



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107678327 A

(43)申请公布日 2018.02.09

(21)申请号 201710770418.4

(22)申请日 2017.08.31

(71)申请人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市江干经济开发  
区2号大街928号

(72)发明人 刘爱萍 钱巍 吴化平 李敏

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公  
司 33200

代理人 黄欢娣 邱启旺

(51)Int.Cl.

G05B 19/042(2006.01)

H04L 1/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种发音辅助系统

(57)摘要

本发明提供了一种发音辅助系统。包括恒压单元、采集单元,单片机以及发声单元。恒压单元给所述采样单元提供0.1-0.5V弱电压信号,采样单元采集声带振动信号,并将其转换为电信号,单片机通过电信号输出对应的声音脉冲,并通过所述发声单元输出。所述采样单元包括两片互锁的柔性薄膜,柔性薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构。该发音辅助系统具有制备简单,成本低廉,可重复性高的优点。此外,该发音辅助系统兼具柔性和高灵敏度,能很好地附着于人体皮肤,且无任何刺激,对于将来应用于可穿戴式柔性智能辅助发音具有重要意义。

1. 一种发音辅助系统,其特征在于,包括:恒压单元、采集单元,单片机以及发声单元。恒压单元给所述采样单元提供0.1-0.5V弱电压信号,采样单元采集声带振动信号,并将其转换为电信号,单片机通过电信号输出对应的声音脉冲,并通过所述发声单元输出。所述采样单元包括两片互锁的柔性薄膜,柔性薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构,所述柔性薄膜通过以下步骤制备得到:

(1) 构建具有微圆柱阵列的PDMS基底,所述微圆柱的高度为 $20\mu\text{m}$ ,长径比为1~2.5。

(2) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,用等离子体氧处理10-15min,随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。

(3) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为 $200-467\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ,40℃环境下干燥,得到柔性微柱阵列石墨烯基薄膜。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述微圆柱的间距与直径的比值为0.8~2.5。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述具有微圆柱阵列的PDMS基底通过以下步骤获得:

(1.1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微阵列的硅模板1h,之后用去离子水清洗并干燥。

(1.2) 将硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

(1.3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次真空除气泡,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离,得到具有微圆柱阵列的PDMS基底。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述两片互锁的柔性石墨烯微柱阵列薄膜粘贴于颈部声带振动处,采集不同的发声对应的声带振动波形。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所用的单片机型号为MSP430。

## 一种发音辅助系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石墨烯传感器、信号处理技术以及物联网等领域,尤其是一种发音辅助系统,属于智能控制及物联网领域。

### 背景技术

[0002] 随着新材料、新工艺和新技术的应用,研制新型功能材料及传感器,使传感器的性能更趋完善,结构小型化、微型化和多功能化等优点。近年来可穿戴的柔性传感器的研究十分热门,柔性力敏传感器结合了具有微纳米结构的柔性基底和高灵敏度的导电纳米材料,利用导电材料受微小压力或触觉引起的电信号变化来检测人体各项生理指标,从而实现人体健康状况的实时监测。在疾病监控、医学成像和疾病诊断等方面具有广阔的应用前景。可以精确检测压力、湿度以及温度,为截肢患者制作新的假肢;也可以为机器人提供与人类皮肤类似的人工皮肤用来进行各种测试;通过绘制皮肤弹性分布图,建立健康与受损组织的定量数据资料,可以帮助医生更好地评估皮肤疾病,比如皮炎和皮肤癌;也可植入到人体内部用来监测血管和其它软组织损伤或功能障碍。

[0003] 目前的聋哑人与正常人之间的交流有极大障碍,造成聋哑人生活沟通不便。手语虽然解决了这一问题,但是局限性很大。因为大部分正常人无法读懂聋哑人的手语,而且当用手语和语音同样表达一个意思,手语的表达效果要比语言差得多,效率非常低。现在用的语音识别技术,都是用摄像机拍摄说话时嘴唇振动的每一时刻图像,然后用图像处理的方法和编写复杂的识别算法,提取图像的特征量来进行语音的识别。这种方法不仅实现难度大,操作复杂,操作步骤繁琐,不方便携带,所需设备多,而且需要使用摄像机等高成本设备,不利于大规模的产业化。此外,由于硬件的限制,也使得传统的语音识别技术实用性差,应用前景不理想。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种发音辅助系统。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:一种发音辅助系统,包括:恒压单元、采集单元,单片机以及发声单元。恒压单元给所述采样单元提供0.1-0.5V弱电压信号,采样单元采集声带振动信号,并将其转换为电信号,单片机通过电信号输出对应的声音脉冲,并通过所述发声单元输出。所述采样单元包括两片互锁的柔性薄膜,柔性薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构,所述柔性薄膜通过以下步骤制备得到:

[0006] (1) 构建具有微圆柱阵列的PDMS基底,所述微圆柱的高度为20 $\mu$ m,长径比为1~2.5。

[0007] (2) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,用等离子体氧处理10-15min,随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDPA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。

[0008] (3) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为200-467 $\mu$ l/cm<sup>2</sup>,40℃环境下干燥,得

到柔性微柱阵列石墨烯基薄膜。

[0009] 进一步地,所述微圆柱的间距与直径的比值为0.8~2.5。

[0010] 进一步地,所述具有微圆柱阵列的PDMS基底通过以下步骤获得:

[0011] (1.1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微阵列的硅模板1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0012] (1.2) 将硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0013] (1.3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次真空除气泡,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离,得到具有微圆柱阵列的PDMS基底。

[0014] 进一步地,所述两片互锁的柔性石墨烯微柱阵列薄膜粘贴于颈部声带振动处,采集不同的发声对应的声带振动波形。

[0015] 进一步地,所用的单片机型号为MSP430。

[0016] 本发明具有以下优点:本发明通过具有高灵敏度的采样单元进行声带振动信号的采用,实现辅助发声,对于采样单元,通过微圆柱阵列增大比表面积,同时通过折皱石墨烯片层形成微纳结构,增大石墨烯接触面的粗糙度来增加接触面积,提高了双层互锁的柔性石墨烯微柱阵列薄膜传感器的导电性和灵敏度。当滴涂石墨烯量过少时,折皱的石墨烯片层不易形成微纳结构,因此,阵列上石墨烯的粗糙度不够,在小压力变形下,石墨烯的接触面积变化不明显;当滴涂石墨烯量过多时,折皱的石墨烯过分堆叠,导致石墨烯片变得平整,折皱结构消失,影响了石墨烯微纳结构的形成,虽然传感器的导电性增加,但是在压力变形下,石墨烯的接触面积变化小,灵敏度低。同时,PDMS具有柔性,作为电子皮肤的衬底,能适应人体弯曲应变的变化。将该高灵敏度传感器应用与辅助发音领域,不仅识别准确度大大提升,还克服了传统唇语识别技术繁琐,算法复杂的缺点。此外,该发音辅助系统携带方便,设备简单,成本低廉,体积小,实时性好,而且利于产业化,具有很好的应用前景。同时,可以很好地解决易受噪声影响,干扰强等缺点。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明柔性石墨烯微柱阵列薄膜的SEM;

[0018] 图2为本发明发音辅助系统采集不同发音声带振动信号波形;

[0019] 图3为石墨烯和PDMS的拉曼光谱图;

[0020] 图4为不同石墨烯滴涂量的传感灵敏度;

[0021] 图5为不同微圆柱阵列间距的传感灵敏度。

## 具体实施方式

[0022] 一种发音辅助系统,包括:恒压单元、采集单元,单片机以及发声单元。恒压单元给所述采样单元提供0.1~0.5V弱电压信号,使用时,将信号采集单元用医用胶带粘附于颈部声带振动处,采集声带振动信号,并将其转换为电信号,单片机通过内置的吉时利2400表获取采样单元的电信号,吉时利2400表的探针分别连接一个柔性薄膜;然后根据电信号输出

对应的声音脉冲,并通过所述发声单元输出。所述采样单元包括两片互锁的柔性薄膜,柔性薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构。柔性薄膜传感器通过以下方法制备得到:

[0023] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm\*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0024] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0025] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。

[0026] (4) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理具有微阵列结构的PDMS10-15min,增强PDMS微圆柱列表面的亲水性;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDPA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,进一步提高PDMS微圆柱列表面的亲水性,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。

[0027] (5) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液333-667μl,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,得到柔性微柱阵列石墨烯薄膜。

[0028] 该柔性传感器对人体无毒,无害,无刺激,能很好的与人体皮肤接触,感受人体运动的变化。

[0029] 图1为石墨烯微柱阵列薄膜的SEM。其中,左侧两图均为PDMS微圆柱模板的SEM(a、c),可以看出PDMS微柱表面光滑,且无任何杂质;右侧两图为滴涂石墨烯之后的SEM(b、d),可以看出石墨烯是折皱的片层结构,并均匀附着在具有微柱阵列的PDMS表面。

[0030] 图2为本发明采集不同发音时的声带振动波形信号。从左到右依次为“hello”,“graphene”,“nanomaterials”对应着的声带振动信号波形,可以看出:不同的发音,喉部肌肉运动是有差别的,从而引起两片互锁石墨烯阵列薄膜的接触面积发生变化,随后引起了电信号变化;不同人读相同单词时(tester1~tester3),声带振动引起的电信号波形变化基本上是相同的,也就说明本发明制备的智能喉辅助发音系统具有普遍适用性。

[0031] 此外,单片机仅需要通过简单的训练,构建声音脉冲-电信号的匹配数据库,以输出对应的声音脉冲,控制发声单元发声,单片机可选用的型号为MSP430。

[0032] 下面结合实施例对发明作进一步说明。

[0033] 实施例1

[0034] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微阵列的硅模板(1.5cm\*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0035] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲

氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0036] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。

[0037] 然后分别按照以下方法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:

[0038] 方法1

[0039] 采用浸没法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:将微柱阵列PDMS薄膜浸没在0.3mg/ml石墨烯溶液中,40℃干燥,直至水分蒸发完;

[0040] 方法2

[0041] 采用普通滴涂法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:在微柱阵列PDMS薄膜上直接滴涂0.3mg/ml石墨烯溶液500 $\mu$ l,40℃干燥;

[0042] 方法3

[0043] 采用本发明方法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理具有微阵列结构的PDMS15min,增强PDMS微圆柱阵列表面的亲水性;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,进一步提高PDMS微圆柱阵列表面的亲水性,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。然后滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为500 $\mu$ l,40℃环境下干燥,得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0044] 通过共聚焦激光显微镜和吉时利2400表对上述三种方法获得的产物进行表征,结果表明,通过浸没法制备的石墨烯微柱薄膜成膜不均匀,表面存在大量的裂纹,微柱侧面未被石墨烯片完全包裹,导电性差,且吸附到PDMS面的石墨烯的量无法控制,无法进行定量分析;通过普通滴涂法制备柔性石墨烯微柱薄膜成膜也不均匀,PDMS表面的石墨烯易发生堆叠,导致部分微柱被石墨烯完全覆盖,甚至将微柱结构覆盖,但部分PDMS微柱暴露,影响了薄膜的导电性;通过本发明方法制备的柔性石墨烯微柱阵列薄膜成膜均匀,微柱的侧面也能完全被石墨烯片吸附,这是因为PDMS表面经等离子体氧刻蚀改性,增强了PDMS表面的亲水性,增大接触角,有利于水分的铺展,然后又将PDMS浸泡在PDDA溶液中,使得PDMS表面修饰上带正电的铵基,滴涂石墨烯后来吸引带负电的石墨烯,从而使得石墨烯成膜均匀,且石墨烯又经范德华力牢牢吸附在PDMS表面,从而石墨烯薄膜不易从PDMS上剥离脱落。图3为方法3获得的柔性薄膜的拉曼光谱图。其中,PDMS的拉曼特征峰为1259 $\text{cm}^{-1}$ 和1410 $\text{cm}^{-1}$ ,滴涂石墨烯溶液后测得的拉曼特征峰为1340 $\text{cm}^{-1}$ 和1580 $\text{cm}^{-1}$ ,属于石墨烯的拉曼特征峰。图1为方法3获得的柔性薄膜的SEM图。其中,左侧两图均为PDMS微圆柱模板的SEM,可以看出PDMS微柱表面光滑,且无任何杂质;右侧两图为滴涂石墨烯之后的SEM,可以看出石墨烯是折皱的片层结构,并均匀附着在具有微柱阵列的PDMS表面。

[0045] 实施例2

[0046] 本实施例旨在研究不同等离子体氧刻蚀时间对于薄膜性能的影响。

[0047] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm\*1cm) 1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0048] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0049] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径16μm,高度20μm,间距30μm。

[0050] (4) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理3-21min,如表1所示;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30min。

[0051] (5) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液333μl,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0052] 不同等离子体氧刻蚀时间下得到的产物如表1所示。

[0053] 表1:不同等离子体氧刻蚀时间

[0054]

刻 蚀 时间	3min	5min	8min	10min	12min	15min	18min	21min
成 膜 性	差 团聚;裂 纹	差 团聚;裂 纹	较差 团聚;裂 纹	好 较均匀	好 均匀铺 展	好 均匀铺 展	较差 微柱塌 陷	差 微柱塌 陷

[0055] 从表1可以看出,用等离子体氧刻蚀具有微柱阵列的PDMS表面时,当刻蚀时间少于10min时,PDMS表面亲水性差,后期滴涂石墨烯溶液时无法均匀铺展,干燥后石墨烯会发生团聚并产生裂纹;当刻蚀时间高于18min时,PDMS表面的微柱阵列由于长时间刻蚀会发生坍塌,从而不利于微柱薄膜的形成,易产生裂纹,影响石墨烯薄膜的性能;只有当刻蚀时间为10-15min时,PDMS表面不但具有亲水性,而且石墨烯能均匀铺展在具有微柱的PDMS表面及侧面,得到导电性能和压阻性能均较好的石墨烯薄膜。

[0056] 实施例3

[0057] 本实施例旨在研究不同石墨烯滴涂量对于薄膜性能的影响。

[0058] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm\*1cm) 1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0059] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水

解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0060] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径16μm,高度20μm,间距30μm。

[0061] (4) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理15min;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中60min。

[0062] (5) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,如表2所示,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0063] 不同滴涂量下得到的产物如表2所示。

[0064] 表2:不同石墨烯滴涂量

[0065]	滴涂量	100 μl	150 μl	300 μl	333 μl	500 μl	667 μl	700 μl
	成膜性	差 未全部 覆盖	差 未全部 覆盖	较差 基本覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 均匀, 膜厚

[0066] 从表2可以看出,当0.3mg/ml石墨烯的滴涂量小于333μl时,由于石墨烯的量少,无法完全覆盖PDMS表面,表面裂纹多,导电性差;当石墨烯的滴涂量高于333μl时,石墨烯片能在微柱PDMS表面均匀成膜,但随着石墨烯量的增加,石墨烯片自身的折皱将会铺平,石墨烯膜变厚,影响微柱本身的高度,从而减弱石墨烯的压阻性能。

[0067] 进一步地,滴涂量为333μl,500μl,667μl获得的微柱阵列在不同压力下的压阻行为如图4所示,可以看出滴涂的量为200~467μl/cm<sup>2</sup>条件下,灵敏度较好。且石墨烯滴涂量为500μl具有较高的灵敏度。

[0068] 实施例4

[0069] 本实施例旨在研究不同微柱阵列间距对于薄膜性能的影响。

[0070] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm\*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0071] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0072] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径16μm,高度20μm。

[0073] (4) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束



流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理15min;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDPA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中60min。

[0074] (5)滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液500 $\mu$ l,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0075] 不同滴涂量下得到的产物如表3所示。

[0076] 表3:不同微圆柱间距

[0077]	圆柱间距	10 $\mu$ m	12.8 $\mu$ m	20 $\mu$ m	30 $\mu$ m	40 $\mu$ m
[0078]	成膜性	石墨烯无法铺展	均匀铺展	均匀铺展	均匀铺展	均匀铺展
	导电性	差	良	良	优	良

[0079] 从表3可以看出微柱阵列间距为10 $\mu$ m时,滴涂石墨烯溶液时无法铺展,导致石墨烯无法吸附到PDMS微柱阵列表面;间距为12.8 $\mu$ m,20 $\mu$ m,30 $\mu$ m或40 $\mu$ m的微柱阵列能使得石墨烯均匀铺展,但20 $\mu$ m和40 $\mu$ m间距薄膜的压阻灵敏度不及微柱间距为30 $\mu$ m的。间距为20 $\mu$ m,30 $\mu$ m,40 $\mu$ m的微柱阵列在检测不同压力下的压阻行为如图5所示,微柱间距为30 $\mu$ m的薄膜具有较高的灵敏度。

[0080] 上述实例用来解释说明本发明,然而并非限定本发明。在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

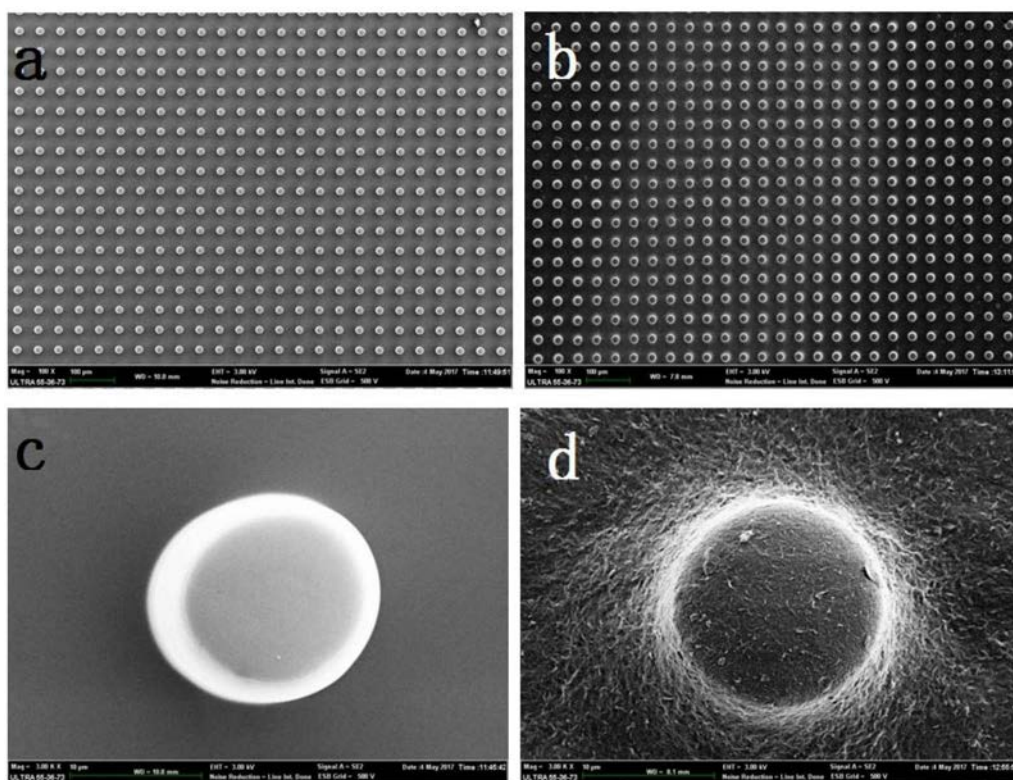


图1

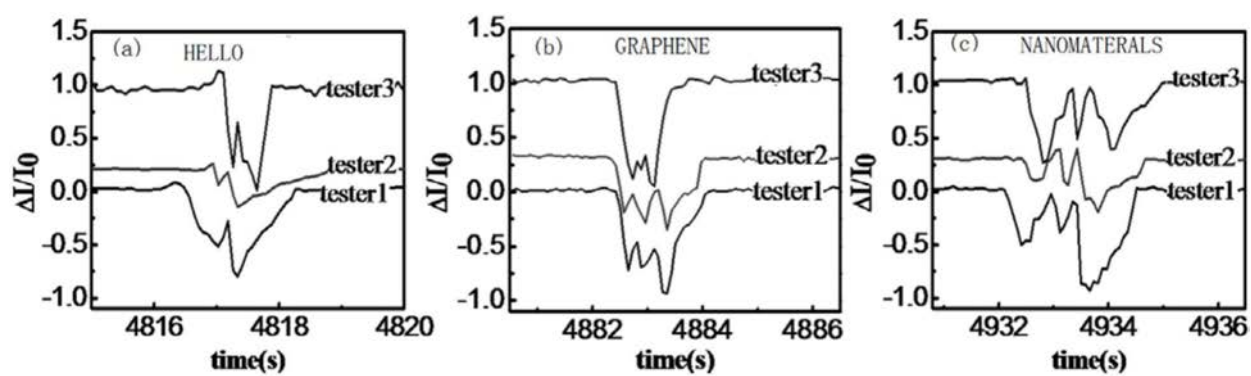


图2

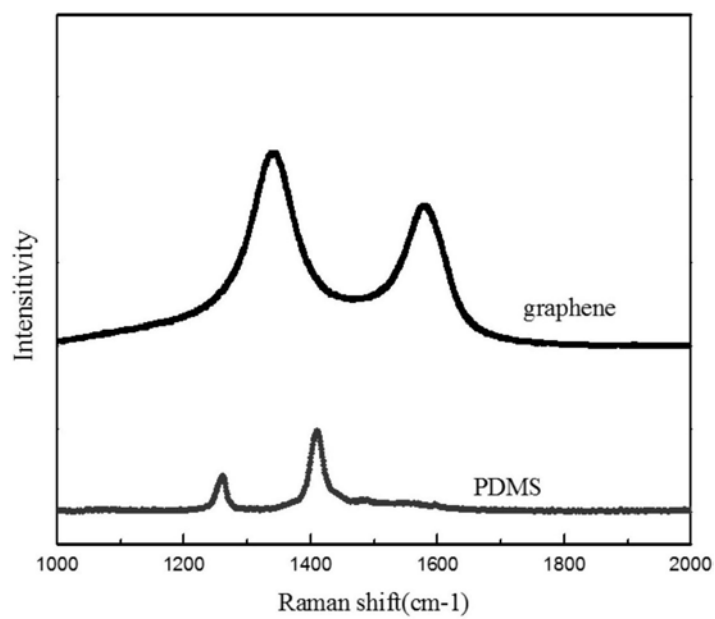


图3

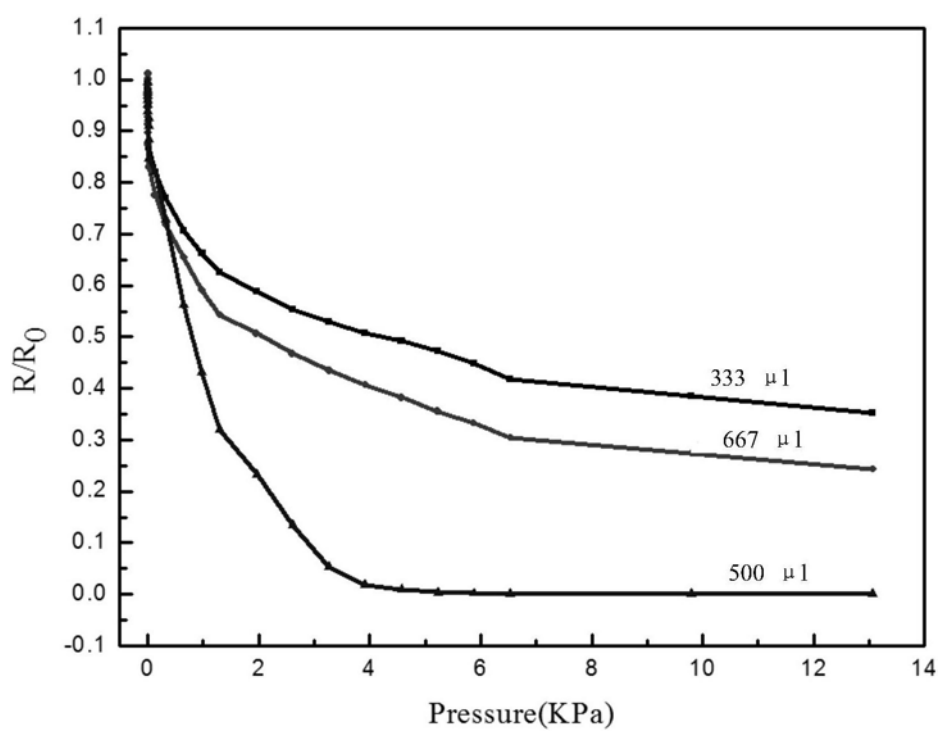


图4

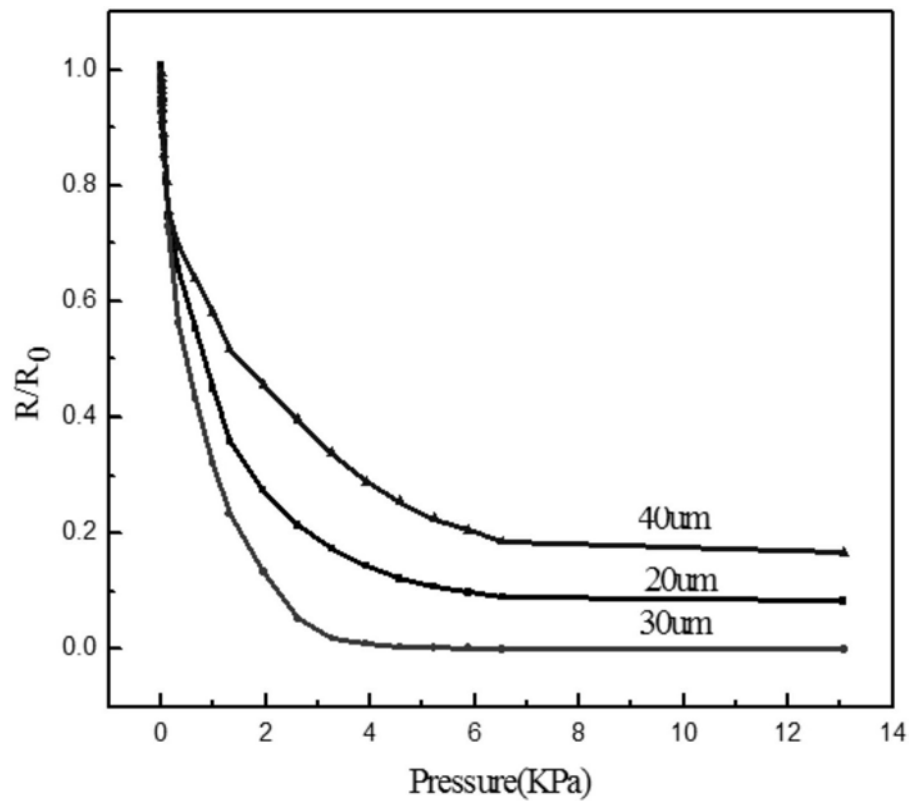


图5