



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107431446 B

(45)授权公告日 2019.12.17

(21)申请号 201680020091.2

(72)发明人 M.T.约翰逊 L.C.格哈德特

(22)申请日 2016.03.24

S.E.弗兰克林 A.J.戴维

(65)同一申请的已公布的文献号

N.F.乔耶 A.U.鲁特格斯

申请公布号 CN 107431446 A

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(43)申请公布日 2017.12.01

代理人 陈俊 陈岚

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

15161948.3 2015.03.31 EP

H02N 1/04(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H02N 1/10(2006.01)

2017.09.29

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/EP2016/056493 2016.03.24

CN 103780136 A, 2014.05.07,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 103825489 A, 2014.05.28,

W02016/156180 EN 2016.10.06

CN 103795288 A, 2014.05.14,

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

CN 203933440 U, 2014.11.05,

地址 荷兰艾恩德霍芬

US 2013076202 A1, 2013.03.28,

审查员 陈小玲

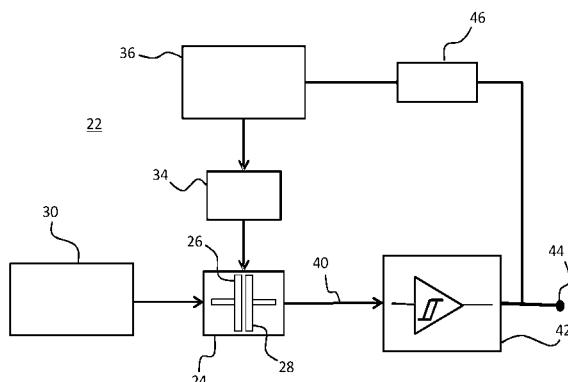
权利要求书2页 说明书14页 附图4页

(54)发明名称

摩擦电能发生器

(57)摘要

本发明提供了能量生成和/或转换系统及方法，其中电功率发生器被控制以在接触模式与非接触模式之间周期性地交替，在接触模式期间，使得发生器的各元件接触以引起充电的状态，在非接触模式期间，发生器的板彼此分离，并且通过静电感应生成电能。接触和非接触模式的定时和持续时间通过控制器或用户命令根据发生器的元件的充电状态来控制。以这种方式，只有当表面电荷已降低到低于某水平并且重新充电必要的时候，元件才被控制以接触；因此可以将元件之间的接触时间最小化-从而最小化所招致的噪声和表面磨损-同时仍然保持给定的期望阈值功率输出。



1. 一种电功率生成系统,包括:

用于生成电功率的电功率发生器(24),所述电功率发生器包括第一元件(26)和第二元件(28),所述第一元件(26)和第二元件(28)被配置为具有充电的状态,并且被配置为相对于彼此可移动以用于当所述元件包括所述充电的状态时生成所述电功率,所述第一元件(26)和第二元件(28)被进一步配置成使得可以使它们彼此接触和不接触;

用于使所述第一元件(26)和所述第二元件(28)接触和不接触的驱动机构,

其中所述系统被配置为在下述模式中操作:

- 充电模式,其中所述第一元件和所述第二元件是接触的,以用于改变所述充电的状态,以及

- 功率生成模式,其中所述第一元件和所述第二元件是不接触的;

其中所述系统还包括:

用于确定所述充电的状态的设备;和

控制器,其用于:

- 根据所述充电的状态来控制所述充电模式的定时和/或持续时间;或者

- 根据所述充电的状态来输出用于在控制所述充电模式的定时和/或持续时间中使用的信息。

2. 如权利要求1所述的系统,其中用于确定所述充电的状态的设备包括用于接收所述电功率发生器的输出信号的比较器电路(42)。

3. 如权利要求2所述的系统,其中所述比较器电路(42)包括施密特触发器电路。

4. 如任一前述权利要求所述的系统,其中所述第一元件(26)和所述第二元件(28)包括相对于彼此可旋转的第一盘元件和第二盘元件。

5. 如权利要求1-3中的任一项所述的系统,其中,在所述功率生成模式中,所述第一元件和所述第二元件以一移动距离相对于彼此可移动,所述移动距离固定于一特定值。

6. 如权利要求4所述的系统,其中所述驱动机构包括形成在所述第一盘元件(26)的表面上和/或所述第二盘元件(28)的表面上的一个或多个螺旋图案化的地形特征,所述螺旋图案化的地形特征用于响应于旋转而生成所述第一和第二元件之间的距离。

7. 如权利要求1-3中的任一项所述的系统,还包括马达单元(66),其用于生成所述第一元件(26)和所述第二元件(28)之间的相对运动。

8. 如权利要求7所述的系统,其中所述控制器包括马达控制器电路(68),其连接到所述马达单元(66),用于控制到所述马达单元的驱动输入电压。

9. 如权利要求1-3中的任一项所述的系统,其中所述驱动机构包括机电致动元件(34)。

10. 如权利要求9所述的系统,其中所述控制器包括机电致动控制电路(36)。

11. 如权利要求1-3中的任一项所述的系统,其中所述控制器包括用于从用户接收命令的用户输入模块。

12. 如权利要求11所述的系统,其中所述控制器包括用户输出模块,其用于向用户输出用于在手动控制所述充电模式的定时和/或持续时间之中使用的信息。

13. 一种操作用于生成电功率的电功率发生器(24、52)的方法,所述电功率发生器包括第一元件(26)和第二元件(28),所述第一元件(26)和第二元件(28)被配置成具有充电的状态,并被配置成相对于彼此可移动以用于生成所述电功率,所述第一元件(26)和第二元件

(28)被进一步配置成使得可以使它们彼此接触和不接触,所述方法包括:

使所述第一元件(26)和所述第二元件(28)接触和不接触,以便实现充电模式和非充电模式,在所述充电模式中所述元件是接触的以用于改变充电状态,在所述非充电模式中所述元件是不接触的,以及

根据所述充电的状态来控制充电的定时和/或持续时间,

或者

根据所述充电的状态来输出用于在控制所述充电模式的定时和/或持续时间之中使用的信息。

14. 如权利要求13所述的方法,其中,响应于所述电功率发生器(24)的输出电压(40)从高于下阈值下降到低于所述下阈值而使所述第一元件(26)和所述第二元件(28)接触,并且其中,响应于所述发生器的输出电压从低于上阈值升高到高于所述上阈值而使第一和第二元件不接触。

15. 如权利要求13或14所述的方法,其中借助于机电控制元件(34)而使所述第一元件(26)和所述第二元件(28)接触和/或不接触。

## 摩擦电能发生器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于将机械能转换为电能的能量生成和/或转换系统。

### 背景技术

[0002] 这样的系统的一个示例(藉由其可以将机械能转换为电能)是摩擦电能生成系统。摩擦电效应(也称为摩擦电充电)是接触引起的起电,其中材料在其通过摩擦与不同的材料接触后变成带电的。摩擦电的生成是基于通过将摩擦电效应与静电感应耦合的方法将机械能转化为电能。已经提出利用摩擦电的生成来对诸如传感器和智能电话的可穿戴设备供电,这通过从诸如行走、随机身体运动、吹风、振动或海浪之类的来源捕获原本被浪费的机械能来完成(参见例如:Wang、Sihong、Long Lin、以及Zhong Lin Wang的“Triboelectric nanogenerators as self-powered active sensors”,*Nano Energy* 11(2015)第436-462页)。

[0003] 摩擦电效应基于这样的系列:其根据各种材料获得电子(变成带负电)或失去电子(变成带正电)的趋势来对它们进行排名。该系列例如公开于A.F. Diaz和R.M. Felix-Navarro的A semi-quantitative tribo-electric series for polymer materials: the influence of chemical structure and properties,*Journal of Electrostatics* 62(2004)第277-290页。用于创建静电的材料的最佳组合是来自正电荷列表的一种材料和来自负电荷列表的一种材料(例如聚四氟乙烯(PTFE)对铜,或氟化乙烯丙烯(FEP)对铝)。利用毛皮摩擦玻璃或穿过头发的梳子是摩擦电的来自日常生活的众所周知的示例。

[0004] 在其最简单的形式中,摩擦电发生器使用不同材料的两个片材,一个是电子给体,另一个是电子受体。当使得材料接触时,电子从一种材料交换到另一种材料。这就是摩擦电效应。如果这些片材然后被分离,则每个片材保持(不同极性的)电荷(这些电荷由它们之间的间隙隔离),并且电势被建立。如果将电负载连接在放置在两个材料表面的背面的电极之间,则这些片材的任何进一步的位移(其或者是横向地,或者是垂直地)将引起这两个电极之间的电流流动作为响应。这只是静电感应的示例。因为两个板的相应电荷中心之间的距离增加,所以跨所述间隙的、两个板之间的吸引电场减弱,导致两个外部电极之间的电势差增加,因为经由负载的电荷的电吸引开始克服跨所述间隙的静电吸引力。

[0005] 以这种方式,摩擦电发生器通过两种主要物理机制(接触起电(摩擦充电)和静电感应)之间的耦合将机械能转换成电能。

[0006] 通过循环地增加和减少板的电荷中心之间的相互分离,因此作为响应可以引起电流在板之间来回流动,从而生成跨负载的交流电。通过将微米级图案应用于聚合物片材,可以增加功率输出。图案化有效地增加了接触面积,并且从而增加了电荷转移的有效性。

[0007] 最近,已开发了一种利用了这种效应的、用于功率生成(能量采集)和功率转换的新兴技术,如在ACS nano 7.11(2013)第9533-9557页的Wang Z.L.的“Triboelectric nanogenerators as new energy technology for self-powered systems and as active mechanical and chemical sensors.”中所公开的。基于这种效应,已开发了所谓

的摩擦电纳米发生器(“TENG”)的几种设备配置。自它们2012年的首次报道以来,TENG的输出功率密度已大大提高。体积功率密度可以达到大于每立方米400千瓦,并且已经展示了~60%的效率(同上)。除了高输出性能外,TENG技术还具有许多其他优点,诸如低生产成本、高可靠性和鲁棒性、以及低的环境影响。TENG可以用作电功率发生器,即能量收集来自于例如振动、风、水、随机的身体运动或甚至机械可用功率到电能的转换。

[0008] TENG可以广义地分为四个主要操作类别,它们中的一个在所谓的线性滑动模式下操作,其中引起带电的板相对于彼此横向滑动以便改变它们之间的重叠面积。引起跨过这些板的电势差,其具有与总重叠面积的变化率成比例的瞬时大小。通过反复地使板进入和脱离与彼此的相互重叠,可以跨连接在这些板之间的负载而建立交流电。

[0009] 线性滑动模式TENG的一个特定子集是旋转盘TENG,其可以在接触模式(即,连续摩擦充电和静电感应)或非接触模式(即,在初始接触起电之后仅有静电感应)两者下操作。旋转盘TENG典型地由至少一个转子和一个定子组成,它们各自形成为一组隔开的圆扇区(节段)。随着两个盘相对于彼此旋转,扇区重叠并且然后分离。如上所述,在两个横向滑动的(带相反电荷的)层之间可感应出电流,该电流的大小与重叠面积的变化率成比例。由于转子的每个连续隔开的扇区与给定的定子扇区进入重叠并且然后脱离重叠,因此,在这两个扇区板之间感应出电流,其最初是在第一方向上(当板的重叠增加时),并且然后是在相反的方向上(当板的重叠减小时)。

[0010] 早期版本的分段结构化的盘TENG的限制是:旋转和静止摩擦电层需要金属电极的沉积和与电引线的连接,这导致旋转部件的不方便的操作(Long Lin等人的Segmentally Structured Disk Triboelectric Nanogenerator for Harvesting Rotational Mechanical Energy,Nano Lett,2013,13 (6) 6,第2916–2923页)。

[0011] 具有附接到静止盘上的两组图案化电极的盘TENG与旋转盘上的独立式摩擦电层一起可以解决这些问题,如在ACS Appl. Mater. Interfaces,2014,6 (4),第3031–3038页的Long Lin等人的Noncontact Free-Rotating Disk Triboelectric Nanogenerator as a Sustainable Energy Harvester and Self-Powered Mechanical Sensor中所公开的。利用这样的结构,旋转部件的电极沉积或电连接不存在必要性,这显著地改善了能量收集器的操作便利。

[0012] 旋转盘TENG(并且实际上一般是线性滑动模式TENG)可以在接触模式和非接触模式两者下操作。尽管期望接触以为板摩擦充电(既在最初而且也在随后,以便抵消泄漏),但是静电感应过程自身(电能借助于其而生成)并不需要板之间的接触,而是在小的(例如约0.5mm的)板间隔的情况下操作良好。

[0013] 在接触模式下进行操作(其中板保持在连续摩擦接触中)导致更高的功率输出,因为板被连续充电,并且因此连续地保持在(由双板系统的电容限定的)某理论最大电荷容量(这通过不断填补通过泄漏等的电荷损失来实现)。可以保持在板上的电荷越多,可生成的静电感应输出就越大,因为更大的电荷密度自然地引起板中的电子间的更大的静电力。

[0014] 然而,在接触模式下进行操作随之带来各种困难,包括过度噪声产生和通过表面磨损的设备材料的恶化,以及由于必须克服板之间的摩擦而导致的功率损耗。

## 发明内容

[0015] 本发明的一个目的是除其他之外减少前面提到的困难中的一个或多个。该目的利用如本公开所描述的发明来实现。

[0016] 本发明提供了一种电功率生成系统和方法。该电功率生成系统包括用于生成电功率的电功率发生器。所述电功率发生器包括第一元件和第二元件。所述第一元件和第二元件被配置为具有充电的状态，并且被配置为相对于彼此可移动以用于当所述元件包括所述充电的状态时生成所述电功率。所述第一元件和第二元件被进一步配置成使得可以使它们彼此接触和不接触。该电功率生成系统还包括用于使所述第一元件和所述第二元件接触和不接触的驱动机构。所述系统被配置为在下述操作模式中操作：功率生成模式和充电模式。在功率生成模式中，在相互移动的元件之间没有接触，所述元件携带用于生成电功率的电荷；在充电模式中，在移动元件之间存在接触以便补充功率生成模式期间的任何电荷损失。所述系统还包括用于确定所述充电的状态的设备和控制器。控制器用于根据所述充电的状态来控制所述充电模式的定时和/或持续时间；或者，根据所述充电的状态来输出用于在控制所述充电模式的定时和/或持续时间中使用的信息。利用这种电功率生成系统和方法，有可能增加或优化功率输出，同时降低与上述困难之一相关联的影响。

[0017] 取决于功率生成模式中电荷泄漏的速度，可以在时间上减少充电模式，从而增加以下效果：降低与所述困难中的任一个相关联的效果中的任一个。

[0018] 可以随时间推移间歇地操作这些模式，以对可移动部件进行周期性地再充电。因此，本发明允许功率输出保持在或高于某期望阈值，以便例如通过周期性地再充电来实现特定的期望的输出容量，同时避免或减轻与在接触模式下运行发生器相关联的噪声和/或表面磨损问题。

[0019] 在本发明中，功率生成意指功率信号的生成。这样的功率信号是通常用于定义电功率的电压信号或电流信号。

[0020] 存在于两个元件之间的充电的状态可以意指：第一元件和第二元件中的仅一个包括电荷，或者这两者都包括相同极性的不等电荷。可能优选的是，这两者都包括基本相同、但具有相反的极性的电荷。在元件的相互运动时，可以导致电功率发生器的功率输出（对电功率发生器的功率输出负责）的充电的任何状态将对本发明有效（work with）。

[0021] 电功率发生器可以包括摩擦电功率发生器，其中第一和第二元件包括第一和第二摩擦电发生器板。在这些示例中，本发明因此可以提供一种用于摩擦电生成的系统，其中发生器的操作模式可以在接触模式和非接触模式之间间歇地切换，在接触模式期间，板中的一个或两个被摩擦充电，在非接触模式期间，通过静电感应生成（或转换）能量。在这种情况下，改变充电状态包括增加充电状态。然而，在其他示例实施例中，改变充电的状态可包括减少充电的状态。

[0022] 控制器可以控制充电模式（接触阶段）和功率生成模式（非接触阶段）的定时和/或持续时间。控制取决于板的检测到的充电状态。为此，系统例如通过控制器可以输出充电状态信息以用于控制所述两种操作模式（这可以是手动地）。而且，或者替换地，系统可以直接使用这种充电状态信息来控制操作模式的定时和/或持续时间。以任一方式或两种方式，当板上的电荷低于某阈值时，可以实行充电模式。例如，控制器可以自动地或用户引导控制驱动机构以使板接触，从而启动接触模式（或充电模式阶段）。充电模式可以具有固定的周期，

或者一旦板上的电荷已经再次超过特定阈值,就可以停止充电模式。例如,控制器自动地或用户引导可以控制驱动器以分离两个板,从而启动非接触(或能量生成)模式。在功率模式和充电模式下间歇地操作系统的这种过程可以连续地重复,其中取决于板的充电状态,在板之间接触周期性地建立并且然后断开。

[0023] 可以优化这两种操作模式(接触和非接触)的定时,以便确保维持特定的最小板电荷,以便实现例如特定的期望的输出容量,同时最小化板之间的总接触时间。以这种方式,噪声和表面磨损可以被最小化,同时确保输出负载不会降低到低于期望的最小水平。因此,在包括至少一个功率生成模式周期和(后续的)充电模式周期(或反之亦然)的时间跨度内,充电周期优选地占据等于或小于50%、40%、30%、20%、10%、10%、5%、1%、0.1%的时间跨度百分比。百分比越低,则可以越好地降低所述困难的影响中的任一个。百分比可以是每个时间跨度固定的,但也可以是在系统的操作之间或期间可调的。如果周期性地测量充电状态,则可以基于最后测量的充电状态来周期性地调整模式周期和模式开始和/或停止时间。

[0024] 该系统包括用于确定充电状态的设备。控制器可以包括用于接收发生器的输出负载电压的比较器电路。在(摩擦)充电过程之后的(非接触阶段)周期中,TENG发生器的输出功率和输出电压例如将随着板的电荷泄漏而减小。因此,可以通过监测作为时间的函数的输出信号(或者是输出电压、或者是输出电流、或者是输出功率)来评估充电状态。因此,例如,可以使用比较器电路来比较瞬时输出功率信号与某参考值,并且作为响应生成输出信号。

[0025] 比较器电路可以包括例如施密特触发器电路。施密特触发器电路可以适配成响应于发生器输出信号(电压、电流或功率)下降到低于给定的第一(下)阈值水平而触发新的充电阶段,并且随后响应于发生器输出信号(电压、电流或功率)上升到高于给定的第二(上)阈值水平而终止充电阶段。

[0026] 为了适应第一和第二元件的可移动性,它们可被配置成相对于彼此、围绕假想旋转轴、以相对旋转速度可旋转。第一和第二元件可以包括相对于彼此可旋转的第一和第二盘元件。因此,可以存在假想旋转轴,至少一个元件围绕该假想旋转轴旋转。在这种情况下,电发生器可以包括旋转盘TENG,其中第一和第二元件(即板)具有彼此面对的表面。所述表面可以携带有用于创建充电状态的电荷。所述元件可以例如由(至少)一个转子和一个定子组成,其各自形成为圆的间隔扇区的组。

[0027] 在前面段落的某些示例中,驱动机构可以包括被配置成用于生成和/或维持第一元件和第二元件之间的距离的机构,其中该距离可以沿着假想旋转轴来测量。优选地,该机构还被配置成用于通过下述来生成和/或维持该距离:被进一步配置,使得该距离取决于第一元件和第二元件的相对旋转。特别地,第一元件和第二元件可以具有形成在第一盘元件(26)和/或第二盘元件(28)的(多个)表面上的一种或多种螺旋图案化的地形(topographical)特征。螺旋图案化的地形特征用于生成可以沿假想轴测量的距离。响应于旋转,第一和第二元件之间的流体动力提升。随着盘相对于彼此而旋转,盘被放置于其中的流体环境(气态大气或液体)中的泵送作用被生成,使得板被推动分开,力的大小与旋转的相对速度有关。如果盘例如受到将板向彼此推动的某小的预加载力—例如顶板的重量(条件是板水平地对齐)—则旋转速度的增加将导致板之间的分隔方面的成比例增加。盘的随

后的减速导致盘元件之间的间隔的随之发生的变窄。用于推动板朝向彼此更靠近的力也可以通过弹簧型设施(诸如利用橡胶带、机械弹簧、机电装置、磁性装置等)来布置。

[0028] 因此,本发明可以用作将机械能转换成电能的系统。因此,它可以用作能量收集(scavenging)装置。可替换地,或者实际上根据以上实施例中的任一个,该系统还可以包括马达单元,其用于生成第一和第二元件之间的相对运动。以这种方式,该系统能够例如将由马达在一个部件中生成的电能传递到远离马达位置的另一部件。这可以允许实现电功率在这样的位置的可用性:对于所述位置而言,马达太大和/或其他提供电功率的方式不适合。在示例中,马达单元可以由各种能量源(诸如燃烧、电力、电池、燃料电池、核电或任何其它合适的功率源)中的一种或多种来供电。在这种情况下,控制器可以包括连接到马达单元、用于控制到马达单元的驱动输入电压的马达控制器电路。以这种方式,盘元件的相对速度一以及因此元件之间的间隔一可由系统例如响应于发生器的输出电压的下降或升高而精确地控制。在一些情况下,例如,控制器包括比较器电路,并且比较器电路的输出信号可以连接到马达控制电路的输入部,使得可以触发马达速度,以响应于发生器输出电压/功率下降低于某阈值或增加高于某阈值而在不同的值之间进行调整。

[0029] 然而,在其他示例中,用于生成发生器的板之间的相对运动的马达单元可以不与螺旋轴承驱动器机构结合而提供。尽管在这种情况下必须通过控制旋转速度来控制板之间的间隔,但是发生器的主马达驱动器可以包括一些外部机械源(例如风或水轮机等),以及额外的机电组件,其另外用于在必要的情况下例如通过提供电阻来限制或约束外部源。以这种方式,速度可以在最大值(此时没有机械阻力被施加到外部马达源)和最小值(此时最大阻力对着马达源而被施加)之间变化。

[0030] 根据该实施例或任何其他实施例,驱动器机构可以包括一个或多个机电致动元件。以非限制性示例的方式,这些元件可以包括:步进马达、马达驱动的螺旋体、受控电磁体或者液压或气动遮板或阀门。这些元件可以或可以不与用于驱动板的运动的所提供的马达单元结合而使用,并且可以或可以不与上述螺旋轴承实施例结合使用。在某些情况下,例如,不提供螺旋轴承,并且通过单独使用机电致动器元件,板被简单地控制以进行接触和不接触。这可以与诸如风或水的物理能量的外部源结合而使用,或者可以与所提供的马达单元结合而使用。

[0031] 在这些情况下,控制器可以包括例如与控制器处于信号通信的机电致动控制电路。机电动作控制电路用于控制机电致动单元。

[0032] 控制器可以包括用于从用户接收命令的用户输入模块。这些命令可以用于定义以下中的一个或多个:开始时间、停止时间、充电模式和/或功率生成模式的周期,功率输出信号的上阈值、功率输出信号的下阈值、充电状态的下阈值或充电状态的上阈值。控制器可以适配成响应于来自用户的所述命令来控制接触和非接触阶段的定时和/或持续时间。用户输入模块可以与上述“自动化的”控制实施例中的一个或多个结合来提供,例如以提供“手动超越控制”功能,由此用户可以介入原本自动调节的系统,以迫使系统在特定时间采用特定操作模式。可替换地,系统可以是完全手动控制的,使得完全响应于从用户接收到的手动命令来控制驱动机构。

[0033] 在这些或任何其他示例实施例中,控制器可以包括用于向用户输出信息的用户输出模块,该信息用于在手动控制充电模式的定时和/或持续时间中使用。因此,控制器可以

简单地提供系统与用户之间的接口,其通过例如传达与板的充电状态相关的信息、或发生器的输出电压/功率的信息,使得用户能够决定何时系统在接触模式和非接触模式之间切换。

[0034] 根据本发明,还提供了一种操作用于生成电功率的电功率发生器(24、52)的方法。针对系统限定的特征也可以用于方法的修改,并且随之针对系统限定的优点也适用于经修改的方法。

[0035] 在方法的实施例中,可以响应于发生器的输出电压从高于下阈值下降到低于所述下阈值而使第一和第二元件接触,并且其中响应于发生器的输出电压从低于上阈值上升到高于所述上阈值而使第一和第二元件不接触。

[0036] 可以借助于机电控制元件(诸如,以非限制性示例的方式,步进马达、马达驱动的螺旋体、受控电磁体或者液压或气动遮板或阀)而使第一和第二元件接触和/或不接触。

[0037] 在一些实施例中,第一和第二元件可以包括相对于彼此可旋转的第一和第二盘元件,并且所述盘元件中的至少一个包括螺旋图案化的地形特征。在这种情况下,可以通过改变第一和第二元件之间的相对旋转速度而使这两个元件彼此接触和/或不接触,从而以在两个元件之间生成可变的流体动力提升力。

## 附图说明

[0038] 现在将参照所附示意图详细描述本发明的示例,在图中:

[0039] 图1示出了图示出示例旋转盘摩擦电发生器的峰值功率输出和板间隔之间的关系的曲线图;

[0040] 图2示出了图示出示例旋转盘摩擦电发生器的峰-峰输出电压和板间隔之间的关系的曲线图;

[0041] 图3示出了包括摩擦电发生器的第一示例能量生成和/或转换系统的示例布置的框图;

[0042] 图4示出了包括摩擦电发生器的第二示例能量生成和/或转换系统的示例布置的框图;

[0043] 图5示出了包括螺旋槽推力轴承的示例旋转盘摩擦电发生器的示例螺旋图案化;

[0044] 图6示出了包括摩擦电发生器的第三示例系统的示例布置的框图;

[0045] 图7示出了包括摩擦电发生器的第四示例系统的示例布置的框图。

## 具体实施方式

[0046] 本发明提供了能量生成和/或转换系统和方法,其中电功率发生器被控制以在接触模式与非接触模式之间周期性地交替,在接触模式期间,使发生器的元件接触以引起充电状态,在非接触模式期间,发生器的元件彼此分离并且通过静电感应生成电能。接触和非接触模式的定时和持续时间由控制器或由用户命令控制(取决于发生器元件的充电状态)。以这种方式,只有当表面电荷已下降到低于某水平且充电是必要的时候,才控制元件进入接触;因此元件之间的接触时间可以被最小化—从而最小化所招致的噪声和表面磨损,同时仍然保持给定的期望的阈值功率输出。

[0047] 根据一特定组的实施例,电发生器可以包括摩擦电发生器,其中利用摩擦电效应

和静电感应的组合以便收集机械能或将机械能转换成电能。在下面描述的特定示例中,特别地描述了包括摩擦电发生器元件的系统的实施例。

[0048] 摩擦电发生器可以在非接触模式下操作,但是提供更高的功率输出,条件是它们也利用紧密接触以摩擦充电。然而,在接触模式下操作导致噪音和设备寿命(表面磨损)的问题。

[0049] 本发明的实施例提出了一种解决方案,其中发生器在周期性的或重复的接触模式下操作。实施例为摩擦电发生器的操作模式提供摩擦电材料的周期性的但暂时的短暂的接触。可以相对于表面的电荷泄漏/损失的比率来控制重复的/周期性的接触的速率。此外,可以提供驱动机构和反馈方案来限制接触充电频率(通过确定表面电荷何时已经损失)和持续时间(通过指示何时已经建立充分接触),并且因此在最大功率水平下最大化非接触能量生成周期。下面公开的驱动系统和方法的示例实施例特别地关于旋转盘和往复式滑动板摩擦电发生器来描述。然而,这些特定示例应被理解为纯粹说明性和示例性的,并且本领域技术人员将理解,所描述的方法和系统可应用于所有类型的摩擦电发生器。

[0050] 旋转盘摩擦电发生器需要间歇的紧密的接触以用于摩擦充电(电荷转移),但是然后需要在非接触模式下理想地操作以克服噪声、摩擦和设备寿命的问题。因此,用于建立非接触模式(即转子-定子分离)和用于随后精确地控制板之间的间隙高度的机构是实现周期性接触操作模式的两个关键挑战。间隙高度的精确控制特别重要,因为板间隔距离对生成的摩擦电的电压和功率输出有显着的影响。

[0051] 在图1中示出了图示出包括PTFE转子的示例旋转板TENG的以mm为单位的板间隔(x轴10)和以mW为单位的峰值功率输出(y轴12)之间的所测量关系的曲线图。如上面所讨论的,当板接触(即零板间隔)时,功率输出最大,达到约为0.5mW的对于图1测量的示例转子的峰值输出。随着板间隔增加,峰值功率输出非常急剧地下降,其中仅0.5 mm的间隔招致近80%的输出减少,峰值功率下降到仅0.1 mW。在2 mm的间隔下,功率输出已经下降到几乎为零。

[0052] 类似地,图2图示出了对于同一示例TENG的、以mm为单位的板间隔(x轴16)与以V为单位的输出电压的峰-峰幅度(y轴18)之间的关系。再次地,响应于增加的板间隔,观察到急剧下降,其中0.5 mm的间隔招致约75%的峰-峰电压的降低(从~140V至~35V)。

[0053] 因此,为了高效的运作,期望用于使板进入分离和解除分离的驱动机构,其能够对板之间的间隔距离带来高度精确的控制。

[0054] 根据依照本发明的能量转换系统的简单的第一实施例,该系统包括具有带有可调节相对位移的板的TENG设备、用于致动板的相对位移的调节和/或固定的一个或多个机电控制元件、以及用于响应于板的所确定的电荷水平或状态来控制机电控制元件的一个或多个控制器元件。

[0055] 图3示出了该系统的一个示例布置的框图。在该示例中,为了说明的目的示出了旋转盘TENG 24,但是本领域技术人员将理解,该布置可以同样地应用于其他种类的TENG(如前面部分所讨论的)。TENG 24的转子26与机械驱动机构30的机械输出可操作地耦合。驱动机构提供动力学或马达能量的输入源,其将由系统转换成电能。

[0056] 在一些特定示例中,可以使用旋转盘TENG,其中定子28包括一系列被设置的(导电)电极,而转子包括电介质(非金属)材料的独立层。根据这种布置,唯一的携带电荷的盘

是电介质定子层，其带来了下述特定优点：板之间的电容保持恒定。另外（如在ACS Appl. Mater. Interfaces, 2014, 6(4), 第3031-3038页的Long Lin等人的“Noncontact Free-Rotating Disk Triboelectric Nanogenerator as a Sustainable Energy Harvester and Self-Powered Mechanical Sensor”中所讨论的），有了这种结构，旋转部件的电极沉积或电连接不存在必要性，这显著地改善了发生器的操作便利性。

[0057] 在一些实施例中，驱动机构（或马达能量源）30可以包括“外部”源，诸如例如风或水驱动的涡轮机、振动能量源或马达事件的人类驱动源。在这种情况下，系统22可以用作能量“收集”系统，其中原本损失的外部生成的能量被捕获并转换成电能源。然而，根据可替换的实施例，能量源可以包括对于系统自身而言“内部”的源，诸如例如马达单元。马达单元可以由诸如燃烧、电力、电池、燃料电池、发条装置弹簧、重力、核能等各种能量源来供电。在这种情况下，系统22可以仅提供能量转换功能。

[0058] 被可操作地耦合到TENG 24的一个或两个板26、28的是机电板间隔驱动元件34，其由机电控制电路36控制。与TENG设备24的电输出40相连的是施密特触发器电路42，其输出部连接到 $V_{out}$ 端子44以及继电器开关46的信号输入部。施密特触发器电路42充当系统22的控制器，其与继电器开关46合作而控制机电元件34、36的激活，以及因此控制板的接触和非接触阶段的定时和持续时间。接触和非接触模式之间的板的移动由施密特触发器电路42响应于发生器输出电压40来控制。例如，施密特触发器电路可以适配成评估发生器输出电压/功率的初始水平，以监测输出功率/电压的降低，并将其输出从高输出切换到低输出以便指示足够的表面电荷已经损失，以要求启动新的摩擦充电阶段。作为响应，与施密特触发器电路的输出42相连的继电器46可以对应地从高信号输出切换到低信号输出。机电控制电路36可以适配成通过触发机电驱动器元件34以将TENG板26、28移动到接触模式位置来响应继电器46从高到低的切换。

[0059] 注意，继电器电路不是必要的，因此在一些示例中，施密特触发器电路42可以直接连接到机电控制电路36，而不需要两者之间的继电器电路。

[0060] 在一些示例中，施密特触发器电路42的输出可以适配成一响应于输出电压 $V_{TENG}$  40下降到低于给定的（第一）下阈值水平 $V_{lower\_thresh}$ —从高切换到低，并且由此通过控制电路36触发接触模式阶段的启动。在可替换的示例中，施密特触发器电路42可以适配成响应于（瞬时）输出功率或电压与初始输出功率或电压的比率下降到低于给定阈值水平而触发接触模式阶段。

[0061] 此外，一旦触发了摩擦充电过程，则控制电子器件（即这种情况下的施密特触发器电路）可以进一步适配成随着板的充电而监测输出电压/功率的增加，并将其输出从低输出切换到高输出以便指示已经获取足够的表面电荷以使得能够启动新的摩擦生成（非接触）模式阶段。作为响应，继电器46可以相应地从低信号输出切换到高信号输出。机电控制电路36可以适配成通过触发机电驱动器元件34以将TENG板26、28移动到非接触模式（生成模式）位置来响应继电器46从低到高的切换。

[0062] 以非限制性说明的方式，根据上述示例，施密特触发器电路可适配生成以下输出：

$$[0063] V_{out} \begin{cases} 0, & \text{if } V_{lower\_thresh} > V_{TENG} \\ 1, & \text{if } V_{upper\_thresh} < V_{TENG} \end{cases}$$

[0064] 第一个条件 ( $V_{out} = 0$ ) 启动接触模式，并且第二个条件 ( $V_{out} = 1$ ) 启动非接触模

式。

[0065] 在该实施例中,控制器控制驱动机构以将板上的电荷基本维持在值的某限定范围内一介于某限定的最大值(当其在充电期间被达到时,触发结束充电)和某限定的最小值(当其在生成期间被达到时,触发启动充电)之间。因此,功率输出类似地保持在值的某范围内一介于充电最大时的最大值和充电最小时的最小值之间。板之间的接触仅被约束到维持阈值电荷范围所需的最小值。

[0066] 该范围可以定义为相对小或大。如果定义了相对小的范围,则充电阶段被更频繁地触发,但具有较短的持续时间。在定义大的范围的情况下,充电阶段较不频繁地发生,但每次具有较长的持续时间。这些因素可能例如对表面磨损有影响。

[0067] 对于机电板间隔驱动元件34而言,存在各种可能性。在一些示例中,可以采用简单的步进马达来致动板在不同相对位置之间的移动。例如,驱动元件34可以包括可操作地耦合到两个板26、28中的仅一个的步进马达。另一个板保持在固定的绝对(轴向)位置,并且通过在步进马达的各个步级之间移动该步进马达(其附接到第一个板)来致动板之间的间隔。接触和非接触模式位置可以包括马达的两个相邻步级,或者可以通过马达的多个步级而被分离。在可替换的示例中,板间隔驱动元件可以包括马达驱动的螺旋体。这里,螺纹杆(主轴)被螺纹附接到转子、定子中的任一个或这两者。在该布置中,通过利用驱动旋转能量源30的部分以围绕主轴旋转板,可以实现板间隔的调整,从而将旋转运动转换成相对于杆的线性运动。例如,细螺距会促进板定位的非常精确的调整。位置确定反馈可以通过例如主轴上的光轴编码器实现;并且通过反转机电间隔驱动元件的马达电流,可以建立循环接触/非接触模式。

[0068] 在一些示例中,可以采用受控电磁体来将转子26和定子28拉在一起。在这种情况下,监测电磁体中的电流可形成机电控制电路36的反馈和控制机制的部分。对于由诸如铝之类的非磁性材料制成的转子,可以使用永久磁铁,盘之间的拉力由涡电流生成。然后可以通过发生器的转速调节间隔距离。然而,在转速需要在TENG中保持恒定的情况下,或者对于转速未被系统控制的实施例(例如马达能量源30是外部源的情况),可以使用可控电磁铁。

[0069] 根据一个或多个示例实施例,板之间的间隔可以通过致动器来实现,该致动器利用多层的EAP(电活性聚合物)材料和/或SMM(形状记忆材料)或能够进行机械致动的任何其他响应性材料。

[0070] 在一些实施例中,板间隔机构可以包括气动弹簧加载“阀”,其中板被弹性地压缩在一起(通过例如弹簧),并且在转子和定子之间输送加压空气,从而提供板之间的间隔,所述间隔具有与所输送空气的压力成比例或以其他方式依赖于所输送空气的压力的距离。一旦空气的供应被停止或减少,弹簧提供的反作用力就可以用作自动反转机制来引起接触模式。依照该实施例或其他实施例,例如被液压地或气动地控制的遮板或阀门可以用于控制所输送空气的流速(并且因此所提供的压力)。

[0071] 图4图示出了一个示例布置,其包括与往复滑动TENG 52合作的加压空气气动驱动器机构50。气动驱动器机构在TENG的板之间注入加压空气,从而提供空气轴承,该空气轴承抵抗某压缩阻力(例如由弹簧或替代地由重力提供)而支撑板的相对间隔。根据该示例,板之间的横向滑动运动由外部机械驱动机构56生成,该外部机械驱动机构56包括与TENG 52的上部(滑动)板共同可操作地耦合的风或水轮机。如在图3的示例中,施密特触发器电路响

应于TENG输出电压40的值而控制接触和非接触模式阶段的定时和持续时间,该输出电压在要启动充电(接触)模式时切换到低输出,并且在要启动生成(非接触)模式时切换到高输出。响应于哪个气动控制元件54被适配成控制气动驱动器50以在高压(非接触模式)和低压(接触模式)之间改变TENG的板之间的注入空气的压力/流速,这些高和低输出触发继电器46以生成相应的高和低信号输出。

[0072] 以非限制性说明的方式,根据上述示例,施密特触发器电路可适配成生成以下输出:

$$[0073] V_{out} \begin{cases} 0, & \text{if } V_{lower\_thresh} > V_{TENG} \\ 1, & \text{if } V_{upper\_thresh} < V_{TENG} \end{cases}$$

[0074] 第一个条件( $V_{out} = 0$ )启动接触模式,并且第二个条件( $V_{out} = 1$ )启动非接触模式。

[0075] 在这种布置的一些示例中,气动驱动器元件50,通过气动阀门的方式,控制空气的流速并且因此在非接触和接触模式之间切换。

[0076] 使用空气来提供用于支撑板之间的间隔的轴承可能是特别期望的,因为这避免了需要与板进行固体机械接触以操纵它们的部件。这进而可以避免或减少不必要的磨损或材料应变,增加了TENG设备和/或驱动器组件的寿命和/或效率。此外,空气轴承可以减少整体设备内的机械组件的数量,消除潜在的故障源。而且,空气轴承可以更为能量高效,因为由于接合处/部件之间的机械连接而几乎没有摩擦阻力。

[0077] 根据一个特定实施例,通过利用板自身的运动以生成流体动力提升的源,可以为系统提供用于高精度间隙控制的自调节推力轴承。根据该示例,向旋转盘TENG的板的面向内的表面提供螺旋图案化,使得当板旋转时,图案化起作用以在板之间的空间中生成加压空气的膜,生成将板推开的力。图5图示出螺旋图案化的一个示例,其可以被提供给TENG的板,其中x(60)和y(62)轴分别表示以mm为单位的宽度和长度测量结果(即,表示盘的直径,以mm为单位)。螺旋图案可以被压印(或雕刻、激光刻或由本领域技术人员将理解的任何其它合适的方式形成)在定子、转子上或两者上。

[0078] 所生成的流体动力的力的大小与旋转速度有关,使得更快的旋转板引起更大大小的力。板可以经受某(小的)向内偏压力(其例如将板推在一起),使得板速度一并且因此提升力一的增加和减小导致板间隔的稳定增加和减小。在这种情况下,TENG板自身的运动直接驱动板间隔的向内和向外的调整。可以以这种方式非常精确地控制板间隔。

[0079] 图6示出包含了上述自调节螺旋空气轴承的系统的一个示例布置的框图。

[0080] 在这个示例中,转子盘26相对于定子盘28的机械运动由马达单元66提供,马达单元66的速度可以经由马达控制电路68在源处直接控制。

[0081] 然而在其他示例中,机械运动的源可以替代地由“外部”机械源(诸如例如风或水)提供,如图4的示例中那样。在这种情况下,板的速度不能“在源处”控制,但是可以通过使用例如一个或多个附加的致动元件来控制,这些附加致动元件可以提供抵抗源马达输入的一些机械阻力,从而限制旋转速度。在这种情况下,最大速度将仍然由马达源确定,但是通过选择性地对该源的机械输出施加阻力,可以控制到TENG的能量传递的速率。

[0082] 如在前述实施例中,图6的布置包括施密特触发器电路42,其具有连接到发生器24的输出电压 $V_{TENG}$ 的输入部,以及连接到输出负载端子44和继电器开关46的输出部。在一些示例中,施密特触发器电路可以适配成响应于确定TENG输出已经下降到低于下阈值

$V_{lower\_thresh}$ 而生成低输出，并且响应于确定TENG输出已经上升到上阈值 $V_{upper\_thresh}$ 而生成高输出。马达控制电路68可以适配成通过减小马达单元66的rpm，从而减小转子和定子之间的提升力，并使两个板彼此接触，来响应来自继电器46的低信号（其指示要启动接触（充电）模式阶段）。一旦板上的电荷已经重新建立，并且外部电压再次超过 $V_{upper\_thresh}$ ，因此施密特触发器电路42经由继电器46触发马达控制电路68以再次增加马达单元的rpm，从而增加板之间的提升力，并重新建立非接触模式阶段。

[0083] 在上述实施例中，发生器的输出电压的变化被用于确定接触（充电）和非接触（生成）模式阶段的定时和/或持续时间。在本发明的这些或任何其他实施例中，还可能期望控制器确定板之间的接触何时以及是否已经建立。该信息可以用于向机械地控制板的分离的驱动机构提供实时反馈。

[0084] 取决于板间隔驱动机构，板接触信息可以由系统以不同的方式使用。图7示出了下述系统的一个示例布置的框图：该系统包含传感器元件72以确定何时以及是否接触已在TENG 24的板之间建立。在这种情况下，发生器24是包含上述实施例的螺旋空气轴承驱动器的旋转板发生器。在这种情况下，发生器的板之间的间隔由马达单元66的旋转速度确定。当要启动接触（充电）模式时，马达控制电路68将马达的速度缓慢地降低到一水平，由此悬浮效应刚好被移除。板之间的初始接触可由感测元件72感测，此时马达速度rpm可保持恒定，从而将板保持在最小接触量。这允许建立摩擦电荷，直到达到上阈值电压 $V_{upper\_thresh}$ 为止。此时，施密特触发器电路42的输出电压从低切换到高，并且马达控制电路由继电器46触发，以再次开始增加马达rpm，以从而重新启动非接触（生成）模式。

[0085] 在这种情况下，传感器元件72并不确定接触和非接触模式阶段的定时或持续时间—（如在图6的实施例中）这由施密特触发器电路42（即，系统控制器）确定，施密特触发器电路42分别响应于达到最小或最大输出电压阈值而触发马达控制电路以开始降低马达速度或者开始增加马达速度。相反，传感器元件72仅仅帮助马达控制电路68确定何时停止减小马达速度，并且保持马达rpm恒定。在启动接触模式时，不期望的是完全停止马达，因为当板之间存在一些摩擦时充电是最有效率的。因此，传感器元件72使得马达速度能够降低到刚好正确的水平，以实现仍然移动的板之间的稳定的摩擦接触。

[0086] 传感器单元可以以类似方式并入其它示例实施例中。例如，可以在图3的实施例中使用传感器元件，以在控制机电元件34中向机电控制电路36提供反馈。例如，在机电元件34是表现出可变致动的致动器元件（例如步进马达）的情况下，接触传感器可以感测何时初始接触已在发生器的板和触发器控制电路36之间建立，以在当前步骤停止致动。

[0087] 存在对于特征或机制（通过该特征或机制，可以实现发生器元件之间的接触的感测）的各种可能性。以非限制性示例的方式，传感器元件72可以简单地包括与发生器的电压输出通信的附加触发器电路，并且适配成检测电压输出中的“转折点”：发生器输出停止下降并开始增加的点（指示已经建立接触并且充电已经开始）。

[0088] 可替换地，感测元件可以例如适配成检测到达给定阈值水平的阻抗（并且具体是电容）的变化。传感器可以是适配成检测由两个板之间的物理接触导致的声学信号的声学传感器。如果适用，驱动TENG的马达的参数（例如马达电流）可被用作表面接触的指示物。

[0089] 在一些情况下，旋转盘TENG的旋转速率可被测量并用于确定接触。例如，当表面电阻突然增加时，旋转速率将典型地在板接触时突然减少某小量（假定驱动力保持恒定）。这

可以例如使用加速度计来测量。

[0090] 光学或视觉信号可以被检测并用于确定板接触,例如运动或接近传感器可以用于检测板的相对定位。接触可以通过触觉反馈来确定,例如在板进行接触时的感测振动。传感器元件72在某些情况下可以包括轴向位移变换器或接近传感器。

[0091] 可以监测表面动力学,并且各种参数(例如摩擦动量、摩擦力矩或表面力)可以用于确定充电是否已经开始(例如,高度灵敏的表面力测量结果可被用于通过监测吸引力和排斥力来确定相对表面接近)。

[0092] 在摩擦电发生器驱动谐振负载的情况下,当发生器开始生成能量并被耦合到谐振负载时,负载频率将变化。这可以用于指示充电已经开始。

[0093] 在一些实施例中,可能期望系统包括其它特征,用于允许实现摩擦充电阶段期间的摩擦充电水平的确定,以便更好地确定何时摩擦充电阶段周期可以结束。在图3、4、6和7的特定实施例中,这由施密特触发器电路42独自完成。这响应于发生器24、52的输出电压从低于预确定上阈值水平增加到高于预确定上阈值水平而触发非接触模式的启动。可替换地,可以提供不同的比较器电路,其适配成确定瞬时输出功率或电压与初始输出功率或电压的比率已经超过特定的上阈值,以从而确定已经发生了表面的充分充电。

[0094] 然而,在其他实施例中,充电的状态可以通过其他方式而不是如以上示例中的施密特触发器(或其他比较器电路)来确定。

[0095] 以非限制性示例的方式,实施例可以通过感测或测量两个板之间的摩擦热来确定充电模式期间的充电水平。这可以例如使用简单的热敏电阻来测量。可替换地,可以检测或测量在摩擦电活动的表面之间生成的摩擦力矩(动量)。可替换地,在发生器驱动谐振负载的情况下,当发生器频率与谐振器频率匹配时,输入电流将下降。观察到发生器频率接近谐振器频率可以用于指示充电完成。

[0096] 在这些或任何其他实施例中,摩擦电系统可以包括中央控制器单元,其适配成借助于传感器或其他输入来确定何时需要摩擦充电以及何时摩擦充电完成。该功能可以由例如计算机控制器单元执行,其中使用软件来执行接触和非接触模式阶段的定时和持续时间的确定。

[0097] 上述示例实施例提供了一种系统,其用于调节和控制摩擦电发生器的接触和非接触模式阶段,以便最小化板之间的整体接触时间并且因此最小化板之间的接触磨损,而同时阻止板充电水平(并且因此功率输出/电压电平)下降到低于某最小期望水平。根据这些示例,容许板电荷水平和功率输出水平的特定范围,输出在下阈值和上阈值之间周期性地变化,在下阈值的点处启动接触,在上阈值的点处终止接触。

[0098] 在实施例中,可以响应于各种特定板参数的变化而触发接触和非接触模式,这些参数直接或间接地与板的充电状态相关联。例如,该系统可以包括适配成监测下述中的一个或多个的设备:一个或两个板的摩擦电电压(即板的电势)、一个或两个板的摩擦电表面电荷密度、以及在生成(非接触模式)时的板上的或跨过板的静电感应的电流/电荷。

[0099] 在一些实施例中,可以响应于或根据用户输入命令来执行对接触和非接触阶段的定时和/或持续时间的控制。在这种情况下,控制器可以适配成输出关于系统的参数的信息,诸如板的充电状态,以用于手动控制不同模式的定时和/或持续时间。该输出信息可以例如经由提供的显示单元或通过扩音器元件在视觉上或声学上传达给用户。可以替代地

(作为一个示例)经由振动控制手柄或操纵杆来触觉地传达。可以经由一个或多个用户反馈元件(诸如例如集成的操纵杆)来实现直接的用户-机器交互,其中例如关于发生器的充电状态或其他参数的“现场”信息可以被中继到用户,使得用户能够在提供用于控制系统的输入控制命令中直接响应。

[0100] 根据一个或多个实施例,系统可以提供完全“手动的”摩擦充电和生成功能:充电和非充电模式阶段的定时和/或持续时间以及板之间的相对间隔的机电或其它方式的控制是完全由用户经由各种用户输入/输出元件控制的。可替换地,系统可以提供“混合模式”功能,其中系统的控制是部分自动化且部分(手动)用户控制的。例如,对接触和非接触模式阶段的定时和/或持续时间的控制可以被手动地提供,响应于用户输入命令而可选择,而板间隔的机电或其他方式的控制/驱动可以是自动化的。因此,控制器可以适配成,响应于某些专用的用户输入命令,而自动地控制从或者到充电模式或非充电模式的启动或过渡。在这种情况下,用户控制模式何时改变,但控制器自动地控制例如物理地重新配置板的过程。

[0101] 在可替换的实施例中,仍然,系统可以在全自动操作模式、全手动操作模式和/或一个或多个“混合模式”操作模式之间可切换。以这种方式,用户可以决定使系统自动地自我调节,或者可以选择切换系统以允许或要求用户控制。

[0102] 上述摩擦电能量转换系统的实施例的应用极其多。特别地,生成小电流源以用于设备内的小组件的供电,而不需要提供专用电源或者到设备的主电源的供应线的能力是非常有价值的。任何在其正常操作过程中生成马达能量或以其他方式访问马达能量的源的设备可通过本地定位的TENG发生器向一个或组件部件提供电流或电压。

[0103] 本发明可以用于许多功率发生器,尤其是在非接触模式下操作且失去功率生成所需的电荷的那些发生器。这些实际上是从以下类型已知的TENG发生器。

[0104] 第一操作模式是竖直接触-分离模式,其中两个或更多个板通过施加的力循环地接触或不接触。在ACS Nano 2013 7 (4),第3713-3719页的Peng Bai等人的文章“Integrated Multilayered Triboelectric Nanogenerator for Harvesting Biomechanical Energy from Human Motions”中已经描述了这种设备的一个示例。这里,该设备包括在曲折(zig-zag)形状基板上形成的多层结构。该设备基于由于接触起电所致的表面电荷转移而操作。当对结构施加压力时,曲折形状被压缩以创建不同层之间的接触,并且当释放压力时释放接触。

[0105] 在Adv. Mater. 2014,26,第2818-2824页的文章“Freestanding Triboelectric-Layer-based Nanogenerators for Harvesting Energy from a Moving Object of Human Motion in Contact and Non-Contact Modes”中公开了一种使得能量能够从滑动运动中收集的设计。独立式可移动层在一对静止电极之间滑动。可移动层可以被布置成不与静止电极接触(即,处于静止电极之上的小间隔处)或者其可以进行滑动接触。

[0106] 第三操作模式是单电极模式,其中一个表面例如接地—例如地板道路—并且负载连接在该第一表面和地之间(参见例如Yang,Ya等人的“Single-electrode-based sliding triboelectric nanogenerator for self-powered displacement vector sensor system.”ACS nano 7.8(2013):第7342-7351页)。使(没有电连接到第一表面的)第二表面与第一表面接触并且对它摩擦充电。当第二表面然后从第一表面移开时,第一表面中的过量电荷被驱动到地,提供跨负载的电流。因此,在该操作模式中,仅使用单个电极(在单个层

上)来提供输出电流。

[0107] 第四操作模式是一种独立式摩擦电层模式,其设计成从任意移动物体(没有建立到该物体的电连接)采集能量。该物体可以是例如通过的汽车、通过的火车或鞋子。(再次参见“Triboelectric nanogenerators as new energy technology for self-powered systems and as active mechanical and chemical sensors”,*ACS nano* 7.11(2013):第9533–9557页)。

[0108] 摩擦电发生器还有进一步的设计,诸如基于接触起电的双拱形状配置。压力导致拱形件闭合以在拱形层之间建立接触,并且当释放压力时,拱形件返回到打开形状。还提出了一种摩擦电纳米发生器,其形成为用于从环境振动捕获能量的谐波谐振器。

[0109] 通过研究附图和公开内容,本领域技术人员在实践要求保护的发明时可以理解和实现对所公开实施例的其它变型。在本公开的实施例中,“包括”一词并不排除其他元件或步骤,并且不定冠词“一(a或an)”不排除多个。在互不相同的实施例中列举某些措施的纯粹事实并不表示不能有利地使用这些措施的组合。

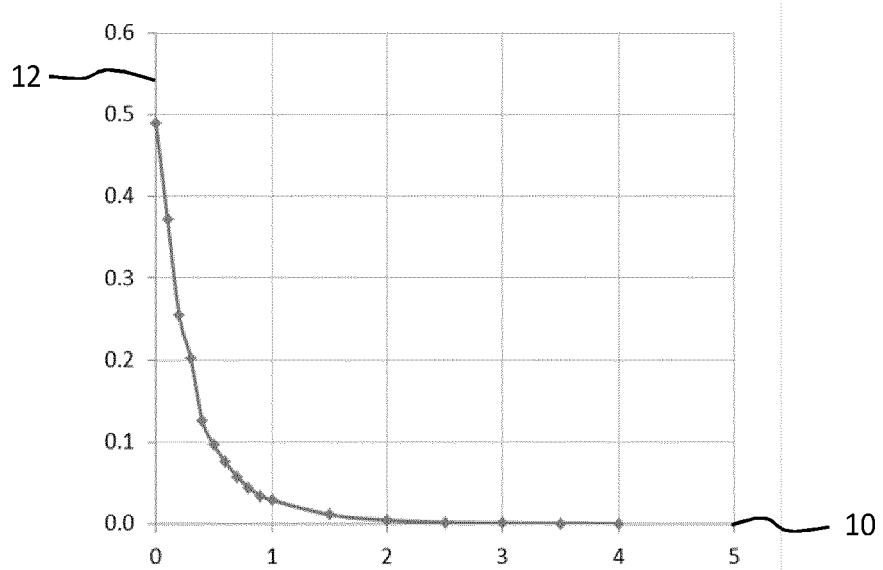


图 1

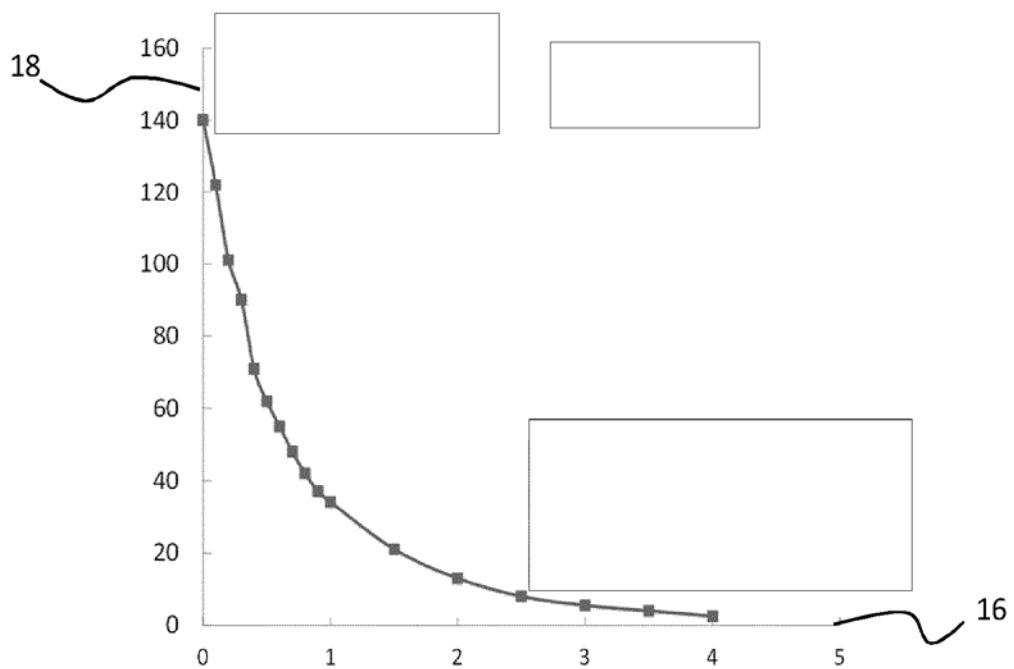


图 2

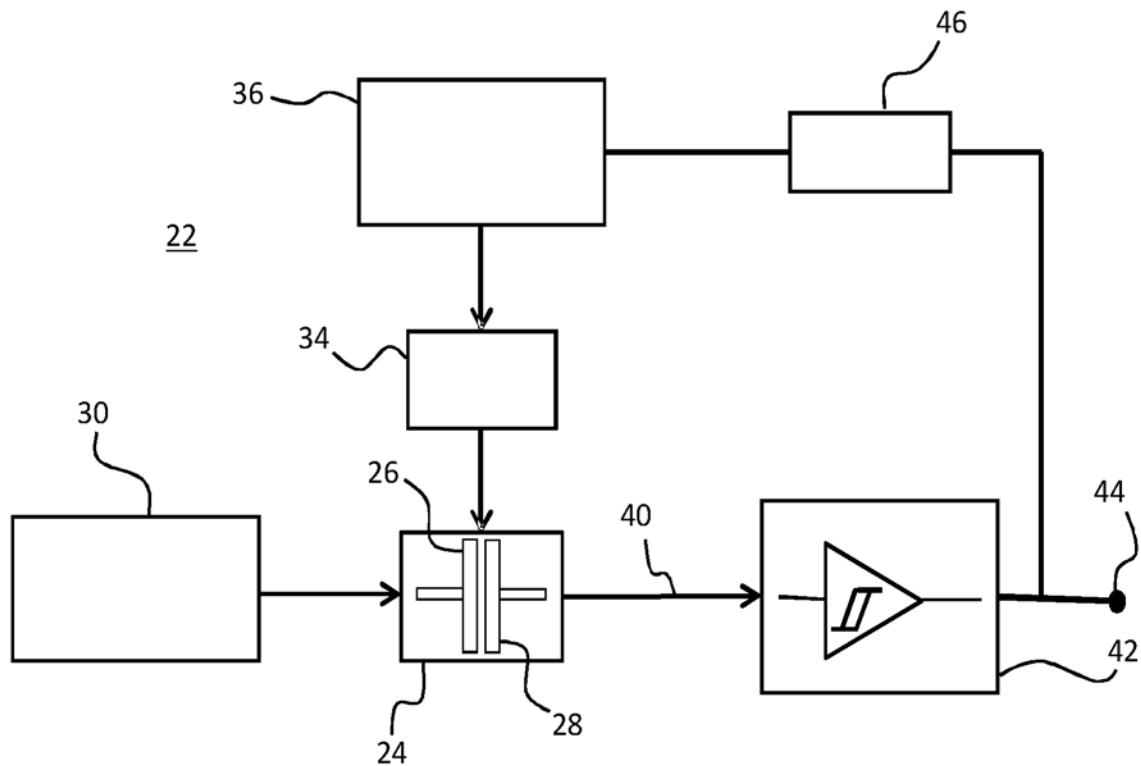


图 3

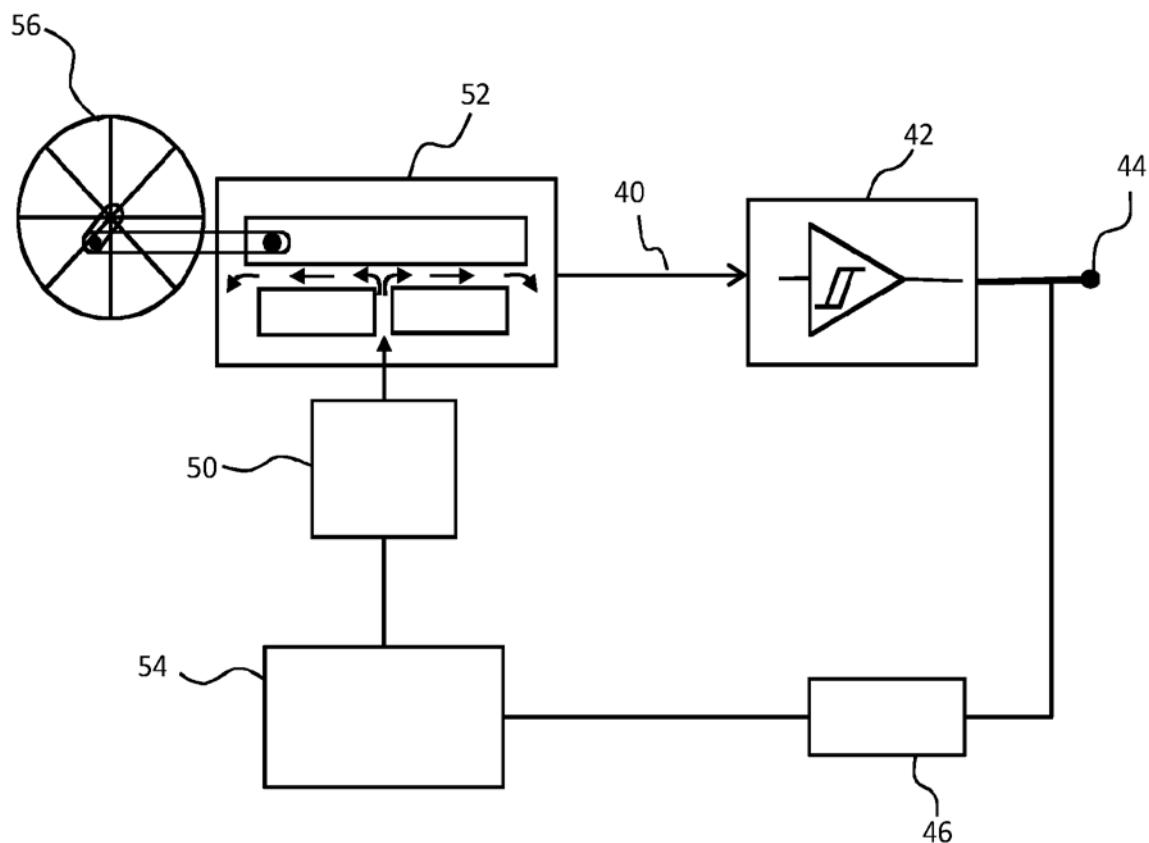


图 4

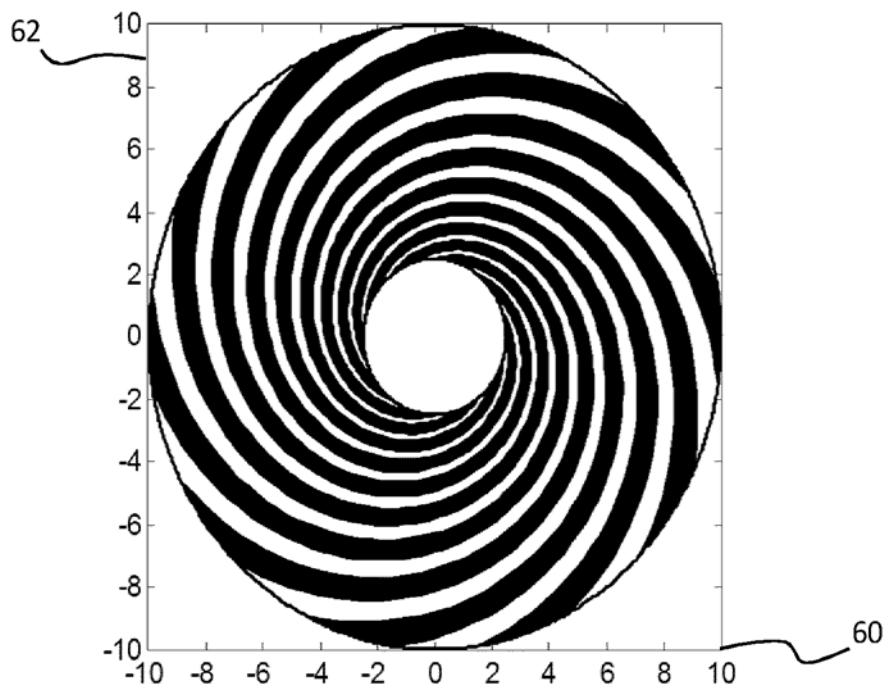


图 5

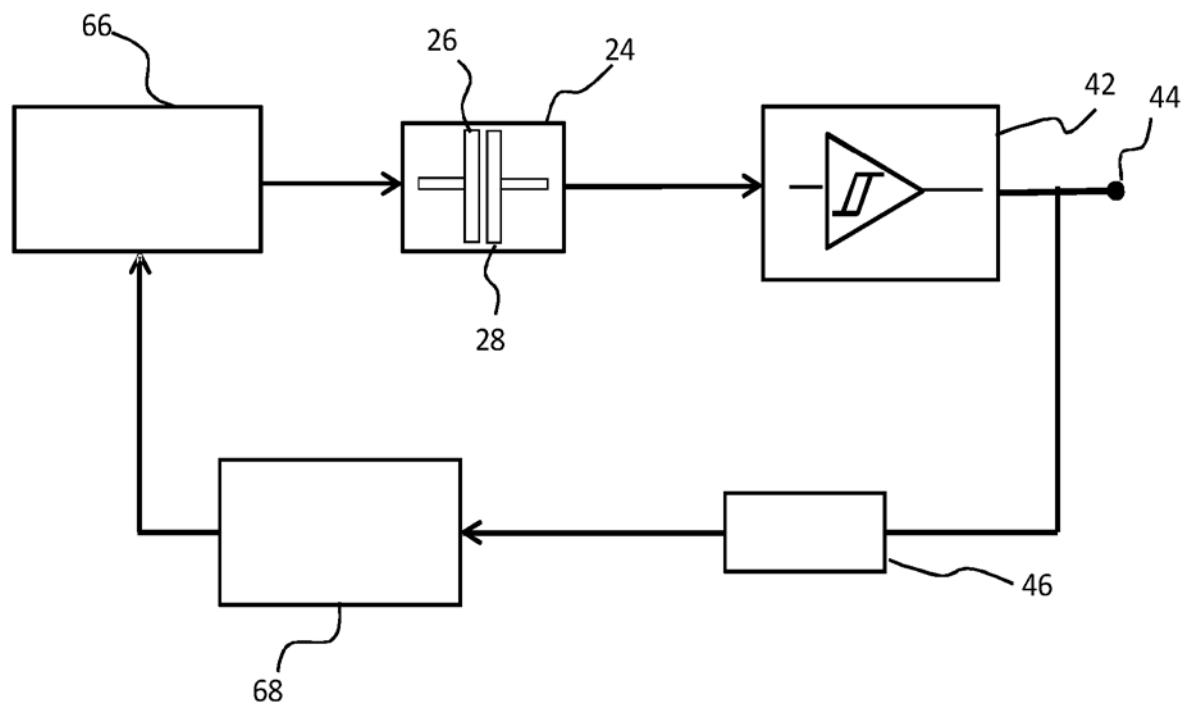


图 6

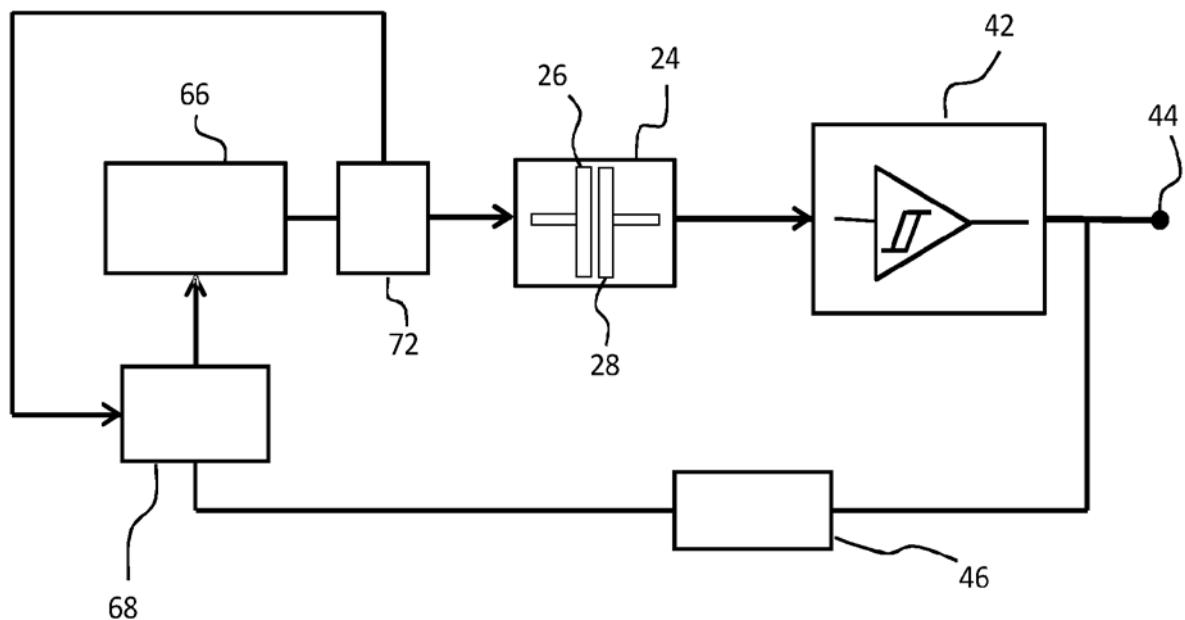


图 7