
非线性光学及超分辨荧光显微成像领域获重大进展

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18146.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！

非线性光学及超分辨荧光显微成像领域获重大进展。4月26日，《自然-纳米技术》在线发表了华南师范大学华南先进光电子研究院光及电磁波研究中心教授詹求强课题组最新研究成果。他们在非线性光学及超分辨荧光显微成像领域取得突破性进展。

该研究提出了一种新型的迁移光子雪崩机理，在常温下实现了国际上非线性响应阶数最高（46阶）的光子雪崩现象，基于极高阶非线性荧光效应发展了一种极其简便的单光束、低光强、近红外超分辨显微成像技术，系统比传统共聚焦更简单，但分辨率是共聚焦的4倍左右，并成功应用于亚细胞结构的观测。

光子雪崩是一种具有超高阶非线性光学响应特性的上转换发光现象，于1979年首次在掺镨晶体中被观察到，表现出的特征为激发光功率超过一定阈值后，发射荧光强度随激发光强度增加而展现出超高阶非线性依赖关系，阶数远高于传统的多光子吸收。但过去四十多年里，光子雪崩基本只能在块状材料中观测，甚至需要超低温等极端条件。如何在纳米尺度、常温条件下实现高效光子雪崩一直是个重大物理难题。这是因为在纳米尺度下实现光子雪崩存在巨大困难，如纳米颗粒表面能量损耗很大、增强交叉弛豫与浓度猝灭存在矛盾关系等。

针对这个科学难题，自2018年起，詹求强带领硕士研究生努力探索适用于在纳米尺度实现光子雪崩的新理论，并取得了重要进展。在物理机理上，突破性提出多离子级联作用的新型光子雪崩机理（Cascade Photon Avalanche），在室温条件下实现了掺镨纳米颗粒的26阶非线性荧光的效应。具体地，在詹求强课题组提出的双离子掺杂的光子雪崩体系中，引入了一种能级简单的新离子（镱离子）承担存储能量的功能。

该研究从理论和实验上系统地分析了能量传递路径，建立整套雪崩体系模型并使用数学方程理论模拟发光的动力学过程，探寻了最佳掺杂配比，阐明了影响光子雪崩的内在机制。基于理论指导，合成对应的双离子掺杂的纳米颗粒，在近红外光激发下，成功探测到覆盖蓝光至红光的多波段荧光的超高阶非线性光学响应曲线。

詹求强课题组还发现了在多离子级联作用的镱离子具有同样的光子雪崩效应，而镱离子是上转换体系中常用的敏化离子和能量迁移离子，能够有效敏化多种活化离子进行上转换发光，为光子雪崩效应传递给其他镧系离子提供了可能性。课题组由此进一步提出能量迁移光子雪崩机制，通过合成多层核壳结构的纳米颗粒，将最内层双离子级联的作为光子雪崩的纳米引擎，雪崩能量经过镱离子组成的网络迁移网络传递给外层其他发光离子，并且非线性阶数由于上转换的多光子效应实现了进一步放大。例如，以铥离子作为扩展对象，得到了阶数高达46的非线性光学响应。

双离子级联雪崩体系相比传统体系具有更快的响应动力学，比传统光子学雪崩效应速度提高了2-3个数量级，这对于超分辨成像/传感、超分辨3D打印等应用来说具有很重要的实际意义。由此，课题组开发出一种低功率、单光束激发下的超分辨显微成像技术，首先基于简单的激光扫描显微镜在单纳米颗粒上证明了超分辨成像，分辨率高达62nm，随后进一步将光子雪崩纳米颗粒作为探针免疫标记到HeLa细胞，可清楚分辨细胞的精细结构。

该工作所实现的纳米光子雪崩除了推动超分辨显微成像技术的革新升级，在突破衍射极限的光传感、光存储、光刻以及纳米激光等前沿领域也具有广泛的应用前景，将会对非线性光学、纳米光子学、生物光子学领域产生重要的影响。

华南师范大学硕士研究生梁宇森、朱志旻以及博士研究生乔书倩为该论文共同第一作者，詹求强为唯一通讯作者，华南师范大学为第一完成单位和唯一通讯单位。来自瑞典皇家工学院KTH的Jerker Widengren教授、刘海春博士以及北京大学孙聆东教授、董浩博士给本工作提供了重要的合作与指导，参与该项工作的还有詹求强课题组其他研究生。

该研究得到了国家优秀青年科学基金、广东省杰出青年科学基金、国家自然科学基金面上项目等经费的支持。（来源：中国科学报朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41565-022-01101-8>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：詹求强等 来源：《自然—纳米技术》

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