

无声语音识别的柔性表皮电子系统

张倩倩, 王晖, 钤坤苗

(燕山大学电气工程学院, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 本文提出一种柔性石墨烯传感器检测声带振动信号。利用 CVD 和压印等技术制备了具有微表面结构衬底的语音检测传感器, 并测试了其声探测的频率响应特性。然后使用传感器搭建表皮电子系统, 并检测了汉语的声调、短语和句子, 以及英语单词和句子。并将采集的振动语音信号送入神经网络训练。实验结果表明, 这种柔性石墨烯传感器所检测的信号具有足够的特征信息以实现语音识别任务。

关键词: 振动信号;语音传感器;柔性石墨烯传感器;双语检测;语音识别

Flexible epidermal electronic system for silent speech recognition

Zhang Qianqian, Wang Hui, Qian Kunmiao

(School of Electrical Engineering, Yanshan University)

Abstract: In this paper, a flexible graphene sensor is proposed to detect the vocal fold vibration signal. The speech detection sensor with a cylindrical microsurface structure substrate is prepared by chemical vapor deposition (CVD) and imprint technology. And we tested the frequency response characteristics of its acoustic detection. The sensors were then used to build the epidermal electronic system and detected Chinese tones, phrases and sentences, as well as English words and sentences. The collected vibrating speech signals are fed into a neural network for training. Experimental results show that the signals detected by this flexible graphene sensor have sufficient feature information to achieve the speech recognition task.

Keywords: vibration signals; voice sensor; flexible graphene sensor; bilingual detection; speech recognition

1 传感器设计背景和应用价值

1.1 设计背景

(1) 聋哑人存在无法发声的问题，在与交流过程中只能通过手势表达自己的想法，但是如果对方不懂手语，两人的交流就会存在障碍；

(2) 咽喉癌是一种头颈部位常见的恶性肿瘤，据统计大约 70% 的咽喉癌患者术后将出现吞咽功能受损、发音困难甚至长久失声；

(3) 东京大学和索尼计算机科学研究所 (CSL) 共同研发了人工智能 (AI) 系统“Derma”。只要在喉咙周围的皮肤上贴上 MEMS 惯性传感器，利用喉咙和下颚的皮肤震动，就能将口形转化为语音。

1.2 应用价值

(1) 为实现残障人士与其他人的正常沟通提供新思路；

(2) 为协助咽喉癌患者术后康复训练提供了新方法；

(3) 推动可穿戴设备在医疗健康领域的进一步发展。

2 创新点与优势

2.1 柔性好、堡型性好：本传感器是采用石墨烯为材料制作的柔性传感器，具有很好的柔性，可以皮肤很好的贴合，可以很好的采集患者无声发音时的振动信号。通过将传感器贴合在喉咙周围的皮肤上，就能实现从口形(无声说话)到语音的转化。

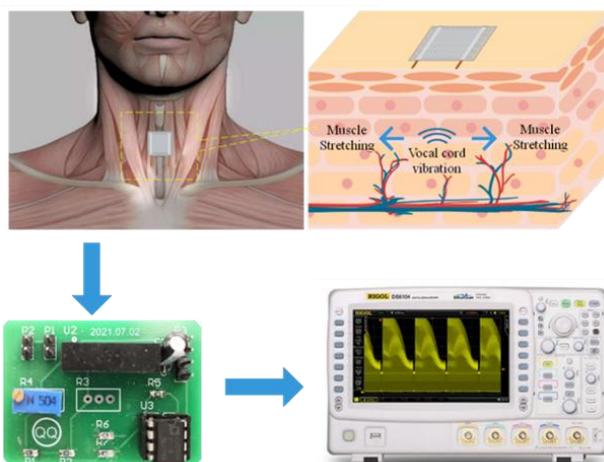
2.2 体积小重量轻：与现有的无声语音交互研究相比，这个设备在安装时并不显眼，而且体积小、重量轻、耗电量低，不易受到照明条件等周围环境因素的影响。在生活中，该设备也不会影响到使用者的正常生活。

2.3 采集声带振动信号：抗环境噪声干扰，不受环境噪声、回响等干扰。

3 实现方案简介

3.1 设计原理

如下图所示，将制作的传感器粘贴于志愿者喉部。人在说话时会引起声带的振动和喉部肌肉的收缩，进而会引起粘贴于喉部的传感器产生应变，即石墨烯薄膜的阻值会随着喉部应变而变化^[1]。阻值变化经过电桥电路转为电压变化，通过示波器记录电压数据。再将采集的全部数据按照 7: 3 划分训练集和测试集，通过提取特征训练模型。

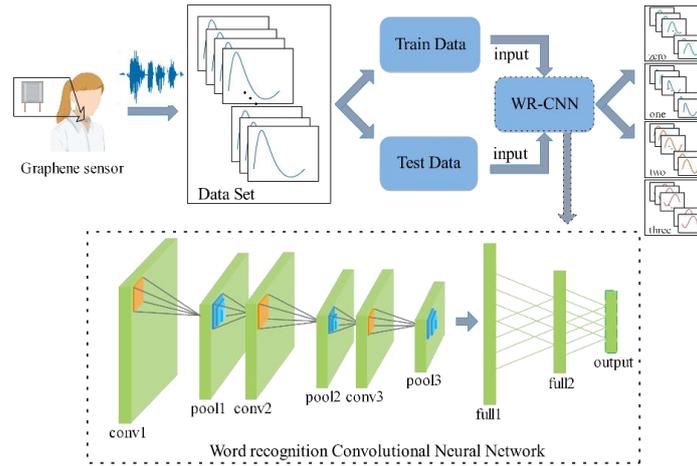


3.2 设计方法

- (1) 通过 CVD 法制备石墨烯薄膜，引电极、封装并制作传感器
- (2) 设计电桥放大电路，将电阻变换转换为电压变换
- (3) 利用传感器、电桥放大电路、示波器搭建表皮电子系统
- (4) 邀请两名志愿者，将传感器粘贴于喉部皮肤，间隔 2s 发音，同一个汉字重复 5 次，通过示波器观察采集的信号。

3.3 实验验证过程

- (1) 通过扫描电镜、拉曼光谱表征石墨烯薄膜的质量；
- (2) 通过振动台测试石墨烯传感器的频率响应，实验结果显示在 200~2500Hz 范围内传感器的平均输出电平为 1297.7dB，说明在此范围内传感器具有良好的频率响应。正常语音的主要音区频率为 300~1000Hz，都位于传感器的 200~2500Hz 工作频率范围内，因此该传感器可以满足对人类语音信号的检测；
- (3) 利用扬声器的振动膜验证表皮电子系统是否可以正常工作；
- (4) 邀请志愿者穿戴表皮电子系统并进行发声测试，保存采集数据并进行预处理，预处理后的数据按照 7: 3 划分训练集和测试集，送入神经网络模型进行训练，实验结果显示测试集的认识率达 80%。



参考文献:

- [1] Tong K, Zhang Q, Chen J, et al. Research on Throat Speech Signal Detection Based on a Flexible Graphene Piezoresistive Sensor[J]. ACS Applied Electronic Materials, 2022, 4(7): 3549-3559.