附件1

山东省航空航天电磁功能结构电磁调控与多功能集成验证技术

重点实验室（筹）2025年开放课题指南

1. **题目：多物理场效应对机载共形天线互耦影响研究（重点课题）**

**研究目标：**针对多物理场效应影响机载共形天线单元间互耦问题，开展机载共形天线多物理场耦合机制与影响规律研究。研究解决机载共形天线电磁仿真算法、电磁-热-力耦合机制等，实现多物理场效应影响下机载共形天线单元间互耦的精确高效仿真，解决机载共形天线在设计阶段多物理场效应仿真不充分、指标评估难见底等问题。

**研究内容：**

* 机载共形天线电磁-热-力耦合机制研究；
* 多物理场效应对机载共形天线单元间互耦影响规律分析；
* 机载共形天线多物理场电磁仿真算法研究。

**技术指标：**

* 具备外部载荷（如外力、热应力等）及电磁热作用下机载共形天线单元

间耦合仿真能力；

* 方向图、单元间互耦等参数仿真误差与主流多物理场仿真商业软件相比

误差小于2dB。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 方案模型；
* 申请专利1-2项；
* 发表SCI/EI论文1篇。
1. **题目：基于光敏材料的主动可控FSS设计技术研究（重点课题）**

**研究目标：**针对新一代装备总体需求，需要对基于光敏材料的主动可控FSS设计技术开展研究。该技术需要重点解决主动可控FSS新机理、新方法、新结构等基础性问题，在不加载有源/无源集总元件前提下，通过改变光敏材料的电导率，实现传输特性透波和屏蔽状态的切换，为主动可控电磁功能结构设计技术研究提供新的技术途径。

**研究内容：**

* 光敏材料电磁特性调控机理及方法研究；
* 基于光敏材料的主动可控FSS结构设计研究；
* 基于光敏材料的主动可控FSS馈源集成技术研究。

**技术指标：**

* 工作极化：TE、TM；
* 不加光状态：X波段范围内，功率传输效率≥80％；
* 加光状态：1GHz-18GHz；功率传输效率≤10％；
* 材料耐温性能：≥80℃，0.5h；
* 具有可重复使用特性。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 典型样件1件，尺寸：≥100 mm×100 mm；
* 联合发表SCI/EI论文1篇；
* 申请专利1项。
1. **题目：含电子元件多层FSS介质结构电磁产热机理（重点课题）**

**研究目标：**研究多层FSS介质结构耦合电子元件在电磁场中的产热机理；开展介质结构非均匀温度分布的仿真与优化设计，改善温度分布的均匀性，确保整体结构在电磁场作用下的性能稳定性和可靠性；同时开展耐大功率可控FSS结构设计调研。

**研究内容：**

* 多层FSS介质结构耦合电子元件电磁能量损耗及热效应累积机制研究，有源电子元件耐功率特性调研与机理研究；
* 多层FSS介质结构耦合电子元件的电磁产热温度分布优化设计研究；
* 耐大功率可控FSS结构设计调研与设计仿真研究。

**技术指标：**

* 工作频带：6-16GHz；
* 极化方式：HH，VV；
* 角度范围：0-60°；
* 透波率85%以上前提下，结构表面温度分布均匀性提高30%。

**成果形式：**

* 技术总结报告（包括多层FSS介质结构及电子元件电磁产热机制分析，能量转化过程及介质材料的热响应机制）；
* 耐大功率可控FSS结构调研与设计报告；
* 发表SCI/EI论文1~2篇；
* 申请专利1~2项。
1. **金属化涂层激光抛光机理与工艺研究（重点课题）**

**研究目标：**为改善热喷涂涂层高粗糙度和多孔隙等造成的产品应用受限问题，通过使用纳秒-超快复合激光实现对涂层表面微重熔与微加工的精密抛光机理及工艺研究，达到在不损坏和降低基材材料性能的前提下降低热喷涂涂层的粗糙度和孔隙率；结合人工智能深度学习算法，实现热喷涂涂层复合激光抛光参数的快速预测与优化，提高激光抛光质量与抛光效率。

**研究内容：**

* 激光抛光表面材料熔化流动及去除行为耦合模拟方法；
* 光束特性-材料性质与激光抛光机理的构效关系；
* 多光束激光异步复合跨尺度抛光工艺；
* 基于深度学习的激光抛光参数快速预测。

**技术指标：**

* 表面粗糙度Ra≤1.5μm；
* 金属层孔隙率≤5%；
* 表面处理后界面结合强度＞2MPa；
* 参数预测：预测准确率≥90%；

**成果形式：**

* 技术报告；
* 发表SCI论文2篇；
* 申请专利1项。
1. **面向陶瓷基复合材料的等离子喷涂金属化技术研究（重点课题）**

**研究目标：**本项目基于等离子喷涂技术，拟开展石英纤维增强陶瓷表面铜基合金覆层的界面改性及性能优化研究。以Al2O3微米粉体为喂料，采用等离子喷涂技术在石英纤维增强陶瓷基体表面形成非晶/纳米晶Al2O3过渡层，解决基体-覆层界面热膨胀失配及金属原子向石英纤维增强陶瓷基体渗透等问题，优化基体-覆层界面结合强度；开展铜基合金覆层的组分设计研究，调控铜基合金覆层热膨胀系数和残余应力分布，确定应力缓和最优组分含量；开展铜基合金覆层的等离子喷涂工艺、微观结构及综合性能等研究，揭示“组分-结构-性能”之间的构校关系，实现铜基合金覆层的综合性能大幅度提升；对石英纤维增强陶瓷-铜基合金覆层进行性能考核，揭示其失效机制。通过本项目开展为研制新型多功能陶瓷-金属构件提供新的技术途径和理论依据。

**研究内容：**

* 非晶/纳米晶Al2O3过渡层的制备及结构表征；
* 铜基合金覆层的组分设计及热力学性能预测；
* 铜合金覆层等离子喷涂工艺及曲面厚度均匀性控制；
* 铜基合金覆层的等离子喷涂工艺及结构性能表征；
* 石英纤维增强陶瓷-铜基合金覆层的性能考核及失效机制。

**技术指标：**

* 合金涂覆层电导率：＞1\*107 S/m；
* 涂覆层与基体结合强度：＞5 MPa；
* 适用曲面曲率半径范围：r5mm~r500mm；
* 合金涂敷层厚度范围30~70μm，均匀性偏差±10%；
* 涂层孔隙率≤5%。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 曲面金属化样件1件（曲面样件由实验室提供）；
* 发表SCI论文2篇；
* 申请专利1项。
1. **基于声光协同扫描的新型复杂结构智能调控机制研究（重点课题）**

**研究目标：**针对新型复杂结构单元高精度制造需求，开展基于神经网络的光场参量-焦斑形态映射模型、深度学习驱动结构特征-焦斑形态匹配与自主决策路径规划方法、声光协同高速扫描动态调控方法等核心技术研究，构建“多模态光场调控-智能图案分割-协同扫描”加工策略，实现复杂电磁功能表面结构高精度制造。

**研究内容：**

* 基于神经网络的光场参量-焦斑形态映射模型；
* 深度学习驱动结构特征-焦斑形态匹配与自主决策路径规划方法；
* 声光协同高速扫描动态调控方法。

**技术指标：**

* 光斑匀化度≥90%；
* 图形尺寸精度≤10μm；
* 单元几何特征≤40μm。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 复杂结构单元平板样件1个（尺寸≥300mm×300mm）；
* 发表SCI/EI论文1~2篇；
* 申请专利1~2项。
1. **陶瓷基复合材料粘接缺陷太赫兹无损检测技术研究（一般课题）**

**研究目标：**针对现有超声无损检测技术对陶瓷基复合材料检测面临的穿透能力低、衰减大等问题，发展太赫兹无损检测新技术，研究陶瓷基复合材料与太赫兹波的相互作用机理，探索陶瓷基复合材料粘接缺陷太赫兹无损检测方法，实现陶瓷基复合材料太赫兹成像检测及粘接缺陷智能识别。

**研究内容：**

* 陶瓷基复合材料与太赫兹波的相互作用机理研究；
* 陶瓷基复合材料粘接缺陷太赫兹无损检测方法研究；
* 陶瓷基复合材料太赫兹成像方法研究；
* 粘接缺陷智能识别方法研究。

**技术指标：**

* 粘接缺陷面积检测相对误差：≤5%；
* 成像分辨率：≤1mm；
* 缺陷识别准确率：≥95%。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 陶瓷基复合材料粘接缺陷标准试样2个（尺寸≥300mm×300mm）；
* 发表SCI/EI论文1~2篇；
* 申请专利1~2项。
1. **题目：含频选层的夹层结构复合材料低速冲击损伤机理研究（一般课题）**

**研究目标：**针对含有频选层的夹层结构复合材料受低速冲击时损伤机理不清的问题，研究含频选层蜂窝夹层复合材料在不同低速冲击能量下的损伤模式及冲击能量吸收历程，探索低速冲击穿孔及修复后对隐身性能的影响，探索不同损伤程度的夹层板力学性能变化及修复后的力学性能恢复，实现对不同冲击损伤模式下含频选层夹层复合材料结构的功能性能评价。

**研究内容：**

* 不同冲击能量下夹层结构复合材料低速冲击损伤模式研究；
* 冲击前、多种能量冲击后、修复后的夹层复合材料结构对比测试研究；
* 无损态、损伤态、修复态的夹层复合材料结构力学性能仿真及试验研究。

**技术指标：**

* 低速冲击能量对比≥3种；
* 同一组试验，低速冲击能量偏差≤10%；
* 有限元仿真预测误差≤15%。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 低速冲击性能仿真模型1套；
* 夹层复合材料结构低速冲击损伤样件2个（尺寸≥100mm×150mm）；
* 发表SCI/EI论文1~2篇。
1. **题目：含密集气孔复合材料破坏机理研究（一般课题）**

**研究目标：**碳纤维复合材料在成型过程中偶尔会出现密集气孔缺陷，目前密集气孔对复合材料使用过程中损伤破坏的影响机理不清晰，因此针对含密集气孔缺陷的复合材料在静载荷作用下的力学特性及破坏机理开展研究，探索含密集缺陷复合材料的损伤破坏模式及其对承载性能的影响规律。

**研究内容：**

* 密集气孔在静载作用下的力学特性研究；
* 密集气孔复合材料在静载荷作用下的损伤破坏机理研究；
* 密集气孔对复合材料承载能力的影响。

**技术指标：**

* 确定静力载荷作用下的损伤模式；
* 阐释含密集气孔的碳纤维复合材料损伤演化过程。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 发表SCI/EI论文1~2篇；
* 申请专利1~2项。
1. **题目：高导热耐温复合材料制备及透波性能研究（一般课题）**

**研究目标：**针对航空器对高性能透波树脂基复合材料的迫切需求，研究纤维增强聚酰亚胺基高导热耐温复合材料制备与透波性能，解决高温下散热及透波稳定性问题，实现轻质、高强度、高透波、导热性能优异的航空用复合材料制备与应用。

**研究内容：**

* 纤维增强聚酰亚胺复合材料的制备与结构优化；
* 透波性能优化与理论分析；
* 综合性能及环境适应性研究。

**技术指标：**

* 介电常数@10GHz≤3.0(终端短路法)；介电损耗角正切@10GHz≤0.008(终端短路法)；
* 室温层间剪切强度≥40 MPa（ASTM D 2344）；室温弯曲强度≥400MPa（ASTM D 7264）；
* 350℃下力学性能保留率≥80%（层剪ASTM D 2344、弯曲ASTM D 7264）；导热系数≥1.0W/m·K-1（Hot Disk）。

 **成果形式：**

* 技术报告；
* 平板样件（300mm×300mm）3块；
* 发表SCI/EI论文1篇。
1. **题目：FeCoCrNiAl高熵合金型吸波材料技术研究（一般课题）**

**研究目标：**针对于磁性吸波剂吸波性能受温度影响大的机制瓶颈以及高温吸波材料柔韧性受限等问题，基于高熵合金的成分-结构可设计性，围绕FeCoCrNiAl系高熵合金粉体构建复合吸波材料体系，阐明电磁参数设计与动态阻抗调控机理，解析“电-磁”协同损耗机制，探索FeCoCrNiAl高熵合金型柔性吸波复合材料的设计准则，确立调控材料吸波性能的新方法。

**研究内容：**

* FeCoCrNiAl高熵合金型柔性吸波材料的电磁参数设计；
* FeCoCrNiAl高熵合金吸波剂的改性及电磁参数调控；
* FeCoCrNiAl高熵合金型柔性吸波材料的可控制备；
* FeCoCrNiAl高熵合金型柔性吸波材料性能优化及“电-磁”协同损耗机制研究。

**技术指标：**

* 吸波性能：材料厚度≤1.5mm，面密度≤3kg/m2，8GHz~18GHz频段内的垂直反射率≤-5dB，在300℃的平均垂直反射率的衰减≤10%；
* 柔韧性：反复弯折寿命≥103次，曲率半径R≥10mm，吸波性能衰减≤10%；
* 样件：尺寸≥180mm×180mm样件1件。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 发表SCI论文1~2篇；
* 申请专利1~2项。
1. **基于人工智能算法的多参数数据检测及优化模型研究（一般课题）**

**研究目标：**针对电磁功能结构试验数据量大，数据类型不一致，试验数据分析周期长，人工甄别效率低的问题，开展基于人工智能算法的试验数据偏离度检测模型算法设计及评估，形成试验数据甄别最优模型，探索不同类型试验数据抽检及预测模型算法，实现试验数据的优化分析，提高数据分析效能。

**研究内容：**

* 试验数据偏离度检测模型算法研究；
* 试验数据维度抽检模型算法研究；
* 试验数据预测模型研究。

**技术指标：**

* 试验数据种类：≥3；
* 试验数据预测结果误差：≤5%。

**成果形式：**

* 技术报告；
* 数据偏离度检测模型1套；
* 数据预测模型1套；
* 发表SCI/EI论文1~2篇。