



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110093702 B

(45) 授权公告日 2021.01.08

(21) 申请号 201810095684.6

D04B 1/10 (2006.01)

(22) 申请日 2018.01.31

D04B 21/14 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 房超

申请公布号 CN 110093702 A

(43) 申请公布日 2019.08.06

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡理工大学陈鲍雪莹楼10楼1009室

(72) 发明人 徐宾刚 龚剑亮

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 李昕巍 章侃铤

(51) Int. Cl.

D03D 1/00 (2006.01)

D03D 11/00 (2006.01)

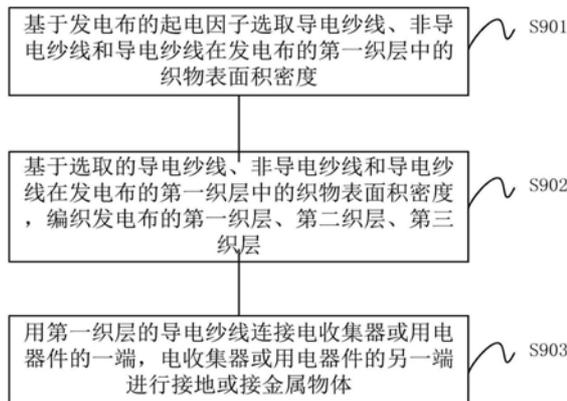
权利要求书1页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

发电布的制造方法

(57) 摘要

本公开提供了一种机械能发电布的制造方法,包括:基于发电布的起电因子选取导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,其中发电布包括含有导电纱线的第一织层、与第一织层平行并含有非导电纱线的第三织层、和夹在第一织层和第三织层之间、用含有非导电纱线勾连而成的第二织层;基于选取的导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,编织发电布的第一织层、第二织层、第三织层;用第一织层的导电纱线连接电收集器或用电器件的一端,电收集器或用电器件的另一端进行接地或接金属物体。本公开实施例能够制造出为人类提供可持续能源的能量收集器,且产能效率高。



1. 一种机械能发电布的制造方法,其特征在于,包括:

基于发电布的起电因子与非导电纱线材料与导电纱线材料的电负性比、导电纱线材料在发电布的第一织层中的织物表面积密度、以及第一织层中的纱线材料总表面积密度之间的关系,选取导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,其中发电布包括含有导电材料纱线的第一织层、与第一织层平行并含有非导电纱线的第三织层、和夹在第一织层和第三织层之间用非导电纱线勾连而成的第二织层,所述发电布的起电因子与所述电负性比、所述织物表面积密度、以及所述总表面积密度之间的关系为:所述发电布的起电因子是发电布第一织层中非导电纱线材料与导电纱线材料的电负性比与导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的纱线材料总表面积密度的分数的乘积,材料的电负性根据材料是极性还是非极性材料、除氢之外的组成元素的原子电负性及其原子摩尔数比例计算得到,导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度是指导电纱线材料在第一织层中单位长度排列的经纬纱根数或线圈个数与单位长度内单根导电纱导电表面积的乘积,第一织层中的纱线材料总织物表面积密度是指在第一织层中不同纱线材料的表面积密度之和;

基于选取的导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,编织发电布的第一织层、第二织层、第三织层;

用第一织层的导电纱线连接电收集器或用电器件的一端,电收集器或用电器件的另一端进行接地或接金属物体。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第一织层中的导电纱线材料与第二织层和第三织层中的非导电纱线材料分别构成摩擦起电材料对。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第二织层和第三织层含有的非导电纱线相同或不同。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第一织层中含有非导电材料的纱线包括独立勾连编织在第一织层和第三织层之间的非导电纱线。

5. 权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一织层面向挤压物体,挤压物体面向第一织层的面由非导电材料构成,挤压物体的所述非导电材料与第一织层中的导电纱线材料构成摩擦起电材料对。

6. 权利要求1所述的方法,其特征在于,电收集器或用电器件的另一端进行连接的金属物体移动或不移动。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:在所述第一织层外设置非导电材料垫层。

发电布的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及能源领域,具体涉及一种机械能发电布的制造方法。

背景技术

[0002] 能量收集和转换器,或简称为能量收集器,是可以将环境中广泛存在的可再生能源(如太阳能,热能和机械能)进行收集并转化为电能的器件。随着能源危机、不可再生资源的短缺以及各种气候环境问题的日益严重性,能量收集器的研发对于人类社会的可持续发展具有重要意义。现有的能量收集器包括可以将光能转化为电能的太阳能电板、将热能转化为电能的热电转化器等。但是,它们的发电功能依赖有限的、成本高且不可再生的功能材料,如具有光伏效应的光伏材料、具有热电转化效应的热电材料和具有压电转换效应的压电材料等。此外,这些材料并不是可以直接应用于能量收集器的,必须经过热退火或是极化处理等耗时耗力的前处理才能应用于能量收集器。另外,这些能量收集器通常是刚性不易弯曲、笨重且占体积的,因此存储收纳、运输及安装成本较高。而且,这些能量收集器所依赖的有限且特殊的功能材料仍然和不可再生的化石燃料一样面临消耗殆尽的问题,难以满足人类不断增长的能源需求,不能从根本上为人类提供可持续能源。

[0003] 简而言之,价格不菲的原材料、复杂的处理加工以及难以运输与安装等局限性都导致当前的能量收集器发电与化石燃料规模化发电比暂时不具备竞争优势,而且也不利于为人类提供可持续能源。

发明内容

[0004] 本公开的一个目的在于提供一种能量收集器的制造方法,能够制造出为人类提供可持续能源的能量收集器,且产能效率高。

[0005] 根据本公开实施例的一方面,提供了一种机械能发电布的制造方法,包括:

[0006] 基于发电布的起电因子选取导电材料纱线、非导电材料纱线和导电材料纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,其中发电布包括含有导电材料纱线的第一织层、与第一织层平行并含有非导电材料纱线的第三织层、和夹在第一织层和第三织层之间、用含有非导电材料的纱线勾连而成的第二织层,所述发电布起电因子是发电布第一织层中非导电纱线材料与导电纱线材料的电负性比与导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的纱线材料总织物表面积密度的分数的乘积,材料的电负性根据材料是极性还是非极性材料、除氢之外的组成元素的原子电负性及其原子摩尔数比例计算得到,导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度是指导电纱线材料在第一织层中单位长度排列的经纬纱根数或线圈个数与单位长度内单根导电纱的导电表面积乘积,第一织层中的纱线材料总织物表面积密度是指在第一织层中不同纱线材料的织物表面积密度之和;基于选取的导电材料纱线、非导电材料纱线和导电材料纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,编织发电布的第一织层、第二织层、第三织层;用第一织层的导电材料纱线连接电收集器或用电器件的一端,电收集器或用电器件的另一端进行接地或接金属物体。

[0007] 可选地,第一织层中的导电纱线材料与第二织层和第三织层中的非导电纱线材料分别构成摩擦起电材料对。

[0008] 可选地,第二织层和第三织层含有的非导电纱线相同或不同。

[0009] 可选地,第一织层中含有非导电材料的纱线包括独立勾连编织在第一织层和第三织层之间的非导电材料纱线。

[0010] 可选地,所述第一织层面向挤压物体,挤压物体面向第一织层的面由非导电材料构成,挤压物体的所述非导电材料与第一织层中的导电材料构成摩擦起电材料对。

[0011] 可选地,电收集器或用电器件的另一端进行连接的金属物体移动或不移动。

[0012] 可选地,该方法还包括:在所述第一织层外设置非导电材料垫层。

[0013] 本公开的实施例具有以下有益效果:

[0014] 根据本公开的实施例的制造方法制造出的机械能发电布包括含有导电材料纱线的第一织层、含有非导电材料纱线的第三织层、以及由在第一织层和第三织层之间勾连编织的纱线构成的第二织层,第一织层的导电材料纱线连接电收集器或用电器件的一端。这样,当非导电材料的外部物体挤压第一织层、然后远离、再挤压、再远离的过程中,由于接触起电效应和静电诱导效应,使得第一织层的金属材料与地之间不断发生电子的来回迁移,产生了电流。即,机械能转换成电能。本公开实施例利用的材料环保可再生。这样,达到了利用简单可再生的原材料来制造为人类提供可持续能源的能量收集器的效果。另外,本公开的发明人发现了基于发电布的起电因子选取导电材料纱线、非导电材料纱线和导电材料纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,能使发电布的发电效率提高。原因如下:

[0015] 发电布的发电机理是先基于第一织层中导电材料纱线与外部物体、第二织层和第三织层的非导电材料纱线的接触起电效应,从而在非导电材料纱线表面产生不可移动的摩擦电电荷;然后再通过静电诱导效应在导电材料纱线中产生可以移动的电子来产电的。接触起电效应越强,产生的摩擦电电荷越多,在导电材料纱线中能够诱导产生的可移动电子越多,产电性能越好。在不考虑与外界物体摩擦起电的效应强度情况下,发电布的产电性能取决于导电纱线材料与非导电纱线材料的接触起电效应强度和导电材料的静电诱导效应强度有关的。

[0016] 接触起电效应很复杂,其原因之一是两种不同材料在接触或摩擦时,表面之间发生电子的转移。其中一种材料会失去电子显正电性,而另一种材料会得到电子而显负电性。

[0017] 材料的电负性是指在化合物中吸引电子的能力,因此可以用来衡量和预测比较两种不同材料之间的接触起电强度和带电倾向。不同材料之间的电负性不同,电负性大的非导电材料与电负性小的导电材料相互接触或是摩擦时,导电材料容易失去电子而显正电性,而非导电材料容易得到电子而带负电性。非导电材料的电负性($x_{\text{非导}}$)越大,其吸引电子能力越强;而导电材料的电负性($x_{\text{导}}$)越小,其吸引电子能力越弱,即容易失去电子。当两者的比值($x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}$)越大时,非导电材料越容易从导电材料中得到电子,产生越强的接触起电效应。

[0018] 摩擦起电效应除了与材料电负性有关,导电材料与非导电材料之间的接触面积也会有影响。两者之间相互接触面积越大,能发生电子转移的面积越大,摩擦起电效应越强。本发电布第二织层(中间隔层)和第三织层的非导电纱线材料以及外界物的非导电面能够保证与第一织层的导电纱线材料产生充分的接触和摩擦。因此,接触面积主要取决于导电

纱线材料的含量,即导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的材料总织物表面积密度的分数。当导电纱线材料的织物表面积密度分数越大时,导电材料与外部物体和非导体材料能产生的有效接触面积越大。因此,该分数越大越好。因此,上述比值($x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}$)与该分数的乘积,即起电因子,很好地反映了发电效率。本公开的发明人首先提出起电因子这个概念,并用基于发电布的起电因子选取导电材料纱线、非导电材料纱线和导电材料纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,提高了发电效率。

[0019] 本公开的其他特性和优点将通过下面的详细描述变得显然,或部分地通过本公开的实践而习得。

[0020] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0021] 通过参照附图详细描述其示例实施例,本公开的上述和其它目标、特征及优点将变得更加显而易见。

[0022] 图1示出根据本公开一示例实施方式的发电布的立体结构图;

[0023] 图2示出根据本公开一示例实施方式的发电布的立体结构图;

[0024] 图3示出根据本公开一示例实施方式的发电布的层结构图;

[0025] 图4示出根据本公开一示例实施方式的发电布的层结构图;

[0026] 图5示出根据本公开一示例实施方式的发电布的层结构图;

[0027] 图6a-h示出根据本公开一示例实施方式的发电布的发电过程示意图;

[0028] 图7示出根据本公开一示例实施方式的发电布的制造方法的流程图。

具体实施方式

[0029] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的范例;相反,提供这些示例实施方式使得本公开的描述将更加全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。附图仅为本公开的示意性图解,并非一定是按比例绘制。图中相同的附图标记表示相同或类似的部分,因而将省略对它们的重复描述。

[0030] 此外,所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多示例实施方式中。在下面的描述中,提供许多具体细节从而给出对本公开的示例实施方式的充分理解。然而,本领域技术人员将意识到,可以实践本公开的技术方案而省略所述特定细节中的一个或更多,或者可以采用其它的方法、组元、步骤等。在其它情况下,不详细示出或描述公知结构、方法、实现或者操作以避免喧宾夺主而使得本公开的各方面变得模糊。

[0031] 附图中所示的一些方框图是功能实体,不一定必须与物理或逻辑上独立的实体相对应。可以采用软件形式来实现这些功能实体,或在一个或多个硬件模块或集成电路中实现这些功能实体,或在不同网络和/或处理器装置和/或微控制器装置中实现这些功能实体。

[0032] 在描述根据本公开实施例的发电布的制造方法之前,先描述根据本公开实施例的发电布。

[0033] 如图1-2所示,根据本公开的一个实施例,提供了一种发电布,包括:含有导电材料纱线11的第一织层1;含有非导电材料纱线21的第三织层2。第一织层1平行于第三织层2。第一织层1和第三织层2之间用非导电材料的纱线31,32勾连编织。所述包含非导电材料纱线31,32构成第二织层3。

[0034] 第一织层1的导电材料与第三织层2中的非导电纱线材料构成摩擦起电材料对。第一织层1的导电材料与第二织层3中的非导电纱线材料也构成摩擦起电材料对。

[0035] 如图3-7所示,第一织层1的导电材料纱线连接电收集器52或用电器件51的一端,电收集器或用电器件的另一端进行接地或接金属物体。所述金属物体可以是固定的也可以是移动的。

[0036] 发电布是用一种类似布的结构实现发电的装置。由于它类似布,可以用普通纺织布的机器对它进行生产。它可以体现为发电地毯、发电鞋垫、发电袜子、发电桌布等。织层是指在纺织时将纱线在一个平面上进行纺织而形成的层。对于纺织机来说,将纱线织成如第一织层1、第三织层2那样的网状平面,再用类似31,32的纱线将织层之间勾连编织,是常见的一种编织方式。因此,这样的发电布可以从一般的纺织机大规模生产。但是,一般的纺织机编织的都是纺织线,不采用导电材料纱线11或非导电材料纱线21编织织层。

[0037] 导电纱线是用导电材料制成的丝线,特别是金属导电材料制成的丝线,包括商品化金属线、金属镀膜线和各类导电纤维和纱线等。非导电纱线是指不具有导电性的纱线,包括商品化羊毛线、棉线、涤纶线、尼龙线、芳纶线、聚四氟乙烯线、高密度聚乙烯线、丙纶和各类天然、合成和改性纤维等。

[0038] 第二织层中和第三织层中包含非导电材料的纱线有两种不同的组合方式。如图1所示,所述非导电纱线31可以和非导电纱线21相同。如图2所示,所述非导电纱线32也可以和非导电纱线21不同。

[0039] 勾连编织是指从第一织层1的导电材料纱线之间的缝隙穿过,再从第三织层2的非导电材料纱线之间的缝隙穿过,再从第一织层1的导电材料纱线之间的缝隙穿过,依次类推的编织方式。摩擦起电材料对是指能够互相摩擦后能够起电的材料对。例如,橡胶和毛皮可以摩擦起电,丝绸和玻璃可以摩擦起电。电收集器是指能够收集电的装置,例如电容器、锂电池、蓄电池。用电器件是指能够消耗电能的装置,例如LED灯、电子手表、电子计算器、传感器等。在使用时,如图3-4所示,由外部的挤压物体4向第一织层1挤压,再松开。在一个实施例中,所述第一织层1面向挤压物体4。挤压物体4面向第一织层的面41由非导电材料构成。挤压物体4的所述非导电材料与第一织层1的导电纱线的导电材料构成摩擦起电材料对。

[0040] 挤压物体是指对第一织层进行挤压的物体。对于发电布做成的地毯,如果地毯的第一织层朝上,在地毯上行走的人的鞋底可以看成是挤压物体。对于发电布做成的鞋垫,如果鞋垫的第一织层朝上,在鞋垫上的袜子底可以看成是挤压物体。对于发电布做成的袜子,如果袜子底的第一织层朝上,则由于人脚是导体,不能作为挤压物体。可以考虑让袜子的底的第一织层朝下,这样鞋垫成为挤压物体。

[0041] 在一个实施例中,为了解决外部施压的物体是导体时无法发电的问题,也可以如图5所示,在所述第一织层外设有由非导电材料垫层102。垫层102的非导电材料与导电纱线的到点材料构成接触起电对。这样,即使导体挤压(如人脚挤压),导体的挤压转换成非导电材料垫层102挤压,从而解决外部施压的物体是导体时无法发电的问题。另外,在第一织层

外设置非导电材料层垫,也可以将发电布的第一织层朝下用于地毯发电时避免触地导致无法发电。

[0042] 由于第二织层是疏松的(如图1-2所示),本公开实施例第一织层、第二织层、第三织层的三层结构可以使发电布在受到外力挤压时第一织层和第三织层通过疏松的第二织层相互接触。而当外力撤销时,发电布又具有一定的回复性。这样,第一织层的导电材料可以和第二织层以及第三织层的非导电材料发生接触和分离运动,从而发电。

[0043] 根据本公开实施例的发电布可以将挤压物体(如走动的人和动物以及运动的机器、车辆等)作用在其上面的压力所产生的机械能转化为电能。产生的电通过电线或导电纤维连接在负载(用电器件)的一端,而负载(用电器件)的另一端进行接地,从而给负载(用电器件)供电。或者,产生的电通过电线或导电纤维引导电收集器存储。

[0044] 下面结合图6a-h,描述根据本公开一示例实施方式的发电布的发电过程。

[0045] 根据本公开一示例实施方式的发电布的发电机理是基于接触起电效应和静电诱导效应共同的作用。在图6a-h中,发电布的第二织层3用弹簧表示。挤压物体4作用在发电布时,挤压物体4与包含导电材料的第一织层1、第一织层1同第三织层3、第二织层2会发生接触和摩擦,从而发生电子、离子或是微小带电物质之间的转移。两种材料相互接触和摩擦,其中一种材料会因为得到的电子、负离子和(或是)微小的带负电物质较多而宏观上会带负电性,而另一种材料会因为失去这些带电子、负离子和(或是)带负电荷的物质而宏观上会带等量的正电性。当非导体材料的挤压物体下压,和具有导电材料的第一织层1、具有非导电材料的第二织层3、第三织层2充分接触时,产生的正负电荷会相互中和抵消。挤压物体的非导电材料在接触起电过程中容易产生并保留负电荷,其在远离第一织层1的导电材料的过程中对其产生的静电作用的影响力会不断减弱,第一织层1的导电材料多出来的正电荷需要不断地从地面获取电子产生抵消。这个电子的迁移过程中就会产生电流。当挤压物体4分离到足够的距离而且发电布的结构恢复时,挤压物体4的非导电材料接触表面会保留接触起电产生的负电摩擦电荷,而第一织层1的导电材料的正电荷会因为接地迁移过来电子而被完全中和抵消,宏观上显中性。当带负电荷的挤压物体4的非导电材料再次因为外界压力靠近第一织层1的导电材料时,导电材料会因为静电效应的增强不断诱导生成正电荷,多出来的电子会不断迁移至地面,从而产生和之前分离过程中相反的电流。发电布独特的三层间隔结构设计不仅可以使其导电的第一织层因挤压物体产生接触和摩擦发电,还可以使第一织层与含有非导电材料的第二织层和第三织层进行接触和摩擦,从而起到在单位面积内增加摩擦电荷密度和有效摩擦面积的作用,最终起到提高发电性能的作用。

[0046] 非导体材料的挤压物体4在与发电布的第一织层挤压之后带负电,并且发电布不导电的中下表面层也带负电。如图6a所示,当挤压物体4与发电布保持足够的距离,发电布也恢复正常的疏松结构时,挤压物体4接触表面会保留接触起电产生的负电摩擦电荷,而第一织层1的导电材料的正电荷会因为接地迁移过来电子而被完全中和抵消,宏观上显中性。

[0047] 如图6b所示,当带负电的挤压物体4逐渐靠近发电布时,第一织层1的导电材料会因为静电效应的增强不断诱导生成正电荷,多出来的电子会不断向地面转移。这样的电子迁移过程就会产生电流。

[0048] 如图6c所示,带负电的挤压物体运动到与发电布的第一织层1充分接触。

[0049] 如图6d所示,挤压物体4会与第一织层1一起向含有非导体材料的第二织层3、第三

织层2接触。带负电的第二织层3、第三织层2同样会因为距离的减短而不断迫使第一织层1的导电材料中的电子向地面转移,继续不断产生电流。

[0050] 如图6e所示,当挤压物体4、导电材料的第一织层1和非导电材料的第三织层2充分接触时,接触起电产生的负电荷会与诱导生成的正电荷完全抵消。在这个接触过程中也许会有等量的新摩擦电荷产生。当每次接触过程中产生的新摩擦电荷和在空气中损耗的电荷相互抵消时,发电布的发电性能就会保持一个稳定值。

[0051] 如图6f所示,当挤压物体4离开发电布时,第一织层1会与第二织层3和第三织层2分离。导电材料的第一织层1在远离的带负电的第二织层3和第三织层2的静电作用的影响下会不断减弱。第一织层1的导电材料多出来的正电荷需要不断地从地面获取电子产生抵消,从而产生一个方向相反的电流。

[0052] 如图6g所示,带负电的挤压物体在远离发电布过程中,发电布结构会先恢复。

[0053] 如图6h所示,带负电的挤压物体会继续远离发电布的第一织层。在远离的过程中,其对第一织层1的静电作用力同样会不断减小。第一织层1的从地面来的电子会继续不断中和第一织层1的正电荷,从而不断产生电流。当挤压物体4分离到一定的距离时,发电布的第一织层1将会被地面迁移而来的电子完全中和,从而恢复中性,重新回复到图6a状态。

[0054] 当挤压物体4循环往复的挤压发电布时候,发电布就会不断产生电能。

[0055] 下面结合图7描述根据本公开一个实施例的发电布的制造方法。所述方法包括步骤S901-S903。下面分别对这些步骤进行描述。

[0056] 在步骤901中,基于发电布的起电因子选取导电材料纱线、非导电材料纱线和导电材料纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度。

[0057] 如上所述,发电布包括含有导电材料纱线的第一织层、与第一织层平行并含有非导电材料纱线的第三织层、和夹在第一织层和第三织层之间、用含有非导电材料的纱线勾连而成的第二织层。

[0058] 所述发电布起电因子是发电布第一织层中非导电纱线材料与导电纱线材料的电负性比与导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的纱线材料总表面积密度的分数的乘积。材料的电负性根据材料是极性材料还是非极性材料、除氢之外的组成元素的原子电负性及其原子摩尔数比例计算得到。元素原子的电负性是指其在化合物中吸引电子的能力。以下原子电负性计算采用鲍林电负性标度进行。

[0059] 假如材料的化学结构式为 $A_xB_yC_z$,其中A、B和C为材料中除氢之外的组成元素,x、y和z分别为在材料的化学结构最简式中A、B和C的原子个数,A、B和C在化学结构最简式中原子个数占比分别为 $x/(x+y+z)$ 、 $y/(x+y+z)$ 、 $z/(x+y+z)$ 。 x_A 、 x_B 、 x_C 是A、B和C三种元素原子的电负性, x_M 是材料M的电负性,

[0060] 对于导电金属材料(M)和非导电极性材料(P)的电负性,其计算公式如下:

$$[0061] \quad \chi_M \text{ 或 } \chi_P = \frac{x}{x+y+z} \chi_A + \frac{y}{x+y+z} \chi_B + \frac{z}{x+y+z} \chi_C$$

[0062] 例1:假如材料为单质银,其化学结构式为Ag。Ag原子电负性为1.93,则

$$[0063] \quad x_{\text{铜}} = 1 * 1.93 = 1.93$$

[0064] 即铜材料的电负性为1.93.

[0065] 例2:假如材料为铜镍合金,且组成摩尔比相同($\text{Cu}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}$)。Cu原子电负性为1.90,

Ni原子电负性为1.92,则

$$[0066] \quad \chi_{\text{铜合金}} = 0.5 \times 1.90 + 0.5 \times 1.92 = 1.915$$

[0067] 例3:假如材料为聚氯乙烯(PVC),其化学结构式为 CH_2CHCl 。不计算原子H的电负性,只考虑C原子电负性2.55和Cl原子的电负性3.16,则

$$[0068] \quad \chi_{\text{PVC}} = \frac{2}{2+1} \times 2.55 + \frac{1}{2+1} \times 3.16 = 2.75$$

[0069] 即聚氯乙烯材料的电负性为2.75.

[0070] 例4:假如材料丙烯腈聚(PAN),其化学最简式为 CH_2CHCN 。不计算原子H的电负性,只考虑C原子电负性2.55,N原子的电负性3.04,则

$$[0071] \quad \chi_{\text{PAN}} = \frac{3}{3+1} \times 2.55 + \frac{1}{3+1} \times 3.040 = 2.673$$

[0072] 即聚丙烯腈材料的电负性为2.736。

[0073] 非极性材料的表面电阻率一般要高于极性材料的表面电阻率,能够更好的保留接触起电过程中产生的摩擦电荷。因此非极性材料(N)的电负性计算需要在极性材料电负性的基础上有个加权因子,用 α 表示。指定非极性全氟材料聚四氟乙烯的电负度与氟原子相同,都为3.98,加权因子 α 为氟原子电负性与根据极性材料电负性公式计算PTFE的电负性质的差值0.48。不导电的非极性材料的电负性计算公式如下:

$$[0074] \quad \chi_N = 0.48 + \frac{x}{x+y+z} \chi_A + \frac{y}{x+y+z} \chi_B + \frac{z}{x+y+z} \chi_C$$

[0075] 例5:假如非极性材料为聚乙烯(PE),其化学为 CH_2CH_2 。不计算原子H的电负性,只考虑C原子电负性2.55和材料的非极性,则

$$[0076] \quad \chi_{\text{PE}} = 0.48 + 1 \times 2.55 = 3.03$$

[0077] 即非极性聚乙烯材料的电负性为3.03.

[0078] 例6:假如非极性材料为聚二甲基硅氧烷(PDMS),其化学结构式为 $\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}$ 。不计算原子H的电负性,只考虑C原子电负性2.55,Si原子电负性1.98,O原子电负性3.44和材料的非极性,则

$$[0079] \quad \chi_N = 0.48 + \frac{1}{1+2+1} \times 1.98 + \frac{2}{1+2+1} \times 2.55 + \frac{1}{1+2+1} \times 3.44 = 3.11$$

[0080] 即非极性聚二甲基硅氧烷的电负性为3.11.

[0081] 织物密度是织层中单位长度排列的经纬纱根数或线圈个数。本发明所属织物表面积密度在织物密度的基础上考虑进纱线表面积。导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度是指导电纱线材料在第一织层中单位长度排列的经纬纱根数或线圈个数与单位长度内单根导电纱线导电表面积的乘积,第一织层中的纱线材料总织物表面积密度是指在第一织层中不同纱线材料的表面积密度之和。导电纱线材料织物表面积密度分数(R_s)是指导电纱线在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的纱线材料总表面积密度的分数。

[0082] 假设发电布第一织层中由导电材料纱线和非导电材料纱线组成。假如,所选材料导电纱线在织物中的导电材料织物密度为 $N_{\text{导}}$,直径为 $D_{\text{导}}$,纱线单位长度或是单个线圈为 L ,则导电材料纱线的导电表面积密度为 $\rho_s(\text{导}) = N_{\text{导}} \cdot \pi D_{\text{导}} L$ 。

[0083] 在第一织层中的非导电材料织物密度为 $N_{\text{非导}}$,所选非导电材料纱线的直径为 $D_{\text{非导}}$,纱线单位长度或是单个线圈长度亦为 L ,则导电材料纱线的织物表面积密度为 $\rho_s(\text{非导}) = N_{\text{非导}} \cdot \pi D_{\text{非导}} L$ 。

[0084] 则导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的材料总织物表面积密度的分数(R_s)为:

$$R_s = \frac{\rho_s(\text{导})}{\rho_s(\text{导}) + \rho_s(\text{非导})}$$

$$= \frac{N_{\text{导}} \cdot \pi D_{\text{导}} L}{N_{\text{导}} \cdot \pi D_{\text{导}} L + N_{\text{非导}} \cdot \pi D_{\text{非导}} L}$$

[0085]

$$= \frac{N_{\text{导}} \cdot D_{\text{导}}}{N_{\text{导}} \cdot D_{\text{导}} + N_{\text{非导}} \cdot D_{\text{非导}}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{N_{\text{非导}} \cdot D_{\text{非导}}}{N_{\text{导}} \cdot D_{\text{导}}}}$$

[0086] 例7,架设发电布第一织层的纬向10cm共排列120个线圈,其中60个是导电纱线材料的线圈,60个是非导电线圈,假设两种线圈的直径相同,都为0.25mm,则导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的材料总织物表面积密度的分数(R_s)为

$$[0087] \quad R_s = \frac{1}{1 + \frac{N_{\text{非导}} \cdot D_{\text{非导}}}{N_{\text{导}} \cdot D_{\text{导}}}} = \frac{1}{1 + \frac{60 \cdot 0.25}{60 \cdot 0.25}} = 0.5$$

[0088] 所述起电因子,用 η_e 表示,是发电布第一织层中非导电纱线材料与导电纱线材料的电负性比与导电纱线材料在第一织层中的织物表面积密度占第一织层中的总材料织物密度的分数的乘积,则起电因子计算如下:

$$[0089] \quad \eta_e = \frac{\chi_{\text{非导}}}{\chi_{\text{导}}} \cdot R_s = \frac{\chi_{\text{非导}} / \chi_{\text{导}}}{1 + \frac{N_{\text{非导}} \cdot D_{\text{非导}}}{N_{\text{导}} \cdot D_{\text{导}}}}$$

[0090] 其中 $\chi_{\text{非导}}$ 和 $\chi_{\text{导}}$ 分别是指非导电纱线材料和导电纱线材料的电负性, $D_{\text{非导}}$ 和 $D_{\text{导}}$ 分别是指非导电织丝和导电织丝的直径,而 $N_{\text{非导}}$ 和 $N_{\text{导}}$ 分别是指非导电纱线材料和导电纱线材料在第一织层中的织物密度。

[0091] 例8,假设例7中的导电纱线的镀膜导电材料为银($\chi_{\text{Ag}} = 1.93$),非导电纱线为腈纶($\chi_{\text{PAN}} = 2.673$),则发电布的 η_e 起电因子计算如下:

$$[0092] \quad \eta_e = \frac{\chi_{\text{PAN}}}{\chi_{\text{Ag}}} \cdot R_s = \frac{2.673}{1.93} \cdot 0.5 = 0.692$$

[0093] 一般起电因子越大,预测制造得到的发电布发电性能越好。

[0094] 原因如下:

[0095] 发电布的发电机理是先基于第一织层中导电纱线导电材料与外界物体、第二织层和第三织层的非导电纱线材料的接触起电效应在非导电材料纱线表面产生不可移动的摩擦电电荷,再通过静电诱导效应在导电纱线中产生可以移动的电子来产电的。接触起电效应越强,产生的摩擦电电荷越多,在导电材料中能够诱导产生的可移动电子越多,产电性能越好。在不考虑与外界物体摩擦起电效应产生的摩擦电荷的情况下,发电布的产电性能与导电纱线材料与非导电纱线材料的接触起电效应强度和导电材料的静电诱导效应强度有关的。

[0096] 接触起电效应很复杂,其原因之一是两种不同材料在接触或摩擦时,表面之间发生电子的转移。其中一种材料会失去电子显正电性,而另一种材料会得到电子而显负电性。

[0097] 材料的电负性是指在化合物中吸引电子的能力,因此可以用来衡量和预测比较两种不同材料之间的接触起电强度和带电倾向。不同材料之间的电负性不同,电负性大的非导电材料与电负性小的导电材料相互接触或是摩擦时,导电材料容易失去电子而显正电性,而非导电材料容易得到电子而带负电性。非导电材料的电负性($x_{\text{非导}}$)越大,其吸引电子能力越强;导电材料的电负性($x_{\text{导}}$)越小,其吸引电子能力越弱,反之容易失去电子。当两者的比值($x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}$)越大时,非导电材料越容易从导电材料中得到电子,产生越强的接触起电效应。

[0098] 摩擦起电效应除了与材料电负性有关,导电材料与非导电材料之间的接触面积也会有影响。两者之间相互接触面积越大,能发生电子转移的面积越大,摩擦起电效应越强。本发电布第二织层(中间隔层)和第三织层的非导电纱线材料以及外界物的非导电面体能够保证与第一织层的导电纱线材料产生充分的接触和摩擦。因此,接触面积主要取决于导电纱线材料的导电表面积,即织物密度和单根纱线的导电表面积大小(与纱线尺寸直径有关)。当导电织物表面积密度越大时,导电材料与外界物体和非导体材料能产生的有效接触面积越大。因此导电织物在发电布第一织层中的织物表面积密度分数(R_s)越大越有利于发电性能的提高。而比值($x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}$)越大也越有利于发电布发电性能的提高。综上所述,比值($x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}$)与分数(R_s)的乘积越大,即起电因子越大,发电性能越好。

[0099] 在一个实验例中,让第一织层完全由非导电纱线构成,因此 $R_s=0$, $\eta_e=0$,用电压计不能测到电压,测出电压显示为0。

[0100] 在另一个实验例中,采用长宽为 $8\text{cm}\times 8\text{cm}$ 、厚度为 0.25cm 的导电布。采用直径约为 0.25mm 的银镀层导电纱(Ag)作为第一织层导电纱线,直径约 0.40mm 的腈纶(PAN)作为第二和第三织层中的非导电材料纱线。其中第一织层中单位 10cm 纬向长度内导电纱线圈和非导电纱线圈的个数都为61个。导电纱线在第一织层中的织物表面积密度分数 $x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}=1.385$, $R_s=0.38$, $\eta_e=0.526$ 。在湿度为 58% ,温度为 22°C 的环境下,用面积大小为 56.7 平方厘米外面包裹有聚四氟乙烯薄膜的金属块以 3.2Hz 的频率去挤压该发电布,从第一织层的导电纱线材料引到的电压计上,测出最大输出电压为 85.0V ,即电压密度为 $1.50\text{V}/\text{cm}^2$ 。

[0101] 在另一个实验例中,采用长宽为 $8\text{cm}\times 8\text{cm}$ 、厚度为 0.25cm 的导电布。采用直径约为 0.25mm 的银镀层导电纱(Ag)作为第一织层导电纱线,直径约 0.32mm 的聚四氟乙烯纤维(PTFE)和 0.40mm 的PAN作为第二和第三织层中的非导电材料纱线。其中第一织层中单位 10cm 纬向长度内导电纱线圈和非导电纱线圈的个数都为59个。导电纱线在第一织层中的织物表面积密度分数 $x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}=2.062$, $R_s=0.439$, $\eta_e=0.905$ 。在湿度为 58% ,温度为 22°C 的环

境下,用面积大小为56.7平方厘米外面包裹有聚四氟乙烯薄膜的金属块以3.2Hz的频率去挤压该发电布,从第一织层的导电纱线材料引到的电压计上,测出最大输出电压为118V,即电压密度为 $2.08\text{V}/\text{cm}^2$ 。

[0102] 在另一个实验例中,采用长宽为 $8\text{cm}\times 8\text{cm}$ 、厚度为 0.25cm 的导电布。采用直径约为 0.35mm 的银镀层导电纱(Ag)作为第一织层导电纱线,直径约 0.40mm 的腈纶(PAN)作为第二和第三织层中的非导电材料纱线。其中第一织层中单位 10cm 纬向长度内导电纱线圈和非导电纱线圈的个数都为63个,导电纱线在第一织层中的织物表面积密度分数 $x_{\text{非导}}/x_{\text{导}}=1.385$, $R_s=0.467$, $\eta_e=0.646$ 。在湿度为58%,温度为 22°C 的环境下,用面积大小为56.7平方厘米外面包裹有聚四氟乙烯薄膜的金属块以3.2Hz的频率去挤压该发电布,从第一织层的导电纱线材料引到的电压计上,测出最大输出电压为96.5V,即电压密度为 $1.70\text{V}/\text{cm}^2$ 。

[0103] 上述实验例子中的起电因子 η_e 为0、0.526、0.646和0.905时发电布在相同外物挤压情况下的输出电压分别为 0 、 $1.50\text{V}/\text{cm}^2$ 、 $1.70\text{V}/\text{cm}^2$ 和 $2.08\text{V}/\text{cm}^2$ 。从电压密度变化趋势可以明显看出,起电因子 R_s 越大,发电布输出电压越大,即发电性能越好。这与上述原因推测一致。

[0104] 在步骤902中,基于选取的导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,编织发电布的第一织层、第二织层、第三织层。

[0105] 在一个实施例例中,步骤902是由一般的纺织机同步完成的。由于根据本公开一个实施例的发电布类似布,可以用普通纺织布的机器对它进行生产。对于一般的纺织机来说,将纺织线织成如第一织层1、第三织层2那样的网状平面,再用类似纱线31,32的线将织层之间勾连编织,是常见的一种编织方式。步骤902可以由一般的纺织机同步完成。但是,一般的纺织机编织的都是纺织线,本公开的实施例例中,却是用导电材料纱线11编织织层。

[0106] 在步骤903中,用第一织层的导电材料纱线连接电收集器或用电器件的一端,电收集器或用电器件的另一端进行接地或金属。

[0107] 在一个实施例例中,电收集器可以是电容器。

[0108] 在一个实施例例中,用电器件可以是LED灯。

[0109] 在一个实施例例中,第二织层和第三织层含有的非导电材料相同或不同。

[0110] 在一个实施例例中,该方法还包括:在所述第一织层外设置非导电材料垫层。设置非导电材料垫层可以通过直接在第一织层上放置或是垫入来完成,也可以通过纺织机将该非导电材料垫层织到第一织层上来完成,也可以通过利用粘结剂将该非导电材料垫层粘结到第一织层上来完成。本公开对此不作限定。本领域技术人员应当理解,该步骤也可以通过本领域公知的其它设置垫层的方法完成。

[0111] 本公开实施例例具有的的优点如下:

[0112] 1.本公开实施例例基于发电布的起电因子选取导电纱线、非导电纱线和导电纱线在发电布的第一织层中的织物表面积密度,能产生具有较高发电效率的发电布。

[0113] 2.根据本公开实施例例的制造方法制造的发电布收集的能源是可再生能源,例如人在跑步时不收集也会浪费掉的机械能,用于绿色发电,为人类提供可持续能源。

[0114] 3.根据本公开实施例例的制造方法制造的发电布采用非导电纱线和导电纱线,都是普通材料,减小了现有技术能量收集器对特殊材料的依赖,有利于成本降低和规模性生成。

[0115] 4.根据本公开实施例例的制造方法制造的发电布利用机械能产电,产电过程中绿色

清洁无污染并且几乎材料零消耗,从根本上解决现有技术发电中能源不可再生的问题。

[0116] 5. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布产生的电能可以直接用于驱动小功率器具,亦可以存储于储能设备中,使用方式比较灵活。

[0117] 6. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布采用非导电纱线和导电纱线,都是普通材料,可以在现有商用纺织机器上直接进行加工生产,一体成型,不需要苛刻的加工条件,易于批量化和规模化制备,生产效率高。

[0118] 7. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布由非导电纱线和导电纱线加工而成,具有全织物属性,轻便和柔软,易于折叠或是卷起存储、运输和规模化铺展安装,避免了现有能量收集器笨重占体积和刚性的确定。

[0119] 8. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布由非导电纱线和导电纱线加工而成,比较安全,不对人体造成伤害,可舒适穿戴。

[0120] 9. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布由非导电纱线和导电纱线加工而成,采用织物的形式,可水洗,提高使用寿命。可以像普通植物一样在水中清洗并在空气中干燥,而且不会失效或降低发电性能。

[0121] 10. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布由非导电纱线和导电纱线加工而成,采用织物的形式,可设计和裁剪,使用起来灵活。

[0122] 11. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布由非导电纱线和导电纱线加工而成,采用织物的形式,机械性能优异耐久。不需要额添加面电极材料和弹簧,在外力施压时可以充分接触。在外力撤销时,具有自我回复性。额外延伸出来的通向电收集器或用电器件的导线可以由第一织层的导电纱线直接伸出充当,不需要额外单独焊接电线。

[0123] 12. 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布具有增强的、优异的机械能-电能转化性能。发电布在挤压物体施压时,不仅可以收集挤压物体与发电布产生的摩擦电,同时发电布独特的间隔结构中的非导电材料与导电材料之间也会产生摩擦电。因此,在一种受力情况下,可以产生两种摩擦电来源,从而显著增强发电效果。

[0124] 13. 由于可以采用不同导电材料和非导电材料来制造根据本公开实施例的制造方法制造的发电布,提高了设计和构造灵活性。

[0125] 本公开实施例具有广泛的应用性,例如:

[0126] (a) 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布可以应用于任何外力作用或是运动的场合中,比如作为发电地毯、鞋垫和袜子等;

[0127] (b) 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布可以大规模机器生产,而不象太阳能电板那样受天气影响;

[0128] (c) 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布可以作为便携式和可穿戴式电子设备的可穿戴电源使用;

[0129] (d) 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布可用作自供电可穿戴传感系统进行健康保健和检测;和

[0130] (e) 根据本公开实施例的制造方法制造的发电布可以作为自供电的全织物结构和性能柔性平台,完全融合和集成其他的电子设备。

[0131] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本公开的其它实施方案。本公开旨在涵盖本公开的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或

者适应性变化遵循本公开的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的，本公开的真正范围和精神由下面的权利要求指出。

[0132] 应当理解的是，本公开并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构，并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本公开的范围仅由所附的权利要求来限制。

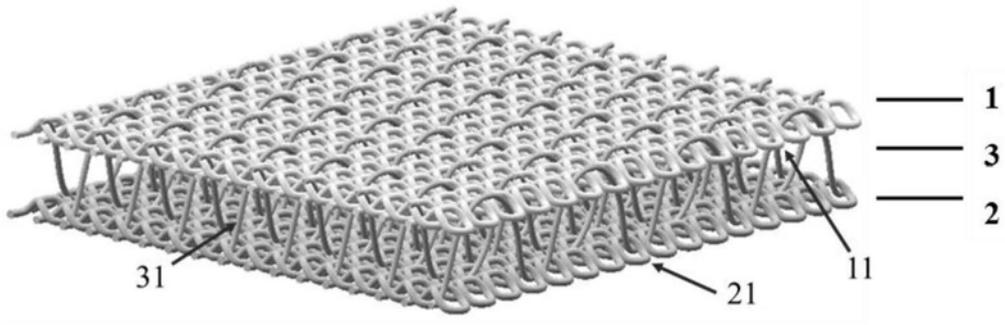


图1

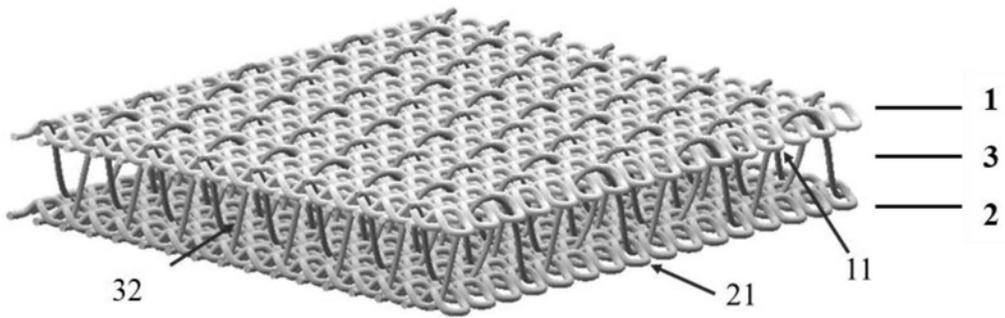


图2

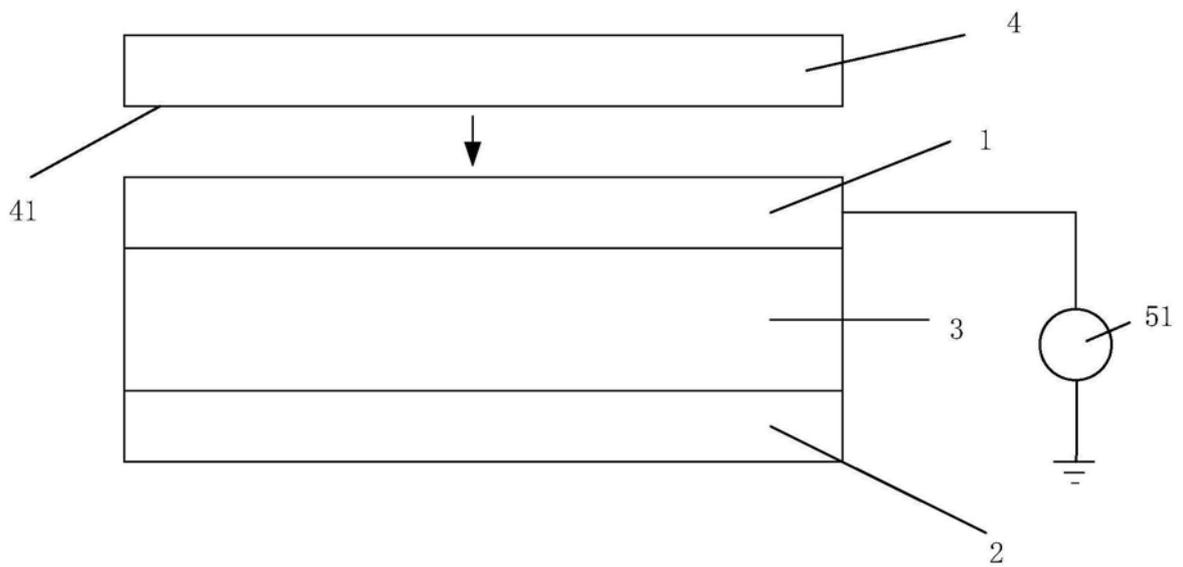


图3

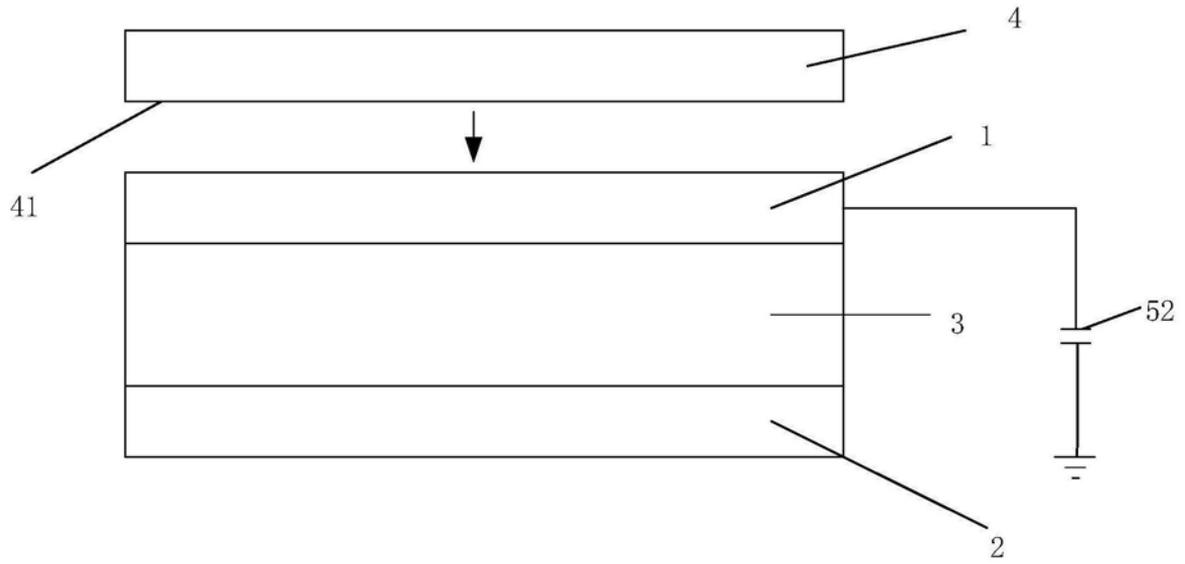


图4

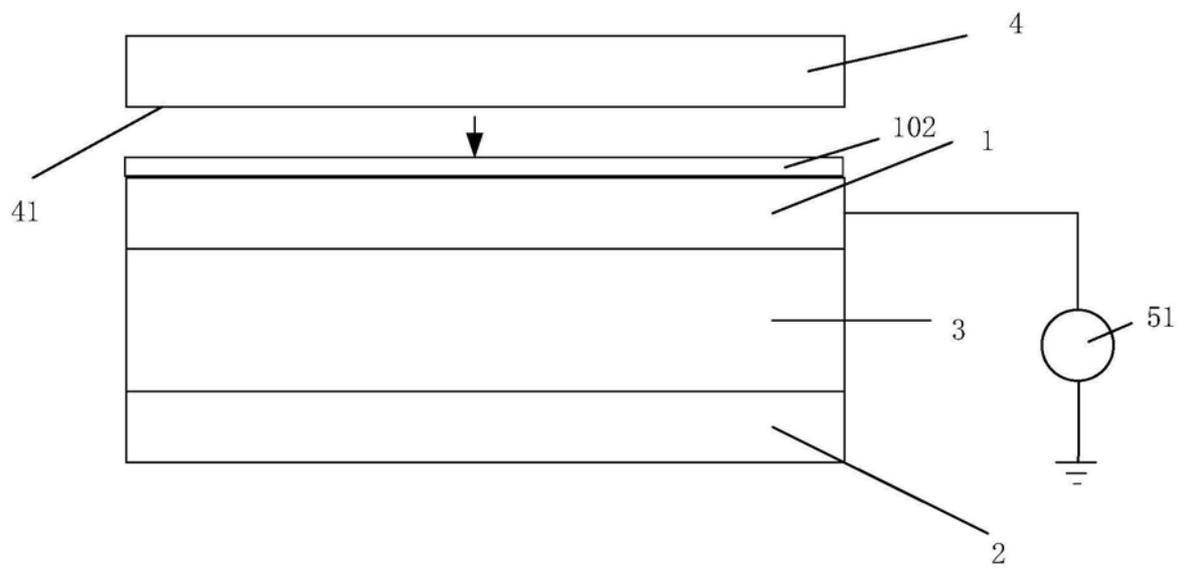


图5

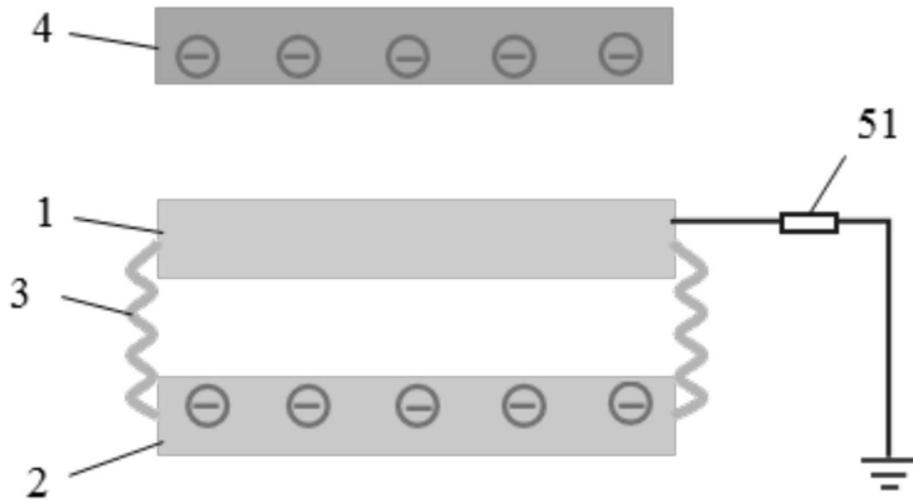


图6a

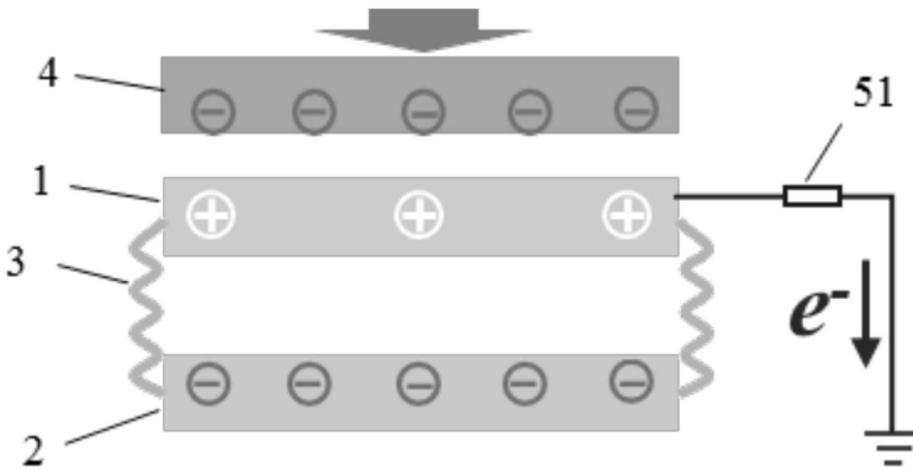


图6b

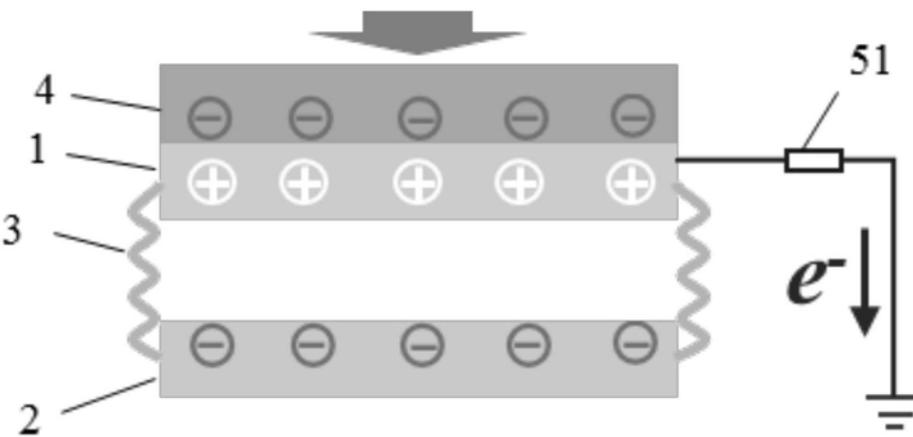


图6c

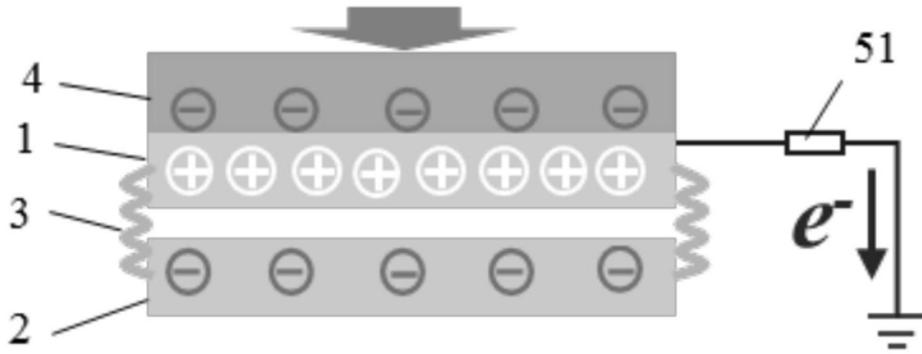


图6d

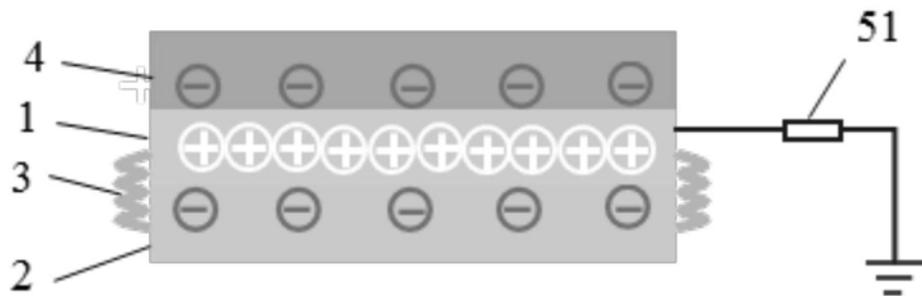


图6e

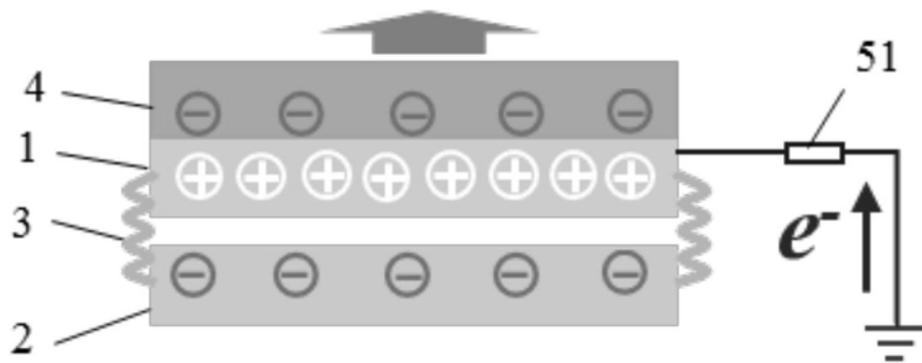


图6f

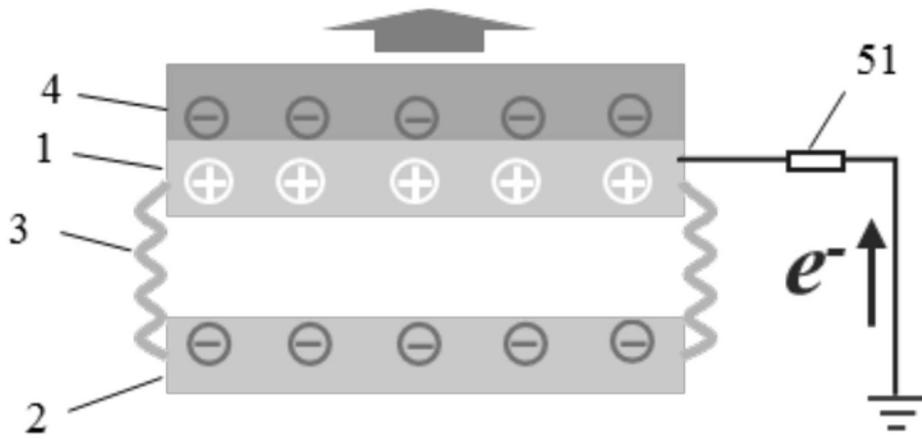


图6g

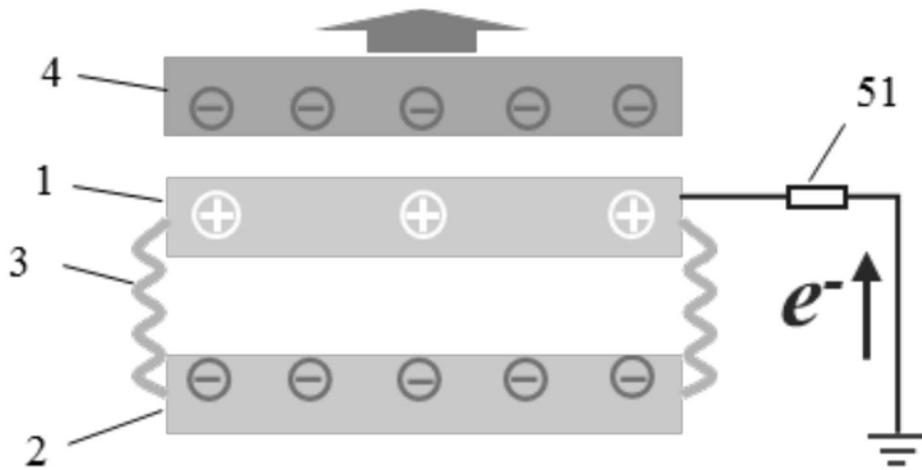


图6h

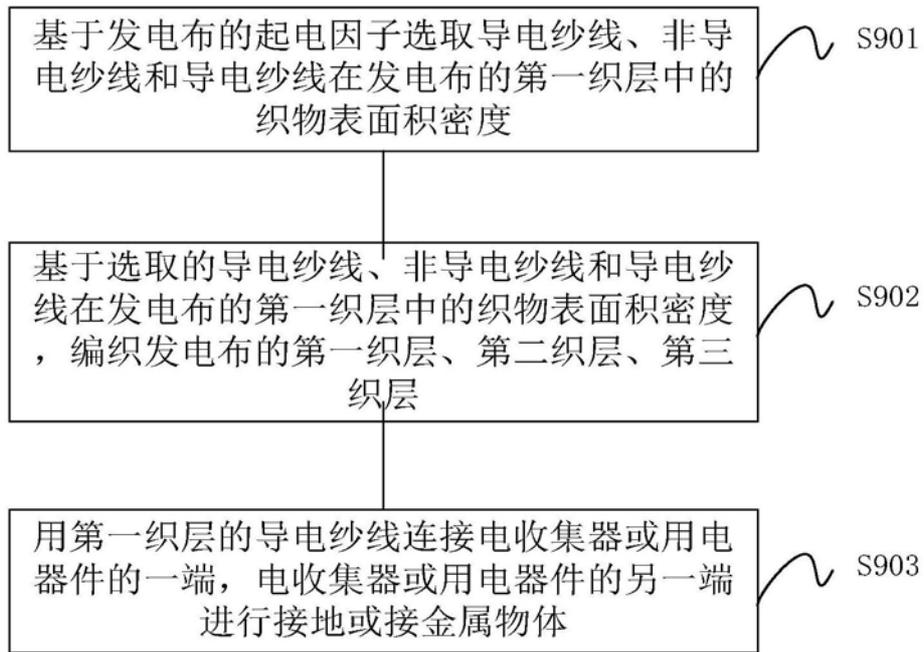


图7