



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102301500 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 28

(21) 申请号 200980155444. X

代理人 侯海燕

(22) 申请日 2009. 12. 16

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 41/00 (2006. 01)

61/139, 439 2008. 12. 19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 07. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/068217 2009. 12. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02010/080432 EN 2010. 07. 15

(71) 申请人 发现技术国际股份有限公司

地址 美国佛罗里达

(72) 发明人 S · 彼得连科 V · R · 热尔瓦科夫

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

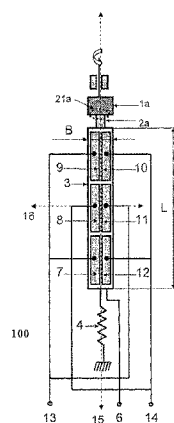
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

压电式电机

(57) 摘要

一种压电式电机,包括压电谐振器本体(3),该压电谐振器本体(3)具有相对的前后表面和相对的第一和第二端面。前(17)后(18)表面大体上与压电谐振器本体的第一(15)和第二(16)纵向轴线相平行。端面(2)大体上与第一纵向轴线相垂直,且大体上与第二纵向轴线相平行,并由压电谐振器本体的长度(L)分离。电机也包括:至少一个共用电极(6),布置在后表面上;和至少6n个激励电极(7-12),跨前表面按沿L延伸的两个对称排布置,其中n是 ≥ 1 的整数。在电机中,压电本体具有沿L的n阶纵向振动频率(v_1)、和沿L的3阶弯曲振动频率(v_2),并且其中 v_1 和 v_2 大体相等。



1. 一种压电式电机,包括:

压电谐振器本体,具有相对的前后表面和相对的第一和第二端面,所述前后表面大体上与所述压电谐振器本体的第一和第二纵向轴线相平行,并且所述第一和第二端面大体上与所述第一纵向轴线相垂直,且大体上与所述第二纵向轴线相平行,并由所述压电谐振器本体的长度(L)分离;

至少一个共用电极,布置在所述后表面上;及

至少 6n 个激励电极,跨所述前表面按沿 L 延伸的两个对称排布置,其中 n 是 ≥ 1 的整数;

其中,所述压电本体具有沿 L 的 n 阶纵向振动频率 (v_1),其中,所述压电本体具有沿 L 的 3n 阶弯曲振动频率 (v_2),及其中, v_1 和 v_2 大体相等。

2. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,所述前后表面沿所述第二纵向轴线的宽度限定所述压电谐振器本体的宽度 (B),并且其中, L 和 B 的比值当 $n = 1$ 时由如下定义:

$$\frac{L}{B} = \frac{\pi(3.5)^2}{2} \cdot \frac{C_2}{C_1},$$

其中, C_1 是纵向振动在压电谐振器本体中的传播速度,并且其中, C_2 是弯曲振动在压电谐振器本体中的速度。

3. 根据权利要求 2 所述的压电式电机,其中, L/B 在 5 与 6 之间。

4. 根据权利要求 3 所述的压电式电机,其中, L/B 是 5.5。

5. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,所述激励电极按所述对称排布置在多个相邻电极区域中,并且其中,所述多个相邻电极区域的所述第一部分沿 L 布置在 iL/n 与 $(3i+1)L/(3n)$ 之间,其中,所述多个相邻电极区域的第二部分沿 L 布置在 $(3i+1)L/(3n)$ 与 $(3i+2)L/(3n)$ 之间,及其中,所述多个相邻电极区域的第三部分沿 L 布置在 $(3i+2)L/(3n)$ 与 $(i+1)L/n$ 之间,其中 i 是整数,并且 $n-1 \geq i \geq 0$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中, $n = 1$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中, $n = 2$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,电气耦接所述 3n 个激励电极的第一对角组,并且其中,电气耦接所述 3n 个激励电极的第二对角组。

9. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,还包括:

至少一个接触元件,布置在所述第一端部上;

至少一个弹簧加载支撑件,机械地耦接到所述第二端部;及

至少一个交变电压源,用来将交变电压施加到所述共用电极和所述第一或所述第二对角组上,以引起所述接触元件与所述第一和所述第二纵向轴线相平行的纳椭圆运动。

10. 根据权利要求 9 所述的压电式电机,其中,所述交变电压源的频率 (v_3) 近似地是 v_1 或 v_2 。

11. 根据权利要求 9 所述的压电式电机,还包括至少一个转子,该转子具有转动轴线,并且当所述转子在所述纳椭圆运动的一部分期间定位成物理地接触所述接触元件时,布置在所述第一端部上方。

12. 根据权利要求 11 所述的压电式电机,其中,转子定位成提供所述转动轴线和所述纳椭圆运动的平行排列。

13. 根据权利要求 12 所述的压电式电机,还包括两个相对转子,一个布置在所述压电谐振器的两个相对端部的每一个上。

14. 根据权利要求 11 所述的压电式电机,其中,转子定位成提供所述转动轴线和所述纳椭圆运动的垂直排列。

15. 根据权利要求 14 所述的压电式电机,还包括两个转子,一个布置在所述压电谐振器的两个相对端部的每一个上。

16. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,所述压电谐振器本体大体是长方体。

17. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,所述压电谐振器本体的所述前后表面由所述长方体的深度 (D) 分离,并且其中, $D < L$ 和 $D < B$ 。

18. 根据权利要求 1 所述的压电式电机,其中,所述压电谐振器本体在与所述第一和第二纵向轴线大体相垂直的方向上极化。

19. 一种泵,包括压电式电机,所述压电式电机包括:

压电谐振器本体,具有相对的前后表面和相对的第一和第二端面,所述前后表面大体上与所述压电谐振器本体的第一和第二纵向轴线相平行,并且所述第一和第二端面大体上与所述第一纵向轴线相垂直,且大体上与所述第二纵向轴线相平行,并由所述压电谐振器本体的长度 (L) 分离;

至少一个共用电极,布置在所述后表面上;及

至少 $6n$ 个激励电极,跨所述前表面沿 L 按沿 L 延伸的两个对称排布置,其中 n 是 ≥ 1 的整数;

其中,所述压电本体具有沿 L 的 n 阶纵向振动频率 (v_1),其中,所述压电本体具有沿 L 的 $3n$ 阶弯曲振动频率 (v_2),及其中, v_1 和 v_2 大体相等。

压电式电机

[0001] 对于相关申请的交叉参考

[0002] 本申请是非临时专利申请,要求在 2008 年 12 月 19 日提交的美国专利申请 No. 61/139,439 的权益。该美国专利申请通过参考全部包括在这里。

技术领域

[0003] 本发明涉及电动机的领域,并且明确地说,涉及压电式电机的领域。

背景技术

[0004] 一般地,微型电动机被用在显微外科手术、微生物、及微电子等等的领域中。不幸地,用在这些和其它领域中的电动机的微型化典型地与电机效率的急剧降低相关联。例如,随着微型电动机减小到使用小于 10mm 的直径操作,通常看到低达 2% 或更小的效率降低。即使这种效果一般不施加到压电式电机的微型化上,微型化本身也仍然可导致设计复杂。例如,微型化压电式电机一般倾向于具有不良可靠性,并且经历诸如分辨率、扭矩、及速度等等之类的电机参数的降低。

[0005] 一般地,传统压电式电机设计包括具有电极的压电式谐振器,以激发纵向和弯曲振动的同时激励。压电谐振器通过在谐振器与转子之间的接触区域上的摩擦与运动转子相互作用。在这样的电机中,一般使用扁平压电式谐振器,在该扁平压电式谐振器中,激励纵向和挠曲变形。

[0006] 在某些传统压电式电机设计中,可提供驱动机构,该驱动机构使用具有电极的矩形压电谐振器,这些电极定位成激励纵向和横向振动。因此,压电谐振器通过经至少一个接触垫接触运动部分(转子)可相互作用。一般地,谐振器的尺寸和谐振器电极的形状建造成,能够同时形成沿谐振器长度的振动的第一纵向模式和第二弯曲模式。如果这两种模式的频率相等,则接触垫典型地振动。具体地说,接触垫在与包含全部电极的平面相平行的平面跟随椭圆形路径。经摩擦,接触垫引起转子的转动。这样的压电谐振器被典型地极化成与包含电极的平面正交,其中共用电极占据压电谐振器的一个平表面。相对平表面一般划分成四个对称布置的扇区,这些扇区的每一个具有活性电极。

发明内容

[0007] 本发明的实施例与压电式电机有关。在本发明的第一实施例中,提供一种压电式电机。电机包括压电谐振器本体,该压电谐振器本体具有相对的前后表面和相对的第一和第二端面。前后表面大体上与压电谐振器本体的第一和第二纵向轴线相平行,并且第一和第二端面大体上与第一纵向轴线相垂直,且大体上与第二纵向轴线相平行,并由压电谐振器本体的长度(L)分离。电机也包括:至少一个共用电极,布置在后表面上;和至少 6n 个激励电极,跨前表面沿 L 按沿 L 延伸的两个对称排布置,其中 n 是 ≥ 1 的整数。在电机中,压电本体具有沿 L 的 n 阶纵向振动频率(v_1)、和沿 L 的 3n 阶弯曲振动频率(v_2),并且其中 v_1 和 v_2 大体相等。

[0008] 在本发明的第二实施例中,提供一种泵。泵包括压电式电机。压电式电机包括压电谐振器本体,该压电谐振器本体具有相对的前后表面和相对的第一和第二端面。前后表面大体上与压电谐振器本体的第一和第二纵向轴线相平行。第一和第二端面大体上与第一纵向轴线相垂直,并且大体上与第二纵向轴线相平行,及由压电谐振器本体的长度(L)分离。电机也包括:至少一个共用电极,布置在后表面上;和至少 $6n$ 个激励电极,跨前表面沿L按沿L延伸的两个对称排布置,其中 n 是 ≥ 1 的整数。在电机中,压电本体具有沿L的 n 阶纵向振动频率(v_1)、和沿L的 $3n$ 阶弯曲振动频率(v_2),其中 v_1 和 v_2 大体相等。

附图说明

[0009] 图1是按照本发明实施例构造的示范压电式电机的示意侧视图。

[0010] 图2是在图1中的示范压电式电机的部分的透视图。

[0011] 图3是波形的曲线图,描绘在第一纵向振动模式和第三弯曲振动模式中的压电谐振器的位移。

[0012] 图4A和4B是按照本发明实施例的压电式电机和转子的第一示范构造的俯视和侧视图。

[0013] 图5是按照本发明实施例的压电式电机和转子的第二示范构造的侧视图。

[0014] 图6A和6B是对于理解本发明如何可用作原动力是有用的图,该原动力用于在微型燃料电池中的流体泵。

具体实施方式

[0015] 参照附图描述本发明,其中,类似附图标记贯穿附图用来指示类似或等效元素。附图没有按比例画出,并且它们仅提供成说明本发明。下面参照用于说明的示范用途,描述本发明的几个方面。应该理解,叙述多个具体细节、关系、及方法,以提供本发明的充分理解。然而,本领域的技术人员将容易地认识到,本发明可被实践,而不用具体细节的一个或多个或者借助于其它方法。在其它实例中,熟知的结构或操作没有详细地表示,以避免使本发明模糊。本发明不限于动作或事件的表明排序,因为某些动作可以按不同的顺序和/或与其它动作或事件同时地发生。此外,为了实施按照本发明的方法,不要求全部表明的动作或事件。

[0016] 本发明的实施例提供改进的压电式电机,这些改进的压电式电机可用于具有小于10mm直径的微型压电式旋转电机的开发。这样的电机可用于各种用途,这些用途包括显微外科手术、微生物、及微电子等等。如以前描述的那样,传统压电式电机对于作为微型化结果的问题敏感。一般地,这样的压电式驱动机构的微型化由显著的基础困难妨碍。

[0017] 具体地说,传统压电式电机的宽度的微型化可能是成问题的,该宽度确定电机的最小直径。例如,通过比谐振器的宽度的数量级小的微型化导致弯曲振动模式的较低频率。这种较低频率一般促使在第一纵向和第二弯曲模式的频率之间的增大差异,因此限制效率。典型地,为了补偿这种频率移动,要求谐振器长度的增大,这导致电机长度的增大。此外,为了将压电谐振器保持或箝位在波形静止点处,典型地要求侧压力-施加夹片。这些夹片一般显著地添加到整体宽度上,进一步限制用于电机的最小可实现宽度。

[0018] 按照本发明各个实施例构造的压电式电机,通过允许压电式电机的尺寸(特别是

其外径)的微型化具有其长度的很小增大或没有增大,克服传统微型化压电式电机的限制。这主要通过利用压电式谐振器(压电谐振器)实现,在该压电式谐振器中,沿压电谐振器的长度同时形成第一纵向模式和第三弯曲模式(而不是如在原型中那样的第二弯曲模式)。

[0019] 相应地,本发明的各个实施例提供压电式电机,这些压电式电机包括压电谐振器,该压电谐振器具有用于纵向和弯曲振动模式的同时激励的电极和电极引线。在操作中,压电式电机与转子,经在转子与在压电谐振器的第一端部上的至少一个接触垫之间的摩擦力。接触垫在由机械弹簧状压力装置施加的压力下,可施加到转子上,该机械弹簧状压力装置接触压电谐振器的第二相对端部。在某些实施例中,压电谐振器按具有长度L和宽度B的薄矩形板或长方体的形式制成,该薄矩形板或长方体极化成与平表面(由L和B限定)正交,该平表面具有固定在其上的电极。

[0020] 一般地,对于一阶模式沿压电谐振器的长度L的纵向振动的频率 ν_1 具有如下形式:

$$[0021] \quad \nu_1 = C_1 / \lambda_1 = C_1 / 2L, \quad (1)$$

[0022] 其中, λ_1 是第一纵向模式振动的波长,该第一纵向模式振动沿压电谐振器的长度形成,L是压电谐振器的长度,及 C_1 是纵向振动在压电式谐振器中的传播速度。对于n阶振动模式沿谐振器的长度L的弯曲振动的频率 ν_2 由如下表达式给出:

$$[0023] \quad \nu_2 = \pi \times B(n+0.5)^2 \times C_2 / (4L^3), \quad (2)$$

[0024] 其中,B是压电谐振器的宽度,并且 C_2 是弯曲振动在压电式谐振器中的传播速度。对于三阶模式($n=3$),公式(2)成为:

$$[0025] \quad \nu_2 = \pi \times B(3+0.5)^2 \times C_2 / (4L^3), \quad (3)$$

[0026] 此外,为了提供在接触垫处的纳椭圆的形成必需的谐振, $\nu_1 = \nu_2$ 。因此,将公式(1)和公式(2)设置成彼此相等提供:

$$[0027] \quad C_1 / 2L = \pi \times B(3+0.5)^2 \times C_2 / (4L^3), \quad (4)$$

[0028] 或者在重新排列后:

$$[0029] \quad L/B = 0.45(3+0.5)^2; L/B = 5.5, \quad (5)$$

[0030] 因此,如果压电谐振器构造成关于 $L=37\text{mm}$ 的谐振器长度使用三阶弯曲模式,则根据公式(5)的宽度(外径)将近似为 $B=6.7\text{mm}$ 。在具有相同长度 $L=37\text{mm}$ 的传统压电式电机中,宽度近似是 10mm 。相应地,通过将压电谐振器构造成利用三阶弯曲模式,压电谐振器的宽度(和因此压电式电机的外径)可减小到传统压电式电机的宽度的近似2/3的宽度,而不增大压电谐振器的长度。因此,显著地减小电机的尺寸。另外,按照本发明实施例构造的压电式电机没有对于侧压力施加夹片的需要(对于传统压电式电机要求这些夹片),进一步减小电机直径。作为结果,在某些实例中,通过利用按照本发明实施例构造的压电式电机,可提供压电式电机的尺寸的50%减小。

[0031] 相对于图1和2将描述按照本发明实施例构造的示范压电式电机。图1是按照本发明实施例构造的示范压电式电机100的示意侧视图。图2是在图1中的示范压电式电机100的部分的透视图。如图1和2所示,压电式电机100包括:压电谐振器3;接触垫2a,耦接到压电谐振器的第一端部20;及夹片装置4,如弹簧,接触压电谐振器3的第二端部20。压电谐振器3包括前表面17和后表面18,该前表面17和后表面18与在压电谐振器3的长

度(L)和宽度(B)方向上分别由纵向轴线15和16限定的平面大体上相平行。夹片装置4可用来将接触垫2a施加到转子1a上。

[0032] 与传统压电谐振器相反,沿压电谐振器3的长度不需要辅助夹片装置。一阶纵向振动模式和三阶弯曲振动模式的组合,与在传统压电式电机中的压电谐振器的典型非对称变形相比,导致压电谐振器3的一般对称变形。相应地,在本发明的各个实施例中,一般不需要用来相对于转子固定压电谐振器3和接触垫2a的辅助装置。

[0033] 为了在压电谐振器3中形成一阶纵向振动模式和三阶弯曲振动模式,交变电压需要施加到在压电谐振器3的前表面17表面上的激励电极7、8、9、10、11、12、13上和在压电谐振器3的后表面18上的共用电极6上。具体地说,为了使电机100实现这样的激励模式,6个电极沿压电谐振器的长度按沿压电谐振器3的长度L的3个电极的两个平行排对称地排列,如图1和2所示。如以前描述的那样,通过压电谐振器3的宽度(B)和长度(L)的选择,通过提供具有近似 v_1 或 v_2 的操作频率的交变电压可实现两种激励模式。此外,将这个交变电压施加到电极7-12的对角组和共用电极6上。术语“对角组”,如这里相对于电极7-12使用的那样,指沿长度L彼此对角地布置的一组电极7-12。例如,对于在图1和2中的电机100,电极7、9、11将在第一对角组中,并且电极8、10、12将在第二对角组中。通过将交变电压施加到对角组上,在压电谐振器3中实现激励模式,导致接触垫2a按椭圆路径21a的振动。接触垫2a的振动因此导致接触垫2a将力施加到转子1a上,使转子1a转动。

[0034] 转子1a的正向和反向运动通过对角组的选择而提供。如以上描述的那样,电极7-12的排列提供第一和第二对角组。因此,为了提供转子1在第一方向上的运动,将交变电压施加到第一对角组(电极7、9、11)上。由于在这些电极(7、9、11)处的交变电压生成的接触垫2a的椭圆路径21a(顺时针转动路径),提供使转子1在第一方向上转动的振动。为了提供转子1在第二方向上的运动,将交变电压施加到第二对角组(电极8、10、12)上。由于在这些电极(8、10、12)处的交变电压生成的接触垫2a的椭圆路径(未表示)(与路径21a相反),提供使转子1a在第二方向上转动的振动,该第二方向与第一方向相反。这样一种构造提供比较高效率电机,因为接触垫2a当与转子1a相接触时的运动大体上在与对于转子1a希望的转动方向相同的方向上。

[0035] 如以前描述的那样,椭圆路径21a通过根据一阶纵向振动模式和三阶弯曲振动模式的压电谐振器3的位移的组合而提供。这些位移类型的每一种的曲线图表示在图3中。图3是波形的曲线图,描绘压电谐振器沿第一纵向轴线对于一阶纵向振动模式和三阶弯曲振动模式的位移。如图3所示,沿压电谐振器3的L长度和沿第一纵向轴线,由于一阶振动模式沿压电谐振器3的长度的尺寸变化的振幅是 ϵ_L ,其中 ϵ_L 是在长度L的方向上的尺寸位移。由于三阶弯曲振动模式沿压电谐振器3的长度的尺寸变化的振幅是 ϵ_B ,其中 ϵ_B 是在与长度L相垂直的方向上,即在宽度B的方向上的尺寸位移。 λ_B 是弯曲变形的波长,并且 λ_L 是纵向变形的波长。如图3所示,三阶弯曲振动模式提供压电谐振器3沿其长度的对称变形。因此,即使压电谐振器3使接触垫2在第一端部20上按椭圆路径振动,由于诱导的对称振动,为了沿压电谐振器3的长度支撑或固定压电谐振器3,辅助夹片也不是必需的。

[0036] 一般地,转子1a和压电谐振器可按各种配置排列。例如,接触垫的椭圆路径和转子的转动轴线能是平行的。图4A和4B分别是按照本发明实施例的压电谐振器3、接触垫

2a、及转子 1a 的第一示范构造的俯视和侧视图。如图 4A 和 4B 所示,将压电谐振器 3、接触垫 2a、及圆柱形转子 1a 排列成,为与转子 1a 的转动轴线 23a 相平行的接触垫 2a 提供椭圆路径 21a(或相反椭圆路径)。就是说,接触垫 2a 排列成,当接触垫由于施加到压电谐振器 3 的第一对角组(未表示)上的交变电压按椭圆路径 21a 行进时,接触圆柱形转子 1a 的扁平端部,并且引起转子 1a 在方向 22a 上的转动。为了使转子 1a 在与方向 22a 相反的方向(即,反向方向)上转动,将交变电压施加到压电谐振器 3 的第二对角组(未表示)上。

[0037] 在某些实施例中,可使用单一转子 1a。然而,在替代实施例中,可添加辅助结构 30,以允许压电谐振器 3 同时转动两个转子 1a 和 1b,其中,转子 1b 与转子 1a 相对,从而两个转子 1a、1b 位于压电谐振器 3 的两个相对端部上。转子 1b 的转动方向 21b 由于如下事实与转子 1a 的转动方向 22 相反:接触垫 2b 相对于与接触垫 2a 相关联的椭圆路径 21a 在相反方向上行进椭圆路径 21b。在本发明的各个实施例中,转动轴线 23a 和 23b 能相同或不同。不过,应该理解,本发明在这方面不受限制。

[0038] 在另一个例子中,接触垫的椭圆路径和转子的转动轴线能是垂直的。图 5 是按照本发明实施例的压电谐振器 3、接触垫 2a、及转子 1a 的第二示范构造的侧视图。如图 5 所示,将压电谐振器 3、接触垫 2a、及圆柱形转子 1a 排列成,为与转子 1a 的转动轴线 53a 相垂直的接触垫 2a 提供椭圆路径 21a(或相反椭圆路径)。就是说,接触垫 2a 排列成,当接触垫由于施加到压电谐振器 3 的第一对角组(未表示)上的交变电压按椭圆路径 21a 行进时,接触圆柱形转子 1a 的圆周,并且引起转子 1a 在方向 52a 上的转动。为了使转子 1a 在与方向 52a 相反的方向(即,反向方向)上转动,将交变电压施加到压电谐振器 3 的第二对角组(未表示)上。

[0039] 在替代实施例中,压电谐振器 3 可包括辅助结构 60,用来同时转动位于在压电谐振器 3 的两个相对端部上的两个转子 1a 和 1b。转子 1b 的转动方向 52b 由于如下事实与转子 1a 的转动方向 52a 相反:接触垫 2b 相对于与接触垫 2a 相关联的椭圆路径 21a 在相反方向上行进椭圆路径 21b。在本发明的各个实施例中,转动轴线 53a 和 53b 能朝向相同或不同方向。

[0040] 尽管相对于按两排对称定位的 6 个电极的排列,已经描述了本发明的各个实施例,但本发明在这方面不受限制。在其它实施例中,压电式电机可构造成,具有在 $3n$ 阶弯曲模式和 n 阶纵向模式的压电谐振器中的激励,其中, n 是 > 0 的整数。为了实现这样的激励模式,电机必须具有沿压电谐振器的长度按 $3n$ 个电极的两个平行组对称排列的 $6n$ 个电极。例如,在图 1 和 2 中的电机 100 使用 3 阶弯曲模式和 1 阶纵向模式($n = 1$),并因此具有沿压电谐振器的长度按 3 个的两组布置的 6 个电极。使用高阶弯曲模式($n > 1$)的优点是,在谐振器的长度和宽度之间的增大比值(见公式(4))。这对于压电谐振器的任何给定长度,进一步促进电机宽度(外径)的另外减小。与电极数量无关,如以上描述的那样,仍然根据对角组施加交变电压,以提供正向和反向运动。

[0041] 在压电式电机中用于按两排的相邻电极的位置或相邻区域因此对于任何选中的 n 可一般化。具体地说,相邻电极区域的第一部分沿 L 布置在 iL/n 与 $(3i+1)L/(3n)$ 之间,相邻电极区域的第二部分沿 L 布置在 $(3i+1)L/(3n)$ 与 $(3i+2)L/(3n)$ 之间,及相邻电极区域的第三部分沿 L 布置在 $(3i+2)L/(3n)$ 与 $(i+1)L/n$ 之间,其中 i 是整数,并且 $n-1 \geq i \geq 0$ 。

[0042] 这里描述的电机的应用例包括其作为微型燃料电池泵的电机元件部分的并入。例

如,作为新产生的高效燃料电池的部分,需要紧凑、经济及安静的气流泵。例如,可提供使用扁平压电式执行器的旋转叶轮式泵,该扁平压电式执行器基于纵向-弯曲振动模式的激励原理而工作,以引起转子的转动,风扇连结到该转子上。尽管使用基于压电谐振器的执行器,但关于任何类型的执行器机构,可使用这里描述的旋转泵。图 6A 表示旋转泵 600 的俯视图和侧视图,该旋转泵 600 使用单个风扇和按照本发明实施例构造的压电谐振器。图 6B 表示旋转泵 600 的俯视图和侧视图,该旋转泵 600 使用两个风扇和按照本发明实施例构造的压电谐振器,这两个风扇具有相反转动方向。这些设计包括基座 61、压电谐振器 62、具有轴承的转子 63、弹簧 65、及燃料电池元件 66。

[0043] 在图 6A 中的旋转泵 600 按如下工作。当压电式执行器 62 被电气激励时,其端部跟随椭圆运动轨迹振动,其中这种运动的平面与压电谐振器 62 的主平面相平行。振动的椭圆路径由压电谐振器 62 的弯曲和纵向变形的组合生成,该弯曲和纵向变形由压电谐振器 62 的电气激励激发。压电谐振器 62 的端部由抵靠转子 63 的压力保持,该压力由弹簧 65 提供,从而压电谐振器 62 端部的椭圆运动,经在压电谐振器/转子接触区域处的摩擦,传递转子 63 的转动,这又使风扇 64 转动。

[0044] 如果转动风扇 64 的横截面面积是 $S = 1\text{cm}^2$,并且在压电谐振器 62 的端部处的直线运动对于风扇 64 的旋转运动的转换系数是 $K = 0.4\text{cm/rev}$,则为保证 $Q = 200\text{cm}^3/\text{min}$ 的气流的风扇 64 的要求转动速度是:

$$[0045] \quad n = Q / (K * S) = 200 / (0.4 \times 1) = 500\text{rev/min} \quad (6)$$

[0046] 这样一种设计的优点有多个。泵 600 可以构造在非常薄的、扁平的及紧凑的包装中,该包装适合于作为燃料电池外壳的壁的整体部分、或对于该壁的附加组装。如果压电谐振器 62 的厚度小于 2mm,则旋转泵将占据 $2\text{-}4\text{cm}^3$ 量级的空间。旋转泵 650 的两-风扇设计,如图 6B 所示,增大气流容量,并且促进空气到燃料电池元件 66 的供给的较大效率。这种设计内在地是能量高效的,并且依据转子轴承的质量实际上能是无噪声的。在这样的实施例中,旋转泵 650 的最小长度主要由压电谐振器 62 的长度和关联硬件的其余部分一起确定。如果压电谐振器 62 的厚度小于 2mm,则旋转泵将占据 $3\text{-}4\text{cm}^3$ 量级的空间。

[0047] 本申请人在以上呈现了一定理论方面,这些理论方面相信是准确的,显得主要基于固状装置理论解释关于本发明实施例进行的观察。然而,本发明的实施例在没有呈现的理论方面的情况下也可以实施。况且,在理解本申请人不寻求由呈现的理论约束的情况下,呈现理论方面。

[0048] 尽管以上已经描述了本发明的各个实施例,但应该理解,它们已经仅作为例子被呈现,并且没有限制。对于公开实施例的多种变化可按照这里的公开进行,而不脱离本发明的精神或范围。因而,本发明的广度和范围应该不受以上描述实施例的任一个的限制。而是,本发明的范围应该按照如下权利要求书和其等效物限定。

[0049] 尽管相对于一个或多个实施例已经表明和描述了本发明,对于本领域的技术人员基于本说明书和附图的阅读和理解,将想到等效变量和修改。另外,尽管可能相对于几种实施的仅一种已经公开了本发明的具体特征,但这样的特征可以与其它实施的一种或多种其它特征相组合,如对于任何给定或具体用途可能是希望的和便利的那样。

[0050] 这里使用的术语仅为了描述具体实施例的目的,并且不打算对本发明的限制。如这里使用的那样,单数形式“a”、“an”及“the”打算也包括复数形式,除非上下文清楚地另

外指示。此外,术语“including(包括)”、“includes(包括)”、“having(具有)”、“has(具有)”、“with(具有)”或其变形在详细描述和 / 或权利要求书中被用到这样程度,从而这样的术语打算是包括性的,在方式上类似于术语“comprising(包括)”。

[0051] 除非另外定义,这里使用的全部术语(包括科技术语)具有由本发明所属领域的技术人员通常理解的相同意思。还要理解,诸如在常用词典中定义的那些之类的术语,应该解释成具有与它们在相关技术的上下文中的意思相同的意思,并且不要按理想化或过分形式上的意思解释,除非这里特意如此定义。

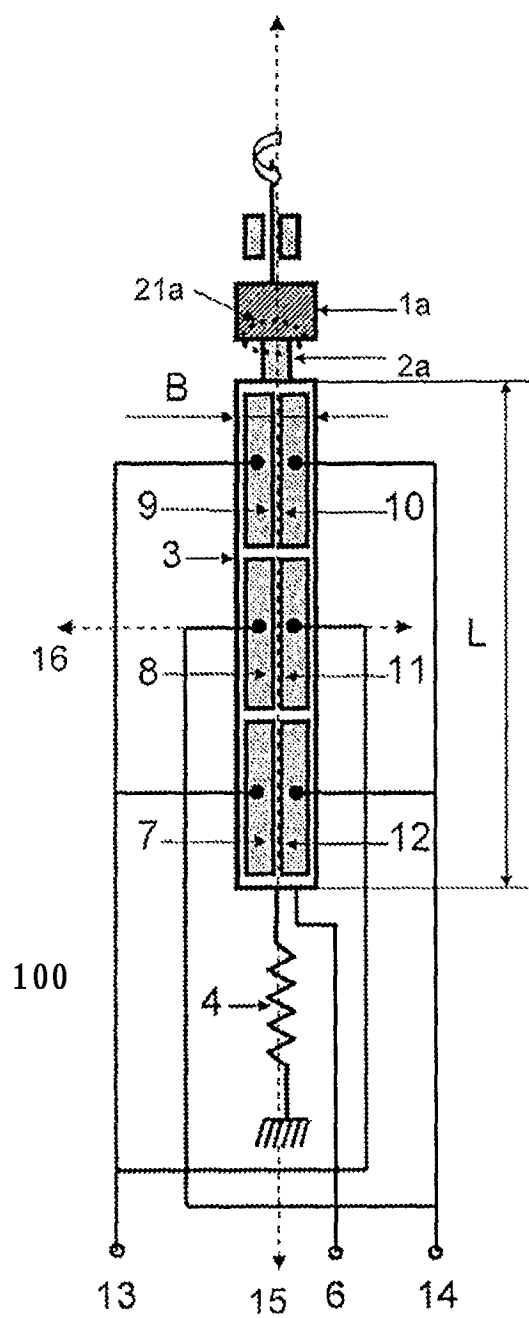


图 1

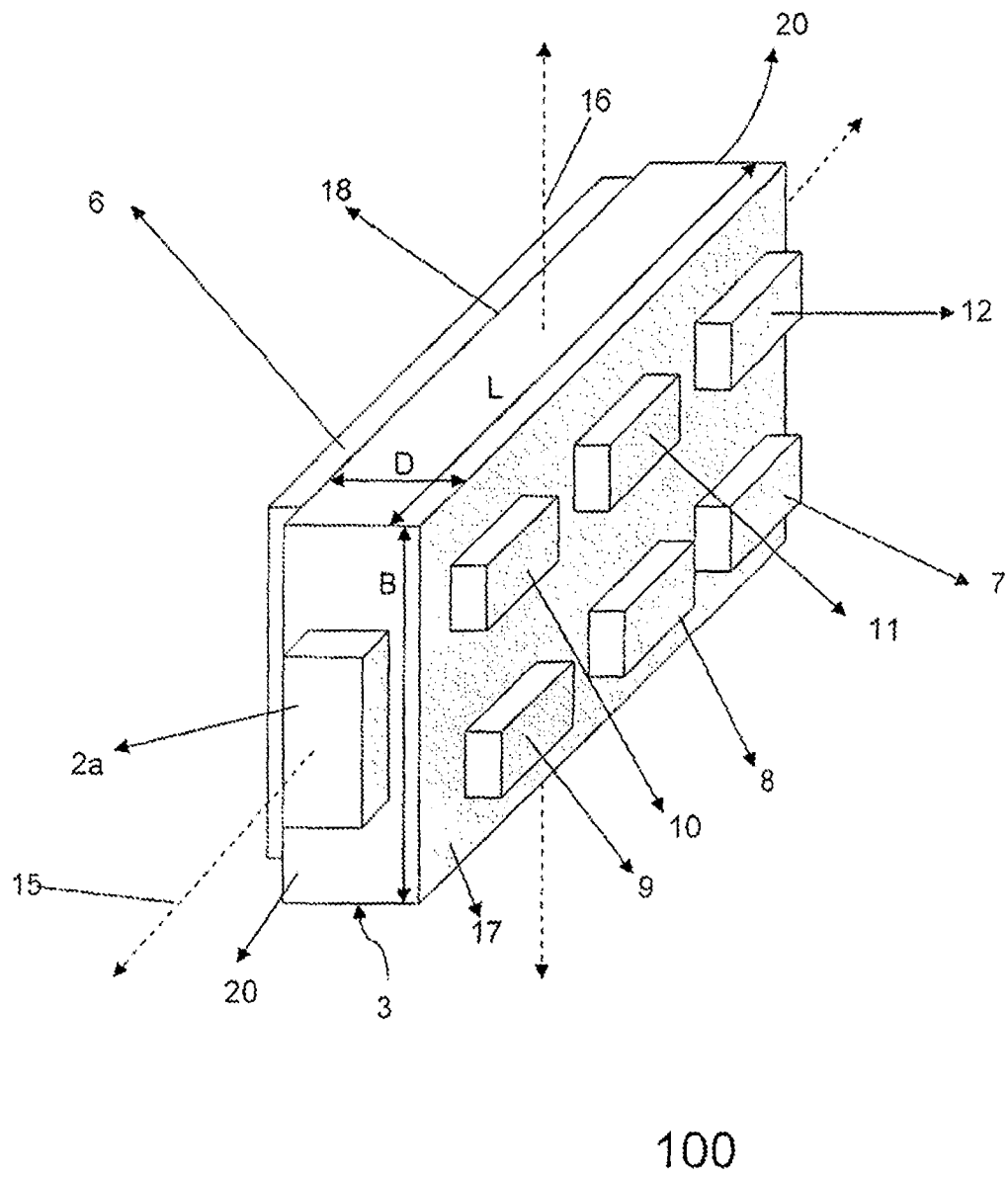


图 2

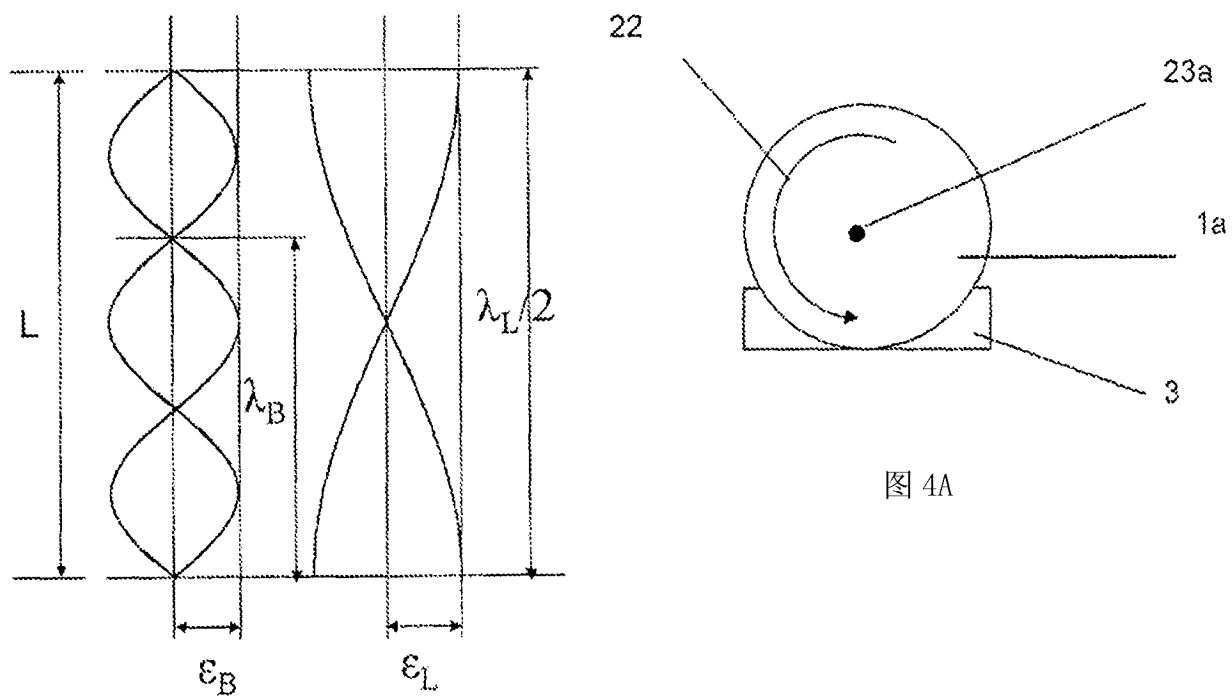


图 4A

图 3

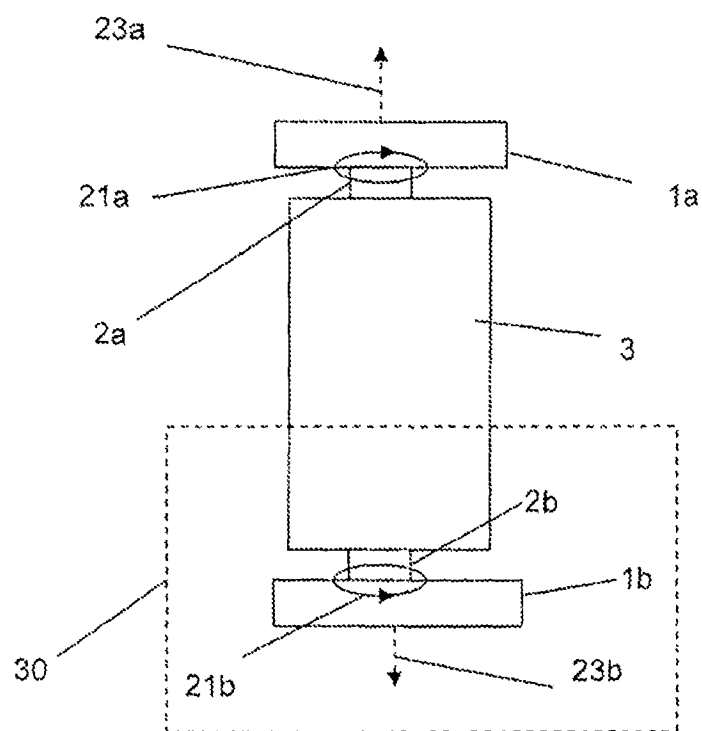


图 4B

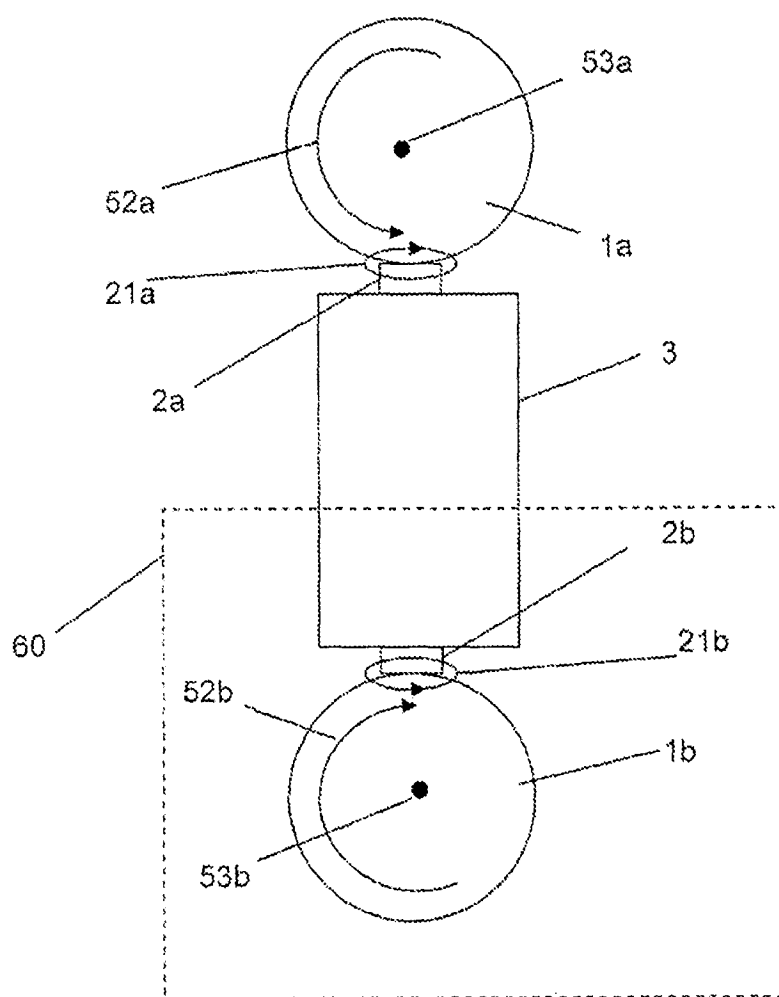


图 5

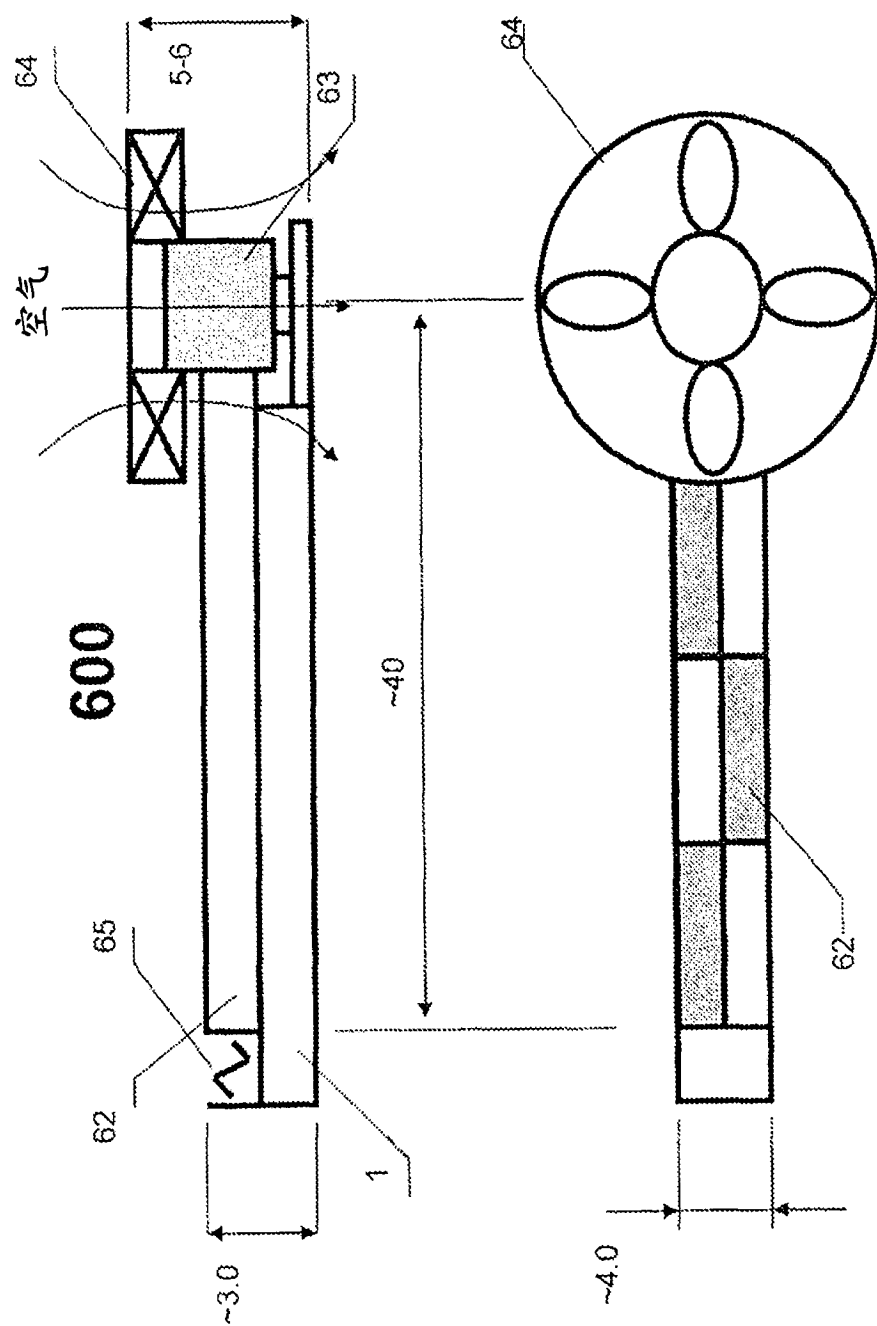


图 6A

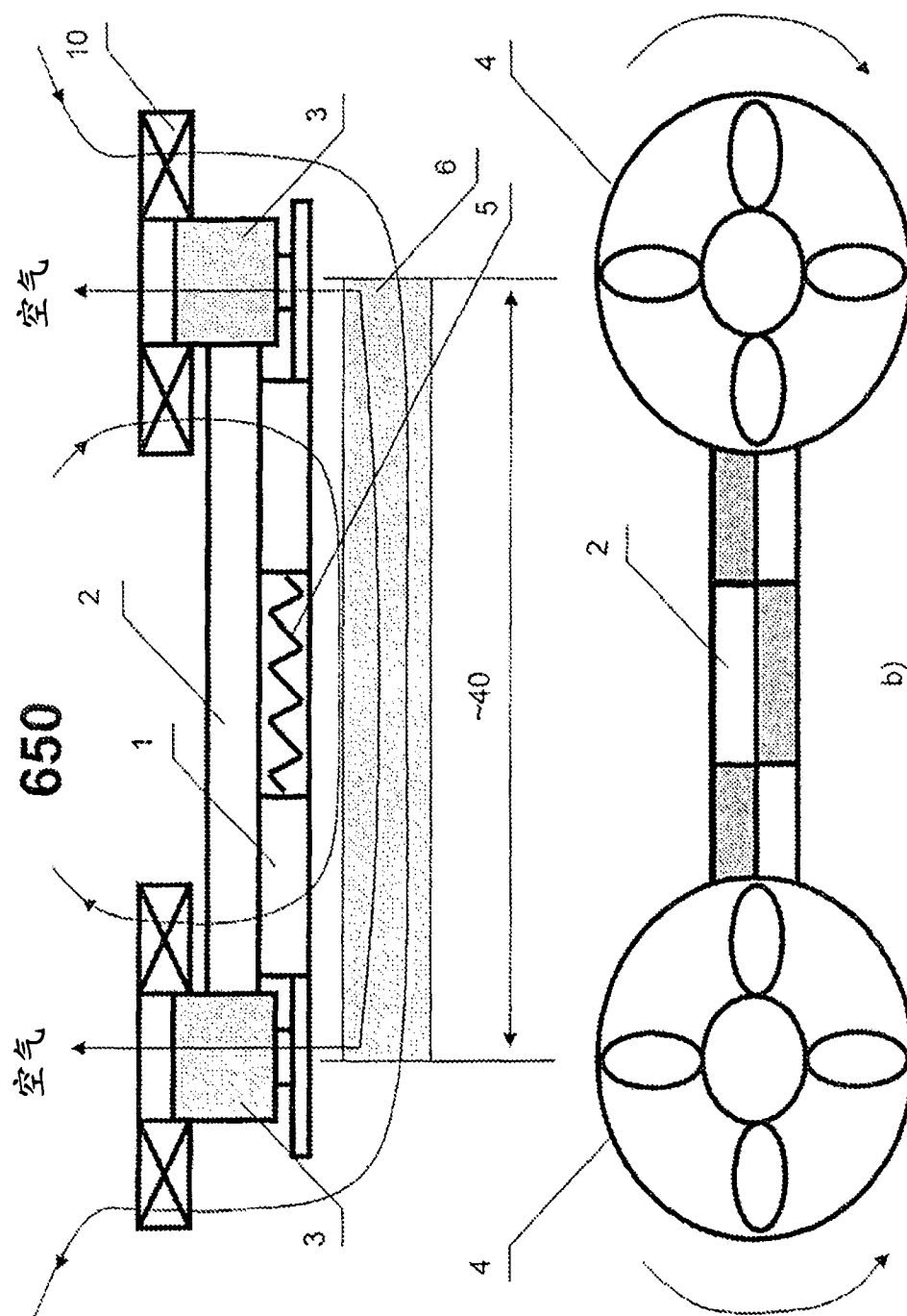


图 6B