AGILENT TECHNOLOGIES, INC.

4339B 高阻表简明手册

---

v.02.

目录

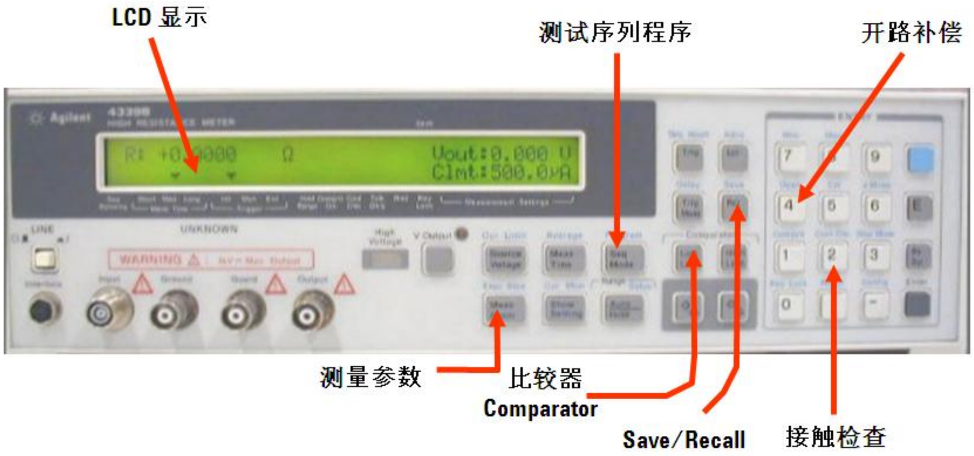
1　4339B 产品简介

4339B 高阻计主要用于测量高电阻和绝缘材料，电子元件和电机械元件的相关参数。它的直流电阻测量范围从 $1.0*10^3$ Ω 至 $1.6*10^{16}$Ω。其极宽的电阻测量范围使得您可以对电容，继电器，开关，连接器，材料，电缆和 PC 板的电阻参数进行精确的测量。

4339B 的主要特点有：

- 测量参数：电阻（R），体电阻率（ρ_V），表面电阻率（ρ_S），电流（I）
- 测试电压：0.1 to 1000 Vdc
- R 测量范围：$1.0*10^3$ Ω 至 $1.6*10^{16}$Ω
- 基本精度：0.6 %
- 高速度测量，接触检查功能
- 内置比较器
- 接口：GPIB 和机械手接口

1.1　前面板

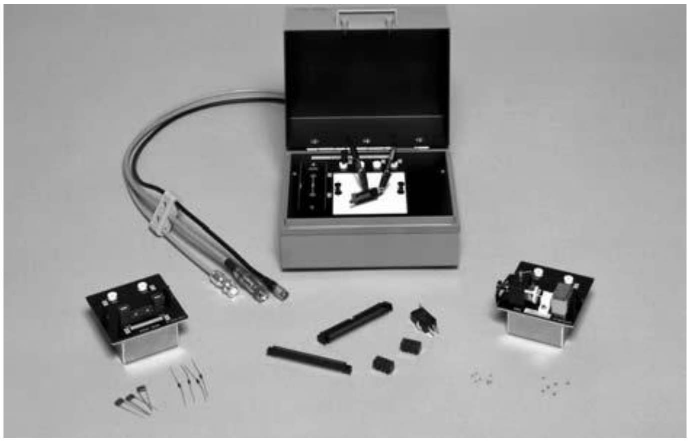


1.2　后面板

1.3 可用附件

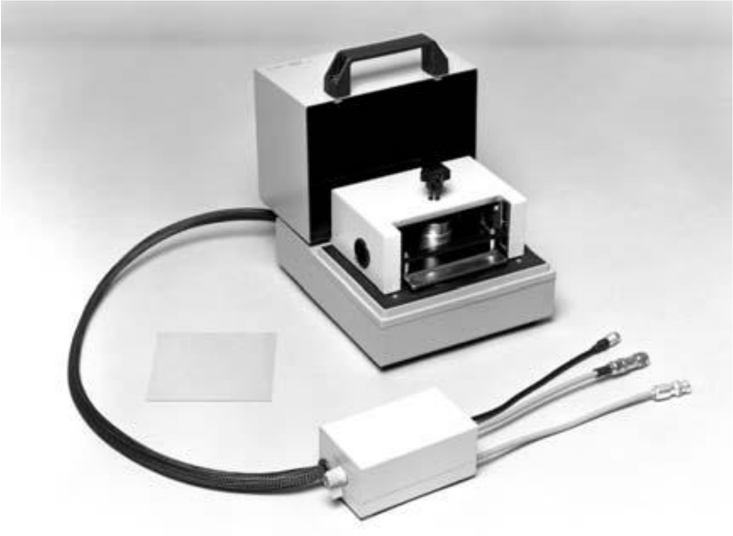
4339B 可选用以下附件：

- 16339A 测试夹具: 用于引线型，贴片型等其他元件



16339A

- 16008B 电阻盒: 固体片式材料的电阻率测量. 除标准的 50mm 直径电极之外，还有两种可选电极大小。
    - Option 001: 增加 26/78mm 直径电极
    - Option 002: 增加 26mm 直径电极
    - Option 003: 增加 78mm 直径电极



16008B

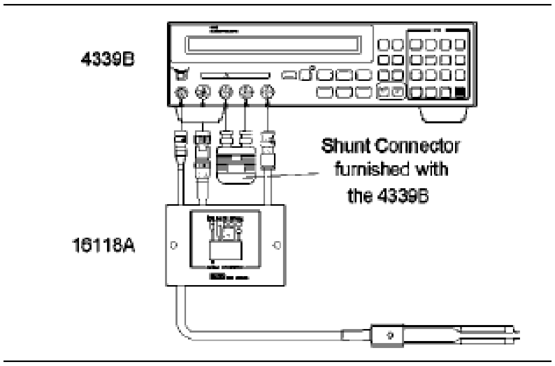
- 16117B 低噪测试电缆 (1 m) : 鳄鱼夹引线.

16117B

- 16117C 低噪测试电缆 (1 m) : m-m 三轴加 BNC 电缆,和互锁 interlock 电缆线。也包含 f-三轴和 f-BNC 连接器。

16117C

- 16118A 镊子夹具: 用于片状元件.



4339B with 16118A

2　测量原理

2.1　仪表测量原理

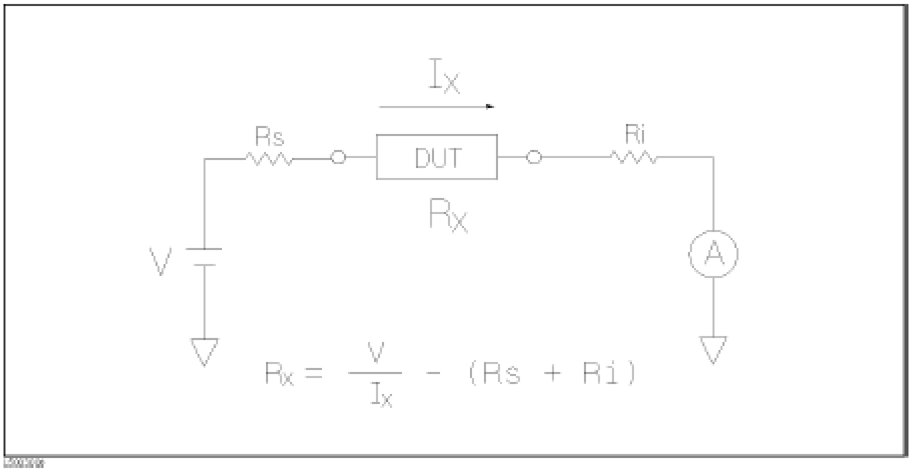


Figure 3-8. Simplified Model of Impedance Measurement

上图为 4339B 的测量原理。

V 为电压源，A 为电流表，Rs 为源内阻（Rs=1kΩ），Ri 为输入电阻（Ri=1kΩ）。

测量参数为电阻时，4339B 显示的为 DUT 的电阻 Rx，其中 $Rx=\frac{V}{Ix}-(Rs+Ri)$

测量参数为电流时，4339B 显示 Ix 的结果。

2.2　接地与非接地配置

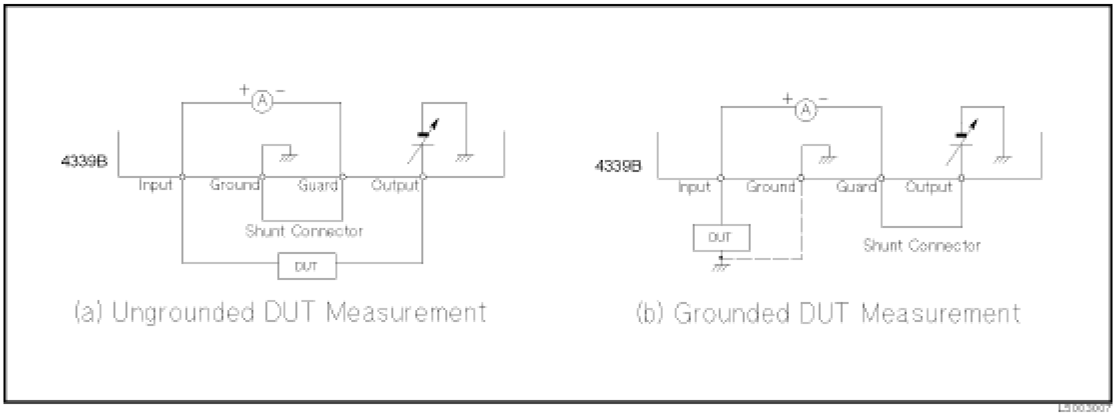


Figure 3-10. Ungrounded and Grounded DUT Measurement

在图 b 中，Ground 端可以开路，但为了测量更精确，DUT 的接地端应该与 Ground 端连接在一起，作为公共接地端。

注意：当电流从 Input 端口流向 Guard 端口时，4339B 的内部电流表显示为正值，因此，不接地的 DUT 测量电流值显示为正；而接地的 DUT 测量电流值显示为负。R 永远为正。

2.3 绝缘电阻材料特性

残留电荷：当给一个高阻值的绝缘材料施加过一个电压之后，（去掉施加的电压之后）材料上残留的电压还会持续一段时间。因此如果你想测量一个已经充电过后的高电阻绝缘材料，必须等待一段时间使上次测量的电压完全放电完毕，才能进行下次测量，否则会导致测量结果不准确。

吸收效应：当给一个高阻值的绝缘材料施加电压一段时间以后，测量的阻值会逐渐增加。因此，测量时你需要留意从施加电压到测量正式开始的时间。

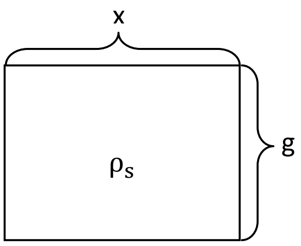
电压系数和温度系数：绝缘材料的测量电阻值与施加的电压有关，对于大部分的绝缘材料来说，电阻值会随着施加电压的增加而增加；绝缘材料的测量电阻值还与周围的温度有关，因此为了使测量更精确，务必将 DUT 放置在温度稳定的测试箱内；在测量时注意要记录电压和温度的值。

噪声屏蔽：测量电路的总电流会受电源线噪声影响而发生变化。因此在操作时建议将电源屏蔽层连接至 Guard 端。如果采用的是固定量程，那么电线的移动或实验者接近都会影响测量稳定性，因此建议固定放置电缆和屏蔽线。

2.4 体电阻率 Volume Resistivity 和表面电阻率 Surface Resistivity

表面电阻率

表面电阻率 ρ_s定义为材料每平方米(1m*1m)的表面电阻， 单位为欧姆 Ω。



当材料的长度为 x（m），宽度为 g（m）时，测量到的表面电阻R_S与 x 和 g 之间的关系为：

- x 增大，R_S减少 1/x
- g 增加，R_S增加 g/1

因此，R_S，x 与 g 之间的关系为：

$$R_S = \rho_s * g/x$$

其中 ρ_s定义为表面电阻率，因此得到

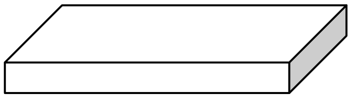
表面电阻率 $\rho_s = Rs*\frac{x}{g}$ （单位为欧姆 Ω）

体电阻率

体电阻率为单位体积的电阻

$$R_v = \rho_v * \frac{t}{S} * 10$$

其中 S 为表面积，t 为材料厚度



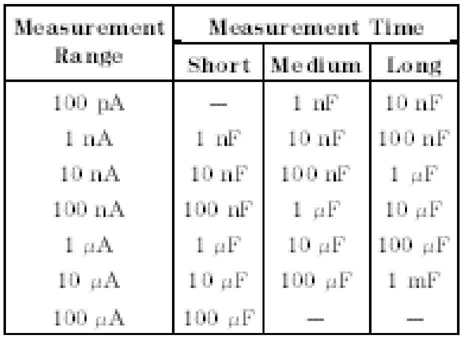
因此

体积电阻率 $\rho_v = R_v * \frac{S}{10t}$ （单位为 Ω/cm）

2.5 高容值 DUT 测量

当用 4339B 测量高容值的 DUT 时，AC 噪声是影响测量稳定性的重要因素，如果你想在 15 以上的信噪比下测量高容值 DUT 的电阻时，每个量程下 DUT 的最大可测容值为下表所示：

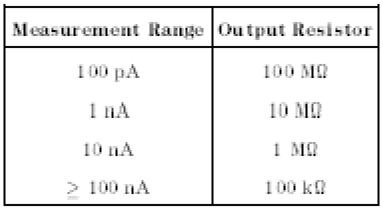
Table 7-1. Maximum Measurable Capacitance



Measurement Range	Measurement Time		
	Short	Medium	Long
100 pA	—	1 nF	10 nF
1 nA	1 nF	10 nF	100 nF
10 nA	10 nF	100 nF	1 μF
100 nA	100 nF	1 μF	10 μF
1 μA	1 μF	10 μF	100 μF
10 μA	10 μF	100 μF	1 mF
100 μA	100 μF	—	—

对于更高容值的 DUT，为了防止测量抖动，需要给 DUT 串联一个电阻。16339A 夹具配有 4 种输出电阻（100kΩ，1MΩ，10MΩ，100MΩ），理论上来讲，电阻值越高，测量越稳定。对于每个测量量程来说，可用的最大电阻值如下表所示。

Table 7-2. Limit Output Resistance for Each Range



Measurement Range	Output Resistor
100 pA	100 MΩ
1 nA	10 MΩ
10 nA	1 MΩ
≥ 100 nA	100 kΩ

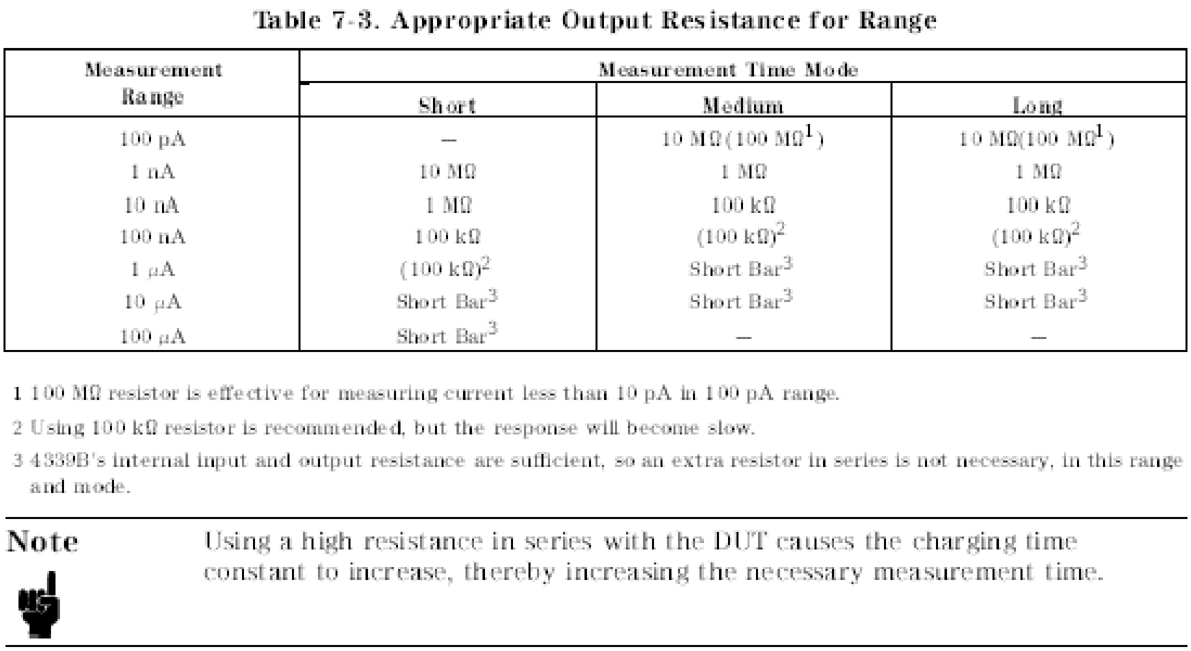


Table 7-3. Appropriate Output Resistance for Range

Measurement Range	Measurement Time Mode		
	Short	Medium	Long
100 pA	–	10 MΩ (100 MΩ[1])	10 MΩ(100 MΩ[1])
1 nA	10 MΩ	1 MΩ	1 MΩ
10 nA	1 MΩ	100 kΩ	100 kΩ
100 nA	100 kΩ	(100 kΩ)[2]	(100 kΩ)[2]
1 μA	(100 kΩ)[2]	Short Bar[3]	Short Bar[3]
10 μA	Short Bar[3]	Short Bar[3]	Short Bar[3]
100 μA	Short Bar[3]	–	–

[1] 100 MΩ resistor is effective for measuring current less than 10 pA in 100 pA range.

[2] Using 100 kΩ resistor is recommended, but the response will become slow.

[3] 4339B's internal input and output resistance are sufficient, so an extra resistor in series is not necessary, in this range and mode.

Note Using a high resistance in series with the DUT causes the charging time constant to increase, thereby increasing the necessary measurement time.

3 测量基本步骤

连接夹具 -> 复位（Reset）-> 开路校准-> 设参数（电压，量程等）-> 打开电压输出 -> 测量 -> 关闭电压输出

3.1 连接夹具

两种连接方式：接地连接和非接地连接

Floating DUT Measurement

To measure a floating DUT, connect the DUT and shunt connector as shown below:

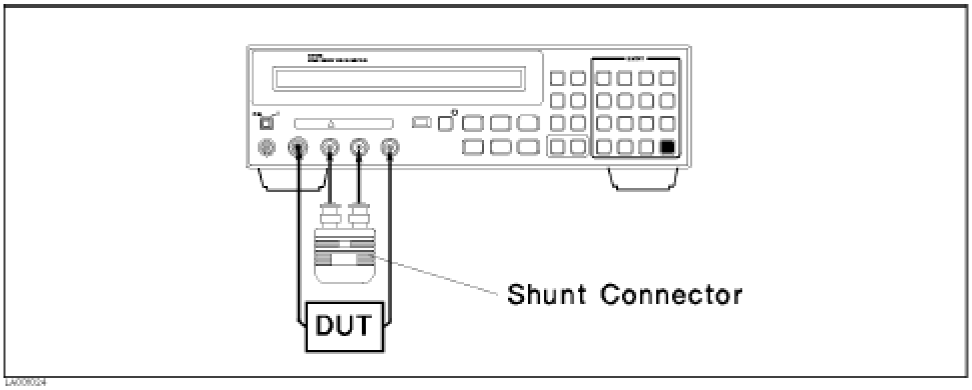


Figure 1-2. Floating DUT Measurement Configuration

Grounded DUT Measurement

To measure a grounded DUT, connect the DUT and shunt connector as shown below:

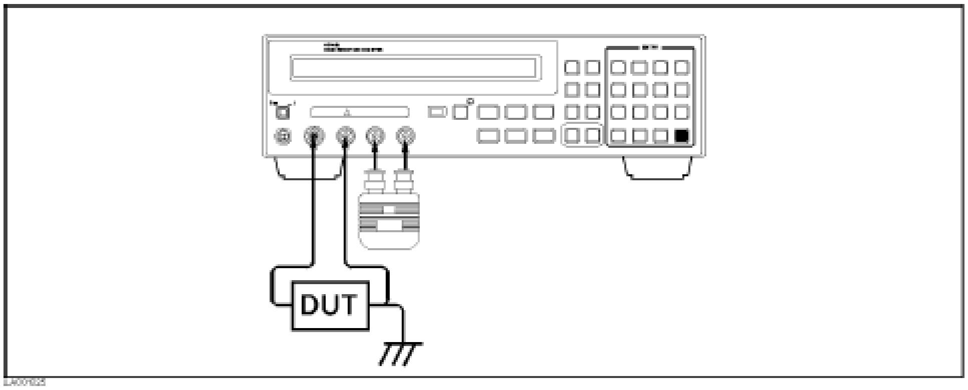


Figure 1-3. Grounded DUT Measurement Configuration

3.2 复位（Reset）

Blue+Reset

3.3 校准

Blue+5（cal）-> ExecCal -> Calibration (等待出现 Calibrate Complete 消息)

3.4 设电压

选择 Source Voltage 按键

3.5 开路校正

此步骤消除夹具产生的残留参数影响，并且为 contact check 功能储存数据

1. 将夹具开路
2. 打开电压输出 V Output （注意此时不要触摸 UNKNOWN 端口或者夹具电极）
3. 开路校正 blue+4 （open）-> Open Meas -> “Open Correction” 消息 -> “Correction complete” 消息
4. 关闭电源输出 V Output
5. 如果要查看开路校正的值，通过 MeasVal
6. 连接 DUT

3.6 设置测量参数

Meas Prmtr （测量参数，R，I，Rs，Rv）

Auto/Hold （量程），如果为 Hold，点 Blue+Auto/Hold 设置 Range

3.7 打开电压输出

V Output 按键 （注意此时不要触摸 UNKNOWN 端口或者夹具电极）。电压指示灯亮

3.8 观察测量结果

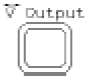
3.9 关闭电压输出

V Output 按键。电压指示灯灭

4 基本测量案例

4.1 测量一个绝缘材料的电阻率 （夹具 16008B）

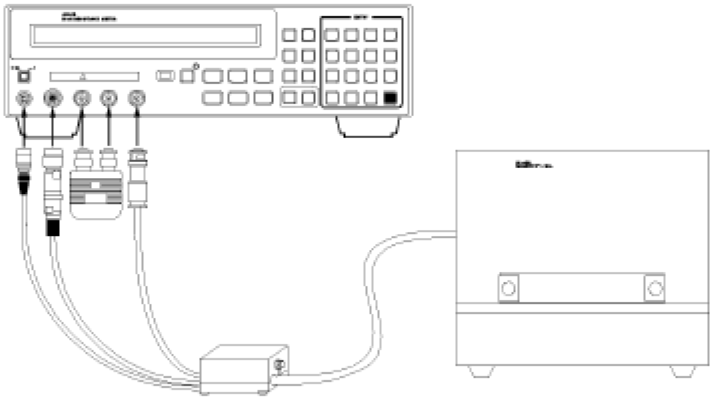
本章节指导您使用 16008B 电阻盒（50mm 直径）测量一个绝缘薄膜材料的电阻率。

警告：当高电压指示（High Voltage indicator）显示为 On 的时候 4339B 的输出电压可能会达到 1000 Vdc，所以此时千万不要触摸仪表的 UNKONWN 端口或者附件的电极部分。要操作 4339B 或者附件时，按下  按键，确保高电压指示显示为 Off。

注意：由于体电阻率是由 DUT 的厚度计算得来（见 2.4 体电阻率 Volume Resistivity 和表面电阻率 Surface Resistivity），因此要尽量确保 DUT 的厚度是精确的测量值。为了减小千分尺测得的厚度误差，你可以在 DUT 的多个测量点进行测量并对结果进行平均，用平均值作为计算依据。

4.1.1 操作步骤

1. 连接 shunt，16008B 和 4339B，如下图所示



2. 将 4339B 重置（Reset）

   选择 blue Reset，选择 Yes, 然后 Enter 。

3. 设置激励源电压

   选择 Cur Limit Source Voltage，输入电压值，例如 500（V），然后 Enter 。

4. 仪表自校准

   选择 blue Cal 5，选择 ExecCal，然后 Enter 。

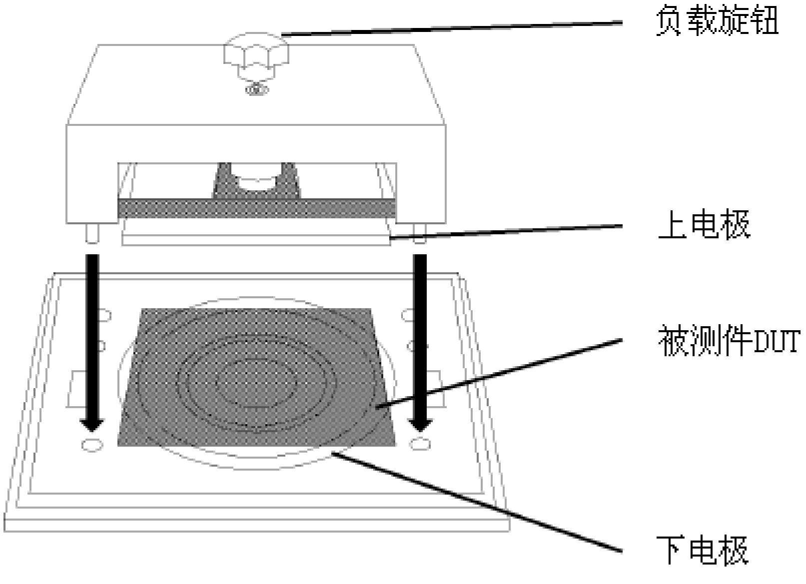
5. 开路补偿
   a. 逆时针调节负载旋钮，知道上电极不动为止
   b. 关闭电阻盒盖子
   c. 选择测量模式为 Current

      选择 Elec Size Meas Prmtr 打开测量参数菜单。选择测量参数为 I，然后 Enter 。

   d. 选择 V Output 来打开电压输出
   e. 等待电流稳定在 0.5pA 范围以内（显示的 I 值变化不超过 0.5pA）
   f. 选择 blue Open 4 来打开开路补偿菜单
   g. 选择 OpenMeas，然后 Enter 。

  h. 开路补偿结束后，选择 V Output 来关闭电压输出。

6. 将 DUT 放置到电阻盒的电极之间。调节上电极到正确位置



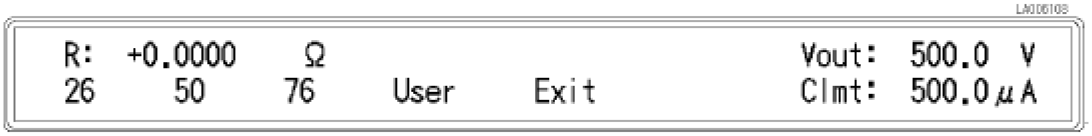
7. 调节负载旋钮来给电极施压，然后关闭电阻盒盖子
   调节负载旋钮来给 DUT 施加大约 10kg 的压力。如果没有具体的压力值要求，那么至少要保证 DUT 被上下两个电极牢固地固定住。

8. 设置电阻率参数

   a. 选择 blue Elec Size Meas Prmtr 。
   b. 输入 DUT 厚度

      选择 Thickness，然后 Enter 。输入厚度大小，例如 0.13（mm），然后 Enter 。
   c. 选择电阻盒电极大小

      选择 ResCell，然后 Enter 。


LA006108

```
R:  +0.0000    Ω                                  Vout:  500.0  V
26       50       76      User      Exit          Clmt:  500.0μA
```

      选择 50（mm），然后按两次 Enter 。

d. 选择 Exit，然后 Enter 退出。

9. 设置测量序列

选择 blue Program Seq Mode。选择 Charge，然后 Enter。输入充电时间，例如 60（s）, 然后按两次 Enter。

10. 选择序列模式为单次测量

选择 Program Seq Mode，选择 Single，然后 Enter。

11. 测量体电阻率
    a. 将 16008B 的 Volume/Surface 开关打至“Volume”一档。
    b. 选择 Elec Size Meas Prmtr。选择 Rv，然后 Enter。
    c. 选择 Seq Abort Trig。此时体电阻率测量序列开始。经过 60s 的充电时间之后，测量的体电阻率结果显示在结果面板上。

```
Rv:  +3.0781E+16 Ωcm                    Vout:  500.0  V
                                        Clmt:  500.0μA
```

注：如果此时你想退出测量序列的话，选择 blue Seq Abort Trig。

12. 测量表面电阻率
    a. 将 16008B 的 Volume/Surface 开关打至“Surface”一档。此时 4339B 自动将测量参数切换至 Rs。
    b. 选择 Seq Abort Trig。此时表面电阻率测量序列开始。经过 60s 的充电时间之后，测量的表面电阻率结果显示在结果面板上。

```
Rs:  +1.3018E+14 Ω                      Vout:  500.0  V
                                        Clmt:  500.0μA
```

注：如果此时你想退出测量序列的话，选择 blue Seq Abort Trig 。

13. 退出测量序列

选择 Program Seq Mode ，选择 Off，然后 Enter ■ 。

14. 等待高压指示变为 OFF。然后把 DUT 从测试夹具中移除。

4.2 测量一个电容的绝缘电阻（充电 1 分钟，夹具 16339A，SMD 模块）

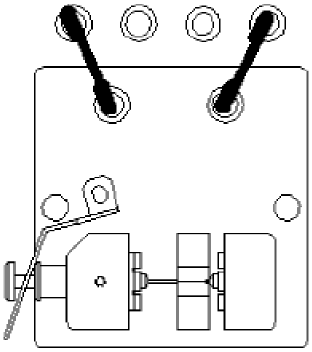
见 19 页

4.3 测量一个机电元件的绝缘电阻时间响应（夹具 16339A Continous Measurement Sequence Mode，充电 60 分钟，测量 10min，间隔 10s）

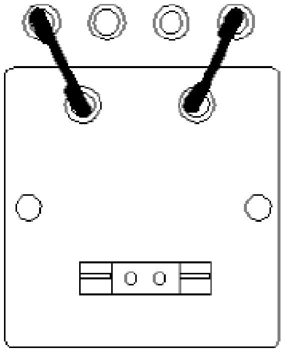
见 22 页

5 附录

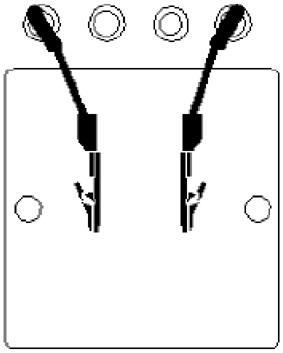
5.1 16339A 夹具连接



Chip Component Soket Module

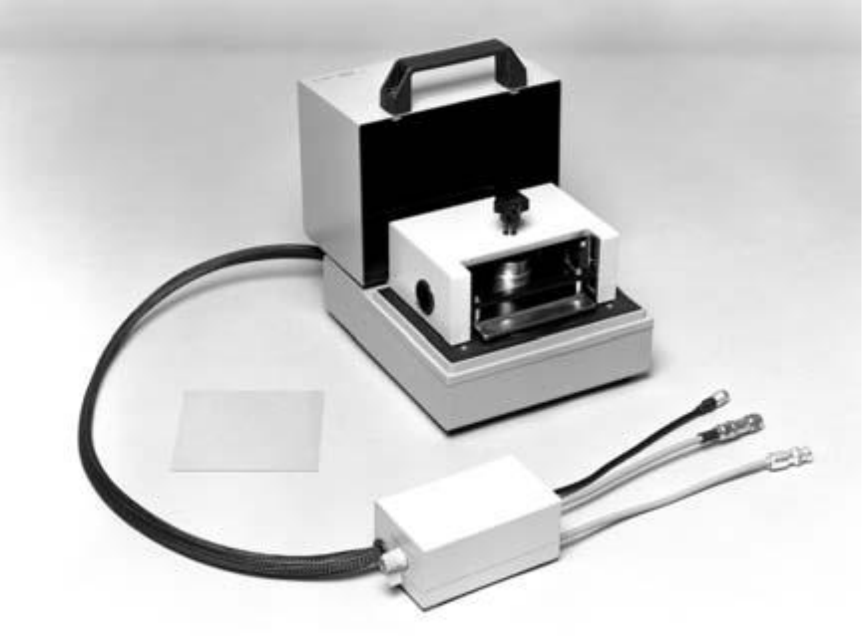


Lead Component Soket Module

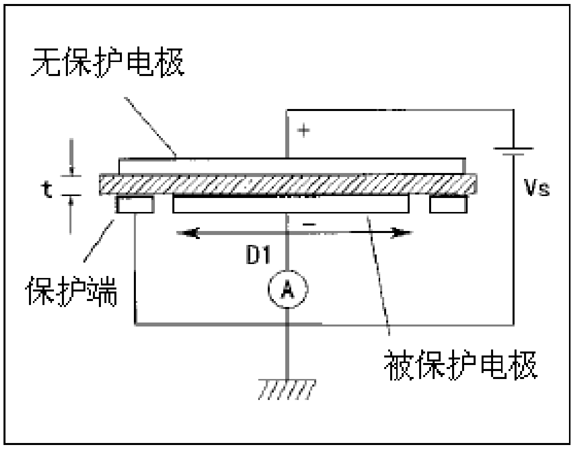


Alligator Clip and Flat Table

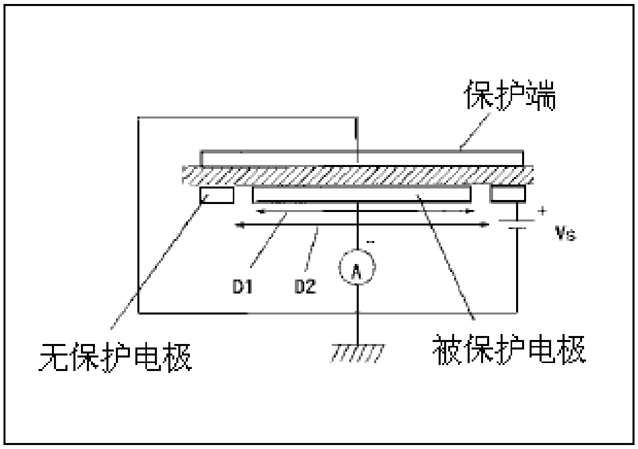
5.2 16008B 夹具简介



16008B 专门用来测量表面电阻率与体电阻率，其测量原理图如下图：



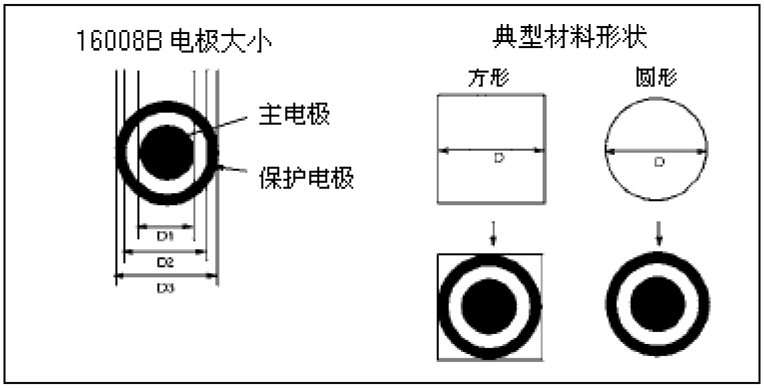
体电阻率测量连接



表面电阻率测量连接

- 适用仪表：4339B
- 频率：DC 直流
- 最大电压：1000 V
- 最大电流：10 mA
- 电阻测量范围：
- 体电阻率：最大 4.0×10^{18} Ωcm
- 表面电阻率：最大 4.0×10^{17} Ω
- 操作温度：-30°C to +100°C（不包括选择开关）

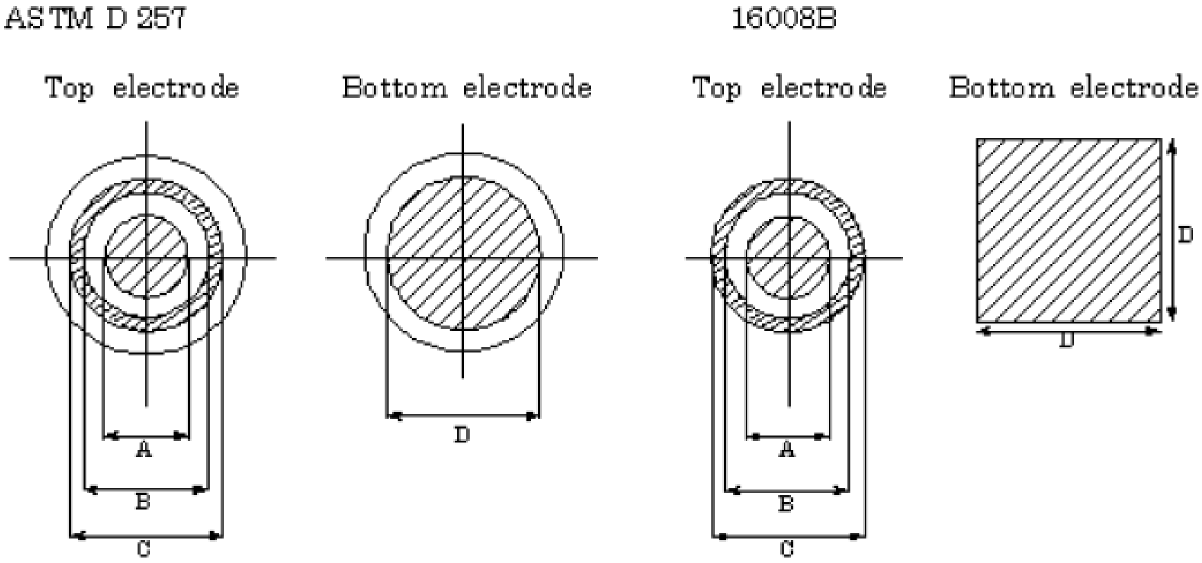
- 材料大小要求：根据电极大小进行选择。保证 DUT 的直径要大于保护电极的直径，如下表：



D1	D2	D3	订购信息	D
主电极	保护电极 （内径）	保护电极 （外径）	——	材料大小
26 mm	38 mm	48 mm	需要选件 16008B-001/002	50 mm* to 125 mm
50 mm	70 mm	80 mm	标配	82 mm* to 125 mm
76 mm	88 mm	98 mm	需要选件 16008B-001	100 mm* to 125 mm

* 保护电极外径 + 2mm
厚度 : 10μm to 10 mm

- 兼容标准：16008B 符合 ASTM D257 的直流电阻和绝缘材料导电率测量标准，如下图：



ASTM D257's recommended electrode sizes

	Choice 1	**Choice 2**
A	76 mm	25 mm
B	88 mm	38 mm
C	100 mm	50 mm
D	100 mm	50 mm

16008B electrode sizes

	Opt. 16008B-001	**Opt. 16008B-001/002**
A	76 mm	26 mm
B	88 mm	38 mm
C	98 mm	48 mm
D	110 mm	110 mm

Measuring Insulation Resistance of Capacitors

This example shows insulation resistance measurement of a chip capacitor after it has been charged for 1 minute using the 16339A Component Test Fixture with the SMD module.

Warning **Do *NOT* touch the UNKNOWN terminals or the electrodes of the accessory, when the High Voltage indicator is ON, the 4339B outputs dangerous voltage levels up to 1000 Vdc. Before handling the 4339B or the accessory, turn OFF the test voltage pressing V Output ☐ and confirm that the High Voltage indicator is OFF.**

1. Connect the shunt connector and the 16339A to the 4339B. (For the 16339A, use the Chip Component Module Configuration as shown in the *16339A Operation and Service Manual*).

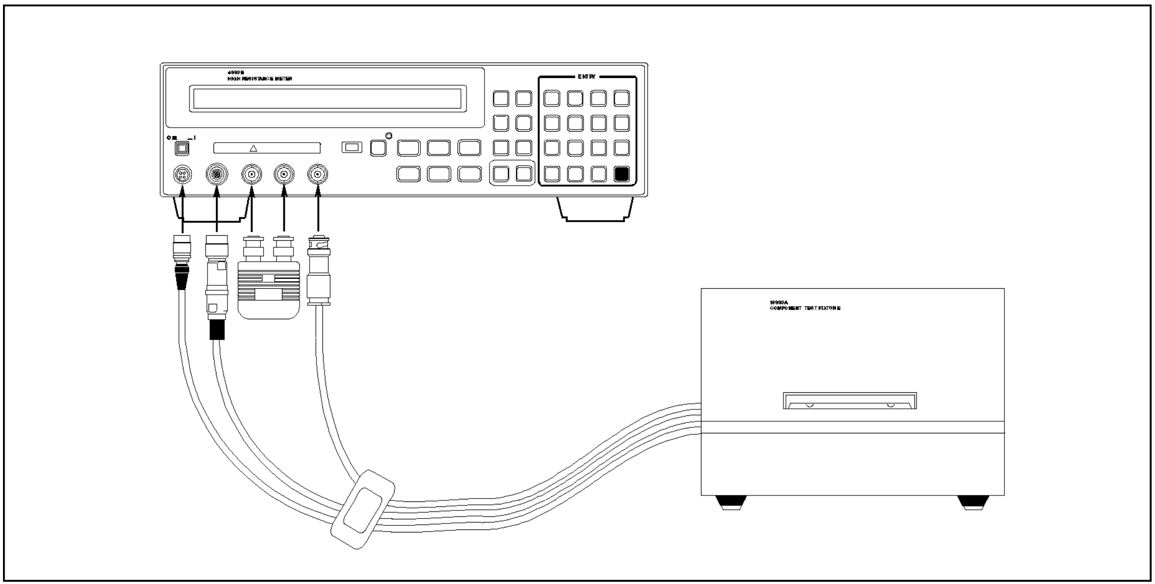


Figure 6-1. Measurement Configuration

2. Set the SMD module to the 16339A, and connect the High terminals and the Low terminals respectively using the miniature banana cables.
3. Reset the 4339B.

   Press blue Reset . to display the reset menu. Select `Yes` using ⇕ or ⇕ and press Enter ■ .

4. Set the test voltage value.

   Press Cur Limit Source Voltage . Enter the voltage value, for example 100 (V), and press Enter ■ .

5. Perform the calibration.

   Press blue Cal 5 . Select `ExecCal` using ⇕ or ⇕ and press Enter ■ .

6. Perform the OPEN correction.
   a. Remove the DUT if connected, and set the SMD module's electrode contact spacing the same as the DUT's length, tightening the screw to hold this interval between the electrodes.
   b. Close the top cover.
   c. Select the Current measurement mode.

      Press Meas Prmtr to display the measurement parameter selection menu. Select `I` using ⇧ or ⇩ and press Enter.
   d. Apply the source voltage by pressing V Output.
   e. Wait until the current has stabilized to within 0.5 pA. (Displayed `I` values do not change by more than 0.5 pA.)
   f. Press blue 4 to display the OPEN correction menu.
   g. Select `OpenMeas` using ⇧ or ⇩ and press Enter.
   h. After the OPEN correction is finished, press V Output to turn the source voltage OFF.
7. Clip the capacitor to the 16339A (see Figure 6-2), and close the top cover.

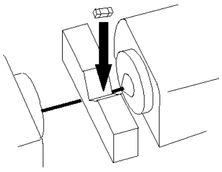


Figure 6-2. Chip Capacitor Binding

8. Select Resistance as the measurement parameter.

   Press Meas Prmtr to display the measurement parameter selection menu. Select `R` using ⇧ or ⇩ and press Enter.

9. Set the measurement sequence configuration.

   Press [blue] [Program / Seq Mode] . Select `Chrg` using [⇦⇩] or [⇧⇨] and press [Enter ■] . Enter the charge time, for example 60 (s). Press [Enter ■] twice.

10. Select the single mode as the measurement sequence mode.

    Press [Program / Seq Mode] . Select `Single` using [⇦⇩] or [⇧⇨] and press [Enter ■] .

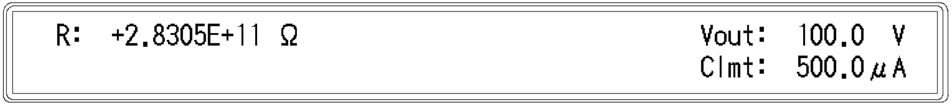
11. Start the measurement sequence.

    Press [Seq Abort / Trig] . The **Seq Running** annunciator(▼) is turned ON, and the 4339B applies the test voltage across the capacitor for 60 seconds.

Note If you want to abort the measurement sequence, press [blue] [Seq Abort / Trig] .

When the sequence measurement is finished, the annunciator is turned OFF and the measurement result is displayed.

LAQ06010



```
R:  +2.8305E+11 Ω                    Vout:  100.0  V
                                     Clmt:  500.0μA
```

12. To exit the measurement sequence,

    Press [Program / Seq Mode] . Select `Off` using [⇦⇩] or [⇧⇨] and press [Enter ■] .

13. Wait until the High Voltage indicator is OFF. Then remove the DUT from the test fixture.

⚠ Measuring Insulation Resistance Time Characteristics of Electro-Mechanical Components

This section provides an example of measuring electro-mechanical components like switches, connectors, or relays. This example measures insulation resistance (IR) time characteristics of opened switch contacts using the continuous measurement sequence mode, to obtain time characteristics.

In this example, we measure the insulation resistance of opened switch DUT, and print measurement data to printer. We take a measurement every 10 seconds for 10 minutes after a charge time of 60 seconds.

Warning ⚠ **Do *NOT* touch the UNKNOWN terminals or the electrodes of the accessory, when the High Voltage indicator is ON, the 4339B outputs dangerous voltage levels up to 1000 Vdc. Before handling the 4339B or the accessory, turn OFF the test voltage pressing V Output and confirm that the High Voltage indicator is OFF.**

---

1. Connect the shunt connector and the 16339A to the 4339B, and connect the printer using an GPIB cable. (For the 16339A, use the Alligator Clip and Flat Table Configuration as shown in the *16339A Operation and Service Manual.*

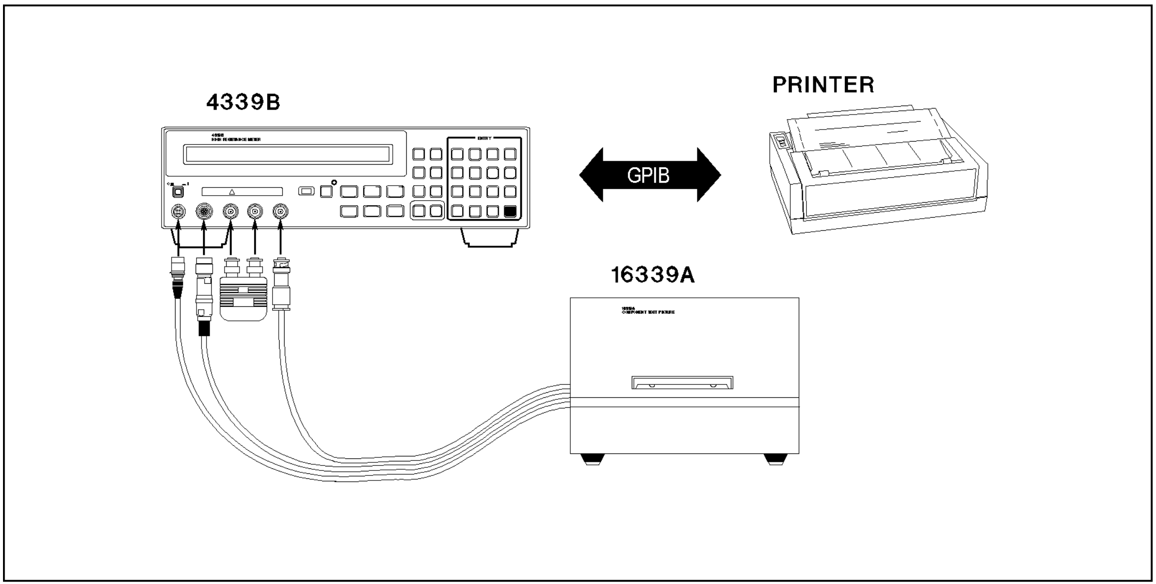


Figure 6-5. Measurement Configuration

2. Set the printer to the Listen Always mode.
3. Reset the 4339B

   Press blue Reset to display the reset menu. Select Yes using ⇩ or ⇧ and press Enter.

4. Set the test voltage value.

   Press Cur Limit Source Voltage. Enter the voltage value, for example 500 (V), Press Enter.

5. Perform the calibration.

   Press blue Cal 5 . Select `ExecCal` using ⇩ or ⇧ and press Enter .

6. Perform the OPEN correction.
   - a. Remove the alligator clips and banana cables from the INPUT terminal.
   - b. Close the top cover.
   - c. Select the current measurement mode.

     Pressing Elec Size Meas Prmtr . Select `I` using ⇩ or ⇧ and press Enter .
   - d. Apply test voltage by pressing V Output .
   - e. Wait until the current has stabled to within 0.5 pA. (Displayed `I` value do not change by more than 0.5 pA.)
   - f. Press blue Open 4 to display the OPEN correction menu.
   - g. Select `OpenMeas` using ⇩ or ⇧ and press Enter .
   - h. After the OPEN correction is finished, press V Output to turn the source voltage OFF.

7. Connect the electrodes of the *opened* switch DUT with alligator clips as shown below. Close the cover of the 16339A.

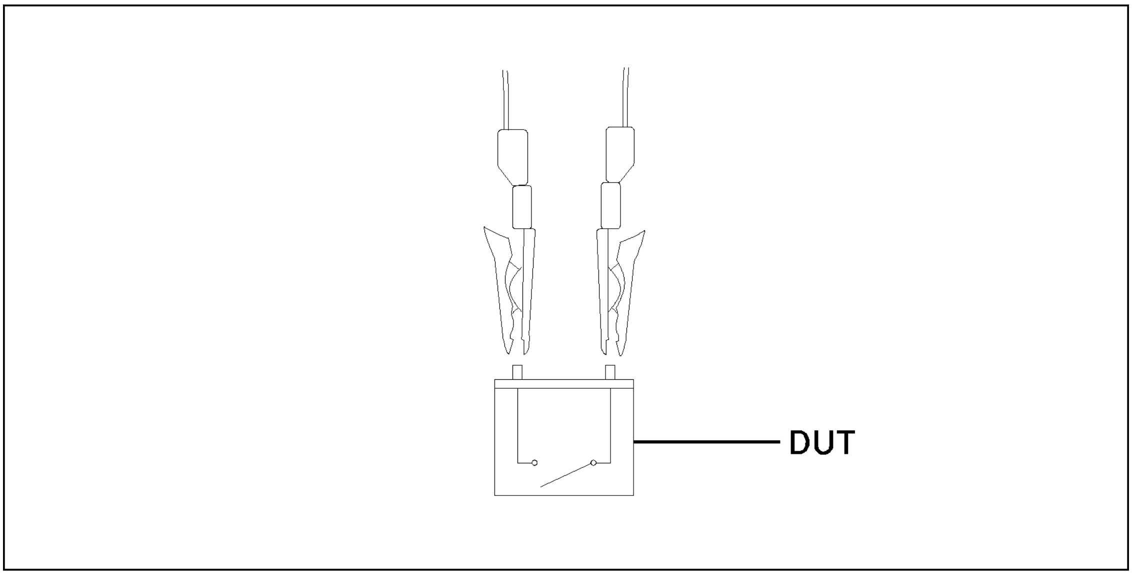


Figure 6-6. Clipping Opened Switch

8. Select Resistance as the measurement parameter.

   Press Elec Size Meas Prmtr . Select `R` using ⇩ or ⇧ and press Enter .

9. Set sequence mode parameters.

   Press blue Program Seq Mode.

   a. Set the charge time.

      Select `Chrg`. Enter the charge time value, in this example 60 (s). Press Enter.

   b. Set the interval time and memory size.

      Select `Intvl`. Enter the interval time value, in this example 10 (s). Press Enter.

      Then enter the number of measurements (equivalent to the memory size), in this example 60. Press Enter.

   c. Select the continuous mode as the measurement sequence mode.

      Press Program Seq Mode. Select `Continuous` using ⇩ or ⇧ and press Enter.

10. Set the 4339B to Talk Only mode.

    Press blue Adrs Lcl and enter `31`. Press Enter.

11. Start the measurement sequence.

    Press Seq Abort Trig. The printer begins printing data.

```
+0,+6.51404E+10,+0
+0,+6.63321E+10,+0
+0,+6.45753E+10,+0
  ⋮
```

Figure 6-7. Printed Results

Note If you want to abort the measurement sequence, press blue Seq Abort Trig.

12. When the measurement sequence is completed, change the GPIB address to an address other than 31.

13. Wait until the High Voltage indicator is OFF. Then remove the DUT from the test fixture.