



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105440303 B

(45)授权公告日 2018.10.23

(21)申请号 201410331204.3

H02N 1/04(2006.01)

(22)申请日 2014.07.11

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105440303 A

CN 103289119 A, 2013.09.11,

CN 102688702 A, 2012.09.26,

CN 202679272 U, 2013.01.16,

CN 101267849 A, 2008.09.17,

(43)申请公布日 2016.03.30

(73)专利权人 纳米新能源(唐山)有限责任公司

地址 063000 河北省唐山市建设北路101号

高科总部大厦1001室

审查员 张亨

(72)发明人 林同福 孙利佳 赵豪

(74)专利代理机构 北京市浩天知识产权代理事

务所(普通合伙) 11276

代理人 刘云贵

(51)Int.Cl.

C08J 9/26(2006.01)

C08L 83/04(2006.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法及包含该膜的摩擦发电机

(57)摘要

本发明提供了一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法及包含其的摩擦发电机,包括:将聚二甲基硅氧烷与固化剂混合均匀,除泡得到聚二甲基硅氧烷混合物;将聚二甲基硅氧烷混合物在基底上平摊,向其表面喷洒固体颗粒,固化成型,得到聚二甲基硅氧烷膜;或者,将固体颗粒喷洒在胶带上带粘胶的一面,然后在胶带上带粘胶的一面刷上聚二甲基硅氧烷混合物,固化成型,将胶带揭下,得到聚二甲基硅氧烷膜;将聚二甲基硅氧烷膜放入溶解液中,将其表面的固体颗粒溶解,从而得到具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。本发明的方法的制作工艺简单,原材料廉价且容易获取,相比于传统的方法,具有经济、简单、快捷的特点。

1. 一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

(1) 将聚二甲基硅氧烷与固化剂混合均匀,然后进行除泡,从而得到聚二甲基硅氧烷混合物;

(2) 将步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀,然后向其表面喷洒固体颗粒,之后固化成型,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;

或者,将固体颗粒喷洒在胶带上带粘胶的一面,然后在胶带上带粘胶的一面涂布步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物,之后固化成型,再将胶带揭下,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;

(3) 将步骤(2)得到的聚二甲基硅氧烷膜放入溶解液中,将其表面的固体颗粒溶解,从而得到具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜;

其中,在步骤(2)中,将步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀之后,先在70-80℃对聚二甲基硅氧烷混合物加热10-30分钟得到半固化聚二甲基硅氧烷膜,然后再向其表面喷洒固体颗粒。

2. 根据权利要求1所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,步骤(2)中,在70-100℃进行固化成型。

3. 根据权利要求1所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,所述固体颗粒的粒径范围是10微米至2毫米。

4. 根据权利要求1所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,所述固体颗粒的粒径范围是100微米至2毫米。

5. 根据权利要求1所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,步骤(1)中,聚二甲基硅氧烷与固化剂的质量比为10:1-20:1。

6. 根据权利要求1所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,步骤(2)中,涂布在基底上的聚二甲基硅氧烷混合物或涂布在胶带上的聚二甲基硅氧烷混合物的厚度为50微米至500微米。

7. 根据权利要求1-4任一项所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,所述固体颗粒是水溶性无机盐颗粒、易溶于水的有机盐颗粒或者强碱性氧化物颗粒。

8. 根据权利要求7所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,溶解液是水。

9. 根据权利要求1-4任一项所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,所述固体颗粒是酸溶性化合物颗粒、金属粉末或者金属氧化物粉末。

10. 根据权利要求9所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,溶解液是酸性溶液。

11. 根据权利要求1-4任一项所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,所述固体颗粒是两性金属氧化物或者两性氢氧化物。

12. 根据权利要求11所述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,溶解液是酸性溶液或者强碱溶液。

13. 一种摩擦发电机,其特征在于,所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一

高分子聚合物绝缘层,和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,居间电极层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,居间薄膜层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;

其中,第一高分子聚合物绝缘层,和/或第二高分子聚合物绝缘层,和/或居间薄膜层由权利要求1-12任一项所述的加工方法制成的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜构成。

一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法 及包含该膜的摩擦发电机

技术领域

[0001] 本发明涉及聚合物薄膜加工领域,具体地,涉及用于摩擦发电机的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法。

背景技术

[0002] 现有的表面微结构的制作方法,通常是在模板上雕刻一定的花纹,然后往模板上浇铸固化成型而制得的。这种方法存在成本高、过程复杂等缺点,不利于工业化生产。

[0003] 此外,还可以通过采用牺牲层模板法来制作表面微结构,这一般是制备具有表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,但是,这种方法所采用的材料价格普遍较高,而且制作的牺牲层模板的强度和韧性不理想,使得在高温固化聚二甲基硅氧烷过程时模板变形,影响成膜效果,从而也进一步影响了聚二甲基硅氧烷膜在摩擦发电机中的应用,并且也不利于摩擦发电机的制备及工业化生产。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:针对现有技术的缺陷,提供一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法。

[0005] 一方面,本发明提供了一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

[0006] (1) 将聚二甲基硅氧烷与固化剂混合均匀,然后进行除泡,从而得到聚二甲基硅氧烷混合物;

[0007] (2) 将步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀,然后向其表面喷洒固体颗粒,之后固化成型,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;

[0008] 或者,将固体颗粒喷洒在胶带上带粘胶的一面,然后在胶带上带粘胶的一面涂布步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物,之后固化成型,再将胶带揭下,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;

[0009] (3) 将步骤(2)得到的聚二甲基硅氧烷膜放入溶解液中,将其表面的固体颗粒溶解,从而得到具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。

[0010] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,步骤(2)中,在70-100℃进行固化成型。

[0011] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,所述固体颗粒的粒径范围是10微米至2毫米。

[0012] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,步骤(2)中,将步骤(1)得到的聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀之后,先在70-80℃对聚二甲基硅氧烷混合物加热10-30分钟得到半固化聚二甲基硅氧烷膜,然后再向其表面喷洒固体颗粒。

[0013] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,所述固体颗粒的

粒径范围是100微米至2毫米。

[0014] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,步骤(1)中,聚二甲基硅氧烷与固化剂的质量比为20:1-10:1。

[0015] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,步骤(2)中,涂布在基底上的聚二甲基硅氧烷混合物或涂布在胶带上的聚二甲基硅氧烷混合物的厚度为50微米至500微米。

[0016] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,所述固体颗粒是水溶性无机盐颗粒、易溶于水的有机盐颗粒或者强碱性氧化物颗粒。

[0017] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,溶解液是水。

[0018] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,所述固体颗粒是酸溶性化合物颗粒、金属粉末或者金属氧化物粉末。

[0019] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,溶解液是酸性溶液。

[0020] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,所述固体颗粒是两性金属氧化物或者两性氢氧化物。

[0021] 前述的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,溶解液是酸性溶液或者强碱溶液。

[0022] 另一方面,本发明提供了一种摩擦发电机,所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,居间电极层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;或者所述摩擦发电机包括层叠设置的第一电极层,第一高分子聚合物绝缘层,居间薄膜层,第二高分子聚合物绝缘层和第二电极层;其中,第一高分子聚合物绝缘层,和/或第二高分子聚合物绝缘层,和/或居间薄膜层由权利要求1-13任一项所述的加工方法制成的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜构成。

[0023] 采用本发明的技术方案,至少具有如下有益效果:本发明的方法制作工艺简单,原材料廉价且容易获取,相比于传统的方法,具有经济、简单、快捷的特点。此外,本发明的方法可操作性强且经济实用,根据不同的需要,可以调节喷洒颗粒的大小,制得孔径大小不同的表面结构。并且,本发明的方法所使用的一些化合物可以循环利用,从而减少了对环境的污染。

附图说明

[0024] 图1为在聚二甲基硅氧烷膜表面喷洒粒径为1毫米的氯化钠颗粒并溶解除去后留下的多孔性表面微结构。该图像为显微镜放大100倍所拍摄得到的图像。

[0025] 图2为在聚二甲基硅氧烷膜表面喷洒粒径为50微米的氯化钠颗粒并溶解除去后留下的多孔性微结构。该图像为显微镜放大100倍所拍摄得到的图像。

[0026] 图3为本发明摩擦发电机一种具体实施方式的立体结构示意图。

[0027] 图4为本发明图3摩擦发电机的剖面结构示意图。

[0028] 图5为本发明摩擦发电机另一种具体实施方式的立体结构示意图。

- [0029] 图6为本发明图5摩擦发电机的剖面结构示意图。
- [0030] 图7为本发明摩擦发电机另一种具体实施方式的立体结构示意图。
- [0031] 图8为本发明图7摩擦发电机的立体结构示意图。
- [0032] 图9为本发明摩擦发电机另一种具体实施方式的立体结构示意图。
- [0033] 图10为本发明图9摩擦发电机的立体结构示意图。

具体实施方式

[0034] 为充分了解本发明之目的、特征及功效,借由下述具体的实施方式,对本发明做详细说明,但本发明并不限于此。

[0035] 现有的表面微结构的制作方法,通常是在模板上雕刻一定的花纹,然后往模板上浇铸固化成型制得。本发明所提供的是一种制作工艺简单,原材料廉价且容易获取的一种具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,相比于传统的方法,具有经济、简单、快捷的特点。

[0036] 本发明的具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的加工方法,包括如下步骤:

[0037] 首先,将聚二甲基硅氧烷与固化剂混合均匀,然后进行真空除泡或者静置除泡,从而得到聚二甲基硅氧烷混合物。

[0038] 其中,聚二甲基硅氧烷与固化剂是按照10:1-20:1的质量比进行混合的。常规市售的固化剂(例如,硫化剂)均可用于本发明中,例如,道康宁184产品的聚二甲基硅氧烷与固化剂。

[0039] 其次,将上述得到的聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀,刮成所需的厚度,一般是50微米至500微米,然后向其表面喷洒固体颗粒,并固化成型,从而得到聚二甲基硅氧烷膜,所述固体颗粒的粒径范围是10微米至2毫米。

[0040] 其中,在向聚二甲基硅氧烷混合物表面喷洒固体颗粒时,因为较大的颗粒容易在重力作用下逐渐渗入到聚二甲基硅氧烷混合物的内部,从而有可能导致表面花纹制作失败,因此,优选地,当所使用的固体颗粒的粒径范围是10微米至100微米时,可以直接向聚二甲基硅氧烷混合物表面喷洒固体颗粒并固化成型。

[0041] 当所使用的固体颗粒较大时,可以不直接向聚二甲基硅氧烷混合物表面喷洒固体颗粒,优选地,当所使用的固体颗粒的粒径范围是100微米至2毫米时,先将聚二甲基硅氧烷混合物在基底上涂布均匀,刮成所需的厚度,之后在70-80℃对聚二甲基硅氧烷混合物加热10-30分钟,使其部分固化,再向其表面喷洒固体颗粒,这样就可以更好地保证固体颗粒只停留在聚二甲基硅氧烷混合物表面,而不会陷进聚二甲基硅氧烷混合物内部,从而可以保证表面花纹制作成功。

[0042] 此外,在得到聚二甲基硅氧烷混合物后,还可以先将固体颗粒喷洒在胶带上带粘胶的一面,然后在胶带上带粘胶的一面涂布该聚二甲基硅氧烷混合物,厚度一般是50微米至500微米,之后固化成型,再将胶带揭下,从而也可以保证表面花纹制作成功,所述固体颗粒的粒径范围是10微米至2毫米。

[0043] 优选地,上述固化成型是在70-100℃进行的。

[0044] 再次,固化成型得到聚二甲基硅氧烷膜之后,将膜放入溶解液中以将其表面的固

体颗粒溶解,从而在聚二甲基硅氧烷膜表面形成多孔性表面微结构。

[0045] 其中,根据所使用的固体颗粒的类型不同,采用不同的溶解液。当固体颗粒是水溶性无机盐颗粒(例如,AgNO₃、BaCl₂、Zn(NO₃)₂、Zn(SO₄)₂、Ca(C₂H₃O₂)₂、CaCl₂、Ca(NO₃)₂、CoCl₂、Co(NO₃)₂、Co(SO₄)₂、Cu(NO₃)₂、Cu(SO₄)₂、LiCl、LiNO₃、MgCl₂、Mg(NO₃)₂、Mg(SO₄)₂、NH₄NO₃、NH₄Cl、(NH₄)₂SO₄、NaC₂H₃O₂、NaBr、NaCl、NaI、NaNO₃、NiCl₂、Ni(NO₃)₂或NiSO₄)、易溶于水的有机盐颗粒(例如,无水乙酸钠)或者强碱性氧化物颗粒(例如,氧化钠或氧化钾)时,溶解液为水。当固体颗粒是酸溶性化合物颗粒(例如,Na₂CO₃、CaCO₃、NH₄(CO₃)₂)、金属粉末(例如,铝粉、铁粉)或者金属氧化物粉末(例如,氧化钠、氧化钙)时,溶解液是酸性溶液(优选是硫酸溶液或盐酸溶液)。当固体颗粒是两性金属氧化物(例如,Al₂O₃)或者两性氢氧化物(例如,Al(OH)₃)时,溶解液是酸性溶液(优选是硝酸溶液或盐酸溶液)或者强碱溶液(优选是氢氧化钠溶液或氢氧化钾溶液)。

[0046] 聚二甲基硅氧烷膜表面所形成的多孔性表面微结构的花纹大小由喷洒的固体颗粒的大小决定,花纹的疏密由单位面积上喷洒的固体颗粒的多少决定,而花纹的深浅则由喷洒的力度决定,根据实际应用的需要,本领域技术人员能够合理确定所使用的固体颗粒的粒径、单位面积上喷洒的固体颗粒的量以及喷洒力度。此外,因为是喷洒,所以聚二甲基硅氧烷膜表面所形成的多孔性表面微结构的花纹通常是不规则花纹,如图1和图2所示。

[0047] 在实际应用中,根据不同的需要,本领域技术人员可以对固体颗粒的粒径进行选择,制得孔径大小不同的表面结构,因此本发明的方法可操作性强且经济实用。此外,本发明的方法所使用的一些化合物(例如,NaCl、CaCl₂等水溶性化合物)可以循环利用,从而减少了对环境的污染。

[0048] 采用本发明的方法在聚二甲基硅氧烷膜表面形成多孔性表面微结构后,该聚二甲基硅氧烷膜可用于摩擦发电机中。下面详细说明应用具有多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜的摩擦发电机的结构。

[0049] 图3和图4所示是本发明一种具体实施方式的摩擦发电机1。该摩擦发电机1包括依次层叠设置的第一电极层11,第一高分子聚合物绝缘层12,和第二电极层13。具体地,第一电极层11设置在第一高分子聚合物绝缘层12的第一侧表面上,且第一高分子聚合物绝缘层12的第二侧表面朝向所述第二电极层13设置,第一高分子聚合物绝缘层12的第二侧表面与第二电极层13的表面接触摩擦形成摩擦界面,第一电极层11和第二电极层13为摩擦发电机1的输出端。其中,第一高分子聚合物绝缘层12所用材料为采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构(图未示)的聚二甲基硅氧烷膜,其厚度为50μm-500μm。

[0050] 该实施方式中,第一电极层11对所用材料没有特殊规定,能够形成导电层的材料都在本发明的保护范围之内,例如是钢锡氧化物、石墨烯、银纳米线膜、金属或合金;第二电极层13所用材料可以是金属或合金。其中,金属可以是金、银、铂、钯、铝、镍、铜、钛、铬、锡、铁、锰、钼、钨或钒;合金可以是铝合金、钛合金、镁合金、铍合金、铜合金、锌合金、锰合金、镍合金、铅合金、锡合金、镉合金、铋合金、铟合金、镓合金、钨合金、钼合金、铌合金或钽合金。第二电极层13的厚度优选100μm-500μm,更优选200μm。

[0051] 当本发明该实施方式的摩擦发电机的各层向下弯曲时,摩擦发电机中的第一高分子聚合物绝缘层12与第二电极层13表面相互摩擦产生静电荷,静电荷的产生会使第一电极层11与第二电极层13之间出现电势差。由于第一电极层11与第二电极层13之间电势差的

存在,自由电子将通过外电路由电势低的一侧流向电势高的一侧,从而在外电路中形成电流。当本发明的摩擦发电机的各层恢复到原来状态时,这时形成在第一电极层11与第二电极层13之间的内电势消失,此时已平衡的第一电极层11与第二电极层13之间将再次产生反向的电势差,则自由电子通过外电路形成反向电流。通过反复摩擦和恢复,就可以在外电路中形成周期性的交流电信号。

[0052] 图5和图6所示是本发明另一种具体实施方式的摩擦发电机2。该摩擦发电机2包括依次层叠设置的第一电极层21,第一高分子聚合物绝缘层22,第二高分子聚合物绝缘层23和第二电极层24。具体地,第一电极层21设置在第一高分子聚合物绝缘层22的第一侧表面上,第二电极层24设置在第二高分子聚合物绝缘层23的第一侧表面上,第一高分子聚合物绝缘层22和第二高分子聚合物绝缘层23表面接触摩擦形成摩擦界面,第一电极层21和第二电极层24为所述摩擦发电机2的输出端。其中,第一高分子聚合物绝缘层22和第二高分子聚合物绝缘层23中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构(图未示)的聚二甲基硅氧烷膜,其厚度为 $50\mu\text{m}$ – $500\mu\text{m}$ 。

[0053] 第一高分子聚合物绝缘层22和第二高分子聚合物绝缘层23相对设置的两个面中的至少一个面上形成了多孔性表面微结构。

[0054] 在该实施方式中,第一电极层21和第二电极层24对所用材料没有特殊规定,能够形成导电层的材料都在本发明的保护范围之内,例如是钢锡氧化物、石墨烯、银纳米线膜、金属或合金,其中金属是金、银、铂、钯、铝、镍、铜、钛、铬、锡、铁、锰、钼、钨或钒;合金是铝合金、钛合金、镁合金、铍合金、铜合金、锌合金、锰合金、镍合金、铅合金、锡合金、镉合金、铟合金、镓合金、钨合金、钼合金、铌合金或钽合金。

[0055] 第一高分子聚合物绝缘层22和第二高分子聚合物绝缘层23中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。当第一高分子聚合物绝缘层22或第二高分子聚合物绝缘层23不采用聚二甲基硅氧烷膜时,其所用材料选自聚酰亚胺薄膜、苯胺甲醛树脂薄膜、聚甲醛薄膜、乙基纤维素薄膜、聚酰胺薄膜、三聚氰胺甲醛薄膜、聚乙二醇丁二酸酯薄膜、纤维素薄膜、纤维素乙酸酯薄膜、聚己二酸乙二醇酯薄膜、聚邻苯二甲酸二烯丙酯薄膜、纤维素海绵薄膜、再生海绵薄膜、聚氨酯弹性体薄膜、苯乙烯丙烯共聚物薄膜、苯乙烯丁二烯共聚物薄膜、人造纤维薄膜、聚甲基丙烯酸甲酯薄膜、聚乙烯醇薄膜、聚异丁烯薄膜、聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜、聚乙烯醇缩丁醛薄膜、甲醛苯酚缩聚物薄膜、氯丁橡胶薄膜、丁二烯丙烯共聚物薄膜、天然橡胶薄膜、聚丙烯腈薄膜、丙烯腈氯乙烯共聚物薄膜中的任意一种。此时,第一高分子聚合物绝缘层22或第二高分子聚合物绝缘层23厚度是 $100\mu\text{m}$ – $500\mu\text{m}$ 。

[0056] 当本发明该实施方式的摩擦发电机的各层向下弯曲时,摩擦发电机中的第一高分子聚合物绝缘层22与第二高分子聚合物绝缘层23表面相互摩擦产生静电荷,静电荷的产生会使第一电极层21和第二电极层24之间出现电势差。由于第一电极层21和第二电极层24之间电势差的存在,自由电子将通过外电路由电势低的一侧流向电势高的一侧,从而在外电路中形成电流。当本发明的摩擦发电机的各层恢复到原来状态时,这时形成在第一电极层21和第二电极层24之间的内电势消失,此时已平衡的第一电极层21和第二电极层24之间将再次产生反向的电势差,则自由电子通过外电路形成反向电流。通过反复摩擦和恢复,就可以在外电路中形成周期性的交流电信号。

[0057] 图7和图8所示是本发明又一种具体实施方式的摩擦发电机3。该摩擦发电机3包括第一电极层31,第一高分子聚合物绝缘层32,居间薄膜层33,第二高分子聚合物绝缘层34和第二电极层35。具体地,第一电极层31设置在第一高分子聚合物绝缘层32的第一侧表面上;第二电极层35设置在第二高分子聚合物绝缘层34的第一侧表面上,且居间薄膜层33设置在第一高分子聚合物绝缘层32的第二侧表面和第二高分子聚合物绝缘层34的第二侧表面之间,第一高分子聚合物绝缘层32和居间薄膜层33之间形成摩擦界面,和/或,第二高分子聚合物绝缘层34和居间薄膜层33之间形成摩擦界面,第一电极层31和第二电极层35为摩擦发电机3的输出端。其中,第一高分子聚合物绝缘层32和居间薄膜层33中的至少一层,和/或第二高分子聚合物绝缘层34和居间薄膜层33中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,其厚度为50 μm -500 μm 。

[0058] 第一高分子聚合物绝缘层32和居间薄膜层33相对设置的两个面中的至少一个面上形成了多孔性表面微结构(图未示),和/或第二高分子聚合物绝缘层34和居间薄膜层33相对设置的两个面中的至少一个面上形成了多孔性表面微结构(图未示)。

[0059] 在该实施方式中,第一电极层31和第二电极层35对所用材料没有特殊规定,能够形成导电层的材料都在本发明的保护范围之内,例如是钢锡氧化物、石墨烯、银纳米线膜、金属或合金,其中金属是金、银、铂、钯、铝、镍、铜、钛、铬、锡、铁、锰、钼、钨或钒;合金是铝合金、钛合金、镁合金、铍合金、铜合金、锌合金、锰合金、镍合金、铅合金、锡合金、镉合金、铟合金、镓合金、钨合金、钼合金、铌合金或钽合金。

[0060] 第一高分子聚合物绝缘层32和居间薄膜层33中的至少一层,和/或第二高分子聚合物绝缘层34和居间薄膜层33中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。当第一高分子聚合物绝缘层32,或居间薄膜层33,或第二高分子聚合物绝缘层34不采用聚二甲基硅氧烷膜时,其所用材料选自聚酰亚胺薄膜、苯胺甲醛树脂薄膜、聚甲醛薄膜、乙基纤维素薄膜、聚酰胺薄膜、三聚氰胺甲醛薄膜、聚乙二醇丁二酸酯薄膜、纤维素薄膜、纤维素乙酸酯薄膜、聚己二酸乙二醇酯薄膜、聚邻苯二甲酸二烯丙酯薄膜、纤维素海绵薄膜、再生海绵薄膜、聚氨酯弹性体薄膜、苯乙烯丙烯共聚物薄膜、苯乙烯丁二烯共聚物薄膜、人造纤维薄膜、聚甲基丙烯酸甲酯薄膜、聚乙烯醇薄膜、聚异丁烯薄膜、聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜、聚乙烯醇缩丁醛薄膜、甲醛苯酚缩聚物薄膜、氯丁橡胶薄膜、丁二烯丙烯共聚物薄膜、天然橡胶薄膜、聚丙烯腈薄膜、丙烯腈氯乙烯共聚物薄膜中的任意一种。此时,第一高分子聚合物绝缘层32,或居间薄膜层33,或第二高分子聚合物绝缘层34厚度是100 μm -500 μm 。

[0061] 当本发明该实施方式的摩擦发电机的各层向下弯曲时,摩擦发电机中的第一高分子聚合物绝缘层32与居间薄膜层33表面,和/或第二高分子聚合物绝缘层34与居间薄膜层33表面相互摩擦产生静电荷,静电荷的产生会使第一电极层31和第二电极层35之间出现电势差。由于第一电极层31和第二电极层35之间电势差的存在,自由电子将通过外电路由电势低的一侧流向电势高的一侧,从而在外电路中形成电流。当本发明的摩擦发电机的各层恢复到原来状态时,这时形成在第一电极层31和第二电极层35之间的内电势消失,此时已平衡的第一电极层31和第二电极层35之间将再次产生反向的电势差,则自由电子通过外电路形成反向电流。通过反复摩擦和恢复,就可以在外电路中形成周期性的交流电信号。

[0062] 图9和图10所示是本发明又一种具体实施方式的摩擦发电机4。该摩擦发电机4包

括第一电极层41,第一高分子聚合物绝缘层42,居间电极层43,第二高分子聚合物绝缘层44和第二电极层45。具体地,第一电极层41设置在第一高分子聚合物绝缘层42的第一侧表面上;第二电极层45设置在第二高分子聚合物绝缘层44的第一侧表面上,居间电极层43设置在第一高分子聚合物绝缘层42的第二侧表面与第二高分子聚合物绝缘层44的第二侧表面之间,上述第一高分子聚合物绝缘层42和上述居间薄膜层43之间形成摩擦界面,和/或,上述第二高分子聚合物绝缘层44和上述居间薄膜层43之间形成摩擦界面,第一电极层41和第二电极层45串联为摩擦发电机4的一个输出端,居间电极层43为摩擦发电机的另一个输出端,或者,第一电极层41、第二电极层45和居间电极层43中的任意两个作为摩擦发电机4的输出端。其中,第一高分子聚合物绝缘层42和第二高分子聚合物绝缘层44中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,其厚度为50 μm -500 μm 。

[0063] 第一高分子聚合物绝缘层42与居间电极层43相对的面上,和/或第二高分子聚合物绝缘层44与居间电极层43相对的面上形成了多孔性表面微结构(图未示)。

[0064] 在该实施方式中,第一电极层41和第二电极层45对所用材料没有特殊规定,能够形成导电层的材料都在本发明的保护范围之内,例如是钢锡氧化物、石墨烯、银纳米线膜、金属或合金,其中金属是金、银、铂、钯、铝、镍、铜、钛、铬、锡、铁、锰、钼、钨或钒;合金是铝合金、钛合金、镁合金、铍合金、铜合金、锌合金、锰合金、镍合金、铅合金、锡合金、镉合金、铋合金、铟合金、镓合金、钨合金、钼合金、铌合金或钽合金。

[0065] 所述居间电极层43为金属或合金。其中,金属可以是金、银、铂、钯、铝、镍、铜、钛、铬、锡、铁、锰、钼、钨或钒;合金可以是铝合金、钛合金、镁合金、铍合金、铜合金、锌合金、锰合金、镍合金、铅合金、锡合金、镉合金、铋合金、铟合金、镓合金、钨合金、钼合金、铌合金或钽合金。居间电极层43的厚度优选100 μm -500 μm ,更优选200 μm 。

[0066] 第一高分子聚合物绝缘层42和第二高分子聚合物绝缘层44中的至少一层所用材料是采用本发明的方法在其表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。当第一高分子聚合物绝缘层42或第二高分子聚合物绝缘层44不采用聚二甲基硅氧烷膜时,其所用材料选自聚酰亚胺薄膜、苯胺甲醛树脂薄膜、聚甲醛薄膜、乙基纤维素薄膜、聚酰胺薄膜、三聚氰胺甲醛薄膜、聚乙二醇丁二酸酯薄膜、纤维素薄膜、纤维素乙酸酯薄膜、聚己二酸乙二醇酯薄膜、聚邻苯二甲酸二烯丙酯薄膜、纤维素海绵薄膜、再生海绵薄膜、聚氨酯弹性体薄膜、苯乙烯丙烯共聚物薄膜、苯乙烯丁二烯共聚物薄膜、人造纤维薄膜、聚甲基丙烯酸甲酯薄膜、聚乙烯醇薄膜、聚异丁烯薄膜、聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜、聚乙烯醇缩丁醛薄膜、甲醛苯酚缩聚物薄膜、氯丁橡胶薄膜、丁二烯丙烯共聚物薄膜、天然橡胶薄膜、聚丙烯腈薄膜、丙烯腈氯乙烯共聚物薄膜中的任意一种。此时,第一高分子聚合物绝缘层42或第二高分子聚合物绝缘层44厚度是100 μm -500 μm 。

[0067] 当本发明该实施方式的摩擦发电机的各层向下弯曲时,摩擦发电机中的第一高分子聚合物绝缘层42、第二高分子聚合物绝缘层44分别与居间电极层43表面相互摩擦产生静电荷,从而导致第一电极层41和居间电极层43之间,以及居间电极层43和第二电极层45之间出现电势差。由于第一电极层41和居间电极层43之间,以及居间电极层43和第二电极层45之间电势差的存在,自由电子将通过外电路由电势低的一侧流向电势高的一侧,从而在外电路中形成电流。当本发明的摩擦发电机的各层恢复到原来状态时,这时形成在第一电

极层41和居间电极层43之间,以及居间电极层43和第二电极层45之间的内电势消失,此时已平衡的第一电极层41和居间电极层43之间,以及居间电极层43和第二电极层45之间将再次产生反向的电势差,则自由电子通过外电路形成反向电流。通过反复摩擦和恢复,就可以在外电路中形成周期性的交流电信号。

[0068] 下面通过具体的实施例来阐述本发明的方法的实施,本领域技术人员应当理解的是,这不应被理解为对本发明权利要求范围的限制。

[0069] 实施例中所用原料如下:

[0070]

原料	厂家、型号
聚二甲基硅氧烷	道康宁 sylgard
固化剂	道康宁 sylgard配套固化剂
硝酸银	国药集团化学试剂 10018461CK
氢氧化铝	国药集团化学试剂 20001018
碳酸钠	国药集团化学试剂 10019260
无水乙酸钠	天津致远化学试剂 GB/T694-1995
氯化钾	国药集团化学试剂 10016318
三氧化二铝	国药集团化学试剂 10000917
碳酸钙	国药集团化学试剂 10005760
硝酸锌	国药集团化学试剂 GB/T667-1995
硫酸溶液	北京化工厂 GB/T625-2007
盐酸溶液	天津致远化学试剂 GB/T622-2006
氢氧化钠溶液	北京盖利精细化学 GB/T629-1997

[0071] 实施例1

[0072] 摩擦发电机尺寸为2cm×2cm,总厚度大约是500μm。该摩擦发电机1包括依次层叠设置的第一电极层11,第一高分子聚合物绝缘层12,和第二电极层13。第一高分子聚合物绝缘层12为表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜。下面详细说明该摩擦发电机的制备方法。

[0073] 1. 聚二甲基硅氧烷膜的制备

[0074] 将固化剂加入到10g聚二甲基硅氧烷中混合均匀,其中聚二甲基硅氧烷与固化剂的质量比为10:1,然后进行真空除泡从而得到聚二甲基硅氧烷混合物;将该聚二甲基硅氧烷混合物均匀涂布在基底上,然后向其表面喷洒粒径为10微米的硝酸银颗粒,在80℃的环境中固化2小时,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;将该聚二甲基硅氧烷膜放入水中直至硝酸银颗粒全部溶解于水中,从而得到表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,其中多孔性表面微结构的凹入部分的深度为5微米。

[0075] 2. 摩擦发电机的制备

[0076] 采用上述聚二甲基硅氧烷膜作为第一高分子聚合物绝缘层12,其未形成多孔性表面微结构的表面上镀厚度100nm的铝薄膜,该铝薄膜即为第一电极层11。

[0077] 采用厚度100μm的铜箔作为第二电极层13。按照第一高分子聚合物绝缘层12的形成多孔性表面微结构的表面朝向第二电极层13,将第二电极层13叠放到第一高分子聚合物

绝缘层12上,得到摩擦发电机样品1#。该摩擦发电机的边缘用普通胶布密封。

[0078] 摩擦发电机样品1#在I-V(电流-电压)的测量中表现出典型的开路特征。使用周期振荡(5Hz和0.13%的形变)的步进电机使摩擦发电机样品1#发生周期的弯曲和释放,摩擦发电机样品1#的最大输出电压和电流信号分别达到了250V和2 μ A。

[0079] 实施例2

[0080] 摩擦发电机尺寸为2cm \times 2cm,总厚度大约是500 μ m。该摩擦发电机1包括层叠设置的第一电极层11,第一高分子聚合物绝缘层12,和第二电极层13。第一高分子聚合物绝缘层12为聚二甲基硅氧烷膜。下面详细说明该摩擦发电机的制备方法。

[0081] 1. 聚二甲基硅氧烷膜的制备

[0082] 将固化剂加入到10g聚二甲基硅氧烷中混合均匀,其中聚二甲基硅氧烷与固化剂的质量比为20:1,然后进行真空除泡从而得到聚二甲基硅氧烷混合物;将粒径为50微米的氢氧化铝颗粒喷洒在胶带上带粘胶的一面,然后在胶带上带粘胶的一面刷上该聚二甲基硅氧烷混合物,在100 $^{\circ}$ C的环境中固化2小时,再将胶带揭下,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;将该聚二甲基硅氧烷膜放入浓度为2mol/l的盐酸溶液中直至氢氧化铝全部溶解,从而得到表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,其中多孔性表面微结构的凹入部分的深度为30微米。

[0083] 2. 摩擦发电机的制备

[0084] 采用上述聚二甲基硅氧烷膜作为第一高分子聚合物绝缘层12,其未形成多孔性表面微结构的表面上镀厚度100nm的铝薄膜,该铝薄膜即为第一电极层11。

[0085] 采用厚度100 μ m的铜箔作为第二电极层13。按照第一高分子聚合物绝缘层12的形成多孔性表面微结构的表面朝向第二电极层13,将第二电极层13叠放到第一高分子聚合物绝缘层12上,得到摩擦发电机样品2#。该摩擦发电机的边缘用普通胶布密封。

[0086] 摩擦发电机样品2#在I-V(电流-电压)的测量中表现出典型的开路特征。使用周期振荡(5Hz和0.13%的形变)的步进电机使摩擦发电机样品2#发生周期的弯曲和释放,摩擦发电机样品2#的最大输出电压和电流信号分别达到了256V和2 μ A。

[0087] 实施例3

[0088] 摩擦发电机尺寸为2cm \times 2cm,总厚度大约是500 μ m。该摩擦发电机1包括层叠设置的第一电极层11,第一高分子聚合物绝缘层12,和第二电极层13。第一高分子聚合物绝缘层12为聚二甲基硅氧烷膜。下面详细说明该摩擦发电机的制备方法。

[0089] 1. 聚二甲基硅氧烷膜的制备

[0090] 将固化剂加入到10g聚二甲基硅氧烷中混合均匀,其中聚二甲基硅氧烷与固化剂的质量比为16:1,然后静置30分钟以除泡,从而得到聚二甲基硅氧烷混合物;将该聚二甲基硅氧烷混合物均匀涂布在基底上,在70 $^{\circ}$ C对聚二甲基硅氧烷混合物加热30分钟,使其部分固化,然后向其表面喷洒粒径为500微米的碳酸钠颗粒,在80 $^{\circ}$ C的环境中固化1.5小时,从而得到聚二甲基硅氧烷膜;将该聚二甲基硅氧烷膜放入浓度为2mol/l的盐酸溶液中直至碳酸钠全部溶解,从而得到表面形成了多孔性表面微结构的聚二甲基硅氧烷膜,其中多孔性表面微结构的凹入部分的深度为300微米。

[0091] 2. 摩擦发电机的制备

[0092] 采用上述聚二甲基硅氧烷膜作为第一高分子聚合物绝缘层12,其未形成 多孔性

表面微结构的表面上镀厚度100nm的铝薄膜,该铝薄膜即为第一电极层11。

[0093] 采用厚度100 μm 的铜箔作为第二电极层13。按照第一高分子聚合物绝缘层12的形成多孔性表面微结构的表面朝向第二电极层13,将第二电极层13叠放到第一高分子聚合物绝缘层12上,得到摩擦发电机样品3#。该摩擦发电机的边缘用普通胶布密封。

[0094] 摩擦发电机样品3#在I-V(电流-电压)的测量中表现出典型的开路特征。使用周期振荡(5Hz和0.13%的形变)的步进电机使摩擦发电机样品3#发生周期的弯曲和释放,摩擦发电机样品3#的最大输出电压和电流信号分别达到了250V和2 μA 。

[0095] 实施例4-10

[0096] 实施例4-7与实施例2的制备方法基本相同,不同之处在于使用的固体颗粒和溶解液不同,具体如下表所示。实施例8-10与实施例3的制备方法基本相同,不同之处在于使用的固体颗粒和溶解液不同,以及将聚二甲基硅氧烷混合物均匀涂布在基底上,在80 $^{\circ}\text{C}$ 对聚二甲基硅氧烷混合物加热10分钟,使其部分固化,具体如下表所示。实施例4-10得到的摩擦发电机样品4#-10#在I-V(电流-电压)的测量中表现出典型的开路特征,使用周期振荡(5Hz和0.13%的形变)的步进电机使摩擦发电机样品4#-10#发生周期的弯曲和释放,摩擦发电机样品4#-10#的最大输出电压和电流信号如下表所示。

[0097]

实施例	固体颗粒	粒径	溶解液	电压(V)	电流(μA)
实施例 4(4#)	无水乙酸 钠	100 μm	水	250	2.2
实施例 5(5#)	氧化钾	1000 μm	水	248	1.9
实施例 6(6#)	三氧化二 铝	800 μm	浓度为的 2mol/l 氢氧 化钠	252	2
实施例 7(7#)	铝粉	100 μm	浓度为	256	2.2

[0098]

			1mol/l 的硫酸		
实施例 8(8#)	氧化钠	100 μm	浓度为 1mol/l 的硫酸	250	2.1
实施例 9(9#)	碳酸钙	1000 μm	浓度为 2mol/l 的盐	256	2
实施例 10 (10#)	硝酸锌	2000 μm	水	252	1.8

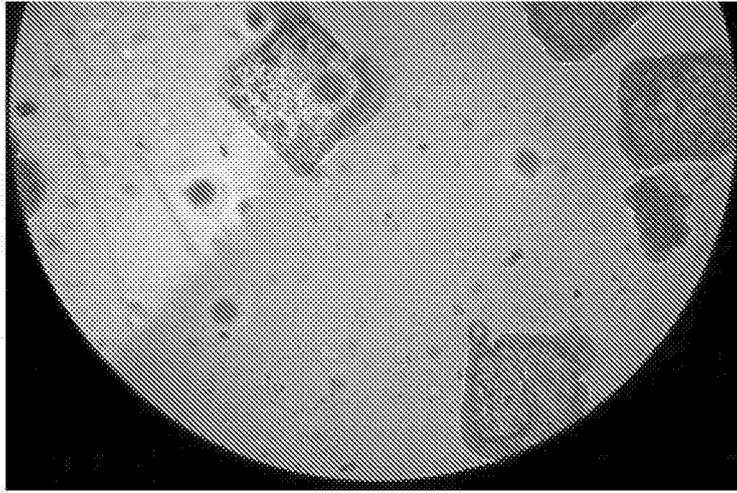


图1

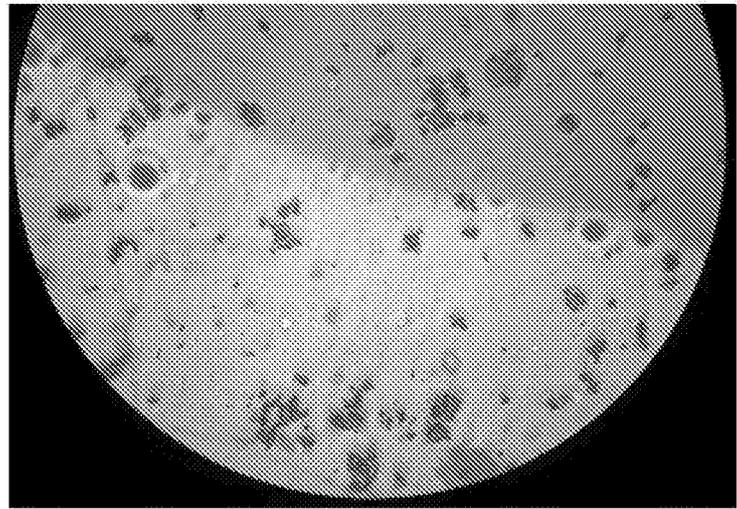


图2

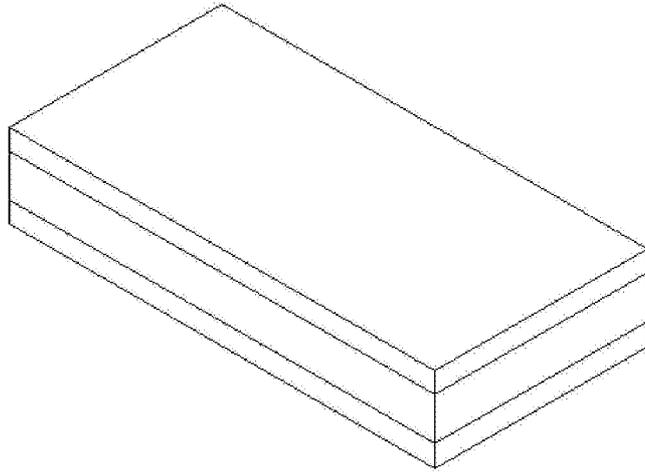


图3

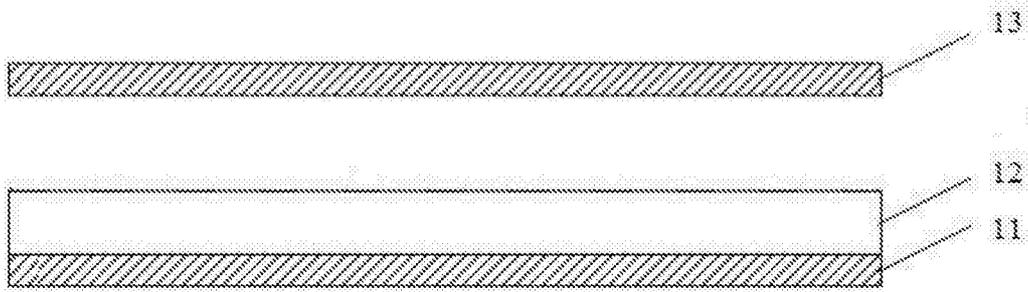


图4

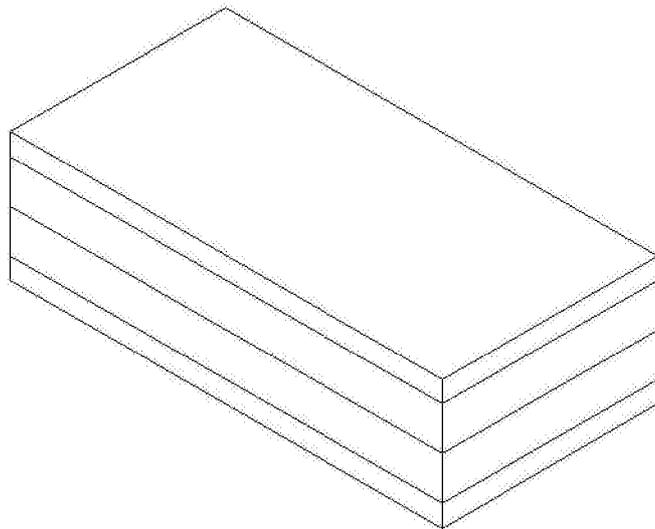


图5

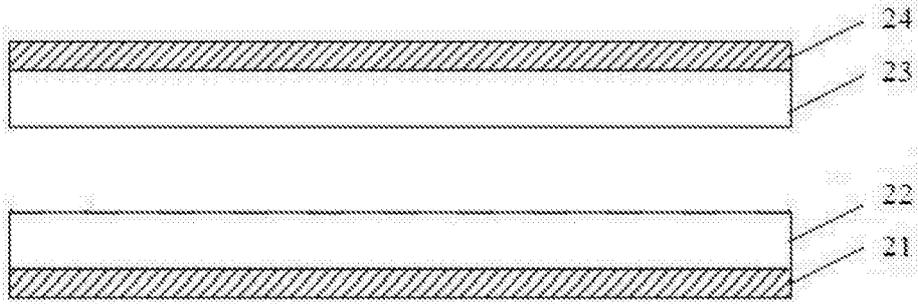


图6

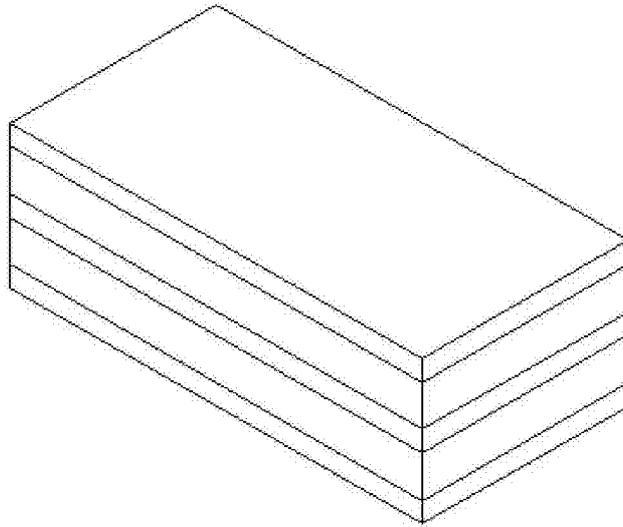


图7

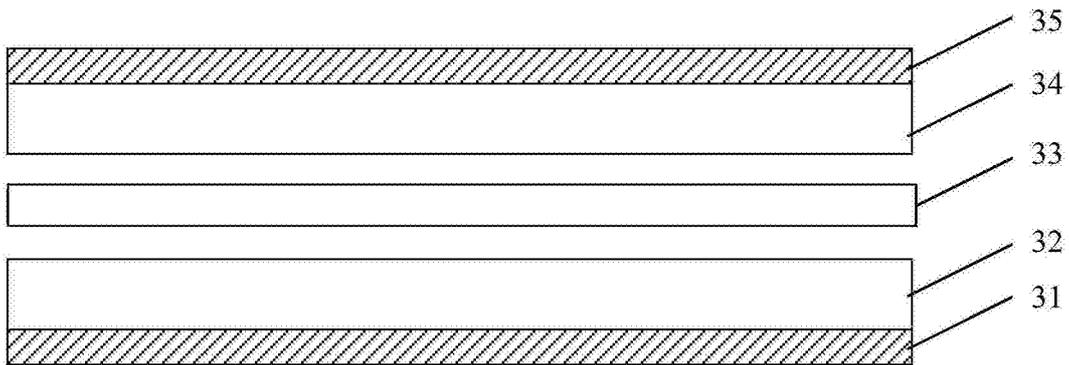


图8

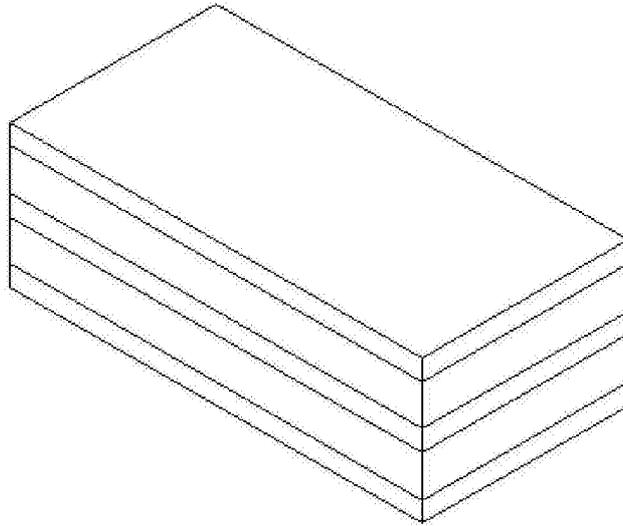


图9



图10