长波及甚长波红外量子点探测器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/28335.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！

长波及甚长波红外量子点探测器。近日北京理工大学光电学院联合西湖大学光电研究院，突破现有量子点探测波长极限，首次实现甚长波红外波段的探测及成像应用。

该研究成果第一作者薛晓梦博士研究生、郝群教授、陈梦璐教授，通讯作者陈梦璐教授。以Very Long Wave Infrared Quantum Dot Photodetector up to 18 μm为题发表于Light：Science Applications。

红外波段与大气窗口相匹配，广泛应用于环境监测、气体传感和危害探测。根据瑞利散射定律，散射与波长的四次方成反比。这意味着长波红外(LWIR, 6-15 μm)和甚长波红外(VLWIR,15-30 μm)在传播距离上更具有优势。然而该波段不能被人眼直接感知，需要借助于光电探测器。红外光电探测器能把所接受的红外辐射转换为电信号，是红外探测和成像系统的核心部件，也是红外技术发展的关键。

目前，光子型红外探测器是依靠碲镉汞和II型超晶格等昂贵外延材料，其信号导出需要与读出电路倒装键合，工艺复杂。相比之下，胶体量子点作为新型半导体材料，具有红外波段可调控、化学法制备成本低、与硅基电路直接耦合的优势，为红外探测器件提供了新思路。然而，尽管量子点材料的吸收光谱可以覆盖近红外至太赫兹等多个红外波段，但量子点器件的探测波段很难达到长波红外。这是由于量子限域效应打开块体半导体带隙，即相应块体半导体带隙决定了量子点能级下限和探测波长极限。

为超越现有量子点红外探测波长极限，本项工作突破了极限尺寸半金属量子点合成及光电器件制备技术，首次实现甚长波红外18微米量子点光电探测器。本项工作基于零带隙半金属材料，设计了高活性、离去性前驱体，开发了成核-生长分离的滴定生长技术，获得高稳定性的近玻尔半径尺寸量子点胶体且其吸收谱覆盖长波红外及甚长波红外（如图1所示）。

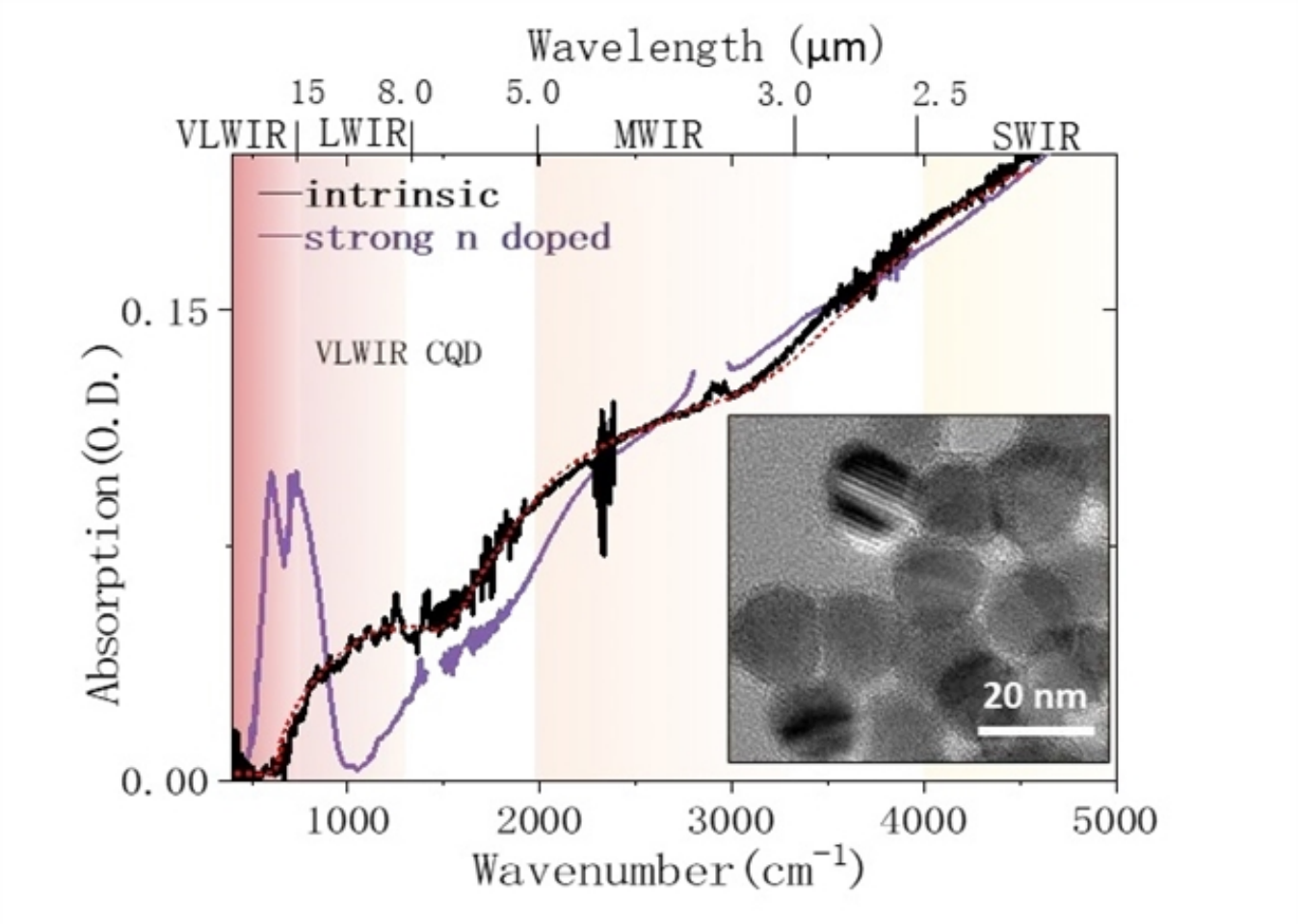


图1. 极限尺寸半金属量子点红外吸收光谱及形貌图

本工作通过薄膜场效应管及双电位电化学实验探明了极限尺寸红外量子点光电探测性能的主要限制是光生载流子漂移长度与传输通道长度相比较短。针对该难点，研究组在前期配体交换（Nature Materials 2020, 19, 323 – 329.）及表面偶极子掺杂调控（Light: Science Applications 2023, 12 , 2）工作的基础之上，提出了碘离子配体修饰方法（如图2所示），钝化量子点的富金属表面，实现掺杂精准调控。

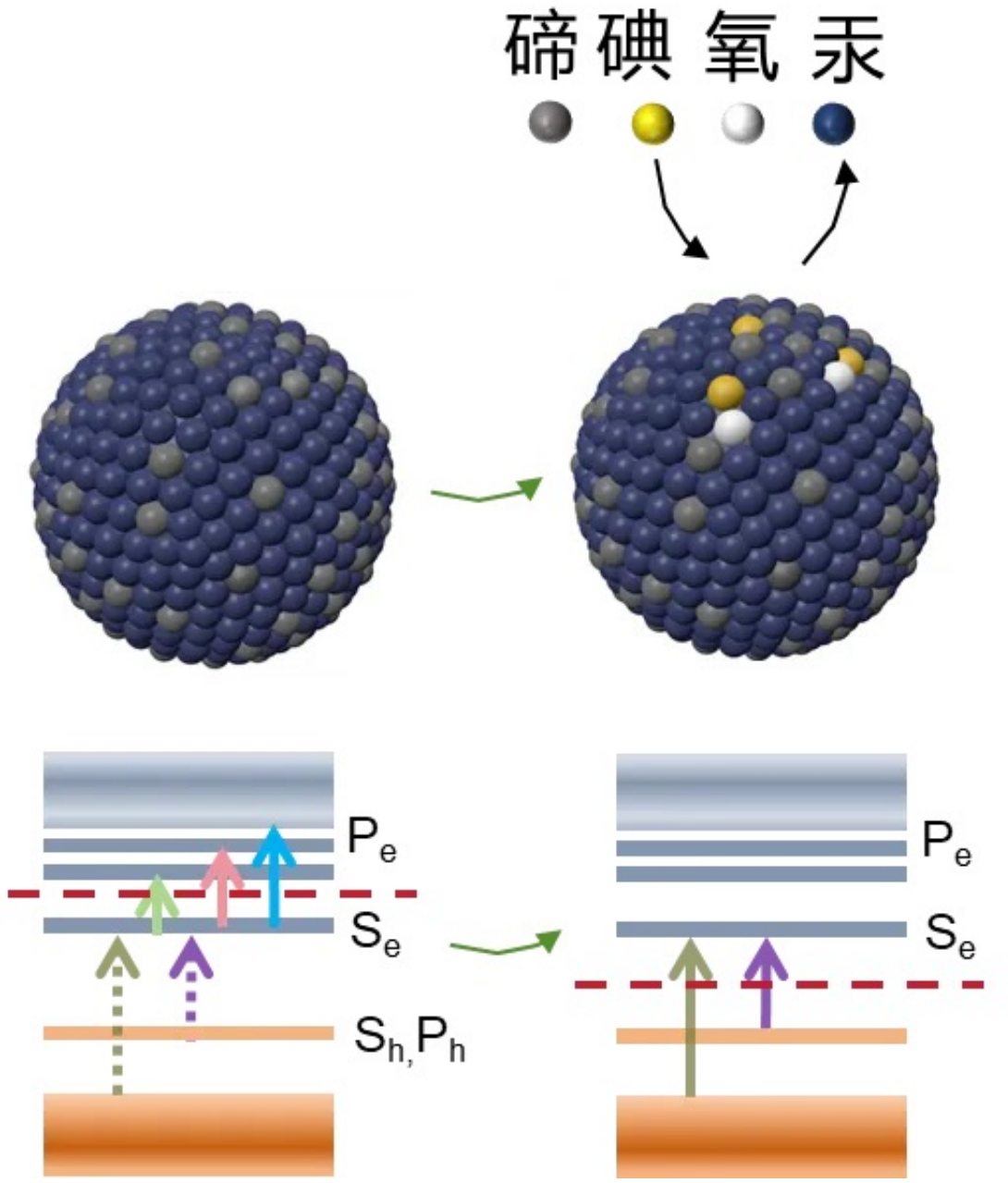


图2. 碘溶液处理过程示意图

一方面，碘离子钝化降低了N型掺杂载导致的带内跃迁竞争，抑制了载流子背散射，降低了器件的暗电流及暗噪声。另一方面，短链配体交换技术，提高了量子点中载流子电学耦合强度，大幅度提升量子点载流子迁移率100倍，提高了光生载流子收集效率。该方法极大的提升了器件的性能，例如，在80K下的10微米长波红外探测器比探测率超过109Jones，响应度0.13A/W，比现有报道提升了100倍。同时，本工作首次突破现有量子点波长探测极限至18微米甚长波红外（如图3所示），该波段独特亚稳态物性为临界量子态研究依据。

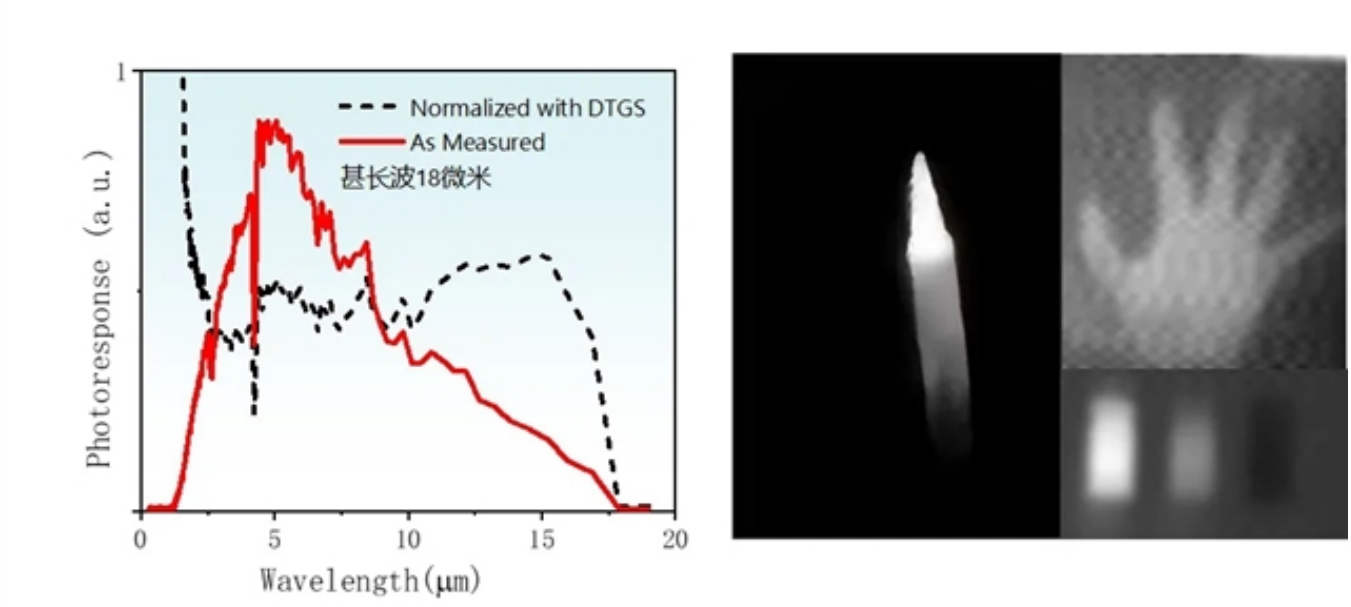


图3.光电探测器的响应光谱及单点扫描成像应用

展望

综上，此次工作突破极限尺寸量子点合成技术，提出碘离子量子点表面钝化从而实现掺杂精确调控及输运性质优化，并以此为基础制备光电探测器，突破现有量子点光探测波长极限至甚长波红外。

在科学意义上，红外量子点是量子力学与纳米技术的结合，其物理性质临界于块体及纳米材料、金属及半导体之间。本工作极大促进了量子点表面态及光电极限特性研究。

在技术意义上，极限尺寸半金属量子点合成技术拓宽了红外材料选择范围、丰富了红外材料制备方法。本工作成功验证了探测器的实际应用功能。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01436-y

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：陈梦璐等 来源：《光：科学与应用》

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