

文章编号: 1000-7032(2008)02-0353-05

# 白光 LED 衰减的光谱分析

方福波, 王垚浩, 宋代辉, 余彬海

(佛山市国星光电股份有限公司, 广东 佛山 528000)

**摘要:** 为了研究白光 LED 衰减的机理, 通过试验跟踪并分析了采用 YAG 荧光粉、荧光粉晶片、RGB 三合一方式封装的 PLCC-4 型白光 LED, 以及采用 YAG 荧光粉封装的大功率白光 LED 的发射光谱老化衰减曲线。试验在相同的环境下, 对上述四种类型的白光 LED 进行了通电老化, 同一类型白光 LED 老化电流及时间相同, 老化完成后测试其光谱分布。通过分析光谱分布曲线的变化来研究白光中各色光的衰减情况, 通过对比各色光的衰减情况来推断白光 LED 的衰减原因。分析表明白光 LED 的衰减主要是由蓝光 LED 的衰减及荧光粉的猝灭引起; 采用 YAG 荧光粉、采用荧光粉晶片及 RGB LED 封装的白光 LED 衰减特性基本相同, 白光的衰减主要是由蓝光的衰减引起; 大功率白光 LED 与 PLCC-4 型白光 LED 衰减特性稍有不同, 白光的衰减除了因蓝光的衰减外, 还有荧光粉的衰减所引起的白光衰减, 而蓝光的衰减所占比例至少不低于 80%。通过上述分析可以进一步推断: 在散热条件足够理想的情况下, 白光 LED 的衰减主要由蓝光的衰减引起, 而随着系统温度的提升, 荧光粉的衰减将加剧白光 LED 的衰减。所得结果将为白光 LED 的应用及进一步对白光 LED 衰减原因的研究提供了参考。

**关键词:** 白光 LED; 荧光粉; RGB LED; 大功率 LED; 衰减

中图分类号: O482.31

PACC: 3250F; 7860

文献标识码: A

## 1 引 言

白光 LED 与白炽灯及荧光灯相比具有体积小、发热量低、耗电量小、寿命长、环保等显著优点, 采用白光 LED 取代白炽灯及荧光灯照明将产生巨大的经济效益和社会效益。自 20 世纪 90 年代中后期白光 LED 的问世以来, 白光 LED 引起了世界范围内的广泛关注, 日本、美国、欧盟、韩国等国家相继制定了国家发展计划大力支持白光 LED 的研究, 积极推动白光 LED 应用, 计划用半导体照明替代白炽灯。以 Lumileds、Cree、Osram、Nichia 等公司为代表的企业, 在白光 LED 的研究和产业化方面取得了较大进展。在 350 mA 电流驱动下 Lumileds LUXEON I 白光 LED 光通量可达 45 lm; Cree XLamp7090 白光 LED 光通量可达 50 lm; Osram GoBlen DRAGON 白光 LED 光通量可达 39 lm; Nichia NCCW 系列白光 LED 光通量可达 50 lm。近年来, 白光 LED 在手机、中小尺寸 LCD 背光源、汽车照明等领域已有大量应用。目前白

光 LED 已经开始进入照相机闪光灯、装饰照明、矿井照明等领域, 可以预见在未来的几年内, 白光 LED 将逐步进入更加广泛的照明领域。

随着白光 LED 应用领域的不断扩展, 除白光 LED 发光效率外, 其工作寿命同时也成为关注的焦点之一。对支架式白光 LED 的研究发现, 不同的封装材料如支架、固晶胶、封装材料、荧光粉等对白光 LED 的光衰有着不同的影响<sup>[1]</sup>, 并通过加速老化的方法研究了支架式白光 LED 衰减特性和寿命<sup>[2]</sup>。为了促进大功率 LED 产业化和应用的发展, 大功率 LED 特性的研究逐渐成为半导体行业的焦点之一, 我公司在大功率 LED 的芯片键合材料、热阻特性等方面已有一定的研究<sup>[3~6]</sup>。本文通过研究 PLCC-4 型和大功率白光 LED 的光谱来分析白光 LED 的衰减特性, 为大功率白光 LED 的器件设计和应用提供参考。

## 2 实 验

白光 LED 的实现方式目前主要有三种: 蓝光

收稿日期: 2007-05-26 修订日期: 2008-01-29

基金项目: 国家“863”计划引导资助项目(2004AA001034)

作者简介: 方福波(1977-), 男, 湖北随州人, 硕士, 工程师, 主要从事半导体发光器件的研究。

E-mail: fangwj@163.com, Tel: (0757) 83985475

LED 激发 YAG 荧光粉方式、RGB 三合一方式和紫外光 LED 激发多色荧光粉方式。但由于寿命和效率的问题紫外光 LED 激发多色荧光粉方式很少采用, 目前应用较广泛的为蓝光 LED 激发 YAG 荧光粉方式。实验考察了 ①采用蓝光 LED + YAG 荧光粉方式封装的 PLCC-4 型白光 LED; ②蓝光 LED + 荧光粉晶片方式封装的 PLCC-4 型白光 LED; ③RGB 三合一方式封装 PLCC-4 型白光 LED; ④蓝光 LED + YAG 荧光粉方式封装的大功率白光 LED (Φ10 金属线路板封装)。①、②、③类 PLCC-4 型白光 LED 在室温环境中以 20 mA 直流电老化和测试; ④类大功率白光 LED 在室温环境中以 350 mA 直流电老化和测试。测试仪器为浙江三色仪器有限公司生产的 SPR-920D 光谱光度测试仪。

### 3 结果与讨论

PLCC-4 型白光 LED 经过 8 周时间的老化, 其光谱变化情况如图 1 所示, 其中 (a) 为采用 YAG 荧光粉封装; (b) 为采用荧光粉晶片封装; (c) 为采用 RGB 三合一方式封装。

大功率白光 LED 经过 4 周时间的老化, 其光谱变化情况如图 2 所示。

从图 1、图 2 中可以看出, 采用荧光粉封装的白光 LED 的衰减包括蓝光和黄绿光部分的衰减, 采用 RGB 三合一方式封装的白光 LED 衰减主要表现为蓝光的衰减, 红、绿光的衰减很微小。

由于白光是由多种单色光混合而成的, 因此白光中单色光的衰减情况可以反映出白光的衰减情况。光谱曲线反映了各单色光的能量分布, 则光谱曲线所包含的面积可反映其总的辐射能量, 曲线所包含面积的对比则可反映其光谱能量的变化。从光谱曲线可以看到, YAG 荧光粉封装的白光 LED 光谱可以分为两段, 在波长为 400~495 nm 可视为蓝光段, 495 nm 以上的波段可视为黄绿光段。设白光 LED 在老化前的光谱曲线函数为

$$F = f(\lambda)$$

则蓝光段的光谱能量为:

$$F_{\text{蓝}} = \int_{400}^{495} f(\lambda) d\lambda$$

黄绿光段的光谱能量为:

$$F_{\text{黄绿}} = \int_{495}^{780} f(\lambda) d\lambda$$

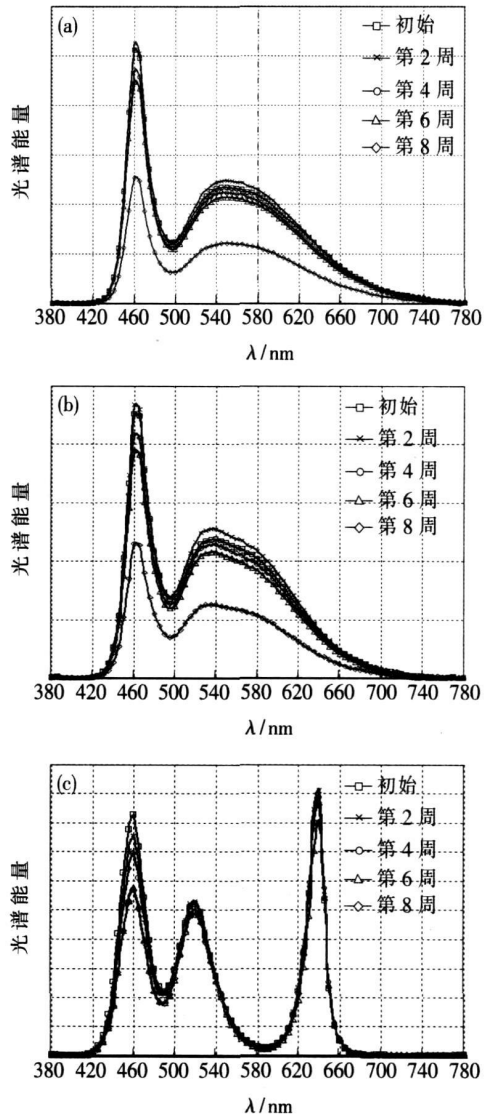


图 1 PLCC-4 型白光 LED 光谱变化趋势图 (a) 采用 YAG 荧光粉封装; (b) 采用荧光粉晶片封装; (c) 采用 RGB 三合一方式封装

Fig 1 Change tendency of emission spectra for PLCC-4 type white LED encapsulated with (a) YAG phosphors (b) phosphor wafer (c) RGB LED

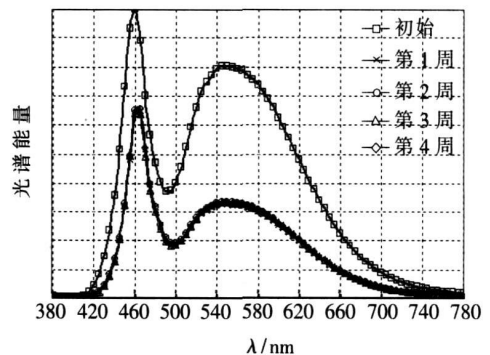


图 2 大功率白光 LED 光谱变化趋势图

Fig 2 Change tendency of emission spectra for power white LED.

设白光 LED 在老化后的光谱曲线函数为

$$P = P(\lambda)$$

则蓝光段的光谱能量为:

$$P_{\text{蓝}} = \int_{400}^{495} P(\lambda) d\lambda$$

黄绿光段的光谱能量为:

$$P_{\text{黄绿}} = \int_{495}^{780} P(\lambda) d\lambda$$

由于白光 LED 的光谱曲线为非规则光滑曲线, 直接计算积分将有一定困难, 其积分可采用光谱曲线所包含的面积近似代替, 通过计算可得采用 YAG 荧光粉封装的白光 LED 在经过 8 周老化前后蓝光及黄绿光部分光谱能量为:

$$F_{\text{蓝 YAG}} = \int_{400}^{495} f(\lambda) d\lambda = \sum_{400}^{495} \frac{[f(\lambda) + f(\lambda + \Delta\lambda)]}{2} \Delta\lambda$$

$$F_{\text{黄绿 YAG}} = \int_{495}^{780} f(\lambda) d\lambda = \sum_{495}^{780} \frac{[f(\lambda) + f(\lambda + \Delta\lambda)]}{2} \Delta\lambda$$

$$P_{\text{蓝 YAG}} = \int_{400}^{495} P(\lambda) d\lambda = \sum_{400}^{495} \frac{[P(\lambda) + P(\lambda + \Delta\lambda)]}{2} \Delta\lambda$$

$$P_{\text{黄绿 YAG}} = \int_{495}^{780} P(\lambda) d\lambda = \sum_{495}^{780} \frac{[P(\lambda) + P(\lambda + \Delta\lambda)]}{2} \Delta\lambda$$

则蓝光部分衰减幅度为:

$$\Delta p_{\text{蓝 YAG}} = (F_{\text{蓝 YAG}} - P_{\text{蓝 YAG}}) / F_{\text{蓝 YAG}} \times 100\%$$

黄绿光部分衰减幅度为:

$$\Delta p_{\text{黄绿 YAG}} = (F_{\text{黄绿 YAG}} - P_{\text{黄绿 YAG}}) / F_{\text{黄绿 YAG}} \times 100\%$$

采用光谱光度测试仪测试时波长间隔为 5 nm, 采用上述计算原理计算结果如表 1 所示。

表 1 白光 LED 衰减对比表

Table 1 Compare attenuation of white LED.

	YAG	晶片	RGB	Power
蓝光初始	0.0076	0.0072	0.013	0.0832
黄绿光初始	0.0160	0.0146	0.023	0.2307
蓝光老化后	0.0038	0.0037	0.009	0.0466
黄绿光老化后	0.0083	0.0076	0.021	0.0982
蓝光衰减 (%)	49.8	48.7	30.2	44
黄绿光衰减 (%)	48.3	47.6	5	57.4

从以上的计算可以看出, 采用 YAG 荧光粉及荧光晶片封装 PLCC-4 型白光 LED, 其衰减过程中, 黄绿光部分的衰减与蓝光部分的衰减大致相当, 表明此时白光的衰减基本上是由蓝光的衰减所引起的。采用 RGB LED 封装的 PLCC-4 型白光 LED 其衰减主要表现为蓝光部分的衰减, 黄绿光部分的衰减几乎可以忽略。而 Power 白光 LED 表现出与 PLCC-4 型白光 LED 不同的特性, 从计算可以看出黄绿光的衰减比蓝光的衰减多了 10% 以上。由于黄绿光部分是由蓝光激发 YAG 荧光粉而发出的光, 因此黄绿光部分的衰减可能的原因为蓝光部分的衰减及荧光粉的衰减。可以推测, 一方面由于蓝光的衰减而导致白光的衰减, 同时蓝光的衰减导致激发能的衰减而致使荧光粉黄绿光发射的减少; 另一方面由于荧光粉转换效率降低也导致黄光发射的减少。引起荧光粉量子效率降低的因素有温度猝灭、浓度猝灭、杂质猝灭等, 在掺杂一定的情况下, 温度猝灭是引起荧光粉量子效率降低的主要因素。PLCC-4 型白光 LED 热阻约为 300 °C/W, 在 30 °C 环境 30 mA 电流驱动的工作状态下, 芯片的结温  $T_j$  约为 60 °C; 金属线路板封装大功率白光 LED 热阻约为 20 °C/W, 在 30 °C 环境 350 mA 电流驱动的工作状态下, 芯片的结温  $T_j$  也约为 60 °C。而在实际应用中, 各类白光 LED 将焊接在 PCB 板上, PLCC-4 型白光 LED 焊接到线路板后其系统热阻变化很小, 但焊接 Power 白光 LED 所使用的 PCB 板将对系统热阻产生较为明显的影响。由于 Power LED 的发热量相对于 PLCC-4 型 LED 大, 系统的热阻将对 Power LED 上的热量产生明显的影响, 当系统的热阻超过 50 °C/W 时, 在 30 °C 环境 350 mA 电流驱动的工作状态下, 芯片的结温  $T_j$  将超过 80 °C。由于荧光粉的衰减在 PLCC-4 型白光 LED 上并未表现或表现的并不明显, 而 Power 白光 LED 与 PLCC-4 型白光 LED 最根本的区别仅在于两类器件的热阻不同。因此, Power 白光 LED 黄绿光部分的衰减快于蓝光部分的衰减, 其原因可以归结为蓝光的衰减及荧光粉的温度猝灭。

蓝光和黄绿光的衰减同时影响着白光的光学特性, 由于蓝、绿、红三种颜色光的比例发生了变化, 将导致白光色度坐标、色温、显色指数等特性发生变化。在我们的试验中发现, 色度坐标、色温的变化具有一定的共性, 采用荧光粉封装的白光 LED 和采用 RGB 三合一方式封装的白光 LED 都表现

为色度坐标逐步红移,色温降低,显色指数有波动。从试验结果来看,随着白光 LED 光发射的衰减,白光 LED 的显色指数有降低的趋势。

因此,半导体行业发展白光 LED 产业和推动白光 LED 应用过程中,需要采取对策减小蓝光芯片本身的衰减、提高器件的散热性能、改善应用产品的散热结构,并降低荧光粉的温度猝灭效应。

## 4 结 论

通过对比试验观察白光 LED 的老化光谱曲线,分析采用荧光粉封装的白光 LED 和采用 RGB

三合一方式封装的白光 LED 衰减的机理及衰减过程中色度参数变化的规律。通过光谱能量曲线分析,采用 YAG 荧光粉、晶片、RGB LED 封装的 PLCC-4 型白光 LED 的衰减过程基本相同,主要是由蓝光的衰减所引起; Power 白光 LED 的衰减是由蓝光的衰减及荧光粉的衰减所引起,因蓝光的衰减而引起的白光衰减至少占 80%。通过分析可以进一步推断:系统在散热条件足够理想的情况下,白光 LED 的衰减主要由蓝光的衰减引起,而随着系统温度的升高,荧光粉的衰减将开始出现,并将加剧白光 LED 的衰减。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] Wu Haibin, Wang Changling. Experimental research on influence of packaging materials of white LED on its luminous decay [ J]. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2005, **25**(8): 1091-1094 ( in Chinese).
- [ 2 ] Lin Liang, Chen Zhizhong, Chen Ting, et al. Characteristics of the accelerated aging white LEDs [ J]. *Chin. J. Luminescence* (发光学报), 2005, **26**(5): 617-621 ( in Chinese).
- [ 3 ] Wang Yaohao, Yu Binhai, Li Shumin. Analysis and simulation of thermal characteristic on die bonding materials of power LED [ J]. *J. Foshan Univ. (Natural Science Edition)* (佛山科学技术学院学报(自然科学版)), 2005, **23**(4): 14-17 ( in Chinese).
- [ 4 ] Yu Binhai, Li Xufeng. Impact of flip chip substrate adhesive on the thermal characteristic of high power LED [ J]. *Semiconductor Technology* (半导体技术), 2005, **30**(6): 49-51, 55 ( in Chinese).
- [ 5 ] Yu Binhai, Wang Yaohao. Junction temperature and thermal resistance restrict the developing of high-power LED [ J]. *Chin. J. Luminescence* (发光学报), 2005, **26**(6): 761-766 ( in Chinese).
- [ 6 ] Li Binqian, Bu Liangji, Fan Guanghan. A new method measuring thermal resistance of power LED [ J]. *Semiconductor Optoelectronics* (半导体光电), 2003, **24**(1): 22-24 ( in Chinese).

## Spectroscopic Analysis of White LED Attenuation

FANG Fu-bo, WANG Yao-hao, SONG Dai-hui, YU Bin-hai

(Foshan Nationstar Optoelectronics Co., Ltd., Foshan 528000, China)

**Abstract** To study how the attenuation of white LED happens and develops, four types of white LED are studied in this paper. Three of them are PLCC-4 type white LED and the other is power white LED. And the PLCC-4 type white LEDs are encapsulated by YAG phosphors, phosphors wafer or RGB LED respectively. The power white LED is encapsulated by YAG phosphors. Four types white LED are lighted continuously and the same type LED is lighted under the same conditions, such as electrical current, environment temperature, and so on. The emission spectra of them are studied in a interval. Usually, the interval is one week time. In this paper, the attenuation of red, green and blue emission is analysed by studying the emission spectrum change, through which to deduce the attenuation of white LED. Four types of white LED were studied and the results indicate that the attenuation mostly results from attenuation of blue LEDs and quenching of phosphors. The attenuating course of PLCC-4 type of white LED encapsulated by phosphors wafer and RGB LED is the

same with that encapsulated by YAG phosphors which is results from the blue LED only. The attenuating course of power white LED is different from PLCC-4 type white LED. Not only attenuation of blue LEDs is the cause of attenuation of power white LED, no less than 80 percent, but quenching of phosphors is also the other factor. More conclusion could be deduced from the study that if radiator is enough perfectly, the attenuation of white LED results from the attenuation of blue LED, but as the system temperature raises, the quenching of phosphors would happen and which will enhance the attenuation of white LED. In this paper, the attenuation of red, green and blue emission are studied by tracking and analysing their spectrum change to deduce the attenuation mechanism of white LED, and the results will provide a reference to the application of white LED and for the further study.

**Key words** white LED; phosphors; RGB LED; power LED; attenuation

Received date 2007-05-26

## 向您推荐《液晶与显示》——中文核心期刊

《液晶与显示》是中国最早创办的液晶学科专业期刊,也是中国惟一的液晶学科和显示技术领域综合性专业学术期刊。它由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国光学光电子行业协会液晶专业分会和中国物理学会液晶分会主办,科学出版社出版。

《液晶与显示》以研究报告、研究快报、综合评述和产品信息等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域最新理论研究、科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,是宣传、展示我国该学科领域和产业科技创新实力与硕果,进行国际交流的平台。本刊是英国《科学文摘》(NSPEC)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、“中国科技论文统计源期刊”等 20 余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊。

《液晶与显示》征集有关液晶和各类显示材料及制备方法、液晶显示、等离子体显示、阴极射线管显示、发光二极管显示、有机电致发光显示、场发射显示、微显示、真空荧光显示、电致变色显示及其他显示、各类显示器件物理和制作技术、各类显示新型模式和驱动技术、显示技术应用、显示材料和器件的测试方法与技术、各类显示器件的应用等研究论文。《液晶与显示》热忱欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿。同时,竭诚欢迎社会各界洽谈广告业务、合作组织技术交流与信息发布活动。

《液晶与显示》为双月刊,国内定价 30 元。国内邮发代号: 12-203 国外发行代号: 4868BM。广告经营许可证号: 2200004000068。

地 址: 长春市东南湖大路 16 号

《液晶与显示》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431) 86176059

E-mail yjk@cim.p.ac.cn

国内统一刊号: CN 22-1259/O4

国际标准刊号: ISSN 1007-2780

国际刊名代码 (CODEN): YYX FY

传 真: (0431) 85682346

网 址: www.yejingyuxianshi.org