

Simcenter T3STER SI

热瞬态测试仪



MicReD

坤道

SIMUCAD

www.simu-cad.com

公司简介

上海坤道信息技术有限公司 (SIMUCAD Info Tech Co., Ltd) 是一家专注于高端计算机辅助工程 (CAE) 软件和高科技仪器设备的提供商和方案咨询服务供应商, 致力于为机械电子产品之研发、生产和制造提供先进完善的设计、分析、测试和制造解决方案以及成熟高效的技术支持和咨询服务。

坤道公司前身为 Mentor Graphics 公司流体分析、热设计和热测试部门(原英国 Flomerics公司中国代表处) 负责政府客户、国防与航空航天领域及高校 (包括中科院) 的业务部门。后成为 Mentor Graphics公司(现西门子工业软件旗下)流体分析、热设计和热测试系列产品在中国大陆政府、国防与航空航天领域及高校 (包括中科院) 和国内中小企业客户的金牌/专家级代理, 负责其产品的销售和服务事宜。同时, 上海坤道公司还是 ATSC 公司全系列流体及热测量设备和美国 Microsanj公司 SanjSCOPE™ 反射率热成像系统在中国大陆的独家总代理。

坤道公司配备了一支技术精湛、业务娴熟、专业经验丰富的技术服务队伍, 为客户提供工程咨询服务、客户培训, 并举办各类研讨会、技术培训班和用户大会, 帮助客户解决技术难题。优质的技术支持服务成为坤道公司的核心竞争力。

坤道公司在软件应用、工程师培训和售后技术服务方面帮助客户成功建立和完善技术平台, 得到了广大用户的首肯与认可。客户包含中国电子科技集团、中国航空工业集团、中国航天科技集团、中国航天科工集团、中国兵器集团、中船重工、总参、各军工企业、中科院、广大高等院校、各类质量监督和检测机构以及广大电子、半导体、通讯、计算机和机械行业公司及研究机构等。

公司产品

Simcenter T3STER SI热瞬态测试仪: Simcenter T3STER SI 通过非破坏性地测试封装好的半导体器件的电压随着时间的瞬态变化, 快速地获得准确的, 重复性高的结温热阻数据以及结构内部信息。Simcenter T3STER SI 支持对器件进行在线测试, 结壳热阻测试等。测试结果可以生成热阻热容模型供热仿真软件使用, 同时也可以用于校准详细的仿真模型。

Simcenter Power Tester集成功率循环&热瞬态测试的自动化测试系统: Simcenter POWERTESTER是一台集成了K系数测试、热阻测试、结构函数分析以及功率循环测试功能的自动化测试系统, 测试方法满足

AQG-324、IEC60747 以及 JEDEC JESD51等标准。与传统设备相比，POWERTESTER 支持在功率循环期间，实时监控电学参数，热学参数，并定期使用结构函数在线原位评估封装结构是否发生老化，无需先进行功率循环，再用其他的设备进行热测试表征。可以快速高效地为新产品研发提供丰富的热学数据和可靠性数据，加速产品研发进程。

SanjSCOPE™热成像系统：SanjSCOPE™主要采用基于lock-in手段的反射率热成像技术，结合数字信号处理手段以及先进的软件算法，为用户提供一个集高空间分辨率、高时间分辨率，可以对亚微米级别的微电子系统进行热分析的通用工具。

温度、速度、压强测试设备及风洞：美国ATS公司是全球领先的电子热测试及热设计咨询公司，其开发的实验室级风洞、温度及流速测量仪器系列产品可以满足客户对电子系统和器件温度场及流场的高精度测量需要。

Simcenter Flotherm XT 电子散热仿真软件：Simcenter Flotherm XT是专业的电子散热仿真软件，它在继承了Flotherm 优点的基础上，增加了等同于专业 CAD 软件的几何建模和处理能力，使得仿真工程师能轻松处理复杂几何模型，大大提高了仿真效率。Simcenter Flotherm XT极大的增强对于复杂曲面、不规则模型的几何处理能力，是真正意义上的加强版 Flotherm。

Simcenter FloEFD流体及传热分析软件系列：FloEFD是新一代流体动力学分析的革命性工具。全球唯一完全嵌入三维机械 CAD环境中高度工程化的通用流体传热分析软件，真正实现了仿真分析流程与设计流程的无缝结合，成为从事于流动、换热相关产品开发 / 设计工程师的高效工具。FloEFD不但可以令 CFD专家更快捷地开展 CFD分析工作，非 CFD专业背景的机械 / 电子产品工程师也能快速掌握使用。

Simcenter Flomaster 全球领先的一维流体及传热系统分析软件：Flomaster是全球领先的一维流体及传热分析软件，被广泛应用于航空航天、汽车、燃气轮机、船舶、兵器、能源动力、石油和天然气过程系统、水处理、流体管网等所有内流系统设计领域。

了解以上产品的详情信息，请访问 www.simu-cad.com



微信公众号



官网

产品概述

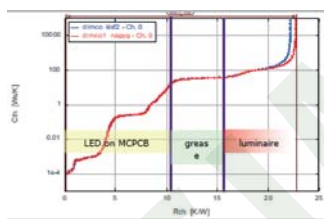
Simcenter T3STER SI 通过非破坏性地测试封装好的半导体器件的电压随着时间的瞬态变化，快速地获得准确的，重复性高的结温热阻数据以及结构内部信息。Simcenter T3STER SI 支持对器件进行在线测试，结壳热阻测试等。测试结果可以生成热阻热容模型供热仿真软件使用，同时也可以用于校准详细的仿真模型。

- Simcenter T3STER SI 的测试方法满足国际通用标准：JEDEC JESD51-1, JEDEC JESD51-14, 美军标 MIL 883H, MIL 750E以及国际电工委员会的 ICE60747系列。
- Simcenter T3STER SI 的研发部门 MicReD 联合英飞凌共同制定了最新的结壳热阻测试标准 JEDEC JESD 51-14: Transient Dual Interface Test Method。T3STER/T3STER SI的测试方法完全符合标准要求，支持通过两种方法来计算结壳热阻。
- Simcenter T3STER SI 的研发部门 MicReD 制定了全球第一个使用电学法测试 LED 器件真实热阻的国际标准 JESD51-51, 以及规范 LED器件光热一体化测试的 JESD51-52。
- Simcenter T3STER SI 既能进行稳态结温、热阻测试，也能进行热瞬态测试。在采集瞬态温度响应曲线（冷却曲线）时，采样时间间隔最快可达 1 微秒。
- Simcenter T3STER SI 独创的结构函数(structure function)可以图形化地展示热流传导路径上每层结构的热阻和热容信息，非破坏性地检测封装结构的改变，因而被广泛地应用于产品封装的新材料或新工艺的对比、产品可靠性研究、产品质量评估以及接触热阻等各个领域。
- Simcenter T3STER SI 可以与 Simcenter Flotherm Flexx 和 Simcenter FLOEFD 等仿真软件高度配合，建立准确高效的 Digital Twin，包括为仿真软件输出 RC网络模型，校准仿真模型等。从而提高仿真准确度，提升仿真设计速度。

产品优势



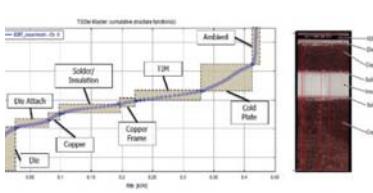
简单易用



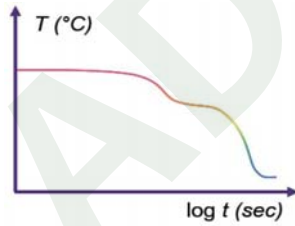
测试数据重复性高



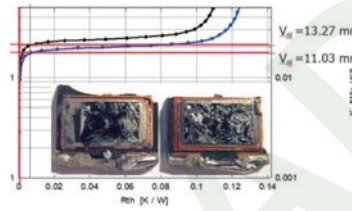
可以测试多种半导体器件及模组



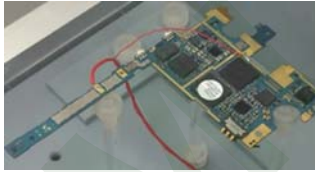
识别封装器件的热学结构



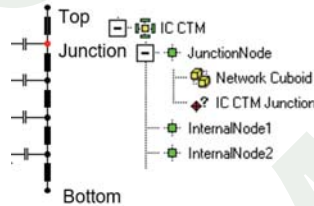
测试速度快



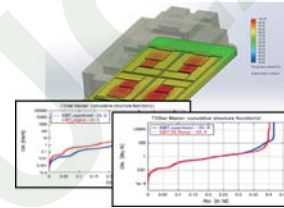
非破坏性测试



支持在线测试组件的热学性能



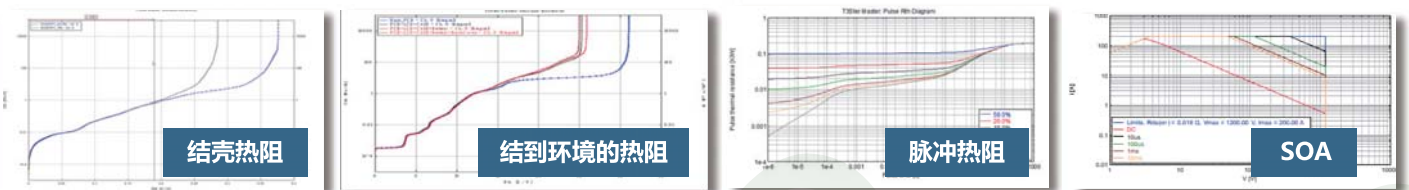
提供基于测试结果的准确仿真模型



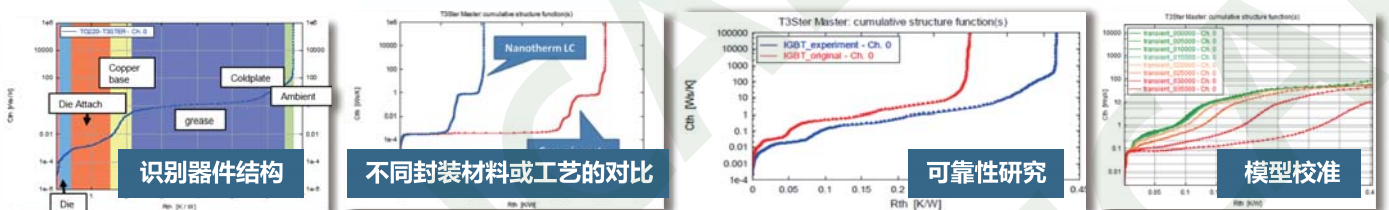
可以对器件的详细仿真模型进行校准

Simcenter T3STER SI热瞬态测试的价值

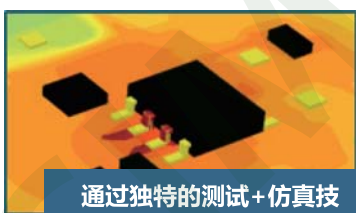
提供多种热学信息



结构函数



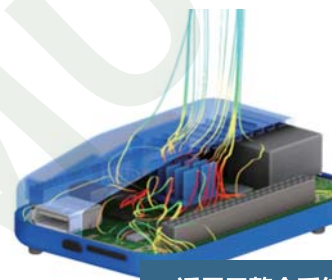
数字孪生



通过独特的测试+仿真技术提供准确的数字孪生



准确评估器件的稳态和瞬态热学性能



适用于整个系统

Simcenter T3STER SI在产品各个阶段的应用

产品设计和研发阶段

- 通过测试+仿真的 Digital Twin，从源头上保证设计模型的准确性，节约设计成本，减少返工的几率；
- 测试原型器件的热学结构信息，发现隐藏的设计缺陷，及时改进产品的设计；
- 通过结构函数强大的结构对比功能，在保证产品性能的前提下，选择性价比更高的材料和工艺；
- 提供基于测试结果的仿真模型供下游客户使用，增强产品的市场竞争力；

产品制造阶段

- 发现隐藏的缺陷，降低后期维保的成本；

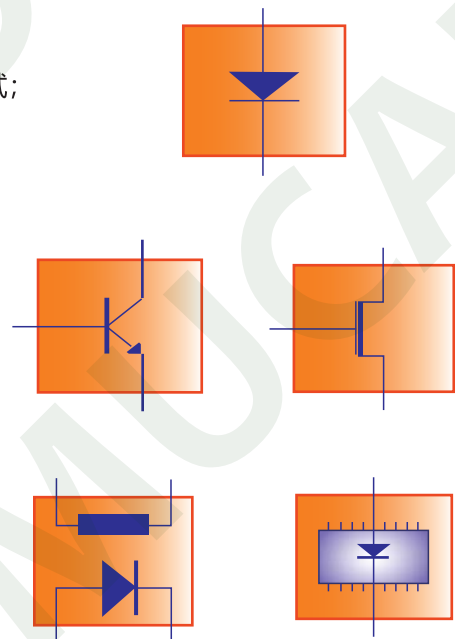
质量评估阶段

- 对产品进行全方位的热学表征，及时发现产品的质量缺陷。

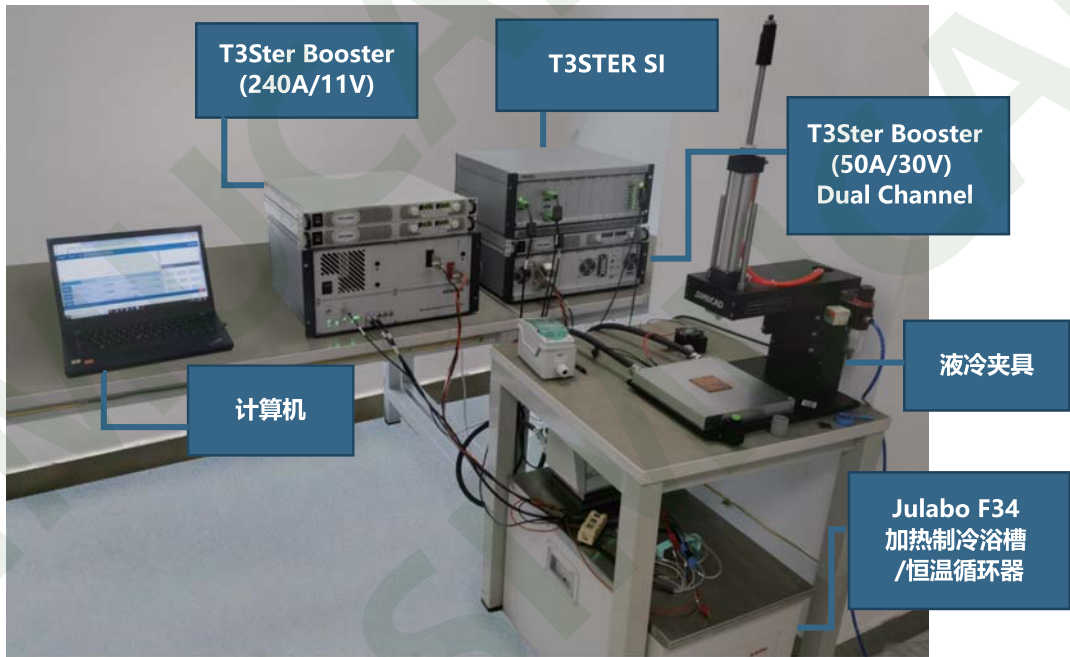
Simcenter T3STER SI可测试的器件类型

Simcenter T3STER SI可测试的器件：针对不同的器件，需要选择合适的 TSP

- **二极管：**
 - 选择正向压降 V_F 作为 TSP，所有器件都可以当成二极管测试；
- **三极管：**
 - BJT: V_{be}
 - MOSFET (包括 SiC MOSFET) : V_{sd}
 - IGBT (包括分立器件和功率模块) : V_{ce}
 - GaAs FET和 GaN HEMT: V_{gs} , 栅极电流或 V_{ce} 。
- **热测试芯片：**
 - 内置了加热电阻和温敏二极管；
 - 在加热电阻上施加功率，测试二极管；
- **数字 IC：**
 - 衬底二极管，VCC和 GND反向偏置，施加加热功率并测试；



产品信息



Simcenter T3STER SI实物图

Simcenter T3STER SI Frame: T3STER SI 框架

- 包含10个插槽，用于安装各种功率单元，测试单元等功能模块；
- 19"机架结构，4U高；
- 外形尺寸：177.8 mm × 448.9 mm × 375.5 mm；
- 内置SoC，用于安装测试控制软件；
- 包含供电模块及各种通讯接口；



Simcenter T3STER SI的功率模块 LP220：用于提供加热功率

功率模块 LP220			
恒流输出源数量	2		
最大功率	20W		
输出范围	2A/10V	1A/20V	1A/20V
备注	默认为恒流源 当需要测试三极管时，可通过购买 3-pole license升级为恒压源		



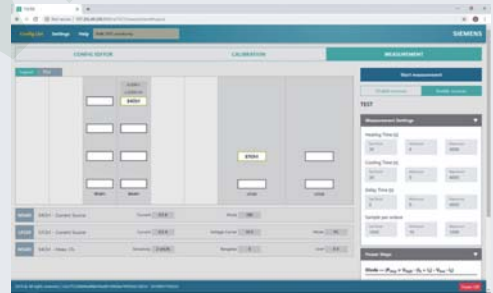
Simcenter T3STER SI的采集模块 MS401：提供测试电流, 采集 TSP

MS401 提供用于标定K系数的测试电流												
测试电流源数量	4											
测试电流源范围	±200mA/10V				±100mA/20V				±50mA/40V			
T3STER SI (MS401)												
测试通道数	4											
采样率	1 Msa/s											
电压测试范围	±10V	±10V	±10V	±20V	±20V	±40V	±80V	±10V	±40V	±80V	±10V	±20V
电压测试量程	1V	2V	4V	4V	8V	8V	8V	10V	16V	16V	20V	20V
电压分辨率	4 uV	8 uV	16 uV	16 uV	32 uV	32 uV	32 uV	40 uV	64 uV	64 uV	80 uV	80 uV
温度分辨率	0.002°C (当器件的 K系数为典型值 2mV/°C时)											



Micred T3STER SI CTRL SW

T3STER SI控制软件，安装在T3STER SI内置的SoC上。用户可以使用个人计算机上的Chrome软件连接SoC完成测试操作；

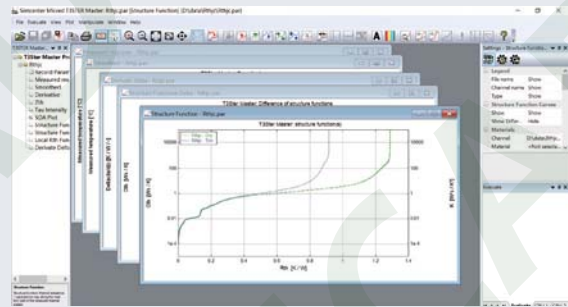


热瞬态测试数据后处理软件 T3Ster Master

安装在客户的计算机上，用于对热瞬态测试数据进行后处理；

输出结果包括：

- 积分结构函数和微分结构函数；
- 脉冲热阻，瞬态热阻抗曲线；
- 遵循JESD51-14的要求计算结壳热阻；
- 将测试结果导出给FLOTHERM及FLOEFD软件；



S-cen.T3STER SI 3-pole meas. lic Op SW

用于激活T3STER SI的三极管测试功能的许可证：

- 支持使用T3STER SI测试BJT，MOSFET及IGBT三种器件；
- 将Simcenter T3STER SI LP220默认的恒流源升级为恒压源使用；
- 支持使用T3STER SI配合T3STER BOOSTER对MOSFET及IGBT器件进行测试；

Simcenter T3STER SI的连接外部温度传感器模块 TH800

用于连接外部传感器，采集 PN 结以外的环境温度，壳温等数据

- 1个模块支持连接8个温度传感器；
- 支持热电偶类型：J, K, T型；
- 支持热电阻（NTC, PTC）：2-wire/3-wire/4-wire; 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 50k Ohm; 100°C-400°C。



Simcenter T3STER SI的配件： T3Ster Booster

T3Ster Booster (50A/30V) Dual Channel

- 推荐应用场景：中小功率的二极管器件，MOSFET器件，IGBT器件以及IC的测试；
- T3Ster Booster (50A/30V)需搭配外部直流电源TDK GEN 30-50使用，用于为待测器件提供加热功率；
- T3Ster Booster (50A/30V)包含2个通道，2个通道可并联使用；
- T3Ster Booster (50A/30V)每个通道可输出电流2A；
- T3Ster Booster (50A/30V)搭配TDK GEN 30-50后，每个通道电流最大50A，电压最大30V；2个通道并联后电流最大可达100A。



T3Ster Booster (240A/11V)

- 推荐应用场景：大功率半导体器件及模块；
- 技术规格：
 - 1个加热电流源，范围：10~240A，浮地；
 - 1个测试电流，范围：5mA~1A，接地；
 - 4个栅压源：-10~20V，浮地；
 - 完整解决方案：已经包括了2x120A/12V电源；
- 优势：4个栅压源，配合T3STER SI的4个测试通道，通过串联的方式，可以同时测试4个器件，提高测试效率。



Simcenter Micred Power Booster 10A/150V

- 推荐应用场景：LED器件
- 10A/150V技术规格：
 - 1个加热电流源，电流范围：20mA~10A，电压范围：0~150V；
 - 1个测试电流源，两个档位可调：
 - 电流±100mA，电压-15V~100V；或电流±25mA，电压-15V~150V；



T3Ster Still Air Environment: T3Ster静止空气箱

为待测器件提供Rja测试的环境。尺寸：1立方英尺。



Simcenter T3STER SI的配件：Julabo加热制冷浴槽/恒温循环器

- 标定 K系数时：将待测器件放置在加热制冷浴槽中，由于器件处于很小的测试电流下，通过程序改变浴槽的温度即相当于改变器件的结温。当每个结温达到稳定时，记录下该温度下的 TSP；
- 测试器件的结壳热阻时：通过管路将恒温循环器与液冷板连接，通过程序将恒温循环器的温度设定为 25°C并保持恒定。此时将待测器件压紧到液冷板上以控制壳温的稳定。

型号	温度范围 (°C)	温度稳定性 (°C)	加热功率 (KW)	制冷功率 20°C (KW)	油槽开口尺寸 (W×L/D cm)
F25-HE	-28~200	±0.01	2	0.26	12×14/14
F32-HE	-35~200	±0.01	2	0.45	18×12/15
F34-HE	-30~150	±0.01	2	0.45	24×30/15



测试夹具：由上海坤道公司为客户提供，方便测试结壳热阻以及各种非平底封装的器件

为了满足客户日益多样化的测试需求，上海坤道凭借专业的技术能力，结合西门子标准化的测试设备，研发了很多创新性的具有自主知识产权的测试夹具。

气动压紧液冷试验台 (SPCP-220/220 低阶版)

搭配T3SterSI主机使用，为器件的热阻测试提供可控的恒温液冷测试环境。（需配置外部气源）

- 支持JESD51-14规定的瞬态双界面法测试结壳热阻；
- 支持美军标MIL STD 833H规定的热定偶法测试结壳热阻；
- 平板式冷却终端，平面尺寸220mm * 220mm；
- 气动压紧系统，压力控制范围0.1~0.4MPa,调节灵敏度0.01MPa；
- 内置3个温度传感器，信号可输出到T3Ster主机（默认K型热电偶，可定制T型）；
- 冷却介质支持硅油，温度5~120℃；

SPCP-220/220 (低阶版)

- 外形尺寸：L385mm * W250mm * H685mm。

SPCP-220/220 Ultra (高阶版)

- 透明保护罩，烤漆机箱式外形，尺寸：L260mm * W400mm * H620mm。



适配分立器件的液冷夹具

机械压紧液冷试验台 (SCP-4050)

搭配T3SterSI主机使用，为器件的热阻测试提供可控的恒温液冷测试环境。

- 支持JESD51-14规定的瞬态双界面法测试结壳热阻；
- 平板式冷却终端，平面尺寸为400mm * 500mm；
- 内置PT100温度传感器；
- 滑轨式机械压紧系统，标配4根滑轨，每根滑轨配置6个压紧顶杆；
- 单根滑轨承受力矩 $\leq 10N.m$ ；
- 冷却介质支持硅油，温度5~120℃；
- 外形尺寸：L600mm * W500mm * H300mm。

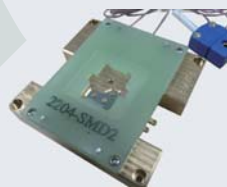


适配模块的液冷夹具

结壳热阻测试模组

定制化封装器件结壳热阻测试夹具。

- 适配SPCP-220/220系列气动压紧液冷试验台；
- 支持JESD51-14规定的瞬态双界面法测试结壳热阻；
- 主体材质为铜；
- 目前可定制封装类型为：TO220/TO247/TO252/TO264/DFN3*3/D
FN5*6/SMD0.5/SMD1/SMD2/SOP8等；其他封装形式具体咨询。



SMD封装



TO-254封装



TO-3封装

便携式空气压缩机

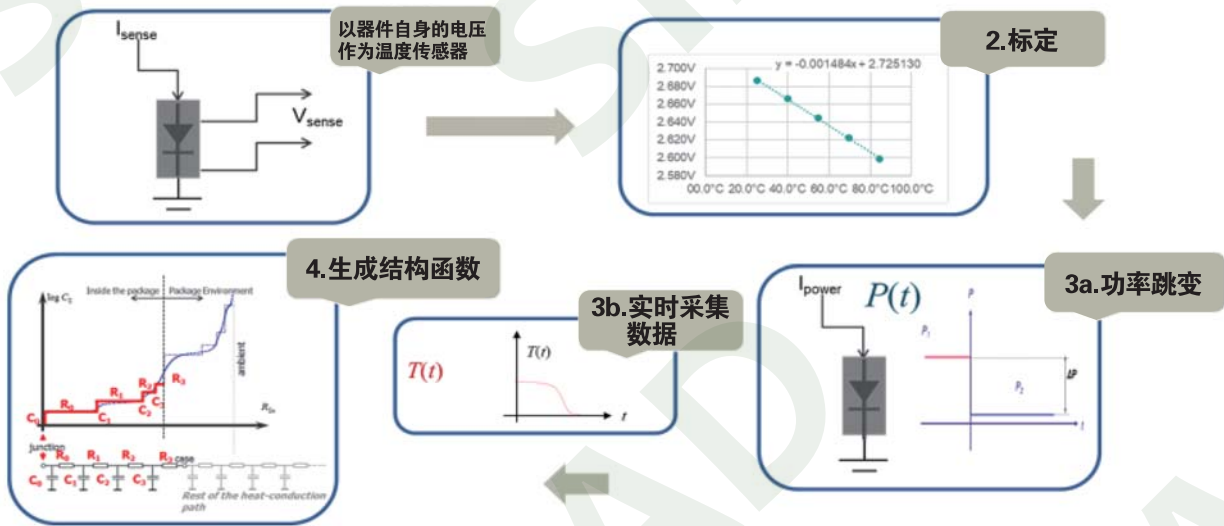
为SPCP-220/220系列气动压紧液冷试验台架提供压缩空气。

测试原理

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。

- 内置受业界广泛认可的 T3STER，测试方法符合 AQG-324, JESD51-1, IEC60747系列等国际主流标准关于测试器件冷却曲线的要求；
- 支持最新结壳热阻测试标准 JESD51-14；
- 支持使用结构函数非破坏性地分析器件内部封装结构各层的热阻和热容参数。

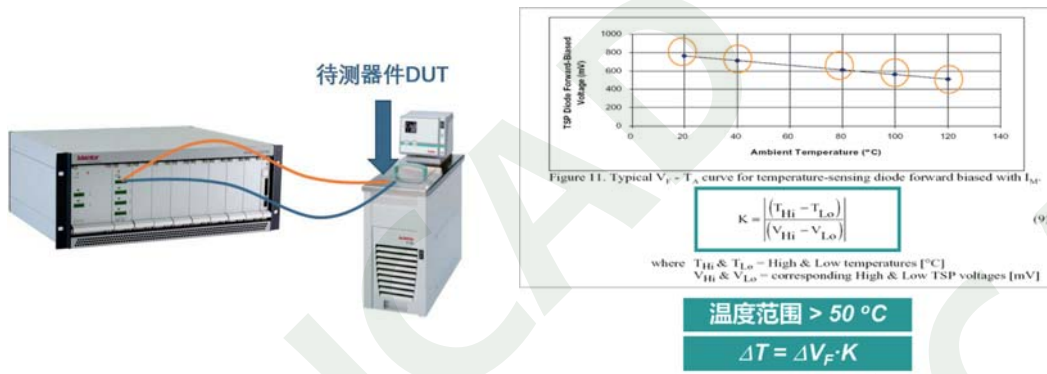
热瞬态测试流程



测试流程

标定（K系数测试）：建立结温与电压之间的关系

- 在器件本身的自发热（self-heating）可以忽略的情况下，将器件置于温度可控的恒温环境中，改变环境温度，测量 TSP，得到一条校准曲线；
- 提供多种温控装置，满足不同尺寸、不同封装类型器件的标定；
- 标定结果支持线性拟合和非线性拟合。

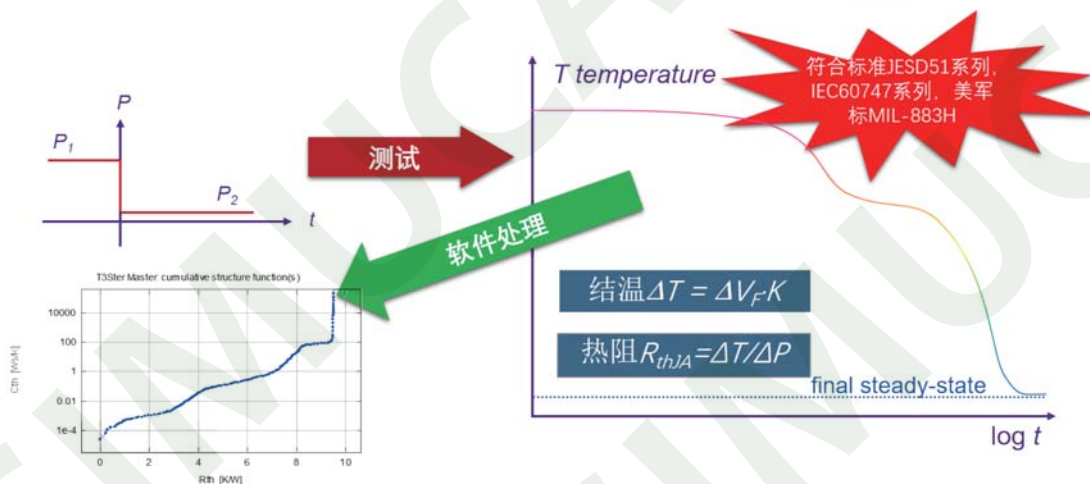


热瞬态测试（功率跳变+实时采集）

- 将待测器件放置在合适的测试环境中（如测试结壳热阻时，放置在液冷板上）；
- 给待测器件施加加热电流，等待其达到热稳定状态后，快速关断加热电流，仅保留标定时用的测试电流状态，切换时间最快 1us；
- 在测试电流下，实时记录电压（结温）随着时间变化的曲线，直到器件再次达到稳定状态；
 - 对数坐标自动变频采样，前密后疏，采样时间分辨率：1us；
 - 四线法（开尔文）测试，电压分辨率：18bit；

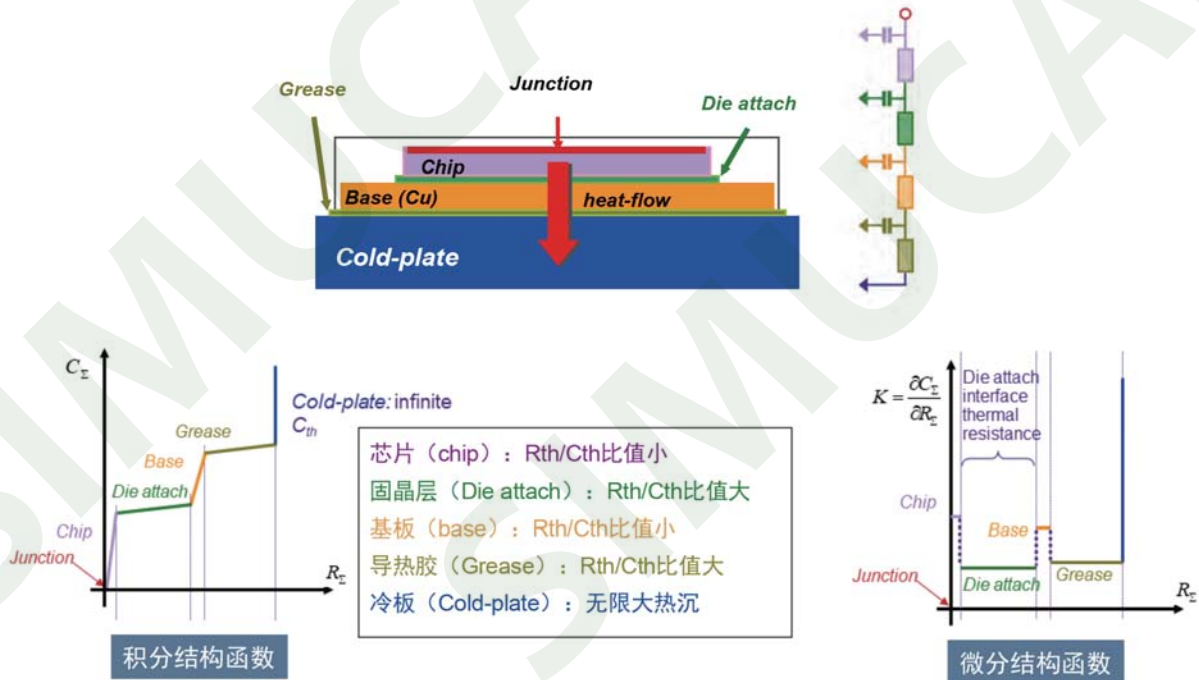


由坤道公司设计的用于进行结壳热阻测试的液冷板



结构函数介绍

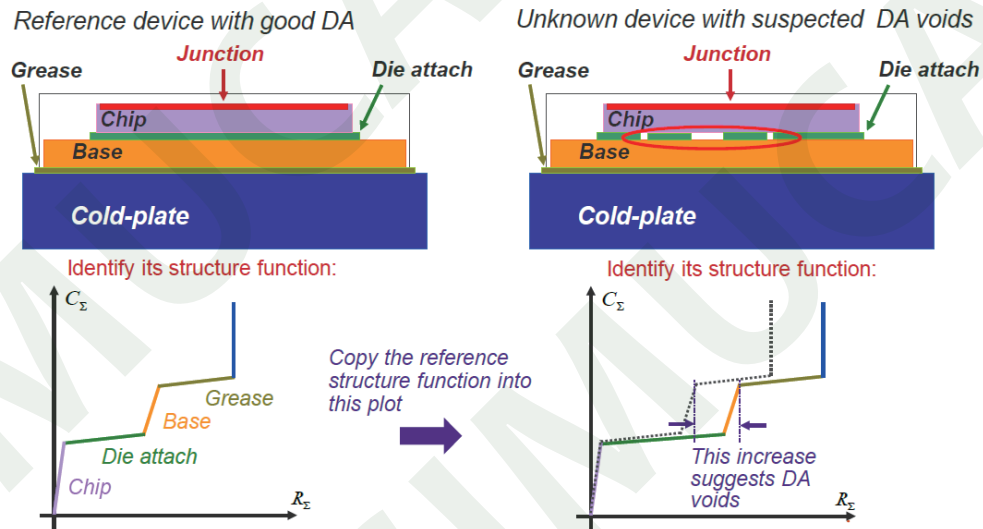
结构函数分析——描述器件热传导路径的模型



- 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；
- 积分结构函数横坐标是热阻，纵坐标是热容。曲线上斜率大的区域代表芯片、外壳等体结构，斜率小的区域代表 die attach等接触结构；
- 微分结构函数横坐标是热阻，纵坐标是热容对热阻的偏微分。曲线上的波峰代表芯片、外壳等体结构波谷代表 die attach等接触结构；
- 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在 x轴上的截距就是结到环境的总热阻。

结构函数——进行结构分析与比较的强有力工具

当器件某个结构或接触发生变化时，我们可以通过对比结构函数清晰地看到：

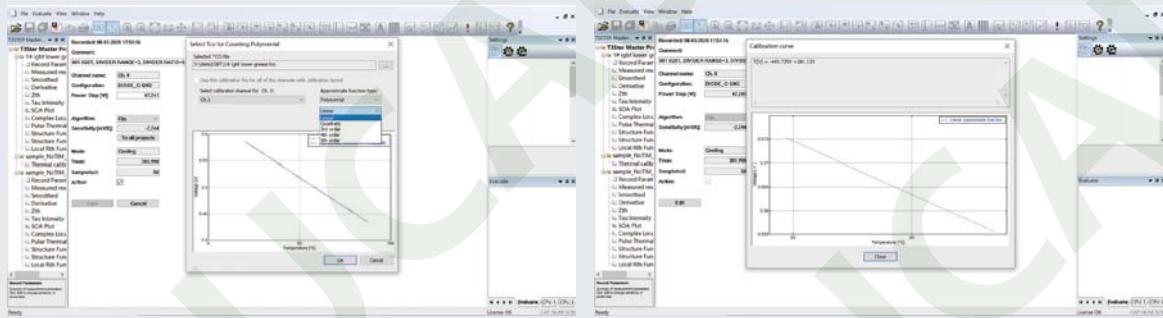


使用 T3SterMaster软件对热瞬态测试数据进行高级后处理

热瞬态测试数据分析软件 T3Ster Master 提供了数据的分析功能，分析结果包括：测量参数 (Record Parameters)，测量得到的瞬态温度响应曲线 (Measured response)，结温差随时间变化的曲线 (Smoothed response)，热阻抗曲线 (Zth)，时间常数谱 (Tau Intensity)，频域分析 (Complex Locus)，脉冲热阻 (Pulse Thermal Resistance)，安全工作区域 (SOA)，积分结构函数，微分结构函数以及RC网络模型等。

1. K系数曲线

Simcenter T3STER SI 在搭配推荐的外部恒温装置后，可以自动描绘待测器件的 K系数曲线，且能够对K系数曲线进行线性拟合以及非线性拟合。



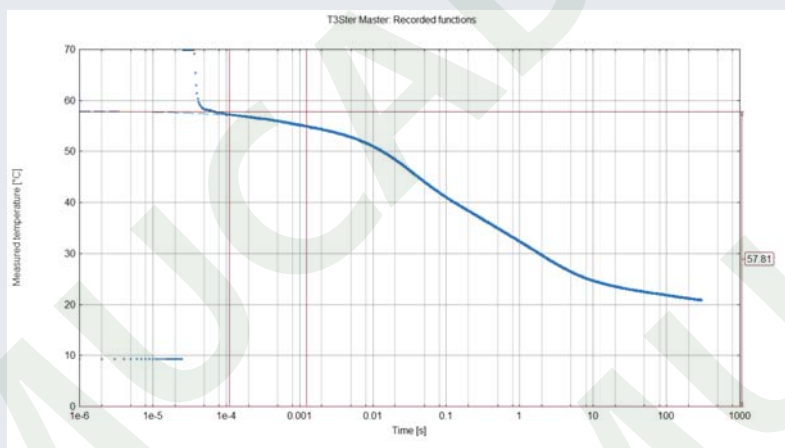
T3SterMaster显示的 K系数标定结果

2. 测试参数 (Record Parameter)

详细记录了每次测试的测试参数，包括加热功率，待测器件的 k系数，测试时间以及测试通道等。

3. 瞬态温度响应曲线

横坐标为时间，纵坐标为结温值，详细记录了结温随着时间瞬态变化的曲线。从该图可以得到待测器件在达到热稳定状态时结温值。

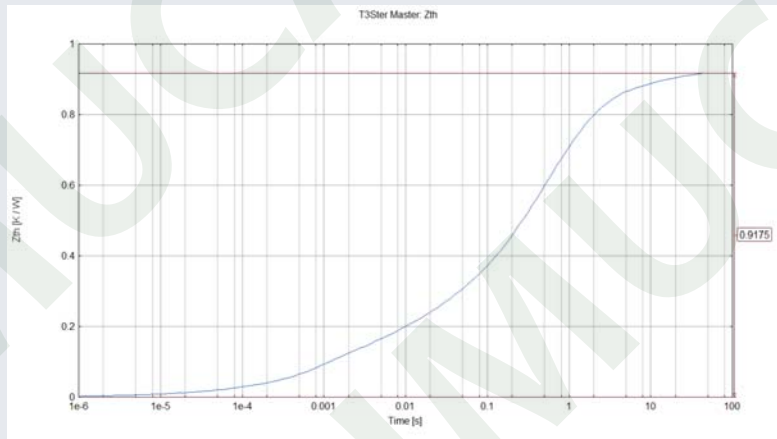


瞬态温度响应曲线 (冷却曲线)

4. 热阻抗曲线

将瞬态温度响应曲线对加热功率进行归一化即可得到热阻抗曲线。横坐标为时间，纵坐标为热阻抗。

可以从图中读出某一时刻的热阻抗以及达到热稳定状态后的总热阻。

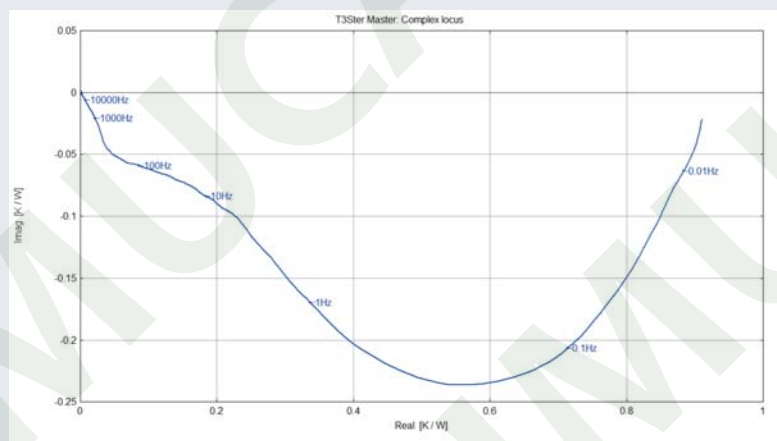


热阻抗曲线

5. 频域响应 (Complex Locus)

图中横坐标为实部，表示幅值的变化，纵坐标为虚部，表示相位的变化。如图所示，在不同的频率下，其热阻值和相位延迟是不同的。

该特性主要用于高频器件的设计优化过程，可研究器件在各种不同频率情况下的热性能。当输入的功率信号为 $A\sin(\omega t + \Phi)$ 时，器件结温的升高不仅受幅值 A 的影响，还和输入功率的频率 ω 有关。由于热容

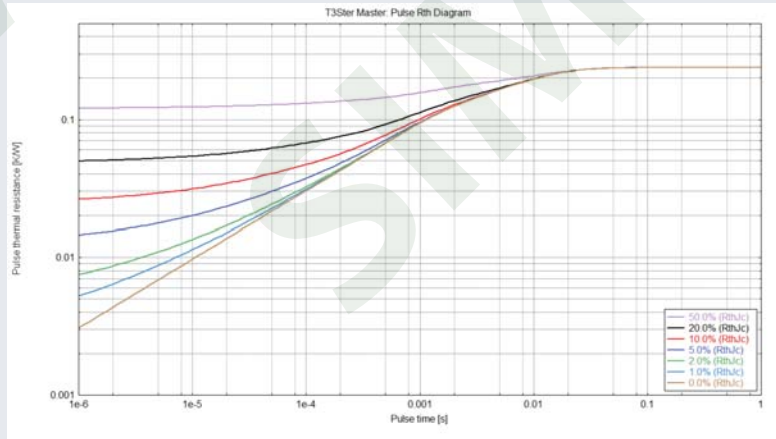


频域响应

的存在，温度变化的最大值和功率的最大值是不同步的，他们之间会存在一个相位延迟 $\Delta\Phi$ 。而且同一个功率值在高频工况下对器件造成的温升比低频工况下造成的温升低，这是由于在高频条件下，热量被更多地储存在芯片附近的热容层，并没有往外耗散。因此频域分析对于高频器件的设计优化非常有用。

6. 脉冲热阻 (Pulse Thermal Resistance)

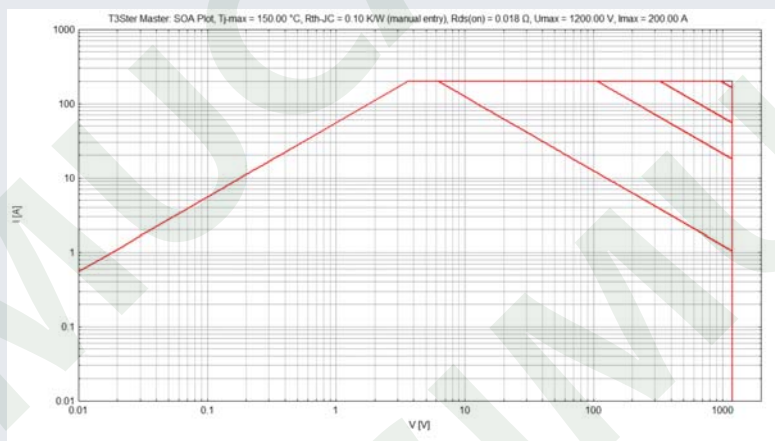
该功能描述的是器件工作在脉冲方波情况下的热学特性。横坐标是脉冲宽度 (s)，纵坐标是脉冲热阻值 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)。器件工作在脉冲方波情况下，其热阻值与脉冲宽度和占空比有关。



脉冲热阻

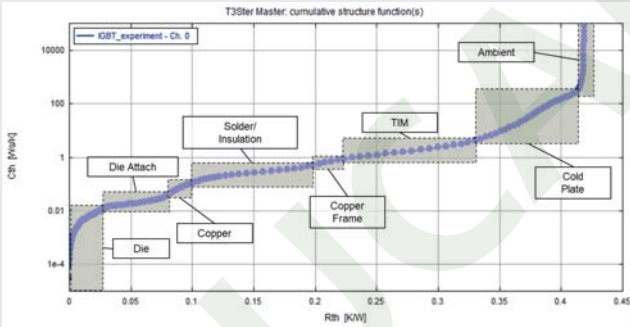
7. 安全工作区域 (SOA)

T3Ster Master软件可以绘制器件的安全工作区域。

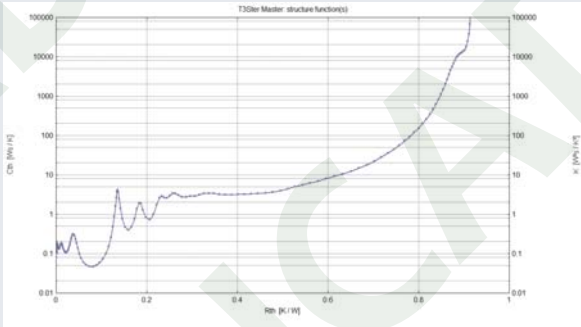


安全工作区域

8. 积分结构函数和微分结构函数



积分结构函数



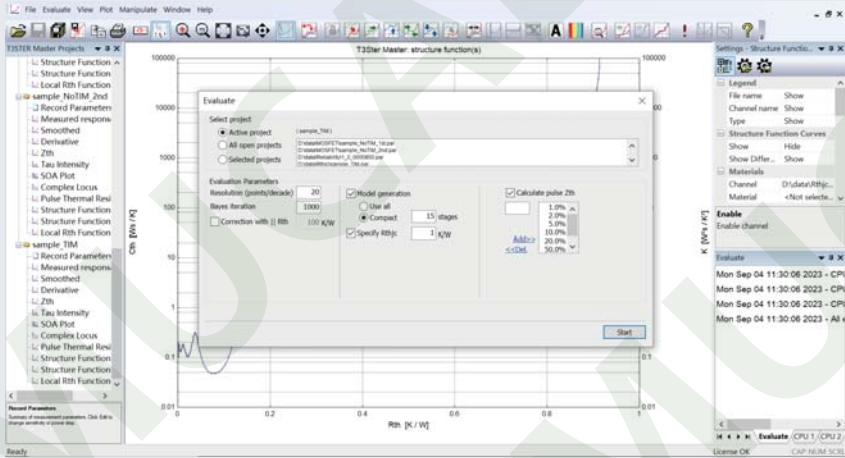
微分结构函数

积分结构函数横坐标是热阻，纵坐标是热容。曲线上斜率大的区域代表芯片、外壳等体结构，斜率小的区域代表 die attach等接触结构。

微分结构函数横坐标是热阻，纵坐标是热容对热阻的偏微分。曲线上的波峰代表芯片、外壳等体结构；波谷代表 die attach等接触结构。

通过积分结构函数和微分结构函数可以分析热传导路径上每层结构的热阻以及热容信息，构建器件等效热学模型，作为器件封装工艺、可靠性试验、材料热特性以及接触热阻的强大支持工具。

9. RC网络模型



生成 RC网络模型

10. 结壳热阻 R_{thjc}

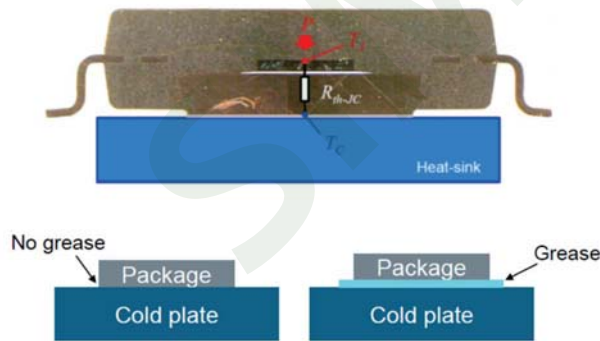
T3Stermaster软件支持使用传统的热电偶法和最新的结壳热阻测试标准JESD51-14定义的瞬态双界面法来测试结壳热阻。

JESD51-14: 瞬态热测试界面法 (TDIM-Transient Dual Interface Test Method) —2005年由 Micred与infineon 联合向 JEDEC 组织提出, 于 2010年 11 月通过并正式颁布。

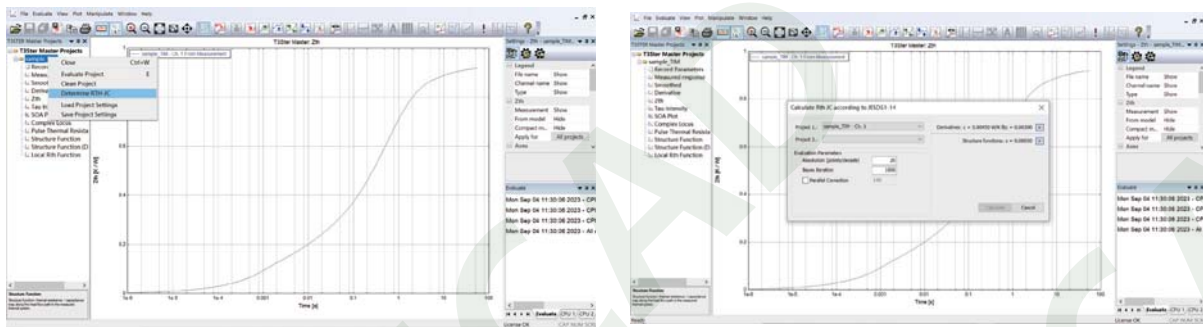
具体方法：为了获得器件的结壳热阻, 对器件实施两次热瞬态测试。

第一次测试, 器件和冷板之间干接触;

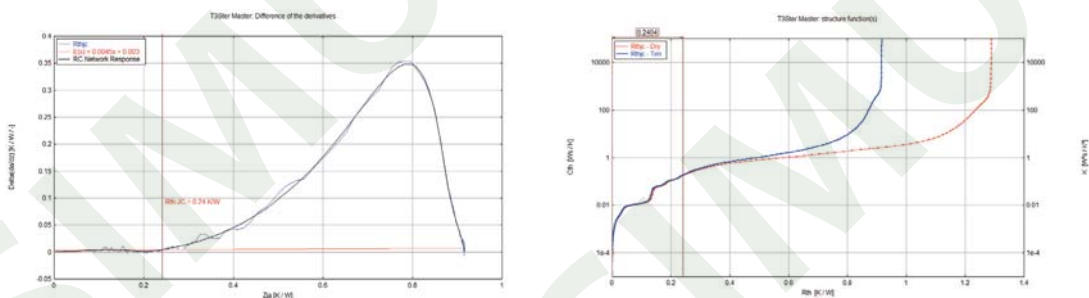
第二次测试, 器件和冷板之间涂上导热硅脂, 通过导热硅脂接触。由于两次散热路径的改变仅仅发生在器件之后, 因此两次测试结果在热阻抗曲线 Z_{th} 和结构函数上的分界处就代表了器件的壳。



JESD51-14测试原理图



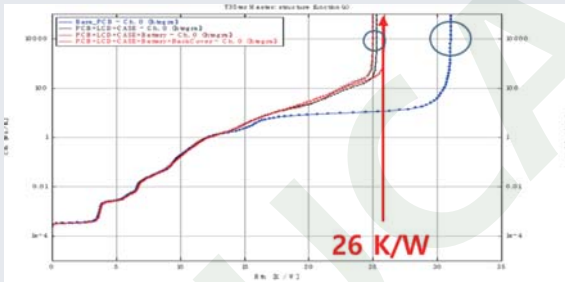
在 T3Stermaster软件中运行 JESD51-14定义的结壳热阻计算程序



软件自动计算得到的结壳热阻值

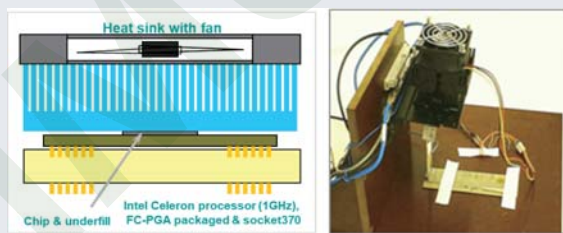
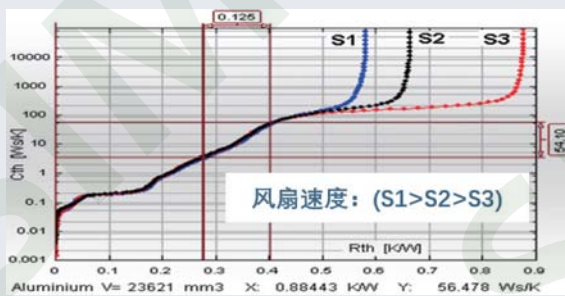
11. 结到环境的热阻 R_{thja}

结到自然对流环境的热阻



测试三星手机的 Exynos处理器

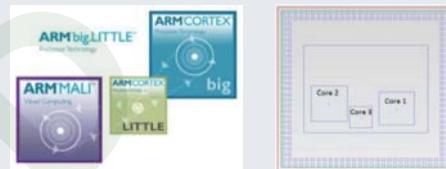
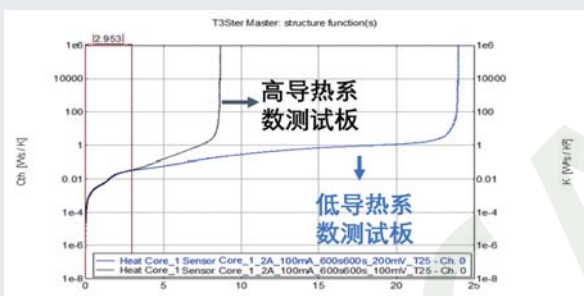
结到真实环境的热阻



测试 Intel的赛扬处理器

12. 结到板的热阻 R_{thjb} 和结到流体的热阻 R_{thjf}

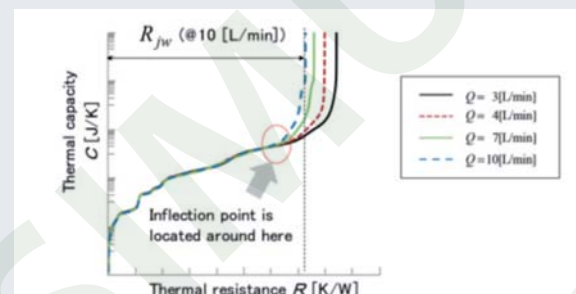
R_{thjb}



两种测试条件下, 结构函数前面部分重合在一起, 从原点到分离点的距离即为 R_{thjb}

华为测试 SOC的 R_{thjb}

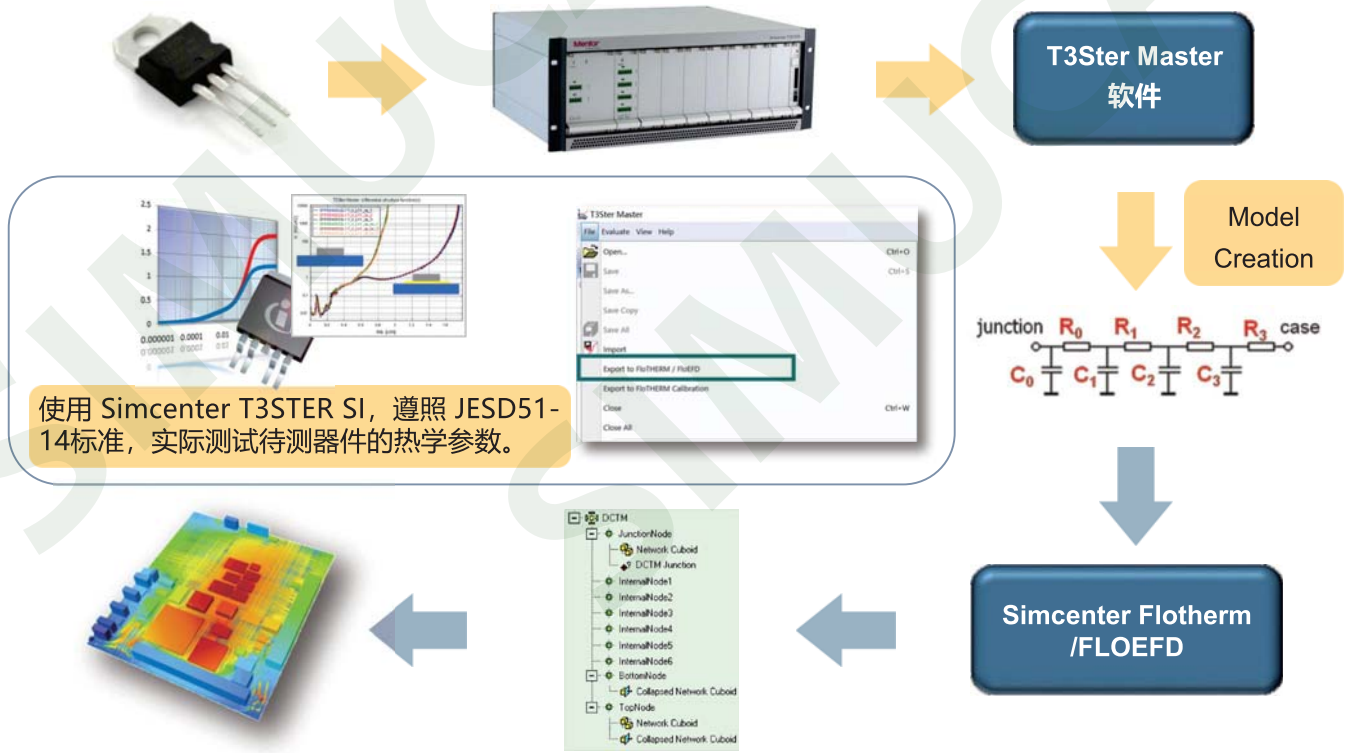
R_{thjf}



测试 HPD封装器件的 R_{thjf}

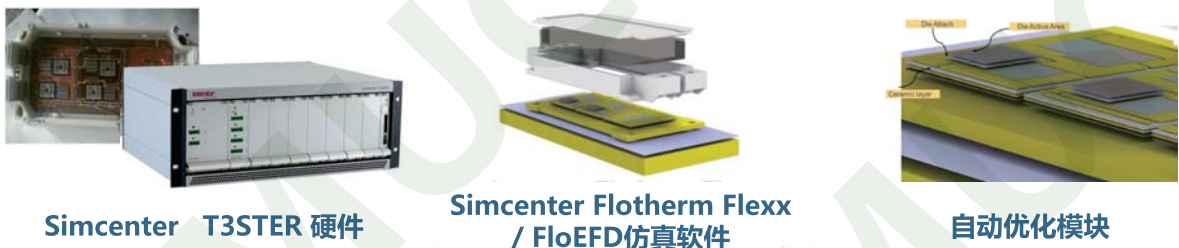
测试与仿真结合

将器件基于测试结果的 RC网络模型导出给仿真软件



利用实测的结构函数对 Flotherm Flexx / FLOEFD的仿真模型进行校准

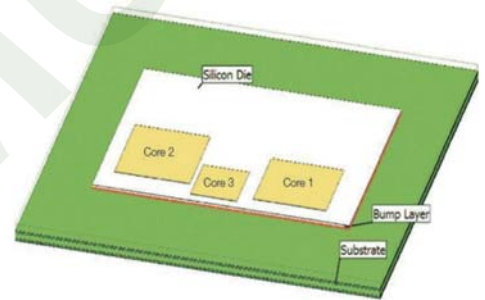
对实际器件进行热瞬态测试 根据经验创建了仿真模型, 该模型生成的SF与实测的一般不能重合 在Flotherm Flexx / FloEFD中运行自动优化模块, 直到模型的SF与实测的重合



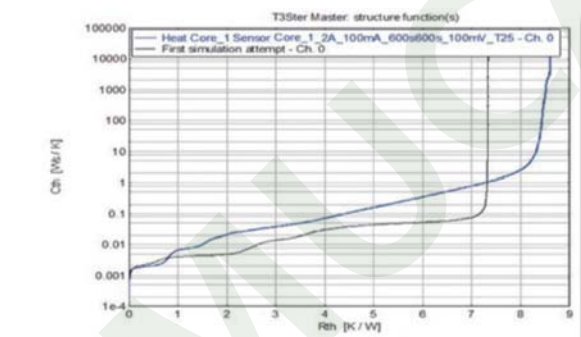
- 使用结构函数对仿真模型进行校准，仿真准确度可高达 99%以上；
- 软件自动改变参数进行优化，节省时间和成本，提升产品研发速度；
- 适用于器件级别，系统级别等所有情况下的稳态仿真和瞬态仿真

测试+仿真：华为使用结构函数校准其 SoC产品的 Flotherm仿真模型

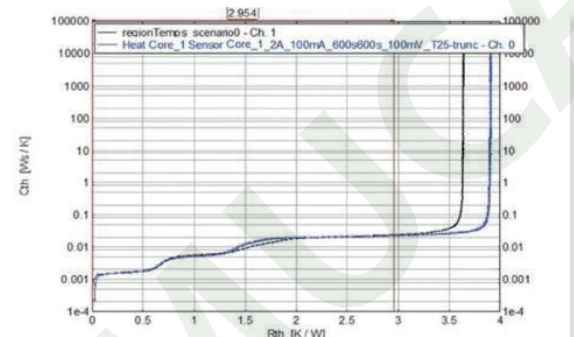
华为在产品设计中始终重视热挑战，在整个研发阶段始终将散热优化设计贯穿其中，从而使用 Simcenter T3STER 结合 Simcenter Flotherm，建立了一套多核 SoC 和 SiP 器件的内部热设计优化流程。



- 华为使用 Simcenter T3STER 的测试得到的结构函数成功校准了其 SoC产品的 Simcenter Flotherm 仿真模型。
- T3STER SI得到准确的仿真模型后，通过改变材料特性来优化仿真结果，从而降低热阻。最终再使用 Simcenter T3STER SI进行验证。



未校准的仿真结果(黑色) vs. Simcenter T3STER SI 测试结果(蓝色)



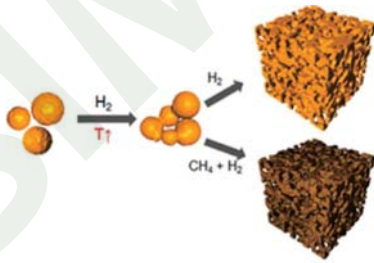
校准后的仿真结果和测试结果极好地重合在一起

测试案例

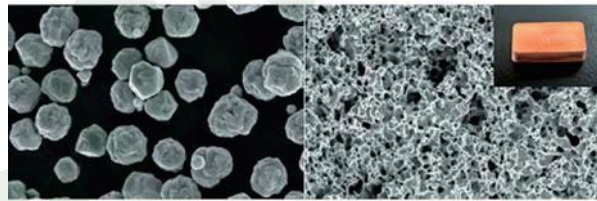
结构函数的应用：研究新的封装材料和封装工艺

韩国科学技术研究院(KIST) 研究一种新型的石墨烯-铜混合材料的散热性能

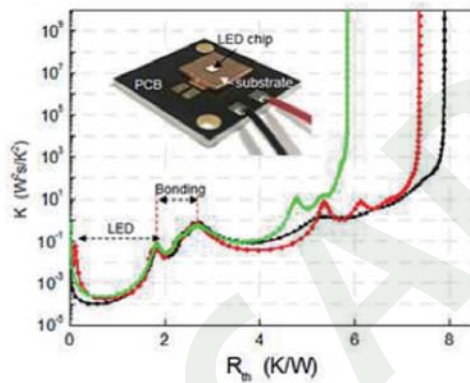
使用 Simcenter T3STER的结构函数研究了一种由新型的石墨烯-铜混合材料（多孔铜掺杂石墨烯材料）加工的 LED热沉的散热性能，并和传统材料进行了对比。



使用微粒子进行多孔异质结构
合成新材料的示意图



铜微粒和多孔结构的 SEM图像



绿色：石墨烯-铜混合材料
红色：多孔铜
黑色：致密铜

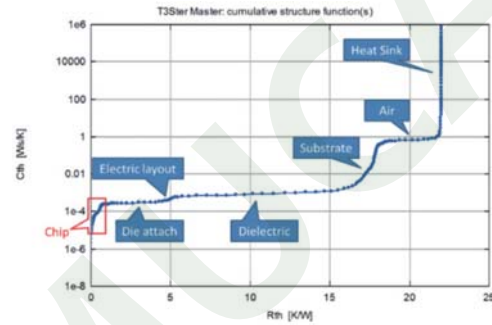
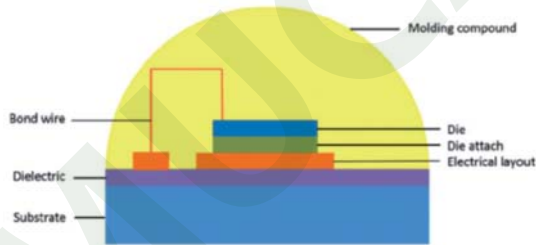
使用石墨烯-铜混合材料与其他材料加工的 LED 热沉的微分结构函数对比

Simcenter T3STER的微分结构函数显示，当分别使用石墨烯-铜混合材料（绿色），多孔铜（红色）和致密铜（黑色）加工的 LED热沉时，从芯片到热沉的热阻为 5.85K/W，7.38K/W和 7.91K/W。

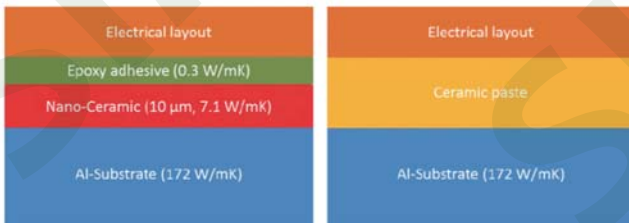
结果表明，该新型材料的散热性能比传统的致密铜和多孔铜材料都要优异，能大大减小器件的热阻。

德国达姆施塔特工业大学研究新的 PCB 用绝缘材料

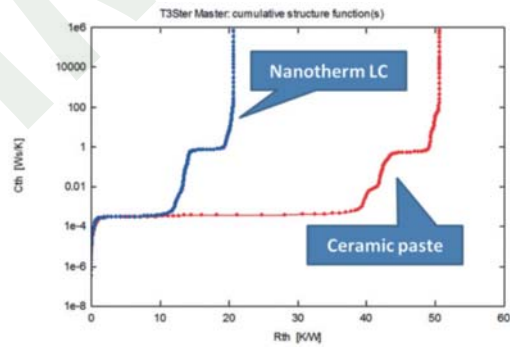
➤ COB封装的 LED结构及其结构函数



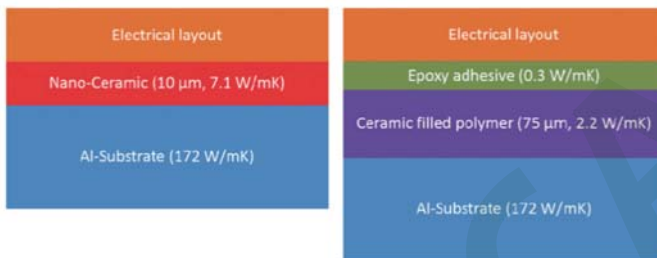
➤ 纳米陶瓷层压电路和普通陶瓷膏对比



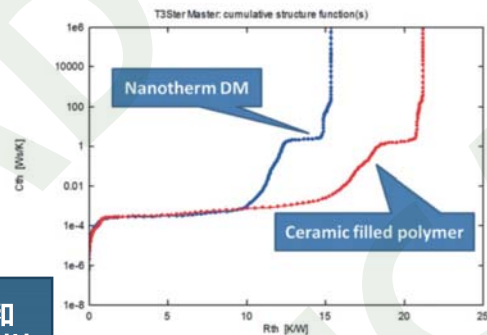
Nano-ceramic LC (左: 纳米陶瓷层压电路) 和 ceramic paste (右: 陶瓷膏) 的结构对比



➤ 纳米陶瓷直接金属化结构和陶瓷填充聚合物结构对比



Nano-ceramic DM (左: 纳米陶瓷直接金属化结构) 和 ceramic filled polymer (右: 陶瓷填充聚合物) 的结构对比



- ✓ 纳米陶瓷层压电路比普通陶瓷膏的热阻小;
- ✓ 纳米陶瓷直接金属化结构的热阻比陶瓷填充聚合物的热阻小;
- ✓ 因为纳米陶瓷直接金属化结构的导热系数更高, 厚度更小。

结构函数的应用：可靠性研究

研究 LED 在高温高湿情况下的 DA 分层现象

➤ 可靠性研究

监控器件或系统在一段时间内的老化情况

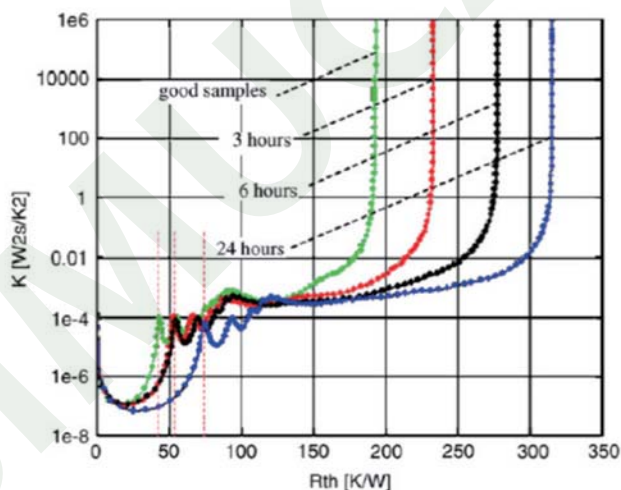
- 定位问题发生的位置；
- 在器件彻底失效前分析。

➤ 老化条件：

- 暴露在高温高湿条件下 3 小时，6 小时和 24 小时；温度：85°C；相对湿度：85%；
- 利用 270°C 的烤箱高温烘烤 20s。

➤ 测试结果：

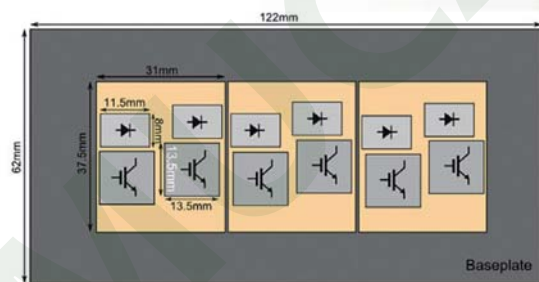
从微分结构函数的变化可以清晰地看出由于老化条件造成的分层（delamination），导致了芯片粘结层（Die attach）的热阻增大。



Nottingham University 利用结构函数研究 IGBT 接触层在功率循环中的破裂问题

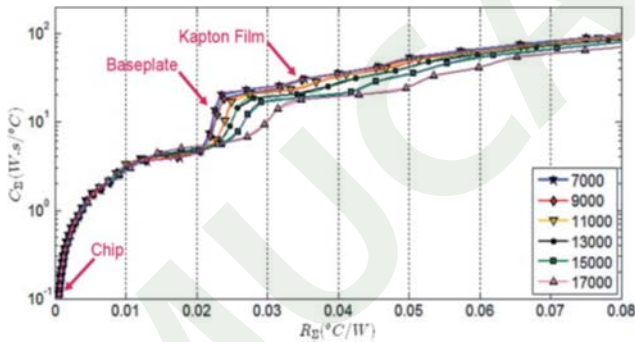
诺丁汉大学使用 Simcenter POWERTESTER 对

IGBT 进行功率循环测试，通过结构函数清晰地展示了随着功率循环次数的增加，结构函数沿着 X 轴往右移，代表热阻不断增大。而且结构函数识别了发生变化的部分是 baseplate 和 substrate 之间的界面层。

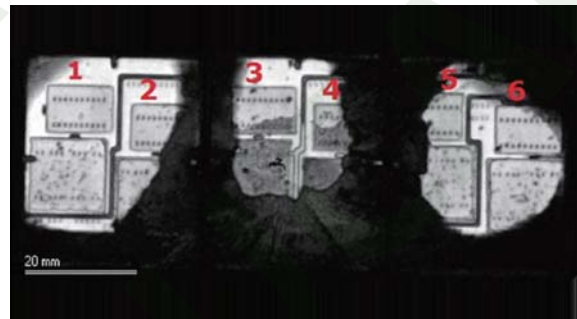


使用 Simcenter POWERTESTER 1500A 对高功率多芯片模块热传导路径中的界面破裂面积进行研究。

试验通过对一个 1.2KV/200A的 IGBT功率模块（包含 6个 IGBT芯片）进行了功率循环老练，研究了 substrate-baseplate界面层的焊料破裂的失效机理。结构函数直接显示了出现问题的结构。



积分结构函数随着功率循环次数的变化



在 17,700 次循环后的 SAM结果显示了 6 个 IGBT芯片下面的分层现象

Simcenter POWERTESTER集成功率循环&热瞬态测试的自动化测试系统

Simcenter POWERTESTER 是一台集成了功率循环，电学参数测试和热学结构分析的自动化测试系统。可以为新产品研发提供丰富的热学数据和可靠性数据，并以其先进的测试理念大大地缩短了测试时间，加速产品研发进程。

- 测试范围广；
- 提供丰富的热特性表征数据；
- 非破坏性地识别器件的封装结构；
- 测试结果可以用于校准仿真模型，对仿真进行指导；
- 支持多种功率循环模式；
- 提供高精度的数据监控，方便识别各种失效机理；
- 支持远程监控；
- 全套的安全性能监控；



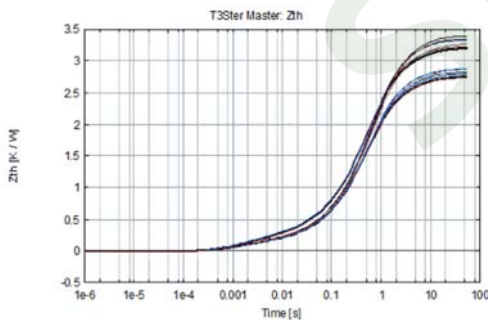
结构函数的应用：质量分析

新购入产品的质量检查/验证

质量分析：研究器件与器件之间的区别

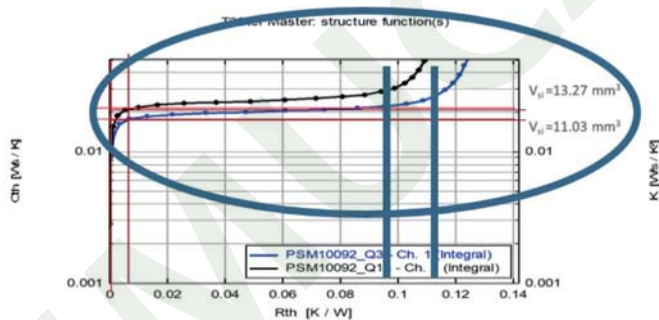
- 新购入产品的质量检查/验证
- 定位制造过程中存在的缺陷

- 对新购入的同一批次 MOSFET 器件，使用 Simcenter T3STER 进行热瞬态测试时，发现个体之间的热阻抗曲线不重合，且差异巨大。使用传统的 X 射线无法观察到器件内部的情况。



- 使用结构函数分析，发现：

- DA 层的热阻不同；
- 芯片的热容相差了 20%，热容正比于体积；



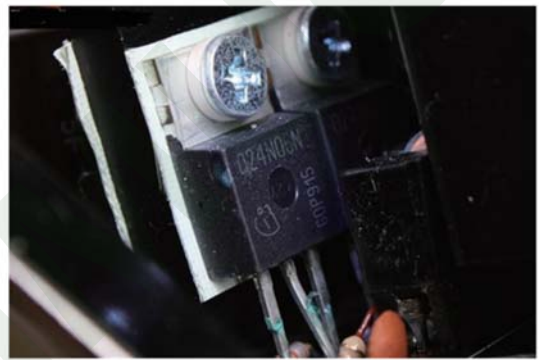
- 对器件进行破坏性地开帽检查，发现芯片的宽度相差了 1.1mm，证实了结构函数得到的热容相差 20% 的结论。

验证 TIM在实际应用环境中的热性能

接触热阻：利用结构函数研究机箱上器件不同接触条件下的热性能

使用 Simcenter T3STER 研究电子器件安装在机箱上的接触热阻；

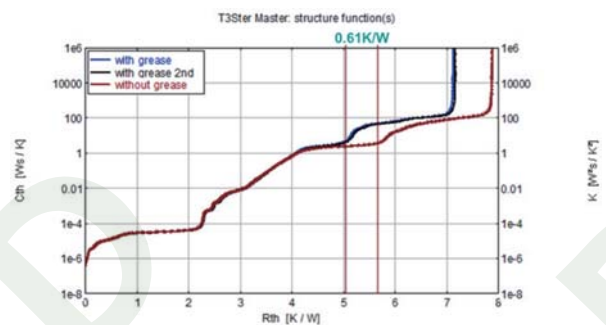
- 测试条件：改变接触层材料和压紧力
- 接触层材料：
 - 导热衬垫+导热硅脂 (with grease)
 - 导热衬垫+直接接触(without grease)
- 压紧力：通过扭力扳手调节接触层的厚度



接触材料不同对接触热阻的影响

将两次涂导热硅脂和一次不涂导热硅脂的积分结构函数对比。

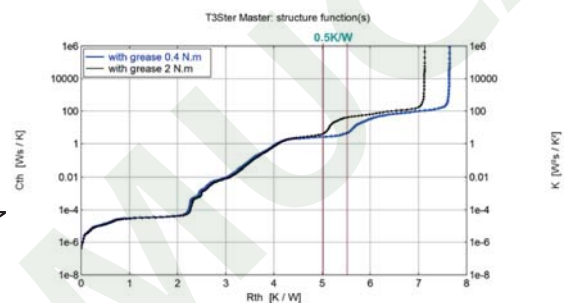
结果显示，在导热衬垫正反面涂导热硅脂的接触热阻比不涂减小了 0.61K/W左右。



压紧力不同对接触热阻的影响

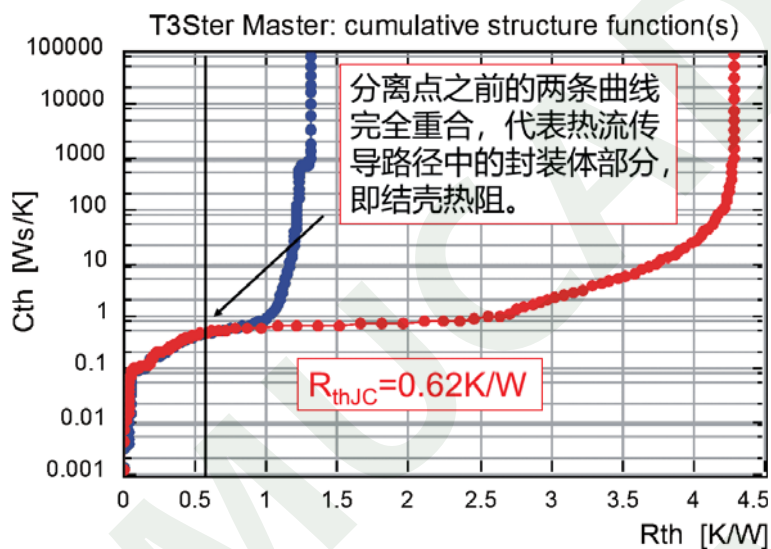
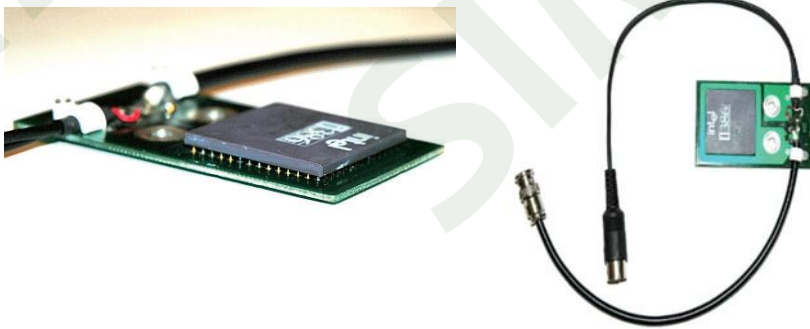
通过扭力扳手将压紧力分别设置为 0.4 N.m和 2 N.m。

积分结构函数显示，压紧力为 2 N.m 时接触热阻减小了 0.5K/W左右。



IC 测试 (BGA 封装的 i386处理器 测试)

- 把处理器焊接到了 PCB上:
 - Substrate diode 被用来施加加热功率并作为传感器;
- Cold-plate :
 - 将封装体的顶部压紧到液冷板上
 - 两次测试: 涂导热硅脂与不涂导热硅脂
- 通过两次测试的结构函数的分离点决定 R_{jc} (标准 JEDEC JESD51-14)



结壳热阻测试结果

蓝色为涂导热硅脂的结构函数, 红色为不涂导热硅脂的结构函数。

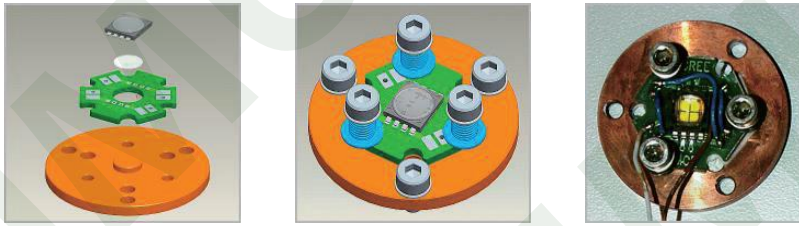
LED测试

根据 LED器件的首个国际标准 JESD 51-51规定，LED的热阻必须扣除光功率的影响，只考虑热功率。即：

$$R_{thr} = \Delta T / P_{heat} = \Delta T / (P_{el} - P_{opt})$$

10W白光 LED不同装配工艺的结构函数对比

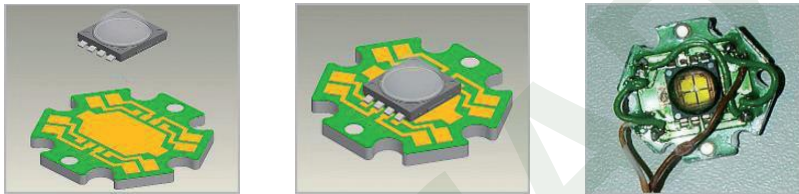
- FR4 PCB, 热沉和铜块之间利用热界面材料接触



- FR4 PCB, 铜块上通过焊接接触

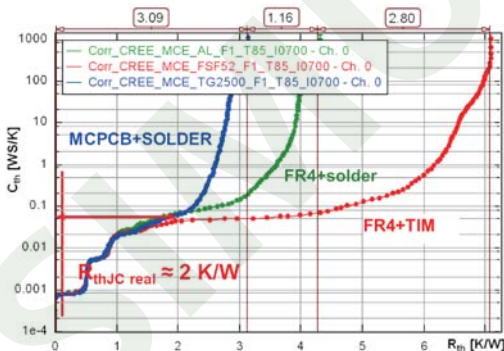


- MCPCB-s (Al和 Cu制造) , 焊接接触



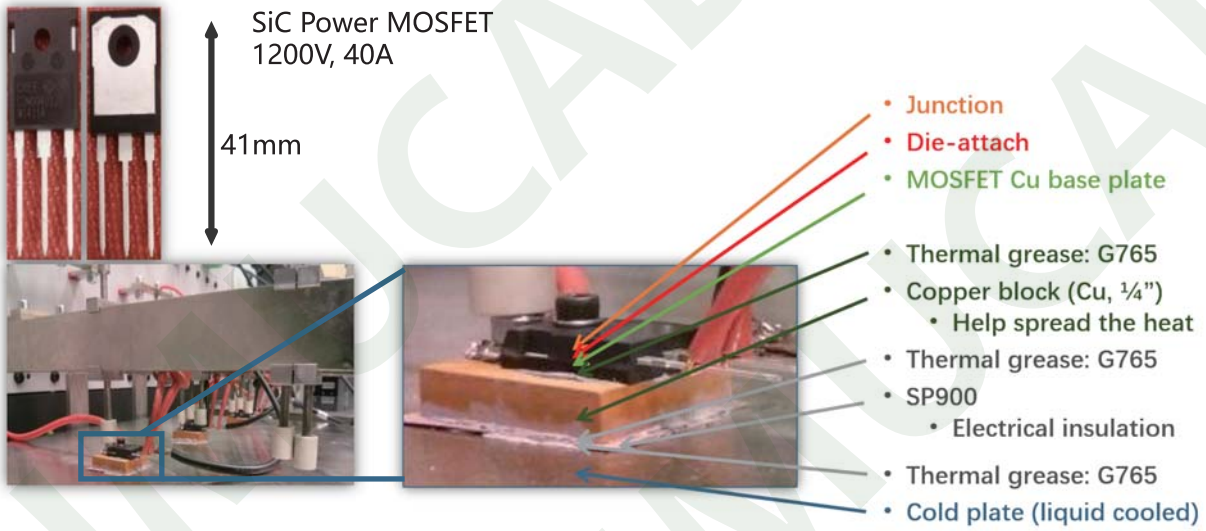
测试条件：700mA 85oC

三个样品的结构函数，结果已经经过光功率校正。

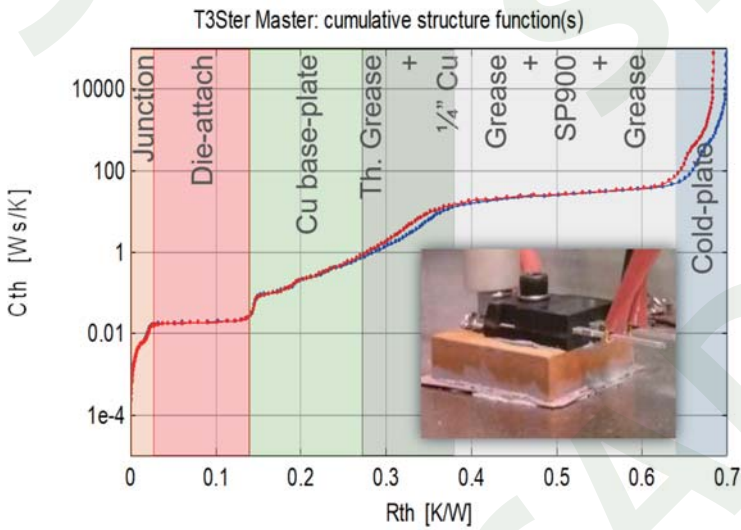


通过瞬态热界面法获得 R_{thJC} ，JEDEC
最新标准 JESD51-14

SiC MOSFET测试



结构函数分析



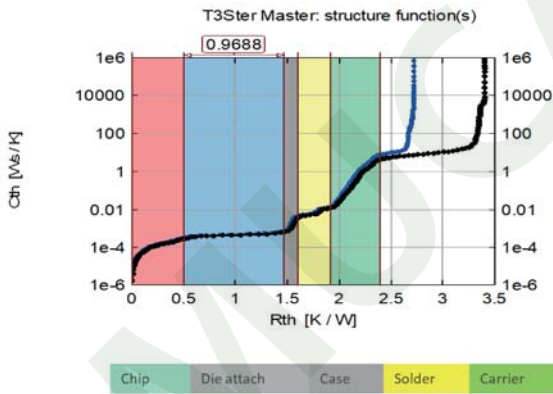
GaN HEMT测试

测试难点

- 传统的用于测试硅器件的电路往往无法用于测试 GaN HEMT器件；
- 具有不稳定的阈值电压；使用沟道电阻作为 TSP时，具有较长的寄生电瞬态效应；
- 不同的器件需要不同的测试方法；

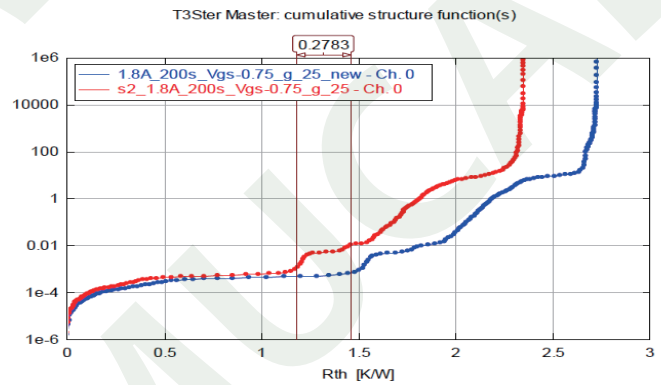
测试案例

➤ 结构函数:



结壳热阻测试结果

(蓝色为涂导热硅脂, 黑色为不涂导热硅脂)



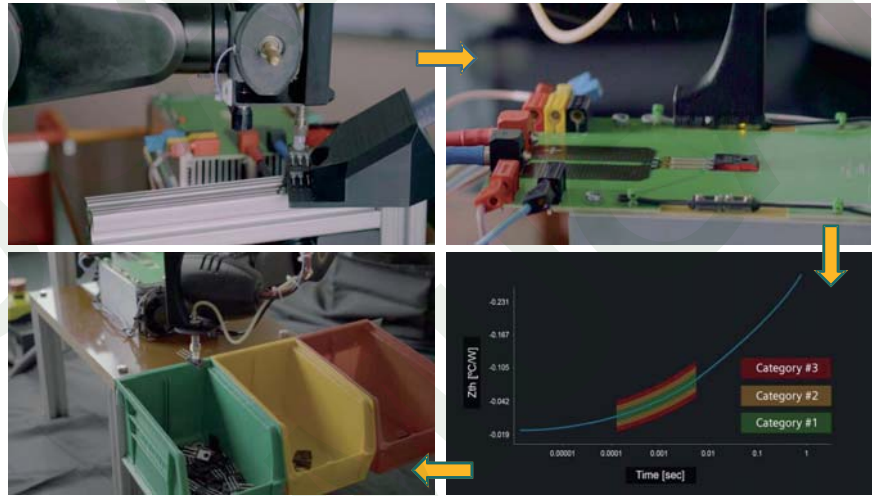
不同 DA结构的对比

Simcenter Quality Tester 介绍

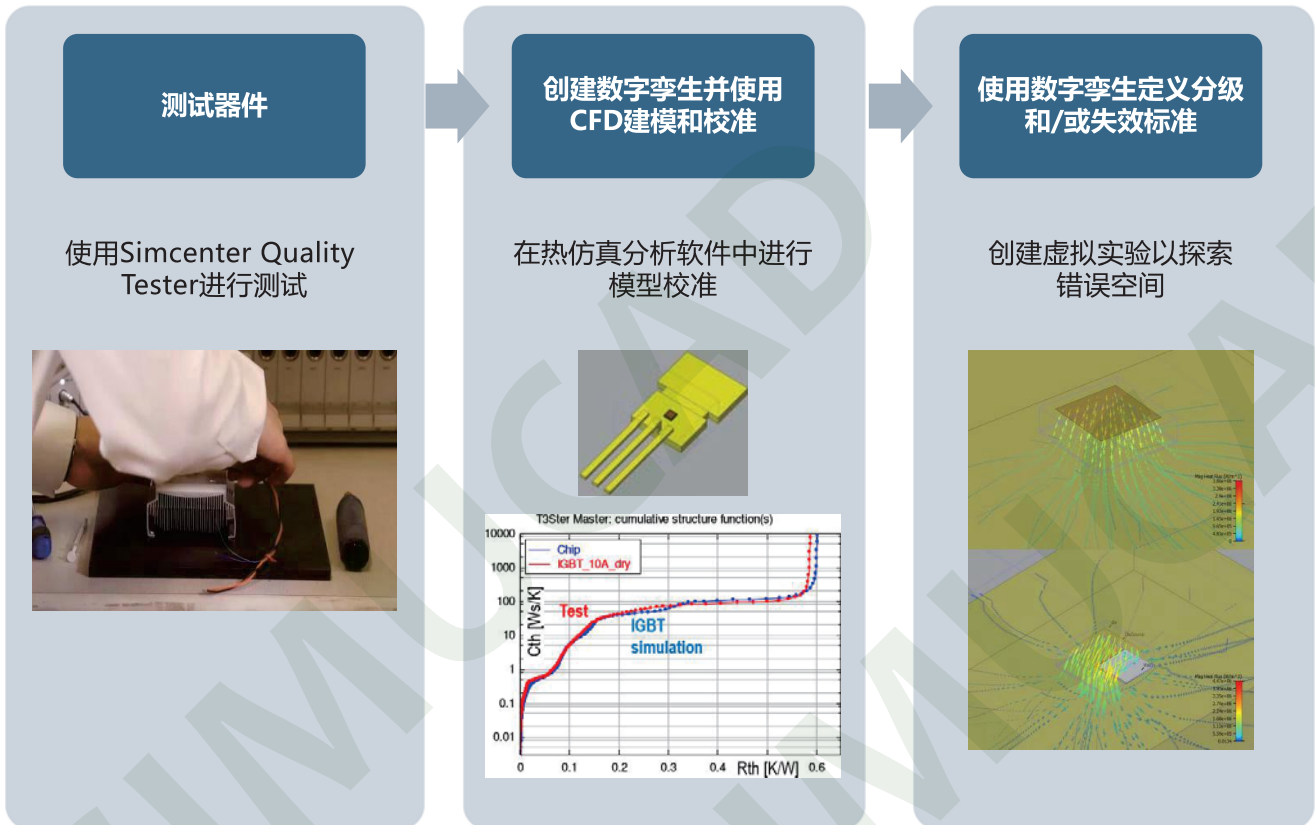
- 快速地, 自动化的热测试设备, 用于对产线上的产品进行质量检测;
- 搭配外部操作机械臂, 可在制造区域实现产品质量的快速筛查;
- 无需达到热稳定, 用更短的测试时间来检测DA区域的缺陷等, 提高测试效率, 保证产线产品的100%检测;



测试流程



对被测器件进行分级的流程: 结合测试和仿真进行



Simcenter T3STER SI部分客户

上海坤道在软件应用、工程师培训和售后技术服务方面帮助客户成功建立和完善技术平台，得到了广大用户的认可与信赖。

中国电子技术标准化研究院

中国电子科技集团公司第五十五研究所

中国电子科技集团公司第十三研究所

华为技术有限公司

复旦大学

深圳瑞丰光电子股份有限公司

工业和信息化部电子第五研究所（中国赛宝实验室）

中国科学院半导体研究所

中国科学院电工所

中国科学院宁波材料技术与工程研究所

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）

中国工程物理研究院总体所（绵阳九院4所）

中国工程物理研究院电子工程研究所（绵阳九院五所）

中国工程物理研究院应用电子学研究所（绵阳九院十所）

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）

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）

中国航天科工集团北京无线电测量研究所
（航天二院23所）

中国航天科工集团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）

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二十六研究所

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

北京信息科学技术研究院

北京振兴计量测试研究所（中国航天科工集团航天三院303所）

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质量监督检验院（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（ASTRI）

北京航空航天大学

上海大学

南京理工大学

中山大学

深圳大学

西安电子科技大学芜湖研究院

南昌大学

中国计量学院

厦门大学

厦门理工学院

华中科技大学（武汉光电国家实验室）

[接下页](#)

Simcenter T3STER SI部分客户 (接上页)

桂林电子科技大学

青岛科技大学

香港大学

香港科技大学

香港城市大学

北京世纪金光半导体有限公司

北京新能源汽车技术创新中心有限公司

上海亚明照明

博世华域转向系统有限公司

上海汉高 (Ablestik部门) (注: 汉高公司的
Ablestik系列产品是世界领先的自填充晶圆黏结剂)

三安光电

华灿光电 (浙江) 有限公司

德豪润达

深圳天电光电

欧普照明股份有限公司

广州市鸿利光电股份有限公司

广州视源科技股份有限公司

宜昌惠科科技有限公司

扬州艾笛森光电有限公司

山东阳信长威电子有限公司

芯封科技 (清华长三角研究院)

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

无锡欧司朗照明

华进半导体封装先导技术研发中心有限公司NCAP

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

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

江苏云意电气股份有限公司

中船重工第772研究所

中船重工第724研究所

常州银河世纪微电子股份有限公司

江苏中科君芯科技有限公司

广东能芯半导体科技有限公司

基本半导体有限公司

株洲宏达电子股份有限公司

海科 (嘉兴) 电力科技有限公司

.....

扫码关注

上海坤道公众号



扫码访问

上海坤道官方网站



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·上海市虹口区西江湾路388号凯德虹口商业中心A座2502室

电话: 021 62157100, 021 62555891

传真: +86 21 62151794

邮箱: info@simu-cad.com

网址: www.simu-cad.com

Copyright © 2024 SimuCAD Ltd.

Mentor Graphics, FloTHERM/XT, FloEFD, FloVENT, Flowmaster and T3Ster are registered trademarks of

SIEMENS/Mentor Graphics Corporation.

坤道 SIMUCAD