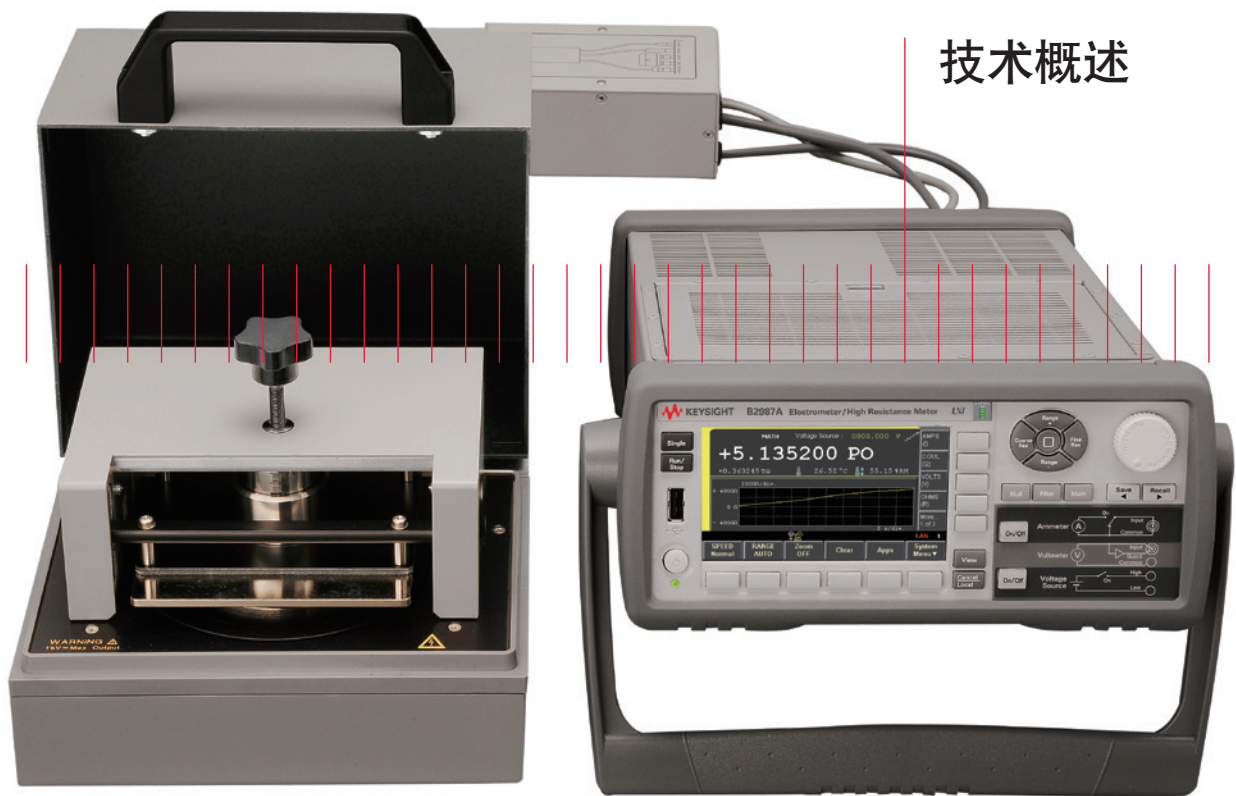


是德科技

使用 B2985A/87A 进行绝缘材料电阻率的测量

Keysight B2985A/B2987A 静电计/高阻表



技术概述

序言

Keysight B2985A和B2987A静电计/高阻表通过在前面板上提供精确的电阻或电流随时间的变化信息，简化了绝缘材料表面电阻率和体积电阻率的表征。

您可用 Keysight 16008B 电阻盒对薄膜或片状材料的表面电阻率或体积电阻率进行测量，还能用定制的电阻率测量夹具来测量其他形状的样品。

Keysight B2985A和B2987A静电计/高阻表具有独一无二的10aA(0.01 fA) 电流测量分辨率，使用内置的1000V电压源可测量最高10PΩ(10^{16} Ω)电阻。

根据ASTM D257标准(除非另作说明)，绝缘和表面电阻通常是在施加测试电压(带电)60秒之后测得，因此能够测量这些参数随时间的变化是很重要的。

B2985A和B2987A提供计时器触发和运算功能，可在指定的时间对测量数据进行计算，以得出不同点上的电阻率数据。另外，B2985A/B2987A还在显示屏上提供电阻率与测试时间的趋势图，使用户能够查看在记录最终电阻率值之前的电阻率变化。

本技术概述介绍了如何使用B2985A/87A和16008B进行精确的电阻率测量。

注: B2987A提供内置充电电池选项，在不接到交流电的情况下也能正常操作。

本文中的重要词汇:

极小电流测量中的公制单位前缀:

- peta (P) = 10^{15}
- tera (T) = 10^{12}
- giga (G) = 10^9
- pico (p) = 10^{-12}
- femto (f) = 10^{-15}
- atto (a) = 10^{-18}

电阻率测量

1. 测量基础知识

电阻率测定有两种基本方法: 体积和表面。

下面章节将会讲解这两种方法。

体积电阻率测量

体积电阻率测量一般采用图 1 所示的测试夹具电极配置——将电压源 V_s 施加到上电极, 指定流经测试样品的大电流为 I_m , 随后体积电阻率 R_v 用公式 $R_v = V_s / I_m$ 计算。从测试样品流向保护电极的大电流和从上电极流向保护电极的表面电流都属于泄露电流; 然而这些电流都会进入 V_s 的低侧, 不会对用于计算 R_v 的电流表电流 (I_m) 的大小造成影响。

体积电阻率 R_v 可用公式 $\rho_v = EAR / STH \times R_v$ 计算出, 其中:

EAR = Effective area 有效面积

STH = Sample thickness 样品厚度

表面电阻率测量

表面电阻率测量一般采用图 2 所示的电极配置——将电压源 V_s 施加到护环电极, 在测试样品表面上的电流从保护电极流向主电极, 表面电流被指定为 I_m 。表面电阻 R_s 可用公式 $R_s = V_s / I_m$ 计算。从护环流向上电极的电流是泄露电流; 然而这个电流会流入 V_s 的低侧, 不会对用于计算 R_v 的电流表电流 (I_m) 的大小造成影响。

表面电阻可用公式 $\rho_s = EPER / GLEN \times R_s$ 计算出, 其中:

EPER = Effective perimeter 有效周长

GLEN = Gap length 间隔长度

B2985/87A 可利用内置的 MATH 功能计算和显示上述参数。

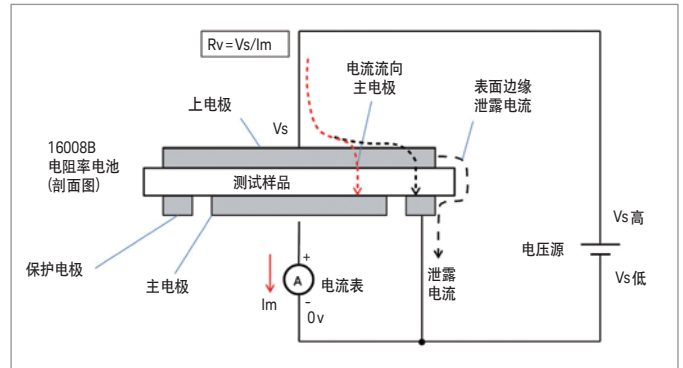


图 1. 体积电阻率测量

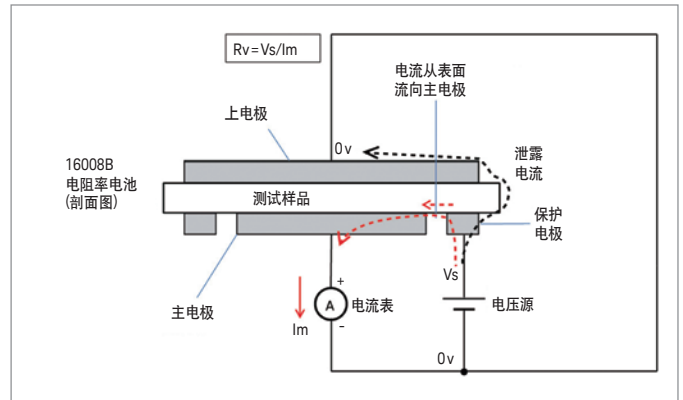


图 2. 表面电阻率测量

电阻率测量 (续)

2. 测量支持功能

B2985A 和 B2987A 具有多个适用于电阻率测量的特性。

测量时间设置:

电阻率测量通常是在施加一个激励信号后的指定时间内进行，因为绝缘材料的电阻率一般不会迅速收敛于一个稳定值，这就要求任何的电阻率技术指标都必须对应电阻测量时间点。除非另作说明，我们通常是在输入一个激励信号 (带电) 60 秒后开始进行电阻率测量 (根据 ASTM D257 标准)。

B2985A 和 B2987A 允许您指定在输入激励信号之后 (带电) 开始测量的确切时间。

湿度和温度测量:

由于电阻率测量会受到环境温度和湿度的影响，因此有必要记录每一次测量的数据，以方便用户比较不同材料的电阻率测量结果。

B2985A 和 B2987A 允许您测量和记录环境温度和湿度以及电阻测量数据。

趋势图显示:

由于电阻率测量通常会在输入电压激励信号之后有所改变，仪表能够显示电阻率从输入激励信号到最终测量结束过程中的变化，这会为用户带来极大便利。

B2985A 和 B2987A 允许您通过图表来监测电阻率随时间的变化。

使用 16008B 电阻盒进行电阻率测量的实例

本节介绍了如何使用 B2985A/87A 和 16008B 电阻盒进行电阻率测量。

图 3 显示了 B2987A 和 16008B 进行电阻率测量的连接后视图。

请确保仪表已经通过互锁电缆连接，将 N1413A 的控制开关切换到 PULL 位置；并且启用 "Floating DUT" 模式。

使用图 4 所示的 16008B 体积/表面选择器上的旋钮，就可以切换体积电阻率测量和表面电阻率测量。



图 3. B2987A 和 16008B 进行电阻率测量的配置

在本例中，夹具的测试电极是 16008B 电阻盒的标准配置。电极尺寸为：

- 主电极: 直径 50mm
- 防护电极: (内)直径 70mm



图 4. 16008B 体积/表面选择器的开关

体积电阻率测量实例所使用的测试样品是一种与静电隔离袋材质相同的塑料薄膜，适用于放置静电敏感器件。

表面电阻率测量实例所使用的测试样品是橡胶薄片。

电阻率计算的详细内容可参见图 5。

注：下面链接中的 16008B 手册可为您提供更多有关测试夹具的信息：

<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/16008-90011.pdf>

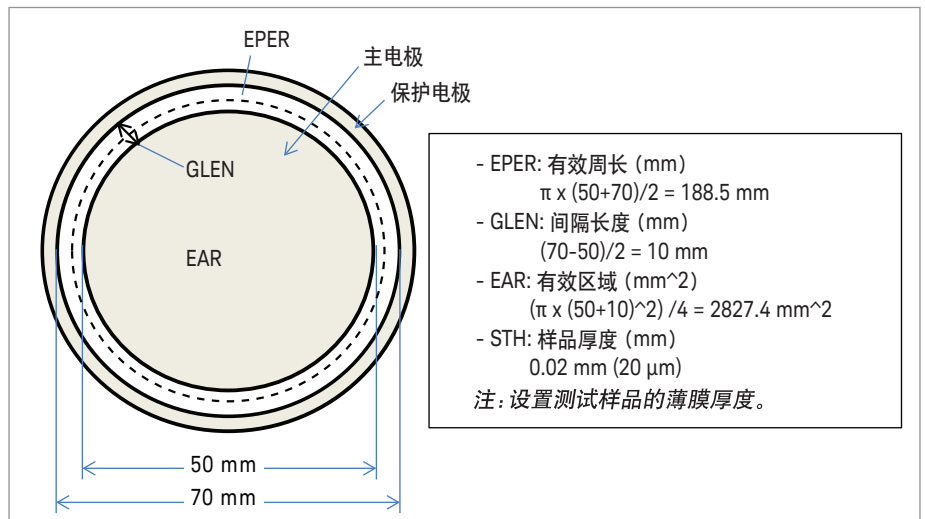


图 5. 测试电极的尺寸和电阻率计算参数

使用 16008B 电阻盒进行电阻率测量的实例 (续)

下面示例描述了如何设置和执行体积电阻率/表面电阻率测量。

测量设置可通过下面的链接下载: www.keysight.com/find/SensitiveMeasurements

实例 1. 体积电阻率测量

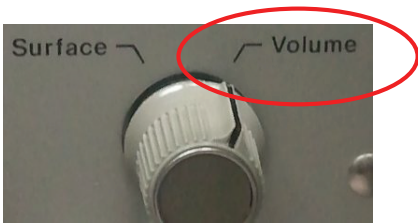
以下步骤演示了如何设置和执行体积电阻率测量。

B2985A 前面板操作及测量步骤

1. 在 16008B 电阻盒中放入测试样品。

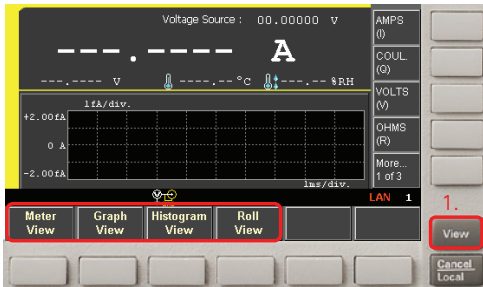
注: 本例使用了与静电隔离袋材质相同的塑料薄膜。

将 16008B 体积/表面选择器的开关切换到 "体积 (Volume)" 位置。

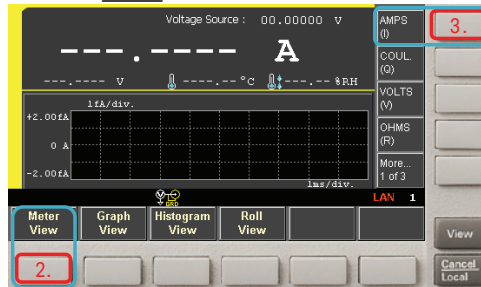


2. 按下 [视图 (View)] 键, 以显示功能键 View 的菜单。接下来按下 [仪表视图 (Meter View)] 功能键, 并按下 [AMPS (I)] 辅助键。

(1) 按下 **View** 键, 显示视图 (View) 功能键。



(2) 按下 **Meter View** 键,
(3) 再按下 **AMPS (I)** 键。




3. (1) 检查电压源 (Voltage Source) 字段是否设置为 0V。

(2) 如果不是, 将字段指针移动到电压源值, 再按下 [旋钮 (knob)] 进行电压编辑。



(3) 字段指针变为绿色编辑 (EDIT) 状态。

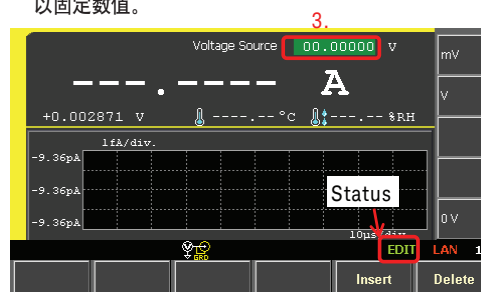
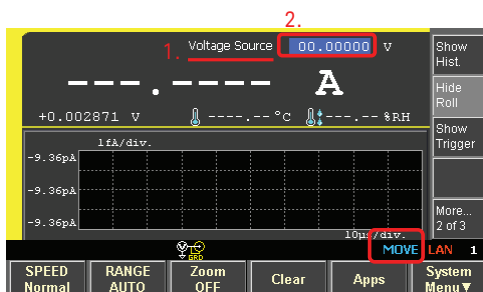
(4) 设置电压为 0V。用箭头键选择想要编辑的数字。

(1) 如果电压源的值不是 0V, 要执行以下步骤。

(2) 旋转 , 将字段指针移动到电压源值, 然后按下旋钮进行电压编辑。

(3) 字段指针变为绿色编辑 (EDIT) 状态, 状态信息将变成可编辑 (EDIT)。

(4) 通过旋转  可将电压设置为 0V, 按下  以固定数值。



实例 1. 体积电阻率测量 (续)

4. 设置运算(MATH)参数，以进行体积电阻率和表面电阻率计算:

步骤 1. 按下[视图 (View)] 键，以显示 [系统菜单 (System Menu)] 功能键。



步骤 2. 按下[系统菜单 (System Menu)] 键，再按下[功能 (Function)] 键。



步骤 3. 按下[运算 (Math)] 键。



步骤 4. 按下[变量 (Variable)] 键。



5. 运算变量输入面板已打开。

将索引(Index)设置为"01"(参见下图中的步骤"a")。

执行下图中的步骤"b"至"i"，将索引7中的变量设为188.5(mm)，参见步骤h。

a. 将索引(Index)设置为"01"。

Index	Name	Value
01	H	0
02	B	0
03	A0	0

b. 点击编辑 (EDIT) 模式。

Index	Name	Value
01	H	0
02	B	0
03	A0	0

c. 旋转到索引"07, EPER" (有效周长) 字段。

Index	Name	Value
05	A2	0
06	TARGET	0
07	EPER	0
08	CLEN	0
09	EAR	0

d. 点击移动 (MOVE) 模式。

Index	Name	Value
05	A2	0
06	TARGET	0
07	EPER	0
08	CLEN	0
09	EAR	0

e. 旋转到"数值 (Value)" 字段。

Index	Name	Value
05	A2	0
06	TARGET	0
07	EPER	0
08	CLEN	0
09	EAR	0

f. 点击并输入 EPER 值。

g. 使用 [旋钮 (knob)] 和箭头键来输入数值。

Index	Name	Value
05	A2	0
06	TARGET	0
07	EPER	0
08	CLEN	0
09	EAR	0

h. 将"EPER" 参数设为 188.5 (mm)。

i. 对"08"至"10"索引值重复相同的步骤。

Index	Name	Value
06	TARGET	0
07	EPER	188.5
08	CLEN	0
09	EAR	0
10	STH	0

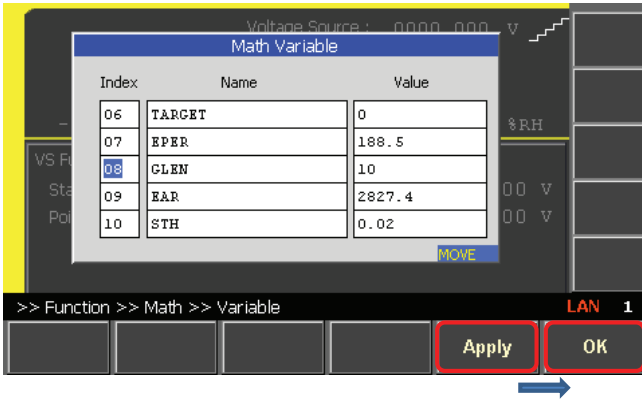
实例 1. 体积电阻率测量 (续)

6. 在对索引 08 到 10 的变量完成上述步骤之后，所有的参数应当按照下图进行设置。

按下 [应用 (Apply)]，再按下 [OK] 键，可以保存数值和关闭运算变量 (Math Variable) 输入面板。

所有的电阻率运算参数都已设置好。

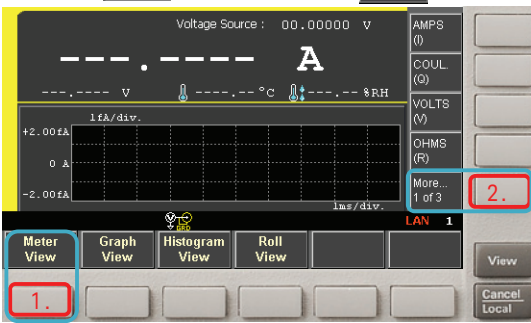
按下 [应用 (Apply)]，再按下 [OK] 键，可以设置和关闭运算变量 (Math Variable) 输入面板。



7. 设置测量所用到的测试电压。

- (1) 按下 [仪表视图 (Meter View)] 功能键。
- (2) 连续两次按下 [More...1 of 3] 辅助键，以显示 [More...3 of 3] 功能键。
- (3) 按下 [显示电压源功能 (Show VS Func.)] 辅助键，以显示 VS 功能菜单。

- (1) 按下 键，
- (2) 按下 键两次，直至出现 键。

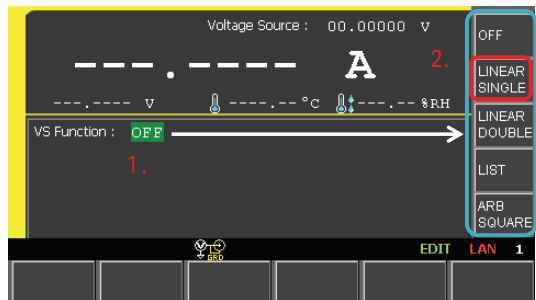
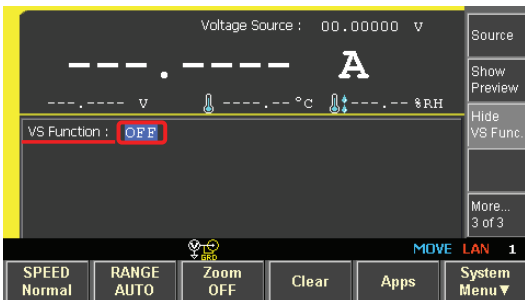


- (3) 按下 键。



8. 将 VS 功能改为编辑 (EDIT) 模式，并选择 [线性单扫描 (LINEAR SINGLE)] 辅助键。

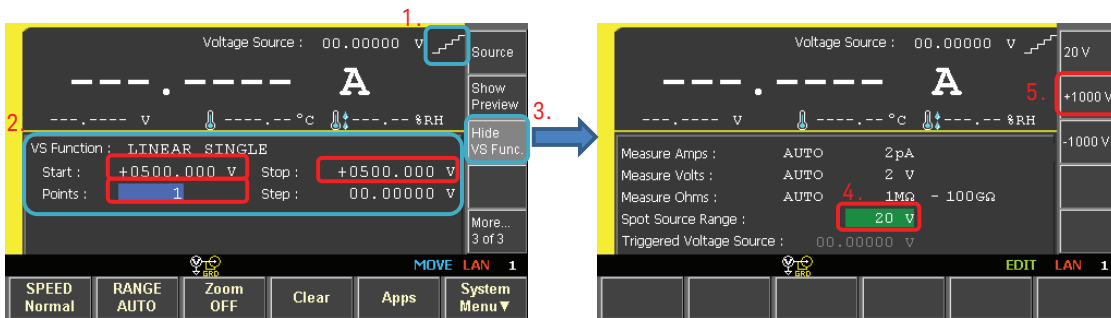
- 通过旋转 可以将光标移动到 VS 功能。
- (1) 使用 点击 VS 功能，会使辅助键菜单发生变化。
 - (2) 按下 辅助键。



实例 1. 体积电阻率测量 (续)

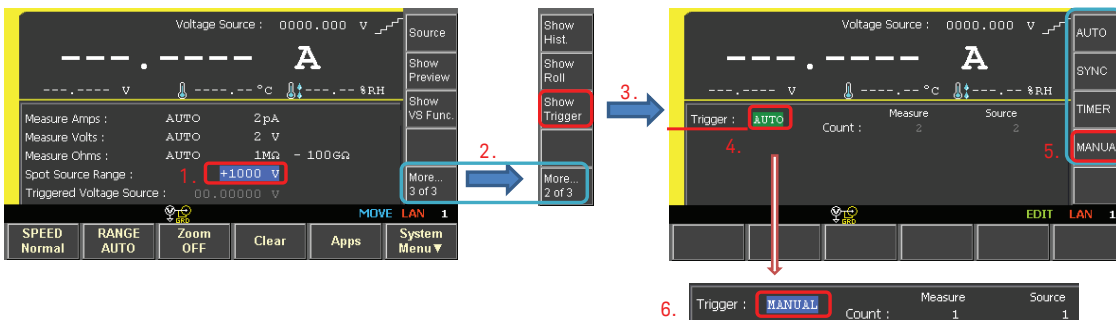
9. 通过下图中的步骤可以完成扫描参数的设置。

- (1) 电源 (Source) 形状指示器应当改为指示线性单扫描。
- (2) 按照下列数值编辑扫描参数。
 - 开始 (Start): 500V
 - 停止 (Stop): 500V
 - 点数 (Points): 1
- (3) 按下 [隐藏电压源功能 (Hide VS Func.)] 辅助键。
VS 范围设置模式已打开。
- (4) 将字段指针移动到 "Spot Source Range", 然后按下 [旋钮 (Knob)] 可将字段更改为编辑 (EDIT) 模式。
- (5) 按下 [+1000V] 辅助键, 将 VS 范围设置为 1000V。



10. (1) VS 范围指示出电压被设定在 1000V。

- (2) 连续两次按下 [More..3 of 3] 辅助键, 直至它处于 [More...2 of 3]。
- (3) 按下 [显示触发 (Show Trigger)] 辅助键。
- (4) 点击触发 (Trigger) 模式, 并更改为编辑 (EDIT) 模式。辅助键更改为触发 (Trigger) 选择菜单。
- (5) 按下 [手动 (MANUAL)] 辅助键。
- (6) 触发 (Trigger) 模式更改为手动 (MANUAL) 模式。

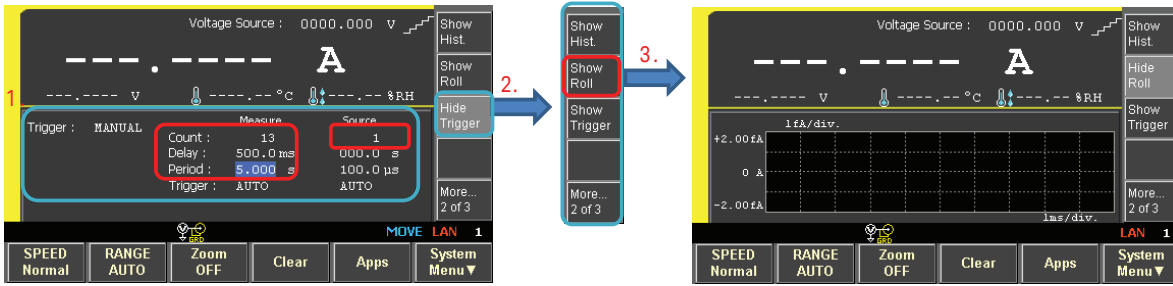


11. 手动触发 (Manual Trigger) 参数的输入字段已打开。

在本例中, 将触发设为 5 秒间隔, 最终采样设在 60 秒。

- (1) 按照下列数据更改手动触发 (Manual) 参数:
 - 测量计数: 13
 - 测量时延: 500ms (设置在偏置电压输出后有 500ms 时延。)
 - 测量时间: 5 秒 (每隔 5 秒执行采样。)
 - 源计数: 1 (开始 - 停止)
 - 测量和源触发: 自动 (AUTO)
- (2) 按下 [隐藏触发 (Hide Trigger)] 辅助键。
- (3) 按下 [显示滚降 (Show Roll)] 辅助键, 为接下来的测量做准备。
屏幕的下半部分会显示仪表视图和滚降视图。

实例 1. 体积电阻率测量 (续)



12. 可选设置

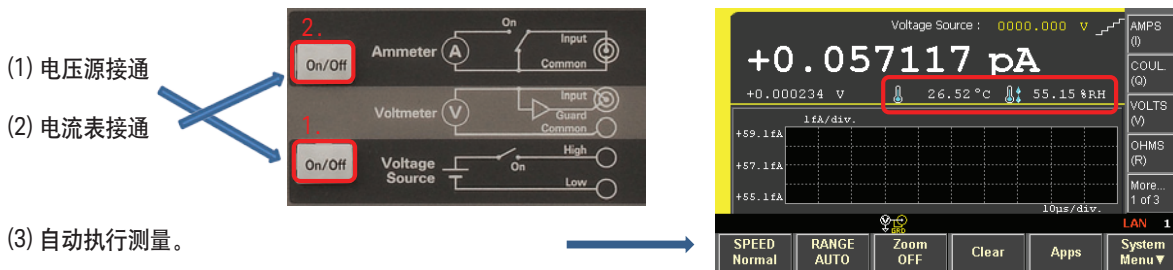
如果您在使用湿度传感器和/或热电偶，可将其接到 B2985A/87A 的后面板输入端，这样您就可以测量在测试环境中的湿度和温度。

注：由于湿度对电阻率测量的影响很明显，因此如果您在一个不可控的环境内进行电阻率测量，那么您应当监测湿度指标。

13. 输出打开。

- (1) 按下电压源[通/断(On/Off)]键，以输出 0V 电压。
- (2) 然后按下电流表[通/断(On/Off)]键，以连接这个电流表。
- (3) 自动执行单次电流测量。

注：如果已接到湿度和温度传感器，也会显示这一数据。

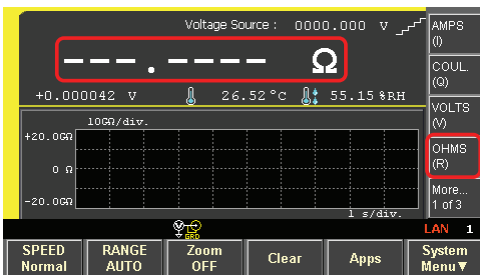


14. 按下 [OHMS(R)] 辅助键，将测量参数更改为电阻。

- a. 仪表视图 (Meter View) 的单位更改为 "Ω"。
- b. 下面步骤将设置运算 (MATH) 功能并计算体积电阻率。
执行下图中 b 部分所列出的第 1 至 3 个步骤。

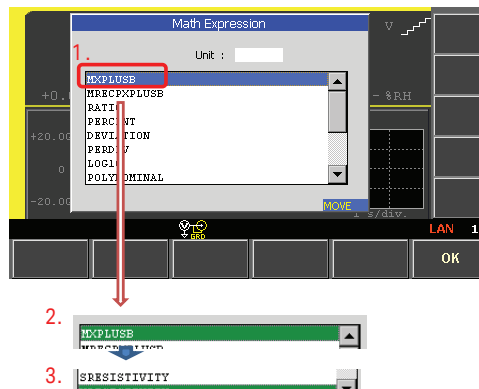
a. OHMS 测量设置:

按下 [OHMS(R)] 辅助键。测量模式更改为 OHMS 模式。



b. 体积电阻率运算设置:

- (1) 点击前面板上的 **Math** 键。
运算表达式 (Math Expression) 面板出现在显示屏上。
- (2) 点击 **EDIT** 按钮，将模式更改为编辑 (EDIT) 模式。
- (3) 滚动到 "VRESISTIVITY" MATH 功能，然后点击 **OK** 按钮。



实例 1. 体积电阻率测量 (续)

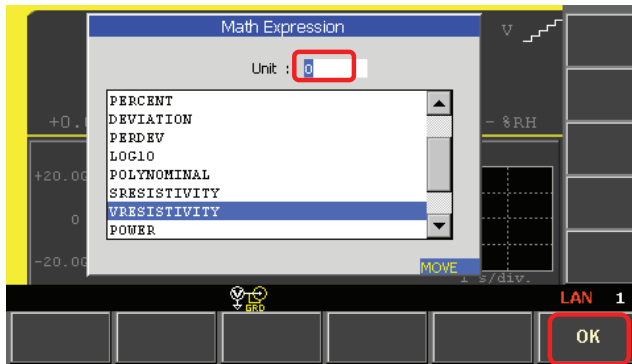
c. 接下来设置用于电阻率 MATH 功能的测量数据显示屏的“单位”。

按照下图中的第 1 至 3 步骤操作：

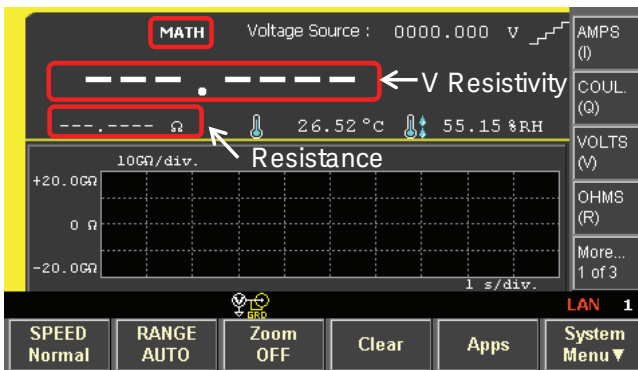
(1) 旋转  把焦点移动到单位 (Unit) 输入字段。

(2) 点击  旋钮, 把单位设置为“0” (即, 欧姆)。

(3) 按下 [OK] 键来设置 VRESISTIVITY MATH 功能。



15. "运算 (MATH)" 指示器显示了 VRESISTIVITY 功能已经设置好。通过运算功能计算出来的数据在主要测量数据显示字段中显示。电阻数据在次要测量数据显示字段中显示。



16. 以下操作适用于体积电阻率测量。

按下 [单次 (Single)] 测量按钮。

体积电阻率测量的时间是 5 到 60 秒。

电阻率的单位 "PO" 表示 Peta-Ohm/cm。

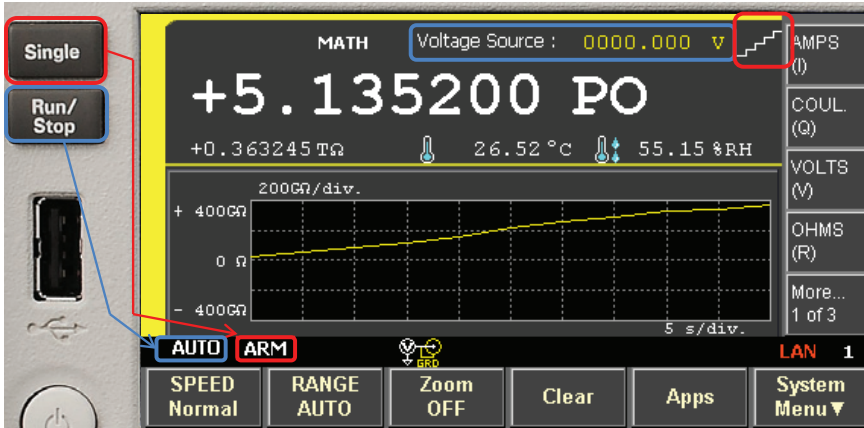
注: 体积电阻率的单位是 Ωcm 。

实例 1. 体积电阻率测量 (续)

点击 [单次 (Single)] 键。[ARM] 指示器亮起，扫描测量开始进行。

注:

1. 滚降视图 (Roll View) 显示了实例中的 OHMS。运算数据不能在滚降视图中显示。
2. 如果点击 [运行/停止 (Run/Stop)] 键, [AUTO] 指示器亮起, 重复进行电压源的点 (spot) 测量。

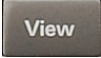




滚降视图可以绘制电阻数据的趋势。

注: 滚降视图不能绘制运算数据, 但可用于查看测量数据趋势。

17. 运算数据不能在图形视图中显示。

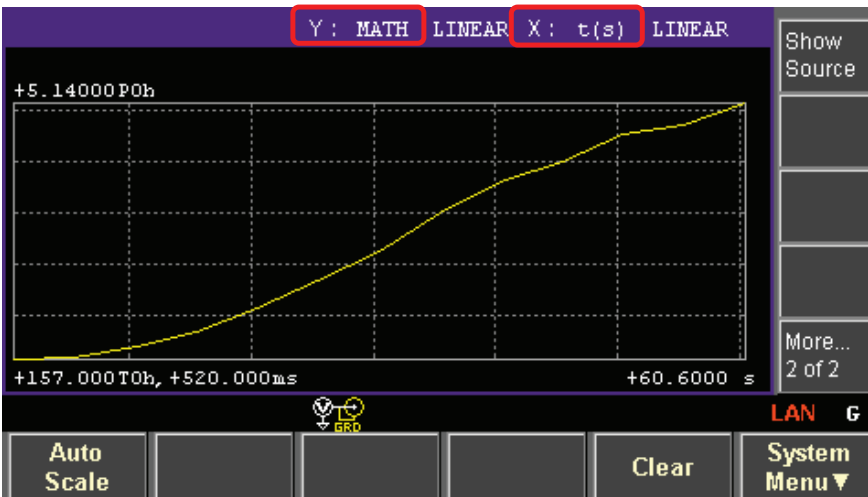
通过下列步骤来绘制体积电阻率与带电时间的关系图。

- (1) 按下  键, 显示视图 (View) 功能键。
- (2) 按下  键, 显示图形视图 (Graph View)。
- (3) 用  旋钮按照下列数据设置坐标轴。

Y: 运算

X: 时间(秒)

将会得到下图。



注: 在测量过程中, 运算数据不能实时绘制。

运算数据随时间的变化会在扫描测量结束后自动开始绘制。

实例 2. 表面电阻率测量

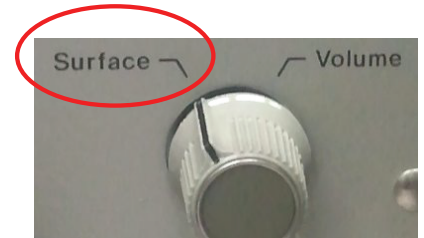
表面电阻率测量基本上与体积电阻率测量相同，但包括以下几种例外情况。

您可以参考实例 1 中的相同步骤进行表面电阻率测量，但要注意以下几点不同。

1. 在 16008B 电阻率电池中放入测试样品。

注: 本例使用了橡胶薄板作为测试材料。

将 16008B 体积/表面选择器的开关切换到 "表面 (Surface)" 位置。

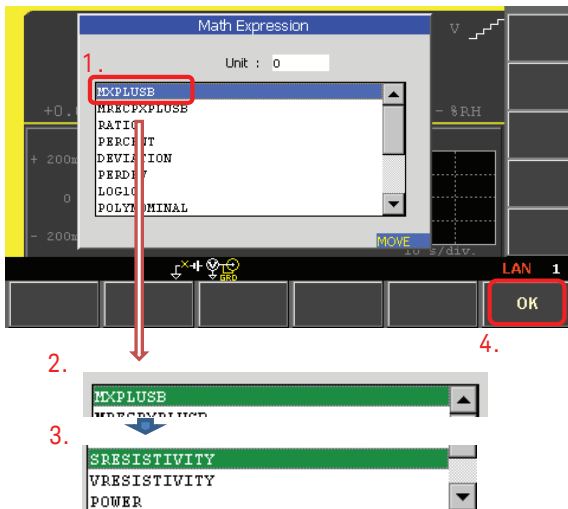


2. 下面步骤将设置运算 (MATH) 功能并计算表面电阻率测量。

按照下图中的第 (1) 至 (4) 步骤操作。

b. 表面电阻率运算设置:

- (1) 点击前面板上的 **Math** 键。运算表达式 (Math Expression) 面板出现在显示屏上。
- (2) 点击 **MODE** 旋钮，将模式更改为编辑模式。
- (3) 滚动到 "SRESISTIVITY" MATH 功能。
- (4) 按下 [OK] 键来设置 SRESISTIVITY MATH 功能。



3. 开始进行表面电阻率测量。

按下 [单次 (Single)] 测量按钮。

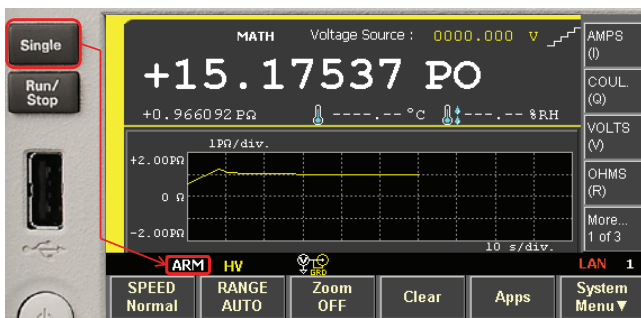
表面电阻率测量的时间是 5 到 60 秒。

电阻率的单位 "PO" 表示 Peta-Ohm。

点击 [单次 (Single)] 键。[ARM] 指示器亮起，扫描测量开始进行。




注:

1. 滚降视图 (Roll View) 显示了实例中的 OHMS。运算数据不能在滚降视图中显示。

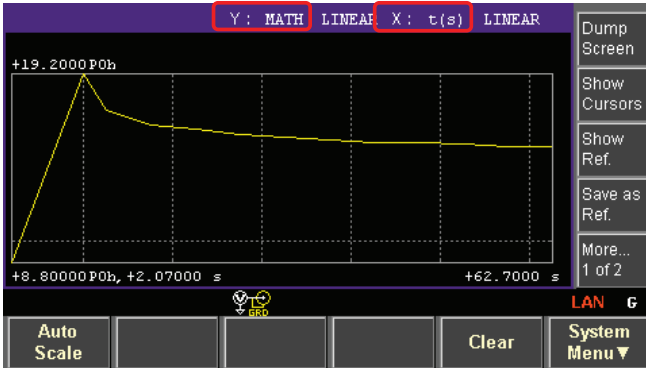


实例 2. 表面电阻率测量 (续)

4. 显示了图形视图 (Graph View) 结果。

- (1) 按下  键, 显示视图 (View) 功能键。
- (2) 按下  键, 显示图形视图 (Graph View)。
- (3) 用  键按照下列数据设置坐标轴。

Y: 运算
X: 时间 (秒)
将会得到下图。




实例 3. 保存测试设置

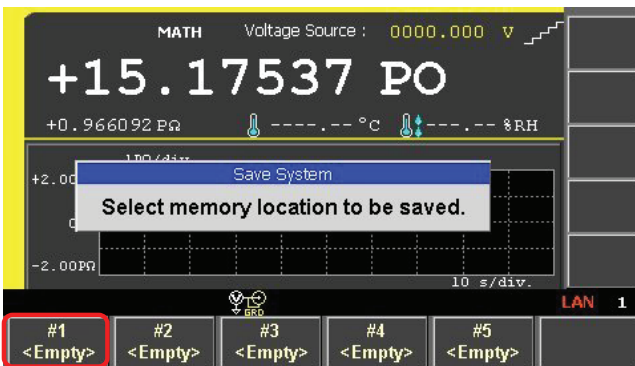
您可以把测试配置和测试设置保存到内存或外部 USB 存储设备, 无需重复输入参数即可再次进行测量。

下面实例介绍了如何保存测试设置到内存。

1. 按下 [保存 (Save)] 键。出现一个 "选择要保存的路径" 弹出窗口。
2. 按下在仪器底部显示的功能键位置中的任意一个, 即可选择当前设置要保存的内存路径。

稍后通过按下 [调用 (Recall)] 键并选择设置, 您能够调用这个设置。

按下  键, 然后选择其中一个存储密钥来保存设置。



   已保存的设置可通过按下  键来调用。

总结

Keysight B2985A 和 B2987A 静电计/高阻表可与 16008B 电阻盒搭配使用，提供更出色的表面电阻率和体积电阻率材料表征能力。另外，它们还提供直观的图形用户界面和卓越的测量精度。

Keysight B2985A/B2987A 静电计/高阻表使用 1000 V 测试电压源可测量最高 10 PΩ ($10^{16}\Omega$) 电阻。

您可以在施加测试电压之后指定任意的测量时延，包括 ASTM D257 标准规定的 60 秒。

B2985A/B2987A 使用内置运算功能对测量数据进行计算，(根据测试夹具和测试样品的尺寸)能够显示体积电阻率和表面电阻率。

计时器触发和趋势图特性可使您十分灵活地表征新兴的材料和器件。

myKeysight

myKeysight
www.keysight.com/find/mykeysight
个性化视图为您提供最适合自己的信息!



www.axiestandard.org
AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准, 将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



www.lxistandard.org
局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。



www.pxisa.org
PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。



3年保修
www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty
是德科技卓越的产品可靠性和广泛的3年保修服务完美结合, 从另一途径帮助您实现业务目标: 增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



是德科技保证方案
www.keysight.com/find/AssurancePlans
5年的周密保护以及持续的巨大预算投入, 可确保您的仪器符合规范要求, 精确的测量让您可以继续高枕无忧。



www.keysight.com/go/quality
Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

是德科技渠道合作伙伴
www.keysight.com/find/channelpartners
黄金搭档: 是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

www.keysight.com/find/precisionMEASURE



Keysight B2900 系列 精密型仪器

B2900 系列专为精密电源和精密测量而设计。

www.keysight.com/find/b2900a

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息, 请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表, 请访问: www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线
热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863
电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技(中国)有限公司
北京市朝阳区望京北路3号是德科技大厦
电话: 86 010 64396888
传真: 86 010 64390156
邮编: 100102

是德科技(成都)有限公司
成都市高新区南部园区天府四街116号
电话: 86 28 83108888
传真: 86 28 85330931
邮编: 610041

是德科技香港有限公司
香港北角电器道169号康宏汇25楼
电话: 852 31977777
传真: 852 25069233

上海分公司
上海市虹口区四川北路1350号
利通广场19楼
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200080

深圳分公司
深圳市福田区福华一路6号
免税商务大厦裙楼东3层3B-8单元
电话: 86 755 83079588
传真: 86 755 82763181
邮编: 518048

广州分公司
广州市天河区黄埔大道西76号
富力盈隆广场1307室
电话: 86 20 38390680
传真: 86 20 38390712
邮编: 510623

西安办事处
西安市碑林区南关正街88号
长安国际大厦D座501
电话: 86 29 88861357
传真: 86 29 88861355
邮编: 710068

南京办事处
南京市鼓楼区汉中路2号
金陵饭店亚太商务楼8层
电话: 86 25 66102588
传真: 86 25 66102641
邮编: 210005

苏州办事处
苏州市工业园区苏华路一号
世纪金融大厦1611室
电话: 86 512 62532023
传真: 86 512 62887307
邮编: 215021

武汉办事处
武汉市武昌区中南路99号
武汉保利广场18楼A座
电话: 86 27 87119188
传真: 86 27 87119177
邮编: 430071

上海MSD办事处
上海市虹口区欧阳路196号
26号楼一楼J+H单元
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200083