**自然科学奖提名号：109-203**

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 石墨烯基碳纳米材料的设计制备及其光催化和储能性能研究 |
| **项目类型** | 自然科学奖 |
| **推荐单位** | 廊坊师范学院 |
| **提名单位** | 廊坊市人民政府 |
| **项目简介** | 本项目属于化学学科中纳米化学和碳化学交叉学科领域中的应用基础研究。设计新型高效的能源储存和转化材料及器件，从而实现太阳能/化学能/电能之间的高效转化与储存，是绿色能源利用的关键难题和挑战。项目针对现有光催化剂及储能器件材料存在性能不够理想、可控设计性不强、结构性能关系不明等关键科学问题，以突破太阳能转化和能量存储效率为目标，设计并发展了系列具有独特结构与性质的新型三维石墨烯体相光催化剂材料及结构可控的碳纳米复合储能材料，揭示了这些材料体系独特的结构与性能间的关系，构建了新型高效光催化剂体系及储能材料和器件，为高效碳纳米材料的设计和应用提供了新的思路。重要科学发现如下：  1. **提出一种新的光致热电子催化机理，发展了一种光催化反应新方法，为太阳能的高效转化和利用开辟了新的途径。**基于三维石墨烯独特的体相结构及二维片层石墨烯本征狄拉克能带结构，构建了三维交联石墨烯体相材料，提出了一种新的光致热电子光催化机理，首次实现了常压光照温和条件下氨合成以及基于这类全碳催化剂材料的光分解水制氢。  2. **构建了碳纳米材料结构与性能间构效关系，提出了稳定体相碳材料最大比表面积和比电容，实现了具有特定孔结构高性能碳纳米材料的可控制备。**通过提出的有效离子直径和有效比表面积（E-SSA）关系理论模型，系统研究并构建了sp2碳材料在各类电解液中的比电容值与其E-SSA的构效关系，提出了sp2碳体相材料可获得的最大比表面积值以及基于此类材料的最高比电容。基于这一理论模型和实验结果，以高性能储能材料设计为导向，发展了可大规模制备且同时具有高介孔比例、高E-SSA以及高导电性sp2碳材料的方法，获得了当时文献报道中具有最高介孔体积和E-SSA的sp2碳材料及高储能密度超级电容器。  3. **发展了一种原位双氮原子掺杂剂，构建了新型氮掺杂石墨烯材料，实现了超级电容器能量储存密度有效提升。**使用含有双氮原子的邻苯二胺为氮掺杂剂，构建了具有新型活性中心（吩嗪氮）和高活性中心含量的氮掺杂石墨烯材料，实现了宏观材料中石墨烯片层间堆积的有效控制，提升了电极材料活性中心和数量，获得高容量和储能密度的超级电容器储能器件，引领了双氮原子掺杂剂和新型碳材料的发展和应用。  项目在开展期间共发表SCI论文20篇，他引793次。五篇代表性论文发表在国内外著名期刊，包括化学学科顶级学术期刊J. Am. Chem. Soc., ACS Nano等；五篇代表性论文被Chem. Rev., Adv. Mater., Small等国际著名期刊他引347次，单篇最高他引150次，体现了项目成果的学术价值和重要学术影响力。 |
| 代表性论文专著 | |
| 1.Yanhong Lu\*, Yanfeng Ma, Tengfei Zhang, Yang Yang, Lei Wei and Yongsheng Chen\*, Monolithic 3D cross-linked polymeric graphene materials and the likes: preparation and their redox catalytic applications. *J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 140, 11538-11550.  2. Yanhong Lu†, Yang Yang†, Tengfei Zhang†, Zhen Ge, Huicong Chang, Peishuang Xiao, Yuanyuan Xie, Lei Hua, Qingyun Li, Haiyang Li, Bo Ma, Naijia Guan, Yanfeng Ma and Yongsheng Chen\*, Photoprompted hot electrons from bulk cross-linked graphene materials and their efficient catalysis for atmospheric ammonia synthesis. *ACS Nano*, 2016, 10(11):10507-10515.  3. Yanhong Lu\*, Suling Zhang, Jiameng Yin, Congcong Bai, Junhao Zhang, Yingxue Li, Yang Yang, Zhen Ge, Miao Zhang, Lei Wei, Maixia Ma, Yanfeng Ma and Yongsheng Chen\*, Mesoporous activated carbon materials with ultrahigh mesopore volume and effective surface area for high performance supercapacitors. *Carbon*, 2017, 124: 64-71.  4. Yanhong Lu\*, Guankui Long, Long Zhang, Tengfei Zhang, Mingtao Zhang, Fan Zhang, Yang Yang, Yanfeng Ma, Yongsheng Chen\*, What are the practical limits for the specific surface area and capacitance of bulk sp2 carbon materials. *Science China Chemistry*, 2016, 59(2):225-230.  5. Yanhong Lu, Fan Zhang, Tengfei Zhang, Kai Leng, Long Zhang, Xi Yang, Yanfeng Ma, Yi Huang, Mingjie Zhang\*, Yongsheng Chen\*, Synthesis and supercapacitor performance studies of N-doped graphene materials using o-phenylenediamine as the double-N precursor. ***Carbon***, 2013, 63:508-516. | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况） | | | | | |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 工作单位 | 贡献 | 曾获奖情况 |
| 1 | 卢艳红 | 教授 | 廊坊师  范学院 | 项目负责人，作为课题的第一完成人和主要执行者，与团队共同提出了整个项目的主要学术思想与研究思路，负责项目的设计与规划，以及研究方案的制定与实施。提出了基于三维石墨烯热电子催化机理和碳纳米材料结构与电容性能间构效关系的设计理念和具体思路，在系列碳纳米材料制备、性能调控及应用研究中提出了设计路线和实施方法。对项目科学发现点1-3做出了主要贡献，是代表性论文1、3、4的第一作者及共同通讯作者，是代表性论文2的共同第一作者，是代表性论文5的第一作者。 |  |
| 2 | 魏 磊 | 副教授 | 廊坊师  范学院 | 项目主要完成人，在发现点1和2中做出了主要学术贡献，在三维石墨烯基复合材料制备方法优化方面提出了研究思路，为高性能的复合催化剂材料及储能材料的发展做出了重要贡献。是代表性论文1和3的共同作者。 |  |
| 3 | 马延风 | 副研究员 | 南开大学 | 项目主要完成人，在发现点1和3中做出了主要学术贡献，共同完成发现点1和3的实验设计和研究过程，提出石墨烯材料催化和储能性能研究思路。是代表性论文1-5的共同作者，是本项目涉及的计划项目2的共同完成人。 |  |
| 4 | 张素玲 | 讲师 | 廊坊师  范学院 | 项目主要完成人，在发现点2中做出了主要学术贡献。共同完成发现点2的实验设计和实验研究过程。完成了碳纳米材料的制备、结构表征分析及电化学性能测试等研究工作。是代表性论文3的第二作者，是本项目涉及的计划项目1和2的共同完成人。 |  |
| 5 | 陈永胜 | 教授 | 南开大学 | 项目主要完成人，与第一完成人共同提出了项目的主要学术思想与研究思路，参与研究方案的制定与实施以及论文的写作。对项目科学发现点1-3做出了主要贡献，是代表性论文2的通讯作者，是代表性论文1、3、4、5的共同通讯作者。 | 1.国家自然科学二等奖，面向能源转化与存储的有机和碳纳米材料研究，2018年12月，排名第一，证书编号：2018-Z-103-2-05-R01；  2. 天津市自然科学一等奖，碳纳米材料制备及其性质研究， 2011年1月，排名第一，证书编号：2010ZR-1-001-R1。 |

|  |
| --- |
| 完成人合作关系说明 |
| 本项目由廊坊师范学院卢艳红教授课题组与南开大学陈永胜教授课题组共同完成。卢艳红和陈永胜共同提出项目的主要学术思想与研究思路，在研究方向的确定、研究方案的制定与实施、实验结果的解释、机理探讨及论文写作方面，卢艳红为主要执行者，陈永胜给予指导，为代表性论文1、3、4的共同通讯作者。魏磊是项目主要完成人之一，在发现点1和2中做出了主要学术贡献，开展了三维石墨烯基复合材料的设计制备、表征、催化和储能性能研究，是代表性论文1和3的共同作者。马延风是项目主要完成人之一，在发现点1和3中做出了主要学术贡献，共同完成发现点1和3的实验设计和研究过程，提出石墨烯材料催化和储能性能研究思路，是代表性论文1-5的共同作者，是本项目涉及的计划项目2的共同完成人。张素玲是项目主要完成人之一，在发现点2中做出了主要学术贡献，共同完成发现点2的实验设计和研究过程，完成了碳纳米材料的制备、结构表征分析及电化学性能测试等研究工作，是代表性论文3的第二作者，是本项目涉及的计划项目1和2的共同完成人。  本人承诺对上述内容的真实性负责。  项目负责人：卢艳红 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 完成人合作关系情况汇总表 | | | | | |
| 序号 | 合作方式 | 合作者 | 合作时间 | 合作成果 | 备注 |
| 1 | 论文合著 | 卢艳红  陈永胜  马延风 | 2013-2018 | 1. Monolithic 3D cross-linked polymeric graphene materials and the likes: preparation and their redox catalytic applications.  2. Photoprompted hot electrons from bulk cross-linked graphene materials and their efficient catalysis for atmospheric ammonia synthesis.  3. Mesoporous activated carbon materials with ultrahigh mesopore volume and effective specific surface area for high performance supercapacitors.  4. What are the practical limits for the specific surface area and capacitance of bulk sp (2) carbon materials?  5. Synthesis and supercapacitor performance studies of N-doped graphene materials using o-phenylenediamine as the double-N precursor. |  |
| 2 | 论文合著 | 卢艳红  魏 磊 | 2015-2018 | 1. Monolithic 3D cross-linked polymeric graphene materials and the likes: preparation and their redox catalytic applications.  2. Mesoporous activated carbon materials with ultrahigh mesopore volume and effective specific surface area for high performance supercapacitors. |  |
| 3 | 论文合著 | 卢艳红  魏 磊  张素玲 | 2013-2018 | 1. Mesoporous activated carbon materials with ultrahigh mesopore volume and effective specific surface area for high performance supercapacitors. |  |
| 4 | 共同项目 | 卢艳红  张素玲 | 2015-2018 | 共同申请完成国家自然科学基金项目 |  |
| 5 | 共同项目 | 卢艳红  张素玲  马延风 | 2015-2018 | 共同申请完成河北省自然科学基金面上项目 |  |
| 6 | 共同专利 | 卢艳红  陈永胜  马延风 | 2013-2018 | 授权发明专利 |  |
| 7 | 共同专利 | 卢艳红  魏 磊 | 2015-2018 | 授权发明专利 |  |