
胶体量子点与宏观钙钛矿单晶的精确融合

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33434.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！

胶体量子点与宏观钙钛矿单晶的精确融合。 导读

近日，北京大学物理学院马仁敏教授团队提出并验证了一种新型的量子点/钙钛矿异质结生长方法——胶体量子点定向附着至钙钛矿单晶（CQD-OA-PSC），突破了传统合成方法的限制，在宏观尺度上实现了胶体量子点与单晶基底的精确晶格匹配。相关研究成果以 Colloidal quantum dots on macroscale perovskite single crystal with perfect lattice matching 为题，发表于Light: Advanced Manufacturing。

量子点因其独特的量子限域效应，在光电器件、激光、生物成像和太阳能电池等领域展现出广泛的应用前景。然而，现有制备方法难以同时满足高结晶质量、尺寸均匀性和高效电荷输运的要求。传统的物理气相外延生长技术虽能实现高质量的量子点，但由于晶格失配，易引入缺陷并导致载流子散射，同时对量子点尺寸和均匀性的精确控制亦具挑战性。而溶液法胶体量子点合成技术凭借良好的可扩展性，适用于大面积器件的制备。然而，受限于表面钝化层在实现有效钝化的同时兼顾电荷传输功能的困难，胶体量子点在光电性能和长期稳定性的平衡上面临挑战。

本研究提出的CQD-OA-PSC方法，结合了上述两种方法的优势，使量子点在钙钛矿单晶基底上自发定向排列，确保了晶格的精确匹配，并提高了异质结的光电性能（图1）。该方法不仅拓展了量子点与钙钛矿的结合方式，也为高质量光电材料的设计提供了新的思路。研究团队首先通过化学胶体合成法精准调控PbS量子点的尺寸，并采用配体交换工艺，用卤化物（CH₃NH₃Br）取代量子点表面的有机配体，使其能够在CH₃NH₃PbBr₃钙钛矿单晶表面定向附着。这一过程使量子点能够继承钙钛矿基底的晶体取向，形成稳定的异质结结构。

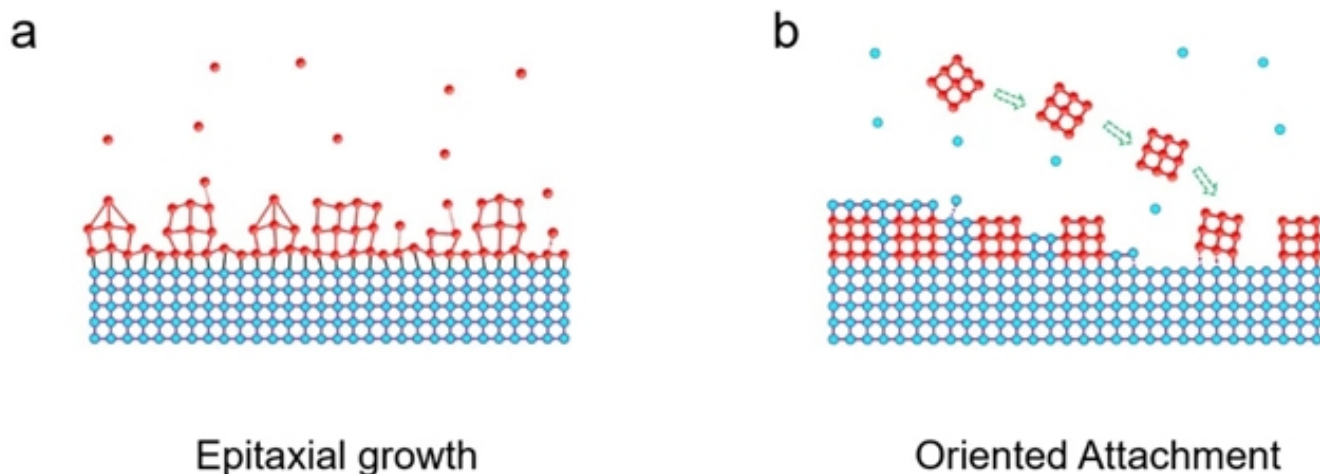


图1：CQD-OA-PSC 方法与外延生长方法的对比。(a)传统物理真空外延生长的示意图。(b)胶体量子点定向附着至钙钛矿单晶（CQD-OA-PSC）方法的示意图

为验证这一方法的有效性，研究团队利用高分辨透射电子显微镜（HRTEM）和高角环形暗场扫描透射电子显微镜（HAADF-STEM），分析了量子点与钙钛矿的晶格匹配情况（图2）。

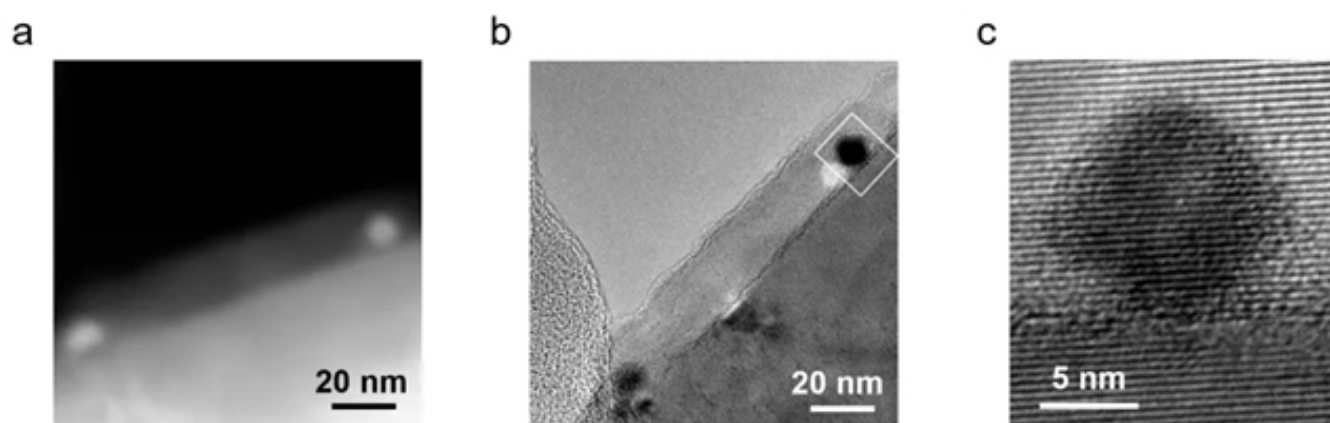


图2：超薄外延生长钙钛矿层中的定向附着量子点

实验结果表明，PbS量子点在 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 基底上排列有序，其晶格方向完全继承了钙钛矿基底的取向，二者的晶格失配率低至0.2%。这一精确匹配使异质结在光电器件中的应用更加稳定，同时减少了界面缺陷对器件性能的不利影响。此方法不仅可以制备层状量子点-钙钛矿异质晶体，还可以制备钙钛矿-量子点-钙钛矿等多层异质晶体结构，晶体尺寸可以到厘米量级（图3）。

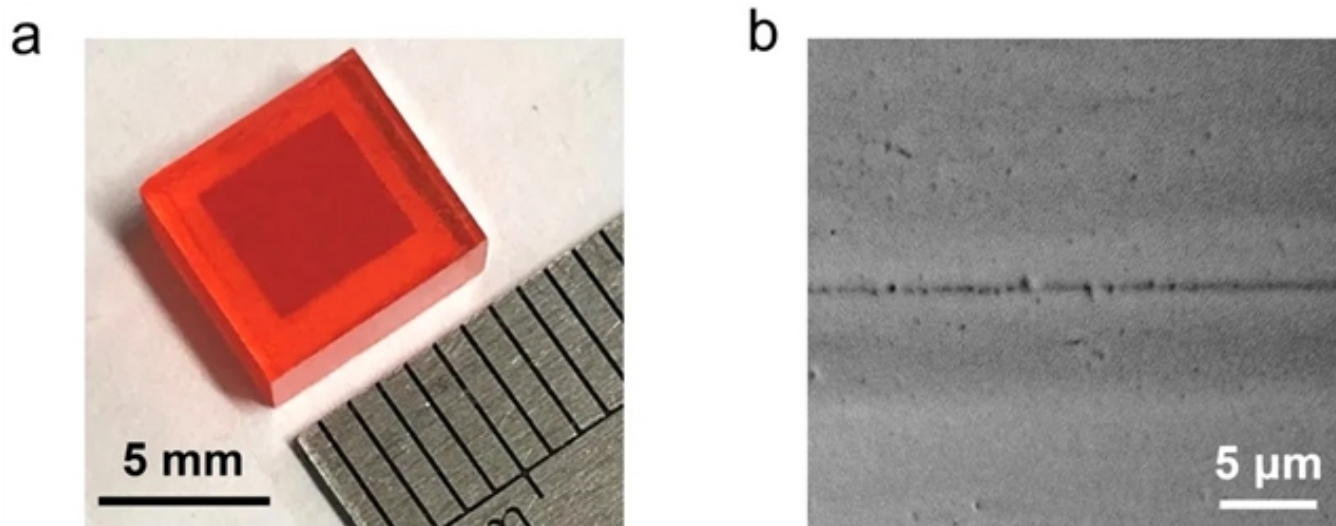


图3：量子点嵌入钙钛矿的三维异质晶体。(a)宏观尺度的PbS量子点嵌入至 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_2$ 钙钛矿的三维异质晶体，其中量子点层在钙钛矿晶体内部呈现出较深的方形区域。(b)三维异质晶体的截面扫描电子显微镜图像，中间的深色线为量子点层

该研究成果为开发高效量子点-钙钛矿光电器件奠定了基础，未来有望应用于高效发光二极管、激光器、红外探测器、新型太阳能电池等领域。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2025.009>

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：马仁敏等 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](https://www.iikx.com)转发