

Power Tester

功率循环及热测试平台



MicReD



坤道

SIMUCAD

www.simu-cad.com

产品概述

先进的测试理念：同一个测试平台可以同时进行功率循环和热测试，任何与老化降级相关的热效应都可以在不移动待测器件的情况下通过结构函数在线监测，与传统的老练设备相比更加节省时间，能获得完整的失效数据。

先进的测试技术：使用世界领先的热测试设备T3Ster的热瞬态测试技术及结构函数分析方法。

测试范围广：可测试MOSFET, IGBT以及二极管等器件。

简单易用的触摸屏界面：Power Tester 在功率循环测试期间能够记录包括电流、电压、温度、结构函数等信息在内的参数。

多种功率循环模式：Power Tester 包含了恒定时间 T_{on} 和 T_{off} , 恒定电流, 恒定壳温变化 ΔT_c , 恒定结温变化 ΔT_j 以及恒定功率变化 ΔP 等模式。

实时结构函数诊断：方便用户快速地获得循环过程中的缺陷，对应的循环数以及失效原因等。

无需功率循环后的实验室检测及破坏性失效分析：无需再使用传统的x射线、超声波或者其他的方法来进行失效分析。

测试操作简便：用户只需根据系统提示将器件对应管脚连接到设备，无需了解复杂的测试电路。

帮助用户设计更加可靠的电子封装产品：Power Tester提供的特性化测试数据，可以直接导出给热仿真软件FloTHERM，利用实测结果来实现模型自动校准功能，帮助用户得到精确的，符合实际的仿真模型。

预估器件寿命：帮助用户获得功率电子器件在真实应用条件下的使用寿命。



PWT1500A/1800A/3600A



PWT600A



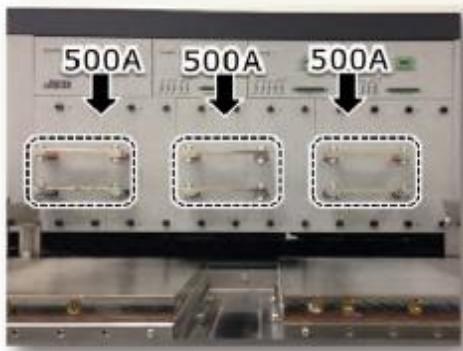
PWT 2400A

产品信息

◆ 产品型号

型号	1500A 3C 8V	1500A 12C 8V	1800A 12C 12V	3600A 12C 6V	600A 48V 16C	2400A 12V 16C
加热通道数	3	3	3	3	2	4
最大输出电流	1500A (3×500A)	1500A (3×500A)	1800A (3×600A)	3600A (3×1200A)	10A~600A (2×300A)	2400A (4×600A)
最大输出电压	8V	8V	12V	6V	48V	12V
输出功率	12KW	12KW	21KW	21KW	29KW	29KW
测试通道数目	3	12	12	12	16	16
测试电流源	3	3	3	3	2	4
外部PT100连接器	3	3	3	3	16	16
是否含有液冷板，流量控制器	是	是	是	是	否	否

◆ 功率输出模块



PWT1500A 功率输出模块示例

◆ 测试模块

➤ 热瞬态测试通道

内置 T3Ster 技术，瞬态采样率最快 1μs，
可在功率循环期间定期生成结构函数

➤ 棚极电流 $I(g,off)$ 监测通道

测试范围： 250 pA.. 100 μA

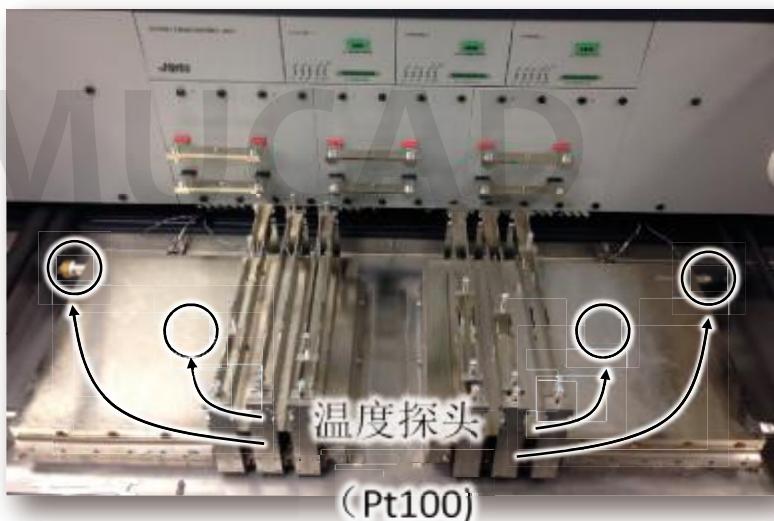


内置先进的T3Ster热瞬态测试技术

Power Tester

➤ 温度探测器

- 1、每块液冷板的出水口和中心位置各有一个 pt100 探测器
- 2、额外预置了三个温度传感器接口，用户可利用其测试任意位置的温度。
(支持负温度系数传感器或热电偶)。



◆ 冷板 (PWT600A不包含冷板, 用户可自由使用自己的冷板进行测试)

➤ 左板

用于K-系数测试
需要外部的温控循环设备(推荐Julabo)

➤ 样品固定夹具

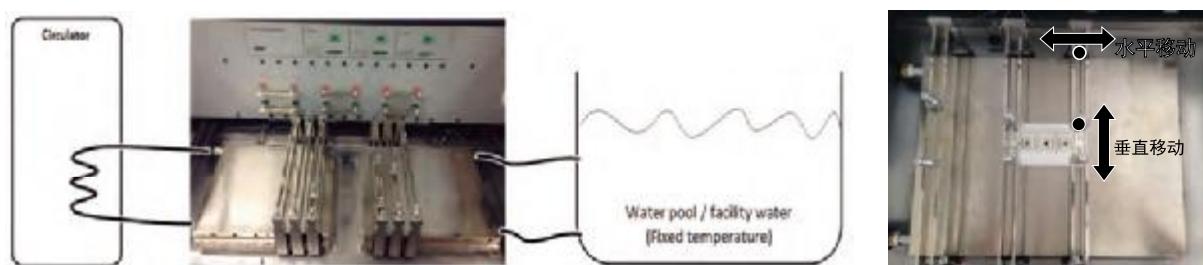
每块冷板上配备有可移动的导轨，导轨上有压紧杆。
可以将器件固定在冷板上任意位置.

➤ 右板

用于功率循环
需要外部的冷水机或者循环水
可设置冷却水流量（手动）

➤ 液体泄漏保护

内嵌液体探测器，配备泄漏排水管
➤ 通过T型阀门，支持第三方冷板



◆ 安全设计

- (1) 一体化实验箱设计
- (2) 透明的Lexan保护罩方便目测，防止测试期间受外界干扰
- (3) 自动探测保护罩是否打开，大电流仅在保护罩关闭的情况下才允许开起，
防止被高温金属烫伤
- (4) 烟雾探测器：
一旦探测到烟雾，系统将会紧急停止
- (5) 液体泄漏探测器：
一旦探测到液体泄漏，系统将会紧急停止
- (6) 系统状态灯塔
- (7) 紧急停止按钮



◆ 计算机配置

- (1) 内嵌控制PC
高可靠性工控机，且自带操作系统，以保证长时间工作的稳定性
- (2) 触摸屏操作
不需要鼠标或键盘
- (3) 为PC专门提供UPS
保证紧急断电或其他情况下的数据安全

测试模式及测试原理

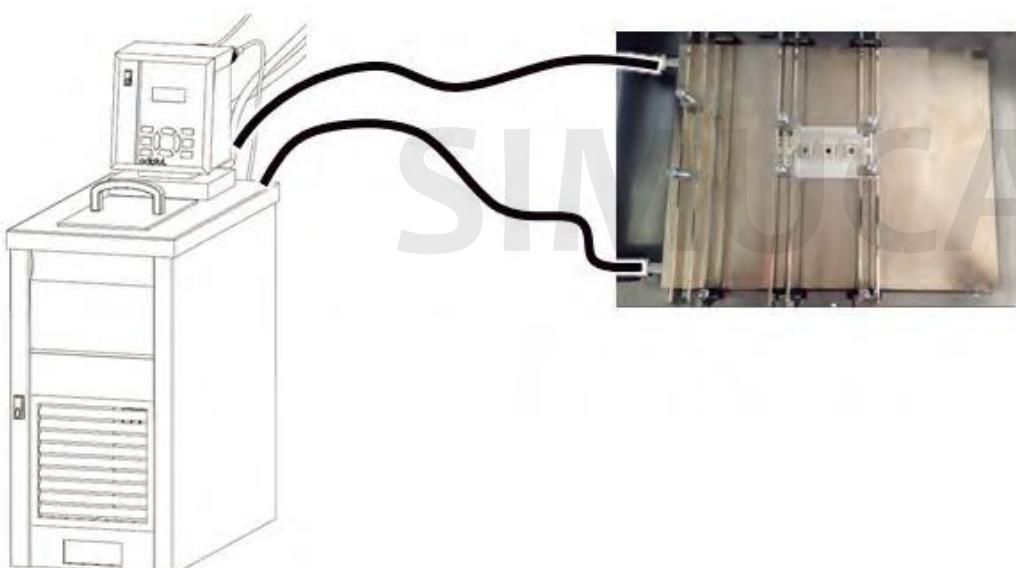
◆ 全新测试模式：同时进行功率循环和热测试模式

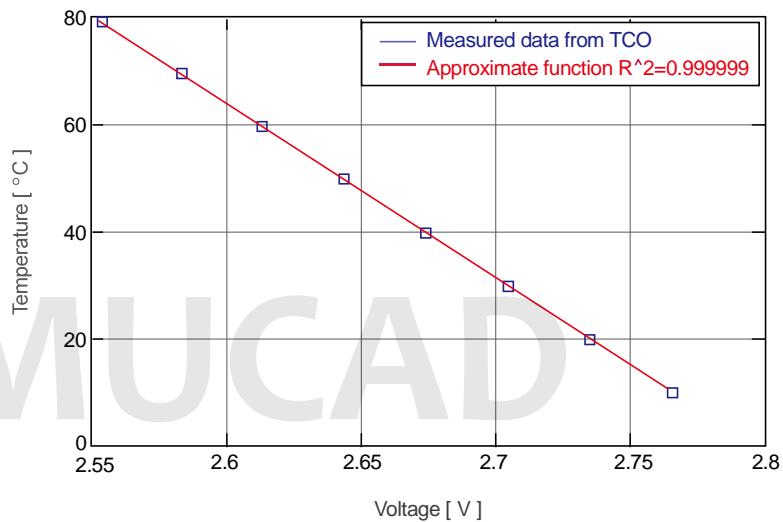
- 利用功率循环对待测器件施加老化应力
- 根据器件达到失效的循环数预估其寿命
- 功率循环期间定期进行热瞬态测试，并监控系统参数
- 功率循环期间，任何与老化降级相关的热效应都可以在不移动待测器件的情况下通过结构函数在线监测
- 系统会根据用户提前设定的条件增加热瞬态测试的频率

◆ 热瞬态测试：用于测试待测器件的结温，热阻，并进行结构函数分析

- 遵循JEDEC JESD 51-1 静态测试法
- 遵循IEC 60747的测试方法
- 利用结构函数分析散热路径的热传导结构
- 支持利用JEDEC JESD 51-14标准定义的瞬态热界面法测试结壳热阻 R_{thjc}

➤ k系数测试





$$\Delta T = \Delta V_F \cdot K$$

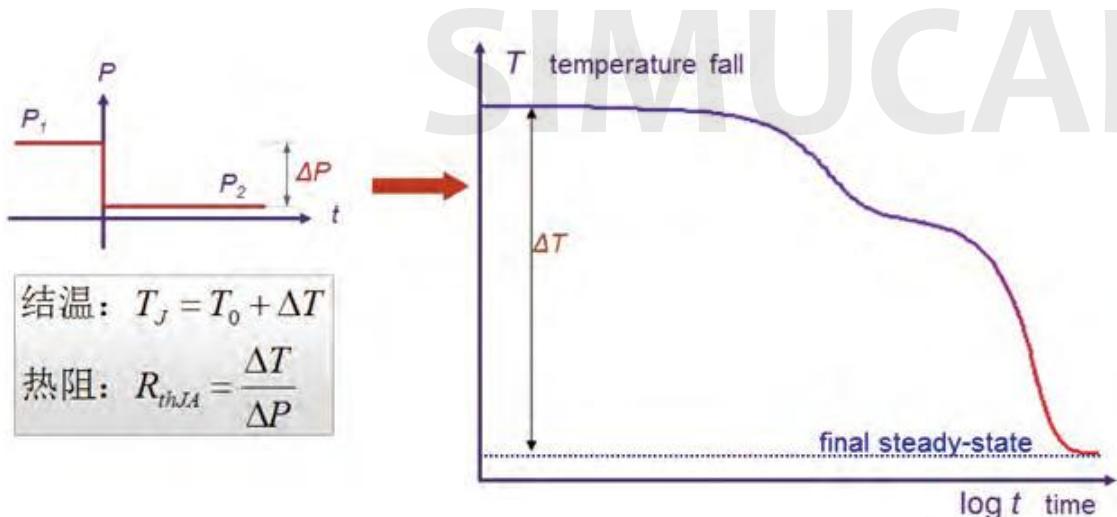
$$K = \left| \frac{(T_{Hi} - T_{Lo})}{(V_{Hi} - V_{Lo})} \right| [^{\circ}\text{C}/\text{mV}]$$

where T_{Hi} & T_{Lo} = High & Low temperatures [° C]

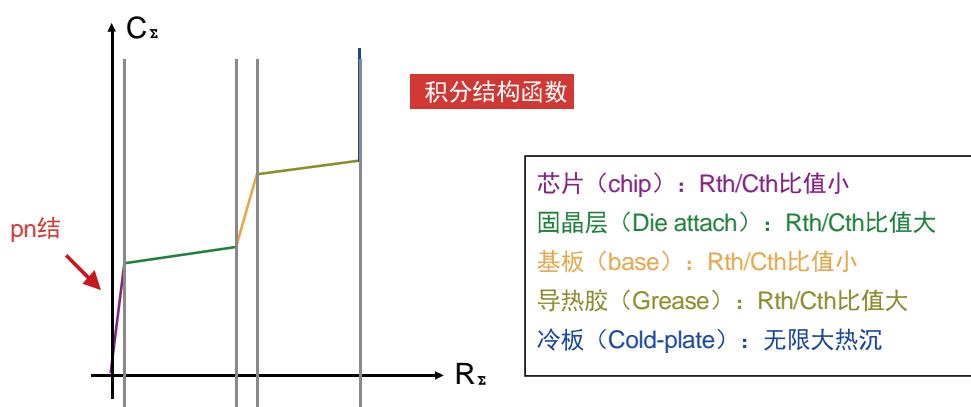
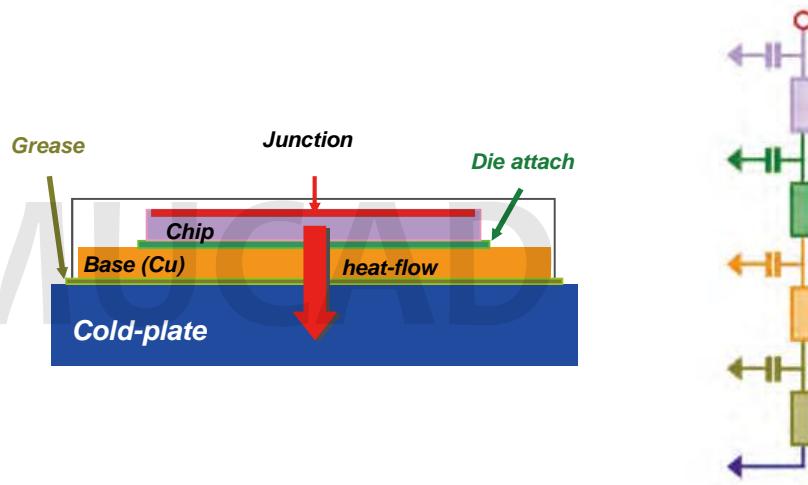
V_{Hi} & V_{Lo} = corresponding High & Low TSP voltages [mV]

热测试

- 通入工作功率，使结温在特定的散热环境下升高达到饱和。
- 将工作功率快速切换到进行K系数测试时的测试电流。
- 在结温下降过程中，实时采集pn结电压，再通过K系数得到结区的降温曲线，采样间隔最快为1μs。



➤ 结构函数分析——描述器件热传导路径的模型



- ▶ 结构函数上越靠近y轴的地方代表着实际热流传导路径上接近芯片有源区的结构，而越远离y轴的地方代表着热流传导路径上离有源区较远的结构。
- ▶ 积分结构函数是热容—热阻函数，曲线上平坦的区域代表器件内部热阻大、热容小的结构，陡峭的区域代表器件内部热阻小、热容大的结构。
- ▶ 在结构函数的末端，其值趋向于一条垂直的渐近线，此时代表热流传导到了空气层，由于空气的体积无穷大，因此热容也就无穷大。从原点到这条渐近线之间的x值就是结区到空气环境的热阻，也就是稳态情况下的热阻 R_{ja} 。

Power Tester

◆ 功率循环测试

➤ 功率循环模式

在功率循环过程中，提供各种不同的功率模式，包括：

- 恒定电流
- 恒定壳温的变化 ΔT_c
- 恒定结温的变化 ΔT_j
- 恒定功率的变化 ΔP

➤ 功率循环功能

功率循环期间，记录的数据包括：

电气参数： U_{CE} ，栅极电流 $I_{(g,off)}$ ， ΔP 等

热学参数： ΔT_j ， T_{jmax} ， T_{jmin} ， $\Delta T_j/\Delta P$ ， R_{th} 以及结构函数等



电学参数记录



热学参数记录



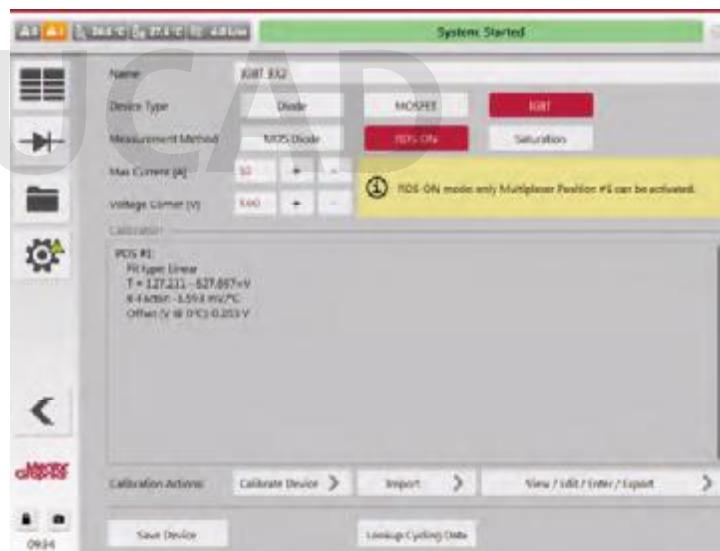
功率循环信息记录

Power Tester

◆ 测试流程

➤ 创建器件并定义器件参数

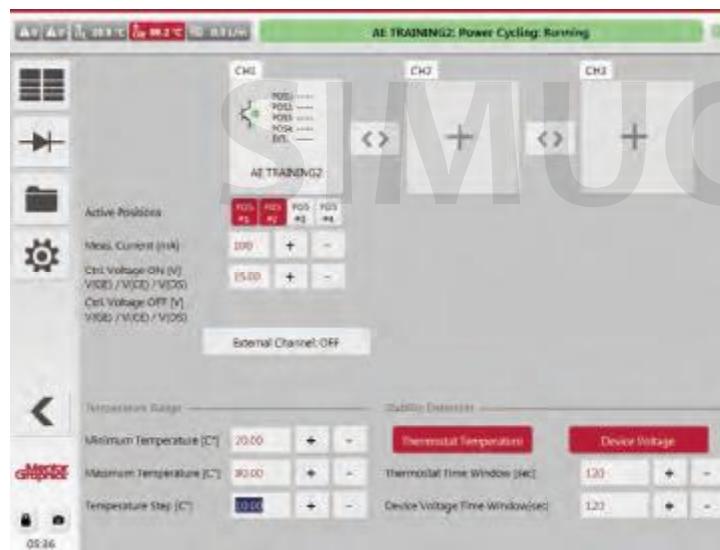
- 1) 定义器件种类并选择测试方法
- 2) 系统会根据用户的选择自动切换不同的接线方式，即使非电子专业背景的操作人员也能够按照标准定义的测试方法对器件进行测试。



创建器件

➤ 设置k系数测试参数

用户可设置测试电流，栅压，温度范围以及温度稳定判据



器件定标参数设置

Power Tester

热测试

设置热测试的参数，用户可自定义热测试时间，也可选择自动热稳定判定选项，由系统自动识别器件是否达到热稳定状态



热测试参数设置

功率循环测试

设置功率参数（包括热测试加热电流，功率循环电流等）

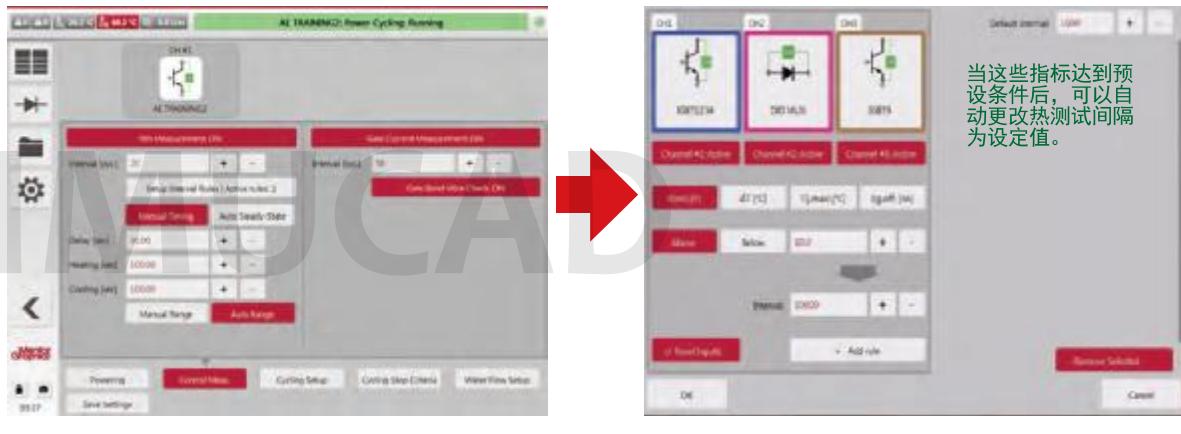


功率参数设置

Power Tester

➤ 设置测试参数

设置热测试间隔时间，栅极电流测试间隔时间等



测试参数设置

调整测试间隔

➤ 设置功率循环参数

选择功率循环模式，设置on和off的时间以及最大功率循环数等参数



功率循环参数设置

Power Tester

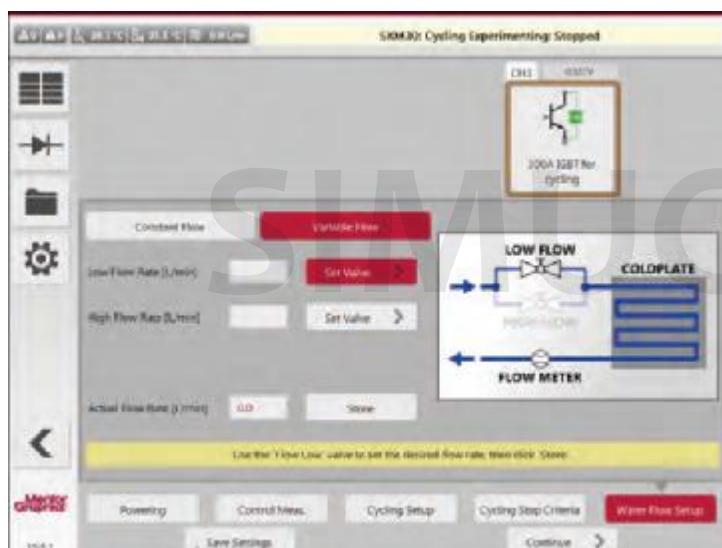
➤ 设置失效判据

用户可通过绝对值或者百分比的方式设置器件失效的判据，当器件参数达到失效判据，功率循环将停止



失效判据设置

➤ 设置液冷板的水流量

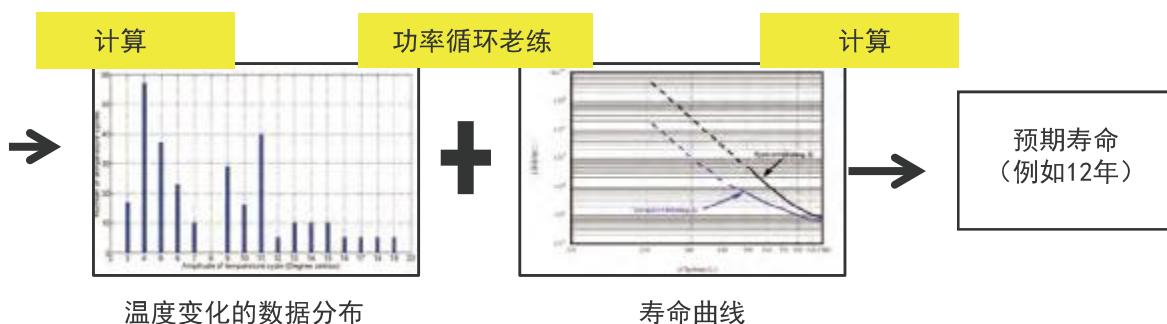
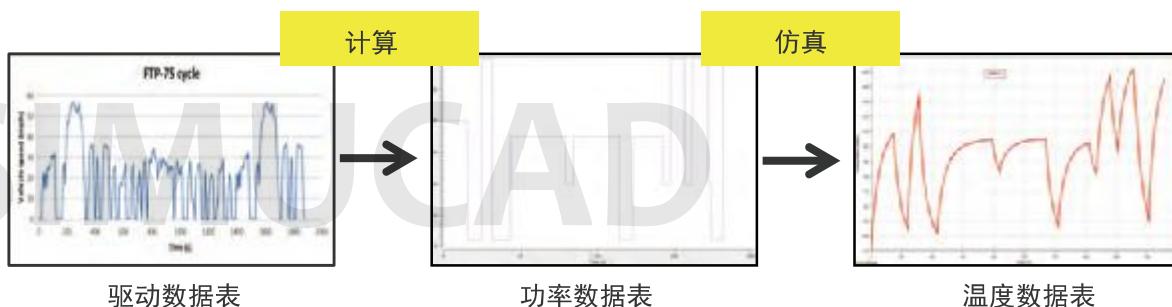


液冷板水流量设置

测试案例

◆ 电动汽车用IGBT寿命预估：

- 寿命预估流程



- 测试寿命曲线中的数据点并估算寿命

■ 河伦尼士模型: $N_f = e^{\left(\frac{E_a}{k_b T}\right)}$

■ 扩展的阿伦尼士模型

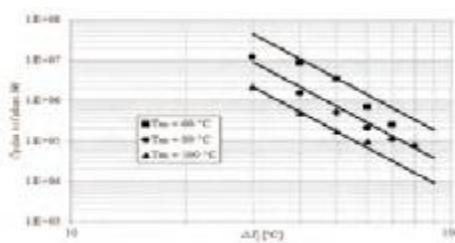
$$N_f(\Delta T) = A \cdot (\Delta T_i)^\alpha \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_b T}\right)} \quad (\text{used by: Fuji Electric}) \quad \text{富士电机使用}$$

$$N_f(\Delta T) = A \cdot f^\beta \cdot (\Delta T_i)^\alpha \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_b T}\right)} \quad (\text{used by: Infineon}) \quad \text{英飞凌使用}$$

— 寿命估算

$$N_{f,sum} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{N_{f,k}}}$$

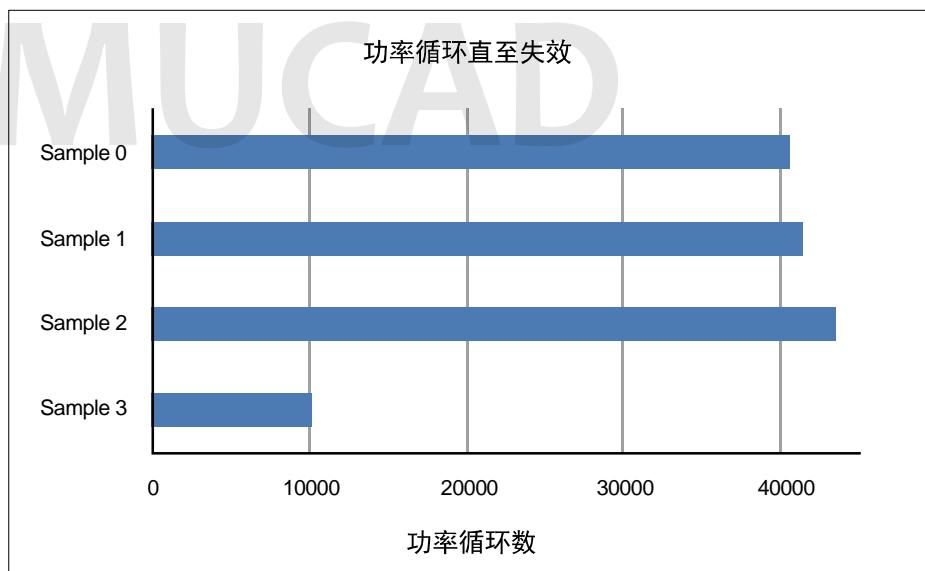
$$t_{operation} = N_{f,sum} \cdot t_{cycle}$$



◆ 利用结构函数检查功率循环对器件封装结构的影响

➤ 试验条件

试验人员针对四组不同的IGBT模组，施加相同的功率循环模式，设定了相同的失效判据，进行了长时间的功率循环测试。



➤ 目 视 检 测 :

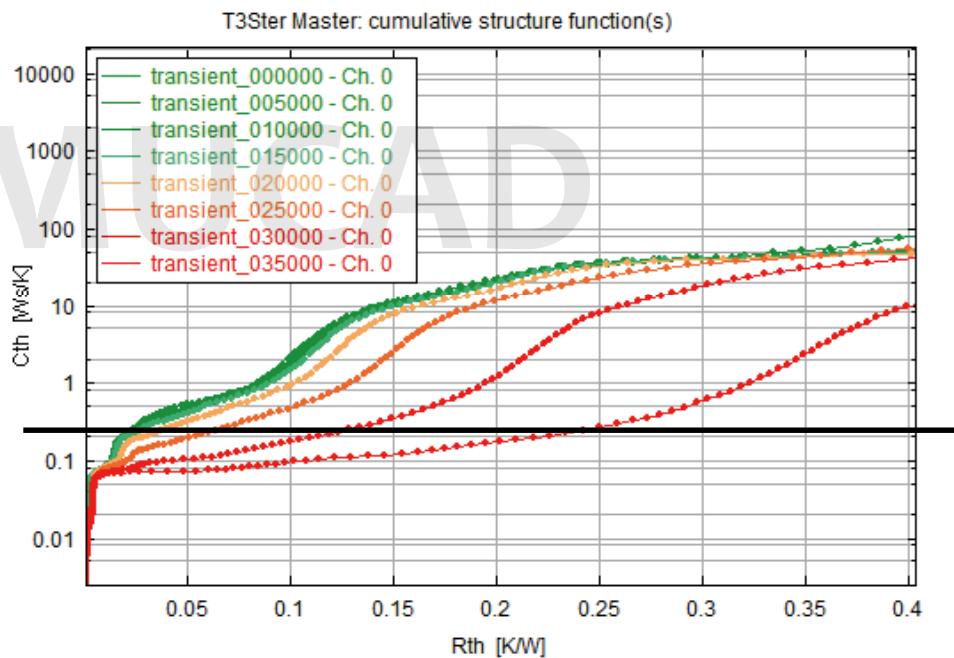
- 经过功率循环后，芯片表面会出现金线断裂，烧焦等现象。
- 基本上所有的IGBT失效都是由于过热以及栅极氧化层的损坏。



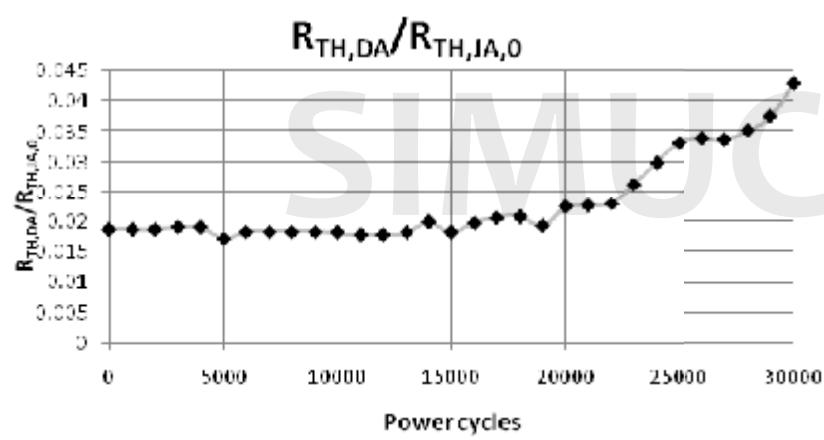
Power Tester

➤ 结构函数检查:

通过结构函数分析，可以清晰地显示出粘结层热阻随着功率循环数目增加的变化。



利用结构函数清晰显示出粘结层随着循环次数增大而老化



粘结层热阻占总热阻比例随着循环次数增大而增大

Power Tester

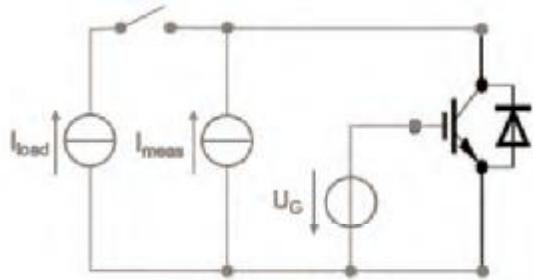
➤ 试验参数:

器件安放在温控液冷板上

液冷板温度: 25 °C

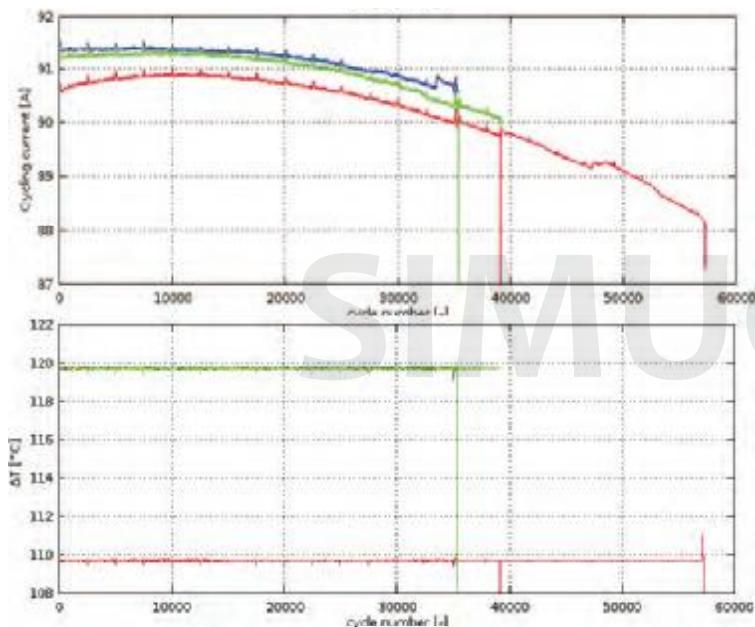
各种功率循环模式 (包括恒定电流, 恒定功率变化 ΔP
以及恒定结温变化 ΔT_j)

每隔250次循环周期后, 执行一次热瞬态测试



功率循环模式	器件	初始参数(avg(1..1000 cyc))				Cycles-to-failure
		I [A]	P [W]	DT [°C]	Tj,max [°C]	
恒定电流I	A4	90	389.6	120.1	156.9	21570
	B4	87.2	379.1	119.9	157.2	24837
	C4	89.1	388.2	119.8	157.2	24892
恒定功率P	A3	93.7	399.1	119.9	158	29226
	B3	90.4	399.1	119.7	156	31081
	C3	90.3	399.1	118.9	155	29340
恒定 ΔT	A2	91.2	411.1	119.9	155	35406
	B2	90.5	396.8	110.9	144.5	57329
	C2	91.1	382.1	119.3	152.5	39149

➤ 不同的结温对寿命的影响



在同样是恒定 ΔT_j 的情况下, 当 $\Delta T_j=120^{\circ}\text{C}$ 时, 其达到失效的循环次数为36000次,
当 $\Delta T_j=110^{\circ}\text{C}$ 时, 其达到失效的循环次数为58000次。

◆ 键合线(bond-wire)老化研究

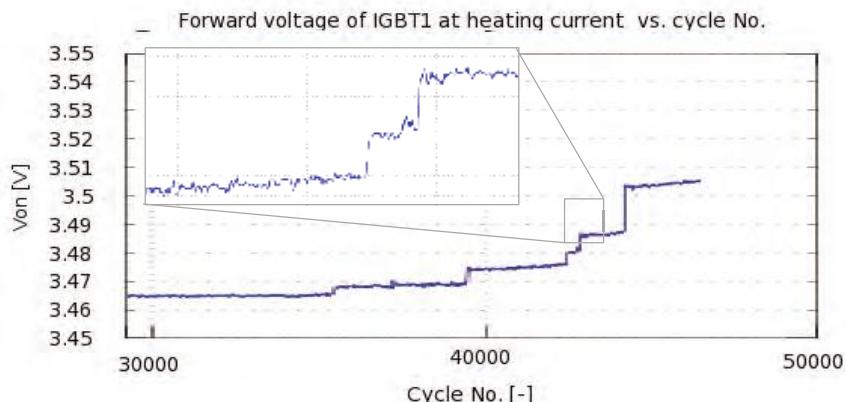
➤ 试验条件:

- ID max=160A
- 器件工作在饱和模式下, VGS=15V
- 目标 $\Delta T = 100^\circ\text{C}$
- 功率循环模式: 恒定时间以及电流



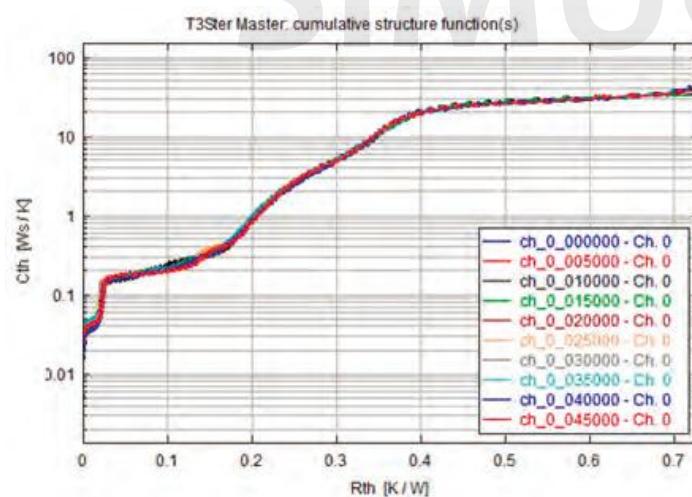
➤ 试验现象:

- 通过监控IGBT的沟道压降, 发现压降先是逐渐升高, 然后急剧上升, 出现阶跃现象。
- 在真实应用环境下, 很有可能两种效应 (键合线老化以及粘结层老化) 同时导致电压升高
 - 除了键合线老化, 接触电阻增大导致电压升高外, IGBT一般在高电流情况下是正温度系数 (电压随着温度升高而升高), 因此热阻增大同样会引起电压升高。实验者一般很难区分这两种效应。



利用PWT系列的结构函数分析功能, 可以验证热流传到结构到底有没有发生改变, 从而轻易地将两种效应区分开来。

在这个案例中: 我们可以发现在功率循环过程中, 结构函数并未发生改变, 因此上述电压发生阶跃变化完全是由于键合线老化引起的。



T3Ster 国内部分客户

中国科学院半导体研究所
中国科学院电工所
中国计量科学研究院（NIM）
中国科学院上海技术物理研究所常州分所（常州光电技术研究院）
中国空间技术研究院器件可靠性中心（511）
中国空间技术研究院总体部（501）
中国空间技术研究院西安分院（504）
中国航天科工集团北京无线电测量研究所（航天二院23所）
中国航天时代电子公司七七二所（北京微电子技术研究所）
工业和信息化部电子工业标准化研究院（电子四所）
工业和信息化部电子第五研究所
广州广电计量检测股份有限公司（信息产业部军工电子602计量测试站）
中国电子科技集团第十研究所
中国电子科技集团第十三研究所
中国电子科技集团公司第五十五研究所
中国电子科技集团第五十八研究所（无锡微电子科研中心）
陕西航空电气有限责任公司（航空115厂）
中国空空导弹研究院
四川九洲电器集团有限责任公司
北京信息技术研究院
南瑞集团有限公司
国家半导体器件质量监督检验中心（石家庄）
国家半导体器件质量监督检验中心（潍坊半导体照明产品检测中心）
国家半导体发光器件应用产品质量监督检验中心（厦门质检所）
国家半导体照明产品质量监督检验中心（常州质检所）
广东省半导体照明产业联合创新中心
济宁国家半导体及显示产品质量监督检测中心
广东省东莞市质量监督检测中心
贵州省机械电子产品监督检验院（国家电子基础元器件质量监督检验中心）
中国振华集团永光电子有限公司
中国振华集团深圳振华微电子
佛山市香港科技大学LED-FPD工程技术研究开发中心
香港应用技术研究院CASTRI)
中国工程物理研究院电子工程研究所（绵阳九院所）
中国工程物理研究院应用电子学研究所（绵阳九院所）
北京空间机电研究所/航天科技集团第508研究所
北京卫星制造厂/航天科技集团第529研究所
海军701工厂
中国航天科工集团元器件可靠性中心（航天2院201所）
中国航天科工航天晨光股份有限公司
北京微电子研究所（航天772研究所）
北京航天时代光电科技有限公司
上海精密计量测试研究所（航天808所）
上海航天电源研究所（航天811所）
山东航天电子技术研究所（航天513所）
华中科技大学（武汉光电国家实验室）
桂林电子科技大学
香港大学
上海大学
复旦大学
西安电子科技大学芜湖研究院
南京理工大学
中国计量学院
厦门理工学院
宁波诺丁汉大学
北京航天航空大学
青岛科技大学
深圳大学
香港科技大学
香港城市大学
中国商车集团
上海汽车集团股份有限公司上海捷能汽车技术有限公司
上海新微技术研发中心有限公司
上海亚明照明
三安光电
华灿光电（浙江）有限公司
德豪润达
深圳天电光电
华为技术公司（HUAWEI）
欧普照明股份有限公司
广州市鸿利光电股份有限公司Philips上海研发中心
广州视源科技股份有限公司
东莞南方半导体科技有限公司
深圳瑞丰光电
宜昌惠科科技有限公司
山东阳信长威电子有限公司
芯封科技（清华长三角研究院）
Lumi led s上海研发中心
三星电子南京研发中心
三星电子广州研发中心
LG中国研发中心
哈曼国际
上海汉高Cablestik部门
(注：汉高公司的Ablestik系列产品是世界领先的自填充晶圆键合剂)
无锡欧司朗照明
北京世纪金光半导体有限公司
苏州硅能半导体科技股份有限公司
陕西唐华能源有限公司
大洋电机新动力科技有限公司
华进半导体封装先导技术研发中心有限公司NCAP
成都先进功率半导体股份有限公司
重庆平伟实业股份有限公司

部分Power Tester客户

中国	上汽集团上海捷能汽车技术有限公司	日本	Mitsubishi Electric Corporation/三菱电机
中国	北京新能源汽车股份有限公司	日本	ZF采埃孚日本分公司
中国	上海微技术工业研究院	日本	Kyushu Institute of Technology/九州工业大学
中国	航天一院可靠性中心	日本	Kyoritsu Chemical & Co. Ltd./协立化学产业株式会社
中国	南瑞集团有限公司	日本	Oki Engineering Co. Ltd./冲绳电气旗下的检测平台
中国	扬州国扬电子有限公司	日本	East Japan Railway Company/东日本旅客铁路公司
中国	中国振华集团永光电子有限公司（国营第八七三厂）		Hyundai MOBIS/现代MOBIS
中国	汇川技术股份有限公司	韩国	LG Electronics/ LG电子
中国	三菱电梯	韩国	Hyundai Motor Group/现代汽车集团
中国	东莞南方半导体科技有限公司	韩国	Hyundai Motor Company/现代汽车
中国	格力集团	台湾	Lingsen Precision Industries Ltd./菱生精密工业股份有限公司
中国	美的空调	台湾	Industrial Technology Research Institute/台湾工业技术研究院
中国	斯达半导体股份有限公司	法国	Duale Hochschule
中国	株洲南车时代电气股份有限公司	英国	University of Nottingham/诺丁汉大学
中国	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	英国	Dynex semiconductor Ltd.
中国	台达电子	美国	Fairchild Semiconductor
中国	宁波诺丁汉大学	美国	General Electric Company/通用电气公司
中国	浙江大学	美国	Alpha Metals Inc.
中国	Fuji富士电机		
中国	杭州士蓝微电子		
中国	江苏宏微		
日本	Hitachi Ltd. /日立		
日本	Keihin Corporation/京滨		
日本	Daikin Industries Ltd. /大金		

更多关于产品的信息，请联系：

上海坤道信息技术有限公司
Shanghai SimuCAD Information Technology Ltd.
中国·上海市南京西路555号503室
邮编：200041
电话：+86 21 62157100, 62555891
传真：+86 21 62151794
Email: info@simu-cad.com
网址: www.simu-cad.com

坤道 SIMUCAD

Copyright @ 2019 SimuCAD Ltd.

Mentor Graphics, FloTHERM, FloEFD, FloVENT, Flowmaster and T3Ster are registered trademarks of Mentor Graphics Corporation.