OEE | 光电工程 Opto-Electronic Engineering 先进光电技术：前沿与交叉专题

Editorial

2026 年 10 月, 第 53 卷, 第 10 期

“先进光电技术：前沿与交叉”专题导读

张　军[1*]，邵晓鹏[2]，魏　凯[3,4]，顾乃庭[1]

[1]国防科技大学前沿交叉学科学院，湖南 长沙 410073；

[2]中国科学院西安光学精密机械研究所，陕西 西安 710119；

[3]浙江大学光电科学与工程学院，浙江 杭州 310027；

[4]浙江大学 杭州国际科创中心，浙江 杭州 311215

摘要：光电技术是融合光子、电子与量子调控的多学科交叉技术，在信息获取、能量传输、目标感知与环境认知等方面持续取得突破，正深度赋能复杂环境下的目标探测、光电对抗、信息通信、导航制导等应用，并加速向小型化、智能化、体系化方向演进。为系统展现先进光电技术及其应用的最新研究进展，《光电工程》2026 年组织“先进光电技术：前沿与交叉”专题，共收录 14 篇论文，包含 11 篇原创论文和 3 篇综述，涵盖定向能、光电智能感知与信息处理、光电系统设计与集成、前沿交叉光电技术等方向，旨在推动先进光电技术应用，为相关领域研究人员提供参考。

关键词：先进光电技术；应用；专题

The English title and abstract appear at the end of the paper.

DOI: 10.12086/oee.2026.260273 | CSTR: 32245.14.oee.2026.260273 | 中图分类号：TN29 | 文献标识码：A

张军，邵晓鹏，魏凯，等. “先进光电技术：前沿与交叉”专题导读 [J]. 光电工程，2026，**53**(10): 260273

Zhang J, Shao X P, Wei K, et al. Special issue on advanced opto-electronic technologies: frontiers and interdisciplinary approaches[J]. *Opto-Electron Eng*, 2026, **53**(10): 260273

光电技术融合光子、电子与量子等多维调控，在信息获取和能量传输等方面取得突出创新成就，深度赋能目标及环境感知[1]、信息通信网络[2]、高精度制造[3]、物质相互作用[4] 等关键领域，并持续向小型化、智能化方向快速演进[5-6]。在应用牵引下，复杂环境对光电系统提出了更高要求：既要看得远、辨得准、跟得稳，又要抗干扰、抗毁伤、可协同、可无人自主运行[7-8]。定向能[9]、智能光电感知与信息处理[10-11]、光电导航与制导[12]、光电信息通信与网络构建[1,13] 等方向，已成为提升信息化、智能化水平的重要技术支撑。

为推动多学科前沿交叉与应用深度融合，国防科技大学前沿交叉科学学院自 2021 年起每年举办“前沿交叉科技论坛”，至今已成功举办 5 届[14-18]。论坛聚焦前沿交叉技术领域最新进展，汇聚国内高校、科研院所和工业部门顶尖专家学者，对推动前沿交叉技术交流、促进产学研用深度融合构建了重要平台，起到了桥梁纽带和牵引带动作用。在此背景下，国防科技大学联合中国科学院西安光学精密机械研究所、浙江大学、《光电工程》期刊共同组织“先进光电技术：前沿与交叉”专题，旨在展现先进光电技术最新发展成果、国际前沿动态以及领域应用趋势，也为相关领域研究人员提供有益帮助。本期精选来自国防科技大学、中国科学院光电技术研究所、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中山大学、电子科技大学等 21 家高校、科研院所和部队单位的 14 篇最新

收稿日期：2026−10−08；修回日期：2026−10−08；录用日期：2026−10−09；网络出版日期：2026−10−15

*通信作者：张军，zhangjun77@nudt.edu.cn

版权所有©2026 中国科学院光电技术研究所

研究成果，包括 11 篇原创论文和 3 篇综述，集中展示了先进光电技术在定向能、智能光电感知与信息处理、光电系统设计与集成、前沿交叉光电技术等方面的研究进展。

在定向能技术方面，《直升机载激光定向能系统关键技术与发展研究》梳理了国内外研究现状，提出机翼外挂吊舱式系统架构，分析反无人机、近程防空等场景及四大关键技术挑战，展望功率升级、小型化、智能化等方向。《激光定向能系统威力评估建模技术研究》针对现有战术激光定向能系统多基于单套设备完成功能与性能优化设计，而多设备联网组网、自主无人协同工作场景下系统作战能力难以精准评估的问题，提出一种基于归一化策略的系统威力建模与评估方法，构建理论与实测相结合的评估体系，并以某型战术激光系统为例完成验证。

在光电智能感知与信息处理方面，《运动红外小目标检测研究进展》针对运动红外小目标检测中尺度小、信噪比低、纹理语义弱且易受复杂动态背景干扰等问题，结合方法论差异与时序信息建模方式，将相关方法归纳为优化驱动和深度学习两条技术路线，讨论了统一评测、复杂运动解耦、跨场景泛化等关键问题。《红外序列下无人机与飞鸟目标时空特征差异识别》针对红外低空安防场景下小微型无人机与飞鸟特征高度相似、分类误检漏检突出等问题，提出一种结合面积时序变化与姿态自适应轮廓形态的双重特征 Dempster-Shafer 证据融合分类方法，通过相机运动补偿与目标跟踪提取面积时序序列重建目标相对三维运动轨迹判别飞行姿态。《基于 CUDA 加速的改进 SURF 算法在哈特曼波前探测中的应用》针对相关哈特曼波前探测中复杂大气环境导致子孔径图像局部缺失、影响波前探测精度的问题，提出一种基于 CUDA 加速的改进 SURF 算法，将传统 64 维 SURF 描述符压缩至 16 维，对不同分辨率图像均实现 13 倍以上加速。《复杂环境下无人机自主着陆的三维重建策略优化方法》针对固定翼无人机着陆阶段速度快、决策时间短、复杂天气干扰等问题，提出一种以三维高斯泼溅为基础框架的主动三维重建策略，通过模型渲染结果与实时观测图像残差估计场景不确定性，实现主动感知与增量重建，在相同重建质量条件下所需视图数最高分别减少 43.5% 和 67.5%，在雾天及高噪声条件下保持稳定优势。《多目标跟踪场景下异面直线交会目标同一性实时判别方法》针对航天发射目标级间分离、爆炸解体等复杂工况下多目标跟踪测量出现目标匹配错误并导致光学交会轨迹失真问题，提出一种基于异面直线公垂线几何约束的光学目标同一性判别方法，构建“先交会后判别”的逆向处理架构，实时解算视线交会偏差角，显著提高了测量数据的利用率。

在光电系统设计与集成方面，《美 SOSA 开放架构解析与我国机载光电系统渐进式开放设计方法》对 SOSA 技术标准体系及其对机载光电系统架构设计的具体启示进行了系统分析，建立了标准任务层、功能层和服务层的三层逻辑抽象，提炼出功能-逻辑-物理三域分离方法论和机载光电系统工作线程标准化理念，并面向未来分布式协同作战需求提出渐进式开放架构概念及三阶段实施路径。《基于航迹点驱动的机载光电设备检测仿真双融合方法研究》针对机载光电设备地面检测与仿真系统分立、自动仿真能力不足等问题，提出基于航迹点驱动的检测仿真双融合方法，将手动静态检测与自动动态仿真融合于统一框架，建立了航迹点仿真数据生成、关键航迹点指令自启动判定以及设备状态一致性检验模型，实验验证了方法的有效性。《面向大型场景的多视角激光点云配准与着色可视化方法》针对多视角点云在获取过程中普遍存在坐标系不统一、数据遮挡严重及可视化表达受限等问题，提出面向大型场景的多视角点云配准与着色可视化方法，采用奇异值分解及迭代最近点算法综合实现点云粗、精配准，并通过点云局部法向量计算倾角与倾向，在汽车单站多视角环扫及火箭发射场多站单视角重建实验中验证了方法的有效性。

在前沿交叉光电技术方面，《大口径高数值孔径超透镜分区域仿真性能》针对大尺寸高数值孔径超透镜全波仿真面临严峻算力瓶颈的问题，定量揭示了时域有限差分法计算资源随器件面积二次方增长的标度律，系统评估了局域周期近似场拼接方法的误差边界，并提出基于完美匹配层的分区域仿真方法，建立了量化权衡模型，将峰值内存需求从 7.4 TB 降至 1.2 GB。《铁掺杂氧化镓大功率光导开关多波长光电响应特性研究》针对当前光电导器件功率与频率性能受限问题，制备了金属网状电极 Fe 掺杂 β-Ga_2O_3 光导开关，系统开展多波长、超快瞬态光电响应测试，结果显示器件输出峰值电流随光子能量升高显著增大。能带分析表明，长波长仅激发 Fe^{2+} 浅能级电离，紫外光可激活镓空位等复合缺陷，多通道载流子跃迁大幅提升光电转换效率；700 ps 超快激光测试证实，Fe 掺杂浓度 1×10^{18} cm^{-3} 器件脉冲上升/下降时间更短、无明显拖尾，波形稳定性优异，更适用于高功率微波系统。《双模光子晶体光纤中环形光束超连续谱

产生与可见光扩展》针对双模光子晶体光纤，提出一种基于对轴空间耦合的高阶横模激发方法，开展具有环形能量分布的高阶横模超连续谱产生的理论与实验研究，最终产生了光谱范围覆盖 435~2220 nm 的环形超连续谱，输出激光二阶横模模式纯净度达 77.9%，可见光各波段的光斑可稳定保持环形能量分布。《超快涡旋光场驱动空气激射产生与调控》通过单束近红外泵浦光构造的调制光场产生和调控涡旋氮离子空气激射，发现空气激射中轨道角动量转移和守恒现象，揭示了自种子光诱导产生涡旋氮离子空气激射的物理机制，实验发现在输入光脉冲能量较高时，涡旋氮离子激射产率更高。

本次《光电工程》围绕先进光电技术组织专题，具有鲜明的需求牵引性和前沿交叉性。专题以应用为顶层牵引，贯通“机理—器件—系统—体系”创新链条，突出定向能、智能感知、系统集成与前沿交叉的深度融合。专题论文既关注定向能、威力评估、目标同一性判别等实战化问题，也关注开放架构、检测仿真、点云配准等着力于体系支撑的工程方法，还延伸到超透镜仿真、光导开关、超连续谱和空气激射等前沿方向，体现了先进光电技术向无人化、智能化、体系化方向演进的趋势。相信本专题的出版有助于读者把握先进光电技术及应用的研究动态与发展方向，并为推动该领域向更高性能、更高集成度和更广阔应用场景持续演进提供有益借鉴。

参考文献

1. Zhu S, Zhang Y W, Feng J X, et al. Integrated lithium niobate photonic millimetre-wave radar[J]. *Nat Photonics*, 2025, **19**(2): 204–211.
2. Suman B, Kumar V, Kumar A. Free space optical communication for tactical environment: potential applications, challenges and mitigation techniques[C]//*2024 International Conference on Computer, Electronics, Electrical Engineering & their Applications (IC2E3)*, Srinagar Garhwal, 2024: 1–6. https://doi.org/10.1109/IC2E362166.2024.10827589.
3. Li M J, Chen W B, Deng C S, et al. Recent advances in femtosecond direct laser writing of micro-optical imaging components[J]. *Int J Extrem Manuf*, 2026, **8**(2): 022011.
4. Fang Y Q, Lyu Z, Liu Y Q. Ultrafast physics with structured light[J]. *Nat Rev Phys*, 2025, **7**(12): 713–727.
5. Luo Y Y, Zhou Y L, Xie H Y, et al. Integration of metasurface with photodetectors and image sensors: towards ultra-compact, multi-functional and on-chip optoelectronic imaging systems[J]. *Front Optoelectron*, 2026, **19**(4): 36.
6. Wang Y F, Zhong M H, Liao K, et al. Diffractive optical neural networks: pathways toward intelligent and scalable photonic computing[J]. *NanoPhotonics*, 2026, **15**(8): e70098.
7. Wei C C, Feng H K, Ye K X, et al. Programmable multifunctional integrated microwave photonic circuit on thin-film lithium niobate[J]. *Nat Commun*, 2025, **16**(1): 2281.
8. Liu T H, Yuan Z Q, Wang L X, et al. Chelated tin halide perovskite for near-infrared neuromorphic imaging array enabling object recognition and motion perception[J]. *Nat Commun*, 2025, **16**(1): 4261.
9. Karkadakattil A. Laser-based directed energy weapons: technological capabilities, material interaction, and strategic deployment pathways[J]. *Def Sci Rev*, 2025, (21): 68–98.
10. Martin Jimenez A, Baltes M, Cornelius J, et al. Single-shot phase diversity wavefront sensing in deep turbulence via metasurface optics[J]. *Nat Photonics*, 2025, **19**(12): 1315–1321.
11. Zhang S J, Jiang X Y, Wu B, et al. Photonic edge intelligence chip for multi-modal sensing, inference and learning[J]. *Nat Commun*, 2025, **16**(1): 10136.
12. Wu K Y, O’malley N P, Fatema S, et al. Vernier microcombs for integrated optical atomic clocks[J]. *Nat Photonics*, 2025, **19**(4): 400–406.
13. Fan C X, Liu Y, He Y T, et al. A review of RF and free-space optical combined tactical communication technology[J]. *Changjiang Inf Commun*, 2024, **37**(12): 7–9.
范晨欣, 刘怡, 何禹彤, 等. 射频与激光复合战术数据链发展的思考[J]. 长江信息通信, 2024, **37**(12): 7–9.
14. 潇湘晨报. 国防科技大学成功举办首届前沿交叉科技论坛[EB/OL]. (2022-01-09) [2026-10-06]. https://news.qq.com/rain/a/20220109A05K2200.
15. 湖南日报. 无人智能制胜未来!第二届国防科技高地论坛在长沙举行[EB/OL]. (2024-09-28) [2026-10-06]. https://m.voc.com.cn/xhn/news/202409/20754552.html.
16. 首届国防科技高地论坛智汇光学分论坛暨第三届前沿交叉科技论坛在长沙举行[EB/OL].(2023-09-26) [2026-10-06]. https://www.nudt.edu.cn/xwgg/kdyw/0ffa6e844aa84d738608cf647d1d8042.htm.
17. 第四届前沿交叉科技论坛在长沙隆重举行[EB/OL]. (2024-10-19) [2026-10-06]. https://www.nudt.edu.cn/xwgg/xydt/a08c3bef373c433a9f4f79b539293f0e.htm.
18. 第五届前沿交叉科技论坛在国防科技大学成功举办[EB/OL].(2025-10-26) [2026-10-06]. https://www.nudt.edu.cn/xwgg/kdyw/b154d6d7e1014981ada720ccc847d0a7.htm.

作者简介

【通信作者】张军 (1977-)，国防科技大学研究员、博士研究生导师，前沿交叉学科学院院长。长期致力于高功率微波基础技术研究和系统装备研制。担任国防科技创新特区某方向专家组副组长、《强激光与粒子束》编委、中国脉冲功率技术及应用学会副理事长、中科院高功率微波源与技术重点实验室学术委员会委员。担任重大项目副总指挥、重点项目首席科学家，主持多项军队科技研究项目和自然科学基金项目。入选国家级高层次人才计划，先后荣获国家科技进步二等奖 1 项、军队科技进步一等奖 2 项，发表 SCI 论文 80 余篇，培养研究生 10 余名。

E-mail：zhangjun77@nudt.edu.cn

邵晓鹏 (1973-)，中国科学院西安光学精密机械研究所二级教授、博士研究生导师、副所长。长期致力于计算光学成像技术、光电图像处理与模式识别、光电仪器研制与测试。现任国家部委专业组专家，中国光学工程学会常务理事、中国光学学会理事、陕西省光学学会理事长。担任 *iOptics*、*Advanced Imaging* 创刊主编，先后发表论文 300 余篇，授权发明专利 100 余项。获国防科技技术发明二等奖、航天科技集团技术发明一等奖、光学工程学会技术发明一等奖等奖项。

E-mail：xpshao@opt.ac.cn

魏凯 (1981-)，浙江大学求是特聘教授、博士研究生导师，光电科学与工程学院院长。主要从事光电探测技术与器件研究。担任国家先进光学专家组组长、科技委某领域专家委员会核心专家、科技部新一代运载技术与装备专项论证组专家、浙江省光电自主感知重点实验室主任。担任国家重点项目片上激光雷达首席科学家、总设计师，先后承担国家高分专项预研、自然科学基金重点等项目 10 余项。入选国家高层次人才计划，先后荣获国家技术发明一等奖、二等奖各 1 项，军队科技进步一等奖 1 项，发表 SCI 论文 70 余篇，培养研究生 20 余名。

E-mail：kwei@zju.edu.cn

顾乃庭 (1984-)，国防科技大学前沿交叉学科学院教授、博士研究生导师。主要从事智能光学方向基础技术研究和系统装备研制工作。先后承担国家重点研发计划、国家自然科学基金、国家高技术发展计划等项目或课题 10 余项，发表研究论文 50 余篇、申请发明专利 30 余项。入选国家级高层次青年人才、省学术技术带头人、军队高层次学科拔尖人才、中国科学院青促会优秀会员等，担任《光电工程》编委，培养研究生 10 余名。

E-mail：gunaiting@ioe.ac.cn

Special issue on advanced opto-electronic technologies: frontiers and interdisciplinary approaches

Zhang Jun[1*], Shao Xiaopeng[2], Wei Kai[3,4], Gu Naiting[1]

[1] College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China;
[2] Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shannxi 710119, China;
[3] College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China;
[4] ZJU-Hangzhou Global Scientific and Technological Innovation Center, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 311215, China

Abstract

Opto-electronic technology is an interdisciplinary field integrating photonics, electronics, and quantum manipulation. It has continuously achieved breakthroughs in information acquisition, energy transmission, target perception, and environmental cognition, and is deeply empowering applications such as target detection, opto-electronic countermeasures, information communication, navigation and guidance in complex environments. It is also accelerating toward miniaturization, intelligence, and systematization. To systematically present the latest research progress in advanced opto-electronic technologies and their defense applications, *Opto-Electronic Engineering* organized the special issue "Advanced opto-electronic technologies: frontiers and interdisciplinary approaches" in 2026, featuring 14 papers including 11 original papers and 3 review articles, covering directed energy technology, intelligent opto-electronic perception and information processing, advanced opto-electronic system design and integration, photoconductive switches and high-power microwaves, and other frontier interdisciplinary directions. It aims to promote the application of advanced opto-electronic technologies in information acquisition and intelligent applications, and to provide references for researchers in related fields.

Keywords: advanced opto-electronic technology; application; special issue

Zhang J, Shao X P, Wei K, et al. Special issue on advanced opto-electronic technologies: frontiers and interdisciplinary approaches[J]. *Opto-Electron Eng*, 2026, **53**(10): 260273; DOI: 10.12086/oee.2026.260273

Opto-Electronic Journals Group
www.oejournal.org

扫描二维码，获取 PDF 全文