

白光 LED 的封装材料 对其光衰影响的实验研究

深圳雷曼光电科技有限公司

摘要:光通量、显色性、色温和光衰是衡量白光 LED 光源的四大重要指标。LED 从指示、显示应用过渡到照明应用,产品的光衰控制和评价是一个重要的课题。本文通过相关的实验,探讨封装材料及其工艺措施对白光 LED 的光衰的影响。

关键词:白光 LED;光衰;发光效率;热量

中图分类号:TN141 **文献标识码:**B

引言

中大功率 LED 封装设计主要涉及光、热、电和机械结构(材料特性)等方面,这些因素彼此独立,又相互影响。其中,光是 LED 封装的目的,热是关键,电和机械材料是手段,而性能是具体体现。在我们对 LED 的光学设计、热量管理进行研究之后,就中、大功率白光的封装材料做了进一步的讨论。封装材料是影响白光 LED 性能的主要因素之一,白光 LED 封装材料主要包括晶片、支架、固晶胶、荧光粉、配粉胶、硅胶或环氧树脂等。

一、实验说明

本文欲经过大量实验,探讨不同封装材料对白光 LED 性能的影响。为了保证数据的有效性,实验过程和数据的处理采用以下方式:

(1) 每一项实验均在同一实验室、同样的环境条件和时间段下进行;

(2) 每一颗单管 LED 均采用标准 70mA 电流驱动做测试和老化(常温);

(3) 每一个测试项目都是从 80pcs 单管中随机抽取 10pcs 作为测试的样品,测试仪器和条件都不变;

(4) 对比实验中,都只改变一个条件,其它皆不

变。

例如,研究固晶胶对白光 LED 性能影响实验中所用到的 LED,是在同样的封装设备和工艺条件下,分别用绝缘胶和银胶制作 LED 若干,这两组的差别仅在于固晶胶不同,其它如支架、晶片、荧光粉等材料均相同。然后分别从两组样品中随机抽取 10 pcs 用于实验研究。

本文所述实验过程中用到的白光 LED 结构是 $\phi 5\text{mm}$ 的直插式 LED Lamp,其发光晶片都是以蓝宝石为衬底的双电极结构(底部无反射层)。白光 LED 系指由晶片发出蓝光、部分蓝光激发荧光粉发出黄光,两者混和形成发白光的 LED。

二、晶片对光衰的影响

不同厂家的蓝光晶片,对光衰的影响程度不完全相同。即使是同一厂家生产的不同批次的蓝光晶片,对白光的光衰影响也不相同,这与晶片的原材料成分、掺杂程度有很大的关系。晶片的衬底分为硅、碳化硅、铜、锡金、蓝宝石等,其稳定性、导热性不同,发光亮度的衰减就不同。分别用不同厂家的晶片封装成 LED,其光衰对比如图 1。

比较可知,虽然在 1,000hrs 时的衰减两者比较接近,但随着老化时间的延长,显然厂家 2 的晶片衰减更大。

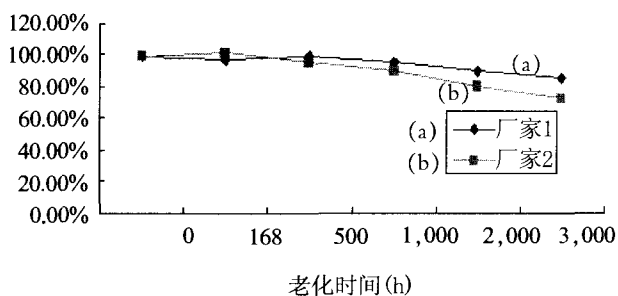


图1 分别用不同厂家晶片封装LED的光衰对比

三、支架对光衰的影响

LED Lamp 的支架材质主要分为两类——铁支架镀银和铜支架镀银,铜材质又分为黄铜、纯铜和其它合金铜等。铜的导热、导电性能好,但价格较高。而铁的导热和导电性能相对较差些,但价格上有优势。不同材料的支架对白光LED的性能影响较大,特别是对光衰的影响尤为突出。选用铜支架和铁支架进行封装的光衰实验结果如图2所示。

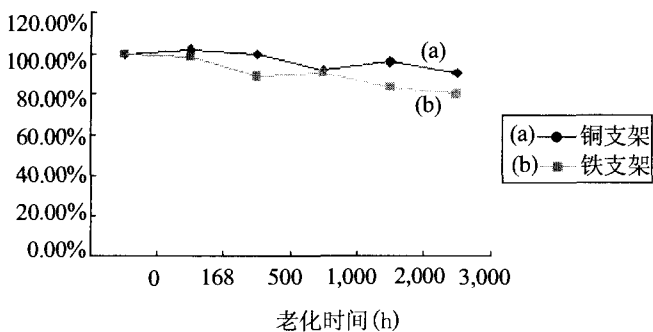


图2 分别用铜支架和铁支架封装LED的光衰对比

由此可以看出,用铜支架封装的白光LED,其光衰明显比铁支架封装的白光LED的光衰小,在第3,000hrs时相差大约10%。这主要是由于铜支架的导热性能比铁要好很多,铜的导热系数是 $398\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$,而铁的导热系数只有 $81.1\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 左右,仅为前者的1/5。

另外,用铜支架封装白光LED的光效一般会比铁支架高。这是由于铜支架的散热条件好,使得晶片的结温较低,蓝光晶片发出的光通量提高,从而提高光效。尽管由于P-N结的正向压降与结温之间呈负温度特性的变化规律,会使铜支架上蓝光晶片的正向压降反而比铁支架的会较高一些,以致降低光效,但P-N结温对提高光通量的影响远比对其正向压降

的影响大。因此,使用铜支架封装白光LED的光效一般都比铁支架高。具体提高的程度,与蓝光晶片的P-N结正向压降的温度特性,发光效能的温度特性以及环境密切相关。光效的提高显然有助于减少热量的产生,从而减少对其它物料(特别是Epoxy)的负面影响,这也对白光LED的光衰起到减缓的作用。

四、固晶胶对光衰的影响

晶片衬底与固晶胶和固晶工艺的搭配也会与白光LED的光衰有紧密的关系。LED常用的固晶胶主要有银浆和绝缘胶等,二者各有利弊,在选用时需要综合考虑。银胶的导热系数可达到 $21\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 以上,是一般绝缘胶的5~10倍以上。使用高导热性的银胶有助于延长LED的寿命,但银胶中含有Epoxy,晶片温度过高以及紫外光线照射会使银胶的性能衰退,而且银胶比一般的绝缘胶吸光严重。使用绝缘胶,虽然光效较高,但由于其导热性差,LED的寿命较低。实验所得结果见表1和图3:

表1 分别用银胶和绝缘胶固晶所得的初始参数对比表

固晶材料	色温(K)	光通量(lm)	发光效率(lm/W)	电压(V)
银胶	6500	12	53.57	3.20
绝缘胶	6328	13.2	61.33	3.22

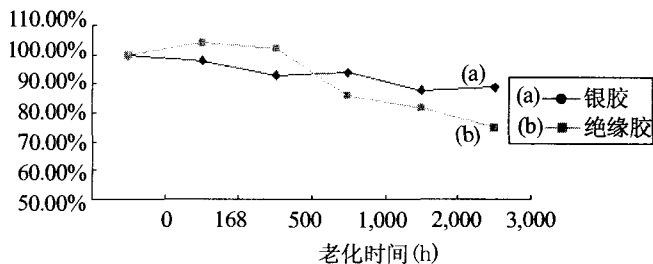


图3 分别用银胶和绝缘胶封装LED的光衰对比

对比可得,采用银浆比用绝缘胶固晶所封装出来的白光LED,虽然初始亮度低了约1/10,但在抗衰减性能上有优势。

五、配粉胶对光衰的影响

配粉胶一般采用硅胶或环氧树脂。如表2、图4

所示, 分别是用环氧树脂和硅胶配粉进行实验对比的结果。比较可知, 用硅胶配粉的白光 LED 的寿命明显比用环氧树脂的长很多。

表 2 不同配粉胶的初始参数对比表

固晶材料	色温(K)	光通量(lm)	发光效率(lm/W)	电压(V)
环氧树脂	6248	12.9	57.4	3.21
硅胶	6102	12.0	51.6	3.32

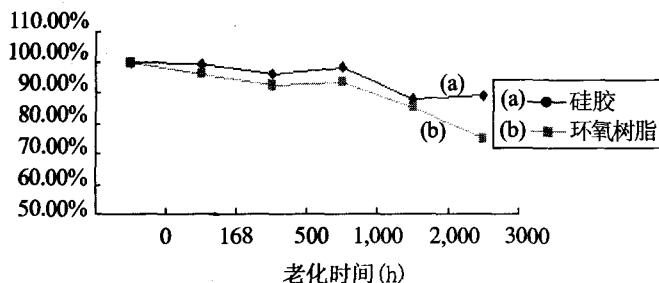


图 4 分别用硅胶和环氧树脂封装 LED 的光衰对比

使用硅胶所得初始亮度低的原因有: 硅胶的折射率比环氧树脂的折射率低, 故对蓝光晶片的取光率较低; 配粉胶与外封胶之间有分层现象导致外部出光效率低。

衰减方面, 晶片附近温度过高是光衰的主要因素: 当环氧树脂的 Tg 点与工作中晶片的 Tj 点很接近时, 环氧树脂的热膨胀系数会发生剧烈变化, 这时产生的内部应力和水分的蒸汽压力很可能大于封装树脂与晶片、固晶胶以及框架表面之间的粘接力, 以致它们的界面之间出现剥离现象, 严重时还会导致封装树脂或晶片出现裂纹, 这就会导致光衰严重; 而硅胶就基本不存在这种现象。另外, 环氧树脂本身的抗紫外线辐射能力远不及硅胶。在实验中, 我们还发现晶片表面的环氧树脂被高温灼烧成黑黄色, 可知高温使得环氧树脂变质严重, 透光性自然变差。

六、荧光粉对光衰的影响

图 5 所示为两种不同荧光粉封装的白光 LED 与蓝光 LED 对比的光衰曲线。与蓝光 LED 相比, 荧光粉有加速白光 LED 老化的作用, 而且不同厂家的荧光粉对光衰的影响程度不完全相同。即使是同一厂家不同型号的荧光粉, 对白光的光衰影响也是不

相同的, 这与荧光粉的原材料成分有很大的关系。

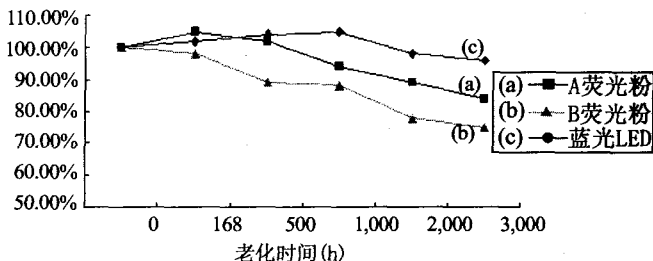


图 5 两种不同荧光粉封装的白光 LED 与蓝光 LED 的衰减对比

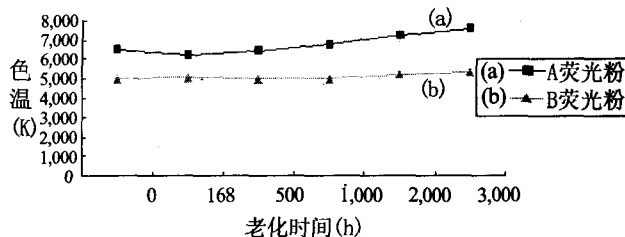


图 6 不同厂家荧光粉对色温漂移的影响

图 6 是用不同荧光粉封装的中功率白光 LED 其色温随时间的变化曲线。可以看到, 不同荧光粉对色温漂移的影响程度也是不一样的。经研究发现, 荧光粉受温度影响比较严重, 当散热条件不好时, 荧光粉更容易老化变质。因此, 具有更高温度稳定性的荧光粉是提高白光 LED 寿命的关键。

七、总结

晶片是 LED 产品的光源, 其结构稳定性、耐高温性等的高低决定了白光 LED 的光效、光衰。要从根本上确保光衰, 必须使得晶片的温度和所受的应力在其承受范围之内。

支架、固晶胶则是提供散热的主要途径, 低热阻的 LED 封装设计, 有利于使得晶片及配粉胶、荧光粉等处于较低的温度下工作。这就要求采用散热设计良好的支架, 并用性能好的固晶胶确保晶片与支架之间很好地结合。

配粉胶、荧光粉受温度的影响很明显, 保持尽量低的温度有助于延长白光 LED 的寿命。硅胶的抗紫外辐射、耐高温等性能优于环氧树脂, 搭配合适的外封胶可以取得较小的光衰。

白光 LED 的封装材料之取舍, 固然需要分类别去做实验择优, 但更重要的是需统筹设计, 针对各类材料的特性扬长避短, 再经实验检查, 改进组合效果。