

报告编号: 202513233
合同编号: 20250509011



科技查新报告

项目名称: LED 智能车灯

委托人: 深圳北极之光科技有限公司

委托日期: 2025 年 05 月 08 日

查新机构 (盖章): 广东省科学技术情报研究所



查新完成日期: 2025 年 05 月 26 日

中华人民共和国科学技术部

二〇〇〇年制

查新项目名称		中文：LED 智能车灯					
		英文（国内外）：					
查新机构	机构名称	广东省科学技术情报研究所					
	通信地址	广州市连新路 171 号科学馆大院内科技信息大楼九楼查新检索中心					
	邮政编码	510033	电子邮箱	yeminzh@163.com			
	负责人	曾祥效	电话	020-83561171	传真	020-83560580	
	联系人	叶敏忠	电话 1	020-83561171	电话 2	020-83560462	
一、查新目的 立项查新							
二、查新项目的科学技术要点							
一、学科技术领域 光电技术与半导体科学-车灯光源技术-LED 照明技术 智能控制与自动化-智能车灯系统-动态光型控制 汽车光学工程与设计-光学系统集成-光束聚焦与扩散技术 二、研究目的 汽车灯具的核心是光源，目前汽车光源已经从卤素灯、氙气灯发展到以 LED、半导体激光二极管为光源的车灯。相较于氙气灯，LED 灯能耗更低、寿命更长、体积更小、反应速度更快，且可作为信号输出口传递车辆和驾驶员的状态，比卤素灯、氙气灯，LED 车灯更加节能环保，使用寿命更长；相比激光大灯，LED 灯的性价比更高。目前在国内市场已占据主导地位。汽车的电子化、智能化带动了车灯行业的发展，推动车灯技术向智能视觉系统进化。智能视觉系统主要包括大灯系统、尾灯系统以及内外饰氛围灯系统，主要技术升级方向为智能化与数字化，通过电子硬件与软件算法的赋能提供智能化体验。其中大灯系统主要为 AFS（自适应前照灯系统）、ADB（自适应远光灯系统）和 DLP（数字化灯光处理）的产品迭代路线。 我国车灯市场呈现维保需求主导、配套市场快速跟进的二元结构，维保市场的高占比（54.87%）反映存量汽车庞大基数下的后市场需求韧性，而配套市场（45.13%）则受益于新能源汽车智能化、电动化趋势驱动的技术升级，推动车灯从传统照明向智能交互载体转型；新能源汽车渗透率提升加速配套市场高端化进程，ADB 自适应大灯、DLP 数字投影及激光光源等技术广泛应用，满足智能驾驶对动态照明和车路协同的需求，同时轻量化、低能耗要求倒逼材料和工艺创新；维保市场因新能源车灯模块化设计和高集成度特点，逐步从单一替换向专业化维修服务升级，但短期内传统燃油车存量仍支撑其主体地位；未来随着新能源车保有量增长和技术复杂度提升，配套与维保市场将深度融合，形成“增量技术引领、存量服务优化”的协同发展格局，推动车灯产业链向高附加值、智能化方向持续演进。 新能源汽车大灯的研发方向聚焦于：智能化深度集成、能效极致化、材料与交互功能创新三大核心领域。在智能化层面，车灯与自动驾驶系统深度融合，通过嵌入多模态传感器实现动态光束调节，基于高算力芯片开发实时遮蔽算法，并探索光通信协议以增强车路协同能力。能效优化方向主攻低功耗设计，集成相变散热与液冷技术降低能耗，同时结合光伏薄膜与高压平台实现能源自洽。材料与交互创新则推动 Micro-LED 光源量产及全息投影模组开发，支持零延迟动态转向与路面信息投射，并引入生物基可回收材料与生物识别技术，构建绿色、安全的交互生态。未来车灯将演变为融合感知、决策与能源管理的智能终端，驱动新能源汽车技术边界持续突破。 三、技术方案 （1）、智能化多模态传感融合车灯系统：研发基于 5nm 制程 SOC 芯片的智能							

控制单元，集成激光雷达与毫米波雷达于灯腔内部，实现光束动态调节与障碍物实时追踪。开发多目标遮蔽算法（响应速度 $\leq 10\text{ms}$ ），支持 V2X 光通信协议，通过 CAN FD+车载以太网架构完成 ADAS 数据交互。硬件层面采用微型化 LiDAR 模块与高精度光学透镜组，优化风阻系数至 0.008 以下；软件端搭建 OTA 升级接口，部署 AI 算法识别复杂路况，同步验证 IP6K9K 级密封性能，确保振动 15G 工况下零失效。（2）、超低功耗光伏自洽车灯模组：开发相变散热材料与液冷管路协同的热管理系统，将单灯组功耗压降至 25W 以下。灯罩表面集成透光率 $>92\%$ 的纳米光伏薄膜，实现日发电量 $\geq 5\text{Wh}$ ，适配 800V 高压平台能源回馈。采用碳纤维复合材料骨架与高透 PC 透镜，结合 MIM 工艺微型散热齿降低成本 30%。光学系统基于 LightTools+ANSYS SPEOS 仿真优化，满足前照灯国标 GB/ECE R149-2024 法规要求，暗室测试远光中心照度 $\geq 320\text{lx}$ ，并通过 85℃/85%RH 1000 小时耐久验证。量产线部署 AI 视觉质检与柔性装配。（3）、全息交互生物识别车灯平台：推动 Micro-LED 与 OLED 柔性屏量产，开发零延迟动态转向灯及 4K 级空间光调制器，实现车前 5 米路面投射。集成红外光谱分析模块，通过挡风玻璃反射光检测驾驶员瞳孔特征，联动灯光频闪预警疲劳状态。材料端应用生物基可降解光学组件，结合压电触觉反馈技术生成路面震动警示信号。测试阶段采用多传感器交叉验证，确保 200 米激光远光覆盖与动态遮蔽精度 $\pm 0.1^\circ$ 。

四、技术效果 响应速度 $\leq 10\text{ms}$ ；激光大灯光束动态追踪精度 $\leq 0.1^\circ$ ；吸热量 $>800\text{J/g}$ ；车灯整体减重 40%；

五、知识产权情况 已授权发明专利“一种基于尾灯投影的通信系统、方法及车辆”，专利号：ZL202410920480.7。

三、查新点与查新要求

A、查新点：

1. 车灯智能化多模态传感融合架构的深度集成创新：通过将激光雷达、毫米波雷达与车灯光学系统共腔集成，实现硬件微型化与风阻系数优化，同时运用多目标遮蔽算法与 V2X 光通信协议的深度耦合。采用 AI 算法预判弯道照明增强与雨雾模式光源切换，并构建 OTA 升级接口实现算法动态优化，显著提升复杂路况下车灯运作的适应性。

2. 车灯光伏-液冷协同的能源自洽体系重构：在低功耗领域创新设计相变散热材料与液冷管路协同的热管理系统，构建车灯能源自闭环体系。通过碳纤维骨架与 MIM 工艺散热齿的模块化设计，突破传统太阳能车灯透光率与发电效率的互斥瓶颈，并通过 AI 视觉质检实现量产稳定性。

3. 车灯生物识别-全息交互的复合功能拓展：基于红外光谱分析的生物识别技术与 Micro-LED 柔性屏的协同控制体系，突破传统车灯单向信息传递模式。通过 4K 级空间光调制器实现车前动态投射，同时集成压电触觉反馈技术生成路面震动警示信号，构建多模态交互生态，实现全息投影功能的同时降低环境负荷。

B、查新要求：

要求进行国内查新。

四、国内文献检索范围及检索策略

主题词：车灯光源 动态光型控制

检索式：

(车灯 OR 尾灯 or 汽车 AND (照明 OR 灯)) AND 激光雷达 AND 毫米波雷达 AND (集成 OR 多传感器)

(车灯 OR 尾灯 or 汽车 AND (照明 OR 灯)) AND 相变 AND (液冷 OR 水冷)

(车灯 OR 尾灯 or 汽车 AND (照明 OR 灯)) AND 识别 AND 红外 AND (生物 OR 动物 OR 人)

检索范围：

1. 《中国学术期刊全文数据库》
2. 《中国学位论文全文数据库》
3. 《中国学术会议文献数据库》
4. 《中国专利全文数据库》
5. 《中国科技成果文献数据库》
6. 《中国标准题录数据库》

五、检索结果

根据检索上述文献及数据库，检出与本委托项目密切相关的文献有：

查新点1.

[1]. 王向永, 尹玲秀, 施俊鹏. 车载激光雷达技术及其与车灯集成分析[J]. 中国照明电器, 2024(7):43-48. 作者单位：常州星宇车灯股份有限公司

摘要：随着汽车自动驾驶技术的发展, 为了达到更高的安全冗余, 车辆对环境感知提出了高精度的要求. 激光雷达作为新型车载高精度三维感知传感器, 是实现高阶自动驾驶的关键传感器. 车载激光雷达采用飞行时间法来实现对目标的位置、反射率等信息的感知, 经过近几年的技术迭代, 已经实现了量产装车. 相对于毫米波雷达、摄像头和超声波雷达, 激光雷达功耗和体积都较大, 目前的安装位置通常选择在车顶, 这种安装位置会对整车的外观造型和风阻带来影响, 将激光雷达集成于车灯之中, 成了解决激光雷达安装位置的一种技术方案. 本文从当前激光雷达和车灯技术发展趋势出发, 对车载激光雷达及其车灯集成进行技术分析, 探索车灯集成激光雷达的可行性.

[2]. 中国科学院重庆绿色智能技术研究院. 基于多传感器的智能车灯控制系统:CN202221607075.2[P]. 2022-11-01.

摘要：本实用新型公开了基于多传感器的智能车灯控制系统, 属于智能控制领域. 该系统包括毫米波雷达、激光雷达、视觉传感器、天线、速度传感器、电子开关、车灯、中央控制器, 其中, 中央控制器含有障碍物识别模块、图像识别模块、导航定位模块、汽车状态分析模块、车灯控制模块、PWM发生器. 本实用新型采用多传感器检测反馈, 进一步利用深度学习技术对车灯的开关及频率、灯光强弱的控制, 实现车灯系统的智能控制, 能有效的协助驾驶人员应对不同的工作环境, 同时减少光噪声的污染.

[3]. 常州星宇车灯股份有限公司. 一种激光预警尾灯装置:CN201811208026.X[P]. 2020-04-24.

摘要: 本发明公开了一种激光预警尾灯装置, 包括供电单元、控制单元、信号调制解调单元、毫米波雷达检测单元、激光发射单元和显示单元, 供电单元可以为其它单元提供电源, 控制单元可以控制毫米波雷达检测单元以及激光发射单元, 激光发射单元驱动显示单元工作, 显示单元实现和车辆信息交互, 本发明所达到的有益效果是: 该装置具有高可靠性、激光穿透力高、功耗低、寿命长等特点。该装置可以很好的起到预警作用, 可以根据距离不断调整显示屏亮度, 从而达到最佳提示效果, 很大程度上缓解了突发路况和雨雾天出行的安全隐患。

[4]. 岚图汽车科技有限公司. 一种夜间车辆行驶灯光控制方法及控制系统:CN202210964391.3[P]. 2022-11-11.

摘要: 本发明提供一种夜间车辆行驶灯光控制方法及控制系统, 控制方法包括: 基于毫米波雷达和激光雷达获取车辆前方道路信息; 基于所述车辆前方道路信息, 识别车辆前方的弯道路径; 在车辆驶入弯道之前, 控制车辆前灯提前调整光照路线, 以及控制车辆尾灯进行警示。本发明旨在针对车辆在夜间光照条件不佳的弯道行驶时, 基于毫米波雷达和激光雷达采集的实时道路数据, 在车辆快要入弯前提前改变前灯的光照路线来进行补光、转向随动和照射角度变换, 并同时控制尾灯闪烁以提醒后车注意、减速。

查新点2.

[5]. 马璐, 刘静. 高功率LED热管理方法研究最新进展[J]. 半导体光电, 2010, 31(1):8-15.

作者单位: 中国科学院理化技术研究所, 中国科学院理化技术研究所

摘要: LED芯片结温的高低直接影响其出光效率、工作寿命和可靠性. 在分析系统各个环节热阻的基础上, 详细评述了高功率LED产品从芯片到系统级的热管理研究新动向, 包括: 自然对流冷却, 采用压电风扇、电离方法所进行的强迫空气对流冷却, 采用水、液态金属作为冷却工质的液冷方法, 采用热管实现的相变冷却, 采用热电片进行的固态冷却方案以及利用热电片对余热进行回收利用的热管热回收方案和液体金属冷却方法. 并在上述基础上提出了发展更高功率密度LED热管理方法的关键科学问题.

[6]. 众普森科技(株洲)有限公司. 液冷灯具:CN202011563115.3[P]. 2021-03-19.

摘要: 本申请涉及照明设备技术领域, 提供了一种液冷灯具, 包括散热器和安装在散热器上的光源模组; 散热器包括: 散热部、与光源模组相接触的第一导热部和第二导热部, 其中, 第一导热部的散热速度快于第二导热部; 散热器的内部具有循环通道, 循环通道用于加注冷却循环液, 循环通道依次通过第一导热部、第二导热部和散热部, 并回到第一导热部。本申请所提供的液冷灯具利用温差和冷却循环液的相变提高散热效率, 能够获得较好的散热效果, 进而保证灯具的使用寿命。

[7]. 大功率LED液态金属散热器[J]. 中国照明电器, 2011(7):40-40.

摘要: LED芯片结温的高低直接影响其出光效率、工作寿命和可靠性。一旦其功率增加到上百瓦或

更高,散热效果即成为制约其性能的瓶颈。针对大功率高密度LED工作时产生的巨大而集中的热量,世界各国一直在加紧探索新的散热解决方案,但均未超越传统的空冷、水冷、相变冷却及固态冷却范畴。正因如此,国内外市场上少有成型的大功率LED产品问世。

查新点3.

[8]. 孙文超,李盼园,陶金,等. 基于Micro-LED的汽车投影车灯自由曲面光学系统研究[J]. 微纳电子与智能制造, 2021, 3(3):65-71.

作者单位: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

摘要: 为满足投影车灯市场的需求,设计了以Micro-LED为光源的汽车投影车灯. 为了达到汽车投影车灯的投影效果,提出了以自由曲面拟合为基础,折射镜和反射镜组合的光学系统设计方案. 该设计方案采用了光学矫正方法,针对由于汽车投影车灯的投射角度太小而导致的图像畸变具有明显的矫正效果. 文中根据折射和反射定律建立关于自由曲面点坐标的方程,在MATLAB中编程计算得到折射镜和反射镜自由曲面轮廓曲线上的点. 本文中的自由曲面光学系统结构简单,满足汽车投影车灯对图像畸变矫正的要求.

[9]. 冯美权. 基于Micro-LED技术的汽车照明和车载显示应用研究[J]. 时代汽车, 2024(22):149-151.

作者单位: 绵阳市机动车检验远程监控监测服务中心

摘要: 随着汽车智能化和电动化的发展, Micro-LED凭借其高亮度、快速响应、宽色域等优异性能,在先进车灯系统和车载显示屏等方面领域呈现广阔的创新应用前景,能够提升安全性、增强驾乘体验. 虽然Micro-LED在芯片制造、封装、驱动电路等关键环节的核心技术已经取得显著进展,但其在汽车应用中仍亟待解决成本高昂、可靠性不稳定等问题. 在未来智能座舱和自动驾驶等领域, Micro-LED技术将成为推动汽车交互智能化的重要支撑技术之一.

[10]. 华引芯(武汉)科技有限公司. 倒装Micro-LED智能车灯芯片、制备方法及应用:CN201810930801.6[P]. 2018-12-07.

摘要: 本发明涉及一种倒装Micro-LED智能车灯芯片,包括:基板、倒装Micro-LED层,所述倒装Micro-LED发光层键合于所述基板上,所述倒装Micro-LED发光层包括多个倒装Micro-LED发光晶粒. 该芯片通过将多个倒装Micro-LED发光晶粒键合到基板上,以较简单的结构形式实现了智能化、信息化车灯芯片的产业化. 本发明还提供一种倒装Micro-LED智能车灯芯片制作方法. 本发明又提供一种倒装Micro-LED智能车灯芯片的应用.

[11]. 邳州陆压汽车配件有限公司. 一种自适应式汽车智能组合车灯:CN201911023544.9[P]. 2019-12-31.

摘要: 本发明公开了一种自适应式汽车智能组合车灯,包括车体,所述车体上连接有一对灯组件;本发明中的一种自适应式汽车智能组合车灯,其具有智能化的特点,融合了现有市面上已有的多种灯光,其次,通过红外识别系统,可以检测识别过马路的行人,使行人不易受到车辆灯光的照射,

从而不易引起交通事故的发生,通过激光测距与雷达系统的设置,当有来向车辆时,可以进行距离预测,以便车辆及时自动调节远近光灯,通过车灯自适应调节,可以实现车灯亮度无级调节,设定成符合驾驶者习惯的车灯效果,通过转向辅助系统的设置,可以实现分区照射,当转向辅助系统识别车辆轮毂有转向时,自动打开转向辅助灯,有效的减少驾驶者转弯时的视野盲区。

[12]. 陈鹏,于金良,杨超,等. 基于双监测器的汽车远近光灯切换系统[J]. 中国科技投资,2018(1):252. DOI:10.3969/j.issn.1673-5811.2018.01.235.

作者单位: 内蒙古科技大学,内蒙古科技大学,内蒙古科技大学,内蒙古科技大学,内蒙古科技大学
摘要: 近年来,在国家经济快速增长的背景下,汽车的增长量仍保持上升趋势,而随之而来的就是汽车引发的各种问题,汽车的远近光灯就是其中一个大问题.汽车的远近光灯除了对行车的司机带来不便外,也会影响行人的视野,尤其在晚上、大雾天等,远近光灯的不及时切换使行人和驾驶员短时间致盲,造成危险.综上所述,我们对远近光灯系统进行了升级,让远近光灯切换装置与微波—被动红外复合的探测器相结合,它将微波和红外探测技术集中运用在一体.在控制范围内,只有两种报警技术的探测器都产出报警信号时,才输出报警信号达到识别行人、动物,司机同时自动调节远近光灯的目的.

[13]. 重庆长安汽车股份有限公司. 一种基于视觉的车灯控制方法、装置、电子设备及存储介质:CN202210830110.5[P]. 2022-10-14.

摘要: 本申请提供一种基于视觉的车灯控制方法、装置、电子设备及存储介质,其中,该方法包括:获取车辆内目标对象的红外视频;对红外视频的目标对象进行姿态识别,确定目标对象的人体姿态信息;根据人体姿态信息对目标对象的动作进行预测,得到动作意图信息;若动作意图信息为预设意图信息,则开启或关闭目标车灯.通过该方法,可以对车辆的目标灯光进行智能化控制。

[14]. 西安米克为正电子科技有限公司. 具有测距能力的电动车车灯:CN202011605817.3[P]. 2021-03-23.

摘要: 本发明涉及一种电动车车灯,特别是具有测距能力的电动车车灯,其特征是:在车灯体(1)上有人体识别单元(3),人体识别单元(3)是热释电红外线传感器,热释电红外线传感器在移动过程中获取有热红外目标的目标信号,向电动车控制器(6)提供这一信号,当电动车控制器(6)获取热红外目标的目标信号时,电动车控制器(6)通过控制驱动控制器(7),由驱动控制器(7)驱动电机(8)减速,然后在由电机(8)驱动机械传动单元(9)驱使车轮(10)运动最终达到减速.它提供一种能既能实现电动车行驶前方无人状态下,能有较快速度,电动车行驶前方有人状态下能迅速减速的一种电动车车灯结构。

六、国内查新结论

根据委托方提供的资料和查新点，该项目涉及 LED 智能车灯的研发，上述检索结果总结如下：

查新点 1，王向永等人[1]从激光雷达与车灯集成的可行性出发，分析了飞行时间（ToF）激光雷达的高精度三维感知能力与其体积、功耗对风阻和整车造型的影响，提出将激光雷达嵌入灯腔以实现硬件微型化和隐蔽化设计；中国科学院重庆绿色智能技术研究院的实用新型专利[2]则揭示了毫米波雷达、激光雷达、视觉传感器与中央控制器的多传感融合，通过深度学习模块对灯光开关、频率及强弱进行智能控制；常州星宇的激光预警尾灯装置[3]利用毫米波雷达与激光发射共腔设计，结合信号调制解调，实现雨雾与突发路况下的尾灯动态预警；岚图汽车[4]进一步将毫米波与激光雷达用于弯道识别，提前调整前灯照射路线并同步尾灯警示。

上述文献虽涉及激光雷达与车灯的集成及多传感智能控制，但未提出将激光雷达、毫米波雷达与车灯光学系统“三合一”共腔集成以优化风阻，亦未见将多目标遮蔽算法与 V2X 光通信协议深度耦合，更缺少基于 AI 算法的弯道照明预判与 OTA 升级接口。因此，查新点 1 在硬件微型化与风阻系数优化、多传感深度耦合及算法动态迭代方面具备显著新颖性。

查新点 2，马璐、刘静[5]系统评述了高功率 LED 热管理技术，从自然对流、强迫风冷，到液冷、相变散热与热电制冷等方案，重点讨论了相变材料与液冷管路协同的热管理系统设计；众普森科技的液冷灯具专利[6]则提出在灯具内部布设循环冷却液通道，通过第一、第二导热部及散热部的模块化流路实现相变与液冷协同，提高散热效率；中国照明电器[7]报道了液态金属散热器在大功率 LED 领域的应用探索，强调其在高密度热流条件下的高效导热潜力，但多停留在概念验证阶段。

上述研究关注的是 LED 热管理本身，尚未将光伏发电与液冷热管理结合构建能量自闭环体系，也未涉及碳纤维骨架与 MIM 工艺散热齿的模块化设计以提升透光率与发电效率；更未见以 AI 视觉质检保证量产稳定性的方案。因此，查新点 2 在车灯光伏-液冷协同、模块化散热骨架设计及智能质检方面具有创新性与新颖性。

查新点 3，孙文超等[8]基于 Micro-LED 研究了投影车灯的自由曲面光学系统，通过折射镜与反射镜组合及自由曲面拟合算法实现图像畸变矫正；冯美权[9]评述了 Micro-LED 在车灯与车载显示中的高亮度、快速响应与宽色域优势及成本、可靠性挑战；华引芯(武汉)科技[10]的专利提出了倒装 Micro-LED 智能车灯芯片的晶粒键合基板技术，实现信息化功能集成；陆压汽车的自适应组合车灯[11]融合红外生物识别与激光测距，实现远近光无级调节与转向辅助；陈鹏等[12]采用微波-被动红外双监测技术进行远近光自动切换；重庆长安[13]提出了基于红外姿态识别的视觉控制方法；西安米克为正电子科技[14]则在电动车车灯中集成热释电红外传感，实现测距减速警示。

现有文献虽涵盖 Micro-LED 光学矫正、红外/雷达探测与远近光切换等功能，但未将红外光谱分析的生物识别、Micro-LED 柔性屏与 4K 级空间光调制器集成，也未涉及压电触觉反馈生成路面震动警示的多模态交互生态，更未从全息投影与环境负荷降低角度出发。因此，查新点 3 在生物识别-全息交互复合功能拓展及多模态触觉反馈方面具有明显新颖性。

综上所述，在前述国内检索范围内，未见有与“LED 智能车灯”查新点相同技术特点的文献报道。

七、查新员、审核员声明

①本报告是按照 GB/T32003-2015《科技查新技术规范》进行查新和审核，并得出上述查新结论，仅作为科技项目文献评价的旁证材料。

②科技查新收取的咨询费与本报告结论与用途无关。

③查新委托人应提供真实无误的项目技术要点及查新点，否则需承担由此引起的一切法律责任。

查新员：叶敏忠 职称：助理研究员

审核员：陈柏兴 职称：研究员



2025 年 05 月 26 日