

皮芯结构纤维状柔性压力传感材料的制备及应用

Fabrication and applications of flexible pressure sensor assembled with core-shear fibers

钟卫兵,王栋*

Weibing Zhong, Dong Wang

武汉纺织大学技术研究院

Technology Research Institute, Wuhan Textile University

*王栋: wangdon08@126.com

摘要

以镀银尼龙纱线为芯层,以结构化传感浆料为皮层,制备了皮芯结构纤维基压力传感材料用于构筑全纤维基压力传感器。通过调整皮层结构与模量,优化器件性能。结合有限元—快速傅里叶变换(FFT-FEM)方法对皮芯结构纱线传感层以及整体器件受力形变状况进行模拟计算,分析器件受压时表面传感层微观力学行为、整体器件介观力学行为,以此探究基于皮芯结构导电纱线压力传感器传感机理。基于皮芯结构纱线的压力传感器优化后表现出优异的可集成性能,可用于人体脉搏信号、关节运动和足底压力的监测。在此基础上还进一步制备了大面积压力传感织物用于感知和绘制空间压力分布。在人类智能生活、个性化医疗、人机界面等领域显示出了巨大的应用潜力。

关键词: 柔性压力传感器; 纤维材料; 表面微结构; 机械性能; 传感性能

内容精要:

随着科学技术与社会环境的快速发展,具有全面监测人体运动姿态、呼吸/心率等生理体征功能的可穿戴压力传感设备逐渐成为研究热点。基于纤维的柔性电子材料因其本身固有的灵活性,轻巧性,舒适性在柔性机器人,人机界面,智慧医疗等领域表现出极大的应用潜力。而纺织工艺作为高效及优良组装纤维的手段,在数百年的工业发展中得到了完善,在这种高效且灵活的生产方式加持下,纤维及纤维集合体材料具备了灵活可调的物理化学结构,使得纤维基柔性电子传感材料在不同领域需求下的性能调控成为可能。

本研究利用采用新型湿法纺丝工艺制备了以镀银尼龙纱线为芯层,碳纳米管(CNTs)掺杂聚氨酯(TPU)复合导电浆料为皮层的皮芯结构纱线,利用水蒸气诱导相分离技术在皮层表面构建微孔结构,最终形成压力传感纱线;通过调整 TPU/CNTs 复合导电浆料关键组分比、凝固环境及暴露时间,制备具有不同结构形态微孔结构;研究了微孔结构对纱线压缩变形能力、器件传感性能的作用关系。在此基础上进一步制备以水性聚氨酯/聚吡咯/乙烯-乙醇共聚物纳米纤维为皮层的皮芯结构线状压力传感纱线。通过构筑桥-岛仿生结构,优化其传感性能。结合有限元—快速傅里叶变换(FFT-FEM)方法对皮芯结构纱线传感层以及整体器件受力形变状况进行模拟计算,分析器件受压时介观力学行为,以此探究基于皮芯结构纱线的压力传

感器传感机理。优化后柔性压力传感器表现出优异的传感与可集成性能,利用编织、刺绣等集成技术可将其与普通纺织品相结合,用于人体脉搏、关节、足底运动监测以及大面积空间压力映射。

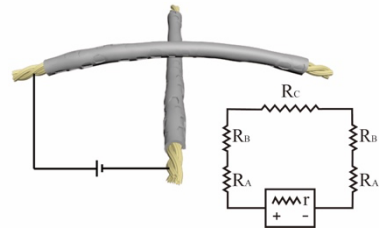


图 1 基于皮芯结构纱线的压力传感器结构及电阻构成
(R_A 为芯层电阻, R_B 为皮层电阻, R_C 为接触电阻)

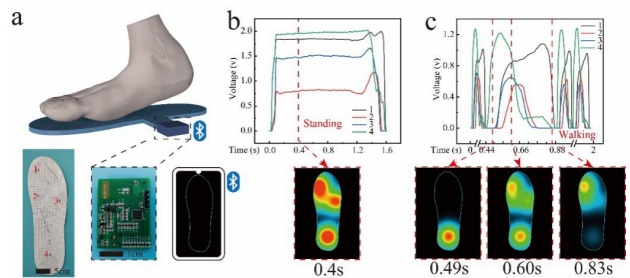


图 2 基于皮芯结构纱线的压力传感器用于人体足底压力信号监测

致谢:

感谢国家自然科学基金(62103063, U20A20257)的资金支持。