

2023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： 微能量收集技术及应用
选题类别： <input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究 <input 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 checked="" 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
<p>微型供能元件和无线传感芯片的应用和发展成为MEMS技术领域的研究热点。微机电系统（MEMS）可利用能量转换技术集成供能元件实现稳定持续的工作，而且能量转换器件输出的电信号可作为微传感器的传感信号。未来的传感元件将整合自供能系统，在解决电力问题的同时，不损害其工作寿命。目前，互联网技术、纳米级芯片技术、微系统集成技术高速发展，电子产品微型化、智能化、多功能化水平极大提高，微瓦级别功耗的处理</p> <p>器、传感器、执行器逐渐得到应用。</p> <p>微型能量转换器件的电信号往往包含着外部环境的运动信息，因此它可以被当做微传感器来表征被附着物体的工作状态。目前微型供能元件和微传感器是能量转换技术的两个主要用途。由此，基于压电和摩擦电效应的纳米发电机和传感器是本课题的核心研究内容。</p> <p>压电纳米发电机和传感器是基于压电材料的正压电效应。当压电材料受到振动时，在其上下表面会产生极化电荷形成内部电势差，在这个电势差的驱动下，电极中的电子会发生流动形成压电电流。压电效应表现出很强的优势，它是一个稳定且连续的能量转换过程，在本质上压电效应是利用环境中的振动，通过一个机械元件放大，将外界的振动转化为内部的电位移。它不仅广泛存在于机电设备的高速运转中，也能够从人体的肢体运动、心跳、血液流动中进行转换和收集，十分适用于纳米发电机和传感器的研究。尤其是近十年来，由于其较高功率密度、结构简单、易于微型化等优势引起研究者的广泛关注。相较于静电、电磁能量收集装置，压电能量采集器具有结构简单、能量密度高、可与MEMS加工工艺兼容等优点。另外，压电材料将机械能转化为电能无需对外输出能量，效率大大提高。这种优势使其在MEMS尺度的器件实现微加工制造和体积缩放等方面尤其可取。</p> <p>摩擦电效应来源于材料之间的摩擦带电和静电感应。当两种得失电子能力不同的材料相互接触时，电子从失电子材料被转移到得电子材料；当两种材料分开时，在他们之间形成电势差驱动电子流动形成摩擦电能。目前摩擦电纳米发电机和传感器发展出接触-分离、水平滑动、单电极、和独立层等四种工作模式，在工业和可穿戴领域得到了广泛应用。摩擦电效应适合旋转、移动和振动等多种运动形态，因此可用作旋转传感器、移动传感器等多种工业传感设备。此外，摩擦电纳米发电机和传感器的制备方法兼容MEMS工艺，例如刻蚀、表面改性、光刻等，它们正朝着微型化和精密化方向发展。</p> <p>目前压电、摩擦电能量转换技术的应用已经十分广泛，在工业上代替电子传感器对工业设备的运行情况进行实时检测；在临床应用方面，压电-摩擦电复合传感器可以代替电子设备实现医疗反馈、检测等功能。结合该领域研究技术的现状及前沿技术发展方向，在如下层面展开研究：</p> <p>（1）通过采用不同的制作工艺，提高压电、摩擦电纳米发电机和传感器的输出性能。通过应用MEMS等先进技术制造出更容易感应振动的结构，拓宽压电能量转换器件的工作频带和提高能量转换效率。探究更先进的表面改性技术，提高摩擦电器件的接触面积，从而提高其电子转移效率和输出性能。</p> <p>（2）开发新型的材料，提高传感器的输出稳定性。通过应用新型的材料技术提高压电和摩擦电器件的工作稳定性，保证其可以稳定连续的输出电能。此外，还需具备优良的抗干扰能力，以便提高其通用性和拓宽其用途。</p> <p>（3）利用MEMS技术将各种能量转换技术耦合，开发出检测功能更全面、应用更广、寿命更长、适用于各个工况的新型传感器。针对目前能量转换器件微型化的发展趋势，通过MEMS技术将各种能量转换技术集成，开发出的新型传感器可以同时表征多种工作状态。</p> <p>（4）集成无线传感器网络，通过信号处理电路和机器学习等技术对传感信号进行分析。设计出一套高效的信号分析系统实现对被检测设备的实时监控。</p>
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况
利用现有相关课题的结余经费，同时通过申请国家自然科学基金以及横向科研课题，展开相应的研究工作。