

Keithley 在基于钙钛矿体系的粒子射线探测中的应用



电离辐射如 x 射线和 γ 射线已被广泛研究和应用于医学成像、射线无损检测、科学研究等各个领域。因此，用高灵敏度和低成本的材料和设备来检测这种高能辐射是非常重要的。卤化物钙钛矿与商业硅 (Si) 和非晶硒 (a-Se) 相比，具有光吸收系数大、电阻率大、漏电流小、迁移率高、合成和加工简单等优点，成为辐射探测的有希望的候选者^[1]。

基于钙钛矿体系的射线探测器相比传统探测器具有以下几个主要优势：

- **高灵敏度：**全无机金属卤化物钙钛矿具有高 X 射线衰减系数，能够有效吸收例如 X 射线，提高探测灵敏度。
- **直接转换：**钙钛矿材料可以直接将 X 射线转换成电信号，避免了间接探测器中的二次光电转换，从而提高了光电转换效率。
- **高空间分辨率：**由于直接转换的特性，钙钛矿 X 射线探测器可以实现更高的空间分辨率。
- **低辐射剂量：**高灵敏度意味着可以在较低的 X 射线剂量下获得清晰图像，有利于降低辐射风险。
- **优良的载流子传输性能：**钙钛矿材料具有高载流子迁移率和长载流子寿命，有利于提高探测效率。
- **材料稳定性：**全无机钙钛矿相比有机-无机杂化钙钛矿具有更好的稳定性。
- **可控性：**钙钛矿材料的组分和结构可以灵活调控，以适应不同的应用需求。

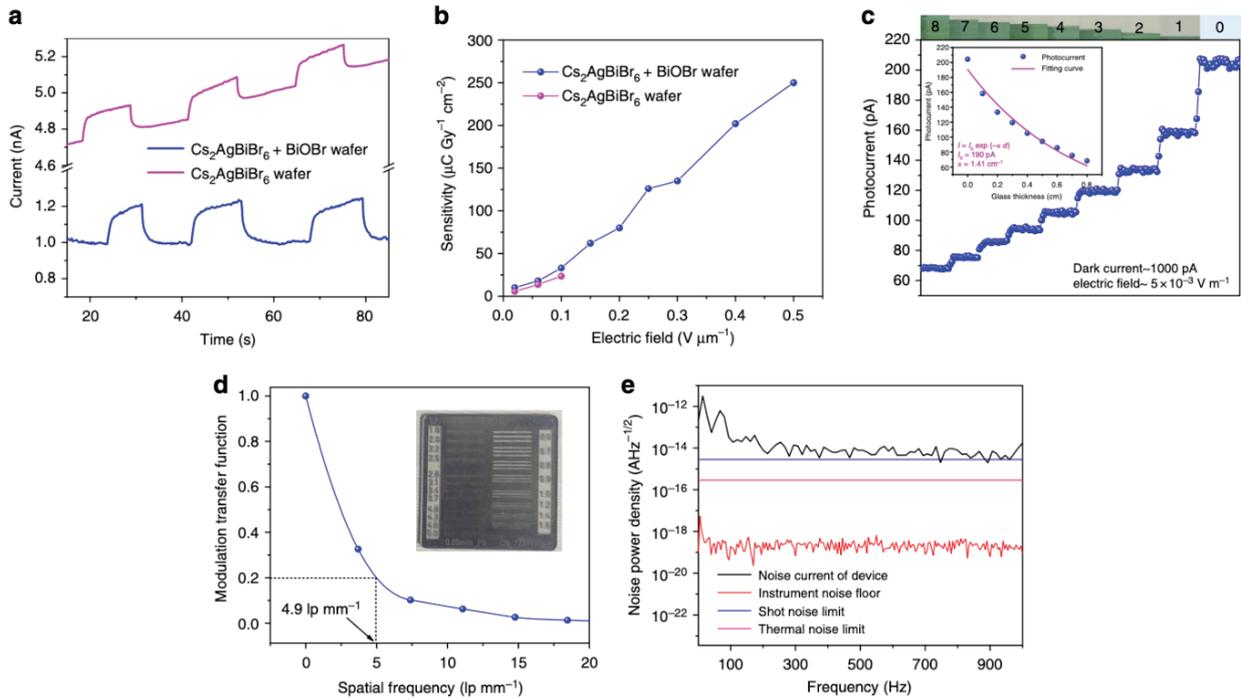
- **制备工艺简单：**相比传统半导体材料，钙钛矿材料可以通过溶液法等简单工艺制备，有利于降低成本和实现大面积制备。

基于钙钛矿体系的研究主要包括材料开发、电极工程、能带工程等开展，目标为了研发出灵敏度更高、检测极限更低、响应时间更快的器件。同时也在大面积工艺制备方面研究，提高稳定性和良率，并且做到环境友好无污染，不断降低成本，加速商用化进程。

Tektronix/Keithley 提供了专业高精度的电测仪器，广泛的应用于钙钛矿体系的研究中，其中 6514/6517B，用于暗电流的测量，可对器件进行不同的偏压激励，暗电流测试精度可达到 aA 量级；传统的钙钛矿 Q_e 、开路电压、电路电流等可以利用光伏模拟系统测量基本参数，利用 2450 系列的源表对全部电参数进行测试；在大规模钙钛矿探测器阵列的研究中，还提供了 2612B 和 3706，实现对阵列单元的寻址和高精度光生电流的探测，为大规模成像芯片提供设计架构和性能的充分验证。

案例一：Heteroepitaxial passivation of Cs₂AgBiBr₆ wafers with suppressed ionic migration for X-ray imaging^[2]

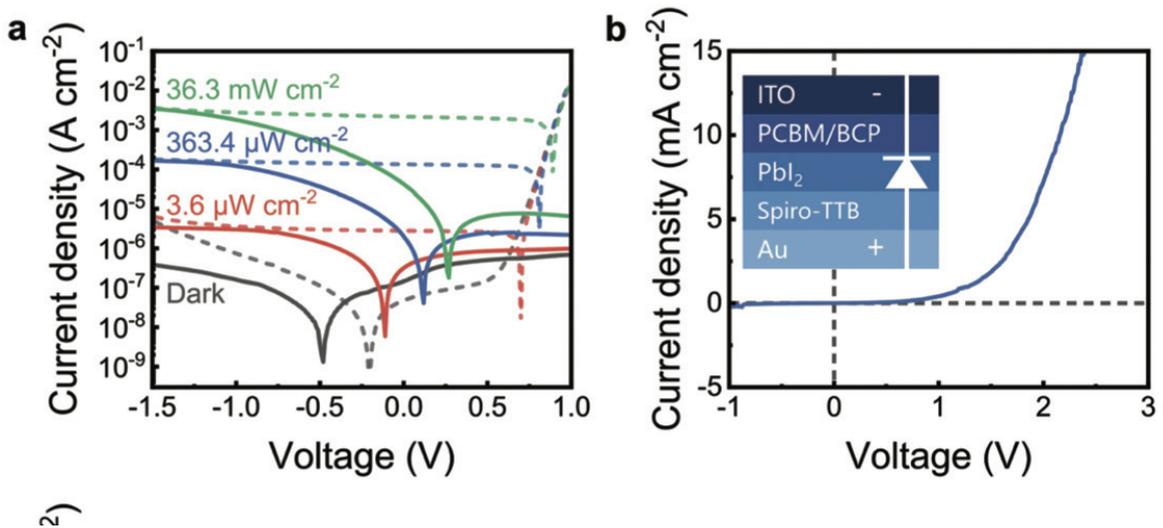
x 射线探测器广泛应用于医学成像和产品检测。钙钛矿的卤化物在直接 x 射线探测中表现出优异的性能。然而，离子迁移引起较大的噪声和基线漂移，限制了检测和成像性能。该工作通过引入氧化溴化铋 (BiOBr) 作为异质外延钝化层制备 (Cs₂AgBiBr₆) 多晶片，抑制离子迁移。



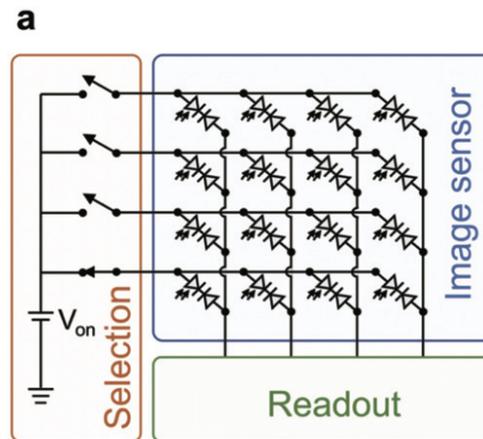
该案例中采用 6517B 对器件噪声即暗电流进行标准，如图 e，为器件极限性能提供了充足的测试余量，确保新器件的性能的精确表征（器件噪声密度距离 6517B 实际噪声密度有 6 个数量级）。

案例二：A Perovskite Photodetector Crossbar Array by Vapor Deposition for Dynamic Imaging^[3]

光电探测器 crossbar 阵列的特性：对于静态成像，该阵列通过多通道扫描系统进行了测试。Keithley 3706A 开关卡 (Keithley 3730 矩阵卡) 用于选择行和列以确定要测试的像素，Keithley 2612B 源表用于测量电流与电压特性。



使用 2612B 测试的不同 bias 下器件电流的的响应度；器件结构中上层 blocking diode 的特性曲线；



采用 3706 和 2612B 实现对 4X4 阵列测试示意图。通过对不同器件的选通，顺序的完成每一个钙钛矿器件光电流的采集，最后进行图像处理及显示。

吉时利仪器在此应用中优势特征：

1. 6517B 多功能仪器，测量高输入阻抗、低电流 (<1pA)、电荷和高电阻的电压，超出了传统数字万用表的能力。电阻测量高达 1016Ω; 内置 ±1kV 电压源，具有偏压扫描能力；
2. 2612B 系列源表高精度双通道源表，双通道高精的能力，100nV 电压分辨率、100fA 电流分辨率。
3. 3706 矩阵开关，具有高性能系统开关，紧凑的 2U 高外壳中可以包含 6 个插卡插槽，可轻松满足中高通道数应用的需求，实现密集成的开关和测量解决方案。
4. TSP-Link 程控接口，内置处理器使得智能仪器成为可能，存储 TSP 脚本到仪器内部，仪器自主完成测试，减少与上位机的总线通信时间，提高吞吐量，对于大批量的生产线尤为重要。



6517B



2612B



3706

[1] DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00404

[2] DOI: 10.1038/s41467-019-09968-3

[3] DOI: 10.1002/adma.202207106

更多宝贵资源，敬请登录：WWW.TEK.COM.CN

© 泰克公司版权所有，侵权必究。泰克产品受到已经签发及正在申请的美国专利和外国专利保护。本文中的信息代替所有以前出版的材料中的信息。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克公司的注册商标。本文中提到的所有其它商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。

