

(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
2016 年 10 月 6 日 (06.10.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/155287 A1

(51) 国际专利分类号:
H02N 1/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2015/092293

(22) 国际申请日: 2015 年 10 月 20 日 (20.10.2015)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201510145166.7 2015 年 3 月 30 日 (30.03.2015) CN

(71) 申请人: 南方科技大学 (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 汪飞 (WANG, Fei); 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。 张爱 (ZHANG, Ai); 中国广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国广东省广州市天河区花城大道 85 号 3901 房, Guangdong 510623 (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, 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, 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)。

(54) Title: ELECTROSTATIC ENERGY COLLECTOR AND ELECTROSTATIC ENERGY COLLECTING METHOD

(54) 发明名称: 一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法

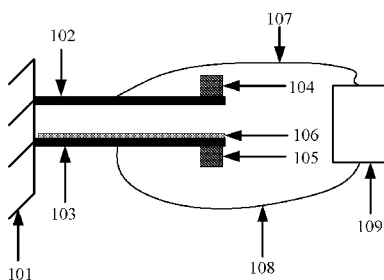


图 1

(57) Abstract: An electrostatic energy collector and an electrostatic energy collecting method. The electrostatic energy collector comprises: a vibrating table (101), the vibrating table being fixedly connected to a first end of a first cross beam (102) and a first end of a second cross beam (103), the first cross beam being parallel to the second cross beam, a vertical projection of the first cross beam being overlapped with that of the second cross beam, both of the first cross beam and the second cross beam being conductors, a first mass block (104) being fixedly arranged on the first cross beam, an electret layer (106) being coated at the side, close to the first cross beam, of the second cross beam, a second mass block (105) being fixed at the side, facing away from the first cross beam, of the second cross beam, a first lead (107) being connected to the first cross beam and a first end of a load (109), and a second lead (108) being connected to the second cross beam and a second end of the load. The electrostatic energy collector and the electrostatic energy collecting method can improve energy connection efficiency.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/155287 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法。该静电式能量采集器包括：振动台（101），振动台固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端，第一横梁与第二横梁平行，第一横梁与第二横梁的垂直投影重合，第一横梁和第二横梁均为导体，第一横梁上固定有第一质量块（104），第二横梁靠近第一横梁的一侧上涂覆驻极体层（106），第二横梁背离第一横梁的一侧上固定第二质量块（105），第一导线（107）连接第一横梁和负载（109）的第一端，第二导线（108）连接第二横梁和负载的第二端。该静电式能量采集器及静电式能量采集方法可以提高能量采集效率。

一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法

技术领域

本发明涉及能源技术领域，具体涉及一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法。

背景技术

在自然环境中，存在太阳能、风能、热能、机械能等不同的能源，这些能源都可以转化为电能，其中，振动能由于无处不在并且为绿色能源而成为了关注的热点，目前将振动能转换为电能主要方式是：通过线性谐振器采集与谐振器振动频率匹配的振动能，将其转换为电能。但是线性谐振器仅仅对处于谐振频率附近的振动能的采集效率高，一旦外界环境的振动频率偏离谐振频率时，能量采集效率较低。

发明内容

本发明实施例提供一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法，可以有效提高振动能的能量采集效率。

本发明实施例提供一种静电式能量采集器，包括：

振动台（101），所述振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端；其中，所述第一横梁（102）与所述第二横梁（103）平行，并且所述第一横梁（102）与所述第二横梁（103）的垂直投影重合，所述第一横梁（102）和所述第二横梁（103）均为导体；

所述第一横梁（102）上固定有第一质量块（104），所述第二横梁（103）靠近所述第一横梁（102）的一侧上涂覆驻极体层（106），所述第二横梁（103）背离所述第一横梁（102）的一侧上固定第二质量块（105）；所述驻极体层（106）为绝缘体；

第一导线(107)连接所述第一横梁(102)和负载(109)的第一端;
第二导线(108)连接所述第二横梁(103)和所述负载(109)的第二端;

其中,所述驻极体层(106)被充电时,所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)构成平行板电容器。

相应的,本发明实施例还提供一种静电式能量采集方法,所述方法涉及:

振动台(101),所述振动台(101)固定连接第一横梁(102)的第一端和第二横梁(103)的第一端;其中,所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)平行,并且所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)的垂直投影重合,所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)均为导体;

所述第一横梁(102)上固定有第一质量块(104),所述第二横梁(103)靠近所述第一横梁(102)的一侧上涂覆驻极体层(106),所述第二横梁(103)背离所述第一横梁(102)的一侧上固定第二质量块(105);所述驻极体层(106)为绝缘体;

第一导线(107)连接所述第一横梁(102)和负载(109)的第一端;
第二导线(108)连接所述第二横梁(103)和所述负载(109)的第二端;

其中,所述驻极体层(106)被充电时,所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)构成平行板电容器;

所述方法包括:

对所述驻极体层(106)进行充电,以使所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;

测量第一振动系统的固有频率,得到第一固有频率;所述第一振动系统包括第一横梁(102)和第一质量块(104);

测量第二振动系统的固有频率,得到第二固有频率;所述第一振动系统包括第二横梁(103)和第二质量块(105);其中,第一计算值与第二计算值之比小于20%,所述第一计算值为所述第一固有频率与所述第二固有频率之差的绝对值,所述第二计算值为所述第一固有频率与所述第二固

有频率之和;

振动所述振动台(101),当所述振动台(101)的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时,测量所述负载(109)上的电压;其中,所述第一测量频率小于所述第一固有频率且小于所述第二固有频率;所述第二测量频率大于所述第一固有频率且大于所述第二固有频率;

计算所述负载(109)上的均方根功率,得到均方根功率与振动频率的对应关系。

本发明实施例中,提供一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法,该静电式能量采集方法包括:测量第一振动系统第一固有频率和第二振动系统的第二固有频率,当第一振动系统的第一固有频率和第二系统的第二固有频率满足第一计算值与第二计算值之比小于20%时(第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值,第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和),振动振动台,当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时,测量负载上的电压;其中,第一测量频率小于第一固有频率且小于第二固有频率;第二测量频率大于第一固有频率且大于第二固有频率;计算负载上的均方根功率,得到均方根功率与振动频率的对应关系。本发明实施例采用两个振动系统,可以有效拓宽能量采集的频带宽度,从而提高振动能的能量采集效率。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例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一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1是本发明实施例公开的一种静电式能量采集器;

图2是本发明实施例公开的另一种静电式能量采集器;

图3是本发明实施例公开的一种静电式能量采集方法的流程图;

图4是本发明实施例公开的另一种静电式能量采集方法的流程图;

图5是本发明实施例公开的一种均方根功率随外加频率变化的模拟曲线图；

图6是本发明实施例公开的另一种均方根功率随外加频率变化的模拟曲线图；

图7是本发明实施例公开的一种均方根功率随外加频率变化的测试曲线图。

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。

本发明实施例提供一种能量采集器及能量采集方法，可以有效提高振动能的能量采集效率。以下分别进行详细说明。

请参阅图1，图1是本发明实施例公开的一种静电式能量采集器。如图1所示，本实施例中所描述的静电式能量采集器，包括：

振动台（101），振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端；其中，第一横梁（102）与第二横梁（103）平行，并且第一横梁（102）与第二横梁（103）的垂直投影重合，第一横梁（102）和第二横梁（103）均为导体；

第一横梁（102）上固定有第一质量块（104），第二横梁（103）靠近第一横梁（102）的一侧上涂覆驻极体层（106），第二横梁（103）背离第一横梁（102）的一侧上固定第二质量块（105）；驻极体层（106）为绝缘体；

第一导线（107）连接第一横梁（102）和负载（109）的第一端；第二导线（108）连接第二横梁（103）和负载（109）的第二端；

其中，驻极体层（106）被充电时，第一横梁（102）和第二横梁（103）上均感应出相应的感应电荷；第一横梁（102）与第二横梁（103）构成平行

板电容器。

本发明实施例中，振动台可以是任何可以振动的装置，可以用来承载和固定重物，振动台与第一横梁的连接方式可以是凹槽连接，也可以是螺纹连接，也可以是焊接等固定连接方式。第一横梁包括第一端和第二端，第一横梁的第一端与振动台固定连接，第二横梁包括第一端和第二端，第二横梁的第一端与振动台固定连接，第一横梁与第二横梁平行相对，第一横梁和第二横梁的材质均为导体，可以感应电荷。例如，第一横梁和第二横梁都可以为长50毫米，宽15毫米，厚0.2毫米的不锈钢片。第一横梁与第一质量块的固定方式可以通过粘合剂粘接，第二横梁与第二质量块的固定方式也可以通过粘合剂粘接，第二横梁靠近第一横梁的一侧上涂覆驻极体层。第一导线连接第一横梁和负载的第一端；第二导线连接第二横梁和负载的第二端，第一导线和第二导线可以为铜线、铝线等导电性能优异的导线。

可选的，驻极体层的材料包括无机驻极体材料或有机驻极体材料。

例如，驻极体层的材料可以是聚偏氟乙烯（polyvinylidene fluoride, PVDF）、聚酰亚胺（Polyimide, PI）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（Polyethylene terephthalate, PET）、环烯烃类共聚物（Cyclic Olefin Copolymer, COC）、全氟树脂（CYTOP）、聚四氟乙烯（Polytetrafluoroethene, PTFE）、聚对二甲苯（Parylene）等有机驻极体材料，还可以是硅基二氧化硅（Si基SiO₂）、硅基氮化硅（Si基Si₃N₄）、硅基二氧化硅/氮化硅（Si基SiO₂/Si₃N₄）等无机驻极体材料。

请参阅图2，图2是本发明实施例公开的另一种静电式能量采集器。如图2所示，本实施例中所描述的静电式能量采集器中，第一横梁（102）和第二横梁（103）均包括绝缘体（110），绝缘体表面覆盖一层金属薄膜（111）。

本发明实施例中，绝缘体可以是硅片，金属薄膜可以是铁、钨、钼及其合金等任何可以导电的薄膜。当驻极体层被充电时，第一横梁和第二横梁通过绝缘体表面覆盖的一层金属薄膜感应出感应电荷。当第一横梁和第二横梁采用不同的材质时，可以改变第一横梁和第二横梁的固有频率。

请参阅图3，图3是本发明实施例公开的一种静电式能量采集方法的流程

图。如图3所示，本实施例中所描述的静电式能量采集方法涉及：

振动台（101），振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端；其中，第一横梁（102）与第二横梁（103）平行，并且第一横梁（102）与第二横梁（103）的垂直投影重合，第一横梁（102）和第二横梁（103）均为导体；

第一横梁（102）上固定有第一质量块（104），第二横梁（103）靠近第一横梁（102）的一侧上涂覆驻极体层（106），第二横梁（103）背离第一横梁（102）的一侧上固定第二质量块（105）；驻极体层（106）为绝缘体；

第一导线（107）连接第一横梁（102）和负载（109）的第一端；第二导线（108）连接第二横梁（103）和负载（109）的第二端；

其中，驻极体层（106）被充电时，第一横梁（102）和第二横梁（103）上均感应出相应的感应电荷；第一横梁（102）与第二横梁（103）构成平行板电容器；

该方法包括以下步骤：

S301，对驻极体层进行充电，以使第一横梁和第二横梁上均感应出相应的感应电荷。

本发明实施例中，对驻极体层进行充电可以通过电晕充电，将该驻极体层置于高压下一段时间，该驻极体层上带上电荷，以使第一横梁和第二横梁上均感应出相应的感应电荷。举例来说，对驻极体层进行充电时，将该驻极体层置于7000V的高压下五分钟后，驻极体层的表面电势达到350V，驻极体层上存储了大量的电荷，第一横梁和第二横梁由于电荷感应效应，分别产生相应的感应电荷。

S302，测量第一振动系统的固有频率，得到第一固有频率；第一振动系统包括第一横梁和第一质量块。

本发明实施例中，第一横梁本身有一个固有频率，第一横梁和第一质量块组成的第一振动系统也有一个固有频率，由于系统的固有频率的平方与整个系统的质量成反比例关系，第一振动系统的固有频率小于第一横梁的固有

频率, 可以通过改变第一质量块的质量来调节第一振动系统的固有频率。第一振动系统的固有频率可以通过扫频测得, 通过测量第一振动系统在不同振动频率下的振幅, 将第一振动系统的振幅最大值所对应的振动频率确定为第一振动系统的固有频率。

S303, 测量第二振动系统的固有频率, 得到第二固有频率; 第一振动系统包括第二横梁和第二质量块; 其中, 第一计算值与第二计算值之比小于 20%, 第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值, 第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和。

本发明实施例中, 第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值, 第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和, 第一计算值与第二计算值之比小于 20% 是为了保证在第一固有频率和第二固有频率之间, 能量采集器有较高的均方根功率输出。当第一计算值与第二计算值之比较大时, 会导致第一振动系统和第二振动系统的耦合效果变弱, 无法保证在第一固有频率和第二固有频率之间频率范围内都有较高的均方根功率的输出, 导致能量采集效率较低。

S304, 振动振动台, 当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时, 测量负载上的电压; 其中, 第一测量频率小于第一固有频率且小于第二固有频率; 第二测量频率大于第一固有频率且大于第二固有频率。

本发明实施例中, 振动振动台时, 振动方向垂直于第一横梁和第二横梁的延伸方向, 第一横梁和第二横梁构成的平行板电容器的板间间距会发生变化, 从而使得平行板电容器两极板上的电荷发生变化, 负载上产生电流, 这里的两极板可以是第一横梁和第二横梁构成的两极板。可以实时测量负载上的电压, 计算出负载上的均方根功率, 均方根功率 $P = U_{\text{rms}}^2 (R + r) / R$, 其中, P 为均方根功率 (单位为瓦, W), R 为外加负载 (单位为欧姆, Ω), r 为测试仪器内阻 (单位为欧姆, Ω), U_{rms} 为外加负载上的电压有效值 (单位为伏特, V), 有效电压值 U_{rms} 可以通过检测 N 个不同时刻的电压的均方根值求得, 其中:

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 \dots + U_N^2}{N}}$$

U_1 、 U_2 、 $U_3 \dots U_N$ 为 N 个不同时刻的电压。

S305, 计算负载上的均方根功率, 得到均方根功率与振动频率的对应关系。

本发明实施例中, 当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时, 测量负载上的电压, 可以计算负载上的均方根功率, 得到均方根功率与振动频率的对应关系, 可以根据均方根功率与振动频率的对应关系, 找到均方根功率最大值对应的振动频率。

本发明实施例中, 举例来说, 请参阅图1, 优选的, 第一横梁和第二横梁均为304不锈钢片, 长50毫米, 宽15毫米, 厚0.2毫米, 第一横梁与第二横梁平行相对, 第一横梁上固定第一质量块, 第二横梁上固定第二质量块, 第一质量块的质量为3.56克, 第二质量块的质量为0.78克, 通过扫频测得第一振动系统的第一固有频率为22.2Hz, 第二振动系统的第二固有频率为26.8Hz。如图7所示, 图7是本发明实施例公开的一种均方根功率随外加频率变化的测试曲线图, 图中横坐标为外加频率, 单位为赫兹 (Hz), 纵坐标为负载上的均方根功率, 单位为微瓦 (μW), 图7包括频率升频曲线和频率降频曲线。从图7中可以明显的看出, 负载上的均方根功率在外加频率处于22.2Hz到26.8Hz之间均维持在较高的水平。通过两个振动系统的相互耦合, 本发明实施例的静电式能量采集器实现了从外加频率的频带从22.2Hz到26.8Hz频率范围内的高效率的能量采集, 提高了静电式能量采集器的能量采集频带宽度, 从而可以提高静电式能量采集器的能量采集效率。

如图5所示, 图5是本发明实施例公开的一种均方根功率随外加频率变化的模拟曲线, 图中横坐标为外加频率, 单位为赫兹 (Hz), 纵坐标为负载上的均方根功率, 单位为瓦 (W), 通过MATLAB计算本发明实施例中的静电式能量采集器中的负载从18Hz到30Hz之间的均方根功率, 从图5可以看出, 负载的均方根功率在22.2Hz和26.8Hz处产生了两个波峰, 且负载的均方根功率在22.2Hz到26.8Hz之间保持一个较高的水准。图6是本发明实施例公开的另

一种均方根功率随外加频率变化的模拟曲线图，图中横坐标为外加频率，单位为赫兹（Hz），纵坐标为负载上的均方根功率，单位为瓦（W），通过MATLAB计算仅包含第一振动系统的静电式能量采集器中的负载从18Hz到30Hz之间的均方根功率，从图6可以看出，负载的均方根功率的峰值对应的振动频率为22.2Hz。结合图5和图6可以看出，本发明实施例中的能量采集器包括第一振动系统和第二振动系统，能量采集的频率范围较宽，与仅包含第一振动系统的静电式能量采集器相比，本发明实施例的能量采集效率较高。

本发明实施例中，对驻极体层进行充电，以使第一横梁和第二横梁上均感应出相应的感应电荷；测量第一振动系统的固有频率，得到第一固有频率；第一振动系统包括第一横梁和第一质量块；测量第二振动系统的固有频率，得到第二固有频率；第二振动系统包括第二横梁和第二质量块；其中，第一计算值与第二计算值之比小于20%，第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值，第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和；振动振动台，当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时，测量负载上的电压；其中，第一测量频率小于第一固有频率且小于第二固有频率；第二测量频率大于第一固有频率且大于第二固有频率；计算负载上的均方根功率，得到均方根功率与振动频率的对应关系。采用本发明，可以拓宽静电式能量采集器的频带宽度，从而可以提高振动能的能量采集效率。

请参阅图4，图4是本发明实施例公开的另一种静电式能量采集方法的流程图。如图4所示，本实施例中所描述的静电式能量采集方法涉及：

振动台（101），振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端；其中，第一横梁（102）与第二横梁（103）平行，并且第一横梁（102）与第二横梁（103）的垂直投影重合，第一横梁（102）和第二横梁（103）均为导体；

第一横梁（102）上固定有第一质量块（104），第二横梁（103）靠近第一横梁（102）的一侧上涂覆驻极体层（106），第二横梁（103）背离第一横梁（102）的一侧上固定第二质量块（105）；驻极体层（106）为绝缘体；

第一导线(107)连接第一横梁(102)和负载(109)的第一端;第二导线(108)连接第二横梁(103)和负载(109)的第二端;

其中,驻极体层(106)被充电时,第一横梁(102)和第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;第一横梁(102)与第二横梁(103)构成平行板电容器;

该方法包括以下步骤:

S401,对驻极体层进行充电,以使第一横梁和第二横梁上均感应出相应的感应电荷。

S402,测量驻极体层的表面电压,当驻极体层的表面电压超过预设电压值时,执行步骤S403-步骤S406。

本发明实施例中,驻极体层的表面电压越大,驻极体层所存储的电荷越多,预设电压值可以根据需要进行设置。

S403,测量第一振动系统的固有频率,得到第一固有频率;第一振动系统包括第一横梁和第一质量块。

S404,测量第二振动系统的固有频率,得到第二固有频率;第一振动系统包括第二横梁和第二质量块;其中,第一计算值与第二计算值之比小于20%,第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值,第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和。

S405,当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时,测量负载上的电压;其中,第一测量频率小于第一固有频率且小于第二固有频率;第二测量频率大于第一固有频率且大于第二固有频率。

S406,计算负载上的均方根功率,得到均方根功率与振动频率的对应关系。

本发明实施例的步骤S401可参见图3所示实施例的步骤S301,步骤S403-步骤S406可参见图3所示实施例的步骤S302-步骤S305,本发明实施例不再赘述。

本发明实施例中,对驻极体层进行充电,以使第一横梁和第二横梁上均感应出相应的感应电荷;测量驻极体层的表面电压;当驻极体层的表面电压

超过预设电压值时，测量第一振动系统的固有频率，得到第一固有频率；第一振动系统包括第一横梁和第一质量块；测量第二振动系统的固有频率，得到第二固有频率；第一振动系统包括第二横梁和第二质量块；其中，第一计算值与第二计算值之比小于20%，第一计算值为第一固有频率与第二固有频率之差的绝对值，第二计算值为第一固有频率与第二固有频率之和；振动振动台，当振动台的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时，测量负载上的电压；其中，第一测量频率小于第一固有频率且小于第二固有频率；第二测量频率大于第一固有频率且大于第二固有频率；计算负载上的均方根功率，得到均方根功率与振动频率的对应关系。采用本发明，可以拓宽静电式能量采集器的频带宽度，从而可以提高振动能的能量采集效率。

以上对本发明实施例所提供的一种静电式能量采集器及静电式能量采集方法进行了详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权利要求书

1、一种静电式能量采集器，其特征在于，包括：

振动台（101），所述振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一端和第二横梁（103）的第一端；其中，所述第一横梁（102）与所述第二横梁（103）平行，并且所述第一横梁（102）与所述第二横梁（103）的垂直投影重合，所述第一横梁（102）和所述第二横梁（103）均为导体；

所述第一横梁（102）上固定有第一质量块（104），所述第二横梁（103）靠近所述第一横梁（102）的一侧上涂覆驻极体层（106），所述第二横梁（103）背离所述第一横梁（102）的一侧上固定第二质量块（105）；所述驻极体层（106）为绝缘体；

第一导线（107）连接所述第一横梁（102）和负载（109）的第一端；第二导线（108）连接所述第二横梁（103）和所述负载（109）的第二端；

其中，所述驻极体层（106）被充电时，所述第一横梁（102）和所述第二横梁（103）上均感应出相应的感应电荷；所述第一横梁（102）与所述第二横梁（103）构成平行板电容器。

2、根据权利要求1所述的静电式能量采集器，其特征在于，所述第一横梁（102）和所述第二横梁（103）均包括绝缘体（110），所述绝缘体表面覆盖一层金属薄膜（111）。

3、根据权利要求1-2任一项所述的静电式能量采集器，其特征在于，所述驻极体层（106）的材料包括无机驻极体材料或有机驻极体材料。

4、一种静电式能量采集方法，其特征在于，所述方法涉及：

振动台（101），所述振动台（101）固定连接第一横梁（102）的第一

端和第二横梁(103)的第一端;其中,所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)平行,并且所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)的垂直投影重合,所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)均为导体;

所述第一横梁(102)上固定有第一质量块(104),所述第二横梁(103)靠近所述第一横梁(102)的一侧上涂覆驻极体层(106),所述第二横梁(103)背离所述第一横梁(102)的一侧上固定第二质量块(105);所述驻极体层(106)为绝缘体;

第一导线(107)连接所述第一横梁(102)和负载(109)的第一端;第二导线(108)连接所述第二横梁(103)和所述负载(109)的第二端;

其中,所述驻极体层(106)被充电时,所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;所述第一横梁(102)与所述第二横梁(103)构成平行板电容器;

所述方法包括:

对所述驻极体层(106)进行充电,以使所述第一横梁(102)和所述第二横梁(103)上均感应出相应的感应电荷;

测量第一振动系统的固有频率,得到第一固有频率;所述第一振动系统包括第一横梁(102)和第一质量块(104);

测量第二振动系统的固有频率,得到第二固有频率;所述第一振动系统包括第二横梁(103)和第二质量块(105);其中,第一计算值与第二计算值之比小于20%,所述第一计算值为所述第一固有频率与所述第二固有频率之差的绝对值,所述第二计算值为所述第一固有频率与所述第二固有频率之和;

振动所述振动台(101),当所述振动台(101)的振动频率处于第一测量频率和第二测量频率之间时,测量所述负载(109)上的电压;其中,所述第一测量频率小于所述第一固有频率且小于所述第二固有频率;所述第二测量频率大于所述第一固有频率且大于所述第二固有频率;

计算所述负载(109)上的均方根功率,得到均方根功率与振动频率的对应关系。

5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述对驻极体层（106）进行充电，以使所述第一横梁（102）和所述第二横梁（103）上均感应出相应的感应电荷之后，所述方法还包括：

测量所述驻极体层（106）的表面电压，当所述驻极体层（106）的表面电压超过预设电压值时，执行所述测量第一振动系统的固有频率的步骤。

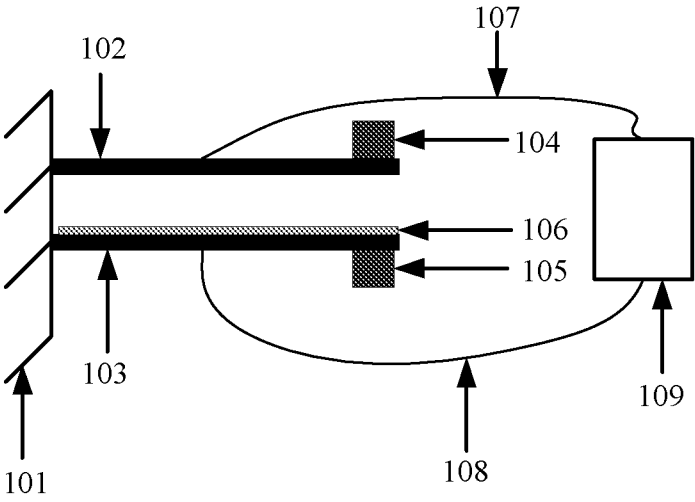


图 1

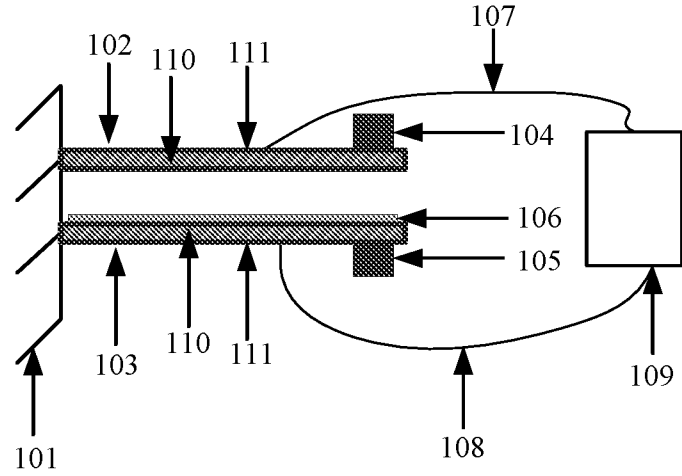


图 2

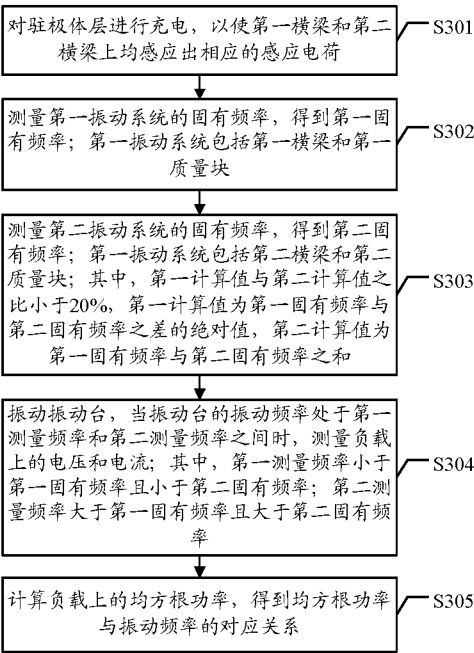


图 3



图 4

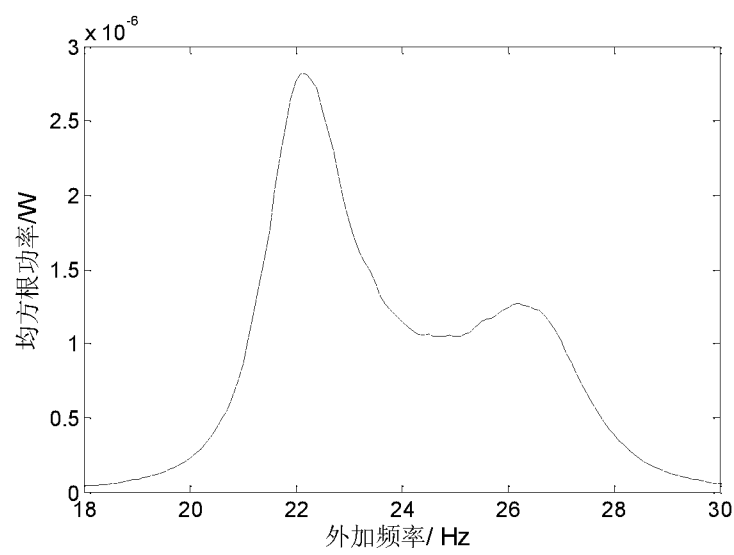


图 5

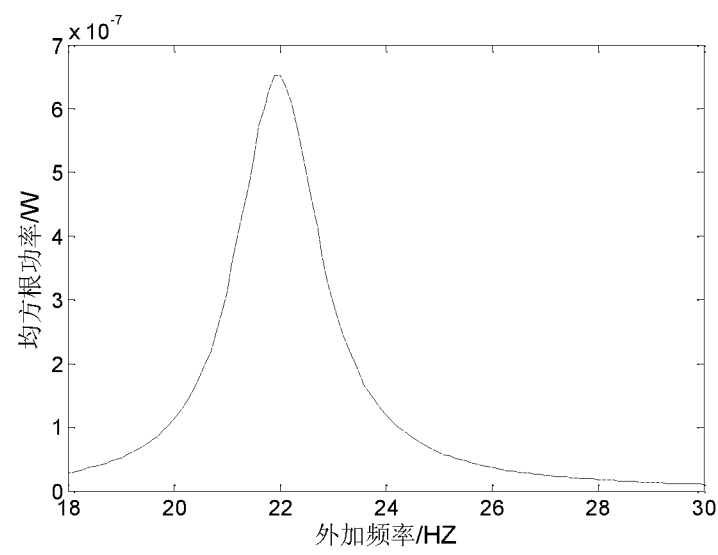


图 6

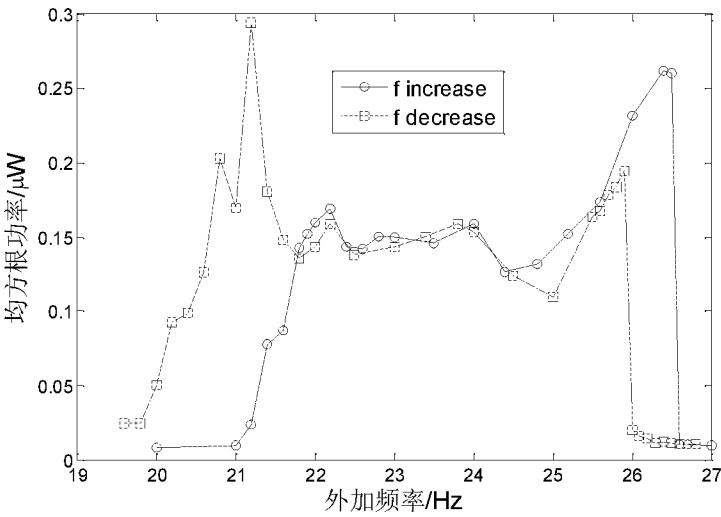


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/092293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N 1/08 (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

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)

VEN, WPI: energy, collect+, electrostatic, vibrat+, fix+, parallel, transverse, beam, mass, block, load

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 204089638 U (UNIV YANGZHOU) 07 January 2015 (07.01.2015) description, paragraphs [0022]-[0026], and figures 1 and 2	1-3
Y	CN 102159649 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 17 August 2011 (17.08.2011) the abstract, description, paragraphs [0008]-[0010], [0408]-[0431], and figure 3	1-3
PX	CN 104811090 A (UNIV SOUTH SCIENCE & TECHNOLOGY CHINA) 29 July 2015 (29.07.2015) the whole document	1-5
A	CN 101944860 A (UNIV SHANGHAI JIAOTONG) 12 January 2011 (12.01.2011) the whole document	1-5
A	CN 104135186 A (NEWNAGY TANGSHAN LLC.) 05 November 2014 (05.11.2014) the whole document	1-5
A	JP 2009-44949 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 26 February 2009 (26.02.2009) the whole document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 03 December 2015	Date of mailing of the international search report 13 January 2016
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 YU, Junwei Telephone No. (86-10) 62089279

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/092293

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 204089638 U	07 January 2015	None	
CN 102159649 A	17 August 2011	WO 2010032759 A1	25 March 2010
		TW 201028021 A	16 July 2010
		EP 2330159 A1	08 June 2011
		US 2011166299 A1	07 July 2011
		JPWO 2010032759 A1	09 February 2012
		US 8129869 B2	06 March 2012
		EP 2330159 B1	24 April 2013
		CN 102159649 B	16 April 2014
		JP 5527211 B2	18 June 2014
CN 104811090 A	29 July 2015	None	
CN 101944860 A	12 January 2011	CN 101944860 B	28 November 2012
CN 104135186 A	05 November 2014	WO 2014176937 A1	06 November 2014
JP 2009-44949 A	26 February 2009	None	

A. 主题的分类 H02N 1/08 (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 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)) CPRS, VEN, WPI, CNPAT: 静电, 电容, 能量, 发电, 采集, 收集, 振动, 震动, 横梁, 平行, 质量块, 固定, 负载 energy, collect+, electrostatic, vibrat+, fix+, parallel, transverse, beam, mass, block, load																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 204089638 U (扬州大学) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 说明书第22-26段, 附图1-2</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102159649 A (旭硝子株式会社) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 说明书摘要, 说明书第8-10、408-431段, 附图3</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 104811090 A (南方科技大学) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101944860 A (上海交通大学) 2011年 1月 12日 (2011 - 01 - 12) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104135186 A (纳米新能源唐山有限责任公司) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 特开2009-44949 A (SANYO ELECTRIC CO LTD) 2009年 2月 26日 (2009 - 02 - 26) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 204089638 U (扬州大学) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 说明书第22-26段, 附图1-2	1-3	Y	CN 102159649 A (旭硝子株式会社) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 说明书摘要, 说明书第8-10、408-431段, 附图3	1-3	PX	CN 104811090 A (南方科技大学) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29) 全文	1-5	A	CN 101944860 A (上海交通大学) 2011年 1月 12日 (2011 - 01 - 12) 全文	1-5	A	CN 104135186 A (纳米新能源唐山有限责任公司) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 全文	1-5	A	JP 特开2009-44949 A (SANYO ELECTRIC CO LTD) 2009年 2月 26日 (2009 - 02 - 26) 全文	1-5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 204089638 U (扬州大学) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 说明书第22-26段, 附图1-2	1-3																					
Y	CN 102159649 A (旭硝子株式会社) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 说明书摘要, 说明书第8-10、408-431段, 附图3	1-3																					
PX	CN 104811090 A (南方科技大学) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29) 全文	1-5																					
A	CN 101944860 A (上海交通大学) 2011年 1月 12日 (2011 - 01 - 12) 全文	1-5																					
A	CN 104135186 A (纳米新能源唐山有限责任公司) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 全文	1-5																					
A	JP 特开2009-44949 A (SANYO ELECTRIC CO LTD) 2009年 2月 26日 (2009 - 02 - 26) 全文	1-5																					
☐ 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 2015年 12月 3日		国际检索报告邮寄日期 2016年 1月 13日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (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 于君伟 电话号码 (86-10) 010-62089279																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/092293

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	204089638	U	2015年 1月 7日	无			
CN	102159649	A	2011年 8月 17日	WO	2010032759	A1	2010年 3月 25日
				TW	201028021	A	2010年 7月 16日
				EP	2330159	A1	2011年 6月 8日
				US	2011166299	A1	2011年 7月 7日
				JPWO	2010032759	A1	2012年 2月 9日
				US	8129869	B2	2012年 3月 6日
				EP	2330159	B1	2013年 4月 24日
				CN	102159649	B	2014年 4月 16日
				JP	5527211	B2	2014年 6月 18日
CN	104811090	A	2015年 7月 29日	无			
CN	101944860	A	2011年 1月 12日	CN	101944860	B	2012年 11月 28日
CN	104135186	A	2014年 11月 5日	WO	2014176937	A1	2014年 11月 6日
JP	特开2009-44949	A	2009年 2月 26日	无			