



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108088592 A

(43)申请公布日 2018.05.29

(21)申请号 201711086378.8

(22)申请日 2017.11.07

(71)申请人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市江干经济开发
区2号大街928号

(72)发明人 刘爱萍 钱巍 吴化平 苏业旺

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 黄欢娣 邱启旺

(51) Int. Cl.

G01L 1/20(2006.01)

C08J 7/12(2006.01)

C08J 7/04(2006.01)

C08L 83/04(2006.01)

G08B 21/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统

(57)摘要

本发明提供了一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统,该智能系统包括:阵列式压力传感器,加速度传感器,报警单元以及电源。该系统主要由阵列式压力传感器和加速度传感器的共同作用来完成摔倒信号的检测,最终将摔倒区域信息发送到亲属手机,实现报警功能。该系统具有制备简单,成本低廉,可重复性高的优点。此外,该系统兼具柔性和高灵敏度,能很好地附着于人体皮肤,且无任何刺激,对于将来应用于可穿戴式监测老人摔倒并准确判断受伤部位以及实现快速报警具有重要意义。

1. 一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统,其特征在於,该智能系统包括:阵列式压力传感模块、加速度传感器、单片机、报警模块及电源模块。阵列式压力传感模块由4*4阵列布置的压力传感器构成,加速度传感器采集竖直方向上的加速度值,加速度传感器与16个压力传感器分别与单片机相连,报警器和电源模块与单片机相连。所述压力传感器包括两片互锁的柔性石墨烯薄膜,柔性石墨烯薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构,所述柔性石墨烯薄膜通过以下步骤制备得到:

(1) 构建具有微圆柱阵列的PDMS基底,所述微圆柱的高度为20 μm ,长径比为1~2.5。

(2) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,用等离子体氧处理10-15min,随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,然后用去离子水洗涤,再置于40 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥。

(3) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为200-467 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$,40 $^{\circ}\text{C}$ 环境下干燥,得到柔性微柱阵列石墨烯基薄膜。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在於,所述微圆柱的间距与直径的比值为0.8~2.5。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在於,所述具有微圆柱阵列的PDMS基底通过以下步骤获得:

(1.1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90 $^{\circ}\text{C}$ 水浴条件下处理具有微阵列的硅模板1h,之后用去离子水清洗并干燥。

(1.2) 疏水处理、干燥将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,最后将硅模板置于100 $^{\circ}\text{C}$ ~120 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥1h。

(1.3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次真空除气泡,随后置于80 $^{\circ}\text{C}$ 鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离,得到具有微圆柱阵列的PDMS基底。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在於,相邻的压力传感器之间采用波浪形的支架相连。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在於,所用的加速度传感器的型号为MMA7260。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在於,通过以下步骤实现监测:

(1) 初始化:将压力传感器以4*4阵列布置在人体腰部位置,将加速度传感器布置在人体上部;采集人体站立状态下,16个压力传感器的阻值,并保存至单片机;

(2) 16个压力传感器实时采集压力值,并以电信号形式输出至单片机,加速度传感器实时采集竖直方向的加速度信号,输出至单片机;

(3) 若压力传感器采集的压感数据中超过8个传感器(含8个)的阻值相对于初始状态下的阻值变化大于20%,且加速度传感器z轴的加速度超过重力加速度的1.8倍,则确定为摔倒,控制报警器进行报警。

一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及智能监测领域,具体涉及一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统。

背景技术

[0002] 随着人口老龄化趋势的加剧,老年人的家庭护理成为社会各界关注的问题。加之现代年轻劳动人口的流动,老人与子女分开居住,削弱了家庭养老的功能,出现了“空巢老人”现象,这一现象使老龄化问题“雪上加霜”。据统计,在我国1.67亿60岁以上的老人中,“空巢老人”占了一半,“空巢老人”作为我国在此次老龄化浪潮中最突出的表现和最严峻的挑战之一,已经引起了政府和社会各界的高度重视。而老人意外受伤害的首要原因就是摔倒,摔倒后一个可能的严重结果是“长时间平躺,长躺”一跌倒后躺上一个小时甚至更多,这通常是由于失去意识或昏迷、肌肉或骨骼损伤、脱水、体温过低、对跌倒的恐惧、其它并发症等原因造成的。因跌倒而入院治疗的老年人中,超过承认出现过“长时间平躺”的情况,而经历过跌倒后“长躺”的老年人,有一半在六个月内死亡--即使摔倒并未直接导致受伤。

[0003] 摔倒报警监测系统的目标是能够将摔倒与日常生活的正常动作区分开来,准确地检测跌倒的发生,并智能判断并执行是否需要报警求助。从而尽可能地缩短救助时间,减小跌倒带来的伤害尤其是“长躺”,降低误报率,最终提升被监测者的生活质量。

[0004] 目前,绝大多数的摔倒监测系统都是通过加速度传感器或角速度传感器来实现摔倒监测报警,一些正常的人体运动不能被区分,被错误的报警;同时,即使实现准确的报警信号,人们依旧不能快速判断受伤的部位,需要经过一系列的全身拍片才能找到具体的受伤部位,甚至错过最佳的治疗时间。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统,该智能系统包括:阵列式压力传感模块、加速度传感器、单片机、报警模块及电源模块。阵列式压力传感模块由4*4阵列布置的压力传感器构成,加速度传感器采集竖直方向上的加速度值,加速度传感器与16个压力传感器分别与单片机相连,报警器和电源模块与单片机相连。所述压力传感器包括两片互锁的柔性石墨烯薄膜,柔性石墨烯薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构,所述柔性石墨烯薄膜通过以下步骤制备得到:

[0007] (1) 构建具有微圆柱阵列的PDMS基底,所述微圆柱的高度为20 μm ,长径比为1~2.5。

[0008] (2) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,用等离子体氧处理10-15min,随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDPA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,然后用去离子水洗涤,再置于40 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥。

[0009] (3) 滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为200-467 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$,40 $^{\circ}\text{C}$ 环境下干燥,得

到柔性微柱阵列石墨烯基薄膜。

[0010] 进一步地,所述微圆柱的间距与直径的比值为0.8~2.5。

[0011] 进一步地,所述具有微圆柱阵列的PDMS基底通过以下步骤获得:

[0012] (1.1)用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微阵列的硅模板1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0013] (1.2)疏水处理、干燥将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0014] (1.3)按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次真空除气泡,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离,得到具有微圆柱阵列的PDMS基底。

[0015] 进一步地,相邻的压力传感器之间采用波浪形的支架相连。

[0016] 进一步地,所用的加速度传感器的型号为MMA7260。

[0017] 进一步地,通过以下步骤实现监测:

[0018] (1)初始化:将压力传感器以4*4阵列布置在人体腰部位置,将加速度传感器布置在人体上部;采集人体站立状态下,16个压力传感器的阻值,并保存至单片机;

[0019] (2)16个压力传感器实时采集压力值,并以电信号形式输出至单片机,加速度传感器实时采集竖直方向的加速度信号,输出至单片机;

[0020] (3)若压力传感器采集的压感数据中超过8个传感器(含8个)的阻值相对于初始状态下的阻值变化大于20%,且加速度传感器z轴的加速度超过重力加速度的1.8倍,则确定为摔倒,控制报警器进行报警。

[0021] 本发明具有以下优点:本发明通过具有高灵敏度互锁结构的压力传感器阵列采集摔倒时腰间不同部位相对电阻信号的变化,以及通过加速度传感器采集z轴方向的加速度分量,通过阈值判断,发出报警信号,保证了摔倒报警装置的准确性,降低了误报率。该可穿戴式监测摔倒报警智能系统携带方便,设备简单,成本低廉,体积小,实时性好,而且利于产业化,具有很好的应用前景同时,可以很好地解决易受噪声影响,干扰强等缺点。

附图说明

[0022] 图1为本发明柔性石墨烯微柱阵列薄膜的SEM;

[0023] 图2为本发明阵列压力传感模块的示意图;

[0024] 图3为石墨烯和PDMS的拉曼光谱图;

[0025] 图4为不同石墨烯滴涂量的传感灵敏度;

[0026] 图5为不同微圆柱阵列间距的传感灵敏度。

具体实施方式

[0027] 一种智能可穿戴式摔倒报警监测系统,该智能系统包括:阵列式压力传感模块、加速度传感器、单片机、报警模块及电源模块。阵列式压力传感模块由4*4阵列布置的压力传感器构成,加速度传感器采集竖直方向上的加速度值,加速度传感器与16个压力传感器分别与单片机相连,报警器和电源模块与单片机相连。

[0028] 其中,压力传感器包括两片互锁的柔性石墨烯薄膜,柔性石墨烯薄膜表面具有微柱阵列,两片薄膜的微柱面相互嵌合形成互锁结构,用于摔倒压力信号采集的基本单元--柔性石墨烯微柱阵列薄膜传感器通过以下方法制备得到:

[0029] (1)用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0030] (2)将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0031] (3)按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。

[0032] (4)将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理具有微阵列结构的PDMS10-15min,增强PDMS微圆柱列表面的亲水性;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,进一步提高PDMS微圆柱列表面的亲水性,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。

[0033] (5)滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液333-667μl,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,得到柔性微柱阵列石墨烯薄膜。

[0034] 该阵列式压力传感器对人体无毒,无害,无刺激,能很好的与人体皮肤接触,感受人体运动的变化。

[0035] 图1为石墨烯微柱阵列薄膜的SEM。其中,左侧两图均为PDMS微圆柱模板的SEM(a、c),可以看出PDMS微柱表面光滑,且无任何杂质;右侧两图为滴涂石墨烯之后的SEM(b、d),可以看出石墨烯是折皱的片层结构,并均匀附着在具有微柱阵列的PDMS表面。

[0036] 图2为本发明阵列压力传感模块的示意图,压力传感器之间采用波浪形的连接支架。经过模型训练发现,每次后摔时,压感数据中超过8个传感器(含8个)的阻值相对于初始状态下的阻值变化大于20%,且加速度传感器z轴的加速度超过重力加速度的1.8倍。表1为本发明阵列式压力传感器采集8次摔倒信号时,各个单元的相对电阻信号变化(%)。

[0037] 表1

[0038]

传感器	试验1	试验2	试验3	试验4	试验5	试验6	试验7	试验8
S11	0.23	-0.06	0.5	-0.095	0.21	0.08	-0.76	-0.45
S12	0.43	0.23	0.62	0.42	0.49	-0.16	-0.25	-0.31
S13	0.59	0.11	0.41	0.57	0.43	0.38	-0.22	-0.38
S14	0.33	-0.17	1.06	0.73	-0.03	-0.45	-0.08	-0.24
S21	0.3	0.05	0.58	0.35	0.141	0.16	-0.64	-0.5
S22	0.77	0.48	0.5	0.69	0.61	0.26	-0.26	-0.45

S23	0.56	0.17	0.34	0.89	0.31	0.57	-0.27	-0.38
S24	0.38	-0.25	0.64	0.63	-0.1	-0.48	-0.15	-0.35
S31	0.31	0.12	0.66	0.51	0.2	0.42	-0.68	-0.52
S32	0.58	0.48	0.51	1.16	0.71	0.79	-0.15	-0.37
S33	0.59	0.23	0.2	0.56	0.37	0.54	-0.33	-0.39
S34	0.42	0.22	0.57	1.18	0.27	0.57	-0.18	-0.38
S41	0.31	0.17	0.66	0.32	0.15	-0.14	-0.49	-0.43
S42	0.74	1.14	1.22	-0.19	0.07	0.26	-0.26	-0.37
S43	0.8	0.37	0.74	0.48	0.13	0.43	-0.3	-0.4
S44	0.91	0.33	0.61	0.71	0.14	0.24	-0.23	-0.3

[0039] 下面结合实施例对发明作进一步说明。

[0040] 实施例1

[0041] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微阵列的硅模板(1.5cm*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0042] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0043] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。

[0044] 然后分别按照以下方法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:

[0045] 方法1

[0046] 采用浸没法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:将微柱阵列PDMS薄膜浸没在0.3mg/ml石墨烯溶液中,40℃干燥,直至水分蒸发完;

[0047] 方法2

[0048] 采用普通滴涂法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:在微柱阵列PDMS薄膜上直接滴涂0.3mg/ml石墨烯溶液500μl,40℃干燥;

[0049] 方法3

[0050] 采用本发明方法制备柔性石墨烯微柱阵列薄膜:将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理具有微阵列结构的PDMS15min,增强PDMS微圆柱阵列表面的亲水性;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30-60min,进一步提高PDMS微圆柱阵列表面的亲水性,然后用去离子水洗涤,再置于40℃烘箱中干燥。然后滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,滴涂的量为500μl,40℃环境下干燥,得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0051] 通过共聚焦激光显微镜和吉时利2400表对上述三种方法获得的产物进行表征,结

果表明,通过浸没法制备的石墨烯微柱薄膜成膜不均匀,表面存在大量的裂纹,微柱侧面未被石墨烯片完全包裹,导电性差,且吸附到PDMS面的石墨烯的量无法控制,无法进行定量分析;通过普通滴涂法制备柔性石墨烯微柱薄膜成膜也不均匀,PDMS表面的石墨烯易发生堆叠,导致部分微柱被石墨烯完全覆盖,甚至将微柱结构覆盖,但部分PDMS微柱暴露,影响了薄膜的导电性;通过本发明方法制备的柔性石墨烯微柱阵列薄膜成膜均匀,微柱的侧面也能完全被石墨烯片吸附,这是因为PDMS表面经等离子体氧刻蚀改性,增强了PDMS表面的亲水性,增大接触角,有利于水分的铺展,然后将PDMS浸泡在PDDA溶液中,使得PDMS表面修饰上带正电的铵基,滴涂石墨烯后来吸引带负电的石墨烯,从而使得石墨烯成膜均匀,且石墨烯又经范德华力牢牢吸附在PDMS表面,从而石墨烯薄膜不易从PDMS上剥离脱落。图3为方法3获得的柔性薄膜的拉曼光谱图。其中,PDMS的拉曼特征峰为 1259cm^{-1} 和 1410cm^{-1} ,滴涂石墨烯溶液后测得的拉曼特征峰为 1340cm^{-1} 和 1580cm^{-1} ,属于石墨烯的拉曼特征峰。图1为方法3获得的柔性薄膜的SEM图。其中,左侧两图均为PDMS微圆柱模板的SEM,可以看出PDMS微柱表面光滑,且无任何杂质;右侧两图为滴涂石墨烯之后的SEM,可以看出石墨烯是折皱的片层结构,并均匀附着在具有微柱阵列的PDMS表面。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施例旨在研究不同等离子体氧刻蚀时间对于薄膜性能的影响。

[0054] (1) 用硫酸和双氧水按体积比3:1在 90°C 水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板($1.5\text{cm}\times 1\text{cm}$) 1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0055] (2) 将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于 $100^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥1h。

[0056] (3) 按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于 80°C 鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径 $16\mu\text{m}$,高度 $20\mu\text{m}$,间距 $30\mu\text{m}$ 。

[0057] (4) 将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理3-21min,如表1所示;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中30min。

[0058] (5) 滴涂 $0.3\text{mg}/\text{ml}$ 的石墨烯溶液 $333\mu\text{l}$,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面, 40°C 环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0059] 不同等离子体氧刻蚀时间下得到的产物如表1所示。

[0060] 表1:不同等离子体氧刻蚀时间

刻蚀时间	3min	5min	8min	10min	12min	15min	18min	21min
[0061] 成膜性	差 团聚;裂 纹	差 团聚;裂 纹	较差 团聚;裂 纹	好 较均匀	好 均匀铺 展	好 均匀铺 展	较差 微柱塌 陷	差 微柱塌 陷

[0062] 从表1可以看出,用等离子体氧刻蚀具有微柱阵列的PDMS表面时,当刻蚀时间少于10min时,PDMS表面亲水性差,后期滴涂石墨烯溶液时无法均匀铺展,干燥后石墨烯会发生团聚并产生裂纹;当刻蚀时间高于18min时,PDMS表面的微柱阵列由于长时间刻蚀会发生坍塌,从而不利于微柱薄膜的形成,易产生裂纹,影响石墨烯薄膜的性能;只有当刻蚀时间为10-15min时,PDMS表面不但具有亲水性,而且石墨烯能均匀铺展在具有微柱的PDMS表面及侧面,得到导电性能和压阻性能均较好的石墨烯薄膜。

[0063] 实施例3

[0064] 本实施例旨在研究不同石墨烯滴涂量对于薄膜性能的影响。

[0065] (1)用硫酸和双氧水按体积比3:1在90℃水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0066] (2)将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100℃~120℃的烘箱中干燥1h。

[0067] (3)按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80℃鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径16μm,高度20μm,间距30μm。

[0068] (4)将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理15min;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中60min。

[0069] (5)滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液,如表2所示,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40℃环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0070] 不同滴涂量下得到的产物如表2所示。

[0071] 表2:不同石墨烯滴涂量

滴涂量	100 μl	150 μl	300 μl	333 μl	500 μl	667 μl	700 μl
[0072] 成膜性	差 未全部 覆盖	差 未全部 覆盖	较差 基本覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 全部覆 盖,均匀	好 均匀, 膜厚

[0073] 从表2可以看出,当0.3mg/ml石墨烯的滴涂量小于333μl时,由于石墨烯的量少,无

法完全覆盖PDMS表面,表面裂纹多,导电性差;当石墨烯的滴涂量高于333 μ l时,石墨烯片能在微柱PDMS表面均匀成膜,但随着石墨烯量的增加,石墨烯片自身的折皱将会铺平,石墨烯膜变厚,影响微柱本身的高度,从而减弱石墨烯的压阻性能。

[0074] 进一步地,滴涂量为333 μ l,500 μ l,667 μ l获得的微柱阵列在不同压力下的压阻行为如图4所示,可以看出滴涂的量为200-467 μ l/cm²条件下,灵敏度较好。且石墨烯滴涂量为500 μ l具有较高的灵敏度。

[0075] 实施例4

[0076] 本实施例旨在研究不同微柱阵列间距对于薄膜性能的影响。

[0077] (1)用硫酸和双氧水按体积比3:1在90 $^{\circ}$ C水浴条件下处理具有微圆柱阵列的硅模板(1.5cm*1cm)1h,之后用去离子水清洗并干燥。

[0078] (2)将清洗干净的硅模板置于93wt%正庚烷、2wt%十八烷基三甲氧基硅烷和5wt%乙酸乙酯混合溶液中浸泡1h,并用封口膜密封隔绝空气中的水分,防止十八烷基三甲氧基硅烷长链水解成二氧化硅,堵塞微圆柱模板,之后用正庚烷对硅模板进行涮洗,去除水解在微圆柱阵列中的微量二氧化硅,最后将硅模板置于100 $^{\circ}$ C~120 $^{\circ}$ C的烘箱中干燥1h。

[0079] (3)按照质量比为10:1的量称取二甲基硅氧烷与交联剂置于烧杯中,搅拌20min,真空除气泡,将其倒置于具有微阵列的模板上,再次在真空条件下除气泡,并让液态PDMS快速注入到微圆柱阵列中,随后置于80 $^{\circ}$ C鼓风干燥箱中90min固化PDMS,之后将PDMS从硅模板上剥离。微圆柱尺寸:直径16 μ m,高度20 μ m。

[0080] (4)将具有微阵列的PDMS置于等离子体刻蚀仪中,先调节屏极125,调节阳极70,调节加速160,然后调节阴极到束流表恰有示数,再经屏极调到250,调节阴极到13.5,使得束流示数约为26,待其稳定后移开挡板,用等离子体氧处理15min;随后将PDMS浸泡于质量浓度为5wt%的PDDA溶液(聚二烯二甲基氯化铵溶液)中60min。

[0081] (5)滴涂0.3mg/ml的石墨烯溶液500 μ l,使其均匀铺展在具有微圆柱阵列的PDMS表面,40 $^{\circ}$ C环境下干燥,最后得到柔性石墨烯微柱阵列薄膜。

[0082] 不同滴涂量下得到的产物如表3所示。

[0083] 表3:不同微圆柱间距

[0084]

圆柱间距	10 μ m	12.8 μ m	20 μ m	30 μ m	40 μ m
成膜性	石墨烯无法铺展	均匀铺展	均匀铺展	均匀铺展	均匀铺展
导电性	差	良	良	优	良

[0085] 从表3可以看出微柱阵列间距为10 μ m时,滴涂石墨烯溶液时无法铺展,导致石墨烯无法吸附到PDMS微柱阵列表面;间距为12.8 μ m,20 μ m,30 μ m或40 μ m的微柱阵列能使得石墨烯均匀铺展,但20 μ m和40 μ m间距薄膜的压阻灵敏度不及微柱间距为30 μ m的。间距为20 μ m,30 μ m,40 μ m的微柱阵列在检测不同压力下的压阻行为如图5所示,微柱间距为30 μ m的薄膜具有较高的灵敏度。

[0086] 实施例5

[0087] 本实施例旨在研究假摔时是否产生报警信号。

[0088] 将智能可穿戴摔倒报警监测系统戴在腰部,人体缓慢后仰,直至腰部与地面接触,此时腰部阵列式压力传感器中有超过8组数据的相对电阻信号变化超过20%,但是加速度

传感器部分z轴方向上的加速度未超过1.8g,因此该智能系统未发生报警。

[0089] 实施例6

[0090] 本实施例旨在研究假摔时是否产生报警信号。

[0091] 将智能可穿戴摔倒报警监测系统戴在腰部,做快速深蹲,此时加速度传感器部分z轴方向上的加速度超过1.8g,但是腰部阵列式压力传感器的数值变化均未超过20%,因此该智能系统未发生报警信号。

[0092] 上述实例用来解释说明本发明,然而并非限定本发明。在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

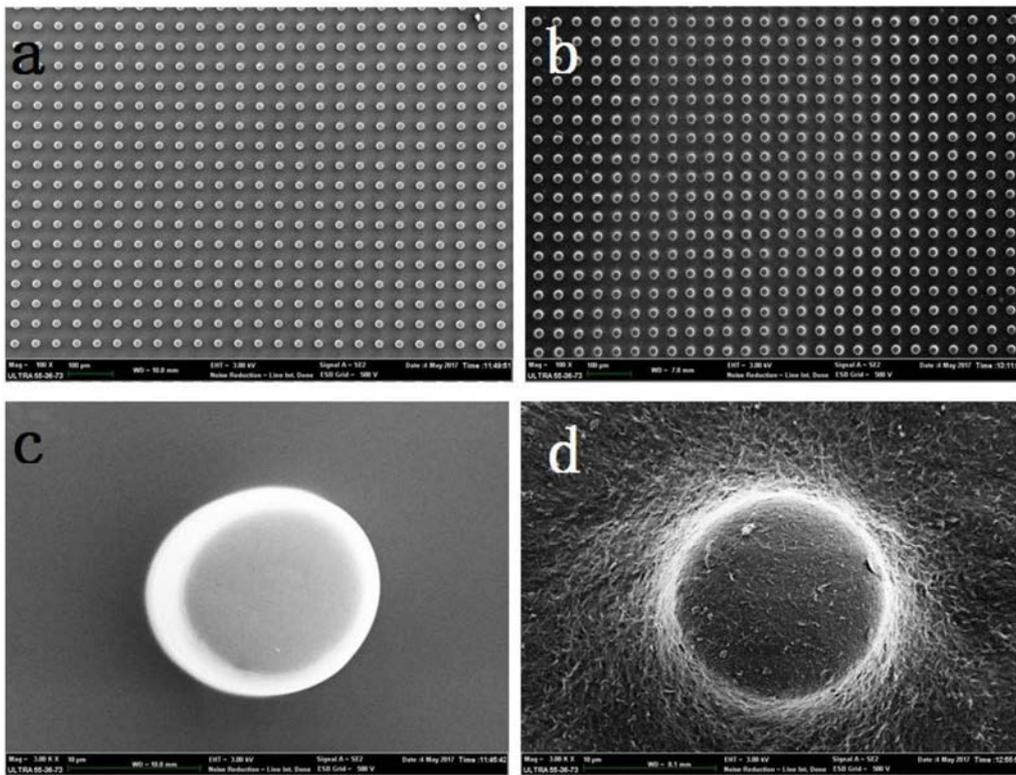


图1

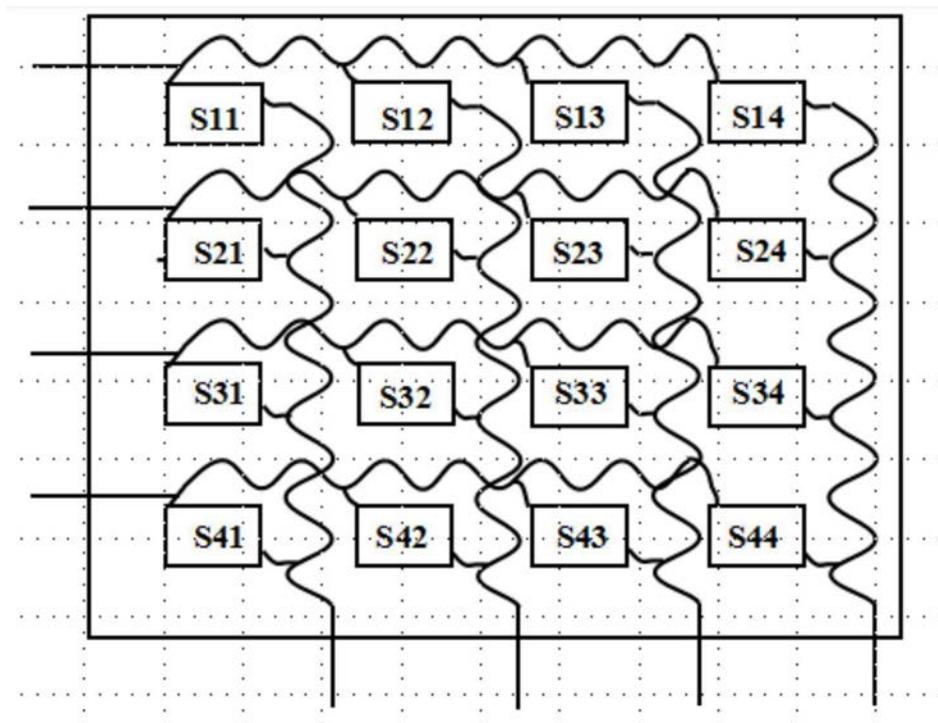


图2

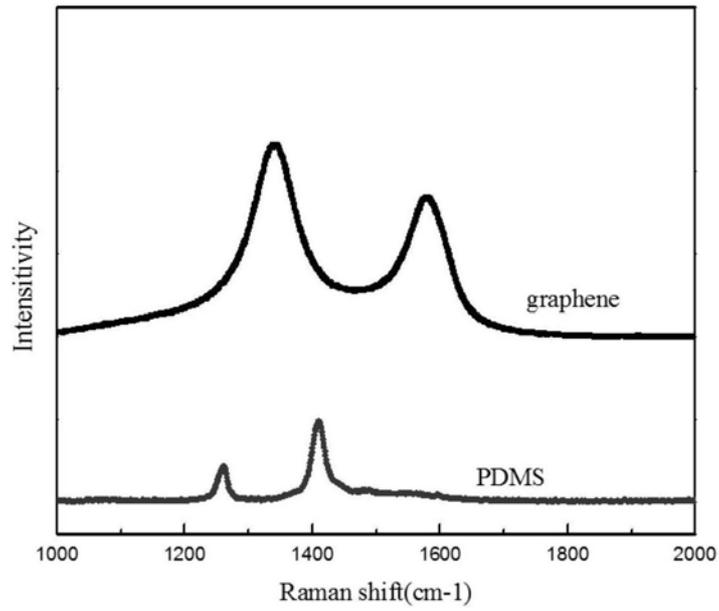


图3

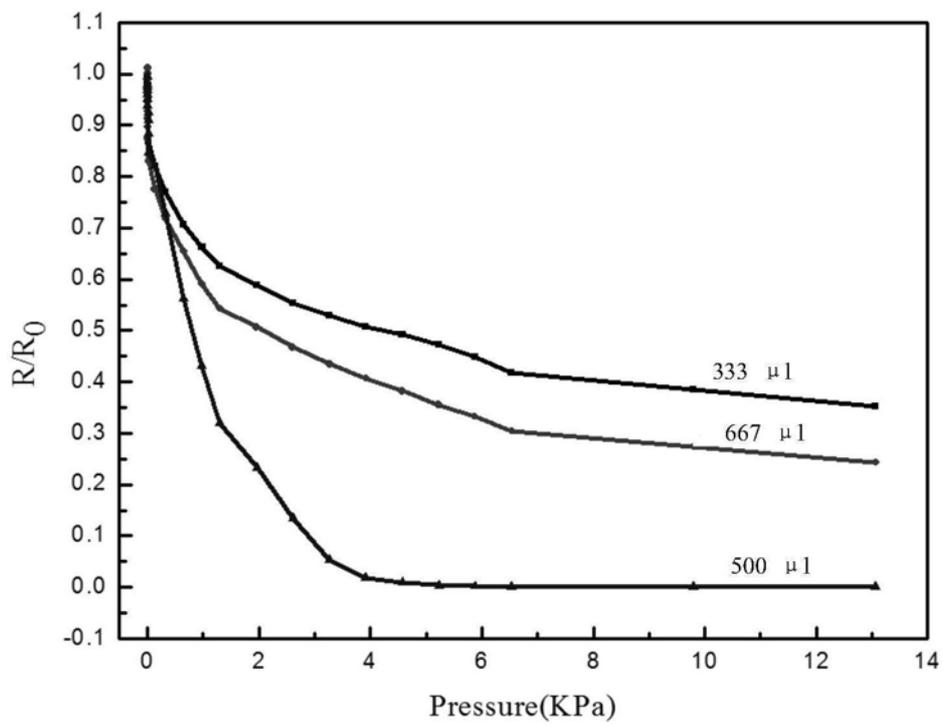


图4

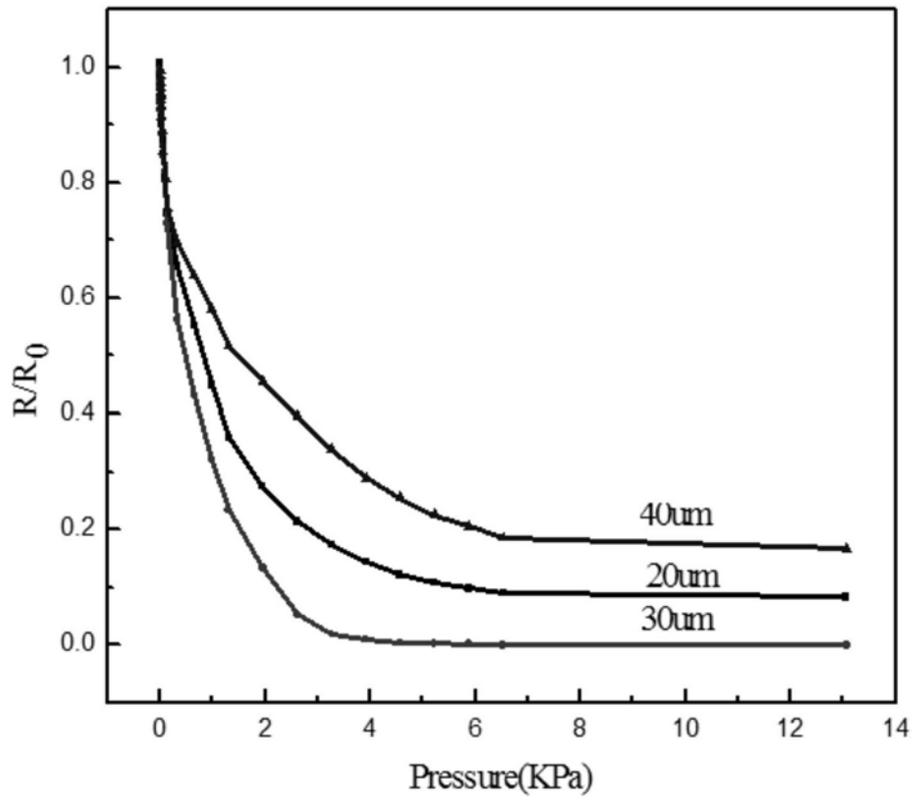


图5