



(21) 申请号 202210156282.9

(22) 申请日 2022.02.21

(71) 申请人 浙江理工大学

地址 310000 浙江省杭州市江干区杭州经  
济开发区白杨街道

(72) 发明人 程琳 刘爱萍 杨嘉尧 阮迪清  
张晓龙 丁晨

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所  
(普通合伙) 33296

专利代理师 姜术丹

(51) Int. Cl.

G01L 1/18 (2006.01)

G01L 9/06 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制  
备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制备方法,丝绸织物进行预处理后,将配置好的PDMS倒在丝绸上,形成特殊纹路的模板,然后将Ag-GO漂在PDMS模板上,一步热还原得到Ag-rGO@PDMS薄膜,将两片Ag-rGO@PDMS薄膜AgNWS-rGO面相对放置连接导线即制备得到互锁式超灵敏压力传感器,该发明采用丝绸作为模板,使PDMS薄膜一侧形成一定纹路,使压力传感更加灵敏。

1. 一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 准备丝绸织物并进行预处理:用洗衣液清洗丝绸织物,然后超声处理半小时以上,最后在去离子水中漂洗干净后,用氮气枪吹干织物备用;

(2) 丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜的制备:将丝绸织物固定在干净平整的基底上,按照10:1的比例制备PDMS和交联剂的混合物并脱气,然后将配制好的PDMS涂在丝绸织物上,在烘箱中固化完成后,小心的将丝绸从固化的PDMS中剥离出来得到以丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜;

(3) 具有丝绸模板的Ag-rGO@PDMS薄膜的制备:在氧化石墨烯(GO)溶液中加入银纳米线(AgNWs)搅拌均匀,再超声处理5-30min后静置,将步骤(2)得到的PDMS薄膜以斜45°角插入到Ag-GO的乙醇溶液中,捕获静止后Ag-GO在液面上形成的一层超薄膜,缓慢的以45°角抽离液面,随后将Ag-rGO@PDMS薄膜转移到管式炉中退火处理,即得到Ag-rGO@PDMS;

(4) 互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器的制备:将Ag-rGO@PDMS薄膜根据需要剪裁合适尺寸,取两块薄膜Ag-rGO面相对放置,并在上层和下层连接导线,即可制备互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器。

2. 如权利要求1所述制备方法,其特征在于,所述步骤(1)中丝绸织物选取市面上珍珠缎、交织重锻提花、素绉缎、龟文香云纱、织锦缎、色丁缎、香云纱花萝等各种料子,相同料子选取不同纹路、花色。

3. 如权利要求1所述制备方法,其特征在于,所述步骤(2)中基底的材质为玻璃、硅片、聚四氟乙烯中的一种。

4. 如权利要求3所述制备方法,其特征在于,所述步骤(2)烘箱反应的温度设定70-90℃,固化时间1-3h。

5. 如权利要求1所述制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中氧化石墨烯(GO)采用传统的Hummer法制备,GO溶液的浓度为2-8mg/ml,Ag纳米线购于德利新维,GO和Ag纳米线的浓度之比为10:1-2:1。

6. 如权利要求5所述制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中管式炉中反应温度150-220℃退火处理时间30-60min

7. 如权利要求1所述制备方法,其特征在于,所述步骤(4)互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器,上下两层薄膜可选取丝绸模板为相同丝绸材质、不同丝绸材质、相同丝绸纹路、不同丝绸纹路、相同丝绸花色、不同丝绸花色中的一种。

## 一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及传感器领域,特别涉及一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制备方法。

### 背景技术

[0002] 监测人体生理信号被认为是疾病诊断和健康评估的有效方法。传统的以医院为中心的医疗传感设备,包括基于红外光电设备和刚性多电极压力传感器,已被用于人体生理信号检测,但由于其便携性和可穿戴性差,其使用仍然相当有限。近年来,柔性可穿戴压力传感器因其独特的检测细微压力变化的能力而受到越来越多的关注,这为在以可穿戴为中心的健康监测、感知触觉信息获取、微创外科手术、假肢等方面具有广泛应用前景。

[0003] 在过去几年中,基于纳米结构材料(石墨烯、单壁碳纳米管、Ag纳米线及其复合材料)的柔性压阻传感器、电容传感器和压电式传感器在低压区( $<10\text{kPa}$ )具有良好的压力传感性能。与低透明度和刚性的金属/金属氧化物纳米线以及具有机械不稳定性和低载流子迁移率的导电聚合物相比,AgNWS-rGO纳米复合材料已被证明是柔性电极和电子学的优秀候选者,因为它们具有优越的机械柔性和稳定性、良好的导电性,透明度高。尽管这些传感器件具有很高的压力传感性能,但用经济高效的制造方法形成大规模、均匀的电子皮肤仍然是一个挑战。

[0004] 聚二甲基硅氧烷(PDMS)薄膜具有良好的弹性和生物相容性,是集成敏感纳米材料用于柔性电子应用的最常用的柔性基底。微结构PDMS薄膜是电子皮肤设备的关键元件,已被证明比非结构PDMS薄膜具有更高的灵敏度和更快的响应时间。具有高密度微观特征的PDMS薄膜极大地改变了其机械性能。施加的外部压力将导致微结构PDMS特征弹性变形,从而存储和释放压力,且能尽量减少因PDMS的粘弹性行为而产生的问题。对于非结构化PDMS薄膜,压缩会导致松弛时间增加,并且缺乏可变形的表面,这在响应压力载荷时是有问题的。例如,据报道,与非结构薄膜相比,金字塔结构PDMS薄膜的压力敏感性提高了30倍,微结构PDMS薄膜的恢复时间在毫秒范围内,但是对于具有规则图案(如金字塔、立方体和线条等)的均匀微结构PDMS薄膜,其制备工艺通常需要通过光刻制作图案化硅模具,然后通过湿法或干法蚀刻工艺形成凹槽,后需要一系列严苛的实验步骤,不适宜与纳米材料组件的大面积集成。

### 发明内容

[0005] 为解决上述技术效果,本发明以市售丝绸为模板,制备一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器。

[0006] 为达到上述技术目的,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种丝绸模板互锁式柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0008] (1) 准备丝绸织物并进行预处理:用洗衣液清洗定制的丝绸织物,然后超声处理半小时以上,最后在去离子水中漂洗干净后,用氮气枪吹干织物备用;

[0009] (2) 丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜的制备:将丝绸织物固定在干净平整的基底上,按照10:1的比例预制备PDMS和交联剂的混合物并脱气,然后将配制好的PDMS涂在丝绸织物上,在烘箱中固化完成后,小心的将丝绸从固化的PDMS中剥离出来得到以丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜;

[0010] (3) 具有丝绸模板的Ag-rGO@PDMS薄膜的制备:在氧化石墨烯(GO)溶液中加入银纳米线(AgNWs)搅拌均匀,再超声处理5-30min后静置,将步骤(2)得到的PDMS薄膜以斜45°角插入到Ag-GO的乙醇溶液中,捕获静止后Ag-GO在液面上形成的一层超薄膜,缓慢的以45°角抽离液面,随后将Ag-GO@PDMS薄膜转移到管式炉中退火处理,即得到Ag-rGO@PDMS;

[0011] (4) 互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器的制备:将Ag-rGO@PDMS薄膜根据需要剪裁合适尺寸,取两块薄膜Ag-rGO面相对放置,并在上层和下层连接导线,即可制备互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器。

[0012] 进一步地,所述步骤(1)中丝绸织物选取市面上珍珠缎、交织重缎提花、素绉缎、龟文香云纱、织锦缎、色丁缎、香云纱花罗等各种料子,相同料子选取不同纹路、花色。

[0013] 进一步地,所述步骤(2)中基底的材质为玻璃、硅片、聚四氟乙烯中的一种。

[0014] 进一步地,所述步骤(2)烘箱反应的温度设定70-90℃,固化时间1-3h。

[0015] 进一步地,所述步骤(3)中氧化石墨烯(GO)采用传统的Hummer法制备,GO溶液的浓度为2-8mg/ml,Ag纳米线购于德利新维,GO和Ag纳米线的浓度之比为10:1-2:1。

[0016] 进一步地,所述步骤(3)中管式炉中退火温度150-220℃退火处理时间30-60min。

[0017] 进一步地,所述步骤(4)互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器,上下两层薄膜可选取丝绸模板为相同丝绸材质、不同丝绸材质、相同丝绸纹路、不同丝绸纹路、相同丝绸花色、不同丝绸花色中的一种。

[0018] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0019] 1. 本发明采用市面上常见的丝绸作为结构化PDMS的模板,较常规的制备结构化PDMS廉价,制备工艺简单,且能形成各种所需的结构化模板。

[0020] 2. 本发明采用市面上常见的丝绸作为结构化PDMS的模板,丝绸使用之后可以洗涤后重复使用,作为稳定可回收的模板材料。

[0021] 3. 本发明制备的以丝绸模板的互锁式柔性压力传感器,因其互锁结构,在外力作用下,互锁结构增大的比表面积,因而具有高的灵敏度,互锁结构可以根据需求和生产本来选取不同结构的AgNWS-rGO@PDMS薄膜,具有多组合型,以适应不同的需求。

## 具体实施方式

[0022] 为加深对本发明的理解,下面结合对本发明的较佳实施例进行详细阐述,以使本发明的优点和特征能更易于被本领域技术人员理解。

[0023] 实施例1

[0024] (1) 预处理丝绸织物:

[0025] 在市面上选购素绉缎一块,剪裁为尺寸2cm\*2cm的正方形,然后用洗衣液清洗干净后超声处理30min,再泡在去离子水中漂洗干净,用氮气枪吹干。然后将丝绸织物用夹子固定在干净平整的硅片上待用。

[0026] (2) 以丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜的制备:

[0027] 准备PDMS混合液:按照10:1的比例将PDMS和交联剂混合,转移到真空干燥箱中除气泡处理,直到混合液不产生气泡为止;然后将PDMS以300r的转速旋涂在丝绸织物上,放进烘箱中80℃固化时间2h,PDMS放凉后,将丝绸小心的从固化的PDMS中剥离出来,即制备得到具有素绉缎平纹纹路的PDMS薄膜。

[0028] (3) 具有丝绸模板的Ag-rGO@PDMS薄膜的制备:

[0029] 预处理Ag-GO混合溶液:实验室采用传统的Hummer法制备氧化石墨烯(GO),配置GO的浓度为5mg/ml,Ag纳米线购于德利新维,取5mlGO和等量的AgNWs充分混合搅拌均匀后超声处理30min后静置;将步骤(2)制备的具有素绉缎平纹纹路的PDMS附着在玻璃片上,以斜45°角插入到Ag-GO的乙醇溶液中,捕获静止后Ag-GO在液面上形成的一层超薄膜,缓慢的以45°角抽离液面,随后将Ag-GO@PDMS薄膜转移到管式炉中设置温度190℃退火处理45min,即得到Ag-rGO@PDMS。

[0030] (4) 互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器的制备:

[0031] 取步骤(3)中制备的Ag-rGO@PDMS薄膜剪裁1cm\*1cm,用剪裁出4块来,取其中任意的两块薄膜Ag-rGO面相对放置,并在上层和下层点上银胶连接铜导线,即可制备互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器。

[0032] 实施例2

[0033] (1) 预处理丝绸织物:

[0034] 在市面上选购素绉缎和珍珠缎料子各一块,分别剪裁尺寸2cm\*2cm正方形,然后用洗衣液清洗干净后超声处理30min,再泡在去离子水中漂洗干净,用氮气枪吹干,然后将丝绸织物用夹子固定在干净平整的硅片上待用。

[0035] (2) 以丝绸织物为模板的单层PDMS薄膜的制备:

[0036] 准备PDMS混合液:按照10:1的比例将PDMS和交联剂混合,转移到真空干燥箱中除气泡处理,直到混合液不产生气泡为止;然后将PDMS以300r的转速旋涂在两块不同的丝绸织物上,放进烘箱中80℃固化时间2h,PDMS放凉后,将丝绸小心的从固化的PDMS中剥离出来,即制备得到素绉缎平纹纹路和珍珠缎纹路的两种PDMS薄膜。

[0037] (3) 具有丝绸模板的Ag-rGO@PDMS薄膜的制备:

[0038] 预处理Ag-gO混合溶液:实验室采用传统的Hummer法制备氧化石墨烯(GO),配置GO的浓度为5mg/ml,Ag纳米线购于德利新维,取5mlGO和等量的Ag NWs充分混合搅拌均匀后超声处理30min后静置。将步骤(2)制备的具有两种不同模板的PDMS附着在玻璃片上,以斜45°角插入到Ag-GO的乙醇溶液中,捕获静止后Ag-GO在液面上形成的一层超薄膜,缓慢的以45°角抽离液面,随后将Ag-GO@PDMS薄膜转移到管式炉中设置温度190℃退火处理45min,即得到两片Ag-rGO@PDMS薄膜。

[0039] (4) 互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器的制备:

[0040] 取步骤(3)中制备的两片Ag-rGO@PDMS薄膜剪裁1cm\*1cm,分别取其中的一块,将两块薄膜AgNWS-rGO面相对放置,并在上层和下层点上银胶连接铜导线,即可制备上下两层不同丝绸模板互锁式PDMS@Ag-rGO/Ag-rGO@PDMS柔性传感器。

[0041] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前叙述实施对本发明进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行同等替换;而这些修改或者替换,并

不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神与范围。