

超低电压驱动的高分辨钙钛矿伽马能谱探测器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23452.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！

超低电压驱动的高分辨钙钛矿伽马能谱探测器。辐射探测器在医学成像、安全检查、深空探测及安全国防等重要领域具有广泛应用，其根据器件工作原理可分为基于闪烁体的间接型探测器和基于光电半导体的直接型探测器。直接型探测技术具有更高的能量转化效率和显著提升的能量分辨率，是极具应用前景的新一代辐射探测技术。直接探测技术的基础是高质量的探测级半导体单晶。近年来，金属卤素钙钛矿材料在辐射探测领域取得了巨大进展，基于高温熔融法生长的纯无机钙钛矿单晶在能量分辨型探测器性能方面已经接近商用碲锌镉(CZT)材料，显示出钙钛矿材料巨大的应用潜力；但通过制备过程更简单便捷且成本更低的溶液法制备的有机无机杂化钙钛矿晶体在辐射探测性能上与商用CZT材料性能还有较大差距，这主要是由于通过溶液法生长低缺陷密度、大尺寸及高均匀性晶体仍具有一定挑战性。同时，要实现能谱探测需要高效的单光子级别的电荷转换和收集，对晶体质量和器件综合性能要求极高，当前商用的高性能射线能谱探测器仍需近千伏的高驱动电压下才能获得较好的能谱性能，这也限制了其应用范围。

近日，由吉林大学的董庆锋教授课题组、浙江大学杨德仁院士团队方彦俊研究员以及北京控制工程研究所的李连升高级工程师等组成的联合研究团队，通过在晶体-基底间构筑含氟软凝胶(F-gel)界面，实现了对钙钛矿晶体生长过程的应力调控，通过溶液过程的反温度限域法生长了具有晶畴尺度均匀性的高质量、晶圆尺寸的探测级CH₃NH₃PbI₃(MAPbI₃)钙钛矿单晶片，并制备了超低电压驱动的高分辨伽马射线能谱探测器。

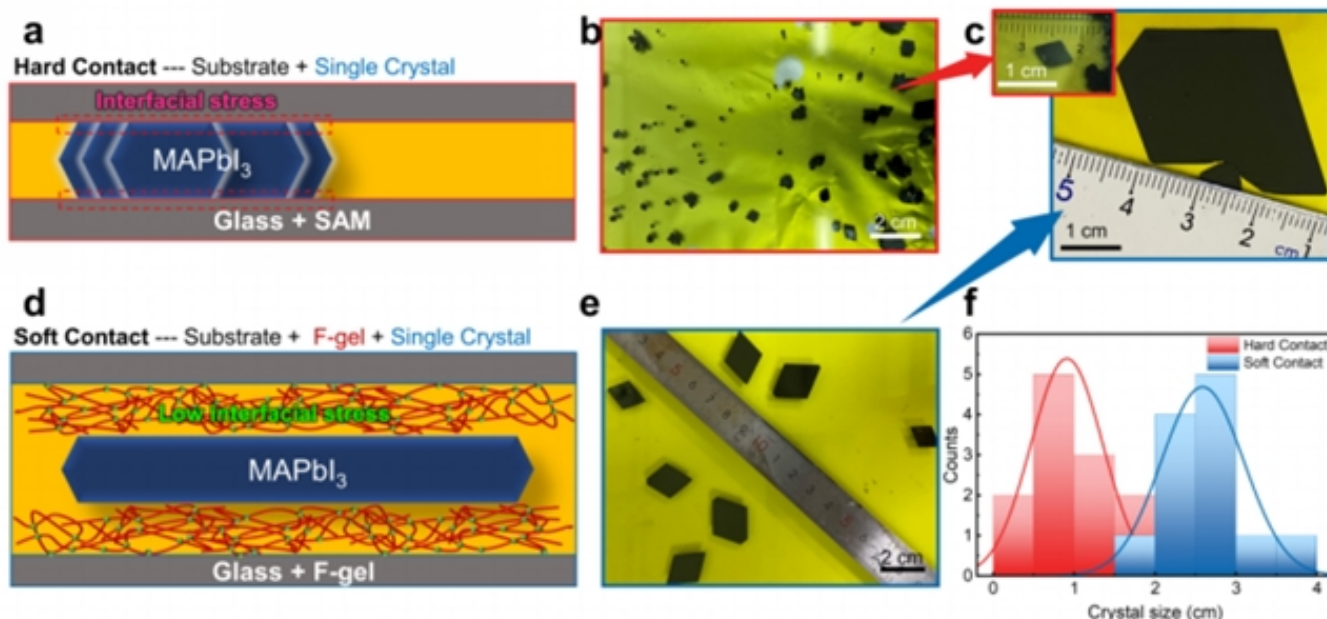


图1. 凝胶基底生长晶体

该F-gel构筑的晶体-基底软接触界面与传统硬接触相比，可以消除晶体和衬底之间的晶格不匹配，减轻空间限域法生长晶体过程中硬衬底带来的物理阻碍并降低晶体缺陷密度。此外，全氟化分子链的低表面能可以抑制界面化学相互作用，消除晶体与衬底之间的应力，从而提供一个接近开放系统的生长环境，有利于大尺寸和高质量的晶体生长。(图1)

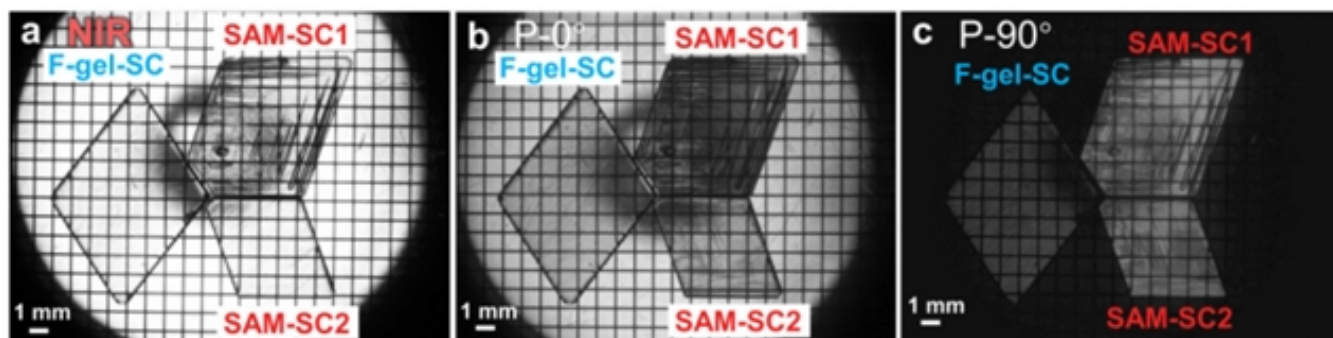


图2. 近红外偏光显微镜探查晶体内部结构

此外，作者还开发一种利用红外偏光成像系统观察晶体内部缺陷和晶畴的方法。如图2所示，在F-gel基底上生长的晶体具有高度统一排列的晶畴，具有更高的结晶性和更低的晶体缺陷密度，这为实现高性能辐射探测器提供了材料基础。

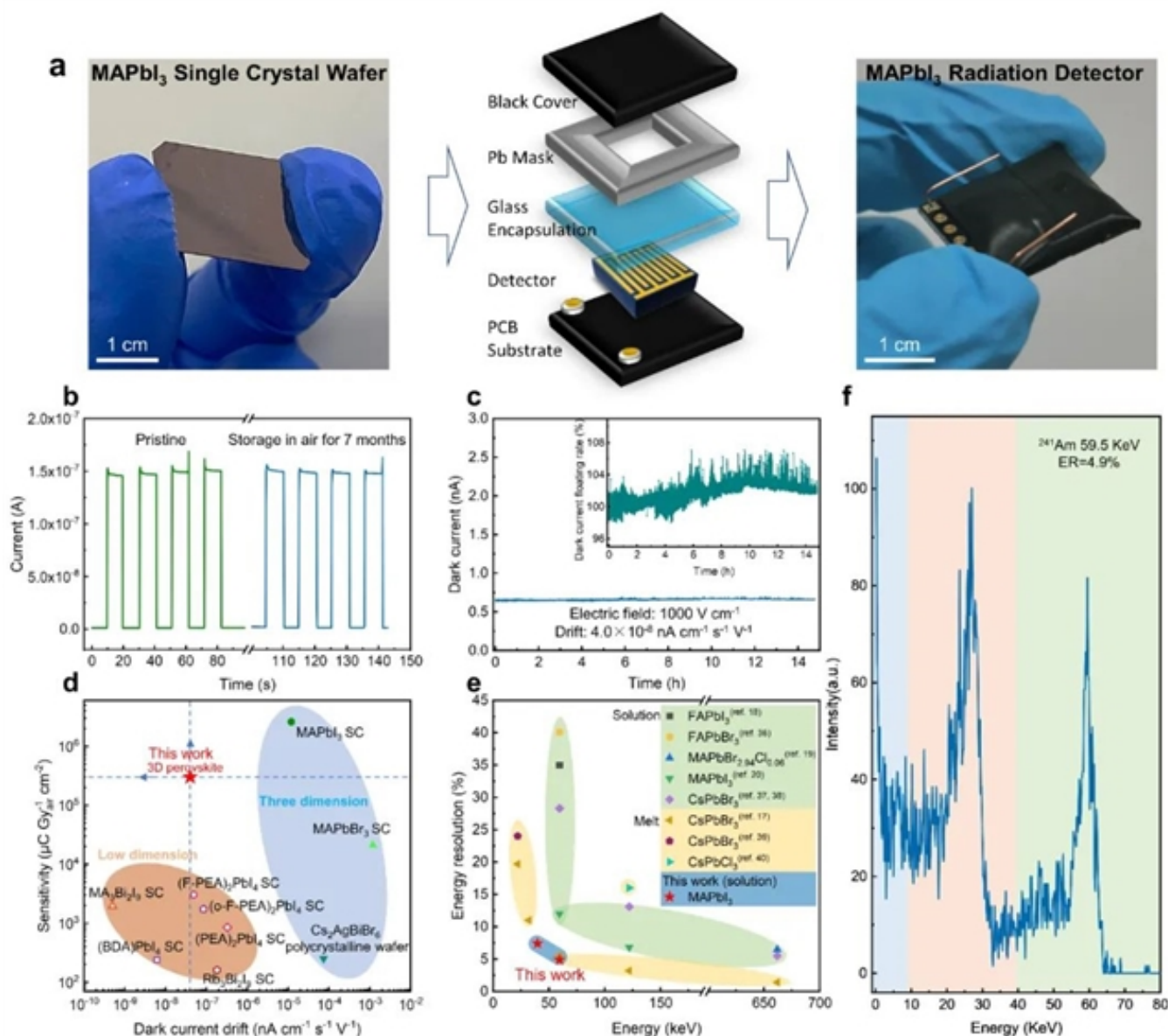


图3. 钙钛矿单晶辐射探测器性能

图3a展示了基于以上高质量晶体制备的辐射探测器件示意图。基于该晶体所制备的器件展示出了出色的稳定性，器件在空气中储存7个月后光电流仍然保持与初始状态一致(图3b);此外，器件在1000 V cm⁻¹的高电场下也展示出了较低的暗电流和稳定的暗电流基线，从而能够大幅提升器件在辐照下的信噪比，获得更稳定的输出信号(图3c)。作者比较了目前已报道的各类钙钛矿材料所制备的辐射探测器的灵敏度和暗电流漂移性质，发现基于此方法制备的三维钙钛矿单晶在具备高灵敏度(3×10^5 μC Gy⁻¹air cm⁻²)的同时还保持了类似低维钙钛矿单晶的低电流漂移属性(图3d)，这为实现单光子能量分辨提供了可能。最终在5 V超低工作电压驱动条件下，在²⁴¹Am标准伽马源下获得了4.9%的能量分辨率，为溶液法制备的辐射探测器在同能段的最优值，同时其能量分辨率也非常接近于上千伏高压驱动的商用CZT探测器的水平(图3e-f)。

通过溶液法生长钙钛矿晶体可极大降低探测级晶体的制备成本。同时，超低工作电压驱动的γ射线能谱探测技术，提供了新型射线能谱探测途径，对未来的医疗影像、工业辐射检测应用具有重要意义。此外，该论文提出的软接触凝胶基底的溶液生长方法为直接制备大尺寸钙钛矿单晶晶圆

提供了一种有前景的策略，其同样也有助于发展其他基于钙钛矿单晶的光电器件，如太阳能电池、发光二极管和光电探测器等。

该成果以Detector-Grade Perovskite Single Crystal Wafers via Stress- Free Gel-Confined Solution Growth Targeting High-Resolution Ionizing Radiation Detection为题发表于Light: Science Applications。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01129-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：董庆锋等 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](https://www.iikx.com)转发