

# CSPM 5500


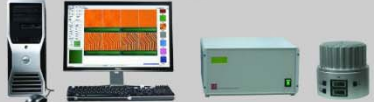
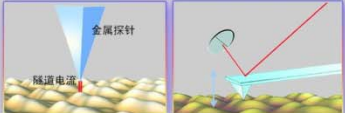
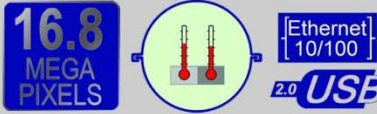
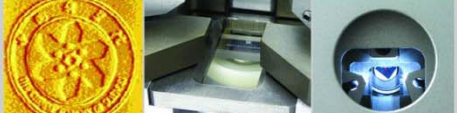
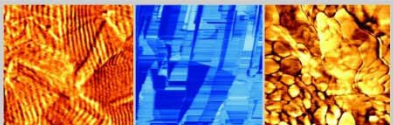
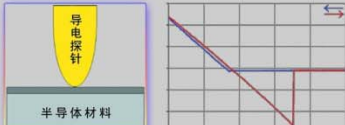


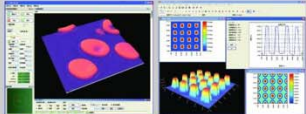

扫描探针显微镜



国际主流的研究级专业仪器



# 目录

	<p>本原简介..... 2          主要用户名单..... 3          应用成果..... 4</p>
	<p>CSPM5500扫描探针显微镜..... 5</p>
	<p>标准工作模式..... 7</p>
	<p>技术特点..... 9</p>
	<p>纳米加工..... 14          液相扫描探针显微镜..... 15          环境检测及控制扫描探针显微镜..... 16</p>
	<p>磁力/静电力显微镜..... 17          导电原子力显微镜..... 18          扫描声学探针显微镜..... 18          压电力显微镜/力调制成像..... 18</p>
	<p>扫描开尔文探针显微镜..... 19          扫描电容显微镜..... 19          扫描热显微镜..... 19          特性测量..... 20</p>
	<p>开放式扫描探针显微镜..... 21</p>
	<p>探针/配件..... 22</p>
	<p>SPM Console在线控制软件..... 23          Imager图像处理软件..... 25</p>
	<p>扫描探针显微镜系列仪器..... 27</p>

中国第一台扫描隧道显微镜  
(白春礼、黄桂珍, 1988)





20 余年历史

600+ 用户见证



### 中国首家扫描探针显微镜专业公司

— 由我国纳米科技首席科学家白春礼院士于 1988 年在北京创立，是我国第一家从事扫描探针显微镜研究、开发、生产销售和技术服务的专业公司

### 中国最大的扫描探针显微镜专业制造商

— 产销量、出口量最大，用户最多，应用成果及公开发表论文数量最多、水平最高，是我国扫描探针显微镜的第一品牌

### 中国技术水平最高的扫描探针显微镜研发基地

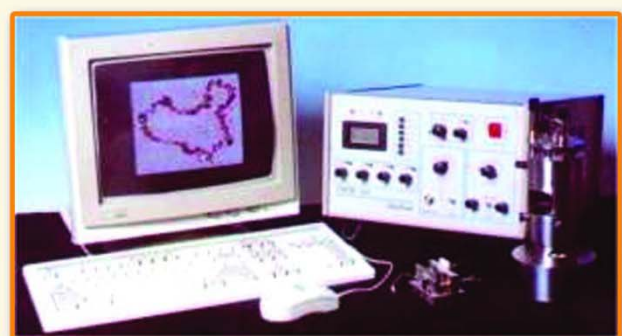
— 研制成功我国首台扫描隧道显微镜 (STM)、原子力显微镜 (AFM)、横向力/摩擦力显微镜 (LFM/FFM) ……，囊括了该领域的全部国家级奖项，累计承担国家级科研项目 20 余项，在研项目包括国家 863 课题 1 项、省部级课题 2 项

### 中国种类和功能最齐备的扫描探针显微镜厂家

— 产品及功能涵盖扫描隧道显微镜、原子力显微镜、横向力/摩擦力显微镜、纳米加工、磁力/静电力显微镜、环境检测及控制扫描探针显微镜、液相扫描探针显微镜、电化学扫描探针显微镜、导电原子力显微镜、扫描声学探针显微镜、压电力显微镜、扫描开尔文探针显微镜、扫描电容显微镜、扫描热显微镜……

### 中国售后服务最完善的企业

— 业内唯一的呼叫中心和全国统一免费热线 (800-830-3560)，南北两地用户服务机构，专家级技术支持团队，国际顶尖扫描探针显微镜耗材供应商的中国代理



中国第一台激光检测原子力显微镜  
(白春礼、吴浚瀚，1992)



# 主要用户名单

## 国内用户

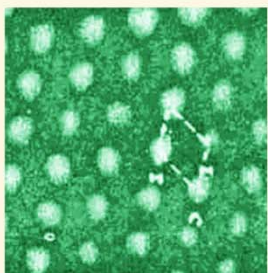
- 北京大学 (三台)
- 清华大学 (五台)
- 浙江大学 (四台)
- 复旦大学 (二台)
- 南京大学 (四台)
- 中南大学
- 厦门大学 (三台)
- 天津大学 (五台)
- 同济大学
- 东南大学
- 上海大学
- 南昌大学
- 南昌工程学院
- 江南大学 (四台)
- 福州大学 (二台)
- 山西大学
- 广州大学
- 长江大学
- 南华大学
- 长沙学院
- 烟台大学
- 大连大学
- 广西工学院
- 北京农学院
- 安徽农业大学
- 中央民族大学
- 东北林业大学
- 南京工业大学
- 浙江工业大学
- 成都理工大学
- 兰州理工大学
- 天津工业大学
- 广东工业大学
- 西安科技大学
- 北京工商大学
- 太原科技大学
- 武汉工程大学
- 辽宁科技大学
- 大连工业大学
- 海南师范大学
- 河南城建学院
- 北方工业大学
- 北京服装学院
- 沈阳理工大学
- 湖北民族学院
- 湖北民族学院
- 漳州师范学院
- 黄石理工学院
- 东莞理工学院
- 吉林化工学院
- 湖南师范大学
- 河南工程学院
- 贵州工业大学
- 武汉大学 (二台)
- 中山大学 (二台)
- 吉林大学 (三台)
- 四川大学
- 南开大学 (二台)
- 重庆大学
- 兰州大学
- 西南大学
- 苏州大学 (二台)
- 暨南大学
- 贵州大学 (二台)
- 安徽大学
- 深圳大学 (三台)
- 青岛大学
- 中北大学
- 嘉兴学院
- 江汉大学
- 辽东学院
- 宿州学院
- 内蒙古大学
- 中国矿业大学
- 中国地质大学
- 电子科技大学
- 广东工业大学
- 西安科技大学
- 北京工商大学
- 太原科技大学
- 武汉工程大学
- 辽宁科技大学
- 大连工业大学
- 海南师范大学
- 河南城建学院
- 北方工业大学
- 北京服装学院
- 沈阳理工大学
- 湖北民族学院
- 湖北民族学院
- 漳州师范学院
- 黄石理工学院
- 东莞理工学院
- 吉林化工学院
- 湖南师范大学
- 河南工程学院
- 沈阳理工大学

- 中国人民大学
- 西安交通大学
- 华东师范大学
- 大连理工大学 (三台)
- 华南理工大学 (四台)
- 北京理工大学 (二台)
- 北京科技大学 (二台)
- 西南交通大学 (三台)
- 南京理工大学 (二台)
- 合肥工业大学 (三台)
- 中国医科大学 (二台)
- 福建师范大学 (二台)
- 长春理工大学 (二台)
- 河南理工大学 (二台)
- 北京印刷学院 (二台)
- 淮阴师范学院
- 北京服装学院
- 兰州城市学院
- 哈尔滨工业大学 (壹拾壹台)
- 内蒙古师范大学 (二台)
- 内蒙古工业大学
- 牡丹江师范大学
- 六盘水师范学院
- 安徽建筑工业学院
- 安徽工程科技学院
- 中国科学技术大学 (九台)
- 北京航空航天大学 (三台)
- 南京航空航天大学 (二台)
- 北京信息科技大学 (二台)
- 北华航天工业学院
- 北京石油化工学院
- 太原塑料研究所
- 西南技术物理所
- 深超光电有限公司
- 杜邦 (中国) 研发公司
- 国家粮食局科学研究院
- 国家康复辅具研究中心
- 深圳比亚迪实业有限公司
- 中科院遥感所
- 中科院半导体所
- 中科院微电子中心
- 青岛科技大学
- 南京第壹有机光电有限公司
- 中科院物理所超导中心

## 海外用户

- 香港理工大学
- 香港中文大学
- 澳门大学
- 台湾大学
- 台北科技大学
- 台湾昆山科技大学
- 台湾正修科技大学
- 台湾中国文化大学 (二台)
- 国立中兴大学
- 国立高雄应用科技大学
- 国立新加坡大学 (二台)
- 美国波特兰州立大学
- 加拿大西安大略大学
- 新加坡材料工程研究院
- 朝鲜纳米技术研究中心
- 日本横滨大学
- 纳米比亚大学
- 新加坡Caltron PTE Ltd.
- 土耳其Perpa Ticaret Merkezi公司
- .....

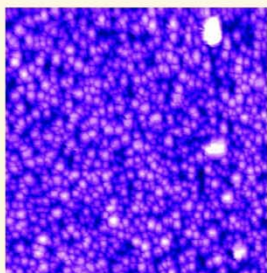
- 中科院化学研究所 (五台)
- 中科院长春光机所
- 中科院大连化物所
- 中科院研究生院 (北京)
- 中科院沈阳金属所 (二台)
- 中科院沈阳自动化所
- 中科院高能物理研究所
- 中科院纳米研究发展中心 (二台)
- 中科院物理所磁学实验室
- 中科院北京真空物理实验室 (四台)
- 中科院山西煤炭化学研究所 (二台)
- 中科院物理所传感技术研究中心
- 中科院宁波材料技术与工程研究所
- 中科院物理所纳米物理与器件实验室
- 中科院分子纳米结构与纳米技术实验室
- 中科院物理所表面物理国家重点实验室
- 中科院兰州化物所固体润滑国家重点实验室
- 国家高技术新型储能材料工程开发中心
- 中国石油勘探开发研究院 (二台)
- .....



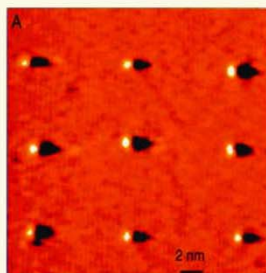
辉钼矿晶体 (1.5nm)



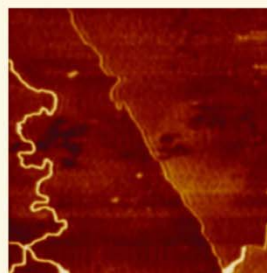
纳米加工 (16.8µm)



ITO 薄膜 (1µm)



纳米有机NBMN-pDNA薄膜上的信息存储(22nm)



DNA 分子 (1µm)

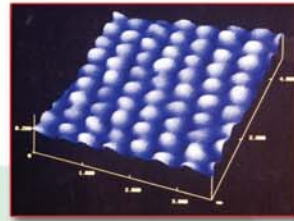
## 本原是国内迄今唯一原子力显微镜(AFM)具有文献可溯源的原子级分辨率厂家

石墨及金红石的原子力显微镜研究, 朱传凤等, 化学通报, 10, 42 (1989)

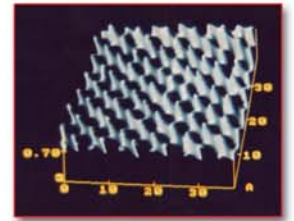
Observation of individual organic molecules at nitronyl nitroxide single crystal surface by using atomic force microscope, LiKe Ruan et al., J. Vac. Sci. Technol., B9 (2), 1134 (1991)

云母和石墨表面结构的激光原子力显微镜研究, 吴浚瀚等, 科学通报, 38 (10), 904 (1993)

有机非线性光学晶体 NPP 的 AFM 研究, 王大文等, 物理化学学报, 10 (2), 172 (1994)



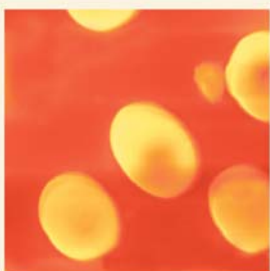
云母的 AFM 像



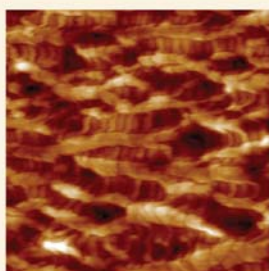
有机铁磁体晶体的 AFM 像

- Guangwei He et al., Adv. Mater., 29:28, 1605898 (2017) 影响因子: 30.849
- Ningbo Yi et al., Adv. Mater., 29:34, 1701636 (2017) 影响因子: 30.849
- Ziheng Lu et al., Adv. Energy Mater., 11:16, 2003811 (2021) 影响因子: 29.368
- Denghui Liu et al., ACS Energy Lett., 7, 1, 523-532 (2022) 影响因子: 23.101
- Di Yang et al., Adv. Funct. Mater., 31, 24, 2010987 (2021) 影响因子: 18.808
- Jie Zhao et al., Nano Energy, 76, 105026 (2020) 影响因子: 17.881
- Lei Peng et al., Energy Storage Mater., 42, 34-41 (2021) 影响因子: 17.789
- Longhui Zeng et al., Adv. Sci., 6, 1901134 (2019) 影响因子: 16.806
- Jiawei Gao et al., Nano-Micro Lett., 13, 69 (2021) 影响因子: 16.419
- Yuanhe Sun et al., ACS Nano, 15, 9, 14766-14775 (2021) 影响因子: 15.881
- Bo Zhang et al., J. Am. Chem. Soc., 135, 10073-10080 (2013) 影响因子: 15.419
- Facui Yang et al., Nat. Commun., 9, 5443 (2018) 影响因子: 14.919
- Xi Rao et al., Bioact. Mater., 5, 2, 192-200 (2020) 影响因子: 14.593
- Fengxia Liang et al., Small, 17, 40, 2102987 (2021) 影响因子: 13.281
- Yonggan Yan et al., Chem. Eng. J., 431, Part 4, 133460 (2022) 影响因子: 13.273
- Chen Zhang et al., Laser Photonics Rev., 13, 7, 1900079 (2019) 影响因子: 13.138
- Junming He et al., J. Mater. Chem. A, 7, 4744-4750 (2019) 影响因子: 12.732
- Chao Tao et al., Biomaterials, 258, 120310 (2020) 影响因子: 12.479
- Yuwei Li et al., Theranostics, 10 (18): 8250-8263 (2020) 影响因子: 11.556
- Jianhua Chen et al., J. Hazard. Mater., 248-249, 285-294 (2013) 影响因子: 10.588
- Tao Chen et al., Adv. Healthc. Mater., 1, 2, 214-224 (2012) 影响因子: 9.933
- Titao Li et al., Adv. Opt. Mater., 10, 5, 2102329 (2022) 影响因子: 9.926
- Jiang He et al., Chem. Mater., 30 (13), 4343-4354 (2018) 影响因子: 9.811
- Mingming Li et al., J. Control. Release., 340, 35-47 (2021) 影响因子: 9.776
- Qichang Hu et al., Carbon, 147, 427-433 (2019) 影响因子: 9.594
- Zhihao Xu et al., Desalination, 414, 10-17 (2017) 影响因子: 9.501
- Maocheng Ji et al., Carbohydr. Polym., 281, 119078 (2022) 影响因子: 9.381
- Guangzhang Zhang et al., ACS Appl. Mater. Inter., 13 (3) 4768-4776 (2021) 影响因子: 9.229
- Gao HJ et al., Phys. Rev. Lett., 84 (8), 1780-1783 (2000) 影响因子: 9.161
- Lesi Zhang et al., J. Power Sources., 352, 111-117 (2017) 影响因子: 9.127
- Hui Zhao et al., Compos Part B-Eng., 177, 107441 (2019) 影响因子: 9.078

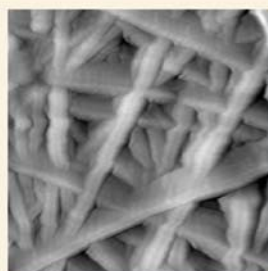
本原是国内唯一的研究级高端扫描探针显微镜专业制造商, 全球数百用户利用本原仪器开展大量出色的研究工作, 见证了本原产品的卓越品质, 其应用成果在国际学术刊物累计发表三千余篇科学论文, 仪器检测结果得到国际学术界的完全认可。



人体血红细胞 (30μm)



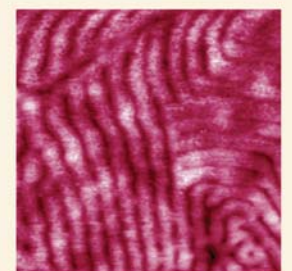
中空纤维管内壁 (3.5μm)



木材纤维 (10μm)



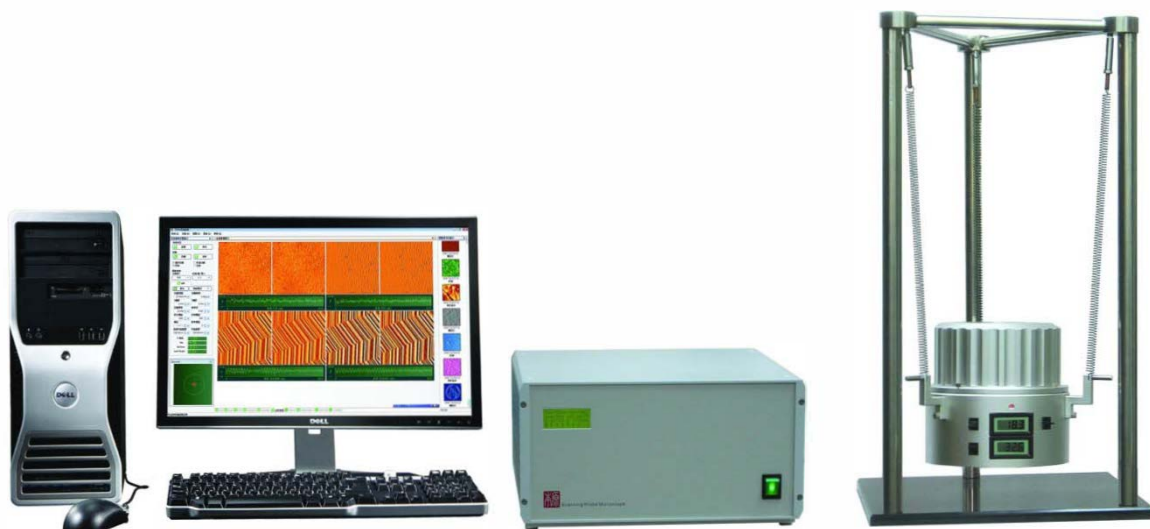
石墨片 (17.8μm)



自组装 SBS 薄膜 (600nm)



## CSPM5500/5500A/5500S 扫描探针显微镜

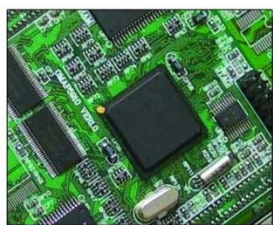


### 性能指标

- 国际主流的研究级专业仪器，集成原子力显微镜(AFM)，横向力显微镜(LFM)等功能
- 分辨率：原子力显微镜：横向0.2nm，垂直0.1nm  
(以石墨晶体原子台阶标定)
- 高精度计量型仪器，采用NanoSensors提供的可溯源于国际计量权威机构Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)的标准样品进行校准
- 扫描隧道显微镜包括恒流模式、恒高模式、I-V曲线、I-Z曲线等
- 原子力显微镜具有接触、轻敲、相移成像 (Phase Imaging) 等多种工作模式和力-距离曲线、振幅-距离曲线、相移-距离曲线等测量分析功能
- 横向力显微镜具有摩擦力回路曲线、摩擦力载荷曲线、摩擦力恒载荷曲线等多种摩擦学性能分析测量功能
- 探头配备合金密闭盖，有效将探针-样品体系与外界环境隔离，形成一个独立的内环境，内置高精度温湿度传感器，探针-样品体系温湿度实时检测并直接数显，实现环境检测扫描探针显微镜功能
- 探头密闭盖预留大孔径顶视窗，内置亮度连续可调的无影光源，便于探针、样品及扫描过程直接观察和监控；远紫外石英玻璃顶视窗，便于样品的实时宽光谱辐射的处理
- 方便实用的高性能花岗岩底座悬挂减振系统，减振效果优于1.5Hz
- 一键式快速全程全自动进样，无需手动预调，行程大于30mm，可容纳超大样品
- 两级可读数样品调节机构，可对样品进行精确的检测区域定位
- 一次扫描技术，图像分辨高达4096×4096物理像素，微米级扫描即可得到纳米级的实际信息
- 主控制系统采用TI的DSP+RAM双核信号处理器，内置二代的实时操作系统spm/DNA，全数字控制，系统状态、仪器类型、扫描器和探针架参数智能识别和控制，只需要更换探针架，即可自动切换仪器类型和模式
- 先进PID反馈算法实现快速高精度作用力控制，确保系统在高速扫描中稳定成像，实际扫描速度提升一个数量级
- 多重针尖保护技术，有效延长探针使用寿命
- 系统采用10M/100M快速以太网(Fast Ethernet 10/100)或USB 2.0与计算机连接
- 主控机箱前面板具有16×4液晶显示屏，系统当前状态实时显示
- 具备实时在线三维图像显示功能，便于用户在检测过程中随时直观获得样品信息
- 具有简体、繁体和英文三种语言版本的在线控制软件和后处理分析软件，基于最新 Windows Vista开发，兼容 Windows XP/2000/NT/9X全系列操作系统
- 具备双向扫描(Trace-Retrace)、往返扫描、线扫描等多种扫描模式，并具备自动更新扫描图像亮度、对比度功能
- 环境温、湿度和系统参数与扫描图像同步保存，图像、曲线等结果均具有数据导出功能，用户可取得全部原始数据
- 针尖表征及图像重建功能(针尖形貌估计/图像重建/用已知针尖重建图像)

注：CSPM5500A不具备扫描隧道显微镜及其相关功能；CSPM5500S不具备原子力显微镜及其相关功能。

# 精益求精 信心之选



控制系统内置了美国TI公司的DSP+ARM双核处理器，DSP使用哈佛架构，能够出色完成各种复杂的数学算法。ARM具有丰富的人机接口，可以轻松实现人性化的界面和数据交互。



仪器主控制器采用以太网或USB接口，满足大流量数据传输的要求，充分保证系统的实时性和稳定性



超大样品空间设计，具有更为广泛的适应性



采用德国进口压电陶瓷管，加工精度高、性能稳定、压电系数大、线性度高，保证扫描器具有更大扫描范围（最大可达125 μm），有效克服非线性畸变



扫描驱动电路采用全球领先的美国APEX公司的顶级高压运算放大器，控制精度和稳定性无与伦比



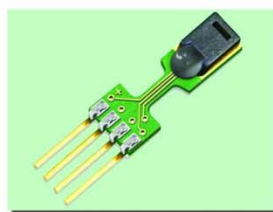
美国进口的“激光管—光学准直聚焦系统—电源”一体化激光模块，平均无故障时间达8万小时，表现更出色



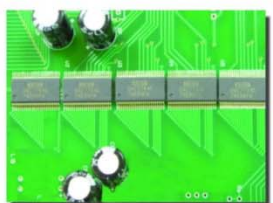
微电流放大器采用美国BURR-BROWN公司75fA超低偏置电流Difet®运算放大器OPA128，灵敏度更高



机械调节和定位全部采用进口超精密螺杆，配合进口步进电机和电机驱动模块，保证探头稳定性和机械定位精度



内置瑞士原装进口温湿度传感器，精度达温度0.1℃、湿度0.5%RH，保证环境监控的精度和实时性



采用高速高精度ADC和DAC芯片，充分满足高分辨成像和纳米操纵的要求



主控机箱采用按功能模块划分的总线插卡式结构，方便系统维护和升级



预留多通道模拟和数字信号输入/输出接口，充分满足功能扩展和二次开发需求

# 标准工作模式

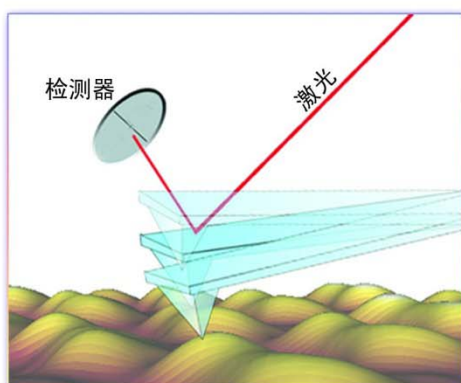
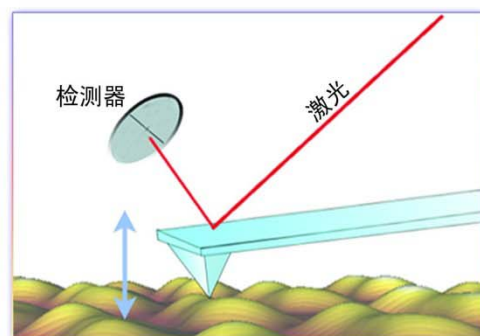
## 原子力显微镜 (AFM)

原子力显微镜 (AFM) 控制微悬臂探针在样品表面进行扫描, 通过检测扫描过程中探针 - 样品间原子的相互作用力, 获取样品表面形貌及其他性质。由于原子力显微镜对样品没有导电性要求, 因而得到广泛的应用, 成为扫描探针显微镜家族中最为常用和重要的技术。

按照其成像模式和检测信号的不同, 原子力显微镜有以下几种工作模式:

### 接触模式

接触模式下, 微悬臂探针紧压在样品表面, 检测时与样品保持接触, 作用力(斥力)通过微悬臂的变形进行测量。在该模式下, 探针和样品表面相接触, 针尖与样品局域直接相互作用, 实现技术相对简单, 分辨率高, 但成像时针尖对样品的作用力较大, 特别是扫描过程中, 样品受到探针因相对运动而产生的剪切力作用, 故一般只适用于表面结构稳定的样品。



### 轻敲模式

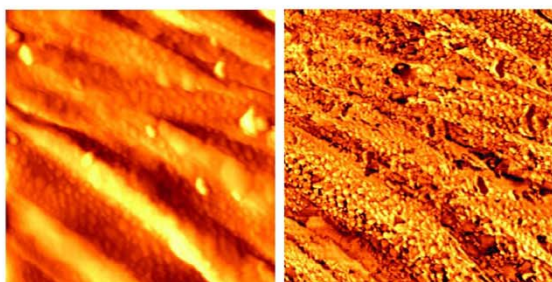
轻敲模式下, 系统产生一振动信号驱动微悬臂探针, 使之处于共振状态而上下振荡。利用该微悬臂探针扫描样品表面, 检测因样品表面起伏引起的微悬臂振幅的相应变化, 从而得到样品的表面形貌。

该模式下, 微悬臂处于上下振荡状态, 扫描成像时针尖“敲击”样品表面, 两者间只有瞬间接触, 能有效克服接触模式下因针尖的作用力(尤其是横向力)引起的样品损伤, 适合于柔软或吸附样品的检测。

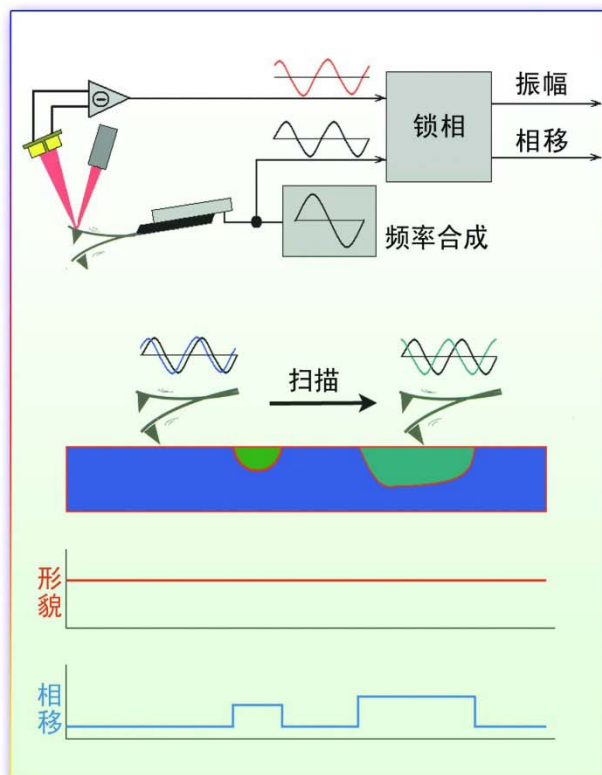
### 相移模式

作为轻敲模式的一项重要扩展技术, 相移模式通过检测驱动微悬臂探针振动的信号源的相位角与微悬臂探针实际振动的相位角之差(即两者的相移)的变化来成像。

引起相移的因素很多, 如样品的组分、硬度、粘弹性等, 此外, 当样品表面存在裂道和狭缝, 由于其边缘对振动探针产生纵向摩擦, 也会引起额外的相移。因此利用相移模式, 可以在纳米尺度上获得样品表面局域性质的丰富信息。迄今相移模式已成为原子力显微镜的一种重要检测技术。



有机薄膜的表面形貌图(左)和相移图(右), 与形貌相比, 相移图对不同颗粒及其边界具有更强的反差(扫描范围 $9.38\mu\text{m}$ )。



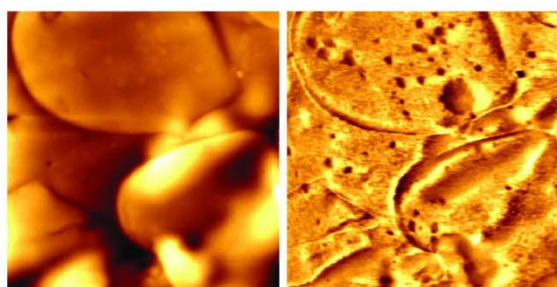
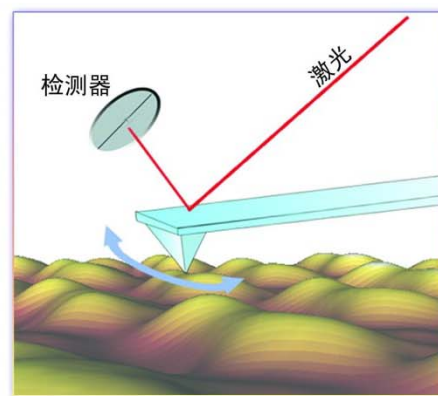


## 横向力/摩擦力显微镜(LFM/FFM)

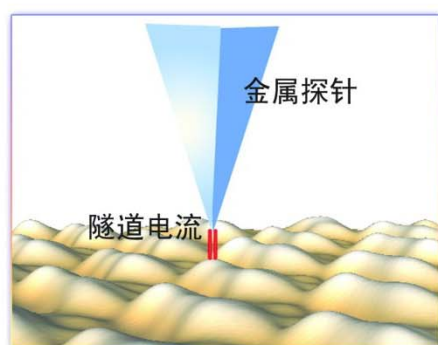
横向力/摩擦力显微镜(LFM/FFM)的工作原理与接触模式的原子力显微镜相似。

针尖压在样品表面扫描时，与扫描方向相反的横向力使微悬臂探针左右扭曲。通过检测这种扭曲，可获得样品在纳米尺度局域上与探针的横向作用力分布图。

影响横向力的因素很多，主要包括摩擦力、台阶扭动、粘性等，故利用横向力显微镜可得到许多样品表面的有用信息，主要用于样品纳米级摩擦系数的间接测量、表面裂缝及粘滞性分析等。



血红细胞的表面形貌图(左)和横向力图(右)，从横向力图可清晰观察到细胞表面的低摩擦吸附物(扫描范围12 $\mu\text{m}$ )。



## 扫描隧道显微镜 (STM)

扫描隧道显微镜(STM)的基础，是量子理论中的隧道效应。当金属探针十分接近导电样品表面(距离小于1nm)，在探针与样品间加上偏压，就会产生隧道电流，该电流的强度对探针和样品间的距离十分敏感。控制探针对样品表面进行扫描，检测扫描过程中探针和样品间隧道电流的变化，就能获得样品表面形貌及其他性质。

由于要在探针和样品间产生并传输隧道电流，故只能检测导电样品。

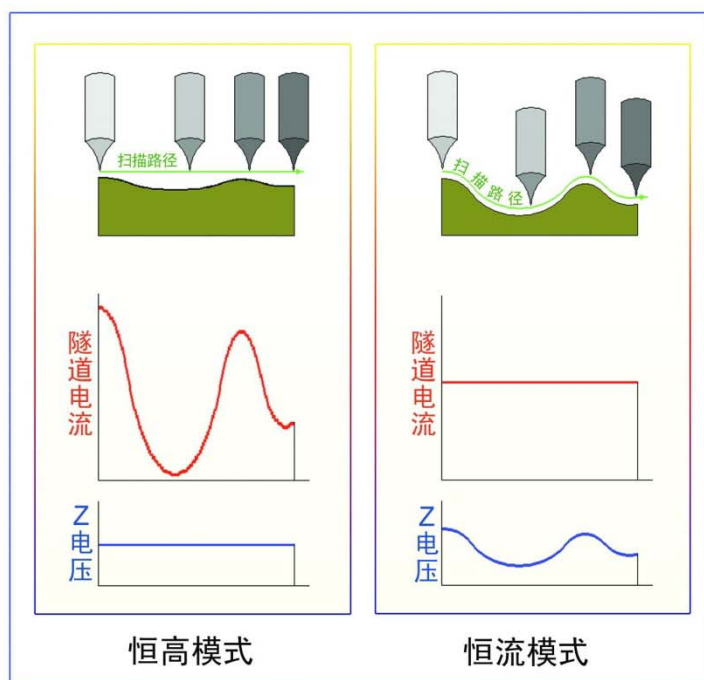
### 恒高模式

控制探针以恒定的高度对样品表面进行扫描，扫描过程中探针与样品间的距离随样品表面的高低起伏不断变化，故隧道电流的大小也相应的改变，通过记录隧道电流的变化，就可得到样品表面的形貌。

### 恒流模式

系统通过自动反馈控制保持隧道电流恒定，探针在扫描过程中，沿样品表面的高低起伏上下运动，通过记录扫描过程中控制探针上下运动的电压信号，就可推知探针的运动轨迹，从而得到样品的表面形貌。

恒高模式灵敏度高，扫描速度快，但如果样品表面起伏太大，扫描时就会发生探针与样品的碰撞，对探针和样品产生损伤，因而只能用于在小范围检测十分平坦的样品(起伏小于1nm)；对于起伏较大的样品，可采用恒流模式进行成像。





## 高性能双核处理器



CSPM5500扫描探针显微镜控制系统内置了美国TI公司的DSP(Digital Signal Processors)+ARM(Advanced RISC Machines) 双核处理器，DSP使用哈佛架构，能够出色完成各种复杂的数学算法。ARM具有丰富的人机接口，可以轻松实现人性化的界面和数据交互。

## 内置实时操作系统spm/DNA



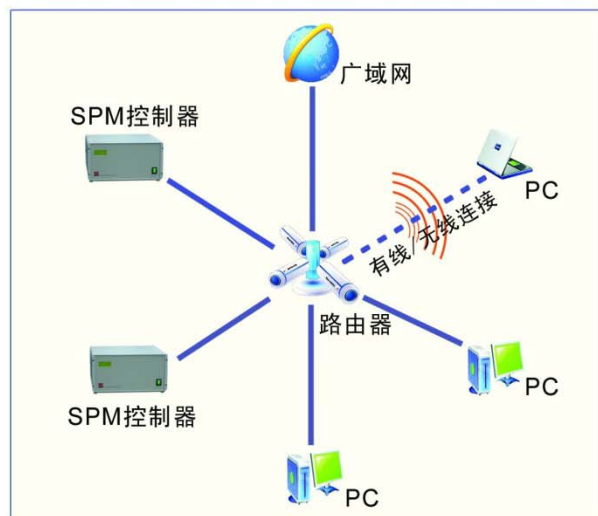
CSPM5500扫描探针显微镜内置了一个实时操作系统spm/DNA (spm/DNA为本原的商标)。

spm/DNA使仪器能够同时从容驾驭多个复杂的任务，保证系统的稳定性、实时性和灵活性。spm/DNA独具匠心的设计，还为用户带来更多的安全感。例如，spm/DNA独有的探针保护功能，在用户的控制计算机发生故障时(甚至是死机，或用户故意拔掉计算机电源时)，仍能保障探头中的探针不被损坏。

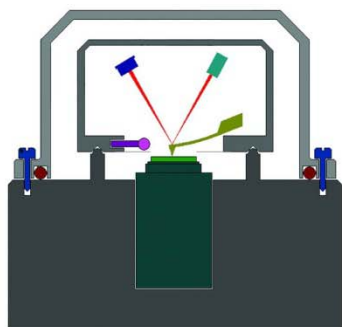
## 高速通信接口

CSPM5500 扫描探针显微镜与计算机的接口采用快速以太网(Fast Ethernet 100) 或 USB2.0, 计算机与仪器的连接十分简便。较之其他通信接口, 以太网接口具有如下显著优点:

- 1、可实现更灵活的拓扑连接，将仪器连接到局域网上，一个仪器可以同时与多部计算机连接，极大方便系统扩展及二次开发；
- 2、更规范的软件通信协议，更好的开放性，通信采用国际标准的TCP/IP 协议，软件编程接口规范统一，方便二次开发，提高软件的可维护性；
- 3、连接距离不受限制，直连网线可以长达 100 米，如果连接到局域网或广域网上则距离可以不受限制；
- 4、速度更快，满足大流量数据传输的需求，保证系统稳定性；
- 5、排除计算机对仪器可能造成的电气干扰；
- 6、兼容性高，用户可以采用台式机或笔记本作为控制主机。

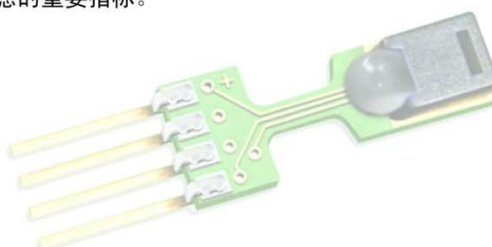


## 密闭环境

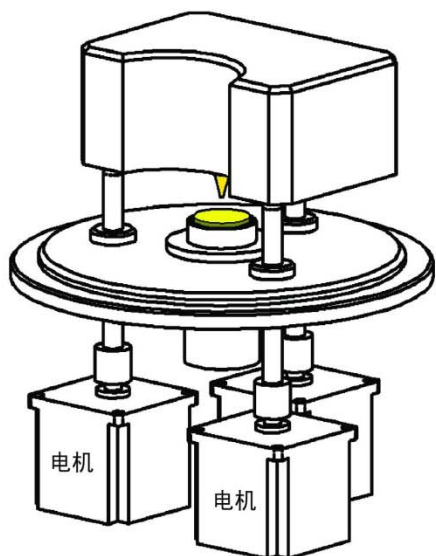


CSPM5500 扫描探针显微镜具有探针 - 样品体系密闭系统及内置高精度温湿度传感器，具有实时环境检测和显示功能。

上述功能，是科研级扫描探针显微镜的重要功能，也是从事化学、化工、材料研究的必备要求，因为许多样品不能长时间暴露在自然大气环境中，环境因素对某些检测结果（如湿度的变化会显著改变高分子材料的微观形态）也有很大的影响，因此，温湿度作为重要的环境参数，是研究人员必须考虑的重要指标。



# 全自动进针



CSPM5500探头结构示意图

CSPM5500 探头设计采用了本原独创的全电机控制三螺杆测头支承系统，使得系统无论在仪器的稳定性还是操作的方便性均处于领先水平。

由于探头结构本质上也是三点支撑结构，因此具备该结构在稳定性方面的优点，不同的是，三个支撑点全部采用进口高精度步进电机和精密螺杆，具有纳米级的运动控制精度，进针时三个步进电机严格控制三精密螺杆同步下降，退针时三螺杆同步上升，始终保持测头的水平度，无需手工粗调，实现一键式快速全程全自动进针。

商品化的扫描探针显微镜大多采用电机控制的自动进针设计，目前，常用的两种实现方案如下图所示。

A 方案采用高精度步进电机和精密螺杆①，推动扫描器、样品台和样品沿导轨垂直升降，实现全自动进针，无需手动调节。本原 CSPM2000 及 CSPM3000 系列扫描探针显微镜均采用该方案，实现全自动垂直进样。

B 方案采用三点支撑结构。B 方案的前边两个支撑点②、③是固定的，为满足厚度不同的样品检测需求，整个扫描器和样品台通过下方的旋钮④调节升降。

在设计上，尽量使探针接近前两个支撑点的连线，通过杠杆原理，以有效提高后边支撑点对探针升降的控制精度，这样，只需采用普通螺杆和电机，就可实现探针和样品纳米级的距离控制。

B 方案的优点是结构简单，成本低廉。但也存在明显的缺点：

首先，采用杠杆原理减速虽然能极大地提高了螺杆和电机的运动控制精度，但却相应降低了运动行程和速度。由于行程大幅缩小，实际操作中，被测样品固定后，必须先手工仔细调节旋钮④，使样品和探针十分接近，方可启动电机控制的自动进针；

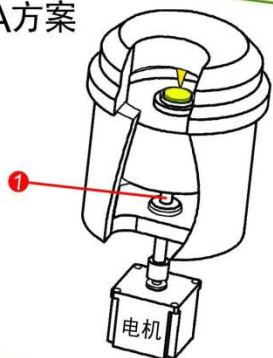
其次，由于最后的自动进针是在测头的三个支撑点中两个固定、一个由电机驱动下降来实现的，因此，无法严格保证测头的水平度。如果测头出现比较严重的倾斜，将导致因探针针尖与样品不垂直引起的图像失真和测头沿倾斜方向蠕动引起图像漂移；

此外，由于进针粗调是由旋钮④调节扫描器升降实现的，为了克服因扫描器升降导轨间隙，在粗调完成后，还必须由紧固螺栓⑤锁紧扫描器来增加稳定性，如需再次调整粗调旋钮，则要先行松开紧固螺栓⑤，十分繁琐。

因此，B 方案实际上是“半自动进针”，即进针时先手工粗调使探针和样品非常接近，再由系统控制电机驱动进针。这不但要求使用者在操作时十分仔细，而且必须具备一定的熟练程度和使用技巧。

与 B 方案相比，A 方案的优点是实现了全自动进针，操作便捷，而且样品沿导轨垂直升降，可严格保证测头和样品的水平度；缺点是受垂直升降导轨的间隙影响，系统稳定性不如三点支撑结构。

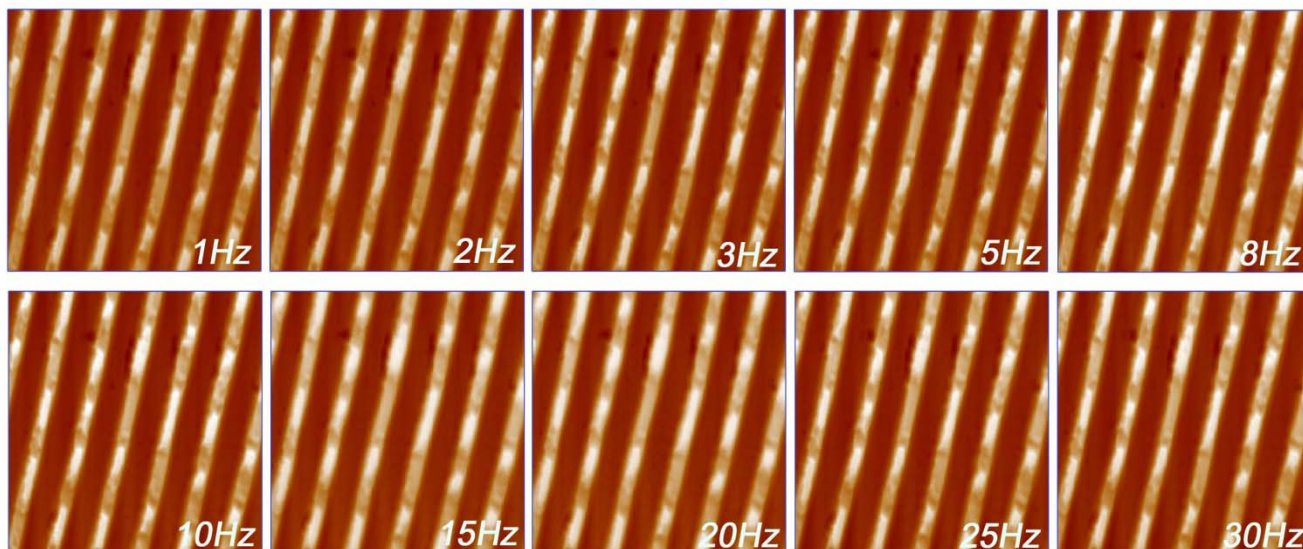
A方案



B方案



## 快速扫描

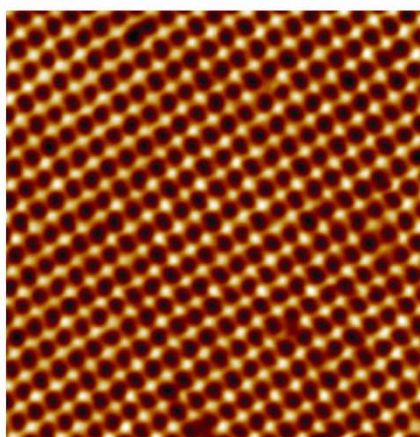


CD-R在不同扫描频率的结果（图像分辨率 $512 \times 512$ ，扫描范围 $10\mu\text{m}$ ）

CSPM5500 系列扫描探针显微镜内置 DSP+ARM 双核处理器，运算速度快，配合高速 AD/DA，采用具有自主知识产权的先进 PID 反馈算法，实现快速且高精度探针 - 样品间作用力控制，确保系统高速扫描中稳定成像，也有效保护探针针尖，保证探针的耐用性。

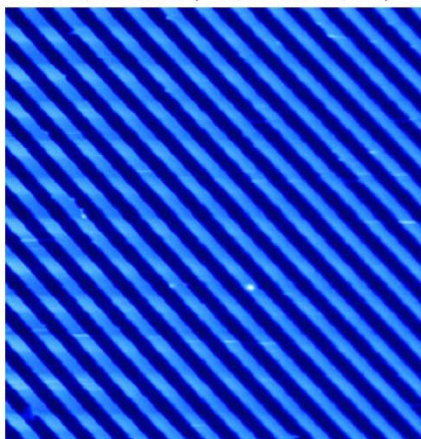
CD-R 具有表面周期固定 ( $1.6\mu\text{m}$ )、结构稳定 (读写定位槽)、廉价而随处可得等特点，故通常也用来作为评判不同仪器性能的客观标准。CSPM5500 在  $10\mu\text{m}$  扫描大范围上，对 CD-R 这种高起伏槽状样品，以  $512 \times 512$  图像分辨率，扫描速度高达 25Hz 时成像质量没有可见损失，30Hz 仍能稳定成像，达到国际先进水平。

## 高精度定量检测

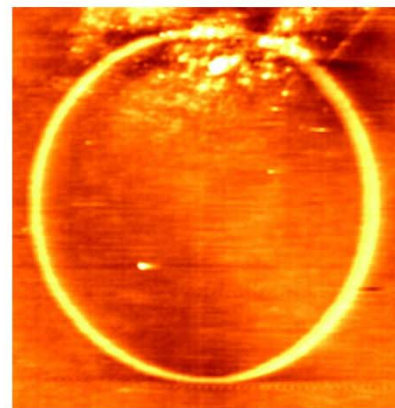


二维标准样品 ( $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ )

一维标准样品 ( $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ )



标准样品表面具有已知的精确周期结构，用于对扫描探针显微镜的扫描范围和线性度进行标定和校准，通过对比，实现仪器检测结果的可溯源性。

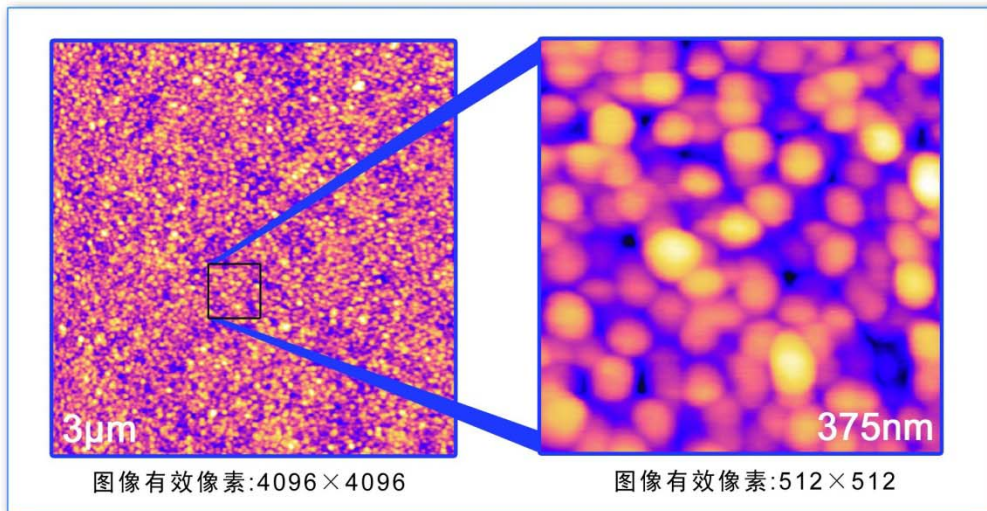


使用图形刻蚀模式在单晶硅片上加工的圆形图案 ( $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ )

纳米加工对扫描器的线性度有很高的要求。以圆形图案为例，只有具备良好的线性度的系统，才能保证加工出来的圆形图案失真小且首尾吻合。

CSPM5500 扫描探针显微镜采用进口的压电陶瓷管，充分保证扫描器具有高度稳定性和较小的非线性畸变；扫描控制采用具有自主知识产权的国际先进的双向多项式拟合在线非线性校正算法，充分保证扫描的线性、正交和双向等值；仪器校准采用 NanoSensors 提供的可溯源于国际计量权威机构 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) 的标准样品，满足定量检测要求。

## 一次扫描技术

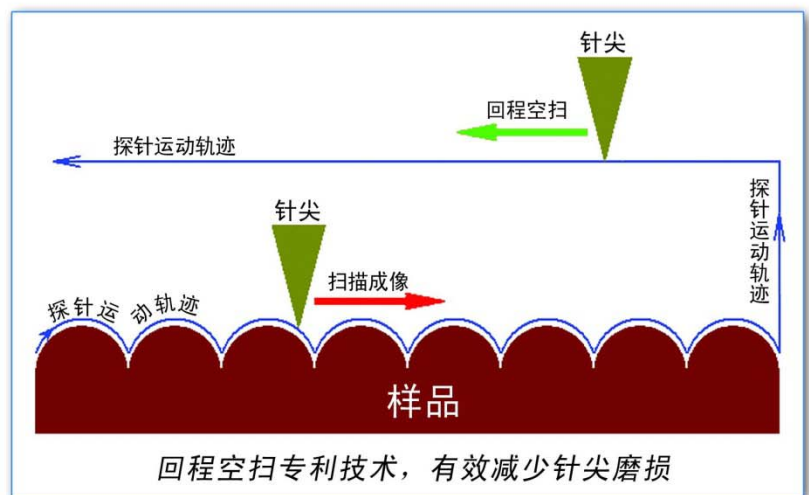


一次扫描技术，扫描图像分辨率高达 4096×4096 物理像素，一次微米级扫描，即可得到纳米级的实际信息。使用 Imager 图像处理软件，无需数学放大，就可得到样品的细节结构。

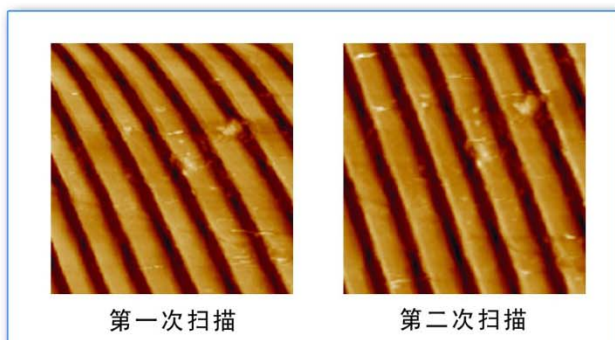
在 SPM 后处理软件中，若原始图像数据像素不足，图像剪切后，必须使用数学插值的方法进行放大，无法获得更多的细节信息；而一次扫描技术所获得的图像，在图像剪切后，仍然保持足够高的有效像素，用户无需进行放大，就可得到整个扫描区域的全部细节。

## 多重针尖保护技术

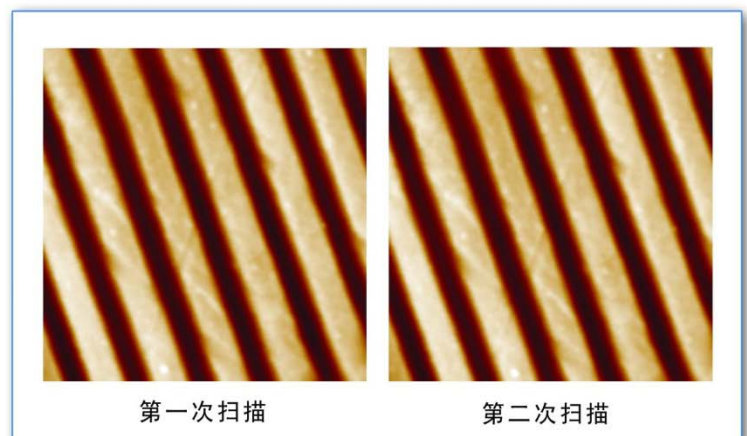
- 1、扫描成像时采用回程空扫专利技术，防止针尖的有效磨损，有效提高探针使用寿命；
- 2、全电机控制的三螺杆进针机构，全程全自动进针，避免针尖人为损坏；
- 3、进针过程系统自动进入高灵敏反馈状态，确保系统的瞬态响应，防止接触瞬间探针针尖受到样品冲击；
- 4、探针-样品密闭系统，有效隔离周围环境污染，防止探针受到污染；
- 5、控制系统内置实时操作系统，固化了探针保护程序，在发生非正常情况时(如电脑死机甚至断电)，优先启动针尖保护功能；



## 压电迟滞补偿技术



压电陶瓷的迟滞和蠕变等特性的影响，扫描探针显微镜在改变扫描范围、扫描区域和扫描角度后的首次扫描成像时，所得到的图像因畸变无法作为数据使用，必须多次扫描稳定后才能获得有效数据。



CSPM5500采用具有自主知识产权的电压补偿算法，自动在首次扫描中通过扫描驱动电压进行补偿，有效消除图像畸变，首次扫描即可得到有效数据，为用户节省检测时间，明显提高了工作效率。

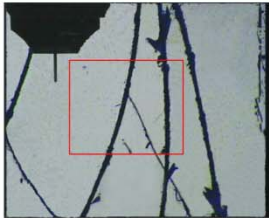
# 样品的精确定位与检测




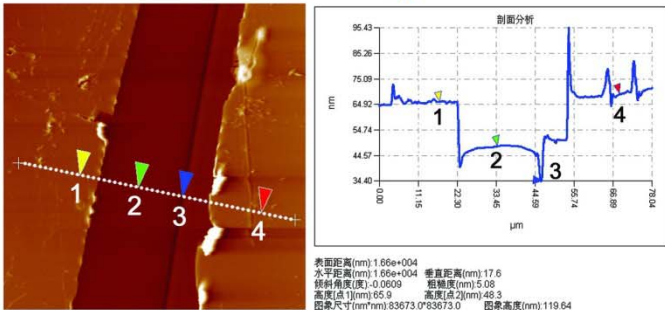
## 膜厚测量

样品：纳米金薄膜(石英基底)  
测量金薄膜厚度的方式：用锋利刀片在样品表面快速刻出多道划痕

用光学显微镜观察，在低倍放大下，可观察到多条划痕。选定划痕区域，使用快速移动将探针移动到目标区域(红色方框)



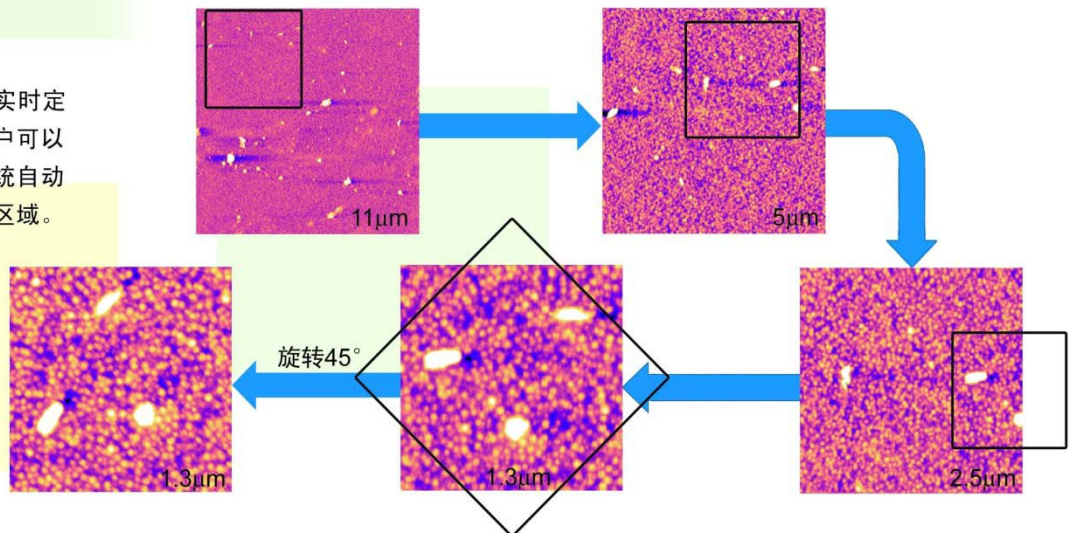
进针后，使用光学显微镜进行高倍放大观察，配合计算机控制高精度移动，将探针移动到划痕正中间，开始扫描

从扫描图像上可看到明显的划痕形貌，得到了清晰的划痕细节。通过剖面分析，可以精确测量出台阶的高度（即金膜的厚度）为17.6nm。  
图像说明：1.纳米金薄膜；2.刀片划痕；3.刀片刀锋对石英基底的损伤；4.纳米金薄膜

# 所见即所得

所见即所得的扫描区域鼠标实时定位功能：在扫描成像过程中，用户可以直观地用鼠标指定扫描区域；系统自动将扫描范围设置为用户所选定的区域。



# 纳米加工

- 精确的路径位移定位
- 自定义图形加载功能
- 可以在纳米级尺度上加工任意需要的复杂结构

## 图形刻蚀模式

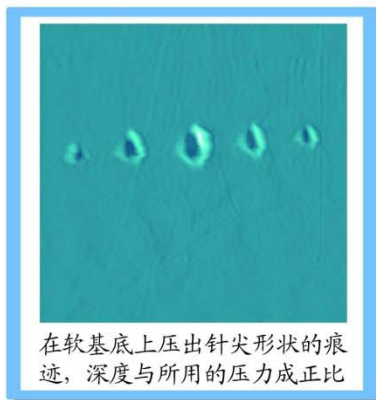
利用电致刻蚀技术，可以在纳米级尺度上加工任意需要的复杂结构。

电致刻蚀主要由一个施加在样品与表面间的脉冲电压引起，当所加电压超过阈值时，暴露在电场下的样品表面会发生化学或物理变化。这些变化或者可逆或者不可逆，其机理可以直接归因于电场效应，高度局域化的强电场可以诱导原子的场蒸发，也可以由电流焦耳热或原子电迁移引起样品表面的变化。通过控制脉冲宽度和脉幅可以限制刻蚀表面的横向分辨率，这些变化通常不仅表现在表面形貌上，通过检测其导电性、 $dI/dS$ 、 $dI/dV$ 、摩擦力还可以分辨出衬底的修饰情况。



中国科学院  
院徽原图

中国科学院分子结构与纳米技术重点实验室的研究人员利用本原提供的纳米加工模块以氧化法图形刻蚀将中国科学院院徽刻蚀在Si(111)上得到的AFM像



在软基底上压出针尖形状的痕迹，深度与所用的压力成正比

## 压痕/机械刻画

操纵微探针以可控的作用力对样品表面进行局域施压，使样品发生弹性/塑性形变；也可在施压的同时，控制探针以一定的路径和速度在样品运动，对样品进行机械刻画。

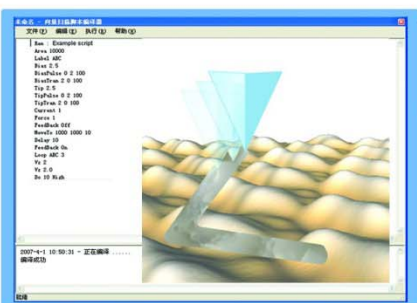
基于扫描探针显微镜系统的压痕/机械刻画功能，为在纳米尺度上评价材料的机械和运动性能，或在样品表面构建特定的纳米结构提供了一种方便实用的研究手段。



操纵微探针，在基底上刻画出“中国”的字样

## 矢量扫描模式

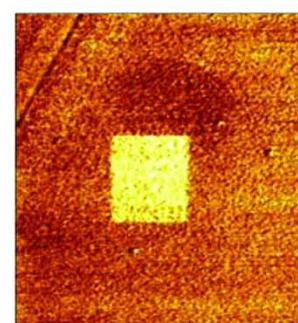
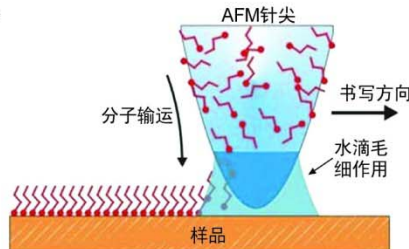
系统提供一个向量脚本编译器，允许用户任意指定扫描方向、距离、速度及加工参数（如作用力、电流、电压等），直接操纵探针运动，同时灵活测定各种信号和数据。



## DPN浸润笔模式

DPN(Dip-Pen Nanolithography)浸润笔利用已作过分子修饰的探针，通过控制探针与样品间的相互作用条件，来实现探针针尖到样品表面的分子传输。

DPN实际上是一种简便的从探针针尖到样品表面的输运分子的方法，其分辨率可媲美电子束刻蚀等方法，对纳米器件的功能化更为有用。

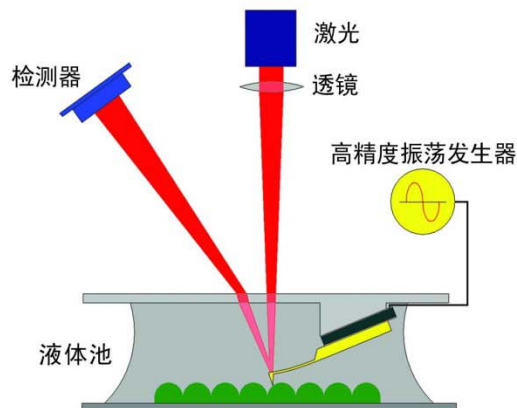
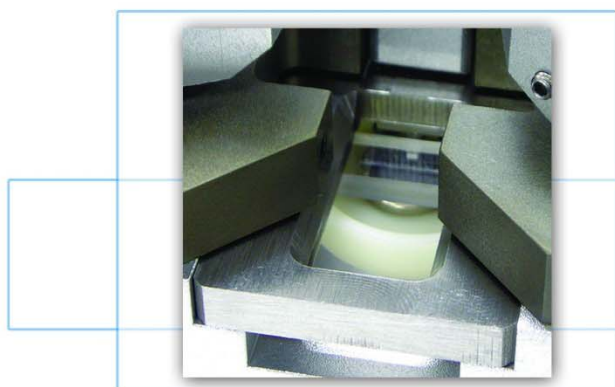


浸笔印刷术 (DPN)  
在金基底上二硫醇的摩擦力图像

在扫描探针显微镜中，纳米加工和操纵是与扫描成像交替进行的，全过程持续时间长，对仪器的控制精度和线性度（决定探针的真实运动轨迹）、仪器稳定性和重复性（决定能否在加工或操纵完成后对其结果进行原位检测）要求很高，换言之，仪器是否具备纳米加工功能，不仅是单纯的功能差别，也从另一个方面反映了性能的高低；具备纳米加工功能的仪器，无论是精度还是稳定性，都具有较高的水平。

# 液相扫描探针显微镜

CSPM5500扫描探针显微镜通过增加液相探针架-样品池系统，可实现液相扫描探针显微镜功能。



与大气下的扫描探针显微镜相同，液相环境扫描探针显微镜也具有接触模式和轻敲模式，并具有以下优点：

## 1. 保持液相环境

对于许多样品而言，保持液相环境至关重要。

例如，对于大多数的生物样品，溶液环境最接近其自然生理状态；而且，还可通过改变液体的性质（如成分、酸碱度等）来观察样品的相应变化；此外，液相环境扫描探针显微镜也是目前研究固-液界面（如原位电化学研究）最切实可行的手段。

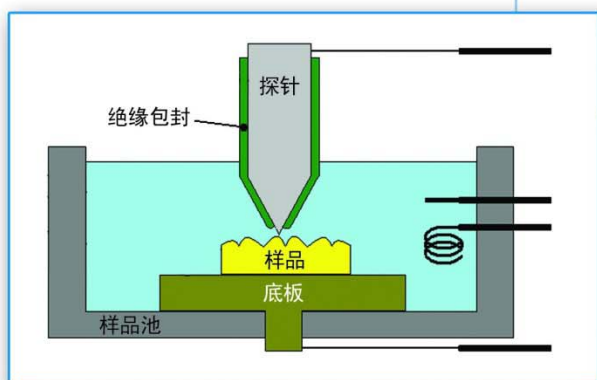
## 2. 克服毛细力

大气条件下，大多数样品表面都吸附有一个几纳米厚的覆盖层（凝聚水蒸气或其他有机污染物），当探针接触到这个吸附层时，毛细作用会使探针进入吸附层并产生向下作用力——毛细力，增加了探针对样品的总作用力。在液相中，由于探针和样品完全浸泡在液体里，不存在毛细作用，因此，可减小检测时探针对样品的作用力。

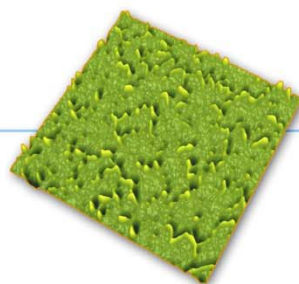
## 3. 消除静电

如果样品表面带有静电荷，那么，探针会因受到该电场作用而极化并产生额外的粘附力，这也会增加探针对样品的作用力。

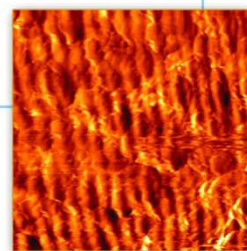
在液相下，样品表面的静电荷会被消散，或者因使溶液在界面产生极性相反的离子层而被屏蔽，有效消除静电的影响。



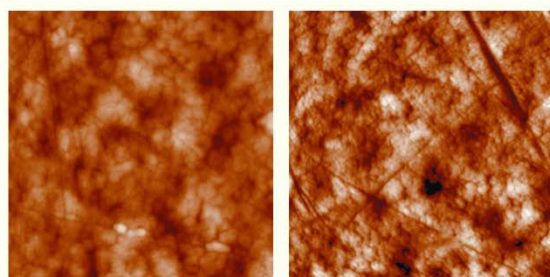
与原子力显微镜不同，由于扫描隧道显微镜（STM）是通过检测探针与样品间的隧道电流进行工作的，当其应用于固-液界面研究时，溶液中的探针与基底间的法拉第电荷转移电流总会叠加到隧道电流上，为了有效的抑制法拉第电流的干扰，必须对STM探针进行绝缘密封，使其只裸露针尖端极少局域部分。



液相中的蛋白(2 $\mu\text{m}$ )



液体中的竹子纤维(10 $\mu\text{m}$ )



不锈钢在大气中(左)和纯净水中(右)的AFM像，扫描范围5 $\mu\text{m}$ ，由于克服了毛细力及静电的影响，有效的减小了成像时探针对样品的作用力，细节结构更为清晰。



# 环境检测及控制扫描探针显微镜

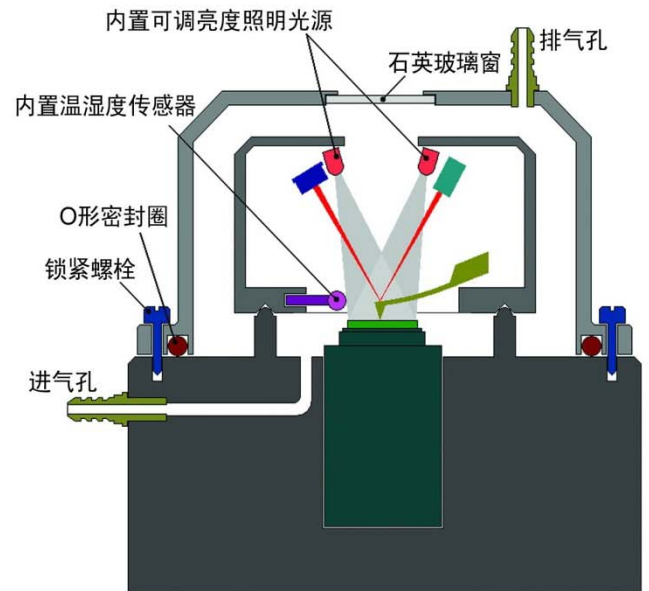
CSPM5500 扫描探针显微镜内置温湿度传感器，可检测实验环境的温度及湿度，并在数字表上实时显示。

	温度	湿度
范围	-55 ~ 150 °C	0 ~ 100%RH
分辨率	0.01 °C	0.03%RH
精度	0.1 °C	0.5%RH
响应时间	5000ms	4000ms
非线性度	±0.18 °C	< 1%RH
长时间稳定性	±0.08 °C	< 1%RH



CSPM5500扫描探针显微镜通过增加气密系统，可实现环境控制扫描探针显微镜功能。

- 合金气密罩体，有效隔离外界扰动
- O型丁氰橡胶密封圈，保证系统的良好密封性能
- 内置亮度连续可调的无影照明光源，方便实时过程观察
- 进-排气孔设计，随时调节和改变环境
- 大口径石英顶视窗，提供监控窗口，并可满足样品宽光谱辐射处理

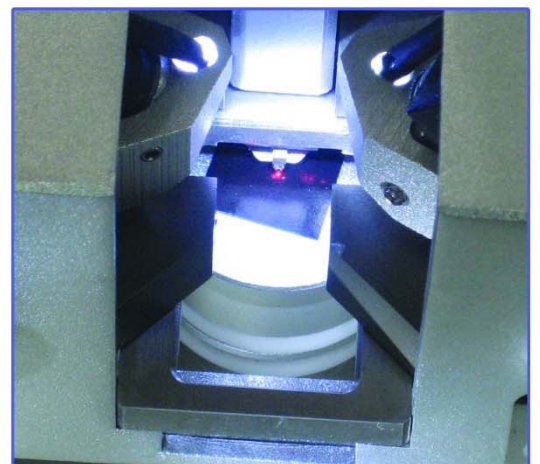
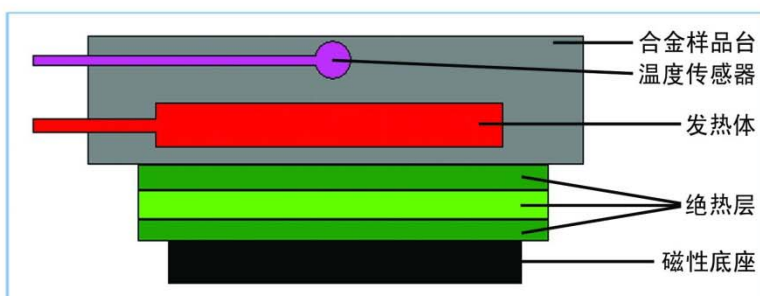


CSPM5500扫描探针显微镜通过增加加热台系统，可实现控制样品温度。

- 低温度系数合金的加热台主体，有效抑制热漂
- 内置发热体和温度传感器，实现温度精确控制
- 磁吸直接固定于扫描器上，装卸简便



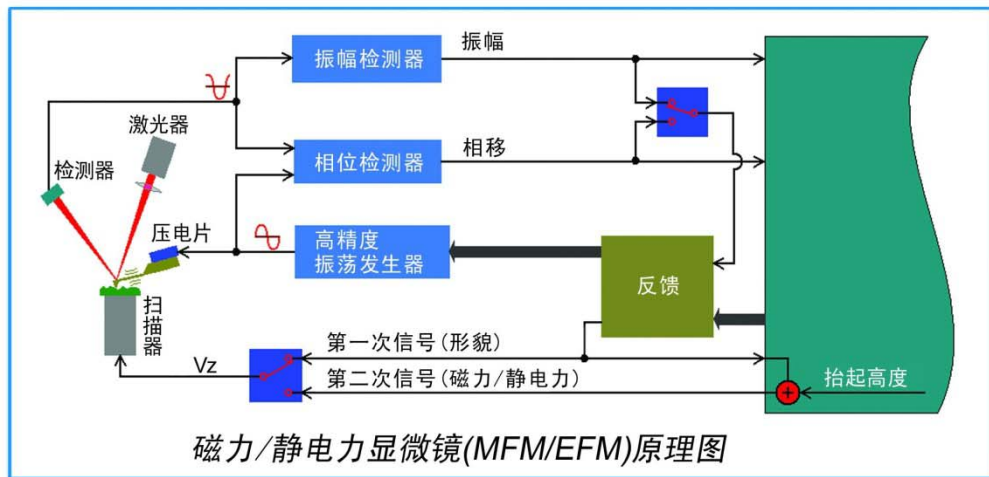
台面直径	30mm
加热功率	6W (Max.)
加热温度	250 °C (Max.)
控温精度	0.5 °C



# 磁力显微镜/静电力显微镜

扫描探针显微镜不仅可以获得样品的表面形貌，借助特殊的探针和检测技术，还可用以分析与作用力相关的样品表面性质。

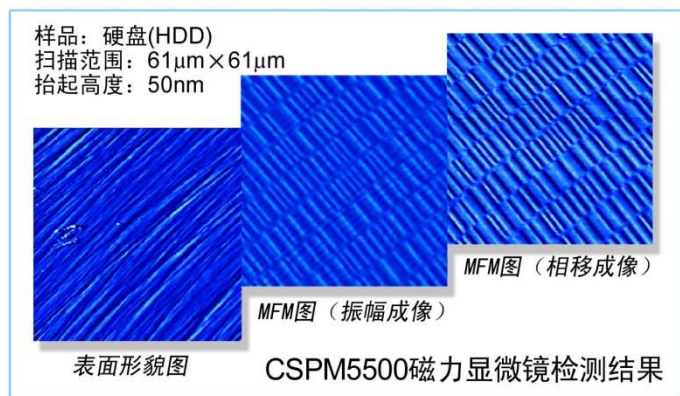
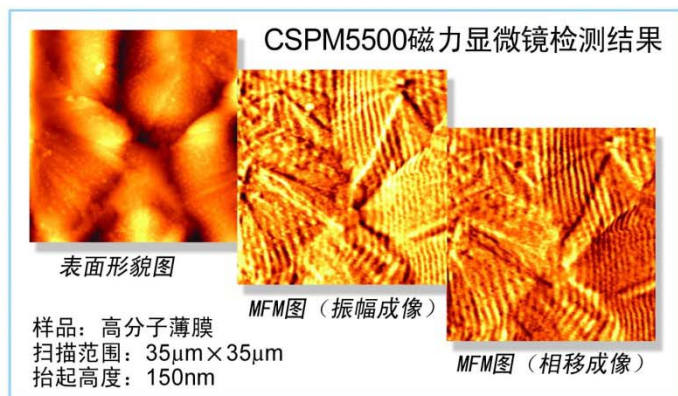
CSPM5500磁力显微镜可以检测样品表面的磁畴分布，用于各种磁性材料的分析和测试；CSPM5500静电力显微镜可以检测样品的表面电势、电场分布、薄膜的介电常数和沉积电荷等信息。



磁力显微镜采用磁性探针对待测样品表面扫描检测，检测时，对样品表面的每一行都进行两次扫描：第一次扫描采用轻敲模式，得到样品在这一行的高低起伏并记录下来；然后采用抬起模式，让磁性探针抬起一定的高度（通常为 10 ~ 200nm），并按样品表面起伏轨迹进行第二次扫描，由于探针被抬起且按样品表面起伏轨迹扫描，故第二次扫描过程中针尖不接触样品表面（不存在针尖与样品间原子的短程斥力）且与其保持恒定距离（消除了样品表面形貌的影响），磁性探针因受到的长程磁力的作用而引起振幅和相位变化，因此，将第

二次扫描中探针的振幅和相位变化记录下来，就能得到样品表面漏磁场的精细梯度，从而得到样品的磁畴结构。一般而言，相对于磁性探针的振幅，其振动相位对样品表面磁场变化更敏感，因此，相移成像技术是磁力显微镜的重要方法，其结果的分辨率更高、细节也更丰富。

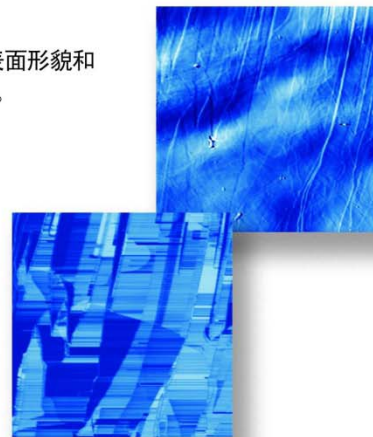
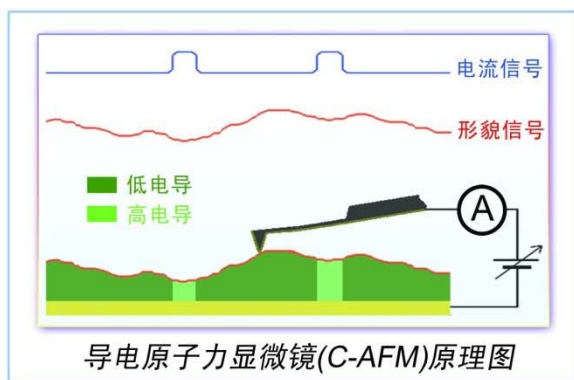
与其他磁成像技术比较，磁力显微镜具有分辨率高、可在大气中工作、不破坏样品而且不需要特殊的样品制备等优点。静电力显微镜 (EFM) 和磁力显微镜 (MFM) 原理相似，它采用导电探针以抬起模式进行扫描。



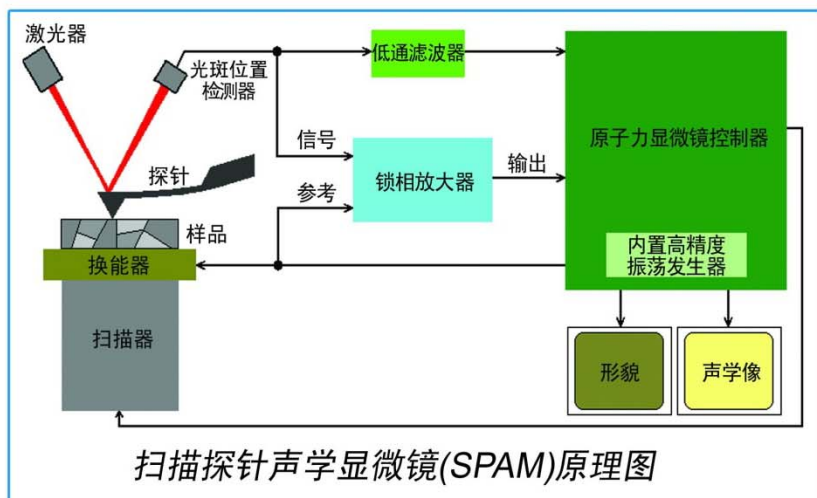
# 导电原子力显微镜

接触模式下，采用导电探针，在样品和探针间加一偏压，检测两者间的电流。

采用导电原子力显微镜，通过扫描，可同时获得样品的表面形貌像和电流像，从而得到样品表面形貌和局域电流分布及两者之间的对应关系。通过对偏压进行调制，可得到样品表面局域I-V曲线等信息。



# 扫描探针声学显微镜



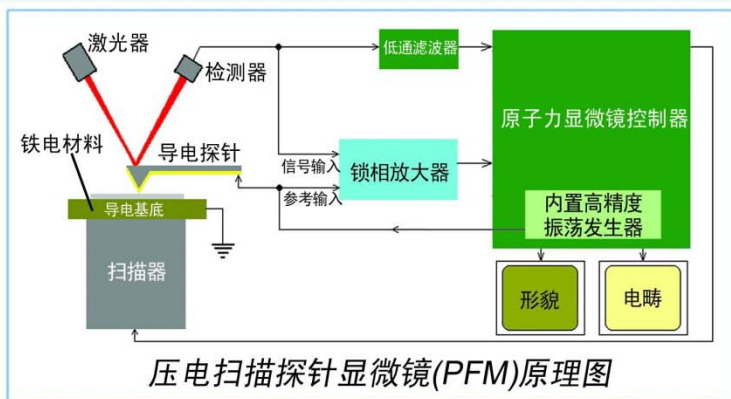
扫描探针声学显微镜 (Scanning Probe Acoustic Microscopy, SPAM) 基于原子力显微镜平台上, 利用外加信号, 通过换能器在样品下表面对其产生声激励, 声波穿过换能器-样品边界, 在样品内传播。当声波在样品中遇到材料微结构和局域性能的不均匀性, 如微缺陷、畴结构、晶粒晶界及晶粒取向变化以及成分不均匀等, 样品内声波就会发生折射、反射、干涉等声学过程, 从而在样品上表面不同区域产生振幅和相位的变化。这些变化, 将传递到与样品上表面接触的原子力显微镜微悬臂探针并由系统进行检测和记录。成像时, 探针对样品表面进行逐点扫描, 样品表面形貌由微悬臂变形得到, 而声学信号则由与激励源同频率的微悬臂振动信号 (包括振幅和相位) 获得。

扫描探针声学显微镜成像的衬度主要来自材料微区弹性模量的不均匀性。作为原子力显微镜平台上的一种功能扩展, 该技术在样品扫描检测时能同步获得形貌像和声学像, 前者反映了样品的表面起伏, 后者虽然也从样品表面采集, 但却携带了样品表面和内部的信息, 对于材料研究具有一定的应用价值。

# 压电力显微镜

压电力显微镜 (Piezoresponse Force Microscopy, PFM) 是检测铁电样品压电性能的一种新技术。由于压电力显微镜是基于原子力显微镜 (Atomic Force Microscopy, AFM) 平台上的一种功能扩展, 因此, 利用压电力显微镜可以在纳米尺度上得到铁电样品的压电性能空间分布, 例如可以检测铁电薄膜的表面形貌和原位压电系数, 也即是说, 利用压电力显微镜对铁电薄膜进行检测, 一次扫描就可同时得到表面的形貌图和对应的压电系数  $d_{33}$  分布图。

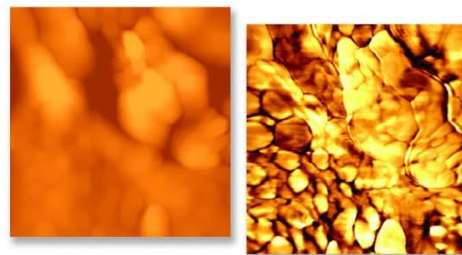
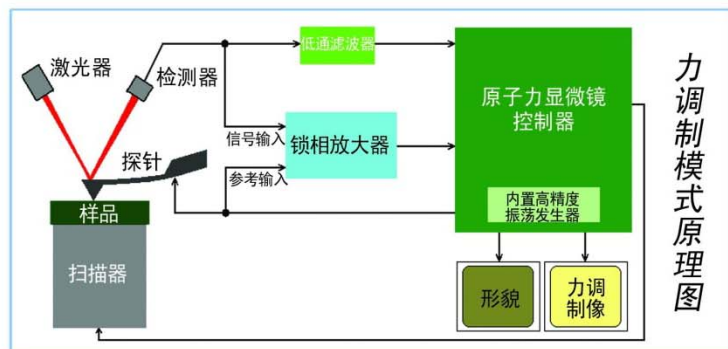
压电力显微镜原理如下图所示, 在硬件上, 压电力显微镜实际上是在原子力显微镜基础上, 将其基本信号开放出来, 利用锁相放大器通过导电探针对样品施加交变电场, 此交变电场将引起铁电样品几何尺度产生相应周期变化, 原子力探针进行检测, 低频部分即样品的形貌, 与交变电场同频率的高频部分即样品对应区域的压电系数  $d_{33}$ 。



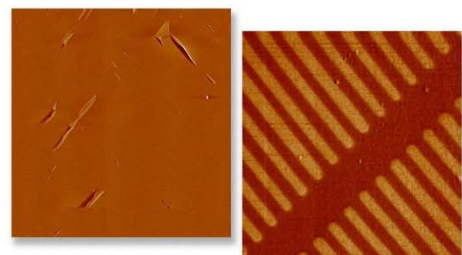
# 力调制成像

使用力调制技术, 探针在扫描的垂直方向有一小的振荡 (调制), 比扫描速度快很多。样品上的作用力大小被调制在设置点附近, 这样样品上的平均作用力同简单接触模式是相等的。当探针与样品接触时, 表面阻止了微悬臂的振荡并引起它的弯曲。在相同作用力条件下, 样品刚性区域的形变要比柔性区域小很多。也就是说, 对于垂直振荡的探针, 刚性表面对其产生更大的阻力, 随之微悬臂的弯曲就较大。微悬臂形变幅度的变化就是对表面相对刚性程度的测量。形貌信息 (直流或非振荡形变) 与力调制数据 (AC 或振荡形变) 是同时采集的。

使用力调制技术在那些形貌特征差别不明显的表面上, 进行表面相对弹性的观察研究是很有意义的。力调制技术在聚合物、半导体、材料组成和其他领域有着很大的应用前景。



功能陶瓷的形貌像 (左) 和声学像 (右) (5 $\mu$ m)  
声学像显示出更丰富的衬度, 反映了微区弹性结构的不均匀性。



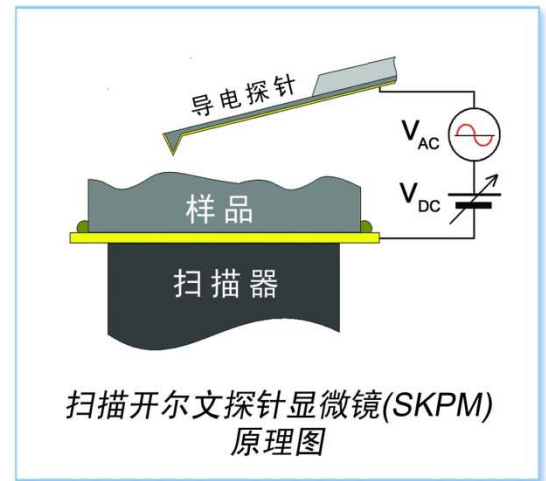
可控电场极化后 LiNbO<sub>3</sub> 材料的形貌像 (左) 和压电分布像 (右) (83 $\mu$ m)



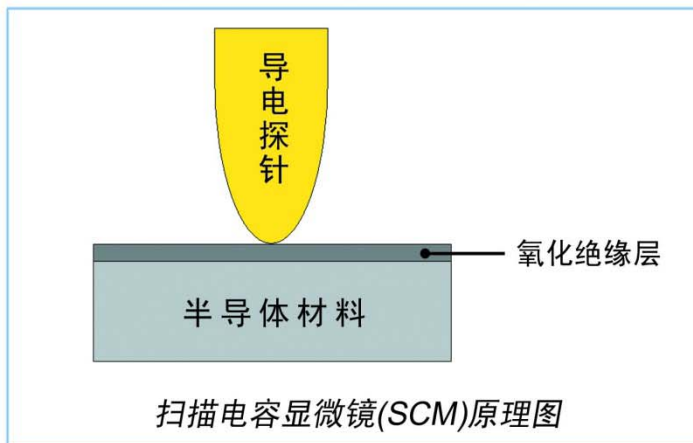
# 扫描开尔文探针显微镜

扫描开尔文探针显微镜 (Scanning Kelvin Probe Microscopy, SKPM) 是在原子力显微镜技术的基础上, 结合开尔文探针 (Kelvin Probe) 技术发展起来的一种扫描探针显微镜技术, 用于对样品表面静电势 (Surface Electrostatic Potential) 分布进行成像, 因而也称为表面电势成像法 (Surface Potential Imaging, SP Imaging)。

扫描开尔文探针显微镜实现上也是基于抬起模式实现的。导电探针抬起一定的高度沿样品表面的起伏扫描, 如果探针和样品间存在电势差, 在探针和样品间施加一个频率于探针固有频率相同的交流电压信号, 探针就会因静电力而产生机械振荡, 该力的大小与探针和样品间存在电势差成正比。扫描开尔文探针显微镜成像技术实际上是一种归调零技术: 在探针和样品间施加一个可控的直流补偿电压信号, 通过调整该电压信号的大小, 可以补偿样品的表面电势使探针和样品间的电势差为零, 此时探针因会因静电力为零而不产生振荡。换言之, 如果在扫描过程中, 通过控制补偿电压使探针振幅归零, 记录下每一个扫描点所对应的补偿电压的大小, 就可得到样品的表面电势分布图。



# 扫描电容显微镜



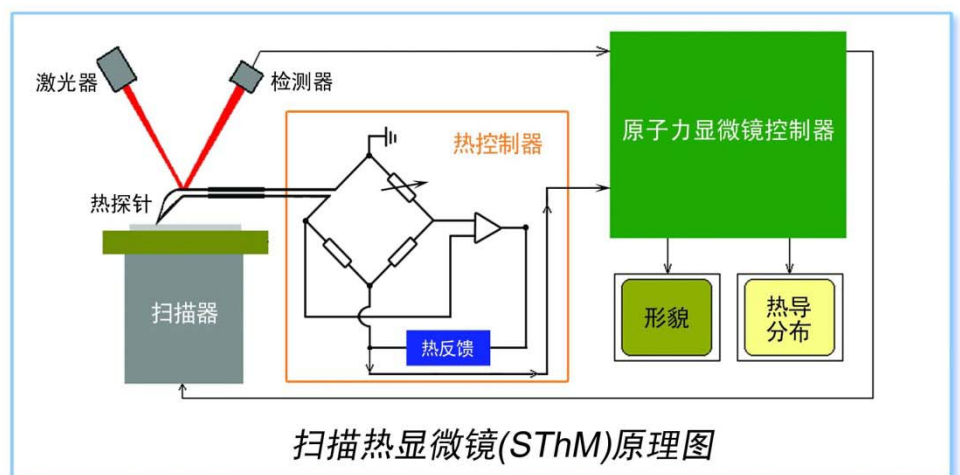
作为传统原子力显微镜的一种扩展技术, 扫描电容显微镜 (Scanning Capacitance Microscopy, SCM) 技术通过测量半导体材料表面电容的微小变化来对其二维载流子浓度分布进行成像。

扫描电容显微镜实际上是一种利用电压调制技术来检测半导体材料表面电容微小变化的分析测试系统。如图所示, 由于表面氧化层的存在, 在扫描电容显微镜中, 导电原子力探针与半导体样品间形成一个MIS电容 (Metal-Insulator-Semiconductor Capacitor), 对于相同的电压变化, 载流子浓度高的区域对应的电容变化量要小于载流子浓度低的区域, 因此利用扫描电容显微镜对样品进行检测, 就可得到样品的表面形貌像和与之相应的电容-电压变化率 ( $dC/dV$ ) 分布像, 从而建立半导体表面形貌与载流子浓度分布的对应关系。

# 扫描热显微镜

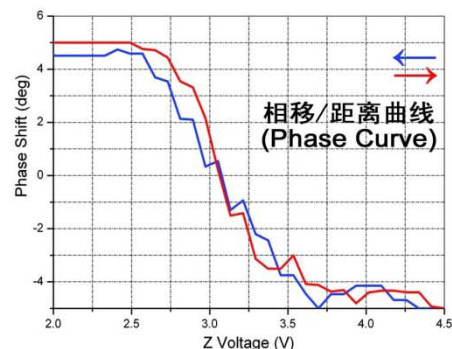
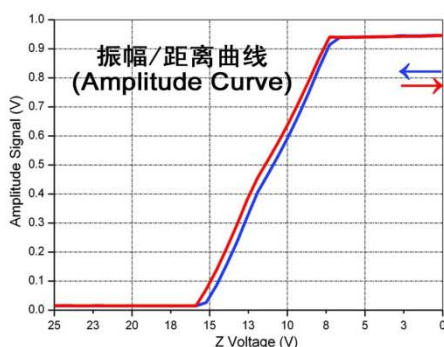
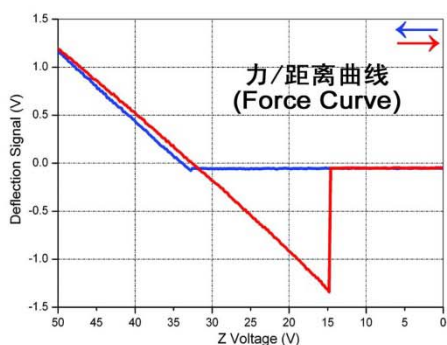
扫描热显微镜的原理如右图所示, 采用一个尖端集成了微热敏电阻的微悬臂探针, 对样品进行扫描, 该探针首先作为原子力显微镜探针可以对样品进行成像从而得样品表面纳米尺度的表面形貌 (Topography), 另一方面, 针尖的微热敏电阻接到惠斯通电桥电路上, 作为电桥的一臂, 检测电路对其阻的变化进行检测和控制, 从而同步得到样品表面相关的热性能 (温度或热导) 的分布。

扫描热显微镜所用的探针的微悬臂 (cantilever) 由二氧化硅构成, 再在探针上沉积金属涂层, 并尽量将高阻抗区集中到针尖部分, 以期达到最高的热敏感度, 从而实现更高的热检测精度, 目前, 商业化的热敏电阻扫描热探针的灵敏的典型值为  $1 \Omega/^\circ C$ 。

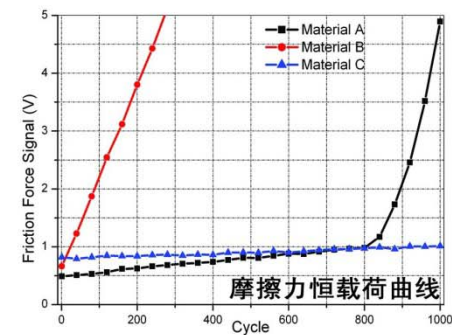
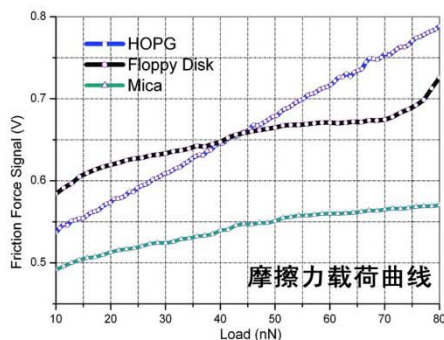
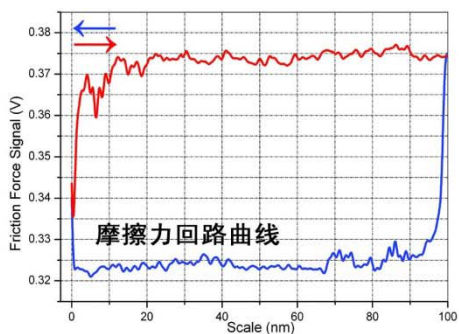


# 特性测量

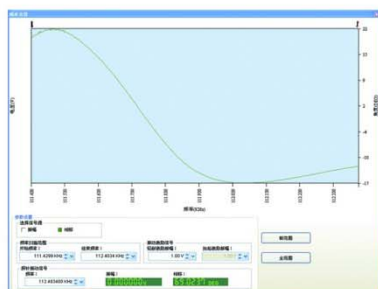
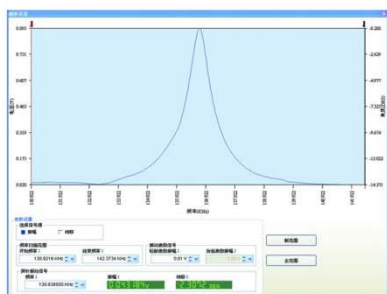
## 力学曲线



## 摩擦学曲线

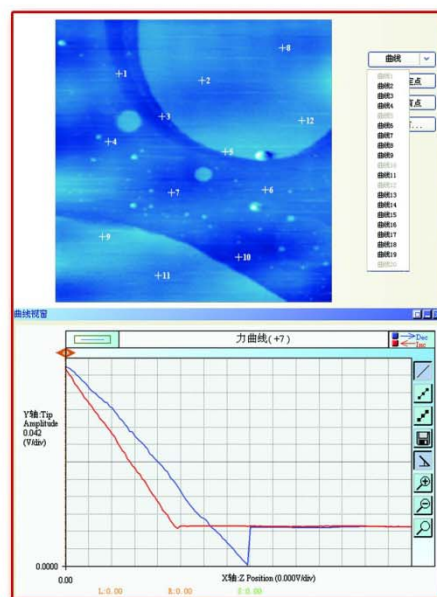


## 悬臂特性曲线

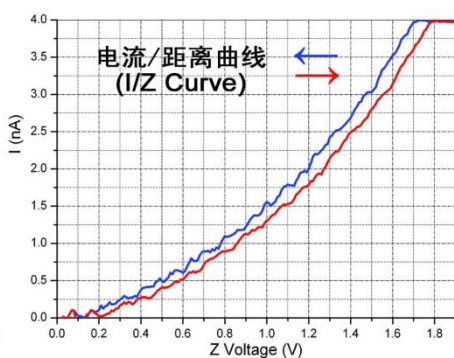
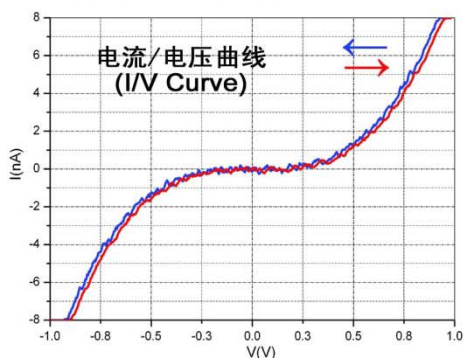


● 用户可以选取任意 DA 信号作为 X 轴, 任意 AD 信号作为 Y 轴进行特性曲线测量。

## 任意点曲线测量



## 电学性能曲线

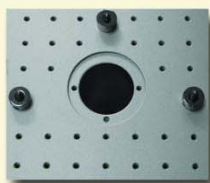




# 开放式扫描探针显微镜

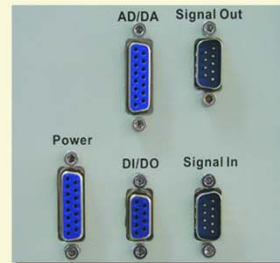
## —构造高效低成本的纳米科技实验平台

### 硬件系统



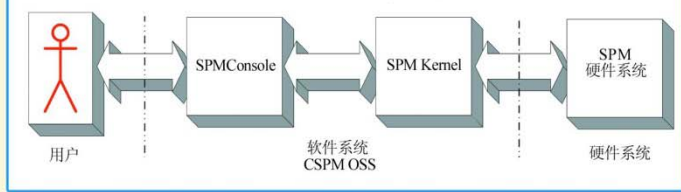
探头采用大底座三螺杆支撑全开放结构，直径 200mm 的大平台且预留了 20mmX20mm 的 M4 螺孔阵列，方便用户固定外加装置。

电子控制系统设计了系统信号的监测接口和外加调制信号的输入接口，预留了多通道的模拟和数字信号输入/输出和标准电源供电接口。



### 软件系统

CSPM扫描探针显微镜系统架构图



SPM Console采用Microsoft Visual C#语言编写，设计简单、面向对象、类型安全、兼容.Net框架。

SPM Console 软件负责向用户提供操作界面，让用户输入各种指令，并将仪器的各种状态和信息显示给用户。  
在开放式软件中，SPM Console 软件的源代码是向用户开放的，用户可以对源代码进行修改和补充，实现新的功能。

SPM Kernel 软件在用户界面软件 (SPM Console) 和扫描探针显微镜系统硬件之间架起一道桥梁，SPM Console 软件将用户的指令发送给 SPM Kernel 软件，SPM Kernel 软件对收到的指令进行解释，并对 SPM 硬件执行相应操作，实现用户指令。同时，SPM Kernel 对 SPM 硬件系统的状态进行采集和调度，以保证硬件正常运作，并向 SPM Console 报告各种信息，让用户可以实时了解仪器状态并观察实验结果。



迄今，厦门大学、中科院沈阳自动化所、中科院化学所、南开大学、大连理工大学、国家纳米中心、中山大学等多家单位的实际研究成果，充分证明了系统的开放性。

### 应用实例：

- 厦门大学：扫描电化学微探针 / 扫描隧道显微镜联用系统
- 中科院沈阳自动化研究所：具有机器人化监控作业功能的纳米操作实验系统
- 中科院化学研究所：扫描探针显微集成系统
- 南开大学：高性能原子力显微镜系统
- 大连理工大学：薄膜形貌 - 压电常数测试系统

.....

# 探针/配件

代理多个国际顶级品牌的探针及耗材



## 原子力显微镜探针

### 接触模式AFM探针

力常数: 0.12~2N/m  
共振频率: 13~105kHz

### 轻敲模式AFM探针

力常数: 3~40N/m  
共振频率: 75~300kHz

### 导电AFM探针

力常数: 0.12~40N/m  
共振频率: 13~300kHz  
整体镀金或镀铂

### 磁力显微镜(MFM)探针

力常数: 3~40N/m  
共振频率: 70~300kHz  
整体镀钴

### 横向力显微镜(LFM)探针

矩形悬臂, 力常数0.2~2N/m

### 静电力显微镜(EFM)探针

力常数: 3~40N/m  
共振频率: 70~300kHz  
整体镀金或镀铂

### 超尖AFM探针

针尖曲率半径 $\leq 1\text{nm}$

### 其它特殊AFM探针

金刚石探针  
力校准探针  
无针尖探针等

## 扫描隧道显微镜探针

### STM铂-铱丝探针

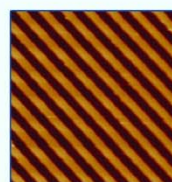
成分: 80%铂, 20%铱; 直径: 0.25mm

### STM钨丝探针

直径: 0.28mm



## 标准样品



- 一维标样 周期200nm~10 $\mu\text{m}$
- 二维标样 周期500nm~10 $\mu\text{m}$
- 台阶标样 台阶高度20~500nm
- 其它标样 针尖检测标样等



## 扫描器

水平扫描范围: 0.5 $\mu\text{m}$ ~125 $\mu\text{m}$   
垂直伸缩范围: 500nm~10 $\mu\text{m}$   
多种规格扫描器



## 探针架

STM探针架 AFM/LFM探针架  
其他特殊用途探针架



## 液体池

基材: 可选不锈钢、聚四氟乙烯、  
微晶玻璃陶瓷  
规格: 直径20mm 容积: 0.3~3mL



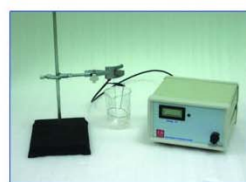
## 样品台

磁性/非磁性样品台  
直径: 12.5mm; 厚度: 1.5mm



## 光学显微镜系统

放大倍数: 89-623X连续可调(14"监视器)  
工作距离: 100mm  
系统配置: 1、光学显微镜  
2、彩色摄像机(USB2.0)  
3、亮度连续可调照明光源



## 探针腐蚀系统

输入: AC 220/110V, 50/60Hz  
输出: DC 30V/1A



## 样品加热系统

内置温度传感器, 精确控温;  
磁性底座, 使用方便  
温度连续可控, 最高温度: 250 $^{\circ}\text{C}$



# SPM Console 在线控制软件

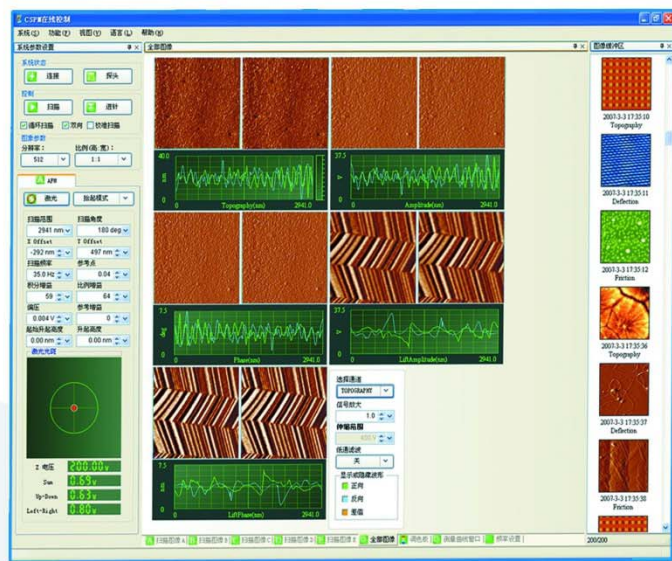
—界面友好的仪器控制软件



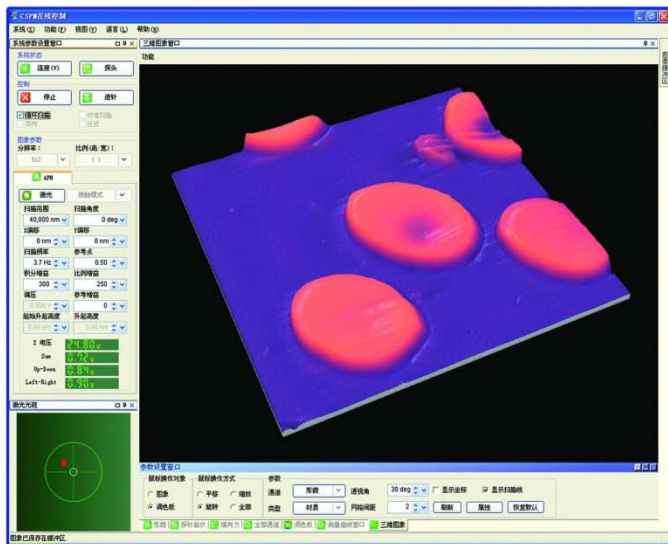
Windows Vista



兼容Windows 7/Vista/XP/NT/2000/ME/9x全系列操作系统



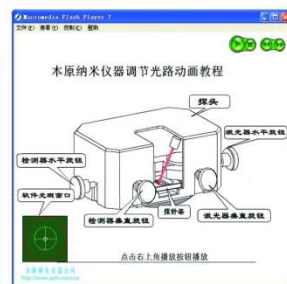
## 实时在线三维图像显示



## 具备多媒体帮助功能



Step-by-step的仪器操作教程



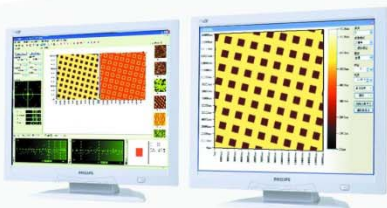
详细的光路调节动画教程

## Internet



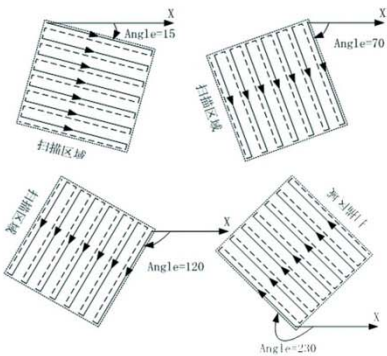
用户可以通过有线或无线TCP/IP网络，在本地计算机或远程计算机上运行本软件，实现对仪器的实时控制

## 支持双显示器

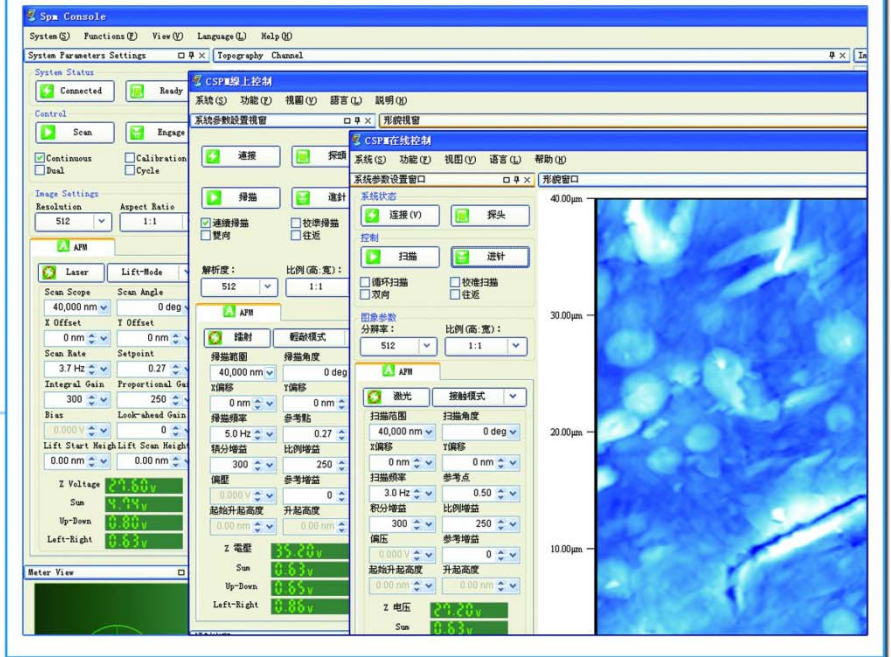




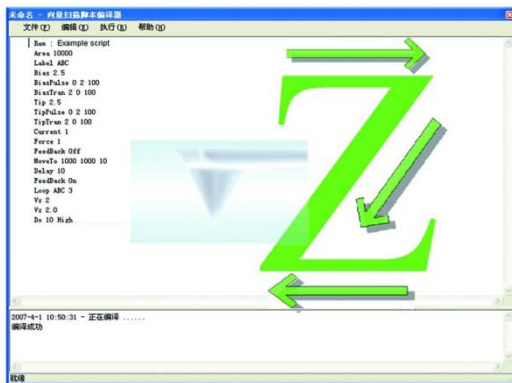
### 任意角度扫描



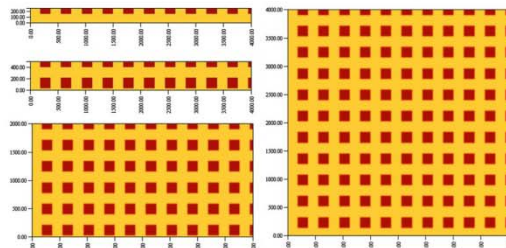
### 多语言版本自由切换



### 矢量扫描脚本编译器

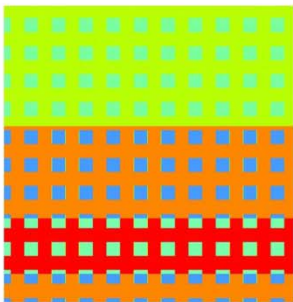


### 可调节扫描区域纵横比例

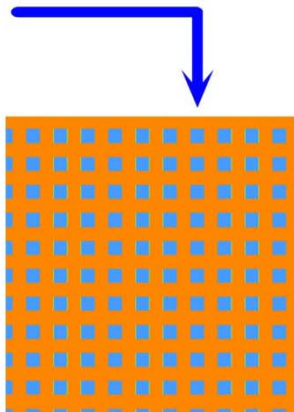


扫描区域不一定为正方形，用户可以调节扫描区域纵横比例，如1:1,1:2,1:4,1:8,1:16

### 扫描图像 亮度、对比度实时动态更新

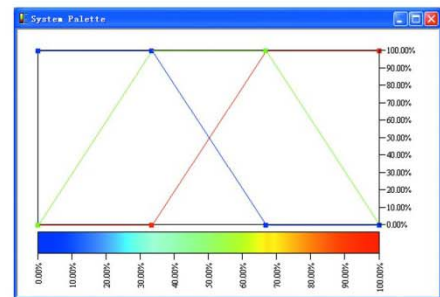


扫描图像未进行动态更新



动态更新后扫描图像

### 自定义24位真彩色图像显示

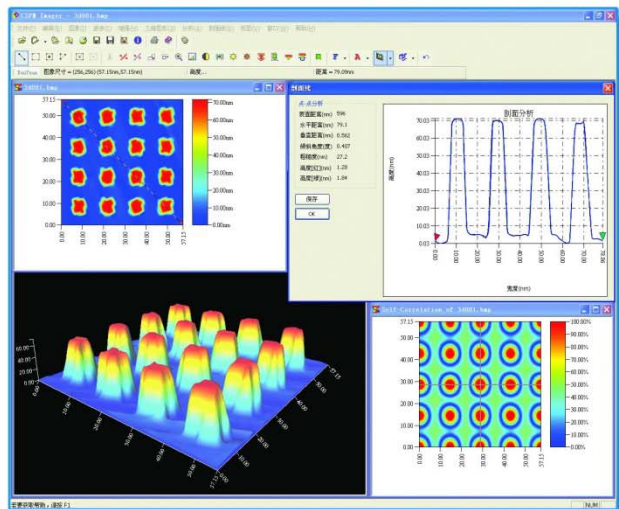


# SPM Console

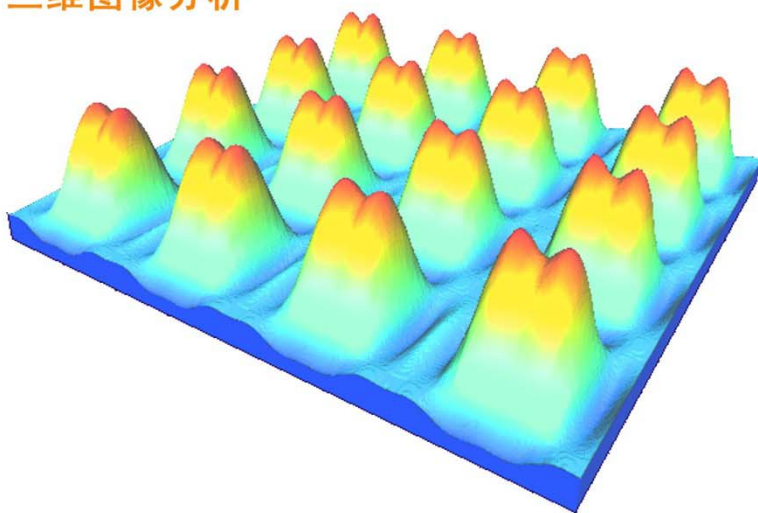


# Imager 图像处理软件

—功能强大的图像处理软件



## 三维图像分析



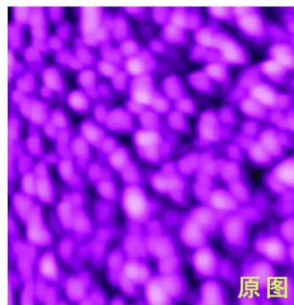
- 兼容Windows 7/Vista/XP/NT/2000/ME/9x操作系统
- 具有数据导出功能，用户可取得原始数据
- 图像同步功能，可指定多达4个相关图像同步处理
- 用户任意定义的24位系统调色板（伪彩色方案）
- 图像滤波（平均值滤波/卷积滤波/高斯滤波/局部统计滤波/中值滤波/排序滤波/滚球滤波/TOP-HAT滤波/消除扫描线）
- 背景消除/扫描器非线性校正/倾斜校正/曲面拟合校正
- 图像几何变换（剪切/旋转/拉伸及错切/放大及缩小）
- 三维图像分析（光照渲染/透视效果/任意视角/缩放/三维坐标/鼠标操纵/动画/材质及网格定义/光源定义/Z比例调节）
- 二维（一维）傅立叶变换/调整亮度和对比度/图像锐化/图像灰度均衡化/灰度反转
- 各种精细测量及表征功能（高度/距离/角度/表面积）
- 高度分析/层次分析(Bearing)/自相关分析/互相关分析/栅格分析/二维（一维）功率谱密度分析
- 颗粒尺度分析/粒度分析/粗糙度分析\*/分形维数分析
- 剖面线分析（傅立叶变换/功率谱分析/自相关分析）
- 边缘增强（Sobel/Kirsch/Laplacian/LoG/Roberts）
- 针尖表征及图像重建功能（针尖形貌估计/图像重建/样品模拟扫描/用已知针尖重建图像）
- 图像运算功能（加法/减法）
- 形态学处理功能（二值化/膨胀/腐蚀/骨骼化/剪除）
- 制作纳米电影(AVI格式)

\*粗糙度分析可以获得以下参数：

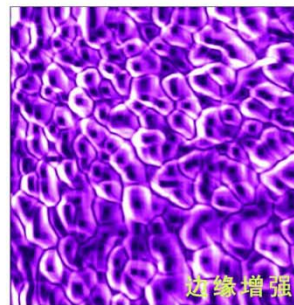
三维	Sa	Sq	Skewness	Kurtosis	Sy	Sz	Ssc	Sdq	Sdr	Sbi
Sci	Svi	Spk	Sk	Svk	Sds	Sdc0-5%/5-10%/10-50%/50-95%				
二维	Ra	Rq	Skewness	Kurtosis	Ry	Rz	Sm	Rdq	Rbi	Rci
	Rvi	Rpk	Rk	Rvk	Rpv	Rdc0-5%/5-10%/10-50%/50-95%				

参考国标、ISO标准、ANSI标准、EUR标准、DIN标准、JIS标准

## 边缘增强功能

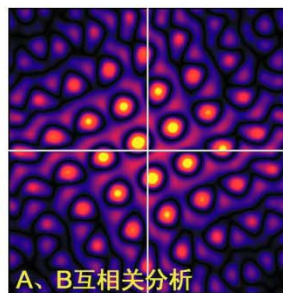
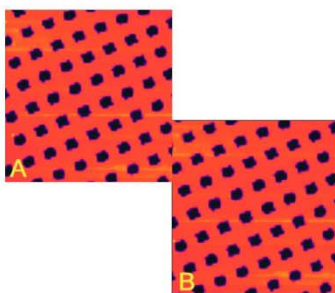


原图

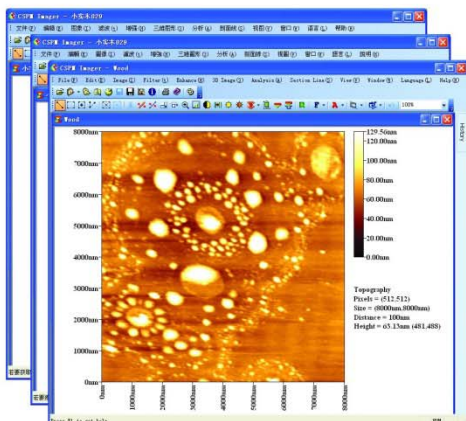


边缘增强

## 自相关(互相关)分析

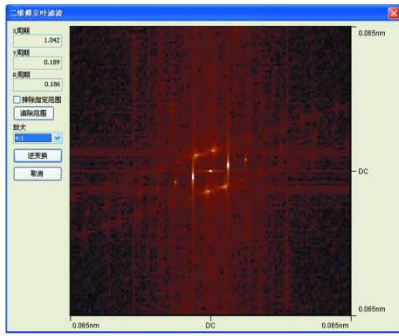


A、B互相关分析

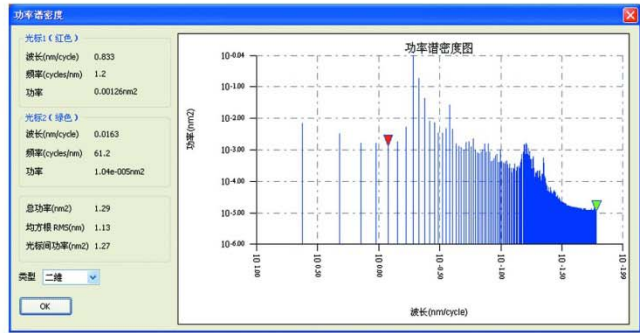


多语言  
自由  
界面  
切换

## 二维(一维)傅立叶变换

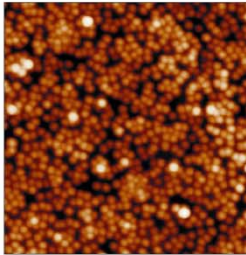


## 二维(一维)功率谱密度分析

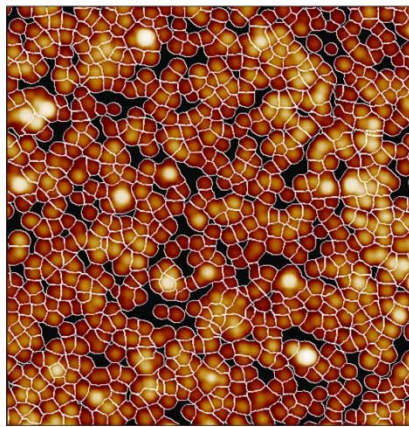


## 颗粒分析

颗粒分析能够有效区分粘连颗粒，可以手工剔除不合理颗粒，可以手工合并邻接颗粒，可生成粒度分析报告

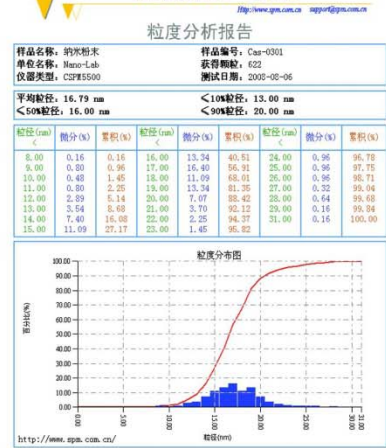


原图

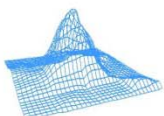


分析结果

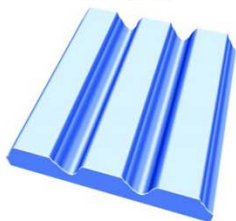
## CSPM 扫描探针显微镜



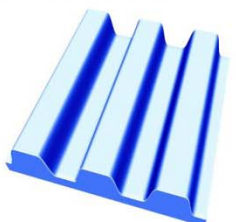
## 图像重建



针尖表征

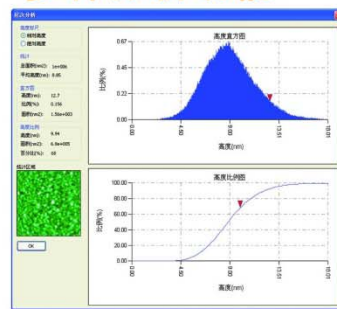


图像重建前，针尖形状产生展宽效应造成失真



图像重建后，针尖形状所造成的失真得到有效纠正

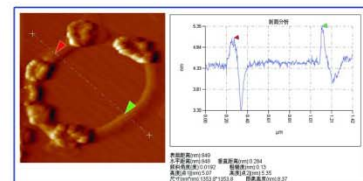
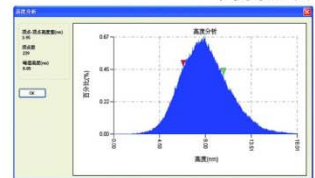
## 多种分析功能



层次分析

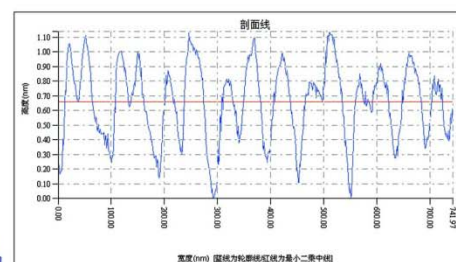
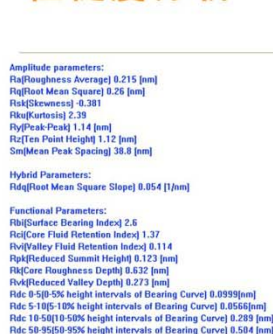
表面积分析

## 高度分析



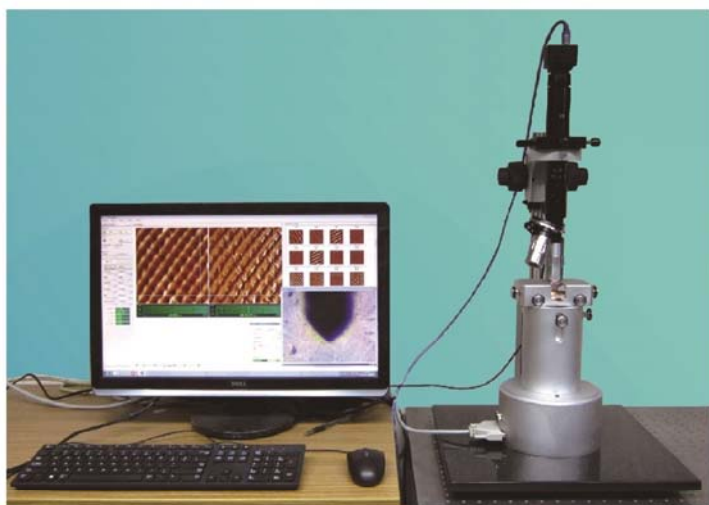
剖面线分析

## 粗糙度分析





# 高分辨光学显微镜联用扫描探针显微镜



- 具有自主知识产权的扫描探针检测头光超薄结构设计，可与高分辨光学显微镜联用
- 集成原子力显微镜、扫描隧道显微镜、横向力显微镜、磁力显微镜、静电力显微镜、扫描开尔文探针显微镜等扫描探针显微镜技术，功能强大
- 具有纳米加工功能

### 技术参数

- 系统功能：原子力显微镜、扫描隧道显微镜、横向力显微镜、磁力显微镜、静电力显微镜、压电响应力显微镜、扫描开尔文探针显微镜
- 工作模式：接触模式、轻敲模式、相移模式、抬起模式、纳米加工（图形化刻蚀、压痕/机械刻画，矢量扫描）
- 扫描范围：20um×20um，100um×100um

# 工业大样品扫描探针显微镜

- 国内首台具有完全自主知识产权的工业大尺寸样品扫描探针显微镜
- 采用电容传感器的闭环压电扫描台，扫描的非线性和正交自动校正
- 检测头轻量化设计，结构刚性和固有频率高，有效提升了扫描探针组件的稳定性
- 探头对称结构设计，针尖固定于支承横梁中点，能有效抑制环境温度波动导致热漂移
- 高分辨辅助光学显微定位，实时观测与定位探针以及样品扫描区域



4英寸工业大样品扫描探针显微镜

12英寸(300mm)工业大样品扫描探针显微镜



### 技术参数

- 样品尺寸：4英寸和12英寸两种机型（可定制更大样品尺寸机型）
- 工作模式：接触模式、轻敲模式、相移模式、抬起模式（支持磁力和静电力模式）
- 扫描范围：闭环100um×100um
- 传感器：电容传感器
- 闭环分辨率：0.5nm，线性度：0.02%

## 生物型原子力显微镜

与倒置荧光显微镜联用（适合徕卡、蔡司等主流机型，支持用户选特殊定制），是研究细胞纳米生物学的有力工具

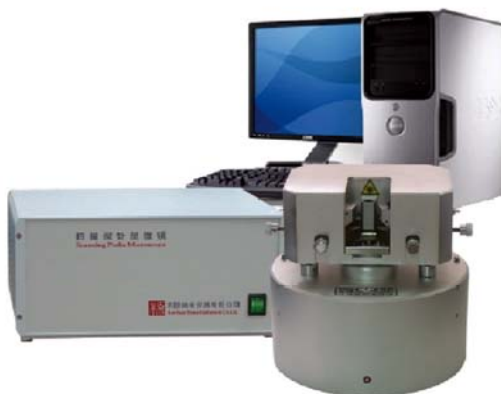


## 近场光学/太赫兹扫描探针显微镜

“探针-样品”体系高度开放结构，充分满足近场光学、太赫兹、针尖增强光谱技术等领域的应用需求

## 简易型扫描探针显微镜

兼顾教学和科研的高性价比多功能扫描探针显微镜



## 教学型扫描隧道显微镜

结构简单、高稳定性、易学易用、适合高校近代物理实验和中学素质教育课程要求。

# CSPM 5500

扫描探针显微镜

了解更多关于本原产品的信息，

请访问：<http://www.spm.com.cn>

或致电：**800-830-3560**（全国统一免费热线）

未开通 800 地区或使用移动电话，请拨打：  
010-51662332(北京) 020-87688889(广州)

本原纳米仪器有限公司  
免费热线电话：800-830-3560  
<http://www.spm.com.cn>  
E-mail: [s@spm.com.cn](mailto:s@spm.com.cn)

(100083)北京市海淀区中关村东路18号财智国际大厦B505室 010-51662332  
(510070)广州市越秀区先烈中路100号大院34号楼之一2A02房 020-87688889

