

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 23 日 (23.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/147443 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02N 3/00 (2006.01) **G01N 27/22** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/122614
- (22) 国际申请日: 2019 年 12 月 3 日 (03.12.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910051173.9 2019 年 1 月 18 日 (18.01.2019) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,
Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 曲良体 (QU, Liangti); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 黄亚鑫 (HUANG, Yaxin); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 程虎虎 (CHENG, Huhu); 中国

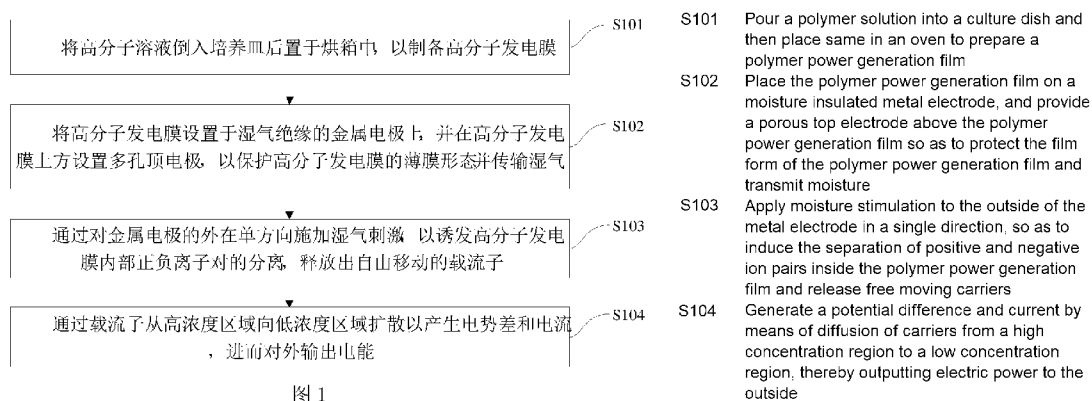
北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。
王海燕 (WANG, Haiyan); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MOISTURE POWER GENERATION METHOD AND EQUIPMENT

(54) 发明名称: 湿气发电方法及装置



(57) Abstract: A moisture power generation method and equipment. The method comprises the following steps: pouring a polymer solution into a culture dish and then placing same in an oven to prepare a polymer power generation film (100) (S101); placing the polymer power generation film (100) on a moisture insulated metal electrode (200), and providing a porous top electrode (300) above the polymer power generation film (100) so as to protect the film form of the polymer power generation film (100) and transmit moisture (S102); applying moisture stimulation to the outside of the metal electrode (200) in a single direction, so as to induce the separation of positive and negative ion pairs inside the polymer power generation film (100) and release free moving carriers (S103); and generating a potential difference and current by means of diffusion of carriers from a high concentration region to a low concentration region, thereby outputting electric power to the outside (S104). In the present method, simple and easily available polymer materials which may be bent, stretched and even self-repaired are employed; at the same time, directional moisture stimulation is employed to be able to implement moisture control without requiring assistance from a laser which is expensive to construct; the present method has the advantage of large-scale integration thanks to the simple testing means and the lack of requirement of other expensive external equipment in the testing process.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种湿气发电方法及装置, 其中, 该方法包括以下步骤: 将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中制备高分子发电膜(100) (S101); 将高分子发电膜(100)设置于湿气绝缘的金属电极(200)上, 并在高分子发电膜(100)上方设置多孔顶电极(300), 以保护高分子发电膜(100)的薄膜形态并传输湿气(S102); 通过对金属电极(200)的外在单方向施加剧气刺激, 以诱发高分子发电膜(100)内部正负离子对的分离, 释放出自由移动的载流子(S103); 通过载流子从低浓度向高浓度区域扩散以产生电势差和电流, 进而对外输出电能(S104)。该方法采用简单易得、可弯折、拉伸甚至自修复的高分子材料, 同时采用定向湿气刺激可以实现湿气控制, 不需要借助造价高昂的激光, 测试手段简单、测试过程无需借助其他昂贵的外在设备, 具有大规模集成的优势。

湿气发电方法及装置

5 相关申请的交叉引用

本申请要求清华大学于 2019 年 01 月 18 日提交的、发明名称为“湿气发电方法及装置”的、中国专利申请号“201910051173.9”的优先权。

技术领域

10 本发明涉及功能材料技术领域，特别涉及一种湿气发电方法及装置。

背景技术

高分子材料一般具有大的分子量，较低的密度，较高的力学性能，很好的耐磨损、耐腐蚀等特性，可以组装形成柔性、可拉伸、具有光学透过性的薄膜，作为一种功能性材料
15 广泛应用于工业生产和日常生活。

研究表明，通过外加单方向湿气刺激特定的材料，可以诱发材料内部正负离子对的分离，从而在外电路中产生电能。这种产电方式绿色环保，且稳定可持续，有望成为下一代绿色能源收集技术。相关技术中，这种发电方式主要依赖于价格高昂、制造过程繁琐且污染严重的石墨烯基材料，而基于高分子材料的相关研究还没有报道。

20

发明内容

本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

为此，本发明的一个目的在于提出一种湿气发电方法，该方法简单、高效、绿色、可持续、可循环。

25 本发明的另一个目的在于提出一种湿气发电装置。

为达到上述目的，本发明一方面提出了湿气发电方法，包括以下步骤：将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中，以制备高分子发电膜；将所述高分子发电膜设置于湿气绝缘的金属电极上，并在所述高分子发电膜上方设置多孔顶电极，以保护所述高分子发电膜的薄膜形态并传输湿气；通过对所述金属电极的外在单方向施加湿气刺激，以诱发所述高分子
30 发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子；以及通过所述载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能。

本发明实施例的湿气发电方法，与传统的电化学湿气极化法、激光定向还原法相比，

定向湿气刺激的方法可以实现很好的湿气控制，同时不需要借助造价高昂的激光，测试手段简单、同时测试过程无需借助其他昂贵的外在设备，具有大规模集成的优势。

另外，根据本发明上述实施例的湿气发电方法还可以具有以下附加的技术特征：

进一步地，在本发明的一个实施例中，所述将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中，
5 以制备高分子发电膜，包括：将固含量范围为 0.1% - 30% 的所述高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待所述高分子溶液挥发后生成所述高分子发电膜。

可选地，在本发明的一个实施例中，所述高分子溶液为聚 4-苯乙烯磺酸、聚 4-苯乙烯磺酸钠、全氟磺酸、聚乙烯醇、聚丙烯酸、聚丙烯酸钠、海藻酸钠、羟乙基纤维素和多巴胺中的任意一种或者多种的复合形式。

10 进一步地，在本发明的一个实施例中，还包括：对所述高分子溶液的体积进行调节，以将所述高分子发电膜的厚度调整至目标厚度。

进一步地，在本发明的一个实施例中，所述高分子发电膜制备的温度为 25℃ 至 90℃，且烘干时间为 2 小时至 12 小时。

可选地，在本发明的一个实施例中，所述金属电极和所述多孔顶电极的材料为金、银、
15 铜、铝、钛、铬、铁、ITO 玻璃、FTO 玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

进一步地，在本发明的一个实施例中，所述湿气施加的变化范围为 5% 至 100%，所述湿气变化的温度范围为 5℃ 至 95℃。

为达到上述目的，本发明另一方面提出了一种湿气发电装置，包括：高分子发电膜和
20 金属电极，所述高分子发电膜置于所述金属电极上方，用于对所述金属电极的外在单方向施加湿气刺激，以诱发所述高分子发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子，所述载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能；多孔顶电极，所述多孔顶电极置于在所述高分子发电膜上方，用于保护所述高分子发电膜的薄膜形态并传输湿气。

25 本发明实施例的湿气发电装置，可输出可观的电压和电流，且输出的电流值是相关报道的湿气发电材料中最高的，所产生的电能可以被存储在商用的电容器中为用电器供电，表现出极佳的电学特性，并且，基于高分子材料构建的湿气发电装置具有良好的湿气自愈特性，在受损后可以实现良好的器件性能的恢复，展现出潜在的实用价值与应用前景。

另外，根据本发明上述实施例的湿气发电装置还可以具有以下附加的技术特征：

30 进一步地，在本发明的一个实施例中，所述高分子发电膜制备过程为：将固含量范围为 0.1% - 30% 的所述高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待所述高分子溶液挥发后生成所述高分子发电膜。

可选地,在本发明的一个实施例中,所述金属电极和所述多孔顶电极的材料为金、银、铜、铝、钛、铬、铁、ITO 玻璃、FTO 玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

5 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

- 10 图 1 是本发明一个实施例的湿气发电方法流程图;
图 2 是本发明一个实施例的湿气发电装置结构示意图;
图 3 是本发明一个实施例的高分子发电膜的照片;
图 4 是本发明一个实施例的高分子发电膜的扫面电子显微照片;
图 5 是本发明一个实施例的湿气发电装置在 80%湿度刺激下产生的电压信号图;
15 图 6 是本发明一个实施例的湿气发电装置在 80%湿度刺激下产生的电流信号图;
图 7 是本发明一个实施例的湿气发电装置自修复照片;
图 8 是本发明一个实施例的湿气发电装置自修复前后的测试性能图;
图 9 是本发明一个实施例的湿气发电装置弯折条件下测试性能图。

20 具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例,实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

25 下面参照附图描述根据本发明实施例提出的湿气发电方法及装置,首先将参照附图描述根据本发明实施例提出的湿气发电方法。

在本发明实施例的研究过程中发现,在高分子薄膜材料两侧构建一个不对称的湿度时,会将材料中的含氧官能团水解,从而释放出可以自由移动的载流子,由于材料内部的湿度不均匀,造成载流子浓度的差异,在扩散作用下,载流子会从高浓度区域向低浓度区域扩散,如果外部连接上电路,此时会在外电路中输出电能,该过程称作湿气发电。

30 图 1 是本发明一个实施例的湿气发电方法流程图。

如图 1 所示,该湿气发电方法包括以下步骤:

在步骤 S101 中,将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中,以制备高分子发电膜。

具体地，将固含量范围为 0.1% - 30% 的高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待高分子溶液挥发后生成高分子发电膜。同时制备出的高分子发电膜可以呈现透明的特点，具有可拉伸性，可以用作可穿戴能源的特点。

需要说明的是，高分子溶液可以为聚 4-苯乙烯磺酸(PSSA)、聚 4-苯乙烯磺酸钠(PSS)、
5 全氟磺酸(Nafion)、聚乙烯醇(PVA)、聚丙烯酸(PAA)、聚丙烯酸钠(PAAS)、海藻酸钠(Alg)、羟乙基纤维素(HEMC)和多巴胺(DA)中的任意一种或者多种的复合形式。简单来讲，本发明实施例的高分子发电膜具有制备方法简单、价格低廉、原材料简单易得、可以大规模制备的特点。

其中，本发明实施例可以对高分子溶液的体积进行调节，以将高分子发电膜的厚度调
10 整至目标厚度，实现从 1 微米~1 厘米可调。

进一步地，在本发明的一个实施例中，高分子发电膜制备的温度为 25℃ 至 90℃，且烘干时间为 2 小时至 12 小时。

本发明实施例的优点在于传统的基于石墨烯基材料的湿气发电材料，制备方法复杂且对环境具有较大的污染，同时，所产生的电能很小；另外，石墨烯材料在自然环境中的稳定性较差，它的机械强度不高，不可以大范围拉伸、弯曲，且制备方法复杂，无法进行大
15 面积工业生产。而本发明中采用简单易得的高分子材料，它具有很好的机械性能，可以进行弯折、拉伸甚至自修复等，且能够与现代的高分子产业相融合，简单的进行大规模生产制备。

在步骤 S102 中，将高分子发电膜设置于湿气绝缘的金属电极上，并在高分子发电膜上
20 方设置多孔顶电极，以保护高分子发电膜的薄膜形态并传输湿气。

其中，金属电极和多孔顶电极的材料均可以为金、银、铜、铝、钛、铬、铁、ITO 玻璃、FTO 玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

在步骤 S103 中，通过对金属电极的外在单方向施加剧刺激，以诱发高分子发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子。

需要说明的是，在本发明的实施例中，湿气施加的变化范围为 5% 至 100%，湿气变化的
25 温度范围为 5℃ 至 95℃。

具体地，将高分子发电膜放置在湿气绝缘的金属电极上，再夹上多孔的另一个顶电极，通过外在单方向施加剧刺激，诱导高分子发电膜内部正负离子对的分离，而由于负离子具有大的结构，且在分子骨架上无法移动，因此内部移动的主要是小的正离子（即氢质
30 子），从而在外电路中产生电能。

在步骤 S104 中，通过载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能。

根据本发明实施例提出的湿气发电方法，与传统的电化学湿气极化法、激光定向还原法相比，定向湿气刺激的方法可以实现很好的湿气控制，同时不需要借助造价高昂的激光，测试手段简单、同时测试过程无需借助其他昂贵的外在设备，具有大规模集成的优势。

其次参照附图描述根据本发明实施例提出的湿气发电装置。

5 图 2 是本发明一个实施例的湿气发电装置结构示意图。

如图 2 所示，该湿气发电装置 10 包括：高分子发电膜 100、金属电极 200 和多孔顶电极 300。本发明实施例的湿气发电装置具有高的电压和电流输出，以及很好的弯折特性、同时也可以进行自修复愈合等。

10 其中，高分子发电膜 100 置于金属电极上方，用于对金属电极 200 的外在单方向施加湿气刺激，以诱发高分子发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子，载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能。多孔顶电极 300 置于在高分子发电膜上方，用于保护高分子发电膜的薄膜形态并传输湿气。

15 具体地，本发明实施例的湿气发电装置在湿度变化时可以产生高达 0—0.8 伏的电压和 0—0.2 毫安的电流值，输出的功率也是相关技术中所有湿气发电材料中最高的，可以通过简单的串联、并联等方式进行性能方法，并且该发电装置可以成功为商用电容器充电，为计算器屏幕、LED 灯泡、LCD 屏幕等用电器供电。此外，该湿气发电装置还表现出优异的透光性，透过率可以超高 60%；表现出优异的可已修复特性，能够在受损以后进行直接湿气诱导自愈合；此外还表现出很高的耐弯折、拉伸等特性。

20 进一步地，在本发明的一个实施例中，高分子发电膜制备过程为：将固含量范围为 0.1% - 30% 的高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待高分子溶液挥发后生成高分子发电膜。其中，高分子发电膜可为透明状，可进行拉伸、弯折，用于纺织在口罩等可穿戴织物中，在可穿戴能源领域展现出巨大的优势。

可选地，在本发明的一个实施例中，金属电极和多孔顶电极的材料为金、银、铜、铝、钛、铬、铁、ITO 玻璃、FTO 玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

25 下面结合 5 个实施例对制备高分子发电膜过程及湿气发电装置进行详细表述。

实施例 1

30 (a) 如图 3 所示，将 1788 型聚乙烯醇 (PVA) 配成 10% 固含量的水溶液，与取固含量为 30%，分子量为 75000 的聚(4-苯乙烯磺酸) (PSSA) 按照体积比 1:1 进行混合，得到溶液，总体积为 5 毫升。倒入直径为 6 毫米的塑料培养皿中，然后置入烘箱中，烘箱温度设置为 45℃，鼓风干燥 3 小时，即可得到高分子发电膜，并表现出很好的柔性，得到的发电膜。

(b) 如图 4 所示，上述得到的高分子发电膜表面平整，内部结构紧密。

(c) 制备湿气发电装置顶电极：取金属银电极片，厚度为 0.2 毫米，尺寸为 1×1 厘米，然后利用激光进行打孔，孔的直径为 20×20 微米，将得到的多孔电极放置在压力机下，10 千牛的压力处理 10 分钟，用于后期测试。

(d) 如图 2 所示，制备湿气发电装置：将高分子发电膜用刀片切成 1×1 厘米，放置
5 在金片上，厚度为 0.2 毫米，然后将多孔银顶电极放置在上面，利用卡具进行固定，得到三明治结构的湿气发电装置。

在该实施例中，将发电装置的两端与电学测试仪器相连，湿气从湿气发电装置上端的多孔顶电极处通入，实时记录产生的电学信号。该高分子发电材料对于湿气具有良好的响应性，在湿度变化时可以诱导高分子发电材料内部解离出可自由迁移的阳离子，并沿着湿度刺激方向定向迁移，从而产生电势差和电流，对外输出电能。如图 5 所示，在 60%湿度刺激下，该高分子发电膜可以产生 0.6 V 的开路电压，电学信号随着湿气的间歇施加表现出良好的相关性。类似地，如图 6 所示，该装置的电流输出也变现出与电压相同的特征，
10 单个装置可以产生的短路电流为 2 μA。

需要指出的是，得益于该高分子发电材料内部含有的丰富的氧官能团，其具有很好的自愈合特性。如图 7 所示，将高分子发电膜切断后，在端口处施加一定的湿气刺激并保持
15 一段时间，该断口就会逐渐自愈合，恢复到初始状态。进一步地，如图 8 所示，该高分子发电膜组装成的发电装置在愈合前后性能几乎没有损失。

此外，如图 9 所示，该高分子发电膜还具有好的弯折特性，且弯折前后的性能也保持不变。需要指出的是，该高分子发电装置的性能可以通过串并联进行提高，具备大规模
20 集成和工业化生产的潜力。且所产生的电能能够直接驱动 LCD 显示屏工作，展现出潜在的应用价值。

实施例 2

在本发明实施例中，按照与实施例 1 基本相同的方法，制备出高分子发电膜及湿气发电装置。区别在于：(a) 取固含量为 30%，分子量为 75000 的聚(4-苯乙烯磺酸) (PSSA)
25 溶液，后续烘干制备得到膜；(c) 顶电极为多孔的金电极，大小为 2×2 厘米；

该在本发明实施例中，在相对湿度变化为 90%时，高分子发电膜可以产生高达 0.8 V 的电压和 200 μA 的电流。

实施例 3

该在本发明实施例中，按照与实施例 1 基本相同的方法，制备出高分子发电膜及湿气
30 发电装置。区别在于：(a) 取 5mL 的固含量为 10%，1788 型聚乙烯醇 (PVA) 烘干得到膜；

该在本发明实施例中，在相对湿度变化为 30%时，高分子发电膜可以产生高达 0.3 V 的电压和 0.2 μA 的电流。

实施例 4

该在本发明实施例中，按照与实施例 1 基本相同的方法，制备出高分子发电膜及湿气发电装置。区别在于：(a) 取 10mL 全氟磺酸 (Nafion) 在 60℃ 下烘干得到膜；

该在本发明实施例中，在相对湿度变化为 80% 时，高分子发电膜可以产生高达 0.5 V 的电压和 10 μ A 的电流。

实施例 5

该在本发明实施例中，按照与实施例 1 基本相同的方法，制备出高分子发电膜及湿气发电装置。区别在于：(a) 取 10mL 分子量为 10000 的聚丙烯酸钠 (PAAS) 在 45℃ 下烘干得到膜；

该在本发明实施例中，在相对湿度变化为 80% 时，高分子发电膜可以产生高达 0.39 V 的电压和 5 μ A 的电流。

根据本发明实施例提出的湿气发电装置，可输出可观的电压和电流，且输出的电流值是相关报道的湿气发电材料中最高的，所产生的电能可以被存储在商用的电容器中为用电器供电，表现出极佳的电学特性，并且，基于高分子材料构建的湿气发电装置具有良好的湿气自愈合特性，在受损后可以实现良好的装置性能的恢复，展现出潜在的实用价值与应用前景。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具

体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，
5 本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种湿气发电方法，其特征在于，包括以下步骤：

将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中，以制备高分子发电膜；

5 将所述高分子发电膜设置于湿气绝缘的金属电极上，并在所述高分子发电膜上方设置多孔顶电极，以保护所述高分子发电膜的薄膜形态并传输湿气；

通过对所述金属电极的外在单方向施加湿气刺激，以诱发所述高分子发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子；以及

10 通过所述载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能。

2、根据权利要求1所述的湿气发电方法，其特征在于，所述将高分子溶液倒入培养皿后置于烘箱中，以制备高分子发电膜，包括：

将固含量范围为0.1% - 30%的所述高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待所述高分子溶液挥发后生成所述高分子发电膜。

15 3、根据权利要求2所述的湿气发电方法，其特征在于，所述高分子溶液为聚4-苯乙烯磺酸、聚4-苯乙烯磺酸钠、全氟磺酸、聚乙烯醇、聚丙烯酸、聚丙烯酸钠、海藻酸钠、羟乙基纤维素和多巴胺中的任意一种或者多种的复合形式。

4、根据权利要求2所述的湿气发电方法，其特征在于，还包括：

对所述高分子溶液的体积进行调节，以将所述高分子发电膜的厚度调整至目标厚度。

20 5、根据权利要求2所述的湿气发电方法，其特征在于，所述高分子发电膜制备的温度为25℃至90℃，且烘干时间为2小时至12小时。

6、根据权利要求1所述的湿气发电方法，其特征在于，所述金属电极和所述多孔顶电极的材料为金、银、铜、铝、钛、铬、铁、ITO玻璃、FTO玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

25 7、根据权利要求1所述的湿气发电方法，其特征在于，所述湿气施加的变化范围为5%至100%，所述湿气变化的温度范围为5℃至95℃。

8、一种湿气发电装置，其特征在于，包括：

30 高分子发电膜和金属电极，所述高分子发电膜置于所述金属电极上方，用于对所述金属电极的外在单方向施加湿气刺激，以诱发所述高分子发电膜内部正负离子对的分离，释放出自由移动的载流子，所述载流子从高浓度区域向低浓度区域扩散以产生电势差和电流，进而对外输出电能；以及

多孔顶电极，所述多孔顶电极置于在所述高分子发电膜上方，用于保护所述高分子发

电膜的薄膜形态并传输湿气。

9、根据权利要求 8 所述的湿气发电装置，其特征在于，所述高分子发电膜制备过程为：将固含量范围为 0.1% - 30% 的所述高分子溶液倒入培养皿，并置于预设温度的烘箱中，以待所述高分子溶液挥发后生成所述高分子发电膜。

- 5 10、根据权利要求 8 所述的湿气发电装置，其特征在于，所述金属电极和所述多孔顶电极的材料为金、银、铜、铝、钛、铬、铁、ITO 玻璃、FTO 玻璃、银浆料、碳布、碳纳米管电极和银纳米线中的任意一种。

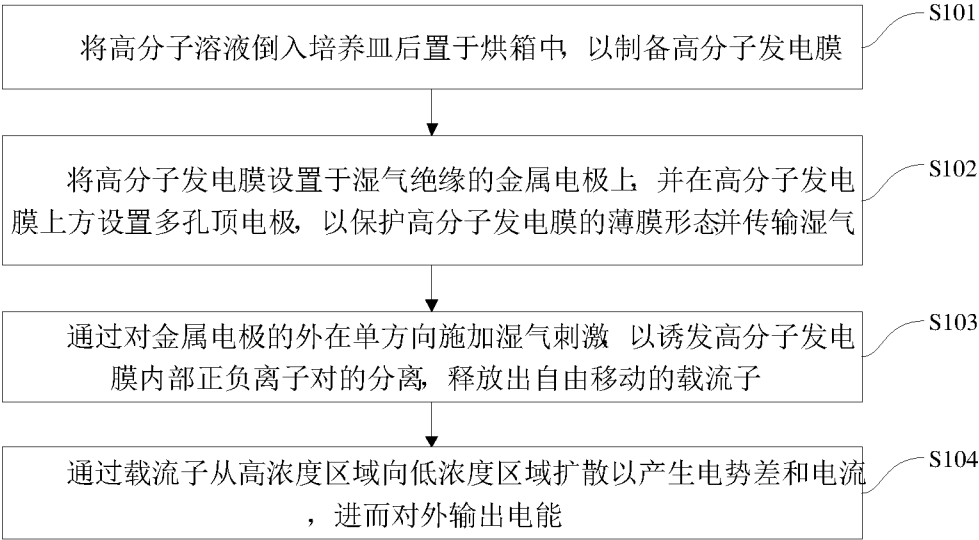


图 1

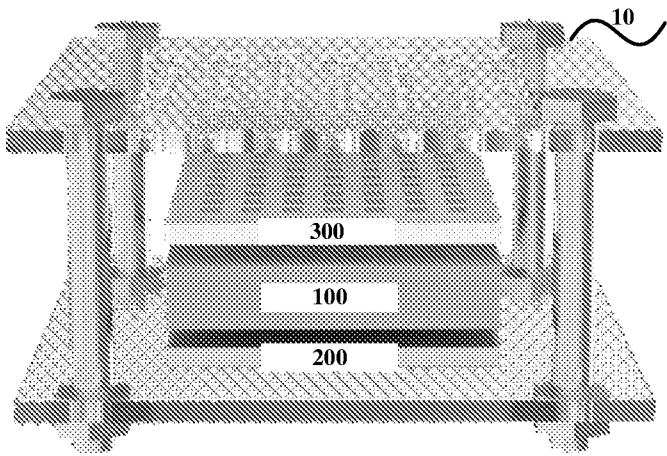


图 2

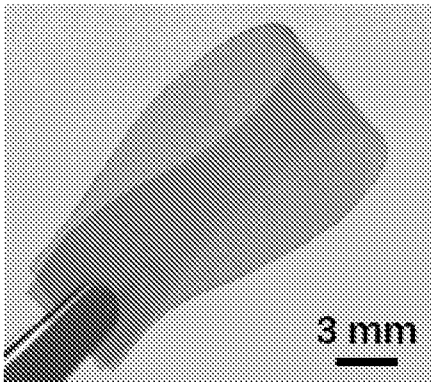


图 3

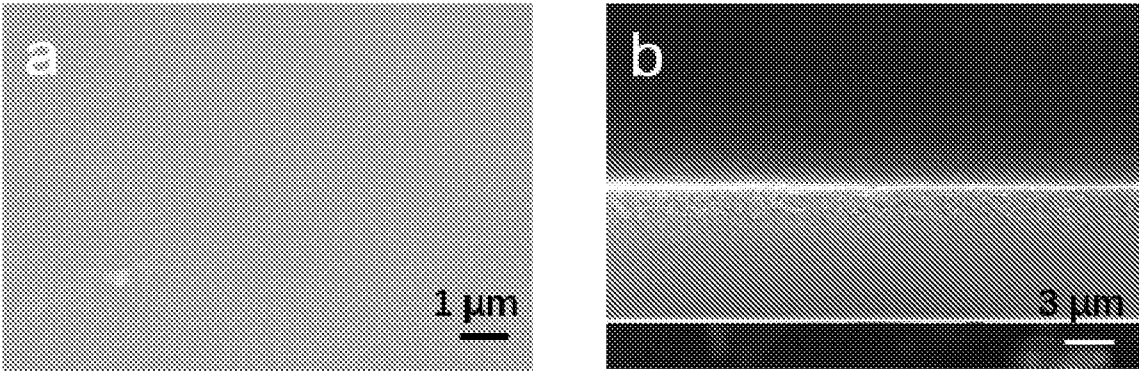


图 4

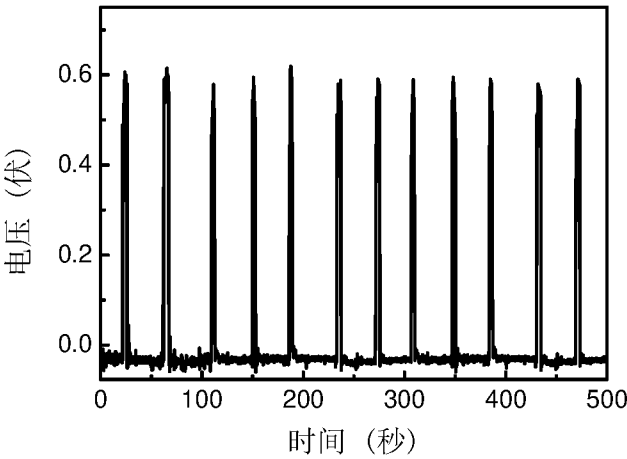


图 5

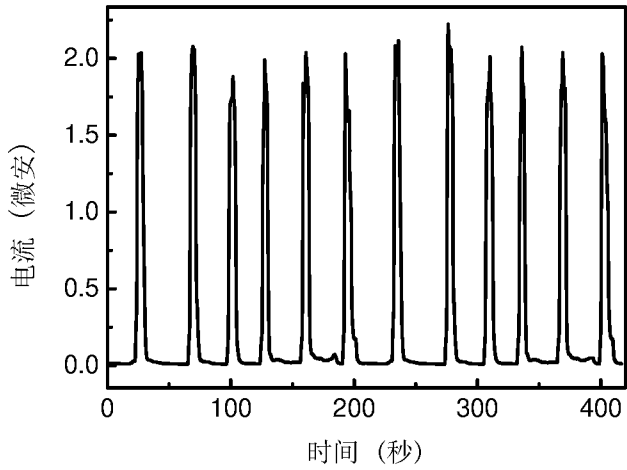


图 6

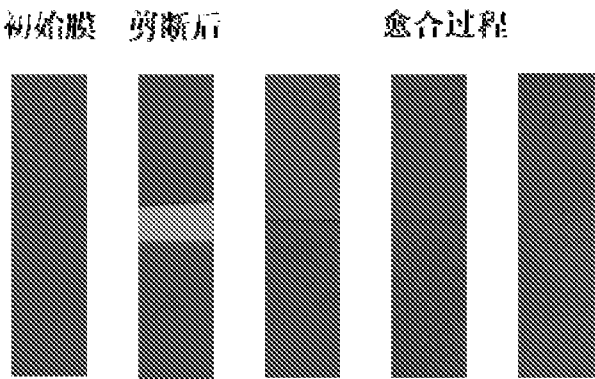


图 7

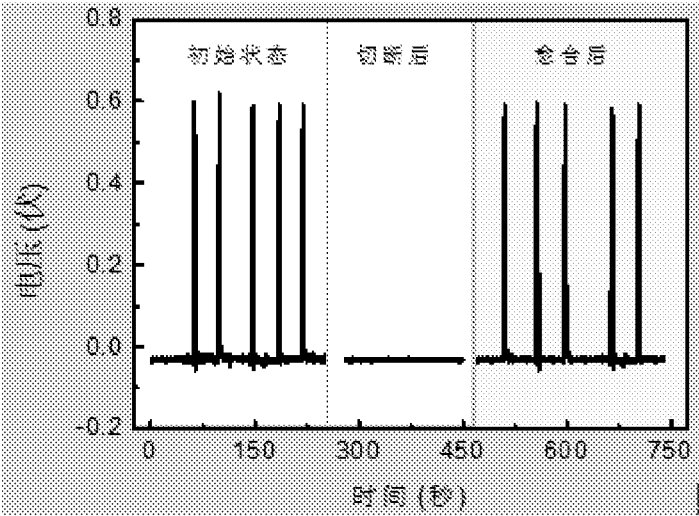


图 8

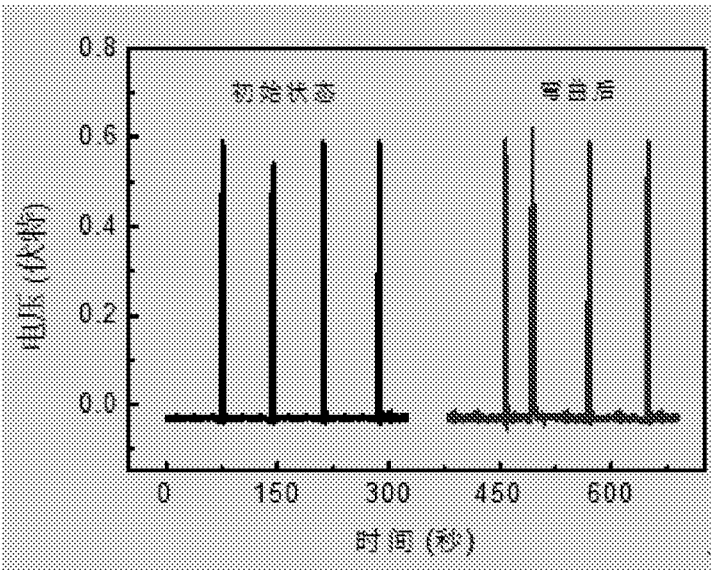


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/122614

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N 3/00(2006.01)i; G01N 27/22(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02N, G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPDOC, WPI, CNPAT, CNKI, IEEE, GOOGLE: 清华大学, 高分子, 发电, 湿气, 湿度, 多孔, 顶电极, Tsinghua, moisture, power, generation, polymer, film, electrode, top

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109546890 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 29 March 2019 (2019-03-29) description, paragraphs [0033]-[0077], and figures 1-9	1-10
X	CN 107863905 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 30 March 2018 (2018-03-30) description, paragraphs [0002]-[0079], and figures 1-10	1-10
A	CN 108616229 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 02 October 2018 (2018-10-02) entire document	1-10
A	CN 103618475 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM (EAST CHINA)) 05 March 2014 (2014-03-05) entire document	1-10
A	CN 103154714 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 12 June 2013 (2013-06-12) entire document	1-10
A	CN 106887969 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 23 June 2017 (2017-06-23) entire document	1-10
A	WO 2006099518 A2 (THE GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 21 September 2006 (2006-09-21) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2020

Date of mailing of the international search report

06 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/122614

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109546890	A	29 March 2019	None			
CN	107863905	A	30 March 2018	CN	107863905	B	07 January 2020
CN	108616229	A	02 October 2018	CN	108616229	B	12 July 2019
CN	103618475	A	05 March 2014	None			
CN	103154714	A	12 June 2013	EP	2622334	A1	07 August 2013
				US	9341588	B2	17 May 2016
				US	2013186177	A1	25 July 2013
				JP	5932806	B2	08 June 2016
				JP	2013539040	A	17 October 2013
				WO	2012044419	A1	05 April 2012
				EP	2622334	B1	25 May 2016
CN	106887969	A	23 June 2017	CN	106887969	B	28 September 2018
WO	2006099518	A2	21 September 2006	US	7776269	B2	17 August 2010
				WO	2006099518	A3	23 April 2009
				US	2006249402	A1	09 November 2006

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/122614

A. 主题的分类 H02N 3/00 (2006.01) i; G01N 27/22 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02N, G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) EPDOC, WPI, CNPAT, CNKI, IEEE, GOOGLE: 清华大学, 高分子, 发电, 湿气, 湿度, 多孔, 顶电极, Tsinghua, moisture, power, generation, polymer, film, electrode, top		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109546890 A (清华大学) 2019年 3月 29日 (2019 - 03 - 29) 说明书第[0033]-[0077]段, 附图1-9	1-10
X	CN 107863905 A (北京理工大学) 2018年 3月 30日 (2018 - 03 - 30) 说明书第[0002]-[0079]段, 附图1-10	1-10
A	CN 108616229 A (清华大学) 2018年 10月 2日 (2018 - 10 - 02) 全文	1-10
A	CN 103618475 A (中国石油大学华东) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 全文	1-10
A	CN 103154714 A (3M创新有限公司) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-10
A	CN 106887969 A (苏州大学) 2017年 6月 23日 (2017 - 06 - 23) 全文	1-10
A	WO 2006099518 A2 (THE GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 2006年 9月 21日 (2006 - 09 - 21) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 24日		国际检索报告邮寄日期 2020年 3月 6日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 徐金环 电话号码 86-(10)-53961515

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/122614

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109546890	A	2019年 3月 29日	无	
CN	107863905	A	2018年 3月 30日	CN 107863905	B 2020年 1月 7日
CN	108616229	A	2018年 10月 2日	CN 108616229	B 2019年 7月 12日
CN	103618475	A	2014年 3月 5日	无	
CN	103154714	A	2013年 6月 12日	EP 2622334	A1 2013年 8月 7日
				US 9341588	B2 2016年 5月 17日
				US 2013186177	A1 2013年 7月 25日
				JP 5932806	B2 2016年 6月 8日
				JP 2013539040	A 2013年 10月 17日
				WO 2012044419	A1 2012年 4月 5日
				EP 2622334	B1 2016年 5月 25日
CN	106887969	A	2017年 6月 23日	CN 106887969	B 2018年 9月 28日
WO	2006099518	A2	2006年 9月 21日	US 7776269	B2 2010年 8月 17日
				WO 2006099518	A3 2009年 4月 23日
				US 2006249402	A1 2006年 11月 9日