2022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： 可穿戴能量收集机理研究及在微机电系统中的应用

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

近年来，随着微电子系统、集成电路和无线通信技术的发展，微电子器件和传感器的应用不断扩大。在使用上，大部分采用传统的化学电池供电，其缺点是使用寿命短，尺寸不适合微型器件，化学毒性污染严重。到目前为止，与MEMS相对应的微能量收集技术的发展相对滞后。因此，实现微设备的长时间能源供应是当前最紧迫的问题之一。将能量收集技术应用于微系统是一个前沿研究课题。将环境中的少量能源转化为电能供以后使用的想法受到广泛欢迎。因此，可再生能源问题受到了世界各国研究人员的密切关注，说明了其重要性和紧迫性，尤其集中在太阳能、热能、振动、摩擦、射频等研究领域。但近年来，由于能源收集技术的困难，大规模应用缺乏有效的产品和设备，需要投入更多的人力、物力和财力。王中林院士研究了压电振动和摩擦电摩擦收集能量的方法，在世界范围内得到了广泛的关注。许多不同的材料和结构都被创新了。在我国，压电-摩擦振动能量收集技术起步较晚，但已成为一个热门的研究方向，清华大学、哈尔滨工业大学、天津大学等众多高校在此领域均开展了相关的研究。

本研究旨在以研究可穿戴自驱动系统结合多种能量收集机制进行人体运动的感知和收集为目的，为康复训练、运动监测等医疗保健以用提供有效手段。在研究中，结合压电振动能量收集技术，采用基于压电材料的悬臂梁结构，构建多向振动采集结构，制备一种基于ZnO压电薄膜的压电振动能量收集器和改进的同步电荷提取能量收集电路，重点研究其振动收集输出性能和电荷产生能力。在研究中，以能量收集技术在可穿戴设备中的应用为切入点，构建一种可穿戴式自驱动系统，能量转化单元和信号采集单元具有压电-摩擦电能量收集技术的机械结构，将装置与人体关节相结合，首先考虑摩擦电部分的主要作用：作为传感器用于测量关节运动的角度、速度等为物理量；其次将电磁及压电能量收集部分加入，在同一装置内完成同步运动同时进行传感-发电过程。探索压电能量收集装置在人体运动过程中以动能为来源发电的结构和水平，及摩擦电传感装置在监测和记录人体活动参数中输出电信号的评测和总结；将压电供能模块、摩擦电传感模块与无线传输模块(蓝牙或射频模块)组合，利用压电模块为无线传输模块供电，摩擦电传感模块将监测到的电信号利用无线模块导入电脑进行分析；为不同功能的电信号构建后续应用研究，包括利用机器学习个性化识别个人身份、监测身体健康状况、判断康复治疗效果等。最终建立一个结合运动监控、健康检测、虚拟现实等应用的自功能传感-发电体系，为智能生活的进一步发展提供范例。

本研究的关键技术在于：聚焦于可穿戴自驱动系统的建立，针对人体上下肢运动时产生的动能，实现能量收集转化和信号捕获，为基于物联网技术的无线传输和信号分析提供了可行方案，可以广泛应用于康复训练，运动监测和虚拟现实领域。首先，能量转化单元采用充电效率更高的压电能量收集技术将人体正常运动中产生的动能转化为电能供给后续无线传输模块，这个过程基于不同机械结构的可靠性和多样性，完成了升频、拓频及延长发电时长等效果；其次，信号收集单元采用输出更明显的摩擦电能量收集技术，针对人体上下肢运动中关节转动信息进行捕获，实现对关节运动角度、速度、方向等参数的追踪，并可拓宽至与之相关的加速度、力等物理量的动力学分析，为研究人体运动状态、完成动作追踪提供了技术支撑；最后，与后端应用单元相结合，能量转化单元供给电能驱动无线传输模块供电，信号收集单元利用后端模块实现信号无线传输，后端应用单元与计算。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本研究为自拟课题，经费来源于项目组专项经费。在此基础上，拟申报国家自然科学基金和其他基金项目支持。