钙钛矿QLED突破纳秒级稳态响应

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/37369.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QLED突破纳秒级稳态响应。 导读

福州大学李福山教授团队在钙钛矿量子点发光二极管（QLED）领域取得突破性进展，实现了目前最快的量子点纳秒级稳态电致发光响应。团队提出了一种量子点结晶调控策略，通过将离子液体引入量子点（QDs）的结晶过程，实现了对量子点表面结晶的有效控制。通过在一定程度上的结晶延缓过程，很好的降低了量子点表面积比和缺陷数量，并实现了电荷注入的有效优化。此外，团队通过结合高分辨图案化技术，进一步突破了器件RC常数的瓶颈，最终实现了纳秒级响应的超高分辨率钙钛矿QLED。其中，响应速度突破百纳秒级，分辨率高达9072PPI，器件效率高达15.79%。这项研究提出了一种量子点结晶控制策略，解决了以往量子点结晶控制困难、表面缺陷多和结晶度较差的问题，所突破的纳秒级电致发光响应为钙钛矿QLEDs在未来的超高分辨率和超高刷新率显示应用提供了一种全新的解决方案。

该成果以Nanosecond response perovskite quantum dot light-emitting diodes with ultra-high resolution for active display application为题发表于Light: Science Applications。

近年来，低成本溶液法制备的高效发光器件钙钛矿QLED已实现超过20%的器件效率，在AR/VR等未来近眼显示应用中具有重要前景。然而，显示器的刷新率未来能有多高？AR/VR的拖影如何彻底消除？这一切的核心取决于像素元件的响应速度而非器件效率，这意味着钙钛矿QLED器件的电致发光（EL）响应速度对未来显示的观影效果具有重要影响。然而，受限于载流子输运和器件电容（RC常数），传统钙钛矿QLED的响应时间多在微秒量级，成为了通往超高速显示的绊脚石。理论上，器件RC常数可以缩得很短，例如达到几纳秒级，这意味着器件也可以到达纳秒级响应。然而，目前报道的响应仍然停留在微秒级别，这是因为量子点的电容和电阻很难完全消除，它们很大程度上阻碍了器件响应时间的缩短。以往的短链配体交换策略尽管改善了电荷的注入，但效果有限，且影响了胶体分散性。此外，量子点的敏感表面也增加了操作的复杂性。如何通过有效的结晶调控来改善量子点表面，如通过减少其表面积比，同时增强表面注入并减少电荷捕获，从而减少RC时间的影响，成为一个有趣的方向。

针对以上问题,福州大学李福山团队提出了两项策略：一是引入了咪唑类离子液体，阳离子咪唑环与八面体的紧密结合和所具备的空间位阻效应，可有效阻断A位阳离子与八面体的结晶，通过减少成核数量延长了后续的结晶生长，从而有效的改善了表面结晶，获得优化注入的量子点。此外，阴离子对表面铅空位的有效钝化，进一步减少了电荷在表面的猝灭。通过这项设计，器件的响应可缩短超75%。二是团队巧妙的将高分辨化和减少器件RC响应时间联系在了一起。通过电荷阻挡层PMMA的隔绝，器件被分割成若干发光尺寸1.3 μ m的小器件，在实现图案化发光的同时还有效减少了器件的电容，最终突破了微秒级响应时间的限制。

1 通过QDs表面结晶的有效设计，获得胖胖的、完美的量子点！

量子点的超快结晶速度导致了表面的不确定性和难以操控，高表面积比和充满缺陷的表面让电荷注入变得困难。本研究设计了胖胖的、完美的量子点，如图1所示，通过离子液体调控QDs的结晶，使其获得如下优点：低表面积比（高注入能力）、适配的能级（优异界面传输）、低表面缺陷（抑制电荷捕获），从而获得了一种改善量子点响应速度的方法。

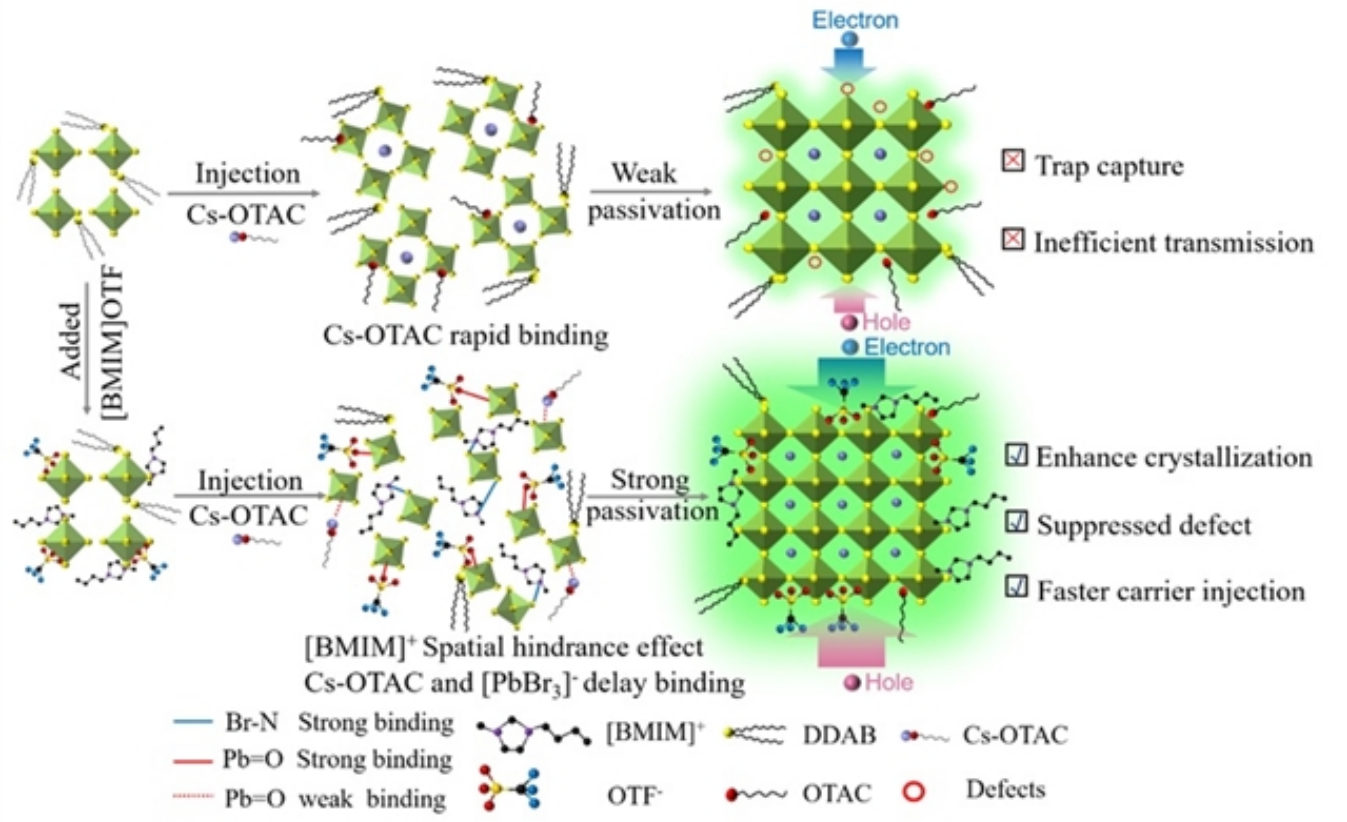


图1：QDs的结晶调控设计

2 通过高分辨化和减少器件RC的有效结合，全方位围攻RC响应时间！

在不减少整体器件面积的情况下，如何减少器件的RC常数？如图2所示，本工作提出采取图案化的方式来实现这种要求。团队在ITO基底上构建了蜂窝状的图案化PMMA功能层，利用器件空穴传输层（HTL）和发光层（EML）的贯穿和分隔，从而实现QDs层的图案化发光和器件电容的有效抑制，最终实现了分辨率和效率分别为9072PPI和15.79%并且具有纳秒级响应的超高分辨率钙钛矿QLED，并展示了该研究在AM-QLED上的应用前景。

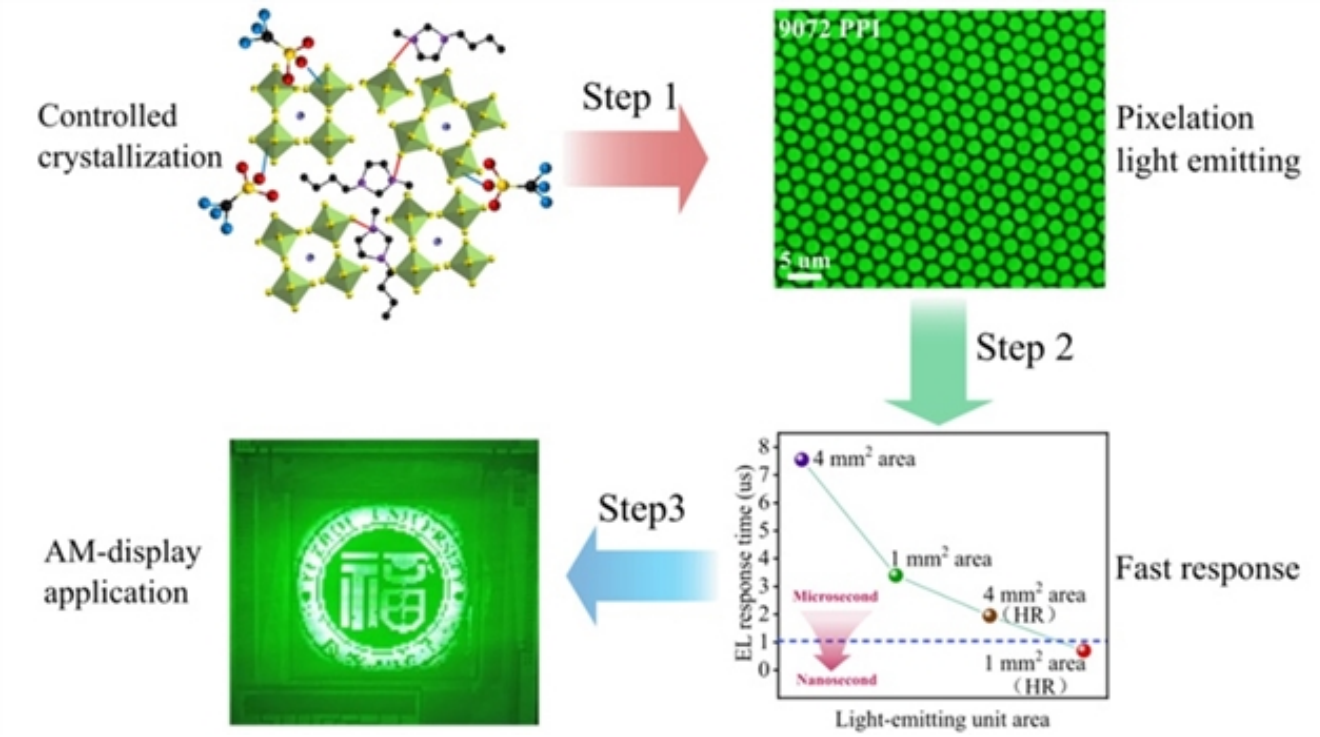


图2：器件RC响应的调控策略

总结与展望

此研究不仅提供了一种优化QDs表面结晶的策略，还有效结合了高分辨图案化技术，突破了现有器件的微秒响应限制，所制备的纳秒级响应的超高分辨率钙钛矿QLED不仅对实现高刷新率显示具有重要意义，而且在未来的高速光通讯和光交互显示中同样具有重要的应用前景。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-025-01959-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：李福山等 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转发