



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104287739 A

(43) 申请公布日 2015.01.21

(21) 申请号 201410471254.1

(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 张斑 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 5/11(2006.01)

A61B 5/22(2006.01)

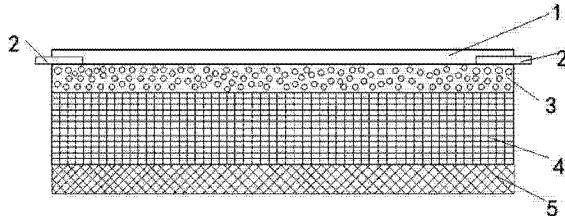
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及移动监测传感器领域，公开了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，包括织物物件；支撑层；敏感材料层；电极层，其包括至少两条从敏感材料层或其表面引出的电极；及保护层；其中，敏感材料层由三维孔状纳米敏感材料构成，保护层与支撑层由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，保护层与支撑层共同包裹敏感材料层，本发明还公开了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法及基于所述传感器的监测系统。本发明的传感器轻薄柔软，可以被加工成多种形状，可穿戴、贴附在足底，采集脚部运动时产生的压力数据，有效监测脚部运动。



1. 一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，其特征在于，包括：
织物物件(5)；
支撑层(4)，其形成于所述织物物件(5)上受到脚部压力的区域内；
敏感材料层(3)，其形成于所述支撑层(4)的上表面；
电极层，包括至少两条从敏感材料层(3)或敏感材料层(3)的表面引出的电极(2)；
及保护层(1)，其形成于所述敏感材料层(3)的上表面或敏感材料层(3)上表面及电极层位于敏感材料层(3)上表面的部分；

其中，所述敏感材料层(3)由三维孔状纳米敏感材料构成，所述保护层(1)与支撑层(4)由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，所述保护层(1)与支撑层(4)共同包裹所述敏感材料层(3)。

2. 如权利要求1所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，其特征在于，所述敏感材料层(3)的三维孔状纳米敏感材料的孔的大小为0.2-20μm，且孔与孔之间的间隙为10-200μm，所述敏感材料层(3)由以下步骤制备得到：

S1、碳材料和可挥发性溶剂按质量比为1:1～1:3混合后进行超声处理30～60min，得浆液状混合物；

S2、在浆液状混合物中加入与碳材料质量比为1:1～1:10的柔性高分子聚合物，搅拌后得粘稠状混合物；

S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层(4)上，然后在70～80℃下加热固化，从而制得所述敏感材料层(3)。

3. 如权利要求1或2所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，其特征在于，所述电极(2)探出敏感材料层(3)的一端不与所述支撑层(4)和保护层(1)接触，或者，所述电极(2)探出敏感材料层(3)的一端连接无线发射装置且所述电极(2)与无线发射装置都被所述支撑层(4)和保护层(1)共同包裹。

4. 如权利要求1至3中任意一项所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，其特征在于，所述支撑层(4)为厚度范围为10-500μm的PDMS薄膜，或者支撑层(4)的柔性高分子聚合物为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种；所述保护层(1)为厚度范围为5-100μm的PDMS薄膜，或者为厚度范围为5-100μm的PE薄膜或乙烯-醋酸乙烯共聚物薄膜；所述电极(2)包括导电无纺布、铜箔或漆包线。

5. 一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1、在织物物件受到脚部压力的区域涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜，即为支撑层；

S2、在所述支撑层上涂一层三维孔状纳米敏感材料，得到敏感材料层；

S3、引出至少两条电极，所述电极的一端接触所述敏感材料层，另一端探出所述敏感材料层；

S4、在所述敏感材料层表面涂一层柔性高分子聚合物，形成覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层的保护层。

6. 如权利要求5所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法，其特征在于，步骤S1中的支撑层为厚度范围为10-500μm的PDMS薄膜，或者支撑层的柔性高分子聚合物为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的

任意一种；步骤 S4 中的保护层为厚度范围为 5-100 μm 的 PDMS 薄膜，或者为厚度范围为 5-100 μm 的 PE 薄膜或乙烯-醋酸乙烯共聚物薄膜。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法，其特征在于，步骤 S3 中电极的材料包括导电无纺布、铜箔或漆包线，所述电极的材质还可以是金、铂、镍、银、铟、碳纳米管、石墨烯或银纳米线中的一种或多种组合；电极的引出方式为粘贴、印刷或物理切割。

8. 一种基于权利要求 1 所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统，其特征在于，包括以下模块：

信号采集模块，其包括如权利要求 1 所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，用于采集人体运动过程中足底压力变化信号；

模数转换模块，其用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号；

信号处理模块，其用于处理模数转换模块得到的数字信号，得出监测分析结果；

显示模块，其包括显示屏，用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

9. 如权利要求 8 所述的监测系统，其特征在于，还包括无线通信模块，其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互，或同时用于实现所述模数转换模块与信号采集模块之间信号的传输交互。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的监测系统，其特征在于，所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端，所述信号处理模块还具有导出所述监测分析数据的功能。

一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及移动监测领域，尤其涉及一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器及其制备方法，并涉及一种基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统。

背景技术

[0002] 随着社会经济的发展，人民生活水平的提高，健康问题越来越受到人们的重视。运动锻炼成为了人们保持身体健康的一个主要途径，规律、合理的运动对于保持身体健康有着非常重要的意义。然而如何在运动时根据个人身体状况及时调整运动强度和运动时间，如何合理地在最佳范围内控制运动量是运动锻炼中存在的一个问题。条件允许的情况下，可以去健身房在运动教练的指导和监督下进行锻炼，教练的职责就相当于监测参与健身的人体运动过程并予以反馈，但是不管从经济上，还是地理条件上讲，不是每个人都可以去到健身房运动，并且存在一部分人只热衷于户外运动。那么在没有健身教练监测下，运动量过大可能会造成运动者的肌肉拉伤等对健康产生的不利影响，而运动量过小则又达不到锻炼的效果，所以运动过程需要监测并根据监测结果调整运动时间、强度及频率才能达到健康锻炼的目的。

[0003] 然而，现有的人体运动监测手段并不多，诸如录像分析，通过视频摄像机信号的适当处理，可以实现对运动数量计数，但该过程需要非常复杂的背景分离算法和高速的数据采集，因而成本较高；还有其他如通过探测人体腰部和臀部运动的接触式计步器，该设备需要时刻挂在腰上，这在运动中并不方便；另外其他如红外装置以及专用于运动监测的器械等价格比较昂贵，且设备体积庞大不便携带。因此，开发一款既经济实用又方便监测的运动监测设备，以及为运动监测提供一种新监测方法显得尤为重要。

发明内容

[0004] 为克服现有技术的不足，本发明目的是：提供一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，将柔性压力传感器集成在足底施与压力的织物上，采集脚部运动时产生的压力数据，有效监测运动过程。

[0005] 为了解决背景技术中的技术问题，本发明提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，包括织物物件；支撑层，其形成于所述织物物件上受到脚部压力的区域内；敏感材料层，其形成于所述支撑层的上表面；电极层，包括至少两条从敏感材料层或敏感材料层的表面引出的电极；及保护层，其形成于所述敏感材料层的上表面或敏感材料层上表面及电极层位于敏感材料层上表面的部分；其中，所述敏感材料层由三维孔状纳米敏感材料构成，所述保护层与支撑层由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，所述保护层与支撑层共同包裹所述敏感材料层。

[0006] 所述敏感材料层的三维孔状纳米敏感材料的孔大小为 $0.2\text{--}20\mu\text{m}$ ，且孔与孔之间的间隙为 $10\text{--}200\mu\text{m}$ ，所述敏感材料层由以下步骤制备得到：S1、碳材料和可挥发溶剂按质量比为 $1:1\sim 1:3$ 混合后进行超声处理 $30\sim 60\text{min}$ ，得浆液状混合物；S2、在浆液状混合物

中加入与碳材料质量比为 1:1 ~ 1:10 的柔性高分子聚合物, 搅拌后得粘稠状混合物; S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层上, 然后在 70 ~ 80℃下加热固化, 从而制得所述敏感材料层。

[0007] 所述电极探出敏感材料层的一端不与所述支撑层和保护层接触, 或者, 所述电极探出敏感材料层的一端连接无线发射装置且所述电极与无线发射装置都被所述支撑层和保护层共同包裹。

[0008] 所述支撑层优选为厚度范围为 10~500 μm 的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 薄膜, 或者支撑层的柔性高分子聚合物为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺、聚乙烯中的任意一种; 所述保护层优选为厚度范围为 5~100 μm 的 PDMS 薄膜, 或者为厚度范围为 5~100 μm 的聚乙烯 (PE) 薄膜或乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜; 所述电极优选为导电无纺布、铜箔或漆包线。

[0009] 本发明还提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法, 包括以下步骤:S1、在织物物件受到脚部压力的区域涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜, 即为支撑层; S2、在所述支撑层上涂一层三维孔状纳米敏感材料, 得到敏感材料层; S3、引出至少两条电极, 所述电极的一端接触所述敏感材料层, 另一端探出所述敏感材料层; S4、在所述敏感材料层表面涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜, 即保护层, 所述保护层覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层。

[0010] 步骤 S1 中的支撑层优选为厚度为 10~500 μm 的 PDMS 薄膜, 或者支撑层的柔性高分子聚合物为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺、聚乙烯中的任意一种; 步骤 S4 中的保护层优选为厚度范围为 5~100 μm 的 PDMS 薄膜, 或者为厚度范围为 5~100 μm 的 PE 薄膜或乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜。

[0011] 步骤 S3 中电极的材料包括导电无纺布、铜箔或漆包线, 所述电极的材质还可以是金、铂、镍、银、铟、碳纳米管、石墨烯或银纳米线中的一种或多种组合; 电极的引出方式为粘贴、印刷或物理切割。

[0012] 本发明还提供了一种基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统, 包括以下模块:

[0013] 信号采集模块, 其包括如上所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器, 用于采集人体运动过程中足底压力变化信号; 模数转换模块, 用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号; 信号处理模块, 用于处理模数转换模块得到的数字信号, 得出监测分析结果; 显示模块, 其包括显示屏, 用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

[0014] 所述监测系统还包括无线通信模块, 其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互, 或同时用于实现所述模数转换模块与信号采集模块之间信号的传输交互。

[0015] 所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端, 所述信号处理模块还具有导出所述监测分析结果的功能。

[0016] 本发明的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的原理是①采用三维孔状纳米材料制备传感器的敏感层, 因气 - 固两相的存在而呈现类似蚂蚁窝的三维孔状结构, 可以灵敏地检测到脚部的压力信号; ②织物物件为由细小柔长物通过交叉, 绕结或粘结构成的平软片块物件, 支撑层和保护层都具有生物相容性, 使支撑层可以较好地贴合在织物物件上, 保护层接触皮肤的情况下不产生副作用; ③支撑层和保护层都采用柔性高分子聚合物, 并且

对敏感层进行保护性包裹,使敏感层在随着织物洗涤时候防水而不受到破坏;④柔性传感器的保护层具有生物相容性,可以贴附在脚底皮肤上;⑤所述传感器的支撑层面积最小为 0.1mm^2 ,所述传感器在织物物件上凸起的厚度最小为 $10\mu\text{m}$,所述织物物件穿戴在脚上不会产生不利于运动的感受。

[0017] 本发明的基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统的原理是①在脚部接触织物并进行运动时,柔性传感器可以检测足底的压力信号并通过传感器以电信号的形式输出;②电信号通过模数转换模块后变成数字信号;③数字信号通过信号处理模块处理后,在显示模块上显示运动监测分析结果,如运动的时间、距离和频率等;④信号处理模块与模数转换模块之间,或模数转换模块与信号采集模块之间通过无线通信模块或者有线方式连接传输信号;⑤若模数转换模块与信号采集模块之间通过无线通信模块进行信号传输,则柔性传感器的电极不接触敏感层的一端连接无线发射器,且所述无线发射器一同被包裹在支撑层和保护层中间;⑥若模数转换模块与信号采集模块之间通过有线方式连接进行信号传输,则所述模数转换模块与传感器一同集成在织物上。

[0018] 采用上述技术方案,本发明具有如下有益效果:①本发明中柔性压力传感器体积微小,集成在可穿戴的织物物件上,如袜子、鞋垫织物或鞋子内底部,使用方便且为大众所能接受,不影响正常运动;②传感器的敏感材料由柔性高分子聚合物包裹,防水抗挤压;③该监测系统轻巧易带、实时性好,能在运动者本体感受尚未消失的情况下,及时客观地反馈监测数据和显示分析结果。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,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。

[0020] 图1是本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的结构示意图;

[0021] 图2是本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在袜子上的结构示意图;

[0022] 图3是本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在鞋垫上的结构示意图;

[0023] 图4是本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在鞋子内底部的结构示意图;

[0024] 图5是本发明实施例提供的基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器不接无线发射器的监测系统的系统框图;

[0025] 图6是本发明实施例提供的基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器接无线发射器的监测系统的系统框图。

[0026] 图中附图标记对应为:1-保护层,2-电极,3-敏感材料层,4-支撑层,5-织物物件,51-袜子,52-鞋垫,53-鞋子内底面,6-柔性传感器。

具体实施方式

[0027] 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。

[0028] 实施例一:

[0029] 图 2 为本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在袜子上的结构示意图,图 1 为图 2 中柔性传感器 6 的结构示意图,由图中可以清楚看到,本发明的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器包括:织物物件 5;支撑层 4,其形成于所述织物物件 5 上受到脚部压力的区域内;敏感材料层 3,其形成于所述支撑层 4 的上表面;电极层,包括两条从敏感材料层 3 或敏感材料层 3 的表面引出的电极 2;及保护层 1,其形成于所述敏感材料层 3 的上表面或敏感材料层 3 上表面及电极层位于敏感材料层 3 上表面的部分;其中,所述敏感材料层 3 由三维孔状纳米敏感材料构成,所述保护层 1 与支撑层 4 由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性,所述保护层 1 与支撑层 4 共同包裹所述敏感材料层 3。

[0030] 其中,所述织物物件 5 为袜子,支撑层 4 形成于袜子穿在脚上时受到脚部压力的区域内。

[0031] 优选地,所述敏感材料层 3 的三维孔状纳米敏感材料的孔大小为 0.2-20 μm,且孔与孔之间的间隙为 10-200 μm,所述敏感材料层 3 由以下步骤制备得到:S1、还原氧化石墨烯和乙醇按质量比为 1:1 ~ 1:3 混合后进行超声处理 30 ~ 60min,得浆液状混合物;S2、在浆液状混合物中加入与还原氧化石墨烯质量比为 1:1 ~ 1:10 的 PDMS,搅拌后得粘稠状混合物;S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层 4 上,然后在 70 ~ 80 °C 下加热固化,从而制得所述敏感材料层 3。

[0032] 所述电极 2 探出敏感材料层 3 的一端不与所述支撑层 4 和保护层 1 接触,将电极 2 探出敏感材料层 3 的一端引到袜子臂上,并连接到装有信号处理单元、无线发射器等电子元件的柔性电路板上。

[0033] 所述支撑层 4 为厚度为 80 μm 的 PDMS 薄膜;所述保护层 1 为厚度为 40 μm 的 PDMS 薄膜;所述电极 2 包括银纳米线。支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者可以为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种;所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者可以为聚乙烯或乙烯 - 醋酸乙烯共聚物;电极 2 或者可以为碳纳米管。

[0034] 本发明实施例还提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法,包括以下步骤:

[0035] S1、在织物物件受到脚部压力的区域匀涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜,即为支撑层;

[0036] S2、在所述支撑层上匀涂一层三维孔状纳米敏感材料,得到敏感材料层;

[0037] S3、引出两条电极,所述电极的一端接触所述敏感材料层,另一端探出所述敏感材料层;

[0038] S4、在所述敏感材料层表面匀涂一层柔性高分子聚合物,形成覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层的保护层。

[0039] 具体地,步骤 S1 中先将袜子受压力的指定区域进行表面清洁处理,在清洁区域均

匀刷涂或旋涂一层厚度为 $80 \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜,此薄膜面积为 300mm^2 而小于清洁区域的面积,并加热固化一段时间,使支撑层和袜子融为一体。

[0040] 具体地,步骤 S2 中取适量的粘稠状液体敏感材料均匀旋涂一层厚度为 $60 \mu\text{m}$ 在上述支撑层的中心区域,此敏感材料层面积为 150mm^2 ,并加热固化一段时间使敏感材料层聚合,和支撑层融为一体。

[0041] 步骤 S3 中电极的材料包括银纳米线,其厚度优选为 $15 \mu\text{m}$,宽度优选为 1.5mm ;电极的引出方式为印刷。电极的材料或者可以为碳纳米管。

[0042] 具体地,步骤 S4 中在有电极的敏感层表面整体覆盖一层厚度为 $40 \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜作为保护层,加热固化使保护层、电极层、敏感层、支撑层和袜子融为一体一个整体。

[0043] 支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者也可以为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种;所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为聚乙烯或乙烯-醋酸乙烯共聚物。

[0044] 本发明实施例还提供了一种基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统,如图 5 所示,包括以下模块:

[0045] 信号采集模块,其包括如上所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器,用于采集人体运动过程中足底压力变化信号;模数转换模块,用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号;信号处理模块,用于处理模数转换模块得到的数字信号,得出监测分析结果;显示模块,其包括显示屏,用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

[0046] 所述模数转换模块将信号采集模块采集的信号放大、滤波、调制后进行 A/D 转换,提高输出信号的信噪比,将转换后的数字信号以无线传输的方式发送到信号处理模块。

[0047] 所述信号采集模块通过引出电极连接模数转换模块,即所述信号采集模块与模数转换模块是通过有线方式连接;所述监测系统还包括无线通信模块,其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互。无线通信模块的传输技术优选蓝牙无线传输,无线通信模块的传输技术还可以采用 GPRS(General Packet Radio Service,通用分组无线服务技术)、GSM(Global System of Mobile communication,全球移动通讯系统)、WLAN(Wireless Local Area Networks,无线局域网络)、CDMA(Code Division Multiple Access)、TDMA(Time Division Multiple Access,时分多址)、NFC(Near Field Communication,近场通信)、Wi-Fi(Wireless-Fidelity,无线保真)、红外无线技术、电视通信网络或其他远程通讯网络。

[0048] 所述显示模块用于显示运算分析处理后的运动监测信息及系统工作状态,如运动的距离、时间、锻炼练习次数和频率等。

[0049] 所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端,为防止监测数据的丢失,所述信号处理模块还具有导出所述监测分析结果数据的功能。所述客户端包括智能手机、平板电脑、笔记本电脑、多功能液晶显示腕表及示波器等。

[0050] 实施例二:

[0051] 图 3 为本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在鞋垫上的结构示意图,图 1 为图 3 中柔性传感器 6 的结构示意图,由图中可以清楚看到,本发明的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器包括:织物物件 5;支撑层 4,其形成于所述织物物件 5 上受到脚部压力的区域内;敏感材料层 3,其形成于所述支撑层 4 的上表面;电极层,包括两条

从敏感材料层 3 或敏感材料层 3 的表面引出的电极 2 ;及保护层 1 ,其形成于所述敏感材料层 3 的上表面或敏感材料层 3 上表面及电极层位于敏感材料层 3 上表面的部分 ;其中,所述敏感材料层 3 由三维孔状纳米敏感材料构成,所述保护层 1 与支撑层 4 由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性,所述保护层 1 与支撑层 4 共同包裹所述敏感材料层 3 。

[0052] 其中,所述织物物件 5 为鞋垫,支撑层 4 形成于鞋垫垫在脚下时受到脚部压力的区域内。

[0053] 优选地,所述敏感材料层 3 的三维孔状纳米敏感材料的孔大小为 0.2~20 μm ,且孔与孔之间的间隙为 10~200 μm ,所述敏感材料层 3 由以下步骤制备得到 :S1、石墨烯和丙酮按质量比为 1:1 ~ 1:3 混合后进行超声处理 30 ~ 60min ,得浆液状混合物 ;S2、在浆液状混合物中加入与石墨烯质量比为 1:1 ~ 1:10 的聚二甲基硅氧烷,搅拌后得粘稠状混合物 ;S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层 4 上,然后在 70 ~ 80°C 下加热固化,从而制得所述敏感材料层 3 。

[0054] 所述电极 2 探出敏感材料层 3 的一端连接无线发射器,所述电极 2 和无线发射器都被所述支撑层 4 和保护层 1 共同包裹。

[0055] 所述支撑层 4 为厚度范围为 20 μm 的 PDMS 薄膜 ;所述保护层 1 为厚度范围为 10 μm 的 PE 薄膜 ;所述电极 2 包括铜箔。支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种 ;所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为聚二甲基硅氧烷或乙烯 - 醋酸乙烯共聚物 ;所述电极 2 或者可以包括导电无纺布或漆包线。

[0056] 本发明实施例还提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法,包括以下步骤 :

[0057] S1、在织物物件受到脚部压力的区域匀涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜,即为支撑层 ;

[0058] S2、在所述支撑层上匀涂一层三维孔状纳米敏感材料,得到敏感材料层 ;

[0059] S3、引出两条电极,所述电极的一端接触所述敏感材料层,另一端连接无线发射器 ;

[0060] S4、在所述敏感材料层表面匀涂一层柔性高分子聚合物,形成覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层的保护层。

[0061] 具体地,步骤 S1 中先将鞋垫受压力的指定区域进行表面清洁处理,在清洁区域均匀刷涂或旋涂一层厚度为 20 μm 的 PDMS 薄膜,此薄膜面积为 400mm² 而小于清洁区域的面积,并加热固化一段时间,使支撑层和鞋垫融为一体。

[0062] 具体地,步骤 S2 中取适量的粘稠状液体敏感材料均匀旋涂一层厚度为 80 μm 在上述支撑层的中心区域,此敏感材料层面积为 200mm²,并加热固化一段时间使敏感材料层聚合,和支撑层融为一体。

[0063] 步骤 S3 中电极的材料包括铜箔,其厚度优选 10 μm ,宽度 1.5mm ;电极的引出方式为粘贴。。

[0064] 具体地,步骤 S4 中在有电极的敏感层表面整体覆盖一层厚度为 10 μm 的 PE 薄膜作为保护层,加热固化使保护层、电极层、敏感层、支撑层和鞋垫融为一个整体。

[0065] 支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为乙烯 - 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二

甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种；所述保护层1的柔性高分子聚合物或者为聚二甲基硅氧烷或乙烯-醋酸乙烯共聚物。

[0066] 本发明实施例还提供了一种基于所述检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统，如图6所示，包括以下模块：

[0067] 信号采集模块，其包括如上所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，用于采集人体运动过程中足底压力变化信号；模数转换模块，用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号；信号处理模块，用于处理模数转换模块得到的数字信号，得出监测分析结果；显示模块，其包括显示屏，用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

[0068] 所述模数转换模块将信号采集模块采集的信号放大、滤波、调制后进行A/D转换，提高输出信号的信噪比，将转换后的数字信号以无线传输的方式发送到信号处理模块。

[0069] 所述监测系统还包括无线通信模块，其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互，及同时用于实现所述模数转换模块与信号采集模块之间信号的传输交互。无线通信模块的传输技术优选蓝牙无线传输，无线通信模块的传输技术还可以采用GPRS、GSM、WLAN、CDMA、TDMA、NFC、Wi-Fi、红外无线技术、电视通信网络或其他远程通讯网络。

[0070] 所述显示模块用于显示运算分析处理后的运动监测信息及系统工作状态，如运动的距离、时间、锻炼练习次数和频率等。

[0071] 所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端，为防止监测数据的丢失，所述信号处理模块还具有导出所述监测分析结果数据的功能。所述客户端包括智能手机、平板电脑、笔记本电脑、多功能液晶显示腕表及示波器等。

[0072] 实施例三：

[0073] 图2为本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在袜子上的结构示意图，图1为图2中柔性传感器6的结构示意图，由图中可以清楚看到，本发明的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器包括：支撑层4；敏感材料层3，其形成于所述支撑层4的上表面；电极层，包括四条从敏感材料层3或敏感材料层3的表面引出的电极2；及保护层1，其形成于所述敏感材料层3的上表面或敏感材料层3上表面及电极层位于敏感材料层3上表面的部分；其中，所述敏感材料层3由三维孔状纳米敏感材料构成，所述保护层1与支撑层4由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，所述保护层1与支撑层4共同包裹所述敏感材料层3。

[0074] 其中，所述织物物件5为袜子，支撑层4形成于袜子穿在脚上时受到脚部压力的区域内。

[0075] 优选地，所述敏感材料层3的三维孔状纳米敏感材料的孔大小为0.2-20μm，且孔与孔之间的间隙为10-200μm，所述敏感材料层3由以下步骤制备得到：S1、还原氧化石墨烯和乙醇按质量比为1:1～1:3混合后进行超声处理30～60min，得浆液状混合物；S2、在浆液状混合物中加入与还原氧化石墨烯质量比为1:1～1:10的聚二甲基硅氧烷，搅拌后得粘稠状混合物；S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层4上，然后在70～80℃下加热固化，从而制得所述敏感材料层3。

[0076] 所述电极2探出敏感材料层3的一端连接无线发射器，所述电极2和无线发射器都被所述支撑层4和保护层1共同包裹。

[0077] 所述支撑层 4 为厚度为 450 μm 的乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜 ; 所述保护层 1 为厚度为 90 μm 的乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜 ; 所述电极 2 包括导电石墨烯。支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为厚度为 450 μm 的聚二甲基硅氧烷、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种 ; 所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为厚度为 90 μm 的聚乙烯或聚二甲基硅氧烷。

[0078] 本发明实施例还提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法，包括以下步骤：

[0079] S1、匀涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜，即为支撑层；

[0080] S2、在所述支撑层上匀涂一层三维孔状纳米敏感材料，得到敏感材料层；

[0081] S3、引出四条电极，所述电极的一端接触所述敏感材料层，另一端探出所述敏感材料层；

[0082] S4、在所述敏感材料层表面匀涂一层柔性高分子聚合物，形成覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层的保护层。

[0083] 具体地，步骤 S1 中先均匀刷涂或旋涂一层厚度为 450 μm 的乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜，此薄膜面积为 500 mm^2 而小于清洁区域的面积，并加热固化一段时间。

[0084] 具体地，步骤 S2 中取适量的粘稠状液体敏感材料均匀旋涂一层厚度为 100 μm 在上述支撑层的中心区域，此敏感材料层面积为 300 mm^2 ，并加热固化一段时间使敏感材料层聚合，和支撑层融为一体。

[0085] 步骤 S3 中电极的材料包括导电石墨烯；电极的引出方式为物理切割，将所述敏感材料层分割成包含 2 个传感单元的阵列化器件。

[0086] 具体地，步骤 S4 中在有电极的敏感层表面整体覆盖一层厚度为 90 μm 的乙烯 - 醋酸乙烯共聚物薄膜作为保护层，加热固化使保护层、电极层敏感层和支撑层融为一个整体。

[0087] 支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为厚度为 450 μm 的聚二甲基硅氧烷、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种；所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为厚度为 90 μm 的聚乙烯或聚二甲基硅氧烷。

[0088] 本发明实施例还提供了一种基于上述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统，如图 6 所示，包括以下模块：

[0089] 信号采集模块，其包括如上所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，用于采集人体运动过程中足底压力变化信号；模数转换模块，用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号；信号处理模块，用于处理模数转换模块得到的数字信号，得出监测分析结果；显示模块，其包括显示屏，用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

[0090] 所述模数转换模块将信号采集模块采集的信号放大、滤波、调制后进行 A/D 转换，提高输出信号的信噪比，将转换后的数字信号以无线传输的方式发送到信号处理模块。

[0091] 所述监测系统还包括无线通信模块，其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互。无线通信模块的传输技术优选蓝牙无线传输，无线通信模块的传输技术还可以采用 GPRS、GSM、WLAN、CDMA、TDMA、NFC、Wi-Fi、红外无线技术、电视通信网络或其他远程通讯网络。

[0092] 所述显示模块用于显示运算分析处理后的运动监测信息及系统工作状态，如运动的距离、时间、锻炼练习次数和频率等。

[0093] 所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端，为防止监测数据的丢失，所述信号处理模块还具有导出所述监测分析结果数据的功能。所述客户端包括智能手机、平板电脑、笔记本电脑、多功能液晶显示腕表及示波器等。

[0094] 实施例四：

[0095] 图 4 为本发明实施例提供的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器附着在鞋子内底部上的结构示意图，图 1 为图 4 中柔性传感器 6 的结构示意图，由图中可以清楚看到，本发明的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器包括：织物物件 5；支撑层 4，其形成于所述织物物件 5 上受到脚部压力的区域内；敏感材料层 3，其形成于所述支撑层 4 的上表面；电极层，包括至少两条从敏感材料层 3 或敏感材料层 3 的表面引出的电极 2；及保护层 1，其形成于所述敏感材料层 3 的上表面或敏感材料层 3 上表面及电极层位于敏感材料层 3 上表面的部分；其中，所述敏感材料层 3 由三维孔状纳米敏感材料构成，所述保护层 1 与支撑层 4 由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，所述保护层 1 与支撑层 4 共同包裹所述敏感材料层 3。

[0096] 其中，所述织物物件 5 为鞋子内底部，支撑层 4 形成于鞋子内底部受到脚部压力的区域内。

[0097] 优选地，所述敏感材料层 3 的三维孔状纳米敏感材料的孔大小为 0.2–20 μm，且孔与孔之间的间隙为 10–200 μm，所述敏感材料层 3 由以下步骤制备得到：S1、碳纳米管和丙酮按质量比为 1:1 ~ 1:3 混合后进行超声处理 30 ~ 60min，得浆液状混合物；S2、在浆液状混合物中加入与碳纳米管质量比为 1:1 ~ 1:10 的聚二甲基硅氧烷，搅拌后得粘稠状混合物；S3、将粘稠状混合物涂覆在支撑层 4 上，然后在 70 ~ 80℃ 下加热固化，从而制得所述敏感材料层 3。

[0098] 所述电极 2 探出敏感材料层 3 的一端不与所述支撑层 4 和保护层 1 接触，将电极 2 探出敏感材料层 3 的一端引到鞋子内底部下面，并连接到装有信号处理单元、无线发射器等电子元件的柔性电路板上。

[0099] 所述支撑层 4 为厚度为 250 μm 的 PDMS 薄膜；所述保护层 1 为厚度为 65 μm 的 PDMS 薄膜；所述电极 2 包括导电无纺布。支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为乙烯 – 醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种；所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为聚乙烯或乙烯 – 醋酸乙烯共聚物；所述电极 2 或者可以包括铜箔或漆包线。

[0100] 本发明实施例还提供了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法，包括以下步骤：

[0101] S1、在织物物件受到脚部压力的区域匀涂一层柔性高分子聚合物形成柔性薄膜，即为支撑层；

[0102] S2、在所述支撑层上匀涂一层三维孔状纳米敏感材料，得到敏感材料层；

[0103] S3、引出两条电极，所述电极的一端接触所述敏感材料层，另一端探出所述敏感材料层并与无线发射器连接；

[0104] S4、在所述敏感材料层表面匀涂一层柔性高分子聚合物，形成覆盖所述敏感材料层并与所述支撑层共同包裹所述敏感材料层的保护层。

[0105] 具体地，步骤 S1 中先将鞋子内底部受压力的指定区域进行表面清洁处理，在清洁

区域均匀刷涂或旋涂一层厚度为 $250 \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜,此薄膜面积为 500mm^2 而小于清洁区域的面积,并加热固化一段时间,使支撑层和鞋子内底部融为一体。

[0106] 具体地,步骤 S2 中取适量的粘稠状液体敏感材料均匀旋涂一层厚度为 $100 \mu\text{m}$ 在上述支撑层的中心区域,此敏感材料层面积为 300mm^2 ,并加热固化一段时间使敏感材料层聚合,和支撑层融为一体。

[0107] 步骤 S3 中电极的材料包括导电无纺布;电极的引出方式为粘贴。电极的材料或者可以包括铜箔或漆包线具体地,步骤 S4 中在有电极的敏感层表面整体覆盖一层厚度为 $65 \mu\text{m}$ 的 PDMS 薄膜作为保护层,加热固化使保护层、电极层敏感层、支撑层、和鞋子内底部融为一个整体。

[0108] 支撑层 4 的柔性高分子聚合物或者为乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚乙烯醇、聚对苯二甲酸乙二酯、聚酰亚胺或聚乙烯中的任意一种;所述保护层 1 的柔性高分子聚合物或者为聚乙烯或乙烯-醋酸乙烯共聚物。

[0109] 本发明实施例还提供了一种基于上述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的监测系统,如图 5 所示,包括以下模块:

[0110] 信号采集模块,其包括如上所述的检测脚部运动的柔性可穿戴传感器,用于采集人体运动过程中足底压力变化信号;模数转换模块,用于将信号采集模块采集到的信号转换为数字信号;信号处理模块,用于处理模数转换模块得到的数字信号,得出监测分析结果;显示模块,其包括显示屏,用于显示所述信号处理模块输出的监测分析结果。

[0111] 所述模数转换模块将信号采集模块采集的信号放大、滤波、调制后进行 A/D 转换,提高输出信号的信噪比,将转换后的数字信号以无线传输的方式发送到信号处理模块。

[0112] 所述信号采集模块通过引出电极连接模数转换模块,即所述信号采集模块与模数转换模块是通过有线方式连接;所述监测系统还包括无线通信模块,其用于实现所述信号处理模块与模数转换模块之间信号的传输交互。无线通信模块的传输技术优选蓝牙无线传输,无线通信模块的传输技术还可以采用 GPRS、GSM、WLAN、CDMA、TDMA、NFC、Wi-Fi、红外无线技术、电视通信网络或其他远程通讯网络。

[0113] 所述显示模块用于显示运算分析处理后的运动监测信息及系统工作状态,如运动的距离、时间、锻炼练习次数和频率等。

[0114] 所述信号处理模块与显示模块合成软件并载入客户端,为防止监测数据的丢失,所述信号处理模块还具有导出所述监测分析结果数据的功能。所述客户端包括智能手机、平板电脑、笔记本电脑、多功能液晶显示腕表及示波器等。

[0115] 本发明将体积微小的柔性压力传感器集成在足底施与压力的织物上,传感器的敏感材料由柔性高分子聚合物包裹,轻巧易带、实时性好,不影响运动便能采集脚部运动时产生的压力数据,及时客观地反馈监测数据和显示分析结果。

[0116] 以上所揭露的仅为本发明的几种较佳实施例而已,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。

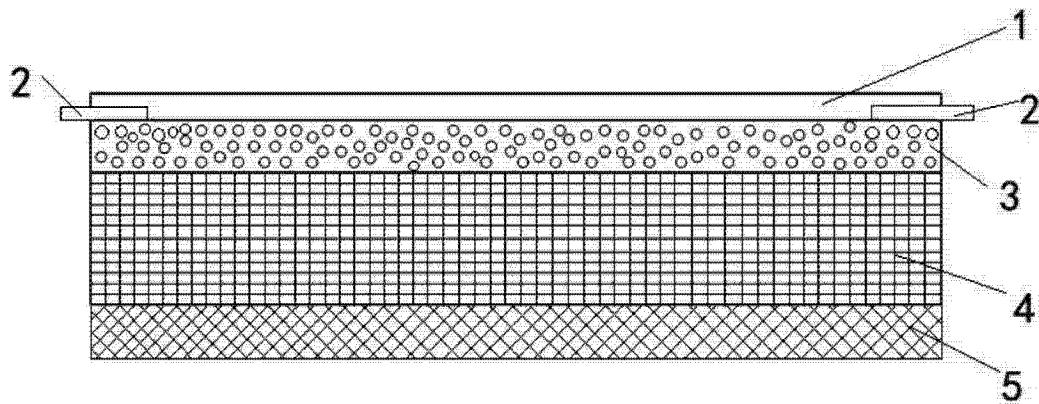


图 1

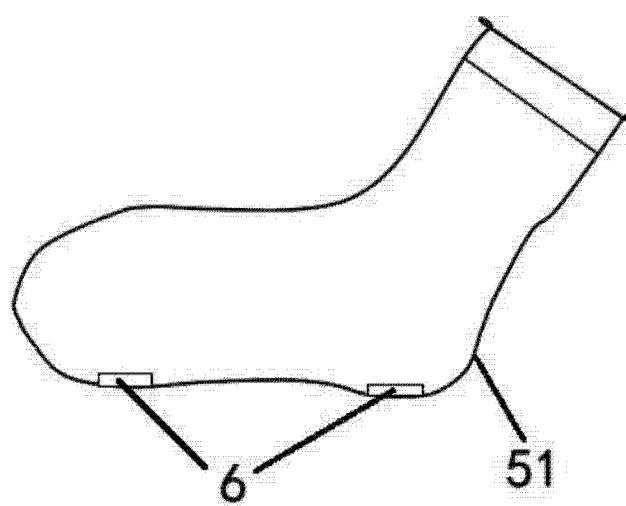


图 2

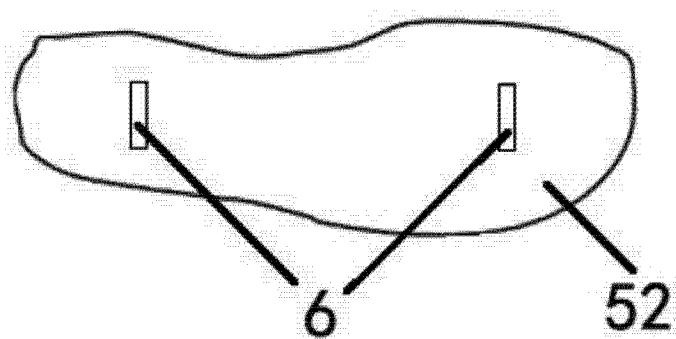


图 3

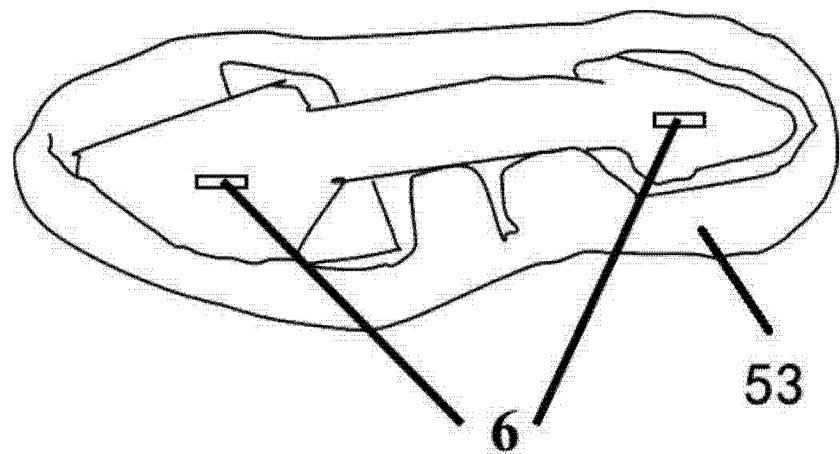


图 4

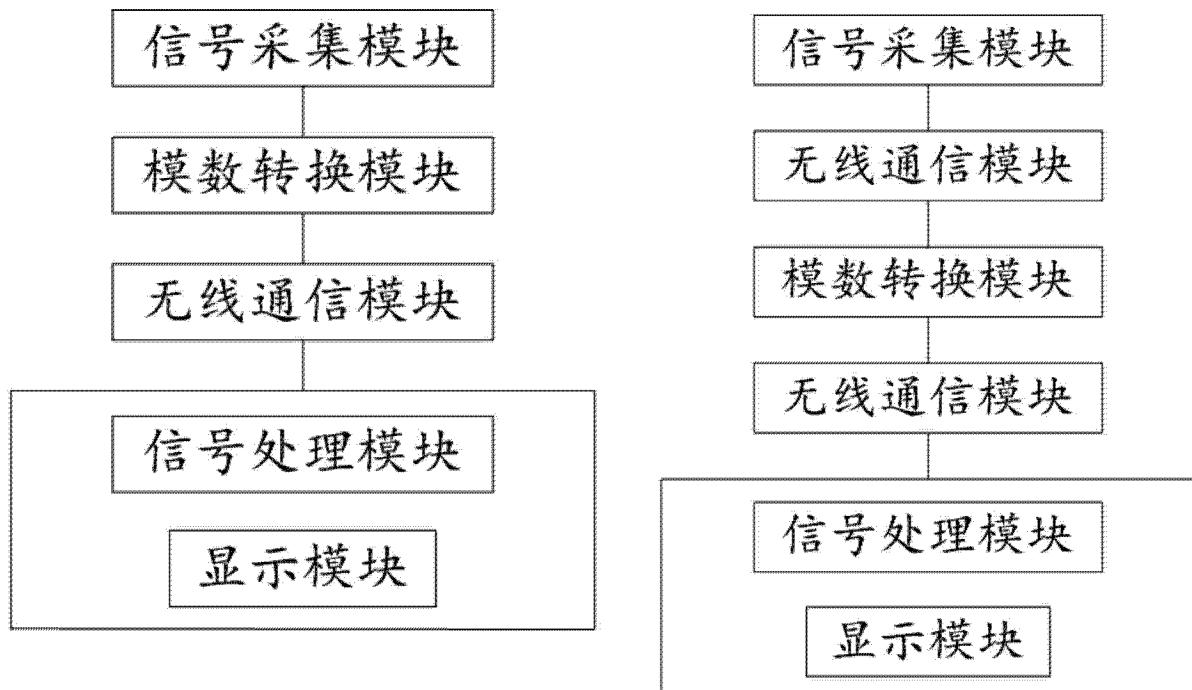


图 5

图 6

专利名称(译)	一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器及其制备方法		
公开(公告)号	CN104287739A	公开(公告)日	2015-01-21
申请号	CN201410471254.1	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	A61B5/11 A61B5/22		
CPC分类号	A61B5/1038 A61B5/22 A61B5/6802		
其他公开文献	CN104287739B		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明涉及移动监测传感器领域，公开了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器，包括织物物件；支撑层；敏感材料层；电极层，其包括至少两条从敏感材料层或其表面引出的电极；及保护层；其中，敏感材料层由三维孔状纳米敏感材料构成，保护层与支撑层由柔性高分子聚合物构成且具有生物相容性，保护层与支撑层共同包裹敏感材料层，本发明还公开了一种检测脚部运动的柔性可穿戴传感器的制备方法及基于所述传感器的监测系统。本发明的传感器轻薄柔软，可以被加工成多种形状，可穿戴、贴附在足底，采集脚部运动时产生的压力数据，有效监测脚部运动。

