

专题: 4

钙钛矿材料的光学特性及其 LED 研究

史志锋*, 李莹, 雷玲芝, 孙旭光, 李新建

材料物理教育部重点实验室, 郑州大学物理工程学院, 郑州 450052

有机/无机杂化钙钛矿材料 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$, Perovskite) 在光电器件领域的潜在应用开始引起人们的广泛关注。除了在太阳能电池领域取得的巨大成功外, 其在低成本、高亮度发光二极管方面的应用同样吸引人们的眼光, 这主要得益于其直接带隙、高发光量子效率、发光谱线窄、制备成本低、以及带宽从蓝光到近红外区域连续可调等优良特性。众所周知, 钙钛矿基发光器件的性能优劣很大程度上取决于材料自身的光学特性, 因此, 研究 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ 材料的发光行为是器件制备的关键。

实验上, 我们利用温度和激发功率依赖的荧光测试对 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜的激子发光特性、相变特征 (高温四方相 $\rightarrow$ 低温正交相)、激子束缚能以及载流子复合过程中的激子-声子耦合行为进行了系统的分析。并进一步利用三倍频 Nd:YAG 激光器对 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜进行了高功率泵浦实验, 成功地实现了 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜的近红外 (775 nm) 随机激光, 对应的激射阈值约为 $102 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 。该部分工作证实了 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 材料优异的激子发光特性, 为后期其在激子型发光二极管和激光器中的应用奠定了基础¹。为了进一步证实 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ 材料在发光器件中的应用可能性, 我们通过设计 ITO/n-ZnO/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ /PEDOT:PSS 简单三明治结构, 成功实现了所制备器件的绿光发射, 其发光波长位于 533 nm, 开启电压约为 2.8 V。此外, 针对钙钛矿基光电器件的工作稳定性问题, 我们通过对不同气体环境下器件的发光性能进行对比, 对器件特性劣化的原因进行了有效解释²。

[1] Zhifeng Shi, Xuguang Sun, Di Wu, *et al.*, Near-infrared random lasing realized in a perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ thin film, *J. Mater. Chem. C* 2016, 4,8373.

[2] Zhifeng Shi, Xuguang Sun, Di Wu, *et al.*, High-performance planar green light-emitting diodes based on a PEDOT:PSS/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /ZnO sandwich structure, *Nanoscale* 2016, 8,10035.

* 基金支持: 国家自然科学基金 (11604302), 中国博士后科学基金 (2015M582193), 郑州大学优秀青年教师发展基金项目 (1521317001)

作者简介: 史志锋, 男, 博士, 主要从事钙钛矿基光电材料与发光器件研究。

*通讯联系人: 史志锋, 副教授, 电子邮箱: shizf@zzu.edu.cn)。