

文章编号:1007-2780(2012)04-0499-04

一体化封装的 LED 仿真

邱西振, 张方辉*, 丁磊

(陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021, E-mail: ioriandlori@foxmail.com)

摘 要: 以自主研发的一体化封装 LED 为模型, 使用光学模拟软件 TracePro 对该模型的配光进行仿真。为了优化该模型的光强分布及出光率, 对比分析了不同反光杯张角及透镜形状对 LED 配光性能的影响。仿真结果表明: 反光杯张角及透镜形状对 LED 的光强分布及出光率均有较强影响。45° 反光杯张角有着较好的光强分布。添加透镜可以提高出光率, 扁平透镜可以达到较高的出光率。45° 反光杯张角加半球形透镜在光强分布与出光率上取得均衡。

关 键 词: LED; TracePro; 封装技术

中图分类号: TN312⁺.8 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0499

Optical Simulation of Integrated Package of LED

QIU Xi-zhen, ZHANG Fang-hui, DING Lei

(School of Electric and Information Engineering, Shaanxi University of Science and Technology,
Xi'an 710021, China, E-mail: ioriandlori@foxmai.com)

Abstract: Using the optical software TracePro, the light distribution of our self-developed integration package of LED is simulated. In order to optimize the light distribution and extraction of the model, the different shapes of lens and inclination of reflectors were analyzed. The results of simulation show that there is a strong impact on light distribution with different lens and reflectors. There is an uniform light distribution with the 45° reflector. The light extraction will be improved by lens, meanwhile the flat lens can achieve a higher light extraction. The 45° reflector with hemispherical lens can achieve a balance between light distribution and extraction.

Key words: LED; TracePro; packaging technology

1 引 言

发光二极管(LED)具有体积小、安全环保、节能高效等诸多优点,被认为是取代白炽灯、荧光灯、高压气体放电灯的第四代光源^[1-2]。其在指示、照明、背光及显示等领域拥有广阔市场。但是大功率 LED 依然面临着散热差、光强分布不均、外量子效率不高等方面的问题^[3-4]。如何科学有

效地解决这些问题成为科研的热点。

随着大功率白光 LED 的不断发展,已经可以制造出内量子效率超过 80% 的 GaN 基 LED^[5]。内量子效率接近饱和,而外量子效率又不高。所以提高出光率成为提升 LED 外量子效率的有效突破口。提高出光率可以从两个方面考虑,一是芯片方面的优化,二是封装结构方面的优化^[6-8]。由于氮化镓是一种高折射率的半导体材料,其与

收稿日期: 2011-12-19; 修订日期: 2012-04-09

基金项目: 国家自然科学基金(No. 61076066); 陕西科技大学博士基金(No. BJ09-07)

作者简介: 邱西振(1987—),男,陕西西安人,硕士研究生,研究方向为平板显示技术。

* 通讯联系人, E-mail: zhangfanghui@sust.edu.cn

空气界面的高折射率反差成为限制出光的主要问题之一。这就需要一种高效的封装结构解决出光问题。Hong Luo 等人通过 TracePro 对 LED 的模拟仿真而得到荧光粉远离芯片,使用漫反光杯的优化结构,最终采用该结构的实验数据与仿真结果基本相符^[9]。

常规 LED 的封装是将 LED 芯片固定到支架上,再通过铝基板实现电气连接,最后靠接触热沉进行散热^[10]。我们采用具有自主产权的一体化封装结构,将以上结构及功能集成到一体化封装基板上。如图 1 所示,将 LED 芯片直接封装在一体化封装基板上,有效解决了大功率白光 LED 的散热问题。一体化封装基板的下一步优化主要在配光问题上,也就是添加合适的透镜,加工合适的反光杯等。本文通过使用光学仿真软件 TracePro 对一体化封装基板进行模拟仿真。对比分析了不同反光杯张角及透镜对一体化封装的 LED 配光性能影响,为优化一体化封装基板提供理论依据。

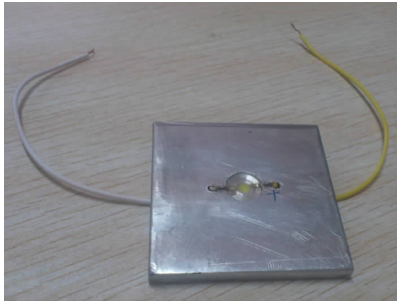


图 1 一体化封装的 LED
Fig. 1 Integrated package of LED

2 LED 封装结构的光学模拟

2.1 LED 封装结构

LED 的封装主要包括封装材料、封装结构、透镜等方面。而 LED 的光学结构主要包括芯片、反光杯、封装树脂、荧光粉层、光学透镜等^[11]。通过合适的封装结构可以降低热阻、提高 LED 稳定性、提高出光率,减少眩光问题、达到合适的光强分布及空间色均匀性等。

2.2 对 TracePro 的仿真设置

- (1)首先在 TracePro 软件中定义封装基板的三维结构。封装基板尺寸为 $4\text{ cm}\times 4\text{ cm}\times 2\text{ cm}$ 。
- (2)对 LED 芯片的三维结构进行定义。LED

尺寸为 $0.4\text{ cm}\times 0.4\text{ cm}\times 0.15\text{ cm}$ 。定义其顶面为发光面,发光分布为 lambertian 分布,光通量达到 1 lm ,而模拟光线数设置为 $30\ 000$ 条。定义 LED 芯片各表面对光线吸收率为 50% 。而反射率为 50% 。

(3)所模拟的反光杯为圆锥形,其腔体深度为 1 cm 。定义其对光线的反射率为 80% ,吸收率为 20% 。

(4)荧光粉层定义为覆盖芯片的半圆形,半径为 0.4 cm ,折射率为 1.82 。定义该材料对透过光线的吸收率为 40% 。其光致发光特性则定义为圆弧面的均匀分布发光,光通量达到 0.1 lm ,模拟光线数为 $5\ 000$ 条。

(5)将封装树脂的折射率定义为 1.6 。封装树脂填充满反光杯与透镜间的所有空间。定义该材料对透过光线的吸收率为 5% 。

(6)将透镜的折射率定义为 1.56 。透镜厚度为 0.1 cm ,定义该材料对透过光线的吸收率为 1% 。

通过以上几步的仿真设置,制作出如图 2 的 LED 仿真结构模型。仿真所用的检测体设置为一个与 z 轴垂直的平面,通过 TracePro 软件得到如图 3 所示的光强分布图。以此分析反光杯张角及透镜对一体化封装基板的影响。

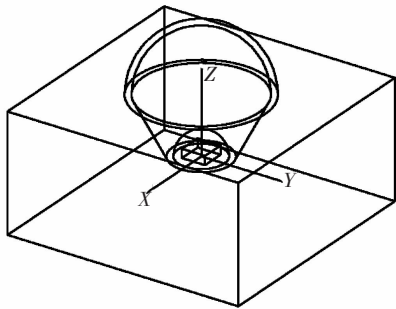


图 2 LED 仿真结构模型
Fig. 2 Structural model of LED

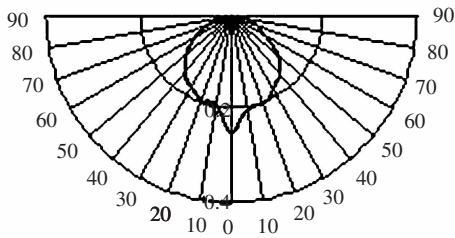


图 3 光强分布图
Fig. 3 Figure of light distribution

3 仿真结果及分析

下面从反光杯张角及透镜形状讨论仿真结构与出光率间的问题。

3.1 反光杯张角的影响

反光杯张角的不同会产生不同形状的封装腔体、不同方向的光线反射角度、不同填充量的封装树脂等。仿真中采用圆锥形的封装腔体,腔体深度保持 1 cm 不变。通过改变底面圆及顶面圆的半径来改变反光杯张角,依次进行对比分析。仿真结果如表 1 所示,其中 3 组结构均未添加透镜。

表 1 反光杯张角与出光率

Table 1 Inclination of reflectors <i>vs.</i> ratio of light-out				
器件	反光杯张角/(°)	底圆半径/cm	顶圆半径/cm	出光率/%
1	45°	0.5	1.5	61.99
2	26.57°	0.5	1.0	67.60
3	50.19°	0.4	1.6	70.56

由表 1 可知,器件 1 的反光杯张角为 45°,其出光率最低。无论增大反光杯张角的器件 2 还是

减小反光杯张角的器件 3 均可以提高出光率。形成器件 2 光强分布的原因在于当增大反光杯张角时,封装腔体中的光线反射次数会减少,减少的反射次数会使得反光杯及 LED 芯片的表面吸收减少,从而提高了出光率。而器件 3 是因为当减小反光杯张角时,封装树脂的填充量将会减少,相应的光程也会减少,可以减少封装树脂材料对透过光线的吸收,提高出光率。

图 4 为 3 种器件的光强分布。从图 4 可以看出,只有器件 1 拥有较均匀的光强分布。器件 2 由于存在反光杯张角较小,从而使得中心处的光强较强,这种光强分布容易造成眩光效应。而器件 3 与器件 2 恰好相反,反光杯张角较大,从而使得光强分布在四周更为密集,而中心处比较稀少。从以上分析中,我们认为器件 1 更适合照明领域的应用。

3.2 透镜形状的影响

透镜形状的不同会产生不同形状的封装树脂、不同入射角的入射光、不同填充量的封装树脂等。仿真中的透镜底面均为半径 1.5 cm 的圆形,透镜厚度均为 0.1 mm,通过改变透镜中心高度及球面半径改变透镜形状,依次进行对比分析。仿真结果如表 2 所示。

表 2 透镜形状与出光率

Table 1 Shape of lens <i>vs.</i> ratio of light-out			
器件	透镜高度/cm	曲面半径/cm	出光率/%
4	1.5	1.5	71.88
5	1.0	1.6	81.84
6	1.6	1.5	70.88

从表 2 可以看出,相比于未添加透镜的器件 1,无论加哪种形状的透镜,整体的出光率均有提高。这有两个方面的原因:一是因为透镜的折射率介于空气与封装树脂之间,可以减小折射率差异,使更多的光进入透镜中,从而减少光损耗而提高出光率。二是因为透镜球形出光面有利于减小入射角,从而减少全反射带来的光损耗。出光率最高的是器件 5,用的是比较扁平的透镜。这是由于较扁平的透镜填充的封装树脂较少,所以其对光的吸收损耗较少,并且这种扁平的封装透镜本身的材料对光的吸收也较少。器件 4 比器件 5 的出光率略高,器件 5 只是比器件 4 的中心厚度略大一些,从而说明厚度的增加是不必要的。而常

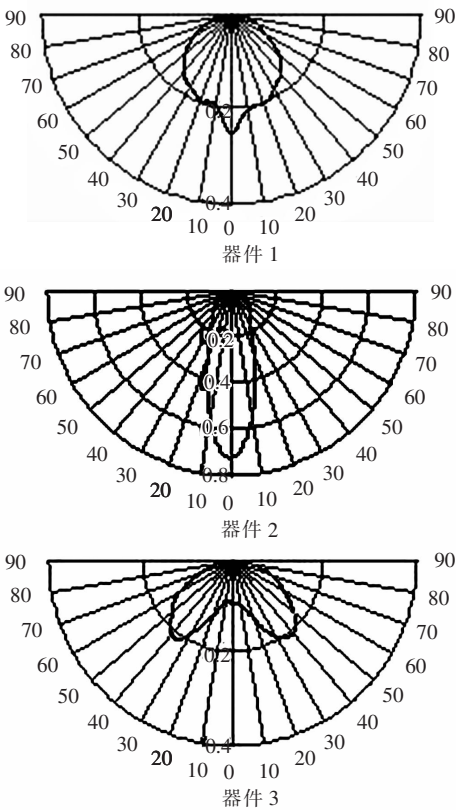


图 4 器件 1~3 的光强分布

Fig. 4 Light distribution of device 1~3

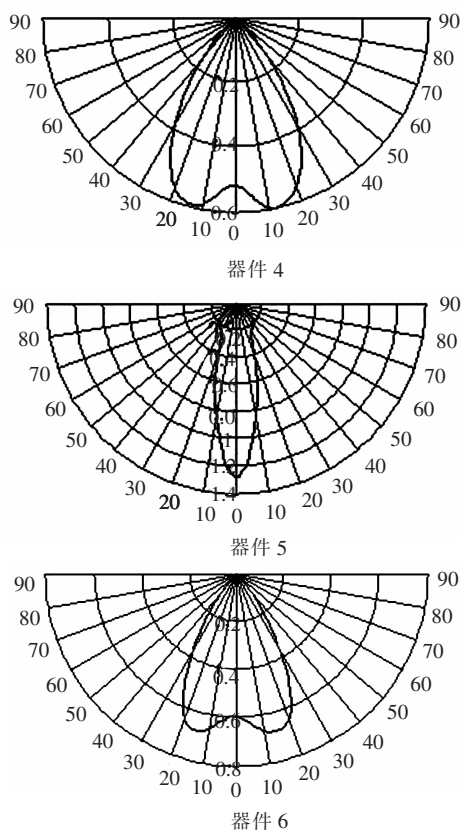


图 5 器件 4~6 的光强分布

Fig. 5 Light distribution of device 4~6

规 LED 透镜更偏向于器件 5 的造型,因为这样可以更好地将透镜固定于支架上。

由图 5 可知,器件 5 中心区域光强过于集中,这是因为高度较低的透镜难以使光线充分散射,造成光线集中,由此带来的眩光问题是我们不需要的,所以器件 5 结构并不合适,虽然其有着最高的效率。器件 4 与器件 6 有着相似的光强分布,不过,中心处光强有利于减少眩光。但器件 4 的出光率更高,分布更均匀,并且对于一体化封装基板来说,器件 4 的形状更易于固定,所以我们最终选择器件 4 作为优化模型。

4 结 论

从 LED 一体化封装基板的结构出发,建立了该结构的简化光学模型,利用光学软件 TracePro 进行仿真模拟。通过仿真结果分析了光强分布,及在改变反光杯张角及透镜形状的情况下分析对出光率的影响。从仿真结果得出 LED 一体化封装基板的优化模型。相比未优化的器件,该结构拥有更均匀的光强分布及更高的出光率。一体化封装基板的仿真结果对后期设计研究工作具有很好的指导意义。

参 考 文 献:

- [1] Li Y Q, van Steen J E J, van Kervel J W H, *et al.* Luminescence properties of red-emitting $M_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ ($M=Ca, Sr, Ba$) LED conversion phosphors [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2006, 417(1):273-279.
- [2] Sun X Y, Zhang J H, Zhang X, *et al.* A green-yellow emitting $\beta-Sr_2SiO_4:Eu^{2+}$ phosphor for near ultraviolet chip-white-light-emitting diode [J]. *J. Rare Earth*, 2008, 26(3):421-424.
- [3] Zhu C F, Liang X L, Yang Y X, *et al.* Luminescence properties of Tb doped and Tm/Tb/Sm co-doped glasses for LED applications [J]. *J. Lumin.*, 2010, 130(1):74-77.
- [4] Jung K Y, Kim J H, Kang Y C. Luminescence enhancement of Eu-doped calcium magnesium silicate blue phosphor for UV-LED application [J]. *J. Lumin.*, 2009, 129(6): 615-619.
- [5] Nishida T, Saito H, Kobayashi N. Efficient and high-power AlGaIn-based ultraviolet light-emitting diode grown on bulk GaN [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2001, 79(6):711-712.
- [6] Fujii T, Gao Y, Sharma R, *et al.* Increase in the extraction efficiency of GaN-based light-emitting diodes via surface roughening [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, 84(6):855-857.
- [7] Niu N H, Wang H B, Liu J P, *et al.* Enhanced luminescence of InGaIn/GaN multiple quantum wells by strain reduction [J]. *Solid-State Electronics*, 2007, 51(6):860-864.
- [8] Huang H W, Kao C C, Chu J T, *et al.* Improvement of InGaIn-GaN light-emitting diode performance with a nano-roughened p-GaN surface [J]. *IEEE Photonics Technology Lett.*, 2005, 17(5):983-985.
- [9] Luo H, Kim J K, Schubert E F, *et al.* Trapped whispering-gallery optical modes in white light-emitting diode lamps with remote phosphor [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2006, 89(4):041125.
- [10] 田大垒, 关荣锋, 王杏. 新型封装材料与大功率封装热管理 [J]. *电子元件与材料*, 2007, 26(8):5-9.
- [11] 严萍, 李剑清. 照明用 LED 光学系统的计算机辅助设计 [J]. *半导体光电*, 2004, 25(3):181-200.