高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）

# 自然科学奖公示材料

### 项目基本情况

|  |  |
| --- | --- |
| 提名者 | 华东理工大学 |
| 项目名称 | 可见光响应高效光催化体系的构建及其在环境与能源领域的应用 |
| 提名等级 | 一等 |
| 主要完成人 | 张金龙、邢明阳、王灵芝、雷菊英、田宝柱、邱博诚、卢德力、朱乔虹 |
| 主要完成单位 | 华东理工大学 |

### 项目简介

|  |
| --- |
| 21世纪，能源与环境问题是人类面临的最重大课题，而光催化技术被认为是解决这一问题的最佳手段之一。传统的半导体光催化剂TiO2等，由于具有较宽的带隙宽度，对可见光的响应程度远远低于工业催化的要求。此外，高的光生电子与空穴复合率导致光量子产率过低，是限制光催化技术走向工业化的另一关键科学问题。本项目通过对半导体光催化材料进行掺杂、表面修饰、微观结构调控等功能化改性，提高了催化剂对可见光的利用率，促进了光生电子与空穴的有效分离，成功构建了一系列具有可见光响应的高效光催化体系，并应用于分解水产氢、降解有机污染物等能源与环境领域。  **重要科学发现：**   1. **提出基于能带结构设计提高可见光吸收的新策略：**1) 采用水热、低温真空活化等化学法实现了氮等非金属，以及铁等金属元素对TiO2在原子水平的掺杂改性。杂质能级的引入减小了TiO2的禁带宽度，增强其对可见光的吸收；2)利用贵金属电子能级与TiO2能带结构的耦合效应，实现了光催化体系对可见光响应范围的调控，使其同时具有高的紫外及可见光催化活性；3) 利用水解共缩聚法在介孔纳米粒子的孔骨架中嵌入基于荧光共振能量转移(FRET)效应的串联型三元荧光发色团体系，使得光催化体系具有随发色团比例可调的宽光谱响应能力。经过改性后的TiO2对可见光的吸收可从380 nm扩展到800 nm，在同等反应条件下，其光催化降解有机污染物的活性超过了公认的光催化剂H-TiO2（***Science***, 2011, 331, 746），该技术已应用于实际工程领域。 2. **发展基于微观结构调控促进光生电荷空间分离的新机制：**1) 提出在光催化剂的不同“空间位置”分别引入不同的捕获陷阱，形成内建电场使得光生电子和空穴分别向 “相反”的方向发生定向迁移，实现光生电荷的“空间分离”，提高了光生载流子的分离效率；2）通过构筑空心立方体等具有特殊微观结构的 “Z”型光催化体系，发展了“空腔光散射反射”与“Z”构架协同效应新机制。“空腔光散射反射”效应可以提高催化剂对太阳光的利用率，而“Z”体系可实现电子与空穴的空间分离。在模拟太阳光照射下，光催化体系分解水产氢的表观量子产率可以达到46%。   本项目发表SCI论文**98**篇，16篇入选ESI高被引论文。5 篇代表性论文包括J. Am. Chem. Soc.、Angew. Chem. Int. Ed.、 Energy Environ. Sci.、Adv. Funct. Mater.和Appl. Catal. B各1篇，其中3篇入选了ESI高被引论文。第一完成人连续六年入选 Elsevier 出版集团“中国高被引学者榜单”，并入选2018年度科睿唯安“高被引科学家”，2019年当选欧洲科学院院士（外籍）。培养国家重点研发计划“青年科学家”1 人，自然科学基金委优秀基金获得者 1 人，上海市领军人才1人，上海市优秀学科带头人1人，教育部新世纪优秀人才1人，上海市曙光学者1人，晨光学者3人，浦江学者3人，国务院特殊津贴获得者1人，培养博士研究生32名（包括留学生4名），硕士研究生46名， 20人次获得研究生国家奖学金，15人次获得上海市，华东理工大学校级优秀毕业生荣誉称号。 |

### 主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 张金龙 | 性别 | 男 | 排 名 | 1 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  项目的总体负责人、研究者及学术指导。作为项目的第一完成人，是项目所有重要科学发现的直接责任人，所有8篇代表性论文的通讯作者。总体负责项目学术思想的提出、研究方案的制定和科学理论的归纳与整理，组织整体研究方案的实施、科学现象的解释与科学理论的阐述。提出了基于能带结构设计提高可见光吸收的新策略。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 邢明阳 | 性别 | 男 | 排 名 | 2 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  作为项目第二完成人，在项目完成过程中，提出对TiO2进行杂质离子掺杂改性的新策略，发展了基于微观结构调控促进光生电荷空间分离的新机制。是代表性论文3的第一作者，代表性论文2的共同通讯作者，代表性论文1的完成人。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 王灵芝 | 性别 | 女 | 排 名 | 3 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。作为项目第三完成人，在介孔材料的合成，光电转换机理的阐述和高分散光催化材料的设计、制备和表征等方面获得创新性研究成果，为本项目代表性论文4的共同通讯作者，代表性论文3的完成者之一。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 雷菊英 | 性别 | 女 | 排 名 | 4 | 技术职称 | 副教授 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。在介孔材料的合成和荧光染料敏化机理方面做出了重要贡献，是代表性论文4的完成者。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 田宝柱 | 性别 | 男 | 排 名 | 5 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。发现了利用贵金属电子能级与TiO2能带结构的耦合效应，实现了光催化体系对可见光响应范围的调控，使其同时具有高的紫外及可见光催化活性。是代表性论文5的第一作者。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 邱博诚 | 性别 | 男 | 排 名 | 6 | 技术职称 | 讲师 |
| 工作单位 | 香港理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。提出在光催化剂的不同“空间位置”分别引入不同的捕获陷阱，实现光生电荷的“空间分离”，提高了光生载流子的分离效率；通过构筑空心立方体等具有特殊微观结构的 “Z”型光催化体系。是代表性论文3的共同通讯作者和代表性论文2的第一作者。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 卢德力 | 性别 | 男 | 排 名 | 7 | 技术职称 | 副教授 |
| 工作单位 | 上海应用技术大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。利用水解共缩聚法在介孔纳米粒子的孔骨架中嵌入基于荧光共振能量转移(FRET)效应的串联型三元荧光发色团体系，使得光催化体系具有随发色团比例可调的宽光谱响应能力。是代表性论文4的第一作者。 | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 朱乔虹 | 性别 | 女 | 排 名 | 8 | 技术职称 | 博士研究生 |
| 工作单位 | 华东理工大学 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 完成单位 | 华东理工大学 | | | | | 所 在 地 | 上海市 |
| 单位性质 | 大专院校 |
| 对本项目重要科学发现的贡献：  本项目的主要参加者。对发展基于微观结构调控促进光生电荷空间分离的新机制做出了贡献。是代表论文2的共同第一作者，代表性论文3的完成人。 | | | | | | | |

### 代表性论文目录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）  名称/刊名/作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表（出版）时间（年月日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 他引总次数 |
| 1 | Development of modified N doped TiO2 photocatalyst with metals, nonmetals and metal oxides./ Energy Environ. Sci. / Jinlong Zahng\*, Yongmei Wu, Mingyang Xing, Sajjad Ahmed Khan Leghari, Shamaila Sajjad | 2010,3, 715-726 | 2010.5.17 | 张金龙 | 张金龙 | 461 |
| 2 | Efficient Solar Light Harvesting CdS/Co9S8 Hollow Cubes for Z-Scheme Photocatalytic Water Splitting. / Angew.Chem.Int. Ed. / Bocheng Qiu, Qiaohong Zhu, Mengmeng Du, Linggang Fan, Mingyang Xing,\* Jinlong Zhang\* | 2017, 56,2684 –2688 | 2017.1.31 | 张金龙,  邢明阳 | 邱博诚 | 144 |
| 3 | Spatially Separated CdS Shells Exposed with Reduction Surfaces for Enhancing Photocatalytic Hydrogen Evolution. / Adv. Funct. Mater. / Mingyang Xing, Bocheng Qiu\*, Mengmeng Du, Qiaohong Zhu, Lingzhi Wang, Jinlong Zhang\* | 2017, 27, 1702624 | 2017.07.24 | 张金龙,  邱博诚 | 邢明阳 | 120 |
| 4 | Multifluorescently Traceable Nanoparticle by a Single-Wavelength Excitation with Color-Related Drug Release Performance. / J. Am. Chem. Soc. / Deli Lu, Juying Lei, Lingzhi Wang,\* and Jinlong Zhang\* | 2012, 134, 21, 8746–8749 | 2012.5.16 | 张金龙，  王灵芝 | 卢德力 | 45 |
| 5 | Preparation of Au/TiO(2)catalysts from Au(I)-thiosulfate complex and study of their photocatalytic activity for the degradation of methyl orange. / App. Catal. B-Environ/ Baozhu Tian, Jinlong Zhang\*, Tianzhong Tong, Feng Chen | 2008, 79, 394-401 | 2008.3.8 | 张金龙 | 田宝柱 | 110 |

Mingyang Xing, Bocheng Qiu,\* Mengmeng Du, Qiaohong Zhu, Lingzhi Wang,

and Jinlong Zhang\*