

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： HAMR磁头/磁盘界面多工况耦合传热机制与热损伤机理

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

选题背景及意义
信息存储技术作为大数据时代的关键技术之一，正向着数字化、网络化及海量化等方向发展。作为信息存储技术核心载体之一的磁盘是一类非常精密的微机电系统，磁盘磁头的设计、制造属于超精密和微纳米范畴。为满足大数据时代对磁存储超大容量与快速读写的发展需求，需不断增大磁存储密度，从而要求不断降低磁头的飞行高度和减小磁记录颗粒尺寸。目前，磁头的飞行高度已降到了1-2 nm，接近极限飞行高度，极易发生碰撞。此外，磁记录颗粒尺寸减小到一定尺寸，由于超顺磁极限的存在，将使得磁存储变得极不稳定。因此，探索新的磁存储方法，降低单个磁介质颗粒尺寸，克服超顺磁极限，提高存储密度，显得尤为重要。
热辅助磁存储技术（Heat Assisted Magnetic Recording, HAMR）是为了克服磁介质颗粒减小到一定程度后，因超顺磁极限的存在对磁存储密度进一步增大的限制，可将磁记录的面存储密度进一步提高。采用HAMR技术可以进一步降低磁存储颗粒尺寸，提高磁存储密度，将成为下一代磁存储发展的主流方向之一。

主要研究内容简介
通过微/纳米力学性能、表面形貌和磁性能检测实验，研究HAMR磁头磁盘与普通磁头磁盘的表面形貌、各层厚度、主要力学和热学性能的差异程度，以及HAMR磁头激光加热能量转换器的类型与几何参数等指标，分析HAMR工作过程中热、力学响应与变化规律。
通过广泛调研、了解和系统的归纳分析，确定可应用于HAMR磁盘的润滑剂与硬碳保护层种类、材料特性等主要参数，对润滑剂和硬碳保护层（DLC）常规加热过程进行分子动力学模拟与实验研究，得出高温下润滑剂解吸、降解与氧化的产生机理、影响因素与影响规律，以及对DLC涂层微观分子结构改变的影响规律与控制方法。并对TFC磁头与HAMR盘面加热过程进行理论模拟与仿真，研究加热时DLC硬碳保护层、磁记录层、基体层等各层厚度参数及弹性模量、屈服强度等材料特性参数对磁盘温升与应力分布的影响规律及控制方法，为后续研究其损伤机理提供基础依据。
运用有限元、流体力学等理论对HAMR热控飞高磁头飞行状态进行理论建模，在传统的热控飞高磁头的基础上，仿真模拟HAMR中热引入对磁头飞高热凸起的影响规律，并研究高温对气浮轴承的影响，综合求解雷诺方程、热传导与近场热辐射方程，研究纳米间隙下磁头的飞行姿态和飞高变化规律与调控方法。
结合润滑层、硬碳保护层（DLC）及磁记录层热损伤机理，研究各层几何参数、材料参数、激光加热参数与光转换器参数等对磁头/盘界面热损伤的影响规律，对各主要参数进行无量纲化，并建立主要参数对热损伤规律的数学模型，对各设计参数的取值范围进行优选；试验验证理论模型与数学模型的准确性，建立激光加热参数、能量转换器参数、盘面几何参数及材料参数优化评价体系。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目“热辅助磁存储纳米间隙磁头/盘界面多工况耦合传热机制与热损伤机理”（62万元）可提供经费支持。

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： 基于光学超材料的光场调控技术研究

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

选题背景及意义
超材料是21世纪新兴发展方向之一，被誉为“六大颠覆性基础研究领域”、“十大关键领域”、“年度十大科学突破”等。通过在材料关键物理尺寸上的结构有序设计，可突破某些表现自然规律的限制，获得超出自然界原有普通物理特性的超常材料。其重要意义不仅体现在几类主要的人工材料上，最主要的是它提供了一种全新的思维方法——人们可以在不违背物理学基本规律的前提下，获得与自然界中的物质具有迥然不同的超常物理性质的“新物质”。
光学超材料是超材料发展的起源，也是近几年微纳光学与精密机械的发展热点。光学超材料指一些具有天然材料所不具备的超常光学性质的工程设计材料，如左手材料，二维介质超表面等。通过光波和特征尺寸下的光学结构的相互作用，对光波的相位和幅值等进行调控，进而控制光场和光波的前进方向等特性。光学超材料在超分辨成像，集成光电系统，微纳加工制造，微纳操纵技术，光学隐身，太阳能电池，信息的高密度储存等方面具有广阔的应用前景。
本课题旨在研究光学超材料超常参数的形成，对光场分布进行传统材料不能完成的调控，探索采用结构设计与材料研究相结合的方法，以功能需求为导向，阐明功能调控光学超材料/超表面的设计方法，并揭示其光波调控机理与控制方法。

主要研究内容简介
(1) 对国内外现有的光学超材料设计理论和加工方法，进行系统地研究，分析各种设计方法理论上能够实现的最大有效作用频段及现有制造技术手段实现微纳加工的可能性。综合各种设计方法的优缺点，针对军用、民用的需求，同时考虑特殊微纳结构加工制备的难度，提出一种新型的、具有实际应用价值及加工可行性的光学超材料/超表面微结构单元模型。
(2) 结合固体物理、复合材料、物理光学、结构力学、纳米光子学等多学科理论，对光学超材料微纳结构单元的光学特性进行理论分析，阐明光学超材料光学参数形成机理和控制方法；利用仿真软件，对光波在超材料整体结构中的传播过程进行模拟。研究超表面对光场的调控机理，研究超表面的设计原理，研究和其与体超材料的设计原理的相同点和不同点
(3) 研究对于不同结构不同材料的超表面的快速廉价的加工方法，在保证不影响功能的情况下尽量降低加工成本和加工时间，使设计出的超表面真正切实可用，提出切实可行的光学超表面和光学体超材料加工方案。并针对金属与全介质超材料各种的物理特征，开发相应的制造手段和表征方法，最终完成基于光学超材料的新型功能化器件的设计-加工-表征完整的流程。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中组部“万人计划”青年拔尖人才（经费180万元）及其他在研项目（经费300万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

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
<div>1. 博士论文研究方向： 4D打印智能作动器及其应用研究</div> <div>选题类别：<input checked="" type="checkbox"/>基础性研究 <input type="checkbox"/>应用性研究 <input type="checkbox"/>工程技术攻关研究</div> <div><input type="checkbox"/>新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/>已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/>其他</div>
<div>2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介</div> <div>选题背景及意义</div> <div>4D打印是一种将3D打印技术与智能材料技术相结合的新兴技术，通过对智能材料复杂三维结构的有序设计，利用3D打印技术进行制造，使复杂三维结构具备对温度、湿度、磁场、电场等外界环境的响应能力，具备在时间维度上发生变化的能力。</div> <div>利用智能材料制造复杂结构4D打印作动器，将具备对温度、湿度、磁场、电场等外界环境刺激的响应能力，实现“传感——控制——作动”一体化的复合功能，将彻底解决传统作动器软/硬件系统复杂、质量大、作动形式单一等问题，实现作动器的智能化、轻量化设计，显著提升作动器的可靠性与适应性。</div> <div>作为一项新兴技术，4D打印作动器可应用于折叠翼飞行器、太阳能帆板、空间折展天线等传统装备展开、收回与调整过程，彻底解决传统机电作动器环境适应性差、可靠性低、驱动控制策略复杂等难题，也可应用于跨介质飞行器、可变形潜射导弹等新型武器的控形、控性过程，实现多模式机动作战、全面提升突防能力、隐蔽性、环境适应性及任务可达性，在军事国防、航空航天等领域具有重要的战略意义。</div> <div>主要研究内容简介</div> <div>本研究以机械工程、材料科学为基础，结合物理学、化学、热学等学科交叉，对4D打印智能作动器及其应用进行深入研究，具体包括以下内容：</div> <div><div>（1）4D打印材料研究：优选现有对力、电、光、声、热等敏感的智能材料，对其4D打印作动器应用进行探索；研发专用材料，应用于4D打印作动器；研究不同材料控形、控性机理，研究4D打印作动器材料优化设计方法。</div><div>（2）作动器4D打印工艺研究：以3D打印技术为基础，对单材料、多材料4D打印原理、装备与工艺进行初步研究；针对4D打印作动器结构及材料成形需求，提出面向4D打印的结构-功能一体化4D打印工艺。</div><div>（3）4D打印一体化作动器装备研究：研究4D打印模型切片方法、打印路径规划、平台多轴运动控制交联耦合控制方法；研究4D打印过程打印件表面形貌原位测量方法；研究预处理工艺、打印工艺及辅助工艺等多参数耦合对成型质量的影响规律；研制作动器4D打印一体化装备。</div><div>（4）4D打印成型质量评价方法研究：研究4D打印用材料工作性能与初期受刺激形变性能的精准控制设计方法；研究4D打印成型试件的基本工作性能以及工艺过程对其影响规律；针对4D打印作动器的凝结时间、外观效果和成型质量，建立合适的性能评价体系。</div><div>（5）4D打印作动器环境适应性研究：针对不同领域下不同工作环境需求（如陆地，高空，深海等），研究4D打印作动器在不同工况下的工作性能并对材料、工艺、装备进行优化；以典型空间作动器为对象，对基于4D打印技术的新型空间作动器设计及制造方法与工艺进行探索性研究，并通过地面与空间试验验证其关键性能。</div></div>
<div>3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况</div> <div>军委科技委某项目（经费50万元）、中组部“万人计划”青年拔尖人才（经费180万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。</div>