

· 光电器件与材料 ·

不同粒径YAG荧光粉对LED封装光源的影响研究

张生冬, 王凤超, 邹 军

(上海应用技术学院与理学院, 上海 201418)

摘要:挑选国内某知名荧光粉企业的三种YAG荧光粉作为研究对象, 三种样品的激发光谱相同, 中心粒径(D50)分别为9.3、13.6、16.7 μm , 用这三种荧光粉, 在相同粉胶质量比, 相同点胶量的情况下, 使用3014型号支架, 制作出白光LED灯珠样品。使用分光光度计分别测量老化前后样品的各项光学参数。试验结果显示: 随着荧光粉中心粒径的增大, 色温向着高色温方向移动; 当色温相同时, 随着中心粒径的增大, 光通量随之增大, 使用100 mA电流加速老化一个星期情况下, 随着荧光粉粒径的增大, 光衰逐渐减小。

关键词: 荧光粉; 粒径; 色温; 光学性能; 老化

中图分类号: O482.31

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-04-0021-03

Influence Research on LED Encapsulation Light Source from YAG Phosphor with Different Particle Size

ZHANG Sheng-dong, WANG Feng-chao, ZOU Jun

(Shanghai Institute of Technology and Science, Shanghai 201418, China)

Abstract: Three kinds of YAG phosphor is chosen from a famous phosphor enterprise in China as research objects. The samples have same laser spectrum and central particle sizes (D50) are 9.3 μm , 13.6 μm and 16.7 μm respectively. At the condition of same filler-asphalt mass ratio and bonding volume, with the phosphor and 3014 type stand, white light LED lamp bead samples are produced. Optical parameters of the samples before and after aging are measured respectively by a spectrophotometer. Test results show that with the increasing of the center particle size of phosphor, color temperature approaches to the direction of high color temperature. When color temperature is constant, with the increasing of center particle size, luminous flux increases. Luminous decay reduces gradually with the increasing of phosphor particle size at the condition of one week accelerating aging time and 100 mA current.

Key words: phosphor; particle size; color temperature; optical properties; aging

LED具有节能、环保、长寿命、高光效、性能稳定和体积小等众多优点。所以在国际上被公认为最有可能进入通用照明领域的新型固态冷光源。随着价格的不断降低, 发光亮度的不断提高, 半导体光源在照明领域中展现了广泛的应用前景。业界普遍认为, 半导体灯取代传统的白炽灯和荧光灯是大势所趋^[1]。半导体发光二极管被认为是最有可能进入普

通照明领域的一种绿色照明光源, 有望成为继白炽灯、荧光灯、高强度气体放电灯之后的第四代光源^[2]。

1994年, 第一个商用的白色LED是由日亚化学公司生产出来, 他是将YAG:Ce黄粉涂敷在发蓝光二极管InGaN上, 发射出峰值波长为550 nm左右的宽带黄光并和蓝光混合成白光^[3-4]。随后, 白光LED的技术开发非常快, 但直到现在, 因为白光LED蓝色芯片的发

收稿日期: 2014-03-19

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(51302171); 上海联盟计划(Lm201318); 上海应用技术学院大学生科技创新发展基金(PE-2014189)

作者简介: 张生冬(1992-), 男, 江苏人, 本科在读, 主要从事LED封装方面研究; 邹军(1978-), 男, 湖北人, 博士, 主要从事氮化物薄膜衬底材料的研究。

光效率明显超过 NUV /UV 激发的白光 LED 的光效,所以以 InGaN 蓝光芯片与 YAG 黄色荧光粉组合方式制作的白光 LED 仍然还是最有效的商用大功率 LED 类型^[5]。在这种情况下,白光 LED 的性能主要取决于 YAG 荧光粉的性能,荧光粉必须拥有适当的激发波长,高的外部吸收效率和最佳色度等^[6]。考虑到以上事实,为了改善 YAG 荧光粉的效率,已经有许多科学家对此进行了研究。例如减少缺陷淬灭中心和减少浓度淬灭等^[7-9]。除此之外,荧光粉粒径对白光 LED 的光学性能也有着巨大的影响。有报道指出,对于大量荧光粉使用上,荧光粉粒径越小越经济实用^[10],也有人分析出,粒径增大会导致光效的降低,但显色指数却有显著提高^[11]。因此,文中就荧光粉的粒径对白光 LED 的发光性能做出一定的研究。

1 试验

使用国内某知名荧光粉公司的 YAG 荧光粉,这种荧光粉的激发光谱都是 554 nm,中心粒径大小不同,分别为 9.3 μm 、13.6 μm 、16.7 μm 。为了便于对比,使用同种 AB 胶和这 3 种 YAG 荧光粉进行配比,控制粉胶质量比为 1:3:3(荧光粉:A 胶:B 胶),使用 3014 型号的支架进行点胶,控制点胶的上表面水平以便控制点胶量相同。点完胶后,先放入 70 $^{\circ}\text{C}$ 烤箱预热 0.5 h,再放入 150 $^{\circ}\text{C}$ 烤箱烘烤 3 h。取出后,使用 30 mA 电流点亮,用光谱分析仪测量 3 种样品的光学参数。然后使用 100 mA 电流老化一个星期,再分别测量对应样品的光学参数。再使用这 3 种荧光粉制作出一批相同色温的 LED 灯珠,测量样品的光通量。

2 试验结果分析

2.1 色度图分布

图 1、图 2 和图 3 分别是 3 种粒径样品的色度图,由图中可以看到,图 1(D50 16.7 μm)色温最高,图 3(D50 9.3 μm)色温最低,随着粒径的增大,色温向着高温方向移动。粒径 16.7 μm 平均色温为 6 535 K,粒径 13.6 μm 平均色温为 5 913 K,粒径 9.3 μm 平均色温为 4 999 K。粒径 16.7 μm 与粒径 13.6 μm 荧光粉粒径减小约 3.1 μm ,色温相对降低约 500 K;粒径 13.6 μm 与粒径 9.3 μm 荧光粉粒径减小约 4.3

μm ,色温相对降低约 914 K。

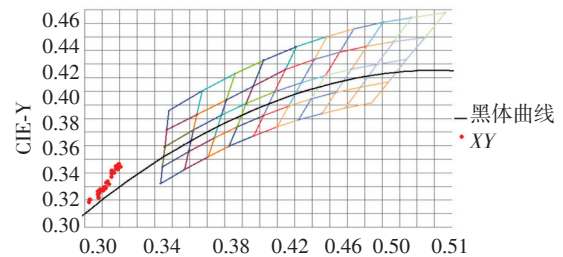


图1 D50 16.7 μm

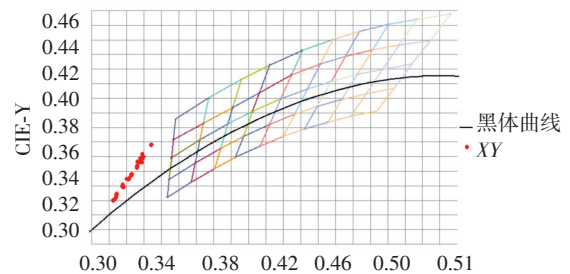


图2 D50 13.6 μm

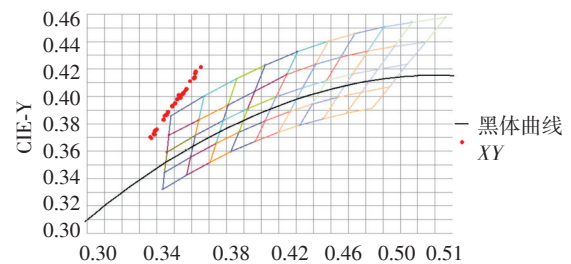


图3 D50 9.3 μm

由图 1~图 3 和数据分析可以明显看出,随着粒径增大,色温逐渐升高,这是因为随着粒径的增大,芯片表面接触的荧光粉的数目就变少,相对而言,小粒径的荧光粉与芯片的接触面积会更大,折射的蓝光更多,透出的蓝光变少,导致了色温的降低。

2.2 光通量对比图

图 4 是 3 种样品的光通量对比图,色温都是 5 800 K。图 4 中明显可以看出,粒径 9.3 μm 的荧光粉平均光通量为 11.409 lm,粒径 13.6 μm 的荧光粉平均光通量为 11.707 lm,粒径 16.7 μm 的荧光粉平均光通量为 11.975 lm。当粒径增大 3.5 nm 时,光效增大近 2.5%。

在粉胶质量比相同的情况下,随着粒径的增大,荧光粉颗粒与芯片的接触面积变小,折射的蓝光变少,透出的蓝光变多,转化成的黄光变少,色温

就会变高,若要色温相同,就必须增加荧光粉,一旦增加荧光粉,势必导致荧光粉浓度变大,激发的荧光粉会变多,透出的蓝光减少,根据相对视敏函数曲线,波长450 nm左右的蓝光光通量比波长550 nm左右的黄绿光光通量要低,由于黄光增加,蓝光减少,导致光通量的增加^[12]。

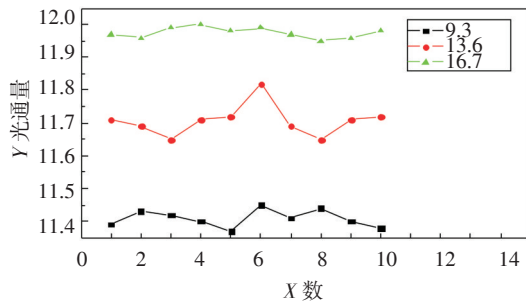


图4 粒径分别为9.3 μm、13.6 μm、16.7 μm的荧光粉光通量对比图

2.3 老化致使光衰对比图

图5是3种样品在100 mA电流下,连续点亮两周,快速老化之后的对比图。由图5可以看出,由于老化的原因,中心粒径9.3 μm光通量平均降低1.328 lm,中心粒径13.6 μm光通量平均降低了1.127 lm,中心粒径16.7 μm光通量降低0.949 lm。随着粒径的增大,光衰逐渐变小。

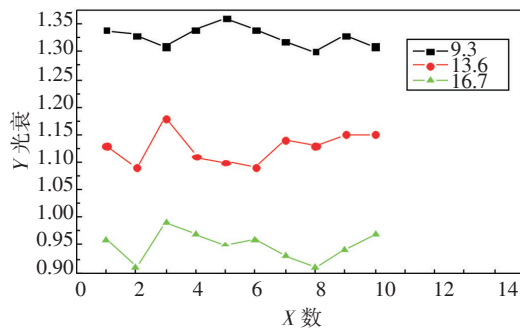


图5 粒径分别为9.3 μm、13.6 μm、16.7 μm的荧光粉在100 mA电流下,快速老化后对比图

图5可以看出,中心粒径大的荧光粉光衰比较小,中心粒径小的荧光粉光衰反而大,这是因为,在大电流老化过程中,会产生更多的热量,越小的粒子,它的表面压力越大,粒子的表面缺陷就会越严重,荧光粉的量子转换效率就会降低得越快,从而导致光通量的降低越快,宏观表现为光衰更严重^[13]。

3 结论

根据以上数据对比及分析,在粉胶质量比相同的情况下,当荧光粉中心粒径增大时,白光LED灯珠的色温会升高。在控制色温相同的情况下,随着荧光粉中心粒径的增加,光通量会增大,但光衰会减小。不难看出,中心粒径越大,它的光学参数越好。因此,工业上使用粒径大的荧光粉会获得更高的企业效益,对大粒径荧光粉的研究制作也应该获得更多企业关注。

参考文献

- [1] 金尚忠,张在宣,郭志军,等.白光照明LED灯温度特性的研究[J].发光学报,2002,23(4):399-402.
- [2] 李柏承,张大伟.功率型白光LED封装设计的研究进展[J].激光与光电子学进展,2009,46(9).
- [3] Nakamura S, Fasol G. The blue laser diode: GaN based light emitters and lasers [M]. Berlin:Springer, 1997:343.
- [4] Kang H S, Kang Y C, Jung K Y, et al. Eu-doped barium strontium silicate phosphor particles prepared from spray solution containing NH₄Cl flux by spray pyrolysis [J]. Mat. Sci. Eng., 2005, 121(1):81-85.
- [5] Lei T, Tan J, Meng X K, et al. Synthesis and luminescence properties of Y₃Mg₂AlSi₂O₁₂:Ce³⁺ phosphor [J]. Chin. J. Lumin [J]. 2012, 33(1):21-25.
- [6] Zhao C, Ma M X, Han T, et al. The effect of doping Sr²⁺ on enhancement of red emission of Y_{2.78-x}Sr_xGd_{0.1}Al₅O₁₂:0.06Ce³⁺ phosphors [J]. Chin. J. Lumin., 2011, 32(11):1099-1103.
- [7] Chen L, Chu C I, Liu R S. Improvement of emission efficiency and color rendering of high-power LED by controlling size of phosphor particles and utilization of different phosphors [J]. Microelectronic Reliab., 2012, 52(5):900-904.
- [8] Ye X Y, Long Z, Yang Y M, et al. Photoluminescence enhancement of YAG Ce³⁺ phosphor prepared by co-precipitation rheological phase method [J]. J. Rare Earth., 2012, 30(1):21-24.
- [9] Zhang S, Li C, Pang R, et al. Long-astig phosphorescence study on Y₃Al₅O₁₂ doped with different concentrations of Ce³⁺ [J]. J. Rare Earth., 2011, 29(5):426-430.
- [10] Fadlalla H M H, Tang C C. YAG Ce³⁺ nano-sized particles prepared by precipitation technique [J]. Mater. Chem. Phys., 2009, 114(1):99-102.

(下转第75页)

- surement of dynamic deformations using a path-unbalance Michelson-interferometer-based optical fiber sensing device [J]. *Optical Engineering*, 2003, 42(3):662.
- [10] Osami Sasaki, Chikao Togashi, Takamasa Suzuki. Two-dimensional rotation angle measurement using a sinusoidal phase-modulating laser diode interferometer [J]. *Optical Engineering*, 2003, 42(4):1132.
- [11] Takamasa Suzuki, Takanori Endo. Two-dimensional small rotation angle measurement using an imaging method [J]. *Optical Engineering*, 2006, 45(4):043604.
- [12] 黄银国.激光自准直微小角度测量基础技术研究[D]. 天津:天津大学, 2009.
- [13] 所睿, 范志军, 李岩, 等. 双频激光干涉仪技术现状与发展[J]. *激光与红外*, 2004(4).
- [14] 刘庆纲, 叶声华, 清慧慧. 光学内反射型精密角度传感器[J]. *仪器仪表学报*, 1998(2).
- [15] Plosker Effie, Bykhovsky Dima, Shlomi Arnon. Evaluation of the estimation accuracy of polarization-based roll angle measurement[J]. *Applied Optics*, 2013, 52(21):5158-5164.
- [16] 吴易明, 高立民, 陈良益. 基于偏振光的精密角度测量及传递技术[J]. *红外与激光工程*, 2008, 37(3):525-529.
- [17] WANG Wen-liang, TAN Ji-chun, DENG Li-xin, et al. Three-dimensional angular measurement based on moiré fringe [C]// *Proc. of Sixth International Symposium on Precision Engineering Measurements and Instrumentation*, 2010, 7544.
- [18] 李向荣, 乔彦峰, 刘微, 等. 船体三维角度变形的自准直干涉测量方法[J]. *光学技术*, 2005, 31(5):761-763.
- [19] 韩军海, 陈家斌, 葛远声, 等. 一种双 CCD 交汇测定载船艏艉线与飞机收尾线相对方位的实用方法[J]. *光学技术*, 2003, 29(5):581-586.
- [20] 翟玉生. 多自由度误差同时测量中滚转角高精度测量方法的研究[D]. 北京:北京交通大学, 2012.
- [21] Igor A, Konyakhin, Tatyana V Kopylov, et al. Optic-electronic systems for measurement the three-dimension angular deformation of axles at the millimeter wave range radio-telescope [C]// *Proc. of Eighth International Symposium on Precision Engineering Measurement and Instrumentation*, 2012, 8759.
- [22] Konyakhin I A, Turgalieva T V. Three-coordinate digital autocollimator [J]. *Journal of Optical Technology*, 2013, 80(12):772-777.
- [23] Tatiana V Turgalieva, Igor A Konyakhin. Research of autocollimating angular deformation measurement system for large-size objects control [J]. *Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VIII*, 8788:878832-1.
- [24] 周永兴. 飞行试验机翼变形测量的一种方法[J]. *测控技术*, 2013, 32(4):15-19.
- [25] 于起峰, 孙祥一, 姜广文, 等. 基于传递像机摄像测量的不稳定平台的静态基准转换方法[J]. *中国科学:技术科学*, 2011(5).
- [26] YU Qi-feng, JIANG Guang-wen, FU Si-hua, et al. Fold-ray videometrics method for the deformation measurement of nonintervisible large structures [J]. *Applied Optics*, 2009, 48(24):4683-4687.
- [27] Yu Q, Jiang G. Measuring deformation of large vessels with innovative broken-ray videometrics [C]// *22nd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*, Australia: 2008.

~~~~~

(上接第 23 页)

- [11] HUA You-jie, MA Hong-ping. Synthesis and packaging performance of regular spherical YAG Ce<sup>3+</sup> phosphors for white LEDs [J]. *Chin J Lumin*, 2013, 34(4):427-432.
- [12] Schubert E F, Kim J K. Solid-state light sources getting smart [J]. *Science*, 2005, 308(5726):1274-1278.
- [13] 华有杰, 马红萍, 张驰, 等. 用于白光 LED 的规则球形 YAG Ce<sup>3+</sup> 荧光粉制备及封装性能研究[J]. *发光学报*, 2013, 34(4):427-432.

~~~~~

(上接第 33 页)

- [10] 韦争亮. 基于彩色编码的结构光动态三维测量及重构技术研究[D]. 北京:清华大学, 2009.
- [11] Bazen A M, Gerez S H. Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprints[J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(7):905-918.