2021年招生计划

三、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： 基于光声效应的微纳马达驱动检测一体化耦合机理及关键技术研究

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

微纳马达是一种介于微米和纳米尺度，能将光能、磁能、电能以及化学能等转化为机械能，从而驱动自身运动的微纳机械。作为纳米科技的前沿研究领域之一，微纳马达具有体积小、质量轻、推重比大等特点，能精确携带靶向药物或靶向因子，作为特定组织和器官的靶向药物运送载体，作用于致癌位点，从而实现对癌细胞的精准靶向治疗，可将原有治疗从组织器官尺度拓展到细胞及分子尺度，在癌症的诊断和治疗中具有广阔的应用前景。

然而，现有微纳马达研究主要集中在多物理场驱动方式、运动轨迹调控等方面，真正实现体内运输及控制的研究较少，其核心问题在于现有微纳马达的研究一般采用传统光学显微镜进行观测，然而由于光存在衍射和扩散现象，限制了光学成像的分辨率和穿透深度；因此，实现微纳马达高精度、高穿透的体内观测较为困难，更难实现马达在生物体内运动状态的实时跟踪。此外，传统光学成像技术由于成像深度与分辨率不可兼得的问题，其成像深度的极限约为1毫米，也无法实现微纳马达在生物体内进行靶向药物运输过程的实时监测与反馈调控，而微纳手术及治疗、纳米传感等精准医疗技术的发展亟需提高微纳马达在生物体内的可视性、可控性及精确性，因此，迫切需要发展对微纳马达等运输载体的原位观测技术与方法。光声成像技术是国际上最新发展的，结合高光学对比度与高超声穿透深度的一种新型无创的在体生物医学成像技术。然而，光声成像技术中的外源造影剂本身不具有主观能动性与载药能力。

因此，本课题组针对微纳马达高精度、高穿透的体内观测及实时跟踪问题，将微纳马达与光声成像技术相结合，设计一种既能在生物体环境中进行药物运输，又能通过光声成像技术对其运动轨迹进行实时监测的微纳马达；揭示微纳马达物理特性与脉冲信号参数对纳秒脉冲光驱动微纳马达运动行为的影响规律，以及与光声信号的协调与匹配机制；探索基于光声效应的微纳马达体内驱动检测一体化新原理新方法；构建具有复合功能的光声驱动检测系统，突破光声检测驱动一体化微纳马达在生物体内运动、观测以及跟踪等关键技术，将显著提升我国微纳马达研究理论水平，具有重要的理论意义和应用价值，对推动微纳马达在药物靶向、生物体内传感与检测等技术的发展起到有力的支撑作用。

主要研究内容如下：

(1)纳秒脉冲光驱微纳马达制备与运动行为研究

(2)纳秒脉冲光驱微纳马达自驱动过程光声、光机能量传递与转换机制

(3)脉冲光驱微纳马达驱动检测一体化耦合设计、特征信号提取与评估方法

(4)微纳马达生物体内环境驱动控制及光声检测技术实验研究

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（51875141）62万元

2021年招生计划

三、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： 无质量块膜腔耦合声学超材料低宽频降噪设计及应用研究

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

近年发展起来的超材料被美国国防部列为“六大颠覆性基础研究技术”之一。我国也将超材料技术列入“十三五”规划、上升到国家科技战略层面。其中，声学超材料是面向航空航天等领域的下一代高性能/轻量化/小体积型降噪材料/结构的主流发展方向，此外在建筑环境、城市交通等噪声控制领域也具有巨大的应用潜力。

目前研究人员提出的具有低质量优势及优异低频效果的膜类超材料，将是未来降噪超材料设计最重要的研究方向之一，此类结构大多为张紧薄膜及附着的质量块构成的共振结构，由质量块调节系统所需的有效模态从而实现噪声隔离/吸收效果。但是质量块、薄膜预应力的存在也极大增加了其制作难度，削弱结构鲁棒性而限制实际应用。因此如何去除质量块的影响、减弱对薄膜表面张力的依赖性，是薄膜型声学超材料发展急需解决的关键问题，也是为未来噪声控制领域提供轻量化/高性能的超材料解决方案的重要努力方向，但目前国内外现有对无质量块、无薄膜张力的膜类声学超材料研究还比较少，国内外尚也未见无质量块型膜腔耦合声学超材料相关研究报道。因此，亟需开展无质量块膜腔耦合降噪结构设计，弥补目前薄膜声学超材料复合结构设计的各种缺陷和不足以及基础理论研究的缺失，为将声学超材料应用于工程实际提供理论基础与技术支持。

本项目为解决高端装低宽频噪声控制为研究背景，以无质量块膜腔耦合超材料/结构为主要研究对象，以获得深亚波长厚度结构控制低频、宽频噪声为主要研究目标，探索无质量块膜腔耦合超材料胞元分布式格栅结构、背称腔长声路结构设计方法；揭示薄膜振荡模态激发与膜腔耦合能量传递转化机制；建立其声波传输物理模型，阐明层数、结构对称性、几何参数等对超材料本征模态、等效声学参数和声波传递损失等的影响规律，并揭示膜腔纵深协同耦合降噪机制；建立深亚波长厚度低频宽频降噪吸声结构设计的参数优化评价体系，为将薄膜声学超材料应用于工程实际提供理论基础与技术支持。

主要研究内容如下：

(1)无质量块膜腔耦合超材料胞元分布式格栅结构设计及模态激发机制研究

(2)无质量块膜腔耦合超材料胞元长声腔结构设计及膜腔耦合能量传递转换机制研究

(3)多膜超材料结构膜腔纵深协同耦合降噪作用机制研究

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（51975142）60万元