

附件 1:

## 精密测试技术及仪器国家重点实验室（天津大学）

### 2022 年度开放课题申请指南

精密测试技术及仪器国家重点实验室主要研究方向为：

**极限测量理论与技术：**重点研究极限物理量测量、基于量子光学的量子增强精密测量和传感、基于太赫兹波的精密测量、复杂微结构超精密测量理论与技术，以面向极端条件的新型精密测量方法为依托，产生新的测量理论与技术，打造高水平国产前沿科学仪器，努力推动国家科技创新和高新技术产业升级。

**微纳制造与微传感器：**重点研究微纳结构精细制造理论、高精度传感器相关的基础科学问题和共性关键技术、材料/工艺与传感器制造技术基础、传感器与数据交互接口/前端处理系统的集成技术，以新型微纳制造工艺为牵引，打造高精度传感器技术创新链条，以期解决感知器件卡脖子难题。

**精密测量与制造智能：**重点研究精密/超精密测试基础理论创新、面向仪器/机器共融的传感测量理论方法、融合现代信息技术的新形态仪器（系统）体系集成创新、计量溯源体系的构建及其扁平化网络，基于光电融合的精密测试感知技术，在新型精密/超精密测试基础理论、仪器/机器共融传感测量理论、新形态仪器（系统）体系集成、计量溯源体系构建等四方面发力创新，打造自主可控的多维感知检测体系及产业链条，服务我国高端制造领域，为实现智能制造提供基础支撑。

**生物与环境检测技术及仪器：**重点研究基于柔性电子的可穿戴健康感知技术、基于微流体芯片的生物信息检测技术、基于喷墨打印的生物传感器/生物微流体芯片加工技术、质谱/光谱等高端分析仪器的创新开发与应用，从基于柔性电子的可穿戴健康感知技术、基于微流体芯片的生物信息检测技术、基于喷墨打印的生物传感器/生物微流体芯片加工技术和质谱、光谱等高端分析仪器的创新开发与应用四个方面创新发力，形成核心元器件-加工技术-仪器装备的全链条研究体系，突破制约我国高端医疗仪器和医疗人工智能系统发展的瓶颈，形成具有自主知识产权的生物信息测量科学仪器研发高地，推动我国高端生物测量仪器、高端医疗仪器行业发展，助力健康中国战略。

以上研究方向既各有自己的侧重点，又互相关联、渗透与支撑。

本次申请在重点实验室研究方向内自主立项进行申请，可重点聚焦下述研究范围，同时，需提出本实验室固定研究人员做联系人。

## 1、极限测量理论与技术

### (1) 微纳测试新方法

针对微电子、光电子等先进制造领域的发展需求，研究高分辨力、多尺度的扫描探针/光学显微测试新方法，在极限空间分辨力和超快测量等方面取得突破；研究基于新型材料的传感器件特性表征与测量方法；研究分子水平生物过程的测量方法，为生命科学研究提供更为先进的研究手段；研究重大工程实践中的微纳测量问题，发展现场复杂环境下的精密测量方法与技术。

### (2) 新型三维传感及测量技术

新型三维传感及测量技术在超精密加工、智能制造、生物医学、材料科学等领域具有重要的研究价值和现实意义，开放课题聚焦以光谱色散扫描、衍射光学投影、二维超表面、近场光学为核心的新型微结构三维测量技术：

- ① 低反射率微结构三维测量技术；
- ② 基于衍射光学线激光扫描测量技术；
- ③ 超表面微纳光学系统技术；
- ④ 近场光学探针超分辨成像技术。

### (3) 半导体缺陷测试技术研究方向

以第三代和第四代半导体晶圆/片、芯片、器件等国家战略性材料产业的重大检测需求以及国际学术前沿为背景，开展半导体缺陷形成与调控机理测试研究，为国家制备高质量半导体与工程应用提供技术支持。征集下列范围内研究课题：

- ① 面向金刚石、氧化镓、氮化铝等第四代半导体缺陷形成与调控测试研究；
- ② 面向 4H-SiC、GaN 等第三代半导体缺陷形成与调控测试研究；
- ③ 基于半导体晶片离子、中子、质子、电子等辐照缺陷的形成与退火调控测试研究。

## **2、微纳制造与微传感器**

### **(1) 光学自由曲面制造与评价新方法**

以空间遥感、全景成像、虚拟现实、短焦投影等重点领域内的大视场光学系统需求为背景，重点研究光学自由曲面应用于大视场高像质光学系统制造的关键技术，研究具有可加工性的连续自由曲面空间表达和数学实现方法，研究多参数控制下面型设计及像差优化理论，研究自由曲面面形和装配误差对光学性能的影响规律，完善自由曲面光学系统设计理论。研究纳米切削机理，研究刀具伺服技术在加工自由曲面时的误差模型、误差补偿方法和关键技术，进一步发展自由曲面加工方法。

面向复杂光学自由曲面表面形貌高精度自动化快速测量需求，突破测量精度与测量动态范围的制衡，研究全维度、全频段测量评价新方法。研究跨尺度多物理量综合测量原理，解决极限测量空间限制测量难题；研制高端智能化测量仪器装置，实现真正意义上任意未知光学自由曲面高精度全自动测量。研究核心高精度标定及复原新算法，构建系统误差智能补偿数学模型，制定应用端为基础的科学评价策略，完善光学自由曲面测量理论体系。

### **(2) 原子及近原子尺度制造新方法**

针对在下一代核心器件与高端传感器的巨大潜在驱动下制造精度再一次提升并接近材料极限的趋势，提前布局亚纳米至原子精度、原子及近原子尺度制造新方法、新技术的探索研究。采用特殊波段的电磁辐照以及电化学等方法，研究材料在亚纳米至原子尺度下的增减机理与加工极限，构建过程模拟、可控性与工艺优化、加工质量评价等关键技术体系；研究原子及近原子尺度制造与纳米精度制造的工艺衔接、表面状态演化等跨尺度问题。

## **3、精密测量与制造智能**

### **(1) 声学无损检测研究**

声学无损检测研究面向航空航天、石油石化、能源电力、深海远洋等重大行业需求为背景，重点研究基于包括常规超声、电磁超声、合成孔径超声等超声检测技术，基于超声导波检测技术，光纤光学传感等无损检测技术，海底自主航行智能球及海洋声学检测技术。开放课题选题定位于新型检测技术的基础理论早期

研究与探索：

- ① 海洋环境监测的多参数传感器研发与应用；
- ② 基于压电材料的面阵声发射传感器研制。

### **(2) 海洋磁场检测技术与磁流体动力学研究**

海洋磁场检测技术以海洋资源探测、海洋环境保护以及军事海洋学等重点领域内的磁场精密测量需求为背景，重点研究基于激光技术的磁场测量新原理、新型激光磁场探测处理技术及新型激光海洋磁场精密测量装置。

磁流体动力学研究方向以航空、航天及航海等重点领域内的高精度传感需求为背景，重点研究基于磁流体动力学的惯性传感新原理、新型磁流体动力学惯性传感技术及器件、新型磁流体动力学高精度姿态测量装置、液态金属的灌装和密封、与内外电极的浸润性调节和新型高密度液态金属材料的研制。。

### **(3) 激光与光电测试技术**

以先进制造、航空航天、能源交通等重点领域内的精密测量需求为背景，重点研究基于激光与光电传感新原理、新型光电探测处理技术及器件，具有重要学术价值和重大工程应用前景的几何量测量新方法、新技术、新系统。开放课题选题与设置定位于基础原理探索和创新技术的早期研究与验证，为后续技术研发与工程应用提供源头动力。征集下列范围内研究课题：

- ① 面向先进制造的高精度几何量测量新原理、方法与技术；
- ② 高动态条件下多自由度几何量测量新原理、方法与技术；
- ③ 面向现场非可控环境精密测量的精度控制与误差修正方法与技术；

### **(4) 高性能声/光子晶体微腔与传感技术**

针对航空航天、先进制造、智能装备等重点领域对高精度传感的需求，重点研究基于声/光子晶体的高精度传感新原理、新型声光耦合技术与传感器件；研究基于能带拓扑的高性能声/光子晶体微腔设计方法，新型声光传感器件特性表征与测量方法。开放课题定位于基础理论探索和前瞻性创新技术的早期研究，为后续技术研发与工程应用提供源头动力。

### **(5) 水下传感网络时间同步技术**

以水下多节点分布式探测、识别与跟踪领域内的时钟参数精密测量需求为背景，重点研究水下传感网络中高精度的时钟参数估计方法和低能耗的时间同步方

案设计，力图改善水下传感网络的协同工作性能。开放课题选题定位于基础理论和方法的早期研究与探索：

- ① 面向水下蜂窝网络的高精度的时钟参数估计方法；
- ② 面向节点随机部署水下传感网络的时间同步方案；
- ③ 节点时间同步与被动目标定位的联合方案设计。

#### **4、生物与环境检测技术及仪器**

征集下列范围内研究课题：

##### **(1) 海洋生物电生理检测技术及仪器**

以鱼类等海洋经济物种为研究对象，探究听觉行为等国际学术前沿问题，研究涉及脑电传感器、放大器、滤波器等方面的脑电检测技术及仪器，开放课题选题定位于基础理论和方法的早期研究与探索：

- ① 基于听觉诱发电位响应的传感技术；
- ② 脑电电位放大器及信号增强方法；
- ③ 脑电电位滤波器件设计与构建。

##### **(2) 生物信息检测技术及仪器**

围绕精准诊断、智慧医疗和食品安全等关系国民生命健康的重大检测需求，以世界科技前沿和经济主战场为背景，研究基于微流体、纳流体和柔性传感器的生物信息检测仪器及设备，推动现代检测技术与重大疾病诊断和慢病监测技术的融合创新，开放课题选题定位于基础理论和方法的早期研究与探索：

- ① 基于纳米颗粒耦合的高灵敏度电化学传感技术；
- ② 基于喷墨打印的柔性传感器制造技术；
- ③ 基于功能化微针的慢性病无创监测技术；
- ④ 生物传感器的表面结构化修饰及信号增强方法；
- ⑤ 基于纳米光子的高灵敏度生物传感器；
- ⑥ 基于纳米孔道的高灵敏生物检测技术。