

超低滚降蓝光钙钛矿QLED

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41850.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！

超低滚降蓝光钙钛矿QLED。导读

钙钛矿量子点因其窄发射光谱、高缺陷容忍度和易于溶液加工等特性而成为下一代高清显示的明星材料。这些特性使量子点能够满足Rec.2020的严苛颜色要求，这对于超高清显示器和增强/虚拟现实等高端应用至关重要。在三原色中，蓝色发射是最具挑战性的：它直接决定了设备的整体显示色域，目前难以实现高效率、低滚降、色纯度和操作稳定性的兼顾。近日，电子科技大学光电科学与工程学院陶斯禄教授团队、苏州大学功能纳米与软物质研究所廖良生和王亚坤教授团队及哈尔滨工程大学物理与光电学院毕成浩副教授团队提出将一种多功能分子—1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐（EMIMPF₆）引入到悬挂键多且激子结合能过高的蓝光CsPbBr₃量子点表面，实现了同时具有高外量子效率（EQE）、低效率滚降、长运行半衰期（T₅₀）和高色纯度的蓝光钙钛矿量子点发光二极管（QLEDs）。这项工作为高色纯度蓝光钙钛矿QLEDs在实际应用中面临的高亮度下低效率的问题提供了一种解决方案，它会激发研究人员对减小效率滚降的兴趣，从而将蓝光钙钛矿QLEDs推向市场。相关研究成果以Ultra-Low Efficiency Roll-Off High Color Purity Blue Perovskite Quantum Dot LEDs with Exceeding 20% Efficiencies，为题发表于《Light: Science Applications》。

研究背景

器件工程的最新突破推动了蓝光钙钛矿LEDs的EQE峰值超过20%，可与镉基QLEDs相媲美。然而，这种性能通常伴随着较差的色纯度，其中，具有最高效率的器件的国际照明委员会坐标的y值（CIEy）依旧大于0.1，远低于Rec. 2020对蓝光的要求。此外，由于表面缺陷、俄歇复合和电荷注入不平衡导致光谱移动到高色纯度蓝光（CIEy < 0.1）的LEDs在实际亮度（>2,000 cd m⁻²）下通常会出现严重的效率滚降和短的T₅₀（在100 cd m⁻²的初始亮度下小于100分钟）。因此，同时实现高色纯度、高效率、低滚降和长运行寿命仍然是商业可行性的一个未解决的瓶颈。

研究亮点

本文提出了一种多功能分子—EMIMPF₆钝化策略：利用分子中的六氟磷酸根离子（[PF₆]⁻）与量子点的铅悬键和铯位点键合，减少表面缺陷并削弱耦合，同时利用分子中的1-乙基-3-甲基咪唑阳离子（[EMIM]⁺）减少溴悬键、抑制俄歇复合并调整能级位置（图1a）。基于此所制备的高色纯度蓝光（CIEy = 0.091）钙钛矿QLED表现出极低的效率滚降，在6,441 cd m⁻²的亮度下实现了超20%的最大EQE，并且当亮度上升至9,587 cd m⁻²时，器件依旧具有18.47%的EQE（图1b）。此外，T₅₀也较之前采用热蒸发工艺制备的器件提高了一个数量级（在106 cd m⁻²的初始亮度下达到692分钟）（图1c）。

图1：(a) 向蓝光CsPbBr₃量子点表面引入多功能分子的示意图；高色纯度蓝光钙钛矿QLED的(b) EQE-亮度曲线和(c) 运行半衰期。

研究团队通过时间分辨光致发光（TRPL）光谱和光致发光量子产率（PLQY）证实了多功能分子对于量子点光学性能的改善（图2a，b）；通过光照以及高温测试表明了量子点在引入多功能分子后稳定性的增强（图2c-f）。并发现具有大介电常数的1-乙基-3-甲基咪唑阳离子可以通过降低量子点的激子结合能，显著抑制其俄歇复合（图2g-h）。

图2：引入EMIMPF₆前后量子点(a) 荧光寿命和(b) PLQY的变化；引入EMIMPF₆前后量子点(c,d) 光照稳定性和(e,f) 热稳定性的提升；(g,h) 多功能分子对量子点俄歇复合的抑制。

研究团队还采用X射线衍射（XRD）谱证实了多功能分子未进入晶格内部（图3a）；利用傅立叶变换红外（FTIR）光谱、拉曼光谱和X射线光电子能谱（XPS）说明了多功能分子与量子点表面存在相互作用（图3b-d）；通过扫描透射电子显微镜（STEM）发现多功能分子的引入提升了量子点的排列有序度并削弱了量子点间耦合（图3e-h）。

图3：引入EMIMPF6前后量子点的(a) XRD谱、(b) FTIR光谱、(c) 拉曼光谱、(d) XPS；引入EMIMPF6前后量子点的(e,f) STEM图像、(g,h) 排列有序度。

总结与展望

本研究提出了一种采用多功能分子—EMIMPF6稳定蓝光CsPbBr₃量子点表面的策略，同时削弱了载流子捕获、点间耦合和俄歇重组等限制高色纯度蓝光钙钛矿QLED性能的关键挑战。[PF₆]-阴离子和[EMIM]⁺阳离子的协同作用令量子点具有更高的PLQY、更长的载流子寿命，以及更优异的热稳定性和光照稳定性。这些进步使得蓝光钙钛矿QLED在高亮度（6,441 cd m⁻²）下同时实现了高色纯度（CIE_y = 0.091）和出色的EQE峰值（20.02%），并表现出明显抑制的效率衰减。重要的是，器件的运行寿命大幅延长，并始终保持稳定的发射光谱。作者的研究结果为制造适用于要求苛刻的显示应用场景的稳定、高效蓝光钙钛矿QLED提供了一条有希望的途径。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-026-02231-7>

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事宜，请与我们联系。

作者：陶斯禄等 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