

中国科学院大连化学物理研究所

优秀博士后支持计划申请表

申请人: 杨艳

研究组: DNL1621 组

学科专业: 化学

合作导师: 章福祥

填表日期: 2025 年 7 月 18 日

中国科学院大连化学物理研究所制

姓 名	杨艳		性 别	女
			民 族	汉
学历/学位	工学博士		授予博士学位时间	2025. 6. 10
博士毕业院校	南京理工大学		专 业	化学
(拟)入站时间	2025. 6. 18		进站性质	<input checked="" type="checkbox"/> 统招统分 <input type="checkbox"/> 在职人员
学习经历从本科起	起止年月	所在单位/专业		所获学位
	2016. 9-2020. 6	宿州学院/化学工程与工艺		学士学位
	2020. 9-2025. 6	南京理工大学/化学工程与技术		工学博士
工作经历	起止年月	所在单位		职务
博士	博士论文题目	铋基光电极的可控制备及其在光电催化氧化中的应用研究		

学位论文摘要

(限 800 字)

光电化学 (PEC) 产氢技术是一种利用太阳能驱动水分解反应的可持续能源转换策略。然而, PEC 水分解过程中, 阳极水氧化反应所涉及的四电子转移动力学缓慢, 致使光生载流子复合严重, 从而限制了整体效率; 此外, 产物氧气的低经济价值也进一步制约了该技术的发展。近年来, 采用有机物氧化反应取代水氧化, 以改善反应动力学并合成高附加值化学品, 已成为 PEC 领域研究的热点。然而, 实现有机底物的高效、高选择性转化仍面临传质效率低和催化活性不足等挑战。因此, 开发高效、经济且环境友好的 PEC 催化体系对于推动绿色化学及可持续能源技术的发展具有重要意义。基于此, 本学位论文聚焦于铋基光电极的可控制备及其在光电催化氧化反应中的应用研究, 具体内容涵盖以下五个方面:

(1) 通过 Ar 等离子体刻蚀在 BiVO₄ (BVO) 表面引入氧空位, 并负载 NiFe-MOF 薄层 (NiFe-O_{vac}-BVO), 显著提升光生载流子分离与传输效率。NiFe-O_{vac}-BVO 光阳极在 1.23 V vs. RHE 下实现 4.42 mA/cm² 光电流密度, 较纯 BVO 提升 3.7 倍, 为水氧化性能优化提供新策略。

(2) 采用 N 掺杂及 NiFeO_x 助催化剂修饰, 优化 BVO 的固液界面行为, 在 1.23 V vs. RHE 条件下达 5.40 mA/cm² 光电流密度, 同时抑制 V⁵⁺ 溶解。9 cm² 大面积光阳极稳定运行 90 h, 实现 85% 四环素氧化降解, 并通过阴极 PEC 还原高效产氢, 实现废水处理与清洁能源协同转化。

(3) 在 BVO 表面负载 Co₂(OH)₃Cl (CoOCl) 助催化剂, 可在 0.5 M NaCl 中高效生成 HClO, 法拉第效率达 100%。生成的 HClO 可近 100% 选择性环氧化多种烯烃; 引入 MoO_x 保护层后, CoOCl-MoO_x/BVO 在盐溶液中稳定运行超 120 h, 实现有机环氧化与析氢的高效耦合。

(4) 提出基于多孔 CuBi₂O₄ (CBO) 光阴极的 PEC C-H 键活化策略。CBO 依托 Cu⁺/Cu²⁺ 循环还原 O₂ 生成 ·OH, 自由基高效激活甲苯 C(sp³)-H 键, 产物苯甲醛选择性达 90%, 产率 111.93 mmol/(m²·h), 并在 20 h 连续反应中保持稳定。

(5) 构建 TiO_{2-x}/TBVO-CBO 连续流串联 PEC 反应器, 实现光的高效穿透与光电极协同催化。5 × 5 cm² 装置在 0.25 mL/min 流速下, 苯甲醛选择性 90%, 产率 16.8 mmol/(m²·h), 20 h 内保持稳定, 为可扩展的有机氧化与清洁能源生产提供绿色高效路径。

1、主持或参与项目情况:

序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色
1	南京理工大学优秀博士培养基金		1 万元	2024-2025	主持

2、代表性论文（5篇以内）					
注：“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。					
序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序
1	Porous CuBi ₂ O ₄ photocathode with intrinsic Cu ⁺ /Cu ²⁺ redox improves solar C(sp ³)-H bond conversion efficiency by an order of magnitude	Advanced Materials	27.4	2025/37(21)	第一
2	HClO-mediated photoelectrochemical epoxidation of alkenes with near 100% conversion rate and selectivity by regulating lattice chlorine cycle	Angewandte Chemie International Edition	16.2	2024/63(9)	第一
3	A large size BiVO ₄ photoanode with high stability for efficient water oxidation and wastewater treatment coupled with H ₂ evolution	Journal of Materials Chemistry A	14.5	2023/11(4)/1756-1765	第一
4	NiFe-bimetal-organic framework grafting oxygen-vacancy-rich BiVO ₄ photoanode for highly efficient solar-driven water splitting	Journal of Colloid and Interface Science	9.9	2023/629/487-495	第一
5	Tuning the surface hydrophilicity of a C ₃ N ₄ nanosheet for efficient photocatalytic H ₂ evolution coupled with microplastic degradation	International Journal of Hydrogen Energy	8.1	2023/48(71)/27599-27610	共同第一
其他论文发表情况					
6	0D/2D Ag ₃ PO ₄ /Nickel-Aluminum layered double hydroxide Z-scheme photocatalyst for efficient antibiotic degradation	Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	5.2	2021/628	共同第一

进站前期及进站后科研情况简介

3、专利情况：					
序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序
4、获奖情况：					
序号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排序
1	博士研究所国家奖学金	国家级奖励	中华人民共和国教育部	2024	
2	国家建设高水平大学公派研究所项目	国家级奖励	国家留学基金管理委员会	2024	
3	“优秀研究生”、“优秀毕业生”、“社会活动先进个人”、 学业一等奖学金等	校级荣誉称号	南京理工大学	2020-2025	
博士后研究题目：太阳能驱动光阳极生物质高值化耦合阴极储能协同研究					

博士 后 工 作 的 研 究 计 划	<p>(简述研究计划的可行性、先进性和创新性,理论和现实意义)</p> <p>一、研究可行性分析</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料与催化剂基础: 已有多种高效光阳极(如 TiO_2、BiVO_4、WO_3、Fe_2O_3 等)和阴极 CO_2/H_2 还原电催化剂(如 Cu 基、Ag 基、Sn 基电催化剂)可供选择,通过界面工程、缺陷调控和多相复合策略,可获得优异光、电协同多物理场催化性能。 2. PV-PEC 系统集成: 光伏组件与 PEC 反应器电学匹配技术成熟,可通过调整串并联方式、功率管理模块与 DC-DC 变换器,将 PV 输出电压/电流优化至 PEC 工作点。 3. 生物质底物选择: 木质素、甘油、5-羟甲基糠醛等生物质富集产物易于氧化,可显著改善阳极动力学并获得高附加值化学品。 4. 实验条件与表征手段: 实验室具备 PEC 测试系统、光谱、电化学表征设备,可实时检测产物分布、电流电压特性及界面机理。 <p>二、技术先进性与创新点</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. PV-PEC 一体化驱动: 创新采用太阳能板直接驱动 PEC 反应,省略外部电源,降低系统能耗,具备分布式应用潜力。 2. 双反应协同耦合: 光阳极优先进行生物质有机氧化,提供电子至阴极 CO_2/H_2 还原反应,实现反应器内电子/质子闭环利用,提高电荷效率。 3. 高附加值产物输出: 阳极产物为芳香醛、羧酸等高附加值平台化合物,阴极产品甲醇可直接用作燃料或化工原料,增强经济效益。 4. 界面工程定向优化: 提出光阳极/阴极异质结调控、导电载体构建与界面助催化剂修饰新方案,以提升载流子分离和 CO_2 还原选择性。 <p>三、研究计划</p> <p>阶段一(0-6个月): 材料筛选与初步制备</p> <ul style="list-style-type: none"> • 制备 TiO_2 或者 BiVO_4 等光阳极; 合成 Cu-Sn 合金、Ag 催化纳米结构阴极。 • 表征光电性能与电催化 CO_2/H_2 还原活性; 筛选最佳材料体系。 <p>阶段二(6-12个月): PV-PEC 系统构建与整合</p> <ul style="list-style-type: none"> • 设计 PV-PEC 电路匹配方案,构建功率管理模块。 • 在连续流和静态反应模式中评估系统稳定性与效率。 <p>阶段三(12-18个月): 协同性能优化与机理研究</p> <ul style="list-style-type: none"> • 通过界面助催化剂修饰、缺陷工程等提高光阳极有机氧化动力学及阴极产物(甲醇或者其他类烷烃化合物)选择性。 • 采用原位光电化学光谱技术(如原位 EPR、原位 XPS、原位 Raman)探究载流子转移与反应机理。 <p>阶段四(18-24个月): 系统放大与应用评估</p> <ul style="list-style-type: none"> • 构建 25 cm^2 以上 PV-PEC 模块,进行甲醇产率与能效长周期测试。 • 经济性分析及系统寿命评估,为后续示范应用提供数据支撑。 <p>四、理论与现实意义</p> <ul style="list-style-type: none"> • 理论意义: 揭示光电催化与电催化双联反应耦合机理,丰富 PEC 多相界面催化原理,为高效能源转换体系提供设计范式;推动光阳极有机氧化及 CO_2/H_2 还原反应的协同动力学原理研究。 • 现实意义: 实现太阳能驱动有机废弃物高附加值利用与绿色甲醇生产的耦合,为分布式可再生能源储能及化工品制造提供新技术路径。项目成果有望在清洁能源、化工过程与环境治理领域得到推广应用,助力碳中和目标的实现。
--	--

