# “巧克力片饼干”结构+自供电：高效钙钛矿探测器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/41442.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！*

**“巧克力片饼干”结构+自供电：高效钙钛矿探测器**。 导读

将光信号转换为电信号的光电探测器，是现代传感、通信、成像系统的核心元件。然而，传统硅基探测器制造工艺复杂、成本高昂，且通常需要外部供电才能工作。近年来，卤化物钙钛矿（如CsPbBr3）凭借其可调带隙、高载流子迁移率和溶液可加工性，成为新一代光电材料的明星。但它也有两大短板：一是单一组分很难同时实现宽带响应和高波长选择性；二是多数器件仍需外加偏压，限制了其在低功耗场景中的应用。如何让钙钛矿探测器既挑食（只对特定波长灵敏）又能自力更生（零偏压工作），一直是领域内的难题。

近日，泰国玛希隆大学的研究团队提出了一种巧克力豆曲奇饼干结构，成功破解了这一矛盾。他们通过将宽带隙CsPbBr3纳米豆嵌入三元阳离子钙钛矿薄膜中，构建出异质结，在不施加任何外电压的条件下，实现了对绿光和紫外光的高灵敏度、高选择性探测。该成果以Self-powered perovskite photodetector with chocolate-chip-cookie structure为题，发表于Light: Advanced Manufacturing。

研究团队采用两步法制备这种复合材料（流程如图1所示）：两步法：曲奇层：Ossila 紧凑型涂布，基底 110 °C，涂速 10 mm/s，给料 5 μL/s，配 10 psi N2气刀跟随；涂完转 120 °C 热台退火 40 min。120 °C 退火第 5 min 时曲奇仍半湿，用Badger 200 喷笔注入 CsPbBr3前驱液（30 psi N2，流速 5 μL/s，喷笔移动速度 8 mm/s 最优）；CsPbBr3微滴原位析出并嵌入，SEM ImageJ 量得其平均粒径 ~16 μm。

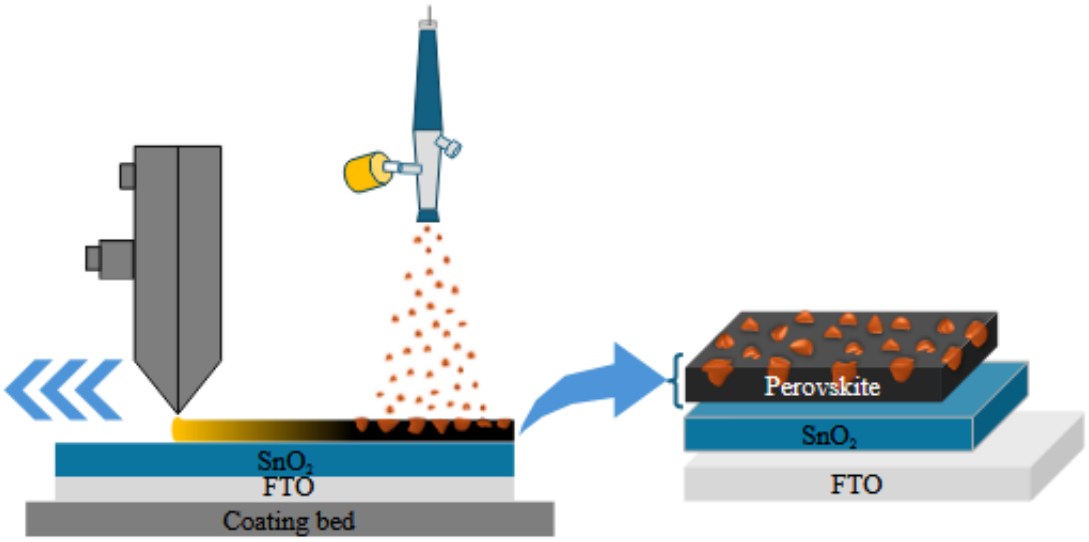



图1：混合钙钛矿结构的制备流程

通过调节喷涂速度（4-10mm/s），可以控制巧克力豆的密度和嵌入深度。其中，8 mm/s的样品获得了最佳性能。扫描电子显微镜（SEM）表面和截面图像显示，CsPbBr3呈微滴状（平均粒径约16 μm），部分埋入三阳离子钙钛矿层中，并非单纯附着在表面。通过掠入射 X 射线衍射（GI-XRD）实验在不同掠入射角（ω = 0.2 ° – 10 ° ）下均检测到CsPbBr3的特征衍射峰（(100) 和 (200)），且峰位相对于纯粉末有偏移——这表明 CsPbBr3晶体贯穿了整个薄膜深度，并且与三阳离子钙钛矿之间存在晶格应力或相互作用，证实了嵌入而非简单叠加。

研究团队在零偏压（0 V）条件下测试了器件性能，并与不含"巧克力豆（chips）"的纯三元钙钛矿探测器（control）对比。纯三元钙钛矿探测器在 532 nm 下 EQE 为 64.3%；嵌入 CsPbBr? 微滴后，优化器件在 532 nm 下 EQE 达 69.39%、365 nm 下达 47.38%，对应响应度分别为 0.30 A W-1和 0.14 A W-1；绿光与紫外光下的开关比分别为 34 和 12；上升/下降时间在 532 nm 下为 38.3 / 54.1 μs，365 nm 下为 108 / 120 μs，处于几十至百余 μs 量级，可满足多数传感应用需求。

作者通过表征与仿真将性能提升归因于两个机制：

1. 能量漏斗效应：CsPbBr3（Eg ≈ 2.31 eV）与三阳离子钙钛矿（Eg ≈ 1.60 eV）的能带偏移使 CsPbBr3吸收绿光/紫外后产生的电子向三阳阳离子相转移收集，空穴则保留在 CsPbBr3侧，实现载流子分离提取。

2. 电场重分布：Ansys Lumerical FDTD
仿真显示，CsPbBr3微滴与三阳离子基体间的折射率差使入射光在 chip/cookie 界面附近发生散射与干涉，形成同心环状局域电场增强，界面附近光生载流子增多；CsPbBr3微滴同时作为局域光子吸收体和电场重分布中心，增强向三阳阳离子相的载流子 funneling 路径。

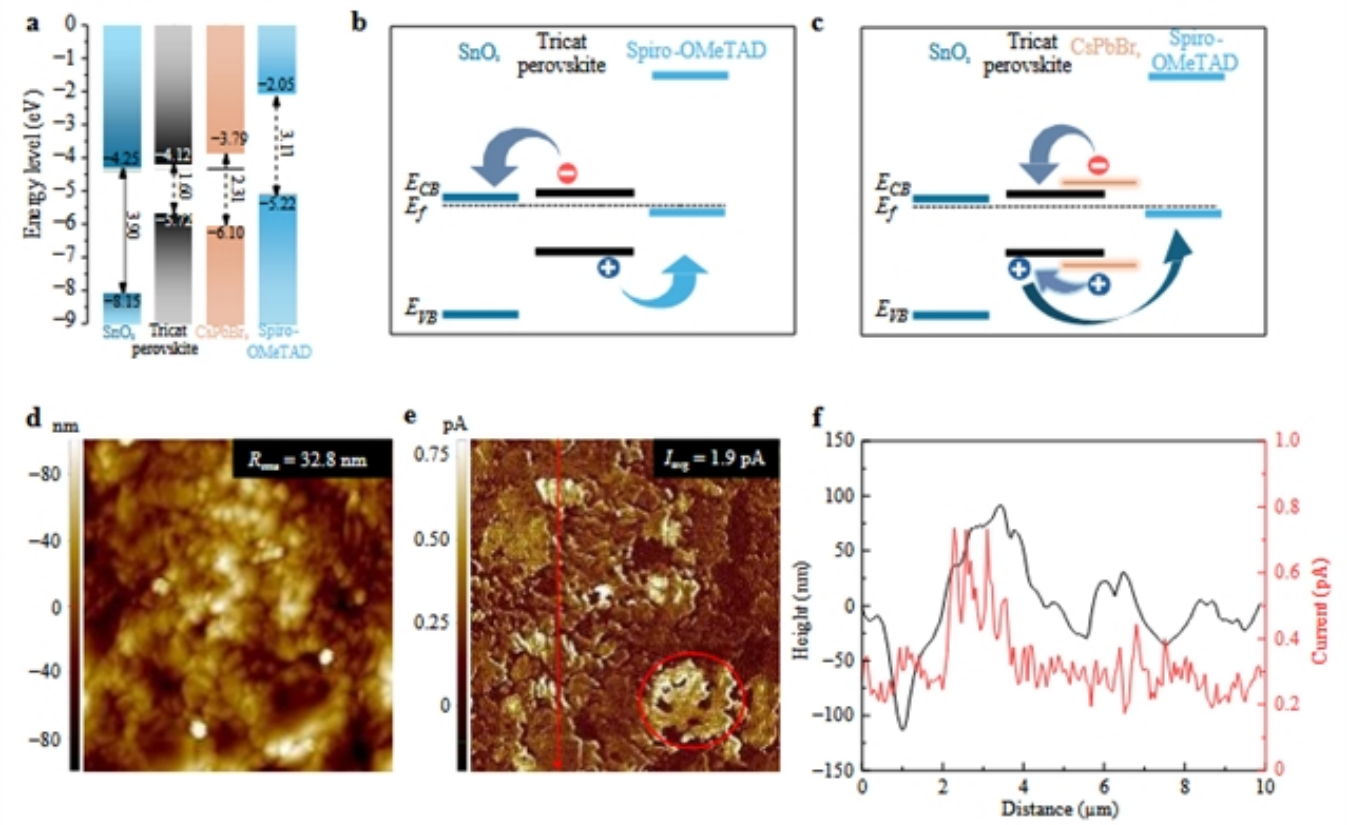



图2：(a) 非接触条件下杂化钙钛矿器件相对于真空能级的能带结构；(b) 对照组器件、(c) 接触条件下费米能级对齐后的杂化钙钛矿器件内可能的电荷转移方向；(d) 532 nm 波长光照下杂化钙钛矿的原子力显微镜（AFM）表面形貌图；(e) 对应导电原子力显微镜（c-AFM）电流映射图（绿色区域圈出部分为CsPbBr3基芯片）；(f) 图 (d) 中标注线段对应的高度轮廓曲线与电流轮廓曲线。

未封装器件在环境湿度、高温条件下，表现出与纯三阳离子探测器相当的稳定性；600s循环开关测试中，器件也保持了良好的响应重复性，证明该结构没有引入额外的稳定性劣化。

本研究的巧克力曲奇 结构打破了钙钛矿异质结探测器的平面设计惯性，用低成本的嵌入式结构同时实现了光吸收增强与载流子高效输运，为选择性光电探测提供了一种易实现、可拓展的全新方案。器件零偏压自供电的特性，完美契合环境监测传感器、物联网节点、低功耗生物成像等无外接电源的应用场景，为分布式传感系统提供了新的器件选择。该结构的思路可以灵活拓展：通过更换 巧克力豆 的功能材料（如其他带隙的钙钛矿、量子点、二维材料等），就能定向调控增强的目标波长，适配不同的探测需求。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2026.073

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：Pongsakorn Kanjanaboos 来源：《光：先进制造》

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