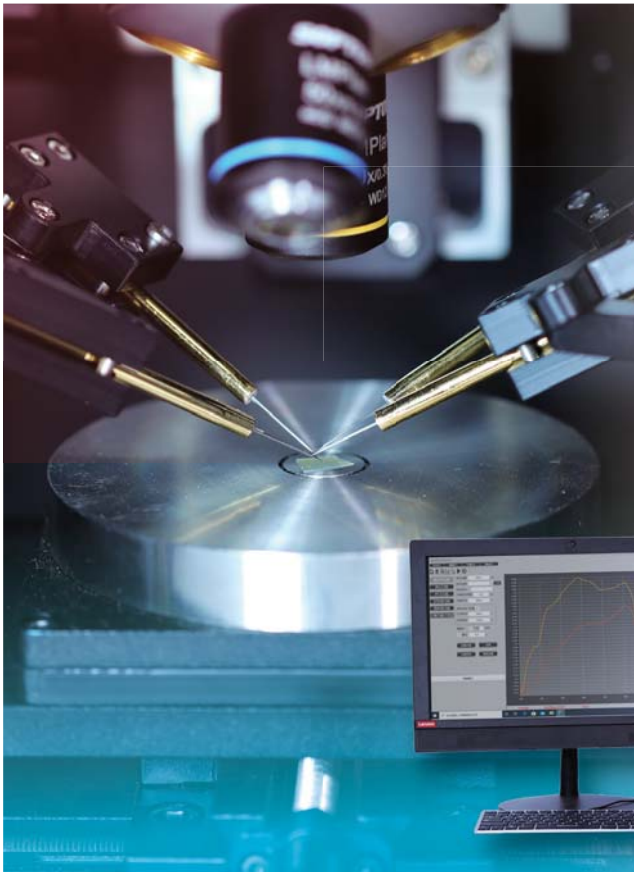


Photoelectric measurement



www.zolix.com.cn

Zolix | 卓立汉光
卓立现在 着眼未来



光电测试 解决方案

光电测试解决方案

光电仪器事业中心



光谱综合

LIBS相关

光电测试解决方案

拉曼产品相关

荧光产品相关

光机与自动化产品

公司简介

Zolix 卓立汉光

卓立现在 着眼未来
www.zolix.com.cn

北京卓立汉光仪器有限公司是一家集光学、精密机械、电子、计算机技术于一体的高新技术企业。卓立汉光自 1999 年起，通过数年的不断努力，成长为光电仪器知名厂商之一。目前公司的电控位移台、手动位移台、光学调整架等产品已经形成产品系列化，规格多元化，国内多家科研单位、激光加工设备厂商、光纤设备厂商在使用我们的产品。2000 年推出我司第一套量产型三光栅光谱仪后，不断推出了多套荧光、拉曼、光电探测器光谱响应、太阳能电池检测等光谱测量系统，广泛应用在众多高校和科研院所的研究与试验，为国家科技创新贡献了一份力量，产品凭借优良的品质远销欧美、东南亚等海外市场。2005 年 10 月在同行业中率先通过 ISO9001 质量管理体系 SGS 国际认证。2010 年取得国家高新技术企业认定，2016 年卓立汉光技术中心顺利通过市级技术中心评审。

卓立汉光主要生产经营：荧光 / 拉曼光谱系统、各类光谱测量系统、太阳能电池检测仪器、光栅光谱仪、各类型光源及探测器、电控精密位移台、手动精密位移台、光学调整架、光学平台、光学元件等系列产品。

我们诚心聆听用户的需要与批评，作为不断改进的动力，能让您满意卓立汉光的产品及服务，就是我们最大的成就。

我们坚持从设计、零件选型、制造、装配、检验、包装、运输、直到售后服务做好全方位质量保证，就是要让您“付有所值”，以合理的价位得到优质的产品，这是我们对您选择卓立汉光真诚的回报。

卓立汉光始终以满足用户需求为宗旨，分别于上海、深圳、成都、西安设立分公司，为用户提供及时周到的销售与技术服务。“研发创新、快速反应、优质服务”是我们的经营理念，公司长期重视优质高效、短时间为客户开发产品及提供技术支持的工作。卓立汉光真诚地希望与国内外同仁携手合作，为推动我国光电产业迅猛发展做出贡献。

资质说明



目录



原理篇

光电测试基础知识介绍	2
CCD相机特性参数基础知识	4

产品篇

SolarIV系列 太阳能电池伏安特性测试系统	5
Sirius 系列太阳模拟器	6
QE-B1 标准太阳电池	9
太阳光谱测量系统	9
OAI 模拟器	10
Solar Cell Scan SCS系列太阳能电池量子效率测试系统	11
SCS100 全功能型太阳能电池量子效率测试系统	13
SCS600 太阳能电池量子效率测量系统	15
SCS10-PEC 光电化学电池测量系统	17
DSR600光电探测器光谱响应度标定系统	20
DSR300微纳器件光谱响应度测试系统	26
DSR900相机特性参数测试系统	28
显微分光膜厚仪	30
客户案例	32
相关客户论文列表	34

应用篇

应用文章	35
------	----

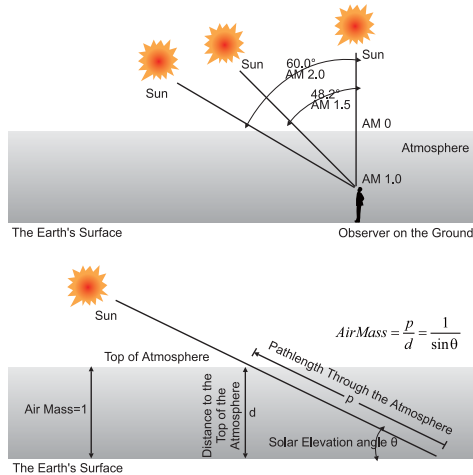
光电测试

基础知识介绍

太阳常数和大气质量

太阳常数和大气质量是描述太阳辐射与大气吸收情况的物理量。在地球大气层上界，与阳光垂直的单位面积上，单位时间所得到的太阳总辐射能量叫做一个太阳常数。国际标准中将太阳看成不变的光源，并且不考虑大气吸收的影响，则一个太阳常数的标准值为 $1367\text{W}/\text{m}^2$ 。

在地面上任何地方都不能排除大气吸收对太阳辐射的影响，因此引入大气质量（air mass, AM）的概念。



可以看出，当太阳高度角为 90° 时，海平面处大气质量为 AM 1；外层空间不通过大气的情况为 AM 0；通常，接近人类生活现实的太阳高度角 48.2° 的情况为 AM 1.5。由于当太阳光照射到地表时，由于大气和地面存在散射、折射等因素，故针对于地表光谱辐照度分布有 AM 1.5G 与 AM 1.5D 的区别。其中，AM 1.5G 为包括有散射、折射等的太阳光谱辐照度分布，而 AM 1.5D 为只包括直射的太阳光谱辐照度分布。通常，地面用光伏器件测试使用的的光谱辐照度用 AM 1.5G 光谱为标准。

标准测试条件和标准太阳能电池

为了使太阳能电池或组件的光伏性能测试具有可比性，太阳光伏能源系统标准化技术委员会规定了标准测试条件。如果不是在标准条件下进行测试，必须将所测数据修正到标准测试条件。

地面用太阳能电池的标准测试条件是：测试温度 25°C ，光源的光谱辐照度为 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ，并具有标准 AM 1.5 太阳光谱辐照度分布。

航天用太阳能电池的标准测试条件是：测试温度 25°C ，光源的光谱辐照度为 $1367\text{W}/\text{m}^2$ ，并具有标准 AM 0 太阳光谱辐照度分布。

由于太阳能电池的响应与入射光的波长有关，入射光的光谱分布将严重影响所测太阳能电池的性能。为了减小测量的误差，需选用具有与被测电池基本相同光谱响应的标准太阳电池来调整光源的辐照度。因此，使用具有不同光谱响应范围的标准太阳电池，通过标定在标准测试条件下的短路电流，即可调整 I-V 测试系统光源的总辐照度。同时，如果标准太阳电池已经标定出绝对光谱响应曲线，则其也可以用于太阳能电池光谱响应或量子效率的测试。

标准太阳电池的标定值，必须每年由权威机构标定一次，以确保其准确性。

光伏电流-电压特性测试（I-V特性测试）

太阳能电池是直接把光能转换成电能的光伏器件，对电池性能的评估主要是以其光电转换性能为准。I-V 特性测试是最直接的给出太阳能电池光电性能参数的测试。

短路电流 I_{sc}

当太阳能电池正负极短路时，电池输出的电流就是短路电流。短路电流随着光强的变化而变化，当在无光照情况下测试得到的电流值为电池的暗场电流。

短路电流密度 J_{sc}

太阳能电池单位面积输出的短路电流，就是短路电流密度。

$$J_{sc} = \frac{I_{sc}}{S_{cell}}$$

开路电压 V_{oc}

当太阳能电池正负极开路时，电池正负极之间的电压就是开路电压。开路电压一般与电池片的材料有关，不随电池片的面积增减而变化。

峰值功率 P_m

太阳能电池片在正常工作或测试条件下的最大输出功率，就是峰值功率。峰值功率取决于太阳辐照度、太阳光谱分布和电池片的工作温度等条件。IEC 规定标准测试条件为辐照度 $1000\text{W}/\text{cm}^2$ ，光谱分布符合 AM 1.5G，测试温度 25°C 。

最大工作电流 I_m

太阳能电池片工作在峰值功率状态时的电流，就是最大工作电流。

最大工作电压 V_m

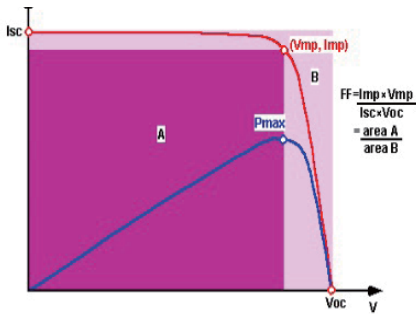
太阳能电池片工作在峰值功率状态时的电压，就是最大工作电压。

填充因子 (Filling Factor, FF)

填充因子是太阳能电池品质的量度，定义为实际最大输出功率与理想输出功率的比值。

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}}$$

FF 是太阳能电池 I-V 特性曲线内所含最大功率面积与开路电压短路电流响应的矩形面积做比的量度。FF 应尽可能接近 100%，但太阳能电池的 p-n 结特性会阻止 FF 达到 1。FF 越大，电池的品质越高。太阳能电池典型的 FF 值为 60%-80%，并且与太阳能电池的材料与器件结构相关。



光电转化效率 η

光电转换效率是太阳能电池最重要的综合特性参数，经常简称为效率。光电转换效率是太阳能电池最大输出功率与入射光功率之比。

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m V_m}{P_{in}} = \frac{I_{sc} V_{oc} FF}{P_{in}}$$

太阳模拟器等级评价标准：

质量	方法	等级		
		A	B	C
光谱匹配度	计算6个波段内 (400-500-600-700-800-900-1100) 的光谱辐照度占总波段的光谱辐照度百分比	0.75-1.25	0.6-1.4	0.4-2.0
不均匀度	计算在有效辐照面内最大和最小光强的比例	≤2%	≤5%	≤10%
不稳定性	计算在一段时间有效辐照面最大和最小光强的比例	≤2%	≤5%	≤10%

光谱响应与量子效率测试 (QE)

在太阳能电池光电性能测试中，光谱响应特性包含着太阳能电池光电转换能力等许多重要信息。它不但能反映太阳能电池内各层材料的质量，也能反映减反膜、辐照损伤和各个界面的质量。

光谱响应 (Spectral Response, SR)

太阳能电池的光谱响应表示对应不同波长入射光能转换成电能的能力，通常光谱响应的定义为输出电流与入射光功率之比，单位为安培每瓦特 (A/W)。

$$R(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{P(\lambda)}$$

外量子效率(External Quantum Efficiency, EQE)

当不同波长的光子入射到太阳能电池的光敏区域时，光子会激发光敏材料产生电子和空穴，当有外电路时即形成电流。此时产生的电子个数与入射的光子个数之比，称为太阳能电池的外量子效率。

$$EQE(\lambda) = \frac{N_e(\lambda)}{N_p(\lambda)} = \frac{hcI_{sc}(\lambda)}{e\lambda P_{in}(\lambda)} = \frac{hcR(\lambda)}{e\lambda}$$

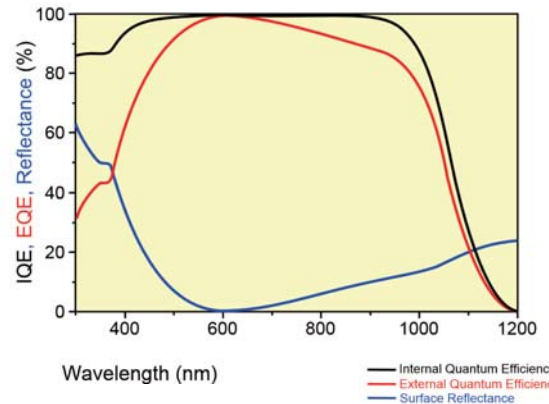
当上式中波长单位为 nm 时，外量子效率与光谱响应有如下简化公式。

$$EQE(\lambda) \approx \frac{1240R(\lambda)}{\lambda}$$

内量子效率(Internal quantum efficiency, IQE)

当不同波长的光子入射到太阳能电池的光敏区域时，被吸收的光子会激发光敏材料产生电子和空穴，当有外电路时即形成电流。此时产生的电子个数与被吸收的光子个数之比，称为太阳能电池的内量子效率。

$$IQE(\lambda) = \frac{N_e(\lambda)}{N_p(\lambda) \cdot Absorption(\lambda)} = \frac{EQE(\lambda)}{Absorption(\lambda)} = \frac{EQE(\lambda)}{1 - Reflectanc e(\lambda)}$$



光子电子转换效率 (Incident Photon-to-electron Conversion Efficiency, IPCE)

光子电子转换效率，即入射单色光子 - 电子转换效率，定义为单位时间内外电路中产生的电子数与入射的单色光子数之比。IPCE 的概念更多用在光电化学类器件上，在定义上与 EQE 是类似的。

外量子效率积分短路电流密度

对于太阳能电池的短路电流密度 J_{sc} ，也可以通过该器件的积分外量子效率 EQE 进行理论计算。

$$J_{sc} = \int R(\lambda)E(\lambda)d\lambda = \int EQE(\lambda)E(\lambda) \frac{q\lambda}{hc} d\lambda$$

其中 $E(\lambda)$ 为标准太阳光谱。但是通过积分 EQE 理论计算得到的 J_{sc} 可能会与 I-V 特性测试系统测量得到的 J_{sc} 存在差异，产生差异的主要原因有多种，主要的可能原因是由于太阳能电池对于单色光响应的非线性度，或者测试时使用的太阳模拟器光谱辐照度与标准太阳光谱辐照度之间存在差异。

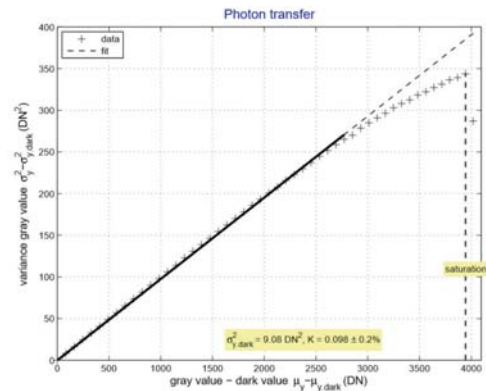
CCD相机特性参数基础知识

CCD（电荷耦合器件）是一种用电荷量表示信号大小，用耦合方式传输信号的探测元件，具有自扫描、感受光谱范围宽、畸变小、体积小、重量轻、系统噪声低、功耗小、寿命长、可靠性高等一系列优点，广泛应用在数码摄影、天文学以及光谱探测领域。

欧洲机器视觉协会发布了 EMVA1288 图像传感器和相机的特性标准，涵盖了具有线性光响应特性的单色与彩色数字相机，适用于面扫描或线扫描相机。EMVA1288 包含如下 CCD 特性参数的测量标准。

系统增益

在相机电子学中，光子辐射积累得到的电荷转化成电压，经放大和模数转换器转变成数字信号。假设整个过程是线性的，通过一个量值来描述，即系统整体增益。



平均灰度值 (μ_y)

相同辐照度条件下，截取两幅图像，计算每个像素的平均值，再计算所有像素的平均灰度值。

灰度值的时域方差 (σ_y)

相同辐照度条件下，每个像素点的方差求平均，即灰度值的时域方差。

读出噪声

读出噪声是在最小曝光时间内，相机所能探测到的最小信号。

暗电流噪声

曝光时间内，暗场平均灰度值

满井容量

每个像素的势井所能容纳的最大电子数

等效噪声功率

信噪比为 1 时的辐照功率

动态范围

饱和辐射光功率与等效噪声功率之比

信噪比SNR

μ_y : 平均灰度值

$\mu_y \text{ dark}$: 暗场平均灰度值

σ_y : 标准差

量子效率

每个像素点产生电子个数与入射光子数之比

响应度

量子效率与系统增益的乘积

空间非均匀性和光响应非均匀性

非均匀性有两种基本形态。其一是不同像素的暗信号不同，为空间非均匀性；其二是不同像素的灵敏度不同，为光响应非均匀性。

死像元

像元响应率小于平均响应率 1/2 的像元

过热像元

像元噪声电压大于平均噪声电压 2 倍的像元

SolarIV系列 太阳能电池伏安特性测试系统

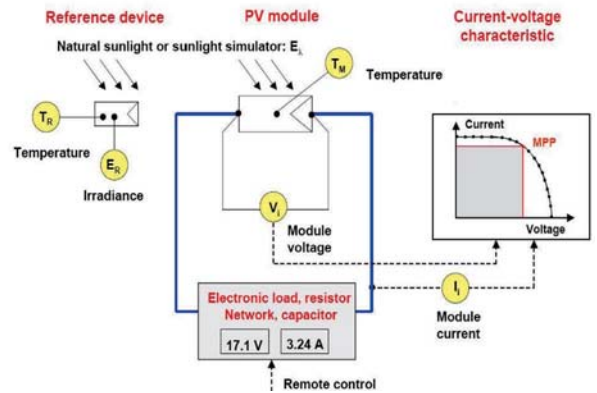
在太阳能光伏器件的所有特性表征手段中，I-V 特性测试无疑是最直观、最有效、最被广泛应用的一种方式。通过测量 I-V 特性曲线，可以获得光伏器件的主要物理性能，包括光电转换效率、短路电流、开路电压和填充因子等。这些数据为光伏器件的研究、质检以及应用提供可靠的依据。卓立汉光提供高性价比的 I-V 特性测试系统，并提供完善、专业的技术支持。

主要功能:

- 测量太阳能电池在光照条件和暗场条件下的I-V曲线
- 测量太阳能电池短路电流、短路电流密度、开路电压、最大功率、最大功率电流、最大功率电压、填充因子、光电转换效率、串联电阻、并联电阻
- 可实现正反向调速扫描与暗电流扣除功能
- 标准太阳电池校准功能
- 实现自动多次周期扫描

主要特点:

- 完整I-V特性测试和数据处理分析的解决方案
- 多种太阳模拟器选型，满足不同测试需求
- 可更换照射方向，适配多种测试环境
- 使用高精度数字源表，提供精确测量结果
- 符合IEC 60904-9国际标准
- 最小化探针阴影，提高测量精度
- 温度控制功能，符合IEC标准测试条件
- 真空吸附功能，样品固定更为方便
- 图形化界面，软件操作更加方便
- 支持TXT、Excel等通用格式数据导出
- 报表打印功能，自动生成完整测试报告



系统选型表

部件	参数	SolarIV-150A	SolarIV-300A
太阳模拟器	辐照面积 (mm)	40 × 40	60 × 60
	光谱匹配度	0.75-1.25 A级 (AM1.5G)	0.75-1.25 A级 (AM1.5G)
	不均匀度 (%)	≤2 A级	≤2 A级
	不稳定性 (%)	≤2 A级	≤2 A级
	出光方向	向下	向下
数字源表	IV-2400	标配	标配
	IV-2450	选配	选配
标准单晶硅电池	QE-B1	标配	标配
伏安特性测试软件	IV-Software	标配	标配
一体机电脑	JSJ-Integrated-V19	标配	标配
样品台	系统内不含样品台，需另配		

Sirius系列 太阳模拟器



太阳模拟器可以用来模拟实验、生产所需的真实太阳光辐照条件，可实现全天候不间断的光辐照条件，使实验、生产不受测试条件与环境的约束，因而在光伏器件的研究和质检中被广泛的应用。

太阳模拟器具备光斑均匀、辐照稳定、太阳光谱匹配的特点，使用户可足不出户的完成需要太阳光照条件的测试。卓立汉光提供多规格高品质的太阳模拟器，可适用于单晶硅、多晶硅、非晶硅、染料敏化、有机、钙钛矿等各种太阳能电池的模拟太阳光照条件的应用。

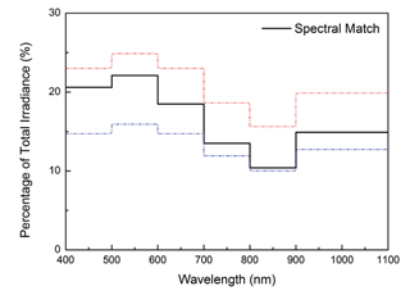
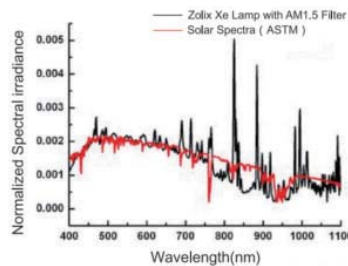
主要特点

- A级太阳光谱匹配度
- 超高光强不稳定性，<0.5%
- 自动计时器，随时监控氙灯寿命
- 电动、遥控快门控制
- 向上向下或水平出光方向可调
- 满足IEC 60904-9标准
- 光强0.2-1.2sun连续可调

太阳模拟器评价指标

光谱匹配度

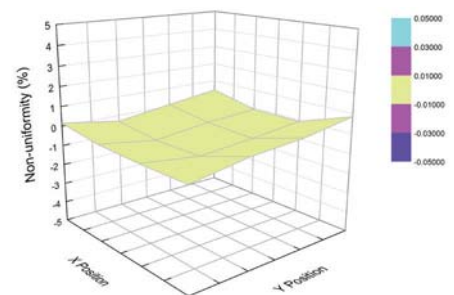
光谱匹配度定义为在6个光谱波段内，积分得到的光谱辐照度占总辐照度的百分比，与标准太阳光谱中各个波段所占百分比的比例。例如A级光谱匹配度规定，各个波段的占比与标准光谱的占比的比例，范围不得超过0.75-1.25。



空间不均匀度

在有效工作区域内的光辐照不均匀度是高品质太阳模拟器的一项重要指标。在使用太阳模拟器进行光伏测试中，不均匀的光辐照会造成测试结果的严重偏差，从而导致太阳能电池测量效率或分级的错误。而高均匀度的太阳模拟器提供更加精确的测试条件保证结果准确。

卓立汉光太阳模拟器为了提高输出光斑的均匀度，在光路结构中采用了阵列式透镜组来均化光斑，从而使太阳模拟器辐照不均匀度达到A级要求。

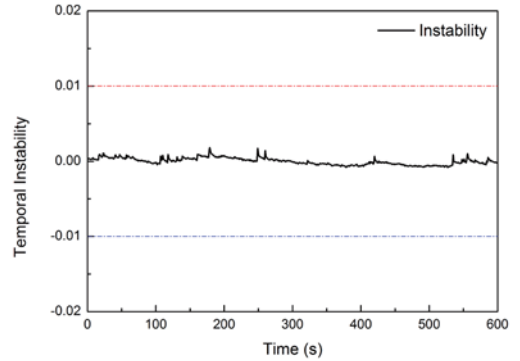


Sirius系列 太阳模拟器

时间不稳定性

太阳模拟器时间不稳定度的定义是在一段时间内有效辐照面内最大和最小光强的比例。该项指标要求太阳模拟器长时间光辐照度稳定，确保测试结果不失真。

卓立汉光太阳模拟器采用了长寿命高稳定性短弧氙灯作为光源，并使用低波纹高稳定电源供电，保证太阳光模拟器输出光的长时间、短时间稳定度满足 A 级要求。



AM 1.5G标准太阳光谱辐照度分布：

波段数	波长范围 (nm)	各个波段占400-1100nm总辐照度的百分比
1	400-500	18.4%
2	500-600	19.9%
3	600-700	18.4%
4	700-800	14.9%
5	800-900	12.5%
6	900-1100	15.9%

为了确保太阳模拟器输出光谱匹配度最佳，卓立汉光使用了专业高稳定性标准光谱校正滤光片。在确保光谱匹配度达到 A 级的同时，该滤光片还能够承受高强度的光照输出，从而保证光谱特性可以保持一致，不会因此而发生变化。

太阳模拟器等级评价标准

品质	方法	等级		
		A	B	C
光谱匹配度	计算6个波段（400-500-600-700-800-900-1100nm）的光谱辐照度在整波段占比与标准光谱各波段占比的比值	0.75-1.25	0.6-1.4	0.4-2.0
不均匀度	计算在有效辐照面内最大和最小光强的比例	≤2%	≤5%	≤10%
不稳定性	计算在一段时间有效辐照面最大和最小光强的比例	≤2%	≤5%	≤10%

型号与规格

型号	光谱匹配度	不均匀度 (%)	不稳定性 (%)	辐照面积 (mm)	最大辐照度 (W/m2)	平行度	出光方向
Sirius-SS150A	0.75-1.25 (A级)	≤2 A级	≤2 A级	40×40	1200	±4°	向上
Sirius-SS150A-D	0.75-1.25 (A级)	≤2 A级	≤2 A级	40×40	1200	±4°	向下
Sirius-SS150A-L	0.75-1.25 (A级)	≤2 A级	≤2 A级	40×40	1200	±4°	向左
Sirius-SS300A	0.75-1.25 (A级)	≤2 A级	≤2 A级	60×60	1200	±4°	向上
Sirius-SS300A-D	0.75-1.25 (A级)	≤2 A级	≤2 A级	60×60	1200	±4°	向下

Sirius系列 太阳模拟器

高精度数字源表

IV2400、IV2450 高精度数字源表是 IV 测试系统的核心部件，提供可变电压的同时，精确测量器件输出电流，因此测量精度、和准确度越高，测量结果更精准。

主要特点

IV2400	IV2450
5位半高精度测量	6位半高精度测量
基本测量准确度0.012%	基本测量准确度0.012%
读数缓存5000	读数缓存 > 250,000
> 2000读数/秒	> 3000读数/秒
非触屏	触屏（5英寸彩色显示屏）
接口： GPIB、RS232	接口： GPIB、RS232、以太网
香蕉插孔	香蕉插孔或三轴接口
电流量程1 μ A-1A	电流量程10nA-1A
电压量程200mV-200V	
功率20W	



IV2400



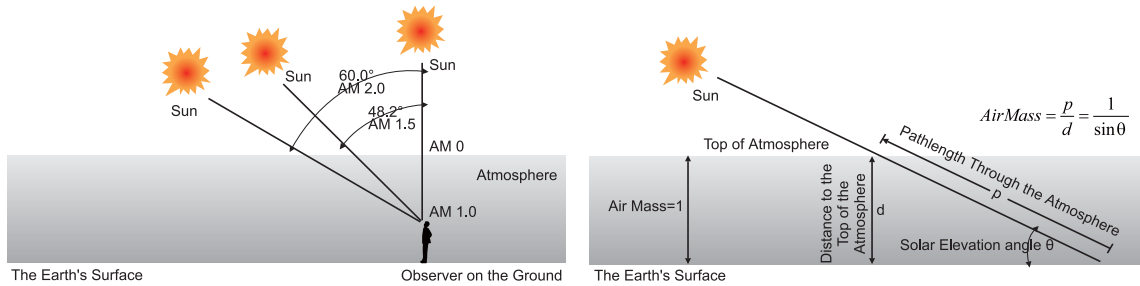
IV2450

太阳光谱校正滤光片

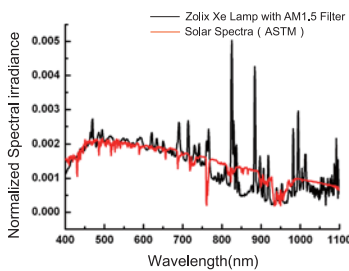
太阳表面温度约 5800K，氙灯的色温约为 6000K，因此采用氙灯来模拟太阳光是最合适不过的。但为了使氙灯光谱进一步接近太阳光谱，需要抑制氙灯的一些特征谱峰，因此还需要一套太阳光谱校正滤光片（Air Mass Filter）。根据太阳光辐射地球角度不同，以及是否通过大气层等，不同的模拟条件需要配套不同的太阳光谱滤光片，其中，AM 1.5G 太阳光谱滤光片是最经常被使用的。

Air Mass说明

AM 1.5G (Air Mass 1.5 Golbal) 表示太阳光按 48.2° 角度、透过大气层斜射到地面后的光谱分布：



AM 1.5G滤光片用于太阳光谱匹配



AM 1.5G标准光谱与太阳模拟器光谱匹配度

波长范围 (nm)	标准光谱能量分布 (%)	太阳模拟器光谱能量分布 (%)	光谱匹配度	光谱匹配级别
400-500	18.4	18.8	1.02	A级0.75-1.25
500-600	19.9	21.0	1.06	
600-700	18.4	19.1	1.04	
700-800	14.9	14.9	1.00	
800-900	12.5	11.5	0.92	
900-1100	15.9	14.7	0.92	

备注：AM 1.5G标准光谱分布、光谱匹配度等级参考国际标准（IEC 60904-9:2007）

QE-B1标准太阳电池

在太阳能电池分析测试过程中，采用标准太阳电池来校准光源的绝对光辐照度，从而计算出被测太阳能电池的光电转换效率，进而进行分析与对比。尤其是测试太阳能电池 I-V 特性时，通常采用标准太阳电池对太阳模拟器的光照强度进行标定。

主要特点

- 符合IEC与WPVS标准的标准太阳电池
- 配备不同滤光片的标准太阳电池可选
- 单晶硅、多晶硅、非晶硅多种材质可选
- 标定数据溯源至NIST



太阳光谱测量系统

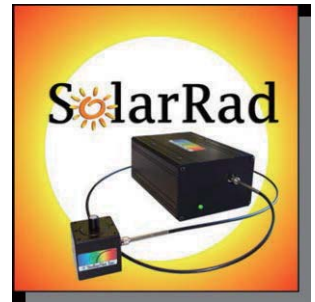
Stellarnet Solar-Rad 太阳光谱测量系统，是紧凑的小型化低成本光谱测量系统，并可以提供 NIST 溯源校准证书。

系统功能

- 测量绝对辐照度，单位为W/m²
- PAR-光合有效辐照强度检测
- 光谱匹配度在线检测
- UVa/b/c辐照强度检测
- 光谱区间辐照度检测
- CIE色度、照度分析

系统应用

- 太阳能领域
- 光源及太阳模拟器
- 光化学
- 光生物学
- 环境科学



系统选型

规格/型号	SolarRad	SolarRad-DSR
光谱范围	220nm-1100nm	200nm-1700nm
NIST溯源光谱校准范围	300nm-1100nm	200nm-1700nm
光谱分辨率	<1.5nm	<1.5nm (VIS) & <3.0nm (NIR)
探测器	2048 Pixel CCD	2048 Pixel CCD/512 Pixel InGaAs PDA
光接收器	CR2余弦校准器/IC2	CR2余弦校准器/IC2
波长准确度	<1/4nm	<1/4nm
光强准确度	± 5%	± 5%

伏安特性测试专用分析软件IV-Software

伏安特性测试软件是基于 24XX 系列高精度数字源表而开发的，数据精度高，操作便利。

软件特点和功能：

- 图形化界面，软件操作更加方便
- 直接显示太阳能电池短路电流、短路电流密度、开路电压、最大功率、最大功率电流、最大功率电压、填充因子、光电转换效率、串联电阻、并联电阻
- 可实现正反向调速扫描与暗电流扣除功能
- 自动多次周期性扫描
- 双电压周期变化IT扫描
- 报表打印功能，自动生成完整测试报告



OAI模拟器

OAI 太阳光模拟器 AAA 指标得到美国国家可再生能源实验室认证

40 多年来，OAI 利用其在光学技术方面的专长，为工业和研究不断生产先进产品。为了更好地为太阳能电池和模块制造商、太阳能安装商、新的太阳能初创企业和测试 / 认证实验室服务，OAI 开发了各种太阳模拟器、IV 测试仪、校准参考电池、滤波器、太阳能功率计、太阳能电池阵列测试仪、测试夹具等产品。OAI 模拟器符合 JIS、IES、ASTM 标准。并提供开发定制解决方案的服务。



特点:

- 光斑尺寸覆盖52mm到500mm
- 光谱匹配度AM1.5G, AM1.5D, AM0可选
- 光谱匹配范围: 400-1100nm、300-1800nm、280-1800nm可选
- 发散半角小于 $\pm 2.5^\circ$
- 光强0-1.2sun可调
- 快门计算机控制, 集成快门定时器可提供5ms-200ms脉冲输出 (选配)
- 超长工作距离大于250mm

选型列表

型号	TSS-52	TSS-100	TSS-156	TSS-208	TSS-300	TSS-500
光斑尺寸 (mm)	52 × 52	100 × 100	156 × 156	208 × 208	300 × 300	500 × 500
光谱类型	AM1.5G、AM1.5D、AM0					
光谱范围	400-1100nm、300-1800nm、280-1800nm					
发散半角	$< \pm 2.5^\circ$		$< \pm 2^\circ$			
输出强度	100mW/cm ² (1sun)					
光谱匹配度	$\leq \pm 15\%$ (A+)					
时间不稳定性	$< 0.5\%$ STI、 $< 2\%$ LTI (A)					
光斑不均匀性	$\leq 2\%$ (A)					
工作距离	10 ± 1in	20 ± 1in	22 ± 1in	25 ± 1in	30 ± 1in	36 ± 1in
灯功率	300W	1000W	1000W	1600W	2500W	7000W

Solar Cell Scan SCS系列

太阳能电池量子效率测试系统



SCS 系列太阳能电池量子效率测试系统是一款多功能实验平台。它采用集成化设计，将内外量子效率、光谱响应、透反射率、光束诱导电流以及 Mapping 测试等功能集成到一套系统中，并实现自动化测量。同时，丰富的窗口化专用附件的设计，使得 SCS 系列太阳能电池量子效率测试系统可以按照不同的太阳能电池材料而集成为专用的测试系统。

系统功能

- 光谱响应度 (Spectral Responsivity, SR)
- 外量子效率 (External Quantum Efficiency, EQE)
- 光子电子转换效率 (Incident Photon-to-electron Conversion Efficiency, IPCE)
- 内量子效率 (Internal Quantum Efficiency, IQE)
- 反射率 (Reflectance, R)
- 透射率 (Transmittance, T)
- 积分短路电流密度 (Integrated JSC)
- 光束诱导电流 (Light Beam Induced Current, LBIC)
- 量子效率制图 (QE Mapping)
- 反射率制图 (Reflectance Mapping)
- 光束诱导电流制图 (LBIC Mapping)

系统特点

- 符合 IEC 60904-8 国际标准
- 测量结果重复性高
- 高度自动化测试流程
- 系统最小光斑直径可小于 1mm
- 高稳定性高强度光源
- 双光路光强监控设计
- 独一无二的快速 Mapping 功能
- 快速导入参数功能

系统适用范围

适用于各种材料太阳能电池的测试：

单晶硅 (p-Si)、多晶硅 (m-Si)、非晶硅 (α -Si)、砷化镓 (GaAs)、镓铟磷 (GaInP)、磷化铟 (InP)、锗 (Ge)、碲化镉 (CdTe)、铜铟硒 (CIS)、铜铟镓硒 (CIGS)、铜锌锡硫 (CZTS)、染料敏化电池 (DSSC)、量子点电池 (QDSC)、有机太阳能电池 (Organic Solar Cell)、聚合物太阳能电池 (Polymer Solar Cell)、钙钛矿太阳能电池 (Perovskite Solar Cell) 等。

适用于多种结构太阳能电池的测试：

单结 (Single-junction)、多结 (Multi-junction)、PERC/HIT/IBC 等结构、高聚光类型 (HCPV)、薄膜 (Thin Film) 与正反结构等。

系统选型表

SCS 系列太阳能电池量子效率测试系统通过主机与各种附件搭配，可以实现几乎所有种类电池的测试。这种集成模块化搭配的方式，适合科研用户建立多种测试太阳能电池的平台。SCS 系列系统包括 SCS100、SCS600、SCS10-PEC 分列型号。

■ 主机选型列表

系统分型	型号	名称和说明
SCS100	SCS1011	全功能型太阳能电池量子效率交、直流测量系统，氙灯光源
	SCS1012	全功能型太阳能电池量子效率直流测量系统，氙灯光源
	SCS1013	全功能型太阳能电池量子效率交、直流测量系统，溴钨灯光源
	SCS1014	全功能型太阳能电池量子效率直流测量系统，溴钨灯光源
	SCS1015	全功能型太阳能电池量子效率交、直流测量系统，氙灯溴钨灯双光源
	SCS1016	全功能型太阳能电池量子效率直流测量系统，氙灯溴钨灯双光源
SCS600	SCS600-XE	组合式小尺寸太阳能电池量子效率交、直流测量系统，氙灯光源
SCS10-PEC	SCS10-PEC-Pro	光电化学量子效率测试系统（双光路）
	SCS10-PEC-Lite	光电化学量子效率测试系统（单光路）

■ 附件选型列表

型号	名称和说明
QE-A1	偏置光附件，150W氙灯
QE-A2	偏置光附件，50W溴钨灯
QE-B2	标准铟镓砷探测器(800-1700nm, 含标定证书)
QE-B3	标准硅探测器(300-1100nm, 含标定证书)
QE-B4	标准铟镓砷探测器(800-2500nm, 含标定证书)
QE-B7	透过率测试附件(300-1100nm)
QE-B8	透过率测试附件(800-1700nm)
QE-C2	漫反射率测试附件（300-1700nm）
QE-C7	标准漫反射板
QE-D1	二维电动调整台
QE-D2	手动三维调整台
QE-IV-Convertor	短路电流放大器

系统规格

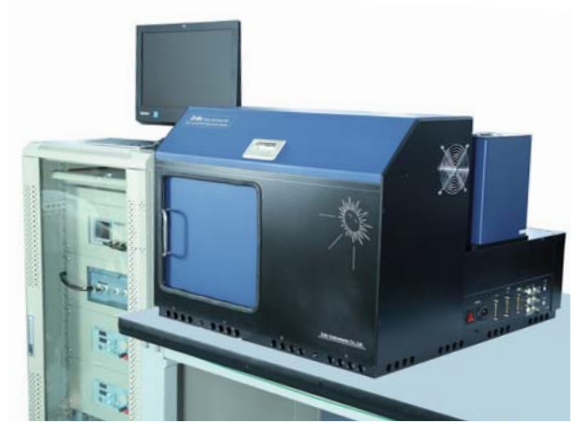
规格/型号	SCS100	SCS600	SCS10-PEC-Pro	SCS10-PEC-Lite
光源	氙灯，溴钨灯，或氙灯、溴钨灯双光源	氙灯或溴钨灯	氙灯光源	
光谱范围	300-1100nm，可以扩展至1700nm			
测量重复性	>99.7% (@400-1000nm)，>99.4% (@300-400nm，>1000nm)			
测试光斑	直径2-10mm可调	直径1-10mm可调		
光栅	68mmX68mm大面积光栅，电动三光栅塔台			
滤光片	自动滤光片轮			
光谱带宽	<5nm可调			
单色光准确性	±0.2nm (@1200g/mm光栅)			
扫描步长	系统默认5nm，最小可达0.1nm			
最大可测样品尺寸	156mmX156mm	100mmX100mm	20mmX20mm	
直流测量模式	数据采集器	数据采集器	电化学工作站	电化学工作站
电极	两电极	两电极	三电极	三电极
交流测量模式	●	○	-	-
标准硅探测器	●	●	●	●
标准铟镓砷探测器	○	○	○	○
Mapping功能	○	○	-	-
内量子效率测试	○	○	-	-
偏置光	○	○	●	-
计算机及软件	包含计算机、键盘、鼠标、正版Windows7操作系统以及配套系统软件			

注：●为标配，○为可选，-为无配。

SCS100全功能型 太阳能电池量子效率测试系统

系统功能

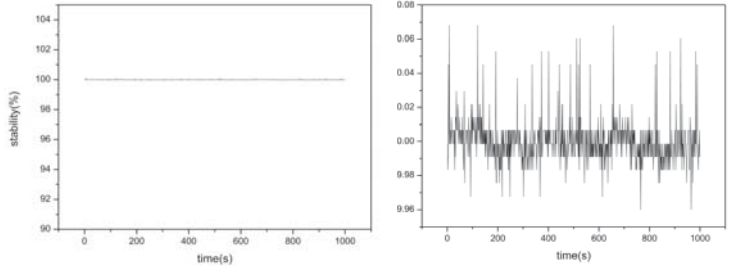
- 适用电池：全系列太阳能电池
- 光谱范围：300-1100nm，可扩展至1700nm
- 可测量参数：光谱响应度、外量子效率、光子电子转换效率、内量子效率、反射率、透射率、积分短路电流密度、光束诱导电流、量子效率制图、反射率制图、光束诱导电流制图
- 可测样品尺寸：156mmX156mm
- 可测样品模式：交、直流测试法，交、直流偏置光测试法，交、直流偏压测试法



系统特点

全光谱太阳光模拟，双光源切换可选，高光强稳定性

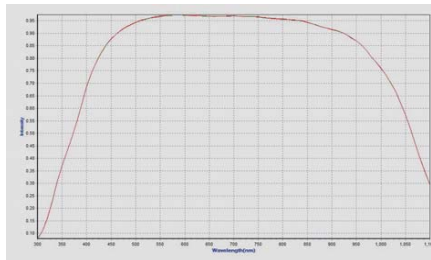
系统采用符合最新 IEC60904 标准的双光源配置，采用氙灯和溴钨灯来覆盖太阳光谱的整个范围。无论是氙灯还是溴钨灯，都可以提供超高的光强稳定性，从而保证系统测试结果的高重复性。当不同的波段光谱测量时，选择合适的光源波长与相匹配的标准探测器，可以最大限度的优化太阳能电池量子效率的测试结果。



1000s 的持续光强测试与局部放大图
测试光源：氙灯或溴钨灯；测试时间：1000s；光源时间不稳定性：<0.8%

高重复性测试结果

系统从光源的稳定性、单色仪的波长准确性与重复性、特有的光路设计、样品的加持、数据的采集方式上确保测试结果的高重复性。



5次每次间隔1小时的测试结果与全波段重复性测试

窗口化软件设计

在系统软件设计中，将实用的仪器控制部分汇总到一个界面，将实用的仪器参数设置部分汇总到另一个界面，从而最大限度的将控制操作简化，实现一键运行。

仪器参数设置可以按照不同样品的测试需求保存为独立的配置文件并导出，从而实现快速还原与测试的功能，随时调出原有保留的参数设置。同样配置的不同系统之间也可以统一相互调用。

系统软件可以准确得到理论积分电流密度值，并按照需求保存原始数据，支持 ASCII、Excel、XML 等多种格式数据导出。以便使用主流数据处理软件调用，方便后续数据处理与分析。

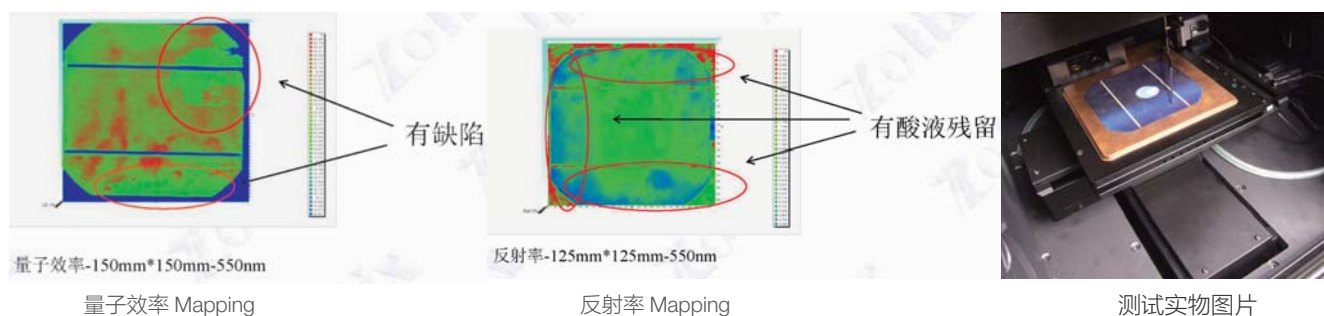
快速Mapping功能

快速 Mapping 功能包括：

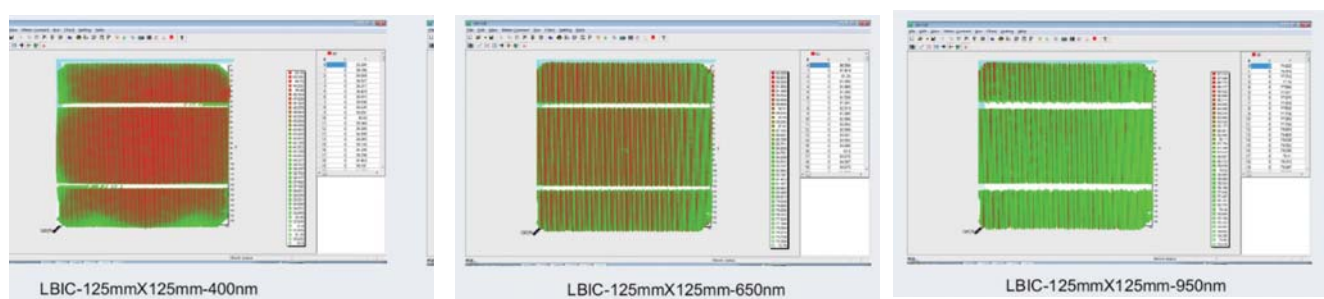
- 1) 量子效率 Mapping 功能
- 2) 反射率 Mapping 功能
- 3) 光束诱导电流 (LBIC) 功能

该功能针对 100mmX100mm 以上的较大面积的成品太阳能电池片，用户可以从 Mapping 功能获得的数据中得到关于电池片的少子扩散情况、电池片缺陷分布等信息。

SCS100全功能型 太阳能电池量子效率测试系统



测试实物图片、量子效率 Mapping 与反射率 Mapping。其结果显示在其右上角量子效率与反射率明显低于其他区域，说明其在酸洗过程中有酸液残留，从而有肉眼无法直接观察到的电池片缺陷，影响了整体太阳能电池片的效率。



上述 LBIC Mapping 数据是在同一个电池片上使用 400nm、650nm 与 950nm 三个波长扫描得到的。650nm 和 950nm 的扫描数据显示电池片具有良好的均匀性，但是在 400nm 扫描的数据上，我们发现电池片边缘有不均匀的区域存在。

不同的测试波长所对应的穿透深度各不相同。对于晶体硅太阳能电池片来说，蓝光波长短，穿透深度浅，LBIC Mapping 功能可以将样品制备过程中产生的表面缺陷等问题反映出来；而红光与近红外光波长较长，穿透深度更深，LBIC Mapping 功能更适用于测试材料内部的缺陷等问题。

系统规格：

规格/型号	SCS1011	SCS1012	SCS1013	SCS1014	SCS1015	SCS1016
光源	氙灯	氙灯	溴钨灯	溴钨灯	双光源	双光源
光谱范围	300-1100nm, 可以扩展至1700nm					
测量重复性	>99.7% (@400-1000nm), >99.4% (@300-400nm, >1000nm)					
测试光斑	直径2-10mm可调					
光栅	68mmX68mm大面积光栅, 电动三光栅塔台					
滤光片	自动滤光片轮					
光谱带宽	<5nm可调					
单色光准确性	±0.2nm (@1200g/mm光栅)					
扫描步长	系统默认5nm, 最小可达0.1nm					
最大可测样品尺寸	156mmX156mm					
直流测量模式	●	●	●	●	●	●
交流测量模式	●	-	●	-	●	-
标准硅探测器	●	●	●	●	●	●
标准铟镓砷探测器	○	○	○	○	○	○
Mapping功能	○	○	○	○	○	○
内量子效率测试	○	○	○	○	○	○
偏置光	○	○	○	○	○	○
偏压0-20V	○	○	○	○	○	○
计算机及软件	包含计算机、键盘、鼠标、正版Windows7操作系统以及配套系统软件					

注：●为标配，○为可选，-为无配。

SCS600太阳能电池量子效率测量系统



SCS600 是卓立汉光自主研发的高性能太阳能电池量子效率 / 光谱响应测试系统的第二代产品, 适用于测量各种材料的太阳能电池, 适合高校、研究所和企业的研发与生产品质管理使用。相比第一代产品, 软件设计更加人性化, 操作简单, 并且新增高精度吉时利 2612B、2636B 的数字源表, 提升了数据采集能力和偏压测试能力, 样品室空间更大, 采用顶门、前门双门设计, 摆放、更换样品更容易。此外, 卓立汉光提供定制服务, 根据客户需求, 定制化硬件配置和软件开发, 使设备发挥一机多用的最大效能。

主要功能:

- EQE、IQE量子效率/光谱响应度/IPCE测量
- 短路电流密度计算Jsc
- 可结合手套箱、真空腔等设备完成特殊环境下的测试
- 宽光谱测量范围: 250nm-1700nm
- 光致诱导电流测量LBIC
- CCD相机监控
- 可偏置光测试和偏压测试
- 包含直流、交流双数据采集功能

高稳定性光源, 系统重复性好

系统采用替代法, 光源稳定性是影响测量结果重复性的重要原因。由于探测器的光谱响应范围不同, 系统提供了高稳定性的氙灯、溴钨灯探测光源, 稳定性高于 99%, 确保测量结果的高重复性和准确性。并且提供双光源设计, 优化氙灯在 800-1000nm 之间特征峰和红外强度的弱的缺点。

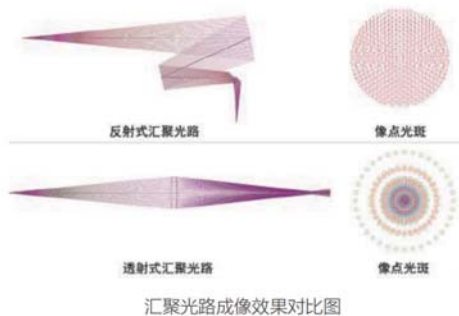
监视光路

采用监视光路, 配合 CCD 相机进行可视化控制, 可清楚观察光斑, 样品定位精准。

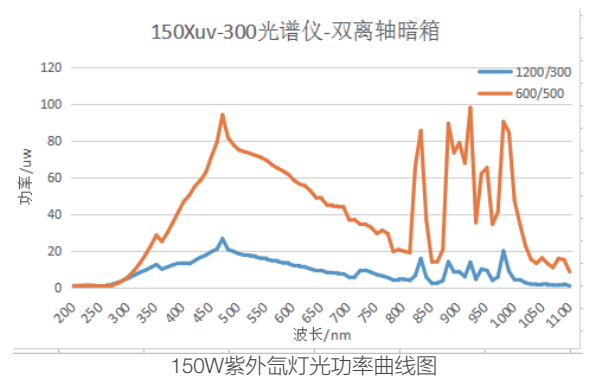
专业光学设计:

全反射光路设计, 优化光斑质量

宽光谱范围的光学设计透射光路存在影响光束质量和光斑品质的重要因素色差, 色差源自于不同波长的单色光在光学材料中的折射率不同, 波长范围越宽, 色差越明显。而在反射式光学系统中根本不涉及折射, 所以不存在色差的问题。色差会改变探测光斑的大小, 使不同波长感光的探测器面发生变化, 由于探测器表面不均匀, 会引入系统偏差, 尤其是测量小面积探测器时, 光斑变大照射到光敏面以外时, 测量结果会产生很大的偏差。



高强度单色光源, 系统信噪比更高



采用 150W 氙灯光源, 500nm 处单色光辐照强度大于 $6\text{mW}/\text{cm}^2$, 超过 AM1.5G 光谱辐照度, 使得设备整体有很高的信噪比, 获得更准确的测试结果。

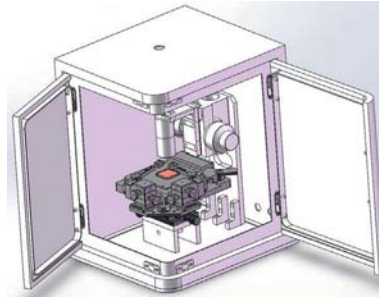
SCS600太阳能电池量子效率测量系统

光斑面积



1mm 圆形光斑，全部照射在感光面内，测量更加准确

手套箱IPCE测试附件IPCE-PVK



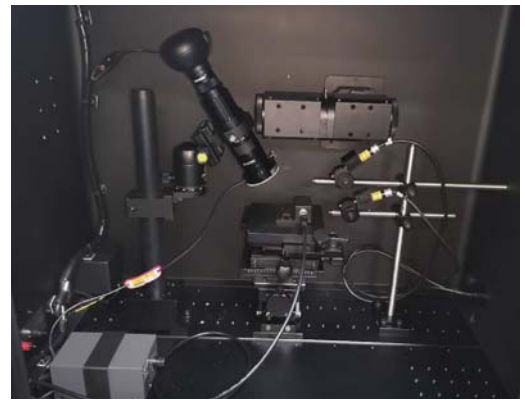
- 可以在手套箱内使用；
- 使用2m长光纤与外部光源连接；
- 样品位置二维可调；
- 焦点位置上下可调；
- 双侧开门方便观察样品大小；
- 内置监控CCD，可以使用手机查看样品位置；
- 体积：380mmX290mmX400mm

叠层太阳能电池专用测试暗箱

太阳光光谱中能量的分别较宽，而现有的任何一种半导体材料都只能吸收其中能量比其能隙高的光子。太阳光中能量较小的光子都无法转换成有效的电能，因此单结太阳能电池的理论转换效率一般比较低，为了有效利用太阳光的宽光谱，用不同能隙的材料做成一个太阳能电池，短波长和长波长能够被不同能隙的材料利用，这样有可能最大消毒的将光能转换为电能，这样的结构的叠层电池能够大大提高太阳光的转换效率。

- 独特双光源测试系统可以实现宽波长测试范围：200-2500nm；
- 自主更换单色光LED波长；
- 样品台三维调节；
- CCD监控光斑位置；

叠层太阳能电池不同节电池之间是串联关系，所以测试每节电池的时候需要将其其他的电池导通，才能测试本节电池的效率。因为不同波段的单色光来导通其对应的电池节，使得整个电池可以正常工作。针对不同类型的太阳能电池，卓立提供不同的偏置单色光波长。



单色光附件选型列表：

附件	型号	波长/nm	光功率
	M365L	365	420mW
	M405L	405	400mW
	M450L	450	320mW
	M550L	550	50mW
	M610L	610	80mW
	M690L	690	100mW
	M760L	760	100mW
	M880L	880	50mW
	M980L	980	50mW

LED单色偏置光源带宽+/-10nm，稳定性1%。如果需要其他波长请联系销售人员。
该单色光源1-100%调节光强。

整机选型表：

型号	SCS600-XE	SCS600-TH	SCS600-XT	
光源	氙灯	溴钨灯	双光源	
重复性	200-400nm	≤2%	-	≤2%
	400-1000nm	≤1%	≤1%	≤1%
	1000-1700nm	≤1.5%	≤1.5%	≤1.5% @1000-2500nm
测试条件	重复性数据均在峰值波长接近探测器饱和值情况下测量获得,且探测器采用我公司各个波段对应的标准探测器。			
*小光斑	≤Φ1mm			

附件选型表：

附件	型号	名称	备注
	QE-B2	铟镓砷探测器	西安应用光学研究所标定证书，标定范围900-1700nm
	QE-B3	硅探测器	中国计量科学研究院标定证书，标定范围300-1100nm
	QE-B3-UV	硅探测器	中国计量科学研究院标定证书，标定范围200-1100nm
	OPE-AC-A	交流测试附件	包含锁相，斩波器，截止直流功能的电流-电压放大器
	OPE-AC-B	交流测试附件	包含锁相，斩波器，常规电流-电压放大器
	IV-2612B	数字源表	最小信号1nA，偏压功能
	IV-2636B	数字源表	最小信号10pA，偏压功能
	DCS300PA	数据采集器	最小信号100nA，增益10 ³ -10 ⁷

SCS10-PEC

光电化学电池测量系统



系统功能

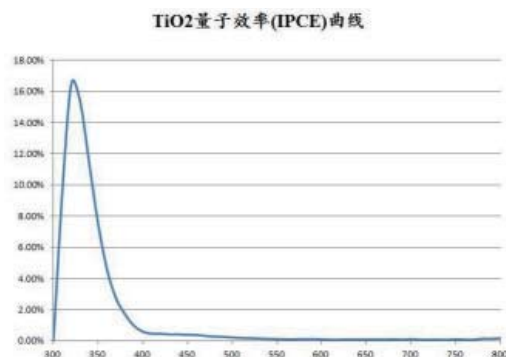
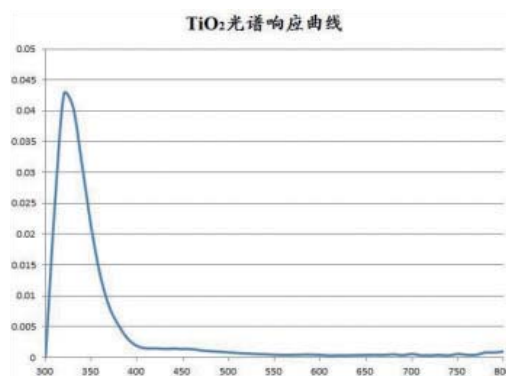
- 测试种类：光电化学类太阳能电池
- 光谱范围：300-1100nm
- 白光光源：模拟太阳光光源ABA级，光斑直径20mm
- 光功率：>400uW/cm²
- 可测量参数：电池的光谱响应度、量子效率、短路电流、I/V曲线、I/T曲线、V/T曲线测试、光功率测试、支持多种通用的电化学测量方法，如CV等
- 可测样品尺寸：20mmX20mm
- 可测样品模式：直流测试法、直流偏置光测试法

系统特点

- 使用模拟太阳光光源
- 光电化学太阳能电池专用配置方案
- 双光源任选，波长连续可调单色光源+全光谱太阳光模拟
- 三电极测试方法
- 一体式架构，操作更简单方便
- 一键式测量方法

晨华电化学工作站：

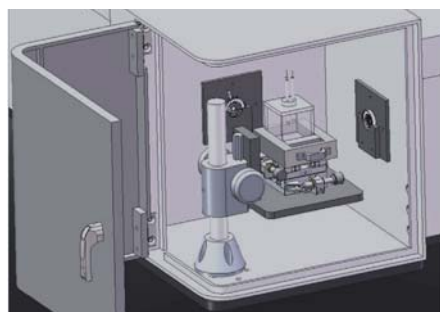
- 电位范围：±10V
- 所加电位范围：±10mV, ±50mV, ±100mV, ±650mV, ±3.276V, ±6.553V, ±10V
- 电位分辨率：电位范围的 0.0015%
- 所加电位准确度：±1mV, ±满量程的 0.01%
- 测量电流范围：±10pA 至±0.25A, 12 量程
- 测量电流分辨：电流量程的 0.0015%，最低 0.3fA
- 电流测量精度<0.1%



SCS10-PEC光电化学电池测量系统

光电化学测试专用样品室

- 采用显微镜调焦机构，粗调细调相结合三维调整机构使电解池位置的调节更方便快速；
- 方便的电解池固定方法，可满足不同类型电解池的固定；
- 独特的双光源入射光路设计，几乎可以满足所有的光电化学的测试；
- 独特外光路设计，测试光斑为平行和汇聚两种模式可选，配合可调光阑实现对测试光斑大小的控制；
- 可以配合两电极、三电极等不同测试体系下电极的连接；
- 信号屏蔽功能，可以配合工作站的屏蔽线使用有效降低系统的噪声；



电化学工作站

电化学工作站是一种以电化学方法对化学体系进行研究的仪器，将恒电位仪、恒电流仪和电化学交流阻抗分析仪有机的结合，既可以做三种基本的常规实验，也可以做基于这三种基本功能的程式化实验。在实验中，既能检测电池电压、电流、容量等基本参数，又能检测体现电池反应机理的交流阻抗参数，从而完成对多种状态下电池参数的跟踪和分析。

功能：

- 循环伏安法 (CV)
- 线性扫描伏安法 (LSV)
- 计时电流法 (CA)
- 计时电量法 (CC)
- 控制电位电解库仑法 (BE)
- 开路电压-时间曲线 (OCPT)
- 预设反应机理CV模拟器

测量参数：

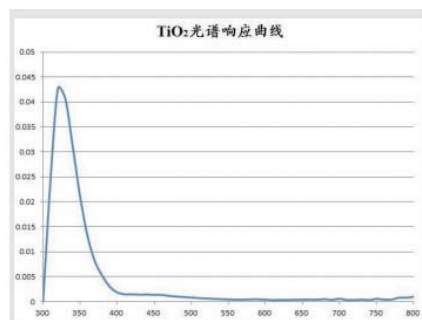
- 2, 3, 4电极结构
- 浮动地线或实地
- 最大电位范围：±10V
- 最大电流：±250mA连续, ±350mA峰值
- 槽压：±13V
- 恒电位仪上升时间：小于 1s, 通常0.8s
- 恒电位仪带宽 (-3 分贝)：1MHz
- 所加电位范围：±10mV, ±50mV, ±100mV, ±650mV, ±3.276V, ±6.553V, ±10V
- 所加电位分辨：电位范围的0.0015%
- 所加电位准确度：±1mV, ±满量程的 0.01%
- 所加电位噪声：<10V均方根植
- 测量电流范围：±10pA至±0.25A, 12量程
- 测量电流分辨：电流量程的 0.0015%，最低0.3fA
- 电流测量准确度：电流灵敏度大于等于 1e-6A/V时为0.2%，其他量程1%
- 输入偏置电流：<20pA

专用电解池（具体请咨询相关销售）

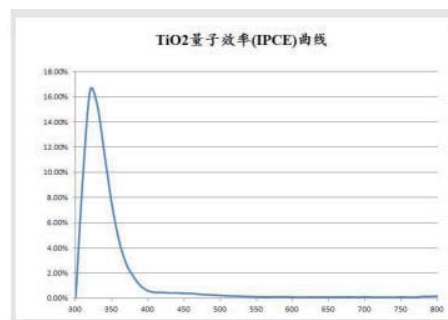


针对电化学测试的特点，对电解池进行了专门设计，从而使这些电解池具有以下特点：

- 工作电极片可快速装拆；
- 对电极和参比电极可任意选择；
- 通光窗口大小和电解池容积可选；
- 电极固定坚固；



二氧化钛的光谱响应曲线



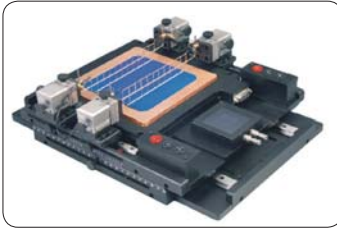
IPCE 测试图

SCS10-PEC光电化学电池测量系统

探针样品台

针对太阳能电池的量子效率测试、伏安特性测试，卓立汉光为了方便广大客户使用，设计了多种探针样品台，以供用户选择。

IV-F1



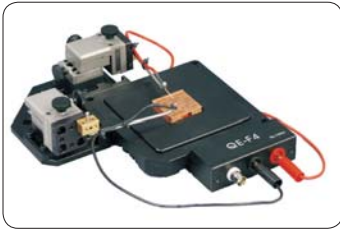
■ IV-F1样品台适用于正面电极、正反异面多栅极电极的大尺寸电池IV测量，如单晶硅电池等。

IV-F2



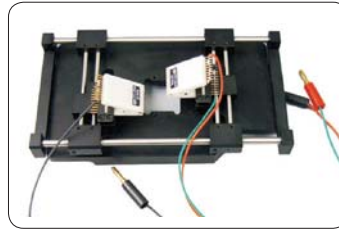
■ IV-F2样品台适用于正面电极、正反异面电极的小尺寸电池IV测量，如单晶硅电池等。

QE-F4



■ QE-F4样品台适用于正面电极、正反异面电极电池的QE测量，探针臂可三维移动，探针圆润，可用于薄膜电池。

QE-F6-C



■ QE-F6-C系列样品台适用于燃料敏化类的三明治结构的太阳能电池或者电极位于电池的两面且电极在电池边缘的太阳能电池，如燃料敏化电池。

QE-F6-D



■ QE-F6-D样品台适用于背电极样品电池，对于单片多块电池的样品，采用手动旋转选择要测量的电池。样品台可以根据样品尺寸、电极位置定制。标准配备圆头探针，尖头或者锯齿形探针可选，且探针具有伸缩性，保证与样品接触良好。适用于钙钛矿电池、有机电池等。

QE-F6-H



■ QE-F6-H在QE-F6-D的基础上添加气体密封处理，可以实现气体保护。

型号	功能以及说明	主要应用	最大适用样品尺寸	其他说明
IV-F1	真空吸附，水循环制冷，标准电池比对	IV测试	100mm*100mm	
IV-F2	真空吸附，水循环制冷，标准电池比对	IV测试	50mm*50mm	
QE-F4	两组三维可调探针，底座为无氧铜电极	QE测试	30mm*30mm	适用于正面电极和反面电极两种测量方式
QE-F6-C	3M测试夹，位置二维可调，	IV/QE测试	100mm*100mm	适用于燃料敏化类的三明治结构电池
QE-F6-D	背电极样品台，探针位置固定，选通开关选择不同测量电池	IV/QE测试	35mm*35mm	适用于背面电极样品电池，需要根据样品大小和样品位置定制
QE-F6-H	背电极气体密封样品台，探针位置固定，选通开关选择不同测量电池	IV/QE测试	35mm*35mm	适用于背面电极样品电池，根据样品大小和样品位置定制，可以实现气体循环

DSR600光电探测器 光谱响应度标定系统



光电探测器是利用具有光电效应的材料制成的将光辐射信号转变成电信号的传感器。大部分光电探测器在一定的光谱区域内具有较强的光谱选择性，所以光电探测器的光谱响应度在不同波长是不同的。因此光谱响应度是表征光电探测器性能的一个重要参数指标。另外，对于光电材料的科研工作，通过测量并分析光电材料的光谱响应度数据，可以进一步得出材料本身的各项特性，从而对于优选材料、改进工艺具有指导性意义。

根据用户对于定标的实际的不同需求，卓立汉光可以提供研究级 DSR600 系列光电探测器光谱响应度标定系统。

DSR600 系列探测器光谱响应度标定系统，正是适应不断增长的材料科学研究对检测设备的需求而诞生的。它结合了北京卓立汉光仪器有限公司给多家科研单位定制的光谱响应系统的特点和经验，采用国家标准计量方法进行全自动测试，是光电器件、光电转换材料的光谱响应性能研究的必备工具

DSR600系列的特点

功能：

- 光谱响应度
- 偏压下光谱响应度
- 外量子效率、内量子效率
- 偏压下外量子效率
- 反射率、透射率
- 短路电流密度
- IV测试

宽光谱范围（200~2400nm可选），适用面广

宽光谱范围意味着适用于各种不同样品，如响应在日盲区的深紫外探测器、响应在可见光的太阳能电池、响应在近红外的光纤传感器、响应在中远红外的红外光电传感器，都可以在 DSR600 上测量光谱响应度。

开机即用的Turnkey系统设计，维护简单

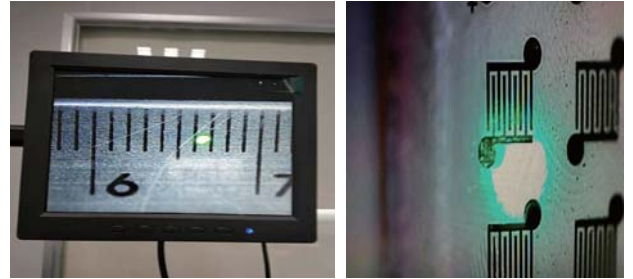
系统采用替代法的测量原理，设计成开机即用的 turnkey 模式，用户不需要在实验前对系统进行复杂的调试，日常维护也十分简单。

替代法是目前国家计量单位测量探测器光谱响应度所采用的标准方法。相比于传统的测试方法，替代法既简便，准确度又高，避免了许多系统误差的产生。采用替代法，用户只需要定期对标准探测器进行定标即可，而传统方法需要定期对系统各个部件进行定标，包括光源、单色仪、光路系统中各个光学元件等，从而导致用户不得不拆分系统，标定好部件之后还要重新组装调试。

DSR600光电探测器光谱响应度标定系统

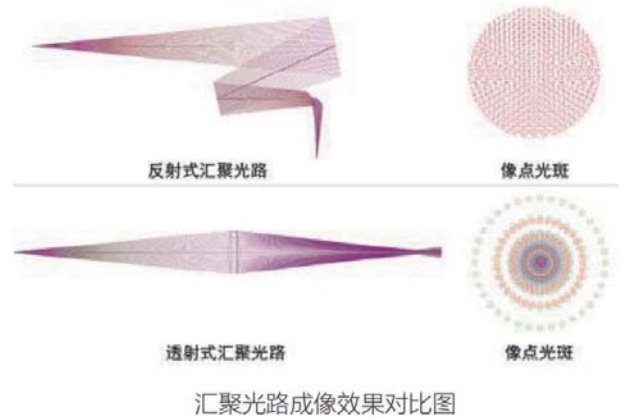
监视光路，方便样品定位

采用监视光路，配合 CCD 相机进行可视化控制，可清楚观察光斑效果，使样品精确定位。



全反射光路设计，优化光斑质量

由于各种光电探测器的光谱响应范围不同，因此好的探测器光谱响应度测量系统应该是宽光谱范围的，这样才能具备较强的通用性。在宽光谱范围的光学设计透射光路存在影响光束质量和光斑品质的重要因素色差，色差源自于不同波长的单色光在光学材料中的折射率不同，波长范围越宽，色差越明显。而在反射式光学系统中根本不涉及折射，所以不存在色差的问题。色差会改变探测光斑的大小，使不同波长感光的探测器面发生变化，由于探测器表面不均匀，会引入系统偏差，尤其是测量小面积探测器时，光斑变大照射到光敏面以外时，测量结果会产生很大的偏差。



汇聚光路成像效果对比图

适用光电探测器类型：

- 光伏型器件：利用半导体PN结光伏效应制成的器件称为光伏探测器，也称结型光电器件。这类器件品种很多，其中包括：光电二极管、光电晶体管、光电场效应管、PIN管、雪崩光电二极管、光可控硅、阵列式光电器件、象限式光电器件、位置敏感探测器（PSD）、光电耦合器件等；
 - 光电导探测器：利用半导体材料的光电导效应制作的探测器。所谓光电导效应，是指由辐射引起被照射材料电导率改变的一种物理现象。
- 光电探测器按器件尺寸分为：**宏观器件、微纳器件；
- 宏观器件（mm级别以上），主要有：PN结光伏型器件、ZnO半导体等器件
 - 微纳器件（ μm 、nm级），主要有：低维材料（一维、二维等）ZnO、AlN、AlNGa等宽禁带半导体材料。TFT薄膜晶体管等

DSR600光电探测器光谱响应度标定系统

光源介绍

卓立汉光根据样品光谱相应范围选择适合的光源，如 EQ 光源，氙灯光源，氙灯溴钨灯符合光源。

EQ光源



EQ-99 lamp house with power supply

特点:

- 光谱范围宽：190-2100nm宽光谱范围；
- 光源本身发光点小，百微米级别；
- 紫外波段亮度高；
- 寿命长，理论寿命可达9000h；
- 体积小，重量轻；散热好；

氙灯光源



特点:

- 光谱范围宽：250-2000nm宽光谱范围；
- 光源本身发光点较小，mm级别；
- 总功率大，亮度高；适合紫外-可见-近红外光谱测试；
- 灯泡更换简单，成本低；

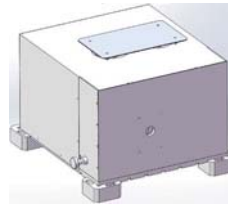
氮化硅红外光源（型号：LSSiN-40）



SiN光源 特点:

- 光谱范围宽：1-12 μ m宽光谱范围；
- F数与单色仪完全匹配；
- 全镀金反射镜，总反射率 >96%；
- 预留光学斩波器空间；

氙灯卤素灯双光源



特点:

- 光谱范围：250-2400nm
- 适合紫外、可见、近红外，且可见、近红外波段光谱平滑
- 灯泡更换简单，成本低。

大孔径黑体光源



特点:

- 温度范围：300-1500 $^{\circ}$ C
- 孔径：38mm或者58mm
- 稳定性：0.3K
- 分辨率：0.1K

DSR600光电探测器光谱响应度标定系统

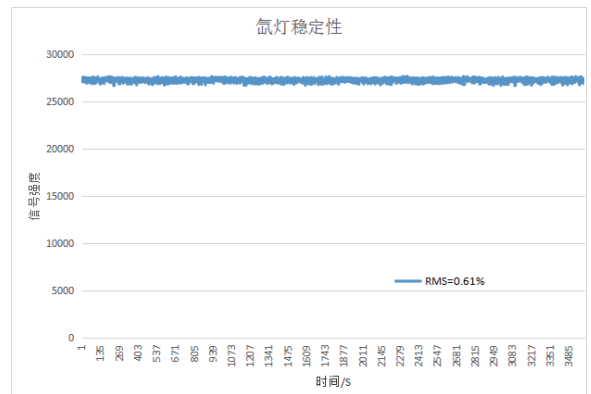
样品室介绍:

- 支持CCD监控样品位置;
- 支持CCD检测样品扎探针;
- 支持引入一路光纤激光器;
- 真空吸附样品台;
- 高精度探针座, 三同轴电缆减小外界干扰影响;
- 支持数采: 锁相放大器, keithley2400, keithley2612B, keithley2636B, DCS300PA等数采;



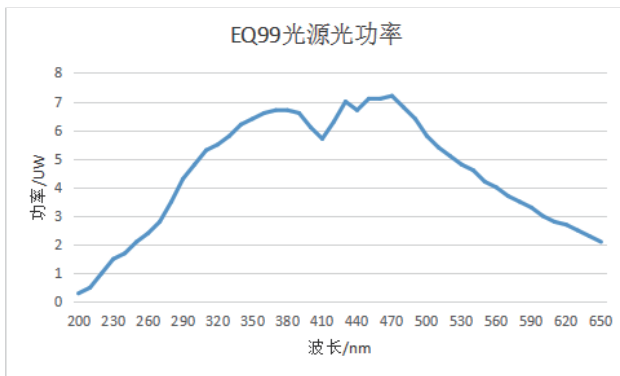
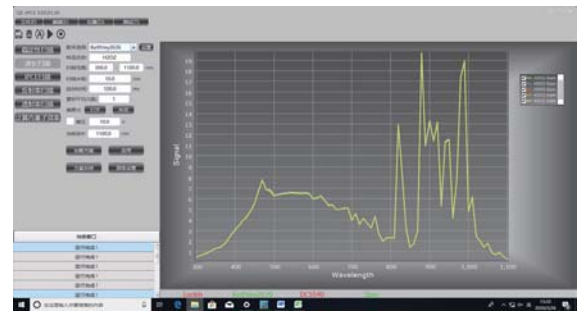
高稳定性光源, 降低背景噪声影响

尽管采用调制法可以降低系统杂散光和背景噪声对测量的影响, 但光源本身的波动依然无法消除。因此, 在采用调制法的系统中, 光源稳定性反而成为系统噪声的主要来源。DSR600 采用高稳定性的光源来保证系统的高重复性。上图是典型的光源相对强度的稳定度测量数据。

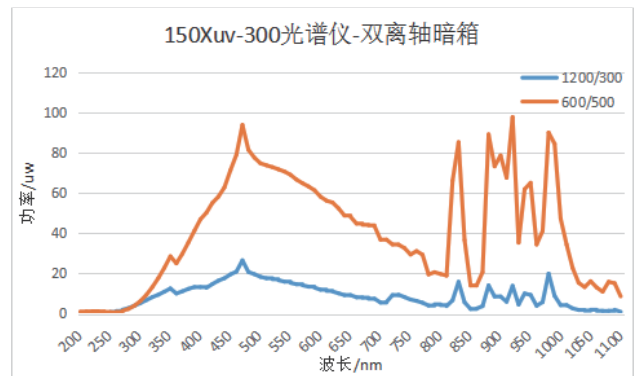


标准测量软件

- 测试数据自动保存TXT格式;
- 选择样品类型保存数据;
- 保存TXT, EXCel等类型数据;
- 可以保存多个测试方案;
- 自动添加偏压;
- 手动选择是否显示测试数据;



测试条件: EQ99光源光功率, 使用300mm焦距光谱仪, 0.5mm出口圆孔光阑



测试条件: 150W紫外氙灯光源, 使用300mm焦距光谱仪, 0.5mm出口圆孔光阑

DSR600光电探测器光谱响应度标定系统

产品选型：

型号说明：

DSR600-X X X X-XX



规格型号

型号DSR600-	3112	3111	3121	3111-DUV
实际使用光谱范围	300-1100nm (1700nm)		400-1100nm (1700nm)	200-1100nm (1700nm)
光源	150W氙灯		250W溴钨灯	EQ光源
数采	2400	锁相	锁相	锁相
光路类型	双离轴抛物面镜，光斑1mm			

型号		DSR600-3111	DDSR600-3121
光源		氙灯	溴钨灯
重复性	200-400nm	≤2%	-
	400-1000nm	≤1%	≤1%
	1000-1700nm	≤2%	≤2%
测试条件		重复性数据均在峰值波长接近探测器饱和值情况下测量获得,且探测器采用我公司各个波段对应的标准探测器。	
*小光斑		≤Φ1mm	

附件选型列表：

型号	名称	备注
OPE-B2	铟镓砷探测器	西安应用光学研究所标定证书, 标定范围900-1700nm
OPE-B3	硅探测器	中国计量科学研究院标定证书, 标定范围300-1100nm
OPE-B3-UV	硅探测器	中国计量科学研究院标定证书, 标定范围200-1100nm
OPE-AC-A	交流测试附件	包含截止直流功能的电流-电压放大器
OPE-AC-B	交流测试附件	包含常规电流-电压放大器
OPE-F4-20	20um真空吸附探针台	 1,磁力吸附探针座2个,行程12mm,调节精度10um; 2,漏电精度100PA; 3,探针直径20um:
OPE-F4-10	10um真空吸附探针台	 1,磁力吸附探针座2个,行程12mm调节精度0.7um; 2,漏电精度1PA; 3,探针直径10um:

需要其他直径探针咨询销售。

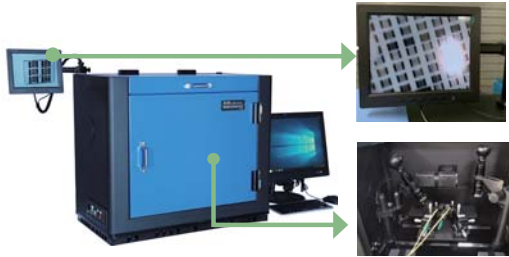
Keithley2600系列源表的参数：

性能/源表	Keithley2400	keithley2612B	keithley2636B
量程	100uA/1A	100nA/1A	1nA/1A
最小信号	100nA	1nA	10PA
本地噪音	100na	100pa	1pa
分辨率	10Pa	100fa	10fa
功率	20W	200W	200W
最大电压	200V	200V	200V
通道数	1	2	2

DSR600光电探测器光谱响应度标定系统

样品室

双离轴抛物镜样品室



特点:

- 双离轴抛物镜空间光路，通光量高，不同波长探测光斑大小不变
- 相机监控，方便探针点触
- 探针台位置卡槽，同时可以扩展太阳能电池QE的测量

显微光路样品室



特点:

- 反射式长焦物镜，无色差
- 同轴监控相机
- 微米级探针，pA级漏电精度
- 光斑尺寸小于50 μ m
- 可以扩展荧光、拉曼的测量功能

SRS-SR570低噪声电流放大器



原装进口自美国SRS公司产品

主要规格指标:

- 输入噪声: 5 fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- 频率响应范围: DC-1MHz
- 最大输入信号: $\pm 5\text{mA}$
- 灵敏度: 1 pA/V-1 mA/V
- 提供输入信号偏置设定, 最大 $\pm 5\text{V}$
- 最大输出信号: $\pm 10\text{V}$

DCS500PA 高性能数字锁相放大数据采集单元



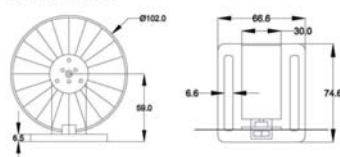
主要特性

- 差动式或单端式输入模式
- 电流或电压信号输入模式
- 1nV至1V的增益设置范围 (满档量程范围)
- 50mHz至120kHz频率响应范围
- 时间常数范围: 10 μ s至3ks
- 动态储备: >100dB
- 计算机接口: USB, RS-232
- 低噪声的电流电压输入
- 动态储备大于100dB
- 共模抑制比大于100dB

DCS540 光学斩波器



斩波片机械尺寸图



主要特性

- 20Hz~ 5 KHz斩波频率
- TTL/COMS电平输入输出
- 2.4英寸液晶显示
- 单光电编码器旋钮操作
- 开放式叶片
- 配上位机控制软件

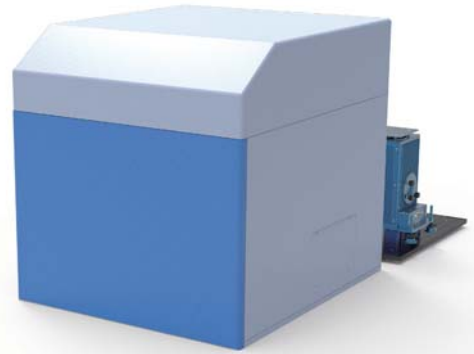
高精度数字源表



高精度数字源表既可以作为精确的电压或电流源，也具备测量电压和电流的能力。这一特性恰好适于与太阳能电池伏安特性测试应用。

- 5位半高精度测量
- 最大电流1A
- 最大电压20V
- 电流/电压分辨率可低至1pA/100nV
- 快速数据采集至1700点/s
- 数字I/O端口
- GPIB或RS232接口
- LabVIEW驱动
- 支持26系列源表

DSR300微纳器件 光谱响应度测试系统



DSR300 系列微纳器件光谱响应度测试系统是一款专用于低微材料光电测试的系统。其功能全面，提供多种重要参数测试。系统集成高精度光谱扫描，光电流扫描以及光响应速率测试。40 μ m 探测光斑，实现百微米级探测器的绝对光谱响应度测量。超高稳定性光源支持长时间的连续测试，丰富的光源选择以及多层光学光路设计可扩展多路光源，例如超连续白光激光器，皮秒脉冲激光器，半导体激光器，卤素灯，氙灯等，满足不同探测器测试功能的要求。是微纳器件研究的优选。

主要技术参数

光源

氙灯光源	超连续白光光源A	连续激光器	皮秒脉冲激光器
光谱范围: 250-1800nm 不稳定性: < 1%	光谱范围: 400-2400nm 频率: 0.01-200MHz 脉宽: 100ps	波长: 405nm, 532nm, 633nm, 808nm, 980nm可选; 不稳定性: < 1%	波长: 375nm, 405nm, 488nm, 785nm, 976nm可选, 脉宽: 100ps; 频率: 1-20M Hz

显微镜头

10倍 (标配)	50倍消色差物镜	15倍-紫外物镜	50倍紫外物镜	40倍反射式物镜
工作距离>17mm NA值: 0.42 光谱范围: 350-800nm	工作距离>17mm NA值: 0.42 光谱范围: 480-1800nm	工作距离>8.5mm NA值: 0.32 光谱范围: 250-700nm	工作距离>12mm NA值: 0.42 光谱范围: 240-500nm	工作距离>7.8mm NA值: 0.5 光谱范围: 200nm-20um

数采

锁相放大器	keithley2612B	keithley2636B
斩波频率: 20Hz~1KHz; 频率漂移: < 1%; 电压输入模式: 单端输入或差分输入; 电压、电流两种输入模式; 满量程灵敏度: 1nV至1V; 电流输入增益: 106或108V/A; 动态储备: > 100dB; 单通道显示, 显示X、Y、R、 θ 值;	量程: 100nA/1A 最小信号: 1nA 本地噪音: 100pa 分辨率: 100fa 通道数: 2	量程: 1nA/1A 最小信号: 10pA 本地噪音: 1pa 分辨率: 10fa 通道数: 2

制冷样品台

温度范围: -196 $^{\circ}$ C-600 $^{\circ}$ C, (-196 $^{\circ}$ C需要选择专用冷却系统) 全程温度精度/温度性: 0.1 $^{\circ}$ C/< 0.01 $^{\circ}$ C 光孔直径: 2.4mm 样品区域面积: 直径22mm 两个样品探针, 1个LEMO接头 (可增加至1探针) 工作距离: 4.5-12.5mm 气密样品腔室, 可充入保护性气体, 独立温度控制
--

功能:

- 光谱响应度
- 外量子效率
- 单色光/变功率IV;
- 不同辐照度IT曲线 (分辨率200ms)
- 不同偏压下的IT曲线
- LBIC, Mapping
- 线性度测试
- 响应速率测试

光谱仪

300mm焦距C-T光谱仪

光谱仪分辨率: 0.1nm; 波长准确度: \pm 0.2nm
波长重复性: \pm 0.1nm; 扫描步距: 0.005nm
光谱范围200-2000nm; 6档自动滤光片轮,
圆孔抽拉式固定狭缝, 孔径0.2mm, 0.5mm, 1mm,
1.5mm, 2mm, 2.5mm, 3mm;
内置电动机械快门, 软件控制快门开关;
杂散光抑制比: 10^{-5}

探针台配置

4个探针座, 配20/10微米针尖探针
2米三同轴电缆, 漏电流小于1pA。
真空吸附样品台,
探针座: X Y Z方向, 12mm调节行程, 0.75 μ m
调节分辨率, 0-30 $^{\circ}$ 调节探针角度

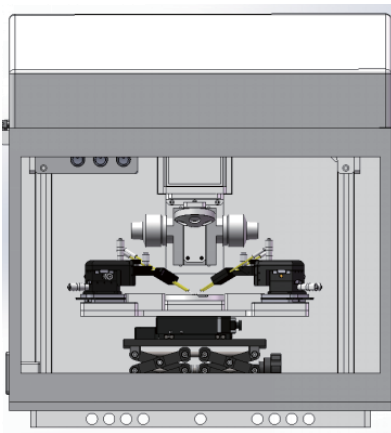
LBIC Mapping

XY方向行程50mm, 分辨率5 μ m, (1 μ m可选),
扫描点间距: 最小1 μ m

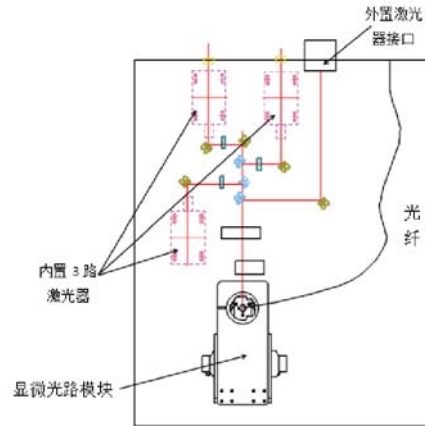
响应速率测试

示波器型号: MDO32
模拟带宽100MHz
采样率5GS/s
记录长度10M
时间范围: μ S-S, 需要配合调制激光器使用
时间范围: 10nS-S, 需要配合皮秒脉冲激光器使用

DSR300微纳器件光谱响应度测试系统

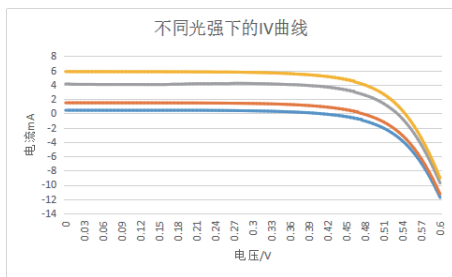


三维可调高稳定探针台结构，方便样品位置调节。

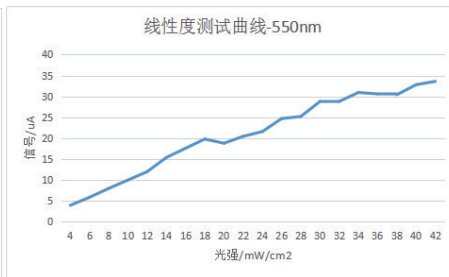


内置三路半导体激光器或者两路光纤激光器，外置一路万能激光光路。可以引入可调单色光源，进行全光谱范围的光谱响应度测试。

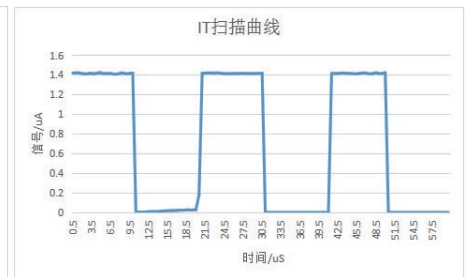
测试功能曲线：



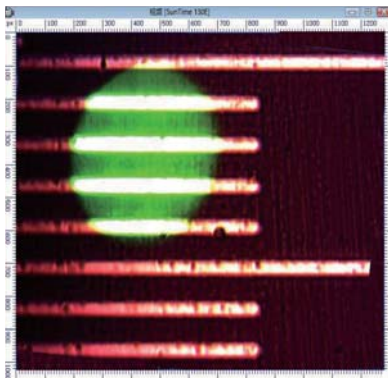
不同功率下的IV曲线



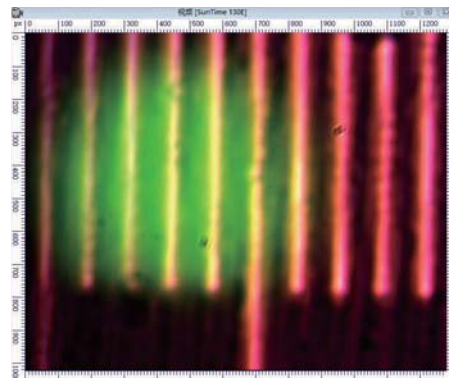
线性度测试曲线



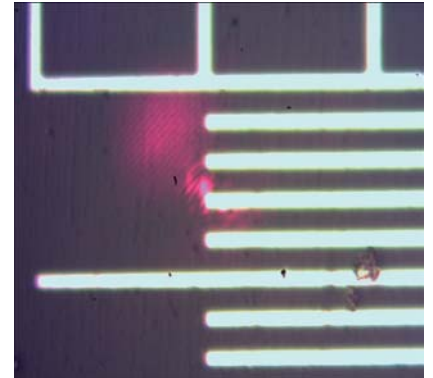
寿命测试曲线（上升时间，下降时间）



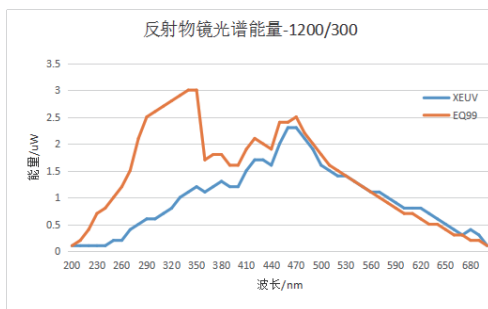
40um光斑@550nm@50倍物镜200um光纤



70um光斑@550nm@50倍物镜400um光纤



5um光斑@375nm皮秒激光器@40倍物镜



紫外增强氙灯和 EQ99 光源的单色光能量曲线，使用 40 倍反射式物镜，300mm 焦距光谱仪，光谱仪使用 1200 刻线 300nm 闪耀光栅，光斑直径大小 80um。

DSR900相机特性参数测试系统

卓立汉光的 DSR900 系列相机特性参数测试系统是一种先进的多功能测试工具，可对 CCD 和 CMOS 相机以及成像传感器进行完整控制和评估。该系统符合欧洲机器视觉协会（EMVA）1288 标准，以及 GB/T 17444-2013 国内标准，满足可见以及红外相机的全部测量要求。使其成为制造商和最终用户评估和分析高端成像产品的理想解决方案。卓立汉光提供了自动化软件控制，一键完成各种测试并快速获得结果，将评估时间从数小时或数天缩短至数分钟。

系统主要特点

- 测试参数全面
- 符合国际EMVA1288标准，或符合国家GB/T 17444-2013标准；
- 同时满足可见、近红外相机测试要求
- 自动化程度高，“一键式”完成全部图像采集处理并输出标准化的测试报告
- 效率高速度快，一次完整的测试一般不超过5分钟

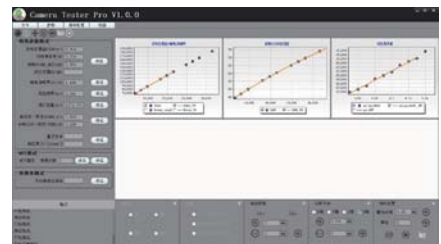
主要测量参数可包括：

量子效率	动态范围	读出噪声
系统增益	最大信噪比	响应度
暗噪声(暗电流)	暗场非一致性	MTF测试
饱和(满阱)容量	响应非一致性	探测率测试 (红外相机)
绝对灵敏度	线性度	缺陷像元的测量
...

系统组成

- 均匀可调单色光源：150W高稳定氙灯光源、低杂散光单色仪及200mm直径积分球
- 白光均匀光源：均匀、强度连续可调，大口径出光口
- 暗室及安装平台：高杂光抑制能力，大空间，电动位移台三维调节
- 完善测试软件：测量参数全面，自动生成测试报告，方便分析
- 相关技术指标数据进行流程化的测试、标定、处理等，图表文件生成、显示、保存

主要配置	规格
均匀可调单色光源	基于氙灯和单色仪及积分球的可调单色光源； 氙灯：150W，光谱范围：200-2500nm，不稳定性小于0.5%，额定电流7.5A，寿命3000h。 光谱仪：焦距320mm，相对孔径F/4.2，分辨率0.08nm@1200刻线光栅，可调带宽范围：0.5-12nm；光谱范围：200-2500nm。杂散光：1×10 ⁻⁵ ，通讯方式USB。 积分球：内径200mm，涂层材料：F4，涂层反射率：大于95%，使用范围：250-2500nm，开口：≥10mm
白光均匀光源	积分球直径最大1100mm，出光口直径：可达100mm，可设计有2-6个卤素灯光源，积分球内壁镀反射涂层（聚四氟乙烯或者PTFE）； 测量范围：340nm-2500nm； 灯泡功率：50W，输入电压：DC12V； 不确定度/确定度等级：250nm-400nm：= (2.1-1.1) % (k=2)；400nm-800nm：Urel= (1.1-0.9) % (k=2)；800nm-2500nm：Urel= (0.9-4.0) % (k=2)
暗室及安装平台	暗室杂光抑制能力：> 10000倍(80dB) @(300nm-1700nm) 暗室体积：≥2000mm×1500mm×1450mm 在暗室里面设计有相应的大行程位移台和升降结构 光轴方向位移台的行程超过100mm，升降台行程为100mm，外部电气接口：有电气接口，电机控制线，相机电源线； 数据采集处理模块中：处理器：FPGA，输出端口包括：RS422、LVDS、Camlink、USB，电压设计通常使用的DC5V/12V/24V，数据采集模块处理频率：30HZ。
测试软件	器件设置：传感器型号、像元数、帧频、积分时间、视场角、坏像元定义； 偏置电压及时钟信号设置； 瞬时噪声和固定图像噪声测量； 响应率、探测率测量； 动态范围和线性度测量； 非均匀性校正； 坏像元定位； 选择所选区域、图像存储； 图像旋转、放大及自动范围 图表文件生成、显示、保存



针对相机参数自主开发测试软件

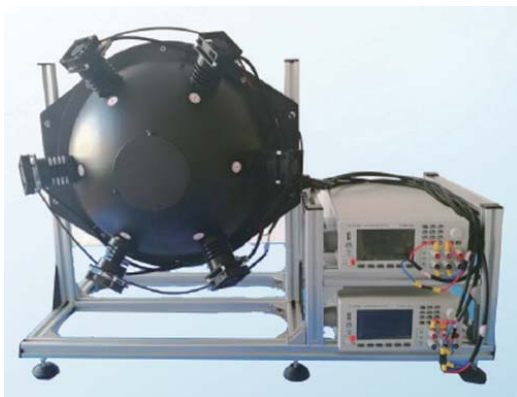
DSR900相机特性参数测试系统



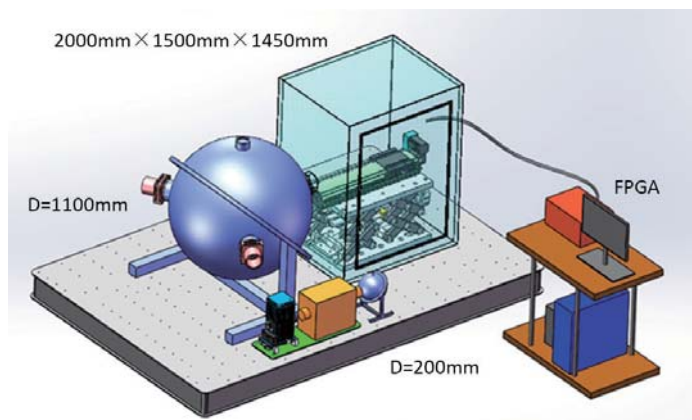
暗室内部：可调单色输出光源



量子产率测试用可调单色光源系统



均匀光源系统



相机综合参数测试结构示意图

显微分光膜厚仪

OPTICAL THICKNESS METER

OP series

All Matters, All Solution.

非接触 · 非破坏 · 显微方式
测量时间 1秒!

In a non-contact non-destructive microscopic
from now Measurement time of 1 second!



嵌入型测试头



自动 XY平台

R&D ! QC ! 植入设备 ! 都可简单实现高精度测量 !

For R&D, For QC, For Built in type, we provide the useful system!

测量目标膜的绝对反射率，实现高精度膜厚和光学常数测试！

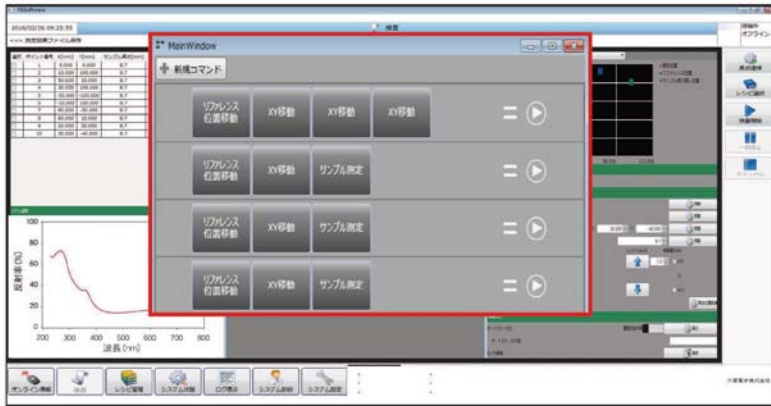
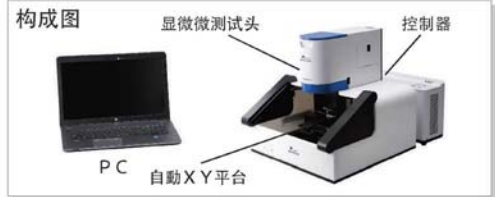
(分光干涉法)

特长 Features

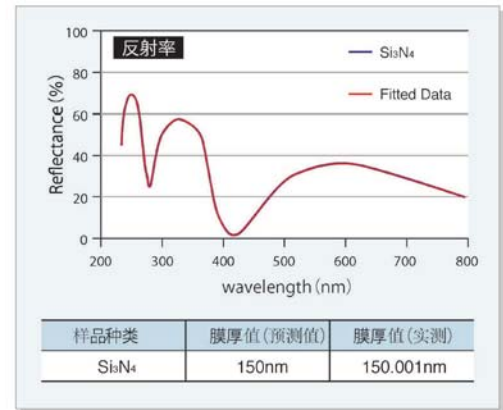
- 膜厚测量中必要的功能集中于头部
- 通过显微分光高精度测量绝对反射率（多层膜厚、光学常数）
- 1点只需不到1秒的高速tact
- 实现了显微下广测量波长范围的光学系（紫外~近红外）
- 通过区域传感器控制的安全构造
- 搭载可私人定制测量顺序的强大功能
- 即便是没有经验的人也可轻松解析光学常数
- 各种私人定制对应（固定平台，有嵌入式测试头式样）

测量项目 Measurement item

- 绝对反射率测量
- 膜厚解析
- 光学常数解析 (n: 折射率, k: 消光系数)



根据试料的形状和部位，可轻松定制测量顺序



式样 Specifications

		OP-A1	OP-A2	OP-A3
波长范围	Wavelength Range	230~800nm	360~1100nm	900~1600nm
膜厚范围*	Film Thickness Range	1nm~35μm	7nm~49μm	16nm~92μm
样品尺寸	Sample Sizes	Max. 200mm×200mm×17mm		
点径	Spot Sizes	φ 5μm (反射40倍镜头), 改造后可达到3μm		
tact time	Measurement Time	1秒/1点		
尺寸	Sizes	本体 (W555×D537×H559mm), 控制单元		(W500×D180×H288mm)
功用	Utilities	750 VA		

※ 上述式样是带有自动XY平台。

※ release时期是 OP-A1 在2016年6月末、OP-A2、OP-A3预定2016年9月。

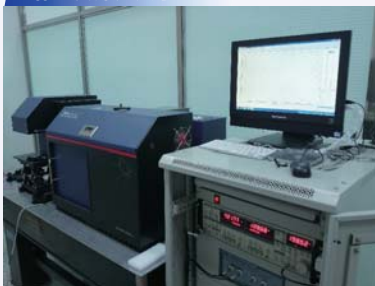
* 膜厚范围是SiO₂换算。

- 记载产品的外观式样和软件，可能由于改良，在未通知的情况下变更。
- 公司名，商品名等是各个公司的商标，登陆商标。
- 禁止转载本式样书中的任何内容

客户案例

兰州大学	量子效率
兰州大学化学学院	量子效率
陕西师范大学	量子效率
西安工程大学	量子效率
中科院兰州化物所	量子效率
宁夏大学	模拟器
西安交通大学	模拟器
中科院兰州化物所	模拟器
昆明理工大学	量子效率
乐山师范学院	量子效率
贵阳理工学院	模拟器
西南大学	模拟器
西南石油大学	模拟器
云南大学	模拟器
南昌大学化学学院	量子效率
广州计量院	模拟器
南方科技大学	模拟器
广东工业大学	太阳能电池
厦门大学九江研究院	探测器
安徽大学	量子效率
常州大学	量子效率
江苏科技大学	量子效率
东南大学	模拟器
南京大学	模拟器
南京工业大学	模拟器
南京理工大学	模拟器
南京信息工程大学	模拟器
上海第二工业大学	模拟器
安阳师范学院	量子效率
北京大学工学院	量子效率
北京工商大学	量子效率
哈尔滨师范大学	模拟器
河南科技大学	模拟器
山东大学晶体研究所	模拟器
武汉数理研究所	模拟器
长春光机所	探测器
苏州科技大学	模拟器
徐州矿业大学	模拟器
中国科学技术大学	模拟器
苏州大学	量子效率
同济大学	量子效率

哈尔滨师范大学



山东大学



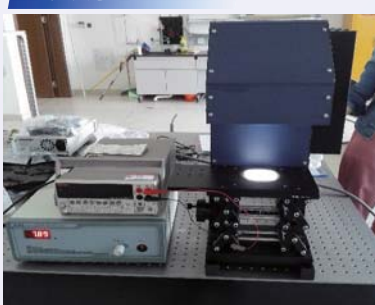
河北科技师范学院



陕西师范大学



南开大学



云南大学



清华大学



北京大学



山东师范大学



西安电子科技大学



现场照片

山东大学



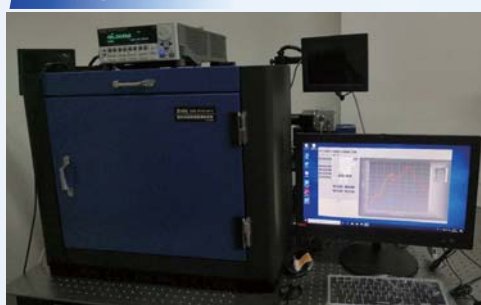
中科院海西研究院



太原理工大学



五邑大学



天津城市建设学院



西安工业大学



相关客户论文列表

- Fan L, Liu S, Lei Y, et al. Unusually Dispersed AgI Quantum Dots For Efficient HTL-Free CH₃NH₃PbI₃ Photovoltaics[J]. ACS applied materials & interfaces, 2019, 11(49): 45568-45577.
- He Z, Xiao B, Liu F, et al. Single-junction polymer solar cells with high efficiency and photovoltage[J]. Nature Photonics, 2015, 9(3): 174.
- Liu J, Lin J, Xue Q, et al. Growth and evolution of solution-processed CH₃NH₃PbI₃-xCl_x layer for highly efficient planar-heterojunction perovskite solar cells[J]. Journal of Power Sources, 2016, 301: 242-250.
- Zhang K, Hu Z, Xu R, et al. High - Performance Polymer Solar Cells with Electrostatic Layer - by - Layer Self - Assembled Conjugated Polyelectrolytes as the Cathode Interlayer[J]. Advanced Materials, 2015, 27(24): 3607-3613.
- Li X, Yu D, Chen J, et al. Constructing fast carrier tracks into flexible perovskite photodetectors to greatly improve responsivity[J]. ACS Nano, 2017, 11(2): 2015-2023.
- Zhao B, He Z, Cheng X, et al. Flexible polymer solar cells with power conversion efficiency of 8.7%[J]. Journal of Materials Chemistry C, 2014, 2(26): 5077-5082.
- Liu P, Dong S, Liu F, et al. Optimizing Light - Harvesting Polymers via Side Chain Engineering[J]. Advanced Functional Materials, 2015, 25(41): 6458-6469.
- Zhong Z, Wang X Y, Zhuang F D, et al. Curved BN-embedded nanographene for application in organic solar cells[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4(40): 15420-15425.
- Xu B, Li Y, Gao Y, et al. Ag-AgI/Bi₃O₄Cl for efficient visible light photocatalytic degradation of methyl orange: The surface plasmon resonance effect of Ag and mechanism insight[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2019, 246: 140-148.
- Li X, Yu D, Cao F, et al. Healing all - inorganic perovskite films via recyclable dissolution–recrystallization for compact and smooth carrier channels of optoelectronic devices with high stability[J]. Advanced Functional Materials, 2016, 26(32): 5903-5912.
- Rui M, Li X, Gan L, et al. Ternary Oxide Nanocrystals: Universal Laser - Hydrothermal Synthesis, Optoelectronic and Electrochemical Applications[J]. Advanced Functional Materials, 2016, 26(28): 5051-5060.
- Wu S, Xiao B, Zhao B, et al. High Sensitivity Polymer Visible - Near Infrared Photodetectors via an Inverted Device Structure and Manipulation of Injection Barrier Height[J]. Small, 2016, 12(25): 3374-3380.
- Zeng J, Li X, Wu Y, et al. Space - Confined growth of CsPbBr₃ film achieving photodetectors with high performance in all figures of merit[J]. Advanced Functional Materials, 2018, 28(43): 1804394.
- Liu P, Zhang K, Liu F, et al. Effect of fluorine content in thienothiophene-benzodithiophene copolymers on the morphology and performance of polymer solar cells[J]. Chemistry of Materials, 2014, 26(9): 3009-3017.
- Wang W, Zhao Q, Li H, et al. Transparent, double - sided, ITO - free, flexible dye - sensitized solar cells based on metal wire/ZnO nanowire arrays[J]. Advanced Functional Materials, 2012, 22(13): 2775-2782.
- Li H, Zhao Q, Wang W, et al. Novel planar-structure electrochemical devices for highly flexible semitransparent power generation/storage sources[J]. Nano Energy, 2013, 13(3): 1271-1277.
- Zhong P, Ma X, Chen X, et al. Morphology-controllable polycrystalline TiO₂ nanorod arrays for efficient charge collection in dye-sensitized solar cells[J]. Nano Energy, 2015, 16: 99-111.
- Shi C, Dong H, Zhu R, et al. An “all-in-one” mesh-typed integrated energy unit for both photoelectric conversion and energy storage in uniform electrochemical system[J]. Nano Energy, 2015, 13: 670-678.
- Zhao Y, Zhao Y, Zhou W, et al. In situ cesium modification at interface enhances the stability of perovskite solar cells[J]. ACS applied materials & interfaces, 2018, 10(39): 33205-33213.
- Li Q, Zhao Y, Fu R, et al. Enhanced long-term stability of perovskite solar cells using a double-layer hole transport material[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2017, 5(28): 14881-14886.
- Li Q, Zhao Y, Fu R, et al. Efficient Perovskite Solar Cells Fabricated Through CsCl - Enhanced PbI₂ Precursor via Sequential Deposition[J]. Advanced Materials, 2018, 30(40): 1803095.

应用文章

SCS系列量子效率测量系统主要应用与特点介绍

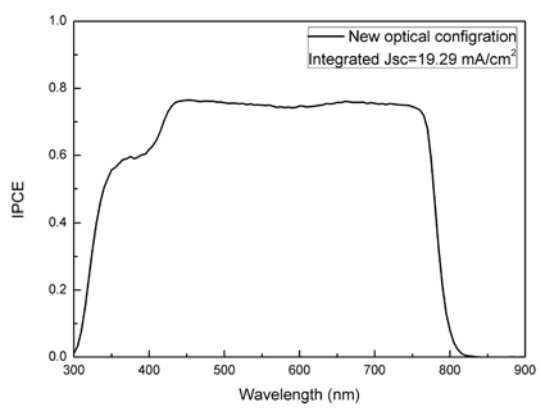
钙钛矿太阳能电池测试

钙钛矿（PVK）太阳能电池是目前科研太阳能电池领域最热门的太阳能电池种类之一。这种新型的太阳能电池采用了具有类似于钙钛矿种类结构材料作为光吸收层。目前最高的钙钛矿太阳能电池效率已经可以比拟晶体硅太阳能电池。

由于目前钙钛矿太阳能电池可能存在响应速度慢或响应度线性度不均等问题，故对于钙钛矿太阳能电池非常适合采用交、直流测试系统，配合偏置光进行量子效率的测试。



钙钛矿电池样品结构图



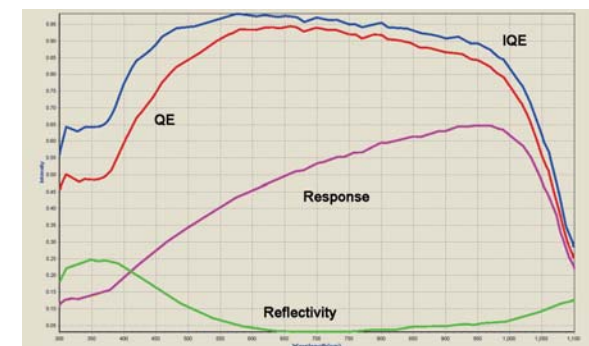
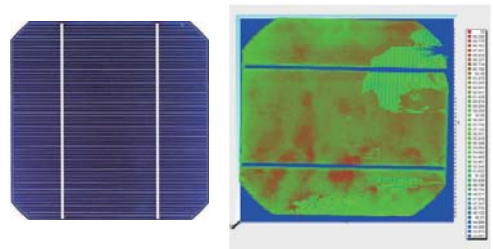
- 样品概述：
钙钛矿太阳能电池 2mmX2mm
- 测试条件：
光谱范围：300-850nm
测试光斑：Φ1mm
测试模式：直流测试
环境温度：25 ± 1℃
- 测试项目：
光谱响应度、外量子效率

晶体硅太阳能电池测试

晶体硅太阳能电池目前主要包括单晶硅、多晶硅电池，其特点是性能稳定、市场化工艺成熟，常规样品尺寸为 125mm 或 156mm 的方形电池片。目前 QE 系统用于工业化产品检测的主要是针对此类应用，可通过内外量子效率、反射率等参数分析电池片性能和均匀性，有助于成品效率提升。

针对此类应用，选择快速 Mapping 扫描功能，可以提供和分析快速 mapping 测试可以提供缺陷相关 LBIC 影像图。

晶体硅太阳能电池通常测试外量子效率、反射率、内量子效率以及表面均匀性（mapping 扫描）。



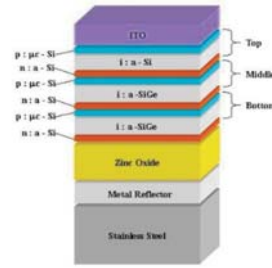
- 样品概述：
晶体硅电池 156mm × 156mm
- 测试条件：
光谱范围：300~1100nm 调制频率：170Hz 环境温度：25 ± 1℃
测试光斑：Φ10mm 时间常数：100ms
- 测量项目：
光谱响应度、外量子效率、反射率、内量子效率、短路电流密度。
- Mapping测试条件
室温、扫描步长 1mm、扫描时间 5min、测试波长 550nm。

非晶硅薄膜太阳能电池测试

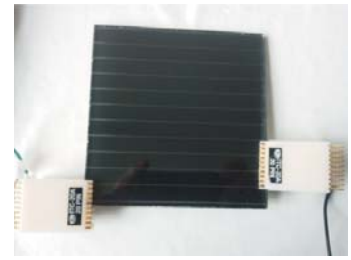
非晶硅薄膜太阳能电池是目前市场上少数具有能力挑战晶硅电池主流地位的电池种类。它的主要特点是成本低廉，非常有利于太阳能的普及。

非晶硅薄膜太阳能电池可以分为单结、双结和三结等，每一个PN结都可以看做一个子电池。因此在测量时应注意采用偏置光进行配合才能得到正确的结果。

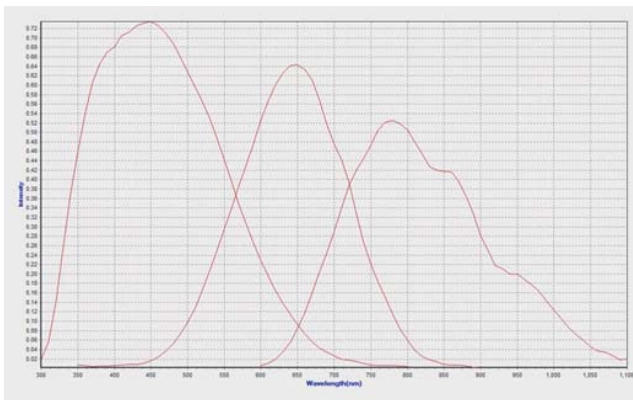
非晶硅薄膜太阳能电池通常测量外量子效率，多结电池需要测每个PN结的量子效率和短路电流密度。



三结非晶硅薄膜太阳能电池结构图



非晶硅薄膜太阳能电池样品实物图



■ 样品概述:

多结薄膜电池（非晶 / 微晶 / 微晶锗硅）100mm × 100mm

■ 测试条件:

光谱范围：300~1100nm 时间常数：300ms
 测试光斑：Φ2.5mm 蓝光、红光偏置
 调制频率：180Hz 环境温度：25 ± 1℃

■ 测量项目:

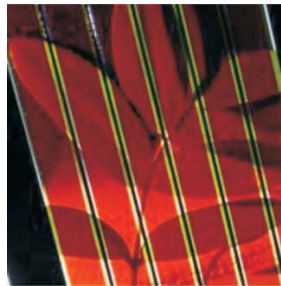
子电池的外量子效率、短路电流密度

染料敏化太阳能电池测试

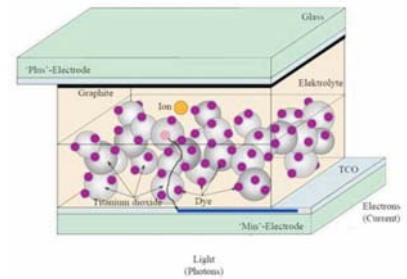
染料敏化太阳能电池（DSSC）是目前科研单位研究最多的一种太阳能电池，它通过染料吸收太阳光，在染料与纳米晶体的界面处产生自由电荷，然后通过外电路将电能导出。

染料敏化太阳能电池的响应速度很慢，因此在进行QE测试的时候应特别注意，通常采用直流方法测量。在特定的条件下，也可以采用交流方法测量。

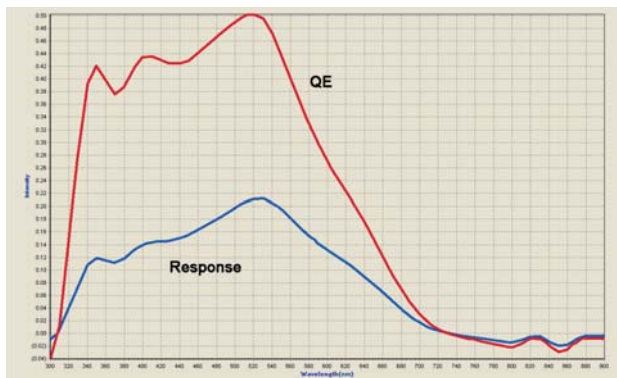
染料敏化太阳能电池通常只测量外量子效率。



染料敏化太阳能电池样品实物图



染料敏化太阳能电池样品结构图



■ 样品概述:

染料敏化太阳能电池 10mm × 10mm

■ 测试条件:

光谱范围：300~800nm 直流测试模式
 测试光斑：Φ1.5mm 环境温度：25 ± 1℃

■ 测量项目:

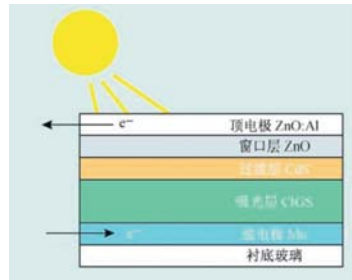
光谱响应度、IPCE（外量子效率）

铜铟镓硒太阳能电池测试

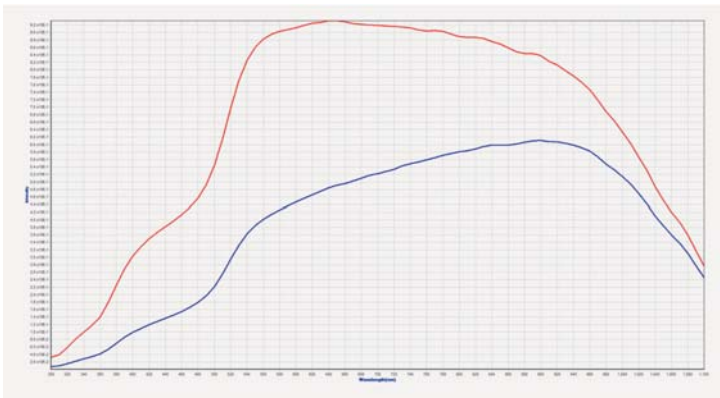
铜铟镓硒（CIGS）太阳能电池是已经初步市场化的一种新兴太阳能电池，其制备工艺特别适合批量生产，非常有潜力，但制备工艺还可以进一步完善。

铜铟镓硒太阳能电池的光谱范围比较宽，在条件允许的情况下，建议测到 1400nm。

铜铟镓硒太阳能电池通常测量外量子效率、反射率、内量子效率。



铜铟镓硒电池结构图



■ 样品概述：

CIGS 太阳能电池 30mm × 30mm

■ 测试条件：

光谱范围：300~1400nm

时间常数：100ms

测试光斑：Φ2.5mm

环境温度：25 ± 1℃

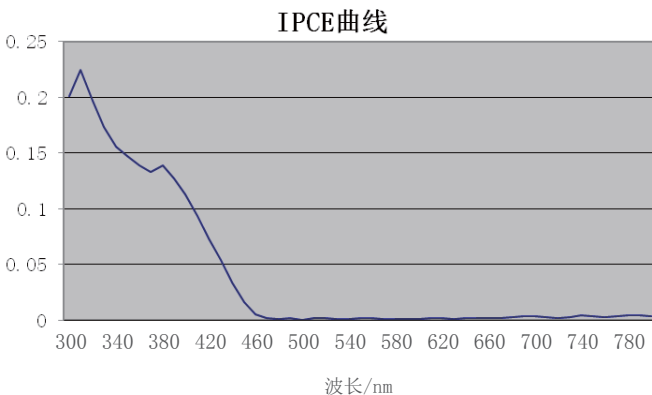
调制频率：113Hz

■ 测量项目：

外量子效率、内量子效率

光电化学样品测试

光电化学电池样品的测试，一般测试的是样品的量子效率曲线峰值与对应的截止波长，这样可以得知样品最大的响应光谱以及计算得到样品的能带间隙。



■ 样品概述：

三氧化钨（WO₃）外量子效率测试

■ 测试条件：

光谱范围：300-800nm

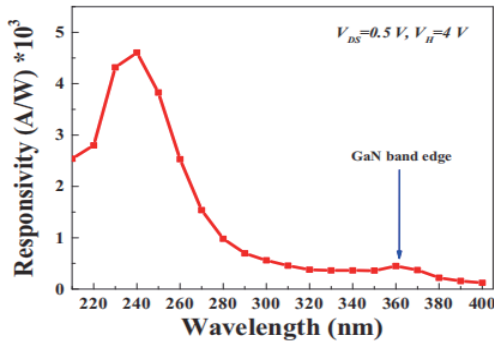
工作电极：WO₃

对电极：Pt 电极

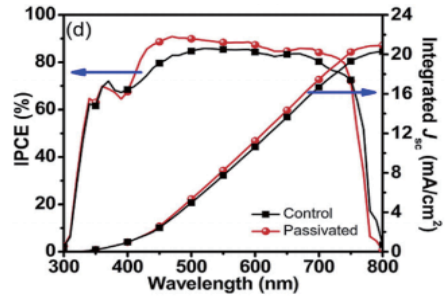
参比电极：AgCl 电极

电解液：0.2Mol Na₂SO₄ 溶液

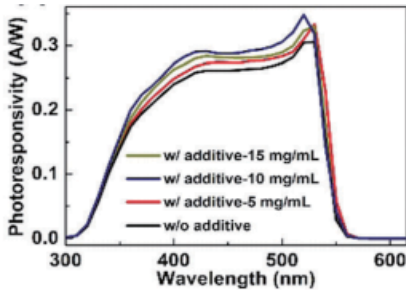
探测器标定系统客户测试案例



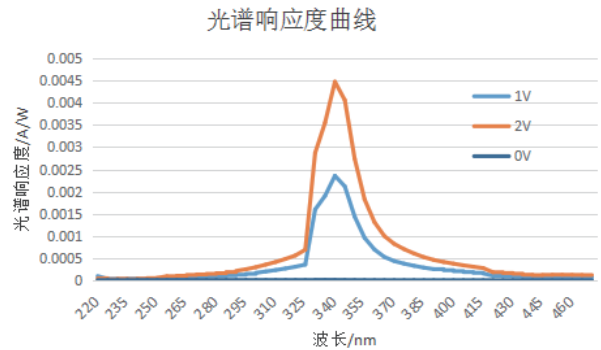
AlGaIn/GaN HEMT 紫外探测器 (V_{DS}=0.5V;V_H=4V) ①



钙钛矿IPCE曲线②



CsPbBr₃探测器光谱响应度



不同偏压下光谱响应度

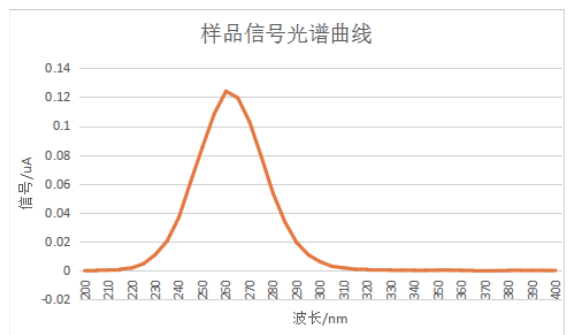
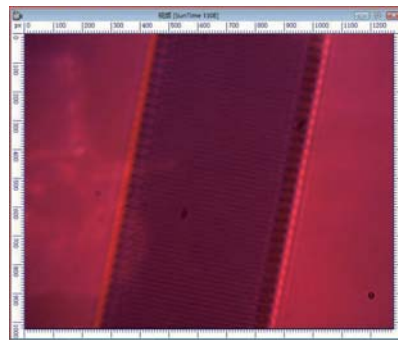
参考文献:

- ① "Suspended tungsten trioxide(WO₃)gate AlGaInGaN heterostructure deep ultraviolet detectors with integrated micro-heater" Vol. 27, No. 25 / 9 December 2019 / Optics Express
- ② "Enhanced efficiency and light stability of planar perovskite solar cells by diethylammonium bromide induced large-grain 2D/3D hybrid film" Organic Electronics 67 (2019) 101–108
- ③ "Sacrificial additive-assisted film growth endows self-powered CsPbBr₃ photodetectors with ultra-low dark current and high sensitivity" J. Mater. Chem. C, 2020, 8, 209--218

维纳器件光谱响应度测试系统测试案例

样品:

- 光源: EQ99光源
- 数采: Keithley2400
- 光路: 10倍显微物镜
- 波长范围: 200-400nm



a.监控CCD下观察的样品图片(宽度100μm); b.样品信号曲线

助力钙钛矿太阳能电池技术新发展

—卓立汉光太阳能电池测试系统解决方案

钙钛矿太阳能电池简介

太阳能电池是通过光电效应或者光化学效应直接把光能转化成电能的装置。简单的说，太阳光电的发电原理，是利用太阳能电池吸收 400nm~1100nm 波长（针对硅晶）的太阳光，将光能直接转变成电能输出的一种发电方式。

太阳能技术发展大致经历了三个阶段：第一代太阳能电池主要指单晶硅和多晶硅太阳能电池，其在实验室的光电转换效率已经分别达到 25% 和 20.4%；第二代太阳能电池主要包括非晶硅薄膜电池和多晶硅薄膜电池。第三代太阳能电池主要指具有高转换效率的一些新概念电池，如染料敏化电池、量子点电池以及有机太阳能电池等。

钙钛矿型太阳能电池（perovskite solar cells），是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料的太阳能电池，属于第三代太阳能电池，也称作新概念太阳能电池，是《科学》杂志评选的 2013 年度十大科技突破之一，是一种有望进一步降低光伏发电价格的新型光伏体系。目前钙钛矿太阳能电池发展现状良好，但仍有若干关键因素可能制约钙钛矿太阳能电池的发展，其中最关键问题之一是电池的稳定性问题。

钙钛矿电池技术新发展—新型钝化技术

近年来，金属卤化物钙钛矿太阳能电池（PSCs）的能量转化效率显著提高，从 2009 年的 3.8% 提升至 2018 年的 23.7%，这得益于钙钛矿电池吸光系数高、载流子迁移率高、载流子寿命长等令人着迷的光学和电子特性。不仅如此，制作工艺简单、材料成本低廉，也使它成为目前最有应用前景的新型太阳能电池器件之一。然而，研究人员发现无机-有机混合型钙钛矿甲胺铅碘（MAPbI₃）材料对于水、氧非常敏感。除此之外，钙钛矿太阳能电池各功能层之间存在界面缺陷，这些缺陷会引起钙钛矿分解，降低器件的稳定性，加速器件老化。因此，如何减少或钝化器件中的缺陷对于制备高性能、高稳定性电池至关重要。

根据不同的钝化位置和钝化目的，对钙钛矿太阳能电池的钝化技术可以分为以下几类：

电子传输层与钙钛矿层

大多数高性能的钙钛矿太阳能电池采用 TiO₂ 作为电子传输层，但 TiO₂ 是很好的光催化剂，会加速器件性能衰减。可以通过物理隔离电子传输层和钙钛矿层，提高器件的稳定性。同时，TiO₂ 与钙钛矿层的缺陷可能导致器件的光伏回滞特性，采用 I 主族金属元素、氯化物、聚合物掺杂等方法可以减少激子复合和回滞。

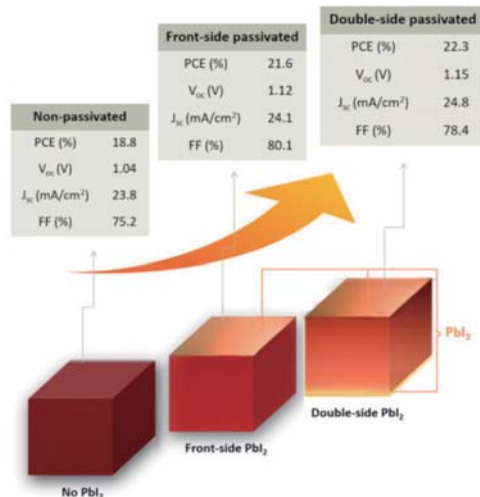
钙钛矿层和空穴传输层

钙钛矿层和空穴传输层之间由于悬空键的存在，钙钛矿表面存在大量缺陷，激子复合率高。通过在两层间加入一超薄的 PMMA 层或 Al₂O₃ 层，可以有效钝化界面，阻挡激子复合并提升器件性能。

钙钛矿层本身

在钙钛矿层中加入含阳离子的憎水大分子，保护钙钛矿层，避免水汽侵入，从而提升钙钛矿太阳能电池的湿稳定性。

北京大学物理学院的赵清教授课题组在之前发展的籽晶诱导的基础上，进行了系统的界面优化，通过分别控制有机胺盐（NH₂CHNH₂/CH₃NH₃Br）在碘化铅（PbI₂）上的反应深度，钙钛矿的分解程度，以及钙钛矿表面的溶剂处理，实现了钙钛矿薄膜的顶部、底部以及晶界处 PbI₂ 的形成这一系列的钝化。得到稳态输出效率超过了 22%，稳态开路电压 1.15V（相对于带隙宽度损耗仅为 0.38V）的钙钛矿电池，基本为 1.53eV 带隙钙钛矿电池的最低开路电压损失。通过时间分辨的荧光检测以及详细的阻抗谱分析，证实 PbI₂ 和钙钛矿的界面是一个缺陷非常少的界面，几乎可以和 Si/SiO₂ 界面相媲美。（相关工作发表在 Solar RRL（DOI: 10.1002/solr.201800296）上。）

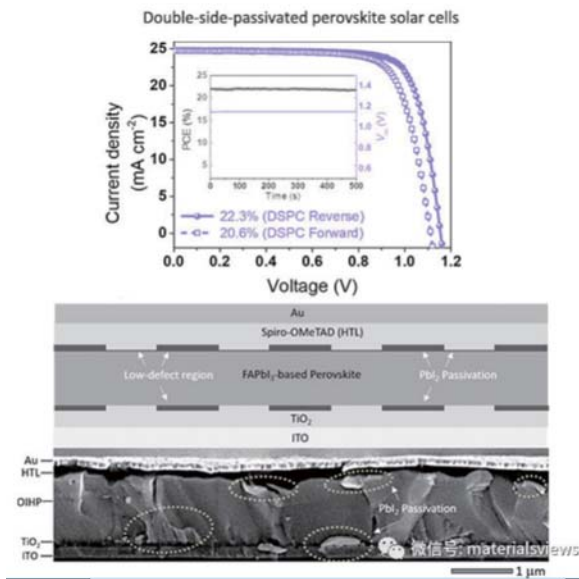


非钝化、单面钝化与双面钝化对比图

助力钙钛矿太阳能电池技术新发展—卓立汉光太阳能电池测试系统解决方案

中科院化学研究所胡劲松研究员课题组与于贵研究员课题组及天津大学化工学院冯亚青教授课题组合作发表了题为“High-Mobility Hydrophobic Conjugated Polymer as Effective Interlayer for Air-Stable Efficient Perovskite Solar Cells”的文章。本文介绍了一种通过引入高迁移率疏水共轭高分子界面层来解决空穴传输层添加剂导致器件不稳定问题并同时改善器件转换效率的方法。研究人员在钙钛矿太阳能电池的钙钛矿层与传统空穴传输层（Spiro-OMeTAD）间引入一种具有高迁移率的疏水共轭高分子（PD-10-DTTE-7）界面层，显著提高了钙钛矿太阳能电池的空气稳定性和光电转换效率（相关工作在线发表在 Solar RRL (DOI: 10.1002/solr.201800232) 上)

中科院化学研究所胡劲松研究员课题组与于贵研究员课题组及天津大学化工学院冯亚青教授课题组合作发表了题为“High-Mobility Hydrophobic Conjugated Polymer as Effective Interlayer for Air-Stable Efficient Perovskite Solar Cells”的文章。本文介绍了一种通过引入高迁移率疏水共轭高分子界面层来解决空穴传输层添加剂导致器件不稳定问题并同时改善器件转换效率的方法。研究人员在钙钛矿太阳能电池的钙钛矿层与传统空穴传输层（Spiro-OMeTAD）间引入一种具有高迁移率的疏水共轭高分子（PD-10-DTTE-7）界面层，显著提高了钙钛矿太阳能电池的空气稳定性和光电转换效率（相关工作在线发表在 Solar RRL (DOI: 10.1002/solr.201800232) 上)



石墨炔是一种 sp 和 sp² 杂化的 π 共轭体系的二维材料，n 型半导体特性，且拥有适当的带隙、高电子态密度及良好的疏水性。中科院物理研究所孟庆波课题组与化学研究所李玉良课题组在这一领域开展深入合作，将石墨炔引入到了 FA0.85MA0.15Pb(I0.85Br0.15)3 钙钛矿膜中，构建了石墨炔/钙钛矿体相异质结薄膜。在此基础上，制备了高效、水稳定性优异的钙钛矿太阳能电池。实验表明，钙钛矿/石墨炔体相异质结促进了激子分离并提高光生电子的抽取能力，提升了电子传输能力，电池的短路电流升高。另外，石墨炔的引入钝化了晶界和界面缺陷，有效地抑制了光生载流子的复合，获得了相对较高的填充因子，以及 20.54% 的光电转换效率。此外，基于石墨炔/钙钛矿体相异质结的钙钛矿薄膜的抗湿性得到明显提升。（相关结果发表在 Advanced Energy Materials (DOI: 10.1002/aenm.201802012) 上。）

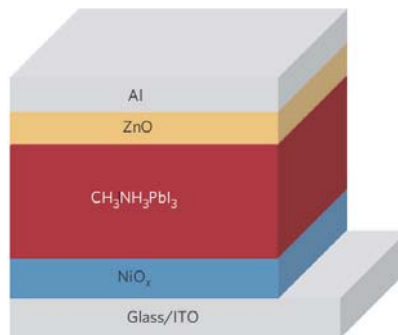
卓立汉光为钙钛矿电池测试提供特殊定制样品台

钙钛矿太阳能电池除两端电极外，功能层分为空穴传输层（NiO_x）、钙钛矿层（CH₃NH₃PbI₃）以及电子传输层（ZnO）。太阳光从 ITO 玻璃面入射，电极在入射光背面，称为背电极结构。阴极为 Al、阳极为 ITO。

卓立汉光针对这种背电极结构的钙钛矿太阳能电池提供定制样品探针台，QE-F6-D。由于不同客户制作的电池尺寸和电极位置不同，因此卓立汉光针对每个客户的电池尺寸及电极位置量身定做样品台，达到电极接触良好、不遮光、不易损坏 ITO 膜及同一样品上不同电池块输出的快速切换。

QE-F6-D使用简单，只需三步就可以完成样品安装：

- 解锁打开上盖；
- TO面朝上放入样品台；
- 扣上盖锁好，旋转旋钮选择不同电池片的电流输出；



钙钛矿电池结构



QE-F6-D 样品探针台

助力钙钛矿太阳能电池技术新发展—卓立汉光太阳能电池测试系统解决方案

卓立汉光提供全套钙钛矿电池测试系统

IV系统

功能

测量太阳能电池短路电流、短路电流密度、开路电压、最大功率、最大功率电流、最大功率电压、填充因子、光电转换效率、正反向调速扫描与暗电流扣除功能。

特点

AAA级太阳光模拟器，长时间稳定性好（不稳定度 < 0.8%）可用于长时间稳定性测试，模拟器光出口四个方向可调满足客户样品在手套箱里面的测试需求，出光口遥控光阑片方便遮光更换样品。

系统组成

太阳光模拟器、标准单晶硅太阳能电池（中国计量研究院标定）、吉时利2400源表、样品探针台、IV软件。

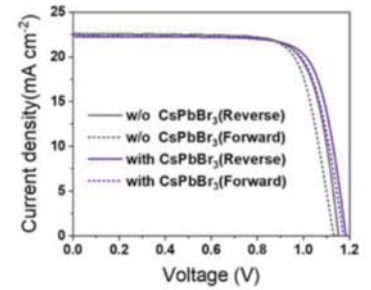


Figure S7. J-V characteristics of devices w/o CsPbBr₃ (dark grey) and with CsPbBr₃ (violet) under different scanning directions. The scanning rate is 50 mV/s and the scanning direction is from 1.2 V to -0.01 V (reverse) or from -0.01 V to 1.2 V (forward). The solar cell performance parameters are summarized in Table S1.

图引自 Constructing CsPbBr₃ Cluster Passivated-Triple Cation Perovskite for Highly Efficient and Operationally Stable Solar Cells.

QE系统

功能

光谱响应度、外量子效率、内量子效率、反射率、透射率、积分短路电流密度、光束诱导电流。

特点

测量结果重复性高测量结果准确可重复，自动化测试流程高简化测试员工作、测试出错率低，系统最小光斑直径小于1mm满足小面积电池的测试需求，高稳定性高强度光源不同重复标定标准探测器，节省测试时间，高强度光源充分激发电池效率，测试结果更准确，全反射光路无色差测试结果无偏差。

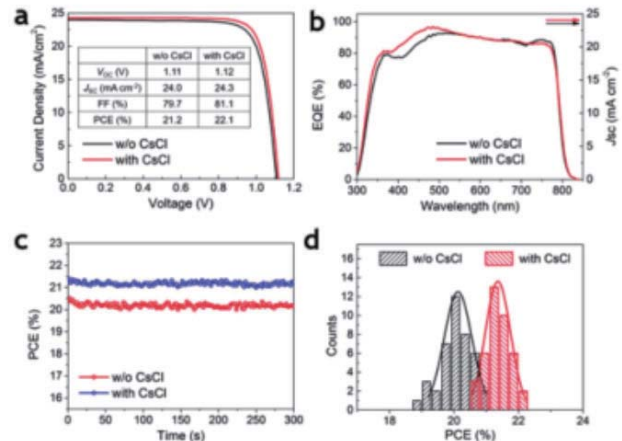


Figure 4. Photovoltaic performance comparison of PSC. a) J-V characteristics of the solar cells w/o CsCl (black) and with CsCl (red) for the reverse scans (from 1.15 to -0.01 V). The solar cell performance parameters are listed in the inset. b) The EQE spectrum of the devices w/o CsCl (black) and with CsCl (red). c) The steady-state output of the devices w/o CsCl (red) and with CsCl (blue). d) Histogram with Gaussian fitting curve of solar cell efficiencies (reverse scan) for 40 devices w/o CsCl (black) and 40 devices with CsCl (red) in eight batches.

图引自 Efficient Perovskite Solar Cells Fabricated Through CsCl-Enhanced PbI₂ Precursor via Sequential Deposition.

高效率和光电压的单结聚合物太阳能电池

引言

聚合物太阳能电池是具备较大前景的下一代光伏电池，可以通过室温溶液处理法制造，其中，串联聚合物太阳能电池因其 10% 的高功率转换效率而备受关注。华南理工大学材料科学与工程学院吴宏滨老师课题组，研究了一种新开发的半导体聚合物电池，通过改变活性层的成分和共混物的结构顺序来实现对带状拖尾的控制，使材料具有高性能光敏层、更高的化合价能级，在电子结中将尾态密度降低到电子受体的导带以下，在单结器件中实现了类似串联聚合物电池的效率。

研究成果

华南理工大学材料科学与工程学院吴宏滨老师课题组证明了通过控制 PC71BM 的 LUMO 以下的带尾效应，可以有效缓解和调节基于窄带隙聚合物 PSCs 的开路电压中的基本损耗，并且可以在很宽的范围内（100 mV）进行调制。通过光电流光谱响应特性分析和结构表征的实验结果，我们发现带尾效应的减少以及电子和空穴准费米能级分裂的增加有助于改善开路电压。此外，我们在带拖尾和器件的光电压输出之间建立了相关性，提供更多有关高 VOC 起源的应用，为材料的进一步改进提供理论和实验指导依据。

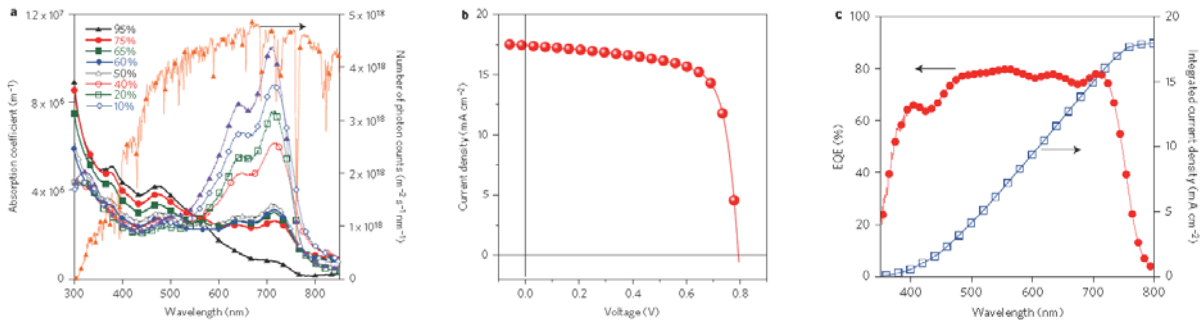


图1 60wt% PC71BM的PSCs共混物的光学性质和的器件性能

氟取代法对深化的有效性，HOMO能级和PTB7-Th作为有希望的电子供体

本文首先研究了具有规则组成的倒置结构中器件的性能，其中聚合物:PC71BM的比例为 1:1.5。在 1 个太阳光 1000 W m^{-2} 的光照，模拟 AM 1.5G 照明情况下，PSCs 展现出了非常好的光电性能。根据器件的 J-V 特性得出的器件参数，如 VOC，Jsc 和填充因子 (FF) 分别为 0.815 V， 17.52 mA cm^{-2} 和 72.0%，效率为 10.28 %。与我们以前的报告中最佳 PTB7 器件的性能相比 (VOC= 0.740 V，Jsc= 17.20 mA cm^{-2} ，FF = 72.0%和 PCE = 9.15%)，PTB7-Th 器件具有更高的 VOC 和更高的 Jsc，表明氟取代基方法确实是一种非常成功的方法。

通过将 EQE 数据与 AM 1.5G 太阳光谱的乘积积分而获得的理论 Jsc 为 17.99 mA cm^{-2} ，这与从 J-V 特征曲线获得的值非常吻合 (图 1b, 表 1)，这些数据为了进一步增强 PTB7-Th 器件的 VOC 和整体器件性能提供了一定的实验依据。

PC ₇₁ BM (%)	V _{OC} (V)	J _{sc} (mA cm ⁻²)	FF (%)	PCE (%)
10	0.720	3.31	44.05	1.04
20	0.801	6.84	38.88	2.13
40	0.804	16.61	68.11	9.09
50	0.806	17.18	66.15	9.16
60	0.815	17.52	72.01	10.28
65	0.825	17.43	73.78	10.61
75	0.832	15.82	69.01	9.08
95	0.840	7.31	69.53	4.27

表1PC71BM在10%至95%之间的重量分数变化范围

高效率 and 光电压的单结聚合物太阳能电池

为了调查 VOC 增强机制, 本文分析了器件的暗饱和电流, 从图 3a, b 中可以看出, 所有曲线斜率基本一致, 其理想因子值为 1.45 ± 0.15 。根据 VOC 的斜率与光强度的自然对数 (图 3c), 发现大多数设备在照明条件下的理想因子为 1.10 ± 0.10 , 器件之间的电荷动态变化不大。

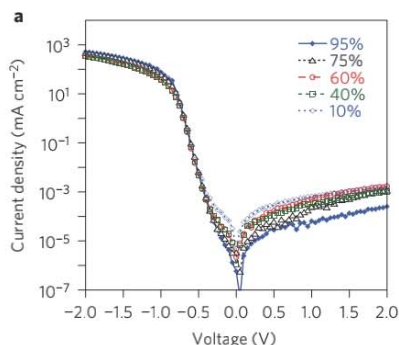


图3a 有源层中具有不同PC71BM重量分数的一系列典型器件的暗伏安特性;

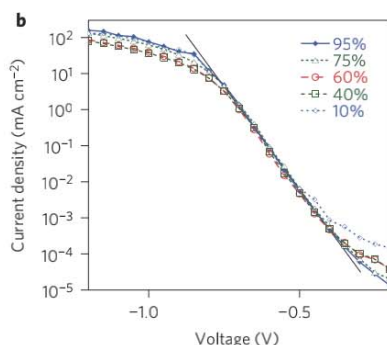


图3b 黑色实线最适合暗J-V的指数增长特征;

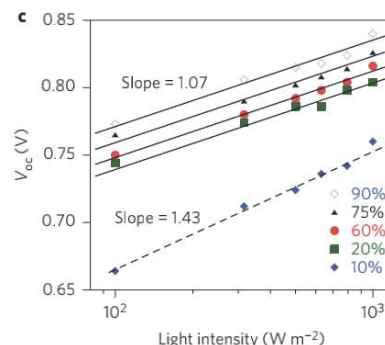


图3c VOC与器件的光强度自然对数

结论

本文研究发现单结 PSCs 材料的 PCEs 超过 10%, 该太阳能电池性能可与非晶 / 微晶硅太阳能电池相比拟, 是一种高效有机串联元件。通过使用新合成的, 具有深 HOMO 能级的窄带隙半导体聚合物, 以及控制电子受体传导带以下的尾态密度和共混物的无序度, 该材料在相对较低的光照强度条件下 (0.3–0.5 太阳照射) PCEs 可以达到 11%, 这是朝着实现经济高效的太阳能电池迈出的重要一步, 也为太阳能电池材料的研究提供了一定的理论和实验依据。

文章信息

这一成果发表在 nature photonics 上, 该文章是由华南理工大学材料科学与工程学院吴宏滨老师课题组完成, 文章链接: <https://www.nature.com/articles/nphoton.2015.6>

本研究采用的是北京卓立汉光仪器有限公司 “研究级 DSR100 系列探测器光谱响应度标定系统”, 如需了解该产品, 欢迎咨询我司。(附录产品链接) http://zolic.com.cn/index.php?a=prodcon&oneid=370&twoid=409_0&id=409&cid=1015

免责声明

北京卓立汉光仪器有限公司公众号所发布内容 (含图片) 来源于原作者提供或原文授权转载。文章版权、数据及所述观点归原作者原文出处所有, 北京卓立汉光仪器有限公司发布及转载目的在于传递更多信息及用于网络分享。

如果您认为本文存在侵权之处, 请与我们联系, 会第一时间及时处理。我们力求数据严谨准确, 如有任何疑问, 敬请读者不吝赐教。我们也热忱欢迎您投稿并发表您的观点和见解。

基于可回收溶解-重结晶法制备高稳定、高载流子通道的全无机钙钛矿薄膜

引言

根据最近报道,一种新型半导体纳米材料,即全无机卤化物钙钛矿纳米晶体(IPNC, CsPbX_3 , $X = \text{Cl, Br, I}$),具有高稳定性,超高光致发光量子产率(PL QY),可以在整个可见光波段发光。围绕钙钛矿材料的研究非常火热,但是研究大多集中在材料的制备以及其光学性能上。众所周知,随着材料尺寸减小,纳米材料具有更大的比表面积,而比表面积最终在纳米材料的物理化学特性(包括发光特性,载流子运输和催化特性等)中起着主导作用。表面活性剂是一种在IPNC合成过程中必不可少的添加剂,它有助于提高分散稳定性并控制生长动力,有利于器件制备;但同时也会影响成膜过程并阻碍颗粒之间的载流子传输,其影响在一定程度上甚至决定了IPNC的物理化学特性。

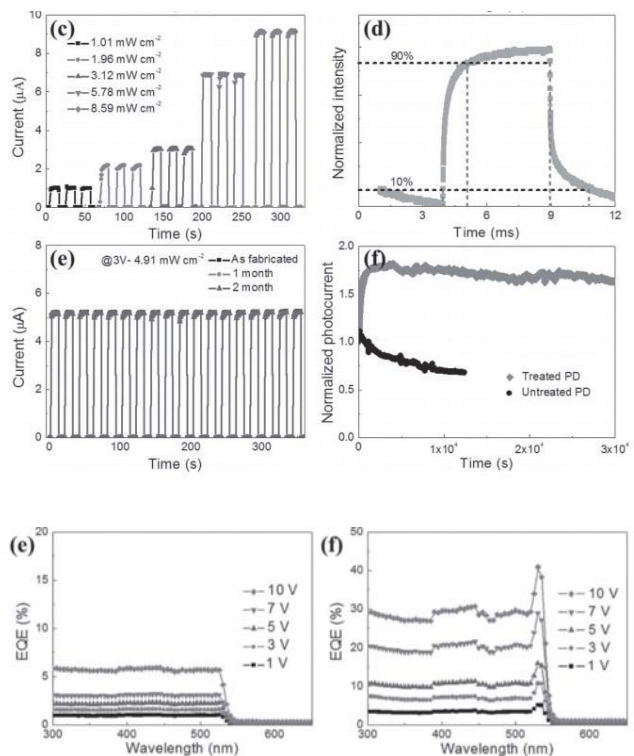
南京理工大学曾海波教授课题组报道了一种有趣的全无机钙钛矿表面化学现象,即可循环的溶解-重结晶,通过室温(RT)下的自我修复,为光电设备构建紧凑而平滑的载流子通道。

首先,根据溶解度平衡原理,通过用极性溶剂洗涤或在室温下借助表面活性剂搅拌,将 CsPbBr_3 晶体尺寸可逆地调整在10 nm-1 μm 的范围内。然后在薄膜内形成液体环境,这种液体环境可以将表面和尖锐部分的物质输送到缝隙中并在RT下自我修复,从而来提高薄膜质量。该方法可产生大面积,无裂纹,低粗糙度的钙钛矿薄膜。测试显示相应PD的性能得到大幅提升,从而证明了该方法促进了器件通道中载流子的运输和提取。

经过处理的钙钛矿薄膜的光电探测器(PD)表现出更高的响应度,更快的响应速度(上升和衰减时间分别为1 ms、1.8 ms),同时稳定性也更好。

在10V的偏压下,基于经过处理的 CsPbBr_3 薄膜的PD的响应度从0.024 A/W提高到0.176 A/W,增加了七倍以上。同时在不同偏压下测试了EQE,验证光生载流子利用效率。随着施加偏压的增加,在531 nm处的最大EQE值也随之增加,在10 V时达到41%;该值比未处理器件的EQE值高得多。这种大约七倍的增加与响应性结果一致,表明光生载流子的损失减少。

(基于未经处理和经过处理的 CsPbBr_3 薄膜的PD在不同偏压下的EQE光谱)该论文采用卓立汉光DSR探测器光谱响应度测试系统测试了PD的EQE光谱。



结论

本文中,曾海波教授课题组报道了一种室温可回收的、微观自愈行为的卤化物钙钛矿材料,由于表面活性剂和极性溶剂的影响,材料可形成循环的溶解-重结晶过程,这种制备方法应用到不同类型的钙钛矿制备工艺里。该方法在甲苯与乙醇的混合溶液室温环境下进行,紧凑光滑载体可以形成器件通道,从而提高效率光生载流子的传输和提取速度。因此,经过处理的钙钛矿材料展现出优良的性能,如高响应度、EQE、响应速度和稳定性等。通过本文的研究,可以为科学工作者提供简单易行的方案制备各种无机卤化物钙钛矿装置,尤其是为氟化硅器件提供理论和实验依据。

这一成果近期发表在Advanced Functional Materials上,该文章是由南京理工大学曾海波课题组完成。

文章链接: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adfm.201601571>

本研究采用的是北京卓立汉光仪器有限公司研究级DSR100系列探测器光谱响应度标定系统,如需了解该产品,欢迎咨询我司。

(附录产品链接)

<http://zolix.com.cn/index.php?a=prodcon&oneid=370&tvoid=409&cid=&id=409&cid=1015>

光电流诱导甲基铵基碘化铅钙钛矿太阳能电池加速降解研究

研究背景

卤化铅钙钛矿电池由于其出色的光电特性，光电转换效率（PCE）从最初的 3.8% 迅速上升至 22.1%，在光伏领域备受关注。但钙钛矿的长期稳定性差，阻碍其商业化进度，一直是研究亟待解决的问题。之前大部分研究，只是集中在认识分解原因层面，很少研究性能下降动态过程。研究降解的动力学过程有助于提高和改善钙钛矿电池的长期稳定性，具备非常高的现实意义。

深圳大学屈军乐教授课题组通过监控短路电流（ J_{sc} ）变化情况来研究电池性能退化动力学（ D_{rate} ），经过光照 IV 测试后，发现退化动力学从约 $0.02 \text{ mA cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 变化到约 $0.35 \text{ mA cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

器件和表征

采用旋涂法制备未封装的平面结构钙钛矿电池，电池结构和形态如下图所示。未封装的钙钛矿电池（PSCs）的光电流 - 电压（IV 曲线），在暗条件下器件放置在大气环境中（相对湿度 65%）15 分钟（第一次测试）和 30 分钟（第二次测试），清楚的显示出性能如图 1c 所示，在第一次测试中，PCS 表现出了出色的光电性能（ $PCE=16\%$ ）（ J_{sc} ）约为 21.4 mAcm^{-2} ， V_{oc} 为 0.98 V ，填充因子（ FF ）约为 77% ，但是当放置时间到 30 分钟后， J_{sc} 、 V_{oc} 和 FF 分别降至 15.4 mAcm^{-2} 、 0.96 V 和约 70% ，相当于第二次测试中将近 37% 的光电转换效率损失。

为了进一步研究 PCS 降解动力学，通过 IPCE 积分短路电流密度值（ J_{sc} ），评估性能下降动力学（ D_{rate} ），下图显示了未封装的 PSCs 光照之前和之后的 IPCE 曲线（放置时间 5-15 分钟）。发现 $400\text{-}500\text{nm}$ 和 $710\text{-}760\text{nm}$ 会明显下降（ $< 15\text{min}$ ），如图 2a 中的插图 1 和 2 所示，一般钙钛矿正面对短波长敏感（蓝色），背面对长波长敏感（红色），这是由于光的入射深度，水分扩散到 PSCs 中诱导和降解都起始于转换层和钙钛矿薄膜，这样将增加界面中的缺陷数量，从而导致 IPCE 值下降。

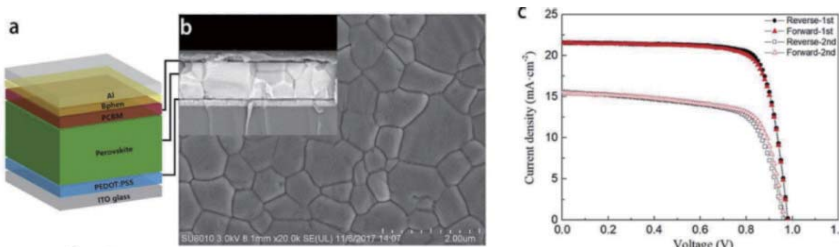
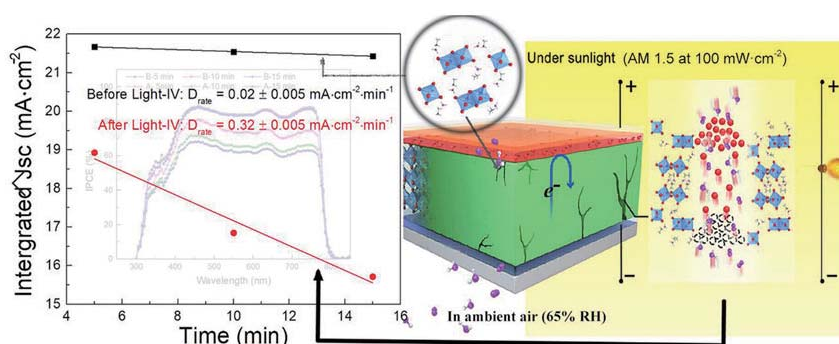
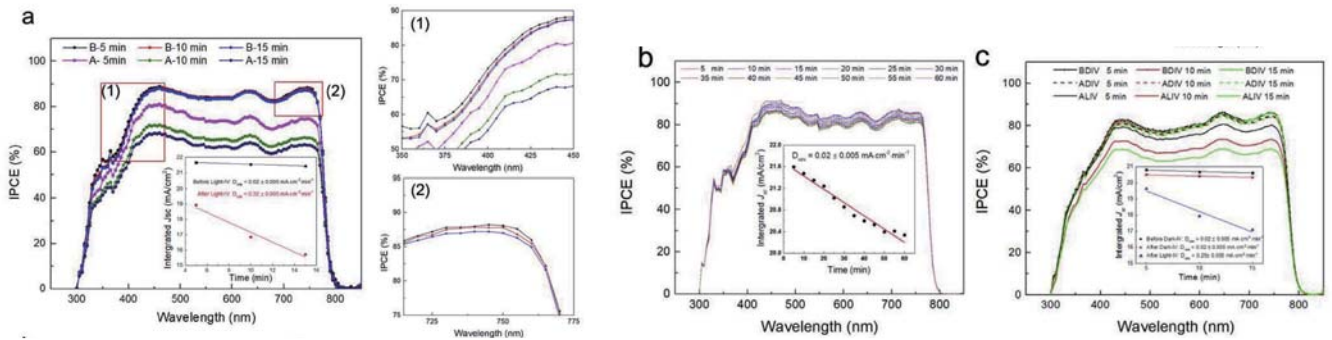


Table 1
Photovoltaic performance parameter of the PSC.

Test	V_{oc} (V)	J_{sc} (mAcm^{-2})	FF (%)	PCE (%)
Forward 1st	0.98	21.43	76.9	16.2
Reverse 1st	0.98	21.48	78.6	16.5
Forward 2nd	0.96	15.44	70.3	10.5
Reverse 2nd	0.96	15.61	67.5	10.1

光电流诱导甲基铵基碘化铅钙钛矿太阳能电池加速降解研究



为了解降解加速机理，从物理和化学的角度对光 IV 试验前后的器件进行了特性分析。下图中显示了光 IV 之前和之后的 PSCs 的暗 IV 曲线，并通过两二极管模型进行了数据拟合

$$J_{dark} = J_{diff} \left(\exp\left(\frac{q(V - R_S J_{dark})}{n_1 kT}\right) - 1 \right) + J_{rec} \left(\exp\left(\frac{q(V - R_S J_{dark})}{n_2 kT}\right) - 1 \right) + \frac{V - R_S J_{dark}}{R_{sh}} \quad (1)$$

其中 q , k , T , R_S 和 R_{sh} 分别是电荷，玻尔兹曼常数，绝对温度，串联电阻和并联电阻，

当偏压较小时 (V)，主要是分流影响暗电流 (J_{dark})，但随着偏压加大，由于太阳能电池二极管特性，复合和扩散的电流主要控制暗电流 (J_{dark})。光照 IV 测试后， J_{rec} 和 n_2 在光照 IV 测试后增加，较高的 J_{rec} 和 n_2 值表明复合增加了缺陷密度，复合不仅是增加了器件的缺陷态，还形成了局部缺陷。 J_{diff} 值光照前后器件在一个数量级，由于局部缺陷加强的复合可能是造成 PSCs 在光照 IV 测试后电流损失的重要原因。

总结

深圳大学屈军乐教授课题组深入研究研究钙钛矿电池降解机理，通过研究短路电流变化率的实验数据表明，加速降解过程主要是水分诱发的水化作用和碘离子迁移。并采用三步实验进一步解释其降解机理，提出降解与水分和迁移速率有关，迁移的碘离子增强了水化进程，同时会快速形成 H_2O 和 O_2 快速扩散通道，从而导致钙钛矿薄膜快速分解并增加缺陷态密度。当 PCBM 受到迁移碘离子损害时，扩散的 O_2 会促进降解，这些结果表明减小迁移离子数量，有助于防止钙钛矿电池的降解。该实验成果为研究降解的动力学过程，提高和改善钙钛矿电池的长期稳定性提供理论和实验依据。

这一成果近期发表在 Journal of Power Sources 上，文章名 “Light-current-induced acceleration of degradation of methylammonium lead iodide perovskite solar cells”

该文章是由深圳大学屈军乐教授课题组完成，文章链接：<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.03.014>

本研究采用的是北京卓立汉光仪器有限公司 “Sirius” 系列太阳光模拟器和搭建的 IPCE 系统，如需了解该产品，欢迎咨询我司。

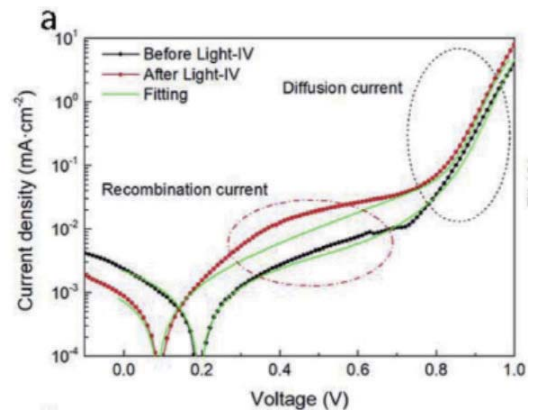
(附录产品链接)

http://www.zolix.com.cn/prodcon_370_372_1078.html

免责声明

北京卓立汉光仪器有限公司公众号所发布内容 (含图片) 来源于原作者提供或原文授权转载。文章版权、数据及所述观点归原作者原出处所有，北京卓立汉光仪器有限公司发布及转载目的在于传递更多信息及用于网络分享。

如果您认为本文存在侵权之处，请与我们联系，会第一时间及时处理。我们力求数据严谨准确，如有任何疑问，敬请读者不吝赐教。我们也热忱欢迎您投稿并发表您的观点和见解。





关注微信，获取更多信息

北京：

北京市通州区金桥产业基地 联东U谷
中试区68号B座
电话：010 56370168
传真：010 56370118
邮箱：info@zolix.com.cn
邮编：101102

上海：

上海市普陀区武宁路501号鸿
运大厦17楼1701-1710室
电话：021 62227575
传真：021 62227911
邮箱：info-sh@zolix.com.cn
邮编：200063

深圳：

深圳市龙华区民治梅龙路七星商业
广场B1106室
电话：0755 83293053
传真：0755 83230070
邮箱：info-sz@zolix.com.cn
邮编：518131

成都：

四川省成都市青羊区顺城街206号
四川国际大厦七楼G座
电话：028 84896020
传真：028 84896038-816
邮箱：info-cd@zolix.com.cn
邮编：610100

西安：

陕西省西安市高新区沣惠南路16号
泰华金贸国际8号楼1101室
电话：029 88320872
传真：029 88320872
邮编：710065