



AUTOLAB

电化学工作站

—— 模块化电化学综合测试系统



— 品牌新形象 新体系 新思维 —



EXPERIMENTAL
AUTOLAB
 模块化电化学测试

瑞士万通中国有限公司各地分公司、技术支持中心、维修服务中心：
 Branch offices, Application Laboratories and Service Centers of Metrohm in China:

- | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 北京 (Beijing) | 上海 (Shanghai) | 广州 (Guangzhou) | 成都 (Chengdu) | 香港 (Hong Kong) |
| 北京市朝阳区 惠新东街 1 号
100029 中国
电话: 010 6575 7000
电邮: metrohm@163.com | 上海市 漕河泾 漕河泾路 100 号
200240 中国
电话: 021 51011818
电邮: metrohm@163.com | 广州市 天河区 天河路 100 号
510630 中国
电话: 020 3817 7000
电邮: metrohm@163.com | 成都市 高新区 天府大道 100 号
610015 中国
电话: 028 8511 7000
电邮: metrohm@163.com | 香港 德辅道中 100 号
香港
电话: 00852 2500 7000
电邮: metrohm@163.com |

网址: <http://www.metrohm.com>
 电邮: metrohm@163.com

— metrohm 3010101

AUTOLAB系列电化学工作站素以模块化设计而著称。标准配置的功能已然十分强大，能满足绝大多数研究的需要。在这个基础上，用户还可选购不同的功能模块，以满足特殊的研究需要。

通常应用领域

● 科研领域：

- 电分析；
- 电池、燃料电池、太阳能电池和超级电容器；
- 腐蚀防护与控制；
- 电催化、电解、电沉积、电溶解及电合成；
- 涂层研究（有机涂层及无机涂层）；
- 纳米科学；
- 导电聚合物和膜科学；
- 化学机械抛光(CMP)；
- 介电材料和半导体材料；
- 传感器研究等。

● 相关工业：

- 电池及电池材料工业；
- 电镀工业；
- 钢铁工业；
- 航天工业；
- 国防工业；
- 汽车工业；
- 石化；
- 化学加工工业；
- 包装、涂料；
- 半导体工业等。



目 录

电化学工作站	4
AUTOLAB PGSTAT302N	4
AUTOLAB PGSTAT100	5
AUTOLAB PGSTAT128N	6
μ AUTOLAB III	7
模块	8
软件	14
应用领域	17
腐蚀	17
储能设备	18
光电化学	19
半导体电化学	20
电分析及环境电化学	20
电沉积	21
纳米技术	21
生命技术和生物传感器	22
介电材料	22
常用附件	23
电化学方法	26
技术参数	27

优异的特性

AUTOLAB PGSTAT302N 是AUTOLAB系列仪器中 具有最优异性能的 模块式电化学工作站



AUTOLAB PGSTAT302N

PGSTAT302N是经典的PGSTAT30的后继型号，是一款模块式、大电流的电化学综合测试仪。此型号能够配置所有的功能模块和外部设备，满足各种电化学研究需要。

比如连接一个增压器 (VOLT.MULT)，可将控制电位从10V扩展到30V，将测量电压从30V提高到100V。这样的电位和电压扩展非常适合电池组和燃料电池电堆的整体测量，同时也满足了某些特殊的电镀和细胞研究中比较高的极化电位的需要。

比如通过一动态负载接口 (LOAD.INT)，PGSTAT302N可以与电子负载相连接，将电池组和燃料电池的测量电流提高到最大300A。适用的测量方法包括：电流中断（测量内阻），I-V曲线和交流阻抗。

PGSTAT302N不仅提供数字信号输入/输出，还提供模拟信号输入/输出，以便对外部设备的控制。

可配套功能模块：

FRA • BSTR10A/20A • BA • ECN
pX1000 • ADC10M • SCAN250 • MUX
FI20 • ECD • EQCM • DYNIR
LOAD.INT • LOAD.FRAMOD
VOLT.MULT • HIGH.VOLT.DIV

主要应用：

- 电池、燃料电池及太阳能电池；
- 超级电容器；
- 腐蚀与防护；
- 导电聚合物及膜科学；
- 涂层研究；
- 介电材料及半导体材料；
- 电催化；
- 电沉积等。

主要参数

- 支持的电极体系 2、3或4电极
- 最大输出电压 $\pm 30V$
- 扫描电位范围 $\pm 10V$ ，可扩展至 $\pm 30V$
- 最大输出电流 $\pm 2A$ ，可扩展至10A/20A (BSTR10A/20A) 最大300A (电子负载)
- 电流范围 1A, 100mA, 10mA, 1mA, 100 μA , 10 μA , 1 μA , 100nA, 10nA 共九档，自动选择电流范围。可扩展至100pA (ECD)
- CV扫描速率 0.1 $\mu V/s$ -250V/s 可扩展至最大250KV/s (SCAN250)
- 取样频率 50kHz (20 μs /数据点) 可扩展至10MHz，即100ns/数据点(ADC10M)
- 恒电位仪带宽 > 1MHz
- 控制软件 GPES/FRA或NOVA
- 电化学技术 直流技术、交流伏安、交流阻抗 (配置FRA模块)
- 特别功能 可配置为动态iR补偿

特殊的应用

AUTOLAB PGSTAT100 是AUTOLAB系列仪器中 具有最高响应电压的 模块式电化学工作站



AUTOLAB PGSTAT100

最大输出电压100V，最大输出电流250mA，这是AUTOLAB PGSTAT100型电化学工作站所特有的性能，它是专为适合极高溶液电阻体系的应用而设计，可应用于石油类产品、有机溶剂、土壤、混凝土、水泥和陶瓷等。

相对于PGSTAT302N而言，PGSTAT100则专注于低导电性体系的应用。用户可以通过添加一部分功能模块来拓展该仪器的应用。

同样，该型号仪器也具有数字信号及模拟信号的输入与输出功能，方便对外部设备进行控制。

特别地，该型号还提供一种“浮地式”选项，允许用户测量一些工作电极本身接地的体系，比如高压釜内样品、地下管道、油罐和桥梁等。

可配套功能模块：

FRA • BSTR10A •
BA • ADC10M •
SCAN250 • FI20 • ECD

主要应用：

- 钢筋在混凝土和水泥中的腐蚀；
- 地下管道的腐蚀；
- 高压釜内样品腐蚀；
- 高阻抗有机溶剂中的电化学测量；
- 电解；
- 金属处理与回收；
- 半导体材料等。

主要参数

- 支持的电极体系 2、3或4电极
- 扫描电位范围 $\pm 10V$
- 最大输出电压 $\pm 100V$
- 最大输出电流 $\pm 250mA$
可扩展至 $\pm 10 A$ (BSTR10A 模块)
- 电流范围 100mA, 10mA, 1mA, 100 μA , 10 μA , 1 μA , 100nA, 10nA
共八档, 自动选择电流范围。可扩展至 100pA (ECD)
- CV扫描速率 0.1 $\mu V/s$ -250V/s
可扩展至最大 250kV/S (SCAN250模块)
- 取样频率 50kHz, 即20 μs /数据点
可扩展至 10MHz, 即 100ns/数据点
(ADC10M模块)
- 恒电位仪带宽 > 500kHz
- 控制软件 GPES/FRA或NOVA
- 电化学技术 直流技术、交流伏安、交流阻抗 (配置FRA模块)
- 特别功能 浮地式选项 (Floating Option)

标准型仪器

AUTOLAB PGSTAT128N **是AUTOLAB系列仪器中** **具有最常规应用的** **模块式电化学工作站**



AUTOLAB PGSTAT128N

AUTOLAB PGSTAT128N 型电化学工作站是一款模块式、低噪声的快速电化学综合测试仪，最大电流 800mA，响应电压为12V。

对于那些追求相对小电流、高性能的常规应用，PGSTAT128N 可以说是绝佳的选择。

模块式的结构，也使得PGSTAT128N 型电化学工作站可以配套多种 AUTOLAB 功能模块，以进行一定的功能扩展。比如，配备BSTR10A后，可将 800mA 的最大输出电流扩展为10A。

同样，数字信号和模拟信号的输入/输出也是仪器不可或缺的功能，以便对外部仪器进行控制。

可配套功能模块：

FRA • BA • pX1000 • ADC10M •
SCAN250 • MUX • FI20 •
ECD • ECN • EQCM • BSTR10A

主要应用：

- 电分析；
- 生物传感器及化学传感器；
- 腐蚀与防护；
- 储能设备；
- 纳米科学等。

主要参数

- 支持的电极体系 2、3或4电极
- 扫描电位范围 $\pm 10V$
- 最大输出电压 $\pm 12V$
- 最大输出电流 $\pm 800mA$
可扩展至 $\pm 10A$ (BSTR10A模块)
- 电流范围 1A, 100mA, 10mA, 1mA, 100 μA , 10 μA , 1 μA , 100nA, 10nA
共九档，自动选择电流范围。可扩展至100pA (ECD)
- CV扫描速率 0.1 $\mu V/s$ -250V/s
可扩展至最大250kV/s (SCAN250模块)
- 取样频率 50kHz，即20 μs /数据点
可扩展至10MHz，即100ns/数据点
(ADC10M模块)
- 恒电位仪带宽 > 500kHz
- 控制软件 GPES/FRA或NOVA
- 电化学技术 直流技术、交流伏安、交流阻抗
(配置FRA模块)

紧凑型仪器

μ AUTOLAB III
是AUTOLAB系列仪器中
唯一一款非模块式结构的
电化学工作站



μ AUTOLAB III

在AUTOLAB家族中， μ AUTOLAB III 是最基本的电化学综合测试仪，最大提供80mA电流，响应电压为12V。在功能强大的GPES 软件的支持下，该型号可以提供所有的标准直流电化学技术。

虽然本型号仪器是一款最基本的非模块式仪器，但它已经内置了模拟积分器、数字信号的输入/输出、模拟信号的输入/输出等部件，因此也是一款多用途的电化学综合测试仪。

μ AUTOLAB III /FRA

随着一些仅需低电流、但又要进行电化学交流阻抗的应用逐渐增多，内置了FRA交流阻抗模块的增强型 μ AUTOLAB III 应运而生。在FRA软件的支持下，该仪器可以提供频率范围为10 μ Hz~500kHz的交流阻抗测量。

主要应用：

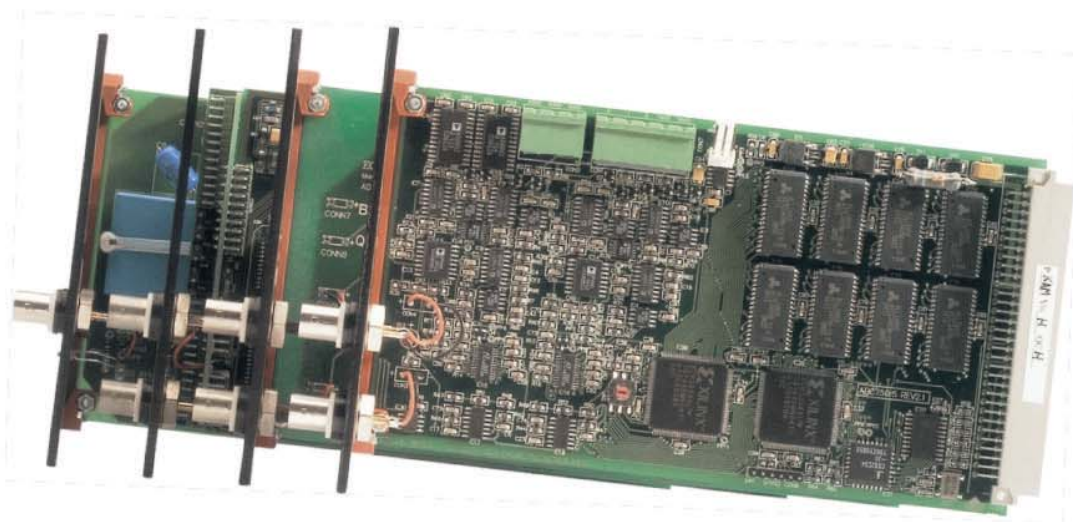
- 电分析；
- 生物传感器；
- 化学传感器；
- 现场腐蚀测量等。

主要参数

- | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ● 支持的电极体系 | 2或3电极 |
| ● 扫描电位范围 | $\pm 5V$ |
| ● 最大输出电压 | $\pm 12V$ |
| ● 最大输出电流 | $\pm 80mA$ |
| ● 电流范围 | 10mA, 1mA, 100 μA , 10 μA , 1 μA
100nA, 10nA 共七档
自动选择电流范围 |
| ● 恒电位仪带宽 | 500kHz |
| ● 电脑接口 | USB |
| ● 控制软件 | GPES/FRA或NOVA |
| ● 电化学技术 | 直流技术、交流伏安、
交流阻抗（配置FRA模块） |

非局限性的功能

不同类型的模块
允许用户
根据自己的需要
进行配置



电流扩展模块

BSTR10A 增流器可以把 PGSTAT 302N、PGSTAT128N及PGSTAT100的最大电流增大至10A。另外，PGSTAT 302N还可以在BSTR20A的支持下增大至 20A。当配套了这两种BSTR增流器时，最大响应电压会降至 20V。

依赖于其所具有的快速响应时间，这两款增流器可以与FRA模块一起进行大电流的电化学交流阻抗测量，尤其适用于超低内阻的电池和燃料电池。

配置了这个增流器，用户可以进行超级电容器的充放电测量、燃料电池的性能测试以及大面积电极的直流或交流检测。

当用户需要大于20A甚至几百安培的测量电流时，可通过专用动态负载接口 (LOAD INT)与电子负载连接，进行大电流的直流和交流电化学测量。

主要参数	BSTR10A	BSTR20A
最大响应电压	±20V	±20V
最大扫描电位	±10V	±10V
最大电流	±10A	±20A
精度	±300 μA	±600 μA
系统带宽	10kHz高速	20kHz高速
操作模式	控制电位及控制电流	控制电位及控制电流
紧急开关	无	有
适用型号	PGSTAT302N PGSTAT128N PGSTAT100	PGSTAT302N

应用领域：

- 大面积电极上所有的直流及交流电化学测量；
- 超级电容器的充放电性能测试；
- 燃料电池、电池及超级电容器的电化学交流阻抗测量；
- 燃料电池的 I-V 性能测量。



FRA

电化学阻抗谱 (EIS) 是研究电化学体系的内部性质极其有用的技术, 在材料性能表征方面具有广泛的应用, 可应用于涂层、电池、燃料电池及腐蚀等方面的研究。

电化学阻抗谱也已广泛应用于电沉积、电溶解、钝化、膜中的离子扩散过程、半导体界面和生物传感器等的研究之中。

所有的AUTOLAB电化学工作站均可通过配置FRA模块, 进行电化学交流阻抗的测量。在FRA软件中, 既提供控制电位模式下的频率扫描、电位扫描和时间扫描, 又提供控制电流模式下的频率扫描、电流扫描和时间扫描。

另外, 由于FRA模块提供了外部信号的输入控制, 因此, FRA软件允许用户调制外部信号, 例如: 旋转圆盘电极的转速、光源的强度, 从而可实现电流体动力学 (EHD) 交流阻抗谱, 强度调制光电流谱 (IMPS), 以及强度调制光电压谱 (IMVS)。

为了方便用户对阻抗数据进行分析, FRA软件已经包含了等效电路解析的功能。

ADC10M

ADC10M是一个超快速取样的模块, 用于把取样速率从50KHz提升到10MHz, 取样间隔最快到100ns。

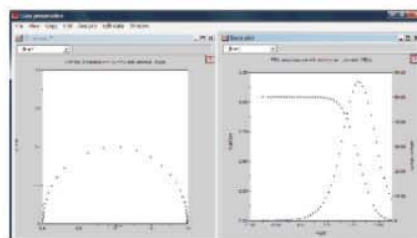
当配套了SCAN250模块后, 循环伏安的最大扫描速率可达250Kv/s, 极适用于快速动力学过程研究。

主要参数

频率范围	10 μ Hz~1MHz
频率分辨率	0.003%
信号类型	单正弦波、五正弦波和十五正弦波
输入扰动信号	来自内部的E和I信号, 或来自外部的X和Y信号
交流振幅	-控制电位模式: 0.2~350mv -控制电流模式: 所选电流范围之0.0002~0.35倍
适用型号	全部型号

应用领域:

- 电化学分析;
- 储能设备;
- 超级电容器;
- 生物技术;
- 化学机械抛光 (CMP);
- 涂层研究;
- 导电聚合物及导电膜;
- 腐蚀与防护;
- 介电材料;
- 电催化、电沉积;
- 纳米技术;
- 半导体;
- 传感器的开发等。



主要参数

取样速率	10MHz (100ns/数据点)
内存	4M
独立的通道数	4
适用型号	PGSTAT128N/PGSTAT302N/PGSTAT100

应用领域:

- 超微电极快速反应测量;
- 超级电容器充放电的快速暂态测量;
- 脉冲电流检测;
- 晶体成核与生长研究;
- 活体生物电化学神经传递素检测等。

SCAN250

阶梯波循环伏安是一种广泛用于数字式仪器中的方法。只要步进周期足够长，双电层充电电流将大大减弱，此时的测量结果就可以认为全部是法拉第电流。

当过程表现出非常快速的暂态行为时，比如氢的吸附，数字式扫描会导致吸附过程信息的丢失。

SCAN250模块就是专门针对此而研发的一个提供模拟式线性扫描的模块。与ADC10M配套时，组成了研究快速吸附过程强有力的工具。

MUX

MUX模块允许用户对一系列样品进行自动序列式的电化学测试。所测量的顺序可以手动或在软件“Project编程”中自动选择。

MUX共有两种型号：

MUX.MULTI4

专用于测量完整的电解池，包括工作电极，感应电极，对电极和参比电极。每个模块可提供4套电解池的测量，最多可连接16个模块。

MUX.SCNR16

专用于测量共用对电极、参比电极和感应电极，而使用不同工作电极的体系。每个模块可提供16套工作电极的测量，最多可连接16个模块。

ECD

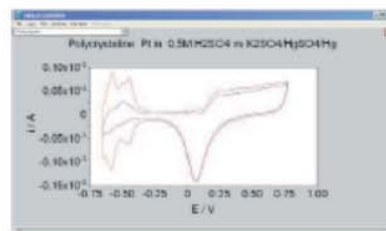
AUTOLAB标准配置的最小电流档为10nA，最小电流分辨率30fA。小电流放大器模块ECD可以将标准配置的最小电流档扩展到100pA，相应地将最小电流分辨率提高到0.3fA。

主要参数

扫描范围	±5V
最大扫速	250Kv/s
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N、PGSTAT100

应用领域：

- 快速电子转移反应；
- 快速吸附过程研究；
- 典型的应用有超快速活体生物电化学检测，六氢基钴快速吸附行为研究，以及蛋白质和抗生素合成等。



红色为SCAN250模块的结果
蓝色为不配SCAN250的结果

主要参数

	MUX.MULTI4	MUX.SCNR16
电解池连接方式	独立的WE、CE、RE和S	独立的WE
提供的测量通道	4~64,4个/组	16~255,16个/组
最大电流	2A	2A
最大输出电压	30V	30V
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N	PGSTAT128N、PGSTAT302N

应用领域：

- 腐蚀测量的自动化；
- 电池测量的自动化；
- 电极及微电极阵列的测量等。

主要参数

电流范围	100pA~100μA,共七档
电流测量	±0.5%精度
滤波器类型	三阶Sallen-Key滤波器
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N、PGSTAT100

应用领域：

- 微电极的电化学测量；
- 水溶液中超低浓度重金属离子的检测等。

BA

BA是一个双模式双恒电位仪模块，可以将AUTOLAB配置为双恒电位仪，两个工作电极共用一个参比电极和一个对电极。一台仪器最多可以配置5个BA模块，共用相同的参比电极和对电极。

常规模式：对第一个工作电极（WE1）施加电位阶跃或扫描的同时，对第二个工作电极（WE2）施加恒定电位。扫描模式：对第一个工作电极（WE1）施加电位阶跃或扫描的同时，对第二个工作电极（WE2）施加一个偏置电位（相对于WE1），以相同的速率进行同样的电位阶跃或扫描。这两种模式均可在软件中选择。

BA模块有七个电流档（10nA-10mA）。在测量过程中可以通过软件选择固定电流档或自动换档。

ECN

电化学噪声（ECN）技术已经广泛应用于金属材料腐蚀过程的研究。通过同时测量腐蚀过程中的电位和电流波动，电化学噪声可以提供有关腐蚀机理的非常有用的信息。

电化学噪声技术的最大优势之一在于不对样品施加任何激励信号，是一种真正原位无损的检测方法。

很多方法可以用来分析电化学噪声数据，比如统计分析、频谱分析和小波分析等。

统计分析：计算噪声电阻 R_n ，即噪声电位和噪声电流的标准方差之比。此参数可大致代表电化学腐蚀过程的阻力，在一定条件下相当于极化电阻 R_p 。

频谱分析：通过快速傅立叶变换(FFT)，将电位噪声和电流噪声的原始信号从时域变换到频域，从而得到频谱噪声电阻 R_{sn} 或对曲线的功率谱密度（PSD）特性进行研究。其中的频谱噪声电阻 R_{sn} 在一定条件下与极化电阻 R_p 具有可比性。

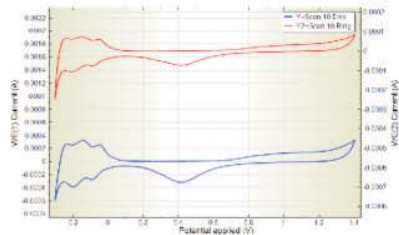
小波分析：小波变换（WT）用于在非稳态环境下代替频谱分析，以克服FFT变换在电化学噪声分析中的局限性，用于区分腐蚀类型和研究腐蚀过程机理。

主要参数

偏置电位	$\pm 10V$
电流范围	10mA, 1mA, 100 μA , 10 μA , 1 μA , 100nA, 10nA
最大电流	50mA
模拟输出	电流信号
模式	常规模式和扫描模式
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N、PGSTAT100

应用领域：

- 旋转盘环电极RRDE；
- 喷壁式盘环电极WJRDE；
- 传感器阵列等。



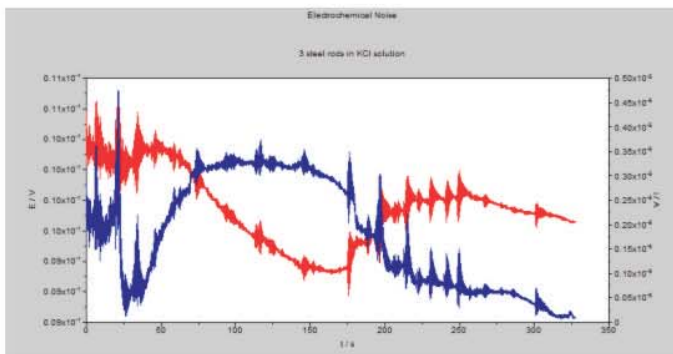
0.5MH₂SO₄中RRDE循环伏安

主要参数

输入范围	$\pm 2.5V$
测量分辨率	80 μV
测量精度	300 μV
输入偏置电流	<25fA(对于直流测量)
输入阻抗	>10 ¹¹ Ω
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N

应用领域：

- 点蚀研究；
- 高阻抗涂层研究；
- 钢筋在水泥或混凝土中的腐蚀研究等。



FI20

FI20是一款包含过滤器与积分器的模块。利用此模块，用户可以直接进行库仑分析以及计时库仑测试。模拟积分器使得在循环伏安和电位阶跃中可以直接测量电量而不是电流。

利用此模块，可以方便地把电容性电流从法拉第电流中分离出来。积分器也可以通过平均来减弱信号噪声。

FI20的三阶Sallen-Key滤波器提供0至500ms的RC时间常数，用于过滤噪声。

此模块还适用于滤除那些在屏蔽箱中仍然存在的背景噪声（比如50或60Hz）。

pX1000

通过配置pX1000模块，用户可以同时进行pH值（或pX值）监测和电化学测量。当然，必须连接pH（或pX）电极。

如果所连接的是普通电极而不是pH电极时，输出的将是与工作电极间的电位差。因此，可以连接一个检测电极，进行库仑滴定。

pX1000模块由于具有很高的输入阻抗，因此可以用来作为高阻信号输入。

VOLT.MULT

VOLT.MULT增压器用于将控制电位从0V提高到30V，测量电压最高到100V。（适用于PGSTAT302N）

HIGH.VOLT.DIV

HIGH.VOLT.DIV分压器用于将恒电流模式下的测量电压提高到100V。（适用于PGSTAT302N和PGSTAT100）

主要参数

滤波器类型	三阶Sallen-Key滤波器
RC时间常数	0.1s, 1s和5s
积分时间	0.01s, 0.1s, 1s和10s
前面板模拟信号输出	电流及电量
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N、PGSTAT100

应用领域：

- 电量的直接测量；
- 微电极的电化学测量；
- 电解及电镀等。

主要参数

输入范围	$\pm 2.5\text{ V}$
测量分辨率	80 μV
测量精度	300 μV
输入偏置电流	< 25fA（对于直流测量）
输入阻抗	> 10 ¹¹ Ω
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N

应用领域：

- 库仑滴定；
- 络合滴定；
- 温度测量等。

应用领域：

- 电池组I/V曲线测试等

应用领域：

- 电池组I/V曲线测试等

LOAD.INT

LOAD.INT动态负载接口用于将恒电位仪产生的直流信号和FRA信号发生器产生的交流信号叠加后输送到负载上。

EQCM

EQCM电化学石英晶体微天平模块通过记录晶振片共振频率的变化来测量晶振片表面单位面积上的质量变化。晶振片可以置于大气、真空或液体环境中。该模块能够进行亚微克每平方厘米的质量变化测量。

EQCM模块标准配置中已经包含配套的电化学池和两片6MHz的晶振片。对于6MHz的晶振片，1Hz的频率变化大约相当于 $10\text{ng}/\text{cm}^2$ 的质量变化。配套的电化学池中已经包含对电极、参比电极和温度传感器。

EQCM模块安装在AUTOLAB仪器主机内，由软件自动控制，软件中可同时显示电化学曲线和质量变化曲线。

模块的适用性

BSTR10A、BSTR20A、VOLT.MULT、HIGH.VOLT.DIV和LOAD.INT都为外部模块，因此不需要占用AUTOLAB电化学工作站内部的插槽。

在AUTOLAB仪器中，最多可同时安装7个模块。其中，一个FRA模块已占用了两个模块的位置。

应用领域：

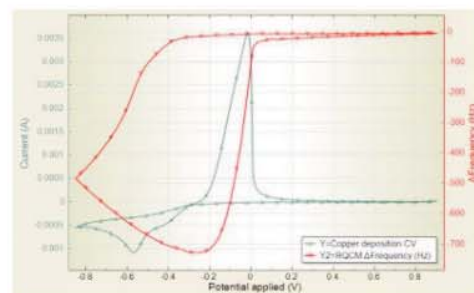
- 电池组或燃料电池堆大电流阻抗测试；
- 强度调制光电流（或光电压）谱实验；
- 电流体动力学交流阻抗实验等。

主要参数

振荡频率	6MHz
分辨率	0.07Hz
相对精度	1Hz
取样速率	50S/s
适用型号	PGSTAT128N、PGSTAT302N

应用领域：

- 欠电位沉积；
- 腐蚀机理研究；
- 纳米技术；
- 生物电化学等。



循环伏安曲线和质量变化曲线

应用领域：

- 电池组I/V曲线测试等

主要参数	PGSTAT128N	PGSTAT302N	PGSTAT100
BSTR10A	●	●	●
BSTR20A	—	●	—
FRA	●	●	●
ADC10M	●	●	●
SCAN250	●	●	●
MUX	●	●	—
ECD	●	●	●
BA	●	●	●
ECN	●	●	—
FI20	●	●	●
pX1000	●	●	—
EQCM	●	●	—

友好的界面

GPES & FRA软件 是根据电化学专家 使用电化学工作站 的习惯而进行设计

AUTOLAB软件

从1986年起，AUTOLAB软件就已经为电化学测量设定标准。

“由电化学专家为电化学专家所设计”，GPES和FRA软件可以满足一切电化学专家的需要。

无论用户是非常有经验的电化学专家，或者是刚入门的新手，软件的直观化设计及感觉，让用户极方便地设置实验条件和控制实验、实时观察测量结果、测量后分析数据，以及输出数据及结果。

实验设置及测量

用户可通过“手动控制”窗口，对电化学试验进行设置及控制，或者通过调用预设的条件进行自动重复测试。

利用“Project Wizard编程向导”，用户可以自行编写一系列复杂的测量。当然也可以同时记录外部的模拟信号。

Manual Control手动控制

在“手动控制”窗口，用户可以进行一些简单的操作，例如：

- 手动开启或关闭模块；
- 手动施加电流或电位；
- 选择电流范围；
- 设置iR补偿时的欧姆降。



GPES方法

AUTOLAB软件包提供了几乎所有的电化学研究所需要的电化学测量技术。只需要选择电化学方法，进入“Edit Procedure编辑程序”窗口，用户即可以设置测量参数，并且点击“START开始”，进行测量。

测量条件可以单独保存，因此也可以调用进行标准化重复测量。

以下是电化学方法的概述：

- **电分析：**
 - 取样直流伏安法；
 - 常规脉冲、差分脉冲、差分常规脉冲；
 - 方波伏安（8-2000Hz）；
 - 交流伏安；
 - 交流伏安二次谐波。
- **循环伏安及线性扫描：**
 - 循环伏安和线性扫描；
 - 模拟信号循环伏安和线性扫描（配套SCAN250）；
 - 稳态电流伏安；
 - 扫描平均；
 - 电流积分法；
 - 双恒电位测量；
 - 流体动力学线性扫描；
 - 相对开路电位的测量。

● 计时方法：

- 计时安培法 (I-t)；
- 计时库仑法 (Q-t)；
- 计时电位法 (E-t)；
- 可指定多达10个电位或电流值自动重复试验和保存数据；
- 可指定电流、电量和电位极限；
- 自动记录变化较大响应信号的附加数据点；
- 双恒电位测量；
- 开路电位或相对开路电位的测量。

● 多模式电化学检测：

- 用于高效液相色谱，流动注射和离子色谱；
- 脉冲电流测定；
- 直流安培法和差分脉冲安培法。

● 电势溶出分析：

- 化学溶出和恒电流溶出，测量速率40kHz。

● 电化学噪声：

- 开路时电流和电位噪声的测量多用于点蚀 (Pitting Corrosion) 测量，监测发生在样品内部的微小腐蚀过程。

● 阶跃与扫描：

- 可定义一系列电位阶跃和线性扫描；
- 最多可以设置10个段；
- 阶跃和扫描之间无滞后。



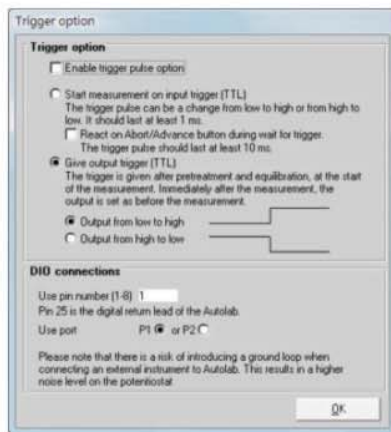
FRA方法

FRA软件是一套专用于电化学交流阻抗 EIS 研究的软件，需要与配置FRA模块的AUTOLAB电化学工作站配套使用，可进行控制电位阻抗谱和控制电流阻抗谱的测量和分析。

FRA软件提供多种方法：在指定的极化电位/电流下的交流阻抗、在电位/电流扫描过程中的交流阻抗、在指定的极化电位/电流下并在一个时间段内的交流阻抗。

以下是该软件的概述：

- 频率范围：10Hz~1MHz，可选择按线性、对数或平方根分布；
- 频率扫描可分拆为多个子扫描；
- 可选择单正弦波或多正弦小组（5或15个）叠加的方式；
- 开路电位上或相对开路电位的测量；
- 内置的示波器窗口可以用于实时监视所施加和测量的波形；
- 可改变测量参数：积分时间、积分循环数等；
- 在测量过程中，同时记录外部信号，例如：将SPR/QCM信号与交流阻抗同时测量并记录。



辅助设备及其可选菜单

在主菜单中，辅助设备菜单专用于提供对辅助设备的控制，包括：旋转电极RDE/ECE/RRDE极谱电极工作台；自动进样器；

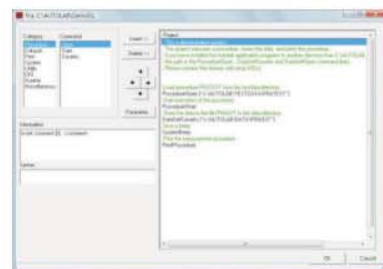
在测量iR欧姆降时，可用到：正反馈；电流中断。

在可选择菜单中，可以通过TTL信号发生器与外部设备进行沟通，控制外部设备或获取外部设备的信号。

Project编程模式

AUTOLAB软件均提供一个功能强大的“Project Mode编程模式”，允许用户自行编辑一个程序，让仪器自动按照程序执行。

利用“Project Wizard编程向导”，用户可以极方便地设置一个复合的测量过程，包括：调用实验条件、开始测试、保存数据和重复测试等。

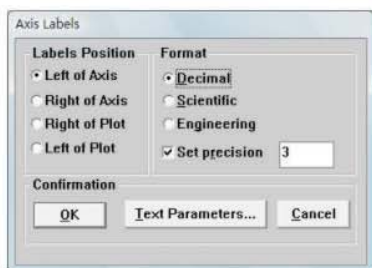


数据显示方式

在AUTOLAB软件中，用户可以实时监视试验过程，并且在“Data Presentation数据分析窗口”中与原有数据进行比较。

GPES

在GPES软件中，电流、电位以及附加的信号均可显示。在测量过程中或结束后，图形所采用的坐标系均可以进行变换，包括：对数坐标、线性坐标、平方根坐标，以及倒数坐标。窗口菜单栏可以用来放大、设置窗口、载入叠加曲线、以及对电化学信号和可选第二信号的数据进行分析。



FRA

在测量过程中及结束后，FRA软件提供了大量的曲线形式，最重要的包括：

$-Z''$ vs Z'

$-Y''$ vs Y'

Bode曲线

$Z', -Z''$ vs f

$Z', -Z''$ vs $\omega^{1/2}$

$Z', -Z''$ vs $\omega^{-1/2}$

$-Y''/\omega$ vs Y'/ω

Epsilon曲线

Z' vs $-\omega Z''$

Z' vs $-Z''/\omega$

对于电位、电流或时间扫描方法，还可以提供以下的曲线形式：

$Z', -Z''$ vs E, I, t

$Y', -Y''$ vs E, I, t

C_s vs E, I, t

$\omega Z', -\omega Z''$ vs E, I, t

Mott-Schottky 曲线等。

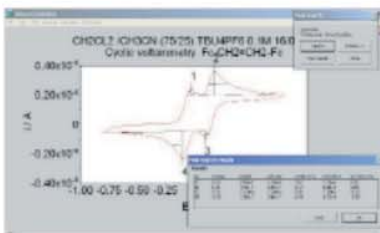
数据分析

AUTOLAB软件提供多种数据分析手段。

GPES

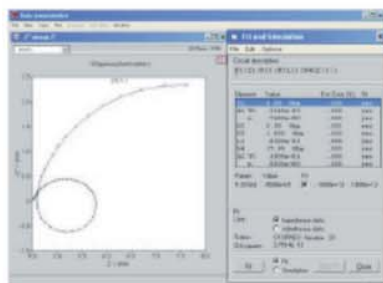
以下是一些分析手段的列表：

- 自动和交互峰值研究；
- 线性、指数和多项式基线校正；
- 线性回归；
- 曲线平滑：FFT和加权移动平均；
- 曲线的积分和微分；
- 曲线的卷积与去卷积；
- 伏安曲线的拟合与模拟；
- 空白扣除；
- 数据对比；
- S型伏安曲线的动力学和半波电位分析；
- 自动腐蚀速率和极化电阻的测量；
- Levich曲线；
- 计时电位法测量的暂态时间分析；
- 计时安培曲线和计时库仑曲线；
- 库仑滴定曲线；
- 快速傅立叶变换FFT；
-



FRA

与GPES软件一样，FRA软件也提供了大量的数据分析手段，例如：找圆，分析Nyquist图中的圆弧；



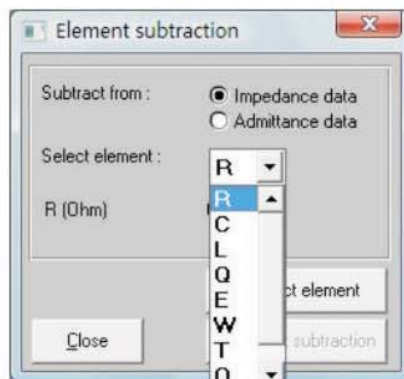
- 等效电路拟合，基于 B.A. Boukamp博士的“电路描述码 CDC”。此方法允许用任何等效电路来拟合试验曲线。

利用这个功能强大的软件，用户可以非常方便地建立复杂的等效电路，并且拟合曲线。

- 常用的等效电路元件包括：
电阻元件R；
电容元件C；
常相角元件Q；
电感元件L；
韦伯 (Warburg) 阻抗W；
Gerischer阻抗元件G；
双曲正切元件T；
双曲余切元件O。

- 元件扣除，简化曲线，估算较合适的初始值；

- Kramers-Kronig试验，用以验证测量数据的有效性。



储能设备

电化学过程是大部分储能技术的基础，例如：燃料电池、电池和超级电容器，这些过程均包含有电荷在溶液中的传输和穿越界面。

现代的电化学仪器早已经成为储能设备研究的关键，有助于提高效能、减低能耗以及降低成本。

常规直流技术，例如线性扫描可以测量燃料电池和电池的I/V特性。AUTOLAB系列电化学仪器还可以提供仅几 $\mu\text{V/s}$ 的扫描速率。

近年来，电化学交流阻抗EIS也成功应用在燃料电池、电池及超级电容器的研究上。该方法超越直流技术的一个优点是仅使用非常小的扰动信号，无需破坏样品的平衡状态，即可以测量样品的性能。

配套了BSTR10A/20A增流器和FRA模块的AUTOLAB仪器，可以提供大电流下的交流阻抗测量！

对于燃料电池和电池研究，AUTOLAB开发了专用电位/电压和大电流测量附件，以满足客户进一步增长的要求：

- **LOAD.INT:**

专用动态负载接口，用于连接电子负载进行几百安培的大电流I/V曲线，电流中断和交流阻抗测量。

- **VOLT.MULT:**

增压器（或双分压器），将控制电位（极化电位）从 $\pm 10\text{V}$ 提高到 $\pm 30\text{V}$ 。比如可以进行 -30V 到 $+30\text{V}$ 的循环伏安或线性扫描极化。测量电压（槽压）最高能到 100V 。

功能

- 在大电流（ 20A ）下，仍可以提供高频（ 20KHz ）的交流阻抗测量；低阻抗电池（ $<1\text{m}\Omega$ ）的相位角误差非常小；
- 对于快速过程的测量，例如氢的吸附，可以通过配套SCAN250和ADC10M模块，实现模拟信号超快速线性扫描；
- 在电池及燃料电池的应用上，可以通过非常低的扫描速率，得到I/V特性曲线；
- 可以直接测量活性电池组，即便是燃料电池，即便是燃料电池也不需要任何额外的负载即可直接进行测量；
- 四电极配置可以进行穿透膜的测量；
- 交流阻抗测量时，也可应用电子负载来提供更大的电流。

可选模块:

- **FRA:** 燃料电池性能及研究，测量非常小的内阻（ $<1\text{m}\Omega$ ）；
- **ADC10M/SCAN250:** 快速扫描，可应用于氢吸附；
- **BSTR:** 小电堆或大面积电极的直流和交流测量，最大 20A ，也可以作为活性电池组（active cells）的负载。

所选用的电化学方法:

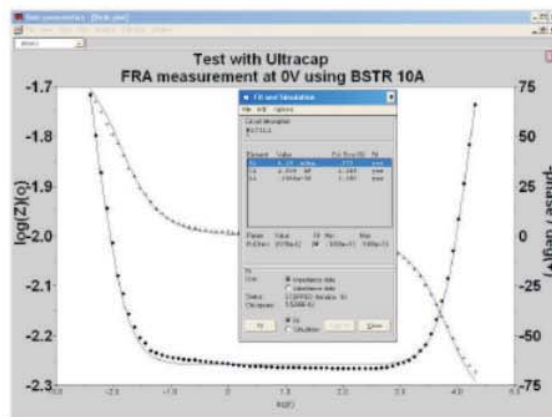
- 循环伏安-动力学过程的鉴定；
- 电流中断-用多个电流阶跃测量电池或燃料电池内阻；
- 交流阻抗-在开路电位或施加的极化电位下进行测量；

分析:

- Tafel曲线-自动计算动力学速率常数；
- 模拟与拟合（FRA）-将复合等效电路拟合到FRA数据。

推荐的配置:

- 燃料电池:
PGSTAT302N+FRA+SCAN250
ADC10M+BSTR10A/20A+
RRDE/RDE+LOAD.INT+
VOLT.MULT
- 超级电容器:
PGSTAT302+FRA+ADC10M
+BSTR10A/20A
- 电池:
PGSTAT302N+FRA+LOAD.INT
+VOLT.MULT



光电化学

太阳能具有“取之不尽、用之不竭”且清洁无污染的特点，是理想能源之一。近年来，染料敏化太阳能电池（DSSC）、光催化等新技术的出现，掀起了一场太阳能利用技术研究的热潮。

电化学工作站是研究光电化学过程不可或缺的仪器之一。配合LED光源等外围设备，电化学工作站能够进行强度调制光电流谱（IMPS）或强度调制光电压谱（IMVS）的测量，其是研究传输过程的有力方法。

可选模块及配件：

- FRA：材料阻抗性能测试；
- LOAD.INT：专用动态负载接口，用于连接LED驱动器；
- PHOTO.kit：光电化学套件，提供LED光源及LED驱动器和光强计。

所选用的电化学方法：

- 循环伏安-动力学过程的鉴定；
- 计时方法-IV曲线测试；
- 强度调制光电流谱（IMPS）；
- 强度调制光电压谱（IMVS）；

功能

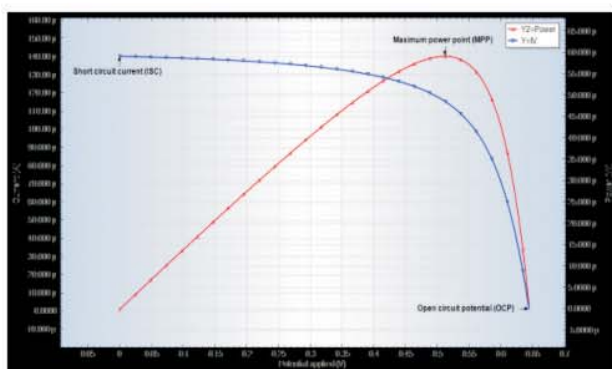
- 用户可自由设计光路，可采用自制的光电化学反应池。既适合太阳能电池研究又适合光催化研究。
- 外围设备（光电化学套件）稳定可靠，其中LED及其驱动器来自PHILIPS公司，光强计经过严格标定，可追溯美国NIST标准。
- LOAD.INT还可用于在线阻抗测试。
- NOVA软件除支持IMPS、IMVS方法外，还支持用户自己开发的光电化学测试方法。
- 可与太阳能模拟器联用，自动采集太阳能模拟器数据。
- 在NOVA软件中可自动计算IV曲线最大功率点。
- 系统升级简便，如果用户已经购买PGSTAT302N，则只需购买LOAD.INT动态负载接口和光电化学套件即可。

分析：

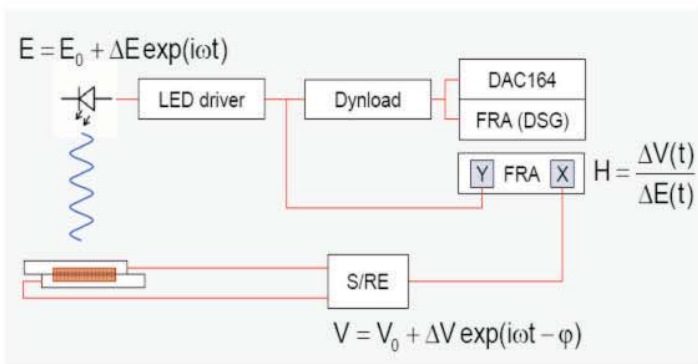
- IV曲线-自动计算最大功率点、IPCE和填充系数等参数；
- IMPS 或IMVS数据模拟与拟合。

推荐的配置：

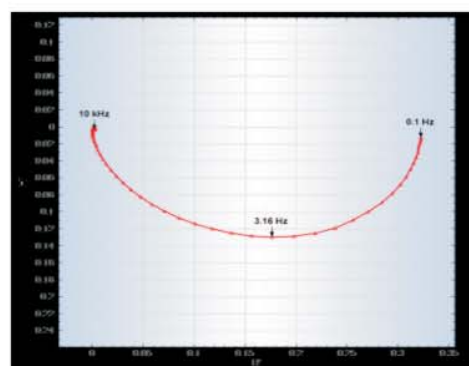
- 太阳能电池：
PGSTAT302N+FRA+
LOAD.INT+PHOTO.kit
- 光催化：
PGSTAT302N+FRA+
LOAD.INT+PHOTO.kit



I/V曲线及功率曲线



IMPS实验示意图



IMPS谱图

半导体电化学：

半导体电化学包含了许多方面，从基础半导体物理至复合效应，例如：半导体-液体界面的电荷传递过程、半导体颗粒的光反应等。

现时，已广泛应用于整流器、半导体装置、微机械图形的设计及生产。

半导体界面（例如：肖特基结 Schottky junctions）及半导体/电解质界面，通常都涉及到空间电荷层，强烈地影响其电化学性能。

电分析及环境电化学

电分析及环境电化学的研究，一直被更快、更低廉、更小型化、更具敏感性的需求所驱动，例如，用传感器检测化学、生物、物理过程。

这些化学传感器已经广泛应用于环境监测、工业过程控制、航天及空间科学、医疗诊断等方面。

新型传感器的研究，已注重于减少成本、尺寸和能耗；使用复杂的电化学软件进行实时和原位测量的能力。

可选模块：

- pX1000：库仑滴定法；
- ECD：痕量金属分析；
- BA：在传感器组进行同时测量；
- MUX.MULTI4：在传感器组进行顺序测量；
- FRA：传感器性能；

功能

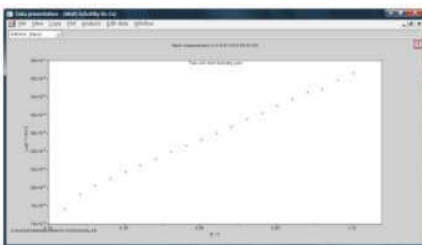
- 在交流阻抗的测试方法中，已经有预设的方法适用于不同电位的测量。
- 数据可以非常容易地转换至其它的程序格式，例如Excel和Origin。测量过程中也可以进行曲线的叠加。
- 可以直接显示Mott-Schottky曲线。

可选模块：

- FRA：Schottky junction特性研究，比如通过测量空间电荷层电容与施加电位的关系曲线。

所选用的电化学方法：

- 交流阻抗：半导体界面的研究；
Mott-Schottky曲线。



分析：

- 模拟与拟合（FRA）将等效电路拟合到FRA数据；
对Mott-Schottky曲线进行线性回归，可求得施主/受主浓度和平带电位（Flat band potential）。

推荐的配置：

- 半导体研究：
PGSTAT302N+FRA
- 化学机械抛光（CMP）：
PGSTAT302N+FRA

功能

- ECD模块可以实现在微电极上非常小的信号的测量。
- 已提供了程式化的伏安方法及数据分析工具（找峰、平滑、基线校正等）。
- 数据可以非常容易地转换至其他的程序格式，例如EXCEL。测量过程中也可进行曲线的叠加。
- 在Project编程模式中，提供了对泵的控制，结合伏安方法及数据分析工具，可以编程以进行自动测量。
- 提供FFT技术，以便过滤噪声（50或60Hz）。

附件：

- 对电极和参比电极；
- 微电极；
- VA663极谱仪；

所选用的电化学方法：

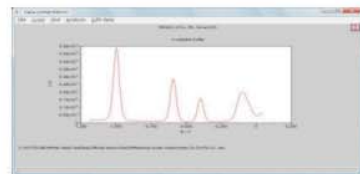
- 循环伏安：动力学过程鉴定；
- 计时安培/电位：动力学过程鉴定；
- 伏安方法：定量分析；
- 电位溶出分析：用微电极进行定量分析。

分析：

- Tafel斜率：自动计算动力学常数。

推荐的配置：

- 分析实验：μAUTOLAB III +RDE
- 传感器研发：PGSTAT128N+BA
- 定量分析：
μAUTOLAB III +IME663+VA663，
或PGSTAT128N+IME663+VA663



电沉积

电沉积常用于类似印刷电路板PCB、磁合金、硬盘的保护涂层、防水涂层、防腐蚀合金、金属复合物、装饰涂层等过程。

此类型的研究通常着重于了解电沉积的机理、沉积物的结构和性能，电沉积金属和合金的技术应用。

电化学技术广泛应用于潜在机理和界面过程的理解，如界面上的电荷分布，双电层结构等。

功能

- 已提供了程式化的、伏安方法及数据分析工具（找峰、平滑、基线校正等）。
- 数据可以非常容易地转换至其它的程序格式，例如Excel和Origin。测量过程中也可以进行曲线的叠加。
- 在Project编程模式中，提供了对泵的控制，结合伏安方法及数据分析工具，可以编程以进行自动测量。

可选模块：

- FRA：电沉积机理的特性；
- ADC10M：利用电流中断技术测量暂态和iR电位降；
- BSTR10A/20A：在大面积电极上进行测量；
- EQCM：电沉积机理研究。

附件：

- 参比电极和对电极；
- 旋转圆盘电极RDE。

所选用的电化学方法：

- 循环伏安：动力学过程研究；固定转速下的CVS（循环伏安溶出）研究。
- 计时方法：多层镀层沉积；超薄纳米沉积。

推荐的配置：

- Tafel斜率：自动计算动力学速率常数。

推荐的配置：

- 电镀研究：
PGSTAT302N+FRA+RDE+EQCM
- 电度质量控制：
PGSTAT128N+RDE

纳米技术

纳米技术是一个交叉学科研究领域，集合了大量材料合成与制造的专有技术。

纳米技术的关键在于，了解如何在纳米尺度下“剪裁”出合适的组分和结构，用复杂技术创造出新的功能材料。

电极上的纳米电化学环境和纳米结构的原位研究，需要将电化学技术比如循环伏安和交流阻抗，与其它技术结合，比如扫描探针显微镜、分光和衍射技术等。

功能

- 仪器带有的模拟和数字信号输入/出功能，可以实现与其他技术的联用（如AFM、STM等）。
- fA级别电流分辨率的ECD模块，可以用于测量非常低的电流。

可选模块：

- FRA：纳米级别的机理揭示；
- MUX：连续测量纳米传感器；
ECD：低电流测量；
- EQCM：亚 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 质量变化测量。

附件：

- 微电极

所选用的电化学方法：

- 循环伏安：动力学过程的鉴定；
- 计时安培/电位：纳米结构的生成；
- 交流阻抗：功能界面的特性。

推荐的配置：

- 纳米传感器研究：
PGSTAT302N+FRA+ECD+EQCM

生物技术和生物传感器

近年来，电化学技术已经用于生物传感器及生物化学过程的研究，可用于蛋白质-电极界面、自组装膜及表面活性剂膜的研究。

伏安方法，电化学和SPR技术允许快速原位测量亚毫秒时间范围内的吸附和动力学过程。

基于电化学的生物传感器允许进行活性样品的活体测量，用于快速诊断和药物开发。

可选模块：

- FRA：生物传感器的特性；
- ECD：微电极的低应用；
- BA：同时测量最多6个工作电极。

附件：

- 对电极和参比电极
- EQCM
- RDE
- SPR

介电材料

介电材料科学及其技术的研究，均着眼于物理、化学、合成、特性、过程、制造及材料的可靠性以及相关的应用，以及对材料基本性质的了解，制造工艺，不同应用下的材料性能和可靠性。

介电材料研究包括：钻石膜、聚合物、光学材料、宽禁带材料及金属化塑料，以及在数据通信、电信及传感器等方面的应用。

功能

- 已提供了程式化的、伏安方法及数据分析工具（找峰、平滑、基线校正等）。
- 数据可以非常容易地转换至其它的程序格式，例如Excel和Origin。测量过程中也可以进行曲线的叠加。
- 在Project编程模式中，提供了对泵的控制，结合伏安方法及数据分析工具，可以编程以进行自动测量。

所选用的电化学方法：

- 循环伏安：动力学过程鉴定；
- 计时安培/电位：动力学过程鉴定和测量电量；
- 伏安法：传感器的测量及定量分析；
- 电位溶出分析：微电极定量分析；
- 交流阻抗：开路电位或极化电位下的测量。

分析：

- Tafel斜率：自动计算动力学速率常数；
- 模拟与拟合（FRA）：将复合等效电路拟合到FRA数据。

推荐的配置：

- 生物传感器研究；
PGSTAT302N+FRA+ESPRIT
- 生物传感器入门级研究；
µAutolabIII+SPRINGLE

功能

- 在交流阻抗的测试方法中，已经有预设的方法适用于不同电位的测量。
- 在FRA软件中，已经内置了Mott-Schottky曲线供选择。

可选模块：

- FRA：介电性能测量。

所选用的电化学方法：

- 交流阻抗：材料介电性能测量。

分析：

- 模拟与拟合（FRA）：
将复合等效电路拟合到
FRA数据。

推荐的配置：

- 介电材料：
PGSTAT302N+FRA

可选购的附件

**提供多种
可选购的附件
有助于用户
配套实验设备**

电解池和配件



电解池及其配件包括:电解池、支架台、工作电极、对电极和参比电极等。其中,电极头和微电极头提供了多种不同尺寸和不同材料的选择。空白电极头允许用户自行填充所需要的材料。

特性

电解池	1mL、5mL、20~90mL的常规电解池及带恒温套的50~150mL的电解池。
支架台	底板与支架。
工作电极和连接头	直径3mm和5mm的玻碳、金、铂及银电极,其中直径5mm还有一种空白电极头。
微电极	直径10/20/50/100/500 μ m铂、直径10/25/40 μ m金、直径25/100 μ m钼、直径25/30/100 μ m银、直径75 μ m铱
对电极	铂片、铂环、铂棒和玻碳。
参比电极	带双液池的Ag/AgCl、陶瓷隔膜Ag/AgCl、带补充液槽的Ag/AgCl等。

AUTOLAB RDE 高速低噪声旋转圆盘电极



AUT-RDE是一套低噪声和极高稳定性的旋转圆盘电极系统,最高转速10000rpm。采用液态汞作为介质最大程度地降低了旋转过程中的噪声和振动。旋转圆盘电极主要用于消除溶液中由于扩散形成的浓差极化,实现快速的稳态测量。

传统的RDE一般用来进行流体动力学极化曲线和流体动力学交流阻抗的测量,而一种称为“电流体动力学交流阻抗(EHD)”的新技术,将RDE的应用扩展到电化学的几乎所有领域。

特性

控制方式	手动或通过软件控制
转速范围	0~10000rpm
手动设置速率范围	100~10000rpm,每步1rpm
加速或降速性能	4000rpm/s
最大流量	500mA
接触方式	密封汞池
电极头	直径3mm:金、银、铂及玻碳 直径5mm:金、银、铂、玻碳及空白头

Pine RRDE旋转盘环电极



旋转盘环电极RRDE主要用于中间阶态粒子的检测，比如测量合金腐蚀和电合成过程的中间产物，质子膜燃料电池氧还原机理等。RRDE可以完全由软件控制进行操作，结合AUTOLAB的NOVA软件，可直接测量“几乎任意”的反应参数，比如盘电极电位对环电极电流的曲线，以及增加了电位或时间轴的三维图形。

特性

旋转器	RRDE/RDE/RCE兼容
控制方式	手动或软件控制
转速范围	50~10000rpm
旋转电极	Pt-Pt,Au-Au,GC-Pt,GC-Au,GC-GC

腐蚀电解池



腐蚀电解池用于测量浸泡在电解液中的直径14mm厚度1mm的平板圆形金属样品的腐蚀性能，样品面积为0.785cm²。

腐蚀电解池包括一个玻璃电解池和一个电解池盖，电解池带有夹层，内部用于盛放实验电解液，容量为300ml。外部夹层带有进水口和出水口，可进行水浴调温。

在电解池侧面有一个接口直接与内层相通，样品通过-PVDF样品支架被固定在此接口上，Viton-O型圈防止电解液泄漏。

参比电极通过一个Luggin毛细管被安装在接近样品的位置。通气管在中间位置一直到电解池底部，以进行除氧等特殊过程。

平板电解池



平板电解池主要用来测量大面积样品的腐蚀性能，特别适合涂层研究。平板电解池由一个玻璃电解池、一个PVC固定支架和一个PVDF盖构成。样品直径55-85mm，厚度最大5mm，研究部分面积16.9cm²。

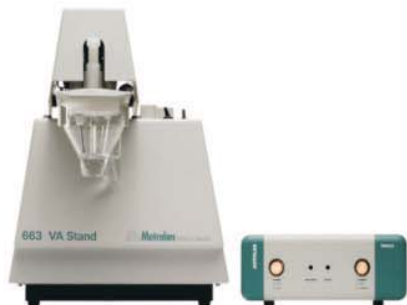
金片涂布器



特性

标准尺寸	直径25mm基片
马达转速	100~10000rpm
速率设置范围	100~10000rpm, 每步100rpm
加速/减速性能	4000rpm/s

VA663极谱工作台



VA663是一套多功能汞电极工作台，可提供DME滴汞、SMDE静汞和HMDE悬汞等多种汞电极状态，非常适合极谱分析研究之用。

通过IME663接口模块与AUTOLAB电化学工作站连接时，可组成一套完整的伏安极谱分析系统。在GPES软件上，可进行除氧开/关、生成汞滴、搅拌开/关的控制。同时，也可以设置滴汞的频率。

另外，为了适合一些特殊的研究与应用的需要，VA663可以选配旋转圆盘电极（RDE），通常用于直接的监测和伏安溶出分析。旋转圆盘电极是由一个驱动轴以及可安装在轴上的直径2mm的玻碳、金、银、铂、或石墨电极头组成，其固定转速为0，500，1000，1500，2000，或3000rpm。

MAXTEK RQCM

研究型石英晶体微天平



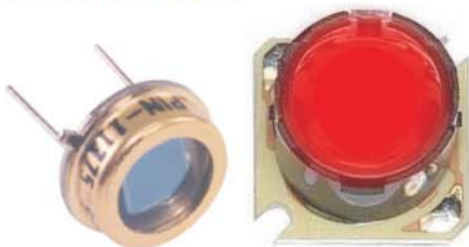
特性

频率范围	3.8~6MHz或5.1~10MHz
频率分辨率	0.03Hz@6MHz
质量分辨率	0.4ng/cm ²

MAXTEK RQCM是专为需要石英晶体微天平(QCM)进行多种不同研究的应用而设计。作为一种非单一目的的仪器，RQCM能够实时测量石英晶体频率，质量和电阻，并支持重负载石英晶体，最大电阻5000Ω。RQCM提供静态测量池和流动测量池两种选择。

该仪器的标准配置为单通道，最多可支持三通道，同时进行三个石英电极的测量。该仪器支持两种频率的石英晶体探头，3.8~6MHz和5.1~10MHz，质量分辨率达0.4ng/cm²(@6MHz)。RQCM自带一套数据采集和分析软件，可直接进行非电化学的QCM测量及分析。

光电化学套件



光强计

LED光源

光电化学套件是为了方便用户进行光电化学实验，特别是强度调制光电流（或光电压）谱实验而与电化学工作站配套的设备。

光电化学套件主要包括一个可以追溯NIST标准的光强计，若干个可选择波长的LED光源和一个LED驱动器。

特性

LED型号	PHILIPS Luxeon（带准直透镜）
LED波长	455nm、470nm、505nm、530nm、590nm、617nm、627nm等可选
电源电压	12V
光强计适用波长范围	350nm - 1100nm



LED驱动器

		μAUTOLAB III	μAUTOLAB III/FRA	PGASTAT 128N	PGSTAT 302N	PGSTAT 100
General Purpose Electrochemical Software 通用电化学软件 (GPES)						
VA 伏安分析法	包括: DC、NPV、DPV、DNPV、SW、ACV、ACSHV	√	√	√	√	√
CV (staircase) 循环伏安法 (阶梯信号)	包括: 常规阶梯循环伏安、稳态电流循环伏安、扫描平均、快速扫描循环伏安、控制电流循环伏安法	√	√	√	√	√
CV (linear scan) 循环伏安法 (线性模拟信号)		—	—	☆	☆	☆
LSV (staircase) 线性扫描伏安法 (阶梯信号)	包括: 常规阶梯线性扫描、稳态电流线性扫描、扫描平均、快速线性扫描、控制电流线性扫描	√	√	√	√	√
	积分电流线性扫描伏安法	√	√	☆	☆	☆
	流体力学线性扫描伏安法	☆	☆	☆	☆	☆
Chrono Methods 计时方法	计时电流法 (I-t 曲线)	√	√	√	√	√
	零电流计时电位法 (开路电位 OCP-时间曲线)	√	√	√	√	√
	计时电位法 (E-t)	√	√	√	√	√
	计时库仑法 取样时间>0.1s	√	√	√	√	√
	计时库仑法 取样时间<0.1s	√	√	☆	☆	☆
电化学检测 (包括: DCA、MPA、DPA)		√	√	√	√	√
PSA 电位溶出分析 (包括: 化学溶出、恒电流溶出)		√	√	√	√	√
Steps and Sweep 阶跃和扫描		√	√	√	√	√
电化学噪声	电化学噪声测量	√	√	√	√	√
	长时间噪声监控	—	—	☆	☆	☆
Frequency Response Analyzer 频率响应分析 (阻抗) 软件						
Potentiostatic EIS 控制电位交流阻抗		—	√	☆	☆	☆
Galvanostatic EIS 控制电流交流阻抗		—	√	☆	☆	☆

注: “√”表示标准仪器已能提供的方法/“☆”表示需要添置可选功能模块就能提供的方法。

特性	μAUTOLAB III	PGSTAT128N	PGSTAT302N	PGSTAT100
模块式结构	否	是	是	是
最大输出电流	±80mA	±800mA	±2A	±250mA
最大输出电压	±12V	±12V	±30V	±100V
恒电位/恒电流仪	是	是	是	是
电位扫描范围	±5V	±10V	±10V	±10V
施加电位精度	±0.2%,±2mV	±0.2%,±2mV	±0.2%,±2mV	±0.2%,±2mV
施加电位分辨率	150μV	150μV	150μV	150μV
测量电位分辨率	300,30μV 或 3μV	300,30μV 或 3μV	300,30μV 或 3μV	300,30μV 或 3μV
最大扫描速度	200V/s	250V/s,250kV/s(配套SCAN250、ADC10M)	250V/s,250kV/s(配套SCAN250、ADC10M)	250V/s,250kV/s(配套SCAN250、ADC10M)
电流档范围	10nA-10mA,7 档	10nA-1A,9 档	10nA-1A,9 档	10nA-100mA,8 档
电流精度	电流值的±0.2%,或 电流档的±2%	电流值的±0.2%,或 电流档的±2%	电流值的±0.2%,或 电流档的±2%	电流值的±0.2%,或 电流档的±2%
施加电流分辨率 -在 10nA 电流范围时	电流档的 0.0003% 30fA	电流档的 0.0003% 30fA	电流档的 0.0003% 30fA	电流档的 0.0003% 30fA
恒电位仪带宽 (1KΩ, 1mA)	500kHz	500kHz	1MHz	500kHz
响应时间 (1V 阶跃, 10-90%)	1μs	< 500ns	< 250ns	< 500ns
恒电位仪模式	高速/高稳定性	高速/高稳定性	高速/高稳定性	高速/高稳定性
电量计输入阻抗	> 100GΩ//8pF	> 1TΩ//8pF	> 1TΩ//8pF	> 100GΩ//8pF
输入偏置电流/25℃	< 1pA	< 1pA	< 1pA	< 1pA
电量计带宽	> 4MHz	> 4MHz	> 4MHz	> 4MHz
iR 补偿 -分辨率	— —	电流中断和正反馈 0.025%	电流中断和正反馈,可 选动态补偿 0.025%	电流中断和正反馈 0.025%
支持的电极系统	2 或 3 电极	2、3 或 4 电极	2、3 或 4 电极	2、3 或 4 电极
面板仪表	—	可显示电位及电流值	可显示电位及电流值	可显示电位及电流值
模拟信号输出 (BNC)	电位与电流	电位与电流	电位与电流	电位与电流
外界电位输入	—	可以	可以	可以
模拟积分器 -时间常数	内置 0.01, 0.1, 1 和 10s	FI20 可选模块 0.01,0.1,1 和 10s	FI20 可选模块 0.01,0.1,1 和 10s	FI20 可选模块 0.01,0.1,1 和 10s
电脑接口	USB	USB	USB	USB
AD 转换器	16 位	16 位	16 位	16 位
外部信号输入信道	1	2	2	2
重量	3.6kg	17kg	20kg	25kg