
钙钛矿实现蓝光LED的三条“妙计”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24377.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！

钙钛矿实现蓝光LED的三条“妙计”。近年来，基于钙钛矿（Perovskite）材料的LED发光器件性能进展神速。得益于钙钛矿材料自身的优势，例如：工艺简单、色域宽、成本低、色纯度高，红、绿两色钙钛矿LED（以下简称PeLED）的器件效率均超过25%，成为最具潜力的下一代新型显示技术之一。

新型显示技术实现的前提是红、绿、蓝（RGB）三基色发光器件均可达到性能标准，然而，相较于红、绿（R、G）PeLED，蓝光（B）PeLED进展缓慢，满足显示要求的蓝光PeLED器件效率仅10%出头，远落后于红、绿两色；同时，蓝光PeLED器件的稳定性较差，阻碍了新型PeLED技术在显示方面的落地应用。

近日，利亚德光电股份有限公司与北京大学合作，以Focus on Perovskite Emitters in Blue Light-emitting Diodes为题在Light: Science Applications上发表综述论文。利亚德光电股份有限公司-北京大学联合培养博士后杨晓宇为本文第一作者及共同通讯作者，利亚德智能显示研究院院长卢长军、北京大学王新强教授为共同通讯作者。该工作同时获得了北京大学朱瑞研究员、北京化工大学张玉琢博士等团队的支持和帮助。同时也得到了国家自然科学基金委、北京大学人工微结构和介观物理国家重点实验室、纳光电子前沿科学中心、北京大学长三角光电科学研究院、北京市人力资源与社会保障局等单位的大力支持。

本篇综述文章全面梳理归纳了钙钛矿材料实现蓝光PeLED的三条主流技术路线（组分工程、维度调控、尺寸限域）及其最新进展，并据此展望了蓝光PeLED未来发展的技术方案及高性能器件的原型结构，为相关领域的发展提供了切实明确的方向参考。

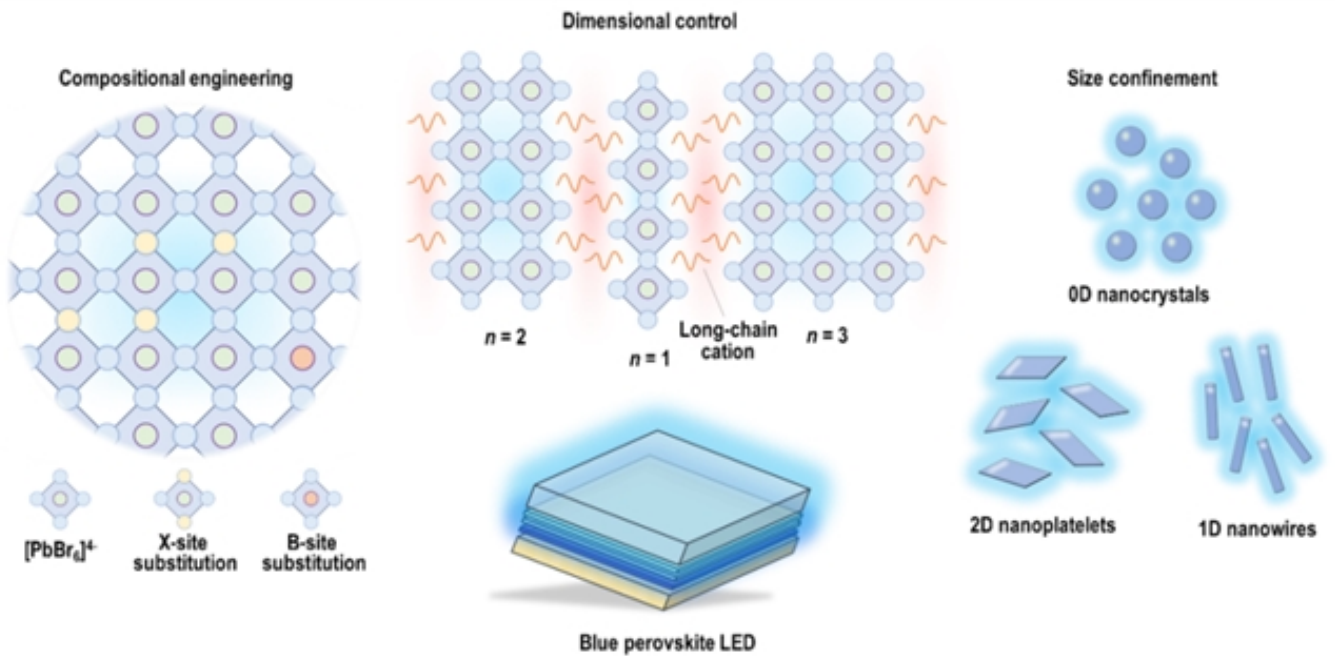


图1. 蓝光PeLED及其三条主流技术路线

妙计一：组分工程

如图2所示，若要实现能够发射短波长蓝光的PeLED器件，钙钛矿发光层材料需要具备足够宽的带隙。通过对具有ABX₃晶体结构的钙钛矿进行组分工程，调节A、B、X位点的元素或分子组成与配比，根据能带结构中价、导带的变化，有效扩宽带隙，从而实现蓝光发射。组分工程工艺简单，但常面临其混合组分导致的薄膜相分离等问题，使蓝光钙钛矿薄膜质量较差，最终影响基于此的蓝光PeLED器件性能。

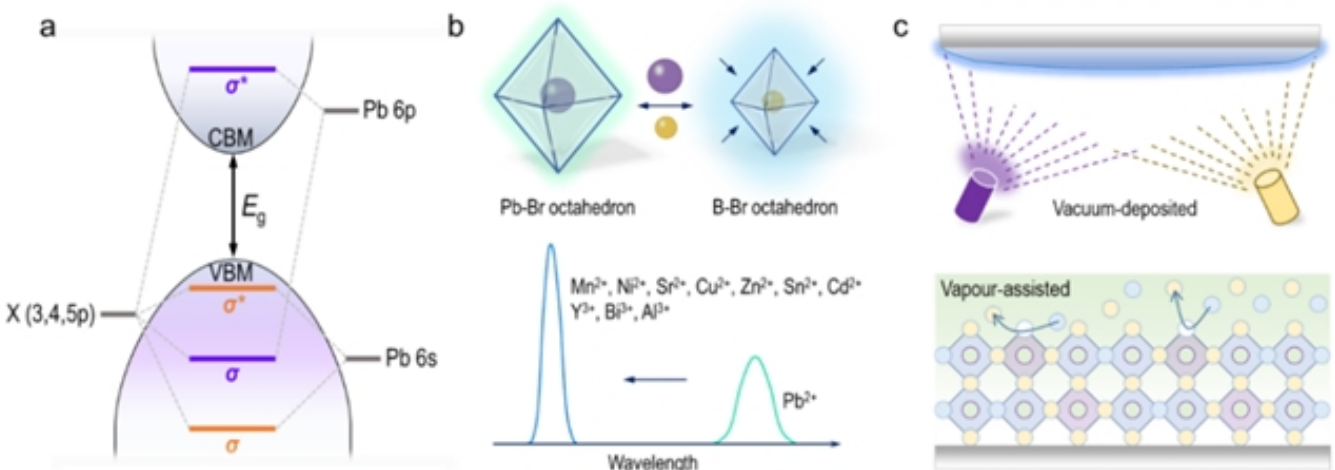


图2：组分工程。（a）钙钛矿材料能带结构示意图；（b）B位组分工程实现短波长蓝光发射示意图；（c）降低相分离、提高薄膜质量的工艺方法：真空共蒸、气相辅助

妙计二：维度调控

如图3所示，除了组分工程，钙钛矿的晶体维度调控也将扩宽带隙、实现蓝光发射。将A位小阳离子部分替换为体积更大的长链阳离子将实现准二维、二维及一维钙钛矿晶体结构，基于量子限域效应，钙钛矿带隙将有效拓宽，数值取决于低维钙钛矿的n值（n代表长链阳离子之间B-X八面体结构层数）。此外，不同n值钙钛矿间由于能带结构的不同及相关性将发生能量级联现象，对发光效率产生正面或负面的效果。因此，针对低维钙钛矿中n值分布、含量等相关调控是此技术路线的关键。

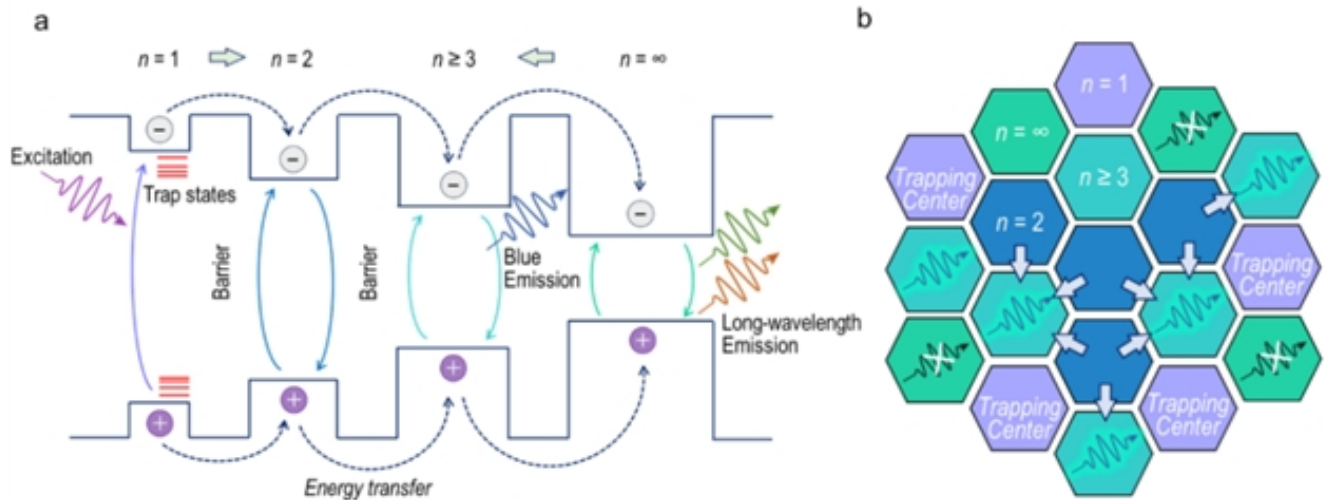


图3：维度调控。（a）低维钙钛矿能带分布及能量级联行为示意图；（b）低维钙钛矿不同n值的相分布及能量分布、传递示意图

妙计三：尺寸限域

如图4所示，将钙钛矿材料减小到纳米尺度（钙钛矿纳米晶）也是实现蓝光发射的有效策略。当材料尺寸小于其自身玻尔半径时，尺寸限域效应将使材料的带隙明显增大，从而实现短波长蓝光发射。常见的钙钛矿纳米晶包含零维量子点、一维纳米线及二维纳米片，合成纳米晶所必须的表面配体是影响钙钛矿纳米晶尺寸、产率、质量的关键因素，也是基于钙钛矿纳米晶的蓝光PeLED器件性能的影响因素，开发优化高适配度的纳米晶表面配体是实现蓝光发射、提高器件效率的重点技术方向。

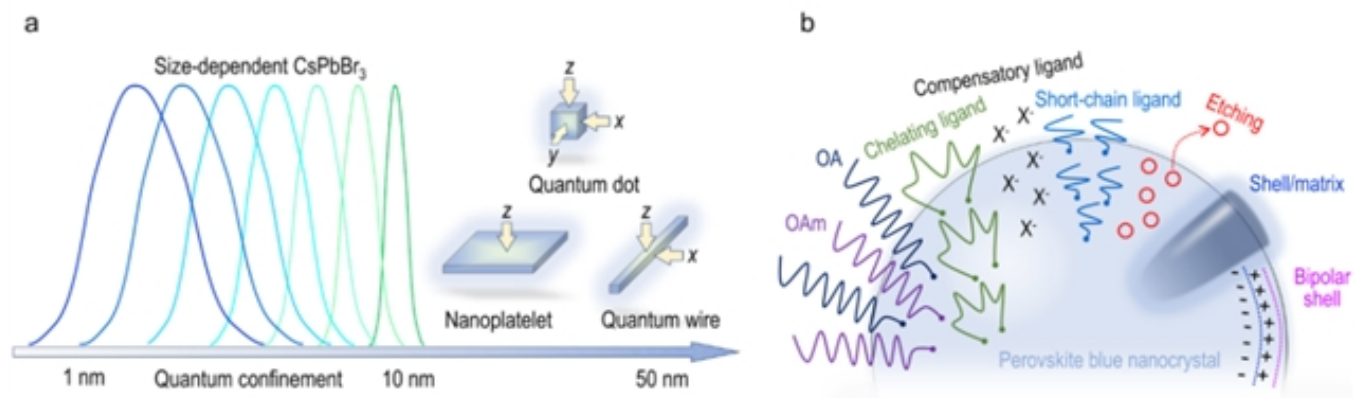


图4：尺寸限域。（a）CsPbBr₃纳米晶荧光光谱随尺寸的变化及三种常见纳米晶形态示意图；（b）多种常见钙钛矿纳米晶表面配体优化策略

宽带隙钙钛矿蓝光活性层依旧面临稳定性差的难题

如图5所示，三种蓝光钙钛矿的技术路线分别面临不同的稳定性问题：

组分工程下的混合离子钙钛矿在外部环境刺激条件下离子迁移将加重，导致更严重的相分离现象，从而降低器件的发光稳定性；

维度调控下的低维钙钛矿中大阳离子主导了晶体间的范德华相互作用，降低了钙钛矿晶体间结合的紧密性，外部水氧更易侵蚀钙钛矿晶体导致稳定性下降；

尺寸限域下的钙钛矿纳米晶则必须面临表面配体结合力弱、容易脱落的问题，脱落后遗留的缺陷、电荷空位等都将影响钙钛矿材料的稳定性。

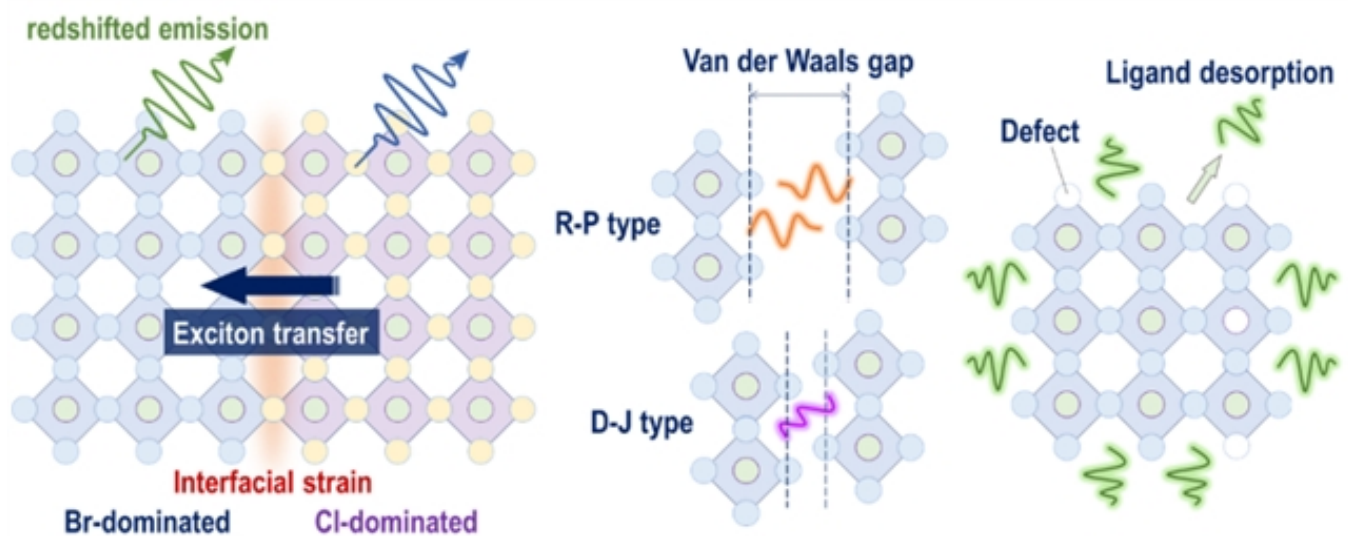


图5：三种蓝光钙钛矿技术路线分别面临的稳定性问题

展望

基于对蓝光钙钛矿及PeLED器件进展的系统梳理分析，针对蓝光PeLED当前面临的问题，论文对未来理想的蓝光钙钛矿活性层结构、蓝光PeLED器件结构、钙钛矿活性层制备工艺等方面给出了具体的展望讨论（图6）：由基底合成（Synthesis-on-Substrate）方法原位生长低维钙钛矿纳米片结构，将进一步增强载流子辐射复合概率，增加空穴注入面积，从而实现蓝光PeLED器件效率的突破。（来源：中国光学微信公众号）

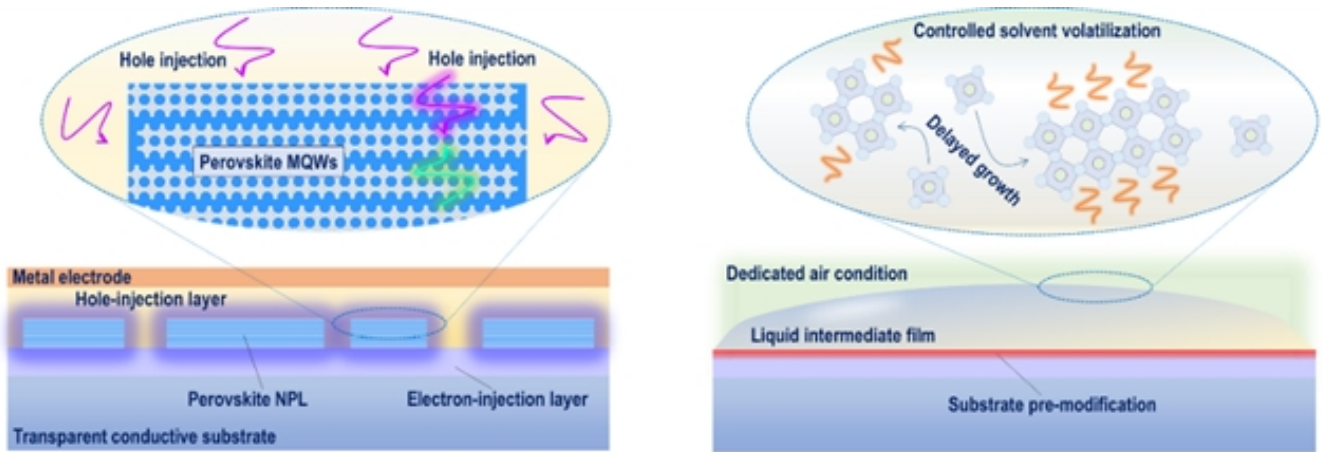


图6. 理想蓝光钙钛矿生长及高效PeLED器件结构示意图。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-023-01206-2>

作者：卢长军等 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