

文章编号:1673-9981(2015)02-0001-05

大功率白光 LED 灯珠色温变化特性研究*

夏正浩¹, 张康², 罗明浩¹, 俞理云¹

1. 中山市光圣半导体科技有限责任公司, 广东 中山 528421;
2. 广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院), 广东 广州 510650

摘要:研究了配粉胶、填充胶、光参数测试设备及测试方法,对大功率仿流明式 LED 灯珠的色温参数变化的影响. 研究表明:高折射率配粉胶可有效地提高 LED 灯珠的光通量,但产品色度稳定性较差;低折射率配粉胶的灯珠的光通量低,产品色度稳定性高;填充胶的折射率对灯珠的色温变化影响较小,同时灯珠的光通量受填充胶折射率的影响亦较小.

关键词:LED; 硅胶折射率; 色温

中图分类号: TN364. 2

文献标识码: A

发光二极管(LED)作为一种新型的绿色光源产品,具有节能、寿命长、无污染等优势,被公认为 21 世纪最具发展前景的照明光源^[1]. 随着技术水平的提升,产业化大功率 LED 的最大光视效能已达 200 lm/W,产品的性价比大幅提高,大功率 LED 即将取代白炽灯和荧光灯而成为市场主流的光源产品. 目前,仿流明式封装作为一种低热阻高光效的大功率 LED 封装形式,占国内 1 W 大功率 LED 灯珠市场较高的份额,其结构如图 1 所示.

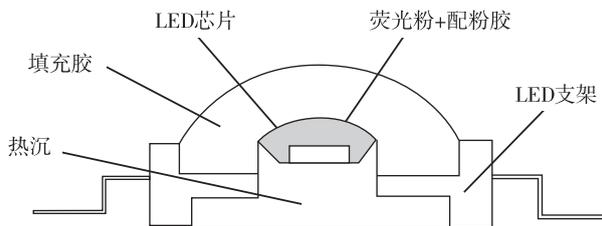


图 1 大功率 LED 封装结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of high power LED packaging

仿流明式封装是在反光杯内芯片上覆荧光粉及胶水混合物,盖透镜后再灌封填充胶的一种制造工艺. LED 芯片通电发射蓝光,蓝光激发荧光粉生成

黄光与芯片发射的部分蓝光混合生成白光,光由芯片发射经荧光粉胶、填充胶及透镜后出射.

仿流明式封装的 1 W 大功率 LED 在使用过程中,光向外发射时会有一定损失,主要包括芯片内部缺陷及封装材料的吸收、出射界面的折射率差引起的反射损失、入射角大于全反射临界角引起的全反射损失^[2]. 由于氮化镓(GaN)材料的折射率高达 2.4,光从芯片直接出射至空气中,其全反射临界角仅为 24.6°,仅有少数光子能从材料中逃逸,大部分光子被材料吸收. 因此,采用折射率处于空气和 GaN 之间的硅胶材料进行填充,不仅可以保护芯片释放应力,同时作为一种良好的光提取材料,其还能提高出光效率^[3-4]、加强散热、降低芯片结温、提高 LED 寿命. 为提高 LED 器件的出光效率,一般采用高折射率、高透光率的封装材料^[5],但高折射率硅胶一般为苯基功能团,相比低折射率的甲基功能团性能稳定性略差^[6]. 目前大部分的文献报道的是如何提高硅胶折射率从而提高器件出光效率,而在硅胶折射率对出光效率稳定性方面影响的研究较少.

本文主要对配粉胶、填充胶、光参数测试设备及点亮时间,对大功率仿流明式 LED 灯珠的色温参数变化的影响进行了研究. 详细分析了配粉胶的折射

收稿日期:2014-12-25

* 基金项目:广东省科技型中小企业技术创新基金项目(2013B011201368);中山市科技计划项目(2013B3FC0017)

作者简介:夏正浩(1985-),男,江苏盐城人,助理工程师,硕士.

率、填充胶的折射率、光参数测试仪积分球的大小及脉冲通电和连续点亮两种方式,对灯珠的色温漂移及光通量的影响。同时,提出对有色温稳定性要求的产品可采用的胶水优化方案。

1 实验部分

1.1 原料

大功率 LED 蓝光芯片为台湾新世纪光电生产的 XSJ30,芯片主要参数列于表 1。LED 芯片固晶胶采用日本京瓷 CT285,荧光粉采用北有研公司生产的 Y44 黄色荧光粉,焊接线采用线径为 25 μm 的金线,支架采用仿流明式大功率 LED 铜支架,荧光粉配粉胶采用道康宁 6550、道康宁 6370 及卡夫特 5506J 三种硅胶,填充胶采用道康宁 6550、道康宁 6370、卡夫特 5505H 及卡夫特 5510 四种硅胶,上述硅胶材料的相关参数列于表 2。

表 1 蓝光 LED 芯片主要参数

Table 1 The main parameters of blue LED chips

芯片型号	尺寸/ μm	平均光功率/ mW	电压/V	波段/nm
XSJ30	711 \times 711	270	3.2~3.4	452.5~455

表 2 硅胶折射率

Table 2 The refractive index of silicone

硅胶型号	折射率
6550	1.54
5505H	1.41
6370	1.41
5510	1.54

表 3 大小积分球测试结果对比

Table 3 The results of different integrating sphere measurements

配粉胶/ 填充胶	小球测试		大球测试		大小球测试 色温差/K	大小球测试 光通量差/lm
	色温/K	光通量/lm	色温/K	光通量/lm		
6550/6550	5865	107.8	6250	108.1	385	0.3
6550/5505H	5845	107.9	6395	110.7	550	2.8
6370/5510	6345	94.1	6360	88.5	15	-5.6
6370/6370	5470	91	5570	94.4	100	3.4
6370/5505H	5715	95.2	5755	92.9	40	-2.3

由表 3 可知:采用折射率为 1.54 的 6550 配粉胶的二组样品,其大小球测试色温差分别达 385 K

1.2 方法

实验选取 5 组样品进行对比,每组选取 10 个试样,分别采用高低折射率的配粉胶和高低折射率的填充胶进行搭配,第 1 组为配粉胶 6550 搭配填充胶 6550、第 2 组为配粉胶 6550 搭配填充胶 5505H、第 3 组为配粉胶 6370 搭配填充胶 5510、第 4 组为配粉胶 6370 搭配填充胶 6370、第 5 组为配粉胶 6370 搭配填充胶 5505H。

LED 灯珠光电测试设备分别为积分球直径 0.2 m 的 LED 光色电参数综合测试仪(简称小球)和积分球直径 1.5 m 的 LED 光色电参数综合测试仪(简称大球)。使用积分球直径为 0.2 m 和 1.5 m 的 LED 光色电参数综合测试仪测试样品的光电参数时,每组测试结果采用去掉最高值及最低值后剩 8 组数值取平均数的方法,得到该组实验样品的数据。其中,在使用积分球直径为 1.5 m 的 LED 光色电参数综合测试仪进行测试时,灯珠焊接在铝基板上进行点亮测试,通过铝基板为测试器件进行有效散热。实验采用统一的封装工艺进行固晶、焊线,采用同种工艺进行不同配粉胶点胶和填充胶灌封,后续烘烤等封装工艺采用硅胶厂推荐的工艺。

2 结果与分析

2.1 测试设备对 LED 器件色温的影响分析

表 3 为用大小积分球测试的 LED 器件色温及光通量参数。

和 550 K;采用折射率为 1.41 的 6370 配粉胶的三组样品,其大小球测试色温差仅为 15 K,100 K 和

40 K. 相比低折射率的配粉胶,高折射率的配粉胶色温变化大,已完全偏离 LED 产品的同一档位的色温区间,而低折射率的配粉胶产品色温变化小,处于同一色温档位区间,表明色温变化仅与配粉胶的折射率相关,不同折射率的填充胶基本不影响样品的色温.由表 3 还可知:采用折射率为 1.54 的 6550 配粉胶的二组样品,其大小球测试光通量差分别为 0.3 lm 和 2.8 lm;采用折射率为 1.41 的 6370 配粉胶的三组样品,其大小球测试光通量差为 -5.6 lm, 3.4 lm 和 -2.3 lm. 结果显示,五组样品大小球测试的光通量变化均较小,说明积分球尺寸对样品光通量测试结果影响小.在光通量测试中,高折射率配粉胶的样品光通量为 110 lm 左右,而低折射率配粉胶的样品光通量仅为 90 lm 左右,可见较高折射率的配粉胶有利于 LED 芯片的光提取,从而增加了 LED 的光通量.

上述实验数据显示,采用高折射率配粉胶在不同积分球内测量的色温参数存在较大的差异,而采用低折射率配粉胶制作的样品差异较小.这是由于不同折射率配粉胶制作的器件在同一个积分球内测量时,虽然色温一致但其在不同光束角的光谱分布并不相同,当换成不同体积积分球再次进行测量时,其色温值就会产生差别.

LED 芯片作为一种朗伯光源,其出光光强等于垂直方向上发光强度乘以方向角余弦,芯片发出的蓝光光强随着角度增大而减弱(图 2).在全反射角内,相比低折射率配粉胶,高折射率配粉胶光源的蓝光中心的光强与边缘的相差较大,而 LED 中的黄光是由蓝光激发荧光粉获得,荧光粉的激发机制决定了黄光的角度分布差异弱于蓝光.在实验中根据测试要求,光源按照正对积分球挡板的位置放置,射向

挡板的光线在被探测器接收前经历了多次反射,由于积分球内涂层反射率仅为 95%,多次反射后会出现较大的光衰减,因此呈不均匀分布的蓝光受挡板影响较大.相比小积分球测试,由于大积分球的挡板面积 S 与光源挡板间距 d 的比值较小,被挡板反射的蓝光少,探头接收到更多的蓝光,从而提高了信号的蓝黄比,因此采用大积分球测试样品的色温会偏高.由于高折射率配粉胶样品的蓝光更集中于中心部分,因此在采用大小积分球测试高折射率配粉胶样品时,探头接收的蓝光相差更多,接收信号的蓝黄比变化更大,样品的测试色温升高幅度也更大.

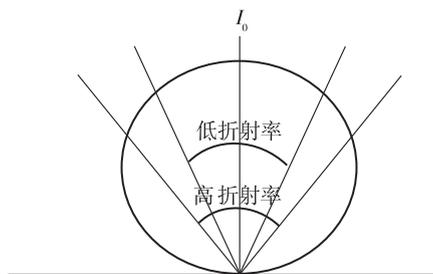


图 2 不同折射率配粉胶的芯片全反射角内光强分布
Fig. 2 The chip light intensity distribution in a internal reflection angle of different refractive index powder

2.2 测试方法对 LED 器件色温的影响分析

表 4 为采用脉冲测试及点亮 4 min 后大积分球测试的 LED 器件色温及光通量参数.由表 4 可知,折射率为 1.54 的 6550 配粉胶的 2 组样品的测试色温差分别达 355 K 和 425 K,而折射率为 1.41 的 6370 配粉胶的 3 组样品的测试色温差仅为 -160 K, -155 K 和 -100 K.相比低折射率的配粉胶,高折射率的配粉胶色温变化较大,偏离了 LED 的同一档位的色温区间,而低折射率的配粉胶产品

表 4 脉冲测试及点亮 4 min 测试对比
Table 4 The results of different lightning time

配粉胶/ 填充胶	色温/K		光通量/lm		点亮测试 色温差/K	点亮测试 光通量差/lm
	脉冲	点亮 4 min	脉冲	点亮 4min		
6550/6550	6250	6605	108.1	101.6	355	-6.5
6550/5505H	6395	6820	110.7	105.9	425	-4.8
6370/5510	6360	6200	88.5	84.8	-160	-3.7
6370/6370	5570	5415	94.4	86.6	-155	-7.8
6370/5505H	5755	5655	92.9	91.1	-100	-1.8

色温变化较小,基本处于同一档位.这是由于高折射率硅胶的苯基功能团温度稳定性较差^[6],点亮后随着LED芯片温度的升高,硅胶的稳定性变差,从而影响到色温的变化.由表4还可知,当采用不同的测试方法测试时,折射率为1.54的6550配粉胶的2组样品的光通量差分别为-6.5 lm和-4.8 lm,而折射率为1.41的6370配粉胶的3组样品的光通量差分别为-3.7 lm,-7.8 lm和-1.8 lm.这是由于在点亮过程中,LED芯片发热引起LED芯片出光效率降低及荧光粉转换效率变低,从而导致LED器件的光通量减少.

综上所述,采用高折射率配粉胶的LED器件,其色温测试结果受测试设备的积分球大小影响较大,色温会偏离出原始档位区间;低折射率配粉胶的LED器件,其色温测试结果受积分球大小影响较小,色温仍处于同一档位区间.同时,由于高折射率配粉胶的温度稳定性较差,导致LED器件的色温测试结果受点亮时间的影响也较为明显,点亮4 min后色温亦偏离出原始档位区间;低折射率配粉胶的LED器件,其色温测试结果受点亮时间影响较小.而在以上测试条件下,填充胶的折射率基本不影响LED的色温.同时,由于高折射率配粉胶可提高芯片的光提取效率,从而有效地提高了LED的光通量.可以认为:在对色温敏感的使用环境中,应选用低折射率(折射率约1.4)的配粉胶,其可提高产品的稳定性;在对有高光通量要求的使用环境中,选用折射率较高(折射率在1.5以上)的配粉胶更优.

3 结 论

选用高折射率配粉胶在不同设备、测试条件下,

色温测定结果偏差大,且点亮4 min后色温漂移较大,而低折射率配粉胶的结果反之.填充胶的折射率对灯珠的色温变化影响较小,灯珠的光通量受填充胶折射率的影响也小.高折射率配粉胶可有效地提高LED灯珠光通量,在对光通量要求不高但对色温稳定性有特殊要求的使用环境中,为减小白光LED灯珠的色温漂移,宜采用折射率约为1.4的胶水做配粉胶.

参考文献:

- [1] ZHUO N Z, ZHANG Y, ZHAO B Z, et al. First optical design and optimization of LED integrated package[J]. Opto-electronic Engineering, 2013, 40(3):129-134.
- [2] RIEGLER B, THOMAIER R. Index matching silicone for optoelectronic applications[J]. Optical Engineering and Applications, 2007, 6665:1-8.
- [3] LERTER S D, MILLER J N, ROITMAN D B. High refractive index package material and a light emitting device encapsulated with such material; US, 5777433 [P]. 1998-07-07.
- [4] 余仁勇, 金尚忠, 梁培, 等. LED梯度折射率封装结构的蒙特卡罗模拟[J]. 光子学报, 2010, 39(12): 2200-2203.
- [5] MONT F W, KIM J K, SCHUBERT M F, et al. High refractive index nanoparticle-loaded encapsulants for light emitting diodes [J]. Integrated Optoelectronic Devices, 2007, 6486:1-8.
- [6] 苏俊柳, 汤胜山, 杨育农, 等. 乙烯基苯基硅树脂的合成及其在功率型LED封装中的应用[J]. 有机硅材料, 2011, 25(6):367-370.

Color temperature properties of high power white Light-emitting diodes

XIA Zhenghao¹, ZHANG Kang², LUO Minghao¹, YU Liyun¹

1. Zhongshan Greatshine Semiconductor Technology Co., LTD., Zhongshan 528421, China; 2. Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Nonferrous Metals), Guangzhou 510650, China

Abstract: The color temperature variation of high power white Light-emitting diodes (LED) with phosphors silicone, filling adhesive, photoelectric tester and measurements has been investigated. The results show that the phosphors silicone with high refractive index has been improved (下转第106页)

良率,这是下一步继续努力的目标.

参考文献:

- [1] 长崎诚三,平林真. 二元合金状态图集[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
- [2] 赵越. 钎焊技术及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

- [3] 薛松柏,顾文华. 钎焊技术问答[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [4] 张启运,庄鸿寿. 钎焊手册[M]. 北京:机械工业出版社,2008.

Research of silverless brazing weld in compressor air drains

XU Li Hua¹, WEI Guo Qiang², YU Wei Feng¹

1. *Guangdong Meizhi Compressor Limited, Shunde 528333, China*; 2. *School of Mechanical and Automotive Engineering South China University of Technology, Guangzhou 510640, China*

Abstract: A novel Cu-Zn alloy with Si and P free solder was developed by means of chemical composition design, microstructure and welding parameters optimization. The results show that brazed joints can fulfill the requirement of compressor when air drains aligned with 45 degree Chamfer for 0.5-1mm and keeping the joints clearance of 0.5-0.6 mm by flame brazing in the temperature range of 900-950°C.

Key words: exhaust pipe; solder; interface; brazing weld



(上接第 100 页) the luminous flux with poorer color stability. On the contrary, the phosphors silicone with low refractive index has lowered luminous flux and better color stability. It has nothing of the filling adhesive refractive index on color temperature and luminous flux has been found.

Key words: light-emitting diodes (LED); refractive index of silicone; color temperature