

一种LED交通信号灯的光学设计方法

李志敏,朱小清,汪然,薛平

1. 重庆大学光电技术及系统教育部重点实验室,重庆 400044
2. 重庆市易博数字技术有限公司,重庆 400060

摘要:LED发光二极管作为一种新型的光源,其应用范围已经越来越广泛,这也对LED应用的二次光学设计提出了更高的要求。为了能充分发挥LED的光学性能,本文在LED交通信号灯的光学设计方面做了初步的探索。

关键词:LED;光通量;交通信号灯;平凸透镜;组合透镜

中图分类号:TN248.1

文献标识码:A

文章编号:0253-2743(2008)02-0061-02

An optical design method of LED traffic - light

LI Zhi - min, ZHU Xiao - qing, WANG Ran, XUE Ping

1. Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems of the Education Ministry of China, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
2. Chongqing E - bos Digital Technology Co. Ltd, Chongqing 400060, China

Abstract: Being a new type of light source, LEDs (Light Emitting Diode) have been applied in more and more various fields, which resulted in a higher demand for their secondary optics design. To fully develop the optical function of LEDs, this paper conducted a preliminary exploration of the optical design of LED traffic - light.

Key words: LED; luminous flux; traffic - light; plano - convex lens; composite lens

LED(发光二极管)是近年来开发生产的一种新型光源,具有耗电小、亮度高、体积小、重量轻、寿命长、环保及响应速度快等优点。LED光源已逐渐融入到我们的日常生活中。随着人们对半导体发光材料研究的不断深入,LED制造工艺的不断进步和新材料(氮化物晶体和荧光粉)的开发和应用,传统的道路交通信号灯所使用的白炽灯、低压卤钨灯已被LED光源替代。由于各种颜色的超高亮度LED取得了突破性进展,大大的加强了对灯色的辨识性,以减少驾驶员因对交通状况的误判而导致的安全问题。然而由于LED光源受其光线发散角的限制,当采用普通的透明灯罩时,无法达到亮度和辨识的最佳效果。

1 传统的交通信号灯

传统的道路交通信号灯采用白炽灯作为光源,其基本光学结构由光源、反射器及用于改善光分布的透镜组成,如图1a所示。由于白炽灯的光辐射几乎占据整个空间的这个特点,因此需要采用反射器将各个方向的光会聚到一个方向,并投向要求的区域。通常道路交通信号灯采用抛物面反射镜,它能形成近似平行的光束,然后用带有色透镜的灯罩对光束进行偏折、扩散,产生所期望的光分布和颜色。在这种传统的信号灯结构中,反射镜是必不可少的,这就导致了传统的信号灯体积大,重量也大的缺陷,给加工和安装带来不便。

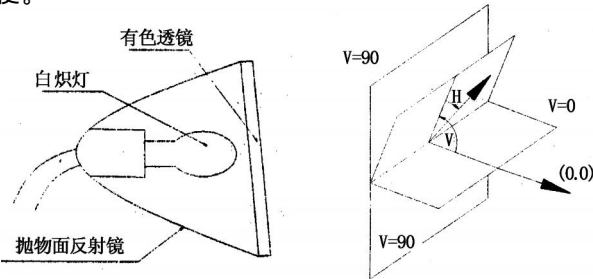


图1a 传统交通信号灯结构示意图 图1b V - H坐标系统

由于LED发出的光相对集中于一个较小的立体角范围内,反射器就不再是必要的光学组件,而往往采用透镜作为准直光学组件,通过二次光学设计来对光束进行改善,从而达到所需要的效果。例如,用凸透镜或菲涅耳透镜可以产生平行光束。然后,用枕形透镜、楔形棱镜等可以使光束重新扩散、偏折产生满足标准要求的光分布。

2 LED交通信号灯的光学设计思路

2.1 光通量的估算

目前对交通信号灯光通量的计算使用最广泛的是V - H系统,图1b为V - H系统坐标图。角V是通过照明器具中心轴的平面间的夹角,角H在上述的平面中计算。

根据公式(1)计算出总的光通量:

$$\Phi = \sum_{i=1}^m I_i (\sin H_{i+\frac{1}{2}} - \sin H_{i-\frac{1}{2}}) \cdot (\sin V_{i+\frac{1}{2}} - \sin V_{i-\frac{1}{2}}) \quad (1)$$

收稿日期:2008 - 01 - 12

基金项目:重庆市科委科技攻关重点项目(CSTC2005AA4006 - B4)。作者简介:朱小清(1981 -),男,江西莲花人。重庆大学光电工程学院硕士研究生,主要研究方向为LED光源照明设计及应用。

其中 I_i :第 i 个立体角区域内的光通量;
 I_i :第 i 个立体角区域内要求的(平均)光强;
 $H_{i+\frac{1}{2}}, H_{i-\frac{1}{2}}$:第 i 个立体角区域垂直角的边界;
 $V_{i+\frac{1}{2}}, V_{i-\frac{1}{2}}$:第 i 个立体角区域水平角的边界。

通过公式1可以计算出LED交通信号灯所需要的光通量,然而由于目前单个LED还无法达到这一要求,故需要使用多个LED来满足使用的需要。

而对于单LED来说,其光学封装通常都是旋转对称的,则其光强分布可以采用带状常数积分法来计算。用图2模拟LED光通量的空间分布, m 表示在垂直光轴方向的球带等分数, n 表示光轴方向球带等分数。一般情况下,取 $m = n = 72$;如图3所示, θ 表示某一水平环带的中点P所对应的线OP和光轴垂直方向的夹角。则单个LED的光通量如下式:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{m/2} [C_c(\theta) \sum_{j=1}^n I_j(\theta, \phi)] \quad (2)$$

其中: $C_c(\theta) = (4/n^2) \cos(\theta)$ 为带状常数;

$I_j(\theta, \phi)$ 表示夹角为 θ 并与光轴垂直方向的夹角为 ϕ 的点的发光强度。

最后,再根据照明需要的总的光通量就可以大致计算出所需LED的个数。

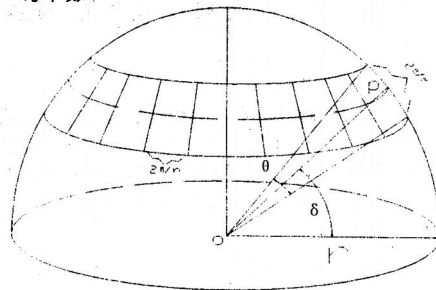


图2 LED光通量的空间分布模拟图

2.2 透镜

通常,将透镜分为球面透镜(凹透镜、凸透镜等)和非球面透镜(菲涅耳透镜等)。透镜通过折射原理来对光束起会聚或者发散作用,从而改变光通量的空间分布即发光强度的分布。透镜的焦距计算公式:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{T(n - 1)}{nR_1R_2} \right) \quad (3)$$

其中 n 表示透镜的折射率, f 为透镜的焦距, R_1, R_2 分别表示透镜两个面的曲率半径, T 表示透镜的厚度。

对于薄透镜来说,透镜厚度相对可以忽略,则计算公式为:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

在LED交通信号灯设计中,采用了平凸透镜,即 $R_1 = 0$,则有:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{R_2} (n - 1) \quad (5)$$

若在 n 已知的情况下,根据光源入射光束的半角宽度和

照明要求,可以在折射原理 $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$ (其中 α_1 为透镜入射角, α_2 为透镜出射角, n 为透镜的折射率) 的基础上,通过改变 R_2 来改变 f ,从而可以设计出所需要的透镜。

2.3 组合透镜的设计

首先,将LED以蜂窝状方式均匀排列,这样可以达到LED数量与出射光亮度及效果的最佳配比。同时,蜂窝状方式可以使光源出射的光更均匀,这大大加强了对灯色的辨识性,从而减少驾驶员因对交通状况的误判而导致的交通安全问题。

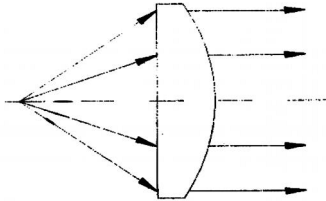
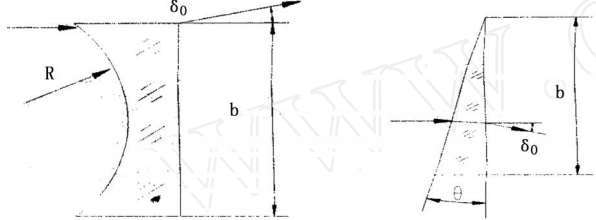


图3 平凸透镜成像原理图

为了满足标准的要求,本文中光学面罩分割成六边形小单元,有利于产生均匀的外观效果。在每一个小单元中,我们采用平凸透镜将LED发出的光校正为平行光,其成像原理如图3所示。然后,采用圆柱面透镜和垂直楔形块相组合而成的透镜将平行光进行扩散。圆柱面透镜垂直放置,作用是使光线左右扩散,均匀分布光线;垂直楔形块的作用是使光线向上或向下偏转。根据交通信号灯现场使用的情况,选择了垂直楔形块使光线向下偏转。



4a 圆柱面透镜 4b 楔形块透镜

图4 光路示意图(b透镜宽度, δ_0 扩散或偏转角度)

从光路示意图可看出,要确定组合透镜则需要先计算圆柱面透镜的柱面半径 R 和楔形块的顶角。

柱面半径 R 和顶角 θ 的计算方法:根据扩散或偏转角度 δ_0 的要求,通过公式(6)和公式(7)即可算出 R 和 θ 。

$$R = \frac{b \times \sqrt{n^2 - 2 \times n \times \cos \delta_0 + 1}}{2 \times \sin \delta_0} \quad (6)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{\sin \delta_0}{n - \cos \delta_0} \right) \quad (7)$$

在 R 、 θ 值确定之后,就可以根据光线空间计算的方法,得到入射光线在经过组合透镜后的折射光线,从而完成圆柱面透镜和垂直楔形块组合透镜的设计,如图5所示。

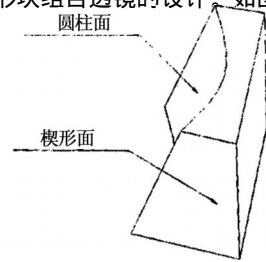


图5 组合透镜示意图

由于每个组合透镜与LED交通信号灯上安装的每个LED一一对应,所以,有多少个LED,就需多少个组合透镜。最后,将这些组合透镜组装在一起,就制作出LED交通信号灯的光学面罩。

3 结论

尽管LED的光效、亮度、价格制约了它的广泛应用,但是采用LED光源的小型照明系统和辉度应用方面具有耗电量小、节能、使用方便、调光反应速度快和寿命长的特点,以及LED灯具在突显目标及吸引注意力方面的性能毋庸置疑。随着材料的开发和生产工艺的不断完善,LED在照明市场的前景是不可估量的。LED作为一种新型的光源,将会产生一场革命性的变革。因此,LED在照明领域的应用也日益受到人们的重视。

本文针对LED交通信号灯的光学设计方法是在这一领域里的有益尝试,下一步将继续开展如何兼顾高效率与低眩光,结合大功率LED光源本身具备的窄角配光曲线进行LED数组组装排列,从而实现所需的配光设计,或直接利用扩散技术来有效扩散LED高度集中的光束,降低LED灯具的眩光,将有助于提升照明质量等方面的研究与开发工作,希望能LED的二次光学设计方面做更多的探索。

参考文献

- [1] Stringfellow G.B. High Bright LED [M]. New York: Academic Press, 1972, 233 - 246.
- [2] 雷玉堂,黎慧. 未来的照明光源 - 白光LED技术及其发展 [J]. 光学与光电技术, 2003, 1(5): 33 - 34.
- [3] 周军等. FFR汽车前照灯的光学设计 [J]. 照明工程学报, 1999, 10(2): 45 - 52.
- [4] 袁旭仓. 光学设计 [M]. 北京: 科学出版社, 1983, 484 - 494.
- [5] 朱维涛. 汽车前照灯系统光学设计方法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(9): 971 - 975.

激光医学与医学·

激光治疗变态反应性鼻炎

宋文欣, 刘凤云

(广州军区广州总医院 康复理疗科, 广州 510010)

变态反应性鼻炎为一常见病,即通常所指的“过敏性鼻炎”。主要病理变化为鼻粘膜水肿及嗜酸粒细胞浸润。本病症状变化很大,一般发病快,症状消失亦快。鼻痒、打喷嚏、流清水样或粘稠鼻涕,间歇性或持久性鼻塞,鼻粘膜苍白,鼻甲肿大,对血管收缩剂很敏感。

一般资料 and 治疗方法: 本组共计54例,男28例,女26例,年龄最小13岁,最大58岁;病程最短半年,最长18年。伴有其它变态反应性疾病(如支气管哮喘、荨麻疹、湿疹者)16例,有家族史者11例。治疗方法:患者一般采用坐位,采用广州玻璃研究所生产的氩-氟激光治疗仪,波长632.8nm,输出功率25mW,原光束直接照射双侧鼻腔,每例5min,每日1次,7次为一疗程。间隔3至5天,进行第2疗程。

治疗效果和讨论: 根据治疗前后的症状和体征的改变程度分级为: 0级: 无症状及体征; +: 症状体征有轻度症状,鼻粘膜轻度水肿; ++: 中度症状,鼻粘膜中度水肿; +++: 重度症状,鼻粘膜重度水肿。

显效: 症状体征由+++ +或++ 0,临床症状消失或明显改变,鼻粘膜正常,无苍白水肿,鼻功能正常。有效: 症状体征由+++ ++ → +, 临床症状和体征减轻,发作减少。无效: 症状体征基本同治疗前,仍时常发作。本组54例,治疗2个疗程,显效32例,占59.3%; 有效10例,占37.0%; 无效2例,占3.7%。总有效率96.3%。康复治疗的目的: 调节中枢神经系统功能,降低人体敏感性,加强局部血液循环,促进炎症水肿吸收。氩氟激光属红色光线,对皮肤及粘膜有良好的穿透能力,可以起到改善微循环,消炎消肿作用,尤其可以促进无菌性炎症的吸收。可以提高人体免疫功能,增强抵抗力,有一定抑菌作用,在一定程度上有抗感染能力。低功率氩氟激光局部照射具有刺激和调节生理功能作用,刺激一些酶(透明质酸酶,胆碱酯酶等)的活性,通过刺激局部神经末梢建立良好循环,改善全身代谢和免疫功能等方面的效应而达到治疗目的。