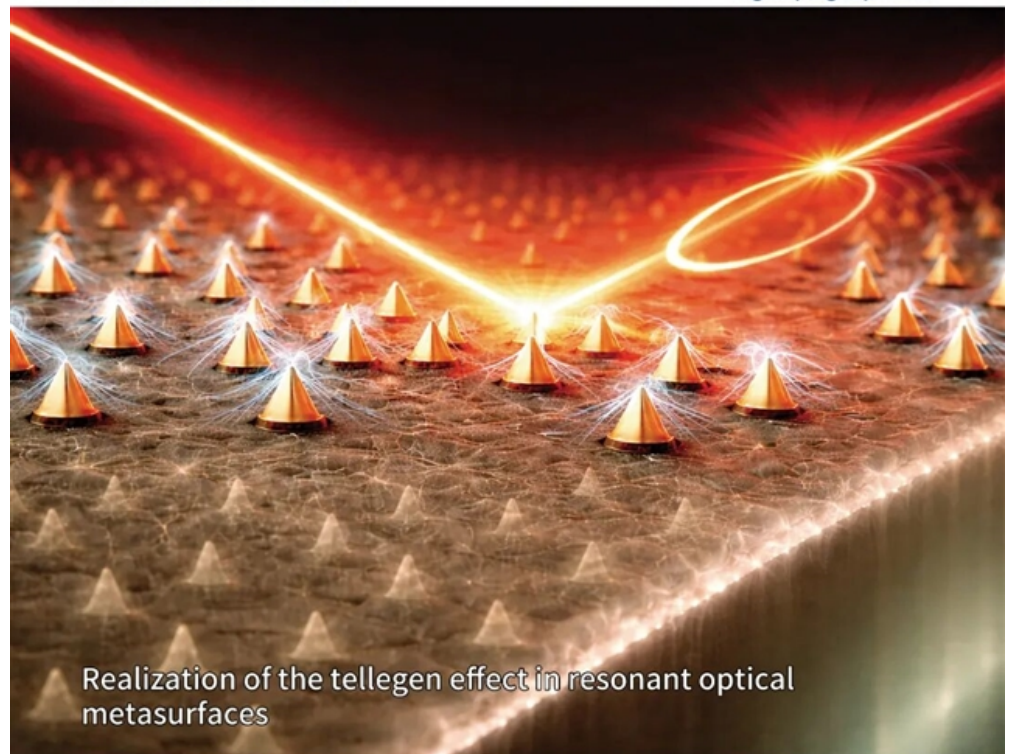

强特勒根效应的超表面

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39216.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！

强特勒根效应的超表面。



Realization of the Tellegen effect in resonant optical metasurfaces

ISSN 2097-1710



SPRINGER NATURE

导读

在光学非互易材料中，实现强光学特勒根效应、开发无磁偏置的非互易介质对推进轴子电动力学实验验证及紧凑光学器件发展具有关键意义。近日，芬兰阿尔托大学、瑞典哥德堡大学与美国斯坦福大学联合团队在共振光学超表面中实现了对角特勒根效应。该超表面由随机分布的钴-硅纳米散射体构成，凭借强形状各向异性产生自发磁化，其特勒根响应强度比已知天然材料高出100倍以上，为光学特勒根材料的实用化开辟了新路径。该研究成果发表于eLight（影响因子32.1，入选两期卓越计划），题为Realization of the Tellegen Effect in Resonant Optical Metasurfaces，芬兰阿尔托大学Shadi Safaei Jazi为论文第一作者，同时芬兰阿尔托大学Viktar Asadchy、Shadi Safaei Jazi与瑞典哥德堡大学的Ihar Faniayeu及Alexandre Dmitriev为论文共同通信作者。

特勒根效应作为非互易磁电耦合的核心表现，在轴子电动力学验证、无磁偏置非互易光学器件开发等领域具有重要价值。现有研究面临诸多局限，比如天然材料中的特勒根效应强度极低，难以满足实际应用需求；人工复合材料的设计仅局限于微波频段，在光学频段因电子回旋频率与拉莫尔频率的限制，特勒根效应大幅减弱，甚至降低五个数量级；已有的光学特勒根材料理论方案或依赖快速时间调制技术，或需要多层反铁磁结构，均受限当前制造工艺无法实现，而基于磁性双组分纳米颗粒自发磁化的超表面方案也缺乏实验验证。

此外，光学特勒根效应的研究还存在两方面未解决的核心问题：一方面，特勒根效应常与旋电效应、旋磁效应共存于非互易材料中，三者共同影响交叉偏振光的反射，且传统测量需双向照明以获取相位信息，而基板厚度与粗糙度会导致相干性丧失，难以精准分离提取特勒根效应的独立贡献；另一方面，现有光学超表面的制备工艺难以同时保证强形状各向异性、均匀自发磁化与大规模集成，限制了特勒根响应的增强与实用化，且缺乏无需外部磁场即可稳定工作的高性能器件方案，制约了无磁偏置非互易光学系统的发展。

为解决上述问题，研究团队创新性地设计了由钴硅纳米锥构成的共振光学超表面（如图1结构示意图）。研究人员利用各向异性使钴部分形成单畴磁态，从而导致自发磁化实现无需外部磁场的稳定特勒根效应。其响应强度比天然材料高出100倍以上，突破了光学频段特勒根效应强度极低且依赖外磁偏置的局限，同时让超表面兼具旋电与旋磁效应，为多效应协同的非互易光学研究提供了全新平台。

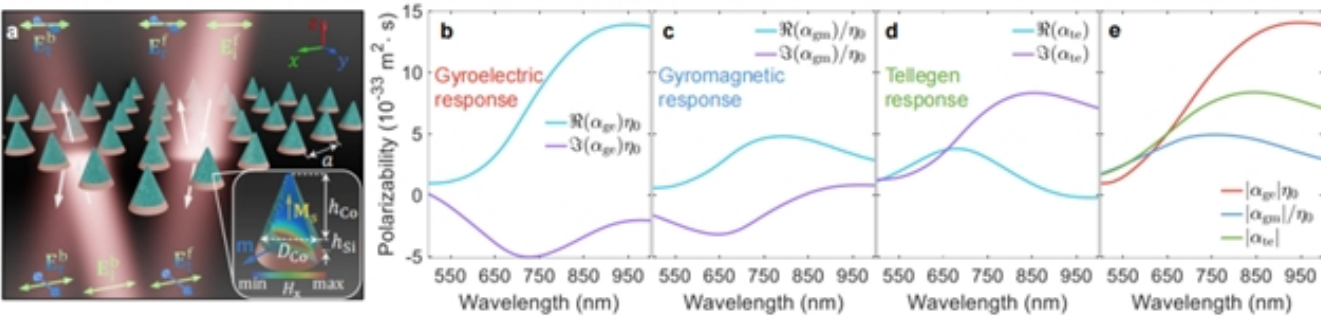


图1：光学特勒根超表面设计

研究团队提出基于三种超表面的单侧照明测量方法（如图2原理展示）。通过制备三种不同氧化铝间隔层厚度的超表面，利用交叉偏振反射系数与三种效应极化率的线性关系，构建线性方程组独立提取特勒根、旋电与旋磁效应的幅值，解决了传统双向照明测量中基板相干性丧失、相位难以精准测量的难题，且无需复杂设备即可完成多非互易效应的分离表征。

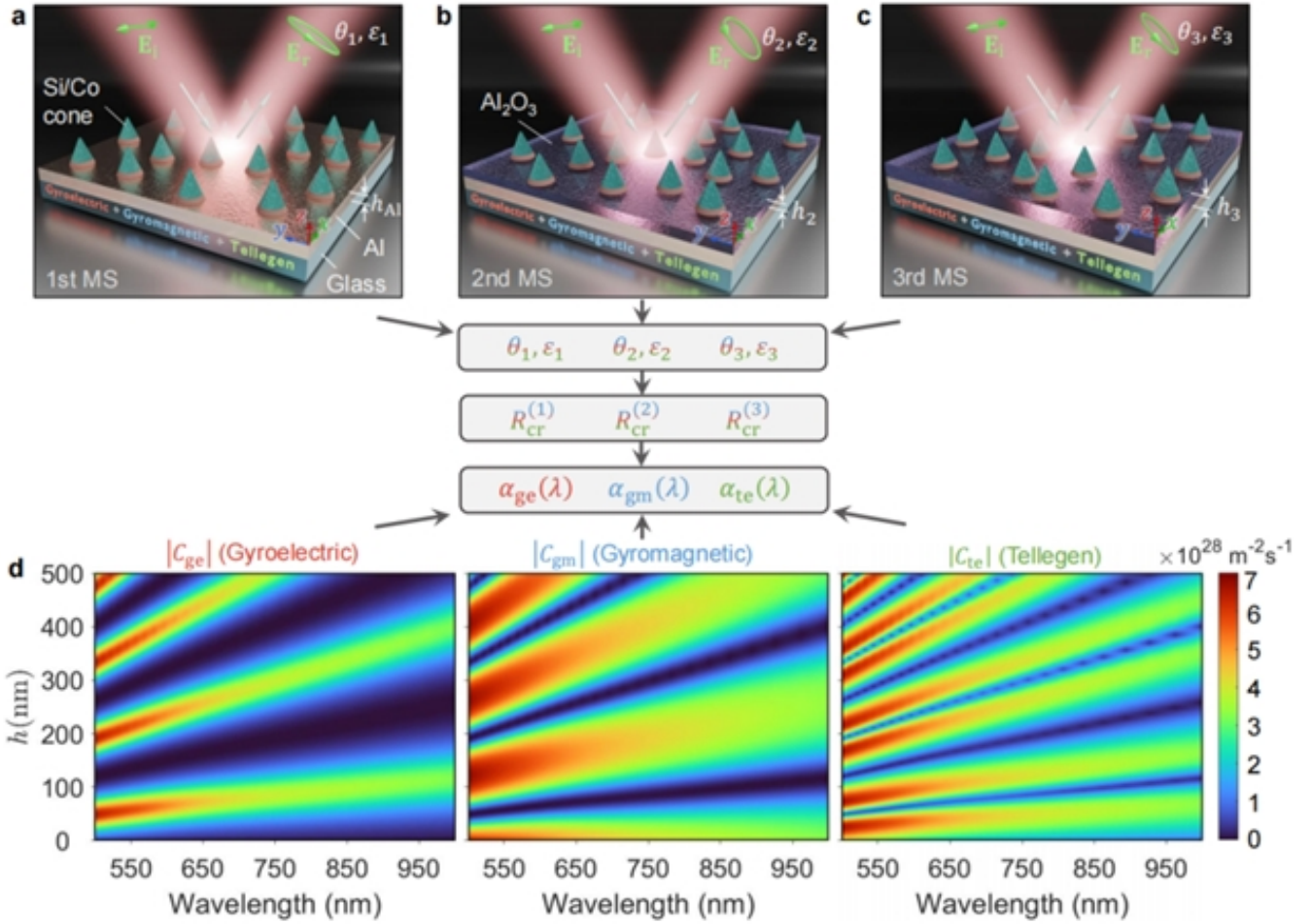


图2：利用磁光测量提取通用非互易超表面中独立的旋电、旋磁和特勒根效应

此外，研究人员还进一步优化了纳米结构制备工艺与拓扑设计（如图3样品表征）。采用孔掩模胶体光刻技术实现超表面的大规模制备，通过调整钴硅纳米锥的几何参数激发磁型米氏共振，进一步增强特勒根响应，同时使超表面可扩展至数百平方厘米规模。该工艺解决了光学特勒根材料难以兼顾强响应、高集成度与可量产性的问题，为紧凑无偏置非互易光学器件的实用化奠定了基础。

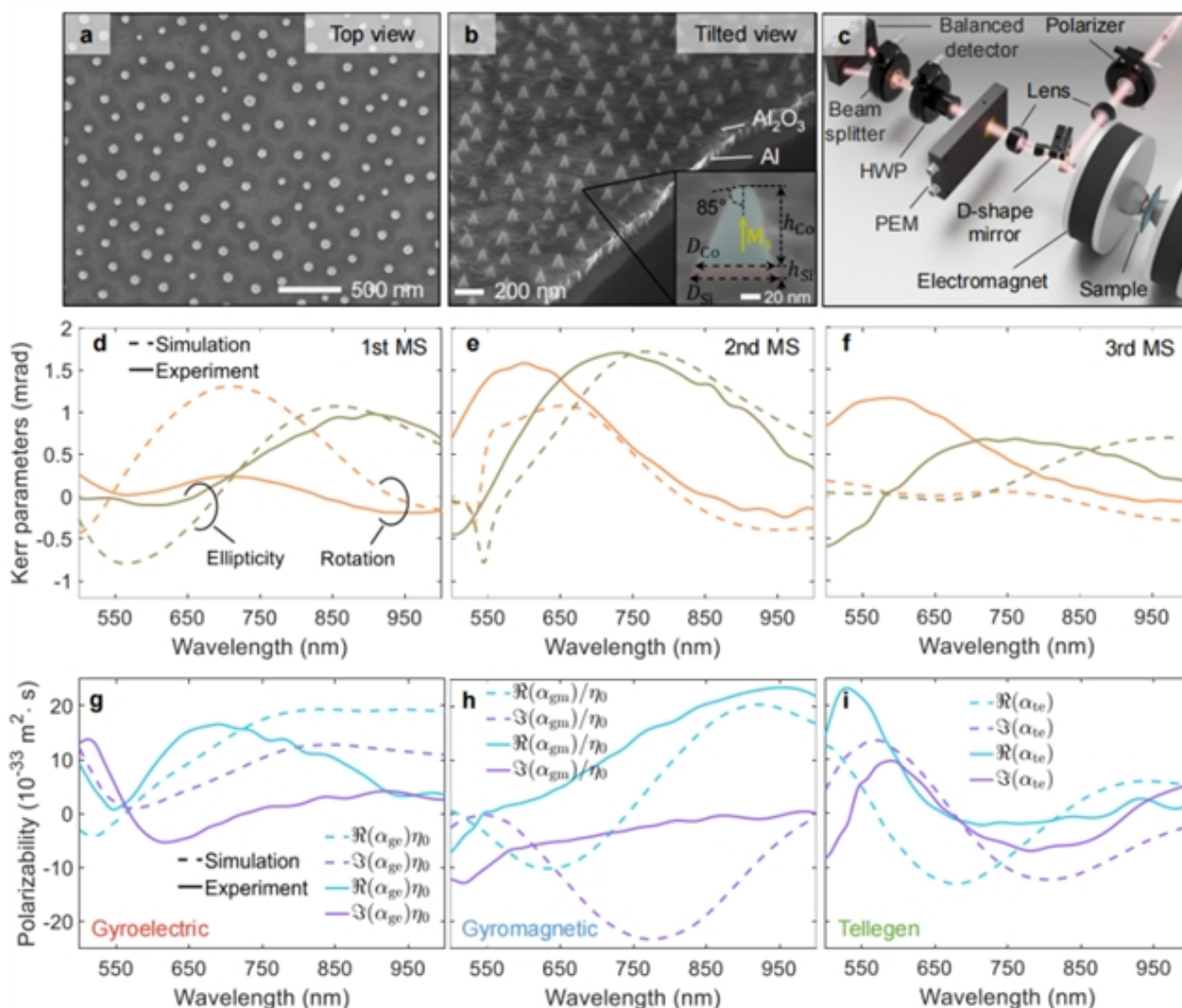


图3：制备的特勒根超表面及其表征

总结与展望

该研究在共振光学超表面中实现了强光学对角特勒根效应，通过钴硅纳米锥的强形状各向异性获得自发磁化，使特勒根响应强度比天然材料提升100倍以上，同时提出三超表面单侧照明测量方法，成功分离提取特勒根、旋电与旋磁三种非互易效应的独立贡献。实验结果与全波模拟在光谱特性和幅值上高度吻合，验证了该超表面设计与测量方法的准确性，为光学频段非互易材料的研究提供了可靠的实验平台与表征技术。

该研究成果为后续发展奠定了重要基础，未来可通过优化钴层结晶度提升剩余磁化强度，进一步增强特勒根响应；借助纳米锥几何与成分的精准调控，实现共振波长在整个光学光谱的灵活调谐。基于该超表面还可拓展开发纯特勒根膜、各向同性特勒根胶体等新型材料体系，为轴子电动力学实验验证、紧凑无偏置非互易光学器件研发提供新路径，有望在光通信、量子信息处理等领域实现突破性应用。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1186/s43593-026-00123-2>

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：Viktar Asadchy 来源：eLight

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](https://www.iikx.com)转发