

2021年度省科学技术奖项目公示内容

申报高校（盖章）：泉州师范学院

公示单位（前三名完成人所在工作单位）：泉州师范学院、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

1.项目名称：有机光电器件载流子输运特性调控、机理及应用

2.提名奖种：省自然科学奖

3.提名单位：福建省教育厅

4.项目简介：

本项目属于信息电子科学、物理学、化学和材料科学等多学科交叉的基础性前沿新兴研究领域。有机光电器件具有成本低、工艺简单、可挠性、易于制成大面积器件等优点，在平板显示、固态照明、光伏发电等领域显现出广阔的应用前景。载流子输运特性是决定有机光电器件性能的关键因素之一。本项目从器件角度，围绕有机光电器件的载流子输运特性，系统研究了电极/有机功能层、有机/有机功能层间界面性能对器件载流子输运特性的影响、规律及其动力学过程，通过调控界面性能，探索提高器件载流子传输性能的技术和方法，进而有效改善了有机发光显示和照明、太阳能电池、光探测器等器件的性能，推进有机发光材料和器件领域的发展，为高性能有机光电器件的构筑提供新策略。取得了如下主要科学成果：

（1）构筑了 $\text{MoO}_3/\text{PEDOT:PSS}$ 双层结构空穴传输层，有效改善了反式结构钙钛矿太阳能电池的光电转换效率，克服了传统空穴传输材料 PEDOT:PSS 的酸性引起的寿命衰减（论文1）。由于 MoO_3 与氧化铟锡（ITO）电极间良好的能级匹配，提高了器件的空穴收集效率，从而降低

器件内部光生载流子的复合几率，提高器件的光电转换效率；同时 MoO_3 的引入，克服了酸性 PEDOT:PSS 对 ITO 电极的腐蚀，大幅提升器件的稳定性。

(2) 提出采用光电倍增型近红外光探测器和热活化延迟荧光有机电致发光器件 (OLED) 集成的方法，突破了有机近红外光-可见光上转换近红外成像器件上转换效率低于 100% 的限制 (论文 2 和 3)。优选酞菁铅作为近红外光吸收材料，采用 MoO_3/CuI 作为空穴传输层和模板层，不仅可以提高器件的空穴传输性能，而且可以调控酞菁铅薄膜的晶体结构，提高器件近红外波段的吸收和光电响应；设计具有光电倍增特性的有机近红外光探测器，并实现其与热活化延迟荧光 OLED 集成，使近红外光上转换成像器件的光子-光子上转换效率首次突破 100%。

(3) 制备了多种新型结构的空穴传输层和电子传输层，改善了器件的载流子注入能力，打破了传统叠层结构 OLED 器件仅可提高电流效率的限制 (论文 4 和 5)。设计制备了 TAPC/ MoO_3 、m-MTDATA/ MoO_3 等复合结构空穴传输层，提高了荧光和磷光 OLED 的效率；以 CsN_3 掺杂 B_3PYMPM 作为电子传输层，设计制备了以 $\text{CsN}_3:\text{B}_3\text{PYMPM}/\text{Al}/\text{HAT-CN}$ 复合结构作为连接层的叠层结构 OLED 器件，器件的电流效率和功率效率同时提高，并成功实现了其在白光照明 OLED 中的应用。

本项目的 5 篇代表性论文，包括 1 篇 *Nanoscale* (IF=7.760)、1 篇 *ACS Applied Materials and Interfaces* (IF=7.145)、1 篇 *Journal of Physical Chemistry Letters* (IF=7.329)、1 篇 *Organic Electronics* 和 1 篇 *Optoelectronics Letters*。SCI 他引 231 次，单篇最高他引 160 次，含 1 篇 ESI 高被引论文。

研究工作被 *Advanced Materials*, *Advanced Energy Materials*, *Energy and Environmental Science* 等权威刊物多次正面引述。项目执行阶段培养博士 5 人、硕士 7 人。基于该项目，项目组成员多次获得国家自然科学基金、福建省科技厅等项目基金资助。

5.主要完成单位：泉州师范学院、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、华侨大学

6.主要完成人及其贡献：

苏子生：作为项目负责人提出研究总体思路、计划与方案，组织实施项目研究工作。提出本项目的关键学术思想与研究思路，指导项目组成员开展有机光电器件的结构设计和制备工作，同时参与实验研究。完成论文撰写工作，是重要发现点的主要完成人，对重要发现点做出创造性贡献，是代表性论文 1, 2, 3 的通讯作者或第一作者。投入本项目的工作量占本人工作量 80%。

杨惠山：项目第二完成人。对发现点 2 和 3 作出贡献，是代表性论文 3, 4, 5 的通讯作者或第一作者。负责 OLED 器件的研究；完成了荧光、磷光和热活化延迟荧光 OLED 器件的设计和制备工作；完成论文撰写工作。投入本项目的工作量占本人工作量 80%。

初蓓：项目第三完成人。对发现点 1 和 2 作出贡献，是代表性论文 1, 2, 3 的通讯作者或主要合作者。负责近红外光探测器的研究工作；完成了钙钛矿太阳能电池的制备和性能分析工作；协助进行实验数据的分析和论文撰写工作。投入本项目的工作量占本人工作量 80%。

吴志军：项目第四完成人。对发现点 3 作出贡献，是代表性论文 4 的通讯作者。负责叠层 OLED 的研究工作；完成了白光 OLED 照明器件的制备；完成论文撰写工作。投入本项目的工作量占本人工作量 80%。

李文连：项目第五完成人。对发现点 1 和 2 作出贡献，是代表性论文 1, 2, 3 的主要合作者。负责高性能热活化延迟荧光 OLED 的设计工作；协助指导项目组成员开展有机光电器件界面修饰、工作机理研究；协助进行实验数据的分析和论文撰写工作。投入本项目的工作量占本人工作量 80%。

7.代表性论文专著目录:

序号	论文专著名称	发表时间	作者	刊物	页码
1	Efficient and stable planar heterojunction perovskite solar cells with an MoO ₃ /PEDOT:PSS hole transporting layer	2015 年	Fuhua Hou, Zisheng Su,* Fangming Jin, Xingwu Yan, Lidan Wang,* Haifeng Zhao, Jianzhuo Zhu, Bei Chu,* Wenlian Li	Nanoscale	9427-9432
2	High-performance organic small-molecule panchromatic photodetectors	2015 年	Zisheng Su,* Fuhua Hou, Xiang Wang, Yuan Gao, Fangming Jin, Guang Zhang,* Yantao Li, Ligong Zhang, Bei Chu,* Wenlian Li	ACS Applied Materials and Interfaces	2529-2534
3	Organic upconversion display with an over 100% photon-to-photon upconversion efficiency and a simple pixelless	2018 年	Qiaogang Song, Tong Lin, Zisheng Su,* Bei Chu, Huishan Yang,* Wenlian Li, Chun-Sing Lee*	Journal of Physical Chemistry Letters	6818-6824

	device structure				
4	Highly-efficient tandem organic light-emitting device employing bis-4,6-(3,5-di-3-pyridylphenyl)-2-methylpyrimidine doped with cesium azide in charge generation unit	2018 年	Yaoyao Yu, Zhijun Wu,* Ye Yu, Wenyan Lin, Huishan Yang,* Ping Chen*	Organic Electronics	329-334
5	Enhanced efficiency and brightness in organic light-emitting devices with MoO ₃ as hole-injection layer	2019 年	Huishan Yang,* Lishuang Wu	Optoelectronics Letters	0127-0131

8.其他支撑材料目录:

序号	证明材料类型	证明材料名称	证明材料提供单位
1	检索查新报告	论文收录和引用证明	厦门市科学技术信息研究院
2	计划任务书或合同文件	国家自然科学基金面上项目:全有机近红外光-可见光上转换近红外成像器件研究任务书	国家自然科学基金委
3	计划任务书或合同文件	国家自然科学基金面上项目:有机光伏电池中有机/有机异质界面激发态和能级偏移对光伏性能影响的物理机制任务书	国家自然科学基金委
4	计划任务书或合同文件	国家自然科学基金面上项目:基于三重态激子向单重态上转换机制的内量子效率可达100%的有机电致发光器件研究任务书	国家自然科学基金委
5	计划任务书或合同文件	国家自然科学基金面上项目:基于有机小分子材料的从紫外-可见到近红外区光探测器的研究任务书	国家自然科学基金委
6	计划任务书或合同文件	福建战略性新兴产业专项项目:白色有机发光器件的制备及其在显示和照明中的应用立项文件	福建省科技厅
7	计划任务书或合同文件	江苏省碳基功能材料与器件高技术研究重点实验室开放课题:高效钙钛矿发光与光伏材料及器件研究立项文件	苏州大学