# SanjSCOPE™

# 热成像系统

## SanjSCOPE™ Thermal Imaging Systems

Microsanj is a leadng provider of high-resolution transient thermalimaging services and solutions for both commercial and researchapplications.the system is based on optical thermoreflectancecharacterization;digital signal processing and advanced patented software algorithms that supports electronic and optoelectroniccomponents measurement,thermal design validation of ics,defects and failure analysis.


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。

坤道公司的前身为 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。目前是西门子工业软件/Mentor Graphics Graphics 公司流体分析、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总代理，负责其产品的销售和服务事宜。同时，上海坤道公司还是美国 Microsanj 公司 Sanjcope 系列高精度微电子温度成像系统及美国 C&R Technology 公司 Sinda/Fluint、Thermal-Desktop 全系列产品、ATS 公司全系列流体及热测量设备在中国大陆的总代理。

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

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、高温度分辨率的，可以对亚微米级别的微电子系统进行热分析的通用工具。

全球领先的一维流体及传热分析软件——FloMASTER: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。

FloTHERM电子热设计软件系列：作为全球第一款专门针对电子器件 / 设备热设计而开发的仿真软件，FloTHERM可以实现从元器件级、PCB板和模块级、系统整机级到环境级的热分析。FloTHERM软件自1989年推出以来就一直居于市场领导地位(市场占有率高达70%)并引领该行业的技术发展。其研发人员是全球最早开始研究CFD理论的科研人员，也是最早一批将传统的CFD仿真技术工程化的技术先驱。

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。

FloVENT专业暖通（HVAC）及环境级流场热分析软件:FloVENT是专业的暖通（HVAC）、节能、数据中心流体及热分析软件，同时也是全球第一款环境级暖通及流场仿真软件，自从1989年推出以来就一直领导该行业的发展，在全球建筑通风仿真和数据中心热分析市场占有率超过50%。FloVENT可广泛运用于室内通风及空调设计、数据中心热分析、社区和建筑内外环境分析、洁净室设计、浓度扩散预测及火灾的仿真。

SINDA/FLUINT&Thermal　Desktop航空航天专业热分析软件:SINDA/FLUINT是基于有限差分方法应用于复杂系统热设计分析和流体分析的软件。长期以来，SINDA/FLUINT已经成为航空航天业界用户最可靠的传热与流体设计工具，是美国NASA在轨飞行器热设计的标准工具。Thermal Desktop是一个利用集成参数、有限差分和有限元模拟方法、能让用户快速建模、分析和后处理复杂热/流体模型的软件工具，可作为SINDA/FLUINT软件的三维前处理工具。

世界领先的半导体热特性测试仪—T3Ster:T3Ster运用JEDEC测试方法（JESD51-1）中先进的实时采样静态测试方法（Static Mode），广泛用于测试各类分离器件（包括二极管、三极管、MOSFET、IGBT等）、各类IC（SoC、SIP、MCM等）、大功率LED、导热材料、散热器、热管等的热阻、热容及导热系数，接触热阻等热特性。

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。

## ◆ 关于SanjSCOPE™热成像系统

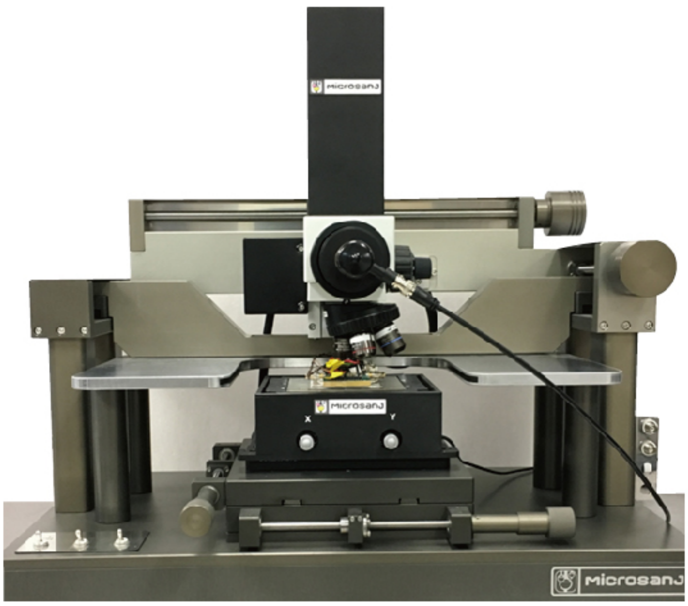
- SanjSCOPE™热成像系统主要采用基于lock-in手段的反射率热成像技术，结合数字信号处理手段以及先进的软件算法，为用户提供一个集高空间分辨率、高时间分辨率、高温度分辨率的，可以对亚微米级别的微电子系统进行热分析的通用工具。

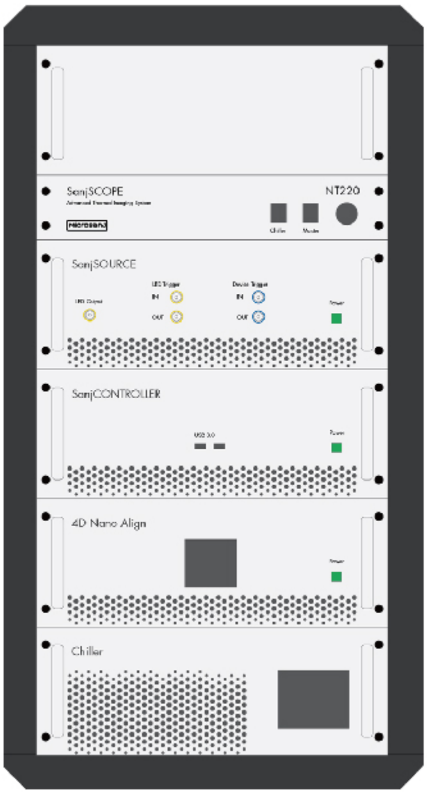
- 亚微米量级的空间分辨率：SanjSCOPE™热成像系统可以达到300nm的高空间分辨率，更加适用于亚微米量级的器件的热成像。

- 极高的瞬态热成像时间分辨率：SanjSCOPE™热成像系统具有微秒级（MicroTherm）系列、纳秒级（NanoTherm）系列以及皮秒级PT（PicoTherm）系列，时间分辨率分别为50μs，50ns以及800ps，可以满足不同层次的测试需求。

- SanjSCOPE™热成像系统在TR（反射率热成像）技术的基础上，支持增加IR（红外热成像）功能。通过IR功能可以实现高达15mK的热灵敏度，方便用户在更大视野范围的宏观领域，以进行更低功率量级的热点探测，进而再使用TR功能针对上述热点进行更高空间分辨率下的更细致的分析。

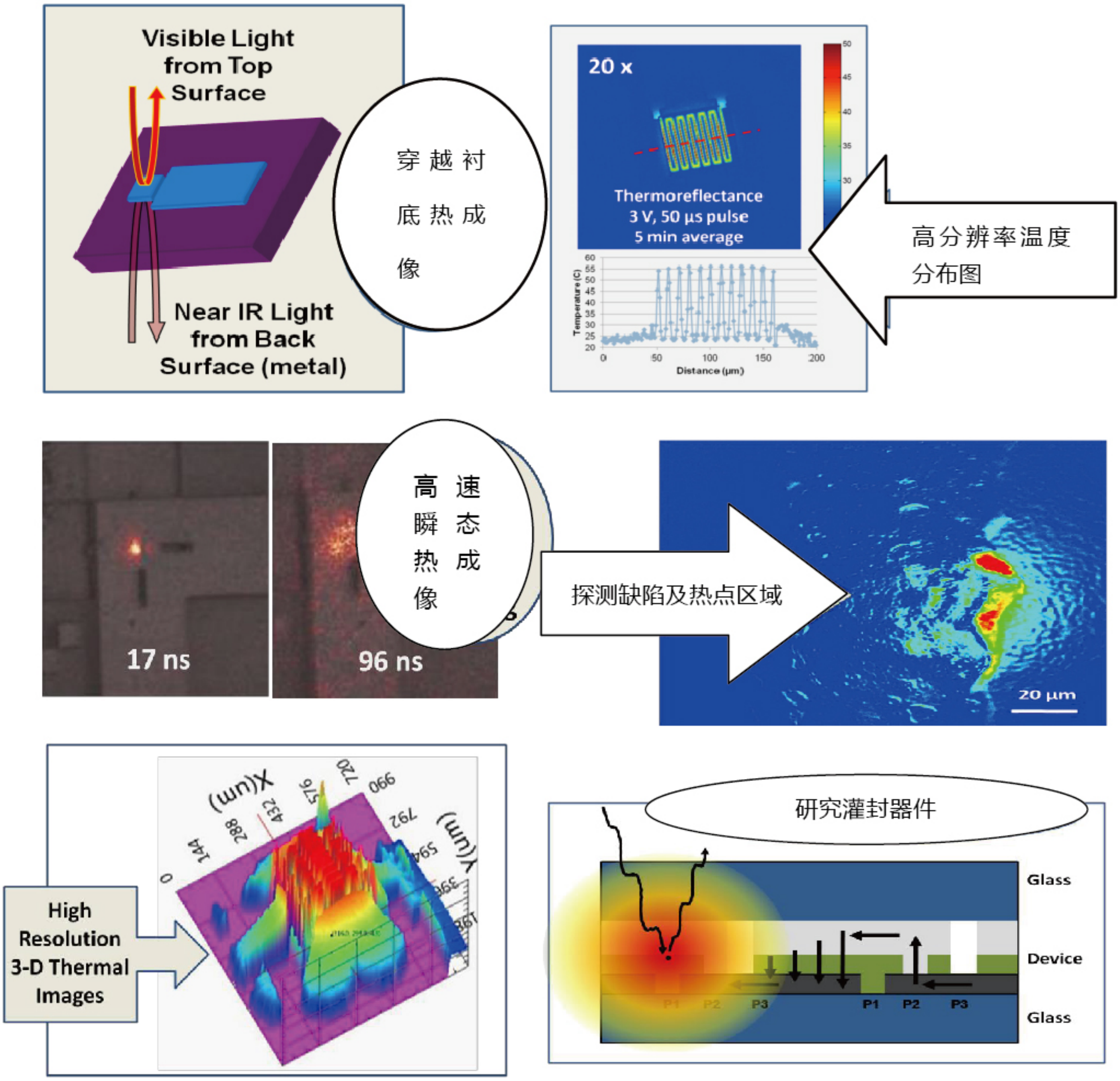
- SanjSCOPE™热成像系统的研发者Dr.Ali Shakouri毕业于美国加州理工大学，目前任职普渡大学Birck纳米技术中心的主任，是公认的纳米技术领域的权威。





## ◆ SanjSCOPE™热成像系统反射率成像系统的功能

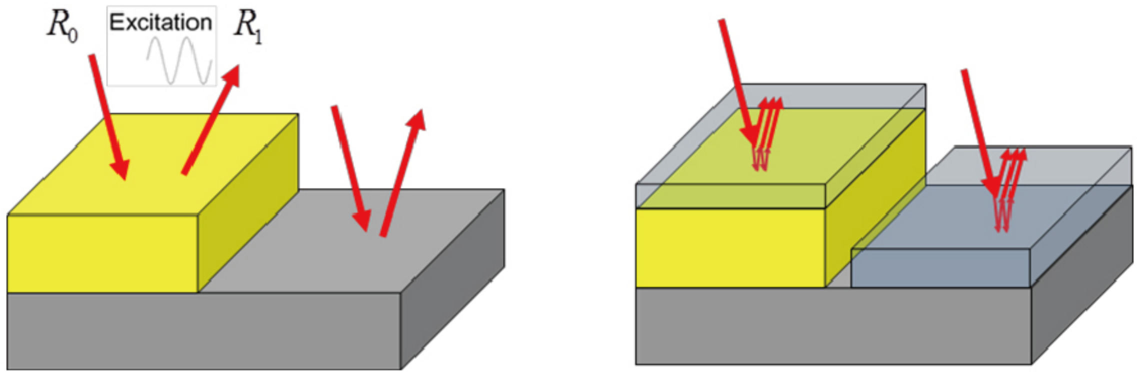
- 测试器件表面温度分布；
- 进行热点区域检测，快速而准确地定位芯片表面的缺陷，作为器件的缺陷和失效分析的表征手段。
- 能够分析半导体器件的瞬态热成像过程；
- 准确测试GaN HEMT，GaAs FET等器件以及光电子器件的温度分布及瞬态热成像过程。



# ◆ 反射率热成像技术的原理

## ➢ 反射率热成像技术的原理

反射率热成像技术利用材料的反射率随着温度变化而变化的原理来测试器件的温度分布。




The refleetivity $R$ of the material for normal ineidenee of light has the form

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial T}\Delta T = \kappa \Delta T$$

where κ , which is typically of the order of $10^{-2}$-$10^{-5}$ $K^{-1}$, is the thermoreflectance calibration coefficient

图1 材料反射率与温度的关系

（1）材料的反射率与温度有关：当材料的温度发生变化时，探测器探测到的反射光强度也会随之发生改变。

材料的反射率与温度的函数关系可以用上图的公式描述，其中K是“反射率-温度系数”。K是一个基本的材料属性，与材料本身相关，与照射光的波长相关。对于常见的金属以及半导体材料来说，温度-反射率系数K的量级一般为$10^{-2}$/K~$10^{-5}$/K。

（2）通过光学手段测试发热器件的表面材料对于特定波长光源的反射光强度，再根据材料的“反射率-温度系数” K，就能测得器件的温度分布。

（3）“反射率-温度系数”对于大多数波长都是非零的，因此探测光可以采用可见波段。与红外成像技术的红外波段相比，可见光波段可以使温度分布图的空间分辨率提高一个数量级，达到亚微米量级。

Abbe diffraction limit $$d = \frac{\lambda}{2(n \sin \theta)}$$

（4）不同于红外热成像技术，反射率热成像技术不依赖于材料的辐射系数。

## ➢ SanjSCOPE™热成像系统的工作原理

（1）正面热成像原理

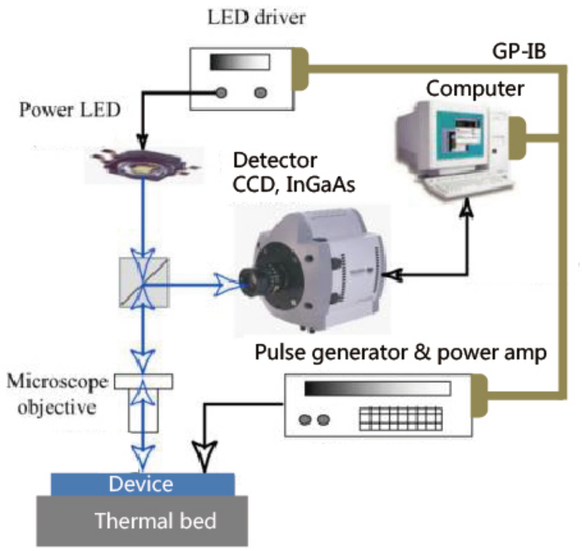


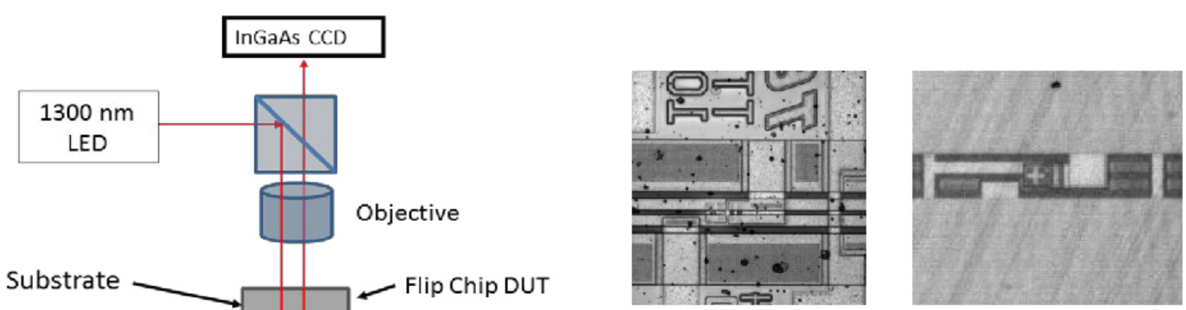

图2 基于CCD成像的高分辨率的反射率热成像系统的基本结构图

图2所示是SanjSCOPE™热成像系统正面热成像的结构示意图。该系统包括：LED照明光源、显微系统以及CCD摄像头。LED照明光源用于提供稳定的入射光，其发射光经显微系统照射到待测器件的表面，经过待测器件表面的反射光再经由显微系统回到CCD摄像头。当器件的温度发生改变时，CCD探测到的反射光的强度也随之改变。因此通过测试反射光强度的改变，再根据表征材料反射率与温度的关系的参数“反射率-温度系数”，就可以得到温度的分布。

A、选择波长为400nm-800nm的可见光，可以得到亚微米量级的空间分辨率；

B、由于“反射率-温度系数”是一个很微弱的量，在实际操作中通过锁相放大技术（lock-in）来提高采集信号的信噪比，以获得更高的温度分辨率。

（2）穿透衬底热成像原理（NT310原理）




衬底表面空间分布图　有源层表面空间分布图

图3 穿透衬底热成像原理示意图

在SanjSCOPE™ NT310系统中，照明光源选择近红外波段的LED光源，由于近红外波段对大多数半导体器件的衬底材料(尤其是硅材料)是透明的，可以直接入射到器件的有源层，因此可以直接获取衬底层下方的有源层的反射光强度，从而获得有源层的温度分布。因此穿透衬底热成像功能可以用于分析flip-chip等的真实温度分布。

（3）lock-in技术

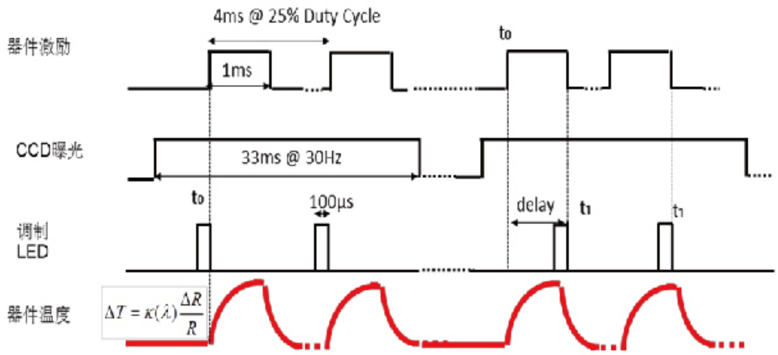



图4 瞬态热成像原理图

通过调节LED脉冲与器件激励之间的延迟时间，可以在不同的时间点采集温度数据。根据这种方式，通过调节待测器件激励脉冲的时长，SanjSCOPE™热成像系统可以准确测试待测器件在热稳定状态下的温度分布以及各个瞬态时刻点的温度分布。

## ◆ SanjSCOPE™热成像系统的型号及技术参数

| 产品系列 | 微秒级热成像系统（MicroTherm） | 纳秒级热成像系统（NanoTherm） | | 皮秒级热成像系统（PicoTherm） |
|---|---|---|---|---|
| 产品型号 | MT120A/<br>MTIR120A | NT220C/<br>NTIR220C | NT310B | PT410A |
| 像素 | 可见光：1920x1200<br>IR: 640x512 | 可见光：2048x2048<br>IR: 640x512 | 640x512 | 1024 x1024 |
| 光谱范围 | 可见光：400~800nm<br>LWIR:7.5~13.5μm | 可见光：365~800nm<br>LWIR:7.5~13.5μm | 近红外：1050~1700nm<br>长波红外：7.5~13.5μm | 480~1060nm |
| 视野 | TR模式: 2.25 mm × 1.4 mm<br>IR模式: 15.4 mm × 12.3 mm | TR模式: 2.25 mm × 2.25 mm<br>IR模式: 15.4 mm × 12.3 mm | TR模式: 1.92mm× 1.54 mm<br>IR模式: 15.4 mm × 12.3 mm | 2.66 mm × 2.66 mm |
| 空间分辨率 | TR模式: 700nm<br>（20x, 0.4NA,470nm LED）<br>295nm/每像素@20x<br>IR模式: 48μm | TR模式：389nm<br>（100x, 0.52NA,405nm LED）<br>55nm/每像素@100x<br>IR模式：48μm | TR模式：915nm<br>（100x, 0.8NA,1300nm LED）<br>150nm/每像素@100x<br>IR模式：48μm | 380 nm<br>(532nm光源, 100X物镜, NA=0.7)<br>760 nm<br>(1060nm光源, 100X物镜, NA=0.7)<br>130nm/每像素@100x |
| 瞬态时间分辨率 | TR模式: 50μs<br>IR模式: 17ms | TR模式: 50ns<br>IR模式: 17ms | TR模式：50ns<br>IR模式：17ms | 800ps |
| NETD (5分钟采样平均) | TR: 100mK<br>IR: 15mK | TR: 250mK<br>IR: 15mK | TR模式：1250mK<br>IR模式：15mK | 1250mK |

## ◆ SanjSCOPE™热成像系统所采用的反射率热成像技术与其他技术的对比

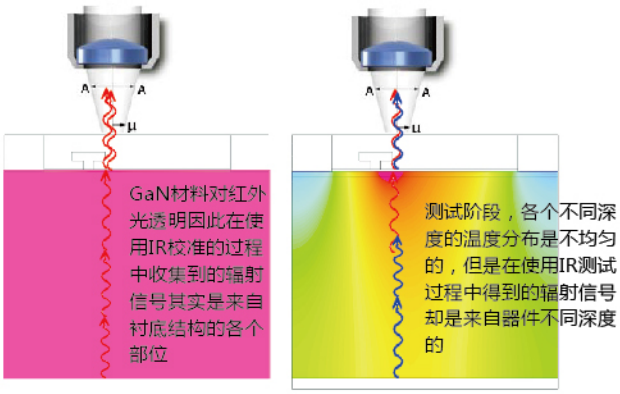
### ➢ 常用分析手段对比

| | 反射率热成像TR | IR | EMMI | OBIRCH |
|---|---|---|---|---|
| 空间分辨率 | 300nm<br>900nm(穿透衬底) | ~2-5μm | ~2-3μm | ~1-1.5μm |
| 温度分辨率 | 0.25℃(5分钟采样平均) | 0.1℃ | 不测温度值 | 不测温度值 |
| 全帧时间分辨率 | 50ns | 10's ms | 10's ms | >100ms |
| 其它 | | 金属材料的<br>红外辐射系数低 | 只适用于能<br>辐射光的缺陷 | 小的电阻变化很有<br>可能会被忽视掉 |

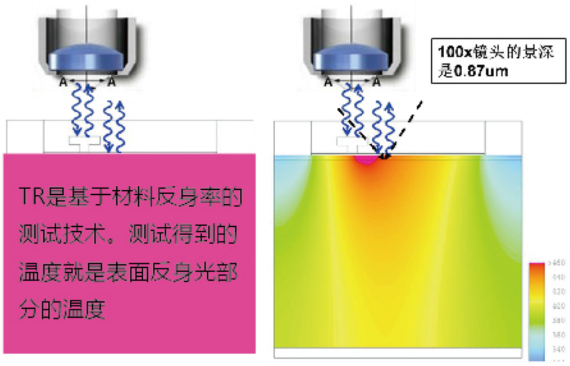
### ➢ 反射率热成像技术（TR）与IR，拉曼的对比

| TR(反射率热成像) | μRaman | Infrared (红外热成像) |
|---|---|---|
| • 空间分辨率0.2-0.3μm<br>100X物镜下45nm像素 | • 空间分辨率~0.8-1μm并且<br>获取GaN区域深度内的平均值 | • 空间分辨率3-5μm |
| • 测试金属和半导体材料<br>的具有发射信号的区域 | • 只能测试半导体材料 | • 15x物镜下2.6μm/像素 |
| | • 在栅-漏交界处，<br>热点被金属场板所覆盖 | • 金属的红外辐射系数低，<br><0.1时会有更多的误差 |
| | | • GaN材料对IR波段透明 |

### ➢ 红外校准vs测试

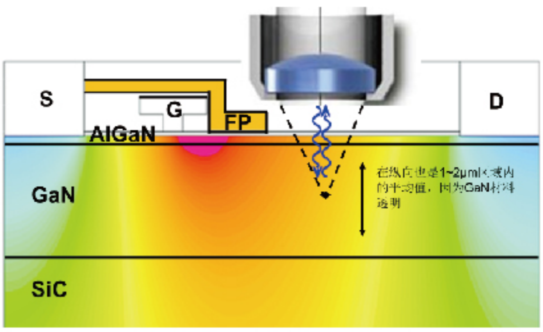


## ➢ 反射率热成像技术（TR）校准vs测试




## ➢ 拉曼测试

- Raman只能测试半导全材料
- 有些时候GaN器件表面的Field Plate恰好覆盖住了位于栅-漏边缘点
- Raman的光斑大概~0.8到1μm，因此其测试结果是这段距离内GaN区域的平均值




### TR与IR对比案例1：空间分辨率对比

图11给出了同一个热测试芯片通过两种热成像技术得到的表面温度分布。由于固晶层（die attach）的工艺，两种成像技术都观察到了芯片表面温度分布的不均匀性。但是反射率热成像技术具有更高的空间分辨率，提供了更为强大的细节。

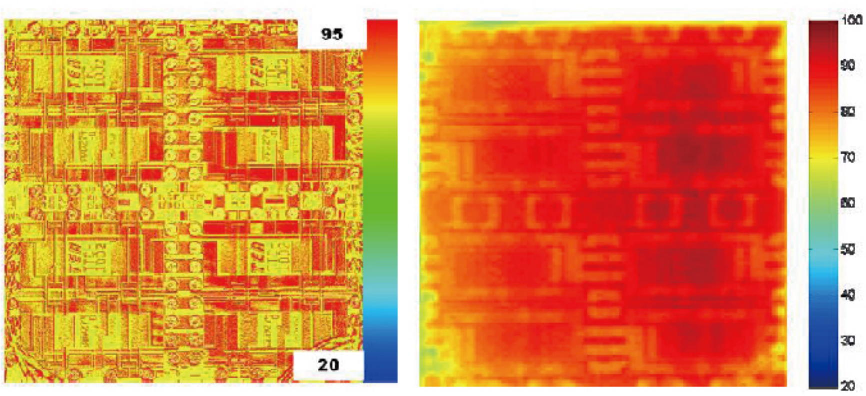



图11 反射率热成像与红外热成像的空间分辨率比较

### TR与IR对比案例2：细节温度比较

图12显示的是待测器件在高放大倍数下的比较。反射率热成像技术可以探测到更多的局部温度峰值。由图12可见，反射率热成像系统清晰地获得了宽度为4μm的加热线表面的尖锐的温度峰值。

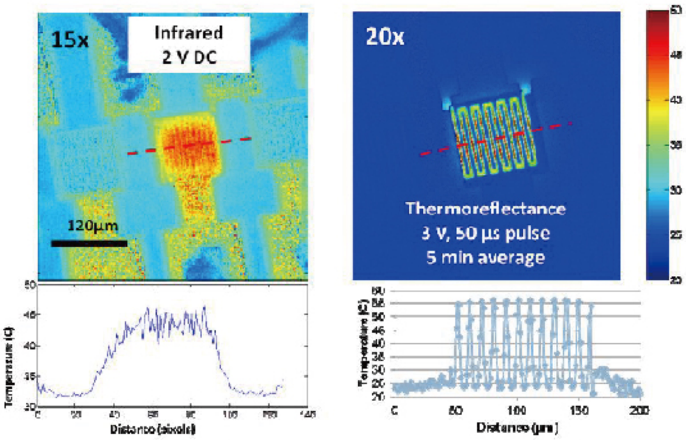



图12 探测局部的峰值温度

## ◆ 典型应用

### ➢ GaN HEMT研究

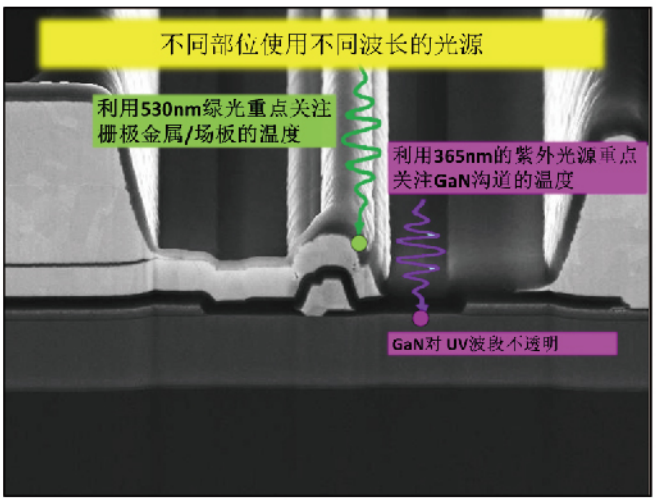
GaN HEMT的栅长是纳米量级的，通过传统的热成像手段很难获得栅极金属的温度分布。

A、凭借SanjSCOPE™热成像系统优异的空间分辨率，以及金属强烈的反射信号，用户可以获得栅极金属的温度分布。

B、由于GaN材料对可见光透明，因此SanjSCOPE™热成像系统支持用户升级紫外方案，对GaN器件的温度分布进行完整而准确的表征

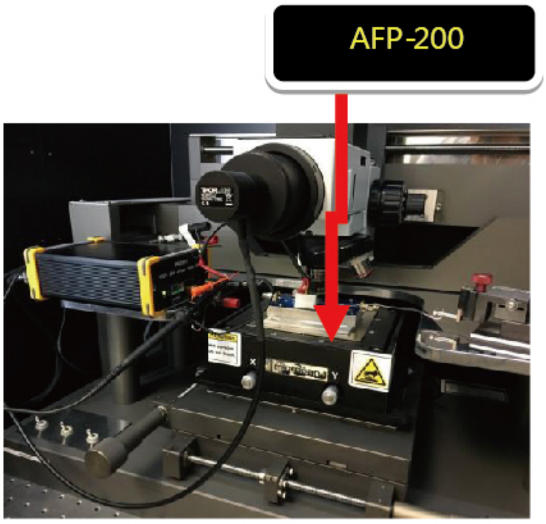
UV 波段 ( 波长<375nm) 是用于对GaN 材料进行反射率热成像测试的理想光源 (~20%反射, 无透射)

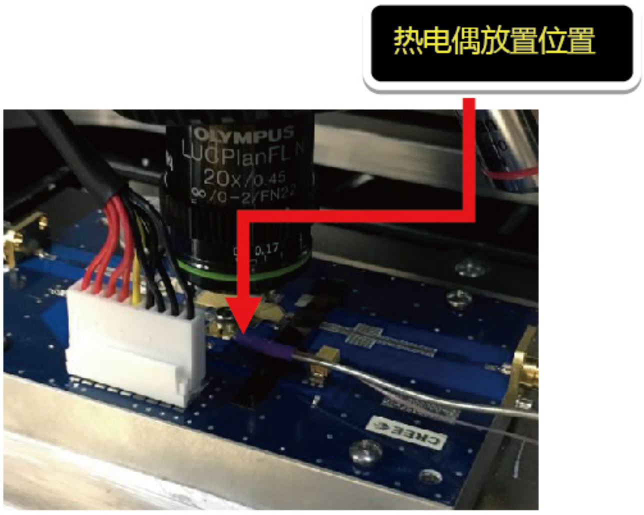
530nm (绿光) 是用于对金材料进行反射率热成像测试的理想光源



## ➢ Cree 的GaN HEMT 样品测试结果

### A、测试装置




### B、测试条件

1、偏置条件：28V, 500mA

2、加热时间：>30s

3、基板温度：70C

4、测试条件：

（1）530nm光源， 5X 物镜

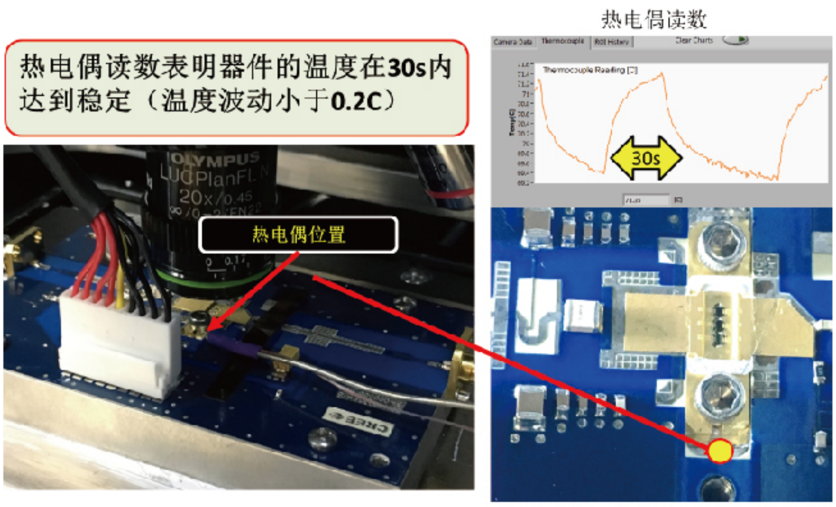
（2）UV光源，5X物镜

（3）UV光源，20X物镜

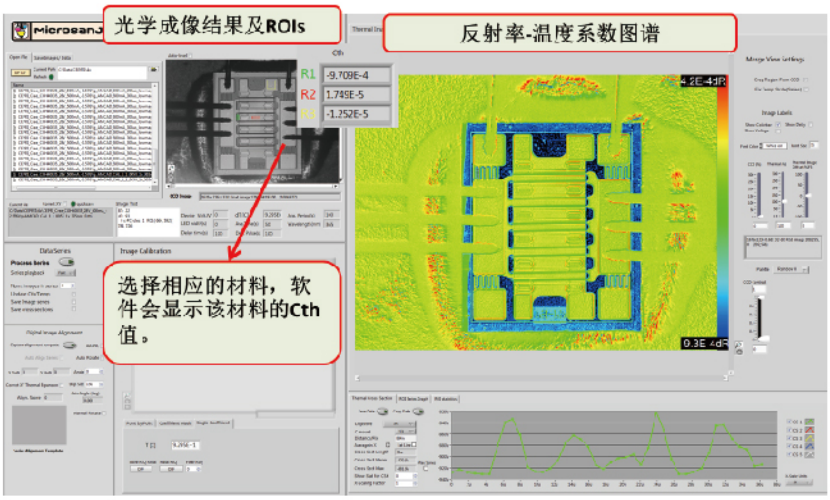
（4）UV光源，60X物镜

（5）530nm光源，100X物镜

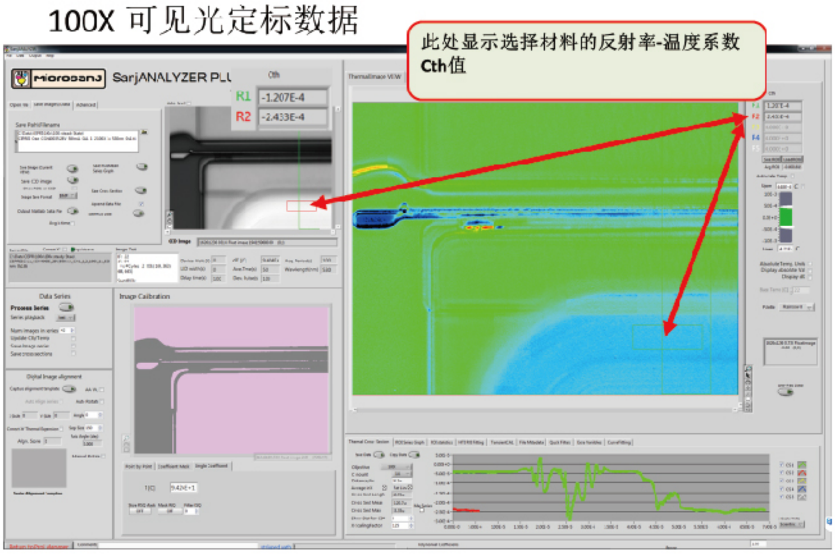
### C、标定反射率-温度系数



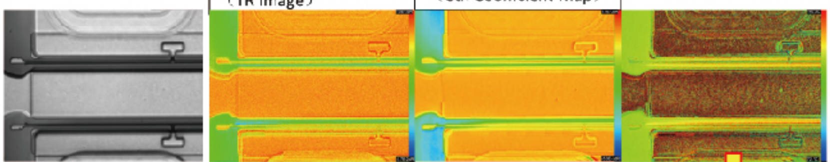
5X UV光源定标结果显示




100X 可见光定标数据



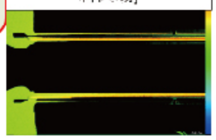

| 单位: [Intensity] | 单位: [ΔR/R] | 单位: [ΔR/R/℃] | 单位: [℃] |
|---|---|---|---|
| 图1 光学成像 | 图2反射率信号图谱（TR Image） | 图3 反射率-温度系数图（Cth Coefficient Map） | 图4 温度图（ΔT Map） |



Similar to uncalibrated IR Radiance Image
类似于IR技术中尚未定标的红外辐射图

Similar to IR Emissivity Correction Map
类似于IR技术中的红外辐射系数校准图

ΔT Map [仅显示GaN材料区域]

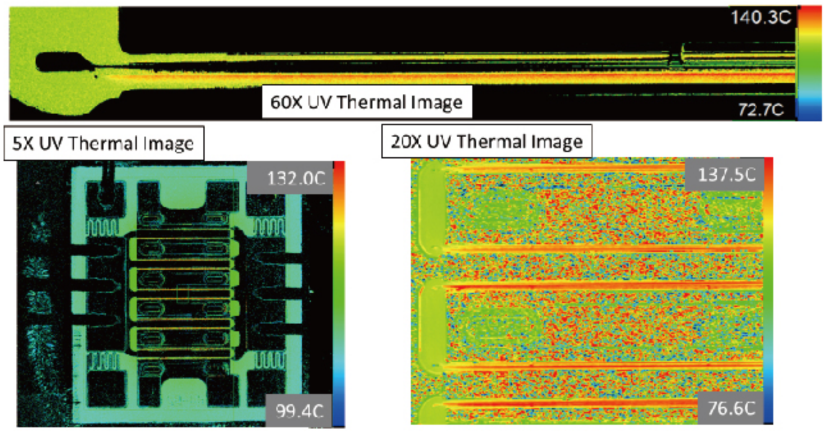


$$\frac{\Delta R}{R}=\left(\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial T}\right)\Delta T=C_{th}\,\Delta T$$

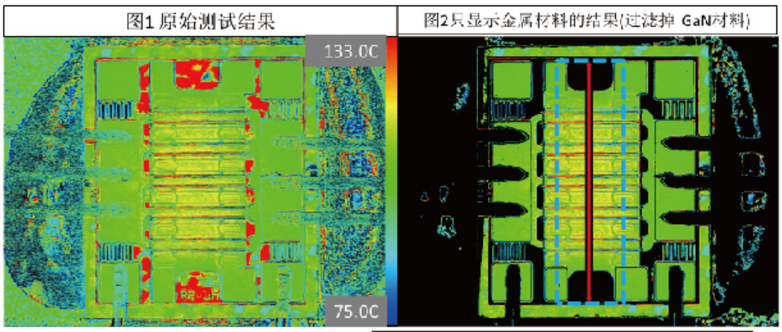
## D、稳态测试结果

| 峰值温度[℃] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 参考光源 | 530nm/UV | UV | UV | | 各种情况下最大值 |
| **结构** | 放大倍数 | 5X | 20X | 60X | 530nm | [℃] |
| **GaN(UV)** | | 131.4 | 138 | 140.3 | 100X | 140.3 |
| **Gate** | | 133 | | | | 139.0 |
| **Drain** | | 123.6 | | | 139 | 123.6 |
| **Source** | | 118.2 | | | | 118.2 |
| **Source Via** | | 115.4 | | | 121 | 121.0 |
| **Side Gan(UV)** | | 112.3 | 117.5 | 117.7 | | 117.0 |
| | | | | | | |
| **Power[W]** | | | | | | 14.0 |
| **Rth[K/W]** | | | | | | 5.02 |

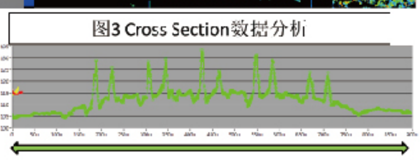
## D1、使用UV参考光源，在不同放大倍数下的结果比较



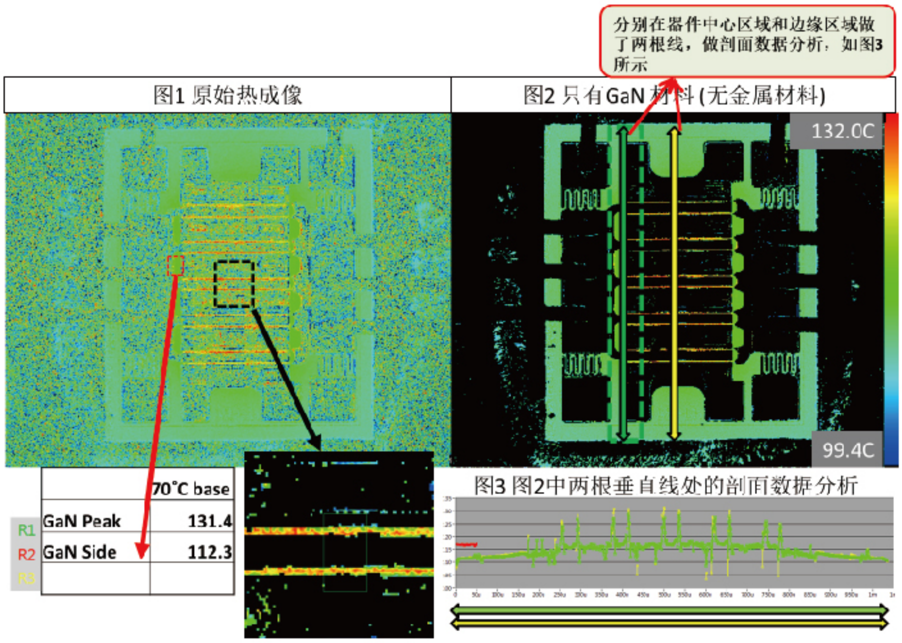

## D2、使用可见光光源，在5X物镜下的稳态测试结果



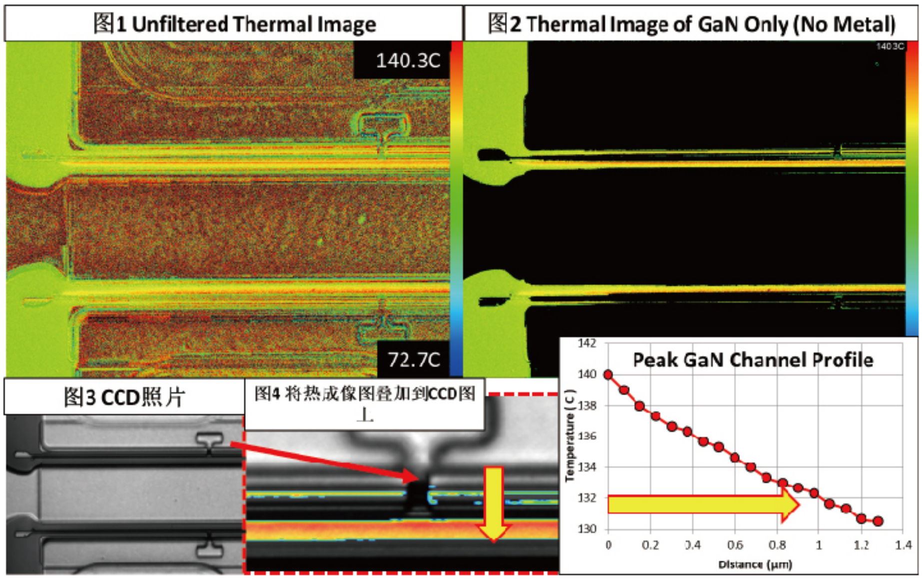

1、图1是530nm可见光下的原始测试结果，由于GaN材料对可见光透明，因此可以通过软件将这部分材料过滤掉，只显示金属材料的结果，如图2所示。
2、图3是图2所示红色垂直线的剖面数据分析。

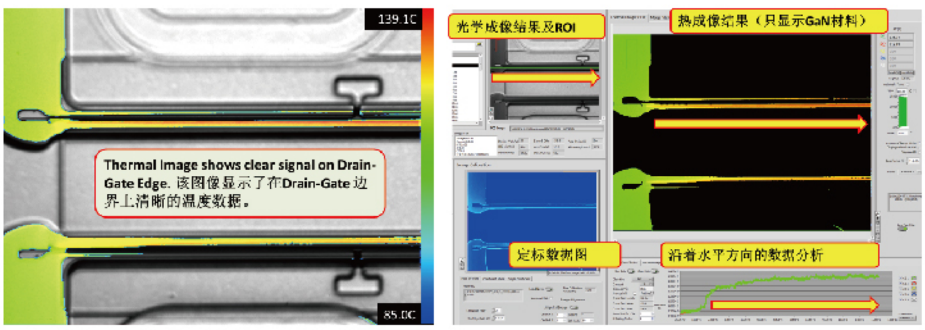


## D3、使用UV（ 365nm ）光源，在5X物镜下的稳态测试结果



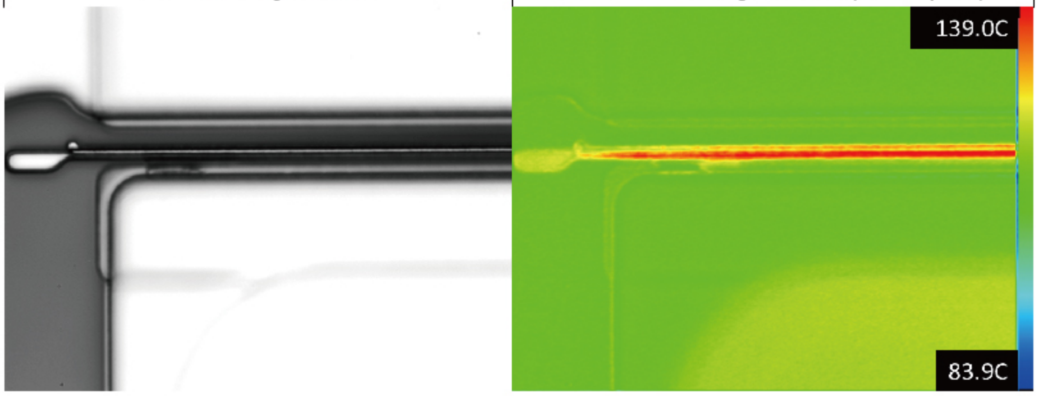

## D4、使用UV光源，在60X物镜下的稳态测试结果



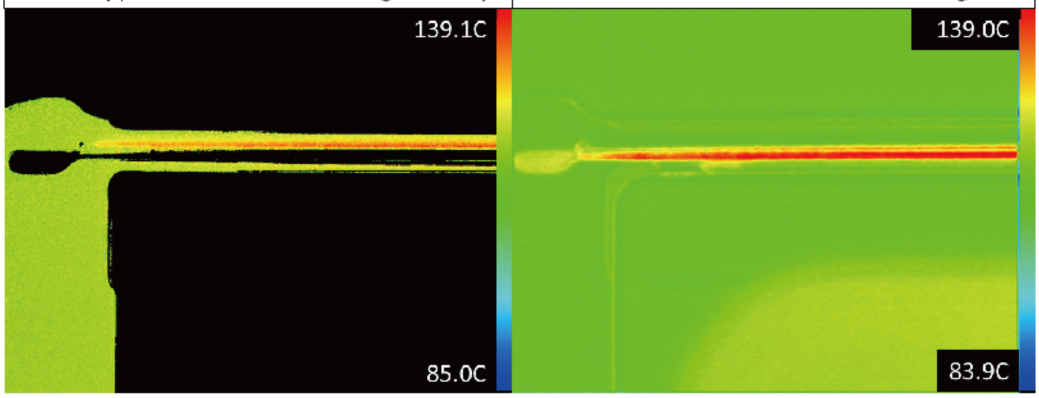
## D5、使用530nm光源，在100x物镜下的稳态测试结果

图1 CCD Image at 100x　　图2 Thermal Image at 100x (45nm/pixel)



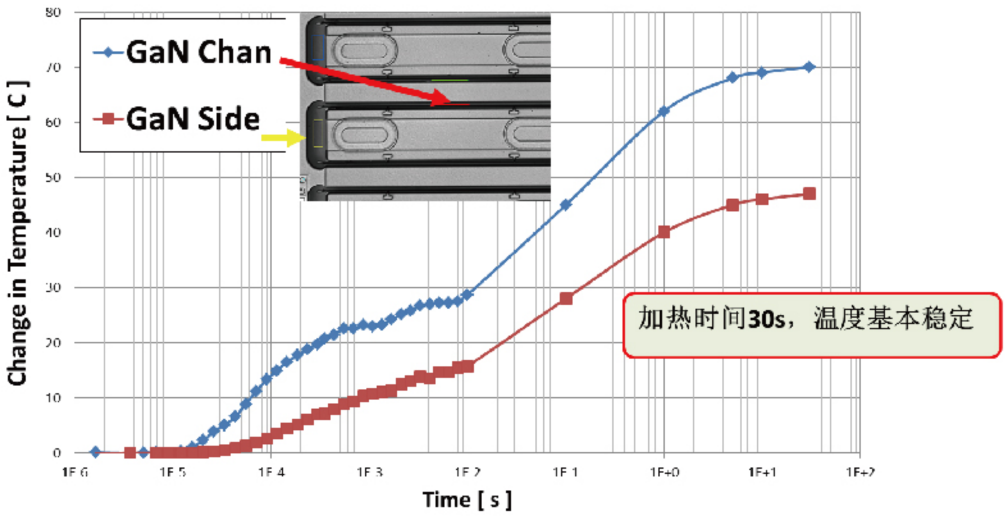

## D6、UV，60X与530nm,100x稳态结果对比

图1 Cropped 60X UV Thermal Image Overlay　　图2 100X Visible 530nm Thermal Image

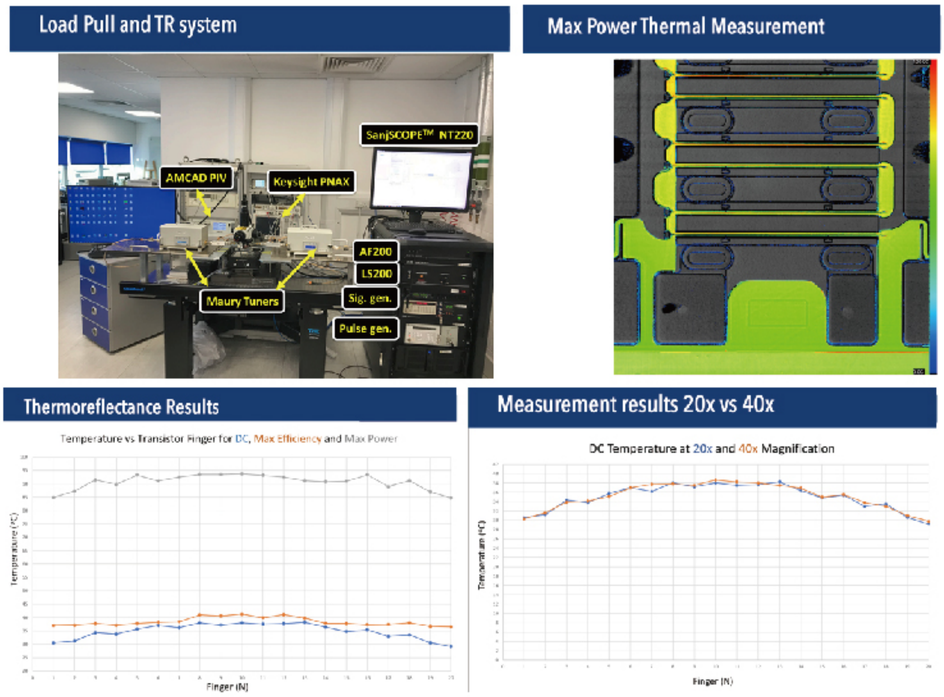



## E、瞬态测试结果

### E1、加热曲线

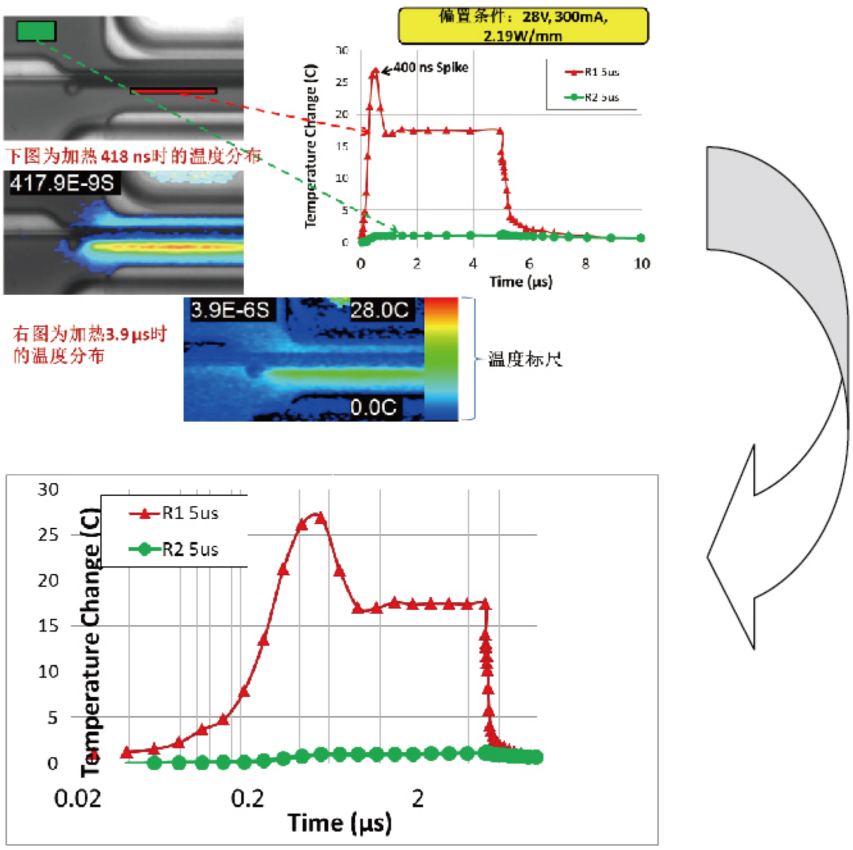


## ➢ 英国SURREY大学使用SanjSCOPE™设备+RF源测试GaN器件

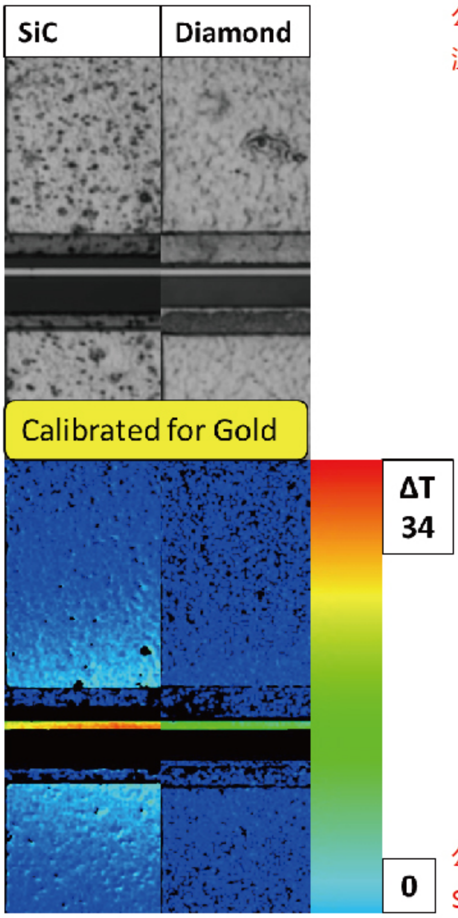



## ➢ GaN HEMT瞬态测试结果

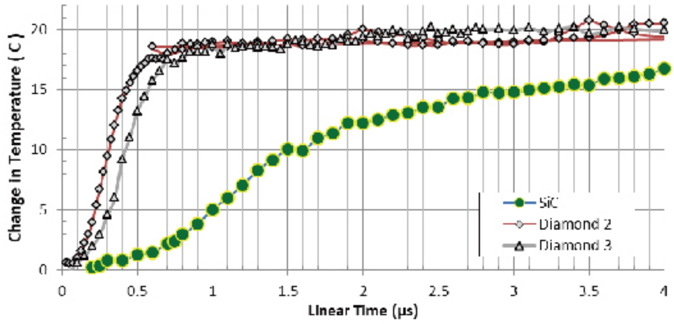
A、对GaN HEMT施加5μs加热脉冲后的瞬态响应

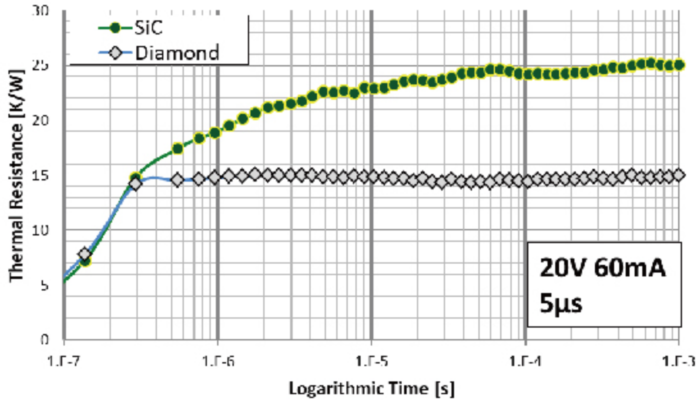


B、使用瞬态温度响应曲线研究使用SiC衬底与金刚石衬底的性能对比。时间分辨率：50ns



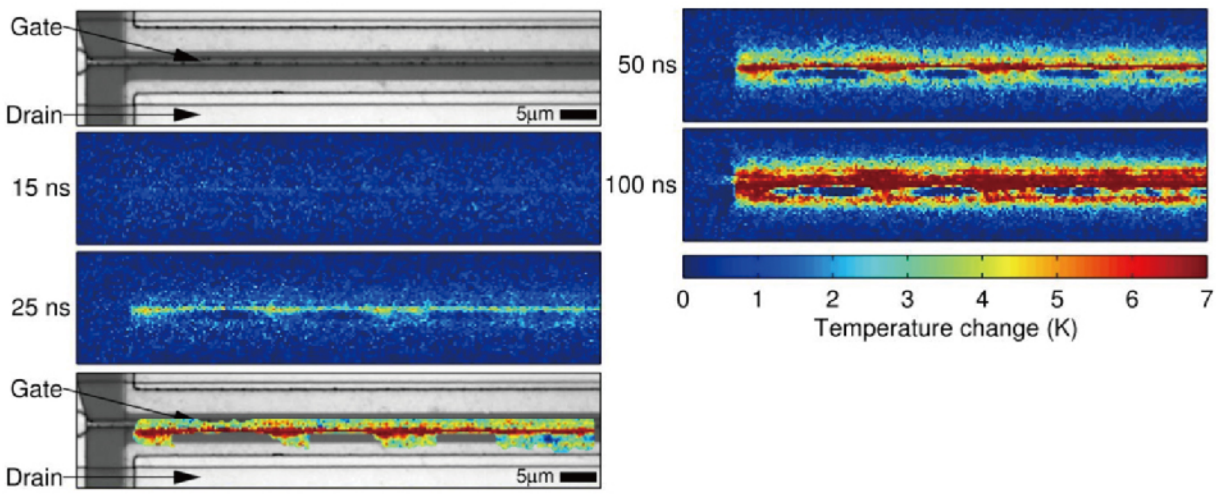

公司1样品测试结果，SiC衬底由于具有更好的界面处理，因此总的温升更低，时间分辨率50ns



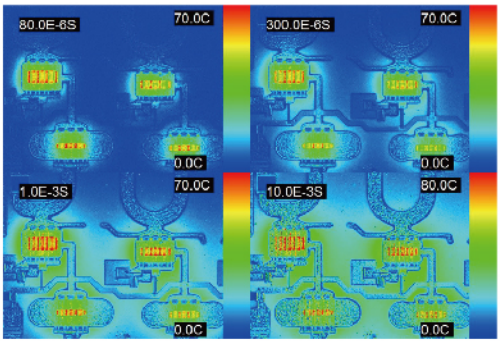

公司2样品结果，金刚石结衬底解决了界面处理问题，使得总温升比SiC衬底低，时间分辨率100ns

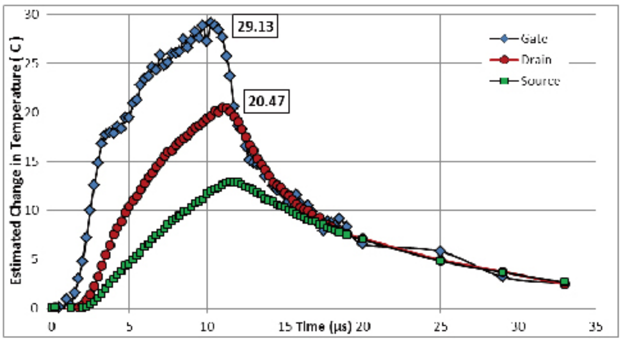
C、GaN HEMT沟道超快速瞬态过程记录



### ➢ GaAs MMIC

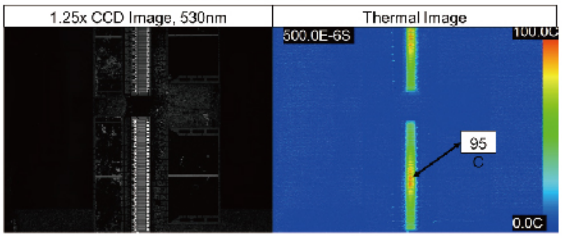
某GaAs MMIC在20X镜头下



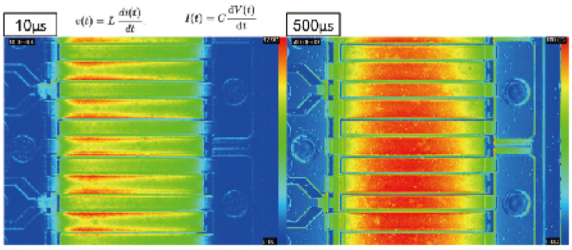

### ➢ HPA

HPA 1.25X反射率热成像




- 测试条件：**30C 基板温度**
- 偏置条件：Vg -2.5V, **150W RF射频**
- 加热时间：500us
- 物镜：1.25X
- 530nm LED

10μs 和500μs 热成像对比

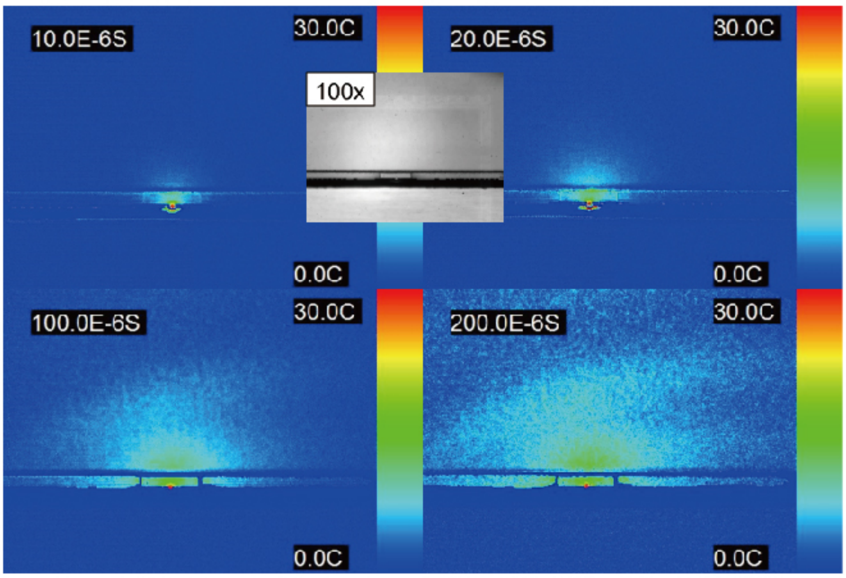



上图显示了在加载射频信号的前提下，10us和500us的分布图，10us的结果显示出了更强的非对称性。

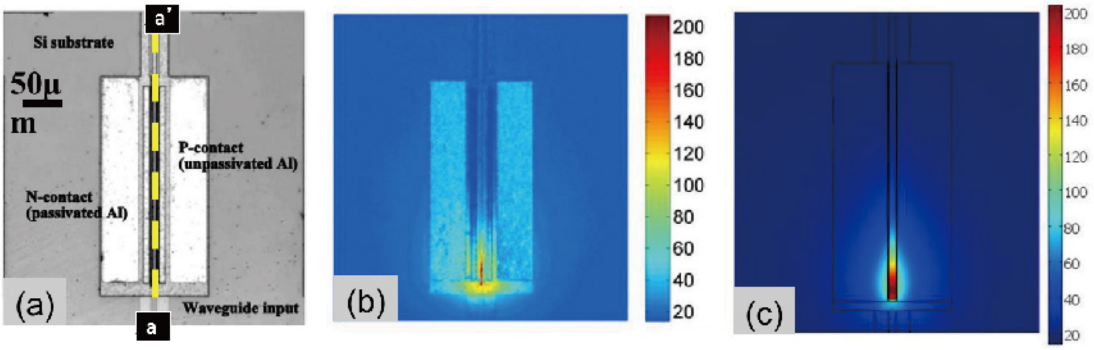
HPA_530nm_020X_500us_20duty_41C_Vg-2.5V_150W_010us

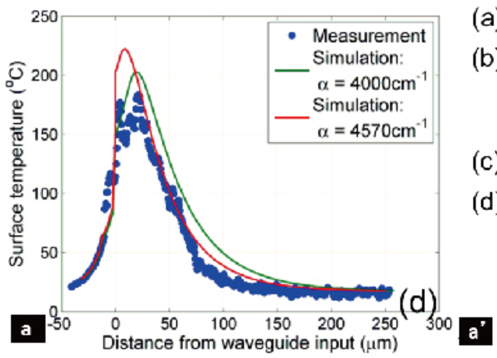
## ◆ 光电子器件

### ➢ InP 激光器测试



## ➢ Ge/Si p-i-n 波导光电二极管测试




(a) 待测器件的灰度图 (沟道宽度7.4 μm)

(b) 反射率热成像结果.（从p-contact表面的未钝化金属金得到的信号比噪声还低，因此该部分的数据应被忽略）

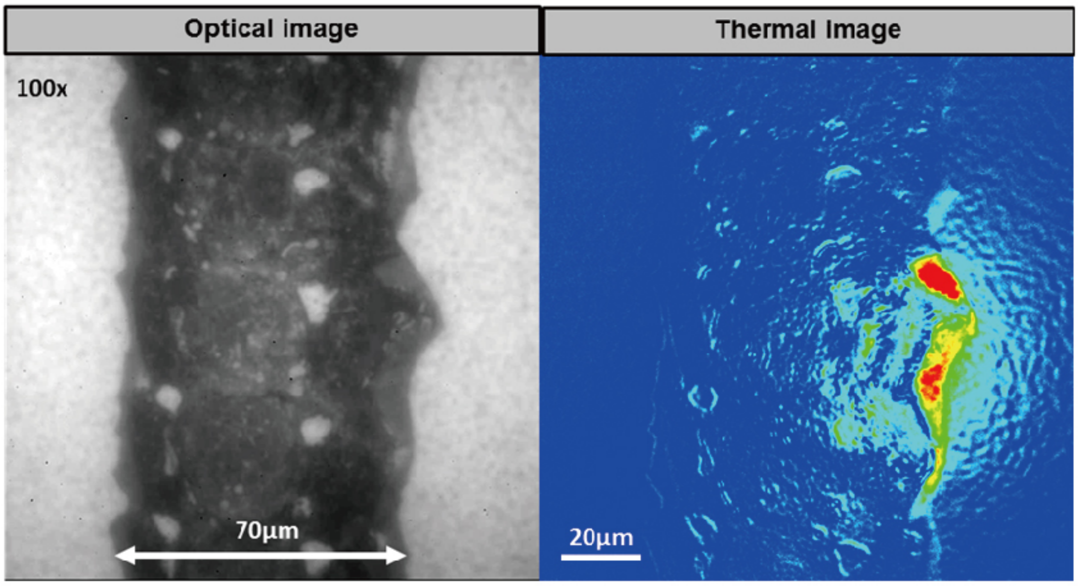
(c) COMSOL 仿真结果

(d) 表面温度分布剖面

表征光电子器件的性能并验证热仿真

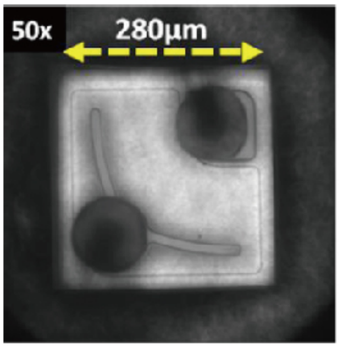
## ➢ 研究太阳能电池背面由于划片槽引起的缺陷

该案例是利用SanjSCOPE™热成像系统反射率热成像系统研究太阳能电池表面由于划痕引起的漏电缺陷。



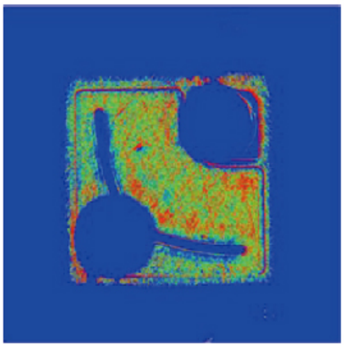

利用Microsanj反射率热成像系统亚微米的空间分辨率，可以穿透玻璃或塑料等封装材料找到并定位缺陷。

## ➢ 非破坏性测试封装LED的芯片表面温度分布



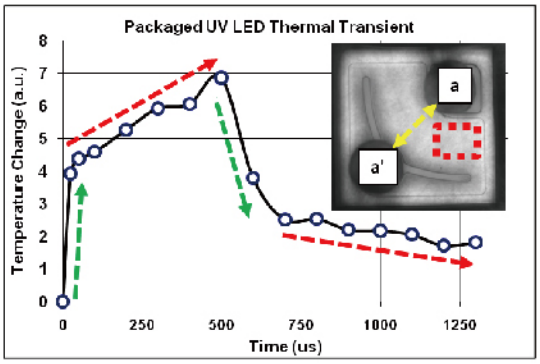

光学成像

电致发光图



温度分布图

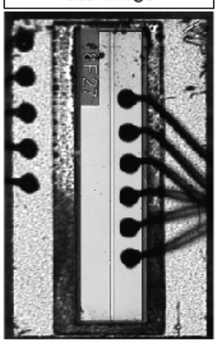
- 软件可以将待测器件的实际照片与热场分布图像进行重叠操作，进而方便用户快速准确定位器件的热点区域与缺陷所在。
- 通过选用特定波长对LED封装硅脂透明的光源，可以直接进行芯片表面的热成像，不必进行脱帽试验。



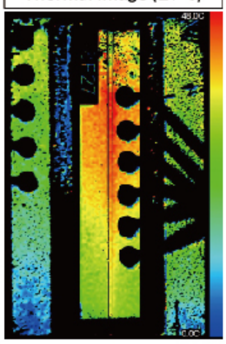

## ➢ 激光器测试

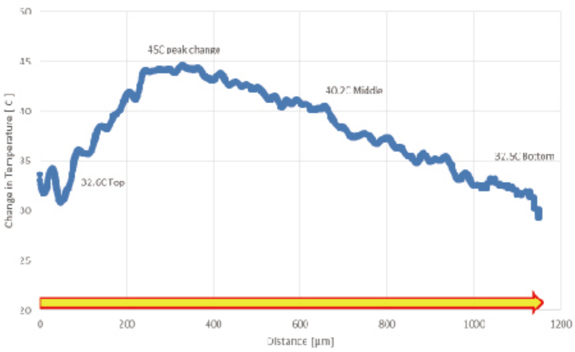
A、使用530nm，在5X物镜下的稳态测试结果（电流200mA，基板温度25℃）

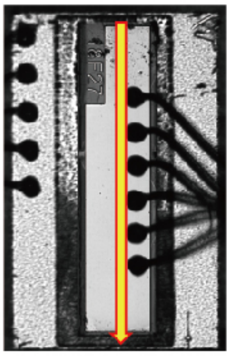
CCD Image



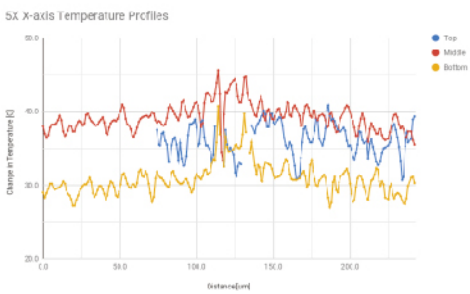
Thermal Image (ΔT˚C)

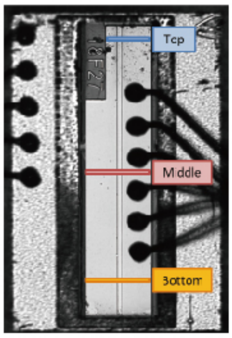




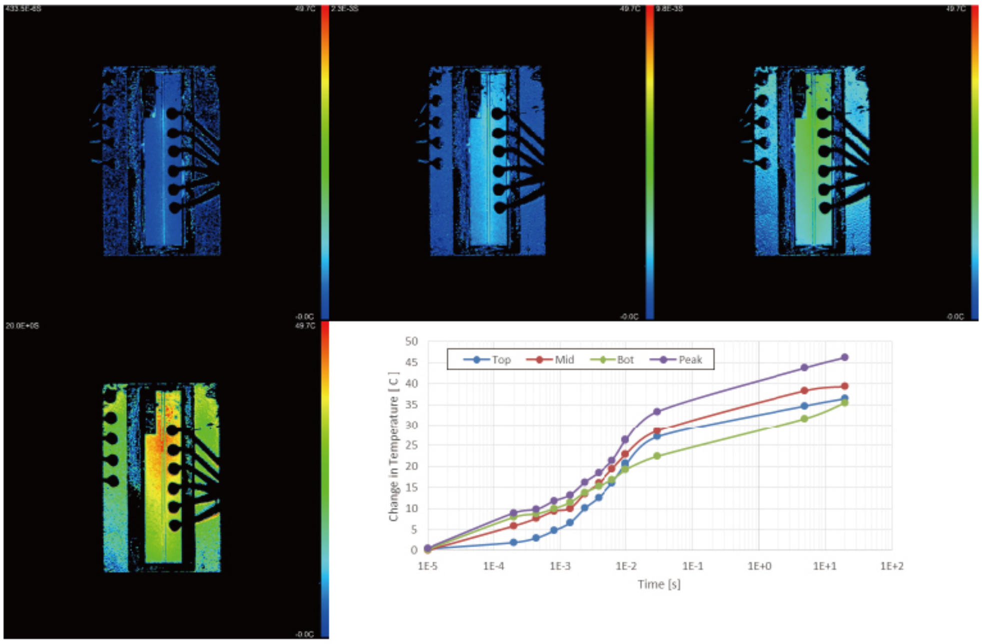



| 5X Mag. | Left Side ΔT(℃) | Peak ΔT(℃) | Right Side ΔT(℃) |
|---|---|---|---|
| Top | 33.96 | 32.6 | 35.48 |
| Middle | 37.48 | 43.71 | 37.93 |
| Bottom | 28.23 | 32.5 | 28.76 |



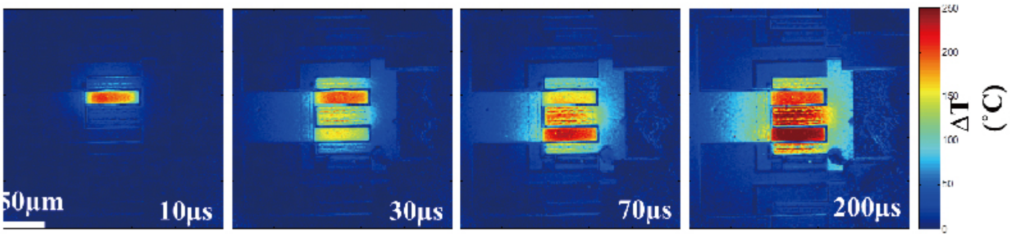



A、使用530nm，在5X物镜下的瞬态温升曲线（电流200mA，基板温度25℃）

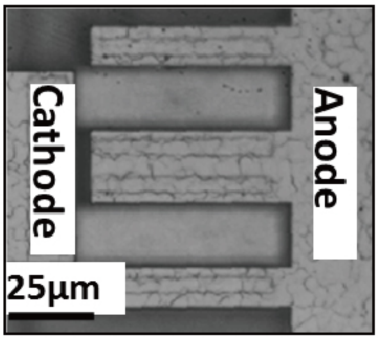



## ◆ ESD静电保护器件

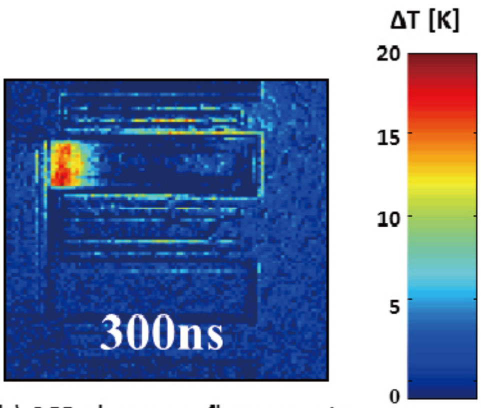
### ➢ 某ESD器件的瞬态热成像过程




- 实验显示了ESD从10µs到200µs的温度分布图
- 具有对称结构的可控硅的发热却不均匀，其热过程与时间相关，这是由于电流分布是一个时间的函数
- 最初的300ns的瞬态响应体现了强列的局部加热效应。



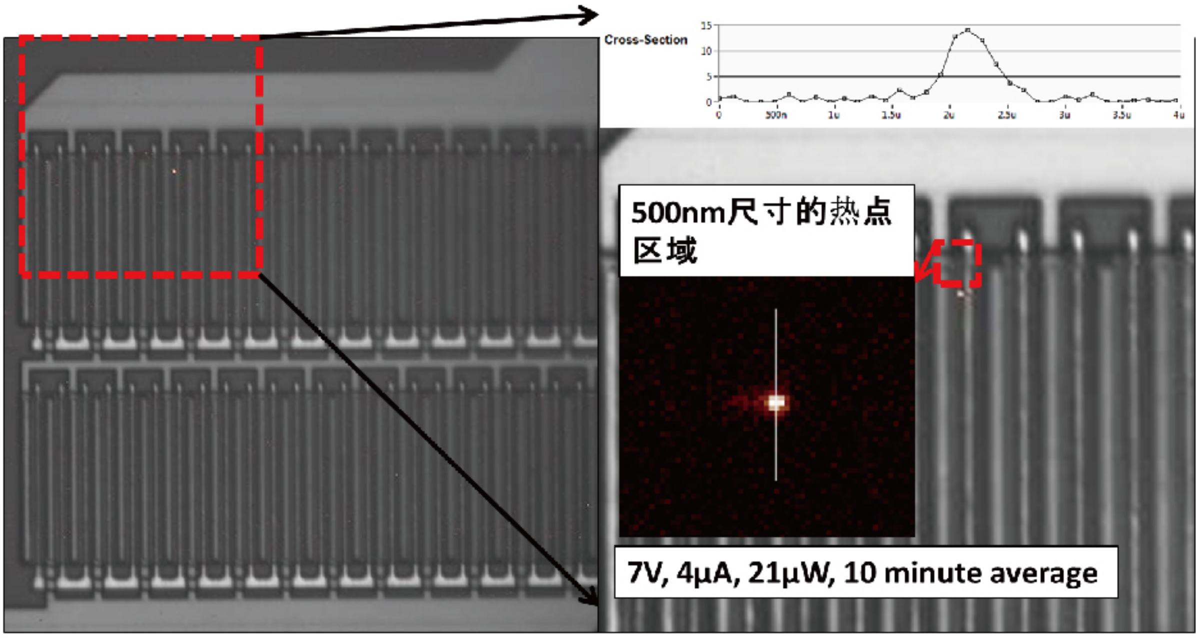

(a) SCR optical image



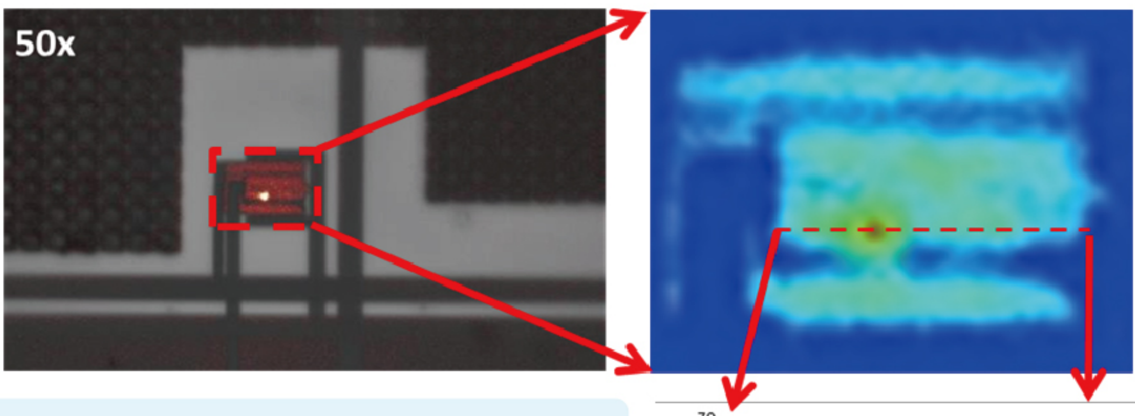

(b) SCR thermoreflectance in snapback after 300ns at 1.28A

## ◆ 热点探测

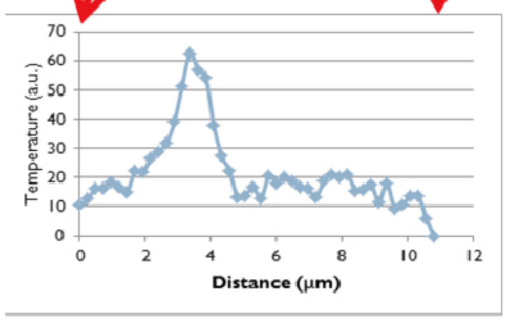
### ➢ 某样品的热点探测



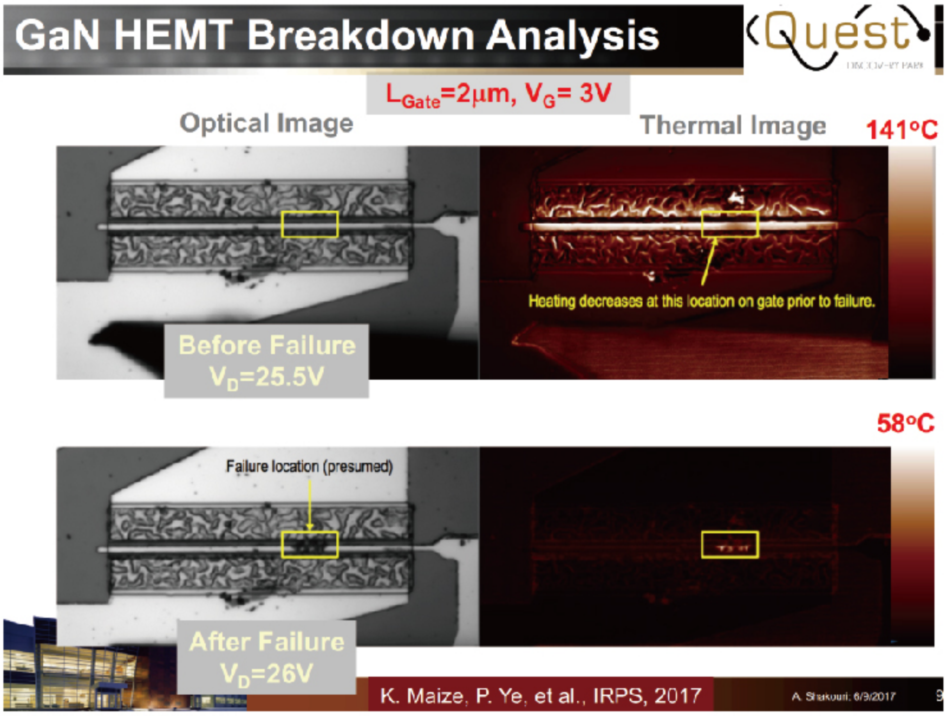

### ➢ MOSFET栅极金属的热点探测




- 利用反射率热成像分析多指状电极结构的MOSFET的栅极上的热点缺陷。结果表明热点区域的FWHM（半峰全宽）是1.4μm
- 利用软件将光学图像与热图像重叠起来，可以精确地定位缺陷位置。

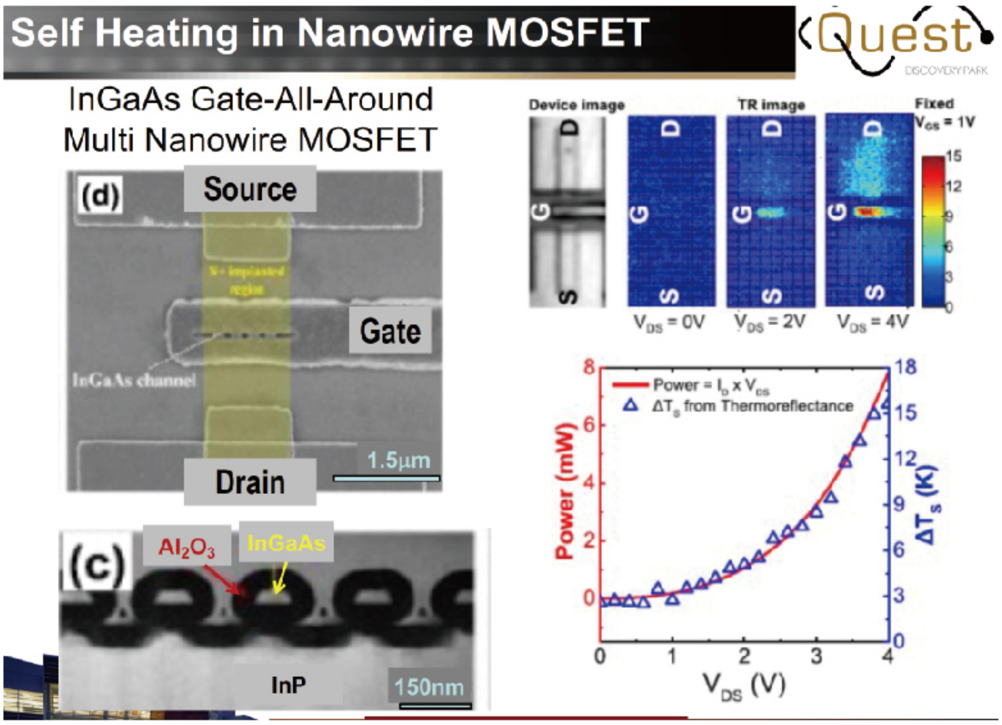


## ➢ GaN HEMT故障分析

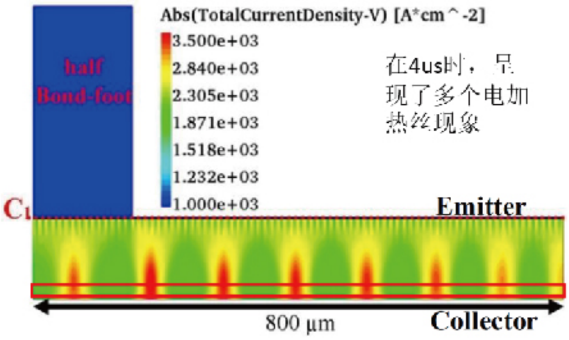



## ◆ MOSFET器件

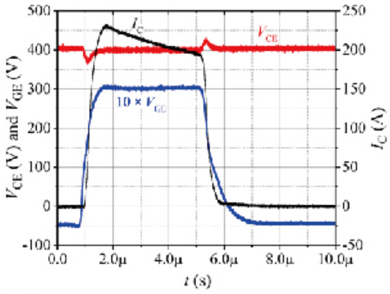
在MOSFET器件中增加纳米线结构，有助于提高MOSFET的性能，但同时也增加了热管理上的挑战



## ◆ 研究IGBT的current filament现象



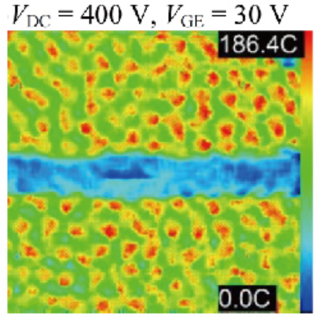

IGBT在4us时的电流密度分布

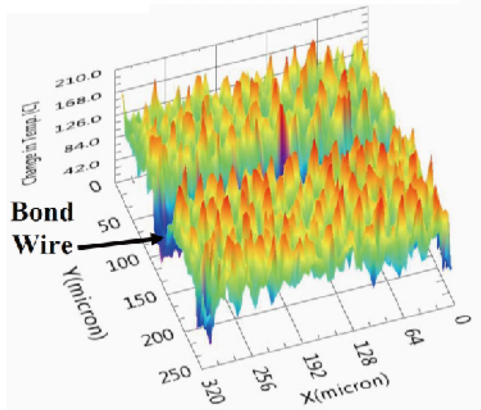



条件为 $V_{CE}$=400 V, $V_{GE}$=30 V, $T$=300 K, $L_{par}$=60 nH, & $R_G$=220 Ω时用于type-1 event短路测试时的of $V_{CE}(t)$, $V_{GE}(t)$, & $I_C(t)$的瞬态曲线

$V_{DC}$ = 400 V, $V_{GE}$ = 30 V

在经历多个短路脉冲后，测试得到的表面温度分布

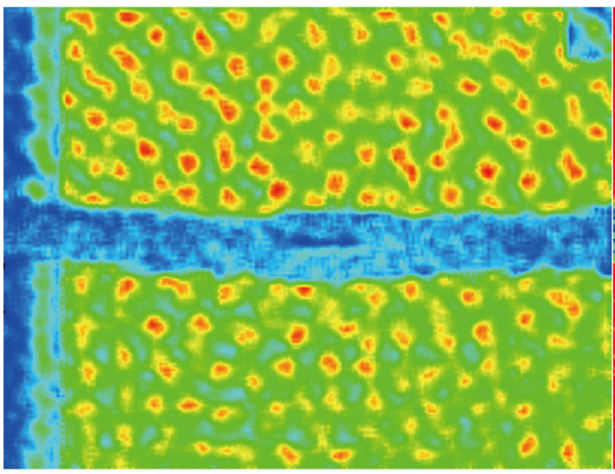


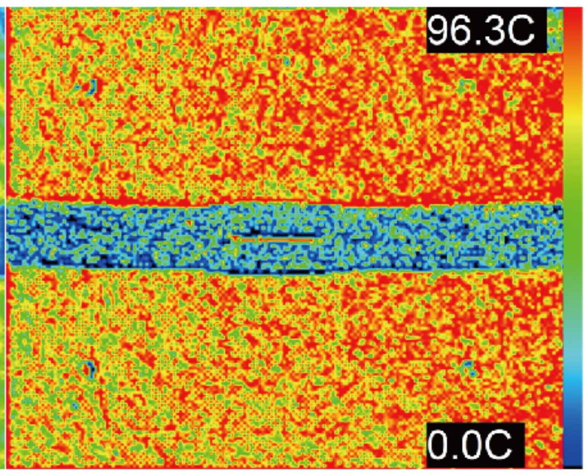

3D 测试结果显示

不同$V_{DC}$，$V_{GE}$值下，经过多个短路脉冲后的温度成像图

$V_{DC}$ = 405 V, $V_{GE}$ = 30 V



$V_{DC}$ = 600 V, $V_{GE}$ = 21 V

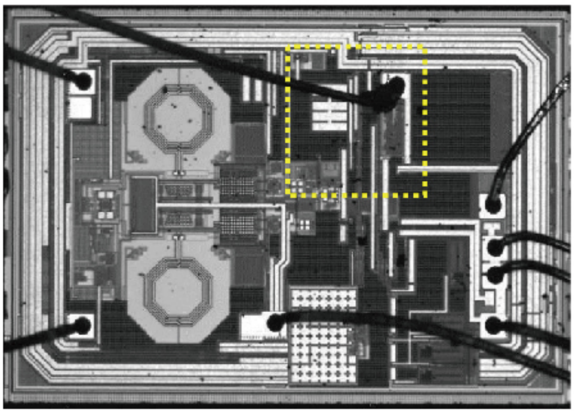


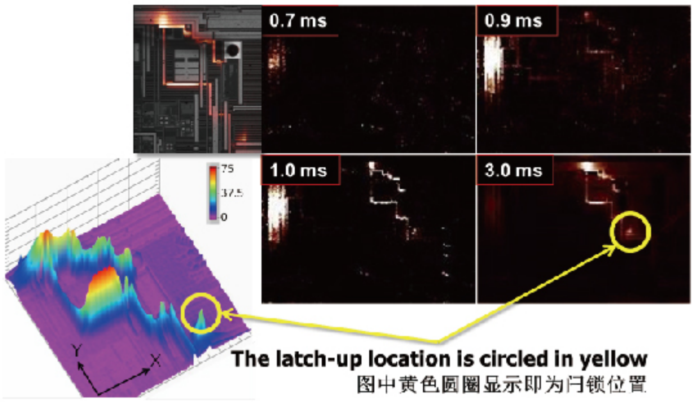
# ◆ IC测试

## ➢ 对某IC的闩锁进行瞬态测试

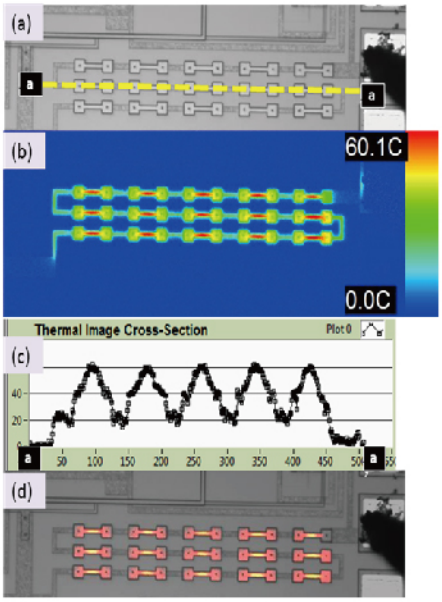
■ 通过与IC的启动序列进行同步，瞬态温度图可以显示功率循环的不同阶段

■ 对于具有高耗散功率以及差散热的器件，可以使用低占空比来限制整体加热。这样可以防止对器件引起只会在直流偏压下造成的破坏。






## ➢ 检查IC中 Interconnect 与 Via 的完整性




通过反射率热成像系统的高空间分辨率，可以快速轻松地定位复杂IC中的缺陷或者是高电阻元件。（使用二维的温度分布图取代单点电学法测试结温的方法）

左图的多晶硅导通链显示了基本一致的功率消耗。如果某个单器件的电阻过高的话，我们可以通过热成像图形清晰地对比发现。

a)光学图像

b)热成像

c)剖面温度分布

d)叠加了光学图像和热分布，以直观显示发热的区域

# 部分客户名单

## 商业客户

- HUAWEI 华为技术
- Hisilicon 海思半导体
- Intel Corporation 英特尔
- Apple 苹果
- Qualcomm 高通
- Raytheon 雷神
- Analog Devices 模拟器件
- Air Force Research Lab
- Radiant Optronics Pte Ltd
- Protochips, Inc.
- ATN Japan
- Western Digital
- Infinera
- Silicon Image
- MaCOM Ireland
- Mellanox-Kotura
- Georgia Tech
- Test Asia Equipments Pte Ltd
- Design Engineering Inc. (DEI)
- Chip Test Solutions
- BSW Test Systems AG
- 三安集成电路

## 大学及科研机构

- Birck Nanotechnology Center
- University of Cincinnati
- Penn State University
- University of Surrey
- 加州大学伯克利分校
- National University of Singapore
- Instituto de Microelectronica de Barcelona
- University of California at Santa Barbara
- Nanyang Technological University of Singapore
- Air Force Research Lab
- 中科院西安光机所

## 合作研究机构

- Agilent Technologies
- Sharp
- Altera Corporation
- Silicon Frontline
- A*Star Singapore
- SimTech
- CNES
- Si-Ware Systems
- ESA
- Stanford University
- Georgia Tech
- ST Microelectronics
- Maxim Integrated
- Texas Instruments (National Semiconductor)
- Nvidia
- Thales
- OnSemi
- Thermal Engineering Associates
- Package Science Services
- University of California at Santa Cruz
- Philips Electronics
- Wavetek
- Purdue University

上海坤道信息技术有限公司
Shanghai SimuCAD Information Technology Ltd.

上海市南京西路555号503室　200041
电话：86-21-62157100　62580542
传真：86-21-62151794
邮箱：info@simu-cad.com
网址：www.simu-cad.com