

文章编号:1007-2780(2010)06-0822-04

LED 封装结构对出光率的影响

宁 磊,史永胜,史耀华,陈阳阳

(陕西科技大学 电气与信息工程学院,陕西 西安 710021, E-mail:0809007@sust.edu.cn)

摘 要: 出光率是影响 LED 发光效率的重要因素之一,优化 LED 出光率可以提高 LED 的器件发光效率。文章利用 TracePro 软件模拟分析了封装结构对 LED 出光率的影响,分析结果表明:封装腔体的形状与出光率关系不大,而封装腔体的张角、封装腔体顶面的凹凸性与出光率有较大关系,另外出光率还与腔体的高度、封装腔体的反射率、腔体的母线均相关。总之 LED 封装结构会影响 LED 出光率,在进行 LED 封装时,要选择合适的封装结构才能获得较高的 LED 出光率。

关 键 词: LED;封装结构;出光率

中图分类号: TN312+.8 **文献标识码:** A

Influence of Package Structure on LED Light Extraction

NING Lei, SHI Yong-sheng, SHI Yao-hua, CHEN Yang-yang

(School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China, E-mail:0809007@sust.edu.cn)

Abstract: The light extraction plays an important role in LED encapsulation to obtain a high efficiency. The influence of package structure on LED light extraction was investigated by the TracePro simulation in this work. The results indicate that cavity shape almost have no effect on light extraction, ratio of light-out depends on the flare angle of cavity and salient of top surface, additionally, ratio of light-out is related to the height, reflectance and bus of a certain cavity. Overall, the structure of package truly affect the LED light extraction, hence package structure plays a significant role in packaging LED with high light extraction.

Key words: LED; encapsulation structure; light extraction

1 引 言

作为固体光源的发光二极管(LED)具有体积小、寿命长、电光效率高、环保节能等诸多优点^[1-2],被认为是 21 世纪最有前景的新光源,将取代白炽灯和日光灯成为照明市场的主导。到目前为止,LED 已经在普通照明、背光照明、道路交通、招牌和显示等领域得到了应用,但将 LED 应用在功能性照明中还需要解决一些问题,如 LED

发光效率的提高、大功率灯具中 LED 的散热以及多颗 LED 颗粒同时使用时的色差等^[3-4]。提高 LED 的发光效率对实际应用具有重要意义,目前研究人员主要从材料的角度考虑来提高 LED 发光效率,有以下两方面途径:一是通过优化衬底和工艺,减少材料位错密度,改进材料质量,提高 LED 的量子效率^[5];二是优化光学结构设计,采用表面粗化等方法来提高 LED 的出光效率^[6-7]。

封装结构对出光率也有很大影响,设计合适

收稿日期:2009-12-31; 修订日期:2010-01-14
基金项目: 陕西科技大学博士基金项目
作者简介:宁磊(1985—),男,陕西西安人,硕士研究生,研究方向:LED 照明光源设计。

的封装结构有利于光线射出,可以提高 LED 发光的外量子效率。目前常用的封装结构主要有引脚式封装、平面式封装、表面贴片二极管(SMD)封装、食人鱼封装以及大功率封装等,这些封装的腔体结构都会影响出光率。本文基于现有通用封装的共有特点,提出了一种优化 LED 封装结构的方法,利用 TracePro 软件模拟分析了 LED 封装结构与出光率的关系,从形状、张角、腔体顶面凹凸性等方面对 LED 封装结构进行了分析,探讨封装结构与出光率的关系。

2 LED 封装结构的软件模拟

LED 可发出红、黄、绿、蓝或白光。LED 内光学系统由芯片、反射镜和由塑料密封材料制成的光学透镜组成^[8]。芯片、反射镜和树脂透镜的几何形状决定了 LED 的光提取效率和光能量分布,对 LED 封装结构进行合理的设计可以提高 LED 的出光率,通过软件模拟的方法可以设计合适的 LED 封装结构,利用 TracePro 软件模拟需要以下几步:

(1)在 TracePro 软件中进行 LED 封装腔体的结构设计,例如设计出 3.0 mm×2.5 mm×1.5 mm 的 LED,在模拟时需要封装腔体的反射腔深度为 0.8 mm,顶面开口圆半径为 1.0 mm,底面圆半径约为 0.5 mm。

(2)对 LED 封装腔体的材料以及对腔体内表面反射率进行定义,LED 封装材料可选用折射率为 1.5 的树脂材料,封装腔的内表面反射率可定为 80%,材料吸收率则为 20%。

(3)对 LED 发光芯片进行定义,同时进行光线追踪。LED 芯片发光面设置为 lambertian 发光,光通量为 1 lm。

(4)模拟出 candela 光强分析图并计算出光率,讨论光效与结构的关系。

按照以上步骤分析 LED 封装结构对出光率影响。设置一圆台,底面圆半径为 0.5 mm,顶面圆半径为 1.0 mm,高度为 0.8 mm,图 1 是 LED 封装结构的外形图。圆台以材料树脂填充,树脂折射率为 1.5。检测体设置为一个底面半径为 1 000 mm,高 10 mm 的圆柱体,测试面为圆面,测试面距离发光面 40 mm。利用软件模拟得到 candela 光强分析图(图 2),通过对圆台体 LED 封装腔体结构的设计与模拟可以得到 LED 的发

光立体角,计算出 LED 的出光率。用同样的方法可模拟椭圆台体封装腔、方台体封装腔等。

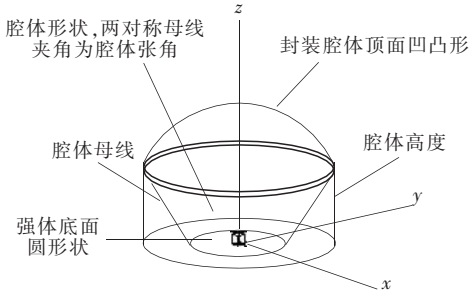


图 1 LED 封装结构外形

Fig. 1 Shape of LED package structure

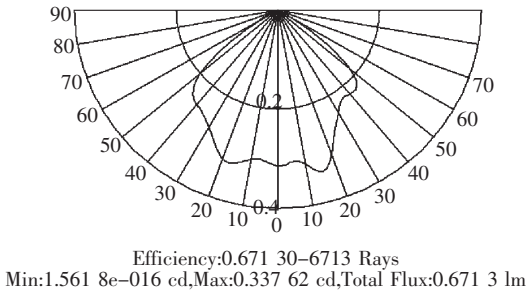


图 2 LED 光强分析

Fig. 2 Candela of LED

3 模拟结果与讨论

下面将从形状、张角、腔体顶面凹凸性以及其它因素等方面来讨论封装结构与出光率的关系。

3.1 封装腔体形状与出光率的关系

为了得到 LED 封装腔体的形状与出光率的关系,在设计封装腔体时让腔体高度相同,体积也大体相同。所设计的 LED 封装结构有圆台体、椭圆台体、方台体等。软件模拟结果如表 1 所示。

通过表 1 可以看到,不同反射体形状封装的 LED 的出光率都基本相同。由于在设计时会存在体积误差,所以不同形状封装的 LED 出光率会有所不同。腔体形状不同时,受到直接影响的是出光的光强分布。由于圆台体和方台体封装的

表 1 腔体形状与出光率关系

Table 1 Shape of cavity vs. ratio of light-out		
反射体形状	发光立体角度(°)	出光率(%)
圆台	$x=100,y=100$	67.13
椭圆台	$x=120,y=100$	66.21
方台	$x=110,y=110$	66.05

LED 在 x 方向和 y 方向长度相等,所以在照明面的 x 方向和 y 方向发光立体角度相同;而椭圆台体封装的 LED 在 x 方向和 y 方向长度不相等,所以在照明面的 x 方向和 y 方向发光立体角度不相等。可以认为,反射体形状与出光率关系不大,仅影响发光立体角度,所以在对 LED 进行封装结构设计时,任何形状的反射体均可;但考虑到实际加工的方便,常选用圆台体形状的反射体。

3.2 封装腔体张角与出光率的关系

选择封装腔体的形状为圆台形,控制封装腔体顶面圆半径一定,高度一定。在底面圆半径发生变化,即腔体的张角发生变化的情况下,模拟得到 LED 的出光率和发光立体角度,如表 2 所示。

表 2 腔体张角与出光率关系

Table 2 Flare angle vs. ratio of light-out

封装腔体底面圆半径(mm)	发光立体角度(°)	出光率(%)
1.0	$x=100,y=100$	40.01
0.8	$x=120,y=120$	51.55
0.6	$x=100,y=100$	65.85

通过表 2 可知,当 LED 封装腔体底面圆半径减小时,封装腔体张角变大,出光率增大。由于底面圆半径越小则张角越大,所以在光线从腔体内出射时,腔体内的反射次数减少,能量损失也大幅减少,出光率提高。同时可以看出,发光立体角随着底面圆半径的减小先增大后减小,其原因是随着底面半径的进一步减小,张角增大,当光从发光芯片射到封装顶面时,是从光密介质树脂射入光疏介质空气,将会在腔体顶面发生全反射,因而发光立体角会减小。从以上分析可以看出,选择合适的封装腔体张角非常重要,封装腔体的张角会影响出光率。

3.3 封装腔体顶面凹凸性与出光率的关系

LED 的封装材料是树脂,当 LED 的封装腔体形状和张角选定后,还应考虑封装腔体顶面的凹凸性设计。表 1 和表 2 的分析都是假定封装树脂能刚好与反射腔顶面密合;但实际情况中,交界面的形状可能是凹面或凸面,交界面曲度的变化会改变出射光线的出射角,从而对出射光的光强分布和出光率产生一定的影响。表 3 分别模拟了凹面与凸面对出射光的影响。

当腔体顶面向内凹时,将腔体顶面设置为半

表 3 腔体顶面凹凸性与出光率关系

Table 3 Salient vs. ratio of light-out

腔体顶面凹凸性	半径(mm)	发光立体角度(°)	出光率(%)
平面	1	$x=95,y=95$	60.03
内凹球面	4	$x=90,y=90$	62.21
内凹球面	3	$x=85,y=85$	66.22
外凸球面	1	$x=90,y=90$	82.33
外凸球面	2	$x=100,y=100$	70.22

径 3 mm 的球形凹面,与顶面是平面的腔体相比较,可以看出出光率有了明显的提升从 60.03% 增加到 66.22%,发光立体角值有所减小;再将顶面设置为半径 4 mm 的球形凹面,出光率减小到了 62.21%。可以得到腔体顶面向内凹时,随着球面半径的减小,发光立体角度减小,但出光率提高。接下来再使用凸面改变出射表面,可以看出,由于外凸球面半径的减小,其出光率增大,与凹面的规律一致。通过前面改变出射表面形状的比较,可以看出通过改变出射面为凹凸球面可有效提高出光率,弧度越大,效率提高越大。由于凸面可以改变弧度的空间更大,所以外凸球面对出光率影响较大。

3.4 其他因素对出光效率的影响

在模拟 LED 封装结构时,分析了封装腔体形状、封装腔体张角、封装腔体顶面凹凸性与出光率的关系;此外,还需要考虑封装腔体的深度、腔体内表面反射率、封装腔体母线的变化等其他因素与出光率的关系。模拟分析可知,随着腔体深度的减小,出光率大幅提高,设置腔体深度为 0.8, 0.7, 0.6 mm 时,出光率分别为 60.01%、67.45%、75.25%;LED 封装腔体内表面反射率增加时,出光率增大,设置腔体内表面反射率为 70%、80%、90%,则出光率分别为 65.01%、70.25%、85.55%;封装腔体母线为直线时,出光率最好,当用直线、圆弧、抛物线分别作为母线时,出光率分别为 68.85%、60.55%、55.24%。因此,减小腔体高度、增大反射率、选择直线母线均可以提高 LED 的出光率。

4 结 论

探讨了 LED 封装结构与出光率的关系。对于确定高度和体积的封装腔体,封装腔体的形状

与出光率关系不大;封装腔体的张角与出光率有较大关系,张角越大,出光率越高;封装腔体顶面向外越凸,出光率越高;另外,出光率与腔体的高度、封装腔体的反射率、腔体的母线均相关。封装腔体中的光损耗可以解释为封装材料树脂对光的吸收、反射腔体反射面对光的吸收以及腔体顶面发生全反射的影响,因此可以通过选择封装材料和封装结构设计来提高 LED 的出光率。

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*, 2006,417:273-279.

[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 Earths*, 2008,26(3):421-424.

[3] Zhu Chaofeng, Liang Xiaoluan, Yang Yunxia, *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] Niu Nanhui, Wang Huaibing, Liu Jianping, *et al.* Enhanced luminescence of In GaN/GaN multiple quantum wells by strain reduction [J]. *Solid-State Electronics*, 2007,51(6):860-864.

[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.*, 2004,85:855(1-3).

[7] Huang H W, Kao C C, Chu J T, *et al.* Improvement of InGaN-GaN light-emitting diode performance with a nano-roughened p-GaN surface[J]. *IEEE Photonics Technology Lett.*, 2005,17(5): 983-985.

[8] 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.



学术论文英文摘要写作质量标准(试行)

为了让中文学术期刊学术论文以更高的质量走向国际,以利于国际科技界对中国科技事业的了解和交流,有必要规范英文摘要的质量标准:

一、英文摘要是应用符合英文语法的文字语言,以提供文献内窗口梗概为目的,不加评论和补充解释确切地论述文献重要内容的短文。

二、英文摘要必须符合“拥有与论文同等量的主要信息”的原则。为此,英文摘要应重点包括 4 个要素,即研究目的、方法、结果和结论。在这 4 个要素中,后 2 个是最重要的。在执行上述原则时,在有些情况下,英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围,以及具有情报价值的其他重要的信息。当前学术期刊上英文摘要的主要问题是要素不全,繁简失当。

三、英文摘要的句型力求简单,通常应有 10 个左右意义完整、语句顺畅的句子。

四、英文摘要不应有引言中出现的内容,也不要对论文内容作诠释和评论,不得简单重复题名中已有的信息;不用非公知公用的符号和术语,不用引文,除非该论文证实或否定了他人已发表的论文,缩略语、略称、代号,除了相邻专业的读者也能清楚理解的以外,在首次出现时必须加以说明;科技论文写作时应注意的其他事项,如采用法定计量单位,正确使用语言文字和标点符号等,也同样适用于英文摘要的编写。