

Tektronix

功率IGBT器件测试系统 及自动化简介

林彩霞

31 JULY 2020



Agenda

- **功率IGBT器件的研究与应用前景**

- IGBT器件介绍
- IGBT的IV和CV性能
- IGBT的应用

- **功率IGBT的解决方案**

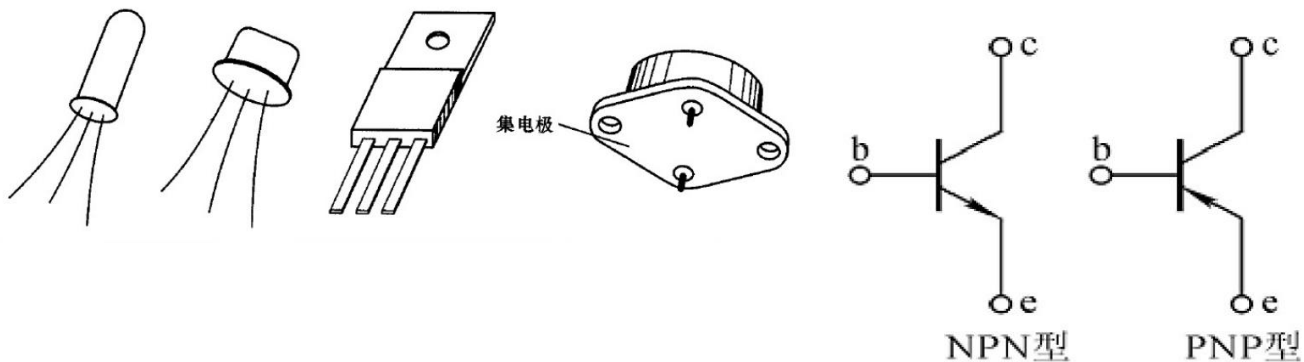
- PCT介绍
- 封装器件和晶圆级产品的配置
- PCT软件介绍

IGBT(绝缘栅双极型晶体管)

- BJT(Bipolar Junction Transistor)双极型晶体管。

- 优点：耐压高、电流大、开关特性好；

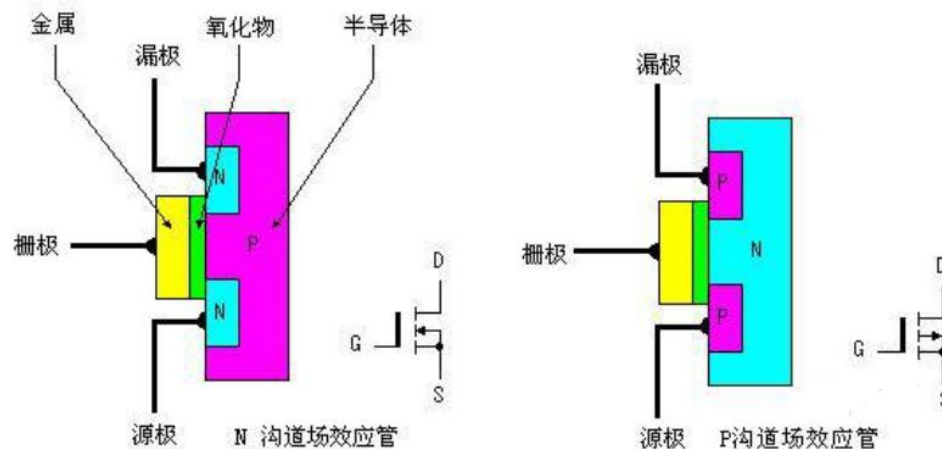
- 缺点：驱动功率大、驱动电路复杂、开关速度慢。



- MOSFET绝缘栅型场效应管。

- 优点：驱动电路简单，驱动功率小，开关速度快，工作频率高；

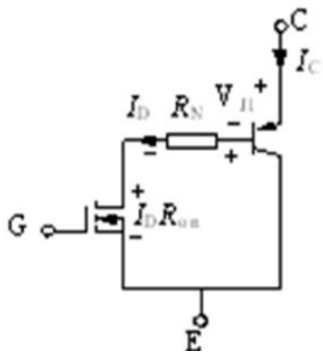
- 缺点：电路容量小、耐压低。



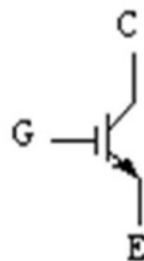
部分内容来自百度网、电子网或康华光版模电课本

IGBT(绝缘栅双极型晶体管)

- IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), 绝缘栅双极型晶体管, 是由BJT和MOSFET组成的达林顿结构的复合器件。
- 其中MOSFET为驱动元件, 其外部有三个电极, 分别为G-栅极, C-集电极, E-发射极。
- 具有自关断的特征: IGBT是一个非通即断的电路开关, 没有放大电压的功能, 导通时可以看做导线, 断开时看做开路,
- 融合了BJT和MOSFET的两种器件的优点, 用电压控制, 驱动功率小, 饱和压降低, 耐压高。
- 经过了六代发展, 形成比较稳定的特性。



(1) 简化等效电路图

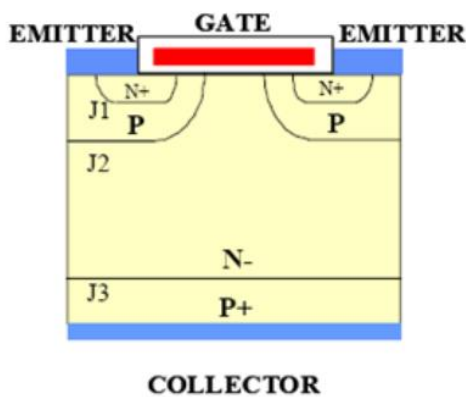


(2) 电气图形符号

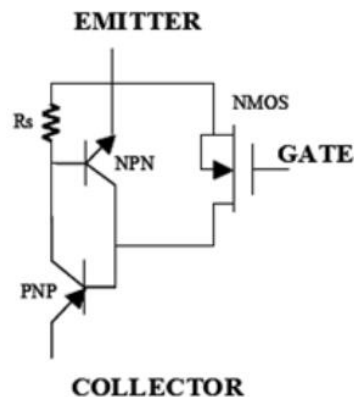
部分内容来自百度网、电子网或康华光版模电课本

IGBT(绝缘栅双极型晶体管)

- 导通：在IGBT的栅极G和发射极E之间加上驱动正电压 V_{GE} （或大于开启电压），则MOSFET导通，这样PNP晶体管的集电极与基极之间成低阻状态而使得晶体管导通；
- 关断：若IGBT的栅极G和发射极E之间电压 $V_{GE}=0V$ （或施加反压），则MOSFET截止，切断PNP晶体管基极电流的供给，使得晶体管截止。



(a)



(b)

功率半导体器件的主要特性参数

| Characterization | Test Category | Devices and Parameters | | |
|------------------|---------------|---|---|--|
| | | IGBT | Power MOSFET | GTR |
| Static | ON-state | V_{CE-I_C} V_{GE-I_C} | V_{DS-I_D} V _{TH} V_{GS-I_D} $R_{DS(on)}$ | V_{CE-I_C} Gummel plot |
| | OFF-state | I_{CEO} I_{CES} BV_{CES} BV_{CEO} BV_{CBS} | I_{GSS} I_{DSS} BV_{DSS} BV_{DG} | I_{CEO} I_{CES} BV_{CES} BV_{CEO} |
| Dynamic | Charge | Q_G | Q_G | |
| | Capacitance | C_{iss} (a.k.a. C_{ies}) C_{oss} (a.k.a. C_{oes}) C_{rss} (a.k.a. C_{res}) | C_{iss} (a.k.a. C_{ies}) C_{oss} (a.k.a. C_{oes}) C_{rss} (a.k.a. C_{res}) | NA |
| Switching | Timing | $T_{d(on)}$ T_r $T_{d(off)}$ T_f | $T_{d(on)}$ T_r $T_{d(off)}$ T_f | T_s T_f |

Q_G : (开通) 总栅电荷。使IGBT从关断到饱和导通期间, 将极间寄生电容充满电所需要的电荷总量。

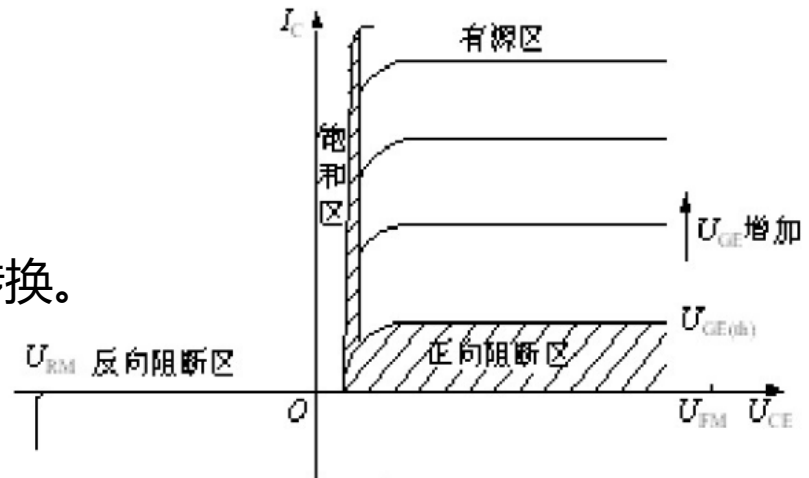
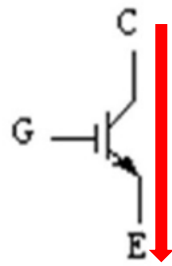
Q_{GE} : (开启) 栅-射电荷。GE电压从0V至IGBT开始导通 ($V_{GE(th)}$, 阈值电压) 所需要的电荷总量。此时, C_{ge} 已经基本被充满, C_{gc} 则是刚刚开始充电。

Q_{GC} : (开通) 栅-集电荷。GE电压从 $V_{GE(th)}$ 升至IGBT饱和导通所需要的电荷总量。这一期间, 栅极电流主要对 C_{gc} 充电, V_{GE} 电压基本保持不变。

IGBT静态特性

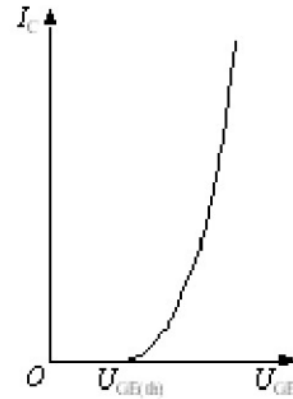
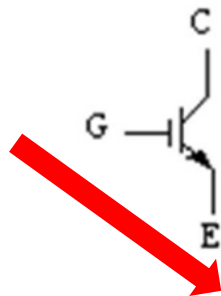
- 输出特性 (I_C-V_{CE}) :

- 以栅极电压为参考时的 I_C 与集射电压 U_{CE} 关系
- 正向阻断区、有源区和饱和区。在电力电子电路中，IGBT工作在开关状态，在正向阻断区和饱和区来回转换。



- 转移特性 (I_C-V_{GE}) :

- I_C 与 V_{GE} 之间的关系，开启电压 $U_{GE(th)}$ 是IGBT能够实现导通的最低栅射电压。



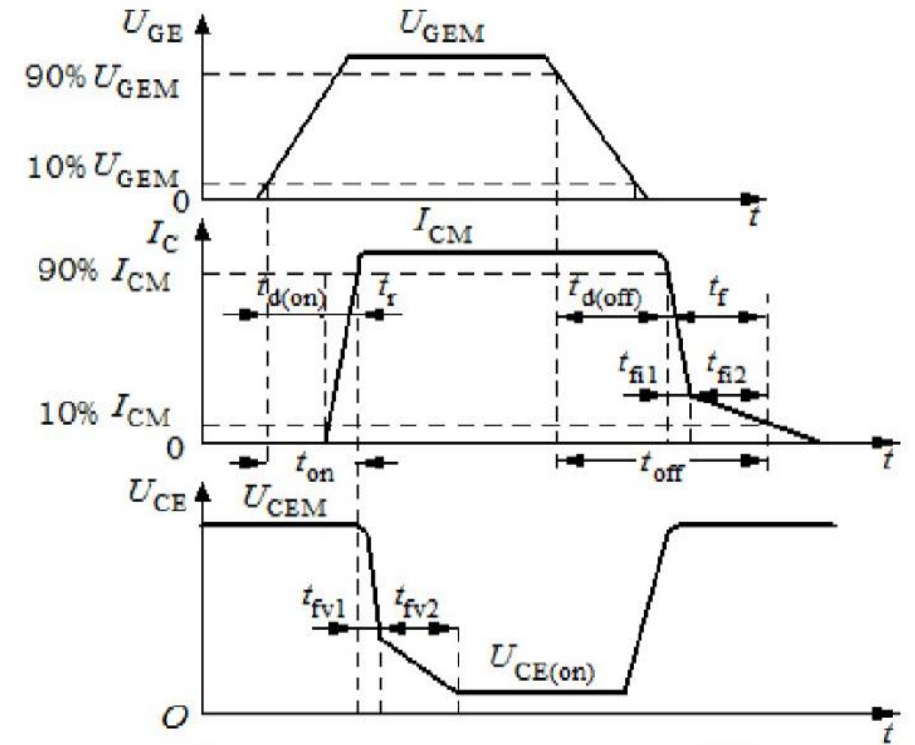
IGBT开关特性

• IGBT导通过程:

- $t_{d(on)}$: 导通延迟时间, 从 U_{GE} 上升至10%到 I_C 上升至10%时间;
- t_r : 上升时间, I_C 从10%到90%
- 开通时间 $t_{on}=t_{d(on)}+t_r$
- U_{CE} 的下降过程分为 t_{fv1} 和 t_{fv2} 两段。 t_{fv1} 是IGBT中MOSFET单独工作的电压下降过程; t_{fv2} 是MOSFET和PNP晶体管同时工作的电压下降过程。

• IGBT关断过程:

- $T_{d(off)}$: 关断延迟时间, 从 U_{GE} 后沿下降至90%到 I_C 下降至90%;
- t_f : 下降时间, I_C 从90%下降到10%
- 关断时间 $t_{off}=t_{d(off)}+t_f$
- 下降过程分为 t_{fi1} 和 t_{fi2} 两段。 t_{fi1} 是IGBT中MOSFET的关断过程, I_C 下降较快; t_{fi2} 是PNP晶体管的关断过程, I_C 下降较慢。



举例: IGBT 典型特性参数

(ST:STGW15H120F2, Trench gate field-stop IGBT, 1200 V, 15 A high speed)

Electrical characteristics

$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

Table 4. Static characteristics

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------|--|--|------|------|-----------|---------------|
| $V_{(BR)CES}$ | Collector-emitter breakdown voltage ($V_{GE} = 0$) | $I_C = 2\text{ mA}$ | 1200 | | | V |
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-emitter saturation voltage | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ | | 2.1 | 2.8 | V |
| | | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.4 | | |
| | | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ $T_J = 175\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.5 | | |
| $V_{GE(th)}$ | Gate threshold voltage | $V_{CE} = V_{GE}, I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$ | 5 | 6 | 7 | V |
| I_{CES} | Collector cut-off current ($V_{GE} = 0$) | $V_{CE} = 1200\text{ V}$ | | | 25 | μA |
| I_{GES} | Gate-emitter leakage current ($V_{CE} = 0$) | $V_{GE} = \pm 20\text{ V}$ | | | ± 250 | nA |

Table 5. Dynamic characteristics

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|------------------------------|--|------|------|------|------|
| C_{ies} | Input capacitance | $V_{CE} = 25\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{GE} = 0$ | - | 1300 | - | pF |
| C_{oes} | Output capacitance | | - | 105 | - | pF |
| C_{res} | Reverse transfer capacitance | | - | 32 | - | pF |
| Q_g | Total gate charge | $V_{CC} = 960\text{ V}, I_C = 15\text{ A}, V_{GE} = 15\text{ V}$, see Figure 23 | - | 67 | - | nC |
| Q_{ge} | Gate-emitter charge | | - | 8 | - | nC |
| Q_{gc} | Gate-collector charge | | - | 38 | - | nC |

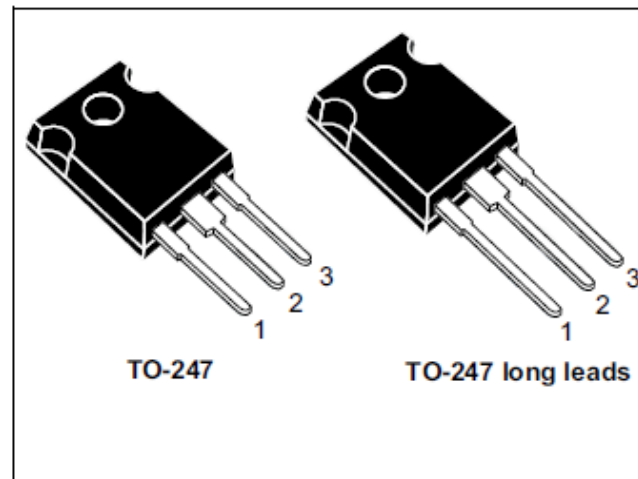
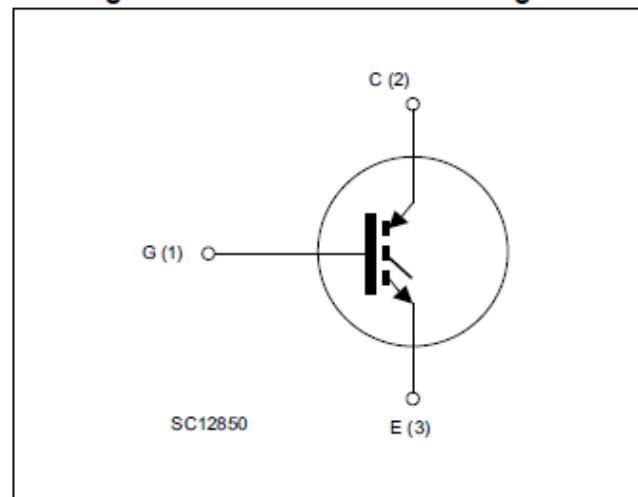
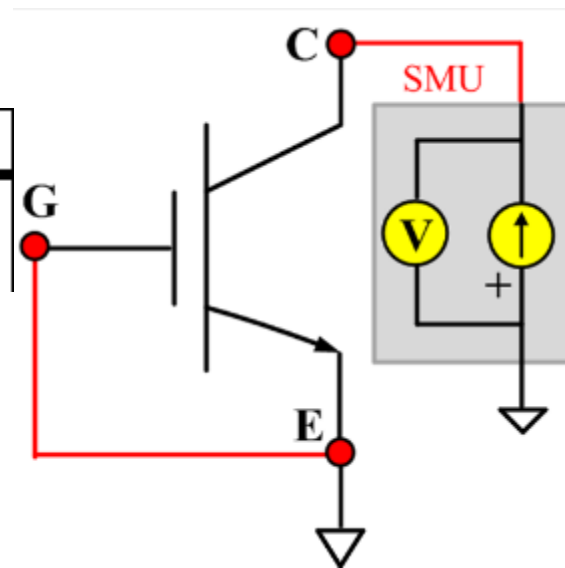


Figure 1. Internal schematic diagram

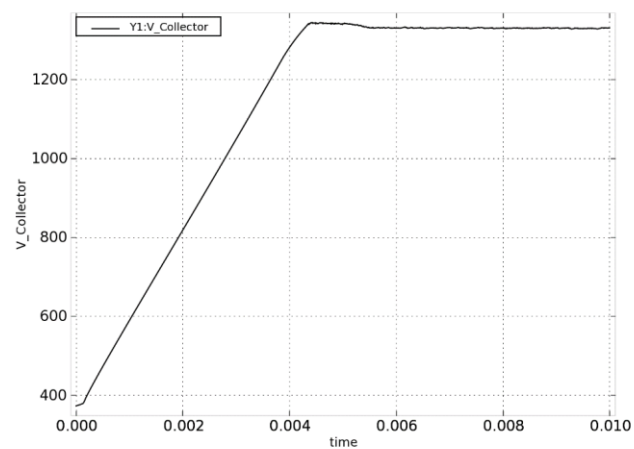


测试示例: V_{CES} (BV_{CES})

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------|--|----------------------|------|------|------|------|
| $V_{(BR),CES}$ | Collector-emitter breakdown voltage ($V_{GE} = 0$) | $I_C = 2 \text{ mA}$ | 1200 | | | V |



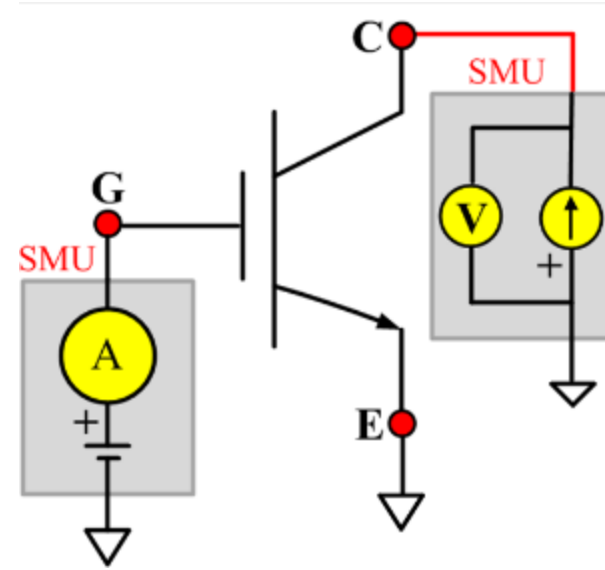
- **参数物理意义:** 在不加栅压的情况下 ($V_{GE}=0$), 看Collector 与 Emitter的击穿电压. 一般以电流在某特定值下的Collector的电压记为 V_{CES}
- **一般测试方法:** 在Collector上加规定电流 ($I_C=2\text{mA}$) Gate及Emitter 接common Lo. 测试Collector 端的电压



测试示例: V_{CE} ($V_{CE(sat)}$)

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------|--------------------------------------|--|------|------|------|------|
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-emitter saturation voltage | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ | | 2.1 | 2.6 | V |
| | | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.4 | | |
| | | $V_{GE} = 15\text{ V}, I_C = 15\text{ A}$ $T_J = 175\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.5 | | |

- **参数物理意义:** Collector 与 Emitter间的饱和电压。表征了在一定Gate电压下, 流过额定电流时的Collector 电压值。
- **一般测试方法:** 在Gate上加规定电压 (BiasV=15V) 在 Collector 端给所规定的电流 (BiasI=15A) Emitter 接common Lo. 测试 Collector 端的电压。

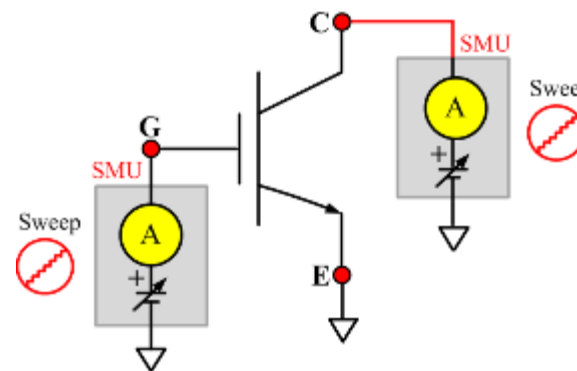


| time | V_Gate | V_Collector | I_Collector |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 2.51e-4 | 1.499476e+1 | 2.249901 | 2.50026e+1 |

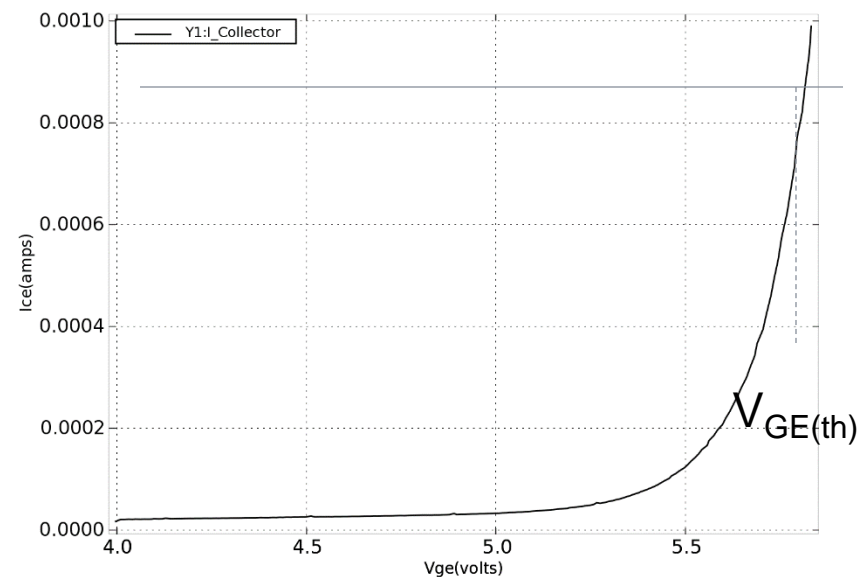
某次测试以 $I_C = 20\text{ A}$ 测试的结果, 测试为单点测试, 故只得到一个 V_{CE} 为 2.2499 V

测试示例: V_{GE} ($V_{GE(th)}$)

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|--------------|------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|
| $V_{GE(th)}$ | Gate threshold voltage | $V_{CE} = V_{GE}$, $I_C = 500 \mu A$ | 5 | 6 | 7 | V |

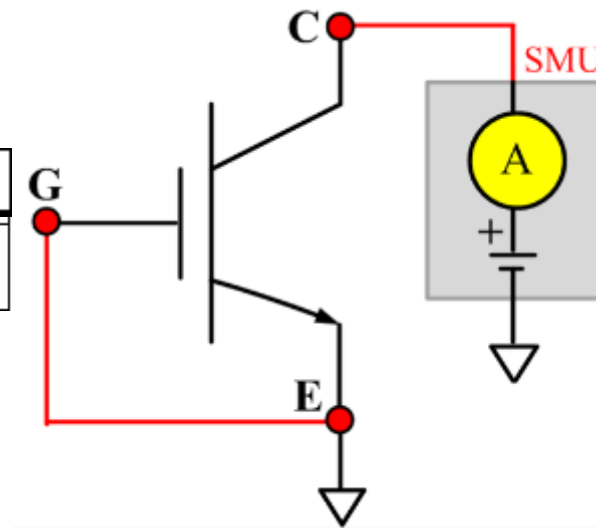


- **参数物理意义:** Collector与Emitter间有微小电流开始通过时的 V_{GE} 值。用于作为衡量IGBT开始导通时的 V_{GE} 值的尺度。
- **一般测试方法:** 在Gate及Collector上加同步的扫描电压 (SweepV 4~7V i.e.) Emitter 接common Lo. 测试Collector 端的电流。当其值等于额定值时的 V_G 记为 $V_{GE(th)}$

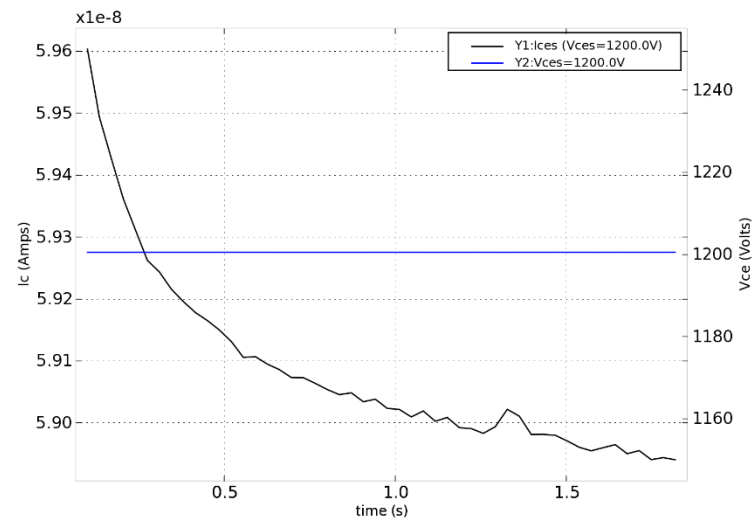


测试示例: I_{CES}

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|--|--------------------------|------|------|------|---------------|
| I_{CES} | Collector cut-off current ($V_{GE} = 0$) | $V_{CE} = 1200\text{ V}$ | | | 25 | μA |

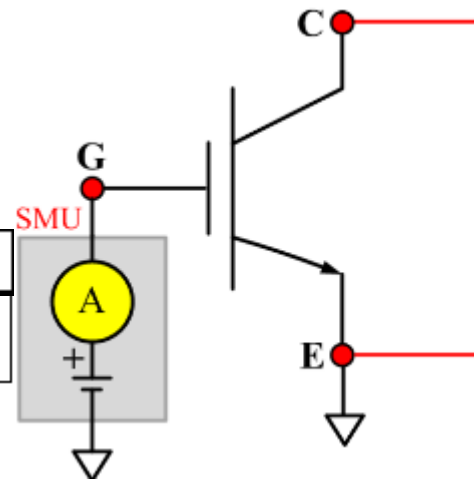


- **参数物理意义:** Gate及Emitter 处于短路的状态时在Collector 外加指定的电压时C-E间的漏电流
- **一般测试方法:** 在Collector上加额定固定电压 ($BiasV = 1200\text{V}$ i.e.) 将Gate Emitter 接common Lo. 测试Collector 端的电流。

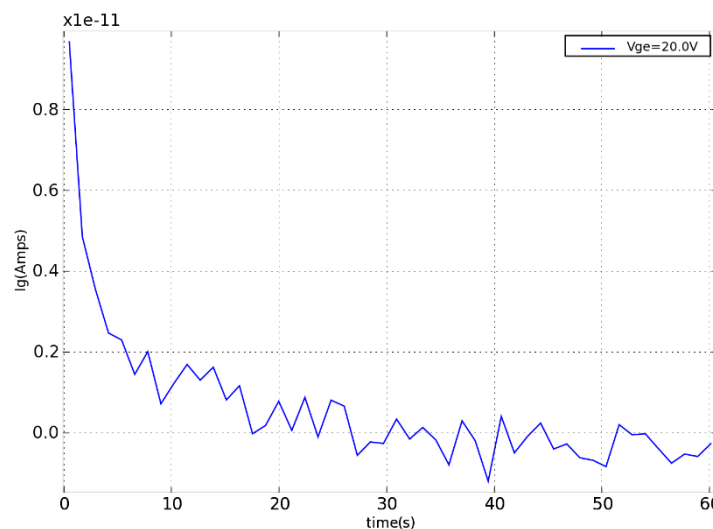


测试示例: I_{GES}

| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|---|----------------------------|------|------|-----------|------|
| I_{GES} | Gate-emitter leakage current ($V_{CE} = 0$) | $V_{GE} = \pm 20\text{ V}$ | | | ± 250 | nA |



- **参数物理意义:** C-E间处于短路状态时, 在G-E间外加指定的电压时G-E间的漏电流
- **一般测试方法:** 在Gate上分别加正向及反向的电压 ($BiasV = \pm 20V$) Emitter 及 Collector接common Lo. 测试Gate 端的电流。



电参数解读

| Symbol | Parameter | 中文描述 | 对电源系统的影响 |
|----------------|--|-----------------|---|
| V_{DSS} | Drain to Source Voltage | 漏源电压标称值 | 参考 BV_{DSS} |
| I_D | Continuous Drain Current (@ $T_J=25^{\circ}C$) | 漏源标称电流 | 漏源间可承受的电流值, 该值如果偏小, 在设计降额不充裕的系统中或在测试OCP、OLP的过程中会引起电流击穿的风险。 |
| | Continuous Drain Current (@ $T_J=100^{\circ}C$) | | |
| I_{DM} | Drain current pulsed | 漏源最大单脉冲电流 | 反应的是MOSFET漏源极可承受的单次脉冲电流强度, 该参数过小, 电源系统在做OCP或OLP测试时, 有电流击穿的风险。 |
| V_{GS} | Gate to Source Voltage | 栅漏电压 | 栅极可承受的最大电压范围, 在任何条件下, 必须保证其接入的电压必须在规格范围内。MOSFET的栅极也是MOSFET最薄弱的地方。 |
| E_{AS} | Single pulsed Avalanche Energy | 单脉冲雪崩能量 | MOSFET漏源极可承受的最大单次或多次脉冲能量, 该能量如果过小在做OCP、OLP、SURGER、耐压等测试项目时有失效的风险。 |
| E_{AR} | Repetitive Avalanche Energy | 重复雪崩能量 | |
| dv/dt | Peak diode Recovery dv/dt | 漏源寄生二极管恢复电压上升速率 | (1) dv/dt反应的是器件承受电压变化速率的能力, 越大越好。 (2) 对系统来说, 过高的dv/dt必然会带来高的电压尖峰, 较差的EMI特性, 不过该变化速率通过系统电路可以进行修正。 |
| P_D | Total power dissipation(@ $T_C=25^{\circ}C$) | 最大耗散功率 | 该值越大越好, 由于该值的测试是模拟理想环境, 所以测试出来值跟实际应用比起来差异特别大, 参考意义比较有限。 |
| | Derating Factor above 25C | | |
| T_{STG}, T_J | Operating Junction Temperature & Storage Temperature | 结温及贮存温度 | 该参数表明MOSFET的温度承受能力, 越大越好 |
| T_L | Maximum Lead Temperature for soldering purpose, 1/8 from Case for 5 seconds. | 最大引线焊接温度 | 该参数是针对插件类产品来说, 该参数值越大焊接时温度承受能力越好。 |

电参数解读

| Symbol | Parameter | 中文描述 | 应用系统关联参数解读 |
|------------|---|-----------|-------------------------------------|
| R_{thjc} | Thermal resistance, Junction to case | 结到封装的热阻 | 该系列参数均表明在发热相同条件下器件散热能力的强弱，热阻越小散热越快。 |
| R_{thcs} | Thermal resistance, Case to Sink | 封装到散热片的热阻 | |
| R_{thja} | Thermal resistance, Junction to ambient | 结到空气热阻 | |

| Symbol | Parameter | 中文描述 | 应用系统关联参数解读 |
|----------|-----------------------------|-----------|---|
| I_S | Continuous source current | 最大连续续流电流 | 漏源间可承受的最大持续电流，该值如果偏小，在设计降额不充裕的系统中或在测试OCP、OLP的过程中会引起电流击穿的风险。 |
| I_{SM} | Pulsed source current | 最大单脉冲续流电流 | 反应的是MOSFET漏源极可承受的单次脉冲电流强度，该参数过小，电源系统在做OCP或OLP测试时，有电流击穿的风险。 |
| V_{SD} | Diode forward voltage drop. | 二极管源漏电压 | 该参数如果过大，在桥式或LLC系统中会导致系统损耗过大，温升过高。 |
| T_{rr} | Reverse recovery time | 反向恢复时间 | 该参数如果过大，在桥式或LLC系统中会导致系统损耗过大，温升过高。同时也加重了电路直通的风险。 |
| Q_{rr} | Reverse recovery Charge | 反向恢复充电电量 | 该参数与充电时间成正比，一般越小越好。 |

电参数解读

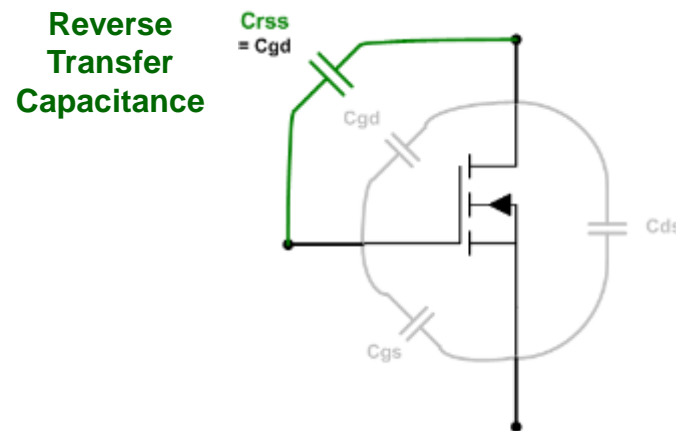
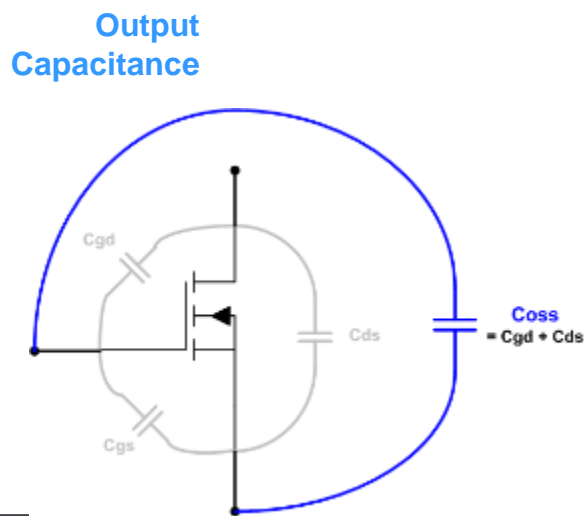
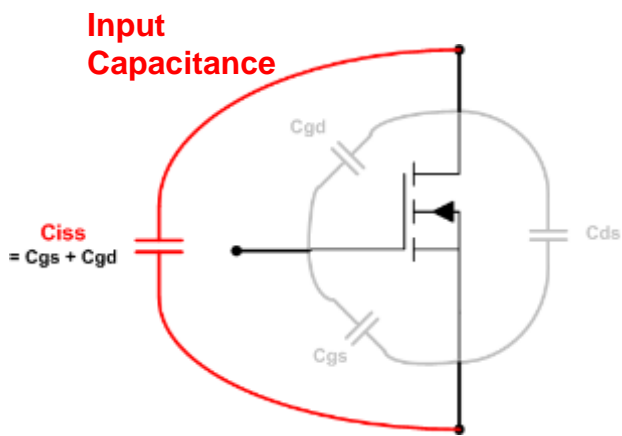
| Symbol | Parameter | 中文描述 | 应用系统关联参数解读 |
|--------------------------------|---|-------------|---|
| Off characteristics | | | |
| BV_{DSS} | Drain to source breakdown voltage | 漏源击穿电压 | 漏源极最大承受电压，该参数为正温度系数。如果 BV_{DSS} 过小，应用到余量不足的系统板中会引起MOSFET电压失效，从而引起大电流环路里的电阻保险等相关器件的烧毁。 |
| $\Delta BV_{DSS} / \Delta T_J$ | Breakdown voltage temperature coefficient | 漏源击穿电压的温度系数 | 正温度系数，反应的是 $BVDSS$ 温度稳定性，其值越小，表明稳定性越好。 |
| I_{DSS} | Drain to source leakage current | 漏源漏电流 | 正温度系数， I_{DSS} 越大，MOSFET关断时的损耗越大，会导致相应的温升效应。 |
| I_{GSS} | Gate to source leakage current, forward | 栅极驱动漏电流 | 栅极漏电流，越小越好，对系统效率有较小程度的影响。 |
| | Gate to source leakage current, reverse | | |
| On characteristics | | | |
| $V_{GS(TH)}$ | Gate threshold voltage | 开启电压 | (1) $V_{GS(TH)}$ 越高，MOSFET米勒平台也就越高，开启越慢，开关损耗越小，进而产生的温升也越小。 (2) 其直接反应MOSFET的开启电压，MOSFET实际工作时电压必须大于平台电压，如果栅极驱动电压长期工作在平台附近，会导致器件不能完全打开，内阻急剧上升，从而器件产生相应的热失效现象。 |
| $R_{DS(ON)}$ | Drain to source on state resistance | 导通电阻 | 同一规格的MOSFET $R_{DS(ON)}$ 越小越好，其直接决定MOSFET的导通损耗， $R_{DS(ON)}$ 越大，损耗越大，MOSFET温升也越高。在较大功率电源中， $R_{DS(ON)}$ 损耗占MOSFET整个损耗中较大比例。 $R_{DS(ON)}$ 的变化会引起客户系统板OCP过流保护点的变化。 |
| Gfs | Forward Transconductance | 正向跨导 | 其反应的是栅电压对漏源电流控制的能力，Gfs过小会导致MOSFET关断速度降低，关断能力减弱，Gfs过大，会导致关断过快，EMI特性差，同时伴随关断时漏源会产生更大的关断电压尖峰。 |

电参数解读

| Dynamic characteristics | | | |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| C_{iss} | Input capacitance | 输入电容= $C_{gs}+C_{gd}$ | 该参数影响到MOSFET的开关时间, C_{iss} 越大, 同样驱动能力下, 开通及关断时间就越慢, 开关损耗也就越大, 这也是在电源电路中要加加速电路的原因。但较慢的开关速度对应的会带来较好的EMI特性。 |
| C_{oss} | Output capacitance | 输出电容= $C_{ds}+C_{gd}$ | 这两项参数对MOSFET关断时间略有影响, 其中 C_{gd} 会影响到漏极有异常高电压时, 传输到MOSFET栅极电压能量的大小, 会对雷击测试项目有一定影响。 |
| C_{rss} | Reverse transfer capacitance | 反向传输电容= C_{gd} (米勒电容) | |
| $t_{d(on)}$ | Turn on delay time | 漏源导通延迟时间 | 这些参数都是与时间相互关联的参数。开关速度越快对应的优点是开关损耗越小, 效率高, 温升低, 对应的缺点是EMI特性差, MOSFET关断尖峰过高。 |
| t_r | Rising time | 漏源电流上升时间 | |
| $t_{d(off)}$ | Turn off delay time | 漏源关断延迟时间 | |
| t_f | Fall time | 漏源电流下降时间 | |
| Q_g | Total gate charge | 栅极总充电电量 | |
| Q_{gs} | Gate-source charge | 栅源充电电量 | |
| Q_{gd} | Gate-drain charge | 栅漏充电电量 | |

测试示例: 动态特性 – 电容测试

- 结电容: 包括引线电极与管芯之间的电容、管芯各组成部分之间、管芯与封装之间的分布电容, 影响电路稳定性。往往会引起高频自激振荡, 消耗驱动功率, 频率越高, 消耗越大。
- 因为结电容由材料和结构决定的, 不能全面反映对电路实际影响。在实践中通过三个变量: 分布电容 (几乎不受温度的影响)。
- C_{gd} 在BJT中也称为米勒电容(C_{bc}), 对FET而言也同样, 功能等同。
- C_{iss} 会消耗驱动功率, 频率越高, 消耗越大, 高频应用时, 栅极驱动信号需要对 C_{iss} 充电和放电, 影响开关速度。
- C_{rss} 引起正反馈, 即信号会从漏极倒灌回到栅极, 引起自激振荡。



IGBT的应用

- 1.强电： 电压几十到几百伏量级、电流几十到几百安量级。
- 2.变换器： 通过计算机控制IGBT，把电源侧的交流电变成给定电压的直流电，或是把各种电变成所需频率的交流电，给负载使用。还有：整流器、逆变器、开关电源、矩阵变化器。
- 3.传统产业领域： 作为新型功率半导体器件的主流器件，IGBT已广泛应用于工业、4C(通信、计算机、消费电子、汽车电子)、航空航天、国防军工等传统产业领域。
- 4.能源应用： IGBT是变换与传输的核心器件，俗称电力电子装置的“CPU”，应用于轨道交通、智能电网、航空航天、电动汽车与新能源装备等领域。

国内IGBT的主要厂商

- 国外企业如英飞凌、ABB、三菱等厂商研发的IGBT器件产品规格涵盖电压600V-6500V，电流2A-3600A。

| ● 国内IGBT主要厂商 | | | |
|--------------|-------|--------|--------|
| 设计 | 制造 | 模组 | IDM |
| 中科君芯 | 中芯国际 | 中车西安永电 | 中车株洲时代 |
| 西安芯派 | 华润上华 | 西安爱帕克 | 深圳比亚迪 |
| 无锡同方微 | 深圳方正微 | 江苏宏微 | 吉林华微 |
| 宁波达新 | 上海先进 | 南京银茂 | 杭州士兰微 |
| 山东科达 | 华虹宏力 | 深圳比亚迪 | 中环股份 |

- 西门康、仙童等在1700V及以下电压等级的消费IGBT领域处于优势地位。



功率IGBT的测试解决方案

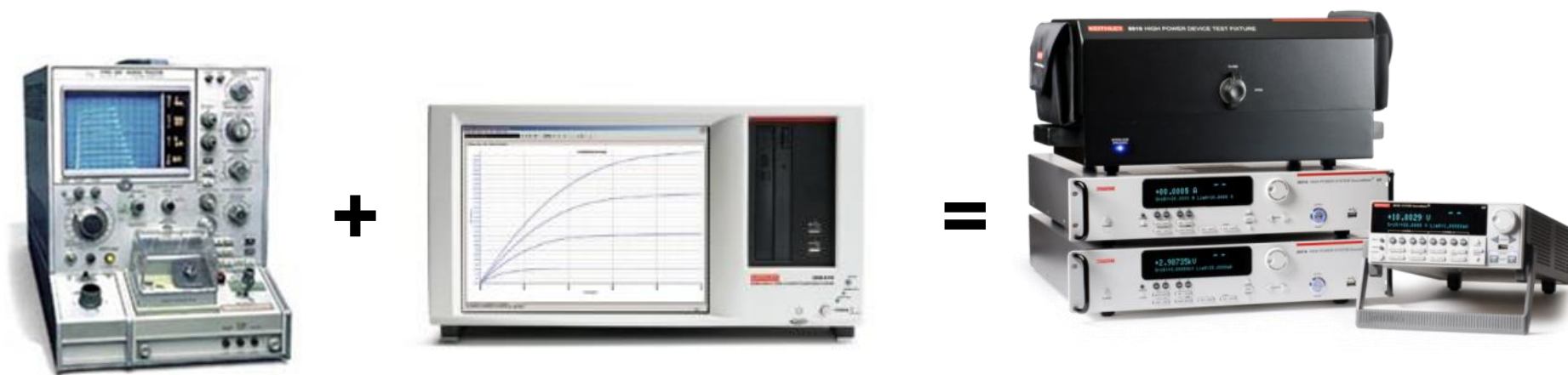


PCT

- PCT其概念
- PCT-CVU介绍
 - 高压电容测试 (HV CV)
- 8010和8020介绍
- PCT扩展至10kV高压的击穿电压和漏电流测试

PCT——Parametric Curve Tracer: 参数化曲线记录仪

- 综合解决方案：包括仪器、线缆、测试夹具或接口转换面板、软件和测试库
- 电压值：从uV 到3KV, 电流值：从 fA 到 100A
- 高压CV测试可选
- 曲线跟踪和参数分析



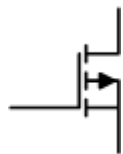
典型的器件参数

晶体管 & 整流器



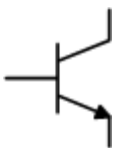
正向电压(V_f)
反向电压 (V_r)
反向漏电 (I_r)

MOSFET & JFET



输出特性 ($V_{ds}-I_d$)
转移特性 ($V_{gs}-I_d$)
导通电阻 (R_{dson})
击穿电压 (BV_{dss}, BV_{dg})
漏电 (I_{dss}, I_{gss})

双极性晶体管 & IGBT



饱和电压(V_{cesat})
输出特性($V_{ce}-I_c$)
击穿电压 ($V_{ceo}, V_{ebo}, V_{cbo}$)
漏电流 ($I_{ceo}, I_{ces}, I_{ebo}$)
.....

三端双向交流开关 & 可控硅



闭锁电压(V_{drm}, V_{rrm})
漏电流 (I_{drm}, I_{rrm})
吸池(保持)电流 (I_H)
闭锁电流(I_L)

PCT 配置

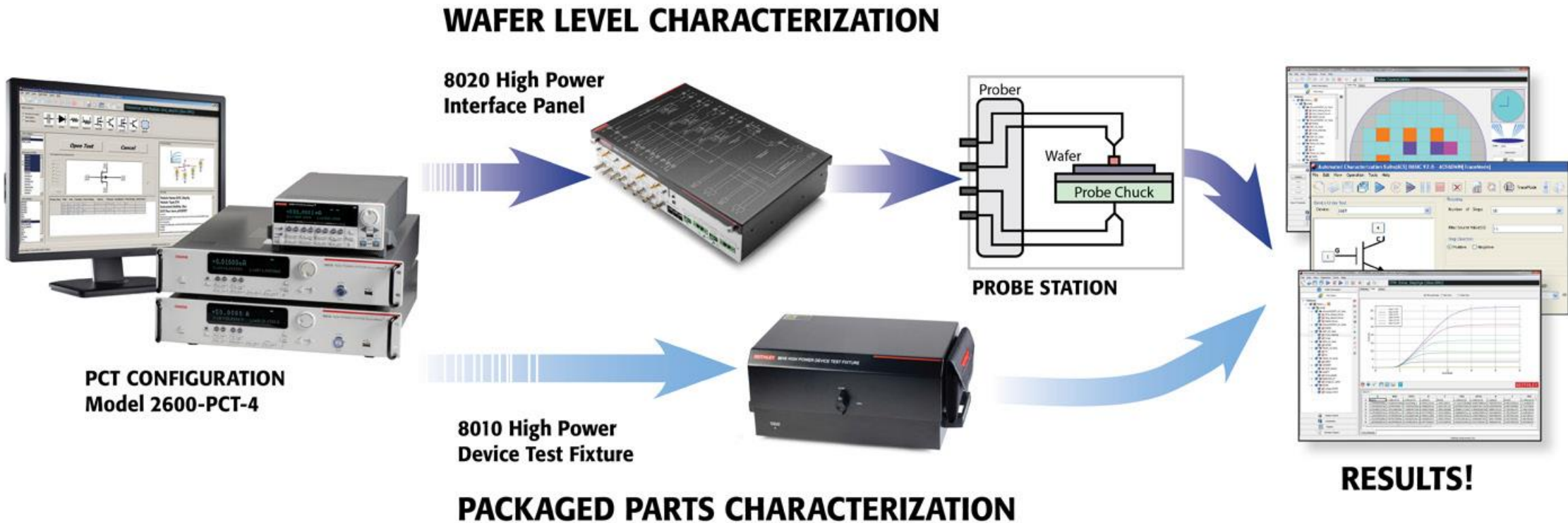
| Model | | Collector/Drain Supply | | Step Generator | |
|-------------------------------|-------------|------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | High Voltage Mode | High Current Mode | Base/Gate supply | Auxiliary Supply |
| Low Power | 2600-PCT-1B | 200V/10A | 200V/10A | 200V/10A | N/A |
| High Current | 2600-PCT-2B | 200V/10A | 40V/50A | 200V/10A | 200V/10A |
| High Voltage | 2600-PCT-3B | 3KV/120mA | 200V/10A | 200V/10A | 200V/10A |
| High Current and High Voltage | 2600-PCT-4B | 3KV/120mA | 40V/50A | 200V/10A | 200V/10A |

附件:

- Model 8010 高功率测试夹具
- Model 8020 高功率接口面板
- Model 2651A 50A 源表
- Model PCT-CVU 多频率C-V测试仪
- Model CVU-3K-KIT 3KV 偏置网络
- Model CVU-200-KIT 200V 偏置网络



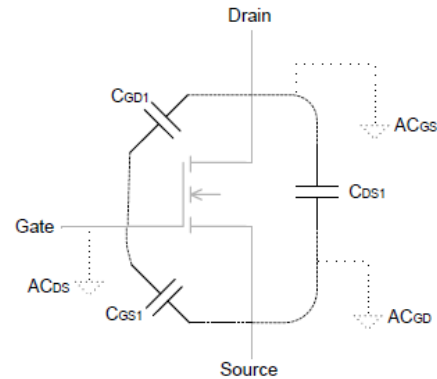
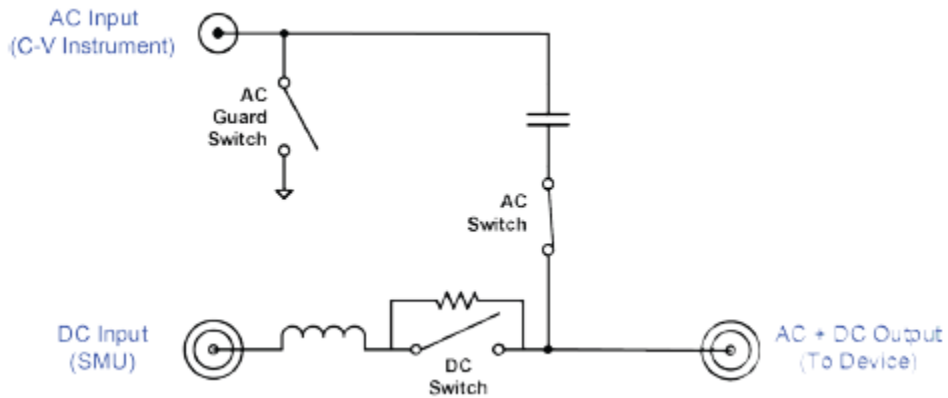
支持封装和晶圆级产品测试



用同一套测试系统既支持封装级又支持晶圆级产品测试

PCT 配置

- 对于 C-V测试，配置PCT-CVU 和 bias tee
 - 8010的Bias Tee：
 - CVU-3K-KIT：3kV HV CV 测量
 - CVU-200-KIT：400V 差分 HV CV 测量
 - 包含 bias tees， 内置IV-CV开关
 - 8020的Bias Tee：
 - 8020-Bias-Tee/CV-Installed：3kV HV CV 测量
 - 包含 bias tees， 内置IV-CV开关



Model 8010测试夹具——封装器件的解决方案



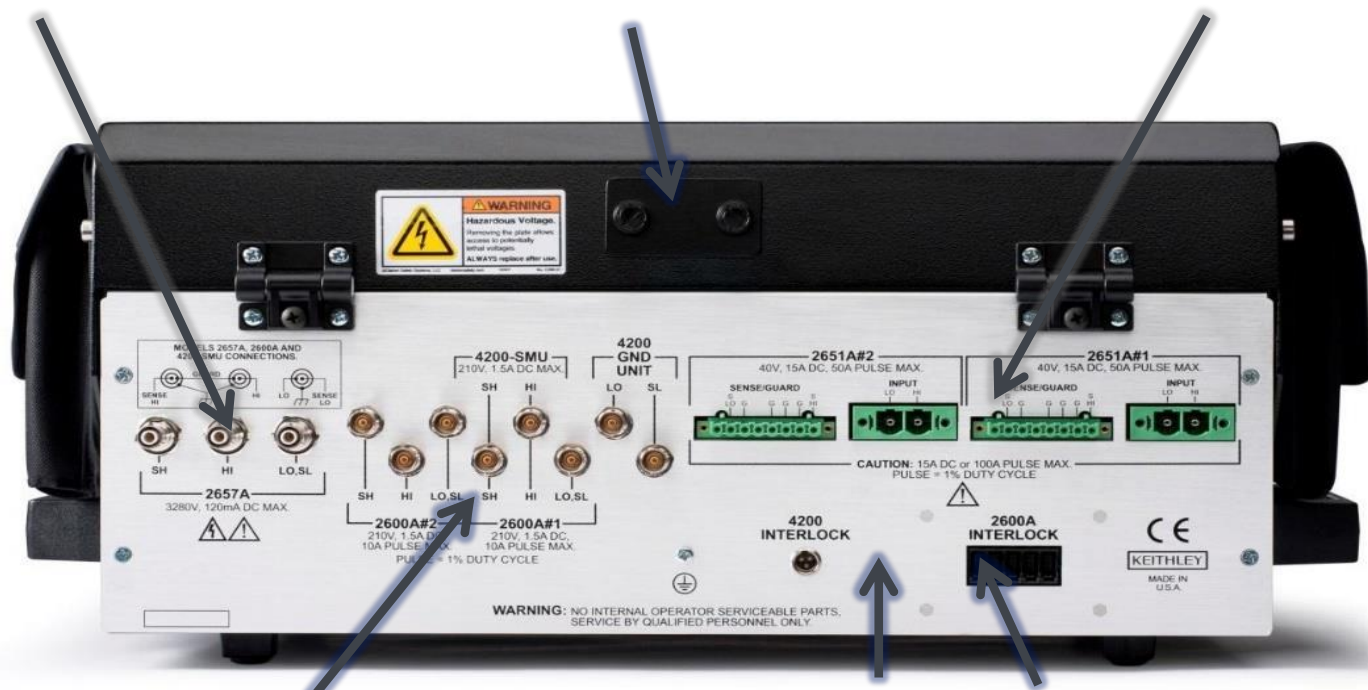
| 8010 | | |
|-------|--|---|
| Qty | Item | Description |
| 3 | CA-558-2 | Interlock Cable (2m) |
| 2 | 8010-DTB | Device Test Board for TO-247 packages |
| 1 | CA-562-2B | High current Red banana jumper cables |
| 1 | CA-562-0B | High current Black banana jumper cables |
| 2 | CA-560-2A | Red banana jumper cables |
| 10 | CA-560-0B | Black banana jumper cables |
| 6 | CA-563 | BNC to single banana jumper cables |
| Note: | 8010 has other options for supporting a variety of device packages, including the Model 8010-DTB-220 Device Test Board for TO-220 packages, Model 8010-DTB-CT Curve Tracer Adapter module and the Model 8010-CTB Custom Test Board | |

Model 8010测试夹具

连接一台Model 2657A, 执行3kV和低电流(pA)测试

接入端口, 传送外部仪器(示波器探头, 热电偶)信号

并连两台Model 2651A, 执行100A脉冲式测试

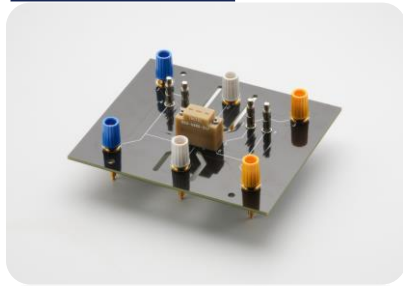


连接最多两台Model 2636B或Model 4200 SMU, 执行200V和低电流(pA)测试

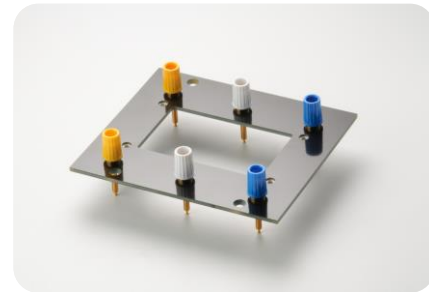
连接SMU互锁。在打开测试夹具时禁用SMU的高压输出

Socket

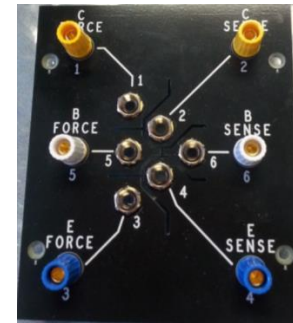
KEITHLEY



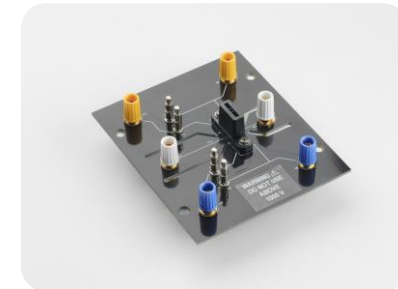
8010-DTB
Supports TO-247
and
axial leaded devices



8010-CTB
customize with their own test socket

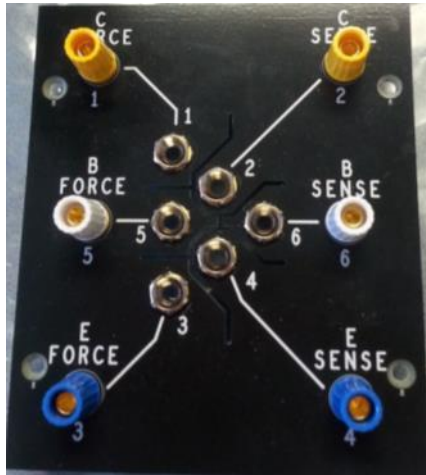


8010-DTB-CT
TEK Curve Tracer Adapter
Socket



8010-DTB-220
Supports TO-220, TO-247
and
axial leaded devices

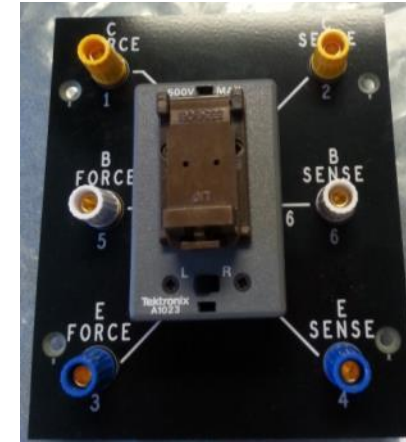
Model 8010-DTB-CT Tektronix Curve Tracer Adapter Module



Model 8010-DTB-CT



Typical Tek module
that will fit into our Adapter



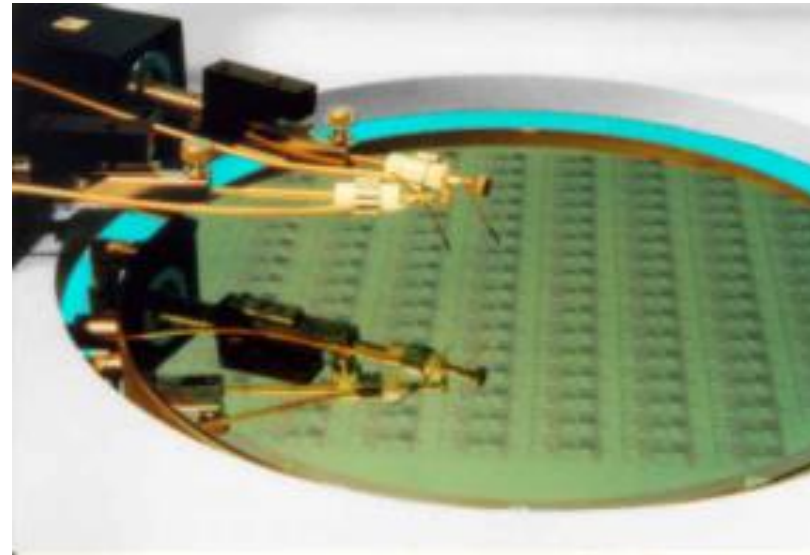
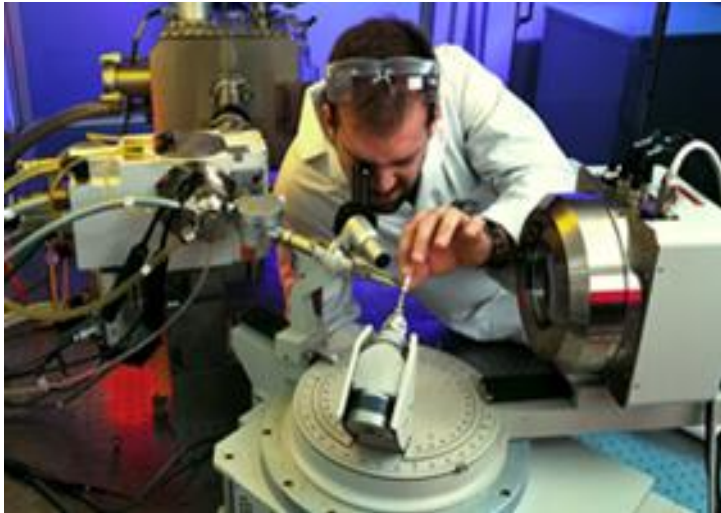
Our Adapter with a
different Tek module or
socket plugged in

8010 适用于目前所有的曲线跟踪测试模块

Note: Some users have made their own test adapters for use with Tektronix curve tracers. The 8010-DTB-CT makes the 8010 compatible with such test modules for use with PCT system

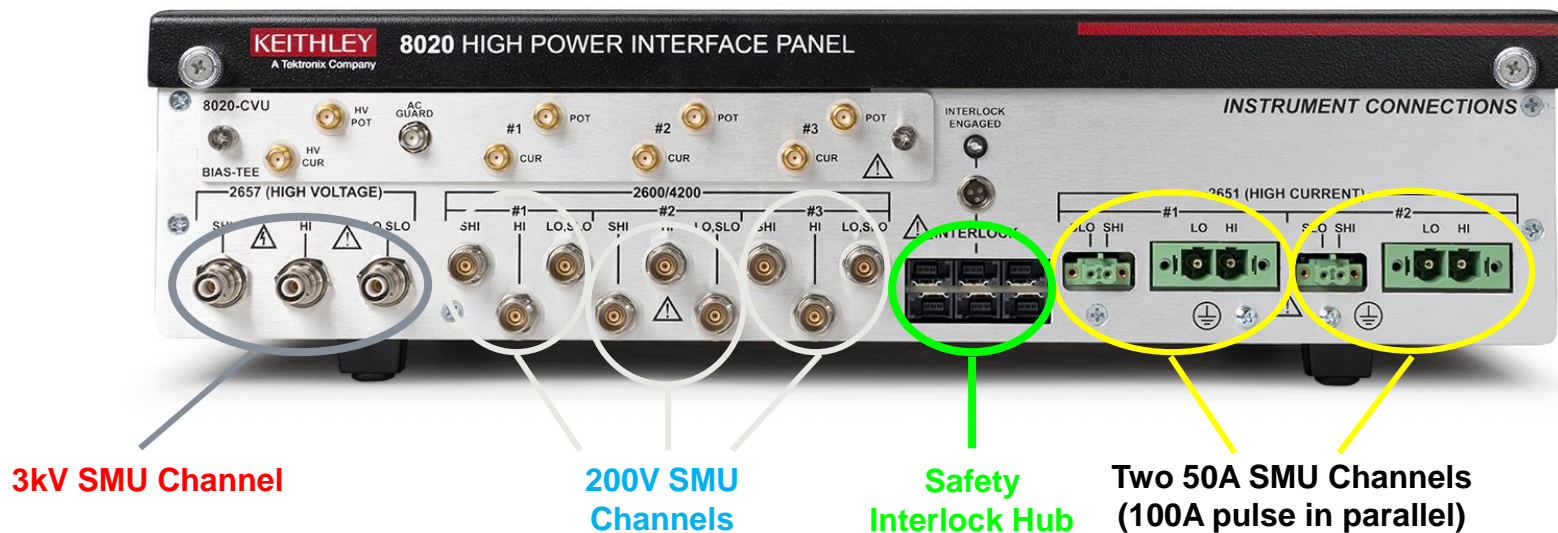
晶圆级的测试更难

测试仪器和晶圆的连接都有难度：



Watch this video: http://youtu.be/Y14J_z1NE8Q

接口转换板8020——晶圆级产品的解决方案



输入端面板
——连接SMUs

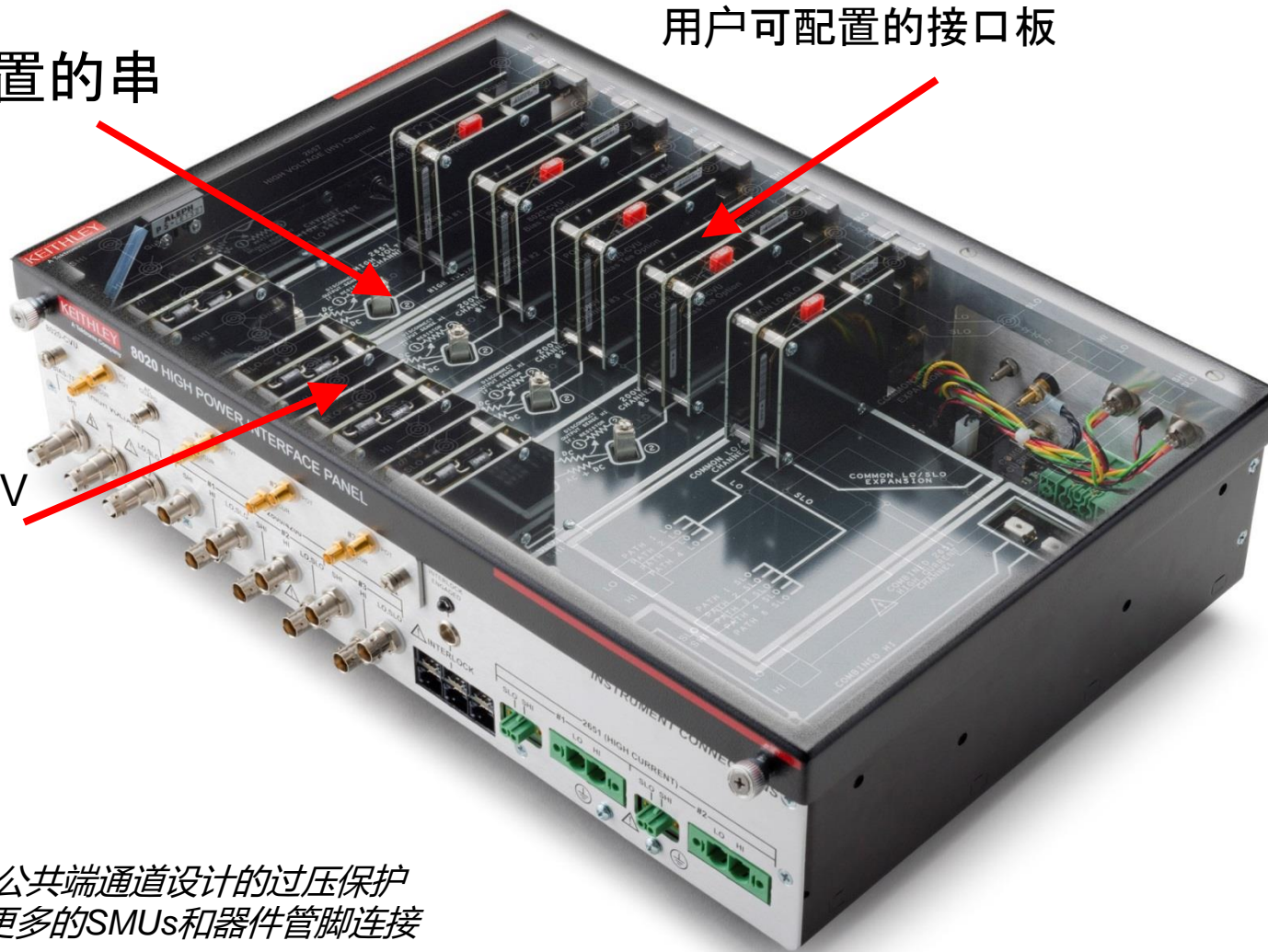
- 高功率接口转换板，用来解决复杂的仪器联用和探针台连接问题。
 - 可接入 3kV, 200V, 100A SMUs
 - 互相交叉的安全互锁，公共地LO，串联电阻和过压保护
 - 增加高压CV测试能力
 - 容易支持更多的SMU和其他设备
- PCT的附件，S500集成式测试系统

Model 8020内部

用户可配置的串
联电阻

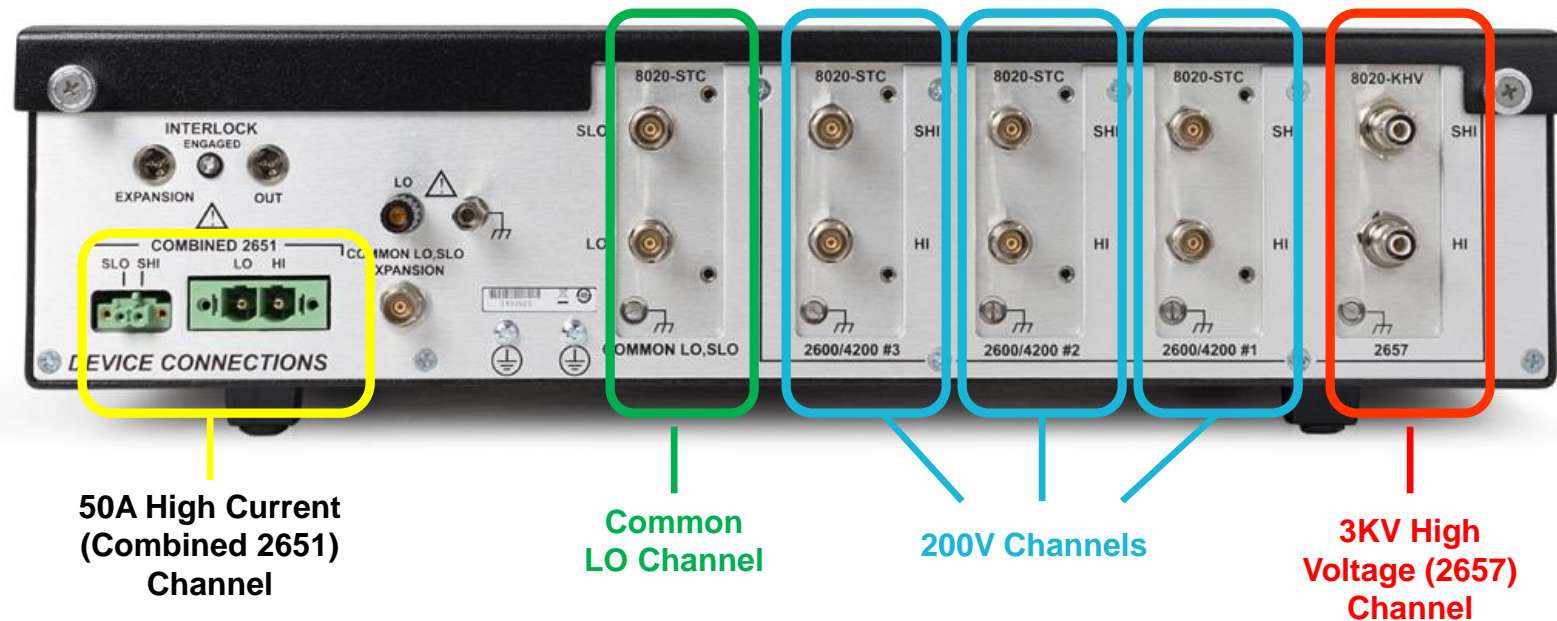
用户可配置的接口板

3KV和200V CV
Bias Tees



另外还包括对200V和公共端通道设计的过压保护
可以简便扩展, 支持更多的SMUs和器件管脚连接

Model 8020 和探针台连接



输出端面板
——连接探针台

- Model 8020也有很多输出接口卡连到探针台。
 - 3kV, 200V和公共地电平通道输出卡
 - 用户可自定义从8020到DUT的大电流连接, 通过 Phoenix螺丝端子接口连接

Model 8020的输出接口卡



Model 8020-KHV
Keithley 高压三同轴卡

适用于所有通道



Model 8020-AHV
Keysight 高压三同轴卡

适用于所有通道，用来连接Cascade Tesla 探针台



Model 8020-STC
标准三同轴卡

适用于200V和公共地电平通道

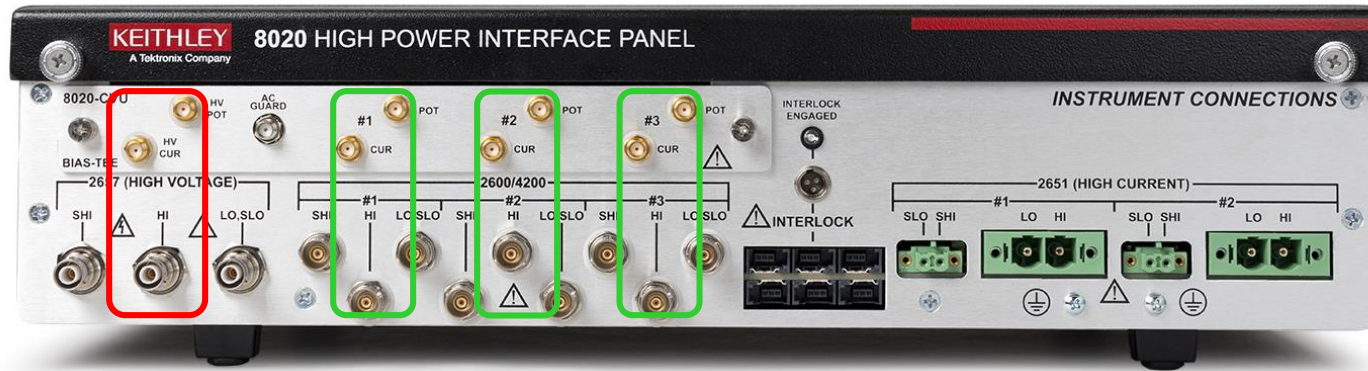


Model 8020-SHV
SHV 卡

适用于所有通道

Note: All channels of the Model 8020 must have a designated connector card. A Model 8020-BLK blank plate is also available.

8020的高压电容-电压(C-V)测试

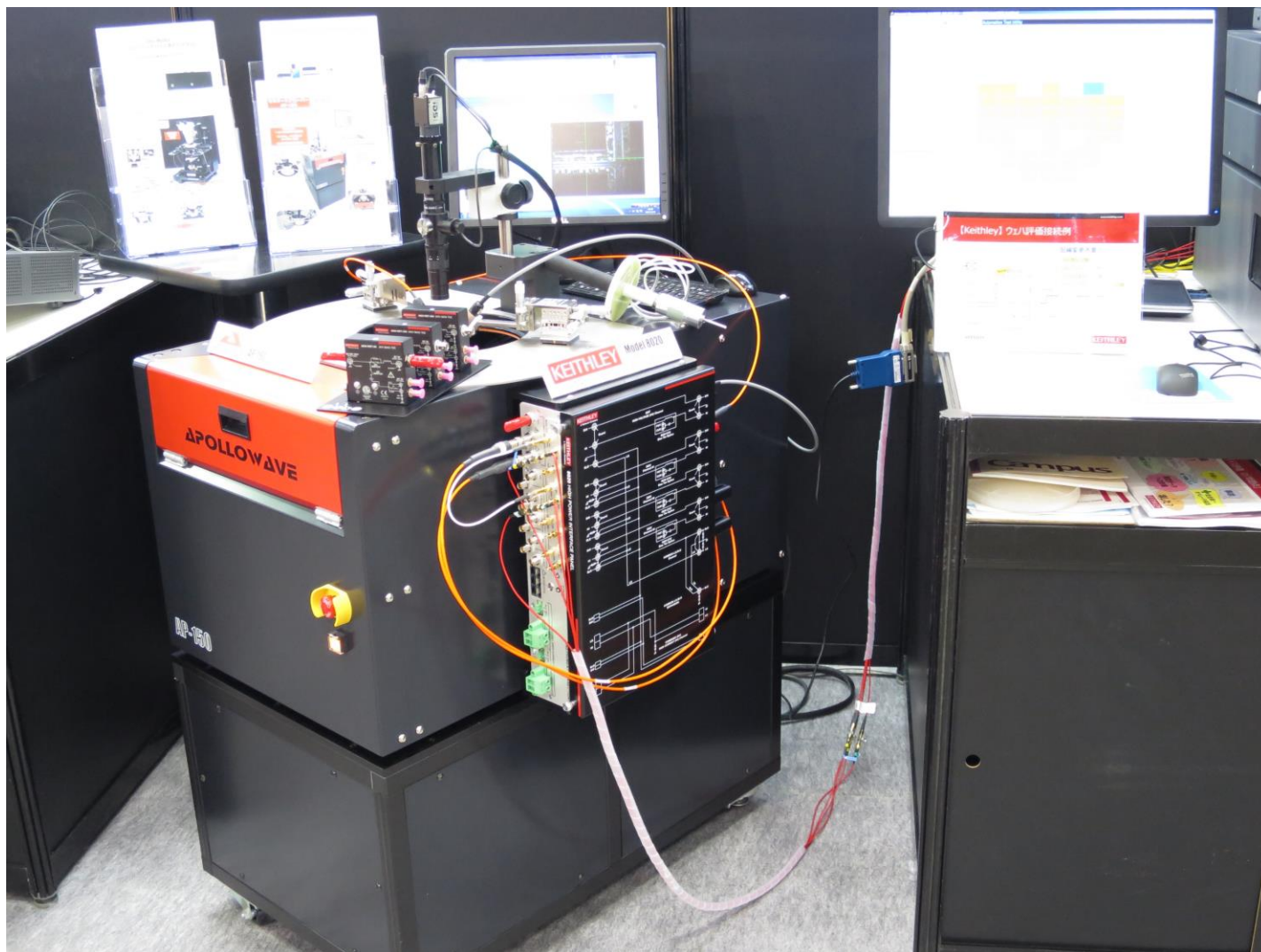


HV Bias
Tee

200V Bias
Tees

- Model 8020-CVU 是8020的内置Bias Tee(出厂安装好)
- 200V和3KV通道内置的Bias Tee在4个设备接口上都适用于高压CV测试
- 通过bias tees执行IV和CV测试

举例：



PCT-CVU: PCT IV测试的扩展

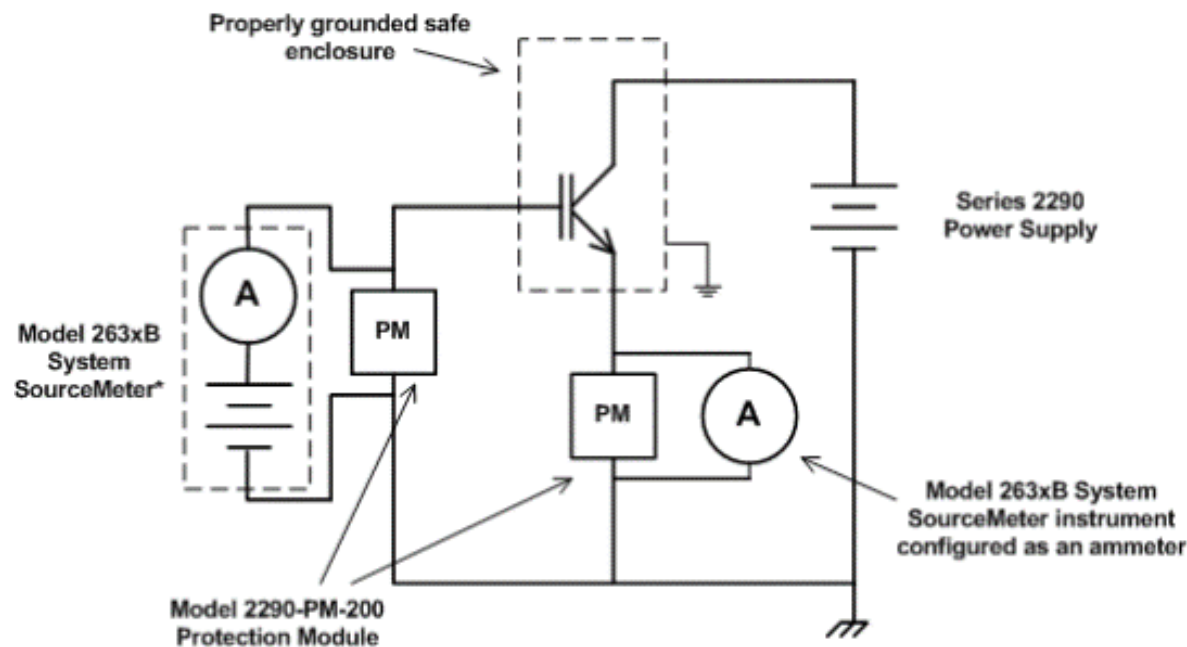
- 2,3 和4端口的C-V
- 10KHz~2MHz
- 200V CV solutions
- 3000V CV solutions
- 简化连接

- The PCT-CVU 是一个单独的模块, 作为PCT的附件
- CV支持的软件:
 - KITE, 只支持没有Bias Tee的CV函数库
 - ACS Basic, 支持有Bias Tee的CV函数库



10KV的解决方案如何适配PCT？

- 10kV的测试能力需要用到电源和1~2个SMU。
- 10kV的解决方案不同于PCT，它需要单独的测试夹具和单独的保护模块。

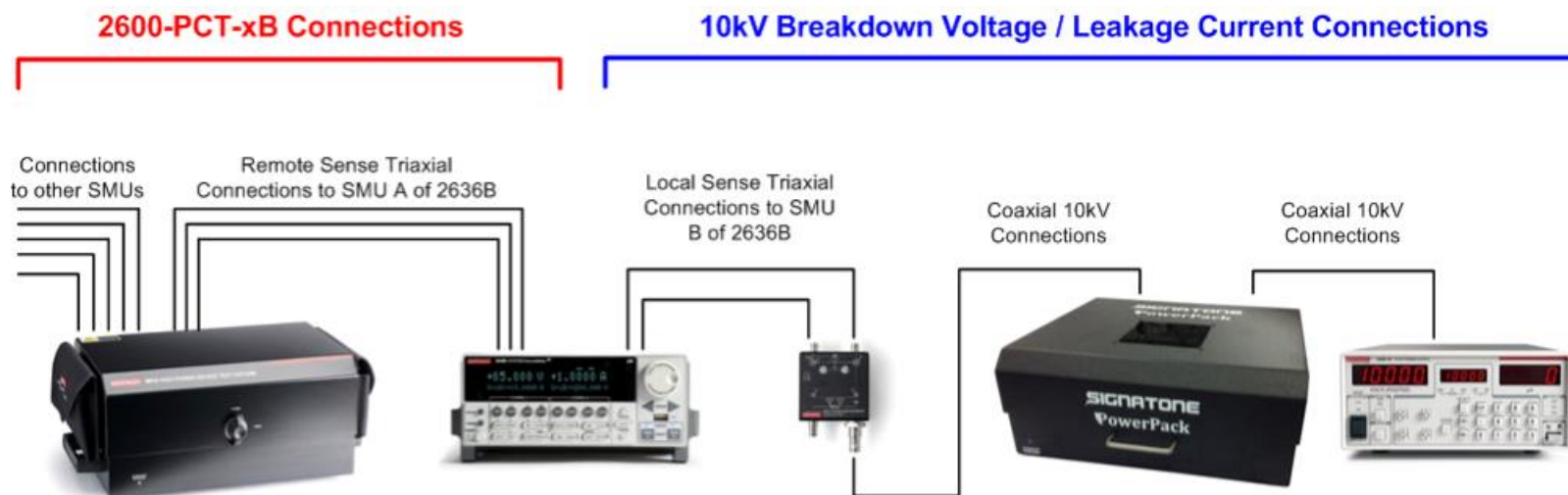


2290 高功率源和2636B SMU来测漏电流。

*Optional SourceMeter. Should a bias voltage not be required between gate and emitter, the terminals can be shorted together.

10kV 击穿电压/漏电流解决方案

- ACS BE软件有10KV击穿电压和漏电流的测试库。
 - 2和3端口的DUT
- 现有PCT的2636B加上电源模块可重连线到10KV的测试夹具上。

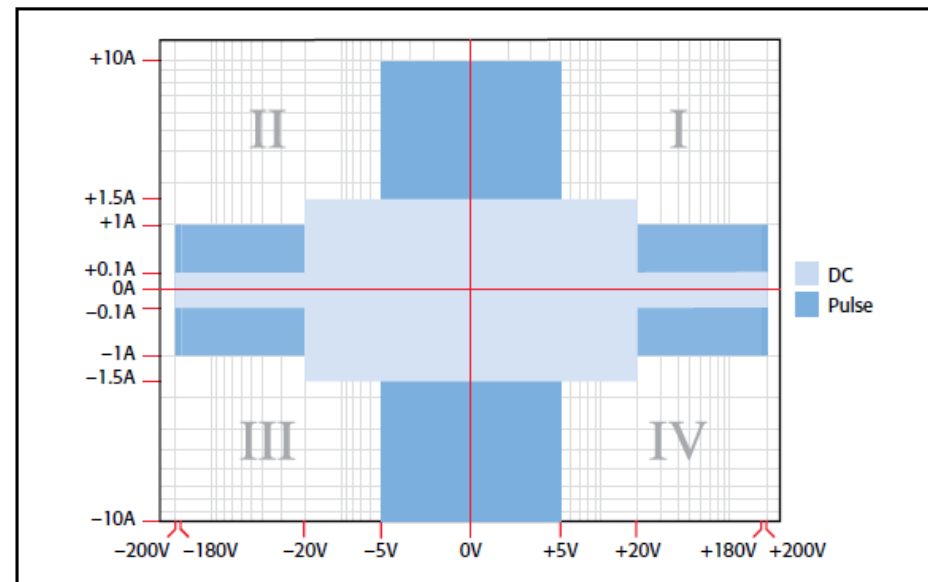


如果有10KV的测试模块, 为什么需要3KV的SMU呢?

- 3kV的SMU可在设备的“高”电平端进行低电流测量。
 - 10kV的解决方案需要一个低压SMU, 比如2626B或2635B在“低”电平端进行低电流测量。
- 3kV SMU 可以与8010 和 8020一起用; 10kV的方案不可以。
- 3kV SMU 可以与HV C-V方案仪器用; 10kV的方案不可以。
- 2657A 3kV SMU 有许多电源没有的特点:
 - 电压和电流源编程能力
 - 4 象限源表
 - 电压和电流测量, 2 个内置ADC

2636B(Gate SMU)

- 两个独立的SMU通道
- 高达200V
- 高达10A脉冲
- 0.1fA测量分辨率



KEITHLEY 2636B(100mA@200V, 1.5A@20V)

PULSE SPECIFICATIONS

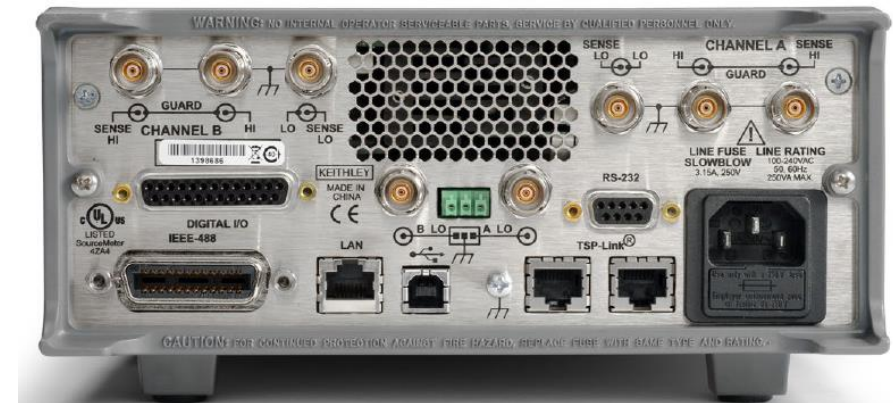
| Region | Maximum Current Limit | Maximum Pulse Width ¹¹ | Maximum Duty Cycle ¹² |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 100 mA @ 200 V | DC, no limit | 100% |
| 1 | 1.5 A @ 20 V | DC, no limit | 100% |
| 2 | 1 A @ 180 V | 8.5 ms | 1% |
| 3 ¹³ | 1 A @ 200 V | 2.2 ms | 1% |
| 4 | 10 A @ 5 V | 1 ms | 2.2% |

| Range | Programming Resolution | Accuracy (1 Year), 23 °C ±5 °C ±(% rdg. + volts) | Typical Noise (peak-peak) 0.1Hz–10Hz |
|--------|------------------------|---|---|
| 200 mV | 5 μV | 0.02% + 375 μV | 20 μV |
| 2 V | 50 μV | 0.02% + 600 μV | 50 μV |
| 20 V | 500 μV | 0.02% + 5 mV | 300 μV |
| 200 V | 5 mV | 0.02% + 50 mV | 2 mV |

| Range | Programming Resolution | Accuracy (1 Year), 23 °C ±5 °C ±(% rdg. + amps) | Typical Noise (peak-peak) 0.1Hz–10Hz |
|--------------------|------------------------|--|---|
| 1 nA | 20 fA | 0.15% + 2 pA | 800 fA |
| 10 nA | 200 fA | 0.15% + 5 pA | 2 pA |
| 100 nA | 2 pA | 0.06% + 50 pA | 5 pA |
| 1 μA | 20 pA | 0.03% + 700 pA | 25 pA |
| 10 μA | 200 pA | 0.03% + 5 nA | 60 pA |
| 100 μA | 2 nA | 0.03% + 60 nA | 3 nA |
| 1 mA | 20 nA | 0.03% + 300 nA | 6 nA |
| 10 mA | 200 nA | 0.03% + 6 μA | 200 nA |
| 100 mA | 2 μA | 0.03% + 30 μA | 600 nA |
| 1 A ¹ | 20 μA | 0.05% + 1.8 mA | 70 μA |
| 1.5 A ¹ | 50 μA | 0.06% + 4 mA | 150 μA |

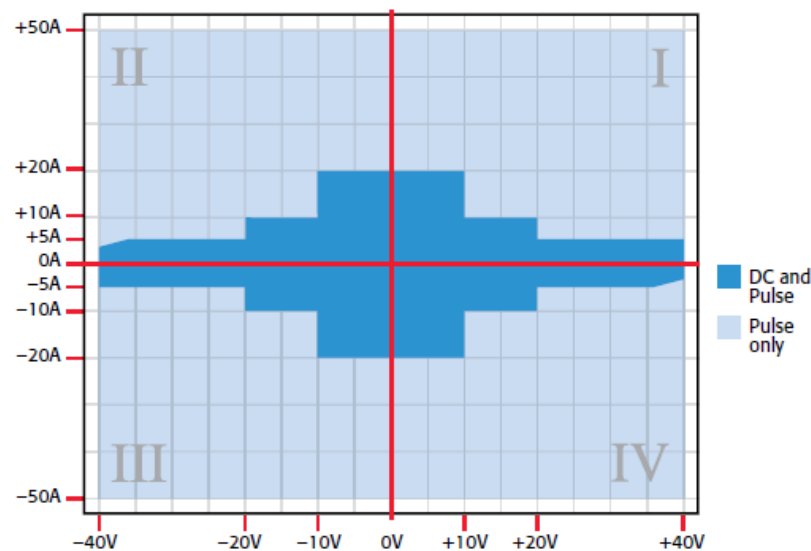
2636B(Gate SMU)

| | 2636B |
|----------------------|------------|
| Max Voltage | $\pm 200V$ |
| ★ Max DC Current | $\pm 1.5A$ |
| ★ Max Pulse Current | $\pm 10A$ |
| ★ Current Resolution | $0.1fA$ |
| ★ Voltage Resolution | $100nV$ |



2651A: 大电流SMU

- 精确的电压源
- 真电流源
- 6½数字万用表 (DCV, DCI, ohms)
- 高精度电子负载
- 高达50A脉冲(两台仪器高达100A)
- 高达2000W脉冲 / 200 W DC电源
- 100us ~ DC脉冲宽度
- 配备高速度及积分ADCs



| Region | Region Maximums | Maximum Pulse Width ³ | Maximum Duty Cycle ⁴ |
|--------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 5 A at 40 V | DC, no limit | 100% |
| 1 | 10 A at 20 V | DC, no limit | 100% |
| 1 | 20 A at 10 V | DC, no limit | 100% |
| 2 | 30 A at 10 V | 1 ms | 50% |
| 3 | 20 A at 20 V | 1.5 ms | 40% |
| 4 | 10 A at 40 V | 1.5 ms | 40% |
| 5 | 50 A at 10 V | 1 ms | 35% |
| 6 | 50 A at 20 V | 330 μs | 10% |
| 7 | 50 A at 40 V | 300 μs | 1% |

VOLTAGE ACCURACY SPECIFICATIONS^{1, 2}

| SOURCE | | | | MEASURE | | |
|------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|---|
| Range | Programming Resolution | Accuracy ±(% reading + volts) | Noise (Vpp) (typical) 0.1 Hz to 10 Hz | Default Display Resolution | Integrating ADC Accuracy ³ ±(% reading + volts) | High-Speed ADC Accuracy ⁴ ±(% reading + volts) |
| 100.000 mV | 5 μV | 0.02% + 500 μV | 100 μV | 1 μV | 0.02% + 300 μV | 0.05% + 600 μV |
| 1.00000 V | 50 μV | 0.02% + 500 μV | 500 μV | 10 μV | 0.02% + 300 μV | 0.05% + 600 μV |
| 10.0000 V | 500 μV | 0.02% + 5 mV | 1 mV | 100 μV | 0.02% + 3 mV | 0.05% + 8 mV |
| 20.0000 V | 500 μV | 0.02% + 5 mV | 1 mV | 100 μV | 0.02% + 5 mV | 0.05% + 8 mV |
| 40.0000 V | 500 μV | 0.02% + 12 mV | 2 mV | 100 μV | 0.02% + 12 mV | 0.05% + 15 mV |

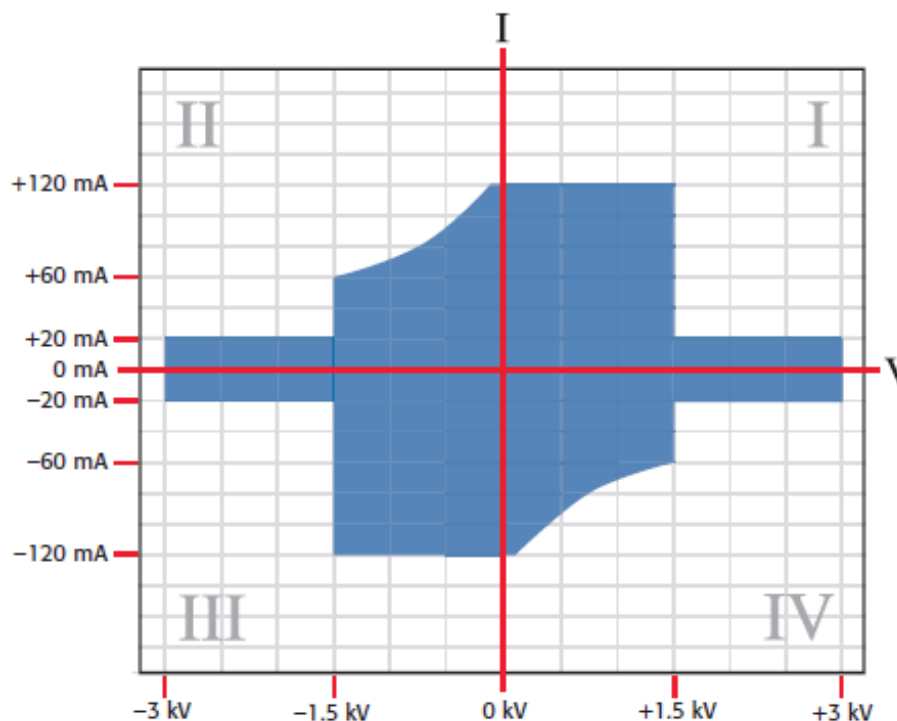
2651A: 大电流SMU

| | 2651A |
|----------------------|-------------------------|
| Max Voltage | $\pm 40\text{V}$ |
| Max DC Current | $\pm 20\text{A}$ |
| Max Pulse Current | $\pm 50\text{A}$ |
| ★ Current Resolution | 1pA |
| ★ Voltage Resolution | 1 μV |
| ★ Max Power | 2KW or 4KW |
| Pulse Width | 100 μs to DC |
| ★ Duty Cycle | 0.01% to 1% |



2657A : 大电压SMU

- 电压或真电流源
- 电压或电流脉冲源
- 有电压和电流回读功能
- 内置6½数字万用表(DCV, DCI, ohms)
- 高精度电子负载
- 高达3000V, 高达180W功率
(±3000V@20mA, ±1500V@120mA)
- 四象限操作 (源端和电子负载)
- 1fA测量分辨率
- 配备高速度及积分ADCs



CURRENT ACCURACY SPECIFICATIONS⁴

| Range | SOURCE | | MEASURE | | |
|--------|------------------------|---|--------------------|---|--|
| | Programming Resolution | Accuracy ±(% rdg + amps) | Display Resolution | Integrating ADC Accuracy ² ±(% rdg + amps) | High Speed ADC Accuracy ³ ±(% rdg + amps) |
| 1 nA | 30 fA | 0.1% + 2E ⁻¹² + VoE ⁻¹⁵ | 1 fA | 0.1% + 6E ⁻¹³ + VoE ⁻¹⁵ | 0.2% + 6E ⁻¹³ + VoE ⁻¹⁵ |
| 10 nA | 300 fA | 0.1% + 5E ⁻¹² + VoE ⁻¹⁵ | 10 fA | 0.1% + 5E ⁻¹² + VoE ⁻¹⁵ | 0.2% + 5E ⁻¹² + VoE ⁻¹⁵ |
| 100 nA | 3 pA | 0.1% + 6E ⁻¹¹ + VoE ⁻¹⁵ | 100 fA | 0.1% + 6E ⁻¹¹ + VoE ⁻¹⁵ | 0.2% + 6E ⁻¹¹ + VoE ⁻¹⁵ |
| 1 μA | 30 pA | 0.03% + 700 pA | 1 pA | 0.025% + 400 pA | 0.08% + 800 nA |
| 10 μA | 300 pA | 0.03% + 5 nA | 10 pA | 0.025% + 1.5 nA | 0.08% + 3 nA |
| 100 μA | 3 nA | 0.03% + 60 nA | 100 pA | 0.02 % + 25 nA | 0.05% + 50 nA |
| 1 mA | 30 nA | 0.03% + 300 nA | 1 nA | 0.02 % + 200 nA | 0.05% + 400 nA |
| 2 mA | 60 nA | 0.03% + 1.2 μA | 1 nA | 0.02 % + 500 nA | 0.05% + 1 μA |
| 20 mA | 600 nA | 0.03% + 12 μA | 10 nA | 0.02 % + 5 μA | 0.05% + 10 μA |
| 120 mA | 3 μA | 0.03% + 36 μA | 100 nA | 0.02 % + 24 μA | 0.05% + 50 μA |

VOLTAGE ACCURACY SPECIFICATIONS¹

| Range | SOURCE | | MEASURE | | |
|--------|------------------------|---------------------------|--------------------|--|---|
| | Programming Resolution | Accuracy ±(% rdg + volts) | Display Resolution | Integrating ADC Accuracy ² ±(% rdg + volts) | High Speed ADC Accuracy ³ ±(% rdg + volts) |
| 200 V | 5 mV | 0.03% + 50 mV | 100 μV | 0.025% + 50 mV | 0.05% + 100 mV |
| 500 V | 10 mV | 0.03% + 125 mV | 100 μV | 0.025% + 100 mV | 0.05% + 200 mV |
| 1500 V | 40 mV | 0.03% + 375 mV | 1 mV | 0.025% + 300 mV | 0.05% + 600 mV |
| 3000 V | 80 mV | 0.03% + 750 mV | 1 mV | 0.025% + 600 mV | 0.05% + 1.2 V |



2657A: 大电压模块

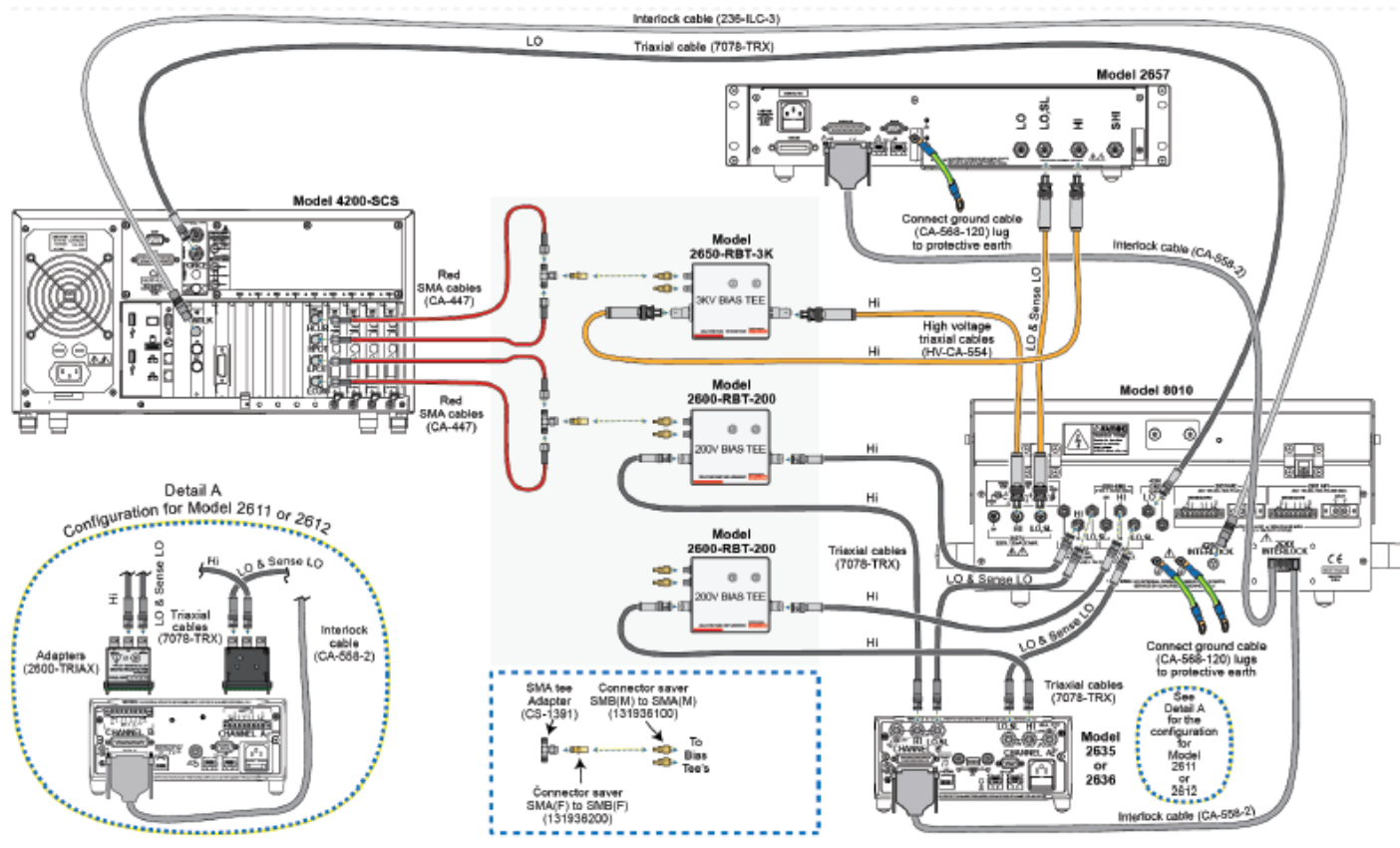
| | 2657A |
|----------------------|--------------------|
| Max Voltage | $\pm 3\text{KV}$ |
| ★ Max Current | $\pm 120\text{mA}$ |
| ★ Max Power | 180W |
| ★ Current Resolution | 1fA |
| ★ 4-quadrant | Yes |



源表间可组可分——灵活多变



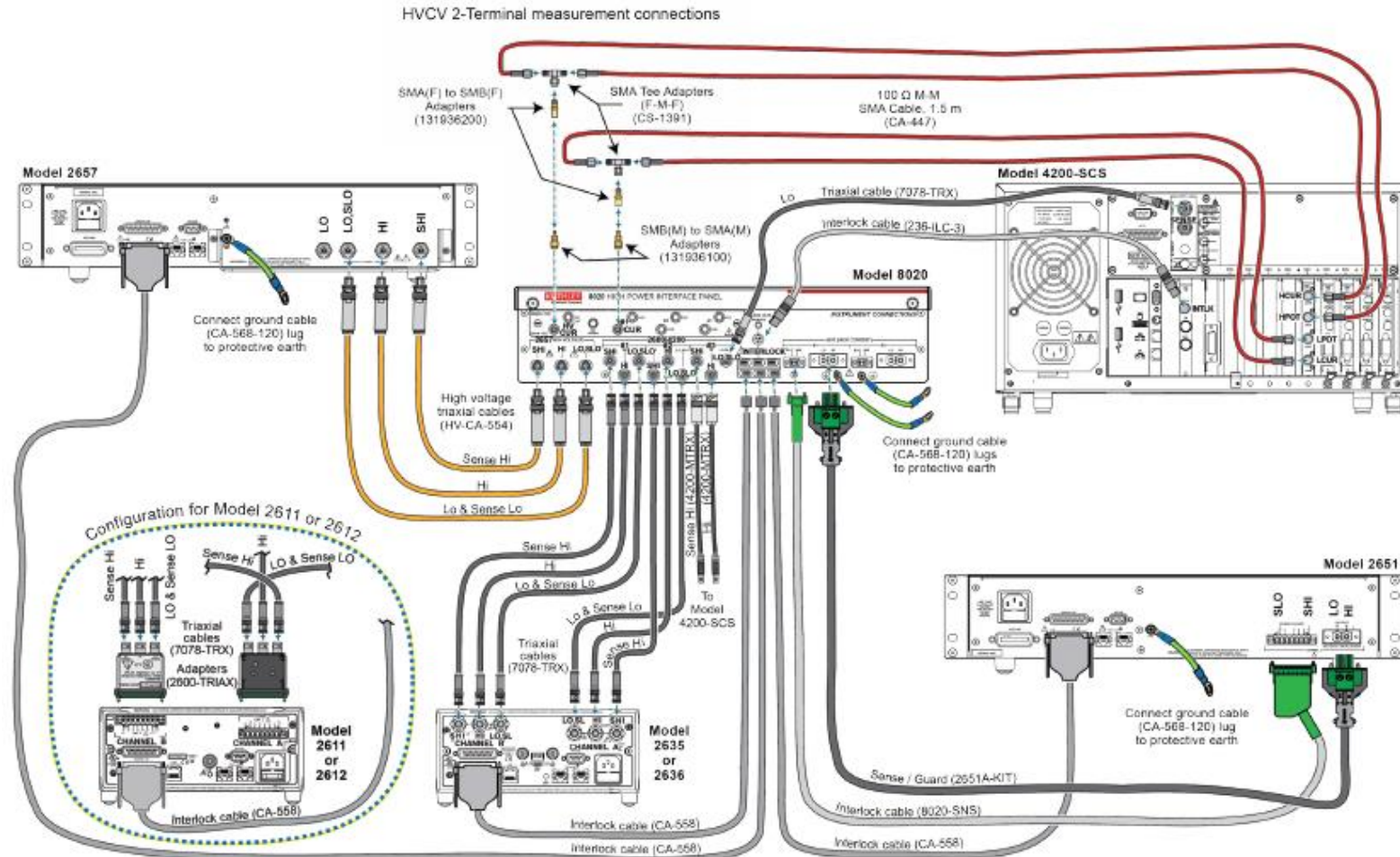
Model 8010测试夹具



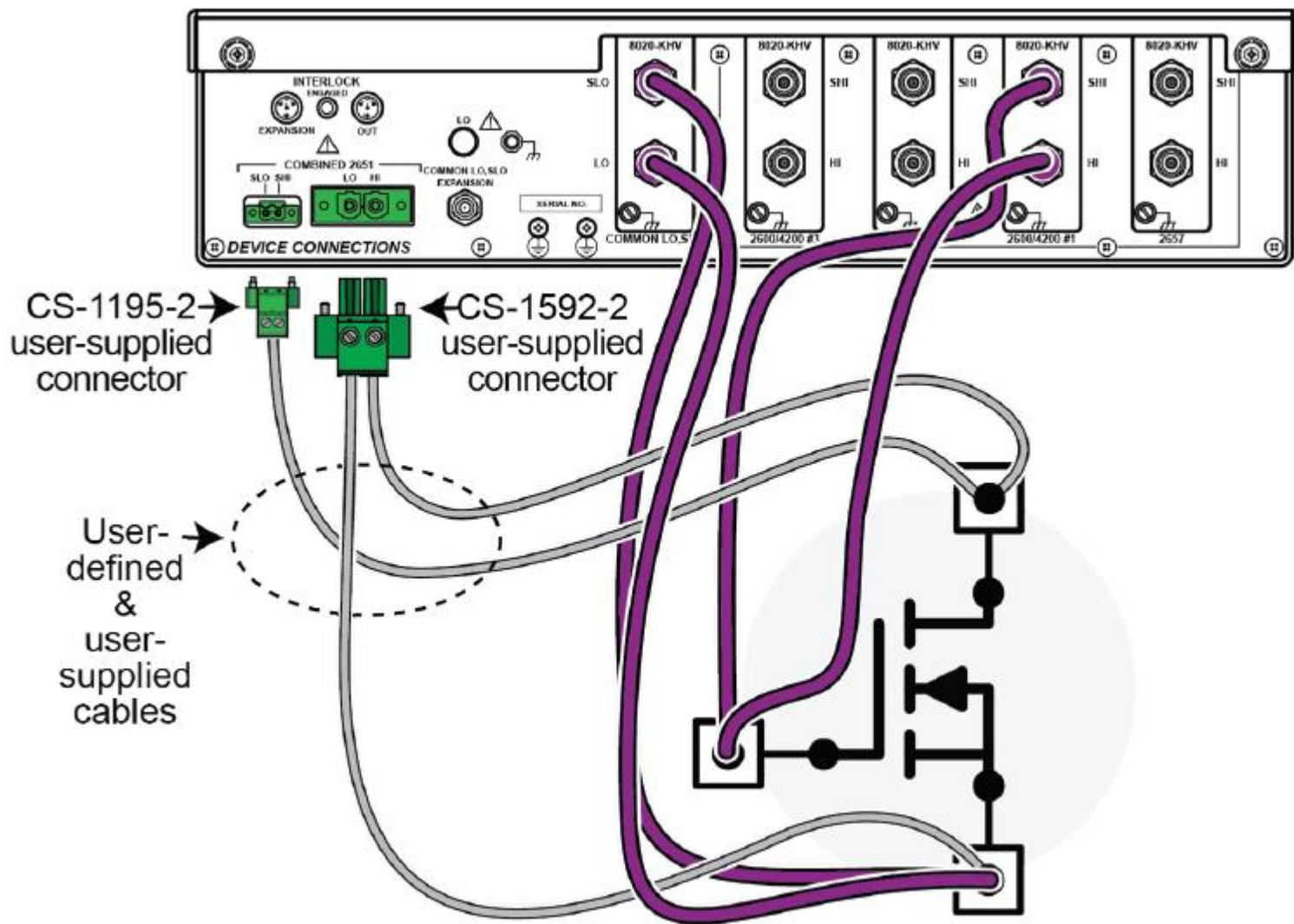
CVU-3K-KIT – 3kV HVCV Bias Tee Kit

| Qty | Item | Description |
|-----|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 2650-RBT-3K | 3kV Bias Tee |
| 2 | 2600-RBT-200 | 200V Bias Tee |
| 1 | 386782100 | Mounting bracket for bias tees |
| 2 | 7078-TRX-1 | Standard Triax Cable, 1ft |
| 1 | HV-CA-554-0.5 | HV Triax Cable, 0.5m |
| 1 | 8020-DP | High Voltage Discharge Probe |
| 2 | CS-1391 | SMA Tee |
| 1 | CA-406B | 50 Ohm SMA cable (M-M), 13 inches |
| 6 | 131936100 | SMA to SMB adapters (M-M) |
| 4 | 131936200 | SMA to SMB adapters (F-F) |

连接Model 8020接口转换面板



连接Model 8020接口转换面板



PCT软件: ACS

支持常用功率器件

The screenshot shows the Automated Characterization Suite (ACS) software interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Operation, Tools, and Help. The main window displays a test setup for an nPowerMOSFET. The interface is divided into several sections:

- Select a Device:** A toolbar with various component symbols including DIODE, IGBT, RESISTOR, TRIAC, ZENER, nMOSFET, nPowerMOSFET, npnBJT, npnPowerBJT, pMOSFET, pPowerMOSFET, pnpBJT, and pnpPow.
- Test Category:** A list of test categories including CommonLib and Parametric.
- Instrument Models:** A list of instrument models including 2-Terminal, 4-Terminal, and various Keithley models (KI2400, KI2410, KI2420, KI2425, KI2430, KI2440, KI2601, KI2602, KI2611, KI2612, KI2635, KI2636).
- Test Modules:** A list of test modules including GFS, IdON, IdON_MIX, IdSS, IdVd_StepVg, IdVd_StepVg_MIX, IdVg_StepVd, IGSSSF, IGSSSR, RdsON, RdsON_MIX, VdsON, VgsON, VgsON_MIX, and VGSTH.
- Test Setup Preview (Read Only):** A central area showing a circuit diagram of an nPowerMOSFET with terminals labeled G, D, S, and GND. It includes buttons for "Open Test" and "Cancel".
- Test Info Bitmap:** A diagram showing the connection of two SMUs (SMU4 and SMU1) to the MOSFET terminals. SMU4 is connected to the Gate (G) terminal, and SMU1 is connected to the Drain (D) terminal. A current source (A) is also shown.
- Test Help:** A section providing detailed information about the test, including the Module Name (GFS), Module Type (ITM), Instrument (KI2651A, KI2600A), DUT (Three term nPowerMOSFET), and Function (Determine the forward transconductance. Measure current on Drain by applying voltage sweep from Gate to Source and calculate the ratio of change in Id for a change in Vgs: $GFS = \Delta I_d / \Delta V_{gs}$). It also includes Pin Connection information: Two SMUs are used. KI2651A SMU applies voltage and takes

| Device Num | SMU | Pad | Function | Force Mode | Source | Measure | Compliance | Meas.Range |
|------------|------|-------|----------|----------------|-------------------------------|---------|------------|------------|
| 1 | SMU4 | Drain | Bias V | Pulse Timing 1 | [30, 0] | I+V | 20.0 | 5A |
| | SMU1 | Gate | Sweep V | Pulse Timing 2 | Linear:[0, 8, 81, 0, 0, 1, 0] | V | 0.001 | |

每个测试项的连接说明和文字说明

每种类型器件的常用测试

PCT软件: ACS

支持单器件和多器件测试

Automated Characterization Suite(ACS) BASIC V2.0(DEMO)---ACSADMIN[SingleMode]

File Edit View Operation Tools Help

Test Project: Test Selection

Select a Device

Standard Symbols
3D Symbols
User Defined

DIODE IGBT RESISTOR RESISTOR TRIAC ZENER nMOSFET nPowerMOSFET npnBJT npnPowerBJT pMOSFET pPowerMOSFET pnpBJT pnpPow

Test Category

CommonLib
Parametric

Instrument Models

2-Terminal
4-Terminal
KI2400
KI2410
KI2420
KI2425
KI2430
KI2440
KI2601
KI2602
KI2611
KI2612
KI2635
KI2636

Test Modules

BVDSS
GFS
IdON
IdON_MIX
IDSS
IdVd_StepVg
IdVd_StepVg_MIX
IdVg_StepVd
IGSSF
IGSSR
RdsON
RdsON_MIX
VdsON
VgsON
VgsON_MIX
VGSTH

Open Test Cancel

Test Setup Preview (Read Only)

Mode
DC Only
Pulse Available

Timing

Stop on Compliance

Test Info Bitmap

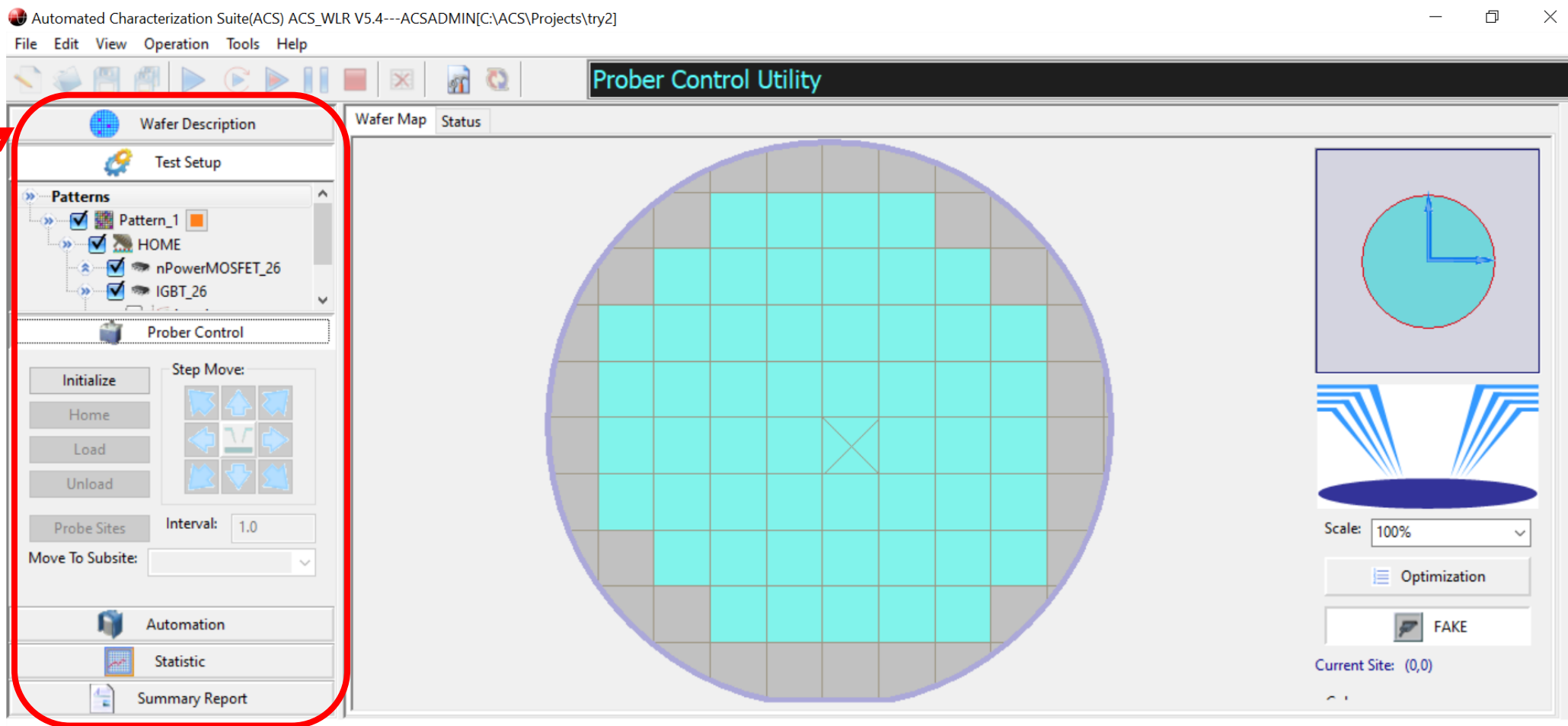
Test Help

Module Name: GFS
Module Type: ITM
Instrument: KI2651A, KI2600A
DUT: Three term nPowerMOSFET
Function:
Determine the forward transconductance. Measure current on Drain by applying voltage sweep from Gate to Source and calculate the ratio of change in Id for a change in Vgs: $GFS = \Delta I_d / \Delta V_{gs}$.
Pin Connection:
Two SMUs are used. KI2651A SMU applies voltage and takes

| Device Num | SMU | Pad | Function | Force Mode | Source | Measure | Compliance | Meas.Range |
|------------|------|-------|----------|----------------|-------------------------------|---------|------------|------------|
| 1 | SMU4 | Drain | Bias V | Pulse Timing 1 | [30, 0] | I+V | 20.0 | 5A |
| | SMU1 | Gate | Sweep V | Pulse Timing 2 | Linear:[0, 8, 81, 0, 0, 1, 0] | V | 0.001 | |

Keithley Instruments, Inc.

PCT软件: ACS



通过GPIB程控
探针台，
实现探针台配置、
测试配置等自动
化测试流程，并
统计结果，生成
报告。

PCT软件：ACS——万物可连

Automated Characterization Suite(ACS) ACS_WLR V5.4---ACSADMIN[C:\ACS\Projects\try2]

File Edit View Operation Tools Help

Prober Control Utility

Device Interface Setting

Device Interface Setting

Model
 8010 8020 Other

Bias Tee:

S530-RBT-3KV count: 0


Apply

Note:
1. If neither Model 8010 or Model 8020 is used, select "Other".
2. Check "Bias Tee" box if any of the following bias tees is used:
Model 4205-RBT (4200-CVU-PWR C-V Power Package)
Model CVU-3K-KIT (8010 bias tee options)
Model CVU-200-KIT (8010 bias tee options)
Model 8020-CVU (8020 bias tee options)
Model 2650-RBT-3KV (S540 bias tee options)

SPECIFICATIONS

| Channel / connector | Instrument connections | Device connections |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------|
| High voltage | Input connectors: | Must select one output connector. |

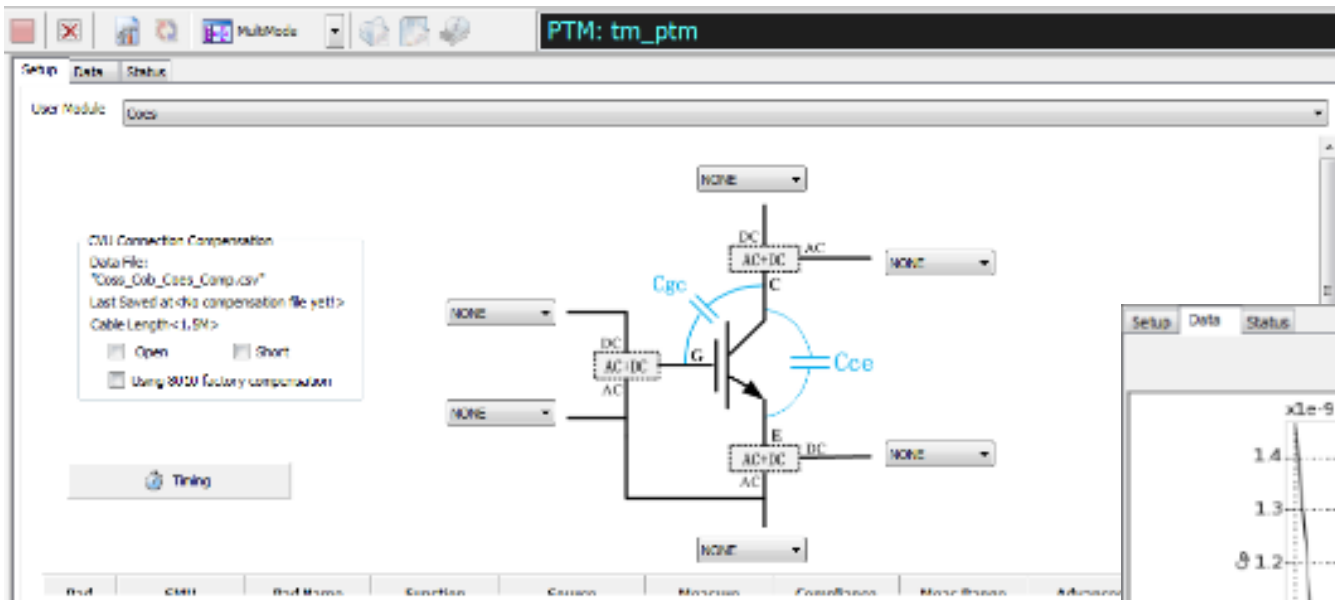
Wafer Description
Test Setup
Prober Control
Automation
Statistic
Summary Report



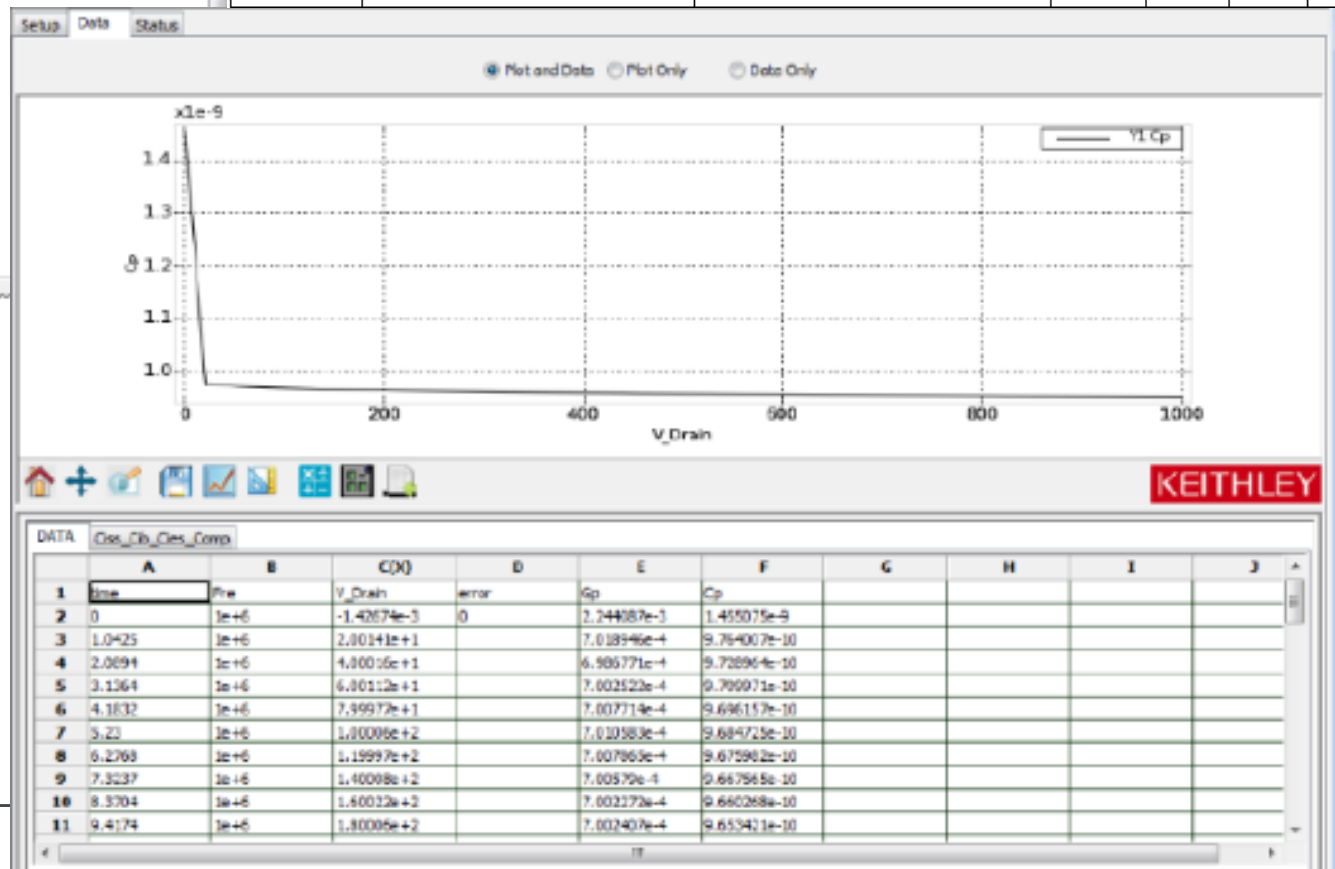
对PCT系统进行
附件配置

识别探针台并配置;
其他GPIB或Ethernet
的设备皆可识别。

测试示例:动态特性 – 电容测试



| Symbol | Parameter | Test conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|------------------------------|--|------|------|------|------|
| C_{ies} | Input capacitance | $V_{CE} = 25\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{GE} = 0$ | - | 1300 | - | pF |
| C_{oes} | Output capacitance | | - | 105 | - | pF |
| C_{res} | Reverse transfer capacitance | | - | 32 | - | pF |



通过8020简单的硬件连线，及ACS BAISC 中的参数测试，我们可以测量出器件在offstate 下的电容值。

预约泰克线下实验室



泰克高速串行实验室预约

实验室设备涵盖各系列高速示波器、误码仪、源表、电源功率分析仪及各种配套探头和测试专用夹具。支持各种工业应用标准及高速接口测试环境。



北京



上海



深圳



西安



成都

泰克电源实验室预约

实验室具备数十台测试仪器组成的电源设计全流程测试方案，功率器件选择，查找主要损耗点，优化效率及电源标准预认证。另外实验室里还有GaN，SiC评估板供您体验！



北京



上海



深圳



半导体材料与器件科学云讲堂

- ✓ 专业测试平台
- ✓ 六大类测试流程
- ✓ 剖析、解决半导体新问题



关注“泰克科技”公众号



每月2期专题直播，等您解锁！

直播日程

第一季 直播课程 (4~6月)

- 纳米材料及纳米电子器件IV和CV测试 4月29日
- 二维材料/石墨烯及其电子器件IV和CV测试 5月15日
- 量子材料及超导材料电输运物性表征测试 5月29日
- 超快脉冲在先进的NVM测试中的应用及神经元网络测试前瞻 6月

番外篇一

测试技巧: 半导体参数测试仪使用技巧及案例集锦 7月3日

第二季 直播课程 (7~9月)

- 宽禁带半导体 (GaN/SiC) 材料及器件测试 7月17日
- 功率IGBT器件测试系统及自动化简介 7月31日
- 微机电系统MEMS测试概述 8月14日
- MOSFET的准静态CV/超低频CV测试 8月28日
- 半导体器件可靠性HCI/NBTI测试 9月11日
- 快速上手自动化半导体参数测试系统 9月25日

