2021年招生计划

六、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： 基于声表面波技术的微流体和微粒的非接触式混合、传输、排布、分选、图案化

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

意义：

随着微流控技术在生物、化学和制药等领域的不断发展，人们提出了“芯片实验室”（“Lab-on-a-chip”）的概念，大幅降低了对样品的消耗，提高了分析速度，降低了实验成本，有利于提高系统的自动化和集成化，并可实现实验条件的精确控制。其中，对微粒的操控是一个重要的任务。例如，在细胞间通信、组织和器官生长、免疫反应等研究中，需要精确地控制细胞的位置；在微纳米材料制备领域，需要对微纳米粒子进行充分扰动实现可控合成；在生物分析领域，需要将不同种类的细胞或药物实现快速无损分离[；在流式细胞计数仪中，需要将微通道内的细胞集中以方便检测和计数。

在过去十几年中，光、声、电、介电泳等技术的引入，大大推动了微操控技术的发展。其中，处于声场中的微粒会受到声辐射力的作用，可实现对微粒的操控。声辐射力作为非接触力，对所操控的物体无特殊材料性质要求，且有成本低、能量转换效率高、位置精度高、稳定性好等优点。

在微操控领域，声表面波（SAW）技术受到了越来越多的关注。SAW在弹性介质表面传播的能量大部分集中在弹性材料的表面上。SAW可由叉指换能器（IDT）激发，其设计频率可达1MHz至1GHz，远超PZT振动频率，可以很好地应用于微米级粒子的操控领域。相较于体声波，SAW需要更少的激发能量，可利用等离子键合等技术很方便地将反应容器集成到声表面波驱动的微操控芯片上，且不需要容器有很好的声波反射性质，可兼容已有的微流控技术。

因此，研制SAW微操控实验装置和超声电源，研究声表面行波和驻波对微液滴及悬浮液中微粒的影响，为进一步扩大实验室声学理论和技术的应用提供了新的研究方向。同时，在药物制备及输送和生物化学分析等领域，都离不开把微米级的物体作为研究对象。因此，研究微粒在表面波声场中的运动和受力，则显得十分有意义。

研究内容

1、建立IDT分析模型对其进行频响分析及阻抗分析，分析IDT的横向带通滤波器效应；推导表面驻波（SSAW）声场中压强及质点速度分布，以及SSAW声场中微粒所受声辐射力。

2、制备不同叉指周期、对数、孔径、不同型式、不同频率等多种形式的SAW微操控器件，实现更多直径和更多种密度范围粒子的分离并保证分离效果、粒子的图案化、粒子群的整体移动、粒子群的特定点移动，粒子的三维移动等，基于行波和驻波驱动模式，探索更简洁的驱动模式，更高的声转换效率；制备不同应用的PDMS微流通道。

3、搭建实验平台，完成实验验证。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目，“多场耦合作用下液滴的超声驻波悬浮及运动机理研究 ”（项目批准号：51675140）。

2021年招生计划

六、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： 基于驻波比的超声长距离悬浮传输机理与实验

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

意义：

为了在地面环境模拟空间环境中的各种效应，从而提供更多的模拟空间环境的实验条件。由于超声悬浮传输技术具有微重力、无容器的环境特点，并且能够实现对悬浮物的非接触操控，因此，超声悬浮传输技术可以很好的模拟空间实验条件，对被悬浮物体没有特定属性要求，横向稳定性较好，有良好的生物相容性，为研究提供一个稳定、均匀、无污染的理想环境。

在制造业领域，超声波非接触传输技术可以解决大部分与气压和磁力有关的系统。例如，在半导体制造与微机电系统（MEMS）技术领域，对晶圆的输送与精密定位、微小MEMS零件的装配与操作等精密作业单元提出更高的要求。在晶圆的抛光和光刻等工艺过程中，晶圆需要被转移、缓存与精密定位等，在其传输与精密定位过程中，由于机械接触、夹持和吸附会划伤晶圆表面，还会导致运动不稳定和定位精度不够；超声行波传输技术可以实现晶圆和MEMS零件的稳定翻转、定速运动等操作，在非接触的情况下完成晶圆的精密定位和MEMS的准确装配。

在制药领域，人们经常要对少量高毒性、高纯度、高价格的液体药品进行分析和融合。药品分析对操作的稳定性提出了很高的要求，操作的不稳定性不仅会导致药品的浪费，还会导致很大的分析误差；在制药行业，如果药物的成分能够在制备的整个过程中都处于悬浮的状态，合成更高纯度的药物将成为可能，这将引起一场医药制造行业的革命，极大的提高了药物制备的效果。

生物细胞的分离试验、环境药物对细胞影响试验是生物化学工程的重要组成部分。生物细胞分离试验要求细胞受力均匀、稳定且准确。通过恰当的控制方法，超声驻波传输技术可以为细胞分离实验提供均匀、稳定且准确的分离力，保证细胞在自然生存环境中实现完美分离，能提高细胞对环境药物反应的灵敏度并保证其正确性。

研究内容

1、建立激励相位差与驻波比的关系模型，探讨驻波和行波共同驱动机理；

2、建立x+方向传输、x-方向传输、速度增加、速度减小与相位差的关系模型；

3、采用自主研制的长距离超声悬浮装置和两路信号幅值/相位独立可调的超声波发生器，结合经典控制论，实现大尺寸物体的稳定悬浮传输，并且传输距离可设、传输速度可调、传输方向可控。

4、建立基于激励相位差的传输距离补偿方法，实现任意距离范围的悬浮传输。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目，“多场耦合作用下液滴的超声驻波悬浮及运动机理研究 ”（项目批准号：51675140）。