNA-CdTe: Zn<sup>2+</sup> nanocrystals using Na<sub>2</sub>TeO<sub>3</sub> as the Te source. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2014, 6, 3189-3194.
- [6] Zhao, D.; Li, J.; Yang, T.; He, Z. "Turnoff-on" fluorescent sensor for platinum drugs-DNA interactions based on quantum dots. *Biosens. Bioelectron.* 2014, 52, 29-35.
- [7] Zhang, C.; Ji, X.; Zhang, Y.; Zhou, G.; Ke, X.; Wang, H.; Tinnefeld, P.; He, Z. One-pot synthesized aptamer-functionalized CdTe:Zn<sup>2+</sup> quantum dots for tumor-targeted

fluorescence imaging in vitro and in vivo. *Anal. Chem.* 2013, 85, 5843-5849.

[8] Zhang, C.; Xu, J.; Zhang, S.; Ji, X.; He, Z. One-pot synthesized DNA-CdTe quantum dots applied in biosensor for the detection of sequence-specific oligonucleotides. *Chem. Eur. J.* 2012, 18, 8296-8300.

[9] Chen, L.; Zhang, X.; Zhou, G.; Xiang, X.; Ji, X.; Zheng, Z.; He, Z.; Wang, H. Simultaneous determination of human enterovirus 71 and coxsackievirus B3 by dual-color quantum dots and homogeneous immunoassay. *Anal. Chem.* 2012, 84, 3200-3207.

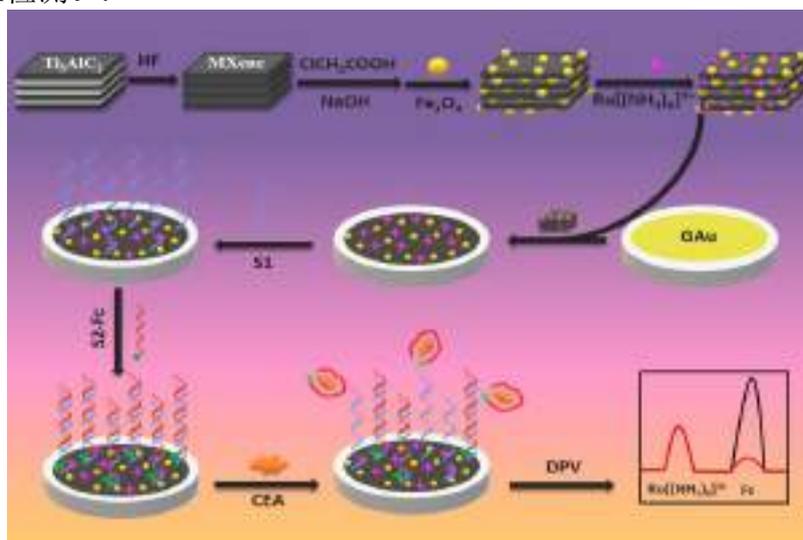
[10] Chen, L.; Zhang X.; Zhang, C.; Zhou, G.; Zhang, W.; Xiang, D.; He, Z.; Wang, H. Dual-color fluorescence and homogeneous immunoassay for the determination of human enterovirus 71. *Anal. Chem.* 2011, 83, 7316-7322.

# 基于磁性抗污染材料的比率型电化学生物传感器及在 CEA 精准检测中的应用

杨慧卿, 侯倩倩, 丁彩凤\*

青岛科技大学化学与分子工程学院, 山东青岛市郑州路 53 号

复杂生物体系中, 蛋白质等在传感器表面的非特异性吸附, 导致传感器因为污染和干扰而失效。传感器的污染/干扰主要的主要原因是疏水作用和电荷吸引导致的非特异性吸附。本工作构建了一个基于多功能纳米复合材料的比率型电化学生物传感器。在富含羧基的二维纳米材料 MXene 上, 原位合成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 得到赋予该材料良好的磁性。通过共价键和, 将内标分子  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  连接到复合材料上, 得到 MXC- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ru 复合纳米材料。 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  的正电性可以中和 MXene 材料所携带的负电荷, 使得到的纳米复合材料呈现电中性。而二维纳米材料 MXene 具有良好的导电性和亲水性, 因此, 将合成的纳米复合材料 MXC- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ru 修饰到电极上, 构建抗污染的电化学传感器。另外,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的磁性不仅可以使合成的复合纳米材料易分离, 而且可以通过磁吸附修饰到磁性电极表面, 简化了电极修饰和清洗过程。修饰有 Fc 的 CEA 适体链与修饰到纳米复合材料表面的互补链杂交, 连接到电极表面, 当待测也中有靶标存在时, 适体链与 CEA 结合而离开, Fc 也随之远离电极表面导致其电化学信号降低, 而  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  的电化学信号却始终保持不变。因此, Fc 和  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  的电化学信号比值与 CEA 的浓度呈负相关。该传感器的线性范围为  $1 \text{ pg/mL} \sim 1 \text{ } \mu\text{g/mL}$ , 检测限为  $0.62 \text{ pg/mL}$ 。由于复合材料良好的抗污染性能和比率型策略的应用, 该传感器可在复杂样品如 FBS 和临床血清中实现 CEA 的精准检测。



Scheme . Working principle diagram of the antifouling ratiometric electrochemical biosensor based on MXC- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ru.

## 基于低温、室温氢敏传感材料和传感技术

杨大驰\*, 杜玲玲, 邢霞霞, 田盈盈, 李振旭

**摘要:** 氢能源能量密度高、绿色无污染, 在燃料电池汽车、工业产业、航空航天等有广泛应用, 因而备受科学家和产业界的关注。尤其, 氢气传感技术监测氢气泄露是安全利用能源的保障, 尤其在苛刻环境下, 如低温和室温, 稳定高和快速响应的氢敏传感材料和传感技术具有重要科学意义和实用价值。鉴此, 我们发展了宽温区 (-100K~100K)、大浓度 (40v/v%)、低检测限 (ppb-level)、快速响应 (<2 秒)、高稳定性和选择性的氢敏传感材料和传感技术, 为发展氢敏材料/结构-氢敏性能-元器件/应用提供技术借鉴。

### 参考文献:

- [1] Lingling Du, Dongliang Feng, Xiaxia Xing, Chen Wang, Gerasimos S. Armatas and Dachi Yang, \* *Chem. Eng. J.*, 2020, 400, 125864 (1-7).
- [2] Lingling Du, Dongliang Feng, Xiaxia Xing, Yang Fu, Luis F Fonseca and Dachi Yang, \* *Nanoscale*, 2019, 11, 21074-21080.
- [3] Lingling Du, Lijun Zheng, Hongrei Wei, Shizheng Zheng, Zhengyou Zhu, Jian Chen, and Dachi Yang, \* *ACS Appl. Nano Mater.* 2019, 2(3), 1178-1184.
- [4] Lingling Du, # Mengqi Yuan, # Hongrui Wei, # Xiaxia Xing, Dongliang Feng, Yunlong Liao, Haijun Chen\* and **Dachi Yang**, \* Interconnected Pd Nanoparticles Supported on Zeolite-AFI for Hydrogen Detection under Ultra-Low Temperature, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 36847-36853.
- [5] Lijun Zheng, Shizheng Zheng, Hongrui Wei, Lingling Du, Zhengyou Zhu, Jian Chen and **Dachi Yang**, \* Palladium/Bismuth/Copper Hierarchical Nano-Architectures for Efficient Hydrogen Evolution and Stable Hydrogen Detection, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 6248-6256.

### 个人简介:

姓名: 杨大驰

单位: 南开大学

**简历:** 杨大驰, 博士/教授, 2008年6月博士毕业于中国科学院研究生院, 之后分别在美国、新加坡和南开大学, 从事纳米传感材料、智能传感技术和元器件相关研究。他长期关注在苛刻环境下的氢敏传感材料和传感元器件, 并开展了系统的研究。

**通讯地址:** 天津市 津南区 南开大学津南校区 电子信息与光学工程学院

电话: 18322382025

E-mail: [yangdachi@nankai.edu.cn](mailto:yangdachi@nankai.edu.cn)

# 外泌体高效分离分析

杨朝勇\*

<sup>1</sup> 厦门大学化学化工学院,  
<sup>2</sup> 上海交通大学分子医学研究院  
cyyang@xmu.edu.cn

## 摘要:

外泌体是细胞通过多囊体 (MVB) 路径分泌的一种微囊泡, 其在形成过程中运载了多种蛋白质、核酸和脂质等信号分子, 在细胞间信息交流以及信号转导中发挥着重要的作用。外泌体已被视为疾病液体活检的重要标志物, 其数量、运载的特征蛋白质和 RNA 等, 与疾病的发生发展进程密切相关。当前外泌体研究仍然面临诸多的挑战, 包括疾病来源外泌体数量少、外泌体疾病标志物丰度低等。针对外泌体分离和检测方面的技术挑战, 我们课题组发展了核酸适体筛选新方法, 获得了高效识别外泌体膜蛋白的核酸适体序列;<sup>1</sup> 开发了基于流动多孔界面的外泌体分析芯片, 实现了外泌体的高效分离与高灵敏芯片分析; 发展了基于核酸适体和 DNA 逻辑运算的外泌体智能检测探针,<sup>2</sup> 通过核酸适体邻位簇集反应以及蛋白质生物正交标记, 实现了肿瘤来源外泌体的 PD-L1 蛋白以及 PD-L1 的糖基化水平的高灵敏高精度定量分析。<sup>3</sup> 研究结果不仅证明了外泌体在癌症早期诊断以及治疗预后中发挥重要的作用, 也为进一步研究外泌体在疾病进展中的生物功能和作用机制提供了可靠的分析工具。

**关键词:** 核酸适体、外泌体、液体活检

## 参考文献:

- [1] Mengjiao Huang, Juanjuan Yang, Teng Wang, Jia Song, Jinglu Xia, Lingling Wu, Wei Wang, Qiaoyi Wu, Zhi Zhu, Yanling Song\*, Chaoyong Yang\*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 59 (2020), 4800-4805.
- [2] Bingqian Lin, Tian Tian, Yinzhu Lu, Dan Liu, Mengjiao Huang, Lin Zhu, Zhi Zhu, Yanling Song\*, Chaoyong Yang\*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 60 (2021), 7582-7586.
- [3] Lin Zhu, Yuanfeng Xu, Xinyu Wei, Haoting Lin, Mengjiao Huang, Bingqian Lin, Yanling Song\*, Chaoyong Yang\*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 133 (2021), 18259-18263.

# 基于微流控技术的细胞外囊泡分离分析

孙佳姝\*

单国家纳米科学中心, 北京, 中国, 100190

Email: sunjs@nanoctr.cn

## 摘要:

细胞外囊泡是由细胞释放的具有双层膜结构的囊状小泡, 广泛存在于血液、尿液等生物液体中。细胞外囊泡装载有 DNA、RNA、蛋白、脂质等不同生物大分子, 可以作为生物标志物用于疾病诊断。我们发展一种快速、灵敏、低成本微流控热泳适体传感器, 对血浆 EV 的乳腺癌相关蛋白质特征进行分析, 有效排除血浆游离蛋白干扰。设计了一种机器学习算法, 基于 8 种 EV 乳腺癌蛋白表达水平构建 EV 蛋白特征, 用于区分 MBC 患者、非转移性乳腺癌患者、年龄配对的健康对照者, 准确率高达 91.1%。我们进一步发展了结合 DNA 四面体探针与热泳汇聚的检测新方法 (DTTA), 实现了血清中 EV mRNA 的原位、高灵敏检测, 检出限低至 14 aM。无需 EV 裂解、RNA 提取、反转录等过程。使用 DTTA 测量前列腺穿刺病人的血清 EV PSA mRNA 含量, 可以有效区分前列腺癌患者 (PCa) 与前列腺良性增生患者 (BPH), AUC 为 0.93, 显著优于血清生物标志物 PSA (AUC 0.74), 为前列腺癌精准检测提供了新思路。

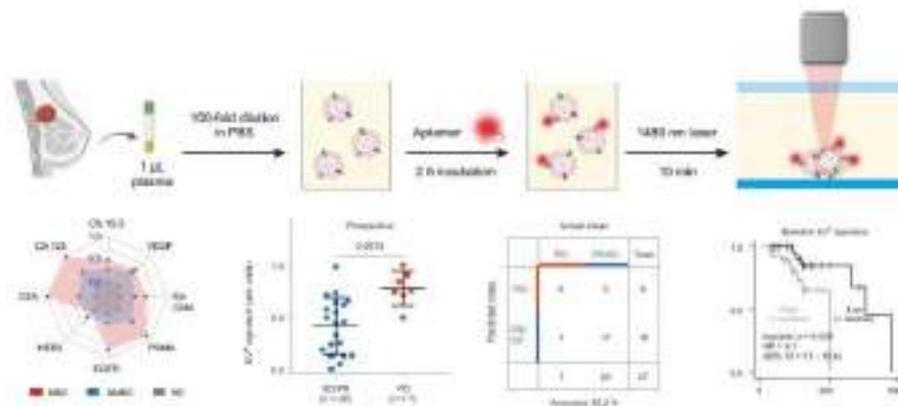


图 1 基于热泳适体传感器的 EV 表面蛋白检测与乳腺癌精准诊断应用

**关键词:** 微流控, 核酸适体, 细胞外囊泡, 分离分析

## 参考文献:

- [21] Tian, Fei#; Zhang, Shaohua#; Liu, Chao\*; Han, Ziwei; Liu, Yuan; Deng, Jinqi; Li, Yike; Wu, Xia; Cai, Lili; Qin, Lili; Chen, Qinghua, Yuan, Yang; Liu, Yi; Cong, Yulong; Ding, Baoquan; Jiang, Zefei\*; Sun, Jiashu\*; Nature Communications 2021, 12, 2536.
- [22] Li, Yike#; Deng, Jinqi#; Han, Ziwei; Liu, Chao; Tian, Fei; Xu, Rui; Han, Da\*; Zhang, Shaohua\*; Sun, Jiashu\*; Journal of the American Chemical Society 2021, 143, 1290-1295.

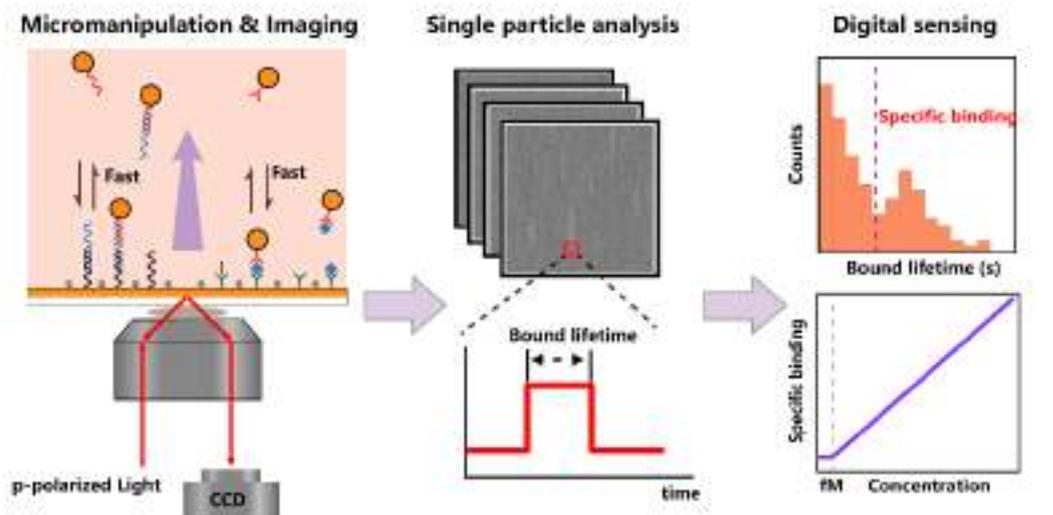
# 超灵敏单分子动态传感技术

曾强<sup>1</sup>, 余辉\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 上海交通大学, 生物医学工程学院, 上海, 20030, 中国  
hui.yu@sjtu.edu.cn

摘要:

The ability to measure many single molecules simultaneously in larger and complex samples is critical to the translation of single-molecule sensors for practical applications in biomarker detection. The challenges lie in the limits imposed by mass transportation and thermodynamics, resulting in long assay time and/or insufficient sensitivity. Here, we report an approach called Sensing Single Molecule under MicroManipulation (SSM<sup>3</sup>) to circumvent the above limits.<sup>1</sup> In SSM<sup>3</sup>, the transportation rate of analyte molecules and the kinetics of molecular interaction are fine-tuned by the nanoparticle micromanipulation. The heterogeneous lifetime of molecular complexes is quantified to discriminate specific binding from nonspecific background noise. By the highly-specific digital counting of single molecules, we demonstrate 15-minute assays for direct detection of microRNAs and amyloid- $\beta$  proteins via electrical or magnetic micromanipulation, with the limit of detection at the subfemtomolar level. The presented approach could inspire more practical applications of single molecule sensors.



The schematic of dynamic single molecule sensing

**关键词:** single molecule sensor, ultrasensitive; microRNA; immunoassay;

**参考文献:**

[1] Qiang Zeng, Xiaoyan Zhou, Yuting Yang et al. Dynamic single-molecule sensing via nanoparticle micromanipulation for rapid and ultrasensitive biomarker detection, 08 October 2021, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-950977/v1>]

# 正交上转换发光分析

梅青松\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 暨南大学基础医学院  
Email: qsmei@jnu.edu.cn

## 摘要:

上转换发光纳米颗粒 (UCNPs) 能够通过多光子机制将长波辐射转换成短波辐射, 极大地降低了样品的吸收和散射, 提高分析检测的灵敏度, 其发射光的波长、强度和发光寿命等参数可由掺杂稀土元素的种类和含量进行精确调控。然而, 由于稀土离子的多级发光结构特点, 传统 UCNPs 发光谱峰较为复杂, 难以适用于复杂体系中多组份待测物的同步分析。我们发展了一种激发光引导单一稀土离子不同能级跃迁路径的策略, 实现了单个离子的正交上转换发光, 在 980nm 和 808nm 激发时, 可以实现单一稀土离子 ( $\text{Er}^{3+}$  或  $\text{Ho}^{3+}$ ) 的红光、绿光正交发射。<sup>[1]</sup> 针对复杂体系多组份目标物同步检测的难题, 我们利用这种正交发光纳米颗粒设计了一种新的单检测线试纸条, 将传统试纸条上 T 线和 C 线功能集成到同一条检测线上, 这种策略可以很好地克服传统试纸条上检测线数目有限, 难以用于多组份待测物同步分析的难题, 极大地扩展了试纸条的检测能力。<sup>[2]</sup> 另外, 基于这种正交上转换发光分析模式, 发展了一种比率可变调节的可视化分析方法。与传统方法相比, 该方法灵敏度提高了近 100 倍。<sup>[3]</sup>

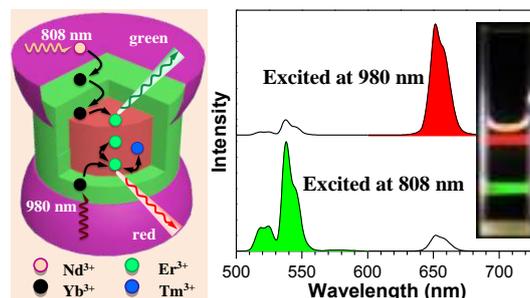


图1. Proposed energy migration process of the  $\text{Er}^{3+}$  doped UCNPs when irradiated with 980 nm or 808 nm NIR lasers, and its orthogonal emissive property.

**关键词:** 上转换正交发光; 多组份检测; 可视化分析

## 参考文献:

- [1] Lei, Z.D.; Ling, X.; Mei, Q.S.;\* Fu, S.; Zhang, J.; Zhang, Y.\* *Adv. Mater.* 2020, 201906225.
- [2] Guo, X.R.; Yuan, Y.; Liu, J.L.; Fu, S.; Zhang, J.; Mei, Q.S.;\* Zhang, Y.\* *Anal. Chem.* 2021, 93, 3010-3017.
- [3] Zhou, J. X.; Wu, R. Y.; Fu, X.; Wu, J. M.; Mei, Q.S.;\* *Anal. Chem.* 2021, 93, 9299-9303.

# 基于微流控技术的细胞黏附强度对流体剪切力响应的研究

林金明

清华大学化学系

Email: jmlin@mail.tsinghua.edu.cn

细胞是生命体结构和功能的基本单位，分析细胞生命活动变化，对认识生命的本质具有重要意义。接近体内细胞变化真实水平的体外活细胞分析有必要在模拟细胞微环境下，通过定量可控的方法同步监测细胞反应。微流控芯片为细胞培养和细胞微环境模拟提供了重要的技术手段，然而不同培养维度下细胞微环境在空间组织结构、物质传输方式、浓度梯度分布等方面存在的差异性，要求设计适合的细胞监测方法以获取细胞真实的活动信息。

本次报告将介绍一种灌注型 2D 微流控细胞芯片与荧光显微镜和活单细胞提取器集成，构建了细胞形态和细胞黏附强度动态变化的实时监测平台，发现肿瘤细胞在模拟血管流体剪切力的刺激下，发生滚动运动迁移，同时伴随着细胞形态与细胞黏附强度的协同变化，共同保护肿瘤细胞在流体环境中存活。该方法实现了在模拟细胞微环境下对细胞黏附强度等力学特征的动态监测，有助于进一步认识细胞力学因素在肿瘤侵袭转移过程中发挥的重要作用，有望发展成肿瘤识别的新方法。

**关键词：**微流控分析，细胞粘附，流体剪切力，单细胞提取

**参考文献：**

- [1] Q. Zhang, S. Feng, L. Lin, S. Mao, J.-M. Lin, *Chemical Society Reviews*, **2021**, 50 (9), 5333-5348.
- [2] S. Feng, S. Mao, J. Dou, W. Li, H. Li, J.-M. Lin, *Chemical Science*, **2019**, 10, 8571-8576.
- [3] W. Zhang, S. Mao, Z. He, Z. Wu, J.-M. Lin, *Anal. Chem.*, **2019**, 91 (9), 5973-5979.

# 纳米多孔材料的创制及其储能和传感特性研究

孙立贤<sup>1,2</sup>, 徐芬<sup>1,2</sup>, 罗玉梅<sup>1,2</sup>, 夏永鹏<sup>1,2</sup>, 邹勇进<sup>1,2</sup>, 褚海亮<sup>1,2</sup>, 张焕芝<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 广西信息材料重点实验室, 广西, 桂林, 541004

<sup>2</sup> 广西新能源材料结构与性质协同创新中心桂林电子科技大学材料科学与工程学院, 广西, 桂林, 541004  
Email: sunlx@guet.edu.cn

## 摘要:

纳米材料具有比表面积大、表面活性位点多、优异的电子传输能力、良好的力学性能等优点而广泛应用于各个领域。在储能及传感领域, 纳米科技的发展和纳米材料微观结构的设计为储能/敏感材料的研究注入了新的活力。纳米材料的储能/传感性能不仅与材料本身的物理和化学性质有关, 还与材料的制备方法、表面结构、组成、微观形貌等紧密相关。我们通过化学还原法、水/溶剂热法、高能球磨法、溶胶-凝胶法、自组装法等制备了一系列纳米多孔材料, 通过对纳米结构材料的尺寸、组份和形貌的调控, 实现了其在储氢、电化学储能、气体/电化学传感中的应用。

我们还尝试结合最先进的表征和计算方法, 材料信息学方法, 来揭示纳米多孔材料的结构及其储能、传感特性之间的内在关联。此外, 已经探索的用于气体或热量检测的传感器设备, 我们将其集成到储能系统中进行高级管理。在本次报告中, 我将介绍一下我们实验室关于纳米多孔材料应用于储能和传感器领域的工作进展。

**关键词:** 纳米结构; 气体传感; 电化学传感; 储能; 多孔材料

## 参考文献:

- [1] Y. Luo, L.-X. Sun, et al., *Materials Today Nano* 9 (2020) 100071.
- [2] F. Xu, L.-X. Sun, et al., *Sensors & Actuators, B: Chemical* 254 (2018) 872-877.
- [3] L. Si, L.-X. Sun, et al., *Energy & Environmental Science* 11 (2011) 4522-4527.
- [4] J. Li, L.-X. Sun, et al., *Energy Storage Materials* 27 (2020) 187-197.
- [5] Y. Luo, L.-X. Sun, et al., *Inorganic Chemistry Frontiers* 7 (2020) 1512-1525.
- [6] C. Zhang, L.-X. Sun, et al., *Energy Storage Materials* 38 (2021) 354-378.
- [7] R. Cheng, L.-X. Sun, et al., *Journal of Materials Science & Technology* 101 (2021) 155-164.
- [8] C. Jiao, L.-X. Sun, et al., *ACS Applied Materials & Interfaces* 13 (2021) 18380-18388.

# 电化学反应过程的原位拉曼光谱分析

李剑锋\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 厦门大学化学化工学院  
Email: li@xmu.edu.cn

## 摘要:

发展高灵敏度、高时空分辨、原位动态、普适性好的痕量谱学分析技术是分析科学的长期挑战。在电化学体系中，对表面物种，特别是关键反应中间物种的成分、吸附构型和动态变化过程的实时分析，即从分子、原子层面实时原位地研究表面反应过程，是表面分析科学的重要挑战。表面增强拉曼光谱（SERS）是一种无损、超灵敏的振动光谱，可以提供丰富的表面物种信息，可用于捕获电化学反应过程中产生的中间物种信息。利用壳层隔绝纳米粒子增强光谱（SHINERS）可以研究传统 SERS 技术无法研究的单晶电极和纳米催化剂表面的电化学反应过程，实现一些重要表面化学反应过程痕量中间物种的原位动态分析，为从分子水平揭示表面过程机理提供直接的光谱证据<sup>1</sup>。

在电化学领域，大多反应都可能涉及水分子，因此固液界面水结构的研究，尤其是电化学条件下对水分子的取向、构型和复杂的氢键网络的动态变化及其与电化学反应活性关联的研究，对揭示界面反应的机理和构效关系具有重要意义。利用高灵敏的单晶电化学原位 SHINERS 技术，我们在金单晶和钼单晶电极表面都获得了界面水的拉曼信号<sup>2,3</sup>，发现随着电位的负移，界面水由“平行”结构向“单端氢朝下”，再向“双端氢朝下”进行变化。更重要的是，我们在钼单晶界面获得了 Na·H<sub>2</sub>O 构型的界面水，并且发现随电位的负移，Na·H<sub>2</sub>O 含量逐渐增加，并形成一种有序的界面水结构。通过系统地研究阴阳离子对界面水和氢析出反应（HER）的影响，结合理论模拟，发现有序的 Na·H<sub>2</sub>O 能够提高电极与水分子间的电荷转移效率，加速反应进程，证明阳离子能够调控 HER 反应速率，建立了界面水分子与电化学反应的关联性。

铂基催化剂表面的氧还原反应（ORR）是燃料电池最为重要的反应，我们首次获得了 Pt 不同单晶表面氧还原反应过程中的关键中间物种（HO<sub>2</sub>\*、OH\*、O<sub>2</sub><sup>-</sup>）的直接光谱证据，成功解答了半个世纪以来电化学家对铂单晶表面氧还原机理的疑惑，为高效催化剂的设计提供了直接可靠的理论指导<sup>4</sup>。随后，我们还发展了核壳结构、SHINERS 卫星结构策略，对实际催化剂进行研究，获得了铂镍、铂钴等实际纳米催化剂表面 ORR、HOR 等反应过程的中间物种，深入理解了电化学反应机理与构效关系。

**关键词:** SHINERS、单晶、电化学、界面水、氧还原

## 参考文献:

- [1] Jian-Feng Li, Zhong-Lin Wang\*, Zhong-Qun Tian\* et. al. *Nature* 464 (2010) 392-395.
- [2] Chao-Yu Li, Jian-Feng Li\*, Jun Cheng\* et. al. *Nat. Mater.* 18 (2019) 697-701.
- [3] Yao-Hui Wang, Shisheng Zheng, Feng Pan\*, Jian-Feng Li\* et. al. *Nature* DOI: 10.1038/s41586-021-04068-z.
- [4] Jin-Chao Dong, Juan M. Feliu\*, Jian-Feng Li\* et. al. *Nat. Energy* 4 (2019) 60-67.

# *In Situ* AFM Imaging of Li-O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Electrochemical Reactions

Rui Wen

Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences  
Zhongguancun North First Street 2, Beijing 100190, P. R. China  
Email: ruiwen@iccas.ac.cn

## Abstract :

Atomic force microscopy (AFM) as one of the advanced characterization techniques has been regarded as a powerful tool to investigate the morphology, mechanical property and surface potential of the electrode surfaces at high spatial resolution. Coupled with the potentiostat/galvanostat, it can perform *in situ* observations of the interfacial evolution and dynamic transformation at the nanoscale to reveal the reaction and failure mechanisms in a working battery. In the present work, we focus on the *in situ* electrochemical AFM studies of the evolution processes at the cathode/electrolyte/gas interfaces in Li-O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> batteries (Fig. 1) [1-3], which provides fundamental insights into the interfacial effects on the battery performance.

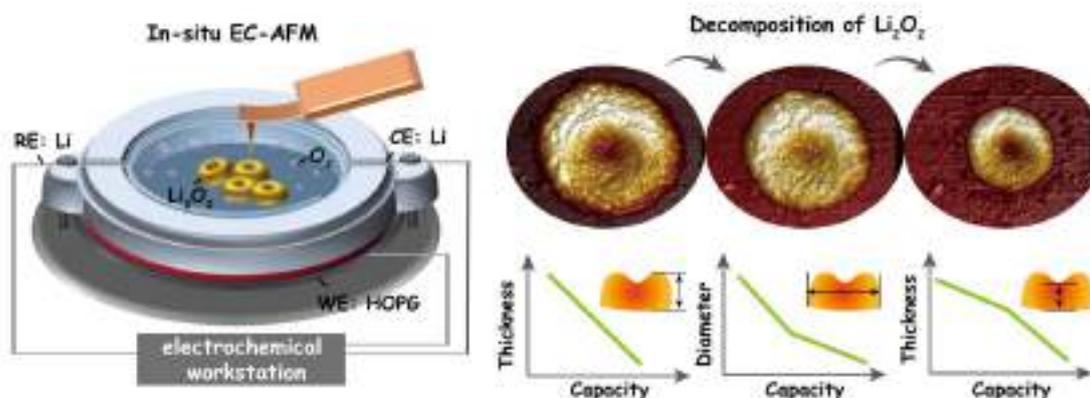


Fig. 1. Schematic of the applications of *in situ* electrochemical AFM for Li-O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> batteries.

**Key words:** *in situ* AFM; electrochemistry; interfacial process; Li-O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> battery.

## References:

- [1] Shen, Z. Z.; Lang, S. Y.; Shi, Y.; Ma, J. M.; Wen, R.; Wan, L. J. *J. Am. Chem. Soc.*, 141 (2019) 6900.
- [2] Shen, Z. Z.; Zhou, C.; Wen, R.; Wan, L. J. *J. Am. Chem. Soc.*, 142 (2020) 16007.
- [3] Shen, Z. Z.; Zhou, C.; Wen, R.; Wan, L. J. *Chin. J. Chem.*, 39 (2021) 2668.

# 纳米晶耦合探针的设计及活体成像

崔家斌\*

放射医学与辐射防护国家重点实验室, 苏州大学, 江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号  
苏州大学独墅湖校区, 215123

\*Email: jjabin.cui@suda.edu.cn

癌症严重危害着人类的生命健康, 目前已经成为了世界主要的疾病杀手之一。因此实现恶性肿瘤的早期灵敏诊断与精准治疗具有重要的研究意义。基于光学探针的活体成像, 能够为科学研究以及临床诊断提供精准的导航技术。传统发光材料的光谱范围往往在可见区, 具有荧光背景干扰大, 同时穿透深度不够, 以及分辨率有待提高等缺陷。因此发展高穿透深度以及低背景干扰的近红外荧光探针成为近几年研究的热点。本课题组通过纳米晶耦合探针的制备<sup>[1-3]</sup>, 实现了半导体纳米晶自由载流子浓度的有效调控, 以及轨道能级的杂化耦合增强, 成功制备了波长显著红移型近红外纳米探针。同时通过进一步表面的修饰与改性, 实现了灵敏、高组织穿透深度的活体成像以及癌症的诊断与治疗<sup>[4-5]</sup>。为肿瘤的早期诊断与精准可视化成像提供了潜在的研究策略。

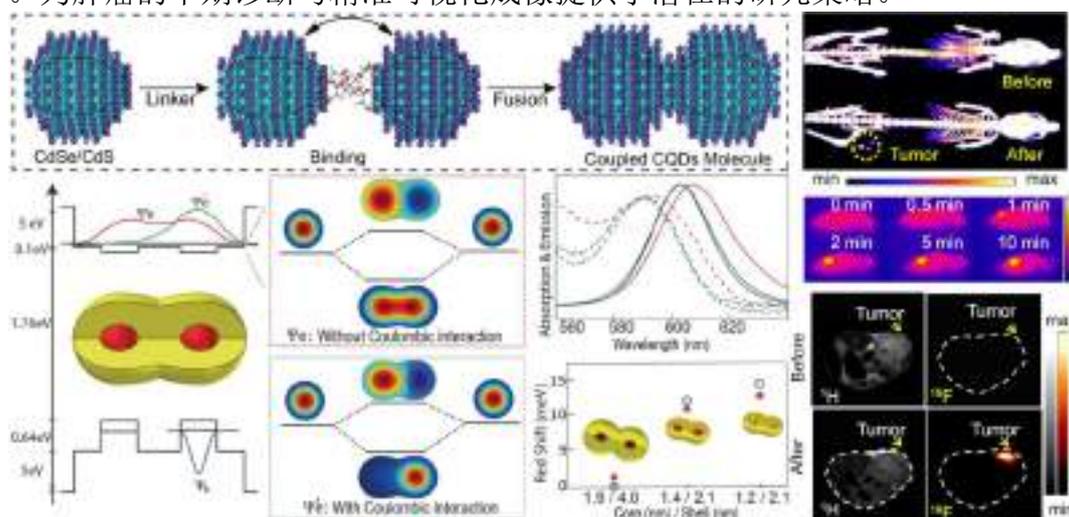


Figure: Illustration for the fabrication of coupled nanocrystal molecules and *in vivo* imaging.

关键词: 纳米传感; 量子点耦合探针; 活体成像

参考文献

- [1] Cui, J. B.; Koley, S.; Panfil, Y. E.; Banin, U\*. et. al; *Angew. Chem. Int. Edit.* **2021**, 60, 14467-14472.
- [2] Koley, S<sup>+</sup>; Cui, J B<sup>+</sup>; Panfil, Y. E<sup>+</sup>; Banin, U\*. *Acc. Chem. Res.* **2021**, 54, (5), 1178-1188.
- [3] Cui, J B<sup>+</sup>; Panfil, Y. E<sup>+</sup>; Koley, S<sup>+</sup>; Shamalia, D.; Waiskopf, N.; Remennik, S.; Popov, I.; Oded, M.; Banin, U\*. *Nat. Commun.* **2019**, 10, (1), 5401.
- [4] Cui, J. B.; Jiang, R.; Guo, C.; Bai, X. L.; Xu, S. Y.; Wang, L. Y\*. *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, 140, (18), 5890-5894.
- [5] Cui, J. B<sup>+</sup>; Xu, S. Y<sup>+</sup>; Guo, C.; Jiang, R.; James, T. D.; Wang, L. Y\*. *Anal. Chem.* **2015**, 87, (22), 11592-11598.

# 化学高阶传感与多维校正的理论及应用

吴海龙\* 俞汝勤

(湖南大学 化学生物传感与计量学国家重点实验室, 湖南长沙 410082;

\*E-mail: hlwu@hnu.edu.cn 和 rqu@hnu.edu.cn)

**摘要:** 随着实际研究体系由简单转向复杂、研究对象更偏向生物活性物质、分析速度要求越来越高、分析过程更倾向于在线、实时和自动化, 分析化学发展已越来越重视方法学和分析仪器的系统集成创新。作为信号采集装置的化学传感器已由单通道向多通道发展, 其线阵乃至面阵装置不断研制出现, 各类新型分离分析联用仪器也纷纷面世。而处理高阶传感响应信号需要化学计量学多维数据分析方法。基于数学分离的化学多维校正(Multiway calibration)是化学计量学的发展前沿, 它通过将复杂量测系统的多维响应信号与研究对象含量信息构成多线性模型并确定参数后进行多目标物含量高效预测。一般可根据化学量测信号类型, 将它分为一维校正(简单回归)、二维校正(普通多元校正)、三维校正(二阶张量校正或简称二阶校正)、四维校正(三阶校正)、五维校正(四阶校正)等方法, 其中三维及更高维校正方法为单元校正和多元校正的拓展, 具有独特的二阶及更高阶优势, 如: 即使有未知物干扰和基体干扰共存也能对预测样中待测多组分进行直接、快速、同时、高效定量分析。该分析策略灵巧、经济, 能以“数学分离”代替或者至少是增强“物理或化学分离”, 从而实现复杂体系待测多组分的直接快速同时定量分析。本文将以前室相关工作为基础, 结合三维荧光光谱(EEMs)、LC-DAD、LC-MS等多维多通道传感响应, 着重报告多维校正策略及其在生命、环境、食品等领域的高效精准定量分析应用, 如人体液样中兴奋剂和抗癌药物及其代谢药物含量、环境废水中有害成分含量等定量分析。

**关键词:** 化学高阶传感; 多维校正; 复杂体系精准定量分析; 数学分离; 化学计量学

## 参考文献:

- [1] Booksh K S, Kowalski B R. *Anal. Chem.*, 1994, 66,782A-786A
- [2] Hierlemann A, Gutierrez-Osuna R. *Chem. Rev.* 2008,108, 563-613
- [3] 吴海龙,俞汝勤.化学通报, 2011,74(9),771-782
- [4] Wu H L, Nie J F, Yu Y J, et al. *Anal. Chim. Acta.* 2009, 650:131-142.
- [5] Yu Y J, Wu H L, Nie J F, et al. *Chemom. Intel. Lab. Syst.*, 2011,106 (1), 93-107
- [6] Fu H Y, Wu H L, Yu Y J, et al. *J. Chemom.*, 2011, 25(8):408-429
- [7] Wu H L, Li Y, Yu R Q, *J. Chemom.* 2014, 28: 476-489.
- [8] Gu H W, Wu H L, Yin X L, et al. *Anal. Chim. Acta* 2014, 848: 10-24.
- [9] Yin X L, Wu H L, Gu H W, et al. *J. Chromatogr. A* 2014, 1364: 151-162.
- [10] Wu HL\*, Wang T, et al. *TRAC-Trends in Analytical Chemistry*, 2020, 130: 115954.
- [11] Fang H, Wu HL \*, et al. *Food Chemistry*, 2021, 342: 128235.

# $\pi$ -穴 $\cdots\pi$ 键和 $\sigma$ -穴 $\cdots\pi$ /lep 键在传感和圆偏振发光材料设计中的应用

张子彤, 王艺敏, 吴文新, 刘正扉, 晋卫军\*

北京师范大学化学学院, 北京, 100875 E-mail: [wjjin@bnu.edu.cn](mailto:wjjin@bnu.edu.cn)

在非共价键相互作用研究领域,  $\sigma$ -穴键和 $\pi$ -穴键已经成为目前新的研究热点, 其概念源于分子表面静电势和电子密度, 具有明晰的物理意义。 $\sigma$ -穴是指分子实体中, 沿着Y-L共价 $\sigma$ -键键轴方向延伸的外围中心正的表面静电势区域(一般具有较低电子密度), 其中Y代表吸电子基团或具有更大电负性的原子, L代表P区元素和惰性气体元素(icosagen, tetrel, pnictogen, chalcogen, halogen, aerogen)。 $\pi$ -穴是指在垂直于分子实体 $\sigma$ -骨架平面正的表面静电势区域(一般具有较低电子密度)。正的 $\sigma$ -穴和 $\pi$ -穴与同一或不同分子中富电性位点(B)之间的有方向性的非共价的吸引相互作用分别称之为 $\sigma$ -穴键和 $\pi$ -穴键, 可以表达为:

$\sigma$ -hole( $\sigma_h$ ) $\cdots$ B ( B= $\pi$ , lep, 自由基等)

$\pi$ -hole( $\pi_h$ ) $\cdots$ B

本摘要将结合近几年课题组的研究进展, 系统报告  $\pi$ -穴 $\cdots\pi$  键和  $\sigma$ -穴 $\cdots\pi$ /lep 键在力感、碘分子传感和圆偏振发光材料设计中的应用。

中文关键词:  $\sigma$ -穴键,  $\pi$ -穴键, 化学传感, 磷光材料

英文关键词:  $\sigma$ -hole bonding,  $\pi$ -hole bonding, chemosensing, phosphorescence materials

国家自然科学基金资助课题 (No.21974011)

# Lateral Flow Nucleic Acid Biosensors

刘国东 教授

安徽科技学院

Abstract:

Lateral flow nucleic acid biosensors (LFNAB) have attracted considerable interest due to its short assay time, easy-to-use, low-cost and no requirement of expensive instrumentation. LFNAB-based visual detection of interested targets (DNAs, proteins, pathogen, toxic metals, cells) offer a great point-of-care tool for biomedical and environmental applications. Our research group focus on the development and applications of LFNAB platform with high sensitivity and selectivity. This presentation will introduce the principles of LFNAB, and discuss the design of nucleic acid probes and novel signal amplification strategies with emerging nanomaterials and nucleic acid amplification methods. The application of LFNABs on the diagnosis of pancreatic cancer and lung cancer will be presented.

# 电化学超微电流测量芯片与阵列化

应佚伦\*<sup>1</sup>, 于汝佳<sup>1</sup>, 龙亿涛<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南京大学, 化学化工学院, 江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, 210023

Email: yilunying@nju.edu.cn

## 摘要:

单个体电化学测量的挑战在于亟需设计发展具有超低电流检测能力的电化学测量装置, 实现单个体在限域测量界面上超微弱电化学信号的获取。研究通过采用基于 CMOS 工艺的运算放大器芯片作为前置电流放大的输入级并设计集成化电磁屏蔽系统, 显著降低电流放大过程中的偏置电流输入和电流噪音, 设计低噪音调控电路, 采用高精度数模转换芯片, 实现高分辨低噪音电压调控, 在不影响电流检测时间分辨和检测量程的前提下, 实现对单个体电化学信号的低噪音测量。利用该超微电流装置实现了单个体精准动态分析, 建立了单分子界面构建新方法<sup>[1-2]</sup>。利用具有纳米几何构型纳米孔道的“电化学空间限域”效应, 将单个分子的“电化学过程”限域在单个纳米孔道内, 将单个分子界面电荷传递过程精巧地转化为极易分辨的孔尖离子流增强时序信号<sup>[3-4]</sup>, 建立了具有孔尖电荷极化增强效应的纳米孔电化学分析新机制, 实现对单个活细胞内电子传递载体还原型辅酶 I (NADH) 的高选择性, 高灵敏度, 低损伤测量<sup>[5]</sup>。

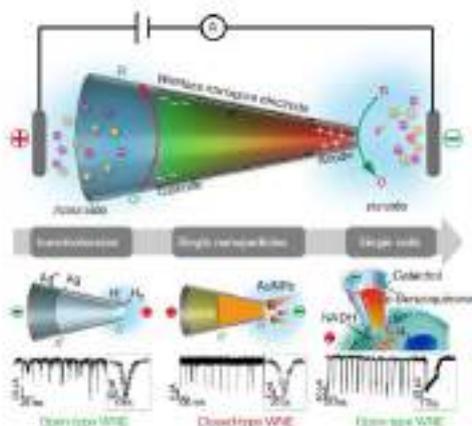


Fig. 1 Wireless nanopore electrode for single entity analysis

关键词: 无线纳米孔电极; 限域电化学; 单分子传感; 高电流分辨

## 参考文献:

- [1] Y.-L. Ying, J. Zhang, R. Gao, Y.-T. Long\*. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2013, 52, 13154-13161.
- [2] Y.-L. Ying, D.-Z. Feng, D.-P. Zhan, Y.-T. Long\*, *Chem. Sci.*, 2017, 8, 3338-3348.
- [3] R. Gao, Y.-L. Ying\*, Y.-X. Hu, Y.-J. Li, Y.-T. Long\*, *Anal. Chem.*, 2017, 89, 7382-7387.
- [4] R. Gao, Y.-L. Ying\*, Y.-J. Li, Y.-X. Hu, R.-J. Yu, Y.-T. Long\*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 54, 1011-1015.
- [5] Y.-L. Ying, Y.-X. Hu, R. Gao, R.-J. Yu, Z. Gu, L. P. Lee, Y.-T. Long\*, *J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 140, 5385.

# 基于核磁共振方法的膜蛋白动态构象变化分析进展汇报

田长麟

中国科学技术大学生命科学学院，中科院强磁场科学中心，合肥，230020

膜蛋白在细胞生理活动中起着重要的作用，是细胞与胞外环境，细胞与细胞之间的信息、物质、能量交换的重要执行者。有关膜蛋白的动态机制分析，特别是其中在不同功能状态下的构象变化分析，远远落后于其结构解析与细胞功能研究。核磁共振方法在揭示小分子量蛋白质的动态特性方面具有重要优势。发展综合应用定点标记方法与核磁共振技术能有效实现特定位点的膜蛋白动态构象变化分析，包括基于非天然氨基酸的特定位点核磁共振分析；基于氨基酸标记的特定位点核磁共振分析；基于全标记方法的核磁共振分析。这些方法已经在分析离子通道选择性，G 蛋白耦联受体与 G 蛋白相互作用过程中具有重要的应用。同时，也为分析配体分子与离子通道蛋白的相互作用提供了重要的应用思路。

# 细胞内蛋白质弱相互作用的检测研究

姚礼山\*, 宋乡飞, 王梦婷, 王业飞, 安辽原

中国科学院青岛生物能源与过程研究所, 青岛, 中国, 266101

Email yaols@qibebt.ac.cn

## 摘要:

蛋白质发挥功能的“原位”环境是细胞,因此在细胞内开展蛋白质的结构和动力学研究对蛋白质功能的解析至关重要。细胞内大分子的浓度可以达到 300-450g/L,拥挤的细胞环境可能会影响蛋白质的折叠,进而影响其功能。但是细胞环境如何影响蛋白质折叠过程目前并不很清晰。我们以 IgG 结合蛋白质 GB3 为研究体系,采用核磁共振技术,对其在细胞内的折叠态与解折叠态之间的构象交换进行了表征<sup>1</sup>。结果表明蛋白在细胞内和缓冲溶液中的折叠和解折叠的动力学过程有较大差异,折叠态、解折叠态和过渡态的相对自由能受到了细胞环境的影响。进一步研究表明,这一影响主要来自于细胞内的五级作用,但这种作用不足以改变蛋白质的折叠态和解折叠态的构象。该研究结果也表明离体条件下的蛋白质功能研究需要在细胞环境中进行独立验证。而渗透剂的引入在细胞内和缓冲溶液中也对蛋白质折叠产生了差异性的影响<sup>2</sup>。另外,我们还发展了检测细胞内弱相互作用的技术方法,测量了细胞内静电相互作用,探索了复杂细胞环境对于静电的影响机制。对于细胞内蛋白质折叠与相互作用的检测技术发展为未来研究细胞内蛋白质功能提供新的方法与思路。

**关键词:** 蛋白质; 五级作用; 静电作用; 核磁共振

## 参考文献:

[1] Song X, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 141 (2019), 11363-11366

[2] Song X, et al., *ACS Chem. Biol.* 16 (2021), 864-871

# 单颗粒分析与生物传感

范文娇, 卢晓慧, 任伟, 刘成辉\*

陕西师范大学化学化工学院, 陕西省生命分析化学重点实验室

Email: liuch@snnu.edu.cn

## 摘要:

以磁性微纳米颗粒作为反应载体, 结合荧光信号扩增策略, 目前已成为生化分析领域的重要手段。但如何实现微纳米颗粒表面荧光信号的精准、快速、灵敏检测, 仍存在一定挑战。基于此, 我们发展了系列基于微纳米颗粒界面信号富集及单颗粒信号读出模式的生物传感新方法。一方面, 我们构建了基于单颗粒计数模式的数字式流式和成像分析新体系。通过在单个微/纳米颗粒表面设计简便高效的单分子核酸扩增体系、以及单分子引发的高度限域化荧光信号富集反应, 利用常规流式细胞仪及单颗粒荧光成像技术对阳性颗粒进行数字式统计, 实现了核酸、蛋白及酶活性的精准定量分析, 避免了常规数字式检测技术对微乳及微反应室的依赖。另一方面, 鉴于传统方法使用大量微球载体带来显著的信号稀释等问题, 我们提出了一种以单个微球为核酸扩增及信号富集载体的分子诊断新方法, 发展了针对单微球体系的微流控芯片与器件, 实现了单微球传感体系的自动化操作。结合荧光及 SERS 成像手段, 成功实现了 microRNA、蛋白、酶类等生物标志物的单细胞及单分子水平检测。

**关键词:** 数字式检测, 流式荧光, 单颗粒分析

## 参考文献:

- [1] X. Lu<sup>†</sup>, C. Hu<sup>†</sup>, D. Jia, W. Fan, W. Ren\*, C. Liu\*. *Nano Lett.*, 2021, 21, 6718–6724.
- [2] Y. Qi, Y. Zhai, W. Fan, W. Ren, Z. Li, C. Liu\*. *Anal. Chem.*, 2021, 93, 1620-1626.
- [3] W. Fan, Y. Qi, X. Lu, W. Ren, C. Liu\*, Z. Li. *Chem. Commun.* 2020, 56, 7179-7182.
- [4] X. Lu, W. Ren, C. Hu, C. Liu\*, Z. Li\*. *Anal. Chem.*, 2020, 92, 12387-12393.
- [5] H. Tian, W. Zhao, X. Liu, C. Liu\*, N. Peng\*. *ACS Sens.*, 2020, 5, 798-806.

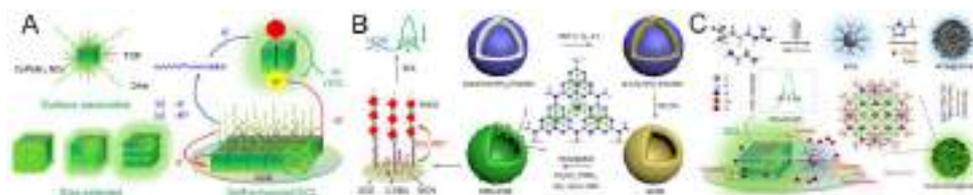
# 新型卤化物钙钛矿的电化学发光研究及其生物传感应用

曹越<sup>1</sup>, 朱俊杰<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 南京大学

\*Email: jjzhu@nju.edu.cn

卤化物钙钛矿材料具有优异的光物理性能, 近年来被证明是一种极具潜力的电化学发光(ECL)材料<sup>[1]</sup>。本工作首先研究了配体辅助再沉淀法合成的 CsPbBr<sub>3</sub> 纳米晶体(NCs)的 ECL 性能, 发现其表面的油胺配体可以同时充当稳定剂和共反应剂, 实现自增强 ECL。同时, 通过合成中的溶剂调控和合成后的表面处理得到尺寸选择和表面钝化的 CsPbBr<sub>3</sub> NCs, 表现出相对于 Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>/三正丙胺体系 57.08% 的 ECL 效率和良好的水相稳定性。基于该材料首次实现了对双氧水、抗坏血酸、肿瘤细胞三种模型分析物的 ECL 生物传感<sup>[2]</sup>。其次, 通过构建半导体异质结构来实现 CsPbBr<sub>3</sub> NCs 稳定性与 ECL 性能的同时提高。具体将 CsPbBr<sub>3</sub> NCs 原位封装入中空 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 纳米微球(HCNS)内部。HCNS 不仅保护了内部的 CsPbBr<sub>3</sub> NCs, 还提供了匹配的能级结构使其 ECL 性能得到提升。同时, 利用该复合材料电位分辨的双 ECL 输出实现了比率型评估 MCF-7 细胞表面 CD44 受体的表达<sup>[3]</sup>。再者, 为改善 CsPbBr<sub>3</sub> NCs 稳定性和增加电荷传输性能, 本工作通过将氨基碳点和 CsPbBr<sub>3</sub> QDs 共同原位组装入多层次孔隙的金属有机框架材料 ZIF-8 中, 形成具有自增强 ECL 性能的三元表壳结构, 实现了高效且稳定的 ECL 响应。基于该材料提出的 ECL 共振能量转移策略实现了对 T4 多核苷酸激酶活性的高灵敏评估<sup>[4]</sup>。最后, 为从根本上解决铅卤钙钛矿有毒性和稳定性差的缺点, 通过使用性质相近的铋元素替代晶格中的铅元素, 优化反应条件制备了环境友好的 Cs<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>Br<sub>9</sub> QDs, 并研究了其电化学和 ECL 行为, 证明其在 ECL 领域巨大的潜力<sup>[5]</sup>。本工作通过合理设计卤化物钙钛矿材料的组成和结构实现其高性能的 ECL, 为相关 ECL 体系的开发和生物分析应用提供了新的思路。



**Fig. 1** (A) Schematic illustration of self-enhanced ECL mechanism of the size-selected and surface-passivated CsPbBr<sub>3</sub> NCs; (B) Construction process of CsPbBr<sub>3</sub>-HCNS hybrids and the potential-resolved dual ECL readouts; (C) Construction process and performance exhibition of CsPbBr<sub>3</sub>-NCDs@HZIF-8 ternary nanocomposite.

**关键词:** 卤化物钙钛矿材料、电化学发光、生物传感

**参考文献:**

- [1] Cao, Y.; Zhu, J.-J. *Front. Chem.* 9 (2021) 629830
- [2] Cao, Y.; Zhu, W.; Li, L.; Zhang, Z.; Chen, Z.; Lin, Y.; Zhu, J.-J. *Nanoscale* 12 (2020) 7321
- [3] Cao, Y.; Zhu, W.; Wei, H.; Ma, C.; Lin, Y.; Zhu, J.-J. *Anal. Chem.* 92 (2020) 4123
- [4] Cao, Y.; Zhou, Y.; Lin, Y.; Zhu, J.-J. *Anal. Chem.* 93 (2021) 1818
- [5] Cao, Y.; Zhang, Z.; Li, L.; Zhang, J.-R.; Zhu, J.-J. *Anal. Chem.* 91 (2021) 8607

# 柔性可拉伸电化学生物传感

黄卫华

武汉大学化学与分子科学学院

Email: whuang@whu.edu.cn

体内的细胞、组织和器官易于形变，且能灵敏感应微环境中的多种力学刺激，通过激活复杂信号通路引发一系列生物化学反应，最终调节细胞形态和功能，该过程被称为“力学信号转导”。尽管电化学方法在细胞及组织实时监测方面发挥了极其重要的作用，但常规电极缺乏弹性，难以顺应细胞及组织形变并获取力学信号转导过程的重要生化信息。为此，我们发展了一系列基于金纳米管和碳纳米管等一维纳米材料的柔性可拉伸电化学生物传感器，进一步利用复合纳米结构提升了传感器检测灵敏度、选择性、生物相容性以及光致可更新性能。在此基础上实时动态监测了内皮细胞、软骨细胞以及肠道组织在力学刺激下的信号分子动态释放，充分展示了柔性可拉伸电化学生物传感策略在细胞及组织力学信号转导研究方面的独特优势及前景。

**关键词：**柔性电化学生物传感器，力学信号转导，实时动态监测

**参考文献：**

- [1] Liu, Y. L.; Jin, Z. H.; Liu, Y. H.; Hu, X. B.; Qin, Y.; Xu, J. Q.; Fan, C. F.; Huang, W. H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, **55**: 4537.
- [2] Jin, Z. H.; Liu, Y. L.; Chen, J. J.; Cai, S. L.; Xu, J. Q.; Huang, W. H. *Anal. Chem.* **2017**, **89**: 2032.
- [3] Liu, Y. L.; Qin, Y.; Jin, Z. H.; Hu, X. B.; Chen, M. M.; Liu, R.; Amatore, C.; Huang, W. H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, **56**: 9454.
- [4] Wang, Y. W.; Liu, Y. L.; Xu, J. Q.; Qin, Y.; Huang, W. H. *Anal. Chem.* **2018**, **90**: 5977.
- [5] Fan, W. T.; Liu, Y. L.; Huang, W. H. *Anal. Chem.* **2020**, **90**: 5977.
- [6] Qin, Y.; Hu, X. B.; Fan, W. T.; Yan, J.; Cheng, S. B.; Liu, Y. L.; Huang, W. H. *Adv. Sci.* **2021**, 202003738.
- [7] Liu, Y. L.; Chen, Y.; Fan, W. T.; Cao, P.; Yan, J.; Zhao, X. Z.; Dong, W. G.; Huang, W. H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, **59**: 4075.
- [8] Liu, Y. L.; Huang, W. H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, **60**: 2757.

# 材料全生命周期可视化分析

吕超<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup> 北京化工大学化工资源有效利用国家重点实验室, 中国北京, 100029

<sup>2</sup> 郑州大学化学学院绿色催化研究中心, 中国郑州, 450001

\*Email: luchao@mail.buct.edu.cn

## 摘要:

聚合物材料广泛应用于日常生活、生物医学以及国防军事等领域。在聚合物产品服役过程中, 会不可避免地接触外界光、热、氧等条件而发生老化。老化的发生会导致聚合物结构劣化、形态分解、功能失效, 最终发生灾难性事故。例如, 2017年日本核泄漏事故是由于乙烯基聚合物容器的老化造成。因此, 对聚合物材料老化的准确判定, 特别是对聚合物老化的早期检测和老化过程监测是避免材料老化引发事故最有效的手段。为解决这一问题, 利用共聚焦激光扫描显微 (CLSM) 技术对聚合物材料的老化过程进行了三维荧光成像, 实现了对聚合物材料的全生命周期可视化分析。以聚合物老化过程中因结构变化产生的官能团为目标, 设计具有不同靶向基团及发光基团的荧光探针分子, 通过对官能团的特异性识别, 实现对聚合物老化进程的原位、无损检测。进一步采用定量分析方法, 对聚合物材料在一维深度、二维平面、三维空间上的变化过程进行动力学计算, 挖掘不同外界因素对聚合物微观结构的关键作用, 为进一步监测聚合物材料老化过程、预测材料寿命提供了基础。本工作发表后, 受到国内外企业的关注, 目前已与金发科技股份有限公司就聚合物老化研究签订开发合同, 与中国电力科学研究院、广州合成材料研究院有限公司在材料老化检测、生命周期评估及寿命预测方面建立良好合作。

**关键词:** 成像分析, 聚合物, 老化, 荧光识别, 寿命预测

## 参考文献:

[1] Zhang, Z.; Tian, R.; Zhang, P.; Lu, C.; Duan, X. *ACS Cent. Sci.*, 2020, 6: 771.

[2] Zhang, Z.; Tian, R.; Lu, C.; Duan, X. *Anal. Chem.*, 2021, 93, 10301.

# 基于单层石墨烯电极的单细胞电子转移研究

陈子轩\*

南京大学

chenzixuan@nju.edu.cn

## 摘要:

细胞是生命体形态结构和生命活动的基本单位,对单个细胞的研究可以探索细胞内和细胞间的生化过程,并揭示存在于细胞之间的根本差异。针对单细胞传感中灵敏度低、背景干扰等关键挑战,我们通过提出电化学传感新机制和构建基于单层石墨烯的高灵敏微纳光电化学界面,对单细胞内生物分子进行了电化学成像,并进一步利用胞内微纳界面实现了对细胞生命过程的动态监测。我们提出基于单层石墨烯“费米-电荷”的电化学信号输出新机制,发展了石墨烯电化学显微镜,将法拉第电流检测限突破至阿托安级,成功观测到单分子水平细胞色素 c 的电子转移事件;进一步地,利用该石墨烯电化学显微镜对单细胞水平的电活性微生物进行了胞外电子转移研究,揭示了金纳米颗粒对外膜细胞色素的修复机制;我们还发现了微生物细胞类似变色龙的结构色响应机制,发展了结构色显微镜,并以此实现了亚细胞级别的电子转移动力学研究。

**关键词:** 石墨烯电化学显微镜、电子转移、单细胞检测、电化学传感、结构色显微镜

## 参考文献:

- [1] Xia, Q.; Chen, Z.; Xiao, P.; Wang, M.; Chen, X.; Zhang, J.-R.; Chen, H.-Y.; Zhu, J.-J\*, *Nat. Commun.* 2019, 10 (1), 3849.
- [2] Xia, Q.; Chen, X.; Liu, C.; Song, R.-B.; Chen, Z\*.; Zhang, J.-R.\*; Zhu, J.-J. \*, *Nano Lett.* 2021, 21 (18), 7823-7830.

# 可抛式电化学适配体传感器设计及典型霉菌毒素灵敏检测研究

崔海宁, 贾素莉, 钱静\*, 王坤\*

江苏大学, 化学化工学院, 镇江, 212013

\*Email: qianj@ujs.edu.cn; wangkun@ujs.edu.cn

## 摘要:

霉菌毒素是玉米、花生等农作物中最主要的天然污染物之一, 其中黄曲霉毒素 B1 是世界公认的三大致癌物之一, 对人体具有严重的致癌、致畸、致突变危害。电化学分析法具有操作简单、响应速度快、灵敏度高、检测成本低及仪器易于微型化等优势。与传统的分子识别元件抗体相比, 核酸适配体具有诸多优势, 如更高的特异性和亲和性, 更低的制备成本, 更广泛的靶分子范围, 更易修饰功能基团等。以核酸适配体为分子识别元件, 以廉价易得的丝网印刷电极或氧化铟锡 (ITO) 电极为基底, 结合功能纳米材料的吸附、催化、信号放大以及增强光电信号的能力, 构建了一系列可抛式电化学适配体传感器, 实现了农产品中单一霉菌毒素的灵敏检测或多种霉菌毒素的同时检测。

**关键词:** 可抛式电化学适配体传感器; 核酸适配体; 霉菌毒素; 灵敏检测

# Eu<sup>3+</sup>功能化的金属有机骨架传感器用于检测胆红素

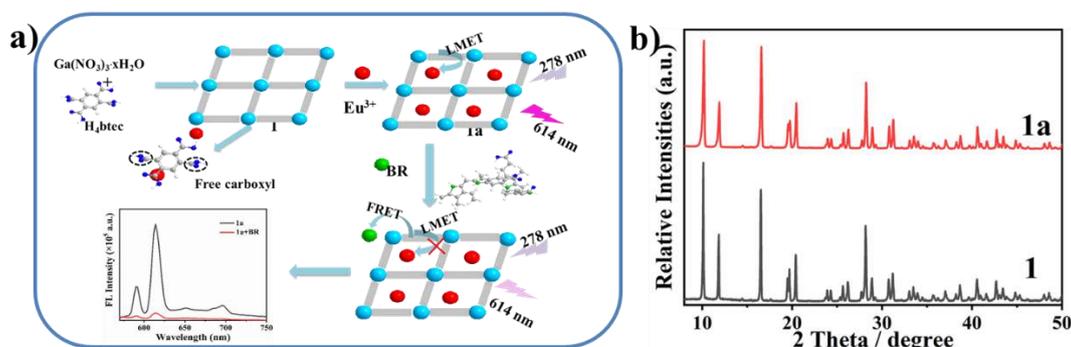
王妮, 阮晴, 卢小泉\*

西北师范大学, 甘肃 兰州, 730070

\*Email: luxq@nwnu.edu.cn

## 摘要:

胆红素 (BR) 被认为是黄疸型肝炎的生物标志物, 可通过 Eu 功能化的发光金属有机骨架 (1a) 传感器进行检测。1a 的 Eu<sup>3+</sup> 发出的红色发射很容易被 BR 通过与其配体之间的荧光共振能量转移 (FRET) 过程猝灭, 因此, BR 被成功识别。该探针显示出许多吸引人的特性, 例如高灵敏度、快速响应 (3 分钟)、宽响应窗口 (0.5-20 μM) 和低的检测限 (0.32 μM) 出色的选择性。因此, 报道的镧系金属有机骨架 (Ln-MOF) 传感平台在临床诊断 BR 方面具有广阔的应用前景。



a) 1a 探针的合成及检测 BR 的示意图, b) 合成的 1 (黑线) 和 1a (红线) 的 PXRD 图

**关键词:** 胆红素; 镧系金属有机骨架 (Ln-MOF); 荧光共振能量转移

## 参考文献:

- [1] Hao J N, Yan B, *Advanced Functional Materials*, 2017, 27(6): 1603856.
- [2] Broichhagen J, Trauner D, *Angewandte Chemie International Edition*, 2013, 52(52): 13868-13870.

# 常压质谱传感与超灵敏生物标志物分析

白玉\*

北京大学化学与分子工程学院, 北京, 100871

Email: yu.bai@pku.edu.cn

常压离子化装置作为质谱的重要离子化和进样部件, 可以进行原位取样和进样、几乎无需样品前处理, 装置搭建形式灵活多样。其与质谱结合在原位、实时和高通量检测领域发挥重要作用[1]。生物标志物与疾病的诊断、治疗和预后密切相关, 在临床中应用广泛, 因此, 对生物标志物的灵敏、准确、高效检测成为临床应用的重要基础。近年来, 随着患者友好和床旁诊断的需求加剧, 单滴血, 甚至体积仅为 pL 的单个细胞成为备受关注的分析对象, 这使得极小体积样本中生物标志物的检测越来越具挑战性。我们设计新型常压质谱离子化源, 建立质谱传感平台, 在单滴血和单细胞中生物标志物的检测方面开展了一系列研究工作:

基于新型电喷雾加速的基底电喷雾离子化装置, 结合罗丹明类高灵敏质谱标签提出多重信号放大策略, 构建了高灵敏常压质谱免疫分析平台。实现了 zmol 水平标准凝血酶蛋白质检测。与芯片阵列式快速检测结合, 可实现微升级血清中 CA125 肿瘤标志物的快速筛查 [2]; 设计激光可裂解质谱标, 实现了细胞表面聚糖的分析以及肿瘤组织和癌旁组织表面聚糖的可视化质谱成像[3]; 利用纸芯片作为基底, 实现了 10 微升血清的单次运行即可同时分析 6 种肿瘤标志物, 且结果与临床报告吻合度良好 [4]; 利用基于迪恩流的微流控单细胞排列技术, 结合纳升电喷雾-高分辨质谱, 搭建了多维度有机质谱流式细胞分析平台。首次实现单细胞中蛋白质和代谢物等多维度的分子信息的同时获取, 利用获取的综合信息显著提高了细胞分型特异性和灵敏度; 相关结果为肿瘤耐药相关机制研究提供重要的分析技术和分子基础 [5]。

**关键词:** 常压离子化; 高灵敏; 标志物; 质谱

**参考文献:**

- [1] Ai, W.P.; Nie, H.G.; Song, S.Y.; Liu, X.Y.; Bai, Y.; Liu, H.W. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 2018, 29: 1408.
- [2] Xu, S.T.; Ma, W.; Bai, Y.; Liu, H.W. *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141: 72.
- [3] Xu, S.T.; Liu, M.X.; Feng, J.; Yan, G.T.; Bai, Y.; Liu H.W. *Chem. Sci.* 2021, 12: 4916.
- [4] Ma, W.; Xu, S.T.; Nie, H.G.; Hu, B.Y.; Bai, Y., Liu, H.W. *Chem. Sci.* 2019, 10: 2320.
- [5] Xu, S.T.; Liu, M.X.; Bai, Y.; Liu, H.W. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60: 1806.

# 用于生物医学检测的纳米电化学生物传感与有机小分子荧光探针研究

贾能勤\*

上海师范大学化学与材料科学学院, 邮编: 200234; 电话: 021-64321045; 传真:  
021-64321833

Email: nqjia@shnu.edu.cn

## 摘要:

发展灵敏度高、特异性强的早期诊断新方法和新技术, 对癌症等恶性疾病的早期诊断和治疗有着重要的意义。由于纳米材料的独特理化性质, 在空间维度上纳米粒子与生物大分子相仿, 更易接近生物分子的靶向位点并可保持生物活性; 同时纳米材料具有高的比表面积, 可提高生物分子的负载量; 并提高检测灵敏度并且生物分子间的任一作用可以引发纳米生物界面的电子性质、光学性能等的显著改变。因此纳米技术在生物传感、药物载体、重大疾病诊疗等医学相关领域表现出强大临床应用前景。近年来本课题组开展了新型纳米生物探针与有机荧光探针的构建及其在生物医学、环境、食品安全检测等方面的应用基础研究, 取得了一些研究成果: 1) 基于片层状  $\text{MoS}_2$ -Au-hemin、Pt@BSA、CNS@AuNPs 等纳米复合材料, 成功构建了对肿瘤细胞 A549、瘦肉精、双酚 A 等高效灵敏检测的无酶电化学传感平台与电化学细胞传感器; 2) 利用光电化学转换效应, 以  $\text{Cu}_2\text{O}$ /PPy、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、Au/ $\text{P}_{25}$  等半导体复合物为光电基底材料, 结合分子印迹识别技术和光电化学传感技术, 实现了对微囊藻毒素-LR、双酚 A、多巴胺等的高效快速定量检测; 3) 基于电化学发光技术综合电化学技术与化学发光分析的优势, 有效构建了基于 luminol-Ag@BSA、Ag-g- $\text{C}_3\text{N}_4$ 、MWCNTs/AuNPs、 $\text{MoS}_2$ -PEI-Au 等纳米复合材料的新型电化学发光传感器, 成功应用于肿瘤标志物 (CA19-9、AFP 等)、 $\beta$ -淀粉样蛋白、硫酸阿托品等物质的高灵敏检测; 4) 有机荧光探针是分析传感和光学成像的强有力分子工具, 可提供关于人们感兴趣的生物分子的定位和定量以及直接可视化和动态信息, 具有高灵敏度、特异性、快速响应和技术简单等特性。基于 FRET、ESIPT、ICT 等传感机制, 本研究小组构建了一系列高效灵敏的荧光传感探针体系, 实现了对活细胞内相邻巯基蛋白的检测和可视化跟踪, 比值型荧光探针对细胞内的高碘酸根及其细胞热休克 pH 值变化的检测、多功能探针对活体斑马鱼伤口的监测等。

**关键词:** 纳米电化学; 小分子荧光探针; 生物医学检测

## 参考文献:

- [1]. C. Y. Hu, D. P. Yang, K. Xu, H. M. Cao, B. N. Wu, D. X. Cui, N. Q. Jia, *Anal. Chem.*, 2012, 84: 10324-10331.
- [2]. C. Y. Hu, D. P. Yang, Z. Y. Wang, L. L. Yu, J. L. Zhang, N. Q. Jia, *Anal. Chem.*, 2013, 85: 5200-5206.
- [3]. Huang C S, Jia T, Zhu W H, Jia N Q, et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2014, 136: 14237-14246.
- [4]. Y. N. Xu, H. Wu, C. S. Huang, C. Q. Hao, B. N. Wu, C. C. Miao, S. Chen, N. Q. Jia.

Biosens. Bioelectron. 2015, 66: 321–326.

[5]. A. M. Zhang, H. K. Xiang, X. Zhang, W. W. Guo, E. H. Yuan, C. S. Huang, N. Q. Jia. Biosens. Bioelectron. 2016, 75: 206–212.

[6]. L. L. Wu, Y. Wang, T. D. James, Jia N Q, C. S. Huang. Chem. Commun. 2018, 54: 5518-5521.

[7]. H. F. Sha, Y. Zhang, Y. F. Wang, H. Ke, X. Xiong, H. G. Xue, N. Q. Jia. Biosens. Bioelectron. 2019, 132:203–209

[8]. Y. F. Wang, Y. Zhang, H. F. Sha, X. Xiong, N. Q. Jia. ACS Appl Mater Interfaces. 2019, 9;11(40):36299-36306.

[9]. D. Y. Zhao, Y. Zhang, S. W. Ji, Y. Lu, X. X. Y. Bai, M. T. Yin, C. S. Huang, N. Q. Jia. Biosens. Bioelectron. 2020;173:112816.

# 动力电池的材料制备、梯次利用与再制造中的原位检测方法

徐盛明<sup>1\*</sup>, 刘仕强<sup>2</sup>, 韩宇<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 清华大学, <sup>2</sup> 中国汽车技术中心有限公司, <sup>3</sup> 中国长江三峡集团新能源科学技术研究院

Email: smxu@tsinghua.edu.cn

## 摘要:

新能源汽车已成为全球汽车行业的热点。根据《新能源汽车产业规划 2021~2035》，2025 年中国新能源汽车将占汽车总产量的 20%（即 500 万辆），2035 年新能源汽车占比将达到 50% 以上（即 1250 万辆以上）。因此，新能源材料制备、动力电池制造、退役动力电池的梯次利用、资源回收利用与材料再制造等产业方心未艾。

作者将简要地新能源汽车动力电池的材料制备、退役动力电池梯次利用与再制造过程中的若干离线与原位检测方法，如：锂硫电池研究中的原位光学检测技术、基于原位光学法的锂离子电池碳负极中锂的嵌入与脱出机理研究、退役动力电池的快速分级与余能检测、锂离子电池三元材料中镍、钴、锰含量以及杂质元素的精准检测等。

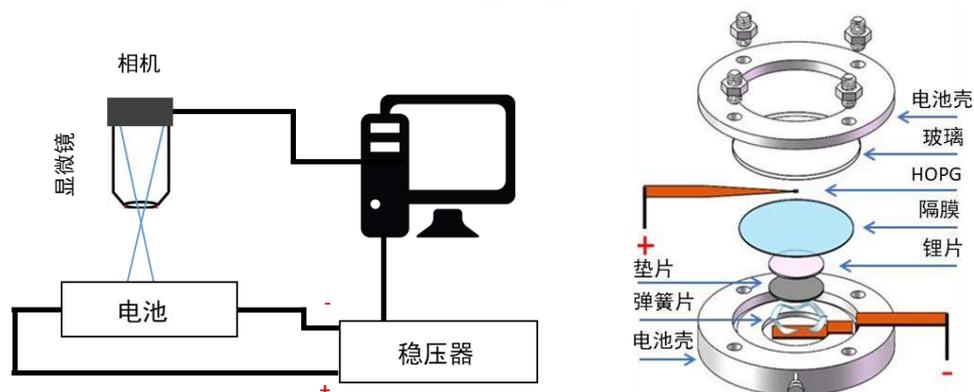


图 1 原位光学法石墨嵌锂过程研究的装置示意图

**关键词:** 动力电池；材料制备；梯次利用；材料再制造；原位检测方法

## 参考文献:

- [1] Zhang Li, Qian Tao, Zhu Xingyu, Hu Zhongli, Wang Mengfan, Zhang Liya, Jiang Tao, Tian Jing-Hua and Yan Chenglin.. *Chem. Soc. Rev.*, 2019, 48, 5432—5453
- [2] 韩宇. 碳基电极材料的新型制备技术及储能机理[D], 清华大学博士学位论文, 2020
- [3] Gao Tao, Han Yu, Dimitrios Fraggadakis, Supratim Das, Zhou Tingtao, Che-Ning Yeh, Xu Shengming, William C. Chueh, Ju Li, and Martin Z. Bazant., *Joule* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.12.020>

## DNA 表观遗传修饰的精准分析

赖玮毅<sup>1</sup>, 张蕊<sup>1,2</sup>, 陈少坤<sup>1,2</sup>, 郑婧<sup>1,2</sup>, 赵志毅<sup>2</sup>, 汪海林<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中科院生态环境研究中心, 环境化学与生态毒理学国家重点实验室, 北京, 100085

<sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京, 100049

\*Email: hlwang@rcees.ac.cn

目前, 高等真核生物中所发现生理相关的DNA化学修饰主要有5-甲基胞嘧啶以及其氧化产物。另外, 腺嘌呤甲基化产物N6-甲基腺嘌呤也已检测到, 但丰度较低。这些生理相关的DNA化学修饰, 其中一些已有明确的表现遗传功能, 如DNA胞嘧啶的甲基化、羟甲基化、醛基化、羧基化; 但一些生理功能尚未明确, 如尿嘧啶、5-羟甲基尿嘧啶, N6-甲基腺嘌呤等。我们利用超高效液相色谱-串联质谱发展了高灵敏的DNA化学修饰检测方法。并发展出独特的预处理技术, 可消除DNA提取、UHPLC-MS/MS分析等过程中的细菌污染与干扰。在此基础上, 利用我们发现的代谢依赖型的重稳定同位素标记示踪技术, 可准确定量分析细胞中存在的生理相关的DNA化学修饰, 如N6-甲基腺嘌呤。通过对这些DNA提取技术、样品预处理技术、同位素示踪技术以及UHPLC-MS/MS技术的系统发展, 我们可以准确、高灵敏地检测目标细胞和组织中的DNA化学修饰, 并研究其生理功能。以这些技术方法为基础, 我们发现了果蝇中的DNA腺嘌呤甲基化、mRNA中的胞嘧啶甲基化、生物活性小分子对DNA羟甲基化的调控。并揭示了DNA羟甲基控制环境类雌激素刺激的细胞增殖新机理新通路。

以上是通过检测整体水平上基因组化学修饰研究细胞的生理功能。而细胞内的基因组DNA存在多种高级结构。我们通过发展选择性提取与切割技术, 可获得局部区域DNA的化学修饰类型与水平信息。这些新的分析技术与方法, 将可使我们探究DNA多级结构中的化学修饰分布以及其生理功能。

**关键词:** UHPLC-MS/MS; DNA甲基化; DNA去甲基化; 样品预处理  
**参考文献**

- [1] Liu et al., *Cell Res.*, **2020**, <https://doi.org/10.1038/s41422-020-0317-6>.
- [2] Mo et al., *Anal. Chem.* **2020**, **92**: 7430-7436.
- [3] Zhong et al., *Chem. Res. Toxicol.* **2019**, **32**: 861-868.
- [4] Lai et al., *Trends Analyt. Chem.* **2019**, **110**: 173-182.
- [5] Liu et al., *Hepatology* **2019**, **69**:196-208.
- [6] *Anal. Chem.* **2018**, **90**: 6859-6866.
- [7] Liu et al., *Anal. Chem.* **2017**, **89**: 6202-6209.
- [8] Zhang et al., *Cell* **2015**, **161**:893-906.
- [9] Yin et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, **135**: 10396-10403.
- [10] Zhao et al., *Nucleic Acids Res.*, **2014**, **42**: e81.

# 纳米材料生物组织亚器官质谱成像研究

聂宗秀\*

(单位: 中国科学院化学研究所 地址: 北京市中关村北一街2号 邮编: 100190)

## 个人简介:

聂宗秀, 中国科学院化学研究所, 研究员, 质谱分析。国家杰出青年基金获得者, 以颗粒质谱构建及小分子代谢产物质谱为主要研究方向。设计研制了多种颗粒离子化源及电荷探测器, 构建了离子阱颗粒质谱装置平台, 对微纳尺度颗粒进行了多参数表征; 建立了基于指纹质谱的颗粒分析方法, 获得了纳米颗粒的生物组织质谱成像, 将质谱质量范围拓宽了8个数量级, 从分子质谱的 $10^6$  Da至颗粒的 $10^{14}$  Da; 合成和发现了系列MALDI新基质, 获得了多种动物模型下的代谢小分子质谱成像。近年来在 *Nature Nanotech.*、*Science Adv.*、*Angew. Chem.*、*Anal. Chem.*等期刊发表论文100余篇。发表在*Nature Nanotech.*上的工作, 由杂志社撰文在同期的“新闻视角”中进行了专栏评论, 入选2016年*Nature Nanotech.*杂志10周年专刊。



## 报告内容简介:

纳米材料作为有保护药物小分子在血液循环中不被快速清除、克服生理屏障、特异性地在肿瘤区域蓄积等, 成为药物载体研究的热点。传统的分析技术存在空间分辨率有限、贴标过程复杂、难以同时跟踪纳米载体和药物等问题。我们发展了一种通用、免标记纳米颗粒在生物组织中的质谱成像及药物原位释放新方法, 使用激光脱附电离质谱成像(LDI MSI)方法, 通过在生物组织内同时追踪纳米载体和药物的质谱信号, 实现纳米材料及药物释放行为的研究。在激光剥蚀下同时产生的质谱指纹峰来追踪纳米载体和药物在体内的分布, 无需任何标签, 且不受生物体内源性的分子干扰, 通过原位监测纳米载体和药物的质谱指纹峰强度比值的变化得到定量测量, 发现了在正常和肿瘤模型小鼠中, 药物在组织间和组织内的释放呈现组织依赖性。

**关键词:** 纳米材料、生物组织、质谱成像

相关文献:

1. X. Huang, H.H. Liu, D.W. Lu, Y. Lin, J.F. Liu, Q. Liu\*, **Z.X. Nie**\* and G.B. Jiang, *Chem. Soc. Rev.* 2021, **50** 5243-5280.
2. J. Han, X. Huang, H.H. Liu, C.Q. Xiong\*, and **Z.X. Nie**\*, *Chem. Sci.*, 2019, **10**, 10958-10962.
3. J. Xue, H. Liu, S.M. Chen\*, C.Q. Xiong\*, L. Zhan, and **Z.X. Nie**\*, *Science Advances*,

2018, **4**, eaat9039.

4. C.Q. Xiong, Q.He, X. Huang, W.-P. Peng, H.-C. Cheng, and **Z.X. Nie**<sup>\*</sup>, *Anal. Chem.* 2016, **88**, 11913.

5. S.M. Chen, C.Q. Xiong, H.H. Liu, Q.Q. Wan, J. Hou, Q. He, A. Badu-Tawiah, and **Z.X. Nie**<sup>\*</sup>, *Nature Nanotech.* 2015, **10**, 176.

# 重金属污染与环境健康

林璋\*

中南大学, 冶金与环境学院

Email: zhang\_lin@csu.edu.cn

## 摘要:

利用 HRP 保护获得稳定且形貌完整的银纳米三角片, 利用 DNA 实现银纳米三角片的可控后塑形。多聚胞嘧啶 DNA 可使三角片的角部钝化, 实现三角片到圆片的形貌转变, 通过消光光谱的变化结合模拟电场分布和理论计算, 构建后塑形过程的量化模型。利用此后塑形作用, 可实现两种核酸酶的定量分析。研究 DNA 对金铜纳米晶/氧化石墨烯拉曼增强性能的影响。发现由于不同碱基与该材料亲和力不同, 改变 DNA 序列可促进或抑制拉曼增强效果。基于上述发现构建 DNA 修复酶检测体系, 分析效果明显强于商业试剂盒。制备低毒性的 CuInS<sub>2</sub>/ZnS 核壳量子点, 通过氨基酸的包覆, 提高了水溶性和生物相容性。发现氨基酸包覆在核中荧光发射波长的红移, 实现近红外发光; 包覆在壳中则引起荧光强度的增大。利用此近红外量子点基于阳离子交换的原理, 实现了细胞中 Cd<sup>2+</sup>高灵敏高选择性检测及多色荧光成像。设计具有结合序列和底物序列的三功能多肽, 结合静电作用实现纳米材料间距的控制, 实现凋亡蛋白的定量分析。通过 DNA 末端修饰磷酸基团, 有效抵抗核酸外切酶的降解, 实现了 DNA 末端保护, 实现循环肿瘤 mRNA 的高灵敏高选择性检测。使用多聚胸腺嘧啶作为模板合成了具有荧光发光能力的铜纳米簇, 发现焦磷酸能猝灭此铜纳米簇的荧光。利用碱性磷酸酶对焦磷酸的分解作用, 设计针对碱性磷酸酶及其抑制剂的传感体系。发现竞争型抑制剂的效果好于非竞争型, 还可用于实样血清中碱性磷酸酶的定量分析。

**关键词:** 生物分子; 纳米材料; 调控; 识别

## 参考文献:

- [1] Junyao Li, ..., Zhaoyin Wang\*, Zhihui Dai.\* J. Am. Chem. Soc., 2019, 141, 19533-19537
- [2] Junyao Li, ..., Zhaoyin Wang\*, Zhihui Dai.\* Small 2019, 1901506
- [3] Junyao Li, ..., Zhaoyin Wang\*, Zhihui Dai.\* Chemical Science 2019, 10, 5616-5623

# 单细胞异质性的质谱分析研究

张新荣

(清华大学化学系)

摘要：单细胞的异质性是生命科学研究的重要课题，从已有的研究看主要分为两类技术，即采用单细胞的表型识别技术和分子识别技术。表型识别主要利用 AI 技术，依据人脸识别的类似模式来识别细胞，分子识别则涉及光、电、质谱等多种技术。虽然单细胞的基因组和转录组的分子识别技术已经相对成熟，但单细胞的蛋白组和代谢组技术还远远满足不了生命科学研究需求。本报告拟就作者课题组最近在单细胞质谱研究中所建立的分析方法加以介绍，着重介绍我们与校内医学院一个课题组合作所建立的单细胞质谱成像分析方法、利用这一方法研究生物组织切片上的单细胞异质性、以及微环境对单细胞异质性的影响的研究结果<sup>1</sup>。

文献：1. Yuan ZY, Zhou QM, Cai LS, Pan L, Sun WL, Qumu SW, Yu S, Feng JX, Zhao HS, Zheng YC, Shi ML, Li S, Chen Y\*, Zhang XR\*, Zhang MQ\*, *Nature Methods*, 2021; <https://doi.org/10.1038/s41592-021-01276-3>

# 基于新型金属有机框架复合物的光催化二氧化碳还原

顾晓飞, 郑骋, 吴亚锋, 刘松琴\*

将二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 利用可见光进行催化转化为化学原料或燃料的方法可以降低其浓度, 同时制造化学原料而使可持续发展经济受益, 目前作为一种非常有吸引力的技术受到科学家们广泛的研究<sup>1-2</sup>。金属有机框架材料 (MOFs) 是一种由金属节点和有机配体连接体通过以配位键为主的化学作用力所组成的材料。将 MOFs 材料和不同的半导体材料进行复合, 构造杂化催化剂已成为增强 MOFs 光催化活性的有效方法<sup>3-4</sup>。但是这些复合材料具有一些缺点: (1) 具有光惰性组分, 这将屏蔽光收集, 降低了光活性; (2) 部分 MOFs 材料缺乏明确的活性中心, 无法与复合材料的另一组份构成强相互作用, 从而电荷转移没有明确方向性, 容易发生电子空穴对重新复合; (3) 由于组分之间弱的相互作用, 修饰的材料很容易从 MOFs 骨架上团聚或解离。针对以上问题, 我们课题组通过自组装方法成功制备了新型的超薄卟啉 MOF (PMOF) 和 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 量子点 (g-CNQD) 配位复合物, 用于光催化还原 CO<sub>2</sub>。与裸 PMOF 相比, g-CNQDs/PMOF 杂化复合物不仅表现出增强的光催化 CO<sub>2</sub> 还原活性, 而且对八电子还原 CH<sub>4</sub> 的生成表现出更大的选择性<sup>5</sup>。

## 参考文献:

1. Larcher D, Tarascon JM. Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. *Nature Chemistry*, 2014, 7, 19.
2. Shi J, Jiang Y, Jiang Z, Wang X, Wang X, Zhang S, et al. Enzymatic conversion of carbon dioxide. *Chem. Soc. Rev.*, 2015, 44, 5981.
3. Furukawa H, Ko N, Go YB, Aratani N, Choi SB, Choi E, et al. Ultrahigh Porosity in Metal-Organic Frameworks. *Science*, 2010, 329, 424.
4. Maina JW, Pozo-Gonzalo C, Kong L, Schütz J, Hill M, Dumé LF. Metal organic framework based catalysts for CO<sub>2</sub> conversion. *Mater. Horiz.* 2017, 4, 345.
5. Zheng C, Qiu X, Han J, Wu Y, Liu S. Zero-Dimensional-g-CNQD-Coordinated Two-Dimensional Porphyrin MOF Hybrids for Boosting Photocatalytic CO<sub>2</sub> Reduction. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2019, 11, 42243.

# Pt<sup>0</sup> 与 PolyA/-SH 双作用力介导的稳定修饰及探针构建

陈丽芳, 邹振, 雷艳丽, 卿志和\*, 杨荣华

细胞化学湖南省重点实验室, 长沙理工大学化学化工学院, 湖南 长沙 410114

E-mail: qingzhihe@hnu.edu.cn

**摘要:** 功能核酸分子具有易化学合成、可编码、靶标广泛、识别能力强等优势。金属纳米材料具有良好的理化性质, 以金纳米颗粒为例, 金纳米颗粒制备简单、具有高的消光系数、尺寸或距离依赖性颜色变化、表面拉曼增强、光热转化等性能, 为光学探针的发展提供了重要素材, 在比色、荧光、拉曼、电化学等分析探针的构建中已得到广泛研究。功能核酸分子与金属纳米材料的复合是发展相关探针的重要方式之一, 核酸分子在金属纳米材料表面的修饰, 不仅改善其理化性能和实现信号转换, 更是提供选择性识别单元, 提升金属纳米探针应用的广度和深度。核酸分子通常以巯基 (-SH) 与金属纳米材料连接而实现修饰, 但生命体系含有高浓度硫醇类物质 (GSH, Cys 等), 能够竞争性的破坏核酸在金属表面的修饰, 导致假阳性信号或降低信背比。针对该挑战, 我们提出了通过双作用力提升修饰稳定性的策略: 在金纳米颗粒表面“涂”上一层铂 (Pt<sup>0</sup>), 通过冷冻法将核酸分子上的巯基共价连接在铂表面, 另外 Pt<sup>0</sup> 与核酸分子的 Poly A 尾部具有很强的作用力。实验表明, Pt<sup>0</sup> 与 PolyA/-SH 双作用力提高了修饰稳定性, 降低干扰, 提高传感信号的保真度, 又保留了金纳米颗粒的优异光学性能。基于此, 我们发展了针对细胞内生物标记物检测的成像探针、针对体内治疗的靶向性递送探针。

**关键词:** 核酸; 金属; 探针构建; 荧光成像

**参考文献:**

- [1] Lifang Chen, Shuohui Xing, Zhihe Qing\*, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, 60, 23534-23539.
- [2] Zhihe Qing, Guoyan Luo, Shuohui Xing, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, 59, 14044-14048.
- [3] Biwu Liu, Juewen Liu\*. *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 139, 9471-9474.
- [4] Zhen Zou, Libei He, Zhihe Qing\*, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, 60, 22970-22976.
- [5] Fengzhou Xu, Taiping Qing, Zhihe Qing\*. *Nano Today* **2021**, 36, 101021-101042.
- [6] Biwu Liu, Zhicheng Huang, Juewen Liu\*, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 2109-2113.
- [7] Zhihe Qing\*, Jinlei Hu, Jingyuan Xu, et al. *Chem. Sci.* **2020**, 11, 1985-1990.
- [8] Zhihe Qing\*, Jingyuan Xu, Jinlei Hu, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, 58, 11574-11585.

**基金资助:**

国家自然科学基金项目 (21605008、22074008), 湖南省自然科学基金优秀青年基金项目 (2019JJ30025) 等。

# 基于质谱的蛋白质糖基化分析新方法

陆豪杰组

复旦大学化学系和生物医学研究院, 卫健委糖复合物重点实验室  
luhaojie@fudan.edu.cn

## 摘要:

糖基化是一种常见的、复杂的翻译后修饰, 对蛋白质的化学和生物学特性有重要影响。唾液酸是一种酸性 9 碳糖家族, 通常通过唾液酸转移酶通过  $\alpha$ -2,3 和  $\alpha$ -2,6 键连接到半乳糖(Gal)残基上。血清糖蛋白的唾液酸在生物过程中具有重要意义, 包括免疫、凝血和炎症稳态等, 因此, 唾液酸连接异构体的研究对于理解糖基化的作用具有非常重要的意义 [1]。

我们近年来开发了一系列唾液酸连接异构体的质谱定性定量分析方法。通过稳定同位素标记的甲胺盐酸盐对唾液酸糖进行顺序衍生, 将不同连接异构体的唾液酸转化为分子量不同、化学性质相似的分子, 实现了唾液酸连接特异性分析。该方法具有高选择性, 对  $\alpha$ -2,6 和  $\alpha$ -2,3 连接唾液酸的选择性均接近 99%。同位素标记使得衍生后的唾液酸连接异构体具有相同的离子化效率, 可在两个数量级范围内进行高重复性。在对结直肠癌患者血清的分析中, 我们发现 6 个连接异构体水平与健康人血清中存在显著差异, 有望成为疾病靶标[2]。我们还发展了连接特异性衍生和基于微芯片电泳质谱联用的唾液酸异构体分离方法, 实现了对  $\alpha$ -2,3 唾液酸连接异构体的特异性检测。利用甲胺和易带正电荷的 N,N-二甲基乙二胺选择性地衍生  $\alpha$ -2,6 和  $\alpha$ -2,3 连接型的唾液酸, 使  $\alpha$ -2,3 唾液酸连接异构体在酸性条件下带上正电荷, 从而在微芯片电泳中有序迁移, 所含  $\alpha$ -2,3 唾液酸的个数越多, 迁移越快。最后, 该方法成功的从卵巢癌病人血清中定量到了 33 个  $\alpha$ -2,3 唾液酸连接异构体[3]。

我们还发展了基于离子淌度质谱 (IM-MS) 的无需衍生的直接异构体分析策略, 实现了完整糖肽  $\alpha$ -2,6 和  $\alpha$ -2,3 唾液酸连接异构的相对定量。在该方法中, 完整 N-糖肽首先在液相色谱(LC)中进行一维分离, 然后母离子在四极杆中被选择碰撞诱导解离(CID), 产生的碎片在离子淌度池 (IM) 中进行二维的分离, 进入质谱 (MS) 中检测 (LC-CID-IM-MS)。在离子淌度池中, 由于  $\alpha$ -2,6 和  $\alpha$ -2,3 唾液酸化的 B3 碎片离子具有不同的漂移时间, 因此到达时间分布 (ATDs) 下的分布面积可以反映位点特异性的 N-糖肽上连接的  $\alpha$ -2,6 和  $\alpha$ -2,3 唾液酸丰度比。利用这一方法, 我们从血清触珠蛋白(Hp) 中鉴定出 67 种唾液酸化 N-糖肽, 并且发现有 6 条唾液酸糖肽的  $\alpha$ -2,6/ $\alpha$ -2,3 相对定量与健康人血清中存在显著差异 ( $p < 0.001$ )。

**关键词:** N-糖链; 唾液酸; 连接异构; 质谱; 化学衍生;

## 参考文献:

- [1] Li, Y. Y.; Peng, Y.; Lu, H. J\*. Acta Chim. Sinica 2021, 79. DOI: 10.6023/A21020048
- [2] Peng, Y.; Wang, L. M.; Zhang, Y.; Bao, H. M.; Lu, H. J\*. Anal. Chem. 2019, 91: 15993.
- [3] Cheng, M. X.; Shu, H.; Peng, Y.; Feng, X. X.; Yan, G. Q.; Zhang, L.; Yao, J., Bao, H. M.; Lu, H. J\*. Anal. Chem. 2021, 13:5537-5546

# 基于髓过氧化物酶的 DNA 磷硫酰化位点切割

张四纯<sup>1</sup>, 胡志安<sup>1</sup>, 张新荣<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 清华大学化学系

Email: sczhang@mail.tsinghua.edu.cn

## 摘要:

DNA 编辑工具, 特别是针对 DNA 特定位点选择性切割的剪辑工具, 是构建 DNA 分子机器的重要手段。然而, 针对 DNA 位点特异性切割的外源控制方法很难用于生物体复杂转化过程的实时检测, 内源性 DNA 编辑工具相对较少。因此, 开发内源性的特异性位点切割策略, 对 DNA 分子机器的设计并直接响应重要的生物学刺激具有重要意义。

我们发现基于髓过氧化物酶的氯化氧化反应过程可以对硫代磷酸酯 (PT) 修饰的 DNA 进行位点特异性切割 (图 1)。该 DNA 剪切系统由髓过氧化物酶 (MPO)、过氧化氢 ( $H_2O_2$ ) 和氯离子 ( $Cl^-$ ) 三个模块组成 (MHC 体系)。我们首先测试了该体系对 PT 修饰的双链和单链 DNA 进行位点特异性切割的可行性, 并验证了该系统切割硫代修饰 DNA 的机理。随后, 我们构建了 PT 修饰的两种不同功能的 DNA 发夹结构 (ptG4-Hairpin 和 ptHCR-Hairpin) 以验证这种定点切割用于分子机器构建的可行性。

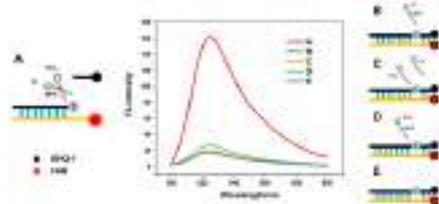


图 1. MPO 的反应系统剪切 PT 修饰的 dsDNA。

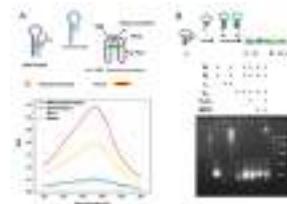


图 2. 定点剪切两种发卡 DNA 示意图

通过 MHC 体系剪辑后, ptG4-hairpin 可与血红素一起转化为 G4-HRP DNA 模拟酶。我们利用 TMB 作为显色剂验证了 MHC 剪刀对 ptG4-hairpin 的作用。ptHCR-Hairpin 被切割后, 可以直接诱导 DNA 杂交链式反应 (HCR), 这使得功能核酸链发生串联自组装进而产生信号放大, 通过匹配相关的荧光团和淬灭团, 实现了对髓过氧化物酶的高灵敏检测。在此基础上, 我们进一步将 MHC 剪刀诱导的 HCR 反应用于活细胞的氧化应激通路研究。利用 PMA 等细胞因子刺激巨噬细胞激活细胞内部的氧化应激通路提高 MPO 酶的活性, 实现对 ptHCR-Hairpin 的切割。切割反应发生后, 在活细胞中可以诱导 DNA 杂交链式反应放大, 实现对氧化应激过程的响应, 成功地对 RAW264.7 细胞和 HeLa 细胞的氧化应激反应进行了实时成像研究。该工作对于构建 MPO 响应的分子机器提供了新的手段。

**关键词:** 髓过氧化物酶; 磷硫酰化 DNA; 定点切割

## 参考文献:

[1] Zhian Hu, Jinlei Yang, Fujian Xu, Gongwei Sun, Xingyu Pan, Mengchan Xia, Sichun Zhang, and Xinrong Zhang, Site-Specific Scissors Based on Myeloperoxidase for Phosphorothioate DNA, *J. Am. Chem. Soc.* 2021, 143, 12361–12368.

# 无酶型单量子点传感器检测 miRNA 和 lncRNA 的研究

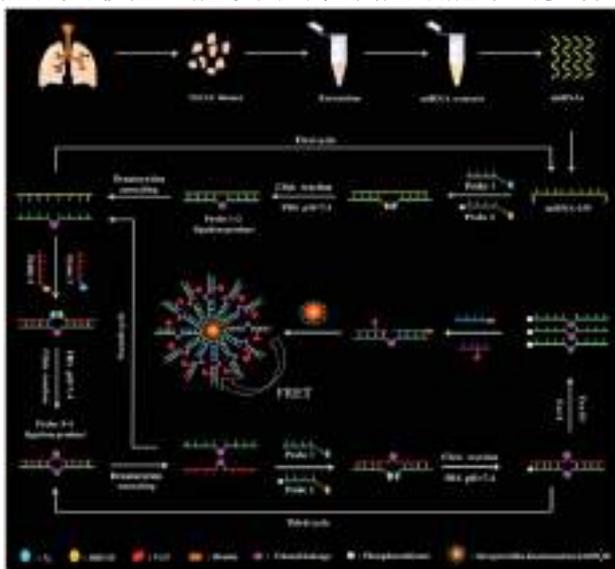
张春阳\*

山东师范大学化学化工与材料科学学院, 济南, 250014

Email: cyzhang@sdu.edu.cn

## 摘要:

miRNA 和 lncRNA 是两种重要的具有调节功能的非编码 RNA (ncRNA)。miRNA 和 lncRNA 的异常表达与多种人类疾病有关, 包括癌症、心血管疾病、神经退行性疾病等。我们开发了基于无酶催化自组装的单个量子点荧光纳米传感器用于肿瘤组织 miRNA 和循环 miRNA 检测。在该方法中, miRNA 的存在可导致生物素/Cy5 双标记的 DNA 双链体的产生, 随后这些双链体可组装在链霉亲和素修饰的量子点 605QD 表面, 诱导 FRET 发生, 信号可以通过基于全内反射荧光成像的单分子荧光方法检测。该传感器不涉及任何反转录酶、铜催化剂和连接酶, 具有高选择性和高灵敏度, 能够区分单碱基错配, 可用于准确检测单个细胞内源 miRNA 和肿瘤组织 miRNA。我们还发展了基于靶标 lncRNA 催化链置换反应的单分子检测方法, 该方法不需要酶催化, 具有双重靶向性、高选择性和灵敏性, 能够同时检测癌细胞中的多种 lncRNA。



**Fig. 1** Schematic diagram of the copper-free and enzyme-free click chemistry-mediated single quantum dot nanosensor for the microRNA assay.

**关键词:** miRNA; lncRNA; 单分子检测; 量子点

## 参考文献:

- [1] Wang, Z. Y.; Li, D. L.; Tian, X.; Zhang, C. Y., *Chem. Sci.* 12 (2021) 10426-10435.
- [2] Zhang, Y.; Wang, C.; Zou, X.; Tian, X.; Hu, J.; Zhang, C. Y., *Nano Lett.* 21 (2021) 4193-4201.
- [3] Ma, F.; Zhang, Q.; Zhang, C. Y., *Nano Lett.* 19 (2019) 6370-6376.

## 基于噬菌体展示的病原微生物检测

马鹏欣, 刘俊冲, 殷鹏雪, 于海朋, 刘培, 王彦博, 王明洋, 刘爱骅\*

青岛大学生物传感技术研究所, 生命科学学院, 山东省青岛市宁夏路 308 号, 邮编: 266071

\*通讯作者. Email: liuah@qdu.edu.cn

Specific peptides expressed on coat proteins can be screened from the phage library against various targets, demonstrating many excellent features such as good stability and high structural homogeneity. In this talk, the advanced phage clones binding with targets were selected from the phage library will be addressed. Furthermore, a wide range of applications developed in our laboratory such as phage ELISA for biomarker detection, nanomedicine, label-free cytosensor for cancer cell or pathogenic microorganism will be presented. Especially, we will present our recent advances in developing sensitive ELISA to detect nucleocapsid protein of SARS-CoV-2, which may provide a new and inexpensive method for screening new coronavirus infections. Therefore, the phage display technology would become efficient and cost-effective in bioanalysis or biosensing.

**关键词:** 特异噬菌体探针; 生物淘选; 生物分析; 生物医学; 病毒检测

**参考文献**

- [1] Smith, G. P. *Science* **1985**, **228**:1315.
- [2] Liu, P.; Wang, Y.B.; Han, L.; Cai, Y.Y.; Ren, H.; Ma, P.X.; Li, X.Q.; Petrenko, V.; Liu, A. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2020**, **12**:9090.
- [3] Lang, Q.; Wang, F.; Yin, L.; Liu, M.; Petrenko, V.; Liu, A. *Anal. Chem.* **2014**, **86**: 2767.
- [4] Qi, H.; Wang, F.; Petrenko, V.; Liu, A. *Anal. Chem.* **2014**, **86**:5844.
- [5] Liu, A.; Abbineni, G.; Mao, C.B. *Adv. Mater.* **2009**, **21**: 1001.
- [6] Liu, P.; Han, L.; Petrenko, V.; Liu, A. *Biosens. Bioelectron.* **2018**, **106**:1.
- [7] Han, L.; Liu, P.; Zhang, H.-J.; Li, F.; Liu, A. *Chem. Commun.* **2017**, **53**: 5216.

# DNA 自组装及其生物传感应用

晃 洁

南京邮电大学

## 【摘要】

单核苷酸多态性 (SNP) 检测是化学测量学领域研究的热点和难点。研究表明, SNP 与人体许多表型差异、对药物或疾病的易感性等都有非常紧密的联系。近年来发展的基于荧光分子探针的 SNP 直读技术为 SNP 领域提供了新思路, 然而由于单分子荧光寿命不稳定, 以及近距离荧光信号难以分辨等原因, 未能得到推广。鉴于此, 我们利用 DNA 纳米技术, 设计了一套基于原子力显微镜的成像探针; 基于不对称 PCR、磷酸外切酶以及可控延伸技术, 实现双嵌段 DNA 分子对 SNP 的精准识别; 通过 DNA 成像探针与双嵌段 DNA 分子的特异性结合, 实现其对基因组 SNP 位点的准确标记及辅助原子力检测基因组 DNA 的 SNP。该方法操作简便、耗时较短且花费较低, 有望用于高危群体的发现、疾病相关基因的鉴定、药物的设计和测试以及生物学的基础研究等。

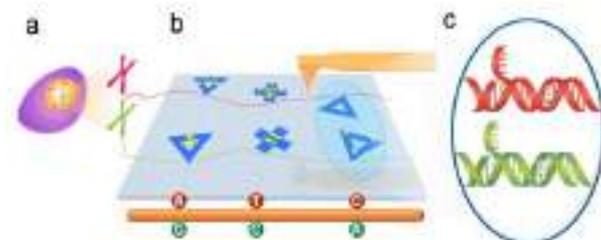


Fig 1. 基于DNA结构探针的单倍型检测

## Reference

1. Kwon P., et al. Designer DNA architecture offers precise and multivalent spatial pattern-recognition for viral sensing and inhibition. *Nature Chemistry*, 2020, 12, 26.
2. Chao, J., et al., Solving mazes with single-molecule DNA navigators. *Nature Materials*, 2019, 18, 273.
3. Chao, J., et al., Programming DNA origami assembly for shape-resolved nanomechanical imaging labels. *Nature Protocols*, 2018, 13, 1569.
4. Zhang, H.L., et al., Specific and efficient regression of cancers harboring *KRAS* mutation by targeted RNA replacement. *Nature Communications*, 2017, 8, 14328.
5. Niu, R., et al., DNA Origami-Based Nanoprinting for the Assembly of Plasmonic Nanostructures with Single-Molecule Surface-Enhanced Raman Scattering. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 11695.

## 【报告人简介】

晃洁, 研究员, 博士生导师, 国家优秀青年基金获得者(2019)。主要从事 DNA 纳米技术与生物传感方面的教学和研究工作。作为项目主持人承担了国家自然科学基金委优秀青年科学基金、面上基金、江苏省杰出青年基金等 10 余项应用基础项目。围绕单分子基因分析这一研究主题, 开展了系统性工作。开发了 DNA 自组装结构的设计原理和组装方法, 发展了新型化学自组装体系; 研制了 DNA 分子介导的多功能智能纳米探针; 提出 DNA 结构探针识别与检测新策略, 发展了单碱基识别系统, 实现了复杂体系单分子水平的基因分析。

# National Center for Nanoscience and Technology of China

(NCNST), 国家纳米科学中心, 北京  
 CAS Key Laboratory for Biomedical Effects of Nanomaterials  
 & Nanosafety, 中科院生物效应与纳米安全重点实验室  
 Zhongguancun, Beiyitiao No. 11  
 Beijing 100190, China  
 Tel: +86-10-8254 5759  
 Email: [wanghao@nanoctr.cn](mailto:wanghao@nanoctr.cn)  
 Homepage: <http://www.nanoctr.cn/wanghao>



王浩, 2000年毕业于南开大学化学系, 并被保送南开大学化学系直接攻读博士学位, 从事超分子自组装体系的构筑及其功能的研究, 2005年获得博士学位。同年获得德国洪

堡奖学金, 在德国维尔茨堡大学 (University of Wurzburg) 进行可控组装光学活性分子研究。2007年在美国加州大学洛杉矶分校 (UCLA) 医学院和加州纳米系统研究院 (CNSI) 进行博士后研究, 主要从事纳米材料的制备与表征及其在癌症诊断与治疗中的应用。2011年受聘于国家纳米科学中心, 中科院纳米生物效应与安全性重点实验室, 主要从事生物医用高分子材料、化学生物学和纳米生物材料研究。现在为国家纳米科学中心纳米生物效应与安全性实验室主任, 科技部重点研发计划首席科学家 (2019), 国家万人计划领军人才 (2018), 国家杰出青年基金获得者 (2017), 科技部中青年科技创新领军人才 (2017), 中科院创新交叉团队负责人 (2017), 国家自然科学基金创新群体骨干 (2017), 中科院百人计划结题优秀 (2016), 中科院百人计划获得者 (2012)。截

止目前为止发表论文 100 余篇, 包括 *Science Adv.*, *Nature Commun.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Adv. Mater.*, *ACS Nano* 等, 出版专著“*In vivo self-assembly nanotechnology for biomedical applications*”(Springer publisher), 参编 5 部专著章节, 申请美国专利 3 项, 国内专利 15 项。作为项目和课题负责人承担了国家重点基础研究发展计划 (973), 中科院海外引进杰出人才计划, 国家自然科学基金项目和北京市科委项目等。

## 活体原位自组装生物纳米材料

自组装纳米材料在药物递送方面的应用具有巨大的潜能。其尺寸的可调控性、病理环境响应性等物理化学行为, 使得自组装纳米载体可以通过改进主动靶向、被动靶向、血液长循环等方面来提高药物递送能力。然而, 相对于大量基础研究的投入, 目前的临床转化依然面临着巨大的挑战。其中除了药物研发固有的高风险特征外, 其主要原因还包括自组装纳米材料在体的稳定性、递送效率以及代谢毒性等问题。

我们从自然的自组装过程中得到启发, 率先发展了体内自组装 (*in vivo self-assembly*) 的策略。它是指通过将外源性的分子引入到特定的生理和病理环境下, 在细胞、组织甚至活体生物内进行自组装, 形成可控的高级有序结构。通过调控其在复杂生物环境下时

空可控的组装, 从而实现特定的功能. 体内自组装纳米药物具有组装诱导滞留 (assembly/aggregation induced retention, AIR) 效应, 能够显著增强药物在靶点病灶部位的富集和滞留, 增强递送效率, 提高药物利用率, 同时降低药物在肝肾部位的蓄积, 降低了毒性副作用, 为癌症等重大疾病的诊断和治疗提供了新思路和新策略.

# 基于 G 四联体荧光复合物的生物成像研究

聂舟

湖南大学化学化工学院, 生物传感与计量学国家重点实验室, 长沙, 湖南, 410082

\*Email: niezhou.hnu@gmail.com

## 摘要:

在生物体内, 一些富 G 序列通过 Hoogsteen 氢键和  $\pi$ - $\pi$  堆积作用折叠形成 G 四联体结构。G 四联体在端粒保持、转录和翻译调控中起着重要作用。近年来, 相关研究发现丙肝病毒 (HCV) 等病毒基因组中也存在 G 四联体结构, 并在病毒的生命周期中扮演着重要角色。我们发展了一系列的 G 四联体探针, 开展其在生物成像领域的应用研究, 具体研究工作如下: (1) 发展末端转移酶 (TdT 酶) 介导 G 四联体合成的信号放大策略, 构建一种快速灵敏、免标记和免洗的监测细胞凋亡的新方法 (TAGS 法), 实现了细胞和组织中凋亡细胞的原位荧光成像; (2) 模拟荧光蛋白的发光机制, 构建了基于 G 四联体的具高量子产率、优异的抗光漂白性和双光子荧光等独特性质的人工红色荧光蛋白模拟物, 实现了对细胞膜靶蛋白动态的长时间示踪; (3) 发展了能够高特异性、快速地结合 HCV 基因组中 RNA G 四联体的新型荧光探针, 实现了活细胞中病毒 RNA 基因组亚细胞时空分布信息获取, 以及临床分离 HCV 病毒株增殖过程监测; (4) 模块化组合反应型小分子与 G 四联体, 发展了细胞膜传感器构建新策略, 实现了对细胞膜微环境中的气体信号分子原位释放过程进行比例型成像监测; (5) 以功能性核酸作为工具包, 构建了 DNA 介导的化学诱导二聚纳米装置, 实现了非遗传受体改造的细胞行为调控, 并进一步发展了近红外光激活的 DNA 纳米激动剂, 实现了远程调控活体动物细胞信号传导和行为。

**关键词:** G 四联体; 生物成像; DNA 模拟物

## 参考文献:

- [1] X. Luo, B. Xue, Z. Nie and et al. *J. Am. Chem. Soc.*, 2019, 141, 5182-5191.
- [2] G. Feng, X. Luo, Z. Nie and et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, 58, 6590-6594.
- [3] M. Wang, Z. Nie and et al. *Nano Lett.* 2019, 19, 2603-2613.
- [4] H. Li, Z. Nie and et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57, 10226-10230.
- [5] G. Feng, Z. Nie and et al. *Nucleic Acids Res.*, 2017, 45, 10380-10392.
- [6] Z. Liu, X. Luo, Z. Nie and et al. *Anal. Chem.*, 2017, 89, 1892-1899.
- [7] J. Zhang, Z. Nie and et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 6733-6743.
- [8] H. Li, Z. Nie and et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, DOI:10.1002/anie.202108210.

# 基于导电功能材料的多组分传感分析研究

张闽\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 华东师范大学  
mzhang@chem.ecnu.edu.cn

## 摘要:

我们制备了聚多巴胺复合氧化石墨烯的仿生导电墨水（P@G 墨水），通过将仿生导电材料、折纸技术和色谱分离等多学科技术相结合，并将这一创新理念引入到电子传感器件设计当中(如图 1 所示)，构筑了具有时空分辨仿色谱特性的折纸递阶型多功能“电子鼻”传感器件[1]，实现高灵敏多元分析不同物理刺激（包括温度、光照和相对湿度）和化学刺激（包括烷烃类、醇类、酮类等 12 种可挥发性有机物—VOC），特别是对 VOC 类似物包括构造异构体（例如：邻二甲苯、间二甲苯和对二甲苯）与对映异构体（例如：R-2-辛醇、S-2-辛醇和 R-2-丁醇、S-2-丁醇）的模式识别及检测分析，有效地突破了目前“电子鼻”在多功能传感领域中无法区分复杂多变环境刺激的技术瓶颈；并且通过对上述 P@G 墨水进行化学改性涂敷不同折纸递阶结构，实现了仿色谱“电子鼻”识别不同 VOC 的响应性能调控，拓宽了实际应用范围。基于上述 P@G 墨水可在不同基底表面书写导电涂层的特性，我们进一步将不同化学改性的 P@G 墨水涂敷在柔性基底上，发展了适用于检测不同物理刺激（包括温度、光照、相对湿度等）和化学刺激（包括烷烃类、醇类、酮类等多种 VOC）的条形码式“电子鼻”[2]，为可穿戴、可移植、具有成本效益的“电子鼻”设计及开发提供技术支撑和有效的解决方案。

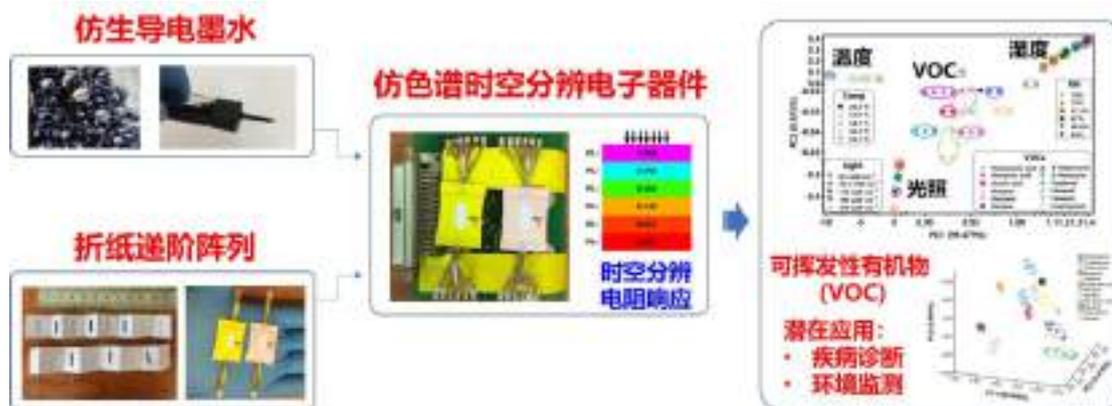


图 1 时空分辨仿色谱型电子传感体系设计及多组分分析应用

关键词：聚多巴胺、导电墨水、电子鼻、时空分辨、VOC

参考文献:

[1] Zhang et al., *Nat. Commun.* **2019**, 10, 1120.

[2] Zhang et al. *ACS Sens.*, **2019**, 4, 2588.

# 基于聚合物基质的双级靶向荧光纳米探针构建及细胞成像研究

田勇, 刘会, 李静雯, 张崇华, 陈建, 张培盛\*

理论有机化学与功能分子教育部重点实验室, 化学化工学院, 湖南科技大学, 湘潭 411201

\*pshzhang07@gmail.com

**摘要** 针对单一靶向的荧光探针无法实现癌细胞中亚细胞器生物活性分子的精准检测问题, 我们采用可逆加成断裂链转移聚合、点击化学和自组装等相结合策略, 构建了双级(癌细胞和溶酶体)靶向荧光聚合物纳米探针体系。一、构建了兼具双级(肝癌细胞和溶酶体)靶向和自参比特性的次氯酸(HClO)比率型荧光聚合物纳米探针体系, 该探针体系具有水分散性好, 响应超快( $<1$  s), 选择性好, 长期稳定性好( $>90$  天)和生物相容性好等优点, 实现了HepG2细胞溶酶体中内源性HClO精准比率荧光成像。二、构建了具有谷胱甘肽(GSH)特异响应性的双级(癌细胞和溶酶体)靶向聚集诱导发光(AIE)点体系, 随着GSH的加入, 该体系的荧光被激活, 基于该体系表面叶酸特异性识别能力, 以及溶酶体富集能力, 该探针成功实现了HeLa细胞溶酶体中内源性GSH的实时荧光成像。

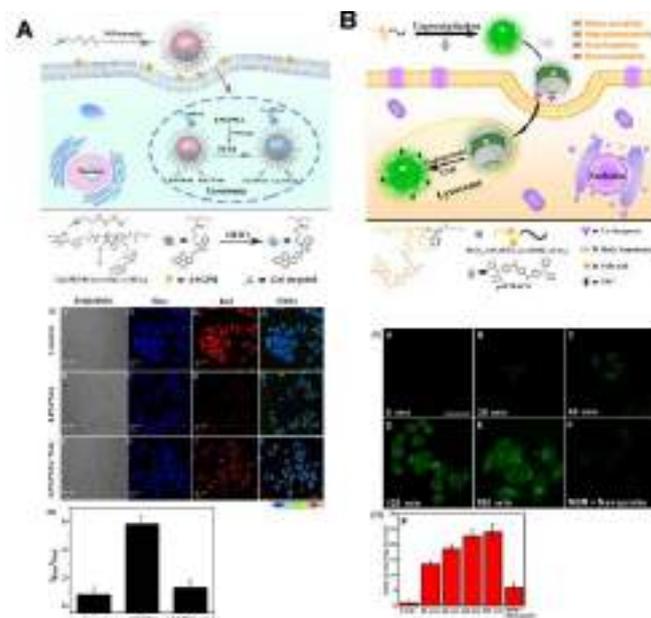


图 1. 双级靶向荧光聚合物纳米探针的设计策略示意图及其生物成像应用

## 参考文献

- [23] H. Liu, P. Zhang, C. Zhang, J. Chen, J.H. Jiang, ACS Appl Mater Interfaces, 2020, 12, 45822–45829.
- [24] H. Wang, P. Zhang, C. Zhang, S. Chen, R. Zeng, J. Cui, J. Chen, Materials Advances, 2020, 1, 1739-1744

# 基于活性氧调节策略的纳米探针

逯乐慧\*, 于滨, 陈伟华

中国科学院长春应用化学研究所

Email: [lehuilu@ciac.ac.cn](mailto:lehuilu@ciac.ac.cn)

## 摘要:

活性氧是含氧的化学活性分子、离子或自由基的统称, 主要包括过氧化氢、单线态氧、单线态氧、超氧自由基和羟基自由基等。活性氧在细胞信号传导和组织稳态中发挥着重要作用。生物体内活性氧过剩或缺乏会直接影响生命系统稳态进而导致疾病的产生和发展。因此, 理解生物体内活性氧的消除和产生机制对于重大疾病的治疗至关重要。我们研究了用于活性氧调控的纳米探针设计原理, 阐明了它们在生物体内活性氧调控方面的作用机制, 探索了肿瘤乏氧条件下活性氧产生的条件。

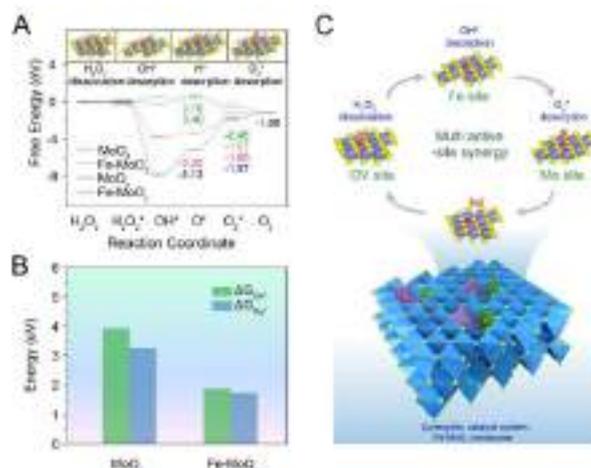


图 1.活性氧调控机制

关键词: 纳米探针; 活性氧; 生物分析

## 参考文献:

- [1] Weihua Chen, Zhen Sun, Chunhuan Jiang, Wenbo Sun, Bin Yu, Wei Wang, **Lehui Lu\***, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2021**, *60*, 16641-16648.
- [2] Bin Yu, Wei Wang, Wenbo Sun, Chunhuan Jiang, **Lehui Lu\***, *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, *143*, 8855-8865.
- [3] Weihua Chen, Zhen Sun, **Lehui Lu\***, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2021**, *60*, 5626-5643.

感谢国家自然科学基金委项目支持(No. 21635007; 21721003)

# 杂化荧光生物探针及其疾病早期检测性能

李永生\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 华东理工大学低维材料化学研究室, <sup>2</sup> 石河子大学新疆兵团化工绿色过程重点实验室  
\*Email: ysl@ecust.edu.cn

## 摘要:

定量识别生物标志物对于疾病的早期诊断和治疗以及提高患者存活率具有重要科学意义。由于标志物通常处于复杂的生物环境中且含量低,多种生物分子的存在势必给低含量的标志物检测带来严重干扰,造成定量精确性和特异性不佳等问题。目前,许多基于电荷转移、共振能量转移、空间位阻效应和催化反应的传感机制被构建,然而,大多数生物探针/传感器都是基于单一传感机制/模式,其简单的功能输出难以满足精准诊断的需求,易造成假阳/阴性的诊断结果。针对此,我们通过将多功能“能量供体”、“识别触角”以及“荧光信号报告基元”共同组装到一个金属-有机骨架(MOF)中,成功将两种竞争机制融合到单一传感界面上,并通过激发光调控这两种机制间的竞争主导关系,构筑了“竞争机制驱动”的“光控双模态”稀土 MOFs 杂化荧光探针。这一探针成功实现了对 DNA 氧化损伤标志物(8-羟基脱氧鸟苷, 8-oxo-dG)的“双模态特异”识别以及“双重定量”灵敏检测。相比于单机制驱动或单模式检测的探针,该研究工作有效的在单个探针中集合了多种检测途径,为目标物的检测结果提供了多重保险,从而内在提升了诊断结果的可靠性。这为开发探针在疾病精准诊断中的应用提供了新的策略。

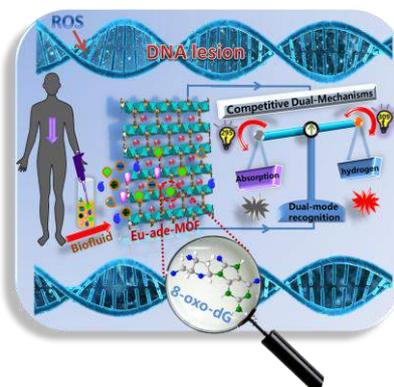


图 1. 荧光杂化探针 Eu-ade-MOF 对 8-oxo-dG 的传感机制图

**关键词:** 荧光杂化探针, 金属-有机骨架, 生物标志物, 疾病诊断

## 参考文献:

- [1] Ji-Na Hao, Yongsheng Li, *Advanced Functional Materials* 29 (2019) 1903058.  
[2] Ji-Na Hao, Dechao Niu, Jinlou Gu, Shaoliang Lin, Yongsheng Li, Jianlin Shi, *Advanced Materials* 32 (2020) 2000791.

# 生物体内活性硫物质的光学探针与传感分析

陈 巍，华中科技大学

摘要：生物体内的活性硫物质包括生物硫醇、 $\text{H}_2\text{S}$ 、硫烷硫、多硫化氢（ $\text{H}_2\text{S}_n$ ）、 $\text{HSNO}$  等。它们是一类可维持生物体正常生理功能的重要活性物质。发展它们的光学成像探针已成为生物医学分析领域的研究热点。本报告主要介绍如何合理构建简便的硫烷硫、多硫化氢（ $\text{H}_2\text{S}_n$ ）、 $\text{HSNO}$  光学成像探针及其生物成像，以便为解决生命科学和生物医学等领域的关键问题提供理论指导和分子成像工具。

# 新型稀土配合物智能发光材料研究

唐瑜\*

<sup>1</sup> 兰州大学化学化工学院, <sup>2</sup> 甘肃省有色金属化学与资源利用重点实验室  
Email: tangyu@lzu.edu.cn

## 摘要:

发光稀土配合物具有丰富的分子设计性和动态可调的配位键, 而且荧光寿命长、量子产率高、光谱分布广, 在刺激响应型智能发光材料领域具有非常重要的应用价值。针对如何实现分子水平精准调控稀土配合物发光材料的功能这一关键科学问题, 我们利用配合物的分子设计性和稀土发光特点, 开展功能导向的稀土配合物发光材料精准合成研究。以界面效应、原位配位和能量传递等手段进行稀土荧光调制研究, 建立了分子水平调控稀土配合物发光材料功能新策略, 将其应用于稀土智能发光材料。基于配体的刺激响应性设计, 在一种材料体系中对稀土荧光光谱和荧光寿命进行协同调制, 实现了稀土多维度光学编码和双光子智能诊疗探针构筑, 为稀土配合物发光材料的创制提供了新思路和新视角。

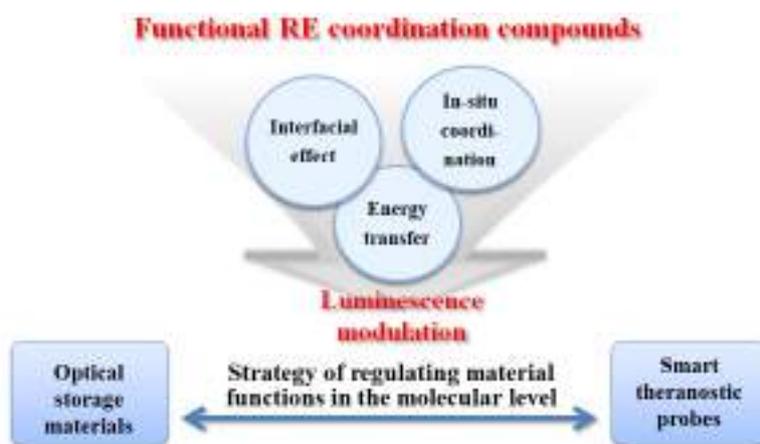


图 1. 研究策略简图

关键词: 稀土; 配合物; 光学编码; 诊疗探针

## 参考文献:

- [1] P.-R. Su, T. Wang, P.-P. Zhou, X.-X. Yang, X.-X. Feng, M.-N. Zhang, L.-J. Liang, Y. Tang, C.-H. Yan, *Natl. Sci. Rev.*, **2021**, 8, nwab016.
- [2] H.-J. Xu, C.-F. Shan, X.-X. Wu, M.-Z. Sun, B.-L. Huang, Y. Tang, C.-H. Yan, *Energy Environ. Sci.*, **2020**, 13, 2949.
- [3] J. Cao, C.-P. Li, X.-D. Lv, X.-X. Feng, R.-Q. Meng, Y.-Y. Wu, Y. Tang. *J. Am. Chem. Soc.*, **2018**, 140, 11577, front cover paper.
- [4] H.-J. Xu, J. Cao, C.-F. Shan, B.-K. Wang, P.-X. Xi, W.-S. Liu, Y. Tang. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2018**, 57, 8654.
- [5] X. Li, Y.-J. Xie, B. Song, H.-L. Zhang, H. Chen, H.-J. Cai, W.-S. Liu, Y. Tang, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2017**, 56, 2689.

# 光学活性纳米探针及生命分析

徐丽广, 胥传来<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国家粮食质量安全生物快速检测技术创新中心, 食品学院, 江南大学, 江苏无锡, 214122  
Email: xcl@jiangnan.edu.cn

## 摘要:

手性是自然界的普遍现象。手性纳米探针为理解自然、实现手性在重要生物分子事件的调控与探测应用方面提供了重要的工具。面向人民群众的生命健康, 我们围绕手性纳米探针对于生命分析领域的关键科学问题, 本次报告主要汇报以下三个方面的工作: 1) 合成了目前已报道的具最强手性光学活性纳米探针, 分析了免疫系统对手性探针的差异性细胞免疫及体液免疫应答过程, 针对细胞对镜像结构手性纳米探针的摄入速率差异进行了机制分析, 解析了手性影响免疫响应的规律, 发展了具良好生物相容性的手性免疫佐剂; 2) 合成了具有近红外光响应的手性硒化铜铁纳米探针, 发现了手性探针与淀粉样蛋白具有亲和性差异并对其机制进行了分析, 进而, 在近红外光照下, 手性纳米探针对于淀粉样纤维蛋白具有解聚作用, 可清除黏附神经细胞上的 $\beta$ 淀粉样纤维蛋白, 有效改善了阿尔兹海默症小鼠的认知和行为学能力; 3) 具有手性光学活性的超小 $\text{Cu}_2\text{S}$ 纳米粒子, 可特异性地识别乙肝核心抗原中 $\text{D}_{22}\text{F}_{23}\text{F}_{24}\text{P}_{25}\text{S}_{26}\text{V}_{27}\text{R}_{28}\text{D}_{29}\text{L}_{30}$ 功能域, 并在光照条件下, 可在 $\text{F}_{24}$ 和 $\text{P}_{25}$ 之间实现特异性剪切, 并对其特异性识别和剪切机制进行了分析, 有效抑制了乙肝病毒的组装和感染。

**关键词:** 光学活性纳米探针; 生命分析; 差异性亲和分析; 特异性识别

## 参考文献:

- [1] Xu, L.<sup>#</sup>; Wang, X.<sup>#</sup>; Wang, W.; Sun, M.; Choi, W. J.; Kim J.-Y.; Hao, C.; Li, S.; Qu, A.; Lu, M.; Wu, X.; Colombari, F. M.; Gomes, W. R.; Blanco, A. L.; Moura, A. F. D.; Guo, X.; Kuang, H.<sup>\*</sup>; Kotov N. A.<sup>\*</sup>; **Xu, C.<sup>\*</sup>** *Nature*, **2021**, Just Accepted.
- [2] Guo, X.<sup>#</sup>; Sun, M.<sup>#</sup>; Gao, R.; Qu, A.; Chen, C.; Xu, C.; Kuang, H.; **Xu, L.<sup>\*</sup>** Ultrasmall Copper (I) Sulfide Nanoparticles Prevent Hepatitis B Virus Infection. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, 60, 13073-13080.
- [3] Wang, G.<sup>#</sup>; Hao, C.<sup>#</sup>; Ma, W.; Qu, A.; Chen, C.; Xu, J.; Xu, C.; Kuang, H.; **Xu, L.<sup>\*</sup>** Chiral Plasmonic Triangular Nanorings with SERS Activity for Ultrasensitive Detection of Amyloid Proteins in Alzheimer's Disease. *Adv. Mater.*, **2021**, 2102337.
- [4] Qu, A.<sup>#</sup>; Sun, M.<sup>#</sup>; Kim, J. -Y.; Xu, L.; Hao, C.; Ma, W.; Wu, X.; Liu, X.; Kuang, H.<sup>\*</sup>; Kotov, N. A.<sup>\*</sup>; **Xu, C.<sup>\*</sup>** Stimulation of neural stem cell differentiation by circularly polarized light transduced by chiral nanoassemblies. *Nat. Biomed. Eng.* **2021**, 5, 103-113.

# 针对爆炸物和有机磷神经毒剂等危险物质的可视化荧光探测方法研究

张奎\*

安徽工业大学，化学与化工学院，安徽马鞍山，243032

\*Email: kuizhang@ahut.edu.cn

针对芳香硝基爆炸物和有机磷神经毒剂等危险物质的现场快速探测的应用需求，我们发展了新型的荧光纳米探针，建立了基于荧光增强和比率荧光信号输出的可视化分析与探测方法，并成功构筑用于可视化探测的纸质传感器，实现了对芳香硝基爆炸物、有机磷神经毒剂、放射性核素等目标危险物质的现场可视化快速检测。

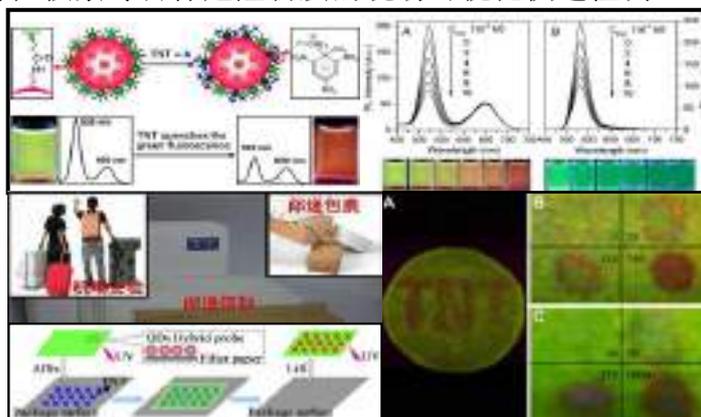


Fig. 1 Fluorescence probes and their visual methods for detection of explosives

**关键词：** 荧光探针； 可视化检测； 爆炸物； 神经毒剂； 有机磷

**参考文献**

- [1] Zhang J.; Qian J. J.; Mei Q. S.; Yang L.; He L.F.; Liu S. J.; Zhang C.; Zhang, K.\* *Biosens. Bioelectron.* **2019**, **128**, 61-67.
- [2] Chen X. F.; Mei Q. S.; Yu L.; Ge H. W.; Yue J.; Zhang, K.\*; Hayat T.; Alsaedi A.; Wang, S. H.\* *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, **10**, 42225-42232.
- [3] Zhang, K.; Zhou, H.; Mei, Q.; Wang, S. H.\*; Guan, G.; Liu, R.; Zhang, J.; Zhang, Z. P.\* *J. Am. Chem. Soc.*, **2011**, **133**, 8424-8427.
- [4] Zhang, K.; Mei, Q.; Guan, G.; Liu, B.; Wang, S.; Zhang, Z. P.\* *Anal. Chem.*, **2010**, **82**, 9579-9586.
- [5] Zhang, K.; Yu, T.; Liu, F.; Sun, M.; Yu, H.; Liu, B.; Zhang, Z.; Jiang, H.; Wang, S. H.\* *Analytical Chemistry* **2014**, **86**, 11727-11733.
- [6] Chen, Q.; Sun Y.; Liu, S.; Zhang, J.; Zhang, C.; Han, X.\*; He, L.; Zhang, K.\* *Sensors and Actuators B: Chemical*, **2021**, **344**, 130278.
- [7] Qian, J.; Cao, N.; Zhang, J.\*; Hou, J.; Chen, Q.; Zhang, C.; Sun Y.; Liu, S.; He, L.; Zhang, K.\*; Zhou, H.\* *Chinese Chemical Letters*, **2020**, **31**, 2925-2928.

# 基于限域效应的铜纳米簇荧光探针的制备及应用

贾琼\*

吉林大学

jiaqiong@jlu.edu.cn

## 摘要:

具有类分子结构的铜纳米簇 (CuNCs) 因其独特的光致发光性质受到广泛关注。然而, 由于 Cu 元素自身易氧化, 大多数 CuNCs 存在量子产率 (QY) 低、化学稳定性差等缺点, 极大限制了其在荧光传感领域的应用<sup>[1-2]</sup>。

本研究利用表面限域效应实现对 CuNCs 的荧光性能调控。将谷胱甘肽保护的 CuNCs (GSH-CuNCs) 通过静电作用吸附到层状双氢氧化物 (LDH) 表面, 基于表面限域效应合成了具有高 QY 和长荧光寿命的 GSH-CuNCs/LDH 复合材料, 并提出了一种检测透明质酸酶的荧光方法。本研究首次开发了基于表面限域效应的生物酶传感平台, 为疾病标志物的检测开辟了新的途径<sup>[3]</sup>。进而, 我们对限域材料 LDH 进行改进, 以比表面积大、电荷密度高的含锌羟基双盐 (Zn-HDS) 为主体材料, 以 GSH-CuNCs 为客体分子, 首次合成荧光复合材料 GSH-CuNCs/Zn-HDS。相比于 GSH-CuNCs/LDH, GSH-CuNCs/Zn-HDS 具有更高的 QY、更长的荧光寿命和更好的稳定性。基于内滤效应, 实现了对  $\beta$ -葡萄糖醛酸酶的灵敏、可视化检测。另外, 我们还利用该探针固态粉末制备了稳定、低成本、环境友好的发光二极管 (LED), 为 LED 在照明领域的应用提供了新的见解<sup>[4]</sup>。

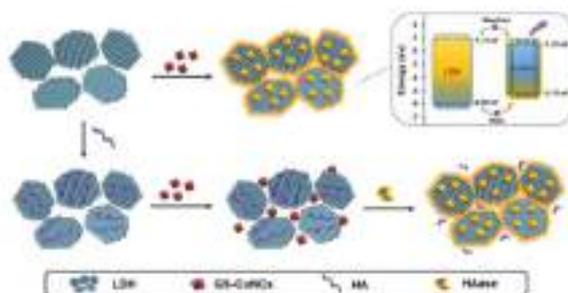


图 1 基于 CuNCs 表面限域效应测定透明质酸酶示意图

**关键词:** 铜纳米簇, 限域效应, 生物传感, 光电器件

## 参考文献:

- [1] Chen, S., Li, Z., Li, W., Huang, Z. & Jia, Q. *Biosens Bioelectron* **182** (2021) 113198.
- [2] Yu, Q., Li, Z., Cao, Q., Qu, S. & Jia, Q. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **129** (2020) 115939.
- [3] Yang, J., Song, N. & Jia, Q. *Nanoscale* **11** (2019) 21927-21933.
- [4] Yang, J., Li, Z. & Jia, Q. *Chem Commun* **56** (2020) 3081-3084.

# 可穿戴自供电电化学传感器研究

朱楠\*

大连理工大学, 中国大连, 116024

Email: nanzhu@dlut.edu.cn

## 摘要:

可穿戴电化学传感器作为一门新兴前沿交叉学科, 可作为微型家庭医生, 结合人体皮肤, 口腔及各个器官部位, 以实现实时原位临床监测及分析身体机能的微小变化(如血糖及身体各类离子等)的新一代健康护理设备, 在人体健康护理及理疗领域起着愈发突出的作用。研究课题致力于发展非侵入可穿戴智能电化学传感器的设计方法, 用于连续检测各类离子及 pH 值, 普通代谢产物的浓度含量变化。此外, 该传感器可在运动中实时检测人体身体状况, 产生信号报警来及时补充能量等信息, 进一步结合自供电性能为该传感器供能。开发应用于实际操作的可穿戴智能设备, 实时检测身体机能参数并及时提醒和警告穿戴者是否处于亚健康或危险状况, 对实现微型家庭医生远程检测和个人护理具有重大的意义。

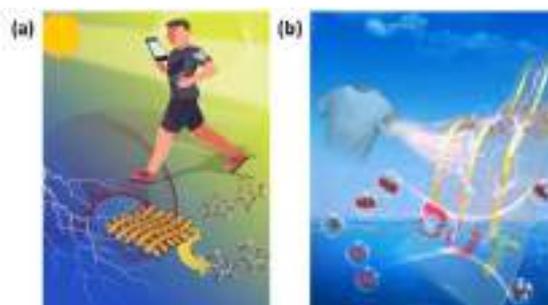


Fig. 1 (a) Wearable devices in healthcare products; (b) Wearable Amphibious Methanol Sensors.

关键词: 可穿戴传感器; 可穿戴电化学; 自供电

## 参考文献:

- [1] Yu Jiang, Liuxue Shen, Junlin Ma, Hongting Ma, Yan Su, and **Nan Zhu\***, *Analytical Chemistry*, **2021**, 93, 2603–2609.
- [2] Yu Jiang, Tong Xia, Liuxue Shen, Junlin Ma, Hongting Ma, Tongrui Sun, Fengjuan Lv and **Nan Zhu\***, *ACS Catalysis*, **2021**, 11, 2949–2955.
- [3] Yu Jiang, Shengjun Cui, Tong Xia, Tongrui Sun, Haixin Tan, Fei Yu, Yan Su, Suli Wu, Dejun Wang\*, and **Nan Zhu\***, *Analytical Chemistry*, **2020**, 92, 14536–14541.
- [4] Hongting Ma, Yu Jiang, Junlin Ma, Xinlei Ma, Mianqi Xue, and **Nan Zhu\***, *Analytical Chemistry*, **2020**, 92, 5897–5903.
- [5] Yu Jiang, Junlin Ma, Jian Lv, Hongting Ma, Hongbo Xia, Jun Wang, Cheng Yang, Mianqi Xue, Gongyi Li, and **Nan Zhu\***, *ACS Sensors*, **2019**, 4, 152–160.

## 新型 SERS 器件用于水体中敌草快的检测

曹玥\*

南京医科大学, 南京市龙眠大道 101 号, 邮编: 211166

邮箱: ycao@njmu.edu.cn

**摘要:** 敌草快(DQ)是世界上使用最广泛的除草剂之一。近年来, 随着 DQ 用量的增加, 对环境和生物产生了巨大影响。因此, 建立一种快速、简便的 DQ 检测方法尤为重要。该方法的检出限为  $10^{-13}$  M, 低于目前所报道的 DQ 检测方法的检出限 ( $10^{-12}$  M), 且具有良好的稳定性, 这促进了水体中 DQ 检测的应用发展。

**关键词:** 敌草快; AuNPs@MoS<sub>2</sub>; 水体

### 参考文献

- [13] S. Nie, S.R. Emory, Probing single molecules and single nanoparticles by surface-enhanced Raman scattering, *Science* (80-. ). 275 (1997) 1102–1106.
- [14] V. Tran, B. Walkenfort, M. König, M. Salehi, S. Schlücker, Rapid, Quantitative, and Ultrasensitive Point-of-Care Testing: A Portable SERS Reader for Lateral Flow Assays in Clinical Chemistry, *Angew. Chemie - Int. Ed.* 58 (2019) 442–446.
- [15] C. Zhu, G. Meng, P. Zheng, Q. Huang, Z. Li, X. Hu, X. Wang, Z. Huang, F. Li, N. Wu, A Hierarchically Ordered Array of Silver-Nanorod Bundles for Surface-Enhanced Raman Scattering Detection of Phenolic Pollutants, *Adv. Mater.* 28 (2016) 4871–4876.
- [16] G.Z. Fortenberry, J. Beckman, A. Schwartz, J.B. Prado, L.S. Graham, S. Higgins, M. Lackovic, P. Mulay, H. Bojes, J. Waltz, Y. Mitchell, K. Leinenkugel, M.S. Oriel, E. Evans, G.M. Calvert, Magnitude and characteristics of acute paraquat- and diquat-related illnesses in the US: 1998-2013, *Environ. Res.* 146 (2016) 191–199.
- [17] C. Fuke, K. Ameno, S. Ameno, H. Kinoshita, I. Ijiri, Detection of two metabolites of diquat in urine and serum of poisoned patients after ingestion of a combined herbicide of paraquat and diquat, *Arch. Toxicol.*
- [18] N. Magalhães, F. Carvalho, R.J. Dinis -Oliveira, Human and experimental toxicology of diquat poisoning: Toxicokinetics, mechanisms of toxicity, clinical features, and treatment, *Hum. Exp. Toxicol.*

## Novel SERS device for detecting diquat in water

Yue Cao

Department of Forensic Medicine, Nanjing Medical University, Nanjing, 211166, P.R. China.

Email: ycao@njmu.edu.cn

# 基于乳液模板和智能手机构建的集成式天然酶-纳米酶多级孔水凝胶农残传感平台

朱恒佳<sup>1</sup>, 刘朋<sup>2</sup>, 徐立章<sup>1</sup>, 牛湘衡\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 江苏大学农业工程学院, 镇江 212013, 中国

<sup>2</sup> 江苏大学化学化工学院, 镇江 212013, 中国

E-mail: niuxiangheng@ujs.edu.cn

## 摘要:

农药作为一把“双刃剑”，在提升作物产量和质量的同时，因滥用误用导致的农药残留对人类和环境造成了巨大威胁。酶抑制法是目前常用的农残检测方法，但天然酶的易失活特性以及繁琐的加样步骤限制了该方法的发展<sup>[1]</sup>。近年来，纳米酶作为具有类酶催化活性的纳米材料备受关注，用纳米酶替代部分天然酶，开发天然酶-纳米酶级联农残检测体系极具潜力<sup>[2]</sup>。在本工作中，我们研制了一种集成式的天然酶-纳米酶多级孔水凝胶传感平台，用于有机磷与氨基甲酸酯类农残的高效现场检测（图1）。AChE与具有类氧化酶活性的MnO<sub>2</sub>粒子同时被固定在多级孔水凝胶中，有效简化了检测操作，固定化的AChE与MnO<sub>2</sub>粒子缩短了级联反应的空间扩散距离，水凝胶的多级孔结构提升了反应过程的传质效率。制备的AChE-MnO<sub>2</sub>@HPH传感平台可以通过监测AChE活性的抑制程度实现对农药的快速检测，利用智能手机读取由MnO<sub>2</sub>催化3,3',5,5'-四甲基联苯胺（TMB）显色反应产生的颜色信息，实现对倍硫磷的高灵敏度和便捷测定。该水凝胶在30个储存日内保持良好的性能稳定性，表现出与商业化试剂盒相当的检测性能。所研制的集成式AChE-MnO<sub>2</sub>@HPH农残监测平台具有操作简便、无需额外设备、检测性能优良和长期稳定等优点，适用于农药残留现场分析。



图 1. 基于集成式 AChE-MnO<sub>2</sub>@HPH 的智能手机辅助农残检测示意图

**关键词:** 多级孔水凝胶、乳液聚合、天然酶-纳米酶集成系统、农药残留、智能手机辅助检测

## 参考文献:

[1] J. Cao, et al. *J. Agric. Food Chem.*, 2020, 68: 7298-7315.

[2] Y. Wu, et al. *Anal. Chem.*, 2020, 92: 3373-3379.

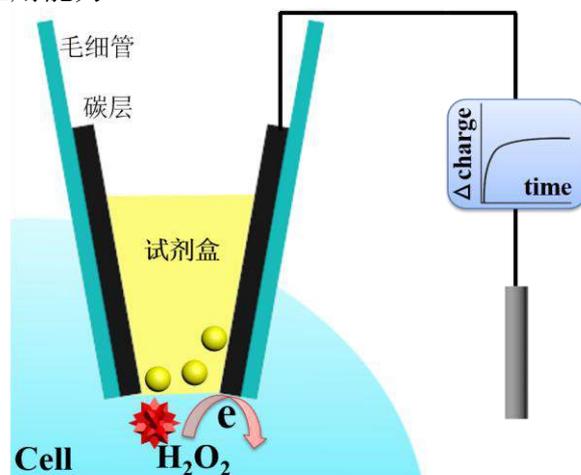
# 基于碳纳米毛细管电极的单细胞电化学分析

潘荣容<sup>1</sup>, 刘康<sup>1</sup>, 江德臣\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南京大学化学化工学院, 江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, 210093  
Email: rongrongpan@nju.edu.cn

## 摘要:

对单细胞内局部空间内关键生物分子的高空间分辨率的精准测量对于评估其在细胞内的分布的均质性具有重要价值。而目前基于微纳电极的生物传感器在检测分子的种类、灵敏度以及空间分辨率上略有欠缺。前期, 设计一种纳米试剂盒检测装置, 利用“电化学泵”将试剂盒组分通过纳米毛细管输入单个活细胞中, 该试剂盒组分与待测分子发生反应产生过氧化氢, 同时利用毛细管针尖的纳米环电极对其进行分析; 随后, 利用具有极低背景电流的碳纳米毛细管电极实现无药物刺激下的活细胞内单个细胞器中活性氧/氮的定量分析。基于此, 将多种试剂盒组分抽取进碳纳米毛细管电极中。由于纳米毛细管开口直径约 50 nm, 因此管内试剂盒组分无法通过扩散进入细胞内, 从而可在碳纳米毛细管电极表面建立“稳态的液态传感层”, 待测生物分子在该液态传感层发生化学反应产生电活性产物, 最后利用碳纳米电极针尖的环形碳层加以电化学分析。该方法可实现细胞局部空间中的分子分布的高时间分辨率和高灵敏度分析, 进一步提升电化学技术在单细胞分析领域的应用能力。



图：基于碳纳米毛细管电极的单细胞电化学分析

关键词：碳纳米电极；单细胞分析；限域电化学传感；

参考文献：

- [1] Pan RR.; Xu, MC.; Jiang, DC.; Burgess, JD., Chen, HY. *PNAS.*, 115(2018): 4087.  
[2] Pan, RR.; Hu, KK.; Jiang, DC.; Samuni, U., Mirkin, MV. *JACS.*, 142 (2020): 5778.

# 可实现原位除垢的片上声电化学传感系统

王小荷, 牛鹏飞\*, 庞慰

精密测试技术及仪器国家重点实验室(天津大学)天津市南开区卫津路 92 号 300072  
Email: niupengfei2018@tju.edu.cn

## 摘要:

在生化传感器领域, 电极在生物流体中的结垢现象是一个亟待解决的问题。吸附到电极表面的污染物会阻碍目标分析物与电极之间的电子转移, 导致重复性受限、灵敏度降低等问题。目前已提出了各种方案来去除电极表面的生物结垢, 包括在电极表面上覆盖防污材料(如 Nafion 选择性膜[1]), 以及通过外部手段去除污垢, 如等离子体处理[2]、紫外线辐射[3]、激光加热[4]和电化学清洗[5]。然而, 在微流控芯片实验室中, 集成上述外部手段是非常困难的, 防污材料涂层也无法在电极上保持长期的稳定性, 可靠性不足。需要开发一种能在片上实验室中实现原位电极除垢的方式。

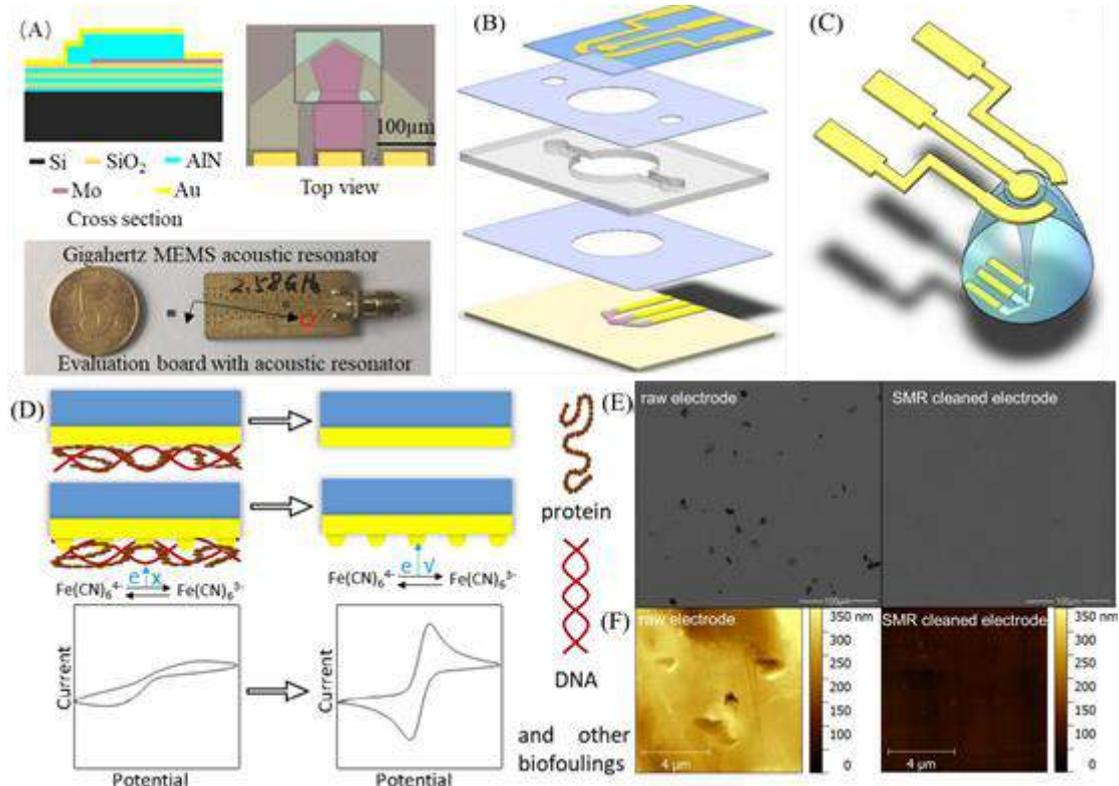


图 1 (A) 微型千兆赫兹声学谐振器及结构; (B) 声电化学传感系统, 腔室直径 6mm, 高度 1.5mm, 体积约 140 $\mu$ L; (C) 声谐振器与电化学传感器面对面放置; (D) 分别是金电极上的汗液生物污垢、其对电化学活性的抑制、通过声流清洗过程去除该层以及性能恢复。对于含有纳米颗粒的电极, 在声流作用下这些颗粒在电极表面的稳定性尤为重要; (E) 污染电极、微型声学谐振器去污电极的扫描电镜图像; (F) 污染电极、微型声学谐振器去污电极的原子力显微镜图像;

超声波清洗是生化分析领域常用的方法。它主要利用声流或空化气泡破裂引起的高速流体流动, 可清除物体表面污染物。已证实在电化学池中使用超声波, 可以有效去除电极表面的生物污垢, 并在血液等复杂生物流体中进行可重复的电分析检测[6]。然而, 目前的超声浴或常用探头体积庞大, 无法集成到微流控芯片实验室平台中。微型声学谐振器(SMR)是一种采用微电子机械系统(MEMS)工艺制造的声学器件(尺寸为亚毫

米级) (图 1 (A)) [7], 其在液体中的振动可导致高速的液体流, 成功实现原位电极除垢[8]。

我们将微型声学谐振器和电化学传感器芯片集成, 构建了微型声电化学原位除垢平台, 如图 1 (B) 所示。在该平台内, 通过微型声学谐振器产生超强水基液流进行清洁, 几乎可以完全清除电极表面的汗液生物污垢, 使传感器的性能恢复近 100% (图 1 (D))。通过扫描电子显微镜和原子力显微镜观察电极表面形貌, 考察了微型声学谐振器在电极表面原位除垢的效果。图 1 (E)、(F) 分别展示了污染电极、微型声学谐振器去污电极的扫描电镜图像和原子力显微镜图像。可以看出, 新电极在人体汗液环境中工作后, 表面吸附了大量污染物, 覆盖了电极在溶液中的所有暴露区域。在微型声学谐振器对电极进行原位清洁后, 电极表面更新成洁净状态。通过这种有效且温和的电极除垢方式, 不会破坏原有电极表面结构及电沉积纳米颗粒。因此未经处理和清洁后的电极感应到的电化学信号具有可比性, 性能没有出现偏差。此外, 重复的电极生物结垢及其可再现的表面更新证明了利用此平台在生物流体中进行连续可靠测量的可行性。本次汇报中, 我们将详细展示微型声学谐振器对生化传感器原位除垢的作用及工作机理, 探讨其在片上微流控芯片实验室领域的应用前景。

**关键词:** 片上微流控芯片实验室、声电化学传感器、微型声学谐振器、生物结垢、原位除垢

**参考文献:**

- [1] Tai, L. C., Gao, W., Chao, M., Bariya, M., Ngo, Q. P., Shahpar, Z., Nyein, H. Y. Y., Park, H., Sun, J., Jung, Y., Wu, E., Fahad, H. M., Lien, D. H., Ota, H., Cho, G., Javey, A., "Methylxanthine Drug Monitoring with Wearable Sweat Sensors, " *Advanced Materials*, 2018, 30(28):1707442.
- [2] Sun, T., Blanchard, P. Y., Mirkin, M. V., "Cleaning nanoelectrodes with air plasma, " *Analytical Chemistry*, 2015, 87: 4092-4095.
- [3] Pifferi, V., Soliveri, G., Panzarasa, G., Ardizzone, S., Cappelletti, G., Meroni, D., Falcicola, L. "Electrochemical sensors cleaned by light: a proof of concept for on-site applications towards integrated monitoring systems, " *RSC Advances*, 2015, 5: 71210-71214.
- [4] Gheysari, Z., Jelvani, S., Abolhosseini, S., Rouhollahi, A., Vatani, V., Rabbani, M., "Laser reactivation of gold and glassy carbon electrodes, " *International Journal of Electrochemical Science*, 2010, 5: 242-253.
- [5] Balasubramanian, S., Revzin, A., Simonian, A., "Electrochemical desorption of proteins from gold electrode surface," *Electroanalysis*, 2006, 18: 1885-1892.
- [6] Dietze, W. T., "Method for ultrasonic cleaning of a working electrode in electrochemical cell useful for automated trace metals measurements." US Patent 8097148B2, 2012.1.17.
- [7] Z. Zheng et al., "Miniature Gigahertz Acoustic Resonator and On-Chip Electrochemical Sensor: An Emerging Combination for Electroanalytical Microsystems," *Analytical Chemistry*, vol. 91, no. 24, pp. 15959-15966, 2019/12/17 2019.
- [8] Wang, X., Niu, P., Zhao, L., Ning, Y., Sun, S., Zhang, M., Pang, W., "Miniature Acoustic Resonator for Enhanced Lab-on-a-Chip Electroanalysis," 2019 IEEE SENSORS, 2019, pp. 1-3.

# 分子印迹聚合物基离子选择性电极在环境监测中的应用

梁荣宁, 秦伟

中国科学院烟台海岸带研究所

Email: rnliang@yic.ac.cn

## 摘要:

聚合物膜离子选择性电极是化学传感器的一个重要分支,它具有操作简单、选择性强、不受样品浊度和颜色影响等诸多优点,已广泛应用于工业分析、临床化验、环境监测等领域。<sup>[1]</sup>然而,需要指出的是,此类电极的测定对象主要是无机离子污染物(如重金属离子),对有机及生物污染物的检测研究较少见诸文献报道。近年来,我们采用分子印迹聚合物材料作为识别载体,构建了诸多聚合物膜离子选择性电极,实现了多种环境有机和生物污染物的高选择性、高灵敏度检测:

(1) 以有机磷农药污染物毒死蜱分子为检测对象,合成了具有规则形状分子印迹聚合物颗粒,利用与模板分子具有相似结构的有机离子传导电位信号,指示分子印迹聚合物与毒死蜱之间的分子识别过程,从而实现了电中性有机磷农药的电位检测。<sup>[2]</sup>

(2) 为了进一步提高印迹载体的识别效率,合成出了膜相可溶的分子印迹聚合物,实现了有机污染物双酚 AF 的高灵敏、高选择性电位检测。<sup>[3]</sup>

(3) 为了进一步提高电位检测有机污染物的可逆性,合成了具有刺激响应的分子印迹聚合物,并构建了离子选择性电极,实现了有机污染物高可逆性检测。<sup>[4]</sup>

(4) 为了进一步提高电位检测有机污染物的选择性,合成了多功能的分子印迹聚合物识别载体,有效提高了分子印迹识别载体基离子选择性电极检测有机污染物的选择性。<sup>[5]</sup>

(5) 为了实现生物污染物的电位检测,采用表面分子印迹技术,成功构建了表面分子印迹聚合物电位型传感器,实现了多种生物分子的高灵敏、高选择、快速电化学检测。<sup>[6]</sup>

**关键词:** 分子印迹聚合物; 离子选择性电极; 有机及生物污染物; 环境监测

## 参考文献:

- [1] Wei Gao, Ali Javey\*, et al. *Nature*, 529 (2016), 509-514.
- [2] Rongning Liang, Dean Song, Ruiming Zhang, Wei Qin\*. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 46 (2010), 5660-5668.
- [3] Huan Zhang, Ruiqing Yao, Ning Wang, Rongning Liang\*, Wei Qin\*. *Anal. Chem.*, 90 (2018), 657-662.
- [4] Longbin Qi, Rongning Liang\*, Wei Qin\*. *Anal. Chem.*, 92 (2020), 4284-4291.
- [5] Chan Wang, Longbin Qi, Rongning Liang\*, Wei Qin\*. *Anal. Chem.*, 2021, doi:ac-2021-034934.
- [6] Rongning Liang, Jiawang Ding, Shengshuai Gao, Wei Qin\*. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 56 (2017), 6833-6837.

# 自供能生物传感器的研制及多目标物同时检测应用研究

魏婕<sup>1,2</sup>, 高允<sup>2</sup>, 胡琴琴<sup>2</sup>, 王坤<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> 现代农业装备技术重点实验室, 江苏大学, 镇江, 212013, 中国

<sup>2</sup> 化学与化工学院, 江苏大学, 镇江, 212013, 中国

\*Email: [wangkun@ujs.edu.cn](mailto:wangkun@ujs.edu.cn)

自供能生物传感器作为新兴电化学传感技术, 其设备简单、检测快速、成本低廉, 可为自身检测供能, 无需外加电压, 有效避免了电活性干扰物发生非特异性氧化还原反应。但由于作用机制单一, 难以在一次检测过程中区分不同光活性材料或识别元件所产生的功率密度, 导致传感器缺乏多目标定量分析能力。为解决这一问题, 本工作基于位阻效应、电子转移调控、空间分辨等策略设计开发了一系列多目标物-光助自供能传感平台。如: 我们首次提出了基于电子转移诱导的信号转换策略, 实现了两种极易共存的真菌毒素同时检测; 利用生物光阳/阴极的位阻效应设计了固态自供能传感器实现了双目标物定量分析; 基于空间分辨策略, 开发了多通道集成芯片式自供能传感器件, 实现了三种临床难以分辨的猪腹泻类冠状病毒同时检测。所构建的自供能传感器对光敏材料种类、电极修饰精度以及光源性能均没有特殊要求。以上工作不仅为多目标物-自供能传感器的构建提供了新策略, 更加推动了自供能传感器向微型化与集成化发展。

**关键词:** 自供能传感器; 多组分分析; 同时检测; 传感策略

## 参考文献

[1] Wei, J.; Hu, Q.; Gao, Y.; Hao, N.; Qian, J.; Wang, K. *Anal. Chem.* **2021**, **93**: 12690-12697.

[2] Wei, J.; Hu, Q.; Gao, Y.; Hao, N.; Qian, J.; Wang, K. *Anal. Chem.* **2021**, **93**: 6214-6222.

# 基于新形状光纤的高灵敏局域表面等离子共振的小型化生物传感器

罗泽伟<sup>1,\*</sup>, 何露<sup>1</sup>, 何藩<sup>2</sup>, 冯燕婷<sup>1</sup>, 齐新元<sup>2</sup>, 段忆翔<sup>1,\*</sup>

1 西北大学化学与材料科学学院, 合成与天然功能分子化学教育部重点实验室, 分析仪器研究中心, 西安, 710127,;

2 西北大学, 物理学院, 西安, 710127。

\* Email: zwluo@nwu.edu.cn, yduan@nwu.edu.cn

## 摘要:

光纤局域表面等离子共振 (FOLSPR) 是一种实时、无标记的分析技术可用于开发现场、便携、易于集成的、小型化生物传感器。然而, 灵敏度不足限制其在癌细胞和蛋白分析领域的应用。

通过改变光纤几何构型, 我们制备直形、U 形和  $\Omega$  形等一系列光纤, 显著地提高 FOLSPR 的灵敏度, 实现了痕量乳腺细胞和 SARS-CoV-2 蛋白的检测<sup>1-4</sup>。最初, 结合伴刀豆球蛋白, U 形 FOLSPR 成功用于构建实时、无标记的细胞传感器<sup>2</sup>。相比于传统直形 FOLSPR, 这种 U 形 FOLSPR 检测细胞的灵敏度提高了 29 倍多。进一步, 制备的原创性  $\Omega$  形 FOLSPR 具有更多的弯曲区域, 带来更强的消逝场和灵敏度<sup>3</sup>。基于  $\Omega$  形 FOLSPR 的细胞传感器较 U 形的灵敏度有着显著的提升<sup>3-5</sup>。 $\Omega$  形 FOLSPR 还展示了结构依赖的光热等离子体效应, 实现了集癌细胞检测和治疗一体的多功能传感器<sup>5</sup>。此外, 基于  $\Omega$  形 FOLSPR 的直接法和夹心法可实现临床和环境样品中 SARS-CoV-2 的快速、灵敏分析。为开发微型化传感器, 将  $\Omega$  形 FOLSPR 封装在注射器针头内, 成功制备了静脉植入式设备。

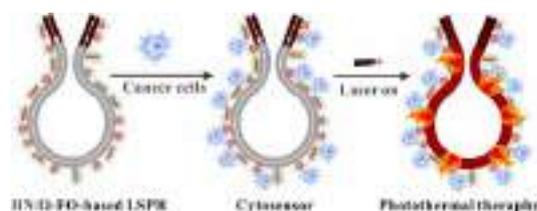


Fig. 1  $\Omega$ -shaped fiber optic FOLSPR for cytosensor and plasmonic photothermal therapy.

关键词: 光纤, 局域表面等离子体共振, 细胞分析, 蛋白分析。

## 参考文献:

- [1] Luo, Z.; Zhang, J.; Wang, Y.; Chen, J.; Li, Y.; Duan, Y. \*, *Sens. Actuat. B-Chemical* 236 (2016) 474-479.
- [2] Luo, Z.; Wang, Y.; Xu, Y.; Wang, X.; Huang, Z.; Chen, J.; Li, Y.; Duan, Y. \*, *Sens. Actuat. B-Chemical* 284 (2019) 582-588.
- [3] Xu, Y.; Luo, Z.; Chen, J.; Huang, Z.; Wang, X.; An, H.; Duan, Y. \*, *Anal. Chem.* 90 (2018) 13640-13646.
- [4] Luo, Z.; Xu, Y.; He, L.; He, F.; Wu, J.; Huang, Z.; Tian, Y.; Li, Y.; Duan, Y. \*, *Sens. Actuat. B-Chemical* 336 (2021) 129706.
- [5] He, L.; He, F.; Feng, Y.; Wang, X.; Li, Y.; Tian, Y.; Gao, A.; Zhang, P.; Qi, X. \*; Luo, Z. \*; Duan, Y. \*, *Biosens. Bioelectron.*, 194 (2021) 113599.

# 结合电化学分析技术和质谱分析技术用于细胞分析

徐加泉\*<sup>1</sup>, 苏蕊<sup>2</sup>, 宋丽丽<sup>1</sup>, 陈焕文<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 东华理工大学, 江西省质谱科学与仪器重点实验室; <sup>2</sup> 吉林大学, 化学学院  
Email: jiaquan\_xu@foxmail.com

## 摘要:

电化学分析技术具有灵敏度高、时空分辨率高等优点, 在细胞分析中具有广泛而重要的应用<sup>[1]</sup>。但是电化学分析在检测通量以及化合物鉴定方面存在一定不足。质谱分析技术通过分析离子的质荷比可同时实现多种物质检测, 具有检测通量高、结构解析能力强、检测灵敏度高优点, 在细胞分析中越来越受到关注<sup>[2]</sup>。

因此, 团队结合前期电化学分析方面的研究基础<sup>[3]</sup>和质谱分析方面的研究基础<sup>[4]</sup>, 开展了一些细胞分析工作, 主要包括结合单细胞电泳技术和纳升电喷雾质谱技术对单细胞中的代谢物分子进行了高灵敏分析(图 1a), 以及结合电化学传感技术和液质联用技术对乳腺癌细胞中 NO 释放过程进行了高通量分析(图 1b)。结果显示, 结合单细胞电泳技术和纳升电喷雾质谱技术可以有效降低基质干扰, 提高细胞中极性分子的检测灵敏度, 相比于直接吸取细胞液进行质谱分析, 本方法最高可提高 10 倍检测灵敏度。在乳腺癌细胞 NO 释放过程分析中, 通过电化学传感技术对药物作用后乳腺癌细胞的 NO 释放进行了在线检测, 同时采用液质联用技术对 NO 释放过程中细胞内分子的变化进行了分析, 该方法克服了质谱技术在检测 NO 释放中的不足以及电化学传感技术在高通量鉴定细胞内多种物质中的不足。采用该方法发现乳腺癌细胞经人参皂苷化合物处理后, 其 NO 释放量明显降低, 同时发现了三条与之密切相关的代谢过程。未来, 我们将进一步结合电化学分析技术的高时空分辨特性以及质谱分析技术高的检测通量和优秀的结构鉴定能力, 对细胞信号转导过程进行分析。

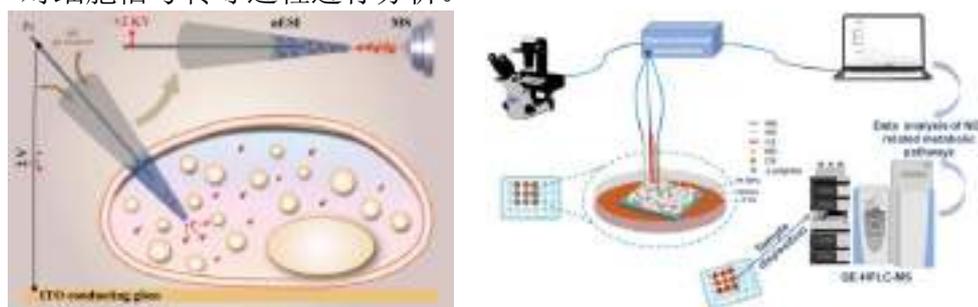


图 1 (a) 单细胞电泳-纳升电喷雾质谱技术用于单细胞分析示意图; (b) 结合电化学传感技术和液质联用技术用于乳腺癌细胞 NO 释放分析。

关键词: 电化学分析、质谱分析、单细胞分析

## 参考文献:

- [1] C. Amatore, S. Arbault, M. Guille, et al., *Chem. Rev.* 108 (2008) 2585.
- [2] R. Zenobi, *Science* 342 (2013) 1243259.
- [3] J. Q. Xu, Y. L. Liu, Q. Wang, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* 54 (2015) 14402.
- [4] J. Q. Xu, D. C. Zhong, K. Chingin, et al., *Anal. Chem.* 91 (2019) 8304.

# 探究不同尺寸的纳米火焰在外泌体分析中的影响及应用

石铭清, 孟红敏\*

郑州大学 化学学院, 郑州市, 邮编: 450001

邮箱: hmmeng2017@zzu.edu.cn

**摘要:** 由于其优异的膜穿透性、光学性能及抗酶切性能, DNA 修饰的金纳米颗粒 (纳米火焰) 广泛应用于生物分析及生物成像中。外泌体是由细胞分泌到体液中的一种微囊泡, 携带多种来源于母细胞的生物活性分子, 被认为是一种非侵害的生物标志物。基于纳米火焰的上述优势, 目前也有报道将其应用于外泌体内靶分子的分析, 然而由于细胞和外泌体尺寸的差异, 传统的 13 nm 的金颗粒在应用于外泌体分析中, 其分析性能可能会有所不同。因此, 我们探究了不同尺寸的金颗粒在外泌体分析中的性能。通过荧光光谱和激光共聚焦实验发现 5 nm 的金颗粒可实现对目标物的高灵敏分析。我们推测 5 nm 的金颗粒可以更高效率的进入外泌体内。并进一步通过 TEM, ICP-MS 等表征技术验证了我们的猜想。该工作为进一步探究纳米火焰在生物分析中的应用提供了一定的理论基础。

**关键词:** 纳米火焰; 外泌体; 尺寸

## 参考文献

- [19] Raposo, G.; Stoorvogel, W. Extracellular Vesicles: Exosomes, Microvesicles, and Friends. *J. Cell Biol.* 2013, 200, 373–383.
- [20] Zhao, J.; Liu, C.; Li, Y.; Ma, Y.; Deng, J.; Li, L.; Sun, J. Thermophoretic Detection of Exosomal microRNAs by NanoFlares. *J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142, 4996–5001.

# 有机大环半导体材料与纸基无创气体传感芯片

姜钧予, 冯伟昊, 朱沛华\*, 于京华\*

济南大学化学化工学院, 济南, 250022

\*Email: chm\_zhuph@ujn.edu.cn

## 摘要:

新兴的可穿戴传感器有望实现人机交互, 据信将给我们未来的日常生活带来不可预见的创新。通常, 它们由各种电路或柔性基板上复杂的层状矩阵阵列组成, 并通过复杂的生产工艺制造, 人们对廉价、易得的可穿戴电子产品的需求日益增长。本工作以功能大环分子设计为起点, 制备纸基电化学传感界面, 实现**有机气体**的无创精准检测。基于纸纤维内部纵横交错的三维网状多孔结构和易于功能化修饰的特点, 构筑纸基叉指电极。借助实现电子给-受体系的定向排列及异质结构的有序生长, 完成了信号的协同响应及异质放大; 形成有利于载流子高效传输的 $\pi$ 电子通道, 建立了高灵敏的直读式分析方法; 实现了低功耗、高灵敏的气体传感, 解决了低功耗气体传感的难题。掌握了气体传感界面的调控机制, 突破了湿度的干扰问题。把握大环配合物的分子半导体特征以及由此带来的机械柔性和生物亲和能力, 结合纸基柔性完成了可穿戴传感芯片的研发。本项工作所构建的纸基无创气体传感芯片具有传感性能高、机械灵活性好、工艺简单、易于焚烧处理等特点, 有望集成到智能穿戴平台中, 实现疾病早期预警和环境监控, 为廉价、易得可穿戴设备的发展提供了新的思路。

**关键词:** 纸芯片; 无创传感; 气体分析

## 参考文献:

- [1] Zhu, P. H.; Li, S. S.; Jiang, X. Y.; Wang, Q.; Fan, F. Q.; Yan, M.; Zhang, Y.; Zhao, P. N.; Yu, J. H. *Anal. Chem.*, 91(2019), 10320.
- [2] Zhu, P. H.; Wang, Y. C.; Ma, P. S.; Li, S.; Fan, F. Q.; Cui, K.; Ge, S. G.; Zhang, Y.; Yu, J. H. *Anal. Chem.*, 91(2019), 5591.
- [3] Zhang, Y.; Xu, J. M.; Zhou, S.; Zhu, L.; Lv, X.; Zhang, J.; Zhang, L. N.; Zhu, P. H.; Yu, J. H. *Anal. Chem.*, (92)2020, 3874.
- [4] Li, S. S.; Zhao, C. R.; Zhou, S. Zhang, Y.; Zhu, P. H.; Yu, J. H. *Chem. Eng. J.*, 385(2020), 123397.
- [5] Zhu, P. H.; Li, S. S.; Zhao, C. R.; Zhang, Y.; Yu, J. H. *J. Hazard. Mater.*, 384(2020), 121426.
- [6] Zhu, P. H.; Li, S. S.; Zhou, S.; Ren, N.; Ge, S. G.; Zhang, Y.; Wang, Y. F.; Yu, J. H. *Chem. Eng. J.*, 420(2021), 127559.

# 系列近红外二区荧光探针平台分子的构建

雷祖海

复旦大学药学院，上海市浦东新区张衡路 826 号，邮编：200120

\*Email: lei\_zuhai@fudan.edu.cn

小分子荧光染料是荧光成像与传感技术在生物医学研究中得以发挥重要作用的有力工具。相比于传统技术采用的短波段(400~900 nm)荧光,近红外二区(1000~1700 nm)荧光可显著降低生物组织的散射以及自发荧光干扰,因而极大地提高了成像分辨率和成像深度。然而限制该技术得以进一步发展的一个重要瓶颈是缺乏合适的生物兼容性小分子荧光染料。现有的近红外二区荧光染料普遍稳定性较差尤其在水溶液中的稳定性,同时也缺乏合适的荧光调节方式,在生物传感分析中应用受限。

针对上述问题,我们从稳定性和波长可调性两个角度出发,巧妙的结合了咕吨染料的结构刚性与菁染料的波长可调性,开发了系列波长可调的高稳定性近红外二区荧光染料。与传统染料相比,该类染料在水溶液中具有更优异的化学稳定性和光稳定性,其活体淋巴成像效果远胜于金标准染料吲哚菁绿。在此基础上,通过分子结构修饰,可以根据不同的实验目的构建各种响应性近红外二区荧光探针。

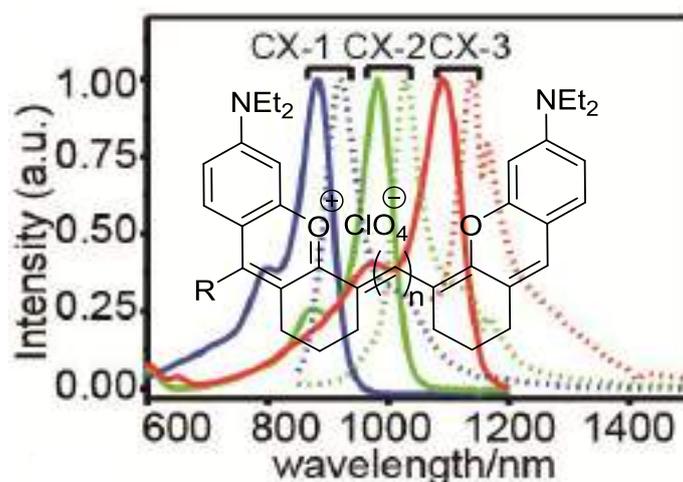


Fig. 1 染料母核结构及其吸收发射光谱

关键词：荧光染料；近红外二区；荧光探针，活体成像，光谱调控

参考文献

[1] Zuhai Lei, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2019**, 58(24), 8166-817.

[2] Mengyao Zhao, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60(10), 5091-5095.

[3] Zuhai Lei, Fan Zhang\*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60(30),16294-16308.

# 稀土上转换纳米颗粒微观表面性质和能量转移新机制研究

贾黛璐, 董园园, 任伟\*, 刘成辉,

陕西省生命分析化学重点实验室, 陕西师范大学化学化工学院

Email: wei.ren@snnu.edu.cn

## 摘要:

稀土掺杂的上转换纳米颗粒具有反斯托克斯位移的发光性质, 即在近红外光激发下能够发射出可见光, 有效避免了激发光谱和发射光谱之间的重叠。此外, 其还具有荧光寿命可调、激发光组织穿透深度大、生物毒性低等优异特性, 在细胞标记、生物成像、生物传感等领域得到了广泛应用。在生物传感领域, 上转换纳米颗粒通常作为能量供体, 由目标物分子调控其与受体之间的能量传递, 并最终将目标物浓度信号转换为荧光信号。因此, 上转换纳米颗粒的表面可控功能化修饰和其与受体间的能量传递效率对传感器性能起到了决定性作用。一方面, 在传统表面功能化修饰方法中, 上转换纳米颗粒通常被认为是具有均一表面性质的球形颗粒。通过对上转换纳米颗粒表面性质的深入研究, 我们使用核酸分子在其不同晶面进行了可控选择性修饰, 并且在此基础之上实现了二氧化硅壳层的表面各向异性功能化以及颗粒可控杂化自组装。另一方面, 上转换纳米颗粒内部掺杂有大量的激活剂稀土离子, 是一种具有多发光中心的荧光纳米颗粒, 而在传统的基于荧光共振能量转移 (FRET) 的生物传感体系中, 上转换纳米颗粒的能量传递效率受到了 FRET 临界距离等因素的制约, 导致检测信噪比较低。我们研究发现, 邻苯醌类物质对稀土上转换纳米颗粒具有优异的荧光猝灭效果, 基于此我们构建了 turn-on 和 turn-off 模式的高效传感体系, 实现了对多种疾病相关生物标志物分子的高灵敏度检测。

**关键词:** 上转换纳米颗粒, 可控选择性修饰, 能量转移

## 参考文献:

- [1] W. Ren, S. Wen, S. A. Tawfik, Q. P. Su, G. Lin, L. A. Ju, M. J. Ford, H. Ghodke, Antoine M. van Oijen, D. Jin\*, *Chemical Science* 2018, 9 (18), 4352-4358.
- [2] W. Ren, Y. Zhou, S. Wen, H. He, G. Lin, D. Liu, D. Jin\*, *Chemical Communications* 2018, 54 (52), 7183-7186.
- [3] Y. Li<sup>†</sup>, D. Jia<sup>†</sup>, W. Ren\*, F. Shi, C. Liu\*, *Advanced Functional Materials* 2019, 29 (32), 1903191.

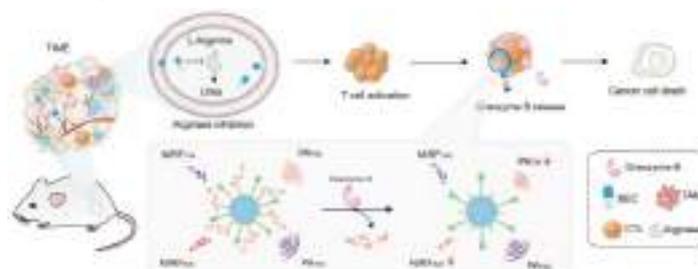
# Nanofluorophore for Near-Infrared Fluorescence and Photoacoustic Imaging of T Lymphocytes

Yan Zhang<sup>1,\*</sup>, Xiangliang Yang<sup>1</sup>, Kanyi Pu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Engineering Research Centre for Nanomedicine, College of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, 1037 Luoyu Road, Wuhan, China, 430074

<sup>2</sup> School of Chemical and Biomedical Engineering, Nanyang Technological University, 70 Nanyang Drive, Singapore, 637457  
Email: yan\_zhang@hust.edu.cn

Development of real-time non-invasive imaging probes to assess infiltration and activation of cytotoxic T cells (CTLs) is critical to predict the efficacy of cancer immunotherapy, which however remains challenging. An activatable semiconducting polymer nanoprobe (SPNP) is reported for near-infrared fluorescence (NIRF) and photoacoustic (PA) imaging of a biomarker (granzyme B) associated with activation of CTLs. SPNP comprises a semiconducting polymer (SP) conjugated with a granzyme B cleavable and dye-labeled peptide as the side chain, both of which emit NIRF and PA signals. After systemic administration, SPNP passively targets the tumor and in-situ reacts with granzyme B to release the dye-labeled peptide, leading to decreased NIRF and PA signals from the dye but unchanged signals from the polymer. Such ratiometric NIRF and PA signals of SPNP correlate well with the expression level of granzyme B and intratumoral population of CTLs. Thus, this study not only presents the first PA probes for in vivo imaging of immune activation but also provides a molecular design strategy that can be generalized for molecular imaging of other immune-related biomarkers.



**Fig. 1** Scheme of SPNP for real-time imaging of CTL activation during cancer immunotherapy.

**Key words:** Activatable imaging, NIR and PA duplex imaging, T Lymphocytes

**Reference:**

- [1] Zhang, Y.; et al. *Angewandte Chemie International Edition*, 60 (2021), 5921-5927.
- [2] Tan, X.; et al. *Angewandte Chemie International Edition*, 60 (2021), 14051-14059.
- [3] Huang, J.; et al. *Nano Letters*, 20 (2020), 5236-5242.
- [4] Zhang, Y.; et al. *Small*, 16 (2020), 1906797.
- [5] Ao, Y.; et al. *ACS Nano*, 13 (2019), 3373-3386.

# 多功能纳米材料设计用于活性氧相关疾病研究

穆婧<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (北京大学深圳医院精准医学研究院, 深圳 518036)

**摘要:** 活性氧在生理功能调节中发挥着至关重要的作用。活性氧调节失衡造成的氧化应激与包括癌症、炎症等多种疾病息息相关。通过在不同生理条件下调节活性氧的生成、转化或是耗竭过程, 可实现对病变细胞或组织到健康组织的转变。基于此, 我们开发了一系列与活性氧调节相关的纳米材料, 发挥其在生理病理条件下的生物学效应。我们分别研究了光活铂类药物的活性氧产生机理、光敏剂活性氧产生对肿瘤的杀伤作用以及化学动力学相关活性氧产生的治疗效果。另一方面, 我们设计了活性氧响应的纳米诊疗剂用于活体荧光成像及药物的定点释放。此外, 我们开发了新型高效的级联纳米酶反应器, 利用活性氧清除和一氧化氮调节作用, 降低氧化应激损伤、抑制细胞凋亡及炎症因子的表达, 最终实现对缺血再灌注损伤的有效干预。基于活性氧研究的多功能纳米材料的设计为发展安全有效的治疗方案及进一步的生物医学应用提供了新思路和研究基础。

**关键词:** 活性氧; 多功能纳米材料; 肿瘤微环境; 缺血损伤

## 参考文献

- [1] M. Jiang, **J. Mu**\*, O. Jacobson, Z. Wang, L.C. He, J. Qu, P. Huang\*, X. Chen\*. *ACS Nano*, **2020**, **14**, 12, 16875.
- [2] **J. Mu**, L. He\*, W. Fan, W. Tang, Z. Wang, C. Jiang, D. Zhang, Y. Liu, H. Deng, J. Zou, O. Jacobson, J. Qu, P. Huang\*, X. Chen\*. *Small* **2020**, **42**, 2004016.
- [3] L. He, **J. Mu**\*, X. Chen\*. *Adv. Sci.* **2020**. DOI: 10.1002/advs.202003775
- [4] **J. Mu**#, L. He#, P. Huang\*, X. Chen\*. *Coord. Chem. Rev.* **2019**, **399**, 213039.
- [5] **J. Mu**, J. Lin, P. Huang\*, X. Chen\*. *Chem. Soc. Rev.* **2018**, **47**, 5554.
- [6] S Ariyasu, # **J. Mu**, #\* X. Zhang, Y. Huang, K. L. Yeow, H. Zhang, Bengang Xing\*, *Bioconjugate Chem.* **2017**, **28**, 1059.
- [7] X. Li, # **J. Mu**, # F. Liu, Eddy, Tan, B. Khezri, W. Richard, K. L. Yeow, B. G. Xing\*. *Bioconjugate Chem.* **2015**, **26**, 955.
- [8] **J. Mu**, F. Liu\*, M. S. Rajab, M. Shi, S. Li, C. Goh, L. Lu, Q. Xu, B. Liu, L. G. Ng, B. Xing\*. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, **53**, 14357.

# 细胞内源组分辅助荧光放大与高灵敏生物成像分析

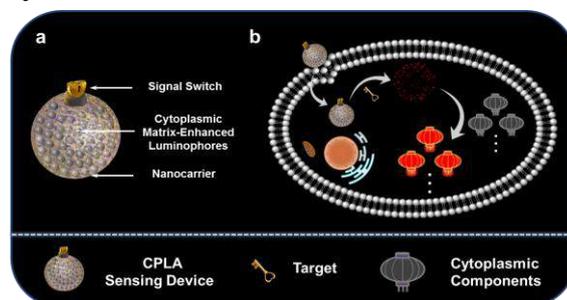
杨盛\*<sup>1</sup>, 周怡波<sup>2</sup>, 杨荣华\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南师范大学化学化工学院, 化学生物学及中药分析教育部重点实验室, 湖南长沙, 410081 <sup>2</sup>长沙理工大学化学与食品工程学院, 细胞化学湖南省重点实验室, 湖南长沙, 410114

\*E-mail: yangsheng@hunnu.edu.cn; yangrh@pku.edu.cn

## 摘要:

信号放大是准确获取生物体内低丰度化学生物信息的有效策略, 对于生命分析和临床诊断具有重要研究意义<sup>[1]</sup>。迄今为止, PCR 扩增、酶链免疫分析、等温核酸放大、化学催化放大、分子导线、自刺激链式反应、纳米材料辅助放大等诸多信号放大策略得到广泛发展<sup>[2]</sup>。但是上述策略往往需要严苛的反应条件和依赖于外加辅助工具, 不适用于细胞内重要生命物质的超灵敏成像分析应用。实现细胞内原位实时信号放大仍然具有极大挑战性。针对上述问题, 本研究团队发展细胞自助式原位荧光放大新策略, 其主要思路是利用细胞内固有组分代替外源性辅助工具放大检测信号。本报告将介绍我们基于这一策略的相关研究进展: 合成并筛选胞浆基质增强型荧光染料, 以刺激响应型功能纳米材料为信号放大载体, 开发高效荧光放大探针用于细胞内源性羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )、亚型透明质酸酶(Hyaluronidase)、成纤维细胞活化蛋白 (FAP)等痕量生命活性物质或疾病标志物的高灵敏成像分析<sup>[3-6]</sup>。



**Fig. 1** Scheme of cytoplasmic-assisted fluorescence amplification for ultrasensitive bioimaging

**关键词:** 荧光放大; 生物成像; 低丰度分析物

**参考文献:**

- [25] Achilefu, S. *Chem. Rev.* **2010**, *110*, 2575.  
 [26] Goggins, S.; Frost, C. G. *Analyst*, **2016**, *141*, 3157.  
 [27] Zhou, Y. B.; Yang, S.; Xiao, Y.; Zou, Z.; Qing, Z. H.; Liu, J. W.; Yang, R. H. *Anal. Chem.* **2019**, *91*, 15179-15186  
 [28] Li, Y.; Yang, S.; Guo, L.; Xiao, Y.; Luo, J. Q.; Li, Y. H.; Wong, M. S.; Yang, R. H. *Anal. Chem.* **2019**, *91*, 6887-6893  
 [29] Zhou, Y. B.; Yang, S.; Guo, J. R.; Dong, H.; Yin, K. Y.; Huang, W. T.; Yang, R. H. *Anal. Chem.*, **2020**, *92*, 5787-5794  
 [30] Zhou, Y. B.; Yin, K. Y.; Dong, H.; Yang, S.; Li, J. B.; Luo, J.; Q. Li, Y.; Yang, R. H. *Anal. Chem.*, **2021**, *93*, 3726-3732

# 基于生物分子创建的生物分析与成像新方法研究

雷春阳\*

湖南大学化学化工学院, 化学生物传感与计量学国家重点实验室, 湖南长沙, 410082  
Email: cylei@hnu.edu.cn

## 摘要:

以蛋白、核酸等为代表的生物分子工具是生物分析中关键生化信息获取的重要分子基础, 但其功能局限成为生物分析领域的主要瓶颈, 因此改造并创制新型生物分子工具能为生命分析化学提供创新源头。该研究从生物分析化学中低丰度靶标探测和局域空间生化信息获取等基本科学问题出发, 针对当前生物分子工具在信号转换放大功能和空间特异性等方面缺陷开展深入探索, 创建系列新型高性能生物分子工具, 发展重要生物分子靶标的高灵敏生物分析和活细胞局域原位动态成像新方法。主要研究工作包括: (1) 创建功能蛋白分子工具, 提出高效的信号转换放大新机制, 发展适用于实际样品的超灵敏生物分析新原理和新方法; (2) 构筑亚细胞精确定位核酸分子工具, 为细胞局域空间中重要生物分子的实时原位成像分析提供有效手段。

**关键词:** 生物分子工具; 生物分析; 信号放大; 生物成像

## 参考文献:

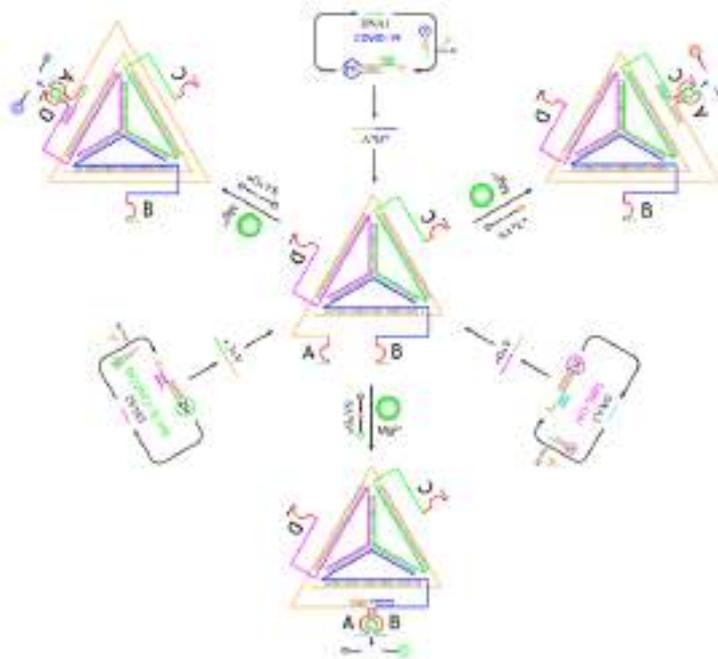
- [1] C. Lei, Z. Nie et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2014, 53: 8358.
- [2] G. Feng, C. Lei, Z. Nie et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, 58: 6590.
- [3] F. Liu, C. Lei, Z. Nie et al. *Chem. Sci.*, 2020, 11: 2993
- [4] F. Liu, C. Lei et al. *Anal. Chem.*, 2021, 93: 3517.
- [5] M. Yang, C. Lei, Z. Nie et al. *Sci. China Chem.*, 2021, 64: 330.
- [6] X. Luo, C. Lei et al. *Anal. Chem.*, 2020, 92: 3517.
- [7] K. Shi, C. Lei et al. *Biosens. Bioelectron.*, 2021, 190: 113372.

## 四面体结构动态网络检测冠状病毒及其多编码逻辑门应用

潘家峰<sup>1,2</sup>, 何莹<sup>1</sup>, 刘志\*<sup>1</sup>, 陈俊华\*<sup>2</sup><sup>1</sup> 湖南农业大学, 湖南 长沙 410128<sup>2</sup> 广东省科学院生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650Email: [tigerzhiliu@126.com](mailto:tigerzhiliu@126.com); 222chenjunhua@163.com

## 摘要:

基于冠状病毒的大规模爆发, 我们构建了四面体结构动态网络用于冠状病毒的大规模筛查。我们利用四种不同的 DNA 探针构建四面体结构动态网络。利用 DNAzyme 和荧光基团修饰的底物链产生不同的荧光信号, 可用于区分多种冠状病毒。冠状病毒生物传感器对 COVID-19、Bat-SL-CoVZC45、SARS-CoV 检测灵敏度高, 其线性响应范围为 10 fM-100 pM, 检出限分别为 2.5 fM、3.1 fM 和 2.9 fM。该平台具有良好的选择性, 已成功应用于唾液样本的冠状病毒诊断, 回收率为 95.8%-107%。利用多种冠状病毒作为输入元件, 我们搭建了“AND-OR”、“AND-AND-AND”、“INHIBIT-OR”和“AND-INHIBIT”等多个级联逻辑门。相对于 PCR, 四面体结构动态网络为不同冠状病毒的智能诊断提供了通用型传感策略, 进一步降低假阴性结果。



**Figure 1** Schematic illustration of the detection mechanism of the tetrahedron-based constitutional dynamic network for three different coronaviruses diagnostics.

**关键词:** 冠状病毒; 四面体; 结构动态网络, 智能诊断

## 参考文献:

[1] J. Pan, Y. He, Z. Liu, J. Chen, *Chem. Commun.* 57 (2021) 1125-1128.

## 基于新型荧光纳米材料的生物医学传感应用

南京医科大学 岑瑶

yaocen@njmu.edu.cn

重大疾病如心血管疾病、肿瘤、神经精神类疾病的早期诊断对于提高患者生存质量及存活率是非常重要的。重大疾病相关生物标志物的临床检测是疾病早期诊断和治疗的有效手段。基于纳米探针技术发展疾病早期诊断与治疗的新策略和新方法，是当前临床诊疗领域的难点。

针对当前早期诊断研究中存在的三个关键问题：检验结果准确度低、效率低、耗时长，本课题组聚焦前沿确证重大疾病潜在生物标志物，设计生物识别机制，结合比率荧光的特色，建立比率荧光检测模式提高了疾病潜在标志物检测准确度；构建多功能纳米平台实现了重大疾病的高效、准确检测；借助光学方法开启了医学诊断。

这些研究工作拓宽了光学探针的应用范围，将为重大疾病早期诊断的潜在生物标志物检测新方法构建及其生物学医学应用提供可借鉴的新模式。



1. **Y Yang**, J Xu, Y Sun, L Mo, B Liu, X Pan, Z Liu\*, W Tan\*, “Aptamer-Based Logic Computing Reaction on Living Cells to Enable Non-Antibody Immune Checkpoint Blockade Therapy” *J. Am. Chem. Soc.* 2021, 143, 22, 8391–8401
2. **Y Yang**, WJ Zhu, ZL Dong, L Xu\*, MW Chen\*, Z Liu\* “1D Coordination Polymer Nanofibers for Low-Temperature Photothermal Therapy” *Advanced Materials*, 2017,10
3. **Y Yang**, XQ Sun, X Pan, W Li, S Hoda, L Li, WH Tan\* Circular bispecific Aptamer-mediated targeted cellular immunotherapy. *ACS Nano*, 2020
4. **Y Yang**, C Liang, WJ Zhu, Y Chao, WH Tan, MW Chen\*, Z Liu\* G-quadruplex based metal-organic nanoparticles as dissociable nanocarrier to modulate tumor hypoxia for effective combination therapy. *Nano Letters* 2018 (11), 6867-6875
5. **Y Yang**, JJ Liu, C Liang, LZ Feng, TT Fu, ZL Dong, Y Chao, YG Li, Guang Lu\*, MW Chen\*, Z Liu\* “Nanoscale Metal-Organic Particles with Rapid Clearance for Magnetic Resonance Imaging-Guided Photothermal Therapy.” *ACS Nano*, 2016, 10(2), 2774-2781.

# 基于噬菌体的细菌分离与电化学检测方法构建

周彦<sup>1\*</sup>, Ramaraja Ramasamy

<sup>1</sup> 西安交通大学 生命科学与技术学院, 西安, 710049, <sup>2</sup> 美国佐治亚大学 工程学院, USA.

Email: yanzhou@xjtu.edu.cn

## 摘要:

细菌病原体普遍存在于环境中, 极易污染食物导致严重的食源性疾病。食品中的病原微生物检测是衡量食品卫生安全的重要指标之一。即时检测食品中的细菌可以对病原微生物早发现, 早处理从而防治传染病和食物中毒等发生。研究和设计电化学即时检测方法检测低浓度的致病菌, 对于食品安全及预防疾病的传播有着重要意义。与大多数识别分子相比, 噬菌体具有天然特异性、高稳定性、低成本的优点。我们首先利用噬菌体与宿主间的特异性识别作用, 将噬菌体固定在磁性粒子表面, 实现了细菌的特异性分离富集, 并应用电化学阻抗法成功检测目标细菌。在此基础上进一步通过基因工程, 在噬菌体表面表达生物素, 制备可以特异性固定的噬菌体, 从而可提高特异性识别效率, 由此发展了集分离-检测为一体的研究平台, 为食品卫生管理提供了科学依据。

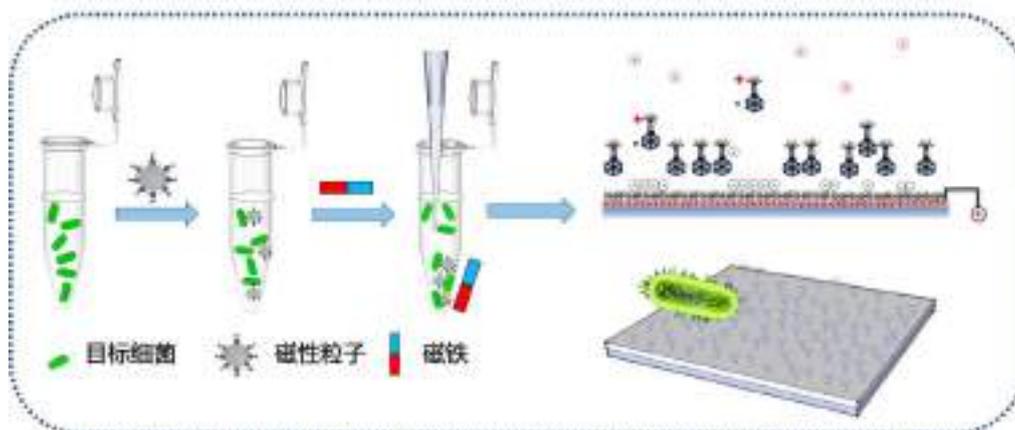


图1 食品中细菌的分离与检测

**关键词:** 食品安全; 细菌; 噬菌体; 电分析化学; 磁性粒子

**参考文献:**

- [1] Zhou, Y.; Marar, A.; Kner, P.; Ramasamy, R.\* *Anal. Chem.* 2017, 89: 5734.
- [2] Zhou, Y; Ramasamy, R.\* *Colloids Surf. B.*, 2018, 175, 421.
- [3] Zhou, Y; Fang, Y.; Ramasamy, R.\* *Sensors*, 2019, 19(2): 392.

## 基于光阴极与 DNA 扩增反应的光电化学传感

肖靖, 刘彰, 李春香, 邓克勤\*

湖南科技大学化学化工学院, 理论有机化学与功能分子教育部重点实验室, 湘潭, 中国, 411201

Email: keqindeng@hnust.edu.cn

### 摘要:

阴极光电化学 (CPEC) 传感器具有抗干扰、背景低、不依赖电子供体、设备便携等优点。光阴极采用空穴作为载流子, 光生电子向电解液中的电子受体转移, 因此真实样品中的还原性生物分子对传感体系的光电流影响很小。但通常光阴极产生的光电流较小, 因而检测灵敏度不高。为了提高 CPEC 传感器的光电流和检测灵敏度, 我们提出了电子受体与核酸扩增信号放大策略相结合的解决方案。以 Ag-AgI-CNTs 为光阴极材料,  $K_3[Fe(CN)_6]$  为光电子受体, 建立了阴极光电化学 (CPEC) 传感平台。由于  $[Fe(CN)_6]^{3-}$  能有效地接受 Ag-AgI-CNTs 的光生电子, 大大增强了体系光电流。我们结合表面多位点链置换扩增 (SMSDA) 策略, 将 CPEC 平台成功应用于末端脱氧核苷酸转移酶 (TdT) 活性测定。在 TdT 存在时, 固定在 CPEC 平台上的 oligo-dT 引物被原位延伸, 产生 poly A 单链。然后 poly A 单链与相邻的 oligo-dT 自发形成稳定的多点杂交结构, 随后在聚合酶作用下发生 SMSDA 反应, CPEC 平台表面被扩增的 DNA 链和 DNA 杂交形成的网络覆盖, DNA 链的静电斥力严重阻碍了光电阴极和电子受体之间的光电子转移, 导致光电流降低。构建的传感器具有良好的线性响应  $6 \times 10^{-5} - 0.1$  U, 检测限为  $1.1 \times 10^{-5}$  U。在基于 TdT 的生化研究、药物筛选、疾病诊断等领域具有良好的应用前景<sup>[1]</sup>。另外我们还制备了 BiOI-Bi/CNTs 复合材料作为光阴极材料, 以  $K_3[Fe(CN)_6]$  为光电子受体, 设计了发夹环内两点杂交识别引发的循环链置换扩增 (SPRSDA) 策略, 实现了对 miRNA-let-7a 的定量分析。SPRSDA 策略将 miRNA 的识别区域和切刻酶识别位点的互补序列整合于发夹探针 (HP) 的环形区域, 用于目标 miRNA 分子的识别及产物 DNA 链的扩增放大。miRNA 的识别和第一轮扩增发生后, 发夹被打开, 隐藏并封闭在发夹茎部 3' 互补序列被释放, 实现了多重链置换扩增和信号的进一步放大。最后利用修饰有捕获探针 (CP) 的 BiOI-Bi/CNTs 平台捕获产物 DNA (pDNA), 由于  $K_3[Fe(CN)_6]$  能有效接受来自 BiOI-Bi/CNTs 的光电子, 而高密度的 DNA 层能抑制光电子向电子受体的转移, 从而可有效降低光电流, 达到定量检测 miRNA 的目的。该方法为开发新的 miRNA 生化检测系统提供了新思路<sup>[2]</sup>。

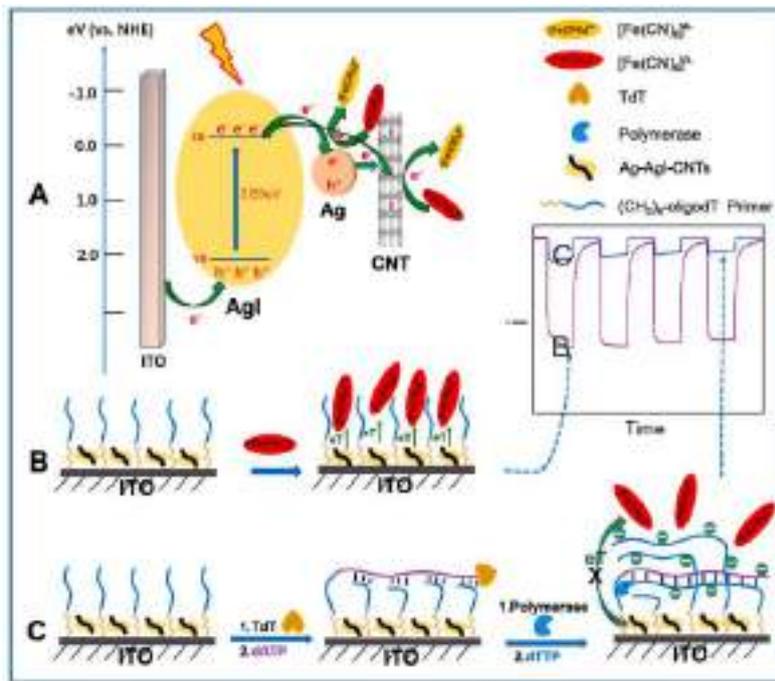


图 1. 基于光阴极与表面核酸扩增检测 TdT 活性原理示意图。

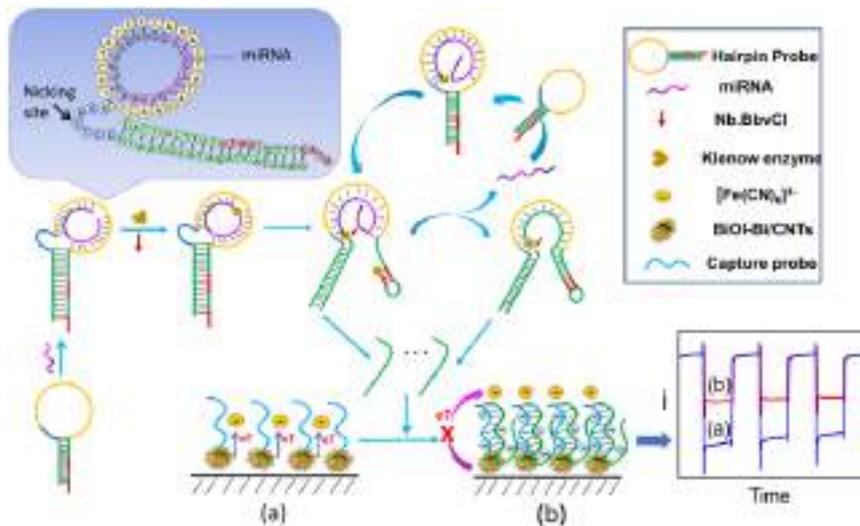


图 2. 基于光阴极与核酸发夹环内杂交引发的多点链置换扩增检测 miRNA 原理示意图。

关键词：阴极光电化学；DNA 扩增反应；Ag-AgI-CNTs；BiOI-Bi/CNTs

参考文献：

- [1] Keqin Deng, Jing Xiao, Zhang Liu, Chunxiang Li, Jinglun Wang, Qingfeng Yi, Haowen Huang, Hu Zhou, *Biosensors and Bioelectronics*, 181 (2021) 113152
- [2] Jing Xiao, Keqin Deng, Zhang Liu, Chunxiang Li, Jinglun Wang, Qingfeng Yi, Haowen Huang, Hu Zhou, *Sensors and Actuators: B. Chemical*, 348 (2021) 130691

# 有机场效应晶体管在早期癌症诊断中的应用

程姗姗\*<sup>1</sup>, 孙辰芳<sup>1</sup>, 胡文平\*<sup>1</sup>

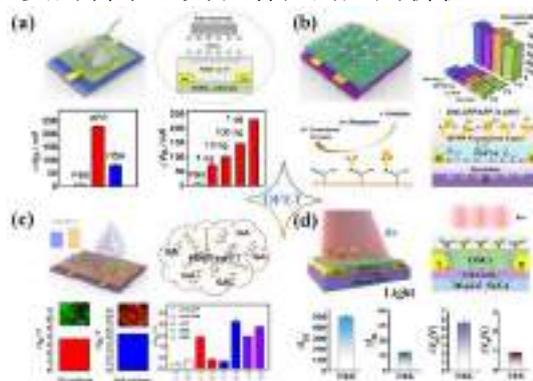
<sup>1</sup> 天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

Email: chengss@tju.edu.cn

## 摘要:

面向人民生命健康的化学测量学工作在医疗保健领域, 特别是重大疾病早期诊断方面的应用逐渐明朗。以癌症为例, 研究和开发快速、精准的早期诊断方法有利于癌症的早期诊断和治疗。基于有机场效应晶体管 (OFETs) 独特的信号转换与放大的特性, 以及具有免标记、易于制备、可实现快速检测等优势, 目前在癌症等疾病标志物的可靠检测中受到了广泛关注。尽管如此, OFET 传感器应用于血清等复杂生物样本检测时中不可避免地存在非特异性吸附的干扰。

为了进一步提高对目标分析物检出的选择性和稳定性, 我课题组通过将有机半导体和交联剂共混形成自封装的结构[1], 或在有机半导体表面修饰功能化分子[2], 以及对制备的有机半导体进行溶剂退火[3]等多种方法来提高传感器的稳定性、灵敏度和选择性。同时, 我们还开辟了新的方式, 即构筑了一种新型有机光电传感器[4], 利用光学信号实现定性、电学信号进行定量, 从而大大提高目标分析物检测的准确性和可靠性。基于以上研究基础, 能够极大地推进 OFETs 生物传感器的实用化进程, 同时有助于扩大基础医学研究, 具有重要的科学意义和潜在的应用价值。



**Figure 1.** Application of OFETs in early liver cancer diagnosis. (a) High-performance water-gated OFETs for cancer diagnosis. (b) BFPA-modified OFET-based biosensor for AFP detection. (c) Facile functionalization strategy in multi-biomarker determination. (d) OFET-based biosensor with enhanced sensitivity and reliability under illumination for CEA assay.

**关键词:** 有机场效应晶体管; 有机光电传感器; 生物传感器; 癌症早期诊断

## 参考文献:

- [1] Chenfang Sun, Shanshan Cheng\* and Wenping Hu\*, *Analytical Chemistry* 93 (2021) 11305–11311.
- [2] Chenfang Sun, Shanshan Cheng\* and Wenping Hu, *Analytical Chemistry* 93 (2021) 6188–6194.
- [3] Chenfang Sun, Shanshan Cheng\* and Wenping Hu\*, *Biosensors & Bioelectronics* 164 (2020) 112251.

- [4] Xue Wang, Chenfang Sun, Shanshan Cheng\* and Wenping Hu, *Analytical Chemistry* (2021).
- [5] Muhammad Aminu Auwalu and Shanshan Cheng\*, *Chemosensors* 9 (2021) 44.

# 多功能聚合物涂层增强钒酸铋阳极光电性能构建

## 高灵敏生物传感器

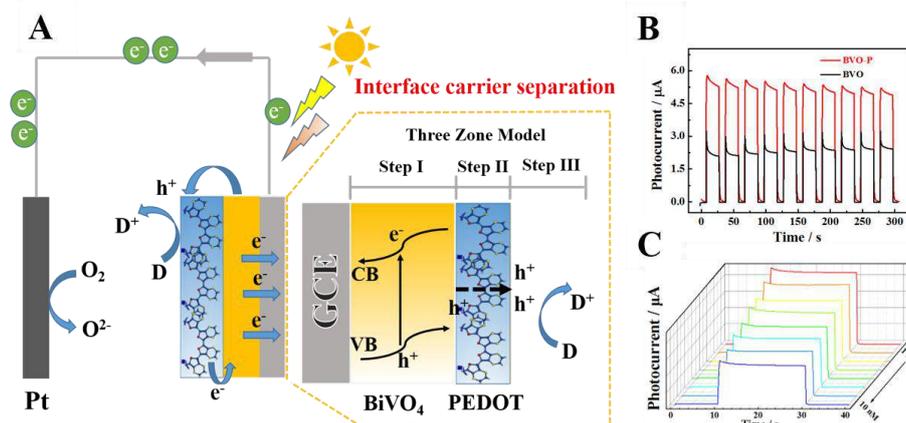
艾思敏, 王帅, 曾红梅, 刘红艳\*

西南大学 化学化工学院, 重庆, 400715

\*Email: liuhy860@swu.edu.cn

### 摘要:

光致电化学 (Photoelectrochemical, PEC) 传感器是利用光激发光电活性材料产生电流, 通过光电流的变化与目标物浓度关系实现定量检测<sup>[1, 2]</sup>。本文采用在光阳极表面原位组装涂层的方法, 在N-型半导体钒酸铋纳米材料 ( $\text{BiVO}_4$ ) 光阳极表面修饰P-型聚3,4-乙烯二氧噻吩 (PEDOT) 导电聚合物, 该聚合物既是空穴传输层, 又是保护层, 通过界面载流子分离策略, 有效地提升了光电极的光电性能。如图1所示, 通过优化涂膜条件, 调节半导体与聚合物两种材料的厚度, 制备了均匀致密的GCE/ $\text{BiVO}_4$ /PEDOT光电极。实验表明, 构建的 $\text{BiVO}_4$ /PEDOT敏化结构的光电流信号约为单独的 $\text{BiVO}_4$ 的3倍, 表明 PEDOT层能有效促进 $\text{BiVO}_4$ 表面光生载流子的分离, 提高 $\text{BiVO}_4$ 的光电转换效率。同时, 在光电测试过程中, 涂层光阳极表现出良好的稳定性, 说明空穴传输层PEDOT能及时将 $\text{BiVO}_4$ 体相内的光生空穴传输到光电极表面被消耗掉, 另外保护层PEDOT能避免 $\text{BiVO}_4$ 与电解液直接接触, 有效地保护 $\text{BiVO}_4$ 免受光化学腐蚀。基于光电性能良好的 $\text{BiVO}_4$ /PEDOT光电极, 结合酶辅助信号放大策略构建了高灵敏传感器, 实现了对目标物microRNA-141的定量检测, 检测范围是1 fmol/L到10 nmol/L, 检测限0.3 fmol/L。该工作为癌症标志物的检测提供了一个很有潜力的方法。



**Fig. 1** Schematic illustration of (A) the mechanism diagram of carrier separation strategy at electrode/electrolyte interface; (B) the photocurrent signal of the photoelectric material; (C) photocurrent responses of the PEC biosensor with different concentrations of miRNA-141.

**关键词:** 多功能聚合物; 钒酸铋; 光致电生物传感器; 光电性能; microRNA

### 参考文献:

[1] Shu, J., Tang, D.P. Anal. Chem. 92 (2020) 363-377.

[2] Gao, R.-T., He, D., Wu, L.J., Hu, K., Liu, X.H., Su, Y.G., Wang, L. Angew. Chem., Int. Ed., 59 (2020) 6213-6218.

# Au<sub>80</sub>Pd<sub>20</sub> 合金基纳米多孔薄膜的直接电化学制备及对 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的电化学检测

夏悦\*, 胡铭

湖南师范大学化学生物学及中药分析教育部重点实验室, 湖南师范大学化学化工学院  
Email: xiayue@hunnu.edu.cn

## 摘要:

电催化活性双金属纳米多孔材料有着电化学活性面积大、导电性好的优点,且由于各电化学活性组分之间的协同作用,其比单金属纳米材料具有更高的催化活性和更好的稳定性,可作为无酶传感器的电极材料。本文用恒电位阳极氧化法在 HCl 电解液中处理光滑 Au<sub>80</sub>Pd<sub>20</sub>(at.%)合金,制备了一种纳米多孔膜电极(命名为 NPF-AuPd),对阳极电势、阳极化时间和 HCl 电解液浓度进行了优化,其中 HCl 浓度和阳极电势的选择是形成稳定纳米多孔膜的关键因素。基于优化的 NPF-AuPd 构建了检测碱性条件下 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的双功能电化学传感器。用 SEM、EDS、XPS 和 XRD 对 NPF-AuPd 的表面形貌、成分和结构进行了表征。Au 和 Pd 之间的协同作用增强了 NPF-AuPd 电极在 NaOH 溶液中对 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的电催化性能。该传感器具有良好的重复性、重现性及长期的稳定性(8周),对 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 的检测灵敏度达 4583 A mM<sup>-1</sup> cm<sup>-2</sup>,线性检测范围为 0.2 - 10.104 mM,对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的检测灵敏度为 1352 A mM<sup>-1</sup> cm<sup>-2</sup>,线性检测范围宽至 20 M - 16.104 mM。进一步,将 NPF-AuPd 电极用于湘江水样中 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 的分析,加标回收率为 96.45% - 98.96%,结果令人满意。(致谢:湖南省自然科学基金 2019JJ50381 项目资助)

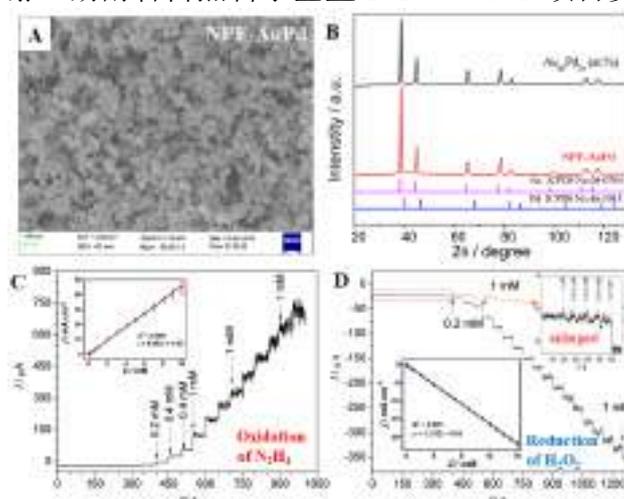


图 (A) NPF-AuPd 的 SEM 图。(B) 电化学处理前的 Au<sub>80</sub>Pd<sub>20</sub> (at.%)合金和处理后的 NPF-AuPd 的 XRD 图。在 0.1 M NaOH 中, NPF-AuPd 对不同浓度 (C) N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 (D) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的电流-时间响应曲线, (C) (D) 中插图分别为电流密度与 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度的线性回归方程。

关键词: AuPd 合金, 纳米多孔膜, 阳极氧化, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

# 基于四链核酸的分析研究

周俊\*

<sup>1</sup> 南京大学化学化工学院生命分析化学国家重点实验室, 江苏南京, 210023

\*Email: jun.zhou@nju.edu.cn

自然界中DNA主要以双螺旋结构存在, 但是生物体体内也存在其它DNA结构, 如四链核酸G-四链体、i-motif等。这两种四链核酸结构得到了越来越多的关注, 在众多领域得到了广泛应用。本报告将简单介绍本课题组在四链核酸研究方面获得的一些最新研究成果, 很多与现有的认识不一样。例如, 首次观察到羟基在G-四链体中有去稳定性作用, 诱导顺式糖苷键形成<sup>[1]</sup>, loop在G-四链体和i-motif中的作用, 开发新的分析工具解决当前i-motif领域数据混乱的问题等。<sup>[2-5]</sup> 本报告还将介绍基于本课题组对四链核酸的理解, 设计构建的嗜热酶<sup>[6]</sup>和能与蛋白质酶相媲美的DNA模拟酶等。<sup>[7]</sup>

**关键词:** G-四链体; i-motif; DNA模拟酶

## 参考文献

- [1] Zhou, J.; Mergny, J.L. et al. *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, 139: 7768–7779.
- [2] Cheng, M.; Zhou, J.; Mergny, J.L.; Li, C. et al. *Nucleic Acids Res.*, 2018, 46: 9264–9275.
- [3] Cheng, M.; Zhou, J.; Mergny, J.L. et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60: 10286–10294.
- [4] Iaccarino, N.; Cheng, M.; Qiu, D., Pagano, B.; Amato, J.; Di Porzio, A.; Zhou, J.; Randazzo, A.; Mergny, J.L. et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60: 10295–10303.
- [5] Cheng, M.; Chen, J.; Ju, H.; Zhou, J.; Mergny J.L. *J. Am. Chem. Soc.*, 2021, 143: 7792–7807.
- [6] Guo, Y.; Chen, J.; Cheng, M.; Monchaud, D.; Zhou, J.; Ju, H. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2017, 56, 16636–16640.
- [7] Chen, J.; Wang, J.; C. C. van der Lubbe, S.; Cheng, M.; Guerra C. F.; Ju, H.; Zhou, J. et al. *CCS Chem.*, 2020, 2: 2183–2193.

# 光电化学纸芯片与传感分析

姜钧予, 冯伟昊, 张彦\*, 祝琳, 于京华

济南大学化学化工学院

Email: chm\_zhangyan@hotmail.com

## 摘要:

快速发展的现场诊断和环境分析迫切需要纸上即时检测设备<sup>[1,2]</sup>。基于纸纤维内部纵横交错的三维网状多孔结构和易于打印的特点, 本工作开发了一个全密封纸基电化学发光平台, 通过结合塑封技术实现了铅离子的快读灵敏分析。采用“自下而上”的原位种子生长方法构筑了抗折耐水高性能纸基多孔金电极, 极大提高了纸金电极的纵向导电性, 随后借助扫描电子显微镜对其微观形貌结构进行了探究。借助透明塑料封装技术有效地避免了环境中 O<sub>2</sub> 的干扰, 同时, 采用经济、易于操作的超声方法制备了类杨梅状铂纳米材料催化 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解。在铅离子特异性 DNAzymes 的作用下, 通过类杨梅状铂纳米材料功能化的寡核苷酸探针可以在靶标存在的情况下从器件中分离出来, 从而降低电化学发光信号强度。此外, 将改性纸电极与多层蜡分离的功能区相结合, 增强了该装置快速检测的实用性。本项工作所构建的多功能纸基装置为重金属离子的灵敏测定提供了一种可靠、简单、通用的检测策略, 在生物分析、环境监控及食品安全监测领域具有重要的应用前景。

**关键词:** 纸芯片、电化学发光、传感分析

## 参考文献:

- [1] Yan Zhang, Lina Zhang, Kang Cui, Shenguang Ge, Xin Cheng, Mei Yan, Jinghua Yu, and Hong Liu. *Adv. Mater.* 30 (2018) 1801588.
- [2] Yan Zhang, Jinmeng Xu, Shuang Zhou, Lin Zhu, Xue Lv, Jing Zhang, Lina Zhang, Peihua Zhu, and Jinghua Yu. *Anal. Chem.* 92 (2020) 3874–3881.
- [3] Eka Noviana, Tugba Ozer, Cody S. Carrell, Jeremy S. Link, Catherine McMahon, Ilhoon Jang, and Charles S. Henry. *Chem. Rev.* (2021) DOI: 10.1021/acs.chemrev.0c01335.
- [4] Yuanyuan Yang, Eka Noviana, Michael P. Nguyen, Brian J. Geiss, David S. Dandy, and Charles S. Henry. *Anal. Chem.* 89 (2017) 71–91.

# 基于声流控平台的三元发射可视化分析新策略

张丽颖\*<sup>1</sup>, 陈攀攀<sup>1</sup>, 都述虎\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 单位: 南京医科大学药学院 (江苏省南京市龙眠大道 101 号, 211166)

Email: zly@njmu.edu.cn

## 摘要:

声流控技术是声学 & 微流体学相融合的技术, 具有生物相容性好、成本低、非接触操作和非破坏性等特点。自发明以来, 已被证明可以作为一种潜在方法来放大荧光信号或增强染料颜色变化<sup>1,2</sup>。将声流控技术和比色分析相结合, 一方面可以避免使用大型检测仪器进行信号读取, 另一方面, 利用声波对流体中物质的富集操控, 能够进一步提高可视化检测灵敏度。前期工作中, 本课题组已发展了基于智能手机的声流控即时检验 (POCT) 平台<sup>3</sup>, 以声波为驱动力, 红、绿两种荧光纳米微球为检测探针, 实现了血液中血红蛋白 (Hb) 可视化检测 (图 1A)。尽管该平台具有较高的灵敏度, 但可视化检测时, 颜色变化范围较窄 (由橘黄色到黄绿色到绿色), 分辨率仍有待提高。为解决上述问题, 本研究提出三元发射检测新策略 (图 1B), 以发射蓝色荧光的有机硅烷聚合碳点 (b-SiCDs) 作为内标, 并将其嵌入二氧化硅纳米粒子内部 (b-SiCDs@SiO<sub>2</sub>)。之后, 发射绿色和红色荧光的 CdTe/CdS 量子点 (g-QDs 和 r-QDs) 分别通过静电自组装修饰在 b-SiCDs@SiO<sub>2</sub> 表面形成信号报告探针 (b-SiCDs@SiO<sub>2</sub>@g-QDs 和 b-SiCDs@SiO<sub>2</sub>@r-QDs)。实际检测中, 利用 Hb 与 b-SiCDs@SiO<sub>2</sub>@g-QDs 和 b-SiCDs@SiO<sub>2</sub>@r-QDs 的两步反应, 报告探针的绿色和红色荧光被依次猝灭, 且猝灭程度随 Hb 含量增加而增加。经过声流控装置对探针的进一步富集后, 可视化视野中呈现从橙色到暗金菊黄色到深橄榄绿色到海绿色到深青色最后到钢青色的颜色演变, 可视化检测灵敏度和分辨率都得到进一步提高, 同时利用色度分析软件采集智能手机所获取图像的红、绿和蓝 (RGB) 通道值, 经数据处理后, 也可用于 Hb 的定量检测。此外, 本研究提出的三元发射声流控平台也可扩展用于环境、诊断及安全检查等多个领域的多种物质检测。

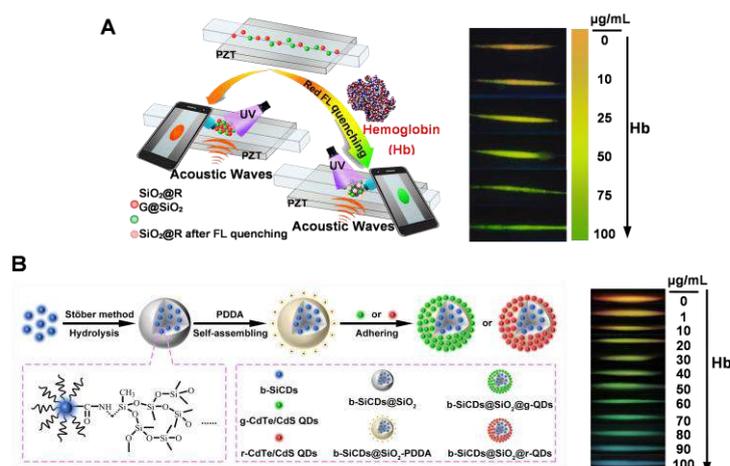


图 1 (A) 基于智能手机的声流控即时检验平台检测示意图及用于 Hb 可视化检测成像图; (B) 两种信号报告探针制备过程及用于 Hb 可视化检测成像图。

**关键词：**声流控，荧光，可视化，即时检验

**参考文献：**

- [1] Vikram S., Thomas C., Swetha M., et al. *Biosensors*, 2019, 9: 7.
- [2] George P., Alexandros K.P., Maria N., et al. *ACS Sens.*, 2019, 4: 1329–1336.
- [3] Zhang L., Tian Z., Bachman H., et al. *ACS Nano* 2020, 14, 3, 3159–3169.

# 基于 Ni-Co MOF 的纸基电化学生物传感器用于肿瘤 POCT 检测

卢芹, 胡效亚, 舒韵 \*

化学与化工学院, 扬州大学, 扬州, 225002

Email: shuyun@yzu.edu.cn

**摘要:** 开发一种快速、简便、低成本的现场即时检测 (POCT)方法对于肿瘤的早期诊断是非常重要的。在本工作中,我们设计了一种基于镍-钴金属有机框架 (Ni-Co MOF) 的纸基电化学生物传感器作为便携式的电化学分析装置,通过具有类酶活性的 Ni-Co MOF 的电化学信号来定量检测甲胎蛋白(AFP)。Ni-Co MOF 作为传感界面,相较于普通的碳材料修饰电极有效地增加了电极的比面积和催化位点,大大提高了传感器的灵敏度。我们设计的 Ni-Co MOF 纸基电化学生物传感器具有低成本、稳定性高、易于制备的优点,实现了 AFP 的可靠检测,在疾病的现场快速分析、个性化诊断中具有巨大的应用潜力。

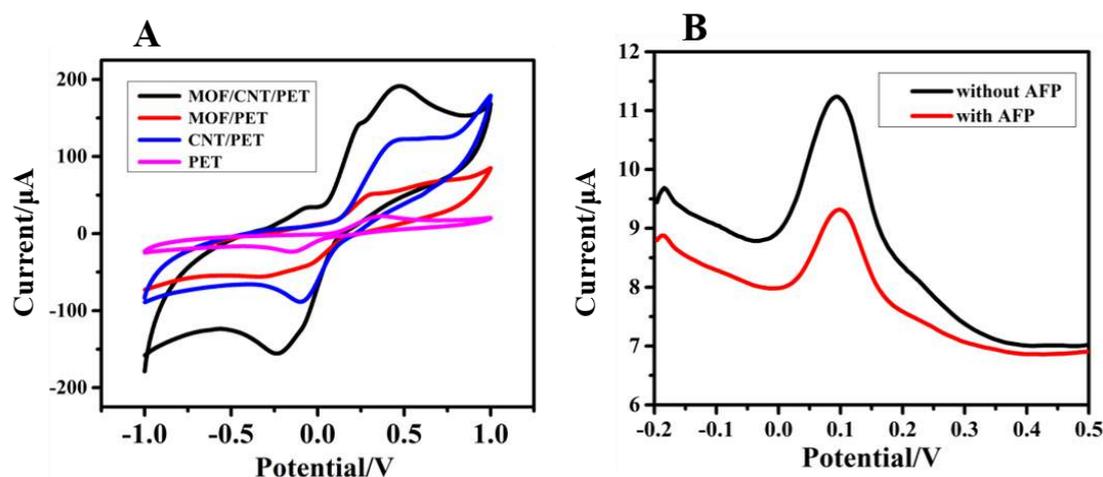


Figure 1 : ( A ) Cyclic voltammograms of PET, CNT/PET, MOF/PET and MOF/CNT/PET in pH 7.0 PBS containing 2 mM HQ + 3 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at 100 mV/s; ( B ) DPV responses of the immunosensor with AFP or without AFP.

**关键词:** Ni-Co MOF; 甲胎蛋白; POCT; 电化学传感。

**参考文献:**

[1] Lan, Q.; Shen, H.; Li, J.; Ren, C.; Hu, X.; Yang, Z. Chem. Commun. 56 (2020), 699-702.

[2] Wei, X.; Guo, J.; Lian, H.; Sun, X.; Liu, B. Sens Actuators B Chem. 329(2021), 129205.

# 自泵（self-pumping）织物用于促伤口愈合和体表热管理

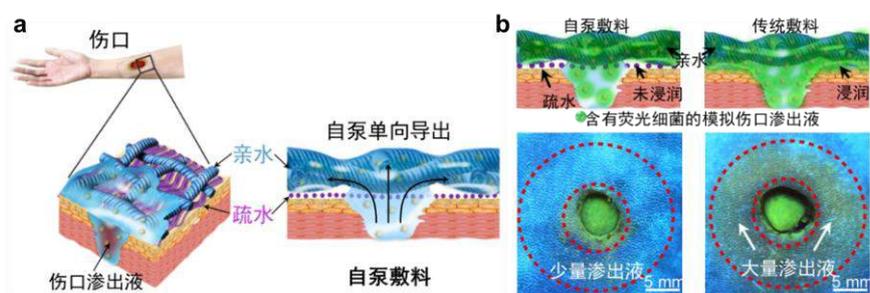
时连鑫<sup>1</sup>, 代兵<sup>1</sup>, 王树涛<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中科院仿生材料与界面科学重点实验室, 中国科学院理化技术研究所

Email: stwang@mail.ipc.ac.cn

## 摘要:

皮肤表面液体传输对于伤口愈合和体表热管理有重要影响, 皮肤表面过度湿润会产生湿热粘连感, 伤口过度湿润会导致伤口泡软, 影响愈合。受限于传统织物本身的亲水性, 皮肤表面的液体会堆积在皮肤表面持续浸润皮肤, 易引起伤口的过度湿润, 同时外界温度降低也会通过粘连的液层快速传导到皮肤表面产生骤冷感。因此, 我们报道了一类自泵织物, 可以将皮肤表面液体单向排出皮肤表面, 同时避免带走大量热量。自泵织物应用于敷料时, 可以有效的将伤口渗出液排出伤口表面, 相比传统的敷料具有更快的愈合速率; 应用于服装时, 自泵织物最高的单向传输液体能力, 可以达到传统织物1246%。这类自泵织物有望成为下一代伤口敷料和服装织物材料, 促进伤口愈合效率并提供有效的体表热管理。



**Fig. 1 a)** Illustration of the self-pumping dressing draining excessive exudate and the **b)** comparison of the corresponding wound exudate drainage model treated by self-pumping dressing (left) and conventional dressings (right), with simulate exudate containing fluorescent staining bacteria.

关键词: 自泵敷料; 伤口愈合; Janus 织物; 单向输运。

## 参考文献:

- [1] Shi, L.; Liu, X.; Wang, W.; Jiang, L.; Wang, S. \*, *Adv Mater* 2019, 31 (5), e1804187.
- [2] Dai, B. #; Li, K. #; Shi, L.; Wan, X.; Liu, X.; Zhang, F.; Jiang, L.; Wang, S. \*, *Adv. Mater.* 2019, 31 (41), e1904113.

# 单分子尺度葫芦脲光反应过程研究

袁赛赛, 钱巧赞, 周彧, 赵世强, 洪文晶, 杨扬\*

厦门大学萨本栋微米纳米科学技术研究院

E-mail: yangyang@xmu.edu.cn

## 摘要:

葫芦脲是一个环状大分子, 常作为主体分子应用于超分子化学领域。利用主客体相互作用, 葫芦脲在环境污染检测和小分子药物缓释等方面具有重要应用。在单分子尺度原位实时地研究葫芦脲的主客体相互作用及其涉及的限域效应反应动力学, 对于理解葫芦脲在环境污染检测等实际应用中的作用机制具有重要意义。本工作<sup>[1]</sup>基于扫描隧道显微镜裂结 (STM-BJ) 技术, 在单分子尺度下, 原位观察了客体分子 1,2-双(4-吡啶基) 乙烯与主体分子葫芦[8]脲的相互作用, 并且研究了客体分子在主体分子限域效应作用下的反应动力学。与传统的核磁表征技术相比, STM-BJ 技术的检测限更低, 并且能够提供一个极强的电场环境 ( $10^8$  V/nm)<sup>[2]</sup>用以研究单分子尺度的反应动力学。

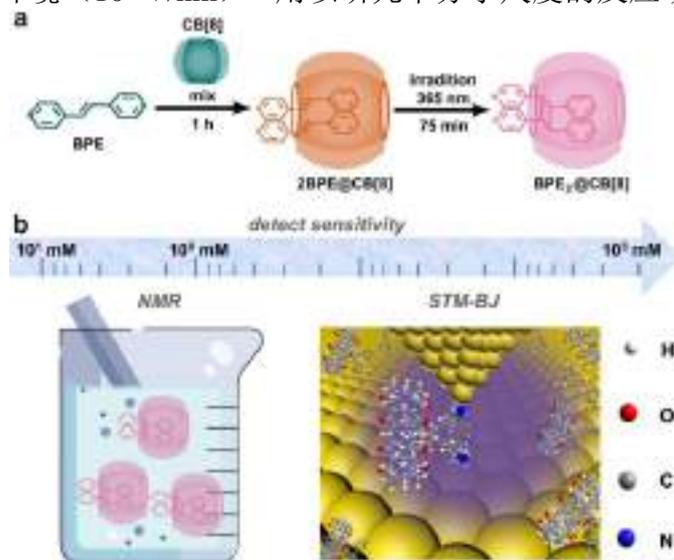


图 1 (a) 主客体相互作用及其二聚化反应示意图, (b) 核磁表征与单分子技术在检测浓度下限的差别。<sup>[1]</sup>

**关键词:** 单分子, 葫芦脲, 主客体相互作用, 限域效应, 扫描隧道显微镜

## 参考文献:

[1] Saisai Yuan,† Qiaozan Qian,† Yu Zhou, Shiqiang Zhao, Luchun Lin, Ping Duan, Xinghai Xu, Jie Shi, Wei Xu, Anni Feng, Jia Shi, Yang Yang\* Wenjing Hong\*, Tracking confined reaction based on host-guest interaction using single-molecule conductance measurement, *Small*, 2021, 10.1002/sml.202104554.

[2] Biaofeng Zeng, Gan Wang, Qiaozan Qian, Zhixin Chen, Xianguang Zhang, Zhixing Lu, Shiqiang Zhao, Anni Feng, Jia Shi, Yang Yang,\* Wenjing Hong, Selective fabrication of single-molecule junctions by interface engineering, *Small*, 2020, 16, 2004720.

# 单原子纳米酶的结构设计与生物分析应用

付瑞雪, 叶代新\*

上海大学

Email: daixinye@shu.edu.cn

## 摘要:

纳米酶是指蕴含酶学特性的纳米材料, 它能够在生理条件下催化酶底物的反应, 具有如同天然酶一样的催化效率和酶促反应动力性质。由于其具有催化活性高, 稳定性好, 制备简单, 廉价易得, 在某些应用场所可以取代天然酶。但是纳米酶活性中心难以精确调控, 导致其催化选择性远低于天然酶。而单原子纳米酶具有类似天然金属酶的结构, 其活性中心分散, 最大限度地提高了活性中心的原子利用率和密度; 另外, 明确的配位结构为催化机理研究和设计提供了新的视角, 为具有高选择性的纳米酶设计提供了可能性。因此, 单原子纳米酶具有成为下一代纳米酶的巨大潜力。本工作拟采用原子工程技术, 通过精确调控金属活性中心的配位数, 空间构型以及 d 带中心, 实现单原子纳米酶的可控合成, 为具有高活性和高选择性的生物传感器构建提供保障。

**关键词:** 单原子纳米酶; 生物传感器; 调控合成

## 参考文献:

- [1] Hui Weia, Lizeng Gaob, Kelong Fan, Juewen Liu, Jiuyang He, Xiaogang Qu, Shaojun Dong, Erkang Wang, , Xiyun Yan, *Nano Today* 40 (2021) 101269
- [2] 武江洁星, 魏辉, *化学进展* 33 (2021) 42-51

# 单颗粒和单细胞层面的电化学发光分析

马诚<sup>1,2</sup>, 朱俊杰\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南京大学化学化工学院, <sup>2</sup>扬州大学化学化工学院

chengma@nju.edu.cn, jjzhu@nju.edu.cn

## 摘要:

生命分析和清洁能源转化是 21 世纪重要的科学主题。从单细胞和单个纳米催化剂角度去认识生命过程和催化现象能够促进对于微观过程的理解。近几年来, 我们搭建了时空分辨电化学发光显微镜<sup>[1]</sup>, 并由此开发出了一系列单细胞分析和单颗粒电催化监测等技术。例如, 我们发现了单颗粒的电化学发光闪烁现象并阐明了机制<sup>[2]</sup>, 开发了基于单颗粒电化学发光闪烁的电催化产氢监测技术, 用于直接观察空心氮化碳纳米球及其复合材料在电催化产氢中所产生的氢气纳米气泡。由于在单个纳米球上生成的纳米气泡会阻碍其发光强度, 所以可以通过记录闪烁行为来分析电催化产氢的动力学。实验结果表明, 电化学发光的闪烁机制与纳米气泡的产生、生长和坍塌密切相关。亮态和暗态的持续时间呈现幂律分布, 表明在单个纳米球上具有随机分布的多个产氢活性位点。电化学发光闪烁的幂律系数提供了一个指标来比较不同催化剂的电催化产氢活性。而在单细胞成像方面, 由于细胞膜天然的屏障, 传统的电化学发光技术难以实现对细胞内生理过程的监测。于是, 我们开发了生物分子增强电化学发光成像技术<sup>[3-5]</sup>, 首次实现了对于细胞内结构成像和细胞内分子传输过程的监测。此技术能够同时成像细胞内多个细胞器、评估细胞自噬、监测细胞电穿孔以及细胞内分子扩散率。除了能够成像单细胞, 此技术还能应用于成像器官组织切片和微生物菌落, 突破了传统电化学发光无法成像生物体内部结构的缺陷。

**关键词:** 电化学发光; 显微成像; 单细胞; 催化

## 参考文献:

- [1] **Cheng Ma**, Wanwan Wu, Lingling Li, Shaojun Wu, Jianrong Zhang, Zixuan Chen, and Jun-Jie Zhu. Dynamically Imaging Collision Electrochemistry of Single Electrochemiluminescence Nano-Emitters. *Chem. Sci.* 2018, 9, 6167-6175.
- [2] **Cheng Ma**, Hui-Fang Wei, Min-Xuan Wang, Shaojun Wu, Yu-Chung Chang, Jianrong Zhang, Li-Ping Jiang, Wenlei Zhu, Zixuan Chen, and Yuehe Lin. Hydrogen Evolution Reaction Monitored by Electrochemiluminescence Blinking at Single-Nanoparticle Level. *Nano. Lett.* 2020, 20, 5008-5016.
- [3] **Cheng Ma**, Shaojun Wu, Yang Zhou, Hui-Fang Wei, Jianrong Zhang, Zixuan Chen, Jun-Jie Zhu, Yuehe Lin, and Wenlei Zhu. Bio-Coreactant-Enhanced Electrochemiluminescence Microscopy of Intracellular Structure and Transport. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 4907-4914.
- [4] **C. Ma**, M. X. Wang, H. F. Wei, S. Wu, J. R. Zhang, J. J. Zhu, Z. Chen. Catalytic route electrochemiluminescence microscopy of cell membranes with nitrogen-doped

carbon dots as nano-coreactants. *Chem. Commun.* 2021, 57, 2168-2171.

[5] Y. Chen, X. Gou, C. Ma, D. Jiang, J. J. Zhu. A synergistic coreactant for single-cell electrochemiluminescence imaging: Guanine-rich ssdna-loaded high-index faceted gold nanoflowers. *Anal. Chem.* 2021, 93, 7682-7689.

# 便携光电传感器件的研制及在食品/环境检测中的应用

郝楠

<sup>1</sup> 江苏大学

Email: hn@ujs.edu.cn

## 摘要:

光电化学传感器由于其分析速度快、灵敏度高优点,已在多个领域得到广泛应用。但是目前大部分的光电化学传感器还是基于传统的三电极体系,同时需要电化学工作站收集和处理信号数据,便携性较差。针对食品安全、环境监测等领域对现场检测的需求,我们将三电极体系集成到一块检测芯片上,同时结合电致变色、光电催化等原理,开发了一系列具有良好便携性的光电传感器件,例如用于快速检测化学需氧量(COD)的光电可视化传感芯片,无需使用贵金属或重金属催化剂就可以实现COD的快速检测,通过电压表即可获取检测结果的电位型自供能传感芯片以及同时检测多种污染物(赭曲霉毒素A,林可霉素,克瘟散)的高通量可视化传感器芯片等。这些传感器具有低成本、响应速度快、操作简单等优点,具有良好的应用前景。

)

**关键词:** 光电传感, 检测芯片, 环境监测

## 参考文献:

[1] Nan Hao\*, Zhen Dai, Meng Xiong, Xu Han, Yanli Zuo, Kun Wang\*, *Analytical Chemistry*, 2021, 93, 24, 8393–8398

# 构建碳点纳米复合材料新型电化学传感器

黄启同\*<sup>1</sup>, 林小凤<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> 赣南医学院

Email: hqt@gmu.edu.cn

## 摘要:

作为新型的零维碳纳米材料, 碳点 (CDs) 具有优异的生物相容性、多活性位点、良好的催化性能和优秀的发光性能等优点, 其在荧光传感器、细胞成像、药物递送以及催化等领域有着广泛的应用前景。然而, 对于 CDs 应用于电化学传感器中的探索仍处于初期阶段, 相比于其他修饰材料, CDs 具有低细胞毒性、合成简便、电导率优等优势。因此, 其在电化学传感器中的应用逐步得到了重视。课题组前期在国家自然科学基金、江西省自然科学基金等项目的资助下, 制备出多种 CDs 纳米复合材料, 并基于上述复合材料, 成功构建出多种新型的电化学传感器, 实现了对细胞、血清、注射液等实际样品中多巴胺、DNA、苯二酚等物质的灵敏检测, 为后续新型电化学传感器的开发提供了新思路。

**关键词:** 碳点, 纳米复合材料, 电化学传感器, 生物分子分析

# Carbon Nanotube Labeled Lateral Flow Assay for the Rapid Detection of Aflatoxin B1

Wanwei Qiu, Hongru Pan, Guodong Liu\*

Research Center for Biomedical and Health Science, School of Life and Health Science, Anhui Science and Technology University, Chuzhou, Anhui, China, 233100

Email: qiuwanweiqww@126.com

**Abstract:** Aflatoxin B1 (AFB1) is a very toxic biological carcinogen, which is very destructive to liver tissues. The lateral flow immunoassay (LFI) is a visual inspection technology that is time-consuming and easy to operate. In this study, carbon nanotubes (CNTs) were used instead of colloidal gold to label antibodies, and a high-sensitivity lateral flow strip for on-site detection of AFB1 was constructed and its performance was evaluated. Further study on the analytical performance of the test strips shows that the test strips constructed in this study have high sensitivity under optimal conditions, and AFB1 of 0.25 ng/mL can be detected by the naked eye. There is a good linear relationship with the detection results of AFB1 of 0.005-0.5 ng/mL. The minimum detection limit calculated according to the equation is 4.2 pg/mL. And there is no cross reaction with other toxins. The results of multiple tests are highly consistent. The test strips can be stored at room temperature for two months without deterioration. Therefore, the test strips have excellent analytical performance and can meet the requirements for rapid on-site detection of AFB1.

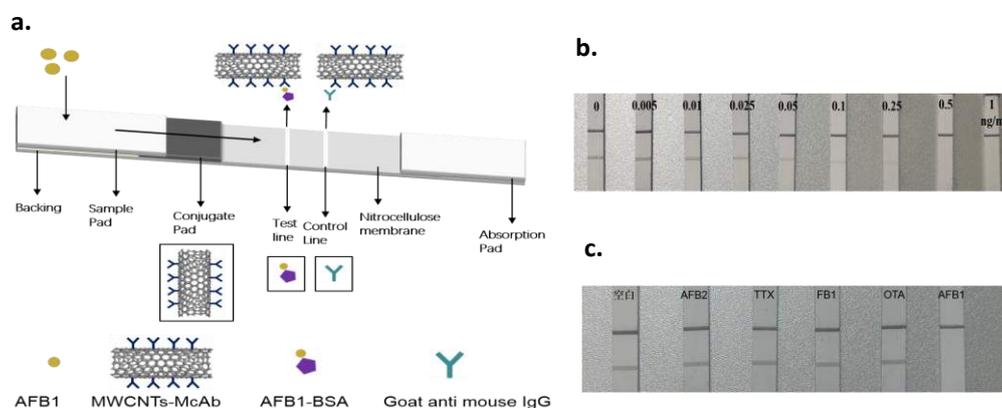


Figure 1. Schematic diagram of CNTs-based LFI for AFB1 detection(a); Sensitivity and Specificity of the LFI.

**Key words:** Aflatoxin B1, Carbon nanotubes, Lateral flow assay, strip

## Selected references:

- [1] Han M, Cong L, Wang J, Zhang X, Jin Y, Zhao R, Yang C, He L, Feng X, Chen Y, *Sensors & Actuators B: Chemical*, 2019, DOI: 10.1016/j.snb.2019.04.019.
- [2] Takalkar S, Baryeh K, Liu G. *Biosensors and Bioelectronics*, 2017, DOI: 10.1016/j.bios.2017.06.045.
- [3] Schaumburg F, Carrell CS, Henry CS, *Analytical Chemistry*, 2019,91(15), DOI:10.1021/acs.analchem.9b01002.

## 载脂蛋白 E 的基因分型与癌细胞检测

衣馨瑶, 胡盛强, 卢汉文, 魏赵慧, 王建秀\*

中南大学化学化工学院, 湖南长沙, 410083

Email: jxiuwang@csu.edu.cn

### 摘要:

阿尔兹海默症 (Alzheimer's disease, AD) 和癌症是严重威胁人类健康的重大疾病, 对其标志物及癌变细胞的检测可为疾病的预警和早期诊断提供依据。构建了对载脂蛋白 (apoE) 基因分型和癌细胞灵敏检测的传感体系。(1) 通过酶识别含有单碱基错配的序列, 设计了基于双通道表面等离子体激元共振技术进行 apoE 基因分型和定量的方法。该传感方案设计简单、且无需标记, 避免了复杂的聚合酶链反应中的扩增步骤, 能够实现 DNA 提取物中 apoE 的基因分型和定量<sup>[1]</sup>。(2) 通过末端介导的链置换反应, 构建了用于 apoE 基因分型的双信号电化学传感器。该方法能够区分六种 apoE 基因型, 并实现了 AD 患者 DNA 提取物中 apoE ε3/3 的定量分析<sup>[2]</sup>。(3) 构建了基于多孔金纳米球 (AuNSs) 光热效应加速  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  热分解的新型气体传感器, 并用于对 MCF-7 细胞的检测<sup>[3]</sup>。(4) 利用 DNA 特定碱基序列的诱导作用合成了一种具有近红外光热效应的花状结构的纳米材料。其优良的光热效应和纳米酶催化活性可用于检测和杀死癌细胞<sup>[4]</sup>。

**关键词:** apoE; 癌细胞; 光热效应; 表面等离子体激元共振

### 参考文献:

- [1] Yi, X.; Xia, Y.; Ding, B.; Wu, L.; Hu, S.; Wang, Z.; Yang, M., Wang, J. Dual-Channel Surface Plasmon Resonance for Quantification of ApoE Gene and Genotype Discrimination in Unamplified Genomic DNA Extracts. *ACS Sens.*, **2018**, 3: 2402-2407.
- [2] Lu, H.; Ding, B.; Tong, L.; Wu, F.; Yi, X., Wang, J. Toehold-mediated dtrand displacement reaction for dual-Signal electrochemical assay of apolipoprotein E genotyping. *ACS Sens.*, **2020**, 5: 2959-2965.
- [3] Hu, S.; Tong, L.; Wang, J.; Yi, X., Liu, J. NIR light-responsive hollow porous gold nanospheres for controllable pressure-based sensing and photothermal therapy of cancer cells. *Anal. Chem.*, **2019**, 91: 15418-15424.
- [4] Wei, Z.; Yu, Y.; Hu, S.; Yi, X., Wang, J. Bifunctional Diblock DNA-Mediated Synthesis of Nanoflower-Shaped Photothermal Nanozymes for a Highly Sensitive Colorimetric Assay of Cancer Cells. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2021**, 13: 16801-16811.

# Sensitive fluorescence biosensor for SARS-CoV-2 antigen detection based on conformational entropy-driven circuit

Chen Zhou<sup>a</sup>, Haimin Zou<sup>a</sup>, Chengjun Sun<sup>a</sup>, Yongxin Li<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu, China

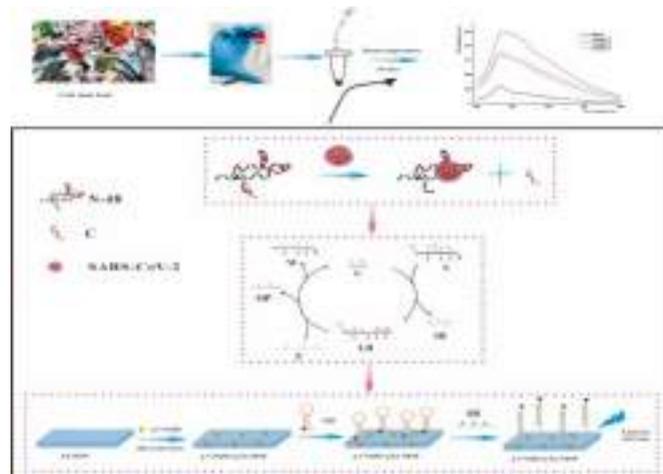
E-mail address: [zhouchen@scu.edu.cn](mailto:zhouchen@scu.edu.cn) (C. Zhou)

## Abstract:

The successful severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) isolation from cold-chain foods proves that it's all possible for imported virus to re-infect humans and cause outbreaks through cold-chain foods<sup>[1]</sup>. Collection of cold-chain foods samples using swabs followed by an RNA extraction step to perform reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) is the primary method currently used for the detection of SARS-CoV-2. However, the need for hours of analytical time and the high cost of RT-PCR hinder its worldwide implementation to food supervision and control the transmission routes.

Therefore, we report a fluorescence biosensor for detection of SARS-CoV-2 nucleocapsid (N) protein. The fluorescence biosensor was fabricated by aptamer-based conformational entropy-driven circuit as signal amplification. Also, the introduction of N-48 aptamer provided a direct molecular bridge linking DNA with N protein, enabling real-time and highly specific sensing of SARS-CoV-2. Compared with the previous strand displacement assembly (SDA) based on the hairpin substrates, the signal leakage of the linear DNA-based SDA driven by conformational entropy was lower, and this conformational entropy-driven circuit could amplify signals significantly while keeping lower background by rational sequence design. g-CNQDs@Zn-MOF with long-term stability and good optical properties was utilized to improve stability and reproducibility of biosensor. As the results depicted, this fluorescence biosensor provided a rapid, stable and low-cost approach to analysis of SARS-CoV-2 within 30 min. Moreover, as a variety of aptamers are either available or can be obtained through systematic evolution of ligands by exponential enrichment (SELEX) to bind a broad range of targets, the aptamer-based circuits developed here can be used as a powerful tool for detecting other targets.

**Keywords:** SARS-CoV-2, nucleocapsid protein, conformational entropy-driven circuit, fluorescence biosensor, aptamer, g-CNQDs@Zn-MOF



**Fig 1** Detection of N protein with the fluorescence biosensor based on conformational entropy-driven circuit.

### Reference

- [1] M. Huilai, et al., *China CDC Weekly* **2021**, 2, 637-644.

## 三重态湮灭上转换生物探针设计与应用

黄灵

单位：南开大学化学学院分析科学中心

邮箱：[9920210111@nankai.edu.cn](mailto:9920210111@nankai.edu.cn)

上转换发光具有独特的优势，能够克服复杂生物背景的干扰，提高被检测物的灵敏度和准确性。三重态湮灭上转换发光由光敏剂和发光体组成，并且具有诸多优势，例如低的激发光功率、高的上转换量子效率和可调的激发/发射波长等。本人利用红光吸收的 PdTPBP 作为光敏剂，花作为发光体，设计合成了红光激发的上转换纳米颗粒。利用葡萄糖和葡萄糖氧化酶专一反应特性，消除了水溶液中氧气对三重态湮灭上转换发光的猝灭，并且利用该反应，实现了对葡萄糖浓度的精确测定。利用上转换发光优势，克服了复杂生物背景对葡萄糖的检测干扰。更有意义的是将三重态湮灭上转换纳米颗粒应用到葡萄糖相关酶的检测。蔗糖水解酶水解蔗糖，生成葡萄糖，三重态湮灭上转换纳米颗粒检测水溶液中葡萄糖的含量，准确的测定出了蔗糖水解酶的活性。相较于商业化的蔗糖水解酶活性检测试剂盒，本人开发的三重态湮灭上转换发光方法具有更低的检测线和更高的灵敏度。

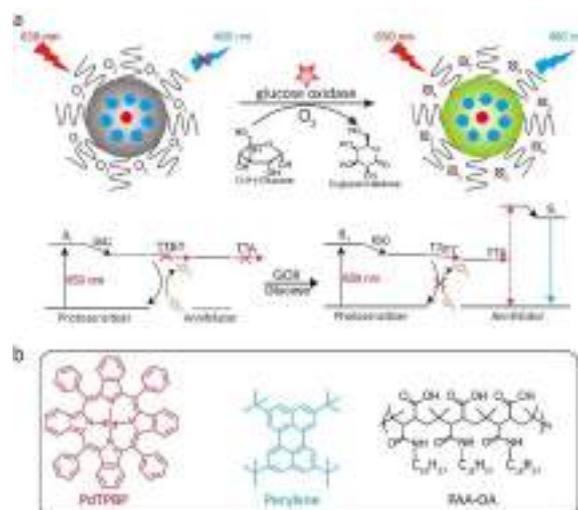


图 1. (a) 三重态湮灭上转换纳米颗粒发光示意图；(b) 存在葡萄糖和葡萄糖氧化酶时，三重态湮灭上转换机理图变换；(c) 光敏剂、发光体和聚合物的分子结构。

# 基于光子晶体增强效应的纳米簇传感器的制备和应用

刘蓉

湖南城市学院

[rongrong8208@163.com](mailto:rongrong8208@163.com)

13786757912

摘要：贵金属纳米簇(Nanoclusters, NCs), 又名纳米簇, 是一种常见的光致发光材料, 其发光寿命从皮秒至微秒不等, 因易于制备、低毒、光稳定性高和生物兼容性好而被广泛运用于生物传感和成像分析, 但也存在发光效率较低且抗干扰能力不强的缺点。

为了进一步提高 NCs 的发光效率以及避免环境波动对 NCs 单探针响应信号的干扰, 本汇报讲解了基于 NCs 的高灵敏高稳定的荧光生物传感器以用于  $\text{Hg}^{2+}$  和 OPs 的测定, 具体内容如下:

构建了一种利用光子晶体 (PhCs) 增强金银纳米簇 (AuAgNCs) 荧光信号的传感体系, 并用于测定  $\text{Hg}^{2+}$  浓度。AuAgNCs 的荧光强度在 PhCs 基底上比没有 PhCs 的对照基底提高了 8.0 倍。此外, 基于 PhCs 的新型 AuAgNCs 荧光传感器被用于高灵敏高选择性地检测  $\text{Hg}^{2+}$ , 由于 PhCs 对荧光的增强作用, 检测限为 0.35 nmol/L。该方法不仅发展了一种高灵敏的  $\text{Hg}^{2+}$  测定方法, 而且还扩大了 AuAgNCs 在超痕量分析中的应用。

将 AuNCs 与荧光素 (FL) 相结合, 并利用 PhCs 选择性增强 AuNCs 荧光强度的特性, 构建了一种高灵敏高稳定的比率型荧光传感体系, 并用于对 AChE 及对氧磷的检测。AChE 催化 ATCh 水解生成的 TCh 能诱导 AuNCs 的荧光猝灭, 但 TCh 对 FL 的荧光强度无明显影响。该传感器可在 0.1 - 25 mU/mL 的浓度范围内测定 AChE, 检测限为 0.03 mU/mL。在对氧磷浓度为 0.06 - 60 ng/mL 范围内成较好的线性关系, 检测限为 0.025 ng/mL。该方法作为一种选择性增强比率型传感器中某一个荧光探针信号的新方法, 将是灵敏测定目标物质的较好策略。

# 基于酶生物催化沉淀的氯霉素适配体电化学发光传感器研究

贺彰瑾, 康天放\*

(北京工业大学环境与生命学部, 北京 100124)

**摘要** 本文利用壳聚糖 (CS) 修饰 CdS 量子点, 制备了纳米复合材料。利用透射电子显微镜和扫描电子显微镜表征了该复合物。使氯霉素 (CAP) 适配体 (apt) 与其互补链 (cDNA) 杂交成双链 DNA。当氯化血红素(hemin)嵌插入双链沟槽结合至电极表面时, hemin 会催化溶液中的  $H_2O_2$  对 4-氯-1-萘酚 (4-CN) 的氧化作用, 在电极表面产生生物催化沉淀物 (Biocatalytic precipitation, BCP), 从而猝灭量子点的电化学发光 (ECL) 信号。当溶液中含有待测物氯霉素时, 氯霉素会诱导 dsDNA 解旋并与 apt 结合, 使 apt 和 hemin 从电极表面脱落, 之后在电极表面产生的 BCP 量相应减少, 电化学发光信号相应增强。传感器的电化学发光强度与氯霉素浓度的对数值在  $1.0 \times 10^{-11} \sim 1.0 \times 10^{-7}$  mol/L 范围呈线性关系, 检测限为  $5 \times 10^{-12}$  mol/L。本文还研究了传感器的重现性、稳定性、特异性及应用。

**关键词:** 氯霉素; 纳米材料; 量子点; 电化学发光

**参考文献**

- [1] X.-L. Du, T.-F. Kang, et al. *Anal. Methods*, 2018, 10(1): 51-58.
- [2] H.-Y. Song, T.-F. Kang, et al. *Talanta*, 2017, 164: 27-33.
- [3] Z.-J. He, T.-F. Kang, et al. *J. Electroanal. Chem.*, 2020, 860: 113870.

# A new strategy for tailoring phase transition and luminescence behaviors of a poly(ionic liquid) to ensure visual temperature sensing

Na-na Yin, Chen-xi Zhao, Bo Lin, Yang Shu\*, Jian-hua Wang\*

Department of Chemistry, College of Sciences, Northeastern University, Shenyang, 110819, China.

Email: shuyang@mail.neu.edu.cn; jianhuajrz@mail.neu.edu.cn

**Abstract:** Monitoring physiological temperature variation is essential for early detection of COVID-19,<sup>1</sup> disease diagnosis<sup>2</sup> and biomedical purposes. Therefore, thermometers with high spatial resolution and non-invasive feature have attracted extensive attentions. In this work, poly(ionic liquid) (PIL), poly([P<sub>4444</sub>][SS]-DDMAT), is developed by reversible addition-fragmentation transfer (RAFT) polymerization of 2-(dodecylthiocarbonothioylthio)-2-methylpropionic acid (DDMAT) and tetrabutylphosphonium styrenesulfonate ([P<sub>4444</sub>][SS]) (Fig. 1a). It integrates thermo-responsiveness (Fig. 1b), fluorescence and temperature sensing capability. PIL exhibits blue-green luminescence ( $\lambda_{\text{ex}}/\lambda_{\text{em}}=392/478$  nm) in aqueous medium with a quantum yield of 0.86% and a lifetime of 1.09 ns, and shows thermo-responsive fluorescence activity (Fig. 1c). Its phase transition in aqueous medium from clear to turbid is tailored into visible temperature output signals, which ensures skin surface temperature sensing and preliminary diagnosis of fever (Fig. 1d).

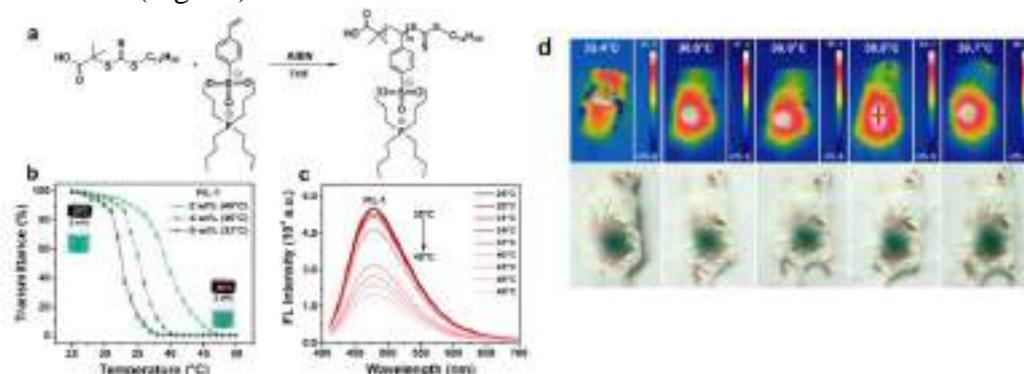


Fig. 1. (a) Preparation of PIL by RAFT polymerization. (b) Temperature-dependent transmittance curves and the cloud point temperature ( $T_{\text{cp}}$ ) of PIL-1. (c) Fluorescence spectra of PIL-1 illustrating the variation of fluorescence intensity with temperature at concentration of 2 wt%. (d) Thermal images of a mouse and the phase transition states of the temperature patch based on PIL-1 on the heating positions at 33.4, 36.8, 38.0, 38.9 and 39.7°C, respectively.

**Keywords:** Poly(ionic liquid); phase transition; skin temperature sensing; visual sensing

## References:

- [1] S.Kumar, D. Dwivedi, M. Chopra, *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets*, 20 (2021), 101-104.
- [2] K. M. McCabe, M. Hernandez, *Pediatric Research.*, 67 (2010), 469-475.

# 基于氧化还原探针的固态离子选择性电极电流读出技术研究

孙小彤<sup>1,2</sup>, 尹坦姬\*<sup>1</sup>, 张资平<sup>2</sup>, 秦伟<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室 山东省海岸带环境过程重点实验室, 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台, 264003; <sup>2</sup> 烟台大学生命科学学院, 山东 烟台, 264005

\*Email: tjyin@yic.ac.cn

## 摘要:

离子选择性电极(ion-selective electrodes, ISEs)是临床化验、环境和工业分析中的有效工具, 具有选择性好、响应时间快等优点。ISEs 的电位响应遵循能斯特方程, 其斜率灵敏度为  $59.1/n$  mV/dec ( $n$  为电荷数,  $25^0$ ) [1, 2]。这意味着 1 mV 的电位变化将引起 4% (一价离子) 和 8% (二价离子) 的活度误差。此外, 与  $\mu\text{A}$ 、 $\text{nA}$  或  $\text{pA}$  级测量的安培法相比, ISEs 仅能获得 mV 级电位信号。这些现象表明, ISEs 的电位信号测定分辨率有待进一步改善。近年来, 库伦信号和光电流信号被报道用于读出 ISEs 的电位信号, 改善测定斜率灵敏度[3, 4]。我们课题组也将 ISEs 的电位信号转换成为了  $\text{H}_2\text{O}_2$  的电流信号[5]。然而, 受  $\text{H}_2\text{O}_2$  不稳定的化学性质和高的施加电压的影响, 该电位转电流的读出方式不具有普适性。

本文将  $\text{Ca}^{2+}$ -ISE 的传统电位信号转换为氧化还原探针的电流信号, 通过将 mV 级电位信号转换为  $\mu\text{A}$  级电流信号, 提高  $\text{Ca}^{2+}$ -ISE 测定斜率灵敏度。所采用的氧化还原探针包括铁氰化钾/亚铁氰化钾、氯化六铵合钨和二茂铁。具体为, 将  $\text{Ca}^{2+}$ -ISE 参比电极, 在工作电极和参比电极之间施加恒定电压, 通过改变  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度/活度来改变参比电极的电位, 进而调节工作电极上氧化还原探针的氧化还原电流。结果表明, 基于铁氰化钾/亚铁氰化钾氧化还原探针的电流信号检测  $\text{Ca}^{2+}$  的线性范围和斜率灵敏度可以通过改变外加电位来调节。此外, 基于氧化还原探针的固态  $\text{Ca}^{2+}$ -ISE 的电流信号与氧化还原探针的类型和电极面积有关。该方法具有更高的灵敏度和选择性。

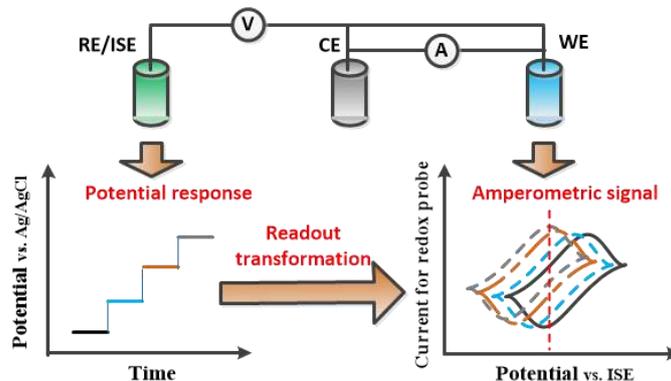


图 1 基于氧化还原探针的固态离子选择性电极电流信号读出机制示意图

**关键词:** 离子选择性电极; 安培信号; 氧化还原探针; 钙离子; 铁氰化钾/亚铁氰化钾

**参考文献:**

- [1] Bobacka, J.; Ivaska, A.; Lewenstam, A. *Chem. Rev.*, 108 (2008) 329-351.
- [2] Bakker, E.; Pretsch, E. *Angew. Chem. Int. Edit.*, 46 (2007) 5660-5668.
- [3] Hun, X.; Xiong, X. L.; Ding, J. W.; Qin, W. *Chem. Commun.*, 56 (2020) 3879-3882.
- [4] Wang, H. M.; **Yin, T. J.**; Yuan, B. Q.; Qin, W. *Anal. Chim. Acta*, 1129 (2020) 136-142.
- [5] **Yin, T. J.**; Wang, H. M.; Li, J. H.; Yuan, B. Q.; Qin, W. *Talanta*. 232 (2021) 122489.

## 二维仿生纳米通道的热电阈值响应

刘姗姗<sup>1</sup>, 杨蓉婕<sup>1</sup>, 林星宇<sup>2</sup>, 苏彬<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 浙江大学化学系分析所, 杭州, 310058,

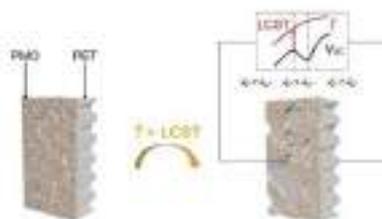
<sup>2</sup> 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州, 310058

Email: subin@zju.edu.cn

### 摘要:

适宜的环境温度对生物体的生存至关重要, 而阳离子选择性的瞬态受体电位 (TRPV) 通道与哺乳动物的温度感知有关, 可分为 TRPV1 - TRPV6 等亚型, 并通过特定的阈值温度控制<sup>[1-3]</sup>。不同 TRPV 通道的阈值温度各不相同, 在被阈值温度激活后触发向中枢神经系统传导的动作电位<sup>[5-8]</sup>。然而, 目前还没有利用人工体系来模拟 TRPV 通道以动作电位传导阈值温度刺激信号的报道。

因此, 我们采用具有锥形纳米通道的阳离子选择性聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 膜和甲基丙烯酸 2-(2-甲氧基乙氧基) 乙酯 (MEO<sub>2</sub>MA) 及聚乙二醇甲醚甲基丙烯酸酯 (OEGMA) 的热敏共聚物 (PMO) 构建了电位-温度阈值响应体系。当温度高于 PMO 的低临界溶液温度 (LCST) 时, 界面结构改变, 电位对温度的响应产生阈值, 其灵敏度为 0.69 mV/°C, 与生物体相当。此外, 通过调整两种单体的比例, LCST 可在 32-42 °C 范围内任意改变以模拟不同 TRPV 通道的温度阈值。本研究有助于进一步理解 TRPV 通道的响应机理。由于 LCST 在人体温度范围内可调, 该体系有望用于可穿戴测量设备。



**Fig. 1** Schematic illustration of the mechanism of temperature regulated ion transport through PET-PMO artificial channels.

**关键词:** TRPV 通道; 阳离子选择性; 电位-温度阈值响应

### 参考文献:

- [1] Grandl, J.; Hu, H.; Bandell, M.; Bursulaya, B.; Schmidt, M.; Petrus, M. *Nat. Neurosci.* (2008), 11: 1007-1013.
- [2] Caterina, M. J.; Schumacher, M. A.; Tominaga, M.; Rosen, T. A. *Nature*. (1997), 389: 816-824.
- [3] Lohmann, C.; Myhr, K. L.; Wong, R. O. *Nature*. (2002), 418: 177-181.
- [4] Hasan, R.; Zhang, X. *Int. J. Mol. Sci.* (2018), 19: 1256.
- [5] Grandl, J.; Kim, S. E.; Uzzell, V.; Bursulaya, B.; Petrus, M.; Bandell, M. *Nat. Neurosci.* (2010), 13: 708-714.
- [6] Singh, A. K.; McGoldrick, L. L.; Sobolevsky, A. I. *Nat. Struct Mol Biol.* (2018), 25: 805-813.
- [7] Castillo, K.; Diaz-Franulic, I.; Canan, J.; Gonzalez-Nilo, F.; Latorre, R. *Phys Biol.* (2018), 15: 021001.

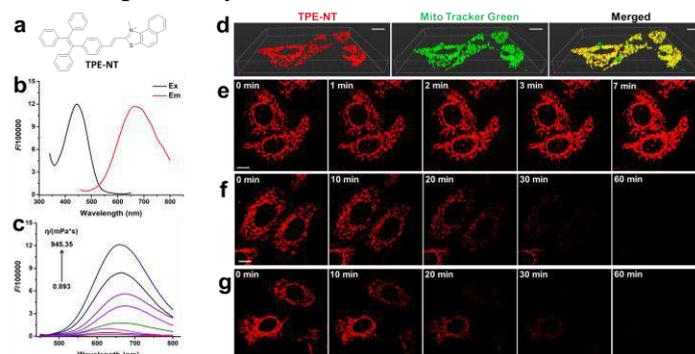
# A membrane-activated fluorescent probe for imaging mitochondrial membrane potential and morphology

Bo Lin, Chen-xi Zhao, Na-na Yin, Yang Shu\*, Jian-hua Wang\*

Department of Chemistry, College of Sciences, Northeastern University

Email: [shuyang@mail.neu.edu.cn](mailto:shuyang@mail.neu.edu.cn); [jianhuajrz@mail.neu.edu.cn](mailto:jianhuajrz@mail.neu.edu.cn)

Mitochondrial membrane potential ( $\Delta\Psi_m$ ) is a key indicator for cell health or injury due to its vital roles on ATP synthesis<sup>[1]</sup>. Thus, monitoring  $\Delta\Psi_m$  is of great significance for the assessment of cell status, diagnosis of diseases and medicament screening. Herein, we report a cationic fluorescent probe TPE-NT (Fig. 1a) with the features of AIE (Fig. 1c) for imaging  $\Delta\Psi_m$  in living cells. TPE-NT is enriched on the surface of mitochondrial inner membrane by the negative  $\Delta\Psi_m$  and its fluorescence is simultaneously activated by the high viscosity microenvironment<sup>[2]</sup>. Moreover, TPE-NT exhibits a Stokes shift of > 200 nm and near infrared (~ 675 nm) emission (Fig. 1b), excellent photostability and low cytotoxicity, which facilitates real-time imaging in live cells. The probe successfully monitored the increase and reduction of  $\Delta\Psi_m$  caused by oligomycin and lactate/pyruvate, respectively. In addition, the reductions of  $\Delta\Psi_m$  and morphological changes in the cell models of mitophagy caused by rapamycin were also observed by TPE-NT, respectively.



**Fig.1.** (a) Structure of TPE-NT; (b) Excitation and emission spectra of TPE-NT in glycerin; (c) Fluorescence spectra of TPE-NT (10  $\mu$ M) in the water-glycerin system with various viscosity ( $\eta$ ) at  $\lambda_{ex}$ =445 nm; (d) The 3D co-localization fluorescence imaging of TPE-NT with Mito Tracker Green in LoVo cells; (e-g) The fluorescence imaging of TPE-NT in cells after injected oligomycin, lactate/pyruvate and rapamycin, respectively.  $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ =405/(625-725) nm and  $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ =488/(500-550) nm were collected for TPE-NT and Mito Tracker Green, respectively.

**Keywords:** Fluorescent probe, Mitochondrial membrane potential, Cell imaging.

## References:

- [1] Lin, M. T.; Beal, M. F., *Nature*, 443 (2006), 787-795.
- [2] Zielonka, J.; Joseph, J. and Sikora, A., etc., *Chemical Reviews*, 117 (2017), 10043-10120.

# 基于 rGO@MoS<sub>2</sub> 修饰的 3D 柔性电极免疫传感器对大肠杆菌快速灵敏性检测

戈瑞, 陈晓梅\*

集美大学海洋食品与生物工程学院, 福建 厦门 361021  
xmchen@jmu.edu.cn

**摘要:** 肠出血性大肠杆菌是大肠杆菌的一个亚型, 主要致病菌株为大肠杆菌 O157:H7, 可引起感染性腹泻。开发食品中大肠杆菌 O157:H7 的快速、灵敏检测方法具有重要意义<sup>[1]</sup>。本研究基于课题组之前对还原型氧化石墨烯 (rGO) 的研究<sup>[2]</sup>, 利用水热法制备了一种 rGO 修饰的 MoS<sub>2</sub> 二维纳米杂化材料 rGO@MoS<sub>2</sub> (rGM)。通过扫描电子显微镜 (SEM) 来表征 MoS<sub>2</sub> 的形态, 由图 1 (A) 可见, MoS<sub>2</sub> 呈典型的花状, 平均大小为 0.7 μm。如图 1 (D) 所示, 通过透射电子显微镜 (TEM) 来表征 rGO, rGO 为边缘光滑的薄层结构, 层与层之间相互堆积。然而, 在 MoS<sub>2</sub> 中加入氧化石墨烯参与反应后, 结果如图 1 (E) 所示, MoS<sub>2</sub> 在还原型氧化石墨烯表面生长并形成覆盖面。由于 rGM 纳米杂化材料形成了更大的比表面积, 有利于增强光的捕获和吸收, 为后续构建高效的传感器提供可行性, 图 1 (B) 为 rGM 的局部放大。高分辨透射电子显微镜 (HRTEM) 表征 rGM 的晶格间距, 结果如图 1 (C) 所示, MoS<sub>2</sub> 在 rGO 表面均匀生长, 石墨烯可以作为一种形态调节剂, 以改变 MoS<sub>2</sub> 的形态。通过研究 rGM 的近红外光电化学行为, 验证了 rGM 用于大肠杆菌 O157:H7 分析的可行性, 结合磁珠, 构建了分离和检测一体式的生物传感平台。在 980 nm 光激发下, 通过大肠杆菌 O157:H7 的桥接形成三明治型免疫复合物, 随着 rGM 的光电信标物的增加, 该复合物的光电流增强。在 5~5×10<sup>6</sup> CFU mL<sup>-1</sup> 的范围内, 大肠杆菌 O157:H7 浓度的对数与光电流呈良好的线性关系, 检出限为 3.4 CFU mL<sup>-1</sup>。最后, 该装置成功应用于牛奶中大肠杆菌 O157:H7 的分析。本研究为病原菌检测方法的开发提供了新思路, 其优越的特异性和灵敏性在生物传感器领域具有良好的应用前景。

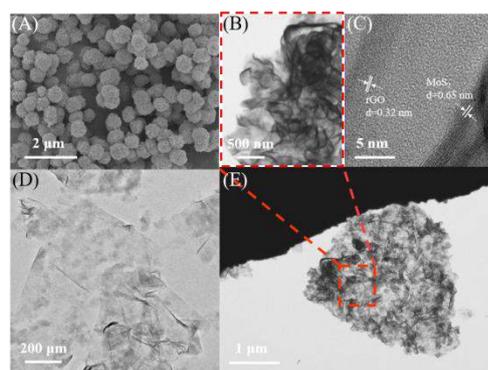


图 1 (A) MoS<sub>2</sub> 的 SEM 图像; (B 和 E) rGM 的 TEM 图像 ((B) 为 (E) 部分的放大); (C) rGM 的 HRTEM 图像; (D) rGO 的 TEM 图像。

**关键词:** 光电化学; rGO@MoS<sub>2</sub>; 装置; 大肠杆菌 O157:H7

**参考文献:**

- [1]. C. Li, Y.F. Chen, A.H. P, X.M. Chen, *J. Colloid. Interface. Sci.*, 537, (2019) 528-535.  
[2] X.M. Chen, Z.X. Cai, X. Chen, M. Oyama, *J. Mater. Chem. A. Mater.*, 2, (2014) 5668-5674.

# 基于超高密度微孔阵列电极的空间分辨电化学发光成像

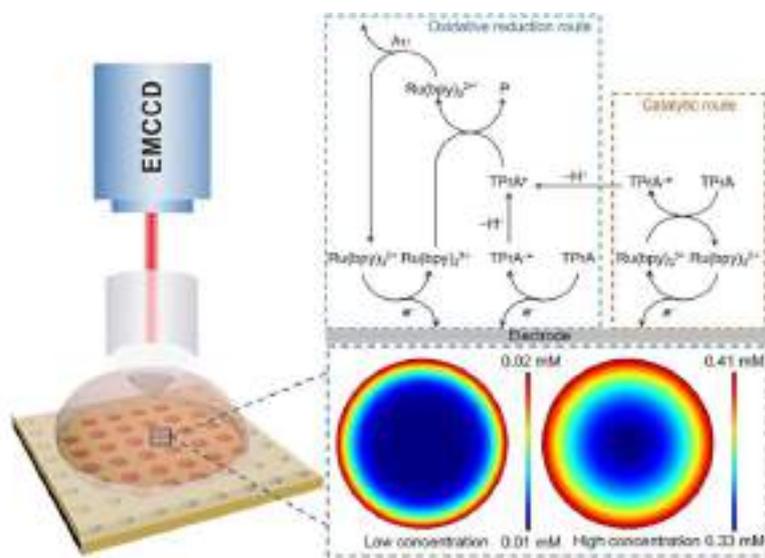
丁家连<sup>1</sup>，周萍<sup>2</sup>，郭维亮<sup>3\*</sup>，苏彬<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> 浙江大学化学系 浙江杭州 310000

Email: subin@zju.edu.cn

## 摘要:

电化学发光 (ECL) 成像是集电化学发光和显微成像技术于一体的现代分析手段，具有背景低、时空可控性强、分析可视化的优点。结合微纳加工技术构建超高密度微孔阵列电极可以实现高通量的空间分辨电化学发光成像。以聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 为基底，结合无电镀金技术，制备得到孔密度高达  $10^4$  个/ $\text{mm}^2$  微孔阵列金膜电极；以  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}/\text{TPrA}$  为电化学发光体系，研究了电极不同区域的 ECL 性能。结果表明：单个微孔呈现中间暗边缘亮的圆环结构，结合 COMSOL 理论模拟，我们发现孔壁与底部交接处的光强最大，即：侧壁和底部扩散层的重叠导致孔壁处 ECL 信号增强。此外，我们观察到当  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  浓度较低时，单个微孔的光强的相对分布并不随时间的延长而发生改变，一定程度上验证了此时反应按照氧化还原路径进行，其 ECL 强度由  $\text{TPrA}^{\bullet}$  寿命所决定。



图注 超高密度微孔阵列电极电化学发光成像装置示意图。右上方为  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}/\text{TPrA}$  反应机理，右下方为单个微孔在不同浓度条件下的光强模拟分布。

**关键词:** 电化学发光，微孔阵列电极，反应机理，空间限域

## 参考文献:

- [1] Guo, W. L., Zhou, P., Sun, L., Ding, H., Su, B. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 60 (2021), 2089.
- [2] Anderson, T. J., Defnet, P. A., Zhang, B. *Anal. Chem.*, 92 (2020), 6748.
- [3] Deiss, F., LaFratta, C. N., Symer, M., Blicharz, T. M., Sojic, N., Walt, D. R. *J. Am. Chem. Soc.* 131 (2009), 6088.
- [4] Zhang, J. J., Arbault, S., Sojic, N., Jiang, D. C. *Annu. Rev. Anal. Chem.* 12 (2019), 275.

# 微米线电极用于电化学发光层成像及反应机理解析

傅文轩<sup>1</sup>, 周萍<sup>1</sup>, 苏彬\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 浙江大学化学系, 杭州, 310058

Email: subin@zju.edu.cn

## 摘要:

电化学发光 (ECL) 具有背景低、灵敏度高和发光过程时空可控等优点, 是最先进的体外免疫检测技术之一<sup>[1, 2]</sup>。电化学发光反应过程复杂, 目前对其机理的认识仍不十分明确。

本工作结合碳纤维微米线电极, 采用 ECL 显微成像技术实现了三联吡啶钌 ( $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ ) /三正丙胺 (TPrA) 体系的电化学发光层厚度测量和发光机制解析。当  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  浓度较高 (500  $\mu\text{M}$ ) 时, 降低共反应剂 TPrA 的浓度会使发光层厚度从 9  $\mu\text{m}$  延展至 50  $\mu\text{m}$  左右。该现象可归因于“催化路径”反应机理, 即 TPrA 浓度较低时, 电化学产生的氧化态  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{3+}$  能够更多地扩散至距离电极较远处与 TPrA 发生均相化学反应, 从而拓展 TPrA<sup>•+</sup> 的空间分布<sup>[3, 4]</sup>。此外, 当  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  浓度低于 100  $\mu\text{M}$  时, 同样可以观察到电化学发光层随 TPrA 浓度降低而延展的现象。因此, 我们认为降低 TPrA 与  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  的浓度比能有效延展电化学发光层, 提高“催化路径”在 ECL 反应过程中的主导程度。本研究有助于进一步理解 ECL 机理, 指导并拓展 ECL 在生化分析中的应用。

**关键词:** 微米线电极、电化学发光层、机理解析

## 参考文献:

- [1] Richter, M. M., *Chem. Rev.* 104 (2004) 3003-3036.
- [2] Miao, W., *Chem. Rev.* 108 (2008) 2506-2553.
- [3] Guo, W., et al., *Angew Chem Int Ed Engl* 60 (2021) 2089-2093.
- [4] Chovin, A., et al., *Anal. Chem.* 76 (2004) 357-364.

# 一锅法合成铁磁性-MoS<sub>2</sub>-碳点纳米材料用于丝网印刷电极 电化学检测抗坏血酸、多巴胺和尿酸

吴鹏<sup>1</sup>, 赵雪伶\*<sup>1</sup>, 朱志刚\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 上海第二工业大学, 环境与材料工程学院, 上海先进热功能材料工程技术研究中心, 上海市浦东新区金海路 2360 号, 邮编: 201209,

<sup>2</sup> 上海理工大学, 医疗器械与食品学院, 上海市杨浦区军工路 516 号, 邮编: 200093  
Email: xlzhao@sspu.edu.cn; zgzhu@usst.edu.cn

摘要: 人体中抗坏血酸 (AA)、多巴胺 (DA) 和尿酸 (UA) 浓度保持正常水平具有非常重要的意义, 本工作介绍了一种一锅溶剂热合成法制备 MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-MoS<sub>2</sub>-碳点纳米材料的方法, 可用于 AA、DA 和 UA 的电化学 (Electrochemistry, EC) 传感。通过 SEM、XRD、FT-IR 等表征方法进一步证实了纳米杂化复合材料的形成。剥离态的 MoS<sub>2</sub> 表面含有大量的 S 缺陷以及尖晶石 MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 具有非均相催化剂特性、高丰度的氧空位和表面羟基<sup>[1]</sup>, 通过纳米杂化复合材料表面大量官能团的阳离子取代以及 MoS<sub>2</sub> 的高表面活性提供了很高的吸附性能, 能够有效高灵敏检测抗坏血酸、多巴胺、尿酸<sup>[2]</sup>, 并且在一定的扫描速度范围内峰电流明显增大。通过电化学方法测得合成的复合材料对目标检测物的传感性能优于纯 MoS<sub>2</sub> 和 MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, 测得 AA、DA 和 UA 的检出限分别为 0.28 mM、0.42 μM 和 0.14 μM, 同时检测 AA、DA 和 UA 的检出限分别为 0.85 mM、0.16 μM 和 5.43 μM。此外, 这些纳米杂化复合材料经过验证具有非常良好的抗干扰性和重现性。

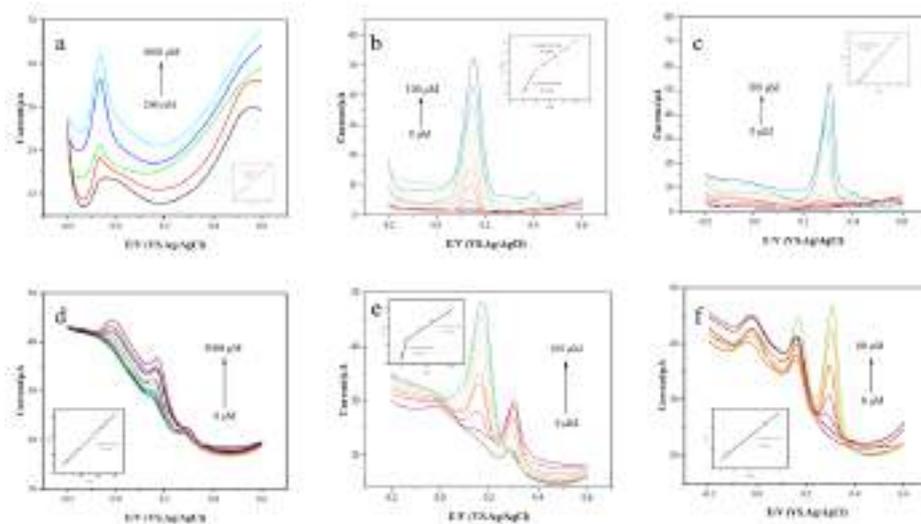


图 1 在 0.1 M PBS (pH = 7.4) 中丝网印刷电极测得 DPV 曲线 (a) AA 线性 (200-1000 μM)。 (b) DA 线性 (0-100 μM)。 (c) UA 线性 (0-100 μM)。 (d) 3 μM DA、5 μM UA 和不同浓度 AA 线性。 (e) 1000 μM AA、50 μM UA 和不同浓度 DA 线性。 (f) 200 μM DA、5 μM UA 和不同浓度 UA 线性。

**关键词:** 碳点纳米杂化复合材料; 抗坏血酸; 多巴胺; 尿酸; 电化学传感  
**参考文献:**

[1] Haofan Sun, Jie Chao, Xiaolei Zuo, et al. RSC Adv., 2014, 4, 27625-27629.

[2] Yuanzhi Pan, Junli Zuo, Zhongyu Hou, et al. Chem., 2020, 8: 592538.

# NAD(P)H 探针用于肿瘤能量代谢过程中的双模态成像和光热治疗

王之卿, 王文新, 田杨, 李春艳\*

湘潭大学化学学院, 湖南湘潭, 411105

Email: lichunyan79@sina.com

还原型辅酶 (NADH 和 NADPH) 是能量代谢的重要产物, 与癌症的发生发展密切相关。因此, 有必要开发可靠的检测工具来可视化肿瘤细胞能量代谢中的 NAD(P)H。本文设计并合成了一种基于花菁染料的多功能探针 Cy-N。探针本身在近红外区没有荧光发射和光声信号, 与 NAD(P)H 反应后, 由于共轭结构的变化, 在近红外区出现很强的荧光发射和光声信号。以此, 通过荧光/光声双模态成像, 不仅实现了在细胞、细菌和肿瘤小鼠中 NAD(P)H 浓度的可视化, 还实现了在能量代谢过程中 NAD(P)H 浓度的可视化。与单模式成像相比, 双模态成像能充分利用两种成像的优势, 有效地避免假阳性信号的产生。与此同时, 探针和 NAD(P)H 作用后, 会具有良好的光热治疗功能。特别是, 通过注射葡萄糖, 可以有效改善光热治疗效果, 由此提出了增强光热治疗的新策略。探针的这些优异的性能, 将为癌症的诊断和治疗提供一种新的思路。

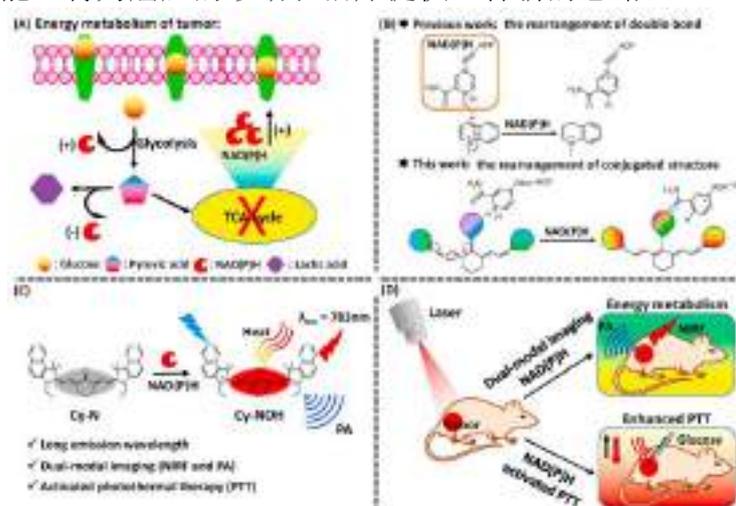


Fig. 1. (A) The novel target NAD(P)H in energy metabolism of tumor. (B) The previous and novel mechanism of probe with NAD(P)H. (C) The illustration of reaction mechanism about probe Cy-N with NAD(P)H. (D) The biological application of probe Cy-N.

**关键词:** NAD(P)H; 能量代谢; 双模态成像; 光热治疗; 肿瘤

**参考文献:**

[1] Tian, Yang; Chun-Yan; et al. *Anal. Chem.* 92 (2020) 4244-4250.

[2] Wang, Wen-Xin; Li, Chun-Yan; et al. *Anal. Chem.* 93 (2021) 3301-3307.

[3] Ou-Yang, Juan; Li, Chun-Yan. *Anal. Chem.* 91 (2019) 1056-1063.

[4] Zhao, Yi-Ting; Li, Chun-Yan; et al. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 12 (2020) 47840-47847.

# 基于四面体 DNA 纳米结构的比率型赭曲霉毒素适体传感器的研制

夏晓娟, 孟爽, 杨通, 胡蓉, 杨云慧

(云南师范大学化学化工学院, 云南, 昆明 650500)

**摘要:** 本文以负载金纳米颗粒的金属有机骨架材料 Au NPs@Co MOF 作为电极的修饰材料构建了电化学适体传感器用于赭曲霉毒素(OTA)的检测。首先将 Au NPs@Co MOF 修饰在电极上, 然后将 sDNA 与 OTA 适体通过碱基互补配对形成杂交链, 将杂交链与四面体发卡结构 DNA 链加入到修饰有 Au NPs@Co MOF 的玻璃碳电极上。当加入目标物 OTA 毒素时, OTA 适体于 OTA 结合并从电极上解离, 摆动链 sDNA 被释放并与四面体 DNA 上的发卡结构相连。加入核酸内切酶(Nb. BbvCI)后, 诱导发夹结构转换为链霉亲和素 (SA) 的适体。接着加入与 SA 耦合的 Au NPs@Cr MOF 作为信号源, 通过 SA 与 SA 适体的特异性结合而被固定在电极表面。将其置于铁氰化钾溶液中进行检测, 以 Cr MOF 的电流值与铁氰化钾的电流值的比值作为响应信号构建了比率型电化学 OTA 适体传感器。该传感器的检测范围为 0.05 ng/mL-50 ng/mL, 线性方程为  $y = 0.3498 \lg c + 0.4177$ ,  $y$  为 Au NPs@Cr MOF 的 DPV 响应电流与  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  的 DPV 响应电流的比值,  $R^2 = 0.9723$ 。

**关键词:** 赭曲霉毒素; Au NPs@CoMOF; 比率型; 适体传感器

## 参考文献

- [1]Mondani L, Palumbo R, Tsitsigiannis D, et al. Pest management and ochratoxin A contamination in Grapes: A Review[J]. *Toxins*, 2020, 12(5): 303.
- [2]Park S, Lim W, You S, et al. Ochratoxin A exerts neurotoxicity in human astrocytes through mitochondria-dependent apoptosis and intracellular calcium overload[J]. *Toxicology Letters*, 2019, 313: 42-49.
- [3]Gichner T. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans[J]. *Biologia Plantarum*, 1987, 29(6): 452-452.
- [4]Rehmat Z, Mohammed W S, Sadiq M B, et al. Ochratoxin A detection in coffee by competitive inhibition assay using chitosan-based surface plasmon resonance compact system[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2019, 174: 569-574.
- [5]Faisal Z, Vöög V, Fliszár-Nyúl E, et al. Probing the interactions of ochratoxin B, ochratoxin C, patulin, deoxynivalenol, and T-2 toxin with human serum albumin[J]. *Toxins*, 2020, 12(6): 392.
- [6]Qileng A, Wei J, Lu N, et al. Broad-specificity photoelectrochemical immunoassay for the simultaneous detection of ochratoxin A, ochratoxin B and ochratoxin C[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2018, 106: 219-226.
- [7]Jiang C, Lan L, Yao Y, et al. Recent progress in application of nanomaterial-enabled biosensors for ochratoxin A detection[J]. *Trends in Analytical Chemistry*, 2018, 102: 236-249.
- [8]Klingelhfer D, Braun M, Schffel N, et al. Ochratoxin-characteristics, influences and

- challenges of global research[J]. *Food Control*, 2020, 114: 107230.
- [9]Hu M H, Huang P C, Suo L L, et al. Polydopamine-based molecularly imprinting polymers on magnetic nanoparticles for recognition and enrichment of ochratoxins prior to their determination by HPLC[J]. *Microchimica Acta*, 2018, 185(6): 1-6.
- [10]Zhang Y Q, Wang L T, Shen X, et al. Broad-specificity immunoassay for simultaneous detection of ochratoxins A, B, and C in millet and maize[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65(23): 4830-4838.
- [11]Tang Z W, Liu X, Wang Y Y, et al. Nanobody-based fluorescence resonance energy transfer immunoassay for noncompetitive and simultaneous detection of ochratoxin A and ochratoxin B[J]. *Environmental Pollution*, 2019, 251: 238-245.
- [12]Kirinčič S, Škrjanc B, Kos N, et al. Mycotoxins in cereals and cereal products in slovenia-official control of foods in the years 2008-2012[J]. *Food Control*, 2015, 50: 157-165.
- [13]Mao K, Zhang H, Wang Z, et al. Nanomaterial-based aptamer sensors for arsenic detection[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2019, 148: 11785-11821.
- [14]Chen W, Yan C, Cheng L, et al. An ultrasensitive signal-on electrochemical aptasensor for ochratoxin A determination based on DNA controlled layer-by-layer assembly of dual gold nanoparticle conjugates[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2018, 117: 845-851.
- [15]Wang H, Li H, Huang Y, et al. A label-free electrochemical biosensor for highly sensitive detection of gliotoxin based on DNA nanostructure/MXene nanocomplexes[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2019, 142: 111531.
- [16]Feng Q M, Guo Y H, Xu J J, et al. Self-assembled DNA tetrahedral scaffolds for the construction of electrochemiluminescence biosensor with programmable DNA cyclic amplification[J]. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2017, 9(20): 17637-17644.
- [17]Lee J, Choi J S, Jeong N C, et al. Formation of trigons in a metal-organic framework: the role of metal-organic polyhedron subunits as meta-atoms[J]. *Chemical Science*, 2019, 10(24): 6157-6161.
- [18]Barthel S, Alexandrov E V, Proserpio D M, et al. Distinguishing metal-organic frameworks[J]. *Crystal Growth and Design*, 2018, 18: 1738-1747.
- [19]Thornton A W, Jelfs K E, Konstas K, et al. Porosity in metal-organic framework glasses[J]. *Chemical Communications*, 2016, 52(19): 3750-3753.
- [20]Frens G. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions[J]. *Nature Physical Science*, 1973, 241(105): 20-22.
- [21]Shi W N, Zhu Y Q, Shen C, et al. Water sorption properties of functionalized MIL-101(Cr)-X (X=-NH<sub>2</sub>, -SO<sub>3</sub>H, -CH<sub>3</sub>, -F) based composites as thermochemical heat storage materials[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2019, 285: 129-136.
- [22]Yilmaz G, Yam K M, Zhang C, et al. In situ transformation of MOFs into layered double hydroxide embedded metal sulfides for improved electrocatalytic and supercapacitive performance[J]. *Advanced Materials*, 2017, 29(26): 1606

# 一种双波长比率电化学发光免疫传感器用于灵敏检测血清中 $\beta$ -淀粉样蛋白

覃东庙, 孟朔, 吴裕胜, 邓必阳\*

广西师范大学化学与药学学院 省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室,  
广西桂林, 541004

通讯作者 E-mail: dengby16@163.com

**摘要:** 阿尔茨海默病 (Alzheimer's disease, AD) 是一种常见的慢性神经退行性疾病, 也是全世界最常见的疾病之一, 因此, 准确地、早期地检测出与 AD 相关的标志物具有重要意义。研究表明,  $\beta$ -淀粉样蛋白 ( $A\beta_{42}$ ) AD 发展中的关键蛋白质和 AD 诊断的预测生物标志物<sup>[1]</sup>。电化学发光免疫分析法利用抗原抗体的特异性, 具有快速、灵敏、低成本和易于使用等特点<sup>[2-4]</sup>。本研究开发了一种双波长比率电化学发光 (DW-RECL) 传感器, 用于灵敏检测  $A\beta_{42}$ 。其中  $Ru@TiO_2@Au$  复合材料作为能量受体, 而金纳米粒子 (AuNPs) 修饰的氮化碳纳米片 ( $g-C_3N_4NSs$ ) 作为能量供体。 $Au-gC_3N_4NSs$  表现出高度稳定的 ECL 信号, 其电化学发光最大波长在 460 nm, 与  $Ru@TiO_2@Au$  的紫外吸收光谱重叠, 也很好地激发了  $Ru(bpy)_3^{2+}$  在 620 nm 的发射。因此, 设计了一种高效的电化学发光共振能量转移 (ECL-RET) 传感平台。 $AuNPs$  功能化  $g-C_3N_4NSs$  的表面, 不仅作为基质固定一抗 ( $A\beta_{42}$ -Ab1) ( $Au-N$ ), 而且还提高了  $g-C_3N_4NSs$  在电极表面的电子传输速率。此外,  $TiO_2$  纳米粒子由于具有大的比表面积, 可以装载大量的  $Ru(bpy)_3^{2+}$  和  $AuNP$ , 将获得的  $Ru@TiO_2@Au$  纳米材料标记检测物的二抗 ( $A\beta_{42}$ -Ab2), 从而显著放大 ECL 信号。在优化实验条件下, 根据  $I_{460\text{ nm}}/I_{620\text{ nm}}$  的比值 ( $I$  为 ECL 强度),  $A\beta_{42}$  的线性范围为  $1 \times 10^{-5}$  至 200 ng/mL, 检出限为 2.6 fg/mL ( $S/N = 3$ )。结果表明, 所设计的 DW-RECL 免疫传感器具有良好的稳定性、良好的重现性和优良的特异性, 可用于临床诊断。

**关键词:** 双波长, 电化学发光, 免疫传感器, 共振能量转移,  $\beta$ -淀粉样蛋白  
**致谢**

本文得到国家自然科学基金 (No.21765004) 资助, 特致感谢。

## 参考文献

- [21] Gao N.; Zhang Y.; Gao K.; Xie J.; Liu L.; Li Y.; Qiu L.; Wei Q.; Ma H.; Pang X. *Sensor. Actuat. B-Chem.* 308(2020) 127576–127584.
- [22] Qin D.; Jiang X.; Mo G.; Feng J.; Yu C.; Deng B. *ACS Sensors* 4(2019) 504–512.
- [23] Qin D.; Jiang X.; Mo G.; Zheng X.; Deng B. *Microchim. Acta* 187(2020) 482–494.
- [24] Qin D.; Jiang X.; Mo G.; Feng J.; Deng B. *Electrochim. Acta* 335(2020) 135621–135631.

# 基于电位分辨电化学发光共振能量转移策略同步检测神经元特异性烯醇化酶和细胞角蛋白 19 片段抗原 21-1

莫桂春<sup>1,2</sup>, 邓必阳<sup>1\*</sup>

1. 省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室, 广西师范大学化学与药学学院, 桂林 541004 2. 玉林师范学院化学与食品科学学院, 玉林 537000

通讯作者 Email: dengby16@163.com

肺癌是世界上发病率和死亡率都较高的恶性肿瘤, 其发病率和死亡率每年呈上升趋势<sup>[1]</sup>。根据不同的临床行为和对化疗和放疗的敏感性, 肺癌可分为两大类: 非小细胞肺癌 (NSCLC) 和小细胞肺癌 (SCLC)。以前的研究已经证实细胞角蛋白 19 片段抗原 21-1 (CYFRA21-1) 是一种功能强大的 NSCLC 生物标志物<sup>[2]</sup>。神经元特异性烯醇化酶 (NSE) 是一种灵敏、可靠的 SCLC 生物标志物<sup>[3]</sup>。本研究建立了一个电位分辨电化学发光共振能量转移免疫传感器同步检测 NSE 和 CYFRA21-1 的新方法。由于金纳米棒 (AuNRs) 的吸收光谱与 SnS<sub>2</sub>@Pt 和 Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>/Zn-MOF 的 ECL 光谱完全重叠, 因此它们具有很高的电化学发光共振能量转移效率。Zn-MOF 具有较大的表面积、是 Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>的理想载体, 因此信号探针 Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>/Zn-MOF/Ab<sub>1</sub> 具有很强的 ECL。PtNPs 具有良好的导电性, 可以加速 SnS<sub>2</sub>NFs 和 S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup>之间的电子转移, 增强 SnS<sub>2</sub>NFs 的 ECL 强度。在优化的实验条件下, NSE 的线性范围为 0.2 pg/mL~20 ng/mL, 检出限为 79 fg/mL。CYFRA21-1 的线性范围为 1.25 pg/mL~12.5 ng/mL, 检出限为 0.43 pg/mL。该免疫传感器可用于同步灵敏检测人血清中 NSE 和 CYFRA21-1, 并有望用于临床诊断。

**关键词:** 电位分辨, 电化学发光免疫传感器, 神经元特异性烯醇化酶, 细胞角蛋白 19 片段抗原 21-1

## 参考文献

- [1] Mo, G.; Qin, D.; Jiang X.; Zheng, X.; Mo, W.; Deng, B. *Sensor. Actuat. B*, 2020, 310:127852.
- [2] Cioffi, M.; Vietri, M. T.; Gazzero, P.; Magnetta, R.; Auria, A. D.; Durante, A.; Nola, E.; Puca, G. A.; Molinari, A. M. *Lung Cancer*, 2001, 33:163–169.
- [3] Zheng, X.; Mo, G.; He, Y.; Qin, D.; Jiang, X.; Mo, W.; Deng, B. *Microchim. Acta*, 2019, 186:817.

# TBAPy 基双模分离式免疫传感器用于超灵敏检测 $\alpha$ -SynO

高瑶, 宋文波\*

吉林大学化学学院, 吉林长春, 130012

Email: [wbsong@jlu.edu.cn](mailto:wbsong@jlu.edu.cn)

$\alpha$ -突触核蛋白低聚体 ( $\alpha$ -SynO) 已被证明具有最强的神经毒性, 它可以在帕金森病的早期阶段破坏细胞膜并杀死神经细胞<sup>[1]</sup>。目前  $\alpha$ -SynO 检测方法主要采用单信号输出模式, 存在抗干扰能力差及准确性不高等问题<sup>[2]</sup>。为了实现高选择性和高适用性电化学检测, 通常需要预先将生物识别元件 (适体、抗体和肽) 固定在电极表面, 相关操作复杂而耗时, 分析结果的重现性及稳定性差。

本实验通过静电自组装方法制备了 1,3,6,8-四(4-羧基苯)苊 TBAPy/Ag NPs 异质结构电极, 采用葡萄糖-脂质体介导的信号放大策略, 实现了对  $\alpha$ -SynO 的超灵敏双模 (PEC 和 EC) 分析测定。TBAPy 吸光能力强, 光稳定性高, 易于功能化修饰, 但固有的光电转换效率不高; 本工作通过 Ag NPs 和 TBAPy 形成异质结构, 利用荧光能量共振转移及局域表面等离子体共振效应加快电子迁移, 提高光电转换效率; 设计葡萄糖-脂质体介导的信号放大体系, 通过葡萄糖氧化酶催化脂质体释放的葡萄糖分子生成葡萄糖酸和  $H_2O_2$ , 进行 Ag NPs 刻蚀, 导致 PEC 和 EC 信号同时下降, 实现了对  $\alpha$ -SynO 的超灵敏分析测定。双模信号输出方法具有相对独立的两种信号转换机制, 可实现对目标的多样化检测, 且两种信号转换机制间几乎没有干扰, 极大地提高了分析的准确性。

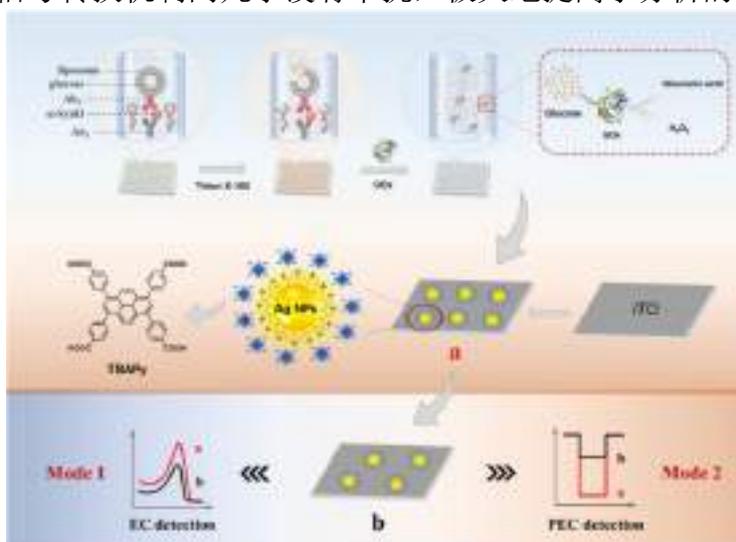


图 1 双模分离式  $\alpha$ -SynO 免疫传感器

## 参考文献:

- [1] Postuma RB, Berg D, Stern M, et al. *Mov Disord.* (2015) 30:1591–601.  
 [2] Mei L P, Liu F, Pan J B, et al. *Anal Chem*, 2017, 89 (12): 6300-6304.

# 单细胞 AP 位点的超灵敏识别：多色信号监测

冯北斗，仇华\*

河南师范大学化学化工学院，新乡市，邮编：453007

邮箱：zhanghua1106@163.com

**摘要：**AP 位点是 DNA 序列的经典损伤标记。当 DNA 损伤形成时，DNA 中快速变化的 AP 位点会对生物体造成许多严重危害。为了实现 AP 位点的精准识别，本文提供了一种广谱策略来设计一组分子转子，即一系列非荧光 2-(4-乙烯基亚苄基)丙二腈衍生物 (BMN-Fluors)，BMN-Fluors 可以根据 AP 位点的数量不同发出不同类型的荧光信号。其中，衍生物 d1-BMN 在被特异性激活后，随着 AP 位点的数量不同呈现五色荧光信号。因此，d1-BMN 可以实现对 AP 位点在单细胞水平上进行超灵敏识别。

**关键词：**AP 位点；多色监测；分子探针；精准识别

## 参考文献

- [25] Bernasconi, C.; Kanavarioti, A.; Killion, R. Nucleophilic addition to olefins. 12. Solvent-induced change in the rate-limiting step of the hydrolysis of benzylidenemalononitrile in acidic dimethyl sulfoxide-water solution. *J. Am. Chem. Soc.* 1985, 107, 12, 3612–3620.
- [26] Zhang, H.; Wang, Y.; Xuan, X.; et al. A dynamic invertible intramolecular charge-transfer fluorescence probe: real-time monitoring of mitochondrial ATPase activity. *Chem. Commun.*, 2017, 53, 5535–5538.
- [27] Peng, X.; Wu, T.; Fan, J.; Wang, J.; Zhang, S.; Song, F.; Sun, S. An effective minor groove binder as a red fluorescent marker for live-cell DNA imaging and quantification. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011, 50, 4180–4183.

## 双功能 MOF 用于苯二胺异构体的识别

夏颖慧, 孙坤明, 左亚男, 朱树芸\*, 赵先恩

曲阜师范大学化学与化工学院, 曲阜, 273165

\* Email: shuyunzhu1981@163.com

### 摘要:

近年来, 金属有机骨架材料由于高孔隙率、低密度、大比表面积、孔道规则、孔径可调以及拓扑结构多样性和可裁剪等优点引起广泛关注<sup>[1]</sup>。同时, 鉴别有机化合物的结构异构体在化学和环境科学中一直是一项具有挑战性的任务。基于上述背景, 我们基于双功能铁基金属有机骨架 ( $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Fe)}$ ) 建立了苯二胺异构体的鉴别和检测方法。  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Fe)}$  作为具有固有荧光的荧光指示剂, 发射波长为 445 nm<sup>[2-4]</sup>。因为具有类过氧化物酶活性, 在  $\text{H}_2\text{O}_2$  存在时, 可以催化邻苯二胺 (OPD) 和对苯二胺 (PPD) 的氧化。氧化产物通过内滤效应 (IFE) 猝灭  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Fe)}$  的荧光<sup>[5]</sup>。除此之外, OPD 的氧化产物 (OPDox) 发射橙红色荧光, 最大发射波长位于 574 nm<sup>[6]</sup>。因此, 基于  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Fe)}/\text{H}_2\text{O}_2$  体系可以实现 OPD 的比率荧光测定。这一策略将拓宽 MOF 在环境分析中的应用。

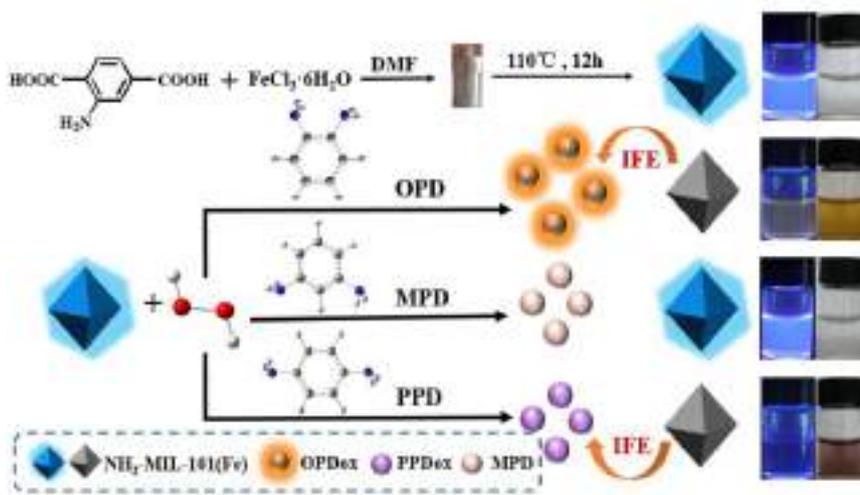


Fig. 1 Schematic illustration of the synthesis and function of  $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Fe)}$

**关键词:** 荧光 MOF; 纳米酶; 苯二胺异构体; 比率荧光

**参考文献:**

- [1] H.F. Wang, Y.Y. Wu, X.P. Yan, *Anal. Chem.* 85 (2013) 1920-1925.
- [2] S. Samanta, C. Kar, G. Das, *Anal. Chem.* 87 (2015) 9002-9008.
- [3] F. Wang, Y. Yang, T.M. Swager, *Angew. Chem. Int. Ed.* 44 (2008) 8522-8524.
- [4] X.J. Lai, G.Y.S. Qiu, Q.X. Ye, R.X. Wang, J.B. Liu, *J. Photochem. Photobio. A* 386 (2020) 112101.
- [5] B. Shi, J. Su, L. Zhang, et.al., *Nanoscale* 8 (2016) 10814-10822.
- [6] M. Gu, J. Duan, Q.Q. Mao, S.H. Zhang, J.G. Lv, *Sens. Actuators B* 287 (2019) 173-179.

# 基于铁钴氮共掺杂碳点的双读分析法定量检测尿酸

黎帆<sup>1</sup>, 邱萍<sup>1\*</sup>

南昌大学化学学院, 南昌, 330031  
Email: pingqiu@ncu.edu.cn (Ping.Qiu)

## 摘要:

我们构建了一种基于铁钴氮共掺杂碳点的比率荧光与比色双传感平台可实现选择性检测实际样中的尿酸。碳点作为新兴纳米材料, 被广泛用作荧光探针<sup>[1-2]</sup>。除了金属氧化物和金属纳米粒子外, 碳基纳米酶(包括碳点)也表现出类似过氧化物的活性。在尿酸酶催化下, 尿酸被氧化产生  $\text{H}_2\text{O}_2$ <sup>[3]</sup>,  $\text{H}_2\text{O}_2$  在铁钴氮共掺杂碳点存在下易转化为羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )。 $\cdot\text{OH}$  自由基又可氧化邻苯二胺生成 2,3-二氨基吩嗪, 从而在 580 nm 处产生黄色荧光发射, 另一处, 则由于内滤效应(IFE)猝灭而使得铁钴氮共掺杂碳点在 475 nm 处产生新的荧光发射。基于此原理(图 1), 采用 2,3-二氨基吩嗪与铁钴氮共掺杂碳点荧光强度之比( $I_{580}/I_{475}$ )对尿酸进行定量分析。此外, 随着尿酸浓度的增加, 含有生物传感器系统的溶液颜色逐渐变为黄色从而建立比色法。最后, 该双读法成功地应用于人血清和尿液样中尿酸的定量分析, 并与生化仪测定结果进行对照, 结果满意。

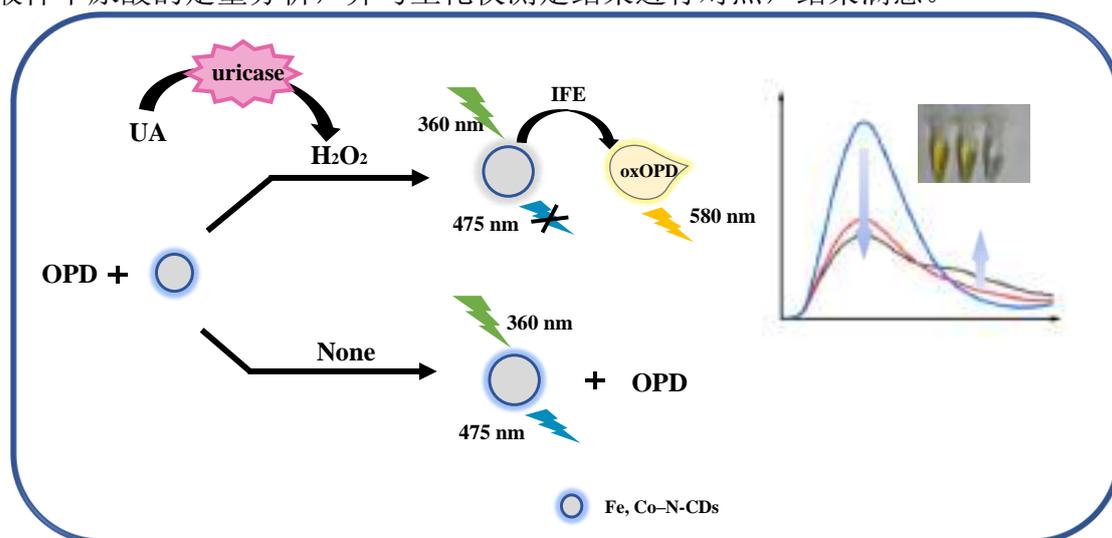


图 1 基于铁钴氮共掺杂碳点的比色法和比率荧光法测定尿酸的示意图

**关键词:** 尿酸, 双读法, 铁钴氮共掺杂碳点

**参考文献:**

- [1] N. Azmi, N. Ramli, J. Abdullah, M. Hamid, H. Sidek, S. Abd Rahman, N. Ariffin, N. Yusof, *Biosens. Bioelectron.* 67 (2015) 129-133
- [2] N. Li, S.G. Liu, Y.Z. Fan, Y.J. Ju, N. Xiao, H.Q. Luo, N.B. Li, *Anal. Chim. Acta* 1013 (2018) 63-70
- [3] Q. Wang, X. Wen, J. Kong, *Crit. Rev. Anal. Chem.* 50 (2020) 359-375

# 基于铂纳米粒子结合 AHNSA 荧光探针及酶抑制法检测甲基对硫磷

王慧雯<sup>1</sup>, 芮嘉晗<sup>1</sup>, 邱萍<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> 南昌大学化学学院, 南昌, 330031

Email: pingqiu@ncu.edu.cn

## 摘要:

众所周知, 中国是农业大国, 农产品产量居世界前列, 而在农作物种植的过程中, 会用到大量的农药来消除农作物的病虫害。食品中残留的农药对环境安全和人类健康将会造成巨大影响, 已经引起人们的高度重视。因此, 探索快速高效的农药残留检测方法是迫切的。本文提出了一种基于铂纳米粒子结合 4-氨基-3-羟基-1-萘磺酸(AHNSA)作为荧光探针的新型荧光分析方法, 可实现甲基对硫磷的测定。其中铂纳米粒子通过静电吸引与 AHNSA 结合, 导致其荧光被猝灭。在反应体系中存在的乙酰胆碱酯酶水解乙酰硫胆碱生成硫胆碱, 而硫胆碱也与铂纳米粒子发生静电结合使铂纳米粒子发生聚集, AHNSA 的强荧光信号得到恢复。然而, 在加入甲基对硫磷之后, 乙酰胆碱酯酶的催化活性被抑制, 导致 AHNSA 的荧光再次被猝灭。在实验条件进行优化后, 荧光猝灭程度与甲基对硫磷的浓度在 0.26 - 53.3 ng/mL ( $R^2=0.994$ )范围内呈现良好的线性关系, 检出限为 0.17 ng/mL (S/N=3)。此外, 该方法已成功应用于实际样品中甲基对硫磷的测定。

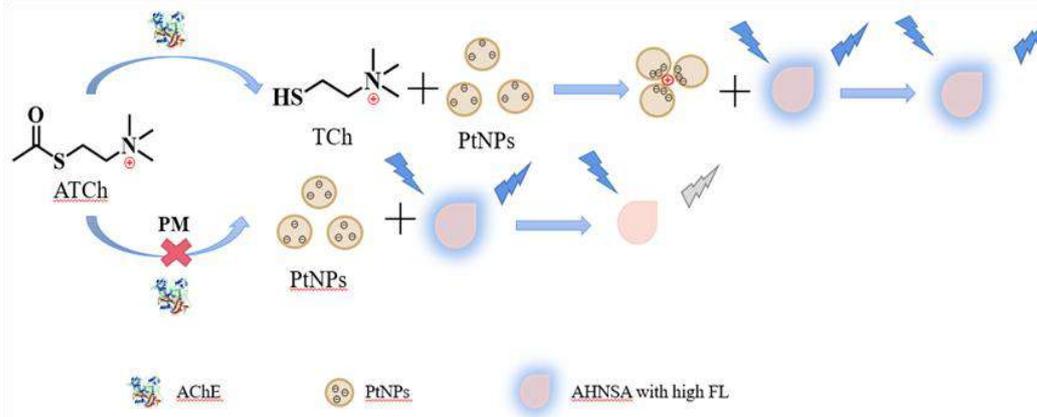


图 1. 基于铂纳米粒子结合 4-氨基-3-羟基-1-萘磺酸荧光探针及酶抑制检测甲基对硫磷农药的机理

**关键词:** 甲基对硫磷农药; 铂纳米颗粒; 4-氨基-3-羟基-1-萘磺酸(AHNSA); 荧光探针

## 参考文献:

- [1] Cao J, Wang M, She YX, Abd El-Aty AM, Hacımüftüoğlu A, Wang J, Yan MM, Hong SH, Lao SB, Wang YL, *Microchim Acta* 186 (2019) 390
- [2] Bhamore J R, Ganguly P, Kailasa S K, *Sens Actuators B* 233 (2016) 486–495
- [3] Lin XY, Zhu ZM, Zhao CF, Li SG, Liu QC, Liu AL, Lin LQ, Lin XH, *Sens Actuators B* 284 (2019) 346–353

# 基于单链回文 DNA 构建的 siRNA 纳米载体用于肿瘤细胞靶向治疗的研究

吴静挺, 郑小琦, 陈林欢, 吴再生\*

福州大学化学学院, 肿瘤转移预警和预防研究所, 福建省肿瘤转移药物干预重点实验室,

能源与环境光催化国家重点实验室, 福州, 350108

\*Email: wuzuisheng@163.com (Z.S. Wu)

## 摘要:

对特定基因进行高效沉默的 RNA 干扰是近年来治疗癌症的一种新兴技术。与传统的放疗、化疗手段相比, 以 RNA 干扰为基础的基因疗法靶向性强, 副作用小。但裸露的 siRNA 带负电荷且分子量大难以进入细胞发挥干扰效应, 因此构建安全可靠的 siRNA 递送载体至关重要。目前已有递送载体的构建往往需要精巧的设计且步骤复杂, 成本高。本研究通过设计具有多段回文结构的单链 DNA 构建出能有效递送 siRNA 至肿瘤细胞内的纳米载体 (SPDN-siRNA)。该纳米载体连接有核酸适配体 MUC1, 能特异性识别人乳腺癌细胞 (MCF-7 细胞) 并被细胞摄取。进入细胞后, 细胞质中的还原型谷胱甘肽 (GSH) 将连接着 siRNA 与纳米载体的“桥梁”二硫键断裂开, siRNA 释放, 沉默目标基因 PLK1, 抑制 MCF-7 细胞增殖。该纳米载体的构建所需 DNA 链数少, 仅需单一的退火组装过程, 操作简单、成本低, 且以纯核酸为构建原材料, 使载体具备良好生物相容性; 以二硫键为桥梁, 使 siRNA 在细胞内得以有效释放, 最终实现目标基因的下调, 有效抑制肿瘤细胞的增殖, 为构建 siRNA 递送载体提供了新思路, 同时也为 siRNA 类药物在临床上的应用提供了新的可能。

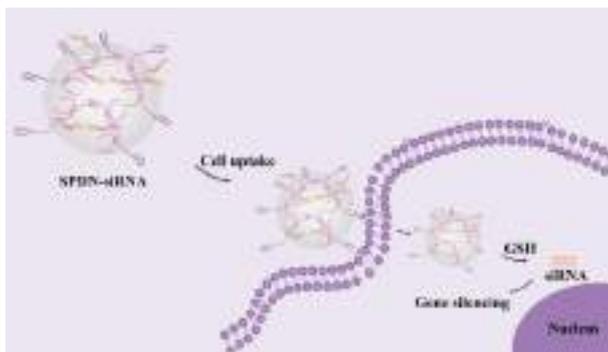


图 1: 基于单链回文 DNA 构建的纳米载体用于 siRNA 递送与基因治疗示意图。

**关键词:** 回文核酸纳米球; DNA 纳米载体; 谷胱甘肽; RNA 干扰; 基因沉默

## 参考文献:

- [1] 汪振猛. 肿瘤成像与靶向递药核酸纳米器件组装新技术研究. 福州大学: 化学学院, 2018.06.
- [2] Zhang J J, Wang Z M, Gao Y S, et al. ACS Applied Bio Materials. 2020, 3: 4514-4521.
- [3] Zeng J, Fu W H, Qi Z P, et al. Small. 2019, 1805552.

# 基于铜纳米簇荧光探针及酶抑制法检测有机磷农药

彭邹君<sup>1,2</sup>, 吴思豪<sup>1</sup>, 邱萍<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> 南昌大学化学学院, 南昌, 330031, <sup>2</sup> 南昌大学高等研究院, 南昌, 330031  
Email: pingqiu@ncu.edu.cn

## 摘要:

有机磷农药 (OPs) 因其成本低、合成简单、杀虫活性高, 防治对象范围广, 得到了广泛地使用, 是改革开放以来我国农业中使用量最多的一类农药, 也是世界上发展中国家使用的最常见的杀虫剂之一。为了达到更好的杀虫效果, 农民经常会将多种农药混合使用以增强其毒性, 但这些农药最终会通过食物链进入到人类体内, 极大地威胁到人类的身体健康和生命安全。因此, 设计灵敏高效的农药残留检测方法是迫切的。本文首先提出了一种铜纳米簇的新合成方法, 再结合亚铁离子荧光探针设计了一种新型有机磷农药测定的荧光分析方法。从实验我们发现, 由亚铁离子产生的三价铁离子, 能够猝灭铜纳米簇的荧光。在反应体系中存在的乙酰胆碱酯酶 (AChE) 可水解乙酰胆碱 (ACh) 生成胆碱, 而胆碱在胆碱氧化酶 (CHO) 的作用下产生  $H_2O_2$ , 亚铁离子与  $H_2O_2$  发生芬顿反应后产生三价铁离子, 后者猝灭铜纳米簇的荧光。然而, 在加入有机磷农药之后, 乙酰胆碱酯酶的催化活性被抑制, 导致  $H_2O_2$  生成量减少, 铜纳米簇的荧光则将会恢复, 荧光恢复程度与有机磷农药的浓度呈良好线性关系, 基于此可建立有机磷农药的定量分析方法。最后, 该方法成功应用于实际样品中农药残留的测定。

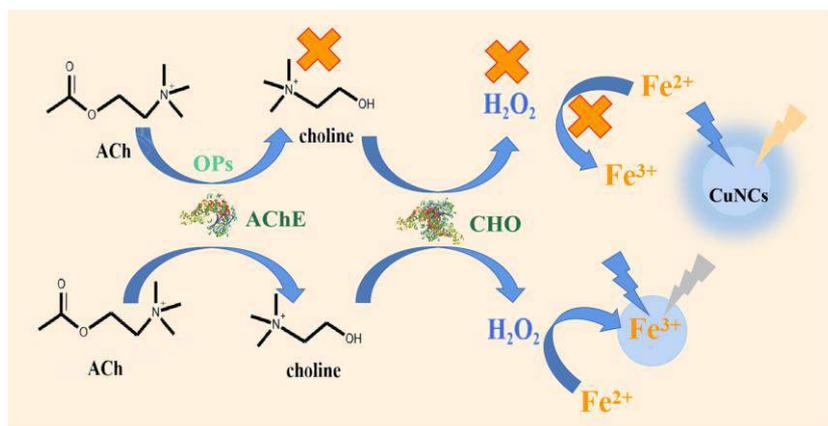


图 1. 基于铜纳米簇荧光探针及酶抑制法检测有机磷农药的机理

关键词: 有机磷农药; 铜纳米簇; 双酶法; 荧光探针

## 参考文献:

- [1] Liu Y, Lv B J, Liu A R, Liang G Y, Yin L H, Pu Y P, Wei W, Gou S H, Liu S Q. *Sens. Actuators, B*, **2018**, 265: 675-681.
- [2] Wang Y, Liu S S, Huang P, Wang Z J, Xu Y Q. *Sci. Total Environ.*, **2020**, 760:143378.
- [3] Huang F Y, Li Z Y, Zhang C, Habumugisha T, Liu F, Luo X. *Environ. Geochem. Health*, **2019**, 41(6): 2681-2695.

# 单碱基错配级区分 microRNA 以可靠地评估肿瘤分期

刘伟, 廖妮, 李文, 卓颖\*

发光分析与分子传感教育部重点实验室(西南大学)  
西南大学化学化工学院, 重庆, 400715

## 摘要:

MicroRNAs (miRNAs)的异常表达已被证实通过干扰基因调控系统与多种肿瘤的早期病理发生密切相关。然而, 在复杂的组织环境中, 不可避免的类比可能会使结果在不同程度上偏离准确的轨道。miRNAs 的异常表达已被证实通过干扰基因调控系统与多种肿瘤的早期病理发生密切相关。然而, 在复杂的组织环境中, 不可避免的类比可能会使结果在不同程度上偏离准确的轨道。本研究通过双链特异性核酸酶(DSN)、电化学发光(ECL)和荧光技术相结合的方法, 对 miRNAs 进行了单碱基错配敏感的鉴定, 并对其在不同家族成员中的百分比变异进行了可靠的监测。通过大规模筛选和有效消除错配事件, 确保分析物得到连续纯化。同时, 高度有序的分子机支持积累响应以输出稳健的信号, 即使在面临下调的情况下也是如此。与传统的分子杂交方法(包括家族成员和前体)跟踪和不筛选所有干扰物相比, 该解决方案强调出色的识别力, 在确定特定靶点相对于家族成员的比例方面显示出额外的优势。

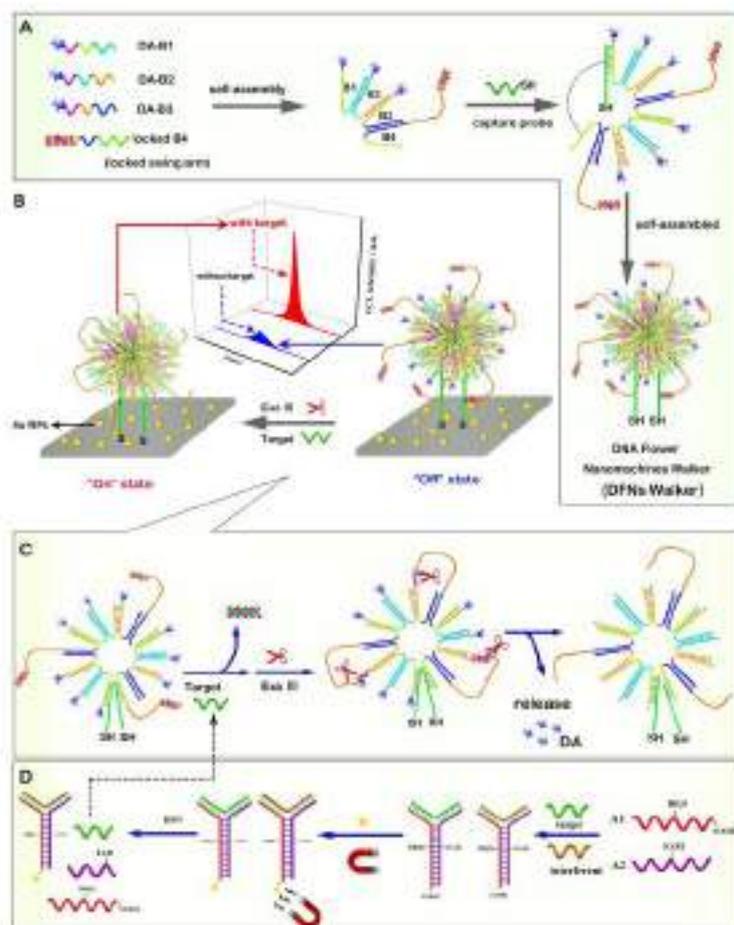
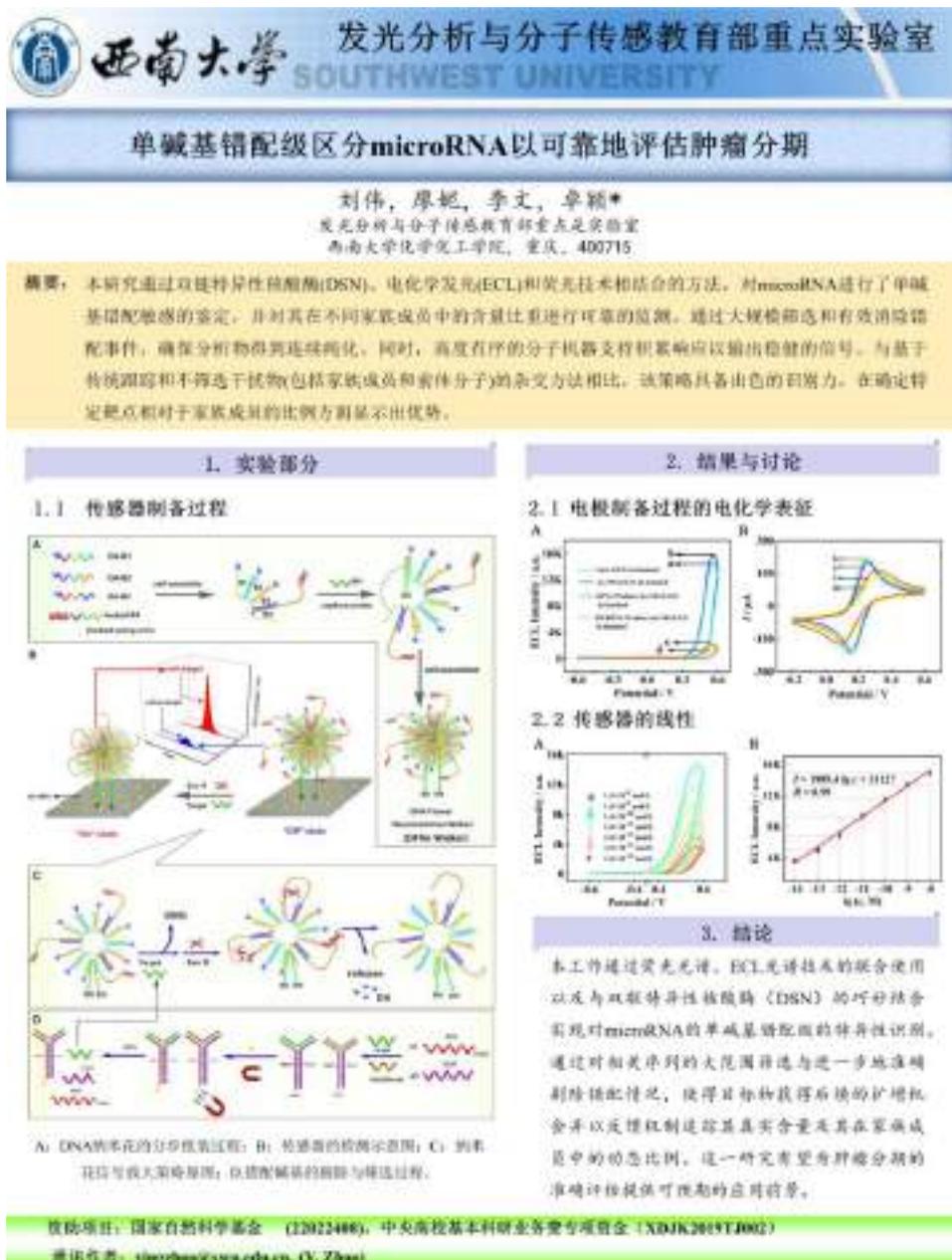


图 1. (A) DNA 纳米花的分步组装过程; (B) 传感器的检测示意图; (C) 纳米花信号放大策略原理; (D) 错配碱基的剔除与筛选过程。

## 参考文献:

- [1] Tian, B.; Ma, J.; Qiu, Z.; Zardán Gómez de la Torre, T., ACS Nano 2017, 11 (2), 1798-1806.
- [2] Castañeda, A. D.; Brenes, N. J.; Kondajji, A.; Crooks, R. M., Palmer, R. E., J. Am. Chem. Soc., 2017, 139 (22), 7657-7664.
- [3] Zhang, P.; Jiang, J.; Yuan, R.; Zhuo, Y.; Chai, Y. Q., J. Am. Chem. Soc., 2018, 140 (30), 9361-9364.
- [4] Wu, H.; Chen, T. T.; Wang, X. N.; Ke, Y.; Jiang, J. H., Chem. Sci., 2020, 11 (1), 62-69.

## 墙报展图片:



# Glucose-derived carbon nanospheres with highly electrocatalytic activity for ultrasensitive detection of dopamine

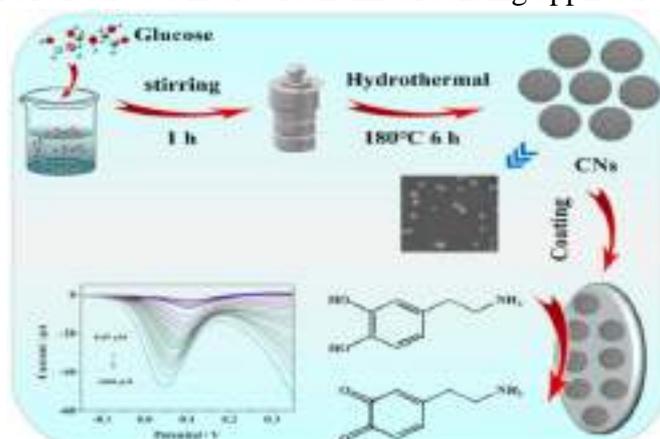
Peng Lei, Ying Zhou, Xincheng Sun, Chuan Dong, Shaomin Shuang\*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

\*Email: smshuang@sxu.edu.cn

## Abstract

The specific detection of dopamine (DA) has received enormous attention since it is universally acknowledged as an important neurotransmitter associated with nerve signaling and some diseases. In this work, glucose-derived carbon nanospheres (CNs) are synthesized by the hydrothermal approach and served to modify electrodes for the detection of DA (Scheme 1). The CNs were successfully synthesized and purposely investigated in detail by the kinds of characterization technologies. The CNs modified glassy carbon electrode (CNs/GCE) exhibits better electrochemical sensing performances with a wide linear range of 0.05 – 1600  $\mu\text{M}$  and a low limit of 8.3 nM toward determination of dopamine (DA), as compared with the modified electrodes reported previously. The CNs/GCE is successfully applied to detect DA in human serum samples, which makes it promising for biomedical applications. More importantly, this work shows a novel green and simple strategy for the design of an effective electrode nanomaterial, which provides more opportunities for modifying the design of electrodes in electrochemical sensing applications.



**Scheme 1.** Schematic fabrication and detection process of CNs/GCE.

**Keywords:** Carbon nanospheres; Electrocatalytic activity; Dopamine detection; Human serum samples

## References

- [1] Z.H. Miao, H. Wang, H.J. Yang, Z.L. Li, L. Zhen, C.Y. Xu, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 8 (2016) 15904–15910.
- [2] K. Kunpattee, S. Traipop, O. Chailapakul, S. Chuanuwatanakul, *Sens. Actuators B Chem.* 314 (2020) 128059.

# 多色荧光碳点的制备及其对盐酸小檗碱的高灵敏检测

贾晶, 崔赛, 双少敏\*

山西大学化学化工学院, 山西省太原市坞城路 92 号, 030006

Email: 1551487658@qq.com

## 摘要:

碳基纳米点作为一种崭新的碳纳米材料, 由于其优异的光致发光性质, 在许多领域得到了广泛的应用<sup>[1,2]</sup>。然而, 可控制备特定发光或多色发光的碳点还未找到普适性规律, 仍是一种挑战。本文分别采用邻、间、对三种构型的苯二胺为原料, 对氨基苯磺酸为钝化剂, 一步水热合成了三种光学性质不同的碳点。它们依次发出蓝色、绿光和橘色荧光。利用高分辨率透射电镜、X 射线光电子能谱、傅立叶红外光谱、紫外可见吸收光谱和荧光激发发射光谱对所得碳点进行表征、分析。结果表明: 碳点的荧光主要由碳点表面的氧化和酰胺化程度决定, 这两者共同导致了 N-相关官能团密度和量子尺寸的差异, 最终表现出三种不同的荧光行为的变化。进而, 我们将三种荧光的碳点用于了盐酸小檗碱的选择性检测。线性范围分别是 2-100  $\mu\text{M}$ , 3-100  $\mu\text{M}$  和 10-60  $\mu\text{M}$ , 检出限分别为 0.12  $\mu\text{M}$ , 0.43  $\mu\text{M}$  和 5.22  $\mu\text{M}$ 。并进一步将构建的多色荧光传感平台应用于血清和黄连素片中盐酸小檗碱的实际样检测, 均表现出良好的回收率和标准偏差。

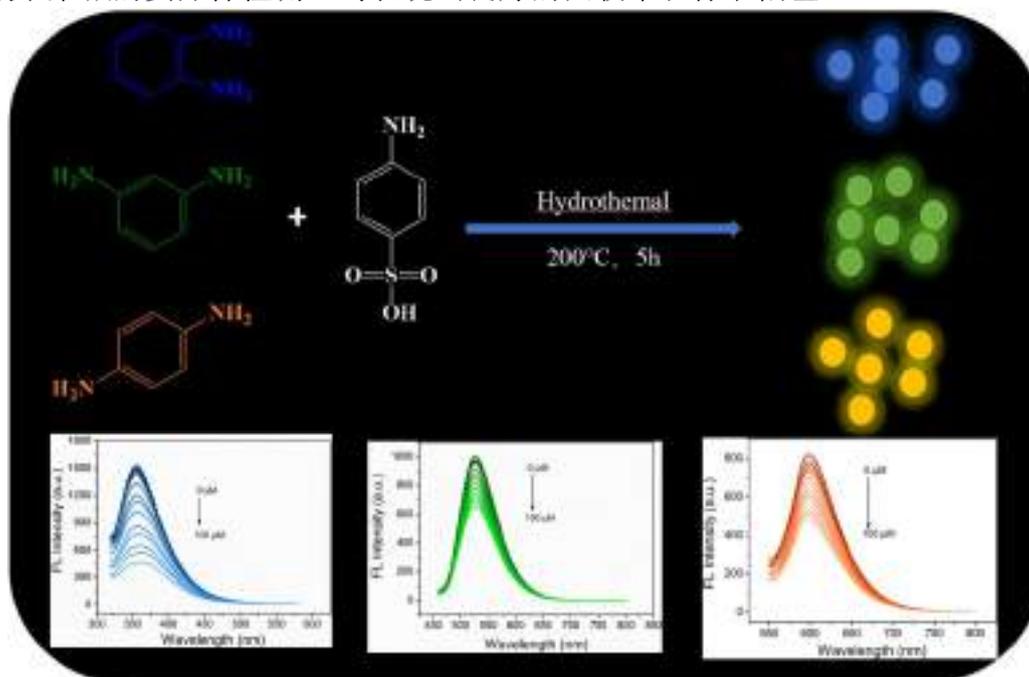


图 1. 三种碳点的合成策略及其对盐酸小檗碱的检测。

**关键词:** 多色荧光碳点, 发光机理, 盐酸小檗碱, 传感

**参考文献:**

- [1] Li. L.; Shi. L.H.; Jia. J; Dong. C; Shuang. S.M. ACS Applied Materials & Interfaces, 2020, 12: 18250-18257.
- [2] Jiao. Y; Gao. Y.F.; Shuang. S.M.; Dong. C. ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11: 16822-16829.

# 基于碳点的聚集诱导发光特性对卡托普利的灵敏检测

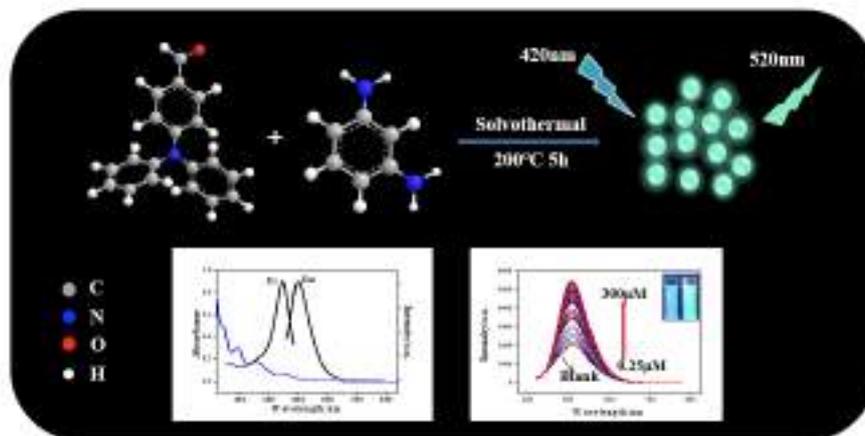
崔赛, 贾晶, 王松柏, 董川, 双少敏\*

山西大学化学化工学院, 山西省太原市坞城路 92 号, 030006

Email: 2468823040@qq.com

## 摘要:

卡托普利 (Captopril) 是一种血管紧张素转化酶抑制剂, 被应用于治疗各种类型的高血压和充血性心力衰竭。然而, 对该药物的过度使用可能会导致皮肤、肾脏、免疫系统等出现问题。因此, 开发高选择性、高灵敏度的分析检测技术用于卡托普利的含量分析具有重要意义<sup>[1]</sup>。碳点(CDs)作为一种零维荧光纳米材料, 其表面丰富的官能团赋予了碳点可以特异性识别各种离子、氨基酸和药物小分子的能力<sup>[2,3]</sup>。本文以二苯氨基-4-苯甲醛和邻苯二胺通过溶剂热法合成了具有绿色荧光的碳点, 采用高分辨率透射电子显微镜、傅里叶变换红外光谱、X 射线光电子能谱、紫外可见光谱和荧光光谱等分析技术对碳点的形貌、理化性质和光学性质进行了分析。研究发现, 碳点具有优异的光学性质, 量子产率约为 9.52%。特别的是, 由于卡托普利可以与碳点表面的官能团发生特殊相互作用, 诱导碳点聚集, 使其分子内旋转受到限制, 减少非辐射跃迁, 荧光强度大大提高。基于此, 我们构建了一种用于卡托普利特异性灵敏检测的荧光增强型传感平台。检测的线性范围为 0.25-300 $\mu$ M, 检出限为 78 nM。此外, 该传感平台用于实际药品和人体生物样品(如血液、尿液)内卡托普利的含量检测, 具有良好的回收率和标准偏差。



**Fig 1.** Illustration of the sensor for turn-on detection of Captopril based on green fluorescent CDs.

**关键词:** 碳点; 聚集诱导发光; 卡托普利; 药物检测

**参考文献:**

- [1] Fu Z.F.; Huang W.T.; Li G.K. Hu Y.F. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2017, 7: 252-257.
- [2] Li. L.; Shi. L.H.; Jia. J; Dong. C; Shuang. S.M. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2020, 12: 18250-18257.
- [3] Jiao. Y; Gao. Y.F.; Shuang. S.M.; Dong. C. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019, 11: 16822-16829.

# CuO@MWCNTs 纳米复合材料作为非酶葡萄糖传感器研究

赵珊, 雷鹏, 董川, 双少敏\*

山西大学化学化工学院, 太原市, 030006

\*Email: smshuang@sxu.edu.cn

## 摘要:

随着经济生活水平的提高,人们越来越重视身体健康,精确测定血糖水平对早期发现糖尿病至关重要,因此,开发敏感、精确和快速的传感器来检测葡萄糖浓度具有重要的意义。本文使用简单的共沉淀法制备了氧化铜@多壁碳纳米管(CuO@MWCNTs)纳米复合材料,并且成功的构建了非酶葡萄糖传感器(如图1)。通过电镜和光谱技术对产物形貌、结构和组成进行表征,并用电化学检测评估了CuO@MWCNTs对葡萄糖的电催化性能和检测机理。通过将杆状的MWCNTs与球形的CuO纳米颗粒相结合,具有不同结构与尺寸的优势,这样的分层结构对于提供更大的催化活性区域和更多的催化活性位点是非常有意义的,使其对葡萄糖表现出优异的电催化性能。在最佳实验条件下,所制备的非酶葡萄糖传感器具有很宽的线性范围 $0.05 \mu\text{M} - 5 \text{mM}$ , 较低的检出限 $\text{LOD}=0.007 \mu\text{M}$  ( $\text{S/N}=3$ ), 灵敏度为 $3 \mu\text{A} \mu\text{M}^{-1} \text{cm}^{-2}$ 。此外, CuO@MWCNTs在人血清的复杂环境中具有良好的选择性和稳定性,这显示了这种独特的非酶葡萄糖传感器在电化学催化应用领域具有巨大的潜力。

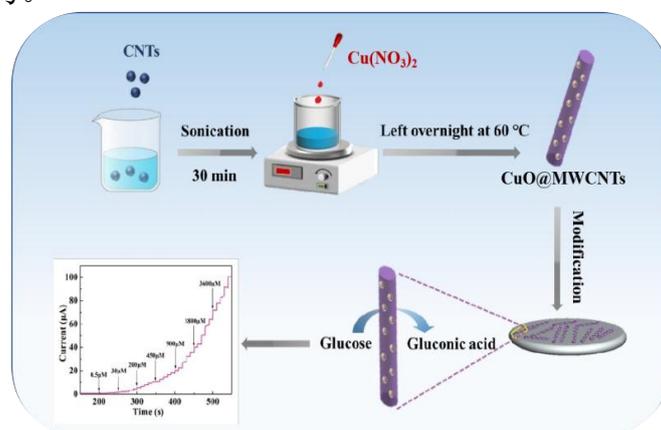


Fig. 1 The fabrication of CuO@MWCNTs/GCE and application in Glucose Detection

关键词: 非酶葡萄糖传感; 电催化; 血清;

## 参考文献

- [1] Wang, S. Z.; Zheng, M.; Zhang, X.; Zhuo, M. P.; Zhou, Q. Q.; Su, Y.; Zheng, M.; Yuan, G. T.; Wang, Z. S. ACS Appl. Nano Mater. 2021, 4: 5808.
- [2] Annalakshmi, M.; Kumaravel, S.; Chen, T. W.; Chen, S. M.; Lou, B. S. ACS Appl. Bio Mater. 2021, 4: 3203.
- [3] Gao, W. Y.; Zhou, X. J.; Heinig, N. F.; Thomas, J. P.; Zhang, L.; Leung, K. T.. ACS Appl. Nano Mater. 2021, 4: 4790.
- [4] Shen, H.; Zhou, Z. X.; He, W. T.; Chao, H.; Su, P.; Song, J. Y.; Yang, Y. ACS Appl. Mater Interfaces. 2021, 4: 4790.

# 基于 DNAzyme 介导的分支迁移构建多层逻辑电路

邓芳, 陈俊华\*

广东省科学院生态环境与土壤科学研究所, 广东 广州 510650

Email: jhchen@soil.gd.cn

## 摘要:

利用  $Pb^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  和  $Zn^{2+}$  作为输入元件, 以多种的荧光信号为输出, 构建了一个可扩展的多层 DNA 逻辑电路。DNAzyme 介导的信号放大和 DNA 支点介导的链置换反应串联核酸探针构建逻辑架构; 各电路间的序列级联可使其像密码锁一样工作, 构成分子层面的信息保护模式; 多重输出模式可逐步监控密码锁的解锁过程, 迅速判断密码是否正确; DNAzyme 催化裂解可实现自动复位功能。本逻辑电路已成功用于环境水样检测。

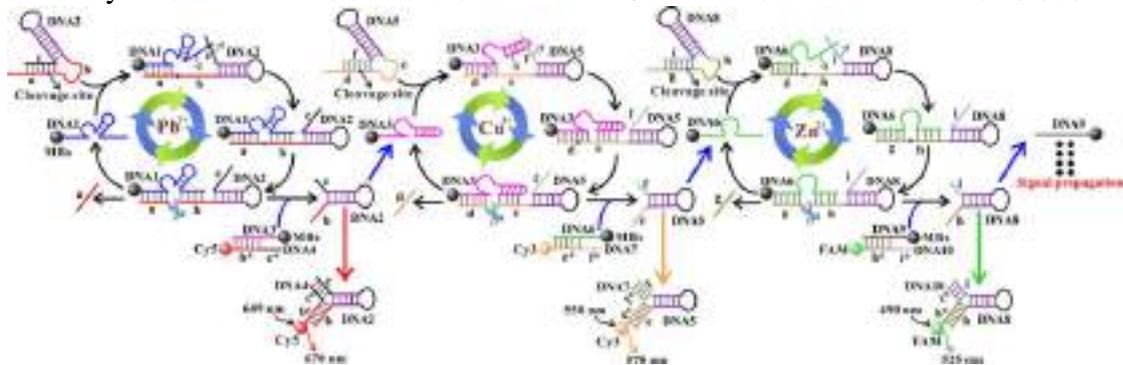


图 1 多层逻辑电路示意图

**关键词:** 逻辑电路、多重输出、DNAzyme、链置换反应、密码锁

## 参考文献:

[1] Gu Shi, Chong Yan, and Junhua Chen, *Analytical Chemistry*, 93 (2021), 3273-3279

# 蒽醌类席夫碱金属络合物用于焦磷酸根的传感研究

赵晨<sup>1</sup>, 孟雅婷<sup>1</sup>, 王煜<sup>1</sup>, 双少敏<sup>1</sup>, 董川<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>山西大学化学化工学院, <sup>2</sup>山西大学环境科学研究所, 太原, 030006

Email: dc@sxu.edu.cn

## 摘要:

焦磷酸根离子 ( $P_2O_7^{4-}$ , PPI) 是生物体中重要的无机盐离子, 是细胞中 ATP 水解的产物。PPI 参与包括细胞信号传递、基因的转录和蛋白质的合成等许多生物过程。同时 PPI 与人的许多疾病密切相关, 如关节炎和软骨钙化症。本文通过 1-氯蒽醌和 2-氨基苯硫酚为原料合成中间体后, 进一步与水杨醛进行缩合反应, 合成了一种基于螯合增强荧光的新型席夫碱荧光探针 HAD, HAD 对  $Al^{3+}$  在 498 nm 处有显著的荧光增强, 络合形成的 HAD- $Al^{3+}$  结构对 PPI 有着很高的选择性。如图 1, 在 MeOH/ $H_2O$ (v/v=1:4, pH=5.0) 中, PPI 对 HAD- $Al^{3+}$  有明显的荧光猝灭效果, 线性范围为  $0.5 \times 10^{-6}$ — $32 \times 10^{-6}$  M, 检测限为 65.2 nM, 具有较高的灵敏度。离子选择性和干扰性实验表明: 探针可以选择性识别检测 PPI, 并具有良好的抗干扰能力。我们推测是由于 PPI 与金属络合物之间强的相互作用力。我们进一步通过 Job's plot 曲线证明了探针与  $Al^{3+}$  形成 1:1 的金属络合物, 并运用核磁滴定、高分辨质谱等手段进行了表征, 表明了探针 HAD 可以通过金属置换法选择性识别和快速检测焦磷酸根(PPI)。进一步将探针应用于生物样品中, MTT 实验证明探针毒性很低。通过激光共聚焦实验, 探针也成功地应用于人类宫颈癌细胞(HeLa 细胞)和斑马鱼中  $Al^{3+}$  及 PPI 的检测。因此, 探针 HAD 对生物和环境中的  $Al^{3+}$  和 PPI 的检测有潜在的应用价值。

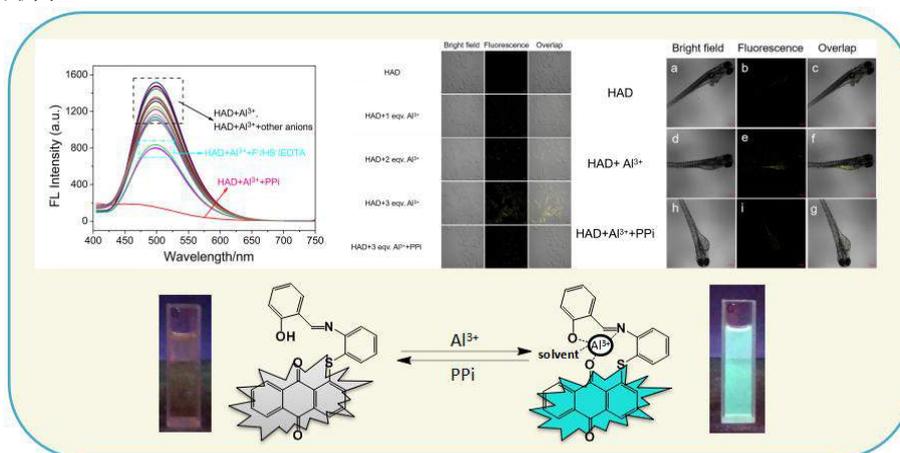


图 1 HAD- $Al^{3+}$  对阴离子的选择性和合理的传感机制

关键词: 荧光探针; 焦磷酸根 (PPI); 蒽醌; 置换法

## 参考文献:

- [1] Shree, G.J.; Sivaraman, G.; Siva, A.; Chellappa. D. *Dyes and Pigm.* 163 (2019) 204.  
 [2] Liu, D.; Liu, S.; Zhang, X.Y.; Zhang, Q.; Yu, J.H.; Yang, M.D.; Yang, X.Y.; Tian, Y.P.; Zhu, X.J.; Zhou. H.P. *Talanta.* 195 (2019) 158.

# Y型分支 DNA 多位点银纳米簇的构筑及其比率荧光生物传感

杨春丽, 何佳洋, 张晓龙, 袁若\*, 许文菊\*

发光分析与分子传感教育部重点实验室, 西南大学化学化工学院, 重庆 400715  
yuanruo@swu.edu.cn, xwju@swu.edu.cn

摘要:

特定 DNA 碱基序列负载的纳米银原子团簇 (DNA/AgNCs) 作为荧光信号元件具有优良的光学性能, 是一类极具应用前景和良好发展空间的荧光生物探针<sup>[1, 2]</sup>。在疾病诊断、环境监测、食品安全、细胞成像等多个前沿领域呈现了积极活跃的研究态势<sup>[2, 3]</sup>。“Y-型”三向连接的 DNA 结构 (Y-DNA) 具有优良的几何刚性、灵活多样的多支臂, 通过模板碱基序列编码, 是多位点构筑 AgNCs 信号探针最理想的骨架<sup>[4]</sup>。

基于此, 本文设计含有不同序列区的一个识别发夹 (RP) 和两个辅助发夹 DNA (H1 和 H2), 以特定短链靶向模型 (T\*) 触发 RP 解离, 并诱导 H1 和 H2 连续打开和杂交, 通过 T\* 等温重复循环, 定向组装功能性 Y-DNA 结构, 其三个分支臂上为三个发夹裸露的粘性末端, 两两可合并为特异性的三向结合位点。为实现荧光 AgNCs 在多位点的同步成核, 特别设计了编码有绿色和红色 AgNCs 模板序列的信号探针 (HS), 原始发夹构象形成绿色 AgNCs (HS-gAgNCs)。HS 未配对的环部与 Y-DNA 的三支臂杂交结合时, 其被锁的茎部打开并连接绿色 AgNCs 模板, 形成三向同性的红色 AgNCs (Y-3rAgNCs)。经实验验证, 相较于单一臂和双臂, Y-3rAgNCs 在约 622 nm 处呈现了显著增强、互不干扰的荧光发射性能, 且具有良好的生物相容性和低的细胞毒性。由于 Y-DNA 的组装具有 T\* 刺激响应性, 当体系中无 T\* 时, 只能检测到 HS-gAgNCs 在约 550 nm 处的绿色荧光。利用 Y-3rAgNCs 与 HS-gAgNCs 二者发射强度比值, 建立了高灵敏比率荧光传感平台, 检测下限为 1.9 pM。Y-3rAgNCs 形成及检测示意图、荧光表征与线性曲线见图 1。

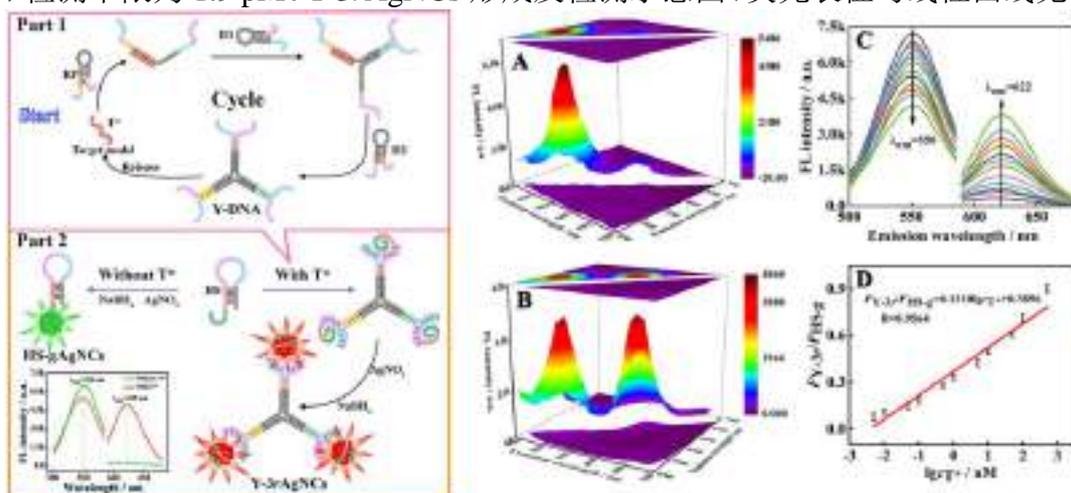


图 1 Y-3rAgNCs 形成示意图, 3D 荧光等高线图 (A 和 B), 荧光响应 (C) 及线性拟合图 (D)

关键词: DNA/AgNCs Y-DNA 荧光比率生物传感

致谢: 感谢国家自然科学基金 (21775123) 和重庆市自然科学基金

(cstc2018jcyjAX0214)的支持。

**参考文献:**

- [1] L. Yang, C. Yao, F. Li, Y.H. Dong, Z.K. Zhang, D.Y. Yang, *Small* **14** (2018), 1800185-1800194
- [2] C. Cerretani, H. Kanazawa, T. Vosch, J. Kondo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **58** (2019), 17153-17157
- [3] W.J Zhou, J.B Zhu, D.Q Fan, Y. Teng, X.Q. Zhu, S.J. Dong, *Adv. Funct. Mater.* **27** (2017), 1704092-1704100
- [4] Y.H. Dong, C. Yao, Y. Zhu, L. Yang, D. Luo, D.Y. Yang, *Chem. Rev.* **120** (2020), 17, 9420-9481

# 过氧化物酶活性 $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}@PSS$ 的合成及其在谷胱甘肽检测中的应用

颜国娟<sup>1</sup>, 倪欢欢<sup>1</sup>, 邹鸿雁\*<sup>1</sup>

发光分析与分子传感教育部重点实验室(西南大学), 西南大学药学院, 重庆 400715  
zhy2013@swu.edu.cn

## 摘要:

通过简单的水热合成法, 制备了具有高度铜缺陷的聚苯乙烯磺酸盐包被的非计量硒化铜纳米粒子 ( $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}@PSS$ )。该纳米材料具有良好的过氧化物模拟酶活性, 在  $\text{H}_2\text{O}_2$  存在的条件可氧化 TMB 显色。实验证明谷胱甘肽可降低  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}@PSS$  的铜缺陷浓度, 从而降低了其过氧化物模拟酶活性。在  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}@PSS\text{-H}_2\text{O}_2\text{-TMB}$  体系中引入 GSH 之后, 显色减弱, 氧化 TMB 的吸光度减低, 由此建立了一种 GSH 定量检测的新方法。结果表明, GSH 浓度与氧化 TMB 的吸收峰强度的变化值 ( $\Delta A/A_0$ ) 在 30–200  $\mu\text{M}$  浓度范围内呈现良好的线性关系 ( $R^2=0.9994$ ), 检测限为 14.7  $\mu\text{M}$ 。该方法有较好选择性, 可成功用于实际药品的检测。

**关键词:** 硒化铜纳米粒子 过氧化物模拟酶 谷胱甘肽

## 参考文献:

- [1] Xu, Z., et al., *Fluorescent probes with multiple channels for simultaneous detection of Cys, Hcy, GSH, and H<sub>2</sub>S*. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2019. **121**: p. 115672.
- [2] Lie, S.Q., et al., *Controllable copper deficiency in  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  nanocrystals with tunable localized surface plasmon resonance and enhanced chemiluminescence*. *Nanoscale*, 2014. **6**(17): p. 10289-10296.

# 基于二氰基异佛尔酮的比率荧光探针用于次氯酸根离子的传感研究

孔祥宇, 刘润楠, 王煜, 董川\*

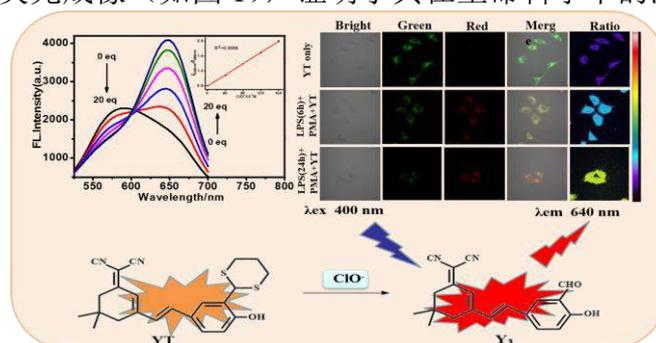
山西大学化学化工学院, 太原, 030006

\*Email: [dc@sxu.edu.cn](mailto:dc@sxu.edu.cn)

## 摘要:

活性氧(ROS)广泛存在于生物系统中, 在生理和病理过程中起着至关重要的作用。次氯酸根离子 ( $\text{ClO}^-$ ) 作为生物体内重要的活性氧 (ROS), 主要由白细胞 (包括巨噬细胞、单核细胞和中性粒细胞) 中的髓过氧化物酶 (MPO) 催化氯离子与过氧化氢反应产生, 次氯酸盐在生物体中起杀菌剂的作用, 并在免疫系统中起着至关重要的作用。然而, 次氯酸盐水平异常会导致组织损伤和疾病, 如肾病、动脉粥样硬化、心血管疾病和癌症<sup>[1]</sup>。因此, 设计开发能够高效检测次氯酸根离子的荧光探针, 对于生物学、环境科学及医学研究等都具有十分重要的意义。

比率荧光探针, 可以有效避免仪器和环境因素造成的检测误差, 表现出更好的灵敏度。此外, 较大的斯托克斯位移可以在很大程度上减少自吸收并避免入射光的干扰, 更适用于细胞内成像<sup>[2]</sup>。考虑到上述问题, 我们设计了一种新型的基于二氰基异佛尔酮的比率型荧光探针 (YT), 该探针基于硫缩醛脱保护反应而选择性地响应  $\text{ClO}^-$ , 反应机理通过紫外可见吸收光谱、核磁氢谱和高分辨质谱得到证实 (如图 1)。探针对  $\text{ClO}^-$  显示出高选择性, 在接近 100% 的水性介质中, 加入  $\text{ClO}^-$  后, 探针 YT 的荧光强度在 640 nm 处增强, 在 590 nm 处减弱, 伴随着荧光由橙色变为红色。此外, YT 具有较大的斯托克斯位移 (230nm) 和较宽的检测范围 (0-160 $\mu\text{M}$ )。最后, 探针成功用于活细胞和斑马鱼中内源性  $\text{ClO}^-$  的荧光成像 (如图 1), 证明了其在生命科学中的潜在应用。



**Fig. 1** Fluorescence titration spectra of YT, fluorescence microscopic images of SMMC-7721 cells and reaction mechanism.

关键词: 荧光探针; 比率检测; 次氯酸根离子; 内源性  
参考文献

[1] Dong S, Zhang L, Lin Y, et al. Luminescent probes for hypochlorous acid in vitro and in vivo[J]. Analyst, 2020, 145(15): 5068-5089.

[2] He L, Xiong H, Wang B, et al. Rational design of a two-photon ratiometric fluorescent probe for hypochlorous acid with a large stokes shift[J]. Analytical Chemistry, 2020, 92(16): 11029-11034.

# 基于吩嗪-咪唑的 $\text{Cd}^{2+}$ 离子比率荧光探针及其在生物成像中的应用

王建华<sup>1</sup>, 王煜<sup>1</sup>, 双少敏<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西大学化学化工学院, 太原, 030006

\*Email: smshuang@sxu.edu.cn

## 摘要:

镉是一种剧毒的重金属, 通过直接摄入受  $\text{Cd}^{2+}$  污染的食物可能对人体器官 (包括肾脏, 肺, 骨骼和神经系统) 产生多种不良影响, 从而导致各种类型癌症的发病率增加<sup>[1,2]</sup>。因此, 监测环境和生物介质体内的痕量镉至关重要<sup>[3]</sup>。在本研究中, 我们设计了一种易于合成且低成本的吩嗪衍生物席夫碱荧光探针 (PIS), 用于在生理 pH 下比率检测  $\text{Cd}^{2+}$  而不受  $\text{Zn}^{2+}$  的干扰。PIS 可以与  $\text{Cd}^{2+}$  形成化学计量比为 1: 1 的稳定的复合物, 导致最大发射峰出现红移 ( $\sim 66 \text{ nm}$ ) 并且伴随着明显的荧光颜色变化 (从黄色到橙红色)。荧光光谱发生变化是由于探针分子的平面性增强以及分子内电荷转移效率的调节而导致的共轭的延伸。所合成的探针对  $\text{Cd}^{2+}$  的检测限低至  $20.99 \text{ nM}$ 。在其他竞争性阳离子存在下, 探针对镉离子表现出高的选择性。使用 B3LYP 函数进行 DFT 计算以及模拟了 PIS 和 PIS- $\text{Cd}^{2+}$  络合物的优化几何构型, 进一步证实探针对  $\text{Cd}^{2+}$  的响应机理。此外, 通过共聚焦荧光显微镜观察 PIS 检测人肝癌细胞 (SMMC-7721), 斑马鱼 (3 天) 和拟南芥 (5 天大) 根尖组织中的  $\text{Cd}^{2+}$ , 表明 PIS 具有在不同生物环境中监测  $\text{Cd}^{2+}$  的潜力。

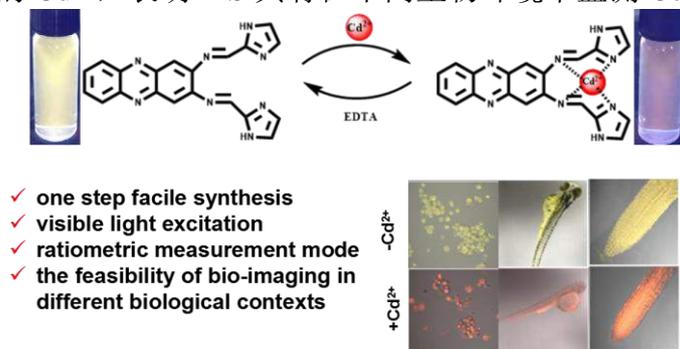


图 1. 荧光探针 PIS 与  $\text{Cd}^{2+}$  的络合机理以及其在不同的生物体系中对  $\text{Cd}^{2+}$  的生物成像。

关键词: 荧光传感器; 比率检测; 镉离子

## 参考文献:

- [1] L. Jarup, A. Akesson. *Toxicology Applied Pharmacology*, 238(2009) 201-208.
- [2] J. Li, Y. H. Chen, T. T. Chen, J. Qiang, Z. J. Zhang, T. W. Wei, W. Zhang, F. Wang, X. Q. Chen. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 268(2018) 446-455.
- [3] P. Piyanuch, P. Patawanich, J. Sirirak, K. Suwatpipat, A. Kamkaew, K. Burgess. *Journal of Hazardous Materials*, 409(2021)124487.

# 基于 AIE 效应的三苯胺基吡啶类荧光探针的合成及应用

田小永<sup>1</sup>, 张可振<sup>1</sup>, 徐洪耀\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 东华大学

Email 451432455@qq.com

## 摘要:

近年来荧光探针在化学分析、杀菌抗癌、疾病治疗、生物识别及食品检测等方面扮演着越来越重要的角色。相对于常见的检测技术, 荧光探针具有制备简单、成本低廉、便于携带、灵敏度高、选择性好等优势, 因此被广泛应用于离子及氨基酸等检测<sup>[1]</sup>。当前, 大多数有机荧光探针只能在有机溶剂或低含水量中进行检测, 在高含水量下会发生 ACQ 效应, 限制了其在实际生活中的应用。2001 年唐本忠教授提出“聚集诱导发光(AIE)”机理后, 不仅有效地解决了这个问题, 而且得到了广泛地应用<sup>[2]</sup>。

以 N 原子为中心, 用  $\sigma$  键连接着可自由旋转的苯环的三苯胺分子, 具有潜在的 AIE 效应<sup>[3]</sup>。本文以三苯胺为荧光基团, 2,6-吡啶二甲酸为原料, 经席夫碱反应合成了一种具有 AIE 效应的荧光探针 TPA-DAP。实验结果表明, 在 DMSO/Tris-HCl(5:95, v/v, pH=7.00)体系中, 探针 TPA-DAP 表现出良好的 AIE 效应, 且可在含水量较高的情况下对  $\text{Cu}^{2+}$  进行专一性识别响应。TPA-DAP 分子中吡啶基上的 N 原子, -C=N-及-NH-上的 N 原子与  $\text{Cu}^{2+}$  发生 1:1 配位, 其检出限和配位常数分别为 36.7 nM 和  $4.35 \times 10^5$ 。通过在探针溶液中交替加入 EDTA 和  $\text{Cu}^{2+}$  发现该探针可重复性使用, 将探针 TPA-DAP 用于实际水样中  $\text{Cu}^{2+}$  的检测, 回收率为 98.80%-100.23%; 在 DMF/PBS(5:95, v/v, pH=7.40)体系中, 探针 TPA-DAP 也具有良好的 AIE 效应, 可在高含水量下同时对  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$  和  $\text{Ni}^{2+}$  表现出明显的荧光淬灭响应, 检出限分别为 56.4 nM、22.4 nM 和 26.5 nM, 配位常数分别为  $9.07 \times 10^5$ 、 $3.63 \times 10^5$  和  $5.69 \times 10^5$ , 荧光颜色由黄绿色变为无色。TPA-DAP 分别以 1:1、1:2 及 1:1 的形式与  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  发生配位。将 TPA-DAP 制备成试纸用于  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  的定性识别, 在紫外灯照射下能观察到试纸明显的“ON-OFF”变化。此外, 通过斑马鱼实验, 证实了该探针具有良好的生物相容性, 且可用于生物体内  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  的检测。

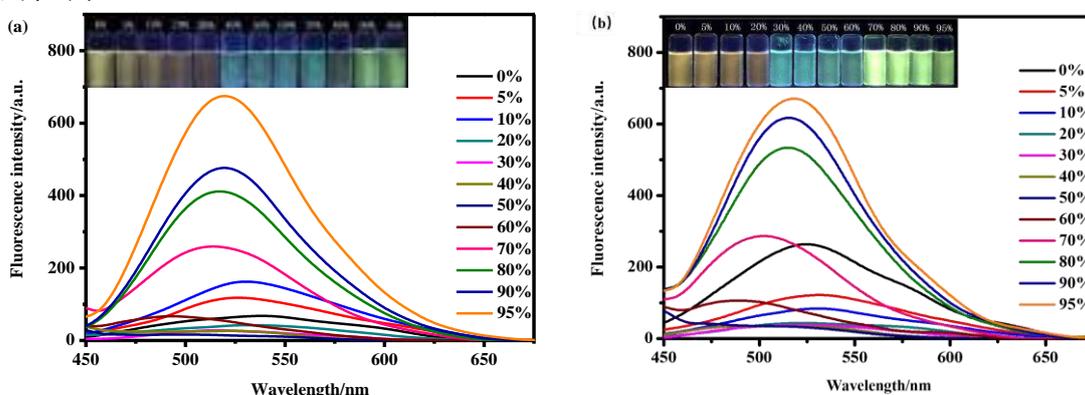


图 1 TPA-DAP 在不同体系中不同含水量的荧光光谱图 : DMSO/H<sub>2</sub>O(a); DMF/H<sub>2</sub>O(b)

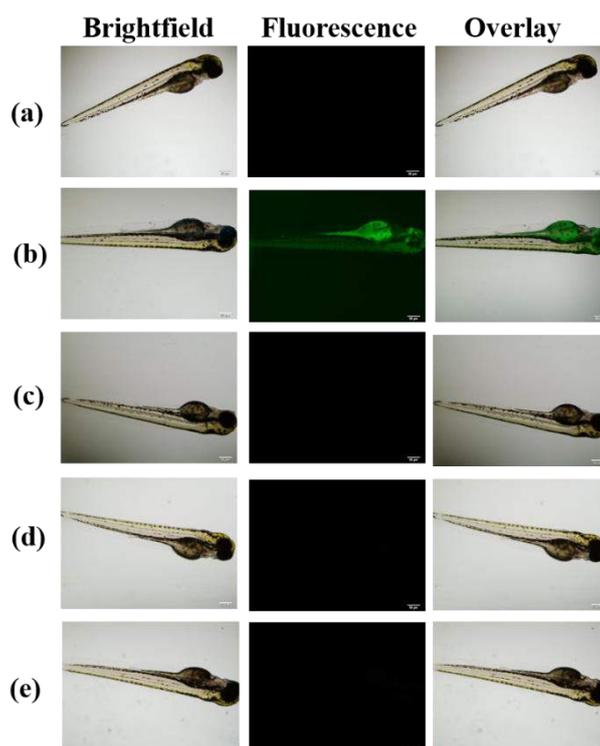


图2 斑马鱼成像图像: (a)无探针; (b)TPA-DAP; (c)TPA-DAP-Cu<sup>2+</sup>; (d)TPA-DAP-Co<sup>2+</sup>; (e)TPA-DAP-Ni<sup>2+</sup>

关键词：三苯胺，荧光淬灭，聚集诱导发光

参考文献：

[1] Gang Wei, Naibo Lin, Xia Ren, Gang Zhao, Shanyi Guang, Jihong Feng and Hongyao Xu, High selectivity improvement of chemosensors through hydrogen-induced emission (HIE) for detection of Hg<sup>2+</sup> in vivo and in vitro, *Sensor. Actuat. B-Chem* 321(2020) 128532-128543

[2] Gang Wei, Zhengquan Yan, Jiachan Tian, Gang Zhao, Shanyi Guang, and Hongyao Xu, Efficient polymer pendant approach toward high stable organic fluorophore for sensing ultratrace Hg<sup>2+</sup> with improved biological compatibility and cell permeability, *Anal. Chem* 92(2020) 3293–3301

[3] Gang Wei; Gang Zhao; Naibo Lin; Shanyi Guang and Hongyao Xu, Water-soluble fluorescent copolymer for effective recognition and imaging of tumor, *Colloid. Surface. A* 599(2020) 124863-124876

# 酶触发的 DNA 纳米机器在电化学核酸适体传感器中的应用

李紫滢 李德燕 胡蓉 杨通\* 杨云慧\*

云南师范大学化学化工学院, 云南, 昆明, 650500

Emails: [yt09132149@163.com](mailto:yt09132149@163.com)、[yuhui2002@aliyun.com](mailto:yuhui2002@aliyun.com)

**摘要:** 现如今, 癌症严重危害着人类的健康和生命, 因此, 建立一些快速、灵敏、操作简便的检测方法对于疾病的诊断、预防和治疗具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。金属有机骨架材料(metal - organic frameworks, MOFs)是一类由金属离子和有机配体通过配位键构筑而成的新型多孔材料, 近年来备受关注<sup>[2]</sup>。作为信号单元的 Au NPs@MOFs 具有信号放大的作用, 本研究将具有电化学信号的纳米材料 Au NPs@Zr-MOF 与新型适配体 DNA 纳米机器相结合, 通过循环扩增策略以提高测定的灵敏度<sup>[3]</sup>。如图 1A 所示, 将生物素化的 MUC1 适配体(用 blocker DNA 封闭)通过链霉亲和素-生物素亲和作用连接到链霉亲和素标记的磁珠表面。接着, MUC1 蛋白与 blocker DNA 竞争反应, 已释放出 blocker DNA。通过磁分离, 上清液中游离的大量的 blocker 可以用来触发电极上的 DNA 纳米机器。随后 blocker 与发夹 DNA (CP1)结合, 在核酸外切酶(Exo III)的辅助作用下, 发夹 CP1 裂解, 重新释放出的 blocker 被重复利用, 开始杂交-切割的循环。最终, 电极表面的 CP1 被剪切后剩下的部分与发卡 HP 杂交, HP 上修饰的生物素会与 Au NPs@Zr MOF/SA 结合, 产生电化学信号。该方法对进一步实现 MUC1 的灵敏检测具有非常好的可行性。

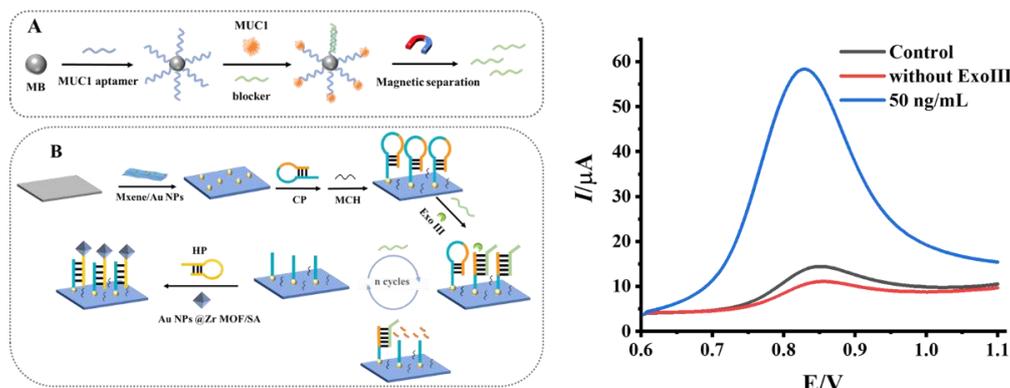


Fig.1 Scheme Illustration of the electrochemical aptasensors for MUC1 detection

**关键词:** DNA 纳米机器、电化学适体传感器、Zr-MOF、MXene、循环放大  
**参考文献:**

- [1] YOUSEFI M, DEHGHANI S, NOSRATI R, et al. Aptasensors as a new sensing technology developed for the detection of MUC1 mucin: A review [J]. *Biosensors & bioelectronics*, 2019, 130: 1-19.
- [2] LUO B C, YUAN L Y, CHAI Z F, et al. U(VI) capture from aqueous solution by highly porous and stable MOFs: UiO-66 and its amine derivative [J]. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2015, 307(1): 269-76.
- [3] YANG X, LV J, YANG Z, et al. A Sensitive Electrochemical Aptasensor for Thrombin Detection Based on Electroactive Co-Based Metal-Organic Frameworks with Target-Triggering NESAs Strategy [J]. *Analytical chemistry*, 2017, 89(21): 11636-40.

# 肿瘤微酸环境和胞外 ATP 双激活型三维 DNA 纳米机器人用于活体肿瘤成像研究

袁昆<sup>1</sup>, 孟红敏\*<sup>1</sup>, 李朝辉\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 郑州大学化学学院, 河南省功能分子绿色构建与生物分析国际联合实验室, 郑州 450001

Email: hmmeng2017@zzu.edu.cn, zhaohui.li@zzu.edu.cn

## 摘要:

研究表明, 肿瘤细胞外微环境在肿瘤的生长、转移、侵袭和抗药性等方面起着至关重要的调控作用, 甚至可以认为肿瘤外微环境不仅仅是肿瘤生长的“沉默旁观者”, 更是肿瘤恶化的积极推动者。当细胞发生异常癌变时, 其外围微观环境也随之发生显著性的异常变化, 主要表现为: 乏氧、微酸、高分泌的 ATP、高表达的谷胱甘肽以及血管增生等。因而精确辨别肿瘤细胞外微环境的异常波动有助于实现肿瘤早期诊断, 进一步提高癌症治愈率。

上世纪九十年代由 Adleman 所开创、并由 Douglas 等发展的 DNA 纳米逻辑计算因其高精度的逻辑判断能力, 日渐成为肿瘤标志物甄别、癌症诊断的新兴手段。DNA 纳米逻辑探针, 又称 DNA 纳米机器人<sup>[1]</sup>, 可同时分析两个或多个肿瘤相关标志物, 并根据其相对含量变化作出类人脑的智能分析判断, 能将诊断过程中所出现的假阳性与假阴性信号降至最低<sup>[2]</sup>。立足于肿瘤细胞独特的微酸环境与高分泌的胞外 ATP, 我们利用 i-motif 与 ATP aptamer 两种功能核酸的可控调节性, 在 DNA 刚性骨架表面构建可执行 OR 与 AND 两种逻辑运算的 DNA 纳米机器人, 成功实现了荷瘤小鼠体内肿瘤病灶部位的精确成像(图 1)。受肿瘤细胞外的  $H^+$  与 ATP 的刺激, 伴随着逻辑识别模块的特异性构型变换与解链, OR 与 AND 两种纳米机器人便可作出相应地智能逻辑判断与成像输出, 为肿瘤的精准诊断提供一种新思路。



图 1 纳米机器人在目标肿瘤细胞表面进行智能逻辑运算的原理图。

**关键词:** 肿瘤微环境; 肿瘤标志物; 功能核酸; DNA 逻辑门; 活体肿瘤成像  
**参考文献:**

[1] You M, Zhu G, Chen T, et al. Programmable and multiparameter DNA-based logic platform for cancer recognition and targeted therapy[J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2015, 137(2): 667-674.

[2] Yuan K, Meng H M, Wu Y, et al. Extracellular Milieu and Membrane Receptor Dual-Driven DNA Nanorobot for Accurate in Vivo Tumor Imaging[J]. *CCS Chemistry*, 2021, 3, 1679-1691.

# 基于无酶放大技术的试纸条用于 miRNA 的高灵敏分析

孙洪志, 孟红敏, 李朝辉\*

郑州大学化学学院, 郑州市科学大道 100 号, 450001

\*Email: zhaohui.li@zzu.edu.cn

## 摘要:

miRNAs 又叫做微小 RNAs, 是一类长度为 19-23 个核糖核苷酸序列的内源性非编码 RNA, 通过与靶信使 RNA (mRNA) 特异性结合, 从而抑制转录后基因的表达。目前, 越来越多的研究表明人体内一些特定的 miRNAs 水平异常与癌症的发生相关。因此准确、高灵敏地检测 miRNAs 对于早期癌症的诊断具有重要意义。由于层析试纸条生物传感方法具有操作简单、价格低廉、反应时间短、便于携带且检测过程不需要大型仪器辅助等优势, 它已经在检测小分子、蛋白、核酸检测等领域得到广泛应用。通过核酸杂交链式反应放大技术 (HCR) 克服传统试纸条传感方法检测灵敏度低、不能实现低丰度癌症标志物的高灵敏分析和定量检测等缺点, 我们发展了一种基于无酶核酸级联放大技术的便携式荧光层析试纸条传感新方法 (如图 1)。该试纸条传感器操作简单、便于携带、选择性好并且具有很好的稳定性, 有望应用于癌症标志物 miRNA-21 的临床检测以及家庭检测。

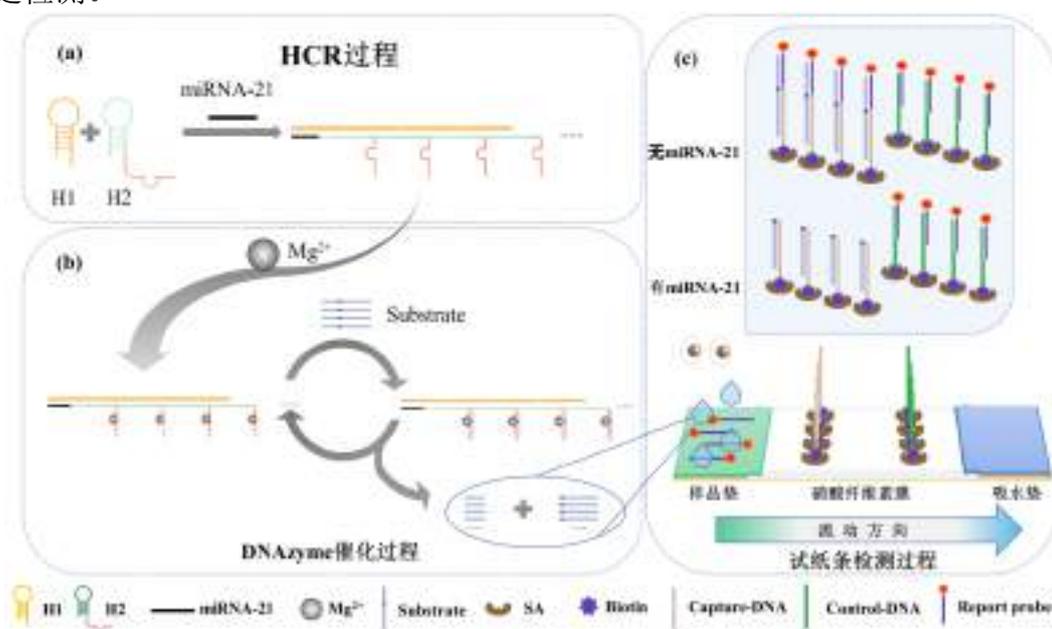


图 1 核酸级联放大层析试纸条检测 miRNA-21 原理图。

**关键词:** microRNAs; 试纸条传感方法; 级联放大; 高灵敏度

**参考文献:**

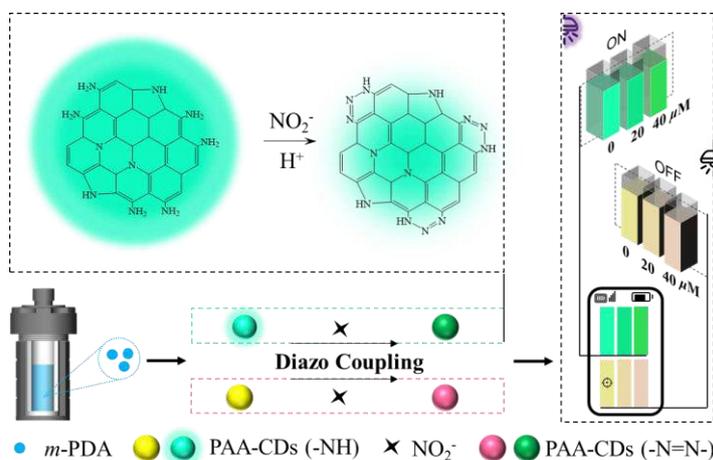
- [1] Chao Zhang, Tingting Zheng, Hua Wang, et al. *Anal. Chem.* 2021, 93, 7, 3325–3330
- [2] Shasha Li, Hong-Min Meng, Hong Zong, et al. *Analyst*, 2021, 146, 1668-1674s

# Primary Aromatic Amines Derived Carbon Dots Based on Diazo Coupling for Optical Dual-Mode and Smartphone Imaging Detection of Nitrite

Yumin Hao<sup>1</sup>, Li Zhang<sup>1</sup>, Chuan Dong<sup>1</sup>, Xiaojuan Gong\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Science, Shanxi University, Tai yuan 030006, P. R. China  
Email: gxj1124@sxu.edu.cn

**Abstract:** Carbon dots (CDs), an emerging member of the carbon family, has been attracted wide attention [1-3]. In this work, the primary aromatic amines derived carbon dots (PAA-CDs) from *m*-phenylenediamine (*m*-PDA) were favorably obtained by one-step solvothermal synthesis. The interaction between the PAA-CDs and nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) was inherited the characteristic reaction of *m*-PDA, which resulted in fluorescence and absorption variation of the PAA-CDs. Meanwhile, a chromogenic reaction of diazo coupling can lead to a color change. Hence, the PAA-CDs were developed for an optical dual-mode and smartphone imaging sensor for the detection of  $\text{NO}_2^-$ . Under the optimized condition, the constructed sensor was utilized to detect  $\text{NO}_2^-$  in the range of 0-40  $\mu\text{M}$  with high selectivity and excellent anti-interference capability. More importantly, the established analytical method has the advantages of simplicity, accuracy and stability, which has been successfully applied for dynamic detection of  $\text{NO}_2^-$  in various food samples with the satisfying results. This is the first time that a smartphone imaging colorimetry method based on CDs is proposed to visually and quantitatively detect  $\text{NO}_2^-$ , which will broaden the application range of CDs in food safety inspection.



**Scheme 1.** Schematic illustration of the synthesis of PAA-CDs, reaction of diazo coupling induced by  $\text{NO}_2^-$  and application of smartphone imaging detection of  $\text{NO}_2^-$ .

**Keywords:** primary aromatic amines derived carbon dots; nitrite; diazo coupling; optical dual-mode; smartphone imaging

## Reference

- [1] Yao B., Huang H., Liu Y., Kang Z. *Trends Chem.* 1 (2019) 235-246.
- [2] Xia C., Zhu S., Feng T., Yang M., Yang B. *Adv. Sci.* 6 (2019) 1901316.
- [3] Qu J. H., Wei Q., Sun D. W. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 58 (2018) 2466-2475.

# 构建高负载和高集成的 3D DNA 纳米机器用于 miRNA-21 的灵敏检测

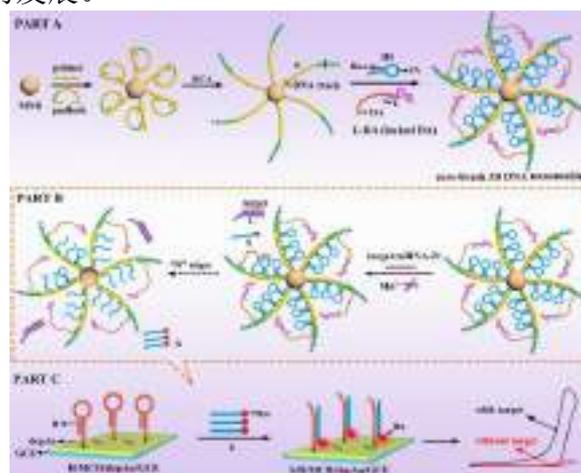
孔令琪, 柴雅琴\*, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

通过将锁定的 DNA 行走臂(DA)和发夹基底(HS)沿滚环扩增产生的精心设计的 DNA 轨迹以编程方式组装成重复阵列, 形成高负载和高集成的 3D DNA 纳米结构用于构建 ECL 传感器以快速灵敏地检测 miRNA-21。miRNA-21 与 3D DNA 纳米机器的相互作用可以启动 DA 的自主和渐进式行走以切割 HS, 用于目标 miRNA-21 的超灵敏 ECL 检测, 检测限低至 3.57 aM。因此, 所提出的 3D DNA 纳米机器不仅可以为微小变化的生物标志物的灵敏检测提供令人信服的证据, 而且可以帮助研究人员研究肿瘤的形成机制并减少相关并发症。该策略可能会丰富新一代 3D DNA 纳米机器的设计方法, 促进临床诊断、靶向治疗和愈后监测的发展。



**Fig. 1** Schematic illustration of the preparation of the 3D DNA nanomachine (PART A) and target miRNA-21 induced recycle cleavage process (PART B); The mechanisms of ECL biosensing system for miRNA-21 sensitive detection (PART C).

**关键词:** DNA 纳米机器; 高负载; 高集成

**参考文献:**

- [1] Zhang, S.; Li, S.; Zhou, W.; Zheng, L. *Nat. Commun.* 2017, 8, 14378.
- [2] Ma, P. Q.; Huang, Q.; Li, H. D.; Yin, B. C and Ye, B. C. *J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142, 3851-3861.

# 基于区域识别原理对活细胞中的前体和成熟 microRNA 进行同时定量、定位的灵敏荧光成像检测

周杰, 袁若, 柴雅琴\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yqchai@swu.edu.cn

## 摘要:

本工作构建了一种基于前体microRNA(Pre-miRNA)区域识别的新型超分支杂交链式反应(HB-HCR), 通过滤除Pre-miRNA中相同miRNA序列产生的荧光信号, 有效消除Pre-miRNA对成熟microRNA(miRNA)的干扰, 实现了对Pre-miRNA和miRNA的同时灵敏检测和成像, 并进一步实现了对分别由肿瘤和DNA损伤引起的活细胞miRNAs异常表达的区别。



**Fig. 1** The detection and imaging of Pre-miRNA and miRNA in living cells.

**关键词:** 区域识别; 超分支链式反应; 前体及成熟体 microRNA 检测

## 参考文献:

- [1] Shin, S; Jung, Y; Uhm, H; Song, M; Son, S; Goo, J; *Nat. Commun.* 2020, 11, 1-8.  
 [2] Bartel, D. P; *Cell* 2018, 173, 20-51.

# 在低激发电位下具有高稳定阴极电致化学发光的钾掺杂石墨相氮化碳用于 MicroRNA 灵敏分析

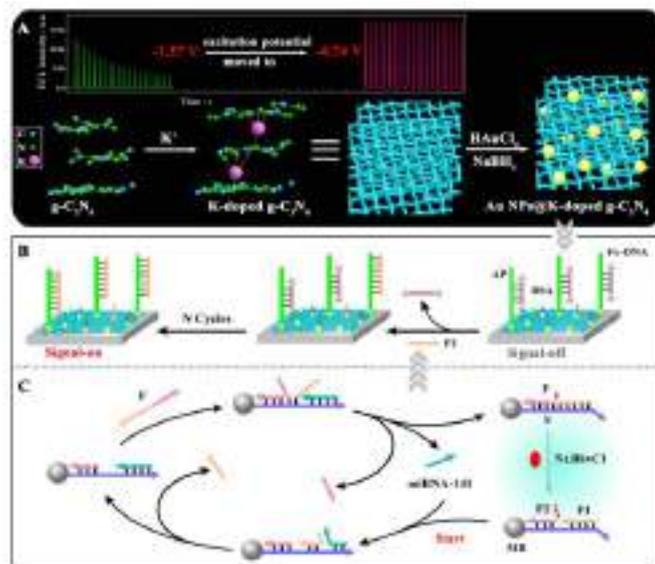
刘琳蕾,袁若,王海军\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: hjwang@swu.edu.cn

## 摘要:

本研究通过钾元素掺杂, 减小带隙差、增加了面内间距和扩展  $\pi$  共轭系统, 导致  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  的 ECL 激发电位从  $-1.57\text{ V}$  移动到  $-0.74\text{ V}$ , 可以有效避免扫描电位范围超过  $-0.9\text{ V}$  而引起的电极钝化效应, 显著提高  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  的 ECL 强度和稳定性。本研究提出的策略明显优于现有的  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  的电位调节方法, 因为几乎没有关于将 ECL 激发电位调节到大于  $-0.9\text{ V}$  的报道。此外, 使用钾掺杂的  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  作为发光体, 在新型的内切酶辅助链置换扩增(N-SDA)策略的帮助下, 构建了用于灵敏检测 miRNA-141 的生物传感器。与传统的 SDA 相比, 引入内切酶可以明显提高燃料链的利用率, 增加循环次数, 获得更高的信号放大效率。因此, 所构建的生物传感器在 miRNA-141 的超灵敏检测中表现出优异的性能, 检测限低至  $44.8\text{ amol/L}$ 。本研究为改善  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  由电极钝化导致的 ECL 特性不佳提供了新的途径, 并提出了一种新的 N-SDA 核酸扩增策略, 为制备简单高效的 ECL 生物传感器提供了新的途径。



**Fig 1.** Schematic representation of (A) structure model and synthesis process of Au NPs@K-doped  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ; (B) electrode modification process; (C) signal amplification process of nicking-enzyme assisted strand displacement reaction.

**关键词:** 氮化碳; 电致化学发光; 激发电位; 链置换

**参考文献:**

- [1] Zhao, T. T.; Zhou, Q.; Lv, Y. Q.; Han, D.; Wu, K. Q.; Zhao, L. F.; Shen, Y. F.; Liu, S. Q.; Zhang, Y. J. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, 1139-1143.
- [2] Zhang, C.; Wang, Z. Y.; Liu, Y.; Yang, J.; Zhang, X. X.; Li, Y. F.; Pan, L. Q.; Ke, Y. G.; Yan, H. *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 17189-17197.

# 基于横向 HCR 反应构建超灵敏传感器用于 HIV-DNA 的检测

刘捷, 柴雅琴, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

在此工作中, 通过一步溶剂热法合成了具有强且稳定的阴极发光的氟氮掺杂的碳点 (FNCDs), 并将其应用于构建检测 HIV-DNA 的超灵敏电致化学发光(ECL)生物传感器。氢键可以有效地稳定发光物质并抑制其分子内运动, 氟氮是元素周期表中电负性较强的元素, 氟氮原子的引入可以改善氢键间的相互作用。使用 FNCDs 作为 ECL 发射体, 利用核酸外切酶循环输出大量的类目标物, 同时基于刚性的 Y 型 DNA 探针的横向 HCR 反应可在电极表面大量扩增形成网状结构, 构建的生物传感器显示出对目标物的高度特异性和超灵敏检测, 该生物传感器在 10 amol/L-10 pmol/L 的浓度范围呈现良好的线性关系, 检测限低至 6.45 amol/L, 并在实际样品中准确成功地完成了对 HIV-DNA 的检测。因此, 该方法在疾病的早期临床诊断中显示出巨大潜力。此外, 合成的 FNCDs 具有强且稳定的 ECL 发射以及良好的生物相容性, 有望成为 ECL 分析的常用发光材料。

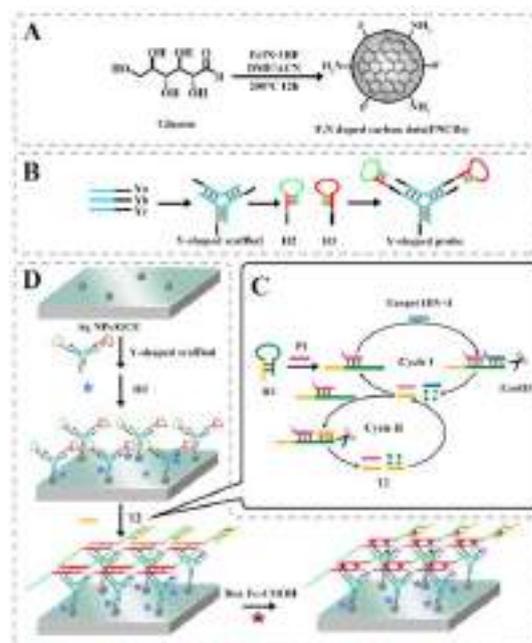


Fig. 1 Schematic representation of the Multiple Amplified ECL Biosensor for HIV-DNA Detection.

关键词: 氟氮掺杂的碳点; 核酸信号放大; 生物传感器

参考文献:

- [1] Wang, J.; Hu, X.; Ding, H.; Huang, X.; Xu, M.; Li, Z.; Wang, D.; Yan, X.; Lu, Y.; Xu, Y.; Chen, Y.; Morais, P. C.; Tian, Y.; Zhang, R. Q.; Bi, H. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 18203-18212.
- [2] Jiang, L.; Ding, H.; Lu, S.; Geng, T.; Xiao, G.; Zou, B.; Bi, H. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, 9986-9991.

# 精密设计的多臂 DNA 纳米装置用于肿瘤标志物蛋白 MUC-1 的高效高灵敏电化学检测

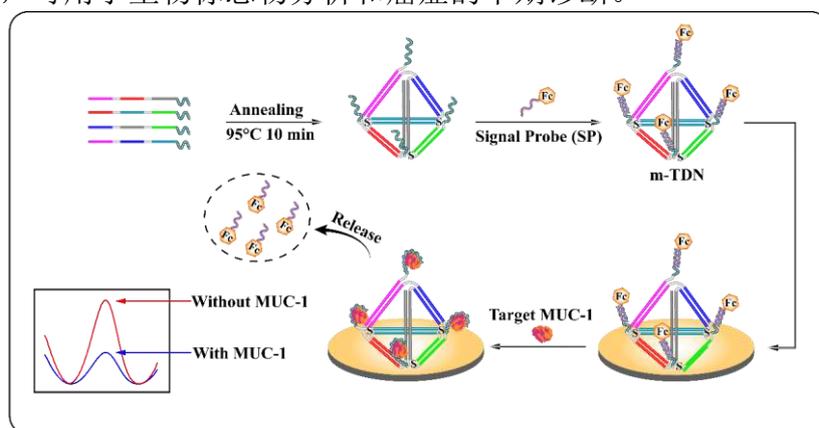
胡文曦, 常圆圆, 柴雅琴, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

在这项工作中, 我们设计并开发了一种具有高组装效率和生物目标物识别效率的多臂 DNA 四面体(m-TDN)结构, 用于构建超灵敏和快速检测肿瘤目标物 Mucin1 蛋白(MUC-1)的电化学生物传感器。具体来说, 通过四条精心设计的 DNA 链来高效组装 m-TDN 结构, 使获得的四面体的四个端点具有四条 MUC-1 蛋白适配体 DNA 序列作为手臂, 并首先通过四条手臂锚定信号探针(SP)。一旦目标 MUC-1 被 m-TDN 的四个手臂识别并捕获, SP 就会因蛋白和适配体之间更强的结合作用, 而从电极表面被释放出来, 导致电化学信号的明显降低, 与此同时, 被 m-TDN 捕获到电极表面的 MUC-1 会进一步阻碍电子传输效率, 从而使电化学信号进一步降低。因此, 这种精心设计的电化学生物传感器实现了对生物分子的超灵敏检测, 其线性范围从  $1 \text{ fg}\cdot\text{mL}^{-1}$  到  $1 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 最低检测限为  $0.312 \text{ fg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。这一策略为构建高效率的、多功能的 DNA 三维纳米结构提供了一种有效方法, 可用于生物标志物分析和癌症的早期诊断。



**Fig 1.** Schematic diagrams of the preparation of m-TDN and the construction of biosensor for MUC1 detection.

**关键词:** 多臂 DNA 四面体;蛋白适配体; 电化学传感器

## 参考文献:

- [1] Lin, M., Wang, J., Zhou, G., Wang, J., Wu, N., Lu, J., Gao, J., Chen, X., Shi, J., Zuo, X. and Fan, C. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2015, 54, 2151-2155.
- [2] Yousefi, M., Dehghani, S., Nosrati, R., Zare, H., Evazalipour, M., Mosafer, J., Tehrani, B.S., Pasdar, A., Mokhtarzadeh, A. and Ramezani, M. *Biosens. Bioelectron.* 2019, 130, 1-19.
- [3] Li, C.; Hu, X. L.; Lu, J. Y.; Mao, X. X.; Xiang, Y.; Shu, Y. Q.; Li, G. X. *Chem. Sci.* 2018, 9, 979-984.

# 基于双重信号增强的高效湮灭电致化学发光金纳米团簇

朱小春, 周莹, 柴雅琴, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

本工作通过胍丁胺分子(Agm)与金纳米簇(Au NCs)的模板分子(ATT)之间的氢键作用制得了一种高效的湮灭型电致化学发光(ECL)金纳米簇(Agm/ATT-Au NCs), 这种策略使复合纳米簇具有电化学过程和光辐射过程双重增强的效果。以联吡啶钌作为参考, 其湮灭 ECL 效率高达 16.19%。因此, 该策略同时克服了由于电化学过程中缓慢的电子传递和光辐射过程中活跃的非辐射跃迁导致金纳米簇的湮灭型 ECL 响应极低的问题。基于此高效的 ECL 探针, 构建了超灵敏电致化学发光生物传感器用于多巴胺(DA)的检测, 该生物传感器对 DA 的检测范围为 1 nmol/L - 5  $\mu$ mol/L, 检测限可达到 0.27 nmol/L。

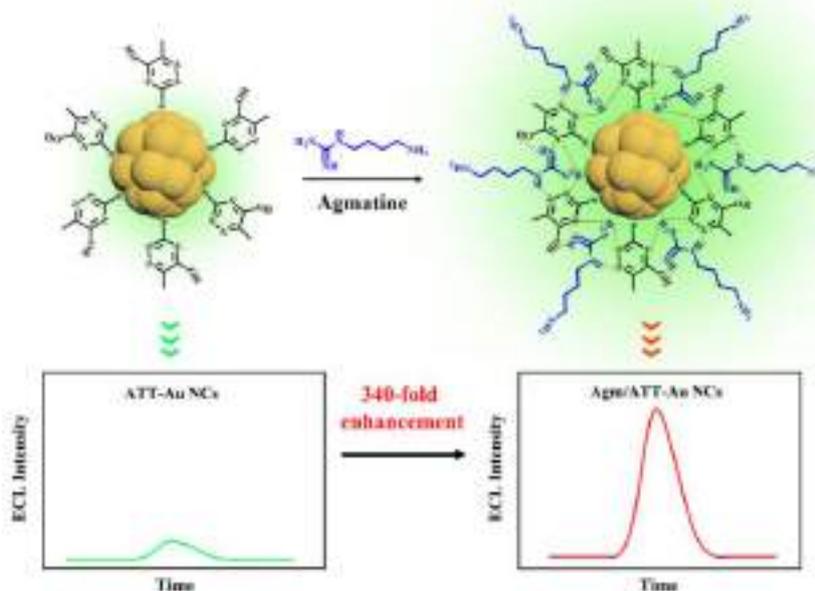


Fig. 1 The ECL emission of ATT-Au NCs and Agm/ATT-Au NCs.

**关键词:** 电致化学发光; 金纳米簇; 湮灭型; 双重增强

**参考文献:**

- [1] Yang, L. Q.; Zhang, B.; Fu, L.; Fu, K. N. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 6901.
- [2] Deng, H. H.; Shi, X. Q.; Wang, F. F.; Peng, H. P.; Liu, A. L.; Xia, X. H.; Chen, W. *Chem. Mater.* 2017, 29, 1362.

# 基于硼氮双掺杂碳点的三元电致化学发光体系用于乙肝病毒 DNA 的灵敏检测

郭雨卓, 柴雅琴, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

本工作利用硼氮双掺杂碳点(BN-CDs)作为发光材料, 过硫酸根作为共反应试剂, 铂纳米花作为共反应促进剂, 构建新型的三元电致化学发光体系, 并结合核酸外切酶III(Exo III)驱动的核酸扩增方式, 开发了一种“off-on”型的ECL生物传感器。相比氮单掺杂碳点(N-CDs), BN-CDs具有更高的ECL信号和更窄的发光电位。有趣的是, Exo III不仅可以在目标物循环过程中产生大量输出DNA(output DNA)用于置换电极表面的猝灭探针, 同时, 也能驱动output DNA作为DNA步行器进一步在电极上行走以置换猝灭探针, 有效缩短信号恢复的时间, 提高传感器的检测灵敏度。该体系能应用于乙肝病毒DNA的灵敏检测, 检测限为18 amol/L。

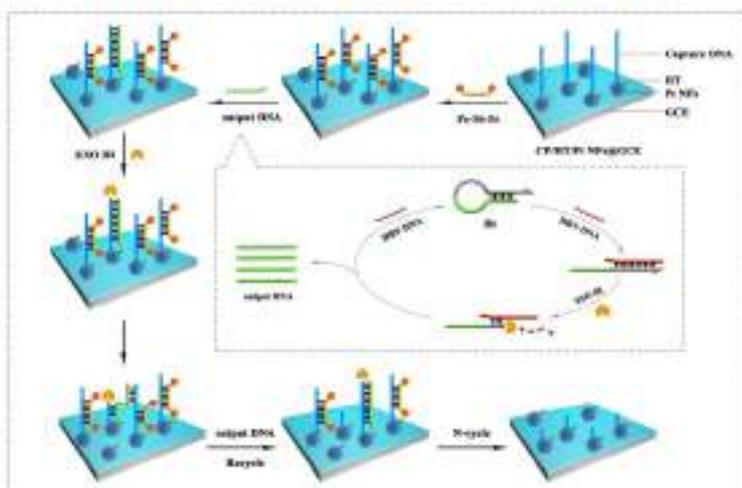


Fig. 1 HBV-DNA amplification induced by Exonuclease III and fabrication of biosensor.

**关键词:** 硼氮双掺杂碳点; 电致化学发光; 生物传感器; 乙肝病毒DNA

## 参考文献

- [1] Choi, Y.; Kang, B.; Lee, J. *Chem. Mater.* 2016, 28, 6840-6847.
- [2] Qu, X.; Zhu, D.; Yao, G. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 1855-1858.

## DNA 甲基化转化扩增触发 DNA 酶马达以实现其高效鉴定

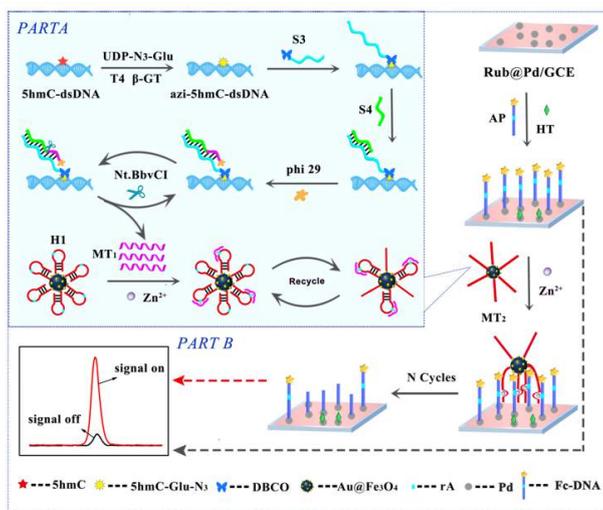
赵美玲, 李晓然, 卓颖\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

\*Email: yingzhuo@swu.edu.cn.

## 摘要:

DNA 甲基化是哺乳动物基因表达调控的主要表观遗传形式, 主要发生在 CpG 二核苷酸内。具有 CpG 位点的 DNA 片段有不同的序列长度和复杂的二级结构, 导致样本具有复杂性和多样性。因此, 在复杂条件下, 高效鉴定 DNA 甲基化仍然具有挑战性。在本工作中, 设计了由 DNA 甲基化转化扩增而触发的 DNAzyme 马达, 用以高效鉴定 5-羟甲基胞嘧啶 (5hmC) 目标分子。简言之, 5hmC 位点被特异性标记, 并通过链置换扩增 (SDA) 反应转化为大量 DNA 单链 (次级目标物)。该反应产物可激活 DNAzyme 马达, 并将其从复杂样品中分离。随着次级目标物的增加, DNAzyme 马达的活性增加, 并通过简单的磁分离将其引入传感平台, 以连续切割标记有淬灭探针的轨道链, 使得电化学发光 (ECL) 信号恢复。实验结果得出 5hmC 的检测限低至 0.39 fM, 该策略也为量化 DNA 中的天然碱基修饰提供了一条新途径, 并有望在癌症和其他与 5hmC 相关疾病的早期诊断中发挥作用。



(A) 目标分子转换放大触发 DNAzyme 马达和 (B) 生物传感器构建示意图。

关键词: DNA 甲基化, 链置换反应, DNAzyme 马达, 电化学发光, 生物传感器  
参考文献:

- [1] Li, C. C.; Dong, Y. H.; Zou, X. R.; Luo, X. L.; Shen, D. Z.; Hu, J.; Zhang, C. Y. *Anal. Chem.* 93 (2021) 1939–1943.
- [2] Chen, F.; Xue, J.; Zhang, J.; Bai, M.; Yu, X.; Fan, C. H.; Zhao, Y. X. *J. Am. Chem. Soc.* 142 (2020) 2889–2896.
- [3] Liu, J. L.; Tang, Z. L.; Zhuo, Y.; Chai, Y. Q.; Yuan, R. *Anal. Chem.* 89 (2017) 9108–9115.
- [4] Zhong, X.; Yang, S. S.; Liao, N.; Yuan, R.; Zhuo, Y. *Anal. Chem.* 93 (2021) 5301–5308.

# 基于双金属簇作为前体合成 Mn 掺杂 CdS@ZnS 核壳结构量子点作为高效的电致化学发光体用于 microRNA-let-7a 的灵敏检测

羊钰婷, 柴雅琴, 袁若\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yuanruo@swu.edu.cn

## 摘要:

传统合成掺杂量子点的方法通常是在有机溶剂和高温条件下进行的, 掺杂效率会受掺杂离子尺寸不匹配和“自清除效应”的影响, 进而影响ECL发光效率。本工作通过合成具有掺杂原子的双金属簇作为前体, 进一步合成具有内掺杂特点的MnS:CdS@ZnS核壳结构量子点作为ECL发光体, 有效提高量子点的ECL发光效率。在传感器的构建过程中, 通过引入大量的内源性mRNA作为燃料, 有效实现目标物microRNA let-7a (miRNA let-7a) 的循环及猝灭探针的释放, 从而提高传感器的检测灵敏度。此工作构建的ECL传感器检测范围为10 amol/L 到1 nmol/L, 检测下限为4.1 amol/L.

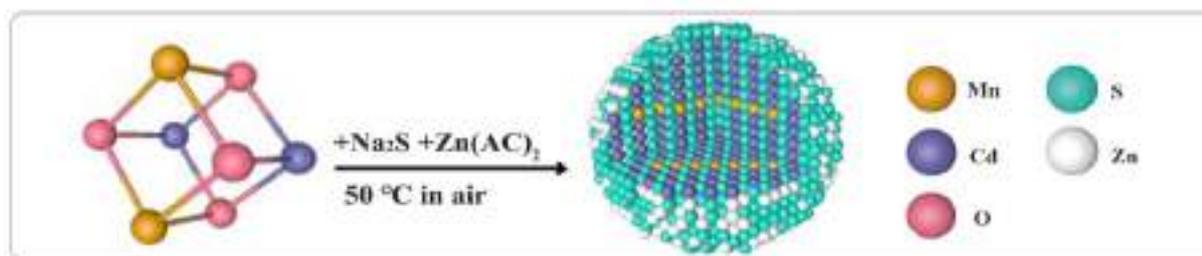


Fig. 1 Illustration of the preparation of MnS:CdS@ZnS QDs

关键词: 量子点; 掺杂; 生物传感器; 核酸信号放大

参考文献:

- [1] Li, J.; Huang, J.; Wang, K.M. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, 20104-20111.
- [2] Zhang, H.; Liu, Z; Tang, Y. *J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142,16177-16181.

# 以 3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 为发光体，溶解氧为共反应试剂构建的对 miRNA 灵敏检测的生物传感器

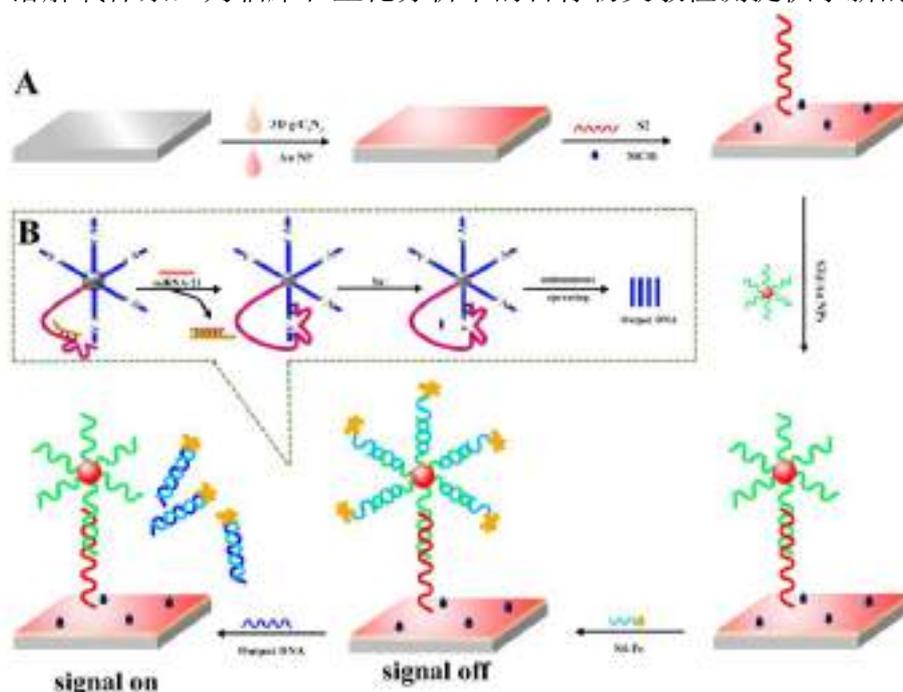
曹维维，王海军\*

西南大学化学化工学院，重庆市北碚区天生路 2 号，400715

Email: hjwang@swu.edu.cn

## 摘要:

在本项工作中，以 3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS 为发光体，溶解氧为共反应试剂，构建了生物传感器，实现了对 miRNA-21 的灵敏检测。与 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 相比，3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS 具有三维多孔结构，有利于溶解氧与 3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS 更密切的接触，使得 3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS 具有优秀的发光性能。所构建的溶解氧体系不需要额外添加共反应试剂，具有毒性小、反应温和、操作简单等优点。此外，在电极表面构建了 3D 球形轨道，可以同时固载更多的猝灭探针，具有更好的猝灭的效果与更低的猝灭信号。经过 Na<sup>+</sup> 驱动的循环放大，目标物 miRNA-21 转化为 output DNA，它将猝灭探针从电极表面带走，实现信号恢复状态。所设计的 ECL 生物传感器线性范围是 1fmol/L 到 1nmol/L，检测限为 0.22fmol/L。这项工作构建的 3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS-溶解氧体系，为临床和生化分析中的目标物灵敏检测提供了新的途径。



**Fig. 1** (A) The construction of the proposed ECL biosensor. (B) The proposed nucleic acid amplification mechanism and construction of the proposed ECL biosensor.

关键词：3D g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NS；溶解氧；电致化学发光

参考文献

- [1] Chen, X.; Shi, R.; Chen, Q.; Zhang, Z.; Jiang, W.; Zhu, Y.; Zhang, T. *Nano Energy*, 2019, 59, 644–650.
- [2] Lu, X.; Xu, K.; Chen, P.; Jia, K.; Liu, S.; Wu, C. *J. Mater. Chem. A*, 2014, 2, 18924–18928.

# 基于网状 DNA 结构的可编程触点开关电化学生物传感器 用于三磷酸腺苷的检测

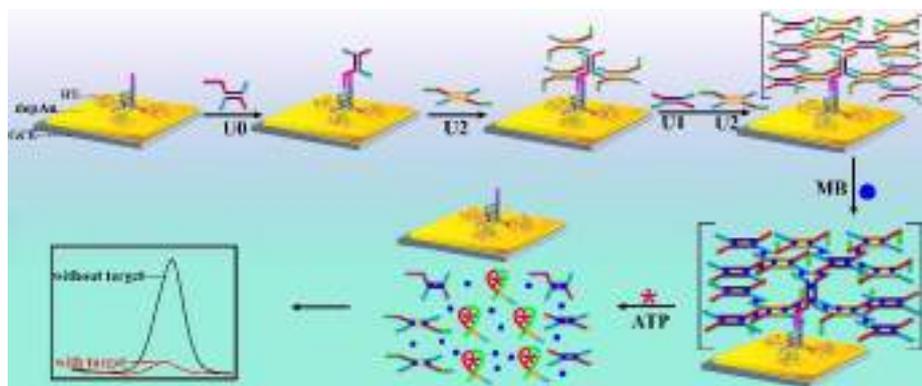
柳莹, 袁若, 柴雅琴\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: yqchai@swu.edu.cn

## 摘要:

本文使用具有高度刚性结构的三链体 DNA 作为捕获探针, 能够有效支持网状 DNA 结构、避免探针缠结。同时, 与传统的线性增长 HCR 相比, 所采用的网状 DNA 结构极大地提高了 MB 的固载量, 增强了检测的灵敏度, 实现了对 ATP 的超灵敏检测, 检测限低至 0.3 pM。此外, 还可以通过调整设计在 DNA 网状结构中的 ATP 特异性触点开关中的裸露碱基长度, 改变 ATP 和触点开关的作用力, 实现信标分子释放的动力学控制。



**Fig. 1** Schematic illustration of the preparation of ATP-responsive net-shaped DNA structure.

关键词: 网状 DNA ; 三磷酸腺苷 ; 灵敏检测

参考文献:

- [1] Xiao, M.; Lai, W.; Wang, F.; Li, L.; Fan, C.; Pei, H. *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 141, 20354-20364.
- [2] Lu, L.; Wang, J.; Miao, W.; Wang, X.; Guo, G. *Anal. Chem.* 2018, 91, 1452-1459.

# MOF 衍生的膨化米饼状多孔碳作为无金属电极材料对 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的灵敏检测

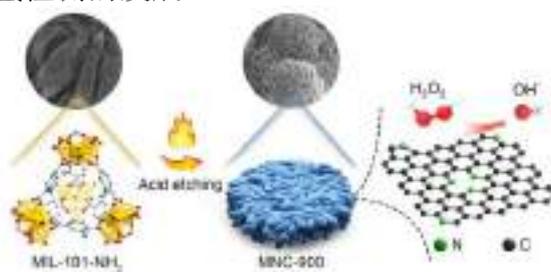
申灿, 罗姣, 李君\*, 曹忠\*

(化学与食品工程学院, 长沙理工大学, 长沙市万家丽南路 2 段 960 号, 410114)

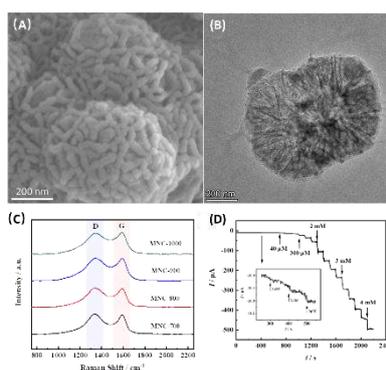
Email: muzi.yikou@163.com, zhongcao2004@163.com

## 摘要:

本研究以 MIL-101-NH<sub>2</sub>(Al)<sup>[1]</sup> 作为模板和前驱体, 在 900 °C N<sub>2</sub> 气氛下直接碳化, 合成了具有膨化米饼状结构的氮掺杂多孔碳材料 (MNC-900) (图 1)。通过 SEM 图 (图 2A) 可以观察到 MNC-900 呈现出膨化米饼状结构, 直径约为 499 nm, 且具有独特的孔道结构。TEM (图 2B) 与 SEM 结构一致。拉曼光谱图 (图 2C) 证明了 MNC-900 具有高的石墨化程度。由于 MNC-900 具有微孔与介孔的多级孔结构、高的比表面积、优良的导电率以及较高的 N 掺杂量, 该无金属碳材料对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 表现出高的催化性能。其作为电极材料对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的检测线性范围为 1.0-2.6×10<sup>4</sup> μmol, 检测限为 0.47 μM, 同时具有好的选择性、重现性和稳定性。运用该材料检测血清中的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度, 回收率达到 97.5%~105.7%。因此, 本研究不仅为合成可控形貌的多孔碳材料提供了一种简单的方法, 而且推动了无金属电极材料对过氧化氢检测的发展。



图注 1: MNC-900 合成示意图及对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的检测原理



图注 2: (A) MNC-900 的扫描电镜图; (B) MNC-900 的透射电镜图; (C) MNC-900 (700、800、1000) 的拉曼光谱图; (D) MNC-900 修饰电极使用 i-t 法测试 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

**关键词:** 金属有机框架化合物; 膨化米饼状碳材料; 过氧化氢; 电化学检测

**致谢:** 本研究得到湖南省自然科学基金 (2019JJ50651, 2020JJ4599) 和国家自然科学基金 (21605009, 31527803) 资助。

## 参考文献:

[1] Q.-L. Zhu, W. Xia, T. Akita, R. Zou, Q. Xu, *Adv. Mater.* 2016, 28, 6391– 6398.

# 络合阵列微流控纸芯片同时检测多种重金属离子

于丽洪, 庞月红, 沈晓芳\*

江南大学食品学院

Email: xfshen@jiangnan.edu.cn

**摘要:** 随着我国工业化进程的加快, 快速监测重金属污染是可持续发展的重要手段之一。比色阵列通过模拟动物嗅觉的交叉多响应模式, 在复杂样品的分析中具有独特的优势。然而目前的比色阵列存在需要合成复杂材料和传感过程复杂的问题。而络合试剂种类繁多, 与重金属离子结合有明显的颜色变化, 因此我们提出由多种络合试剂构成的络合阵列, 多孔板内实现对多种重金属离子的同时传感。此外, 进一步将络合阵列与微流控纸芯片结合, 以求实现便携检测。本文筛选得六种络合剂组成比色阵列, 优化检测试剂浓度、掩蔽剂及显色条件, 探索了阵列在溶液中以及在微流控纸芯片上的不同表现。结果发现, 两种载体均能实现对四种重金属离子 ( $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  和  $\text{Pb}^{2+}$ ) 准确区分, 其中溶液中络合阵列检测限为  $1 \mu\text{mol/L}$ , 纸芯片中检测限为  $2 \mu\text{mol/L}$ , 二者在自来水和湖水中均能有良好效果, 准确率达到 94.4%–100%。另外将微流控纸芯片应用于市售罐装果汁样品, 发现依然可以成功区分检测四种重金属离子。实验证明了络合阵列能够成功实现溶液中多种重金属离子的区分传感, 即使结合纸芯片也有良好的准确度和灵敏度, 在多种重金属离子的快速现场监测方面有巨大潜力。

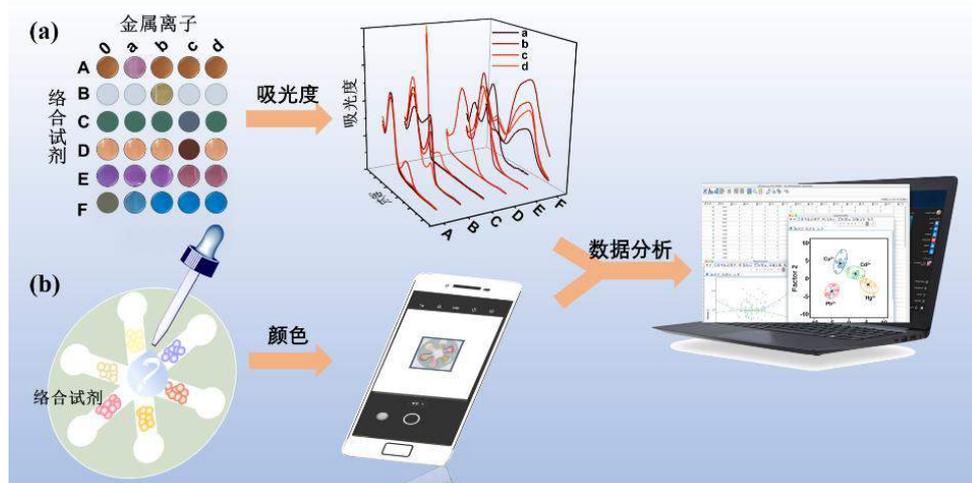


图 1: 络合阵列同时检测四种重金属离子: (a)溶液中的络合阵列; (b)微流控纸基络合阵列

**关键词:** 络合反应; 比色阵列; 微流控纸芯片; 重金属离子

**参考文献:**

- [1] Sackmann E K, Fulton A L, Beebe D J. The present and future role of microfluidics in biomedical research[J]. Nature, 2014, 507(7491): 181-189.
- [2] Najafzadeh F, Ghasemi F, Hormozi-nezhad M R. Anti-aggregation of gold nanoparticles for metal ion discrimination: A promising strategy to design colorimetric sensor arrays[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2018, 270: 545-551.
- [3] Idros N, Chu D. Triple-indicator-based multidimensional colorimetric sensing platform for heavy metal ion detections[J]. ACS Sensor, 2018, 3(9): 1756-1764.

# 超快响应和高灵敏度的钌掺杂二氧化锡纳米管丙酮气体传感器

李瑾<sup>1</sup>, 冼建标<sup>1</sup>, 汪婉菁<sup>1</sup>, 曾敏<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 华南师范大学华南先进光电研究院先进材料研究所, 广州 510006

Email: [zengmin@scnu.edu.cn](mailto:zengmin@scnu.edu.cn)

## 摘要:

基于半导体金属氧化物(SMO)的气体传感器由于具有结构简单、低成本、低功耗等潜在优势, 引起了广泛的关注。利用气体传感器检测呼出气体中特定挥发性有机化合物(VOCs)来进行疾病诊断, 这与传统血液检测相比, 将具有无痛、方便、快速、低成本等优点。例如, 呼出气体中的丙酮( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )是 I 型糖尿病的一个生物标志物。因此, 有望开发高灵敏度、高选择性、可靠的化学气体传感器来诊断糖尿病。在众多半导体金属氧化物中, 二氧化锡( $\text{SnO}_2$ )是一种 n 型宽带隙半导体(3.6 - 4.0 eV), 由于电子的高迁移率( $240\text{cm}^2/\text{V s}$ )以及较高的化学和热稳定性而成为研究热点。但纯的  $\text{SnO}_2$  气敏材料工作温度高且对气体的响应能力有限, 因此需要对其进行材料掺杂或合成高比表面积的材料, 以满足实际应用中器件性能的要求。本文中, 我们运用静电纺丝后退火的方法, 成功地合成了钌掺杂的多孔空心二氧化锡纳米管, 并对其气敏性能进行了系统的研究。气敏测试表明, 钌掺杂多孔空心  $\text{SnO}_2$  纳米管气敏传感器在  $250^\circ\text{C}$  下对 100ppm 丙酮具有优异的响应, 其值为 340, 且具有超快的响应时间/恢复时间, 分别为 1.366s/ 0.533s。且在对多种气体的检测中展现了对丙酮特异的选择性。该研究表明, 钌掺杂二氧化锡纳米管具有作为高可靠、高性能的丙酮气体传感器传感层的潜力。

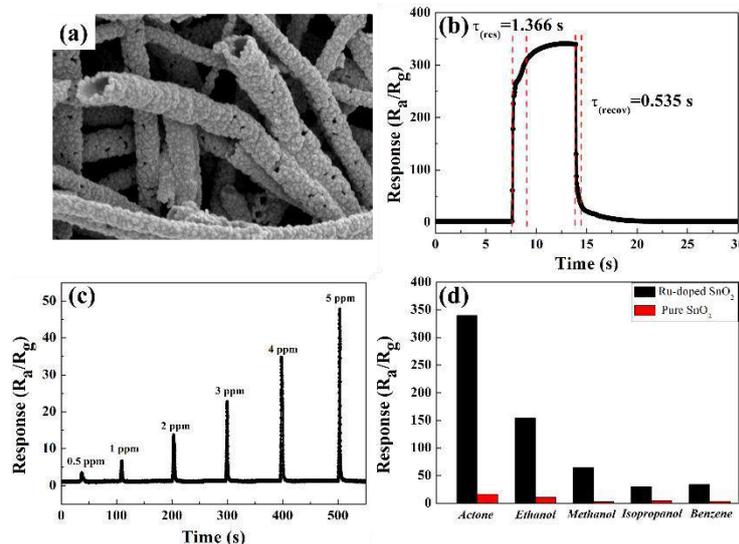


图 1 (a) 钌掺杂二氧化锡纳米管的 SEM 图, (b)对 100ppm 丙酮的动态响应, (c)对低浓度丙酮的连续响应, (d)对不同气体的选择性。

**关键词:** 气体传感器, 二氧化锡, 静电纺丝, 纳米管, 丙酮

## 参考文献:

- [1] X. Kou, Sens. Actuators B 320 (2020) 128292.
- [2] C. Jiang, CrystEngComm, 14 (2012) 2739.

# 硫酸修饰对 MOF 衍生的 ZnO 材料的丙酮传感性能的影响

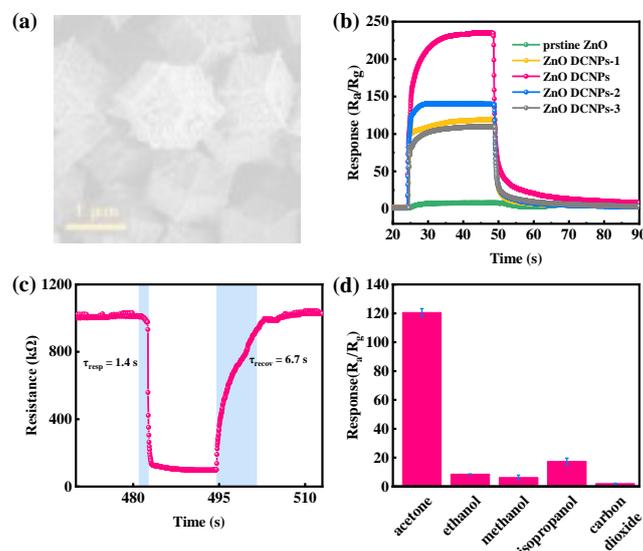
冼建标, 李瑾, 汪婉菁, 曾敏\*, 高兴森

华南师范大学华南先进光电研究院先进材料研究所, 广州 510006

Email: zengmin@scnu.edu.cn

## 摘要:

人体呼出的易挥发性有机气体 (VOCs), 可以为一些常见疾病 (如糖尿病、胃癌等) 的早期诊断提供重要的参考信息, 且凭借便捷、无痛、快速等优点吸引了研究人员的广泛关注。有报道指出罹患 I 型糖尿病的患者呼出气体中丙酮的浓度 ( $> 1.8\text{ppm}$ ) 远高于正常人的  $0.2\text{-}0.5\text{ppm}$ , 故实现低浓度的丙酮气体的可靠检测至关重要。金属氧化物半导体是经典的气敏材料; 而 ZIF-8 作为 MOFs 的一员, 以极高的孔隙率和优良的稳定性著称; 因此经 ZIF-8 衍生出 ZnO 材料, 可极大地提升材料的比表面积, 增强传感性能。本文中, 我们通过在水热法中引入  $98\text{wt}\%$  浓度的硫酸, 合成了由纳米颗粒构成的 ZnO 十二面体与团簇 (ZnO DCNPs)。实验结果表明, 未经形貌修饰的 ZnO 样品中, 纳米颗粒之间发生了高度的粘连; 而在硫酸处理的样品中, 纳米颗粒尺寸更小且界定分明。气体传感性能研究表明, 基于 ZnO DCNPs 的传感器对丙酮表现出优异的灵敏度 ( $R_a/R_g = 120.57$ ,  $100\text{ppm}$ ,  $350^\circ\text{C}$ )、快速的响应和恢复时间 ( $1.4\text{s}/6.7\text{s}$ )、极低的检测下限 ( $50\text{ppb}$ ) 和显著的选择性。测试结果表明, 经硫酸修饰形貌后, ZnO 材料对丙酮的传感性能得到了极大的提升。



(a) 由纳米颗粒构成的 ZnO 十二面体与团簇 (ZnO DCNPs) 的 TEM 图。在  $350^\circ\text{C}$  下, (b) 不同添量的硫酸处理过的样品对  $200\text{ppm}$  丙酮的动态响应和恢复曲线; (c) ZnO DCNPs 对  $6\text{ppm}$  丙酮的动态阻值变化。(d) 气体选择性测试。

关键词: 金属有机框架, ZIF-8, 丙酮, 气体传感器, 硫酸

参考文献:

- [1] Guo L, et al, *Sensors and Actuators B: Chemical* 272 (2018) 185-194.
- [2] Chang, Xiao, et al. *Sensors and Actuators B: Chemical* 304 (2020) 127430.

# 刚性平面 DNA 三脚架原位生成光活性 3D 纳米球实现

## miRNA 超灵敏检测

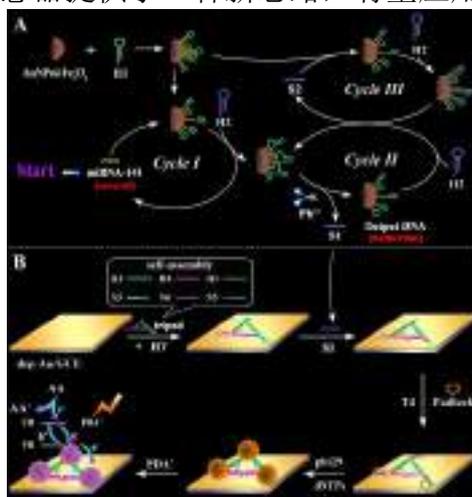
肖明君, 袁若, 袁亚利\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: [y198688@swu.edu.cn](mailto:y198688@swu.edu.cn)

### 摘要:

本工作基于刚性平面 DNA 三脚架原位生成无需敏化剂参与的光活性 3D 纳米球构建了新型光电化学 (PEC) 生物传感器实现对 miRNA-141 的超灵敏检测。首先, 无酶三循环 DNA 放大体系可实现少量目标物 miRNA-141 的高效转化<sup>1</sup>。所获得的大量输出 DNA 可用于打开修饰在电极表面的平面 DNA 三脚架顶端发夹结构, 从而触发滚环扩增原位生成 3D 纳米球。由于 3D 纳米球带负电荷, 能够大量固载电正性的光活性物质—茈萸生物 (PDA<sup>+</sup>) 形成光活性 3D 纳米球<sup>2</sup>。独特的刚性平面 DNA 三脚架不仅可以调节发夹之间的距离有效提高其与输出 DNA 的杂交效率<sup>3</sup>, 增加 3D 纳米球的生成用于大量光活性材料的固载, 而且还有利于电子的快速传输, 从而实现无需任何敏化剂参与的高灵敏 miRNA-141 检测。实验结果表明, 检测范围为 0.1 fmol/L 至 100 pmol/L, 该方法为构建灵敏的 PEC 生物传感器提供了一种新思路, 有望应用于早期疾病诊断和监测。



**Scheme 1.** Schematic illustration of sensitive PEC biosensor for miRNA-141 assay: (A) the procedure of target-induced enzyme-free triple cycles; (B) the construction process and detection mechanism of proposed.

**关键词:** PEC 生物传感器; 无酶三循环; 平面刚性 DNA 三脚架; 光活性 DNA 纳米球

### 参考文献:

- [1] Ye, X.; Wang, X.; Kong, Y.; Dai, M.; Han, D.; Liu, Z. *Angew. Chem. Int. Ed.* 60 (2021) 11774-11778.
- [2] Deng, H.; Chai, Y.; Yuan, R.; Yuan, Y. *Anal. Chem.* 92 (2020) 8364-8370.
- [3] Kou, B. B.; Chai, Y. Q.; Yuan, Y. L.; Yuan, R. *Chem. Sci.* 12 (2020) 407-411.

# 基于 SnS<sub>2</sub> 量子点聚合物空心纳米微球和铱纳米棒 构建 ECL 比率传感器检测 cTnI

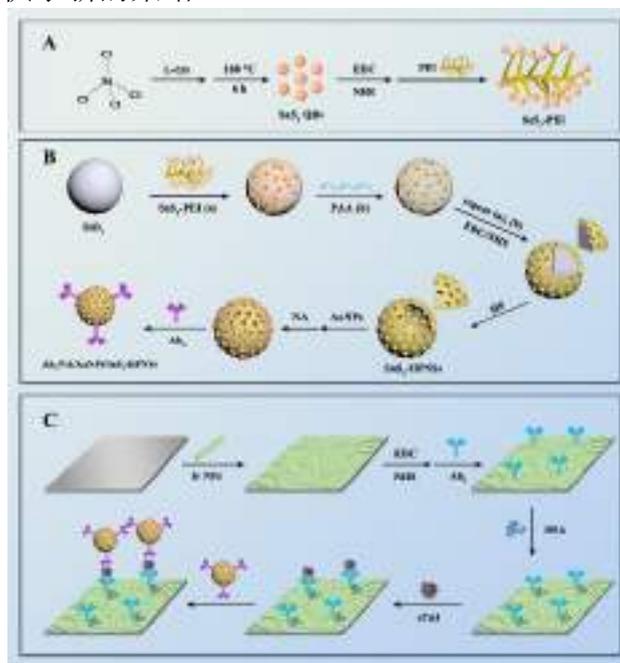
赵晋文, 陈时洪\*

西南大学化学化工学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

Email: cshong@swu.edu.cn

## 摘要:

本文以 SnS<sub>2</sub> 量子点 (SnS<sub>2</sub> QDs) 聚合物空心纳米微球 (SnS<sub>2</sub>-HPNSs) 及亲水性的 Ir 纳米棒 (Ir NDs) 分别作为阴极和阳极 ECL 发光体, 构建了一种电位分辨型 ECL 比率传感策略, 用于 cTnI 的比率检测。首先, 通过带相反电荷聚电解质的逐层组装合成 SnS<sub>2</sub>-HPNSs, 并将其与金纳米粒子 (AuNPs)、去甲肾上腺素 (NA) 和 anti-cTnI<sub>2</sub> (Ab<sub>2</sub>) 复合以合成二抗复合物 Ab<sub>2</sub>/NA/AuNPs/SnS<sub>2</sub>-HPNSs。用 Ir NDs 修饰电极固载抗体 anti-cTnI<sub>1</sub> (Ab<sub>1</sub>), 再通过免疫反应结合抗原 cTnI, 并进一步捕获二抗复合物 Ab<sub>2</sub>/NA/AuNPs/SnS<sub>2</sub>-HPNSs。随着目标物 cTnI 的增加, 二抗复合物引入的 NA 和 SnS<sub>2</sub>-HPNSs 增多, 来自 SnS<sub>2</sub>-HPNSs 的阴极信号逐渐增强, 来自 Ir NDs 的阳极信号因为 NA 的猝灭作用而逐渐减小, 从而实现对 cTnI 的高灵敏 ECL 比率检测。HPNSs 不仅可在三维层面实现对 SnS<sub>2</sub> QDs 的富集, 还可有效减少 SnS<sub>2</sub> QDs 的内滤效应, 因而使 ECL 性能显著提高。SnS<sub>2</sub>-HPNSs 与 Ir NDs 的结合提供了一个很有前景的 ECL 比率平台, 为生物分析提供了新的策略。



**Scheme 1.** Schematic illustration of the preparation of (A) SnS<sub>2</sub> QDs and (B) Ab<sub>2</sub>/AuNPs/NA/SnS<sub>2</sub>-HPNSs; (C) the fabrication process of the biosensor.

**关键词:** 电致化学发光; 传感器; 量子点; 心肌损伤标志物

**参考文献:**

[1] Jo, H.; Gu, H.; Jeon, W.; Youn, H.; Her, J.; Kim, S.; Lee, J.; Shin, J. H.; Ban, C. *Anal.*

*Chem.* 2015, 87, 9869-9875.

[2] Zheng, L.; Chi, Y.; Dong, Y.; Lin, J.; Wang, B. *J. Am. Chem. Soc.* 2009, 131, 4564-4565.

[3] Lei, Y.; Zhou, J.; Chai, Y.; Zhuo, Y.; Yuan, R. *Anal. Chem.* 2018, 90, 12270-12277.

[4] Chen, A.; Zhao, M.; Zhuo, Y.; Chai, Y.; Yuan, R. *Anal. Chem.* 2017, 89, 9232-9238.

[5] Wang, Y.; Angelatos, A. S.; Caruso, F. *Chem. Mater.* 2008, 20, 848-858.

[6] Kuntamung, K.; Sangthong, P.; Jakmunee, J.; Ounnunkad, K. *Analyst* 2021, 146, 2203-2211.

# 纳米金-量子点比率荧光传感器构建及核酸检测

赖其珍, 吉邢虎, 何治柯\*

武汉大学化学与分子科学学院, 湖北 武汉 430072

邮箱: zhkhe@whu.edu.cn

**摘要:** 比率荧光法在提高检测准确性方面备受研究者们青睐。本文基于核酸功能化量子点和纳米金构建了一种比率荧光生物传感器, 借助核酸链置换反应以及目标核酸对粘性末端的封闭作用, 实现了特定序列核酸的分析检测。在优化的实验条件下, 该传感器的线性范围为 2.5~30 nM, 检测限为 0.49 nM。具有操作简单、检测成本低以及检测时间短等优点, 在 1% 的血清样品中表现出良好的抗干扰能力, 具有潜在的应用价值。

**关键词:** 量子点; 纳米金; DNA 功能化; 比率荧光; 生物传感

## 参考文献

- [28] Park, S.; Brown, K. A.; Hamad-Schifferli, K. Changes in oligonucleotide conformation on nanoparticle surfaces by modification with mercaptohexanol. *Nano Lett.* 2004, 4, 1925-1929.
- [29] Zhao, W.; Chiu, W.; Lam, J. C. F.; Mcmanus, S. A.; Chen, W.; Cui, Y.; Pelton, R.; Brook, M. A.; Li, Y. DNA aptamer folding on gold nanoparticles: From colloid chemistry to biosensors. *J. Am. Chem. Soc.* 2008, 130(11), 3610-3618.
- [30] Lai, Q. Z.; Liu, Y. C.; Ge, L.; Yang, Y. L.; Ji, X. H.; He, Z. K. Investigating the effect of 6-mercaptohexanol on the performance of a biosensor based on nanosurface energy transfer between gold nanoparticles and quantum dots, *Anal. Methods* 2021, 13(18), 2092-2098

## 基于杂交链式反应及 DNA 功能化 QDs 检测凝血酶

盖兰, 吉邢虎\*, 何治柯

武汉大学化学与分子科学学院, 湖北 武汉, 邮编: 430072

邮箱: xhu@whu.edu.cn

**摘要:** 由于量子点优异的光学性质和 DNA 序列的可编程性, DNA 功能化量子点在生物传感及成像等领域备受关注。我们将 DNA 功能化量子点与 HCR 扩增技术相结合, 并引入磁分离技术, 构建了一种凝血酶分析检测的新方法。在优化的实验条件下, 凝血酶检测的线性范围为 30 pM-2.5 nM, 检出限为 0.15 pM。并成功应用于人血清样品凝血酶的分析检测, 展示了良好的应用前景。

**关键词:** 量子点; DNA 功能化; 杂交链式反应; 凝血酶

### 参考文献

[1] Yang, Y.; Mao, G.; Ji, X.; He, Z. DNA-templated quantum dots and their applications in biosensors, bioimaging, and therapy. *J. Mater. Chem. B* 2020, 8, 9-17.

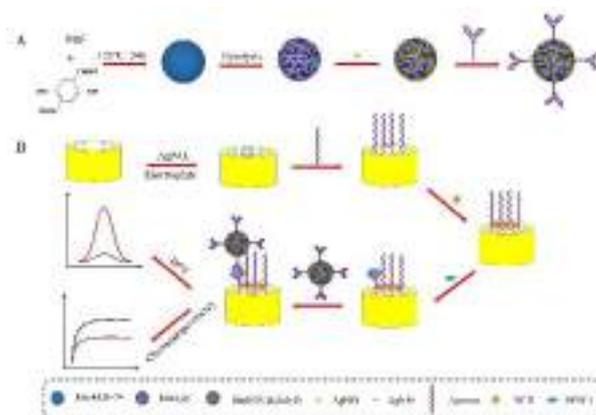
# MnO@C nanocomposite with bidirectional electrocatalytic ability as signal amplification for dual signal electrochemical sensing of cancer biomarker

Fengping Liu<sup>1</sup>, Fanggui Ye\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Guangxi Normal University  
Email: fgye@mailbox.gxnu.edu.cn (F. Ye)

## Abstract:

Sensitivity and accuracy were crucial for cancer biomarker detection. Herein, MnO@C nanocomposite was prepared with Mn-MOF-74 as precursor by pyrolysis. It not only possesses superior electrocatalytic activity to the oxidation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, but also the reduction of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. After loading AuNPs, MnO@C@AuNPs can connect aptamer via Au-S and then as a signal amplification for the construction of sandwich-type aptasensor for dual signal electrochemical sensing of cancer biomarker. It has the parallel output of differential pulse voltammetry (DPV) and chronoamperometry responses based on oxidation and reduction of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectively, which implemented sensitive and accurate measurements to avoid false results. Consequently, the linear range from 0.001 nM to 100 nM with a detection of 0.31 pM for the DPV technique and 0.001 nM to 10 nM with a detection limit of 0.25 pM for the chronoamperometry technique. Furthermore, by changing the specific Apt of cancer biomarker, the proposed dual signal electrochemical sensing platform can be easily extended to detect other protein biomarker, indicating its great potential applications in early disease diagnosis.



Scheme 1. Schematic illustration of (A) preparation of the Apt/MnO@C@AuNPs, (B) dual signal electrochemical sensing of MUC1.

Keywords: cancer biomarker, MnO@C nanocomposite, signal amplification, dual signal.

## References:

- [1] W. Zhou, H. Wu, T. Yildirim, *J. Am. Chem. Soc.* 130 (2008) 15268-15269.
- [2] G.J. Zhang, Z.G. Liu, L.F. Fan, Y.J. Han, Y.J. Guo, *Biosens. Bioelectron.* 173 (2021) 112785.

# 基于铜络合物构建的复合纳米药物用于协同抗肿瘤治疗以及余辉成像

赵迪, 孟红敏\*, 李朝辉\*

(郑州大学化学学院, 河南省功能分子绿色构建与生物分析国际联合实验室,  
河南 郑州 450001;

\* Email: hmmeng2017@zzu.edu.cn, zhaohui.li@zzu.edu.cn)

## 摘要:

目前癌症仍然是世界上对人类健康的巨大威胁之一, 因此开发出有效的治疗癌症的方法是十分有必要的。针对目前新药研发存在高投入、高风险、长周期等问题, 从临床上已批准应用的旧药物中寻找新的抗癌药物制剂已被证明是一种快速有效的癌症治疗方法<sup>[1]</sup>。最近, 越来越多的旧药物被证明对癌症治疗有效<sup>[2]</sup>。本工作构建了一种新型的含有药物 CuET、光敏剂以及余辉剂的纳米复合物用于肿瘤治疗和体内成像。在激光照射下, 光敏剂能够产生大量的  $^1\text{O}_2$ , 一方面可以与 CuET 达到光动力治疗与化疗协同治疗肿瘤的效果; 另一方面可以作为反应底物以激发更强的余辉信号, 从而有效地避免组织的自发荧光<sup>[3]</sup>。在肿瘤细胞中, 该纳米复合物对肿瘤细胞具有较好的协同治疗效果。此外, 动物实验中也证明了其具有良好的抑制肿瘤生长的效果以及余辉成像的功能。综上所述, 该方法可以作为一种具有应用前景的新型治疗成像材料。

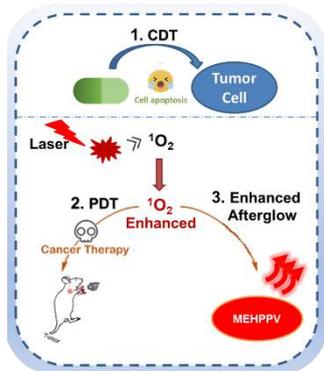


图 1 复合纳米药物用于协同抗肿瘤治疗以及增强余辉成像的原理图

关键词: 化疗; 光动力治疗; 余辉成像

参考文献:

- [1] Yang B, Shi J. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59 (49), 21829-21838.
- [2] Yang B, Ding L, Yao H, Chn Y, Shi J. *Adv. Mater.* 2020, 32 (12), 1907152.
- [3] Jiang Y, Pu K. *Acc. Chem. Res.* 2018, 51 (8), 1840-1849.

# Hollow $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$ nanocolumn-assisted molecularly imprinted photoelectrochemical sensing for glutathione detection

Dongqing Liu<sup>1</sup>, Xinyu Bai<sup>1</sup>, Nengqin Jia<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> The Education Ministry Key Lab of Resource Chemistry, Joint International Research Laboratory of Resource Chemistry, Ministry of Education, and Shanghai Key Laboratory of Rare Earth Functional Materials, College of Chemistry and Materials Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China.  
nqjia@shnu.edu.cn

## Abstract:

Glutathione (abbreviated as GSH) is a kind of sulfur-containing tripeptide that exists widely in the body, and is composed of cysteine, glutamic acid and glycine. In a variety of neurodegenerative diseases, GSH levels can be abnormal, so it can serve as an indicator of oxidative stress, thereby reducing the risk of neurodegeneration. Based on hollow  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  material ( $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3/\text{MIP}$  PEC), an innovative molecularly imprinted photoelectrochemical (PEC) sensor was developed for sensitive detection of glutathione (GSH). Using nicotinamide as a functional monomer, the GSH template molecule was imprinted on hollow  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  material with a large specific surface area, which has better selectivity to GSH. The cavernous structure of the material used light scattering and reflection to enhance light absorption. The heterojunction structure between  $\text{In}_2\text{O}_3$  and  $\text{In}_2\text{S}_3$  also promotes the rapid separation of photosensitized electron-hole pairs, which significantly enhance the photocurrent response. The constructed PEC sensor has a good linear relationship in the range of  $1 \mu\text{mol L}^{-1}$  to  $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ , and the limit of detected is  $0.82 \mu\text{mol L}^{-1}$  ( $S/N = 3$ ). The PEC sensor simultaneously has excellent stability and selectivity, which provide an innovative idea for the actual detection of GSH.

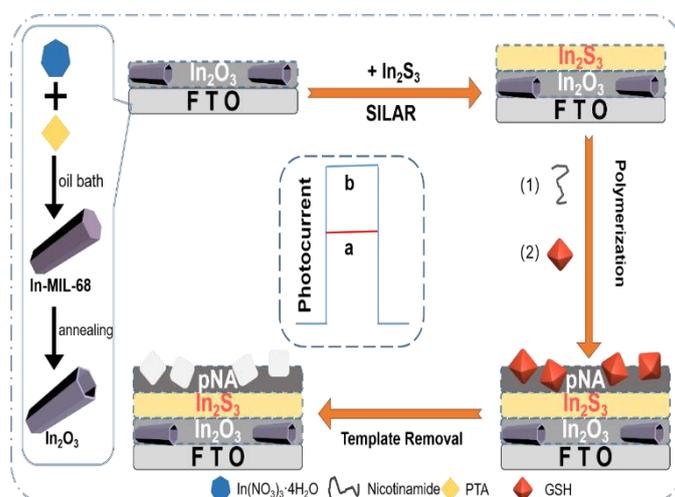


Figure 1 Schematic diagram of the preparation process of the hollow  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  nanorod material and PEC sensor.

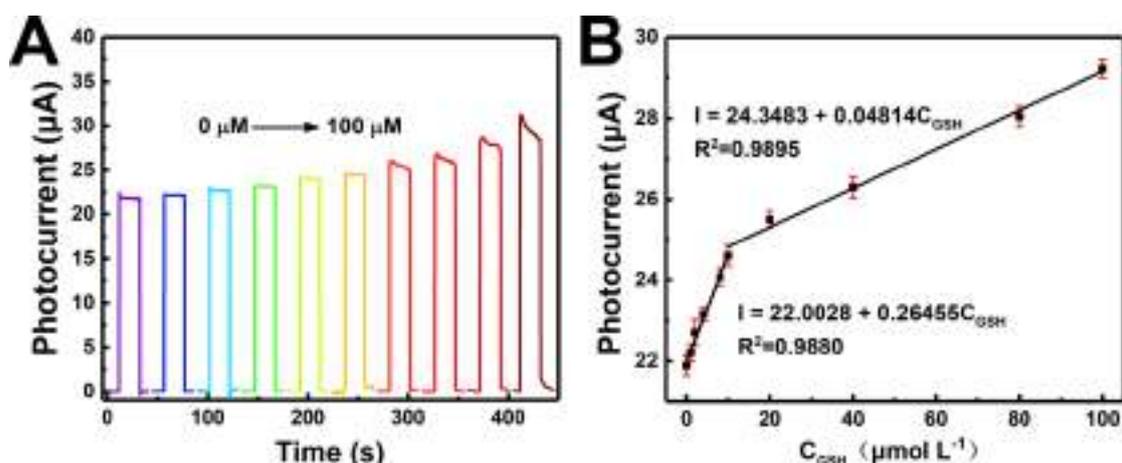


Figure 2 (A) Photocurrent response of  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  MIP PEC sensor at different concentrations of GSH, concentrations: 2,4,6,8,10,20,40,60,80,100  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ; (B) The corresponding calibration curve of  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  MIP PEC sensor in the presence of GSH.

Keywords: Photoelectrochemical (PEC) sensor; Molecular imprinted polymer; Vacuous  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{In}_2\text{S}_3$  material; Glutathione (GSH)

#### 参考文献:

- [1] Bansal A. Simon M C. Glutathione metabolism in cancer progression and treatment resistance. *J Cell Biol [J]*. 2018, 217: 2291-2298.
- [2] Aquilano K. Baldelli S. Ciriolo M R. Glutathione: new roles in redox signaling for an old antioxidant. *Front Pharmacol [J]*. 2014, 5:
- [3] Lv H H. Zhen C X. Liu J Y. Yang P F. Hu L J. Shang P. Unraveling the Potential Role of Glutathione in Multiple Forms of Cell Death in Cancer Therapy. *Oxid Med Cell Longev [J]*. 2019, 2019:
- [4] Gupta A. Verma N C. Khan S. Nandi C K. Carbon dots for naked eye colorimetric ultrasensitive arsenic and glutathione detection. *Biosens Bioelectron- [J]*. 2016, 81: 465-472.
- [5] Shi C. Liu J. Wu F M. Yew D T. Ginkgo biloba Extract in Alzheimer's Disease: From Action Mechanisms to Medical Practice. *Int J Mol Sci [J]*. 2010, 11: 107-123.
- [6] Li S. Tan H Y. Wang N. Zhang Z J. Lao L X. Wong C W. Feng Y B. The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Liver Diseases. *Int J Mol Sci [J]*. 2015, 16: 26087-26124.
- [7] Fernandez-Checa J C. Colell A. Garcia-Ruiz C. S-Adenosyl-L-methionine and mitochondrial reduced glutathione depletion in alcoholic liver disease. *Alcohol [J]*. 2002, 27: 179-183.
- [8] Lubos E. Loscalzo J. Handy D E. Glutathione Peroxidase-1 in Health and Disease: From Molecular Mechanisms to Therapeutic Opportunities. *Antioxid Redox Sign [J]*. 2011, 15: 1957-1997.

# 基于 CdS@Cu<sub>2</sub>O 异质结构纳米复合材料的分子印迹光电传感器用于细胞色素 c 的高灵敏度检测

孙璟<sup>1</sup>, 高攀<sup>1</sup>, 刘栋青<sup>1</sup>, 何双<sup>1</sup>, 白心雨<sup>1</sup>, 赵丹阳<sup>1</sup>, 黄楚森<sup>1</sup>,

贾能勤\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>上海师范大学化学与材料科学学院资源化学教育部重点实验室, 资源化学教育部国际联合研究实验室, 上海市稀土功能材料重点实验室, 上海 200234

Email: njia@shnu.edu.cn

摘要:

细胞色素 c (cyt c) 是存在于线粒体膜间隙中的一种重要蛋白。在细胞凋亡过程中, cyt c 被释放到细胞质中, 然后分泌到培养基中, 最终导致细胞的凋亡。因此, 细胞质中 cyt c 的水平可能是机体监测细胞凋亡和死亡的关键标志, 这对于从细胞水平研究某些疾病是至关重要的。本工作制备了 CdS@Cu<sub>2</sub>O 纳米复合材料, 构建了可见光响应光电化学(PEC)传感平台。通过在 CdS 纳米球上生长 Cu<sub>2</sub>O 纳米颗粒获得 CdS@Cu<sub>2</sub>O 材料, 通过电化学分子印迹聚合方法在 CdS@Cu<sub>2</sub>O 材料上形成带有细胞色素 c (cyt c) 识别位点的聚多巴胺(PDA)膜。实验结果表明, PEC 传感器的检测范围为 0.1 ~ 1000 nM, 检测限(LOD)为 0.07 nM (S/N = 3)。同时, 所制备的 PEC 传感器对 cyt c 表现出了特异性, 证明了该传感策略在高灵敏度和特异性检测 cyt c 方面具有重要的应用价值。

**关键词:**光电化学传感器; CdS@Cu<sub>2</sub>O 纳米复合材料; 分子印迹聚合物(MIP); 细胞色素 c (cyt c)。

图表:



方案 1. CdS@Cu<sub>2</sub>O/rMIP PEC 传感器的组装步骤。

参考文献:

- [1] X.Y. Bai, Y. Zhang, W.K. Gao, D.Y. Zhao, D.P. Yang, N.Q. Jia, *Biosens. Bioelectron.* 168 (2020) 112522.
- [2] D.Y. Zhao, Y. Zhang, S.W. Ji, Y. Lu, X.Y. Bai, M.Y. Yin, C.S. Huang, N.Q. Jia, *Biosens. Bioelectron.* 173 (2021) 112816.
- [3] J.L. Chen, P. Gao, H. Wang, L.F. Han, Y.H. Zhang, P.Y. Wang, N.Q. Jia, *J. Mater. Chem. C* 6 (2018) 3937–3944.
- [4] M.X. Li, H.Y. Wang, X.X. Wang, Q.J. Lu, H.T. Li, Y.Y. Zhang, S.Z. Yao, *Biosens. Bioelectron.* 142 (2019) 111535.
- [5] E. Kecsenvity, B. Endrődi, P. S. Tóth, Y.Q. Zou, Robert A. W. Dryfe, K. Rajeshwar, C. Janáky, *J. Am. Chem. Soc.* 139 (2017) 6682–6692

# 过氧化氢响应的血小板仿生脂质体探针用于动脉粥样硬化的早期检测

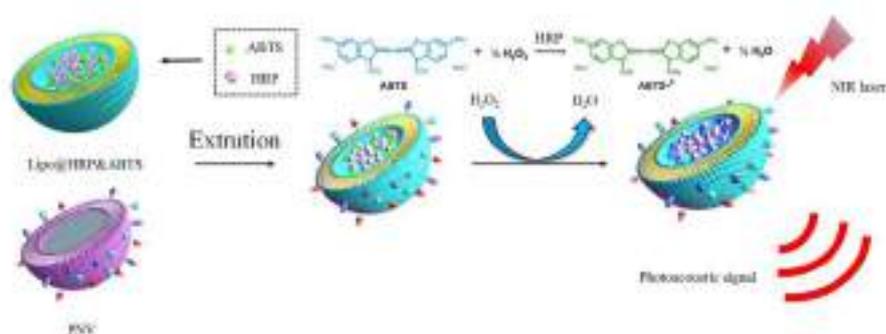
刘博, 孔德明\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南开大学化学学院分析科学研究中心, 天津 300071

Email: [kongdem@nankai.edu.cn](mailto:kongdem@nankai.edu.cn)

## 摘要:

动脉粥样硬化是引发心血管疾病的主要病理原因, 目前的研究表明, 活性氧物种 (Reactive Oxygen Species, ROS) 介导的氧化应激及后续的慢性炎症是动脉粥样硬化的主要始动机制。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 作为 ROS 的一种, 诱导脂质过氧化并增加了血管细胞对氧化脂质的敏感性<sup>[1]</sup>, 其水平异常升高会导致不稳定斑块内细胞的氧化还原平衡态被破坏, 最终引起斑块的破裂, 故 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 可以作为识别和检测易损斑块的重要分子标志物。目前对于过氧化氢的检测, 较为常见的是芳基硼酸盐的荧光探针<sup>[2-3]</sup>, 但荧光检测常常因为其组织穿透性不足且易受环境干扰而受限。在此, 我们开发了一种过氧化氢响应的血小板仿生脂质体探针, 实现对动脉粥样硬化靶向性、高组织穿透性的光声成像。脂质体作为载体负载辣根过氧化物酶 (Horseradish Peroxidase, HRP) 以及其底物 2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 (2, 2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS), 在 HRP 与疾病部位 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 存在的情况下, ABTS 会被氧化为绿色的自由基形式产物, 其具备强烈的 NIR 吸收且具光声信号。由于血小板具备靶向动脉粥样硬化部位的能力, 我们通过反复冻融法提取血小板膜并通过共挤推的方式将其与脂质体膜融合, 实现探针的靶向能力, 并且通过 Zeta 电位、共聚焦等表征手段证实了膜融合的结果。为了验证探针对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 响应的性质, 将探针与不同浓度的过氧化氢共孵育, 通过紫外及光声表征证明了该探针具备较高的灵敏度。除此之外, 通过与不同活性氧及活性氮物种孵育, 证实了探针对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 具备较高的特异性。



图一 过氧化氢响应的血小板仿生脂质体探针构建思路

**关键词:** 血小板仿生; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 响应; 动脉粥样硬化靶向; 光声成像

## 参考文献:

- [1] Yang H, Roberts L J, Shi M J, *et al.* *Circulation Research*. 2004,95,1075–1081.
- [2] Jiang Y, Wang M, Hardie J, *et al.* *Small*. 2016,12,3775-3779.
- [3] Deng Z Y, Qian Y F, Yu Y Q, *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* 2016;138(33): 10452–10466.

# Plasma-assisted controllable doping of nitrogen into MoS<sub>2</sub> nanosheets as efficient nanozymes with enhanced peroxidase-like catalysis activity

Luping Feng (冯路平), Hua Wang\* (王桦)

School of Chemistry and Chemical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150000

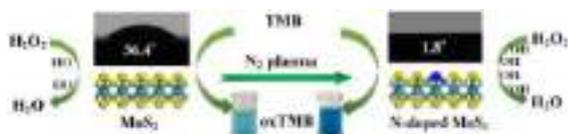
## Abstract

Heteroatom doping is one of the effective ways for improving the catalytic performances of nanozymes. The plasma-assisted controllable doping of nitrogen (N) into MoS<sub>2</sub> nanosheets has been initially proposed resulting in efficient nanozymes. Herein, the N<sub>2</sub> plasma treatment could facilitate the N elements to be doped covalently into MoS<sub>2</sub> nanosheets achieving the increased surface wettability and affinity of nanozymes for the improved access of the electrons and substrates of catalytic reactions. More importantly, the covalent doping of N elements into MoS<sub>2</sub> nanosheets with a lower Fermi level could facilitate the promoted electron transferring, resulting in the enhanced catalysis of N-doped MoS<sub>2</sub> nanozymes, in addition to the high catalytic stability in water. Such a controllable plasma treatment strategy may open a new door towards the large-scale applications for doping heteroatoms into various nanozymes with the improved catalysis performances.

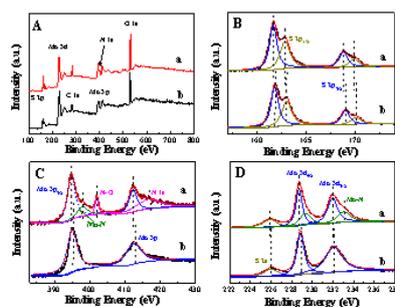
## Introduction

Molybdenum disulfide (MoS<sub>2</sub>), one of the kinds of transition-metal dichalcogenides with a two-dimensional layered structure, has been extensively applied in the multiple fields due to some unique advantages such as conductivity, intrinsic catalytic activity, easy surface modification, low toxicity, and high photothermal effect. However, some shortcomings of MoS<sub>2</sub> like poor dispersion in water especially low catalytic activities may still challenge its applications on a large scale. The surface properties like wettabilities, charges, and reactive sites may generally determine the catalytic performances of nanozymes like MoS<sub>2</sub>. Therefore, some efforts have been devoted to the doping of various heteroatoms like P, S, and N into nanozymes to enhance their catalytic activities. The plasma treatment technology has emerged as a simple, rapid, and highly efficient tool for the green preparation and surface modification of nanomaterials, with the merits of low energy-consumption and chemical waste-free yield. As an environmentally friendly technology, it is extremely suitable for the large-scale surface treatments or modifications of solid materials, especially two-dimensional ones, without the need of any solvent.

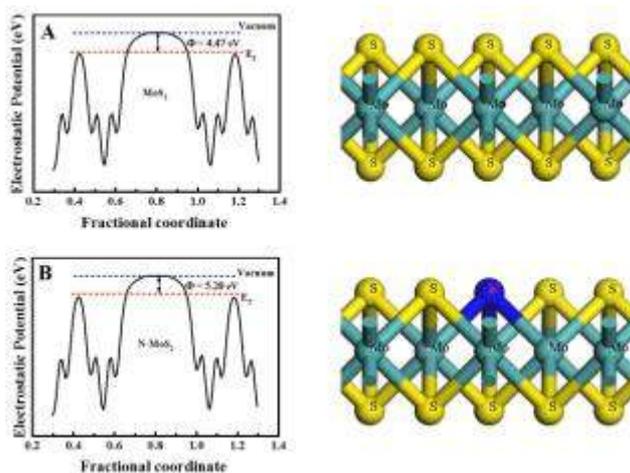
## Results and Discussion



**Scheme 1.** Schematic illustration of the main principle and procedure of the plasma treatment for MoS<sub>2</sub> nanosheets with enhanced peroxidase-like catalysis for chromogenic TMB-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reactions in comparison with MoS<sub>2</sub>



**Fig. 1** The XPS spectra of (a) N-doped MoS<sub>2</sub> and (b) MoS<sub>2</sub> nanosheets showing the (A) the survey, (B) S 2p, (C) N 1s and (D) Mo 3d core levels.



**Fig. 2.** DFT analysis results of optimized crystal structure, Fermi levels, and work functions of (A) MoS<sub>2</sub> (001) and (B) N-doped MoS<sub>2</sub> nanosheets (001) calculated.

## Conclusion

In summary, a controllable N<sub>2</sub> plasma treatment strategy has been applied initially for doping heteroatom N into MoS<sub>2</sub> nanosheets to yield the N-doped MoS<sub>2</sub> as efficient nanozymes. This simple, rapid, efficient, and controllable plasma treatment strategy can be carried out in a large-scaled way at room temperature, circumventing some limitations of the traditional modification or heteroatoms doping routes under harsh conditions.

# A highly sensitive and visible-light-driven photoelectrochemical sensor for chlorpyrifos detection using hollow $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ heterostructures

Lixiang Zhang (张立享), Hua Wang\* (王桦)

School of Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150000

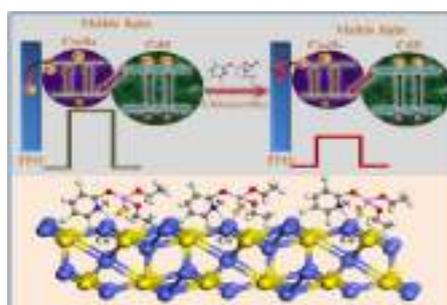
## Abstract

A highly sensitive and visible-light-driven photoelectrochemical (PEC) sensor has been constructed for the quantitative assay of chlorpyrifos (Chlo) using hollow  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$  heterostructures. It was discovered that the so-obtained  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$  with direct Z-scheme heterojunctions could exhibit larger photocurrents than the  $\text{Co}_9\text{S}_8$  or  $\text{CdS}$  because of the greatly enhanced separation efficiency of photo-generated carriers. What's more, the photocurrent signal of  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ -based PEC sensor could be selectively inhibited with the addition of Chlo through the specific chelation between the N and S atoms of Chlo with C=N and P=S groups and Co sites of  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$  to suppress the carriers transferring. The developed PEC sensor could exhibit a linear response for Chlo ranging from 0.050 to 1000 ppb, with the detection limit value down to 0.015 ppb, which was far below than those of currently reported PEC sensors. Besides, the proposed routes may provide guidelines for designing various direct Z-scheme heterojunction-based PEC analysis platforms for determining environmental pollutants like Chlo.

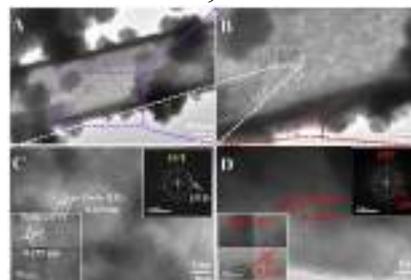
## Introduction

PEC sensing techniques have received much attention in detecting various environmental toxicants like Chlo. Unfortunately, most of the reported PEC sensors may encounter with low sensitivity due to the ready recombination of photo-induced carriers. The construction of direct Z-scheme heterojunctions has been regarded as the most efficient way for designing PEC sensors with high sensitivity, due to they possess some merits of wide light absorption edge and efficient carriers' separation.  $\text{CdS}$ , as a narrow band gap semiconductor with excellent light harvesting ability and suitable band position, has been widely utilized in metal ions detection fields. Especially, the rational coupling of  $\text{CdS}$  with some suitable semiconductors like  $\text{Co}_9\text{S}_8$  may aid to construct direct Z-scheme heterojunctions to greatly enhance the performances of PEC sensors. Moreover, the hollow tubular structure of  $\text{Co}_9\text{S}_8$  can not only shorten the bulk-to-surface distance to expedite the carriers' separation, but also afford large surface area and abundant active sites

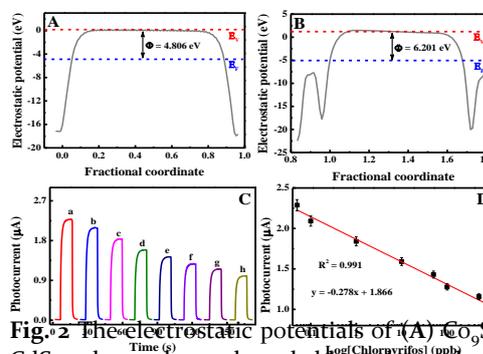
## Results and Discussion



**Scheme 1.** The illustrated response mechanism of direct Z-scheme  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ -based PEC sensor for probing Chlo and the specific interaction between Chlo and the Co sites of  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ .



**Fig. 1** TEM images of (A)  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$  with (B) the high-magnitude one with the amplified parts of (C)  $\text{Co}_9\text{S}_8$ , and (D)  $\text{CdS}$ .



**Fig. 2** The electrostatic potentials of (A)  $\text{Co}_9\text{S}_8$  and (B)  $\text{CdS}$ , where the red and blue short dashed lines separately refer to the vacuum energy level ( $E_v$ ) and Fermi energy level ( $E_F$ ). (C-D) The transient photocurrent responses of  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ -modified electrodes to Chlo of different concentrations with the corresponding linear calibration curve (a  $\rightarrow$  h: 0.050,

0.10, 1.0, 10, 50, 100, 500, and 1000 ppb).

## Conclusion

In summary, a direct Z-scheme  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$  heterojunction-based PEC sensor has been designed for sensitive and selective analysis of Chlo under visible-light irradiation, showing the low LOD value of 0.015 ppb through the specific chelation between the N and S atoms of Chlo with C=N and P=S groups and Co sites of  $\text{Co}_9\text{S}_8@\text{CdS}$ , which might block the electrons transferring process. Yet, the specific sensing mechanism and the pathway of photo-generated electron transferring should to be further explored in the future, this study may serve as a guide for designing various direct Z-scheme heterojunction-based PEC analysis platforms by using two types of semiconductors with suitable band structure for the quantitative assay of different analytes like organophosphorus pesticides.

# Dynamic Detection of Endogenous Hydroxyl Radicals at Single-Cell Level with Individual Ag–Au Nanocages

Shaojun Wu, Zixuan Chen,\* and Jun-Jie Zhu\*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China;  
E-mail: [chenzixuan@nju.edu.cn](mailto:chenzixuan@nju.edu.cn); [jjzhu@nju.edu.cn](mailto:jjzhu@nju.edu.cn).

## Abstract:

Hydroxyl radicals ( $\bullet\text{OH}$ ) are a type of short-lived radical which is the most aggressive reactive oxygen species due to its high reactivity to biomolecules. Dynamic measurement of  $\bullet\text{OH}$  level in living cells is critical for understanding cell physiology and pathology. [1,2] Herein, we prepare individual Ag–Au@PEG/RGD nanocages for in situ determination of endogenous  $\bullet\text{OH}$  at single-cell level, whose spectral shift rate correlate to the  $\bullet\text{OH}$  concentration. The high-selective response to  $\bullet\text{OH}$  relies on the specific oxidization of the conjugated PEG/RGD outside and the silver etching inside the nanocages that resulted in a significant LSPR signal and scattered color changes. The spectral red-shift rate of LSPR has a linear relationship with the logarithm of  $\bullet\text{OH}$  concentration in range of 100 pM to 1  $\mu\text{M}$ , suitable for the measurement of endogenous  $\bullet\text{OH}$  (Fig.1). Thus, the individual nanocages were successfully used to monitor the dynamic intracellular  $\bullet\text{OH}$  level of single tumor cells under oxidative stress (Fig.2). This strategy has great potential in promoting  $\bullet\text{OH}$  mediated cell homeostasis and injury research.

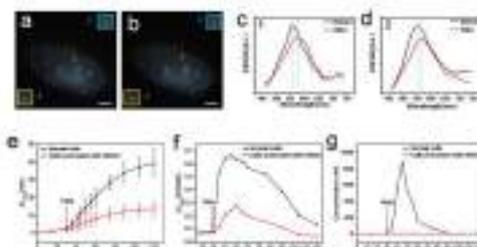


Fig.1 (a) Diagram of the Single Particle DFM Method for Intracellular  $\bullet\text{OH}$  Assay. (b-c) Time-dependent scattering spectra and mean  $\Delta\lambda_{\text{max}}$  of nanocages upon treatment with  $\bullet\text{OH}$ .

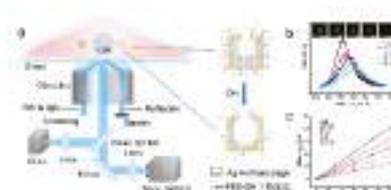


Fig.2 (a–d) DFM images of HeLa cell and scattering spectra changes of two probes before (a) and after (b) 30 min of PMA stimulation. (e–g) Time-dependent mean  $\Delta\lambda_{\text{max}}$  and red-shift rates of nanoprobes and the  $\bullet\text{OH}$  concentration in HeLa cells during the entire stimulation process.

**Keywords:** Hydroxyls; LSPR; dynamic detection; single-cell level.

## References:

- [1] Wu, S., Ma, C., Gao, Y., Su, Y., Xia, Q., Chen, Z., Zhu, J. J. *Analytical Chemistry*, 92,14(2020): 9940-9947.
- [2] Chen, Z., Li, J., Chen, X., Cao, J., Zhang, J., Min, Q., Zhu, J. J. *Journal of the American Chemical Society*, 137, 5(2015), 1903-1908.

# Capture and selective release of multiple types of circulating tumor cells using smart DNAzyme probes

Qianying Zhang, Jian-Rong Zhang\*, Jun-Jie Zhu

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

E-mail: [jrzhang@nju.edu.cn](mailto:jrzhang@nju.edu.cn)

## Abstract:

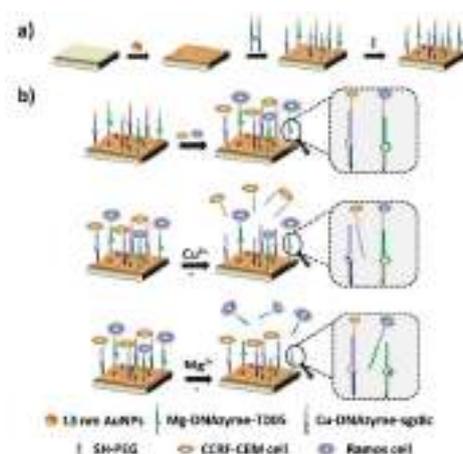
The effective capture, release and reanalysis of circulating tumor cells (CTCs) are of great significance to acquire tumor information and promote the progress of tumor therapy. [1] Particularly, the selective release of multiple types of CTCs is critical to further study; however, it is still a great challenge. To meet this challenge, we designed a smart DNAzyme probe-based platform (Fig.1). By combining multiple targeting aptamers and multiple metal ion responsive DNAzymes, efficient capture and selective release of multiple types CTCs were realized. [2] Sgc8c aptamer integrated  $\text{Cu}^{2+}$ -dependent DNAzyme and TD05 aptamer integrated  $\text{Mg}^{2+}$ -dependent DNAzyme can capture CCRF-CEM cells and Ramos cells respectively on the substrate. With the addition of  $\text{Cu}^{2+}$  or  $\text{Mg}^{2+}$ , CCRF-CEM cells or Ramos cells will be released from the substrate with specific selectivity (Fig.2). Furthermore, our platform has been successfully demonstrated in the whole blood sample (Fig.2). Therefore, our capture/release platform will benefit research on the molecular analysis of CTCs after release and has great potential for cancer diagnosis and individualized treatment.

**Keywords:** CTCs; selective release; DNAzymes

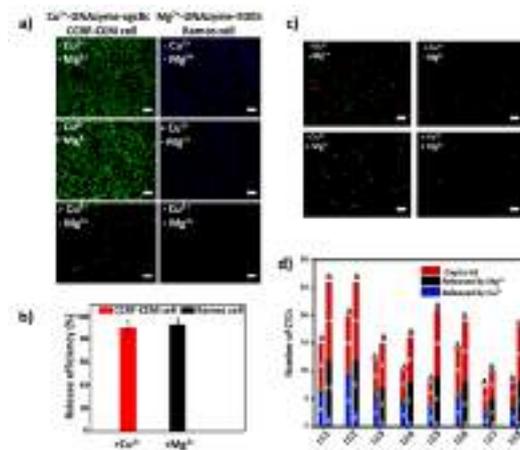
## References:

[1] Q.Y Zhang, J. R. Zhang and J. J Zhu, Chem. Sci., 11,1948-1956 (2020)

[2] W. Wang, J. R. Zhang, J. J Zhu and Y. Lu et al, Angew. Chem., Int. Ed., 56, 6798–6802 (2017)



**Fig.1** (a) Fabrication of the capture/release platform; (b) illustration of the capture of CTCs by aptamers and the



**Fig.2** (a) Fluorescence images of CTCs released from the substrate stimulated using different metal ions; scale bars: 50  $\mu\text{m}$ ; (b) release efficiencies of CTCs. (c) Fluorescence images of multiple CTCs after capture and selective release. Scale bars: 50  $\mu\text{m}$ ; (d) captured and selectively released CTC counts from 0.5 mL of lung cancer patient blood samples. A: vimentin-positive CTCs; B: CK19-positive CTCs.

# 超分子杂多价传感阵列

胡心悦<sup>1</sup>, 田嘉宏<sup>1</sup>, 郭东升\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南开大学化学学院  
dshguo@nankai.edu.cn

## 摘要:

化学传感阵列可以通过各传感单元对样品响应后产生的特征图谱对物质进行识别, 具有广谱响应和交互响应的特点, 可以获得多维信息, 在对未知样品的快速检测上具有较大优势。化学传感阵列的建立离不开对众多传感单元的构筑, 但仅依靠共价合成构筑多种传感单元需要较大的工作量。因此, 我们提出利用超分子化学的方法构筑多种传感单元, 降低合成工作量。两亲类大环主体作为超分子化学的重要研究对象, 其组装体表面诸多的大环空腔可以形成多价识别, 增强的识别的灵敏性和特异性, 而通过自组装将不同的两亲大环组装体结合形成的杂多价组装体, 表面具有了不同且多重的识别位点, 更有利于对复杂体系的识别, 是构筑超分子传感阵列的理想材料。我们利用两亲环糊精与两亲杯芳烃形成的杂多价组装体与染料相结合, 构筑杂多价超分子阵列, 成功实现了对蛋白、蜂蜜、细胞等生物大分子或复杂体系的区分。

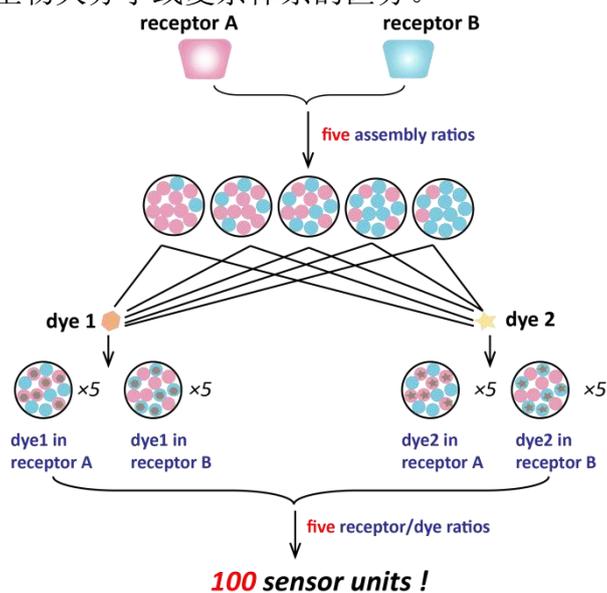


图. 杂多价组装体构筑传感阵列示意图。

**关键词:** 传感阵列 超分子 杂多价 杯芳烃 环糊精

## 参考文献:

- [1]. Y. Geng, W. J. Peveler, V. M. Rotello, **Angew. Chem. Int. Ed.** 58(2019) 5190–5200.
- [2]. Z. Xu, S. Jia, W. Wang, Z. Yuan, B. Jan Ravoo, D.-S. Guo, **Nat. Chem.**, 11(2019) 86–93

## 超分子传感阵列判别蜂蜜

田嘉宏, 胡心悦, 郭东升\*

南开大学化学学院, 天津, 300071

dshguo@nankai.edu.cn

## 摘要:

蜂蜜是一种复杂的分析物, 由葡萄糖和果糖以及水、有机酸、着色剂等物质组成。测定蜂蜜成分和质量的典型实验室分析方法包括高效液相色谱法、电导法和沉积物分析法, 但具有操作复杂、高成本、耗时长限制, 迫切需要开发一种灵敏、快速、便捷的新型鉴别蜂蜜方法。科学家开发了一种模拟哺乳动物鼻子和舌头的差分传感(也称为阵列传感)方法, 通过分析物对整个受体阵列的复合响应实现识别, 由于增强的交叉反应性, 该方法允许对结构或成分未知的分析物和复杂混合物进行鉴别。基于超分子化学和阵列传感理念, 我们将两亲环糊精与两亲磺化杯芳烃形成的组装体与荧光染料光泽精相结合形成一系列主客体传感对作为阵列传感单元, 大环两亲共组装体表面拥有多样多样的识别位点, 协同键合展现出杂多价识别特性。借助指示剂置换分析策略和线性判别分析方法, 将蜂蜜加入阵列后产生的独特荧光信号转换为可视化的分类图。超分子传感阵列既能识别出蜂蜜品牌、蜜源植物的差异, 又能区分出掺杂假蜂蜜、廉价蜂蜜的混合物。结果表明, 超分子杂多价传感阵列具有传感单元识别位点多样和排列组合丰富等优势, 为实际复杂体系的鉴别与质量监控提供新的方法与思路。

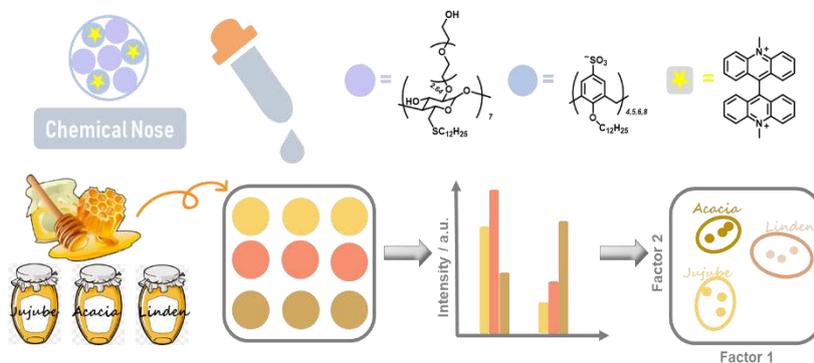


图 超分子传感阵列判别蜂蜜示意图。

**关键词:** 传感阵列 杂多价 杯芳烃 环糊精 判别

## 参考文献:

- [1] N. M. Bojanowski, F. Hainer, M. Bender et al., *Chem. Eur. J.*, 24(2018), 4255-4258.
- [2] Z. Xu, S. Jia, W. Wang et al., *Nat. Chem.*, 11(2019), 86-93.
- [3] L. You, D. Zha, E. V. Anslyn, *Chem. Rev.*, 115(2015), 7840-7892.
- [4] Y.-C. Pan, X.-Y. Hu, D.-S. Guo, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 60(2021), 2768-2794.

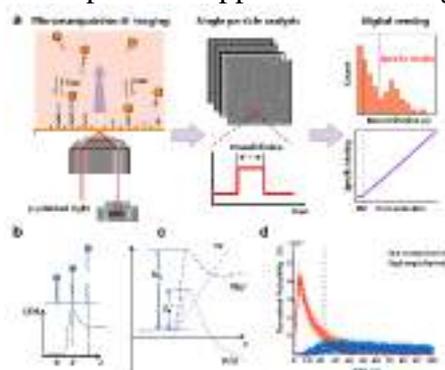
# Dynamic single-molecule assay via nanoparticle micromanipulation for rapid and ultrasensitive detection of biomarkers

曾强<sup>1</sup>, 余辉\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 上海交通大学生物医学工程学院, <sup>2</sup> 上海交通大学医学机器人研究所  
hui.yu@sjtu.edu.cn

## 摘要:

The ability to measure many single molecules simultaneously in larger and complex samples is critical to the translation of single-molecule sensors for practical applications in biomarker detection. The challenges lie in the limits imposed by mass transportation and thermodynamics in the single-molecule assay, resulting in long assay time and/or insufficient sensitivity<sup>1</sup>. Here, we report an approach called Sensing Single Molecule under MicroManipulation (SSM<sup>3</sup>) to circumvent the above limits. In SSM<sup>3</sup>, the transportation rate of analyte molecules and the kinetics of molecule interaction are fine-tuned by the nanoparticle micromanipulation to increase the frequency of molecular binding and dissociation in sandwich assays. The dynamic process of molecule binding is recorded by the surface plasmon resonance microscopy<sup>2</sup>, and the heterogeneous lifetime of molecular complex is quantified to discriminate specific binding from nonspecific background noise. By the highly-specific digital counting of single analyte molecules, we demonstrate 15-minute assays for direct detection of microRNAs and amyloid- $\beta$  proteins via electrical or magnetic micromanipulation, with the limit of detection at the subfemtomolar level. The integration of nanoparticle micromanipulation and dynamic single-molecule sensing offers a general approach to beat the limitations from mass transportation and thermodynamics, and we anticipate that it could inspire more practical applications of single molecule sensors.



The principle of SSM<sup>3</sup>. (a) The schematics of SSM<sup>3</sup> system; (b) the one-dimensional model system; (c) the free energy level; (d) the distribution of bound lifetime under different energy barriers by Monte-Carlo simulation.

**关键词:** Single molecular sensing; Biosensors; Nanoparticle; MicroRNA; Amyloid- $\beta$ ;  
**参考文献:**

[1] Gooding, J.J. & Gaus, K. *Angewandte Chemie International Edition* 55, 11354-11366 (2016).

[2] Yang, Y., Zhai, C., Zeng, Q., Khan, A.L. & Yu, H. *ACS Nano* 13, 13595-13601 (2019).

# 基于银纳米颗粒及其丁达尔效应的人体尿液中肌酐含量的高灵敏比色检测新策略

孙焱, 袁凯静, 潘凤兰, 滑菲, 万静, 闫永康, 聂瑾芳\*, 张云\*

桂林理工大学化学与生物工程学院, 桂林, 541006

\*Email: Niejinfang@glut.edu.cn; zy@glut.edu.cn

## 摘要:

肌酐(Cre)是人体中重要的代谢产物之一,也是临床早期评估肾功能和肌肉损伤的重要指标,因此对其进行即时定量检测意义重大。然而传统的 Cre 检测技术(如 Jaffe 比色法、电化学传感、荧光分析、吸收光谱等)虽然可以提供较好的检测灵敏度和选择性,但通常必须依赖大型精密贵重仪器(如电化学工作站、荧光仪、紫外-可见分光光度计等)进行定量分析,导致在资源匮乏环境中无法得到广泛应用。因此,建立准确、即时、便捷的 Cre 现场检测技术迫在眉睫。本文首次利用银纳米颗粒(AgNPs)及其丁达尔效应(Tyndall Effect, TE),开展人体尿液中 Cre 的灵敏、特异、可视化定量检测新方法研究。由于 Cre 在碱性条件下会形成氨基互变异构体(碳阴离子和氧阴离子两种),可通过氢键与带负电荷的柠檬酸盐帽交联在 AgNPs 上,从而诱导 AgNPs 团聚,使其 TE 信号显著增强。样品中 Cre 浓度与 TE 增强程度呈正相关。实验结果表明,新方法检测 Cre 的线性浓度范围为 2.5 - 3.0  $\mu\text{M}$ ,检测下限估算为 55 nM。此外,人体尿液样品中 Cre 的回收率结果亦令人满意。

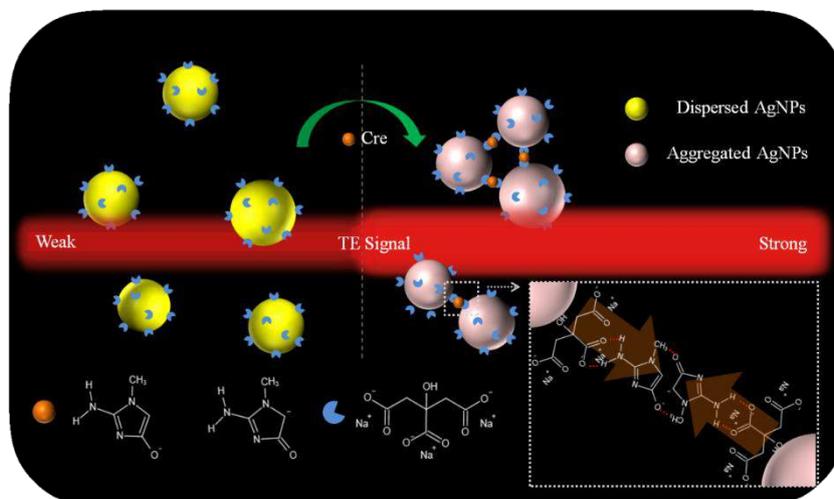


Fig. 1. Schematic diagram of the working principle of the new method for the Cre detection based on the Tyndall effect (TE) of AgNPs.

**关键词:** 比色纳米传感、丁达尔效应、AgNPs、肌酐

**参考文献:**

- [1] Xiao, W. C.; Deng, Z. H.; Huang, J. K.; Huang, Z. H.; Zhuang, M. M.; Yuan, Y. L.; Nie, J. F.; Zhang, Y. *Anal. Chem.*, **2019**, *91*(23): 15114-15122.
- [2] Deng, Z.; Jin, W.; Yin, Q.; Huang, J.; Huang, Z.; Fu, H.; Yuan, Y.; Zou, J.; Nie, J.; Zhang, Y., *Chem Commun.*, **2021**, *57* (21): 2613-2616.

# 基于双功能 MIL-53(Fe)纳米酶的胆固醇

## 无标记荧光检测新方法

高谦, 陈学江, 邓亚楠, 桑雪晴, 袁亚利, 邹建梅\*, 张云\*

桂林理工大学化学与生物工程学院, 桂林, 541006

Email: 2019136@glut.edu.cn; zy@glut.edu.cn

### 摘要:

胆固醇 (Cho) 作为细胞膜的主要组成成分, 在维持细胞膜的渗透性和流动性、神经细胞及大脑的正常运转中扮演着重要角色。人体中 Cho 的异常表达与许多疾病的发生密切相关。因此, Cho 的检测在生物医学领域具有重要意义。本工作基于 MIL-53(Fe) 纳米酶的类过氧化物酶催化活性及其配体(对苯二甲酸, TA)可被羟基自由基(OH) 氧化并产生荧光的特性, 联合胆固醇氧化酶(ChOx)构建酶级联反应系统, 建立了一种操作简便、稳定性好、灵敏度高且无需标记的 Cho 荧光检测新方法。当样品中存在 Cho 时, ChOx 催化 Cho 生成  $H_2O_2$ ; 后者被 MIL-53(Fe)催化产生OH, 而 TA 可被OH 进一步氧化生成荧光物质邻羟基对苯二甲酸; 其荧光信号强度与 Cho 浓度成正比。反之, 反应体系荧光信号极弱。实验结果表明, 在最佳条件下, 该方法检测 Cho 所得线性浓度范围为 50 nM – 40  $\mu$ M, 检测下限估算约为 37.66 nM (3 $\sigma$  规则)。

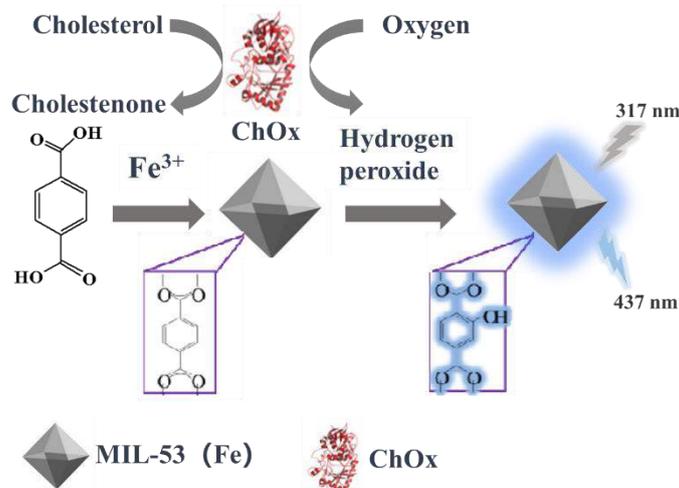


图 1 基于双功能 MIL-53(Fe)纳米酶的胆固醇免标记荧光检测原理图。

关键词: 无标记荧光分析; 纳米酶; 胆固醇

参考文献:

[1] Lin, T. R.; Qin, Y. M.; Huang, Y. L.; Yang, R. T.; Hou, L.; Ye, F. G.; Zhao, S. L. *Chemical Communications*, 54.14 (2018): 1762-1765.

# 基于丁达尔效应的蛋白质纳米传感新方法

莫小梅, 张明霞, 刘畅, 木其尔, 聂瑾芳\*, 张云\*

化学与生物工程学院, 桂林理工大学, 桂林, 541004

\*Email: zy@glut.edu.cn; niejinfang@glut.edu.cn

## 摘要:

本研究利用胶体溶液最基本的光学性质之一——丁达尔效应, 首次提出了一种具有高灵敏度和高选择性的蛋白质比色纳米传感新方法。如图 1 所示, 该方法以纳米金颗粒 (GNPs) 为胶体模型体系, 巯基生物素为识别分子, 链霉亲和素为蛋白质模型目标物。只需通过简单的混合孵育, 巯基生物素便可以因金-硫键相互作用自组装到 GNP 表面, 形成生物素化的 GNP 探针。由于链霉亲和素含有四个相同的生物素特异性结合位点, 一旦含有目标物的样品溶液加入到生物化 GNP 溶液中, 该纳米探针即因链霉亲和素-生物素相互作用而团聚, 从而使得反应体系丁达尔效应显著增强。丁达尔效应的增强程度与样品中蛋白质目标物浓度呈正相关。实验结果显示, 本方法具有操作简便、分析快速、成本低且仅需激光笔和智能手机即可实现目标物的定性和定量检测等突出优势。检测链霉亲和素的线性浓度范围为 5.9 - 1500 nM。特别是检出下限估算低至 1.44 nM, 与基于表面等离子共振的传统比色方法相比, 灵敏度提高了 11 倍, 而 GNP 探针的消耗量减少了 3 倍。为了进一步验证该方法的准确性和实用性, 将之用于人血清样品分析, 所得回收率范围为 98.75 - 100.77%。

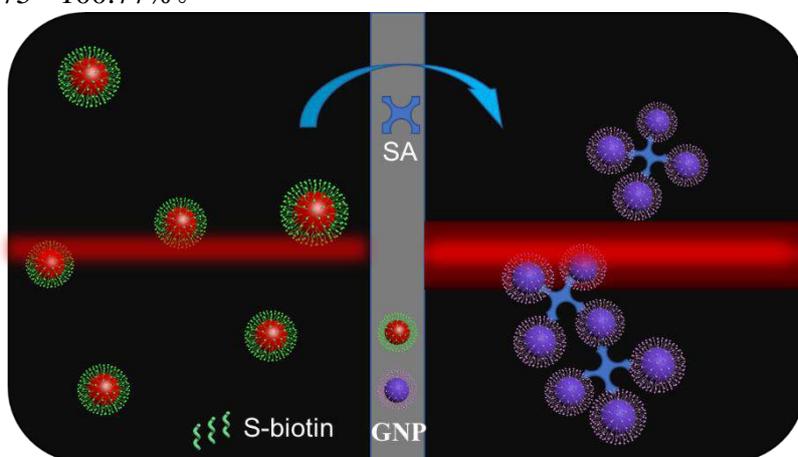


图 1 基于巯基生物素修饰纳米金颗粒 (GNP) 及其丁达尔效应的链霉亲和素 (SA) 检测原理图

**关键词:** 纳米传感, 纳米金颗粒, 生物素, 链霉亲和素, 丁达尔效应

## 参考文献:

- [1] Xiao, W. C.; Deng, Z. H.; Huang, J. K.; Huang, Z. H.; Zhuang, M. M.; Yuan, Y. L.; Nie, J. F.; Zhang, Y. *Anal. Chem.*, 2019, 91(23): 15114-22.
- [2] Wang, H. L.; Zhang, Y.; Li, R. X.; Nie, J. F.; El-Sagheer, A. H.; Brown, T.; Liu, Z. Y.; Xiao, W. C. *Chem. Commun.*, 2017, 53(60): 8407-10.

# 基于微孔阵列的单颗粒光催化研究

高佳<sup>1</sup>, 苏华\*<sup>1</sup>, 王伟\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 生命科学分析化学国家重点实验室, 南京大学化学化工学院, 南京, 210023

\*Email: suhua@nju.edu.cn

\*Email: wei.wang@nju.edu.cn

## 摘要:

纳米催化剂在形态、尺寸和活性位点上的异质性使得不同催化剂个体之间具有显著地的活性差异。传统的测量技术侧重于大量个体的整体平均结果, 忽略了个体间的内在异质性。因此, 迫切需要开发新的测量方法来准确揭示单个纳米颗粒水平的时空异质性。近年来, 各种光学成像技术, 尤其是单分子荧光显微技术, 在测量单个催化剂的固有活性和揭示传统平均实验中隐藏的潜在机理方面取得了重大突破。然而, 对于单颗粒催化而言, 反应物浓度的增加(例如反应物浓度为 $> 100\mu\text{M}$ )可能会导致反应物和产物在不同个体之间的显著扩散, 妨碍了对单个催化剂固有活性的测量。在这项工作中, 我们利用 PDMS 微孔阵列实现了在高反应物浓度条件下对单个 CdS 纳米颗粒的光催化动力学的实时测量。通过将 CdS 纳米颗粒密封在相互独立的微米大小的 PDMS 微孔中, 消除了催化过程中反应物和产物在个体之间的扩散, 得到了单个 CdS 纳米催化剂的平均转化频率为  $2.1 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ 。对单个 CdS 光催化动力学过程的分析揭示了两种不同的催化行为: 活性快速下降和先上升后下降。该方法具有简单、高通量和能够在高转化频率条件下抑制反应物和产物在个体间的扩散的优点, 为研究单个纳米颗粒在实际工作条件下的催化活性开辟新的途径。

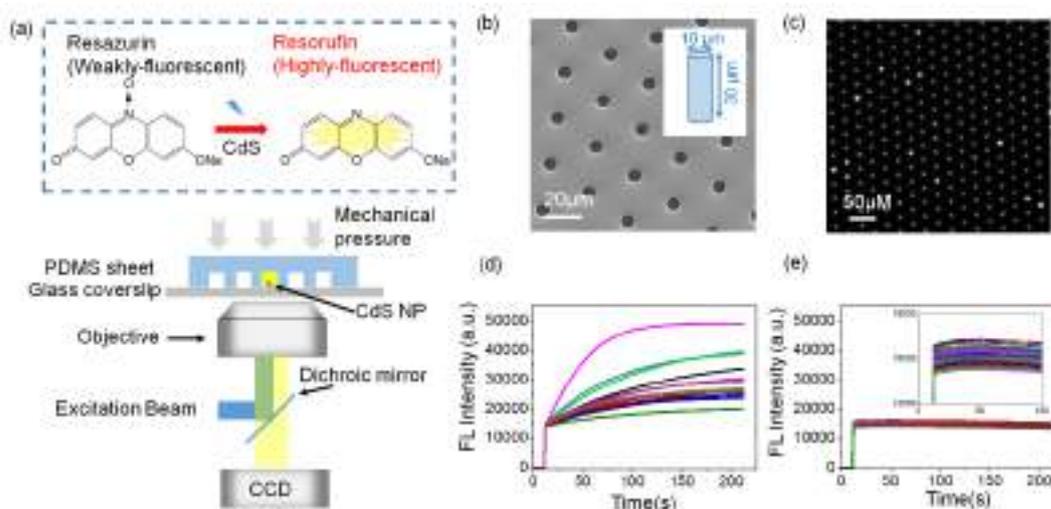


FIG. 1. (a) Schematic illustration of the photocatalytic conversion of lowly-fluorescent resazurin to highly-fluorescent resorufin by CdS NPs in the PDMS microwells. A blue light (450-490 nm, 0.8 mW) is introduced to simultaneously initiate the CdS NP photocatalysis and excite the FL of resorufin. A constant mechanical pressure is continuously applied over the PDMS sheet to prohibit the diffusion between the adjacent microwells. (b) SEM image of an array of micrometer-sized PDMS microwells. The inset figure shows a schematic diagram of an individual microwell with a diameter of 10  $\mu\text{m}$  and a

depth of 30  $\mu\text{m}$ . (c) A representative FL image of microwell array after a 100-s light illumination. The higher FL intensity can be observed in the active microwells wherein photocatalytic reaction occurs. (d) Dynamics of FL intensity ( $\lambda > 520 \text{ nm}$ ) in active wells

during the beginning period of photocatalytic reaction. (e) Trajectories of FL intensity ( $\lambda > 520$  nm) in the inactive wells located at the same chip with that in (d). A zoom-in curve for the first 100 s is shown in the inset.

关键词：单颗粒光催化；PDMS 微孔阵列；荧光成像；动力学

参考文献：

[1]Gao, J.; Su, H.\*; Wang, W.\*. *J. Chem. Phys.* **155**(2021), 071101.

[2]Fang, Y. M.; Li, Z. M.; Jiang, Y. Y.; Wang, W.\*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **114**(2017), 10566-10571.

# 内滤介导生物发光探针及氧化还原循环监测

朱星星<sup>1</sup>, 杨盛\*<sup>1,2</sup>, 张振群<sup>1</sup>, 杨荣华\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 长沙理工大学化学与食品工程学院, 细胞化学湖南省重点实验室, 湖南长沙, 410114

<sup>2</sup> 湖南师范大学化学化工学院, 化学生物学及中药分析教育部重点实验室, 湖南长沙, 410081

\*E-mail: yangsheng@hunnu.edu.cn; yangrh@pku.edu.cn

## 摘要:

生物发光是一种生物体内化学物质在酶作用下产生可见光的现象。由于非侵入性、无自发荧光、灵敏度高等优点, 生物发光成像技术在活体成像应用中展现巨大优势<sup>[1]</sup>。目前传统的生物发光探针设计策略都是在荧光素底物上修饰分子识别单元, 从而调控底物-酶特异性反应产生生物发光信号<sup>[2]</sup>。这种共价型生物发光探针具有不可逆性, 无法应用于目标生物分子实时动态监测。

内滤效应(Inner filter effect, IFE)是一种使发光物质淬灭的普遍现象<sup>[3]</sup>。我们利用内滤效应调节生物发光, 构建一种底物免修饰的可逆型氧化还原生物发光探针: 设计了一个氧化还原可逆响应型吸光体, 其吸收光谱与 D-荧光素发射光谱重叠, 从而内滤淬灭酶促反应产生的生物发光信号。还原性物质  $\text{SO}_2$  能够与吸光体发生亲核反应破坏其共轭体系, 从而消除内滤效应, 使生物发光恢复。进一步加入氧化性物质  $\text{H}_2\text{O}_2$  又可恢复吸光体共轭结构, 导致内滤效应重现继续淬灭生物发光。由于其可逆特征, 探针被应用于活体内氧化还原状态循环监测。

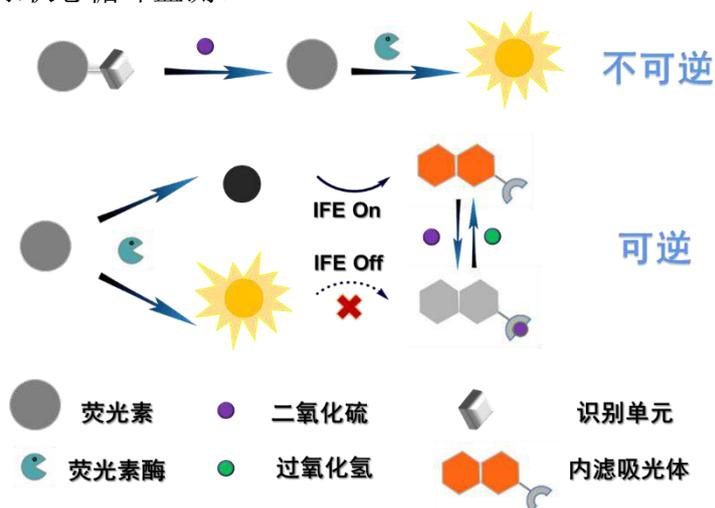


Fig. 1 Scheme of IFE-mediated reversible bioluminescence sensor for redox monitor

关键词: 生物发光; 内滤效应; 氧化还原; 可逆探针

参考文献:

[1] Zhou, Y.B.; Yang, S.; Yang, R.H. *Anal. Chem.* **2021**, *93*(8):3726.

[2] Li, J.; Chen, L.Z.; Li, M. Y. *Chem. Soc. Rev.* **2013**, *42*(2):662.

[3] Chen, D.X.; Zhao, J.J.; Zhang, L.L. *Anal. Chem.* **2018**, *90*(21):1021.

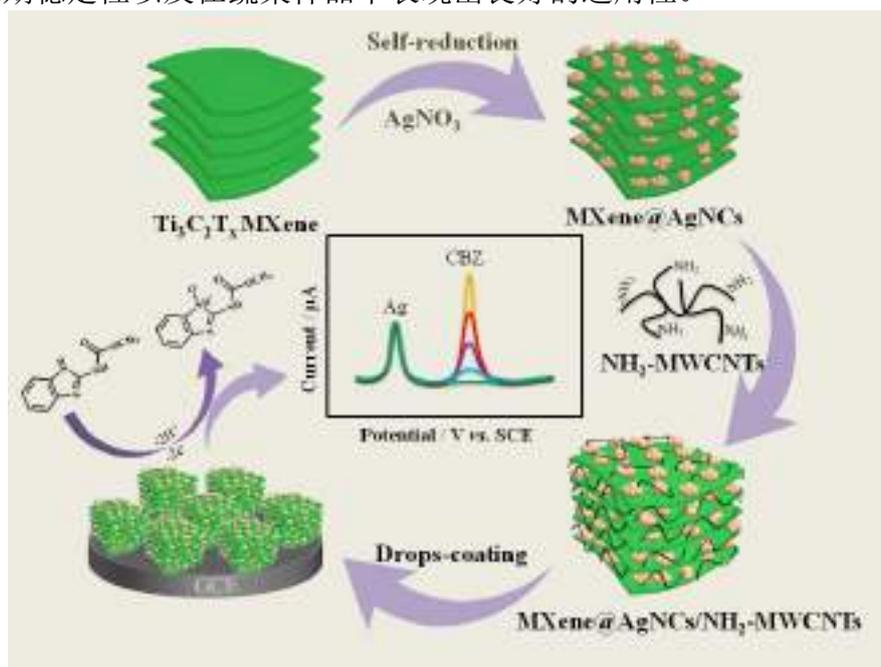
# MXene@Ag 基比率型电化学传感策略用于高效检测蔬菜样品中的多菌灵

钟蔚, 卢丽敏\*

教育部作物生理、生态与遗传育种重点实验室, 江西农业大学理学院南昌植物资源化学利用重点实验室, 南昌, 330045  
Email: lulimin816@hotmail.com

## 摘要:

本文采用 MXene@Ag 纳米团簇与氨基化多壁碳纳米管复合 (MXene@AgNCs/NH<sub>2</sub>-MWCNTs), 构建了一种新型的多菌灵(CBZ)比率型电化学传感器。在 MXene 中嵌入的 Ag 纳米团簇(AgNCs)不仅可以抑制 MXene 薄片的聚集, 增强电催化能力, 而且可以作为比率型电化学传感器的内参比探针。NH<sub>2</sub>-MWCNTs 的引入进一步改善了 CBZ 和 Ag 的电化学信号, 灵敏度提高。基于 MXene@AgNCs/NH<sub>2</sub>-MWCNTs 复合材料的这些特性, 在 0.3 nM ~ 10.0 μM 范围内, I<sub>CBZ</sub>/I<sub>AgNCs</sub> 与 CBZ 浓度呈良好的线性关系, 检测限为 0.1 nM。此外, 该比率型电化学传感平台具有较高的选择性、良好的重现性、长期稳定性以及在蔬菜样品中表现出良好的适用性。



**关键词:** MXene; Ag 纳米簇; 协同效应; 比率型电化学传感器; 多菌灵

## 参考文献:

- [1] Zou, G. D., Zhang, Z. W., Guo, J. X., Liu, B. Z., Zhang, Q. R., Fernandez, C., & Peng, Q. M, ACS applied materials & interfaces 8 (2016) 22280-22286.
- [2] Wang, X. X., Liu, G. M, Qi, Y. X., Yuan, Y., Gao, J., Luo, X. L., & Yang, T, Analytical chemistry 91 (2019) 12006-12013.

# 合成 C18 修饰孔道的介孔二氧化硅包裹磁性石墨烯复合材料用于氯丙嗪的选择性富集和检测

杨兴东, 练鸿振\*

生命分析化学国家重点实验室, 南京大学化学化工学院, 南京大学现代分析中心, 南京市仙林大道 163 号, 210023  
Email: hzlian@nju.edu.cn

## 摘要:

氯丙嗪是吩噻嗪衍生物家族中的抗精神病药物, 为中枢多巴胺受体的阻断剂, 具有安眠、镇静、催眠的功效, 已被广泛用于治疗各种精神疾病。在兽医上, 氯丙嗪主要作为镇静剂, 但是也能间接起到催肥的作用, 为缩短动物生长周期, 一些不法分子受利益所趋, 在饲养中滥用氯丙嗪类药物, 而残留的药物进入人体经过长期积蓄会危害健康。我国农业部已经禁止在饲料中使用氯丙嗪, 在动物源食品中不得检出, 因此快速、灵敏和精确地检测动物源食品中氯丙嗪极其重要。荧光、化学发光和电化学等技术快速检测氯丙嗪残留的方法相继被开发, 然而由于动物源食品基质复杂, 亟需发展样品前处理方法以保证检测的可靠性。

本工作提出了一种用于氯丙嗪测定的预富集结合电化学检测的新模式, 合成了含有 C18 修饰孔道的介孔二氧化硅包裹有磁性石墨烯的复合材料用于样品中氯丙嗪与样品基质的分离, 主要利用氯丙嗪与疏水孔道的疏水作用以及与石墨烯的  $\pi-\pi$  堆积作用。吸附在该复合材料上的氯丙嗪在经磁性玻碳电极富集的之后进行电化学测试。磁性玻碳电极上修饰有氧化锌纳米颗粒, 氧化锌是一种 n 型半导体, 其具有较大的能带隙, 由于其具有化学稳定性强、灵敏度高、电子响应快和价格低廉等特点使得其在能源和传感等领域被广泛应用。最终, 我们设计开发的这种基于磁性复合材料预富集结合基于磁性电极的电化学检测氯丙嗪的方法, 与未经分离富集的直接测定法相比, 具有更稳定的信号输出和更低的检测限, 检测限可达到纳摩尔级别, 有望实现对复杂的动物源食品中氯丙嗪残留的快速、灵敏和精确检测。

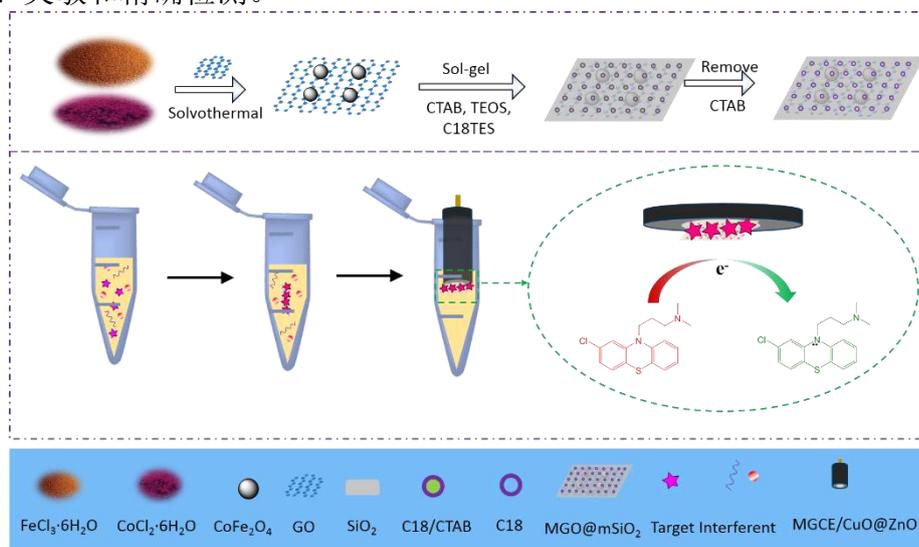


图 1. 磁性复合材料的合成流程以及预富集结合电化学检测氯丙嗪的流程示意图

**关键词:** 氯丙嗪、磁性石墨烯、磁固相萃取、介孔二氧化硅、电化学传感

**资助项目:** 国家重点研发计划(2019YFC1605400)、国家自然科学基金(21874065)

**参考文献:**

[1] D. Huang, X. Wang, C. Deng, G. Song, H. Cheng, X. Zhang, Facile preparation of raisin-bread sandwich-structured magnetic graphene/mesoporous silica composites with C18-modified pore-walls for efficient enrichment of phthalates in environmental water, *J. Chromatogr. A* 1325 (2014) 65–71.

[2] B. Muthukutty, J. Ganesamurthi, S. Chen, B. Arumugam, F. Chang, S.M. Wabaidur, Z.A. ALothman, T. Altalhi, M.A. Ali, Construction of novel binary metal oxides: Copper oxide–tin oxide nanoparticles regulated for selective and nanomolar level electrochemical detection of anti-psychotic drug, *Electrochimica Acta* 386 (2021) 138482.

# ZnO@rGO 负载姜黄素对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制机制研究

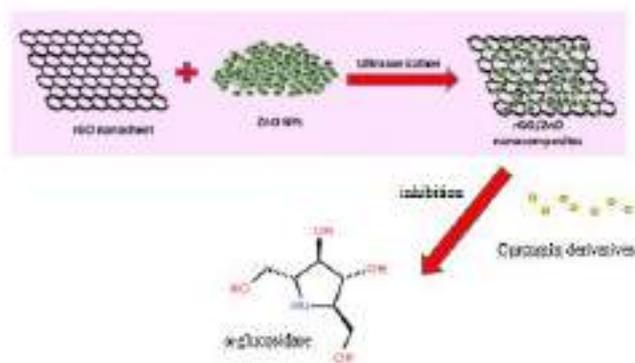
刘玲红<sup>1</sup>, 余思敏<sup>1</sup>, 张秋兰<sup>1\*</sup>

南昌大学化学学院, 南昌, 330031

Email: qlzhang@ncu.edu.cn (Qiulan Zhang)

## 摘要:

$\alpha$ -葡萄糖苷酶是糖尿病的治疗靶点, 而 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制剂在糖尿病的治疗中起着至关重要的作用。黄酮类多酚化合物作为一种潜在的安全的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制剂受到了广泛的关注, 但姜黄素等黄酮类药物普遍存在靶标性不强, 弱的血脑屏障通过能力和生物利用度低等缺点, 目前还没有找到安全、毒副作用小, “多靶点”的高效药物来抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶。临床上通过引入羧基、乙酰化、氢化等结构修饰增加姜黄素水溶性, 但这种做法降低了药物的活性和药效。纳米药物载体由于高效负载、靶向给药和药物释放可控等优点, 已经成为纳米技术和生物医药的一个热点研究, 在医学领域具有很好的应用前景。现有文献报道银纳米粒子和氧化锌纳米粒子对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制有一定的作用。本体系采用水热法合成纳米材料, FT-IR、XRD、SEM 和 TEM 等表征手段证实 ZnO@rGO 纳米材料合成, 通过 ZnO@rGO 负载姜黄素衍生物, 利用多光谱方法研究 ZnO@rGO 负载姜黄素衍生物对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制效果及其机理。这对寻找糖尿病治疗策略具有积极意义。



ZnO@rGO 负载姜黄素衍生物对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制示意图

**关键词:** ZnO@rGO; 姜黄素衍生物;  $\alpha$ -葡萄糖苷酶; 抑制

## 参考文献:

- [1] Mehrabi Maryam, Esmaili Sajjad, Ezati Mohammad, Abassi Maryam, Rasouli Hassan, Nazari Donya, Adibi Hadi, Khodarahmi Reza. Antioxidant and glycohydrolase inhibitory behavior of curcumin-based compounds: Synthesis and evaluation of anti-diabetic properties in vitro[J]. *Bioorganic Chemistry*, 110(2021):104720-104733
- [2] Prasad AR, Basheer SM, Williams L, Joseph A, Highly selective inhibition of  $\alpha$ -glucosidase by green synthesised ZnO nanoparticles - In-vitro screening and in-silico docking studies, *International Journal of Biological Macromolecules*, 139 (2019) 712-718.
- [3] Jini D, Sharmila S, Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* and its in vitro antidiabetic activity, *Materials Today: Proceedings*, 22 (2020) 432-438.

# 可抛式适配体传感芯片设计及其多种典型霉菌毒素同时检测研究

崔海宁, 贾素莉, 钱静\*, 王坤\*

江苏大学, 化学化工学院, 镇江, 212013

\*Email: qianj@ujs.edu.cn; wangkun@ujs.edu.cn

## 摘要:

霉菌毒素之间具有协同作用, 对人和动物均有很大影响。黄曲霉毒素B1 (AFB1) 和赭曲霉毒素A (OTA) 通常在霉变的小麦和玉米中共存, 伏马毒素 (FB1) 和玉米赤霉烯酮 (ZEN) 是谷物中最常见的共存组合, 即使相对较低的摄入量也会对人体造成严重的危害。此外, AFB1和FB1之间的协同作用也被证明可以增强动物肝脏的瘤前病变<sup>[1,2]</sup>。因此, 单一霉菌毒素的检测并不能准确地反映作物污染状况, 发展多种霉菌毒素的同时检测是必要和关键的。在本工作中, 我们制备了一种基于激光刻蚀的多通道氧化铟锡 (ITO) 电极, 通过电沉积使四个工作区域均匀覆盖金纳米粒子 (AuNPs) 得到ITO-AuNPs, 然后通过Au-S键使四种不同的适配体 (Apt) 修饰在四个区域 (ITO-AuNPs-Apt), 多余的活性位点用6-巯基己-1-醇 (MCH) 封闭以避免干扰。构建的多通道传感芯片用来同时检测FB1、AFB1、OTA和ZEN, 线性区间分别为5-1000、10-250、10-1250、10-1500 ng/mL, 对应的检出限 (LOD) 分别为1.67、3.33、3.33、3.33 ng/mL (S/N=3) (图1)。所开发的多通道适配体传感芯片具有制作简单、成本低廉、试剂消耗少等特点, 为设计多通道电化学传感器提供了一种通用可行的策略。

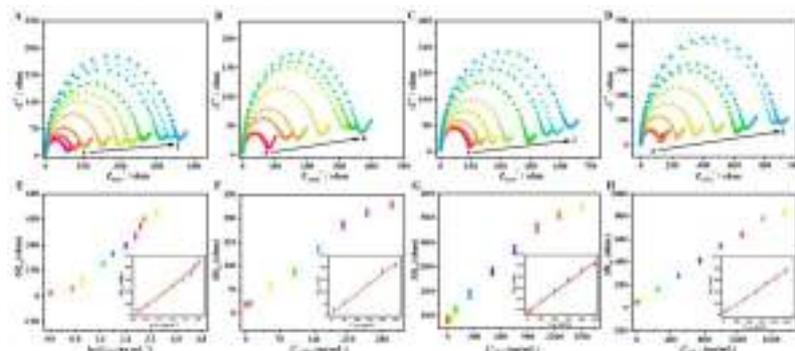


Fig. 1 EIS diagram of the sensor for different concentrations of (A) FB1, from a to j: 1, 5, 10, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 2000 ng/mL, (B) AFB1, from a to h: 1, 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300 ng/mL, (C) ZEN, from a to j: 1, 10, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500 ng/mL, (D) OTA, from a to j: 1, 10, 50, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 ng/mL. Relationship between (E) IgCFB1, (F) cAFB1, (G) cZEN, (H) cOTA and  $\Delta$  Ret. Inset: Calibration curve for corresponding mycotoxin determination

**关键词:** 适配体传感芯片; 核酸适配体; 霉菌毒素; 同时检测

## 参考文献:

- [1] J. Wei, Q.Q. Hu, Y. Gao, N. Hao, J. Qian, K. Wang. *Anal. Chem.*, 93 (2021), 6214-6222.
- [2] Z. Han, Z.M. Tang, K.Q. Jiang, Q.W. Huang, J.J. Meng, D.X. Nie, Z.H. Zhao, *Biosens. Bioelectron.*, 150 (2020), 111894.

# 磁性纳米载体原位生长 MoS<sub>2</sub> 纳米片构建的荧光生物传感器：可消除背景波动的影响

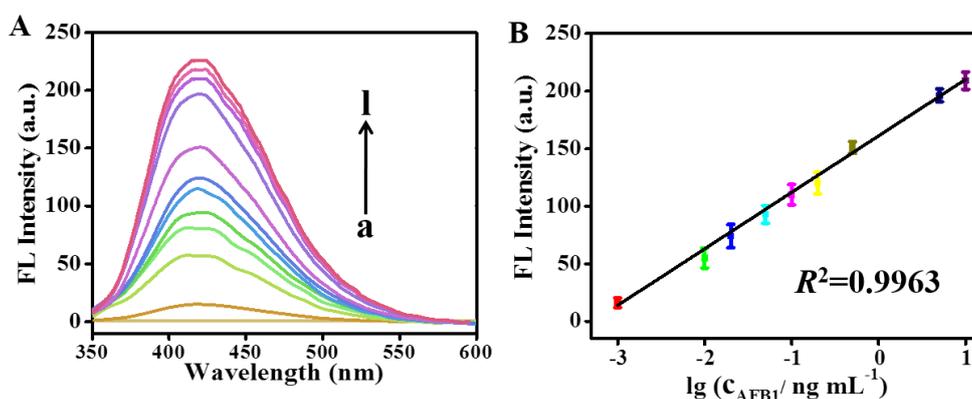
贾素莉, 崔海宁, 钱静\*, 王坤\*

江苏大学, 化学化工学院, 镇江, 212013

\*Email: qianj@ujs.edu.cn; wangkun@ujs.edu.cn

## 摘要:

目前, 一种简单而有应用前景的基于荧光共振能量转移(FRET)的光学生物传感器受到了广泛的关注<sup>[1]</sup>。这些基于 FRET 的生物传感器原理是猝灭剂与荧光探针相互作用, 导致荧光猝灭, 加入目标物时, 探针与目标物结合并从猝灭剂表面脱离从而恢复荧光<sup>[2]</sup>。因此, 寻找合适的猝灭剂对这些基于 FRET 的生物传感器具有重要意义。过渡金属二卤族化合物(TMD)往往不能高效猝灭荧光探针, 存在着明显的空白样品背景信号, 因此而降低了检测灵敏度。为了解决这个棘手的问题, 我们报道了磁性 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 纳米球上自底向上垂直生长 MoS<sub>2</sub> 纳米片的杂化物, 使用黄曲霉毒素 B1 (AFB1)的适配体作为探针链, 促进背景消除的 FRET 生物传感器的简单制作。在这里, 合成的 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@MoS<sub>2</sub> 杂化物可以吸附 N 掺杂石墨烯量子点(NGQDs)标记的探针, 随后猝灭 NGQDs 的荧光。确实, NGQDs 的荧光不能被有效猝灭, 并且检测到一个强烈的背景信号。在检测方案中, 目标物的共存触发了适配体/目标复合物的形成, 使 NGQDs 标记的适配体从 MoS<sub>2</sub> 表面脱离, 导致部分 NGQDs 的荧光恢复。正如预期的那样, 利用 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@MoS<sub>2</sub> 杂化物的磁控特性, 通过简单的 30 s 磁控就可以有效地消除背景信号, 完美地打破了大多数基于 FRET 的生物传感器的背景干扰困境。该生物传感器提供了较宽的 AFB1 检测范围, 在 1 pg mL<sup>-1</sup>~10 ng mL<sup>-1</sup> 范围内呈现良好的线性关系, 检出限低至 0.32 pg mL<sup>-1</sup>。



**Figure 1.** (A) FL Intensity of prepared biosensor at different AFB1 concentration (from a to l: blank, 0.001, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 5, 10, 20, and 50 ng mL<sup>-1</sup>). (B) The calibration curve obtained with the fluorescence intensity versus the logarithm of AFB1 concentration.

关键词：二硫化钼；AFB1；荧光共振能量转移；适配体传感器

参考文献：

[1] O. Tagit, N. Hildebrandt, *ACS Sens.*, 2, (2017), 31-45.

[2] A. Sharma, R. Khan, G. Catanante, T. A. Sherazi, S. Bhand, A. Hayat, J. L. Marty, *Toxins* 10, (2018), 197-215.

# 基于 CRISPR 系统的基因兴奋剂快速检测新方法研究

闫嘉宇<sup>1</sup>, 欧高志<sup>1</sup>, 李颖\*<sup>2, 3</sup>, 杨运煌<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> 中国地质大学(武汉), 武汉 430074; <sup>2</sup> 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院, 武汉 430071; <sup>3</sup> 中国科学院大学, 北京 100049

Email: [liyong@wipm.ac.cn](mailto:liyong@wipm.ac.cn)

## 摘要:

基因治疗技术的不断进步增加了滥用基因兴奋剂 (gene doping) 的可能性; 此外, 随着药物检测的成熟, 传统兴奋剂几乎可以被全部准确检出, 有些运动员可能会转向使用基因兴奋剂。在体育运动中使用基因兴奋剂, 不仅违背了体育道德精神, 还可能对机体长期健康产生难以预测的影响<sup>[1]</sup>。目前用于基因兴奋剂检测的方法主要为实时定量 PCR (qPCR) 和二代测序 (NGS)。这些方法虽然准确, 但操作过程冗长复杂, 成本很高, 不利于现场的快速检测。本研究提出一种基于 CRISPR-Cas12a 系统的方法, 通过联用重组酶聚合酶扩增 (Recombinase Polymerase Amplification, RPA) 和荧光或侧向流动试纸 (Lateral flow dipstick, LFD) 实现基因兴奋剂的快速检测。设计原理为: 外源导入的基因兴奋剂只含有外显子片段, 当检测到外显子-外显子连接区域即可作为使用基因兴奋剂的证据。首先利用 RPA 扩增靶标片段, 然后针对靶标区域设计特异性结合的 crRNA; 当 crRNA 和 Cas12a 结合形成核糖核蛋白 (RNP) 时, 可对靶标以及报告基团进行剪切。本方法中, 我们采用的报告基团是带有 FQ 标记的 TBA11-G3 序列<sup>[2,3]</sup>, 其结构在被 Cas12a 剪切后会释放出较强的荧光, 从而可获得 aM 水平的最低检测限。除了利用荧光, 还可以使用 LFD 的方式对剪切反应的产物进行检测, 通过肉眼便可判定结果。本研究所建立的方法可实现微量基因兴奋剂灵敏快速的非侵入性检测, 有望广泛用于体育赛事现场。

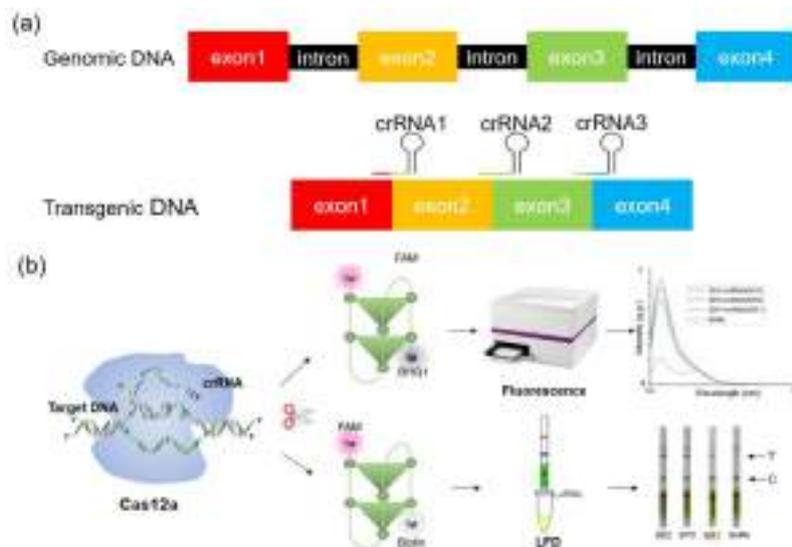


图 1. 基于 CRISPR-Cas12a 系统检测基因兴奋剂原理。

(a) crRNA 设计原则; (b) 荧光和侧向流动试纸条分析。

**关键词:** 基因兴奋剂; CRISPR-Cas12a; 快速检测

## 参考文献:

- [1] Theodore Friedmann, Olivier Rabin, Mark S. Frankel, *Science* 327 (2010) 647.
- [2] Ying Li, Tao Li, Bi-Feng Liu, Rui Hu, Jiang Zhu, Ting He, Xin Zhou, Conggang Li, Yunhuang Yang, Maili Liu, *Chem Commun (Camb)* 56 (2020) 12526.
- [3] Tao Li, Rui Hu, Jianbo Xia, Zhichen Xu, Dongjuan Chen, Jinou Xi, Bi-Feng Liu, Jiang Zhu, Ying Li, Yunhuang Yang, Maili Liu, *Biosens Bioelectron* 187 (2021) 113292.

### 3D 微环境硬度促进单细胞 MMP-9 的分泌及基质降解

赵银<sup>1</sup>, 李颖<sup>\*2,3</sup>, 杨运煌<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 武汉大学高等研究院, 武汉 430072; <sup>2</sup> 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院, 武汉 430071; <sup>3</sup> 中国科学院大学, 北京 100049

Email: [liying@wipm.ac.cn](mailto:liying@wipm.ac.cn)

#### 摘要:

MMP-9 在癌症发生过程中起着重要作用, 其功能主要是通过降解细胞外基质以及一些基质外蛋白来促进癌症的发生发展。已有研究表明二维环境下培养的癌细胞可以响应基底的硬度从而释放出不同水平的 MMP-9<sup>[1-2]</sup>。我们猜测癌细胞可以感受其胞外三维(3D)微环境基质的硬度并做出相应的响应; 尤其是当肿瘤有转移趋势时, 癌细胞更有可能释放出大量的 MMP-9 去降解其周围较硬的基质以辅助其迁移到下一个目的地。为了验证这一猜想, 我们利用液滴微流控芯片技术, 实现了单细胞(MDA-MB-231)的高通量包裹, 同时将 MMP-9 的荧光底物进行包裹, 监测单细胞在不同硬度的基质刺激后分泌出的 MMP-9 对底物剪切所释放出来的荧光; 底物荧光的强弱可以指示 MMP-9 的含量, 进一步可以反应出所研究细胞降解基质的能力和转移能力的强弱。目前已经完成十字形液滴微流控平台的建立与表征, 以及芯片外不同硬度基质细胞 MMP-9 分泌的测试, 证明细胞在不同硬度的基质下能产生具有较为显著差异。

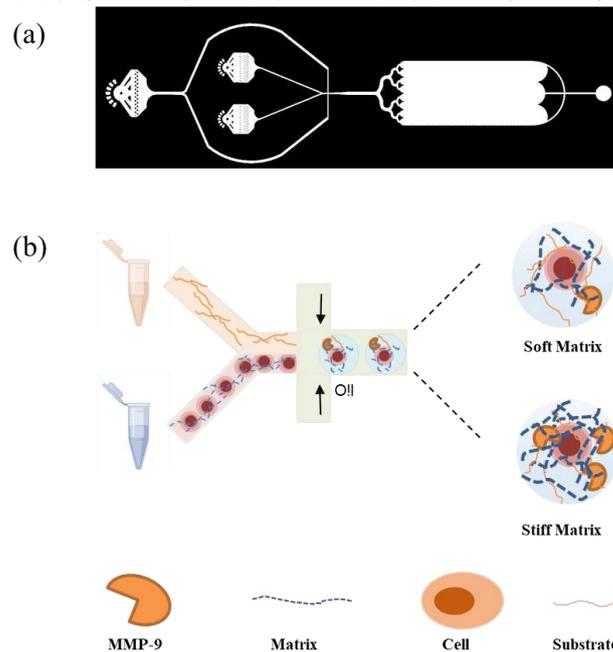


图 1: 微流控液滴平台的高通量封装。(a) 微流控芯片的设计图 (b) 通过液滴实现单细胞的封装

**关键词:** 基质硬度; 单细胞; MMP-9; 液滴; 微流控芯片

#### 参考文献:

- [1] Ying Li, Pengchao Zhang, Tao Li, Rui Hu, Jiang Zhu, Ting He, Yunhuang Yang and Maili Liu, *Sensors and Actuators B: Chemical* 308 (2020) 127749.  
 [2] Ming Wang, Mui Hoon Nai, Ruby Yun-Ju-Huang, Hwa Liang Leo, Chwee Teck Lim and Chia-Hung Chen, *Lab Chip* 21 (2021) 764.

# Linear poly-thymine probe-based coupling of autocatalytic target recycling with nonlinear DNA assembly for label-free detection of microRNAs

Feng Sun<sup>1</sup>, Jing Zhang<sup>2</sup>, Jianguo Xu<sup>3</sup>, Jie Wang<sup>1,2\*</sup>, Hongxia Li<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Oncology, Hefei First People's Hospital, Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, 230032, China.

<sup>2</sup>Inflammation and Immune Mediated Diseases Laboratory of Anhui Province, Anhui Institute of Innovative Drugs, Institute for Liver Diseases of Anhui Medical University, School of Pharmacy,

Anhui Medical University, Hefei, 230032, China.

<sup>3</sup>School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 230009, China

Email: [wangjienar@163.com](mailto:wangjienar@163.com)

## Abstract

The development of rapid diagnosis technology for miRNAs is of great significance to molecular medicine. Herein, we design a simple linear poly-thymine probe (LTP), take advantage of the duplex-specific nuclease (DSN) and terminal deoxyribonucleotidyl transferase (TdT), to achieve rapid and specific detection of miRNAs. Specifically, LTP is composed of two parts: a poly-thymine single-stranded DNA fragment at the 5'end and a target recognition fragment at the 3'end, it is worth noting that the 3'-OH of the target recognition fragment is replaced by 3'-PO<sub>4</sub>. In the presence of miRNAs, the target recognition fragments of LTP form RNA/DNA complementary regions with miRNAs, and DSN specifically catalyzes the degradation of DNA fragments in RNA/DNA, resulting in the target recycling amplification and 3'-OH terminal of LTP was exposed. Then, in the environment of dATP, template-free DNA extension reaction was triggered by TdT, these elongated A-rich LTPs can be used as anchor templates to bind the original LTP. These formed A-T base pairs provide abundant sites for SYBR Green I to realize the output of fluorescent signals. Obviously, these anchored LTPs can also be elongated and hybridized with the remaining free LTP for a new round of signal amplification. Therefore, multiple rounds of extension, assembly, and activation of the initial LTP can lead to the formation of a DNA nanotree structure and generate a fluorescent signal that can be used for qualitative and quantitative evaluation of miRNA. This amplification strategy also proves the high selectivity for distinguishing miRNA family members. Considering its superior sensitivity and specificity, as well as its multiplicity and ease of implementation, this method is expected to become a routine tool for the simultaneous quantitative analysis of multiple miRNAs in tissues or cells, and supplies valuable information for biomedical research and early clinical diagnosis.

**Keyword:** duplex-specific nuclease (DSN); terminal deoxyribonucleotidyl transferase (TdT); SYBR Green I; linear poly-thymine probe; DNA nanotree

# 适配体功能化的金属有机框架用于外泌体快速可视化检测

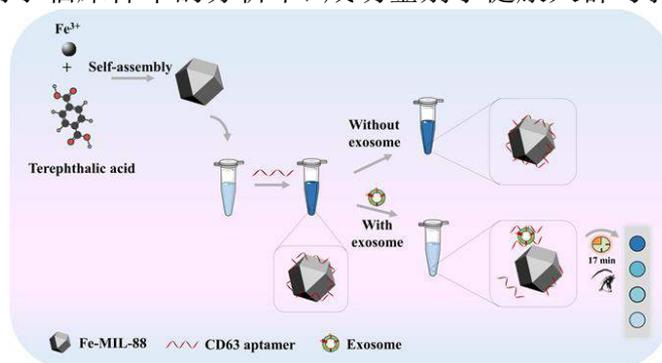
丁子玲<sup>1</sup>, 魏云云<sup>1</sup>, 宋丹<sup>1</sup>, 徐章润\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 东北大学 分析科学研究中心, 沈阳, 110819

Email: xuzr@mail.neu.edu.cn

## 摘要:

外泌体是一种重要的非侵入性生物标志物, 它的数量变化、表面蛋白表达等均与肿瘤的发生和发展密切相关。传统的外泌体检测方法检测成本高、操作复杂, 严重阻碍其在即时检测中的应用。因此, 开发操作简便、低成本、快速的外泌体分析方法, 应用于临床及资源条件有限的环境中, 具有重要的研究意义。本工作通过适配体功能化的铁基金属有机骨架(Fe-MOF)构建了一种省时低耗的外泌体分析方法, 实现了外泌体的定量检测及其表面蛋白的分析。该方法以外泌体跨膜蛋白 CD63 的适配体作为 Fe-MOF 的自组装分子层, 通过 CD63 适配体与 Fe-MOF 间的静电作用和  $\pi$  电子的共轭作用, 有效提升了 Fe-MOF 对显色底物 TMB 的催化活性, 构建了催化活性可调控的 Fe-MOF 生物界面。以“混合-检测”一步操作方式, 在 17 min 内通过 TMB 底物由深蓝至浅蓝的颜色变化直观显示出外泌体浓度的差异, 实现了外泌体的简捷快速分析。此外, 利用该方法比较了三种不同细胞来源的外泌体表面 CD63 蛋白表达差异, 所得结果与 Western blot 实验结果相一致。将该方法应用于临床样本的分析中, 成功鉴别了健康人群与乳腺癌患者血清样本。



Scheme 1. Illustration of CD63-aptamer-functionalized Fe-MIL-88 for the detection of exosomes

关键词: 外泌体 金属有机框架 快速检测

参考文献:

- [1] Zeng, C.; Lu, N.; Wen, Y.; Liu, G.; Zhang, R.; Zhang, J.; Wang, F.; Liu, X.; Li, Q.; Tang, Z.; Zhang, M., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 11 (2019), 1790-1799.
- [2] Zhou, B.; Xu, K.; Zheng, X.; Chen, T.; Wang, J.; Song, Y.; Shao, Y.; Zheng, S., *Signal Transduction Targeted Ther.*, 5 (2020), 144-155.
- [3] Zhang, Y.; Jiao, J.; Wei, Y.; Wang, D.; Yang, C.; Xu, Z., *Anal. Chem.*, 92 (2020), 15244-15252.
- [4] Zhang, Y.; Wei, Y.; Liu, P.; Zhang, X.; Xu, Z.; Tan, X.; Chen, M.; Wang, J., *Anal. Chem.*, 93 (2021), 11540-11546.

# 基于磷酸盐柱[5]芳烃与亚甲基蓝主客体识别作用构建 T4 多聚核苷酸激酶电化学传感器

刘在琼, 陶锦彭, 李秋昞, 张艳丽\*, 王红斌, 杨丽娟, 庞鹏飞

云南民族大学化学与环境学院, 昆明市, 邮编: 650504

邮箱: ylzhang@ynni.edu.cn

**摘要:** T4 多聚核苷酸激酶 (T4 PNK) 的活性分析在临床诊断与药物筛选过程中起着关键作用。以磷酸盐柱[5]芳烃 (PP5) 作为主体, 亚甲基蓝 (MB) 作为客体分子, 利用  $\text{TiO}_2$  的介导作用, 构建了一种电化学生物传感器用于 T4 PNK 活性检测。该传感器检测 T4 PNK 的线性范围为 0.0002-5 U/mL, 检出限为 0.0001 U/mL。该法可用于实际样品中 T4 PNK 的检测, 为激酶活性测定提供了一个新型平台。

**关键词:** T4 多聚核苷酸激酶; 磷酸盐柱[5]芳烃; 亚甲基蓝; 电化学生物传感器

## 1 引言

T4 多聚核苷酸激酶 (T4 PNK) 是一种不可或缺的 5'-羟基激酶, 可催化 ATP 的  $\gamma$ -磷酸转移到多核苷酸的 5'-OH 末端<sup>1</sup>。异常的 T4 PNK 活性可导致多种疾病, 因此, 开发一种简单和灵敏的 T4 PNK 活性测定和抑制剂筛选方法具有重要意义<sup>2</sup>。柱芳烃是一类新的合成超分子大环化合物, 其独特的空腔结构和柱状结构使其在药物缓释、生物成像、生物传感等基于主客体相互作用的领域具有广泛和潜在应用前景<sup>3</sup>。本文基于磷酸盐柱[5]芳烃与亚甲基蓝主客体识别作用构建了一种电化学传感器用于 T4 PNK 活性分析。

## 2 实验部分

### 2.1 电化学传感器的制备

金电极用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  粉打磨抛光,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液活化预处理。之后电极表面滴涂 5  $\mu\text{L}$  1  $\mu\text{M}$  DNA 溶液自组装, 1 mM MCH 溶液

中封闭。将 DNA/Au 电极浸入 DNA 反应缓冲液 (含 1 mM ATP 和不同浓度 T4 PNK) 中磷酸化, PBS 缓冲液冲洗, 继续滴涂 5  $\mu\text{L}$  1 mg/ml  $\text{TiO}_2$  纳米粒子溶液, 修饰电极浸入 0.1 mM PP5 溶液 1 h, 最后在电极表面滴涂 5  $\mu\text{L}$  0.4 mM MB 溶液, PBS 缓冲液冲洗, 得到电化学传感器。

## 3 结果与讨论

### 3.1 传感器检测原理

T4 PNK 电化学传感器制备及检测原理如图 1 所示。首先, 将 DNA 链通过形成金-硫键固定在金电极上, 利用 MCH 封闭。在 ATP 和 T4 PNK 的存在下, DNA 链末端的 -OH 被磷酸化 - $\text{PO}_4$ 。  $\text{TiO}_2$  纳米粒子作为介导物质, 将 PP5 连接到电极表面, PP5 与 MB 通过主客体识别作用发生络合, 实现电化学响应信号放大, 电化学信号与 T4 PNK 的浓度成正比, 实现对 T4 PNK 的定量检测。

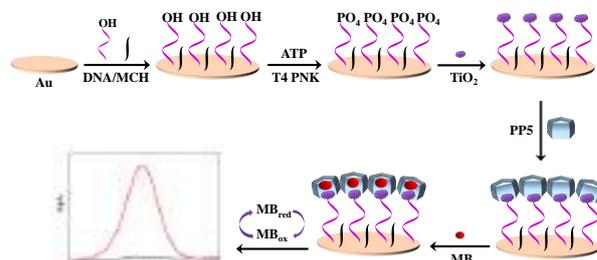


图 1、电化学传感器制备及检测 T4 PNK 原理示意图

### 3.2 T4 PNK 定量分析

在优化实验条件下, 利用微分脉冲伏安法 (DPV) 测得电化学传感器响应峰电流与 T4 PNK 的浓度关系如图 2 所示。在 0.0002-5 U/mL 的浓度范围内, DPV 峰电

流与 T4 PNK 对数浓度呈良好的线性关系, 线性方程为  $I(\mu\text{A}) = 0.263\log c + 1.288$ , 相关系数为  $R^2 = 0.9922$ , 检出限为  $0.0001 \text{ U/mL}$  ( $S/N = 3$ )。

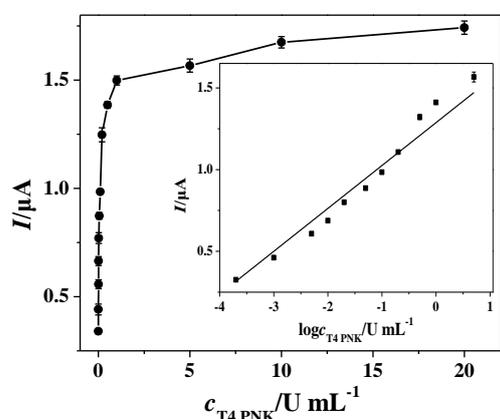


图 2、电化学传感器测定 T4 PNK 的校正曲线

#### 4 结论

利用磷酸盐柱[5]芳烃 (PP5) 和亚甲基蓝 (MB) 的主客体识别作用, 以  $\text{TiO}_2$  纳米粒子为介导, 构建了一种新的电化学传感平台用于 T4 PNK 活性检测。

#### 致谢

感谢国家自然科学基金 (No. 21665027)、云南省科技厅应用基础研究项目 (No. 202001AT070012) 和云南省教育厅科学研究基金项目 (No. 2021Y665) 对本研究工作的支持与资助。

#### 参考文献

[30] Wang, L. K.; Lima, C. D.; Shuman, S. Structure and mechanism of T4 polynucleotide kinase: an RNA repair enzyme. *The EMBO J.* 2002, 21(14), 3873-3880.

[31] Zhang, Y. L.; Fang, X.; Zhu, Z. Y.; Lai, Y. Q.; Xu, C. L.; Pang, P. F.; Wang, H. B.; Yang, C.; Barrow, C. J.; Yang, W. R. A sensitive electrochemical assay for T4 polynucleotide kinase activity based on titanium dioxide nanotubes and a rolling circle amplification strategy. *RSC Adv.* 2018,

8(67), 38436-38444.

[32] Sathiyajith, C. W.; Shaikh, R. R.; Han, Q.; Zhang, Y.; Meguellati, K.; Yang, Y. W. Biological and related applications of pillar[n]arenes. *Chem. Commun.* 2017, 53(4), 677-696.

# 基于生物条形码和核酸等温扩增技术构建电化学生物传感器用于蛋白激酶的检测

陶锦彭, 刘在琼, 李秋旸, 庞鹏飞, 王红斌, 张艳丽\*

云南民族大学化学与环境学院, 昆明市, 邮编: 650504

邮箱: ylzhang@ynni.edu.cn

**摘要:** 蛋白激酶 (Protein Kinase A, PKA) 活性分析及抑制剂筛选对于疾病诊断和临床治疗具有十分重要的意义。本文基于纳米生物条形码 S1-AuNPs-S2, 结合核酸等温扩增技术, 利用生物素标记的 DNA (bio-S3) 杂交反应和链酶亲和素标记 HRP (SA-HRP) 信号放大, 实现对 PKA 的定量分析。该电化学传感器对 PKA 的线性响应范围为 0.01-100 U/mL, 检出限为 0.005 U/mL。

**关键词:** 蛋白激酶; 生物条形码; 核酸等温扩增; 电化学生物传感器

## 1 引言

蛋白激酶 (PKA) 催化蛋白磷酸化及其去磷酸化是最常见的翻译后修饰之一, 在细胞内信号传递、基因转录、细胞增殖等生理活动中起着重要作用。PKA 的过度表达与各种疾病密切相关<sup>1</sup>。因此, 准确检测 PKA 活性及其抑制剂筛选不仅对生化研究, 而且对临床诊断和治疗都至关重要。生物条形码分析作为一种新的诊断工具, 结合纳米技术和其他信号放大技术已逐渐应用于蛋白质、核酸靶点和小分子化合物的检测<sup>2,3</sup>。利用纳米生物条形码 S1-AuNPs-S2 和核酸等温扩增放大技术, 结合生物素标记的 DNA (bio-S3) 杂交反应和链酶亲和素标记 HRP (SA-HRP) 信号放大, 本文构建了一个新的电化学传感平台用于 PKA 的定量分析。

## 2 实验部分

### 2.1 DNA 序列

本实验设计的 3 条 DNA 序列如下:

S1: 5'-HS-GTA TGA ATG ATA ATC GTA CGC-PO<sub>4</sub>-3'

S2: 5'-HS-GTA TGA ATG ATA ATC GTA CGC AAAA-3'

S3: 5'-Biotin-AGC TTT TTT TTT TTT TT GTA-3'

### 2.1 电化学传感器的制备

玻碳电极 (GCE) 用 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉打磨抛光预处理, 将 GCE 置于 0.5 mM HAuCl<sub>4</sub> 溶液中电沉积, 滴涂 10 μL 500 μM 肽 (10 mM PBS, pH 7.4, 15 mM TCEP) 孵育过夜, 将电极浸于 200 μM ATP 和不同浓度 PKA 溶液进行磷酸化, 滴涂 5 μL 0.5 mM Zr<sup>4+</sup> 和 5 μL S1- AuNPs-S2 孵育 1 h、10 μL 6 mM dATP (0.8 U TDT, 5×TDT buffer, 1%BSA, 0.25 mM CoCl<sub>2</sub>) 孵育 1 h、5 μL 1 μM Bio-S3 (10 mM PBS, pH 7.4) 孵育 1 h、5 μL 10 μg/mL SA-HRP 孵育 1 h, PBS 冲洗电极, 得到电化学传感器。

## 3 结果与讨论

### 3.1 传感器设计原理

电化学传感器的制备和 PKA 活性检测原理如图 1 所示。首先, 金纳米粒子电沉积在玻碳电极上, 之后固定底物肽。当存在 PKA 和 ATP 时, 底物肽被磷酸化, S1-AuNPs-S2 通过 S1 末端 5'-磷酸基连接到磷酸化底物肽。TDT 酶催化 S2 的 3'端

以 dATP 为底物进行末端延伸，扩增产物与 Bio-S3 杂交反应，再结合 SA-HRP，最后催化  $H_2O_2$  和 HQ 产生放大的电化学信号，实现 PKA 活性的定量分析。

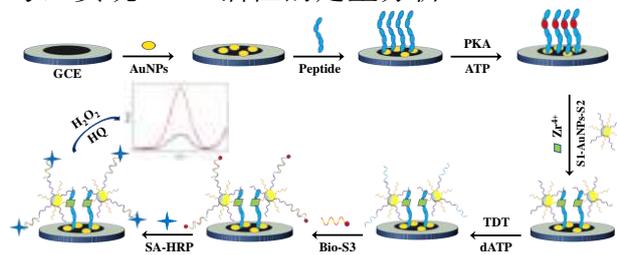


图 1、电化学传感器制备及检测 PKA 原理示意图

### 3.2 PKA 定量分析

在最优实验条件下，利用微分脉冲伏安法 (DPV) 测定电化学传感器响应峰电流与 PKA 的浓度关系如图 2 所示。在 0.01-100 U/mL 的浓度范围内，DPV 峰电流与 PKA 对数浓度呈良好的线性关系，线性方程为  $I(\mu A) = 1.62 \log c + 6.19$ ，相关系数为  $R^2 = 0.9925$ ，检出限为 0.005 U/mL ( $S/N = 3$ )。

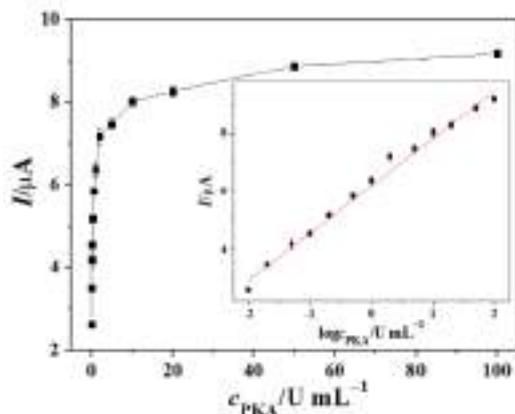


图 2、电化学传感器测定 PKA 的校正曲线

## 4 结论

利用纳米生物条形码和核酸等温扩增放大技术，结合生物素标记的 DNA 杂交反应和链酶亲和素标记 HRP 信号放大，构建了一个新的电化学传感平台用于 PKA 的定量分析。

## 致谢

感谢国家自然科学基金 (No. 21665027)、云南省科技厅应用基础研究项目 (No. 202001AT070012) 和云南省教育厅科学研究基金项目 (No. 2021Y665) 对本研究工作的支持与资助。

## 参考文献

- [33] Yan, Z. Y.; Deng, P. Y.; Liu, Y. Recent advances in protein kinase activity analysis based on nanomaterials. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20: 1440.
- [34] Nam, J. M.; Thaxton, C. S.; Mirkin C. A. Nanoparticle-based bio-bar codes for the ultrasensitive detection of proteins. *Science* 2003, 301: 1884-1886.
- [35] Zhang, Y. L.; Li, H. Y.; Xie, J. L.; Chen, M.; Zhang, D. D.; Pang, P. F.; Wang, H. B.; Wu, Z.; Yang, W. R. Electrochemical biosensor for silver ions based on amplification of DNA-Au bio-bar codes and silver enhancement. *J. Electroanal. Chem.* 2017, 785: 117-124.

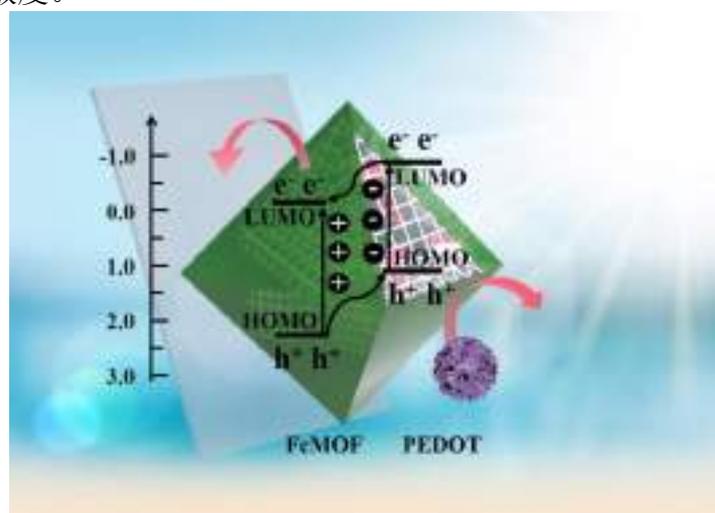
# 基于 PEDOT 修饰的 Fe-MOF 马拉硫磷有机光电化学晶体管适配体传感器构建与应用研究

丁丽君, 来敬捷, 刘颖, 王坤\*

江苏大学化学化工学院, 江苏镇江, 212013

\*Email: wangkun@ujs.edu.cn

采用一锅溶剂热法成功制备了 PEDOT 修饰的铁基有机金属框架 (PEDOT@Fe-MOF) p-n 异质结。研究表明, 相较于 Fe-MOF 单体, PEDOT 的引入, 不仅增大了 Fe-MOF 的孔径, 拓宽其对可见光的吸收, 而且 p-n 结的形成, 大大提高了 Fe-MOF 电子转移速率, 降低了其电子-空穴的复合率[1] (图一), 因此 PEDOT@Fe-MOF 的光电性能得到了显著的提升。进一步以 PEDOT: PSS 为沟道材料, PEDOT@Fe-MOF 为光电化学晶体管 (OPECT) 的栅极材料, 并通过 Fe-MOF 上的羧基与马拉硫磷适配体上的氨基相结合, 成功构建了适配体传感器。基于马拉硫磷加入后, 与适配体结合, 导致阻抗增大, 沟道电流降低的检测原理, 该传感器沟道电流信号值与马拉硫磷浓度的在  $0.1 \text{ ng L}^{-1}$ - $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  范围内呈线性关系, 检测限为  $0.03 \text{ ng L}^{-1}$ , 并且能用于小青菜样品中马拉硫磷检测。由于晶体管的放大作用[2], 实现沟道电流信号对栅极信号的放大, 很大程度上提高了检测的灵敏度, 因此该 OPECT 适配体传感器相对于传统的光电化学传感器具有更宽的线性范围和更高的灵敏度。



图一: PEDOT@FeMOF 的能带位置和电荷分离过程示意图。

**关键词:** 有机光电化学晶体管、铁基有机金属框架、p-n 异质结、适配体传感

**参考文献:**

[1] Malliaras, G. G. *Adv. Funct. Mater.* (2007) 3538-3544.

[2] Zhao, W. W.; Xu, J. J.; Chen, H. Y. *Chem. Rev.* (2014) 7421-7441.

# 成像检测疾病过程中高尔基体氧化应激水平

王慧<sup>1</sup>, 李平<sup>2</sup>, 唐波<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 山东师范大学

Email: 613006@sdu.edu.cn

## 摘要:

在许多重大疾病的发生发展过程中,均伴随严重的细胞氧化应激。亚细胞器作为氧化应激的主要场所发挥着至关重要的作用。高尔基体作为细胞氧化应激三大重要组成部分之一,受限于没有高效地靶向基团,目前关于其氧化应激水平与疾病发展之间关联性的相关研究罕有报道。因此,开发一种可以精准定位、原料易得、化学修饰简单的高尔基体靶向基团是研究高尔基体氧化应激水平与疾病发病机理关系的基本要求。本课题组开发了一系列基于苯磺酰胺结构的高尔基体定位基团修饰的小分子荧光探针,成功应用于高血压等重大疾病的成像检测。



## 相关工作总结

**关键词:** 氧化应激、高尔基体、荧光成像

## 参考文献:

- [1] Hui Wang, Cuifang Liu, Zixu He, Ping Li, Wei Zhang, Wen Zhang, and Bo Tang. *Anal. Chem.*, 2021, 93, 6551–6558.
- [2] Hui Wang, Mingyan Dong, Hongtong Wang, Fang Huang, Ping Li, Wei Zhang, Wen Zhang and Bo Tang. *Chem. Commun.*, 2021, 57, 5838–5841.
- [3] Hui Wang, Yuyun Yang, Fang Huang, Zixu He, Ping Li, Wei Zhang, Wen Zhang, and Bo Tang. *Anal. Chem.*, 2020, 92, 3103–3110.
- [4] Hui Wang, Zixu He, Yuyun Yang, Jiao Zhang, Wei Zhang, Wen Zhang, Ping Li and Bo Tang. *Chem. Sci.*, 2019, 10, 10876–10880.

## 可锚定线粒体的近红外粘度探针

孔凡鹏\*, 吴雪, 李颖, 付冠宇, 赵秋月, 李璐\*, 唐波\*

山东师范大学

Email: tangb@sdu.edu.cn

**摘要:** 基于近红外花菁染料, 以吡啶盐为线粒体定位基团, 并在分子结构中分别修饰不同长度的脂肪烃链, 合成了系列近红外粘度探针。实验结果表明, 脂肪长链 (如 C12) 的引入, 不仅能够显著提高探针对粘度的响应灵敏度, 还能增强探针定位和锚定线粒体的能力。探针为深入研究线粒体内粘度变化相关的生理病理过程提供了可靠的工具。

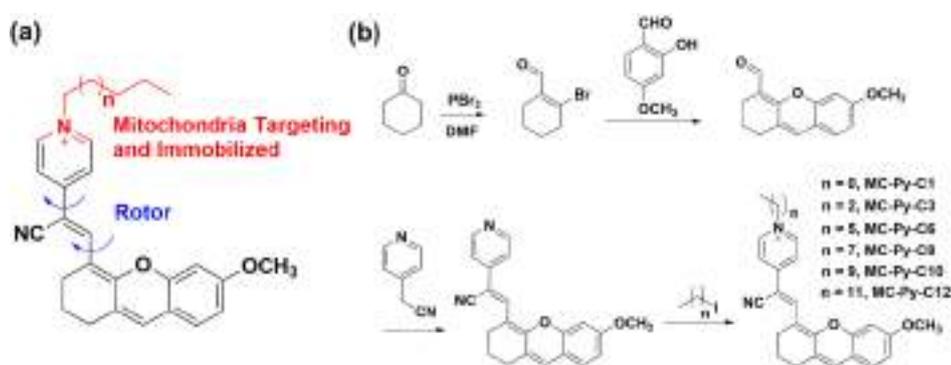


图 1. 探针结构与合成路线

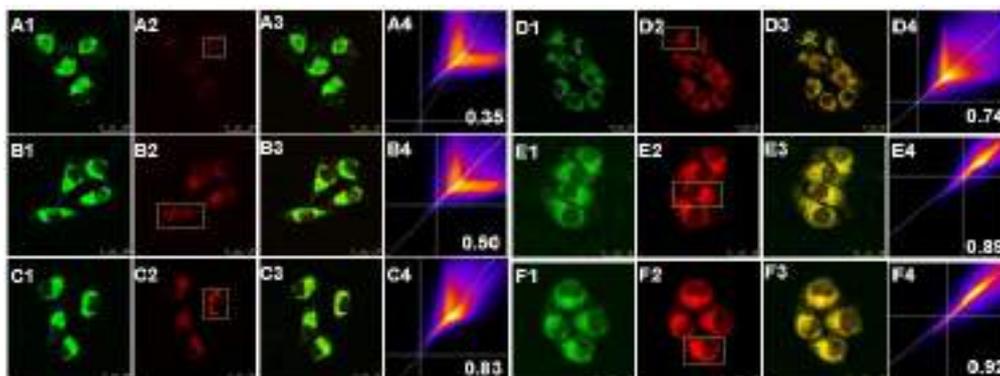


图 2. 加入 CCCP 后探针线粒体共定位成像

**关键词:** 线粒体, 粘度, 近红外, 荧光探针

**参考文献:**

[1] Fanpeng Kong\*, Ying Li, Xiao Li, Xiaoxiu Wang, Guanyu Fu, Qiuyue Zhao and Bo Tang\* *Chem. Commun.*, 2021, 57, 9554.

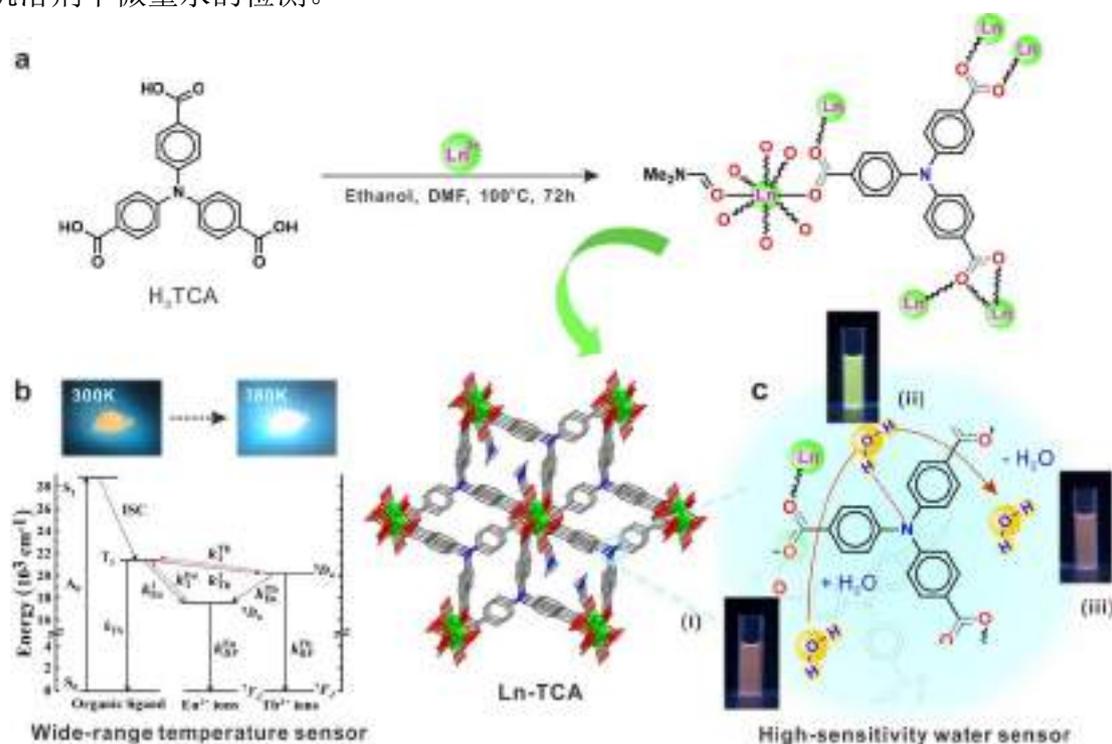
[2] Fanpeng Kong\*, Xiaoxiu Wang, Jundong Bai, Xiao Li, Chao Yang, Ying Li, Kehua Xu\* and Bo Tang\* *Chem. Commun.*, 2021, 57, 6404.

# 镧系-有机框架材料的制备及其在荧光检测中的应用研究

翟小永<sup>1</sup>, 冯鹏飞<sup>1</sup>, 赵国栋<sup>1</sup>, 刘庆益<sup>1</sup>, 唐瑜\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 兰州大学化学化工学院 甘肃省有色金属化学与资源利用重点实验室, 兰州, 730000  
\*Email: [tangyu@lzu.edu.cn](mailto:tangyu@lzu.edu.cn)

**摘要:** 镧系元素因其独特的电子结构, 在发光功能材料方面具有广泛应用, 因而被研究者们所关注。新型镧系-有机框架材料的研究、开发和应用是稀土功能材料研究的热点之一[1-3]。我们以镧系离子为主要发光载体, 设计合成了特定结构的镧系-有机框架材料, 研究了化合物的荧光特性。基于其比率荧光传感特性, 将其用于温度传感以及有机溶剂中微量水的检测。



**Scheme 1.** 金属有机框架材料的合成途径和设计策略示意图。

**关键词:** 镧系-有机框架材料; 微量水检测; 温度传感; 比率荧光传感

**参考文献:**

- [1] Zhou, Y.; Zhang, D. N.; Xing, W. Z.; Cuan, J.; Hu, Y. H.; Cao, Y. T.; Gan, N. *Anal. Chem.* **91** (2019), 4845–4851.
- [2] Li, H.; Han, W.; Lv, R.; Zhai, A.; Li, X. L.; Gu, W.; Liu, X. *Anal. Chem.* **91** (2019), 2148–2154.
- [3] Yu, L.; Zheng, Q. T.; Wang, H.; Liu, C. X.; Huang, X. Q.; Xiao, Y. X. *Anal. Chem.* **92** (2020), 1402–1408.

# AuNRs@Tb-MOF 智能发光纳米探针用作荧光测温以及癌症光热，化疗的组合作用

张彤<sup>1</sup>, 秦丽颖<sup>2</sup>, 柳亮亮<sup>1</sup>, 张美娜<sup>1</sup>, 杜天屹<sup>1</sup>, 周平<sup>2</sup>, 唐瑜\*<sup>1</sup>

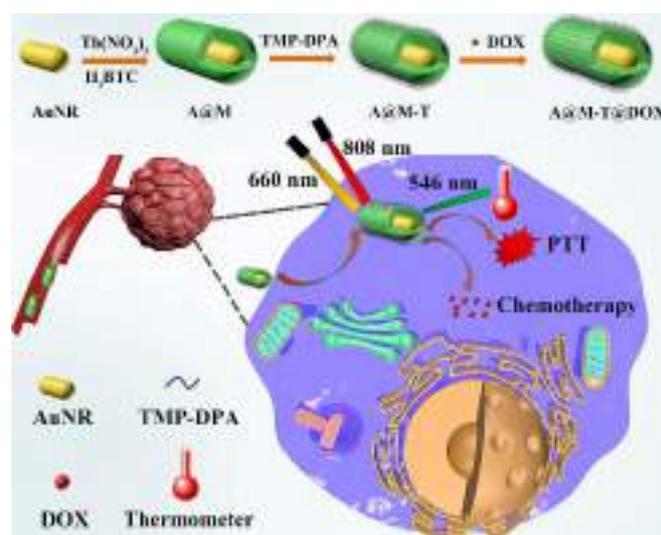
<sup>1</sup> 兰州大学化学化工学院甘肃省有色金属化学与资源利用重点实验室, 兰州 730000

<sup>2</sup> 兰州大学口腔医学院, 兰州 730000

E-mail: tangyu@lzu.edu.cn (Yu Tang), zhou@lzu.edu.cn (Ping Zhou). Fax: +86 931-891-2582.

## 摘要:

实时监测和精确治疗对于减少癌症治疗过程中的副作用具有重要意义。在这项工作中, 我们合理地制备了一种基于铽金属有机骨架 (MOF) 的智能纳米探针, 在近红外光照射下具有高效的光热转换能力和药物释放效率, 用于实时荧光成像指导的多模式治疗。纳米探针不仅可以实现显著的光热治疗和可控的药物释放, 而且可以作为荧光温度计实时监测光热治疗。同时, 双光子配体的引入提高了纳米探针的组织穿透能力。我们的工作有望为肿瘤的精准确治和实时监测提供新的思路。



纳米探针 A@M-T@DOX 的合成路线和生物医学应用示意图

关键词: 镧系金属有机框架 (Ln-MOFs)、荧光温度计、双光子配体、光热治疗, 化疗

## 参考文献:

- [1] Rao, X. T.; Song, T.; Gao, J. K.; Cui, Y. J.; Yang, Y.; Wu, C. D.; Chen, B. L.; Qian, G. *J. Am. Chem. Soc.* 135 (2013) 15559-15564.
- [2] Suo, H.; Zhao, X.; Zhang, Z.; Wu, Y.; Guo, C. *ACS. Applied. Mater. Interfaces.* 10 (2018) 39912-39920.
- [3] Yan, H.; Ni, H.; Jia, J.; Shan, C.; Zhang, T.; Gong, Y.; Li, X.; Cao, J.; Wu, W.; Liu, W.; Tang, Y. *Anal. Chem.* 91 (2019) 5225-5234.

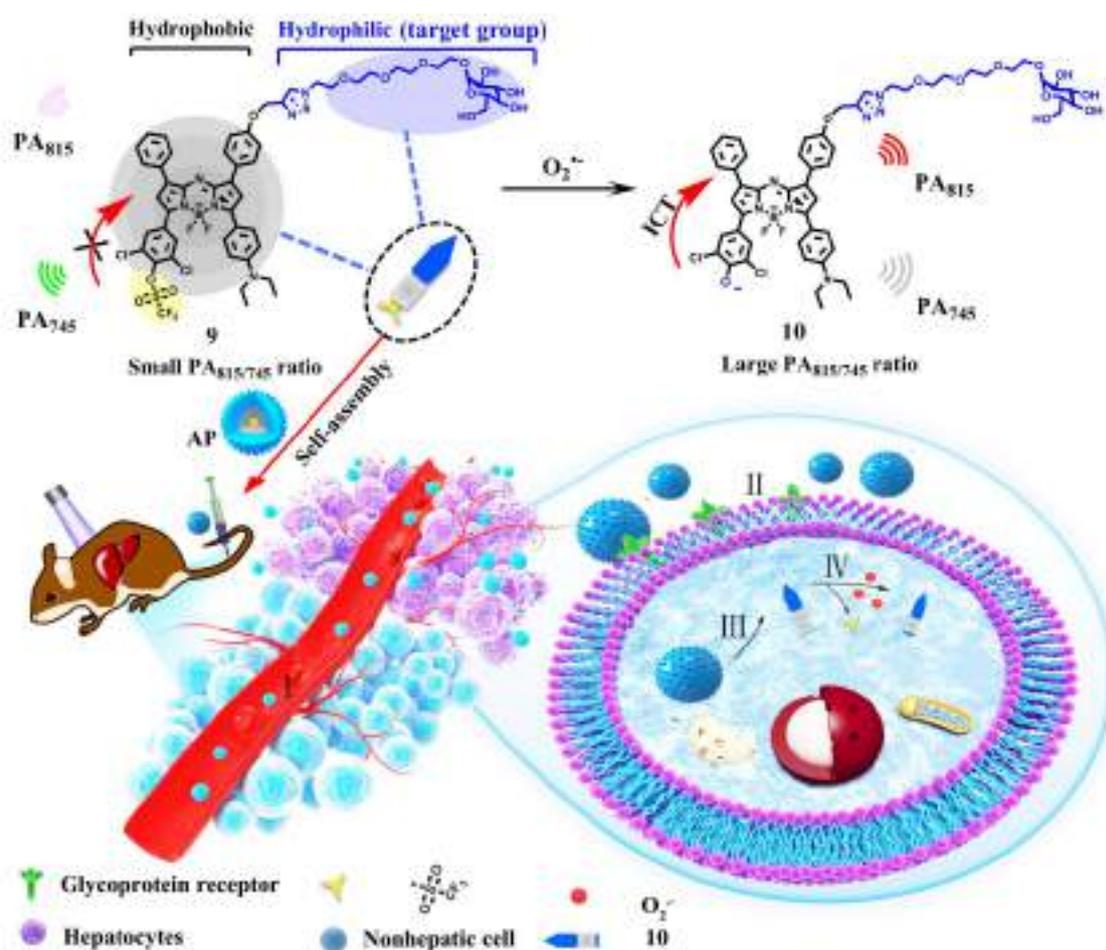
# Controllable Assembly based Molecular Probes that Can Eliminate Off-Site Response for in Situ Photoacoustic Imaging *in Vivo*

Xiao-Peng Fan,<sup>†</sup> Wen Yang,<sup>†</sup> Tian-Bing Ren,<sup>†</sup> Shuai Xu,<sup>†</sup> Xiang-Yang Gong,<sup>†</sup> Xiao-Bing Zhang,<sup>†</sup> Lin Yuan<sup>\*†</sup>

<sup>†</sup> State Key Laboratory of Chemo/Biosensing and Chemometrics, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, P. R. China

**ABSTRACT:** The in-situ imaging of biological indicators *in vivo* is imperative for pathological research by utilizing activatable photoacoustic (PA) probe. However, the high-fidelity imaging in actual applications is greatly hampered by the inevitable false-signal response during blood circulation. Herein, we propose a controllable self-assembly and disassembly strategy (CADS) that can effectively perform probe in situ activation for high-fidelity imaging, by masking the reactive site to be inactivated in circulation. An amphiphilic molecular probe (**9**) was rationally constructed as a proof of concept, which is composed of two parts: the recognition moiety of superoxide anion radical ( $O_2^{\cdot-}$ ) caged aza-BODIPY as a hydrophobic group, and the PEG oligomer-bridged  $\beta$ -galactose as a hydrophilic group. Notably, the self-assembly of **9** as a nanoprobe (**AP**) in aqueous solution was obtained, causing the recognition site to be masked as inactivated due to the tight embedding of the hydrophobic group. More importantly, the stable **AP** exerted the false-signal silence during blood circulation, while the polarity-driven disassembly of **AP** allowed for activation of the recognition site towards endogenous  $O_2^{\cdot-}$  within cells. By virtue of the positive feedback and specific accumulation ability, **AP** was further applied to precisely assess isoniazid (INH) induced liver injury. Finally, the desired ratiometric PA signals and high-fidelity imaging results were obtained. This strategy may provide a new insight for in situ imaging and elimination of off-site response.

**KEYWORDS:** high-fidelity imaging, nano-probe, ratiometric photoacoustic, superoxide anion radical, drug-induced liver injury



**Scheme.** Schematic illustration of the molecular design strategy for self-assembled amphiphilic nanoprobe (AP) and responding mechanism. Schematic illustration of liver specific nanoprobe AP with high-fidelity imaging *in vivo* including: (I) signal of self-assembly probe is initially silent in blood circulation; (II) hepatocyte-targeted recognition via receptor-mediated endocytosis; (III) polarity drive disassembly and (IV) active response to endogenous  $O_2^{\cdot-}$  for ratiometric PA imaging.

# 基于钌(II)配合物嫁接的中空多级孔 MOF 构建 ECL 传感器实现凝血酶的灵敏检测

黄维<sup>1</sup>, 陈国胜<sup>\*2</sup>, 欧阳钢锋<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup> 中山大学化学工程与技术学院, <sup>2</sup> 中山大学化学学院  
Email: chengsh39@mail.sysu.edu.cn; cesoygf@mail.sysu.edu.cn

## 摘要:

电致化学发光(ECL)分析技术结合了化学发光分析的超灵敏性和电化学分析的高可控性, 具有低背景、高选择性、低检测限和宽响应范围等优点, 为疾病标志物的高灵敏检测提供了可能。为了提高 ECL 生物传感器的灵敏度、稳定性和重现性, 开发具有强 ECL 信号和高稳定性的 ECL 材料是非常必要的<sup>[1]</sup>。金属-有机骨架(MOFs)具有有序的孔道结构、超高的比表面积和骨架可调控可修饰等优点, 在构筑高性能 ECL 材料中具有良好的前景, 但其微孔和狭窄的通道不仅限制了 ECL 发光试剂的固载量, 还约束了离子、电子和共反应试剂的扩散, 这严重地限制了 ECL 发光试剂的固载量和利用率。中空 MOFs 结合了 MOF 材料和中空结构的优点, 具有比表面积大、孔隙率高、扩散距离短等特点<sup>[2]</sup>。因此, 利用中空 MOFs 作为载体固载 ECL 发光试剂有望同时提高 ECL 发光试剂的固载量和利用率。

基于上述考虑, 我们利用高稳定的 UiO-66-NH<sub>2</sub> 作为前驱体, 通过简便的水热刻蚀方法, 成功制备了具有多级孔结构的高稳定中空 MOF (HH-UiO-66-NH<sub>2</sub>)。随后, 将 ECL 发光试剂 Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup> 衍生物稳定地嫁接到 HH-UiO-66-NH<sub>2</sub> 中不饱和配位的 Zr<sub>6</sub> 簇上, 制备了一种新型高稳定的 Ru 配合物功能化的中空多级孔 MOF 材料 HH-Ru-UiO-66-NH<sub>2</sub> (图 1A), 该材料具有优异的 ECL 发光性能。最后, 将 HH-Ru-UiO-66-NH<sub>2</sub> 作为高性能 ECL 信号探针, 并结合催化发夹自组装(CHA)信号放大技术, 构建了灵敏度高、稳定性好的 ECL 生物传感器(图 1B), 成功实现了对目标物凝血酶的超灵敏检测 (检测范围 100 fM-100 nM, 检测限为 31.6 fM)。

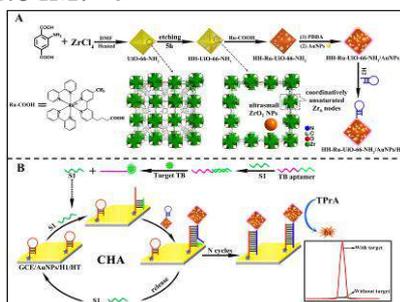


图 1(A) ECL 信号探针的制备过程示意图; (B) ECL 生物传感器的构建及响应原理示意图。

**关键词:** 电致化学发光; 中空多级孔金属有机框架; 凝血酶

**参考文献:**

[1] Tokel, N. E.; Bard, A. J., *J. Am. Chem. Soc.* 92 (1972) 2862-2863.

[2] Qin, Y.; Han, X.; Li, Y.; Han, A.; Liu, W.; Xu, H.; Liu, J., *ACS Catal.* 10 (2020) 5973-5978.

# Atomically unveiling the structure-activity relationship of biomacromolecule-metal-organic frameworks symbiotic

Linjing Tong<sup>1</sup>, Siming Huang<sup>2</sup>, Guosheng Chen<sup>1\*</sup>

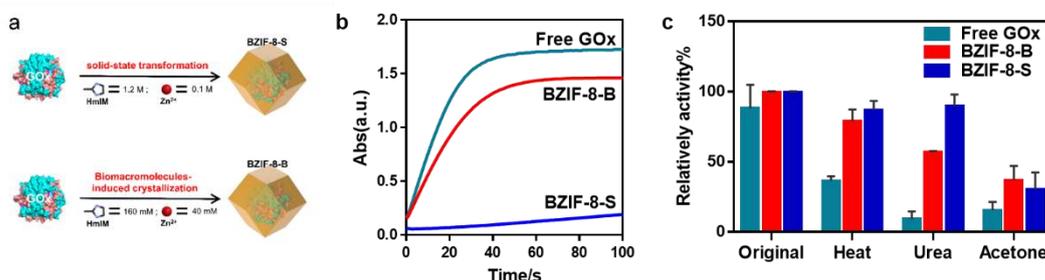
<sup>1</sup>MOE Key Laboratory of Bioinorganic and Synthetic Chemistry, School of Chemistry, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

<sup>2</sup>School of Pharmaceutical Sciences, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, 11 China

Email: chengsh39@mail.sysu.edu.cn

## Abstract

Crystallization of biomacromolecules-metal-organic frameworks (BMOFs) allows to orderly assemble symbiotic hybrid with desirable biological and chemical functions in one voxel. The structure-activity relationship of this new symbiotic crystal, however, is still blurred. Here, we directly identify the atomic-level structure of BMOFs for the first time, using the cryo-electron microscopy, integrated differential phase contrast-scanning transmission electron microscope and x-ray absorption fine structure techniques. We discover an obvious difference on nanoarchitecture of BMOFs under different crystallization pathways that previously not seen. In addition, the nanoarchitecture significantly affects the bioactivity of the BMOFs. This work gives a new insight into the structure-activity relationship of BMOFs synthesized in different scenarios, and may guide to engineer next-generation materials with excellent biological and chemical functions for biological sensing applications.



**Figure 1.** (a) Schematic illustration of the Biomacromolecules-ZIF-8 composites crystallized through solid-state transformation and biomacromolecules-induced crystallization. The bioactivity (b) and stability (c) under different treatment conditions of the typical biomacromolecules-ZIF-8 crystals.

**Keywords:** enzyme, metal-organic framework, self-assembly, bioactivity

## Reference:

[1] Chen. G., Huang S., Kou X., Wei S., Huang S., Jiang S., Shen J., Zhu F., Ouyang G., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 58 (2019) 1463–1467.

[<sup>2</sup>] Chen. G., Kou X., Huang S., Tong L., Shen Y., Zhu W., Zhu F., Ouyang G., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 59 (2020) 2867–2874.

# 氢键生物杂交框架衍生的碳纳米酶用于生物标志物的传感

叶倪茹<sup>1</sup>, 黄思铭<sup>2</sup>, 陈国胜\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中山大学化学学院, <sup>2</sup> 广州医科大学药学院

Email: chengsh39@mail.sysu.edu.cn

纳米酶因其模拟酶的活性和高稳定性被开发用于生物医学传感和免疫分析<sup>[1]</sup>。由于碳纳米材料的低生物毒性、优异的稳定性和生物相容性,这一发现引起了人们对碳纳米材料作为酶模拟材料的研究兴趣<sup>[2]</sup>。与金属纳米酶相比,大多数碳纳米酶类酶活性比较有限,这是由于活性中心的不完善和吸附能垒较高等,限制了碳纳米酶的应用<sup>[3]</sup>。研究发现碳纳米材料的氮掺杂能特异性激活过氧化氢,从而调节或提高碳纳米酶类过氧化物酶活性<sup>[4]</sup>。最近,我们发现将牛血清白蛋白限制在氢键有机框架(HOF)内的氢键组装策略,合成了蛋白负载高的氢键生物杂交框架(HBF),并通过高温煅烧制备得到具有特异性类过氧化物酶的氮掺杂碳纳米酶。通过热重、XRD、红外等手段证明了氢键杂交框架的成功合成;通过XPS、拉曼等手段证明了制备得到的碳纳米酶N掺杂率高,蛋白质煅烧后导致了缺陷以及多孔结构促进了活性位点的可及性,加速了传质,使得模拟过氧化物酶的活性得到了进一步的提高。利用EPR和自由基猝灭实验进行机理的研究,得出结论,羟基自由基和超氧阴离子是材料类过氧化物酶活性的主要来源。基于制备的N掺杂碳纳米酶构建了多个生物标志物的传感平台,用于过氧化氢、谷胱甘肽和葡萄糖的比色检测,线性范围宽,检测限低,可以满足疾病诊断。

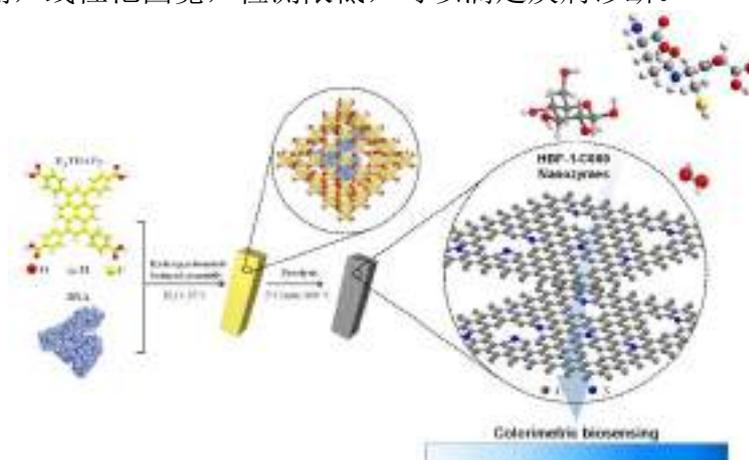


图 1. 多孔氮掺杂碳纳米酶 HBF-1-C800 的合成过程及其比色生物传感示意图

**关键词:** 氢键杂交框架; 氮掺杂; 碳纳米酶; 生物标志物

**参考文献:**

[1] Wu J, et. al. *Chem. Soc. Rev.* 48 (2019) 1004-1076.

[2] Sun H, et al. *Angew. Chem., Int. Ed.* 57 (2018) 9224-9237.

[3] Zhao R, et. al. *Chem. Eur. J.* 21 (2015) 960-964.

[4] Fan K, et. al. *Nat. Commun.* 9 (2018)1440-1450.

# 一种类超氧化物歧化酶的纳米酶传感器用于磷酸化蛋白的检测

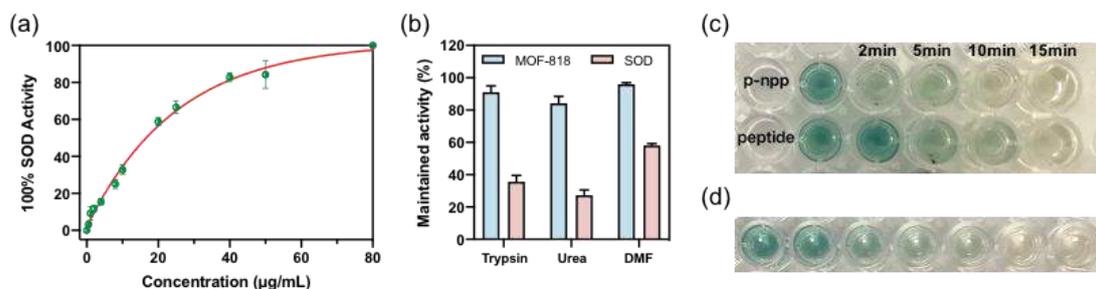
吴童<sup>1</sup>, 黄思铭<sup>2,\*</sup>, 周全<sup>1,\*</sup>, 陈国胜<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>南方医科大学第三附属医院放射科, 广州, 510630, <sup>2</sup>广州医科大学药学院, 广州, 511495, <sup>3</sup>中山大学化学学院, 广州, 510006

\*Email: chengsh39@mail.sysu.edu.cn

## 摘要:

磷酸化是调节蛋白质功能的一个常见过程, 研究证实许多人类疾病都与蛋白质的异常磷酸化有关<sup>1</sup>。因此, 揭示蛋白质的磷酸化状态对生物医学和临床实践具有重要意义。酶基传感器是分析化学领域常用的检测工具, 它们具有灵敏度高、选择性好等优点, 在高通量生化分析中得到了广泛的应用<sup>2-4</sup>。在这项工作中, 我们设计了一个简单而有效的酶基比色传感平台, 通过使用锆基金属有机框架 MOF-818 作为超氧化物歧化酶(SOD)模拟物来检测磷酸化蛋白。由于其金属活动中心与天然超氧化物歧化酶活性中心具有相似的配位环境, 该 MOF 能够表现出良好的催化活性, 可以消除超氧阴离子自由基, 过程中产生的过氧化氢在过氧化物酶存在的情况下能和 2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 (ABTS) 发生显色反应。当有磷酸化蛋白存在时, 磷酸化蛋白通过蛋白中的磷酸基团与 MOF 中的 Zr 金属节点的发生强相互作用, 锚定在纳米酶的金属节点上, 同时抑制纳米酶的活性, 使显色程度减弱。基于这一原理, 我们的比色传感平台能够实现磷酸化蛋白的检测, 在生物传感与临床检验领域具有良好的应用潜力。



**图.1** (a) MOF-818 的类 SOD 活性 ; (b) MOF-818 与天然 SOD 的稳定性对比; (c) MOF-818 与磷酸盐或磷酸化多肽在不同反应时间下对其类 SOD 活性的影响; (d) MOF-818 与不同浓度磷酸化多肽反应后对其类 SOD 活性的影响

**关键词:** 金属有机框架; 磷酸化蛋白; 生物传感; 纳米酶

## 参考文献:

- [1] Miranda O. R., et. al. *J Am Chem Soc.* 132 (2010), 5285-5289.
- [2] Gao, L., et. al. *Acs Nano.* 9(2015), 10979-10990.
- [3] Wang, L., et al. *Anal Chim Acta.* 1121(2020): 26-34.
- [4] Berg, B., et al. *Acs Nano.* 9(2015): 7857-7866.

# 基于奶制品碳量子点的制备及其表征研究

白小莲<sup>1</sup>, 于熙宸<sup>1</sup>, 爱军<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 内蒙古师范大学化学与环境科学学院, 内蒙古环境化学重点实验室, 呼和浩特 昭乌达路 81 010022, E-mail: imacaj01@163.com

<sup>2</sup> 内蒙古医科大学药学院, 中华人民共和国呼和浩特市金川开发区 010110)

## 摘要

碳量子点是一种新型的碳纳米功能性材料, 该纳米材料无毒、造价便宜、具有特殊荧光性并且易修饰。实验以奶豆腐和奶皮为原料, 通过高温煅烧制备碳量子点, 并通过对其结构进行了纳米表征。其结果表明, 奶豆腐和奶皮中存在碳量子点, 通过荧光表征, XRD、XPS 表征和透射电镜表征分别确定了制备碳量子点的最优条件, 碳量子点的结构, 产物成分和官能团。

碳量子点的制备方法具有设备简单, 反应条件温和, 成本低, 具有大规模成产的可能性。到目前为止, 已经发展了各种的方法来生产碳量子点。方法可分为以下两种。自上而下法是指碳靶上蚀刻碳量子点或从碳纳米颗粒上剥离碳量子点, 包括激光烧蚀, 电化学氧化, 和电弧放电, 但是这种方法通常有复杂的操作工艺和不高的转化率。另一种自下而上法是先燃烧, 加热, 微波辅助法等生成碳量子点。采用化学氧化法制备的碳量子点具有优异的荧光特性, 量子产率高, 稳定性好, 并且节约成本从而被大规模投入使用。在本次的实验研究中成功从奶豆腐与奶皮中制备出了碳量子点, 并通过荧光表征得出了制备碳量子点的最优条件。而后通过 XRD, XPS, IR 和 TEM 的表征来分别确定了碳量子点的结构、产物成分和官能团。碳量子点在诸多领域的应用前景广阔, 目前人们对碳量子点的合成实验有诸多缺陷, 因此还需要做更多的深入探索, 进而大范围的增加其在各个领域的应用。

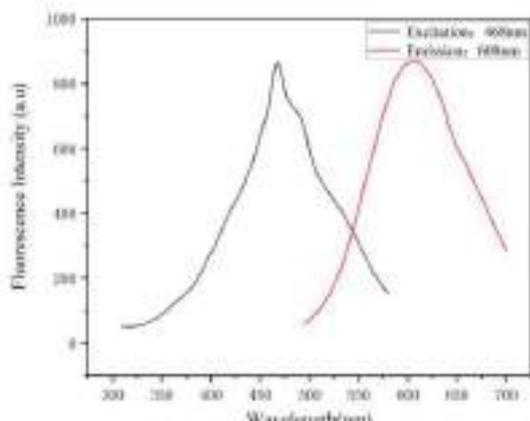


图 1 奶皮乙醇分散的荧光光谱图。

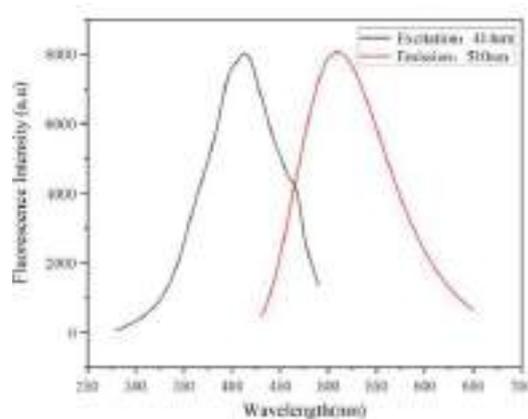


图 2 奶皮丙酮分散的荧光光谱图。

关键词 碳量子点 化学性质

参考文献

[1]Chao Tan, Songlin Zuo, Yunyang Zhao, et. al. Preparation of multicolored carbon quantum dots using HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> oxidation of graphitized carbon[J]. journal of materials research, 2019, 261: 1 - 11.

## 取代基团对 P 型有机材料的影响

李春伶<sup>1</sup>, 何瑞钦<sup>2</sup>, 梁卿<sup>3</sup>, 曹靖\*<sup>1</sup>, 尹君\*<sup>2</sup>, 唐瑜\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 功能有机分子化学国家重点实验室, 甘肃省有色金属化学与资源利用重点实验室, 兰州大学化学化工学院, <sup>2</sup> 厦门大学萨本栋微米纳米科学技术研究院, <sup>3</sup> 中国科学院兰州化学物理研究所, 中科院西北特色植物资源化学重点实验室, 甘肃省天然药物重点实验室  
Email: caoj@lzu.edu.cn; jyin@xmu.edu.cn; tangyu@lzu.edu.cn

### 摘要:

PN 结是各种半导体器件的基础, 是光电探测器、太阳能电池、LED 灯和激光器的基本组成部分。其中酞菁由于其低廉的造价和较好的效果成为常用的 P 型半导体。深入了解外围取代基对酞菁中空穴传输行为的影响能够帮助构建更加高效的探测器、太阳能电池等。我们对酞菁母核侧链进行修饰, 研究了酞菁取代基对钙钛矿太阳能电池器件的影响。最终, 我们发现取代基能够改变酞菁的能级和成膜性, 从而影响钙钛矿太阳能电池的效率。

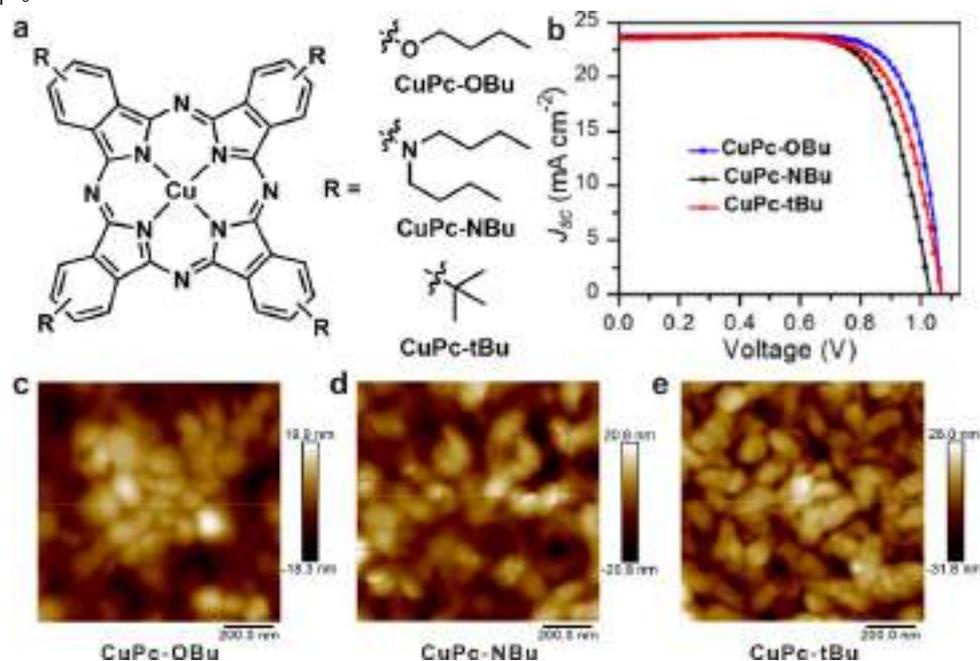


图 a 酞菁的化学式; 图 b 基于不同酞菁的最佳效率; 图 c-e 不同酞菁在钙钛矿表面的形貌。

关键词: 钙钛矿太阳能电池, 可溶性酞菁, 空穴传输材料

### 参考文献:

[1] Li C, He R, Liang Q, Cao J, Yin J, Tang Y., *Sci. China Chem.* 63 (2020) 1053–1058.

# 基于四苯乙烯衍生物和葫芦脲荧光探针的构建及对百草枯的检测

张丙文, 袁茂森\*

西北农林科技大学化学与药学院  
yuanms@nwsuaf.edu.cn

## 摘要:

百草枯, 是农业生产中广泛应用的除草剂, 对人和动物有很强的毒性, 误食会引起急性中毒。聚集诱导发光 (Aggregation Induced Emission, AIE) 是一种新型光致发光现象。具有AIE效应的四苯乙烯由于其固态发射效率高、合成简单、易功能化等优点, 在荧光传感方面得到了广泛应用。葫芦脲 (Cucurbit[n]uril, 简称为 CB[n]或Q[n]), 是以多个甘脲为结构单元通过亚甲基桥连的笼状大环分子, 葫芦脲分子由于结构刚性强, 具有较高的热稳定性, 在分子识别中显示出极强的选择性和极强的亲和性。我们基于葫芦[10]脲和具有AIE效应的四苯乙烯衍生物分子, 合成了一种超分子体系的荧光探针, 检测水中百草枯的含量<sup>1,2</sup>。实验结果表明, 探针对百草枯具有明显的荧光增强响应, 且会发生了红移现象 (图1a)。四苯乙烯衍生物与葫芦[10]脲形成超分子探针, 由于AIE效应促使荧光微弱增强。在加入百草枯后, 四苯乙烯衍生物支链的运动被进一步限制, 导致荧光增强, 实现对百草枯的灵敏检测 (图1b)。

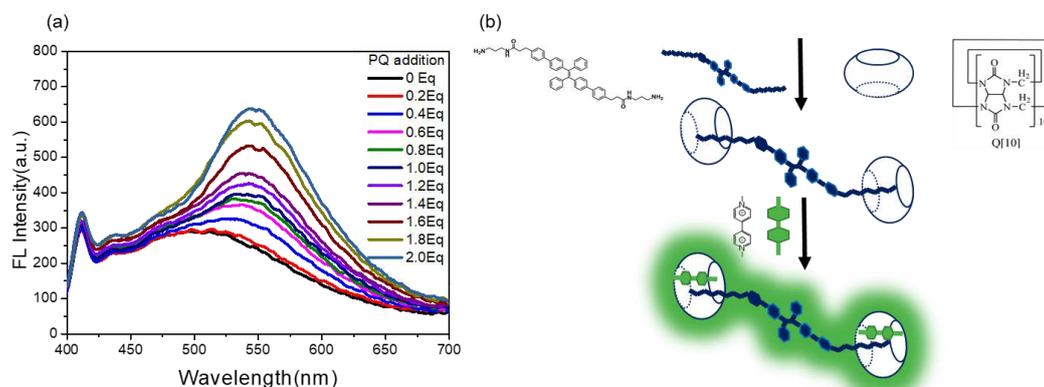


图1 (a) 在2.5 $\mu$ M探针中加入不同浓度百草枯 (0-5 $\mu$ M) 的荧光变化; (b) 探针对百草枯的检测机理

**关键词:** 荧光探针; 四苯乙烯; 百草枯; 聚集诱导发光; 葫芦[10]脲

## 参考文献:

[1] Luo, Y.; Zhang, W.; Liu, M.; Zhao, J.; Fan, Y.; Bian, B.; Tao, Z.; Xiao, X., *Chinese Chemical Letters* 2021, 32 (1), 367-370.

[2] Du, X. C.; Hao, H. X.; Qin, A. J.; Tang, B. Z., *Dyes and Pigments* 2020, 180.

# 基于酶@HOFs 杂交材料的自驱动微纳米马达实现肿瘤标记物的高效萃取

杨煌盛<sup>1</sup>, 付佳慧<sup>1</sup>, 陈国胜<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 中山大学化学学院, 广州, 中国, 510006

Email: Chengsh39@mail.sysu.edu.cn

运动是生物进化最重要的成果之一, 例如, 大肠杆菌等细菌可通过将化学能转化为机械力量来推动自身运动, 从而提高觅食、繁殖和形成菌落的效率<sup>[1]</sup>。受到这种生物过程的启发, 近年来, 科学家们设计系列自我推进的仿生智能微纳米马达, 极大改善纳米材料的溶液分散性和可操纵性, 也提高其在生物识别、污染修复和药物递送等领域的效率<sup>[2]</sup>。由于生物酶的天然来源特性、温和反应条件以及底物燃料无毒性的特点, 酶驱动微纳米马达 (enzyme-powered micro/nano motors) 是理想的仿生智能平台, 在生物医学等领域具有重要的应用前景。

氢键有机框架 (hydrogen-bonded organic frameworks, HOFs) 是有机配体间通过分子间氢键作用形成的多孔材料, 具有比表面积高、孔径可调、组分多样、表面易功能化等特点<sup>[3]</sup>。

本研究首次利用酶@HOF 杂交材料, 采用过氧化氢作为“生物燃料”, 设计出一种生物酶驱动的酶@HOFs 微纳米马达, 这种自驱动的微纳米马达无需借助外力作用即可实现高速旋转运动 (图 1)。与酶@ZIF-8 杂交材料相对比, 酶@HOFs 微纳米马达在酶加载量、结构稳定性和催化效率等表现出更良好的性能, 并且展示出对染料分子更快速和更高效的捕获能力。通过表面修饰在材料表面构筑出丰富的蛋白特异性识别位点, 可实现对目标蛋白的高效富集和识别。该酶@HOFs 微纳米马达有望为高效蛋白分离、萃取平台的开发, 及具有现场、原位富集功能的便携式装置的设计提供技术支撑。

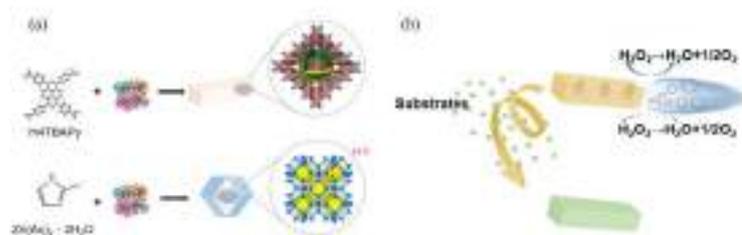


图 1 (a), (b): 生物酶驱动微纳米马达材料的设计及其运动行为示意图

**关键词:** 氢键有机框架 生物酶 微纳米马达 生物传感

**参考文献:**

[1] Larsen, S. H.; Reader, R. W.; Kort, E. N.; Tso, W.-W.; Adler, J. *Nature* 1974, 249, 74-77.

[2] Parmar, J.; Vilela, D.; Villa, K.; Wang, J.; Sanchez, S. *J. Am. Chem. Soc.* 2018, 140, 9317-9331.

[3] G. Chen; Z. Tang; X. Li; L. Tong; H. Yang; J. Wu; X. Zhang; T. Song; S. Huang; F. Zhu; G. Ouyang. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 23608-23613.

# 快速检测海水中汞离子的拉曼芯片

郑强廷, 郭小玉\*, 杨海峰\*

上海师范大学, 上海市徐汇区桂林路 100 号, 200234

Email: 15656978998@163.com

## 摘要:

本工作制备用于痕量汞离子快速检测的拉曼芯片 (ITO-Au-GSH), 利用四巯基吡啶 (4-MPy) 与  $\text{Hg}^{2+}$  的强特异性相互作用实现三明治检测策略。该芯片利用二维基底的优势巧妙的解决了溶液相金纳米粒子在高盐环境中易团聚的问题, 同时具有极高的灵敏度 (LOD为1.76 ng/L), 与便携式拉曼光谱仪相结合, 实现了对海水中汞离子的快速现场检测, 为海滨地区汞离子环境风险的快速监测提供了一种新的方法, 并且起到了早期预警的作用。

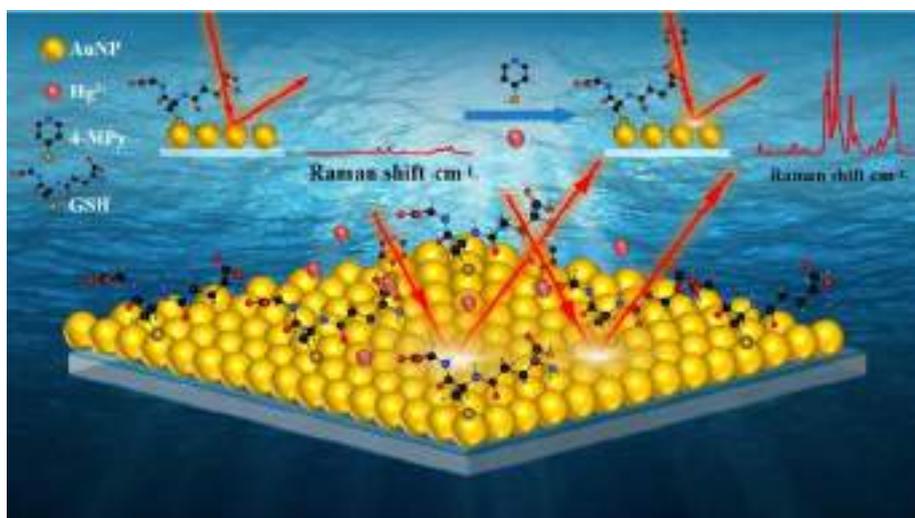


图1: 汞离子检测机理图

**关键词:** SERS; 汞离子; 芯片; 快速检测; 海水

## 参考文献:

- [1] Yassa, H. A. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **2014**, 38, 1016-1024.
- [2] Lepak, R. F.; Yin, R. S.; Krabbenhoft, D. P.; Ogorek, J. M.; DeWild, J. F.; Holsen, T. M.; Hurley, J. P. *Environ. Sci. Technol. Lett.* **2015**, 2, 335.

# 基于 DNA 分子筛的尺寸选择性分子识别策略及其 microRNA 精准检测应用

殷焱, 付晓艺, 柯国梁\*, 张晓兵\*

湖南大学化学化工学院, 长沙, 中国, 410082

\* Email: glke@hnu.edu.cn

## 摘要:

基于分子识别策略的生物传感在生物医学研究和临床诊断中发挥着关键作用, 目前生物传感器的检测选择性一般基于核酸的碱基对原则和蛋白的亲合相互作用等。这些方法虽然取得了一定的进展, 但在靶标和类似物性质过于相似而无法区分的特定情况下, 无法对某些生物靶标进行选择性的精准传感。尺寸选择性是基于靶标和非靶标大小差异进行分子识别的重要机制, 然而, 合理设计一种人工尺寸选择性分子识别系统来识别活细胞中的生物靶点仍然是一个挑战。为此, 我们构建了一个基于 DNA 尺寸选择的分子筛系统, 通过将功能核酸探针(如 DNAzymes, 适配体和分子信标)封装在框架核酸内腔内, 精准实现了大分子的有效阻挡和小分子目标的有效识别。该系统不仅可以保护探针不受核酸酶降解和非特异性蛋白结合的影响, 而且成功地实现了活细胞中成熟 microRNA 和前体 microRNA 的尺寸选择性区分。随后, 为进一步提升 DNA 分子筛的检测灵敏度, 我们将其与 CRISPR/Cas12a 荧光检测系统相结合, 开发了一种基于 DNA 尺寸选择的可激活式荧光传感器, 依赖尺寸空间上的隔离, 不仅抑制了 CRISPR/Cas12a 的酶切活性, 而且实现了成熟 microRNA 和前体 microRNA 的尺寸选择性的酶切活性激活。因此, 通过充分利用框架核酸的特点和功能, 开发出的基于 DNA 尺寸选择的分子识别机制不仅为生物医学研究和临床诊断提供了一种简单通用、高效可控的分子识别方法, 而且为发展高性能、更精准的生物传感提供了全新的思路。

**关键词:** 框架核酸; 尺寸选择; DNA 分子筛; 生物传感

## 参考文献:

- [31] Kong, G. Z.; Xiong, M. Y.; Liu, L.; Hu, L.; Meng, H. M.; Ke, G. L.; Zhang, X. B.; Tan, W. H.; *Chem. Soc. Rev.* **2021**, 50, 1846
- [32] Fu, X. Y.; Yin, Y.; Zhang, M.; Peng, F. Q.; Shi, Y. Y.; Liu, Y.; Tan, Y.; Song, J.; Zhao, Z. L.; Yin, X.; Ke, G. L.; Zhang, X. B., *Chem. Commun.* **2021**, 57, 3291
- [33] Fu, X. Y.; Ke, G. L.; Peng, F. Q.; Hu, X.; Li, J. Q.; Shi, Y. Y.; Kong, G. Z.; Zhang, X. B.; Tan, W. H., *Nat. Commun.* **2020**, 11, 1518
- [34] Chen, Y. H.; Ke, G. L.; Ma, Y. L.; Zhu, Z.; Liu, M. H.; Liu, Y.; Yan, H.; Yang, C. J., *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, 140, 8990
- [35] Ke, G. L.; Liu, M. H.; Jiang, S. X.; Qi, X. D.; Yang, Y. R.; Wooten, S.; Zhang, F.; Zhu, Z.; Liu, Y.; Yang, C. J.; Yan, H., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, 55, 7483

# 固体接触式聚合物膜钾离子选择性电极的制备与应用

陈鹏飞, 彭杏, 肖忠良\*, 袁璇, 邓威森, 吴玲, 曹忠\*

长沙理工大学化学化工学院, 电力与交通材料保护湖南省重点实验室, 细胞化学湖南省重点实验室, 长沙 410114

Email: xiaozhongliang@163.com, caoz@csust.edu.cn

## 摘要:

传统的离子选择性电极存在内部填充液, 它的渗漏问题干扰着痕量分析的准确性, 而且内充液的存在使电极在微型化和贮存方面也遇到了许多困难<sup>[1, 2]</sup>。固态离子选择性电极由于没有内充液, 可以有效消除内充液中主离子通量带来的不良影响<sup>[3]</sup>。此外, 固态离子选择性电极还具有便于维护、易于微型化等优点, 已成为离子选择性电极发展的新方向<sup>[4]</sup>。

本文设计合成并优化的形貌匀称的  $\text{ZnCo}_2\text{O}_4$  多孔纳米球, 用作电极的固体接触传导层, 制备了全固态钾离子选择性电极, 并将其应用于卷烟纸中钾离子含量的测定。即通过共沉淀法制备了 Zn-Co 碳酸盐前体, 将所得的 Zn-Co 碳酸盐前体分别在不同温度下退火, 获得  $\text{ZnCo}_2\text{O}_4$  多孔纳米球; 以玻碳电极为导电基底, 将  $\text{ZnCo}_2\text{O}_4$  多孔纳米球超声均匀分散于四氢呋喃中, 使用滴涂法涂置于电极底部, 待溶剂完全挥发后, 滴加钾离子选择性聚合物膜, 制得全固态钾离子选择电极。 $\text{ZnCo}_2\text{O}_4$  多孔纳米球的加入增加了电子传输能力, 进一步提高了电极传导过程中离子-电子转化效率。而且, 多孔结构赋予了该材料高的比表面积和大的电容特性, 有利于电势的稳定, 试验证明  $\text{ZnCo}_2\text{O}_4$  纳米材料可用作固态电极的离子-电子转导层。该离子选择性电极在 Tris-HCl 缓冲体系中实现了对卷烟纸中  $\text{K}^+$  的稳定检测, 响应范围为  $10^{-6}$ - $10^{-1}\text{M}$ , 满足测试要求。

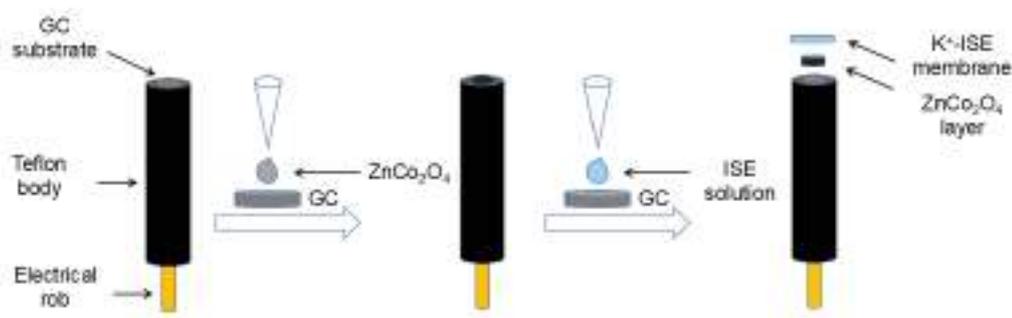


图1 固态钾离子选择性电极的制备示意图

**关键词:** 钾离子, 聚合膜选择性电极, 固态接触式, 传导层

## 参考文献:

- [1] G. Maduraiveeran, M. Sasidharan, W. Jin, *Progress in Materials Science*, 2019, 106: 100574.
- [2] J.J. Deng, X.L. Yu, X.Y. Qin, *Energy Storage Materials*, 2018, 11, 184-190.
- [3] Y.X. Sun, L.X. Zhang, J. Zhang, *Ceramics International*, 2014, 40: 1599-1603.
- [4] S. T. Mensah, Y. Gonzalez, P. Calvo-Marzal. *Analytical Chemistry*, 2014, 86: 7269-7273.

## 卷烟纸中钠离子含量的测定

彭杏<sup>1</sup>, 喻赛波<sup>1,\*</sup>, 陈鹏飞, 肖忠良, 吴玲, 曹忠\*

长沙理工大学化学化工学院 湖南中烟工业有限责任公司技术中心, 长沙 410007

<sup>1</sup> 共同第一作者, \*Email: yusb1125@hngytobacco.com, caoz@csust.edu.cn

### 摘要:

卷烟纸助燃剂对烟支的燃烧性能有重要影响, 如改变卷烟的燃烧速率, 会影响烟气中各种化学成分的释放量; 改变燃烧温度, 会影响烟灰颜色及其“包灰”性能等<sup>[1]</sup>。目前, 国内外最常用的卷烟纸助燃剂是柠檬酸钾和柠檬酸钠, 准确测量卷烟纸中钾、钠离子含量具有重要的应用价值。离子选择性电极是带有敏感膜的、能对离子或分子态物质有选择性响应的电极, 它的电位与溶液中给定的离子的活度的对数呈线性关系。它不需要复杂的仪器, 十分适用于快速、便捷地测定溶液中的钠离子。本文采用离子选择性电极方法, 测定卷烟纸中的钠离子含量, 与火焰原子吸收法测定的钠离子含量进行对比, 两种方法测定的结果无明显差异, 平均相对偏差为 3.4% (表 1), 说明离子选择性电极法对卷烟纸中钠离子含量的测定比较准确, 该方法成本低、简单快速, 具有较好的实际应用价值。

表 1: 卷烟纸样品中钠离子含量测定的比较

样 品	离子选择性电极		火焰原子吸收法		相对偏 差
	质量浓度	含量	质量浓度	含量	
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(%)
1	3.3822	0.1042	3.2273	0.0994	+4.8
2	4.5904	0.1421	4.4850	0.1388	+2.4
3	0.8206	0.1206	0.8704	0.1280	-5.8
4	0.8745	0.1292	0.8816	0.1303	-0.8

**关键词:** 钠离子, 离子选择性电极, 卷烟纸, 实际应用

### 参考文献:

[1] R. R. Baker, L. J. Bishop, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **2004**, *71*, 223-311.

## 用于检测 L-半胱氨酸的钴酸锌复合膜电极

郭佩弦, 袁璇, 吴玲\*, 邓威森, 吴远清, 肖忠良, 曹忠\*

长沙理工大学化学化工学院, 电力与交通材料保护湖南省重点实验室, 细胞化学湖南省重点实验室, 长沙 410114

Email: lingwu@csu.edu.cn (L. Wu), caoz@csust.edu.cn (Z. Cao)

### 摘要:

L-半胱氨酸 (L-Cys) 是生物体内一种常见的含硫氨基酸, 人体内 L-Cys 的含量与人的生长发育、健康状况紧密相关。人体内半胱氨酸含量的异常通常是由于各项亚健康状态引起的, 当人体血液内 L-Cys 含量过低时, 会出现生长减慢、头发色素沉着、浮肿、嗜睡、肝脏损伤、肌肉脂肪丢失、皮肤病、身体虚弱等症状<sup>[1]</sup>。目前, 半胱氨酸的检测方法主要包括液相色谱法、分光光度法、比色法、荧光分析法、电化学方法等, 其中电化学传感器具有操作简单、成本低廉、选择性好、灵敏度高等优点。ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 这种双金属氧化物具有良好的电催化性能、出色的电导率、较高的电催化活性, 广泛应用于电催化、光催化、气体传感和电化学传感领域。基于此, 本文构建了一种对 L-Cys 进行高灵敏检测的 ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 复合膜电极, 即采用了溶剂热合成法制备了 ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, 经高温煅烧后得到类石墨烯结构的片层状 ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 材料, 采用滴铸法将材料修饰在玻碳电极表面 (图 1a)。由于 L-Cys 能够在 ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 膜电极表面发生催化氧化, 因此差分脉冲伏安响应峰电流随 L-Cys 浓度的增大而递增 (图 1b), 电极的检测范围为 0.05-50 μM。与传统方法相比, 该传感器具有操作简便、成本较低、检测速度快的优点, 说明将双金属氧化物用于氨基酸的检测在生物传感这一领域具有很好的应用潜力。

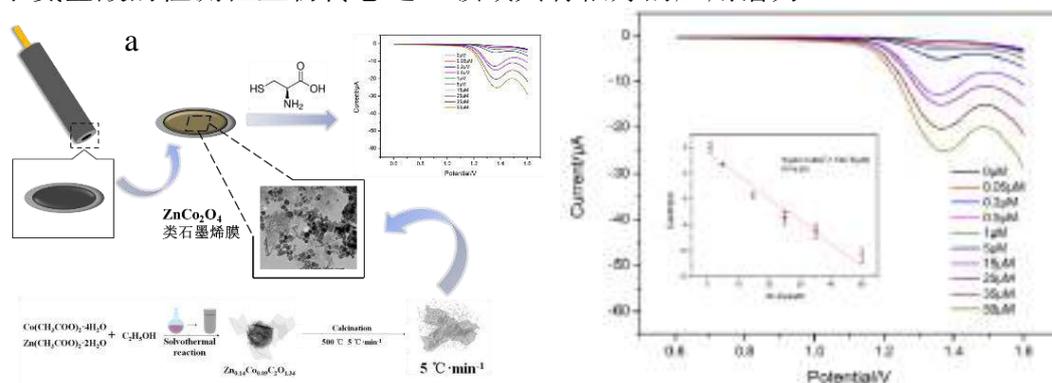


图1 ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>膜电极的构建过程(a)及其L-Cys的DPV响应曲线图(b)

**关键词:** L-半胱氨酸, 钴酸锌复合膜, 修饰电极, 电化学分析

### 参考文献:

[1] Bostom A G. New England Journal of Medicine, 2002, 364, 476.

# 基于 UWP 低功耗蓝牙的无线监测系统研究

薛书蕾, 刘成, 肖忠良\*, 黄家瑛, 吴玲, 曹忠\*

长沙理工大学化学化工学院, 电力与交通材料保护湖南省重点实验室, 细胞化学湖南省重点实验室, 长沙 410114

Email: xiaozhongliang@163.com, caoz@csust.edu.cn

## 摘要:

在畜禽健康养殖和代谢过程中, 精氨酸、赖氨酸、色氨酸等氨基酸在构成动物营养所需蛋白质方面具有极其重要的作用。对于活体畜禽来说, 传统的方法监测这些指标耗时长、成本高、操作复杂。随着支持设备小范围通信的无线通信技术和低功耗蓝牙技术的飞速发展, 出现了新兴的能在设备间实现方便快捷、灵活安全、低成本、低功耗的数据通信, 改变了以往的数据传输方式, 有效地增强了抗干扰能力, 降低了成本, 提高了系统可靠性。本文设计并制作了一种用于监测畜禽体内氨基酸含量和温度的无线监测系统。此系统是基于 Windows 通用平台 (UWP) 的低功耗蓝牙开发的 PC 端应用程序, 通过与微芯片胶囊传感器的配对和连接, 通过采集传感器监测到的氨基酸含量和温度数据, 能够实时快速接收数据并且采用动态折线图和动态表格形式显示, 且实时保存数据到数据库, 以便后续访问。将此系统采集到的动态数据和保存到数据库里的数据与数字万用表检测到的数据进行对比, 结果一致, 表明此无线监测系统可实现数据的实时采集、显示和实时保存, 极大地简化了监测畜禽体况操作流程, 具有很好的实际应用价值。

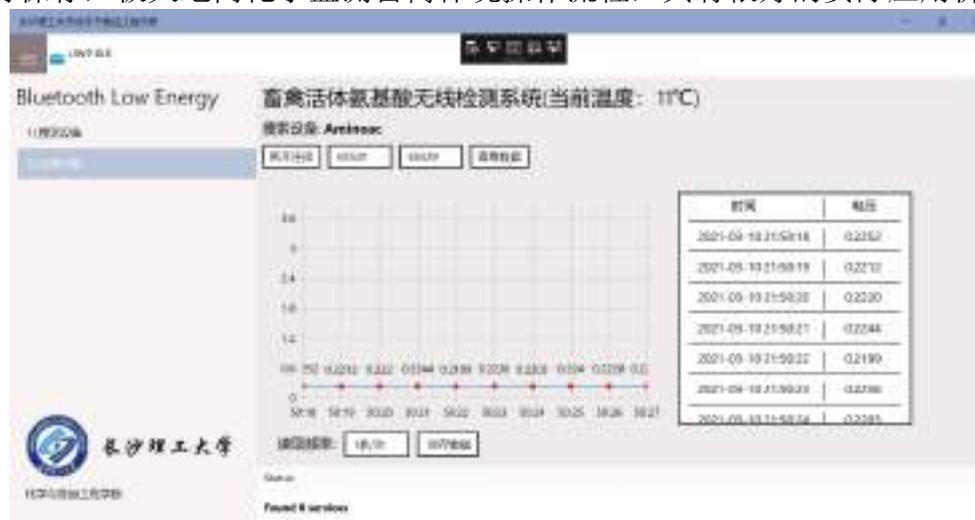


图1 应用程序数据采集显示界面图

关键词: 无线监测, 低功耗蓝牙, 氨基酸含量, 温度参数

# 基于包埋金纳米簇 DNA 水凝胶的 ATP 引发双模式传感器用于海水中副溶血性弧菌快速检测

俞佳乐<sup>1, 2</sup>, 贾志舰<sup>\*1</sup>, 干宁<sup>\*2</sup>

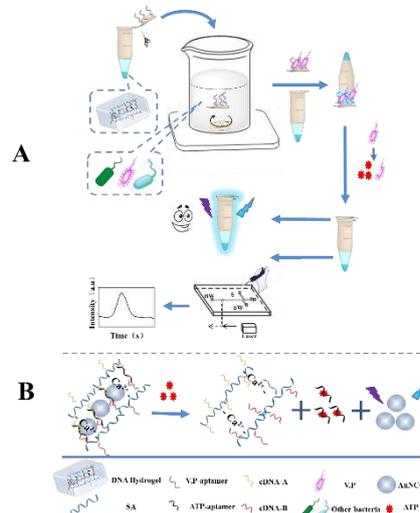
<sup>1</sup> 宁波工程学院材化学院, <sup>2</sup> 宁波大学材化学院

Email: [zhijian.jia@nbut.edu.cn](mailto:zhijian.jia@nbut.edu.cn); [ganning@nbut.edu.cn](mailto:ganning@nbut.edu.cn)

近几十年来, 食源性致病菌的危害越发引起人们的关注。其中, 副溶血弧菌 (V.P) 是引发食用海产品导致的腹泻的主要原因。因此现阶段快速有效地检测海水中的副溶血弧菌具有非常迫切的需求。迄今为止的已有检测方法, 通常都很耗时, 且需昂贵仪器和熟练技巧方能胜任, 如平板计数金检测法需长达数日的菌种培养<sup>[1]</sup>, 基于扩增的方法如 PCR 法、LAMP 法和 RCA 法虽然可以缩短到数小时, 仍需负压实验室限制等<sup>[2]</sup>, 无法进行快速检测。

基于 DNA 水凝胶受激释放的思路<sup>[3]</sup>, 我们成功研发了一种内部包埋金纳米簇的双探针 DNA 水凝胶, 用于荧光和微流控双模式检测。即以所富集的 V.P 裂解释放的 ATP 为引发物, 释放出金纳米簇和 ATP-aptamer 双探针, 分别进行可视化荧光测定和微流控测定。通过该双模式检测, 既能实现对目标菌的现场快速检测(有限条件下的现场初筛), 又能通过两种定量方法的结果相互印证, 降低假阳性率。鉴于 ATP 由活菌释放, 还能进行死活菌的识别。其工作原理见下图所示。该双模式检测 45 分钟内可完成一次测定, 可达到荧光检测  $100\text{cfu mL}^{-1}$ , 微流控检测  $36\text{cfu mL}^{-1}$ , 假阳性率降至 1%, 满足了快速检测的要求。

关键词: DNA 水凝胶, 副溶血弧菌, ATP 适配体, 金纳米簇, 双模式现场检测



ATP 诱导水凝胶用于副溶血弧菌的双模式检测示意图

## 参考文献:

- [1] M. Ishimaru, H. Noda, E. Matsumoto, et al., *Luminescence*, 36(2021) 826-33.
- [2] R. Snodgrass, A. Gardner, A. Semeere, et al., *Nature Biomedical Engineering*, 2(2018) 657-65.
- [3] L. Sun, F. Shen, L. Tian, et al., *Advanced Materials*, 33(2021) 2007910.

# 内质网靶向酪氨酸酶比率荧光探针研究

谢文智<sup>1</sup>, 张振群<sup>1</sup>, 杨盛\*<sup>1,2</sup>, 周怡波<sup>1</sup>, 杨荣华\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 长沙理工大学化学与食品工程学院, 细胞化学湖南省重点实验室, 湖南长沙, 410114

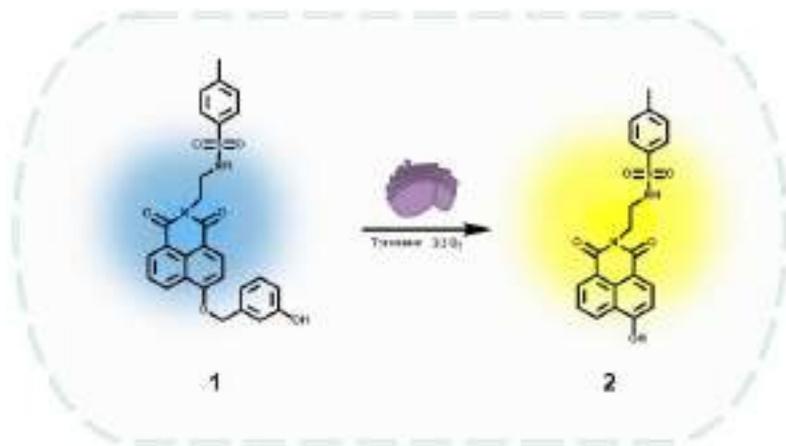
<sup>2</sup> 湖南师范大学化学化工学院, 化学生物学及中药分析教育部重点实验室, 湖南长沙, 410081

\*E-mail: yangsheng@hunnu.edu.cn; yangrh@pku.edu.cn

## 摘要:

酪氨酸酶 (Tyr) 是一种多酚氧化酶, 它将苯酚衍生物如酪氨酸衍生物羟基化为儿茶酚衍生物, 然后进一步氧化为相应的邻醌产物<sup>[1,2]</sup>。酪氨酸酶存在于黑素细胞的黑素小体、内质网中, 是黑色素合成中的主要酶。此外, 酪氨酸酶的过表达水平与黑色素瘤相关。因此, 检测活细胞乃至细胞器中酪氨酸酶活性不仅能够理解酪氨酸酶的生物学功能, 而且对黑色素瘤准确诊断和治疗具有重要意义。目前为止, 已报道了多个酪氨酸酶荧光探针<sup>[3]</sup>, 但内质网中检测酪氨酸酶活性的荧光探针仍未报道。在此, 我们设计合成了一种内质网靶向的比率荧光探针, 对酪氨酸酶活性进行精确、定量和时空分析。

如图 1 所示, 我们使用强分子内电荷转移 (ICT) 特征的萘酰亚胺作为荧光团, 两端分别修饰甲基磺酰胺和 3-羟基苄基, 分别作为内质网靶向单元和酪氨酸酶识别单元。探针 1 由于 ICT 特征减弱表现蓝色荧光, 酪氨酸酶存在下, 3-羟基苄基被羟基化, 然后自焚反应产生 2, 从而恢复强的推拉结构特征, 产生黄色荧光。由于其靶向特征和比率响应性能, 探针被成功应用于黑色素瘤细胞内质网中酪氨酸酶活性的比率荧光成像分析。



**Fig. 1** scheme of ratio fluorescence probe monitoring tyrosinase in endoplasmic reticulum

**关键词:** 比率型荧光探针; 内质网; 酪氨酸酶

**参考文献:**

[1] [1] Cooksey, C.J.; Garratt, P.J.; Land, E.J.; et al. *Biochemical Journal*, **1998**, **333(3)**:685-691.

[2] Rolfff, M.; Schottenheim, J.; Decker, H.; et al. *Chem. Soc. Rev.* **2011**, **40(7)**: 4077-4098.

[3] Sun, Y.P.; Miae, W.b.; Jong, S.K.; Min, H.L.. *Sens & Actuators: B. Chem.* **2020(319)**: 0925-4005.