

LED 照明灯具亮度问题的研究与提高方案

刘淑平,徐铁军

(华北电力大学,河北保定 071003)

摘要:由于在某些场合,LED 照明灯具的亮度达不到要求,因此,如何来提高 LED 照明亮度迫在眉睫。该文通过对 LED 照明灯具的研究,根据灯具自身的特点,设计出了提高亮度的方案。通过仿真实验来验证对 LED 照明灯具亮度优化的效果,仿真系统能够使得用户对照明系统中的灯具进行亮度效果的编辑、存储、修改并将方案数据分配给下一层处理单元。实验结果证明,改进后的 LED 照明灯具,亮度提高明显从而更有效,更合理地利用有限的光能。

关键词:LED 照明灯具;亮度;仿矿灯设计;光通量

The research and enhance project of the luminance problem of LED lamps

Liu Shuping, Xu Tiejun

(Electric university of north china, Bao Ding, He bei, 071003)

Abstract: How to improve the luminance of LED lamps is imminent, because in many cases it can not satisfy the requirement. In this paper, we designed a project of luminance improving by the character of lamp itself. And we've done simulation experiments to prove the effect of luminance improvement of LED lamps, the simulation system can let user to compile, save or adjust the project then distribute the data to the next layer disposal cell. It is found in the results of experiment that the luminance of improve LED lamps markedly rose and we can take use of the limit light energy better.

Keywords: LED lamps; luminance; designing of Simulated miner's lamp; luminous flux

0 引言

随着世界经济的飞速发展,照明作为日常生活中所不可缺少的部分,成为了世界各国的一项重要能源消耗。众所周知用 LED 代替白炽灯作为照明光源,被誉为继爱迪生发明白炽灯之后,在照明领域,人类的又一大发明。1999年9月国家经贸委印发了“中国绿色照明工程”实施方案,旨在我国发展和推广高效照明器具,逐步替代传统的低效照明光源,节约照明用电,建立优质高效、经济舒适、安全可靠、有益环境和改善人们生活质量、提高工作效率的照明环境,以满足国民经济各部门和人民群众日

益增长的对照明质量、照明环境的需要。当然,要满足对照明质量和视觉环境条件的更高要求,不能靠降低照明标准来实现节能,而是要通过充分运用现代科技手段提高照明工程设计水平和方法,提高照明器材效率来实现。传统的白炽灯、荧光灯显然不能满足使用要求,而发光效率较高的金属卤化物灯和高压钠灯不适合于普通照明。发光二极管(Light Emitting Diode, LED)是一种半导体固体发光器件,具有寿命长、低耗等独特优势,起到环保、节省能源的作用,使得 LED 光源具有光明的前景。但是,由于在某些场合,LED 的亮度达不到要求,因此,如何提高 LED 照明亮度迫在眉睫。

收稿日期:2007-4-20

作者简介:刘淑平(1960-),女,副教授,硕士。主要从事:能源技术、仪器仪表研究/华北电力大学。

1 提高 LED 照明亮度的方案

1.1 亮度的概念

为了表征发光面在不同方向上的光学特性,引入亮度的概念。光源表明一点处的面元在给定方向上的发光强度 dA 与该面元在垂直于给定方向的平面上的正投影面积的比值称作光源在此方向上的亮度:

$$L = \frac{d\Phi}{d\omega dA \cos\theta} \quad (1)$$

式中: dA ——光源的单元面积;

θ ——视线与受照表面法线之间的夹角,单位为坎德拉每平方米(cd/m^2)。

1.2 利用安装旋转抛物面反射体来提高亮度

1.2.1 抛物面的光学性质

旋转抛物面反射体就是我们通常所说的抛物面反射体,它是抛物线绕其对称轴旋转而得到的空间曲面。图1所示为旋转抛物面沿对称轴截开所得的抛物线。

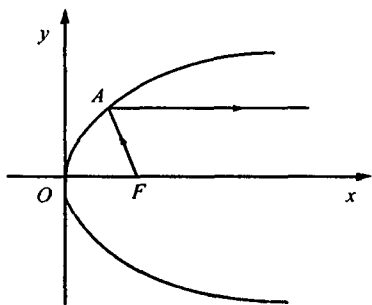


图1 抛物线

设该抛物线的方程为

$$Y^2 = 2px \quad (2)$$

其主轴为 x 轴,焦点坐标为 $F(\frac{p}{2}, 0)$,在抛物线上任取一点 A ,设其横坐标为 x_0 ,则其纵坐标为 $y_0 = \sqrt{2px_0}$,即 A 点坐标为 $A(x_0, \sqrt{2px_0})$ 。在式中对 x 求导可得该抛物线在 A 点的切线斜率,即

$$K = \sqrt{\frac{p}{2x_0}} \quad (3)$$

则 A 点处的法线斜率为

$$K' = -\frac{1}{k} = -\sqrt{\frac{2x_0}{p}} \quad (4)$$

从焦点 F 出射的光线 FA 的斜率为

$$K_1 = \frac{\sqrt{2px_0}}{x_0 - \frac{p}{2}} \quad (5)$$

设此光线经抛物面反射后的反射光线的斜率为 k_2 ,由反射定律可知入射角相等,故由直线方程的性质有

$$\frac{k' - k_1}{1 + k'k_1} = \frac{k_2 - k'}{1 + k'k_2} \quad (6)$$

解得

$$K_2 = 0 \quad (7)$$

此式说明反射光线是平行于 x 轴的,这也说明了抛物线的重要光学性质,即从焦点出射的光线经抛物面反射后,反射光线是平行于抛物面的对称轴。

1.2.2 LED 和抛物面反射体

前已述及,当光从抛物面焦点出射时,其在抛物面上的反射光线将是平行光。由于 LED 有两个引线架,因此不可能把整个 LED 置于反射体内,故实际中采用的是有洞的抛物面,以方便放置 LED,同时有利于节约材料、降低成本,采用图2所示的有洞抛物面反射体,将 LED 部分插入反射体内,所得到的系统结构见图2。

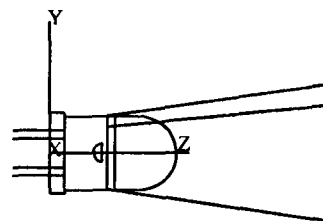


图2 LED 与有洞旋转抛物面反射体

LED 插入反射体的深度是一个重要参数,它涉及到整个系统的纵向长度及法向光强的提高。将 LED 前端环氧树脂球面顶点与抛物面入射端的距离定为插入深度 R ,规定球面顶点在入射端左边时, R 为正,反之为负。通过移动反射体与 LED 的相对位置,通过测试仪器来测试光的强度和亮度,得到了一个最佳的插入深度。

该方案的优点:能有效的提高 LED 照明灯具的亮度。

缺点:增加了 LED 照明灯具的成本。

1.3 仿矿灯的设计方案

一般 LED 主要包括几个部分:LED 发光芯片,反光杯,连接正负极的引线框和环氧封装。所以单个 LED 的发光状态即光束角度取决于三个方面:(1)LED 芯片的大小和位置;(2)反光杯的形状;(3)环氧封装的形状。根据单个 LED 的设计思想,一般多芯 LED 照明工具由三部分组成:LED 组合光源、透镜、反射镜。

影响系统发光效果的主要因素有:芯片的个数以及放置位置、透镜和反射镜的形状、特性和位置。

与单个LED不同的是本系统的芯片并非放置在反光碗内,而是把四个LED芯片放置在环氧树脂平凸透镜内,两个芯片放置在立方体另外两个对应面上,整个发光体放置在抛物面反射镜内,如图3所示,外面涂敷高效黄色荧光粉,蓝光以及被蓝光激发的荧光粉反射的黄光相混互衬后,发出白光。环氧树脂的折射率为1.59,它起到保护四个芯片和集光棱镜的作用,决定了光源的形状。LED芯片距离环氧树脂透镜的前端越近,出射光束的角度越大。可以通过改变树脂棱镜的焦距,棱镜的位置来得到不同的发光曲线,满足不同的照明要求。

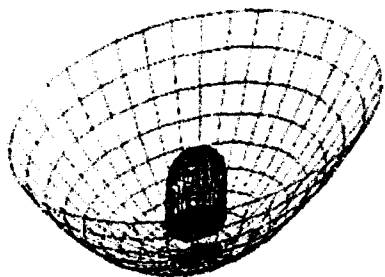


图3 置于反光碗内的几何模型

在设计中采用抛物面发射镜。f表示抛物面的焦距,r表示抛物面的焦点到反射面的矢径,φ为对应的半孔径角,根据不同的集光需要,可通过改变焦距f和相应的半孔径角φ来设置反射镜。其数学表达式为:

$$r = \frac{2f}{1 - \cos\phi}$$

在实验过程中,通过改变设计的参数,例如凸透镜的焦距、反光碗的焦距和位置、光源放置的位置等来达到设计要求。反复调整设计的参数,得到一组最优的结果。

2 仿真实验

为了很好的验证本文前面所说的对LED照明灯具亮度优化的效果,设计了一个仿真的LED照明灯具。该仿真的照明灯具可以根据环境的需要,编辑灯具的变化节奏和调节亮度。仿真系统能够使得用户对照明系统中的灯具进行亮度效果的编辑、存储、修改并将方案数据分配给下一层处理单元。其仿真系统的结构图见图4。

在仿真照明系统中引入计算机模拟,光源可以用光线数量(单位立体角内)、光线长度、光线方向矢

量和光线与光轴的夹角来表示。光源发出的光线通过仿真系统后在照明平面上产生特定分布。

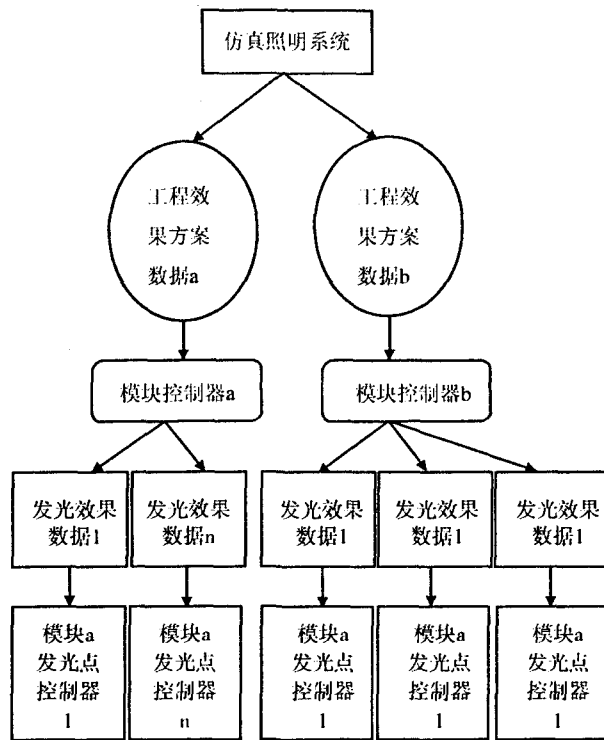


图4

采用面向对象的编程技术设计界面与Visual C++间的接口类CGL。系统的后台控制系统采用Visual C++为开发平台界面实现效果的仿真。并且能够对每一个单元效果进行独立编辑,整合效果的协调,产生效果数据文件,进行数据文件统一管理。可以任意编辑每个时间片的LED显示效果,进行模拟预览显示整合效果,同时对显示效果进行数据库管理。

该系统中涉及到的数据主要有:灯具的属性、场景数据、效果控制、光的强度等。

分别取改进前后的LED照明灯具各一个进行实验,得到的数据如表1所示。

表1 改进前后的LED照明灯具亮度比较

	改进前的LED 照明灯具	改进后的LED 照明灯具
光通量/lm	108	234
平均亮度/ed * m ⁻²	19198	28750

实验证明,改进后的LED照明灯具,亮度提高明显,改进方案是可行且有效的。

3 结束语

半导体照明是一个极其有潜力的产业,美国能

(下转第49页)

比例如 60% ~ 90%; 0.03% ~ 0.2%; 2% ~ 25% 并加适量水加热搅拌均匀备用。

3.2 成形

圆柱形泡壳一般分解为多件单独制造,然后烧结成完整的泡壳。早期是分解为五件(二个毛细管,二个瓷盖及一瓷管)。为了简化工艺,目前多用二件式及三件式。图9为二件式的示意图。这些单件可用模压,挤压,注塑等方法成形。

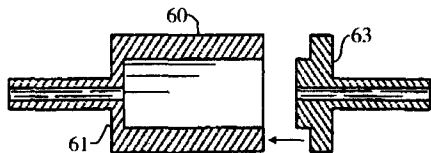


图9 二件式泡壳示意图

椭圆形(包括其它两头小中间大的形状)泡壳一般是用泥浆灌铸或凝胶浇铸方法制成一件整体式泡壳。图10是该成形工艺的示意图。外模是金属的,内模是石蜡之类有机聚合物(或低温合金)作成,它的熔点应比粘结剂高 50 ~ 100℃。注入陶瓷泥浆待泥浆固化后,就可打开外模。加热去掉内模,就得到泡壳胚件。

3.3 烘干去除粘结剂

在空气中或受控的气氛下(如真空,氮气)以每小时升温 100℃ 的速度升至 900 ~ 1100℃ 并保温 1 ~ 5 h,冷却至室温,便得到素瓷泡壳。

3.4 高温烧结

这是二个部件间实现可靠真空封接及形成致密多晶陶瓷的关键工序。有二个途径实现二个部件间

可靠真空封接。第一种方法是带放电室的主体部件与第二端部件使用不同比表面积的氧化铝粉,使主体部件在烧结时比第二端部件有较大的收缩率,从而实现可靠的气密性封接。第二种方法是二个部件配合处按过盈公差设计并采用二次烧结法。

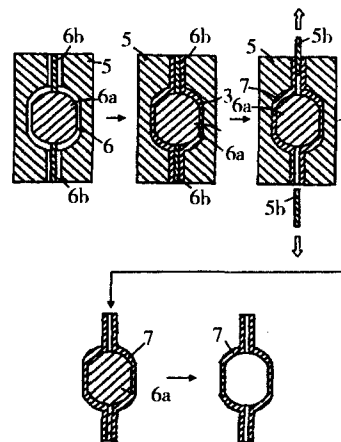


图10 凝胶浇铸成形工艺示意图

装配好的二个部件在湿氢气氛下,按一定的升温曲线升温至 1850℃ ~ 1880℃ 并保温 3.5 h。随后在 2 h 内降至室温。最终制得半透明氧化铝多晶陶瓷泡壳。

参考文献:

- [1] 蒋光明. 陶瓷金属卤化物灯用材料. 灯与照明, 2004(4): 45 ~ 48
- [2] USPatent2003/0173902A1
- [3] 中国专利 010806080

(上接第23页)

源部预测,到2010年将会有55%的白炽灯和荧光灯被半导体灯替代,2001年7月在美国“半导体照明技术蓝图”的基础上,美国能源部启动一项名为“Next-Generation Lighting Initiative”(NGLI)的计划,即“下一代照明计划”(NGLI)。日本提出,2006年就要用半导体灯大规模替代传统白炽灯。欧盟的彩虹计划也已于2000年7月启动,其计划是通过欧洲共同体的补助金来推广超高亮白光LED的应用。加速半导体照明技术的发展和应。LED照明的应用前景在全世界都掀起了高潮,被寄予了厚望。“国家半导体照

明工程”计划的实施必将对我国半导体照明产业的发展起到极大的推动作用。

参考文献:

- [1] 胡海蕾. LED照明光学系统的设计及其阵列光照度分布研究[D]. 福建师范大学, 2005
- [2] 王乐. 关于LED应用于照明的研究和设计[D]. 浙江大学, 2005
- [3] 陈力. 全彩LED照明系统仿真研究与实现[D]. 南昌大学, 2005