



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206792383 U

(45)授权公告日 2017. 12. 26

(21)申请号 201621410503.7

(22)申请日 2016.12.21

(73)专利权人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路220号

(72)发明人 陈炜 李巍 孙琨瑜

(74)专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 陆飞 陆尤

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

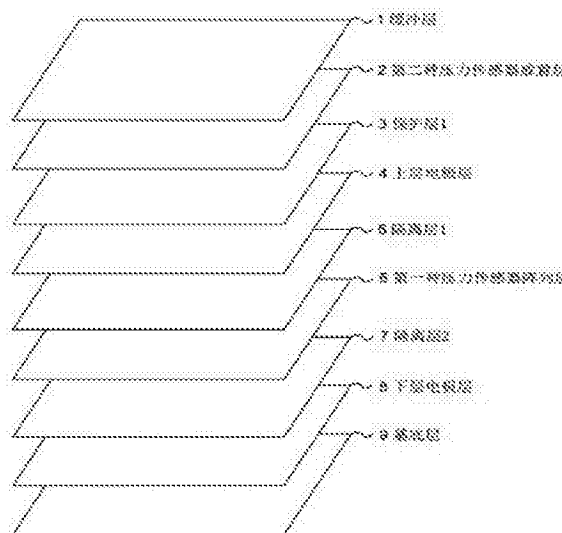
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)实用新型名称

非侵入式睡眠监测床垫

(57)摘要

本实用新型属于睡眠监测技术领域,具体为一种非侵入式睡眠监测床垫。本实用新型采用两种柔性压力传感器,第一种传感器用于制作压力传感阵列,均匀分布于整个床垫,用于检测床垫大部分区域的受力状况;第二种传感器分布于床垫的几处关键位置,用于采集使用者的呼吸、体动以及心律信号造成的压力变化,并将压力变化信号转化成电信号;由后续硬件将得到的电信号进行放大、滤波、传输,再通过PC端进行特征提取、模式识别处理,得到压力分布图像以及睡眠分析。本实用新型中传感器及其电极等结构都采用超薄柔性材料,床垫厚度薄、重量轻,易于携带;由于其为非侵入式,能够在使用者毫无察觉的情况下进行睡眠监测,完全还原使用者的自然睡眠,是家庭式护理的有力补充。



1. 一种非侵入式睡眠监测床垫,其特征在于,采用两种柔性压力传感器,第一种传感器用于制作压力传感阵列,第一种传感器为边长0.6-0.9cm的正方形薄片状,每个传感器之间的距离为0.3-0.45cm,平均分布于整个床垫,用于检测床垫大部分区域的受力状况;第二种传感器分布于床垫的几处关键位置,包括人平躺时心脏对应床垫的位置,以及心脏关于脊柱对称的位置,人体躯干的中心位置以及人体腰部在床垫上所对应的位置,用于采集使用者的呼吸、体动以及心律信号造成的压力变化,并将这些压力变化信号转化成电信号。

2. 根据权利要求1所述的非侵入式睡眠监测床垫,其特征在于,具体结构包括:上面的缓冲层和下面的基底层,两者中间为依次第二种压力传感器的放置层、第一种压力传感器阵列层,或者第二种压力传感器和第一种压力传感器阵列的混合层;此外,还包括:第一种压力传感器阵列层的上下电极层,以及两种压力传感器层之间的隔离层;其中:

缓冲层用于防止压力传感器直接与外界接触,并对来自人体的压力进行适当的缓冲;

基底层用于防止下层电极直接与外界接触,并起到保护作用;

隔离层用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器层接触,避免影响信号的精度;

在压力传感器层与相应的电极层之间设置有保护层,用于防止压力传感器与电极层接触产生干扰信号。

3. 根据权利要求2所述的非侵入式睡眠监测床垫,其特征在于,还包括:与第一种传感器即压力传感器阵列相关的部件:循环扫描采集模块、放大器和滤波电路,以及与第二种传感器相关的部件:放大器和滤波电路。

非侵入式睡眠监测床垫

技术领域

[0001] 本实用新型属于睡眠监测技术领域,具体涉及一种非侵入式睡眠监测装置。

背景技术

[0002] 目前临床上对患者进行睡眠监测的金标准为多导睡眠图监测技术,但多导睡眠图监测技术结构复杂、操作不便,应用时对患者造成一定的心理负担,严重影响其正常睡眠。因此睡眠监测朝着非侵入式的方向发展,力求最大程度的还原自然的睡眠。在目前的临床实践中,全夜多导睡眠图(PSG)是睡眠监测的金标准。PSG测量通常只能在医院的睡眠实验室开展。PSG包括多路生理信号,如心电图,脑电图,肌电图,眼球运动跟踪、和血液氧饱和度。该系统使用许多凝胶电极和笨重的设备通过众多的导线与人体直接连接,这对自然的睡眠方式形成很大干扰,不舒适、不方便,因此用户接受度很低。例如,当病人需要去厕所,他或她必须逐一拆除所有连接的传感器,回来以后,再把它们重新连接、启动,这是一个相当复杂的过程。而且,由于对自然睡眠的干扰,PSG的测量不能完全代表真正的睡眠状况,因此基于它的诊断和治疗有误差。

[0003] 目前市面上可以进行非侵入式睡眠监测的传感床垫主要是利用嵌入式的压力传感器,通过嵌入在床垫内部的传感器来检测使用者身体的压力信号,并根据压力信号进行体动感应、离床感应、呼吸检测以及心率检测,将上述生理信号进行分析处理,得到使用者的睡眠情况。同时有文章表明生成人体压力分布图像的装置可以做成床垫的形式,但是市面上的传感床垫无法生成压力分布图像,无法得到使用者的睡眠姿态与压力集中的部位,同时文献中生成压力分布图像分辨率较低,只能粗略的看出人体睡眠的姿态与压力集中部分;而且内嵌的传感器分布较为集中,分析结果的好坏依赖于传感器与使用者的相对位置,因此床垫的安装与使用需要专业人员的指导。近年来,针对“弱侵入式”或移动式睡眠监护系统的研究成果已经有不少被报导,例如:智能床垫实现心冲积图(BCG)监测[1];应用力敏型纺织布制作压力传感器阵列并植入到床单中实现人体姿态变化和呼吸监测;智能手表或腕带测量PPG信号[2];在指尖监测外周动脉音[3];通过对心肺活动记录数据分析实现睡眠层级分析与分类[4];应用前额近红外技术探测睡眠过程中出现的呼吸暂停[5];小米、Actiwatch、Fitbit等企业推出的可穿戴设备实现睡眠过程中体动记录[6,7]等等。但是,这些系统往往只是测量了睡眠分析所需的部分参数,没有给出满足睡眠疾病临床诊断所需的全面数据测量方案。而且,上述各种新技术中仍存在一些技术难点没有解决,例如:标准心电和呼吸信号的可靠稳定采集、如何在运动伪影干扰下提高检测的鲁棒性、如何消除睡觉姿态不同引入的误差。目前,尚没有研究可以实现本项目拟研发的系统“对日常睡眠完全非侵入式”、“适合舒适睡眠”,并且实现信号采集的高可靠性和稳定性。

[0004] [1] Kortelainen, et al. Sleep staging based on signals acquired through bed sensor. IEEE TITB., 2010.

[0005] [2] Sady, et al. Automatic sleep staging from ventilator signals in non-invasive ventilation. Comput. Biol. Med., 2013.

[0006] [3] J. Hedner, et al. Sleep staging based on autonomic signals: a multi-center validation study. J. Clin. Sleep Med., 2011.

[0007] [4] Sleep profiler, available from <http://www.advancedbrainmonitoring.com/sleep-profiler/>

[0008] [5] PortaNIRS Screening for Sleep Apnea, available from <http://www.portanirs.com/>

[0009] [6] 小米智能手环, www.mi.com/shouhuan

[0010] [7] Fitbit ONE Wireless Activity and Sleep Tracker. Available from <https://www.fitbit.com>.

[0011] 相关公司有:上海迈动医疗器械股份有限公司;美国杰西医疗有限公司。

发明内容

[0012] 本实用新型的目的在于提供一种可靠性高和稳定性好的非侵入式睡眠监测床垫。

[0013] 本实用新型提供的非侵入式睡眠监测床垫,做成床垫的形式,其中,采用两种柔性压力传感器,第一种传感器用于制作压力传感阵列,第一种传感器为边长0.6-0.9cm的正方形薄片状,每个传感器之间的距离为0.3-0.45cm,平均分布于整个床垫,用于检测床垫大部分区域的受力状况;第二种传感器分布于床垫的几处关键位置,例如人平躺时心脏对应床垫的位置,以及心脏关于脊柱对称的位置,人体躯干的中心位置以及人体腰部在床垫上所对应的位置,用于采集使用者的呼吸、体动以及心律信号造成的压力变化,并将这些压力变化信号转化成电信号。

[0014] 对于第一种传感器,根据每个传感器所受的压力大小,转化成单一映射的电信号,电信号再转化成传感器在压力分布图像上对应位置的矩阵色块,矩阵色块的色度随着压力增大而增大,因此压力分布图像不仅能得到使用者的姿态,还可以得到使用者的压力集中部分;

[0015] 由后续电路及处理器将得到的电信号进行放大、滤波、传输等,再通过PC端进行特征提取、模式识别等处理,得到压力分布图像以及睡眠分析等。

[0016] 本实用新型所采用的柔性材料的厚度都为微米级,可拓展性极强;根据实际情况通过调节厚度以改善舒适度。

[0017] 本实用新型提供的非侵入式睡眠监测床垫,其结构包括:上面的缓冲层和下面的基底层,两者中间为依次第二种压力传感器的放置层、第一种压力传感器阵列层,或者第二种压力传感器和第一种压力传感器阵列的混合层;此外,还包括:第一种压力传感器阵列层的上下电极层,以及两种压力传感器层之间的隔离层。

[0018] 本实用新型中,缓冲层,用于防止压力传感器直接与外界接触,并对来自人体的压力进行适当的缓冲。

[0019] 本实用新型中,基底层,用于防止下层电极直接与外界接触,并起到保护作用。

[0020] 本实用新型中,隔离层,用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器层接触,避免影响信号的精度。

[0021] 本实用新型中,在压力传感器层与相应的的电极层之间设置保护层,用于防止压力传感器与电极层接触产生干扰信号。

[0022] 本实用新型设计的非侵入式睡眠监测床垫,其电原理图如图4所示。还包括:与第一种传感器(压力传感器阵列)相关的部件:循环扫描采集模块、放大器和滤波电路,以及与第二种传感器相关的部件:放大器和滤波电路;

[0023] 此外,所述后续电路的处理器、电源模块、时钟模块、存储模块、数据传输装置、PC端、数字信号处理器等。处理器控制循环扫描采集模块选通内嵌的第一种传感器阵列,对压力传感器阵列信号的扫描,采集人体各个位置的信号,信号经过放大器放大、滤波电路滤波后输送至处理器;处理器控制第二种传感器工作,将第二种传感器得到的电信号通过放大电路以及滤波电路,输送至处理器。处理器通过内置的模数转换器对经过放大电路以及滤波电路处理之后的模拟信号进行模数转换,得到数字信号;处理器将得到的数字信号放入存储模块,并可以将数字信号通过数据传输模块以无线传输的方式传输至PC端;数据传输模块由集成的WIFI模块以及外围电路组成;处理器的电源模块负责整个电路系统的供电,将220V市电转化成系统所需要的电压,其中包括整流、稳压等模块;处理器的时钟模块负责整个电路系统的时序控制,保证硬件电路能够顺利的按照软件程序设定的频率与时序进行工作。

[0024] 在PC端,对信号进行滤波、降噪、平滑波形等前处理,然后将整个夜晚的信号按时间顺序进行分段,例如,每30-60秒为一段,对每一段信号进行特征提取,提取的特征包括体动特征,呼吸特征,心律特征以及姿态特征;并根据特征对睡眠状态进行分类:

[0025] 首先,进行第一步分类,即根据得到的体动特征对所有段信号进行分类,具体分为两类:如果体动特征满足相应的要求,则分为“夜间清醒+浅睡眠”类,如果不满足则分为“快速眼动睡眠+深睡眠”类;

[0026] 然后,进行第二步分类,即根据呼吸特征、心率特征以及姿态特征对已有的两类分别进行模式识别,进一步划分为“夜间清醒”、“浅睡眠”、“深睡眠”以及“快速眼动睡眠”,然后根据四个睡眠阶段所占的比例进行睡眠分析,或者选择合适的叫醒时间等。

[0027] 最终监测得到的睡眠分析结果将以报告的形式通过手机APP或者PC软件显示给使用者,帮助使用者改善睡眠质量。

[0028] 本实用新型设计的非侵入式睡眠监测床垫,除了能够进行体动感应、离床感应、呼吸检测以及心率检测,并且能够得到使用者的睡眠姿态图像以及压力集中部分,而且其图像的分辨率相比文献中提高4倍以上(单位面积的传感器布置率直接现行影响压力分布图像的分辨率,而文献中的传感器布置率为2621 个/ m^2 ,本实用新型的传感器布置率为5056-11378 个/ m^2),能够更加清晰的显示使用者的压力分布与睡眠姿态;同时能够保证使用者无论在床的任何位置都可以获得清晰的生理信号与准确的睡眠分析;并且本发明轻薄、可折叠,便于使用者自己安装使用。

[0029] 例如术后人员可以使用该床垫,防止睡眠时压力集中在手术的创口位置,保证创口的尽快愈合。老年人使用该床垫可以利用压力报警装置防止褥疮的产生。同时其较好的睡眠结构的分析以及部分睡眠相关病症的预警可以令使用者得到进一步的呵护。

[0030] 本实用新型利用柔性传感器阵列与柔性导电织物相结合,得到厚度为微米级的传感器结构,传感器结构可以遍布整个床垫,而传感器或者导电材料与柔性织物的紧密结合利用了高精度的设备,因此可以布置数量更多、精度更高的传感器。当使用者躺在床上时,高精度的柔性传感器可以感知人体的生理信号,并通过远端分析将使用者的睡眠情况(睡

眠结构、睡眠姿态、压力集中部位以及是否存在相关病症等)发送给自己。其中远端分析应用了最新的睡眠监测领域的算法,可以得到较高的精度与运算速度。由于传感器与电极等都利用柔性材料制成,并将其与织物相结合,因此可以折叠、清洗,便于安装、携带。

[0031] 技术效果:

[0032] 1、由第一种传感器(压阻传感器)制作的压力传感器阵列可以生成具有较高分辨率的压力分布图像,但其结构可以尽可能的减少引线的数量,从而减少床垫的重量,便于制作与生产;

[0033] 2、由于可以对第二种传感器(压电传感器)采集的生理信号进行筛选,选择信号质量最好的数据进行分析,因此其睡眠监测更加准确;

[0034] 3、由于传感器及其电极等结构都采用的超薄柔性材料,因此床垫厚度薄,重量轻、易于携带,可以应用于家庭、机构等多种场合;

[0035] 4、由于其非侵入式的特性,能够在使用者毫无察觉的情况下进行睡眠监测,完全还原使用者的自然睡眠,更容易被人们接受,是家庭式护理的有力补充。

附图说明

[0036] 图1 非侵入式睡眠监测床垫的第一种结构。

[0037] 图2 非侵入式睡眠监测床垫的第二种结构。

[0038] 图3 两种压力传感器混合结构层部分示意图。

[0039] 图4 非侵入式睡眠监测床垫原理图。

[0040] 图5 循环扫描采集模块示意图。

[0041] 图6 数据流程图。

[0042] 图7 样本的实物图。

[0043] 图8 人体姿态压力分布图像。

具体实施方式

[0044] 本实用新型提供的非侵入式睡眠监测床垫,可以设计为两种典型结构。

[0045] 第一种为9层结构,从上至下依次为:第1层为缓冲层,防止压力传感器直接与外界接触,并对来自人体的压力进行适当的缓冲。第2层为第二种压力传感器的放置层,第二种压力传感器根据设计固定在放置层的不同位置,保证信号的正常获取。第3层为保护层,主要用于防止第二种压力传感器与电极层接触产生干扰信号。第4层为上层电极层,用于选通第一种压力传感器阵列。第5层为隔离层,用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器阵列接触,影响信号的精度。第6层为第一种压力传感器阵列层,固定着大量的压力传感器。第7层为隔离层,用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器阵列接触,影响信号的精度。第8层为下层电极层,用于选通第一种压力传感器阵列。第9层为基底层,用于防止下层电极直接与外界接触,并起到保护作用。第一种结构如图1所示。

[0046] 第二种结构为8层结构,从上至下依次为:第1层为缓冲层,防止压力传感器直接与外界接触,并对来自人体的压力进行适当的缓冲。第2层为保护层,主要用于防止第二种压力传感器与电极层接触产生干扰信号。第3层为上层电极层,用于选通第一种压力传感器阵列。第4层为隔离层,用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器阵列接触,影响信

号的精度。第5层为两种压力传感器混合结构层,将细条状的第二种压力传感器用溶胶紧密粘合在第一种压力传感器阵列中的绝缘间隙,可以简化整体结构,便于其他层的清洁更换,分布有第二种压力传感器的位置处的第一种压力传感器的间隙要比其他地方的间隙更大,便于第二种压力传感器的粘合,如图3所示。因为只有分布在第二种压力传感器的位置,第一种压力传感器才采用这样的稀疏分布,假如整个床垫分布6个第二种压力传感器,那么第二种结构比起第一种结构少30个第一种压力传感器,分辨率下降2.6‰,几乎不影响图像精度。第6层为隔离层,用于防止上层的结构由于重力原因与压力传感器阵列接触,影响信号的精度。第7层为下层电极层,用于选通第一种压力传感器阵列。第8层为基底层,用于防止下层电极直接与外界接触,并起到保护作用。第二种结构如图2所示。

[0047] 以本实用新型的第一种结构为例,其原理图如图4所示,图中两个框内为本实用新型的硬件部分,其中上面的框内(红色方框)为第一种压力传感器阵列及其外围硬件部分,9层结构的第4、5、6、7、8、9层结构属于该框内;下面的框内(蓝色方框)为第二种压力传感器及其外围硬件部分,9层结构的第1、2、3层结构属于框内。

[0048] 当使用者躺在床垫上时,处理器控制循环扫描采集模块选通内嵌的第一种传感器阵列,将全部的11378个传感器的电信号依次通过放大电路以及滤波电路,然后输送至处理器。放大电路由放大器芯片以及外围电子器件组成,负责将微弱的电压信号放大,以便于后续电路的精确识别。滤波电路由放大器芯片以及外围电子器件组成,形成带通滤波器,负责将50Hz市电以及模拟电路引入的噪声等进行初步地过滤,减少数字信号的处理难度。

[0049] 同时,处理器控制第二种传感器持续工作,将第二种传感器得到的电信号通过放大电路以及滤波电路,然后输送至处理器。第二种传感器所连接的放大电路及滤波电路与第一种传感器的放大电路及滤波电路原理类似,只是具体选用的芯片与电子器件不同。

[0050] 经过放大电路以及滤波电路处理之后的模拟信号,利用处理器内置的模数转换器进行模数转换,得到10位的数字信号,处理器将得到的数字信号放入存储模块,并可以将数字信号通过数据传输模块以无线传输的方式传输至PC端。数据传输模块由集成的WIFI模块以及外围电路组成。处理器的电源模块负责整个电路系统的供电,将220V市电转化成系统所需要的电压,其中包括整流、稳压等模块。处理器的时钟模块负责整个电路系统的时序控制,保证硬件电路能够顺利的按照软件程序设定的频率与时序进行工作。

[0051] 本实用新型所采用的循环扫描采集模块如图5所示,本实用新型共有压力采样点 $128 \times 64 = 8192$ 个,对于128行64列的第一种传感器形成的传感器矩阵,上层电极层具有128条导电电极,通过多路模拟开关连接Vcc,下层电极层具有64条导电电极,通过下拉电阻接地,同时通过多路模拟开关接模数转换器。当使用者躺在床垫上,压力会将上层电极、传感器、下层电极紧密的贴合在一起,构成电路回路的一部分,可以进行压力信号的采集。循环扫描采集电路工作时,首先通过控制下层电极层的第一级4路多路模拟开关,轮流选通第二级的4个16路多路模拟开关,然后第二级的4个16路多路模拟开关轮流选通每一列电极,在选通某列电极信号的时间内,通过控制上层电极层的第一级8路多路模拟开关,轮流选通第二级的8个16路多路模拟开关,然后第二级的8个16路多路模拟开关轮流选通每一行电极,并接通Vcc。总共需要8192次选通过程就可以采集到所有的采样点电压值,进而形成每一帧压力分布图像。通过此方法,对于 128×64 的矩阵序列进行扫描采集,电路仅需要 $128 + 64$ 个电极,系统仅需要一个模数转换器。

[0052] 图6为本发明的数据流程图,其中第一种传感器与第二种传感器产生的电信号经过模拟电路的放大、滤波等处理之后,进行模数转换,转换后的数字信号通过处理器的存储及传输,输送至PC端进行滤波、降噪、平滑波形等前处理,然后将整个夜晚的信号按时间顺序进行分段,例如,每30秒为一段,对每一段信号进行特征提取,特征包括体动特征,呼吸特征,心律特征以及姿态特征。

[0053] 首先,进行第一步分类,即根据得到的体动特征对所有段信号进行分类,具体分为两类:如果体动特征满足相应的要求,则分为“夜间清醒+浅睡眠”类,如果不满足则分为“快速眼动睡眠+深睡眠”类;

[0054] 然后,进行第二步分类,即根据呼吸特征、心率特征以及姿态特征对已有的两类分别进行模式识别,进一步划分为“夜间清醒”、“浅睡眠”、“深睡眠”以及“快速眼动睡眠”,然后根据四个睡眠阶段所占的比例进行睡眠分析,或者选择合适的叫醒时间等。

[0055] 最终监测得到的睡眠分析结果将以报告的形式通过手机APP或者PC软件显示给使用者,帮助使用者改善睡眠质量。

[0056] 参考文献选:

[0057] [1]Liu J J, Xu W, Huang M C, et al. Sleep posture analysis using a dense pressure sensitive bedsheet[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2014, 10: 34-50.

[0058] [2]Samy L, Huang M C, Liu J J, et al. Unobtrusive sleep stage identification using a pressure-sensitive bed sheet[J]. IEEE Sensors Journal, 2014, 14(7): 2092-2101.

[0059] [3]Mora G G, Kortelainen J M, Hernández E R P, et al. Evaluation of pressure bed sensor for automatic SAHS screening[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2015, 64(7): 1935-1943.

[0060] [4]Watanabe K, Watanabe T, Watanabe H, et al. Noninvasive measurement of heartbeat, respiration, snoring and body movements of a subject in bed via a pneumatic method[J]. IEEE transactions on biomedical engineering, 2005, 52(12): 2100-2107.

[0061] [5] Borbely et al. Sleep homeostasis and models of sleep regulation. J. Biol. Rhythms., 14(6), 1999.

[0062] [6] Krueger et al. Sleep as a fundamental property of neuronal assemblies. Nat. Rev. Neurosci., 2008.

[0063] [7] R. Stickgold. Sleep-dependent memory consolidation. Nature, 437(7063): 1272-1278, 2005.

[0064] [8] Gami, et al. Daynight pattern of sudden death in obstructive sleep apnea. N. Engl. J. Med., 2005

[0065] [9] E. Tasali, et al. Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans. Natl. Acad. Sci., 2008.。

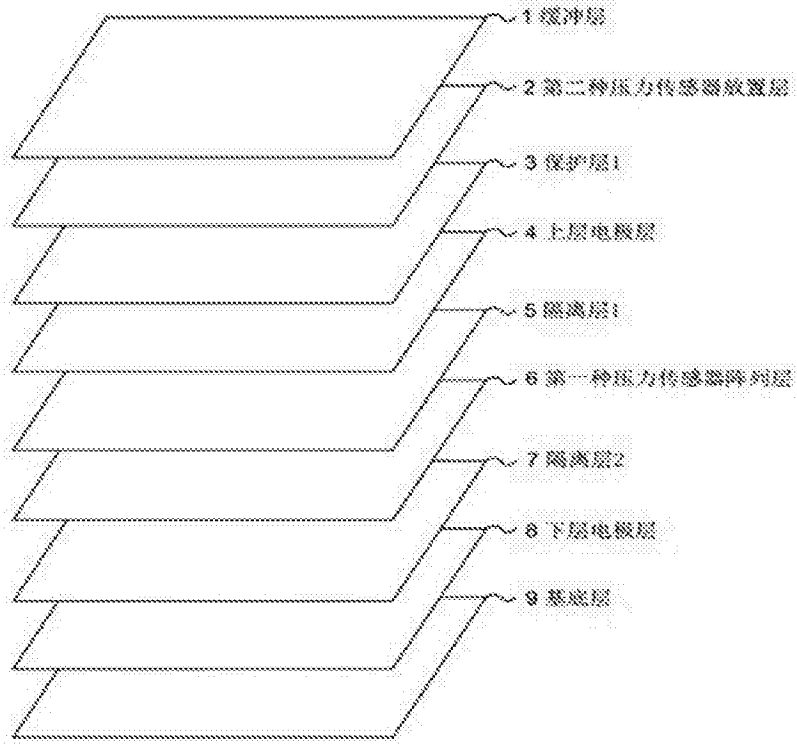


图1

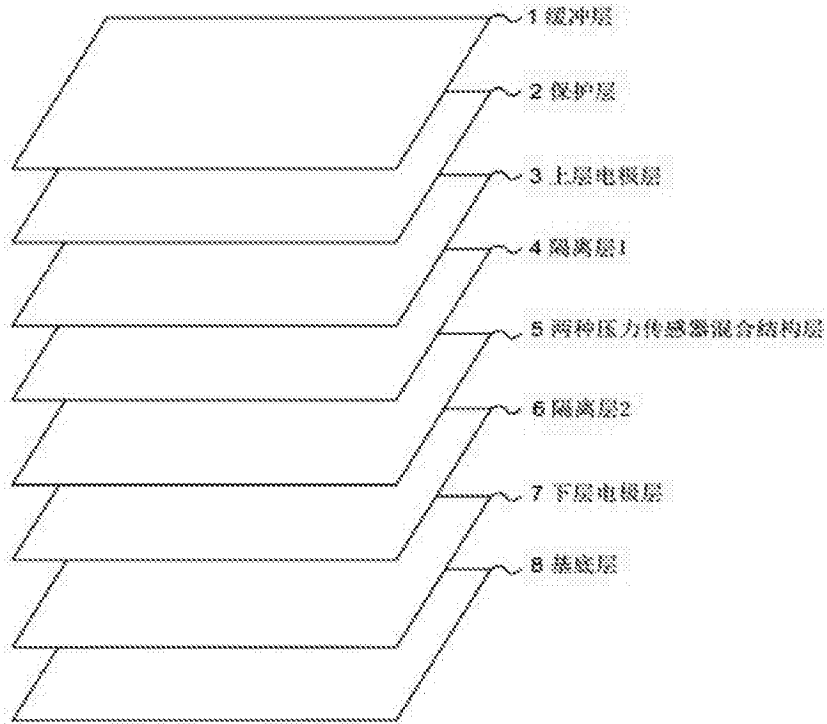


图2

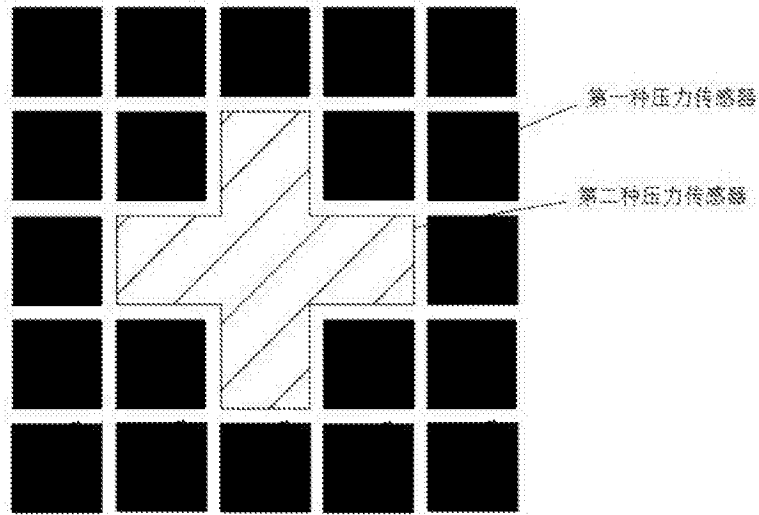


图3

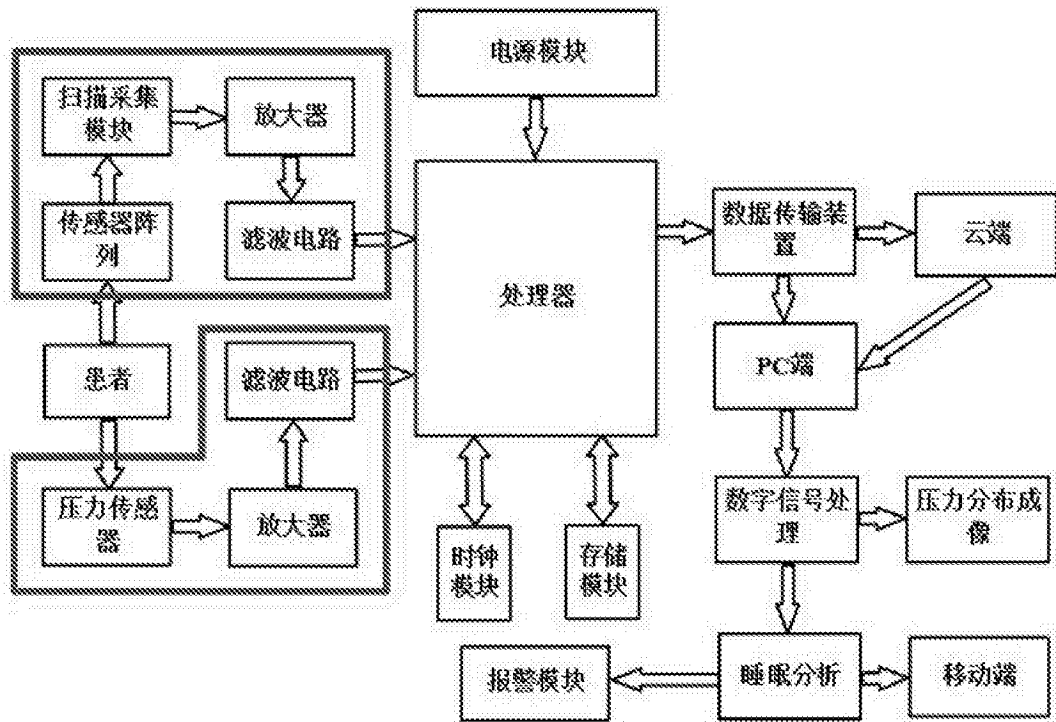


图4

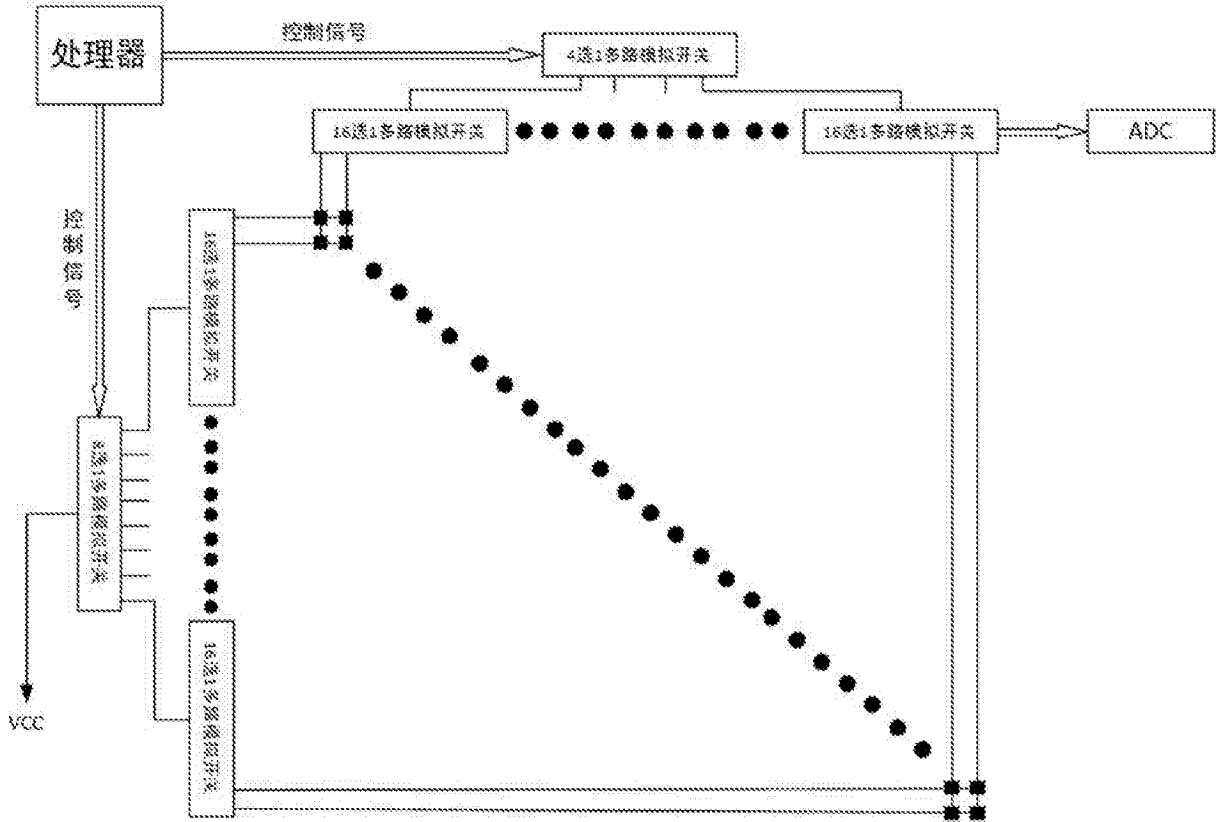


图5

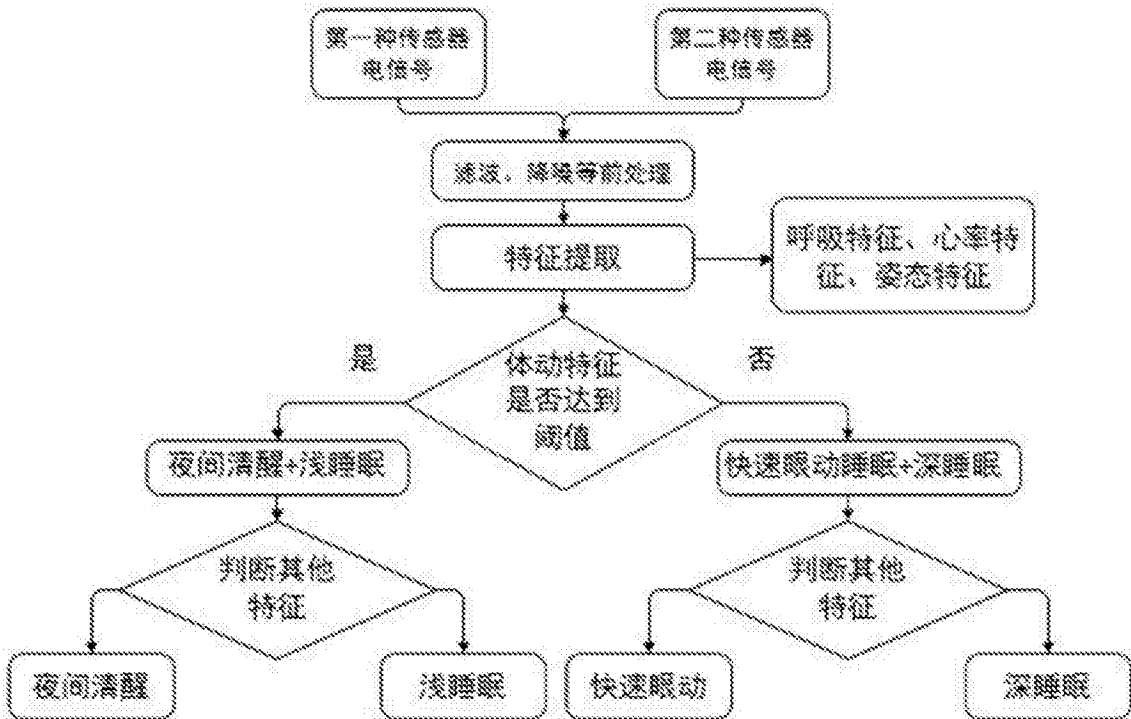


图6

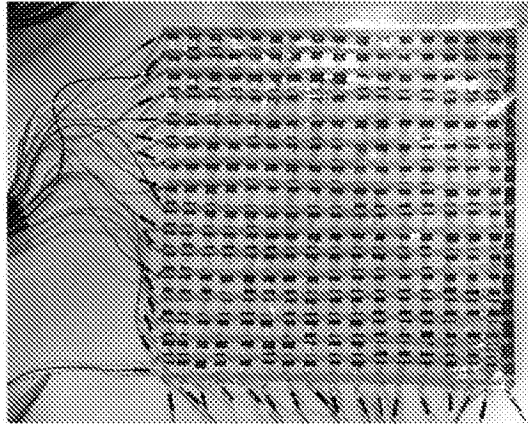


图7

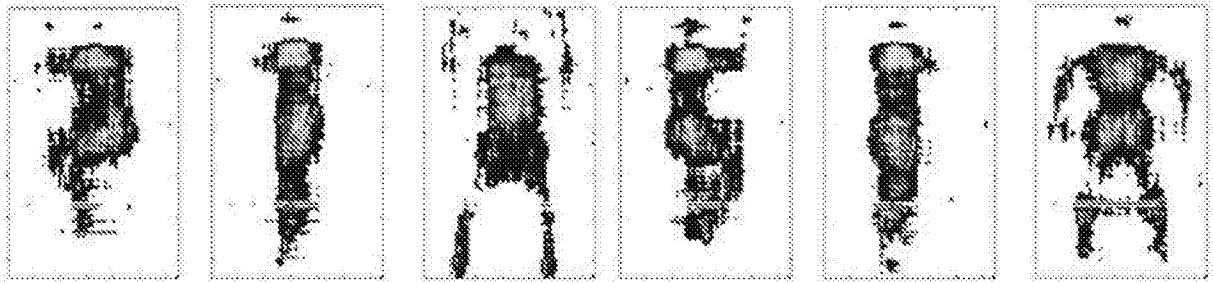


图8

专利名称(译)	非侵入式睡眠监测床垫		
公开(公告)号	CN206792383U	公开(公告)日	2017-12-26
申请号	CN201621410503.7	申请日	2016-12-21
[标]申请(专利权)人(译)	复旦大学		
申请(专利权)人(译)	复旦大学		
当前申请(专利权)人(译)	复旦大学		
[标]发明人	陈炜 李巍 孙理璋		
发明人	陈炜 李巍 孙理璋		
IPC分类号	A61B5/00		
代理人(译)	陆飞		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本实用新型属于睡眠监测技术领域，具体为一种非侵入式睡眠监测床垫。本实用新型采用两种柔性压力传感器，第一种传感器用于制作压力传感阵列，均匀分布于整个床垫，用于检测床垫大部分区域的受力状况；第二种传感器分布于床垫的几处关键位置，用于采集使用者的呼吸、体动以及心律信号造成的压力变化，并将压力变化信号转化成电信号；由后续硬件将得到的电信号进行放大、滤波、传输，再通过PC端进行特征提取、模式识别处理，得到压力分布图像以及睡眠分析。本实用新型中传感器及其电极等结构都采用超薄柔性材料，床垫厚度薄、重量轻，易于携带；由于其为非侵入式，能够在使用者毫无察觉的情况下进行睡眠监测，完全还原使用者的自然睡眠，是家庭式护理的有力补充。

