



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104287698 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201410471365. 2

(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 5/02 (2006. 01)

A61B 5/0245 (2006. 01)

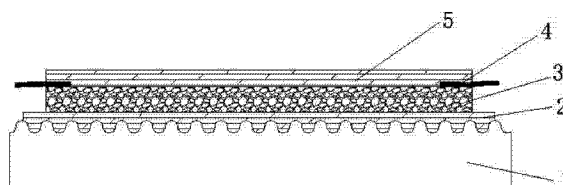
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及可穿戴柔性传感器,具体是一种用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,包括织物衬底、敏感层、电极层、阻隔层和保护层,阻隔层设置在织物衬底上,敏感层设置在阻隔层上,敏感层具有高灵敏度的三维孔状结构,电极层位于敏感层与保护层之间,保护层用于贴附在人体颈部脉搏对应的皮肤表面。由于敏感材料具有很好的稳定性和生物相容性,因此很容易在衣物或服饰配件上形成稳定的整体。本发明的传感器轻薄柔软,可以被加工成多种形状,能贴附、穿戴在皮肤表面,具有成本低、工艺简单、灵敏度高、穿戴舒适、可洗涤等优点,可实现对人体颈部脉搏的生理参数长时间的连续动态检测。本发明还提供了上述传感器的制备方法,该方法简单易操作。



1. 用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,包括织物衬底(1)、敏感层(3)及电极层(4),其特征在于,还包括阻隔层(2)和保护层(5),所述阻隔层(2)设置在织物衬底(1)上,织物衬底(1)为衣物上正对人体颈部脉搏的区域或服饰配件上正对人体颈部脉搏的区域,所述敏感层(3)设置在阻隔层(2)上,所述电极层(4)位于敏感层(3)与保护层(5)之间,所述保护层(5)用于贴附在人体颈部脉搏对应的皮肤表面。

2. 根据权利要求1所述的用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,其特征在于,所述敏感层(3)具有三维孔状结构;

所述阻隔层(2)和保护层(5)为柔性高分子聚合物;

所述电极层(4)包括至少两条电极,所述电极从敏感层(3)表面引出。

3. 根据权利要求2所述的用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,其特征在于,所述敏感层(3)通过以下方法制备形成,

1) 将碳材料和可挥发性溶剂按比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在混合物中加入柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状敏感材料,所述碳材料和可挥发性溶剂的混合质量比为1:1~1:5,所述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1:0.5~1:3;

2) 将敏感材料涂覆在阻隔层上并进行固化聚合,使敏感材料中的可挥发性溶剂挥发,进而形成三维孔状结构,所述三维孔状结构的孔径为0.2~20 μm ,孔与孔之间的间距为10~200 μm 。

4. 根据权利要求2所述的用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,其特征在于,所述电极通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层(3)表面引出,电极的材料选自导电无纺布、漆包线、带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带和柔韧超薄的铜箔中的一种。

5. 根据权利要求1-4任意一项所述的用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,其特征在于,所述阻隔层(2)的厚度大于1 μm ,敏感层(3)的厚度大于1 μm ,保护层(5)的厚度为1 μm ~500 μm 。

6. 用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对织物上正对人体颈部脉搏的区域进行清洗和干燥;

S2、在织物上经步骤S1处理后的区域表面涂覆一层柔性高分子聚合物液体,然后进行固化,使其与织物融为一体,得到阻隔层;

S3、在阻隔层表面涂覆一层敏感材料,然后进行固化聚合,使敏感材料中的可挥发性溶剂挥发,进而形成三维孔状结构,得到敏感层;

S4、在敏感层表面制备电极层,所述电极层包括至少两条从敏感层表面引出的电极;

S5、在电极层和敏感层表面涂覆一层柔性高分子聚合物液体,然后进行固化,在电极层和敏感层的表面形成保护层。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述敏感材料通过以下方法制备得到:

将碳材料和可挥发性溶剂按比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在混合物中加入柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状敏感材料,所述碳材料和可挥发性溶剂的混合质量比为1:1~1:5,超声处理时间为1min~240min,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1:0.5~1:3;

所述柔性高分子聚合物液体通过将引发剂和反应剂按1:10的质量比混合搅拌再作抽

真空处理而制备得到。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述织物为衣物或服饰配件;所述步骤S1中采用乙醇对织物上正对人体颈部脉搏的区域进行清洗,所述阻隔层设置在该乙醇清洗区上且小于该乙醇清洗区的面积,所述敏感层设置在阻隔层上且小于阻隔层的面积;所述步骤S2、S3和S4中的涂覆方式为印刷、刷涂或旋涂。

9. 根据权利要求6-8任意一项所述的方法,其特征在于,所述步骤S2的固化温度为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$,固化时间为 $1.5\text{h} \sim 2.5\text{h}$;步骤S3的固化温度为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$,固化时间为 $0.5\text{h} \sim 1.5\text{h}$;步骤S5的固化温度为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$,固化时间为 $1.5 \sim 2.5\text{h}$ 。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述步骤S4中的电极通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层表面引出,电极的材料选自导电无纺布、漆包线、带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带和柔韧超薄的铜箔中的一种。

用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可穿戴柔性传感器,特别是用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器及其制备方法。

背景技术

[0002] 人体颈部脉搏信号包含了重要的生理参数。医学研究表明,外周颈动脉体化学感受器在介导低动脉血氧、高碳酸血症和酸中毒等信号变化过程中起着重要作用。在疾病状态下,如高血压、睡眠呼吸障碍(包括阻塞性睡眠呼吸暂停)和充血性心力衰竭的患者以及动物疾病模型中,化学感受器的活动及其反射敏感性都显著提高。颈动脉体在生理状况下维持着机体的血氧稳定,在病理状况下参与了疾病的发展。颈动脉体的细胞和分子调节机制可以用来解释许多疾病的病理过程,所以颈部脉搏的实时监控在临床医学研究中非常重要。

[0003] 为实现疾病的早期发现、早期诊断和早期治疗,需要对患者的心电、血压和血氧等重要生理参数进行长时间的连续动态监测。传统监测方法有多种,诸如从心电信号中提取、血管造影等有创方法,这些方法操作复杂、费用高昂、需要非常精密的大型技术设备;可用于脉搏测量的电子血压计,它每次测量都需要一个加压和减压的过程,加减压过程会有不适感存在、也不能完整的显示脉搏波波形,导致测量结果失准;再如国外大型脉搏检查仪(像日本的动脉检测仪),均被应用在大型医疗机构中,不能满足普通人日常随时随地监测的需求;又如在动态心电监测(Holter)方法中使用氯化银粘性电极,氯化银粘性电极容易引起皮肤过敏,并且随着电极导电凝胶体逐渐脱水和干化,信号的信噪比显著下降。到目前为止,还没有一款很好的产品可以很方便的用于人体生理参数的实时监控。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术存在的不足,提供一种用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器。以解决现有技术中存在的检测仪器操作复杂、成本高、灵活性差、检测结果失准等问题。

[0005] 本发明提供的用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器,包括织物衬底、敏感层、电极层、阻隔层和保护层,所述阻隔层设置在织物衬底上,织物衬底为衣物上正对人体颈部脉搏的区域或服饰配件上正对人体颈部脉搏的区域,所述敏感层设置在阻隔层上,所述电极层位于敏感层与保护层之间,所述保护层用于贴附在人体颈部脉搏对应的皮肤表面。

[0006] 所述衣物包括诸如T恤、衬衣、紧身衣等柔软的纺织品,在穿着过程中,所述衣物具有与人体颈部脉搏正对的皮肤表面相接触区域;所述服饰配件包括诸如围巾、围脖、领结、柔性织物面料制成的颈项装饰品等,在穿戴过程中,所述服饰配件具有与人体颈部脉搏正对的皮肤表面相接触的区域。

[0007] 具体的,所述敏感层具有三维孔状结构;所述阻隔层和保护层为柔性高分子聚合物;所述电极层包括至少两条从敏感层表面引出的电极,所述电极从敏感层表面引出。

[0008] 所述敏感层的三维孔状结构通过以下方法制备形成,

[0009] 1) 将碳材料和可挥发性溶剂按比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在混合物中加入柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状敏感材料,所述碳材料和可挥发性溶剂的混合质量比为 1:1 ~ 1:5,所述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 ~ 1:3;

[0010] 2) 将敏感材料涂覆在阻隔层上并进行固化聚合,使敏感材料中的可挥发性溶剂挥发,进而形成三维孔状结构,所述三维孔状结构的孔径为 0.2 ~ 20 μm ,孔与孔之间的间距为 10 ~ 200 μm 。

[0011] 具体地,所述阻隔层的厚度大于 1 μm ,敏感层的厚度大于 1 μm ,保护层的厚度为 1 μm ~ 500 μm 。以上范围包含端点值。

[0012] 由于敏感材料具有很好的稳定性和生物相容性,因此很容易在衣物或服饰配件上形成稳定的整体。

[0013] 上述电极通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层表面引出,电极的材料选自导电无纺布、漆包线、带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带和柔韧超薄的铜箔中的一种。

[0014] 相应地,本发明还提供了用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的制备方法,包括以下步骤:

[0015] S1、对织物上正对人体颈部脉搏的区域进行清洗和干燥;

[0016] S2、在织物上经步骤 S1 处理后的区域表面涂覆一层柔性高分子聚合物液体,然后进行固化,使其与织物融为一体,得到阻隔层;

[0017] S3、在阻隔层表面涂覆一层敏感材料,然后进行固化聚合,使敏感材料中的可挥发性溶剂挥发,进而形成三维孔状结构,得到敏感层;;

[0018] S4、在敏感层表面制备电极层,所述电极层包括至少两条从敏感层表面引出的电极;

[0019] S5、在电极层和敏感层表面涂覆一层柔性高分子聚合物液体,然后进行固化,在电极层和敏感层的表面形成保护层。

[0020] 具体地,所述敏感材料通过以下方法制备得到:将碳材料和可挥发性溶剂按比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在混合物中加入柔性高分子聚合物,搅拌后得粘稠状敏感材料,所述碳材料和可挥发性溶剂的混合质量比为 1:1 ~ 1:5,超声处理时间为 1min ~ 240min,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 ~ 1:3;

[0021] 所述柔性高分子聚合物液体通过将引发剂和反应剂按 1:10 的质量比混合搅拌再作抽真空处理而制备得到。

[0022] 所述织物为衣物或服饰配件;所述步骤 S1 中采用乙醇对织物上正对人体颈部脉搏的区域进行清洗,所述阻隔层设置在该乙醇清洗区上且小于该乙醇清洗区的面积,所述敏感层设置在阻隔层上且小于阻隔层的面积;所述步骤 S2、S3 和 S4 中的涂覆方式为印刷、刷涂或旋涂。

[0023] 所述步骤 S2 的固化温度为 70℃ ~ 80℃,固化时间为 1.5h ~ 2.5h;步骤 S3 的固化温度为 70℃ ~ 80℃,固化时间为 0.5h ~ 1.5h;步骤 S5 的固化温度为 70℃ ~ 80℃,固化时间为 1.5 ~ 2.5h。

[0024] 所述步骤 S4 中的电极通过粘贴、印刷或物理切割的方式从敏感层表面引出,电极的材料选自导电无纺布、漆包线、带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带和柔韧超薄的铜箔中的

一种。

[0025] 本发明所述碳材料选自石墨烯、还原氧化石墨烯、氧化石墨烯、碳纳米管；所述挥发性溶剂为乙醇、二氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮或四氯化碳；所述柔性高分子聚合物为聚二甲基硅氧烷 (PDMS)、乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚酰亚胺或聚乙烯。

[0026] 由于敏感材料能感应人体脉搏跳动时对血管壁产生的侧压力，因此，上述柔性可贴附传感器适用于检测人体颈部脉搏的生理参数。将柔性可贴附传感器贴附于颈部脉搏对应的皮肤表面，由敏感层采集生理信号，经滤波、放大、A/D 转换等信号处理电路处理后，以蓝牙等无线传输方式将处理后的信号发射至接收终端（如智能手机、Pad 等）显示仪上，即可实时清晰地显示使用者的脉搏波、脉搏频率等参数。

[0027] 由于以上技术方案，本发明的有益效果为：

[0028] 1、本发明通过较简单的方式在织物表面集成感应器，并通过巧妙的处理使敏感层上形成三维孔状结构，该三维孔状结构使敏感层对压力的最小检测限度达到 0.8Pa，而人体脉搏跳动时对血管壁产生的压力为 8 ~ 18.7KPa，因此，将本发明用于检测人体颈部脉搏时具有检测精度高、检测结果准确的显著优势。

[0029] 2、本发明在电极层和敏感层之上设置有保护层，该保护层选用对人体皮肤无毒害无刺激的材料制成，且该材料具有和人体皮肤接近的杨氏模量，故在将其贴附在皮肤表面时，不会引起皮肤过敏或造成不适感，适合长时间佩戴使用。

[0030] 3、通过较简单的方式将保护层、电极层、敏感层和阻隔层牢固地集成在织物表面，由于保护层、电极层、敏感层和阻隔层的厚度都是微米级的，故集成后使织物质地柔韧轻薄，适合穿戴。

[0031] 4、织物由众多纱线构成，具有稳定的结构关系。本发明将阻隔层材料通过涂覆加热而固化在织物表面，使阻隔层和织物之间融为一体不易脱落，而保护层、电极层、敏感层和阻隔层之间具有很好的稳定性和生物相容性，因而本柔性可贴附传感器结构稳定、不易脱落。

[0032] 综上所述，本发明的柔性可贴附传感器具有成本低、工艺简单、灵敏度高、穿戴舒适、可洗涤等优点。可实现对人体颈部脉搏重要生理参数长时间的连续动态检测。

附图说明

[0033] 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。

[0034] 图 1 是本发明用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的结构示意图；

[0035] 图 2 是本发明实施例一中所述的敏感层的 SEM 图；

[0036] 图 3 是本发明的实施例二中所述敏感层的 SEM 图；

[0037] 图 4 是本发明的实施例三中所述敏感层的 SEM 图；

[0038] 图 5 是本发明用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的制备方法的流程示意图；

[0039] 图 6 是利用本发明的柔性可贴附传感器检测到的颈部脉搏波形图。

[0040] 图中：1- 织物衬底，2- 阻隔层，3- 敏感层，4- 电极层，5- 保护层。

具体实施方式

[0041] 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。

[0042] 实施例一

[0043] 请参见图 1，本发明的可穿戴柔性可贴附传感器，包括织物衬底 1、敏感层 3、电极层 4、阻隔层 2 和保护层 5，所述阻隔层 2 设置在织物衬底 1 上，所述敏感层 3 设置在阻隔层 2 上，所述电极层 4 位于敏感层 3 与保护层 5 之间。

[0044] 所述织物衬底 1 为衣物上正对人体颈部脉搏的区域；所述敏感层 3 具有三维孔状结构，敏感层 3 的厚度为 $60\mu\text{m}$ ；所述阻隔层 2 和保护层 5 为聚二甲基硅氧烷 (PDMS)，阻隔层 2 的厚度为 $15\mu\text{m}$ ，保护层 5 的厚度为 $10\mu\text{m}$ ；所述电极层 4 为两条通过粘贴方式从敏感层 3 表面引出的电极，电极的材料为 $10\mu\text{m}$ 厚的柔韧超薄的铜箔。

[0045] 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 具有很好的稳定性和生物相容性，很容易在衣物上形成稳定的整体，同时，聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 对皮肤无毒害和刺激作用，将其作为保护层贴附在皮肤表面时，不会引起过敏反应，非常适合用来实时检测人体颈部脉搏的生理参数。

[0046] 图 2 是上述用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的敏感层的 SEM 图，图中清晰可见敏感层的三维孔状结构，所述三维孔状结构的孔径为 $0.2\sim 20\mu\text{m}$ ，孔与孔之间的间距为 $10\sim 200\mu\text{m}$ 。所述三维孔状结构通过以下方法制备形成，

[0047] 1) 将石墨烯和丙酮按比例混合后进行超声处理，得浆液状混合物，在混合物中加入聚二甲基硅氧烷 (PDMS)，搅拌后得粘稠状敏感材料，所述石墨烯和丙酮的混合质量比为 1:2，所述向混合物中加入的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 与石墨烯的质量比为 1:0.5；

[0048] 2) 将敏感材料涂覆在阻隔层上并进行固化聚合，使敏感材料中的丙酮挥发，进而形成三维孔状结构。

[0049] 经试验验证，上述具有三维孔状结构的敏感层对压力的最小检测限度达到 0.8Pa ，而人体脉搏跳动时对血管壁产生的压力为 $8\sim 18.7\text{KPa}$ ，因此，将本发明用于检测人体颈部脉搏时具有检测精度高、检测结果准确的显著优势。

[0050] 由于敏感材料能感应人体脉搏跳动时对血管壁产生的侧压力，因此，上述柔性可贴附传感器适用于检测人体颈部脉搏的生理参数。将柔性可贴附传感器贴附于颈部脉搏对应的皮肤表面，由敏感层采集生理信号，经滤波、放大、A/D 转换等信号处理电路处理后，以蓝牙等无线传输方式将处理后的信号发射至接收终端（如智能手机、Pad 等）显示仪上，即可实时清晰地显示使用者的脉搏波、频率等参数，如图 6 所示。

[0051] 参见图 5，相应地，本发明还提供了一种上述用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器的制备方法，该方法简单易于操作，包括以下步骤：

[0052] S1、聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 及敏感材料的制备：

[0053] 1、称取引发剂 1g 、反应剂 10g 混合搅拌使其反应 10min ，再真空抽滤 10min ，制得聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体。

[0054] 2、取 1g 石墨烯和 2g 丙酮混合,然后将混合物超声处理 15min,使石墨烯分散在丙酮中形成泥浆状液体。

[0055] 3、向步骤 2 制得的混合物中加入 2g 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体,并搅拌 1.5h,得到粘稠状敏感材料。

[0056] S2、织物的表面处理:

[0057] 使用者试穿经洗涤干燥的衣服,对衣服的衣领上正对颈动脉的面积为 $25\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的长方形区域作标识,用乙醇将该区域的表面洗净并干燥,制得织物衬底。

[0058] 上述衣服优选为质地柔软、轻薄、对皮肤无刺激的衣着用织物,如棉及棉型织物、丝织物、麻及麻型织物及毛及毛型织物。

[0059] S3、阻隔层的制备:

[0060] 1、在上述织物衬底的中心区域均匀涂一层面积为 $15\text{mm} \times 25\text{mm}$ 、厚度为 $15\mu\text{m}$ 的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体;

[0061] 2、将旋涂有聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体的衣服置入烘箱中,在 80°C 的温度下加热固化 2h,使聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体和织物融为一体。

[0062] 织物由众多纱线构成,具有稳定的结构关系。通过将聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体进行涂覆和烘干处理,使其固结在织物表面形成稳定结构,不易脱落。

[0063] S4、敏感层的制备:

[0064] 1、在上述阻隔层的中心区域旋涂一层面积为 $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 、厚度为 $60\mu\text{m}$ 的敏感材料;

[0065] 2、将旋涂有敏感材料的衣服置入烘箱中,在 70°C 的温度下加热固化 1h,使敏感材料固化聚合;此过程中随着丙酮的挥发,就会在聚二甲基硅氧烷 (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,敏感层上形成类似于蚂蚁窝状的三维孔状结构,使敏感层具有较高的灵敏度。

[0066] S5、电极层的制备:

[0067] 在上述敏感层表面利用导电银胶粘贴两条 $10\mu\text{m}$ 厚的柔韧超薄的铜箔,作为电极。

[0068] S6、保护层的制备:

[0069] 1、在电极层和敏感层表面刷涂一层厚度为 $10\mu\text{m}$ 的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体,

[0070] 2、将刷涂有聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体的衣服置入烘箱中,在 70°C 的温度下加热固化 1.5h,使电极层、敏感层、阻隔层及织物融为一体。

[0071] 将上述衣物穿在身上,使衣物上的保护层贴附于颈动脉对应的皮肤表面,通过敏感层采集颈部脉搏生理信号,经过滤波、放大、A/D 转换等信号处理电路处理信号,再利用无线或有线传输技术将处理后的信号发射到终端(如智能手机、平板电脑、笔记本电脑、示波器及其他相关测试仪器)显示仪上,即可实时清晰地看到颈部脉搏波形图。利用本发明柔性可贴附传感器检测到的颈部脉搏波形图如图 6 所示。

[0072] 实施例二

[0073] 本发明的可穿戴柔性可贴附传感器,包括织物衬底 1、敏感层 3、电极层 4、阻隔层 2 和保护层 5,所述阻隔层 2 设置在织物衬底 1 上,所述敏感层 3 设置在阻隔层 2 上,所述电极层 4 位于敏感层 3 与保护层 5 之间。

[0074] 所述织物衬底 1 为衣物上正对人体颈部脉搏的区域;所述敏感层 3 具有三维孔状结构,敏感层 3 的厚度为 $80\mu\text{m}$;所述阻隔层 2 和保护层 5 为聚乙烯醇,阻隔层 2 的厚度为 $30\mu\text{m}$,保护层 5 的厚度为 $500\mu\text{m}$;所述电极层 4 为四条通过粘贴方式从敏感层 3 表面引出的电极,电极的材料为 $20\mu\text{m}$ 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带。

[0075] 聚乙烯醇具有很好的稳定性和生物相容性,很容易在衣物上形成稳定的整体,同时,聚乙烯醇对皮肤无毒害和刺激作用,将其作为保护层贴附在皮肤表面时,不会引起过敏反应,非常适合用来实时检测人体颈部脉搏的生理参数。

[0076] 图 3 是上述敏感层的 SEM 图,图中清晰可见敏感层的三维孔状结构,所述三维孔状结构的孔径为 $0.5\sim 15\mu\text{m}$,孔与孔之间的间距为 $50\sim 180\mu\text{m}$ 。所述三维孔状结构通过以下方法制备形成,

[0077] 1) 将还原氧化石墨烯和乙醇按比例混合后进行超声处理,得浆液状混合物,在混合物中加入聚二甲基硅氧烷 (PDMS),搅拌后得粘稠状敏感材料,所述还原氧化石墨烯和乙醇的混合质量比为 1:1,所述向混合物中加入的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 与还原氧化石墨烯的质量比为 1:2;

[0078] 2) 将敏感材料涂覆在阻隔层上并进行固化聚合,使敏感材料中的乙醇挥发,进而形成三维孔状结构。

[0079] 经试验验证,上述具有三维孔状结构的敏感层对压力的最小检测限度达到 1.2Pa ,而人体脉搏跳动时对血管壁产生的压力为 $8\sim 18.7\text{KPa}$,因此,将本发明用于检测人体颈部脉搏时具有检测精度高、检测结果准确的显著优势。

[0080] 上述用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器通过以下方法制备得到。

[0081] S1、聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 及敏感材料的制备:

[0082] 1、称取引发剂 1g、反应剂 10g 混合搅拌使其反应 10min,再真空抽滤 10min,制得聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体。

[0083] 2、取 2g 还原氧化石墨烯和 2g 乙醇混合,然后将混合物超声处理 100min,使还原氧化石墨烯分散在乙醇中形成泥浆状液体。

[0084] 3、向步骤 2 制得的混合物中加入 1g 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体,并搅拌 1.5h,得到粘稠状敏感材料。

[0085] S2、织物的表面处理:

[0086] 使用者试穿经洗涤干燥的衣服,对衣服上正对颈动脉的面积为 $25\text{mm}\times 35\text{mm}$ 的长方形区域作标识,用乙醇将该区域的表面洗净并干燥,制得织物衬底。

[0087] 上述衣服优选为质地柔软、轻薄、对皮肤无刺激的衣着用织物,如棉及棉型织物、丝织物、麻及麻型织物及毛及毛型织物。

[0088] S3、阻隔层的制备:

[0089] 1、在上述织物衬底的中心区域均匀涂一层面积为 $15\text{mm}\times 25\text{mm}$ 、厚度为 $30\mu\text{m}$ 的聚乙烯醇液体;

[0090] 2、将旋涂有聚乙烯醇液体的衣服置入烘箱中,在 70°C 的温度下加热固化 1.5h,使聚乙烯醇液体和织物融为一体。

[0091] 织物由众多纱线构成,具有稳定的结构关系。通过将聚乙烯醇液体进行涂覆和烘干处理,使其固结在织物表面形成稳定结构,不易脱落。

[0092] S4、敏感层的制备：

[0093] 1、在上述阻隔层的中心区域旋涂一层面积为 $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 、厚度为 $80\text{ }\mu\text{m}$ 的敏感材料；

[0094] 2、将旋涂有敏感材料的衣服置入烘箱中，在 80°C 的温度下加热固化 0.5h ，使敏感材料固化聚合；此过程中随着乙醇的挥发，就会在聚二甲基硅氧烷 (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，敏感层上形成类似于蚂蚁窝状的三维孔状结构，使敏感层具有较高的灵敏度。

[0095] S5、电极层的制备：

[0096] 在上述敏感层表面通过粘贴方式引出四条 $20\text{ }\mu\text{m}$ 厚且带有压敏胶粘剂的扁平铜箔胶带作为电极。

[0097] S6、保护层的制备：

[0098] 1、在电极层和敏感层表面刷涂一层厚度为 $500\text{ }\mu\text{m}$ 的聚乙烯醇液体，

[0099] 2、将刷涂有聚乙烯醇液体的衣服置入烘箱中，在 80°C 的温度下加热固化 2.5h ，使电极层、敏感层、阻隔层及织物融为一体。

[0100] 将上述衣物穿在身上，使衣物上的保护层贴附于颈动脉对应的皮肤上，通过敏感层采集颈部脉搏生理信号，经过滤波、放大、A/D 转换等信号处理电路处理信号，再利用无线或有线传输技术将处理后的信号发射到终端（如智能手机、平板电脑、笔记本电脑、示波器及其他相关测试仪器）显示仪上，即可实时清晰地看到颈部脉搏波形图。

[0101] 实施例三

[0102] 本发明的可穿戴柔性可贴附传感器，包括织物衬底 1、敏感层 3、电极层 4、阻隔层 2 和保护层 5，所述阻隔层 2 设置在织物衬底 1 上，所述敏感层 3 设置在阻隔层 2 上，所述电极层 4 位于敏感层 3 与保护层 5 之间。

[0103] 所述织物衬底 1 为围巾上正对人体颈部脉搏的区域；所述敏感层 3 具有三维孔状结构，敏感层 3 的厚度为 $100\text{ }\mu\text{m}$ ；所述阻隔层 2 和保护层 5 为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物，阻隔层 2 的厚度为 $50\text{ }\mu\text{m}$ ，保护层 5 的厚度为 $300\text{ }\mu\text{m}$ ；所述电极层 4 为两条通过物理切割方式从敏感层 3 表面引出的电极。

[0104] 乙烯 - 醋酸乙烯共聚物具有很好的稳定性和生物相容性，很容易在围巾上形成稳定的整体，同时，乙烯 - 醋酸乙烯共聚物对皮肤无毒害和刺激作用，将其作为保护层贴附在皮肤表面时，不会引起过敏反应，非常适合用来实时检测人体颈部脉搏的生理参数。

[0105] 图 4 是上述敏感层的 SEM 图，图中清晰可见敏感层的三维孔状结构，所述三维孔状结构的孔径为 $2 \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ ，孔与孔之间的间距为 $10 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 。所述三维孔状结构通过以下方法制备形成，

[0106] 1) 将石墨烯和二氯甲烷按比例混合后进行超声处理，得浆液状混合物，在混合物中加入聚二甲基硅氧烷 (PDMS)，搅拌后得粘稠状敏感材料，所述石墨烯和二氯甲烷的混合比例为 1:5，所述向混合物中加入的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 与石墨烯的质量比为 1:3；

[0107] 2) 将敏感材料涂覆在阻隔层上并进行固化聚合，使敏感材料中的可挥发性溶剂挥发，进而形成三维孔状结构。

[0108] 经试验验证，上述具有三维孔状结构的敏感层对压力的最小检测限度达到 5.4Pa ，而人体脉搏跳动时对血管壁产生的压力为 $8 \sim 18.7\text{kPa}$ ，因此，将本发明用于检测人体颈部

脉搏时具有检测精度高、检测结果准确的显著优势。

[0109] 上述用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器通过以下方法制备得到。

[0110] S1、聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体及敏感材料的制备：

[0111] 1、称取引发剂 1g、反应剂 10g 混合搅拌使其反应 10min，再真空抽滤 10min，制得聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体。

[0112] 2、取 3g 石墨烯和 15g 二氯甲烷混合，然后将混合物超声处理 200min，使石墨烯分散在二氯甲烷中形成泥浆状液体。

[0113] 3、向步骤 2 制得的混合物中加入 1g 聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 液体，并搅拌 1h，得到粘稠状敏感材料。

[0114] S2、织物的表面处理：

[0115] 使用者试围经洗涤干燥的围巾，对围巾上正对颈部脉搏的面积为 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的方形区域作标识，用乙醇将该区域的表面洗净并干燥，制得织物衬底。

[0116] 上述围巾优选为质地柔软、轻薄、对皮肤无刺激的柔软织物，如棉及棉型织物、丝织物、麻及麻型织物。

[0117] S3、阻隔层的制备：

[0118] 1、在上述织物衬底的中心区域均匀涂一层面积为 $20\text{mm} \times 25\text{mm}$ 、厚度为 $50\text{ }\mu\text{m}$ 的乙烯-醋酸乙烯共聚物溶液。

[0119] 2、将旋涂有乙烯-醋酸乙烯共聚物溶液的衣服置入烘箱中，在 70°C 的温度下加热固化 2.5h，使乙烯-醋酸乙烯共聚物溶液和织物融为一体。

[0120] S4、敏感层的制备：

[0121] 1、在上述阻隔层的中心区域旋涂一层面积为 $15\text{mm} \times 20\text{mm}$ 、厚度为 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的敏感材料；

[0122] 2、将旋涂有敏感材料的衣服置入烘箱中，在 75°C 的温度下加热固化 1.5h，使敏感材料聚合；此过程中随着二氯甲烷的挥发，就会在聚二甲基硅氧烷 (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，敏感层上形成类似于蚂蚁窝状的三维孔状结构，使敏感层具有较高的灵敏度。

[0123] S5、电极层的制备：

[0124] 在上述敏感层表面通过物理切割方式引出两条宽为 2mm 的电极。

[0125] S6、保护层的制备：

[0126] 1、在电极层和敏感层表面刷涂一层厚度为 $300\text{ }\mu\text{m}$ 的乙烯-醋酸乙烯共聚物溶液，

[0127] 2、将刷涂有乙烯-醋酸乙烯共聚物溶液的衣服置入烘箱中，在 70°C 的温度下加热固化 2h，使电极层、敏感层、阻隔层及织物融为一体。

[0128] 将上述围巾围在颈项上，使围巾上的保护层贴附于颈动脉对应的皮肤上，通过敏感层采集颈部脉搏生理信号，经过滤波、放大、A/D 转换等信号处理电路处理信号，再利用无线或有线传输技术将处理后的信号发射到终端（如智能手机、平板电脑、笔记本电脑、示波器及其他相关测试仪器）显示仪上，即可实时清晰地看到颈部脉搏波形图。

[0129] 本发明的有益效果为：1、本发明通过较简单的方式在织物表面集成感应器，并通过巧妙的处理使敏感层上形成三维孔状结构，该三维孔状结构使敏感层对压力的最小检测限度达到 0.8Pa，而人体脉搏跳动时对血管壁产生的压力为 $8 \sim 18.7\text{KPa}$ ，因此，将本发明用

于检测人体颈部脉搏时具有检测精度高、检测结果准确的优点。2、本发明在电极层和敏感层之上设置有保护层,该保护层选用对人体皮肤无毒害无刺激的材料制成,且该材料具有和人体皮肤接近的杨氏模量,故在将其贴附在皮肤表面时,不会引起皮肤过敏或造成不适感,适合长时间佩戴使用。3、通过较简单的方式将保护层、电极层、敏感层和阻隔层牢固地集成在织物表面,由于保护层、电极层、敏感层和阻隔层的厚度都是微米级的,故集成后使织物质地柔韧轻薄,适合穿戴。本发明的阻隔层通过涂覆烘烤而固化在织物表面,使阻隔层和织物之间融为一体不易脱落,而保护层、电极层、敏感层和阻隔层之间具有很好的稳定性和生物相容性,因而本柔性可贴附传感器结构稳定、不易脱落,穿戴之后还可以洗涤。

[0130] 综上所述,本发明的柔性可贴附传感器具有成本低、工艺简单、灵敏度高、穿戴舒适、可洗涤等优点。可实现对人体重要生理参数长时间的连续动态检测。

[0131] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

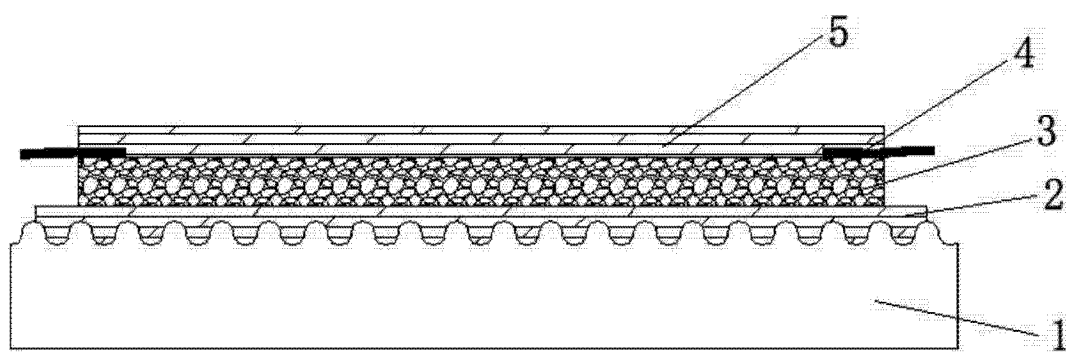


图 1

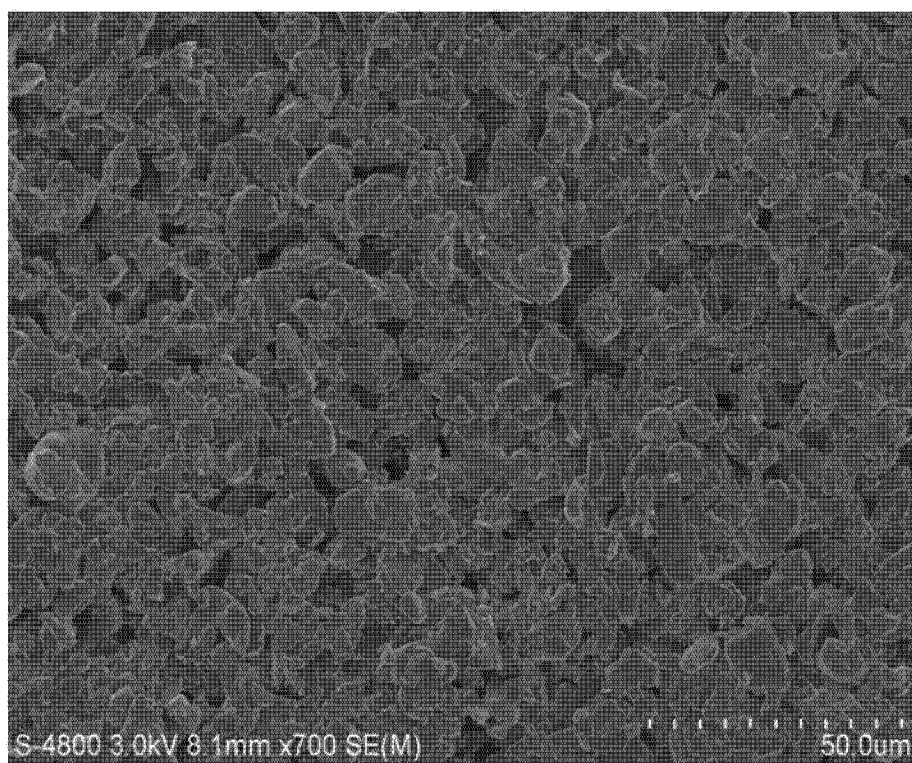


图 2

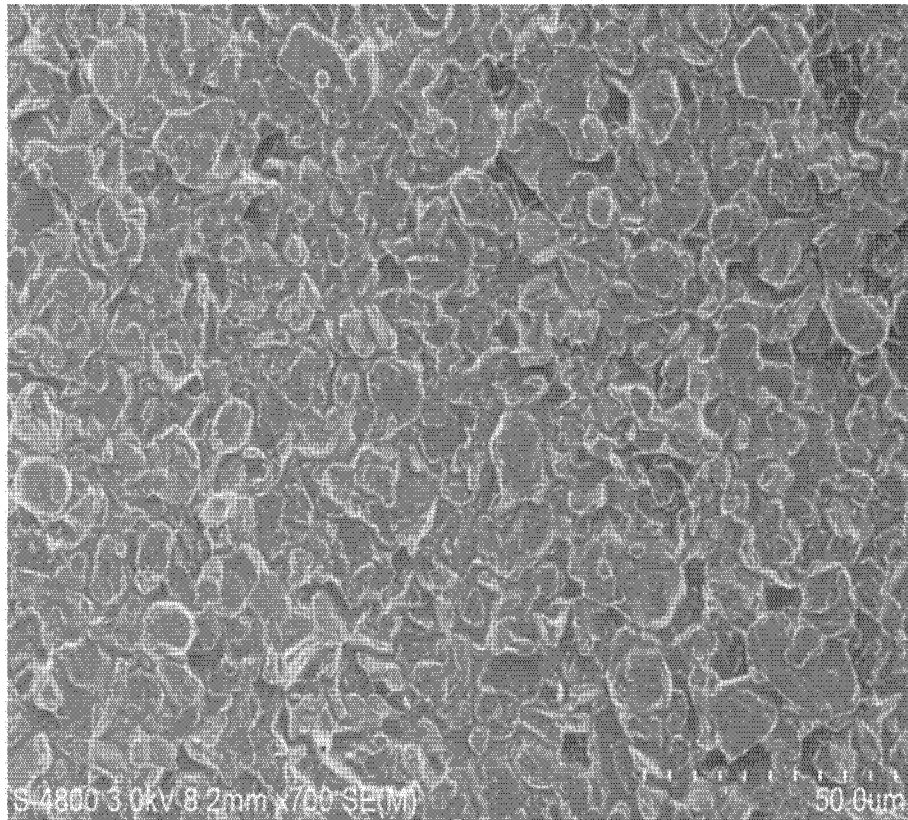


图 3

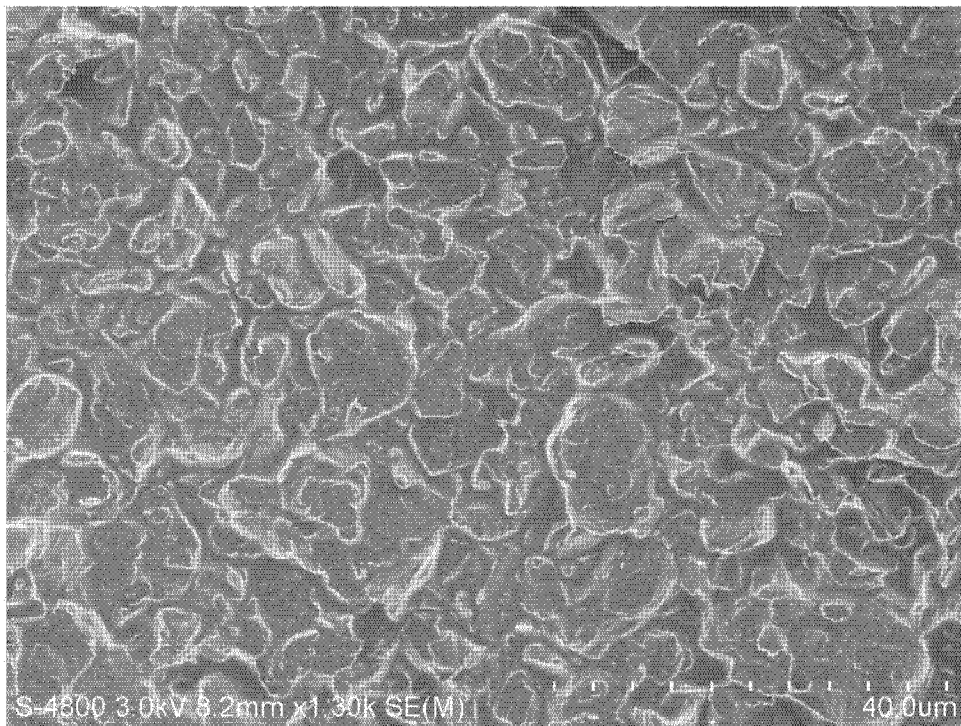


图 4

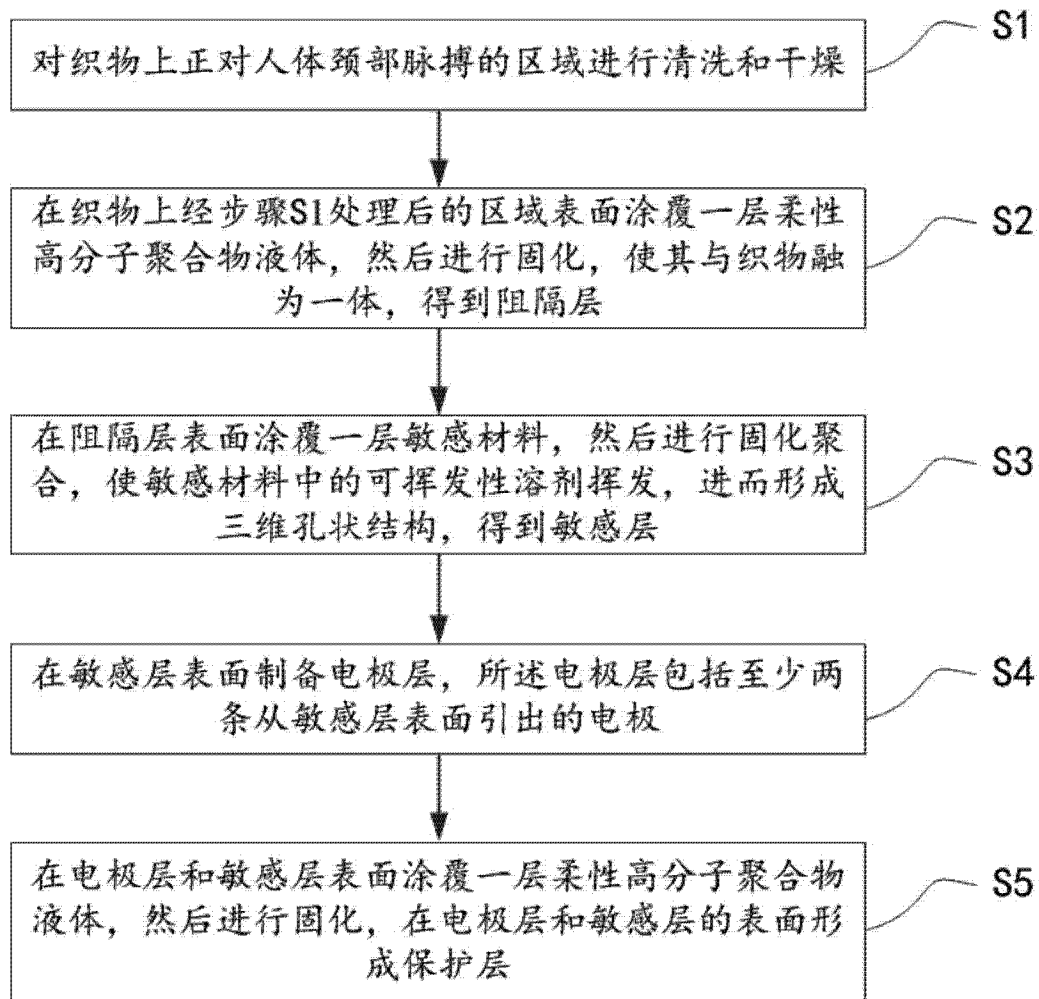


图 5

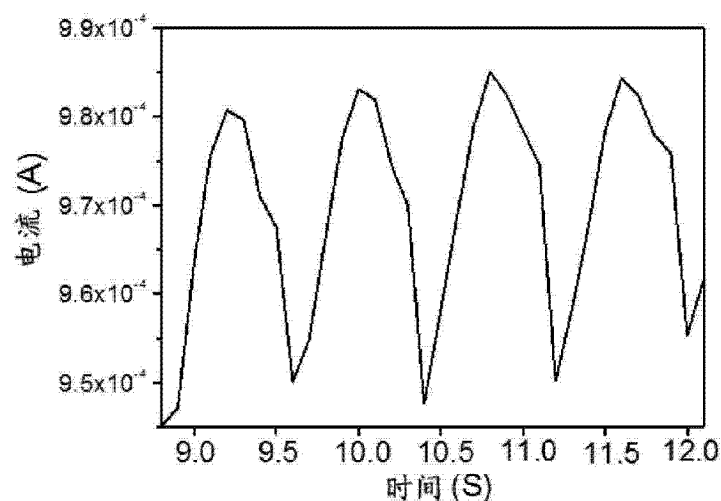


图 6

专利名称(译)	用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器及其制备方法		
公开(公告)号	CN104287698A	公开(公告)日	2015-01-21
申请号	CN201410471365.2	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	A61B5/02 A61B5/0245		
CPC分类号	A61B5/02 A61B5/6804 A61B5/6822		
其他公开文献	CN104287698B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及可穿戴柔性传感器，具体是一种用于颈部脉搏检测的柔性可贴附传感器，包括织物衬底、敏感层、电极层、阻隔层和保护层，阻隔层设置在织物衬底上，敏感层设置在阻隔层上，敏感层具有高灵敏度的三维孔状结构，电极层位于敏感层与保护层之间，保护层用于贴附在人体颈部脉搏对应的皮肤表面。由于敏感材料具有很好的稳定性和生物相容性，因此很容易在衣物或服饰配件上形成稳定的整体。本发明的传感器轻薄柔软，可以被加工成多种形状，能贴附、穿戴在皮肤表面，具有成本低、工艺简单、灵敏度高、穿戴舒适、可洗涤等优点，可实现对人体颈部脉搏的生理参数长时间的连续动态检测。本发明还提供了上述传感器的制备方法，该方法简单易操作。

