



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104257367 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201410471871. 1

(22) 申请日 2014. 09. 16

(71) 申请人 苏州能斯达电子科技有限公司
地址 215123 江苏省苏州市工业园区若水路
398 号 C517

(72) 发明人 张珽 熊作平

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司
44202

代理人 郝传鑫

(51) Int. Cl.

A61B 5/0205(2006. 01)

A61B 5/11(2006. 01)

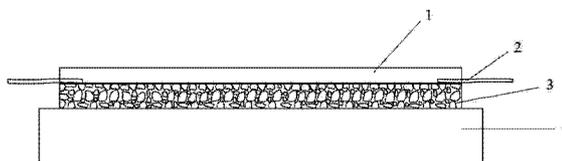
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54) 发明名称

一种可贴附柔性压力传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种可贴附柔性压力传感器, 其特征在于, 包括: 柔性衬底、敏感层、电极层和柔性保护层, 所述敏感层形成于柔性衬底表面且具有三维孔状结构, 所述电极层包括至少两条电极, 所述电极从敏感层表面引出, 所述柔性保护层形成于敏感层表面和电极层位于敏感层表面的部分。本发明还公开了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法。本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点, 本发明的敏感层具有三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 具有较高的灵敏度; 本发明的传感器轻薄柔软, 可以被加工成多种形状, 具有可穿戴、可贴附的优点。



1. 一种可贴附柔性压力传感器,其特征在于,包括:柔性衬底(4)、敏感层(3)、电极层(2)和柔性保护层(1),所述敏感层(3)形成于柔性衬底(4)表面且具有三维孔状结构,所述电极层(2)包括至少两条电极,所述电极从敏感层(3)表面引出,所述柔性保护层(1)形成于敏感层(3)表面和电极层(2)位于敏感层(3)表面的部分。

2. 根据权利要求1所述的可贴附柔性压力传感器,所述敏感层(3)的孔的大小为 $0.2 \sim 20 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求2所述的可贴附柔性压力传感器,其特征在于,所述柔性衬底(4)和柔性保护层(1)均具有良好的生物相容性;

所述电极层(2)通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层(3)表面引出。

4. 根据权利要求3所述的可贴附柔性压力传感器,其特征在于,所述电极层(2)的材料为导电无纺布、铜箔、漆包线或带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带,所述导电无纺布的厚度为 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$,所述铜箔的厚度为 $5 \sim 1000 \mu\text{m}$,所述漆包线直径为 $50 \sim 500 \mu\text{m}$,所述带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带厚度为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求3所述的可贴附柔性压力传感器,其特征在于,所述电极层(2)的材料选自金、铂、镍、银、钨、碳纳米管、石墨烯、银纳米线中的一种或多种的组合。

6. 根据权利要求4或5所述的可贴附柔性压力传感器,其特征在于,所述柔性衬底(4)的厚度为 $10 \sim 2000 \mu\text{m}$,所述柔性衬底(4)为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚二甲基硅氧烷、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺和聚乙烯的一种;

所述柔性保护层(1)为聚二甲基硅氧烷薄膜、聚乙烯或乙烯-醋酸乙烯共聚物薄膜,其厚度为 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ 。

7. 一种可贴附柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对柔性衬底进行清洗和干燥;

S2、将碳材料和可挥发性溶剂按一定比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在浆液状混合物中加入一定量的柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状混合物;

S3、将步骤S2中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底表面上,然后加热固化,进而形成具有三维孔状结构的敏感层,且所述敏感材料孔的大小为 $0.2 \sim 20 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$;

S4、在步骤S3中的敏感层表面引出至少两条电极;

S5、在电极层和敏感层表面涂覆具有良好的生物相容性的材料,形成保护层,然后加热固化,使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

8. 根据权利要求7所述的可贴附柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,所述步骤S2中,碳材料和可挥发性溶剂的质量比为 $1:1 \sim 1:50$,超声处理时间为 $1 \sim 120\text{min}$,向混合物中加入的柔性高分子聚合物与碳材料的质量比为 $1:0.5 \sim 1:50$,搅拌时间为 $0.5 \sim 3\text{h}$ 。

9. 根据权利要求7或8所述的可贴附柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,所述步骤S2的碳材料为石墨烯、还原氧化石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管中的一种或者多种的组合,所述可挥发性溶剂为乙醇、四氯化碳、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮中的一种或者多种的组合。

10. 根据权利要求7或8所述的可贴附柔性压力传感器的制备方法,其特征在于,所述步骤S3的加热温度为 $40 \sim 90^\circ\text{C}$,加热时间为 $1 \sim 3\text{h}$;步骤S5的加热温度为 $70 \sim 80^\circ\text{C}$,

加热时间为 1 ~ 3h。

一种可贴附柔性压力传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种传感器,尤其涉及一种可贴附柔性压力传感器及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着柔性电子学的发展,电子皮肤和可贴附电子器件在消费电子市场、医疗健康、军事等产业领域表现出了极大的应用潜力。因此,利用不同材料来制备具有结构独特、灵敏度高、稳定性好的新型可穿戴、可贴附电子皮肤或柔性电子器件的研究备受国内外研究者广泛关注,并逐渐成为当前重要的前沿研究领域之一。

[0003] 压力传感器是一种能感测到外界压力改变的传感器,并广泛应用于可穿戴、可贴附电子皮肤和电子器件中。为了能够与信息时代信息量激增、要求捕获和处理信息的能力日益增强的技术发展趋势保持一致,电子皮肤或电子器件对柔性、精确性、可靠性、灵敏性等性能指标的要求越来越严格,相应地,对压力传感器的性能指标要求也越来越严格。而传统的大体积弱功能传感器往往很难满足上述要求,因此,它们已逐步被各种不同类型的高性能微型传感器所取代。

[0004] 目前,有文献报道如美国斯坦福大学的鲍哲南教授课题组利用聚吡咯(Polypyrrole, PPy)水凝胶材料通过多相反应来制备具有空心微球结构的弹性导电薄膜用于压力传感器,但由于PPY是一种高分子聚合物材料,长期放置空气中会慢慢降解,且该压力传感器制备工艺复杂、周期长,因此限制了其广泛的商业应用;此外,类似于微球这种传统密封结构的材料,其在外界压力作用下,压力与材料形变是非线性的,这会导致压力与电信号改变的线性区域较窄,即该压力传感器的稳定性不好。

[0005] 另外,中国科技大学的俞书宏教授组通过还原氧化石墨烯包覆的聚氨酯海绵材料制备出具有纤维网状结构的多孔导电海绵,并将其用于电阻式压力传感器,该压力传感器虽检测限低(0.8Pa),但灵敏度(1KPa^{-1})不够高;且还原氧化石墨烯包覆的聚氨酯海绵材料很难做薄、耐磨性不好、生物相容性差,不适合应用于电子皮肤中。因此,如何制备出具有柔性、生物相容性好、稳定性好、灵敏度高、最低检测限低且能做薄的压力传感器是目前研究的重要课题。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于如何克服现有的压力传感器很难做薄、稳定性不好、生物相容性差、灵敏度低、最低检测限高的缺陷。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种可贴附柔性压力传感器,其包括:柔性衬底、敏感层、电极层和柔性保护层,所述敏感层形成于柔性衬底表面且具有三维孔状结构,所述电极层包括至少两条电极,所述电极从敏感层表面引出,所述柔性保护层形成于敏感层表面和电极层位于敏感层表面的部分。

[0008] 其中,所述可挥发性溶剂可以与碳材料进行混合,而且在三维孔状结构形成的过程中发挥非常重要的作用。在三维孔状结构形成的过程中随着可挥发性溶剂的挥发,会在

柔性高分子聚合物中形成排气孔道而引入气相,实现材料中气-固两相的存在,进而形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感材料。

[0009] 进一步地,所述敏感层的孔的大小为 $0.2 \sim 20 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

[0010] 其中,所述碳材料、可挥发性溶剂和柔性高分子聚合物三者之间不同的质量比,所制备的具有三维孔状结构的敏感材料中孔的大小不一、孔与孔之间的间隙不等,只有当制备的三维孔状结构中孔的大小为 $0.2 \sim 20 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 时,所述敏感材料的灵敏度最高和最低检测限最低。

[0011] 进一步地,所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性;所述电极通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层或敏感层表面引出。

[0012] 其中,所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性,是指材料与皮肤接触时,无毒性、无过敏或炎症反应等反应。

[0013] 进一步地,所述电极层的材料为导电无纺布、铜箔、漆包线或带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带,所述导电无纺布的厚度为 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$,宽度为 $0.5 \sim 5\text{mm}$;所述铜箔的厚度为 $5 \sim 1000 \mu\text{m}$,宽度为 $0.5 \sim 5\text{mm}$;所述漆包线直径为 $50 \sim 500 \mu\text{m}$,所述带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带厚度为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

[0014] 进一步地,所述电极层的材料选自金、铂、镍、银、钨、碳纳米管、石墨烯、银纳米线中的一种或多种的组合。

[0015] 进一步地,所述柔性衬底的厚度为 $10 \sim 2000 \mu\text{m}$,所述柔性衬底为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚二甲基硅氧烷、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺和聚乙烯的一种;所述柔性保护层厚度为 $5 \sim 50 \mu\text{m}$,所述柔性保护层为聚二甲基硅氧烷、聚乙烯或乙烯-醋酸乙烯共聚物薄膜。

[0016] 相应地,本发明还提供了一种压力传感器的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0017] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥;

[0018] S2、将碳材料和可挥发性溶剂按一定比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在浆液状混合物中加入一定量的柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状混合物;

[0019] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底表面上,然后加热固化,进而形成具有三维孔状结构的敏感层;

[0020] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出至少两条电极;

[0021] S5、在电极层和敏感层表面涂覆具有好的生物相容性的材料,形成保护层,然后加热固化,使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0022] 进一步地,所述步骤 S2 中,碳材料和可挥发性溶剂的质量比为 $1:1 \sim 1:50$,超声处理时间为 $1 \sim 120\text{min}$,向混合物中加入的柔性高分子聚合物与碳材料的质量比为 $1:0.5 \sim 1:50$,搅拌时间为 $0.5 \sim 3\text{h}$ 。

[0023] 其中,所述步骤 S2 的碳材料为石墨烯、还原氧化石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管中的一种或者多种的组合,所述可挥发性溶剂为乙醇、四氯化碳、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮中的一种或者多种的组合。

[0024] 进一步地,所述步骤 S3 的加热温度为 $40 \sim 90^\circ\text{C}$,加热时间为 $1 \sim 3\text{h}$;步骤 S5 的

加热温度为 70 ~ 80°C, 加热时间为 1 ~ 3h。

[0025] 所述可贴附柔性压力传感器可以贴附在皮肤上, 用于脉搏检测、血压检测、生理体征检测 (如心率和呼吸频率)、体温监测、运动检测等。

[0026] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法, 具有如下有益效果:

[0027] 1、本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点。

[0028] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 所以具有较高的灵敏度, 外界压力对材料形变的线性范围较宽, 所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0029] 3、可以通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小, 进而调控敏感层的灵敏度, 从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0030] 4、本发明的敏感层具有很好的稳定性, 再结合柔性衬底和保护层, 很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其它附图。

[0032] 图 1 是本发明可贴附柔性压力传感器的结构示意图;

[0033] 图 2 是本发明实施例一的敏感层 SEM 图;

[0034] 图 3 是本发明实施例二的敏感层 SEM 图;

[0035] 图 4 是本发明实施例三的敏感层 SEM 图;

[0036] 图 5 为本发明实施例三的电-时间图。

[0037] 图中: 1- 柔性保护层, 2- 电极层, 3- 敏感层, 4- 柔性衬底。

具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图, 对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述, 显然, 所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例, 本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例, 都属于本发明保护的范围。

[0039] 实施例一:

[0040] 请参见图 1, 本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器, 其包括: 柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1, 所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构, 所述电极层 2 包括两条电极, 所述电极从敏感层 3 表面引出, 所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0041] 如图 2 所示, 图 2 为本发明实施例中碳材料、可挥发性溶剂与柔性高分子聚合物三者之间的质量比为 1:1:2 时, 所制备的具有三维孔状结构的敏感材料的 SEM 图。

[0042] 所述敏感层具有三维孔状结构, 所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0043] S1、将 1g 还原氧化石墨烯和 1g 乙醇混合均匀后超声 1min, 得浆液状混合物, 在浆液状混合物中加入 2g 密度为 $1.043\text{g}/\text{cm}^3$ 的聚二甲基硅氧烷 (Polydimethylsiloxane, PDMS), 然后搅拌 0.5h 后得粘稠状混合物;

[0044] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上, 并在 40°C 下加热固化 3h, 使之聚合, 此过程中随着乙醇的挥发, 就会在 PDMS 中形成排气孔道进而引入气相, 实现材料中气-固两相的存在, 形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 且为 $0.2 \sim 1\ \mu\text{m}$, 孔与孔之间的间隙不等, 为 $10 \sim 30\ \mu\text{m}$ 。

[0045] 其中, 所述步骤 S2 中的涂覆方法可以是旋涂、抹、刷或印刷在柔性衬底上。

[0046] 所述柔性衬底为 PDMS 薄膜, 厚度为 $10\ \mu\text{m}$, 所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜, 其厚度为 $5\ \mu\text{m}$, 且所述柔性衬底和柔性保护层均具有优良的生物相容性; 所述电极层为超薄的导电无纺布, 其厚度为 $20\ \mu\text{m}$, 宽度为 0.5mm , 通过粘贴的方式从敏感层表面引出两条电极。

[0047] 其中, 所述电极层还可以为铜箔, 其厚度为 $5\ \mu\text{m}$, 宽度为 0.5mm , 通过粘贴的方式从敏感层表面引出两条电极。

[0048] 相应地, 本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法, 所述制备方法包括以下步骤:

[0049] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥, 所述柔性衬底为厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜;

[0050] S2、将 1g 还原氧化石墨烯和 1g 的乙醇混合均匀后超声 1min, 得浆液状混合物, 在浆液状混合物中加入质量为 2g 的 PDMS, 搅拌 0.5h 后得粘稠状混合物;

[0051] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 PDMS 表面上, 然后在 40°C 下加热固化 3h, 进而形成具有三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 且为 $0.2 \sim 1\ \mu\text{m}$, 孔与孔之间的间隙不等, 为 $10 \sim 30\ \mu\text{m}$;

[0052] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出两条电极;

[0053] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 $5\ \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜, 形成保护层, 然后在 70°C 下加热固化 1h, 使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0054] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法, 具有如下有益效果:

[0055] 1、本发明的敏感层制备过程简单、方便。

[0056] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 具有较高的灵敏度, 外界压力对材料形变的线性范围较宽, 所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0057] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 $0.2 \sim 1\ \mu\text{m}$, 孔与孔之间的间隙为 $10 \sim 30\ \mu\text{m}$, 从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0058] 4、制备敏感材料的碳材料和柔性高分子聚合物具有好的稳定性, 因此, 制备得到的敏感层具有很好的稳定性, 再结合柔性衬底和保护层, 很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄压力传感器。

[0059] 本实施例的可贴附柔性压力传感器具有轻薄、贴附性好、检测精度高、对皮肤无刺激等特点, 所述可贴附柔性压力传感器的敏感层能感应人体脉搏跳动时对血管壁产生的侧压力, 因而在将本可贴附柔性压力传感器贴附在人体脉搏部位正对的皮肤表面时, 可以检测得到人体脉搏波。

[0060] 实施例二：

[0061] 请参见图 1, 本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器, 其包括: 柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1, 所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构, 所述电极层 2 包括两条电极, 所述电极从敏感层 3 表面引出, 所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0062] 如图 3 所示, 图 3 为本发明实施例中碳材料、可挥发性溶剂与柔性高分子聚合物三者之间的质量比为 2:4:1 时, 所制备的具有三维孔状结构的敏感材料的 SEM 图。

[0063] 所述敏感层具有三维孔状结构, 所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0064] S1、将 2g 还原氧化石墨烯和 4g 乙醇混合均匀后超声 60min, 得浆液状混合物, 在混合物中加入 1g 的 PDMS, 然后搅拌 1h 后得粘稠状混合物;

[0065] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上, 并在 90℃ 下加热固化 1h, 使之聚合, 此过程中随着乙醇的挥发, 就会在 PDMS 中形成排气孔道进而引入气相, 实现材料中气-固两相的存在, 形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 为 2 ~ 5 μm , 且孔与孔之间的间隙不等, 为 40 ~ 70 μm 。

[0066] 其中, 所述步骤 S2 中的涂覆方法可以是旋涂、抹、刷或印刷在柔性衬底上。

[0067] 所述柔性衬底为 PDMS 薄膜, 厚度为 100 μm , 所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜, 其厚度为 20 μm , 且所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性; 所述电极层为超薄的导电无纺布, 其厚度为 200 μm , 宽度为 5mm, 通过粘贴的方式从敏感层表面引出两条电极。

[0068] 其中, 所述电极层还可以为铜箔, 其厚度为 100 μm , 宽度为 5mm, 通过粘贴的方式从敏感层表面引出两条电极。

[0069] 相应地, 本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法, 所述制备方法包括以下步骤:

[0070] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥, 所述柔性衬底为厚度为 100 μm 的 PDMS 薄膜;

[0071] S2、将 2g 还原氧化石墨烯和 4g 的乙醇混合均匀后超声 60min, 得浆液状混合物, 在浆液状混合物中加入质量为 1g 的 PDMS (密度为 1.043g/cm³), 搅拌 1h 后得粘稠状混合物;

[0072] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 PDMS 表面上, 然后在 90℃ 下加热固化 1h, 进而形成具有三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 为 2 ~ 5 μm , 且孔与孔之间的间隙不等, 为 40 ~ 70 μm ;

[0073] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出两条电极;

[0074] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 20 μm 的 PDMS 薄膜, 形成保护层, 然后在 80℃ 下加热固化 1h, 使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0075] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法, 具有如下有益效果:

[0076] 1、本发明的敏感层制备过程简单、方便。

[0077] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 所以具有较高的灵敏度, 外界压力对材料形变的线性范围较宽, 所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0078] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 2 ~ 5 μm , 孔与孔之间的间隙为 40 ~ 70 μm , 从而获得灵敏度

最高的敏感层。

[0079] 4、本发明敏感层具有很好的稳定性,再结合柔性衬底和保护层,很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

[0080] 本发明实施例的可贴附柔性压力传感器具有轻薄、贴附性好、检测精度高、对皮肤无刺激等特点,将柔性传感器集成在与手腕接触的织物上或者直接贴附在手腕脉搏上采集脉搏的脉动数据,有效监测人体手腕脉搏跳动情况。

[0081] 实施例三:

[0082] 请参见图 1,本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器,其包括:柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1,所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构,所述电极层 2 包括两条电极,所述电极从敏感层 3 表面引出,,所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0083] 如图 4 所示,图 4 为本发明实施例中碳材料、可挥发性溶剂与柔性高分子聚合物三者之间的质量比为 1:3:1 时,所制备的具有三维孔状结构的敏感材料的 SEM 图。

[0084] 所述敏感层具有三维孔状结构,所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0085] S1、将 1g 还原氧化石墨烯和 3g 乙醇混合均匀后超声 100min,得浆液状混合物,在浆液状混合物中加入 1g 的 PDMS,然后搅拌 2h 后得粘稠状混合物;

[0086] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上,并在 70℃ 下加热固化 2h,使之聚合,此过程中随着乙醇的挥发,就会在 PDMS 中形成排气孔道进而引入气相,实现材料中气-固两相的存在,形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 7 ~ 13 μ m,且孔与孔之间的间隙不等,为 50 ~ 90 μ m。

[0087] 其中,所述步骤 S2 中的涂覆方法可以是旋涂、抹、刷或印刷在柔性衬底上。

[0088] 所述柔性衬底为 PDMS 薄膜,厚度为 80 μ m,所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜,其厚度为 10 μ m,且所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性;所述电极层为超薄的导电无纺布,其厚度为 60 μ m,宽度为 1.5mm,通过粘贴的方式从敏感层表面引出。

[0089] 其中,所述电极层还可以为铜箔,其厚度为 10 μ m,宽度为 5mm,通过粘贴的方式从敏感层表面引出。

[0090] 相应地,本发明还提供了一种压力传感器的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0091] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥,所述柔性衬底为厚度为 80 μ m 的 PDMS 薄膜;

[0092] S2、将 1g 还原氧化石墨烯和 3g 的乙醇混合均匀后超声 100min,得浆液状混合物,在浆液状混合物中加入质量为 1g 的 PDMS(密度为 1.043g/cm³),搅拌 2h 后得粘稠状混合物;

[0093] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 PDMS 表面上,然后在 70℃ 下加热固化 2h,进而形成具有三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 7 ~ 13 μ m,且孔与孔之间的间隙不等,为 50 ~ 90 μ m;

[0094] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出两条电极;

[0095] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 10 μ m 的 PDMS 薄膜,形成保护层,然后在 70℃ 下加热固化 2h,使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0096] 请参见图 5,图 5 为对本可贴附柔性压力传感器施加压力时的电流-时间图,图

中可看出当在时间为 10.2s 开始施加 0.8Pa 压力时,器件输出的电流信号明显发生变化。根据灵敏度的计算公式 $S = \Delta I / I_0 / \Delta P$, 其中, ΔI 表示施力前后电流变化差,由图中得出 $\Delta I = 121.2 - 120.40$, ΔP 表示电流变化前后的压力差 0.8Pa, I_0 表示初始电流值 121.2, 算出结果 $S = 8.25 \text{K} \cdot \text{Pa}^{-1}$; 另外, 当在时间为 10.2s 开始施加小于 0.8Pa 压力时, 器件输出电流信号变化不明显, 所以最小检测限为 0.8Pa; 当在时间为 10.2s 开始施加大于 0.8Pa 压力时, 变化输出电流信号变化明显, 灵敏度较高。

[0097] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法, 具有如下有益效果:

[0098] 1、本发明的敏感层制备过程简单、方便。

[0099] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 所以具有较高的灵敏度, 外界压力对材料形变的线性范围较宽, 所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0100] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 $7 \sim 13 \mu\text{m}$, 孔与孔之间的间隙为 $50 \sim 90 \mu\text{m}$, 从而获得灵敏度最高的敏感层, 根据计算得出其灵敏度为 $8.25 \text{K} \cdot \text{Pa}^{-1}$, 其最低检测限为 0.8Pa。

[0101] 4、本发明敏感层具有很好的稳定性, 再结合柔性衬底和保护层, 很容易在成品衣物上形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器, 进而应用于可贴附器件中。

[0102] 实施例四:

[0103] 请参见图 1, 本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器, 其包括: 柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1, 所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构, 所述电极层 2 包括四条电极, 所述电极从敏感层 3 表面引出, 所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0104] 所述敏感层具有三维孔状结构, 所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0105] S1、将 10g 还原氧化石墨烯粉末和 100g 乙醇混合均匀后超声 80min, 得浆液状混合物, 在浆液状混合物中加入 1g 的聚二甲基硅氧烷, 然后搅拌 1.5h 后得粘稠状混合物;

[0106] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上, 并在 60°C 下加热固化 2.5h, 使之聚合, 此过程中随着乙醇的挥发, 就会在聚二甲基硅氧烷中形成排气孔道进而引入气相, 实现材料中气-固两相的存在, 形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 为 $15 \sim 20 \mu\text{m}$, 且孔与孔之间的间隙不等, 为 $150 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

[0107] 其中, 步骤 S1 中的还原氧化石墨烯粉末可以换为石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管(单壁或多壁), 乙醇可以换为四氯化碳、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮等易挥发性溶剂, 所述步骤 S2 中的涂覆方法还可以是抹、刷或印刷在柔性衬底上。

[0108] 所述柔性衬底为聚酰亚胺 (Polyimide, PI) 薄膜, 厚度为 $300 \mu\text{m}$, 所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜, 其厚度为 $10 \mu\text{m}$, 且所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性;

[0109] 所述电极层材料为还原氧化石墨烯, 通过物理切割的方式从敏感层表面引出四条电极, 所述电极厚度为 $330 \mu\text{m}$, 宽度为 0.5mm。

[0110] 所述柔性衬底还可以为乙烯-醋酸乙烯共聚物 (ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA)、聚乙烯醇 (polyvinyl alcohol, PVA)、聚乙烯 (Polyethylene, PE) 薄膜和

聚对苯二甲酸乙二酯 (Polyethylene terephthalate, PET), 厚度为 300 μm , 所述柔性保护层还可以为超薄 PE 薄膜和 EVA 薄膜, 其厚度为 12 μm ; 所述电极层的材料还可以为金、铂、镍、银、钨、碳纳米管、银纳米线、直径 50 μm 漆包铜线、10 μm 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带中的一种或多种的组合。

[0111] 相应地, 本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法, 所述制备方法包括以下步骤:

[0112] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥, 所述柔性衬底为厚度为 300 μm 的 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜;

[0113] S2、将 10g 还原氧化石墨烯粉末和 100g 的乙醇混合均匀后超声 80min, 得浆液状混合物, 在浆液状混合物中加入质量为 1g 的聚二甲基硅氧烷 (密度为 1.043g/cm³), 搅拌 1.5h 后得粘稠状混合物;

[0114] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜表面上, 然后在 60°C 下加热固化 2.5h, 进而形成具有三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔的大小不均, 为 15 ~ 20 μm , 且孔与孔之间的间隙不等, 为 150 ~ 200 μm ;

[0115] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出四条电极;

[0116] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 10 μm 的 PDMS 薄膜、厚度为 12 μm 的超薄 PE 薄膜或厚度为 12 μm 的 EVA 薄膜, 形成保护层, 然后在 80°C 下加热固化 1.5h, 使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0117] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法, 具有如下有益效果:

[0118] 1、本发明的制备方法具有工艺简单、操作方便的优点。

[0119] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 实现材料中气-固两相的存在, 所以具有较高的灵敏度, 外界压力对材料形变的线性范围较宽, 所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0120] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 15 ~ 20 μm , 孔与孔之间的间隙为 150 ~ 200 μm , 从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0121] 4、本发明敏感层具有很好的稳定性, 再结合柔性衬底和保护层均为柔性材料, 很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

[0122] 实施例五:

[0123] 请参见图 1, 本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器, 其包括: 柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1, 所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构, 所述电极层 2 包括四条电极, 所述电极从敏感层 3 表面引出, 所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0124] 所述敏感层具有三维孔状结构, 所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0125] S1、将 15g 还原氧化石墨烯粉末和 300g 乙醇混合均匀后超声 80min, 得浆液状混合物, 在混合物中加入 1g 的聚二甲基硅氧烷, 然后搅拌 2.5h 后得粘稠状混合物;

[0126] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上, 并在 50°C 下加热固化 1.5h, 使之聚合, 此过程中随着乙醇的挥发, 就会在聚二甲基硅氧烷中形成排气孔道进而引入气相, 实现材料中气-固两相的存在, 形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层, 所述敏感层的孔

的大小不均,为 $10 \sim 25 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙不等,为 $120 \sim 160 \mu\text{m}$ 。

[0127] 其中,步骤 S1 中的还原氧化石墨烯粉末可以换为石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管(单壁或多壁),乙醇可以换为四氯化碳、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮等易挥发性溶剂,所述步骤 S2 中的涂覆方法还可以是印刷、抹或刷在柔性衬底上。

[0128] 所述柔性衬底为 PI 薄膜,厚度为 $500 \mu\text{m}$,所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜,其厚度为 $30 \mu\text{m}$,且所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性;所述电极层材料为石墨烯,通过物理切割的方式从敏感层表面引出四条电极,所述电极厚度为 $600 \mu\text{m}$,宽度为 0.5mm 。

[0129] 所述柔性衬底还可以为 EVA、PVA、PE 或 PET 薄膜,厚度为 $500 \mu\text{m}$,所述柔性保护层还可以为超薄 PE 薄膜或 EVA 薄膜,其厚度为 $30 \mu\text{m}$;所述电极层的材料还可以为金、铂、镍、银、钨、碳纳米管、银纳米线、直径 $150 \mu\text{m}$ 漆包铜线、 $50 \mu\text{m}$ 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带中的一种或多种的组合。

[0130] 相应地,本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0131] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥,所述柔性衬底为厚度为 $500 \mu\text{m}$ 的 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜;

[0132] S2、将 15g 还原氧化石墨烯粉末和 300g 的乙醇混合均匀后超声 80min ,得浆液状混合物,在混合物中加入质量为 1g 的聚二甲基硅氧烷(密度为 $1.043\text{g}/\text{cm}^3$),搅拌 2.5h 后得粘稠状混合物;

[0133] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜表面上,然后在 50°C 下加热固化 1.5h ,进而形成具有三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 $10 \sim 25 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙不等,为 $120 \sim 160 \mu\text{m}$;

[0134] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出四条电极;

[0135] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 $40 \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜、厚度为 $40 \mu\text{m}$ 的超薄 PE 薄膜或厚度为 $40 \mu\text{m}$ 的 EVA 薄膜,形成保护层,然后在 75°C 下加热固化 2h ,使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0136] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法,具有如下有益效果:

[0137] 1、本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点。

[0138] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构,实现材料中气-固两相的存在,所以具有较高的灵敏度,外界压力对材料形变的线性范围较宽,所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0139] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 $10 \sim 25 \mu\text{m}$,孔与孔之间的间隙为 $120 \sim 160 \mu\text{m}$,从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0140] 4、本发明敏感层具有很好的稳定性,再结合柔性衬底和保护层均为柔性材料,很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

[0141] 实施例六:

[0142] 请参见图 1,本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器,其包括:柔性衬底

4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1,所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构,所述电极层 2 包括两条电极,所述电极从敏感层 3 表面引出,所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0143] 所述敏感层具有三维孔状结构,所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0144] S1、将 35g 还原氧化石墨烯粉末和 1050g 乙醇混合均匀后超声 90min,得浆液状混合物,在混合物中加入 1g 的聚二甲基硅氧烷,然后搅拌 2h 后得粘稠状混合物;

[0145] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上,并在 80℃ 下加热固化 2.5h,使之聚合,此过程中随着乙醇的挥发,就会在聚二甲基硅氧烷中形成排气孔道进而引入气相,实现材料中气-固两相的存在,形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 6 ~ 10 μm ,且孔与孔之间的间隙不等,为 80 ~ 110 μm 。

[0146] 其中,步骤 S1 中的还原氧化石墨烯粉末可以换为石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管(单壁或多壁),乙醇可以换为四氯化碳、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮等易挥发性溶剂,所述步骤 S2 中的涂覆方法还可以是印刷、抹或刷在柔性衬底上。

[0147] 所述柔性衬底为 PI 薄膜,厚度为 1000 μm ,所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜,其厚度为 45 μm ,且所述柔性衬底和柔性保护层均具有良好的生物相容性;所述电极层材料为石墨烯,通过物理切割的方式从敏感层表面引出两条电极,所述电极厚度为 1000 μm ,宽度为 0.5mm。

[0148] 所述柔性衬底还可以为 EVA、PVA、PE 或 PET 薄膜,厚度为 1000 μm ,所述柔性保护层还可以为超薄 PE 薄膜或 EVA 薄膜,其厚度为 40 μm ;所述电极层的材料还可以为金、铂、镍、银、铜、碳纳米管、银纳米线、直径 300 μm 漆包铜线、100 μm 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带中的一种或多种的组合。

[0149] 相应地,本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0150] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥,所述柔性衬底为厚度为 1000 μm 的 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜;

[0151] S2、将 35g 还原氧化石墨烯粉末和 1050g 的乙醇混合均匀后超声 90min,得浆液状混合物,在混合物中加入质量为 1g 的聚二甲基硅氧烷(密度为 1.043g/cm³),搅拌 2h 后得粘稠状混合物;

[0152] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜表面上,然后在 80℃ 下加热固化 2.5h,进而形成具有三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 6 ~ 10 μm ,且孔与孔之间的间隙不等,为 80 ~ 110 μm ;

[0153] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出两条电极;

[0154] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 45 μm 的 PDMS 薄膜、厚度为 45 μm 的超薄 PE 薄膜或厚度为 45 μm 的 EVA 薄膜,形成保护层,然后在 75℃ 下加热固化 2h,使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0155] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法,具有如下有益效果:

[0156] 1、本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点。

[0157] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构,实现材料中气-固两相的存

在,所以具有较高的灵敏度,外界压力对材料形变的线性范围较宽,所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0158] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 $6 \sim 10 \mu\text{m}$,孔与孔之间的间隙为 $80 \sim 110 \mu\text{m}$,从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0159] 4、本发明敏感层具有很好的稳定性,再结合柔性衬底和保护层均为柔性材料,很容易形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

[0160] 实施例七:

[0161] 请参见图 1,本发明实施例提供了一种可贴附柔性压力传感器,其包括:柔性衬底 4、敏感层 3、电极层 2 和柔性保护层 1,所述敏感层 3 形成于柔性衬底 4 表面且具有三维孔状结构,所述电极层 2 包括两条电极,所述电极从敏感层 3 表面引出,所述柔性保护层 1 形成于敏感层 3 表面和电极层 2 位于敏感层 3 表面的部分。

[0162] 所述敏感层具有三维孔状结构,所述三维孔状结构通过以下步骤形成:

[0163] S1、将 50g 碳纳米管粉末和 2500g 四氯化碳混合均匀后超声 120min,得浆液状混合物,在混合物中加入 1g 的聚二甲基硅氧烷,然后搅拌 3h 后得粘稠状混合物;

[0164] S2、将粘稠状混合物均匀涂覆在柔性衬底上,并在 75°C 下加热固化 2h,使之聚合,此过程中随着四氯化碳的挥发,就会在聚二甲基硅氧烷中形成排气孔道进而引入气相,实现材料中气-固两相的存在,形成类似蚂蚁窝状的三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 $12 \sim 16 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙不等,为 $100 \sim 170 \mu\text{m}$ 。

[0165] 其中,步骤 S1 中的碳纳米管可以换为石墨烯、还原氧化石墨烯和氧化石墨烯,四氯化碳可以换为乙醇、二氯甲烷、乙酸乙酯和丙酮等易挥发性溶剂,所述步骤 S2 中的涂覆方法还可以是印刷、抹或刷在柔性衬底上。

[0166] 所述柔性衬底为 PI 薄膜,厚度为 $2000 \mu\text{m}$,所述柔性保护层为超薄 PDMS 薄膜,其厚度为 $50 \mu\text{m}$,且所述柔性衬底和柔性保护层均具有生物相容性;所述电极层材料为银纳米线,通过印刷的方式从敏感层表面引出两条电极,所述电极厚度为 $1000 \mu\text{m}$,宽度为 0.5mm 。

[0167] 所述柔性衬底还可以为 EVA、PVA、PE 或 PET 薄膜,厚度为 $2000 \mu\text{m}$,所述柔性保护层还可以为超薄 PE 薄膜或 EVA 薄膜,其厚度为 $50 \mu\text{m}$;所述电极层的材料还可以为金、铂、镍、银、铜、碳纳米管、银纳米线、直径 $500 \mu\text{m}$ 漆包铜线、 $200 \mu\text{m}$ 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带中的一种或多种的组合。

[0168] 相应地,本发明还提供了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0169] S1、对柔性衬底进行清洗和干燥,所述柔性衬底为厚度为 $2000 \mu\text{m}$ 的 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜;

[0170] S2、将 50g 碳纳米管粉末和 2500g 的四氯化碳混合均匀后超声 120min,得浆液状混合物,在混合物中加入质量为 1g 的聚二甲基硅氧烷(密度为 $1.043\text{g}/\text{cm}^3$),搅拌 3h 后得粘稠状混合物;

[0171] S3、将步骤 S2 中制得的粘稠状混合物涂覆在柔性衬底 EVA、PVA、PI、PE 或 PET 薄膜表面上,然后在 75°C 下加热固化 2h,进而形成具有三维孔状结构的敏感层,所述敏感层的孔的大小不均,为 $12 \sim 16 \mu\text{m}$,且孔与孔之间的间隙不等,为 $100 \sim 170 \mu\text{m}$;

[0172] S4、在步骤 S3 中的敏感层表面引出两条电极；

[0173] S5、在电极层和敏感层表面涂覆厚度为 $50\ \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜、厚度为 $50\ \mu\text{m}$ 的超薄 PE 薄膜或厚度为 $50\ \mu\text{m}$ 的 EVA 薄膜，形成保护层，然后在 80°C 下加热固化 3h，使保护层、电极层、敏感层及柔性衬底融为一体。

[0174] 本发明的可贴附柔性压力传感器及其制备方法，具有如下有益效果：

[0175] 1、本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点。

[0176] 2、本发明的敏感层具有类似蚂蚁窝的三维孔状结构，实现材料中气 - 固两相的存在，所以具有较高的灵敏度，外界压力对材料形变的线性范围较宽，所以压力与传感器电信号变化的线性区域较大。

[0177] 3、通过调节碳材料、可挥发性溶剂、柔性高分子聚合物三者的比例来调控三维孔状结构的孔的疏密和大小为 $12 \sim 16\ \mu\text{m}$ ，孔与孔之间的间隙为 $100 \sim 170\ \mu\text{m}$ ，从而获得灵敏度最高的敏感层。

[0178] 4、本发明中的敏感层具有很好的稳定性，再结合柔性衬底和保护层，很容易在形成稳定的整体而加工制作成具有最佳性能的轻薄可贴附柔性压力传感器。

[0179] 以上所述是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

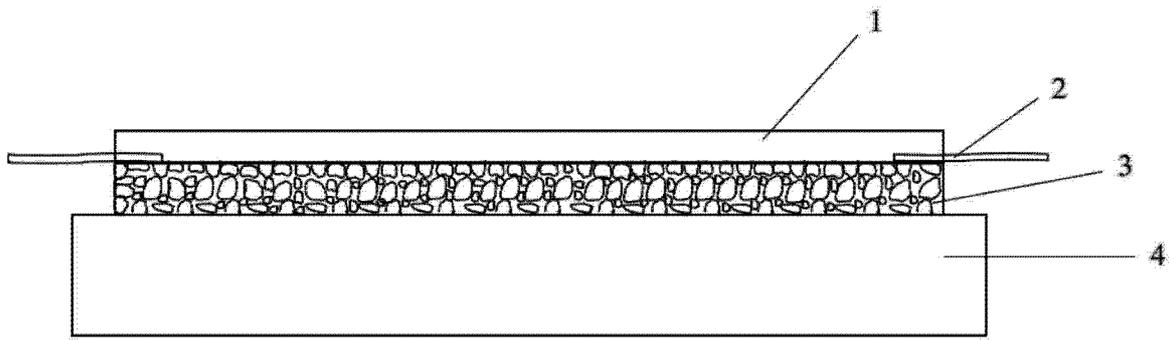


图 1

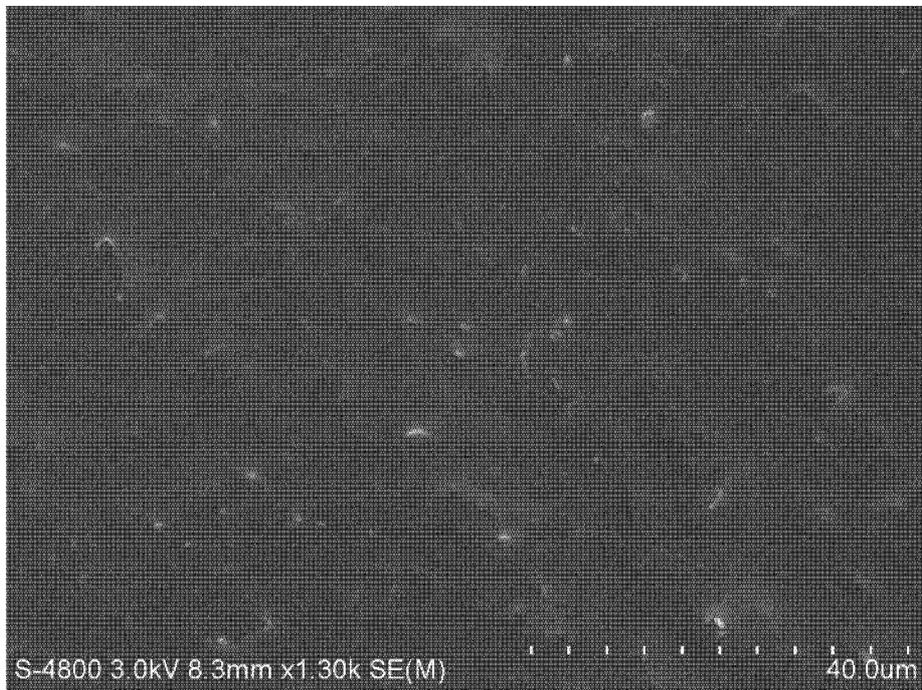


图 2

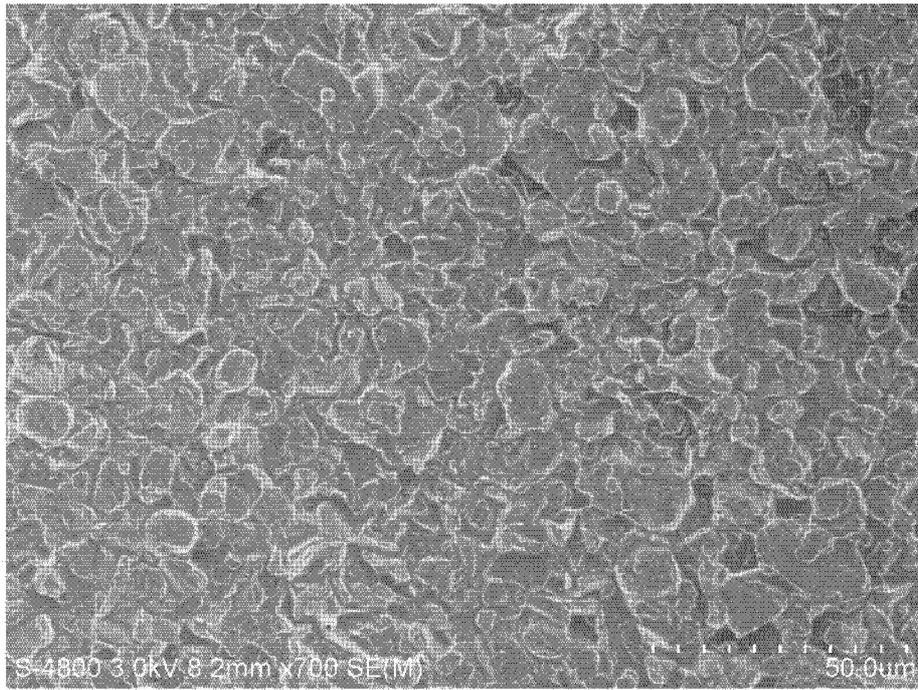


图 3

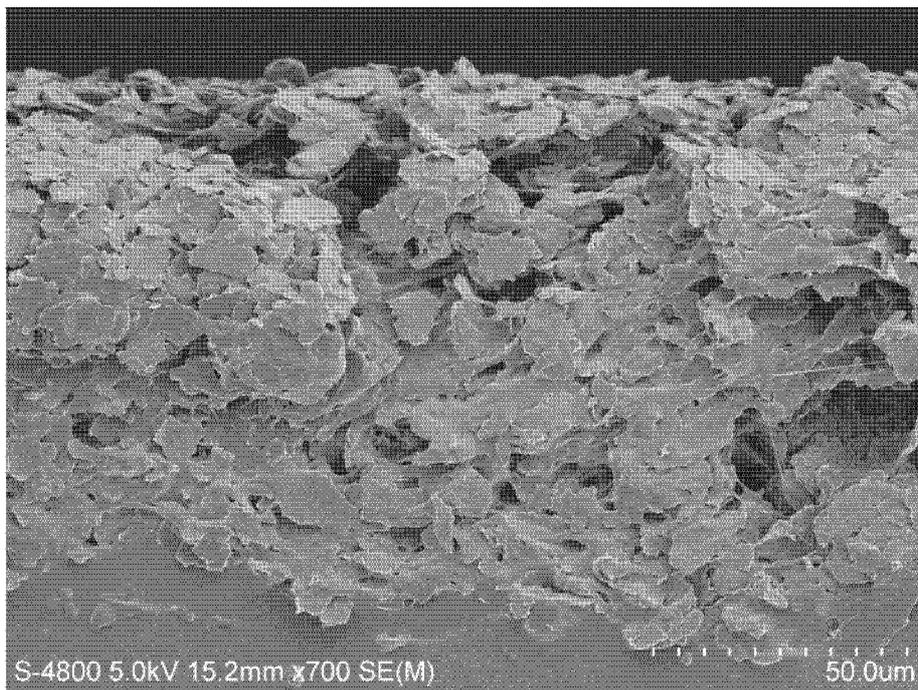


图 4

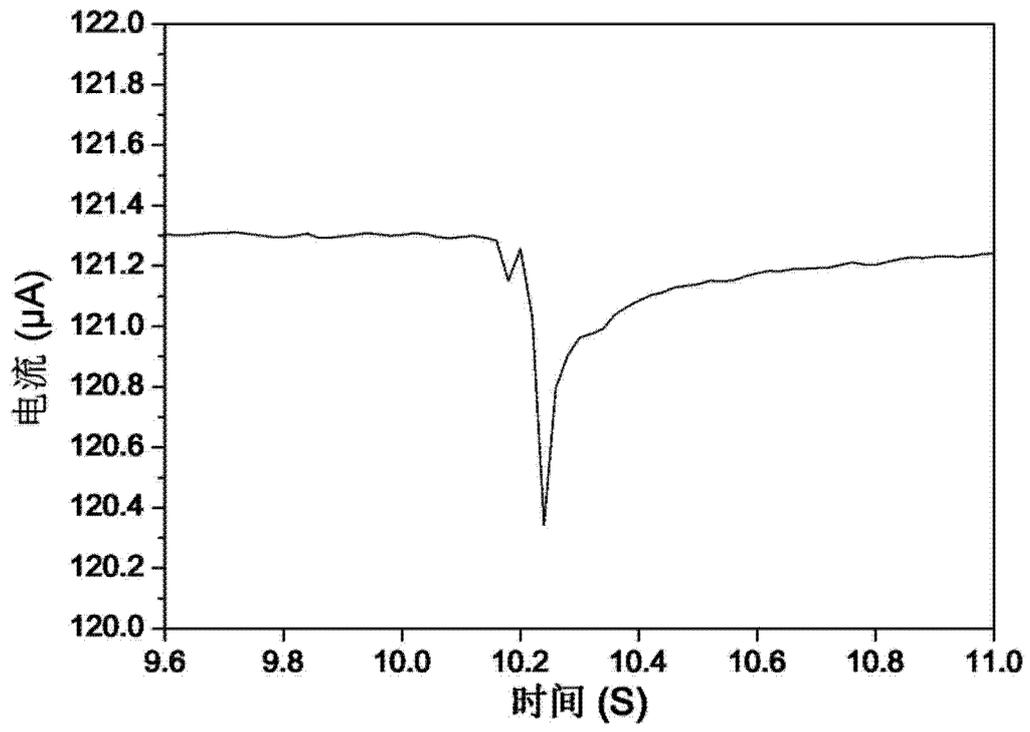


图 5

专利名称(译)	一种可贴附柔性压力传感器及其制备方法		
公开(公告)号	CN104257367A	公开(公告)日	2015-01-07
申请号	CN201410471871.1	申请日	2014-09-16
[标]申请(专利权)人(译)	苏州能斯达电子科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	苏州能斯达电子科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	苏州能斯达电子科技有限公司		
[标]发明人	张珽 熊作平		
发明人	张珽 熊作平		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/11		
CPC分类号	A61B5/0205 A61B5/02055 A61B5/11 A61B2562/02 A61B2562/12		
其他公开文献	CN104257367B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种可贴附柔性压力传感器，其特征在于，包括：柔性衬底、敏感层、电极层和柔性保护层，所述敏感层形成于柔性衬底表面且具有三维孔状结构，所述电极层包括至少两条电极，所述电极从敏感层表面引出，所述柔性保护层形成于敏感层表面和电极层位于敏感层表面的部分。本发明还公开了一种可贴附柔性压力传感器的制备方法。本发明的方法具有原料廉价、工艺简单、操作方便和适合大规模工业化生产的优点，本发明的敏感层具有三维孔状结构，实现材料中气-固两相的存在，具有较高的灵敏度；本发明的传感器轻薄柔软，可以被加工成多种形状，具有可穿戴、可贴附的优点。

