



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113008124 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 17

(21) 申请号 202110193927.1	CN 110333012 A, 2019.10.15
(22) 申请日 2021.02.20	CN 110132457 A, 2019.08.16
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 113008124 A	CN 111624240 A, 2020.09.04
(43) 申请公布日 2021.06.22	CN 104821372 A, 2015.08.05
(73) 专利权人 宁波诺丁汉新材料研究院有限公司 地址 315040 浙江省宁波市高新区沧海路 189弄2号10#厂房	CN 105405963 A, 2016.03.16
(72) 发明人 朱光 李欣	CN 107565013 A, 2018.01.09
(74) 专利代理机构 北京隆源天恒知识产权代理有限公司 11473 专利代理师 鲍丽伟	CN 110165935 A, 2019.08.23
(51) Int. Cl. G01B 7/16 (2006.01)	JP S62156503 A, 1987.07.11
(56) 对比文件	CN 112284577 A, 2021.01.29
CN 108680287 A, 2018.10.19	DE 102015226233 A1, 2017.01.19
CN 111457833 A, 2020.07.28	CN 111307204 A, 2020.06.19
CN 110806356 A, 2020.02.18	US 2015076966 A1, 2015.03.19
US 2013041244 A1, 2013.02.14	CN 208488191 U, 2019.02.12
	CN 109406013 A, 2019.03.01
	CN 105552132 A, 2016.05.04
	WO 2020225566 A1, 2020.11.12
	CN 111006802 A, 2020.04.14
	CN 108469321 A, 2018.08.31

金欣 等. 基于聚二甲基硅氧烷柔性可穿戴传感器研究进展.《材料工程》.2018,第46卷(第11期),第13-24页.

审查员 熊洁

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

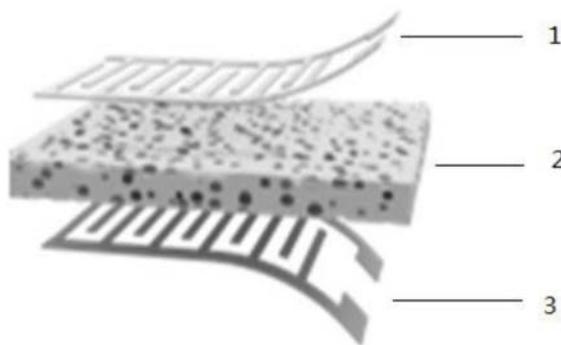
(54) 发明名称

一种多模式传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种多模式传感器及其制备方法。所述多模式传感器包括：第一电极、与所述第一电极相对设置的第二电极以及设置在所述第一电极与所述第二电极之间的压敏层，其中，所述第一电极和所述第二电极均为叉指电极。本发明可以通过两组电极的信号响应趋势和大小的共同作用，将多种外界刺激如拉伸、按压、弯曲等转化为可分辨的电流变化信号，并通过解耦上下两组叉指电极受力状态下的信号变化，反推得到传感器所受到的形变类型、方向及大小，从而实现对外界刺激和形变的精准实时监测。

CN 113008124 B



1. 一种多模式传感器,其特征在于,包括:第一电极(1)、与所述第一电极(1)相对设置的第二电极(3)以及设置在所述第一电极(1)与所述第二电极(3)之间的压敏层(2),所述第一电极(1)与所述第二电极(3)分别粘接在所述压敏层(2)相对称的两侧,其中,所述第一电极(1)和所述第二电极(3)均为叉指电极,且所述第一电极和所述第二电极能够分别产生一组信号。

2. 根据权利要求1所述的多模式传感器,其特征在于,所述压敏层(2)为导电多孔泡沫材料,所述导电多孔泡沫材料包括碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫。

3. 一种多模式传感器的制备方法,用于制备如权利要求1或2所述的多模式传感器,其特征在于,包括:

分别制备叉指电极和压敏层(2),将两个所述叉指电极粘接在所述压敏层(2)相对称的两侧,得到多模式传感器。

4. 根据权利要求3所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述叉指电极的制备方法包括:

配置高分子纺丝溶液及导电溶液;

分别在所述高分子纺丝溶液和所述导电溶液两端施加正电压,在接收滚筒端施加负电压,同时进行静电纺丝与静电喷雾,制得柔性可拉伸电极;

将所述柔性可拉伸电极贴附在聚二甲基硅氧烷薄膜上进行激光切割,切割功率为30-60W,得到所述叉指电极。

5. 根据权利要求4所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述高分子纺丝溶液端电压为8-11kV,所述静电纺丝的速度为0.03-0.05ml/min,所述导电溶液端电压为14-16kV,所述静电喷雾的速度为0.3-0.5ml/min。

6. 根据权利要求3所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述叉指电极的制备方法包括:

利用静电纺丝制备聚乙烯醇纳米纤维薄膜;

在所述聚乙烯醇纳米纤维薄膜表面磁控溅射沉积金属银,得到PVA/AgNFs薄膜;

聚二甲基硅氧烷主剂与固化剂经混合、脱气、干燥后,得到PDMS薄膜;

将所述PVA/AgNFs薄膜沉积到所述PDMS薄膜上,得到银纳米纤维;

在所述银纳米纤维表面旋涂光刻胶,并通过UV光刻获得掩模层;

对所述银纳米纤维进行化学刻蚀,并清洗剩余光刻胶后,得到所述叉指电极。

7. 根据权利要求3所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述压敏层的制备方法包括:

将氯化钠颗粒与聚二甲基硅氧烷预聚体混合,固化得到聚二甲基硅氧烷弹性多孔泡沫;并将碳纳米管溶液超声分散,得到均匀分散的碳纳米管溶液;

将所述聚二甲基硅氧烷弹性多孔泡沫浸泡入所述均匀分散的碳纳米管溶液中,超声分散并冷冻干燥,得到碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫,所述碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫作为所述压敏层。

8. 根据权利要求7所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述氯化钠颗粒与所述聚二甲基硅氧烷预聚体的质量比为5:1-12:1。

9. 根据权利要求3所述的多模式传感器的制备方法,其特征在于,所述压敏层的制备方

法包括：

以甲烷为碳源，采用化学气相沉积法在泡沫镍模板上生长多层石墨烯，得到涂有石墨烯的泡沫镍；

将聚二甲基硅氧烷和交联剂混合，得到预聚体；

将所述涂有石墨烯的泡沫镍浸入所述预聚体中，经真空干燥、固化、化学刻蚀去除镍骨架，得到多孔纳米复合材料，所述多孔纳米复合材料作为所述压敏层。

## 一种多模式传感器及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术领域,具体而言,涉及一种多模式传感器及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 可穿戴的力学传感器在生理信号和机械变形的精准可视化监控领域得到了广泛的应用。由于外界刺激以及人体形变的多样性和复杂性,单一模式的力学传感器并不能实现各种复杂形变的精准监控。而现有多模式力学传感器仅是识别复杂的外界刺激并将其统一转化为一种电信号变化,并不能实现复杂信号的解耦区分监控,即所有的机械刺激最终均转化成一种变化的电信号,而通过这一种无法区分的电信号无法确定机械刺激的种类、方向及大小等,不能实现对外界刺激的精准监测。

### 发明内容

[0003] 本发明解决的问题是现有多模式力学传感器无法实现对外界刺激的精准监测。

[0004] 为解决上述问题中的至少一个,本发明提供一种多模式传感器,包括:第一电极、与所述第一电极相对设置的第二电极以及设置在所述第一电极与所述第二电极之间的压敏层,其中,所述第一电极和所述第二电极均为叉指电极。

[0005] 较佳地,所述第一电极与所述第二电极分别粘接在所述压敏层相对称的两侧。

[0006] 较佳地,所述压敏层为导电多孔泡沫材料,所述导电多孔泡沫材料包括碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫。

[0007] 本发明还提供一种多模式传感器的制备方法,用于制备如上所述的多模式传感器,包括:分别制备叉指电极和压敏层,将两个所述叉指电极粘接在所述压敏层相对称的两侧,得到多模式传感器。

[0008] 较佳地,所述叉指电极的制备方法包括:

[0009] 配置高分子纺丝溶液及导电溶液;

[0010] 分别在所述高分子纺丝溶液和所述导电溶液两端施加正电压,在接收滚筒端施加负电压,同时进行静电纺丝与静电喷雾,制得柔性可拉伸电极;

[0011] 将所述柔性可拉伸电极贴附在聚二甲基硅氧烷薄膜上进行激光切割,切割功率为30-60W,得到所述叉指电极。

[0012] 较佳地,所述高分子纺丝溶液端电压为8-11kV,所述静电纺丝的速度为0.03-0.05ml/min,所述导电溶液端电压为14-16kV,所述静电喷雾的速度为0.3-0.5ml/min。

[0013] 较佳地,所述叉指电极的制备方法包括:

[0014] 利用静电纺丝制备聚乙烯醇纳米纤维薄膜;

[0015] 在所述聚乙烯醇纳米纤维薄膜表面磁控溅射沉积金属银,得到PVA/AgNFs薄膜;

[0016] 聚二甲基硅氧烷主剂与固化剂经混合、脱气、干燥后,得到PDMS薄膜;

[0017] 将所述PVA/AgNFs薄膜沉积到所述PDMS薄膜上,得到银纳米纤维;

[0018] 在所述银纳米纤维表面旋涂光刻胶,并通过UV光刻获得掩模层;

- [0019] 对所述银纳米纤维进行化学刻蚀,并清洗剩余光刻胶后,得到所述叉指电极。
- [0020] 较佳地,所述压敏层的制备方法包括:
- [0021] 将氯化钠颗粒与聚二甲基硅氧烷预聚体混合,固化得到聚二甲基硅氧烷弹性多孔泡沫;并将碳纳米管溶液超声分散,得到均匀分散的碳纳米管溶液;
- [0022] 将所述聚二甲基硅氧烷弹性多孔泡沫浸泡入所述均匀分散的碳纳米管溶液中,超声分散并冷冻干燥,得到碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫,所述碳纳米管/聚二甲基硅氧烷多孔泡沫作为所述压敏层。
- [0023] 较佳地,所述氯化钠颗粒与所述聚二甲基硅氧烷预聚体的质量比为5:1-12:1。
- [0024] 较佳地,所述压敏层的制备方法包括:
- [0025] 以甲烷为碳源,采用化学气相沉积法在泡沫镍模板上生长多层石墨烯,得到涂有石墨烯的泡沫镍;
- [0026] 将聚二甲基硅氧烷和交联剂混合,得到预聚体;
- [0027] 将所述涂有石墨烯的泡沫镍浸入所述预聚体中,经真空干燥、固化、化学刻蚀去除镍骨架,得到多孔纳米复合材料,所述多孔纳米复合材料作为所述压敏层。
- [0028] 本发明相较于现有技术具有的有益效果如下:
- [0029] 本发明提供的多模式传感器具有上下两组叉指电极结构,可以通过两组电极的信号响应趋势和大小的共同作用,将多种外界刺激如拉伸、按压、弯曲等转化为可分辨的电流变化信号,并通过解耦上下两组叉指电极受力状态下的信号变化,反推得到传感器所受到的形变类型、方向及大小,从而实现对外界刺激和形变的精准实时监测。

## 附图说明

- [0030] 图1为本发明实施例中多模式传感器的结构示意图;
- [0031] 图2为本发明实施例中多模式传感器在不同受力状态下的电流信号变化图。
- [0032] 附图标记说明:
- [0033] 1-第一电极;2-压敏层;3-第二电极。

## 具体实施方式

- [0034] 现有的大多数力学传感器将识别的各种机械刺激最终都转化成了一组变化的电信号,不能通过电信号的变化反推出机械刺激的种类、大小及方向,无法实现形变精准监测的目的。
- [0035] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。
- [0036] 请参阅图1所示,本发明实施例提供一种多模式传感器,包括第一电极1、与第一电极1相对设置的第二电极3以及设置在第一电极1与第二电极3之间的压敏层2,其中,第一电极1和第二电极3均为叉指电极。
- [0037] 为了能够精准监测外界刺激的种类、大小及方向,本实施例提供了一种多模式传感器,上下两层电极均为叉指电极,由此,上下两层电极能够分别产生一组信号,与现有技术中上下两层电极共同产生一组信号相比,本实施例的多模式传感器,可以通过上下两层叉指电极产生的两组信号的组合,包括信号方向和大小组合,分别对应到每一种形变上,

从而根据每一种信号变化趋势反推得到传感器所受到的形变种类、方向及大小,实现对外界刺激和形变的精准实时监测。应当理解,本实施例中,第一电极1和第二电极3均为柔性电极,中间层为导电弹性层,如此可以将传感器应用于可穿戴领域。

[0038] 本实施例通过设置上下两组叉指电极,当多模式传感器发生机械形变时,两组叉指电极的形变趋势不同,因此,可以通过两组电极的信号响应趋势和大小的共同作用,反向推测和确定所施加的外部刺激的类型及形变程度,从而识别各种机械刺激,包括挤压、正弯曲、负弯曲、水平拉伸、垂直拉伸等。

[0039] 请参阅图2所示,对本实施例的多模式传感器分别施加按压、弯曲及拉伸的刺激,从多模式传感器的传感机理方面对本实施例如何识别外部刺激(包括刺激的类型、方向及大小)进行说明,为便于叙述,按图2中多模式传感器的放置位置,多模式传感器自上至下依次为上叉指电极、中间弹性层和下叉指电极。其中,图2中i、ii、iii、iv、v分别表示多模式传感器的五种不同状态,每种状态下的电流变化图中,自左至右分别为上叉指电极和下叉指电极的电流信号变化图。

[0040] 对传感器施加按压刺激时:如图2中i所示,向多模式传感器的最上层施加按压力,当压力施加到传感器时,上下两组叉指电极的导电通路均增多,导致上下两组电极的电流均增大。但随着按压力的增大,中间弹性层发生形变,导致上叉指电极发生形变,使得叉指间隙增大,从而导致上叉指电极的电流减小。因此,对多模式传感器施加按压刺激得到的最终结果是:如图2中i的电流信号变化图所示,两个电极的电流信号变化趋势相同,但大小不同,说明上下两组电极电流均随按压力的增大而增大,但下电极电流比上电极电流增加地更多。

[0041] 对传感器施加弯曲刺激时:为便于叙述,此处将如图2中ii中所示的上叉指电极受拉力、下叉指电极受压力的弯曲定义为正弯曲,将图2中iii中多模式传感器所受弯曲为负弯曲。

[0042] 如图2中ii所示,多模式传感器发生正弯曲时,上叉指电极处于受拉面,叉指间隙变大,因此上叉指电极的电流减小,而下叉指电极处于受压面,则电流增大,因此图2中ii的电流信号变化图中,两个电流信号的变化趋势是相反的,说明上下两个电极其中一个电流增大,另一个电流减小。

[0043] 如图2中iii所示,多模式传感器发生负弯曲时,上叉指电极处于受压面,电流增大,下叉指电极处于受拉面,电流减小。

[0044] 对传感器施加拉伸刺激时:如图2中iv所示,当向平行于电极叉指的方向拉伸该多模式传感器时,由于拉伸使得叉指电极的各叉指之间的间隙减小,中间导电物质在电流传输方向上受压,上下两组叉指电极的电流均随拉伸而逐渐增大,图2中iv的电流信号变化图中,两个电极的电流变化趋势及大小均相同。

[0045] 如图2中v所示,当向垂直于电极叉指的方向拉伸该多模式传感器时,由于拉伸使得叉指电极的叉指之间的间隙增大,中间导电物质在电流传输方向上受拉,上下两组叉指电极的电流均随拉伸而逐渐减小,图2中v的电流信号变化图中,两个电极的电流变化趋势及大小均相同,但与图2中iv中的电流信号变化趋势相反。

[0046] 由此可以看出,本实施例提供的多模式传感器的每一种形变均与唯一的一种电流变化趋势对应,也即检测到的每一种电流变化趋势均与唯一一种形变对应,且电流变化的

大小值与形变大小相对应。因此,本实施例提供的具有上下两组叉指电极结构的力学传感器,可以实时地将多种外界刺激比如拉伸、按压、弯曲等转化为可分辨的电流变化信号,并通过解耦上下两组叉指电极受力状态下的信号变化,反推得到传感器所受到的形变种类、方向及大小,从而实现对外界刺激和形变的精准实时监测。

[0047] 本发明另一实施例提供了一种多模式传感器的制备方法,包括:

[0048] 分别制备出叉指电极和压敏层2,将两个叉指电极粘接在所述压敏层2相对称的两侧,得到多模式传感器。

[0049] 叉指电极的制备可以采用下述方式中的其中一种。一种实施方式中,叉指电极采用静电纺丝和静电喷雾结合的方式制得,步骤如下:

[0050] 配置高分子纺丝溶液及导电溶液;

[0051] 分别在高分子纺丝溶液和导电溶液两端施加正电压,在接收滚筒端施加负电压,同时进行静电纺丝与静电喷雾,制得柔性可拉伸电极;其中,高分子纺丝溶液端电压为8-11kV,静电纺丝的速度为0.03-0.05ml/min,导电溶液端电压为14-16kV,静电喷雾的速度为0.3-0.5ml/min。

[0052] 将制备好的柔性可拉伸电极贴附在聚二甲基硅氧烷(PDMS)薄膜上进行激光切割,切割功率为30-60W,得到所需要的叉指电极。

[0053] 其中,导电溶液包括银纳米线分散液和液态金属分散液。银纳米线分散液的浓度为1-2mg/ml。液态金属分散液的配置过程是:将液态金属共晶合金加入到异丙醇溶液中,采用细胞粉碎机处理,静置后取悬浮液,得到液态金属分散液,将其作为静电喷涂溶液。

[0054] 另一种实施例方式中,叉指电极采用如下方式制得:

[0055] 利用静电纺丝技术制备聚乙烯醇(PVA)纳米纤维薄膜,纺丝参数包括:溶液浓度为10wt%,纺丝电压为13kV,纺丝距离为10cm;

[0056] 通过磁控溅射技术在PVA纳米纤维薄膜表面沉积一层200nm厚的金属Ag,得到PVA/AgNFs薄膜;

[0057] 将PDMS主剂与固化剂按重量比10:1充分混合,脱气5min,去除气泡,然后在玻璃基板上旋转干燥,得到PDMS薄膜;

[0058] 将PVA/AgNFs薄膜通过去离子水沉积到PDMS薄膜上,得到银纳米纤维(AgNFs),并对AgNFs进行干燥,以保证其对基材的强附着力;

[0059] 在AgNFs表面以2000rpm的速度旋涂负光刻胶60秒,并通过一系列的UV光刻步骤获得各种掩模层,利用激光直写光刻系统制备不同的掩模;

[0060] 用5mol/L  $\text{HNO}_3$ 蚀刻AgNFs,在蚀刻过程中搅拌溶液以消除产生的气泡,并用丙酮清洗剩余的光刻胶后得到柔性可拉伸电极。

[0061] 压敏层2的制备采用下述方式中的其中一种。其中一种实施方式中,压敏层2包括碳纳米管/聚二甲基硅氧烷(CNTs/PDMS)多孔泡沫,其中制备方法包括:

[0062] 将氯化钠颗粒与聚二甲基硅氧烷预聚体按质量比5:1-12:1混合,均匀搅拌10-20min,得到混合物,将混合物加入到方形模具中压实,60-80℃固化1-3h,固化得到PDMS弹性多孔泡沫;并将CNTs溶液超声分散,得到均匀分散的CNTs溶液;

[0063] 将PDMS弹性多孔泡沫浸泡入均匀分散的CNTs溶液中,超声分散30min,并冷冻干燥,得到CNTs/PDMS多孔泡沫。

[0064] 另外一种实施方式中,压敏层2的制备方法包括:

[0065] 以甲烷为碳源,采用化学气相沉积法(CVD)在泡沫镍模板上生长多层石墨烯,得到涂有石墨烯的泡沫镍;

[0066] 将PDMS和交联剂按质量比8:1-10:1充分混合,得到预聚体;

[0067] 将涂有石墨烯的泡沫镍浸入预聚体中;

[0068] 将样品真空干燥1h,然后在100℃的热板中固化,以去除溶液中的气泡;

[0069] 由于金属镍的刚性力学性能,其不能实现柔性、可压缩、可拉伸的压阻传感器。因此,需要使用盐酸去除镍骨架,在化学刻蚀之前,对PDMS进行切割,切割多余的PDMS,以使得泡沫镍和酸溶液之间具有良好的接触,制得多孔导电泡沫。

[0070] 本实施例制得了一种具有独特传感机制和独特结构的多模态柔性可穿戴传感器,它能够精确地检测和识别多种刺激并转换为不同的电流变化信号。当传感器受到外界刺激(如压力、拉伸、弯曲)时,两组独立的叉指电极分别对所施加力的变形、方向、大小进行监测和分析,转化为相应的不同电流变化趋势和峰值,各种变形与电流变化趋势之间存在一一对应关系。

[0071] 下面通过具体实施例对本发明进行详细的说明。

[0072] 实施例1

[0073] 本实施例提供一种多模式传感器的制备方法,步骤如下:

[0074] (1) 叉指电极的制备:制备4%的热塑性聚氨酯弹性体橡胶(TPU)纺丝溶液及1.5mg/ml的AgNWs分散液,采用静电纺丝与静电喷雾结合的方式制备柔性拉伸电极,其中,静电纺丝与静电喷雾同时进行,AgNWs均匀的扦插在TPU纳米纤维之间形成导电网络。静电纺聚氨酯纳米纤维的电压为+9kV,纺丝速度为0.04ml/min,静电喷AgNWs分散液的电压为+15kV,喷雾速度为0.4ml/min;

[0075] 将制备好的聚合物纤维基柔性电极贴附在PDMS基底上进行激光切割,得到所需要的叉指电极;

[0076] 用一面贴有聚合物纤维的VHB双面胶带将制得的叉指电极从PDMS薄膜上转移下来。

[0077] (2) CNTs/PDMS多孔泡沫的制备:将氯化钠颗粒与未固化的PDMS溶液按质量比8:1混合均匀后放入模具中75℃高温固化2h,然后将完全固化的复合物放入蒸馏水中超声清洗去除氯化钠颗粒得到PDMS多孔泡沫;

[0078] 将CNTs加入到蒸馏水中,超声粉碎,得到均匀分散的CNTs溶液;

[0079] 将制备的PDMS多孔泡沫浸泡入均匀分散的CNTs溶液中,300W超声粉碎30min,使CNTs溶液充满PDMS泡沫的孔洞,随后低温冷冻干燥得到CNTs/PDMS多孔泡沫。

[0080] (3) 多模式传感器的制备:将两个转移到VHB胶带上的叉指电极面对面贴附在CNTs/PDMS多孔泡沫两侧,得到多模式传感器。

[0081] 实施例2

[0082] 本实施例与实施例1的区别在于,静电纺聚氨酯纳米纤维的电压为8kV,纺丝速度为0.03ml/min,静电喷AgNWs分散液的电压为14kV,喷雾速度为0.3ml/min。

[0083] 实施例3

[0084] 本实施例与实施例1的区别在于,静电纺聚氨酯纳米纤维的电压为11kV,纺丝速度

为0.05ml/min,静电喷AgNWs分散液的电压为16kV,喷雾速度为0.5ml/min。

[0085] 实施例4

[0086] 本实施例与实施例1的区别在于,氯化钠颗粒与未固化的PDMS溶液按质量比5:1混合。

[0087] 实施例5

[0088] 本实施例与实施例1的区别在于,氯化钠颗粒与未固化的PDMS溶液按质量比12:1混合。

[0089] 实施例6

[0090] 本实施例与实施例1的区别在于,制备叉指电极时的静电喷雾溶液为:

[0091] 将液态金属共晶合金加入到质量浓度为15%的异丙醇溶液中,细胞粉碎机(功率:300W)处理15min,随后静置20min后取悬浮液得到静电喷雾溶液。

[0092] 实施例7

[0093] 本实施例与实施例1的区别在于,CNTs/PDMS多孔泡沫的制备为:

[0094] 以甲烷为碳源,采用CVD法在泡沫镍模板上生长多层石墨烯,将PDMS和交联剂的预聚体按质量比10:1混合,然后将涂有石墨烯的泡沫镍浸入预聚体中,需注意,溶液必须淹没所有泡沫表面,以确保孔隙完全渗透PDMS。将得到的样品放入真空干燥器1h,然后在100℃的热板中固化。对多余的PDMS进行过度切割,使用盐酸去除镍骨架,得到多孔导电泡沫。

[0095] 虽然本公开披露如上,但本公开的保护范围并非仅限于此。本领域技术人员在不脱离本公开的精神和范围的前提下,可进行各种变更与修改,这些变更与修改均将落入本发明的保护范围。

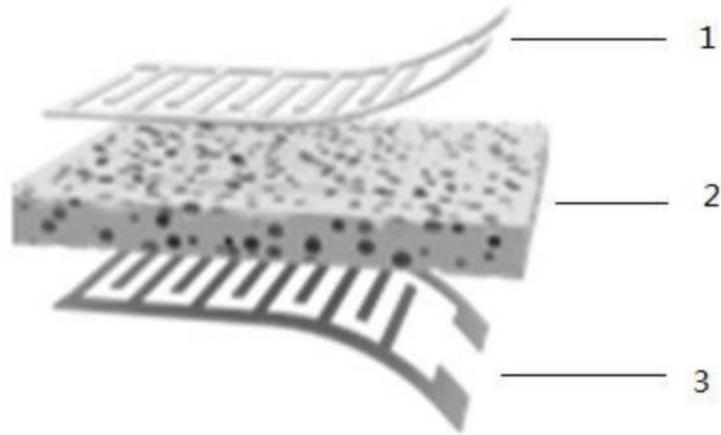


图1

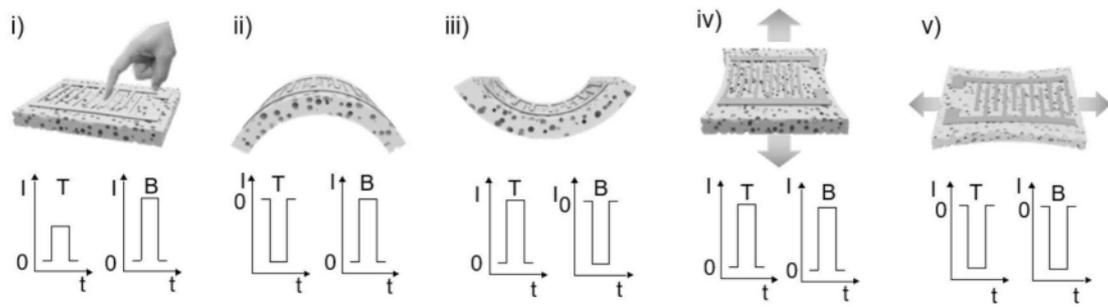


图2