

超表面光场调控专题导读

作为一种新概念,超(构)表面通过对亚波长尺寸的单元结构进行优化设计和合理排列,能够控制光的振幅、相位、偏振等光参量及其色散特性,进一步可以控制宏观波前分布,提供了一种强大的光场调控方式。得益于小像素尺寸和强光场调控能力,超表面在超透镜、分光器、雷达天线等应用领域已经展露锋芒,为解决现代光学系统体积重量较大、集成度较低等难题提供了全新的技术途径。《光电工程》早在2017年就出版过“超表面”专题,引起了行业内的广泛关注,其中《超表面相位调控原理及应用》一文在中国知网上被引用超百次,下载超三千次。近年来,超表面领域的理论和应用研究取得了显著进展,各种新型超表面的调控理论和功能器件不断涌现,因此我们于2023年策划了“超表面光场调控专题”,共收录15篇综述或研究型论文,从基于超表面的光场调控和相关应用两个角度介绍超表面的研究现状与发展趋势,将在《光电工程》2023年第8、9期分批刊出。

专题一侧重于介绍超表面光场调控功能方面的进展,包含四篇综述论文和四篇研究论文,内容涵盖表面波远场辐射调控、光谱成像、复杂矢量光场、可调超表面、多功能超表面、消色差超表面等。其中,《片上光学近场的远场辐射调控》介绍了超表面对表面波辐射场的相位、振幅、偏振态等多种参量的调控能力,以及表面波定向辐射、特殊光束激发、全息成像等复杂波前调控。《基于超构表面的光谱成像及应用研究进展》聚焦于不同机理的超表面光谱成像及其在实际场景中的应用,展望了超表面光谱成像的发展方向。《超表面实现复杂矢量涡旋光束的研究进展》阐述了超表面利用多种相位理论生成的不同矢量涡旋光束的特性和优势,以及未来面临的挑战和机遇。《动态可调谐超表面的研究进展与应用》综述了动态超表面在成像、显示、光场调控等领域的应用,总结了目前的主要问题及未来的发展方向。《融合空频复用和近远场复用的多功能超表面图像显示》提出了一种融合空间频率复用和近远场复用的多功能超表面图像显示技术,提升了超表面的信息存储容量,为光学加密、光学防伪等领域应用提供了新思路。《宽频消色差超表面全息成像》提出了将深度学习网络模型用于被动式超表面全息图设计,实现了消色差宽频超表面全息成像。《基于相变材料 $\text{Ge}_3\text{Sb}_2\text{Se}_4\text{Te}_1$ 的可切换边缘检测与聚焦成像超表面》报道了一种在不借助4f成像系统的情况下实现可切换边缘检测与聚焦成像的超表面。《超振荡望远成像系统中球差影响分析》分析了超振荡望远系统中球差对成像的影响,确定了系统对初级球差的容许范围。

专题二侧重于介绍基于超表面的光场调控应用方面的进展,包含四篇综述论文和三篇研究论文,内容涵盖可重构太赫兹超表面、辐射波及相位调控、无反射超表面、多波束旋转、折射率传感、光学运算等。其中,《基于硫属化物相变材料的可重构太赫兹超表面器件的研究进展》总结了GST在太赫兹波段的光谱特性和可逆相变条件,以及基于GST的超表面对太赫兹波振幅、偏振及波前的非易失、可重构和多级操纵的前沿研究。《电磁超表面对辐射波的调控与应用》着重介绍了折叠阵超表面、法布里-珀罗超表面、漏波超表面和辐射式超表面,并从无源与有源的角度介绍了四类超表面对辐射波的调控机理与应用。《全金属超表面在电磁波相位调控中的应用及进展》综述了全金属超表面的研究进展,及其在构建高效、多功能平面光学器件及多频谱电磁隐身中的相关应用及其发展方向。《无反射电磁超构表面研究进展》从惠更斯原理、电磁谐振、布儒斯特效应三个方面阐明了无反射超构表面的基本原理及其重要应用,包括异常折射、偏振操控、超构减反膜、电磁波完美吸收等。《一种多波束可旋转的金属波导太赫兹阵列天线》所提出的太赫兹阵列天线可将入射波的两正交偏振分量分别转化为强度分布一致、阶数相反的涡旋光束,通过改变两分量的相位差可实现 45° 偏振方向上波束的干涉图样发生旋转。《基于准连续域束缚态介质超表面的光微流折射率传感研究》报道了一种quasi-BIC介质超表面折射率传感器,并利用电子束光刻技术结合注塑工艺完成了样品光流控结构的制备及其实验验证。《拓扑优化超表面的偏振复用光学微分运算》设计了一类偏振复用的格林函数法光学模拟计算超表面结构,实现了在正交偏振态下,分别呈现明场成像与一维二阶微分运算,以及偏振控制微分方向的复用微分系统。

希望本次专题能够通过报道超表面在光场调控方面的研究进展和应用潜力,展现领域涌现的新理论、新方法和新应用,为广大同行开展相关研究与合作交流提供参考。

复旦大学 孙树林 教授

大连理工大学 曹 瞰 教授

中国科学院光电技术研究所 郭迎辉 副研究员

特邀组稿专家



孙树林, 教授, 博士生导师, 复旦大学信息学院光科学与工程系副系主任, 上海超精密光学制造工程技术研究中心副主任。长期从事超构材料、超构表面、纳米光子学、光子晶体等研究, 在*Nature Materials*、*Nano Letters*、*Light: Science & Applications*等期刊发表70余篇SCI论文, 13篇入选ESI高被引论文, 总引用9000余次。荣获2012中国光学重要成果(排名第1), 2016上海市自然科学一等奖(排名第2), 2019国家自然科学基金二等奖(排名第2), 2020 Rising Star of Light, 2020、2021、2022爱思唯尔中国高被引学者等奖项荣誉。承担国家重点研发计划、国家自然科学基金等18项基金项目, 担任*Journal of Optics*编委, 中国激光杂志社青年编委。



曹杰, 教授, 博士生导师, 大连理工大学光电工程与仪器科学学院院长, 光学工程学科负责人。美国光学学会(OSA)高级会员。*Journal of Science: Advanced Materials and Devices*编委, 英文刊《极端制造》青年编委。长期致力于超材料、光子晶体、光电子器件领域研究, 牵头承担了国家重点研发计划课题、基础加强课题、国际科技合作专项、国家自然科学基金、航空航天企业委托课题等项目, 完成成果转化2项; 近5年在*Advanced Materials*、*Physical Review Letters*等重要学术期刊发表SCI论文130余篇、授权国家发明专利40余项。



郭迎辉, 中国科学院光电技术研究所副研究员, 博士生导师, 国家优秀青年科学基金项目获得者, 中国科学院优秀共产党员, 中国科学院青年创新促进会会员。兼任*Opto-electronic Advances*(光电进展)青年编委、*Opto-electronic Science*(光电科学)科学编辑以及多个国际期刊评审人, 并获*J. Optics*(2018)和*J. Phys. D*(2019)杰出评审奖。主持国家和省部级项目10余项。在*Nature Communications*、*Physical Review Letters*、*Advanced Materials*、*Light: Sciences & Applications*等期刊上发表多篇高水平论文。