表面声子激元成像表征研究获进展

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/15355.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！

表面声子激元成像表征研究获进展。近日，中国科学院国家纳米科学中心研究员戴庆、华中科技大学教授李培宁与张新亮、新加坡国立大学教授仇成伟，以及美国纽约州立大学教授Andrea Alù合作，在表面声子激元成像表征研究方面取得重要进展，科研人员通过实验发现了一种新的声子激元幽灵模式。相关研究成果以Ghost hyperbolic surface polaritons in bulk anisotropic crystals为题，发表在《自然》上。

表面声子激元是一种存在于极性晶体材料表界面上的特殊电磁模式，具有半光子-半声子的准粒子属性，可以实现高效的纳米尺度光压缩，在涉及光与物质相互作用的较多领域颇具应用前景。该模式存在的必要条件是在其传播方向上材料的介电函数实部为负，一般只能在材料的剩余射线带（即晶格振动导致的离子极化占主导地位的中远红外波段）得到满足，由此表面声子激元的研究高度依赖于红外表征技术。20世纪60至70年代，研究通过远场红外技术证实了声子极化激元模式的存在并验证了理论预测的色散特性。然而，由于当时缺少具有高空间分辨能力的红外表征技术，研究难以获得表面声子激元的模式分布信息，更无法实现对表面声子激元的调控。

近年来，近场光学表征技术尤其是散射型扫描近场光学显微术（s-SNOM）的发展以及新型低维纳米材料特别是范德华晶体的兴起，为表面声子激元的表征和调控研究带来了新机遇。已有研究表明，在新型范德华晶体中存在两种声子激元模式：单一界面约束的表面模式（图B）和双界面约束的波导模式（或称体模式，图B）。其中，表面模式的光场限域性较差但易于激发，而体模式光场限域性较好却难于激发，因而这两种模式的特性均不够理想，寻找一种能够结合两者优势的声子激元新模式成为该研究领域的下一个突破口。此前有理论研究预测与晶体光轴成一定夹角的晶面可以支持新的声子激元模式。然而，限于范德华晶体的层状属性，其晶面调控难以实现。鉴于此，研究团队回归传统晶体材料方解石，通过近场实验证实了表面声子激元晶面调控的可行性，并进一步结合理论分析揭示了一种集高光场限域和易激发优势于一身的新型声子激元幽灵模式的存在。

本工作中，科研团队首先利用s-SNOM系统地剖析了光轴倾角为23.3°的方解石晶面所支持的声子激元模式（图A），证明了其面内各向异性和远程传播特性（传输距离大于20微米），描绘了其频率色散特性；其次，借助晶面调控实验观测了方解石声子激元的面内各向异性由双曲到椭圆的拓扑转变过程（图A）；最后，结合理论分析和电磁仿真论证了实验观测到的声子激元在方解石内部的法向波矢为复数，其在界面法向兼具行波和消逝波的特征（图B），是一种处于亚稳态的准模式，故称为幽灵模式。该模式自晶体表面向晶体内部扩散的过程，与金属中电子自表面态向体态隧穿的过程及漏模波导中导模向衬底泄露的过程异曲同工，均是波动方程的准静态解随时间演化的结果。研究表明，以方解石为代表的传统光学材料可能蕴含新现象，在纳米光子学领域具有重要作用；幽灵模式在晶体内部的行波特性直接预示着该模式可由来自晶体一侧的远场红外

光直接激发而无须借助光学天线，这为声子激元的激发提供了新途径，为新型红外光子器件的设计带来了便利。

戴庆课题组致力于纳米光子学材料、器件及相应表征技术的研究，利用s-SNOM先后完成了石墨烯/氮化硼异质结等离-声子杂化激元模式成像（Adv. Mater., 2016, 28, 2931）、范德华材料光学各向异性的定量表征（Nat.Commun., 2017, 8, 1471）及范德华波导泄露模式的观测（Adv. Mater., 2019, 31, 1807788）等工作，在近场光学实验领域积累了经验，因而承担了本次联合攻关的相关实验表征工作。研究工作得到国家自然科学基金委员会国家杰出青年科学基金项目与青年科学基金项目的支持。（来源：国家纳米科学中心）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-021-03755-1

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等事宜，请与我们接洽。
作者：戴庆等 来源：《自然》

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转发