

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： 超洁净精密制造技术

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

本项目针对激光惯性约束聚变国家重大科学工程对洁净技术的迫切需求，首次提出超洁净制造技术的概念，围绕精密超精密加工表面与污染物的界面作用机理、高能激光系统中超洁净表面状态的演化规律及失效机制、超洁净表面的创成和控性制造等科学问题，开展超洁净制造的基础理论与关键技术研究。综合运用机械、激光、表面物理化学等学科的理论和方法，研究精密超精密加工表面微观形态和亚表面损伤与污染物的作用机理，揭示制造过程和使用环境对超洁净表面形成和演化的影响规律，进而探索加工表面、亚表面污染物去除的新方法，研究超洁净表面的检测技术并建立评价标准，获得高能激光系统使役过程中超洁净表面状态的时空演变规律。在此基础上，提出超洁净表面制造新工艺，建立高能激光系统环境模拟平台并进行实验验证，最终实现高能激光系统的超洁净制造。研究成果将为我国激光惯性约束聚变装置的研制提供关键技术支撑，并促进其它高技术领域超洁净制造技术的发展。

主要内容(1) 介质条件下精密表面加工机理研究

洁净和污染在一定条件下是个可逆过程，但结构表面最终可实现的洁净度与材料特性和加工工艺密切相关。为获得保证精密零件精度和加工效率基础上满足超洁净需求，需研究不同介质条件对典型光学材料及相关材料(如Al合金等)的超精密加工去除机理，进而为获得低残留、高质量、超洁净精密表面提供前期基础和技术支撑。

① 介质条件下光学元件及相关材料超精密加工仿真模型建立；

② 超精密加工机理及表面、亚表面形成过程表征研究；

(2) 介质环境对超洁净表面质量的影响规律研究

在洁净表面的制造过程中，一般要加入特殊的介质，如切削液、抛光液和煤油等，这些加工介质势必要造成表面环境的污染，介质变成了污染物，这些污染物不仅包括颗粒，有时还包括多种的有机物，这些污染物在切削力和切削热等外界因素的联合作用下，会对表面及亚表面造成污染，势必影响表面及亚表面洁净度，必须要研究这一过程中污染物对表面的作用机理和控制方法；

① 介质与工件表面及刀具表面作用机理；

② 介质对材料去除过程及表面、亚表面质量影响研究；

(3) 极端条件下污染物与精密表面、亚表面作用机制研究

通常有机污染物（典型如润滑脂、烷烃类等）、无机污染物（典型如粉尘颗粒、）与精密表面完整性，亚表面损伤演化的影响作用既有渐变的长效累积过程，即有机污染物和无机污染物发生集聚效应，共同作用与器件的精密表面及亚表面，在其表面内部扩散；亦有突变的速效过程，尤其是在强辐射、高温度梯度、高真空等极端条件下，对污染物的粘附、转变、扩散传播规律有重要影响，进而严重精密零件的洁净质量、使用性能。有必要研究有机、无机污染物对器件的精密表面及亚表面作用机制变化及变化规律。

① 污染物在工件表面的集聚效应等长效作用机制研究；

② 精密表面形貌对污染物吸附机理及洁净质量影响研究；

③ 极端条件下污染物对精密表面、亚表面洁净质量影响研究；

(4) 精密工件表面、亚表面污染物去除机理研究

精密器件在制造和使用过程中不可避免存在污染问题，如何在保证精密器件精度条件下实现污染物有效去除，获得高洁净质量。

① 物理场作用对精密表面、亚表面污染物去除机理影响；

② 介质环境下清洗剂对污染物去除机理及洁净质量保持影响研究；

③ 污染物吸附、去除实验及洁净工艺研究；

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点项目“高能激光系统超洁净制造的关键基础科学问题研究”(项目编号：51535003)和黑龙江省自然科学基金项目“高真空、强辐射下精密零件的洁净制造相关问题研究”(项目编号：E2015007)神光III原型装置开放式新终端组件, 国家重大专项, JH20150984