

2019年招生计划

六、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： 基于二维材料的器件结构光诱微区纳米连接制造基础研究

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

2016年7月发布的最新国际半导体技术路线图做出的预测指出，在经历了50多年器件微型化道路的技术研发之后，晶体管的尺寸可能将在5年以后停止缩减。以二维材料功能性电子器件为组件，碳纳米管作为互连导线实现跨尺度互连，最终实现三维微纳米集成电路是未来发展的趋势。

二维材料光电器件是微纳电子领域发展的战略新型部件，以碳纳米管、二维材料为基本构建单元，实现复杂形状的碳纳米管互连结构、二维材料结构构建，并最终将其应用于纳米电子器件，不仅成为了新型功能型器件发展的重要分支，而且也是当前世界各国研究的重点。

开展基于新型纳米材料和纳米功能性器件的基础科学研究，不仅是促进纳米科学技术产业化的必由之路，更是我国经济与社会发展重大战略需求。

课题主要研究内容：

1) 纳-微-宏跨尺度运动与光诱微区能场耦合行为及其协同调控技术；

探索多种参数作用的微区能场的调控方式是实现微区能场纳米制造的关键。纳米线-线、线-板的之间定点互连是钎料分子原子运移和转换的作用结果，多场并存及耦合下的微区能场对于钎料原子分子的相互作用还属于研究空白。研究微区能场对互连点成形行为的诱发规律及其对纳米连接的影响规律，确定微区能场的调控策略，获取不同微区能场对纳米互连点的成形行为的影响规律是确保纳米连接工艺实施的关键。

2) 微纳作业工具/环境对纳米尺度对象操作的影响规律；

探索不同能量输入对纳米材料表面和界面原子的响应、运动方式及规律，是研究纳米连接接头的形成并提高接头性能的重要理论依据。在宏观和微观尺度上对连接接头施加不同载荷并观察和表征其失效形式较易实现，大多已有相关设备。然而，在更小的纳米尺度对载荷的控制和施加仍是待解决的技术瓶颈。根据不同材料的特性和跨尺度的连接方式，针对纳米连接接头对不同载荷的响应，研究接头性能和失效机制是评价高性能连接技术的关键，并能为连接工艺的控制和连接及测试装备的研制提供依据。

3) 基于光诱微区能场的纳米尺度同质/异质材料可控纳米连接工艺技术；

复杂微纳尺度定位操作与光诱微区能场协同可控纳米连接技术。超精密制造的尺寸与精度量变超过一定尺度范围，纳米尺寸效应将导致纳米制造能场作用规律和制造原理的质变，纳米作业工具与作业对象存在复杂的分子间作用力、静电力、粘附力、阻尼力等交叉相互作用，将对纳米操作的定位精度产生较大影响，制约复杂纳米功能性结构的构建，因此探究作业工具/环境与操作对象的交互作用、微纳操作的跨尺度运动耦合及动态误差补偿是研究复杂微纳跨尺度定位操作的关键。另外，纳微宏跨尺度连接技术是纳米制造、新型器件开发的技术瓶颈，因受作业环境/材料等因素、激光衍射极限等条件的制约，可控纳米连接技术成为亟需解决关键共性技术问题，因此基于纳微宏跨尺度操作的光机电协同控制技术，探索光诱微区能场可调控技术及其可控纳米连接技术，将为集复杂微纳操作与激光可控纳米连接装备研制提供可靠的技术支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

选题依托国家科技部重点研发计划项目课题“三维跨尺度纳米操作和激光可控纳米连接的工艺技术与装备及应用”，课题编号：2017YFB1104903。

2019年招生计划

六、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： 金刚石微槽道激光复合射流精密去除加工工艺基础研究

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

随着卫星向着高空间分辨率、高时间分辨率、高定位精度和高授时精度发展，现代卫星大量使用高功率密度元器件和部组件，该类设备包含大量的电子器件，工作状态下会产生大量的热，狭小空间内高热流密度元器件和部组件的热控技术已成为制约卫星通讯、武器装备以及国防科技发展的重要因素。金刚石微槽热沉由于其超高性能导热特点是新一代卫星热控需求的首选，但是目前金刚石本身具有极高的硬度和化学稳定性，传统的机械方法难以实现金刚石微结构的加工。所以金刚石微表面结构的加工必须采用一些特殊加工技术。目前常用的加工技术有模型复制技术、离子刻蚀技术、选择性生长技术和激光加工技术等，这些方法的共同特点是没有刀具直接加工坚硬的金刚石材料，回避了该领域的主要困难因素，但是还存在加工效率低、深宽比小、表面质量差等问题，激光复合射流微细去除加工作为一项新型复合加工技术，针对目前金刚石微通道的加工是一种行之有效的加工手段之一。通过对激光与射流耦合能束及其与金刚石材料的作用机制研究，获取耦合能束微细加工微通道的工艺规律，对于提升我国热沉系统研究、提升卫星性能等具有重要意义。

课题主要研究内容：

1. 微尺度下的激光与射流耦合能束的物理特性及多场耦合去除金刚石材料物理模型的建立

微观状态下的高速稳定的微细射流与激光束的相互作用会引起液束物理性能的改变，其耦合能量效应、流场、热力效应、液束质量等需要通过微观效应下的激光与材料相互作用、流体理论、传热学理论、微观力学等综合研究，建立微观效应下的多场耦合去除材料物理模型。包括射流对激光作用等离子体产生的影响、射流作用工件产生溅射对作用工件的激光能量分布的影响和激光与射流同时作用时材料去除过程的理论模型等。

2. 激光与微细射流耦合机制及实现方法

根据耦合原理，激光束焦斑与微喷射孔径之间必须有合适的相对位置，才能保证激光束与射流有效耦合。需要解决激光与射流入口位置姿态对耦合效果的影响、激光在射流中的传输行为和不同波长、不同脉宽和不同能量的激光在射流中的传输效果、以及激光能量分布特性与射流参数耦合匹配性等问题。同时微喷射孔径很小，激光束位置稍有偏差，就会影响耦合效果，甚至会烧损喷射孔，因此要突破流动射流中微细聚焦光斑位置、微喷射孔位置检测等技术难点，研究微聚焦光束与微喷射孔校准微调等耦合实现方法。

3. 金刚石材料的激光与射流复合微细高效去除工艺技术

高能量激光与射流耦合作用产生的温度应力以及冲击力会造成金刚石槽边的崩边和裂纹等缺陷。因此在加工过程中必须控制激光参数、射流参数、运动速度、作用角度等工艺参数，合理调控不同加工位置的工艺参数实现高效高质的金刚石微槽的加工，针对复杂结构的金刚石微通道热沉进行微槽加工的工艺参数优化，实现工艺参数与微槽质量的工艺匹配。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

选题依托国家科技部重点研发计划项目“激光高精度快速复合制造工艺与装备”，项目编号：2018YFB1107600。