

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

F16C 29/00

H01L 41/09

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98802386.5

[43]公开日 2000年3月8日

[11]公开号 CN 1246914A

[22]申请日 1998.2.9 [21]申请号 98802386.5

[30]优先权

[32]1997.2.11 [33]GB [31]9702750.2

[32]1997.5.7 [33]GB [31]9709129.2

[32]1997.9.5 [33]GB [31]9718785.0

[86]国际申请 PCT/GB98/00390 1998.2.9

[87]国际公布 WO98/35165 英 1998.8.13

[85]进入国家阶段日期 1999.8.9

[71]申请人 1... IPR 有限公司

地址 英国剑桥

[72]发明人 安东尼·胡利

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

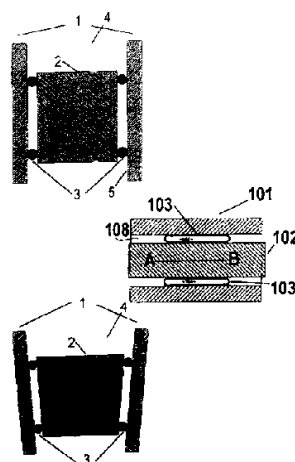
代理人 张兰英

权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 电动机和用于电动机的轴承

[57]摘要

本发明提供一种线性电动机,它包括一支撑平移器的线性延伸的定子,定子 在运行中提供一几乎在与定子线垂直的方向对平移器的横向挤出力,平移器或沿其运动方向有一略呈链形的轮廓,或通过力传递轴承安装在定子上,当它被如此挤压成略呈锥形,其结果是在平移器上产生一沿定子线的合力。本发明还采用弹性超环面轴承构件,它装在一套管状的外轴承体中的管状通道内侧并与之同轴,一内轴承体穿过该外轴承体的通道自由滑动。所有的三个构件同轴对齐。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种线性轴承，该轴承包括：
 - 第一或外轴承体，在该轴承体内有一线性延伸的管状通道；
 - 第二或内轴承体，可滑动地安装在该通道内，以沿其线运动；以及
 - 可弹性变形、拓扑超环面轴承构件，位于两轴承体构件之间并与它们变形接触，它位于外轴承体的内侧并围绕通道，并在内轴承体外侧并围绕内轴承体。
2. 如权利要求 1 所述的线性轴承，其特征在于，管状通道的横截面形状是圆形的。
3. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，管状通道的横截面尺寸可以是恒定的，或是筒形的，或是收腰形的。
4. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，管状通道沿直线延伸。
5. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，内体的横截面是圆形的。
6. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，内体的横截面尺寸可以是恒定的，或是筒形的，或是收腰形的。
7. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，轴承构件所具有的形状和形式是这样实现的，采用一根管子，将该管子弯成一圆形，并将其两端连接在一起，或采用一根管子，将管子沿其本身内朝外地往后卷，然后将其两端连接在一起。
8. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，轴承构件可由本身就能弹性变形材料制成，或制造成由挠性材料制成的空心封套，并充注其本身也可弹性变形的另一种材料。
9. 如权利要求 8 所述的线性轴承，其特征在于，轴承构件是一由挠性天然或合成橡胶制成的、内充注加压气体、轻油或泡沫或许多泡沫小颗粒的空心体。
10. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，轴承构件为充注流体的封套，它设置有流体输入和输出装置，这样就能控制内部流体的量。
11. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，轴承采用一个以上的轴承构件，每一这样的轴承构件彼此轴向分开并与其他轴承构件同轴。
12. 如前述权利要求中的任一项所述的线性轴承，其特征在于，对体的相对运动提供机械约束或端部止动件。
13. 一种线性轴承，如前述权利要求中的任一项所述以及基本上如后面所述。



14. 一线性电动机，它包括一支承一平移器的线性延伸的定子，使平移器能够容易地沿定子的线或轴线运动，其中：

定子在工作中提供一几乎在与定子线垂直的方向上对平移器的横向挤出力；以及

或者，平移器沿其运动方向有一略呈锥形的侧面轮廓(可以是固有的，也可以在被定子如此挤压时形成的)，

或者，平移器通过力传递轴承安装在定子上，当它被定子如此挤压时，力传递轴承沿定子线变形成略微锥形，

在以上每一种情况下，挤压的结果是在平移器上产生一几乎与挤压力垂直的、并因而是沿定子线的合力。

15. 如权利要求 14 所述的线性电动机，其特征在于，平移器有一象筒形或直圆筒形的、未变形的形状。

16. 如权利要求 15 所述的线性电动机，其特征在于，定子是一围绕平移器的并与其同轴的管子。

17. 如权利要求 14 至 16 的任何一项所述的线性电动机，其特征在于，定子和平移器与一个或多个设置成平移器能沿定子以极小的摩擦运动的轴承构件相配合。

18. 如权利要求 17 所述的线性电动机，其特征在于，轴承构件是权利要求 1 至 13 中的任何一项所阐述的线性轴承装置。

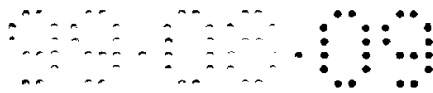
19. 如权利要求 14 至 18 的任何一项所述的线性电动机，其特征在于，定子由一种被适当施加的电压所驱动的压电材料制成。

20. 如权利要求 19 所述的线性电动机，其特征在于，定子是由一内外涂敷金属、用作电输入接触点的薄圆筒压电材料制成，当施加一电压时，该材料收缩或膨胀，从而使整个圆筒的半径收缩或扩大。

21. 如权利要求 20 所述的线性电动机，其特征在于，内外表面上的金属涂层沿圆筒轴向一半处的内外圆周线被分成两个相等的面积，而且一端的内侧连接于另一端的外侧，或相反，即一端的外侧连接于另一端的内侧，当施加输入电压时将会使圆筒一端的半径增大，而另一端缩小。

22. 如权利要求 19 所述的线性电动机，其特征在于，定子是由具有内外侧电阻层电极的压电材料的薄圆筒制成，使从定子的一端到另一端横过每一层施加的一电压将沿层的方向逐渐下降。

23. 如权利要求 22 所述的线性电动机，其特征在于，在每一(内外)表面的每一端部具有用于施加电源的导电电极，每一导电电极为其轴向长度可忽略的、围绕表面的并连接到电阻性电极涂层的轴向端部的环或圈，其中，一端的内环或圈



电极连接到另一端的外环或圈电极，而在该一端的外环或圈电极连接到另一端的内环或圈电极，然后驱动电压可连接地横过在定子的一端或另一端的两电极环或圈。

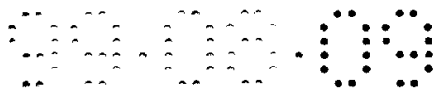
24. 如权利要求 19 至 23 中的任一项所述的线性电动机，其特征在于，定子做成标准的单态或双态‘压电弯曲件’构造器件。

25. 如权利要求 24 所述的线性电动机，其特征在于，定子的压电圆筒的内侧或外侧上形成有硬金属内衬，在圆筒上进行螺旋形切割，使得所留下的是压电/金属迭层材料的螺纹‘带’，圈与圈之间有小的空隙。

26. 如权利要求 25 所述的线性电动机，其特征在于，用极性与原来的压电圆筒相反的压电材料替代金属内衬，这样提供一典型的双态“弯曲件”构造。

27. 一种如权利要求 14 至 26 中的任一项所述以及基本上如前面所述的线性电动机。

28. 一种如权利要求 14 至 27 中的任何一项所述的线性电动机构造而成的声频换能器。



说明书

电动机和用于电动机的轴承

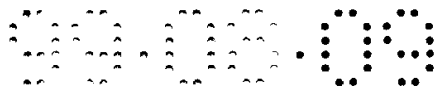
本发明的一个方面涉及电动机，尤其涉及种种新的线性电动机和驱动线性电动机的机构。本发明的第二方面涉及轴承(即当本发明的一个物体相对于另一支承它的或和它接触的物体的表面运动时，为它们提供相对无摩擦支承的装置)，该轴承用在本发明的电动机中。在本发明的第二方面中尤其涉及线性轴承，而且还可将这种功能与一可选择的力/距离定律弹簧效应相组合。

电动机

术语“线性电动机”通常指种种电气原动机。在普通类型的传统电动机中，用一组设置成圆形或圆筒形的固定线圈(称为定子)产生一可旋转的电磁场，这种电磁场与一可旋转地安装在圆形或圆筒形定子内的磁体或电磁体(称为转子)相互作用，以驱动转子转动。但在线性电动机中，定子线圈设置成一直线，它们产生的电磁场沿此直线前进来驱动“转子”(在这种情况下，最好称为“平移器”)。这样一种线性电动机可以看作其定子被展开并铺平的传统的旋转电动机。

有许多在直线上而不是圆中产生推进力的其它装置，因而从技术上可以把它们认为是“线性”电动机。这样，蒸气、气体驱动、内燃机、液压和气动往复活塞/气缸发动机都是归入该类的非电气装置，而其它电子、电气、电磁装置还有是音圈电动机、压电驱动器和一些磁致伸缩装置(后两种只有以微米计的很短的平移器行程)。某些类型的线性电动机-所谓的“英寸蜗杆”(inch worm)电动机-它们使用定子中的物理-机械压缩和膨胀的区域以那些区域的传播速度来推进平移器。

在有些场合，需要高速、小力、长行程、高线性度和很小的运动质量，但已知的线性电动机中没有一个具有所有这些能力。这正是本发明要解决的问题，本发明旨在提供一种能够沿直线或曲线、高速、长行程、高线性度运动的、平移器质量极小的线性电动机，而且这种电动机原理相当简单，用极少几个构件就能制造。为了实现这个目的，本发明提出使用一施加原动的位移力的机构，施加的方向不是所需的平移器运动的方向，而是几乎与该方向成直角的方向，该机构的构造导致产生这样的结果：即产生一沿所需平移器线运动的合力(它是所施加的原动力的分力)，因此，平移器是被“挤出”到所要求的方向，有点像樱桃核或李子核在手指与拇指之间被挤压射出的方式。或用另一种比喻，即设法用一湿手的手掌去拾起一块湿的(因而很光滑)曲线轮廓的肥皂(肥皂被握得越紧，就越快地相对于抓握方向约呈直角地射出)。在后者情况下，“握住”的手是固定的(它是定子)，它提供动力，而肥皂担任了运动部件或“平移器”的角色。



因此，本发明的一个方面提供了一线性电动机，它包括一支承平移器的线性延伸的定子，平移器能够容易地沿定子的线或轴线运动，其中：

定子在工作中几乎在与定子线垂直的方向提供对平移器的横向挤出力；以及
平移器或者沿其运动方向有一略呈锥形轮廓(可以是固有的，也可以在被定子如此挤压时形成的)，

或者平移器通过力传递轴承安装在定子上，当轴承被定子如此挤压时，沿定子线变形而形成略微锥形，

使得在每一种情况下，挤压的结果是在平移器上产生一几乎与挤压力垂直的、并因而是沿定子线的合力。

本发明的线性电动机包括一支承平移器的线性延伸的定子。该定子的线性在于它沿一线延伸，而不是做成象大多数传统电动机那样的圆形。但是，定子的线不一定是直的。(尽管很有可能是直的)，而是在若干位置可以是弯曲的，并可以是一维或二维的。

定子几乎可以是任何类型、形状和尺寸，可以以认为适当的任何方法施加挤压力。但是基本上，定子构造成允许其内的轴承孔从一标称圆筒内轮廓变形到标称平头圆锥形，也可以使孔的具有较小内径的一端部反过来变成具有较大内径的一端。这可以用多种方法获得，它包括：

定子采用压电材料，采用合适的电极分布，用电源来驱动那些电极；

用磁致伸缩材料制造定子，并施加适当的磁场，例如通过合适定位的相邻导体供应电流；

将定子构造成一由弹性材料制成的、空心外壳状物体，这种定子被一个或多个的隔离物分隔成两个(或多个)内腔，其中用不同的液压或气压流体压力源驱动各个分开的腔；

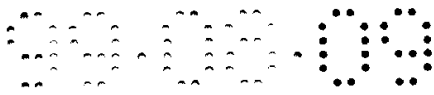
用具有显著热膨胀系数(至少在轴承孔周围的圆周方向)的材料制造定子，用热量驱动它(例如用热流体。电阻加热或用一种或多种热源的直接传导)，使孔的一端膨胀超过另一端(这种结构可以例如用来控制恒温控制阀，其中热源包括一种或多种热流体供应源、冷流体供应源和排出的流体)；

制出上述热激励定子的变型，通过应用各种热控制源，用形状记忆合金来产生不同的孔直径；

构造定子，采用一能够收缩或膨胀(例如肌肉组织)的生物结构材料，这种材料被设置在孔内部的周围，并用外界控制信号激励，以产生所需的圆锥形变形。

但是，目前认为最方便和有用的定子的通过施加适当电压来驱动的用压电材料制成的定子。

在本发明的线性电动机中，定子支承一平移器。在这里，“平移器”只是一



个能沿定子、被所施加的力驱动的构件，从而完成某些所需的工作。根据需要它们做的工作来定义的定子的例子包括：

连接于一外部机构、以在其中提供有用的机械运动的杆；

一对于定子内的流体流动能有效密封(也许是通过轴承结构)的轻的独立的、径向刚性的活塞，该活塞直接作用于它周围的空气，起到一声换能器的作用；

对定子内的流体流动能有效密封的独立的径向刚性的活塞(或许通过轴承结构)流体地耦合于一个或多个外腔，以便与流体流动控制阀一起起到泵的作用；

一装有一个或多个镜子或镜面的独立的径向刚性的活塞，以在光学系统中起到一聚焦或偏转构件的作用；

一独立的重的径向刚性的活塞，通过轴承构件机械地耦合于定子，由此耦合于其支撑结构，其惯性用来施加或衰减对该结构的振动。

不管平移器的具体形式是怎样的，它通常(但不总是)沿所需的运动的路线方向都具有长度，即有一定的大小，所以必然有一个前端和一个后端。如后面要说明的，这和定子挤压力的能被施加的方式有关。

平移器可制成质量很小的产品，对电动机机构充分有效工作的唯一要求是要它能对定子的挤压力提供径向反应(不需要全部保持刚性，某种程度的变形度如下所述可能还是较佳的)。实际上，其标称形状(未变形的形状)可以有点象桶形，或者可以是它的侧面基本上是平行的(与电动机轴线平行)，但只有在定子施加的挤压力的影响下变形时才会呈现圆锥形。当平移器用作声频换能器时，该平移器只要耦合于周围的空气，因此其结构上的限制可以进一步减少；为了提供所需的高加速度，主要的关键是质量要小(连同不透气性)。为此，可用膨胀的发泡塑料、膨胀泡沫塑料的薄壁外壳(也可另外加上金属或其它材料的很薄的高张力表皮)或者硅石(或其它的)气凝胶来制造质量很小的平移器。另一种用于声频换能器的平移器是用增压气体对塑料或金属的壁很薄的高张力圆筒充气，以用很小的质量达到所需径向刚度(类似于密封的薄壁可乐罐头或碳酸汽矿泉水塑料瓶，这两种情况下所产生的刚度基本上是由内部气体压力而导致的容器壁内的张力所形成的)。

如上所述，定子是线性延伸的，而平移器刚沿着线运动。但如所指出的，定子/平移器组合的几何形状可以采用多种不同的形式。因此，有的定子可以部分地或全部包围平移器(当然，除了沿运动的轴线之外)，例如可以是在略呈锥形的矩形块平移器的两侧上的一对相对的几乎平行的板(定子)的形式，或者是围绕圆筒形(或者也许是略微呈圆筒状的)平移器并与之同轴的一管状定子的形式。对在另一种几乎是相反的构造中，几何形状类似、但里外倒了过来，定子在管状平移器(可能略微收腰)内部的圆筒。圆筒形的和管状形的构件不必是圆筒对称，它们的横截面不一定要圆形的；在某些情况下，正方形截面(或其它截面)的定子和转



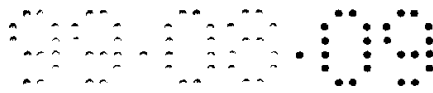
子很可能是非常有用的。

本发明的定子以平移器能够容易地沿其运动的形式支承着平移器。这种支承可采用许多不同的形式。在一个极端的例子中，它可以只是一个在另一个上滑动的两个平的表面，也许还有有助于减少摩擦的润滑剂诸如空气、油脂、石油蜡或PTFE等。在另一个极端的例子中，它可能是空气隙和一种磁力悬浮(meglev)场，即至少一个可能是通过电产生的两个相对的磁场，这两个磁场抵抗试图将定子和平移器放到一起的力而使定子和平移器保持分开。支撑件的一个较佳形式是一个或多个轴承构件，即滚珠轴承(尤其是循环滚珠轴承)、滚柱轴承、滚针轴承等等，它们设置成能使平移器以极小的摩擦沿定子运动。但是，对于需要很高加速度并因此需要最小运动质量的各种应用(例如声频换能器)，特别有用的轴承构件的形式是下面将要描述的线性轴承装置。这种轴承构件基本上是挠性和可变形膨胀的环状轴承构件，它非常象橡皮轮胎的内胎，用很小的质量提供了接近零的摩擦(所有表面都滚动)，能很好地传递径向力，它另外具有轴承噪音几乎为零(对于声频换能器而言)、在运动部件之间(即定子与平移器之间)形成接近完美的气密密封的优点。

在本发明的线性电动机中，定子在工作中提供一沿大约与定子线垂直的方向的对平移器的横向挤压力。因此，该挤压力的方向大约是与所需平移器运动的路线成垂直方向。总的来说，或许值得重复上面提到过的概念，即很像沿着一捏在手指与拇指之间的樱桃核通过挤压而使(或许是“爆发地”)核射出的方式推平移器，主挤压力不在核射出的方向，而是与其接近成直角即垂直的方向，但是手指的变形和核的圆锥形/圆形相组合而产生一沿所需飞行路线的较大的合力。

挤压力以某种方式沿定子路线形成一分力，使平移器沿其运动。与定子对齐的分力的形成是由于平移器沿其运动方向有一略微呈锥形的外形(固有的，或是由于被定子挤压而形成的)，或是由于平移器通过力传递轴承安装在定子上，当被定子如此挤压时，轴承本身变形呈略微锥形。下面将对此进一步说明。

可以任何方便的方法产生挤压力，这包括定子本身的物理-机械变形。现在来说明定子在平移器外面的概念和装置(对于在平移器内侧的定子，效果将适当颠倒)。如果定子对着平移器的一端和在该一端后面机械压缩(可能相对应地膨胀离开和超过另一端)，象在樱桃核上的手指和拇指，尤其是平移器故意做成该端比另一端窄(也许是锥形)，那么其结果是施加的挤压力将有一沿定子线的分量，使平移器的压缩端变成后端，膨胀端变成前端，使平移器朝前运动。使用形状预定的平移器的另一简单形式是平移器本身在施加的挤压力作用下不均匀地变形，结果是沿着从变形显著的(后)端部到变形不显著的(前)端部的定子线的一个驱动平移器运动的分力。在一较佳的可能性是利用这两种情况，即定子机械地压缩，而



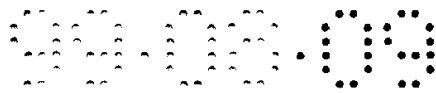
平移器则变形。另一可能性是当用一个此后将要描述的那些线性轴承装置之一作为轴承构件，即在平移器即使被挤压时也可保留平行侧面的形式的情况下，轴承构件本身变形，以产生沿电动机线的所需的分力。

当本发明线性电动机在应用中在平移器上产生轴向负荷力，而该力以一可预计的方式随平移器位置而改变时，它可以使电动机的轴向力输出成为平移器轴向位置的函数，以平衡这种可变化的负荷。这可以通过适当地修改定子的几何形状和其相对于某些激励电动机的输入驱动信号的变形特征来实现，从而维持运行的线性度。

定子的挤压在平移器上产生一沿所需平移器运动线的合力。定子和平移器的几何形状决定了此处所能获得的机械优点或利益，如果需要低平移器力高位移性能，机械优点或利益可容易地增大到所需要的程度(例如在平移器上使用一很浅的锥度)。在这种高机械优点或利益的形式中，平移器的最大被驱动位移决定于定子长度、而不决定于平移器长度、也不决定于定子的最大垂直位移。

所述机械利益或优点允许使用具有固有小位移的原动力机构，尤其对于甚至从由压电和磁致伸缩材料制成(以及利用这些材料的性能)的定子中获得的很小的定子运动，平移器也可获得显著的运动。例如，如果定子是由压电材料薄圆筒制成而以其内外喷涂金属作为电输入接触点，那么施加一电压，就将使该材料收缩或膨胀，这样，将使整个圆筒的半径略微收缩或扩大。此外，如果内外表面上的喷涂金属沿圆筒轴的一半处的内外圆周线被分成两个相等的面积，而且一端的内侧连接于另一端的外侧，或者反过来，那么施加输入电压将会使圆筒一端的半径增大，而另一端的缩小。反之，颠倒输入电压极性将使圆筒扩大和收缩的端部也倒过来。零输入电压则使圆筒沿长度保持平行的侧面。这就提供了将可控制的驱动力以任一方向施加到平移器上所必须的定子的圆筒变形。

如果在薄圆筒定子的内外侧上不使用导电的金属层电极，而是使用电阻性层电极，也能获得类似的效果，从定子的一端到另一端对每一层施加的电压将沿该层逐渐下降，如此就将具有如同在一半处切割开的导电层所获得的同类的收缩/扩大效果。选择电极材料的电阻系数，使每一电极的端部到端部的电阻(即从定子的一端到另一端)足够高，当高的全驱动电压横向施加于这些位置上时，消耗在电阻中的电源也是可接受的，但选择的电阻系数又要足够低，低到通过电阻电极对压电弯曲件的固有电容充电所需要的时间足够短，以满足定子的带宽使用要求。在这样一种电阻层电极形式中，施加的电源通过合适的导电电极供应到每一(内外)表面的每一端部，每一合适的导电电极为其轴向长度可忽略的围绕表面的圈或环，连接到电阻电极涂层的轴向端部；一端的内圈或环电极连接到另一端的外圈或环电极，而在该一端的外圈或环电极连接到另一端的内圈或环电极，然后在



定子的一端或另一端的两电极圈或环上连接电压。结果是驱动电压势差沿内外电阻电极的长度、但以相反的方向均匀分布，使得接近定子中心的、横过定子材料厚度的电场可忽略不计，而在两端的电场上升到最大，但每端的电场的极性相反。压电材料中产生的合应力使定子变形成一端为最大半径、另一端为最小半径的锥形，各点的半径在这些状态之间都在平滑变化与接近线性之间。颠倒驱动电压将使具有最大半径的端部具有最小半径，最小半径端部具有最大半径，定子中心段的电场仍然可忽略不计，因而其未被驱动的形状的变形也忽略不计。

在刚描述的例子中，压电定子的膨胀和收缩量受到直接压电效应的限制。但是，对于金属涂层和电阻涂层的两种形式，如果定子做成标准的单态或双态的‘压电弯曲件’构造器件，就可使膨胀/收缩量有显著增加。因而，使用同样的几何形状和电极布局，但此外，对于(例如)金属涂层的形式，首先将一刚性的金属内衬设置在压电圆筒的内侧或外侧，其次在整个圆筒上进行螺旋形切割(使得所留下的是压电/金属迭层材料的螺旋形‘带’，圈与圈之间有小的空隙)。用这一简单的方法，器件就已转变成一单态‘压电-弯曲件’(piezo-bender)结构(虽然被缠绕成螺旋形式)，因此，对于所施加的给定输入电压，圆筒径向位移量将增加很多，那是因为压电/金属迭层因两结合材料的膨胀差而引起弯曲。这样一种螺旋形分裂弯曲件能为所施加的低输入电压提供数十或甚至数百微米的端部至端部的半径位移量的差别。甚至通过用极性与原来的压电圆筒相反的压电材料替代金属内衬垫还可以进一步改进技术，即提供一典型的双态“弯曲件”构造，对于一给定的输入电压可以有一很大的位移输出。

电阻结构形式除了它当然不用在定子中间处电气割断成两半之外，在很大程度上是用同样的方法制造的。

对圆筒的压电基本材料的有关表面进行化学表面处理(通常是化学还原)，而不是施加另外的金属或极性相反的压电层，也可以制成双态弯曲件的第二层。

由此可见，本发明的线性电动机有三个基本构件，即一提供‘挤压’力的定子、一被定子挤压并因此运动的平移器和一分布在定子与平移器之间的轴承构件。此机构具有如下的潜在优点：

a) 动力源，即施加到平移器上的力源，可以完全在定子中，无论使用什么样的产生‘挤压’力的机构，都能有效地做到对于电动机的运动部件不增加重量(因此能用较重的电动机部件作为力的发生器，而不会在平移器上造成动态负担)。

b) 只要平移器能承受定子的挤压，它就能做到任何合适的材料所允许的那样轻。

c) 在定子与平移器之间不需要永久的电气的或磁的连接，所以没有电线或电极(pole)等来增加重量、阻尼、弯曲力等等。



d) 平移器可以对应定子的很小的运动(垂直)而运动很长的距离,这可以从诸如压电或磁致伸缩器件的固有小运动原动力(prime-force)机构获得大的输出运动。

e) 电动机中所有造成损失的机构主要是由于定子与平移器之间存在的很低的摩擦,和在产生力的机构本身的内在因素。

f) 如果需要低平移器力、大位移性能,则机械利益或优点可容易地达到需要的那么大。

g) 在高机械利益或优点的结构形式(平移器锥度很小)中,平移器的最大驱动位移简单地取决于定子的长度。

对于本发明的一个特别有吸引力的应用是在声频换能器(如在扩音器)的生产方面。当一螺旋导电分离或电阻非分离弯曲件定子器件(如上所述)与一此后要描述的那种类型的小质量低摩擦线性轴承和一质量很小的平移器一起使用时,可以构造出一声频换能器,其中主要的力是由于空气在平移器上的空气阻力(平移器的重量已接近于由平移器的运动所直接移动的那部分空气的质量),在这种情况下,效率可以相当高。用在这种情况下的螺旋弯曲件定子可以衬有一层薄的弹性材料(例如橡胶),弹性材料还注入诸螺旋圈之间,为轴承构件提供了一平滑连续的表面,使轴承构件可在其上滚动,并只为定子的弯曲力提供很少的阻力。通过选择适当的几何形状和材料,定子的谐振频率可以高于最高的声频频率,而悬浮中的平移器的谐振频率由于选择最小的轴向恢复力(对于线性电动机的基本运行这些力完全不需要,只要在电动机开始使用时能使平移器回到一已知的位置就可以)可以做成很低。

本发明的电动机从最广义上来说包括:

一固定的但可变形的定子构件,它有两个或多个围绕一管状通道的相对的驱动表面,诸驱动表面能够朝向通道轴线倾斜,以及大约与通道轴线垂直地彼此分开,使它们的间隔沿通道轴线而变化;以及

一位于通道内的并可沿通道运动的狭长的可移动的平移器构件,它有与定子驱动表面相对应的、与之匹配的并可运动地作近接触的从动表面;

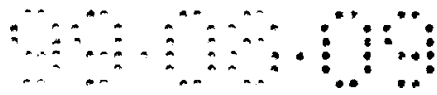
其中:

平移器是可变形,其从动表面在其未变形状态下大约彼此平行;

或者,平移器基本上是刚性的,其从动表面略微呈桶形;

使得当定子变形,使驱动表面的一端能彼此相向运动(另一端能彼此分离运动)时,有一力施加于平移器的从动表面,从而产生一使平移器朝驱动表面的分开得较宽的端部运动的趋势。

本发明线性电动机的较佳实施例的特征可归纳如下:



i) 有一附加的线性轴承构件介于定子驱动表面与平移器从动表面之间，并与它们接触，该轴承构件最好是此后将要描述的那种类型。

ii) 当轴承构件被定子的驱动表面径向挤压时，它在压力作用下可径向变形，并能够将轴向力传递到平移器的从动表面。

iii) 定子和平移器的几何形状可以设计成能为在定子内的平移器提供稳定的或不稳定的位置。

iv) 定子是一种压电材料和金属的螺旋式单态件，或相对于螺旋几何形状径向极化的两种极化相反的压电材料的双态件，在螺旋件的内侧和外侧上都有一个激励电极，螺旋圈的轴向宽度与诸圈的圈间隔和径向厚度相比是大的；以及

每一个电极或者是由电阻材料、但仍旧是导电的材料制成的，在一侧上的一端的各电阻电极连接于在另一侧上的另一端的电阻电极，形成驱动换能器的输入驱动电极，

或者，每一电极在沿着螺旋定子的内轴线长度的中间的圆周线处被分成相等的两半，在螺旋定子的每一端上各有一半，它们彼此电绝缘，在一侧一端部上的一个半电极连接于在另一侧另一端部上的一个半电极，以形成驱动换能器的输入电极；

这样，当直流驱动电压施加在两电极之间时，螺旋定子一端的半径增大，而同时，另一端的半径缩短。

轴承

本发明上述的电动机最好使用下面要描述的那种类型的线性轴承。

轴承可采用许多不同的形式，但无论是哪种情况，轴承的目的是允许一个构件体支承在另一个构件体之上，以使它们能相对运动，并在两者之间没有过多的浪费能量的摩擦。也许最通常的轴承是用于使一个构件体相对于另一个构件体转动的那种，但还有许多其它形式的轴承，它们中有一些允许第一个构件体沿第二个构件体的表面平移，即作线性运动。

这样一种“平移”或“线性”轴承的一众所周知的品种是辘子。当它沿下面(例如地面)被推动时，辘子支承一放置在其顶部的物体。本发明涉及一新颖品种的辘子状的平移(线性)轴承系统，它被专门设计成能使两个同轴安装成一个在另一个之内的长形物体(类似于望远镜，或气缸内的活塞)被支承成可以作摩擦较小的轴向运动。

本发明的第二主要方面是提供一种线性轴承，它结合了气胎的某些特征与履带的特征。更具体地说，本发明建议利用弹性超环面(toroidal)(以下称环形)轴承构件，它与轮胎的内胎相似，它被装在轴承体之一(外构件，起套管作用；它通常是固定体)的管状孔或通道内侧并与之同轴，另一轴承体(内构件，一般为杆或



管子,它通常是运动体)穿过该轴承体的孔自由滑动。然后内构件穿进超环面体(以下称环形体),这样,所有的三个构件同轴对齐。

环形轴承构件的结构是这样的,在使用中,它的外侧(较长的)周界与外构件的管状孔/通道的内侧表面滚动接触,它的内侧(较短的)周界与内构件的外侧表面滚动接触。此外,两构件(内外构件)的结构是这样的,在三构件装配起来之后,环形构件的管子截面相当扁平,与其径向范围相比较,轴向范围可相当长(径向范围受到两构件之间的间隙的限制)。于是,环形轴承构件的回弹力在内构件体上施加一基本是径向的定心力,而对轴向运动的唯一的限制归因于环形体材料中的变形力(这些力可以很小,而且大部分相抵消)。

最终的轴承质量极小,成本很低,径向对齐(定心)力较强大,对轴向运动的阻力很小,轴向运动几乎无限制。

因此,在第二方面,本发明提供了一线性轴承,该轴承包括:

- 一第一或外轴承体,在该轴承体内有一线性延伸的管状通道;
- 一第二或内轴承体,可滑动地安装通道内,以沿通道线运动;以及
- 一可弹性变形、拓扑环形轴承构件,位于两轴承体构件之间并与它们变形接触,它位于外轴承体的内侧并围绕通道,并在内轴承体外侧围绕内轴承体,

其特点是:

- a) 管状通道内部是平滑的(以便当轴承构件在其上滚动时产生的噪声很低);
- b) 内轴承体其质量很小,外面平滑(当轴承构件在其上滚动时产生的噪声也很低);
- c) 轴承构件是空心的,其壁很薄,其内充注气体,它是由小质量的、低滞后作用的材料制成的,对填充气体的渗透性很低;以及
- d) 轴承构件与内外轴承体滚动密封接触。

本发明提供了一由外轴承体所形成的线性轴承,一内轴承体可滑动地安装在该外轴承体中的通道中,以便沿其运动。每一轴承体实际上是轴承所支承的任何装置或设备的一个部分,但也可以每一轴承体仅仅是轴承的一部分,轴承所支承的对象是分开地连接于及装在一个或另一个轴承体上的。例如:一推杆致动器能直接形成内轴承体,一镜子可安装在其上,其位置因此而改变,一滑动管状件直接形成外轴承体,一印刷头安装在其上,其位置因此而改变。通常是,一轴承体与固定的被支承设备的某一部分是一体的或带有该某一部分,而另一轴承体类似地与需要在运动中运动的某个设备部分相关联。在大多数情况下,都是使外体部分固定,而内体部分活动(在上述的第一例子就是如此),因为这比较方便。

本发明的轴承是线性轴承,换句话说,它的用途是支承某个在使用时需要沿



线运动的物体。例如，一个这样的物体可以是扩音器的运动部分，它驱动锥体或其它移动空气的部分，而其它的可能性是一印刷机的印刷头、照相机镜头和门开启装置的致动器。

本发明的轴承采用一外轴承体，在该外轴承体内安装有一可滑动的内轴承体。这些轴承体的材料和大小可以是任何一种材料和大小，但必需适合轴承所要完成的任务。例如，对于用作一门开启装置，这些体的直径约为2厘米，由轻质金属管制成，而对于用作印刷头支架，1厘米直径的由合适的塑料制成的杆是较好的。对于需要质量极小的活动部分的轴承，诸如扩音器锥体的驱动器(或其它形式的声频换能器)，使内轴承体作为活动体并使它空心，由具有很高的强度与质量之比的包皮的发泡材料制成是有利的。

在本发明轴承的外体内，有一管状通道，其内安装着可沿其运动的内体。通道是管状的，这是说它具有深度并因此构成一三维空间(或通道)，该三维空间或通道延伸入(通常是穿过)外体，从一侧到另一侧。但其横截面可以有任意形状和尺寸，它们沿通道既可以是均匀的，也可以是不均匀的。但是对于大多数用途而言，通道横截面的合适形状是圆形，横截面的尺寸恒定不变也是较恰当的，在有些应用场合中，如果需要自定位作用，它可以由一不均匀的部分提供，例如，筒形使轴承构件支承的内体位于通道中心，一收腰的形状可以使内体定位在任一宽端，而锥形可使定位在较宽的一端。一均匀平行侧面的管状不提供沿通道的位置恢复力，所以处在中性。显然，通过使通道有种种合适的形状，就可获得种种效果；一正弦波形可提供多个“稳定”位置，就象一台步进电动机，而“狗骨”形状提供两个稳定位置，各在有效行程的端部。这将在下面进一步描述。

本发明的轴承外体内的管状通道是线性延伸的那种。在本文中，术语“线性延伸”指沿一线延伸，而且内体是要沿这条线运动的。此线通常是直线但可以想象得到，有时需要内体沿曲线运动，因此此时管状通道是弯曲的为合适。该线在许多场合中与通道的横截面尺寸相比是相当长的，所以通道是深的，但在某些场合中(在某些类型的扩音器中)可有利地采用一其线是相当短的、通道因此是比较浅的轴承。在上述任一情况中，通道都延伸穿过外体，其两端是敞开的。

在本发明轴承外体的通道中，有一内体可滑动地安装在其中，以沿其运动。这种内体的尺寸和形状做得与通道“配合”，即不管以什么样的方式，要求内体既能配合通道的空间，又能与通道的形状相匹配。

内体的配合必须是松配合，因为在两体之间必须为轴承构件留有空间，即一环状间隙，尽管轴承构件这样放置时，其形状由于两体压迫它而会变形。该间隙所需要的或可接受的尺寸(或相对尺寸)取决于许多因素，其中最重要的是轴承构件的性质，尤其是它的大小和制造它的材料。如下面将要进一步描述的，当轴承



构件是一空心环形物体时，间隙尺寸与轴承构件壁的厚度和它们实际弯曲半径有关。对于接近无摩擦的运动，间隙极限(clearance limit)是厚度的两倍，但仅仅在材料也几乎有较佳的挠性才是这样。否则，必须采用比两倍的厚度较大的间隙。

内体的尺寸和形状与通道的尺寸和形状的匹配主要取决于内体是否打算在通道内呈中性的，还是具有运动到一预定的位置的趋势。如果通道是一个其本身具有均匀平行侧面的管子形状，而轴承构件支承的内体有对应的均匀平行侧面形状，则这种形状不会提供沿通道的位置恢复力，所以是中性的，一筒形内体则被偏置在通道的端部(当在使用时，轴承构件朝某一端部运动，因此在运动方向提供一沿线的力)，一收腰形内体位于通道中心(运动的轴承构件逆着运动方向提供一沿线的力)，一锥形内体促使它位于远离锥形指向的端部。

应予以理解的是，通过为外体中的管状孔选择特定的形状，为内体选择合适的匹配形状，就可以以相当的程度控制内体相对于外体运动的方式。

本发明的内轴承体通过一位于两轴承体之间的并与它们变形接触的可弹性变形的拓扑超环面(或称环形)轴承构件而可滑动地安装在外轴承体内。构件是拓扑超环面的，即它有超环面拓扑结构(the topology of a toroid)(绕一外轴旋转的圆锥截面)，尽管实际上不一定要超环面。当然，实际上它可以是一种超环面结构(类似环形圈、O形密封圈或汽车轮胎的内胎)，但其它的拓扑超环面结构(即不是圆形的，横截面也不是圆形的/圆锥形的)也是可以想到和可能的。确实，对应某些用途，最合适的形状不是道地的超环面，而是通过采用一管子并弯成圆形，使它的两端连接在一起，或采用一管子，沿其本身内侧朝外地往后卷，然后将其两端连接在一起(这将在下文中结合附图进一步描述)的类似拓扑形状。要求如此形成的超环面的大直径(在这种情况下，是管子弯曲成圆形时圆的直径)要比小直径(即管子横截面直径)大的情况下，前面一种类型的结构是较佳的，当大直径不一定要比小直径大时，就以后者为较佳。但在任何一种情况下，制造成形的“超环面”轴承构件的材料都没有相对于超环面的任何优先取向，所以轴承构件能自由滚动，对于后者，成形的“超环面”的横截面是一个相当扁平的环，各端部的曲率很小，横截面实际上可以说是“内侧朝外”卷的原管子(管子的横截面对应于“超环面”的大直径)。

轴承构件是可弹性变形的，也就是说，它是可以通过所施加的力(诸如把它挤压在内体和外体之间的那些力)而变形的，但当那些力去掉时，它又弹性回到其未变形时的形状。为了实现这种变形，轴承构件可由本身就能变形的天然或合成橡胶的材料或类似橡胶的材料制成，或制造成由挠性材料制成的空心封套，并充注其本身也可弹性变形的另一种材料。后者形式的构造是较好的，最方便的，轴承构件很象轮胎内胎，一空心体由一挠性的天然或合成橡胶或橡胶状的物体制



成，并充注诸如高压气体（一般是空气）的流体或液体（一般是轻油，例如硅（氧）油）或泡沫（其本身基本上是捕获在“气泡”或气囊中、在某些连续相的其它材料内的分散相气体）或（切碎）泡沫的小颗粒。

使用空心轴承构件对尽量减少内体与物体之间的被轴承构件穿过的区域中的间隙是很起作用的，因为该间隙与制造构件空心封套的材料的厚度和材料的实际弯曲半径有关。对于几乎无摩擦的运动，间隙应该约是厚度的两倍，但仅仅对于材料也几乎有较佳挠性的才这样。否则，实际上必须使用比两倍的厚度略大的余隙。

在刚刚描述的这种种类的空心超环面轴承构件中，注入构件封套内部容积中的材料可以是空气，使用空气能使轴承的运动质量达到最小。可以用空气直接供应到内部容积中，也可以以固体的形式供应，随后经过一些物理或化学变化转化为或产生所需的气体。气体压力可调节以提供所需的径向支撑力，一般而言，这种压力越低，对运动的轴向阻力越小，而压力越大，径向支承负荷的能力越大。可压缩的气体能够为轴承提供程度相当高的径向柔量和对轴向倾斜或安装误差提供有用的公差。尽管气体容易由于扩散或通过小孔而从封套中渗漏出来，但这可以通过在封套的内侧涂覆堵塞气孔的液体、诸如硅(氧)油来处理，或至少使这种渗漏降到最低程度。

但是，充注内体容积的材料可以是液体，液体通过小的压缩可以支承大的压力，液体的这样使用提供了一径向负荷能力大的轴承。当然，采用充注液体的超环面体的轴承的运动部分的质量超过使用类似的充注气体的超环面体，对运动的轴向阻力也增加（因为液体的黏性较大）。构件封套材料的弹性决定了轴承的主要的径向柔量。但液体容易通过气孔从封套中渗漏出来。

如刚刚描述的充注流体的封套形式的轴承构件可以设置有流体输入和输出装置，以控制封套内的流体量。这样，在轴承组装之后，可改变由轴承构件产生并在两轴承体上和之间的径向力，或者在使用中加以改变(例如，作为轴承上的瞬间载荷或本体相对位置的函数)。提供这种充注流体的装置可把轴承的轴向行程限制在大约在超环面轴承构件的小圆周的长度的范围内。

充注构件封套内容积的材料的另一种可能性是一种弹性的和可压缩的固体或发泡的固体材料。例如，发泡的橡胶或塑料颗粒。如果充注采用接近的固体（而不是颗粒），这将大大增加轴承的轴向运动阻力。这种固体不会通过扩散或渗漏使轴承中的充注材料损失。

当然，空心轴承构件可充注混合材料，象一些气体，一些液体，和一些弹性的可压缩的固体或发泡的固体材料。尤其是，由于气体的渗漏是一大问题，构件封套内的液体/蒸汽态混合物即使气体/蒸汽向外泄漏也可用于在一定温度下在其



内维持很稳定的蒸汽压力。因为留下来的液体能在一给定温度下继续提供一相对较恒定的蒸气压力。这种液体/蒸汽态轴承设计成通过提供一作为温度函数的可变轴向负荷支撑力，能对采用该轴承的组件中的其它温度效应进行自动补偿。

本发明的轴承构件位于两内外体构件之间，关于这方面，几乎没有什么再要说明的了。轴承构件围绕内体设置，并被挤压在内体与外体内的管状孔的壁之间。因此，它把内体支撑在外体上(或把外体支撑在内体上)，两体之间的、从一个接触表面转移到另一个接触表面的负荷被变形(以及在被填满的空心轴承构造内的内压中)的力所“吸收”。

在前面所描述的本发明的轴承采用的好象都是单个的轴承构件，但事实上，在一个线性轴承组件内可以有一个、两个或多个轴承构件，每一个这样的构件与另一个或其它的构件轴向分开并同轴，但都类似地位于外体与内体之间。这样一种结构为内体相对于外体的轴向倾斜提供的阻力比等同接触面积的单个轴承构件大得多，尤其是，如果几个轴承构件的轴向间隔比它们的轴向体接触长度大的情况下更是如此。这样一种结构还更具有通用性，因为在一个轴承中每一个轴承构件都可以设计成具有不同的特征，包括尺寸、变形性和内压(如果是空心的话)，以适合轴承承受的负荷的性质。

在本发明的单个轴承内使用数个不同的轴承构件特别适合如下的情况，即要求内体和外体的一段应彼此轴向相对运动，然而同时还很接近且可能彼此接触，诸如螺线管内需要一短磁路的情况。这种多个轴承构件可与内体或外体或两者的相对横截面轮廓的增厚一起使用，增厚沿两体的面对面表面的那些部分，这些部分不会在线性轴承行程的正常范围之间与轴承构件滚动接触。这样，可达到内对外的体间隙比本来能容易地提供的要小。

在本发明的轴承中，内体在外轴承体的通道内运动，并通过一轴承构件可滑动地安装成能进行这种运动。值得强调的是，当内外体一个相对于另一个运动时，轴承构件在两者之间滚动，颇象在拇指与食指之间滚动的铅笔。就是这种滚动效应为轴承提供了摩擦极小的性质，当轴承材料在其线性范围的两端部从与一个表面接触环绕滚动到与另一表面接触时，这种阻碍运动的能量损失几乎完全下降到轴承材料变形所需的量。这种损失越小，例如空心轴承构件的封套就越薄和更能变形，以及其滞后作用越低，则轴承的表观摩擦越小。

本发明的轴承所提供的运动范围只受到两体的长度的限制，因此，只要内体能保持安装在外体内即可(轴承构件以内体/外体相对运动速度的一半运动，因而运动的距离也是一半)。但是，除非另被控制或确定，最好对相对的体运动提供一些机械限制，以防止一体相对于另一体运动得太远，以致它脱离或离开另一体。

本发明的线性轴承也许可称为包括：



- 外轴承体(外),
- 空心的拓扑超环面挠性轴承构件(超环面体),
- 内轴承体(内),

外轴承体有一与一中空拓扑环形挠性轴承构件同轴并与之自由流动表面接触的管状通道, 而拓扑环形挠性轴承本身与内轴承体共轴并与之自由滚动表面接触。

可以看到, 本发明提供了一质量极小的成本很低的线性轴承, 这种轴承的径向对齐(定心)力较强大, 对轴向运动的阻力很小, 轴向运动无限制, 这种轴承具有零或精确限定的轴向力/距离特性。轴承包括一具有超环面构造的轴承构件, 使用时, 超环面体绕其小圆周在支承表面上滚动, 这种滚动内在地使超环面体的材料变形。在其最简单的形式中, 一空心的弹性(例如橡胶)超环面体设置成具有远比其大直径小的小直径。超环面体的大小是这样的, 充气时, 它的外侧(较长的)边界与管状通道的内侧表面滚动接触, 它内侧(较短的)边界与杆状运动体接触, 还使超环面体的管子截面相当扁平, 其轴向尺度(沿通道轴线方向)比径向尺度(受到内体与外管状套管之间的间隙限制)大得多。充气超环面体的内压在内体上提供径向的对中力, 而对轴向运动的唯一的限制归因于超环面体材料中的塑性变形力, 如果是由薄橡胶(例如)制成的话, 这些力很小。在这种形式中, 滑动伴随着基本为零的轴向弹簧类(例如返回)的力, 因为所有这些力都被平衡。但是, 如果内体(或外套管的内侧)的侧面是不平行而是锥形, 或收腰的, 那么就可设置成超环面体的内压除了提供径向支承力之外还提供轴向力。通过仔细地设计这些锥度或腰部, 可以对力进行很精细的调节, 也可以得到很小的力/距离的关系(模仿在一小空间中的很长弹簧的效果)。

下面结合附图描述本发明两个方面的实施例, 但实施例仅仅是作为举例说明之用, 附图中:

图 1A,B 示出了较佳圆筒形式的线性电动机的纵向(轴向)横截面, 其中定子起初处在未驱动变形的状态, 后来处在驱动变形状态, 使平移器的底部被挤压;

图 2A,B 是两类似的剖视图, 它们示出了一种声频换能器, 两不同的压电定子各有一个平移器和一个超环面线性轴承构件;

图 3A,B 是两类似的剖视图, 它们示出了一种具有圆顶端盖的、通过一线性轴承构件安装在螺旋压电弯曲件定子内的小质量平移器;

图 4 是一纵向(轴向)剖视图, 它示出了本发明一侧面平行的线性轴承组件;

图 5A,B 分别是纵向(轴向)剖视图和端视图, 它们示出了本发明另一线性轴承组件, 它包含了一种充注流体的连接部分;

图 6A,B 示出了图 4 所示组件的变体, 其中内活动体具有收腰的横截面轮廓;

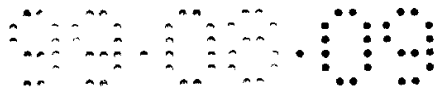


图 7 示出了图 4 所示组件的一种演化形式，其中使用了两个充分分开的超环面体；

图 8 示出了图 7 的一个变体，在两个移动体之间的间隙；

图 9A,B 是另一种形式的线性轴承组件的两个视图，其中半径相当大的内体在其外体内仅仅运动一小段距离，适合用作换能器元件；以及

图 10A-D 示出了轴向截面的“卡通”顺序，描绘用于本发明轴承中的“超环面”轴承构件的结构(图 10D 是与图 10C 相配的横截面)。

图 1 所示的线性电动机包括一定子(1)，它具有使同轴对齐的平移器(2)在其中轴向运动的管状通道(4)，并可在一支撑装置(3：图中仅示意性地示出)上滑动。在图 1A 中，所示的定子 1 处在未驱动的状态，所以，它的内驱动表面(5)与其轴线平行，没有净轴向力施加到平移器 2 上。在图 1B 中，所示定子 1 的一极被驱动，通道(4)的上端径向扩大，下端径向收缩。在这个例子中，轴承 3 传递了径向力，轴承未朝向平移器 2 压缩，而平移器 2 由于径向力而受到一些压缩。现在有一个相对于定子 1 朝上(如图所示)作用在平移器 2 上的净径向力，该力的作用是使平移器沿朝上的方向运动。如果给定子的驱动信号极性反过来，则定子的顶部径向地收缩，而底部径向扩张，传递到平移器的力将使它朝下运动。

图 2A 沿中心轴线横截面示出了线性电动机的构造。电动机包括一由一(可能充气)滚动圆环(rolling toroid)7 形式的线性轴承构件支承的圆筒形平移器(13)，该滚动圆环 7 在一圆筒形定子(12)内滚动。定子 12 由压电材料制成，使它能响应在其内外表面上的导电电极 14,28 和 29,18 所施加的电场而改变形状。这些电极 14,28,29 和 18 的连接是通过圆筒 12 每一端的导电电极环端子 10,16,11,17 进行的，这些端子是一内左端子圈(环) 16 和外左端子圈(环) 17，内右端子圈(环) 10 和一外右端子圈(环) 11(“左”和“右”如图所示)。使用时，外左端子圈(环) 17 与内右端子圈(环) 10 平行连接，内左端子圈(环) 16 与外右端子圈(环) 11 平行连接。然后这些成对的输入端子 17,10 和 16,11 各连接到电气驱动源(未示出)的两输出端子的一个上。由于电极 14,28,29,18 是导电的，所以当电压施加在上述的端子之间时，在圆筒的外侧与内侧表面之间建立起电压梯度，圆筒的一半梯度的方向与另一半的相反。有了上述的连接，这就在圆筒 12 一端的内外侧之间形成一个极性的偏转电压(等于源电压)，以及在圆筒 12 的另一端的内外侧之间的形成另一极性的相等偏转电压。其作用是在圆筒的两端部引起最大压电变形(但极性相反)，而在圆筒的中心这种变形最小，由此，圆筒变形成一大致的、一端比另一端宽的平头圆锥形。源电压的极性反过来就使较宽端和较窄端相互交换。这样，圆筒 12 被驱动使平移器 13 依靠环形轴承构件 7 的压缩和变形而沿圆筒上下移动。



图 2B 沿中心轴线横截面示出了一类似于图 2A 所示的线性电动机的构造,但它有不同的电极构造。定子 12 也是由压电材料制成的,使它能响应其内外表面上的均匀电阻电极 30 和 31 所施加的电场而改变形状。这些电阻电极 30,31 的连接是通过圆筒 12 每一端的导电电极环状端子、即内外左端子圈(环) 16,17 和内外右端子圈(环) 10,11 进行的。使用时,外左端子 17 与内右端子 10 平行连接,内左端子 16 与外右端子 11 平行连接。然后这些成对的输入端子 17,10 和 16,11 各连接到电气驱动源(未示出)的两输出端子的一个上。由于电极 30 和 31 是均匀电阻性的,所以当电压施加在上述的电极两端之间时,沿圆筒的外侧与内侧表面就建立起均匀的电压梯度,内侧的梯度方向与外侧的梯度方向相反。有了上述的连接,这就会在圆筒 12 一端的内外侧之间形成最大的一个极性的偏转电压(等于源电压),沿圆筒中间的圆周线的圆筒内外侧之间的电压均匀地下降为零,然后在圆筒 12 另一端的内外侧之间又上升到最大电压。其作用是在圆筒的两端引起最大压电变形(但极性相反),而在圆筒的中心的这种变形是最小的,由此,圆筒变形成一端比另一端宽的平头圆锥形。源电压的极性反过来使较宽端和较窄端相互交换。这样,圆筒 12 被驱动使平移器 13 依靠环形轴承构件 7 的压缩和变形而沿圆筒移动。

另一种电极结构也可用于图 2B 所示的系统:电极 30,31 的一个或另一个(但不是两个)由导电的而不是电阻性材料制成,在这种情况下需要一推挽驱动电压,其中共用的驱动源连接于导电电极的端部端子(例如如果 30 是导电的,则连接于 10 和 16,或者,如果 31 是导电的,则连接于 11 和 17),驱动源的两个反相输出连接于其余的电阻性电极的端子(分别是 11 和 17 或 10 和 16)。这种结构仍然从内电极到外电极形成一电压梯度,该电压梯度从圆筒一端的最大值平稳均匀地变化到圆筒中间的零值,再变到圆筒另一端的极性相反的最大值,导致圆筒产生一类似的平头圆锥形的变形。

图 3A 中示出了具有一圆顶端盖的、圆筒截面的小质量平移器 6,并用虚线示出其轮廓。该平移器同轴地位于一螺旋状压电弯曲件(它可以是一单态(unimorph)或双态(bimorph)器件)的定子 8 内,并通过一在此描述的滚动形线性轴承 7 而与定子分开,线性轴承 7 通过良好的轴向对齐提供极小的摩擦,并借助其压力下的变形传递螺旋形定子的径向力并将它们转换成轴向力。实际上,平移器 6 可以有略微收腰的外形,以替代轴向绝对平行的外形,以向平移器提供轻微的静态对中力。定子 8 内侧上的导电电极 24,25 和外侧上的导电电极 22,23 在机械和电气结构上都是不连续的式中断的(在 26),中断沿定子的中心圆周,从而允许顶部和底部彼此反相连接。运行时,上外侧电极 22 连接于下内侧电极 25,上内侧电极 24 连接于下外侧电极 23。施加在螺旋形的定子的成对的电极 22,25 与 24,23



之间的直流电信号将使一端径向扩大，而另一端径向收缩。直流电信号反过来将使原先扩大的那端收缩，原先收缩的那端扩大。

图 3B 示出了一类似于上述图 3A 所示的螺旋形弯曲件电动机，但用一对电阻电极 20,21 来替代两对分离的电极 22,23 和 24,25(与图 2B 的圆筒电动机结构是图 2A 圆筒电动机的变化一样)。在螺旋状圆筒轮廓的每一端部，即在底部的内侧 28 和顶部的内侧 29，在底部的外侧 27 和在顶部的外侧 30，加上一对导电的圈(环)电极。它们 28 对 30、29 对 27 成对地电气连接在一起。最后，这些对子用作输入端子连接到驱动电源，即 28 和 30 连接到一个电源输出端子，29 和 27 连接到另一电源端子(未示出)。这样就沿螺旋形的内外侧的长度、在相反的方向形成电压梯度，在螺旋形一端形成最大的正偏转电势，然后平稳改变至螺旋件中心的零值，再上升到在螺旋形另一端的最大负电势。这又导致圆筒螺旋形轮廓几乎完美地变形到平头圆锥形。

图 4 示出本发明平行侧线性轴承组件。轴承包括一外本体 101，该外本体 101 有一使一个同轴对齐的内本体 102 可在其中轴向移动的管状通道 108，内本体 102 通过一柔性空心的超环面轴承构件 103 而与本体 101 分开，从该图中看，轴承构件 103 是相当扁平的。超环面体 103 与内外本体 101 和 102 同轴，它包围内本体 102，但又被外本体 101 所包围。超环面体 103 的内部容积 104 中充有流体。

内外本体 101 和 102 和超环面体 103 的尺寸定为能使超环面体 103 与本体 101 和 102 保持紧密接触，从而当内本体 102 沿双箭头 A \leftrightarrow B 指示的方向轴向移动时，超环面体 103 的表面能在外本体 101 的内表面上和内本体 102 的外表面上滚动，由于是滚动动作因而没有滑动摩擦。静态摩擦能阻止外本体 101 与超环面体 103 的配合面之间和超环面体 103 与内本体 102 的配合面之间相对运动，但在本体 101 和 102 的轴向相对运动过程中，通过这种机构没有摩擦损失。超环面体 103 的内压可以在组装时在对轴承的运动摩擦没有任何显著影响的情况下调节以在本体 101、102 之间提供所需的径向支承力。运动的主要阻力是由制造超环面体 103 的材料的挠性阻力所引起的，这可通过对超环面体 103 使用适当薄的材料和对材料的选择来使之降低。

如果超环面体 103 没有结合到本体 101,102 中的任何一个，那么原则上两本体 101,102 之间的轴向相对运动的范围除本体 101 和 102 在 A \leftrightarrow B 方向的大小之外不受其它限制。

在图 5 实施例中，超环面体 103 设置有一穿过外本体 101 壁的充注流体的连接部 105，这样在轴承组装之后也可对超环面体 103 内的容积 104 内压进行调节。这样就可以动态地改变轴承的特征，以及如果出现渗漏可以用加压流体加满超环形体 103。



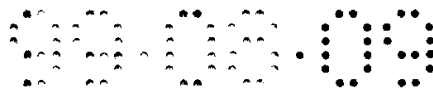
由于图 4 中外本体 101 的内横截面(即垂直于轴线)轮廓和内本体 102 的外轮廓与 A \leftrightarrow B 方向上位置无关, 所以当本体 101 和 102 彼此轴向相对移动时, 超环面体 103 的容积不改变。因此, 任何由内压引起的力被平衡, 没有与这样一种线性轴承相关联的弹性力, 即没有由于本体 101 和 102 的特定的轴向相对位置引起的静态力。但是, 如果外本体 101 的轮廓, 或内本体 102(或两个)的轮廓随位置改变, 那么, 线性轴承具有内置轴向力特征就变得可能了。图 6A,B 示出了内本体 102 具有朝向中心的锥形轮廓的线性轴承, 作为提出一产生轴向力/距离关系的这种技术的一个例子。

在这些实施例中, 当内本体 102 在所示的轴向位置是在超环面体 103 的轴向中心时, 超环面体 103 具有最大容积。如果内本体 102 在超环面体 103 上滚动轴向地离开该位置, 内本体 102 的轮廓将进一步压缩超环面体 103, 其结果是在内本体 102 上产生一欲把它恢复到原来的轴向中心位置的轴向推力。该例子中的横截面轮廓的轴向改变是半径大于内本体 102 长度的圆形。缩小改变轮廓的半径即使内本体 102 收腰收得更进些, 将对于内本体从中心位置的给定位移产生一较强的恢复力。增大改变轮廓的半径使这种恢复力下降, 在极限情况下, 当轮廓半径无限大时, 即内本体 102 具有平行的侧面时, 那么恢复力是零, 并与内本体 102 的相对轴向位置无关。

图 6B 示出了利用这种线性轴承的独特特性的一种应用。图中, 内本体 102 对给质量是一非常轻巧的薄壳体。内本体 102 的收腰锥形的外轮廓提供了一将使本体在没有其它力的情况下回到固定位置的小对中力。内本体 102 的一端用一半球形壳体封闭。

如果外本体 101 做成一电磁电动机单元的一部分, 一磁极零件安装在内本体 102 的内(空心)腔内, 那么组件形成一行程很长的电动机驱动的活塞, 其中内本体 102 作为活塞。由于运动质量基本上是壳体、内本体 102 加上任何电磁元件(例如一线圈), 如果超环面体 103 是由薄的弹性体制成并充注气体, 则悬浮系统只加上很小的质量, 由于恢复力可以做得尽可能的小, 而这种线性支承悬浮系统可能有很长的行程, 因此可以用这样一种轴承结构构造具有低频大动力输出的声波换能器(由于其相对于活塞直径的很长的行程), 但它还可轻到足以以很高的频率运行。

当需要一固定长度的超环面轴承具有对轴向倾斜的抵抗力比它在给定内压时所能承受的要大时, 可在同一个轴承中使用一个以上的超环面体。图 7 示出了在一个线性轴承中使用两个超环面体的一个例子。图中示出使用两个分开的超环面体 103,106。超环面体 103 与 106 之间的间隔越大, 在所有其它的参数相等的情况下, 轴承的轴向倾斜抵抗力也越大。这样一种设备的通用性比只包括一个其



长度可与两个(或更多)分开的超环面体的间隔相比的超环面体的轴承要强, 因为例如, 可以对分开的超环面体给以不同的特性(例如一个可比另一个硬, 具有不同的外径, 或具有不同的内压)。这种机动性使线性轴承对于任何给定的应用都能做得很接近于最适宜的形式。

图 8 示出了一在使用已经描述过的双超环面体悬浮系统、和加厚外本体 101(如 107 所示)的运动本体 101,102 之间提供很小的间隙的装置, 此处, 本体 101 与 102 之间的间隙可以做到需要的那么小, 那是因为对超环面体 103 和 106 的运行, 107 周围的轴向区域不再需要, 超环面体 103 和 106 在本体 101 与 102 之间在所需的正常行程范围内只在 107 任一侧的轴向区域中滚动。通过在 107 所示的区域周围加厚内本体来替代加厚外本体 101, 或甚至本体 101 和 102 都加厚, 可以获得类似的效果。

图 9 所示的组件的其一半径相当大的、由很轻的材料制成的内本体 102 只在其外本体 101 内运动一小段距离。内本体略微收腰, 以提供一轻微的恢复力。这样一种组件适合用作声频换能器, 内本体本身是换能器元件, 当它通过合适的电信号被(未示出的装置)激励时, 它的最终沿外本体的运动前后推动周围的空气, 以形成声波。

图 10A-C 示出一代表用在本发明轴承中的一超环面轴承构件构造的“卡通”顺序。一管子 111(如图 10A 中所示, 它位于用于支承的杆 112 上)沿其本身、内侧向外往后卷(图 10B), 然后其两端部 113 连接在一起, 结果形成一封闭的容积 114, 这可以从图 10C(和图 10D)中看出。这类构造内容易地制造外径不是显著大于内径的那种“超环面体”。制造呈超环面轴承构件的材料相对于“超环面体”没有优先取向, 所以轴承构件能自由滚动。



说明书附图

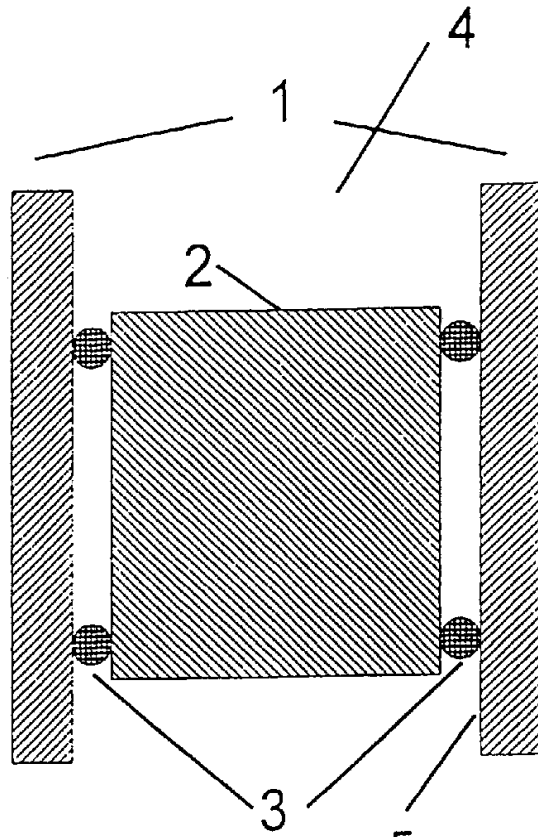


图 1A

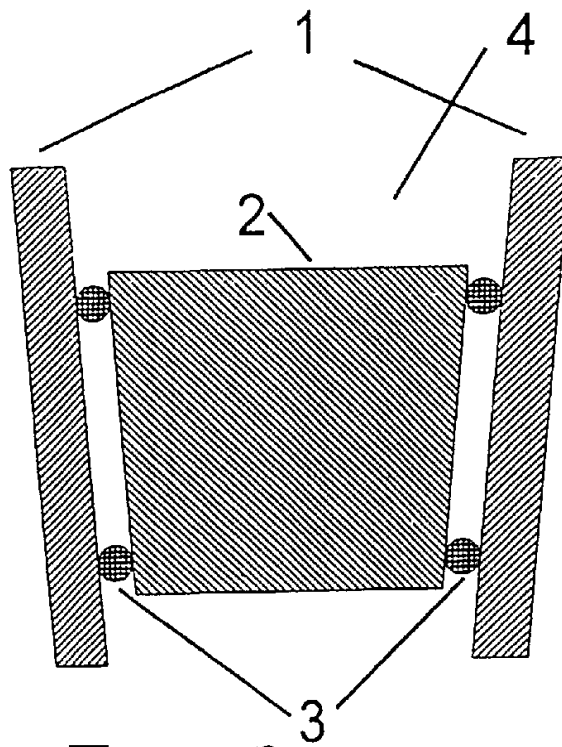


图 1B

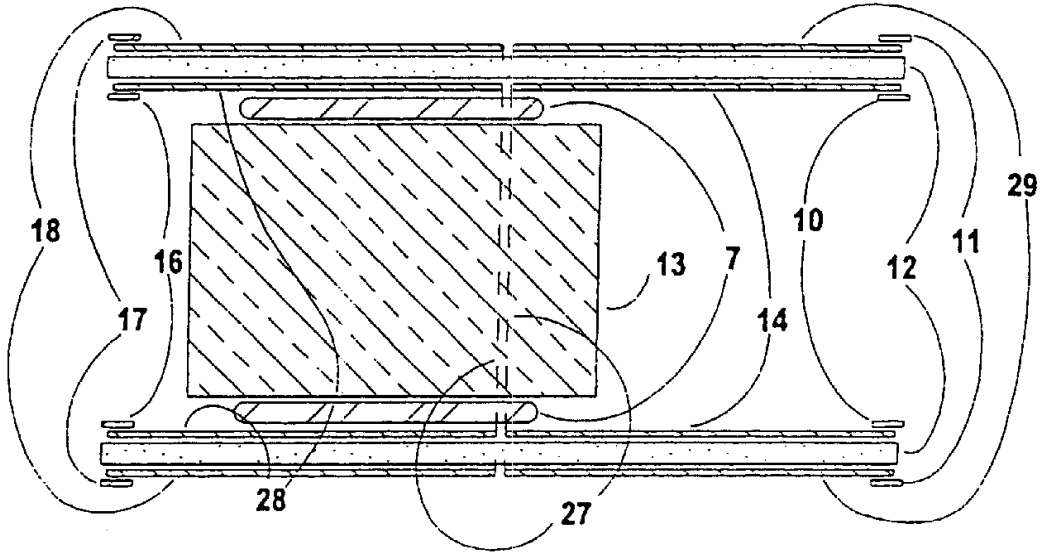


图 2A

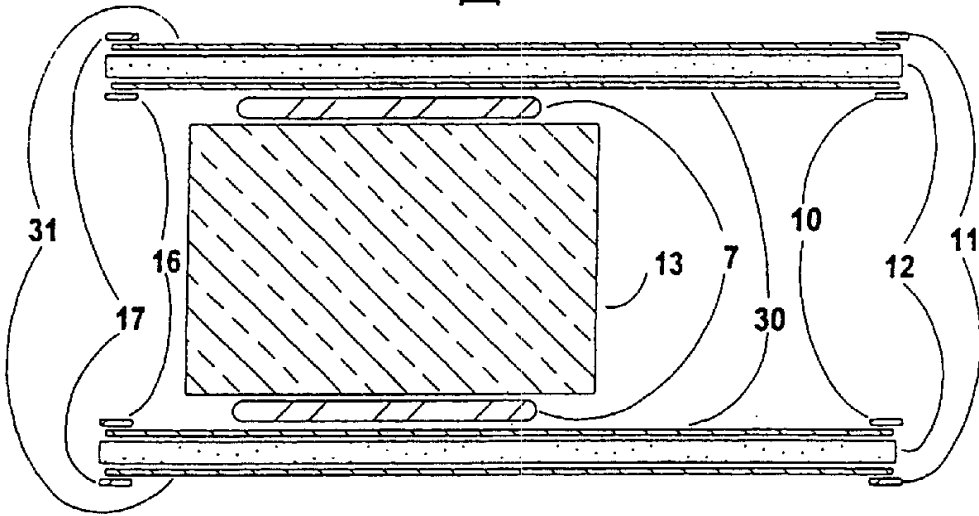


图 2B

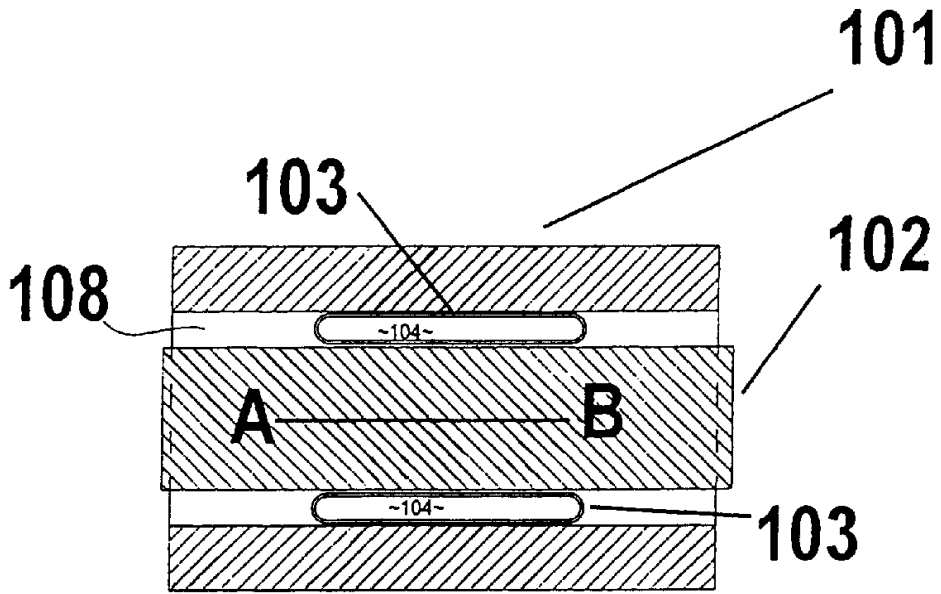


图 4

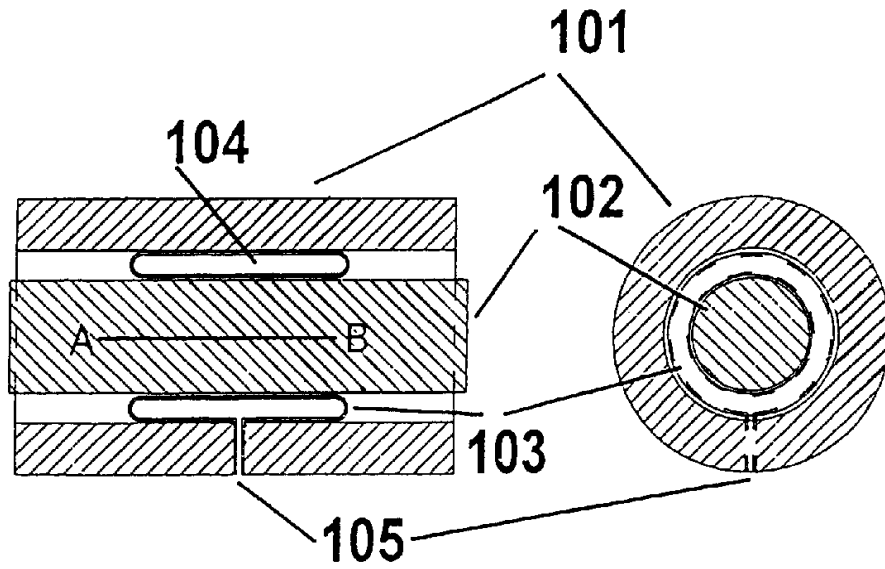


图 5A

图 5B

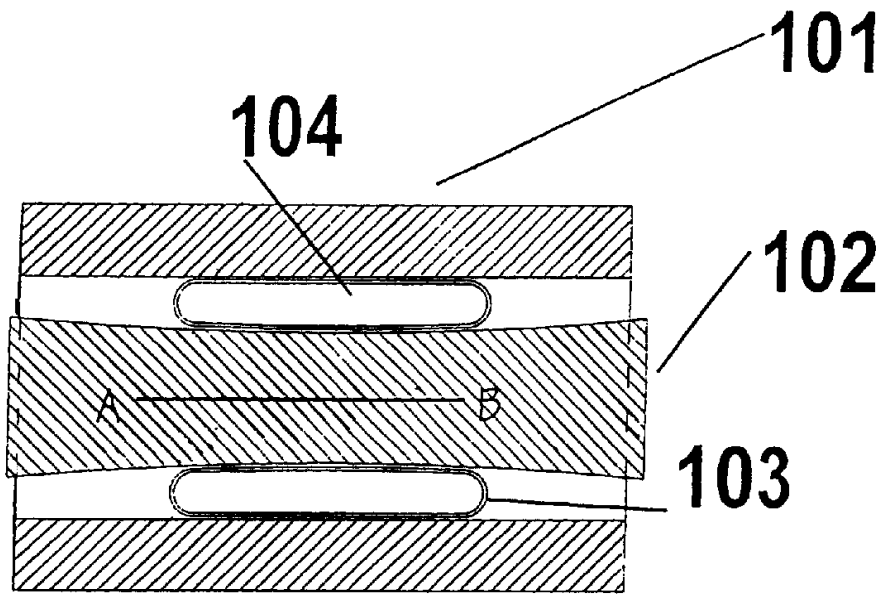


图 6A

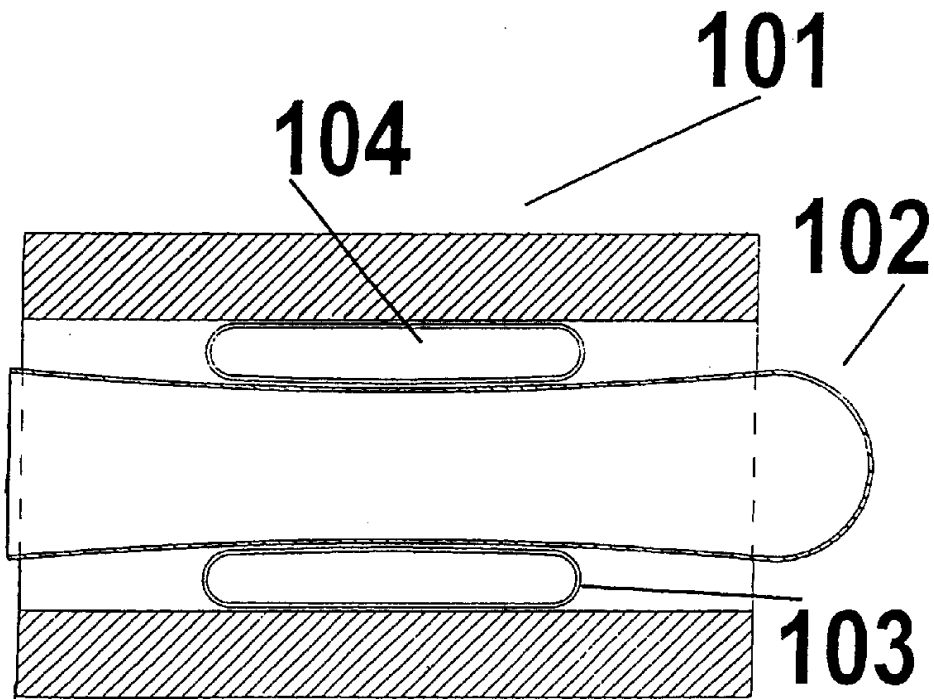


图 6B

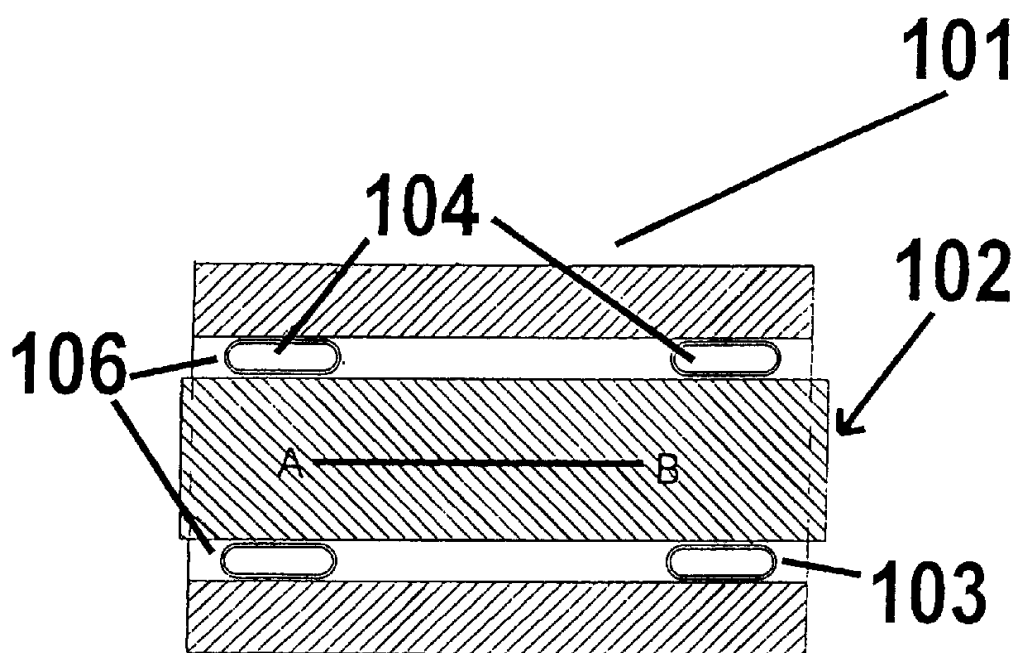


图 7

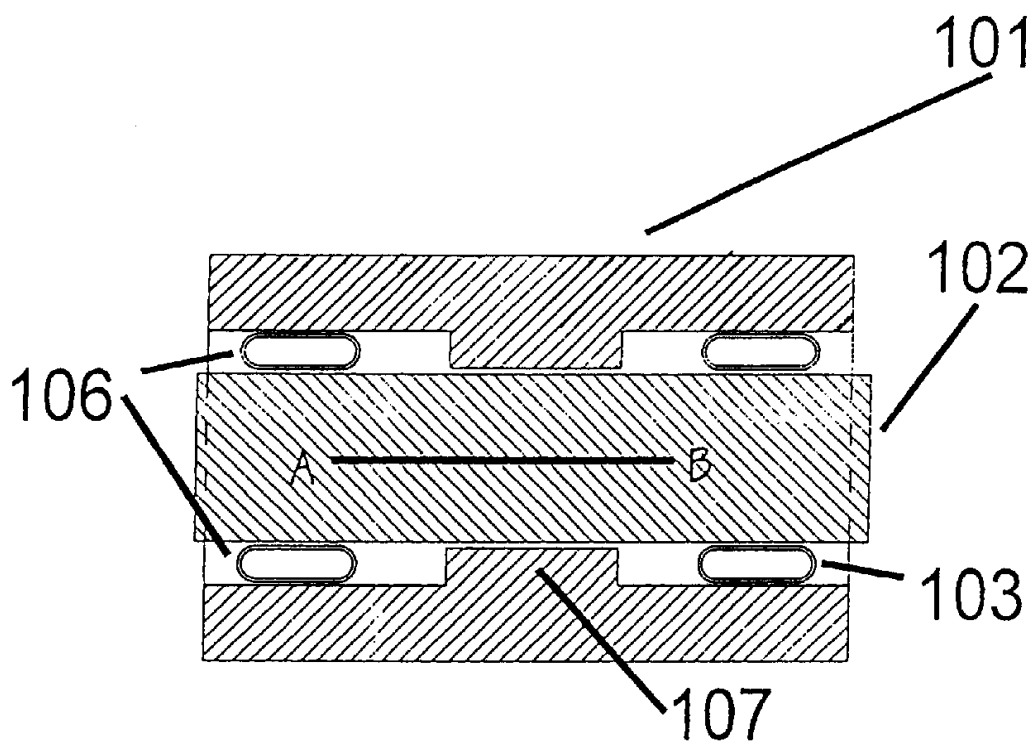


图 8

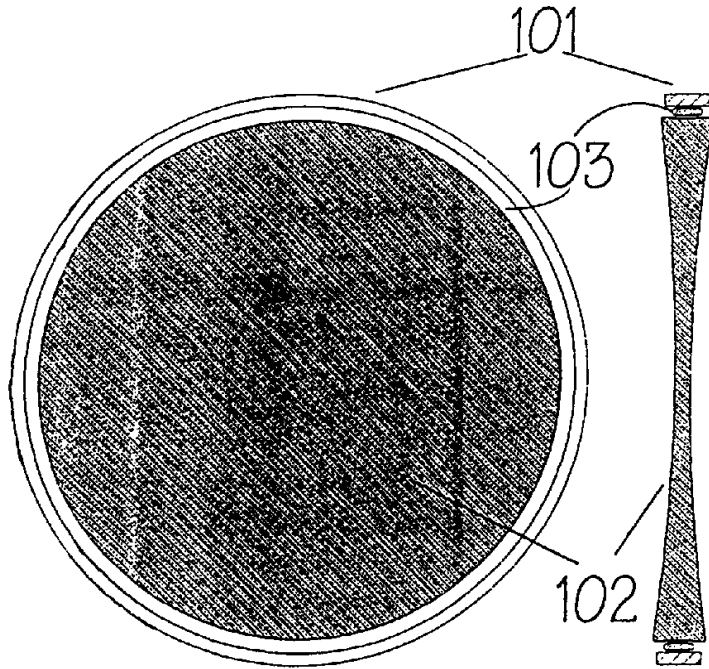


图 9A

图 9B

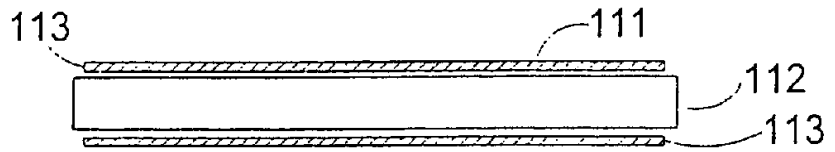


图 10A

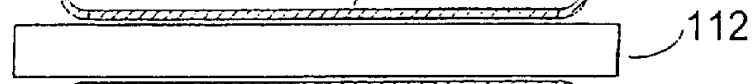


图 10B

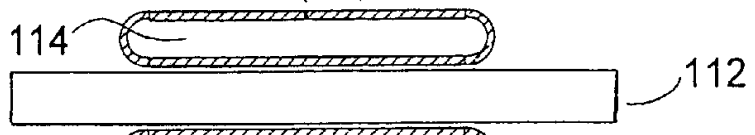


图 10C

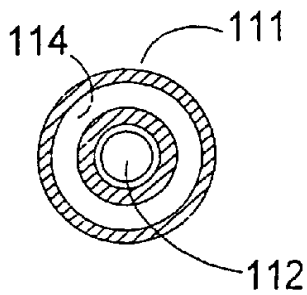


图 10D