2022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： 基于微操作机器人的可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的研究

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

纳米液滴催化生长刻蚀是一种重要的纳米制造方法，通过该方法可以生长纳米线和刻蚀纳米级的沟道。该方法只能制造简单的一维结构（纳米线、纳米沟道），目前难以制造复杂的纳米结构，为了克服该方法的不足，制造出复杂的纳米结构，本研究采用微操作机器人技术，将“液滴操纵”和“纳米催化液滴刻蚀生长”相结合，提出一种可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法，相比于传统纳米液滴催化生长刻蚀、以光刻为主的纳米加工等方法，该方法具有可制造复杂的纳米结构、加工工艺过程简单、成本低和高加工分辨率的特点，将对纳米科技和半导体工业的发展具有重要意义。主要研究内容如下：

(1) 可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法机理的研究。在对液滴催化生长(VLS生长硅线)和液滴辅助刻蚀(液滴催化刻蚀石墨烯)机理分析的基础上，建立探针针尖、纳米催化液滴和基底之间力学模型，通过仿真研究温度、液滴大小、针尖到基底距离等参数对加工质量、效率等的影响，以及探针的自身参数(例如几何结构参数、材质和浸润性)对催化液滴的影响机制，以及对最终加工的影响，为可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的实验研究提供理论基础。

(2) 可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法原理验证的研究。为了验证可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的原理，构建既满足液滴催化生长(VLS生长硅线)或液滴刻蚀(液滴催化刻蚀石墨烯)环境条件，又能对纳米液滴进行操纵的实验装置，在液滴催化生长刻蚀的过程中对催化液滴进行操纵；实验包括两个层次的验证：基于微米级液滴和基于纳米级的可控液滴催化生长与刻蚀加工方法的实验验证。

(3) 可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的规律性研究。在可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法机理的研究的基础上，利用构建的实验装置，获得获得探针参数(几何结构参数、材质和浸润性)、温度、液滴大小、针尖到基底距离等参数对可控液滴催化生长与刻蚀加工的影响规律，确定可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工的最优化条件，为实验平台构建做准备。

(4) 可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工平台的构建。在对可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法机理、规律研究的基础上，搭建一套高效率、高加工质量的可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工实验系统，该平台是通过在扫描探针显微镜(STM, AFM)基础上，增加环境控制模块实现的，为可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工的最终应用奠定基础。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目：可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的研究(51675141)

2022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： 基于微型3D打印技术的磁驱动柔性机器人微制造技术

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

微型机器人是当代机器人领域的研究热点之一， 在医学、 微装配等领域有着广泛的应用前景。 由于尺度效应的存在， 微型机器人的结构、 材料和驱动方式都和宏观尺度上的机器人有着极大的不同， 需要利用各种外部能量进行驱动， 利用材料本身的柔性实现变形。 在各种驱动方式中， 磁驱动是最安全可靠， 控制效率最高的驱动方式之一。 本研究提出并实现基于微型3D打印技术的磁驱动柔性机器人微制造技术， 与其他加工方式相比， 可稳定提高微型机器人的制造精度， 实现多种不同外形的加工， 从而进一步加快微型机器人的应用。 为了使微型机器人能够在外磁场下发生变形， 需要使用均匀混合强磁材料磁粉的高分子聚合物来制造机器人。 为了让机器人具有足够的柔性， 必须选择固化较快的特定类型硅胶作为基材， 高精度3D打印制造受到时间限制， 打印时间稍长就会中断。 而由于现有强磁材料的物理特性， 磁粉本身大小难以降到微米以下， 既限制了3D打印的末端口径也影响了流动性。 材料的上述特性使得3D打印的几项基本要求——时间、 流动性和可叠加性都受到了严重限制， 最终导致磁驱动微型柔性机器人的微型3D打印难以实现。
为了解决上述技术问题， 本研究拟利用不同材料之间的表面亲和性差异来控制制造精度， 通过多次打印辅助材料来控制最终所需的外形参数。 提出一种基于微型3D打印技术的磁驱动柔性机器人微制造方法， 设计并实现不同外形不同参数紫外聚合物的打印过程， 搭建机器人微型3D打印系统， 实现高精度高重复性的可靠打印， 通过实验获得各种外形和参数对微型机器人在磁场驱动下运动参数的影响规律。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

机器人技术与系统国家重点实验室自主研究课题： 基于微型3D打印技术的磁驱动柔性机器人微制造技术(SKLRS201909B)