

一种车用投影灯的实现方式

刘松¹, 王香娟², 梁容毓²

(1. 览茵汽车设计咨询有限公司, 上海 201805;
2. 上汽大众汽车有限公司, 上海 201805)

摘要: 随着生活水平的提高, 人们对汽车的个性化需求也越来越高, 投影灯作为新兴个性化配置, 已经开始得到广泛的应用。本文从投影灯的光学原理、电子原理等方面提出一种投影灯的实现方式, 并基于工程技术要求, 验证了该方式的可行性。

关键词: 车用; 投影灯; 实现方式

中图分类号: U463.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8639(2020)03-0035-04

An Implementation Method of Projection Lamp for Automotive Vehicles

LIU Song¹, WANG Xiang-juan², LIANG Rong-yu²

(1. Ingman Engineering Co., Ltd., Shanghai 201805, China;

2. SAIC Volkswagen Automobile Co., Ltd., Shanghai 201805)

Abstract: With the improvement of living standards, people's personalized demand for automobiles is also getting higher and higher. As an emerging personalized configuration, projection lamps have begun to be widely used. In this paper, the realization principle of a projection lamp is proposed from the optical principle, structural design and electronic principle of the projection lamp. Based on the engineering technical requirements, the feasibility of the method is verified.

Key words: automotive; projection lamp; realization principle

DOI:10.13273/j.cnki.qcdq.2020.03.011

作者简介

刘松(1989-), 男, 硕士, 现任公司高级灯具工程师。

目前中国汽车保有量已成为世界第一, 促使中国成为一个巨大的汽车消费市场。汽车灯具市场也在悄然变化, 主要体现在消费群体变得更为年轻化, 越来越多的消费者开始追求个性、时尚的风格; 其次, 汽车灯具的外观呈现出多元化的特征, 偏时尚、偏运动的外观风格更容易受到消费者的欢迎; 最后, 汽车灯具的造型和点亮效果成为了消费者的评价要素^[1]。

投影灯在夜间时投射出来的图案, 不仅可以起到寻车的功能, 其与众不同的logo或图案还能彰显车辆身份, 提升夜间迎宾效果。这种个性化的彰显方式使其越来越受到汽车市场的青睐, 具有巨大的市场空间。本文将介绍一种投影灯的新型实现方式, 将从光学、电子方面探索这种投影灯的技术原理并进行验证。

1 功能介绍

投影灯是指一类投射到地面或相关区域并形成特定图案的灯具的泛称。根据发光形式, 主要可以分为矩阵式投影灯和菲林片式投影灯。根据安装位置, 主要可以分为后视镜投影灯和门把手投影灯等。矩阵式投影灯成本较高, 设计难度大, 目前已经逐步被菲林片式投影灯所替代。而后视镜投影灯不仅具备投影图案的功能, 还能起到部分照明效果, 安

装位置不易受到干扰, 因此本文主要研究后视镜菲林片式投影灯。

投影灯目前没有专门的法规要求, 因此不同汽车公司会对照明区域的面积、位置和发光强度有不同的要求。图1为常见的投射区域要求, 常见的投射区域亮度要求为30~80lx, 多数情况下为白色, 也可以投射其他颜色、3D效果或彩色, 如图2所示。作为非法规要求的外部灯具, 其工作时应满足不会对其他行驶车辆造成影响, 因此该灯不能在行驶过程中点亮, 常见投影灯工作条件被定义为用户使用车钥匙解锁车门或下车时打开车门的情况下点亮, 延时一段特定时间或关闭车门后熄灭。

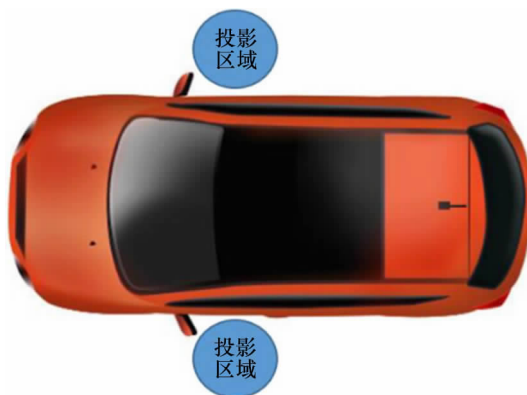


图1 后视镜投影灯投射区域

收稿日期: 2019-10-28



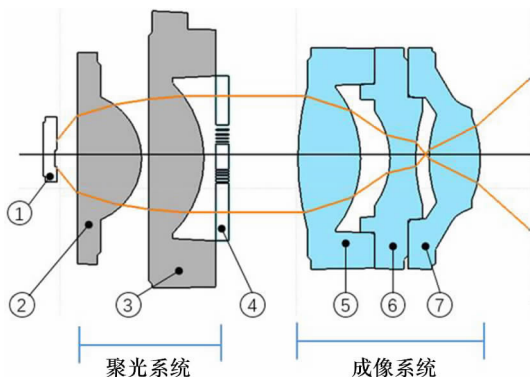
图2 常见投射效果

2 技术原理

2.1 光学系统原理

投影灯是依靠透镜成像的原理,类似胶片电影放映机的原理,它将菲林片(图3中部件4)中的图案经过放大,投射到特定区域。其图案处在1倍焦距到2倍焦距之间,因此投射出来的图案是成倒立放大的实像。

其光学路径如图3所示。LED发出的光经过透镜1和2,形成聚光系统,将锥形的LED光线转换为均匀平行光线,通过菲林片的遮挡,只有含有图案位置光线能够透过该区域,经由透镜3、4、5组成的成像系统,从而将菲林片上的倒立的小图案投影形成放大的正立的大图案。



1. LED光源
2. 透镜1
3. 透镜2
4. 菲林片
5. 透镜3
6. 透镜4
7. 透镜5

图3 投影灯光学原理

2.1.1 LED的选择

LED光源是投影灯最核心的部件,它不仅影响成像效果,还直接影响产品的成本,因此在选择LED时需要参考较多方面,其中主要有主机厂对地面照度的要求、投影面积的大小、投影灯位置距投影区域的距离、投影灯结构限制、控制输入电流/电压大小及形式(如恒流或恒压)等。经过系列计算,最终选定合适型号的LED。

本文选择的LED为Osram KW DMLQ31,其光通量较大,发光面积较小,适合作为光学系统LED使用。

2.1.2 聚光系统的选择

LED发出的光不是平行光,不同二极管的发散角不同,如 30° , 45° , 60° 等^[2],聚光系统透镜的作用是改变发光角度的大小,从而改变照明面积和光照度大小^[3]。表面引用高次非球面来提高光源利用率,同时考虑照明透镜部分耐温要求,透镜采用PC材料。该聚光系统采用两片式透镜结构,当光源通过透镜1后,能将大部分光线转化为小角度光线,通过透镜2后进一步将小角度光线转化为近乎平行光线,同时

提高均匀度。

2.1.3 菲林片的选择

在以前的投影灯中,菲林片采用过胶片形式,由于耐热和耐老化方面性能较差,现在已经基本被玻璃菲林片取代了。玻璃菲林片耐热和耐老化性能较好,是投影灯光学系统中的重要组件,其表面上的图案经过成像系统后形成放大几十倍甚至几百倍的图像,菲林片上任何小的缺陷和误差都会被高倍放大显示,因此车用投影灯对菲林片的公差有着非常严格的要求,可达到微米级别,以保证投射出来的图案不会产生缺陷和偏差。

菲林片的制作流程较为复杂,这里不展开介绍,主要原理是通过光刻机去除菲林片表面不透光材料,形成所需的图案。未经加工的菲林片类似我们常用的镜子,经过光刻的菲林片包含需要的图案,如图4所示。但该图案并不是投影图案简单地缩小,它需要经过投影灯安装的高度和角度,以及投射区域的图形按照缩放比例进行反向计算而来。因此菲林片上图案的制作还需产品供应商有着丰富的设计经验。



图4 未经加工(左)和经过加工(右)的菲林片

2.1.4 成像系统的选择

成像系统作为光学系统中最精密的部分,对设计和加工要求非常高,作用是将处于一倍焦距至两倍焦距之间的菲林片进行放大投影,图3所示的成像系统采用了正负正三片式结构,目的在于减小地面投影色差,提高成像清晰度。常用材料为PC或光学玻璃。

色差的产生是因为不同波长的光颜色各不相同,其通过透镜时的折射率也各不相同,这样物方一个点,在像方则可能形成一个色斑。组合透镜的三片透镜弥补了单透镜对色差无法修正的特性,通过缩小轴向色差和垂向色差的浮动范围,最终能达到较好的色差优化效果。

投影的效果除了颜色以外,还有图像的形状以及清晰度。在光学设计中还需要查看成像场曲、畸变浮动范围(图5),成像清晰度的浮动范围(图6)。通过优化透镜曲面参数以及透镜相对位置,最终通过模拟仿真确认组合透镜设计的可行性。

2.2 电子系统原理

该投影灯内部的电路主要由电容、电阻、整流二极管、发光二极管和三极管组成,具体示意图见图7。由于车上正常电压会在一定范围内波动,如果不采用恒流驱动电路会影响LED工作电流,而LED亮度取决于工作电流,如图8所示,因此我们必须采用恒流驱动电路,使LED电流不受输入电压

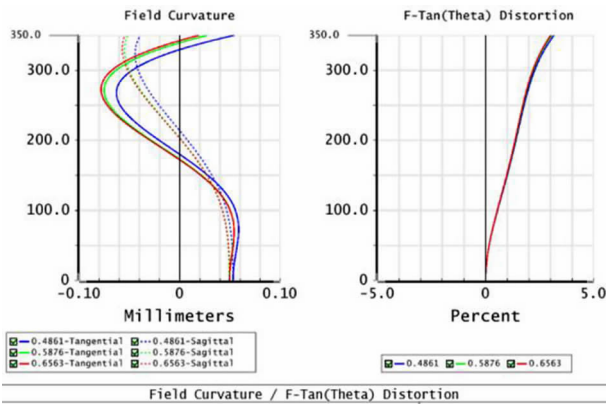


图5 成像场曲、畸变浮动

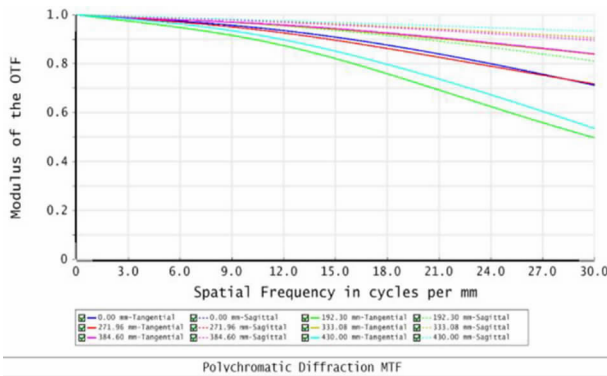


图6 成像清晰度浮动

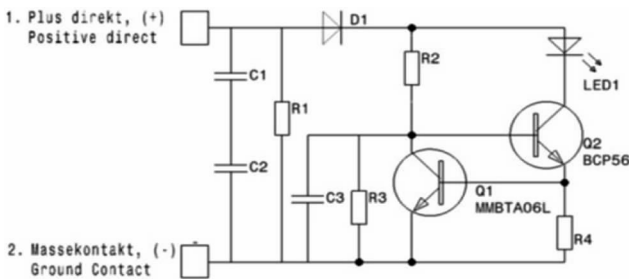


图7 电路原理图

波动影响，保证产品亮度的稳定性。该投影灯通过三极管和电阻搭建恒流驱动电路，电路相对较为简单，成本较低，且易满足EMC测试要求。我们选用了FR4材质的PCB板，并进行了热模拟，结果显示LED在高温（65℃）条件下工作未超过节温，符合设计要求。

3 模拟及结果验证

3.1 光学模拟

确定光学和电子方案后，根据照地图案大小及位置反向设计了菲林片上的图案，并模拟装车位置使用SPEOS软件进行了模拟，结果如图9所示，路面照明值达到了46lx，满足了照度设计要求，且边界较为清晰，达到了预期的效果。可以认为该设计方案是可行的。

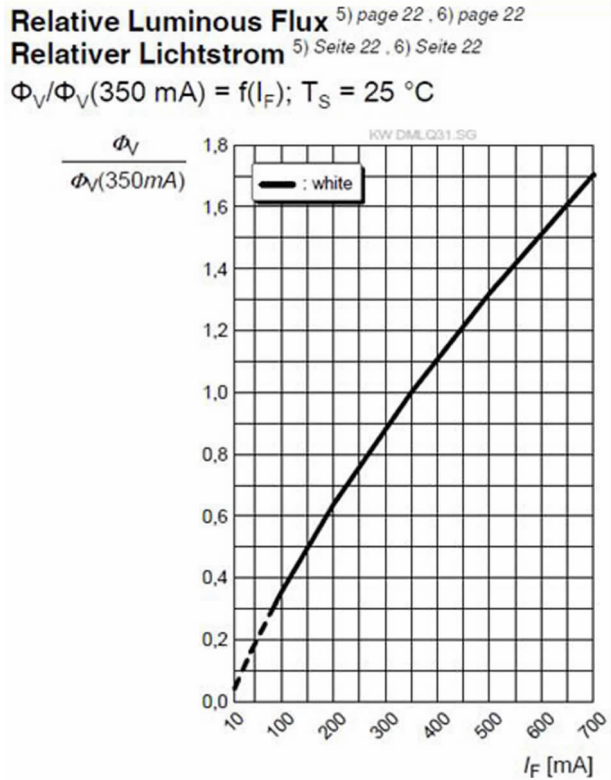


图8 发光强度与电流之间的关系

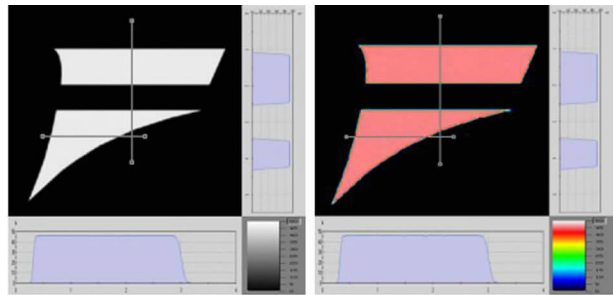


图9 模拟真彩图（左）及伪彩图（右）

3.2 样件检验

确定光学和电子方案后，设计了光学系统的支持结构（壳体），该结构保证了光学组件始终处在设计位置，且对菲林片进行了固定，防止其旋转导致投影图案处在不正确位置。之后对该壳体进行了数字化快速加工，对表面品质要求较高的光学透镜进行了软模加工。为了评价投影图案边界的清晰程度，提出了用于检验梯度的公式， $Gradient = \lg(luminancens + 5) - \lg(luminancens - 5)$ ，形成梯度趋势。之后捕捉图像，在图像上拉取2根等距线（图10），检测2根线上的亮度分布，用曲线中的极值来评判梯度是否合格。我们认为该数值大于1则为合格。

样件完成后，我们对其进行了检测，如图10所示，其光照度达到了42lx，在10%的公差范围内，我们认为合格。而梯度值也大于1，由此可见梯度满足要求，而实际查看边界清晰度也较高，均匀性较好。从而再次验证了方案的可行性。

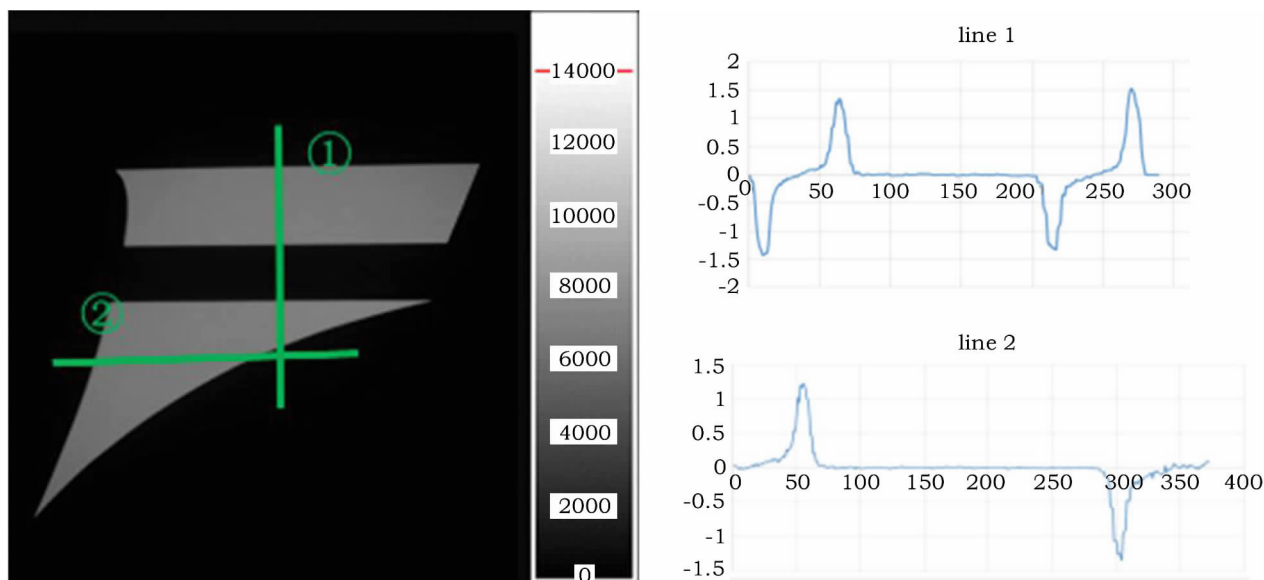


图10 样件检测

4 结论与展望

本文提出了使用透镜系统加菲林片的方案来实现投影灯的功能,使用模拟手段验证了该方案的可行性,使用样件检测验证了该方案的有效性。

车用投影灯结构紧凑,可靠性好,光学标准要求较高,对于光学设计具有重要挑战。透镜作为透镜光学系统中的重要元件,其对任意角度的出射光线均有良好的控制能力,体积小,效率高,这种高集成度透镜将会越来越多地出现在LED光学设计中^[3]。

当前投影灯的图案/Logo完全取决于加工到菲林片上的图案,而该图案是固定不变的,因此使得投影图案也无法变化,这就是市面上绝大部分的投影灯都只具备投影一种图案的主要原因。随着5G的应用和车联网的兴起,如何提供可变化的图案或者用户能自定义的图案以及分辨率更高的投影效果,对于实现车辆与车主或其他道路用户的交互以及提升

道路交通安全等方面具有重要意义,将会是我们今后研究的目标。

鸣谢:本文受到上海福宇龙汽车科技有限公司支持,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 陈琦.“个性化”消费将带动汽车灯具市场的发展[J]. 汽车与配件, 2016 (16): 51.
- [2] 杨胡江,王鑫,谢仪伦,等. 发光二极管电光特性及其应用[J]. 物理实验, 2013 (1): 43-46.
- [3] 张巧淞,徐春云,程灏波,等. 基于自由曲面的LED准直透镜设计[J]. 影像科学与光化学, 2016 (1): 36-42.
- [4] 王尚. 基于LED阵列的自由曲面光学系统与控制系统研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.

(编辑 杨景)

(上接第34页)

6 结论

总之,印刷线路板电器盒在做好常规的防水设计、继电器熔断丝插座的设计的同时,核心部件线路板出现多层化及与铜条结合增加载流能力的趋势,音叉端子的出现提升了电器盒自动化插装水平,而电器盒整体不断向小型化、与电子模块集成化及智能化的方向发展,特别是MOSFET高驱动芯片的应用与其他控制单元或配套电路的结合,将使汽车电器盒迎来新的技术革命。

参考文献:

- [1] 刘凤军,张献军,康翠伶,等. 汽车电器盒用PCB导电能力的研究[J]. 汽车电器, 2014 (8): 38-40.
- [2] 范存建,张明柱. PCB板与汇流条组合式汽车电器盒的设计研究[J]. 汽车电器, 2017 (8): 44-46.
- [3] 刘凤军,张献军,段秀敏,等. 汽车电器盒的线路板结构: 中国, CN201937990U[P]. 2010-12-30.
- [4] 金波涛,李勇,刘凤军,等. 一种用于汽车电器盒的PCB板结构: 中国, CN201383897Y[P]. 2009-04-07.

- [5] 贾锋涛,王大丽,杨秀丽. 一种汽车印刷电路板及汽车电器盒: 中国, CN106973501A[P]. 2017-04-25.
- [6] 范存建,王鹏宙,张永威,等. 汽车电器盒用混合继电器插座: 中国, CN202503172U[P]. 2012-02-10.
- [7] 刘凤军,张献军,王荣喜,等. 一种汽车电器盒用高弹性音叉端子: 中国, CN103972693B[P]. 2014-04-30.
- [8] 李蕊. 一种汽车电器盒熔断丝丝报警装置: 中国, CN107706067A[P]. 2017-10-20.
- [9] 刘乾,张红,王庆国. 汽车中央电器盒温度检测系统设计[J]. 客车技术与研究, 2010 (4): 54-55.
- [10] 卢正坤,申艳芳,刘凤军,等. 汽车电器盒小型化基础设计[J]. 汽车电器, 2018 (10): 30-42.
- [11] 孙韵,关海飞,龚爱华. 一种小型多功能汽车电器盒: 中国, CN206331996U[P]. 2016-12-27.
- [12] 李海方,李松林,左海青. 智能电器盒: 中国, CN201592685U[P]. 2009-12-31.
- [13] 刘凤军,王荣喜,孙新普,等. 自我诊断及自我控制的汽车电子式电源分配单元: 中国, CN109270922A[P]. 2018-10-30.

(编辑 凌波)