

---

# 量子点近红外图像探测通信

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36296.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！*

量子点近红外图像探测通信。 导读

近日，由英国卡迪夫大学物理与天文学院Bo Hou教授团队领衔，联合北京大学深圳研究生院周航教授、河南大学李萌教授以及深圳大学等多家科研机构的国际研究团队在量子点图像传感器和图像传输领域取得重大突破。研究人员通过创新性地采用长链二硫醇配体改性硫化铅胶体量子点，成功开发出具有超高响应度的硫化铅量子点/氧化物半导体光电晶体管，为低光子剂量近红外光探测和图像识别与通信领域开辟了新途径。

该成果发表在最新的《Light: Science Applications》，题为High Responsivity Colloidal Quantum Dots Phototransistors for Low-Dose Near-Infrared Photodetection and Image Communication。

研究背景

红外光电探测器在红外成像、移动和医疗设备、汽车产业以及光通信等多个领域具有广泛的应用前景。然而，传统商用红外光电探测器所采用的材料（如碲镉汞和汞镉碲）制造工艺复杂且成本高昂，严重限制了其广泛应用。相比之下，胶体量子点（如硫化铅PbS量子点）因其在近红外区域具有高光吸收系数、可调带隙、低成本溶液加工和良好的器件兼容性等特点，成为传统红外探测器的热门材料。但其性能受限于表面配体——短链配体虽能提高响应速度，却导致电子漏电和被陷阱捕获，降低了探测灵敏度。

创新研究

在光电探测器中，光生电子的主要传输包含横向移动、被量子点内部陷阱捕获、被其他量子点陷阱捕获、向半导体沟道传输（纵向传输）四种路径。与传统观念认为短配体可提供更高性能相反，研究团队发现，更长的二硫醇分子可为硫化铅量子点/碲镉锌氧化物(IGZO)光电晶体管提供更高的响应度。研究团队另辟蹊径，研究人员通过采用新型长链二硫醇配体（1,10-十碳二硫醇，DDT）替代传统短链配体（如1,2-乙二硫醇，EDT）修饰PbS量子点表面。图1总结了硫化铅量子点/IGZO薄膜在EDT和DDT配体作用下电荷传输的差异，包括量子点内部电子陷阱和邻近量子点之间的电子陷阱、水平传输以及向IGZO的垂直传输。

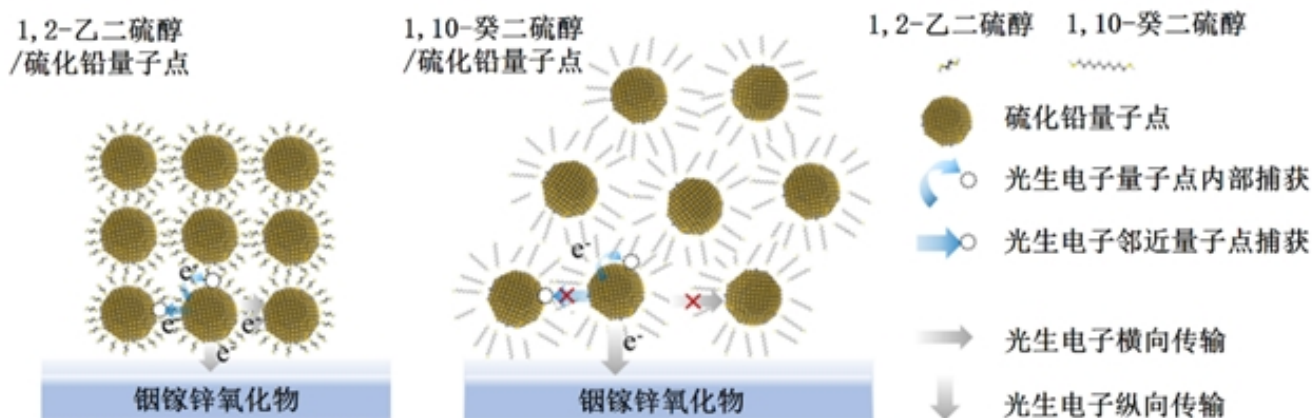


图1. 硫化铅量子点/IGZO薄膜在EDT和DDT配体作用下电荷传输

长链分子像锁链一样限制量子点间的电子横向移动（横向漏电减小了100倍）和陷阱捕获，减小了有效电荷的损失；相比传统利用短链修饰的方法，长链分子促进了量子点与半导体通道（IGZO）的纵向电荷注入，显著提升响应度（达 $2 \times 10^4 \text{ A/W}$ ）。（如图2所示）

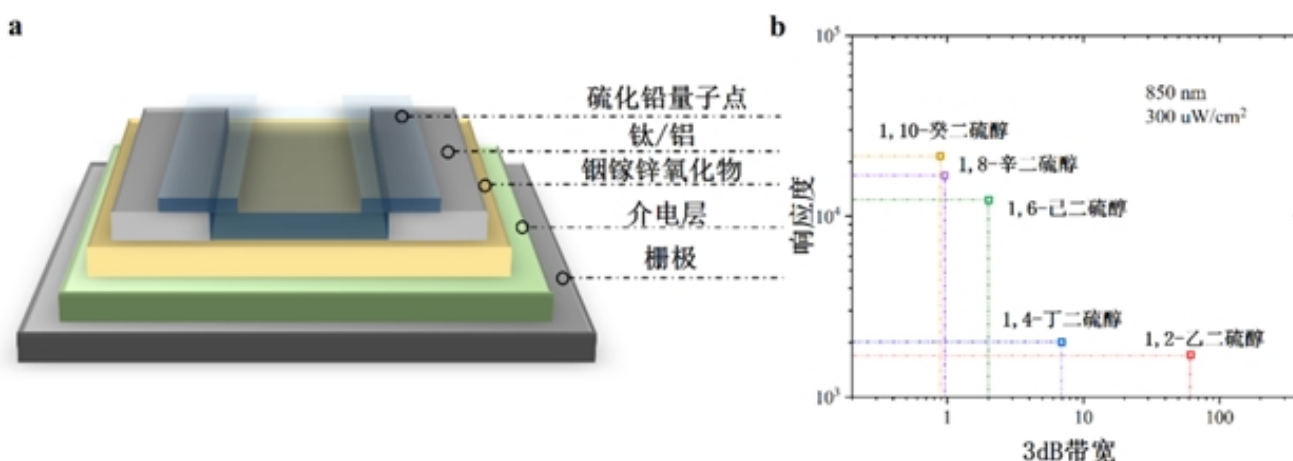


图2. (a) 器件结构示意图；(b) 使用不同硫醇处理后，器件响应度与3 dB带宽关系图

研究团队通过系统性实验，结合一系列表征手段（包括暗电流测量、空间电荷限制电流测量、掠入射X射线衍射、光致发光淬灭和光热偏转光谱）深入研究了长链配体增强光电晶体管响应度的机理，揭示了长链二硫醇配体（DDT）对PbS量子点/IGZO光晶体管性能的调控机制：暗电流测试表明，DDT配体通过长烷基链的空间位阻效应，将量子点横向输运电导抑制至可忽略水平（ $< 1 \text{ pS}$ ），较EDT体系（ $17 \text{ nS}$ ）降低超4个数量级；掠入射X射线衍射（GIXRD）分析进一步显示，DDT配体破坏量子点（100）晶面取向排列，阻断有序电子输运通道；光热偏转光谱（PDS）证实，DDT修饰的量子点薄膜缺陷态密度较低，可显著抑制载流子陷阱概率；光致发光（PL）淬灭实验表明，长链分子（DDT）修饰的PbS/IGZO具有更好的电荷注入效率。经优化，新型探测器响应度飙升至 $2 \times 10^4 \text{ A/W}$ ，探测率达 $10^{14} \text{ Jones}$ （业界领先水平），较短链配体器件大幅提升了灵敏度，为低剂量近红外探测奠定技术基础。

## 应用与展望

基于这项研究成果，长链配体硫化铅量子点/IGZO混合光电晶体管展现出在近红外低光子剂量成像和光通信领域的巨大潜力，特别是在需要检测低频弱光信号的场景中。研究团队已经成功演示了利用这种光电晶体管构建的近红外光通信系统进行图像传输，实现灰度图像传输。虽然器件响应速度稍慢，但像高精度相机更适合微弱光环境，例如透过人体组织的低剂量红外成像。同时该器件未来也可应用于超暗光环境下的图像传感器，以及低成本的IoT传感器光通信交互。

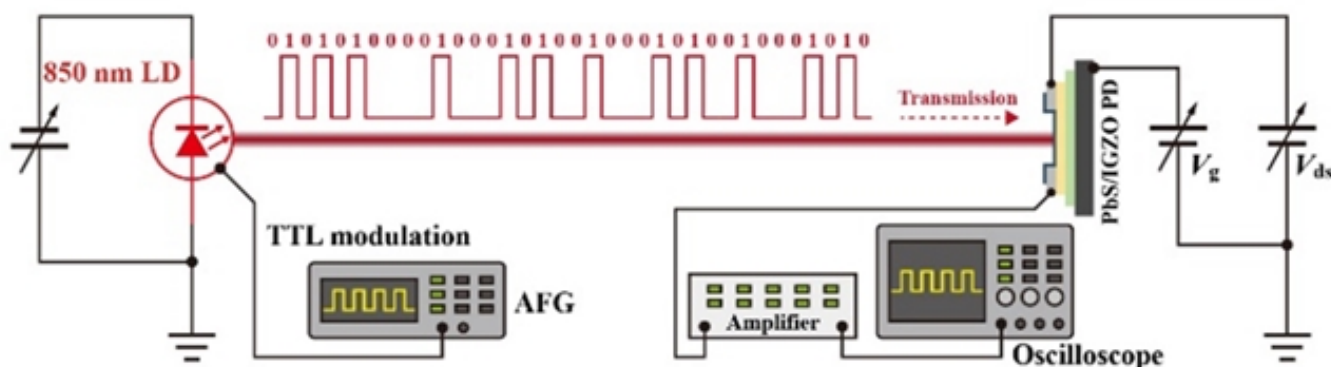


图3. 近红外光通信系统进行图像传输系统示意图

这一发现为开发低成本、高性能的近红外光电探测器提供了新思路，有望广泛应用于：

近红外图像传感与成像

医疗设备中的生物体征监测

汽车行业的夜视系统

光通信网络

安防监控系统

该研究获得了英国工程与物理科学研究委员会(EPSC)、英国皇家学会、Leverhulme信托基金以及中国国家自然科学基金等多方资助，展示了国际科研合作的重要价值。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01853-7>

作者：周航等 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](http://iikx.com)转发