新型光电功能器件的科学前沿和应用

陈志坚

北京大学物理学院, 人工微结构和介观物理国家重点实验室, 北京 100871

E-mail: zjchen@pku.edu.cn

Frontiers in science and applications for new optoelectronic devices

Zhijian Chen

State Key Laboratory for Artificial Microstructures and Mesoscopic Physics, Department of Physics, Peking University, Beijing 100871, China

E-mail: zjchen@pku.edu.cn

doi: [10.1360/TB-2021-0463](https://doi.org/10.1360/TB-2021-0463)

陈志坚

北京大学物理学院教授, 博士生导师. 主要研究方向为有机电致发光和光伏器件结构设计及物理机制研究.

有机、有机/无机复合光电器件近年来发展迅猛, 并且已经逐步走进我们的生活, 在信息显示领域(如可折叠柔性显示屏)和新能源领域(如太阳能电池)应用广泛. 中国学者在此领域作出了重要贡献. 为了集中展示该领域的发展, 《科学通报》组织“光电功能材料和器件专题”, 邀请国内专家和学者, 结合自己的研究工作撰写文章, 对光电材料和器件的发展进行梳理和总结, 并对发展前景进行展望. 该专题共包含10篇文章.

有机电致发光器件(organic light-emitting devices, OLEDs)作为一种新的显示照明技术, 正迅速占据着信息显示的市场. OLEDs的研究可以追溯到20世纪60年代^[1]. 1987年, Tang和VanSlyke^[2]发明了一种双层薄膜异质结结构的OLEDs, 其器件外量子效率(internal quantum efficiency, EQE)首次超过1%, 最大亮度达到1000 cd/m², 为里程碑工作. 自此, 有机光电材料和器件成为研究前沿热点. 在本专题中, 李福山课题组^[3]聚焦于可溶液加工纳米光电材料与器件, 介绍了近年来该领域的研究进展; 肖静课题组^[4]围绕Richardson-Schottky(RS)热注入和Fowler-Nordheim(FN)量子隧穿两种电子注入模型, 讨论了提升倒置有机发光二极管中电子注入效率的研究进展; 向超宇和钱磊课题组^[5]从大尺寸OLED显示技术现状开始, 简介了喷墨打印OLED相关材料与器件的进展及其在大尺寸显示领域的应用.

随着钙钛矿材料的兴起, 钙钛矿发光二极管也成为研究的热点之一. 吴朝新课题组^[6]基于钙钛矿量子点的电致发光器件研究进展, 分析了制约钙钛矿量子点电致发光二极管效率的主要因素; 肖立新课题组^[7]从提升钙钛矿发光层发光量子产率与调整器件结构提升电荷平衡因子和光耦合因子两方面, 总结了目前钙钛矿发光二极管中提升器件外量子效率的策略.

为了解决目前OLEDs中镉、铅等元素的危害性问题, 多元铜基硫族半导体纳米晶受到了广泛关注. 唐爱伟和滕枫课题组^[8]介绍了多元铜基硫族半导体纳米晶的组分、表面配体、晶体结构和纳米结构等因素对其发光特性的影响, 着重阐述了多元铜基硫族半导体纳米晶在电致发光器件中的研究进展.

随着人类对清洁能源的需求持续增加, 太阳能电池有望成为未来能源的主要来源. 钙钛矿太阳能电池(perovskite solar cells, PSCs)自2009年被报道以来, 仅仅10余年就达到了25.5%的认证效率, 远远超过以往任何一种太阳能电池的发展速度, 迅速成为新能源研究领域的宠儿^[9]. 在本专题中, 王吉政课题组^[10]总结了钙钛矿晶体中各类缺陷的形成过程与物理性质, 并分析了各类缺陷对太阳能电池工作的影响; 同时, 从界面钝化层出发, 介绍了多种材料作为界面钝化层的钝化机制与钝化效果, 通过对现有研究成果的分析, 总结出有效的界面钝化思路与策略.

在非铅钙钛矿研究领域, 孟庆波课题组^[11]对CZTS(e)太阳能电池高开路电压损耗的根源、CZTS(e):Ge太阳能电池的制备方法以及Ge对CZTS(e)太阳能电池器件性能的影响进行了重点介绍, 并对CZTS(e):Ge太阳能电池的未来研究方向进行了展望; 刘志伟课题组^[12]结合锡基钙钛矿的结构和性质, 分别从添加剂和组分调控两个角度综述了锡基钙钛矿太阳能电池近年来的重要研究进展.

基于有机和有机/无机杂化材料的光电器件有望成为下一代重要半导体器件, 具有极大商业前景. 相信该专题文章会对读者有所帮助. 在此, 衷心感谢各位供稿专家, 感谢《科学通报》编辑部对本专题出版的支持与帮助!

参考文献

- 1 Pope M, Kallmann H P, Magnante P. Electroluminescence in organic crystals. *J Chem Phys*, 1963, 38: 2042–2043
- 2 Tang C W, VanSlyke S A. Organic electroluminescent diodes. *Appl Phys Lett*, 1987, 51: 913–915
- 3 Liu Y, Zhu Y B, Ma F M, et al. Solution-processable nano-optoelectronic materials and devices (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2095–2104 [刘洋, 朱阳斌, 马福民, 等. 可溶液加工纳米光电材料与器件. 科学通报, 2021, 66: 2095–2104]
- 4 Jiang H H, Xiao J, Yin Z Y, et al. Progress and outlook on electron injection in inverted organic light-emitting diodes (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2105–2116 [姜慧慧, 肖静, 殷照洋, 等. 倒置有机发光二极管中电子注入的研究及发展. 科学通报, 2021, 66: 2105–2116]
- 5 Tang Z B, Ding S, Kang K, et al. Application of inkjet printing in the large area display of organic light-emitting diode (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2117–2128 [唐兆兵, 丁硕, 康凯, 等. 喷墨打印在大尺寸OLED显示中的应用. 科学通报, 2021, 66: 2117–2128]
- 6 Zhao C J, Yu Y, Dai J F, et al. Advances on perovskite quantum dot electroluminescent devices (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2139–2150 [赵晨静, 于跃, 代锦飞, 等. 基于钙钛矿量子点的电致发光二极管研究进展. 科学通报, 2021, 66: 2139–2150]
- 7 Yu W J, Zhang Y Q, Qu B, et al. Strategies to improve the external quantum efficiency of perovskite light emitting diode (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2151–2161 [俞文锦, 张雨晴, 曲波, 等. 钙钛矿发光二极管外量子效率提升策略. 科学通报, 2021, 66: 2151–2161]
- 8 Zhang J, Wang L J, Chen F, et al. Optical properties of multinary copper chalcogenide semiconductor nanocrystals and their applications in electroluminescent devices (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2162–2178 [张京, 王立瑾, 陈斐, 等. 多元铜基硫族半导体纳米晶的发光性能及其在电致发光器件中的应用进展. 科学通报, 2021, 66: 2162–2178]
- 9 Kojima A, Teshima K, Shirai Y, et al. Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells. *J Am Chem Soc*, 2009, 131: 6050–6051
- 10 Niu G S, Zhuang J, Luan Y G, et al. Progress on defects and interfacial passivation layers in hybrid perovskite solar cells (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2179–2201 [牛国盛, 庄晶, 栾乙刚, 等. 杂化钙钛矿太阳能电池中缺陷与界面钝化层的研究进展. 科学通报, 2021, 66: 2179–2201]
- 11 Xu X, Zhou J Z, Guo L B, et al. Overview of Ge-incorporated kesterite solar cells (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2202–2214 [徐啸, 周家正, 郭林宝, 等. 锗掺杂/替位锌黄锡矿太阳能电池研究进展. 科学通报, 2021, 66: 2202–2214]
- 12 Wang C B, Gu F D, Bian Z Q, et al. Advances on tin-based perovskite solar cells (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 2129–2138 [王程博, 顾飞丹, 卞祖强, 等. 锡基钙钛矿太阳能电池研究进展. 科学通报, 2021, 66: 2129–2138]