
色散本征偏振调控的中红外超表面

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23505.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

色散本征偏振调控的中红外超表面。中波红外(MWIR)作为分子指纹密集区，不仅包含了众多重要的分子振动特征吸收峰，还是红外波段的三个大气传输窗口之一，在气体检测、航天遥感、空间通信、红外对抗等应用中发挥着不可替代的作用。

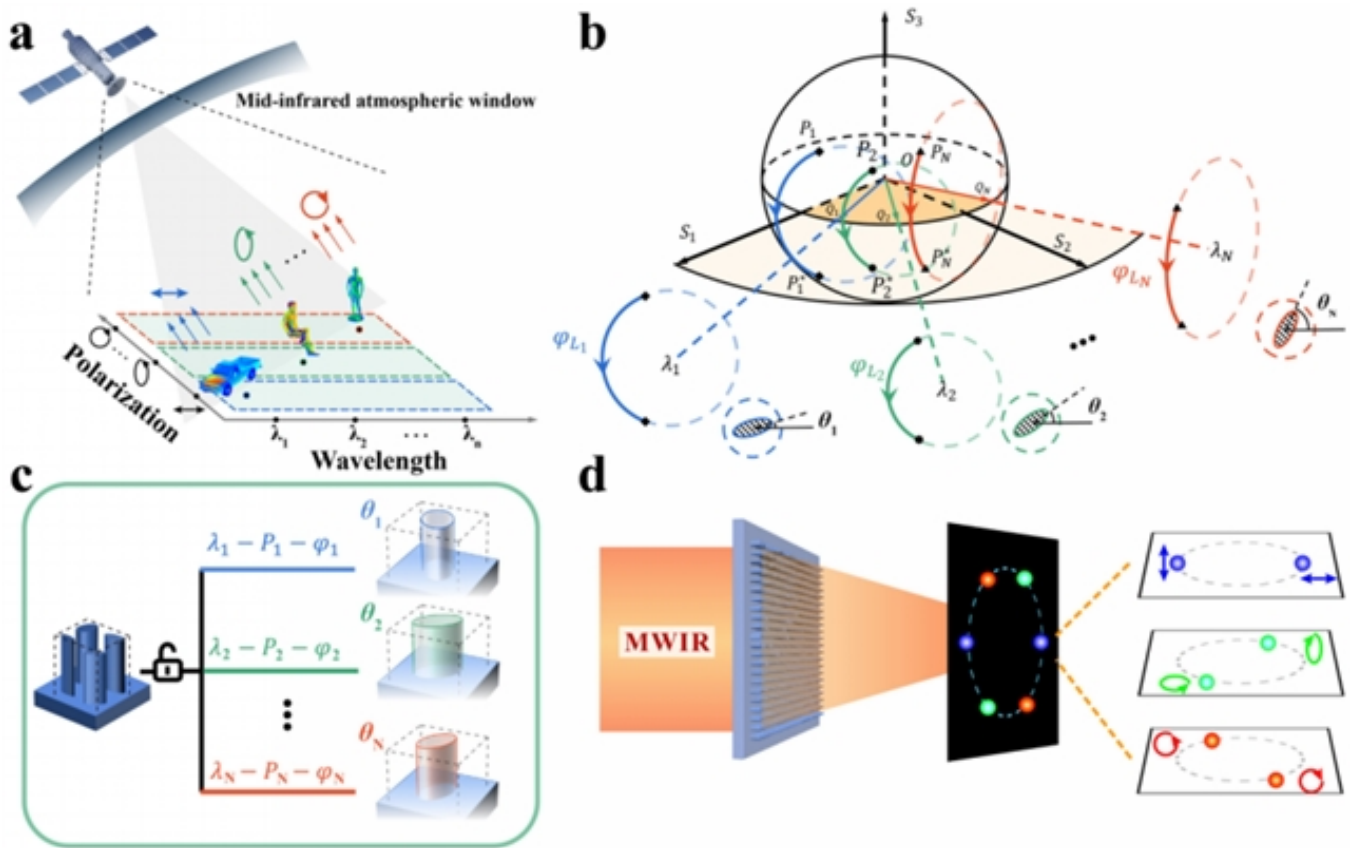
对中波红外光子波长和偏振等维度的解析是对目标进行探测与识别的重要手段。传统方法通常需要借助级联多个光学元件，通过分时间或分空间的方法来完成，这些方案都具有较大的体积、质量与功耗，调谐响应速度较慢，同时大量运动部件的存在导致器件对温度、湿度、振动等环境稳定性要求较高，不利于系统集成与在特殊工况下的使用，限制了其在对此类性能敏感领域的应用。

超表面的出现为在亚波长尺度下独立操纵光子的多个维度属性提供了强大而灵活的器件平台。相比传统器件，在波长、偏振维度调控方面，更为紧凑的超表面器件已经被证实其巨大的潜力。然而，现有方法在多偏振与多波长的探测上通常采用叉指/分块的方法，导致不同数据通道间的串扰与能量损失。如何在不同波长上实现无损耗的任意偏振操控从而进行波长与全偏振状态信息的同步探测仍未有解决方案。

近日，中国科学院上海技术物理研究所李冠海、陈效双、陆卫研究员团队联合新加坡国立大学仇成伟教授团队提出了一种能够在不同光谱维度下按需复用的组合单元相干超表面单元。通过色散琼斯矩阵的叠加构造波长解耦来打破本征偏振约束，在多个离散波长独立选择任意正交偏振基并进行复用调控，降低串扰并提升效率。

该成果以Polychromatic full-polarization control in mid-infrared light为题发表在Light: Science Applications。陈金博士和郁菲茱博士作为本文的共同第一作者，李冠海研究员和仇成伟教授为本文的通讯作者。国科大杭州高等研究院、上海量子科学研究中心、中国科学技术大学等也为本工作提供了协助。本工作也得到了科技部、国家自然科学基金委、上海市科委、中国科学院等项目的资助。

如图1所示，在低照明背景下，需要通过载荷区分具有不同光谱和偏振信息的复杂典型目标。然而，对于传统的超表面单元结构，其调控路径受到几何对称方向的限制。为了打破不同波长-偏振调控固有的本征偏振约束，研究团队提出了一种色散琼斯矩阵方法，通过用4个全硅单元构造波长解耦的相干结构。为了保证超单元在所有3个波长和6个偏振通道上的高性能，通过粒子群-遗传算法对单元的周期几何参数进行优化，最终实现在多个波长维度上任意的偏振调控。



图片图1. 波长解耦相干单元在光谱维度的多偏振调控。(a)低照度背景下复杂目标的光谱和偏振识别示意图;(b)传统几何相位操控中超表面单元的旋转角 与本征偏振的关系;(c)波长解耦相干超表面单元示意图;(d)多色全偏振超透镜的功能示意图。

研究团队制备了一个具有代表性的多色全偏振调控器件，被实验证明可以在三个波长的空间分离通道上生成三对任意选择的正交偏振上的消色差聚焦点。其模拟了传统级联的滤光片、偏振片和波片的功能。三对正交偏振态分别为 $3.0\ \mu\text{m}$ -线偏振、 $3.6\ \mu\text{m}$ -椭圆偏振(椭圆率 30°)和 $4.5\ \mu\text{m}$ -圆偏振。值得注意的是，虽然此方案只用了四个相干像素，但它仍然适用于多个波长，偏振态的形式是任意的。如图2所示，研究团队进一步拓展并实现了一个十通道超表面器件，在Poincaré球上展示的五组不同正交偏振态与设计吻合。

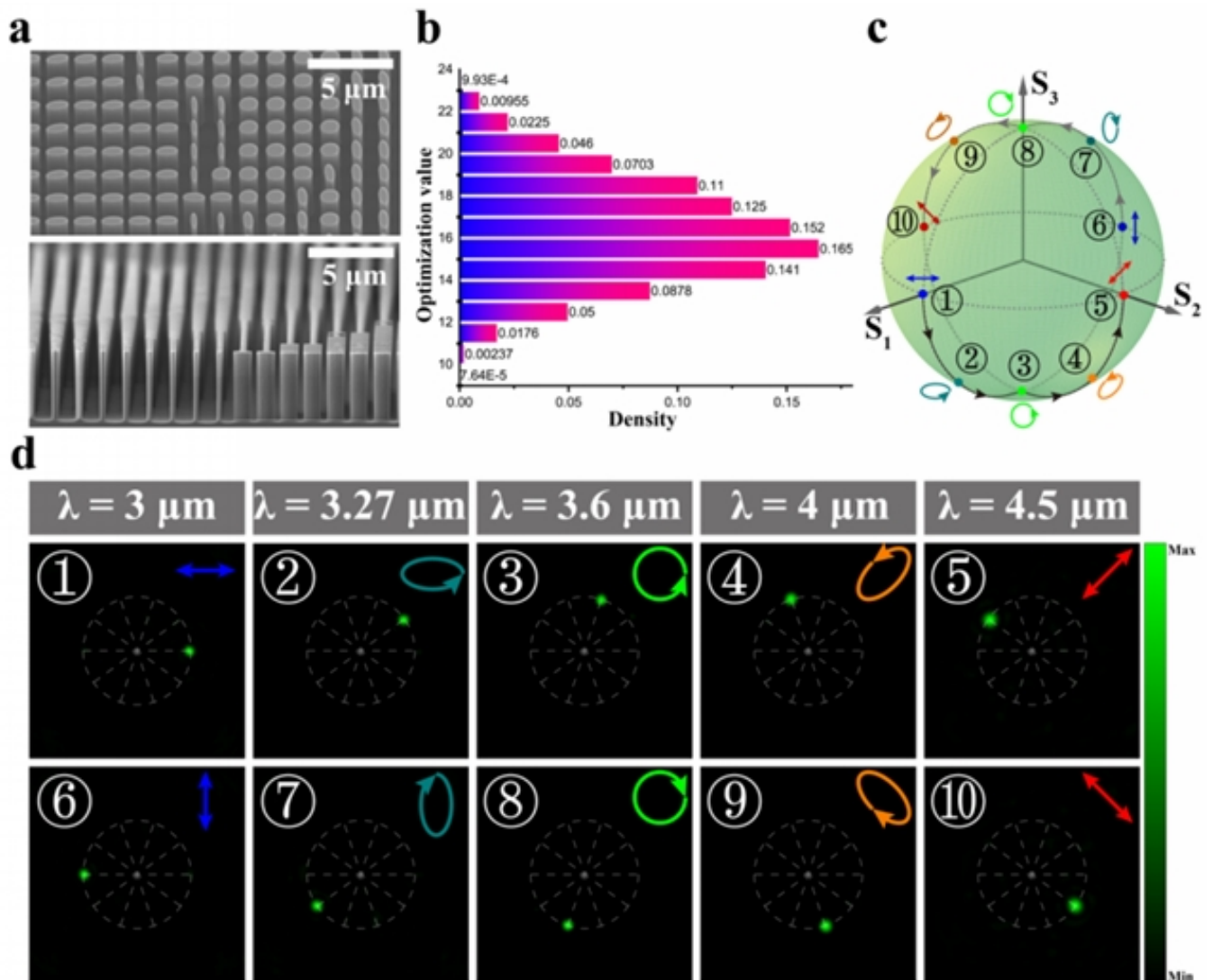


图2. 本征偏振调控超表面的制备与调控。(a)样品加工SEM图;(b)基于混合进化算法的超透镜的优化结果;(c)五波长、十偏振通道在庞加莱球上的表示;(d)选定的五个波长下,不同偏振的聚焦点在焦平面上的分布,插图显示了对应的偏振态。

研究团队通过理论分析、仿真计算与实验测试证实了基于四单元组合通过色散琼斯矩阵叠加的方式实现无串扰、高效率的多离散波长下任意正交偏振态的同步操控,为超表面器件从物理层面突破光谱-偏振多维度、多自由度调控限制提供了有益的探索,有助于满足天基遥感、国土安全等方面的需求。(来源:中国光学微信公众号)

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41377-023-01140-3>

特别声明: 本文转载仅仅是出于传播信息的需要,并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性;如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用,须保留本网站注明的“来源”,并自负版权等法律责任;作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜,请与我们联系。

作者: 李冠海等 来源: 《光: 科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发