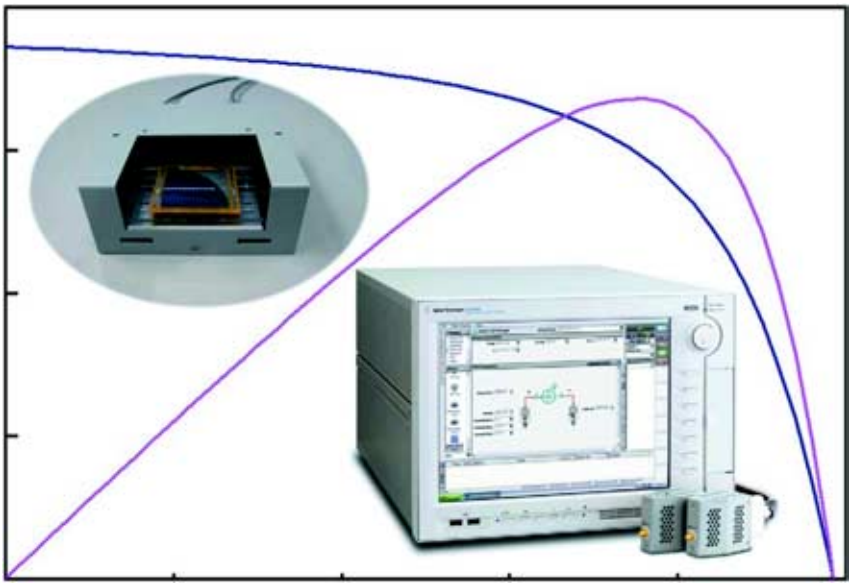
使用 B1500A 对太阳能／光伏电池进行 IV 和 CV 特性表征

应用指南 B1500A-14



序言

随着社会对化石燃料替代能源的需求日益迫切以及环保意识的日益增强，太阳能电池作为一种取之不竭、用之不尽、环保可靠的能源技术，正受到越来越大的关注。业界正在努力开发各种太阳能电池，希望制造出更高效、更廉价的太阳能电池，从而尽情利用太阳所提供的无穷无尽的免费能量。

Agilent B1500A半导体器件分析仪是一款业内闻名的用于测量半导体器件特性的工具。然而，它也可以作为一款非常高效的工具来表征太阳能电池的特性，因为大多数太阳能电池测量与半导体器件测量是相同的，例如电流对电压(IV)和电容对电压(CV)测量。本应用指南介绍了如何使用B1500A 测量各种类型的太阳能电池，包括基于硅材料的传统器件和使用更稀有材料制造的先进器件。

Agilent Technologies

太阳能电池概览

对太阳能电池的DC和AC特性进行建模，使用不同的等效电路。图1为这两种情况的等效电路模型。

DC等效电路，描述太阳能电池的静态特性，通常由电流源、pn结二极管和并联的并联电阻(R_{sh})以及串联电阻(R_s)组成。电流源模拟从光注入的电子。R_s是太阳能电池的总欧姆电阻，基本上是体电阻。较小的R_s值等于增加的太阳能电池效率。R_{sh}等于杂散电流(例如器件边缘的复合电流和漏电流)。在本例中，较大的R_{sh}值等于增加的太阳能电池效率，因为它意味着杂散电流减少。

使用三元模型对AC等效电路进行建模。AC等效电路由并联电容(C_p)、并联电阻(r_p)和串联电阻(r_s)组成。AC等效电路可用于描述太阳能电池的动态特性。C_p由过渡电容(C_t)和扩散电容(C_d)并联组成，这两个电容都与施加的电压有关。此外，C_d还与AC信号频率有关。r_p电阻由R_{sh}和动态电阻(R_d)并联组成，这两种电阻也都与电压有关。

虽然目前有多种类型的太阳能电池正在开发中，但现有的太阳能电池大部分都采用硅基材料制成，包括单晶硅、大晶粒多晶硅和非晶硅等形式。硅是一种蕴藏极为丰富的物质，稳定度高，具有均衡的电子、物理和化学特性，非常适合大规模生产。这些特性使硅成为微电子行业使用最广泛的物质，在太阳能电池方面占据优势地位。然而尽管仍有一定的改进空间，硅基太阳能电池的性能还是正在接近理论极限。此外，对太阳能电池的潜在需求也超过了当前高品质纯硅晶格的产能，而这种晶格是充分提高太阳能电池效率所必需的物质。这导致业界开始开发基于替代物质的太阳能电池，例如Cu(In，Ga)Se_2(CIGS)太阳能电池和染料敏化太阳能电池(DSC)，以提高转换效率，降低成本。

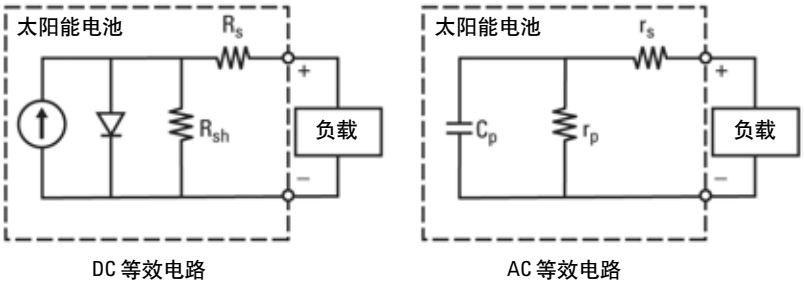


图 1. 对太阳能电池的 DC 和 AC 特性进行建模所使用的简化等效电路图

类别		类型	难题
硅		单晶硅	器件结构的开发
		多晶硅	晶体质量的改进
		非晶硅	倍增结点
化合物	III-V 半导体	GaAsInP	带隙控制 倍增结点
	II-VI 半导体	CdTe/CdS Cu_2S/CdS	
	黄铜矿 半导体	CIGS	
有机物		并五苯 酞菁 半菁	器件结构开发(包括多结) 材料开发
光化学		染料敏化	材料开发

表 1. 太阳能电池的类型及其相关难题

太阳能电池参数提取

表 1 概括了太阳能电池的各种类型以及它们所面临的挑战。当然，提高能量转换效率是所有这些类型的太阳能电池都要面对的一个重大挑战。效率的提高有助于减少制造电池所耗费的昂贵材料，并降低外围元器件的成本，从而降低太阳能电池的每瓦能耗成本。在测量描述太阳能电池效率的参数时，IV 表征是不可或缺的，我们将在后面对其进行讨论。

除了IV测量之外，电容测量和时域测量对于全面表征太阳能电池也是至关重要的。因为电池体内的陷阱对表面和体内的载流子复合有直接影响，所以必须表征这些陷阱以便尽量减少它们对太阳能电池性能的影响。电容测量是表征体内陷阱的主要方法。了解陷阱特性对于研究多结太阳能电池和控制太阳能电池带隙也非常重要。为了优化太阳能电池的性能，还必须知道载流子的扩散长度，因为它是影响太阳能电池效率的关键参数之一。时域测量是测量载流子扩散长度的最主要方法。

表 2 列出了表征太阳能电池通常使用的参数。

IV 测量提供的参数

绝大部分太阳能电池参数都可以从简单的 IV 测量中获得。图 2 显示了在正向偏置和照明条件下典型太阳能电池的 IV 特征。短路电流 (I_{sc}) 是在太阳能电池两端电压为零时通过太阳能电池的电流。开路电压 (V_{oc}) 是通过太阳能电池的电流为零时太阳能电池两端的电压，也是可从太阳能电池的最大电压。最大功率点 (P_{max}) 是指太阳能电池产生最大功率时所处的条件; 在此条件下的电流和电压定义分别是 I_{max} 和 V_{max}。填充因数 (FF) 和转换效率 (η) 是用于表征太阳能电池性能的指标。填充因数的定义是 P_{max} 除以 V_{oc} 与 I_{sc} 之积的比率。转换效率的定义是 P_{max} 除以入射光辐照度 (E) 与太阳能电池表面积 (A_c) 之积的比率。

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times A_c} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{E \times A_c}$$

IV 测量		
符号	参数名称	单位
I_{sc}	短路电流	A
J_{sc}	短路电流密度	A/cm^2
V_{oc}	开路电压	V
P_{max}	最大功率点	W
I_{max}	最大功率点的电流	A
V_{max}	最大功率点的电压	V
FF	填充因数	—
η	转换效率	%
R_{sh}	并联电阻	Ω
R_s	串联电阻	Ω

电容测量		
符号	参数名称	单位
C_p	并联电容	F
N_c	载流子密度	cm^{-3}
N_{dl}	激励电平密度	cm^{-3}

时域测量		
符号	参数名称	单位
τ	少数载流子寿命	s
S	表面复合速度	cm/s
L_d	少数载流子扩散长度	m

Table 2. Basic solar cell perameters

虽然测量R_{sh}和R_s的方法有很多，但是最简单的方法是测量IV特性曲线的斜率，如图2所示。不过，使用这种方法计算的R_s的值偏向于与实际值成比例且偏大。

为了更精确地测量R_s，可以使用入射光辐照度的不同值进行多次正向偏置IV测量(参见图3)。首先，在任意光辐照度条件下进行一次正向偏置IV测量，选择一个比V_{max}略高的值V_1(如图3所示)。接下来计算出ΔI值，其中$\Delta I = I_{sc1}(0) - I_{sc1}(V_1)$。再如图3所示，使用较小的光辐照度重复进行两次测量。最后，如下式所示，计算R_1、R_2和R_3的平均值R_s。

$$R_s = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

其中

$$R_1 = \frac{V_2 - V_1}{I_{sc1}(V_1) - I_{sc2}(V_2)}$$

$$R_2 = \frac{V_3 - V_2}{I_{sc2}(V_2) - I_{sc3}(V_3)}$$

$$R_3 = \frac{V_3 - V_1}{I_{sc1}(V_1) - I_{sc3}(V_3)}.$$

在暗电流条件下进行的反向偏置IV测量提供了关于R_{sh}的信息。测量R_{sh}的另一种方法是利用反向偏置IV特性曲线在线性区域的斜率(参见图4)。R_{sh}可以定义如下。

$$R_{sh} = -\frac{1}{dI/dV}.$$

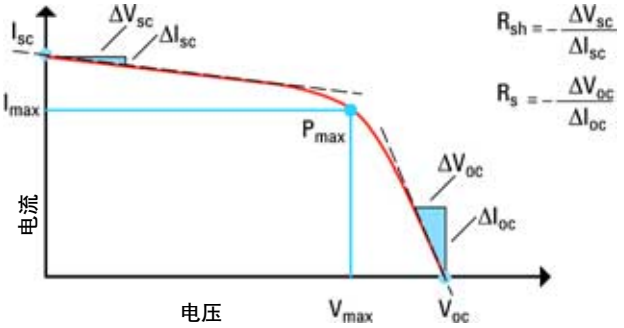


图2. 太阳能电池的典型IV正向偏置特性曲线

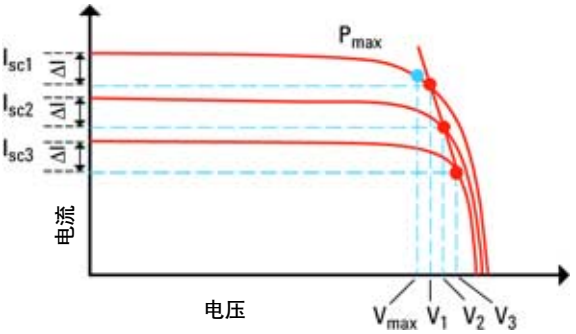


图3. 利用太阳能电池IV特性曲线确定串联电阻(R_s)的首选方法

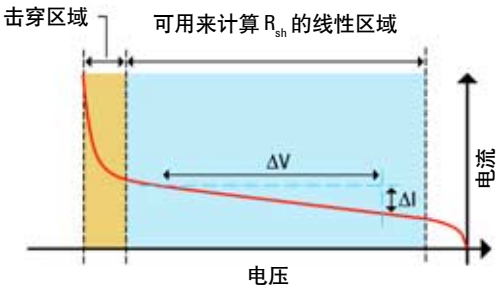


图4. 太阳能电池的典型IV反向偏置特性曲线

从电容测量获得的参数

电容测量也可用于表征太阳能电池的特性。CV 测量(最常用的电容测量)可通过以下方程式计算载流子密度(N_c)。

$$\frac{1}{C^2}=\frac{2}{qN_cK_s\varepsilon_0A^2}(V_{bi}-V)$$

其中，q是电子电荷，K_s是半导体介电常数，ε_0是自由空间的电容率，A是太阳能电池的表面积，V_{bi}是内建电位。$1/C^2$-V图称为Mott-Schottky图，N_c在耗尽宽度(W)上的分布可从下面的Mott-Schottky图的斜率获得(参见图5)。

$$N_c(W)=\frac{2}{qK_s\varepsilon_0A^2\left[\frac{d\left(1/C^2\right)}{dV}\right]}$$

其中

$$W=\frac{K_s\varepsilon_0A}{C}$$

AC 电压电容测量(CV_{ac})提供了关于缺陷密度(N_d)的信息。这个方法称为激励电平电容分布(DLCP)，可通过研究电容器的非线性响应与所施加振

$$C=C_0+C_1dV+C_2\left(dV\right)^2+\cdots$$

荡信号的峰峰值电压 dV(=V_{pp})的函数关系，最终确定深缺陷密度。

使用 DLCP 得到的密度又称为激励电平密度(N_{dl})，定义如下(参见图6)。(注: 在前面的方程式中，包含下标的符号 C_1、C_2 等的单位都是每伏电容(capacitance per volt)、每平方伏特电容(capacitance per volt squared)等。)

$$N_{dl}(W)=-\frac{C_0^3}{2qK_s\varepsilon_0A^2C_1}$$

其中

$$W=\frac{K_s\varepsilon_0A}{C_0}$$

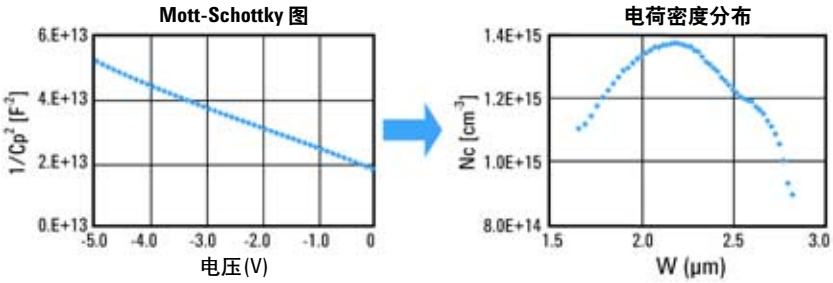


图 5. Mott-Schottky 图和电荷密度分布

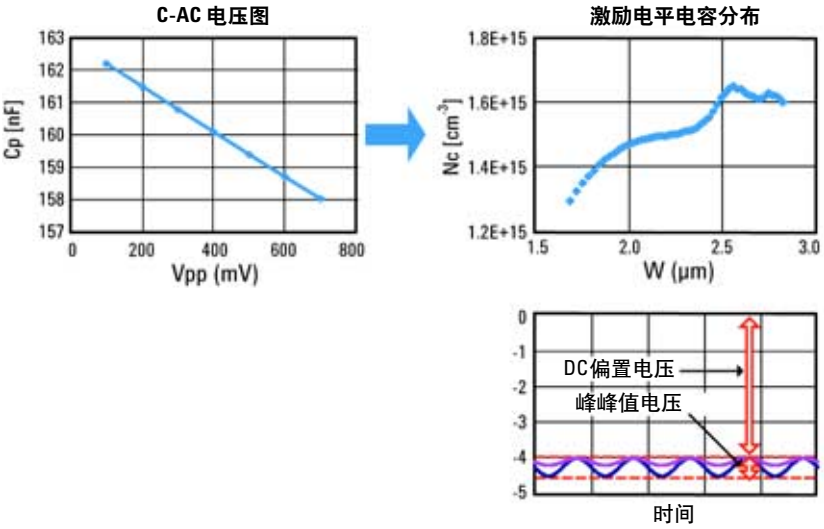


图 6. DLCP 测量和 N_{dl} 分布

电容 — 频率(Cf)测量同样有助于您了解太阳能电池的动态特性。利用Cf测量的结果，您通常可在阻抗平面中绘制出复数图形，该图可称为Nyquist图、Cole-Cole图或复阻抗图等(参见图7)。

从时域测量获得的参数

业界正在开发多种时域测量方法，用来测量太阳能电池的复合参数，例如少数载流子寿命(τ)、表面复合速度(S)和少数载流子扩散长度(L_d)。

最常用的一种方法是开路电压衰减(OCVD)，其中激励可通过电子或光方式提供(参见图8)。采用电子方式提供激励时，对太阳能电池施加一个等于I_{sc}的恒定电流，在突然中断电流后会发现太阳能电池两端出现电压衰减。采用光方式提供激励时，使用光脉冲而不是电流来激励太阳能电池。短路条件下，在移除光激励后对流经太阳能电池的电流进行测量，这称为短路电流衰减(SCCD)。

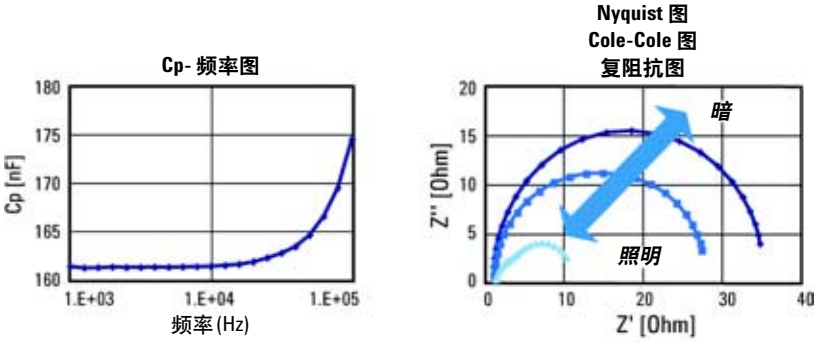


图 7. Cp- 频率图和 Nyquist 图

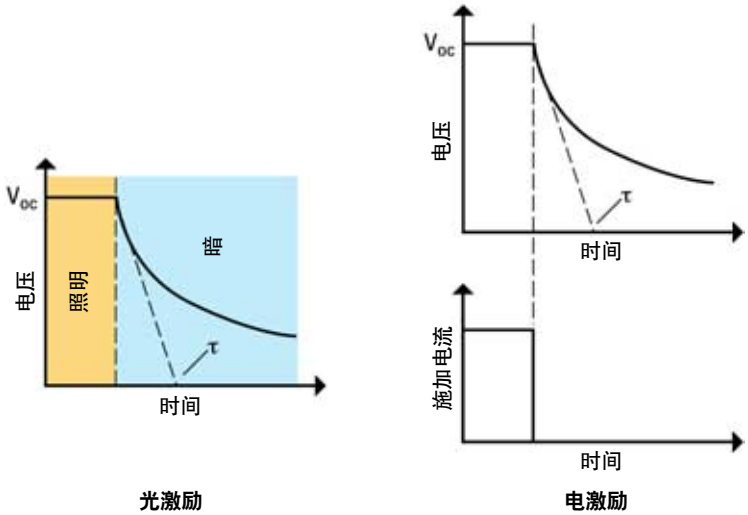


图 8. 开路电压衰变测量

B1500A 太阳能电池测试功能

B1500A 主机有 10 个可用于插入模块的插槽。它支持多种模块类型，包括源／测量单元(SMU)、多频电容测量单元(MFCMU)、波形发生器／快速测量单元(WGFMU)和高压半导体脉冲发生器单元(HV-SPGU)。此外，每个 B1500A 主机都包含接地单元(GNDU); GNDU 作为有源接地，在电流水平为 ±4.2 A 时始终保持零电位。使用这些模块和接地单元，您可以执行各种参数测试，包括基本的 IV 和电容表征和超快速的 IV 时域测量。

IV 测量功能

如前所述，通过基本的 IV 测量可以得出基本的太阳能电池参数，例如 I_{sc}、J_{sc}、V_{oc}、P_{max}、I_{max}、V_{max}、FF、η、R_{sh} 和 R_s。B1500A SMU 可在下述所有四个象限中对太阳能电池进行IV测量。

SMU 是整合了电流源、电压源、电流表、电压表和若干开关的单端器件(参见图9)。SMU可在所有四个象限中测量器件的 IV 特性，因而无需使用任何外部开关即可测量照明条件和暗条件下的 IV 特性(参见图 10)。SMU 不仅能够施加／测量电压或电流，还具有限流／限压特性，可以限制电压或电流输出，避免器件损坏。例如，当 SMU 处于电压源模式时，您可以指定电流限流条件，预防大电流进入被测器件(DUT)。

B1500A 支持三种类型的 SMU: 中等功率 SMU (MPSMU)、大功率 SMU (HPSMU) 和高分辨率 SMU (HRSMU)。因此，您可以根据将要测量的器件类型选择适合的 SMU。表 3 概括了不同的SMU的功能，图11显示了每种SMU能够施加／测量的电流／电压范围。

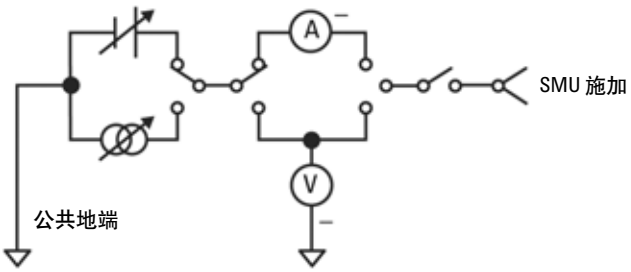


图 9. SMU 的简化等效电路

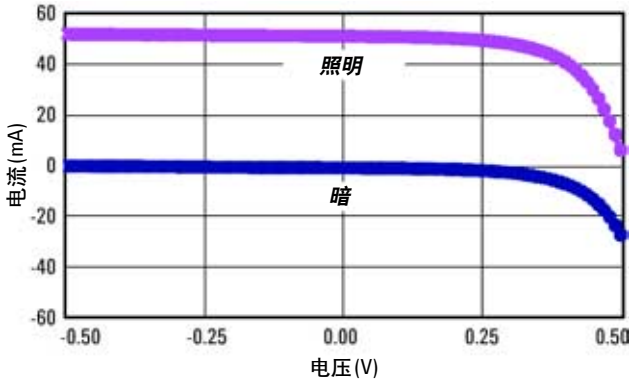


图 10. 使用 SMU 进行的 IV 测量

		MPSMU	HPSMU	HRSMU
最大施加 / 测量值(绝对值)	电流	100 mA	1 A	100 mA
	电压	100 V	200 V	100 V
最小测量分辨率	电流	10 fA	10 fA	1 fA
	电压	0.5 μV	2 μV	0.5 μV
最大功率		2 W	14 W	2 W

表 3. SMU 测量功能对比

如果您的太阳能电池的短路电流大于1 A或需求电压大于200 V，那么可以使用Agilent B1505A功率器件分析仪／曲线追踪仪来测量该器件。B1505A支持电流测量范围高达20 A的大电流SMU(HCSMU)和电压测量范围高达3000 V的高电压SMU(HVSMU)。此外，B1505A还支持HPSMU和MFCMU模块(B1500A同样支持这些模块)。关于B1505A的更详细信息在B1505A手册(5990-4158EN)中提供。

SMU使您可以在执行扫描测量时指定延时参数。该参数允许您设定每次电压阶跃变化后而在执行测量前的等待的时间量。这种能力对于测量尖端器件(例如DSC)是不可或缺的。这些器件显示了明显的阶跃延时响应(参见图12)，因此对于控制延时以便正确表征这些器件非常重要。您可按照100 μs的分辨率指定B1500A扫描测量延时。

SMU还支持双扫描功能。图13对单扫描功能和双扫描功能的工作情况进行了对比。虽然使用单扫描功能可以表征大部分器件，但某些太阳能电池的IV特性却表现得与其扫描方向有直接的关系。在这些情况下，您可以使用双扫描功能轻松进行表征，而无需编辑任何类型的程序。

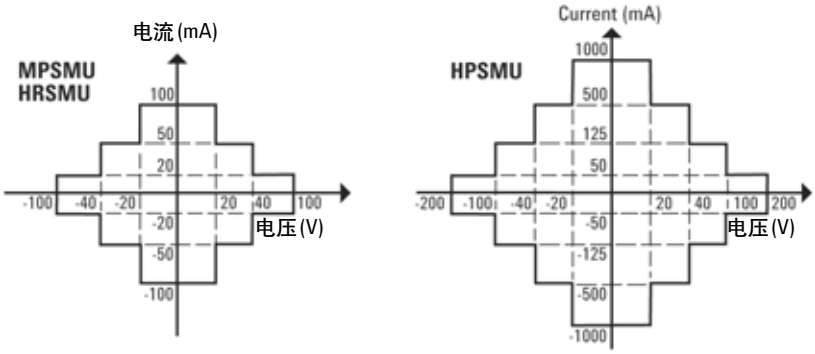


图 11. SMU 电流源和电压源功能

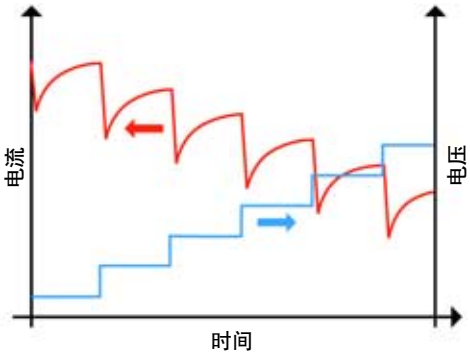


图 12. 染料敏化太阳能电池(DSC)的阶跃延时响应

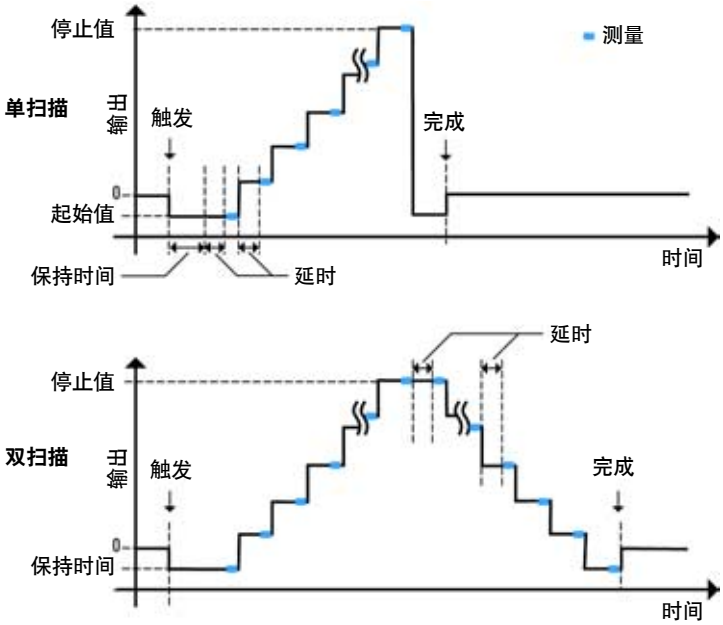


图 13. B1500A 的单扫描和双扫描功能比较

电容测量功能

电容测量可对太阳能电池的动态特性进行表征。如前所述，Mott-Schottky 图、Nyquist 图和 DLCP 均可从电容测量结果中导出，它们可显示 N_c 和 N_{dl} 在 W 上的分布等参数。

除了基本的 DC 偏置电压扫描功能之外，B1500A 的 MFCMU 还具有频率扫描和AC偏置电压扫描功能，这两种功能都是测量太阳能电池的电容特性所必需的。表4总结了MFCMU支持的测量范围。除了无需使用单独的外部电容表之外，B1500A 的 MFCMU 还与其SMU完全集成，从而可对太阳能电池施加高达 ±100 V 的 DC 偏置电压。

时域测量功能

时域测量可用于测量如τ、S和 L_d 等复合参数。进行这些类型的时域测量，需要具有高速采样能力。通常我们使用具有某类IV转换器的示波器来实现这一目的，尽管这涉及到向机架堆叠解决方案进行整合的问题。

SMU还具有时间采样功能，使您能够进行电压－时间(V-t)和电流－时间(I-t)采样测量。如上所述，使用采样功能，您可以测量太阳能电池的瞬时特性。太阳能电池在条件变化时的瞬时响应相对较慢，而SMU的最小采样间隔和时间分辨率均为 100 μs，对于测量来说已经足够了。

如果该器件要求IV测量的采样速度超过 100 μs，那么可以选用 B1500A 的 WGFMU 模块来进行测量。WGFMU 能够执行快速IV测量，测量可与任意线性波形生成(ALWG)功能进行同步(参见图 14)。ALWG 功能使您能够以 10 ns 的可编程分辨率来合成各种波形。WGFMU 有两种模式: PG 模式和快速 IV 模式，表 5 总结了 WGFMU 在两种模式下的测量功能和测量范围。

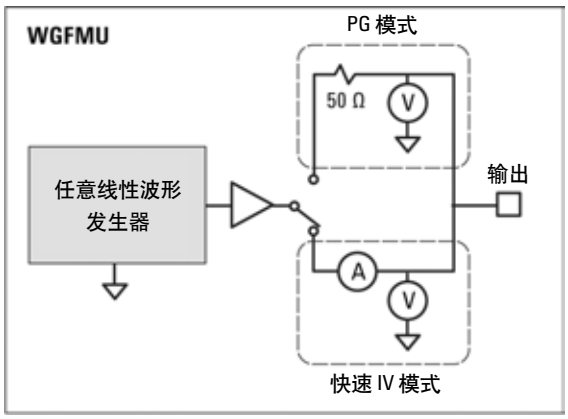


图 14. 简化的 WGFMU 电路图

	最大值	最小值	分辨率
频率	5 MHz	1 kHz	1 mHz (最小值)
输出信号电平 (rms)	250 mV	10 mV	1 mV
DC 偏置电压	25 V (不含 SMU) 100 V (含有 SMU)	-25 V (不含 SMU) -100 V (含有 SMU)	1 mV
DC 偏置电流	10 mA (50 Ω 范围内)	—	—

表 4. MFCMU 的测量功能

模式	功能	V force 范围	V measure 范围	I measure 范围
快速	V force/I measure	-3 V 至 3 V	-5 V 至 5 V	1 μA
	V force/V measure	-5 V 至 5 V	-10 V 至 10 V	10 μA
		-10 V 至 0 V		100 μA
		0 V 至 10 V		1 μA
				10 μA
PG	V force/V measure	-3 V 至 3 V	-5 V 至 5 V	—
		-5 V 至 5 V		

表 5. WGFMU 的功能和测量范围

软件环境

EasyEXPERT是在B1500A上运行、具有强大功能的一个软件环境。EasyEXPERT包括230多种应用测试，按照逻辑类别方便地进行组织管理。这些应用测试使您能够立即开始进行高效的太阳能电池参数测量，而无需花费几小时或几天的时间学习如何设置仪器硬件。此外，EasyEXPERT提供了多种数据分析功能，包括在相同Y轴上将两组或更多组测量数据绘制成图形;向图形添加多个标记和指针以突出显示重要的数据点;以及根据测量结果自动计算参数等等。所有应用测试都允许用户进行修改，例如添加额外的测量参数或测量后计算的参数，从而轻松满足用户器件的特殊要求。

添加测量功能

如果您需要进行IV和电容测量，那么可以使用SMU CMU Unify Unit (SCUU)(参见图15)。因为SMU和MFCMU使用的接头类型不同，您在IV测量和电容测量之间切换时需要手动改变电缆连接，既不方便，又会浪费大量时间。而用SCUU就不需要手动改变电缆连接。B1500A应用指南B1500-3(5989-3608EN)对SCUU的操作进行了更详细的说明。

B1500A主机包含10个空闲插槽，您可以在其中插入多达10个SMU。在测量太阳能电池时，您可以利用所有这些SMU进行并行测量，从而提高测量效率。另外，B1500A可通过GPIB等接口与其他外部仪器进行通信，例如光源和温度箱。您可以将B1500A用作系统控制器，针对各种其他仪器开发自动测量系统(参见图16)。

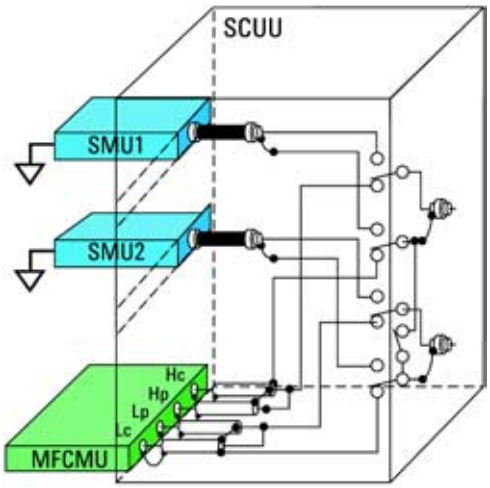


图15. SCUU连接详图

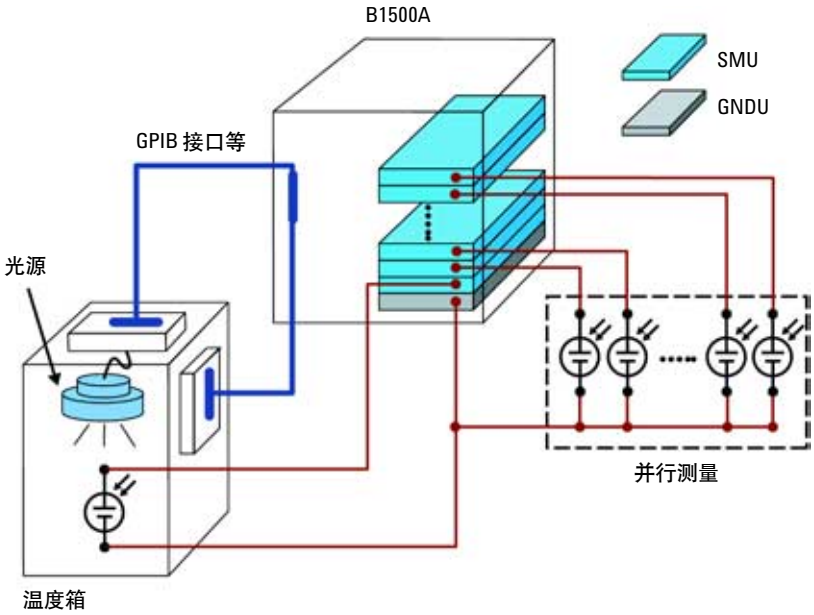


图16. 并行测量和控制其他仪器／设备的测量解决方案示例

应用测试范例

安捷伦网站现已发布针对太阳能电池的 EasyEXPERT 应用测试范例供用户下载。这些应用测试范例在B1500A上运行，您可以使用它们立即开始对太阳能电池进行测量，而不必花费很长时间开发自己的测试程序。表6列出了这些应用测试范例，以及它们所进行的测量和提取出的参数。图17到25显示了使用这些应用测试范例获得的真实测量结果。

Solar Cell IV 执行基本的 IV 测量，显示太阳能电池的整体特性。您可以为扫描测量指定不同的测量参数，例如开始电压、终止电压和阶跃电压。

Solar Cell IV Fwd 执行正向偏置IV测量，并计算太阳能电池的基本静态参数，例如I_{sc}、J_{sc}、V_{oc}、P_{max}、I_{max}、V_{max}、FF、η、R_{sh}和R_s。除了这些参数外，此应用测试还可提供IV特性曲线和功率－电压特性曲线。

应用测试名称	测量类型	参数和图形
Solar Cell IV	IV 测量	
Solar Cell Fwd	IV 测量	I_{sc}、J_{sc}、V_{oc}、P_{max}、I_{max}、V_{max}、FF、η、R_{sh}、R_s
Solar Cell Rev	IV 测量	R_{sh}
Solar Cell Cp-V	C-V_{dc} 测量	Mott-Schottky 图、N_c
Solar Cell Nc-W	C-V_{dc} 测量	N_c
Solar Cell Cp-Freq Log	C-f 测量	
Solar Cell Nyquist Plot	C-f 测量	Nyquist 图
Solar Cell Cp-AC Level	C-V_{ac} 测量	N_{dl}
Solar Cell DLCP	C-V_{ac} 测量	N_{dl}

表 6. 应用测试范例列表

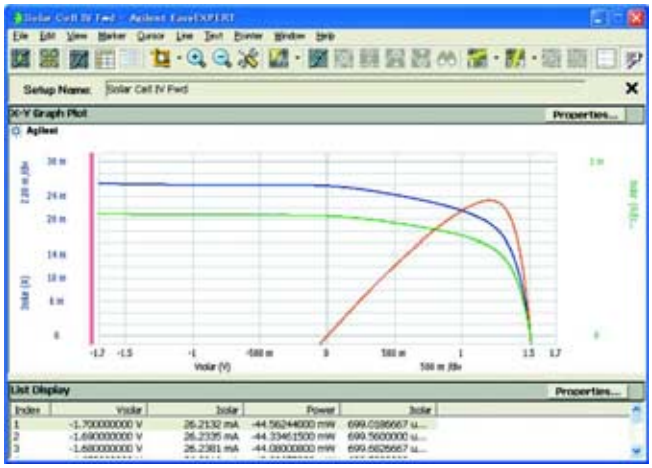


图 17. 应用测试(Solar Cell IV)实例

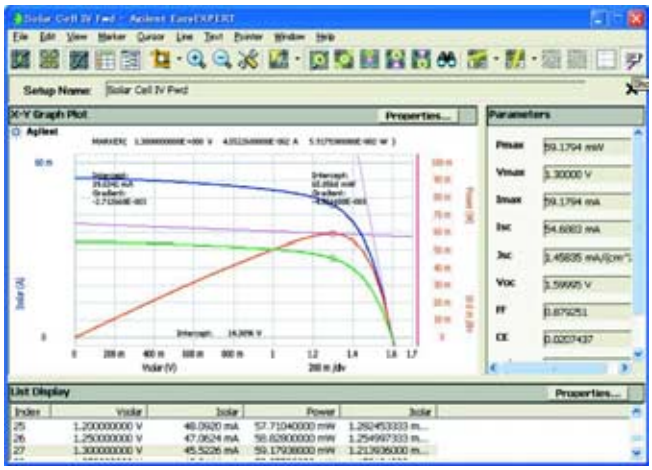


图 18. 应用测试(Solar Cell IV Fwd)实例

Solar Cell IV Rev 进行反向偏置 IV 测量，并通过 IV 曲线在线性区域的斜率计算太阳能电池的 R_{sh}。

Solar Cell Cp-V测量太阳能电池的电容，并显示DC偏置电压与电容的关系。除了CV特性曲线之外，该测试还可显示 Mott-Schottky 图，并从结果中计算出 N_c。

Solar Cell Nc-W 测量太阳能电池的电容－DC偏置电压的关系，并显示使用 Mott-Schottky 图计算出的W与 N_c 的关系。

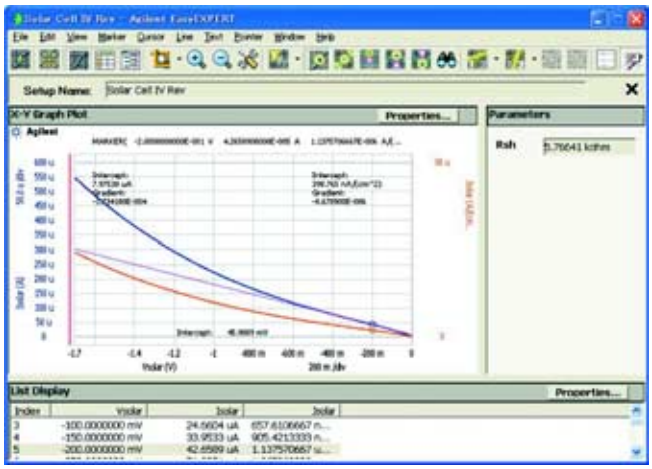


图 19. 应用测试(Solar Cell IV Rev)实例

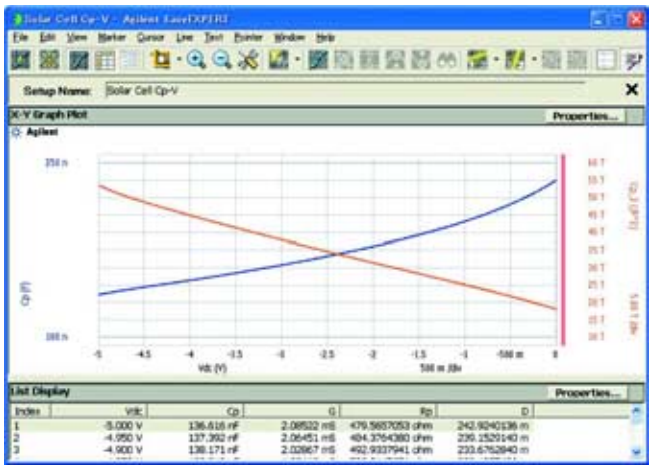


图 20. 应用测试(Solar Cell Cp-V)实例

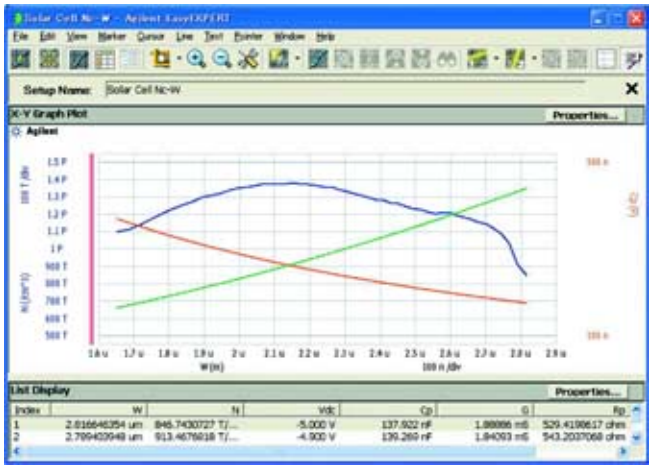


图 21. 应用测试(Solar Cell Nc-W)实例

Solar Cell Cp-Freq Log测量太阳能电池电容与AC信号频率的关系，以确定电容与频率的相关性。您可以指定开始频率、终止频率和施加的电压等测量条件。

Solar Cell Nyquist Plot也是测量太阳能电池电容与AC信号频率的关系，并在阻抗平面上显示频率与阻抗的关系。您可以指定开始频率、终止频率和施加的电压等测量条件。

Solar Cell Cp-AC Level测量电容与AC信号振幅的函数关系，并显示AC偏置电压与电容的相关性，从测量结果计算N_{dl}。您可以指定以下测量条件：AC信号的峰峰值电压的起始值、终止值和阶跃值；DC偏置电压和AC信号的频率。此测量称为DLCP。

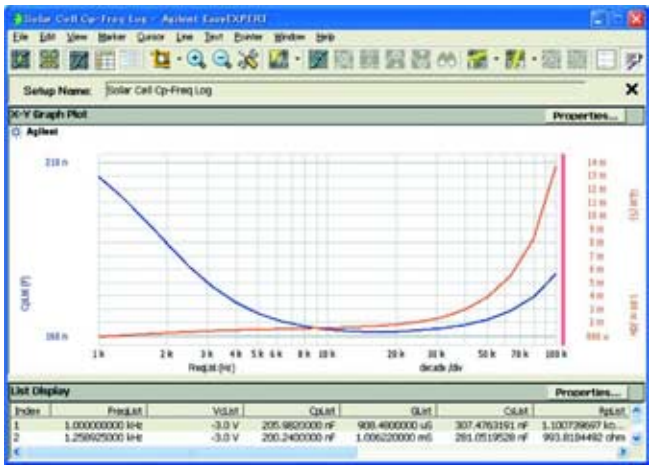


图 22. 应用测试(Solar Cell Cp-Freq Log)实例

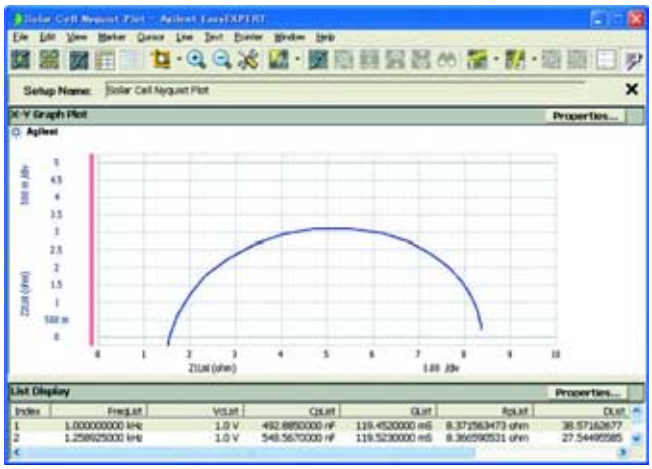


图 23. 应用测试(Solar Cell Nyquist Plot)实例

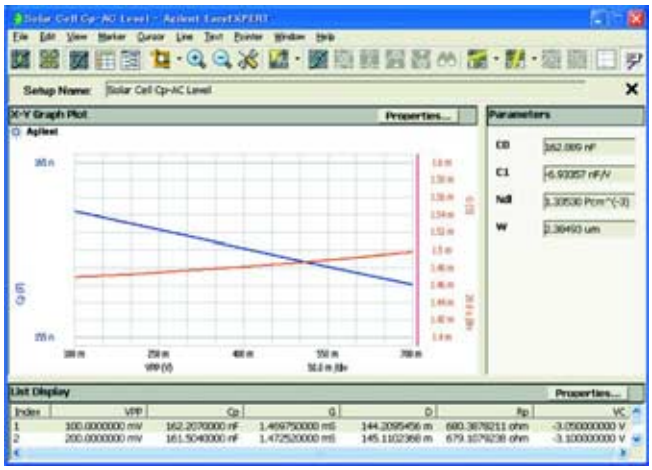


图 24. 应用测试(Solar Cell Cp-AC Level)实例

Solar Cell DLCP 测量在 DC 偏置和 AC 偏置电压同时发生变化时的电容，并从测量结果计算 N_{dl}。完成测量后，它会显示 N_{dl} 的分布特性。您可以指定以下测量条件：DC 电压起始值、DC 电压终止值、DC 电压阶跃值；AC 信号的峰峰值电压的起始值、终止值和阶跃值；以及 AC 信号的频率。

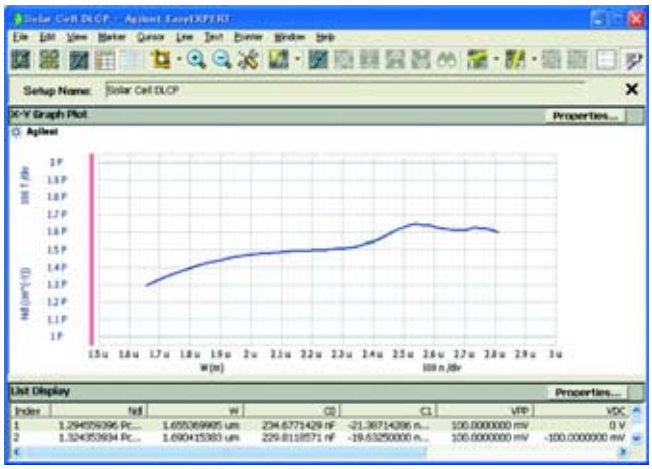


图 25. 应用测试 (Solar Cell DLCP) 实例

总结

本应用指南介绍了如何使用 B1500A 测量太阳能电池的特性。B1500A 拥有多个模块 (SMU、MFCMU、WGFMU 和 HV-SPGU)，它们支持所有类型的太阳能电池参数测试，从基本的 IV 和电容表征 (例如 CV、CVac 和 Cf) 到超快速 IV 时域测量等等。

EasyEXPERT 提供了容易使用的测量环境，使您可以立即开始进行高效的太阳能电池参数测量，无需浪费时间学习如何设置仪器硬件。

除了 EasyEXPERT 作为标准配置提供的 230 多种应用测试外，安捷伦网站还提供了太阳能电池测试的应用测试范例供用户下载。因此您可以轻松地提取基本的太阳能电池参数，而无需费时费力地自行开发测试程序。

www.agilent.com
www.agilent.com/find/b1500a

欢迎订阅免费的

安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates
得到您所选择的产品和应用的最新信息。

www.lxistandard.org
LXI 是 GPIB 的 LAN 基继承者，可提供更快和更有效的连通能力。Agilent公司是LXI联盟的创始成员。

Agilent 渠道合作伙伴

www.agilent.com/find/channelpartners
两全其美兼而得之，既有安捷伦的测量专长和丰富的产品资源，又有渠道合作伙伴的便捷服务。

Remove all doubt

使您的设备恢复如新并准时送还

安捷伦承诺经我们修理和校准的设备在返回您时就像新设备一样。安捷伦设备在整个生命期中都保持其全部价值。您的设备将由接受过安捷伦培训的技术人员，使用最新的工厂校准规范、自动维修诊断步骤和正品备件进行维修和校准。您可对您的测量充满信心。

安捷伦还为您的设备提供各种测试和测量服务，包括入门级培训，现场培训，以及系统集成和项目管理。

要了解有关维修和校准服务的详细情况，请访问:

www.agilent.com/find/removealldoubt

有关安捷伦开放实验室暨测量方案中心和安捷伦测试与测量技术认证，
请访问: **www.agilent.com.cn/find/openlab**

安捷伦电子测量事业部中文资料库: **http://www.tm.agilent.com.cn/chcn/**

安捷伦电子杂志教育版: **http://www.reeducate-agilent.com/english**

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。
热线电话: 800-810-0189
热线传真: 800-820-2816

安捷伦科技 (中国) 有限公司
地址: 北京市朝阳区望京北路 3 号
电话: 800-810-0189
(010) 64397888
传真: (010) 64390278
邮编: 100102

上海分公司
地址: 上海张江高科技园区
碧波路 690 号 4 号楼 1-3 层
电话: (021) 38507688
传真: (021) 50273000
邮编: 201203

广州分公司
地址: 广州市天河北路 233 号
中信广场 66 层 07-08 室
电话: (020) 86685500
传真: (020) 86695074
邮编: 510613

成都分公司
地址: 成都高新区南部园区拓新西一街 116 号
电话: (028) 83108888
传真: (028) 85330830
邮编: 610041

深圳分公司
地址: 深圳市福田中心区
福华一路六号免税商务大厦 3 楼
电话: (0755) 82763668
传真: (0755) 82763181
邮编: 518048

西安办事处
地址: 西安市高新区科技路 33 号
高新国际商务中心数码大厦 23 层 02 室
电话: (029) 88337030
传真: (029) 88337039
邮编: 710075

安捷伦科技香港有限公司
地址: 香港太古城英皇道 1111 号
太古城中心 1 座 24 楼
电话: (852) 31977777
传真: (852) 25069256

香港热线: 800-938-693
香港传真: (852) 25069233

E-mail: tm_asia@agilent.com

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改
©Agilent Technologies, Inc. 2010

出版号: 5990-4428CHCN
2010 年 4 月 印于北京

Agilent Technologies