

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01N 11/16

G01N 9/00 G01L 9/00

G01N 29/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99810349.7

[43] 公开日 2001 年 10 月 3 日

[11] 公开号 CN 1316054A

[22] 申请日 1999.7.6 [21] 申请号 99810349.7

[30] 优先权

[32] 1998.7.15 [33] GB [31] 9815232.5

[86] 国际申请 PCT/GB99/02160 1999.7.6

[87] 国际公布 WO00/04370 英 2000.1.27

[85] 进入国家阶段日期 2001.2.28

[71] 申请人 海德拉运动有限公司

地址 英国北约克郡

[72] 发明人 约翰·格拉德·咖拉佛

[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

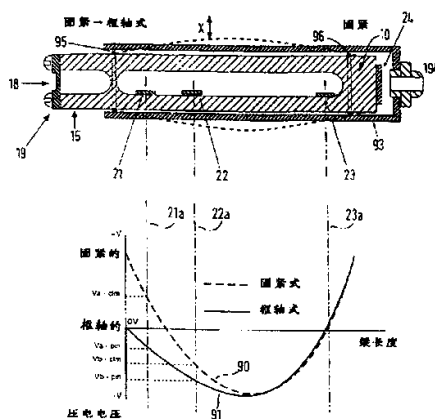
代理人 马浩

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图页数 5 页

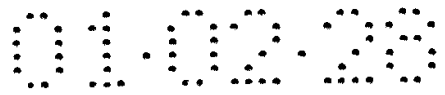
[54] 发明名称 诊断传感器

[57] 摘要

一种流体的力或者粘度或其它属性的传感器,包括一机械式谐振器(10),该谐振器(10)包括一其刚性至少部分地决定其谐振的模态形状的组元(11、18、123),和在所述组元的刚性改变时用来测量谐振的量度变化的机构(21-23)。该谐振器(10)可以包括在或接近于一端处由一提供谐振器固紧条件的轭(12、122)相连,且在或接近另一端处由所述组元相连的两个梁(10a、10b、120、121)。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1.一种包括一机械式谐振器(10)的传感器,该谐振器包括一其刚性至少部分地决定其谐振的模态形状的组元(11、18、123)和在所述组元的刚性改变时用来测量该谐振的量度变化的机构(21-23)。

2.根据权利要求1的传感器,其特征在于所述谐振器(10)包括由至少所述组元相连的两个梁(10a、10b、120、121)。

3.根据权利要求2的传感器,其特征在于所述梁在或接近于一端处由一提供在所述一端处谐振器固紧条件的轭(12、122)相连,并由所述组元在或接近另一端处相连。

4.根据权利要求3的传感器,其特征在于包括所述梁的该谐振器包括一被配置来提高谐振器的灵敏度以改变所述组元厚度的箱部分。

5.根据前述的任一个权利要求的传感器,其特征在于用来测量的所述机构(21-23)包括至少两个感测传感器,其中一个位于或接近谐振的节点并提供一参考信号。

6.一种感测方法,包括测量谐振器部分的振幅或相位或频率的变化,以作为由形成谐振器部分或相连到谐振器上的组元刚性的改变所引起的谐振器模态形状改变的结果。

7.根据权利要求5的方法,被用来检测所述组元的损耗或构建。

8.根据权利要求5的方法,被用来测量流体的粘度。

9.根据权利要求5的方法,被用来测量固体或流体的粘滞弹性。

10.根据权利要求5的方法,被用来测量从谐振器模态形状改变的力。



说明书

诊断传感器

本发明涉及利用振动谐振结构来测量液体和固体的物理和化学性质。

众所周知，通过测量振动结构的振动的一些特性或参数可以测得一种如固体或液体等介质的密度或粘度的性质。在美国专利 5023560、5363691 和 5670709 中说明了这一技术的一般状态的一些例子。

本发明以测量机械谐振器的振幅、相位、或频率的振动为根据，而进行如属于谐振器部分或相连到谐振器上的梁组元的刚度变化所引起的谐振系统模态形状的变化。

附图简介

图 1 和图 2 表示梁谐振器的各种谐振系统。

图 3 和图 4 表示各种谐振特性。

图 5 至图 8 表示各种梁谐振器。

图 9 表示本发明的特定实施例(图 9a)及其谐振模态的特性(图 9b)。

图 10 表示一谐振特性。

图 11 表示本发明的另一实施例。

图 12 表示本发明的又一实施例。

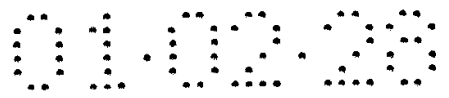
图 13 表示图 12 的实施例但以不同模态振动。

图 14 和图 15 表示谐振器从“固紧-枢轴式”状态到“固紧-自由式”状态的变化。

详细描述

通过示例来描述各种实施例以说明本发明所应用的原理。

图 1 表示包括两个基本平行的在其末端刚性相连的梁 10a 和 10b 的梁谐振器 10。该梁在其末端的相连是坚实的且使得形成在其末端



的轭 11 和 12 具有高的刚性。因此在模态梁分析的术语中称这种梁为“固紧式”。梁的振动由箭头 Y 表示。

这里称作“固紧-固紧式”的这一谐振器，将以公式所给出的第一模式自然频率而谐振：

$$f=22.3733\sqrt{(EI/ML^4)}\dots\dots\dots(1)$$

f=频率

E=杨氏模量

I=质量转动惯量

M=质量/单位长度

L=梁的长度

如果在谐振器 10 一端的相连轭 11 基本上被退化，该梁则不再看作是固紧的，如同它们被允许绕其相连点转动一定度数。在模态梁分析的术语中这种轭接近“枢轴”条件。在图 2 中表示这一情况，且“固紧-枢轴式”系统将以公式所给出的自然频率而谐振。

$$f=15.4182\sqrt{(EI/ML^4)}\dots\dots\dots(2)$$

从公式 (1) 和 (2) 可以看出从完全固紧到完全枢轴的转换导致了大约 30% 的频率的变化。如果失去该轭相连，称梁为“自由式”，且这一“固紧-自由式”系统将由公式所给出的自然频率谐振：

$$f=3.516\sqrt{(EI/ML^4)}\dots\dots\dots(3)$$

从公式 (2) 和 (3) 可以看出从完全枢轴到完全自由的转换导致了大约 77% 的频率的变化。

除了频率的改变，固紧-固紧式系统的模态形状明显不同于固紧-枢轴式设置的模态形状。在图 3 中表示在固紧式和枢轴式模式中的梁的位移的总图。曲线 30 表示轭 11 和 12 是“固紧式”时梁在整个长度上最大位移的变化。曲线 31 表示轭 11 是“枢轴式”时的对应的位移。图 4 表示在固紧-固紧式状态 (曲线 40) 和固紧-枢轴式 (曲线 41) 状态下沿梁的相对应位置的局部梁的弯曲变化。在固紧-枢轴式条件变换到固紧-自由式条件时还有模态变化。

一种如压电装置的响应于局部梁的挠曲的传感器，会以类似于

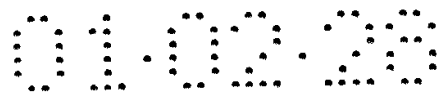


图 4 所示曲线的方式存在一响应梁长度方向上的位置的信号。除了观察到随长度而变化的电压振幅之外，也可以观察到振动信号沿长度上的极性变化、或相位变化。

总之，从固紧-固紧式状态到固紧-枢轴式状态，或从固紧-枢轴式状态到固紧-自由式状态的转换导致了与梁上位置有关的振动频率、振幅和相位的变化。从固紧-固紧式到固紧-自由式的变化也随着明显地产生相似的结果。对响应于影响谐振器模态分类（例如固紧-固紧式到固紧-枢轴式，固紧-枢轴式到固紧-自由式）的事件的这些参数的变化的测量构成了本发明的基础。

在存在如腐蚀或剥落的物质退化或材料增加的应用中，实际的物质可以在梁上形成一刚性组元且因此有助于在固紧或枢轴时作为轭。

图 5 表示二元梁系统的简单实施例，同图 1 所示相似。在形成轭 11 的梁的相连处的材料的减少产生了如图 5 的 13 所示薄而少的坚实相连且可以在谐振器的末端产生到枢轴状态的转变。但是通常这一系统要求材料有明显的减少以强化这种模态的变化。

图 6 和图 7 表示对该基本系统的改进，在这两种情况下，简单相连轭 11 由箱部分（box section）15 替代。该部分从空间分立组元 14 和 14a 获得其刚性，且任一个组元 14 和 14a 部分小的厚度的减小都会强化刚度的基本改变-因此改变了该部分的刚性。

图 6 特别地表示由组元 14 的纵向刚性进行箱部分的刚性调整的系统。图 7 表示组元 14 和 14a 间的分段 16 和 17，如果它们的挠曲或纵向刚度改变的话则会明显地影响部分 15 的刚性。

图 8 表示图 6 所示系统的改进，且允许在端部使用“螺栓固紧式”部分刚体 18 替代组元 14 来相连梁，刚体 18 由分别在梁 10a 和 10b 上的螺栓 19 固紧。这形成了一选择部分组元的材料、形状和尺寸的便利的装置以适合特殊的应用。

图 9a 表示根据图 8 所示系统的特定的实施例，尽管在原理上前面所述的任一系统都可使用，但策略地设置了压电传感器以显示特

定位置处的梁的挠曲的幅值和相位。来自每个传感器的信号直接涉及到由轴的固紧或枢轴状态所形成的模态图案。梁结构的侧面的振动如箭头 Y 所示。

在图 9a 所示的系统中，压电传感器 21、22 和 23 安放在沿下部梁 10b 的内表面的不同位置，以便在系统处于由安放在（在本实施例中）谐振梁系统的固紧末端的由驱动压电传感器 24 所感应的谐振模式时、得到在那些位置处的梁的位移的测量，这些测量是由相应的压电输出电压表示的。在这一系统中将传感器 23 作为一参考，因为其被设置成接近于一节点，且谐振器的邻近部分的位移是最小的。驱动传感器 24 可以有一来自一个或多个感测传感器 21、22 和 23 的再生回授相连（在本领域是公知的）。电磁驱动和感测传感器可以用来代替压电传感器。也可以酌情使用其它形式的传感器例如电容式、光学式或声传感器。

图 9b 是压电电压与沿梁所测量的距离的关系图，曲线 90 和 91 分别属于在末端 11 处的固紧和枢轴的状态。特定的压电电压（piezo voltage）由投影线 21a、22a 和 23a（通过对应的传感器 21、22 和 23）与曲线 90 和 91 的交点表示。

图 9 所示的实施例包括一传感器腔 93，该腔包括一具有用于将传感器通过管的封闭端穿过的线的封套 94。O 型环密封圈 95 和 96 设置在梁结构 10 和管之间接近管的端部的位置，从箱部分 15 伸出的开口端。

图 10 表示来自传感器 21 和 22（曲线 101 和 102）的压电电压 V_a 和 V_b 的变化和谐振频率的变化（曲线 103），作为减小区段刚体 18 的刚性的一个函数。曲线 101 展示了相变化（在 104 显示）。曲线 100 表示从传感器 23 得到的基本恒定的压电电压 V_{ref} 。通过测量压电传感器的信号随时间的变化或改变可随着监测导致牺牲区段刚体材料的减小或增加的任何的物理、化学、或生物反应的进程。作为一例子，由铁制成的区段刚体有其厚度，且因此其刚度减少，处于在随时间腐蚀的环境中且 V_a 和 V_b 或频率的测量将指示腐蚀率。

电化学系列的其它材料的选择还可随着展示了在合适的电解或反应介质中的同样的腐蚀/沉积效果。

如下的信号处理技术可以用来放大结果。

(a) 由 V_b 除以 V_a 将得到依赖于区段刚性但独立于信号或系统衰减的振幅的比率。

(b) 由 V_{ref} 除以 V_b 或 V_a 将得到依赖于区段刚性但独立于信号或系统衰减的振幅的比率。

(c) V_b 的相位的测量将形成一指明特定部分刚性达到的点的简单的方法。

(d) 沿梁安装的多个压电传感器可以用来监测相位的变化以指明部分刚性改变进程。

(e) 如果该谐振器处于同其环境的完全温度平衡状态，则模态形状表明部分刚性同温度无关。

(f) 频率信号同温度有一定的关系，所以同频率信号的模态形状的比较将产生 (yield) 来自单一谐振器温度和部分刚度。

通常本发明能提供一力传感器。根据图 11 所示的移去的部分刚体 (其它地类似图 9) 在轭上压力或拉力的外力 111 和 112 的存在，使得枢轴轭的刚性向固紧状态变化。这些力可以是机械的、电子的或者磁的。

梁 10a 和 10b 的移动将产生一速度且因此产生了流体内的剪切行为。通过测量信号的能量损失或质量系数 Q 可以确定粘性剪切损失，且因此而确定流体的粘度。同样，可以从谐振信号的 Q 值确定所有相连接到轭上的固体的衰减能力。

粘性流体的弹性可以从因流体的弹性模量导致的轭的加强的谐振频率变化而得出。

图 12 表示不同实施例的剖视图，在其中梁结构 10 包括内筒梁 120 和外筒形梁 121。该梁由相对厚的轭组元 122 在固紧端且由轭组元 123 在另一端相连。轭 123 的刚性的减小在该端的相连由“固紧式”改变为“枢轴式”。

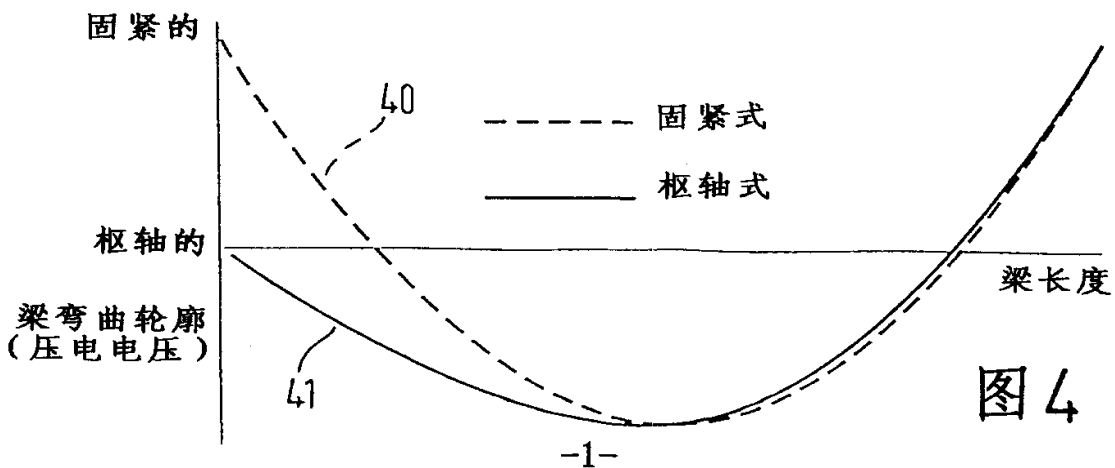
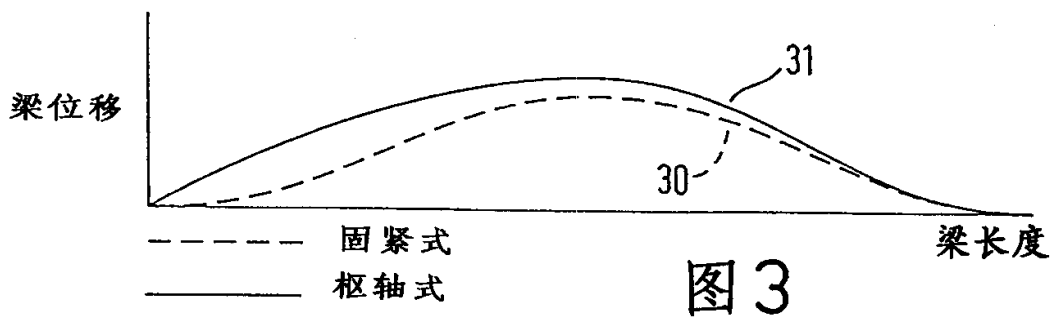
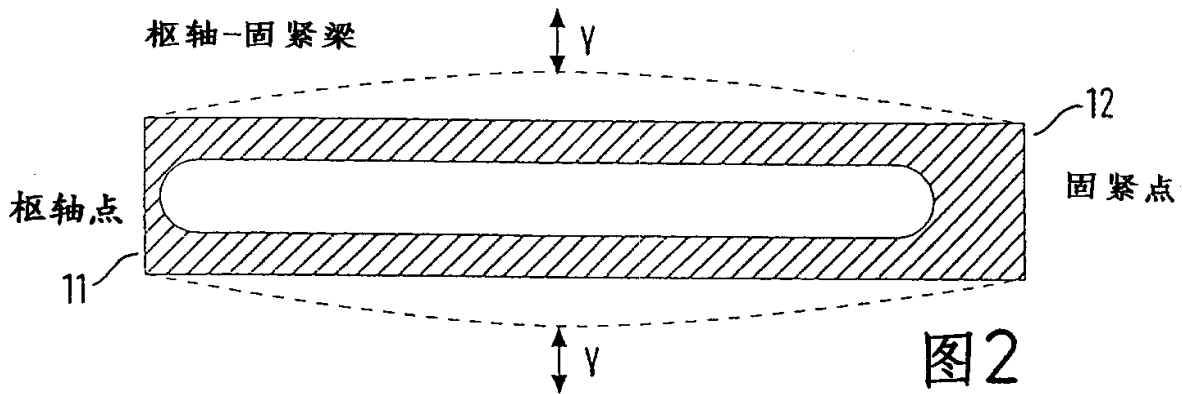
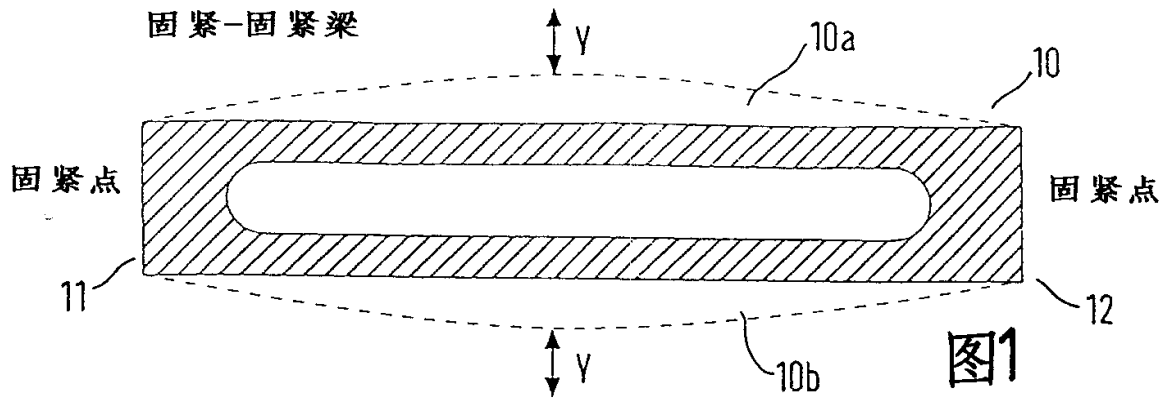
图 12 包括安装在外梁上的感测传感器 21、22 和 23 和安装在轭组元 122 上的驱动传感器 24。梁结构由管 93 包围，管 93 有封套 94 和中间的 O 型密封圈 95 和 96。

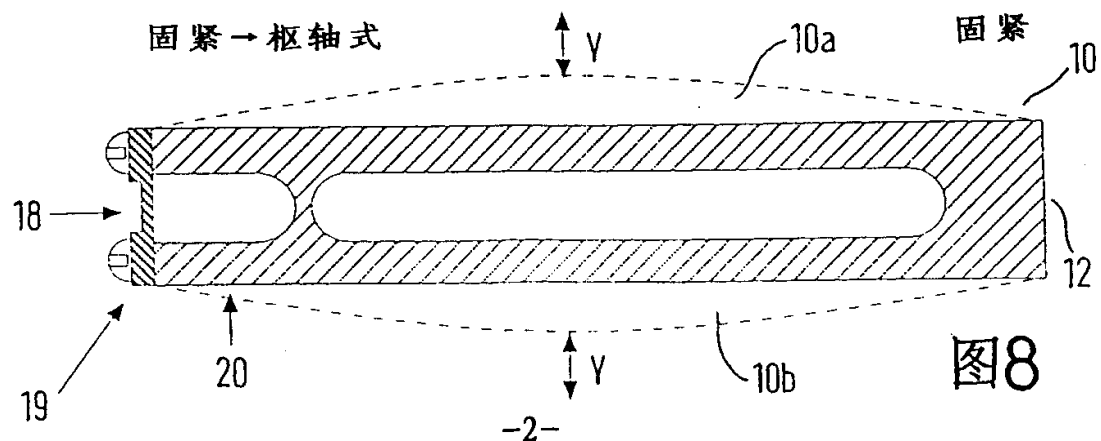
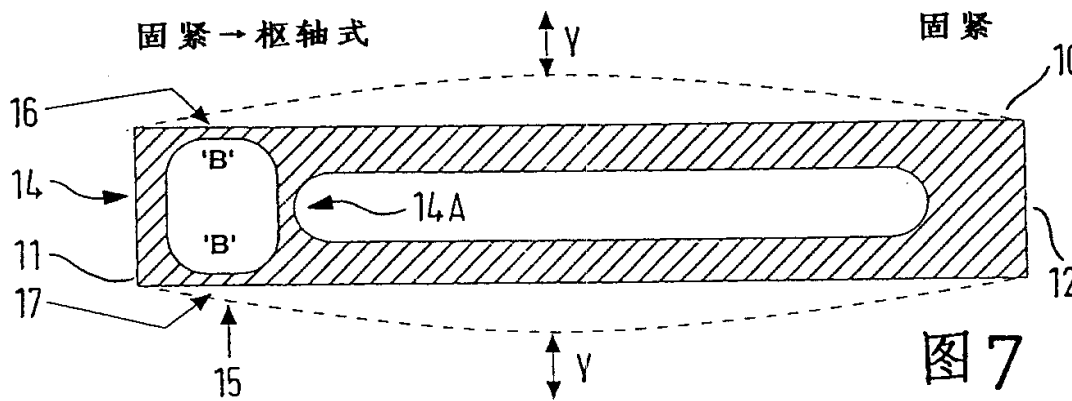
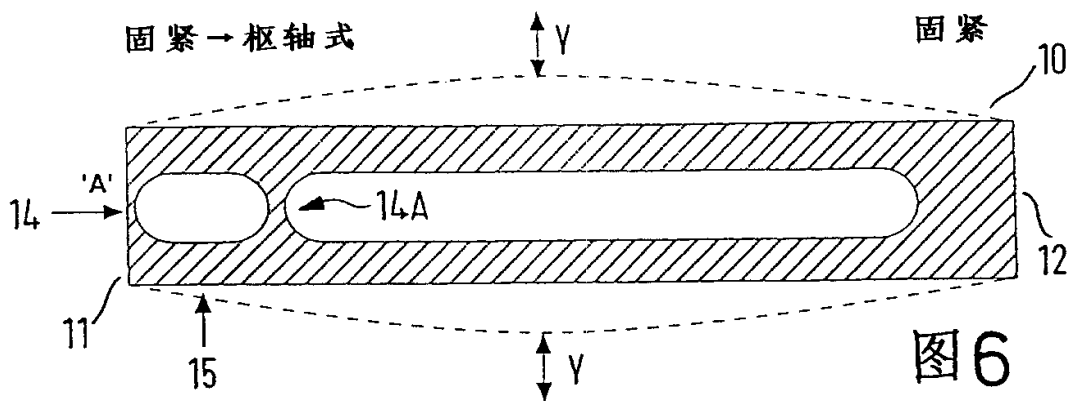
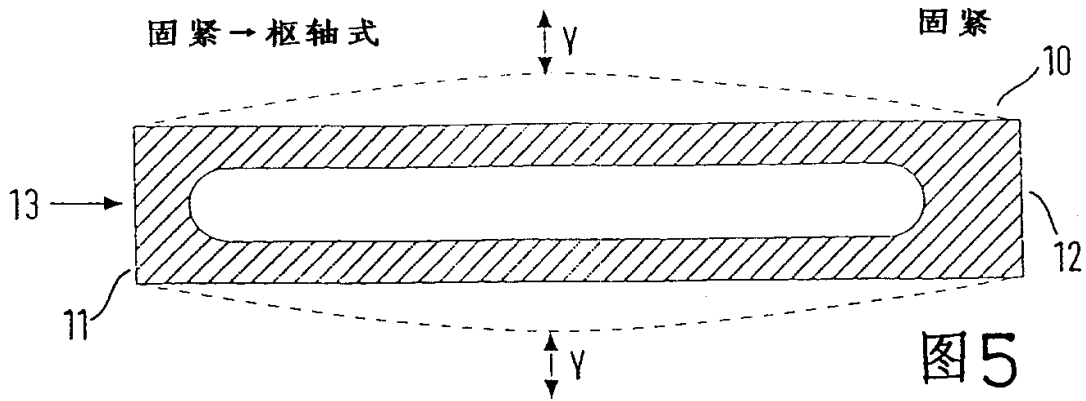
图 13 同图 12 相似但表示在长度模式（箭头 X）的结构的振动。

作为另一个例子，图 14a 和 14b 表示由图 14a 所示的固紧-枢轴结构 10 到一端的组元 11 消失时的固紧-自由条件的退化（degeneration）。该结构在其另一端 140 是固紧的。

所有的谐振器可以在谐波模态的自然频率工作。在比基础模式高的模式下有在模态/频率特性的成比例的位移。

说明书附图





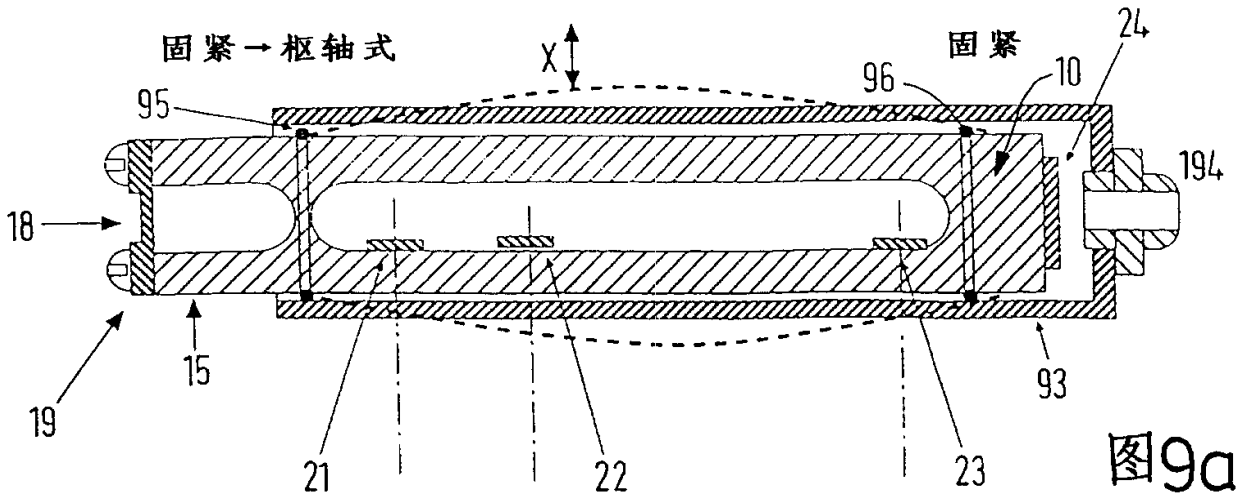


图9a

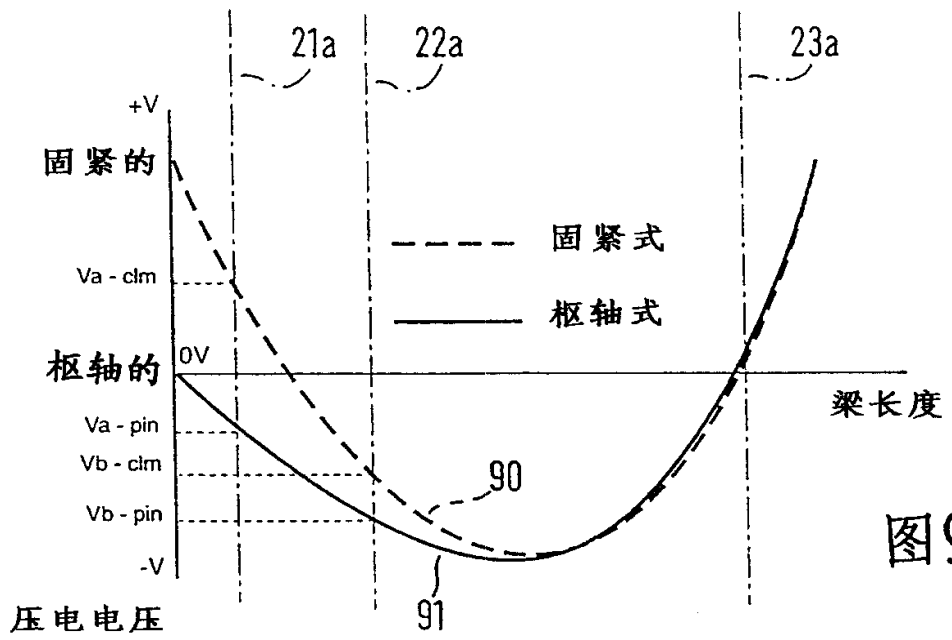


图9b

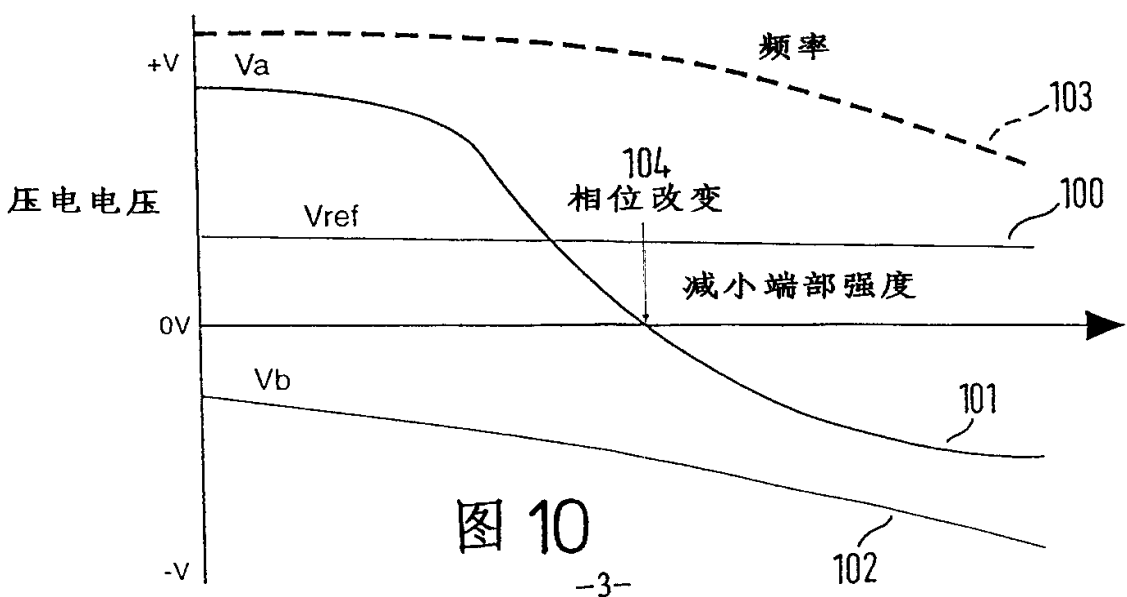
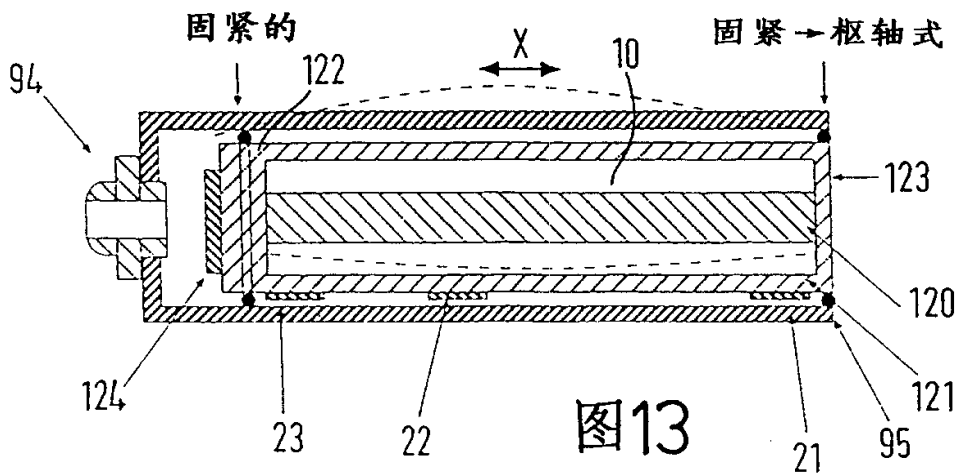
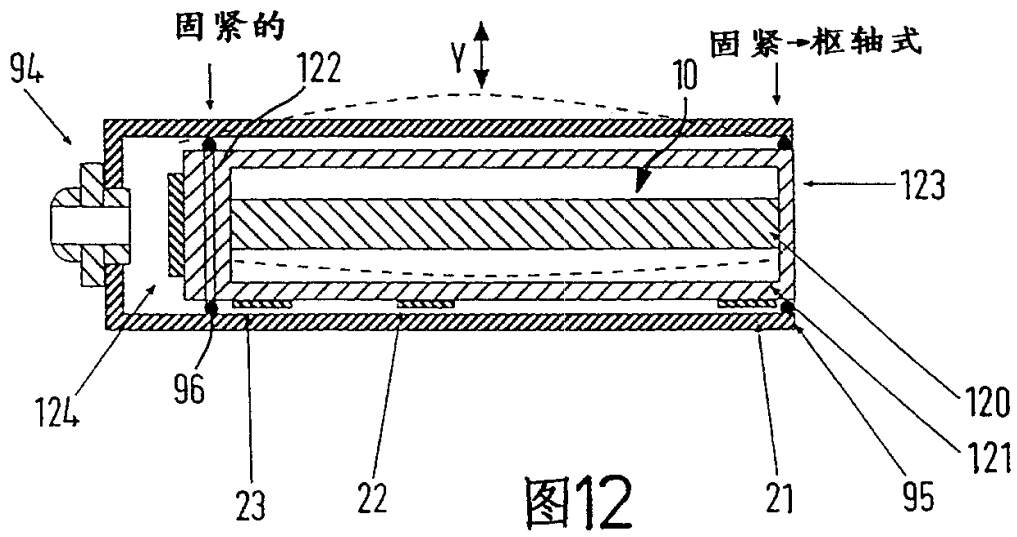
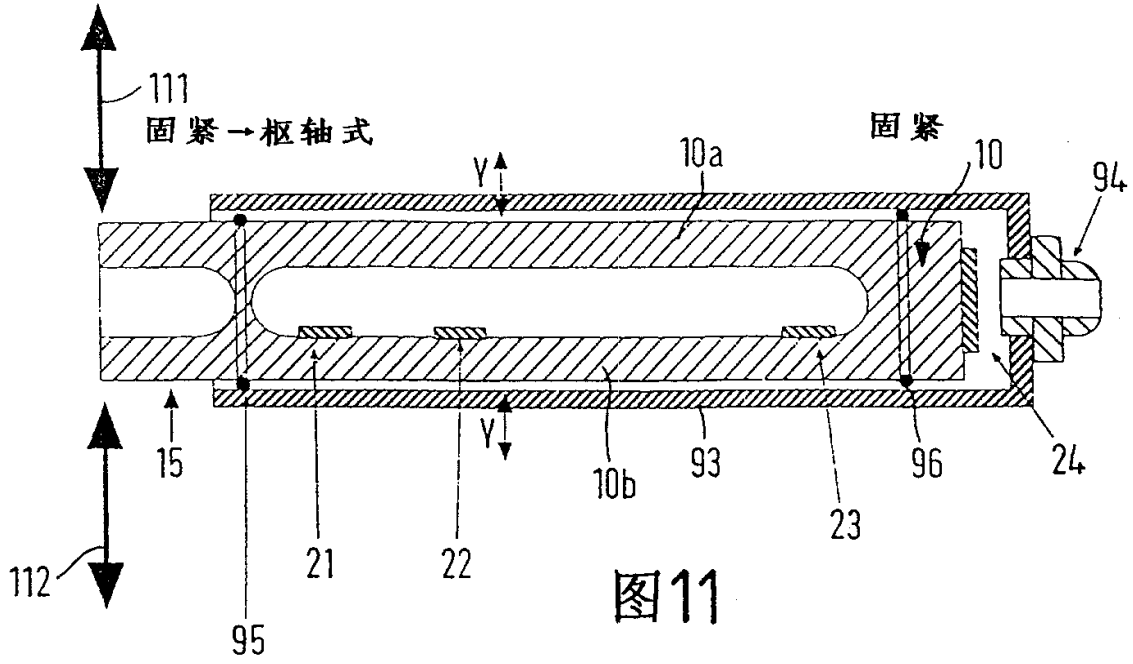


图 10



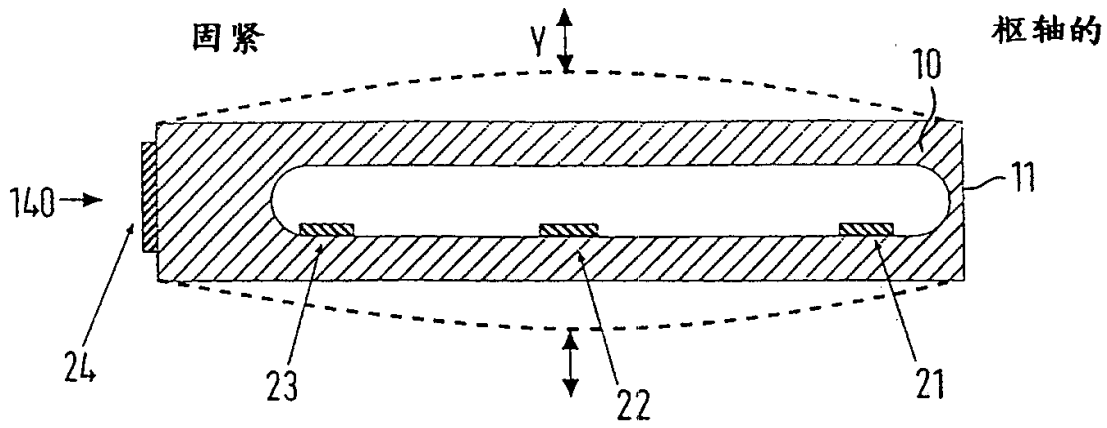


图14a

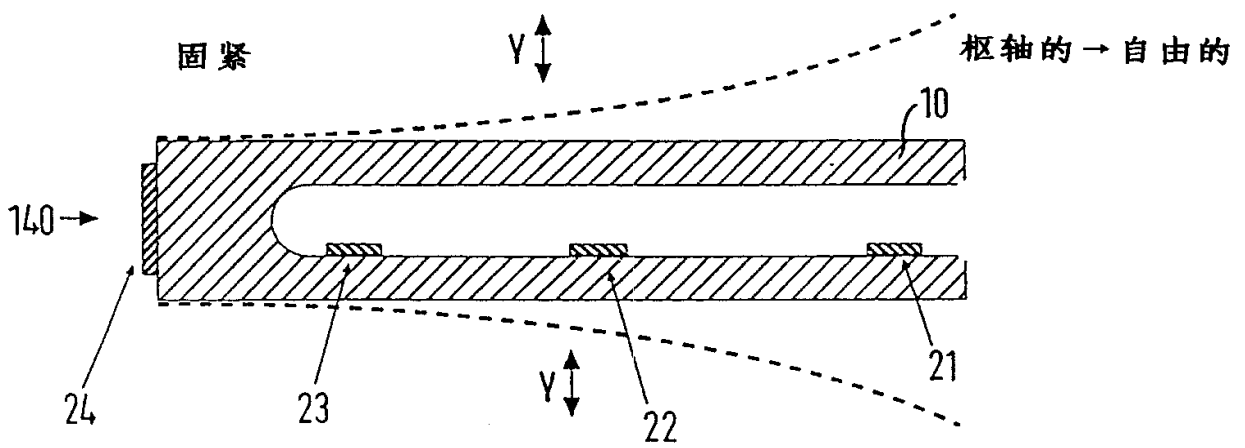


图 14b