



**solartron**  
analytical

输力强分析

# ModuLab<sup>®</sup>xm PhotoEchem

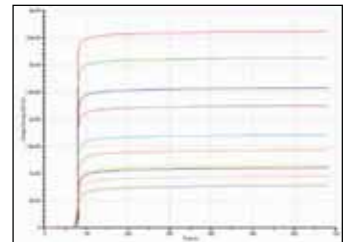
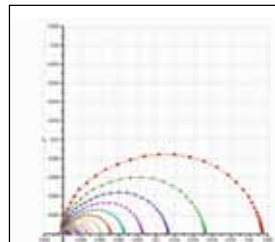
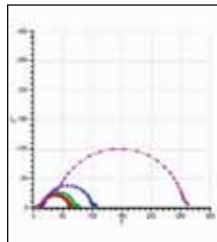
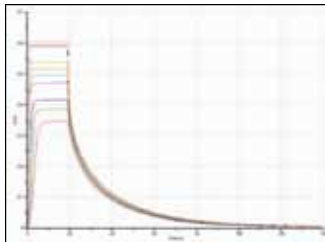
Photoelectrochemical Measurement System

## 光电化学测试系统

■ 染料敏化太阳能电池

■ 可见光谱 - 光电化学

■ 可见光谱半导体光催化



**AMETEK**<sup>®</sup>

## 简介

Modulab XM 光电化学测试系统是一套可表征染料敏化电池的整体集成式光电化学测试系统。而且该体系可用于可见光谱-光电化学领域的研究，例如，氧化铁催化光解水等。

Solartron Analytical作为超过二十年的行业领导者，认识到许多仪器使用者对仪器技术本身并不很熟悉，因此推出此产品的核心理念是对海量数据的分析实现“一键式”操作，研发并提供综合成套的技术解决方案。而对于有经验的使用者，ModuLab提供了功能强大的实验步骤设置软件，用户可自行建立和发展最适合的新的实验方案。

该系统具有以下特点：

- 频域和时域的测试技术，包括：IMPS，IMVS，阻抗，光电压衰减，电量抽取，I-V曲线和IPCE测量
- 对有效扩散系数的计算和电子寿命的“自动”数据分析的“一键式”操作，适合于对频域测试技术比较陌生的使用者
- 带有NIST(美国国家标准与技术研究院测试标准)可追溯校准文件的光源，并且日常可以对其进行自动校验检查
- 长期稳定的卓越热效管理的光源
- 提供一系列的高亮度单色LED光源
- 软件包含全套电化学测试技术，包括：循环伏安(C-V)，恒电压-电流测试，系列的阻抗测试方法以及交流伏安法等
- 辅助分压功能可用于同时检测阳极和阴极的阻抗和电压
- Solartron Analytical的频率响应分析（FRA）技术，包含单波，多波和谐波技术
- 完美兼容ModuLab 和 ModuLab XM 全部功能

## 丰富的实验程序包

为光电化学测试系统专门研发设计的专用软件套装，包括：

- 强度调制光电流谱（IMPS）
- 强度调制光电压谱（IMVS）
- 阻抗谱
- I-V曲线
- 电量抽取
  - 短路
  - 暗室电量抽取
- 光电压衰减
- 光电转化效率（IPCE）

the **ModuLab<sup>XM</sup>** PhotoEchem

## 高效率的测试

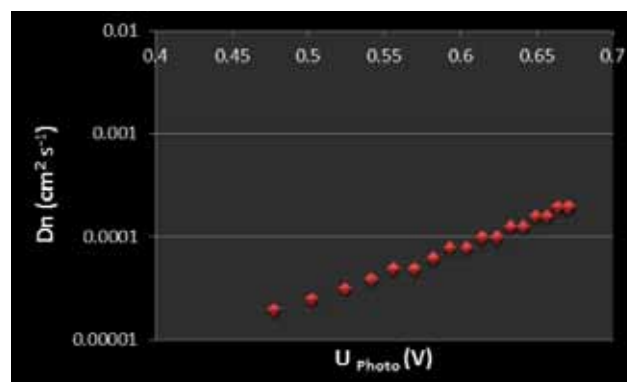
自动序列测试的技术能力，使得“一键式”操作成为可能。与其它系统的不同，在使用者未干预的情况下，ModuLab XM 光电系统可按照设定程序自动完成所有测试。这大大提高了测试效率，并且使操作简单易行。

## 自动数据分析

DSSC数据分析的简便令人难以置信

“一键式”将数据在预设运算程序中自动分析。通过图形形式表现出来的数据方便使用者能更快地评价他们的样品，并能进一步发掘出更深入的信息，而这些信息是仅用I-V测试不可能获取的。

测量技术	参数
IMPS	电子的有效扩散系数
IMVS	电子的有效寿命
光电压衰减	电子的有效寿命
I-V曲线	填充因子，最大输出功率（Pmax），开路电压（Voc），短路电流（Isc），转化效率
电量抽取-暗室	陷阱电荷密度
电量抽取-短路	陷阱电荷密度
IPCE	量子效率

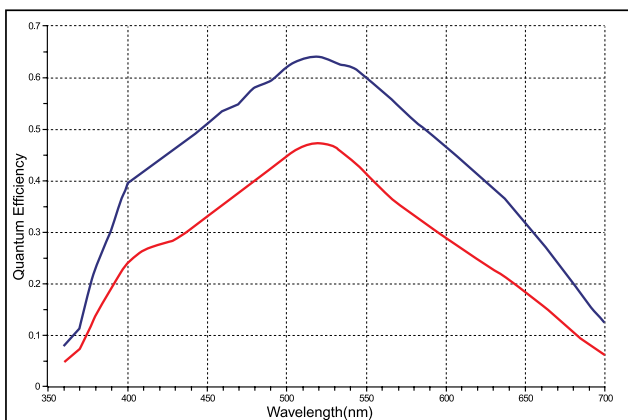


IMPS自动数据分析

## IPCE

IPCE（光电转化效率）测试附加模块，可以实现范围广泛的光伏材料的量子效率的测量。不同于传统的基于光斩波器及锁相放大器的IPCE测试系统，此IPCE测试模块采用Solartron输入强频率响应分析仪，大大提高了信噪比。此外，对于非线性太阳能电池测量必需的白光偏置光源，此测试模块也是标准配备。该系统的特点包括：

- 350nm ~ 800nm标准波长测试范围
- 标准配备白光偏置光源
- 0.1 ~ 10Hz交流调制技术，大大抑制了低频的噪声
- 自动测定量子效率和短路电流



基于离子液体的染料电池的IPCE图谱，有白光偏置（蓝色）与无白光偏置（红色）

## 光学平台

ModuLab XM 光电系统的核心是一个准直高性能聚焦的高功率光源，光学平台的主要特点为：

- NIST(美国国家标准与技术研究院测试标准)可追溯校准光源
- 卓越热稳定性的高光强度测试系统
- 可控制和测试高达6个数量级的光强
- 准直聚焦的光学系统
- 参比检测技术频率可高达100 kHz，可测固态器件如钙钛矿

## 结果NIST标准可追溯

每个光学平台都配备了一个10MHz的快速硅光电探测器（特为输入强ModuLab XM所开发）。每个探测器内的NIST可追溯传感器都提供一份独立的工厂校准文件。最终用户可通过查看单位面积上功率的测试数据来确定试验结果的准确性和重现性。

## 卓越的热稳定性

也许你经历过其它系统中差的LED光源温度控制而带来的实验中明显的输出漂移，从而导致结果无效。在这种环境下，系统只能用一个受限的功率输出范围，或者额外增加一个昂贵的电子控制反馈系统去调节光源的输出。全新ModuLab XM 光电系统所配备的高稳定性，高功率的LED光源，提供了杰出的热稳定性能，且不再需要电子控制循环反馈装置。

## 控制并测量可达6个数量级变化的光强

快速硅光电探测器拥有七个增益区间，可为低光强研究提供出色的测量精度。0.01中密度滤光片的加入可将光强测量范围扩展甚至超过6个数量级的光强。

两步准直和聚焦的光学装置，确保了>0.1太阳光强的高能量光束具有良好的均匀性。这杰出的性能的实现完全无需调整光路，确保了测量的重复性。

## 高频扫描下避免相位角和幅值错误的参比检测

参比模式在IMPS和IMVS这样的光电化学测试体系的传递函数技术上的应用，是由Laurie Peter教授在上世纪80年代末期提出的。ModuLab XM 光电系统工作台的设计中注入了这种参比模式的理念。一个50:50抗反射涂层的光分束器，将光束平均分到样片和参比检测器上。被测试电池的响应与参比信号的响应进行直接比较，可避免由于光量大小改变和相位角转变引起的误差。

## 不仅是一个光电化学测试体系

ModuLab 光电系统集成了功能强大的ModuLab 频率响应分析（FRA）和恒电位仪技术。现有ModuLab XM 系统通过配备选项卡和光学工作台即可升级为ModuLab XM 光电测试系统。

丰富的电化学测试软件包括：

- 循环伏安（阶梯和线性扫描）
- 电位阶跃法
- 常规和差分脉冲
- 电位控制/电流控制阻抗（单波或多波/快速傅立叶转换分析）
- 交流伏安

控制光学平台进行以上测试技术可以使研究人员开发出更多光电化学的测试技术。



如需了解更多关于ModuLab XM 恒电位仪及频率响应分析（FRA）技术，请参阅ModuLab XM 样本。

## 技术指标

恒电位仪	
插槽	1个
电极接线	2,3或4端
仪器连接	CE, WE, RE, LO
浮地测量	有
阻抗测量带宽	1MHz (配FRA)
最大采样速率	1MS/s
超平滑扫描发生器	64MS/s插值滤波
最大记录时间	无限
DC扫描速率 (恒电位仪)	1.6MV/s~1 $\mu$ V/s
DC扫描速率 (恒电流仪)	60kA/s~200 $\mu$ A/s
最小脉冲持续时间	1 $\mu$ s
IR补偿	有

对电极 (CE)	
极化电压范围	$\pm$ 8V
电流极化范围	$\pm$ 300mA
最大槽压 (CE vs LO)	$\pm$ 8V
带宽 (10倍频)	1MHz~10Hz
极化电压/电流误差 (设定+量程)	0.1%+0.1%
电压/电流切换速率	> 10V/ $\mu$ s

参比输入 (RE)	
连接方式	差分输入
电缆屏蔽	有源屏蔽/接地
最大测量电压	$\pm$ 8V
量程	8V~3mV
精度 (读值% + 范围% + 偏置)	0.1% + 0.05% + 100 $\mu$ V
最大分辨率	1 $\mu$ V
输入阻抗	> 100G $\Omega$ , < 28pF
输入偏置电流	< 10pA

工作电极 (WE)	
最大电流	$\pm$ 300mA
量程	300mA~30nA
精度 (读值% + 范围% + 偏置)	0.1% + 0.05% + 30fA
最大分辨率	1.5pA
槽压 (浮地)	$\pm$ 8V

辅助电极 (A,B,C,D)	
连接	4个 (每个差分)
指标	与RE一致
DC测量	与RE同步
阻抗测量带宽	1MHz (配FRA)

光学平台	
波长范围	400 nm -700 nm
强度范围	6个数量级 (配中密度滤光片)
最大光束发散角	4°
最大光束直径/电池尺寸	1 cm
IMPS/IMVS传递函数	参比光电探测器
校准	NIST可追溯
LED最大驱动电流	2A
最大功率是常规LED稳定度	24小时后 < 2% 漂移
LED最大驱动频率 (IMPS和IMVS)	100kHz

LED选项		
LED选项 (nm)	最大功率 (mA)	半峰宽 (FWHM) (nm)
420	500	12
455	1000	18
470	1600	29
505	1000	30
530	1600	31
590	1600	14
625	1000	16
660	1200	25
冷白	1000	n/a
暖白	1000	n/a

频率响应分析 (FRA)	
最大采样速率	40MS/s
频率范围 —FRA 1MHz	10 $\mu$ Hz ~ 1MHz
—FRA 300kHz	10 $\mu$ Hz ~ 300kHz
频率分辨率	65,000,000分之一
频率误差	$\pm$ 100 ppm
每次测量最小的积分时间 (单一正弦, FFT或谐波)	10 ms

信号输出	
波形	单波、多波
单波扫描	线性/对数
多波	全频率或选择频率

分析通道	
精度 (比例)	$\pm$ 0.1%, $\pm$ 0.1°
抗失真与数字滤波器	自动
分析通道	RE, WE, 辅助 A/B/C/D
分析模式	单波, FFT, 谐波
DC偏压抑制	自动



中文网站: [www.par-solartron.com.cn](http://www.par-solartron.com.cn)

E-mail: [infos@ametec.cn](mailto:infos@ametec.cn)

服务电话: 400-1100-282

销售电话: 400-1100-281

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  
传真: 010-85262141

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  
传真: 021-58660969

AMETEK Inc.成都  
成都市锦悦西路26号高新  
孵化园9号楼F座10楼9-10号  
邮编: 610041  
电话: 028-86758111  
传真: 028-86758141

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  
传真: 010-85262141