

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： 罗磊

研 究 组： DNL1621 组

学科专业： 化学

合作导师： 章福祥 研究员

填表日期： 2022 年 04 月 29 日

中国科学院大连化学物理研究所制


姓 名	罗磊		性 别	男
出生日期	1988. 12. 17		民 族	汉族
学历/学位	博士研究生/工学博士	授予博士学位时间	2018. 09. 30	
博士毕业院校	大连理工大学	专 业	工业催化	
(拟) 进站时间	2022. 03. 11	进站性质	<input checked="" type="checkbox"/> 统招统分 <input type="checkbox"/> 在职人员	
E-Mail		联系电话		
学习经历从本科起	起止年月	所在单位/专业	所获学位	
	2008. 09-2012. 06	大连理工大学/高分子材料与工程	工学学士	
	2012. 09-2014. 06	大连理工大学/化学工程领域工程	工程硕士	
	2014. 09-2018. 10	大连理工大学/工业催化	工学博士	
工作经历	起止年月	所在单位	职务	
	2018. 10-2022. 02	西北大学	师资博士后	
博士	博士论文题目	形貌可控 g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 的制备及其可见光催化性能研究		
	指导教师姓名	宋春山（教授）、郭新闻（教授）		

学位论文摘要	<p>(限 800 字)</p> <p>石墨相氮化碳 (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 由于其优异的结构稳定性和适宜的能带结构, 在可见光催化水分解制氢、二氧化碳还原及环境治理等领域得到广泛应用。块体 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 存在比表面积低、光生载流子易复合和光吸收有限等缺点, 很大程度上限制了其可见光催化性能。电子和结构调控是优化 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 可见光催化性能行之有效的手段。本论文构建了无溶剂、具有普适性的制备形貌可控 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 的新方法。在可见光催化水分解制氢、二氧化碳还原和罗丹明 B (RhB) 降解等反应中表现出良好的催化性能。主要研究内容如下:</p> <p>形貌调控是提高 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 比表面积、促进传质和光生载流子分离的有效途径。针对传统硬模板法在制备形貌可控 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 过程中存在的问题 (操作复杂、周期长、前驱体昂贵有毒等), 提出了三聚氰胺的气固相转变过程, 构建了无溶剂、普适性的沉积转变新方法, 实现了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 形貌的精准调控。通过焙烧三聚氰胺和多孔二氧化硅混合物即可实现 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 的多样化形貌控制。二氧化硅在三聚氰胺聚合过程中不仅能够起到模板作用, 提供三维介孔孔道, 同时能够促进三聚氰胺在孔道内的聚合, 抑制其自聚合产生块体 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>。与块体 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 相比, 形貌可控 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 的比表面积增大、光生载流子复合下降、光吸收增强, 导致其可见光催化 RhB 降解反应活性最高提升近 24 倍, 一级反应动力学常数达到 0.119min<sup>-1</sup>。通过这一新方法, 成功制备了有序介孔、海胆状、中空和纳米管形貌的 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>。</p> <p>利用特定模板剂对三聚氰胺的孔道择形效应, 构建了择形沉积转变策略, 设计合成了薄壁单壳层和双壳层 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 微囊。中空及多壳层结构的半导体光催化剂内部存在的空腔能够促使光吸收增强。传统硬模板法制备中空或多壳层半导体材料时, 依赖于前驱体对模板剂孔道的填充而实现形貌控制, 而择形沉积转变策略依赖于三聚氰胺在二氧化硅表面的沉积聚合。在 MCM-41 存在条件下, 三聚氰胺首先迁移进入 MCM-41 的孔道, 随着温度的升高, 三聚氰胺聚合成低聚物; 当温度高于 450°C 时, MCM-41 孔道的产物择形效应抑制了碳氮物种在孔道内的聚合, 碳氮物种迁移出 MCM-41 “狭窄” 的孔道, 并在更加开放的外表面沉积聚合……</p>					
	入站前期及	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		高效 g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 光催化剂的构筑及其催化甲烷制甲醇性能研究	中国博士后科学基金会	8	2019-2022	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	Synergy of Pd Atoms and Oxygen Vacancies on In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Methane Conversion under Visible Light	Nature Communications	14.919	2022/10.21203/rs.3.rs-942037/v1(accepted)	1	

入站后科研情况简介	2	Binary Au-Cu reaction sites decorated ZnO for selective methane oxidation to C1 oxygenates with nearly 100% selectivity at room temperature	Journal of the American Chemical Society	15.419	2022/144/740	1
	3	Ultrathin sulfur-doped holey carbon nitride nanosheets with superior photocatalytic hydrogen production from water	Applied Catalysis B: Environmental	19.503	2021/284/119742	1
	4	Controllable assembly of single/double-thin-shell g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> vesicles via a shape-selective solid-state templating method for efficient photocatalysis	Journal of Materials Chemistry A	12.732	2019/7/17815	1
	5	Embodied carbon in the carbon nitride hollow sphere for enhanced charge separation and photocatalytic water splitting	Nanoscale	7.790	2020/12/7339	1
	其他论文发表情况					
	6	Bridging-nitrogen defects modified graphitic carbon nitride nanosheet for boosted photocatalytic hydrogen production	International Journal of Hydrogen Energy	5.816	2021/46/27014	1
	7	Facile fabrication of ordered mesoporous graphitic carbon nitride for RhB photocatalytic degradation	Applied Surface Science	6.707	2017/396/78	1
	8	A facile strategy for enhancing FeCu bimetallic promotion for catalytic phenol oxidation	Catalysis Science & Technology	6.119	2015/5/3159	1

	9	Inorganic salt-assisted fabrication of graphitic carbon nitride with enhanced photocatalytic degradation of Rhodamine B	Materials Letters	3.423	2017/188/130	1
	10	Evolution of iron species for promoting the catalytic performance of FeZSM-5 in phenol oxidation	RSC Advances	3.361	2016/6/32789	1
	11	Mesoporous graphitic carbon nitride functionalized iron oxides for promoting phenol oxidation activity	RSC Advances	3.361	2016/6/91960	1
	12	Facile fabrication of metal-free urchin-like g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> with superior photocatalytic activity	RSC Advances	3.361	2016/6/94460	1
	13	Facile synthesis of zeolite-encapsulated iron oxide nanoparticles as superior catalysts for phenol oxidation	RSC Advances	3.361	2015/5/29509	1
	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
	无					
	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	2017 年博士研究生国家奖学金	国家级	中 华 人 民 共 和 国 教 育 部	2017 年	1
	2	2016 年博士研究生国家奖学金	国家级	中 华 人 民 共 和 国 教 育 部	2016 年	1
博士后研究题目：低温光热协同催化甲烷转化反应的载流子分离和表面反应机制						

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>1. 研究计划</p> <p>在温和条件下，实现甲烷高效直接转化为甲醇等高附加值化学品在能源和环境领域具有重要的科学和现实意义，但充满挑战。基于文献调研和申请人的研究积累，针对甲烷转化反应中 C-H 键活化困难和产物易深度氧化的瓶颈问题，拟以 TiO<sub>2</sub>、WO<sub>3</sub> 等热稳定性较好的氧化物半导体为催化剂，搭载表面原子级分散的 Au、Pd、Cu、Co 等助催化剂，构筑高效光热协同催化转化甲烷至甲醇复合催化剂。催化剂主体作为光吸收和光激发部分，原子级助催化剂充当电子/空穴接受体和表面热催化活性中心。拟实施复合催化剂在光、热场 (&lt; 200 °C) 共同作用下协同催化甲烷转化反应，研究光热催化甲烷至甲醇反应过程中的载流子分离行为和表面催化反应动力学，优化筛选催化剂的合成和反应条件，进而结合理论模拟和原位先进表征深入研究复合催化剂的能带结构、助催化剂结构与局域电子环境等因素对载流子分离行为、甲烷吸附活化和定向转化等方面的影响，以期促进其“构效关系”、载流子分离行为和光热协同作用机制等方面认识，最终指导低温下 (&lt; 200 °C) 光热协同催化甲烷高活性和高选择性转化制甲醇等高值化学品。</p> <p>2. 先进性</p> <p>利用原子级分散助催化剂 (Au、Pd、Cu、Co 等) 促进光照过程中光生载流子分离和传输，强化表面催化反应动力学。期望在低温下 (&lt; 200 °C)，光、热场共同作用下实现甲烷高活性和高选择性地转化制甲醇等高值化学品，有望缓解目前热催化甲烷转化所需高温 (&gt; 700 °C) 带来的能源和环境问题；同步研究光热协同催化甲烷转化反应过程中的载流子分离行为和表面催化反应动力学，建立能带结构、助催化剂结构、局域电子环境与反应性能之间的“构效关系”，搭建光催化与热催化转化的桥梁。</p> <p>3. 理论和现实意义：</p> <p>有望构建高效光热协同甲烷催化体系，建立光催化与热催化的关联，揭示原子级分散金属活性中心在光照过程中对载流子分离行为和表面催化反应动力学的作用机制，为低碳烷烃的高效活化利用提供理论基础和实验依据。</p>
	<p>本人承诺：申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。</p> <p>本人签字：  2022年5月9日</p>