天津市科学技术奖提名项目公示内容

1. 项目名称：二维材料能源存储与利用中的结构调控及机制研究
2. 提名奖项和等级：自然科学奖 二等奖
3. 主要完成单位：天津大学
4. 主要完成人：罗加严，王澳轩，马庆涛，唐文静，劳俊超
5. 提名者：天津市电镀工程学会
6. 项目简介：

发展能源存储与转化是解决能源环境危机，实现“碳达峰，碳中和”宏伟目标的重要支撑，为国家重点发展方向。开发二维新材料驱动的高比能、高安全、高效率的能源体系制造技术，在建设能源新格局方面具有重要战略意义。基于此，本项目进行多学科交叉，从宏观表界面系统工程和微观离子交互作用角度进行二维材料的结构设计和机制研究，主要发现点如下：

（1）**发明了离子刻蚀降维批量制备和多维度调控组装二维材料的新方法。**发展了二维材料多活性位点结构设计新方法，实现了一步碳化刻蚀宏量制备储能电极用高比表面积二维材料；发展了二维材料层间及表面维度结构功能设计新方法，解决了金属电极加工成型及稳定性差的问题；提出二维平面衍生三维多孔结构的思路，获得结构可控、性能优异的储能电极。

（2）**提出了二维材料取向拓扑结构设计及动态调制的新思路。**发展了二维材料取向结构调控提升离子传输及机械强度的思想，揭示了该设计思想在克服材料本征局限性的关键作用，建立了二维材料“贻贝仿生”动态结构设计的协同新机制，提出了“动态电荷调制”新概念，阐明了二维材料的动态取向结构设计及调控机理。

（3）**建立了二维材料光能-热能-电能转化体系，揭示了离子迁移规律及相互作用新机制。**构建了以新型二维纳米材料为单元的精准纳流体离子通道，实现可控离子传输；构筑“仿蒸腾”作用二维结构，通过蒸发驱动离子传输，实现了远海太阳能向电能的高效转化、利用与器件构筑。

8篇代表性论文发表在***Angew. Chem. Int. Ed.***（2篇）、***Adv. Funct. Mater.***（2篇）、***Adv. Energy Mater.***、***Nano Lett.***、 ***ACS Nano***、 ***Nano Energy***。代表性论文被锂电池产业奠基人Michel Armand教授、加拿大皇家科学和工程两院院士孙学良教授、澳大利亚工程院院士窦世学教授、中科院过程所张锁江院士，中科院院士北京纳米所王中林教授等学者SCI他引652次（Web of Science）；多次被New Atlas、Engineering.com等媒体报道。应邀为***Accounts of Chemical Research***撰写专题综述。

第一完成人曾获国际电化学会应用化学奖（**全球每年1人**）、美国电化学会纳米碳青年研究员奖（**全球每两年1人**）、*Energy Storage Materials*青年科学家奖（**全球每年3人**）、侯德榜化工科学技术青年奖、中国化学会青年化学奖、天津市技术发明一等奖等奖项。

1. 发现点/发明点/创新点：

发现点1：**发明了离子刻蚀降维批量制备和多维度调控组装二维材料的新方法。**提出了宏量规模化降维制备二维材料的新方法，建立了结构化二维石墨烯及金属材料组装体调控及复合电极的新路径。解决了电极材料的规模化调制困难、机械强度低、加工成型性和力学稳定性差的问题，获得了能量密度高、性质稳定的复合电极材料。（代表性论文1：*Adv. Funct. Mater.* 2017, 27, 1604687；代表性论文2：*Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 11921；代表性论文3：*Nano Lett.* 2017, 17, 5862）

发现点2：**提出了二维材料取向拓扑结构设计及动态调制的新思路。发展了二维材料的多取向拓扑结构构筑及电荷驱动的动态取向调控，**增强了聚合物电解质的离子电导，机械稳定性，建立了二维材料“贻贝仿生”动态结构设计的协同新机制，提出了“动态电荷调制”新概念，阐明了增强作用机制，实现了高比能金属电池的安全应用。（代表性论文4：*Adv. Energy Mater.* 2018, 8, 1800866；代表性论文5：*Adv. Funct. Mater.* 2019, 29, 1900648；代表性论文6：*Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 1900783）

发现点3：**建立了二维材料光能-热能-电能转化体系，揭示了离子迁移规律及相互作用新机制。**完成了组装体二维纳流通道的精准构筑及可控离子传输，揭示了离子迁移过程的规律及相互作用机制，实现了远海太阳能向电能的高效转化与利用。（代表性论文7：*ACS Nano* 2018, 12, 12464-12471；代表性论文8：*Nano Energy* 2020, 70, 104481）

1. 主要技术支撑材料：

代表性论文：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **附件编号** | **论文（专著）名称/刊名/作者** | **年卷页码** | **发表时间** | **通讯作者** |
| 1 | Biomass organs control the porosity of their pyrolyzed carbon,  **Advanced Functional Materials**  Yao Zhang; Sisi Liu; Xiaoyu Zheng; Xiao Wang; Yue Xu; Haoqing Tang; Feiyu Kang;  Quan-Hong Yang;\* Jiayan Luo\* | 2017年27卷1604687页 | 2016年12月7日 | Quan Hong Yang, Jiayan Luo |
| 2 | Processable and moldable sodium-metal anodes,  **Angewandte Chemie International Edition**  Aoxuan Wang; Xianfei Hu; Haoqing Tang; Chanyuan Zhang; Shan Liu; Ying-Wei Yang; Quan-Hong Yang; Jiayan Luo\* | 2017年56卷11921-11926页 | 2017年8月16日 | Jiayan Luo |
| 3 | Porous Al current collector for dendrite-free Na metal anodes,  **Nano Letters**  Shan Liu; Shan Tang; Xinyue Zhang; Aoxuan Wang; Quan-Hong Yang; Jiayan Luo\* | 2017年17卷5862-5868页 | 2017年8月10日 | Jiayan Luo |
| 4 | Simultaneously enhancing the thermal stability, mechanical modulus, and electrochemical performance  of solid polymer electrolytes by incorporating 2D sheets,  **Advanced Energy Materials**  Wenjing Tang; Shan Tang; Cuijuan Zhang; Qingtao Ma; Qian Xiang; Ying-Wei Yang;  Jiayan Luo\* | 2018年8卷1800866页 | 2018年6月28日 | Jiayan Luo |
| 5 | High-performance solid polymer electrolytes filled with vertically aligned 2D materials,  **Advanced Functional Materials**  Wenjing Tang; Shan Tang; Xuze Guan; Xinyue Zhang; Qian Xiang; Jiayan Luo\* | 2019年29卷1900648页 | 2019年2月21日 | Jiayan Luo |
| 6 | Bio-inspired stable lithium-metal anodes by codepositing lithium with a 2D vermiculite shuttle,  **Angewandte Chemie International Edition**  Qingtao Ma; Xiaowen Sun; Ping Liu; Yongyao Xia; Xingjiang Liu; Jiayan Luo\* | 2019年58卷6200-6206页 | 2019年2月20日 | Jiayan Luo |
| 7 | Aqueous stable Ti3C2 MXene membrane with fast and photoswitchable nanofluidic transport,  **ACS Nano**  Junchao Lao, Ruijing Lv, Jun Gao,\* Aoxuan Wang, Jinsong Wu, Jiayan Luo\* | 2018年12卷12464-12471页 | 2018年11月29日 | Jun Gao,  Jiayan Luo |
| 8 | Electricity generation based on a photothermally driven Ti3C2Tx MXene  nanofluidic water pump,  **Nano Energy**  Junchao Lao; Shuang Wu; Jun Gao;\* Anping Dong;\* Guojie Li; Jiayan Luo\* | 2020年70卷104481页 | 2020年1月13日 | Jun Gao, Anping Dong, Jiayan Luo |

代表性引文：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 附件编号 | 被引论文名称/作者 | 引文发表刊名/影响因子 |
| 9 | Biomass organs control the porosity of their pyrolyzed carbon,  Yao Zhang; Sisi Liu; Xiaoyu Zheng; Xiao Wang; Yue Xu; Haoqing Tang; Feiyu Kang;  Quan-Hong Yang;\* Jiayan Luo\* | J. Mater. Chem. A / 12.732 |
| 10 | Processable and moldable sodium-metal anodes, Aoxuan Wang; Xianfei Hu; Haoqing Tang; Chanyuan Zhang; Shan Liu; Ying-Wei Yang; Quan-Hong Yang; Jiayan Luo\*  Porous Al current collector for dendrite-free Na metal anodes,  Shan Liu; Shan Tang; Xinyue Zhang; Aoxuan Wang; Quan-Hong Yang; Jiayan Luo\* | Chem. Rev. / 60.622 |
| 11 | Porous Al current collector for dendrite-free Na metal anodes,  Shan Liu; Shan Tang; Xinyue Zhang; Aoxuan Wang; Quan-Hong Yang; Jiayan Luo\* | ACS Nano / 15.881 |
| 12 | Simultaneously enhancing the thermal stability, mechanical modulus, and electrochemical performance  of solid polymer electrolytes by incorporating 2D sheets,  Wenjing Tang; Shan Tang; Cuijuan Zhang; Qingtao Ma; Qian Xiang; Ying-Wei Yang;  Jiayan Luo\* | Adv. Mater. / 30.849 |
| 13 | High-performance solid polymer electrolytes filled with vertically aligned 2D materials,  Wenjing Tang; Shan Tang; Xuze Guan; Xinyue Zhang; Qian Xiang; Jiayan Luo\* | Adv. Funct. Mater. / 18.808 |
| 14 | Bio-inspired stable lithium-metal anodes by codepositing lithium with a 2D vermiculite shuttle,  Qingtao Ma; Xiaowen Sun; Ping Liu; Yongyao Xia; Xingjiang Liu; Jiayan Luo\* | Adv. Mater. / 30.849 |
| 15 | Aqueous stable Ti3C2 MXene membrane with fast and photoswitchable nanofluidic transport,  Junchao Lao, Ruijing Lv, Jun Gao,\* Aoxuan Wang, Jinsong Wu, Jiayan Luo\* | Adv. Mater. / 30.849 |
| 16 | Electricity generation based on a photothermally driven Ti3C2Tx MXene  nanofluidic water pump,  Junchao Lao; Shuang Wu; Jun Gao;\* Anping Dong;\* Guojie Li; Jiayan Luo\* | ACS Nano / 15.881 |

知识产权和标准规范：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 附件编号 | 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）  具体名称 | 授权号  （标准编号） | 权利人  （标准起草单位） | 发明人  （标准起草人） | 有效状态 |
| 17 | 发明专利 | 一种使金属锂横向生长的复合金属锂负极的制备方法 | CN 108832081 B | 天津大学 | 罗加严；王澳轩 | 有效 |
| 18 | 发明专利 | 一种三维混合离子电子导体集流体及其制备方法和应用 | CN 108808008 B | 天津大学 | 罗加严；张婵媛；刘山 | 有效 |