
重庆市科学技术奖提名公示内容

(2023 年度)

一、项目名称：基于阵列型单光子探测的空天环境感知技术

二、提名者：重庆市江北区科学技术局

三、推荐类别：重庆市技术发明奖

四、推荐等级：一等奖

五、项目简介

空天环境感知是指对空中和天空周围环境的全面感知和理解。它涵盖了对飞行器、航空器、太空碎片、空天交通和其他相关要素的监测、收集和分析。涉及多个领域的技术和数据的融合，以支持航班调度、航天安全、冲突预警和空域管理等重要任务。

空天环境感知的一个重点需要解决的问题就是对暗弱目标的探测，暗弱目标指的是那些在低光或弱信号条件下难以被直接探测和识别的目标。这些目标可能是小型卫星、空天碎片、无人飞行器、夜间飞行器以及低反射率目标等。此时，在光学系统能力一定的前提下，瓶颈就在于光电探测器的极限探测能力，而目前光电探测能力的物理极限就是单光子探测，所以基于单光子探测的空天环境感知技术就成为一个国家重大需求。

本项目围绕核心器件的设计制备工艺、信号处理方案、应用机制方面做出了多项突破性创新成果，并实现应用示范。

(1) 发明了多项基于单光子探测的空天环境感知系统中的关键技术。包括：1) 开发了阵列式单光子探测器成像串扰优化技术；2) 发明了单光子探测器自适应动态感知技术；3) 发明了纳米线表面结构的 Si-APD 光电探测器及制备技术；4) 发明了一种与 DBR 包层及反射镜单片集成的波导光探测器技术；5) 发明了一种基于星海光量子链路传输的水下量子测距方法；6) 发明了基于量子纠缠光关联特性的单源定位和分布式距离相关定位技术；7) 发明了一种基于纠缠光的低开销量子成像技术；

(2) 本项目研发的关键技术应用在多个国家/省部级重大、重点项目工程中，包括：1) 研发了微型离子阱量子计算机，为我国天算系统的研制提供了基础，产品被国家博物馆收藏；2) 高速超低延迟波前探测技术应用在激光高能传输自适应光学系统，获得军科委举办的全国第一届无线传能技术挑战赛-远程动态系统挑战赛项目全国第一；3) 应用在我国最大口径(四米)的地基光电成像望远镜的复合式跟踪系统中，跟踪精度达到了百纳弧度，处于国际先进水平；4) 应用在空中暗弱目标的激光主动探测以及地球同步轨道碎片广域搜索系统，实现了对暗弱目标的广域搜索、快速扫描和高精度测量；5) 应用在激光雷达系统中，打破现有阵列型光子计数器的瓶颈效应，成果获得全国发明创业创新一等奖；6) 研发了国内首套“量子定位系统”和“量子照明与成像系统”，相关成果在 2023 中国国际智能产业博览会上展出。

本项目总共获得国家或国防发明专利 79 件、软件著作权 2 件，发表高水平论文 64 余篇，出版专著 3 本；成果广泛用于空天探测、空间光通信、激光雷达等领域，近三年新增销售收入 3600 万，

获中国产学研合作创新奖、中国好人-敬业奉献奖、重庆市杰出青年科学家、中国科技青年论坛优秀奖、重庆市青少年科技创新市长奖等奖励，被 20 多家主流党政媒体报道，在构建我国高端光电探测设备产业链、推动战略性新兴产业发展、维护社会安定与提高国民科学素质方面，取得巨大社会经济效益。

六、主要完成人及完成单位

主要完成人：马晓燮、周牧、马勇、许光洪、袁光福、李成平

主要完成单位：重庆连芯智能科技研究院有限公司、重庆邮电大学、中国人民解放军 95859 部队

七、主要知识产权目录

项目研究所形成的知识产权目录

序号	知识产权名称	类别	授权日期	专利号/登记号	状态
1	单光子激光雷达的 3d 图像扫描和修复方法、装置和设备	发明专利	2022.11.29	202110841499.9	已授权
2	一种可双模式工作的雪崩光电探测器	发明专利	2021.09.24	201911303312.9	已授权
3	一种基于量子纠缠光关联特性的分布式距离相关定位方法	发明专利	2023.10.24	202110076708.5	已授权
4	光敏台面与 N 接触台面之间光隔离的低功耗波导光探测器	发明专利	2021.07.13	201910973410.7	已授权
5	与 DBR 包层及反射镜单片集成的波导光探测器.	发明专利	2021.05.18	201911018076.0	已授权
6	一种基于星海光量子链路传输的水下量子测距方法	发明专利	2022.04.29	202110535388.5	已授权
7	一种基于量子纠缠光关联特性的单源定位方法	发明专利	2023.10.24	202110076571.3	已授权
8	一种基于纠缠光的低开销量子成像方法	发明专利	2023.10.27	202210782970.6	已授权
9	一种基于音圈电机的激光雷达变频扫描方法	发明专利	2021.07.30	201910742456.8	已授权

序号	知识产权名称	类别	期刊名称	券号 页码	发表年份
1	A high-resolution and low-cost entangled photon quantum imaging framework for marine turbulence environment.	期刊论文	IEEE Network	36(5): 78-86	2022
2	A deep learning-based target recognition method for entangled optical quantum imaging system. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.	期刊论文	IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	72, Article Number: 1502512.	2023
3	Integrating deep learning to achieve phase compensation for free space orbital angular momentum-encoded quantum key distribution under atmospheric turbulence	期刊论文	Photonics Research	9(2): B9-B17	2021
4	A time-division correction method for adaptive optics system	期刊论文	Journal of Physics	2093(2021)012038	2021