

# (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  
2014年12月31日 (31.12.2014)



(10) 国际公布号  
WO 2014/206077 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H02N 1/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/071085
- (22) 国际申请日: 2014年1月22日 (22.01.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201310256081.7 2013年6月25日 (25.06.2013) CN
- (71) 申请人: 国家纳米科学中心 (NATIONAL CENTER FOR NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区中关村北一条11号, Beijing 100190 (CN)。
- (72) 发明人: 王中林 (WANG, Zhonglin); 中国北京市海淀区中关村北一条11号, Beijing 100190 (CN)。 杨亚 (YANG, Ya); 中国北京市海淀区中关村北一条11号, Beijing 100190 (CN)。 张虎林 (ZHANG, Hulin); 中国北京市海淀区中关村北一条11号, Beijing 100190 (CN)。
- (74) 代理人: 中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.); 中国北京市海淀区西三环北路87号4-1105室, Beijing 100089 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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)。

[见续页]

(54) Title: SLIDING FRICTION POWER GENERATOR, POWER GENERATION METHOD, AND VECTOR DISPLACEMENT SENSOR

(54) 发明名称: 一种滑动摩擦发电机、发电方法以及矢量位移传感器

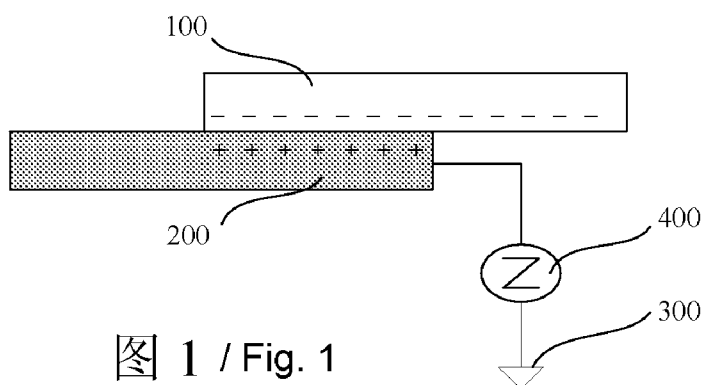


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A sliding friction power generator and a power generation method. The power generator comprises a friction layer (100) and an electrode layer (200) electrically connected to an iso-electric level (300). When an upper surface of the electrode layer and a lower surface of the friction layer generate relative sliding under the action of external force and a friction area changes in a sliding process at the same time, an electrical signal can be output between the electrode layer and the iso-electric level. In a vector displacement sensor that applies the sliding friction power generator, the electrode layer is formed by multiple sub-electrodes (231, 232, 233, 234). When a moving object (140) slides on the electrode layer, a position, a moving direction, and a displacement distance of the moving object can be detected according to an electrical signal output between the sub-electrodes and the iso-electric level, and there is no need to provide a power supply for the sensor.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/206077 A1

**本国际公布:**

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

一种滑动摩擦发电机以及发电方法，发电机包括一个摩擦层（100）和一个电连接至等电位（300）的电极层（200），当电极层的上表面与摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化，在电极层和等电位之间能够输出电信号。一种应用滑动摩擦发电机的矢量位移传感器，电极层由多个子电极（231，232，233，234）构成，移动物体（140）在电极层上滑动时，根据子电极与等电位之间输出的电信号能够对移动物体的位置、移动方向和移动距离进行探测，而无需为传感器提供电源。

# 一种滑动摩擦发电机、发电方法以及矢量位移传感器

## 技术领域

本发明涉及一种发电机，特别是涉及将机械能转化为电能的滑动摩擦发电机以及发电方法，以及应用该滑动摩擦发电机的矢量位移传感器。

## 背景技术

滑动摩擦电发电机的工作原理是基于两种不同的摩擦电材料的相互摩擦产生表面电荷转移，但是，所有已经报道的滑动摩擦发电机都是基于导电金属沉积在摩擦电薄膜材料表面作为电极层，从而实现对外输出电能。这种结构的滑动摩擦发电机结构复杂，导致器件制作成本增加，另外，现有的滑动摩擦发电机要求摩擦电材料的厚度必须要在小尺度厚度范围内，典型的厚度小于 100 微米，由于摩擦电材料很薄，这将使两种摩擦电材料在滑动摩擦过程非常容易破坏摩擦电材料，从而导致发电机不能继续正常工作。因此，现有滑动摩擦发电机的结构极大的妨碍了这种摩擦电发电机的发展和应用。

## 发明内容

本发明提供一种结构简单的单电极式滑动摩擦发电机，能够将外力的机械能转变为电能。

为实现上述目的，本发明提供一种滑动摩擦发电机，包括一个摩擦层和一个电极层，其中，所述电极层电连接至等电位；

所述摩擦层的下表面与所述电极层的上表面相对设置；

当所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在所述电极层和所述等电位之间能够输出电信号。

优选的，所述摩擦层的下表面材料与所述电极层上表面材料存在电

极序差异。

优选的，所述电极层通过负载连接至地或等电位电路。

优选的，所述电极层通过外电路电连接至等电位，所述外电路与负载并联。

优选的，所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面接触设置。

优选的，在未受外力时所述电极层与所述摩擦层不接触，在外力作用下所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面接触。

优选的，所述摩擦层的下表面材料选择绝缘体。

优选的，所述绝缘体材料选自聚合物材料。

优选的，所述聚合物材料选自聚甲基丙烯酸甲酯、尼龙、聚乙烯醇、聚酯、聚异丁烯、聚氨酯弹性海绵、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙烯醇缩丁醛、聚氯乙烯、天然橡胶、聚丙烯腈、聚双苯酚碳酸酯、聚氯醚、聚偏二氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰亚胺、聚氯乙烯、聚二甲基硅氧烷、聚四氟乙烯。

优选的，所述摩擦层的厚度大于 1mm。

优选的，所述电极层上表面的材料选自金属，铟锡氧化物或有机物导体。

优选的，所述金属选自金、银、铂、铝、镍、铜、钛、铬或硒，以及由上述金属形成的合金；所述有机物导体选自自聚吡咯、聚苯硫醚、聚酞菁类化合物、聚苯胺和/或聚噻吩。

优选的，所述电极层为薄膜材料。

优选的，所述电极层的厚度为 10 nm-5 mm。

优选的，所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面全部或部分分布有纳米、微米或次微米量级的微结构，所述微结构为纳米线、纳米管、纳米颗粒、纳米棒、纳米花、纳米沟槽、微米沟槽，纳米锥、微米锥、纳米球和微米球状结构或者由该结构形成的阵列，或者所述微结构为纳米材料的点缀或涂层。

优选的，所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面经过化学改性。

优选的，在所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面，在摩擦电极

序相对为正的材料表面引入更易失电子的官能团，或者在摩擦电极序相对为负的材料表面引入更易得电子的官能团。

优选的，在所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面，在极性为正的摩擦层材料表面引入正电荷，而在极性为负的摩擦层材料表面引入负电荷。

优选的，所述电极层的上表面为平面或曲面；

和/或，所述电极层的下表面为平面或曲面。

优选的，所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面为互补表面。

优选的，所述摩擦层的下表面为凹凸结构的不平整表面，所述电极层的上表面为凹凸结构的不平整表面。

优选的，所述电极层和/或摩擦层为柔性材料或硬性材料。

优选的，所述电极层和/或摩擦层为弹性材料。

优选的，该发电机还包括基板，所述电极层设置在所述基板上。

优选的，所述电极层由多个子电极构成，每个所述子电极电连接至等电位，所述多个子电极的上表面形成所述电极层的上表面；当所述子电极的上表面与所述摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在所述子电极和所述等电位之间能够输出电信号。

优选的，所述摩擦层的下表面不能同时与相邻的两个子电极的上表面接触和摩擦。

优选的，所述子电极的形状为长条状或正方形条状。

优选的，所述多个子电极按照预先设定的图形排列。

优选的，所述摩擦层由多个摩擦单元构成，所述多个摩擦单元的下表面形成所述摩擦层的下表面。

相应的，本发明还提供一种矢量位移传感器，包括电极层由多个子电极构成的发电机，其中，

在每个所述子电极与等电位之间连接检测装置，所述检测装置用于检测所述电信号；

当所述摩擦层下表面与所述子电极上表面发生滑动摩擦并且摩擦

面积发生改变时，根据检测到所述电信号的检测装置的位置能够确定所述摩擦层的位置，或者根据先后检测到电信号的检测装置的位置确定所述摩擦层的滑动距离、滑动方向或滑动速度。

优选的，所述检测装置为电流或电压检测装置，所述电信号为电流或电压信号；

或者，所述检测装置为发光元件或发声元件，当所述发光元件或发声元件检测到所述电信号时输出光信号或声音信号。

优选的，在每个所述子电极与等电位之间还包括分压电阻，所述分压电阻与所述检测装置并联或串联。

优选的，所述发电机包括 16 个子电极，所述 16 个子电极以 4 个为一组，分布在四个方向上形成十字架结构，每组中的 4 个子电极平行等距排列。

优选的，所述 16 个子电极为铝电极条，所述铝电极条的宽度为 10 mm，长度为 3 cm，电极条之间的距离为 2 mm。

相应的，本发明还提供一种发电方法，包括：

提供通过负载连接至等电位的电极层；

摩擦层与所述电极层发生相对滑动摩擦、并且导致摩擦面积变化，所述负载上有电流流过。

与现有技术相比，本发明具有下列有益效果：

1、本发明的滑动摩擦发电机基于单电极，只需要用一个摩擦电材料和一个导电材料（例如聚合物和金属材料），将导电材料电连接至等电位，便可以制作成发电机，不再需要在摩擦电材料的表面镀金属材料。通过摩擦电材料和导电材料的不断接触和分离就可以实现对外输出电能。本发明简化了发电机结构的同时，还可以采用厚度较大的摩擦层材料，能够延长发电机的使用寿命。

2、本发明的滑动摩擦发电机的电极层需要电连接至等电位，而摩擦层则无需进行任何连接，只要能够保证电极层与摩擦层之间能够互相滑动摩擦并且在摩擦过程中摩擦面积发生变化，即可对连接在电极层与等电位之间的负载供电。这种结构设计的发电机可以广泛应用在移动物

体上，将移动过程中的相互摩擦转变为电能，例如汽车轮胎与地面的摩擦产生机械能的收集或者应用在触摸屏等领域。

3、本发明的滑动摩擦发电机的各部分都可以采用柔性材料或弹性材料，因此，可以与柔性器件结合使用。

4、本发明提供的利用滑动摩擦发电机的矢量位移传感器，是一种自驱动的传感器，采用电极层由多个子电极构成的电极层，摩擦层在子电极上滑动或移动时，连接在子电极与等电位之间的检测装置能够检测电信号，不需要为传感器提供电源，主要依靠物体在移动过程中，先后触发的摩擦层与子电极之间滑动摩擦产生的电信号即可追踪移动物体的移动方向、移动距离和移动速度，并且可以实现对物体位置的定位。本发明的矢量位移传感器不需要额外提供电源，除了可以应用在小器件例如触摸屏中，也特别适用在不便于进行电源更换的环境中。

## **附图说明**

通过附图所示，本发明的上述及其它目的、特征和优势将更加清晰。在全部附图中相同的附图标记指示相同的部分。并未刻意按实际尺寸等比例缩放绘制附图，重点在于示出本发明的主旨。

图 1 为本发明滑动摩擦发电机的典型结构示意图；

图 2 为本发明滑动摩擦发电机的发电原理示意图；

图 3 为电极层设置在基板上的发电机结构示意图；

图 4 为电极层的上表面和摩擦层的下表面为弯曲表面的发电机结构示意图；

图 5 和图 6 为电极层的上表面和摩擦层的下表面为凹凸结构不平整表面的发电机结构示意图；

图 7 和图 8 为电极层由多个子电极构成的发电机的结构示意图；

图 9 至图 11 为矢量位移传感器的一个具体实施例图片。

## **具体实施方式**

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案

进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

其次，本发明结合示意图进行详细描述，在详述本发明实施例时，为便于说明，所述示意图只是示例，其在此不应限制本发明保护的范围。

现有的滑动摩擦发电机是通过两种摩擦电材料互相摩擦产生表面电荷转移从而将机械能转变为电能来发电，这种结构需要在摩擦材料表面制备导电材料层作为电极层，不仅使发电机的结构复杂，而且对摩擦层的厚度要求较薄，这将使两种摩擦电材料在滑动摩擦过程非常容易破坏摩擦电材料，从而导致发电机不能继续正常工作。本发明提供一种单电极式的滑动摩擦发电机，技术方案是，依靠存在电极序差异的导电材料和摩擦电材料之间的互相摩擦产生表面电荷，并且通过将导电材料电连接至等电位，为连接在导电材料与等电位之间的负载或外电路供电。

本发明中所述的“摩擦电极序”，是指根据材料对电荷的吸引程度将其进行的排序，两种材料在相互摩擦的瞬间，在摩擦面上负电荷从摩擦电极序中极性较正的材料表面转移至摩擦电极序中极性较负的材料表面。例如，高分子材料聚四氟乙烯（Teflon）与金属材料铝箔接触时，铝箔带正电，即得电子能力较弱，高分子材料聚四氟乙烯（Teflon）带负电，即得电子能力较强；而聚合物尼龙与铝箔接触时，聚合物尼龙表面带正电，即得电子能力较弱，铝箔带负电，即得电子能力较强。迄今为止，还没有一种统一的理论能够完整的解释电荷转移的机制，一般认为，这种电荷转移和材料的表面功函数相关，通过电子或者离子在接触面上的转移而实现电荷转移。需要说明的是，摩擦电极序只是一种基于经验的统计结果，即两种材料在该序列中相差越远，接触后所产生电荷的正负性和该序列相符合的几率就越大，而且实际的结果受到多种因素的影响，比如材料表面粗糙度、环境湿度和是否有相对摩擦等。

本发明中所述的“接触电荷”，是指在两种摩擦电极序极性存在差异的材料在接触摩擦并分离后其表面所带有的电荷，一般认为，该电荷

只分布在材料的表面，分布最大深度不过约为 10 纳米。需要说明的是，接触电荷的符号是净电荷的符号，即在带有正接触电荷的材料表面的局部地区可能存在负电荷的聚集区域，但整个表面净电荷的符号为正。

下面结合附图详细介绍本发明滑动摩擦发电机的具体实施方式。

本实施例的滑动摩擦发电机的典型结构参见图 1，发电机包括一个摩擦层 100 和一个电极层 200，其中，电极层 200 电连接至等电位 300；摩擦层 100 的下表面与电极层 200 的上表面相对设置；当电极层 200 的上表面与摩擦层 100 的下表面在外力作用下发生相对滑动摩擦、同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在电极层 200 和等电位 300 之间输出电信号。如果在电极层 200 和等电位 300 之间连接负载或外电路 400，在负载或外电路 400 有电流流过。

摩擦层 100 与电极层 200 的材料存在摩擦电极序差异，在外力作用下互相摩擦并且使互相接触的面积发生改变时，能够为连接在电极层 200 与等电位 300 之间的负载或外电路 400 提供电源。下面以图 1 的结构为例详细介绍本发明的发电机的工作原理，发电机各部分的结构、材料等信息。

本发明的发电机的工作原理参见图 2，由于摩擦层 100 与电极层 200 的材料存在电极序差异，二者之间存在得电子能力的差异，以摩擦层 100 得电子能力强而电极层 200 更容易失去电子为例，当电极层 200 的上表面与摩擦层 100 的下表面接触时，使摩擦层 100 下表面带有负电荷，而电极层 200 则带正电荷。如图 2 中 a 图所示。当外力 F 作用下摩擦层 100 与电极层 200 相对滑动并且使接触面积发生变化后，破坏了在摩擦层 100 和电极层 200 表面电荷的平衡，电子会从等电位 300 向电极层 200 流动，如图 2 中 b 图所示，从而使连接在电极层 200 与等电位 300 之间的负载或外电路有电流流过。当摩擦层 100 和电极层 200 完全分离后，电极层 200 上的正负电荷达到平衡，并没有电子的流动，如图 2 中 c 图所示。当反方向的外力 F 使摩擦层 100 与电极层 200 发生相对滑动，摩擦层 100 的下表面和电极层 200 上表面互相摩擦并使接触面积改变，将导致电子从电极层 200 向等电位流动，对连接在电极层 200 与等电位之间的负载

或外电路输出电流，如图 2 中 d 图所示。当摩擦层 100 和电极层 200 完全接触后，摩擦层 100 与电极层 200 的正负电荷平衡，此时，并没有电子在外电路中流动，如图 2 中 a 图所示，在电极层 200 与等电位之间观察不到电流输出。如此往复，形成交流脉冲电流。

现有的依靠两种摩擦电材料进行摩擦并产生电信号输出的发电机中，均需要在摩擦电材料的表面沉积电极层，用于在两种摩擦电材料互相摩擦而导致两种材料表面的电荷不平衡而产生电势时传输电荷。本发明的滑动摩擦发电机与现有的滑动摩擦发电机的不同之处在于，两种摩擦电材料中，一种选择导电材料，并将该导电材料与一等电位（地或等电势）电连接，负载或者外电路连接在电极层与等电位之间即可，不需要在摩擦层的上表面设置电极层，不仅简化了制备过程，而且是一种应用广泛的将机械能转变为电能的滑动摩擦发电机。另外，由于不需要在摩擦层的上表面制备电极层，因此，摩擦层的厚度不做特别限定，优选为大于 1mm，以保证摩擦过程中的机械强度。

根据上述的发电原理可以看出，摩擦层 100 和电极层 200 之间摩擦电极序的差异是产生可输出电信号的关键，本发明中，优选摩擦层材料为绝缘体材料，电极层材料为导电材料。作为摩擦层的绝缘体材料中，优选聚合物绝缘材料。以下聚合物材料均可用于本发明的摩擦层 100 中，并且按照排列的顺序具有越来越强的得电子能力：聚甲基丙烯酸甲酯、尼龙、聚乙烯醇、聚酯、聚异丁烯、聚氨酯弹性海绵、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙烯醇缩丁醛、聚氯乙烯、天然橡胶、聚丙烯腈、聚双苯酚碳酸酯、聚氯醚、聚偏二氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰亚胺、聚氯乙烯、聚二甲基硅氧烷、聚四氟乙烯。限于篇幅的原因，并不能对所有可能的材料进行穷举，此处仅列出几种具体的聚合物材料供人们参考，但是显然这些具体的材料并不能成为本发明保护范围的限制性因素，因为在发明的启示下，本领域的技术人员根据这些材料所具有的摩擦电特性很容易选择其他类似的材料。

通过实验发现，当摩擦层 100 的材料与电极层 200 的材料之间得电子能力相差越大，滑动摩擦发电机输出的电信号越强。所以，可以根据

上面列出的顺序并结合简单的对比实验，选择合适的聚合物材料作为摩擦层 100，以获得最佳的电信号输出性能。

电极层 200 在发电机中不仅提供与摩擦层 100 进行摩擦的一个摩擦表面，而且还是发电机的电极，当电极层 200 表面电荷所构成的电场不平衡时，能通过负载或外电路从等电位 300 传输电子，以平衡电极层 200 的电荷。因此，电极层 200 的上表面需要由导电材料构成，或者整体均为导电材料构成，所述的导电材料可选自金属、铟锡氧化物或有机物导体，电极层 200 可以为平板、薄片或薄膜，其中薄膜厚度的可选范围为 10nm-5mm，优选为 100nm-500 $\mu$ m。常用的金属包括金、银、铂、铝、镍、铜、钛、铬或硒，以及由上述金属形成的合金；有机物导体一般为导电高分子，包括自聚吡咯、聚苯硫醚、聚酞菁类化合物、聚苯胺和/或聚噻吩。金属薄膜层可以采用现有的磁控溅射、蒸镀和印刷打印等技术来制作。

对于电极层 200 采用薄膜材料的发电机，还可以包括基板 500，参见图 3，电极层 200 设置在基板 500 上，以增强电极层 200 的机械强度。在基板上制备电极层如金属薄膜层可以采用现有的磁控溅射、蒸镀和印刷打印等技术。当然对于电极层厚度较大的情况，发电机也可以包括基板，将电极层设置在基板上，来支撑电极层或者将电极层与其他器件进行隔离。

基板 500 的材料选择无特殊要求，可以为导体、绝缘体或半导体，例如铝板或硅片。基板 500 可以为柔性基板也可以为硬性基板，例如橡胶或玻璃板。

为了提高发电机的输出性能，优选在所述摩擦层 100 的下表面，和/或，所述电极层 200 的上表面，全部或部分分布有纳米、微米或次微米量级的微结构，以增加摩擦层 100 和电极层 200 的有效接触面积，提高二者的表面电荷密度。所述微结构优选为纳米线、纳米管、纳米颗粒、纳米棒、纳米花、纳米沟槽、微米沟槽，纳米锥、微米锥、纳米球和微米球状结构，以及由前述结构形成的阵列，特别是由纳米线、纳米管或纳米棒组成的纳米阵列，可以通过光刻蚀、等离子刻蚀等方法制备的

线状、立方体、或者四棱锥形状的阵列，阵列中每个这种单元的尺寸在纳米到微米量级，具体微纳米结构的单元尺寸、形状不应该限制本发明的范围。还可以在摩擦层 100 的下表面和/或电极层 200 的上表面通过纳米材料的点缀或涂层的方式，获得表面的微结构。

除上述的在摩擦层（或电极层）表面进行物理改性的方法外，也可以对相互摩擦的摩擦层 100 和/或电极层 200 的表面进行化学改性，能够进一步提高电荷在接触瞬间的转移量，从而提高接触电荷密度和发电机的输出功率。化学改性又分为如下两种类型：

一种方法是对于相互摩擦的摩擦层 100 和电极层 200，在摩擦电极序相对为正的材料表面引入更易失电子的官能团（即强给电子团），或者在摩擦电极序相对为负的材料表面引入更易得电子的官能团（强吸电子团），都能够进一步提高电荷在相互滑动时的转移量，从而提高摩擦电荷密度和发电机的输出功率。强给电子团包括：氨基、羟基、烷氧基等；强吸电子团包括：酰基、羧基、硝基、磺酸基等。官能团的引入可以采用等离子体表面改性等常规方法。例如可以使氧气和氮气的混合气在一定功率下产生等离子体，从而在摩擦层材料表面引入氨基。

另外一种方法是在极性为正的摩擦层材料表面引入正电荷，而在极性为负的摩擦层材料表面引入负电荷。具体可以通过化学键合的方式实现。例如，可以在聚二甲基硅氧烷 PDMS 摩擦层表面利用溶胶-凝胶的方法修饰上正硅酸乙酯（TEOS），而使其带负电。也可以在金属金薄膜层上利用金-硫的键结修饰上表面含十六烷基三甲基溴化铵（CTAB）的金纳米粒子，由于十六烷基三甲基溴化铵为阳离子，故会使整个摩擦层变成带正电性。本领域的技术人员可以根据摩擦层或电极层材料的得失电子性质和表面化学键的种类，选择合适的修饰材料与其键合，以达到本发明的目的，因此这样的变形都在本发明的保护范围之内。

本发明中所述的电极层 200 电连接至等电位 300 中，所述等电位 300 可以为地或者等电位电路，所述的电连接可以为电极层 200 通过负载或者外电路连接至等电位，当电极层与摩擦层互相摩擦使电极层上的接触电荷与摩擦层上的电荷不平衡时产生电势，等电位 300 中的电荷可以通

过负载或者外电路传输到电极层上，即所述电信号施加在所述负载或者外电路上。在本发明中，电极层 200 可以直接通过负载与等电位电连接；电极层 200 也可以通过外电路与等电位电连接，负载与外电路并联连接在电极层 200 与等电位 300 之间。所述的外电路可以为简单的电阻，也可以为较复杂的电路，在这里不做特别限定，只要能够将等电位与电极层进行电连接，且电阻不为零即可。

本发明的发电机中，摩擦层 100 或电极层 200 可以为柔性材料，也可以为硬性材料，因为材料的硬度并不影响二者之间的滑动摩擦效果，如需摩擦面维持平面，还可以通过其他部件的支撑来实现。因此，本领域的技术人员可以根据实际环境来选择摩擦层 100 和电极层 200 的材料硬度。采用柔性材料制成的发电机其优势在于柔软轻薄的摩擦层受到轻微的外力作用就会发生形变，而这种形变会引起两个摩擦层的相对位移，从而通过滑动摩擦向外输出电信号。柔性材料的使用使本发明的纳米发电机可以在生物和医学领域中得到广泛的应用。在使用的过程中还可以用具有超薄、柔软、具有弹性和/或透明的高分子材料做基底，进行封装以方便使用并提高强度。显然，本发明公开的所有结构都可以用相应的超软并具有弹性的材料做成，从而形成柔性的滑动摩擦发电机。

本发明发电机的最典型结构中，摩擦层 100 的下表面和电极层 200 的上表面相对接触设置，无论是否有外力施加于其上，二者始终保持面接触，在外力作用下，摩擦层 100 和电极层 200 发生与接触面相切的相对滑动摩擦。通过控制摩擦层 100 下表面和电极层 200 上表面的尺寸以及相对位移量，很容易实现在相对滑动摩擦的过程中摩擦面积发生变化。

在本发明的其他实施例中，在未受外力作用时，摩擦层 100 和导电层 200 可以为不接触设置，只要在外力作用下，摩擦层 100 的下表面和导电层 200 的上表面能够接触并发生与接触面相切的相对滑动摩擦即可，而在没有外力作用时，摩擦层 100 和导电层 200 可以完全分离。这样的设计能够满足需要间隔式发电的情况，而且摩擦过程可以同时有接触摩擦，也可以有滑动摩擦。实现这一目的的技术手段有很多，可以采用本领域中控制距离的常规部件，例如在摩擦层 100 的上表面和电极层 200

的下表面分别连接绝缘弹簧等部件，但是需要注意使用的弹簧不应限制摩擦层 100 和电极层 200 之间的相对滑动。这种设计的发电机能够与其他产品结合使用，可以将摩擦层 100 和电极层 200 分别连接到其他产品中 2 个互相分隔的部件上，利用这 2 个部件的间歇性接触（或靠近）和相对滑动来带动发电机工作，从而实现间隔式发电。

本发明中，摩擦层 100 的下表面或电极层 200 的上表面可以为平面（参见图 1 和图 3），也可以为曲面。曲面结构的摩擦层 100 的下表面或电极层 200 的上表面也同样可以实现相对滑动摩擦，优选的，摩擦层的下表面和导电层的上表面同为平面或曲面结构，以保证二者的紧密接触。参见图 4，摩擦层 110 整体为弧形结构，特别的，摩擦层 110 的下表面为弧形，电极层 210 整体为弧形结构，特别的，电极层 210 的上表面为弧形，电极层 210 通过负载或外电路连接至地，在外力 F 作用下，摩擦层 110 的下表面与电极层 210 的上表面发生与接触面相切的相对滑动摩擦时，负电荷通过负载 410 流入电极层 210。优选的，摩擦层 110 的下表面与电极层 210 的上表面为形状互补的曲面，例如为曲率相同的曲面，以保证电极层 210 与摩擦层 110 的接触面积最大，在外力 F 作用下，摩擦层 110 的下表面与电极层 210 的上表面发生与接触面相切的相对滑动摩擦时，能够产生较高的输出电流。

图 1 和图 4 所示的实施例中，摩擦层的下表面和电极层的上表面均为光滑平整表面，这样的结构需要摩擦层与电极层的相对滑动空间较大，而且对于摩擦层与电极层的尺寸相差较大时的情况，无法满足摩擦层与电极层互相摩擦过程中接触面积变化的要求。因此，本发明的发电机中，摩擦层的下表面和电极层的上表面可以制备为不平整表面，摩擦层与电极层互相滑动时摩擦层的下表面与电极层的上表面不完全接触，参见图 5，摩擦层 120 的下表面为凹凸结构的不平整表面，电极层 220 的上表面为凹凸结构的不平整表面，电极层通过负载 420 连接至等电位 320，当摩擦层 120 与电极层 220 接触时，由于摩擦层与电极层的摩擦电极序不同，在摩擦层的下表面产生负电荷，在电极层上产生正电荷，摩擦层与电极层无相对滑动时，无电流流过负载；在外力作用下摩擦层 120 相

对于电极层 220 发生相对滑动，并使接触面积发生变化时，参见图 6，为了平衡电极层上的电势，负电荷从等电位 320 通过负载 420 流向电极层 220，形成脉冲电流。本实施例中，还可以适用在摩擦层的下表面或者电极层的上表面较小的情况，在摩擦层的下表面和电极层的上表面制备不平整表面，在外力作用下摩擦层的下表面和电极层的上表面互相摩擦时能够满足接触面积的变化，从而可以将外力的机械能转变为电能。

本发明中，优选为摩擦层的下表面与电极层的上表面尺寸相当，以保证在互相滑动过程中能够出现接触面积最大的情况。更优选的，摩擦层的下表面与电极层的上表面面积和形状完全相同。

在本发明的其他实施例中，电极层可以由多个子电极构成，每个所述子电极电连接至等电位，多个子电极层的上表面共同形成电极层的上表面；当所述子电极的上表面与所述摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在所述子电极和所述等电位之间输出电信号。如果摩擦层与一个以上子电极在滑动过程中摩擦面积发生改变，则可以在一个以上的子电极与等电位之间输出电信号。参见图 7，电极层由子电极 231、232、233 和 234 构成，可以将多个子电极设置在基板 231 上，子电极 231、232、233 和 234 的上表面共同构成电极层的上表面，子电极 231、232、233 和 234 分别通过电阻 431 连接至地，分别在子电极 231、232、233 和 234 与电阻之间引出一个输出端 A1、A2、A3 和 A4，输出端用于连接负载或者检测设备。这里多个子电极设置在基板上进行固定，在其他实施例中，多个子电极之间也可以采用其他方式进行固定，例如子电极镶嵌在绝缘网格中进行固定。摩擦层 130 的尺寸可以小于子电极的尺寸也可以大于子电极的尺寸，这里以摩擦层 130 的尺寸大于子电极的尺寸为例介绍发电机工作过程，参见图 7 中 a 图至 c 图，初始状态时，摩擦层 130 的下表面与子电极 231、232 和 233 的上表面（即电极层的上表面）接触并可以相对滑动，未与子电极 234 接触。由于摩擦层材料和子电极材料存在电极序差异，因此，摩擦层 130 下表面带有负电荷，而子电极 231、232 和 233 则带正电荷，如图 7 中 a 图所示。当外力 F 作用下摩擦层 130 相对于电极层向右滑动

并且使摩擦层 130 与子电极 231 的接触面积发生变化后,电子会从地向子电极 231 流动,如图 7 中 b 图所示,使连接在输出端 A1 的检测设备能够检测到电信号,直至摩擦层 130 的下表面完全与子电极 231 分离后,输出端 A1 检测不到电信号。在这个滑动过程中,摩擦层 130 的下表面与子电极 232 和 233 的上表面虽然同时有滑动摩擦,但是,由于摩擦层 130 的尺寸比较大,摩擦层 130 的下表面与子电极 232 和 233 上表面的接触面积并没有发生变化,因此,在输出端 A2 和 A3 上检测不到电信号。摩擦层 130 相对于电极层继续向右侧滑动摩擦,当摩擦层 130 的下表面与子电极 234 的上表面接触并且在滑动过程中接触面积发生变化时,摩擦层 130 下表面的负电荷会排斥子电极 234 上的负电荷,从而使子电极 234 上的负电荷通过电阻流向地,如图 7 中 c 图所示,因此连接在输出端 A4 的检测设备可以检测到电信号。当摩擦层 130 向右侧运动直至子电极 234 的上表面完全与摩擦层 130 的下表面接触后,摩擦层 130 继续向右侧滑动时,子电极 234 上的电荷平衡,并且摩擦层 130 的下表面与子电极 234 的上表面的接触面积不会发生变化,因此不会在输出端 A4 检测到电信号。本实施例中,基板 330 可以为半导体或绝缘体,优选为绝缘体,例如有机玻璃等绝缘基板。这样结构的发电机,可以应用在电极层固定而移动的物体上设置摩擦层进行发电的情况。例如在路面上设置多个子电极,每个子电极通过负载等连接至等电位,摩擦层设置在车辆上,在车辆行驶过程中摩擦层可以与子电极相对滑动摩擦,从而为负载等提供电信号。本实施例的发电机也可以应用在触摸屏技术中,用于触摸的定位和移动探测。

上述实施例中,子电极的形状可以为任意形状,优选为多个子电极的形状和尺寸相同,例如都为长条状或正方形条状。多个子电极可以按照任意方式排列,优选为按照预先设定的图形排列,预先设定的图形可以为实际需要的图形,如正方形、长方形、环形、十字形等。例如沿着十字型的四个方向排列。在其他实施例中,优选的,所述摩擦层的下表面不能同时与相邻的两个子电极的上表面接触和摩擦。

同样的原理,本实施例中,也可以为摩擦层由多个摩擦单元构成,

多个摩擦单元的下表面形成摩擦层的下表面，电极层的上表面与摩擦单元的下表面接触设置并可以相对滑动，电极层通过电阻连接至地，其工作原理与图 7 中类似，这里不再详细说明。这样结构的发电机可以应用在移动的物体上设置电极层而摩擦层固定的情况，例如在路面上设置多个摩擦单元，电极层设置在车辆上并通过负载等连接至等电位，在车辆行驶过程中电极层可以与摩擦单元相对滑动摩擦，从而为负载等提供电信号。

由多个子电极构成电极层的发电机除了可以将外力的机械能转化为电能外，也可以应用在移动物体的滑动位置或滑动距离等的探测方面，实际应用中将由多个子电极构成的电极层设定为静止（或者相对静止）表面，摩擦层为移动物体，每个子电极分别通过测试设备连接至地，当移动物体在电极层表面上滑动产生子电极和摩擦层之间的相对摩擦，并且使接触面积发生变化时，相应的与子电极连接的测试设备能够检测到电信号，据此可以确定移动物体的位置。另外根据先后两个测试设备的测试信号，还可以确定移动物体的移动方向，参见图 8，电极层的结构与图 7 中的结构相同，移动物体 140（即摩擦层）尺寸较小，仅可以与一个子电极接触，移动物体 140 与子电极 231 接触且不相对滑动时输出端 A1 检测不到电信号（图 8 中 a 图所示），移动物体 140 相对于电极层向右侧滑动并使接触面积发生变化时，输出端 A1 检测到电信号（图 8 中 b 图所示），直到移动物体完全离开子电极 231 时输出端 A1 检测不到电信号。移动物体 140 继续向右侧滑动，当与子电极 232 接触后并且接触面积发生变化时，在输出端 A2 可以检测到电信号，直到移动物体与子电极 232 的接触面积不再发生变化。根据连接在输出端 A1 与 A2 的检测设备的检测信号对应的子电极的位置，可以确定移动物体的滑动位置、滑动方向以及滑动距离。因此本发明的滑动摩擦发电机可以对物体移动的方向和位移距离进行准确定位，是对移动物体进行探测的矢量位移传感器。

根据滑动摩擦发电机的工作原理，本发明提供一种矢量位移传感器，包括上述由多个子电极构成电极层的滑动摩擦发电机，其中，在每个所

述子电极与等电位之间连接检测装置，所述检测装置用于检测所述电信号；当所述摩擦层下表面与所述子电极上表面发生滑动摩擦并且摩擦面积发生改变时，根据检测到所述电信号的检测装置的位置能够确定所述摩擦层的位置，或者根据先后检测到电信号的检测装置的位置确定所述摩擦层的滑动距离、滑动方向或滑动速度。所述多个子电极可以排列设置在基板表面，来固定多个子电极。在每个子电极与等电位之间分别连接检测装置，当子电极与等电位之间有电流流过时，由于子电极与检测装置一一对应，因此检测装置能够记录产生电流信号的子电极的位置，相应的就可以确定与摩擦层产生滑动摩擦的子电极的位置，因此可以确定摩擦层的位置。摩擦层先后与两个子电极发生滑动摩擦时，相应的会有两个检测装置先后检测到电信号，根据先后检测到电信号的检测装置的位置、距离和时间，能够确定摩擦层的移动距离、移动方向和移动速度，实现移动物体（摩擦层）的位移感应。多个检测装置可以形成检测系统，在检测系统中可以预先设定每个检测装置与子电极的位置对应关系。

本发明的矢量位移传感器中，检测装置可以为电流或电压检测装置，用于当所述子电极与所述等电位之间有电流时输出电流或电压信号。在其他实施例中，检测装置也可以为其他通电后可以产生声、光等信号的发光元件或者发声元件，例如蜂鸣器或者 LED 灯，发光元件或发声元件用于当所述子电极与所述等电位之间有电流时输出光信号或声音信号。

本发明的矢量位移传感器，还可以与计算机处理系统连接，所述计算机系统记录各检测装置与子电极的对应位置关系、各检测装置检测到电信号的时间，并且根据这些记录信息可以方便的计算出所述摩擦层的滑动距离、滑动方向或滑动速度。

另外，本发明的矢量位移传感器中，还可以在每个子电极与等电位之间包括分压电阻，分压电阻可以调节子电极与等电位之间的电流或电压。具体的，分压电阻可以与检测装置并联或者串联。

具体的，可以将每个子电极分别通过分压电阻连接至同一个等电位（例如地），在每个子电极与分压电阻之间连接检测装置；当设置在移

动物体上的摩擦层下表面与子电极上表面发生滑动摩擦并且摩擦面积发生改变时，所述检测装置根据检测到的检测信号能够感应移动物体的位置。

位移传感器是通过电位器元件将机械位移转化成与之成线性或者任意函数关系的电阻或者电压输出。矢量位移传感器是在位移传感器的基础上发展起来的，其不但可以用来确定物体移动的方向，同时，也可以用来确定物体移动的位置。现有的矢量位移传感器主要是基于电阻变化型和磁致伸缩型的传感器来实现对位移的准确定位，外部电源供电对于这些传感器的正常工作是必不可少的，依赖外部能源供电的矢量位移传感器不仅在条件恶劣的环境下使用时不便于维护，而且很难在未来的能源危机中得到广泛地应用。利用本发明发电机的矢量位移传感器，无需外部电源供电，是一种自驱动的位移传感器，不仅结构简单制备成本低，而且能够从根本上解决位移传感器对外部电源的依赖，可以长期而稳定工作。

相应的，本发明还提供一种发电方法，包括步骤：

提供通过负载连接至等电位的电极层；

摩擦层与所述电极层发生相对滑动摩擦、并且导致摩擦面积变化，所述负载上有电流流过。

其中，所述摩擦层的材料与电极层的材料具有摩擦电极序差异。涉及到的摩擦层与电极层的材料和结构可以采用与本发明提到的发电机中的摩擦层和电极层相同的材料和结构，在这里不在重复。

实施例一：滑动摩擦发电机的制备

切割一个长 10 cm×宽 5 cm×厚 1 mm 的聚四氟乙烯作为器件的摩擦材料层，用胶布把一片长 10 cm×宽 5 cm×厚 25 μm 铝箔固定在一个一样大小的有机玻璃材料基板上，用铜导线连接 Al 箔，并和一个电阻相连接，电阻的另外一端接地。把切割好的聚四氟乙烯放在铝箔的表面，外力作用下当聚四氟乙烯和铝箔发生相对滑动并且摩擦面积发生变化后，连接在电阻两端的电压表有相应的电信号输出，说明能够将外力的机械能转化为电能进行发电。

## 实施例二：基于滑动摩擦发电机的矢量位移传感器的制备

利用激光切割一个长 10 cm×宽 10 cm×厚 1.59 mm 的有机玻璃作为利用发电机的传感器的基板材料。利用磁控溅射的方法，在基板上表面制作 16 个铝电极条作为子电极，子电极的宽度为 10 mm，长度为 3 cm。电极条之间的距离为 2 mm，16 个子电极以 4 个为一组，分布在四个方向上形成十字架结构，每组中的 4 个子电极平行等距排列，如图 9 所示。用铜导线连接每个铝电极条，并和一个分压电阻 R 相连接，分压电阻的另外一端接地，在每个电极条与分压电阻之间引出一个输出端 01……15、16，具体连接电路见图 10，输出端用于采集电信号。16 个输出端分别和检测装置相连接，通过检测装置来实现对 16 个子电极输出信号的实时采集。切割一个长 2 cm×宽 2 cm×厚 1 mm 的聚四氟乙烯作为摩擦层，并放置在多个电极条形成图形的中间空白处。当聚四氟乙烯材料向任何方向滑动时候，其将和电极条相对滑动摩擦并且使接触面积变化，从而在输出端对外输出电信号。并且，当包括摩擦层的物体在传感器上面移动的时候，不同的子电极先后和摩擦层接触，将导致不同的子电极对外输出电信号，通过分析这些信号，我们可以知道物体在哪个方向移动和移动的位置。当向其中一个方向滑动 10 mm，得到的数据图像见图 11，可以清楚的显示是中心区上方的第一个子电极与物体上设置的摩擦层接触。

以上实施例表明通过对输出端这些信号的采集，可以实现对物体移动方向和位置的定位。该矢量位移传感器直接利用单电极式的滑动摩擦发电机作为触发的传感器，不需要外部供电，可以有效的节约能源，并能长期稳定的工作。另外，本发明提供的矢量位移传感器可以根据需要将多个子电极设置为任意形状，并且可以进行大面积设置，可以方便的应用在野外等不便于使用电源的环境中。

以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是

未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

## 权利要求

1、一种滑动摩擦发电机，其特征在于，所述发电机包括一个摩擦层和一个电极层，其中，所述电极层电连接至等电位；

所述摩擦层的下表面与所述电极层的上表面相对设置；

当所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在所述电极层和所述等电位之间输出电信号。

2、根据权利要求 1 所述的发电机，其特征在于，所述摩擦层的下表面材料与所述电极层上表面材料存在电极序差异。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的发电机，其特征在于，所述电极层通过负载连接至地或等电位电路。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的发电机，其特征在于，所述电极层通过外电路电连接至等电位，所述外电路与负载并联。

5、根据权利要求 1-4 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面接触设置。

6、根据权利要求 1-4 任一项所述的发电机，其特征在于，在未受外力时所述电极层与所述摩擦层不接触，在外力作用下所述电极层的上表面与所述摩擦层的下表面接触。

7、根据权利要求 1-6 任一项所述的发电机，其特征在于，所述摩擦层的下表面材料选择绝缘体。

8、根据权利要求 7 所述的发电机，其特征在于，所述绝缘体材料选自聚合物材料。

9、根据权利要求 8 所述的发电机，其特征在于，所述聚合物材料选自聚甲基丙烯酸甲酯、尼龙、聚乙烯醇、聚酯、聚异丁烯、聚氨酯弹性海绵、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙烯醇缩丁醛、聚氯丁二烯、天然橡胶、聚丙烯腈、聚双苯酚碳酸酯、聚氯醚、聚偏二氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰亚胺、聚氯乙烯、聚二甲基硅氧烷、聚四氟乙烯。

10、根据权利要求 1-9 任一项所述的发电机，其特征在于，所述摩

擦层的厚度大于 1mm。

11、根据权利要求 1-10 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层上表面的材料选自金属，铟锡氧化物或有机物导体。

12、根据权利要求 11 所述的发电机，其特征在于，所述金属选自金、银、铂、铝、镍、铜、钛、铬或硒，以及由上述金属形成的合金；所述有机物导体选自自聚吡咯、聚苯硫醚、聚酞菁类化合物、聚苯胺和/或聚噻吩。

13、根据权利要求 1-12 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层为薄膜材料。

14、根据权利要求 1-13 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层的厚度为 10 nm-5 mm。

15、根据权利要求 1-14 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面，全部或部分分布有纳米、微米或次微米量级的微结构，所述微结构为纳米线、纳米管、纳米颗粒、纳米棒、纳米花、纳米沟槽、微米沟槽，纳米锥、微米锥、纳米球和微米球状结构或者由该结构形成的阵列，或者所述微结构为纳米材料的点缀或涂层。

16、根据权利要求 1-15 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面经过化学改性。

17、根据权利要求 16 所述的发电机，其特征在于，在所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面，在摩擦电极序相对为正的材料表面引入更易失电子的官能团，或者在摩擦电极序相对为负的材料表面引入更易得电子的官能团。

18、根据权利要求 16 所述的发电机，其特征在于，在所述电极层的上表面和/或摩擦层的下表面，在极性为正的摩擦层材料表面引入正电荷，而在极性为负的摩擦层材料表面引入负电荷。

19、根据权利要求 1-18 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层的上表面为平面或曲面；

和/或，所述电极层的下表面为平面或曲面。

20、根据权利要求 19 所述的发电机，其特征在于，所述电极层的

上表面与所述摩擦层的下表面为互补表面。

21、根据权利要求 1-20 任一项所述的发电机，其特征在于，所述摩擦层的下表面为凹凸结构的不平整表面，所述电极层的上表面为凹凸结构的不平整表面。

22、根据权利要求 1-21 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层和/或摩擦层为柔性材料或硬性材料。

23、根据权利要求 1-22 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层和/或摩擦层为弹性材料。

24、根据权利要求 1-23 任一项所述的发电机，其特征在于，该发电机还包括基板，所述电极层设置在所述基板上。

25、根据权利要求 1-24 任一项所述的发电机，其特征在于，所述电极层由多个子电极构成，每个所述子电极电连接至等电位，所述多个子电极的上表面形成所述电极层的上表面；当所述子电极的上表面与所述摩擦层的下表面在外力作用下发生相对滑动，同时摩擦面积在滑动过程中发生变化时，在所述子电极和所述等电位之间输出电信号。

26、根据权利要求 25 所述的发电机，其特征在于，所述摩擦层的下表面不能同时与相邻的两个子电极的上表面接触和摩擦。

27、根据权利要求 25 或 26 所述的发电机，其特征在于，所述子电极的形状为长条状或正方形条状。

28、根据权利要求 25-27 任一项所述的发电机，其特征在于，所述多个子电极按照预先设定的图形排列。

29、根据权利要求 1-24 任一项所述的发电机，其特征在于，所述摩擦层由多个摩擦单元构成，所述多个摩擦单元的下表面形成所述摩擦层的下表面。

30、一种矢量位移传感器，其特征在于，包括如权利要求 25-28 任一项所述的发电机，其中，

在每个所述子电极与等电位之间连接检测装置，所述检测装置用于检测所述电信号；

当所述摩擦层下表面与所述子电极上表面发生滑动摩擦并且摩擦

面积发生改变时，根据检测到所述电信号的检测装置的位置能够确定所述摩擦层的位置，或者根据先后检测到电信号的检测装置的位置确定所述摩擦层的滑动距离、滑动方向或滑动速度。

31、根据权利要求 30 所述的矢量位移传感器，其特征在于，所述检测装置为电流或电压检测装置，所述电信号为电流或电压信号；

或者，所述检测装置为发光元件或发声元件，当所述发光元件或发声元件检测到所述电信号时输出光信号或声音信号。

32、根据权利要求 30 或 31 所述的矢量位移传感器，其特征在于，在每个所述子电极与等电位之间还包括分压电阻，所述分压电阻与所述检测装置并联或串联。

33、根据权利要求 30 至 32 任一项所述的矢量位移传感器，其特征在于，所述发电机包括 16 个子电极，所述 16 个子电极以 4 个为一组，分布在四个方向上形成十字架结构，每组中的 4 个子电极平行等距排列。

34、根据权利要求 33 所述的矢量位移传感器，其特征在于，所述 16 个子电极为铝电极条，所述铝电极条的宽度为 10 mm，长度为 3 cm，电极条之间的距离为 2 mm。

35、一种发电方法，包括：

提供通过负载连接至等电位的电极层；

摩擦层与所述电极层发生相对滑动摩擦、并且导致摩擦面积变化，所述负载上有电流流过。

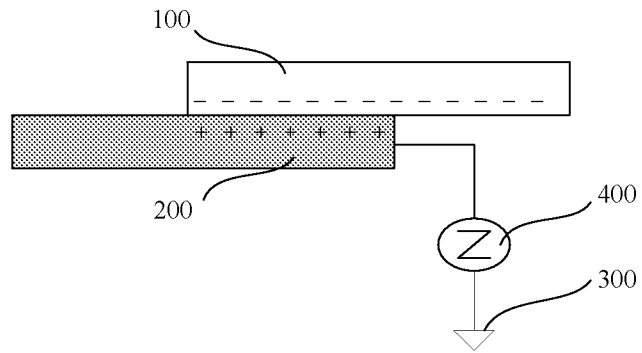


图 1

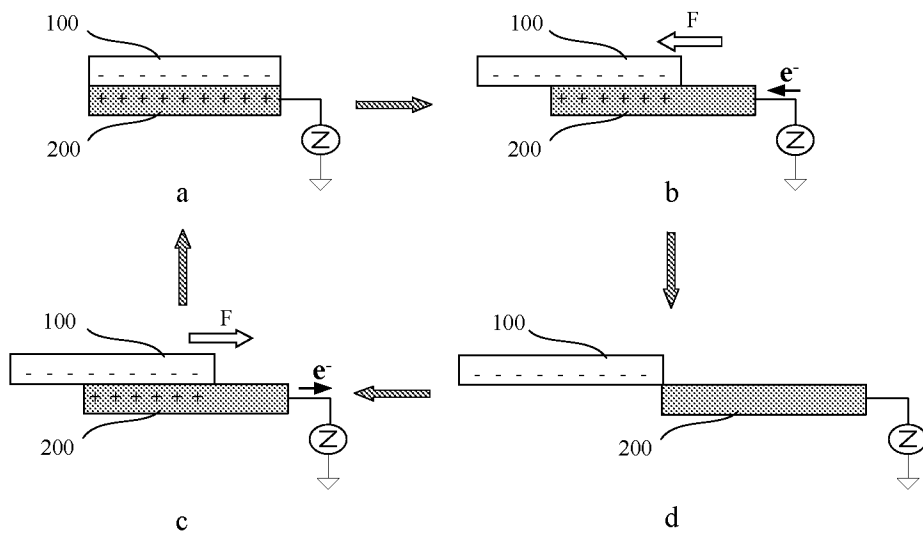


图 2

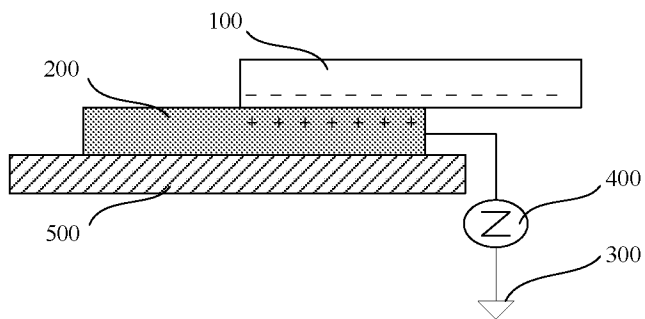


图 3

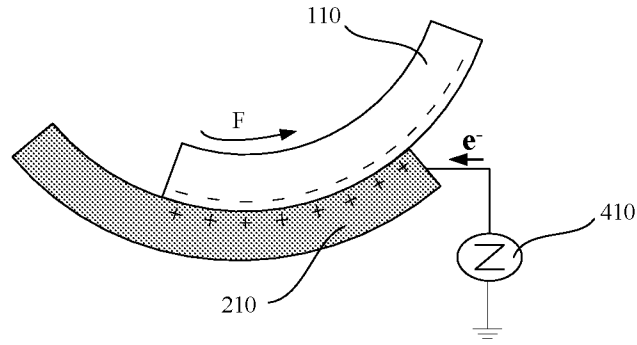


图 4

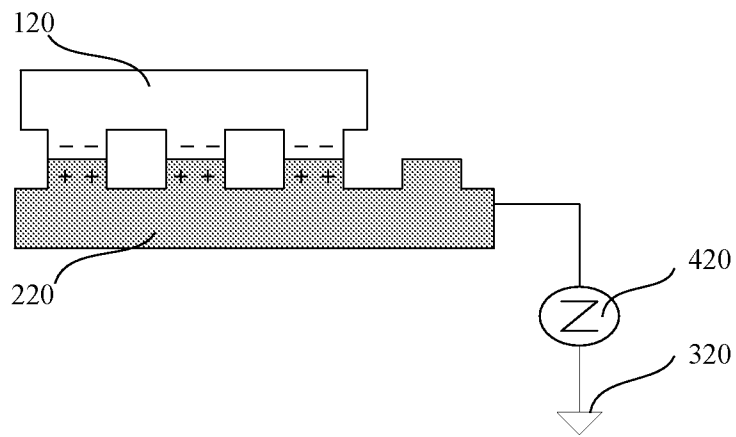


图 5

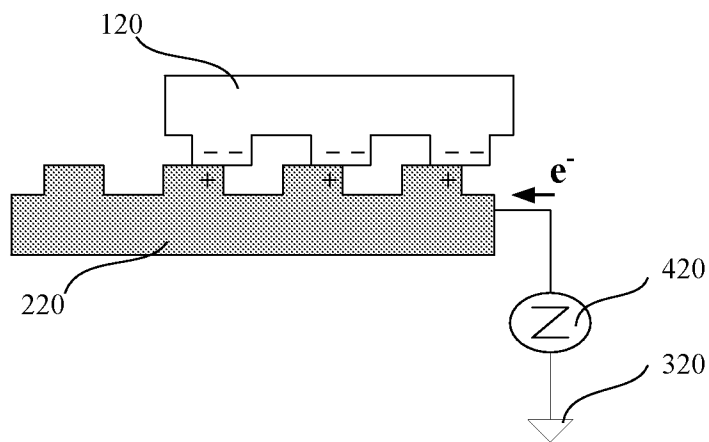
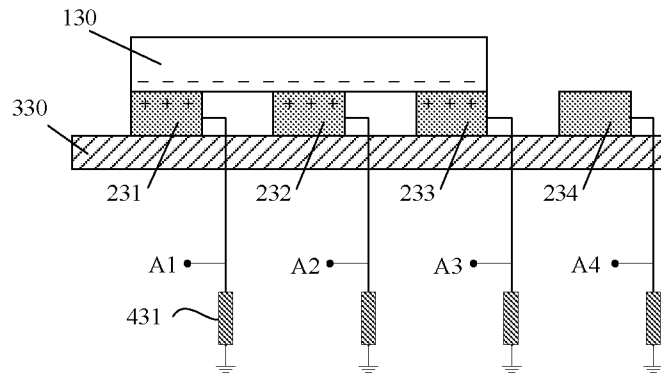
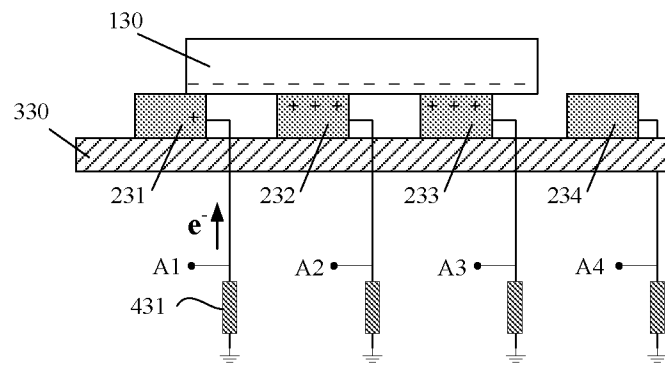


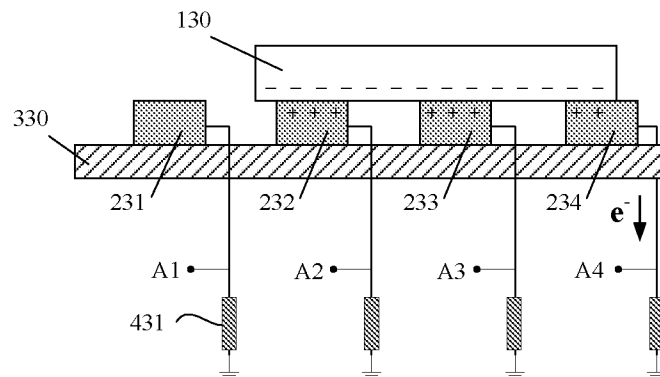
图 6



**a**

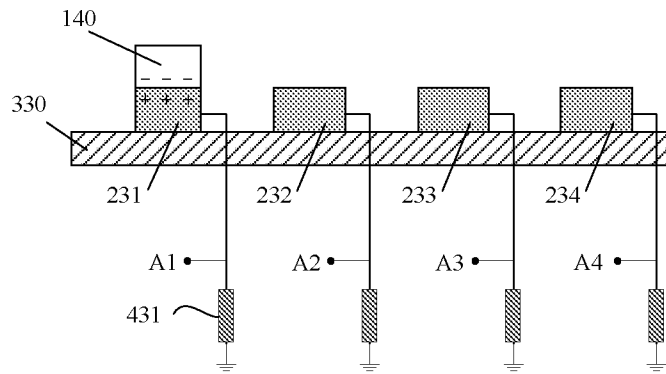


**b**

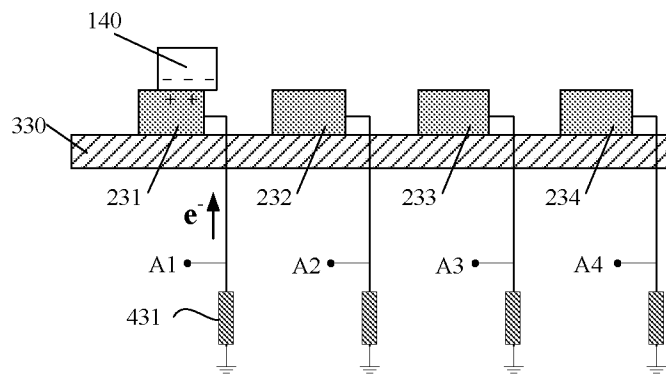


**c**

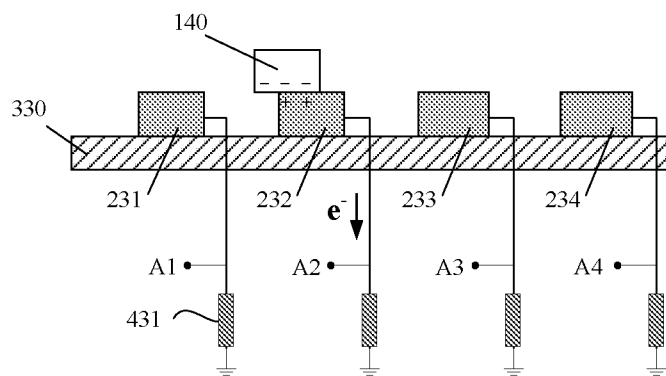
图 7



a



b



c

图 8

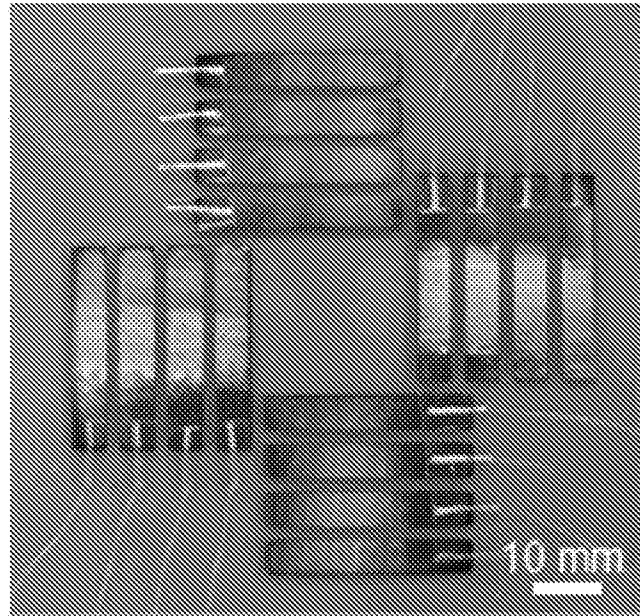


图 9

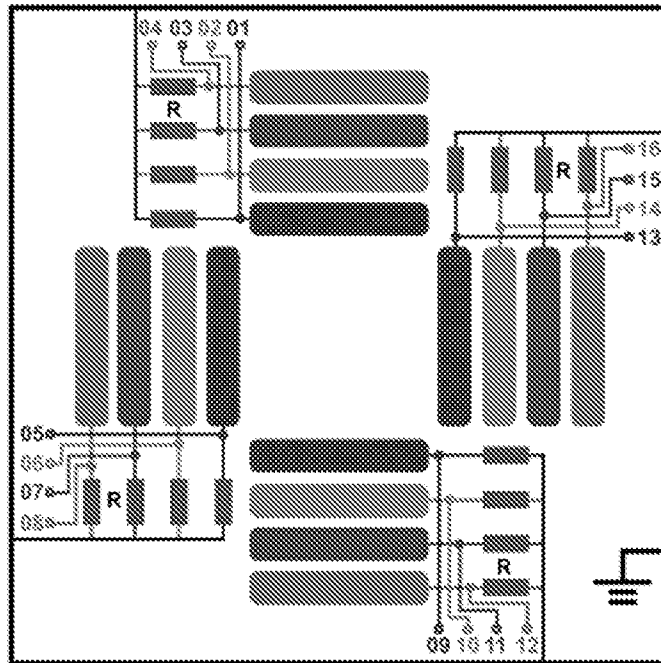


图 10

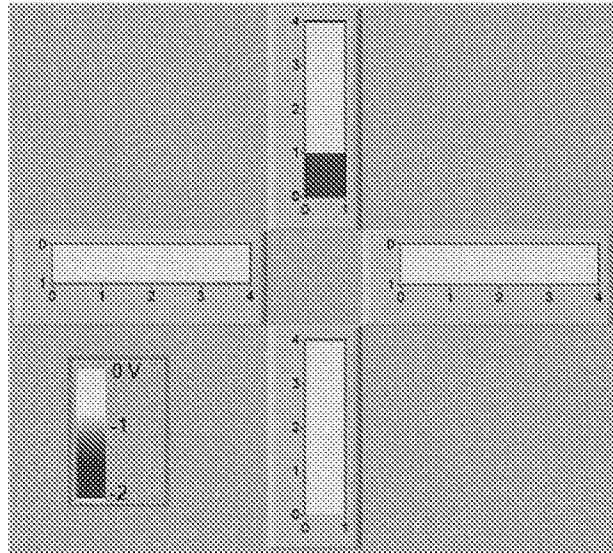


图 11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2014/071085

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N 1/04 (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)

IPC: H02N

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)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI: frict+, generat+, insulat+, polymer, metal, electrode?, slip+, mov+

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 4429029 A1 (GORE & ASS) 29 February 1996 (29.02.1996) description, column 2, line 66 to column 3, line 19, column 4, line 43 to line 62 and figures 1 and 2	1-10, 16-20, 35
Y		11-15, 21-34
Y	CN 202818150 U (NANO NEW ENERGY TANGSHAN CO., LTD.) 20 March 2013 (20.03.2013) description, paragraphs [0023] to [0027] and figures 1 and 2	11-15, 21-23, 30-34
Y	CN 102342011 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 01 February 2012 (01.02.2012) description, paragraphs [0070] to [0131] and figures 1-5	24-34
A	JP 2010198991 A (OKI SEMICONDUCTOR CO LTD et al.) 09 September 2010 (09.09.2010) the whole document	1-35

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
05 March 2014 (05.03.2014)

Date of mailing of the international search report  
20 March 2014 (20.03.2014)

Name and mailing address of the ISA  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer  
  
PAN, Li  
Telephone No. (86-10) 62411761

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2014/071085

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
DE 4429029 A1	29.02.1966	None	
CN 202818150 U	20.03.2013	None	
CN 102342011 A	01.02.2012	WO 2011067936 A1	09.06.2011
		US 2011316384 A1	29.12.2011
		JP 4875227 B2	15.02.2012
		JP 5063816 B2	31.10.2012
		WO 2011077717 A1	30.06.2011
		US 2012306313 A1	06.12.2012
		JP 2010198991 A	09.09.2010

国际检索报告

国际申请号  
PCT/CN2014/071085

A. 主题的分类

H02N 1/04 (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)

IPC:H02N

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))

CNPAT,EPODOC,WPI,CNKI: 摩擦, 发电, 绝缘, 聚合物, 金属, 电极, 滑动, 移动; frict+, generat+, insulat+, polymer, metal, electrode?, slip+, mov+

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
X	DE 4429029 A1 (GORE & ASS) 29.2 月 1996 (29.02.1996) 说明书第 2 栏第 66 行至第 3 栏第 19 行, 第 4 栏第 43 行至第 62 行, 附图 1-2	1-10,16-20,35
Y		11-15,21-34
Y	CN 202818150 U (纳米新能源(唐山)有限责任公司) 20.3 月 2013 (20.03.2013) 说明书第 0023 段-0027 段, 附图 1-2	11-15,21-23,30-34
Y	CN102342011 A (松下电器产业株式会社) 01.2 月 2012 (01.02.2012) 说明书第 0070 段至 0131 段, 附图 1-5	24-34
A	JP 2010198991 A (OKI SEMICONDUCTOR CO LTD 等) 09.9 月 2010 (09.09.2010) 全文	1-35

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  
05.3 月 2014 (05.03.2014)

国际检索报告邮寄日期  
20.3 月 2014 (20.03.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:  
中华人民共和国国家知识产权局  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088  
传真号: (86-10)62019451

受权官员  
潘莉  
电话号码: (86-10) 62411761

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2014/071085**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
DE 4429029 A1	29.02.1966	无	
CN 202818150 U	20.03.2013	无	
CN102342011 A	01.02.2012	WO 2011067936 A1	09.06.2011
		US 2011316384 A1	29.12.2011
		JP 4875227 B2	15.02.2012
		JP 5063816 B2	31.10.2012
		WO 2011077717 A1	30.06.2011
		US 2012306313 A1	06.12.2012
JP 2010198991 A	09.09.2010	US 2010213789 A1	26.08.2010