2021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： 飞秒激光直写光波导技术研究

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

一、研究背景和意义

芯片制造工艺及装备是当代电子信息技术的基础和核心，是推动工业化和信息化结合的必由之路。高性能芯片的研发能够满足新一代信息技术发展的内部需要，是国家重点发展的前沿技术之一。以光束作为通讯媒介的光互连具有远小于电互连的信号衰减和功耗、高开关速度、更大的传输带宽以及更低的信号串扰和巨平行处理能力等优点。发展光互连技术，对于提升芯片性能，促进光通信、光信息处理、光计算等技术的革新以及推动航空、航天、通讯等领域高端装备的发展具有重要意义。根据信道的不同，可将光互连技术分为自由空间互连、光纤互连和波导互连。其中，波导互连适用于芯片内或芯片间的互连，能够提供高密度的互连通道。因此，芯片向高集成、高传输效率方向发展，离不开良好的光波导制备工艺。

针对由无机介电材料构成的耦合器等光波导互连器件，研究脉冲时空整形飞秒激光直写光波导互连器件技术，揭示激光脉冲的时空分布对材料局部结构形性的协同调控机理，明确飞秒激光辐照在材料内诱致的波导结构形性对波导内光信号传输模式和损耗的影响机制，在波导结构直写过程中同时实现波导模式和传输损耗的精准调控，形成低损耗、多功能、高稳定性的光波导互连器件的制造工艺调控策略，进而为我国高端装备制造与波导互连技术发展提供理论与技术支撑。

二、研究内容

计划拟从如下四个方向进行研究：

(1) 研究飞秒激光辐照诱致的能量耦合与无机介电材料物性演变机制

研究飞秒激光辐照时激光光子与材料电子相互作用的非线性瞬态物理过程，从电子、原子层面建立描述光-材界面的能量、吸收、传递过程及其诱致的无机介电材料等物性演变的高逼近物理-数学模型，揭示飞秒激光脉冲的时空分布对材料局部光、力、热等物性的影响机制。

(2) 研究无机介电材料局部结构形性的飞秒激光协同创成机制与调控策略

研究飞秒激光辐照时光-材界面的电离、温升、熔化、汽化等局部瞬态行为，建立光热、光流体等效应协同作用下材料局部结构成形成性的动力学模型，揭示飞秒激光辐照对材料局部结构形性的协同创成机制以及激光脉冲的时空分布对局部结构形性的影响机理，并探索基于脉冲时空整形的结构控形控性策略。

(3) 分析波导结构形性对波导内光信号传输行为影响

研究光波导互连器件内光信号的传输行为，建立飞秒激光辐照在材料内诱导产生的局部与整体结构形貌及其物性改变对波导内的波导模式和光信号传输损耗的映射关系，明确光波导互连器件工作性能的提升对波导结构形性的需求。

(4) 探索基于飞秒激光直写的光波导互连器件性能调控策略

建立飞秒激光直写工艺参数与波导结构形貌和物性以及光波导互连器件性能的映射关系，明确由无机介电材料构成的低损耗、多功能、高稳定性的光波导互连器件对工艺参数的需求，形成光波导互连器件的飞秒激光直写工艺调控策略。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

重点研发计划项目

2021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： 高模量碳纤维树脂基复合材料纳飞秒激光精密加工技术研究

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

一、研究背景和意义

在国家载人航天、深空探测、卫星遥感等装备需求的牵引和推动下，由新型材料组成的高性能构件的制造成为了十分重要的前沿技术。目前在航空航天领域，飞行器的承力结构、蒙皮结构等大量采用了高模量碳纤维增强树脂基材料(CFRP)，其具有低密度、高强度和抗疲劳性好等优点，可实现飞行器的减重、发动机推重比提高等，对实现飞行器的高使役性能至关重要。这些高性能构件中的高模量CFRP制品虽是热压一体成型，但成型后由于切割、装配等需求，减材加工必不可少。构件的应用场合对加工精度和质量提出了较高的要求。

针对高模量CFRP构件的精密制造，研究纳秒-飞秒双脉冲激光复合精密蚀除技术。计划研究揭示气体环境中双脉冲激光辐照诱致的能量耦合与材料物性转换机制，阐明双脉冲激光复合能场作用下材料蚀除的动力学过程，明确加工表面结构的形性创成机制，建立工艺参数与加工表面形性的映射关系，实现CFRP构件的高质量、高效率、高精度、低损伤的加工，从而为我国高端装备制造提供理论基础与技术支撑。

二、研究内容

计划拟从如下四个方向进行研究：

(1) 研究纳秒-飞秒双脉冲激光辐照时的能量耦合及其诱致的材料物性转换机制

研究光热、光化学等效应下的激光光子、气体分子、材料内部电子（基体相和增强相）耦合作用的线性和非线性瞬态物理过程，分析光-气-材界面的能量吸收、转换与传递行为，从电子、原子、分子层面建立能量耦合及材料物性演变的高逼近物理-数学模型，揭示纳秒和飞秒激光的时空协同作用及辅助气体对CFRP材料受激电子时空分布和局部物性的影响机制。

(2) 研究CFRP材料的纳秒-飞秒双脉冲激光蚀除动力学过程

研究材料基体相、增强相及其界面在双脉冲激光作用下的温升、熔化、断裂等蚀除过程，建立光热、光化学等机制协同作用下的蚀除动力学模型，分析纳秒和飞秒激光的时空分布、辅助气体对CFRP材料蚀除过程(从瞬时、局部到持续、整体)的影响机制。

(3) 研究纳秒-飞秒双脉冲激光辐照诱致的CFRP材料表面结构形性创成机制

分析光-气-材界面的温度场、应力场、流场等对CFRP材料加工表面形性的影响机制，明确热影响区、分层、拔丝等缺陷的形成机理，揭示材料基体相、增强相及其界面的蚀除行为对表面结构形性的创成机制，建立加工表面的质量评价体系。

(4) 探索CFRP材料纳秒-飞秒双脉冲激光精密加工表面的高品质控形控性策略

针对高模量CFRP材料复杂型面与精细结构，开展纳秒-飞秒双脉冲激光精密加工的基础工艺研究，分析双脉冲激光参数、扫描参数、环境参数等对加工效率、加工精度、型面公差、缺陷分布的影响规律，建立工艺参数与表面形性的映射关系，探索高质量、高效率、高精度、低损伤的高品质工艺调控策略。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

重点研发计划项目