
深圳先进院等开发出基于光电晶体管架构的X射线直接探测器

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14974.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！

中国科学院深圳先进技术研究院先进材料科学与工程研究所材料界面研究中心副研究员李佳团队，中科院院士、西北工业大学教授黄维团队，以及深圳先进院生物医学与健康工程研究所生物医学成像研究中心合作，首次将具有内部信号增益效应的异质结光电晶体管用于X射线直接探测器，实现了超灵敏、超低辐射剂量、超高成像分辨的X射线直接探测。相关研究成果以Ultrathin and Ultrasensitive Direct X-ray Detector Based on Heterojunction Phototransistors为题，发表在Advanced Materials上。

当前，X射线直接探测器多采用反向偏置二极管结构（图1a）。这类器件普遍缺乏内部信号增益效应或增益较低，这意味着没有足够的信号补偿方案来补充载流子复合过程中湮灭的电子-空穴对。因此，这类设备的光-电转化效率较低，且需要使用高质量和高度均匀的X射线光电导材料（Photoconductor）以保证有效的电子-空穴的产生和传输，这对探测器性能的进一步提升设定了难以突破的上限，也增加了材料、器件制备的复杂性和成本。

科研团队在前期研究的基础上（Advanced Materials, 31,1900763,2019），提出异质结X射线光电晶体管（Heterojunction X-ray Phototransistor）这一新型器件概念，首次将具有内部信号增益效应的异质结光电晶体管引入X射线直接探测。光电晶体管是三电极型光电探测器，其沟道载流子密度可通过调控栅压和入射光子进行有效调制，从而结合了晶体管和光电导的综合增益效应，如图1b所示。将这种高增益机制引入X射线探测器可以对光生电流进行放大，并使外量子效率远超过100%，进而实现超灵敏的X射线直接探测。本工作中，研究团队设计了由钙钛矿光电导材料与有机半导体沟道材料组成的异质结光电晶体管，实现了高效的X射线吸收，获得了快速的载流子再注入与循环，导致高效的载流子产生、输运与巨大的信号增益效应，使X射线直接探测灵敏度达到 $10^9 \mu\text{C Gyair}^{-1}\text{cm}^{-2}$ （图2c），最低可检测剂量率低至 1 nGyair s^{-1}

。同时，探测器具有较高的成像分辨率（图2e）——X射线成像调制传递函数（MTF）在20%值下显示每毫米11.2线对（lp mm⁻¹），成像分辨率高于目前基于CsI:TI的X射线探测器。

高增益异质结X射线光电晶体管为高性能X射线直接探测与成像开辟了新机遇，并体现出超灵敏、超低检测限、高成像分辨率、轻量、柔性（图2d）、低成本等优点，在医学影像、工业检测、安检安防、科学设备等领域具有广阔的应用前景。该成果将激发科研人员开发各种高增益器件以实现直接探测不同类型高能辐射的研究动力。

研究工作得到国家自然科学基金、深圳市科技计划等的资助。

[论文链接](#)

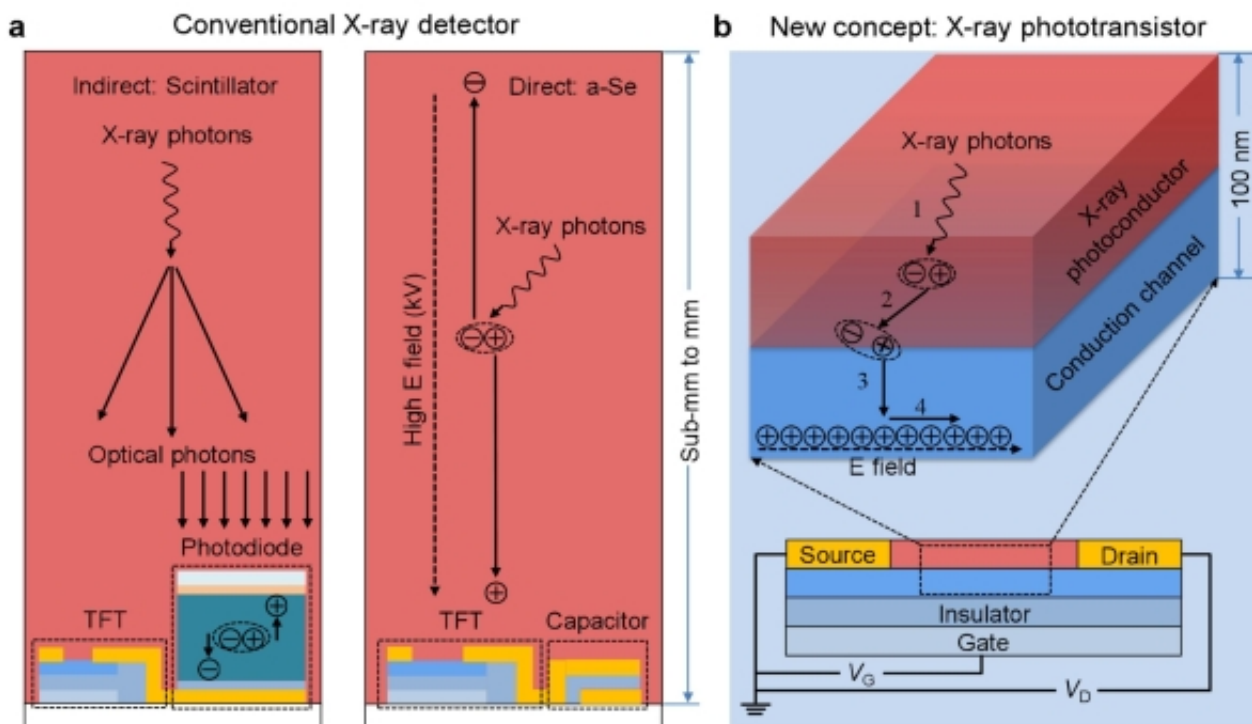


图1.a、传统X射线探测器中，间接探测（左）使用闪烁体材料与光电二极管可见光探测器相互集成，X射线通过闪烁体材料转换为可见光，可见光由光电二极管探测器探测；直接探测（右）使用如非晶硒等半导体材料，半导体吸收X射线后直接产生电子-空穴对，在半导体材料上施加高电场，分离和收集电子-空穴对；b、X射线光电晶体管结构，异质结中电子-空穴对产生（1）、分离（2）、电子捕获/空穴注入（3）和空穴再循环（4）产生高增益效应的过程图示

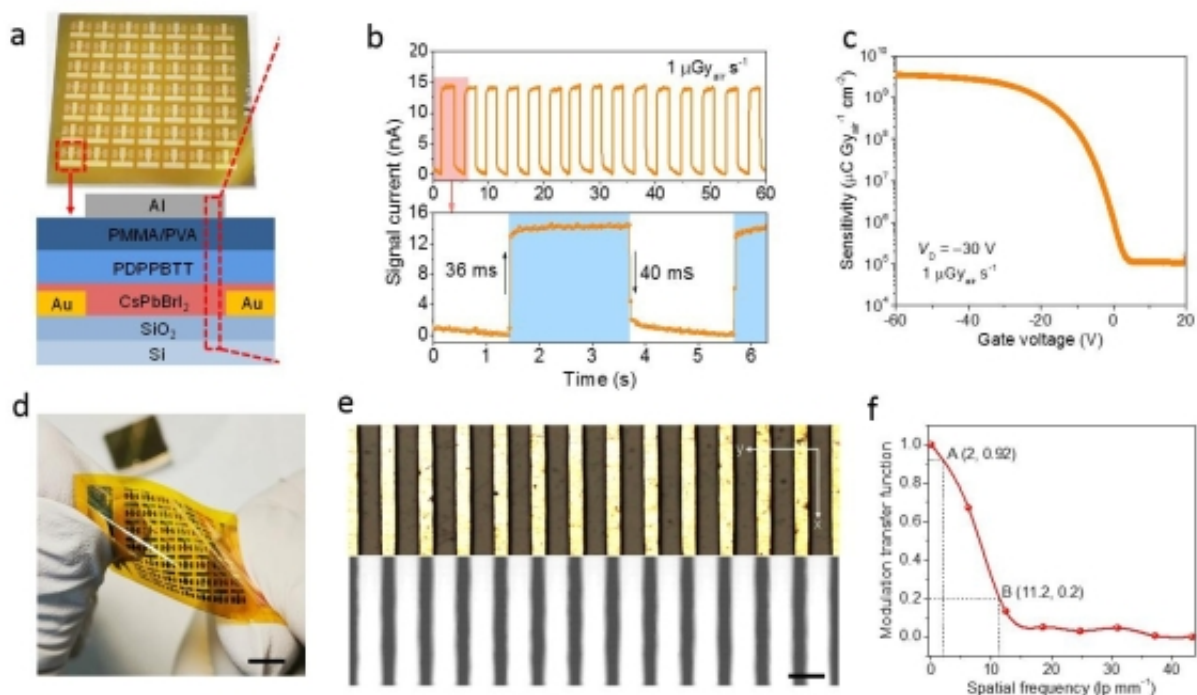


图2.a、X射线光电晶体管器件结构；b、X射线探测的时间响应；c、X射线辐照下探测器灵敏度随栅压的变化关系；d、柔性X射线光电晶体管器件；e、金属光栅的光学显微照片（上）与X射线成像图（下），scale-bar为200微米；f、X射线光电晶体管的MTF曲线

研究团队单位：深圳先进技术研究院

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://www.iikx.com)转发