

2025 年招生计划
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： <u>重用航天器关键结构复材损伤多源热波成像检测技术研究</u> 选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <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
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 可重复使用（或重用）航天器作为一种可自由往返地球与太空之间的多用途航天飞行器，具备空天优势、便捷往返及快速全球机动等特点，凸显巨大战略威慑力。美国、俄罗斯、英国及中国等竞相针对重用航天器开展飞行试验，例如美国波音公司研制的 X-37B，俄罗斯能源火箭公司研制的“快船号”，英国喷气发动机公司设计的“云霄塔”，2020 年我国也发射了一型重用航天器，在轨 2 天后成功返回预定着陆场。为降低运营成本，重用航天器小型化及轻量化设计对其材料性能提出了严苛要求。先进复合材料因其比强度高、性能可设计性好和耐腐蚀性能强等特点，逐步取代金属材料成为航天器主要结构用材，全复材结构已成为新一代重用航天器的显著特征。其中碳纤维/双马复合材料（CF/BMI）以其优异的韧性、耐热性和工艺性，广泛用于重用航天器承力结构。X-37B 采用 CF/BMI 整体成型作为其主机体结构，复合材料占结构总质量的 70% 以上，实现了有效载荷 2 吨，最高 Ma=25 的超高速飞行，最长连续在轨服役 780 天，验证了复材整体结构的可行性与可靠性。目前 2 架 X-37B 已完成 5 次往返任务，实现了多次重用飞行，第 6 次于 2020 年发射，当前正在执行空间目标监视、释放/捕获小卫星及载荷试验等验证任务，尚未返回。而我国目前研制的重用航天器仅完成了单次飞行，尚未实现重用。 重用航天器的任务剖面经历发射入轨、在轨服役、再入返回、地面检修及复飞评估等过程，在全周期运行中疲劳载荷、冲击、高低温交变、空间环境及再入大气层过程的气动热环境等极易造成复材承力结构的损伤破坏，典型损伤包括，裂纹、分层脱粘及冲击损伤等，这些损伤严重危害航天器的重用安全运行。机翼作为气动升力面，为航天器提供升力和控制力，该部位结构复杂且承受载荷较大，成为重用航天器的关键薄弱环节。因此，返回地面后对机翼开展有效检测对于保障航天器可靠修复与重用安全具有重要意义。 重用航天器机翼承力结构（翼梁、翼肋及桁条）复杂构型与损伤的多样性对其检测方法提出了新的挑战，针对机翼 CF/BMI 复合材料损伤对无损检测与质量评价的迫切需求，本项目提出一种基于相控阵（相位控制阵列）激光束激励的主动式红外检测与层析成像方法，深入探讨相控阵热流作用机翼 CF/BMI 复材结构诱导热波群扩散干涉与衍射行为，特征提取及层析表征，突破机翼复材结构损伤三维层析检测与质量评价等关键技术，为重用航天器机翼复材结构损伤高效可靠检测提供理论基础与技术支撑，具有重要的理论意义和实用价值。
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

2025 年招生计划
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：微系统结构损伤的太赫兹时域脉冲检测研究 选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <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
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 在后摩尔时代，国际半导体技术发展路线图（ITRS）以及国际器件与系统发展路线图（IRDS）已经明确将以提升晶体管密度的摩尔定律朝着以系统集成封装技术作为提升电子产品系统性能的超越摩尔定律发展。其中以微系统技术为代表的多元化器件、多学科功能、异构异质集成的路线是超越摩尔定律的主要趋势。本项目的研究对象为具有高压、高频、高密度特征的多学科异构集成微系统，将通信、探测、控制、调理、传感等功能集中在一个系统内，涉及了高压、高频、数模、传感等多学科电路、微纳制造、先进封装工艺和新材料的开发和应用。复杂的异质集成微系统建模面临的一个重大挑战是，传统的电子学系统的可靠性设计、仿真、验证、评估方法是从唯像角度出发，缺少失效物理关联，面临底层材料界面模型缺失、多尺度模型传递关系不明确、原位测试能力不足等问题。因此本项目研究目的为针对多场载荷环境的微系统损伤退化机制不明，缺陷与结构损伤缺乏有效测试诊断手段的问题。开展异构集成微系统力-热-电多场响应特性表征和结构损伤/失效测试诊断技术研究，实现微系统互联结构失效类型检测和失效点准确定位。 本项目首先构建描述微系统互联结构在热、力、电多场共同作用下的耦合模型；通过识别与重构互联微结构、加载脉冲电流分析电-热-力响应特性，识别电特性退化的关键因素和潜在的危险部位。其次进行太赫兹时域反射信号提取和微系统电参数表征，通过太赫兹时域反射信号的处理算法来提高信号的分辨率并对电参数进行表征，通过建立三维响应模型分析电激励下材料的导通阻抗退化速率，建立反射信号与电参数的对应关系。再次开展对微系统结构损伤的太赫兹时域脉冲检测试验，通过试验获取脉冲反射数据、验证并修正多场耦合下电特性响应模型和反射信号与电参数的对应关系，然后得到引线阻抗发生变化点到时域反射计探针检测点的等效距离。最后在频域上通过阻抗弛豫分布函数来对阻抗谱进行重构，重构得到反射信号传播路径的等效电路，然后基于导通阻抗退化模型，分析该损伤在电气特性上的表现，对微系统封装模块的损伤性能进行评估。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家部委领域基金