

# 融合照明与信息显示功能的智能LED汽车灯设计\*

陈俊<sup>1,2</sup>, 陈雨杰<sup>1</sup>, 龙兴明<sup>1</sup>

(1. 重庆师范大学物理与电子工程学院, 重庆 401331; 2. 重庆市第八中学校现代教育技术中心, 重庆 400021)

**摘要:**针对当前汽车灯存在信息传递能力较弱、信息交互不直观等缺点,提出了一种照明与信息显示融合的智能LED汽车灯。在提出汽车灯光路改造及智能控制系统的总体设计方案基础上,借助多物理场有限元仿真软件COMSOL对光路传输性能及可靠性进行了仿真分析及优化设计,最后根据仿真结果定制了透镜等关键组件并制作了汽车灯实验原型。通过试验实测证实,该智能LED汽车灯高效地实现了人-车-环境之间明确、直观的信息交互,能够有效提升汽车驾驶的安全性,并具有兼容性强、成本低、智能化高等优势,它的设计可为无人驾驶技术中人-车-环境交互的发展提供新的思路。

**关键词:**汽车灯;照明与信息融合;人机交互;无人驾驶;有限元仿真

**中图分类号:**TH128

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2023)06-0107-08

汽车灯直接反映了汽车的行驶方向和驾驶人的动机及意图,是人与车、车与车之间信息交流的必要工具。得益于在驱动电路、结构设计等方面的突破性进展<sup>[1-3]</sup>,LED汽车灯已逐步取代了传统汽车灯而成为汽车照明的主要灯具。随着“智能交通”概念的提出以及无人驾驶技术的发展,智能交互汽车灯也成为汽车产业中一个新兴的研究热点<sup>[4-5]</sup>。

施赠恩等人<sup>[6]</sup>研究了基于LED汽车灯的车联网系统,相邻行车通过汽车灯进行光通信,在前后车辆之间实现路况、车辆状态等信息传递;但这种技术仅限于车-车通信,而不适合人-车交互。朱熠旻<sup>[7]</sup>提出一种在汽车车身上环绕LED灯带的汽车灯以用于行驶信息提示,但这类专门的信息提示汽车灯功能单一,而且额外增加了汽车外观设计及电子配件要求,因此性价比不高。还有研究人员研发出了新型智能交互汽车灯产品,如LED车门标志投影灯、LED迎宾投影灯等<sup>[8]</sup>;这类LED投影汽车灯在照明基础上融合信息显示功能于一体,增强了汽车驾驶中人-车-环境之间的交互性,为新型智能汽车灯的发展提供了新思路;但是目前这类车灯功率小、信息显示能力有限,多被应用于氛围投影场景,且交互能力不足。为此,考虑到汽车前照灯的大功率输出特性以及在驾驶中的主导作用,本研究提出了融合照明与信息显示的智能LED汽车前照灯设计方案。

## 1 智能LED汽车灯的总体设计

### 1.1 智能LED汽车灯的功能设计

融合照明与信息显示的智能LED汽车前照灯进行人-车-环境交互时的场景如图1所示。图1a~d分别展示了智能交互汽车灯在“迎宾”“让行”“左转”和“右转”场景下的灯光投影,该类汽车灯利用交通图像投影,可在汽车、行人以及周围环境之间形成直接、明确的信息交互,在驾驶中充分体现“看见和被看见”,进而有助于提升驾驶的安全性。

### 1.2 总体技术框架设计

基于以上汽车灯功能设计,本研究提出采用128×64液晶模块及相应光学系统、结合控制模块的技术方案(图2)。该智能LED汽车灯主要包括恒流驱动模块、照明显示光学系统模块和交通信号控制模块共3个功能模块,并在通用汽车前照灯结构基础上改造而成,具体设计思路如下。

\* 收稿日期:2022-06-02 修回日期:2023-06-26 网络出版时间:2023-06-26T11:57

资助项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(No. 51107156);重庆市自然科学基金面上项目(No. cstc2019jcyj- msxmX0490);重庆市教育委员会高等教育教学改革研究重点项目(No. 232056);重庆市中小学创新人才培养工程计划项目(No. CY-200502)

第一作者简介:陈俊,女,高级教师,研究方向为现代信息技术,E-mail:3590801@qq.com;通信作者:龙兴明,男,教授,博士,E-mail:dzjs@163.com

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20230625.1630.020

1) 考虑到汽车照明标准要求,采用 3 串 4 并的大功率 LED 阵列为光源,发光功率为 8 W,设计 1 A 的 DC-DC 恒流源为整个光源阵列供电,采用导电层厚度为 35  $\mu\text{m}$  的铝基 PCB 板和直刺型散热片来增强系统的散热性能。

2) 汽车灯的光学系统由 Fresnel 透镜阵列、TM12864U3FFSGWA 液晶模块、可调焦的 4 透镜组合等几部分组成,兼具照明和信息投影显示功能。由于 LED 阵列光源发出的是不均匀光,采用 Fresnel 透镜系统可有效去除杂散光提高光效。为了使光束透射过液晶片时能高效地携带显示信息,需对商用液晶模块进行改造。改造后的液晶模块由偏振片、液晶材料和前后导电玻璃片组成。当均匀光束到达液晶模块时,首先穿过偏振片,此时光束变为单向偏振光;而后,利用液晶材料在电场的作用下液晶分子排列方向发生变化的特性,使通过的光束受到待显示信息的调制;最后,透射出液晶的光束携带液晶面板上的显示信息,再通过可调焦的透镜组投影到目标平面上,从而实现照明与信息显示功能的融合。

3) 交通信号显示控制模块包括微控制器、HC-06 蓝牙通信模块以及移动终端 APP 软件。在汽车驾驶过程中,驾驶者通过车载移动终端 APP 软件发送交互指令,蓝牙模块则将接收到的指令传给微控制器,微控制器进行信息处理后把交通图像数据以并行的方式传输给液晶模块,并通过照明系统的光路把液晶上的交通图像信息投影显示出来,完成智能 LED 汽车灯的显示控制功能。

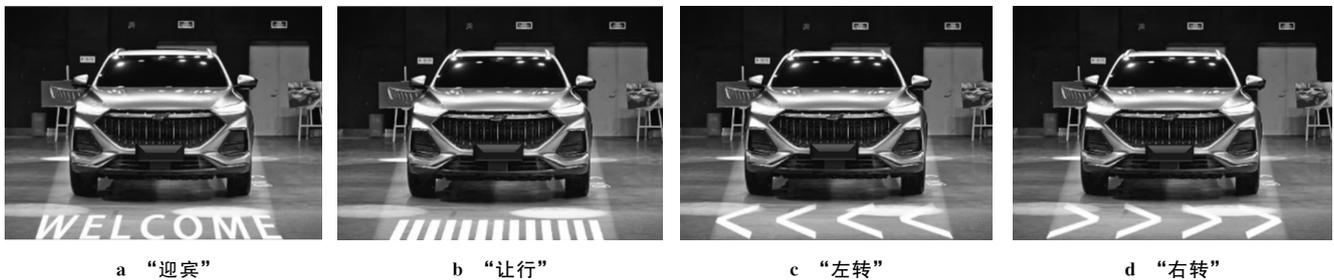


图 1 融合照明与信息显示的智能 LED 汽车灯的人-车-环境交互示意图  
Fig. 1 Schematic diagram of human-vehicle-environment interaction for intelligent LED car light that integrate lighting and information display

## 2 智能 LED 汽车灯的多物理场建模仿真

受限于汽车灯结构和有限的几何尺寸,智能 LED 汽车灯的光路设计及热管理在当前面临极大挑战。研究表明,LED 的光效对温度极为敏感,当结温超过 120  $^{\circ}\text{C}$  时 LED 光通量会急剧下降,使汽车灯光衰加剧,甚至会导致失效<sup>[9]</sup>。同时,作为投影显示核心部件的液晶器件功率为 mW 级,而汽车前灯的功率为 W 级;因此受照明光路的影响,液晶显示器的主波长在温度过高时将会发生偏移<sup>[10-11]</sup>,甚至导致液晶材料的物理状态变成各向同性的液态<sup>[12]</sup>,进而影响了信息显示的性能和可靠性。为此,本研究重点针对融合照明与信息显示的智能 LED 汽车灯系统的性能,采用多物理场建模分析方法对汽车灯的光路及系统功能进行了优化设计。

### 2.1 LED 汽车灯的电-光-热-机耦合机理

LED 汽车灯工作过程是电-光-热-机多物理场耦合的过程。注入 LED 汽车灯的电功率( $P_e$ )将转化为热功率( $P_{th}$ )和光功率( $P_{opt}$ ),其中, $P_{th}$  使 LED 光源温度升高,通常用 Fourier 热传递方程来分析 LED 光源温度( $T$ )的分布情况<sup>[13]</sup>,即:

$$\rho_m C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q, \quad (1)$$

其中: $Q$  为 LED 光源发光过程中产生的热量, $\rho_m$  为材料密度, $C_p$  为材料的热容, $k$  为热导率。式(1)描述了热量传导过程中介质内温度随空间和时间变化的关系。

汽车行驶中气流也会影响光源的温度分布。在一定的流速和气压条件下,利用 Navier-Stokes 方程来描述光源系统热量流动涉及的单相层流<sup>[14]</sup>,即:

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} = \nabla \cdot [-p\mathbf{I} + \mu(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T) - (2/3)\mu(\nabla \cdot \mathbf{u})\mathbf{I}] + \mathbf{F}, \quad (2)$$

其中: $\mathbf{u}$  是气流速度矢量, $p$  是气压值, $\rho$  是气流密度, $\mathbf{I}$  是单位矩阵, $\mu$  是流体动态粘度, $\mathbf{F}$  是流体体积力。

进一步,由于温度变化导致的热膨胀等原因将会引起机械位移( $\mathbf{u}_1$ ),进而引起热界面变化。根据 Hooke 定

律,在线性弹性材料的条件下,由热膨胀和车身载荷力( $F_c$ )引起的  $u_1, u_1$  与  $F_c$  关系如下:

$$-\nabla \cdot (S_0 + C : ((1/2)(\nabla u_1 + \nabla u_1^T) - \epsilon_0 - \alpha(T - T_{ref}))) = F_c, \tag{3}$$

其中: $S_0$  和  $\epsilon_0$  分别为初始应力和应变,总应变  $\epsilon = (1/2)(\nabla u_1 + \nabla u_1^T)$ ,  $C$  是弹性矩阵,“:”表示双点张量积, $\alpha$  是热膨胀系数, $T_{ref}$  为外部温度。

光在介质中传播时,由 Hamiltonian 公式来模拟每一束光的路径,即:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial H}{\partial q}, \frac{dp}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial p}, H = \frac{c_0}{n} |p|, \tag{4}$$

其中: $q$  为光粒子位置矢量, $p$  为粒子动量, $H$  为哈密顿量, $c_0$  为透光率, $n$  为折射率。在各向同性的介质中,哈密顿量  $H$  根据  $c_0$  确定。

LED 汽车灯工作过程中电-光-热-机多物理场耦合的过程如下:1) LED 汽车灯作为热源工作,它产生的  $Q$  取决于  $P_e$  与  $P_{Opt}$  之差,即  $P_{th} = P_e - P_{Opt}$ 。  $P_{th}$  使 LED 汽车灯工作温度升高导致 LED 的发光效率下降,同时引起汽车灯光分布变化。2) 由于热膨胀效应,汽车灯的光分布会产生位移耦合。3) 由于界面材料的退化,固体位移也改变了器件的导电性能。因此,当汽车灯的  $P_e$  保持不变时,  $T$  就是输出光功率、机械位移等多种物理变量之间的关键耦合变量。

### 2.2 仿真模型的边界条件

在 COMSOL 有限元模型软件中建立 LED 汽车灯系统的三维几何模型,如图 3 所示。汽车灯的几何结构和材料特性是汽车灯的基本约束条件,设定汽车灯空间体积为  $110 \text{ mm} \times 110 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ ;根据实际情况,主要材料特性参数设置如表 1 所示。

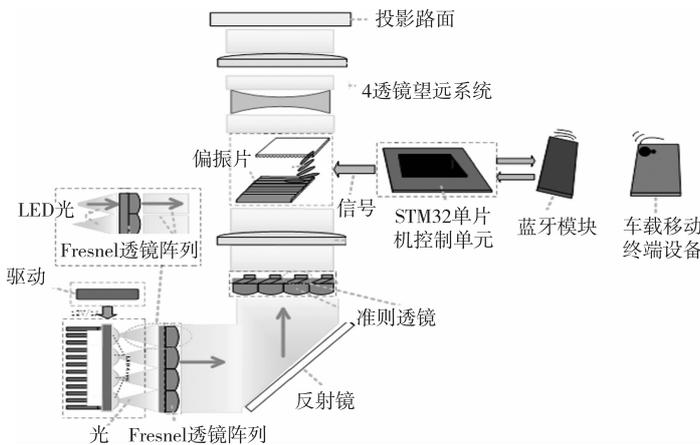


图 2 融合照明与信息显示的汽车灯系统框图

Fig. 2 Block diagram of automotive lighting system integrating lighting and information display

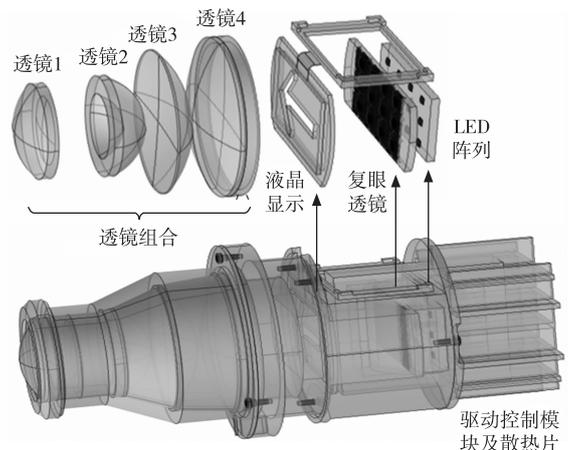


图 3 智能 LED 汽车灯的 3D 仿真模型

Fig. 3 3D simulation model of intelligent LED car light

表 1 智能 LED 汽车灯仿真模型的主要材料参数

Tab. 1 The main material parameters of the simulation model for intelligent LED car light

名称	用途	密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	比热容/( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )	热导率/( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )	折射率
Cu	导电层	8 960	385	400	—
Al	基板	2 700	900	238	—
Si	芯片	2 329	700	130	—
GaN	芯片	—	—	150	—
塑料	外壳	1 190	1 470	0.18	—
K51 玻璃	透镜	—	—	—	1.523

自然热辐射系数为  $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , 已知车速和工作气压下的空气流动状况如式(2)所示, 其中: 空气平均流速为  $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ , 空气压强为标准大气压, 它们共同给出了式(1)的边界条件。由热膨胀系数引起的固体力学位移( $T_{\text{ref}}$  设为  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ )以及车辆行驶加速度(设为  $1 \text{ g}$ ), 利用式(3)确定热膨胀和  $F_c$  引起的  $u_1$ 。通过式(4)建立了光粒子运动的空间坐标与 LED 光分布和强度的定量关系, 其中光粒子边界涉及散射、反射、湮灭等光传播规律。

### 2.3 光路仿真分析及优化设计

LED 阵列构建的投影光源是一种具有多个离散发光元件的扩展面光源。一方面, 光源面积、排列密度将影响光的利用和热管理; 另一方面, 这种扩展面光源出射光束的扩散角度、几何形状等都将直接影响光的亮度和均匀性, 进而对投影图像质量产生重大影响。因此, 本研究利用 LED 光传输的粒子跟踪模型对光路进行仿真分析。

LED 阵列的每个点光源均为 Lambert 光源, 即它发出的光到达液晶平面的光强分布满足以下关系:

$$f(\theta, \varphi) = (1/\pi) \sin \varphi \cos \theta, \theta \in [0, \pi/2], \varphi \in [0, 2\pi],$$

其中:  $\varphi$  为光线在法向所在平面上的投影方向与法向的夹角,  $\theta$  为光线出射方向与法向的夹角。通过对 Lambert 分布进行随机采样, 每个 LED 产生仿真粒子数设为 100, 并且这些粒子的传播过程满足式(4), 仿真结果如图 4 所示, 可见光源不均匀性明显。

为增加光能利用效率, 采用 Fresnel 透镜将 LED 点光源发出的光束调整为准平行光束, 通过仿真分析, 选择单个 Fresnel 透镜的尺寸为  $12 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ , 构成  $3 \times 4$  透镜阵列, 如图 5 所示。在建议参数下, LED 阵列光源释放的光线可有效转换为照度均匀分布的矩形光束, 如图 4 所示。

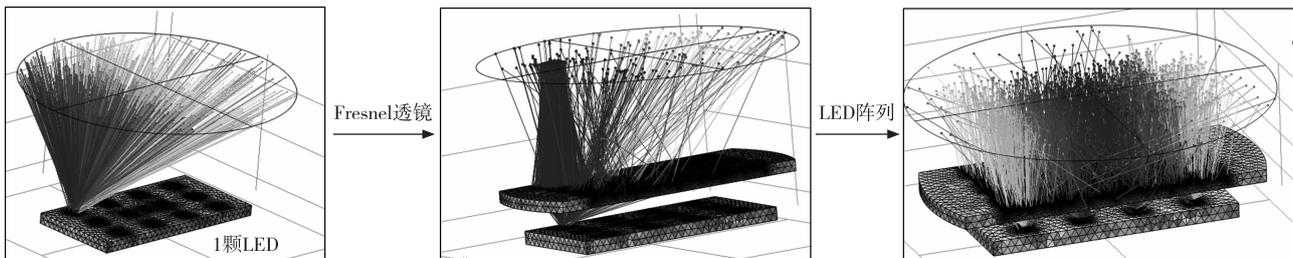


图 4 LED 阵列光经 Fresnel 透镜后的仿真结果

Fig. 4 Simulation results of LED array light passing through Fresnel lenses

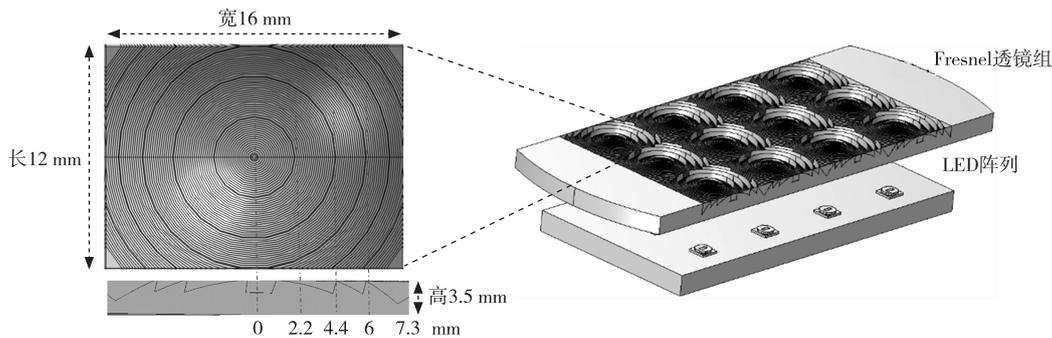


图 5 Fresnel 透镜阵列的优化设计

Fig. 5 Optimization design of Fresnel lens array

组合透镜的参数也将影响投影显示的效果, 通过仿真优化设计的透镜参数如图 6 所示。在以上参数条件下, LED 阵列光经 Fresnel 透镜阵列调整为平行光后汇聚到液晶模块上被显示信息调制, 然后通过可调焦的透镜组合, 成功地将液晶面板上的“箭头”图像投影到目标平面上, 如图 7 所示。以上分析不仅验证了汽车灯整体光路设计的可行性, 同时也优化了光源阵列、透镜阵列的尺寸、间距等几何参数。

### 2.4 热-光-机可靠性分析

从智能 LED 汽车灯的工作过程可见, 温度升高不仅会引起机械形变, 而且会导致光源材料发生变化, 最终使 LED 光色发生偏移。因此, 对汽车灯的热-光-机特性进行仿真分析。图 8a 为带散热器的  $3 \times 4$  LED 光源阵列在  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  的极端环境下的温度分布, 其中显示 LED 最高温度为  $106.92 \text{ }^\circ\text{C}$ 。因此, 在散热器的辅助下, 汽车灯工作温度小于  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ , 可以保证 LED 光源的可靠性。同时, 图 8b 显示了温度改变引起的机械形变及它相应的光

分布,分析发现机械形变导致的光色变化满足 3 阶麦克亚当椭圆(MacAdam ellipsis),因而也满足汽车灯前照灯设计标准的要求。

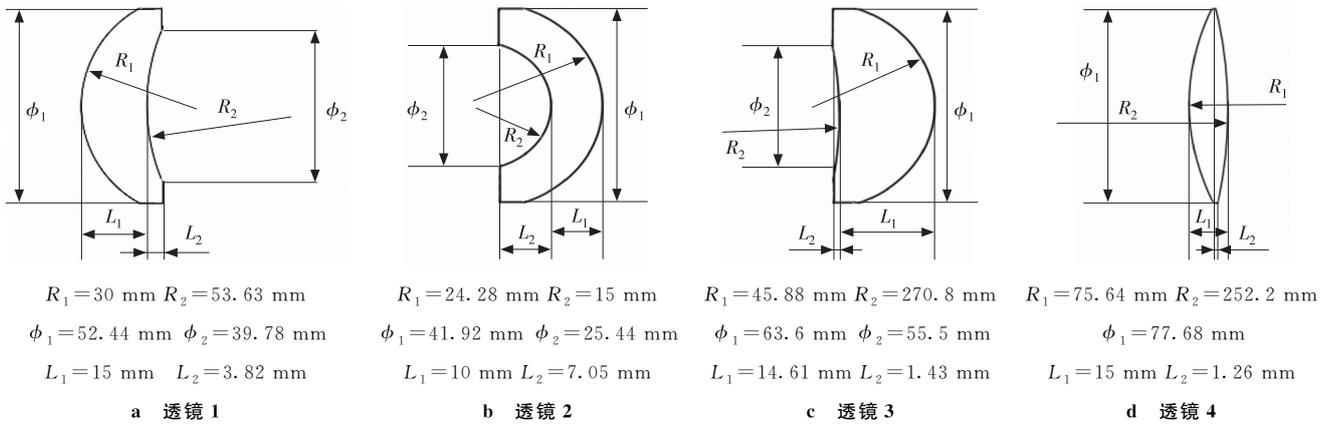
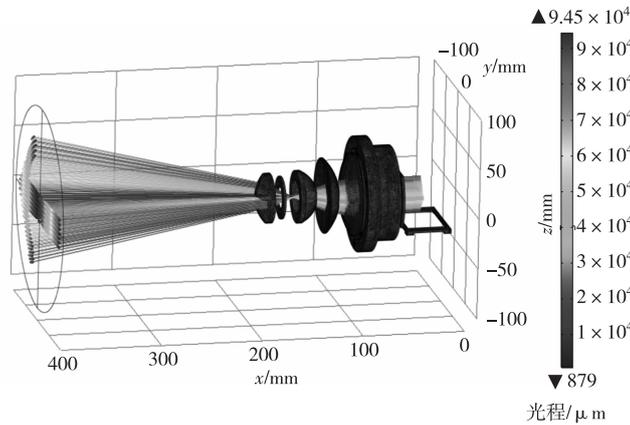


图 6 不同汽车灯组合透镜模型的主要参数

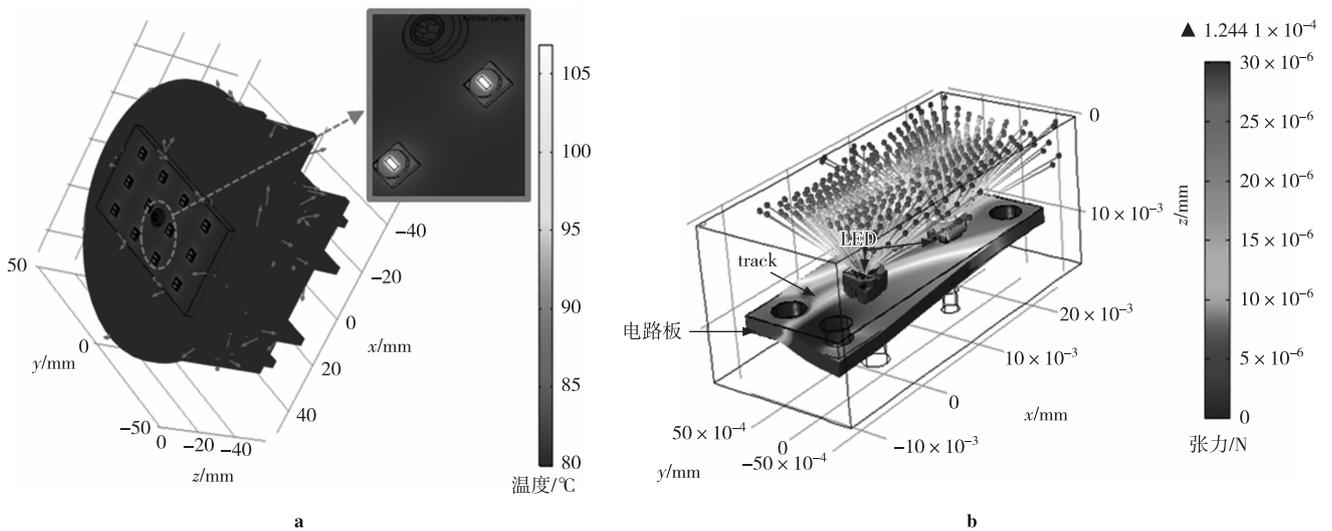
Fig. 6 Main parameters of different car light combination lens models



注:▲表示该值为最大值,▼表示该值为最小值。

图 7 LED 阵列光投影及仿真结果

Fig. 7 LED array light projection and simulation results



注:▲表示该值为最大值。

图 8 LED 阵列的热-光-机仿真分析结果

Fig. 8 Thermal-optical-mechanical simulation analysis results of LED arrays

### 3 控制系统软硬件设计

#### 3.1 硬件设计

智能 LED 汽车灯的 LED 阵列驱动电路设计如图 9 所示。该驱动电路主要由恒流源芯片 1T13933953 以及外部元件组成,其中恒流源芯片内部的比较运放通过 FB 端口外接电阻 R60-R66 和电容 C47 构成反馈电路,从而调节对 LED 阵列输出的电流,使它为 1 A 恒流源。

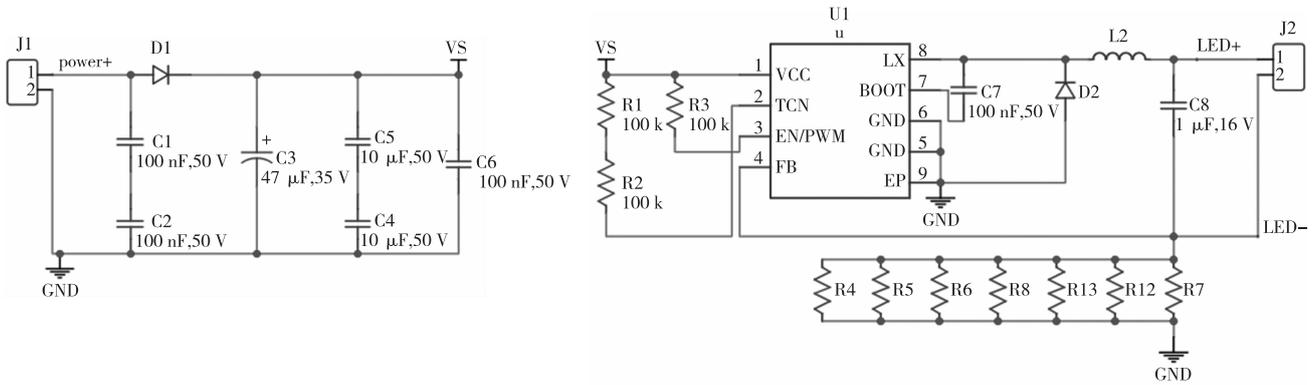


图 9 驱动 3×4 LED 阵列的恒流源原理图

Fig. 9 Principle diagram of constant current source driving 3×4 LED array

#### 3.2 软件设计

在智能 LED 汽车灯系统中,软件设计包括手机 APP 软件设计和硬件控制系统程序。STM32F103C8T6 控制器具有成本低、封装小的特点,可与蓝牙模块接口相连实现通信控制;它还可通过 I/O 口与液晶模块相连,实现对液晶片供电、数据传输以及显示控制。

利用在线可视化编程的安卓手机应用程序开发工具 MIT App Inventor 编写手机 APP 软件,搭建智能 LED 汽车灯的操作界面,如图 10 所示。手机和微控制器通过蓝牙建立连接后,通过 APP 软件操作实现对汽车灯的实时控制。在如图 10 左半部分所示的主界面中可选择“智能”或“传统”模式,在图 10 右半部分所示“智能”界面下,可通过按钮实现不同场景下汽车灯的信息交互功能。

### 4 智能 LED 汽车灯的原型及测试结果

采用 3D 打印技术制作智能 LED 汽车前灯的原型如图 11 所示。其中,图 11a 依次为根据多物理场仿真分析及优化设计的结果专业定制的 4 个透镜、与 LED 阵列匹配的 3×4 Fresnel 透镜阵列、LED 光源阵列及它的铝基 PCB 电路板;图 11b 是组装好的智能大灯照明及投影单元。智能 LED 汽车灯在不同场景模式下的信息交互实测结果如图 12 所示。图 12 的左上、右上、左下和右下部分分别为汽车灯原型在“迎宾”模式、“让行”模式、“左转”模式和“右转”模式场景下的测试投影效果。通过交通信息投影图像,周边的行人和其他车辆可以轻松判断该汽车的行驶意图,增强了人-车-环境之间的信息交互能力。



图 10 智能 LED 汽车灯手机控制 APP 的启动及操控界面  
Fig. 10 The startup and operation interface of the smart LED car light mobile control APP

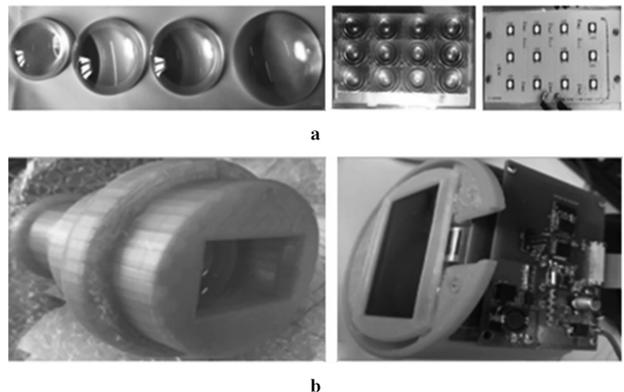


图 11 智能 LED 汽车灯原型  
Fig. 11 Intelligent LED car light prototype

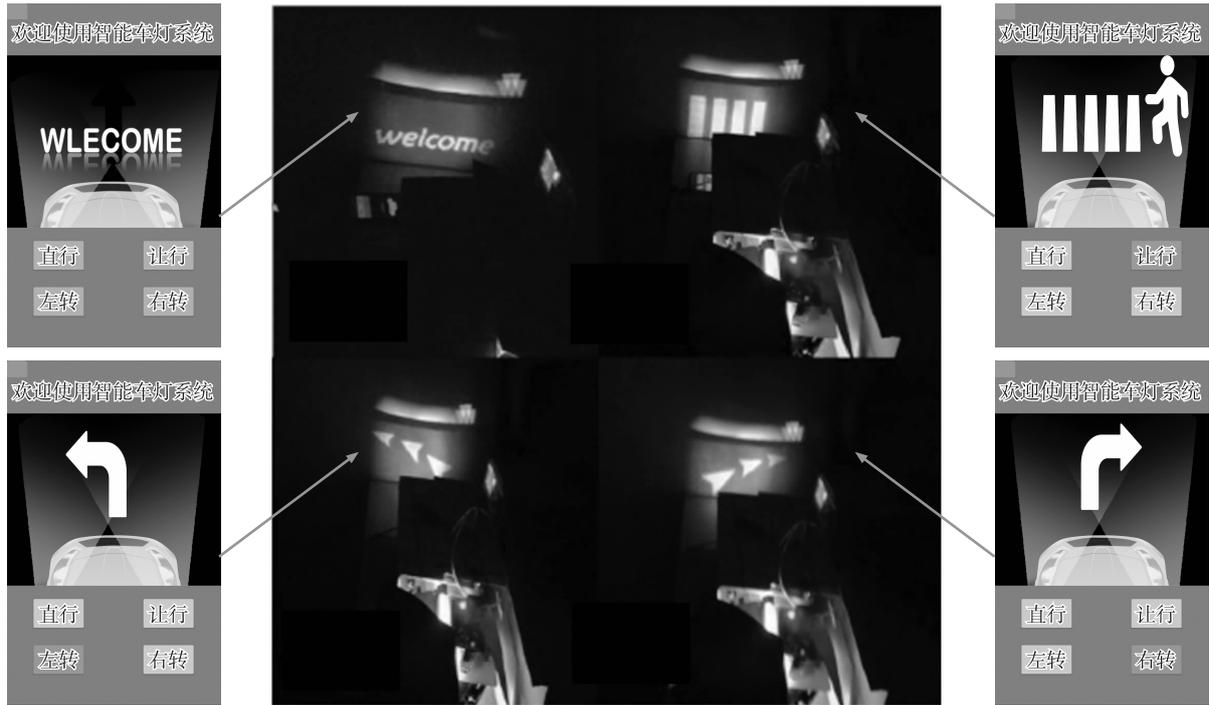


图 12 实验测试效果图

Fig. 12 Experimental test effect diagram

## 5 结束语

本研究提出了融合一种照明与信息显示功能的智能 LED 汽车前灯系统,它涉及以 LED 阵列光源、液晶模块和组合透镜构成的光路以及以手机 APP 和微控制器相结合的控制系统的研制;并进一步利用 COMSOL 有限元模型软件对汽车灯光路的信息显示功能和可靠性进行了仿真分析,并提出了优化设计方案;然后在此基础上搭建了试验原型并进行了试验测试。本研究结果表明,与现有 LED 汽车灯相比,该智能 LED 汽车灯具有如下特点:1) 利用液晶模块 LCD 的多像素显示以及任一像素点均可控的特点,灵活地实现了各种交通图形和文字信息的实时投影显示;2) 在不改变现有汽车灯功能的基础上利用手机 APP 软件实现交互功能的智能控制具有功能扩展易实现,操作简单方便等优点。上述特点可提升复杂交通场景下人-车-环境的交互能力,为汽车安全驾驶提供有力支持。此外,该汽车灯具有兼容性强、成本低的优点,并有望为 L4\L5 级的汽车无人驾驶技术实现提供新的思路。

### 参考文献:

- [1] GATAPOVA E Y, SAHU G, KHANDEKAR S, et al. Thermal management of high-power LED module with single-phase liquid jet array[J]. Applied Thermal Engineering, 2021, 184: 116270.
- [2] HANNILA E, HEINILEHTO N, REMES K, et al. Hybrid thermal modeling to predict LED thermal behavior in hybrid electronics[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2021, 70: 1-10.
- [3] De SANTI C, MENEGHINI M, La GRASSA M, et al. Role of defects in the thermal drop of InGaN-based light emitting diodes [J]. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2016, 119(9): 094501-1-094501-10.
- [4] 陈迪文. 汽车智能化技术的应用及发展研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(2): 116-117.  
CHEN D W. Design and research of automobile intelligent technology[J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2021, 11(2): 116-117.
- [5] 《汽车维修与保养》杂志社. 全球首款智能汽车大灯问世[J]. 汽车维修与保养, 2017(8): 16.  
Periodical Office of For Repair & Maintenance. The world's first smart automobile headlights see the light of day[J]. For Repair & Maintenance, 2017(8): 16.
- [6] 施赠恩, 冯浩杰, 唐妍, 等. 基于高亮度 LED 汽车灯的可见光通信系统[J]. 科技展望, 2016, 26(22): 169.  
SHI Z E, FENG H J, TANG Y, et al. The visible light communication system based on high brightness LED[J]. Science and

- Technology, 2016, 26(22):169.
- [7] 朱熠旻. 一种环绕自动驾驶汽车车身的智能车灯:CN201610702873.6[P]. 2016-11-30.  
ZHU Y M. An intelligent lamp surrounding the body of an automobile vehicle;CN201610702873.6[P]. 2016-11-30.
- [8] LONG X M, HE J G, ZHOU J, et al. A review on light-emitting diode based automotive headlamps[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 41:29-41.
- [9] WANG J, CAI Y X, LI X H, et al. Design of automotive headlamp with high-power LEDs[J]. International Journal of Automotive Technology, 2014, 15(4):673-681.
- [10] MYSLIWIEC J, CZAJKOWSKI M, BARTKIEWICZ S, et al. Influence of temperature on dynamics of birefringence switching in photochromic nematic phase[J]. Journal of Applied Physics, 2011, 110(11):113104.
- [11] ADAMIV V T. Transparency and temperature-induced variations of birefringence in  $\text{LiKB}_4\text{O}_7$  crystals[J]. Technical Physics Letters, 2008, 34(9):812-814.
- [12] JASON J, RUGELAND P, TARASENKO O, et al. Temperature characteristics of the birefringence properties of filled side-hole fibers[J]. Applied Optics, 2013, 52(21):5208.
- [13] 刘涛. 液晶显示背光源热分析软件开发[D]. 合肥:合肥工业大学, 2012.  
LIU T. Design on thermal analysis software of LCD backlighting[D]. Hefei:Hefei University of Technology, 2012.
- [14] KEATLEY R. Analyzing LED bulb designs with heat transfer simulation[EB/OL]. (2021-07-22)[2022-11-25]<https://www.comsol.com/blogs/analyzing-led-bulb-designs-with-heat-transfer-simulation/?setlang=1>.

## Development of the Automobile LED Lamp for Lighting and Information Display

CHEN Jun<sup>1,2</sup>, CHEN Yujie<sup>1</sup>, LONG Xingming<sup>1</sup>

(1. College of Physics and Electronic Engineering, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

2. Modern Education Technology Center, Chongqing No. 8 Middle School, Chongqing 400021, China)

**Abstract:** A smart LED car light that integrates lighting and information display is proposed to address the shortcomings of weak information transmission ability and less intuitive information exchange in current car light. On the basis of proposing the overall design scheme for the transformation of the automotive lighting path and the intelligent control system, the transmission performance and reliability of the light path were simulated and optimized by using the multi physics field finite element simulation software COMSOL. Finally, key components such as lenses were customized based on the simulation results and a prototype of the automotive lighting experiment was made. Through experimental testing, it has been confirmed that the intelligent LED car light efficiently realizes clear and intuitive information exchange between people, vehicles, and the environment, effectively improving the safety of car driving, and has the advantages of strong compatibility, low cost, and high intelligence. Its design can provide new ideas for the development of autonomous driving technology.

**Keywords:** automobile lamp; lighting and information display; human-computer interaction; driverless technology; finite element simulation

(责任编辑 方 兴)