

中国科学院深圳先进技术研究院

研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-SZXJY-05

联 培 项 目 名 称： 高性能超声换能器开发

联 培 单 位： 中国科学院深圳先进技术研究院

项 目 负 责 人： 邱维宝

联 系 电 话： wb.qiu@siat.ac.cn

单 位 负 责 人： 梁 栋

联 系 电 话： 0755-86392250

东北大学佛山研究生创新学院

填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(美的集团中央研究院简称美的中研院，简称代码 MDZYY)、本基地本年度项目序号 X X，例如：
FSNEU-2026-MDZYY-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

项目编号	FSNEU-2026-SZXJY-05	项目名称	高性能超声换能器开发
联培课题方向	高性能超声换能器设计开发研究		
所需研究生专业方向	机械工程、材料工程、控制工程		
需求人数	1		
岗位要求	具有声学、材料、物理或电子工程等相关专业背景；熟悉压电材料特性及超声换能器工作原理；掌握常规有限元仿真软件；具备压电复合材料制备及微加工工艺经验；了解换能器性能测试方法（阻抗分析、声场扫描）；良好的英文文献阅读能力及实验动手能力。		
项目简介			
<p>一、项目背景：</p> <p>超声换能器是超声成像与治疗设备的核心器件，其性能直接决定整机的成像分辨率、穿透深度及治疗效率。随着医学超声向高分辨率成像、多功能诊疗一体化及微型化介入方向的发展，对换能器提出了更高要求：高频换能器需实现微米级分辨率以支持小动物成像及浅表组织检测；宽带宽换能器需支持谐波成像及编码激励技术；治疗换能器则需在高声压下稳定工作并具备良好聚焦性能。当前，高端超声换能器核心技术仍由国外少数厂商垄断，国产换能器在材料性能、工艺一致性及可靠性方面存在差距。因此，开发具有自主知识产权的高性能超声换能器，突破压电材料优化、声学结构设计及精密制备工艺，对于提升国产超声设备核心竞争力及推动高端医疗器械自主化具有重要意义。</p>			
<p>二、研究现状：</p> <p>当前高性能超声换能器研究主要围绕压电材料创新、结构优化及制备工艺三大方向。材料方面，弛豫铁电单晶（如 PMN-PT、PIN-PMN-PT）因其超高压电常数（$d_{33}>1500\text{ pC/N}$）及高机电耦合系数，已成为高频成像换能器的研究热点；1-3 型压电复合材料</p>			

通过优化体积分数及支柱结构，有效提升带宽与灵敏度。结构设计上，多层匹配层技术可显著改善声能透过效率，实现宽带匹配；球冠自聚焦及阵列结构设计则满足治疗及成像需求。制备工艺方面，精密切割-填充技术、激光微加工及 MEMS 工艺的发展，使亚毫米级高频阵列换能器制备成为可能。然而，现有研究仍面临单晶材料加工难度大、阵列通道间一致性控制困难、高声压下材料疲劳等挑战。

三、关键性问题或技术：

高性能超声换能器开发面临多项关键技术挑战：其一，压电材料性能优化，需在高压电常数与低介电损耗之间取得平衡，同时提高材料机械强度及热稳定性以适应大功率工作条件。其二，声学匹配层设计，多层匹配结构需精确控制各层声阻抗及厚度，实现宽频带声能传输，理论最优匹配需满足四分之一波长阻抗渐变条件。其三，高频阵列换能器制备，涉及高精度切割、电极制作及柔性电路连接，对工艺精度要求极高（误差<5 μm），且需保证各阵元性能一致性。其四，声场特性调控，通过结构优化实现预定聚焦深度及焦区尺寸，同时抑制旁瓣及栅瓣效应。其五，可靠性评估，包括高电压下的极化稳定性、长期工作疲劳性能及温度适应性测试，是换能器工程化应用的关键环节。

四、预期目标：

本研究拟开发系列高性能超声换能器，具体目标包括：1）研制 1024 面阵列超声成像换能器；2）开发大功率治疗换能器（中心频率 1-3 MHz）；3）突破 1-3 型压电复合材料制备工艺，实现高性能单晶材料换能器样机；4）建立换能器性能测试与评估平台，完成仿体及活体成像验证，形成可转化的核心技术成果，为国产高端超声设备提供自主换能器解决方案。

项 目 负 责 人 项 目 经 历		
起止时间	项目名称	主要内容
2021.01-2023.12	高分辨率超声成像（国家优秀青年项目）	开发高分辨率超声成像方法和仪器系统

2024.01-2028.12	国家重大科研仪器研制项目	高时空分辨声学 BOLD 脑功能成像仪器研制	
工 作 计 划 安 排（2026.7-2028.4，共 22 个月）			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计 （天）
1	2026.7-2027.7	熟悉超声换能器技术，设计开发	12 个月
2	2027.7-2028.4	测试验证换能器，开展应用	10 个月