

论坛三十五：钙钛矿发光产业论坛

分论坛主席：叶志镇 何海平

35-01

钙钛矿发光二极管中界面调控研究

司俊杰¹, 戴兴良², 赵虹¹, 刘祖刚¹¹ 中国计量大学, 浙江省杭州市, 310018² 浙江大学, 浙江省杭州市, 310058

在钙钛矿发光二极管 (PeLED) 和量子点发光二极管 (QLED) 中, 界面对器件的效率和稳定性起着重要的作用。本报告将分别介绍团队近期对这两类 LED 界面研究的工作进展。其中, 研究了用离子液体来对钙钛矿的界面进行调控, 消除了 PeLED 的正老化现象, 并提高了器件的效率; 发现无机电子传输层界面的羧基基团与钙钛矿中的 FA 之间发生的酰胺化反应, 促进了绿色发光的钙钛矿晶体的生长和器件性能的提高; 在全无机钙钛矿发光二极管中, 考核了发光层与电子传输层界面沉积的 LiF 层对器件性能的优化; 还通过对宽带发射的亚铜基碘化物类钙钛矿发光二极管中发光层与电子传输层界面的研究, 发现是在发光层与电子传输层界面原位形成的复合物而不是自陷态激子, 主导了电致发光。此外还研究了量子点膜界面的水解反应, 使用该简便的处理方式, 实现了全溶液法制备倒装结构的 QLED, 并且降低了器件的驱动电压、提高了器件的能量效率和稳定性。

35-02

钙钛矿光电转换材料与器件

魏展画*

华侨大学发光材料与信息显示研究院、材料科学与工程学院

*weizhanhua@hqu.edu.cn

金属卤化物钙钛矿是近年来兴起的具有诸多优异光电性质的半导体材料, 主要优点有可溶液法制备、材料成本低、缺陷容忍度高、量子效率高等, 在 LED 和 PV 等领域显现出巨大的研究和应用价值。

在钙钛矿 LED 应用方面, 传统工艺方法制备得到的钙钛矿薄膜质量较差, 体现为形貌差、晶体无序堆积和非辐射复合缺陷多等, 因此早期报道的器件 EQE 都远远低于 OLED 和 QLED。我们提出卤素化合物、聚合物和小分子等接触钝化晶界缺陷策略, 实现了世界首例 EQE 超 20% 的绿光钙钛矿 LED¹; 通过相组成调控和器件结构优化等提高界面载流子注入与复合效率, 再次刷新了绿光器件 EQE 纪录(25.6%)², 该策略也适用于 Sn 基近红外³和其他可见光钙钛矿 LED。

在钙钛矿 PV 应用方面, 我们围绕高纯 FAPbI₃ 钙钛矿吸光层、功能化富勒烯衍生物的制备和钙钛矿/硅叠层电池等开展了一些研究工作。近期, 我们通过晶簇诱导和水汽调控⁴等方法, 持续提升晶粒质量和 PV 器件的光电转换效率(>25%); 基于 Pb 基和 Sn 基钙钛矿体系的不同要求, 定制合成新型富勒烯传输材料⁵, 显著提升界面电荷收集效率和 PV 器件性能。

关键词: 钙钛矿 发光二极管 太阳能电池 缺陷钝化

参考文献:

[1] Lin, K.; Xing, J.; Quan, L. N.; de Arquer, F. P. G.; Gong, X.; Lu, J.; Xie, L.; Zhao, W.; Zhang, D.; Yan, C.; Li, W.; Liu, X.; Lu, Y.; Kirman, J.; Sargent, E. H.*; Xiong, Q.*; **Wei, Z.***, Perovskite light-emitting diodes with external quantum efficiency exceeding 20 percent. Nature 2018, 562

(7726), 245-248.

[2] Ma, D.; Lin, K.; Dong, Y.; Choubisa, H.; Proppe, A. H.; Wu, D.; Wang, Y.-K.; Chen, B.; Li, P.; Fan, J. Z.; Yuan, F.; Johnston, A.; Liu, Y.; Kang, Y.; Lu, Z.-H.; **Wei, Z.***; Sargent, E. H.*, Distribution control enables efficient reduced-dimensional perovskite LEDs. *Nature* 2021, 599 (7886), 594-598.

[3] Lu, J.; Guan, X.; Li, Y.; Lin, K.; Feng, W.; Zhao, Y.; Yan, C.; Li, M.; Shen, Y.; Qin, X.; **Wei, Z.***, Dendritic CsSnI₃ for Efficient and Flexible Near-Infrared Perovskite Light-Emitting Diodes. *Adv. Mater.* 2021, 33 (44), 2104414.

[4] Liu, K.; Luo, Y.; Jin, Y.; Liu, T.; Liang, Y.; Yang, L.; Song, P.; Liu, Z.; Tian, C.; Xie, L.*; **Wei, Z.***, Moisture-triggered fast crystallization enables efficient and stable perovskite solar cells. *Nat. Commun.* 2022, 13 (1), 4891.

Sun, C.; Yang, P.; Nan, Z.; Tian, C.*; Cai, Y.; Chen, J.; Qi, F.; Tian, H.; Xie, L.; Meng, L.*; **Wei, Z.***, Well-Defined Fullerene Bisadducts Enable High-Performance Tin-Based Perovskite Solar Cells. *Adv. Mater.* 2023, 35 (9), e2205603.

35-03

强限域钙钛矿半导体纳米晶设计及其发光二极管

田建军

北京科技大学，新材料技术研究院

tianjianjun@mater.ustb.edu.cn

基于量子限域效应的半导体纳米晶，如量子点、量子阱，表现出宽色域（~140%）、高色彩饱和度、高荧光产率和较高电光转换效率，在高清显示领域引起了广泛关注。尤其近年发展起来的卤化物钙钛矿结构纳米晶具有更加优异的发光性能，然而，纯蓝光（460-470 nm 波长）和纯红光（620-650 nm 波长）的钙钛矿纳米晶通常采用混合卤化物成分（Br/Cl 或 Br/I）来实现，在电致工作条件下，纳米晶容易出现相分离和大量缺陷，导致 LED 的效率下降，成为其应用和商业化的主要问题之一。为了实现高稳定和高亮度的纯蓝、红光钙钛矿纳米晶 LED，我们依据强量子点限域效应来调控发射波长，获得性能优异的胶体量子点和胶体量子阱，进而避开混合卤素，再发展了多种表面配体和器件结构优化等多种策略稳定结构和光谱、抑制俄歇复合等，获得稳定高效的纯蓝光、纯红光钙钛矿纳米晶 LED。实现了电致发光峰为 470 nm、外量子效率（EQE）>10%，亮度>10,000 cd m⁻²、T₅₀ 达到 59h 的纯蓝光钙钛矿纳米晶 LED；以及电致发光峰在 636 nm 和 EQE>22% 的纯红光钙钛矿纳米晶 LED。