



|让|专|业|更|专|业|

LED内部结构及失效模式分析

ESD圈-静电防护 www.esd0.com

www.esd-resource.com



|让|专|业|更|专|业|

中国ESD防护技术推广最早的专业公司
www.esd-resource.com

目 录

一、LED发光原理及内部结构

二、LED内部失效模式

三、L/B不良解析

四、总结

一、LED发光原理及内部结构

1. LED 的发光机理

LED其核心是PN结,PN结是指在P型半导体和N型半导体之间的一个过渡层。在一定条件下(如图1.1所示)PN结中,电子从N型材料扩散到P区,而空穴从P型材料扩散到N区,就在PN结处形成一个势垒,阻止了电子和空穴进一步扩散,达到平衡状态。

当PN结外加一个正向偏置电压时,PN结势垒将降低,N区的电子将注入到P区,P区的空穴注入到N区,从而出现非平衡状态。这些新注入的电子和空穴在PN结相遇发生复合,将多余的能量以光的形式释放出来,即电能转化为光能。

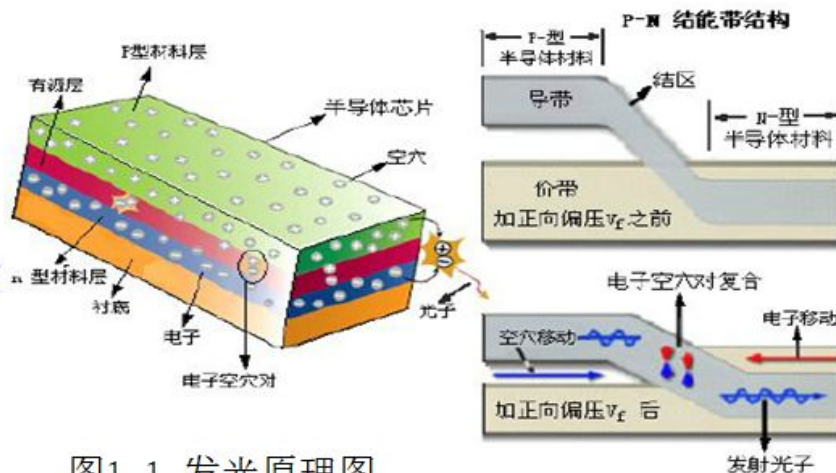


图1.1 发光原理图

一、LED发光原理及内部结构

2. LED物理结构

LED灯珠主要由五个部分组成，它们分别是：支架、银胶、晶片、金线、环氧树脂。以下针对这五个主要部分进行分别介绍：

2.1 支架

- 1) 支架的作用：用来导电和支撑
- 2) 支架的组成：支架由支架素材经过电镀而形成，由里到外是素材、铜、镍、铜、银这五层所组成。

2.2 银胶：

- 1) 银胶的作用：固定晶片和导电的作用。
- 2) 银胶的主要成份：银粉占75-80%、EPOXY（环氧树脂）占10-15%、添加剂占5-10%。

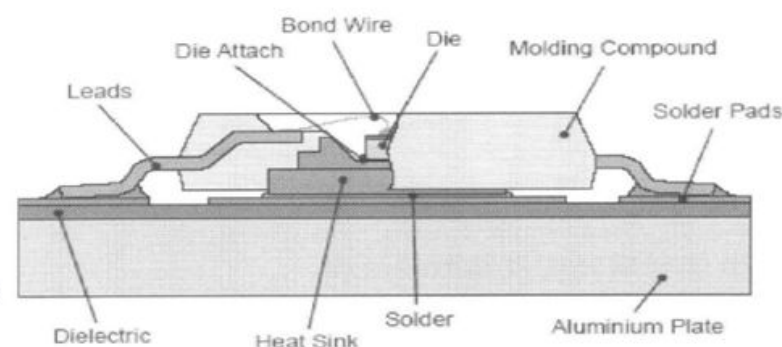
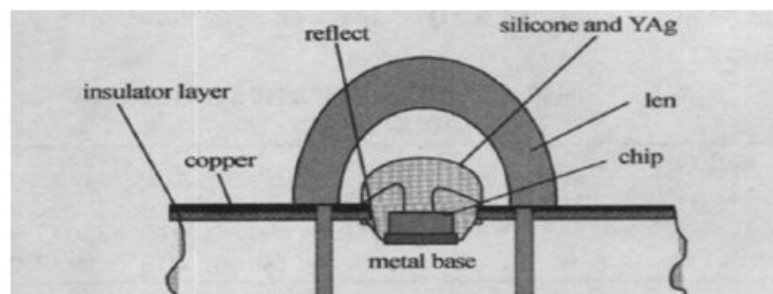


图1.2 LED两常见封装结构

一、LED发光原理及内部结构

2.3 晶片 (Chip) :

1) 晶片的作用: 晶片是LED的主要组成物料, 是发光的半导体材料。

2) 晶片的组成: 晶片是采用磷化镓 (GaP)、镓铝砷 (GaAlAs) 或砷化 (GaAs)、氮化镓 (GaN) 等材料组成, 其内部结构具有单向导电性。

3) 晶片的结构: 焊单线正极性 (P/N结构) 晶片, 双线晶片。晶片的尺寸单位: mil, 晶片的焊垫一般为金垫或铝垫。其焊垫形状有圆形、方形、十字形等。

2.4 金线:

1) 金线的作用: 连接晶片焊垫与支架, 使其能够导通。金线的纯度为99.99%Au; 延伸率为2-6%, 金线的尺寸有: 0.9mil、1.0mil、1.1mil等。

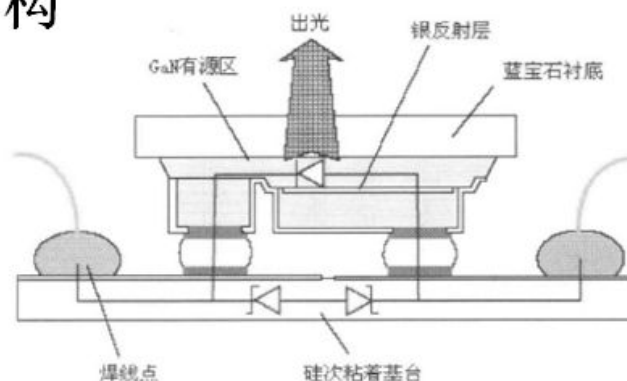


图1.3芯片微结构及等效电路

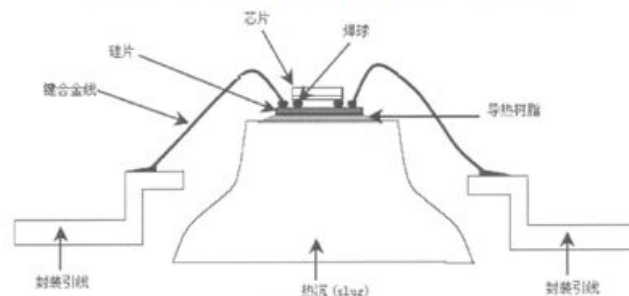


图1.4清晰金线图

一、LED发光原理及内部结构

2.5 环氧树脂:

- 1) 环氧树脂的作用: 保护LED的内部结构, 可稍微改变LED的发光颜色, 亮度及角度; 使LED成形。
- 2) 封装树脂包括: A胶(主剂)、B胶(硬化剂)、DP(扩散剂)、CP(着色剂)四部份组成。其主要成分为环氧树脂(Epoxy Resin)、酸酐类(酸无水物 Anhydride)、高光扩散性填料(Light diffusion)及热安定性染料(dye)。

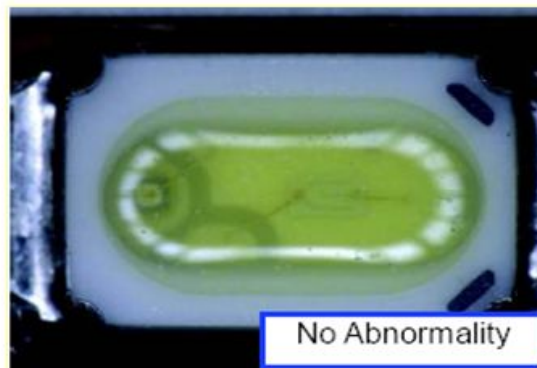


图1.5 LED实体中间部分为环氧树脂及胶体

3. LED各种类型封装实体图



图1.6 LED各种类型实体图

二、LED内部失效模式

1. LED 失效类型及失效机理(模式)

1.1 LED 失效类型可分：

灾难性失效是指能够导致LED 不能发光或者在正常驱动电流下只能发出微弱光线的失效。

参数失效是指会导致关键特性偏离出可接受范围的失效。

1.2 LED 失效机理（模式）可分：

A 封装失效：指的是支架锈蚀、**金线断裂**、封装材料（固晶胶、封装胶等）结构变化（退化）、荧光粉 失效等引起的失效。

B 芯片失效：指的是由**芯片材料缺陷**、电极材料劣化、PN 结结构损伤、芯片电极欧姆接触不良及芯片污 染等引起的失效。

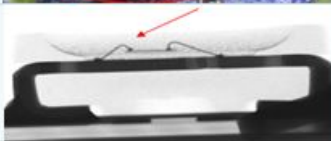
C 电应力失效：指的是由**过电流过电压冲击**、**过驱动**、**静电损伤**等引起的失效。

D 热应力失效：指的是**结温过高**、恶劣环境等引起的失效。

E 装配失效：指的是**焊接不良**、装配不当等引起的失效。

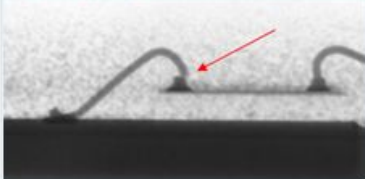
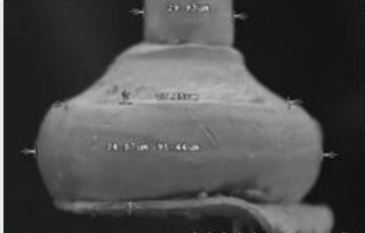
二、LED内部失效模式

2. LED 应用典型失效案例及预防

失效现象	可能失效原因	案例图示	预防措施
1、死灯	1、LED 散热不佳，固晶胶老化、层脱，芯片脱落		做好 LED 散热作，保证 LED 的散热通道顺畅（焊接时防止 LED 悬浮、倾斜）
	2、过电流、过电压冲击/驱动，芯片烧毁（开路或短路）		做好 EOS防护，防止过电流过电压冲击或者长时间驱动 LED
	3 过电流冲击，金线烧断		防止过电流过电压冲击 LED
	4、使用过程中，未做好 ESD 防护，导致 LED PN 结被静电击穿		做好 ESD 防护工作

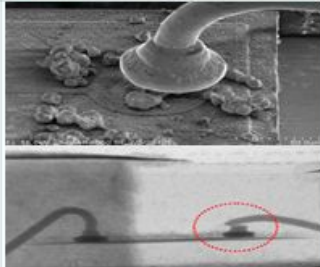
二、LED内部失效模式

2. LED 应用典型失效案例及预防

失效现象	可能失效原因	案例图示	预防措施
1、死灯	5、焊接温度过高，胶体膨胀剧烈扯断金线或外力冲击碰撞封装胶体，扯断金线		按照推荐的焊接条件 焊接使用；装配过程 中注意保护封装结构 部分不受损坏
	6、齐纳被击穿造成短路或者装配时 LED 正负极被短接或者 PCB板短路		做好 ESD 防护工作；避免正负极短接；排 查 PCB 线路是否短 接
2、光输出微弱（微 亮）	1、过电流驱动造成芯片电极加速劣化，接触不良，VF 严重上升（可由 3V 左右上升到 5V 以上）		在额定电流内使用LED

二、LED内部失效模式

2. LED 应用典型失效案例及预防

失效现象	可能失效原因	案例图示	预防措施
3. 光衰大 (>10%)	2、过电流驱动使用，加速芯片老化，芯片发光效率下降	—	在额定电流内使用LED
	3、ESD 损伤，IR 严重上升或是有其他电路通道导通分走一部分电流		做好 ESD 防护工作
4. 闪烁	1、胶体受外力作用，金球、二焊点不完全剥离，伴随着热胀冷缩时而接触时而剥离（开路），或是金线坍塌，处于临界短路状态		避免胶体受强的外力作用；SMT 设备的吸嘴尺寸选用要合适；严格控制 LED 制程,防止 LED 金线坍塌
	2、驱动电源故障，产生间接性电流	—	通过示波器检测然后排除故障

三、L/B不良解析

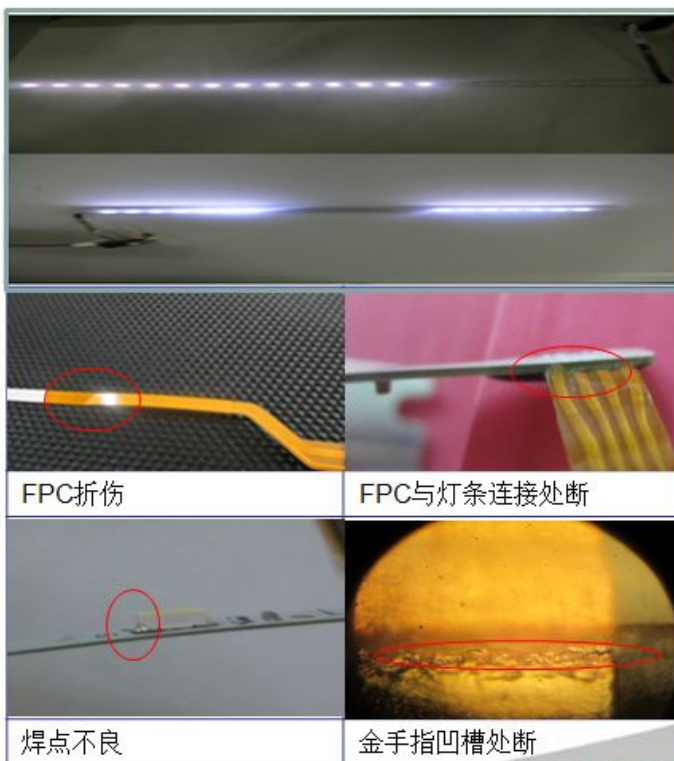
1、型号4C-LB4664-UN3 L/B失效案例分析

1.1、点灯不亮的不良现象

- a、整体灯条点灯不可亮
- b、1串（或者2串）点灯不亮
- c、闪烁

1.2、不良可能原因分析

- 2.1、FPC折伤引起断路
- 2.2、FPC与灯条连接处接触不良
- 2.3、LED单个颗粒焊点不良
- 2.4、灯条上电容焊点不良
- 2.5、金手指凹槽处断裂（显微镜下看）
- 2.6、LED灯珠内部失效



三、L/B不良解析

1.3、厂内L/B失效分析仪器简介

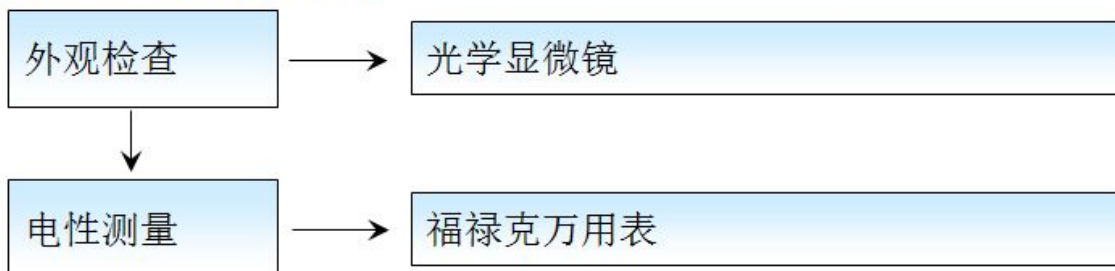


图1.7光学显微镜



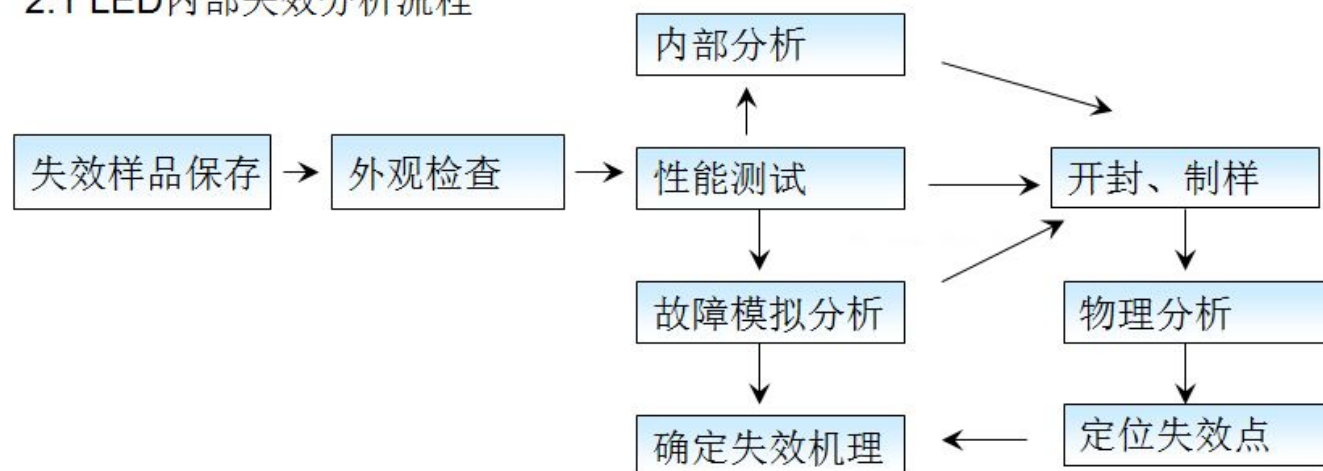
图1.8 Fluke 18B型号万用表

三、L/B不良解析

小结：通过万用表、光学显微镜可解析确认FPC折伤引起断路、FPC与灯条连接处接触不良、LED单个颗粒焊点不良、灯条上电容焊点不良等L/B失效项目，并能确认LED内部失效引起的L/B点灯不亮的颗粒单体。但目前厂内仍无法解析LED内部失效原因。

2.LED内部失效分析

2.1 LED内部失效分析流程



三、L/B不良解析

2.2 LED 失效分析过程对应分析仪器简介

外观检查



光学显微镜、金相显微镜、扫描显微镜

无损分析



X射线透视仪、扫描声学显微镜（C-SAM）

电测



探针台、示波器、LCR测试仪、半导体参数测试仪

开封、制样



开封机、腐蚀机、切割机

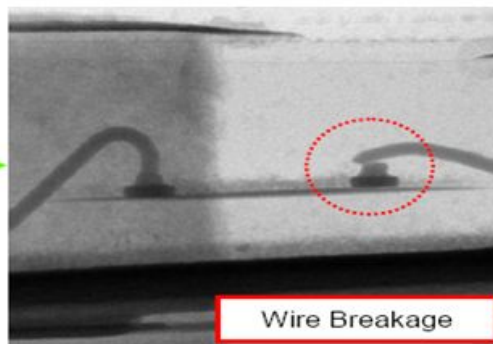
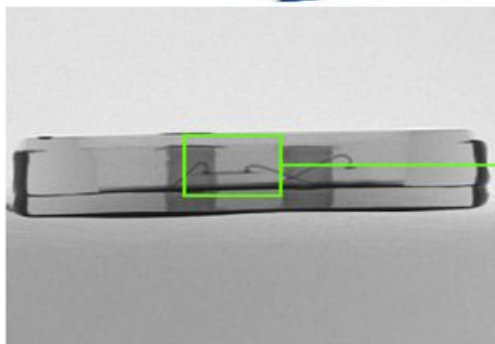
理化分析



扫描电子显微镜（SEM）、透射电子显微镜（TEM）
能谱分析仪（EDS）

三、L/B不良解析

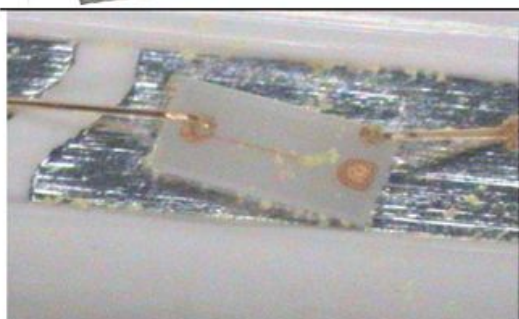
1) LED无损成品X-Ray设备简介及效果图



三、L/B不良解析

2) Decap (开封) 设备简介及LED开封效果

激光开封机台 (Laser Decap)



三、L/B不良解析

3) 电子扫描显微镜简介及LED开封后扫描效果

表面形貌

断口检查

镀层厚度测量

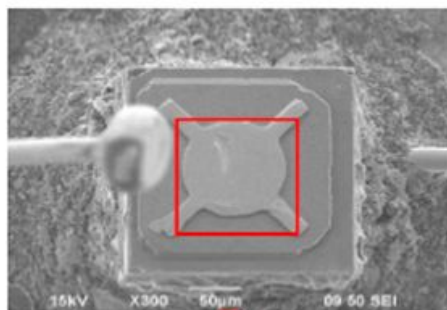
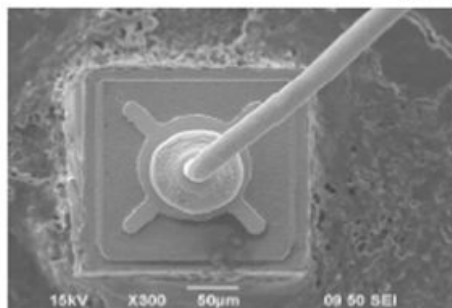


锡须观察

微观结构观察

表面成分分析

SEM/EDS



四、总结

- 1) 在 LED 的失效案例中，很大部分是金线连接部分出现问题，作业过程中需克服由金线引起的失效风险。
- 2) LED 是恒流驱动器件，恒压驱动长期使用会极大影响 LED 的寿命。过电压过电流冲击、使用也很大可能会造成 LED 的失效，应在 LED 的额定电流内使用。
- 3) LED 是温度敏感器件，结温升高会影响 LED 的可靠性（寿命）、电气参数（正向电压、最大注入电流、光效）、色度（色坐标、色温），应注意保证 LED 散热通道的顺畅。
- 4) LED 也是静电敏感器件，使用中应做好 ESD 防护，防止 LED 受到损伤。
- 5) 在L/B的失效案例中，厂内组立线打下单颗LED问题造成LB某串不亮占小部分。而焊点不良，焊点脱落及FPC与PCB连接处断裂不良占大部分。此部分作业问题，仍需进一步解析优化。