



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101247094 B

(45) 授权公告日 2012. 06. 20

(21) 申请号 200810008688. 2

(22) 申请日 2008. 02. 05

(30) 优先权数据

2007-034079 2007. 02. 14 JP

2007-285086 2007. 11. 01 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山崎豊

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 陈坚

(51) Int. Cl.

H02N 2/00 (2006. 01)

H01L 41/09 (2006. 01)

G04C 3/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5821670 A, 1998. 10. 13, 说明书第 4 栏第 64 行至第 6 栏第 11 行、附图 1-2.

US 5821670 A, 1998. 10. 13, 说明书第 4 栏第 64 行至第 6 栏第 11 行、附图 1-2.

W0 2006/137478 A1, 2006. 12. 28, 权利要求 15.

JP 2005-86991 A, 2005. 03. 31, 全文.

W0 01/63679 A1, 2001. 08. 30, 说明书第 24 页第 3 段、附图 7.

审查员 潘莉

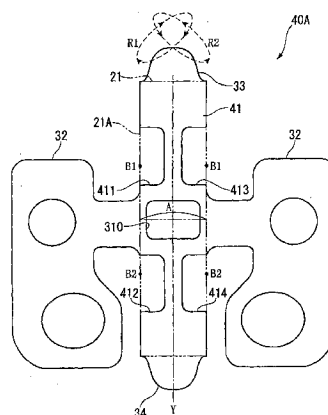
权利要求书 2 页 说明书 29 页 附图 41 页

(54) 发明名称

压电振动体、压电驱动器以及便携设备

(57) 摘要

本发明提供一种压电振动体、压电驱动器以及便携设备,所述压电振动体能够大幅度地扩大振幅,从而能够大大提高驱动效率。根据对压电振动体 (40A) 中的振动能量密度的考察,在加强板主体 (41) 中形成有通孔 (310) 和掏空孔 (411 ~ 414),通孔和掏空孔包含因纵向振动或弯曲振动而产生的形变最大的部位。这样,在包含因纵向振动或弯曲振动而产生的形变为最大的部位而形成的通孔和掏空孔处,发挥压电元件 (21) 中的最大的振动能量,实现振幅扩大,同时通过加强板主体 (41) 中的除了通孔 (310) 和掏空孔 (411 ~ 414) 以外的部分来限制压电元件 (21) 朝向面外方向的位移,因此,纵向振动和弯曲振动的振幅可靠地扩大。



1. 一种压电振动体,其是被激励纵向振动的压电振动体,该压电振动体具有:压电元件;和层叠固定有该压电元件的加强板,

其特征在于,

在所述加强板上形成有第一掏空部,该第一掏空部以这样的方式开口:包含因所述纵向振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位的中心部。

2. 如权利要求1所述的压电振动体,其特征在于,

所述压电振动体被激励混合振动模式,该混合振动模式是在所述纵向振动中加入了弯曲振动而成的模式。

3. 如权利要求2所述的压电振动体,其特征在于,

在所述加强板上形成有第二掏空部,该第二掏空部以这样的方式掏空:包含因所述弯曲振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位。

4. 如权利要求3所述的压电振动体,其特征在于,

所述加强板具有:

中央部,其形成有所述第一掏空部;

主线部,其在所述纵向振动的振动方向上的、从所述压电元件的一端部到另一端部之间,经由所述中央部进行延伸;以及

分支部,在所述主线部的一端部和所述中央部之间,以及在所述主线部的另一端部和所述中央部之间,分别形成有一个以上的所述分支部,该分支部形成为与所述主线部相交叉,

在与所述主线部和所述分支部相邻的区域中,形成有从所述加强板的外缘部朝向所述主线部掏空而成的所述第二掏空部。

5. 如权利要求2所述的压电振动体,其特征在于,

所述加强板具有沿着所述压电元件的俯视时的整个外周部的轮廓部,

在所述轮廓部的内侧形成有:所述第一掏空部;和第三掏空部,其以这样的方式掏空:包含因所述弯曲振动而产生的所述形变为大致最大的部位。

6. 如权利要求5所述的压电振动体,其特征在于,

所述轮廓部的俯视外形形状为大致矩形形状,

所述加强板具有连接部,在将所述压电元件的所述纵向振动的振动方向上的长度二等分的中央位置的两侧,分别形成有一个以上的所述连接部,并且该连接部以将所述轮廓部的各长边部之间沿所述压电元件的宽度方向连接起来的方式形成,

所述第一掏空部和所述第三掏空部由所述轮廓部和所述连接部包围而形成。

7. 如权利要求5所述的压电振动体,其特征在于,

所述加强板中的所述轮廓部的内侧为一个开口,

所述开口兼用作所述第一掏空部和所述第三掏空部。

8. 一种压电振动体,其是被激励弯曲振动的压电振动体,该压电振动体具有:压电元件;和层叠固定有该压电元件的加强板,

其特征在于,

所述加强板具有:

中央部；

主线部，其在与所述弯曲振动的振动方向大致正交的方向上的、从所述压电元件的一端部到另一端部之间，经由所述中央部进行延伸；以及

分支部，在所述主线部的一端部和所述中央部之间，以及在所述主线部的另一端部和所述中央部之间，分别形成有一个以上的所述分支部，该分支部形成为与所述主线部相交叉，

在与所述主线部和所述分支部相邻的区域中，形成有从所述加强板的外缘部朝向所述主线部掏空而成的第二掏空部，

所述第二掏空部包含因所述弯曲振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位，

所述加强板和所述压电元件的接触面积因所述第二掏空部的形成而比所述压电元件的面积小。

9. 如权利要求 1 至 8 中的任一项所述的压电振动体，其特征在于，

所述加强板的未掏空状态下的俯视外形形状为大致矩形形状，

所述掏空部的至少一个相对于将所述加强板的宽度二等分的中心线轴对称地形成。

10. 如权利要求 1 所述的压电振动体，其特征在于，

在所述掏空部的至少一个中配置有部件，该部件利用弹性模量比所述加强板的材料要小的材料形成。

11. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的压电振动体，其特征在于，

所述加强板具有抵接部，该抵接部与被驱动体抵接，并驱动该被驱动体，

所述第一掏空部形成为包含：在该压电振动体受到所述被驱动体的反力的状态下，因所述纵向振动而产生的所述形变为最大或大致最大的部位。

12. 如权利要求 3、4、8 中的任一项所述的压电振动体，其特征在于，

所述第二掏空部形成为包含：在该压电振动体受到所述被驱动体的反力的状态下，因所述弯曲振动而产生的所述形变为最大或大致最大的部位。

13. 如权利要求 5、6、7 中的任一项所述的压电振动体，其特征在于，

所述第三掏空部形成为包含：在该压电振动体受到所述被驱动体的反力的状态下，因所述弯曲振动而产生的所述形变为最大或大致最大的部位。

14. 一种压电驱动器，其特征在于，

所述压电驱动器具有：

权利要求 1 至 13 中的任一项所述的压电振动体；和

被驱动体，振动被从所述压电振动体传递到该被驱动体，由此该驱动体被驱动。

15. 一种便携设备，其特征在于，

所述便携设备具有权利要求 14 所述的压电驱动器。

16. 一种便携设备，其特征在于，

权利要求 15 所述的便携设备是钟表，其具有：

计时部；和

计时信息显示部，其显示通过该计时部计时得到的信息，通过所述被驱动体来驱动所述计时信息显示部。

压电振动体、压电驱动器以及便携设备

技术领域

[0001] 本发明涉及压电振动体、压电驱动器以及便携设备。

背景技术

[0002] 迄今为止,在如手表那样的小型便携的电子设备中,期望所安装的零部件的小型化和薄型化,并且为了延长电池寿命期望降低耗电。因此,作为组装在钟表内的驱动装置,代替步进电动机,开始使用既小型又薄型、并且从电能到机械能的转换效率优良的压电驱动器(例如,专利文献1~5)。

[0003] 这样的组装在便携设备中的压电驱动器,如专利文献1所示,具有在矩形形状的压电元件上层叠有加强板的、整体形状为大致矩形板状的压电振动体,利用在压电元件的厚度方向附加电场时的压电横效应,将在沿着与附加电场的方向正交的面的方向(面内方向)振动的压电振动体的振动,传递到转子等被驱动体上,从而进行驱动。

[0004] 此处,在本说明书中,将与附加到压电元件上的电场方向正交的平面方向称为“面内方向”。该面内方向是与附加到压电元件上的电场方向正交的多个方向的集合。本发明申请中的压电振动体沿着该面内方向振动。另外,在本说明书中,将与上述面内方向相交的方向(脱离上述面内方向的方向),称为“面外方向”。

[0005] 这里,在专利文献1中的压电振动体中,层叠在压电元件上的加强板的形状为具有如下部分的形状:固定部,其设置在压电元件的平面中心的附近,并固定在设备侧的支承部件等上;一对可动部,它们分别沿压电元件的各短边进行设置;以及一对臂部,它们将固定部分别连接到各可动部上。并且,在各可动部上分别连续地设置有突起部,这些突起部的一方与转子(被驱动体)抵接。使加强板为这样的形状的原因在于,如专利文献1中所述,使难以控制的弯曲振动稳定和扩大振幅。在专利文献1中,在保留了固定到设备上所必需的部位、以及与被驱动体抵接所必需的部位的同时,使加强板的面积小于压电元件的面积,而且降低了加强板的刚性。

[0006] 另一方面,在专利文献2中,在加强板上形成开口以便容易弯曲,或通过使加强板的厚度在多处位置减薄来降低加强板的刚性,在专利文献3中,在矩形形状的加强板中,形成切口以使宽度方向的弯曲刚性比长度方向的弯曲刚性高,从而降低加强板的刚性。同样地,在专利文献4中,通过将加强板形成得更小使其只接触压电元件的一部分,来降低加强板的刚性。

[0007] 并且,专利文献5中,通过用弯曲性良好的材质形成加强板,来降低加强板的刚性。

[0008] 专利文献1:日本特许第3832260号(图6,0008、0009段)

[0009] 专利文献2:日本特开平8-114408号公报(图7)

[0010] 专利文献3:日本特开平6-104503号公报(图1)

[0011] 专利文献4:日本特开2004-254417号公报(图2、图7)

[0012] 专利文献5:国际公开96/14687号小册子(14页15行~24行,图16)

[0013] 近年来,追求电子设备的进一步小型化和薄型化,此外,由于压电驱动器的扩大利用,还追求驱动更高负载的被驱动体,或连续驱动被驱动体,或使驱动速度高速化等。因此,要求扩大压电振动体的振幅,使驱动效率进一步提高。这里,设备的小型化和薄型化,与压电振动体的振幅扩大本来就是相反的要求,当使电源(电池)小型化时,由于附加电压变小,振幅也就变小,从而很难实现期望的驱动特性,另一方面,在加大附加电压以扩大振幅的情况下,就会导致电源的大型化。并且,越使电源小型化使附加电压减小,压电元件的位移量变得越小,相对于接通电力的驱动效率就会降低,甚至能产生无法驱动被驱动体的情况。由于这些原因,必须使驱动效率大幅度地提高。

[0014] 仅如专利文献1~4所述,使加强板的面积为比压电元件小的面积,来降低加强板的刚性,或者如专利文献5所述,使加强板的材质本身为弯曲性良好的材质来降低刚性的话,都不能断言可以使振幅可靠地扩大,距所要求的驱动效率的实现还很远。为什么呢?这是因为它们没有对加强板的刚性、与预定振动模式下的压电振动体的各部位处的振动能量密度之间的关系进行考察的缘故。只要没有明确降低刚性后的各种形态的加强板各自的意义,就不能在预定振动模式下使振幅可靠地扩大,不能获得高驱动效率。

[0015] 在专利文献1~4中,改变加强板的形状来降低加强板的刚性。并且,在专利文献1~4中的振动的节和腹各处的压电元件与加强板之间的接触状态如表1所示:

[0016] [表1]

[0017]

	专利文献1	专利文献2	专利文献3	专利文献4
纵向振动的节	有接触	有接触	有接触	有接触
弯曲振动的腹	无接触	有接触	有接触	无接触

[0018] 在专利文献1~4中,由于在纵向振动的形变成为最大的纵向振动的节处,加强板和压电元件接触,因此,妨碍了压电振动体的振动,振动效率变低。此外,在专利文献2、3中,由于在弯曲振动的形变变大的弯曲振动的腹处,加强板与压电元件接触,因此,妨碍了压电振动体的振动,振动效率变低。并且,在专利文献2中,由于并不存在作为加强板的部件,因此,对电极具有加强板功能进行了说明。此外,在专利文献4中,在纵向振动的节处的宽度方向中心部分存在加强板,加强板与压电元件在该部分接触。

[0019] 此外,在专利文献1、4中,加强板和压电元件在弯曲振动的腹处并不接触,但却没有对在矩形压电元件的宽度方向大致中央部大致沿长度方向延伸的加强板部分(在专利文献1中,将该部分称为臂部)的形状进行特别考察,而且由于该部分的宽度很窄,因此,可能用加强板并不能够限制向沿着与附加到压电元件上的电场的方向正交的面的方向(面内方向)以外的方向的位移。由此,反而可能无法获得扩大振幅的效果。即,若只是单纯地降低加强板的刚性,会产生向沿着与附加到压电元件上的电场的方向正交的面的方向(面内方向)以外的方向(面外方向)的位移,因此,向沿着与电场方向正交的面的方向(面内方向)的振动的振幅减弱。

[0020] 这里,与专利文献1、4中的加强板大致一样,在具有面积与压电元件的面积相比相当小的加强板(图32)的压电振动体100(图33)中,分析朝向上述面内方向以外的方向(面外方向)的位移的趋势,将其结果表示在图34和图35中。

[0021] 此处所用的加强板101,如图32所示具有矩形形状的外形(双点划线),该加强板101中的纵横分成四等份的区域分别被大量地掏空(掏空部101A)。图33中的压电振动体

100 具有该加强板 101, 以及分别与该加强板 101 的表面和背面接合起来的压电元件 102。此处, 在加强板 101 上形成有掏空部 101A(图 32) 的区域, 形成有加强板 101 和压电元件 102 不接触的非接触部 103, 该非接触部 103 分别形成在与掏空部 101A 对应的位置。

[0022] 在压电元件 102 上, 形成有与图 3 所示的被分割为 5 部分的电极 231 ~ 235 相同的 5 个电极。图 34 表示这样的状态: 在压电振动体 100 的各压电元件 102 中, 对相当于图 3 中的电极 232、233、234 的电极附加电压, 对相当于图 3 中的电极 231、235 的电极不附加电压, 在该情况下使压电振动体 100 振动。这样, 由于对压电元件 102 中的电极的一部分并不附加电压, 因而压电元件 102 的朝沿着长度方向的方向的伸缩状态变得不平衡, 由此, 激发了向与压电元件 102 的长度方向正交的方向的弯曲振动。并且, 图 34 表示这样的状态: 在不使转子等与压电振动体 100 抵接的情况下, 在无负载状态下使压电振动体 100 振动。

[0023] 图 34 表示用软件对图 33 中的压电振动体的振动状态进行模拟而得的结果。图 35 是在图 34 中只表示振动时的压电振动体 100 中的压电元件 102 的图。在这些图 34 和图 35 中, 与实际相比, 对压电元件 102 和加强板 101 的位移夸张地进行表示, 从这些图 34 和图 35 可以看出: 在加强板 101 和压电元件 102 没有接触的非接触部 103(图 34) 处的朝向 Z 轴方向的振动, 比加强板 101 和压电元件 102 接触的部分大。这样, 当随便地加大掏空部时, 就会产生朝向面内方向以外的方向(面外方向) 的位移。

发明内容

[0024] 鉴于上述内容, 本发明的目的在于提供一种压电振动体、压电驱动器以及便携设备, 通过从有关加强板的形状和加强板的各部位处的振动能量密度的种种观点出发加以研究, 能够大大提高驱动效率。

[0025] 本发明的第一压电振动体是被激励纵向振动的压电振动体, 该压电振动体具有: 压电元件; 和层叠固定有该压电元件的加强板, 其特征在于, 在所述加强板上形成有第一掏空部, 该第一掏空部以这样的方式开口: 包含因所述纵向振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位的中心部。

[0026] 所谓因上述纵向振动而产生的形变, 是指在压电振动体(或压电元件、或加强板, 下同) 中, 位移量相对于预定单位长度的比例。

[0027] 此处, 纵向振动的节, 看作由纵向振动引起的压电振动体的形变为最大的部分。另一方面, 纵向振动的腹是上述形变为最小的部分。

[0028] 并且, 上述节是在压电振动体中振幅大致为 0 的部位, 上述腹是在压电振动体中振幅最大、摆动最大的部分。

[0029] 关于本说明书中记载的各发明, 所谓“因纵向振动而产生的形变为最大的部位”, 就相当于纵向振动的节。纵向振动的节是将纵向振动的振动方向上的压电振动体的尺寸二等分的线上的位置, 上述中心部是指该纵向振动的节处的与纵向振动的振动方向正交的方向上的中央位置部分。即, 例如, 在长方形的板状的压电振动体的情况下, 二等分该压电振动体的长度的线上的位置就是纵向振动的节, 上述中心部是在该纵向振动的节处的压电振动体的宽度方向上的中央位置部分。

[0030] 根据本发明, 在纵向振动模式下, 由于在加强板上包含压电振动体的形变为最大的部位的中心部地形成有第一掏空部, 因此, 在该第一掏空部的部分, 加强板不接触压电元

件,能够抑制加强板具有抵抗压电元件的伸缩的阻力而妨碍振动。

[0031] 此处,图 36 中的曲线图表示由纵向振动引起的压电振动体的形变的大小。该图 36 中的横轴对应于图 37 中所示的 y 轴。即,图 36 中的横轴表示从矩形形状的压电振动体(图 37)的长度方向中心(点 0)到 y 轴上的任意部位的距离。在图 36 中,将从压电振动体的长度方向中心(点 0)到短边的长度作为 100(参照图 37)。另一方面,图 36 中的纵轴表示因纵向振动而产生的压电振动体的形变的大小(设最大值为 100)。在该图 36 和后述的图 40 和图 41 中,表示了加强板上没有形成掏空部分的压电振动体的数据。

[0032] 图 36 中的曲线图通过如下的式子(1)算出。

[0033] [公式 1]

$$[0034] \quad \varepsilon_d = \frac{\rho(1-y)a}{E} \quad \dots (1)$$

[0035] 关于上述式子(1)中的各参数,参照图 37 进行说明。

[0036] ε_d : y 轴上的任意部位处的压电振动体的形变的大小

[0037] 1:从压电振动体的长度方向中心(点 0)到短边的长度

[0038] ρ :压电振动体的密度

[0039] a:压电振动体因伸长而移动时的加速度

[0040] E:压电振动体的杨氏模量

[0041] y:从压电振动体的长度方向中心(点 0)到 y 轴上的任意部位的距离

[0042] 并且,根据来自设置在压电元件上的检测电极的检测信号,验证了图 36 中的曲线图所示的数据的正确性。具体地说,在不具有掏空部的矩形形状的加强板的表面和背面上贴合有压电元件,在该压电元件的表面上如图 38 所示,形成与驱动电极 104 绝缘的检测电极 105,测量从该检测电极 105 输出的检测信号的大小。由于检测信号的大小大致表示形变的大小,因此,通过测量检测信号能够测量形变的大小。并且,驱动电极 104 形成在压电元件的整个表面上的除了检测电极 105 以外的部分上。通过将驱动信号(纵向共振频率附近的交流信号)附加(电压附加)到该驱动电极 104 上,设置有驱动电极 104 的部分主动发生形变。通过该主动形变,设置有检测电极的部分被动地发生形变,从而从检测电极输出表示压电振动体的振动状态的电压信号。

[0043] 这里,中心线 C1 沿着压电振动体的长度方向,沿着中心线 C1 变更形成检测电极 105 的部位(图 38),根据检测信号的大小来测量各部位处的形变的大小,其结果为,该结果数据示出了接近上述式子(1)的趋势。从而,从压电振动体的长度方向中心到短边的、y 轴上的任意位置 y(图 37)与因纵向振动而产生的形变的大小之间的关系可以说一般是如图 36 所示。

[0044] 但是,压电振动体中的纵向振动的节,成为沿着压电振动体的宽度方向的中心线 C2(图 38)上的位置,但由图 36 可知,在纵向振动模式中,形变为最大的部位就是上述中心线 C2 上的位置。根据这样的对压电振动体中的振动能量密度的验证,通过使因纵向振动而产生的形变为最大的部位的至少中心部通过上述第一掏空部而开口,能够可靠地扩大沿加强板的面内方向伸缩的纵向振动的振幅。这样,能够实现振幅扩大,同时能够通过加强板的没有开设第一掏空部的部分来限制压电元件朝向面外方向的位移,因此,纵向振动的振幅不会减弱而被可靠地扩大。

[0045] 通过这样实现振幅扩大,在以该压电振动体作为驱动器使用的情况下,即使是相同的接通电力,也能够更高速地驱动负载更大的被驱动体,能够使驱动效率提高。另一方面,即使减小接通电力,由于也能够驱动预定负载的被驱动体,因此,可以减小电池等电源的电力容量,还能够促进安装有压电振动体的各种设备等的小型化和薄型化。

[0046] 在图 39 中,表示了涉及本发明的、主要通过激励纵向振动的压电振动体来驱动被驱动体的方式的一例。如该图所示,压电振动体 91 大致沿着与转子 92 的切线 L 配置,通过设置在压电振动体 91 上的作为抵接部的突起部 911 的运动,转子 92 在切线 L 的方向上被按压而驱动。在如该图 39 所示配置压电振动体 91 的情况下,由于纵向振动的振幅扩大,因突起部 911 的每个振动循环的按压而产生的转子驱动距离变大,其结果为,能够使驱动速度提高,并且转矩变大,能够驱动负载大的被驱动体。

[0047] 并且,被驱动体的移动方向(在为转子的情况下就是旋转方向)并不限于一个方向,例如也可以向朝右方向旋转和朝左方向旋转的两个方向来驱动转子。

[0048] 此外,被驱动体并不限于转子,也可以是被直线驱动的被驱动体。

[0049] 并且,压电驱动器例如可以使用于钟表的日历环和指针等驱动装置,或照相机的镜头模块中的变焦机构或自动调焦机构、或打印机的油墨喷头或走纸机构、压电蜂鸣器、可动玩具中的驱动装置等中。

[0050] 在本发明的第一压电振动体中,优选所述压电振动体被激励混合振动模式,该混合振动模式是在所述纵向振动中加入了弯曲振动而成的模式。

[0051] 如上所述,通过利用形成在加强板上的第一掏空部来扩大纵向振动的振幅,例如作为由纵向振动激发的二次振动的弯曲振动的振幅也扩大。并且,并不限于由纵向振动激发弯曲振动的结构,也可以是分别主动地激励纵向振动和弯曲振动的结构。在本发明所述的纵向振动和弯曲振动的混合模式中,在压电振动体中能够产生可高效驱动被驱动体的椭圆运动,而且,通过纵向振动的振幅扩大和弯曲振动的振幅扩大的相辅相成,能够更大幅度地提高振动效率。

[0052] 在激励上述混合振动模式的本发明的第一压电振动体中,优选在所述加强板上形成有第二掏空部,该第二掏空部以这样的方式掏空:包含因所述弯曲振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位。

[0053] 因上述弯曲振动而产生的形变是指在压电振动体(或压电元件、或加强板,下同)中位移量相对于预定单位长度的比例。

[0054] 根据本发明,通过掏空加强板,由于因弯曲振动而产生的形变为最大的部位被开口,因此,在上述第二掏空部处,加强板不接触压电元件,能够抑制加强板妨碍振动。

[0055] 此处,图 40 中的曲线图表示图 37 中的 x 轴(是通过中心 O 的与长边正交的方向的轴,是与 y 轴正交的轴,宽度方向的轴)上的因弯曲振动而引起的压电振动体的形变的大小。该图 40 中的横轴对应于图 37 所示的 x 轴。即,图 40 中的横轴表示从矩形形状的压电振动体(图 37)的宽度方向中心(点 O)到 x 轴上的任意部位的距离(宽度方向的距离,到长边方向的距离)。在图 40 中,将从压电振动体的宽度方向中心(点 O)到长边的长度作为 100(参照图 37)。另一方面,图 40 中的纵轴表示图 37 中的 x 轴上的因弯曲振动而产生的形变的大小(设最大值为 100)。根据这样的图 40 可知,随着从宽度方向中心(点 O)沿 x 轴朝向压电振动体的长边侧的外缘部,弯曲振动模式下的形变逐渐变大。并且,图 40 中的

纵轴的因弯曲振动而产生的形变的绝对值的大小根据 y 轴上（图 37）的位置而不同。在图 37 中，将从上述中心点 O 到短边的距离设为 100，在与中心点 O 相距 37 的位置上，上述形变的绝对值为最大，随着从上述 37 的位置朝向上述中心点 O，上述形变变小，并且，随着从上述 37 到与其相距 74 的位置，上述形变变小。可以说，上述形变的上述趋势相对于中心点 O，在图 37 中的上侧和下侧双方都存在。

[0056] 因此，为了避免加强板妨碍压电元件的伸缩，实现振幅扩大，考虑了在压电振动体的长边侧的外缘部不设置加强板。但是，如上述图 32 所示，当在大范围内掏空加强板的外缘部时，如图 34 所示，本来不想要的朝向 Z 轴方向的振动变大。

[0057] 图 40 中的曲线图通过如下的式子 (2) 算出。

[0058] [公式 2]

$$[0059] \quad \varepsilon = \frac{12M_y}{Eb^3h^3} x \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0060] 关于上述式子 (2) 中的各参数，参照图 37 进行说明。

[0061] M_y : 在从点 O 沿 y 轴离开任意距离 y 的部位，因弯曲振动而受到的弯矩

[0062] E : 压电振动体的杨氏模量

[0063] b : 压电振动体的厚度

[0064] h : 压电振动体的宽度

[0065] x : 从压电振动体的宽度方向中心（点 O）到 x 轴上的任意部位的距离

[0066] 另外，根据来自设置在压电元件上的检测电极的检测信号，验证了图 40 中的曲线图所示的数据的正确性。

[0067] 此处，中心线 C2 沿着压电振动体的宽度方向，沿中心线 C2 的平行线变更形成检测电极 105 的部位（图 38），根据检测信号的大小来测量各部位处的形变的大小，其结果为，该结果数据示出了接近上述式子 (2) 的趋势。另外，在驱动电极上附加弯曲共振频率附近的交流信号。根据以上所述，从压电振动体的宽度方向中心到作为宽度方向的 x 轴上的任意部位的距离 x、与因 x 轴上的弯曲振动产生的形变的大小两者之间的关系，可以说一般就如图 40 所示。

[0068] 图 41 是提取了沿矩形形状的压电振动体的长度方向的中心线（参照图 38 中的 C1）上的二次弯曲振动的振动性能的图。图 41 中的纵轴表示压电振动体的宽度方向的位移量（振幅），该纵轴的最大值设为 100。另一方面，图 41 中的横轴表示从压电振动体（参照图 37）的长度方向中心（点 O）到作为长度方向的 y 轴上的任意部位的距离，该横轴的最大值设为 100。在图 41 的示例中，矩形形状的压电振动体的长度是 3.5mm，宽度是 1.0mm（在图 36～图 38，图 40 中，也使用与此相同的长宽尺寸的加强板和压电元件）。如图 41 所示，在使从该压电振动体的长度方向中心（点 O）到短边的长度为 100% 时，在大约 37% 的距离处，存在压电振动体宽度方向的位移量为极大的点 P。取该点 P 的位置就是弯曲振动的腹。另外，如图 40 所示，与压电振动体的宽度方向上的内侧（中心侧）的部分相比，外缘部一方的形变变大，因此，在压电振动体中，在从平面中心位置沿短边方向离开 37% 的上述点 P 的位置上，在沿压电振动体的宽度方向的直线与上述外缘部（长边）的交点位置，因弯曲振动而产生的形变为最大。即，上述交点的部位就是压电振动体中因弯曲振动而产生的形变为最大（弯曲振动的能量密度最大）的部位。

[0069] 根据对这样的压电振动体中的振动能量密度的验证,将因弯曲振动而产生的形变的大小为最大的部位,作为上述第二掏空部进行开口,通过该开口,能够可靠地扩大弯曲振动的振幅。由于这样实现了振幅扩大,同时能够通过加强板的未掏空部分来限制压电元件向面外方向的位移,因此,加强板的面内方向上的弯曲振动的振幅不会被减弱而被可靠地扩大。

[0070] 即,根据本发明,在纵向振动和弯曲振动的混合模式中,通过除了包含因纵向振动而产生的形变为最大的部位地形成了第一掏空部之外,还包含因弯曲振动而产生的形变为最大的部位地掏空加强板,能够扩大纵向振动和弯曲振动两者的振幅,还能够扩大椭圆运动的轨迹。从而,振动效率进一步提高,在将该压电振动体作为驱动器使用的情况下,能够进一步促进驱动效率的提高和小型化。

[0071] 在激励上述混合振动模式的本发明的第一压电振动体中,优选所述加强板具有:中央部,其形成有所述第一掏空部;主线部,其在所述纵向振动的振动方向上的、从所述压电元件的一端部到另一端部之间,经由所述中央部进行延伸;以及分支部,在所述主线部的一端部和所述中央部之间,以及在所述主线部的另一端部和所述中央部之间,分别形成有一个以上的所述分支部,该分支部形成为与所述主线部相交叉,在与所述主线部和所述分支部相邻的区域中,形成有从所述加强板的外缘部朝向所述主线部掏空而成的所述第二掏空部。

[0072] 根据本发明,由于主线部成为支柱,通过主线部、中央部以及分支部形成骨架,因此,通过该骨架,能够良好地限制压电元件朝向面外方向的位移。从而能够进一步使振动效率提高。

[0073] 并且,在分支部的数量多的情况下,该加强板的形状成为类似鱼骨的形状。

[0074] 此外,只要主线部从压电元件或加强板的一端部延伸到另一端部,则也可以不按直线形成,例如,也可以呈S字状地延伸。

[0075] 并且,因上述弯曲振动而产生的形变,是指在压电振动体(或压电元件、或加强板,下同)上产生弯曲振动时,位移量相对于预定单位长度的比例。从而,因弯曲振动而引起的压电振动体的形变为最大的部位,就是这样的部位:相当于弯曲振动的腹,而且相当于加强板或压电元件的外缘部。并且,上述节是在压电振动体中振幅大致为0的部位,上述腹是在压电振动体中振幅极大(参照图41中的点P的位置)、摆动最大的部分。

[0076] 在激励上述混合振动模式的本发明的第一压电振动体中,优选所述加强板具有沿着所述压电元件的俯视时的整个外周部的轮廓部,在所述轮廓部的内侧形成有:所述第一掏空部;和第三掏空部,其以这样的方式掏空:包含因所述弯曲振动而产生的所述形变为大致最大的部位。

[0077] 根据本发明,由于在轮廓部的内侧,因纵向振动而产生的形变为最大的部位的一部分被开口,并且,因弯曲振动而产生的形变大致为最大的部位被开口,因此,在该开口的部分处,加强板并不接触压电元件,能够抑制加强板妨碍振动。并且,关于因纵向振动而引起的压电振动体的形变的大小,已经表示在图36中,关于因弯曲振动引起的压电振动体的形变的大小,已经表示在图40和图41中。在轮廓部的内侧,包含因纵向振动而产生的形变为最大的部位的一部分地进行开口,并且,因弯曲振动而产生的形变大致为最大的部位被开口,由此,能够可靠地扩大加强板的面内方向上的纵向振动和弯曲振动的振幅。由于这样

实现了振幅扩大,同时能够通过轮廓部来限制压电元件朝向面外方向的位移,因此,纵向振动和弯曲振动的振幅不会被减弱而被可靠地扩大。

[0078] 进而,根据本发明,通过形成轮廓部,可以提高加强板的部件强度,还能够增大相对于面内方向的向扭转方向的强度。

[0079] 此外,通过具有沿压电元件的外周部的轮廓部,在层叠压电元件和加强板时能够容易地对齐加强板的位置和压电元件的位置,因此,能够提高生产率,能够抑制特性的波动。

[0080] 在具有所述轮廓部的本发明的压电振动体中,优选所述轮廓部的俯视外形形状为大致矩形形状,所述加强板具有连接部,在将所述压电元件的所述纵向振动的振动方向上的长度二等分的中央位置的两侧,分别形成一个以上的所述连接部,该连接部以将所述轮廓部的各长边部之间沿所述压电元件的宽度方向连接起来的方式形成,所述第一掏空部和所述第三掏空部由所述轮廓部和所述连接部包围而形成。

[0081] 根据本发明,由于轮廓部的各长边部成为支柱,这些长边部和连接部形成骨架,因此,通过该骨架,能够良好地限制压电元件朝向面外方向的位移。从而,能够可靠地使振幅扩大,能够进一步使振动效率提高。

[0082] 并且,加强板的形状为大致梯子形状。

[0083] 在具有上述轮廓部的本发明的压电振动体中,优选使上述加强板中的所述轮廓部的内侧为一个开口,所述开口兼用作所述第一掏空部和所述第三掏空部。

[0084] 根据本发明,形成了第一掏空部和第三掏空部连通的一个开口,该开口部分大幅度地开放,因此,能够尽可能地防止对压电元件的位移产生妨碍。

[0085] 本发明的第二压电振动体是被激励出弯曲振动的压电振动体,该压电振动体具有:压电元件;和层叠固定有该压电元件的加强板,其特征在于,所述加强板具有:中央部;主线部,其在与所述弯曲振动的振动方向大致正交的方向上,在从所述压电元件的一端部到另一端部之间,经由所述中央部进行延伸;以及分支部,在所述主线部的一端部和所述中央部之间,以及在所述主线部的另一端部和所述中央部之间,分别形成有一个以上的所述分支部,该分支部形成为与所述主线部相交叉,在与所述主线部和所述分支部相邻的区域中,形成有从所述加强板的外缘部朝向所述主线部掏空而成的第二掏空部,所述第二掏空部包含因所述弯曲振动而产生的所述压电振动体、或所述加强板、或所述压电元件的形变为最大的部位,所述加强板和所述压电元件的接触面积因所述第二掏空部的形成而比所述压电元件的面积小。

[0086] 根据本发明,通过掏空加强板,因弯曲振动而产生的形变为最大的部位被开口,因此,在上述第二掏空部处,加强板并不接触压电元件,从而,可以抑制加强板妨碍振动。并且,关于因弯曲振动而引起的压电振动体的形变的大小,已经表示在图 40 和图 41 中。通过掏空加强板,因弯曲振动而产生的形变为最大的部位被开口,从而,能够可靠地扩大加强板的面内方向上的弯曲振动的振幅。由于这样实现了振幅扩大,同时能够通过加强板的未掏空部分来限制压电元件朝向面外方向的位移,因此,弯曲振动的振幅不会被减弱而被可靠地扩大。

[0087] 并且,因上述弯曲振动而产生的形变是指在压电振动体(或压电元件、或加强板,下同)中在弯曲振动发生时,位移量相对于预定单位长度的比例。因此,由弯曲振动引起的

压电振动体的形变为最大的部位是这样的部位：相当于弯曲振动的腹，并且相当于加强板的外缘部。另外，上述节是在压电振动体中振幅大致为 0 的部位，上述腹是压电振动体中振幅极大（参照图 41 中的点 P 的位置）、摆动最大的部分。

[0088] 在图 42 中，表示了涉及本发明的、主要通过激励弯曲振动的压电振动体来驱动被驱动体的方式的一例。如该图所示，压电振动体 93 沿着与转子 92 的切线 L 的法线方向配置，通过设置在压电振动体 93 上的作为抵接部的突起部 931 的运动，转子 92 在切线 L 的方向上被按压而驱动。在如该图 42 所示配置压电振动体 93 的情况下，由于弯曲振动的振幅扩大，因突起部 931 的每个振动循环的按压而产生的转子驱动距离变大，其结果为，能够使驱动速度提高，此外，转矩变大，能够驱动负载大的被驱动体。

[0089] 并且，被驱动体并不仅限于转子，也可以是被直线驱动的被驱动体。

[0090] 另外，在本发明的上述各压电振动体中，通常进行振动的加强板的弹性模量（例如，杨氏模量）比压电元件的弹性模量要高，在此情况下，为了使加强板的振动特性提高，优选上述加强板和上述压电元件接触的面积，在上述加强板上设置有第一掏空部或第二掏空部的状态下，比上述压电元件的面积要小。在本发明中，能够使加强板的刚性和压电元件的刚性彼此接近。

[0091] 此外，优选使加强板的主体和支承部形成为在平面上不重叠。由此，由于第一掏空部不会与支承部重叠地配置，因此，不会妨碍加强板主体的运动。

[0092] 并且，在将加强板的外形作为轮廓部留下来的情况下，优选压电元件的形状（例如矩形）与加强板的未掏空状态下的外形（例如矩形）一致。由此，在贴合形成有掏空部的加强板与压电元件时，能够容易且正确地定位加强板与压电元件的相对位置，因此，抑制了压电振动体的振动特性的波动。

[0093] 在本发明的上述各压电振动体中，优选所述加强板的未掏空状态下的俯视外形形状为大致矩形形状，

[0094] 所述掏空部的至少一个相对于将所述加强板的宽度二等分的中心线轴对称地形成。

[0095] 根据本发明，可以在中心线的两侧轴对称地发挥加强板的对压电元件的面外方向位移的限制力。因此，在相对于所述中心线轴对称地切换压电振动体的振动性能时，能够使其振动特性在中心线的两侧相同。由此，在传递压电振动体的振动而分别向一个方向和与其相反的方向驱动被驱动体时，能够使其驱动特性相同。

[0096] 并且，所谓“掏空部”，是指所有第一掏空部、第二掏空部、以及第三掏空部的总称。在以后的说明中也是同样的。

[0097] 在本发明的上述各压电振动体中，优选在所述掏空部的至少一个中配置有部件，该部件用弹性模量比上述加强板的材料要小的材料形成。

[0098] 根据本发明，弹性模量小的部件作为与加强板不同的部件配置在第一掏空部、第二掏空部、或第三掏空部中，通过该配置，既能够确保加强板的强度，又能够在不妨碍压电元件在面内方向的位移的情况下大幅度扩大振幅。

[0099] 并且，弹性模量比加强板要小（例如，杨氏模量小）的部件，例如在加强板是钢材等金属的情况下，可以通过树脂或焊锡等形成。

[0100] 在本发明的上述各压电振动体中，优选所述加强板具有抵接部，该抵接部与所述

被驱动体抵接,并驱动该被驱动体,所述第一掏空部形成包含:在该压电振动体受到所述被驱动体的反力的状态下,因所述纵向振动而产生的形变为最大或大致最大的部位。

[0101] 此外,在本发明的上述各压电振动体中,优选所述第二掏空部或/和所述第三掏空部形成包含:在该压电振动体受到所述被驱动体的反力的状态下,因所述弯曲振动而产生的所述形变为最大或大致最大的部位。

[0102] 在这些发明中,压电振动体被用作驱动被驱动体的驱动器。这里,第一掏空部、或第二掏空部、或第三掏空部形成包含:在压电振动体受到由被驱动体的反力进行振动的情况下的,因纵向振动而产生的形变为最大或大致最大的部位,或因弯曲振动而产生的形变为最大或大致最大的部位,由此,在将压电振动体使用作为驱动器时,能够对应合适的压电元件的振动性能。即,在压电驱动器动作时,即使由于被驱动体的反力的影响,而使得压电振动体的振动特性与压电振动体单体振动时的振动特性略有偏差,也能够通过加强板限制压电元件朝向面外方向的位移,并同时可靠地扩大振幅,实现良好的振动特性。

[0103] 并且,抵接部与加强板可以是一体的也可以是分体的。

[0104] 本发明的压电驱动器的特征在于,所述压电驱动器具有:上述的压电振动体;和被驱动体,振动被从所述压电振动体传递到该被驱动体,由此该驱动体被驱动。

[0105] 根据本发明,由于具有上述的压电振动体,因此,能够享有上述的作用和效果。

[0106] 本发明的便携设备的特征在于,其具有所述的压电驱动器。

[0107] 根据本发明,由于具有上述的压电振动体,因此,能够享有上述的作用和效果。

[0108] 这里,作为便携设备,例如可以列举出手表、怀表、数字照相机、数字录像机、便携式打印机、便携信息设备、便携电话等。

[0109] 本发明的便携设备优选是钟表,其具有:计时部;和计时信息显示部,其显示通过该计时部计时得到的信息,通过所述被驱动体来驱动所述计时信息显示部。

[0110] 根据本发明,将上述的压电振动体作为驱动器来驱动齿轮等,能够显示时刻或日历等计时信息。根据上述的压电振动体,由于振幅被大幅度地扩大,因此还能够驱动负载大的厚重部件,此外,也能够进行驱动速度快的秒针等的连续驱动,和指针的迅速归零等。此外,由于振幅扩大,相同接通电力下的驱动效率提高,因此,能够降低附加电压,能够使用电池容量小的小型且薄型电池,因此能够进一步使钟表小型化和薄型化。

[0111] 此外,能够实现压电驱动器中的优点,即,不受磁场的影响,响应性高等。

[0112] 根据以上的发明,可以使驱动效率大幅度提高。

附图说明

[0113] 图1是本发明的第一实施方式中的手表的外观图。

[0114] 图2是上述实施方式中的压电驱动器单元的立体图。

[0115] 图3是上述实施方式中的压电振动体的立体图。

[0116] 图4是上述实施方式中的加强板的俯视图。

[0117] 图5是表示上述实施方式中的压电振动体的电连接的图。

[0118] 图6是表示上述实施方式中的压电振动体中的驱动频率和阻抗之间的关系的关系的曲线图。

[0119] 图7是表示上述实施方式中的压电振动体的动作的图。

- [0120] 图 8 是表示上述第一实施方式的变形例的图。
- [0121] 图 9 是表示上述第一实施方式的其它变形例的图。
- [0122] 图 10 是本发明的第二实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0123] 图 11 是表示上述第二实施方式的变形例的图。
- [0124] 图 12 是本发明的第三实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0125] 图 13 是表示上述实施方式中的加强板的图。
- [0126] 图 14 是表示具有图 13 中的加强板的本实施方式的压电振动体的图。
- [0127] 图 15 是表示上述压电振动体的振动性能的图。
- [0128] 图 16 是只表示振动时的上述压电振动体中的压电元件的图。
- [0129] 图 17 是分别表示本实施方式的压电振动体的振动振幅,以及在加强板上没有形成掏空部的压电振动体的振动振幅的图。
- [0130] 图 18 是本发明的第四实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0131] 图 19 是表示上述第四实施方式的变形例的图。
- [0132] 图 20 是本发明的第五实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0133] 图 21 是本发明的第六实施方式中的日期显示装置的俯视图。
- [0134] 图 22 是上述实施方式中的加强板的俯视图。
- [0135] 图 23 是本发明的第七实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0136] 图 24 是表示本发明的第七实施方式的变形例的图。
- [0137] 图 25 是本发明的第八实施方式中的压电振动体的俯视图。
- [0138] 图 26 是本发明的第九实施方式中的手表的外观图。
- [0139] 图 27 是上述实施方式中的日期显示装置的俯视图。
- [0140] 图 28 是图 27 的局部放大图。
- [0141] 图 29 是上述实施方式中的加强板的俯视图。
- [0142] 图 30 是本发明的变形例中的加强板的俯视图。
- [0143] 图 31 是本发明的变形例中的加强板的俯视图。
- [0144] 图 32 是表示面积与压电元件的面积相比相当小的加强板的图。
- [0145] 图 33 是表示具有图 32 中的加强板的压电振动体的图。
- [0146] 图 34 是在具有图 32 中的加强板的压电振动体中,分析朝向其面外方向的位移的趋势的图。
- [0147] 图 35 是只表示振动时的上述压电振动体中的压电元件的图。
- [0148] 图 36 是表示因纵向振动而产生的形变的大小的图。
- [0149] 图 37 是表示分别在图 36 和图 40 中标准化为 100 后的距离的图。
- [0150] 图 38 是表示形成于上述压电振动体的检测电极的位置的图。
- [0151] 图 39 是表示利用纵向振动驱动被驱动体的方式的图。
- [0152] 图 40 是表示因弯曲振动而产生的形变的大小的图。
- [0153] 图 41 是表示弯曲振动的性能的图。
- [0154] 图 42 是表示利用弯曲振动驱动被驱动体的方式的图。
- [0155] 标号说明
- [0156] 1:钟表(便携设备);20:压电驱动器;20A:压电振动体;21:压电元件;21A:外缘

部 ;25 :转子 (被驱动体) ;30 :加强板 ;31 :加强板主体 ;32 :支承部 ;33、34、911、931 :突起部 (抵接部) ;35 :部件 (弹性模量小的部件) ;40A :压电振动体 ;41 :加强板主体 ;45A :压电振动体 ;46 :加强板主体 ;50A :压电振动体 ;5A :加强板 ;51 :加强板主体 ;51A :开口 (兼用作第一掏空部和上述第三掏空部) ;55A :压电振动体 ;56 :加强板主体 ;56A :通孔 (第一掏空部) ;56C、56D :掏空孔 (第三掏空部) ;60A :压电振动体 ;61 :加强板主体 ;65A :压电振动体 ;66 :加强板主体 ;70 :压电驱动器 ;70A :压电振动体 ;79A ~ 79H :掏空孔 ;79 :加强板 ;80 :压电驱动器 ;80A :压电振动体 ;81 :加强板主体 ;82 :支承部 ;83、84 :突起部 ;91 :压电振动体 ;92 :转子 (被驱动体) ;93 :压电振动体 ;310 :通孔 (第一掏空部) ;350 :通孔 ;411 ~ 414 :掏空孔 (第二掏空部) ;461 :中央部 ;462 :主线部 ;462A :一端 ;462B :另一端 ;463 :分支部 ;471 ~ 482 :掏空孔 ;511A、511B :长边部 ;511 :轮廓部 ;561 ~ 564 :连接部 ;611 :中央部 ;612 :主线部 ;612A :一端 ;612B :另一端 ;613 :分支部 ;621 ~ 628 :掏空孔 ;663 :分支部 ;671 ~ 682 :掏空孔 ;790 :加强板主体 ;791、792 :主线部 ;793、794 :分支部 ;810 :加强板 ;A :因纵向振动而产生的形变为最大的线段 (部位) ;B1、B2 :因弯曲振动而产生的形变为最大的点 (部位) B1'、B2' :因弯曲振动而产生的形变为大致最大的点 (部位) ;L1、L2 :长度 ;W1、W2 :宽度 ;Y :中心线。

具体实施方式

[0157] 以下,参照附图对本发明的各实施方式进行说明。

[0158] 并且,在第二实施方式以后的说明中,对于与以下说明的第一实施方式相同的结构,标以同一标号,并省略或简化其说明。

[0159] [第一实施方式]

[0160] 在本实施方式中,作为便携设备示出了装配有计时仪的手表。此外,在本实施方式中,示出了能够扩大纵向振动的振幅,从而还能够扩大弯曲振动的振幅的结构。

[0161] [1、整体结构]

[0162] 图1是表示本实施方式的钟表1的俯视图。钟表1具有:机芯2;表盘3,其用于显示时刻;时针4;分针5;以及秒针6;此外,钟表1还具有表示计时仪时间的计时仪秒针7A和计时仪分针7B。

[0163] 时针4、分针5、以及秒针6与通常的模拟石英表相同。它们由以下组件驱动:组装有晶体振子(水晶振動子)的电路基板;具有线圈、定子和转子的步进电动机;驱动轮系;以及电池。

[0164] [2、计时仪秒针的驱动机构]

[0165] 驱动计时仪秒针7A的驱动机构构成为具有:压电振动体20A;转子25,其作为被驱动体由该压电振动体20A驱动旋转;以及减速轮系26,其减速传递转子25的旋转。通过这些压电振动体20A和转子25,构成了压电驱动器20。

[0166] 减速轮系26由以下组件构成:齿轮261,其与转子25同轴地配置,并与转子25一体地旋转;以及齿轮262,其与该齿轮261啮合,并且固定在计时仪秒针7A的旋转轴上。

[0167] 另外,压电驱动器20、转子25以及齿轮261如图2所示,作为压电驱动器单元10而被单元化。

[0168] [3、压电驱动器单元的结构]

[0169] 图 2 所示的压电驱动器单元 10 构成为具有：支承板 12，其通过螺钉等固定部件 11 固定在钟表 1 的底板等上；压电振动体 20A，其固定在支承板 12 上；以及转子 25 和齿轮 261，它们可自由旋转地安装在支承板 12 上。这里，本实施方式的压电驱动器 20 构成为具有压电振动体 20A 和转子 25。并且，通过配置在齿轮 261 上方的旋转传感器 13，来检测齿轮 261 的旋转量（旋转位置）。

[0170] 在支承板 12 上固定有基底部件 14，压电驱动器 20 安装在该基底部件 14 上。

[0171] [4、压电驱动器的结构]

[0172] 图 3 表示构成压电驱动器 20 的压电振动体 20A，压电振动体 20A 的整体形状形成大致为矩形板状。

[0173] 压电振动体 20A 具有：矩形板状的 2 个压电元件 21、21；和加强板 30，其利用不锈钢等形成。通过在加强板 30 的表面和背面上分别层叠和接合压电元件 21、21，构成了压电振动体 20A。

[0174] [4-1、压电元件的结构]

[0175] 对于压电元件 21、21，在本实施方式中使用了锆钛酸铅（PZT（注册商标）），但除此之外，也可以使用石英、铌酸锂、钛酸钡、钛酸铅、偏铌酸铅、聚偏二氟乙烯（ポリフッ化ビニリデン）、铟铌酸铅、铟钛酸铅等。

[0176] 在各压电元件 21 的表面上形成有通过镀、溅镀、蒸镀等形成的电极面。通过用通过蚀刻等形成的槽 230 来分割该电极面，在各压电元件 21 的表面上形成了 5 个电极 231～235。这些电极 231～235 被同样地配置在各压电元件 21 中，例如，在图 3 中的表面侧压电元件 21 中的表面侧的体表面上配置有电极 235，在该电极 235 的背面侧，在背面侧压电元件 21 中的背面侧的体表面上配置有电极 235。即，表面侧压电元件 21 和背面侧压电元件 21 的各电极，在俯视时相一致。

[0177] 另一方面，在表面侧和背面侧的各压电元件 21 中，形成有各电极 231～235 的面的相反侧的面，与加强板 30 接触导通。即，加强板 30 还作为各压电元件 21 的电极发挥作用。

[0178] 并且，也可以在压电元件 21、21 的与加强板 30 层叠一侧的面的整个面上形成电极，在此情况下，该电极与加强板 30 导通。

[0179] 这里，压电元件 21 的尺寸的宽度与长度之比确定为 2：7，在本实施方式中，宽度取 1mm，长度取 3.5mm。

[0180] [4-2、加强板的结构]

[0181] 图 4 是表示压电振动体 20A 中的加强板 30 的形状的俯视图。加强板 30 具有：矩形形状的加强板主体 31，在其表面和背面上分别层叠有压电元件 21、21；一对支承部 32、32，它们连续地设置在该加强板主体 31 的长边侧的两侧面上；突起部 33，其是连续地设置在加强板主体 31 的短边侧的抵接部；凸起 34，其用于相对于该突起部 33 确保振动平衡，上述各部件形成为一体。

[0182] 本实施方式的加强板 30 利用具有导电性、且为非磁性体的不锈钢形成，但加强板的材料并不限于此。作为用于加强板的非磁性材料，例如有：奥氏体系的不锈钢、铝、铝合金、铜、铜合金等金属材料，或聚酰亚胺等树脂材料，或者陶瓷材料等。这里，在将各种金属材料等具有导电性的材料使用于加强板的情况下，由于能够将加强板作为压电元件的电极

使用,因此存在不必在层叠于加强板上的压电元件上另行形成电极这一优点。此外,在将非磁性材料使用于加强板的情况下,存在钟表外部的磁场、或组装在钟表内的步进电动机所产生的磁场,不会影响到压电驱动器 20 的动作这一优点。另外,压电驱动器与步进电动机相比虽然是不易受到磁场影响的结构,但是通过将非磁性体使用于加强板,其更加不易受到磁场的影响。并且,加强板也可以使用磁性材料。

[0183] 加强板主体 31 的长度和宽度,分别与压电元件 21 的长度和宽度相同,在加强板主体 31 的平面中心部分,形成有作为第一掏空部的通孔 310。即,作为跟随压电元件 21 的振动而振动的部分的加强板主体 31 与压电元件 21 的接触面积小于压电元件 21 的面积,从而,能够使压电振动体 20A 的振动特性提高。

[0184] 这里,加强板主体 31 和支承部 32、32 形成为在平面上不重叠。由此,由于在通孔 310 中没有设置支承部 32、32,因此,加强板主体 31 的运动不会受到支承部 32、32 的妨碍。

[0185] 在加强板主体 31 中的除了通孔 310 以外的部分上,利用环氧类的粘接剂接合有压电元件 21、21。

[0186] 通孔 310 相对于将压电元件 21 的宽度二等分的中心线 Y 轴对称地形成。

[0187] 各支承部 32 具有:连接部 321,其与加强板主体 31 连续地设置;和固定部 322,其用螺钉 15(图 2)固定在基底部件 14 上,各支承部 32 不与压电元件 21 层叠,并以从压电元件 21 的外缘部突出的状态支承压电元件 21。在固定部 322 上形成有穿过螺钉 15 的固定孔 322A,以及定位孔 322B。

[0188] 并且,连接部 321 也可以形成得宽度较窄,以对驱动体 31 施加弹簧力。通过该弹簧力,突起部 33 被弹压在转子 25 上,通过压电驱动器 20 的激励,转子 25 被旋转驱动。另外,上述弹簧力的施加结构,并不限于上述结构,可以是任意的结构。

[0189] 各支承部 32 中的连接部 321,分别沿着直线 X-X 分别设置在压电元件 21 的宽度方向两侧,直线 X-X 通过压电振动体 20A 激励出的纵向振动的节(线段 A)。并且,线段 A 是这样的线段:通过压电元件 21 的平面中心,并且,沿着与压电元件 21 的长度方向正交的方向,以压电元件 21 的外缘部 21A 作为两端。

[0190] 突起部 33 与转子 25 之间的相对位置设定成:突起部 33 与转子 25(图 2)的外周面以预定的力抵接,由于在该突起部 33 与转子 25 的侧面之间产生适当的摩擦力,因而压电振动体 20A 的振动就被传递到转子 25 上。

[0191] 并且,在本实施方式中,在不与转子 25 抵接的一侧,也设置有与突起部 33 具有同样的形状和质量的作为计数器的突起部 34。

[0192] [5、压电振动体的电气结构]

[0193] 图 5 表示压电振动体 20A 的电连接。在压电振动体 20A 中,设置有未图示的引线基板,设置在压电元件 21 上的各电极 231 ~ 235 和加强板 30,通过该引线基板与驱动电路 28 连接。

[0194] 加强板 30 作为各压电元件 21、21 的公共电极与 GND 连接(接地),利用驱动电路 28,在一个压电元件 21 的各电极 231 ~ 235 与加强板 30 之间,以及另一压电元件 21 的各电极 231 ~ 235 与加强板 30 之间,分别附加交流电压。并且,各电极 231 ~ 235 虽如后所述有选择地使用,但在分别设置在各压电元件 21 上的相同的电极之间,即,在电极 231、231,电极 232、232,电极 233、233,电极 234、234,电极 235、235 上,分别同时地附加相同电位。

[0195] 在压电振动体 20A 上通过驱动电路 28 来附加单相的驱动电压。

[0196] 这里,关于驱动电压的频率(驱动频率),要考虑压电振动体 20A 中的纵向振动的共振点和弯曲振动的共振点等来确定。

[0197] 在图 6 中,示出了压电振动体 20A 中的驱动频率和阻抗之间的关系。如图 6 所示,相对于驱动频率阻抗极小、振幅最大的共振点出现了两个点,它们之中频率较低的一方是纵向振动的共振点,频率高的一方是弯曲振动的共振点。

[0198] 即,当在纵向振动的纵向共振频率 $fr1$ 和弯曲振动的弯曲共振频率 $fr2$ 之间驱动压电振动体 20A 时,可以确保纵向振动和弯曲振动两者的振幅,压电驱动器 20 以高的效率进行驱动。并且,通过使纵向共振频率 $fr1$ 和弯曲共振频率 $fr2$ 相互接近,能够设定使纵向振动的振幅和弯曲振动的振幅双方都变得更大的驱动频率。

[0199] [6、压电振动体的作用]

[0200] 图 7 表示压电振动体 20A 的振动性能。在本实施方式中,对设置在压电元件 21 上的各电极 231 ~ 235 有选择地附加电位。

[0201] 首先,在对沿长度方向设置在压电元件 21 的平面中央部的电极 233,以及中心对称地配置在压电元件 21 的平面中心的电极 231、235 附加电位时,伴随对设置有这些电极 231、233、235 的部分附加电压,压电元件 21 产生伸缩,由于该伸缩,压电振动体 20A 沿长度方向激励出纵向一次振动,并且,由于因压电元件 21 中的伸缩部位的不平衡产生的力矩,在压电元件 21 的宽度方向激发弯曲二次振动。由此,压电振动体 20A 以纵向振动和弯曲振动合成后的混合模式振动,由于压电元件 21 由层叠在压电元件 21 上的加强板主体 31 保持,因此这些纵向振动和弯曲振动成为沿着加强板 30 的面内方向的振动。

[0202] 这里,如图 36 的曲线图中已经表示的那样,纵向振动的节(图 7 中用 A 图示),与压电振动体 20A 中因纵向振动而产生的形变为最大(纵向振动的振动能量密度最大)的部位相同,以包含该纵向振动的节的中心部(在本实施方式中为压电振动体 20A 中的平面中心部分)的方式,在加强板主体 31 上形成有通孔 310。即,在通孔 310 的内侧,包含因纵向振动而产生的形变为最大的部位的中心部。

[0203] 通孔 310 包含因该纵向振动而产生最大形变的线段 A 的一部分,在该通孔 310 中,加强板主体 31 和压电元件 21 并不接触,压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过伸缩可产生的最大的振动能量,来扩大振幅。

[0204] 加之,在通孔 310 以外,压电元件 21 被保持在加强板主体 31 的表面上,由此,压电元件 21 朝向面外方向的位移被限制,因此,压电振动体 20A 的振幅不会减弱,能够使压电振动体 20A 中的纵向振动的振幅为大致最大。并且,纵向振动的振幅在压电振动体 20A 的短边部为最大。

[0205] 并且,通过这样地扩大纵向振动的振幅,由纵向振动激发的弯曲振动的振幅也扩大。

[0206] 这里,由于通孔 310 如下进行开口:从因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 上的位置,沿着压电元件 21 的长度方向,直到离开压电元件 21 的长度的 $1/20$ (或者 5%) 以上的位置,因此,即使在突起部 33 受到所抵接的转子 25(图 2)的反力、压电振动体 20A 的振动能量密度分布与压电振动体 20A 单体的情况相比向离开转子 25 一侧移位了的情况下,在通孔 310 中,依然包含因纵向振动而产生的形变为最大的部位的一部分。

[0207] 基于这样的纵向振动与作为二次振动的弯曲振动之间的预定的相位差,压电振动体 20A 激励出椭圆振动。从而,压电振动体 20A 的突起部 33 描绘出相对于压电元件 21 的长度方向的中心线 Y 倾斜的椭圆轨迹 R1。通过该突起部 33 的椭圆运动,转子 25(图 2)被向与突起部 33 的切线方向按压,而向“+”方向旋转。

[0208] 另一方面,在对中央的电极 233、以及中心对称的电极 232、234 附加电位时,对与上述情况中的压电元件 21 的电压附加区域轴对称的区域附加电压,因此,突起部 33 的轨迹也成为与 R1 形成轴对称的椭圆轨迹 R2,转子 25(图 2)向“-”方向旋转。

[0209] 通过这样的转子 25 的旋转,与转子 25 为一体的齿轮 261 也旋转,伴随齿轮 261 的旋转,齿轮 262 旋转,计时仪秒针 7A(图 1)被向正方向或反方向驱动。

[0210] 并且,也可以检测压电振动体 20A 的振动进行驱动控制,在此情况下,当转子 25 朝向“+”方向驱动时,通过没有附加驱动电压的电极 232、234,检测表示压电振动体 20A 的振动状态的电压信号,当转子 25 朝向“-”方向驱动时,通过没有附加驱动电压的电极 231、235,检测表示压电振动体 20A 的振动状态的电压信号。另外,只要根据检测到的电压信号来控制驱动频率或驱动脉冲宽度等即可。

[0211] [7、本实施方式的效果]

[0212] (1) 在将安装在钟表 1 中的电池作为电源进行动作的压电驱动器 20 中,基于对如图 36 所示那样的压电振动体 20A 中的振动能量密度的验证,在加强板主体 31 上形成包含因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分的通孔 310。在这样的通孔 310 中,由于发挥压电元件 21 中的最大振动能量来实现振幅的扩大,并同时通过加强板主体 31 中的除通孔 310 以外的部分来限制压电元件 21 朝向面外方向的位移,因此,能够可靠地扩大纵向振动的振幅。

[0213] 由此,即使是同样的接通电力,也能够实现负载更大的被驱动体(转子 25, 齿轮 261、262, 以及计时仪秒针 7A) 的驱动,和高速驱动被驱动体的如计时仪秒针 7A 那样的以较高速度驱动的秒针的驱动。

[0214] 另一方面,即使减小接通电力,由于也能够驱动预定负载的被驱动体,因此能够减小电池容量,还能够促进钟表 1 的小型化和薄型化。

[0215] (2) 通过如(1)那样扩大纵向振动的振幅,由纵向振动激发的弯曲振动的振幅也被扩大,因此,能够进一步加大纵向振动和弯曲振动的混合模式下的压电振动体 20A 的椭圆振动的轨迹,能够进一步使振动效率提高。从而,就能够进行负载更高的被驱动体的驱动,和能够以更高的速度驱动被驱动体。

[0216] (3) 由于形成于加强板主体 31 上的通孔 310 相对于沿着压电元件 21 的长度方向的中心线 Y 轴对称地形成,因此,能够在中心线 Y 的两侧按轴对称地发挥加强板主体 31 对压电元件 21 的面外方向位移的限制力。从而,突起部 33 描绘椭圆轨迹 R1 时的振动特性,与描绘椭圆轨迹 R2 时的振动特性相同,能够使向“+”方向和“-”方向分别驱动转子 25 时的驱动特性相同。

[0217] (4) 由于加强板主体 31 中的通孔 310,形成为考虑了突起部 33 与转子 25 抵接所产生的转子 25 的反力的尺寸、位置和形状,因此,能够对应压电驱动器 20 动作时的压电元件 21 的位移性能。即,在压电驱动器 20 动作时,即使由于转子 25 的反力的影响,而使压电振动体 20A 的振动特性与压电振动体 20A 单体振动时的振动特性略有偏差,也能够通过在通过

加强板主体 31 限制压电元件 21 朝向面外方向的位移的同时,可靠地扩大振幅,实现良好的振动特性。

[0218] [第一实施方式的变形例]

[0219] 图 8 表示这样的示例:在加强板主体 31 的通孔 310 的内侧空间中,配置和固定(通过接合等)有弹性模量比加强板 30 小的部件 35。部件 35 是例如用树脂或焊锡等形成的部件,由于弹性模量小,因此在压电元件 21 伸缩时几乎不具有阻力,具有与通孔 310 的内部为空间的上述第一实施方式(图 4)的效果相同的效果。

[0220] 此外,通过这样在通孔 310 中配置与加强板主体不同的部件 35,能够更充分地确保加强板主体 31 的强度。

[0221] 并且,也可以如图 9 所示,部件 35 只设置在通孔 310 的一部分中,在加强板主体 31 上形成了由部件 35 包围起来的通孔 350,这样能够更加有助于扩大振幅。

[0222] 此外,在上述第一实施方式(图 4)中,即使在接合压电元件 21 和加强板主体 31 的粘接剂流入到通孔 310 内部的情况下,由于该粘接剂比加强板 30 的弹性模量小,因此,具有与本变形例同样的效果。

[0223] [第二实施方式]

[0224] 下面,说明本发明的第二实施方式。在本实施方式中,表示出了能够扩大纵向振动和弯曲振动的振幅的结构。

[0225] 图 10 表示本实施方式的压电振动体 40A。在本实施方式中,只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 41 的形状与第一实施方式不同,其它结构与第一实施方式具有同样的结构。

[0226] 本实施方式的加强板主体 41 具有与上述第一实施方式大致相同的通孔 310,并且,在加强板主体 41 的宽度方向两侧分别具有掏空孔 411 ~ 414,这些掏空孔 411 ~ 414 通过从加强板主体 41 的与压电元件 21 的沿长度方向的外缘部 21A 对应的端缘向压电元件 21 的宽度方向内侧掏空而形成。这些掏空孔 411 ~ 414 相对于中心线 Y 轴对称地形成,而且分别形成在相当于点 B1、B2 的位置,所述点 B1、B2 是压电振动体 40A 振动时,如通过图 40 导出的那样的因弯曲振动而产生的形变为最大的点(部位)B1、B2(弯曲振动的腹)。

[0227] 这里,当检测本实施方式的压电振动体 40A 的在沿长度方向的中心线 Y 上的弯曲振动的振动性能时,与上述图 41 大致一样,在将从压电振动体 40A 的平面中心位置到短边的距离设为 100%时,在大约 37%的距离处,存在压电振动体宽度方向的位移量(振幅)为极大的点 P。并且,如图 40 所示,由于与压电振动体 40A 的宽度方向上的内侧(中心侧)部分相比,外缘部一方的形变更大,因此,在压电振动体 40A 中,在 B1、B2 处因弯曲振动而产生的形变为最大,B1、B2 是从平面中心位置向短边方向离开 37%的上述点 P 位置处的、沿压电振动体宽度方向的直线,与上述外缘部(长边)的交点位置。即,上述点(部位)B1、B2(取点 P)的位置,是在压电振动体 40A 中因弯曲振动而产生的形变为最大(弯曲振动的能量密度最大)的部位。如上所述,根据图 40 和图 41 可知,弯曲振动的形变最大的部位相当于 B1、B2。

[0228] 所以,以分别包含这些点 B1、B2 的方式形成了掏空孔 411 ~ 414。于是,掏空孔 411 ~ 414 就成为第二掏空部。在这些掏空孔 411 ~ 414 中,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过弯曲振动可产生的最大振动能量来扩大振幅。

[0229] 并且,由于在掏空孔 411 ~ 414 和通孔 310 之外,将压电元件 21 保持在加强板主体 41 的表面上,因而压电元件 21 朝向面外方向的位移被限制,因此,能够使压电振动体 20A 中的纵向振动和弯曲振动的振幅为大致最大。

[0230] 这里,由于掏空孔 411 ~ 414 包含因弯曲振动而产生的形变为最大的弯曲振动的点 B1、B2 各自的附近部地开口,因此,即使在受到突起部 33 所抵接的转子 25 (图 2) 的反力、振动能量密度分布相对于压电振动体 20A 单体中的振动能量密度分布发生了变化的情况下,在掏空孔 411 ~ 414 中,也包含着因弯曲振动而产生的形变为最大的部位。

[0231] 本实施方式的压电振动体 40A,与上述第一实施方式一样,激励出纵向振动和弯曲振动的混合模式下的椭圆振动,如前所述,通过通孔 310,扩大了纵向振动的振幅和弯曲振动的振幅,此外由于通过掏空孔 411 ~ 414 扩大了弯曲振动的振幅,因此,振动效率进一步提高。

[0232] 此外,根据本实施方式也具有与第一实施方式大致相同的效果。

[0233] [第二实施方式的变形例]

[0234] 图 11 表示这样的示例:在加强板主体 41 的通孔 310 和掏空孔 411 ~ 414 的内侧空间中,分别配置和固定有用树脂或焊锡形成的部件 35。由于部件 35 的弹性模量比加强板 30 小,因此,具有与通孔 310 和掏空孔 411 ~ 414 的内部为空间的上述第二实施方式 (图 10) 的效果相同的效果,此外,通过这样在通孔 310 和掏空孔 411 ~ 414 中配置部件 35,能够更充分地确保加强板主体 41 的强度。

[0235] 并且,该部件 35 也可以只设置在通孔 310 的一部分、或各掏空孔 411 ~ 414 各自的一部分中。例如,也可以在因弯曲振动而产生的形变为最大的部位 (点 B1、B2) 不设置部件 35 而使其开口,由此能够实现振幅的扩大。

[0236] 此外,在上述第二实施方式 (图 10) 中,即使在接合压电元件 21 和加强板主体 41 的粘接剂流入到通孔 310 或掏空孔 411 ~ 414 内部的情况下,由于该粘接剂比加强板 30 弹性模量小,因此,具有与本变形例同样的效果。

[0237] [第三实施方式]

[0238] 下面,说明本发明的第三实施方式。在本实施方式中,表示能够扩大纵向振动和弯曲振动的振幅的结构。

[0239] 图 12 表示本实施方式的压电振动体 45A。在本实施方式中,只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 46 的形状与上述各实施方式不同,其它结构与上述各实施方式具有同样的结构。

[0240] 加强板主体 46 具有:中央部 461,其层叠在压电元件 21 的平面中心部,并且形成有通孔 310;主线部 462,其在从压电元件 21 的长度方向中的一端部到另一端部之间,经由中央部 461 进行延伸;以及多个分支部 463,它们形成为与主线部 462 相交叉,加强板主体 46 形成为类似鱼骨的形状。

[0241] 分支部 463 在主线部 462 的一端 462A 与中央部 461 之间,以及在主线部 462 的另一端 462B 与中央部 461 之间分别设置有 3 个,合计设置有 6 个。

[0242] 在这样的加强板主体 46 中,在主线部 462 的一端 462A、另一端 462B、各分支部 463、以及中央部 461 中,相邻的两者之间都从与压电元件 21 的沿着长度方向的外缘部 21A 对应的位置朝向主线部 462 被掏空,由此,分别形成了掏空孔 471 ~ 482。这些掏空孔 471 ~

482 相对于中心线 Y 轴对称地形成。

[0243] 此外,掏空孔 472、478 形成为包含因弯曲振动而产生的形变为最大 的点(部位) B1(如上所述,加强板主体 46 中的 P 点位置处的长边部位置),另一方面,掏空孔 475、481 形成为包含因弯曲振动而产生的形变为最大的点(部位) B2(如上所述,加强板主体 46 中的 P 点位置处的长边部位置)。从而,掏空孔 472、478、475、481 成为第二掏空部。

[0244] 另外,掏空孔 471 ~ 482 的长度 L1 为压电元件 21 的长度的 7% 以下(优选是 3% 以上)的长度,并且,掏空孔 471 ~ 482 的宽度 W1 为压电元件 21 的宽度的 39% 以下(优选是 10% 以上)的宽度。当掏空孔 471 ~ 482 配置在上述范围内时,能够确保加强板的强度,并且,在振动时减小了 Z 轴方向的振动分量,振动效率得以提高。

[0245] 并且,掏空孔 471 ~ 482 分别考虑以下情况来确定其形状、位置和尺寸:受到突起部 33 所抵接的转子 25(图 2)的反力,振动能量密度分布发生了变化。

[0246] 在这些掏空孔 471 ~ 482 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,就能够利用压电元件 21 的通过弯曲振动可产生的最大的振动能量来扩大振幅。

[0247] 参照图 13 ~ 图 16,对本实施方式的压电振动体 45A 的振动性能来进行说明。图 13 表示压电振动体 45A 具有的加强板;图 14 是压电振动体 45A 的立体图。这里,在加强板的加强板主体 46 上,在形成有掏空孔 471 ~ 482 的部分,形成了加强板主体 46 和压电元件 21 不接触的非接触部 49。该非接触部 49 形成在分别对应掏空孔 471 ~ 482 的位置处。

[0248] 图 15 表示这样的状态:对压电振动体 45A 的各压电元件 21 中的电极 232、233、234(图 3)附加电压,对电极 231、235(图 3)不附加电压,在该情况下使压电振动体 45A 振动。并且,图 15 表示这样的状态:在不使转子等抵接压电振动体 45A 的情况下,在无负载状态下使压电振动体 45A 振动。

[0249] 图 15 表示用软件对压电振动体 45A 的振动状态进行模拟而得的结果。图 16 是只表示振动时的压电振动体 45A 中的压电元件 21 的图。从这些图 15 和图 16 可以看出:压电振动体 45A 不仅在非接触部 49 处,而且还包含压电元件 21 和加强板主体 46 接触的部分在内,整体在面内方 向上振动,而几乎没有朝向面外方向(在该方向中,包含 Z 方向)的振动(面外振动)。在与形成有上述的很大的掏空部的加强板相关的图 34 和图 35 中,非接触部 103 处的面外振动很大,并且,在非接触部 103 以外,由于加强板 101 与压电元件 102 的接触,妨碍了振动,因此,面内方向的振动效率低下。这样,图 34 的压电振动体的性能与本实施方式的压电振动体 45A 的性能显著不同。

[0250] 在本实施方式中,各掏空孔 471 ~ 482 处的加强板主体 46 的开口区域的长度 L1,停留在压电元件 21 的长度的 7% 以下(优选是 3% 以上),并且,各掏空孔 471 ~ 482 处的加强板主体 46 的开口区域的宽度 W1,停留在压电元件 21 的宽度的 39% 以下(优选是 10% 以上),由此,在除掏空孔 471 ~ 482 或通孔 310 以外的加强板主体 46 的部分,来保持压电元件 21。其结果为,在限制面外振动的同时,能够不妨碍振动使振动效率提高。该掏空效果,在由掏空孔形成的开口区域的长度 L1 是上述 3% 以上、并且由掏空孔形成的开口区域的宽度 W1 是上述 10% 以上的情况下,能够发挥出来。另一方面,在长度 L1 超过上述 7%,或者宽度 W1 超过上述 39% 的情况下,由于加强板的强度变弱,因此面外振动的限制力降低,相应地,振幅也会减弱。

[0251] 图 17 的曲线图分别表示本实施方式的压电振动体 45A 的振动振幅(实线),以及

在加强板上没有形成掏空部的压电振动体的振动振幅（虚线）。用虚线表示振动振幅的压电振动体，除了在加强板上没有形成掏空部这一点以外，与本实施方式的压电振动体同样地形成。图 17 中的曲线图的横轴，是附加到压电元件上的驱动电压的频率。通过附加与纵向振动共振点对应的纵向共振频率 $fr1$ ，和与弯曲振动共振点对应的弯曲共振频率 $fr2$ 之间的适当频率的驱动电压，能够使纵向振动的振幅和弯曲振动的振幅两者都变大，由此，振动效率得以提高。图 17 中的上侧的表表示与图 17 的曲线图中的驱动频率的各刻度对应的压电振动体 45A 的振动振幅，图 17 中的下侧的表表示没有形成掏空部的压电振动体的振动振幅。

[0252] 这里，如图 17 所示，用实线表示的压电振动体 45A 的振动振幅，大于没有形成掏空部的压电振动体的振动振幅。即，如上所述，由于面外 振动被限制，振动不受妨碍，使得振动振幅变大，因此，压电振动体 45A 的突起部 33 描绘的椭圆轨迹也变大，从而，可高效率地驱动转子 25。

[0253] 如上所述，本实施方式的压电振动体 45A 所振动效率高，具有压电振动体 45A 和转子 25 而构成的压电驱动器的停止转矩，相对于使用了没有开口开设掏空孔的加强板的压电振动体的情况，提高了 15%～20% 的程度。

[0254] 本实施方式的压电振动体 45A，与上述第二实施方式大致一样，以包含因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分，以及因弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1、B2 的方式，来使加强板主体 46 开口，因此，具有与第二实施方式大致相同的效果，此外，根据本实施方式，具有下述效果。

[0255] (5) 通过使加强板主体 46 被掏空的尺寸为长度在压电元件 21 的长度的 7% 以下，而且宽度在压电元件 21 的宽度的 39% 以下，能够通过加强板主体 46 可靠地限制压电元件 21 朝向面外方向的位移，同时不会妨碍振动使振动效率提高。

[0256] [第四实施方式]

[0257] 接下来，说明本发明的第四实施方式，在本实施方式中，表示能够扩大纵向振动和弯曲振动的振幅的结构。

[0258] 图 18 表示本实施方式的压电振动体 50A。在本实施方式中，只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 51 的形状与上述各实施方式不同，其它结构与上述各实施方式具有同样的结构。

[0259] 本实施方式的加强板主体 51 具有沿着压电元件 21 的俯视的整个外周部的大致矩形框状的轮廓部 511。加强板主体 51 留下该轮廓部 511 地被掏空，在轮廓部 511 的内侧，形成了一个开口 51A。

[0260] 该开口 51A 形成为：即使在受到突起部 33 所抵接的转子 25（图 2）的反力、振动能量密度分布相对于压电振动体 50A 单体中的振动能量密度分布发生了变化的情况下，也包含因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分，以及因弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1、B2 的附近部位（因弯曲振动而产生的形变为大致最大的点 B1'、B2'）。即，开口 51A 兼用作为第一掏空部和第三掏空部。在该开口 51A 处，由于压电元件 21 自由伸缩，因此，能够利用压电元件 21 的通过纵向振动和弯曲振动可产生的最大振动能量来扩大振幅。

[0261] 并且，因弯曲振动而产生的形变为最大的点（部位）B1、B2 位于轮廓部 511 上。此

外,开口 51A 相对于中心线 Y 轴对称地形成。

[0262] 这里,开口 51A 的宽度优选是从加强板主体 51 的宽度的 40%到 78%,更优选是从 50%到 60%,此外,开口 51A 的长度优选是从加强板主体 51 的长度的 40%到 80%,更优选是从 50%到 60%。

[0263] 本实施方式的压电振动体 50A,与上述第二实施方式大致一样,以包含因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分,以及因弯曲振动而产生的形变为大致最大的点 B1'、B2' 的方式,对加强板主体 51 进行开口,因此,具有与第二实施方式大致相同的效果。此外,根据本实施方式,还具有下述效果。

[0264] (6) 通过形成轮廓部 511,加强板主体 51 的部件强度提高,能够增大相对于面内方向的扭转强度。

[0265] (7) 此外,通过具有沿着压电元件 21 的外周部的轮廓部 511,在压电振动体 50A 的制造工序中,层叠压电元件 21 和加强板 5A 时,对齐加强板 5A 的位置和压电元件 21 的位置变得容易。即,能够使压电振动体 50A 的生产率提高,抑制特性的波动。

[0266] (8) 由于形成如上所述的通孔和掏空孔连通而成的一个开口 51A,该开口 51A 的部分被大幅度地开放,因此,能够尽可能防止压电元件 21 的移位被妨碍。

[0267] [第四实施方式的变形例]

[0268] 图 19 表示这样的示例:在形成于加强板主体 51 的轮廓部 511' 的内侧的开口 51A' 的内侧空间中,分别配置和固定有利用树脂或焊锡形成的部件 35。由于部件 35 的弹性模量比加强板 5A 要小,因此,具有与开口 51A 的内部为空间的上述结构(图 18)的效果相同的效果,此外,即使这样将开口 51A' 形成得大,通过配置部件 35,也能够更充分地确保加强板主体 51 的强度。因此,开口 51A' 的长度比图 18 中的开口 51A 的长度要长,在该大开口 51A' 处,压电元件 21 能够自由伸缩,因此,能够使振动效率良好。

[0269] 并且,该部件 35 也可以使与纵向振动的节和弯曲振动的节重叠一致的部位(压电元件 21 的平面中心)相当的部分开口。

[0270] 此外,在上述第四实施方式中,轮廓部 511 沿压电元件 21 的整个外周进行设置,但即使在轮廓部 511 的一部分断开的情况下,由于构成了上述骨架,因此也可以是这样的结构。

[0271] [第五实施方式]

[0272] 下面,说明本发明的第五实施方式,在本实施方式中,表示出能够扩大纵向振动和弯曲振动的振幅的结构。

[0273] 图 20 表示本实施方式的压电振动体 55A。在本实施方式中,只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 56 的形状与上述各实施方式不同,其它结构与上述各实施方式具有同样的结构。

[0274] 本实施方式的加强板主体 56 形成为大致梯子状,其具有:大致矩形形状的轮廓部 511;以及多个连接部 561~564,它们沿着压电元件 21 的宽度方向将轮廓部 511 的各长边部 511A、511B 之间连接起来。连接部 561~564 在将压电元件 21 的长度二等分的直线 X-X 的两侧分别各设置 2 个。

[0275] 在这样的加强板主体 56 中,由轮廓部 511 和各连接部 561~564 包围而成的通孔 56A 和掏空孔 56B~56E,分别相对于中心线 Y 轴对称地形成。通孔 56A 形成为包含因纵向

振动而产生的形变为最大的位置,其作为第一掏空部发挥作用。

[0276] 此外,掏空孔 56C、56D 形成为包含因弯曲振动而产生的形变为大致最大的点(部位)B1'、B2',其作为第三掏空部发挥作用。

[0277] 并且,通孔 56A、以及掏空孔 56B~56E 分别考虑了以下情况来确定其形状、位置和尺寸:受到突起部 33 所抵接的转子 25(图 2)的反力,振动能量密度分布相对于压电振动体 55A 单体中的振动能量密度分布发生了变化。

[0278] 此外,使掏空孔 56B~56E 和通孔 56A 各自的长度 L2 为压电元件 21 的长度的 15%以下(优选是 5%以上)的长度,并且,掏空孔 56B~56E 和通孔 56A 各自的宽度 W2,为压电元件 21 的宽度的 78%以下(优选是 40%以上)的宽度。

[0279] 在这些通孔 56A、掏空孔 56B~56E 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过纵向振动和弯曲振动可产生的最大的振动能量来扩大振幅。

[0280] 本实施方式的压电振动体 55A,与上述第四实施方式大致一样,由于形成为包含因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分,以及因弯曲振动而产生的形变大致为最大的点 B1'、B2',因此,具有与第三实施方式大致相同的效果。(9)此外,轮廓部 511 的两长边部 511A、511B 成为支柱,通过这些长边部 511A、511B 和连接部 561~564 形成骨架,因此,通过该骨架,能够良好地限制压电元件 21 朝向面外方向的位移。从而能够可靠地扩大振幅,使振动效率进一步提高。

[0281] (10)由于掏空孔 56B~56E 和通孔 56A 各自的尺寸,相对于压电元件 21 的尺寸,长度在 15%以下(优选是 5%以上),宽度在 78%以下(优选是 40%以上),因此,能够可靠地限制由加强板主体 56 引起的压电元件 21 朝向面外方向的位移。

[0282] 并且,作为本实施方式的变形例,也可以在通孔 56A 和掏空孔 56B~56E 的所有孔中,或者在任一个孔中,配置与加强板 30 不同的部件。

[0283] [第六实施方式]

[0284] 接下来,对本发明的第六实施方式进行说明。

[0285] 本实施方式中的压电振动体的与被驱动体抵接的突起部的形状,与上述各实施方式不同。并且,在本实施方式中,表示出能够扩大纵向振动和弯曲振动的振幅的结构。

[0286] 图 21 表示组装在日期显示装置 8 中的压电驱动器 80。在压电驱动器 80 中,在加强板 810 的表面和背面的各压电元件 21 上都形成有未分割的单一电极 230,在该电极 230 和加强板 810 之间附加电压。

[0287] 图 22 表示压电振动体 80A 中的加强板 810 的形状。加强板 810 具有:与第二实施方式(图 10)大致相同的加强板主体 81;支承部 82,其连续设置在加强板主体 81 的长边侧的侧面部;以及突起部 83、84,它们分别设置在加强板主体 81 的短边部。图 22 中的通孔 310 和掏空孔 411~414 各自的形状位置,与图 10 中的通孔 310 和掏空孔 411~414 各自的形状位置相同。上述掏空孔 411~414 成为第二掏空部。

[0288] 这里,突起部 83、84 配置在从中心线 Y 起向相反方向离开的位置上,由该突起部 83、84 的位置引起重量不平衡,通过因该重量不平衡而产生弯矩,激发了弯曲振动。从而,压电振动体 80A 激励出纵向振动和弯曲振动。并且,根据突起部 83 描绘的椭圆轨迹 R1,转子 78(图 21)被向预定方向驱动。

[0289] 根据以上的本实施方式,具有与第二实施方式大致相同的效果。

[0290] [第七实施方式]

[0291] 下面,说明本发明的第七实施方式。在本实施方式中,主要表示能够扩大弯曲振动振幅的结构。

[0292] 图 23 表示本实施方式的压电振动体 60A。在本实施方式中,只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 61 的形状,与上述各实施方式不同,其它结构与上述各实施方式具有同样的结构。

[0293] 加强板主体 61 具有:中央部 611,其层叠在压电元件 21 的平面中心部,并且,与支承部 32 连续设置;主线部 612,其从压电元件 21 的长度方向上的一端部到另一端部,经由中央部 611 进行延伸;以及各分支部 613,它们形成为与主线部 612 相交叉。

[0294] 分支部 613 在主线部 612 的一端 612A 和中央部 611 之间,以及在主线部 612 的另一端 612B 和中央部 611 之间,分别设置一个,合计设置 2 个,各分支部 613 的与压电元件 21 的外缘部 21A 重叠的前端部,形成为大致 T 字状,以充实压电元件 21 的长度方向。

[0295] 在这样的加强板主体 61 中,在主线部 612 的一端 612A、另一端 612B、各分支部 613、以及中央部 611 中,在相邻的两者之间,都从与压电元件 21 的沿长度方向的外缘部 21A 对应的位置,朝向主线部 612 被掏空,分别形成了掏空孔 621 ~ 628。这些掏空孔 621 ~ 628 相对于中心线 Y 轴对称地形成。

[0296] 此外,掏空孔 622、623、626、627,形成为包含因上述弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1 或 B2。从而,上述掏空孔 622、623、626、627 成为第二掏空部。

[0297] 并且,掏空孔 621 ~ 628 分别考虑以下情况来确定其形状、位置和尺寸:受到突起部 33 所抵接的转子 25(图 2)的反力,振动能量密度分布相对于压电振动体 60A 单体中的振动能量密度分布发生了变化。

[0298] 在这些掏空孔 621 ~ 628 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过弯曲振动可产生的最大的振动能量来扩大振幅。并且,本实施方式的压电振动体 60A,虽在因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分上,并不具有开口,但由于在掏空孔 621 ~ 628 处压电元件 21 可自由伸缩,因此,也能够有助于扩大纵向振动的振幅。

[0299] 本实施方式的压电振动体 60A,形成为包含因弯曲振动而产生的形变大致为最大的点 B1、B2,除上述 (3)、(4) 的效果之外,还具有如下效果。

[0300] (1') 在安装在钟表 1 中的以电池作为电源进行动作的压电驱动器 20 中,根据对如图 40、图 41 所示那样的、压电振动体 20A 中的振动能量密度的考察,在加强板主体 31 上形成有包含因弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1、B2 的掏空孔 621 ~ 628。在这样的掏空孔 621 ~ 628 处,使压电元件 21 中的最大振动能量得到发挥,实现了振幅扩大,同时通过加强板主体 31 中的除掏空孔 621 ~ 628 以外的部分来限制压电元件 21 朝向面外方向的位移,因此,可靠地扩大了弯曲振动的振幅。

[0301] 由此,即使是相同的接通电力,也能够实现负载更大的被驱动体(转子 25, 齿轮 261、262, 以及计时仪秒针 7A) 的驱动,和高速驱动被驱动体的如计时仪秒针 7A 那样的以较高速度驱动的秒针的驱动。

[0302] 另一方面,即使减小接通电力,由于也能够驱动预定负载的被驱动体,因此能够减小电池容量,还能够促进钟表 1 的小型化和薄型化。

[0303] (11) 由于主线部 612 成为支柱,通过主线部 612、中央部 611、以及分支部 613 形成

骨架,因此,通过该骨架能够良好地限制压电元件 21 朝向面外方向的位移。从而,就能够进一步使振动效率提高。

[0304] [第七实施方式的变形例]

[0305] 图 24 表示这样的示例:在加强板主体 61 中的掏空孔 621' ~ 628' 中,分别配置和固定有利用树脂或焊锡形成的部件 35。由于部件 35 的弹性模量比加强板主体 61 要小,因此,具有与各掏空孔 621' ~ 628' 为空间的上述结构(图 23)的效果相同的效果,此外,即使这样形成有掏空孔 621' ~ 628'、加强板主体 61 中的掏空面积大,但通过配置部件 35,也能够更充分地确保加强板主体 61 的强度。因此,各分支部 613' 的前端部没有形成为 T 字状。

[0306] [第八实施方式]

[0307] 下面,说明本发明的第八实施方式。在本实施方式中,表示增加了第七实施方式中的分支部的数量的方式,并主要表示能够扩大弯曲振动振幅的结构。

[0308] 图 25 表示本实施方式的压电振动体 65A。在本实施方式中,只有层叠在压电元件 21 上的加强板主体 66 的形状,与上述各实施方式不同,其它结构与上述各实施方式具有同样的结构。

[0309] 加强板主体 66 与第七实施方式(图 23)大致一样,它具有:中央部 611;主线部 612;以及各分支部 663,它们形成为与主线部 612 相交叉。

[0310] 这里,在主线部 612 的一端 612A 与中央部 611 之间,以及在主线部 612 的另一端 612B 与中央部 611 之间,各设置 3 个分支部 663,合计设置有 6 个分支部 663。

[0311] 在这样的加强板主体 66 中,在主线部 612 的一端 612A、另一端 612B、各分支部 663、以及中央部 611 中,相邻的两者之间,都从与压电元件 21 的沿长度方向的外缘部 21A 对应的位置朝向主线部 612 被掏空,从而,分别形成了掏空孔 671 ~ 682。这些掏空孔 671 ~ 682 相对于中心线 Y 轴对称地形成。

[0312] 此外,掏空孔 672、678 形成为包含因弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1,掏空孔 675、681 形成为包含因弯曲振动而产生的形变为最大的点 B2。从而,上述掏空孔 672、678、675、681 为第二掏空部。

[0313] 并且,各掏空孔 671 ~ 682 分别考虑以下情况来确定其形状、位置和尺寸:受到突起部 33 所抵接的转子 25(图 2)的反力,振动能量密度分布相对于压电振动体 65A 单体中的振动能量密度分布发生了变化。

[0314] 这里,掏空孔 671 ~ 682 的长度 L1 为压电元件 21 的长度的 7% 以下(优选是 3% 以上)的长度,并且掏空孔 671 ~ 682 的宽度 W1 为压电元件 21 的宽度的 39% 以下(优选是 10% 以上)的宽度。

[0315] 在这些掏空孔 671 ~ 682 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过弯曲振动可产生的最大的振动能量来扩大振幅。并且,本实施方式的压电振动体 65A,虽在因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分上并不具有开口,但由于在掏空孔 671 ~ 682 处,压电元件 21 自由伸缩,因此,也能够有助于扩大纵向振动的振幅。

[0316] 根据本实施方式,除第七实施方式中描述的效果之外,还具有如下的效果。

[0317] (12) 通过使加强板主体 66 被掏空的尺寸在上述的比率以下,能够通过加强板主体 66,可靠地限制压电元件 21 朝向面外方向的位移。

[0318] [第九实施方式]

[0319] 下面,对本发明的第九实施方式进行说明。上述各实施方式中的压电振动体形成轴对称,但在本实施方式中,表示出了并非轴对称的压电振动体的示例。并且,在本实施方式中,主要表示能够扩大弯曲振动振幅的结构。

[0320] [1. 整体结构]

[0321] 图 26 是作为本实施方式中的便携设备的钟表的俯视图。

[0322] 本实施方式的钟表是模拟显示式的手表 (Watch),其具有:作为计时单元的机芯 2;作为计时信息显示部的表盘 3;时针 4;分针 5;和秒针 6。

[0323] 在表盘 3 的 3 点钟位置上,设置有大致矩形形状的窗部 3A,通过设置在表盘 3 背侧的日历环 74 的旋转,从该窗部 3A 顺次显示印刷在日历环 74 上的日期。

[0324] 并且,钟表构成为电子钟表(石英钟表),作为时针 4、分针 5 和秒针 6 的驱动机构,虽省略了图示,但在机芯 2 中分别组装有:组装了晶体振子的电路基板;具有线圈、定子和转子的步进电动机;以及驱动轮系。

[0325] [2. 日期显示装置的结构]

[0326] 图 27 是从设置表盘 3 的一侧观察机芯 2 的俯视图。图 28 是图 27 的局部扩大图。在机芯 2 中,组装有日期显示装置 7,该日期显示装置 7 从窗部 3A(图 26)来显示日期。

[0327] 日期显示装置 7 构成为以具有压电振动体 70A 和转子 78 的压电驱动器 70 作为驱动源,并且该日期显示装置 7 具有:日过轮 71、72 和换日轮 73,它们减速传递该驱动力;和日历环 74,其通过换日轮 73 进行旋转。

[0328] 这些压电驱动器 70,日过轮 71、72,换日轮 73,以及日历环 74,分别设置在底板 75 的表面侧(表盘 3 侧)。

[0329] 另一方面,在底板 75 的背侧,设置有驱动时针 4、分针 5、秒针 6 等的驱动轮系,和电池等。

[0330] 在日过轮 71 上啮合有转子 78 上部的转子小齿轮 78A,日过轮 71 与转子 78 的旋转联动地旋转。

[0331] 日过轮 72 由大直径部 721 和小直径部 722 构成。在大直径部 721 上啮合有日过轮 71。此外,小直径部 722 直径是比大直径部 721 稍小的圆板状,其相对于大直径部 721 以构成同心的方式紧固。在该小直径部 722 的外周面上形成有一个切口部 722A。

[0332] 换日轮 73 是齿数为 5 的齿轮,其旋转轴 731 有游隙地插入在形成于底板 75 上的孔 75A 中。孔 75A 沿日历环 74 的环绕方向形成为长孔状。旋转轴 731 被固定在底板 75 上的片簧 732 向图 27 中的右上方向、即对日过轮 72 侧施力。并且,伴随日过轮 72 的旋转一周,换日轮 73 的齿嵌入到日过轮 72 的切口部 722A 中,转过相当于一齿的量,由此换日轮 73 进给一齿,从窗部 3A(图 26)显示的日期发生变化。

[0333] 并且,换日轮 73 与日历环 74 的内齿 741 相啮合,借助于片簧 732 的作用力作用,还防止了日历环 74 的摆动。

[0334] 日历环 74 是在圆周上印有“1”~“31”的数值的环状齿轮,其配置在机芯 2 的外周部。

[0335] 在这样的日期显示装置 7 中,在日期的转换之际(24 小时),压电驱动器 70 动作,转子 78、日过轮 71、72 顺次旋转,换日轮 73 与切口部 722A 卡合并旋转,由此日历环 74 转过

1 天。

[0336] [3. 压电驱动器的结构]

[0337] (转子的结构)

[0338] 构成压电驱动器 70 的转子 78 可自由旋转地保持在转子支承体 780 上。转子支承体 780 的截面形成为夹着转子 78 的表面和背面的 π 字状,并且,转子支承体 780 以销 781 为中心轴支承在底板 75 上。此外,转子支承体 780 具有另一个销 782,在该销 782 上抵接有卷绕在底板 75 的轴 75B 上的作为施力单元的按压弹簧 783,由此,在图 28 中,转子支承体 780 被向逆时针方向(压电振动体 70A 侧)施力。

[0339] (压电振动体的结构)

[0340] 如图 28 所示,压电振动体 70A 具有与上述各实施方式相同的压电元件 21,但如图 29 所示,加强板 79 的形状与上述各实施方式不同。

[0341] 如图 29 所示,加强板主体 790 具有:中央部 611,其层叠在压电元件 21 的平面中心部,并且与支承部 32 连续设置;主线部 791、792,它们分别向中央部 611 的两侧延伸;以及各分支部 793、794,它们形成为分别与主线部 791、792 相交叉。

[0342] 各主线部 791、792 相对于压电元件 21 的平面中心以中心对称的方式设置,在各分支部 793、794 中,与压电元件 21 的外缘部 21A 重叠的前端部,形成为大致 T 字状,以充实压电元件 21 的长度方向。

[0343] 在这样的加强板主体 790 中,形成有分别从与压电元件 21 的沿长度方向的外缘部 21A 对应的位置朝向主线部 791、792 掏空而成的掏空孔 79A ~ 79H。这些掏空孔 79A ~ 79H 相对于压电元件 21 的平面中心形成为中心对称。

[0344] 此外,掏空孔 79B、79F 形成为包含因上述弯曲振动而产生的形变为最大的点 B1,掏空孔 79C、79G 形成为包含因上述弯曲振动而产生的形变为最大的点 B2。从而,掏空孔 79B、79F、79C、79G 成为第二掏空部。

[0345] 并且,掏空孔 79A ~ 79H 分别考虑以下情况来确定其形状、位置和尺寸:受到突起部 33 所抵接的转子 25(图 2)的反力,振动能量密度分布相对于压电振动体 70A 单体中的振动能量密度分布发生了变化。

[0346] [4. 压电振动体的作用]

[0347] 在本实施方式的压电振动体 70A 中,通过对电极 231、233、235(图 28)和加强板 79 附加电位,而以合成了纵向振动和弯曲振动的混合模式进行振动,突起部 33 描绘出椭圆轨迹 R1 而向预定方向驱动转子 78(图 28)。这里,没有附加电位的电极 232、234 作为振动状态的检测电极使用。

[0348] 这里,在掏空孔 79A ~ 79H 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,能够利用压电元件 21 的通过弯曲振动可产生的最大的振动能量来扩大振幅。并且,本实施方式的压电振动体 60A,虽在因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分上不具有开口,但在掏空孔 79A ~ 79H 处,由于压电元件 21 自由伸缩,因此,也能够有助于扩大纵向振动的振幅。

[0349] 根据本实施方式,具有与第七实施方式(图 23)大致相同的效果。

[0350] 并且,在本实施方式中,也可以在中央部 611 上形成包含线段 A 的一部分的通孔。

[0351] 在此情况下,具有与第三实施方式(图 12)大致相同的效果。

[0352] [本发明的变形例]

[0353] 另外,本发明并不限于上述各实施方式,在不脱离本发明主旨的范围内,能够任意地进行结构的改进和变形。

[0354] 例如,也可以改变上述图 20 所示的结构,而如图 30 所示那样形成。在图 30 的结构中,由于因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分,以及因弯曲振动而产生的形变大致为最大的点 B1'、B2' 都开口,因此,具有与图 20 所示的第五实施方式大致相同的效果。

[0355] 此外,也可以在图 19 所示的结构中附加连接部,而如图 31 所示那样形成。通过该连接部 561、564,加强板主体 51 的扭转强度进一步提高。

[0356] 另外,在图 18 所示的结构中,因纵向振动而产生的形变为最大的线段 A 的一部分,以及因弯曲振动而产生的形变大致为最大的点 B1'、B2',都包含在一个开口 51A 中,但并不限于此,例如可以如图 30 那样,使这些线段 A 的一部分、点 B1'、B2' 分别形成开口。

[0357] 并且,上述各实施方式中的加强板的支承部形成在压电振动体的长边的中央部附近,但支承部的形成部位,并不限于上述实施方式。例如,加强板中的支承部的形成部位,也可以是从压电振动体长边的中央部向短边侧略微移动的位置,或者,也可以是压电振动体的短边的中央部附近。此外,上述各实施方式中的加强板的支承部,可以分别设置在压电振动体的宽度方向两侧,也可以只设置在单侧,这些设置均可。并且,也可以在压电振动体的一个短边部上形成支承部。

[0358] 像这样,加强板中的支承部的数量、形成部位并不限于上述实施方式,根据支承部的数量和形成部位,纵向振动的节、腹,以及弯曲振动的节、腹的各位置,有时与上述的说明不同。即使在这样的情况下,也能够与参照图 36、图 40、以及图 41 等说明过的内容一样地确定因纵向振动而产生的形变为最大的部位、以及因弯曲振动而产生的形变为最大的部位。例如,在弯曲振动中,根据压电元件和加强板的平面形状、长宽尺寸比、驱动频率、电极形成数量、和电极的配置等,在从图 37 的压电振动体的中心点 O 起到短边为止,相当于图 41 中的点 P(弯曲振动中的压电振动体的宽度方向的位移量为极大的部位)的位置有时会存在多处。在此情况下,在与因弯曲振动而产生的形变为最大的部位(同时满足上述 P 位置和最大形变部(参照图 40)的部位)对应的加强板的位置上,形成上述第二掏空部或第三掏空部,这也包含在本发明中。在此情况下,也能够发挥可提高上述压电振动体的振动效率这一本发明的作用效果。并且,根据这些因纵向振动而产生的形变为最大的部位,和因弯曲振动而产生的形变成为最大的部位,来形成第一掏空部、第二掏空部、以及第三掏空部。

[0359] 在上述各结构中,因纵向振动而产生的形变为最大的部位,和因弯曲振动而产生的形变为最大的部位,可根据作为加强板与压电元件的层叠体的压电振动体的整体振幅(位移量)或形变来确定,在与这样确定出的形变为最大的部位对应的加强板的位置上,形成有掏空部。但是,并不限于压电振动体的整体振幅或形变,也可以根据压电元件单体或加强板单体的振幅或形变,来确定出因纵向振动而产生的形变为最大的部位,和因弯曲振动而产生的形变为最大的部位。压电元件单体或加强板单体的振幅或形变,可以通过用软件进行模拟等来测出,其检测数据与图 36、图 40、以及图 41 等中的数据类似。即,压电元件单体的形变或振幅,以及加强板单体的形变或振幅,表示出与图 36、图 40、以及图 41 相同的趋势。

[0360] 这里,在上述各实施方式中,在未掏空状态下的基本形状是矩形的加强板上,同样

地层叠有矩形的压电元件,压电元件的宽度和长度,与加强板上的基本形状的宽度和长度大致一致,压电元件的四边与加强板的基本形状的四边的位置分别大致一致。除这样的结构外,在本发明中,还包括压电元件的形状与加强板的基本形状不同的结构,和压电元件的长宽尺寸与加强板的基准形状的长宽尺寸不同的结构。

[0361] 即,在本发明中,还包括这样的结构:矩形的压电元件的宽度尺寸,与基本形状是矩形的加强板的宽度尺寸不同,压电元件的沿长边的外缘部的位置,与加强板的基本形状的沿长边的外缘部的位置不一致。在这样的结构中,也与上述一样,由于根据压电振动体整体的振幅·形变,或者压电元件单体的振幅·形变,来确定因纵向振动而产生的形变为最大的部位,和因弯曲振动而产生的形变为最大的部位,因此,只要在与这样确定出的形变为最大的部位对应的加强板的位置上形成掏空部即可。

[0362] 例如,在加强板的基本形状的宽度比压电元件的宽度窄、压电振动体的因弯曲振动而产生的形变为最大的部位位于加强板的外缘部的更靠外侧的情况下,第二掏空部或第三掏空部,只要从加强板的、位置比因弯曲振动而产生的形变为最大的上述部位向宽度方向内侧离开的外缘部,朝向宽度方向内侧进行掏空即可。此外,在加强板的基本形状的宽度比压电元件的宽度宽、而且根据压电元件单体的振幅或形变来确定掏空部的形成部位的情况下,即在压电元件单体的因弯曲振动而产生的形变为最大的部位位于加强板的外缘部的内侧的情况下,第二掏空部或第三掏空部,只要从加强板的、位置比因弯曲振动而产生的形变为最大的上述部位向宽度方向外侧离开的外缘部,朝向宽度方向内侧进行掏空即可。

[0363] 在上述各实施方式中,示出了俯视为矩形形状的压电振动体,但作为压电振动体的形状并不限于此,可以采用梯形、平行四边形、菱形等激励纵向振动或弯曲振动的各种形状。

[0364] 此外,上述各实施方式中的压电振动体在加强板的表面和背面各层叠一片压电元件,但并不限于此,也可以是压电元件在加强板的表面和背面分别层叠多片,或只在加强板的单面上层叠有压电元件。

[0365] 并且,用于驱动压电元件的电极的配置及其形状,并不限于上述情况,可以根据不同状况适当选择。例如,在第一实施方式等中,形成在压电元件上的电极分割为5部分,但并不限于此,也可以在矩形形状的压电元件中,形成横竖被分割为4部分的电极。并且,形成在压电元件上的电极的数量是任意的,也可以是3个以下,4个、5个、和6个以上。此外,当在加强板的表面和背面分别层叠有压电元件的情况下,在表面侧压电元件上形成的电极的数量和形状,与在背面侧压电元件上形成的电极的数量和形状,可以相同,也可以不同。

[0366] 此外,分别在图23~图25、以及图29中示出的压电振动体主要激励弯曲振动,形成在这些压电振动体的压电元件上的电极的方式(位置、形状、数量)、驱动信号(附加电压)的频率等,可以适当确定以便使弯曲振动的振幅扩大。

[0367] 并且,在上述各实施方式中,通过将压电振动体的振动传递到转子上,来驱动被驱动体,但并不限于此,被传递压电振动体的振动的例如也可以是进行直线驱动的驱动体。该进行直线驱动的驱动体,例如设置在滑块上,或由多个辊子引导即可。

[0368] 并且,在上述各实施方式中,作为压电振动体的应用例,例示了手表,但并不限于此,本发明也可应用在怀表、座钟、挂钟等中。在这些各种钟表中,例如也可以用作驱动活动玩偶等的机构。

[0369] 而且,除了钟表以外,还可以将本发明的压电振动体,适当地应用于照相机的变焦或自动调焦机构、胶片的卷片机构、打印机的走纸机构、和驱动交通工具和玩偶等玩具类的机构等中。本发明的压电振动体,以钟表、照相机和打印机、玩具等为首,可以广泛地应用到便携信息终端、电话机等各种电子设备中。

[0370] 以上,对用于实施本发明的最好的结构具体地进行了说明,但本发明并不限于此。即,本发明主要对特定的实施方式进行了特别的图示,并进行了说明,但在不脱离本发明的技术思想和目的范围的情况下,本领域技术人员当然可以对以上所述的实施方式,在形状、材质、数量、以及其它的详细结构方面加以各种形变和改进。

[0371] 限定了上述公开的形状、材质等的记述,是为了使本发明容易理解而示例性地进行的记述,由于其并不限定本发明,因此,用脱离了这些形状、材质等的限定的一部分或全部限定的部件的名称进行的记述也包含在本发明中。

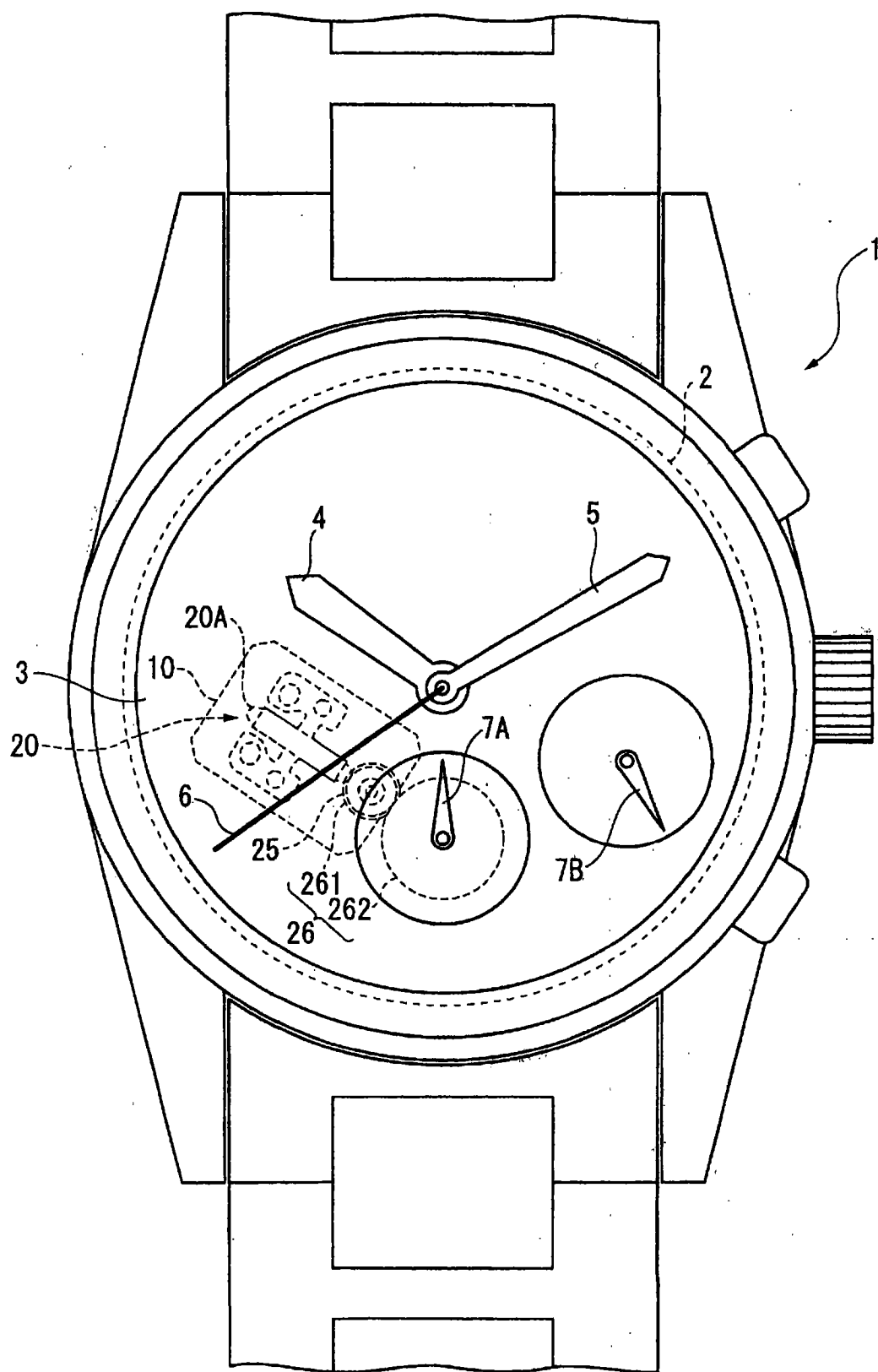


图 1

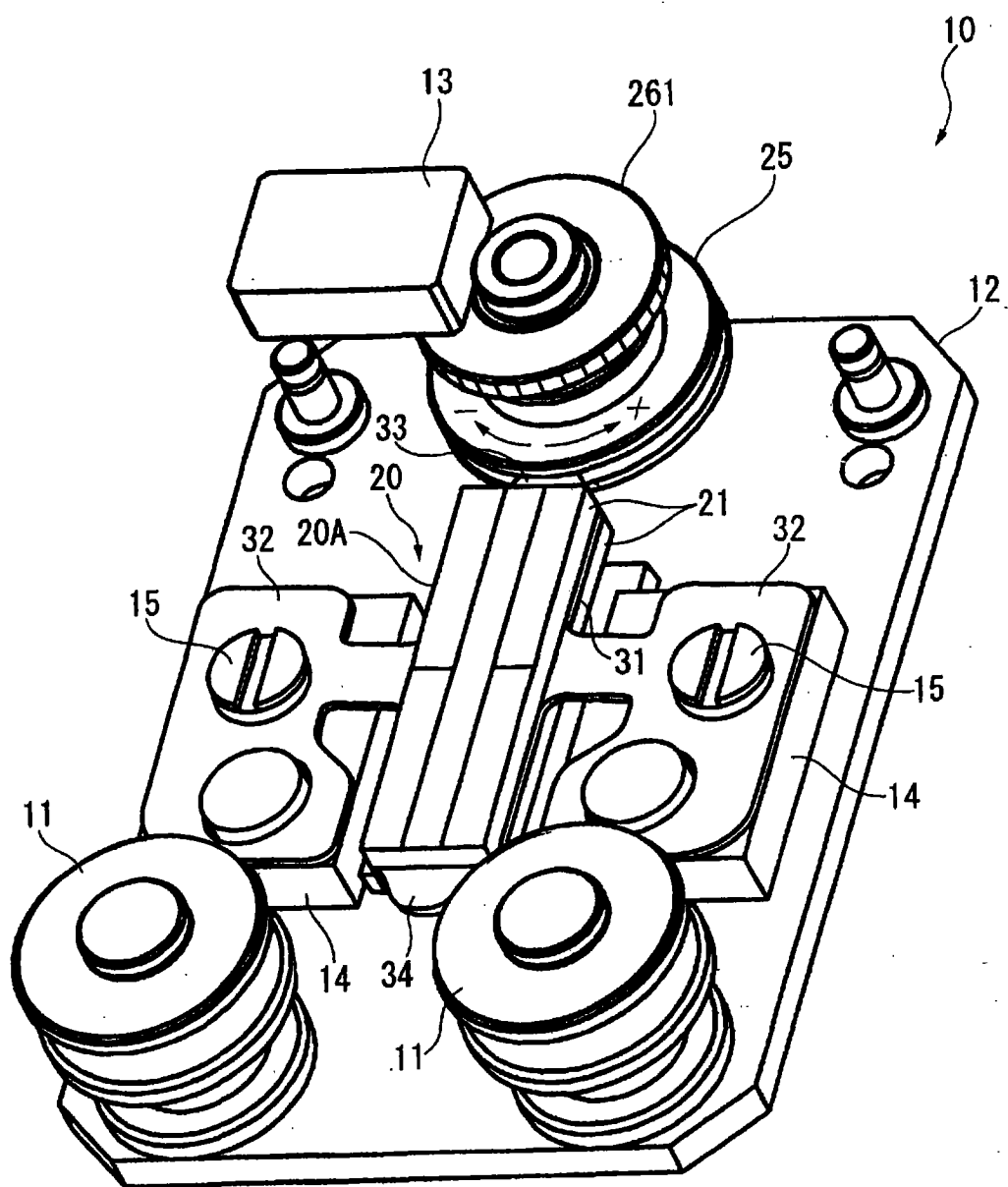


图 2

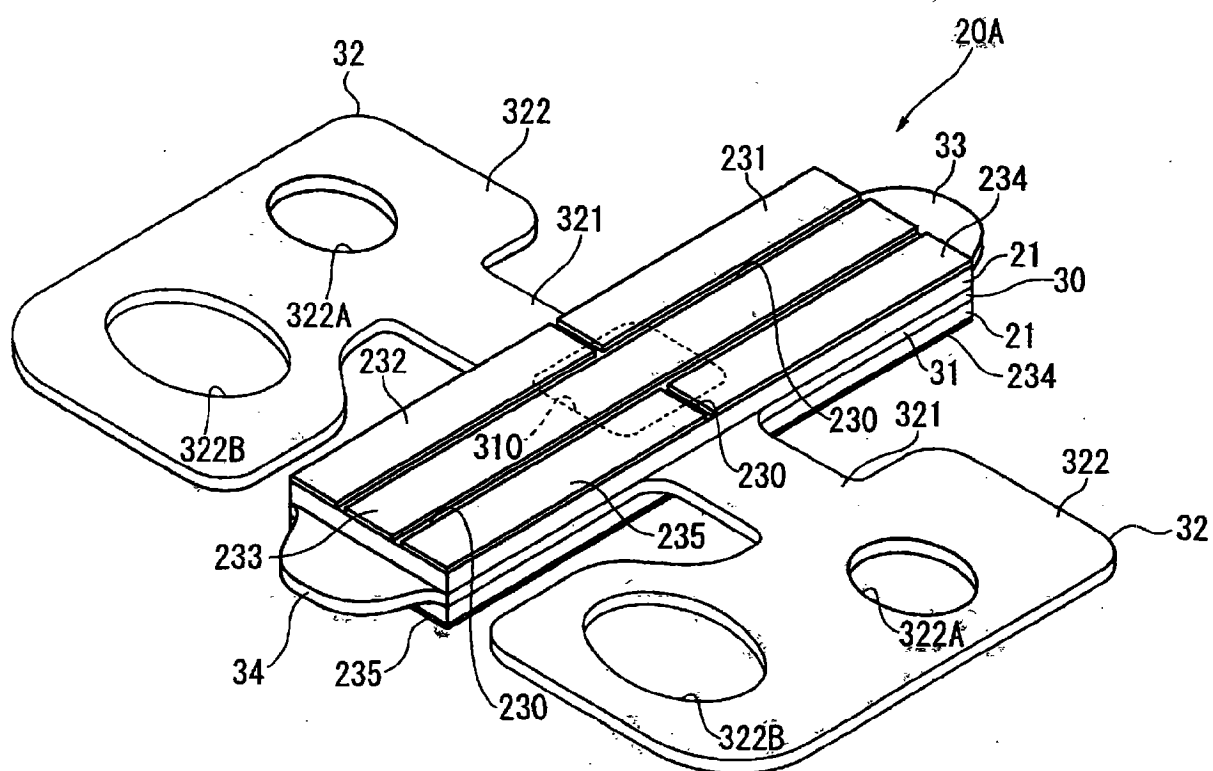


图 3

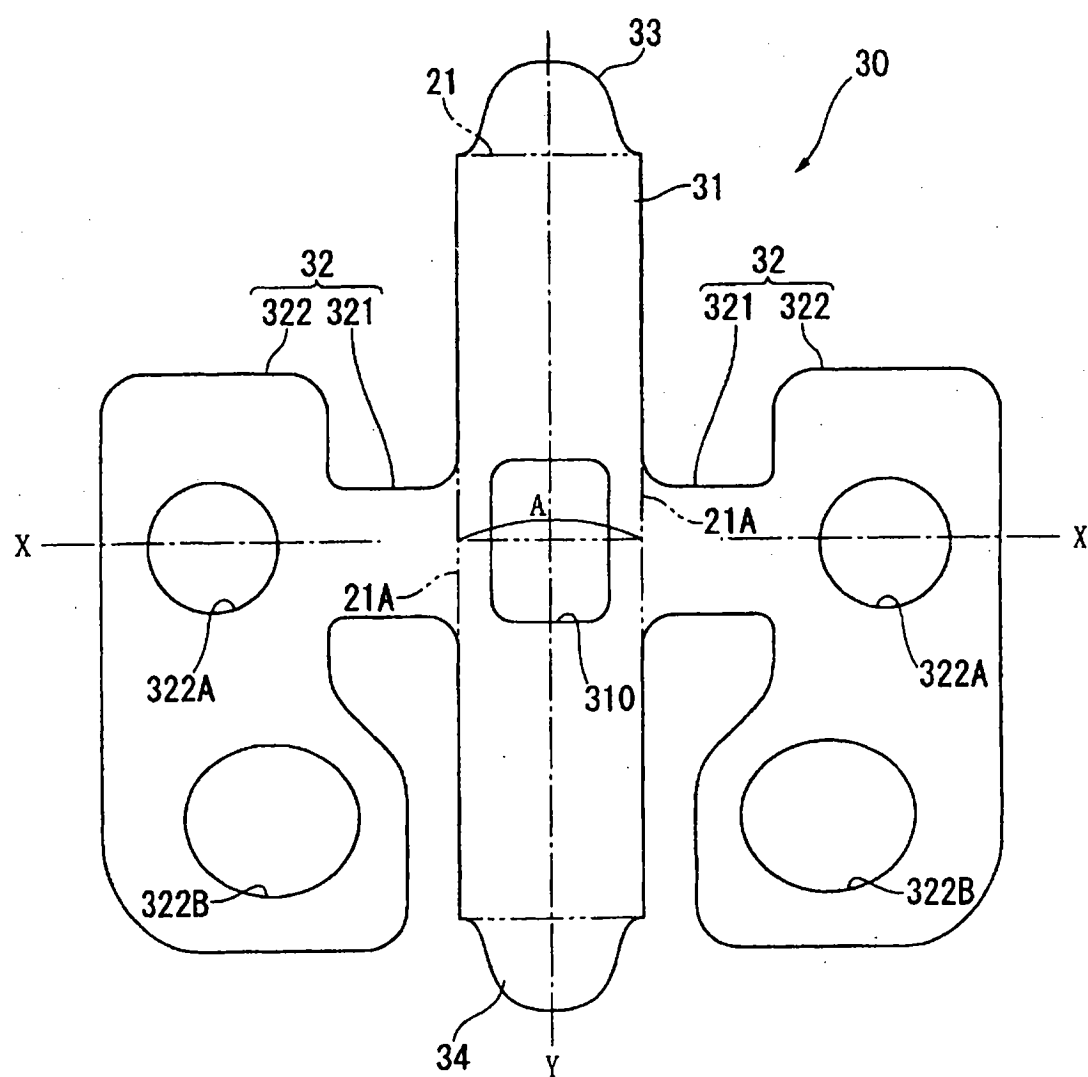


图 4

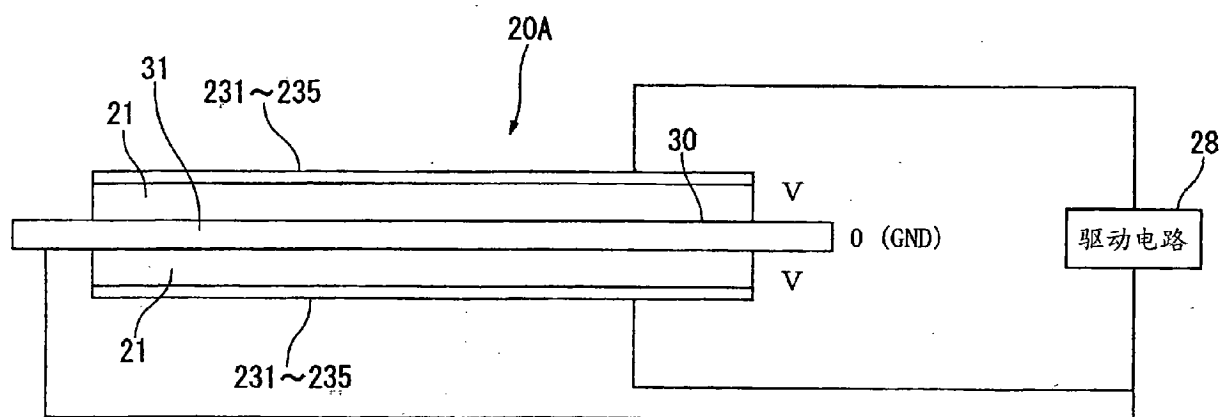


图 5

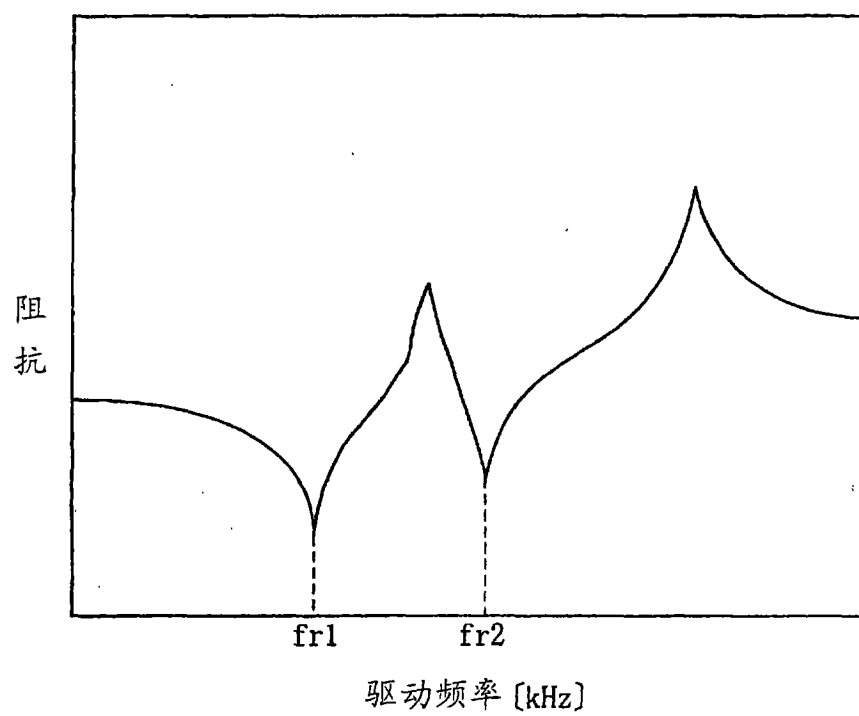


图 6

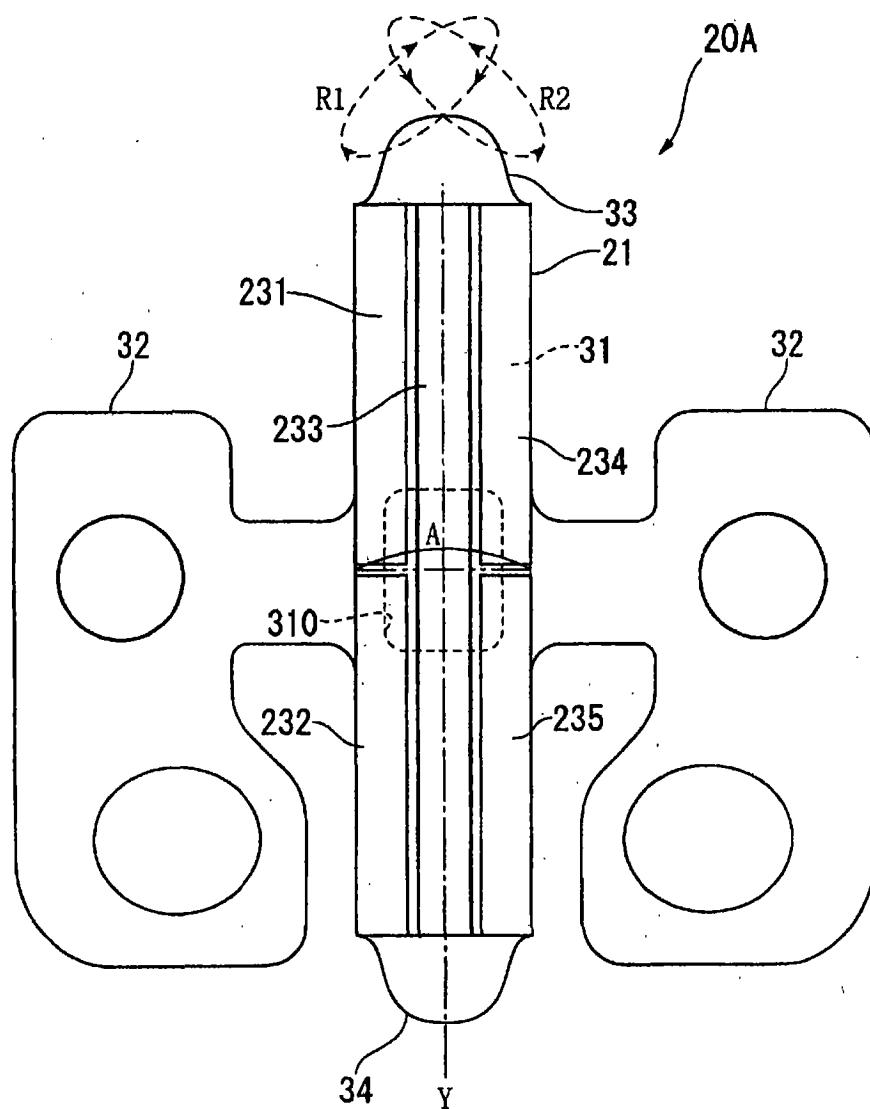


图 7

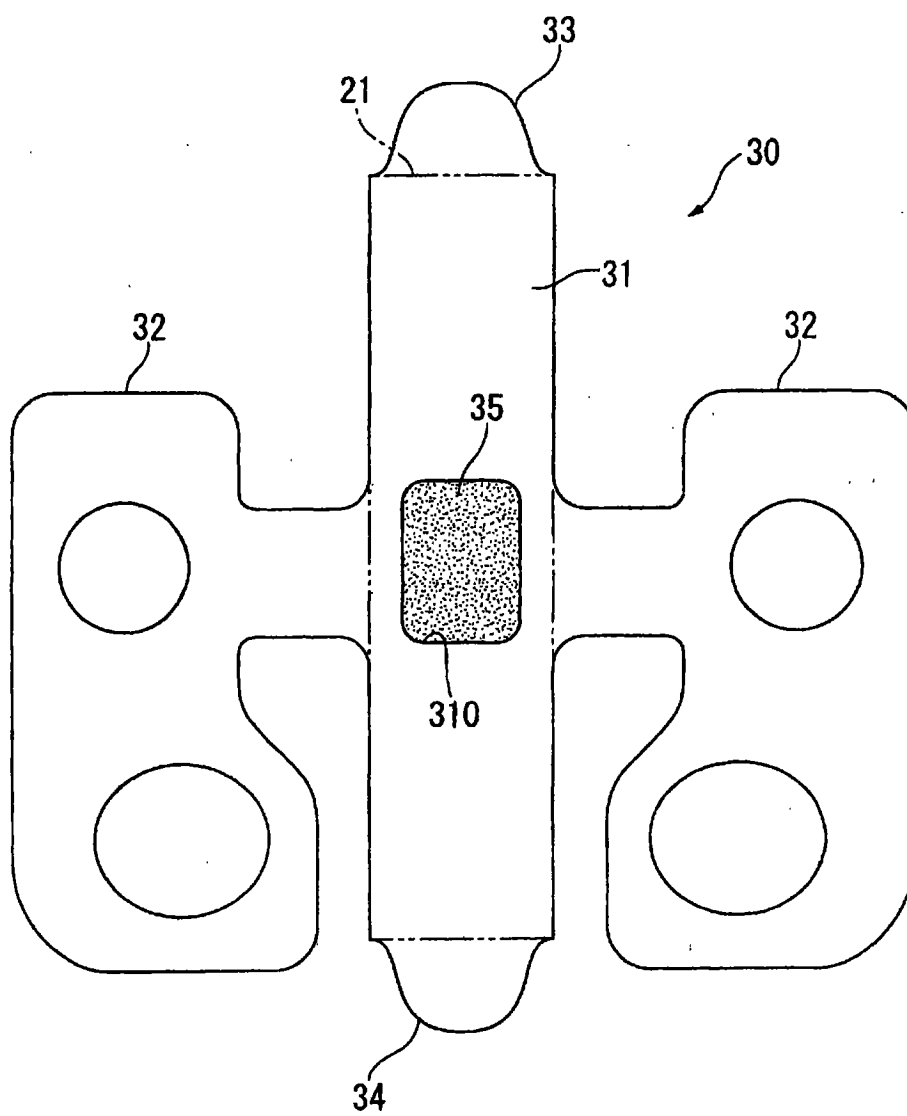


图 8

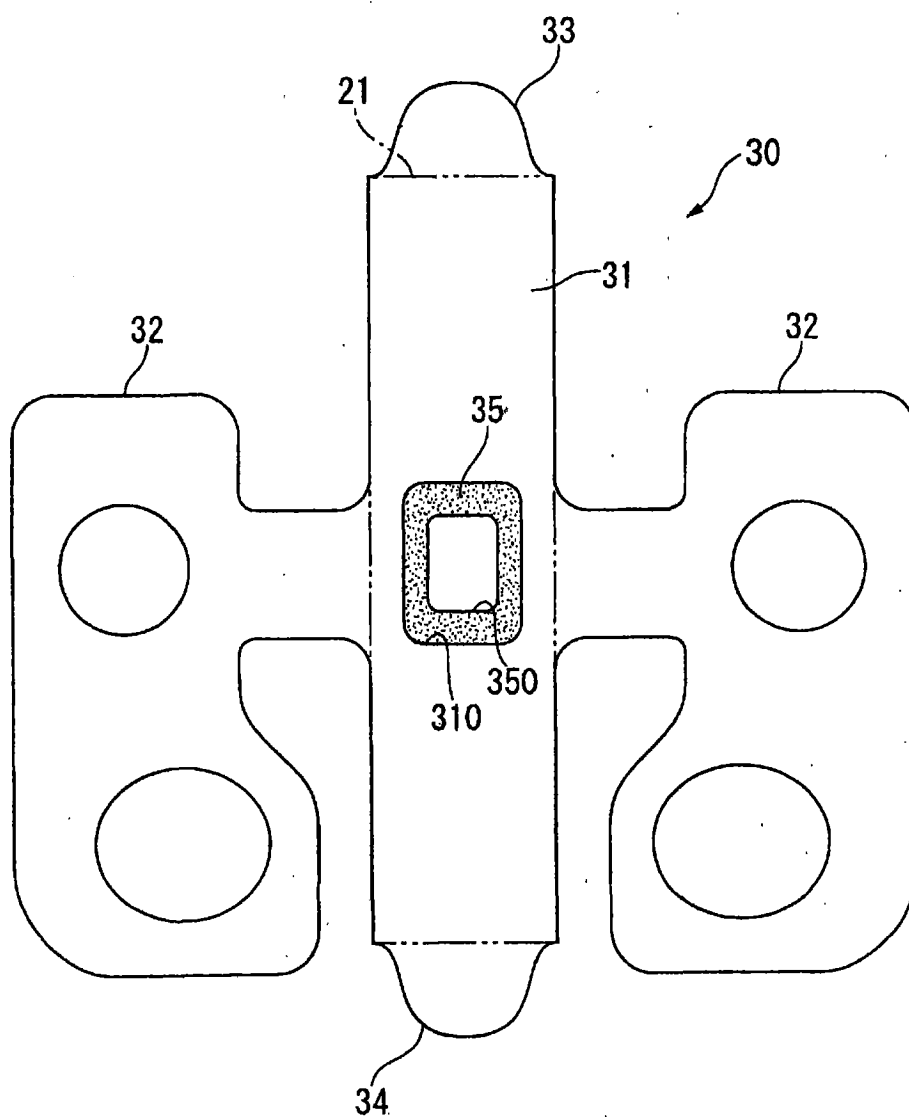


图 9

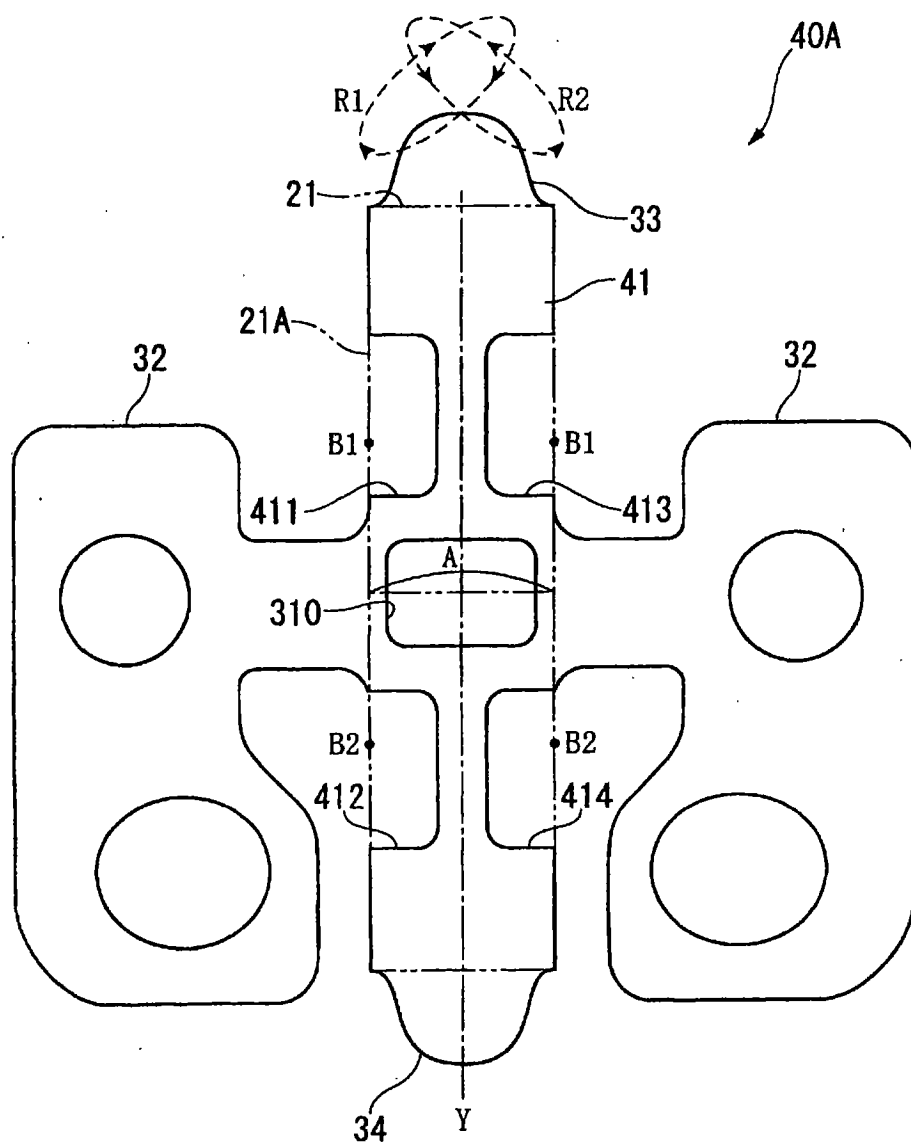


图 10

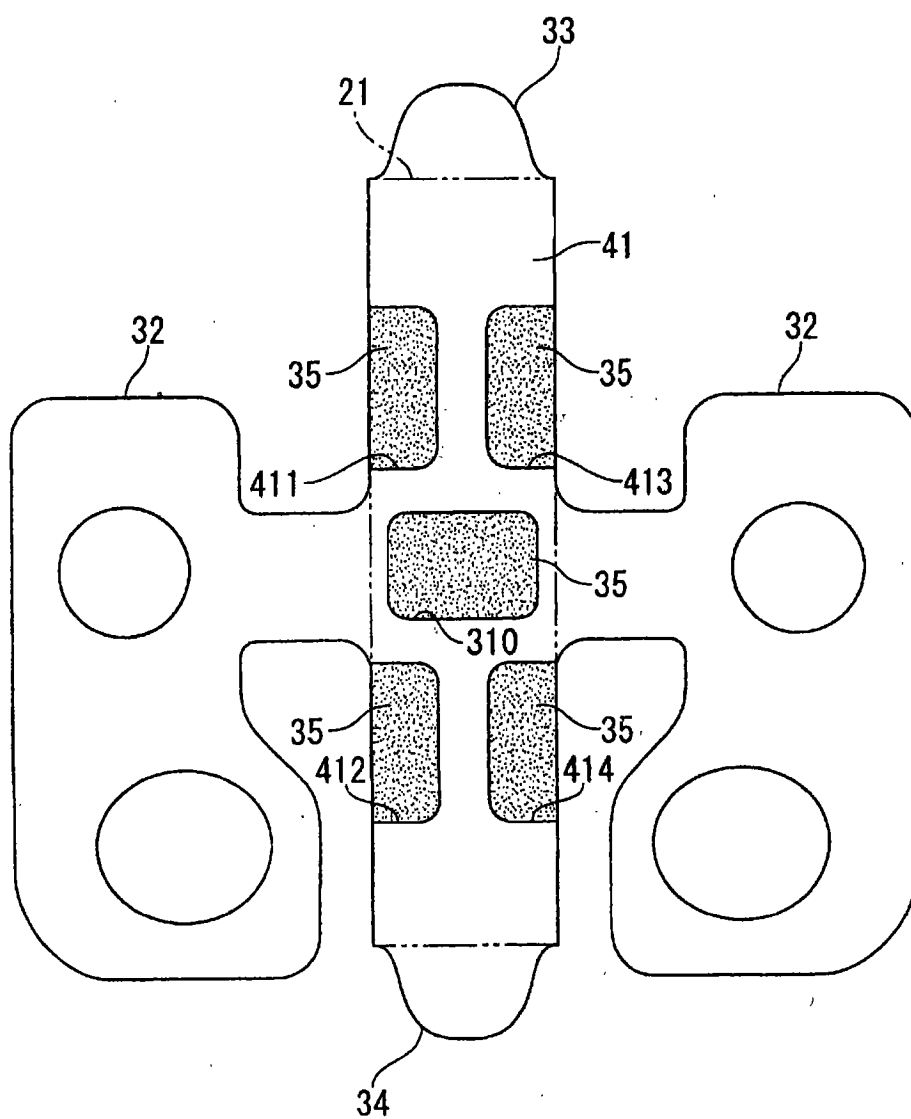


图 11

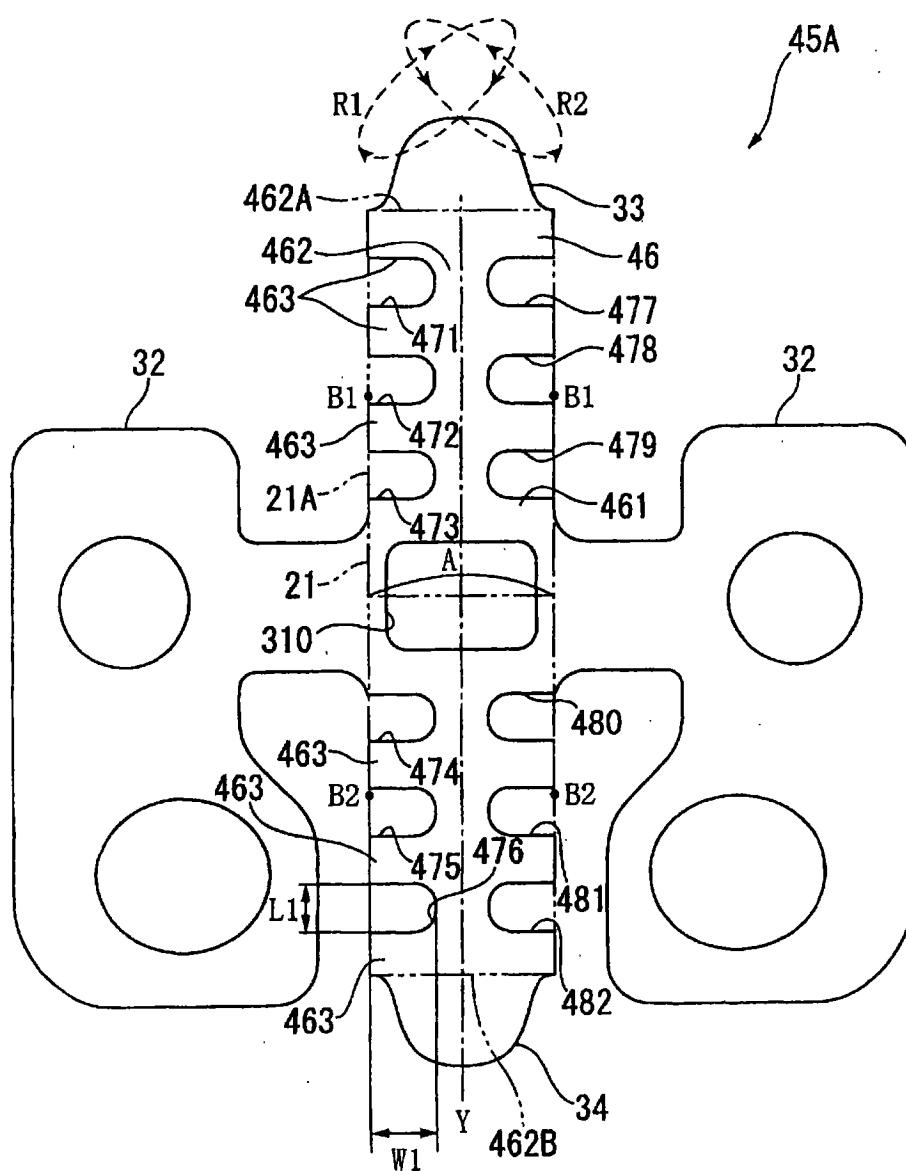


图 12

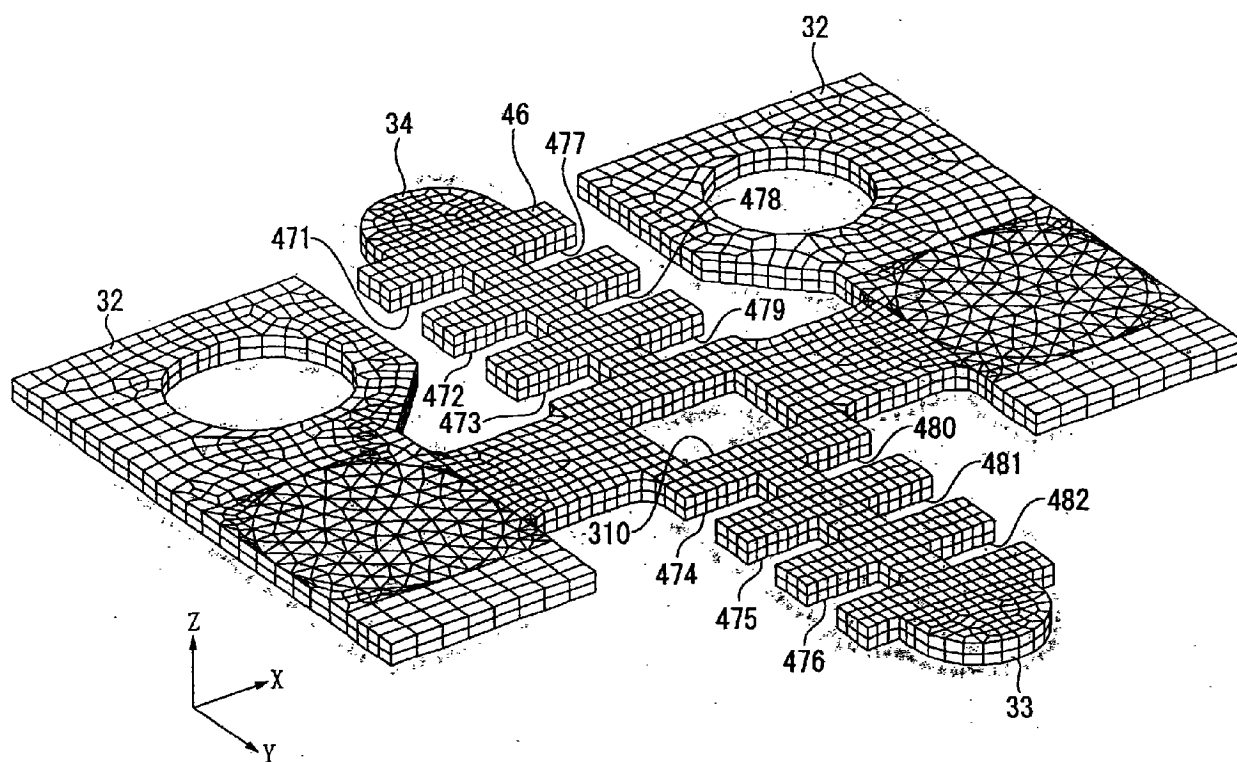


图 13

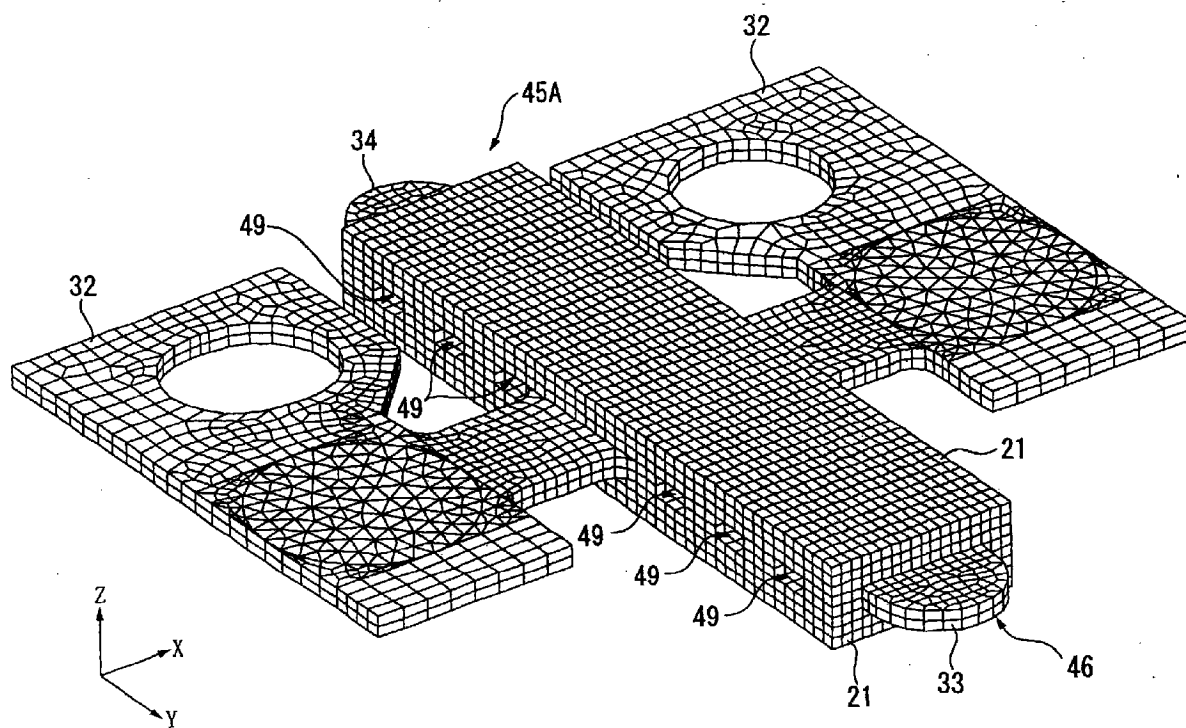


图 14

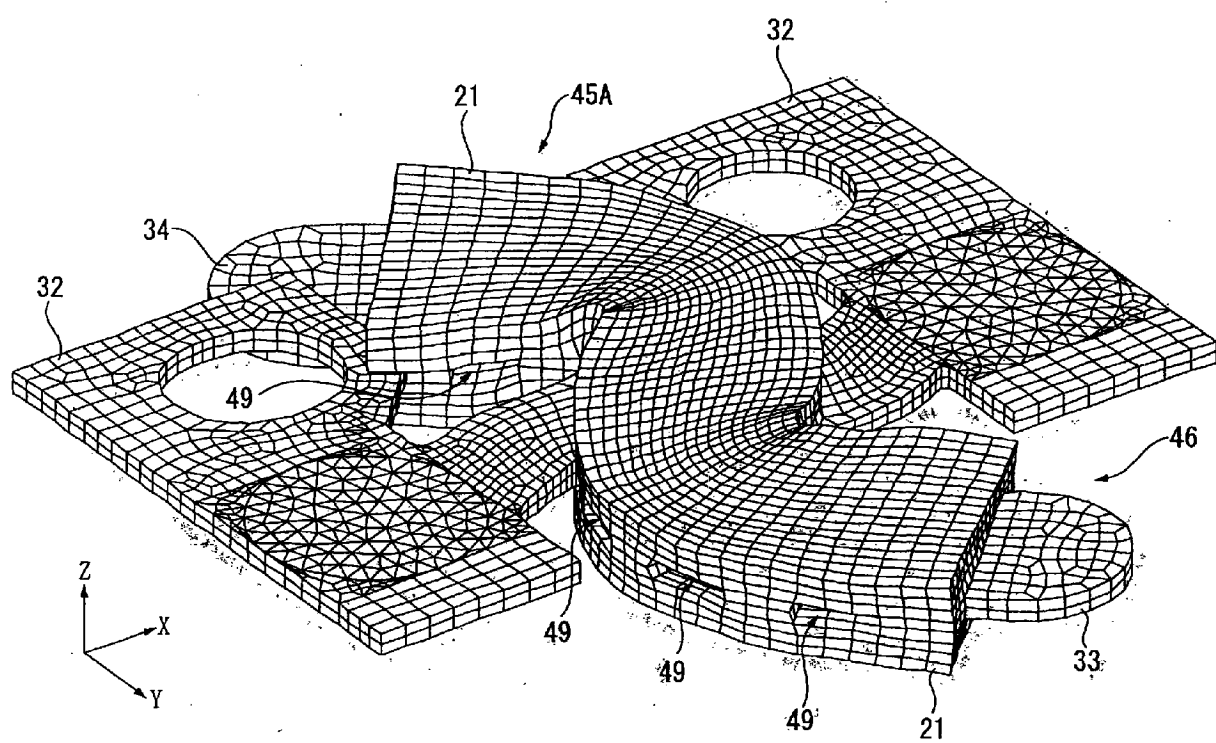


图 15

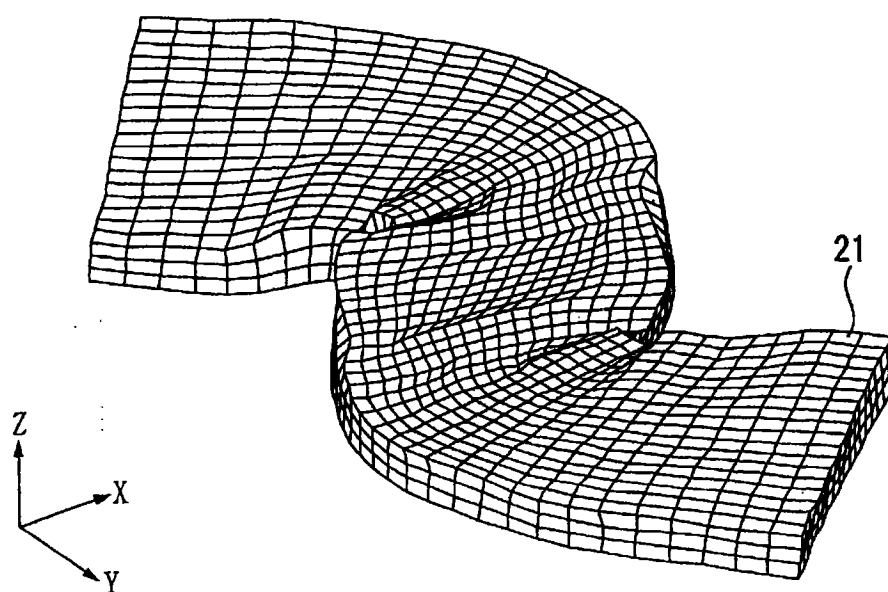


图 16

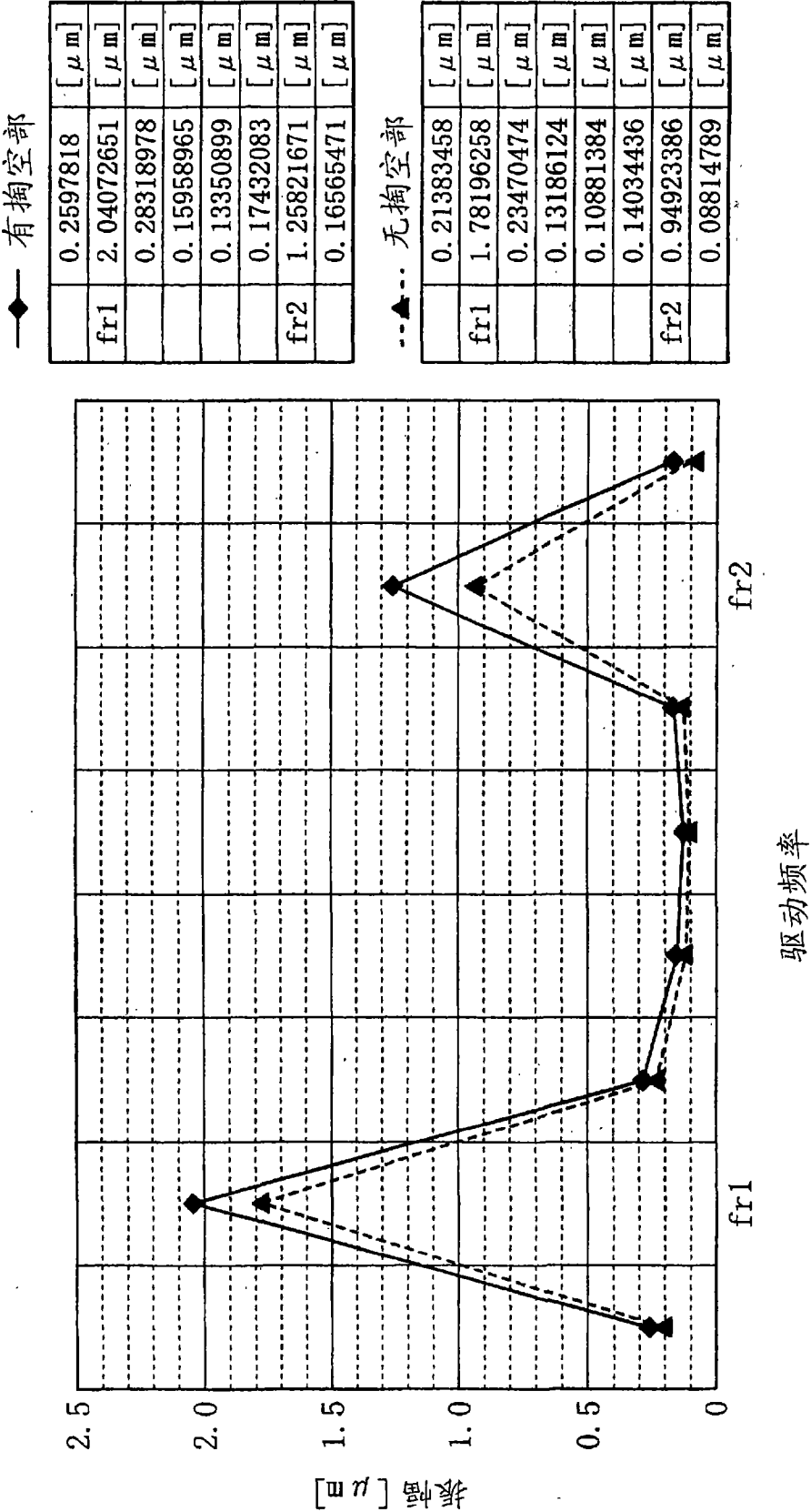


图 17

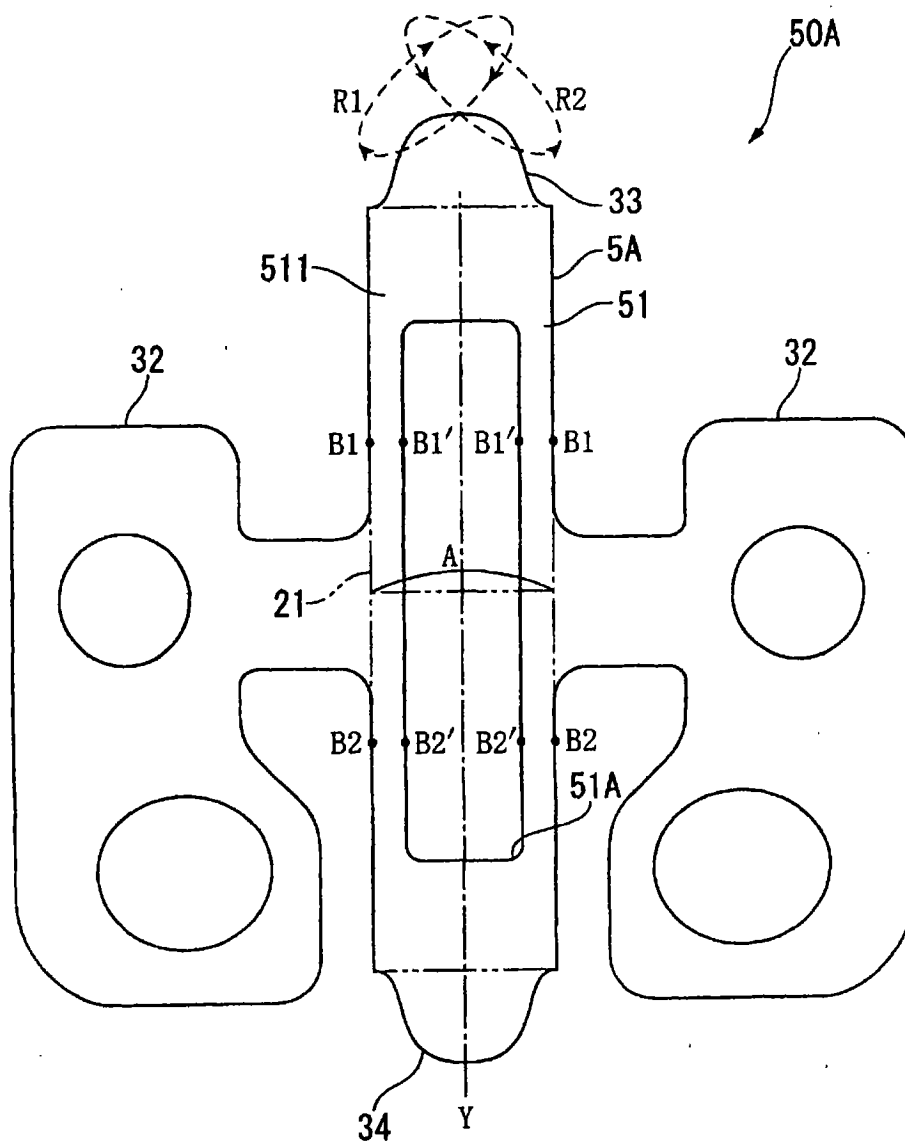


图 18

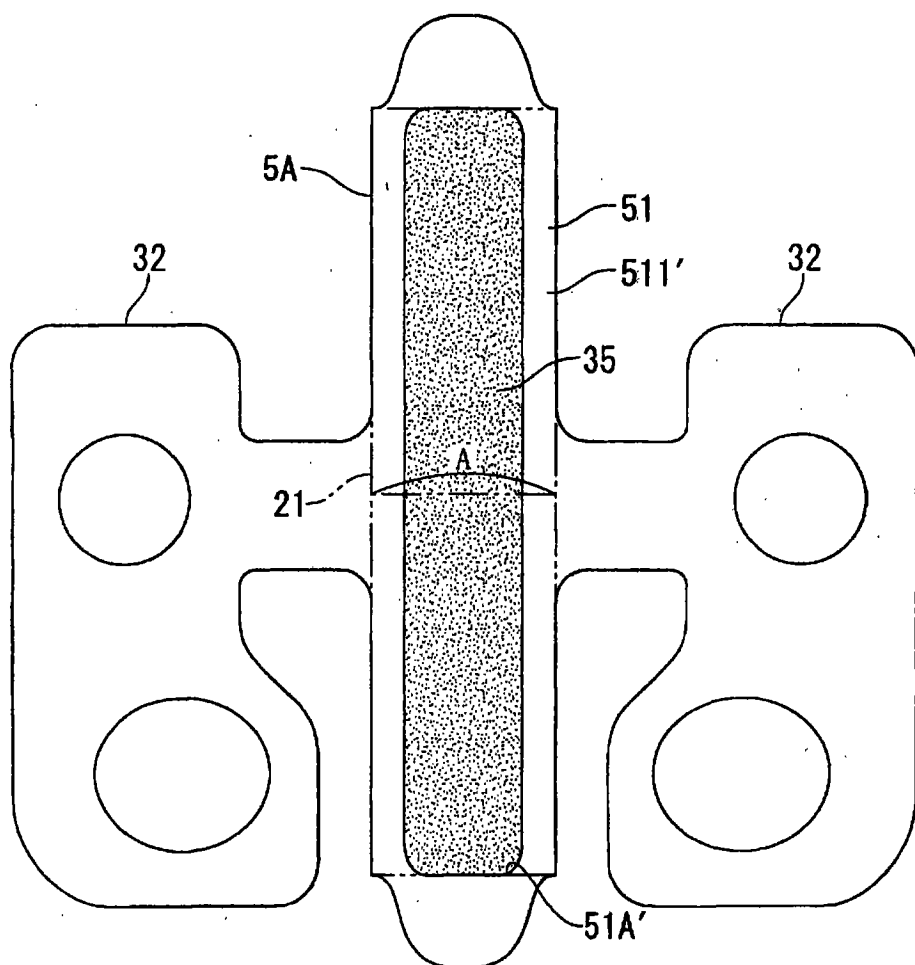


图 19

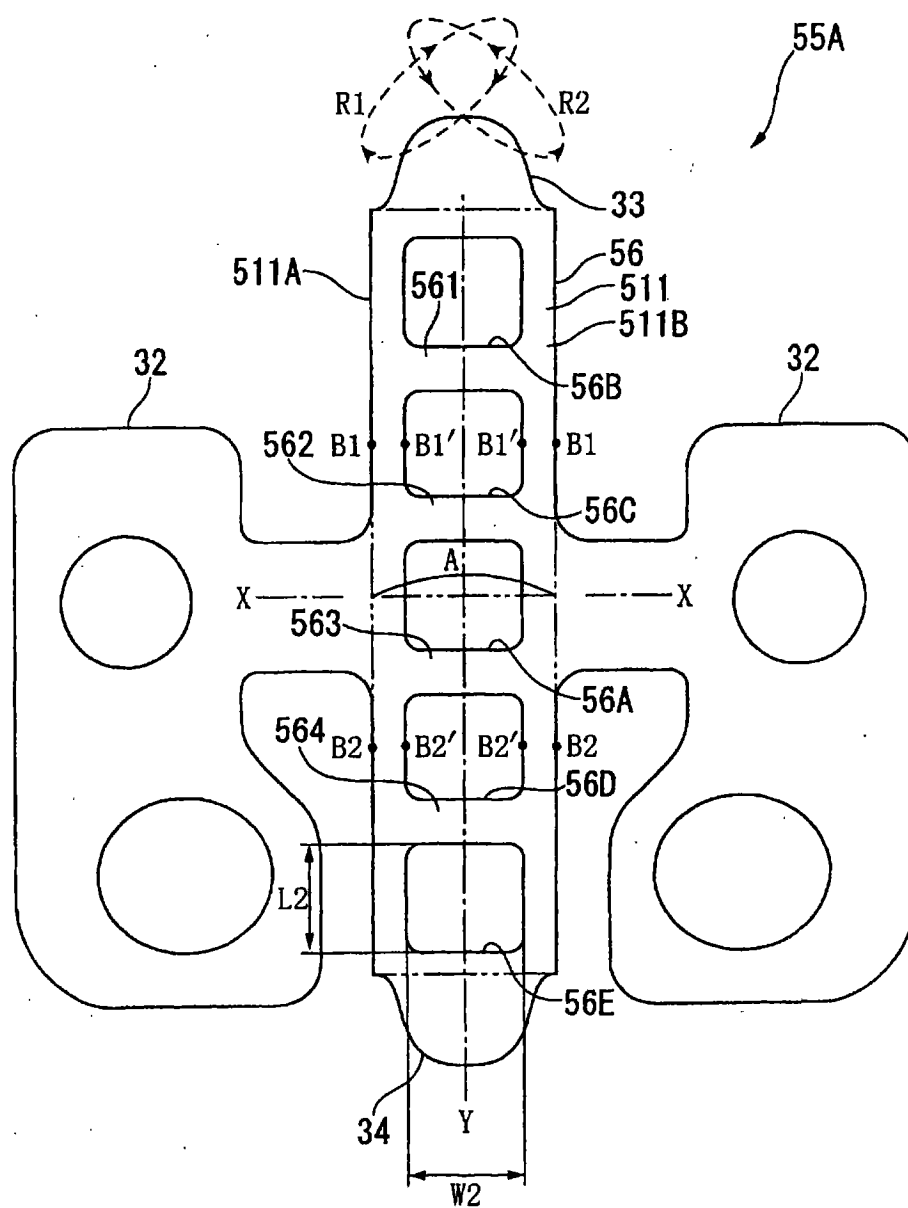


图 20

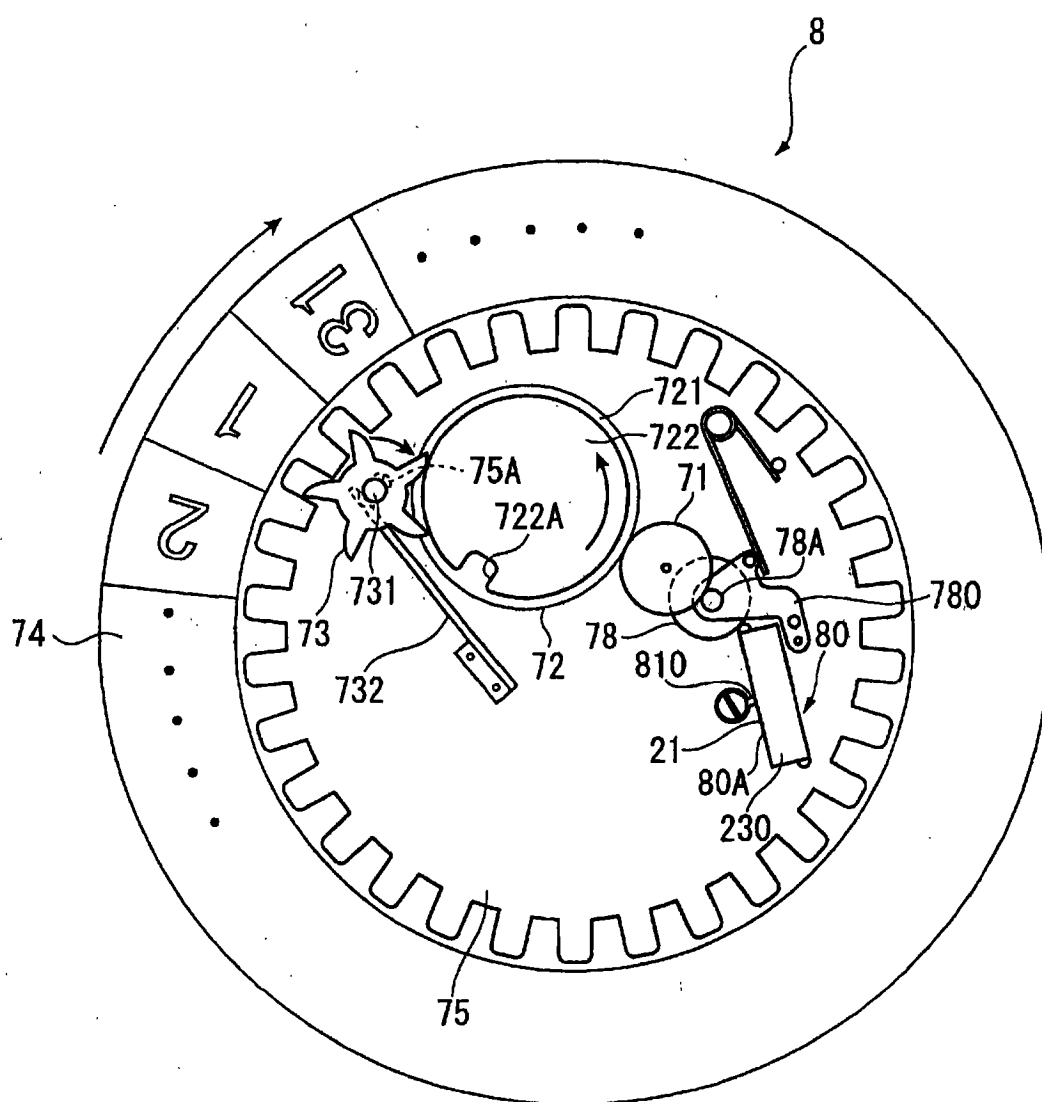


图 21

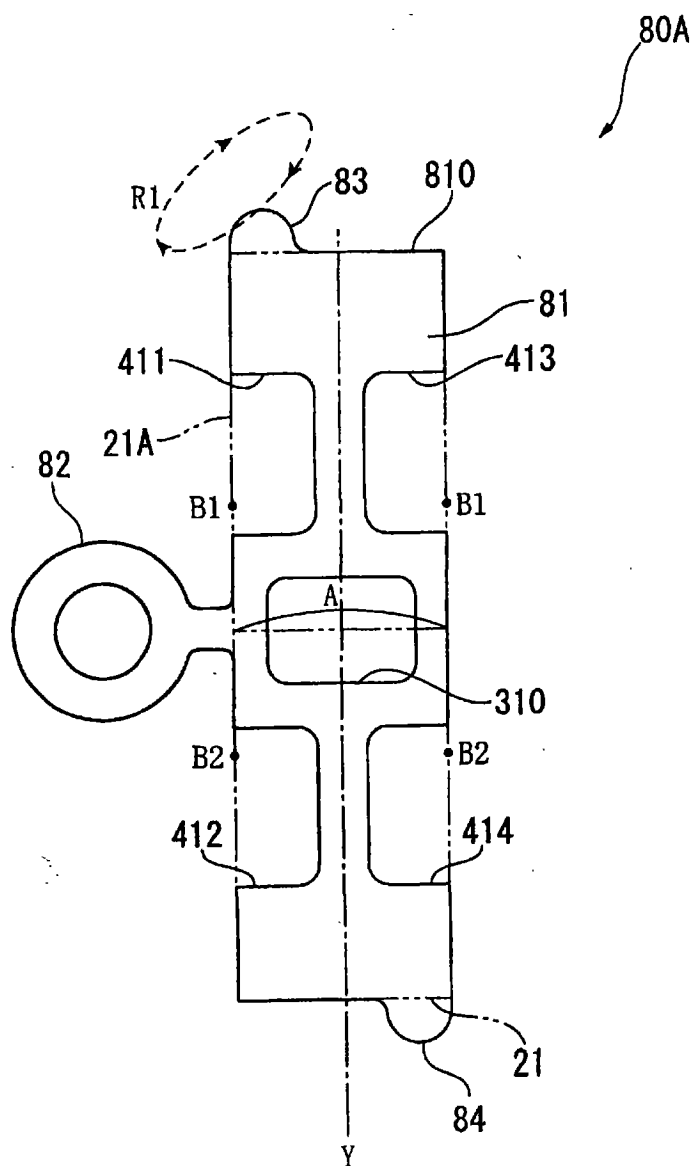


图 22

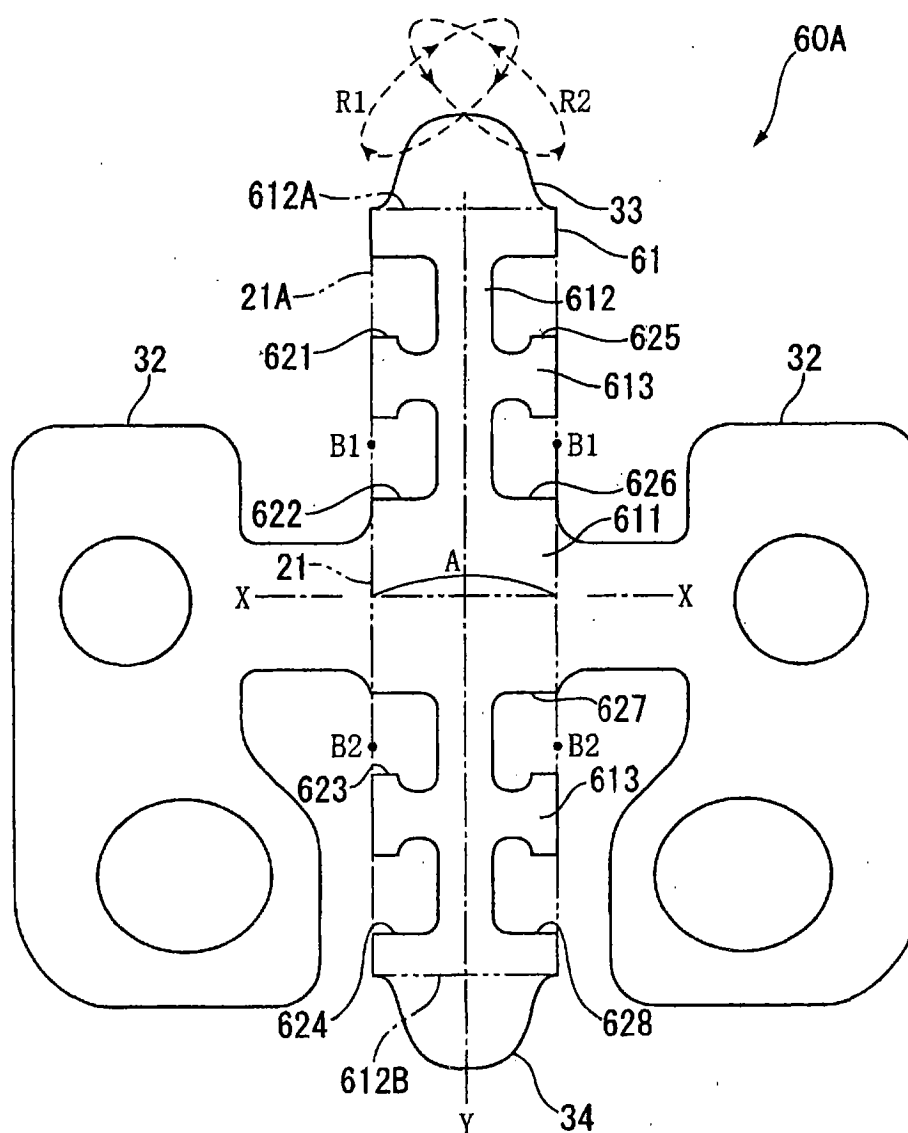


图 23

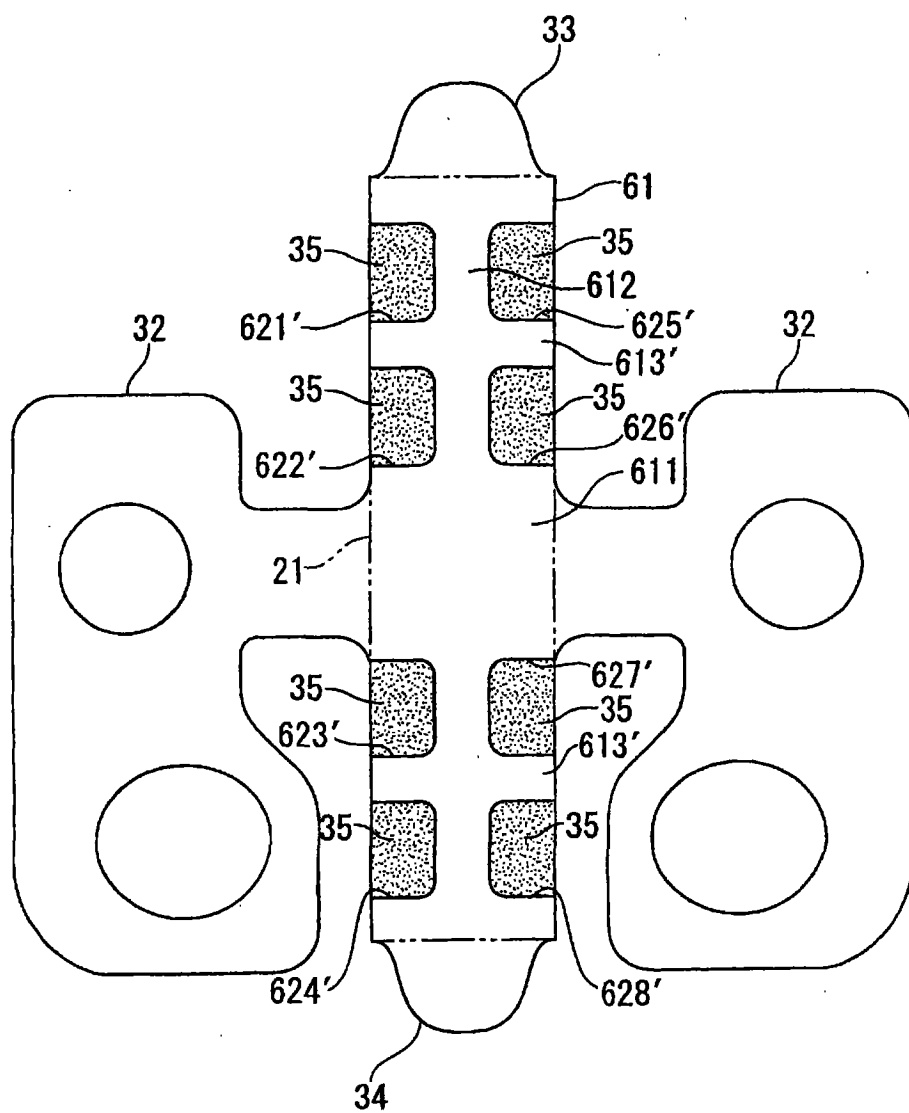


图 24

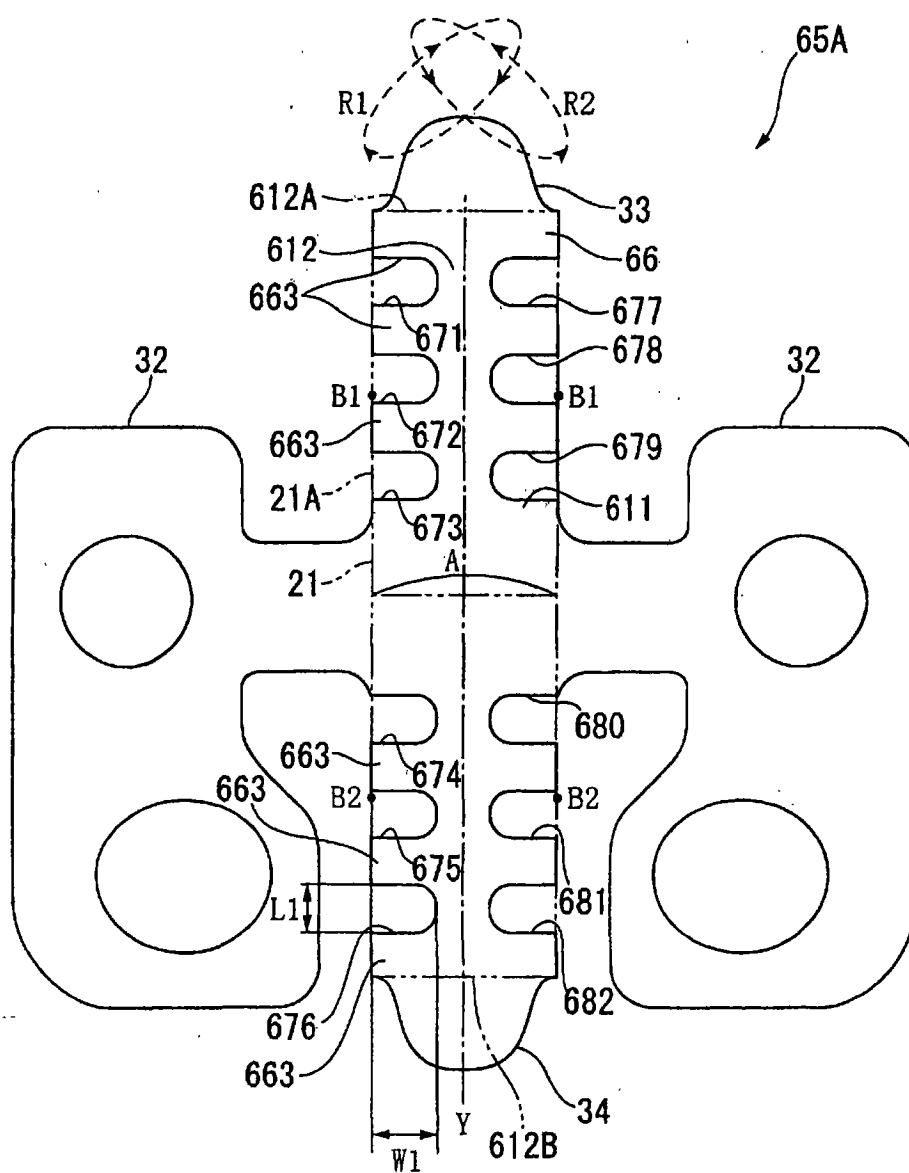


图 25

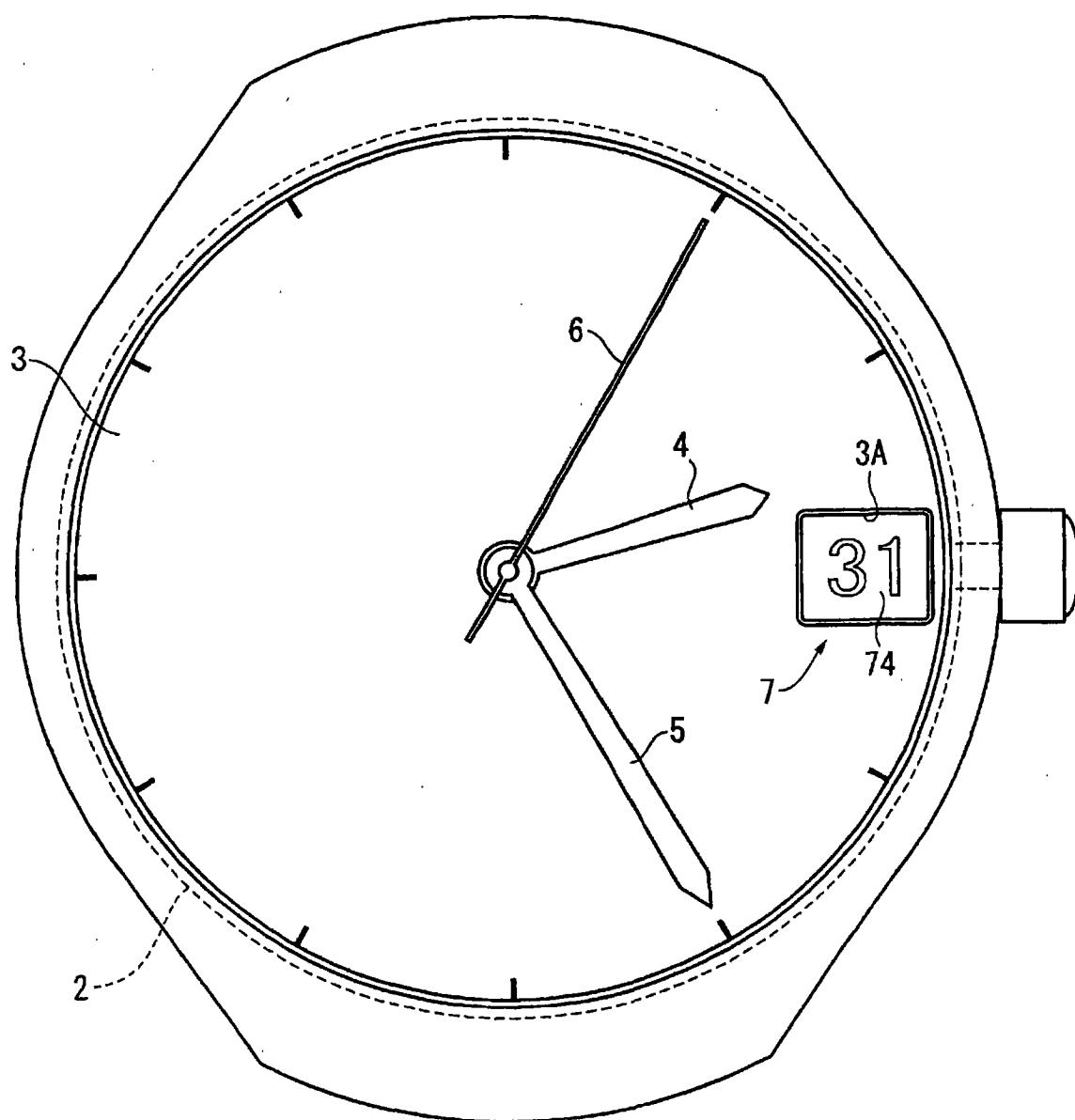


图 26

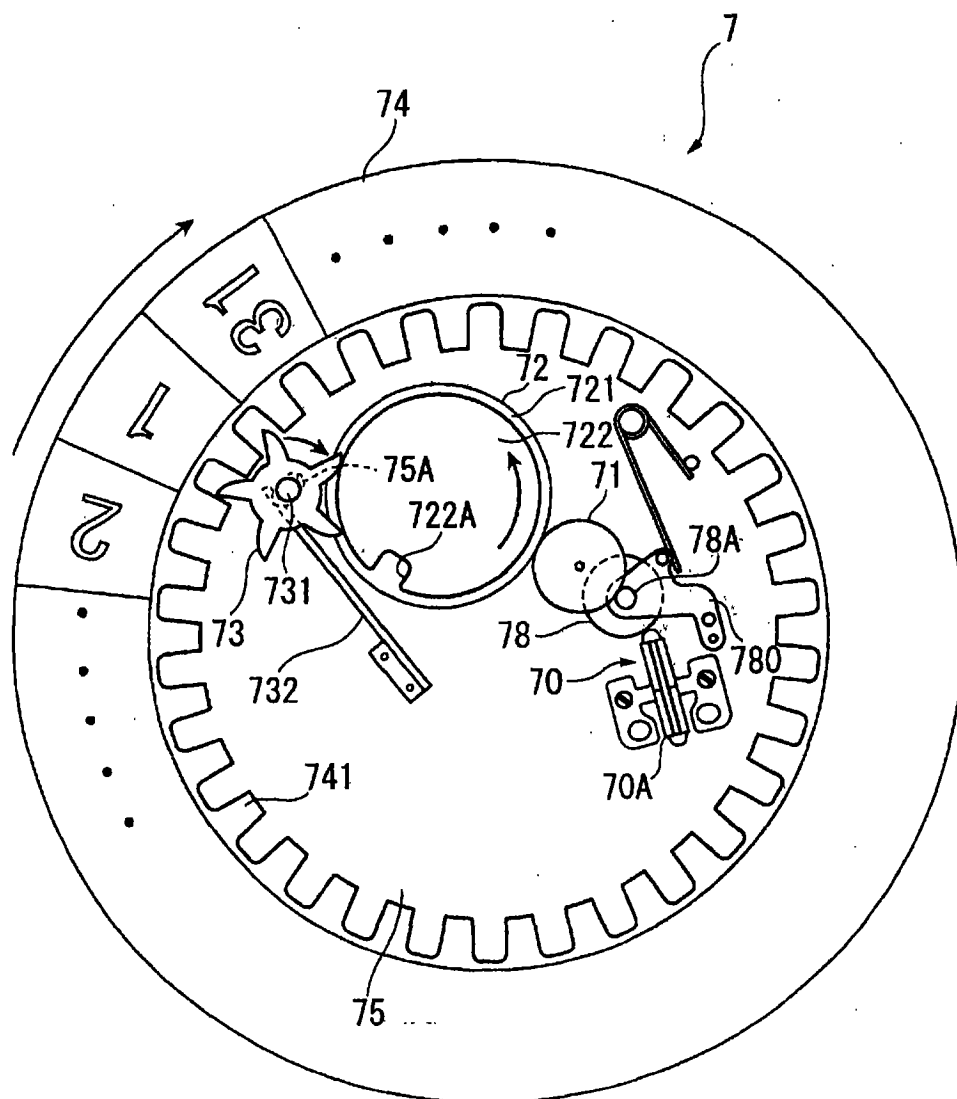


图 27

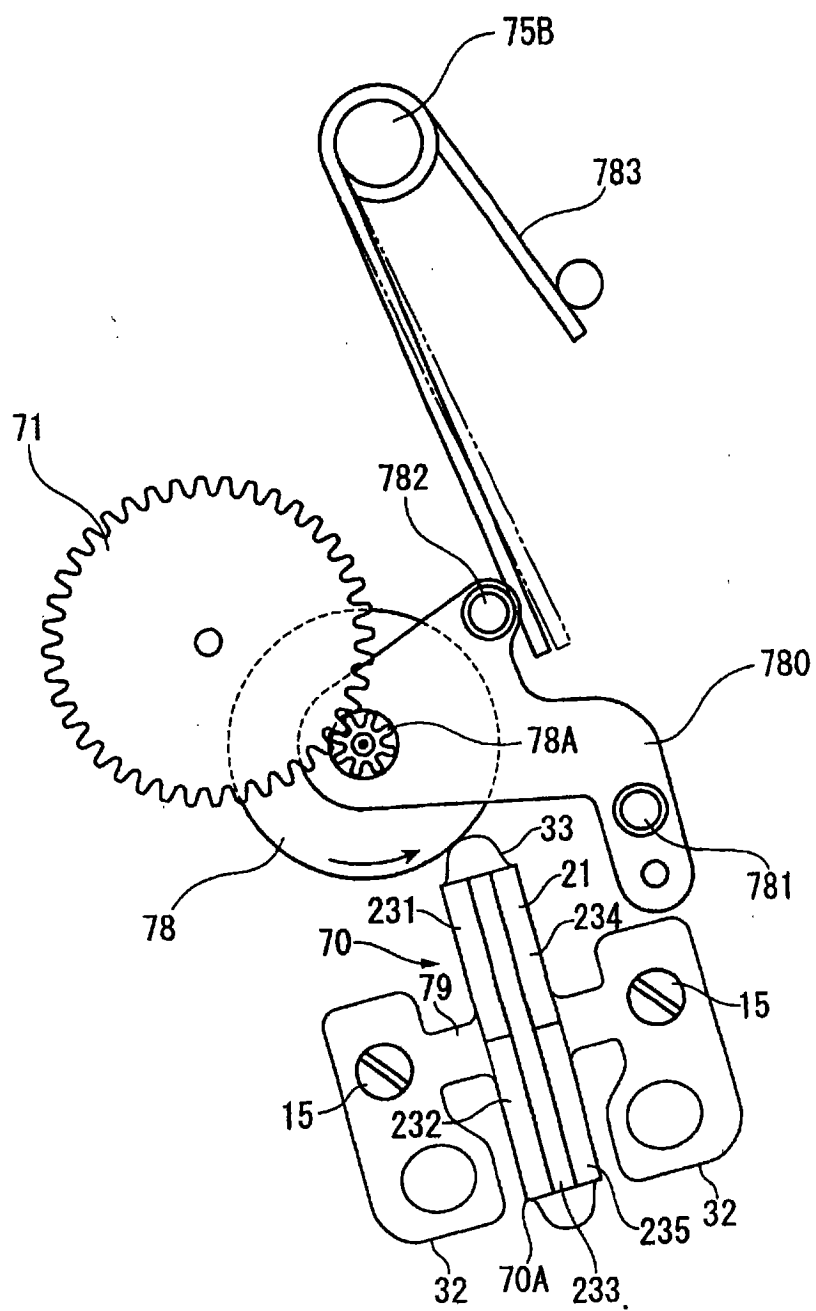


图 28

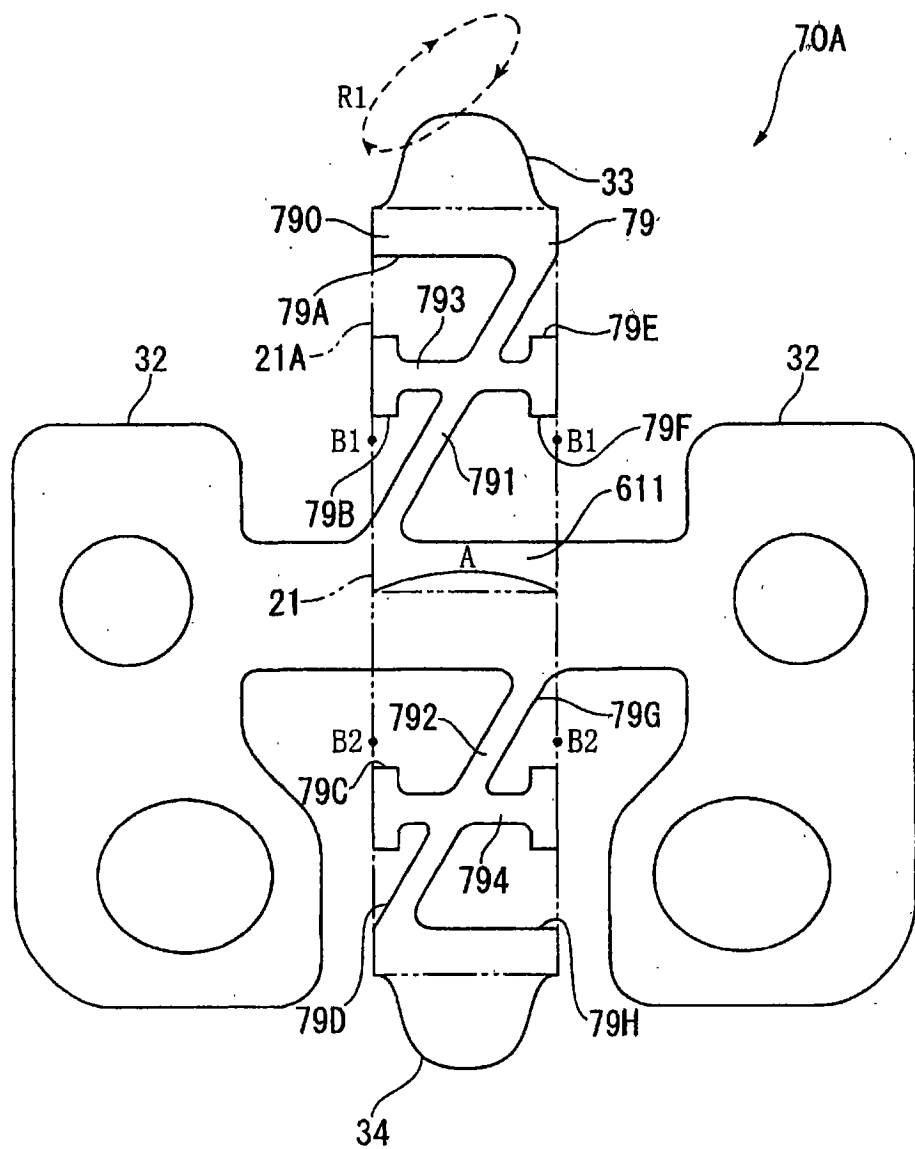


图 29

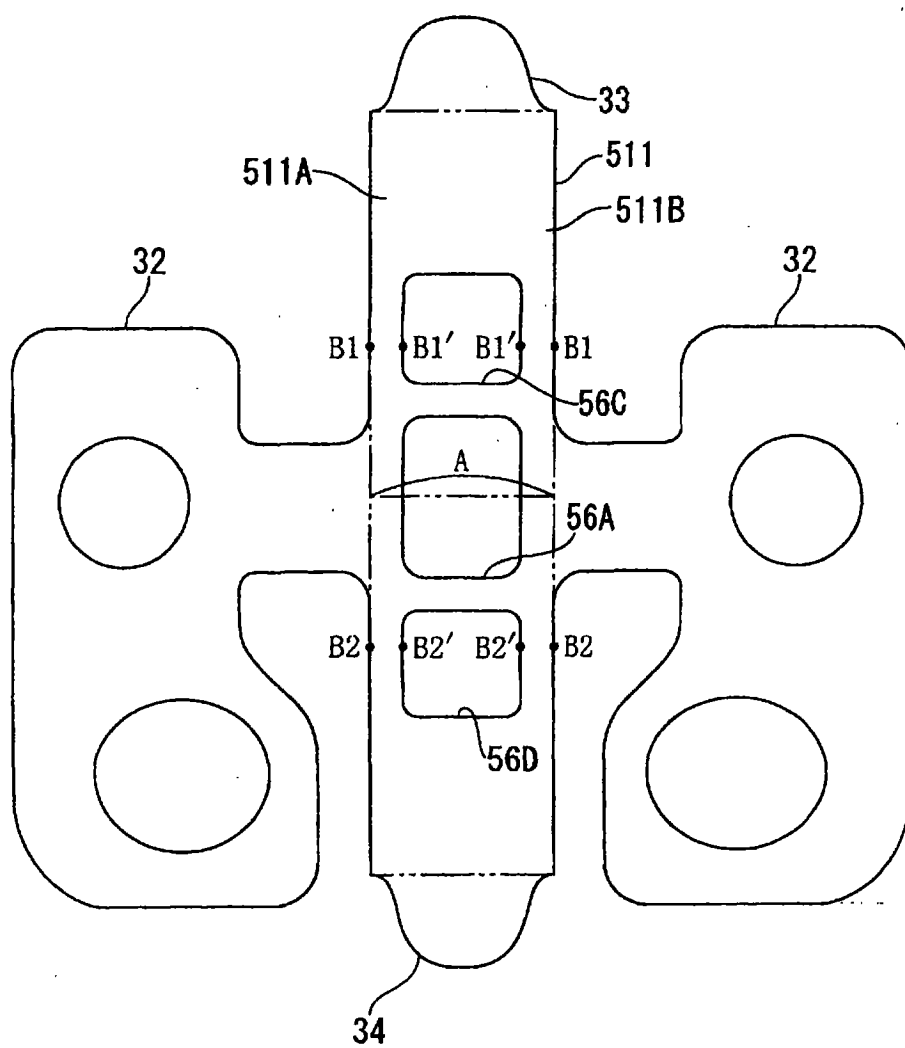


图 30

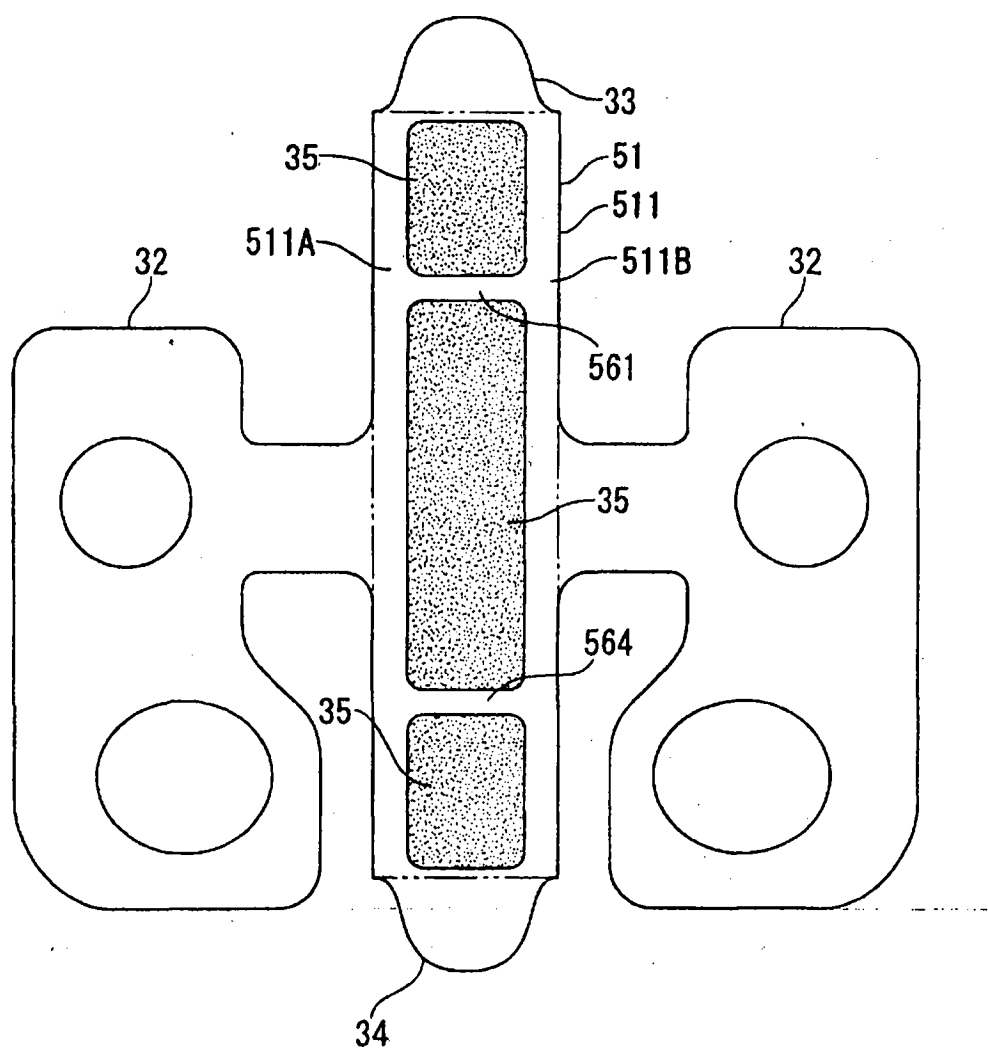


图 31

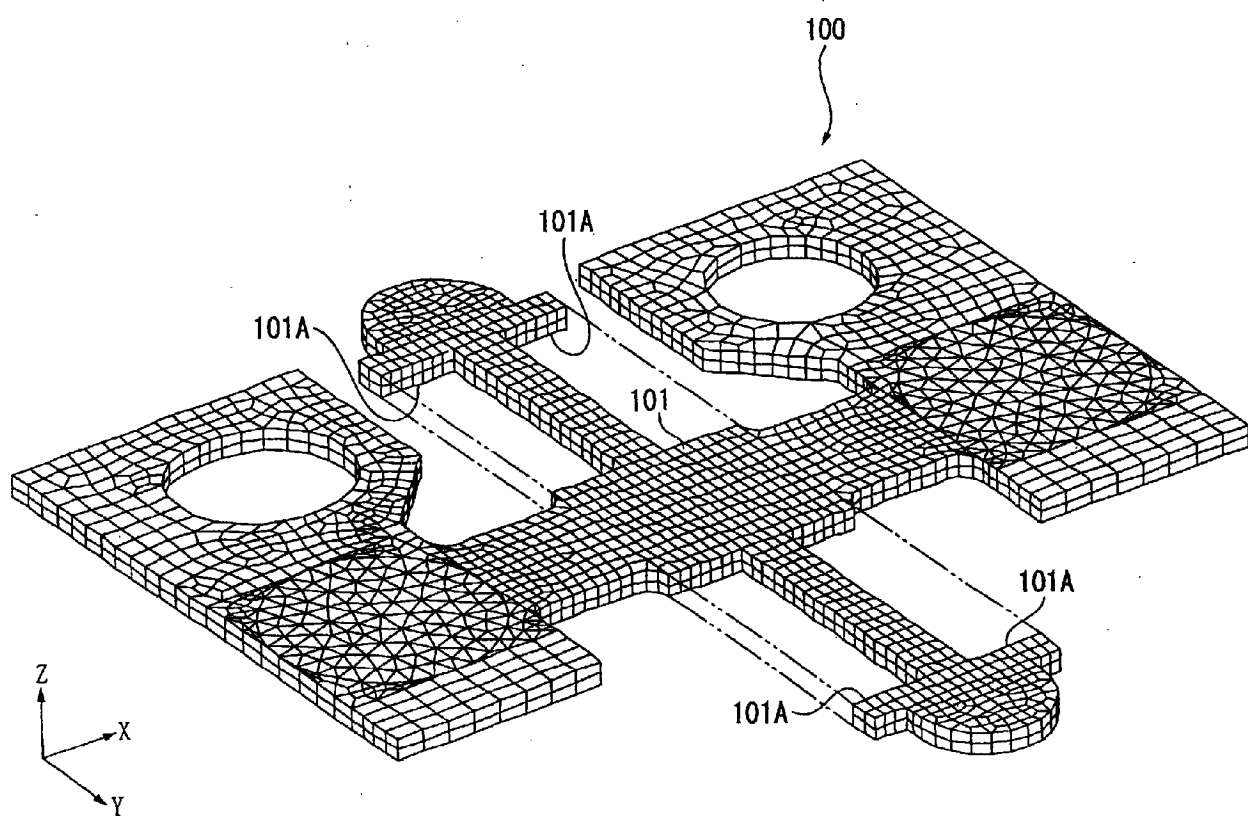


图 32

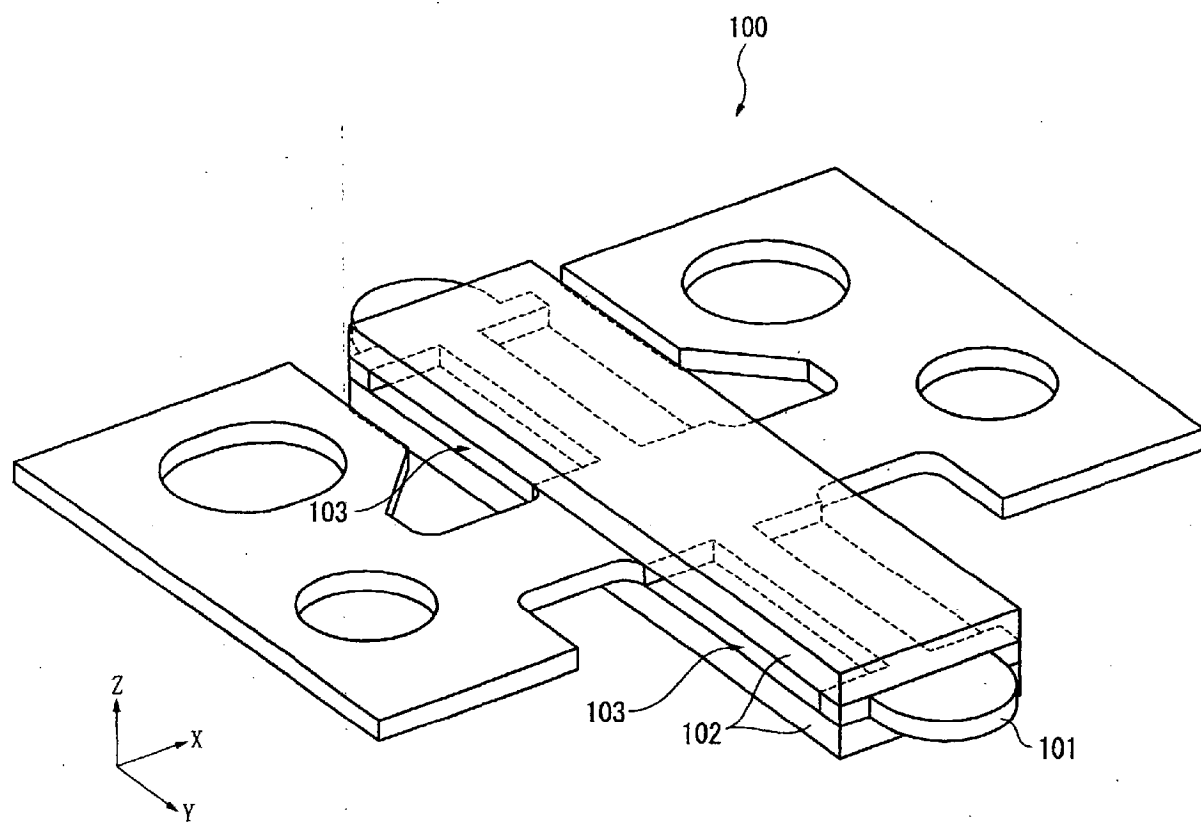


图 33

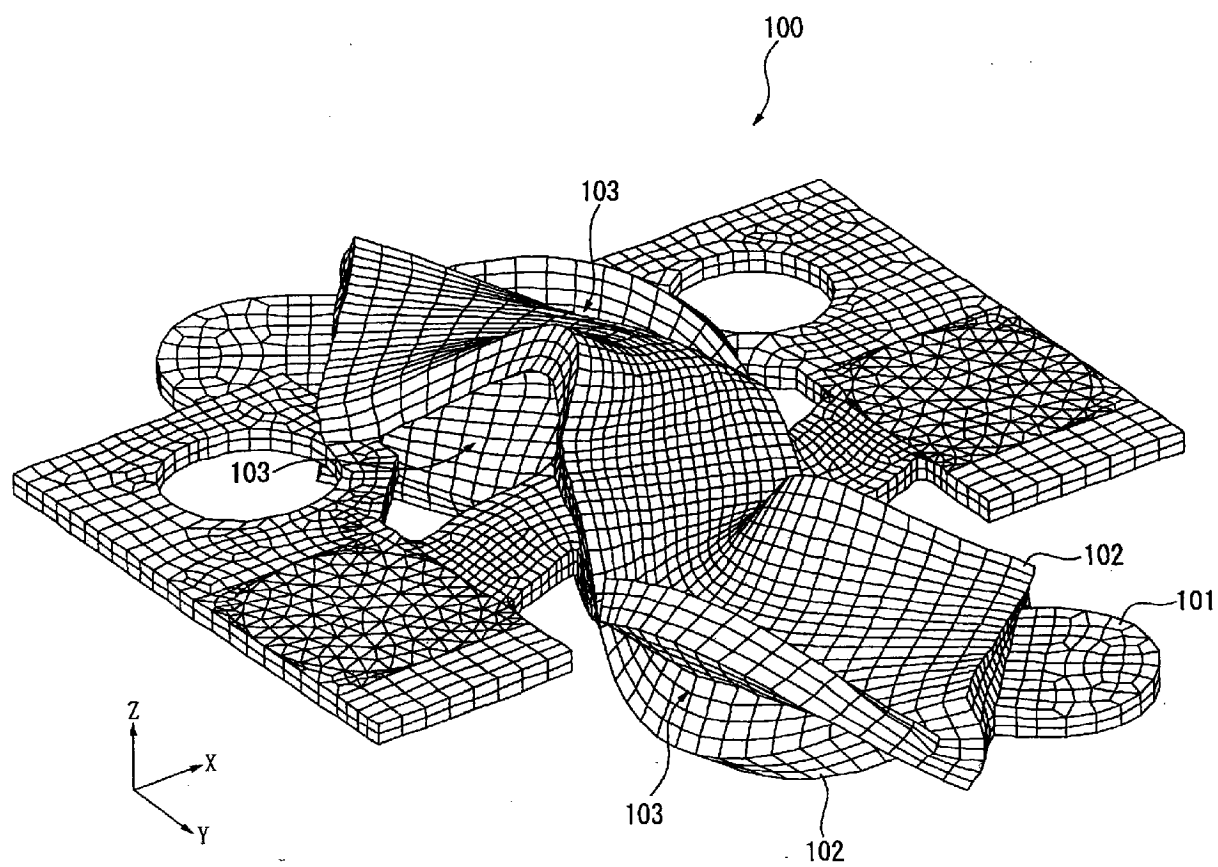


图 34

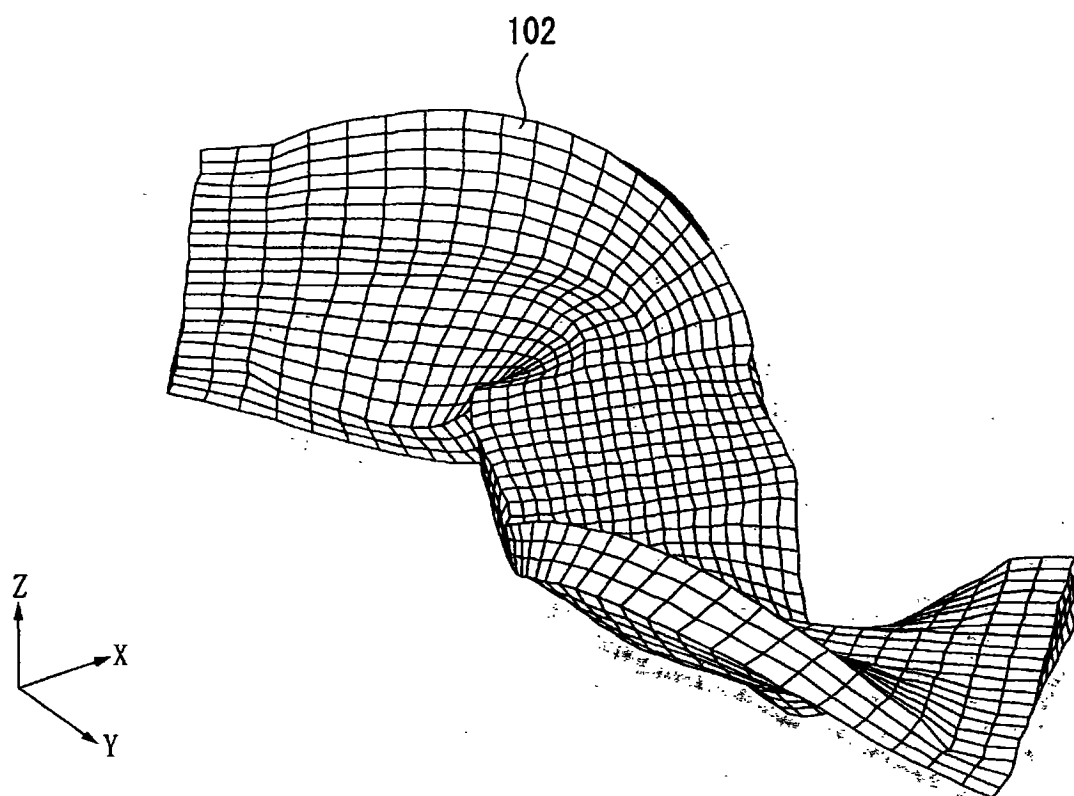


图 35

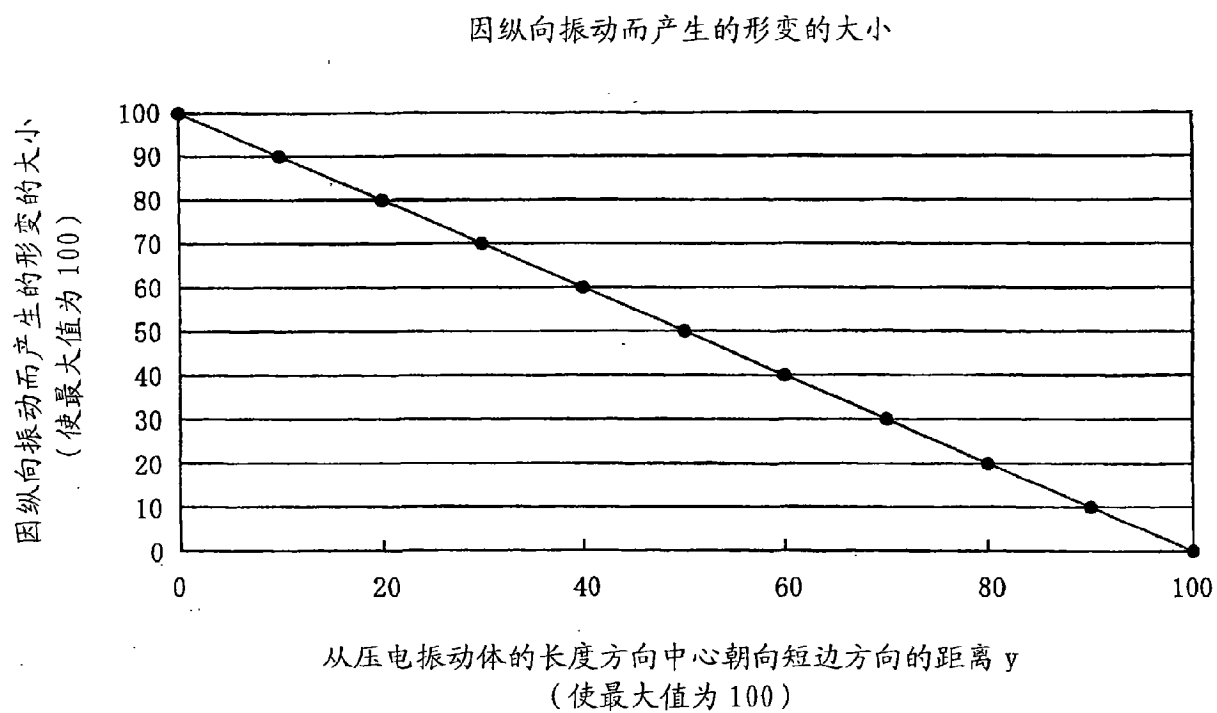
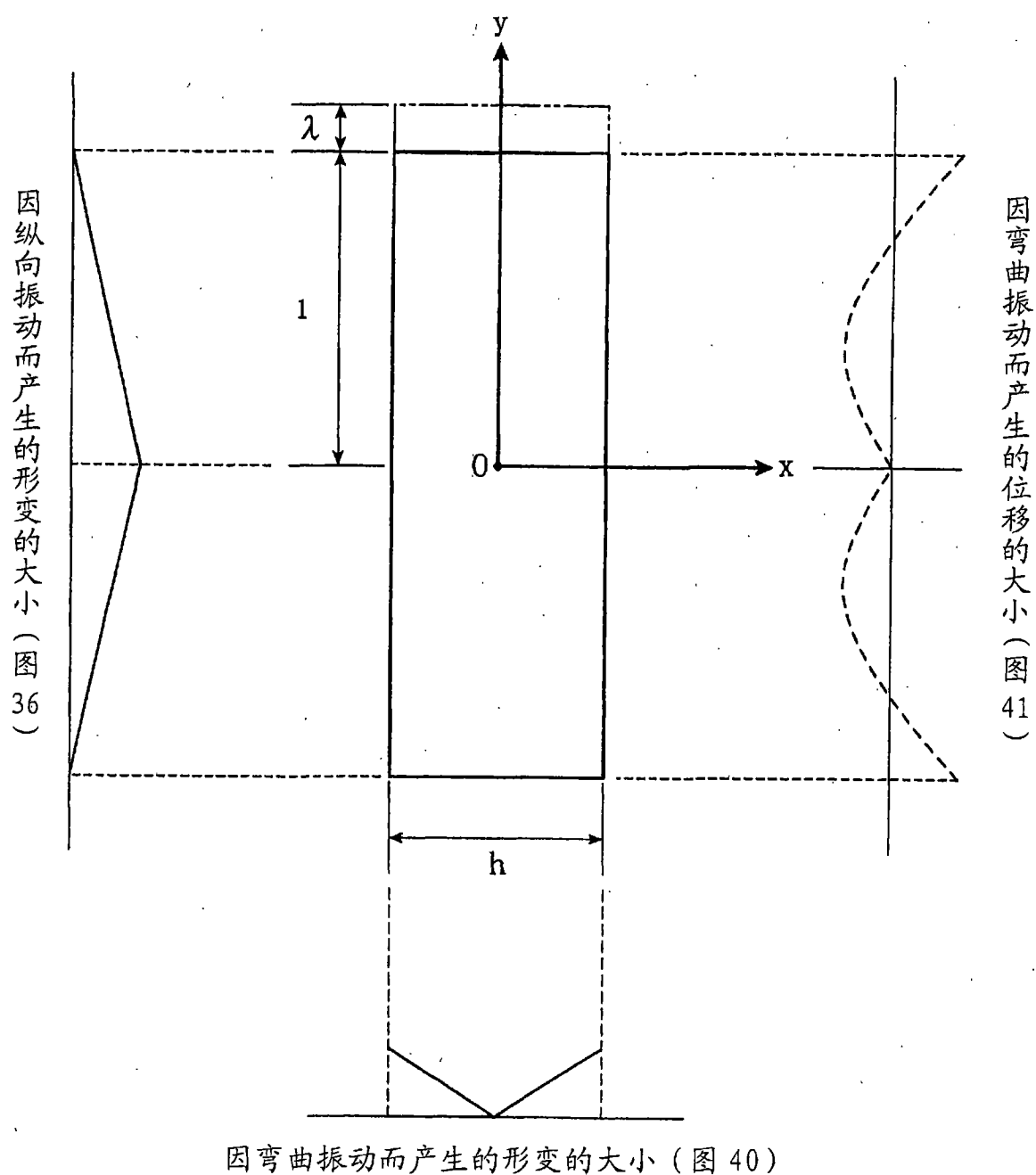


图 36



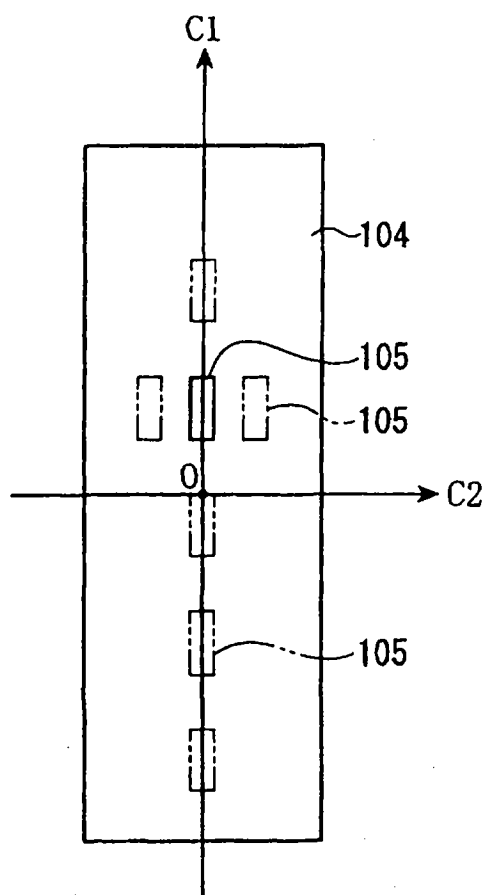


图 38

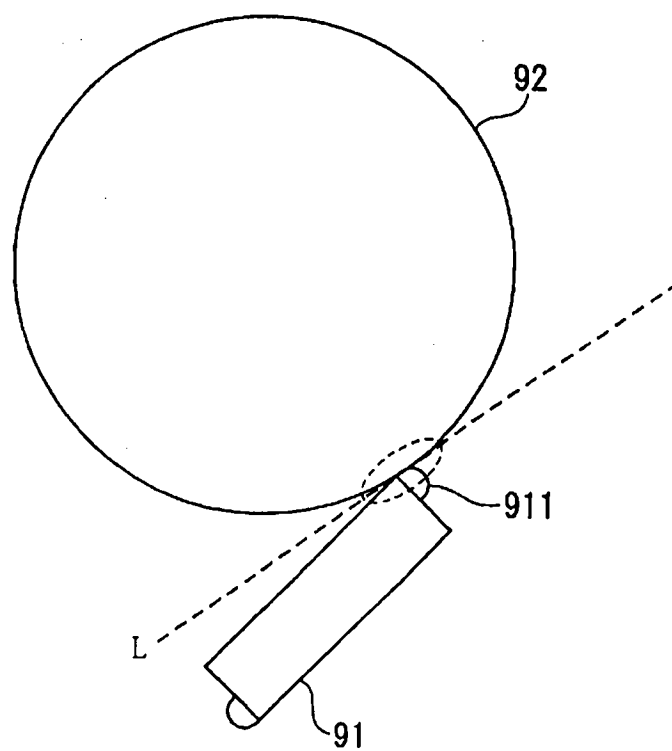


图 39

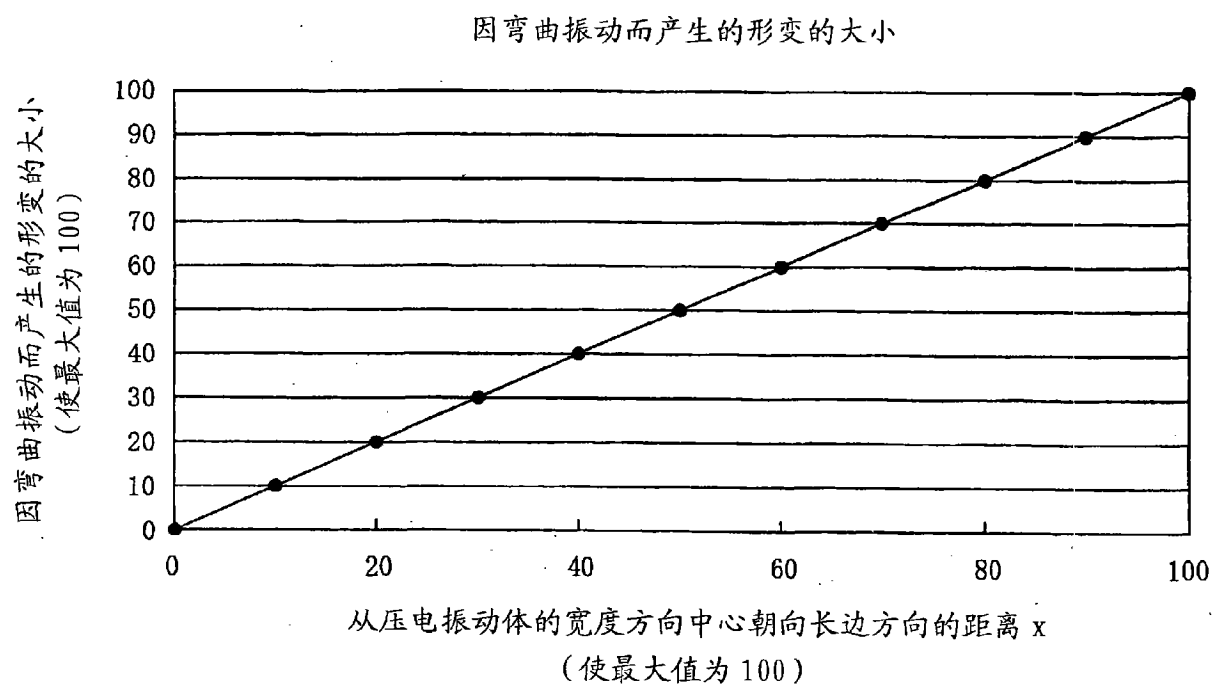


图 40

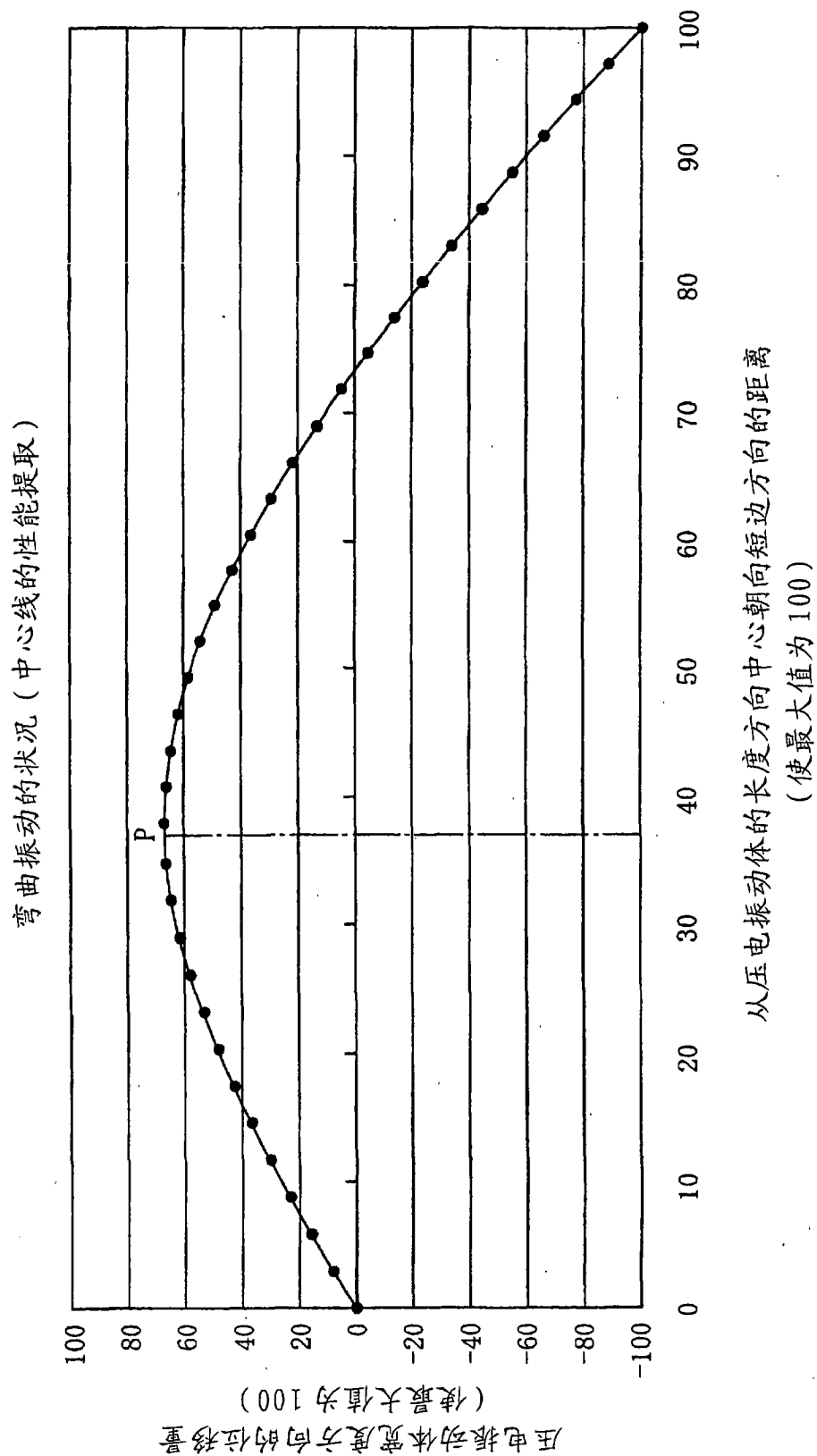


图 41

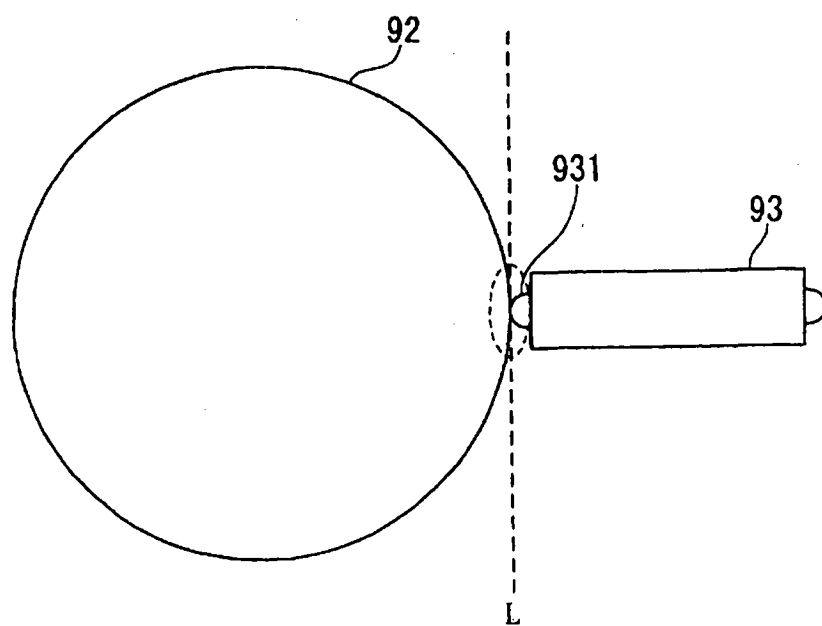


图 42