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： ******薄壁复杂结构件激光复合磁流变液精密磨抛机理及关键技术研究

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

现阶段，我国新一代卫星如通信卫星、“ 气象”卫星、“资源”探测卫星、“北斗”导航定位卫星，对高精度、高可靠、长寿命惯性导航仪提出了迫切的应用需求。在各种高精度惯性导航仪中，半球谐振陀螺（Hemispherical Resonator Gyros，简称HRG）即是一种极具发展前景的新型高精度惯导级陀螺，它可在空间连续工作15~20年，耐高冲击（500g）等优点，尤其是其长寿命工作特点，非常适合在空间飞行器等长时间工作场合使用。另外，因半球谐振陀螺无需温度控制，可工作在-54℃-105℃范围内；工作启动时间快、抗电子干扰能力强；供电中断仍能工作达30min，并具有核穿越能力等特点；尤其是具有特有的关机抗辐射能力特点，即使在短时间关机后再开机，仍能继续指示出载体当前的惯性坐标。这对核辐射环境下装备系统的生存提供了新的技术保障。它是卫星制导、巡航导弹、洲际导弹等尖端武器装备的最优导航与精确定位惯性器件。因此，半球谐振陀螺是长寿命卫星和航天飞行器等尖端武器装备中最有应用前景的高性能惯性导航仪之一，更是空间任务（长寿命卫星与深空探测器等）的最佳选择，它与激光陀螺、光纤陀螺等被并称为现阶段及未来高精度惯性导航仪器的主宰。由于半球谐振陀螺所构建的星载惯性测量系统完全能满足卫星应用的各种严格要求，国内航天航空等许多用户单位对半球谐振陀螺的研制寄予了很大的希望，并提出了明确的型号需求。在广泛的需求背景下，迫切需要加快半球谐振陀螺技术的研究步伐，使之尽早应用到我国各种卫星、宇宙飞船中，以提高我国的科学研究实力。

目前仅美国和俄罗斯拥有半球谐振陀螺核心器件******薄壁复杂结构件的超精密加工关键技术与装备，并只有美国在其长寿命卫星、飞船及战略巡航导航等尖端装备中得到实际应用。关于******等硬脆材料薄壁复杂结构件的超精密加工技术与装备，美国、俄罗斯等发达国家长期对我国进行严密技术封锁。因此，我们必须要加紧该类复杂结构件制造工艺与装备技术的攻关，研制出具有我国独立自主知识产权的超精密加工工艺技术与装备。现阶段，我国正积极开展******零件的超精加工专用设备、磨抛加工工艺、表面变质层控制及表面检测等相关关键技术等方面研究，力求尽快研究出具有独立自主知识产权的半球谐振陀螺仪，使半球谐振陀螺这种最先进的导航系统能真正用于我国尖端武器装备的精确制导与定位。因此，开展******等硬脆材料薄壁复杂结构件超精密加工技术与装备的研究，对突破国外技术壁垒，形成我国自主创新的新产品、新技术和新装备有着极其重要的战略意义与实用价值。

由于******薄壁构件为硬脆材料，其超精密磨削过程中加工表面极易出现脆性凹坑及微小裂纹等表面缺陷，即处于脆性域磨削方式，零件加工表面质量不高会使其声学性能受到严重衰减，导致陀螺系统的导航与定位精度降低，而其超精密抛光过程存在加工效率低等问题，限制其在长寿命卫星等航天航空尖端设备中的广泛应用。因此，该博士论文的研究工作将重点研究该硬脆材料的激光复合超精密磨抛加工机理，研究激光预热作用对磁流变抛光液黏度特性、磁化率及剪切力的影响，建立超声波磁流变复合抛光模型，对激光辐照与超声波复合作用下的材料去除特性进行分析，为高效率的磨抛加工提供理论基础和参数依据；同时，对该薄壁复杂结构件的超精密磨抛表面质量影响因素及磨抛工艺参数的优化选择进行深入研究，可为该类核心器件的超精密加工提供关键技术支撑和理论依据。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题主要依托科技部重点研发计划“增材制造与激光制造”专项“激光高精度快速复合制造工艺与装备”中的“激光复合磁流变液精密磨抛加工工艺与装备”课题（编号：2018YFB1107605），课题经费来源充足。

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： ******微尺度约束材料去除机理及其关键工艺装备研究

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

在光学、电子、能源以及相关国防和尖端武器装备等领域，因工作系统工作性能要求的不断提升， 对其中涉及到的核心关键元器件也提出越来越高的设计和加工要求。这些元器件在整个工作系统中起到了至关重要作用，其加工质量直接与整个系统的工作性能密切相关，加工质量好坏甚至会直接导致系统瘫痪与失效。现阶段，这些元器件向着小型化和微型化方向发展，为实现特殊物理领域的相关功能，需要在毫米级尺寸零件上制备微米级尺寸微结构，并且加工精度和加工质量具有严格的要求。随着相关领域的快速发展，该类零件的高质量、高效率制备已经成为限制相关系统发展和综合性能提升的关键问题。因此，探索微尺度复杂结构件的实现机制、加工材料去除机理及相关工艺装备研制，可推动相关科学技术领域的发展，对提升国内基础科研和国防建设能力具有重要意义。

该博士课题将围绕微空间尺度约束下典型复杂微结构表面的形成过程、微空间尺度加工工具与工件材料耦合作用机理以及加工工艺装备研制的问题，从激光、微刀具与复合材料间耦合作用关系、加工系统动力学特性对微结构复杂轮廓特性控型的影响规律以及相关工艺装备研制等方面展开深入研究，建立飞秒激光作用下材料对激光能量吸收的数学模型，以及工件材料中电子和晶格之间相互作用的能量传递理论模型；建立适合于实验材料微空间尺度约束的超精密切削加工有限元仿真模型，分析刀具刃倾角和切削刃钝圆半径对超精密切削过程的影响机制；开展加工系统微扰动特性研究，仿真模拟复杂微结构件的装夹动力学过程，探索弱刚度夹具及薄壁工件的变形机制。该博士研究工作将会为复杂微结构功能性设计材料稳定可控去除提供理论依据和指导。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该博士课题主要依托军科委基础加强项目（编号：******），经费来源充足。

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： 极端条件下光学元件加工表面微纳缺陷诱导损伤机理与完整性评价技术

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

在强激光武器、激光驱动惯性约束核聚变、超高速飞行器等国防与尖端领域，需要用到数以万计的高精度、高质量、近无缺陷的光学元件。这些光学元件在服役过程中承受着高能量、高功率强激光辐照和强冲击加载等极端条件，在如此极端使用环境下光学元件加工过程中引入的微纳米量级缺陷会对元件的使用性能和寿命构成严重威胁。随着世界军事技术的发展，我国国防与尖端武器领域对高新技术装备的发展提出了迫切需求。例如，作为激光核聚变与核物理实验核心研究基础的大型高功率激光装置，其输出能力朝着极限水平发展。因此，光学元件抗损伤能力已成为装置和系统性能进一步提升的关键问题，而探明极端加载条件下缺陷诱导损伤机制是实现光学元件近无缺陷制造技术、提升元件抗激光损伤能力需解决的首要科学问题。

该博士课题将围绕强激光、高冲击等极端条件下，光学元件加工表面微纳缺陷诱导损伤机理及加工缺陷评价这一科学问题，从光学元件加工表面微纳缺陷诱导损伤的演变机制及其对抗冲击损伤能力的影响等方面开展深入研究，全面表征光学元件加工表面微纳缺陷特征参数及其在强激光、高冲击等极端条件下的综合特性，进一步揭示微纳缺陷诱导损伤动力学行为的内在物理机制；获得元件对损伤最为敏感的危险缺陷种类和尺寸范围，并建立光学元件加工表面微纳缺陷损伤性能评价新方法。该博士研究方向属于国际前沿和热点，博士课题的研究具有极强的多学科交叉特色，研究工作可为提升极端服役条件下大口径光学元件抗损伤能力和使用寿命提供理论基础，并为其超精密加工、激光预处理及加工缺陷控制等提供重要参数依据。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该博士课题主要依托国防基础科研“核科学挑战专题（编号：******）”和军委科技委基础加强重点项目“******缺陷诱导损伤机制研究”（编号：******），经费来源充足。