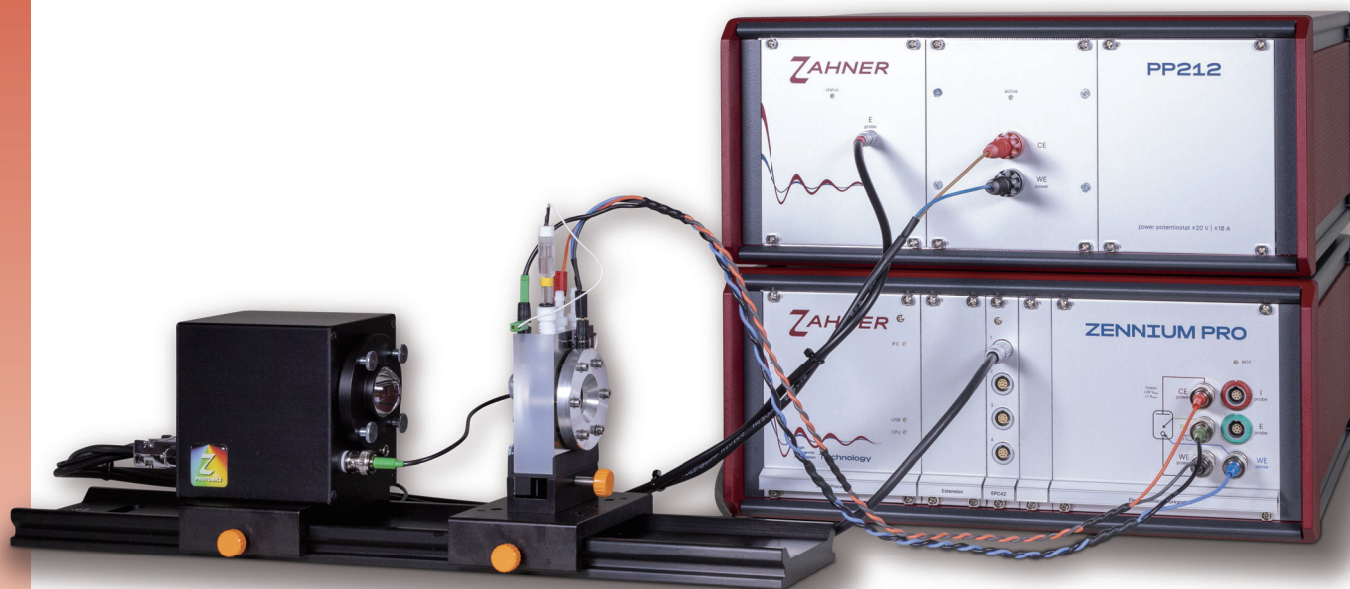




光电化学测试系统



应用领域

光电化学能量转换；
半导体；
单片太阳能电池；
有机太阳能电池；
染料敏化太阳能电池；
混合太阳能电池；
钙钛矿电池；
LEDs；
OLEDs；
电子显示器；
电子报纸；
电子墨水；
电致变色器件；
智能玻璃；
电致变色玻璃；
智能后视镜；
悬浮粒子器件；
聚合物分散液晶；
太阳能诱导光电化学反应；
制氢；
废物净化；
燃料生产；CO₂减排；

测试方法

CIMPS/IMPS；
CIMVS/IMVS；
光强度变化瞬态测量；
吸收光谱；
发射光谱；
DC特性；
CV测量；
交流阻抗；
电荷提取；
长期稳定性；
标准SC特性测试；
动态透射-反射；
OIS光阻抗谱测量；
EQE外部量子转换效率测量；
光电流谱(CIMPS-PCS,IPCE)；斩
光伏安法

测试结果

光电化学机型；
动力学；
载流子迁移率；
总转换效率；
光频谱效率；
光载流子寿命；
光载流子再结合时间；
光载流子扩散速率；
串联阻抗；
并联阻抗；
最大输出功率；
填充因子；
开路电压V_{oc}，短路电流J_{sc}；
IPCE；
稳定性；
外部光量子转换效率；
半导体介电常数；
掺杂密度；
光谱发射强度；
整体发射强度；
显示器传输时间；
透射/反射直流特性

ZAHNER CIMPS

photo-electrochemical

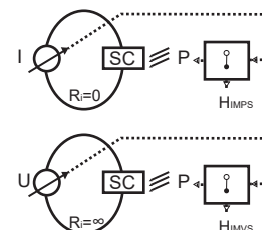
CIMPS

可控强度调制光电化学谱仪

CIMPS 是一套光电化学研究系统。该系统基于 Zennium Pro 或 Zennium X 电化学工作站并扩展专用的硬件和软件。该系统基本配置被专门设计用于静态和动态光电化学传输函数测量，广泛用于太阳能电池交流特性研究，其特殊性是因为光电压或光电流的动态传输函数与染料敏感的氧化态太阳能电池或有机太阳能电池的光电转换效率有关。这些传输函数被称为强度调制光电流谱 (IMPS) 和强度调制光电压谱 (IMVS)。

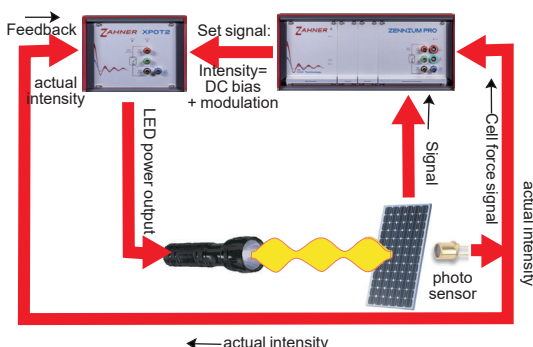
通常人们感兴趣的是开路电位条件下 IMVS 和短路电流条件下 IMPS 得到的重要时间常数，超出这一范围的是通过结合 EIS 交流阻抗谱图、IMVS 和 IMPS 谱图的分析 and 拟合，可得到其工作机理，并得出电子寿命、传输时间、扩散系数和扩散长度等主要参数。

IMPS 和 IMVS 类似于 EIS 原理，是利用光源在一定频率范围内进行光强度调制而得到的频谱。CIMPS 使用的是发光二极管，它与激光不同，LED 不需要高调制能量，避免了高电压对小信号的干扰假象并且不需要在激光束上插入扩展镜头，使得光束照射在几个平方厘米面积的样品表面上。



$$H_{IP}(\omega) = \frac{I^*}{P^*} \left[\frac{Am^2}{W} \right]$$

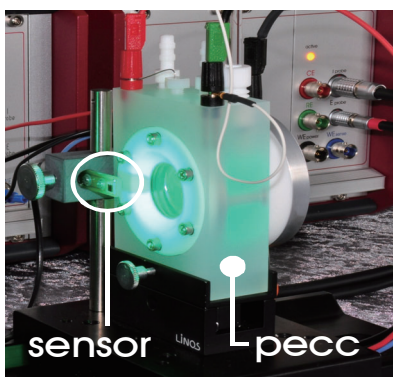
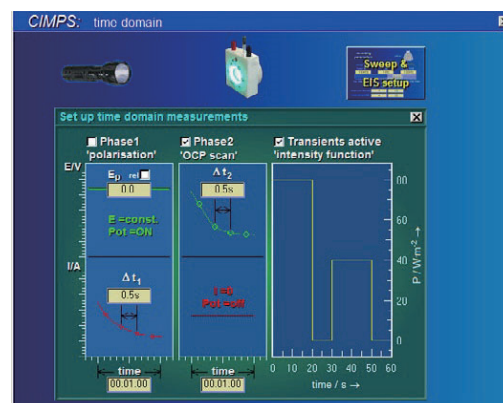
$$H_{UP}(\omega) = \frac{U^*}{P^*} \left[\frac{Vm^2}{W} \right]$$



CIMPS 与传统的 IMPS 系统相比，Zahner 做出了重要改进：一个控制回路完成光强度的调整与调制，使得光强度极其稳定，自动对比光强度设定值和检测的光强度，消除了光源非线性、老化及温度漂移等影响因素。LED 不用恒电流供电，使用传统的振幅设置方法，实际测量的光强度反馈给传输函数的技术，避免了量程和相应的漂移误差。另一个附加优势，CIMPS 提供自动光强校准，光强度单位是自然单位面积上的光照 (W/m^2)，可实现瞬态量子转换效应。Zahner 公司的光源有 NIST 标准证书，光源也可在用户现场使用 NIST 跟踪的光检测器进行校准。

伴随 IMPS 和 IMVS 功能有一整套支持功能，它有利于太阳能电池的分析测量。如：静态直流光电压和光电流随光强变化的测定，提供了验证 IMPS 和 IMVS 时间常数的方法。太阳能电池的稳定性和衰退性可利用在固定光强度条件下测量的光电压和光电流进行控制。太阳能电池效率、填充因子、整体 IPCE 和最大输出功率能参数的测定，被程序设计成标准按钮功能，可与其它第三方太阳能模拟器 (AM1.5) 一起使用。

IMPS/IMVS 是典型的小信号线性频域技术。CIMPS 还提供了光瞬态变化实验技术，可进行时间域测量而得到频率域的交叉检验，但可能包含了大量非线性结果。



Zahner 的 PECC 光电化学池是最佳化设计的，具有理想的光学窗口以及电学特性，包括 Ag/AgCl 参比电极和多圈 Pt 辅助电极。PTFE/PCTFE 池体材料可用于腐蚀性及非水溶液中，气体密封型测量池可进行无氧条件下测量。湿电化学实验如半电池测量，也能完全使用这种特殊设计的光电化学池。

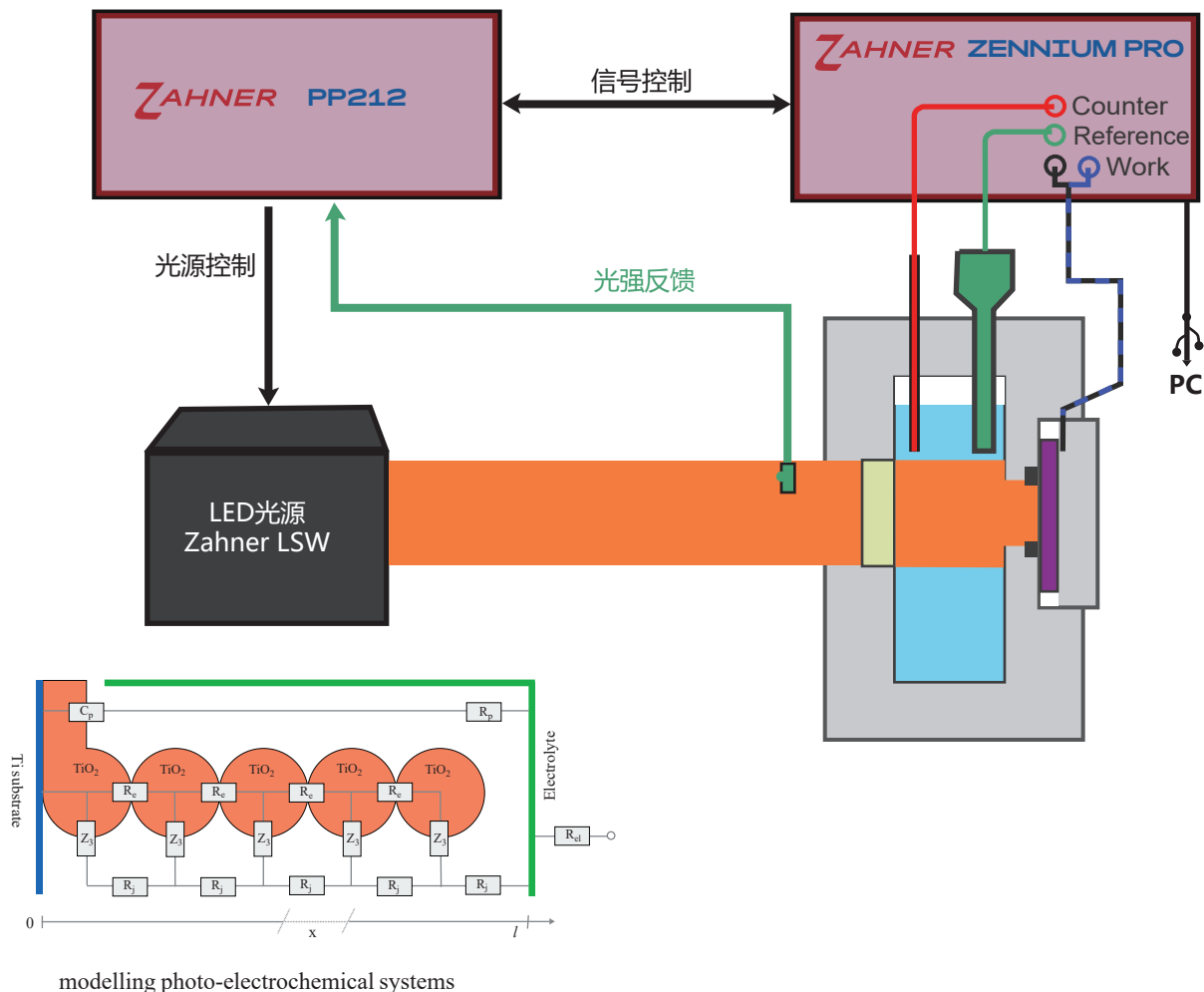
ZAHNER CIMPS

photo-electrochemical system

除了核心应用外，CIMPS 系统可直接连接第三方光谱仪。CIMPS 软件可控制光谱仪并且得到光谱分辨率的光发射测量 (OPV), 用于 OLED 研究。CIMPS-abs 可用于光谱分辨率的吸收光谱测量, 这对于研究电致变色过程、电子显示器材料、OLED 和有机太阳能电池是必需的。

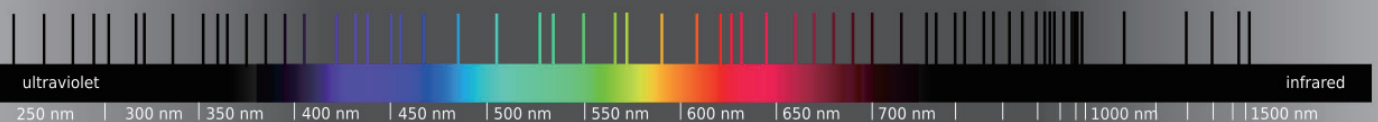
CIMPS-pcs 系统是基于特殊的可调波长光源进行测量的，提供了光谱分辨率的入射光转换效率和一整套光谱电化学测量技术。CIMPS 系统的 FRA 可被配置成锁相模式, 可与第三方斩光控制器和单色光控制器一起使用。

CIMPS 包装中所有的硬件可相互组合即插即用。电化学工作站用作频率响应分析仪和电化学测量的支持部件。在高精度、易于使用和软件的综合性方面享有盛名, 用户可用恒电位仪 PP212 控制光源, 具有输出功率大和低噪声以及高光强度等应用方面的特性。光源控制器包括快速、高精度、低噪声的光电流放大器, 安装在光学平台上, 与光电化学测量池面对面放置, 光电二极管传感器安装在靠近光电化学测量池的入射光窗位置。



Over 50 Monochromatic Lightsources available for CIMPS

Effective August 2015



ZAHNER CIMPS

optical methods...

功能

标准太阳能电池测试

- 最大输出功率
- 填充因子
- 转换效率
- IPCE

静态光电传输函数

- 静态光电压vs.光强曲线
- 静态光电流vs.光强曲线
- 恒定光强下静态光电流 vs.池电压曲线

动态光电传输函数

- 动态光电压效率 | MVS
- 动态光电流效率 | MPS

时间域测量

- 恒定光强光下测量电压VS. 时间
- 恒定光强光下测量电流VS. 时间

光强度瞬态变化测量

- 在瞬态光强变化条件下测量光电压vs.时间
- 在瞬态光强变化条件下测量光电流vs. 时间

电荷提取

斩光伏安法

日常校准LED & OLED

- 动态光源效率

电化学方法和实用程序

- 电化学阻抗谱(EIS);
- 阻抗分析及拟合;
- 阻抗及网络分析、模拟、拟合;
- EIS 系列谱图对参数变化测量
(参数：时间、电位、电流、温度和pH);
- 稳态电流和电压特性和极化曲线测量;
- 循环伏安及线性扫描伏安曲线测量;

$$N_{max}(P)$$

$$FF = \frac{N_{max}}{U_{ocp} \cdot I_{sc}}$$

$$\eta = \frac{N_{max}}{P}$$

$$IPCE = \frac{n_e}{n_{ph}}$$

$$F_{UP} = U(P)$$

$$F_{IP} = I(P)$$

$$F_{IU} = I(U)_p$$

$$H_{UP}(\omega) = \frac{U(t)}{P(t)} \text{ with } U(t) = \hat{U} \cdot e^{j\omega t + \varphi_u}, P(t) = \hat{P} \cdot e^{j\omega t}$$

$$H_{IP}(\omega) = \frac{I(t)}{P(t)} \text{ with } I(t) = \hat{I} \cdot e^{j\omega t + \varphi_i}, P(t) = \hat{P} \cdot e^{j\omega t}$$

$$U_{(t)}$$

$$I_{(t)}$$

$$U_{(t,P)}$$

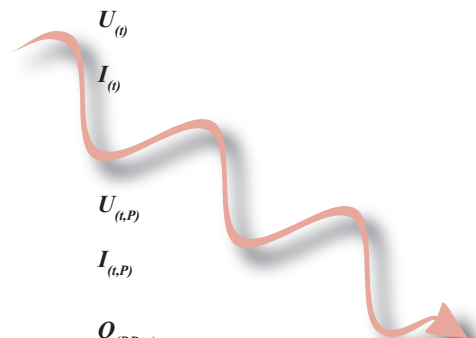
$$I_{(t,P)}$$

$$Q_{(P,D,t)}$$

$$I_{(U,P-\text{rectp}(t))}$$

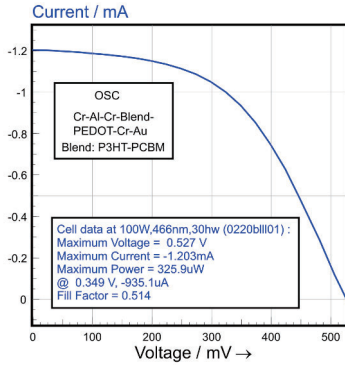
$$H_{EP}(\omega) = \frac{P(t)}{E(t)} \text{ with } I(t) = \hat{P} \cdot e^{j\omega t + \varphi_p}, E(t) = \hat{E} \cdot e^{j\omega t}$$

P:	Luminous intensity[W/m ²]
U:	Photo voltage[V]
I:	Photo current[A]
E:	Light source potentiostat set voltage[V]
Q:	Charge[C]
U _{osc} :	Open circuit voltage[V]
I _{sc} :	Short circuit current[A]
N _{max} :	Electrical power [W]at the point of the maximal product U-I of the solar cell current voltage curve
n _e :	number of photoelectrons
n _{ph} :	number of incident photons
^:	amplitude symbol
ω:	angular frequency[Hz]
φ:	phase shift[rad]
j:	imaginary unit
rect _p :	perio dic squareware function

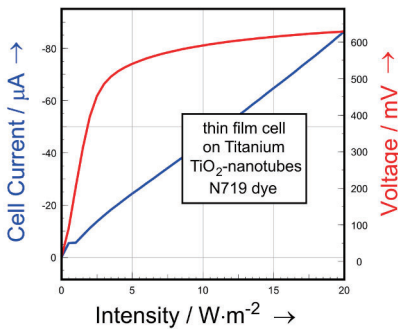


ZAHNER CIMPS

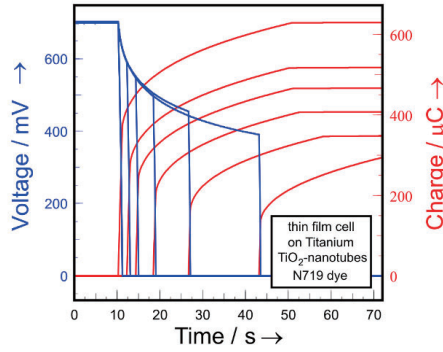
...and results



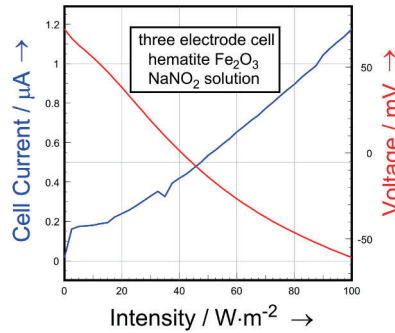
SC Fill-Factor and Maximum Power



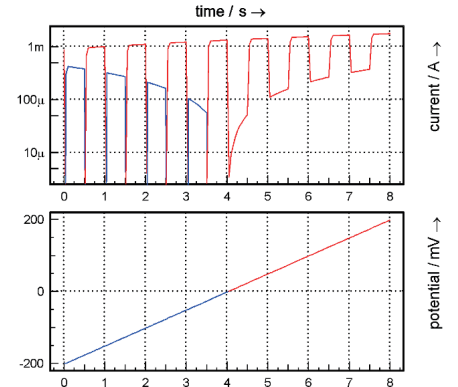
DSSC DC vs. Intensity Transfer Function



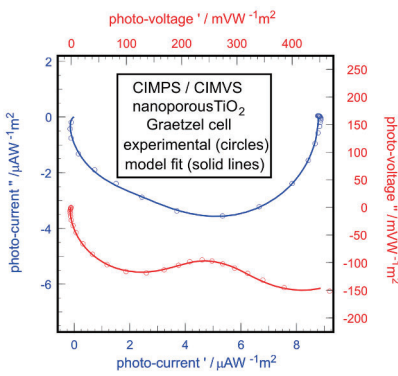
DSSC Charge Extraction after L.M.Peter



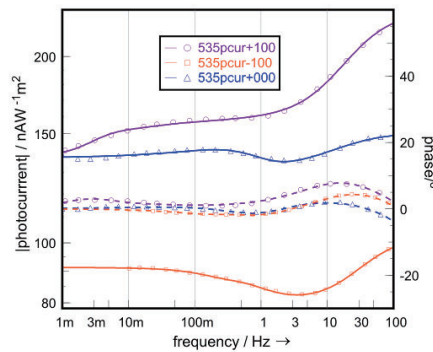
Alternative SC DC vs. Intensity Transfer Function



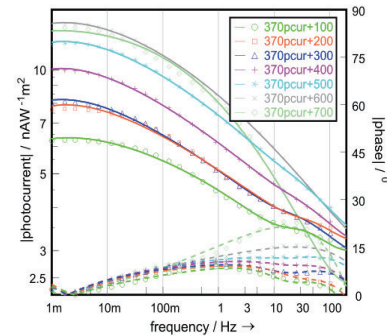
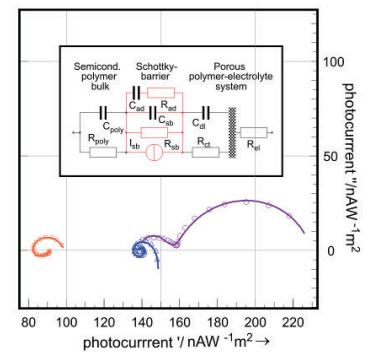
Chopped Light Voltmetry



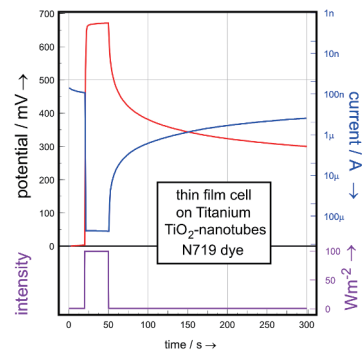
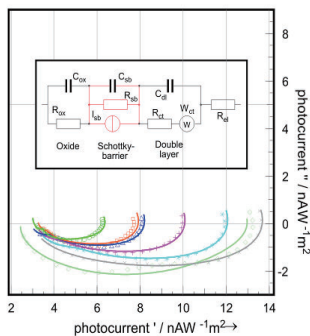
DSSC IMPS/IMVS Experimental Data, Simulation and Fit



Hybrid SC IMPS/IMVS Experimental Data, Simulation and Fit



SC IMPS/IMVS Experimental Data, Simulation and Fit



DSSC Light Transient

ZAHNER CIMPS

spectro-electrochemical

CIMPS-abs

光谱分辨率透射/吸收光谱测量系统

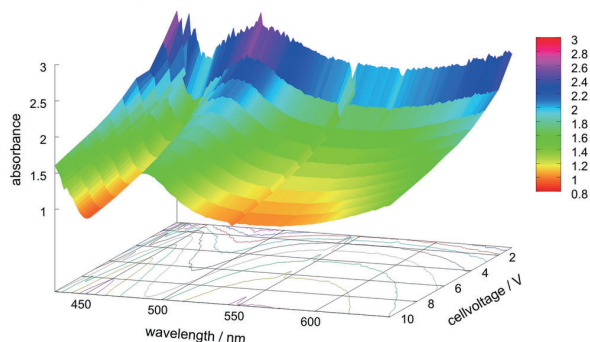
将CIMPS 系统扩展应用到电致变色过程检测和材料筛选，CIMPS配有UV-VIS-IR光谱仪，两个相同的PECC-2光电化学池安装在可自动切换的滑轨上(其中一个为测量池，另一个为参比池)，1个高光强白色光源(LED或钨灯光源)。根据光电化学池电压、电流或时间等参数的系列变化自动测量光谱。系列参数变化可扩展到其它物理量如温度、浓度和pH等。

可实现的测试方法:

- 吸收谱 vs. 电压;
- 吸收谱 vs. 电流;
- 吸收谱 vs. 时间;
- 用户自定义吸收光谱系列测量

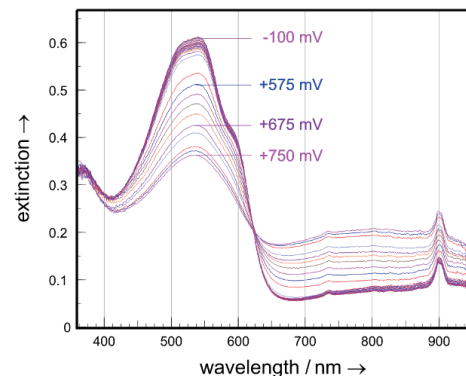
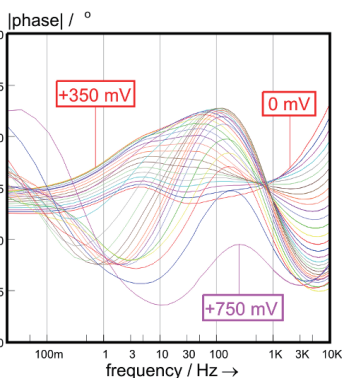
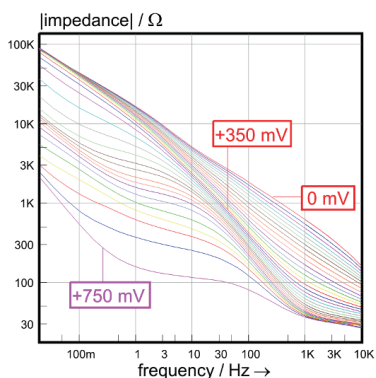
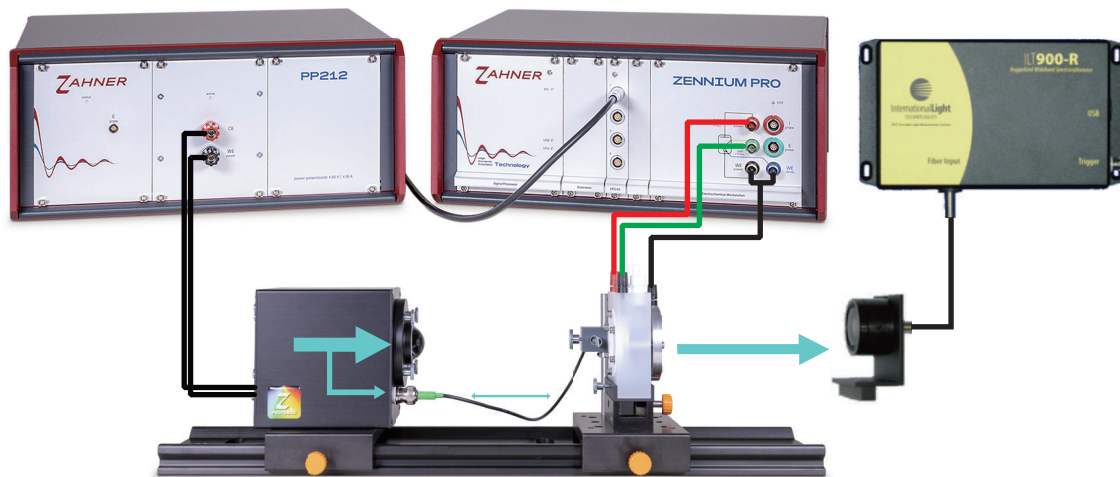
Absorbance Spectra vs. Cellvoltage

File series: absorb01...absorb09
Date: 03/04/09, Time: 12:04



CIMPS-abs系统选件包括:

- 两个PECC-2光电化学池;
- UV-VIS-IR分光计;
- 钨灯或高光强白色LED光源



P3HT-PEDOT:PSS Film synchronous Impedance/Phase Spectra and Film Extinction Spectra vs. Cell Voltage

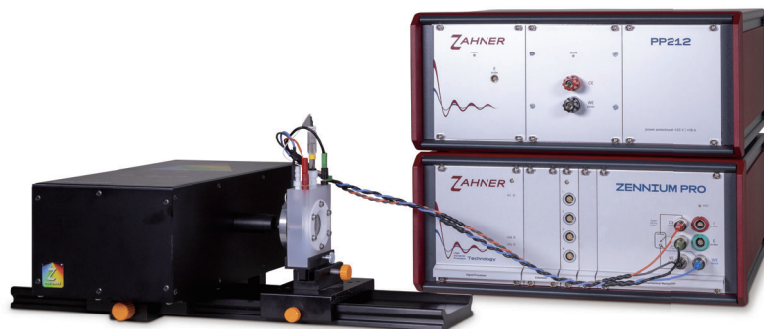
ZAHNER CIMPS

spectro-electrochemical

CIMPS-pcs

电化学光电流谱 (PCS) 系统

与可调波长的 TLS/TXLS 光源配套使用, CIMPS-pcs 核心应用是测试有机、燃料敏化电池、钙钛矿电池入射光量子的转换效率 (IPCE), 其波长范围是 365nm-1020nm (TLS)、295nm-1020nm(TXLS) 或者用户自定义的 UV/IR 波长范围。像其它 CIMPS 光源一样, TLS 光源同样是基于先进的 LED 阵列技术, CIMPS-pcs 利用像 CIMPS 测量中具有的光强调制功能的 LEDs 光源, 不使用机械斩光器和对噪声信号敏感的锁相放大器技术, 可应用相干频率分析技术。CIMPS-pcs 系统的出现像是 Thales 包中增加一个即插即用的应用软件和全部经过标定的配套的设备。



n_e : number of photoelectrons
 n_{ph} : number of incident photons

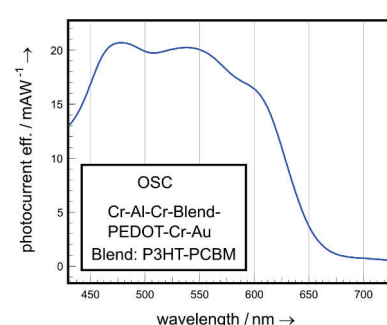
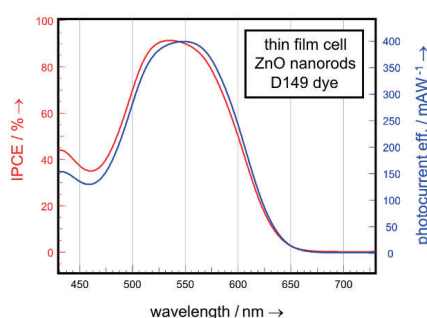
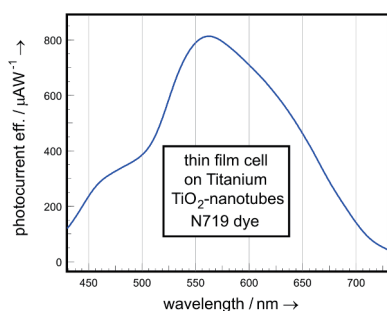
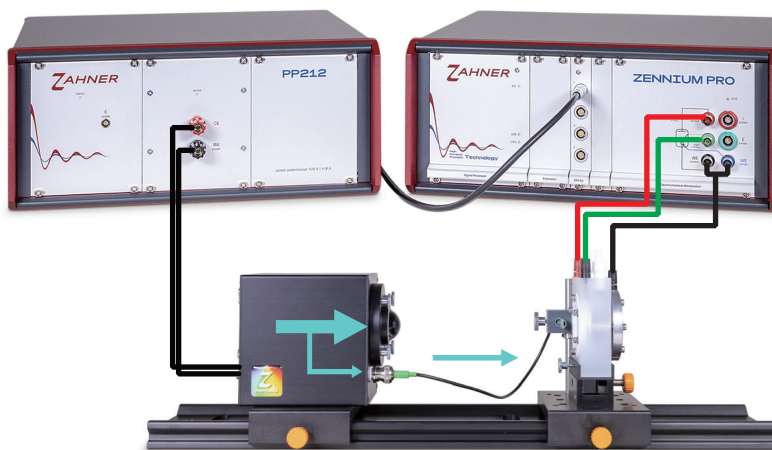
$$IPCE(\lambda) = \frac{n_e(\lambda)}{n_{ph}(\lambda)}$$

可实现的测试方法:

- 光电流 vs. 波长 (PCS);
- 入射光量子转化效率 (IPCE);

CIMPS-pcs 系统选件包括:

- 程序控制可调光源



Examples for Photocurrent Spectra and Incident Photon Coverage Efficiency Spectra of Solar Cells

ZAHNER CIMPS

spectro - electrochemical options

CIMPS-dtr

动态透射 / 反射 (OIS) 测量系统

独特的性能：在反应通道中对有颜色标记的物种赋予动态信息

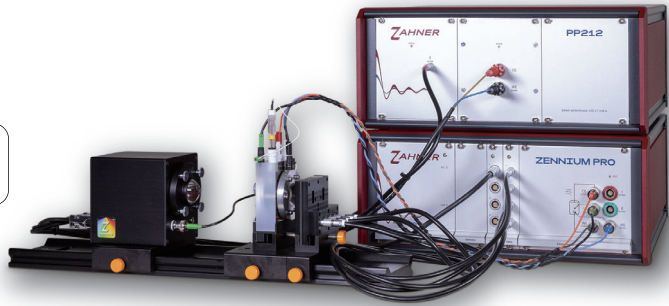
电子显示器、智能玻璃、电子报纸和电致变色器件的研究可用于电控制吸收光谱。这种现象可利用 CIMPS-abs 系统研究其经典的吸收光谱。对大多数应用来说，除了颜色变化以外，重要的是动态特性的变化。如开关时间对显示器和调制控制是非常重要的，智能玻璃的反应时间是根据物质传输过程、氧化还原反应过程或者物质结构重组过程等动态特性来确定的，这些变化均会产生光学变化。

动态透射 - 反射 (DTR) 传输函数分析，是伴随着电化学阻抗谱 (EIS) 理论而出现的。电化学阻抗谱中基本的传输函数是由电压和电流之间的关系得到的。在 DTR 测量过程中，与 EIS 测量过程相同的是在样品上施加直流偏置电压 (或电流) 以及小振幅扰动测试信号；与 EIS 测量不同的是，试样由恒定光强 P 光源照射，记录的是透射或反射光强 P* 根据电激发信号的扰动所引起的响应信号。动态 DTR 传输函数是根据响应的调制信号 (相对光强度变化 P*/P=TR) 与扰动激发电压或电流信号之间的关系而计算得到的。

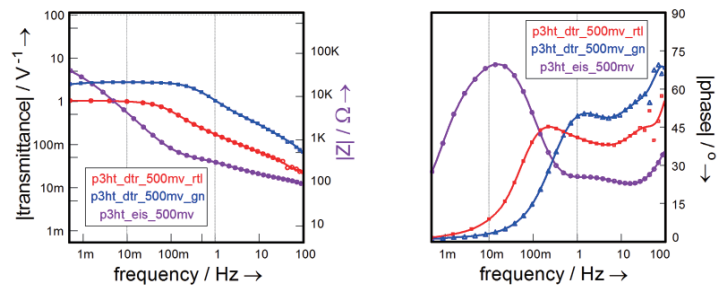
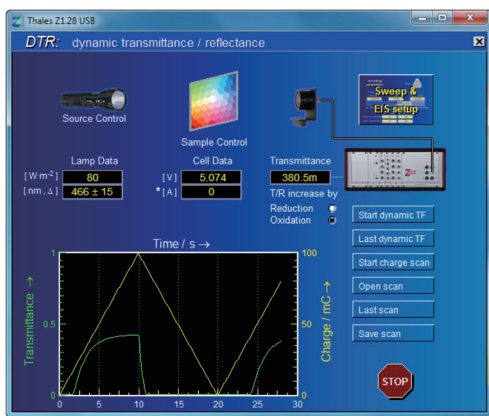
$$DTR_{pot} = \frac{\hat{T}R}{\hat{U}} \cdot e^{j\omega}, [DTR_{pot}] = V^{-1}$$

$$DTR_{gal} = \frac{\hat{T}R}{\hat{I}} \cdot e^{j\omega}, [DTR_{gal}] = A^{-1}$$

j = imaginary unit
 φ = phase shift [rad]
 ^ = amplitude symbol



DTR 谱图可以理解成 EIS 谱图并用等效电路模型进行拟合。时间常数可被定义为电荷转移、电荷消失和电荷传输过程中的时间常数，这些参数可用谱图形状和相位曲线来区分。DTR 与 EIS 结合，可进一步消除不确定因素，这就像 EIS 谱图与 IMPS/IMVS 谱图结合可做进一步分析。CIMPS-dtr 的主要应用是像 EIS 测量一样，开始在某个固定的直流偏置状态下施加扰动信号测量频谱。另外 CIMPS-dtr 还支持慢速、(准)静态扫描来确定稳态特性。为了在一定电压条件下表征样品的静态透射 - 反射行为，样品上的电压可在恒电位模式下在设定的电压变化上下限之间进行线性扫描。在恒电流模式中，透射 - 反射谱图以电量扫描形式记录曲线。



Characterization of a P3HT-PEDOT:PSS polymer multilayer with DTR and EIS at 535 nm and 740 nm

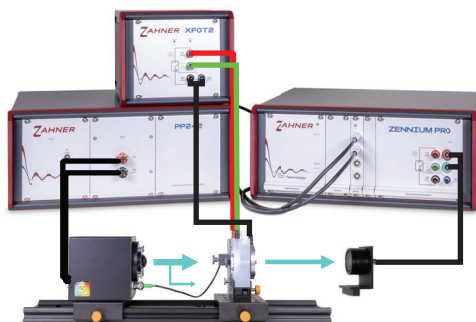
ZAHNER CIMPS

spectro-electrochemical options

单通道动态透射 / 反射光谱测试系统 (OIS)

精确确定在反应链中有颜色的物种以及动态特性

单通道 DTR 可与几乎所有的 Zahner 校准光源配合使用。当有多个有颜色的物种存在时, 通过改变波长 DTR 可进行系列测量。



dtr

可实现的测试方法:

- 动态透射 / 反射谱 vs. 频率;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 电荷;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 电压;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 时间;

CIMPS-dtr 系统选件包括:

- 附加的被动式恒电位仪;
- 光强度校准传感器。

CIMPS-mdtr

同步多通道测试系统, 动态透射 / 反射光谱与交流阻抗测量同时进行

与 CIMPS-dtr 不同, CIMPS-mdtr 可在同一个体系中对多个物种进行测量的同时做交流阻抗测量。CIMPS 系统扩展了 PAD4 多通道测量模块。CIMPS-mdtr 的光源可用 UV(365nm), 紫光 (420nm), 蓝光 (445nm), 绿光 (535nm), 红光 (630nm), 近红外 (740nm), 红外 (940nm) 和白光。不同波长的带宽可分别设定, 在这种条件下选择激发信号进行测量。

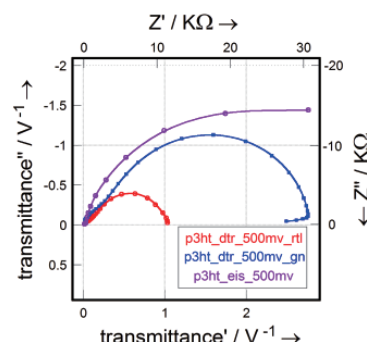
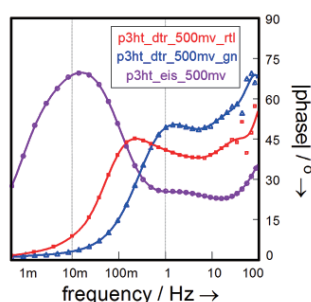
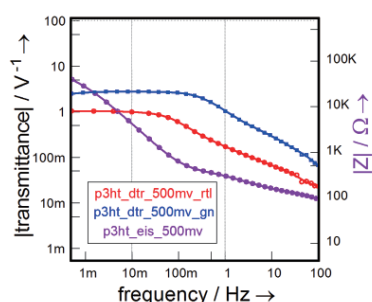
透射 / 反射光通过线性可变滤波器 LVF, 然后照射到光检测器阵列, 在 UV/VIS/IR 波长范围内可选择性提供八个不同波长的光源, 最多四个光检测器信号可连接到 PAD4 的输入端口。利用可选择波长的光源和可选择波长的光检测器, 减小交叉影响。

可实现的测试方法:

- 动态透射 / 反射谱 vs. 频率;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 电荷;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 电压;
- 静态透射 / 反射谱 vs. 时间;
- 多谱透射 / 反射谱 vs. 频率 (与交流阻抗同时测量);

CIMPS-mdtr 系统选件包括:

- PAD4 四通道同时 AD 转换;
- 多光谱光源;
- 多光谱传感器和相应的放大器;



Characterization of a P3HT-PEDOT:]PSS polymer multilayer with DTR and EIS at 535 nm and 740 nm

ZAHNER CIMPS

spectro-electrochemical

CIMPS-emit

光电化学发射测试系统 - OPV, LED, OLED

扩展 CIMPS 系统应用范围, 用于 OPV, LED, OLED 检测

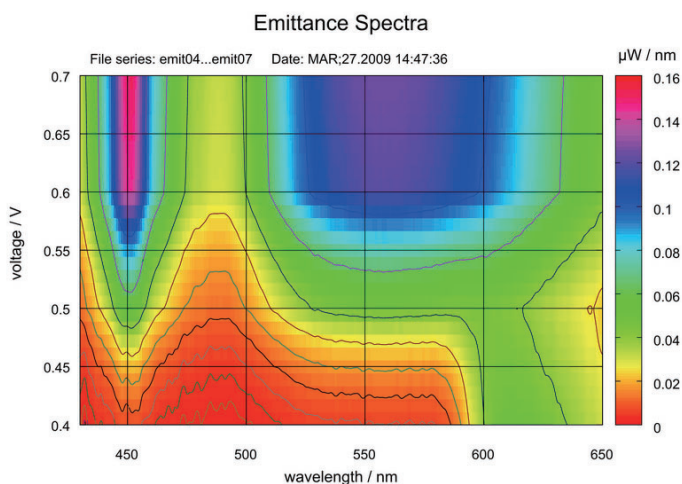
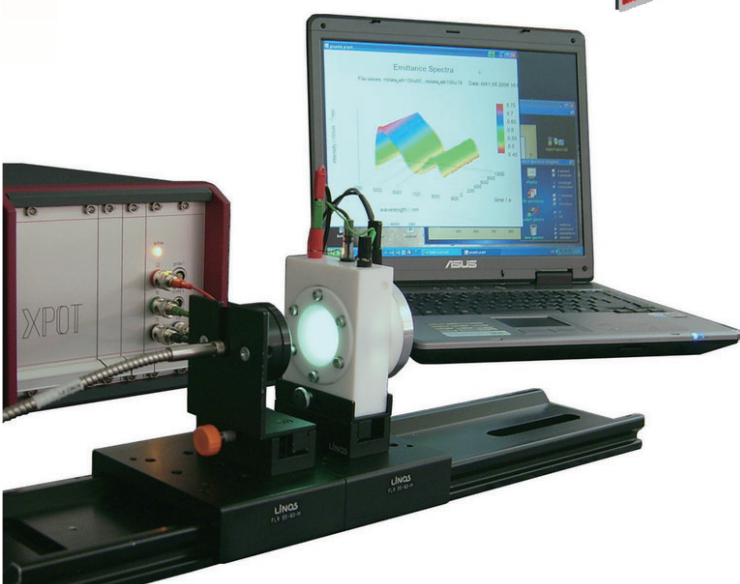
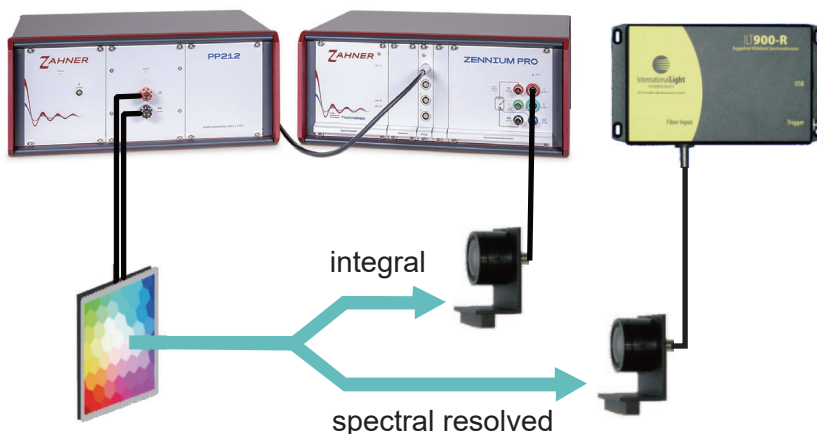
类似 CIMPS-abs 系统, CIMPS-emit 系统附加 UV-VIS-IR 光谱仪来实现光谱分辨率的发射光谱测量。对于整体发射光测量, 需另外配 NIST 追踪标定的光强探测器。CIMPS-emit 可自动测量系列光谱, 光谱系列对电压、电流、时间变化进行测量, 也可对其它物理量变化进行系列测量如: 温度、电压和 pH 等。当然, 也可以在控制电化学参数的同时, 手动触发测量发射光谱。光谱分析软件包支持单个 / 多个 2D 或 3D 图谱分析, 绘制发射、透射、吸收光谱的等高图并以波长的线性坐标或对数坐标显示图形。

可实现的测试方法:

- 光发射时电压电流特性 (PVI);
- 光谱分辨率的 PVI。

CIMPS-emit 系统选件包括:

- UV-VIS-IR 光谱仪;
- NIST 可追踪校准传感器。



ZAHNER CIMPS

photo-electrochemical

CIMPS-fit

光强度变化瞬态变化测试系统

扩展 CIMPS 应用范围，对半导体、有机太阳能电池、染料敏化太阳能电池做高速动态特性检测

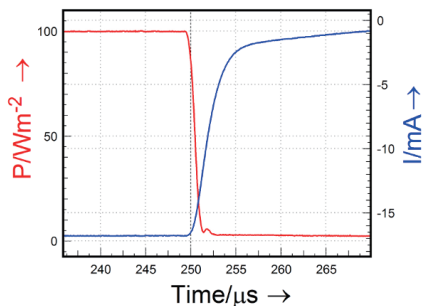
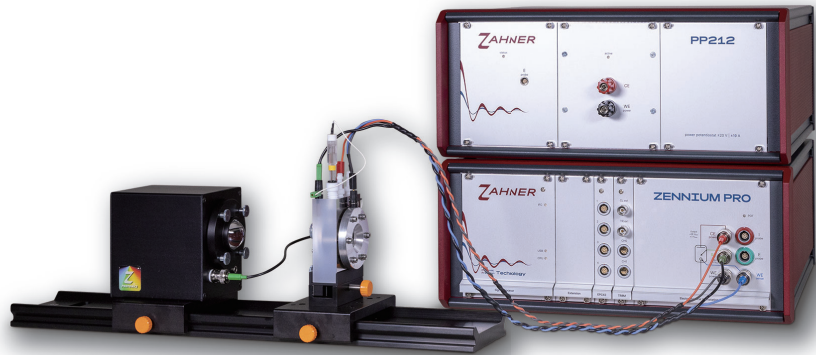
对 IMPS 和 IMVS 频域变量所产生的动态响应信号与时间域瞬态响应信号做线性相关分析,通常会带来显著的优势。慢速变化的光电化学系统如: 染料敏化太阳能电池 DSSC 或有机光催化系统可用 CIMPS 软件包中的 "Intensity Transients" 功能进行成功的评价。对于高速响应过程如以硅为基底的材料或单晶硅半导体太阳能电池, 或由于在有机太阳能电池内具有薄层结构, 标准的 CIMPS 软件中 "Intensity Transients" 功能的时间分辨率不能满足要求, Zahner 公司的 CIMPS-fit 系统可提供高速瞬态响应信号测量, 将时间测量分辨率达到 50ns。

可实现的测试方法:

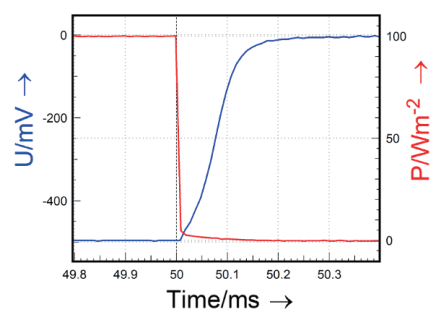
- 光电流瞬态响应测量;
- 光电压瞬态响应测量。

CIMPS-fit 系统选件包括:

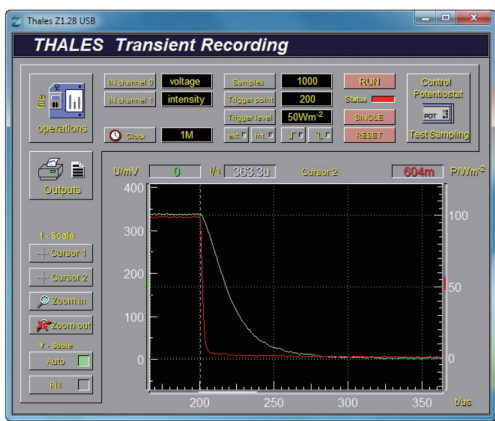
- TR8M 瞬态记录器;
- Trigger 触发信号线。



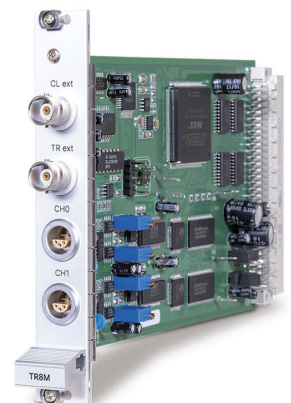
Photocurrent Transient of a Monolithic Silicon Solar Cell



Photovoltage Transient of an Organic Solar Cell
(built up from Cr-Al-Cr-P3HT-PCBM-PEDOT-Cr-Au)



CIMPS-fit 系统使用高速双通道记录仪 TR8M 扩展卡, 具有最高为 20MHz 双通道采样速率。TR8M 与电化学工作站主机及 EPC42 卡扩展的外置恒电位仪进行内部通讯。由 CIMPS 系统控制外置恒电位仪使光源发光强度瞬态变化, 光源的开关时间常数典型值小于 80ns (关断时间), 通常可达到 1µs。电化学工作站主机控制光电化学池采集信号, 并传输到 TR8M 卡。



ZAHNER CIMPS

specifications

外置恒电位参数

	频率范围	用于LED光源输出范围
PP212	10μHz~200KHz	±10A/±20V

CIMPS基本配置

完整的CIMPS系统	CIMPS-Pro	Zennium Pro电化学工作站 PP212外置恒电位仪 EPC42控制模块 光具座, 传感器, 光感放大反馈系统 CIMPS及ThalesXT软件
	CIMPS-X	Zennium X电化学工作站 PP212外置恒电位仪 EPC42控制模块 光具座, 传感器, 光感放大反馈系统 CIMPS及ThalesXT软件

CIMPS选件

吸收光谱	CIMPS-abs	CIMPS-Pro, CIMPS-X 2个光电化学池 (PECC-2) UV-VIS-IR光谱仪
发射光谱	CIMPS-emit	CIMPS-Pro, CIMPS-X SEL033 UV-VIS-IR光谱仪
光电转化效率	CIMPS-pcs	TLS03可调波长光源
高速光强瞬态	CIMPS-fit	TR8M瞬态记录仪
动态投射/反射谱	CIMPS-dtr	附加恒电位仪、标定光强传感器
多通道投射/反射谱	CIMPS-mdtr	PAD4, 多光谱光源, 多光谱传感器和放大器

光源参数

单色光	超过50种不同波长的LED光源 波长范围: 265nm~1550nm
白光	发光二极管阵列及钨灯
可开关、可调光源	波长范围: 295nm~1020nm

ZAHNER



香港

香港九龙官塘海滨道133
号万兆丰中心16楼B室
电话: 00852-36924581
传真: 00852-36924576
网址: www.uatil.com.cn

邮箱: sales@uatil.com.cn

北京

北京市海淀区中关村南大街9
号理工科技大厦506室
100081
电话: 010-68946260
传真: 010-68463639

网站: www.zahner.com.cn

上海

上海市闵行区莘建东路58
弄2号楼2003室
201100
电话: 021-54170556
传真: 021-54170122

广州

广州市越秀区先烈中路
中侨大厦21E房
510060
电话: 020-81303262
传真: 020-81301728

德国

Thueringer Str.12,
D-96317 Kronach, Germany
Tel: +(49)-(0)9261-962119-0
Email: support@zahner.de
Website: http://www.zahner.de