

2024 年度安徽省科学技术奖提名项目公示

自然科学奖

1.项目名称：异质结界面电荷分离强化光催化性能机制

提名者：淮北师范大学

项目简介：

本项目属于环境化学学科污染控制研究领域,研究方向为光催化。

直接利用太阳能光催化降解污染物、分解水产氢、二氧化碳还原及固氮等技术是实现国家“碳中和”战略的重要基础,也是环境催化领域研究布局的重点。然而单一光催化剂存在载流子分离效率低下是急需解决的关键科学问题。多年来,在国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金面上项目和安徽省杰出青年基金支持计划的资助下,本项目通过构筑异质结提高电荷分离达到强化光催化性能开展了深入、系统的研究工作,引起了国内外同行的广泛关注。主要科学发现如下:

(1) 首创了近零电阻欧姆接触电荷空间分离新机制。利用导体助催化剂与半导体光催化材料异质结界面间的功函数差异,形成欧姆接触,通过金属烯导体电子快速传输特征,有效地增强光生电荷的寿命,为设计新型光催化剂提供了理论基础和技术支撑。

(2) 创建了具有普适性有机胺纳米约束金属硫属化合物基异质界面新体系。利用有机胺构建具有普适性无机-有机杂化异质界面,有效地构筑大量活性位点,提高界面光生电荷分离效率,显著地提升了光催化反应活性,为设计高效的异质光催化剂提供了新的科学思路。

(3) 发展了 S 型界面电荷分离及抗光腐蚀性机制的新策略。利用 S 型异质界面揭示光催化剂光生电荷分离方法,有效地提高界面电荷氧化和还原能力的同时,提升金属硫属化合物抗腐蚀性,为增强光催化剂的催化活性提供了新策略。

5 篇代表性论文包括(Advanced Materials, IF=27.4)1 篇、

(Advanced Functional Materials, IF=18.5)1 篇、(Applied Catalysis B: Environmental[and energy], IF=20.2)2 篇和 (Chinese Journal of Catalysis, IF=16.5)1 篇。被 Nature Reviews Chemistry(IF=38.1)、Advanced Materials (IF=27.4)、Angewandte Chemie International Edition(IF=12.959)、Advanced Energy Materials(IF=27.4)和 Advanced Functional Materials(IF=18.5)等引用 1389 次, 5 篇代表作均入选 ESI1%高被引论文, 其中发表在 Advanced Functional Materials 上论文。第一完成人成功入选 2023 年享受安徽省特殊津贴专家和获批 2018 年度安徽省杰出青年基金。

代表性论文目录

1.Lizhong Liu, Zhongliao Wang, Jinfeng Zhang, Olim Ruzimuradov, Kai Dai, Jingxiang Low, Tunable Interfacial Charge Transfer in 2D-2D Composite for Efficient Visible-Light-Driven CO₂ Conversion, Advanced Materials, 2023, 35, 2300643.

2.Feifei Mei, Zhen Li, Kai Dai, Jinfeng Zhang, Changhao Liang, Step-scheme porous g-C₃N₄/Zn_{0.2}Cd_{0.8}S-DETA composites for efficient and stable photocatalytic H₂ production, Chinese Journal of Catalysis, 2020, 41, 41-49.

3. Xiaofeng Li, Jinfeng Zhang, Yao Huo, Kai Dai, Suwen Li, Shifu Chen, Two-dimensional sulfur- and chlorine-codoped g-C₃N₄/CdSe-amine heterostructures nanocomposite with effective interfacial charge transfer and mechanism insight, Applied Catalysis B: Environmental, 2021, 280, 119452

4. Taiping Hu, Kai Dai, Jinfeng Zhang, Shifu Chen, Noble-metal-free Ni₂P modified step-scheme SnNb₂O₆/CdS-diethylenetriamine for photocatalytic hydrogen production under broadband light irradiation, Applied Catalysis B: Environmental, 2020, 269, 118844

5. Zhiwei Zhao, Zhongliao Wang, Jinfeng Zhang, Chunfeng Shao, Kai Dai, Ke Fan, Changhao Liang, Interfacial chemical bond and oxygen vacancy-enhanced In₂O₃/CdSe-DETA S-scheme heterojunction for photocatalytic CO₂ conversion, *Advanced Functional Materials*, 2023, 33, 2214470.

主要完成人：代凯，梁长浩

主要完成单位：淮北师范大学，中国科学院合肥物质科学研究院

论证专家的姓名、工作单位、职称和专业领域。

姓名	工作单位	职称	专业领域
余家国	中国地质大学（武汉）	教授	光催化
张登松	上海大学	教授	催化化学
李广	安徽大学	教授	光催化
潘成思	江南大学	教授	光催化
杨建军	安徽大学	教授	光催化

提名意见：

本项目属于环境化学学科污染控制研究领域，项目瞄准光催化研究领域的前沿和热点问题，针对当前单一光催化剂界面电荷分离效率低下的科学问题，在承担国家自然科学基金、国家重点基础研究发展计划和安徽省杰出青年基金过程中，深入、系统地开展了异质结界面电荷分离强化光催化活性作用机制方面工作，获得了系列创新性研究成果。

本次申报奖项目共发表 SCI 论文 40 余篇，授权国家发明专利 10 项，发表的 5 篇代表性论文包括(*Advanced Materials*, IF=27.4)1 篇、(*Advanced Functional Materials*, IF=18.5)1 篇、(*Applied Catalysis B: Environmental[and energy]*, IF=20.2)2 篇和(*Chinese Journal of Catalysis*, IF=16.5)1 篇。其中 5 篇均入选 ESI1%高被引论文。在国际上产生了重要的学术影响，被 *Nature Reviews Chemistry* (IF=38.1)、*Advanced Materials* (IF=27.4)、*Angewandte Chemie International Edition*

(IF=12.959)、Advanced Energy Materials (IF=27.4) 和 Advanced Functional Materials (IF=18.5) 等顶级国际学术刊物引用, 他引总次数为 1389 次。2017 年我校化学学科首次进入 ESI 全球前 1%, 2023 年我校材料科学、环境/生态学 2 个学科新晋 ESI 全球排名前 1%。主要完成人发表的论文对我校 3 个 ESI 前 1% 学科均有重大贡献。

经审阅该项目申报材料, 确认提供材料真实有效, 符合《安徽省科学技术奖励办法》的有关规定, 单位和个人署名公示无异议, 同意提名该项目申报 2024 年度安徽省科学技术奖。

2.项目名称: 宽带隙锡酸盐半导体薄膜的透明导电性、能带工程调控及室温铁磁性研究

提名者: 淮北师范大学

项目简介:

半导体薄膜材料的研究不仅是凝聚态物理与材料科学的交叉前沿, 而且是支撑全球信息革命、绿色能源转型和高端制造升级的战略基础。半导体薄膜材料凭借其独特的物理特性与可调控性, 成为发光二极管、光电探测器等光电器件的核心功能材料。本申报奖项目在 2 项国家自然科学基金和 1 项省自然科学基金的连续资助下, 持续围绕一种新型宽带隙氧化物半导体锡酸 $A\text{SnO}_3$ ($A=\text{Sr}, \text{Ba}$) 材料, 在薄膜材料高质量制备、能带调控和物理改性等方面开展深入、系统的研究, 取得若干创新性的研究成果, 形成自己的研究特色, 主要科学发现如下:

(1) 建立了外延应变与离子掺杂协同调控电子态模型, 实现高透光率与高电导率的协同提升

原子级平整界面和低缺陷密度的薄膜结构为离子掺杂提供了理

想基质，使掺杂离子能够更有效地调控电子态；而离子掺杂引入的额外载流子和优化的电子结构，与外延工艺带来的高迁移率特性相互配合，共同实现高透光率与高电导率的协同提升。开发了具有钙钛矿结构宽带隙透明导电锡酸盐薄膜体系，突破传统调控极限，解决带隙-电学性能矛盾，在可见光区域透光率达 90% 以上的同时，实现了 $10^{-4} \Omega\text{cm}$ 的较小电阻率。与传统的透明导电材料氧化铟锡（ITO）相比，该体系具备优异的晶体可调性和稳定性，有利于优化电子结构和提高导电性与透光性，同时在高温、腐蚀性环境中表现出更强的化学稳定性。研究成果不仅适用于锡酸盐薄膜，可推广至其他氧化物、钙钛矿等透明导电材料体系，是具有普适性的带隙与导电性能协同调控理论框架，为同类材料研究提供新思路。

(2) 构建了半导体带隙展宽定量关系，实现了锡酸盐薄膜材料带隙的宽范围调控

通过调控生长条件、缺陷工程和应变等手段，实现了锡酸盐薄膜带隙的宽范围调节。采用高分辨 X 射线光电子能谱先进表征技术，首次明确氧空位在锡酸盐薄膜中形成由 O 与 Sn 电子轨道杂化的杂质能级，该能级位于导带下方，且随氧空位浓度增加而上移，直接导致带隙展宽。系统研究氧空位浓度与带隙变化的定量关系，建立数学模型，构建了带隙展宽定量关系，实现了锡酸盐薄膜带隙从 3.49 eV 到 5.21 eV 的大范围可控调节，为带隙的精准调控提供了关键理论依据和有利手段，可用于设计光电子器件中的宽带隙半导体材料。

(3) 建立了缺陷类型、浓度与磁性参数的关系，实现了锡酸盐薄膜材料室温铁磁性的产生

在未掺杂和过渡金属掺杂的锡酸盐薄膜中，通过缺陷工程实现了

室温铁磁性，首次揭示了锡酸盐薄膜材料的本征磁性调控机制。低氧压生长的 SrSnO₃ 薄膜表现出 7.69 emu/cm³ 室温饱和磁化强度，其铁磁性源于氧空位诱导的 F⁺中心之间的交换作用。理论计算表明，氧空位通过形成局域磁矩并促进束缚磁极化子相互作用，产生长程铁磁序。这些发现揭示了氧空位在诱导宽带隙氧化物铁磁性中的关键作用，为透明自旋电子学器件开发提供了新思路。

代表性论文目录

1. Qiang Gao, Hengli Chen, Kaifeng Li, and Qinzhuang Liu, Band Gap Engineering and Room-Temperature Ferromagnetism by Oxygen Vacancies in SrSnO₃ Epitaxial Films, ACS Appl. Mater. Interfaces, 10,27503-27509 (2018).

2. Bing Li, Qinzhuang Liu, Yongxing Zhang, Zhongliang Liu, Lei Geng, Highly conductive Nb doped BaSnO₃ thin films on MgO substrates by pulsed laser deposition, Journal of Alloys and Compounds, 680, 343-349 (2016).

3. Qinzhuang Liu, Jianjun Liu, Bing Li, Hong Li, Guangping Zhu, Kai Dai, Zhongliang Liu, Peng Zhang, Jianming Dai, Composition dependent metal-semiconductor transition in transparent and conductive La-doped BaSnO₃ epitaxial films, Applied Physics Letters, 101:241901 (2012).

4. Qinzhuang Liu, Jianming Dai, Zhongliang Liu, Xiaobo Zhang, Guangping Zhu, Guohua Ding, Electrical and optical properties of Sb-doped BaSnO₃ epitaxial films grown by pulsed laser deposition, Journal of Physics D-Applied Physics, 43:455401 (2010).

5. 张朋, 刘亲壮, 苏付海, 刘强春, 刘哲, 宋文海, 戴建明, Mn 掺

杂对 $BaSn_{1-x}Mn_xO_3$ 体系结构、光学和磁学性质的影响, 物理学报, 2013 年 62 卷 027101。

主要完成人: 刘亲壮、李兵、刘忠良、张朋、戴建明

主要完成单位: 淮北师范大学

论证专家的姓名、工作单位、职称和专业领域。

姓名	工作单位	职称	专业领域
王凌飞	中国科学技术大学	教授	凝聚态物理
陈 峰	中科院合肥物质科学研究院	研究员	凝聚态物理
黄 振	安徽大学	教授	凝聚态物理
路洪艳	曲阜师范大学	教授	凝聚态物理
陈 三	淮北师范大学	教授	凝聚态物理

提名意见: 该项目属于凝聚态物理学学科半导体薄膜研究领域, 该项目围绕一种新型宽带隙氧化物半导体锡酸盐 $ASnO_3(A=Sr,Ba)$ 材料, 在薄膜材料高质量制备、能带调控和物理改性等方面开展深入、系统的研究, 取得若干创新性的研究成果。提名项目发表的 5 篇代表性论文有(Appl. Phys. Lett. IF=3.5)论文 1 篇, (J. Phys. D: Appl. Phys. IF=3.1)论文 1 篇, (J. Alloy. Compd. IF=5.8)论文 1 篇, (ACS Appl. Mater. Interfaces IF=8.3)论文 1 篇, (物理学报, IF=0.8) 论文 1 篇。课题组主要完成人潜心科研, 深耕细作, 为学校的材料科学学科建设做出了贡献。

经审阅该项目申报材料, 确认提供材料真实有效, 符合《安徽省科学技术奖励办法》的有关规定, 单位和个人署名公示无异议, 同意提名该项目申报 2024 年度安徽省科学技术奖。

科学技术进步奖

1.项目名称:煤矸石分质多元高值资源化利用关键技术及应用

提名者:淮北师范大学

主要知识产权和标准规范等目录

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
发明专利	一种低成本固废基高强度胶凝材料及其制备方法	中国	CN202411472820.0	2024年12月20日	7613919	淮北师范大学	刘飞; 田冬; 刘晴川; 周秀杰; 王莉; 何金兵; 张燕海; 魏祥平; 陈雷; 马甜甜	有效发明专利
发明专利	一种用于粉煤灰提取氧化铝的多层级溶出罐结构	中国	CN201810752783.7	2024年03月05日	6759394	淮北师范大学	刘飞; 王馨	有效发明专利
发明专利	一种煤矸石固废物综合利用制备高强度地砖的工艺	中国	CN202411391117.7	2024年12月03日	7573092	淮北师范大学	刘飞; 田冬; 周秀杰; 王莉; 何金兵; 魏祥平; 陈雷; 张冬朋	有效发明专利
发明专利	利用煤矸石作为硅铝源制备高纯度分子筛的方法	中国	CN202310940994.4	2024年04月05日	6869110	淮北矿业股份有限公司	杨明; 周宗丰; 刘飞; 张团结; 董钰强; 高磊; 杨乐; 赵晴; 孙国庆; 黄天宇; 谢开华; 张爱霞	有效发明专利

						司		
发明专利	一种利用煤矸石制备微晶玻璃的方法	中国	CN202411748867.5	2025年02月21日	7798752	淮北师范大学	刘飞; 刘晴川; 田冬; 王莉; 陆旭; 周秀杰; 张冬朋; 马甜甜; 朱来洋	有效发明专利
发明专利	一种煤矸石破碎筛分一体化处理设备	中国	CN202210528162.7	2023年01月03日	5678989	淮北师范大学	刘飞; 王馨; 张立超; 王健; 刘晴川; 祝鹏飞; 王莉; 许崇; 王法鑫	有效发明专利
发明专利	环保免煅烧的煤矸石活化方法	中国	CN202210783639.6	2023年07月25日	6174319	淮北师范大学	刘飞; 王健; 王馨; 张立超; 刘晴川; 祝鹏飞; 王莉; 许崇; 王法鑫	有效发明专利
实用新型专利	一种煤矸石制备聚合氯化铝用煅烧设备	中国	CN202022243412.1	2021年04月30日	13076952	淮北师范大学	刘飞; 倪建明; 李信信; 沈子剑	其他有效知识产权
实用新型专利	一种煤矸石低温无氧裂解处理设备	中国	CN202121938638.1	2022年03月15日	16008219	淮北师范大学	刘飞; 倪建明; 杨洋	其他有效知识产权
实用新型专利	一种用于煤矸石砖的成胚设备	中国	CN202220100098.8	2022年08月02日	17098558	淮北师范大学	刘飞; 倪建明; 魏祥平; 王健; 王馨; 刘晴川; 王莉; 力士江	其他有效知识产权

主要完成人：刘飞、王雪峰、王放、邱丹、陆旭、田冬、周秀杰、刘晴川、王馨、祝鹏飞、王莉、张冬朋

主要完成单位:淮北师范大学、安徽淮海实业发展集团有限公司、淮北矿业股份有限公司、淮南师范学院、合肥工业大学

5 名论证专家的姓名、工作单位、职称和专业领域。

姓名	工作单位	职称	专业领域
倪建明	淮北矿业股份有限公司	正高级工程师	地质学
许帮贵	淮北矿业股份有限公司	正高级工程师	地质学
郭传友	淮北师范大学	教授	生态学
王明梁	宿州学院	教授	地质学
张立超	淮北师范大学	副教授	环境科学