附件3

大学生创新创业训练计划

项目申报表

|  |  |
| --- | --- |
| 推 荐 学 校 | 西北工业大学 |
| 项 目 名 称 | 光电化学传感器的  超声可控制备 |
| 项 目 类 型 | 大学生创新训练项目 |
| 项 目 负 责 人 | 张杰 |
| 申 报 日 期 | 2020年5月20日 |

陕西省教育厅 制

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | 光电化学传感器的超声可控制备 | | | | | | |
| 项目类型 | | （ √）创新训练项目 （ ）创业训练项目 （ ）创业实践项目 | | | | | | |
| 是否为“青年红色筑梦之旅”项目（否） | | | | | | |
| 项目实施时间 | | 起始时间： 2020年 5 月 完成时间： 2021 年 5 月 | | | | | | |
| 申  请  人  或  申  请  团  队 |  | 姓名 | 年级 | 学校 | 所在院系  /专业 | 联系电话 | | E-mail |
| 主持人 | 张杰 | 2018级 | 西北工业大学 | 物理与科学技术学院 | 18991257546 | | 1220423655@qq.com |
| 成 员 | 崔莹 | 2018级 | 西北工业大学 | 物理与科学技术学院 | 18710354411 | | 1254203802@qq.com |
| 薛丁维 | 2018级 | 西北工业大学 | 动能学院 | 13359277581 | | 1171537424@qq.com |
|  |  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  |  | |  |
| 指  导  教  师 | 姓名 | 翟薇 | | | 研究方向 | 超声场中新材料科学与技术 | | |
| 年龄 | 39 | | | 行政职务/专业技术职务 | | 学科建设办公室副主任 | |
| 主  要  成  果 | 先后主持国家自然科学基金重大科研仪器研制专项1项(直接经费835万元)，面上和青年项目各1项，以及航空基金，教育部博士点基金陕西省自然科学基金等省部级课题6项。在金属材料领域TOP期刊Acta Materialia和超声化学领域主流期刊Ultrasonics Sonochemistry上发表SCI学术论文50余篇，其中第一作者和通讯作者SCI论文共计35篇。申请国家发明专利4项。在国际和国内重要学术会议上做邀请报告5次，作为第一完成人，所完成的“液态合金热力学性质及超声凝固机理”项目获得了2017年度陕西省科学技术二等奖。入选陕西省“青年科技新星”和西工大“翱翔青年学者”等人才支持计划，被评为陕西省教育工会“五一巾帼标兵”，多次荣获西北工业大学“本科生最满意教师”，“吴亚军优秀青年教师”，“先进女教职工、三八红旗手”等光荣称号。 | | | | | | |
| 1. 项目实施的目的、意义   本项目拟以采用超声化学的方法制备具有特定微纳米结构的硫化镉（CdS）纳米材料，系统研究曝入气泡对于超声空化效应的影响和对薄膜微结构的调控，以及对PEC性能的影响，从而建立“超声化学反应参数（曝气、超声）-空化作用-结构形貌-传感性能”的内在联系。本项目的研究对于理解超声空化效应在化学合成表面微结构的物理化学调控机制具有重要意义，同时有利于进一步发展超声化学合成技术以及开发新型PEC系统。 | | | | | | | | |
| 1. 项目研究内容和拟解决的关键问题   本项目拟采用超声化学的方法合成CdS纳米微结构薄膜，在纳米材料合成生长过程中，通过向反应溶液中曝入气泡、改变超声参数等实现对超声空化效应的主动控制，实现微结构薄膜的可控生长，最终优化PEC性能。研究内容主要有以下两个方面：  **1.液相中可调控的空化效应对薄膜微观结构形成的影响及其机制**  （1）通过曝入不同气体的气泡，研究气体种类对于空化效应的影响，探究其对于纳米材料微结构的影响机制。  （2）通过改变曝入气泡的数量，研究溶液中气体含量对于空化效应的影响及合成材料结构与表面态的影响。  2.**超声化学反应参数、空化效应、结构形貌对PEC传感性能的影响**  研究不同条件下制备的硫化镉材料的光电化学传感性能，建立“曝气参数-空化作用-结构形貌-传感性能”之间的联系。  其中关键问题为：  1.空化效应在超声化学制备过程中起着至关重要的作用，其主要受到声场分布和气体分布两者的控制。而具体到实际的制备系统和过程中：超声发射的实际功率和频率、发射面积、发射相对位置、液相尺寸等因素都会影响到声场的分布；气体分布受到液相本身的物质种类、性状，温度的影响，同时又可以用曝气来主动增加气体的含量。因此，在加曝气的超声化学制备过程中，空化效应的强弱与分布受到诸多因素的联合 | | | | | | | | |
| 影响。要想实现此化学制备过程的可控，阐明上述超声条件、曝气条件与所产生的液相空化场之间的内在联系是首要的科学问题。  2.通过调整曝入的气泡数量、气体种类调节空化效应，优化硫化镉的光电传感性能，获得高性能的光电化学传感器。 | | | | | | | | |
| 1. 项目研究与实施的基础条件   1.所在具有进行反应的硬件配置，包括微纳米气泡发生器，超声化学反应系统和各种实验器材及药品。  2.项目指导老师课题组具有相关研究的研究经验，对于项目的合理性和方向性具有一定的理解。  3.具有完整的化学传感测试平台，确保合成材料能够快速的传感性能测试。 | | | | | | | | |
| 四、项目实施方案  1.**搭建超声化学反应平台**  搭建包括微纳米气泡发生器和超声化学反应装置  **2. 不同曝气条件对反应过程中空化场的影响研究**  通过改变曝入气体类型和气体数量，研究其对于超声空化效应的影响机制。  **3. 不同曝气条件和超声参数下的纳米材料形成机制研究**  在不同曝气条件、超声施加条件和环境温度等外部条件下，制备硫化镉纳米材料，利用X射线衍射（XRD）对产物进行结构分析，确定产物的晶体结构；采用扫描电子显微镜（SEM），透射电子显微镜（TEM）等分析进一步确定产物的微观形貌与结构；采用紫外可见吸收谱（UV-Vis）确定产物的吸光范围，计算禁带宽度；利用X射线光电子能谱（XPS）分析产物的元素价态分布。分析空化场与所生长薄膜的物性结构的关系，通过外部条件对空化场的调控实现对薄膜微结构的可控制备   1. **不同条件合成产物的PEC光电化学传感性能研究。**   基于不同微结构薄膜的电极构建PEC系统，利用电化学工作站测试其循环伏安 | | | | | | | | |
| 曲线，在某一氧化或还原电位下测试其对于某一特定物质的响应度及灵敏度。然后采用可变光强的白光或者各个波长激光器作为光源，测试其对于光强及波长的响应性。  **5. 建立“曝气-空化-性能”之间的内在联系**  将不同制备条件、空化效应、微观结构、PEC性能之间的关联性进行分析，找出变化的规律。建立“超声化学反应参数（曝气、超声、环境）-空化作用-结构形貌-传感性能”的内在联系 | | | | | | | | |
| 1. 学校可以提供的条件   1.理学院空间材料实验室有着良好的物理科研条件，具有进行试验的理想试验场所和支持完成试验的全部试验仪器  2.项目指导老师能够提供关键性的信息与方向性的意见；  3.学校已成立分析测试中心，配备有SEM，XRD，TEM等先进的表征测试仪器，为本项目所需要的测试提供了平台。 | | | | | | | | |
| 1. 预期成果 2. 探究曝入不同气体类型与数量的微纳米气泡对于空化效应得影响。建立曝气参数与空化效应直接的联系。 3. 测试不同条件下的合成产物的光电化学传感性能，得到产物形貌和表面态对于其传感性能的影响机制，并优化器传感性能，得到高性能的传感器。 4. 在此基础上总结归纳成果，发表论文1篇，申请发明专利1项。 | | | | | | | | |
| 1. 经费预算  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 开支科目 | 预算经费  （元） | 主要用途 | 阶段下达经费计划（元） | | | 前半阶段 | 后半阶段 | | 预算经费总额 | 20000 | 对材料进行购置，制备，测试，探究 | 11000 | 9000 | | 1.业务费 |  |  |  |  | | （1）计算、分析、测试费 | 7500 | SEM, AFM,TEM等表征测试 | 4000 | 3500 | | （2）能源动力费 | 3000 | 实验用气体N2等 | 1800 | 1200 | | （3）会议、差旅费 | 2000 | 调研花费 | 1000 | 1000 | | （4）文献检索费 | 2000 | 查新及相关文献检索 | 1000 | 1000 | | （5）论文出版费 | 1000 | 版面费 | 0 | 1000 | | 2.仪器设备购置费 | 0 |  | 0 | 0 | | 3.实验装置试制费 | 0 |  | 0 | 0 | | 4.材料费 | 4500 | 原料购买 | 3200 | 1300 | | 5.其他 |  |  |  |  | | | | | | | | | |
| 八、导师推荐意见  签名：  年 月 日 | | | | | | | | |
| 九、院系推荐意见  院系负责人签名： 学院盖章  年 月 日 | | | | | | | | |
| 十、学校推荐意见  学校负责人签名： 学校盖章  年 月 日 | | | | | | | | |
| 十一、省教育厅评审意见  单位盖章  年 月 日 | | | | | | | | |

注：表格栏高不够可增加。

西北工业大学大学生创新创业训练计划项目

创新训练项目申报补充信息

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目基本情况（补充） | | | | |
| 项目名称 | | 光电化学传感器的超声可控制备 | | |
| 所属学科 | | 材料物理与化学 | | |
| 指导教师1 | | 翟薇 | 联系电话 | 15114816416 |
| 指导老师2 | |  | 联系电话 |  |
| 指导教师对项目的  支持情况 | | |  | |
| 项目成员分工 | 姓名 | | 学号 | 项目分工 |
| 张杰 | | 2018302591 | 传感器的可控制备 |
| 崔莹 | | 2018302556 | 传感器的性能分析 |
| 薛丁维 | | 2018301531 | 数据的处理与拟合 |
|  | |  |  |
|  | |  |  |
| 项目立项依据（补充） | | | | |
| 1. 项目相关内容的国内外研究现状和发展动态   **1.光电化学传感器的研究现状**  光电化学传感器（PEC传感器）是近年来发展起来的一种基于生物化学识别过程的分析设备。早在1839年，Edmond Becquerel开创性地在电化学系统中发现了光生伏打效应，这一发现吸引了大量的追随者，并最终导致了现代光电化学领域的出现。在过去的十年中，电化学与光电性能的结合开创了PEC分析的创新领域，利用光激发活性物质，然后用电信号作为检测读出。PEC传感方法以其独特的路径和对各种分析物的检测性能而受到化学和生物分析学家的广泛关注。目前，光电化学传感器（PEC传感器）主要分为电位型（LAPS）和电流型两种。LAPS目前被广泛应用于离子的检测、PH的测定以及气体传感器，如Men制造LAPS可检测Fe,Cr,Hg，Seki使用离子载体修饰制造LAPS可检测K、Ca、Mg离子；电流型光电化学传感器的相关研究较多，目前集中在光电转换层材料的研究上，研究的材料主要包括：有机光电材料、导电高分子材料、纳米半导体材料以及复合材料，如Dong等以-联吡啶配合物为光敏材料，测定了生物素-亲和素的识别作用；多巴胺敏化纳米 TiO2 多孔电极成功应用于 NADH的灵敏光电化学测定等。 | | | | |
| PEC传感器的性能与所选材料以及表面微观结构密切相关。研究者们基于TiO2、CdS等半导体材料制备了各种不同的形貌与结构或者构建复合体系来提升其PEC性能。以TiO2为例，Tavella等人以工业丝网印刷的钛工作电极为阳极氧化材料，制备了多孔TiO2阵列修饰电极，并将其应用于多巴胺的检测。由于其具有较高的比表面积，为分析物的电化学测定提供了较高的灵敏度和较宽的线性范围。Li.等人通过离子交换法改性TiO2球壳，使其同时成为探测的载体和光电转换的衬底。特殊的空心结构为气体负载提供了大量的活性位点，使其具有良好的硫化氢气体传感性能。Wang.等人将金纳米棒修饰在自掺杂TiO2纳米线的表面，然后与血红素结合进行表面功能化。金纳米棒与TiO2的协同效应有效地提高了光致载流子的产生、分离和传递。  可以看出，对PEC工作电极半导体层微结构的设计与制备，成为调控PEC性能的研究热点。  **2.利用超声化学法制备微纳米材料**  超声化学主要是利用超声能量来加速和控制化学反应，提高产率、改变反应历程、改善反应条件以及引发新的化学反应。早在上世纪20年代，Loomis就首次报道了超声在化学和生物方面具有加快反应速率的效应；1980年，Neppiras首次在声空化的综述中使用了超声化学(sonochemistry）的术语。20世纪80年代以后，由于新型超声波设备的研制和广泛应用，超声波在化学中的研究得到迅速的发展，声化学受到了国际范围内的极大关注与重视。如今超声已被广泛应用于有机合成、催化，特别纳米材料制备。纳米材料由于其纳米效应，具有独特的力、热、电、磁、光和催化性能。纳米材料的合成依赖于生长的固液界面处特殊的传热传质和各向异性，而伴随着超声空化发生的一系列特殊物理、化学效应，超声场可以为纳米材料的制备提供理想的合成环境。如今，超声化学已经被应用于纳米金属、纳米氧化物、纳米催化剂等纳米材料的制备。  近年来超声技术被广泛应用于纳米材料的制备中。超声化学合成的零维、一维、二维及复合纳米材料(如PbS量子点、ZnO纳米片、棒状CdS阵列)在太阳能电池，光电探测，化学传感器等方面均有应用。在超声参数控制方面的研究表明，超声功率及频率对产物具有重要影响。Palomino Resendiz等人系统研究了超声功率对于SrFe12O9纳米颗粒的晶型和磁化强度的影响，发现随着超声功率的增强，产物中Fe3O4的结晶 | | | | |
| 程度不断提高，并且在120W超声功率下所制备的SrFe12O9颗粒具有最高的磁化强度。Venkatachalaiah等人研究了不同超声频率对于Eu3+掺杂Y2O3微观形貌的控制，发现提高超声频率有利于产物形貌由球状向叶状再到花状的转变。另外，也有研究表明超声频率对于电沉积纳米涂层的形貌有一定的影响。  可以看出，超声化学制备纳米材料是目前的一大研究热点，目前的研究而仅给出了超声控制条件和产物的联系，而没有对超声作用的核心物理机制“空化效应的强度和分布”进行描述。同时，对于影响空化效应的另一重要条件----曝气的研究十分缺乏。 申请人已开展了气体辅助功率超声化学合成的探索，实现了CuO基复合纳米材料的可控合成。  综合以上1、2两方面的研究进展，PEC传感器中的材料组成，晶型，结构，形貌等均对其性能有巨大的影响。而超声化学法在控制纳米材料形貌方面具有独特的优势，然而目前主要集中于对超声参数控制的研究，而忽略了曝气这一重要条件的影响。同时，由于缺乏对空化效应的定量表征，也尚未深入系统的研究超声对化学合成纳米材料过程中的调控机理。 | | | | |
| 1. 项目的技术路线、创新点与项目特色   技术路线：本项目基于搭建的超声化学反应平台实现硫化镉纳米传感器的可控制备，在制备过程中调整曝气参数等条件，制得样品后对样品进行结构、性能分析，得到“反应参数-空化作用-结构形貌-传感性能”内在联系。（技术路线图见下页）  创新点：关于溶液中气泡状态对于空化效应的影响不容忽视，但是目前研究成果并不充裕。我们的创新点在于从调控溶液中的气泡状态从而有效改变空化效应并控制化学反应过程入手，分别系统研究曝入气泡数量和气体种类对于空化效应以及合成的纳米材料光电化学传感性能的影响。  项目特色为在调控溶液中气泡状态时，我们选择了曝入气泡数量和气体种类作为变量。在研究气体种类的影响时，我们可以选择尝试氧气，氮气，二氧化碳气体，氦气等各类气体对于空化效应及其产物光电化学传感性能的影响，并在充分尝试后得到各类气体的作用；在研究曝入气泡数量的影响时，我们也可以通过实验得出变量的最优参数，达到优化其产物光电化学传感性能或者更有效地控制超声化学合成过程的目的。 | | | | |
| 技术路线： | | | | |
| 1. 项目研究进度安排   本项目研究预计一年时间，研究进度安排如下：  （1）2020.05-2020.07 搜集当前国内外资料，了解发展现状，阅读相关资料文献，掌握具体实验原理，制定初步方案；  （2）2020.08-2020.10 在实验室学习实验所用到的仪器及具体操作步骤，实验研究曝入气泡数量和气体种类对于改变空化效应的影响；  （3）2020.11-2020.12 改变两个变量，制备纳米材料并研究其光电化学传感性能，得到所有实验数据；  （4）2021.01-2021.04 分析实验数据及实验过程中是否存在问题，探究出曝入气泡 数量的最优参数以及不同气体种类的作用，完成论文。 | | | | |
| （四）项目研究已有基础  1.与本项目有关的研究积累和已取得的成绩  团队成员提前学习《固体物理学》《材料结构分析与方法》《纳米材料与技术》等内容，学习晶体的结构特性，学习微波水热法，CVD等制备方法的原理，学习XRD，SEM，AFM等表征仪器的原理。在实验室开始初步学习制备方法的具体操作。   1. 已具备的条件、尚缺少的条件及解决方法   已具备条件：  (1)材料制备方面：  美国 Sonics 超声波发生器 VCX-1600   微波水热仪   湿化学反应系统   真空/气氛箱式炉和双温区管式炉（ 1600℃）   电极蒸镀和溅射系统（含 Pt、 Au、 Ag 等多种电极材料）  (2)物性分析方面，可以测试样品的晶体结构、表面形貌、薄膜厚度等。拥有的仪器主要有：  高分辨率可变温 X 射线衍射仪  光谱椭偏仪（ SpecEI-2000-VIS) 薄膜厚度折射率测量  多功能原子力显微镜（ MFP-3D-SA） | | | | |
| 扫描电子显微镜  (3)物理性质综合测试方面，拥有如下测试仪器：   光电化学测量系统，包含电化学工作站、Keithley 6517B，6487，2400 精密电表、Newport白光光源以及单色仪、半导体激光器（波长为632.8、532、473、405nm 等）   Cryogenic变温物性测量系统 CFMS-14T，可引入光源照射Janis变温磁-光-电综合测试系统，可直接光源照射   Tek 500M示波器   Lakeshore 7307振动样品磁强计  尚缺少条件：无缺少条件 | | | | |

**注：表格栏高不够可增加。**