

院地合作

合作动态

科技动态

首页 >> 院地合作 >> 科技动态

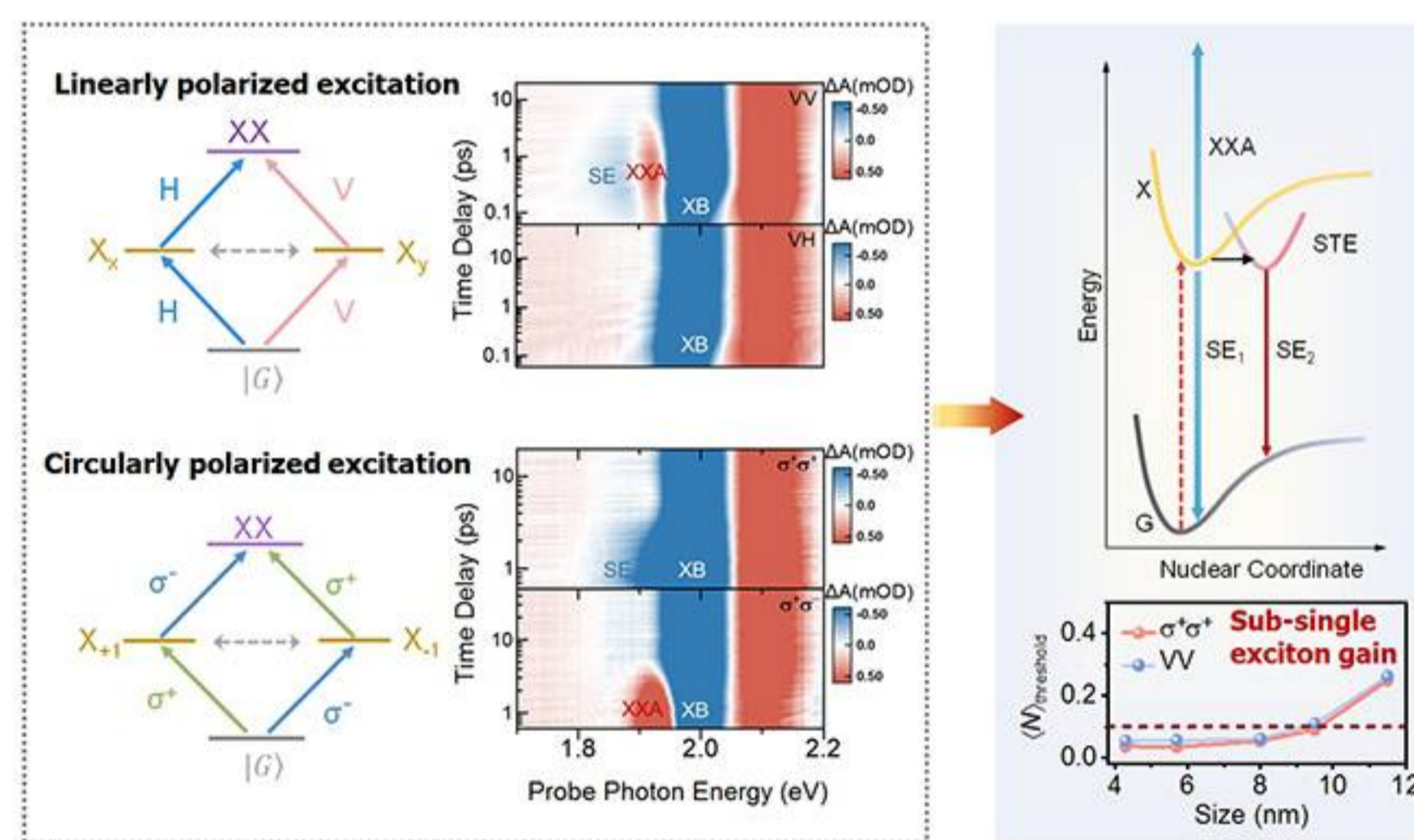
科技动态

大连化物所揭示量子点低阈值光增益新机制

撰稿：大连化学物理研究所 发布时间：2023-11-17 【大 中 小】

近日，中国科学院大连化学物理研究所化学动力学研究室光电材料动力学研究组研究员吴凯丰与副研究员朱井义团队在胶体量子点超快光物理研究中取得新进展，团队基于偏振控制的飞秒瞬态吸收光谱，精准地分辨受激辐射和双激子吸收的光谱特征，在钙钛矿量子点体系中观测到平均激子数小于0.1的光增益现象，并揭示了动态晶格在其中起到的关键作用。

由于胶体量子点的带边跃迁具有多重简并度，其光增益行为通常发生在多激子区间。然而，量子点的多激子态通常存在着皮秒级别的非辐射俄歇复合过程，限制了光增益的寿命，最终制约了量子点作为增益介质在激光领域的应用。为解决这一难题，前期的文献研究主要分为两种思路：一种是通过构建复杂的核壳结构或组分渐变的合金量子点来延长俄歇寿命至纳秒级别；另一种是通过调控量子点的电子布居或能级结构来回避对多激子态的需求，比如利用电子预掺杂降低量子点的吸收损耗进而实现近零阈值的光增益，以及在II-型核壳量子点中利用双激子排斥作用实现单激子光增益。这些策略都各自存在一些问题，阻碍了这些类型的量子点在实际体系中的应用。



大连化物所揭示量子点低阈值光增益新机制

一种降低光增益阈值的根本方法是利用电声耦合来诱导激子吸收和发射之间产生较大的Stokes位移，从而回避单激子和双激子吸收带来的损耗。但是传统量子点具有刚性的晶格结构和高度重叠的电子—空穴波函数分布，电声耦合较弱，使得这一机制很难被观察到。在本工作中，研究团队发现，得益于钙钛矿量子点的柔软动态晶格结构，它们存在较强的电声耦合作用，能够真正在量子点系综中实现低阈值光增益。

研究团队前期研制了偏振选控的飞秒瞬态吸收光谱，在此基础上揭示了量子点激子自旋拍频新机制 (*Nat. Mater.*, 2022)，以及实现了室温下的量子点自旋相干操控 (*Nat. Nanotechnol.*, 2023)。在本工作中，团队基于该谱学方法清晰地分辨了单激子漂白 (XB) 信号的红端位置分辨出受激辐射 (SE) 和单激子态到双激子态吸收 (XXA) 信号特征。基于激子偏振特性分析，团队发现CsPbI₃和CsPbBr₃钙钛矿量子点的受激辐射都包含一个高能组分和一个低能组分，即一个较小Stokes位移的带边自由激子发射 (SE₁) 和一个较大Stokes位移的瞬态自陷激子发射 (SE₂)。研究发现，当泵浦—探测脉冲光保持相同圆偏振时，双激子吸收被抑制，这两种发射的斯托克斯位移都足够克服非均匀激子线宽，从而实现平均激子数小于0.1的增益阈值；当泵浦—探测脉冲光保持相同线偏振时，双激子吸收会覆盖带边自由激子的受激辐射 (SE₁)，但是自陷激子的受激辐射 (SE₂) 的Stokes位移仍然足以克服双激子吸收并实现类似的低阈值光增益。该低阈值光增益现象在不同尺寸的CsPbI₃和CsPbBr₃量子点中均能被观测到。

该工作揭示了在胶体量子点中通过电声耦合作用实现低阈值光增益的新机制，有望为低阈值量子点激光器的发展奠定基础。

该成果以“Sub-Single-Exciton Optical Gain in Lead Halide Perovskite Quantum Dots Revealed by Exciton Polarization Spectroscopy”为题，于近日发表在《美国化学会志》(*Journal of the American Chemical Society*) 上。上述工作得到国家自然科学基金、中国科学院稳定支持基础研究领域青年团队计划、大连化物所创新基金、新基石科学基金会科学探索奖等项目的资助。

文章链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.3c10281>

DICP科普一下|量子点