



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101350575 B

(45) 授权公告日 2011.05.18

(21) 申请号 200810133663.5

JP 特开平 10-210776 A, 1998.08.07, 全文.

(22) 申请日 2008.07.18

Minoru Kuribayashi et al. Excitation

conditions of flexural traveling waves

for a reversible ultrasonic linear motor.

《Acoustical society of America》. 1985, 第 77

卷 (第 4 期), 第 1431-1435 页.

(30) 优先权数据

2007-189001 2007.07.20 JP

2008-155357 2008.06.13 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

审查员 张筠

地址 日本东京

(72) 发明人 根岸真人 横松孝夫 明正谦

秦诚一 下河边明 孙东明 汪盛

(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

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

H02N 2/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1943101 A, 2007.04.04, 全文.

US 2003/0178915 A1, 2003.09.25, 全文.

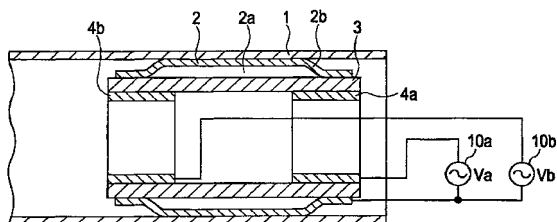
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 13 页

(54) 发明名称

致动器

(57) 摘要

本发明公开一种致动器。圆筒状压电元件被布置成与在中央和端部具有不同直径的圆筒状振动体共享轴,以固定在中央部形成间隙的振动体。跨过压电元件上的第一电极和振动体即第二电极施加振动电压,以振动所述振动体,并且使行波的波前与管状部件即配合到所述振动体的支撑部件接触。振动体的接触部分处的摩擦在管状部件的轴向移动包括振动体和压电元件的动子。通过使用独立于压电元件提供的振动体来放大振动振幅,实现了能够进行高速驱动的小致动器。



1. 一种沿支撑部件移动动子的致动器,包括:

支撑部件;

布置成沿所述支撑部件相对移动的动子,所述动子包括:

压电元件,

提供在所述压电元件的第一表面的一个端部处的第一电极,

提供在所述压电元件的所述第一表面的另一个端部处的第二电极,和

振动体,其中所述振动体的一端被固定到所述压电元件的所述第一表面的相反表面,所述振动体的另一端被固定到所述压电元件的所述第一表面的所述相反表面,并且所述振动体的中央部被布置成与所述支撑部件接触;和

布置成将电压施加到所述第一电极、所述第二电极和所述振动体的电源装置,

其中跨过所述第一电极和所述振动体以及跨过所述第二电极和所述振动体施加所述电压以振动所述压电元件,通过所述振动体放大所述压电元件的振动,从而沿所述支撑部件移动所述动子,

其中所述支撑部件是管状部件,所述压电元件是管状部件,所述振动体是位于所述压电元件的外侧的管状部件,并且包括所述振动体和所述压电元件的所述动子在所述支撑部件的轴向沿所述支撑部件的内表面移动。

2. 一种沿支撑部件移动动子的致动器,包括:

支撑部件;

布置成沿所述支撑部件相对移动的动子,所述动子包括:

压电元件,

提供在所述压电元件的第一表面的一个端部处的第一电极,

提供在所述压电元件的所述第一表面的另一个端部处的第二电极,和

振动体,其中所述振动体的一端被固定到所述压电元件的所述第一表面的相反表面,所述振动体的另一端被固定到所述压电元件的所述第一表面的所述相反表面,并且所述振动体的中央部被布置成与所述支撑部件接触;和

布置成将电压施加到所述第一电极、所述第二电极和所述振动体的电源装置,

其中跨过所述第一电极和所述振动体以及跨过所述第二电极和所述振动体施加所述电压以振动所述压电元件,通过所述振动体放大所述压电元件的振动,从而沿所述支撑部件移动所述动子,

其中所述支撑部件是圆筒状部件或圆柱状部件,所述压电元件是管状部件,所述振动体是位于所述压电元件的内侧的管状部件,并且包括所述振动体和所述压电元件的所述动子在所述支撑部件的轴向沿所述支撑部件的外表面移动。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中通过在所述支撑部件和所述动子的波前的接触部分处产生的摩擦来移动所述动子。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中通过跨过所述第一电极和所述振动体以及跨过所述第二电极和所述振动体施加具有相同频率但不同相位和振幅的振动电压而在所述振动体的振动部分处产生行波。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中通过跨过所述第一电极和所述振动体以及跨过所述第二电极和所述振动体分别施加第一振动电压和间歇的第二振动电压而在所述

振动体的振动部分处产生在直径方向上波动的驻波,所述第一振动电压使得所述压电元件在轴向收缩或扩展,所述间歇的第二振动电压在所述压电元件的扩展时具有与所述振动体的固有频率相同的频率。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中所述第一电极和所述第二电极被集成为单个电极,并且

其中通过跨过单个集成的电极和所述振动体施加第一振动电压和间歇的第二振动电压的合成波而在所述振动体的振动部分处产生在直径方向上波动的驻波,所述第一振动电压使得所述压电元件在轴向收缩或扩展,所述间歇的第二振动电压在所述压电元件的扩展时具有与所述振动体的固有频率相同的频率。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中在所述振动体中提供多个微孔。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中所述振动体在所述振动体和所述支撑部件的接触部分处为波纹板的形状。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中用软材料填充所述振动体的振动部分和所述压电元件之间的部分。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中提供布置成将制冷剂引入到所述振动体的振动部分和所述压电元件之间的部分并且使所述制冷剂循环的管道装置。

11. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动器,其中所述振动体的振动部分或所述支撑部件由金属玻璃形成。

致动器

技术领域

[0001] 本发明涉及能够被用于驱动机械手的指尖等的利用振动的直线致动器 (linear actuator)。

背景技术

[0002] 关于使用振动体 (vibrator) 和压电元件的致动器, 已知一些配置, 诸如超声波马达 (motor)。特别地, 使用致动器实现机械手的指尖的移动要求实现相应于人的肌肉的小的直线运动机构。

[0003] 日本专利出版物 No. 4-72471 公开了一种旋转超声波马达的结构。利用在日本专利出版物 No. 4-72471 中公开的旋转马达实现机械手的指尖的移动要求诸如螺钉的旋转到直线运动转换机构, 这使得难以减小尺寸。

[0004] 在这方面, 因为使用超声波振动的直线致动器能够用小的结构实现直线移动, 所以对于控制机械手的指尖, 致动器是优选的。特别地, 利用压电元件的振动的细长管状 (圆筒状) 直线致动器能够应付机器人的移动速度的增大、行程 (stroke) 的增大和精度的提高。对这样的直线致动器的研究最近已经取得进展。

[0005] 以下描述这样的圆筒状直线致动器。

[0006] 图 14A 和 14B 显示日本专利公开 No. 10-210776 中公开的旋转和直线运动集成型的超声波马达和包括它的电子装置。所述超声波马达包括圆筒状定子 101 和与定子 101 的内或外表面接触的圆筒状动子 (mover) 102。定子 101 具有圆筒状压电元件 103、规则地布置在压电元件 103 的内表面和外表面之一上的多个极化 (polarization) 电极 104、和提供在另一表面上的全表面电极 107。动子 102 由定子 101 中产生的超声波振动而驱动。在这种情况下, 能够通过有选择地施加多种异相 (out-of-phase) 交流电压到极化电极 104 来自由地在旋转和直线方向驱动动子 102。

[0007] 图 15 显示日本专利公开 No. 5-49273 中公开的超声波直线马达。这个超声波直线马达包括: 平行于行进方向振动的第一压电元件 203a、穿过第一压电元件 203a 的轴 201、以及被布置成将第一压电元件 203a 夹在中间且能够把持轴 201 并垂直于行进方向振动的第二和第三压电元件 203b 和 203c。在第一压电元件 203a 和轴 201 之间在径向提供间隙。设置第二和第三压电元件 203b 和 203c, 以使在收缩和扩张时在压电元件 203b 和 203c 与轴 201 的外直径之间分别存在紧缩余量 (tighteningmargin) 和间隙。能够通过改变施加到压电元件的交流电压的相位差来改变驱动速度。

[0008] 通常, 根据有关技术的振动致动器使动子或定子作为振动体振动, 以在动子和定子的接触部分在行进方向产生基于摩擦的驱动力 (推力)。

[0009] 在日本专利公开 No. 10-210776 中公开的旋转和直线运动集成型的超声波马达中, 能够通过有选择地施加多种交流电压到压电元件以使压电元件振动, 而自由地在旋转和直线方向驱动动子。

[0010] 另外, 在日本专利公开 No. 5-49273 公开的超声波直线马达中, 通过施加到第一压

电元件的交流电压来在直线方向实现驱动。

[0011] 然而,因为振动体是通过日本专利公开 No. 10-210776 和 No. 5-49273 中公开的超声波马达中的压电元件构造的,因此存在以下未解决的问题。

[0012] 1) 设计灵活性

[0013] 在设计和制造利用振动体的振动的致动器时,振动体的形状与固有振动 (natural vibration) 模式的形状和频率是直接关系到推力和移动速度的主要的设计参数。然而,因为压电元件是烧结体,所以压电元件不具有金属的机械强度,且机械加工方法为此也受限。相应地,在日本专利公开 No. 10-210776 和 No. 5-49273 中公开的用压电元件形成振动体的超声波马达中,实现大推力和高速移动的设计灵活性降低。

[0014] 2) 振动体的耐久性

[0015] 为了实现高速驱动,在利用振动的致动器中振动体必须以相当高的速度振动。相应地,考虑到致动器的耐久性,振动体的材料必须能抵抗反复变形,并且振动体的结构优选地是简单的和不能破坏的。另外,考虑到材料中产生的热,振动体的材料必须具有小的内部衰减 (damping)。

[0016] 然而,在日本专利公开 No. 10-210776 和 No. 5-49273 中公开的用压电元件形成振动体的超声波马达中,因为振动体具有其中电极将振动体夹在中间的复杂结构以及高频的大振幅振动导致电极的震响 (peeling),所以振动体不能实现高的耐久性。另外,因为压电元件具有大的内部衰减,所以高速的大振幅振动不期望地增加产热量。

[0017] 3) 振动体的接触力

[0018] 另外,因为在利用振动的致动器中产生用作驱动力的摩擦力,所以需要用于使振动体保持接近定子的接触力。如果该接触力太弱,则摩擦力即驱动力降低。如果接触力太强,则所述力干扰振动体的振动并且不期望地降低耐久性。相应地,在振动致动器中保持接触力恒定是重要的。在圆筒状直线致动器的情况中,通过振动体和用作定子的圆形管的配合 (fit) 精度来补偿这个接触力。

[0019] 振动体和圆形管的配合精度依赖于压电元件中产生的热和大气温度的变化而显著地变化。因此,构成振动体的压电材料与定子或动子的材料优选地具有彼此尽可能相等的热膨胀系数。然而,因为圆形管通常由金属等制成,所以当振动体由压电材料制成时热膨胀系数之间存在显著差异,这因此增大热的影响。

[0020] 4) 振动体的振动振幅和移动速度

[0021] 通常,压电元件的变形比基本上等于 10^{-5} 。相应地,当使用具有 2mm 的直径的压电元件时,仅仅引起 $2 \cdot 10^{-5} \text{mm} = 20 \text{nm}$ 的变形。因为压电元件的表面粗糙度远大于 20nm,因此实现直径为 2mm 等的小的直线运动致动器是困难的。

[0022] 另外,在行进方向的移动速度等于驱动频率和振幅的乘积。因此,小的振动振幅值等同于缓慢的移动速度。当压电元件的直径为 2mm,圆周方向中的振幅为 20nm,以及行进方向中的分量为其 1/10 时,以 50kHz 驱动的振动体的移动速度是 $20 \text{nm} \cdot 1/10 \cdot 50 \text{kHz} = 0.1 \text{mm/s}$,其是相当缓慢的。

[0023] 振动体需要以大振幅振动,从而实现高速移动。然而,如果振幅变得太大,则存在于邻近于收缩部分的间隙中的诸如空气的流体被压缩,并且其压力不期望地使振动体悬浮 (超声波悬浮 (levitation))。结果,没有在接触部分产生摩擦且不能获得推力。即,大振

幅振动不期望地降低了推力。

发明内容

[0024] 考虑到有关技术中涉及的未解决的问题,本发明提供一种具有小的和简单的结构以及能够进行稳定的高速驱动的致动器。

[0025] 根据本发明的一个方面,沿支撑部件移动动子的致动器包括动子。所述动子包括:管状的或板状的压电元件;提供在所述压电元件的第一表面上的第一电极;提供在所述压电元件的所述第一表面的相反表面上的第二电极;以及具有被固定到所述压电元件的端部和在所述支撑部件和所述压电元件之间振动的振动部分的振动体。在所述致动器中,跨过(across)第一电极和第二电极施加振动电压以振动所述压电元件,通过所述振动体放大所述压电元件的振动,以及使所述振动部分和所述支撑部件接触,从而移动所述动子。

[0026] 本发明的进一步特征将从下面参考附图对示例性实施例的描述而变得明显。

附图说明

[0027] 图 1 是显示根据本发明的第一示例性实施例的致动器的剖面图。

[0028] 图 2A 到 2C 是说明在图 1 所示的致动器中产生行波的状态的示意图。

[0029] 图 3A 到 3D 是说明用于制造图 1 所示的致动器的方法的示意图。

[0030] 图 4A 和 4B 是分别显示根据本发明的第一示例性实施例的第一和第二变化例的剖面图。

[0031] 图 5 是显示根据本发明的第二示例性实施例的致动器的剖面图。

[0032] 图 6 是显示根据本发明的第三示例性实施例的致动器的剖面图。

[0033] 图 7 是显示根据本发明的第四示例性实施例的致动器的剖面图。

[0034] 图 8A 到 8C 是说明被用于图 7 所示的致动器中的驱动信号的示意图。

[0035] 图 9A 和 9B 是说明驱动图 7 所示的致动器的方法的示意图。

[0036] 图 10 是显示根据本发明的第四示例性实施例的致动器的变化例的剖面图。

[0037] 图 11 是显示根据本发明的第五示例性实施例的致动器的剖面图。

[0038] 图 12 是显示根据本发明的第六示例性实施例的致动器的剖面图。

[0039] 图 13 是显示根据本发明的第七示例性实施例的致动器的剖面图。

[0040] 图 14A 和 14B 是显示根据有关技术的致动器的示意图。

[0041] 图 15 是显示根据有关技术的致动器的示意图。

具体实施方式

[0042] 将参考附图描述本发明的示例性实施例。

[0043] 第一示例性实施例

[0044] 图 1 显示根据本发明的第一示例性实施例的致动器。管状部件 1 是作为定子起作用的圆筒状部件。振动体 2 是圆筒状部件。振动体 2 的轴向中央部的直径大于其端部的直径,且振动体具有中央部膨胀的形状。这个膨胀部分被布置成与管状部件 1 配合。振动体 2 由诸如不锈钢的金属或金属玻璃(metallic glass)形成。压电元件 3 是圆筒状的部件,并且被固定到振动体 2 两端部的内表面上。在振动体 2 的中央部和压电元件 3 之间形成间隙

2a。

[0045] 在压电元件 3 的内表面的各端部提供第一电极（分段电极）4a 和第二电极（分段电极）4b。交流电源 10a 和 10b 跨过第一电极 4a 和振动体 2 以及跨过第二电极 4b 和振动体 2 而施加振动电压，从而压电元件 3 振动。相应地，振动体 2 也作为公共电极起作用。通过振动体 2 放大压电元件 3 的振动，并且在振动体 2 和管状部件 1 的接触部分产生的摩擦力的变化被转变成驱动力，从而包括振动体 2 和压电元件 3 的动子在管状部件 1 的轴向相对移动。

[0046] 图 2A 到 2C 是说明将振动体 2 的振动转换成驱动力的原理的示意图。为了解释的目的，图 2A 到 2C 夸大地显示振动振幅。参考图 2A，通过交流电源 10a 跨过第一电极 4a 和振动体 2 施加正弦波振动电压 V_a 。

[0047] 如图 2B 所示，跨过第一电极 4a 和振动体 2 施加的振动电压 V_a 导致圆筒状压电元件 3 在由箭头 R1 所示的直径方向振动。这个振动导致振动体 2 以在直径方向具有振动振幅的振动模式在振动体 2 接近第一电极 4a 的端部振动。

[0048] 在振动体 2 接近第一电极 4a 的端部产生的振动被转变为在振动体 2 的轴向行进的行波，其由沿振动体 2 的箭头 R2 显示。这个行波的振幅由于振动体 2 和与振动体 2 接触的管状部件 1 之间的摩擦以及振动体 2 的内部衰减而逐渐地变小，并且到达振动体 2 接近第二电极 4b 的端部。

[0049] 在这个示例性实施例中，包括振动体 2 和压电元件 3 的动子利用这个行波在管状部件 1 的轴向相对移动。通常，其波前在一个方向行进的行波被称作行波，而其波前由于与在端部被反射的波干涉而不行进的波被称作驻波。为了防止行波由于反射变成驻波，振动必须与产生振动侧相对的端部被吸收。

[0050] 相应地，如图 2A 中所示，在这个示例性实施例中，交流电源 10b 跨过第二电极 4b 和振动体 2 施加正弦波振动电压 V_b 。振动电压 V_b 具有与振动电压 V_a 相同的频率，但是具有不同的相位和振幅。通过最优化振动电压 V_b 的相位和振幅，上述行波能够在振动体 2 的第二电极 4b 侧被吸收。即，行波被维持，而没有被转变为驻波。

[0051] 图 2C 是说明使用沿箭头 R2 的方向行进的行波在管状部件 1 的轴向相对移动包括振动体 2 和压电元件 3 的动子的原理的示意图。

[0052] 在与管状部件 1 接触的振动体 2 中产生在箭头 R2 所示方向行进的行波。行波导致振动体 2 在箭头 R3 所示方向椭圆形地振动。该椭圆形的振动在与行波方向相反的箭头 R4 所示方向推动与振动体 2 接触的管状部件 1。以这样的方式，管状部件 1 在箭头 R4 所示方向相对于振动体 2 相对移动。

[0053] 这时，当椭圆形的振动的振幅增大时，推动管状部件 1 的力（驱动力）变强并且移动速度增大，其作为致动器的特性因此是优选的。在这个示例性实施例中，使用振动体 2 放大压电元件 3 的振动。这时，利用振动体 2 的固有振动模式放大振幅。更具体地说，如果将振动施加到接近振动模式的“节点（node）”的部分，则由于谐振而在接近振动模式的“环（loop）”的部分获得相当大的振幅。相应地，能够通过设置振动电压 V_a 和 V_b 的频率以匹配振动体 2 的固有频率，而使用谐振增加振动体 2 的振动的振幅。

[0054] 同时，为了改变致动器的移动方向，将行波的行进方向改变为相反的方向。更具体地说，跨过第二电极 4b 和振动体 2 施加振动电压 V_a ，以及跨过第一电极 4a 和振动体 2 施加

振动电压 V_b 。

[0055] 在接近各端部的部分形成振动体 2 的平滑 R 形连接部分 2b。用这个 R 形能够显著地改善耐久性。因为这个连接部分 2b 包括接收由压电元件 3 的激发力 (excitation force) 引起的强应力的区域, 所以特别平滑地连接这个区域是重要的。这个 R 形防止应力集中在一点上, 并且改善振动体 2 的强度。结果, 改善了耐久性, 并且能够以较大振幅产生振动, 这使得能够提供能进行高速驱动的致动器。

[0056] 图 3A 到 3D 是说明用于制造振动体 2 的方法的示意图。

[0057] 如图 3A 中所示, 在圆筒状压电元件 3 的各末端上放置第一帽 11。每个帽 11 具有内直径大于压电元件 3 的外直径的掩盖 (mask) 部分 11a。掩盖部分 11a 掩盖压电元件 3 的各端部。

[0058] 如图 3B 中所示, 第一帽 11 在其上的压电元件 3 然后被放入溅射膜沉积设备 (没有示出) 中, 且在旋转压电元件 3 的同时形成牺牲层 12。这时, 因为存在上述掩盖部分 11a, 所以牺牲层 12 的厚度朝着末端逐渐地减小。可在酸和碱中溶解的诸如铝的金属以及可在有机溶剂中溶解的大分子材料能够被用作牺牲层 12 的材料。

[0059] 如图 3C 中所示, 然后在压电元件 3 的各末端上放置第二帽 13。在旋转压电元件 3 的同时在牺牲层 12 上形成用作振动体 2 的膜。作为振动体 2 的材料, 高度抵抗反复施加的应力的材料是优选的。例如, 不锈系列的材料或金属玻璃系列的材料是优选的。特别地, 金属玻璃由非晶金属原子组成。因为金属玻璃是非晶的, 所以金属玻璃显示不同于通常金属的高耐久性。更具体地说, 非晶具有高硬度以及能够改善抗磨性。另外, 用金属玻璃制造管状部件 1 能够改善抗磨性。结果, 能够实现具有高得多的耐久性的致动器。

[0060] 如图 3D 中所示, 然后溶解牺牲层 12 以在振动体 2 和压电元件 3 之间形成间隙 2a。这时, 为了使得用于溶解牺牲层 12 的溶剂与牺牲层 12 接触, 可以使用具有用激光等形成的多个微孔的振动体 2。由于即使存在于邻近接触部分的间隙中的空气被压缩, 在振动体 2 中形成孔也允许被压缩的空气通过孔逃逸, 所以压力不增大。相应地, 能够防止振动体 2 的悬浮。结果, 即使振动体 2 以大振幅振动, 推力也不减小。

[0061] 能够通过以这样的方式制造振动体 2, 而以平滑的 R 形来形成振动体 2 和压电元件 3 的连接部分 2b。

[0062] 尽管在这个示例性实施例中振动体 2 用作公共电极, 但是可以在压电元件 3 的一侧上提供用作公共电极的导电薄膜。然而, 因为当导电的振动体 2 被用作公共电极时能够省略一个电极, 所以能够简化结构。

[0063] 另外, 可以用足够软而不影响振动体 2 的振动的材料填充振动体 2 和压电元件 3 之间的间隙。作为这样的软材料, 具有低硬度的硅橡胶是优选的。如果在上述制造步骤这样的软材料被用作牺牲层 12 并且牺牲层被按照现在的样子留下, 则制造变得更容易并且有利地减少了成本, 因为不需要去除牺牲层 12 的步骤。

[0064] 如果响应振动体 2 的振动, 反复地使振动体 2 与用作支撑部件的管状部件 1 部分地接触和不接触, 则空气压力可以防止振动体 2 与管状部件 1 接触。这个现象被称作超声波悬浮。振动体 2 中形成的多个微孔能够防止这种超声波悬浮。

[0065] 变化例 1

[0066] 如图 4A 中所示, 代替使用在其上形成有微孔的振动体 2, 预先在压电元件 3 上形成

孔 3a, 并且可以用与牺牲层 12 相同的材料填充孔 3a。通过将提供在压电元件 3 上的孔 3a 连接到要被连接到制冷剂循环泵 5 的通道, 制冷剂能够通过间隙 2a 循环。如果压电元件 3 以高速和大振幅振动, 则产生的热量增大。通过引入制冷剂到压电元件 3 和振动体 2 之间的间隙 2a, 能够去除这种热。结果, 能够抑制压电元件 3 和振动体 2 的温度的升高。

[0067] 变化例 2

[0068] 振动体 2 和管状部件 1 的接触部分不必是平坦的。振动体 2 可以为具有如图 4B 所示的波形部分 2c 的波纹 (corrugated) 板的形状。能够通过沉积牺牲层 12 而形成网状掩盖而容易地制造波纹板形状的振动体 2。

[0069] 在振动体 2 的振动期间, 存在于振动体 2 和管状部件 1 之间的空气的压力使振动体 2 悬浮。即, 引起所谓的超声波悬浮。然而, 由于即使存在于邻近接触部分的间隙中的空气被压缩, 振动体 2 的波纹板也允许被压缩的空气从波纹板的凹槽逃逸, 所以压力不增大。相应地, 能够防止振动体 2 的悬浮。结果, 即使振动体 2 以大振幅振动, 推力也不减小。

[0070] 第二示例性实施例

[0071] 图 5 是显示根据本发明的第二示例性实施例的致动器的剖面图。回头参考显示根据第一示例性实施例的致动器的图 1, 包括振动体 2 和压电元件 3 的动子在管状部件 1 内部相对移动。另一方面, 在这个示例性实施例中, 包括圆筒状振动体 22 和压电元件 23 的动子在为实心管的管状部件 21 的外部相对移动。

[0072] 振动体 22 是圆筒状部件。轴向中央部的直径小于端部的直径。振动体 22 为其中中央部是凹形的形状。这个凹形部分被布置成与管状部件 21 配合。压电元件 23 是圆筒状部件, 并且被固定到振动体 22 两端部的外表面上。在振动体 22 的中央部和压电元件 23 之间形成间隙 22a。

[0073] 在压电元件 23 的外表面的各端部提供第一电极 (分段电极) 24a 和第二电极 (分段电极) 24b。交流电源 20a 和 20b 跨过第一电极 24a 和振动体 22 以及跨过第二电极 24b 和振动体 22 分别施加振动电压 V_a 和 V_b , 从而压电元件 23 振动。相应地, 振动体 22 也作为公共电极起作用。通过振动体 22 放大压电元件 23 的振动, 并且在振动体 22 和管状部件 21 的接触部分产生的摩擦力的变化被转变成驱动力, 从而包括振动体 22 和压电元件 23 的动子在管状部件 21 的轴向相对移动。

[0074] 同时, 因为在这个示例性实施例中采用与第一示例性实施例相同的驱动方法, 所以这里省略其描述。另外, 这个示例性实施例提供类似于第一示例性实施例的优点。

[0075] 第三示例性实施例

[0076] 图 6 是显示根据本发明的第三示例性实施例的致动器的剖面图。在这个示例性实施例中, 使用作为板状支撑部件的板状体 31、以及包括板状振动体 32 和板状压电元件 33 的动子。振动体 32 的两端部都被固定到压电元件 33。在用作振动部分的中央部形成间隙 32a。

[0077] 板状振动体 32 的平滑连接部分 32b 被连接到压电元件 33 在接近各端部的部分。连接部分 32b 的 R 形能够显著地改善耐久性。振动体 32 的中央部与板状体 31 接触。这里, 假定重力的方向是向下的方向。这时, 因为振动体 32 由于其重量被压在板状体 31 上, 所以振动体 32 没有被悬浮, 且接触状态被维持。

[0078] 如在上述第一示例性实施例的情况中, 在压电元件 33 的各端部上提供第一电极

34a 和第二电极 34b。交流电源 30a 和 30b 跨过第一电极 34a 和振动体 32 以及跨过第二电极 34b 和振动体 32 分别施加振动电压 V_a 和 V_b , 从而压电元件 33 振动。通过振动电压 V_a 和 V_b 产生的压电元件 33 的振动被传输到振动体 32, 并且在振动体 32 中产生行波。振动体 32 相对于与振动体 32 接触的板状体 31 移动。

[0079] 根据这个示例性实施例, 因为能够通过板状部件构成支撑部件, 所以能够通过简单地使用诸如溅射的膜沉积方法来制造振动体 32。另外, 能够利用的力不仅仅是上述重力, 用弹簧和磁铁产生的力也可以被用于保持振动体 32 与用作支撑部件的板状体 31 接触的压力。

[0080] 第四示例性实施例

[0081] 现在将参考图 7 到图 9B 描述本发明的第四示例性实施例。在这个示例性实施例中, 将描述代替第一示例性实施例中利用的行波而利用驻波的直线致动器的配置。从图 7 到图 9B, 对于与图 1 所示共有的部件赋予相同或相似的数字, 并且省略其描述。

[0082] 图 7 和图 1 之间的差别在于, 第一电极 4a 和第二电极 4b 被用图 7 中形成在压电元件 3 的内表面上的电极 4 代替。另外, 交流电源 40a 的振动电压 V_1 和交流电源 40b 的振动电压 V_2 被加法电路 6 合成 (combine), 并且被跨过振动体 2 和电极 4 作为第三振动电压 V_3 施加。相应地, 第三振动电压 V_3 被施加到振动体 2 的两端。

[0083] 将描述使用作为驻波的振动电压 V_3 在管状部件 1 的轴向相对移动包括振动体 2 和压电元件 3 的动子的原理。

[0084] 如果交流电源 40a 跨过振动体 2 和电极 4 施加图 8A 中所示的第一振动电压 V_1 , 则压电元件 3 在直径方向振动。第一振动电压 V_1 以与振动体 2 的固有频率匹配的频率间歇地 (intermittently) 波动。如图 9A 中所示, 这个振动到振动体 2 的传播使振动体 2 振动, 并且产生在直径方向以具有振动振幅的振动模式波动的驻波。这个驻波是振动体 2 的固有振动模式, 以预定的频率谐振, 并且能够提供大的振幅。基于这个振动, 反复地使布置在振动体 2 的外侧上的管状部件 1 与振动体 2 接触和不接触。

[0085] 如果交流电源 40b 跨过振动体 2 和电极 4 施加图 8B 中所示的第二振动电压 V_2 , 则压电元件 3 不仅在直径方向而且在图 9A 和 9B 中分别所示的箭头 R_a 和 R_b 所示的轴向变形。压电元件 3 重复在箭头 R_a 方向扩展的运动和在箭头 R_b 方向收缩的运动。

[0086] 相应地, 如果在压电元件 3 被第二振动电压 V_2 引起在箭头 R_a 的方向扩展时施加第一振动电压 V_1 , 则使得振动体 2 与管状部件 1 接触, 并且管状部件 1 能够在箭头 R_a 的方向通过摩擦力被推动。相反, 如果第一振动电压 V_1 的电平被降低, 以使得振动振幅在压电元件 3 被第二振动电压 V_2 引起在箭头 R_b 的方向收缩时变小, 则振动体 2 与管状部件 1 之间的摩擦力变得相当地小, 并且管状部件 1 被保持固定。

[0087] 相应地, 通过施加图 8C 中所示的通过合成第一振动电压 V_1 和第二振动电压 V_2 获得的第三振动电压 V_3 , 重复图 9A 和 9B 中所示的状态。这在管状部件 1 的轴向相对移动包括振动体 2 和压电元件 3 的动子。

[0088] 同时, 在使用两种振动电压 V_1 和 V_2 来振动压电元件 3 的方法中, 可以代替使用上述第三振动电压 V_3 而单独地施加振动电压 V_1 和 V_2 。在这种情况下, 如图 10 中所示, 必须配置致动器以使振动电压 V_1 和 V_2 能够被分别地施加到电极 4。

[0089] 为了改变致动器的移动方向, 在压电元件 3 在箭头 R_b 的方向收缩时施加第一振动

电压 V1, 并且第一振动电压 V1 的电平在压电元件 3 在箭头 Ra 的方向扩展时被降低。相应地, 能够通过改变两种振动电压 V1 和 V2 的相位来改变移动方向。

[0090] 第五示例性实施例

[0091] 图 11 是显示根据本发明的第五示例性实施例的致动器的剖面图。这个示例性实施例和第四示例性实施例之间的差别在于, 电极 4 被分成三段。如图 11 中所示, 两个电极 (分段电极) 44a 和 44b 位于各端部并且电极 (分段电极) 44c 位于中央部。

[0092] 施加交流电源 50a 的振动电压 V1 到电极 44a 和 44b。施加交流电源 50b 的振动电压 V2 到位于中央部的电极 44c。如果在压电元件 3 被振动电压 V2 引起在轴向收缩的同时将振动电压 V1 施加到两端部, 则振动体 2 被振动并且驻波的波前接触管状部件 1。通过重复这个动作, 包括振动体 2 和压电元件 3 的动子在管状部件 1 的轴向相对移动。

[0093] 第六示例性实施例

[0094] 图 12 是显示根据本发明的第六示例性实施例的致动器的剖面图。不同于上述第四示例性实施例, 在这个示例性实施例中电极 4 被分成两段。如图 12 中所示, 两个电极 (分段电极) 54a 和 54b 被提供在各端部。另外, 在振动体 2 和压电元件 3 之间提供公共电极 7。

[0095] 分别地将交流电源 60a 和 60b 的相应的振动电压 V1 和 V2 施加到电极 54b 和 54a。如果在压电元件 3 被振动电压 V2 引起在轴向收缩的同时将振动电压 V1 施加到两端部, 则振动体 2 被振动并且驻波的波前接触管状部件 1。通过重复这个动作, 包括振动体 2 和压电元件 3 的动子在管状部件 1 的轴向相对移动。

[0096] 因为独立于振动体 2 而提供公共电极 7, 所以能够使用例如铜和金等的低电阻材料来形成电极。因为能够抑制由于流过电极的电流所造成的热的产生, 所以有利地抑制了温度的升高。

[0097] 第七示例性实施例

[0098] 图 13 是显示根据本发明的第七示例性实施例的致动器的剖面图。在这个示例性实施例中, 根据第四示例性实施例的包括振动体 2 和压电元件 3 的动子在垂直于轴的平面处被截为一半, 导致振动体 2、压电元件 3、电极 4 和间隙 2a。采用与第四示例性实施例相同的驱动方法。

[0099] 尽管已经参考示例性实施例描述了本发明, 但要理解的是, 本发明不限于所公开的示例性实施例。随附的权利要求的范围应被赋予最广的解释以包括所有修改以及等同的结构和功能。

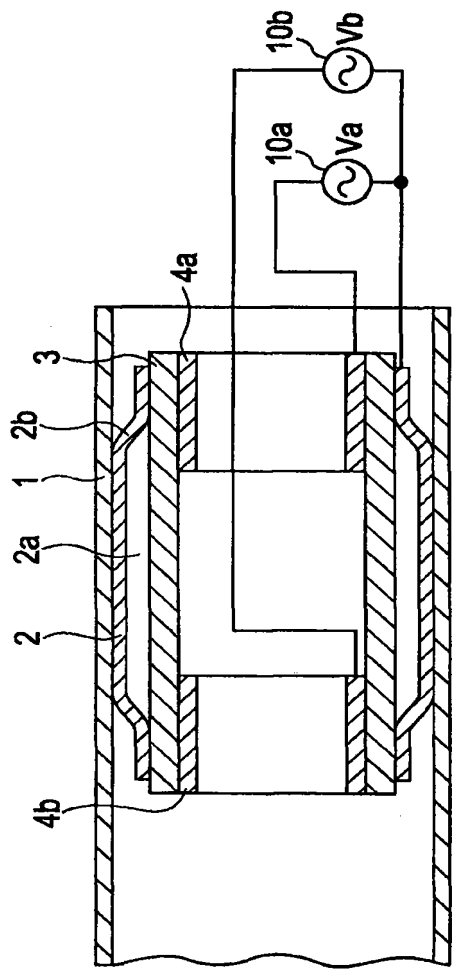


图1

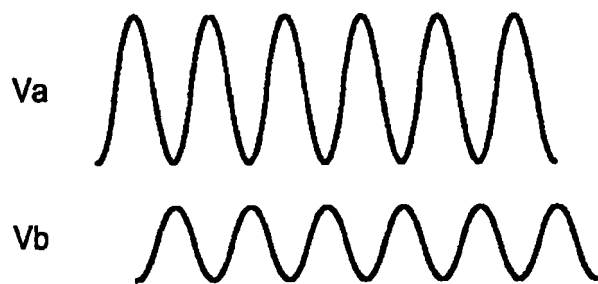


图 2A

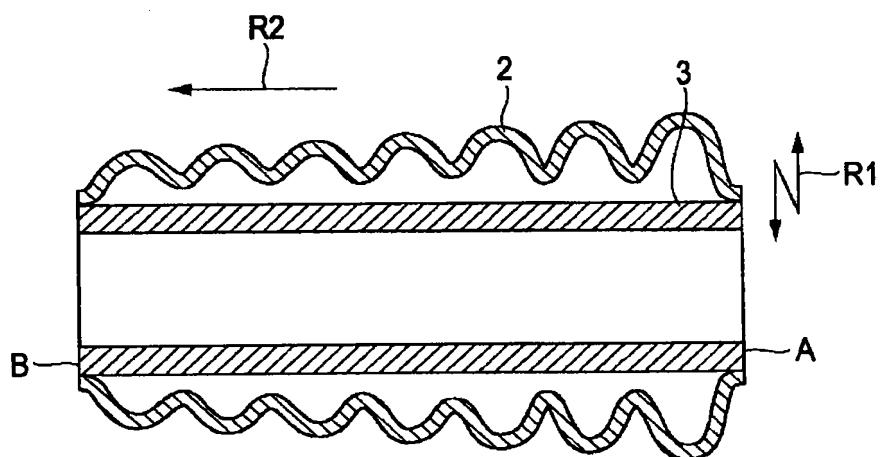


图 2B

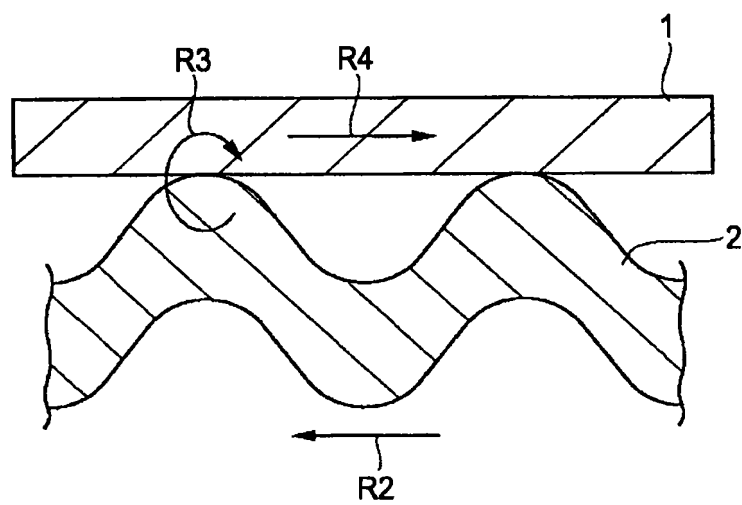
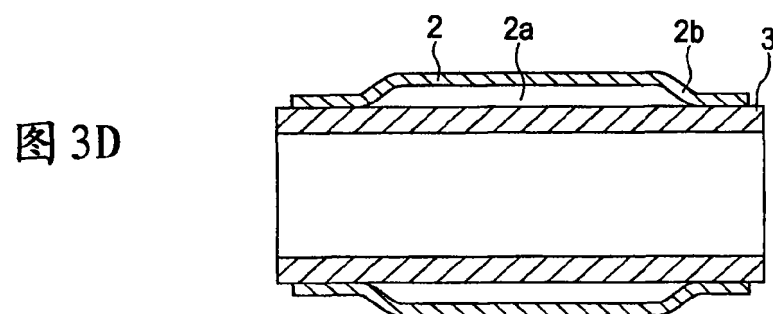
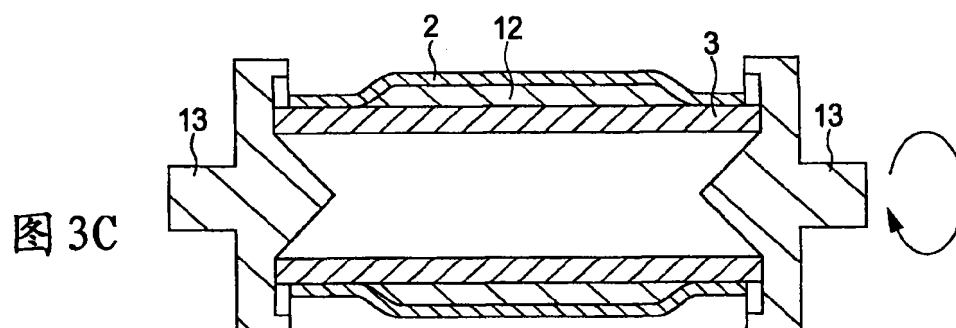
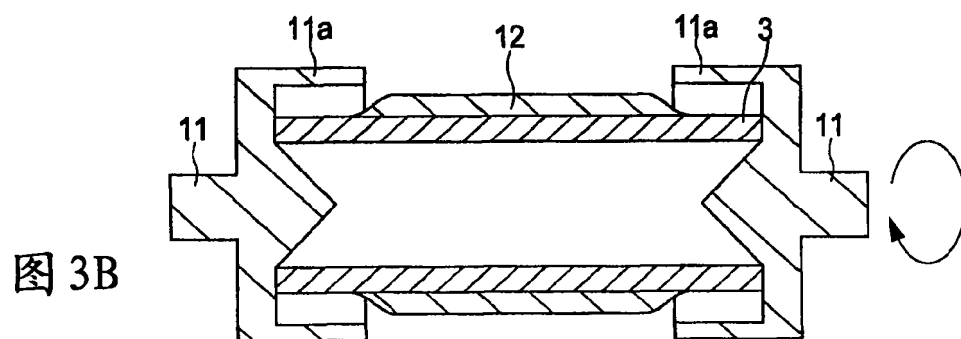
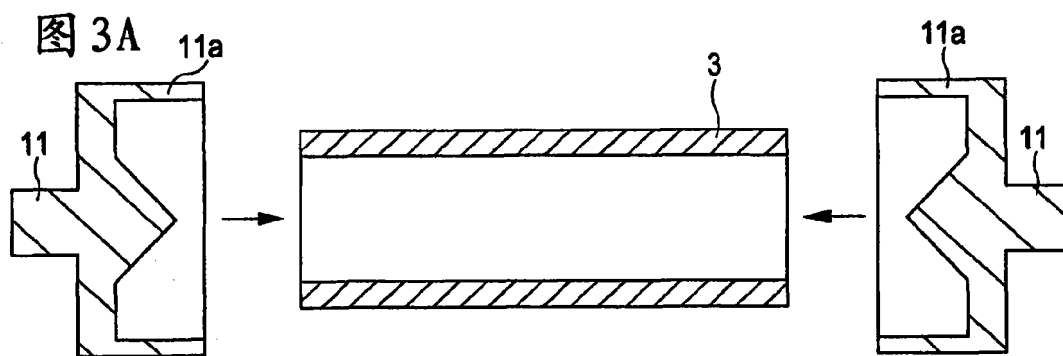


图 2C



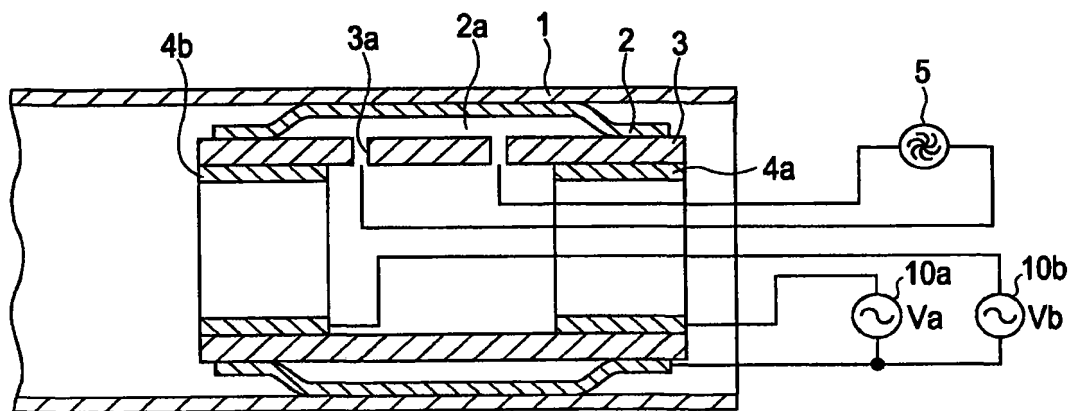


图 4A

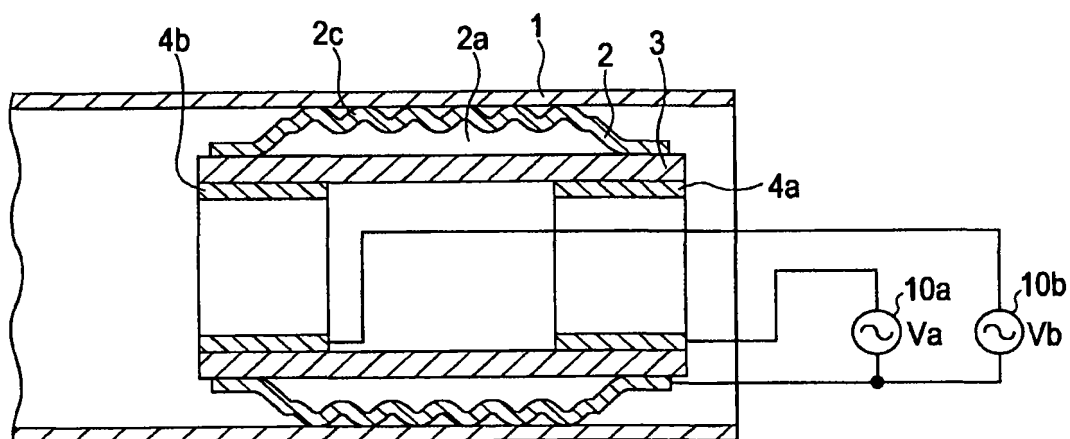


图 4B

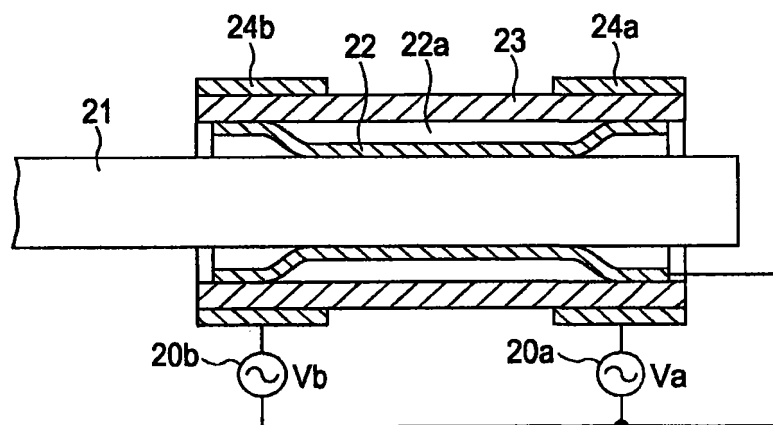


图 5

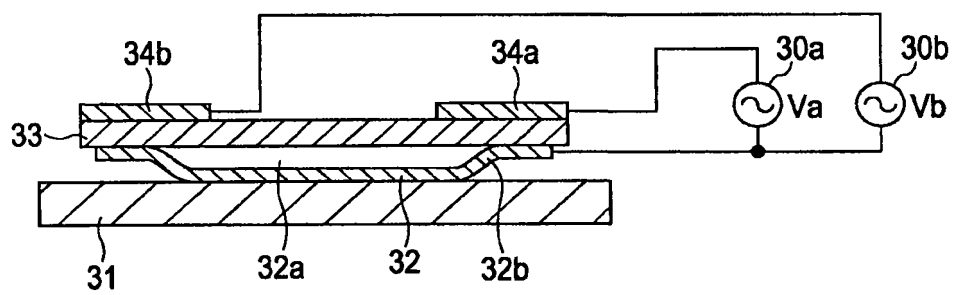


图 6

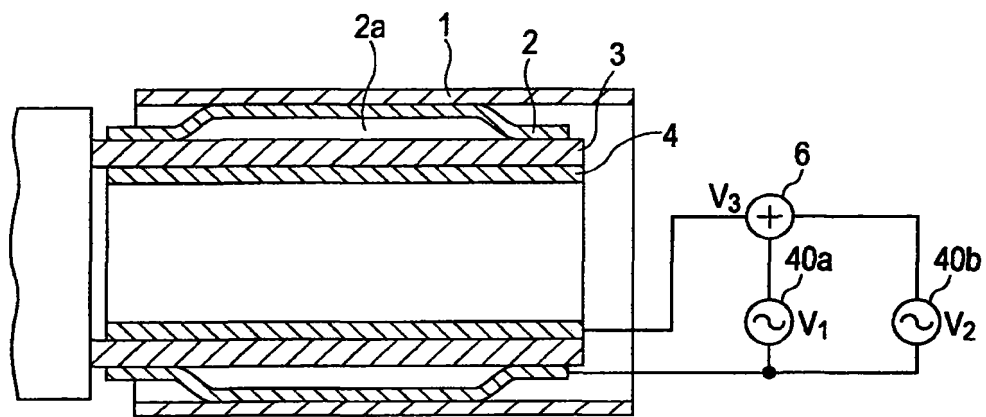


图 7



图 8A

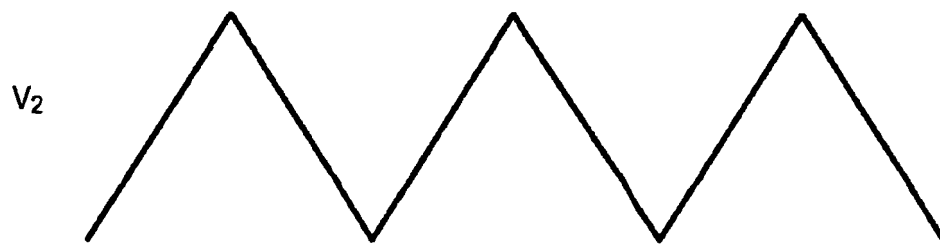


图 8B

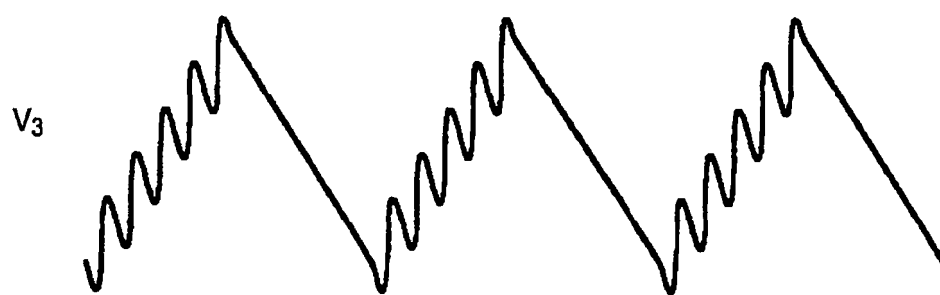


图 8C

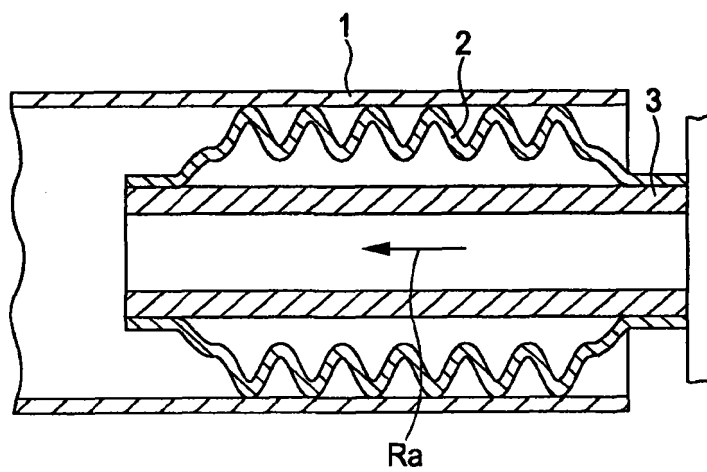


图 9A

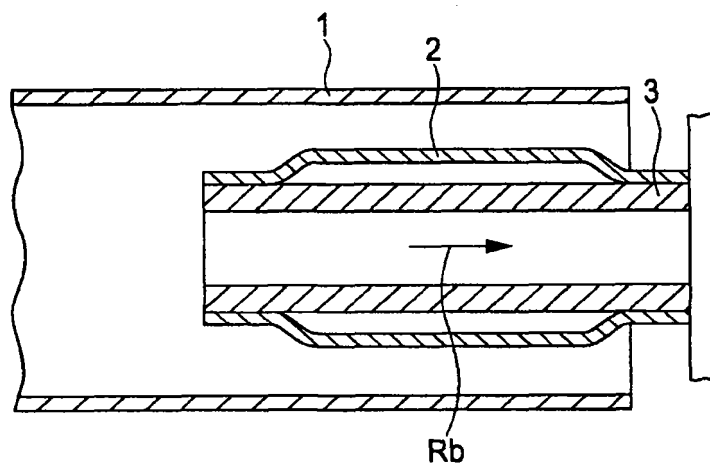


图 9B

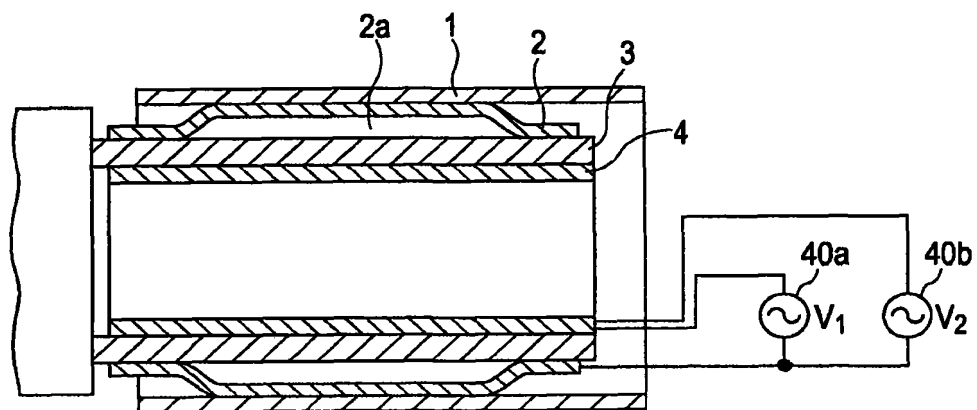


图 10

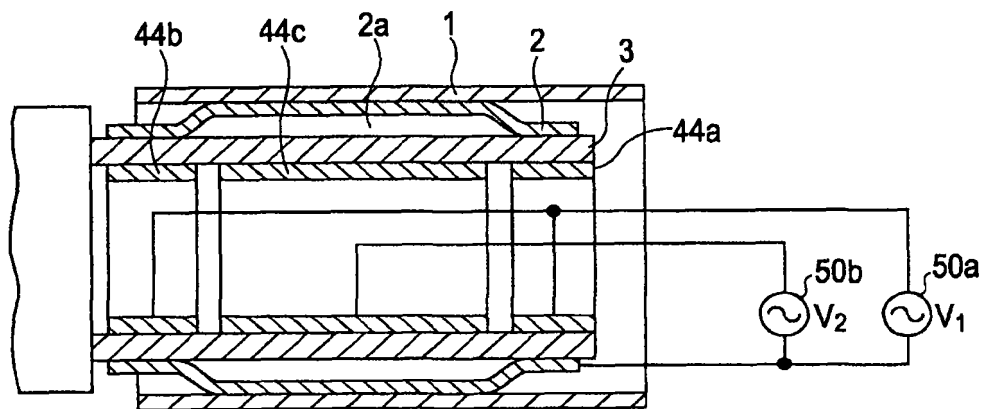


图 11

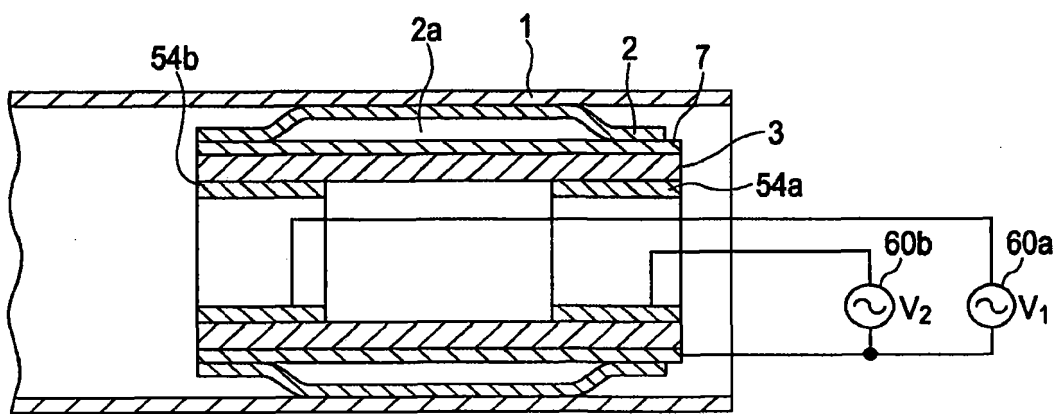


图 12

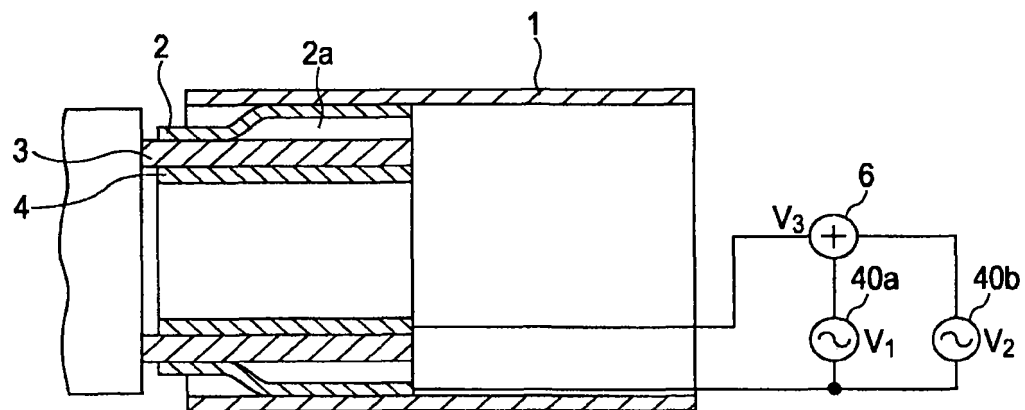


图 13

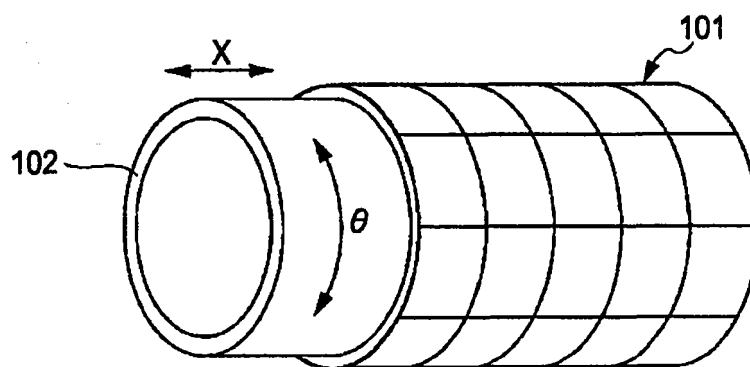


图 14A

现有技术

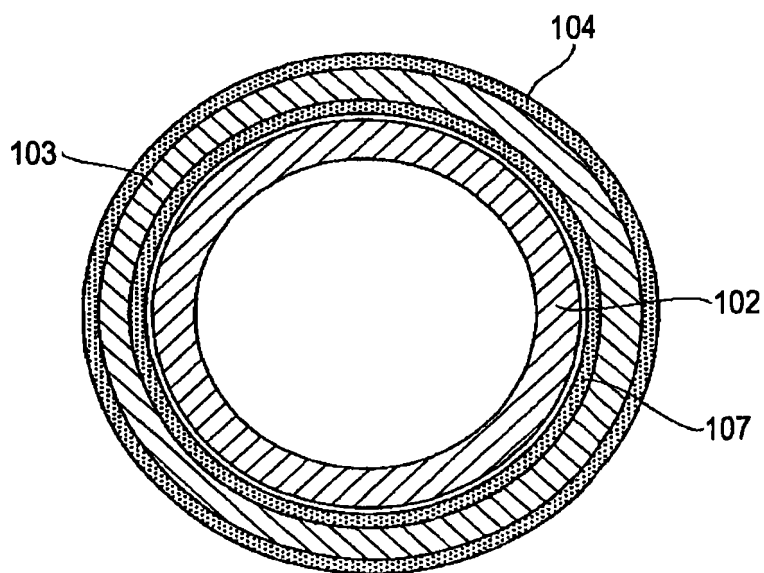


图 14B

现有技术

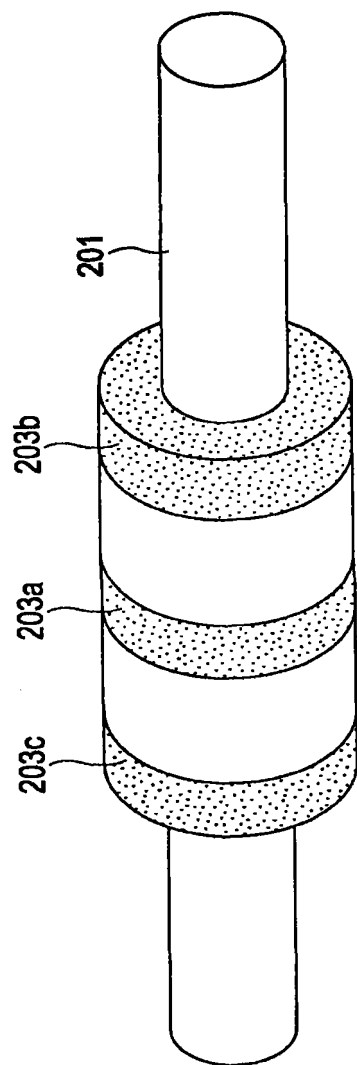


图15
现有技术