

美信检测——www.mttlabor.com

LED失效机理与失效分析简介

专注材料检测与失效分析

PPT下载: www.1ppt.com/xiazai/

王君兆
wangjunzhao@mttlabor.com
135-9024-7857



1

LED基本机理简介

2

主要失效模式及失效机理

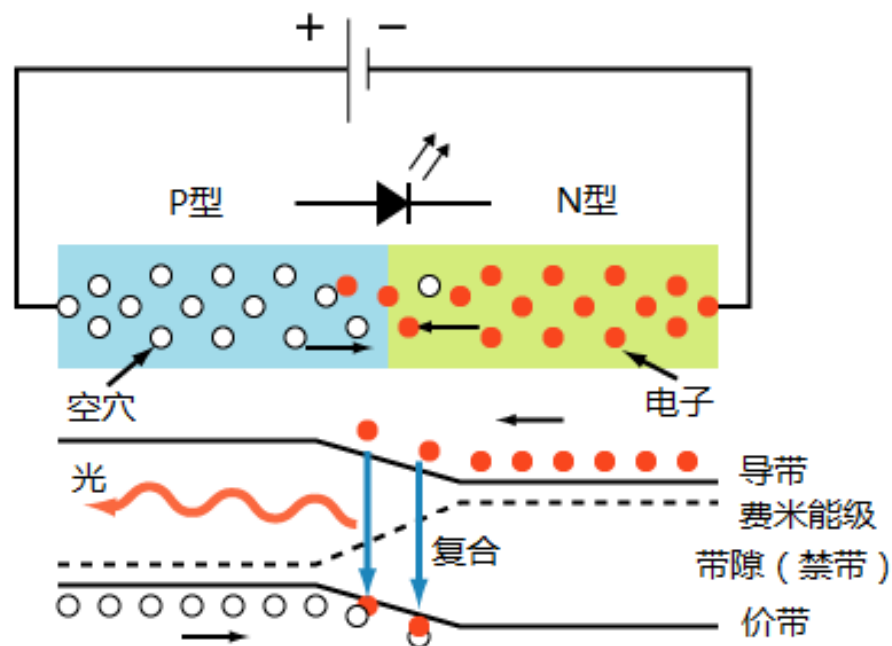
3

测试与分析方法简介



LED基本机理简介

LED工作机理及结温



LED 实际上是一个半导体的PN结，P区的正电荷将向N区扩散，N区的电子也向P区扩散。对于一个真实的PN结型器件，通常P区的载流子远大于N区，致使N区非平衡空穴的积累远大于P区的电子积累。由于电流注入产生的少数载流子是不稳定的，注入到价带中的非平衡空穴要与导带中的电子复合，其中多余的能量将以光的形式向外辐射。

LED工作机理及结温

(1) 电荷注入和输送

器件电极结构、窗口层衬底或结区的材料以及导电连接材料均存在一定的电阻值。

(2) 辐射复合和非辐射复合

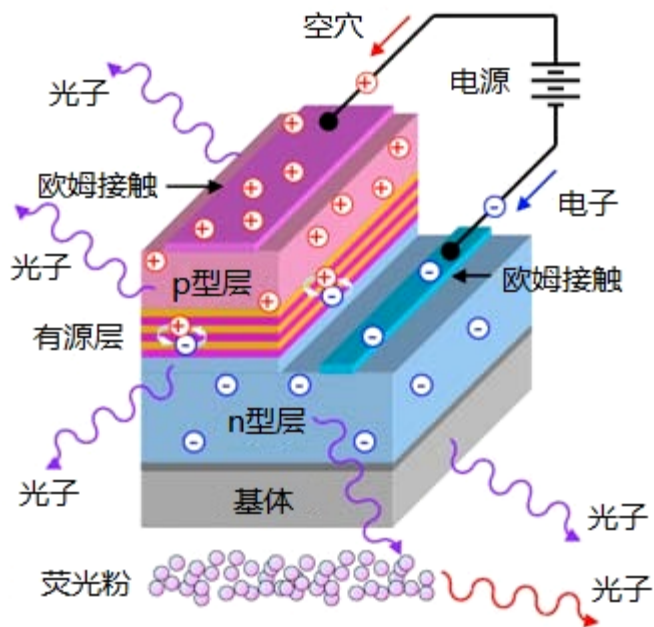
P区向N区注入电荷（空穴）；
N区也会向P区注入电荷（电子）。

(3) 光子提取

出光效率的限制是导致LED 结温升高的主要原因。

(4) 光子转换

部分蓝光经过荧光粉吸收后转换为波长较长、能量较低的黄光，损失的能量以热的形式被荧光粉所吸收。





LED结温对电参数的影响:

当PN结温度升高时，PN结内部杂质电离加快，本征激发加速，电阻率下降，使得在同样的正向电流下，正向电压下降。如果采用恒压驱动，正向电流会持续增大，进一步使结温上升更快，最终导致LED烧毁。

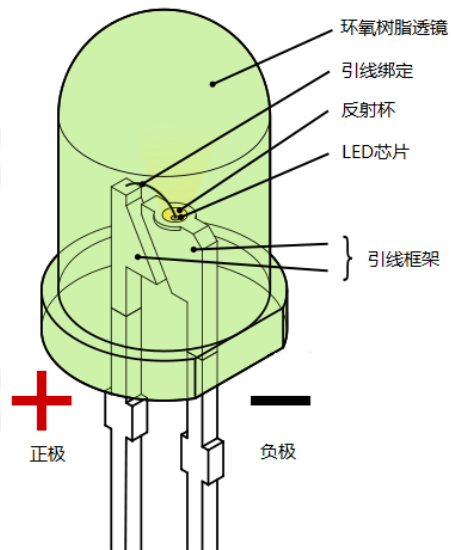
LED结温对光参数的影响:

PN结温度升高，半导体晶格振动增大，当它超过一定值时，电子-空穴从激发态迁到基态时会与晶格原子交换能量，成为非辐射跃迁，光性能退化，发光强度下降。此外，温度影响晶格振动，引起能级分裂，导致电子跃迁产生的光谱（波长）发生变化。

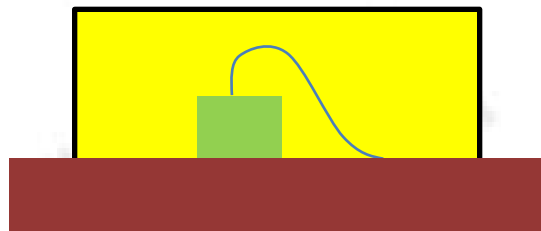
LED结温对材料性能的影响:

PN结温度升高改变封装材料物理性能，加速材料老化速率，降低产品可靠性。同时，温度升高还会降低荧光粉的激发效率。

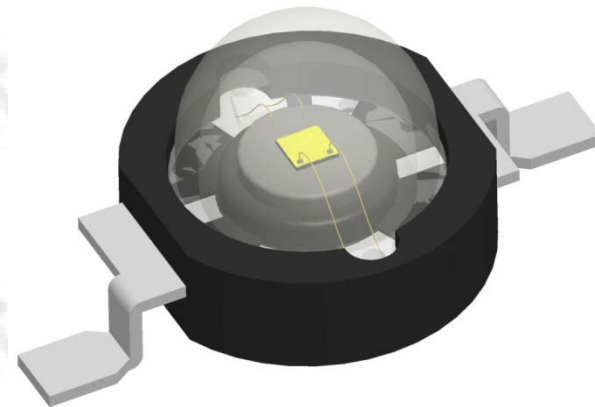
LED封装结构与功能



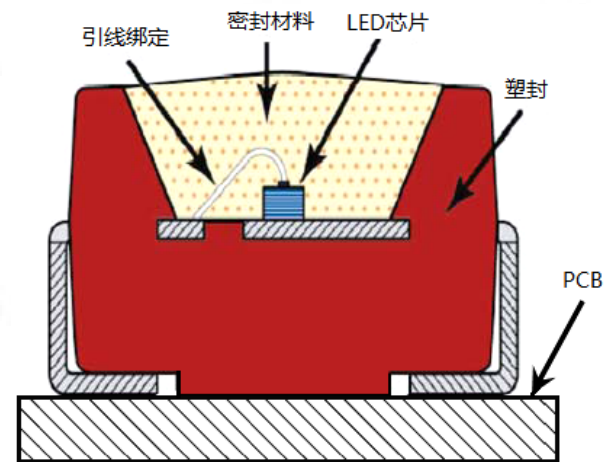
插装型 小功率



chip型 小功率



贴装型 大功率



TOP型 中小功率





(1) 封装保护

在LED封装中使用封装材料的目的之一是保护LED芯片和金线，使它们免受有害环境的影响，并提高器件的可靠性。

(2) 光提取

LED封装的另一个目的是尽量提高光的取出效率。光取出效率低将导致LED结温升高，引起LED性能退化、光输出和寿命降低。

(3) 电气互连

通过焊料、导电银胶、绑定线与金属引线框架或基板相对应的电极相连，将外界的电信号输入到LED芯片中去。

(4) 散热

芯片结温过高，芯片会发生故障，因此要求封装能够有效地将热量散走。提高散热的主要方式是：高导热材料、散热路径尽可能短、散热面积尽可能大。



典型的失效模式及机理

物料、封装设计或生产工艺不当而引发的LED失效。典型失效：焊线工艺不当、封装设计不当、灌封胶体、荧光粉、焊料层退化等等。

芯片本身失效或其他原因造成芯片失效。典型失效：焊线困难、掉电极、芯片漏电、发光效率降低、I-V曲线退化等。

芯片失效

封装失效

由于发生周期性的热量变化、湿度变化而引发的LED失效。典型失效：绑定线断裂、界面分层。

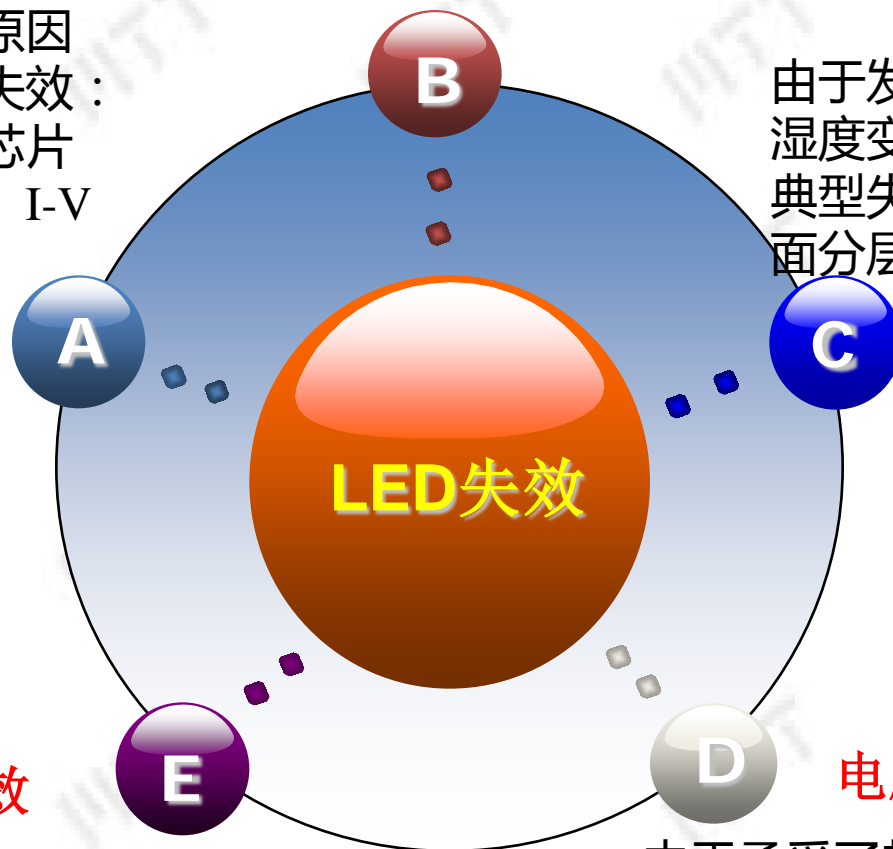
内应力失效

装配失效

实际使用过程中由于装配不当、设计不当引发的LED失效。典型失效：散热不良、连接失效、机械应力失效。

电应力失效

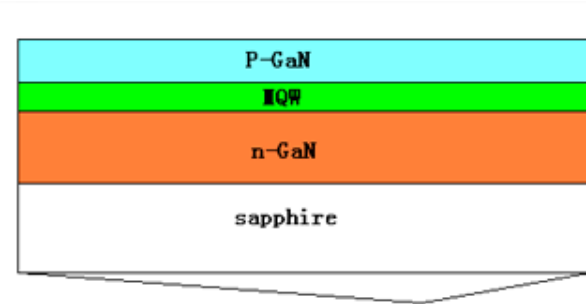
由于承受了超过额定的电参数条件或过高的瞬态电流而引发LED失效。典型失效：ESD、EOS。



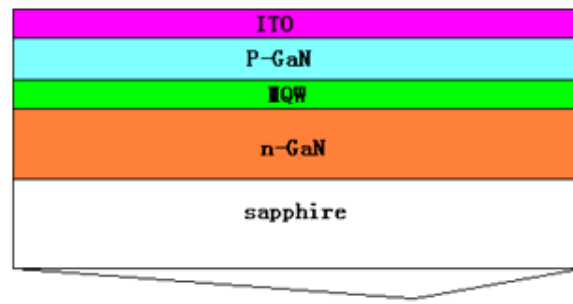


芯片失效模式及机理

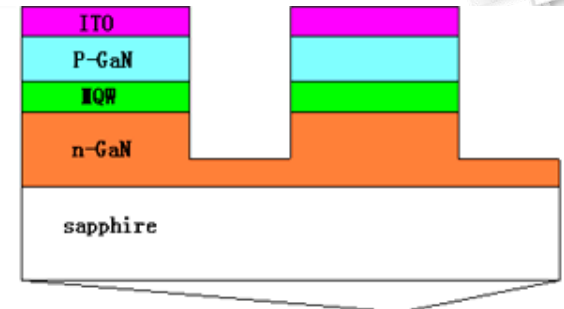
芯片失效



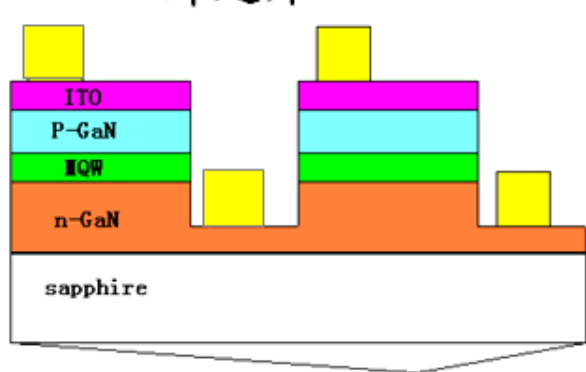
外延片



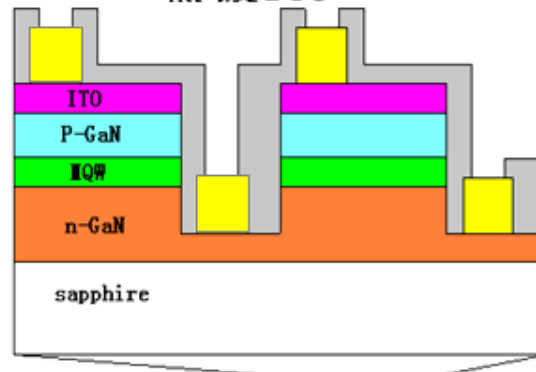
蒸镀ITO



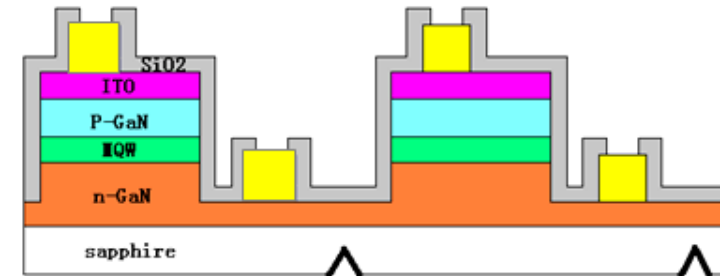
刻蚀n区



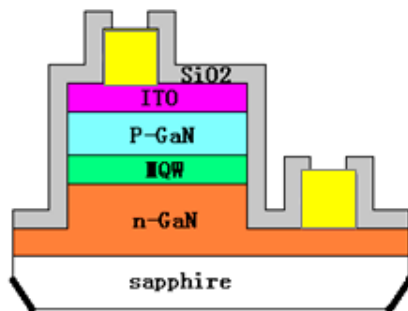
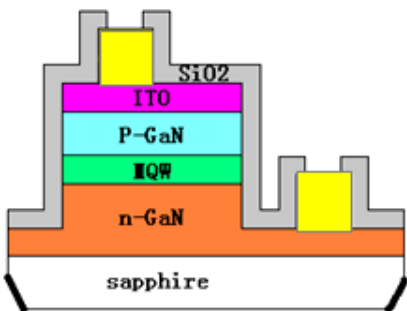
蒸镀电极



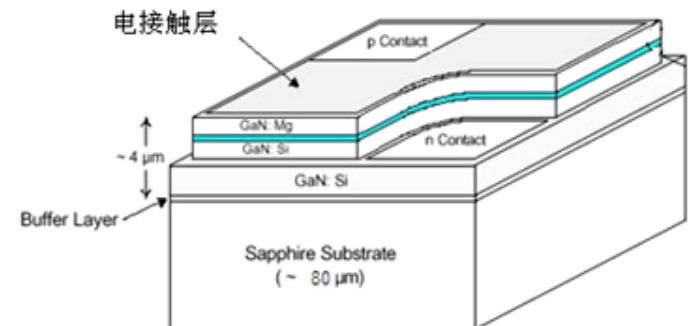
钝化层保护



减薄, 划片



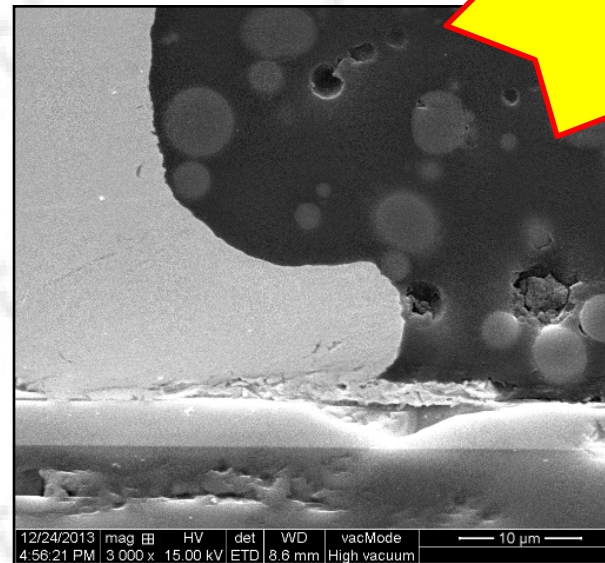
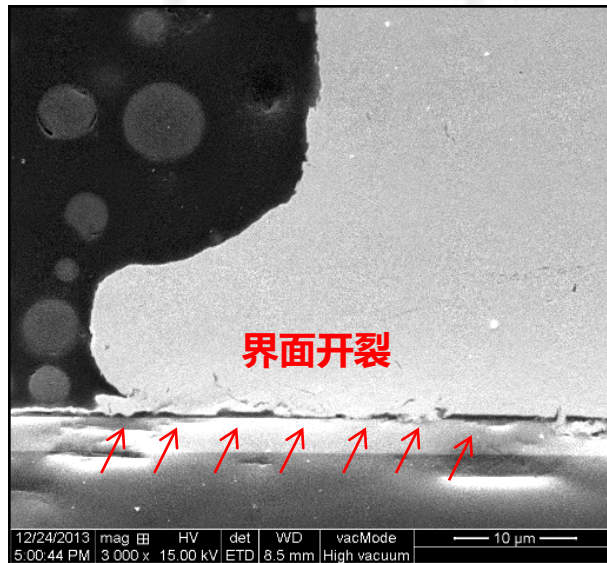
裂片

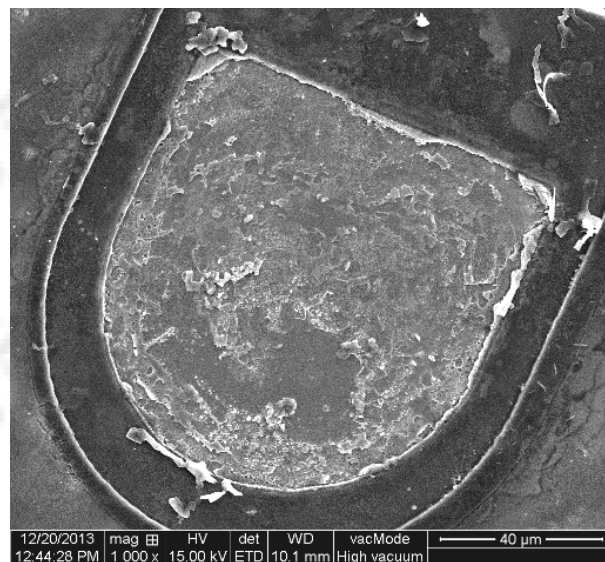
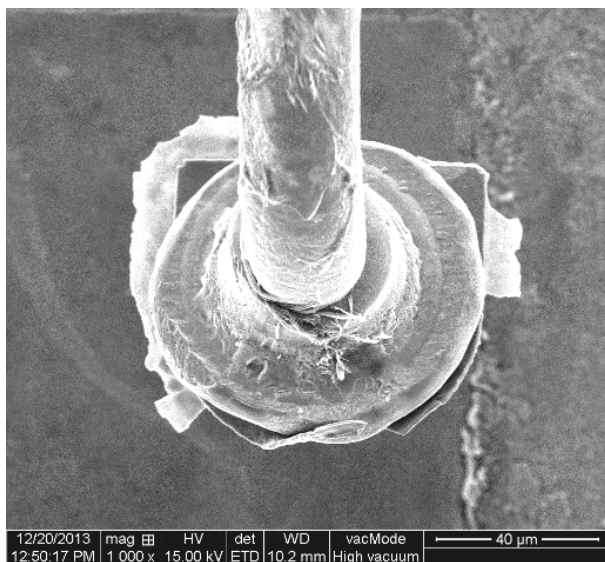


芯片失效



背景：失效LED灯珠表现为正向压降（ V_f ）增大。电测过程中发现，其正向压降增大，并且随着正向电压的增加，失效灯珠仍能发光。推测LED内部存在电气连接不良，接触电阻增大。





由于金属化层开裂导致的芯片脱落失效

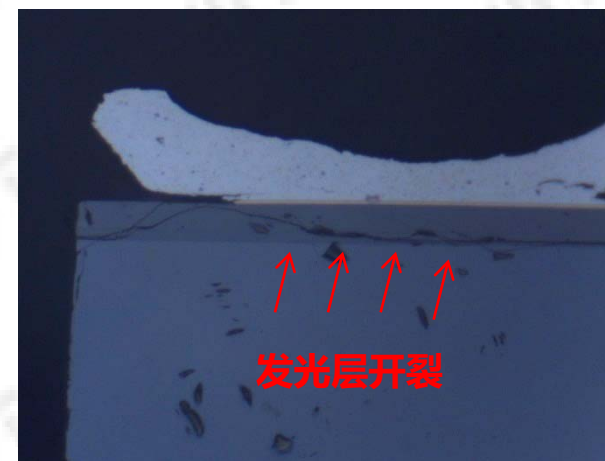
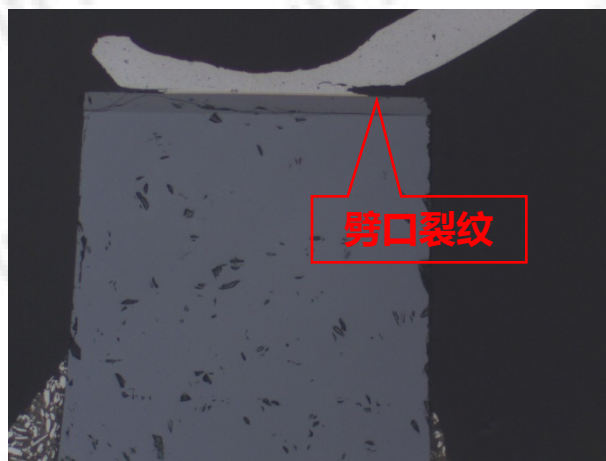
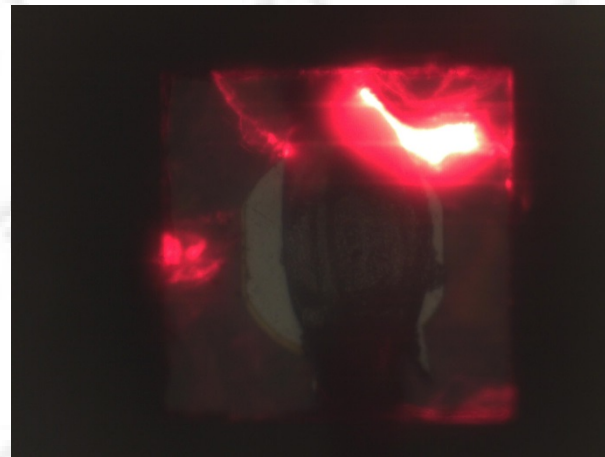
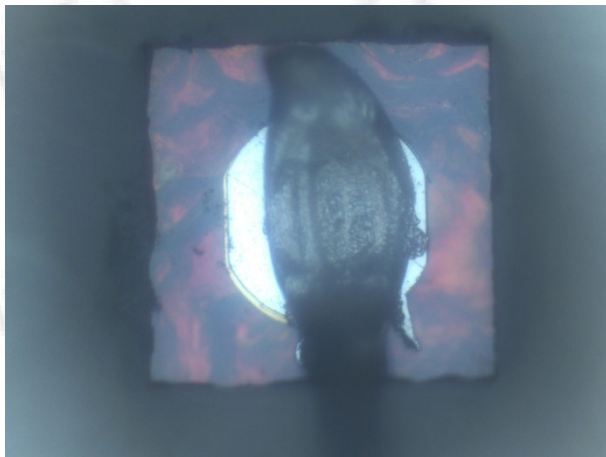
推荐测试：

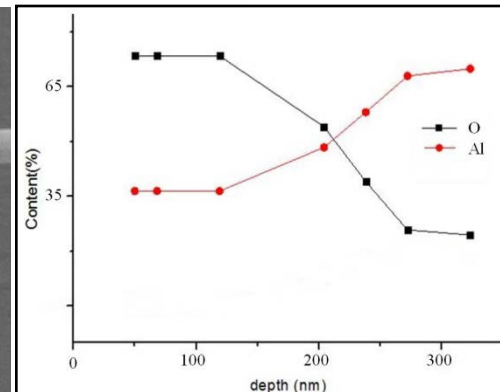
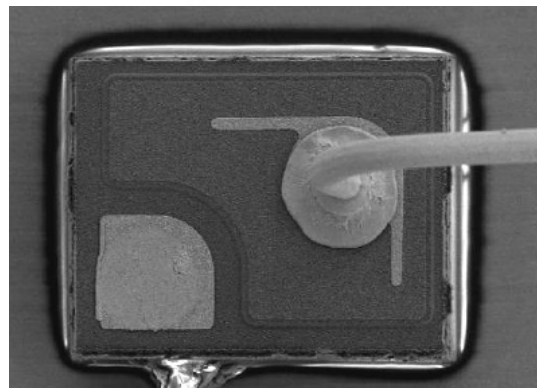
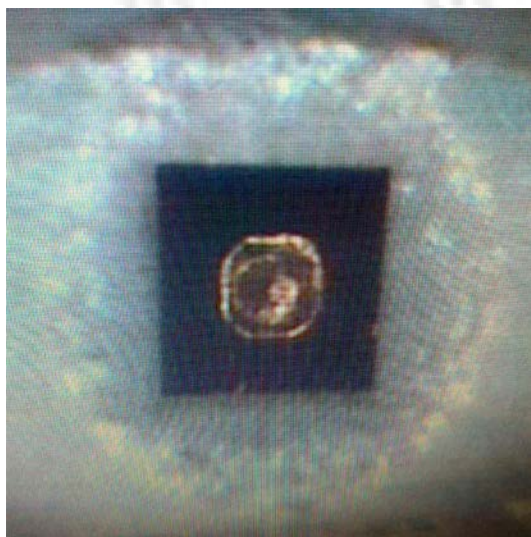
高低温冲击测试

高温高湿存储测试

FIB（聚焦离子束）+TEM（透射电子显微镜）

背景：某公司LED老化试验后出现严重光衰或死灯现象





C	O	Si	Au	Total
19.70	13.74	3.41	63.15	100

金焊盘成分分析 (EDS)

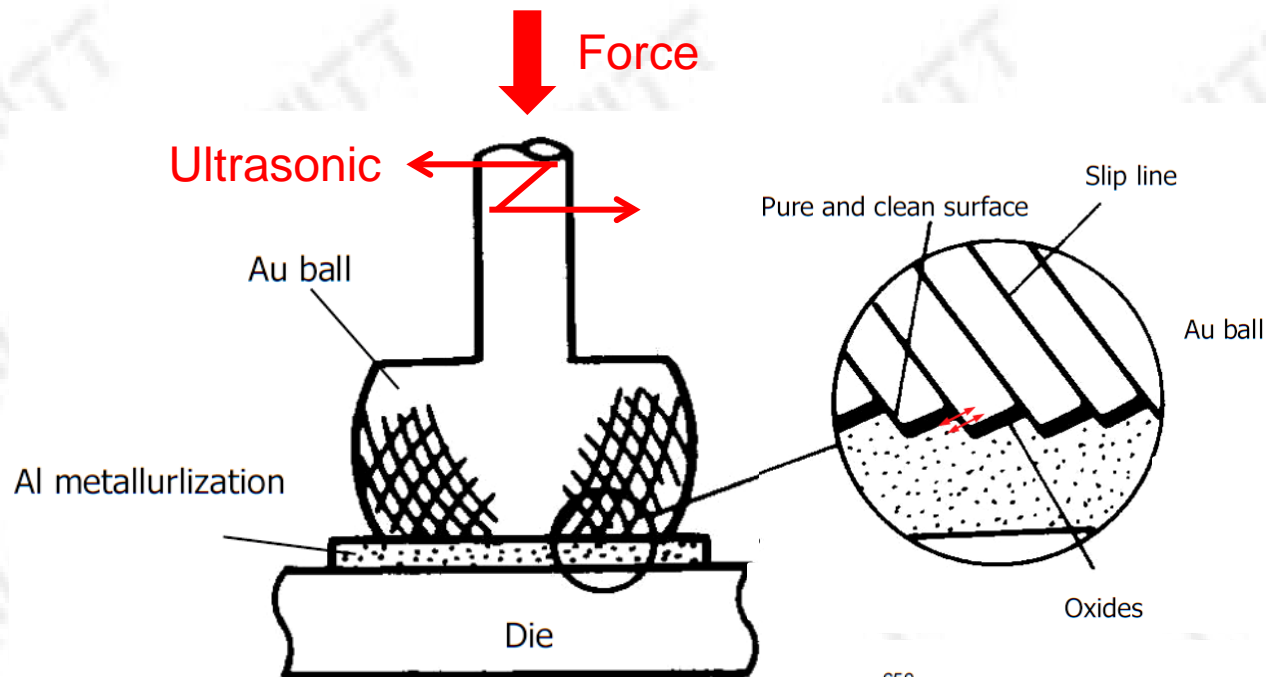
铝焊盘成分分析 (AES)

理论分析：

- (1) 金焊盘表面成分异常，含有大量的杂质元素；
- (2) 铝焊盘氧化严重，氧化层过厚。

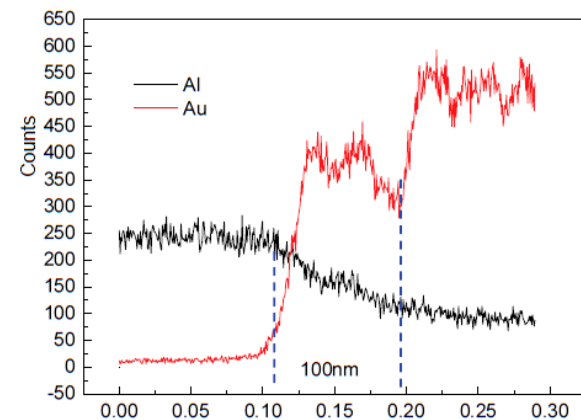
质量隐患：

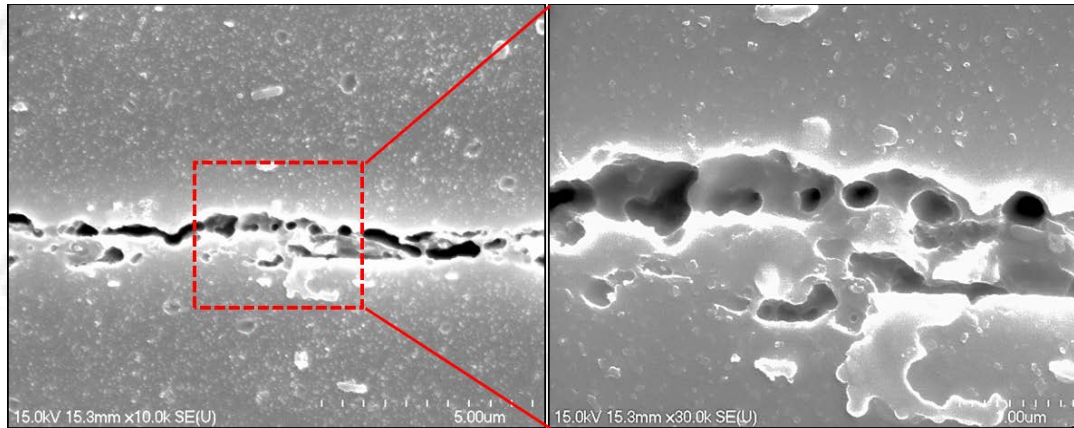
使用过程中焊点脱球导致开路死灯失效。



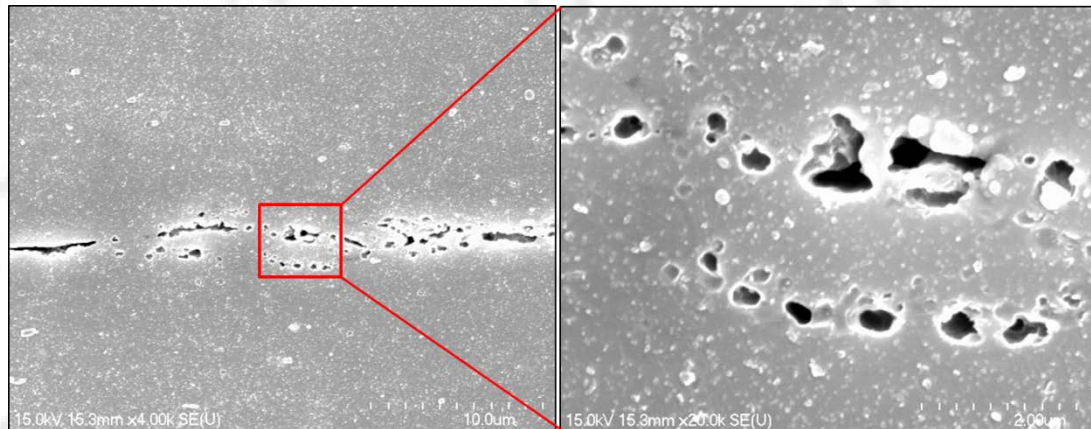
形成良好焊接效果的关键：

- (1) 洁净界面；
- (2) 温度。





结合面 (120℃ , 氧化2h)



结合面 (120℃ , 氧化0.5h)



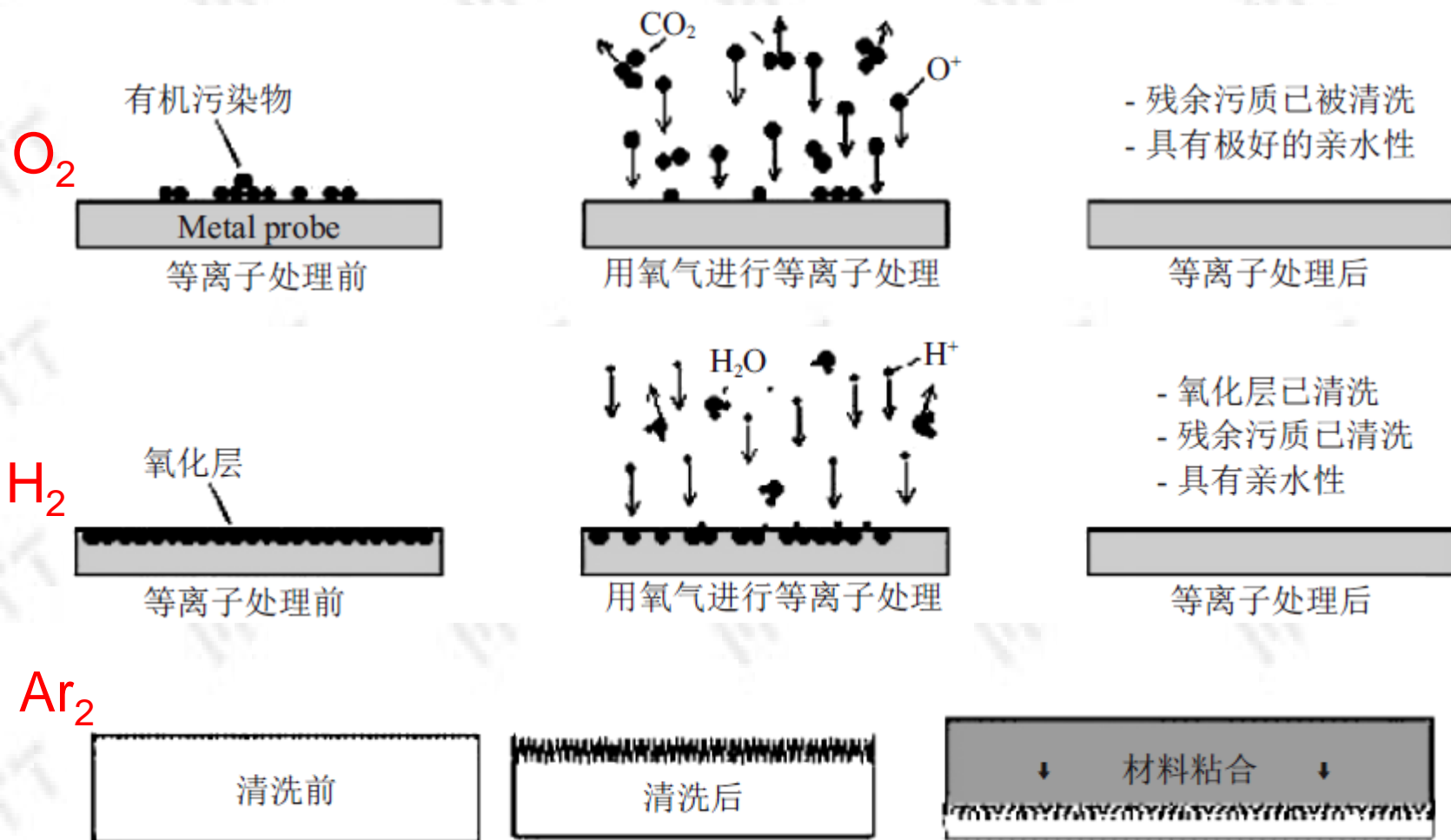
解决措施：

- (1) 确定焊盘表面污染或成分异常，考虑退货（来料检验）。
- (2) 推力测试，焊盘有残金（最低要求）。
- (3) 焊线前增加等离子清洗工艺（PLASMA）。

等离子清洗反应过程：

(1) 无机气体被激发呈离子态；(2) 气相物质被吸附在固体表面；(3) 被吸附基体与固体表面分子反应生成产物分子；(4) 产物分子解析形成气相物质；(5) 反应残余物脱离表面。等离子体与固体表面的反应分为物理的或化学的。

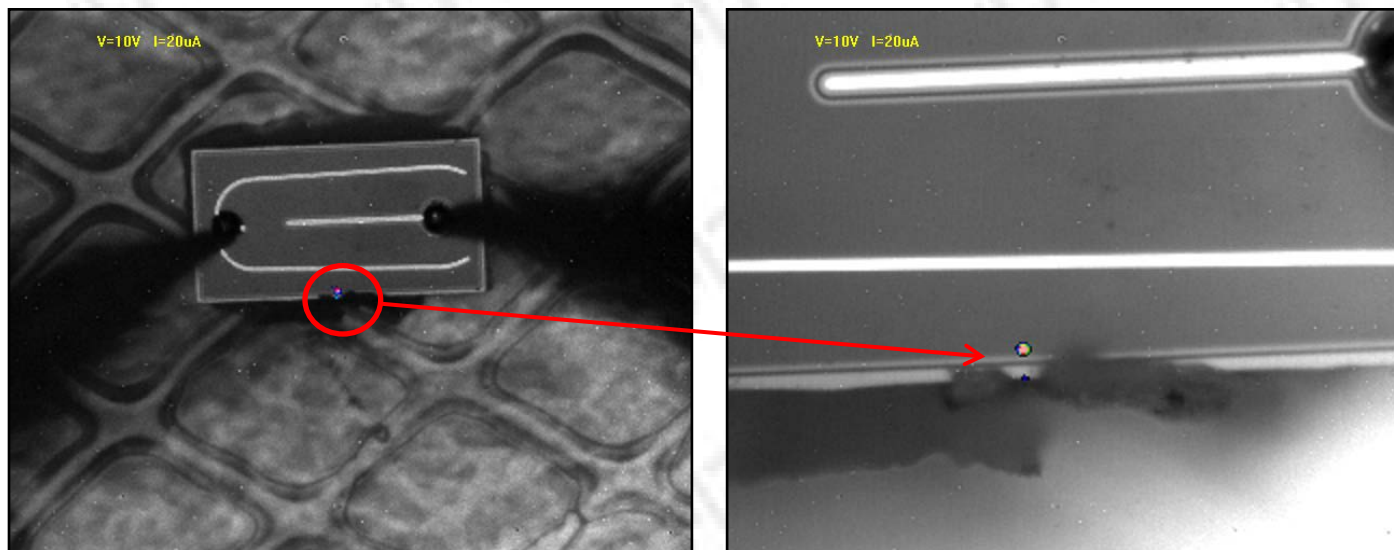
等离子气体	表面处理工艺	应用
Ar ₂	去除表面沾污	引线键合、芯片粘接、引线框架
O ₂	去除表面有机污染物	芯片粘接
H ₂	去除表面金属氧化物	引线键合、芯片粘接、引线框架



注意：

等离子作用深度一般为：3~30nm；

不分对象的基材类型，均可进行处理。（芯片表面钝化层）

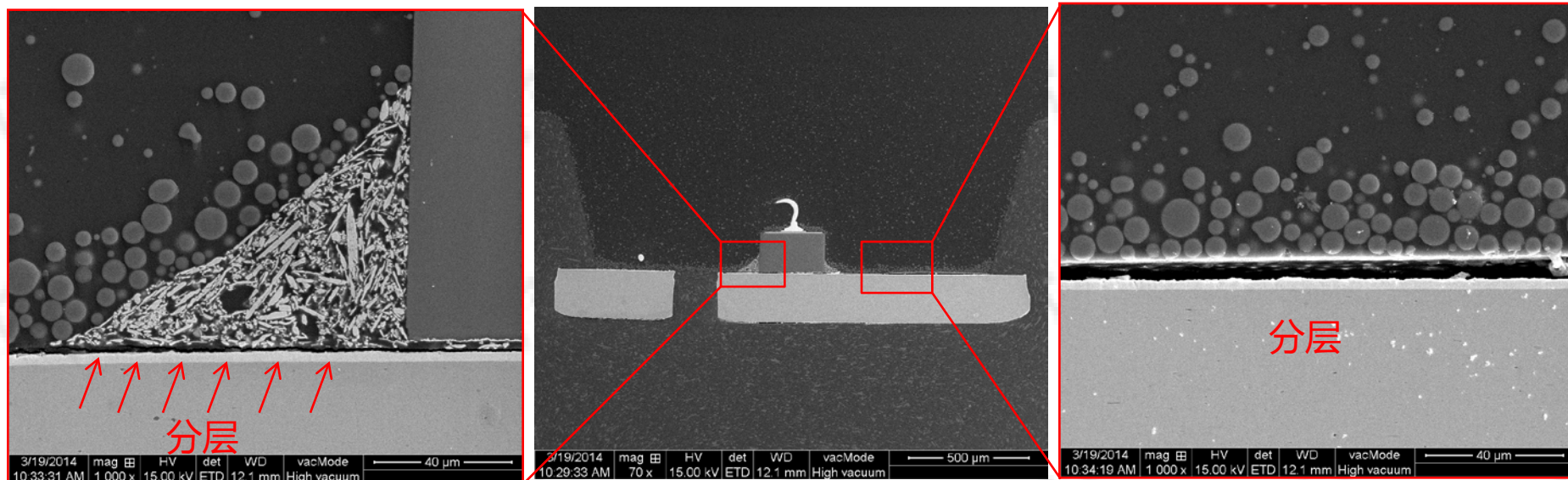


裂片损伤；
微光显微镜（EMMI）。



封装失效模式及机理

背景：某工厂某一批次LED灯珠出现红灯死灯现象



直接原因：

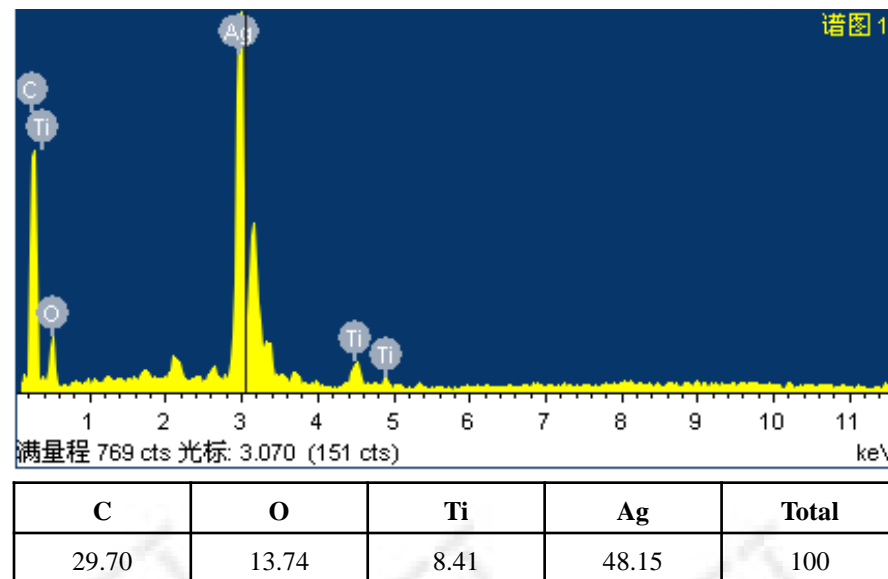
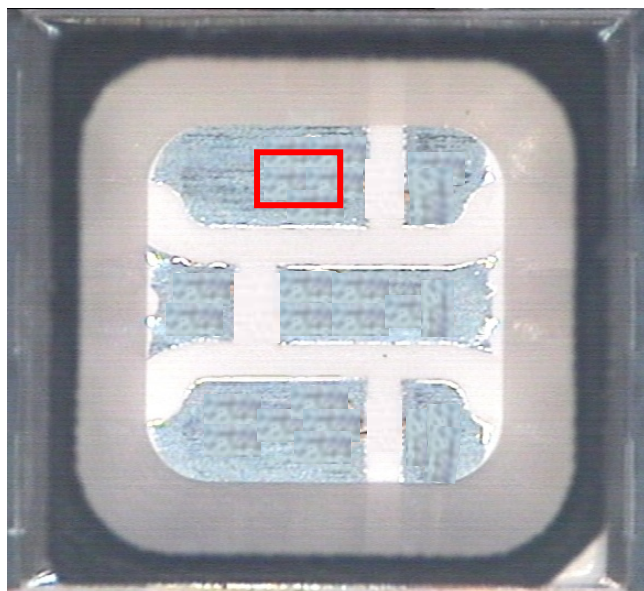
导电银胶与金属框架之间存在明显分层现象，且封装树脂与金属框架界面亦存在开裂现象。

胶水附着力

界面污染

受潮

内应力过大



结论：

焊盘表面存在大量杂质元素（C/O/Ti），污染物的存在导致界面分层。

解决措施：

加强来料检验，确认焊盘表面成分。（EDS、AES）

推荐测试：

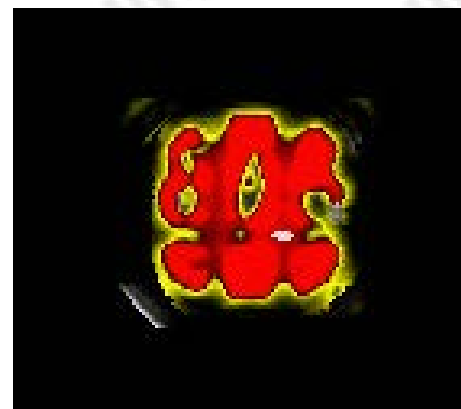
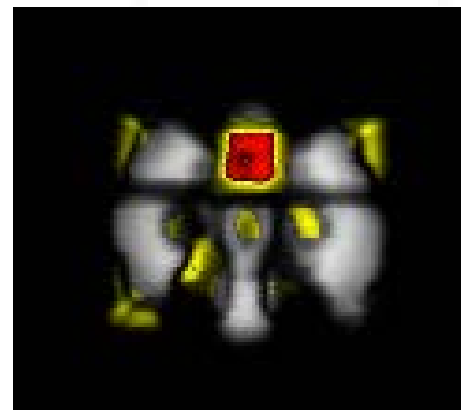
防潮等级测试（JEDEC J-STD-020D）+超声扫描确认分层（非电测）

6.2.1.1 金属引线框架封装：

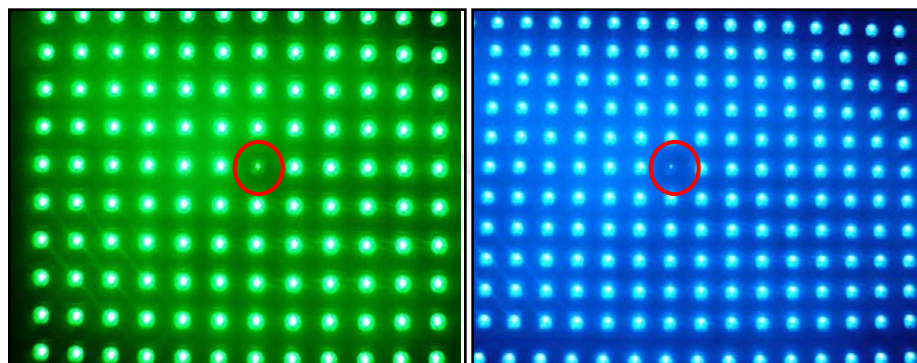
- a. 晶片的主用面没有分层。
- b. 任何金属线键合表面没有分层，包括向下键合区域或引线跨接芯片的引线框架。
- c. 沿任何聚合膜桥连到原设计应绝缘的任何金属特征的分层变化不大于10%（可通过透射声波显微镜验证）。
- d. 对于要求晶片背面电气连接的器件或热改善封装的器件，在晶片附着区域，没有大于50%的分层和裂纹。
- e. 没有任何表面裂痕特征的分层跨越整个长度。表面裂痕特征包括：引线指、连接杆、散热片对位、散热块等。

6.2.1.2 基板式封装（例如BGA、LGA等）：

- a. 晶片的主面没有分层。
- b. 层压板的任何金属线键合表面没有分层。
- c. 对于晶片腔体和过模压封装，沿着聚合物灌封或模制化合物/层压板界面，分层变化不大于10%。
- d. 沿着阻焊膜/层压板树脂界面，分层变化不大于10%。
- e. 层压板内的分层变化不大于10%。
- f. 晶片附着区域的分层/裂纹变化不大于10%。
- g. 底部填充树脂与芯片之间或底部填充树脂与基板/阻焊膜之间，没有分层/裂纹。
- h. 没有任何表面裂痕特征的分层跨越整个长度。表面裂痕特征包括：引线指、层压板、层压板金属层、镀覆孔、散热块等。



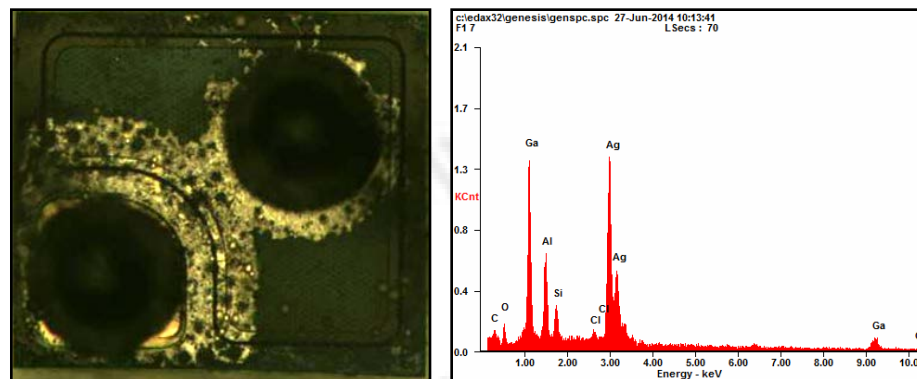
失效现象



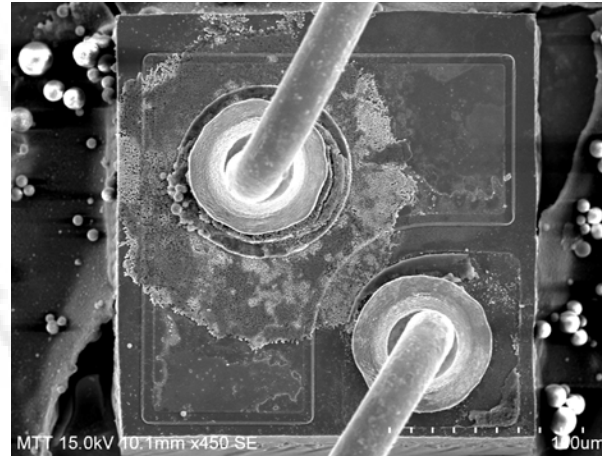
电测

NO.		R (红色)		G (绿色)		B (蓝色)		测试结果简述
		点亮测试	漏电测试	点亮测试	漏电测试	点亮测试	漏电测试	
绿光 瞎点	1#	✓	0	✓	≥120	✓	0	绿 光漏电
	2#	✓	0	✓	≥120	✓	0	绿 光漏电
	3#	✓	0	✓	≥120	✓	0	绿 光漏电
	4#	✓	0	✓	≥120	✓	0	绿 光漏电
蓝光 瞎点	5#	✓	0	✓	0	✓	≥120	蓝 光漏电
	6#	✓	0	✓	0	✓	≥120	蓝 光漏电
正常灯	7#	✓	0	✓	0	✓	0	测试正常
说明		“✓”为发亮;“X”为不亮;“≥120”为漏电达到最大。						

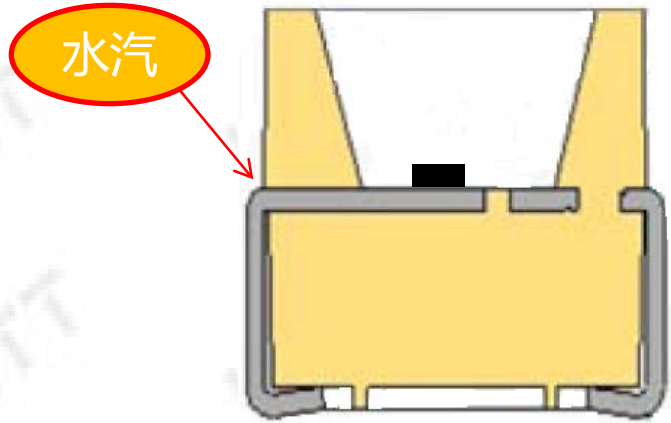
EDS



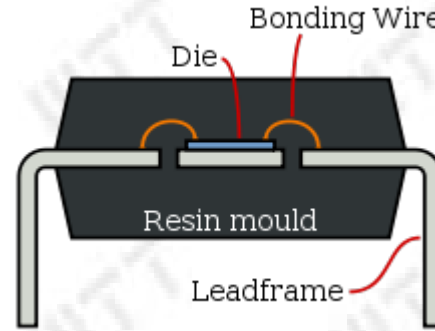
模拟实验



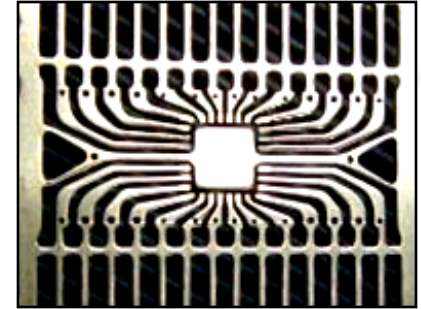
封装失效-腐蚀



LED引线框架

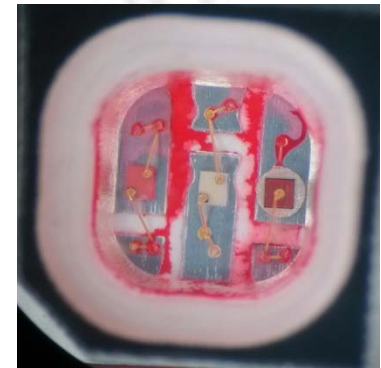


IC封装引线框架



推荐测试：

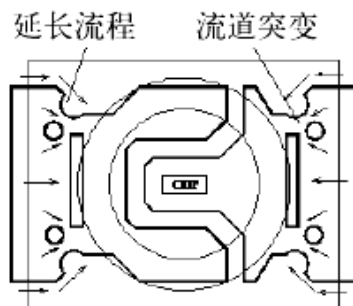
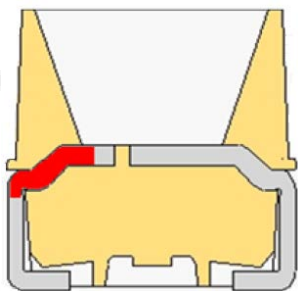
1. LED灯珠经过SMT后红墨水试验（煮/抽真空）；
2. LED灯珠经过SMT后进行气密性检测（细/粗检漏）



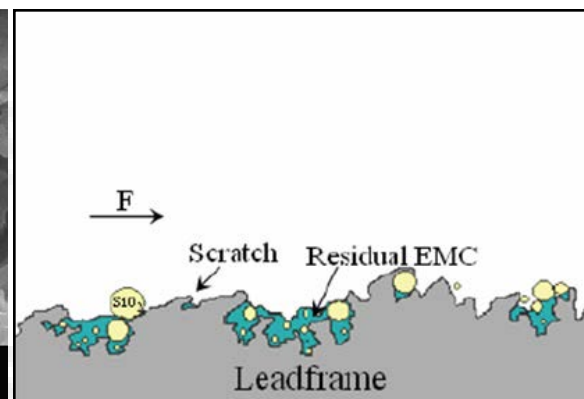
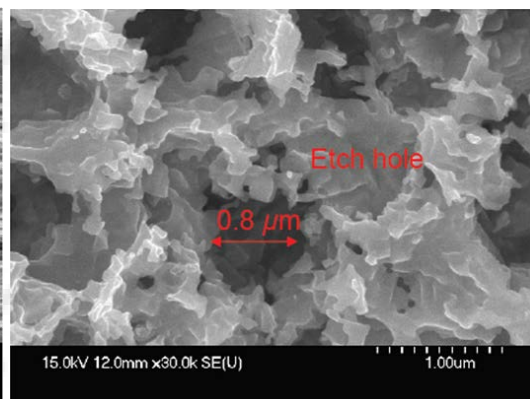
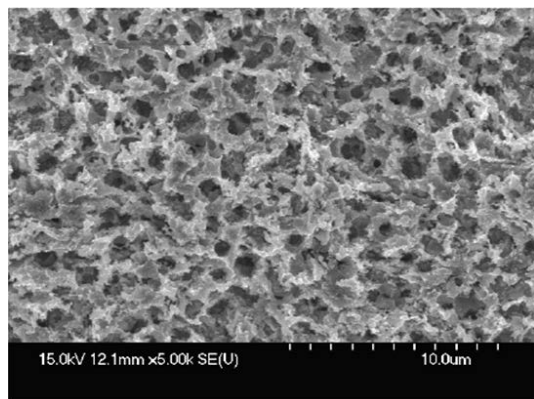
红墨水试验

气密性解决措施：

1. 通过引线框架设计（延长流程、流道突变）降低潮气的渗透压力。



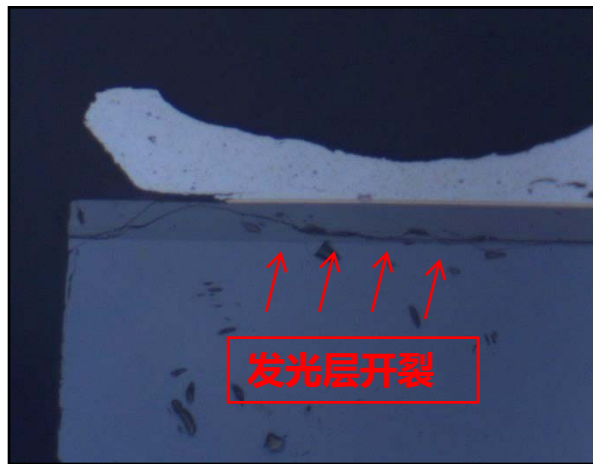
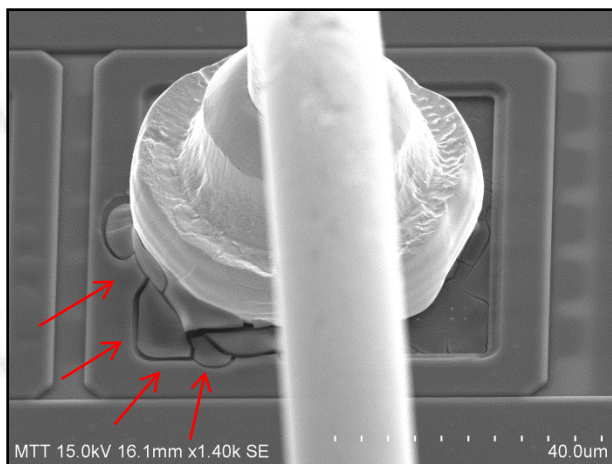
2. 增加引线框架表面粗糙度，提高界面机械咬合强度。



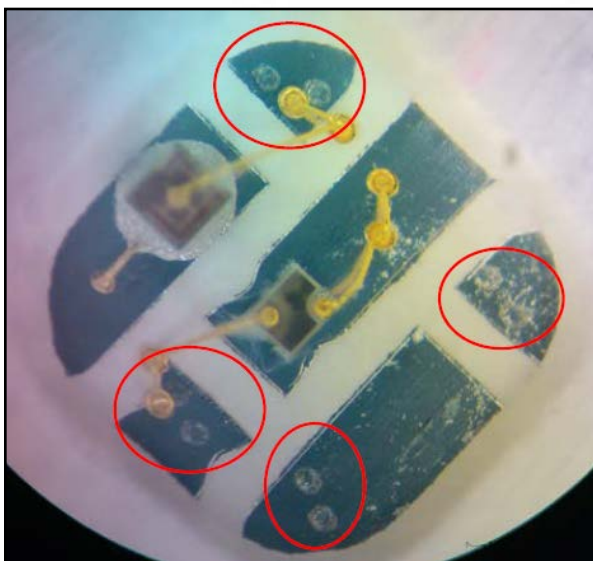
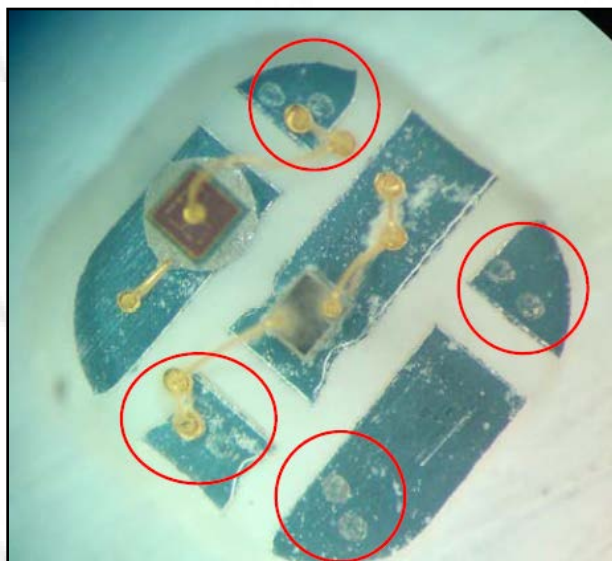
资料来源于哈尔滨工业大学深圳研究生院 李明雨 教授

3. 增加界面过渡层（金属偶联剂），形成界面共价键，大幅提升界面结合力。

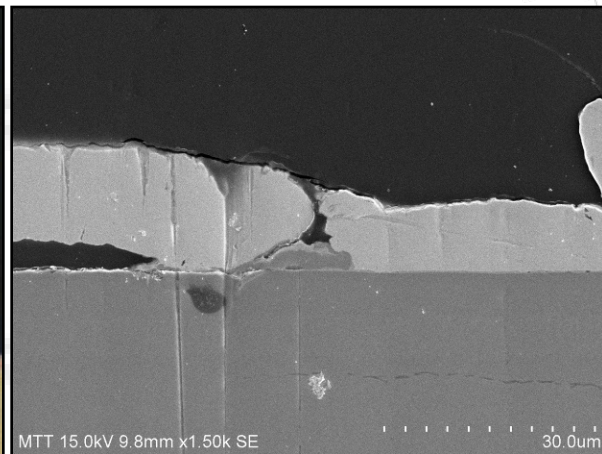
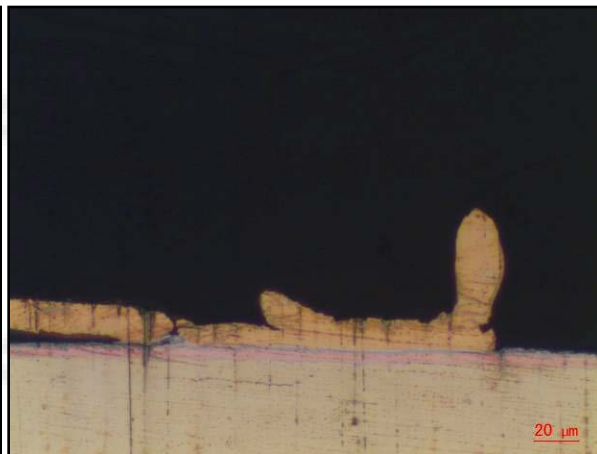
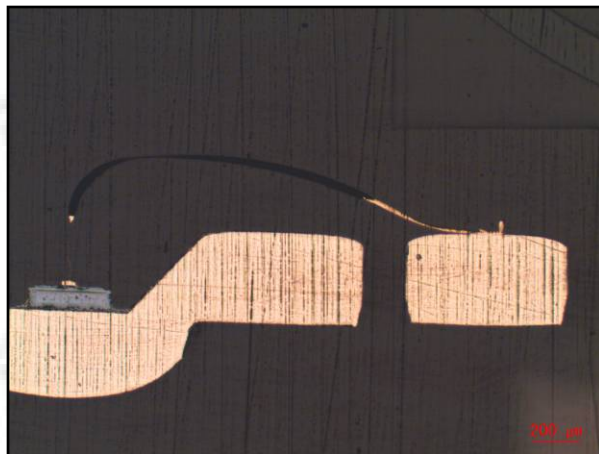
封装失效-键合



键合参数设置不当



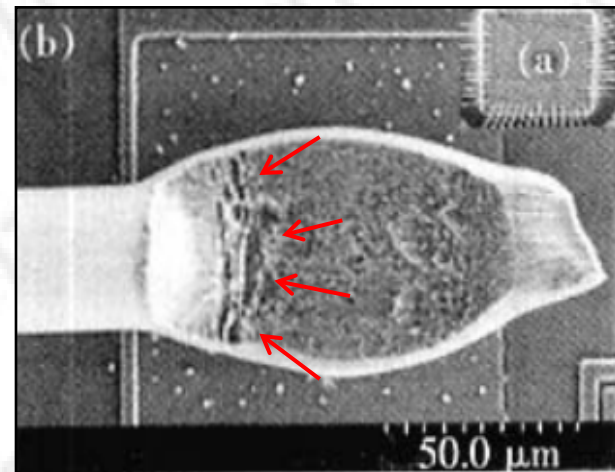
键合参数设置不当

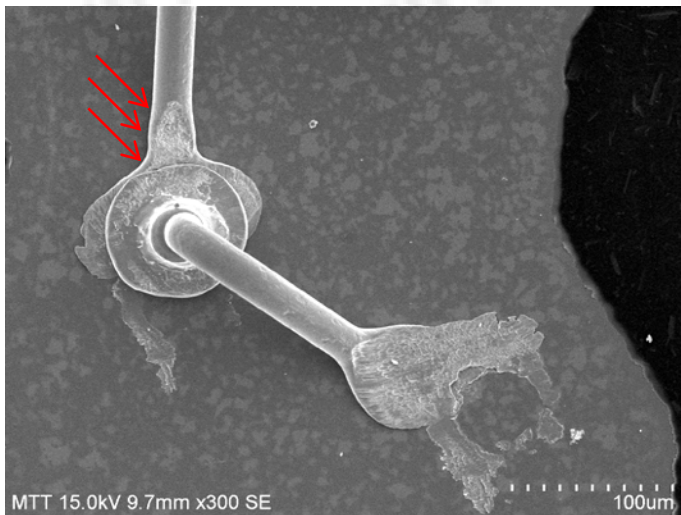


汽车制动灯模组死灯失效（D点断裂）

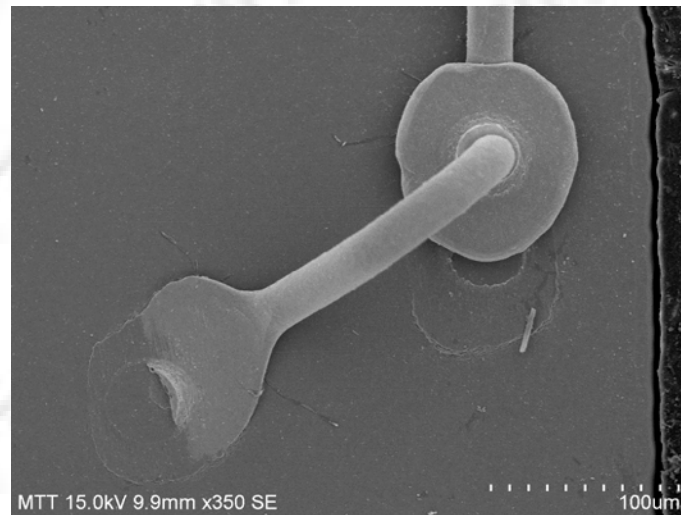
推荐测试：

1. 焊点表面形貌观察（SEM）；
2. 焊点剖面形貌观察（切片+SEM）；
3. 高低温冲击测试；
4. 高温高湿存储。





国内BBOS工艺

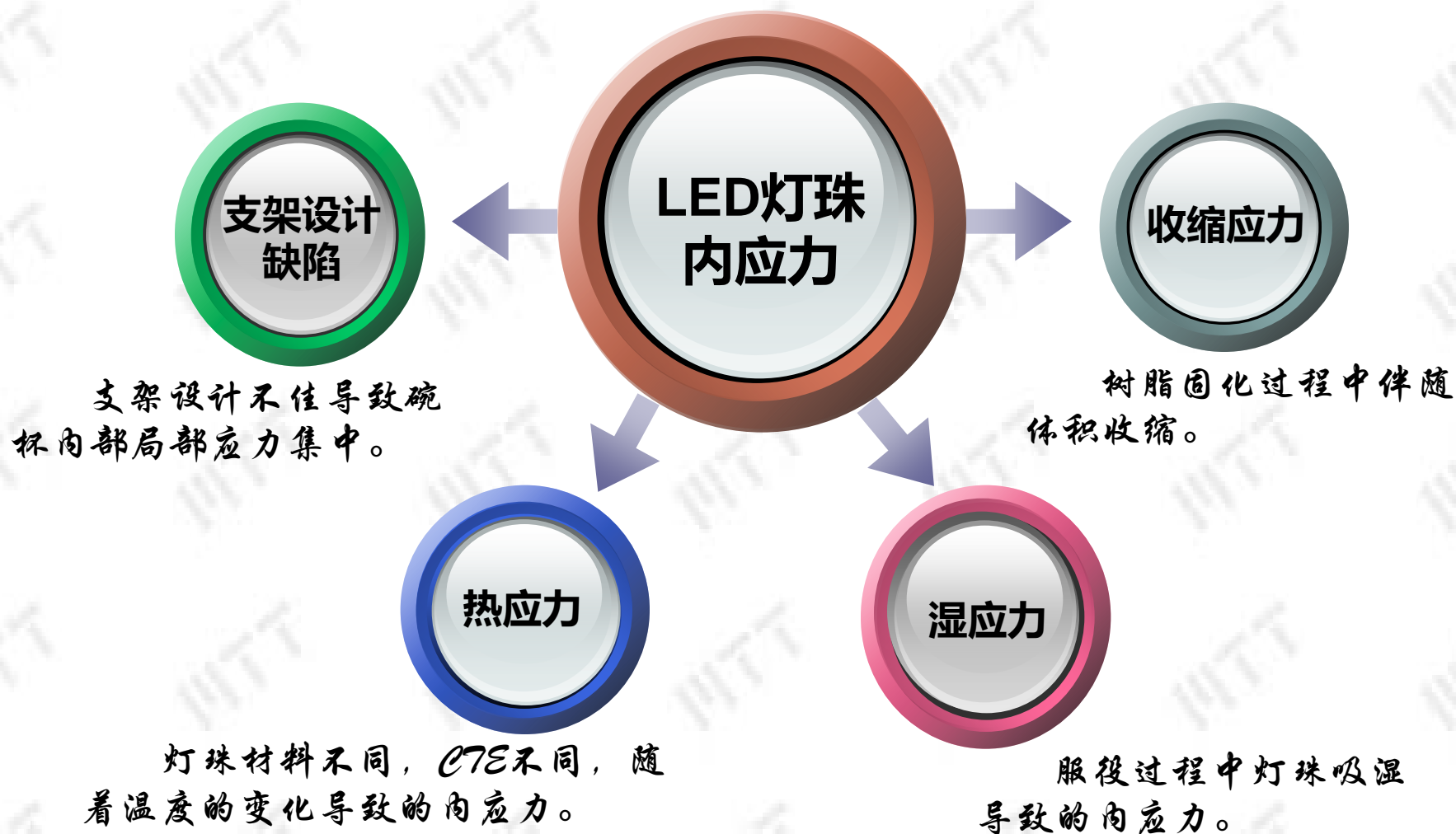


国外BBOS工艺



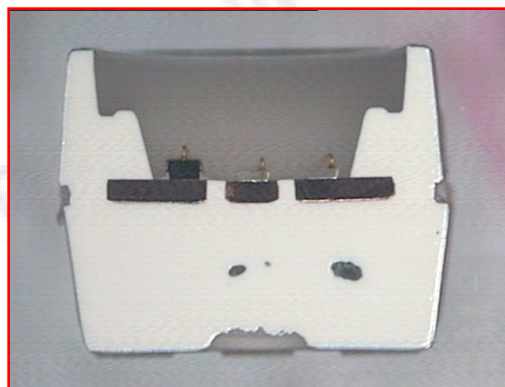
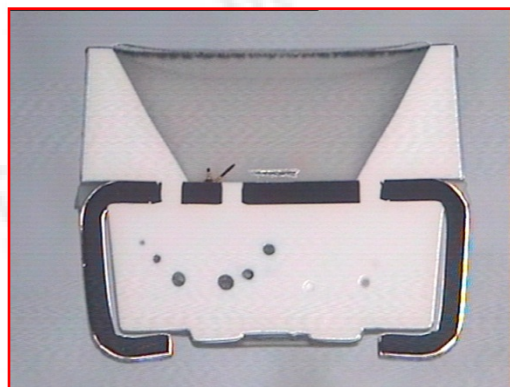
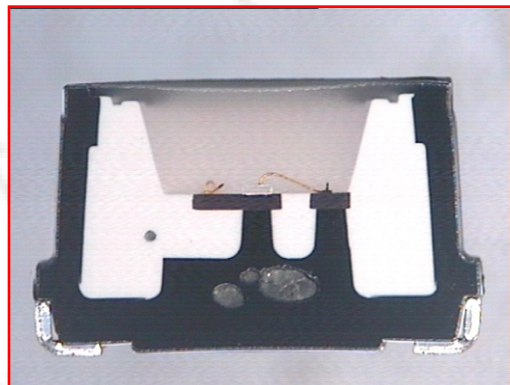
内应力失效模式及机理

内应力的来源



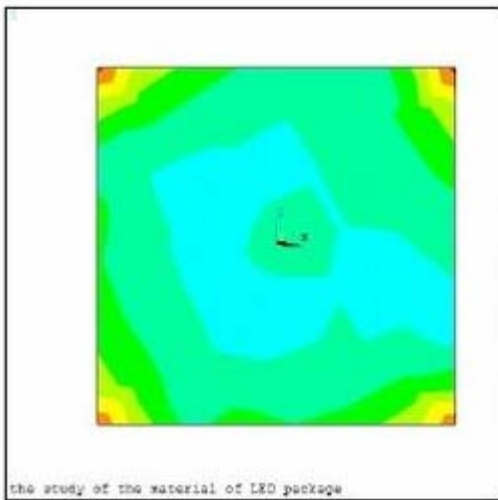
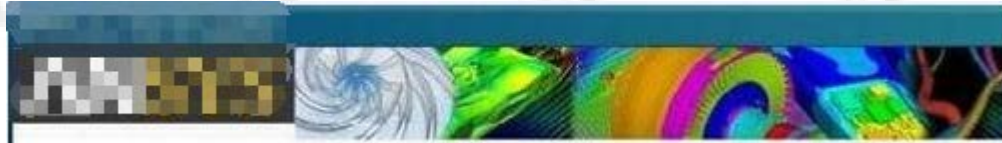


支架设计 结构设计是新产品开发的第一步，也是基础和根基。



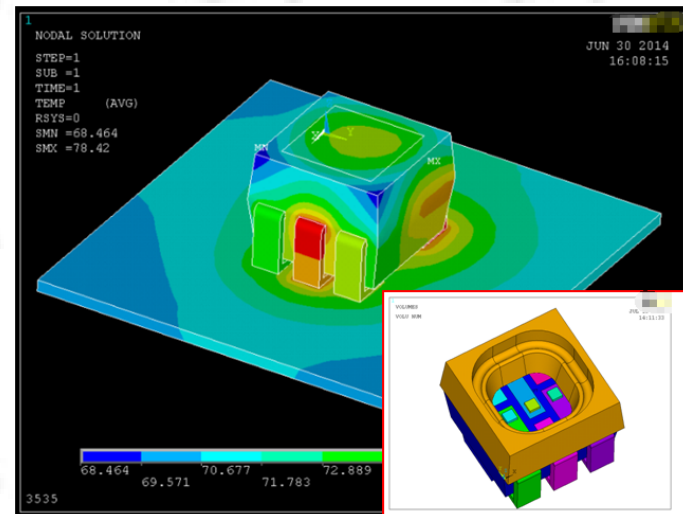
解决方案

有限元分析与模拟



ANSYS 12.1
SEP 15 2010
21:31:56
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB=10
TIME=600
SEQV (AVG)
Power Spectral Density
EFFECT=1
AVRES=MAX
MAX = 5.00E+05
MIN = -9.46E+05
MX = 2.40E+05
MY = 3.40E+05
MZ = 1.14E+05
SMX = 1.00E+05
SMY = 1.00E+05
SMZ = 1.00E+05
SMX = 1.00E+05
SMY = 1.00E+05
SMZ = 1.00E+05

BGA内应力



LED热模拟



热应力

热膨胀系数不同的材料被连接在一起，温度的变化会在两者界面上产生热应力。热应力的大小正比于温度的变化、胶黏剂与被粘物热膨胀系数的差别以及材料的弹性模量。

$$\sigma = \int_{T_1}^{T_g} \frac{(\alpha_R - \alpha_M) \cdot E_R}{1 + \frac{E_R \cdot S_R}{E_M \cdot S_M}} dT$$

σ : 內應力 (internal stress)

α : 熱膨脹係數 (CTE)

E : 彈性模數 (elastic modulus)

S : 截面積 (cross section area)

R : 樹脂 (resin)

M : 埋入件，鋁架、晶片 (insert component, leadframe, chip)

由上述公式可以看到影响热应力的因素主要有三个：

T_g (玻璃化转变温度) ; CTE (热膨胀系数) ; E (弹性模量) 。

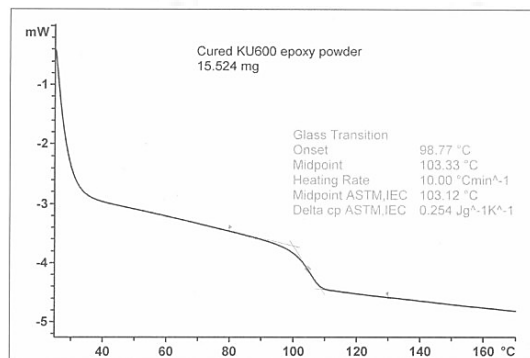
T_g (玻璃化转变温度)

非晶聚物有三种力学状态，分别是玻璃态、高弹态、粘流态。玻璃态与高弹态之间的转变，称为玻璃化转变，它所对应的转变温度称为玻璃化转变温度。

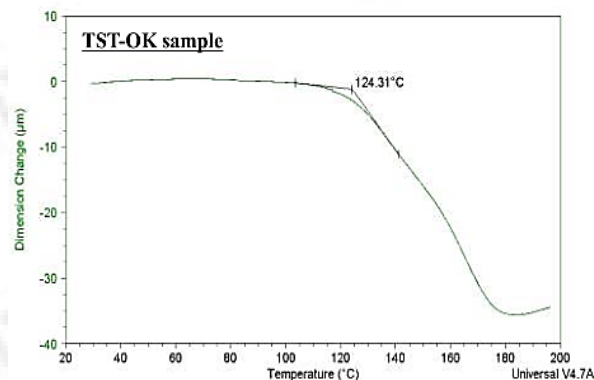
安全使用温度

温度	<T _g	≥T _g
环氧树脂热膨胀系数 (ppm/°C)	50~60	180

DSC



TMA



差热扫描量热法

DSC主要利用材料热容的变化来测定玻璃化温度。

热机械分析法

以一定的加热速率加热样品，使样品在恒定的较小负荷下随温度的升高而发生形变。

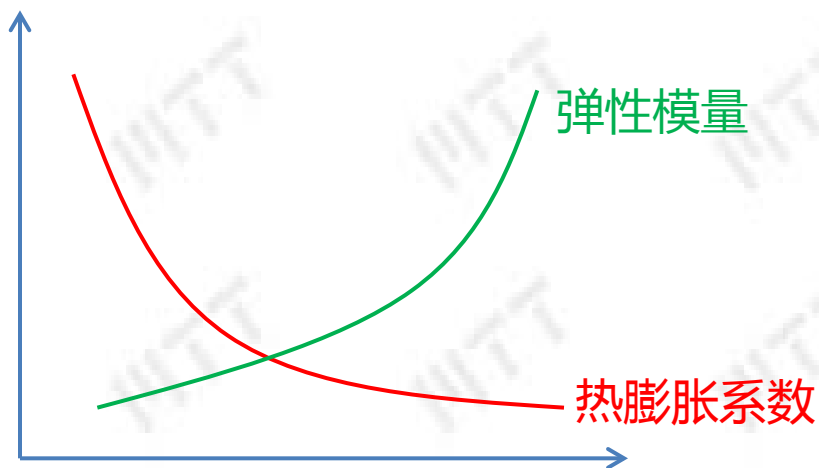


热膨胀系数

固体物质的温度每改变 1°C 时，其长度的变化和它在原温度时长度的比值，单位为 $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。

弹性模量

弹性材料的一种最重要、最具特征的力学性质，是物体变形难易程度的表征。定义为理想材料在小变形时应力与相应的应变之比。

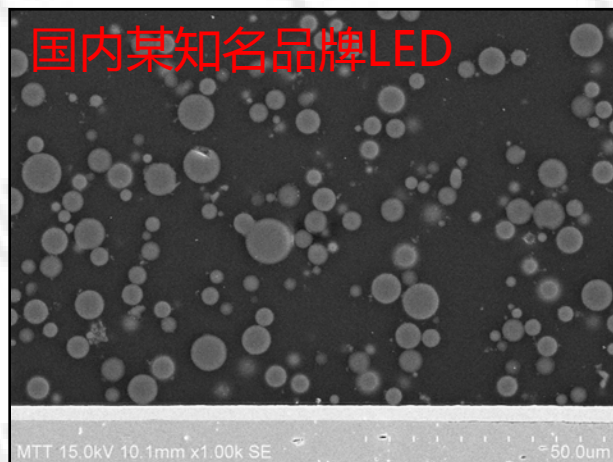


首要考虑因素是**降低热膨胀系数**，降低热膨胀系数之余兼顾考虑热应力。

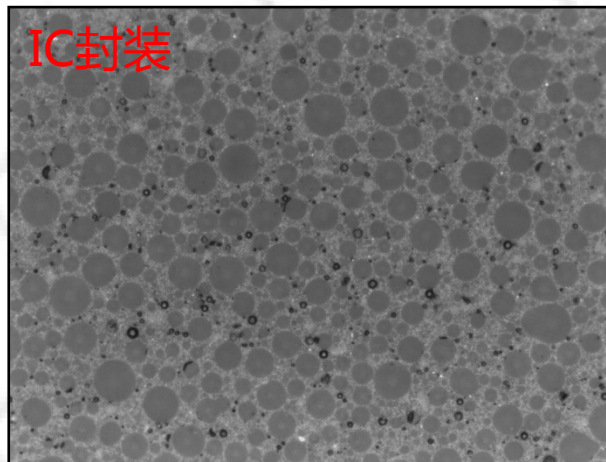
解决方案

1. 提升LED灯珠自身散热能力（散热能力/热阻）。
2. 添加无机填料（热膨胀系数）。
3. 添加应力吸收剂（弹性模量）。

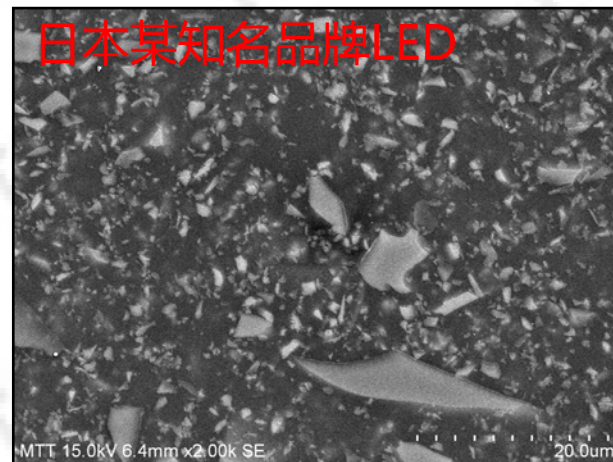
国内某知名品牌LED



IC封装

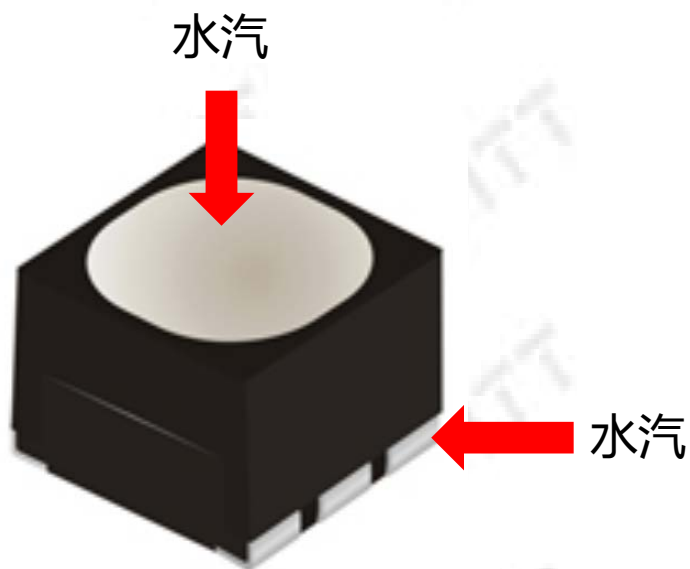


日本某知名品牌LED



湿应力

封装树脂是多成分的高分子材料，其中树脂的分子链间距为50 ~ 200nm，这种间距足够可以让水分子渗透进去。严格意义上讲，LED封装是一种非气密性封装，水分可以不同程度的进入灯珠内部。



微电子封装中的有机材料和聚合材料吸湿后体积膨胀，而芯片、金属框架不膨胀，因此产生湿应力。

湿应力大小约为热应力的0.5~2倍，不容忽视。



解决方案

途径一：选择低吸湿率的树脂

树脂的种类不同，它的吸湿率也往往不同。一般来讲， T_g 低的树脂具有较低的吸湿率，但低的 T_g 会降低材料的机械性能，所以选择低吸湿率而玻璃化转变温度又相对较高的树脂很关键。

途径二：加大封装树脂的填料含量

树脂是主要的吸湿物质，而无机填料的吸湿率很低，增加无机填料不仅降低封装胶体的整体吸湿率，而且一定程度上延长了水汽渗透路径，增加水汽渗透的难度。

途径三：提高封装树脂的交联程度

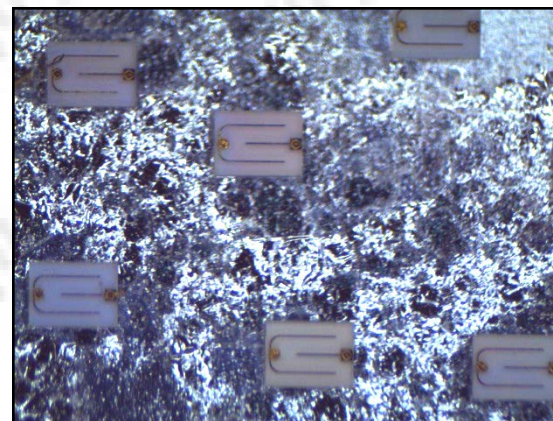
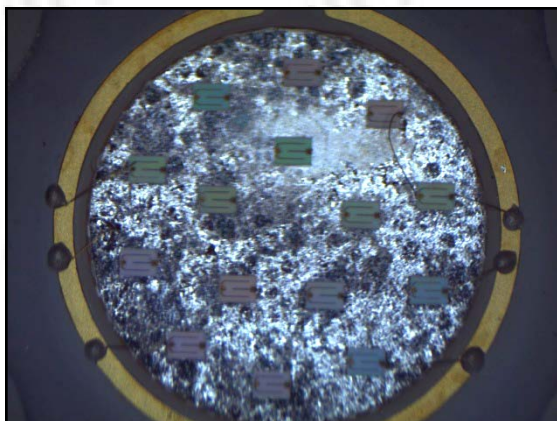
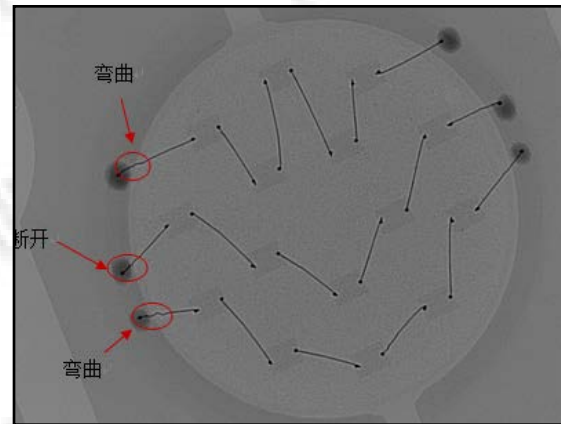
交联程度越低，即固化程度越低，胶体吸湿性越大。

推荐测试：

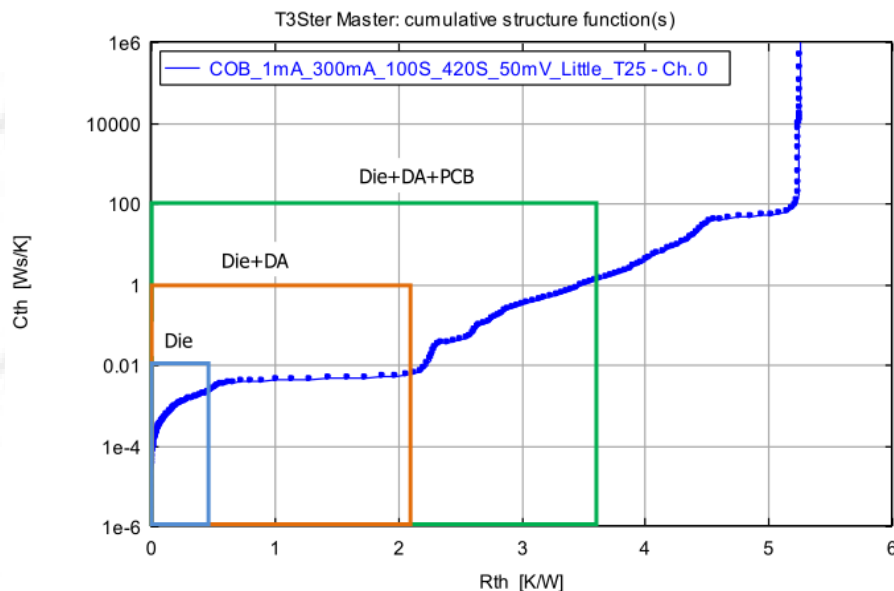
1. 封装胶体吸湿性测试，以及测试前后尺寸测量（吸湿膨胀率）；
2. 胶体固化率测试；
3. 高温高湿存储。

内应力失效

背景：LED射灯在客户端短期使用，出现严重死灯、暗亮、闪烁等失效，经初步分析为内部线路接触不良所致。

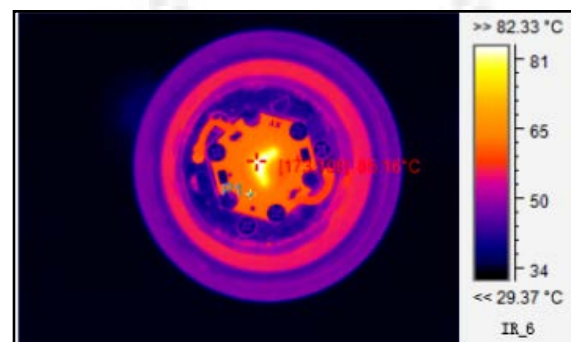
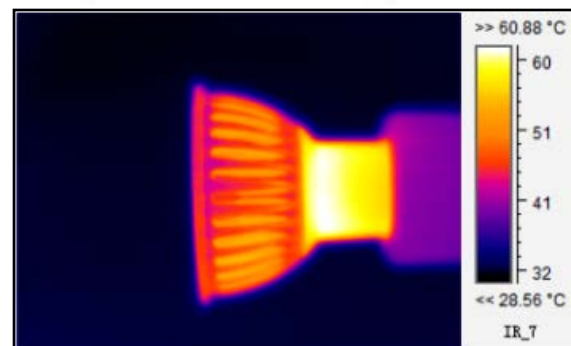


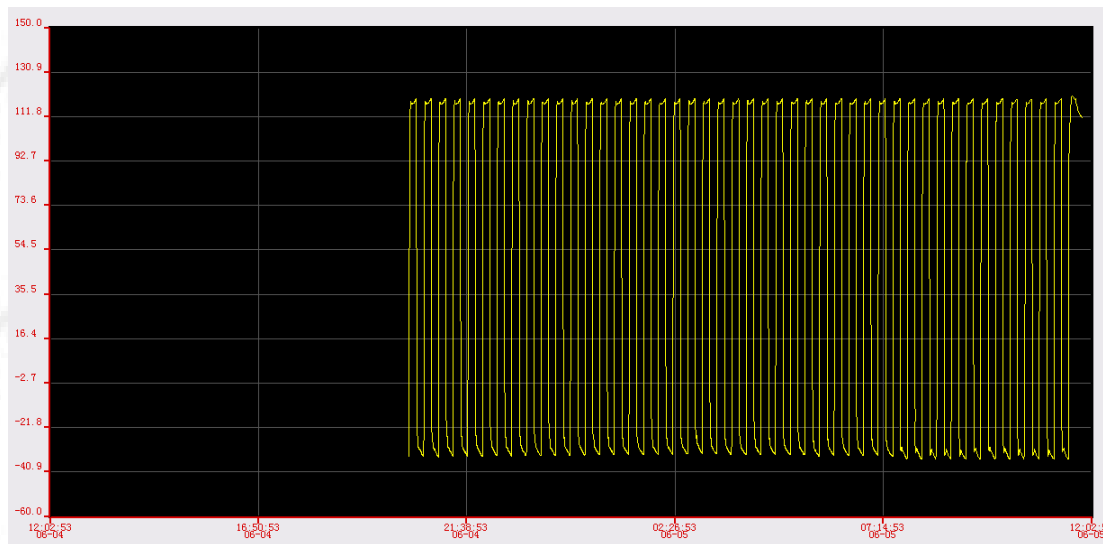
内应力失效



LED灯珠的总热阻为3.7K/W，由此可见此款COB形式的LED灯珠热阻很小，散热效果良好。

最高温度位于LED灯珠表面，高达85°C。考虑到射灯透镜的影响（散热面积增大，增加对流散热和辐射散热），合理推测实际使用过程中LED灯珠结温应该处于110°C左右。





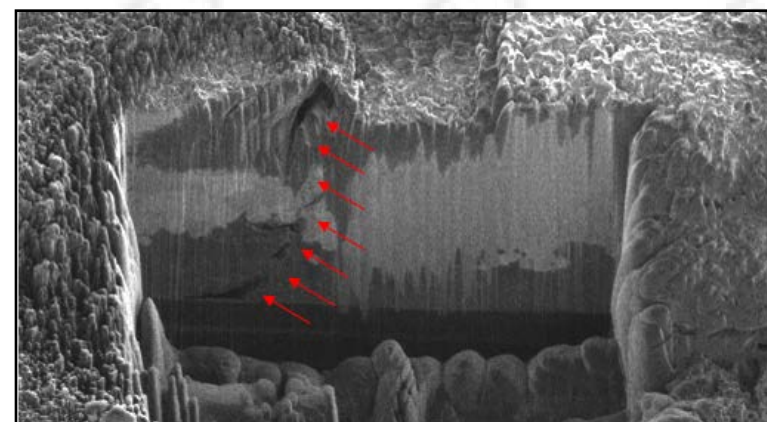
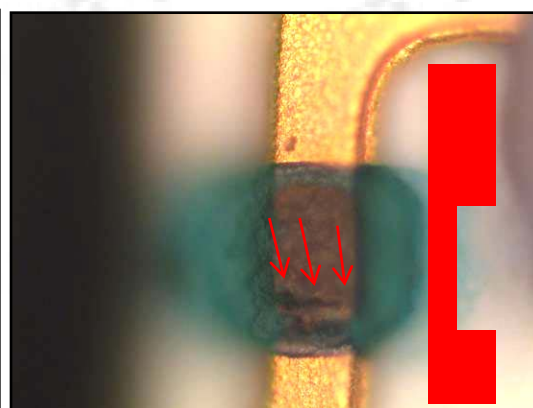
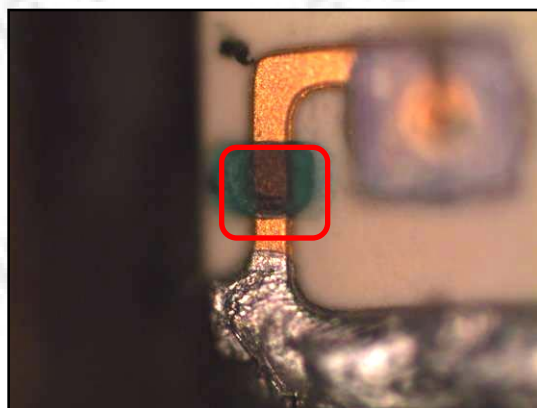
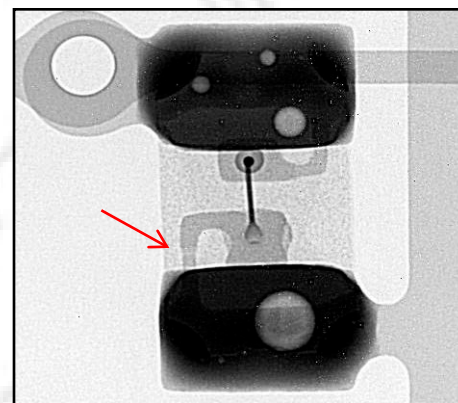
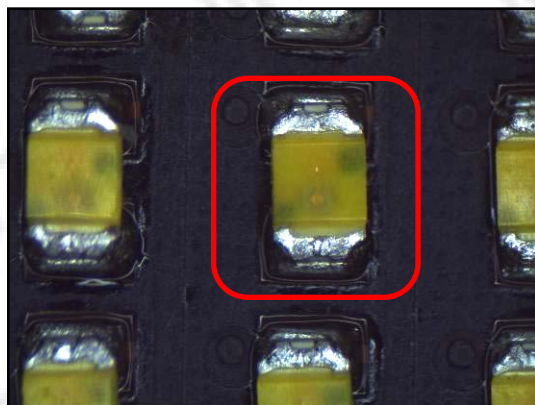
冷热冲击试验曲线

结论：LED射灯出现异常的根本原因在于，正常使用条件下的LED灯珠内应力过大，造成灯珠内部键合引线大面积断裂。

建议：选用耐高温LED灯珠；降低灯具界面热阻，改善灯具散热。

内应力失效

背景：该LED模组用作某款智能手环的显示窗口，在SMT工艺制程和客户端均会出现个别LED灯珠死灯、暗亮失效。

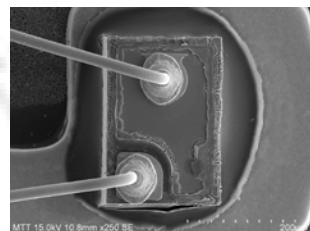


失效样品开封

FIB剖面分析



电应力失效模式及机理



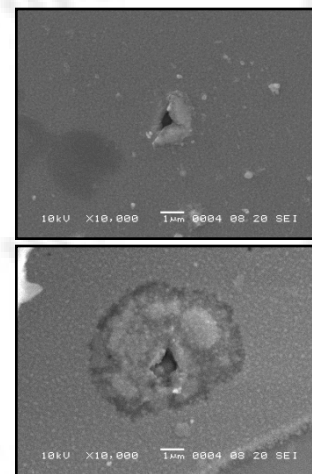
EOS(电气过应力)

其表现方式是过压或过流产生大量的热能，使元器件内部温度过高从而损坏元器件，一般是由电气系统中**脉冲**导致的。

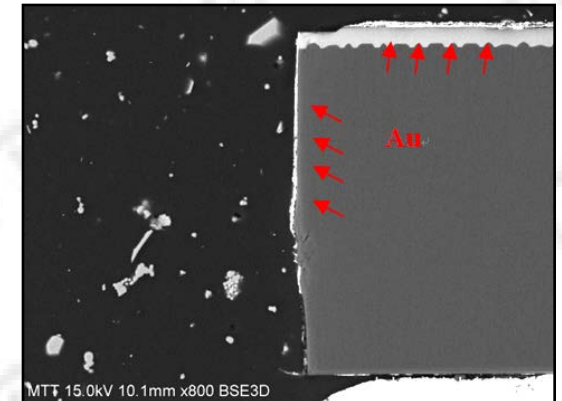
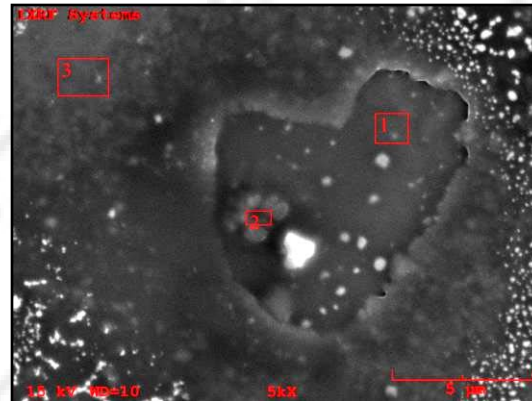
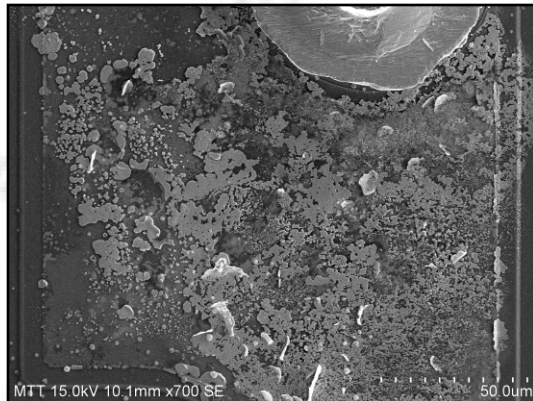
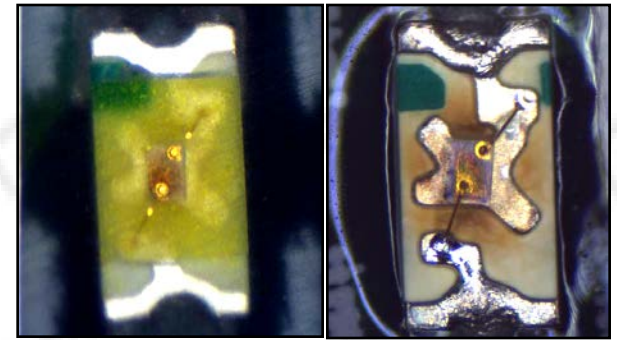
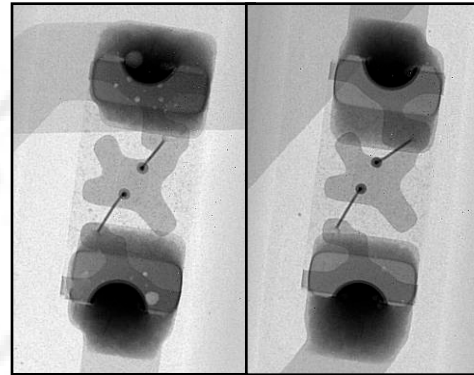
ESD(静电放电)

起放电电源是空间电荷，其所储存的能量是有限的，故仅能提供短暂发生的局部击穿能量。

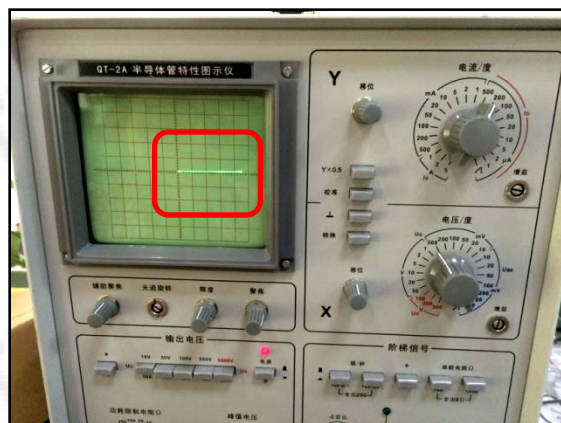
静电放电造成元器件**硬击穿**或**软击穿**，其中硬击穿是一次性造成器件的永久失效；软击穿可使器件性能劣化，并使其指标参数降低而造成故障隐患（90%）。



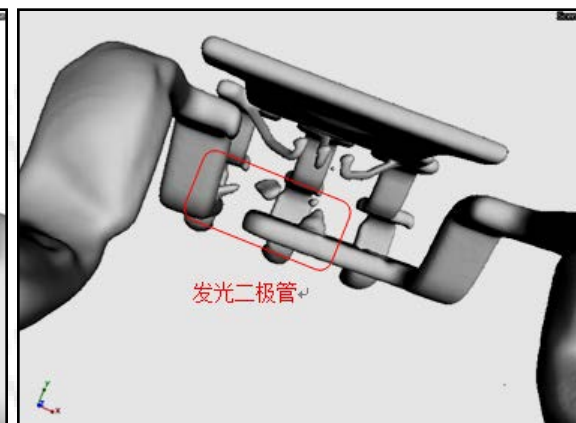
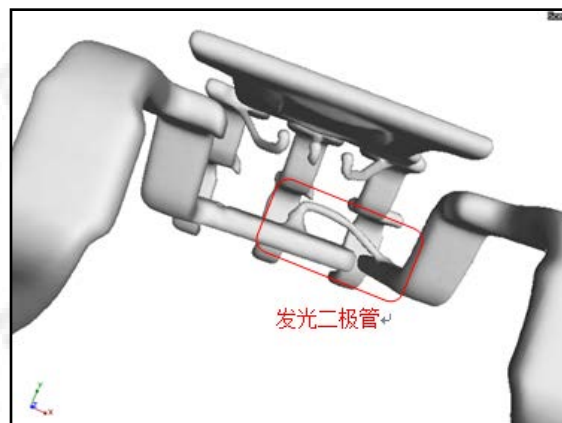
背景：该数码管模组用作某型号电梯的显示窗口，在客户端使用过程中出现数码管死灯、暗亮失效，不良率高达百分之一，属于严重质量事故。



背景：该型号光耦用于显示面板，在客户端使用15个月左右，发现显示异常，偶发。经过客户内部排查确定光耦失效，替换正常光耦后恢复正常。



电性测试



三维扫描

检测：
电性测试，光耦开路。
透视检查结果显示LED绑定线断裂。



芯片本身所能达到的质量水准。

检测标准：

ANSI/ESD STM5.1/5.2;

JESD22-A114/115;

MIL-STD-883.

芯片
质量

ESD

防静电
措施

工艺
缺陷

使用方的工艺制程防静电措施不到位，造成静电击穿失效。

芯片工艺制程缺陷造成芯片抗静电能力下降，往往具有批次性。





装配失效模式及机理

装配失效



1

机械应力失效

装配外力导致产品内部结构失效。

电气连接失效

2

开路、短路等失效，涉及SMT、波峰焊等板级封装失效。

3

散热失效（热阻）

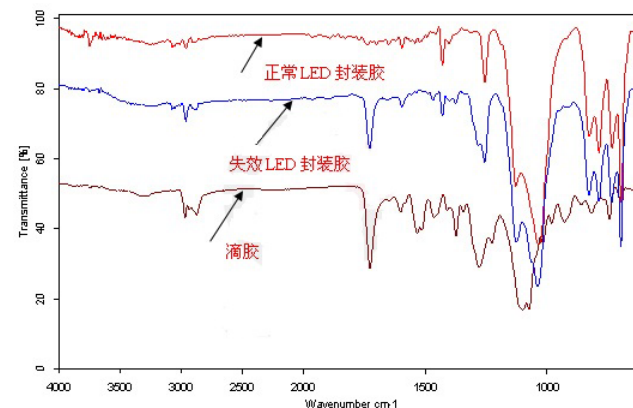
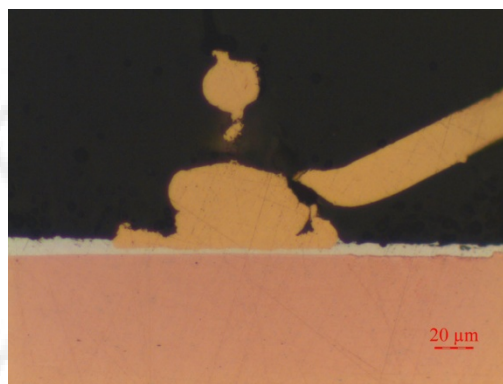
界面热阻，涉及导热银浆、导热硅脂等导热材料。

材料不匹配

4

装配材料间发生化学反应。

背景：LED灯条表面包封之后放置或使用了约3个月后出现死灯现象，撕掉外面的包封材料发现灯珠内部封装硅胶发泡变脆，而未包封的LED灯条完全正常。



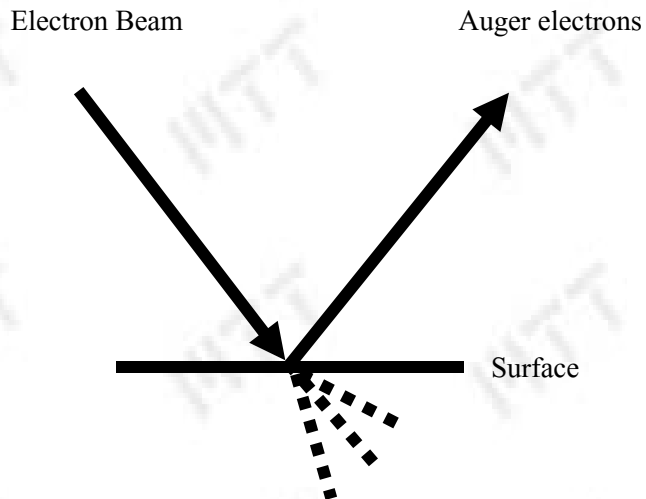
结论：包封胶固化过程中挥发出来的气体成分侵入到LED封装胶中，导致封装胶降解老化而变得蓬松，封装胶降解老化过程中产生内应力使LED灯珠上的键合丝D点断裂导致死灯。



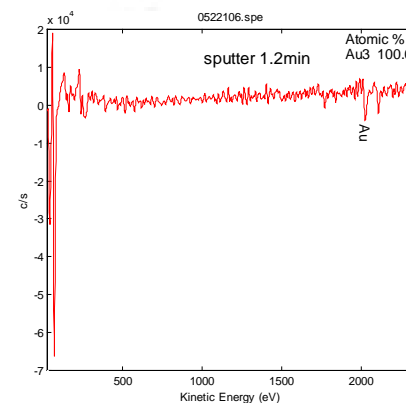
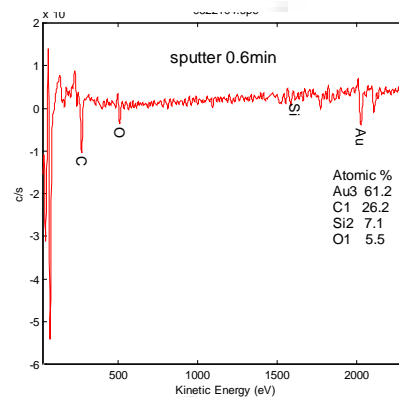
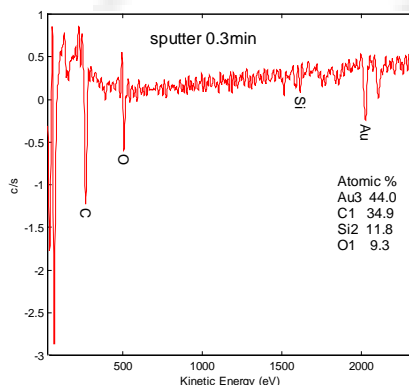
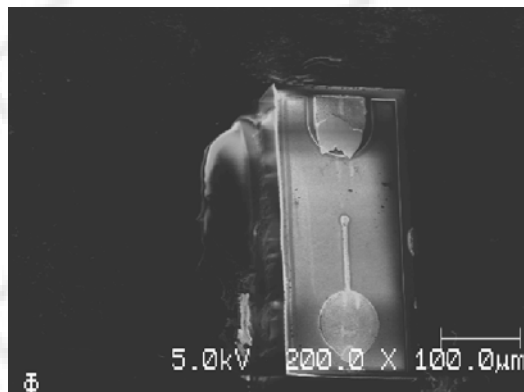
测试与分析方法简介



俄歇能谱仪(AES)



- 极高的表面灵敏度 < 10nm
- 检测原子序数大于氦的所有元素
- 检测极限:0.1%
- 深度分布，面扫描、线扫描分析
- 分析深度10nm

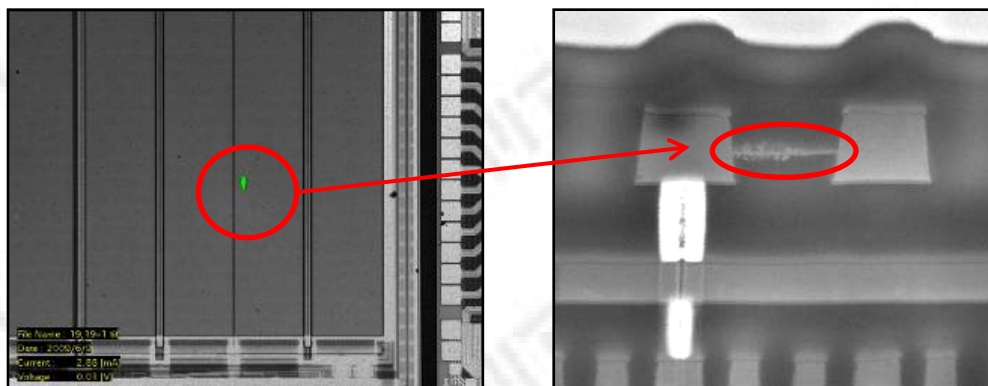


目的：在LED失效分析中可作为分析焊盘或芯片浅表面的痕量元素。



微光显微镜(EMMI)

利用半导体的发光机理进行定位，电子从高能态向低能态的跃迁，多余的能量以光子的形式向外辐射，分析 激发的光强度，据此对漏电发生的位置进行定位。

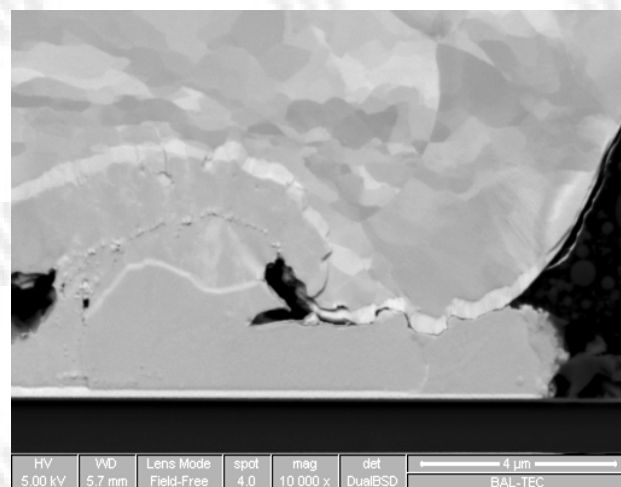
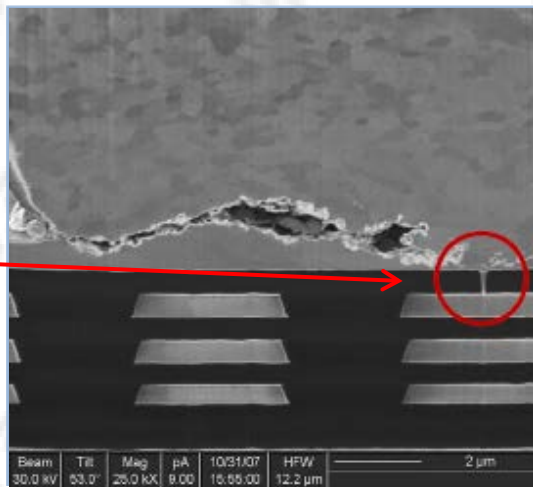
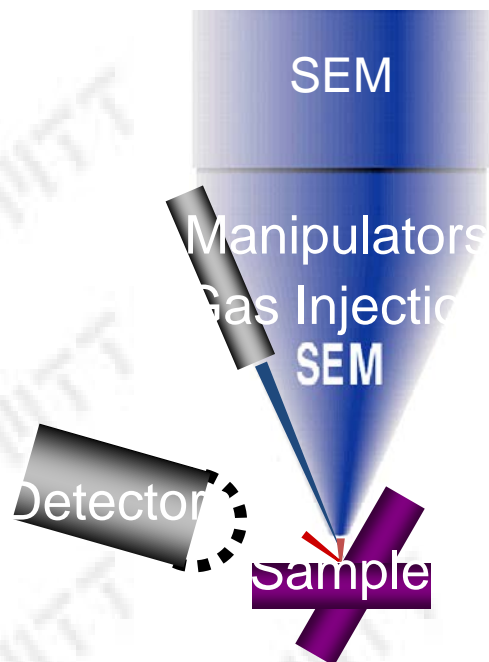


- 分析氧化层缺陷、结漏电和其他漏电现象引起的失效；
- FA中的电学损伤定位，研究氧化层的软击穿、应力引起的泄漏电流、隧穿等失效机理。

聚焦离子束(FIB)

基本原理：

- 以SEM为基础
- 用镓(Ga) 离子束代替电子束
- 最小束斑直径达到10nm
- 用于精密切割
- 通过二次电子对切割效果进行观察
- 通过在样品表面镀W或Pt来保护切割边缘

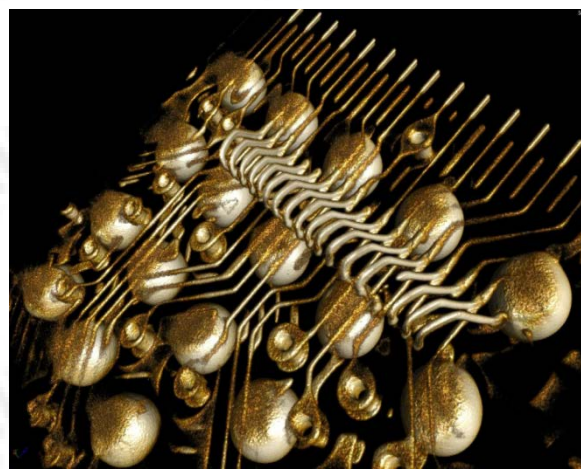
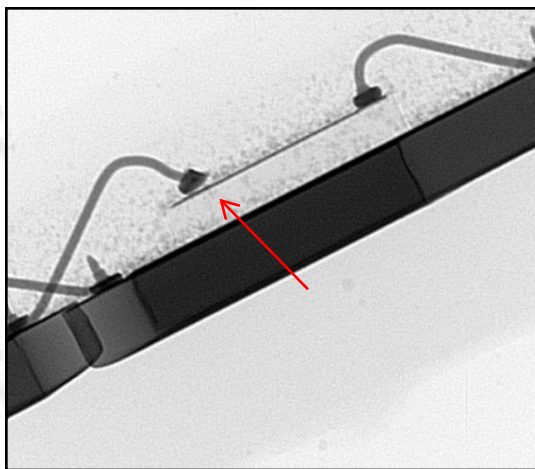
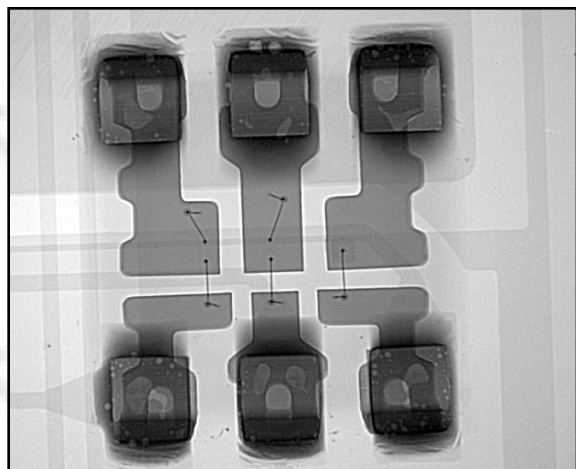




无损透视检查(X-RAY/CT)

基本原理：

X射线发射管产生X射线通过测试样品，根据样品材料本身密度与原子量的不同对X射线有不同的吸收量而在图像接收器上产生衬度差异，从而形成投影。



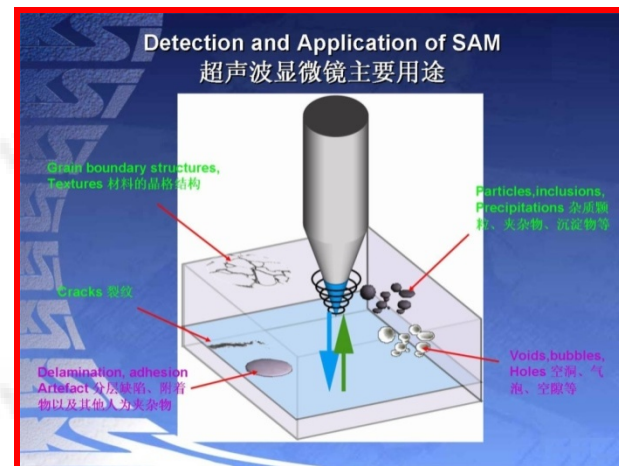
X-RAY透视技术在LED分析中的应用：

- A. 检查LED内部结构缺陷，如绑定线断裂，热熔断，键合不良、塌丝等。
- B. 检查LED内部材料结合状态。
- C. 检测LED芯片与基板的焊接质量。

超声扫描显微镜(C-SAM)

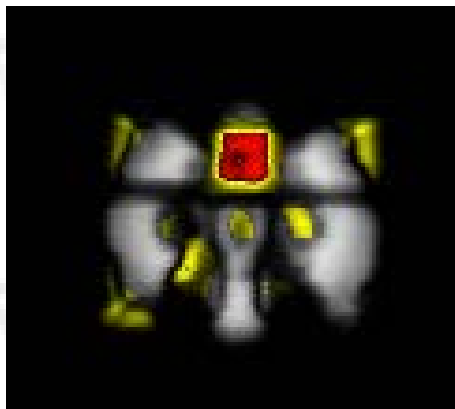
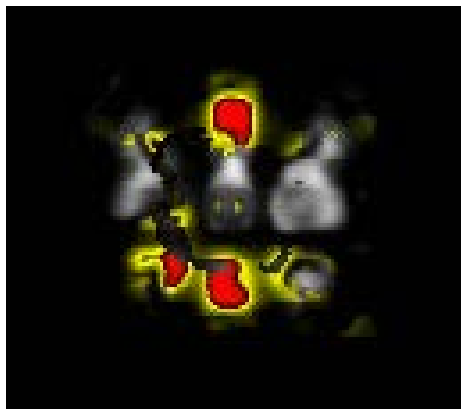
基本原理：

超声波在介质中传播时，若遇到不同密度或弹性系数的物质（通俗说就是**软介质与硬介质**），会产生**反射波**，而此种反射回波强度会因为材料密度不同而有所差异，扫描声学显微镜就是利用此特性，来检验材料内部的缺陷并依所接收的信号变化将之成像。

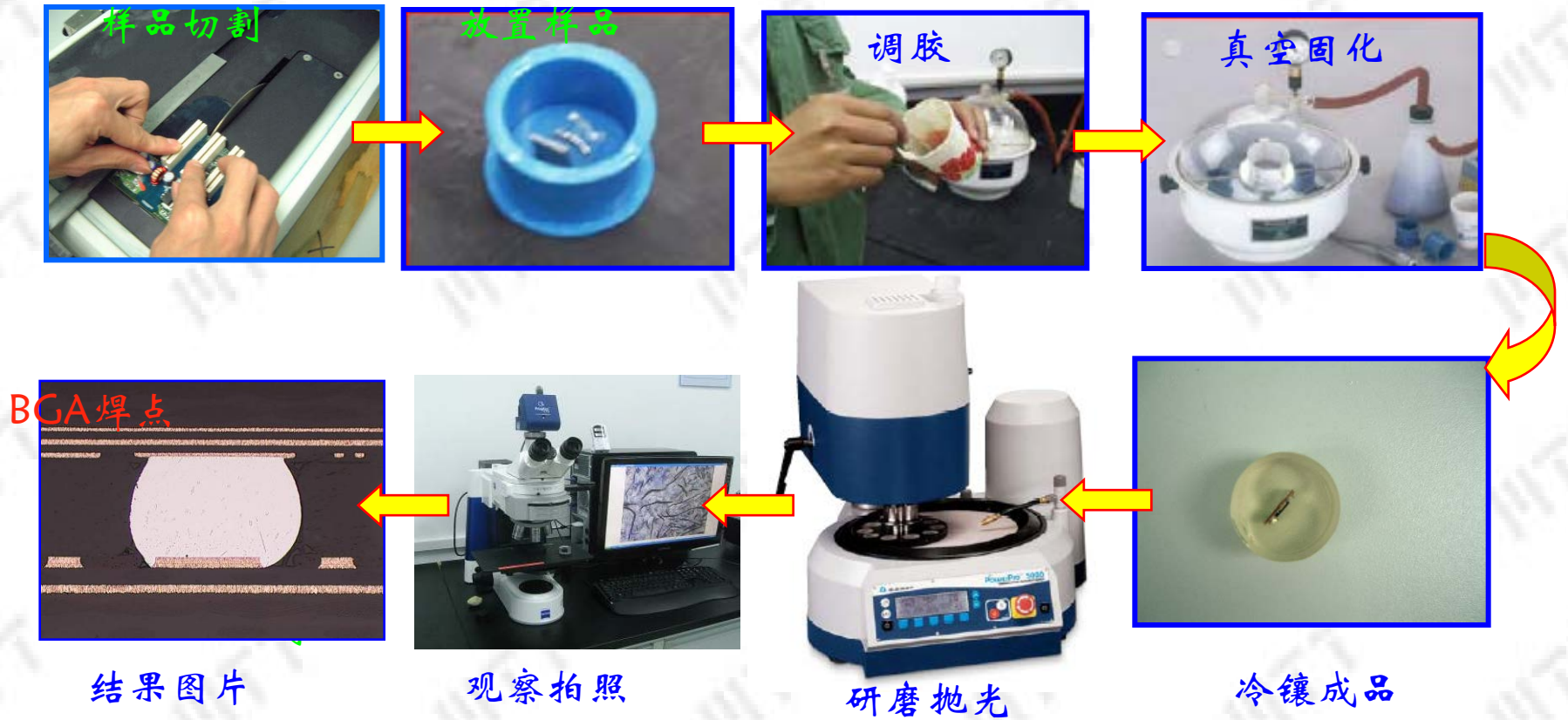


主要应用：

芯片上表面与封装胶体的结合是否紧密；封装胶体与杯槽是否存在分层现象；固晶材料是否与框架有分层现象。

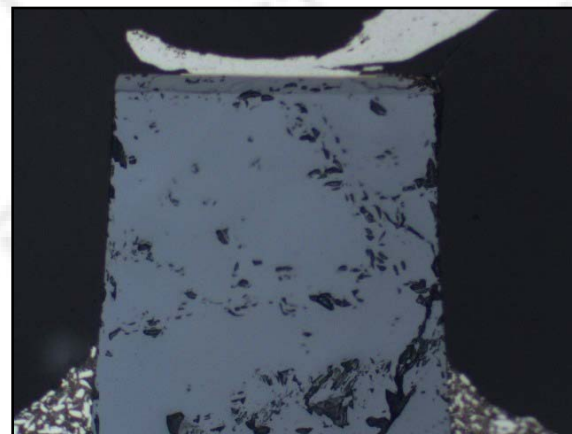
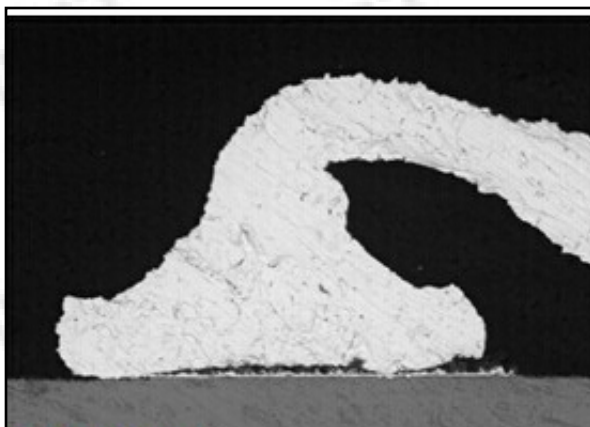
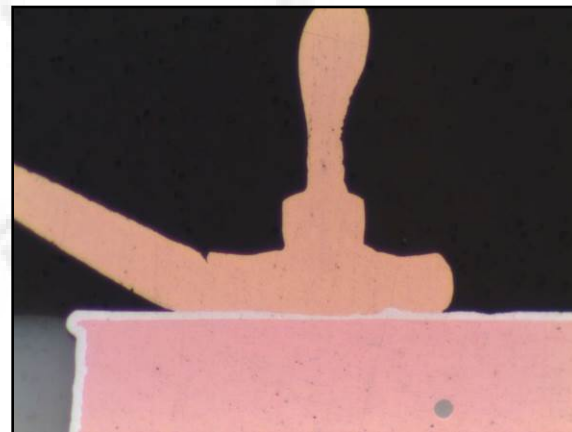
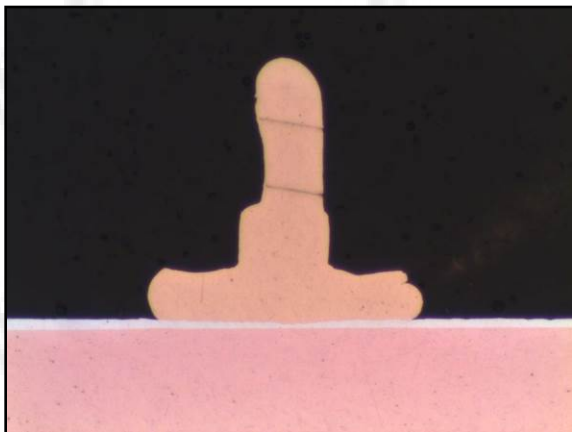


切片(Cross-section)



手动切片制样流程示意图

切片(Cross-section)

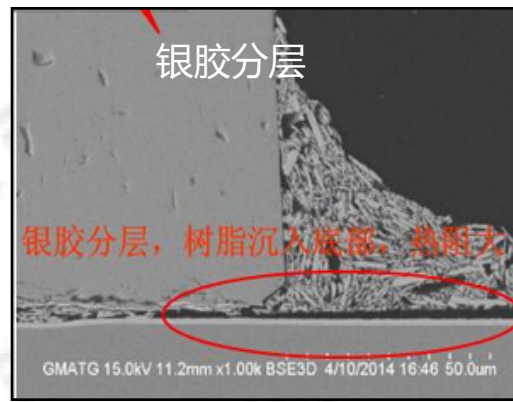
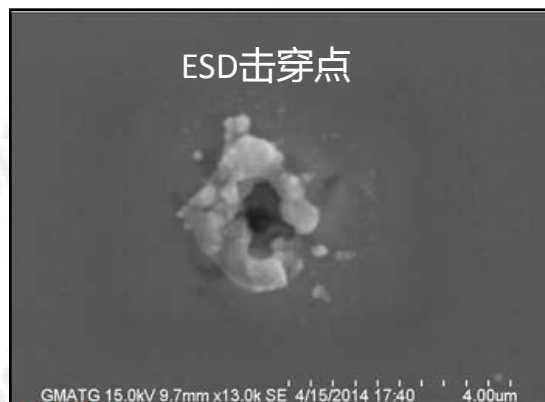
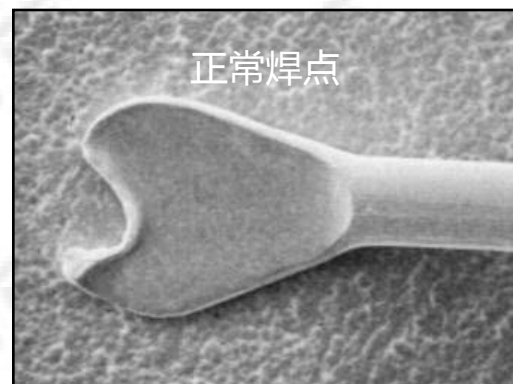
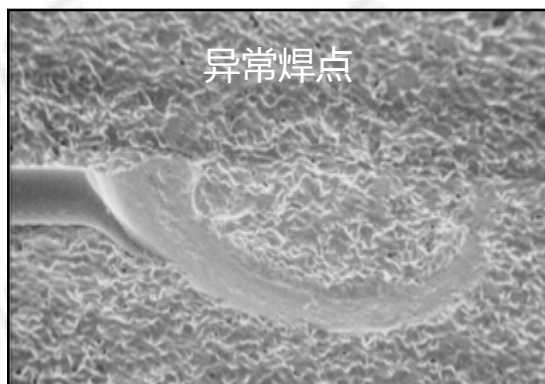




扫描电子显微镜(SEM/EDS)

扫描电子显微镜作为一种有效的显微结构分析工具，可以对各种材料进行多种形式的表面的观察与分析。具有分辨率高、景深长、成像富有立体感等优点。

主要应用：在LED分析中，SEM可直观的看到很多微小缺陷，并配合X射线能谱（EDS）可对定点位置进行微米级的元素分析。

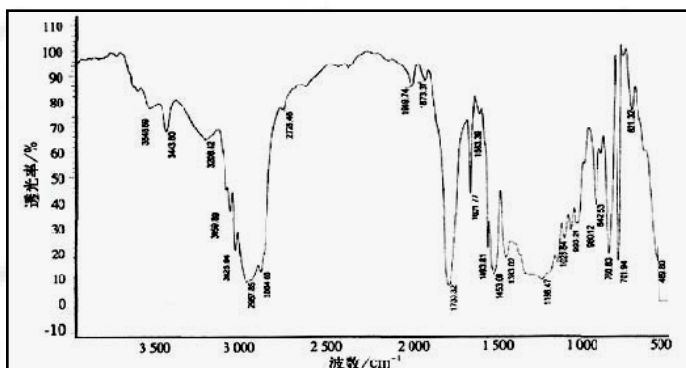




显微红外显微镜(FTIR)

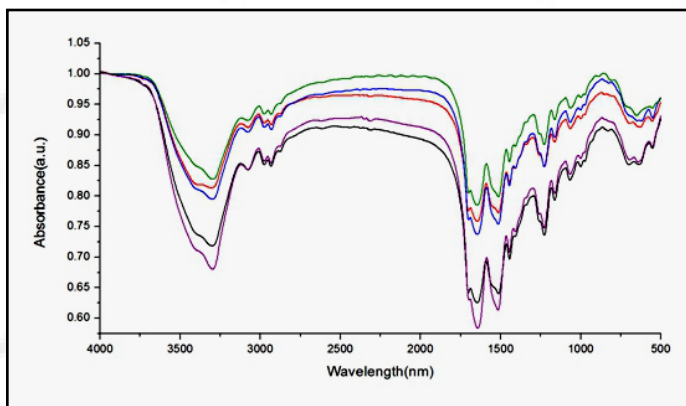
基本原理：

将样品放在检测器前，由于样品对某些频率的红外光产生吸收，使检测器受到的干涉光强度发生变化，从而得到各种不同的干涉图。



功能一：

利用样品某些特征峰吸收强度的变化，测定封装胶体聚合反应进度及固化率。



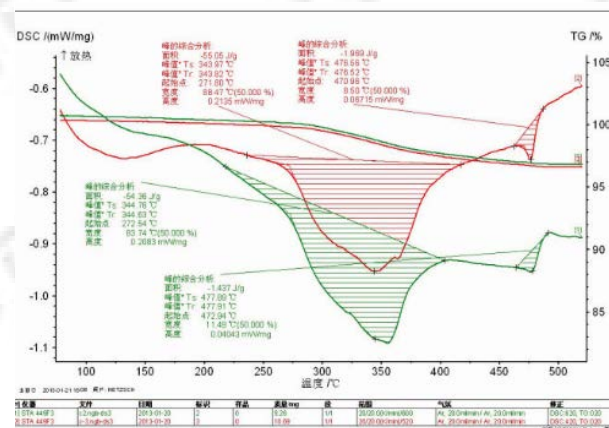
功能二：

材料成分分析，以及材料一致性对比（比如确定是否添加水口料、材料降解变质等）。

TGA

DSC

利用差示扫描量热仪（DSC），可以研究材料的熔融与结晶过程、玻璃化转变（ T_g ）、相转变、反应温度与反应热焓，测定物质的比热容、纯度，研究高分子共混物的相容性、热固性树脂的固化过程，进行反应动力学研究等。



两者联用可以有效评价封装胶体固化温度设置的合理性。



热学分析

TMA

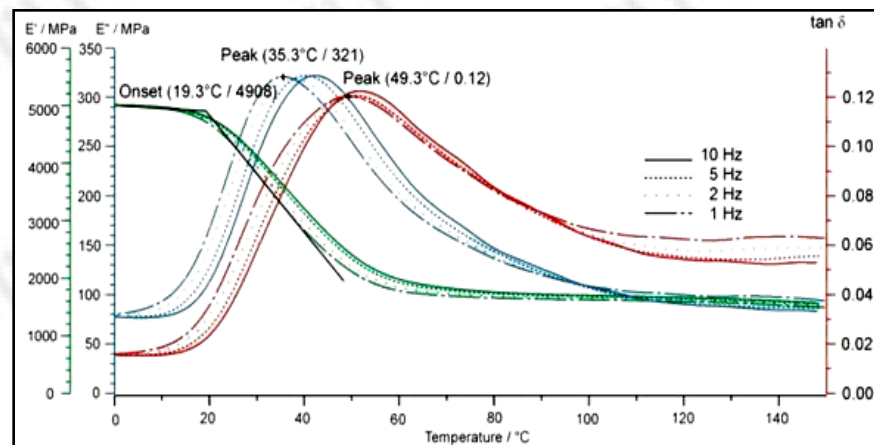
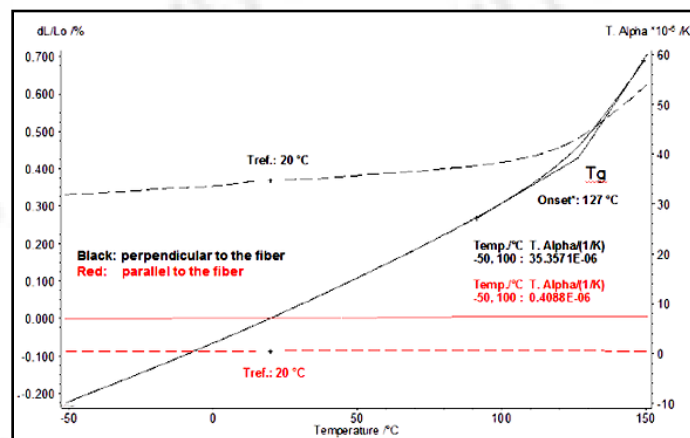
DMA

热机械分析仪（TMA）的基本原理是，在一定的载荷与温度程序（升 / 降 / 恒温及其组合）过程中，测量样品的形变，可以研究材料的如下特性：

线膨胀与收缩；玻璃化温度（ T_g ）；软化点检测；相转变过程；反应动力学研究

动态热机械分析仪（DMA）原理：使样品处于程序控制的温度下，并施加单频或多频的振荡力，研究样品的机械行为，测定其储能模量、损耗模量和损耗因子随温度、时间与力的频率的函数关系。可以研究材料的如下特性：

玻璃化温度（ T_g ）；相转变过程；固化过程；弹性模量



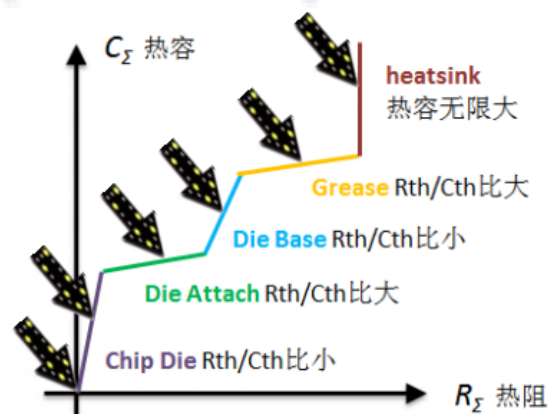
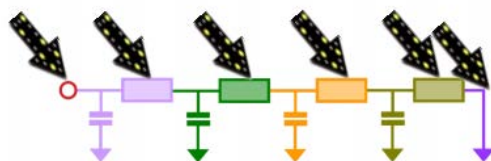
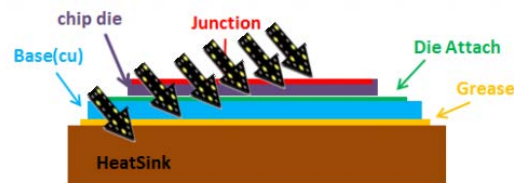


导热系数/热阻测定

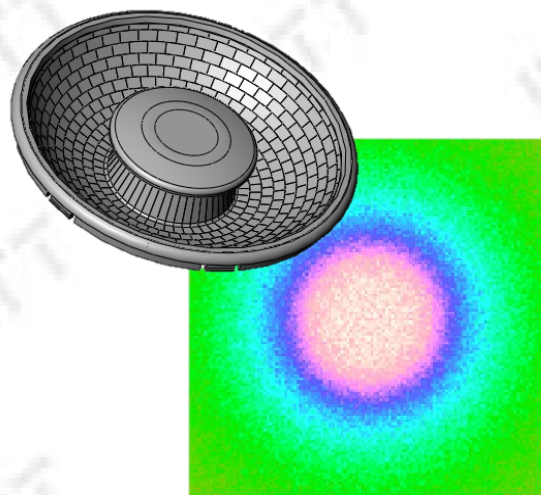
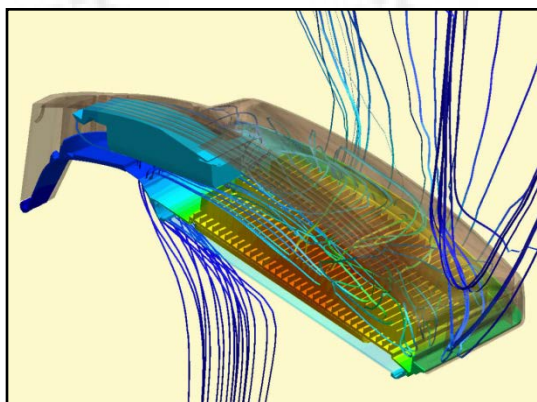
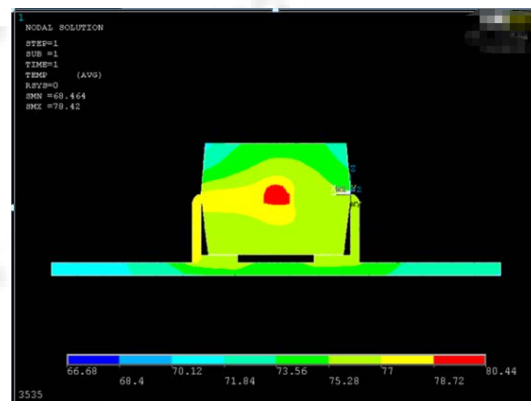
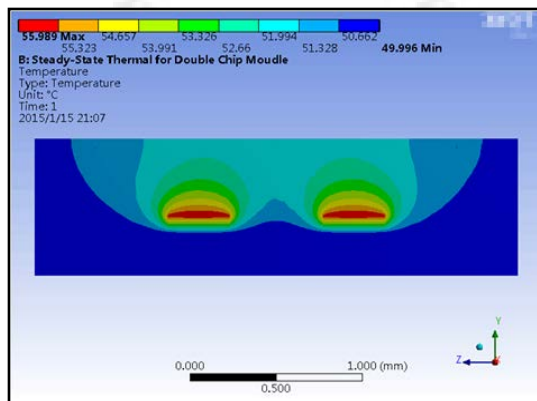
稳态热流法：适用于均质及非均质之导热电绝缘热界面材料的等效热传导系数与热阻抗测试，如：导热膏、导热片、导热胶、界面材料、相变化材料、陶瓷、金属、基板、铝基板、覆铜基板、软板等。导热系数范围：0.1~20 W/(m•K)。

激光散射法：应用于广泛的材料领域，包括石墨、金属、陶瓷、聚合物、复合材料等，测量温度范围宽（常温~500℃），测量范围可达0.1~2000 W/(m•K)。

T3Ster热阻测试：通过改变电子器件的输入功率，使得器件产生温度变化，在变化过程中，T3Ster测试出芯片的瞬态温度响应曲线，短时间内即可分析得到关于该电子器件的全面的热特性。



热、力、光仿真





深圳美信

地址：深圳市宝安区石岩镇
松白路石岩湖方正科技园A5
栋一楼

苏州美信

地址：苏州市相城区相城
大道1200号中翔丽晶大
厦2136室

上海美信

地址：上海市浦东区沪南
公路9356弄1-36号6幢汇
展国际商务中心1108

美信检测, www.mttlabor.com

感谢您的支持！

☎ 400-850-4050

