OEE | 光电工程 Opto-Electronic Engineering 微纳光子学:结构与器件专题

Editorial

2026 年 7 月, 第 53 卷, 第 7 期

“微纳光子学：结构与器件”专题导读

刘洪亮[1,2*]，贾曰辰[3]，田振男[4,5]

[1]南开大学电子信息与光学工程学院，天津 300350；

[2]南开大学现代光学研究所，半导体激光全国重点实验室，天津 300350；

[3]山东大学物理学院，山东 济南 250100；

[4]吉林大学电子科学与工程学院、集成电路学院，吉林 长春 130000；

[5]集成光电子全国重点实验室，吉林 长春 130000

摘要：微纳光子结构与器件是当代光子学领域的前沿方向，其核心在于利用亚波长尺度的人工结构实现对光场振幅、相位、偏振及色散等多维度的精准调控，为新一代信息处理、传感探测与量子技术提供了重要的物理基础与器件支撑。基于这一背景，《光电工程》于 2026 年组织“微纳光子学：结构与器件”专题，共收录 16 篇稿件，包括 5 篇综述和 11 篇原创论文，旨在系统呈现近年来该领域在结构设计、加工制造与功能器件等方面的研究进展，为相关科研人员提供有益的参考与启发。

关键词：微纳光子；微纳光子器件；专题

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

DOI: 10.12086/oee.2026.260183 | CSTR: 32245.14.oee.2026.260183 | 中图分类号：O43; TN25 | 文献标识码：A

刘洪亮，贾曰辰，田振男. “微纳光子学：结构与器件”专题导读 [J]. 光电工程，2026，**53**(7): 260183

Liu H L, Jia Y C, Tian Z N. Special issue on micro-/nano-photonics: structures and devices[J]. *Opto-Electron Eng*, 2026, **53**(7): 260183

微纳光子结构与器件是当代光子学领域的前沿方向之一。通过在亚波长尺度上设计和制备人工结构，可以实现对光场振幅、相位、偏振、色散及轨道角动量等多维物理量的灵活调控，从而突破传统光学材料与器件的功能局限[1-5]。近年来，随着微纳加工技术 (如电子束光刻、聚焦离子束、飞秒激光直写[6] 等) 的持续进步，以及超表面、光子晶体、拓扑光子学等新物理概念的不断涌现，微纳光子结构在光通信、量子信息、生物传感、增强现实显示等领域展现出广阔前景[7-18]。

在此背景下，《光电工程》于 2026 年组织推出了“微纳光子学：结构与器件”专题，旨在系统呈现该领域的最新研究进展、关键技术突破及潜在应用趋势。本期共精选来自清华大学、国防科技大学、西安交通大学、山东大学、吉林大学、华南理工大学、北京邮电大学、中国海洋大学、山东师范大学、山东理工大学、聊城大学、深圳技术大学、西南石油大学、昆明理工大学、江苏大学等高校和科研院所的 16 篇最新研究成果，包括 5 篇综述和 11 篇原创论文，全面展示了微纳光子结构与器件领域的发展脉络与前沿进展。

在 5 篇综述论文中，《水热 ZnO 纳米结构的微纳光子特性及应用研究进展》以“生长—结构—应用”为主线，系统梳理了前驱体、温度、时间及种子层等关键参数对 ZnO 形貌的调控机制，并总结了其在紫外探测器、发光二极管、光子晶体和微激光器中的代表性应用。《人工

收稿日期：2026-07-06；修回日期：2026-07-06；录用日期：2026-07-08；网络出版日期：2026-07-25

*通信作者：刘洪亮，drliuhl@nankai.edu.cn

版权所有©2026 中国科学院光电技术研究所

手性微纳结构及器件研究进展》围绕电子束光刻、聚焦离子束及激光直写三种主流技术，系统阐述了各工艺在手性结构制备中的原理特点与创新路径，并展示了其在传感、光学调控，以及手性粒子分离等方面的应用潜力。《基于非厄米超表面的偏振调控》聚焦奇异点与 PT 对称特性，从几何参数、偏振自由度和外场动态调控三个维度，综述了非厄米偏振超表面的理论基础与代表性成果，为偏振器件的多功能设计提供了新思路。《基于超表面的衍射光波导增强现实近眼显示技术》针对衍射波导在色散、视场角、效率和均匀性等方面的瓶颈，从多层堆叠、高阶衍射匹配、复用架构等角度综述了超表面提供的系统性解决方案。《基于高性能微纳光子器件的微波光子链路研究进展》以片上集成微纳光子器件为主线，全面综述了高性能 MPLs 的最新研究进展。在器件层面，梳理了底层硬件的突破性进展；在系统层面，重点探讨了由核心器件性能跃升驱动的三大系统级演进。

11 篇原创论文则将作者们的最新科研成果呈现给读者。《基于多光束里德堡原子接收机的信号到达角估计》针对射频信号到达角测量的需求，设计了基于级联液晶偏振光栅的一体化 2×2 准直光束阵列，结合里德堡原子的电磁诱导透明效应与超外差技术，在 X 波段 (8.57 GHz) 实现了误差小于 1.5°的到达角估计，为量子传感技术在导航与遥感领域的应用提供了新方案。《基于拉锥光子晶体光纤与级联空芯 FP 腔的海水温盐深传感研究》提出并验证了一种聚合物薄膜 FPI 与 MZI 复合的光纤传感结构，实现了温度、盐度与压力的高灵敏度同步测量，并通过灵敏度矩阵有效解耦交叉敏感。《弗洛凯机制下的旋错涡旋光场调控研究》通过构建不同旋转对称性的旋错光晶格，揭示了弗洛凯调制对拓扑能带的重构机制，并实现了具有轨道角动量的稳定涡旋模式，为非平衡拓扑光子学提供了新视角。《基于 Bi_2Se_3 的被动调 Q 波导脉冲涡旋激光器》将飞秒激光直写的 Nd:YAG 包层波导与拓扑绝缘体 Bi_2Se_3 可饱和吸收体相结合，在 850 mW 泵浦下获得 39 ns 脉宽、9.1 MHz 重复频率的稳定涡旋脉冲输出。《基于 Au-Gr 非对称肖特基结的薄膜铌酸锂波导集成 $MoTe_2$ 光电探测器》基于质子交换波导平台，利用金与石墨烯的功函数差异构建非对称肖特基结，在零偏压下实现自驱动探测，1310 nm 波长下光开关比高达 2.1×10^6。《单光子泵浦下基于光子晶体微腔的 $CsPbBr_3$ 量子点低阈值放大自发辐射》通过光子晶体微腔的 Purcell 效应将光学增益寿命大幅缩短，在 400 nm 飞秒激光泵浦下实现了仅 8.7 μJ/cm^2 的放大自发辐射阈值。《基于 SLM 的飞秒激光多焦点纵向直写高效制备玻璃光波导》提出多焦点纵向直写策略，通过空间光调制器生成可编程焦点阵列，在单次扫描中完成多通道波导的并行制备，显著提升了加工效率并保证了截面圆度。《飞秒激光直写几何相位准直分束器》则在熔融石英内部制备了级联几何相位偏振光栅，通过动态脉冲线密度补偿工艺抑制了偏振依赖加工差异，实现了线偏振输入到线偏振输出的准直二等分，分束比达 94%。《飞秒激光直写低串扰三维集成 90°光混频器》利用飞秒激光的三维加工能力，将 I、Q 干涉臂写入不同深度实现空间隔离，实测串扰低于−72 dB，在全偏振范围内相位误差控制在±5°以内。《飞秒激光刻写并行 FBG 免包络游标高灵敏温度传感器》结合飞秒激光微加工与免包络游标解调算法，利用并行 FBG 阵列的空间构型优势，在保持高光谱分辨率的同时实现了温度灵敏度近 20 倍的提升。此外，《NV 色心矢量磁测中磁场投影等值与谱线重合的机制研究》基于金刚石晶体对称性，系统推导了三维磁场在各 NV 轴上的投影等值判据，并通过实验验证了不同等值条件下 ODMR 谱峰数的变化规律，为量子精密测量中的偏置磁场优化提供了理论依据。

这些成果从手性光学、非厄米物理、拓扑光子学到光纤传感、微波光子链路、波导激光、量子点发光、固态量子传感与原子微波测量，涵盖了微纳光子结构与器件研究的多个重要方向，展现了该领域从基础物理机制到功能器件集成的完整研究链条。特别值得关注的是，飞秒激光直写技术在三维集成光子器件中的优势日益凸显，超表面与拓扑物理的结合正不断拓展光场调控的边界，光纤微结构为海洋环境监测提供了全光学的解决方案，而基于里德堡原子的量子传感则展示了微纳光学与量子精密测量交叉融合的巨大潜力。相信本专题的出版将为读者深入了解微纳光子结构与器件的研究现状与未来趋势提供重要参考，也期待相关研究能够持续推动光子学走向更高性能、更高集成度与更广泛应用的新阶段。

参考文献

1. Chen W T, Zhu A Y, Capasso F. Flat optics with dispersion-engineered metasurfaces[J]. *Nat Rev Mater*, 2020, **5**(8): 604−620.
2. Kamali S M, Arbabi E, Arbabi A, et al. A review of dielectric optical metasurfaces for wavefront control[J]. *Nanophotonics*, 2018, **7**(6): 1041−1068.
3. Ji W Y, Chang J, Xu H X, et al. Recent advances in metasurface design and quantum optics applications with machine learning, physics-informed neural networks, and topology optimization methods[J]. *Light Sci Appl*, 2023, **12**(1): 169.
4. Chen H T, Taylor A J, Yu N F. A review of metasurfaces: physics

and applications[J]. *Rep Prog Phys*, 2016, **79**(7): 076401.
5. Willner A E, Su X Z, Song H, et al. Integrated circuits based on broadband pixel-array metasurfaces for generating data-carrying optical and THz orbital angular momentum beams[J]. *Nanophotonics*, 2023, **12**(14): 2669−2685.
6. Yin J B, Lin Z Y, Ji L F, et al. Femtosecond laser micro/nano-processing via multiple pulses incubation[J]. *Opto-Electron Technol*, 2025, **1**(2): 250003.
7. Choi M, Park J, Shin J, et al. Realization of high-performance optical metasurfaces over a large area: a review from a design perspective[J]. *npj Nanophoton*, 2024, **1**(1): 31.
8. Gao S X, Cao T, Ren H N, et al. Non-volatile reconfigurable planar lightwave circuit splitter enabled by laser-directed Sb_2S_3 phase transitions[J]. *Opto-Electron Technol*, 2025,**1**: 250002.
9. Liu X J, Gu M N, Tian Y, et al. Research progress on generating perfect vortex beams based on metasurfaces[J]. *Opto-Electron Sci*, 2025, **4**: 250007
10. Ni X, Yves S, Krasnok A, et al. Topological metamaterials[J]. *Chem Rev*, 2023, **123**(12): 7585−7654.
11. You J W, Lan Z H, Ma Q, et al. Topological metasurface: from passive toward active and beyond[J]. *Photonics Res*, 2023, **11**(3): B65−B102.
12. Yan Q C, Zhao B H, Zhou R, et al. Advances and applications on non-Hermitian topological photonics[J]. *Nanophotonics*, 2023, **12**(12): 2247−2271.
13. Yan W C, Zhang B, Chen F. Photonic topological insulators in femtosecond laser direct-written waveguides[J]. *npj Nanophoton*, 2024, **1**(1): 40.
14. Zhang X, Huang Y L, Fan W Y, et al. Active retinal projection augmented reality display via pixel-to-pixel collimation[J]. *Opto-Electron Adv*, 2026, **9**: 250252.
15. Yu M H, Chen Z X, Kentsch U, et al. Construction of robust physical colors on lithium tantalate crystals with embedded gold nanoparticles and laser direct writing[J]. *Laser Photonics Rev*, 2025, **19**(24): e00415.
16. Yang Q X, Yu M H, Chen Z X, et al. A novel approach towards robust construction of physical colors on lithium niobate crystal[J]. *Opto-Electron Adv*, 2025, **8**(3): 240193.
17. Ai S W, Yang Q X, Sheng Y, et al. Laser-induced domain engineering in potassium tantalate niobate crystals for ultra-broadband second-harmonic generation[J]. *Laser Photonics Rev*, 2026: e71256
18. Dai C J, Dong X F, Li X L, et al. Hydrogel micro-nanostructures for dynamic light-field manipulation[J]. *Opto-Electron Eng*, 2025, **52**(11): 250196.
代尘杰, 董小锋, 李醒龙, 等. 水凝胶微纳结构的动态光场操控[J]. 光电工程, 2025, **52**(11): 250196.

作者简介

【通信作者】刘洪亮 (1987-)，南开大学教授，博士生导师，现代光学研究所副所长。长期致力于超快激光与离子束改性透明介电材料制备微光子学器件研究工作，以第一作者、通讯作者身份在权威学术期刊 *Opto-Electron Adv*，*Light Sci Appl*，*Laser Photonics Rev*，*Acta Mater*，*Nanophtonics*，*Appl Physs Lett* 等发表论文近 50 篇，授权国家发明专利 3 项，获山东省自然科学二等奖 1 项。担任《光电工程》期刊编委，《中国激光》青年编委。

E-mail：drliuhl@nankai.edu.cn

贾曰辰 (1988-)，山东大学教授，博士生导师。入选山东省泰山学者青年专家计划、山东省优秀青年科学基金、山东大学齐鲁青年学者、美国光学学会 (Optica，原 OSA) 高级会员，研究方向主要为基于光电功能晶体材料的微纳光子结构制备及其在激光、非线性光学、光电探测等领域中的应用。近年来，以第一/通讯作者身份在 *Appl Phys Rev*、*Optica*、*Laser Photonics Rev* 等期刊上发表 SCI 收录论文 60 余篇，获得山东省科学技术进步一等奖 1 项、山东省自然科学二等奖 1 项。目前担任中国感光学会光学精密成型专业委员会委员、*Light Manip Appl* 青年编委、《光电工程》编委、*Microw Opt Technol Lett* 编委 (Associate Editor)。

E-mail：yuechen.jia@sdu.edu.cn

田振男 (1987-)，吉林大学教授，博士生导师，国家级青年人才。研究方向主要为飞秒激光精密制造技术与三维集成光芯片。近年来，以第一/通讯作者身份在 *Nat Phys*、*Nat Photonics*、*Phys Rev Lett* 等期刊上发表 SCI 收录论文 30 余篇，获授权国家发明专利 10 余项。目前担任中国感光学会光学精密成型专业委员会委员、高速摄影和光子学专业委员会委员，担任《中国激光》《红外与激光工程》、*Fundam Res* 青年编委。

E-mail：zhennan_tian@jlu.edu.cn

Special issue on micro-/nano-photonics: structures and devices

Liu Hongliang[1,2*], Jia Yuechen[3], Tian Zhennan[4,5]

[1] College of Electronic Information and Optical Engineering, Nankai University, Tianjin 300350, China;
[2] National Key Laboratory of Semiconductor Laser, Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300350, China;
[3] School of Physics, Shandong University, Jinan, Shandong 250100, China;
[4] College of Electronic Science and Engineering, College of Integrated Circuits, Jilin University, Changchun, Jilin 130000, China;
[5] State Key Laboratory of Integrated Optoelectronics, College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin 130000, China

Abstract

Micro/nano photonic structures and devices represent a frontier direction in contemporary photonics. Their core lies in the precise manipulation of optical fields across multiple dimensions—including amplitude, phase, polarization, and dispersion—using subwavelength artificial structures, providing essential physical foundations and device support for next-generation information processing, sensing, and quantum technologies. Against this backdrop, *Opto-Electronic Engineering* has organized a special issue on "Micro/nano photonics: structures and devices" in 2026, featuring 16 contributions including 5 review articles and 11 original research papers. This issue aims to systematically present recent advances in structural design, fabrication techniques, and functional devices in this field, offering valuable reference and inspiration for researchers in related disciplines.

Keywords: micro-/nano-photonics; micro-/nano-photonic devices; special issue

Liu H L, Jia Y C, Tian Z N. Special issue on micro-/nano-photonics: structures and devices[J]. *Opto-Electron Eng*, 2026, **53**(7): 260183; DOI: 10.12086/oee.2026.260183

Opto-Electronic Journals Group
www.oejournal.org

扫描二维码，获取 PDF 全文