成像比纳米粒子还小，这项研究给探针带来福音

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/33950.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！

成像比纳米粒子还小，这项研究给探针带来福音。厦门大学柔性电子（未来技术）研究院教授梁亮亮团队联合新加坡国立大学教授刘小钢团队，在镧系元素掺杂光子雪崩上转换纳米晶研究中取得重大进展。6月18日，相关研究成果发表于《自然》。

光子雪崩是镧系掺杂材料中一种独特的光学非线性现象，能量正反馈循环过程使其发光强度与泵浦功率表现出极其陡峭的幂律关系，使得极微弱的泵浦扰动或环境变化，也能诱发发光强度的显著突变。凭借这一特性，光子雪崩在低成本超分辨成像、超灵敏光学传感和多物理场探测等应用中展现出巨大潜力。当前亟需开发具备超高阶光学非线性响应的光子雪崩材料，以满足前沿光学应用对极限性能的迫切需求。由于镧系离子4f－4f跃迁的宇称禁戒特性，其辐射与非辐射过程高度依赖于所处晶体环境的对称性。因此，晶体场调控能够有效调节电偶极相互作用的耦合强度，从而影响离子间能量传递的效率，在构建高效雪崩体系中具有重要潜力。

针对上述问题，研究团队搭建了适用于光子雪崩效应研究的高性能测试平台，采用高度集成的自动化架构，涵盖基于伺服电机的精密激光功率控制、三维压电位移台定位、基于门控单光子探测的高时间精度荧光信号采集等多个模块，实现了对非线性光学响应的高效可靠采集与分析。进一步通过调控纳米晶内部的晶格结构，在雪崩离子网络中诱导出显著的晶体场畸变，从而显著提升离子间的交叉弛豫速率，成功实现了超过500阶的光学非线性响应，刷新了光子雪崩材料的性能纪录，标志着非线性光学材料设计进入以晶体结构工程为核心的新阶段。

研究结果表明，以离子半径更小、原子质量更大的Lu3+离子替代Y3+离子，可有效调控晶体内空位与离子的排布倾向并引入局部晶体场畸变，从而有效加速了光子雪崩过程中的关交叉弛豫过程。该策略使得27纳米颗粒的光学非线性提升至156，雪崩响应时间显著缩短至8.5毫秒，较传统核壳结构纳米晶缩短近70倍，展现出优异的快速响应特性。在单束连续波激光扫描成像系统中，该材料实现了横向33纳米（约为波长的1/33）、轴向80纳米（约为波长的1/13）的空间分辨率，成像信噪比大于20，定位精度高达0.36 纳米, 展示出在低成本超分辨成像的应用潜力。

更值得关注的是，研究团队通过扩展光子雪崩正反馈网络，在直径为176纳米的光子雪崩纳米盘中实现了超过500阶的光学非线性，并首次揭示了激光扫描过程中光子雪崩效应在单个纳米粒子内部的区域响应差异，实现了成像尺寸小于物理尺寸的现象，有望突破传统探针尺寸对分辨率的限制。（来源：中国科学报 温才妃）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-025-09164-y

作者：梁亮亮等 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