

2020年招生计划
三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介
1. 博士论文研究方向： 基于功能表面纳米结构的油水分离技术研究 选题类别： ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 ☐ 新开辟的研究方向 ☒ 已有研究方向的继续 ☐ 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 特殊润湿性表面，特别是超疏油/超亲水和超亲油/超疏水表面具有重要的应用价值，其中超疏油/超亲水功能表面更具应用前景，但因其实现困难，存在许多需要解决的学术和技术问题。本课题就是针对超疏油/超亲水表面，基于构造特殊微纳复合结构来研究超疏油/超亲水功能表面的制备方法，进而开发出油水分离技术。 1. 研究内容： （1）新型微纳复合结构超疏油/超亲水表面制备方法和其“反常”润湿性形成机理的研究 设计一种具备微纳米级形貌的基于含氟表面活性剂的超疏油/超亲水表面的构造方法。分析不同参数选择，如氟链长短、氟链形态、溶液配制比例、溶液浓度等对涂层疏油性和亲水性的影响规律。对制备的表面微纳复合结构的微纳米级特殊形貌进行测量并建立其表征体系，测量涂层表面活性剂在纳米尺度上的分布特征，分析所制备表面的油和水的润湿性，进而分析探索所构建的特定功能表面的微观特征对超疏油/超亲水性的影响机理和规律，掌握产生超疏油/超亲水这一特殊润湿性的机理。 （2）提高超疏油/超亲水微纳复合结构表面机械耐久性方法的研究 利用微纳尺度下摩擦理论和仿真分析的方法研究微纳复合结构涂层与基底间的结合力，并通过纳米压痕实验、刮擦实验、时间演化实验和连续工作实验等实验手段，研究影响超疏油/超亲水微纳复合结构功能表面的机械耐久性的因素。通过改进制备工艺，构造合理分布结构，提高微纳复合结构与基底结合力和结构自身稳定性，提高超疏油/超亲水微纳复合结构功能表面的机械耐久性。 （3）研究电场和紫外光照外部刺激对超疏油/超亲水涂层表面润湿性的影响规律 实验研究超疏油/超亲水涂层在外加电场影响下具有的润湿性的应激变化规律。通过引入TiO2、硅烷等光敏材料构造微纳形貌，实现超疏油/超亲水表面在紫外光照下的可逆润湿性变化，并利用表面物理化学理论分析其变化机理。最终实现多种手段下超疏油/超亲水涂层的可控润湿性。 （4）超疏油/超亲水涂层在可控油水分离上的应用研究 将涂层涂覆在多孔网状基底上构建具有油水分离功能的网膜，研究不同宏观结构，如网孔大小、线径、目数等参数对油水分离效率的影响，分别分析在电场和紫外光照下油的润湿/渗透特性，并设计相应实验进行验证，实现油水混合物的可控分离。 2. 研究目标 （1）构建微纳复合结构超疏油/超亲水表面，揭示其“反常”润湿性的形成机理，并建立超疏油/超亲水微纳多层复合结构涂层的制备方法。 （2）厘清所建立的超疏油/超亲水微纳复合结构涂层与基底间结合力的影响因素，据此改进涂层制备工艺以提高其结合力，进而提高超疏油/超亲水纳米多层复合结构功能表面的机械耐久性。 （3）掌握具有超疏油/超亲水涂层的油水分离网膜宏观结构参数对油水分离性能的影响规律，掌握所开发油水分离网膜在电场和紫外光照条件下的应激响应规律，建立有效的油水分离网膜表面油、水润湿性和流动特性的控制方法，利用这一方法实现油水分离网膜的可控滤过特性。 3. 关键科学问题 （1）建立并制备超疏油/超亲水功能表面的微纳复合结构，研究得到其微纳米级特殊形貌、表面活性剂纳米尺度特征与其超疏油/超亲水润湿性的关系，揭示其具有“反常”表面润湿性的机理。 （2）揭示微纳复合结构涂层与基底结合力的表面物理化学作用机理，建立有效提高超疏油/超亲水微纳复合结构涂层与基底间结合力的方法，提高其机械耐久性，使之满足实际应用需求。 （3）厘清所开发的新型油水分离网膜油水分离性能与基底宏观结构参数、电场、紫外光的内在联系，建立符合实际应用的油水分离有效控制方法。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 赵学增, “微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究”, 国家自然科学基金面上项目。
2. 潘昀路, “空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究”, 国建自然科学基金青年项目。
3. 赵学增, “基于纳米结构薄膜涂层润湿性的油水分离装置的研发”, 哈尔滨市科技局创新领军人才项目。

2020年招生计划
三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介
1. 博士论文研究方向： 核酸适配体-石墨烯FET纳米生物传感机理及可穿戴式应用研究 选题类别： ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 ☐ 新开辟的研究方向 ☒ 已有研究方向的继续 ☐ 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 高灵敏度、高特异性、响应快速的核酸适配体-石墨烯场效应管生物传感器可对人体分泌液蛋白质分子进行检测，在癌症早期诊断中具有广泛的应用前景。汗液中的白介素-6蛋白质分子浓度是胰腺癌早期诊断重要指标，利用可穿戴传感器对其进行实时检测具有重要的意义。本项目首先针对石墨烯表面修饰的核酸适配体与其目标蛋白质白介素-6分子亲和性结合进行研究，揭示其结合状态对石墨烯电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置影响的规律，从而揭示其传感机理。为使传感器更贴合人体皮肤表面，研究弯曲和扭转对石墨烯场效应管电学信号的定量影响规律，并建立消除其影响的方法。厘清汗液中的干扰因素对核酸适配体-石墨烯场效应管传感器特异性的影响规律并提高其响应特异性。在以上研究的基础上，开发针对汗液中白介素-6蛋白质分子浓度的核酸适配体-场效应管纳米生物可穿戴传感器实验样机。 1. 主要研究内容 (1) 核酸适配体与白介素-6 分子亲和性结合对石墨烯电学性能的影响机理 (2) 响应特性随弯曲和扭转变化规律的研究 (3) 汗液中响应特异性及其提高方法的研究 (4) 传感器性能的研究和可穿戴式柔性样机研制 2. 研究目标 (1) 获得核酸适配体与蛋白质分子亲和性结合的实验依据，明确核酸适配体与白介素-6 分子结合后的状态。揭示石墨烯表面功能化修饰的适配体与目标蛋白质结合对石墨烯电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置产生影响的传感机理。 (2) 掌握弯曲和扭转形变对核酸适配体-石墨烯场效应管传感器电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置影响的规律。 (3) 厘清汗液中的干扰因素对核酸适配体-石墨烯场效应管传感器特异性的影响规律并提高其响应特异性。 (4) 明确核酸适配体-石墨烯场效应管传感器对白介素-6 的传感特性并开发其可穿戴样机。 3. 关键科学问题 (1) 通过制备核酸适配体-石墨烯场效应管纳米生物传感器，以蛋白质白介素6 为测量对象，揭示石墨烯表面功能化修饰的核酸适配体与白介素-6 的结合对石墨烯电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置影响的规律，从而揭示其传感机理。 (2) 制备出柔性核酸适配体-石墨烯场效应管纳米生物传感器，建立弯曲和扭转与石墨烯场效应管电学性能中单位面积内可移动载流子数量、载流子迁移率和转移特性曲线电中性点位置的定量关系。 (3) 解释汗液中非目标带电分子、带电杂质、离子浓度、温度和酸碱度变化对核酸适配体-石墨烯场效应管传感特性的影响机理，并提出提高传感器响应特异性的方法。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 1. 赵学增，“微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究”，国家自然科学基金面上项目。 2. 潘昀路，“空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究”，国建自然科学基金青年项目。 3. 赵学增，“基于纳米结构薄膜涂层润湿性的油水分离装置的研发”，哈尔滨市科技局创新领军人才项目。

四、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字: _____ 年 月 日

五、所在单位党支部意见:

党支部书记签字: _____ 年 月 日

六、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：_____年 月 日

七、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项:

院长（系主任）签字：_____ 年 月 日

八、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）： 年 月 日