重庆科技学院

硕士研究生创新计划项目

**中期报告书**

项目名称： CNTs@Fe2O3材料的构筑及其对

锂硫电池电极反应过程的控制机理

项目负责人： 胡章涛

学 号： 2022202139

所在学院： 冶金与材料工程学院

指导教师： 望军/张瀚

专业名称： 资源与环境

研究方向： 新能源材料

填报日期： 2022 年 5 月 1 日

重庆科技学院研究生处　印制

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | CNTs@Fe2O3材料的构筑及其对锂硫电池电极反应过程的控制机理 | | | 起止年月 | 2022年12月至2023年12月 |
| 项目负责人 | 胡章涛 | 团队成员 | 唐传顺、刘林峰、吴宇卓 | | |
| 学校计划  资助经费 | 1万元 | 学校已拨  资助经费 | 0万元 | 学院配套经费 | 0万元 |
| 其他资助经费 | 0万元 | 自筹经费 | 0万元 | 已使用经费 | 0.25万元 |
| **阶段性研究工作总结**  1．研究工作进展情况：  2022.12～2023.01  查阅相关文献，并制备出 CNTs@Fe2O3复合材料。  2023.02～2023.03  （1）制备 CNTs@Fe2O3/S 复合正极材料并组装扣式电池，测试电极材料的倍率性能和循环性能等电化学性能。  （2）对扣式电池进行电化学阻抗谱测试，并计算锂离子扩散系数等，研究硫元素在CNTs@Fe2O3表面转化的动力学特性。  （3）采用XRD技术对实验制备的各种样品进行物相分析，采用SEM技术对材料的微观形貌进行测定并分析材料的结构特性。  2023.04～2023.05  （1）完善 CNTs@Fe2O3/S 正极复合材料的电化学性能测试；  （2）优化材料的制备方案，制备出纯度更高的CNTs@Fe2O3/S，改善材料整体的构筑方式，实验CNTs@Fe2O3材料结构的可控调节。  C:\Users\hzt\Desktop\Graph1.png  图1. CNTs@Fe2O3的XRD图谱  图1为CNTs@Fe2O3的XRD衍射图谱。可以看到在26°附近出现了宽泛的漫散峰，这些漫散峰对应CNTs的漫散峰。CNTs@Fe2O3样品在33.15°、35.61°、40.85°、49.47°、54.08°、62.44°和63.98°出现了特征峰，分别对应α-Fe2O3(PDF#33-0664)的特征峰，表明CNTs和Fe2O3成功结合为CNTs@Fe2O3。  C:\Users\hzt\Desktop\新建 Microsoft PowerPoint 演示文稿.png  图2. CNTs@Fe2O3 (a) CNTs@Fe2O3/S(b)的SEM  CNTs@Fe2O3、CNTs@Fe2O3/S的透射电镜照片如图2所示，图2(a)明显可见Fe2O3颗粒生长在CNTs团聚的蓬松球体间隙之中，两者相互结合在一起组成立体的三维导电结构，其中CNTs的颗粒非常小，在复合的载体上能够增大材料的比表面积从而提供更多的吸附位点，增强材料的物理吸附作用，从而抑制长链多硫化锂的溶解。图2(b)能在光滑的硫表面看到碳纳米管的弯曲轮廓，说明碳纳米管充分负载了熔融硫，Fe2O3均匀分布在材料之上，CNTs@ Fe2O3/S材料的表面具有突出的碳纳米管，这些长程的碳纳米管在活性材料中的暴露能够提高导电性。  C:\Users\hzt\Desktop\Graph2.png  图3.CNTs@Fe2O3/S在0.2C倍率下长循环性能曲线  如图3所示是CNTs@Fe2O3/S在0.2C电流密度下的循环性能， CNTs@Fe2O3/S的首次放电比容量为708mAh/g，经过200圈循环后的剩余放电比容量分别为561mAh/g，具有79.2%的容量保持率，平均每圈的衰减率为0.104%。CNTs@Fe2O3的容量保持率高。    图4. CNTs@Fe2O3/S的倍率图  图4是CNTs@Fe2O3/S的在0.2C、0.5C、1C、2C和0.2C电流密度下的倍率性能图，在不同倍率下的平均放电比容量为559、199、134、76、568mAh/g，在高电流密度下充放电后回到初始电流密度仍然能够保持与之前相同的比容量水平表明CNTs@Fe2O3/S的倍率性能优异。    图5. 电池的交流阻抗谱  图5是扣式电池的交流阻抗谱，从图中可以看出不同频率范围对于的响应，在高频区的圆弧对应中间产物的电荷转移阻抗，中间频率范围的圆弧对应反应最终阶段的阻抗，而最后的弯曲斜率线对应扩散阻抗。  2．已取得的阶段性成果（附取得成果复印件）：  在前期工作中，在团队成员的合作下，取得了如下阶段性成果：  （1）完成CNTs@Fe2O3/S正极材料的制备。  （2）完成对制备所得CNTs@Fe2O3/S正极材料的物理性能测试以及纽扣型电池电化学性能的初步测试。  3．经费使用情况：  总经费：1万元  已使用经费：0.25万元  表1 经费用途详情表   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 类别 | 详情 | 费用（元） | | 科研业务费 | XRD、SEM测试 | 1300 | | 实验材料费 | 购买羟基化多壁碳纳米管、九水合硝酸铁、尿素、氟化铵、高纯度升华硫粉、锂硫电池电解液、电池壳、锂片、乙炔黑导电剂、PVDF粘结剂、NMP分散剂、其他实验用品和实验药品及实验耗材 | 1000 | | 其余费用 | 资料购买、打印复印费 | 200 | | 合计 |  | 2500 | | | | | | |
| **项目实施的进度、内容是否变动，变动原因：**  依据实验法的科学性，同时根据实验进展以及实验过程中出现的问题，结合国内外最新研究和研究实验设备，对项目作了如下调整：  新增CNTs/S作为锂硫电池正极材料，以其性能来对比衡量CNTs@Fe2O3/S的材料性能。 | | | | | |
| **下一步工作计划：**  2023.06～2023.07  （1）配制Li2Sn（n≥4）溶液，测试 Li2Sn（n≥4）在CNTs@Fe2O3表面的电化学活性；  （2）使用不同方式对CNTs@Fe2O3和S进行混合，研究材料不同比例下的电化学性能和物理性能。  2023.07～2023.10  （1）完成极限条件电化学测试后CNTs@Fe2O3材料的结构与形貌表征，研究CNTs@Fe2O3材料的物理化学稳定性；  （2）总结数据，完善CNTs@Fe2O3材料的调控手段与电催化机制，丰富相分离结构储硫载体的电化学理论研究。  2023.11～2023.12  撰写结题报告并发表科研论文。 | | | | | |
| **项目负责人陈述意见：**  本项目目前进行较为顺利，项目进度基本符合项目实施计划。本项目将继续依照计划进行，不断进行实验以及理论知识的补充，同时对数据进行整理以及总结实验中的收获。在今后的工作中我们将继续围绕申报项目的主题进行研究，广泛收集资料以作为理论支撑，并不断优化和改善试验方案，制备出更好的实验样品用于实验，并且采用科学的方法表征材料与测试材料的性能，以此获取多方面的丰富测试数据。后续的工作内容大致为制备更优性能的材料，使用材料组装扣式电池进行充放电倍率和循环测试，进行交流阻抗和循环伏安测试并探究电池内部的动力学特征，使用XRD、SEM等方式对材料进行物理表征。最后进行数据处理、撰写实验报告和发表论文，以保证本项目的顺利完成。  项目负责人（签字）  年 月 日 | | | | | |
| **学院审核意见：**  负责人（签字）： 单位（公章）  年 月 日 | | | | | |

附件3

重庆科技学院2023年第一批硕士研究生创新计划项目中期检查结果汇总表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目批准号** | **项目名称** | **项目负责人** | **检查时间** | **经费使用情况** | **阶段性成果** | **评审专家** | **评审综合得分** | **学院检查意见** | **备注** |
| **1** | YKJCX2220231 | CNTs@Fe2O3材料的构筑及其对锂硫电池电极反应过程的控制机理 | 胡章涛 | 2023年5月3日 | 科研业务费-1300；  实验材料费-1000；  打印复印费-200；  合计：2500。 |  |  |  |  |  |

填表人： 单位负责人签字（并加盖公章）：

年 月 日