

# 玻璃基板 COB 封装的 LED 性能研究

杨 初 金尚忠 邵茂丰 鲁玉红

中国计量学院现代计量测试技术及仪器重点实验室, 浙江 杭州 310018

**摘要** 通过对玻璃、陶瓷等不同基板板上芯片(COB)封装的发光二极管(LED)的光、电、热参数进行测试与比较,发现玻璃基板 COB 封装的光通量与陶瓷基板相近。设计了背部刷银层和铝卡口接触的散热方式,改善了玻璃基板 COB 的导热性能。当银层厚度 75  $\mu\text{m}$  时,点亮稳定后,LED 胶面温度为 91.5  $^{\circ}\text{C}$ ,达到了较好的散热和发光效果。

**关键词** 光学器件; 发光二极管; 散热; 板上芯片封装; 玻璃基板

**中图分类号** TN305.94 **文献标识码** A

**doi:** 10.3788/LOP52.012304

## Research on LED Performance of Glass Substrate with COB Packaging

Yang Chu Jin Shangzhong Shao Maofeng Lu Yuhong

*Modern Measurement and Testing Technology and Instrument Laboratory, China Jiliang University,  
Hangzhou, Zhejiang 310018, China*

**Abstract** We make test and comparison for the photoelectricity and thermal parameter of light emitting diode (LED) different substrates like glass, ceramic and find that luminous flux of glass substrate chip on board (COB) packaging is very close to that of ceramic substrate. We design two heat dissipation methods: the layer with silver brushed on back and aluminum slot model both improve heat-conducting property of glass substrate COB. When the thickness of silver reaches to 75  $\mu\text{m}$  and light becomes stable, the temperature of light emitting diode rubber surface is 91.5  $^{\circ}\text{C}$ , thus better heat dissipation and glowing effect has been reached.

**Key words** optical devices; light emitting diode; heat dissipation; chip on board packaging; glass substrate

**OCIS codes** 230.3670; 160.6030

## 1 引言

发光二极管(LED)照明具有高光效、响应快、寿命长、节能环保等优点,已经在汽车、装饰、道路、办公、手机、显示屏等多个领域得到广泛应用。LED 产业链中的 LED 封装技术,是影响 LED 特性的关键因素之一<sup>[1-5]</sup>。随着 LED 封装技术的不断创新,LED 管芯的封装从单芯到  $N$  颗管芯的集合封装,如板上芯片(COB)、覆晶薄膜(COF)等,由少串多并的低电压模块转向多串少并、多芯封装的高压 LED(HVLED)模块。HVLED 在小电流下工作,本身发热就低多了,因而将  $N$  颗小功率管芯串联封装在玻璃基板上成为了不同于以往的新封装理念,并迅速发展了起来。

本文针对行业内目前研究较热的玻璃基板材质进行了研究,与陶瓷等基板材料进行对比,发现透明的玻璃也适合作为 COB 封装的基板。采用玻璃基板背面刷银层和设置铝材卡口的机械连接结构,较好地降低了整灯中玻璃基板 COB 的胶面温度,并通过实验得知了银层厚度与胶面温度的关系。

## 2 LED 玻璃基板热性能及散热

大功率 LED 电光转换效率为 30%,而 70%的电转换为热<sup>[6]</sup>。这一方面导致 LED 芯片结温升高,导致发光能量下降和芯片光谱红移,光谱红移偏离荧光粉吸收峰,致使荧光粉发光效率降低<sup>[7]</sup>;另一方面使 LED 产生

收稿日期: 2014-07-16; 收到修改稿日期: 2014-08-15; 网络出版日期: 2014-12-16

基金项目: 国家 863 项目(2013AA030115)、浙江省半导体照明重点科技创新团队(2010R50020)、浙江省“仪器科学与技术”重中之重学科开放实验项目

作者简介: 杨 初(1988—),男,硕士研究生,主要从事 LED 封装方面的研究。E-mail: 361136944@qq.com

导师简介: 金尚忠(1963—),男,博士,教授,主要从事 LED 方面的研究。E-mail: 86a0402001@cjlu.edu.cn(通信联系人)

热应力,导致寿命降低甚至芯片失效<sup>[8]</sup>。

LED的热阻 $R_{\theta_{JA}}$ 可表示为

$$R_{\theta_{JA}} = \frac{T_J - T_A}{I_F V_F (1 - \eta_p)}, \quad (1)$$

式中 $V_F$ 和 $I_F$ 为LED正向电压与电流乘积,即LED消耗的功率,单位为W; $T_J - T_A$ 表示结点与周围环境的温度差,单位为 $^{\circ}\text{C}$ ;  $\eta_p$ 为器件的外量子效率。

COB结构LED的热量从pn结传到芯片热沉,再到基板,再到环境热沉,所对应的温度分别为 $T_j$ 、 $T_s$ 、 $T_b$ 、 $T_a$ 。总的热阻可以表示为:

$$R_{\theta_{JA}} = R_{\theta_{js}} + R_{\theta_{sb}} + R_{\theta_{ba}}, \quad (2)$$

式中 $R_{\theta_{js}}$ 为LED器件内部热阻, $R_{\theta_{sb}}$ 为pn结到芯片热沉的热阻; $R_{\theta_{ba}}$ 为芯片热沉到基板之间的热阻。

由此可见,影响散热的关键因素有:1) 芯片衬底;2) 芯片衬底与基板的连接;3) 基板;4) 基板与热沉的连接;5) 环境热沉<sup>[9]</sup>。由于芯片衬底已与芯片装成一个整体,芯片衬底与基板为点焊接技能,环境热沉常用铝材,所以主要针对第3、4点的封装技术进行研究。

### 3 玻璃基板LED光电性能研究

#### 3.1 对比不同基板的导热情况

对大功率LED,为解决芯片衬底材料与散热材料之间因热膨胀失配造成电极引线断裂问题,可以选用陶瓷、玻璃,Cu/Mo板和Cu/W板等合金作为散热材料<sup>[10]</sup>。由于Cu/Mo和Cu/W价格高、应用少,选取了常用陶瓷和玻璃作为基板并与铝、铜、硅等基板进行比较。表1列出了一些材料及其他复合基板的热导率和热膨胀系数。可见芯片衬底与陶瓷、玻璃的热膨胀系数相近,但热导率都较低,玻璃的热导率最低。

表1 常用COB基板材料的性能参数

Table 1 Performance parameters for normal COB substrate materials

Materials	Thermal conductivity /(W/mK)	Thermal expansion coefficients /(10 <sup>-6</sup> $^{\circ}\text{C}$ )
Cu/Mo	170~200	6~8
Cu/W	170~200	5~8
Cu	401	17.5
Al	240	23.2
Si	149	2.5
Ceramic	35	7.3
Glass	0.77	4.5~7.1
Chip	25~40	4~6

实验时,选用陶瓷、玻璃、铜、铝、硅5种基板的尺寸为30 mm×2 mm×1 mm,采用晶元公司波长460 nm、带宽21 nm的蓝光芯片串联COB封装,荧光粉胶体为YAG和硅胶的混合物,如图1所示。

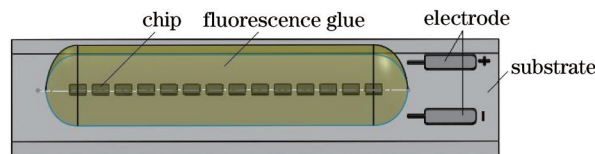


图1 串联COB封装结构图

Fig.1 Cascade COB packaging structure

将单个LED组件在20mA恒流源驱动下,直接在空气中点亮30 min稳定后,测量其光参数和温度特性。温度测试点为COB结构正面胶面和背面基板的中间位置。表2和图2分别为10个LED灯的平均光参数和平均温度值。

表2 不同基板 COB 封装的 LED 光电参数

Table 2 Photoelectric parameters for different substrates COB packaging

Materials	$V/V$	$\Phi /lm$	CIE- $x$	CIE- $y$	$T_c /K$	$R_a$
Cu	49.1	87.55	0.3836	0.3742	3751	82.7
Al	48.9	83.76	0.3837	0.3856	3812	81.1
Si	48.8	78.18	0.3887	0.3845	3798	80.7
Ceramic	48.7	76.14	0.3796	0.3681	3973	82.4
Glass	48.8	75.61	0.3742	0.3864	3923	83.2

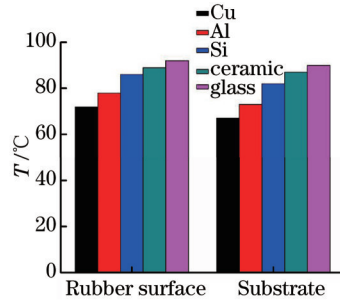


图2 不同基板材质 COB 正反面温度情况

Fig.2 Front and back temperatures for COB with different substrate materials

可见这5种不同基板 COB 封装的 LED 灯的胶面和基板温度从小到大为:铜、铝、硅、陶瓷、玻璃。铜基板 LED 温度最低,为 72 °C,而玻璃基板 LED 温度最高,为 92 °C,与各材质的热导率基本相符。铜基板 LED 的光通量最高,为 87.55lm,而玻璃和陶瓷基板 LED 的光通量相近为 76lm,可知 COB 基板对 LED 的影响很大。铜和铝基板虽然导热好,但其热膨胀系数与 LED 芯片不匹配,容易引起歪斜和翘曲现象,影响可靠性,此外金属基板表面需电镀绝缘层,增加了导热界面数;硅基板表面镜面处理技术复杂、易断裂、价格高且工艺不成熟;陶瓷是目前运用较多的封装基板材料,但玻璃基板透光性能非常好而且基板表面经过镜面处理后反射率很高,既使得芯片侧发光、荧光粉后向散射光容易透过,又使灯泡泡壁发射光的吸收降低,提高出光,因而拥有和陶瓷基板 LED 相近的光通量。相比之下,玻璃基板成本低、工艺简单成熟,如能改进导热性能,可作为封装基板材料。

### 3.2 改善玻璃基板 COB 导热性能

COB 结构中,基板与热沉的接触热阻很大。常用导热界面材料或导热垫片来改善散热效果<sup>[11]</sup>,但导热界面材料易固化、老化,使得导热性能下降;导热垫片则增加了热界面层数和厚度<sup>[12-13]</sup>,导热受到限制。实验设计了铝环、弹簧片和铝材卡口两种模型,弹簧片的长度分别为 5、10、20 mm 三种。图 3(a)为弹簧片结构,图 3(b)为铝材卡口。

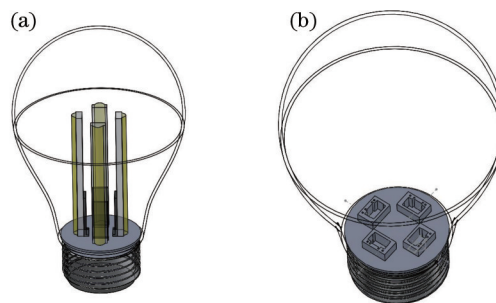


图3 铝材卡口、铝环和弹簧片模型

Fig.3 Aluminum slot model, aluminum ring and spring leaf model

将 4 根条形 LED 均匀插在铝环或卡口上并封装成 4W 的球泡灯。在 220 V 的电压下灯头朝上点亮 2 h,其温度和光电参数如表 3。

表3 不同连接结构玻璃 COB 光电参数和温度

Table 3 Photoelectric parameters and temperature for glass COB with different link structures

Type	$\Phi$ /lm		$T$ / $^{\circ}\text{C}$				
	Transient	Steady	Rubber surface (above)	Rubber surface (middle)	Rubber surface (below)	Leaf spring	Al ring
Without Al slot	356	284	112.1	117.6	115.3	-	66.7
With Al slot	356	295	102.2	107.3	104.9	-	61.8
Leaf spring 5 mm	340	280	103.6	108.7	106.4	70.2	64.1
Leaf spring 10 mm	322	257	96	100.9	98.1	77.8	68.8
Leaf spring 20 mm	294	235	89.3	91.1	90.1	86.2	78.6

对于铝环和弹簧片结构,随着铝弹片长度增加,玻璃基板温度和瞬态光通量下降。当弹簧片长度为 20 mm 时,玻璃基板温度为 91.1  $^{\circ}\text{C}$ ,初始光通量相对于无弹片时降低了 17.4%。对于铝材卡口结构,温度由原来的 117.6  $^{\circ}\text{C}$ 降低到了 107.3  $^{\circ}\text{C}$ ,稳态下的光通量提高了 3.9%。虽然铝环和弹簧片结构能够很好的将温度控制在 90  $^{\circ}\text{C}$ 的目标附近,但弹簧片遮住了大量 LED 背面发出的光,导致光通量大幅降低;铝材卡口结构降低温度的同时,提高了稳定状态下的光通量,故采用铝材卡口模型的连接方式。为了进一步提高性能,并在玻璃基板背面涂上高导热系数的银层来继续优化散热,图 4 为基板背面刷银层的玻璃 COB 实物。

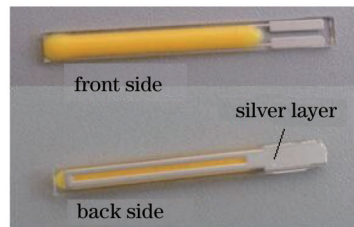


图 4 刷银层玻璃 COB 正反面

Fig.4 Front and back for glass COB with silver brushed

制样时,将质量分数为 75%的银浆刷到经等离子清洗的玻璃基板背面,然后放进 150  $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱烘烤 15~30 min,最后转到 500  $^{\circ}\text{C}$ 的炉子里烧结 90 min。每刷一层的银层厚度为 15  $\mu\text{m}$ ,分别制得银浆厚度为 0、15、30、45、60、75、90、105  $\mu\text{m}$  的 LED 组件,并将 4 根相同银浆厚度的玻璃 COB 均匀插进铝材卡口内封装成 4 W 的球泡灯,在 220 V 的电压下灯头朝上点亮 2 h,其光通量和球泡灯内 4 根玻璃 COB 胶面以及背面的平均温度如图 5 所示。

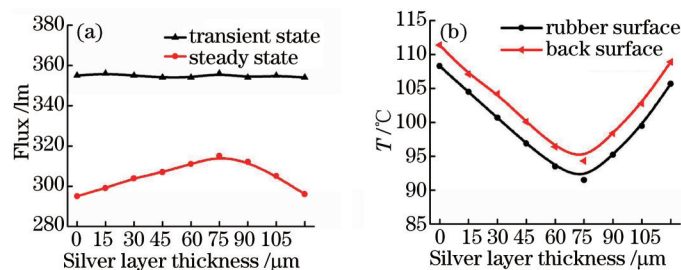


图 5 银层厚度与(a)温度和(b)光通量的关系

Fig.5 Relation ship between silver thickness and (a) temperature, (b) luminous flux

图 5(a)中,随着厚度的增加,玻璃 COB 的胶面和背面温度先下降再上升,而且背面温度比胶面温度品平均高 4  $^{\circ}\text{C}$ ,可见厚度为 75  $\mu\text{m}$  时,胶面温度达到最低,为 91.5  $^{\circ}\text{C}$ 。图 5(b)中,不同银层厚度的瞬态光通量均为 356 lm 左右,稳定后的光通量先增加后减少,75  $\mu\text{m}$  时达到了最大值,为 315 lm,比不刷银层的玻璃基板 LED 光通量提升了 6.8%。刷银后相当于在玻璃基板的后表面形成了一层具有高附着力的多孔膜(厚度为几十微米),大幅度提高了辐射面积和热辐射率,增强了散热效果,同时借助于银的高导热性,顺利的将热量传导到铝材卡口上,因此从 0~75  $\mu\text{m}$  时,胶面温度快速降低,稳定状态下的光通量逐渐升高。但随着厚度增加,经烧结后,表面银层会存在裂纹和空洞,产生烧结应力和变形,银层和玻璃基板的结合度变差,导致了胶

面温度的上升,稳态光通量下降。

## 4 结 论

针对COB封装的5种基板材料进行了制样和对比,设计了基板背面刷银层和铝材卡口连接结构来优化散热,结果表明:玻璃基板LED和陶瓷基板LED的光通量相差不大,并采用背面刷银方式和铝材卡口结构,很好的降低了玻璃基板的温度。当银层厚度为75  $\mu\text{m}$ 时,胶面温度只有91.5  $^{\circ}\text{C}$ ,实际功率3.6 W的LED灯泡灯在稳定状态下的光通量达到了315 lm。只要采用合适的方法改善玻璃基板LED的散热,其价格便宜、工艺成熟、光通量大等优点将使玻璃基板LED成为未来LED行业的研究热点。

## 参 考 文 献

- 1 Kim L, Choi J, Jang S, *et al.*. Thermal Analysis of Multichip LED Packages[M]. SPIE, 2006, 6355: 63550E.
- 2 Narendran N, Gu Y. Life of LED-based white light sources[J]. Journal of Display Technology, 2005, 1(1): 167-171.
- 3 Xiaoyun F, Xiaojian L, Yan W. Research and analysis of the design development and perspective technology for LED lighting products[C]. Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design, IEEE, 2009. 1330-1334.
- 4 Tang Kun, Zhuo Ningze, Shi Fenghua *et al.*. Research status and development trends of LED packaging[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2014, 25(1): 26-30.  
汤 坤,卓宁泽,施丰华,等. LED封装的研究现状及发展趋势[J]. 照明工程学报, 2014, 25(1): 26-30.
- 5 Fang Jun, Hua Gang, Fu Renli, *et al.*. Structure and substrate for high power white LED package[J]. Semiconductor Technology, 2013, 38(2): 140-147.  
方 军,花 刚,傅仁利,等. 大功率白光 LED 封装结构和封装基板[J]. 半导体技术, 2013, 38(2): 140-147.
- 6 Arik M, Becker C A, Weaver S E, *et al.*. Thermal management of LEDs: package to system[J]. Optical Science and Technology, SPIE, 2004, 5187: 64-75.
- 7 Wan Z, Liu J, Su K, *et al.*. Flow and heat transfer in porous micro heat sink for thermal management of high power LEDs[J]. Microelectronics Journal, 2011, 42(5): 632-637.
- 8 Swiatczak T, Olbrycht R, Apolinarzak J, *et al.*. Pulse thermography measurements of heat dissipation from high power LED[C]. Mixed Design of Integrated Circuits & Systems, 2009 MIXDES'09 MIXDES-16th International Conference. IEEE. 2009. 375-377.
- 9 Su Da. A Study on Thermal Performance of Packaging of High-Power LEDs[D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2008.  
苏 达. 大功率LED封装散热性能的若干问题研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2008.
- 10 Chen Mingxiang. Advances in low thermal resistance packaging for high-power LEDs[J]. Semiconductor Photoelectric, 2011, 32(5): 599-605.  
陈明祥. 大功率LED低热阻封装技术进展[J]. 半导体光电, 2011, 32(5): 599-605.
- 11 Gwinn J P, Webb R. Performance and testing of thermal interface materials[J]. Microelectronics Journal, 2003, 34(3): 215-222.
- 12 Hu X, Jiang L, Goodson K E. Thermal characterization of eutectic alloy thermal interface materials with void-like inclusions[C]. Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, 2004 Twentieth Annual IEEE, 2004. 98-103.
- 13 Feng Xiu, Gu Boqin. Leakage rate calculation of metallic gasket connections[J]. CIESC Journal, 2010, (5): 1208-1212.  
冯 秀,顾伯勤. 金属垫片密封连接的泄漏率计算[J]. 化工学报, 2010, (5): 1208-1212.

栏目编辑: 韩 峰