

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01D 5/12

H01L 41/09



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02816270.6

[43] 公开日 2004 年 11 月 10 日

[11] 公开号 CN 1545612A

[22] 申请日 2002.6.19 [21] 申请号 02816270.6

[30] 优先权

[32] 2001.6.20 [33] GB [31] 0115074.7

[86] 国际申请 PCT/GB2002/002781 2002.6.19

[87] 国际公布 WO2002/103294 英 2002.12.27

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.20

[71] 申请人 1...有限公司

地址 英国剑桥

[72] 发明人 M·加雷斯 A·胡利

D·H·皮尔斯 U·R·勒内尔

M·R·谢泼德

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

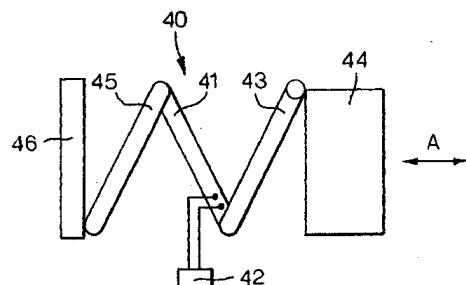
代理人 蔡民军

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称 使用弯曲成螺旋线或双螺旋线电敏装置的传感器

[57] 摘要

本发明的各种传感器采用与检测电路电连接的电敏装置(11)。电敏装置(11)包括围绕短轴(13)弯曲成螺旋线的连续电敏元件(12)形式的电敏结构，所述短轴(13)本身是弯曲的，例如围绕长轴(14)弯曲成螺旋线。当装置(11)的端部(16)发生相对运动而受到激励时，由于短轴(13)是弯曲的，因此，电敏结构就围绕短轴进行扭转。连续元件(12)具有由多个层(21 和 22)构成的弯曲结构，所述的层包括至少一个电敏材料层，从而伴随着扭转，连续元件(12)进行弯曲而产生可由检测电路进行检测的电信号。电敏装置(11)优选地用作传感器中的传感元件，因为它具有较大的位移、较高的灵敏度和较低的柔度。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种传感器，其包括与检测电路电连接的电敏装置，该电敏装置包括沿弯曲短轴延伸的电敏结构，并布置成当结构端部相对移动而产生机械激励时，结构就随之围绕短轴进行扭转而产生电信号，检测电路布置成可检测所产生的电信号。

5 2. 根据权利要求1所述的传感器，其特征在于，电敏装置的结构端部与相对位移待检测的可相对移动的元件相连。

3. 根据权利要求2所述的传感器，其特征在于，元件中的一个是浮子。

10 4. 根据权利要求2所述的传感器，其特征在于，元件中的一个是活塞，活塞适合于在流体压力作用于其上时产生运动，从而使该传感器成为压力传感器。

5. 根据权利要求4所述的传感器，其特征在于，活塞是刚性元件。

6. 根据权利要求4所述的传感器，其特征在于，活塞是柔性膜片。

15 7. 根据权利要求2所述的传感器，其特征在于，元件中的一个是声音检测元件，声音检测元件适合于在声波射入到其上时产生运动，从而该传感器构成麦克风。

8. 根据权利要求2 - 7之一所述的传感器，其特征在于，另一个元件支撑着元件中的所述一个。

20 9. 根据权利要求2所述的传感器，其特征在于，元件中的一个是质量块，从而该传感器构成用于检测另一个元件加速度的加速度传感器。

10. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器，其特征在于，检测电路布置成可检测电压形式的电信号。

25 11. 根据权利要求1 - 9之一所述的传感器，其特征在于，检测电路是积分电流检测电路。

12. 根据权利要求1所述的传感器，其还包括旋转元件，旋转元件围绕其旋转轴线的外周面上具有半径变化的结构，电敏装置的一端与接合上述外周面的元件相连，以便于对其结构进行检测，从而该传感器就构成旋转编码器。

30 13. 根据权利要求12所述的传感器，其特征在于，围绕旋转轴线沿不同的方向，结构具有不同的形状。

14. 根据权利要求1所述的传感器，其特征在于，电敏装置的结构通过作用与所述第一次提及的电信号无关的激励电信号而产生电激励，该传感器还包括与电敏装置电连接的交流信号源，用于提供所述激励电信号，从而传感器就构成陀螺仪。

5 15. 一种传感器，其包括与检测电路电连接的电敏装置，该电敏装置包括沿弯曲短轴延伸的电敏结构，并布置成当结构端部相对移动而产生激励时，结构就随之围绕短轴进行扭转，电敏结构包括沿短轴连续设置的电敏部分，该电敏部分布置成可通过围绕短轴进行弯曲且随之电敏结构围绕短轴发生所述扭转，从而产生电信号，检测电路布置成可检测所产生的电信号。
10

16. 根据权利要求1 - 14之一所述的传感器，其特征在于，电敏结构包括沿短轴连续设置并布置成在受到激励时就围绕短轴进行弯曲的电敏部分。

15 17. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器，其特征在于，电敏结构包括围绕短轴弯曲的连续电敏元件，所述电敏部分为连续元件的相邻有限部分。

18. 根据权利要求17所述的传感器，其特征在于，连续电敏元件围绕短轴弯曲成螺旋线。

19. 根据权利要求16 - 18之一所述的传感器，其特征在于，连续电
20 敏部分具有由多个层构成的弯曲结构，所述的层包括至少一个电敏材料层。

20 20. 根据权利要求19所述的传感器，其特征在于，电敏部分具有由两层电敏材料构成的双层弯曲结构或由两个以上的电敏材料层构成的多层弯曲结构。

25 21. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器，其特征在于，电敏结构包括用于在电敏结构受到机械激励时可在其间产生电信号的电极。

22. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器或电表，其特征在于，短轴沿螺旋曲线延伸。

30 23. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器，其特征在于，短轴沿平面曲线延伸。

24. 根据前述任意一项权利要求所述的传感器，其特征在于，电敏结构包括压电材料。

25. 根据权利要求24所述的传感器或电表，其特征在于，压电材料是压电陶瓷或压电聚合物。

5 26. 根据权利要求25所述的传感器或电表，其特征在于，压电材料是钛酸锆酸铅（PZT）或聚偏氟乙烯（PVDF）。

27. 一种构成并布置成基本上按附图所示和以前述方式进行工作的传感器。

10 28. 一种构成并布置成基本上按附图所示和以前述方式进行工作的电表。

使用弯曲成螺旋线或双螺旋线电敏装置的传感器

技术领域

5 本发明涉及一种使用电敏装置的传感器，也就是，采用电敏结构来检测结构端部相对位移的装置。

背景技术

10 电敏材料是在通电时发生变形或者反之在变形的情况下其电性能就发生变化的材料。人们最熟悉和最普遍使用的电敏材料是压电材料，但其它类型的电敏材料包括电致伸缩材料和压阻材料。很多利用
电敏性能的装置已为人所知。

15 简单的压电加速度传感器包括压电材料块。但是，由于压电效应很小，只有 10^{-10} m/V的数量级，因此，传感器的灵敏度很低，且输出电信号的电平也很低。这是这类传感器的一个主要的缺陷，因为较低的信号电平使其易受噪声的影响。通常，需要特殊的电荷放大器和特殊的电缆线路来使噪声最小，并保证检测电路所检测的生成信号具有足够低的信噪比。这就使很多制造商利用现代微加工技术将加速度传感器和电子仪器集成在一个硅装置中，这种装置具有广泛的用途，例如用于汽车气囊。由于压电材料块的位移很小，因此，需要一个机械致动器，通常是主悬臂，但这使传感器的整体灵敏度受到限制。
20

人们开发了更为复杂的电敏结构来实现较大的位移，并扩展用作位移传感器。但这种电敏结构具有如下的缺陷。

25 已知的电敏结构是一种弯曲的结构，例如双层弯曲结构。对于这种弯曲结构，电敏结构包括多个层，其中至少一个层是电敏材料层。当通过沿垂直于层的方向对弯曲层进行弯曲而产生机械激励时，层就发生变形，且各层之间沿长度的变化是不同的，例如，由于各层相互连接而彼此受到约束，因此一个层膨胀，而另一个层则收缩。因此，根据结构端部的相对位移而输出电压。但是，弯曲层的相对位移在空间并不是沿直线轨迹。由于结构弯曲且弯曲度增大，因此端部在空间
30 是沿曲线进行相对移动。另外，由于相对位移较大，因此必须增大结构的长度，由此而带来了不便。例如，为了通过双层弯曲结构来获得0.1mm数量级的位移量，通常需要结构的长度大约为5cm。

为了在传感器中使用，电敏装置最好可承受在空间沿直线的较大位移和相对较小的弯曲量，以便于提高灵敏度。

发明内容

根据本发明的第一个方面，提供一种传感器，该传感器包括一个与检测电路电连接的电敏装置，该电敏装置包括一个沿弯曲短轴延伸的电敏结构，并布置成当结构端部相对移动而产生机械激励时，结构就随之围绕短轴扭转而产生电信号，检测电路布置成可检测所产生的电信号。

由于装置沿弯曲短轴延伸，因此，当装置端部之间发生相对位移时，结构就随之围绕短轴进行扭转。电敏装置所遵循的物理原理是，弯曲目标物扭转使得垂直于局部曲线产生位移，反之，弯曲目标物端部的位移使得沿其长度发生扭转。位移等于结构短轴方位相对于其原始方位的变化量。

装置使用在受到激励时就发生扭转的电敏结构。对于结构沿弯曲短轴的任意给定小的部分，由于短轴是弯曲的，相邻部分以一定的角度延伸到给定部分，因此就很容易观察到该给定部分的扭转是如何使相邻部分转动并因此而使它们沿垂直于给定部分局部曲线的相反方向进行相对移动。因此，给定部分扭转就伴随着相邻部分垂直于曲线平面发生相对移动。扭转变度与给定部分的弯曲度和相对位移量成正比。对于围绕长轴沿规则曲线例如圆弧或螺旋线延伸的短轴，端部沿平行于结构长轴的方向的相对移动就在每个部分中沿相同方向产生位移。因此，本发明的电敏装置可检测空间直线位移。

可被检测的位移范围与结构沿短轴的长度成正比，因为结构沿短轴的每个部分都对整体位移有作用。因此，可将传感器布置成通过对装置进行适当的设计，特别是通过对结构沿短轴的长度和用于控制扭转区域响应量的结构类型进行选择来检测任何所需的位移度。由于结构沿弯曲短轴延伸，因此，就可制造出相对精巧的装置。

而且，由于所作用的力和位移分布在装置的所有部分上，因此装置具有较小的弯曲度。这就使装置具有较高的灵敏度。将电敏装置用作传感器的一个重要优点是其灵敏度。由于装置具有机械柔性，因此它可产生较大的响应信号，并具有良好的信噪比。另外，可通过改变

装置的几何参数来精确地设定其柔性值，从而使其符合给定的应用要求。

通常，短轴沿曲线延伸，该曲线可以是任意的形状。

一种可能是短轴延伸所沿的曲线是平面曲线，例如是圆弧或平面螺线。在此情况下，受到激励时将产生垂直于曲线平面的位移。装置沿发生相对位移的方向的厚度仅仅是电敏结构的厚度，因此，就可制造出相对较薄的装置。

另一种可能是短轴延伸所沿的曲线是螺旋线。在此情况下，结构的每个螺旋圈都对沿形成螺旋线所围绕的几何长轴方向的位移产生影响。因此，就可获得与螺旋圈数成正比的较大位移量，从而使较为精巧的装置可产生较大的位移。

电敏结构最好具有可通过围绕短轴进行弯曲同时伴随着结构围绕短轴发生扭转来进行机械激励的部分。因此，电敏部分可具有在受到激励时进行弯曲的任何结构。优选使用在受到激励时进行弯曲的电敏结构，因为这使得可对结构进行选择使结构中所有的电敏材料都受到激励，从而提高装置的效率。而且，使用受到激励时可进行弯曲的电敏结构可简化设计。优选的结构是包括多个层的已知弯曲结构，且最好是具有两个层的双层弯曲结构，所述的层包括至少一个电敏材料层。这种结构是公知的并可应用于直线弯曲层且特别容易进行制造。当弯曲结构应用于本发明的部分上时，可获得相同的优点。但是，也可采用其它任何在受到激励时进行弯曲的结构。

最好，电敏结构包括围绕短轴弯曲的连续电敏元件，所述电敏部分为连续元件的相邻有限部分。

该结构特别易于制造，例如通过将可变形的连续电敏元件卷绕成型。

最好，其中，连续电敏元件围绕短轴弯曲成螺旋线。

通过采用围绕短轴弯曲成螺旋线的连续电敏元件，可获得很多的优点。首先，便于提供一个沿短轴长度方向规则的结构，并因此而沿短轴的整个长度具有相同的扭转变形。其次，螺旋结构便于进行制造，例如通过将可变形的连续元件卷绕成型或通过将一个螺旋结构切割成管状电敏元件。再者，由于元件围绕短轴的螺旋圈可紧密地压紧在一起，因此装置非常紧凑。

但是，电敏结构还可包括具有不同形状的连续电敏元件，这些形状可使其围绕短轴进行弯曲同时伴随着围绕短轴进行的扭转。例如，它可包括具有围绕短轴进行扭转的平元件形状的连续元件。另外，电敏结构可包括多个相互连接在一起的电敏部分，而不是包括连续的电敏元件。

5 附图说明

为了更好地理解本发明，下面将结合附图通过非限制性的例子对本发明的实施方式进行描述，其中：

10 图1是第一电敏装置的平面图；

图2是第二电敏装置的侧视图；

图3是图1所示第一装置或图2所示第二装置中的一部分的透视图；

15 图4是位移传感器的侧视图；

图5是液位传感器的侧视图；

图6是第一压力传感器的横截面图；

图7是第二压力传感器的横截面图；

图8是麦克风的横截面图；

图9是加速度传感器的侧视图；

20 图10是检测电路的电路图，该检测电路是一个积分电流检测电
路；

图11是旋转编码器形式的传感器的侧视图；

图12是具有允许第一或第二装置象陀螺仪一样进行工作的另外的结构的图1所示第一装置或图2所示第二装置中的一部分的透视图。

25 具体实施方式

本发明的各种传感器采用电敏装置。为清楚起见，首先对电敏装置进行描述，然后再描述各种传感器。

在以下的说明书中，以假想的短轴和长轴为基准对电敏装置进行描述，但短轴和长轴仍然对观测和确定装置是有用的。

30 图1示出了本发明的第一电敏装置1。装置1包括由连续的电敏元件2构成的结构，电敏元件2围绕短轴3弯曲成螺旋形，整个结构沿短轴3延伸。短轴3是弯曲的，并沿着围绕垂直于短轴3平面也就是图1中纸面

向外方向的几何长轴4的圆弧曲线延伸。当短轴3的曲线是平面曲线时，平行于长轴4的装置厚度仅仅是电敏元件2的螺旋结构的厚度。

图2示出了本发明的第二电敏装置11。装置2包括由连续的电敏元件12构成的结构，电敏元件12围绕短轴13弯曲成螺旋形，整个结构沿短轴13延伸。⁵ 短轴13是弯曲的，并沿着围绕几何长轴14的螺旋曲线延伸。图2所示的电敏装置11的短轴沿仅图示了三圈的螺旋线延伸，但也可是其它任意数目的圈数。

图3示出了图1所示第一装置的连续元件2或图2所示第二装置11的连续元件12中的一部分20。第一装置1和第二装置2的这一部分20的结构是相同的，电敏部分20是连续元件2或12的一个有限的部分，因此电敏元件2或12可被认为是沿短轴3或13连续布置的图3所示的多个相邻的部分20。因此，部分20如图3所示沿围绕短轴3或13的一部分螺旋曲线延伸。¹⁰

图3示出了电敏部分20的结构。该结构最好沿短轴3或13的整个长度是均匀的，以便可获得均匀的敏感性能。另外，装置1或11可在沿短轴3或13的长度以及在连续元件2或20的结构或者连续元件2或20围绕短轴3或13的弯曲形状方面形成一些变化。¹⁵

电敏部分20具有双层弯曲结构，其包括两个沿部分20的长度延伸的电敏材料层21和22。电敏材料层21和22都面向短轴3或13。电敏层21或22最好延伸横穿部分20的平行于短轴3或13的宽度，但出于围绕短轴3或13的曲线的性能的原因，连续元件2或12的电敏部分20存在一些扭曲变形。²⁰ 另外，层21或22可以倾斜于短轴3或13的方式延伸横穿部分20的宽度，从而一条沿电敏部分20的边缘比另一相对的边缘更靠近短轴3或13。

电敏层21或22的材料最好是压电材料。压电材料可以是任何适当的材料，例如钛酸锆酸铅(PZT)这样的压电陶瓷或聚偏氟乙烯(PVDF)这样的压电聚合物。但是，电敏材料层21或22可以是其它任何种类的电敏材料，例如当材料发生变形或应变时电阻就发生变化的压敏电阻材料或在作用有电场时就产生收缩的电致伸缩材料。²⁵

电敏部分20还包括平行于压电材料层21和22延伸的电极23-25。外电极23和24设置在位于电敏部分20的相对两侧的电敏层21和22的外

侧。中间电极25设置在电敏层21和22之间。电极23-25用于施加极电压和在弯曲状态下操纵电敏部分20。

在通过对部分20进行弯曲来进行机械激励时，在电极23-25上就产生电压，相反在进行电激励时，激励电压就作用于电极23-25。在5弯曲时，由于电敏层21和22在由中间电极25形成的界面处相互连接约束在一起，因此，在部分20进行弯曲时，它们的长度会发生不同的变化。其中一个电敏层21或22膨胀，而另一个电敏层收缩。

10 可以按照与已知的具有弯曲结构的线性电敏装置相同的方式来选择激励和极电压的相对方向和量。例如，可通过使中间电极25接地并将相同极性的极电压作用于两个外电极23和24，从而将以足够量来极化电敏层21和22的极电压以相反的方向穿过电敏层21和22进行作用。在此情况下，在电敏部分20受到机械激励时，激励电压沿相同的方向作用穿过电敏层21和22，并相对于中间电极25在两个外电极23和24上产生相反极性的电压。

15 在激励时，根据激励电压的极性，电敏部分20围绕短轴3或13朝着或离开短轴3或13进行弯曲。在机械激励时，作用于电极23-25的激励电压输送给电路26。在电激励时，激励电压从电路26经外接线端27进行作用，外接线端27以具有弯曲结构的已知直线压电装置的公知方式与电极23-25电连接。

20 一般地，在沿由部分20构成部件的装置长度方向的任何点处，但最好是在端部位置处，可以与具有弯曲结构的已知直线装置相同的方式25 来与电极23-25进行电连接。优选的技术是，象具有弯曲结构的直线装置那样，在装置端部的不同横向位置处，电极具有横跨装置的宽度而延伸的臂（未示出）。

可以理解，另外的弯曲结构可等效地应用于部分20，例如，一个包括一个电敏材料层和一个不活泼层的单层弯曲结构或一个包括多个电敏材料层的多层弯曲结构。

30 虽然为简单起见和便于进行制造优选图3所示的弯曲结构，但可以理解，连续元件2或12事实上可具有在受到激励时围绕短轴3或13进行弯曲的任何结构。例如，连续元件可以是与本申请同时申请的题为“Electro-Active Elements and Devices”的申请中所描述的那种电

敏元件，其中，元件具有两对沿元件长度方向延伸的电极，在受到激励时，元件横跨其宽度进行弯曲。

在受到激励时，连续元件2或12的电敏部分20围绕短轴3或13弯曲。由于连续电敏元件2或12围绕短轴3或13进行弯曲，特别是弯曲成螺旋形，因此，这种弯曲同时还伴随有连续元件2或12围绕短轴3或13的扭转。当弯曲收紧或松开使元件2或12的结构沿短轴3或13扭转时，这可看作是连续元件2或12的弯曲。连续元件2或12沿短轴3或13的整个长度发生扭转使图1所示第一装置1中的结构5和6以及图2所示第二装置11中的结构15和16的端部发生相对转动。

可以理解，例如可通过具有好像是围绕短轴扭转一个平的元件而形成的形状，使连续元件2或12围绕短轴3或13弯曲成曲线而不是螺旋线就会形成这种扭转。而且，可以理解，除了连续元件以外，还可采用其它的结构来产生围绕短轴的扭转。例如，电敏结构可由多个电敏部分构成，这些电敏部分沿短轴连续布置并相互连接在一起，因此，每个单独部分弯曲就使相邻的部分围绕短轴进行扭转，从而使结构整体产生扭转。另外，电敏结构可以是与本申请同时申请的题为“Piezoelectric Devices”的申请中所描述的那种装置，其包括多个电敏扭转致动装置，扭转致动装置可包括在剪切状态下受到激励的电敏元件。

对于图1所示的第一装置1，连续元件2围绕短轴3进行扭转同时伴随有装置5和6的端部垂直于弯曲短轴3也就是平行于长轴4发生相对位移。端部5和6的相对位移是由连续元件2围绕短轴3进行扭转以及短轴3是弯曲的而共同形成的。不可避免的是，弯曲目标的扭转使目标端部垂直于目标本身曲线产生相对位移。

类似地，在图2所示第二装置11受到激励时，连续元件12围绕短轴13进行扭转的同时伴随有装置的端部15和16平行于长轴14产生位移。这种相对位移也是由连续元件12围绕短轴13进行转动以及短轴13是弯曲的而共同形成的。在此情况下，结构的任何给定的小部分沿短轴13所产生的相对位移使该部分的端部垂直于短轴13的本身曲线产生相对位移。装置11的端部15和16的总位移是所有部分的位移之和，其结果是平行于长轴14的总相对位移。

因此，对于第一和第二装置1和11，装置的结构端部5和6的端部相对位移随着结构沿其长度的扭转而产生，而这又伴随有每个部分20的机械激励，使得在电极23-25上产生电信号。

可自由地改变元件2或12的准确结构和尺寸以及电敏结构的形式来形成所需的响应。适当的元件2或12为0.5mm厚的带，其围绕短轴3或13缠绕成4mm直径的局部螺旋线。当这形成局部曲线围绕30mm直径的大约四分之三圆进行延伸的第一装置1时，所观察到的位移大约是±6mm。类似地，如果该结构用于构成局部曲线沿直径为30mm且圈数为20的螺旋线进行延伸的第二装置11时，将产生大约±120mm的位移。

总之，本发明装置结构延伸所沿的短轴可遵循任何的曲线，且结构端部的总位移是结构的每一个部分沿曲线所产生位移之和。但是，规则的曲线例如第一和第二装置1和11的短轴曲线是优选的，以便装置的所有部分沿共同的方向产生相对位移，并因此而使其结构和制造得到简化。

第一和第二装置1和11可受到电激励而在端部5和6或15和16之间产生机械位移，或者受到机械激励，在此情况下，端部5和6或15和16的相对位移产生横跨电极23-25的电压。在电激励的情况下，电敏装置1或11的端部5和6或15和16连接到其它元件上进行相对移动，类似地，在机械激励的情况下，端部5和6或15和16连接到使装置1或11产生变形的元件上。

下面将描述电敏装置1和11的制造过程。

优选的制造方法是，首先形成沿直线短轴延伸的电敏结构，然后弯曲直线电敏结构，从而使其延伸所沿的短轴变成弯曲的。

有两种优选的技术使连续元件2或12沿直线短轴形成电敏结构。

第一种优选的技术是，首先使连续元件2或12形成一个直线元件，然后使其变形而围绕直线短轴进行弯曲。我们已经了解了连续元件2或12本身的弯曲结构，且连续元件2或12可通过采用任何已知的用于制造具有弯曲结构的装置的技术来进行制造。例如，连续元件12通过对增塑材料层21和22进行复合挤压或通过对层21和22进行复合压延来进行制造。另外，连续元件2或12可通过层叠薄层21和22来进行制造。这些薄层可通过任何适当的方法进行制造，例如将陶瓷粉末、聚合物和溶剂混合物进行高剪切混合，然后再进行复合挤压和压延。另外，也

可采用诸如带浇铸技术或者在陶瓷领域中熟知的被称为Solutech过程的工艺过程。

电极可通过复合挤压或复合压延形成连续元件2或12的一个整体部分。其它电极可以是激励层23 - 25或者可以是允许接入到电极23 - 5 25的接线端电极，其可通过印制、在烤上银之后 (through fired-on silver past) 进行无电镀覆或任何其它适当的技术进行涂覆。

第二种优选的技术是，首先将连续元件制成具有电敏层21和22以及电极23 - 25的多层弯曲结构的圆筒形或其它的管形，然后沿螺旋线对元件进行切割，使连续元件2或12围绕构成短轴的圆筒或管的轴线螺旋延伸。
10

然后弯曲直线结构，从而使结构延伸所沿的短轴弯曲。

为了使元件和结构变形，在初始形成的元件中必须具有足够的柔 15 性。可适当变形的电敏材料是公知的，其通常包括可增强变形能力的组成聚合物。对于成型后的这种材料，通常在高达600°C的温度下烧尽组成聚合物，然后通过另外的烧结过程在较高的温度通常是1000 - 1200°C的温度下将材料压实致密。在此情况下，开始形成的电敏结构具有较大的尺寸，以便于允许其在烧结过程中线性收缩大约12 - 25 %。

直线元件的弯曲和结构的弯曲可围绕模板进行。然后采用物理的 20 方式或通过熔融、烧毁或溶解来破坏模板的方式将模板除去。

下面将对采用上述类型电敏装置的多种传感器进行描述。布置电敏装置的电敏结构，以便通过结构端部的相对位移而受到机械激励，从而产生电信号。传感器还包括与电敏装置相连的检测电路，以便可检测所产生的电信号，并因此而检测相对位移。电敏装置布置成可通过一个可被检测的系统而相对移动，并因此而将运动转化成电信号，以允许对运动或另一个特性进行检测。
25

在显示传感器的图中，电敏装置象图2所示的第二装置11中那样作为一个具有沿弯曲成螺旋线的短轴延伸的结构而在图中示出，但这仅仅是出于显示的目的，电敏装置可具有上述任何类型的结构。

30 采用上述电敏装置的最简单的传感器是用于测量活动目标位移的位移传感器。在此情况下，将活动目标布置成使电敏装置结构的一个端部相对于保持固定的另一个端部可移动。对于这种位移传感器，将

电敏装置设计成具有足够小的机械刚度，从而使其不会对所测量的系统位移有明显的影响。在此情况下，采用上述类型电敏装置的优点是电敏装置具有较大的位移能力并具有相对较低的柔顺性。

图4示出了这样一种位移传感器40，其包括一个与检测电路42电连接的电敏装置41。电敏装置41的一端43与被检测位移的目标44相连。
5 电敏装置41的另一端45与支承46相连，目标44可相对于支承46移动。当目标44沿方向A移动时，电敏装置41的端部43和45就产生相对运动，因而对电敏装置41进行机械激励，并因此而产生电信号。检测电路42检测所产生的电信号。电信号是电压，因此，检测电路42是电压检测器，且布置成具有较高的输入阻抗。
10

图5示出了液位传感器50，其是另一种形式的位移传感器。除了以下所描述的以外，液位传感器50与位移传感器40是相同的，因此下面就不再重复进行描述了。电敏装置41的自由端43与包括浮子52和配重53的一个元件51相连。在使用时，浮子52浮在位置待检测的流体54中。
15 当流体54的位置发生变化时，浮子52就发生移动，传感器50可除其位移。设置配重53可使浮子稳定地向下浮在流体54的准确位置上。

可以理解，液位传感器50可有各种的变型。例如，浮子54可布置在一个导向件上以便于引导浮子54运动。而且，可设置机械限位装置来限制浮子54的运动，以免超过电敏装置41的结构端部的最大相对位移量。
20

电敏装置还可用作力传感器。在此情况下，将电敏装置再连接在两个可相对运动的元件之间，其中一个用于承受作用力，另一个用作保持固定的支承。将力传感器布置成可机械地承受作用力，从而使电敏装置的端部相对移动一个与作用力值相当的量。根据待测量的力值，这可通过选择电敏装置使其具有一个适当的刚度来实现。另外，
25 平行于电敏装置可设置一个另外的机械结构，例如象弹簧这样的弹性偏压装置。采用本发明电敏装置的力传感器的优点是电敏装置较低的柔顺性显著地提高了力传感器的灵敏度。而且，由于电敏装置的线性特性，从而就形成了一种高分辨率、大范围的线性传感器。力传感器可用于测量重量和质量。
30

图6示出了一种力传感器形式的压力传感器60。压力传感器60包括确定压力腔62的支座61。活塞63设置在压力腔62的一端64。活塞63通

过轴承65安装在支座61上，并可沿压力腔62往复移动。压力传感器60还包括电敏装置66，其第一端部67与活塞63相连，第二端部68与支座61相连。电敏装置66与检测电路69电连接，检测电路69用于检测电敏装置66所产生的电信号，并因此而对作用于电敏装置66的位移和力进行测量。在使用时，
5 压力待测的流体进入压力腔62。从而根据流体的压力而将力作用于活塞63，使电敏装置66的端部67和68产生相对运动，从而产生可由检测电路69进行检测的电信号。

图7示出了另一种力传感器形式的压力传感器70。压力传感器70包括确定压力腔72的支座71。活塞73为一种柔性膜片，其周边与支座71相连，并形成压力腔72的一端。压力传感器70还包括电敏装置76，其第一端部77与活塞73相连，第二端部78与支座71相连。电敏装置76与检测电路79电连接，检测电路79用于检测电敏装置76所产生的电信号，并因此而对作用于电敏装置76的位移和力进行测量。在使用时，
10 压力待测的流体进入压力腔72。从而根据流体的压力而将力作用于活塞73，使电敏装置76的端部77和78产生相对运动，从而产生可由检测电路79进行检测的电信号。
15

通过将多个压力传感器例如图6和7所示的压力传感器60或70布置在Pitot管中就可形成速度传感器。两个测量压力的差就给出了流体的速度。这种采用具有其它类型压力传感器的Pitot管的结构本身是很普通的。
20

电敏装置还可用于检测声音，从而传感器就构成一个麦克风。在此情况下，电敏装置的一端与声音检测元件相连，声音检测元件在声波射入到其上时就会产生运动，声音检测元件的结构与普通麦克风的结构相同，并取决于待检测声波的频率和强度。

这种麦克风与已知的采用电磁线圈的麦克风具有相同的结构，只是用电敏装置来代替电磁线圈。与采用电磁线圈相比，本发明的麦克风具有很多的优点。采用电敏装置所产生的电信号的电平较高，因此，使得麦克风具有较大的动态范围、较大的频率范围和较高的灵敏度。特别是，电敏装置的频率响应可使麦克风具有可覆盖整个声频范围和有些次声频率的频率响应。可获得低频响应就意味着麦克风可用作非接触位移表。另一个优点是可调整麦克风的机械结构使其具有与空气阻抗相适应的良好的阻抗特性，而这对于电磁麦克风则是很难的。这
25
30

一特性以及电敏装置的较大应变可使麦克风产生比普通麦克风所产生电信号更大的电信号。这种较大的信号幅度提高了信噪比。另一个优点是，与相应的电磁线圈结构相比，电敏装置的重量显著减小。

作为一个例子，图8示出了这样一种麦克风80，其中，电敏装置81的一端82与构成声音检测元件的锥形体83相连。电敏装置81的另一端84与支座84相连。锥形体83也通过设置在锥形体83周边周围的柔性密封件85由支座84进行支承。除了电敏装置81以外，麦克风80的结构是传统的结构。在使用时，射入到锥形体83上的声波使锥形体83发生振动，从而使电敏装置81的端部82和84发生振动。电敏装置81与检测电路86相连，检测电路86可检测电敏装置81所发出的与声音相对应的电信号。检测电路86具有用于检测与音信号相对应的电信号的普通电路。

电敏装置还可用于通过将电敏装置的一个端部与一个质量相连而构成加速度传感器。当电敏装置的另一个端部移动时，质量的惯性就会限制其运动，从而所产生的输出信号就代表了电敏装置另一个端部的加速度。因此，电敏装置可用于检测电敏装置另一个端部或与其相连的元件的加速度。

与已知的由简单压电晶体构成的加速度传感器相比，本发明的加速度传感器具有很多的优点。最重要的是，本发明的加速度传感器检测灵敏度更高。而且，电敏装置产生很大的信号幅度，从而减小了信噪比，并因此而减小了为保持一个低噪声电信号而所必须进行的信号调整。另外，使用电敏装置使加速度传感器可在接近于直流信号的低频下进行工作。

所产生的电信号可提供加速度的测量值。正如已知的加速度传感器一样，可将检测电路布置成可对该信号进行积分，以便获得速度和位移的测量值，从而该传感器就可构成一个速度或位移传感器。因此，加速度传感器可用于形成用于多种用途的位置传感器。通过布置多个这种传感器来检测正交方向的加速度，就可形成一个2维或3维位置传感器，从而就可能用作计算机系统输入装置的一个2维或3维“鼠标”。与需要无外露元件例如滚球和非磨损表面的普通“鼠标”相比，其具有显著的优点。类似地，3维“鼠标”可用作实际真实系统的输入装置。

图9示出了这样一种加速度传感器90，其包括电敏装置91，电敏装置91的一端92与一个质量93相连，其另一端94与支座95相连。质量93和支座95可相对运动，从而当支座95运动时，质量93的惯性就限制其运动。因此，所产生的电信号就代表了支座95的加速度。电敏装置91与用于检测所产生的电信号的检测电路96电连接。
5

本发明所有传感器中的检测电路可以是一个高阻抗电压检测器。另外，检测电路可以是一个积分电流检测电路。如下所述，这就将传感器的性能从交流扩展到直流。上述类型的电敏装置由于其电性能是一个与适中的电容（通常为几百那法）并联的较大电阻，因此，本质上是交流偶合的。电阻来源于电敏材料的电阻，电容来源于跨接在电敏材料之间的电极。采用可在较长时间范围测量电敏装置电荷运动的积分电流检测电路，就可将传感器的性能扩展到直流。
10

作为一个例子，图10示出了积分电流检测电路100。图10示出了作为一个与电容103并联的电阻102的电敏装置101的有效电路。电敏装置101跨接在检测电路100的接线端104之间并与其电连接。检测电路100包括低电阻检测元件105，检测元件105可以是一个低阻抗电阻或一个特殊的传感器例如一个通过运动电荷感应磁场来测量电流的SQUID（超导量子干涉装置（Superconducting Quantum Interference Device））。当移动电敏装置101时，因此而产生的电荷就穿过低电阻检测元件105。检测电路100还包括一个布置成可对穿过低电阻检测元件105的电荷进行累积或计数的电路106。电路106包括电子测量仪，其可以是模拟或数字的，只要具有足够的灵敏度来测量小电流即可。
15
20

电敏装置还可用于检测转动元件的转动，从而传感器就构成一个旋转编码器。作为一个例子，图11示出了这样一种旋转编码器110，其包括一个绕轴112旋转的旋转元件111，因此轴112确定了一个旋转轴线。旋转元件111的外周面113上设有多个齿114。因此，齿114使外周面具有变化的半径。除了齿114以外，还可采用其它任何的结构来使半径发生变化。
25

旋转编码器110还包括上述与检测电路120电连接的电敏装置115。电敏装置115的一端116连接到与旋转元件111的外周面相接合的元件117上。电敏装置115的另一端118连接到相对于旋转元件111围绕轴112的旋转轴线固定的支座119上。由于元件117与旋转元件111的外
30

周面相接合，因此，当旋转元件111旋转时，经过元件117的齿114就使元件117产生移动。然后又使电敏装置115的端部116和118产生相对运动，从而产生可被检测电路120进行检测的电信号。因此，检测电路120就可以与普通旋转编码器类似的方式来检测旋转元件的转动。

5 齿114围绕旋转轴线在相反的方向上具有不同的齿形，特别是在每个齿114的两侧具有不同的斜度。因此，根据旋转元件111的旋转方向的不同，电敏装置115所产生的电信号的形式是不同的。这就使检测电路120可根据输出信号的形式从而检测出旋转方向。

10 可以理解，还可以与普通的已知旋转编码器相同的方式来对旋转元件111的结构形状做出其它的变化，例如，通过改变结构的间隔或宽度来确定旋转元件111的绝对旋转位置。

15 上述类型的电敏装置例如图1-3所示的电敏装置还可用作陀螺仪，通过改变电敏装置的结构从而使其可（a）通过作用一个激励电信号来驱动装置产生机械移动而对电敏装置进行电驱动，并因此而独立地，（b）通过机械激励来产生电信号。在使用时，传感器通过一个交流电信号进行电激励，并检测电敏装置由此而引起的位移。如果电敏装置静止不动，激励电信号和产生的电信号将是一致的。但是，当电敏装置的外部加速度发生变化时，电敏装置的机械位移将根据外部加速度和电敏装置的相对取向而发生变化。电敏装置的机械位移将根据装置的取向变化而变化，从而使输出电信号发生相应的变化。激励电信号和产生的信号之间的差异以与普通陀螺仪类似的方式为传感器的取向变化提供检测。因此，传感器就构成了一个陀螺仪，因为它可检测系统的取向变化，并适合于用在稳定和控制系统中。通过设置多个布置在正交方向上的电敏装置，就可构成一个多维陀螺仪。

20 25 图12示出了用于提供单独的（a）电激励和（b）机械位移检测的电敏装置中的一部分124的结构。该结构最好沿短轴3或13的整个长度是均匀的，并可代替图3所示电敏部分20的结构。该部分124是图1所示第一装置1的连续元件2或图2所示第二装置11的连续元件12的一部分，因此，如图12所示，部分124沿围绕短轴3或13的螺旋曲线延伸。

30 在电敏部分124的第一部分121中，电敏部分124具有与图3所示电敏部分20的双层弯曲结构相同的双层弯曲结构，因此就不再重复描述了。但是，部分124的该第一部分121在使用过程中是如何进行激励是

存在差异的。特别是，代替机械激励，该部分 121 是通过由电路 123 作用一个预定频率的激励电信号来进行电激励。激励电信号使部分 124 围绕短轴 3 或 13 进行弯曲，并随之使电敏装置结构围绕短轴 3 或 13 发生扭曲，从而使结构的端部产生相对位移。

5 另外，电敏部分 124 的第二部分 122 可单独地检测由第一部分 121 受到电激励时所产生的机械位移。与第一部分 121 类似，第二部分 122 具有与图 3 所示电敏部分 20 相同的结构。第一和第二部分 121 和 122 的层相互平行延伸。第二部分 122 通过第一部分 121 的机械位移而受到机械激励，从而产生与实际机械位移相一致的电信号。第二部分 122 10 的电极与用作检测电路来检测所产生的电信号的电路 123 电连接。电路 123 还将所产生的电信号与作用于第一部分 121 的电极上的激励电信号进行比较，从而以与已知陀螺仪相同的方式对电敏装置的取向变化进行检测。因此，当使用部分 124 的结构时，电敏装置就构成一个陀螺仪。

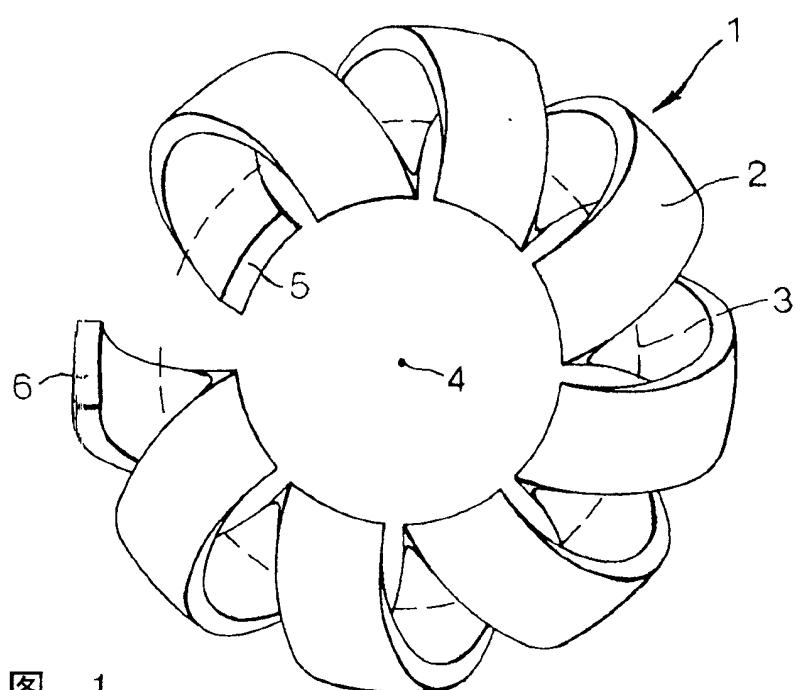


图 1

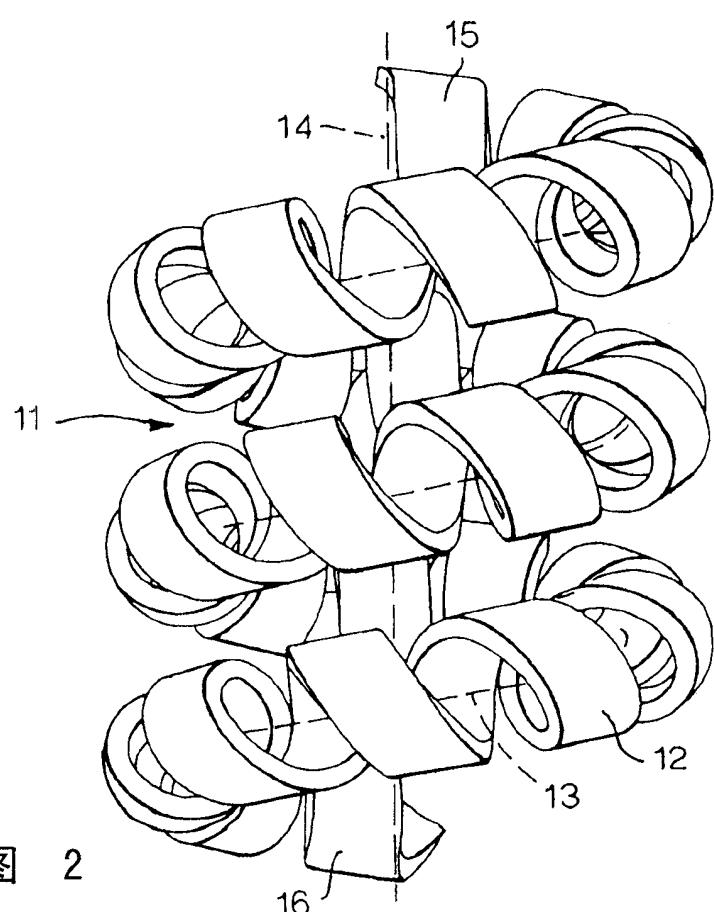


图 2

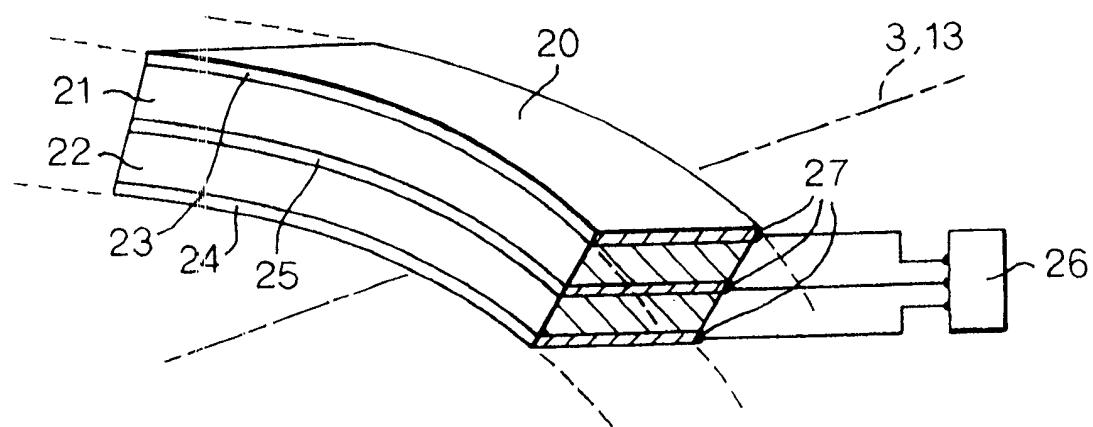


图 3

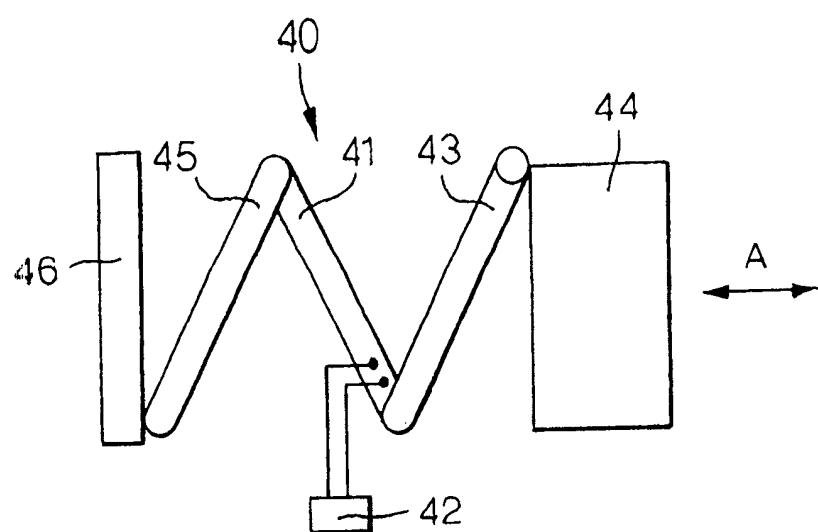


图 4

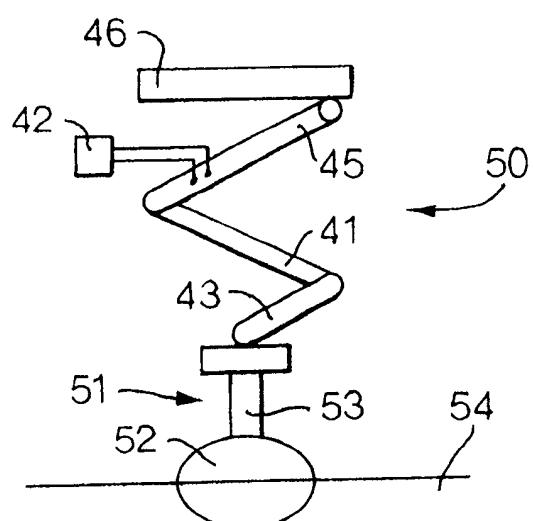


图 5

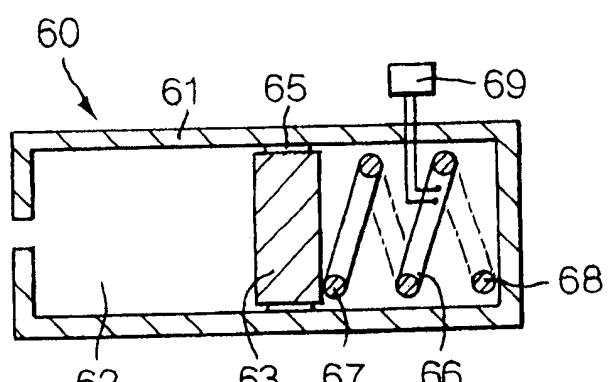


图 6

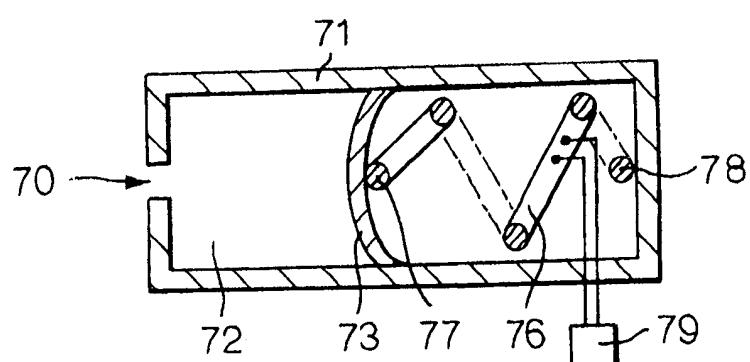


图 7

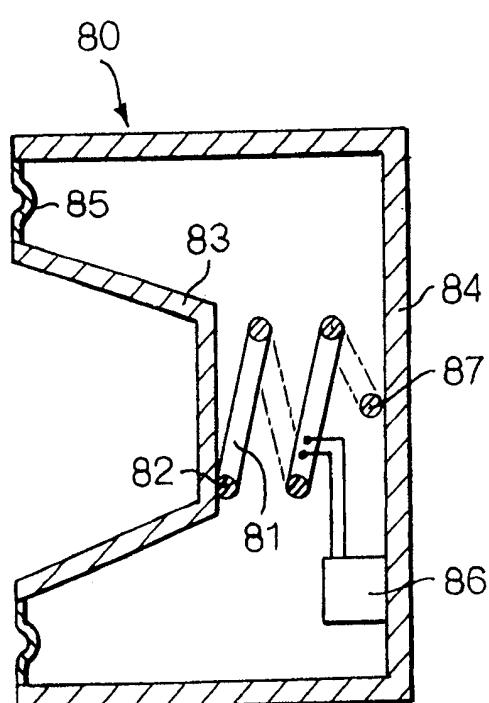


图 8

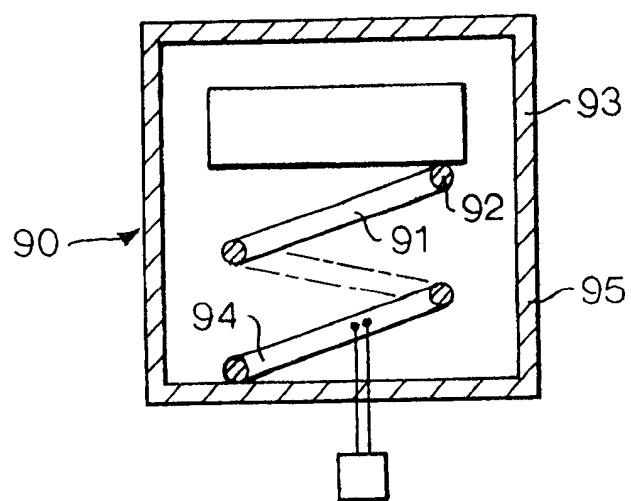


图 9

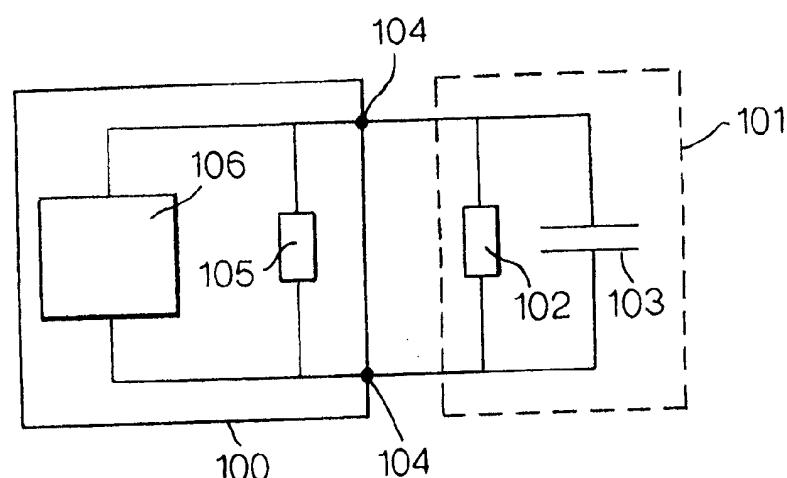


图 10

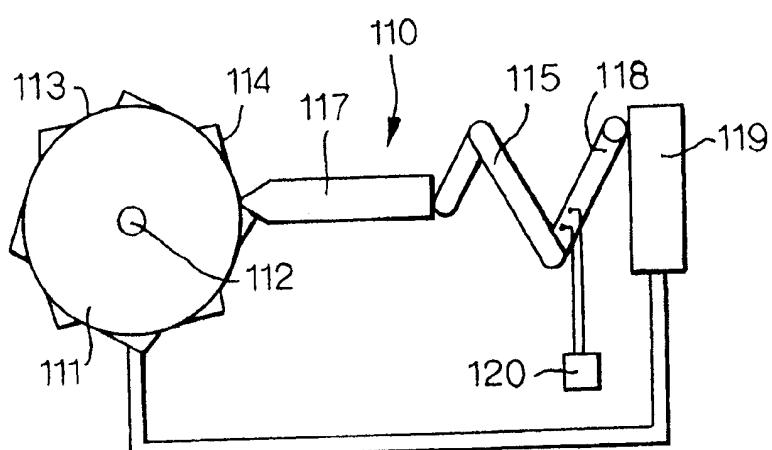


图 11

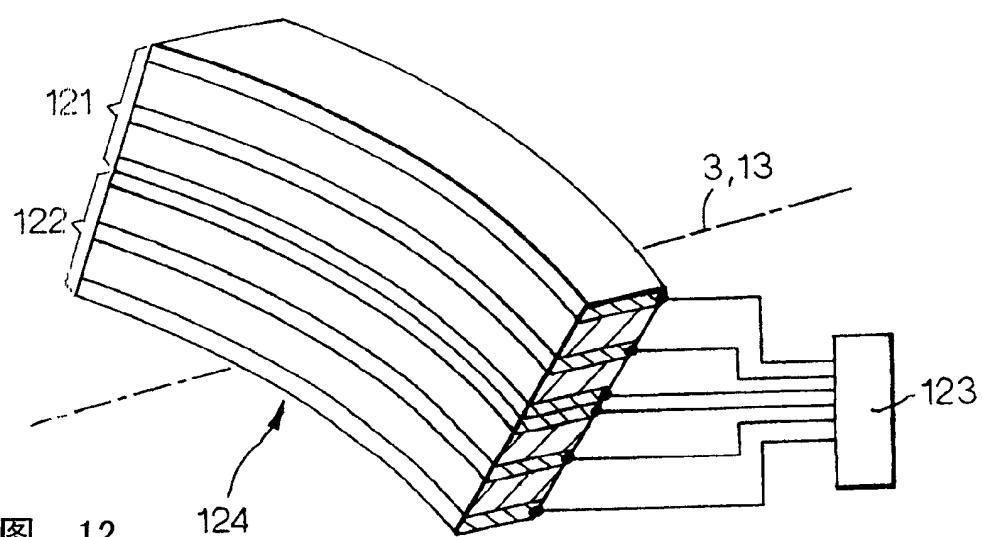


图 12