附件1

高效氟化物红色荧光粉构建及应用基础研究

1. 项目基本情况

项目名称：高效氟化物红色荧光粉构建及应用基础研究

提名者：云南省教育厅

提名等级：云南省自然科学奖二等奖

主要完成单位：云南民族大学、云南师范大学

主要完成人：汪正良、周强、王琴、唐怀军

1. 项目简介

项目组针对蓝光LED用红色荧光粉在外量子效率、色纯度、抗热猝灭性能等方面存在的科学问题，在国家自然科学基金（暖白光LED照明用Mn4+激活的氟化物红色荧光粉的合成及发光性能研究，21661033）等6个项目及3个省基金项目支持下，开展了新型Mn4+激活的氟化物红色荧光粉研究探索，主要科学发现如下：（1）首次提出以KMnO4为Mn4+发光中心的策略，发明了BaXF6:Mn4+ (X= Si, Ge, Ti)化合物的水热合成法，研发了具有抗热猝灭性能良好的系列红色荧光粉；（2）提出了Mn4+不等价掺杂、多格位掺杂新方法，通过晶体场畸变部分解除其2E-4A2能级跃迁，实现发射光谱强度与峰位的调控，提高荧光粉的色纯度高并缩短了荧光衰减时间，拓宽了其在LED背光源上的应用范围；（3）揭示了“界面发光中心离子及缺陷数量对发光效率及化学稳定性”作用机理，首次开发出具有高外量子效率的氟化物红光单晶体，Cs2GeF6:Mn4+单晶体外量子效率是同类粉体的1.8倍，封装的白光LED器件流明效率高达193.0 lm/W。发表论文55篇，ESI高被引论文4篇，单篇最高SCI他引435次；8篇代表性论文SCI总引909次，SCI他引744次；获授权中国发明专利7件，PCT（韩国）发明专利1件。相关成果被国内外学者在《Chemical Reviews》等著名SCI杂志上正面引用，入选英国皇家化学会材料类TOP 1%高被引中国作者1人次。已培养硕士研究生36人，获省高层次人才4人次。

1. 代表性成果目录（包括专著、论文）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文专著**  **名称/刊名**  **/作者** | **年卷页码**  **（xx年xx卷**  **xx页）** | **发表时间（年月 日）** | **通讯作者（含共同）** | **第一作者（含共同）** | **国内作者** | **他引总次数** | **论文署名单位是否包含国外单位** |
| 1 | A new red phosphor BaGeF6:Mn4+: hydrothermal synthesis, photo-luminescent properties, and its application in warm white LED devices/ Journal of Materials Chemistry C/ Qiang Zhou, Yayun Zhou, Yong Liu, Lijun Luo, Zhengliang Wang, Jinhui Peng, Jing Yan, and Mingmei Wu | 2015, 3 (13): 3055-3059 | 2015-01-30 | Zhengliang Wang, Mingmei Wu | Qiang Zhou | 周强，周亚运，刘永，罗利军，汪正良，彭金辉，颜靖，吴明娒 | 105 | 否 |
| 2 | A new and efficient red phosphor for solid-state lighting: Cs2TiF6:Mn4+/ Journal of Materials Chemistry C/ Qiang Zhou, Yayun Zhou, Yong Liu, Zhengliang Wang, Guo Chen, Jinhui Peng, Jing Yan and Mingmei Wu | 2015, 3 (37): 9615-9619 | 2015-08-20 | Zhengliang Wang, Mingmei Wu | Qiang Zhou | 周强，周亚运，刘永，汪正良，陈菓，彭金辉，颜靖，吴明娒 | 54 | 否 |
| 3 | Optical performance of Mn4+ in a new hexacoordinated fluorozirconate complex of Cs2ZrF6/ Journal of Materials Chemistry C/ Qiang Zhou, Huiying Tan, Yayun Zhou, Qiuhan Zhang, Zhengliang Wang, Jin Yan and Mingmei Wu | 2016, 4 (31): 7443-7448 | 2016-07-01 | Zhengliang Wang, Mingmei Wu | Qiang Zhou | 周强，  谭慧英  ，周亚  运，张  秋函，  汪正良  ，颜靖  ，吴明  娒 | 49 | 否 |
| 4 | Red Phosphor Rb2NbOF5:Mn4+ for Warm White Light-Emitting Diodes with a High Color-Rendering Index/ Inorganic Chemistry/ Zhengliang Wang, Zhiyu Yang, Zhaofeng Yang, Qianwen Wei, Qiang Zhou, Li Ma, Xiaojun Wang | 2019, 58(1): 456-461 | 2019-01-07 | Xiaojun Wang | Zhengliang Wang | 汪正良  ，杨至  雨，杨  兆峰，  危倩文  ，周强 | 49 | 是 |
| 5 | Single-crystal red phosphors: enhanced optical efficiency and improved chemical stability for wLEDs/ Advanced Optical Materials/ Zhengliang Wang, Zhiyu Yang, Nan Wang, Qiang Zhou, Jianbang Zhou, Li Ma, Xiaojun Wang, Yiqing Xu, Mikhail G. Brik, Miroslav D. Dramicanin and Mingmei Wu | 2020, 8(6): 1901512 | 2020-03-02 | Zhengliang Wang, Xiaojun Wang, Mingmei Wu | Zhengliang Wang | 汪正良  ，杨至  雨，王  楠，周  强，周  建邦，  许毅钦  ，吴明  娒 | 35 | 是 |
| 6 | Mn2+ and Mn4+ phosphors: Synthesis, Luminescence and Applications in WLEDs. A Review/ Journal of Materials Chemistry C/ Qiang Zhou, Leonid Dolgov, Alok Srivastava, Lei Zhou, Zhengliang Wang, Jianxin Shi, Miroslav Dramicanin, Mikhail Brik and Mingmei Wu | 2018, 6 (11): 2652-2671 | 2018-02-19 | Mingmei Wu, Miroslav Dramicanin | Qiang Zhou | 周强，  周磊，  汪正良  ，石建  新，吴  明娒 | 435 | 是 |
| 7 | Structural evolution of organic-inorganic hybrid crystals for high colour-rendering white LEDs/ Chemical Communications/ Zhengliang Wang, Tong Li, Jing Li, Yanqing Ye, Qiang Zhou, Long Jiang, and Huaijun Tang | 2022, 58(29): 4596-4598 | 2022-04-07 | Zhengliang Wang, Long Jiang | Zhengliang Wang | 汪正良  ，李童  ，李靖  ，叶艳  青，周  强，姜  隆，唐  怀军 | 11 | 否 |
| 8 | Ultraintense Zero-Phonon Line from a Mn4+ Red-Emitting Phosphor for High-Quality Backlight Display Applications/ Inorganic Chemistry / Qiang Zhou, Jing Wan, Yayun Zhou, Shuai Zhang, Dongxin Shi, Xiaoling Xie, Haiqi Pu, Yanqing Ye, and Zhengliang Wang | 2021, 60 (24): 19197-19205 | 2021-12-20 | Qiang Zhou, Yayun Zhou, Zhengliang Wang | Qiang Zhou | 周强，  万靖，  周亚运  ，张帅  ，施栋  鑫，谢  晓玲，  普海琦  ，叶艳  青，汪  正良 | 6 | 否 |
| 合计 | | | | | | | 744 |  |

四、主要完成人及完成单位对项目的贡献情况

**（一）主要完成人对项目的贡献情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **姓名** | **技术职称** | **工作单位** | **对成果创造性贡献** |
| 1 | 汪正良 | 教授 | 云南民族大学 | 本项目的项目负责人，参与了Mn4+激活的红色发光材料探索研发工作，8件授权发明专利的第一完成人，代表性论文1、2、3、4、5、7，8的第一作者或通讯作者。 |
| 2 | 周强 | 教授 | 云南民族大学 | 主要负责Mn4+激活的氟化物红色发光材料的制备与表征。7项授权发明专利的主要完成人之一，代表性论文1、2、3、6、7的第一作者或共同通讯作者。 |
| 3 | 王琴 | 高级实验师 | 云南师范大学 | 主要负责Mn4+激活的氟化物红色发光材料的表征与数据处理工作。4篇核心论文的共同通讯作者或主要参与人。 |
| 4 | 唐怀军 | 教授 | 云南民族大学 | 主要负责Mn4+激活的氟化物红光晶体生长机理及Mn4+的机理，4件授权发明专利的主要完成人之一；2篇核心论文的主要参与人。 |

**（二）主要完成单位对项目的贡献情况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **完成单位** | **对成果创造性贡献** |
| 1 | 云南民族大学 | 1、该项目成果的主要研究工作在云南民族大学完成，项目成果负责人和第一完成人（汪正良）是云南民族大学全职研究人员，云南民族大学为该项目提供了研究场地、实验室和仪器设备等科研条件，确保了该项目研究工作的圆满完成。  2、在云南民族大学的精心组织和全面统筹协调下，项目组首次提出以KMnO4为Mn4+发光中心的策略，发明了BaXF6:Mn4+ (X= Si, Ge, Ti)化合物的水热合成法，研发了具有抗热猝灭性能良好的系列红色荧光粉。其次，提出了Mn4+不等价掺杂、多格位掺杂新方法，通过晶体场畸变部分解除其2E-4A2能级跃迁，实现发射光谱强度与峰位的调控，提高荧光粉的色纯度高并缩短了荧光衰减时间，拓宽了其在LED背光源上的应用范围。最后揭示了“界面发光中心离子及缺陷数量对发光效率及化学稳定性”作用机理，首次开发出具有高外量子效率的氟化物红光单晶体，Cs2GeF6:Mn4+单晶体外量子效率是同类粉体的1.8倍，封装的白光LED器件流明效率高达193.0 lm/W。该项目成果为白光LED照用及显示器件提供了高效的红光材料。 |
| 2 | 云南师范大学 | 是本成果的主要参与单位。项目第三完成人（王琴）是云南师范大学的全职研究人员，承担了本项目大量分析测试手段及原始数据的归纳汇总等。 |