

专题：超表面电磁调控方法与应用

编者按 超表面(metasurfaces)是由亚波长单元在平面内周期排列构成的二维结构,可实现对电磁波传输/反射振幅、相位、极化方式、传播模式等特性的灵活有效调控。通过对电磁波的相位和振幅联合调控,可以实现艾利波束、任意波束赋形和全息;通过对电磁波的相位和极化联合调控,可以实现矢量涡旋波束;通过对电磁波的相位和频率联合调控,可以实现非线性超透镜和时空编码等功能,为电磁波的人工调控提供了全新设计思路及理论支撑。尽管如此,对于超表面的应用研究尚处于起步阶段,尤其是存在多元集成效率低、带宽窄、可重构设计复杂、成本高等若干瓶颈技术亟待新理论、新方法进行突破。本专题主要依托国家自然科学基金等军内外基础研究项目,聚焦超表面电磁调控领域最新研究成果,推动超表面在无线通信系统和隐身中的广泛应用,以期增进国内同行在该领域的学术交流。本期专题采用在线支撑材料等增强出版形式,读者可扫描文中二维码链接查看相关支撑材料,以加深对论文内容、思路与方法的理解。

本期《超表面电磁调控方法与应用》专题由以下4篇论文组成。

《基于相位控制超构表面的 OAM 阵列天线 RCS 减缩研究》设计了一款基于相位控制超构表面的低 RCS 的 OAM 阵列天线。天线由四元缝隙耦合微带天线组成,通过馈电网络为各单元馈送幅度值相等,相位值依次为 0° 、 90° 、 180° 、 270° 的激励,实现了 1 模态的 OAM 辐射效果。并以 2 种人工磁导体单元为基础,构建了超构表面,以棋盘布阵的形式加载到阵列天线周围,实现了天线 RCS 的有效减缩。该天线可有效缓解信道容量受限问题并且具有隐身性能。

《可编程超表面实现双极化独立多波束反射阵天线设计》基于电可调 PIN 二极管设计了一种高效的极化复用超表面单元,并结合阵列方向图分析方法与优化算法,提出并验证了双通道任意多波束反射阵天线。测试结果与仿真分析结果吻合良好,证明了该反射阵天线在双极化通道下良好的波束调控能力。这种独立动态多波束调控的反射阵天线有利于增加信道容量,在动态信号传输、卫星以及无线通信系统中都具有较大的应用潜力。

《基于表面-电路-表面型超表面的大旋转角度异常反射和异常折射》提出了一种基于表面-电路-表面型超表面实现高效率的异常反射和折射的方法。该方法可以消除不必要的单元间耦合效应。根据所设计的异常反射 SCSMS 加工了实物样品,实验验证了所提方法在消除单元间不必要的耦合实现大角度高效率异常反射和折射方面的优势,也为 SCSMS 结构在其他电磁波调控方向上的应用提供了有益参考。

《电磁超材料及智能超材料隐身技术发展现状及趋势》聚焦于超材料在电磁领域的应用,阐述了电磁超材料的发展历程和实用化进程,着重介绍了智能可重复编程超材料及其智能隐身系统。对目前超材料隐身技术成熟度进一步提高所面临的难点进行分析,并对未来的发展做出了建议和展望。

相关资料



《基于相位控制超构表面的 OAM 阵列天线 RCS 减缩研究》PPT



《可编程超表面实现双极化独立多波束反射阵天线设计》PPT

本期专题主持人简介

许河秀(1985—),男,江西九江人,空军工程大学教授,博士生导师。入选国防卓青、IET Fellow、教育部青年长江学者,入选爱思唯尔高被引学者、军队学科拔尖人才和陕西省特支计划等,享受军队一类优秀专业技术岗位津贴。担任 Research、IEEE Photonics Journal 等 7 份国内外 SCI 源刊副主编和编委,URSI 委员会委员、全国天线分会委员、中国通信学会人工智能与应用委员会委员。主要研究方向为超材料电磁调控与雷达天线、隐身应用等。曾获全球无线电联盟等青年科学家奖 6 项、中国发明协会创新奖一等奖、中国专利奖、陕西省高等学校科学技术特等奖、军队/西安市科技进步奖、中国电子学会自然科学奖、全国发明展览会技术发明金奖、Nature Light 杰出论文奖、Research 年度最佳论文奖等奖项 18 项。在 Research, Nature Photonics, Nature Materials 等期刊发表论文 130 余篇,11 篇 ESI 高被引和热点文章。