

基于分布光度计测试实验的 LED 二次光学仿真

海洋^{1,2} 杨道国¹ 侯峰泽¹

(¹ 桂林电子科技大学机电工程学院, 广西 桂林 541004)
(² 西南电子技术研究所, 四川 成都 610036)

摘要 以 LED 为研究对象, 利用 TracePro 光学仿真软件和 LED 分布光度计对其进行光学仿真和光学实验研究, 并通过对比验证仿真结果的正确性和仿真方法的可行性。研究结果表明, 实验结果和仿真结果吻合, 将仿真方法用于 LED 的光学研究切实可行。利用 TracePro 对大功率 LED 的二次光学设计结构进行了仿真, 仿真结果表明该 LED 的二次光学设计结构使 LED 的光学性能得到了极大的改善, 配光效果更理想, 光照均匀性更好。

关键词 光学器件; 光学设计; 仿真; TracePro 软件; 大功率 LED

中图分类号 TN312.8 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP49.032302

Secondary Optical Simulation of LED Based on Goniophotometer Experiment

Hai Yang^{1,2} Yang Daoguo¹ Hou Fengze¹

(¹ College of Mechanical and Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)
(² Southwest China Electronic Technology Institute, Chengdu, Sichuan 610036, China)

Abstract TracePro software and goniophotometers are used to carry out the optical simulation and experimental researches on LED, respectively. Comparing the test results with the simulation results, the accuracy and feasibility of the simulation method are verified. TracePro is used to carry out the optimization of secondary optical simulation for high power LED. Results that show the optical performance of high power LED has been greatly improved by the optimization optical design. The lighting effect is more ideal, and the light uniformity is much better.

Key words optical devices; optical design; simulation; TracePro software; high-power LED

OCIS codes 230.3670; 220.3620; 220.4830

1 引言

大功率 LED 若只进行一次光学设计是不能满足照明使用要求的, 且一次光学设计的主要目的是为了尽可能提取 LED 芯片所发出的光, 并不过多考虑 LED 是否具有出色的照明效果。而二次光学设计的目的是保证 LED 发出的光线都能集中在照明用灯具上, 以满足整个系统的出光质量, 并最终满足照明效果要求。因此, 对大功率 LED 进行二次光学设计是十分必要的^[1]。

若只依靠实验的方法对大功率 LED 进行二次光学设计, 不仅会给设计者增加难度, 而且费时费力^[2]。因此, 采取一种更为快速有效的方法来获取 LED 的二次光学设计依据是本文研究的重点。通过利用主流仿真软件 TracePro 对实验用 LED 进行光学仿真并将仿真结果与实验结果进行对比, 验证光学仿真软件 TracePro 在 LED 光学仿真设计中可行性。研究结果表明 TracePro 不仅能够实现 LED 光学性能的高精度模拟, 而且比起利用实验来逐步改进设计的方法可以使 LED 的光学设计时间大为缩短。利用 TracePro 完成了对某大功率 LED 二次光学设计结构的仿真。

收稿日期: 2011-08-17; **收到修改稿日期**: 2011-10-12; **网络出版日期**: 2012-01-12

基金项目: 广西壮族自治区教育厅重点项目和广西壮族自治区重点实验室项目(桂科能 07109008_010_Z)资助课题。

作者简介: 海洋(1984—), 男, 硕士研究生, 主要从事微电子组装与封装等方面的研究。E-mail: hylx007@163.com

导师简介: 杨道国(1963—), 男, 博士, 教授, 主要从事微电子封装技术及可靠性等方面的研究。

E-mail: daoguo_yang@163.com

2 实 验

实验用测试仪器为远方公司提供的 LED626 分布光度计,由 LED 电性能测试分析系统、光强/辐射强度分布测试系统、二维转台三个子系统组成。测试后可得到光强数据并自动绘制光强分布曲线、光通量、测试条件符合国际照明协会(CIE)标准的远场或近场。在光强测试系统中,测量是通过转动 LED 的垂直转轴并且保持探头不动来实现的。由于垂直转轴通过 LED 的光度中心,所以这就相当于探头绕着 LED 在离 LED 一定距离的球面上作圆周运动。图 1 所示测试原理示意图包含了符合 CIE 测试标准的远场条件和近场条件。

本实验主要针对 LED 的光强分布进行测试。实验用样品为单色红光 LED,直径为 5 mm,光通量为 0.1702 lm,其封装结构主要为引线架(或称引脚)、阳极杆、有发射碗的阴极杆、LED 芯片以及透明环氧树脂等。测试时,需将 LED 插入管槽内,并通过该仪器的内置稳流电源将其点亮。测试仪器与样品如图 2 所示。

实验得到 LED 的配光效果如图 3 所示。测试条件 CIE A,光通量 0.1702 lm,光效 4.371 lm/W,最大出光角度 25.5° ,中心处光强约为 0.45 cd。

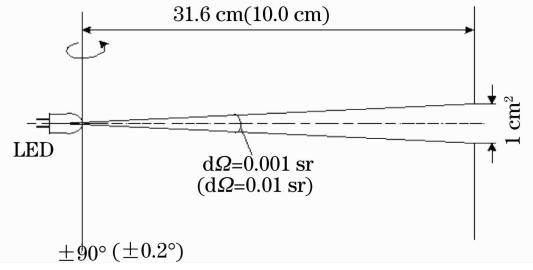


图 1 光强分布测试原理

Fig. 1 Test principle of light intensity distribution

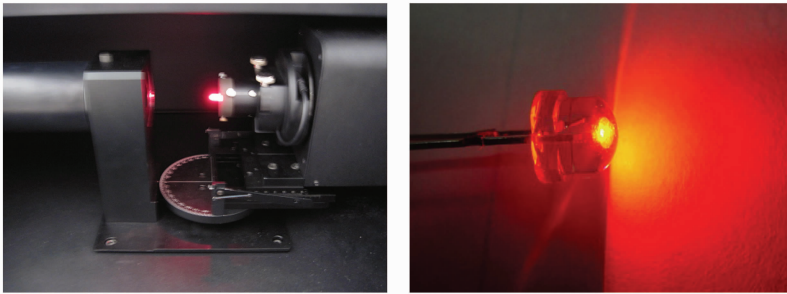


图 2 LED 分布光度计及测试用 LED

Fig. 2 LED goniophotometer and test sample

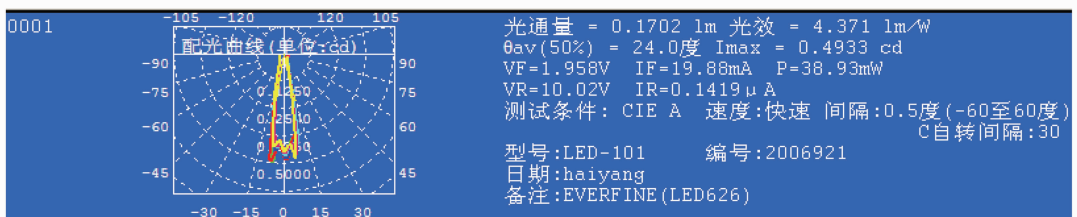
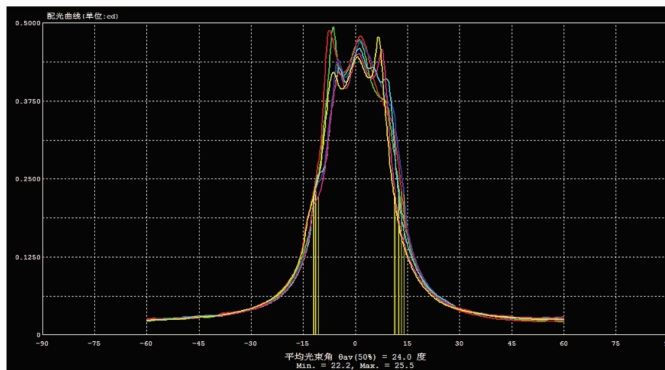


图 3 实验测得的 LED 配光曲线

Fig. 3 LED intensity distribution curve obtained in experiment

3 实验结果与仿真结果比较

对封装光学结构的模拟必须基于正确有效的模型上,且所建立的模型要尽量反映 LED 封装光学结构的主要特征^[3]。同时,要抓住影响 LED 光分布的主要因素,抽象出最简洁有效的 LED 封装光学结构模型。由此,应将该 LED 的模型简化为包括引脚、LED 芯片及反光碗和树脂封装在内的封装结构。在 TracePro 中通过插入不同形状的实体,然后进行平移、旋转、比例缩放等几何变换和布尔运算得到如图 4 所示的模型结构。另外,TracePro 利用蒙特卡罗算法能够实现对 LED 光源光线的快速追迹,从而对 LED 的光强分布及光照度进行模拟分析,进而得出比较准确的结果^[4]。在光线追迹过程中,设置光线条数为 50000 条,光通量 0.17 lm。LED 的模拟配光效果如图 5 所示。

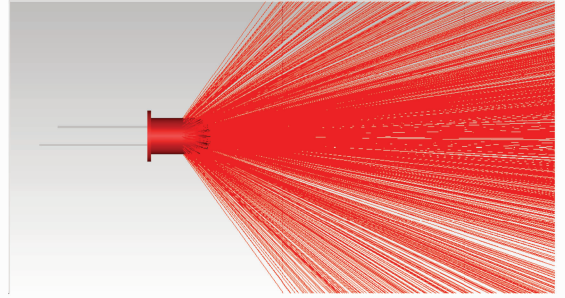


图 4 对 LED 模型进行光线追迹

Fig. 4 Ray tracing for LED optical model

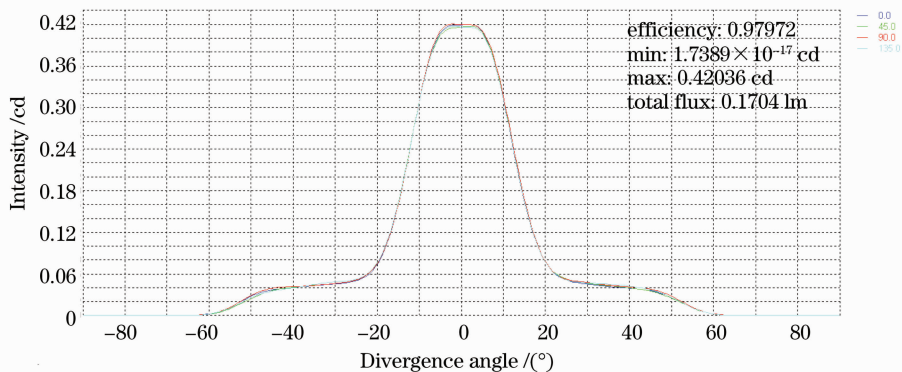


图 5 模拟 LED 配光曲线

Fig. 5 LED intensity distribution curve obtained by simulation

模拟配光曲线显示:光通量 0.1705 lm,中心处光强约 0.42 cd,最大出光角度 26° 。将模拟结果与实际样品的测量结果进行比较分析,发现模拟 LED 的配光曲线基本与实验测试的配光曲线吻合,光通量、中心处光强及最大出光角度误差较小,说明 TracePro 光学模拟方法正确有效,且从建立模型到得出模拟结果所用时间非常短,效率非常高。因此,可以利用 TracePro 模拟分析 LED 封装光学结构中各个部分对光分布的影响,从而结合几何光学的光源设计方法指导对 LED 封装光学结构的改进和优化,并以此为基础提出光效更高的适合于作光源用的 LED 封装光学结构的新形式^[5]。

4 大功率 LED 二次光学设计仿真

仿真结果与实验结果对比表明,仿真方法正确有效。同时,依据文献^[6]的研究,可判断 LED 的一次光学透镜的配光效果通常并不理想,常呈现出中间亮而周围暗的特点。此种照明所产生的后果通常为眩光。如图 6 所示,大功率 LED 灯发光时产生了耀眼的光芒。为此,本文利用 TracePro 对某大功率 LED 进行了二次光学设计仿真。

在建立大功率 LED 模型时,同样只需建立包括照明光源、封装体及透镜在内的封装简化模型,模型结构如图 7(a)所示。

大功率 LED 模型的基本尺寸如下:芯片尺寸为 $1.5 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$,铝基板厚 2 mm,封装体高 4 mm,内部锥形反光层高 2 mm。而经过二次透镜添加设计后的封装结构模型如图 7(b),(c)所示。



图 6 点亮的大功率 LED 实物

Fig. 6 Lightening high power LED

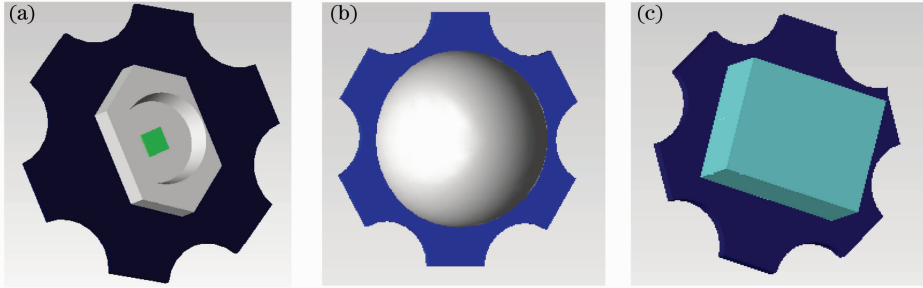


图 7 (a)大功率 LED 光学模型及(b)球型透镜和(c)立方体透镜 LED 的二次光学模型

Fig. 7 (a) Optical model of a high power LED; secondary optical models for the optimization design of high power LEDs with (b) spherical and (c) cubic lenses

给定 LED 芯片光源加载条件时,不能将 LED 芯片看成是点光源,要选择芯片的上表面作为光源面,并赋予 LED 芯片发光面朗伯型发光特性,输出光通量为 10 lm,光线 50000 条。

图 8、9 仿真结果显示:具有二次光学透镜设计结构的大功率 LED 具有很好的配光效果,且在 LED 光照均匀性方面得到了很大的提高。比较二次球形透镜和立方体透镜的光学仿真结果,可知二次立方体透镜在提高 LED 光强方面优于二次球形透镜,这与文献[7]的研究结果一致。只是在设计二次立方体透镜时,需对立方体透镜的棱角进行圆滑处理,否则会出现光强较弱的区域。

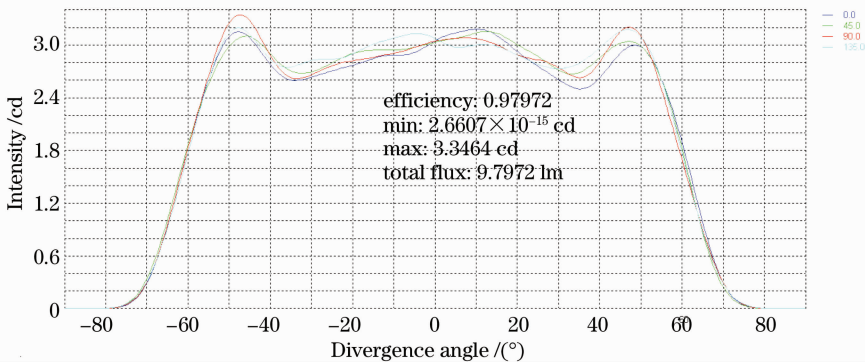


图 8 二次球形透镜封装结构的配光曲线

Fig. 8 LED intensity distribution curve for the optimization structure with spherical lens obtained by simulation

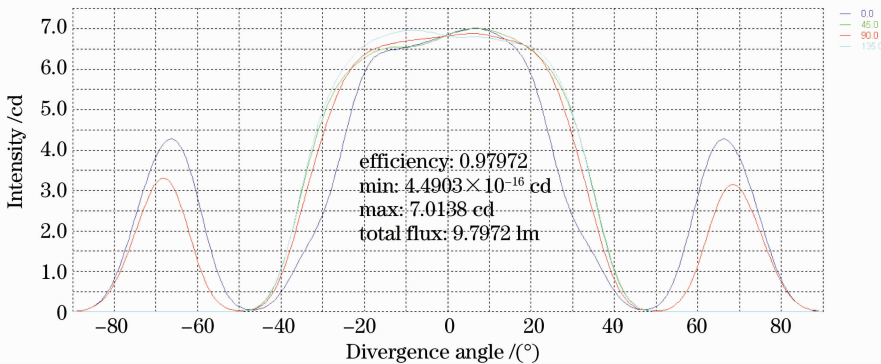


图 9 二次立方体透镜封装结构的配光曲线

Fig. 9 LED intensity distribution curve for the optimization structure with cubic lens obtained by simulation

5 结 论

以单色 LED 研究为例,利用实验和仿真相结合的方法,证明了仿真方法在 LED 光学设计方面的正确性和可行性。进而利用仿真方法对某浅方杯大功率 LED 进行了二次光学性能分析。仿真结果表明,二次球形

透镜和立方体透镜均可改善 LED 光照的均匀性,且配光效果好,视场角大。二次立方体透镜在提高 LED 光强方面优于球形透镜,但需对立方体透镜的棱角处进行圆滑处理,具体优化方法将在随后的研究中展开。

参 考 文 献

- 1 Yang Yi, Qian Keyuan, Luo Yi. A novel LED uniform luminance system based on non-imaging optics [J]. *Opt. Tech.*, 2007, **33**(1): 110~115
杨毅,钱可元,罗毅.一种新型的基于非成像光学的 LED 均匀照明系统[J].光学技术,2007,**33**(1): 110~115
- 2 Chen Bo, Li Weiping, Huang Yangcheng. Optics designing and simulation of a LED tail lamp [J]. *Opt. Instrum.*, 2006, **28**(5): 37~41
陈波,李伟平,黄杨程.一款 LED 后位灯的光学设计与仿真[J].光学仪器,2006,**28**(5): 37~41
- 3 Chen Qiong, Liu Hong, Li Jinguo. LED source model research [J]. *Light Source and Lighting*, 2005, **27**(3): 14~17
陈琼,刘红,李金国.发光二极管 LED 光源模型研究[J].光源与照明,2005,**27**(3): 14~17
- 4 Yan Jun, Wang Subin, Yu Ying. The LED light's optical package structure design based on Monte Carlo simulation method [J]. *J. Fuzhou University (Natural Science)*, 2003, **31**(4): 108~110
颜峻,王素彬,于映.用蒙特卡罗法模拟 LED 光源光分布[J].福州大学学报,2003,**31**(4): 108~110
- 5 Li Xiaotong. Geometrical Optics and Optical Design [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1997
李晓彤.几何光学和光学设计[M].杭州:浙江大学出版社,1997
- 6 Lü Zheng, Xu Tao. Selection of standard LED by luminous intensity distribution curve [J]. *Appl. Opt.*, 2008, **11**(6): 926~930
吕正,徐涛.用配光曲线作判据选择 LED 标准管[J].应用光学,2008,**11**(6): 926~930
- 7 蒋金波,杜雪,李荣彬等.一种用于 LED 路灯的全反射式二次光学透镜[OL]. <http://www.china-led.net/info/201069/201069114701.shtml>,2010-06-09