

简报

EPI SKL

State Key Laboratory of Extreme Photonics and Instrumentation



2026 年 第 2 期
总第 59 期
2026 年 7 月



上图：实验室发布三项光学领域重要技术

极端光学技术与仪器全国重点实验室

目录

科研进展：狄大卫、赵保丹 最小化应变实现超稳定锡基钙钛矿 LED.....	1
科研进展：刘东 通过主被动遥感融合实现区域气溶胶观测从“二维”走向“三维”	2
科研进展：刘东、吴兰 星载主被动融合探测海洋颗粒后向散射系数 (b_{bp}) 剖面信息.....	4
科研进展：魏凯 基于级联电可调液晶器件的集成多功能计算成像平台.....	5
科研进展：魏凯 MEMS 可调谐反射式超表面实现双任意相位态切换.....	6
科研进展：魏凯、马耀光 混合超透镜实现大空间-光谱带宽的热成像与增强现实应用...	7
科研进展：刘旭、匡翠方 面向平面周期性微结构制备的频谱可编程时分复用干涉光刻技术.....	8
科研进展：戴道铎 紫外 C 到中红外的薄膜钽酸锂片上超连续谱光源.....	9
科研进展：戴道铎 电控非易失/易失可编程光学矩阵.....	10
科研进展：戴道铎 多功能波长选择性 PZT 光子芯片.....	11
科研进展：林晓、陈红胜 消色差界面切伦科夫辐射.....	12
新闻速递：实验室发布三项光学领域重要技术！多项核心指标达国际领先水平.....	13
新闻速递：雪龙踏冰，激光探极 刘东教授团队自研激光雷达圆满完成中国第 42 次南极考察普里兹湾联合航次任务.....	15
热烈祝贺：刘旭老师和陈红胜老师荣获全国创新争先奖状！	17
热烈祝贺：邱建荣教授团队研究成果入选 2025 年度中国十大光学产业技术.....	18
科学传播：光启未来·知识寻光——2026 年中国光学学会浙江大学学生分会国际光日活动圆满举行.....	20
学术交流：实验室举办 4 期极端光学技术系列论坛讲座.....	21

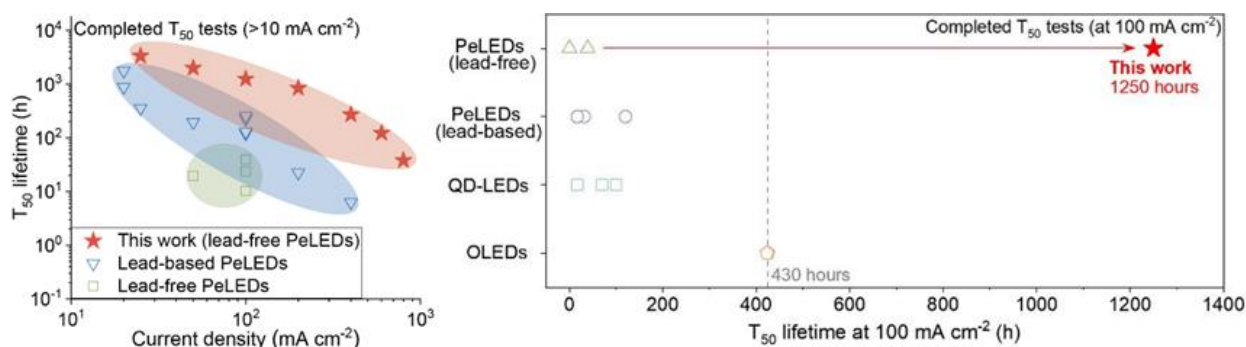


科研进展

最小化应变实现超稳定锡基钙钛矿 LED

金属卤化物钙钛矿是一类极具潜力的新型半导体材料,具有优异的光电性能和低成本制造优势。然而,钙钛矿技术的商业化进程一直受到两大挑战的阻碍:器件的不稳定性以及铅(Pb)的毒性。作为一种更为环保的替代材料,锡基钙钛矿被认为是最具前景的无铅钙钛矿半导体。然而,锡(Sn)基钙钛矿的运行稳定性远逊于铅基钙钛矿,主要原因在于 Sn^{2+} 极易氧化为 Sn^{4+} , 导致材料退化和严重的电学性能下降。在传统半导体(如硅、锗)中,应变工程是调控电学性能和结构稳定性的关键手段。应变是指晶格位点偏离理想平衡位置的程度,通常源于晶格失配、位错和无序。虽然应变在铅基钙钛矿中已有相关研究并证明能提升性能,但在锡基钙钛矿中,由于其材料组成的复杂性与结晶动力学的多变性,如何有效精准控制应变分布一直是一个难以攻克的问题。

最近,狄大卫、赵保丹团队与合作者,开发一种新型的组合热蒸发技术,精确调控了无铅钙钛矿 CsSnI_3 薄膜内部的应变分布。基于该策略制备的无铅钙钛矿 LED 实现了令人惊叹的运行稳定性:在 100 mA cm^{-2} 的高电流密度下,实验测得的器件运行寿命(T_{50})达到 1250 小时;在 25 mA cm^{-2} 下更是高达 3350 小时。在 100 mA cm^{-2} 电流密度下,这一寿命表现不仅比目前最稳定的铅基钙钛矿 LED 高约 5 倍,更是将此前最稳定的无铅钙钛矿 LED 记录提升了约 31 倍,甚至比目前最先进的有机 LED 和量子点 LED 更稳定。这一成果成功解决了钙钛矿器件领域长期存在的“环保性与稳定性不可兼得”的矛盾,为高性能、环境友好型显示与照明技术的应用铺平了道路。



上图: 本研究实现的锡基钙钛矿 LED 与其他 LED 技术的稳定性比较。

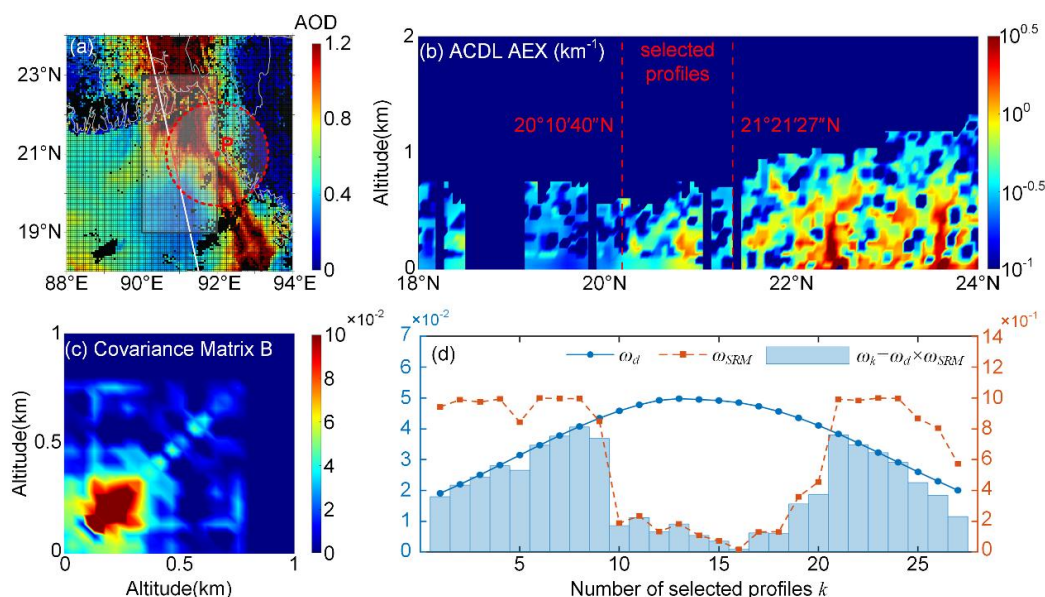
上述成果于 2026 年 4 月 27 日发表于《Nature Photonics》期刊【Tang, W. et al. Minimizing strain for ultra-stable tin perovskite LEDs. *Nature Photonics* 20, 679–685 (2026), DOI: [10.1038/s41566-026-01901-7](https://doi.org/10.1038/s41566-026-01901-7)】,浙江大学是论文的唯一通讯单位。论文的通讯作者为狄大卫教授和赵保丹教授。第一作者是浙江大学博士后唐炜栋。上述研究被科学网等报道。

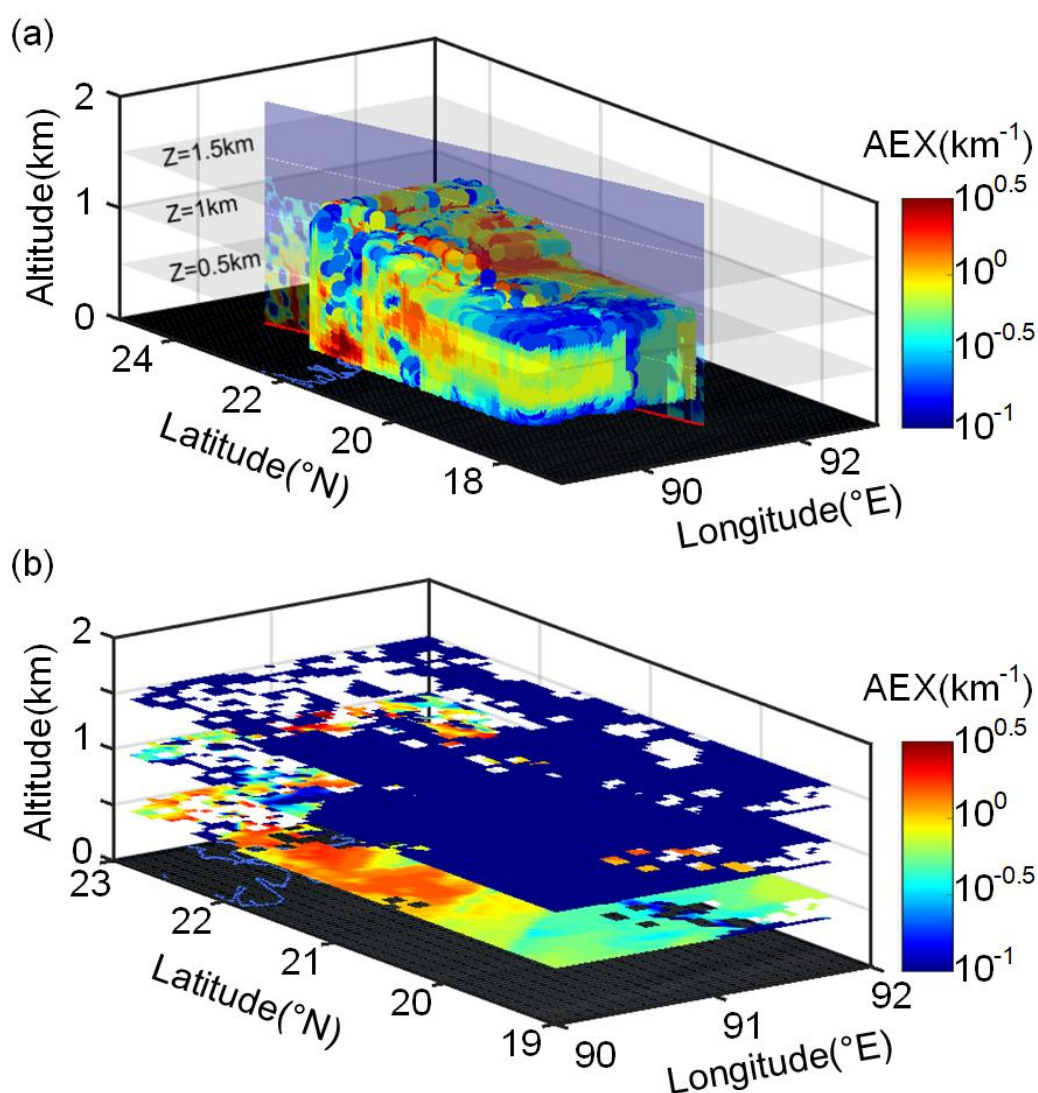
科研进展

通过主被动遥感融合实现区域气溶胶观测从“二维”走向“三维”

三维气溶胶消光系数 (3D-AEX) 是表征气溶胶光学特性与辐射效应的关键参数, 对理解气溶胶-边界层相互作用及提升气候模拟精度具有重要意义。但其反演同时依赖高精度垂直结构与大范围空间连续观测, 目前仍难以实现区域高分辨率三维结构探测。星载激光雷达 (如 CALIOP) 可提供垂直廓线, 但受限于窄幅轨道与低重访频率 (全球覆盖率约 0.2%/16 天), 难以支撑区域连续观测; 静止轨道卫星 (如 AHI/Himawari-8 与 ABI/GOES-16) 具备高时空分辨率, 可提供气溶胶光学厚度 (AOD) 与多光谱信息, 但缺乏垂直分辨能力。传统 Mie 散射激光雷达反演通常依赖固定激光雷达比假设, 将后向散射转换为消光系数, 但在复杂气溶胶条件下易引入系统误差, 降低三维反演可靠性。相比之下, 高光谱分辨率激光雷达 (ACDL/AEMS) 通过碘分子吸收通道实现 Mie 与 Rayleigh 散射分离, 可在无需激光雷达比假设的情况下直接反演气溶胶消光系数, 从而显著提升垂直结构的物理一致性。因此, 如何融合“高精度但稀疏”的激光雷达观测与“高覆盖但缺乏垂直信息”的静止卫星观测, 实现区域连续三维气溶胶消光场重建, 是当前大气遥感领域的关键问题。

针对该问题, 刘东教授团队提出主被动融合算法 APEX (Active-Passive fusion for 3D aerosol extinction mapping), 构建统一反演框架, 利用 ACDL/AEMS 提供高精度消光廓线约束, 并融合 AHI/Himawari-8 与 ABI/GOES-16 的多光谱辐射及 AOD 信息, 实现从稀疏轨道到区域连续三维结构的扩展。进一步引入几何距离自适应筛选与空间-光谱联合权重策略, 构建适用于非均匀观测条件的优化反演框架, 有效缓解远距离扩展中的误差累积问题。为定量评估性能, 建立盲区重建与星地对比双重验证体系。结果表明, APEX 在 50–200 km 尺度下仍保持稳定重建能力, 在 200 km 条件下实现 $R^2 \approx 0.62$ 、 $RMSE \approx 0.10 \text{ km}^{-1}$; 星地验证中 RMSE 降低约 0.03 km^{-1} , 并在 MPLNET 站点取得超过 77% 一致性。同时, 基于三维消光结构反演的边界层高度产品较 ERA5 实现约五倍分辨率提升。该研究为区域三维气溶胶结构精细刻画提供了一种高分辨率、可扩展的主被动融合方法, 并为气溶胶输送与边界层过程研究提供新的观测支撑。





研究成果发表在期刊《Journal of Remote Sensing》(2026 年最新影响因子为 11.0) 上【Wentao Xu, Jingxin Zhang, Chonghui Cheng, *et al.* This is APEX: an Active-Passive remote sensing fusion algorithm for 3D aerosol EXtinction coefficients mapping and regional PBLH estimation. *J Remote Sens.* DOI:[10.34133/remotesensing.1051](https://doi.org/10.34133/remotesensing.1051)】。论文第一作者为浙江大学光电科学与工程学院博士生徐文韬，通讯作者为刘东教授，生态环境部卫星环境应用中心副所长/首席专家刘思含正高级工程师为共同通讯作者。该研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金及中国气象局气候变化专项等项目支持。

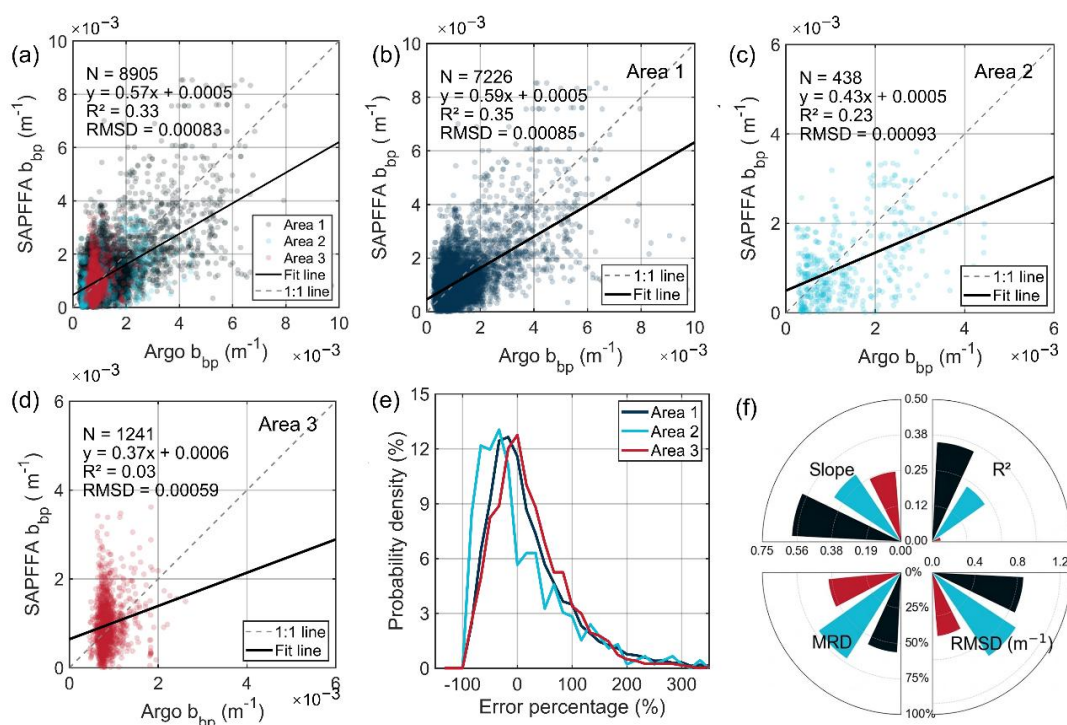
科研进展

星载主被动融合探测海洋颗粒后向散射系数 (b_{bp}) 剖面信息

星载激光雷达能够主动向海洋发射激光并接收水体返回信号,具备获取高垂向分辨率海洋剖面信息的潜力。ICESat-2 搭载的 ATLAS 光子计数激光雷达具有高重复频率、高灵敏度和高空间分辨率,为海洋上层 b_{bp} 剖面反演提供了重要数据基础。然而,单一主动激光观测在实际应用中仍面临激光雷达常数校准、噪声抑制和白天数据利用率等难题。

近日,刘东教授与吴兰教授团队围绕星载光子计数激光雷达的数据高效利用及海洋光学参数反演问题,提出星载主被动融合激光雷达反演算法 (SAPFFA)。该方法利用 ICESat-2 光子计数激光雷达的高灵敏度、高分辨率观测数据获取高精度 b_{bp} 剖面;同时基于泊松噪声分析确定 ICESat-2 昼夜海洋信号的最优积分距离,有效利用传统研究通常舍弃的白天数据,并在 Fernald 迭代中引入 MODIS 获得的海水激光雷达比,实现不依赖风速校准的高精度 b_{bp} 反演。

研究在近岸、极区和开阔大洋三类代表性海域与 BGC-Argo 实测 b_{bp} 剖面进行验证,夜间均方根差分别为 0.00085 m^{-1} 、 0.00093 m^{-1} 和 0.00059 m^{-1} ,白天分别为 0.00116 m^{-1} 、 0.00139 m^{-1} 和 0.00082 m^{-1} 。与常用风速校准方法相比,SAPFFA 在近岸和低风速区域表现出更高的反演精度。



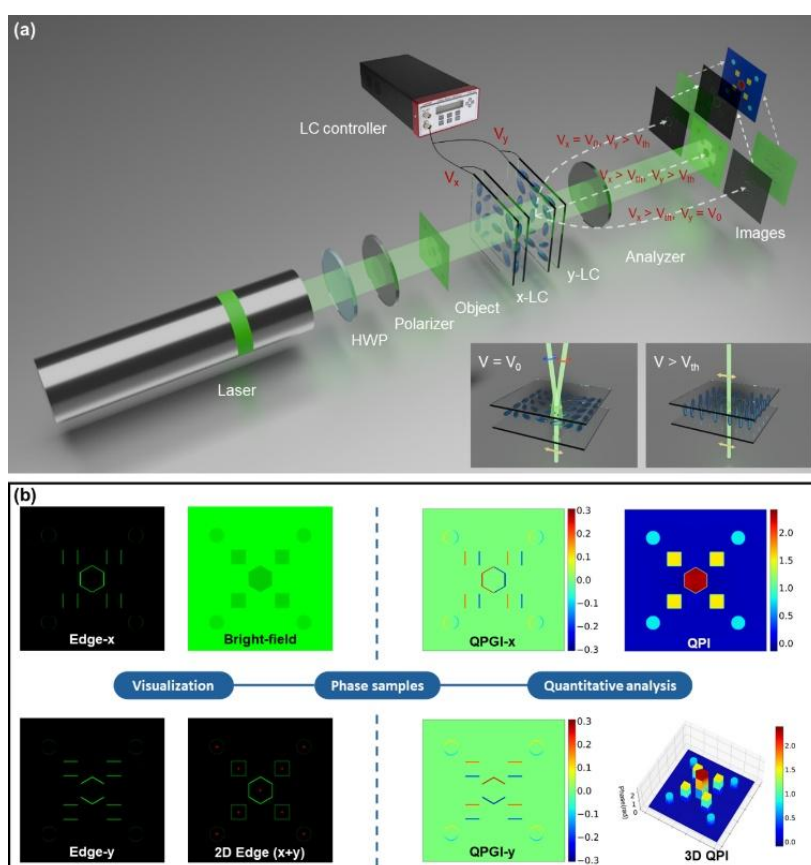
本研究成果发表于《Remote Sensing of Environment》期刊【Xu J. *et al.* Retrieval of ocean particle backscatter coefficient profile based on Spaceborne Active-Passive Fusion Fernald Algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 343: 115489(2026). DOI: [10.1016/j.rse.2026.115489](https://doi.org/10.1016/j.rse.2026.115489)】论文第一作者为浙江大学博士研究生徐泾洪,通讯作者为刘东教授与浙江大学宁波国际科创中心刘群博士。该工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、浙江省自然科学基金等项目的支持。

科研进展

基于级联电可调液晶器件的集成多功能计算成像平台

生物医学研究与临床诊断对无标记、多模态成像技术有着日益迫切的需求。整合明场、边缘增强与定量相位三种模式，可从同一样本提取互补信息：明场提供形态概览，边缘增强凸显透明结构的散射梯度，定量相位则将相位延迟转化为细胞干质量、厚度、折射率等生物物理参数，直接关联细胞代谢状态。然而，现有方案结构复杂、成本高，简化集成仍是关键挑战。

针对上述难题，魏凯、汤明炜、韩于冰团队基于级联电可调液晶器件，通过编程电压控制其工作状态，可实现四种成像模式的灵活切换，核心机制是利用液晶器件的空间变双折射，对左、右旋圆偏振施加相反几何相位，使其产生微米级横向分离，经检偏干涉等效为光学微分运算，直接提取边缘信息。两器件均可独立切换“各向同性”透明态与“各向异性”衍射态：双各向同性→明场成像；单器件各向异性→单轴边缘检测；交替切换并融合→全视野二维边缘增强。进一步，偏振相机同步采集多检偏角图像，经相移算法提取相位梯度，求解二维泊松方程重建完整定量相位图。该方案共光路、电控四模式无缝切换，兼顾高精度定量与高集成稳定性。



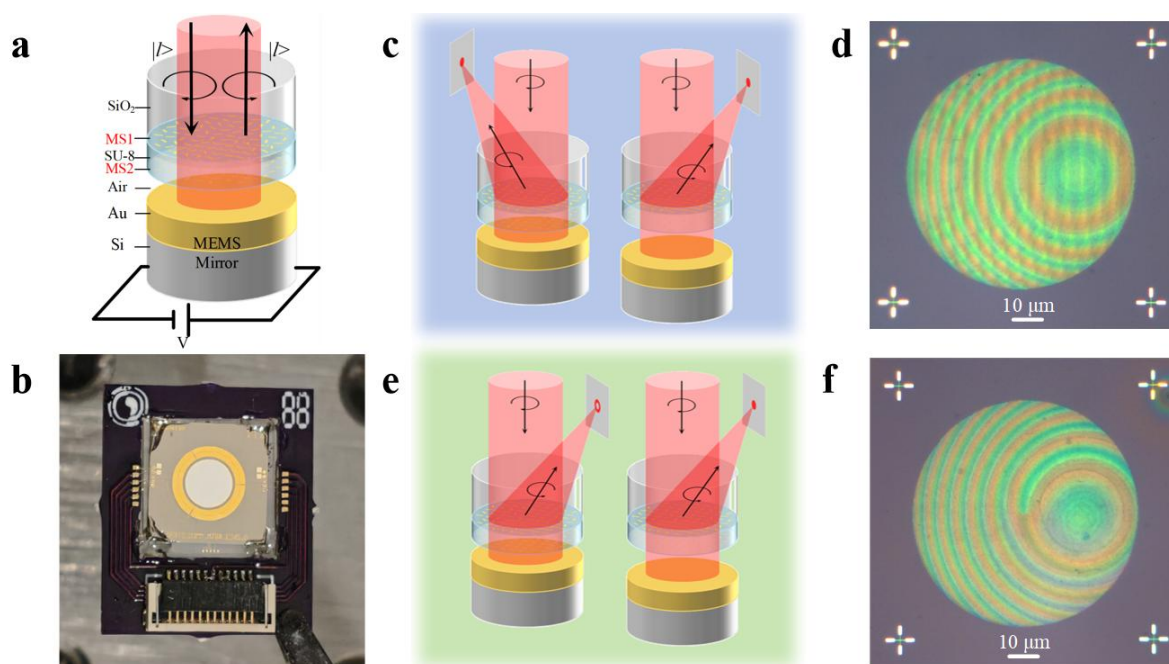
本研究成果发表于《Laser & Photonics Reviews》期刊【Xinjie Wu *et al.*, Integrated Multifunctional Computational Imaging Platform Using Cascaded Electrically Tunable Liquid Crystal Elements, *Laser & Photonics Reviews*, 2026, 20(4), e02040. DOI: [10.1002/lpor.202502040](https://doi.org/10.1002/lpor.202502040)】。浙江大学光电学院本科生吴鑫杰及研究生蒋鑫远为论文共同第一作者，通讯作者包括浙江大学魏凯教授、汤明炜助理研究员、韩于冰特聘研究员。

科研进展

MEMS 可调谐反射式超表面实现双任意相位态切换

动态可调超表面将静态光学元件推向可编程光学接口,是光学超表面走向实际应用的关键。然而,现有调谐策略难以在两个独立光学状态下实现任意、连续的 2π 相位调制。其本质困难在于:两个独立光学函数需要两个解耦的相位调控维度,而现有方案要么调谐范围不足 2π ,要么两状态间存在强相位耦合,无法独立实现波前整形。

针对此难题,魏凯、汤明炜课题组联合南丹麦大学纳米光学中心,提出基于 MEMS 的可调谐反射式超透镜平台。团队将双层金纳米砖超表面与压电 MEMS 反射镜集成,构成法布里-珀罗干涉腔。通过 MEMS 精确调控空气间隙 (350 nm 与 500 nm 两模式),在 Mode A 下第二层超表面位于干涉暗纹处而"透明化",反射相位仅由第一层超表面控制;Mode B 下两层超表面协同工作,第二层超表面主导。由此将二维旋转角参数空间(θ_1, θ_2)解耦为两个独立调控通道,两状态各自覆盖 360° 相位且反射振幅保持在 0.74–0.85。基于该平台,团队展示了可切换离轴聚焦与可切换涡旋聚焦两类超透镜,在 650–850 nm 宽谱内动态功能稳定,聚焦效率 30–40%,上升/下降响应时间 0.58/0.4 ms。



上图 a–b MEMS 可调谐反射式超透镜平台示意图 (a) 及实物图 (b) c–d 可切换离轴聚焦超透镜示意图 (c) 及显微镜图像 (d) e–f 可切换涡旋聚焦超透镜示意图 (e) 及显微镜图像 (f)

本研究成果发表于《ACS Nano》期刊【Zhihao Zhu *et al.*, Microelectromechanical Systems–Tunable Reflective Metalenses for Switchable Focusing between Two Arbitrary Phase States, *ACS Nano*, Vol. 20, pp. 12890–12900 (2026). DOI: [10.1021/acsnano.5c20822](https://doi.org/10.1021/acsnano.5c20822)】。浙江大学光电学院博士生朱智豪为论文第一作者,通讯作者包括浙江大学魏凯教授、汤明炜助理研究员、南丹麦大学孟超研究员、Sergey I. Bozhevolnyi 教授。

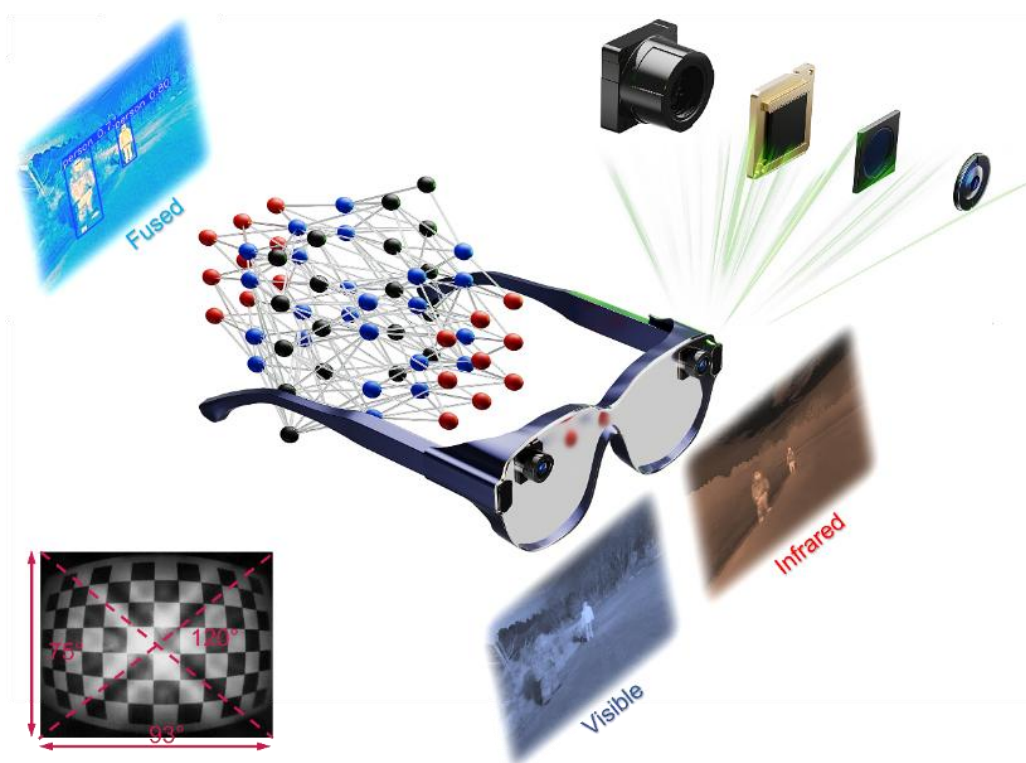
科研进展

混合超透镜实现大空间-光谱带宽的热成像与增强现实应用

长波红外热成像在安防、夜视和工业检测中应用广泛，但传统系统依赖复杂多透镜组校正像差与色差。现有 LWIR 超透镜面临大视场与宽带消色差难以兼得的根本矛盾，空间-光谱带宽积（SSBP）最高仅 17.3，远不能满足实用需求。

针对此挑战，魏凯、马耀光、汤明炜团队提出基于混合超透镜的大规模消像差偏振无关热成像方案。团队将单晶锗折射透镜与 a-Si 超表面相位校正器协同设计为混合双合透镜：折射透镜承担主光焦度，超表面校正器消除离轴像差与色差，两者色散系数相反实现宽带消色差。超表面采用 C_{∞v} 和 C_{4v} 对称的 a-Si 纳米柱，保证偏振无关响应，平均透射率超 60%，相位覆盖 0–2 π 。团队优化深硅刻蚀工艺，实现了 14 mm 大口径超表面的高保真制备。

实验表明，该混合双合透镜在 8–12 μm 全波段实现超 120°全视场，SSBP 达 72.2，为迄今最高值，较此前纪录提升约 4 倍。团队将其与商用非制冷红外焦平面阵列集成，构建仅重 17 g 的紧凑 LWIR 相机，仅靠环境热辐射即可获高质量热图。进一步与 AR 系统集成并配深度学习后端，支持畸变校正、目标识别与图像分割，在烟雾穿透、伪装对抗和多目标识别场景中验证了性能优势。



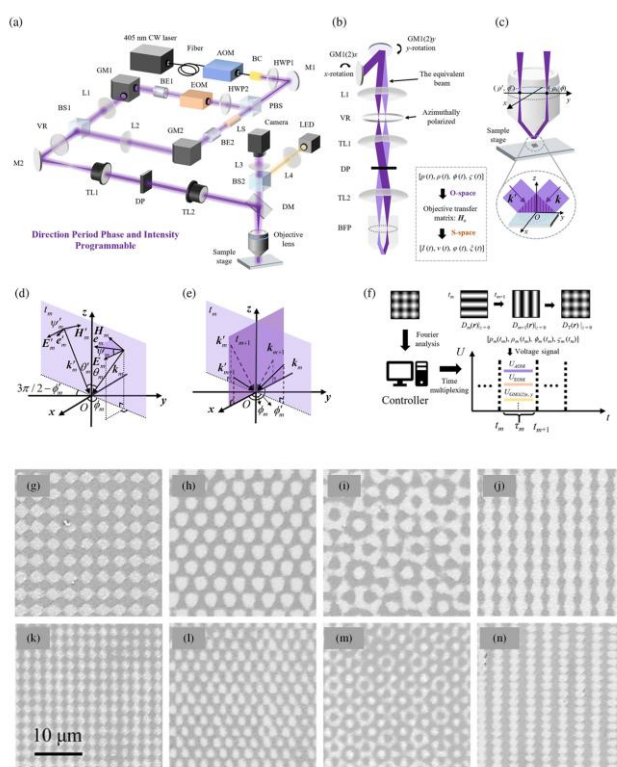
本研究成果发表于《Laser & Photonics Reviews》期刊【Mingwei Tang, Yuanyuan Xing *et al.*, Hybrid Meta-Optics Enable Large Spatial-Spectral-Bandwidth Thermal Imaging for Augmented Reality Application, *Laser & Photonics Reviews*, 2026. DOI: [10.1002/lpor.71431](https://doi.org/10.1002/lpor.71431)】。浙江大学光电学院汤明炜助理研究员、邢圆圆为共同第一作者，通讯作者为浙江大学魏凯教授、马耀光教授。

科研进展

面向平面周期性微结构制备的频谱可编程时分复用干涉光刻技术

平面周期微结构是二维光子晶体、超表面、传感器、结构色器件和集成偏振成像的重要基础。干涉光刻具有低成本、大面积和高通量优势，但传统双光束或多光束方案通常只能生成固定正弦条纹，周期、方向、相位和占空比调节能力有限；SLM/DOE 等方案虽提高了图案复杂度，却存在效率低、刷新慢或实时可编程性不足等问题。因此，如何在不显著增加系统复杂度的前提下，实现可编程、可定制的二维周期微结构曝光，是干涉光刻进一步走向功能器件制备的关键问题。

针对这一问题，刘旭教授、匡翠方教授课题组提出频谱可编程时分复用干涉光刻 (FPTM) 方法。该方法基于 Mach-Zehnder 干涉框架，将由振镜控制的对称双光束聚焦到物镜后焦面，通过振镜调节条纹周期和方位角，通过声光调制器控制曝光剂量，通过电光调制器控制条纹相位，并建立对应的参数映射方法，把复杂空间图案的设计转化为频域谱线的程序化组合。仿真和实验结果表明，结合时分复用曝光，该系统可在无需额外复杂光路的情况下合成复杂周期性二维结构。该工作为高通量、可编程平面微结构制备提供了新路径，具有用于先进二维光子晶体、集成偏振成像和超表面快速原型加工的应用前景。



上图：(a-f) FPTM 实验系统及原理示意图；(g-n) 主要实验刻写结果图

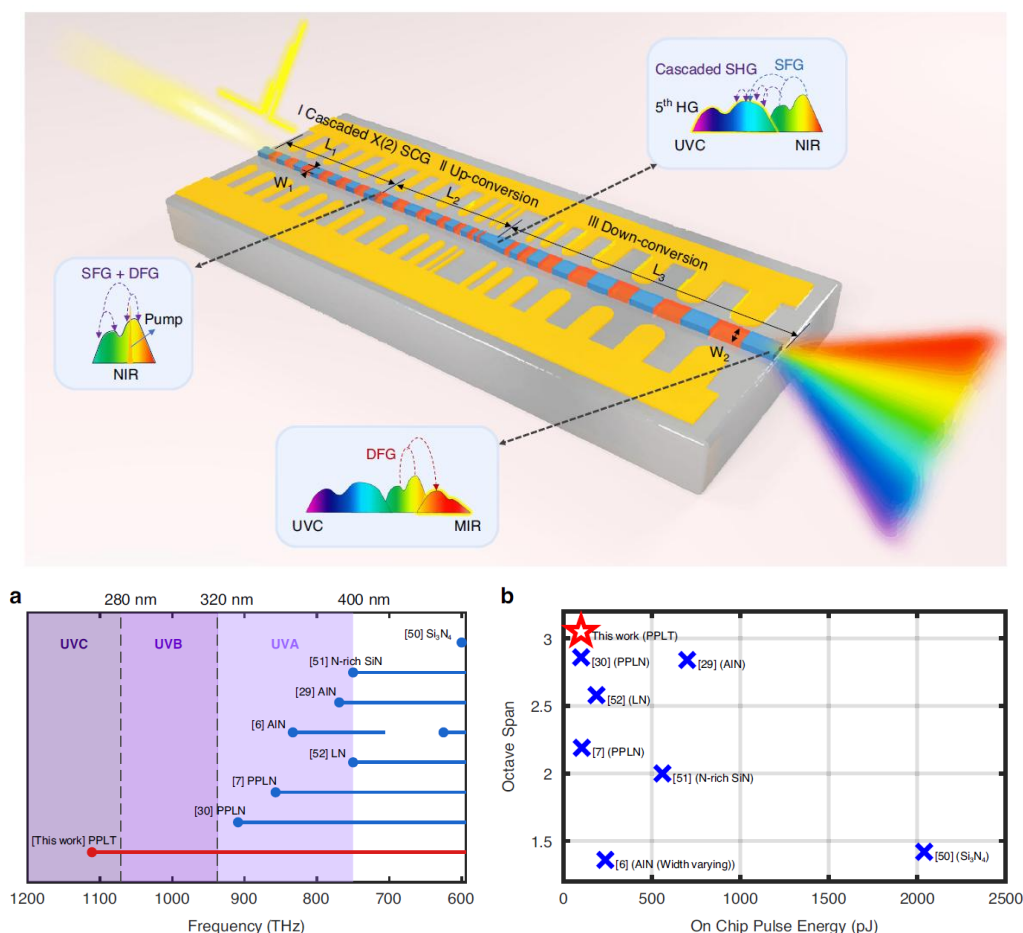
研究结果发表在《Photonics Research》期刊上【Y. Shi, Q. Yuan, J. Liu, X. Lin, J. Wen, M. Luo, L. Wu, C. Kuang, X. Liu, Frequency-spectrum programmable time-multiplexed interference lithography for planar periodic microstructures, *Photonics Research* 14(6), 2438-2449 (2026). DOI: [10.1364/PRJ.588918](https://doi.org/10.1364/PRJ.588918)】。

科研进展

紫外 C 到中红外的薄膜钽酸锂片上超连续谱光源

片上超连续谱光源是光谱学、精密计量、环境监测及生物学检测等领域的重要基础器件。受材料紫外吸收、色散失配及非线性效率限制，现有片上超连续谱难以突破 330 nm 以下紫外波段。同时，现有片上超连续谱具有光谱范围小和泵浦能量需求高的缺点。

针对这一挑战，戴道铎研究团队提出并实现了基于啁啾周期极化薄膜钽酸锂 (PPLT) 波导的片上超连续谱光源，实现了 0.95–10 μm 啁啾周期极化结构，通过级联二次谐波、和频及差频等非线性过程，在单个芯片上实现了紫外 C 到中红外的连续超连续谱输出。该器件首次将片上超连续谱扩展至 270 nm 以下紫外 C 波段，并覆盖超过 3 个倍频程 (270~2400 nm)。该工作仅需 100 pJ 泵浦脉冲能量即可实现，为目前最宽带、最短波长的片上超连续谱之一。同时，团队进一步集成螺旋传感波导，实现了紫外—可见—红外一体化片上吸收光谱检测，为片上宽带光谱分析、环境监测、生化传感及集成频率梳等应用提供了新的技术方案。



上图：超宽带薄膜钽酸锂片上超连续谱光源结构示意图及其性能测试结果

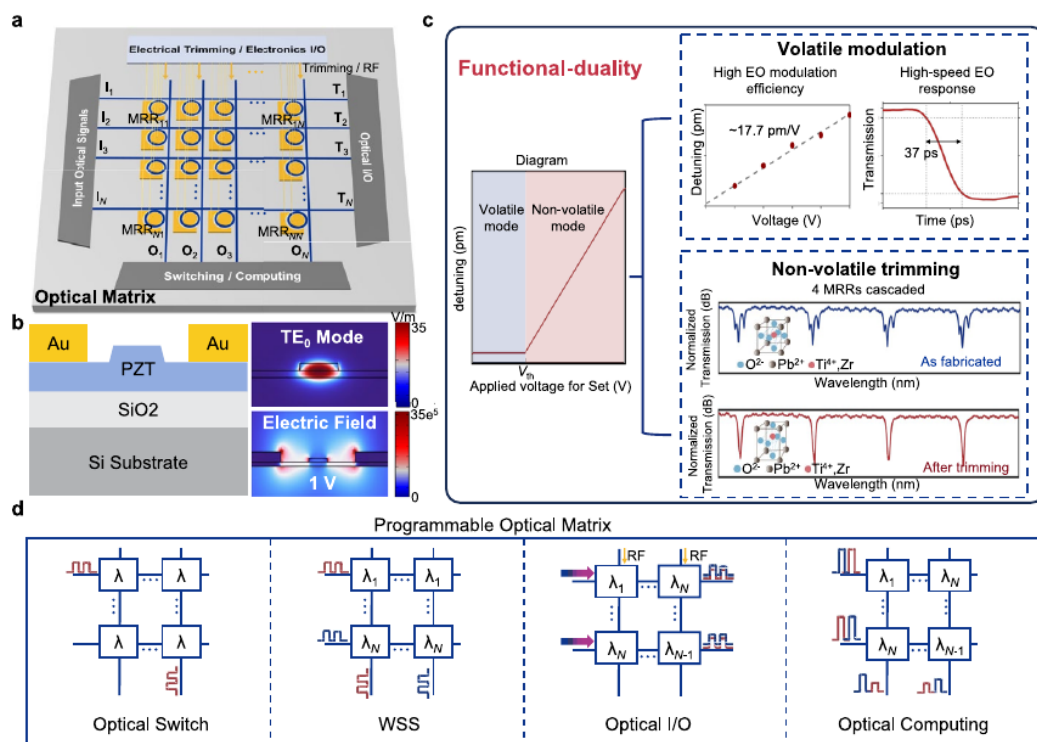
研究成果发表于《Light: Science & Applications》期刊【Hongzhi Xiong, Xinmin Yao, *et al.* Ultraviolet-C to mid-infrared supercontinuum generation in periodically poled lithium tantalate waveguides, *Light: Science & Applications*, 15:253, 2026. DOI: [10.1038/s41377-026-02323-4](https://doi.org/10.1038/s41377-026-02323-4)】。熊泓之和姚昕旻为共同第一作者，张明副教授和戴道铎教授为共同通讯作者。

科研进展

电控非易失/易失可编程光学矩阵

可编程光学矩阵是光互连、光交换和光计算系统的核心器件，但传统热光或电光方案常受静态功耗、响应速度、制备误差和校准复杂度限制。因此，如何在同一集成平台上同时实现断电保持的非易失编程和高速易失调制，是可编程光子芯片走向大规模应用的关键挑战。

为此，戴道铎团队提出基于薄膜锆钛酸铅（PZT）的单片 4×4 可编程光学矩阵，以微环谐振器为基本单元，利用 PZT 剩余极化实现电学非易失波长修调，同时利用其电光效应实现高速易失开关。实验中，所有微环均可在超过一个自由光谱范围内实现亚 50 pm 精度对准，器件开关上升/下降时间分别为 45 ps 和 37 ps，直流漂移小于 0.04 nm。该矩阵可配置为光开关、波长选择开关、光发射模块和非易失光学权重矩阵，实现最低约 0.75 dB 额外损耗、最高约 43.2 dB 串扰抑制、每通道 40 Gbps 传输以及 96.98% 的手写数字识别准确率。该平台兼具断电保持、快速重构和功能复用能力，有望支撑面向数据中心光互连、可重构光网络 and 大规模光子计算的下一代集成光子系统。



上图 PZT 可编程光学矩阵的结构、PZT 功能二重性及其可配置应用场景。

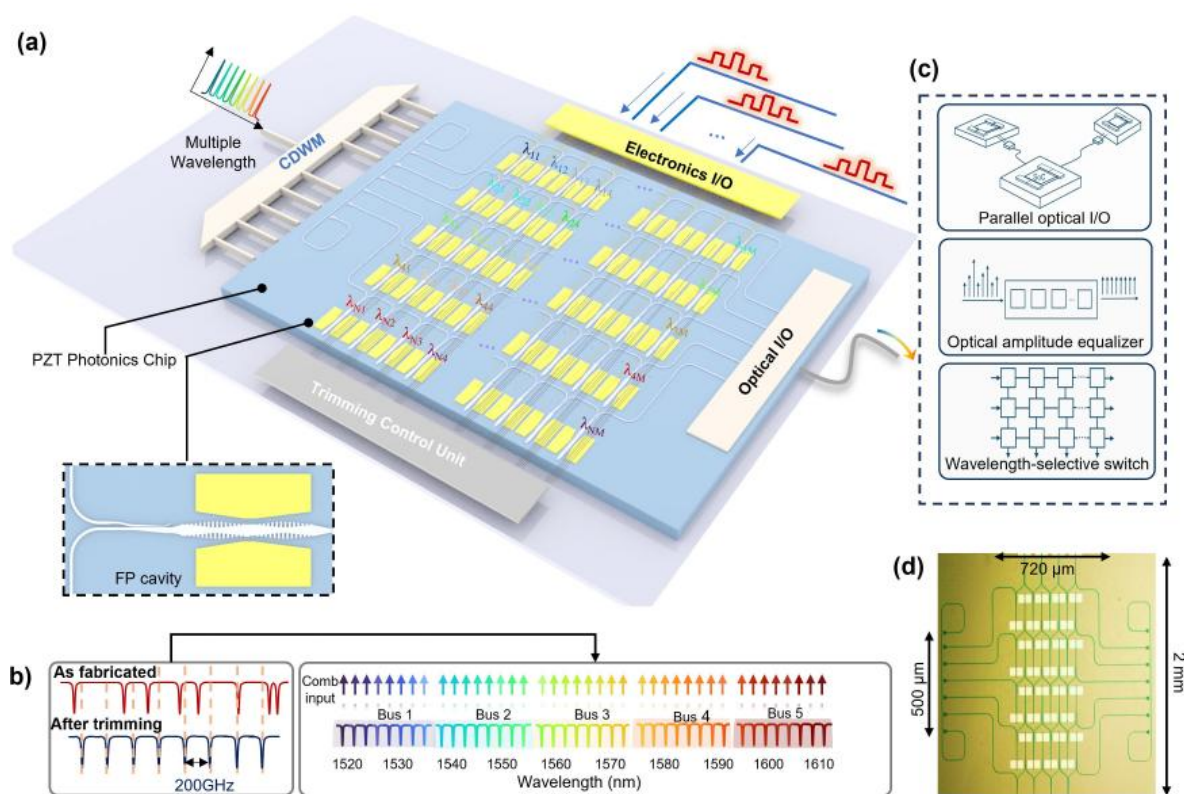
研究成果发表于《PhotoniX》期刊【Tao Shu, Chenlei Li, *et al.*, Electrically non-volatile/volatile programmable optical matrix, *PhotoniX* 7, 17, 2026. DOI: [10.1186/s43074-026-00236-4](https://doi.org/10.1186/s43074-026-00236-4)】博士生舒涛与李晨蕾博士为共同第一作者，戴道铎教授和邱枫研究员为共同通讯作者。

科研进展

多功能波长选择性 PZT 光子芯片

波长选择性操控是现代光子系统中的基础功能，在波分复用光互连、可重构光网络以及量子/神经形态光子处理等场景中发挥核心作用。然而，传统基于谐振腔阵列的波长选择性芯片通常对制备误差高度敏感，谐振波长随机偏移会带来复杂校准和较高能耗，限制了多通道、大规模系统的稳定运行和工程化扩展。

为此，戴道铎团队提出多功能波长选择性 PZT 光子芯片，将薄膜 PZT 的非易失多级调校与高速电光调制结合，并采用可级联、无弯曲、无环行器的多模 Fabry-Perot 腔作为基本构件。单个器件自由光谱范围约 20 nm，电光调制效率约 19 pm/V，非易失波长偏移最高达 3.4 nm，并在 120 °C 下经 10000 次循环后保持稳定。基于该平台，团队实现了 40 通道高密度光 I/O，整体带宽超过 1.6 Tbps，非易失修调后通道偏差小于 150 pm，并完成每通道 40 Gbps 传输；同时演示了 8 通道幅度均衡器和可重构波长选择开关，支持 30 Gbps 数据路由。这一方案为高带宽光互连、可重构光网络、片上光谱处理、传感以及神经形态/量子光子处理等应用提供了可扩展的芯片级路径。



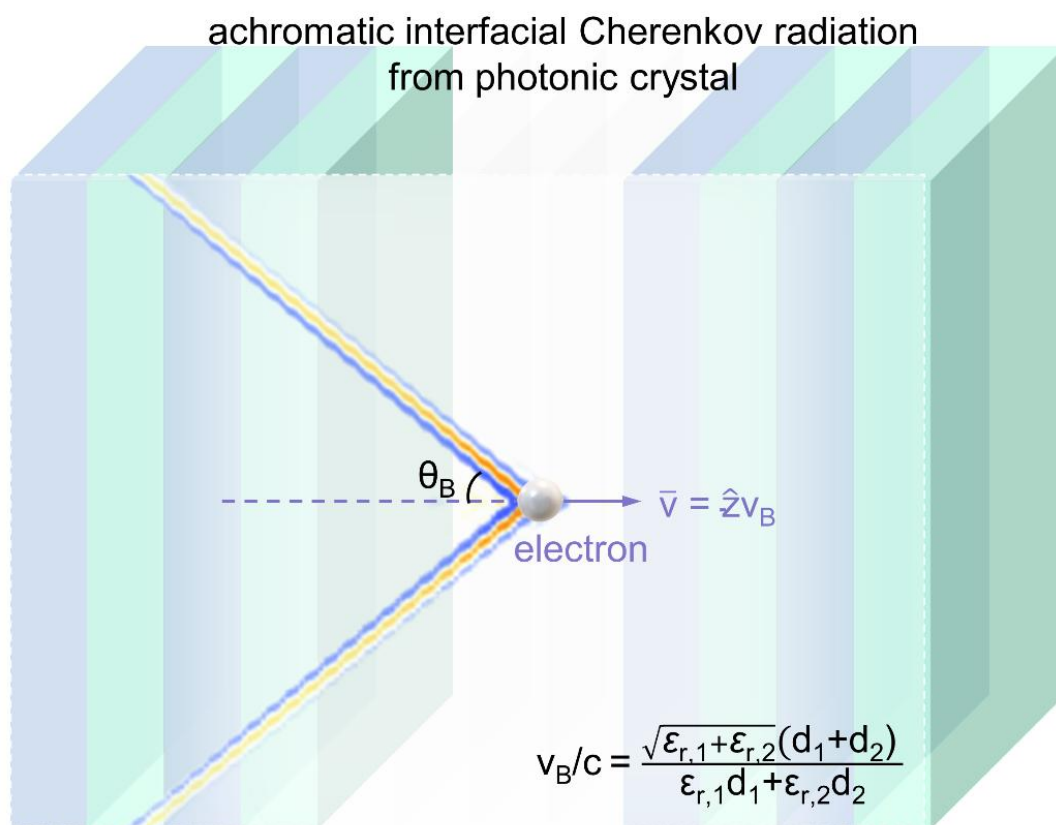
上图：多功能波长选择性 PZT 光子芯片概念、非易失波长校准和系统级应用示意

研究成果发表于《Optica》期刊【Chenlei Li, Tao Shu, *et al*, Versatile wavelength-selective PZT photonic chips, *Optica* 13(1), 83-92, 2026 DOI: [10.1364/OPTICA.581491](https://doi.org/10.1364/OPTICA.581491)】论文第一作者为李晨蕾博士，通讯作者为戴道铎教授。

科研进展 消色差界面切伦科夫辐射

界面切伦科夫辐射 (interfacial Cherenkov radiation) 是一类由带电粒子与光子晶体中多个平行光学界面相互作用产生的定向光辐射, 突破了传统体切伦科夫辐射 (bulk Cherenkov radiation) 在速度阈值和材料本征特性方面的限制, 在粒子探测、片上光源和电子显微等领域具有重要应用前景。

然而, 光子晶体本征结构色散易导致界面切伦科夫辐射角对频率敏感, 难以实现宽带消色差定向发光。近期, 林晓研究员和陈红胜教授研究团队提出了一种在光子晶体中产生宽带消色差界面切伦科夫辐射的通用机制。该机制源于布儒斯特效应诱导的反常 Maxwell-Garnett 等效介质理论: 当界面切伦科夫辐射在光子晶体内部满足布儒斯特条件时, 光子晶体在长波极限之外仍可等效为均匀消色差介质, 从而使辐射角度对工作频率不敏感。该成果拓展了等效介质理论在自由电子辐射中的适用范围, 有望为宽带片上自由电子光源和切伦科夫粒子探测器提供新思路。



研究成果在线发表于《Applied Physics Reviews》期刊上。【Xiangfeng Xi, Zheng Gong, Hongsheng Chen, Ido Kaminer, Xiao Lin *et al.* Achromatic interfacial Cherenkov radiation from photonic crystals. *Applied Physics Reviews* **13**: 021407 (2026). DOI: [10.1063/5.0316387](https://doi.org/10.1063/5.0316387).】浙江大学信电学院博士研究生席祥凤、龚政为共同第一作者, 以色列理工学院 Ido Kaminer 教授、浙江大学陈红胜教授和林晓研究员为共同通讯作者。

新闻速递**实验室发布三项光学领域重要技术！多项核心指标达国际领先水平**

4月10日下午，极端光学技术与仪器全国重点实验室2026年度成果发布会在浙江大学杭州国际科创中心（简称科创中心）举行。浙江大学光电科学与工程学院党委书记刘波，科创中心党工委书记董世洪等出席会议以及来自萧山区政府、相关产业界专家及媒体代表等参加会议。发布会由极端光学技术与仪器全国重点实验室主任刘旭主持。



会上集中发布了高亮度极紫外阿秒光源、桌面式极紫外光显微镜、万通道3D纳米激光直写光刻机3项代表性成果，刘旭教授指出，面向半导体制造与前沿科学关键需求，这些技术在光刻装备、极紫外成像及先进光源等方向取得重要突破，整体技术水平达到国际领先水平。

研究团队介绍，在高功率超快光源在芯片制造中几乎不产生热量，可有效减少对材料的损伤，同时高亮度极紫外阿秒光源也让“看清微观世界”成为可能。此外，基于极紫外光的



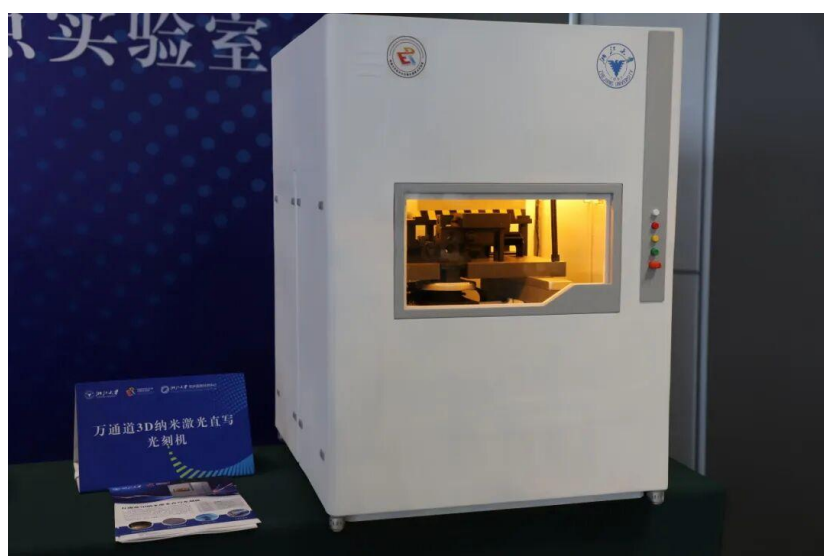
显微技术，不仅能观察结构形貌，还能识别元素分布和物质组成，为理解物质结构和生命过程提供了新的手段。

在此基础上，团队研制的桌面式极紫外光学显微镜分辨率优于 25 纳米，可同时获取结构与化学信息，配套光源系统稳定高效、支持长时间运行，推动高端仪器从依赖大型装置走向小型化应用。



高亮度极紫外阿秒光源（左）、桌面式极紫外光显微镜（右）

团队还进一步开发了万通道 3D 纳米激光直写光刻机，为光子芯片、高端掩模版等领域提供关键支撑。针对传统单通道加工效率不足的问题，团队通过光场调控，在系统中实现上万个可独立控制的激光焦点。浙江大学极端光学技术与仪器全国重点实验室副主任匡翠方介绍道，这相当于“同时用 1 万支笔写 1 万个不同的字”，而难点在于既要写得快，还要写得精细、均匀。基于这一突破，设备在保证亚 30 纳米加工精度的同时，大幅提升制造效率，为大面积、高精度微纳结构的规模化制备提供了新路径。



万通道 3D 纳米激光直写光刻机

接下来，相关成果未来将在集成电路制造、先进材料分析、超快科学等领域加速落地，进一步推动高端光学技术与产业深度融合。

新闻速递

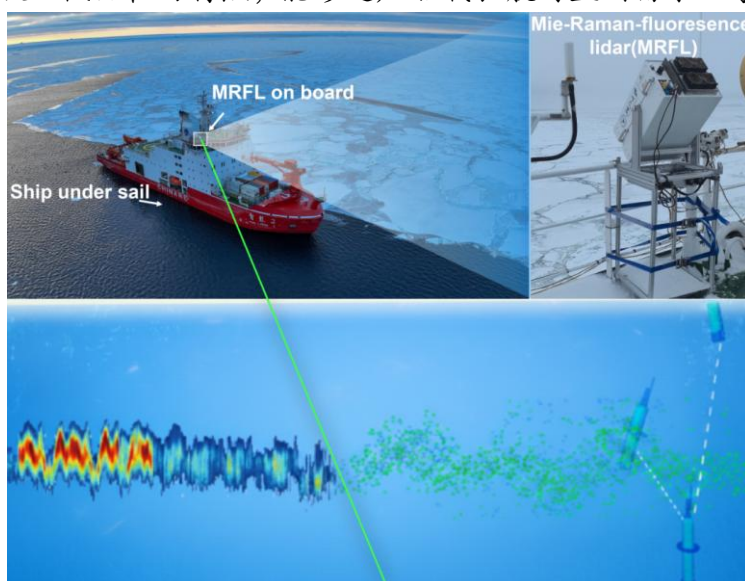
雪龙踏冰，激光探极 | 本实验室刘东教授团队自研激光雷达圆满完成中国第 42 次南极考察普里兹湾联合航次任务

近日，“雪龙 2”号圆满完成中国第 42 次南极考察普里兹湾联合航次任务，本实验室刘东教授团队联合海洋学院乐成峰教授，深度参与此次极地考察。团队赵泓楷博士携带自研激光雷达，随“雪龙 2”号完成了南大洋及普里兹湾冰缘区为期 45 天的全天时观测。这是该设备首次在南极秋季极端环境下投入业务化走航探测，标志着国产自研船载海洋激光雷达装备在极地海域完成工程化验证。



我国首次南极船载海洋激光雷达走航观测

海洋激光雷达的工作原理是通过向海水发射蓝绿波段激光脉冲，接收水体中颗粒物和分子的后向散射信号，反演生物光学参数剖面，实现对水体的主动“光学扫描”。本航次使用的激光雷达系统具有轻便、低功耗的特点，能够适应船载长航时监测需求。考察期间，团队研发的



海洋激光雷达 24 小时持续工作，得到从水体表层至数十米深度的叶绿素浓度与颗粒物有机碳剖面，构建了沿航迹的三维海洋生物光学结构图，首次实现了我国南极秋季的船载海洋激光雷达走航观测。

极端环境下稳定观测，为极地科考提供技术支撑

南极秋季自然环境极为严苛，普里兹湾海域气温低至零下数十摄氏度，海面持续冻结，甲板结冰频繁。此外，高盐雾、高湿度的环境对光学镜片和电子元器件的腐蚀性极强。针对该挑战，团队进行了专项防护设计，航次任务中，系统保持稳定运行，各项性能指标正常，验证了自主海洋激光雷达装备在极区极端条件下的可靠性，为后续极区海洋激光雷达业务化应用和冰缘剖面观测积累了关键技术与实践经验。



构建空-天-陆-海一体化环境立体监测技术体系

刘东教授团队面向国家生态文明建设和“双碳”战略重大需求，长期致力于环境激光雷达技术研究，以高光谱分辨率激光雷达（HSRL）为核心特色，建立了覆盖理论模型、核心器件、系统研发到观测应用的全链条研究体系，着力构建近岸空-天-陆-海环境立体监测网络。

在系统体制层面，团队突破超宽波段视场展宽迈克尔孙干涉光谱鉴频等关键技术，研制出适应近岸海域、内陆水体及极地环境等不同场景的大气海洋高光谱分辨率激光雷达系列装备，支撑大气环境监测卫星（DQ-1、DQ-2）、陆地生态系统碳监测卫星“句芒号”等国家重大工程。在系统应用层面，团队研制的激光雷达系列产品已在北京、敦煌、西太、极地等地多次开展典型大气与海洋观测服务，服务于北京冬奥会等重大活动的气象保障。此外，团队联合中国科学院上海光学精密机械研究所等单位，实现激光雷达 140.4 米水深探测，创下全球最深纪录。在开展核心技术攻关的同时，刘东教授积极推进产学研协同工作，助力激光雷达核心部件从原理样机转向工程与产业应用，相关成果荣获 2022 年浙江省科技进步一等奖、2024 年浙江省科技进步一等奖、2023 年“金燧奖”中国光电仪器品牌榜金奖。

热烈祝贺**刘旭老师和陈红胜老师荣获全国创新争先奖状！**

为表彰先进、树立典型，近日，人力资源社会保障部、中国科协、科技部、国务院国资委联合开展第四届全国创新争先奖评选。该奖项每3年评选一次，表彰在基础前沿、重大装备、成果转化、社会服务等方面作出突出贡献的科技工作者和团队。极端光学技术与仪器全国重点实验室刘旭老师和陈红胜老师获得“全国创新争先奖状”



刘旭教授作为中国光学研究领域的先锋人物，深耕光学薄膜与光学成像领域三十余载，针对超分辨光学显微与高清投影显示等核心技术难题，带领团队持续攻关，取得系列原创性成果，为我国光学产业发展做出重要贡献。

作为学科带头人，他心系学科发展，积极推动极端光学技术与仪器重点实验室的建设，带领团队凝心聚力，攻关量检测国家重大需求，助力学科连续多次获评全国第一/A+，并入选首轮和新一轮国家“双一流”建设学科。他也始终坚守教学一线，倡导“严谨治学、教学相长”的理念，积极推动光电学科教学改革与创新，首倡创办全国光电设计竞赛，并联合多所高校及科研院所发起“王大珩班”，探索高水平拔尖人才培养新机制，为我国光学领域培育了大批优秀人才。



陈红胜教授专注于新型电磁隐身领域基础理论、关键技术与工程应用实践，率先揭示了隐身衣与电磁波相互作用深层物理机理，引领表面波隐身迈入三维体系；开拓了非相干光下宏观物体宽频隐身新方向，让大尺度可见光隐身从理论变为现实；创建了物理驱动自适应隐身新范式，成功攻克动态复杂场景实时隐身难题；提出色散定制宽带隐身设计新方法，成果在多个重点单位落地推广。

他的系列成果入选《中国科学发展报告》十五项代表性成果、中国光学十大进展等重要榜单，被 *Nature*、*Science* 等百余家国际期刊及媒体报道。他始终秉持“以生为本，授人以渔，学以致用”的教学理念，指导多名博士生以第一作者在 *Nature* 等期刊发表原创成果，持续为信息电子领域培育拔尖创新人才。

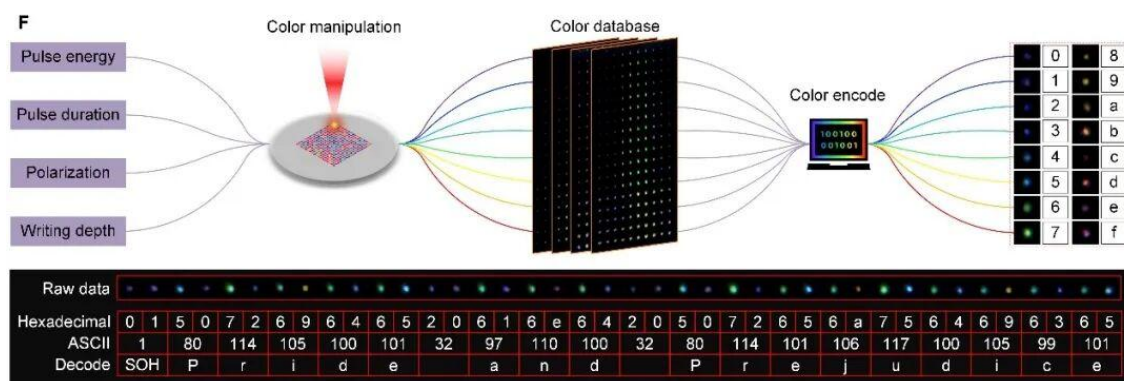
热烈祝贺**邱建荣教授团队研究成果入选 2025 年度中国十大光学产业技术**

5月18日，2026中国十大光学产业技术创新论坛暨2025年度中国十大光学产业技术颁奖典礼在武汉光博会隆重举行。本届评选从128项申报技术中，严格依据“创新性”“应用性”“重要性”三大维度进行评审，最终评选出代表我国光学产业最高水平的获奖项目。极端光学技术与仪器全国重点实验室邱建荣、张博团队研发的超快激光在介电晶体内部诱导自组织微纳结构技术，凭借其在低能耗高容量大数据永久保存领域的原始创新和广阔应用前景脱颖而出，入选2025年度中国十大光学产业技术（光学类）榜单，成为本届论坛的亮点之一。此次获奖标志着该成果在创新性、应用潜力和重要性上获得业界高度认可。



获奖技术核心亮点

邱建荣、张博团队提出的基于超快激光诱导单晶微相变的多维光存储技术，首次实现了像素级可编程三维结构色在全无机介电晶体中的精准写入。该技术充分利用晶体本征双折射效应，激发脉冲内耦合材料修饰机制，仅用单个 nJ 级超快激光脉冲即可完成微区非晶化相变，实现高精度局部光学相位调制和像素级结构色生成，并可用于高效多维信息复用。



主要技术优势

1 极低能耗

数据写入能量仅为纳焦级，后期无需散热维护，显著降低存储能耗。

2 高分辨率

结构单元尺寸达到亚波长水平，支持像素级精细操控，可实现单色、复杂彩色及三维彩色图案的跨维度打印。

3 多模式高速读取

支持多模式信息读出，兼容现有成熟光学系统，并可通过图像识别实现高速面读取，解决多维光学信息提取效率低的难题。

4 极强环境稳定性

微相变结构可耐受 42 T 强磁场、700°C 高温、50 kGy X 射线等极端条件，室温数据存储寿命高达上亿年。

5 多维光存储能力

通过激光参数-可见光信息编码实现五维数据存储，在兼顾容量的同时，大幅降低了多维数据提取难度，为海量数据的高密度、低能耗、永久保存提供了全新解决方案。

该技术完全由团队原创，有望解决现有大数据存储面临的高能耗、短寿命/低可靠性、低密度等瓶颈问题，为应对全球冷数据存储能耗危机提供了极具潜力的解决方案。前期基础研究成果先后发表在 Nature Communications、Light: Science & Applications、Advanced Materials 等国际顶级期刊。

科学传播**光启未来·知识寻光——2026 年中国光学学会浙江大学学生分会国际光日活动圆满举行**

为宣传和庆祝今年国际光日的到来，5月13日，“光启未来·知识寻光”国际光日知识有奖问答活动在浙江大学杭州国际科创中心举行。本次活动由中国光学学会、浙江大学极端光学技术与仪器全国重点实验室、浙江大学光电科学与工程学院、浙江省光学学会、浙江大学杭州国际科创中心联合主办，中国光学学会浙江大学学生分会与极端光学技术与仪器全国重点实验室师生党支部共同承办。活动现场气氛热烈，大家在答题与互动中，一起度过了一段有趣又有料的光学午间时光。



活动现场设置了光电知识问答环节，题目涵盖基础光学现象、光学技术应用与光学科普趣闻，兼具知识和趣味性，既有广度又有深度。活动中，参与者们有的低头沉思，有的三五成群热烈讨论，在思考与交流中巩固了光学知识，加深了对光学现象的理解，也在“一问一答”之间真切感受到科学贴近生活、启迪思维的独特魅力。



中国光学学会浙江大学学生分会与极端光学技术与仪器重点实验室师生党支部将继续围绕光学技术，开展形式多样、内容丰富的科普活动，为同学们搭建交流知识、接触前沿科技的便捷平台，在更多人中播下好奇与探索的光的种子。正如国际光日的意义所示：光不仅照亮世界，更照亮前行的道路。

学术交流

实验室举办 4 期极端光学技术系列论坛



极端光学技术系列论坛 第五十四期



集成电路制造中的 光刻技术和装备

宋毅

4月16日（周四）下午 14:00
浙大科创中心水博园区B02楼310会议室

报告摘要

光刻技术是集成电路制造的核心工艺，直接决定了芯片的最小特征尺寸与集成度，是摩尔定律得以延续的关键驱动力。本报告系统梳理了光刻技术30年来的发展脉络：从早期的汞灯光源起步，历经准分子激光光源的革新，通过引入浸润式系统实现分辨率突破，最终迈向目前最先进的极紫外光刻技术，加工精度从微米级持续缩小至纳米级。作为这一工艺的核心装备，光刻机的性能直接决定了芯片制造的工艺水平。报告深入剖析了各类光刻机的技术原理、系统构成及关键指标，重点探讨了光源波长、数值孔径与分辨率之间的物理关系。同时，分析了当前先进光刻技术面临的成本、良率及工艺复杂度等挑战，并展望了下一代光刻技术的发展趋势。

报告人简介

宋毅博士，现任浙江大学集成电路学院求是特聘学者，一直深耕光刻机及集成电路高端装备领域研究。在比利时IMEC研究所、荷兰ASML公司期间，以研究员、项目经理等身份参与光刻机相关技术研发，主持数百万欧元项目，成果应用于TSMC、Intel、Samsung等国际顶尖芯片产线。2019年加入武汉大学工研院，后任微电子学院微电子装备研究部主任等职，聚焦集成电路“卡脖子”技术，入选湖北省百人计划等。2022年任比亚迪基础科学研究院副院长。

主持人：匡翠方教授

主办单位：极端光学技术与仪器全国重点实验室



极端光学技术系列论坛 第五十七期



量子频率精密测量仪器 技术及应用

陈景标

6月2日（周二）上午 9:30-10:30
浙大科创中心水博园区B02楼310会议室

报告摘要

面向高端装备制造、军工计量检测、量子精密测量、基础科学研究等领域发展战略需求，团队基于量子频率精密测量技术基础，国际首创原子选频外腔半导体激光器技术，实现国产化高精度稳频核心光源，解决国家“卡脖子”问题；创新提出主动光钟原理方法，全球多个国家及科研团队争相跟踪研究；创新发展可将位移、角度等物理量溯源至频率的高端仪器，如亚pm位移测量迈克尔逊激光器、量子角度仪等，可应用于光刻机、精密数控机床、高精度光栅制备等领域未来产业发展，推动相关仪器与技术在行业领域示范应用，形成新质生产力。

报告人简介

陈景标，北京大学博雅特聘教授、博士生导师、量子电子学研究所副所长，北京大学产学研项目合作先进个人。中国计量测试学会常务理事，全国量和单位标准化委员会委员，中国计量测试学会时间频率专业委员会委员，中国计算机自动测量与控制技术协会常务理事等。国家科技重大专项—高端科学仪器产业链链长单位负责人。国际首创法拉第激光器技术方案以及主动光频原子钟的原理与方法，并成功实现产业化推广应用，解决我国高精度半导体稳频激光器“卡脖子”问题。主持国家 863 计划、973 计划、高端科学仪器等 20 余项项目。发表论文 200 余篇，获授权国内外专利 100 余件，出版专著 3 部。获教育部科学研究优秀成果奖一等奖、国防科学技术进步一等奖、中国计量测试学会科学技术进步奖一等奖等荣誉。

主持人：刘东教授

主办单位：极端光学技术与仪器全国重点实验室



极端光学技术与仪器全国重点实验室

State Key Laboratory of Extreme Photonics and Instrumentation



浙江大学
ZHEJIANG UNIVERSITY

地址：浙江省杭州市萧山区平澜路 2118 号
杭州市浙大路 38 号（浙江大学玉泉校区）
电话：0571-82395600
网站：www.epi.zju.edu.cn
邮箱：epi@zju.edu.cn



官方网站



官方微信公众号