

2025 年度拟提名山西省科学技术奖公示内容

序号	项目名称	提名单位及提名意见	项目简介	客观评价	主要知识产权证明目录	主要完成人情况	完成人合作关系	主要完成单位及创新推广贡献
1	微纳结构对新型半导体器件光电特性的调控机理	太原理工大学同意申报山西省自然科学二等奖	<p>本项目属于半导体材料、半导体器件与技术、光电子学与激光技术领域，在国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目的资助下，围绕微纳结构对钙钛矿光电特性的调控机理开展了系统性研究。首先，阐明了钙钛矿微纳结构中界面散射与缺陷态形成的物理本质，据此采用气相沉积技术成功制备原子级平滑钙钛矿单晶纳米片，攻克了钙钛矿回音壁模式谐振腔散射损耗高的国际难题，实现品质因子$Q \approx 2600$的突破性指标（国际同类器件最高水平），基于该低损耗微腔结构研制出比探测率达1.2×10^{14} Jones 的高灵敏度光电探测器。其次，揭示了溶液相变过程中晶体生长的界面能-过饱和度-扩散场协同调控规律，据此提出了新型种子诱导结晶与逆温结晶协同的生长方法，成功制备出直径 10-20 毫米、陷阱密度低至$2.36 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$的高质量钙钛矿单晶晶圆，并首次实现 153 单元光电探测器阵列的单片集成，从原理上验证了钙钛矿单晶材料用于高密度光电集成的科学可行性。第三，发现了金属等离激元局域场与二维钙钛矿激子的多级协同放大效应，据此提出SiO_2包覆 AuAg 合金纳米棱镜的等离激元增强新策略，阐明了光-电-热多物理场耦合增强的物理机制，将准二维钙钛矿光电探测器的外量子效率提升至 1670%，响应度达到$7.15 \text{ A} \cdot \text{W}^{-1}$，较基准器件提升超过 50%。研究期间在 Advanced Functional Materials 等顶级期刊发表论文 40 篇，获授权发明专利 1 项，5 篇代表性论文累计他引 571 次，核心成果获 Nature Reviews Materials 等权威期刊专题评述。本项目形成了从物理机理、材料创制到器件集成的全链条创新体系，创造了钙钛矿微腔品质因子世界纪录，实现了钙钛矿单片集成的首次原理性验证，提出了等离激元增强钙钛矿探测器的新原理，为未来高性能、低功耗、低成本光电子芯片的发展奠定了坚实的科学基础。</p>	<p>本项目提供的 5 篇代表作得到国内外同行学者高度认可。他引共计 355，单篇最高他引 254 次。</p>	<p>代表性论文 5 篇： 1. G. Li, T. Che, X. Ji, S. Liu, Y. Hao, Y. Cui, S. Liu, Record-Low-Threshold Lasers Based on Atomically Smooth Triangular Nanoplatelet Perovskite. Advanced Functional Materials 29, 1805553 (2019). (代表作 1) 2. G. H. Li, R. Gao, Y. Han, A. P. Zhai, Y. C. Liu, Y. Tian, B. N. Tian, Y. Y. Hao, S. Z. Liu, Y. C. Wu, Y. X. Cui, High detectivity photodetectors based on perovskite nanowires with suppressed surface defects. PHOTONICS RESEARCH 8, 1862-1874 (2020). (代表作 2) 3. Y. C. Liu, J. K. Sun, Z. Yang, D. Yang, X. D. Ren, H. Xu, Z. P. Yang, S. Z. Liu, 20-mm-Large Single-Crystalline Formamidinium-Perovskite Wafer for Mass Production of Integrated Photodetectors. ADVANCED OPTICAL MATERIALS 4, 1829-1837 (2016). (代表作 3) 4. J. Gao, Q. B. Liang, G. H. Li, T. Ji, Y. C. Liu, M. M. Fan, Y. Y. Hao, S. Liu, Y. C. Wu, Y. X. Cui, Single-crystalline lead halide perovskite wafers for high performance photodetectors. JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY C 7, 8357-8363 (2019). (代表作 4) 5. T. Ji, H. K. Zhang, N. Han, W. Y. Wang, B. Wu, G. H. Li, M. M. Fan, Z. F. Li, Y. Y. Hao, F. R. Zhu, Y. C. Wu, Y. X. Cui, Plasmonic nanoprism enhanced quasi-2D Ruddlesden-Popper layered perovskite photodetectors. JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY C 8, 1110-1117 (2020). (代表作 5)</p> <p>专利：冀婷；王英奎；崔艳霞；张恒康；李国辉；张叶；王文艳；郝玉英；吴玉程，一种界面钝化的二维钙钛矿光电探测器及其制备方法，申请号：202010183477.3，授权日：2023.04.07</p>	<p>李国辉，崔艳霞，冀婷，刘生忠，刘渝成，吴玉程</p>	<p>第一、第二、第三、第六完成人为太原理工大学合作研发人员，第四、五、完成人为陕西师范大学合作研发人员</p>	<p>太原理工大学，总体规划了本项目的研究工作，负责项目部分研究内容的设计和研发工作的实施。开展了纳米结构增强半导体光电器件性能及应用研究，提出了采用原子级平滑钙钛矿微纳结构增强半导体光电器件性能及其实现方法，是发现 1、3 的主要完成人。陕西师范大学，主要发现点 1、2 对钙钛矿晶体制备中具有重要贡献。在提供的 5 篇代表性论文中，是第 1、2、3 篇论文的通讯作者。</p>

