



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116222864 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 06

(21) 申请号 202310215770.7

(22) 申请日 2023.03.08

(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 程琳 吕子寒 钱程楠
吴化平 王文航 王鑫银

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所
(普通合伙) 33296

专利代理师 韩立霞

(51) Int. Cl.

G01L 5/165 (2020.01)

G01L 1/14 (2006.01)

G01L 5/22 (2006.01)

G01B 7/34 (2006.01)

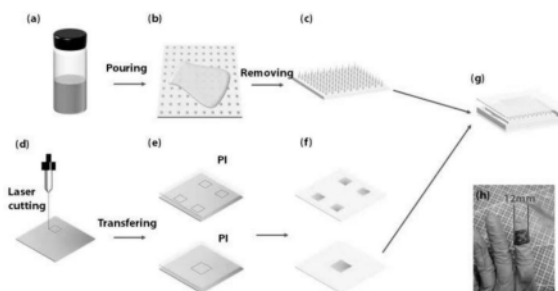
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器及其制备方法。该传感器包括两个由聚酰亚胺薄膜转印有图案化设计的铜胶带的电极层以及基于溴化1-丁基-3-甲基咪唑[BMMI/Br]⁺离子盐、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP(聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物)的复合材料的介质层,电极层由Ecoflex连接。本发明的电容式三维力传感器利用介质层的微结构和双电层电容效应提升传感器的法向灵敏度,表现出良好的迟滞性和稳定性,同时该传感器可以实现柔性电容式三维力传感器在物体的粗糙度检测、机械手抓取和识别物体、机械手对三维力的检测等方面的应用。



1. 一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器,其特征在于:所述柔性电容式三维力传感器包含两个电极层,复合材料介质层,所述电极层由Ecoflex连接,所述柔性电容式三维力传感器由Ecoflex封装。

2. 根据权利要求1所述的一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器,其特征在于:所述的电极层为两个由聚酰亚胺薄膜转印有图案化设计的铜胶带的电极层,所述介质层为具有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层,所述介质层位于两个电极层之间。

3. 一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器,其特征在于:所述的电极层图案设计相向贴合。

4. 一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

①称量0.5-1.0g的PVDF-HFP溶解于5-15ml的N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中,在50-80℃的水浴环境中加热搅拌2-6小时,加入0.1-0.5g的1-丁基-3-甲基咪唑离子盐[BMMI/Br],待离子盐完全溶解之后滴加0.01g的己二胺(HMDA),继续加热搅拌6-12小时。随后将溶液倒入含有棱锥凹模的模具中,并放入50-80℃的烘箱内烘干。制备具有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层;

②所述图案化设计电极层由紫外激光切割导电铜箔胶带,再将所述导电铜箔电极通过聚酰亚胺薄膜转印;

③将制备得到的有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层置于两个所述图案化设计电极层之间,使用Ecoflex连接顶部电极和底部电极,使用Ecoflex封装传感器,得到以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器。

5. 根据权利要求4所述的一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器的制备方法,其特征在于:所述聚酰亚胺薄膜厚度为0.05mm。

6. 根据权利要求4所述的一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器的制备方法,其特征在于:所述步骤①中的[BMMI/Br]离子盐的质量分数为28-32%,交联剂己二胺(HMDA)的质量分数为0.5-1.5%。

7. 根据权利要求4所述的一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器的制备方法,其特征在于:所述步骤②图案化设计电极,其上电极由一个6×6mm的正方形电极组成,底部电极由4个4×4mm的正方形电极组成,每两个正方形电极的中心距离为6mm。

8. 根据权利要求1所述的一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器,其特征在于:传感器用于粗糙度检测、机械手抓取和识别物体、机械手对三维力的检测。

一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于柔性传感领域,具体涉及到一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器及其制备方法。

背景技术

[0002] 在过去的十年中,人们发现了一种全新的压力和触觉传感方式,并将其称为界面超电容传感或离子电子传感。这种传感方式利用电解质-电子测量界面的双电层电容效应(EDL)来提升传感器的灵敏度与高抗噪声性能。双电层电容是建立在德国物理学家亥姆霍兹提出的界面双电层理论基础上的一种全新的电容器,其基本原理是当向电极充电时,处于理想极化状态的电极表面的电荷将吸引周围电解质溶液中的异性离子,使这些离子附于电极表面上形成双电荷层,构成双电层电容由于两电荷层的距离非常小,再加之采用特殊电极结构,因此电极表面积急剧增加,从而产生极大的电容量。

[0003] 常见的离子电子传感材料有1-乙基-3-甲基咪唑(EMMI)、1-丁基-3-甲基咪唑(BMMI)等。最早的离子电容传感器是在2011年提出的,研发出的电容传感器展现出超高单位面积电容,在sub-MHz频率中约为几个 $\mu\text{F cm}^{-2}$,是传统平行板电容传感器的1000倍以上,但只通过离子液体提升传感器的灵敏度还不能满足人们使用的需求。近十年来随着科学家不断的科技探索和实验研究,人们发现设计具有微结构的介电层并配合离子电子传感技术在提高电容式传感器的灵敏度方面有着巨大的潜力。

[0004] 目前,离子电子传感技术已被应用于环境交互、健康监测和运动识别等场所,具有巨大的发展潜力和应用价值,有望在未来应用于人机交互和医学/医疗等领域。但是,目前大部分基于离子电子技术的传感器是应变传感器,只能检测一维力。而在实际的应用中,大部分施加在传感器上的力是来自空间中的三维力,因此单纯使用应变传感器不能全面的反馈施加在传感器上的空间力的信息。

发明内容

[0005] 为了克服上述现有技术中的缺陷,本发明提供了一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器及其制备方法,通过制备一种基于溴化1-丁基-3-甲基咪唑[BMMI/Br]离子盐、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP(聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物)的复合材料,并以此复合材料为介质层构筑柔性电容式三维力传感器,调控介质层的微结构,使传感器具有更高的灵敏度和力学性能,有图案化设计的电极层,提升极板利用率的同时提供三维应变传感能力。

[0006] 为实现上述技术目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器的制备方法,包括如下步骤:

[0008] (1) 称量0.5-1.0g的PVDF-HFP溶解于5-15ml的N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中,在50-

80℃的水浴环境中加热搅拌2-6小时,加入0.1-0.5g的1-丁基-3-甲基咪唑离子盐[BMMI/Br],待离子盐完全溶解之后滴加0.01g的己二胺(HMDA),继续加热搅拌6-12小时。随后将溶液倒入含有棱锥凹模的模具中,并放入50-80℃的烘箱内烘干。制备具有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层;

[0009] (2)所述图案化设计电极层由紫外激光切割导电铜箔胶带,再将所述导电铜箔电极通过聚酰亚胺薄膜转印;

[0010] (3)将制备得到的有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层置于两个所述图案化设计电极层之间,使用Ecoflex连接顶部电极和底部电极,使用Ecoflex封装柔性电容式三维力传感器,得到以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器。

[0011] 进一步的,所述的两个有图案化设计的电极层相向贴合,提升极板的利用率,提供三维应变传感能力。

[0012] 进一步的,所述聚酰亚胺薄膜厚度为0.05mm。

[0013] 进一步的,所述步骤(1)中的[BMMI/Br]离子盐的质量分数为28-32%,交联剂己二胺(HMDA)的质量分数为0.5-1.5%。

[0014] 进一步的,所述步骤(2)图案化设计电极,其上电极由一个6×6mm的正方形电极组成,底部电极由4个4×4mm的正方形电极组成,每两个正方形电极的中心距离为6mm。

[0015] 进一步的,介质层中微结构和离子液体的双电层效应,可以很大程度地提升传感器对正向力的检测灵敏度。

[0016] 进一步的,上述所制的传感器可用于粗糙度检测、机械手抓取和识别物体、机械手对三维力的检测。

[0017] 有益效果

[0018] 1、电极层由聚酰亚胺薄膜转印激光切割的导电铜箔制成,采用了简化流程的转印技术,提高了制作效率。

[0019] 2、上下电极层的图案化设计提高极板利用率,同时提供三维应变传感能力。

[0020] 3、介质层基于一种溴化1-丁基-3-甲基咪唑[BMMI/Br]离子盐、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP(聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物)的复合材料制备,提高了传感器的传感性能和力学性能。

[0021] 4、通过模具浇铸具有微结构的介质层,提高传感器的力学性能和灵敏度。

[0022] 5、传感器以溴化1-丁基-3-甲基咪唑[BMMI/Br]离子盐、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP(聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物)的复合材料作为介质层,所述传感器工作方式离子传感,其基本原理是当向电极充电时,处于理想极化状态的电极表面的电荷将吸引周围电解质溶液中的异性离子,使这些离子附于电极表面上形成双电荷层,构成双电层电容。由于两电荷层的距离非常小,再加之采用特殊电极结构,因此电极表面积急剧增加,从而产生极大的电容量,使相对电容的变化增大。因此相对于以PVDF作为介质层制作的传感器,以溴化1-丁基-3-甲基咪唑[BMMI/Br]离子盐、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP(聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物)的复合材料作为介质层制作的传感器具有更高的灵敏度和力学性能。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,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,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0024] 图1为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器制备流程图。

[0025] 图2为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器和无微结构有离子盐的介质层制备的传感器和有微结构无离子盐的介质层制备的传感器施加法向力的传感器输出电容变化曲线。

[0026] 图3为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器施加切向力的传感器输出电容变化曲线。

[0027] 图4为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器加载和卸载两种情况下的电容相对变化曲线。

[0028] 图5为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器施加切向力在加载和卸载过程电容相对变化曲线。

[0029] 图6为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器施加2500次的正压力的电容相对变化曲线。

[0030] 图7为一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器施加200次的切向力的电容相对变化曲线。

具体实施方式

[0031] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0032] 下面是具体实施方式,对本发明作进一步说明,但本发明的保护范围并不限于所述内容。

[0033] 参照图1制备流程图,制得一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器,具体包括以下步骤:

[0034] (1) 称量0.7g的PVDF-HFP溶解于9ml的N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中,在60℃的水浴环境中加热搅拌4小时,加入0.3g的1-丁基-3-甲基咪唑离子盐[BMMI/Br],待离子盐完全溶解之后滴加0.01g的己二胺(HMDA),继续加热搅拌8小时。随后将溶液倒入含有棱锥凹模的模具中,并放入60℃的烘箱内烘干。制备具有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层;

[0035] (2) 所述图案化设计电极层由紫外激光切割导电铜箔胶带,再将所述导电铜箔电极通过聚酰亚胺薄膜转印;

[0036] (3) 将制备得到的有微结构的离子盐[BMMI/Br]、己二胺(HMDA)和PVDF-HFP的复合材料介质层置于两个所述图案化设计电极层之间,使用Ecoflex连接顶部电极和底部电极,使用Ecoflex封装传感器,得到以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器。

[0037] 进一步的,所述聚酰亚胺薄膜厚度为0.05mm。

[0038] 进一步的,所述步骤(1)中的[BMMI/Br]离子盐的质量分数为30%,交联剂己二胺(HMDA)的质量分数为1%。

[0039] 进一步的,所述步骤(2)图案化设计电极,其上电极由一个6×6mm的正方形电极组成,底部电极由4个4×4mm的正方形电极组成,每两个正方形电极的中心距离为6mm。

[0040] 通过以上方法,得到一种以复合材料为介质层构筑的柔性电容式三维力传感器。

[0041] 如图2所示,测试传感器对正向力检测的灵敏度,借助数字电桥记录输出的电容值,并和无微结构有离子盐的介质层和有微结构无离子盐的介质层制备的传感器进行对照,可以看出介质层中微结构和离子液体的存在可以很大程度地提升传感器对正向力的检测灵敏度。

[0042] 如图3所示,测试传感器对切向力检测的灵敏度,所述传感器的相对电容随施加切向力的增大而增大,体现出传感器同样可以对切向力进行检测。

[0043] 如图4所示,测试传感器在法向力作用下的迟滞性测试,所述传感器在加载和卸载两种情况下,传感器的电容相对变化曲线几乎重合,具有良好的正向迟滞性。

[0044] 如图5所示,测试传感器在切向力作用下的迟滞性测试,所述传感器在加载和卸载两种情况下,传感器的电容相对变化曲线几乎重合,具有良好的切向迟滞性。

[0045] 如图6所示,测试传感器正向重复性,所述传感器在施加2500次正压力循环后正向方向上的电容相对变化曲线非常稳定,证明传感器具有良好的正向重复性。

[0046] 如图7所示,测试传感器切向重复性,所述传感器在施加200次切向力循环后切向方向上的电容相对变化曲线非常稳定,证明传感器具有良好的切向重复性。

[0047] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明技术方案进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行同等替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神与范围。

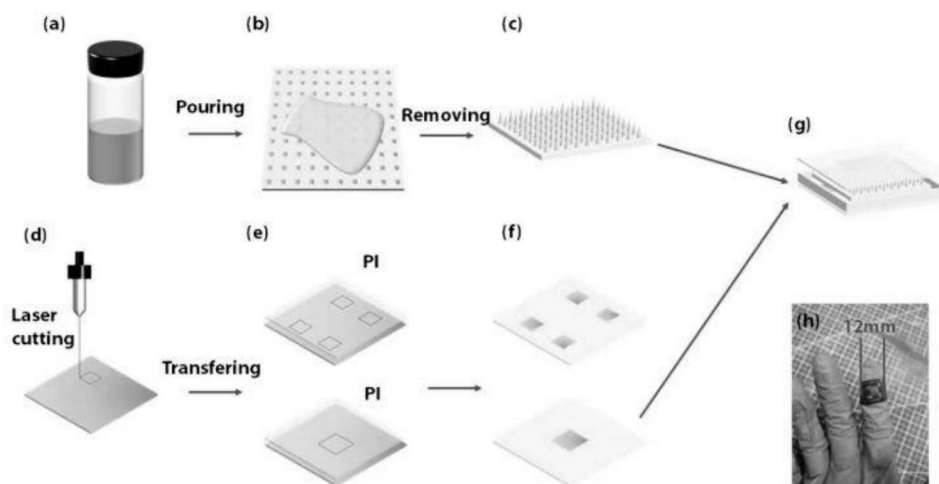


图1

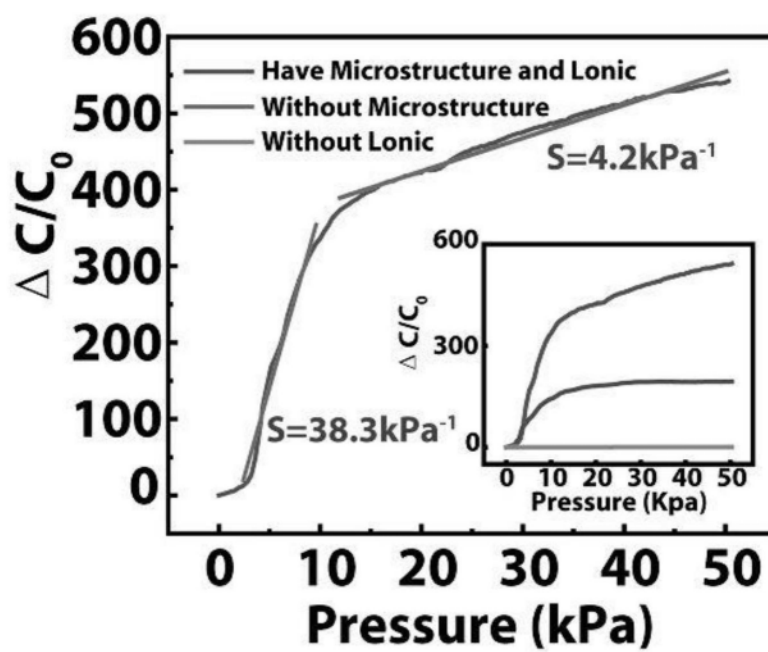


图2

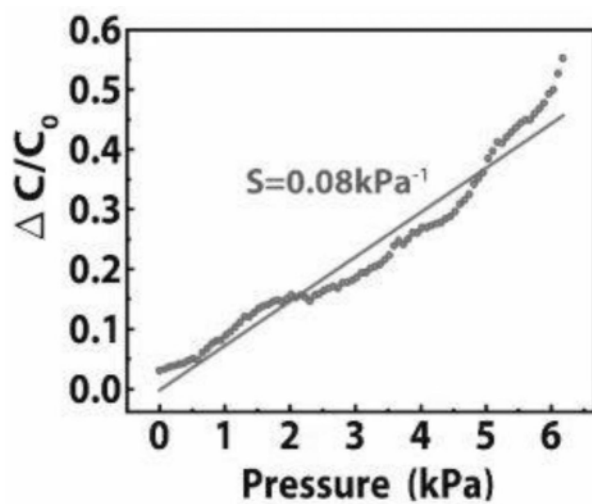


图3

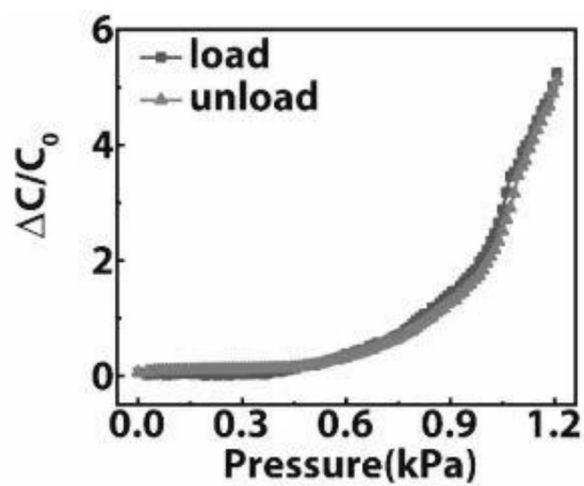


图4

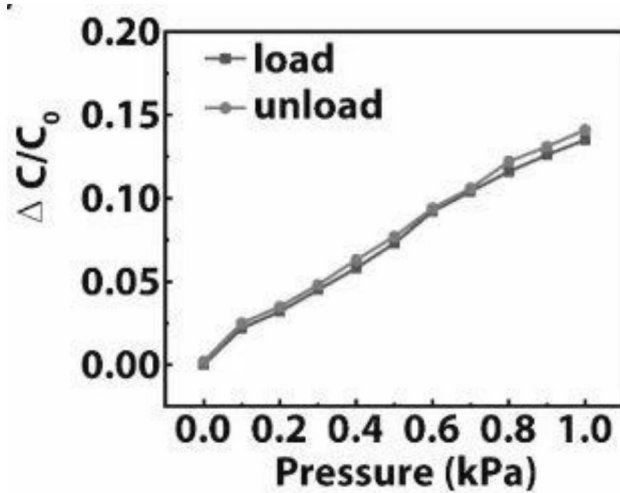


图5

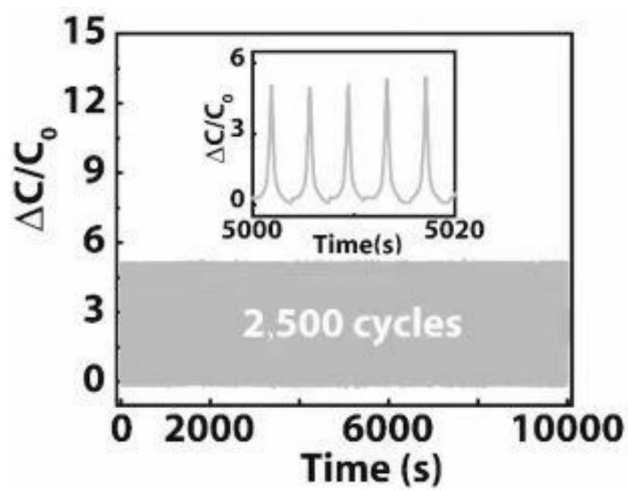


图6

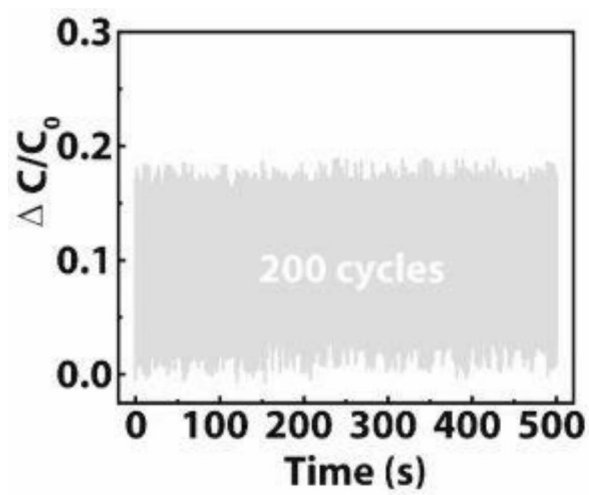


图7