

使用吉时利SMU仪器和开关系统 优化功率半导体器件和模块的 可靠性测试

前言

为了尽量减少早期故障率，不断提高功率半导体的整体可靠性和寿命，制造商和最终用途设计师们进行了各种重要的测试。许多这些测试用JEDEC标准来概述，例如JESD22-A108D“温度、偏置、和操作寿命”、JESD22-A110D“高加速温度和湿度应力试验(HAST)”、或者JESD236“功率放大器模块的可靠性鉴定”。本应用简介讨论通过使用吉时利源表®源-测量仪一体化单元(SMU)仪器和开关系统(图1和图2)，优化硅和宽禁带功率半导体器件、模块和材料的可靠性测试的方法。



图1. 吉时利2650A系列高功率源表SMU仪器。



图2. 吉时利3700A系列和707B系列开关系统。

典型的可靠性测试

典型的可靠性测试包括，对一批或多批采样器件施加大于或等于其正常工作电压的偏置电压数百或数千小时，同时把它们置于远远超出正常工作条件的温度中。此应力条件下，在特定的时间间隔测量各种关键的工作参数。一些比较流行的功率半导体可靠性测试有HTOL（高温工作寿命）、ELFR（早期故障率）、HTFB（高温正向偏压）、HTRB（高温反向偏压）、和HAST（高加速温度和湿度应力试验）。这些测试可以使用连续的偏压（图3）或者循环的偏压（图4）。连续的偏压可以是一个固定电压或阶梯斜坡电压。循环偏压通常将改变偏置电压的占空比和/或斜率。这两种情况下，都是连续地或者在特定的时间间隔测试关键的器件参数。

可靠性测试挑战

当今的宽禁带功率半导体可靠性测试给工程师和测试系统设计师们带来几个关键的挑战。最重要的是，因为大多数这些器件针对能源效率的应用，所以与传统的硅相比，它们具有低得多的泄漏和导通电阻规格。因此，测试仪器必须能够提供必需的精度、分辨率和稳定性，以满足这些器件的电器要求。另外，因为宽禁带器件与硅表现出不同的失效机理，根据JEDEC标准的有效可靠性测试需要更大的样本数量和更长的应力持续时间，以充分预测重要的可靠性参数。这就要求测试仪器能够提供足够的功率来并行测试多个设备，同时保持上述的精度和分辨率。最后，测试仪器必须能够响应与这些器件有关的高速行为，并行产生大量与测试器件有关的数据。系统中的每个设备必须要快，而且各个单元必须以高度同步的方式运行。

使用吉时利SMU仪器和开关系统优化功率半导体器件和模块的可靠性测试

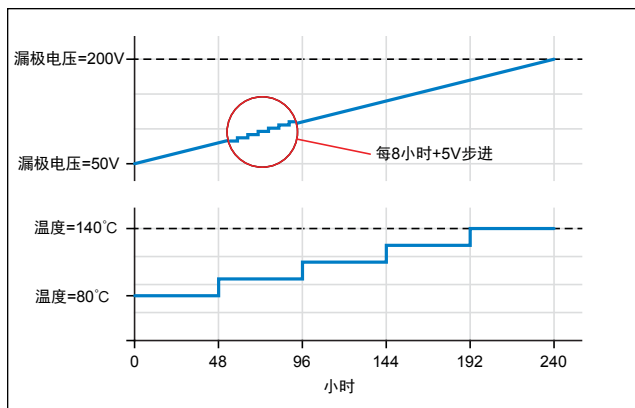


图3. 连续偏压测试。漏极电压=50V。从80°C到140°C，每48小时步进温度15°C。从50V到200V，每8小时步进漏极电压5V。每个电压阶跃的前、后分别收集I-V曲线数据。每一批测试72个设备。

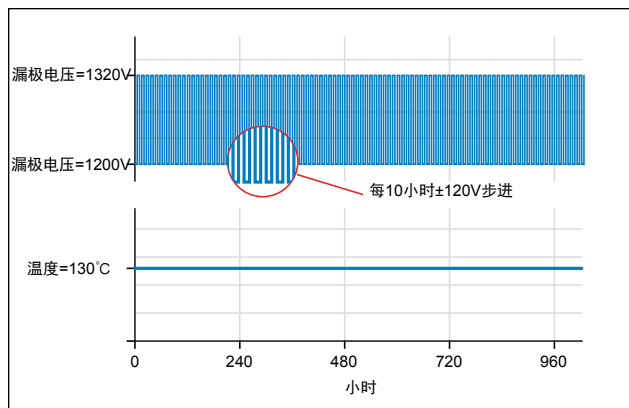


图4. 循环偏压测试。每10小时漏极电压在1200V和1320V之间循环，50%的占空比。维持130°C温度1000小时，并连续测量断态漏电流。每一批测试240个器件。

吉时利解决方案

基于2600B系列和2650A系统源表SMU仪器的吉时利可靠性测试解决方案，满足这些苛刻的要求（图5）。吉时利的2600B系列和2650A是模块化的，独立的，隔离的SMU，可提供每通道高达200W的功率和 sub-pA水平的测量分辨率。

此外，所有2600B系列和2650A SMU仪器都包含吉时利的测试脚本处理器（TSP®）和TSP-Link®技术，用于超高速的操作和并行测试。吉时利的TSP技术通过使用嵌入式测试脚本，使仪器可以执行先进的测试，无需PC介入。这些脚本都是从仪器的非易失性存储器中实现的完整测试子程序，可以执行条件分支、流量控制、先进的计算、通过-故障检测，等等。板载内存缓冲区可存储超过14万个读数，并且写入时可以进行查询。对于较大的，多通道应用，吉时利

的TSP-Link技术与TSP技术一起工作，实现高速的、多通道、每引脚SMU的并行测试、或是与吉时利3700A系列或者700系列开关主机（图6）的无缝集成。吉时利3700A系列主机还具有温度测量选项，可用于监测内部烘箱多个位置的温度。通过内置的数字I/O功能，可实现与外部设备的同步，如温度试验箱。由于2600B系列和2650A仪器的通道完全隔离，不需要主机，它们可以随着可靠性测试要求的变化，很容易地重新配置和重新部署。

解决方案详情

可靠性测试算法对被测器件（DUT）和它的市场需求来说，通常是非常具体的。在此应用简介中，我们指的是如图4所示的循环偏压测试的例子。该测试中，每10小时漏极电压（Vd）从1200V到1320V之间循环，50%的占空比，维持130°C的温度1000小时，同时连续地测量器件的断态漏电流（Id）。每一批测量240个器件，因此，最经济的方法是使用一个开关系统将一个SMU仪器的功率供给所有的被测器件。



2657A型：180W，高压

- 源和测量高达3000V@20mA或1500V@120mA。
- 0.03%的基本电压源精度和5mV的编程分辨率。
- 0.02%的基本电流测量精度。分辨率可达1fA。



2636B型：双通道，低电流

- 源和测量高达每通道200V@100mA或20V@1.5A。
- 0.03%的基本电压源精度和5μV的编程分辨率。
- 0.02%的基本电流测量精度。分辨率可达0.1fA。



2651A型：200W，高电流

- 源和测量高达40V@5A或10V@20A。
- 0.02%的基本电压源精度和5μV的编程分辨率。
- 0.02%的基本电流测量精度。分辨率可达1pA。



图6. 吉时利开关系统的主要规格。

一个示例的系统框图如图7*所示。吉时利2657A型高压SMU仪器为所有240个被测器件的漏极端子提供电源，被测器件并联连接。2657A型在电压1200V-1320V之间的最大电流是120mA，因此有足够的容量（提供电源）。事实上，2657A可以给多批器件提供电源。限流电阻器与每个被测器件串联，以防器件故障。

吉时利2635B型SMU仪器用来测量每个源端器件的漏电流（ I_d ），通过带有3720型开关卡的吉时利3706A型开关系统，2635B型SMU与每个器件相连。

低泄漏二极管与每个开关并联，也被放置在源端。当一个给定的开关打开时，任意来自被测器件的漏电流都将流过此二极管。当一个给定的开关闭合时，流向被测器件的漏电流将流经吉时利2635B型（因为测量电流时，它的输出是0V）。3720型开关卡的配置为单刀开关，而且每张卡有60个通道的容量；因此，使用四个开关卡（3706A型开关系统机箱有六个开关卡的容量）。3720型开关卡的扫描速度是每秒120个通道。

为了获得最大的系统运行速度和简化编程，采用TSP-Link互通总线将三个仪器连接起来。PC控制器只需要通过2657A型用GPIB或LAN连接一次。PC控制器包含了主要的测试程序，调用2657A型非易失性存储器内的TSP脚本（子程序）。吉时利的TSP技术使所有的仪器控制和大多数数据管理在仪表级执行，从而在以仪器为基础的系统中，消除了减慢系统级吞吐量的典型的GPIB或LAN通信延迟。

在这个例子中，使用吉时利的2600B系列和2650A系统源表SMU仪器和3700A系列开关系统，用来满足当今半导体可靠性测试应用所要求的精度、分辨率、功率和速度。

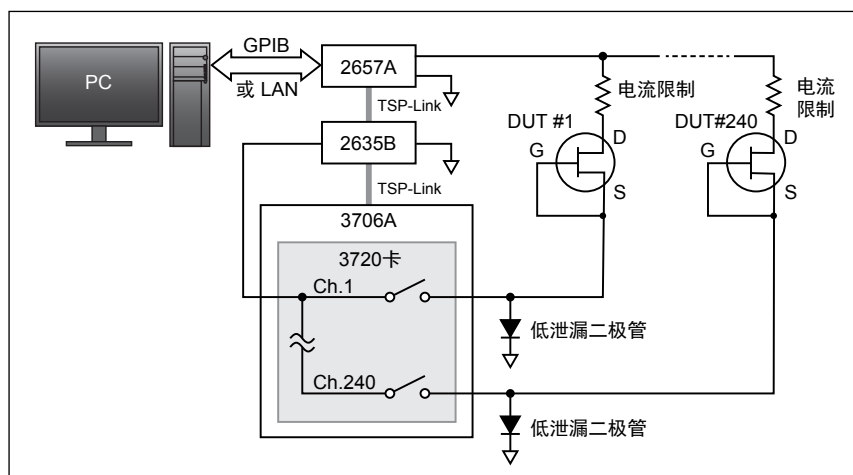


图7.

*该示例仅供参考。完整的测试系统设计和遵守正确的安全指导方针和程序，是设计者和操作者的责任。

使用吉时利SMU仪器和开关系统优化功率半导体器件和模块的可靠性测试

说明书如有变动不另行通知。所有吉时利的注册商标或商标名称都是吉时利仪器的财产。
所有其它注册商标或商标名称都是相应公司的财产。
此版本为中文译本，仅供参考。您购买或使用前请务必仔细阅读本文件的英文原件。



更自信的测试

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. ■ 28775 AURORA RD. ■ CLEVELAND, OH 44139-1891 ■ 440-248-0400 ■ Fax: 440-248-6168 ■ 1-888-KEITHLEY ■ www.keithley.com

BENELUX
+31-40-267-5506
www.keithley.nl

FRANCE
+33-01-69-86-83-60
www.keithley.fr

ITALY
+39-049-762-3950
www.keithley.it

MALAYSIA
60-4-643-9679
www.keithley.com

SINGAPORE
01-800-8255-2835
www.keithley.com.sg

BRAZIL
55-11-4058-0229
www.keithley.com

GERMANY
+49-89-84-93-07-40
www.keithley.de

JAPAN
81-120-441-046
www.keithley.jp

MEXICO
52-55-5424-7907
www.keithley.com

TAIWAN
886-3-572-9077
www.keithley.com.tw

CHINA
86-10-8447-5556
www.keithley.com.cn

INDIA
080-30792600
www.keithley.in

KOREA
82-2-6917-5000
www.keithley.co.kr

RUSSIA
+7-495-664-7564
www.keithley.ru

UNITED KINGDOM
+44-1344-39-2450
www.keithley.co.uk