



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113533436 A

(43) 申请公布日 2021.10.22

(21) 申请号 202110793278.9

(22) 申请日 2021.07.14

(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 刘爱萍 吕子寒 魏磊 房国庆 程琳

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所 (普通合伙) 33296

代理人 姜术丹

(51) Int. Cl.

G01N 27/00 (2006.01)

B01L 3/00 (2006.01)

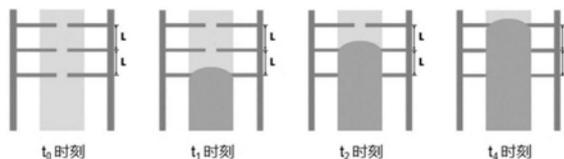
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种导纳式出汗率传感器的制备方法

(57) 摘要

本发明揭示了一种导纳式出汗率传感器的制备方法,采用本发明实施例中所提供的方法,能够通过极其简单的器材以及步骤制备获得导纳式出汗率传感器,相应的传感器能够基于传感器电路中导纳的大小定量计算出出汗率,从而实现汗液体征的量化分析。



1. 一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,包括:

步骤一:把单导铜箔胶带无胶的一面黏贴在弱胶胶带的有胶面上,而后采用激光切割法对单导铜箔胶带的导电面进行切割以形成原始电极,并用镊子去除原始电极以外的铜箔材料,之后用PET膜与铜箔胶带的有胶面贴合,以将原始电极转印至PET膜上,而将单导铜箔胶带的导电面暴露在外,其中,所述原始电极呈“梯子型”结构,所述“梯子型”结构包括两段平行排列的第一电极,以及三段等间距平行排列的第二电极,所述第二电极位于两段所述第一电极之间,且与所述第一电极相正交;

步骤二:截取一段与所述原始电极相对应的双面胶带,用激光切割所述双面胶带,在所述双面胶带其中一面的中央形成一条沿平行于所述第一电极的方向而延伸的微流通道;

步骤三:将所述单导铜箔胶带的有胶面黏贴在双面胶带上具有所述微流通道的一面,并使所述微流通道位于所述两段第一电极的中央位置;

步骤四:用激光切割位于所述微流通道上的第二电极,其中,激光切割轨迹垂直平分所述第二电极,从而在激光切割轨迹与所述第二电极的交汇处形成三个脉冲点,所述三个脉冲点将所述原始电极切分为第一检测电极和第二检测电极两部分;

步骤五:将所述单导铜箔胶带的导电面用单面胶带的有胶面密封,将双面胶带上不具有微流通道的一面用PET膜相贴合密封,从而获得所述导纳式出汗率传感器。

2. 根据权利要求1所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,通过激光切割机实现激光切割。

3. 根据权利要求1所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,所述单导铜箔胶带的导电面为铜箔材料,所述单导铜箔胶带的有胶面绝缘。

4. 根据权利要求1所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,在所述弱胶胶带、单导铜箔胶带、双面胶带以及单面胶带中,弱胶胶带有胶面的黏性弱于其他各类型胶带的有胶面。

5. 根据权利要求1所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,所述激光切割轨迹的宽度小于所述微流通道的宽度。

6. 根据权利要求1所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,当汗液流经所述微流通道后使所述第一检测电极和所述第二检测电极导通,从而形成差分导纳脉冲。

7. 根据权利要求6所述的一种导纳式出汗率传感器的制备方法,其特征在于,所述微流通道的横截面积为A,所述脉冲点之间的间距为L,通过检测差分导纳脉冲发生的时刻确定汗液前端到达相邻两脉冲点的时刻 $\Delta t_n$ 和 $\Delta t_{n-1}$ ,则所述出汗率 $Q_i = (A * L) / (\Delta t_n - \Delta t_{n-1})$ 。

## 一种导纳式出汗率传感器的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于传感器领域,具体涉及一种导纳式出汗率传感器的制备方法。

### 背景技术

[0002] 人体汗液中存在着大量的分泌物溶质,如维持皮肤水化作用的乳酸盐、尿素、钠和钾,以及菌蛋白、组织蛋白、酶抑制素类抗微生物肽等。除其自身调节体温和保护皮肤组织等基本职能外,其中蕴含着的丰富的生理信息也是一直未被充分利用的人体健康信息资源,通过检测汗液一定程度上可以反映出人体的健康水平,可以分析人体的潜在疾病。与刺穿性的血液采集相比,汗液的采集更加便捷、无创,可在人体外实时进行,采集时对于外界环境的无菌要求更低,因此探究如何从人体体表快速高效无污染地收集到汗腺分泌的汗液,并从中获取人体信息成为了近些年的热点问题,汗液也有望成为比传统的抽血采样更加理想的健康监测信息库。

[0003] 出汗率与人体生理健康状态密切相关,在体力活动和热应激过程中由于流汗而积累的体液和电解质不足会增加心血管紧张,进而可能导致身体和认知能力的损害,即脱水。轻度或中度脱水时可能会出现口渴、口干、排尿频率降低、尿液颜色深、皮肤干燥、发凉、头痛和肌肉痉挛的症状。重度脱水时可能会出现心跳加速、呼吸急促、无尿、眼睛凹陷嗜睡、缺乏活力、意识混乱或易怒甚至昏厥的症状。定量的衡量/评估身体水分的损失出汗率在实时监测人体脱水方面无疑是一个重要的测量参数。运动员在热环境中通常不充分补充液体损失的汗水,导致高渗的血容量减少,这反过来会导致运动表现受损。由于出汗率的个体差异较大,应该根据运动员汗液排除状况制定个性化的液体补充策略。目前已有的出汗率检测方法中,贴片汗吸法、衣物增重法等均无法控制汗液蒸发的因素进行精确测量,对于微量汗液几乎无法检测,同时不能将汗液收集的缺陷也导致无法进行后续的分析与检测。微流控方法收集汗液因其具有易操作、低成本、体积小等诸多优点成为广受探究的热门方法。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种导纳式出汗率传感器的制备方法,采用本发明实施例中所提供的方法,能够通过极其简单的器材以及步骤制备获得导纳式出汗率传感器,相应的传感器能够基于传感器电路中导纳的大小定量计算出出汗率,从而实现对于汗液体征的量化分析。

[0005] 本发明实现上述目的的技术方案为:一种导纳式出汗率传感器的制备方法,包括:

[0006] 步骤一:把单导铜箔胶带无胶的一面黏贴在弱胶胶带的有胶面上,而后采用激光切割法对单导铜箔胶带的导电面进行切割以形成原始电极,并用镊子去除原始电极以外的铜箔材料,之后用PET膜与铜箔胶带的有胶面贴合,以将原始电极转印至PET膜上,而将单导铜箔胶带的导电面暴露在外,其中,所述原始电极呈“梯子型”结构,所述“梯子型”结构包括两段平行排列的第一电极,以及三段等间距平行排列的第二电极,所述第二电极位于两段所述第一电极之间,且与所述第一电极相正交;

[0007] 步骤二:截取一段与所述原始电极相对应的双面胶带,用激光切割所述双面胶带,在所述双面胶带其中一面的中央形成一条沿平行于所述第一电极的方向而延伸的微流通道;

[0008] 步骤三:将所述单导铜箔胶带的有胶面黏贴在双面胶带上具有所述微流通道的一面,并使所述微流通道位于所述两段第一电极的中央位置;

[0009] 步骤四:用激光切割位于所述微流通道上的第二电极,其中,激光切割轨迹垂直平分所述第二电极,从而在激光切割轨迹与所述第二电极的交汇处形成三个脉冲点,所述三个脉冲点将所述原始电极切分为第一检测电极和第二检测电极两部分;

[0010] 步骤五:将所述单导铜箔胶带的导电面用单面胶带的有胶面密封,将双面胶带上不具有微流通道的一面用PET膜相贴合密封,从而获得所述导纳式出汗率传感器。

[0011] 进一步地,通过激光切割机实现激光切割。

[0012] 进一步地,所述单导铜箔胶带的导电面为铜箔材料,所述单导铜箔胶带的有胶面绝缘。

[0013] 进一步地,在所述弱胶胶带、单导铜箔胶带、双面胶带以及单面胶带中,弱胶胶带有胶面的黏性弱于其他各类型胶带的有胶面。

[0014] 进一步地,所述激光切割轨迹的宽度小于所述微流通道的宽度。

[0015] 进一步地,当汗液流经所述微流通道后使所述第一检测电极和所述第二检测电极导通,从而形成差分导纳脉冲。

[0016] 进一步地,所述微流通道的横截面积为A,所述脉冲点之间的间距为L,通过检测差分导纳脉冲发生的时刻确定汗液前端到达相邻两脉冲点的时刻 $\Delta t_n$ 和 $\Delta t_{n-1}$ ,则所述出汗率 $Q_i = (A * L) / (\Delta t_n - \Delta t_{n-1})$ 。

[0017] 相对于现有技术,本发明所述的制备方法,用铜箔作为电极,价格低廉,材料易获取;用激光切割机获得汗液流通的微流通道和检测电极,具有制造方式简单便捷,制造速度快的优点,可用于大规模生产。同时,本发明制备获得的导纳式出汗率传感器,不受电解质浓度影响,从排汗速率角度来获得测量结果,设计精巧,测量准确。在制备过程中,采用先转印再切割的方式保证了切割后两部分检测电极的规整和对称,相较于先切割再转印的方式省去了对齐操作的麻烦,从而大大提升了制备效率以及传感器测量精确度。

## 附图说明

[0018] 图1为汗液流经采用本发明的制备方法所获得的导纳式出汗率传感器的场景示意图;

[0019] 图2为汗液流经采用本发明的制备方法所获得的导纳式出汗率传感器时的导纳值的理论分析曲线;

[0020] 图3为汗液流经采用本发明的制备方法所获得的导纳式出汗率传感器时的差分导纳的理论分析图像;

[0021] 图4为按照本发明所述的制备方法对导纳式出汗率传感器进行制备的传感器形态变化图。

## 具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案和有益技术效果更加清晰,下面结合附图和具体实施方式,对本发明所揭示的一种导纳式出汗率传感器的制备方法及其对应的有益效果进行详细阐述。应当理解的是,本说明书中描述的实施例仅仅是为了解释本发明,并非为了限定本发明,实施例的参数、比例等可因地制宜做出选择而对结果并无实质性影响。

[0023] 出汗率检测原理说明:如图1、图4a-图4f所示,汗液从微流通道4的一端流入,经历如下过程: $t_0$ 时刻,汗液未与被切断的第二电极相接触,第一检测电极与第二检测电极之间的阻抗无限大,导纳为0。 $t_1$ 时刻,汗液流至第一个脉冲点位置处,汗液将两端的被切断的第二电极接通,第一检测电极和第二检测电极之间的导纳升高至 $S_1$ 。 $t_2$ 时刻,汗液流至第二个脉冲点位置处,第一检测电极和第二检测电极之间导纳升高至 $2S_1$ 。以此类推, $t_n$ 时刻,第一检测电极和第二检测电极之间的总导纳为 $nS_1$ 。而在 $t_{n-1}$ 时刻到 $t_n$ 时刻,两电极间导纳值保持不变,如图1和图2所示,导纳对时间的差分记作 $\Delta S_i = (S_i - S_{i-1}) / (\Delta t_i - \Delta t_{i-1})$ ,其中 $S_i - S_{i-1}$ 为相邻两个采样点的导纳之差, $\Delta t_i - \Delta t_{i-1}$ 为相邻两个采样点的时间差,差分导纳的变化规律如图3所示。通过检测差分导纳的脉冲发生时刻得到汗液前端到达各个脉冲点的时刻值,若微流通道的截面面积为 $A$ ,两个相邻的脉冲点之间的间距为 $L$ ,那么出汗率为 $Q_i = (A * L) / (\Delta t_n - \Delta t_{n-1})$ 。

[0024] 在本发明所述的导纳式出汗率传感器的制备方法中,所需的制备器材包括,普通双面胶带、单面胶带、弱胶胶带(其有胶面的黏性与便签纸有胶面的黏性相类似,仅起轻微固定作用,黏贴后易于揭下)、单导铜箔胶带和PET膜,以及激光切割机一台。

[0025] 参考图4,在本发明所述的导纳式出汗率传感器的制备方法的其中一实施例中,操作步骤如下:

[0026] 步骤1,如图4(a)所示,把单导铜箔胶带无胶的一面黏贴在弱胶胶带的有胶面上,而后采用激光切割法对单导铜箔胶带的导电面进行切割以形成原始电极1(铜电极),并用镊子去除原始电极以外的铜箔材料,之后用PET膜2与铜箔胶带的有胶面贴合,以将原始电极1转印至PET膜2上,而将单导铜箔胶带的导电面暴露在外,其中,所述原始电极呈“梯子型”结构,所述“梯子型”结构包括两段平行排列的第一电极,以及三段等间距平行排列的第二电极,所述第二电极位于两段所述第一电极之间,且与所述第一电极相正交。

[0027] 步骤2,如图4(b)所示,截取一段与所述原始电极1相对应的双面胶带3,用激光切割所述双面胶带3,在所述双面胶带3其中一面的中央形成一条沿平行于所述第一电极的方向而延伸的微流通道4。

[0028] 步骤3,如图4(c)所示,将所述单导铜箔胶带的有胶面黏贴在双面胶带3上具有所述微流通道4的一面,并使所述微流通道4位于所述两段第一电极的中央位置。

[0029] 步骤4,如图4(d)所示,用激光切割位于所述微流通道4上的第二电极,其中,激光切割轨迹5垂直平分所述第二电极,从而在激光切割轨迹5与所述第二电极的交汇处形成三个脉冲点6(6-1/6-2/6-3),所述三个脉冲点6将所述原始电极1切分为第一检测电极(7-1)和第二检测电极(7-2)两部分。

[0030] 步骤5,将所述单导铜箔胶带的导电面用单面胶带8的有胶面密封,将双面胶带3上不具有微流通道4的一面用PET膜9相贴合密封,从而获得所述导纳式出汗率传感器。

[0031] 在本发明所述制备方法的其中一实施例中,采用激光切割机实现激光切割。本发

明所述制备方法的其中一实施例中,在所述弱胶胶带、单导铜箔胶带、双面胶带以及单面胶带中,弱胶胶带有胶面的黏性弱于其他各类型胶带的有胶面。

[0032] 在本发明所述制备方法的其中一实施例中,所述激光切割轨迹的宽度小于所述微流通道的宽度,从而使得第一检测电极和第二检测电极在无汗液介入的情况下不导通,只有在汗液流经微流通道且越过至少一个被切断的第二电极时才导通,并且汗液越过的第二电极越多,相应的导纳总值也越高。

[0033] 在本发明所述制备方法的其中一实施例中,当汗液流经所述微流通道后,能够使第一检测电极与第二检测电极导通,从而形成差分导纳。根据差分导纳形成的时间信息,能够确定当前汗液的最前端位于哪个脉冲点位置处,从而确定汗液越过对应第二电极的时刻值。

[0034] 在本发明所述制备方法的其中一实施例中,所述微流通道的横截面积为A,所述脉冲点之间的间距为L,通过检测差分导纳脉冲发生的时刻确定汗液前端到达相邻两脉冲点的时刻 $\Delta t_n$ 和 $\Delta t_{n-1}$ ,则所述出汗率 $Q_i = (A * L) / (\Delta t_n - \Delta t_{n-1})$ 。

[0035] 本发明所述的制备方法,用铜箔作为电极,价格低廉,材料易获取;用激光切割机获得汗液流通的微流通道和检测电极,具有制造方式简单便捷,制造速度快的优点,可用于大规模生产。同时,本发明制备获得的导纳式出汗率传感器,不受电解质浓度影响,从排汗速率角度来获得测量结果,设计精巧,测量准确。在制备过程中,采用先转印再切割的方式保证了切割后两部分检测电极的规整和对称,相较于先切割再转印的方式省去了对齐操作的麻烦,从而大大提升了制备效率以及传感器测量精确度。

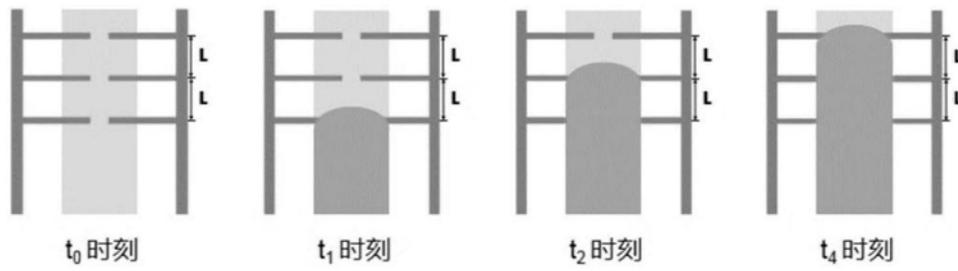


图1

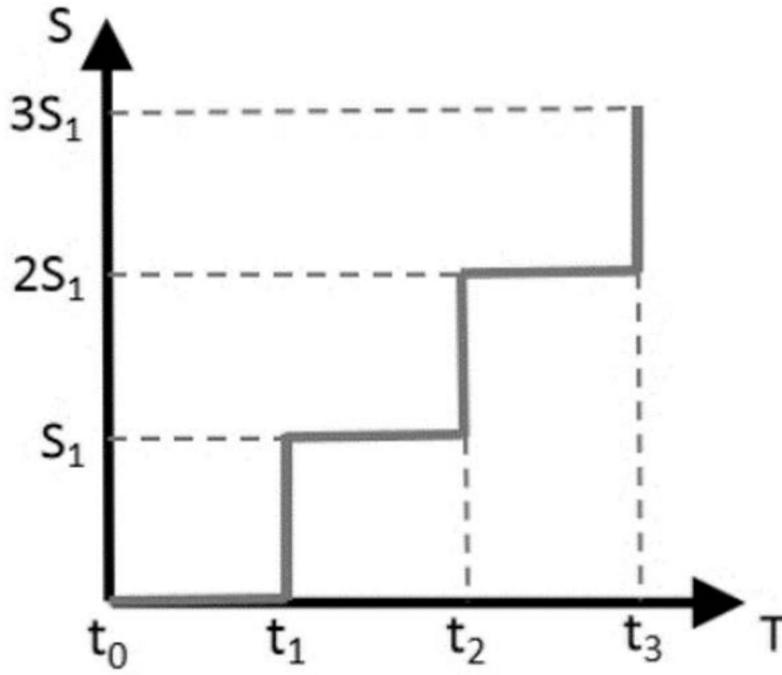


图2

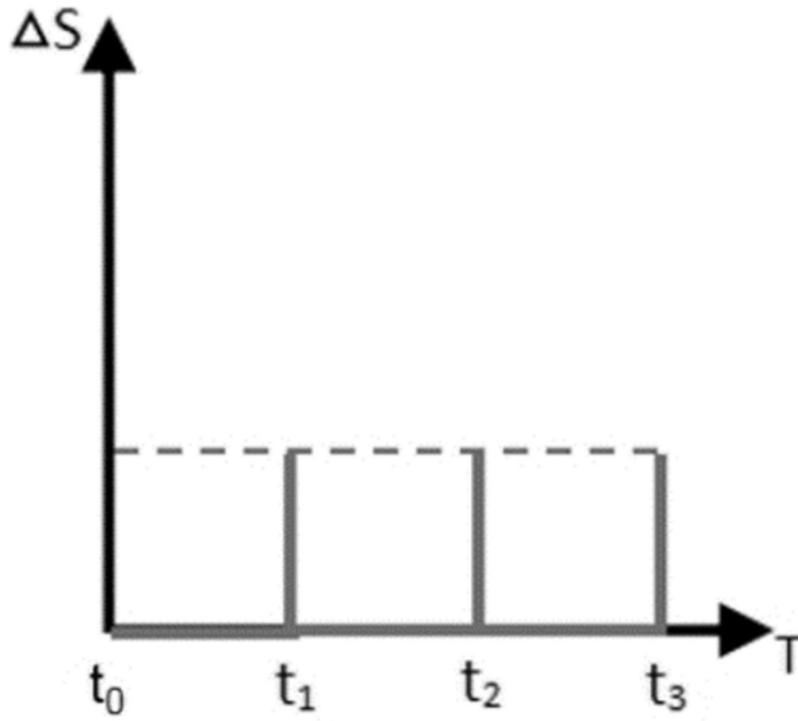


图3

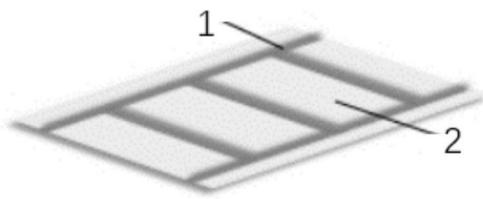


图 4a

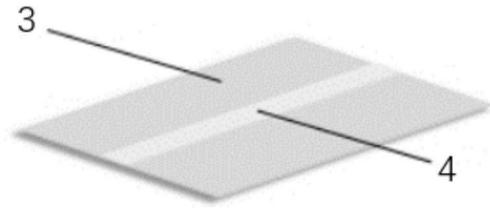


图 4b

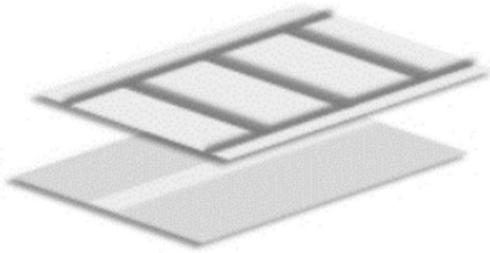


图 4c

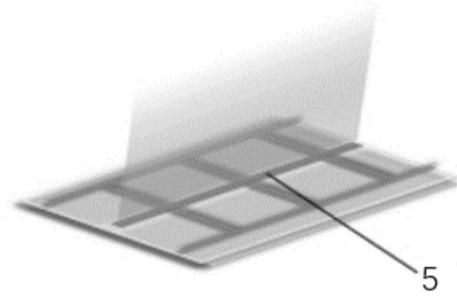


图 4d

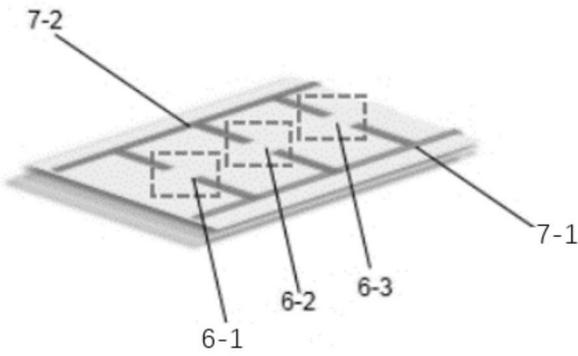


图 4e

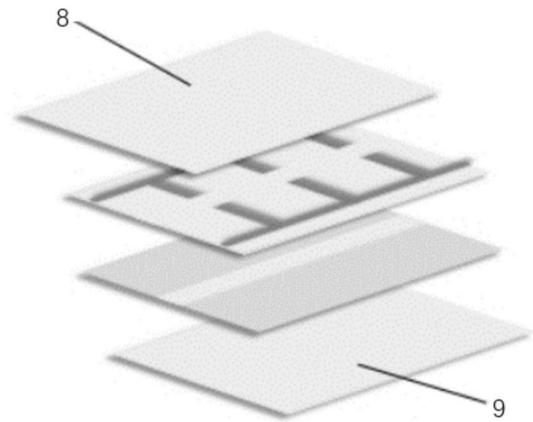


图 4f

图4