

四、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： 基于原子力显微镜的微纳米结构加工及应用

- 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

基于探针的纳米机械加工技术已经被证实是一种操作简单、精度高、对环境要求不高的纳米加工技术，可以在多种材料如聚合物、金属、半导体表面实现高精度的一维、二维、甚至是三维纳米结构的加工。然而，将基于探针的纳米机械加工技术推广应用的研究工作很少，将该技术与传统的光刻、镀膜、键合等工艺相结合制备出基于纳米结构的纳米传感器件，如纳流控芯片、拉曼增强基底传感器、纳米金属线传感器等，是目前该技术的一个重要趋势。因此，本课题在原有研究工作的基础上，采用基于探针的纳米机械加工技术加工微纳米结构，结合化学方法在结构表面生长纳米颗粒使拉曼增强效果更加明显，并与传统光刻、转印、键合工艺相结合，制备拉曼微流控芯片，并在微流控芯片确定的纳米结构位置检测拉曼信号，探索得到的纳米结构在纳米传感器件等方面的实际应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金优秀青年科学基金、黑龙江省自然科学基金优秀青年项目、黑龙江省头雁计划资助课题

四、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： 基于纳米切片法的纳米电极制备及应用

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

电化学已广泛应用于微电子、加工制造、化学工业等现代工业中，特别是在能源存储和转化、生命体系的代谢及各种生理现象过程中无处不在。然而，常规电化学电极由于一维尺度较大导致其产生化学物质扩散传质速率较低、检测极限高、响应时间长等缺点，同时，其测得的结果是纳米晶在宏观尺度上组装之后的平均信息。因此，如果要进一步深入了解纳米晶的“本征”电化学性质，就需要进一步降低电化学电极一维尺寸，制备纳米电极在能源、化学以及生物等多个领域具有着重要的意义。

相比于常规电极，纳米电极具有如下的特征：检测极限极低，在人发微量铅测量中检测极限达0.1ng/mL；响应时间极快，时间常数低至纳秒级，可用于测量快速/暂态电化学反应；电极的电压小，可用于高阻抗介质或无电解质溶液的电化学研究；同时，电极的一维尺寸极小，确保了实验过程中得到的是单个纳米晶的“本征”电化学信息。目前，对于纳米电极的制造要求为：低成本、高效率、高可重复性，才能满足产业化的需求。然而，现有的密封法、成型法、沉积或涂层法以及附着法等电化学纳米电极制备方法存在工艺流程繁杂，尺寸可控性差等缺点。而传统的光刻加工虽然可以制备可控尺寸的纳米电极，但也存在加工设备的成本高、加工效率低等缺点，此外，这些方法制备的纳米电极长度较小只能承受极小的测量电流（<1nA），容易受到外来信号干扰，不能满足电化学电极的要求。因此，目前现存的加工手段还不能满足纳米电极制备的迫切需求，需要寻求新的纳米加工方法。2004年哈佛大学Whitesides教授团队首次将其用于纳米结构的制备过程中，被称为“纳米切片”技术。采用该技术得到尺寸可控的毫米长度纳米线。然而，这种方法在采用直线刃金刚石切片刀加工纳米薄膜形成毫米级纳米线的加工机理、纳米线连续性影响因素和纳米线内部缺陷形成机制等科学问题亟需解决。同时，在纳米线加工精度、加工完整性方面还很难满足电化学纳米电极对纳米金属线的高精度、高完整性加工的需求，目前将该技术应用于纳米电极的制备仍然存在许多技术难题。因此，在原有研究工作的基础上，以毫米长度纳米线为加工对象，解决采用纳米切片法制备纳米线的特征尺寸、内部缺陷、连续性不可控等问题，继续深入开展单线及阵列纳米电极的制备及其与纳米精度扫描定位装置集成研究为获得纳米空间分辨的电化学反应动力学信息提供技术支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金重大科研仪器研制项目、国家自然科学基金优秀青年科学基金、哈工大青年科学家实验室建设项目