

文章编号: 0253-2239(2005)08-1091-4

白光 LED 封装材料对其光衰影响的实验研究*

吴海彬¹ 王昌铃²

(¹ 福州大学机械工程及自动化学院, 福州 350002)
(² 福建省苍乐电子企业有限公司, 福州 350007)

摘要: 为了确定不同封装材料对白光 LED 光衰等性能指标影响的程度,进行了不同材料支架、不同种类固晶胶,以及不同厂家荧光粉及配粉胶的对比试验。试验发现,使用铜支架比铁支架 LED 的光效高,在第 8 周时光衰比铁支架低 10%;使用银浆固晶比用环氧树脂寿命长,但初始光通比环氧树脂低近 1/3;不同厂家的荧光粉对白光 LED 光衰的影响程度不同;使用环氧树脂作为配粉胶比用硅胶寿命短,但初始光通量相对高出 25%。分析认为,主要是由于不同固晶胶和支架使 PN 结至支架之间的热阻发生了变化,不同配粉胶在 LED 封装过程中烘烤温度不一样,以及荧光粉本身具有光衰特性导致了白光 LED 产生不同程度的光衰。因此,在进行白光 LED 的封装设计、制造过程中,应根据用户对初始光通量、光衰以及色温漂移等参量的重视程度综合考虑并选择相应的封装材料。

关键词: 应用光学; 白光 LED; 封装材料; 光衰; 温度

中图分类号: TN304 文献标识码: A

Experimental Research on Influence of Packing Materials of White LED on Its Luminous Decay

Wu Haibin¹ Wang Changling²

(¹ School of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350002)
(² Fujian Joinluck Electronics Enterprise Co., Ltd, Fuzhou 350007)

Abstract: Some packing materials have been tested contrastively including different brackets, glues for fixing chips, fluorescent powder and glues for mixing fluorescent powder, in order to confirm their influence on luminous decay performance of white LED. It is found out from test that, the efficiency of white LED using copper brackets is higher than iron brackets, moreover, the light decay is lower about 10%. The life of white LED using silver glues is longer than using epoxy resins, but initial luminous flux is much lower by 1/3. Different fluorescent powders have different influence on the luminous decay of white LED. The life of white LED using epoxy resins to mix fluorescent powder is shorter than silica gel, but initial luminous flux is higher about 25%. It can be concluded that, different glues for fixing chips and brackets make the thermal resistance from PN junction to bracket change, solidified temperature is distinct during packing when different glues for mixing fluorescent powder have been used, and fluorescent powders have the phenomenon of luminous decay, all of those affect the white LED life time. Therefore, the materials should be selected synthesizing many factors during designing and packing, based on the importance of initial luminous flux, light decay and drift of color temperature.

Key words: applied optics; white LEDs; packing materials; luminous decay; temperature

1 引 言

从第一颗蓝光芯片诞生到现在的十多年间,白光 LED 的发展异常迅猛,传统封装的小功率、超高

亮度白光 LED 五年前就已经产业化,并呈现出良好的发展势头^[1,3,7],美国 Lumileds 公司的 1 W 甚至 3 W 大功率白光 LED 也已上市。国内也基本形成

* 福建省青年科技人才创新基金(2002J016)资助课题。

作者简介: 吴海彬(1973~),男,内蒙古宁城县人,福州大学讲师,主要从事光电子技术领域的研究和教学工作。

E-mail: wuhb@fzu.edu.cn

收稿日期: 2004-09-21; 收到修改稿日期: 2005-01-05

了从芯片、封装到应用的较完整的产业链。超高亮度 LED 作为新兴的高科技产品,世界各国都在关注并投入巨资发展这一产业。我国已于 2003 年 6 月成立国家半导体照明工程协调领导小组,组织国内有关科研单位和企业进行技术攻关。目前,国内白光 LED 的生产规模已经很大,但大部分是手工作坊企业,管理不完善、质量控制不严,技术相对落后,导致生产的 LED 产品质量参差不齐,特别是寿命,绝非人们想象的十万小时。封装材料是影响白光 LED 性能的主要因素之一,常规 LED 封装材料主要包括支架、固晶胶、芯片、荧光粉、配粉胶、环氧树脂等。本文经过大量试验,详细阐述了不同白光 LED 封装材料对其性能的影响。为了保证数据的有效性,实验过程和数据处理采用以下方法:

1) 每一项实验均在同一实验室、同样的时间段和环境条件下进行;

2) 每一颗单管 LED 均采用标准 20 mA 电流驱动;

3) 每一个测试项目都是从若干单管中随机抽取其中 10 支 LED,作为测试的样品;

4) 对比实验中,都只改变一个条件,其它皆不变,以保证可比性。

例如,研究支架对白光 LED 性能影响实验中用到的 LED,是在同样的封装设备和工艺条件下,分别制作若干个铜支架 LED 和铁支架 LED,这两组的差别仅在于支架的不同,其它如固晶胶、芯片的型号、荧光粉等材料均相同。这样分别从两组中随机抽取 10 只用于实验研究。

另外,本文所述实验过程中用到的白光 LED,其结构都是针对 $\phi 3$ mm、 $\phi 5$ mm 传统封装方式,其发光芯片都是以蓝宝石为衬底的双电极结构。

2 支架对白光 LED 光衰的影响

LED 的支架主要有铜支架和铁支架。铜支架导热、导电性能好,价格较高。而铁支架的导热、导电性能相对较差,更易生锈,但价格便宜。市场上的 LED 大部分使用铁支架。不同材料的支架对 LED 的性能影响较大,特别是对光衰的影响尤为突出。如图 1 所示为同样情况下,选用铜支架和铁支架进行封装的光衰实验结果。

由此可以看出,用铜支架封装的 LED 明显比铁支架封装的 LED 光衰慢,在第八周时相差大约 10%。这主要是由于铜的导热性能比铁好很多,铜的导热系数是 $398 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,而铁的导热系数只

有 $50 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 左右,仅为前者的 $1/8^{[6]}$ 。用铜支架封装白光 LED 光效一般会比铁支架高。这是由于铜支架的散热条件好,芯片的结温较低,在同样驱动电流下,会使蓝光芯片发出的光通量提高,从而提高光效。尽管由于 PN 结的正向压降与结温之间呈负温度特性的变化规律,会使铜支架上蓝光芯片的正压降反而比铁支架的会略高一些,以致降低光效,但 PN 结温度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,与蓝光芯片的 PN 结正向压降的温度特性、发光效能的温度特性以及环境条件密切相关^[2]。由此可知,温度是影响白光 LED 的光衰和光效的非常关键的因素。

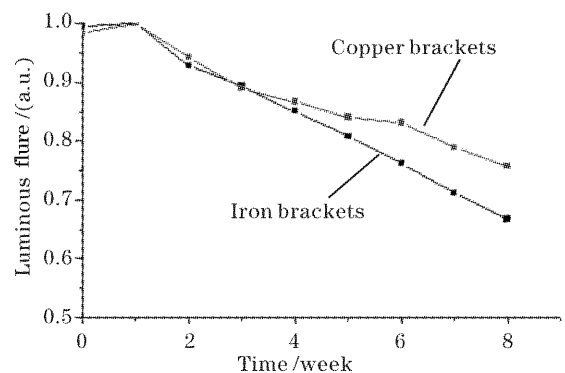


图 1 分别用铜和铁支架封装 LED 的光衰对比
Fig. 1 The luminous decay comparison between white LED packing with copper and iron brackets

铁支架暴露在空气一段时间后容易生锈,影响 LED 的焊接。因此,在打开 LED 的包装袋后最好尽快使用。在选用支架时,还要注意碗的大小是否与发光芯片以及模粒匹配。支架的碗、芯片、模粒以及荧光粉层构成了白光 LED 的一次光学系统,其匹配质量的优劣,直接影响白光 LED 的光学效果,容易造成光斑形状不对称、有“猫眼”,以及黑斑等,直接影响产品质量。

3 固晶胶对白光 LED 光衰的影响

LED 常用的固晶胶主要有银浆和绝缘胶等。二者各有利弊,在选用时需综合考虑。银浆的导热性好,可以延长 LED 的寿命,但银浆对光的吸收比较大,导致光效下降很多,同样条件下,用银浆固晶与用绝缘胶固晶相比,初始光通量会相差较多。对于双电极的蓝光芯片,在用银浆固晶时,对胶量的控制也很严格,否则容易造成短路。使用绝缘胶,由于导热性差,LED 的寿命较低,但光效较高,点胶控制也没银浆

那么严格。如表 1 所示为两者对应的光电参量。如图 2 所示为分别采用银浆和绝缘胶固晶封装的白光

LED 的光衰实验结果。可以看出,用银浆的寿命明显比用绝缘胶高出很多,但光效降低约 1/3。

表 1 绝缘胶与银浆固晶对白光 LED 影响的性能比较

Table 1 The performance comparison of influence on white LED between insulative and silver glues

Materials of fixing chips	Relative color temperatures /K	Luminous flux /lm	Emitting efficiency /(lm/W)	Forward voltage /V
Silver glue	5600	1.179	18.7	3.16
Insulative glue	5500	1.807	28.5	3.17

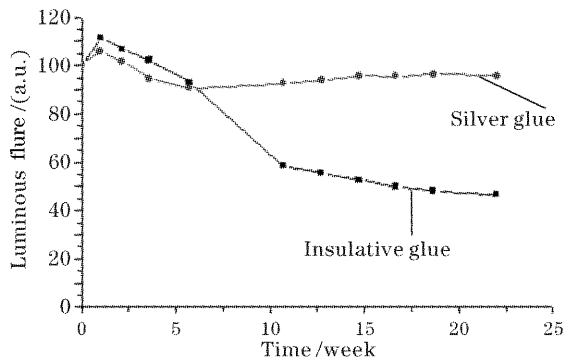


图 2 不同固晶胶对白光 LED 光衰的影响

Fig. 2 The influences of different glues mounting chip on luminous decay of white LED

4 荧光粉对白光 LED 光衰的影响

实现白光 LED 的途径有多种,目前使用最为普遍、也是最成熟的一种是通过在蓝光芯片上涂敷发黄光的荧光粉,使蓝光和黄光混合成白光^[4,5,8]。荧光粉主要是 YAG 钇铝石榴石荧光粉。如图 3 所示为用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,而且不同厂家生产的荧光粉,对光衰的影响程度不完全相同^[9]。即使是同一厂家不同型号的荧光粉,对白光 LED 的光衰影响也不相同,这与荧光粉的原材料成分关系密切。

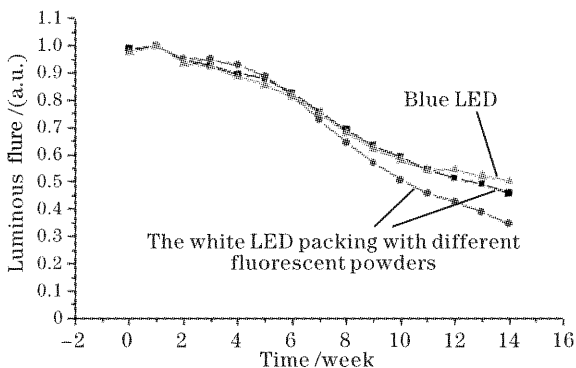


图 3 不同荧光粉对光衰的影响

Fig. 3 The influences of different fluorescent powders on luminous decay

图 4 是用不同荧光粉封装的白光 LED,其色温随时间的变化曲线。可以看到,在老化时不同荧光粉对色温漂移的影响程度也是不一样的。

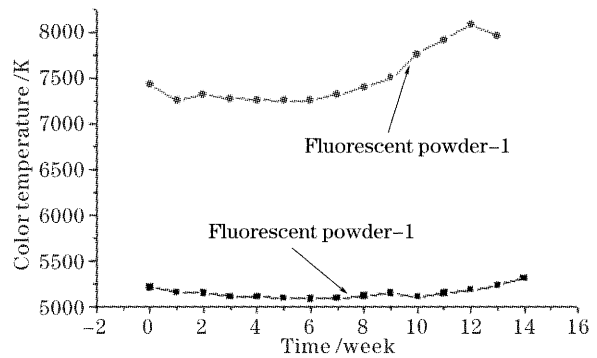


图 4 老化时不同荧光粉对色温漂移的影响

Fig. 4 The influences of different fluorescent powders on color temperature drift

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,荧光粉更容易光衰老化。因此,研究具有更高温度稳定性的荧光粉是提高白光 LED 寿命的关键技术之一。

5 配粉胶对白光 LED 光衰的影响

传统封装的超高亮度白光 LED,配粉胶一般采用环氧树脂或硅胶。如图 5 所示,分别用环氧树脂和硅胶配粉进行光衰实验的结果。可以看出,用硅

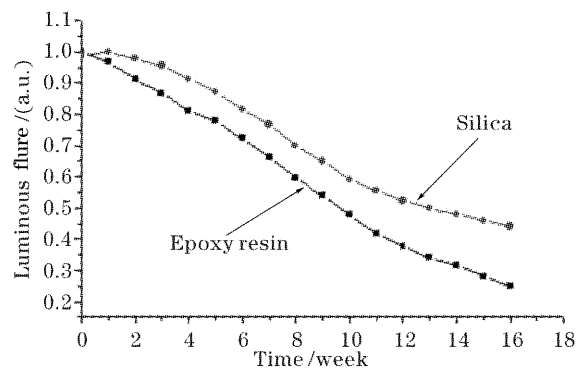


图 5 环氧树脂与硅胶配粉的白光 LED 光衰特性

Fig. 5 The luminous decay comparison between the white LED packing with epoxy resin and silica gel

胶配粉的白光 LED 的寿命明显比环氧树脂的长很多。原因之一是用硅胶和环氧树脂配粉的封装工艺不一样,硅胶烘烤温度较低,时间较短,对芯片的损伤也小;另外,硅胶比环氧树脂更具有弹性,更能对芯片起到保护作用。但在相同条件下,用硅胶配粉

的初始光通量要比环氧树脂配粉的低,如表 2 所示。这主要是由于硅胶的折射率比环氧树脂低大约 0.1。因此,硅胶配粉时,蓝光芯片的取光率较低,光效不及环氧树脂的高。两者各有利弊。

表 2 硅胶与环氧树脂配粉对白光 LED 性能影响的对比

Table 2 The performance comparison of influence on white LED between silica gel and epoxy resin

Materials of fixing chips	Relative color temperatures /K	Luminous flux /lm	Emitting efficiency /(lm/W)	Forward voltage /V
Silica resin	5900	1.494	23.2	3.22
Epoxy resin	6100	1.863	29.2	3.19

6 结 论

如果按照光通量衰减到初始光通的 50% 作为寿命计算(不同的算法,对寿命的计算结果相差有时很大,如有文献提出按照白光 LED 连续点亮 400 h 的光通量作为初始光通,按照衰减 50% 计算寿命^[10]),目前白光 LED 的寿命大约在 1000~5000 h 左右,有些白光 LED 只有几百小时。白光 LED 的光衰、光效等性能指标与组成白光 LED 的封装材料关系密切。虽然目前达到人们常提到的十万小时还不可能,但是,通过合理选择封装材料(特别是传热性能好的材料)、合理的封装结构热设计,以及严格的生产工艺和质量控制,白光 LED 寿命的提升空间还是很大的。这也为白光 LED 封装材料的生产厂家提出了更加明确和严肃的课题,原材料性能的好坏将成为白光 LED 发展的最主要制约因素。

对于已经封装好的白光 LED,其寿命和光效不仅与 LED 应用产品的传热性能有关,而且与工作环境温度也密切相关。更多的实验结果表明,在室温环境下,温度每升高 1 °C,光效下降近 1%,光效随温度的升高几乎线性降低。当温度不太高时,芯片冷却后,光效还会升高,有恢复性。但是长期工作在较高温度下,其光效的恢复性会不断下降,导致其寿命大大缩短。因此,温度是影响白光 LED 性能,特别是寿命和光效的最主要的因素之一。当然,不同的封装材料对温度的敏感性也不一样。LED 封装厂家在选择原材料时,应该兼顾其寿命、光效、成本以及客户的需求。

参 考 文 献

1 Chen Dunjun, Zhang Kaixiao, Shen Bo *et al.*. Optical and structural properties of GaN_{1-x}P_x ternary alloys[J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(1): 137~139 (in Chinese)

陈敦军,张开晓,沈波等. GaN_{1-x}P_x 三元合金的光学与结构特性[J]. *光学学报*, 2004, **24**(1): 137~139

2 Li Zhaozhou, Zheng Xiaobing, Wu Haoyu *et al.*. Temperature characteristics research of high-precision spectral radiometer standard detector[J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(3): 401~407 (in Chinese)

李照洲,郑小兵,吴浩宇等. 高精度光谱辐射标准探测器的温度特性研究[J]. *光学学报*, 2004, **24**(3): 401~407

3 Wang Xiaohua, Fan Xiwu, Shan Chongxin *et al.*. Growth and optical characteristics of ZnCdSe/ZnSe QWs on Si substrate with ZnO buffer[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2003, **1**(11): 668~670

4 Jin Shangzhong, Zhang Zaixuan, Hou Minxian *et al.*. Research on temperature property of illumination white LED[J]. *Chin. J. Luminescence*, 2002, **23**(4): 399~402 (in Chinese)

金尚忠,张在宣,侯民贤等. 白光照明 LED 灯温度特性的研究[J]. *发光学报*, 2002, **23**(4): 399~402

5 Lei Yutang, Li Hui. Lighting source in the future—white-light LED[J]. *Optics & Optoelectronic Technology*, 2003, **1**(5): 33~34 (in Chinese)

雷玉堂,黎惠. 未来的照明光源——白光 LED 技术及其进展[J]. *光学与光电子技术*, 2003, **1**(5): 33~34

6 Wang Erzhen. Technology development of high efficiency white LED[J]. *China Illuminating Engineering J.*, 2003, **14**(4): 23~31 (in Chinese)

王尔镇. 高效率白光 LED 的技术开发[J]. *照明工程学报*, 2003, **14**(4): 23~31

7 Li Zhonghui, Ding Xiaomin, Yang Zhijian. Characteristics of high brightness InGaN-based white light emitting diodes[J]. *J. Infrared Millimeter Waves*, 2002, **21**(5): 390~392 (in Chinese)

李忠辉,丁晓民,杨志坚等. 高亮度 InGaN 基白光 LED 特性研究[J]. *红外与毫米波学报*, 2002, **21**(5): 390~392

8 Jiang Dapeng, Zhao Chengjiu, Hou Fengqin. Fabrication and characteristics of white light-emitting diode [J]. *Chin. J. Luminescence*, 2003, **24**(4): 385~389 (in Chinese)

蒋大鹏,赵成久,侯凤勤等. 白光发光二极管的制备技术及主要特性[J]. *发光学报*, 2003, **24**(4): 385~389

9 Liu Xueyan, Zhao Chengjiu, Hou Fengqin. Decay characteristics of blue and white GaN-based LED[C]. *Eighth National LED Industry and science Conference*, 2002. 84~85 (in Chinese)

刘学彦,赵成久,侯凤勤等. GaB 基蓝、白光 LED 的老化特性[C]. *第八届全国 LED 产业研讨学术论文集*, 2002. 84~85

10 Jiang Dapeng, Zhao Chengjiu, Hou Fengqin *et al.*. The Future of Solid Illumination Lamp and Its Industry [C]. *Forum of Development and Application of Super Light Emitting Diode(LED)*, 2004. 51~59 (in Chinese)

蒋大鹏,赵成久,侯凤勤等. 全固态光源及产业发展前景[C]. *超高亮度发光二极管(LED)半导体照明产业发展与应用论坛*, 2004. 51~59