

solartron
analytical



mXm

ModuLab[®]Xm

电化学综合测试系统



the **Xm** difference

AMETEK

xm 的特点

- mxm 市场领先的阻抗测试技术
- mxm 宽泛的电压及电流量程
- mxm 阳极/阴极及电池组同步测试技术

ModuLab[®] XM ECS是一款极限 (Xtreme Measurement) 电化学测试系统, 小到可测试微欧级内阻的样品 (如最新一代的电池及燃料电池), 大到可精确表征高阻腐蚀涂层。ModuLab XM采用了独创的交流校准技术以确保测试的高精确度。每个体系都独立特别校准, 保证您测试结果的准确性。

该系统提供以下技术:

■ 模拟线性扫描

- 所有配置都标准提供平滑模拟波形, 如模拟线性扫描。
- 对于电极过程中表现出非常快速的暂态行为的研究, 模拟线性扫描可以保证这些过程中的快速信息不丢失

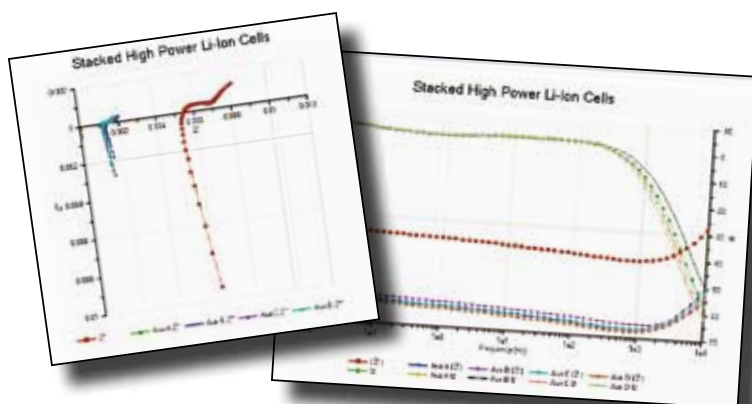
■ 快速测量功能

- 具备极快的样品采集速率1M样品/秒
- 高速脉冲波形测试 (如GSM/CDMA手机电池, 脉冲充放电以及脉冲伏安测试)
- 超平滑的交流波形带来的是极高精度的交流测试结果 (40倍Over-Sampling采样) --包括阻抗, 导纳/电容, 介电常数, 莫特-肖特基以及更多。



阳极/阴极/电池组同步测试

ModuLab XM ECS集合了功率放大器, 高施加电压和辅助差分电压输入等一系列高性能模块, 为新一代超低阻能源器件研究提供了无与伦比的表征技术。XM不仅可以对整体电池或电池组整体进行直流和交流阻抗测试, 而且可同时对电池正负极或者电池组中的单个电池进行直流和阻抗测试 (可测电堆的电压高达100V)。XM高精度的测试能力使您的电池失效被检测出来成为可能, 节约了时间并大大提高了您测试的效率。



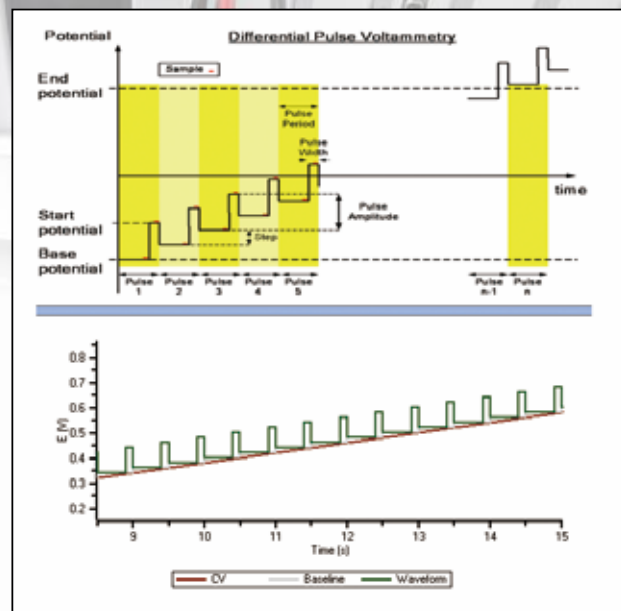
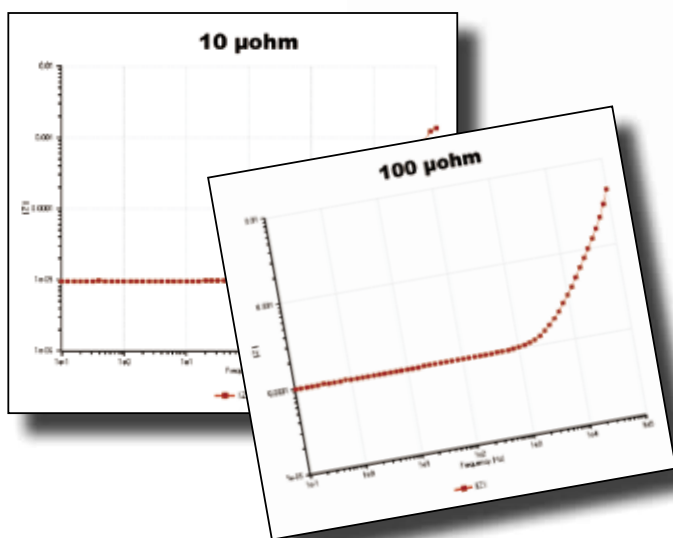
图为锂离子电池组的高灵敏度测试结果, 同时显示了电池组整体阻抗及电池组中单个电池阻抗数据

极限测试

mXm

超低阻抗测试

配置了内置及外置电流放大器的ModuLab XM ECS可精确测试微欧级内阻的样品，以下图谱展示了该系统测试 $10\ \mu\text{ohm}$ 和 $100\ \mu\text{ohm}$ 样品时高质量的数据。



灵活配置的系统及操作人性化的软件

ModuLab XM可以根据所选的扩展模块自定义搭配为单通道或多通道系统。在多通道配置的情况下，每个通道可由不同计算机独立控制，分别由不同研究人员同时进行不同样品的测试。而且在一个机箱中，可同时配置ModuLab XM ECS和ModuLab XM MT材料测试系统两种模块（可分别参考其手册），实现材料测试和电化学测试一体化。其典型的应用就是，XM MTS可用于表征高阻SOFC（固体氧化物燃料电池）的离子膜材料，同时XM ECS用于测试燃料电池全电池性能。

所有模块都可实现“热拔插”，即允许在不重启系统的情况下方便进行模块的拆装。无需返修，便可实现部件维修。一旦安装上了新的通道和模块，软件即会自动识别模块并进行测试。

软件提供了功能强大的直流和交流的自动序列实验，以及宽泛的标配数据分析能力，包括Tafel和等效电流拟合功能。强大的软硬件整合能力正是XM的与众不同之处。

多种测试技术如：CV，恒电流-恒电压，充放电，方波伏安，差分脉冲伏安，线性扫描伏安以及其它动电位技术

可扩展模块化设计

ModuLab XM系统拥有两个“智能”的控制模块：

- XM PSTAT 1M样品/秒用于直流时域测试控制
- XM FRA 1MHZ用于交流频域测试控制

除此之外，还有多种扩展模块可放大控制模块的信号，用以对样品施加大电压/电流极化波形，以及放大/衰减高分辨率信号返回至控制模块：

- XM HV100/HV30—高电压选项，槽压及极化电压均可达（100V/30V）
- XM FEMTO AMMETER—小电流选项（达fA级）
- XM BOOSTER 2A—大电流选项（2安培）

XM 控制模块

恒电位/
恒电流仪

XM PSTAT 1Ms/s采用了高精度波形发生和快速数据采集的最新硬件技术。

- 包括CV，脉冲及所有动电位/动电流技术的快速自动序列实验
- 通过选配合适的模块，使超低电阻与高阻抗的样

品直流/交流测试都成为可能。

- 无论选择哪种模块，ModuLab XM都能提供超平滑电压/电流**模拟线性扫描**波形，而这些是需要超高速采样波形发生器进行应用研究测试的关键，例如电极反应过程的快速暂态行为的跟踪研究。

频率响应
分析仪

XM FRA 1MHz/300KHz是当今功能最全面的频率响应分析仪，并且与XM的高电压，大/小电流扩展模块完美兼容后，可用于进行阳/阴极，和燃料电池及锂电池组的全电池阻抗测试。

多波/快速傅立叶转换（FFT）分析

- 交流测试包括阻抗，电容以及交流伏安/电位法/莫特-肖特基
- 全频率范围内的高速测试既可节省测试时间亦可减小研究体系随时间变化而引入的测试错误
- **可任意选择多波个数**，并优化多波的选择，提供最佳多波测试结果。

谐波分析

- 谐波分析可以用来研究样品的线性响应及失真



辅助分压输入

- **四组辅助差分分压输入**，不仅可以提供对整体电池和电池组进行直流时域和交流阻抗测试，还可以进行电池阴/阳极及电池内部，电池组中单个电池的同步交流测试（可达12个测试端）
- XM HV模块中标配有辅助分压功能，也可单独选配
- 同步监测PH，压力，光传感器和其他传感器信号

单波测试

- 交流测试包括阻抗，电容，交流伏安/电位法/莫特-肖特基（可采用阶跃或平滑线性直流测试法）
- **首屈一指的精度**（六千五百万分之一），速度和重现性，提供最精确的阻抗测试。



极限测试

mXm

XM扩展模块

光电选项

- 交流扫频及直流时域测试技术包括：IMPS，IMVS，阻抗，光电压衰减，电量抽取技术，I-V曲线，IPCE
- 数据“自动”分析功能可直接得出光电样品扩散系数和电子寿命

高电压选项

XM HV 100/30高电压放大器选项将XM PSTAT控制模块的电压范围扩展至100V或30V，可用于测试燃料电池电堆，电池组及其它高电压体系：

- 提供高达100V或30V的极化和槽压电位

小电流选项

- 小电流选项将电流测试分辨率扩展至fA以下
- 可同时用于直流时域和交流阻抗测试（配置FRA）
- 与XM 100V模块联用将提供无与伦比的阻抗测试范围，从 $10\mu\Omega$ ~ 100T欧姆均可测量（参看封底阻抗精度图）

功率放大器选项

XM BOOSTER 2A和外置功率放大器增大了系统进行超低阻抗（微欧级）样品的阻抗测试分辨率

- 可进行超低阻抗样品直流时域和交流阻抗的高精度测试
- 可与XM HV100/30V模块联用进行大电压/大电流的测试
- 如果需要，高达50V/25A的外置功率放大器可与XM PSTAT控制模块或XM HV100/XM HV 30模块同时使用



附件

多种附件可用于ModuLab XM ECS测试系统，包括：



染料敏化太阳能电池（DSSC）—光学平台

ModuLab XM DSSC是专门设计用于表征染料敏化太阳能电池的高集成化系统（更多信息参考其分页）

- 交流扫频及直流时域测试技术包括：IMPS，IMVS，阻抗，**光电压衰减**，**电量抽取技术**，I-V曲线，**IPCE**
- 一键化实现数据“自动”分析功能，可直接得出太阳能电池扩散系数和电子寿命

功率放大器

ModuLab XM与功率放大器联用可扩展其测试能力，用于进行超低阻抗（ $< 100 \mu\Omega$ ）的电池，燃料电池及超级电容器的研究

- 浮地模式—可测试接地样品
- 燃料电池组和多通道锂电池的直流时域和交流阻抗测试—包含电池组中的单个电池
- 放大器可选范围从50V/25A到6V/100A
- 100kHz的阻抗测试带宽可用于SOFC以及其它高频率应用的测试

腐蚀电解池

此电解池可快速且标准的进行金属样品和液相环境的电化学测试。可在极端条件（除HF外）和常温或高温环境下进行大部分常规腐蚀研究的电化学测试。

涂层评价池

当被研究的电解液不能使用标准参比电极时，涂层评价池常用于平整样品的涂层和腐蚀研究。该电解池可进行多种形状和规格的工作电极研究，且无需进行样品加工和特别制样。

平板池

平板池的实用化设计使得其可方便地应用于腐蚀和涂层研究。可选的样品尺寸非常宽泛，且无需机械加工或特殊处理。

极限测试



技术指标

常规	控制模块	扩展模块		
	恒电位仪 XM PSTAT 1MS/s	高电压 XM HV100/HV30	小电流 XM FEMTO AMMETER	内置放大器 XM BOSSTER 2A
占用插槽数	1个插槽	1个插槽	1个插槽	2个插槽
电极连接	2, 3, 4端	2, 3, 4端	2, 3, 4端	2, 3, 4端
仪器连接	CE, WE, RE, LO	CE, WE, RE, LO	WE, LO	CE, WE
浮地测量	有	有	有	有
阻抗测试带宽	1MHz (通过FRA)	1MHz (通过FRA)	1MHz (通过FRA)	1MHz (通过FRA)
最大采样速率	1MS/s	N/A	N/A	N/A
平滑扫描发生器	64MS/s插补与过滤	N/A	N/A	N/A
最大记录时间	无限	N/A	N/A	N/A
DC扫描速率 (恒电位)	1.6MV/s~1 μ V/s ¹	10MV/s~1 μ V/s ¹	N/A	1.6MV/s~1 μ V/s ¹
DC扫描速率 (恒电流)	60kA/s~200 μ A/s ¹	10kA/s~200 μ A/s ¹		400kA/s~200 μ A/s ¹
最小脉冲持续时间	1 μ s	N/A	N/A	N/A
iR补偿	有	N/A	N/A	N/A
对电极 (CE)	XM PSTAT 1MS/s	XM HV100/HV30	XM FEMTO AMMETER	XM BOSSTER 2A
电压极化范围	$\pm 8V$	$\pm 100V/\pm 30V$	N/A	$\pm 20V^2$
电流极化范围	$\pm 300mA$	$\pm 100mA/\pm 200mA$	N/A	$\pm 2A$
最大槽压 (CE vs LO)	$\pm 8V$	$\pm 100V/\pm 30V$	N/A	$\pm 20V^2$
带宽 (每10倍频)	1MHz~10Hz	1MHz~10Hz	N/A	1MHz~10Hz
极化电压/电流误差 (设定+量程)	0.1%+0.1%	N/A	N/A	N/A
切换速率	> 10V/ μ s	> 10V/ μ s	N/A	> 10V/ μ s
参比输入 (RE)	XM PSTAT 1MS/s	XM HV100/HV30	XM FEMTO AMMETER	XM BOSSTER 2A
连接方式	差分输入	差分输入	PSTAT或者HV	PSTAT或者HV
电缆屏蔽	有源驱动/接地 ³	有源驱动/接地 ³	N/A	N/A
最大测量电压	$\pm 8V$	$\pm 100V/\pm 30V$	N/A	N/A
范围	8V~3mV	100V~3.75mV	N/A	N/A
精度 (%读值 + 范围% + 量程)	0.1%+0.05%+100 μ V	0.1%+0.05%+100 μ V	N/A	N/A
最大分辨率	1 μ V	1.25 μ V	N/A	N/A
输入阻抗	> 100G Ω , < 28pF3	> 100G Ω , < 28pF3	N/A	N/A
输入偏置电流	< 10pA	< 10pA	N/A	N/A
工作电极 (WE)	XM PSTAT 1MS/s	XM HV100/HV30	XM FEMTO AMMETER	XM BOSSTER 2A
最大电流	$\pm 300mA$	$\pm 100mA/\pm 200mA$	$\pm 300mA$	$\pm 2A$
量程	300mA~30nA	300mA~30nA	300mA~30pA	3A~30nA
精度 (%读值 + 范围% + 偏移)	0.1%+0.05%+30fA	0.1%+0.05%+30fA	0.1%+0.05%+30fA	0.1%+0.05%+30fA
最大分辨率	1.5pA	1.5pA	1.5pA	1.5pA
槽压 (浮地)	$\pm 8V$	$\pm 100V/\pm 30V$	$\pm 100V$	$\pm 20V^2$
辅助电极 (A, B, C, D)	XM PSTAT 1MS/s	XM HV100/HV30	XM FEMTO AMMETER	XM BOSSTER 2A
连接方式	4个 (差分)	4个 (差分)	PSTAT或者HV	PSTAT或者HV
规格	与RE一致 ³	与RE一致 ³	N/A	N/A
DC测量	与RE同步	与RE同步	N/A	N/A
阻抗测量带宽	1MHz (通过FRA)	1MHz (通过FRA)	N/A	N/A

1.最高的扫描速率需要外部数据采集卡，内置ADC可用到25kV/s 2.高槽压选购：20V/2A，主机：8V

3.有源驱动保护用于3端模式，接地用于4端，电容规格应用到3端模式，辅助电极使用有源驱动保护

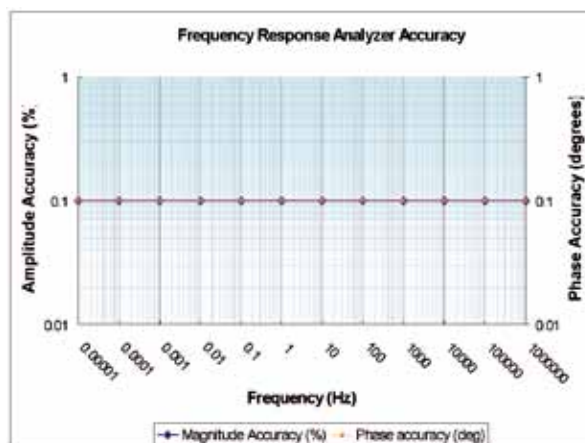
4.WE Femto安培计“读值%”精度指标是：300pA 范围：0.2%，30pA 范围2%，3pA 范围：5%



MFRA 规格

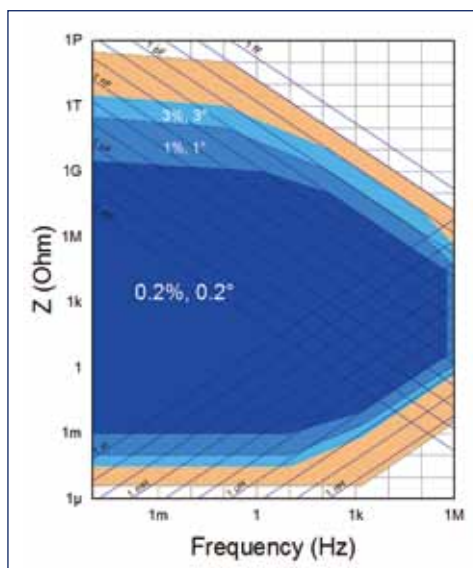
频率响应分析仪	XM FRA 1MHz/300kHz
最大采样率	40M样品/秒
频率范围—FRA 1 MHz	10 μ Hz~1MHz
—FRA 300kHz	10 μ Hz~300kHz
频率分辨率	65.000.000分之一
频率误差	± 100 ppm
每个测量最小的积分时间 (单一正弦, FFT或谐波)	10ms
信号输出	XM FRA 1MHz/300kHz
波形	单波, 多波
单波	线性/对数
多波/谐波	所有频率或所选频率
分析通道	XM FRA 1MHz/300kHz
精度 (比例)	$\pm 0.1\%$, $\pm 0.1^\circ$
抗混叠与数字滤波器	自动
分析方式	单波, FFT, 谐波
DC偏压抑制	自动

MFRA 精度



系统阻抗精度

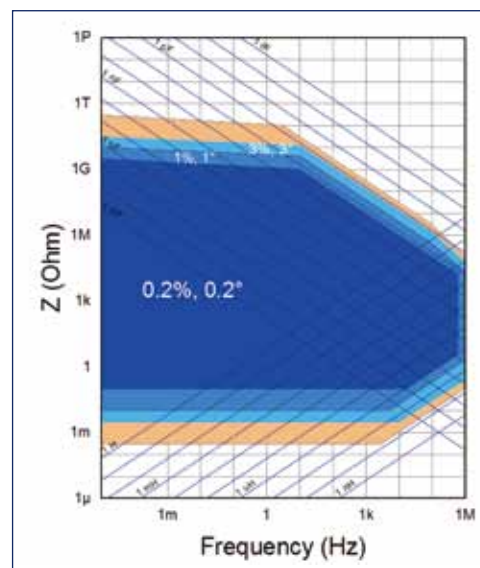
恒电位模块, 小电流选件及2A放大器选件联用的阻抗精度图



- *高电压选件可测试比上图高达10倍的阻抗
- *外部功率放大器可延伸精度至1 $\mu\Omega$
- *3端模式用于 $> 1k\Omega$ 阻抗, 否则采用4端模式
- *阻抗 $< 1\Omega$ 时, 采用4端模式或电流扰动模式
- *噪声屏蔽建议使用法拉第电箱

恒电位仪阻抗精度

单独使用恒电位仪模块



- *高电压选件可测试比上图高达10倍的阻抗
- *外部功率放大器可延伸精度至1 $\mu\Omega$
- *3端模式用于 $> 1k\Omega$ 阻抗, 否则采用4端模式
- *阻抗 $< 1\Omega$ 时, 采用4端模式或电流扰动模式
- *噪声屏蔽建议使用法拉第电箱

AMETEK Inc.北京
朝阳区酒仙桥路10号京东方总
部大厦 (B10) 二层西侧
邮编: 100015
电话: 010-85262111-15

AMETEK Inc.上海
上海自由贸易试验区富特东
三路526号1幢二层A1区
邮编: 200131
电话: 021-58685111-101

AMETEK Inc.北京维修中心
朝阳区酒仙桥路10号京东方总
部大厦 (B10) 二层西侧
邮编: 100015
电话: 010-85262111-12 / 68024881

销售: 400-1100-281

服务: 400-1100-282



E-mail: infos@ametec.cn 中文网站: www.par-solartron.com.cn

英文网站: <http://www.solartronanalytical.com>