

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H02N 2/12

G04C 3/12



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03800209.4

[43] 公开日 2004年6月23日

[11] 公开号 CN 1507687A

[22] 申请日 2003.2.28 [21] 申请号 03800209.4

[30] 优先权

[32] 2002.3.1 [33] JP [31] 055784/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/002399 2003.2.28

[87] 国际公布 WO2003/075446 日 2003.9.12

[85] 进入国家阶段日期 2003.10.31

[71] 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 泽田明宏 高桥理 赤羽秀弘

桥本泰治 长滨玲子

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

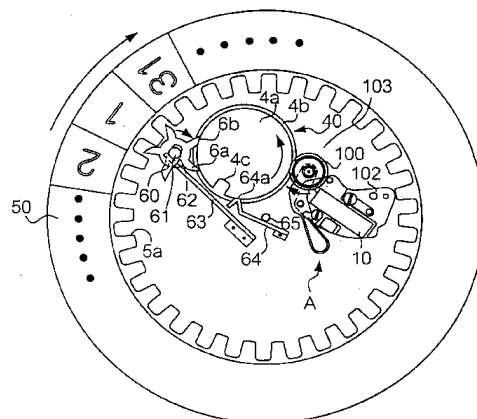
代理人 李辉

权利要求书5页 说明书27页 附图20页

[54] 发明名称 压电致动器及具有压电致动器的钟表以及便携装置

[57] 摘要

本发明提供一种压电致动器及具有压电致动器的钟表以及便携装置。振动板10通过螺钉13被固定在底板102上。杆20上形成有弹簧部23、转子安装部25、插孔22，通过把轴21插入该插孔22，枢轴支撑杆20并使其可以旋转。通过使弹簧部23接触偏心形状的按压调整凸轮26，并使该按压调整凸轮26旋转，可以改变弹簧部23的弹性力，调整通过转子100推动振动板10的按压力。



ISSN 1008-4274

1. 一种压电致动器，其特征在于，具有：  
支撑体；
- 5 由板状压电元件和板状基体材料层压而成，通过向所述压电元件提供驱动信号而振动的振动板；  
把所述振动板以消除游隙即可动间隙的状态固定在所述支撑体上的固定部；  
设在所述振动板上的接触部；
- 10 利用所述振动板的振动并通过所述接触部驱动的被驱动体；和  
从所述被驱动体侧向所述接触部提供按压力的按压机构。
2. 一种压电致动器，其特征在于，具有：  
支撑体；
- 由板状压电元件和板状基体材料层压而成，通过向所述压电元件提
- 15 供驱动信号而振动的振动板；  
把所述振动板以消除游隙即可动间隙的状态固定在所述支撑体上，并使该振动板与所述支撑体之间具有空间的固定部；  
设在所述振动板上的接触部；  
利用所述振动板的振动并通过所述接触部驱动的被驱动体；和
- 20 从所述被驱动体侧向所述接触部提供按压力的按压机构。
3. 根据权利要求1或2所述的压电致动器，其特征在于，  
设有调整机构，该调整机构用于调整把所述被驱动体按压在所述接触部上的所述按压机构的按压力。
4. 根据权利要求1、2或3所述的压电致动器，其特征在于，
- 25 所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子；  
所述按压机构是把所述转子按压在所述接触部上的弹簧部。
5. 根据权利要求1、2或3所述的压电致动器，其特征在于，  
所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子；  
所述按压机构是一方为保持所述转子使其可自由旋转的转子安装

部，另一方为产生弹性力的弹簧部的杆。

6. 根据权利要求3所述的压电致动器，其特征在于，  
所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子；  
所述按压机构是把所述转子按压在所述接触部上的弹簧部；

5 所述调整机构是偏心凸轮，该偏心凸轮由所述支撑体可旋转地枢轴支撑，通过把端部按压在所述弹簧部上并施加压力，调整把所述转子按压在所述接触部上的弹性力。

7. 根据权利要求3所述的压电致动器，其特征在于，  
所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子；

10 所述按压机构是一方为保持所述转子使其可自由旋转的转子安装部，另一方为产生弹性力的弹簧部的杆；

所述调整机构是偏心凸轮，该偏心凸轮由所述支撑体可旋转地枢轴支撑，通过把端部按压在所述弹簧部上并施加压力，调整把所述转子按压在所述接触部上的弹性力。

15 8. 根据权利要求4、5、6或7所述的压电致动器，其特征在于，  
所述弹簧部呈弯曲形状。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的压电致动器，其特征在于，  
所述固定部用螺钉固定在所述支撑体上。

10. 根据权利要求1~9中任一项所述的压电致动器，其特征在于，  
20 所述振动板具有层压在所述基体材料正反面上的第1压电元件和第2压电元件；

从所述基体材料看，所述第1及第2压电元件的外侧面分别具有多个电极板；

所述固定部由从所述压电元件伸出的所述基体材料的一部分构成；

25 在所述固定部上固定引线基板，该引线基板具有连接驱动所述第1及第2压电元件的驱动电路的焊区；

所述第1及第2压电元件的多个电极板和所述引线基板的焊区通过焊丝而连接，这些连接部分由浇注层模压。

11. 根据权利要求10所述的压电致动器，其特征在于，

所述电极板中从所述基体材料看位于外侧的两个电极板，由跨越所述振动板的端部的所述焊丝相互连接。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的压电致动器，其特征在于，所述连接部分是所述电极板中振动体振动时的节部分。

5 13. 根据权利要求 10、11 或 12 所述的压电致动器，其特征在于，具有压力赋予机构，该压力赋予机构向所述引线基板和电路板施加压力，以使安装有所述驱动电路、并具有电连接该驱动电路的焊区的电路板和所述引线基板的焊区相互接触，使所述电极板和所述驱动电路电连接。

10 14. 根据权利要求 13 所述的压电致动器，其特征在于，所述压力赋予机构兼用作把所述固定部固定在所述支撑体上的固定单元。

15 15. 根据权利要求 13 或 14 所述的压电致动器，其特征在于，所述压力赋予机构是螺丝固定件。

16. 根据权利要求 1~9 中任一项所述的压电致动器，其特征在于，所述振动体具有层压在所述基体材料正反面上的第 1 压电元件和第 2 压电元件；

从所述基体材料看，所述第 1 及第 2 压电元件的外侧面分别具有多个电极板；

20 所述第 1 及第 2 压电元件的多个电极板连接挠性印制线路板，该挠性印制线路板延伸到由从所述压电元件伸出的所述基体材料的一部分构成的所述固定部。

25 17. 根据权利要求 16 所述的压电致动器，其特征在于，所述电极板中从所述基体材料看位于外侧的两个电极板，由跨越所述振动板端部的所述挠性印制线路板相互连接。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的压电致动器，其特征在于，所述电极板和所述挠性印制线路板的连接部分为所述电极板中振动体振动时的节部分。

19. 根据权利要求 16、17 或 18 所述的压电致动器，其特征在于，

具有压力赋予机构，该压力赋予机构向所述挠性印制线路板及所述电路板施加压力，以使安装有所述驱动电路、并具有电连接该驱动电路的焊区的电路板和位于所述固定部侧的挠性印制线路板的焊区相互接触，使所述电极板和所述驱动电路电连接。

5       20. 根据权利要求 19 所述的压电致动器，其特征在于，  
所述压力赋予机构兼用作把所述固定部固定在所述支撑体上的固定单元。

21. 根据权利要求 19 或 20 所述的压电致动器，其特征在于，  
所述压力赋予机构是螺丝固定件。

10       22. 一种钟表，其特征在于，具有：  
权利要求 1~21 中任一项所述的压电致动器；  
向构成所述振动板的压电元件提供所述驱动信号的驱动电路；  
向所述驱动电路提供电力的电源；和  
由所述压电致动器驱动的包含日历信息的时间信息显示单元。

15       23. 根据权利要求 22 所述的钟表，其特征在于，  
向所述振动板的压电元件提供驱动信号的所有电极板与该钟表的基准电位即地电位电绝缘。

24. 根据权利要求 23 所述的钟表，其特征在于，  
所述支撑体是由非导电材料形成的。

20       25. 根据权利要求 23 所述的钟表，其特征在于，  
在所述支撑体和所述固定部之间夹着绝缘板。

26. 一种便携装置，其特征在于，具有：  
权利要求 1~21 中任一项所述的压电致动器；  
向构成所述振动板的压电元件提供所述驱动信号的驱动电路；  
25       向所述驱动电路提供电力的电源；和  
由所述压电致动器驱动的驱动对象。

27. 根据权利要求 26 所述的便携装置，其特征在于，  
向所述振动板的压电元件提供驱动信号的所有电极板与该便携装置的基准电位即地电位电绝缘。

28. 根据权利要求 27 所述的便携装置，其特征在于，所述支撑体是由非导电材料形成的。

29. 根据权利要求 27 所述的便携装置，其特征在于，在所述支撑体和所述固定部之间夹着绝缘板。

5        30. 一种振动板，具有：板状基体材料；层压在该基体材料上的平坦的长方形压电元件；和设在所述压电元件的短边侧并接触被驱动体的接触部，

      通过使所述压电元件产生所述压电元件的长边方向的纵向振动和弯曲二次振动，使所述接触部按椭圆轨迹振动，以驱动接触该接触部的所述被驱动体，该振动板的特征在于，

      长边为  $a$ ，短边为  $b$  时， $b/a \geq 0.274$ 。

31. 根据权利要求 30 所述的振动板，其特征在于，所述接触部与所述基体材料一体形成。

15        32. 根据权利要求 30 所述的振动板，其特征在于，所述基体材料与把该振动板固定在支撑体上的固定部一体形成。

33. 根据权利要求 30 所述的振动板，其特征在于，所述压电元件被层压在所述基体材料的正反面，

      层压在所述基体材料正面的压电元件和层压在所述基体材料反面的压电元件的形状相同。

## 压电致动器及具有压电致动器的钟表以及便携装置

### 5 技术领域

本发明涉及一种具有压电元件的压电致动器、具有该压电致动器的钟表以及便携装置。

### 背景技术

10 压电元件从电能到机械能的转换效率和响应性良好。因此，近年来一直在开发利用压电元件的压电效应的各种压电致动器。该压电致动器被应用于压电蜂鸣器、打印机的喷墨头或超声波电机等领域。最近，开始研究压电致动器在手表的日历显示机构等小型化要求强烈的用途方面的适用性。

15 图 36 表示具有利用了压电致动器的日历显示机构的手表的示意图。如该图所示，该日历显示机构具有压电致动器 A1、转子 1、中间轮 2、以及表示日期和星期的环状日期显示轮 3。

由底板（支撑体）4 枢轴支撑的转子 1 被压电致动器 A1 驱动着向图中箭头 Y 所示的方向旋转。由底板 4 枢轴支撑的中间轮 2 与该转子 1 啮合，日期显示轮 3 与中间轮 2 啮合。采用该结构，伴随由压电致动器 A1 驱动的转子 1 的旋转，日期显示轮 3 向图中箭头 Z 所示的方向旋转。

25 图 37 是表示上述压电致动器 A1 的结构平面图。如该图所示，压电致动器 A1 具有振动板 5，该振动板 5 具有平坦的长方形压电元件，振动板 5 在其一长边和一短边交接的一顶点处具有接触部 6，该接触部 6 使具有平缓曲面的顶端部分从压电元件突出。在振动板 5 的长边的大致中央部位设置支撑部 7，使其为从该振动板 5 伸出的状态，该支撑部 7 用于把振动板 5 支撑在底板 4 上，在与该支撑部 7 相对的位置设置弹簧部件 8。支撑部 7 游嵌入立设在底板 4 上的销 7a 中，形成振动板 5 以该销 7a 为中心可以旋转的状态。弹簧部件 8 的顶端由立设在底板 4 上的轴 9 支撑

着。这样，振动板 5 接受弹簧部件 8 的弹性力并被按压在转子 1 侧，使接触部 6 接触转子 1 的侧面。

在向压电元件供给交流驱动信号并使接触部 6 接触转子 1 的状态下，振动板 5 向图中箭头 X 所示的方向振动。该振动通过接触部 6 被传递给 5 转子 1。以该振动为驱动力的转子 1 向箭头 Y 方向旋转。

可是，这种压电致动器 A1 中，振动的振幅是微米级和亚微米级。为了使这种微小振动持续传递给转子 1，需要用适当的按压力把振动板 5 的接触部 6 按压在转子 1 侧。

为此，把支撑部 7 以例如，在支撑部 7 上加工直径略大于销 7a 的孔 10 并使销 7a 插入该孔的状态，具有游隙（可动间隙）地固定在销 7a 上，振动板 7 形成通过弹簧部件 8 的弹性力能够以销 7a 为中心进行旋转的状态。

由于该游隙（可动间隙），产生了下述两个问题。

第 1 问题是压电致动器 A1 的振动板 5 中，由于在驱动转子 1 所需的 15 必要部位以外的部位产生振动，导致能量损失，驱动效率降低。

第 2 问题是振动板 5 的接触部 6 相对转子 1 的接触不能总是保持均匀接触，不能稳定相对转子 1 的驱动力，致使压电致动器 A1 的驱动特性不稳定。

另外，考虑到向该振动板 5 供给驱动信号用的布线等，由于振动板 20 5 自身的振动造成的布线路径长度的变化，需要使布线等具有容余性。此外，由于振动板 5 自身的振动，具有布线的连接部分容易剥离，导致压电致动器 A1 的可靠性降低的问题。

### 发明内容

25 本发明的目的在于提供一种能够稳定获得希望的驱动效率和驱动特性以及可靠性的压电致动器、具有压电致动器的钟表以及便携装置。

为了达到上述目的，本发明提供一种压电致动器，其特征在于，具有：支撑体；由板状压电元件和板状基体材料层压而成，通过向所述压电元件提供驱动信号而振动的振动板；把所述振动板以消除游隙（可动



间隙)的状态固定在所述支撑体上的固定部;设在所述振动板上的接触部;利用所述振动板的振动并通过所述接触部驱动的被驱动体;和从所述被驱动体侧向所述接触部提供按压力的按压机构。

另外,另一发明提供一种压电致动器,其特征在于,具有:支撑体;  
5 由板状压电元件和板状基体材料层压而成,通过向所述压电元件提供驱动信号而振动的振动板;把所述振动板以消除游隙(可动间隙)的状态固定在所述支撑体上,并使该振动板与所述支撑体之间具有空间的固定部;设在所述振动板上的接触部;利用所述振动板的振动并通过所述接触部驱动的被驱动体;和从所述被驱动体侧向所述接触部提供按压力的  
10 按压机构。

根据该发明,在从被驱动体侧向振动板侧赋予按压力的同时,可以使振动板以消除游隙(可动间隙)的状态固定在支撑体上。这样,不仅可以降低压电致动器以振动板的游隙(可动间隙)为起因而产生的驱动效率的降低和驱动特性的恶化,而且布线路径长度不会产生变化,所以  
15 能够防止布线连接部位的剥离,可以提高该压电致动器的可靠性。

另外,振动板与周围部件(支撑体)之间的相对距离不会变化,所以,例如能够使与振动板厚度方向的支撑体之间的空间保持恒定,可以实现压电致动器的小型化、薄型化。

优选方式中,设置调整机构,该调整机构用于调整把所述被驱动体  
20 按压在所述接触部上的所述按压机构的按压力。根据该方式,通过所述调整机构可以调整被驱动体按压接触部的力,可以调整驱动特性。

优选方式中,所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子,所述按压机构是把所述转子按压在所述接触部上的弹簧部件。

优选方式中,所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转  
25 的转子,所述按压机构是一方为保持所述转子使其自由旋转的转子安装部件,另一方为产生弹性力的弹簧部的杆。

根据该方式,通过在转子安装部件和所述弹簧部之间由支撑体枢轴支撑所述杆并使其可以旋转,该部分成为支点,弹簧部成为力点,安装在转子安装部件上的转子为作用点。这样,弹簧部的弹性力通过支点被

传递给成为作用点的转子，所以该压电致动器能够以少数目的部件廉价地实现通过该转子来按压接触部的力，还可以尽力降低制造及装配时产生的按压力的偏差。

5 优选方式中，所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子；所述按压机构是把所述转子按压在所述接触部的弹簧部；所述调整机构是偏心凸轮，由所述支撑体枢轴支撑着并可以旋转，通过把端部按压在所述弹簧部件上并施加压力，可以调整把所述转子按压在所述接触部上的弹性力。

10 优选方式中，所述被驱动体是依靠来自所述接触部的驱动力而旋转的转子，所述按压机构是一方为保持所述转子使其可自由旋转的转子安装部件，另一方为产生弹性力的弹簧部的杆，所述调整机构是偏心凸轮，由所述支撑体枢轴支撑着并可以旋转，把端部按压在所述弹簧部件上并施加压力，从而可以调整把所述转子按压在所述接触部上的弹性力。

优选方式中，所述弹簧部件呈弯曲形状。

15 优选方式中，所述固定部用螺钉固定在所述支撑体上。

20 优选方式中，所述振动板具有层压在所述基体材料正反面上的第1压电元件和第2压电元件，从所述基体材料看，所述第1及第2压电元件的外侧面分别具有多个电极板，所述固定部由从所述压电元件伸出的所述基体材料的一部分构成，在所述固定部上固定引线基板，该引线基板具有连接用于驱动所述第1及第2压电元件的驱动电路的焊区(land)，所述第1及第2压电元件的多个电极板和所述引线基板的焊区通过焊丝而连接，这些连接部分由浇注层模压。根据该方式，连接部分彼此间的相对距离不会变化，所以能够防止连接部分剥离，同时提高装配性。

25 优选方式中，所述电极板中从所述基体材料看位于外侧的两个电极板，通过跨越所述振动板端部的所述焊丝而相互连接。

优选方式中，所述连接部分是所述电极板中振动体振动时的节部分。

优选方式中，具有压力赋予机构，该压力赋予机构向所述引线基板和电路板施加压力，以使安装有所述驱动电路、并具有电连接该驱动电

路的焊区的电路板和所述引线基板的焊区相互接触，使所述电极板和所述驱动电路电连接。

优选方式中，所述压力赋予机构兼用作把所述固定部固定在所述支撑体上的固定单元。

5 优选方式中，所述压力赋予机构是螺丝固定件。

优选方式中，所述振动板具有层压在所述基体材料正反面上的第1压电元件和第2压电元件，从所述基体材料看，所述第1及第2压电元件的外侧面分别具有多个电极板，所述第1及第2压电元件的多个电极板连接挠性印制线路板，该挠性印制线路板延伸到由从所述压电元件伸出的所述基体材料的一部分构成的所述固定部。根据该方式，连接部分彼此间的相对距离不会变化，所以能够防止连接部分剥离，同时提高装配性。

优选方式中，所述电极板中从所述基体材料看位于外侧的两个电极板，由跨越所述振动板端部的所述挠性印制线路板相互连接。

15 优选方式中，所述电极板和所述挠性印制线路板的连接部分为所述电极板中振动体振动时的节部分。

优选方式中，具有压力赋予机构，该的压力赋予机构向所述挠性印制线路板及所述电路板施加压力，以使安装有所述驱动电路、并具有电连接该驱动电路的焊区的电路板和位于所述固定部侧的挠性印制线路板的焊区相互接触，使所述电极板和所述驱动电路电连接。

20 优选方式中，所述压力赋予机构兼用作把所述固定部固定在所述支撑体上的固定单元。

优选方式中，所述压力赋予机构是螺丝固定件。

25 从另一观点看，本发明提供一种钟表，其特征在于，具有：上述的压电致动器；向构成所述振动板的压电元件提供所述驱动信号的驱动电路；向所述驱动电路提供电力的电源；和由所述压电致动器驱动的开始包含日历信息的时间信息显示单元。

优选方式中，向所述振动板的压电元件提供驱动信号的所有电极板与由所述被驱动体驱动的驱动装置的基准电位（地）形成电绝缘。

优选方式中，所述支撑体是由非导电材料形成的。

优选方式中，在所述支撑体和所述固定部之间夹着绝缘板。

另外，从另一观点看，本发明提供一种便携装置，其特征在于，具有：上述的压电致动器；向构成所述振动板的压电元件提供所述驱动信号  
5 的驱动电路；向所述驱动电路提供电力的电源；和由所述压电致动器驱动的驱动对象。

优选方式中，向所述振动板的压电元件提供驱动信号的所有电极板与由所述被驱动体驱动的驱动装置的基准电位（地）电绝缘。

优选方式中，所述支撑体是由非导电材料形成的。

10 优选方式中，在所述支撑体和所述固定部之间夹着绝缘板。

另一方面，本发明提供一种振动板，具有：板状基体材料；层压在该基体材料上的平坦的长方形压电元件；和设在所述压电元件的短边侧并接触被驱动体的接触部，通过使所述压电元件产生长边方向的纵向振动和弯曲二次振动，使所述接触部按椭圆轨迹振动，以驱动接触该接触  
15 部的所述被驱动体，其特征在于，设长边为  $a$ ，短边为  $b$  时， $b/a \geq 0.274$ 。

根据该发明，振动板中产生的纵向振动和弯曲二次振动的共振频率基本相等。因此，通过向所述压电元件施加频率接近该频率的驱动信号，可以使接触部产生大的椭圆振动。

优选方式中，所述基体材料与所述接触部一体形成。

20 优选方式中，所述基体材料与把该振动板固定在支撑体上的固定部一体形成。

优选方式中，所述压电元件被层压在所述基体材料的正反面上，层压在所述基体材料正面的压电元件和层压在所述基体材料反面的压电元件的形状相同。

25

#### 附图说明

图 1 是表示本发明的实施方式涉及的钟表的日历显示机构的主要部分的平面图。

图 2 是表示该实施方式的钟表的概略结构的剖面图。

图 3 是表示该实施方式的日历显示机构的主要部分的剖面图。

图 4 是表示该实施方式的日历显示机构的构成要素即压电致动器的结构平面图。

图 5 是从图 4 中的箭头 V-V 方向看的剖面图。

5 图 6 及图 7 是从侧面看该实施方式的转子的侧面图。

图 8 是表示支撑该实施方式的转子的结构的剖面图。

图 9 是表示该实施方式的压电致动器具有的按压调整机构和调整方法的剖面图。

10 图 10 是表示该实施方式的压电致动器的构成要素即振动板的分解透视图。

图 11 是表示向该实施方式的振动板的压电元件供给驱动信号时的驱动结构概图。

图 12 是表示该实施方式的振动板进行纵向振动时的状态示意图。

图 13 是表示该实施方式的振动板进行弯曲振动时的状态示意图。

15 图 14 是该实施方式的振动板振动时的接触部的轨迹说明图。

图 15 是表示所述振动板的振动频率和阻抗的关系的一个示例图。

图 16 是该实施方式的振动板的平面图。

图 17~图 20 是表示该实施方式的振动板的焊丝的连接步骤图。

20 图 21 是表示向该实施方式的压电致动器供给驱动信号时的驱动电路结构图。

图 22 是表示在该实施方式中,向与振动板的振动方向平行的方向施加按压力时的振动板与转子的位置关系的平面图。

图 23、24 是表示在该实施方式中,向与振动板的振动方向垂直的方向施加按压力时的振动板与转子的位置关系的平面图。

25 图 25、26 是表示在该实施方式中,向相对振动板的振动方向倾斜 30° 的方向施加按压力时的振动板与转子的位置关系的平面图。

图 27 是表示所述振动板的具体大小的平面图。

图 28 是表示根据实验结果的共振频率的表。

图 29~图 31 是表示形成于振动板的压电元件上的电极板的变形示

例的平面图。

图 32 是表示根据变形例的振动板的平面图。

图 33 是从图 32 中的箭头 XXXIII—XXXIII 方向看的剖面图。

图 34 是表示把电路板固定在引线基板上之前的状态的透视图。

5 图 35 是表示把电路板固定在引线基板上之后的状态的剖面图。

图 36 是表示现有技术的钟表的日历显示机构的示意图。

图 37 是表示现有技术的压电致动器的示意图。

### 具体实施方式

10 以下，参照附图说明本发明的一个实施方式。

#### A. 整体结构

图 1 是表示装配有本发明的一个实施方式涉及的压电致动器 A 的手表的日历显示机构的结构平面图。

15 如图 1 所示，压电致动器 A 具有底板 102、矩形振动板 10 和转子 100。转子 100 是由振动板 10 驱动的被驱动体，依靠振动板 10 中产生的振动来敲击其外周面，从而顺时针旋转，把驱动力传递给日期显示轮 50。

该转子 100 通过作为减速轮组的日期轮换中间轮（日付回し中間車）40 和日期轮换轮（日付回し車）60 连接环状的日期显示轮 50。该日期显示轮 50 是转子 100 的驱动对象，与转子 100 的驱动连动，被驱动旋转。

20 图 2 是图 1 所示的手表的剖面图。在该图中，网格部分表示装配了具有压电致动器 A 的日历显示机构。在该日历显示机构的上方设有圆盘状文字板 70。在该文字板 70 的外周部局部设有显示日期的窗口 71，从窗口 71 可以看见日期显示轮 50 的日期。在文字板 70 的下方设有驱动指针 72 的机芯 73 和后述的驱动电路 500。

25 B. 日历显示机构的结构

图 3 是表示图 1 的日历显示机构的详细结构的剖面图。在该图 3 中，表示手表的日历显示机构中除压电致动器 A 之外的部分的结构。如图 3 所示，手表具有第 1 底板 103、和与该底板 103 高度不同地配置的第 2 底板 103'。在该第 2 底板 103' 上安装日历显示机构中除压电致动器 A 之

外的部分，在第1底板103上安装压电致动器A。

如图3所示，用于枢轴支撑日期轮换中间轮40的轴41立于第2底板103'上。在日期轮换中间轮40的下面设置轴承（未图示），轴41的顶端被收容在该轴承内。日期轮换中间轮40由小径部4a和大径部4b构成。小径部4a是直径略小于大径部4b的圆筒形状，在其外周面形成大致呈正方形的切口部4c。该小径部4a同心状地固定连接在大径部4b上。转子100上部的齿轮100c啮合在大径部4b上。因此，由大径部4b和小径部4a构成的日期轮换中间轮40与转子100的旋转连动，以轴41为转轴旋转。

如图1所示，日期显示轮50呈环形，在其内周面形成有内齿轮5a。日期轮换轮60具有五齿齿轮，并啮合在内齿轮5a上。如图3所示，在日期轮换轮60的中心设置轴61，并使其游嵌入形成于第2底板103'上的通孔62中。该通孔62具有沿着日期显示轮50的轨迹方向延伸的眉状形状。

板簧63的一方固定在底板103'上，另一方把轴61按压在图1的右上方向。板簧63用于推动轴61和日期轮换轮60。利用该板簧63的推动作用来限制日期显示轮50的摆动。

板簧64的一方用螺钉固定在底板103'上，另一方形成大致弯曲成V状的顶端64a。接点65被配置成：在日期轮换中间轮40旋转，顶端64a进入切口部4c时与板簧64接触的状态。向板簧64施加规定电压，板簧64一接触接点65，该电压也被施加到接点65上。因此，通过检测接点65的电压可以检测日期前进状态。另外，也可以设置啮合在内齿轮5a上的手动驱动轮，用户通过对表把（均未图示）进行规定的操作，可以驱动日期显示轮50。

在上述结构中，通过从驱动电路500向压电致动器A的振动板10施加驱动电压，使其在含有其板面的平面内振动。转子100接受到该振动板10中产生的振动，其外周面被敲击，按图1箭头所示，被驱动着顺时针旋转。该转子100的旋转通过日期轮换中间轮40被传递给日期轮换轮60，该日期轮换轮60使日期显示轮50向顺时针方向旋转。

### C. 压电致动器的结构

图 4 是压电致动器 A 的平面图，图 5 是从图 4 的箭头 V-V 方向看时的剖面图，图 6 及图 7 是转子 100 的局部放大图，图 8 是表示转子 100 的支撑结构的剖面图，图 9 是表示用按压调整凸轮调整按压力的调整方法的剖面图，图 10 是振动板 10 的分解透视图，图 11 是表示向压电元件供给驱动信号的驱动结构概图，图 12~图 14 是表示振动板的振动状态的图，图 15 是表示振动板 10 的振动频率和阻抗的关系图，图 16 是该振动板 10 的焊丝的连接状态的平面图，图 17~图 20 是表示焊丝的连接步骤图。

10 如图 4 所示，压电致动器 A 具有：底板 103 及另一底板 102、振动板 10、杆 20、按压调整凸轮 26 和转子 100。

本实施方式的压电致动器 A 的底板 102 被设置成独立于底板 103 的另一部件，但也可以省略底板 102 而在底板 103 的局部设置振动板 10、杆 20、按压调整凸轮 26 和转子 100 来构成压电致动器 A。

15 压电致动器 A 的转子 100 内部具有轴承（未图示），由底板 102 支撑的杆 20 的轴 24 被插入该轴承中。转子 100 能够以该轴 24 为中心进行旋转。

20 如图 4 所示，振动板 10 呈平坦的长方形状。该振动板 10 如图 10 所示为在两个长方形状的压电元件 30、31 之间配置了基体材料 32 的层压结构。该基体材料 32 由形状和压电元件 30、31 大致相同的长方形状、且壁厚比压电元件 30、31 薄的不锈钢等导体构成。在包围基体材料 32 的两个长边中的一个上形成固定部 11。如图所示，固定部 11 形成为相对基体材料 32 的长边平行延伸的细长状。另外，在固定部 11 中贯通设置定位孔 11A。

25 如图 4 及图 5 所示，螺钉 13 插入定位孔 11A，用螺钉固定在底板 102 的固定部凸起 102A 上，由此把振动板 10 固定在固定部凸起 102A 上。在与基体材料 32 的固定部 11 相反的一侧的部分上形成从压电元件 30、31 伸出的支撑接触部 12，该支撑接触部 12 如图 5 所示，被放置在底板 102 的支撑接触部凸起 102B 上。



如图5所示,振动板10从基体材料32中由压电元件30、31夹着的部分伸出到两侧的固定部11和支撑接触部12被放置在底板102上。另一方面,固定部11和支撑接触部12以使基体材料32和压电元件30、31与底板102之间具有空间39的状态,把振动板10固定在底板102上。

5 支撑接触部12被放置在底板102上,但固定部11是通过螺钉13被牢靠地固定在底板102上。

上述的现有压电致动器的振动板7为了能够以销7a为轴进行旋转,以所谓具有自由度的状态被支撑着。由于具有这种自由度,所以现有压电致动器具有驱动效率低、驱动特性不稳定的问题。

10 与此相对,本实施方式涉及的压电致动器以消除振动板10的游隙(可动间隙)的状态被固定在底板102上。该振动板10在被完全定位在底板102上的状态下,通过驱动电压而振动。因此,根据本实施方式,可以防止以振动板的游隙(可动间隙)为起因而产生的驱动效率的降低和驱动特性的不稳定。

15 如图4及图10所示,基体材料32上突出地设有接触部36。接触部36被按压接触转子100的外周面。作为接触部36,可以使用导体或非导体物质,但如果是由非导体形成的,一般可以通过由金属形成的转子100使底板102和压电元件30、31不短路。为了防止它们短路,也可以对旋转支撑转子100的轴24实施绝缘处理。

20 接触部36形成平面地看时向转子100侧突出的圆弧状。这样通过使与转子100接触的接触部36为圆弧状,即使在转子100和振动板10的位置关系因尺寸偏差等而变化时,也可以使形成为圆弧状的接触部36的外周面的一部分总是以相同的接触面积接触圆形的转子100的外周面。因此,转子100和接触部36的接触能够维持在稳定状态。

25 如图3及图6所示,在转子100的外周面沿着圆周方向形成截面为圆弧状的凹槽100A。如果使接触部36接触该凹槽100A的槽底,可以防止转子100脱出。而且,凹槽100A的截面形成为圆弧状(曲面状),同时接触该凹槽100A的接触部36也形成为圆弧状,所以凹槽100A和接触部36的接触为点接触,可以稳定进行能量的传递。如图7所示,也可以

如转子 100' 的凹槽 100A' 那样，将截面大致形成为“コ”状。

如图 3 及图 4 所示，杆 20 的插孔 22 形成于向其长方向延伸的臂的中间部位，其中插入从底板 102 立起设置的轴 21。这样，通过使插孔 22 插入轴 21，杆 20 被可旋转地支撑在底板 102 上。在杆 20 的一方形成大  
5 大致呈 U 状的弹簧部 23。在杆 20 的另一方设置具有轴 24 的转子安装部件 25，通过轴 24 来枢轴支撑转子 100 并使其可以旋转。

下面，参照图 8 详细叙述转子 100 相对轴 24 的安装结构。

一般，位于文字板 70 下侧的机芯 73 具有底板 20 和压板 99，用该压板 99 将其按压在底板 20 上，从而固定机芯 73 的各个部位。因此，由  
10 杆 20 的轴 24 枢轴支撑的转子 100 也通过压板 99 的环状凸起 99A 防止脱出。

如前所述，转子 100 按压着振动板 10 的接触部 36，所以转子 100 的轴承需要具有耐久性和强度。因此，使用由高耐磨性的红宝石材料构成的轴承 101。

15 通过向该轴承 101 和轴 24 之间注油，可以进一步提高耐磨性。不限于该轴承 101，只要是耐磨性高的轴承（例如支承轴承）即可。转子 100 的高度方向的间隙确定是通过压板 99 的环状凸起 99A 来确定高度方向上侧的间隙，通过轴 24 的台阶来确定高度方向下侧的间隙。另外，转子 100 由直径尺寸较小的部位即轴承 101 处来确定间隙。这样，施加到  
20 转子 100 的负荷转矩变小。

然后，返回图 4，按压调整凸轮 26 被按压接触到弹簧部 23 的顶端部。如图 9 所示，该按压调整凸轮 26 具有通孔 26A，在该通孔 26A 中嵌装立起设置在底板 102 上的螺钉座 26B，在该螺钉座 26B 内侧刻有与螺钉  
25 27 旋合的螺纹牙。

在按压调整凸轮 26 和底板 102 之间夹放有垫片 28，通过固定螺钉 27，按压调整凸轮 26 被以限制其旋转的状态固定在底板 102 上。

如果松开螺钉 27，按压调整凸轮 26 能够以该螺钉 27 为旋转中心而旋转。此时，调整操作者向穿通设置在按压调整凸轮 26 上的端子引导孔 26C 插入大致呈 L 状的调整用端子 29，通过用手活动该调整用端子 29，

可以容易地进行按压调整凸轮 26 的旋转调整。

从该按压调整凸轮 26 向弹簧部件 23 的按压力，如图 4 所示，使呈 U 状的弹簧部 23 的两个支脚之间的间隔变狭小。此时，该弹簧部 23 产生的弹性力使转子安装部件 25 以轴 21 为中心顺时针旋转。这样，安装在  
5 转子安装部件 25 上的转子 100 的外周面被按压接触在接触部 36 上。

根据这种结构，通过调整按压调整凸轮 26 可以调整施加给振动板 10 的压力。如果使按压调整凸轮 26 旋转，使弹簧部 23 按图 4 虚线所示产生大的变形，转子安装部 25 对抗该弹簧部件 23 的弹性力，并以轴 21 为中心向图中顺时针方向变位，经由转子 100 提供给振动板 10 的按压力  
10 增加。另外，如果调整按压调整凸轮 26，扩大图中实线所示的弹簧部 23 的两个支脚的间隔，弹簧部 23 的弹性力减小，经由转子 100 提供给振动板 10 的按压力减小。

按压调整凸轮 26 的调整可以通过手工作业来调整，也可以通过自动装配手表的机芯的自动装配机来调整。

15 下面，参照图 10 说明振动板 10。

如前所述，振动板 10 形成在压电元件 30、31 之间配置了板状基体材料 32 的层压结构。该结构降低了以超过振幅和落下等产生的外部冲击力为起因的振动板 10 的损伤，提高了耐久性。另外，作为基体材料 32，通过使用壁厚比压电元件 30、31 薄的材料，来尽力不妨碍压电元件 30、  
20 31 的振动。该基体材料 32 与上述的固定部 11、支撑接触部 12 及接触部 36 一体形成，所以可以简化制造工序。

在配置于基体材料 32 上侧的压电元件 30 的正反面上，以覆盖该压电元件 30 的几乎整个面的状态贴附长方形的给电用电极板 33A、33B。同样，在配置于基体材料 32 下侧的压电元件 31 的正反面上，以覆盖该压  
25 电元件 31 的几乎整个面的状态贴附长方形的给电用电极板 33C、33D。在位于给电用电极板 33A 的一长边两侧的各顶点附近的各区域，利用切口实现与其他区域的电气绝缘。从给电用电极板 33A 绝缘分离的两个孤立部分形成检测振动板 10 的振动状态的检测用电极板 34A、34B。

压电元件 30、31 可以使用钛酸锆酸铅（PZT（商标））、水晶、铌酸

锂、钛酸钡、钛酸铅、偏铌酸铅、聚氟化乙烯叉、铋酸铅、铌酸铅等各种物质。其中，铋酸铅的组成式是 $[Pb(Zn_{1/3}-Nb_{2/3})O_3]_{1-x}(PbTiO_3)_x]$ 、（但是，X 因组成而异，X 约等于 0.09），铌酸铅的组成式是 $[Pb((Sc_{1/2}-Nb_{1/2})_{1-x}Ti_x)O_3]$ 、（但是，X 因组成而异，X 约等于 0.09）。

5 压电元件 30 的极化方向和压电元件 31 的极化方向相反时，例如，如图 11 所示，如果从驱动电路 500 供给交流驱动信号，使上面、中央、下面的电位分别为 +V、-V、+V（或 -V、+V、-V），板状压电元件伸缩而产生位移。本实施方式就是利用因这种伸缩而形成的位移。其中，+V 驱动信号及 -V 驱动信号是相位反转的交流信号。因此，相对基体材料 32，上侧压电元件 30 和下侧压电元件 31 产生的振动的振幅与向基体材料 32 施加 0V 时（即，将基体材料 32 连接道驱动电路 500 的地线时）相比，可以设为更大。另外，用树脂材料等绝缘材料形成底板 102，以使振动板 10 达不到接地电位。另外，用导体形成底板 102 时，也可以在底板 102 和固定部 11 之间夹着绝缘板。由于用导体形成基体材料 32，所以  
10 可以省略连接压电元件 30、31 的给电用电极板 33B、33D，因此图 11 中省略了该部分的记述。

这样构成的振动板 10 从驱动电路 500 通过给电用电极板 33A~33D 向压电元件 30、31 供给交流驱动信号时，压电元件 30、31 产生向纵长方向伸缩的振动。此时，如图 4 及图 12 中的箭头 X 所示，压电元件 30、  
20 31 产生向纵长方向伸缩的纵向振动。

这样，通过向压电元件 30、31 供给驱动信号，振动板 10 通过纵向振动产生电气激励，由于振动板 10 的重量平衡失调，发生以振动板 10 的重心为中心的旋转力矩。该旋转力矩如图 13 所示，诱发使振动板 10 向宽方向摆动的弯曲振动。也可以在与振动板 10 中设有接触部 36 侧相反的一侧端部设置平衡部件 98，以诱发更大的弯曲振动，使产生更大的  
25 旋转力矩。

具体而言，振动板 10 进行了纵向振动时（参照图 12），以其支点（无负荷时以重心）为中心的旋转力矩起作用，在振动板 10 诱发弯曲振动（参照图 13）。产生这种纵向振动和弯曲振动，并使两者相结合时，振动板

10 的接触部 36 中与转子 100 的外周面接触的部分，如图 14 所示沿着椭圆轨迹进行顺时针振动。即，接触部 36 中与转子 100 的外周面接触的部分产生大幅度位移。

这样，振动板 10 产生纵向振动和弯曲振动相结合的振动，在该振动  
5 中是纵向振动模式占优势，还是弯曲振动模式占优势，取决于供给压电元件 30、31 的驱动信号的频率。图 15 是表示振动板 10 的振动频率和阻抗关系的一个示例图。如该图所示，纵向振动模式的阻抗极小值即共振频率  $f_1$  和弯曲振动模式的阻抗极小值即共振频率  $f_2$  的值互不相同。因此，如果利用在共振频率  $f_1$  和共振频率  $f_2$  之间阻抗成为极大值的频率  
10  $f_3$  与弯曲振动模式的共振频率  $f_2$  之间的频率  $f_2'$  来驱动压电元件 30、31，则压电元件 30、31 产生纵向振动，同时被诱发弯曲振动。另外，通过用接近弯曲振动模式的共振频率  $f_2$  的频率  $f_2'$  来驱动压电元件 30、31，诱发的弯曲振动，振动板 10 的接触部 36 描画出更大的椭圆轨迹。这样，接触部 36 描画的椭圆变大，所以通过接触部 36 施加给转子 100  
15 的旋转力也变大，驱动效率提高。该驱动效率是用相对供给压电元件 30、31 的电，转子 100 的每单位时间的功（即、转数 $\times$ 负荷转矩）来定义的。

由此，接触部 36 描画出顺时针旋转的椭圆轨迹，当接触部 36 位于在转子 100 侧鼓起的位置时，接触部 36 按压转子 100 的按压力变大，另  
20 一方面，当接触部 36 位于避开转子 100 侧的位置时，接触部 36 按压转子 100 的按压力变小。因此，压电致动器 A 在两者的按压力大的期间、即接触部 36 位于在转子 100 侧鼓起的位置时，驱动转子 100 向接触部 36 的位移方向旋转。

下面，说明压电元件 30、31 的布线走向及制造方法。

25 如图 16 所示，在振动板 10 的固定部 11 上贴附引线基板 14，利用焊丝 37 连接该引线基板 14 和给电用电极板 33A、33C 及检测用电极板 34A、34B。此时，焊丝 37 可以使用，例如可以不剥离保护膜而直接锡焊的电线，例如可以锡焊的漆包线、聚酯电线等（例如，ウレメツト线（住友电气工业株式会社的注册商标））。连接方法不限于锡焊，也可以使用

电阻焊接等。

焊丝 37 连接给电用电极板 33A、33C 及检测用电极板 34A、34B 以及引线基板 14 的焊区 14A 的部分，是由绝缘树脂等形成的浇注层 38 模压而成。

- 5 给电用电极板 33A、33C 在振动板 10 的正反面被供给相同的驱动信号，所以焊丝 37 连接位于反面的给电用电极板 33C、位于正面的给电用电极板 33A 以及引线基板 14 的焊区 14A，同时连接检测用电极板 34A、34B 以及引线基板 14 的焊区 14A。焊丝 37 从振动板 10 的反面通过正面时，形成跨越振动板 10 的端部而连接的状态，但是由于该焊丝 37 被涂覆有覆盖层，所以即使接触压电元件 30、31 等的端部时，也能做到电气绝缘。

下面，参照图 17～图 20 说明焊丝 37 的连接方法。

- 首先，在基体材料 32 的正面和反面上层压两面已层压有给电用电极板 33A、33B 的压电元件 30、和两面已层压有给电用电极板 33C、33D 的压电元件 31，然后如图 17 所示，为了将焊丝 37 横穿到位于反面（未贴附引线基板 14 的面）的给电用电极板 33C，在两侧配置管筒（bobbin）37A、37A。采用超声波锡焊把焊丝 37 连接在给电用电极板 33C 上（第 1 接合工序）。

- 20 如图 18 所示，在通过锡焊而连接的部分上模压绝缘树脂形成浇注层 38 后，剪断焊丝 37 中的其中一方（固定部 11 侧）（第 1 接合工序）。

- 然后，把振动板 10 的正反面翻转，使焊丝 37 跨越振动板 10 的端部通到反面后，为了将焊丝 37 横穿到位于正面的给电用电极板 33A，配置位于另一方的管筒 37A。此时，如图 19 所示，把配置管筒 37A，使焊丝 37 到达引线基板 14 的焊区 14A 上。通过锡焊把焊丝 37 连接在给电用电极板 33A 上（第 2 接合工序）。

在通过第 2 接合工序而连接的部分，和第 1 接合工序相同，模压绝缘树脂形成浇注层（第 2 接合工序）。

之后，如图 20 所示，把焊丝 37 锡焊到引线基板 14 的焊区 14A 上（第 3 接合工序）。

在通过第 3 接合工序而连接的部分上模压绝缘树脂形成浇注层 38 后, 剪断焊丝 37 (第 3 接合工序)。

这样, 通过用浇注层 38 覆盖把焊丝 37 连接到给电用电极板 33A、33C 的部分, 可以降低连接部分因冲击和振动而造成的剥离, 同时可以防止  
5 受潮和腐蚀。

#### D. 压电致动器的驱动电路

以下, 参照图 21 说明由上述结构构成的手表的日历机构使用的驱动电路。

如该图所示, 驱动电路 500 具有: 上午 0 点检测单元 501、控制电路  
10 503、日期前进检测单元 502 和振荡电路 504。上午 0 点检测单元 501 是装配在机芯 73 (参照图 2) 中的机械开关, 在到达上午 0 点时, 向控制电路 503 输出控制信号。日期前进检测单元 502 以上述的板簧 64 和接点 65 (参照图 1) 为主要部件, 在板簧 64 和接点 65 接触、即检测到日期前进结束时, 控制信号即被输出到控制电路 503。

15 控制电路 503 根据从上午 0 点检测单元 501 供给的控制信号和从日期前进检测单元 502 供给的控制信号, 向振荡电路 504 输出振荡控制信号。该振荡控制信号在上午 0 点检测单元 501 检测到上午 0 点时, 从低电平上升到高电平, 然后在日期前进检测单元 502 检测到日期前进结束时, 从高电平下降到低电平。

20 振荡电路 504 在振荡控制信号为高电平时被供给电力, 为低电平时停止供给电力, 在振荡控制信号为高电平时, 通过给电用电极板 33A~33D 向压电元件 30、31 供给规定频率的驱动信号。接受该驱动信号的压电元件 30、31 进行前述的伸缩动作。

如上所述, 日期轮换中间轮 40 在变更日期时旋转一周, 该期间是限定为上午 0 点的时间。因此, 振荡电路 504 仅在该期间振荡即可。该示例的驱动电路 500 利用高电平或低电平的振荡控制信号来控制对振荡电路 504 的给电, 从而在不需要使日期轮换中间轮 40 旋转的期间, 使振荡  
25 电路 504 的动作完全停止。所以, 可以降低振荡电路 504 的电力消耗的浪费。

本实施方式中叙述的是在日期轮换中间轮 40 的小径部 4a 的周面上形成一个切口部 4c, 但如果是形成多个 (例如 4 个) 时, 在变更日期时, 只要使日历中间轮 40 仅旋转  $1/4$  周即可。

#### E. 日历显示机构的动作

5 参照图 1 及图 21 说明具有上述结构的压电致动器 A 的日历显示机构的自动更新动作。

在每天一到上述 0 点, 图 21 所示的上午 0 点检测单元 501 即检测到已到达上午 0 点, 从控制电路 503 向振荡电路 504 输出振荡控制信号。这样, 从振荡电路 504 通过给电用电极板 33A~33D 向压电元件 30、31  
10 供给规定频率的驱动信号。

给电用电极板 33A~33D 一被提供来自驱动电路 500 的驱动信号, 压电元件 30、31 通过伸缩产生挠曲振动, 振动板 10 产生纵向振动。

此时, 在上述的压电元件 30、31 的极化方向为反方向时, 从驱动电路 500 提供交流驱动信号, 以使上面、中央、下面的电位分别为 +V、-  
15 V、+V (或 -V、+V、-V)。

一旦振动板 10 产生纵向电气激励, 则通过振动板 10 的重量平衡失调来诱发机械弯曲振动。通过把纵向振动和弯曲振动结合, 使接触部 36 沿着椭圆轨迹振动, 转子 100 被驱动。

这样, 通过利用驱动电路 500 来驱动压电致动器 A 的振动板 10, 图  
20 1 所示转子 100 向图 1 中的顺时针方向旋转, 随之日期轮换中间轮 40 开始向逆时针方向旋转。

驱动电路 500 在图 1 所示的板簧 64 和接点 65 接触时, 停止供给驱动信号。在板簧 64 和接点 65 接触的状态下, 顶端部 64a 进入切口部 4c。因此, 日期轮换中间轮 40 开始从该状态旋转。

25 日期轮换轮 60 通过板簧 63 被推动在顺时针方向, 所以小径部 4a 一面在日期轮换轮 60 的齿 6a、6b 上滑动一面旋转。在此期间, 切口部 4c 到达日期轮换轮 60 的齿 6a 时, 齿 6a 与切口部 4c 啮合。

然后, 日期轮换中间轮 40 继续向逆时针方向旋转, 日期轮换轮 60 与日期轮换中间轮 40 连动, 向顺时针方向仅旋转 1 齿、即 “ $1/5$ ” 周。



进而，与其连动，日期显示轮 50 向顺时针方向仅旋转 1 齿（相当于 1 日的日期范围）。在月份中的日数不足“31”天的月份的最后一日，多次重复上述动作，通过日期显示轮 50 显示基于日历的正确日期。

日期轮换中间轮 40 继续向逆时针方向旋转，切口部 4c 到达板簧 64 的顶端部 64a 位置时，顶端部 64a 进入切口部 4c。此时，板簧 64 和接点 65 接触，驱动信号的供给结束，日期轮换中间轮 40 停止旋转。因此，日期轮换中间轮 40 一天旋转一周。

#### F. 按压力大小的调整步骤

下面，说明使按压调整凸轮 26 旋转，把转子 100 按压到振动板 10 上时的按压力大小的调整步骤。

在手表的机芯装配工序中，调整作业者把安装有压电致动器 A 的机芯设置到用于检测转子 100 的转数的未图示的转数传感器上。该转数传感器优选不接触检测对象就能检测其转数的传感器，例如激光位移仪等。检测用电极板 34 可以检测振动板 10 的振动，所以也可以同时监视来自检测用电极板 34 的检测信号。

然后，调整作业者进行规定操作，使驱动电路 500 转换为调整模式。与此对应，从控制电路 503 向振荡电路 504 输出振荡控制信号，从振荡电路 504 通过给电用电极板 33A~33D 向压电元件 30、31 供给规定频率的驱动信号。这样，振动板 10 振动，伴随接触部 36 的位移开始驱动转子 100。

之后，调整作业者用改锥松开螺钉 27，在该状态下把调整用端子 29 插入端子引导孔 26C，使按压调整凸轮 26 慢慢旋转。

此时，调整作业者一面用未图示的监视器等监视转数传感器的检测值，一面使按压调整凸轮 26 旋转至少 1 周以上。然后，调整按压调整凸轮 26 的方向，使转数传感器的检测值达到最高值。

在该方向确定后，调整作业者紧固螺钉 27，把按压调整凸轮 26 固定在底板 102 上。

该按压力的调整，除了上述的手工作业调整外，也可以利用自动装配手表的机芯的自动装配机进行调整。

### G. 按压方向的调整

调整作业者可以如上所述调整按压力的大小，但从提高转子 100 的驱动效率的观点看，向哪个方向施加该按压力也是重要因素。

以下，以互不相同的三个按压方向为例进行说明。这些附图中省略了弹簧部，但如前述实施方式所述，可以在支撑转子 100 的杆的局部设置弹簧部，也可以另外设置其他的弹簧部件，还可以仅靠安装杆时的转子按压力来使振动板产生按压力。

图 22 是表示转子 100 向振动板 10 施加的按压力方向为  $0^\circ$  时，转子 100 和振动板 10 的位置关系的平面图。

10 在该图中，用双点划线表示的直线 P1 表示转子 100 的移动方向。该直线 P1 与振动板 10 的振动方向大致平行。通过沿箭头 a 方向向转子 100 施加力，向接触部 36 提供沿箭头 b 方向的按压力。

图 23 及图 24 是表示转子 100 向振动板 10 施加的按压力方向为  $90^\circ$  时，转子 100 和振动板 10 的位置关系的平面图。

15 在图 23 中，用双点划线表示的直线 P2 表示转子 100 的移动方向。该直线 P2 与振动板 10 的振动方向大致垂直。通过向转子 100 施加沿箭头 a2 方向的力，向接触部 36 提供沿箭头 b2 方向（与振动方向垂直的方向）的按压力。

20 在图 24 中，用双点划线表示的直线 P3 是从转子 100 和接触部 36 接触的部分向振动板 10 的振动方向延伸的线。通过在直线 P3 上设置旋转中心，使转子 100 向接触部 36 提供大致呈  $90^\circ$  的按压力。即，通过向转子 100 施加沿箭头 a3 方向的力，向接触部 36 提供沿箭头 b3 方向（与振动方向垂直的方向）的按压力。

25 图 25 及图 26 是表示转子 100 向振动板 10 施加的按压力方向为  $30^\circ$  时，转子 100 和振动板 10 的位置关系的平面图。

在图 25 中，用双点划线表示的直线 P4 是从转子 100 和接触部 36 接触的部分向相对振动板 10 的振动方向倾斜  $30^\circ$  的方向延伸的线。通过向转子 100 施加沿箭头 a4 方向的力，向接触部 36 提供沿箭头 b4 方向（相对振动方向倾斜  $30^\circ$  的方向）的按压力。

在图 26 中，用双点划线表示的直线 P5 是从转子 100 和接触部 36 接触的部分向相对振动板 10 的振动方向倾斜  $30^\circ$  的方向延伸的线。在与该直线 P5 垂直的直线上，并且是直线 P5 形成切线的位置上设置转子 100 的旋转中心。这样，转子 100 向接触部 36 提供大致呈  $30^\circ$  的按压力。即，  
5 通过向转子 100 施加沿箭头 a5 方向的力，向接触部 36 提供沿箭头 b5 方向（相对振动方向倾斜  $30^\circ$  的方向）的按压力。

在上述示例中，按压力的方向仅仅是一个示例，实际上，最佳按压方向是根据弹簧部 23 的形状和弹性特性、接触部 36 的位置和形状、转子 100 的直径等条件而决定的。

#### 10 H. 振动体的形状

为了稳定压电致动器的驱动特性，必须使振动板产生的纵向振动和弯曲二次振动稳定，使振动板顶端的接触部总是描画相同轨迹进行周期性运动，。

关于这点，在文献“電子回路素子としての電気機械振動子とその応用：作为电子电路元件的电气机械振动器及其应用”（コロナ社）第 9 页有如下记述，“长方形振动板的长边和短边比率为 1:0.272 时，纵向振动和第 2 横向振动退化”。所谓第 2 横向振动，相当于本实施方式的弯曲二次振动。

但是，应用于压电致动器的振动板不是该文献公开的单纯矩形板，在顶端具有接触部。因此，即使长边和短边的比率为文献所示比率时，也不能获得稳定的纵向振动和弯曲二次振动。

因此，本发明者们着眼于接触部的质量（惯性）对纵向振动和弯曲二次振动的影响，通过以下研究，求出具有接触部的振动板的长边和短边的最佳尺寸比。

25 本发明者们设想了图 27 所示的振动板 10。具体而言，压电元件是 PZT，长边为 7mm，短边为 1.98mm；基体材料为不锈钢（SUS301），厚度为 0.1mm；接触部的宽尺寸为 0.5mm，突出尺寸为 0.45mm，质量为 0.16mg。顺便提一下，向固定部延伸的横梁的宽尺寸为 0.4mm，长度为 0.5mm。

对上述形状的振动板，进行了具有接触部的振动板和没有接触部的

振动板的振动模拟，其结果如图 28 所示。图 28 的（）内数值表示实测值。

根据图 28 所示的结果可知，有无接触部对弯曲二次振动的影响大于对纵向振动的影响，通过设置接触部，纵向振动的共振频率和弯曲二次振动的共振频率的差扩大。

可以认为，通过附加接触部来减少已扩大的纵向振动的共振频率和弯曲二次振动的共振频率的差，对使纵向振动和弯曲二次振动退化是有效的。

并且知道，如果把振动板的长边长度设为  $a$ ，把短边长度设为  $b$  时，纵向振动的共振频率  $f$  为：

$$f \propto 1/a$$

弯曲二次振动的共振频率  $f$  为：

$$f \propto b/a^2$$

因此，可知通过改变短边长度  $b$ ，可以减少纵向振动的共振频率和弯曲二次振动的共振频率的差，消除接触部的影响。

没有接触部时，产生退化的边的比为  $b/a = 1/0.272 = 7\text{mm}/1.90\text{mm}$ ，所以有接触部时，需要使  $b/a = 7\text{mm}/1.92\text{mm} = 1/0.274$ 。

顺便提一下，通过实验发现使短边长度长出  $0.06\text{mm}$  即为  $1.98\text{mm}$  时，在实验上是最佳状态。可以认为这是由于当纵向振动和弯曲二次振动的共振频率非常接近时，由于些许的驱动频率差，两个振动比率发生较大波动。此时的边的比为  $b/a = 1/0.283 = 7\text{mm}/1.98\text{mm}$ 。

根据该实验结果，最佳的振动板的边的比  $b/a$  应在  $b/a \geq 0.274$  范围内 ( $1 > b/a$ )。

#### J. 本实施方式的效果

如上所述，本实施方式的可以收容在手表这种有限空间内的薄型压电致动器 A 通过向振动板 10 的接触部 36 按压作为被驱动体的转子 100，向转子 100 和振动板 10 之间施加按压力，该按压力可以通过按压调整凸轮 26 的旋转来进行调整。这样，与把振动板 10 按压到转子 100 上来产生按压力的以往示例比，本实施方式可以在消除相对底板 102 的游隙（可

动间隙)的状态下固定振动板 10。这样,可以大幅度改善由转子 100 形成的驱动特性的劣化、振动板 10 的耐久性降低等,该转子 100 是通过接受振动板 10 的振动而被驱动的。

另外,把焊丝 37 连接在给电用电极板 33A~33D 以及引线基板 14 的焊区上后,用浇注层 38 覆盖该连接部分,所以在把振动板 10 以消除游隙(可动间隙)的状态固定在底板 102 的同时,还能够做到牢靠的电气连接,可以消除接触不良。

结果,可以延长压电致动器 A 的寿命,提高可靠性。

此外,通过对振动板 10 施加适当的按压力,可以高效地驱动压电致动器 A。

#### I. 变形例

本发明不限于上述实施方式,也可以是以下列举的各种变形。

##### (1) 按压机构和调整机构的形

实施方式中,作为通过转子 100 向振动板 10 施加按压力的按压机构,使用具有弹簧部 23 的杆 20,作为调整该按压力的调整机构使用了按压调整凸轮 26。但是,本发明不限于这些,例如也可以是下述结构。

只要在图 3 所示的振动板 10 和底板 102 之间具有空余空间,弹簧部既可以是能收容在该空间内的形状(例如板簧、螺旋形状等),也可以与杆 20 分开形成。

调整机构不限于按压调整凸轮 26,只要是调整弹簧部产生的弹性力的结构即可。

##### (2) 转子 100 和振动板 10 的位置关系

位于转子 100 和日期显示轮 50 之间的中间齿轮的数目是任意的,不限于实施方式中的列举的情况。由中间齿轮的数目决定应使转子 100 旋转的方向,所以必须相应地变更转子 100 和振动板 10 的位置关系。

##### (3) 振动板 10 的形状

在前述实施方式中,例举了具有两个压电元件 30、31 的振动板 10,但本发明不限于此,既可以是具有一个压电元件的振动板,也可以适用于把三个或三个以上的压电元件层压在振动板上的结构。

另外，上述实施方式中使用了长方形的振动板 10，但振动板 10 的形状不限于长方形，只要是具有长边方向的形状即可，例如，可以使用梯形、平行四边形、菱形、三角形等各种形状。

此外，贴附在压电元件上的电极板的形状不限于图 10 所示的形状，也可以按图 29~图 31 所示，形成于压电元件上。

例如，形成图 29 所示的电极板时，通过向电极板 I 和电极板 II 供给驱动信号而被驱动。通过使从电极板 I 部分产生纵向振动，从电极板 II 部分产生振动，从电极板 III 部分不产生振动，可以相对纵方向伸缩产生不平衡，激励弯曲二次振动，使沿着相对接触部为某方向（例如顺时针方向）的椭圆轨迹产生振动。另一方面，向反转方向（例如逆时针方向）驱动接触部时，通过向电极板 I 和电极板 III 供给驱动信号而被驱动。使从电极板 I 部分产生纵向振动，从电极板 III 部分产生振动，从电极板 II 部分不产生振动即可。使接触部正向旋转/反向旋转时，形成上述结构即可，特别是仅向一个方向驱动时，只要电极板 I 和电极板 II 形成一体即可。

图 30 是通过去除图 29 的电极板 I 而得到的，也可以通过向电极板 II 供给驱动信号，产生纵向振动。

图 31 表示用整个面电极 I 进行驱动的情况。该振动体利用形状上的不平衡（接触部）来激励弯曲二次振动。如虚线所示，也可以形成使压电体中产生不振动部分的电极板 III。

另外，前述的压电致动器 A 的固定部 11 被用螺钉固定在底板 102 的固定部凸起 102A 上，支撑接触部 12 被安装在底板 102 的支撑接触部凸起 102B 上，从而形成振动板 10 被单侧支撑的结构。但是，本发明不限于此，也可以是：和固定部 11 相同，通过把支撑接触部 12 用螺钉固定在支撑接触部凸起 102B 上，从而形成振动板 10 被两侧支撑结构压电致动器。

前述压电致动器 A 是在底板 102 上设置了振动板 10、转子 100 的结构，但本发明不限于底板 102，只要是能够支撑构成压电致动器 A 的部件的部位即可。

#### (4) 安装有压电致动器的机器变形

在上述实施方式中，举例说明了把压电致动器 A 用作安装在手表上的日历显示机构的压电致动器时的情况，但本发明不限于于此，也可以用于利用时针、分针、秒针来显示时间的时间显示机构。

- 5 另外，也可以适用于其他种类机器的压电致动器，例如玩具等娱乐机器的压电致动器和小型鼓风机的压电致动器。上述的压电致动器 A 可以实现薄型化、小型化，并且可以高效驱动，所以也非常适合用作安装在由电池驱动的便携装置等的压电致动器。

#### (5) 压电致动器 A 的驱动形式

- 10 在上述实施方式中，例举了通过振动板 10 的振动来驱动与接触部 36 接触的转子 100 旋转，但不限于于此，本发明也可以适用于直线状驱动被驱动体的压电致动器。即使在该情况下，也作成被驱动体向振动板 10 施加按压力的结构。

- 15 另外，前述实施方式中的压电致动器 A，为了象手表那样利用极小电能来获得驱动转子 100 的驱动力，使振动板 10 的接触部 36 沿着椭圆轨迹振动。但是，本发明不限于于此，也可以使接触部 36 沿着振动板 10 的较长方向进行纵向振动，从而来驱动转子 100 旋转。

#### (6) 底板 102 的形状

- 20 为了固定振动板 10，底板 102 突出形成有用于固定固定部 11 的固定部凸起 102A 和接触支撑接触部 12 的支撑接触部凸起 102B。但是，本发明不限于于此，也可以在底板 102 上形成具有仅靠固定部 11 和支撑接触部 12 来支撑振动板 10 的开口部的凹部。

#### (7) 日历显示机构

- 25 前述实施方式中，作为日历显示机构例举了显示日历信息中的日期时的情况，当然也可以用作分别显示星期、月、年的日历显示机构。

#### (8) 引出线

前述实施方式中，叙述了用焊丝 37 来连接压电元件 30、31 和引线基板 14 的焊区时的情况，但本发明不限于于此，如图 32 及图 33 所示，通过使用挠性印制线路板（例如 FPC (Flexible Printed Circuit)）作

为引线基板，可以不使用焊丝 37，而使压电元件的各电极板和引线基板的焊区的布线部分形成为一体。

具体而言，如图 32 所示，FPC15 形成从电极板 33A、33C、34A、34B 上向固定部 11 延伸的形状（大致呈十字状）。在该 FPC15 的挠性绝缘薄膜 16 上设有由铜箔构成的导体图形 17。导体图形 17 中，与连接对象电连接的焊区 17A，如图 33 所示，在绝缘薄膜 16 上穿通设置有导通孔 16A。图 33 中，省略了压电元件 30、31 的电极板中、位于基体材料 32 侧的电极板。

把 FPC15 的焊区 17A 连接到电极板上时，如图 33 所示，使焊区 17A 通过导通孔 16A 弯曲到电极板上，利用电阻焊接、压焊或锡焊等使焊区 17A 和电极板电连接。

这样，使用 FPC15 来取代焊丝 37 时，也能做到牢靠的电连接，消除接触不良。

#### （9）与外部电路板的连接

前述实施方式中，省略了通过引线基板 14 向压电元件 30、31 供给驱动信号的输入路径，实际上，手表的引线基板 14 连接着安装有驱动电路 500 的电路板 18。

下面，根据图 34 和图 35 说明引线基板 14 和电路板 18 的连接结构。

如图 34 所示，在电路板 18 的正反面中与引线基板 14 的焊区 14A 相对的表面，形成有与驱动电路 500（在图 34 中未图示）连接的图形 18A，在与引线基板 14 的焊区 14A 相对的位置形成有连接该图形 18A 的焊区 18B，并形成有固定孔 18C。配置焊区 18B 使其包围该固定孔 18C。

另一方面，在设置了引线基板 14 的固定部 11 上，在与定位孔 11A 不同的位置形成有固定孔 11B。配置该引线基板 14 的焊区 14A，使其包围该固定孔 11B。

引线基板 14 和电路板 18，以引线基板 14 的焊区 14A 和电路板 18 的焊区 18B 相互接触的状态，如图 35 所示，通过从底板 102 贯穿压板 99 而固定的螺钉座 19B 和螺钉 19A 固定。在压板 99 上形成有环状凸起 99B。在螺钉 19A 和螺钉座 19B 之间，从上顺序夹着环状凸起 99B、电路板 18、



引线基板 14、固定部 11、底板 102，所以由螺钉 19A 和螺钉座 19B 形成的推动力作用于基板 14、18 之间。这样，焊区 14A 和焊区 18B 被相互按压，从而形成牢靠的电连接。该螺钉座 19B 和螺钉 19A 兼用作把固定部 11 固定到底板 102 上的固定单元。

5

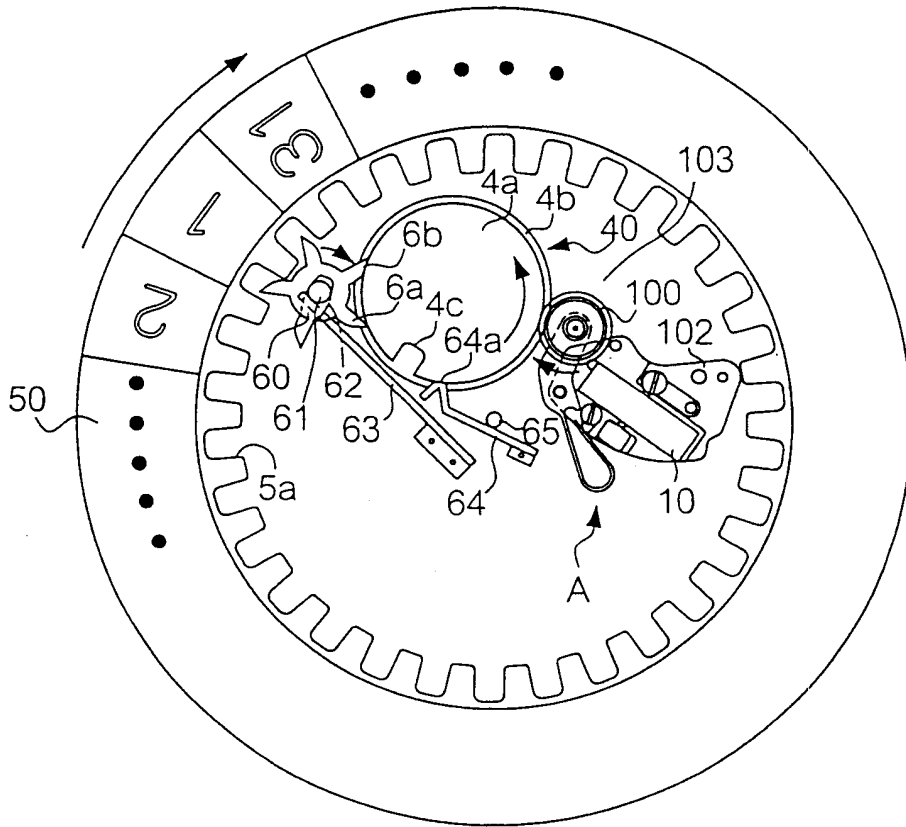


图 1

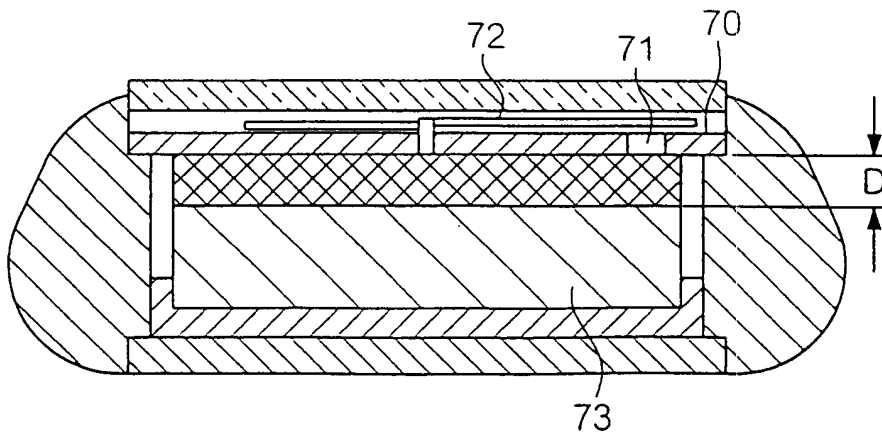


图 2

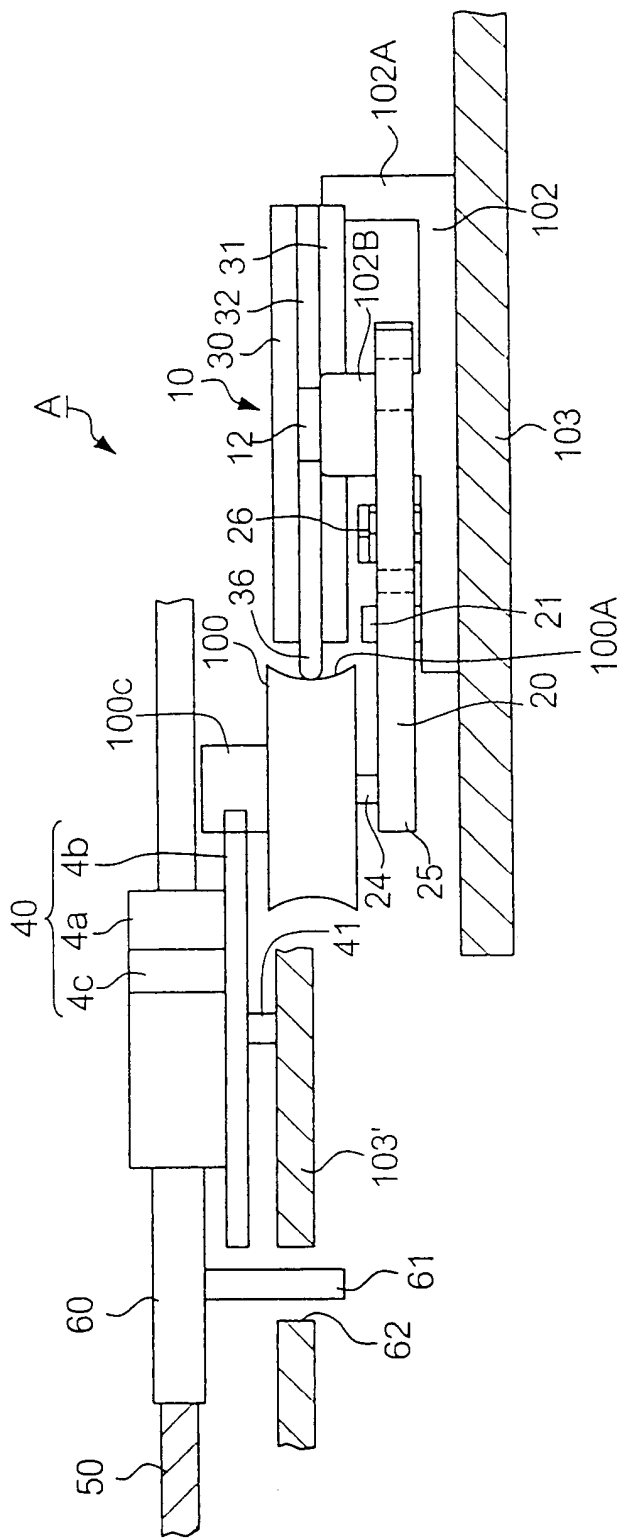


图 3

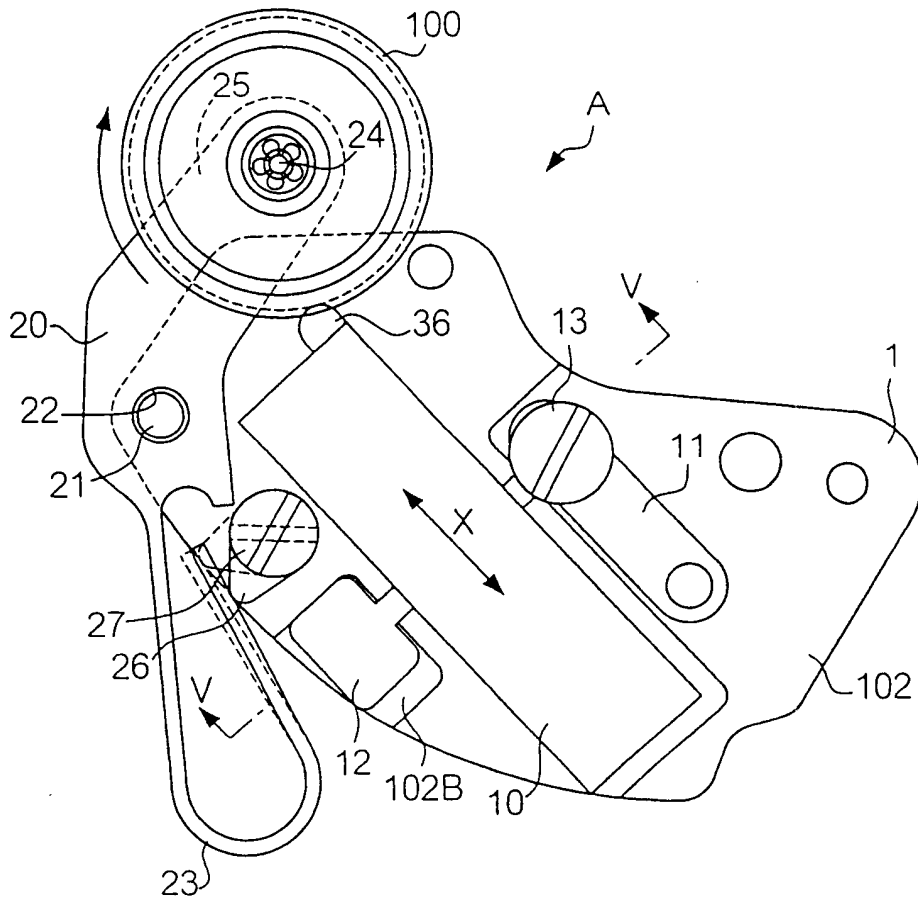


图 4

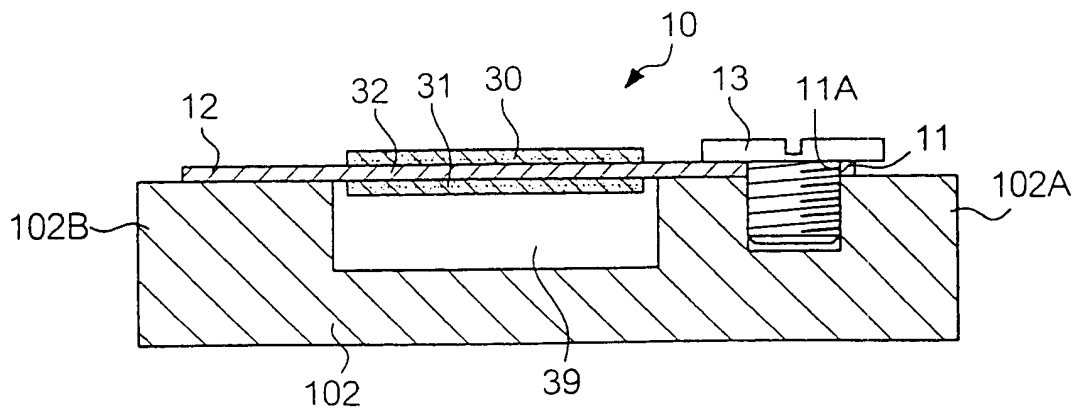


图 5

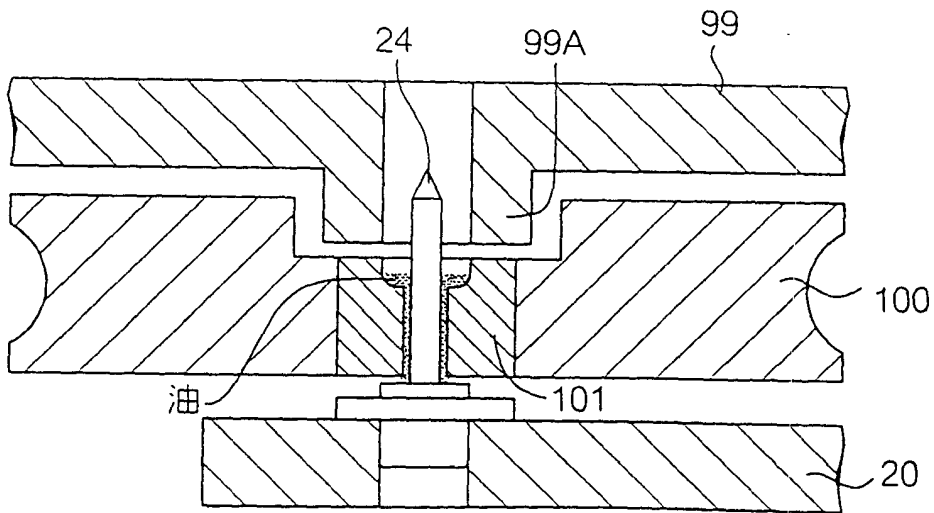
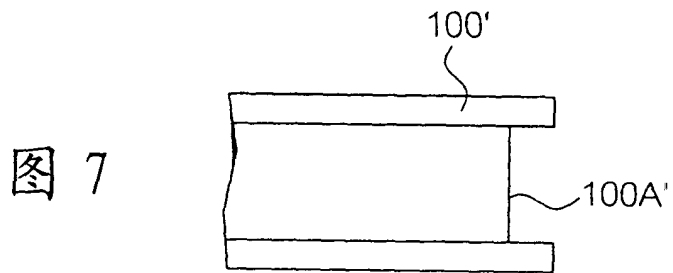
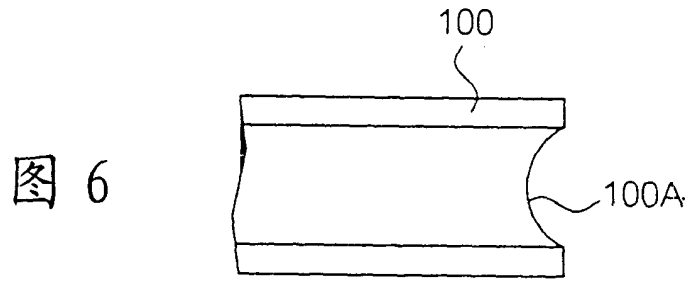


图 8

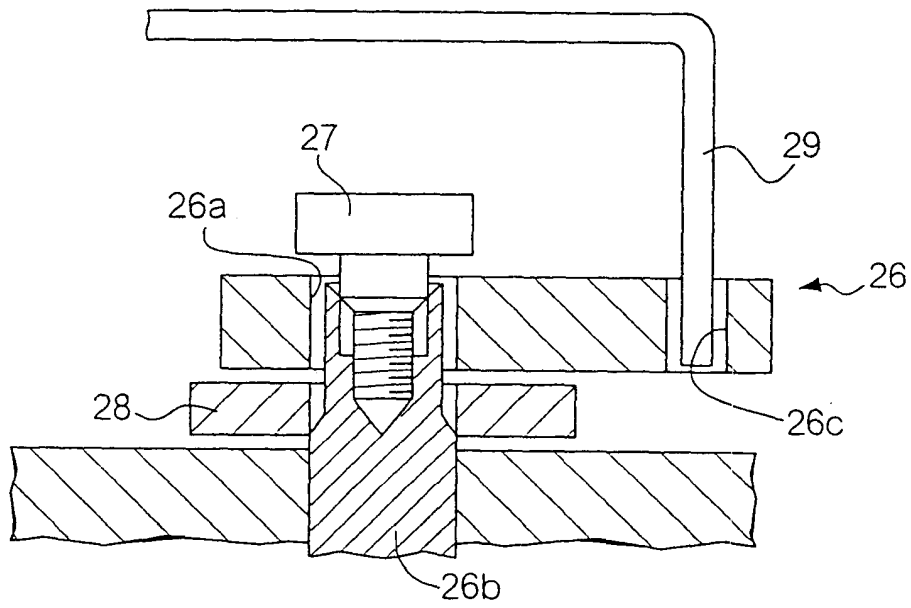


图 9

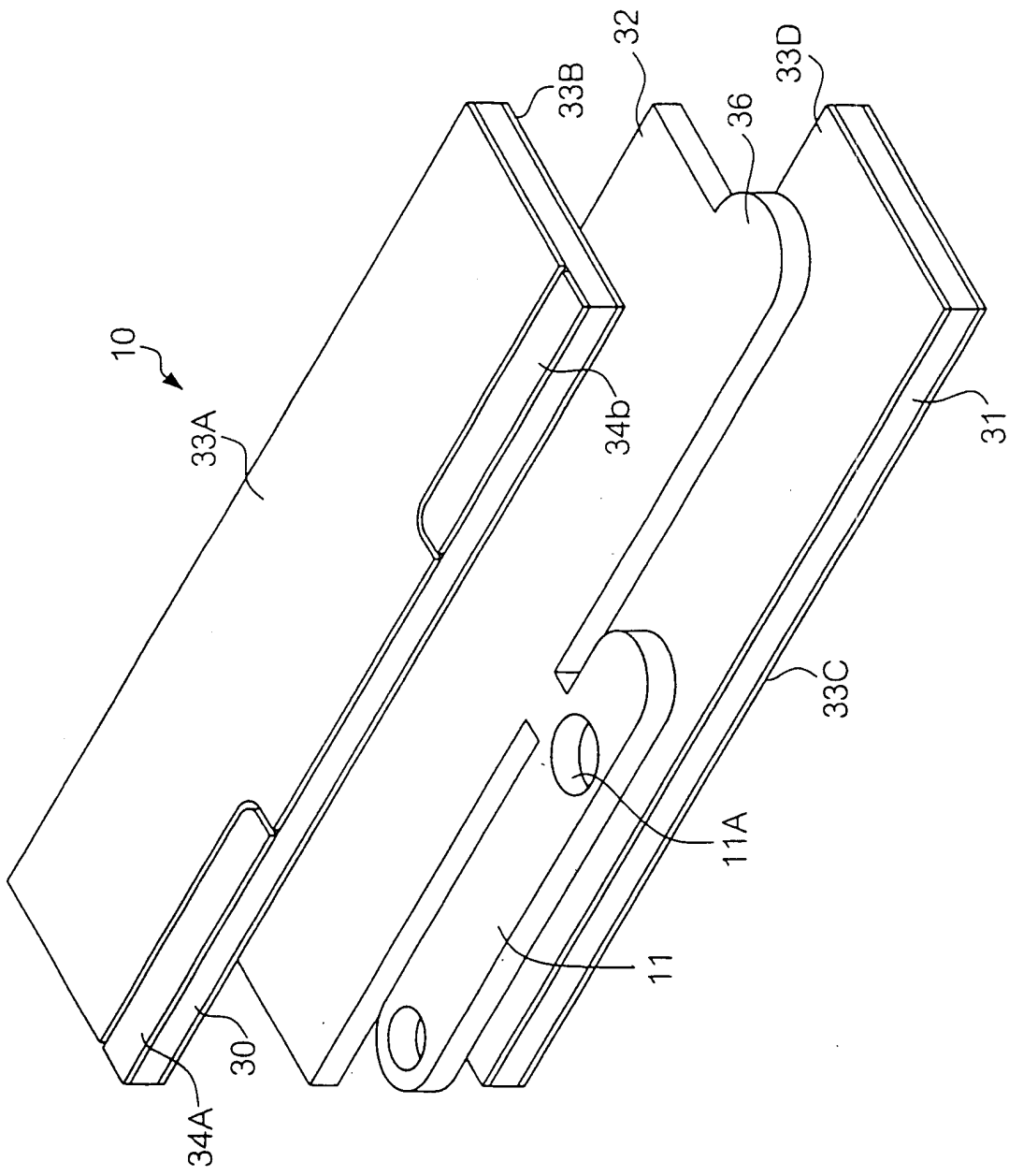


图 10

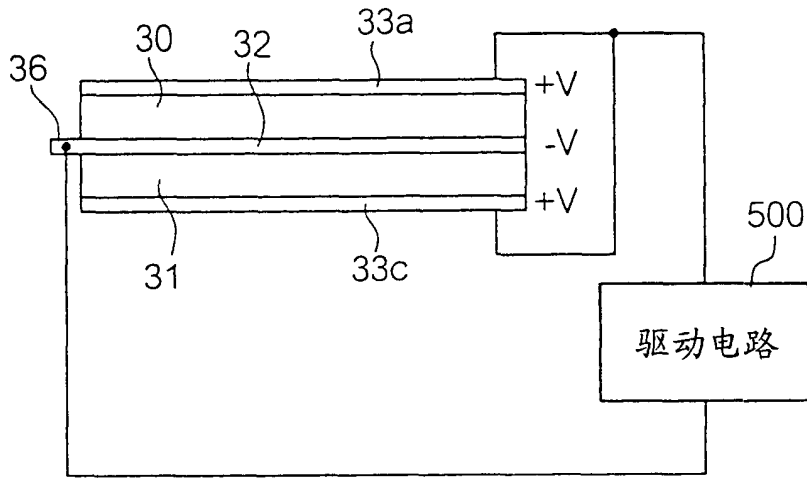


图 11

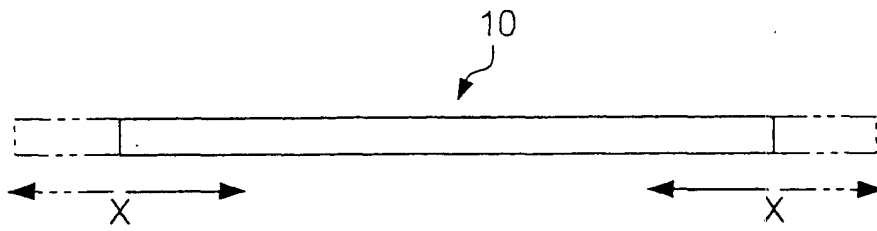


图 12



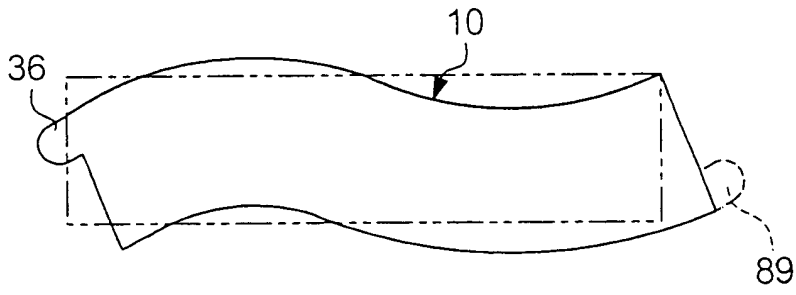


图 13

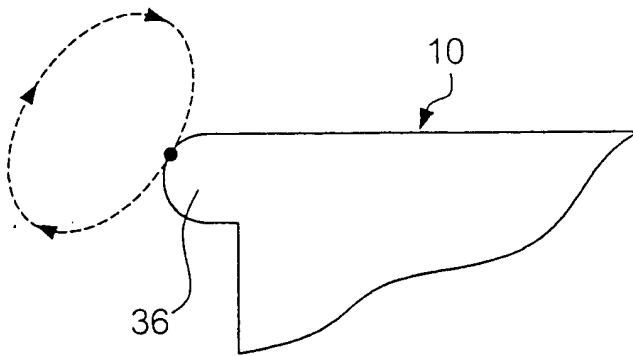


图 14

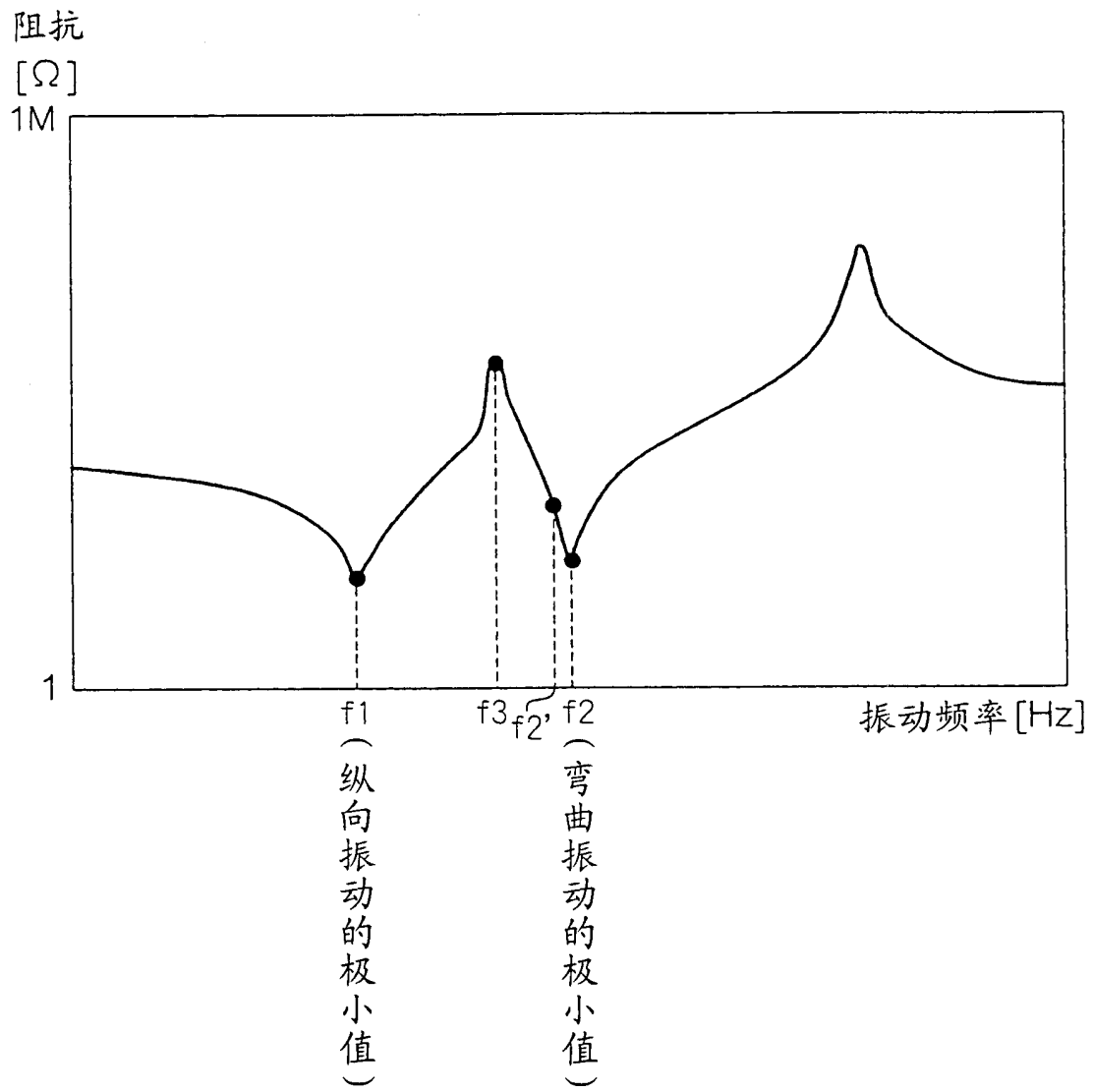


图 15

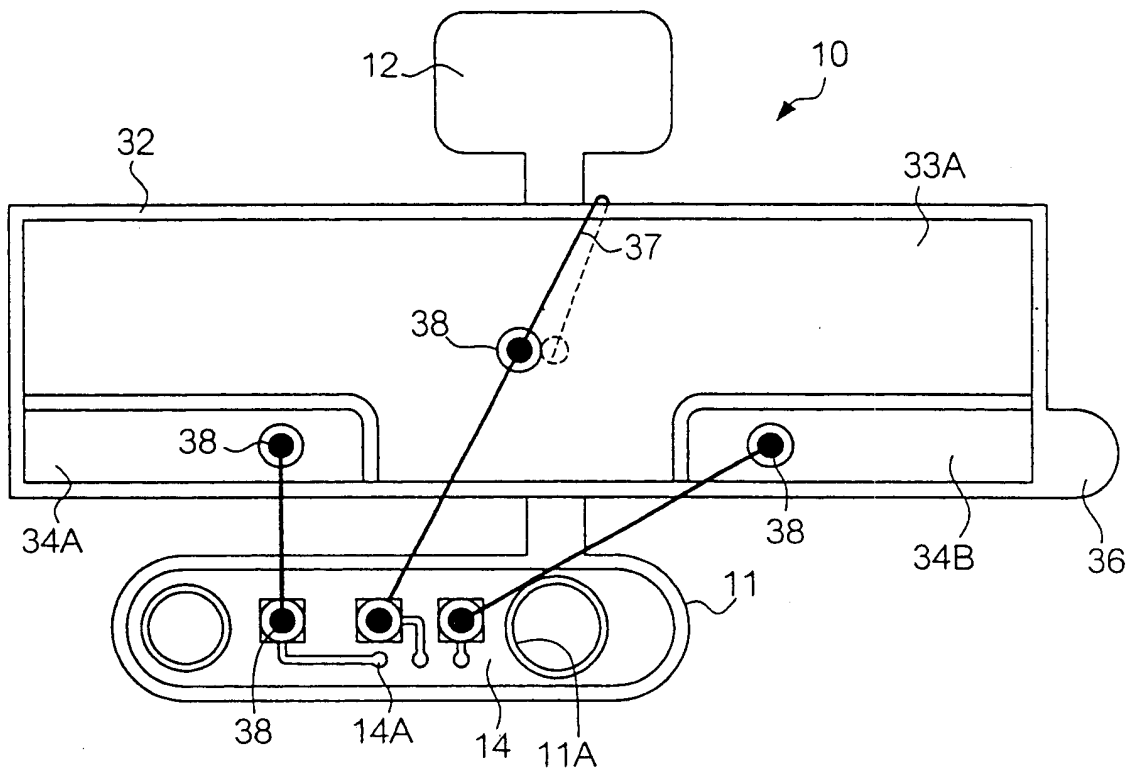


图 16

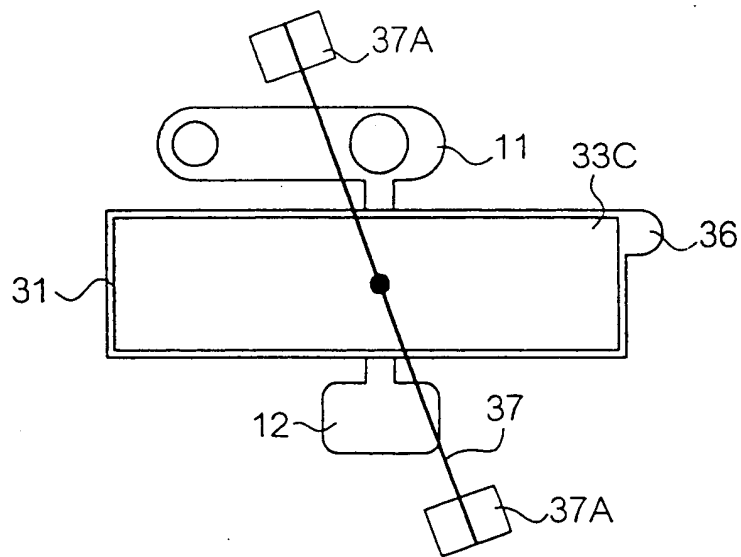


图 17

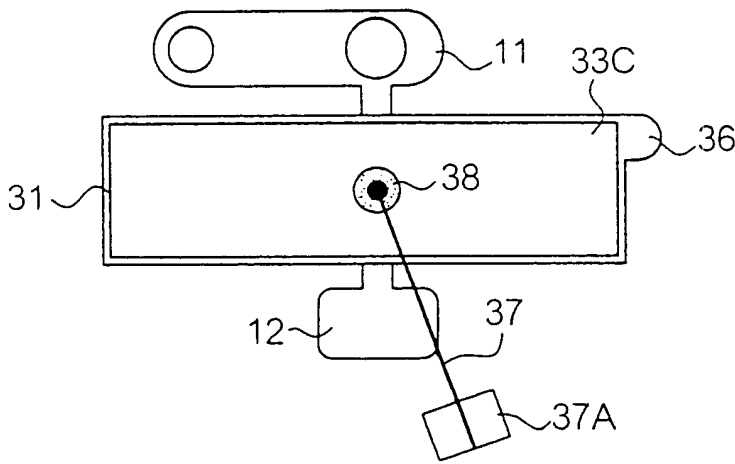


图 18

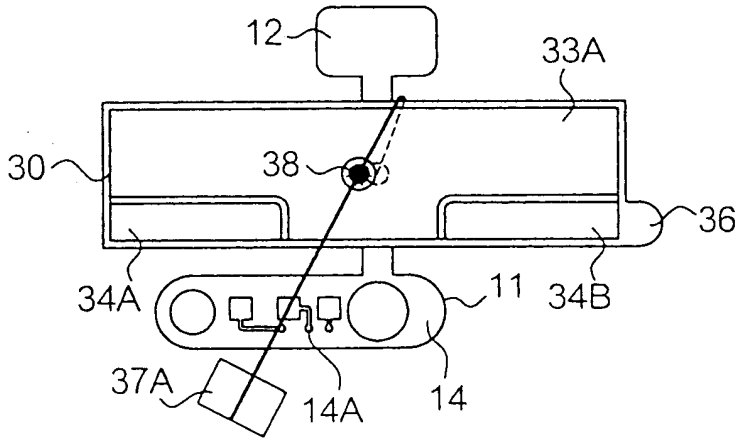


图 19

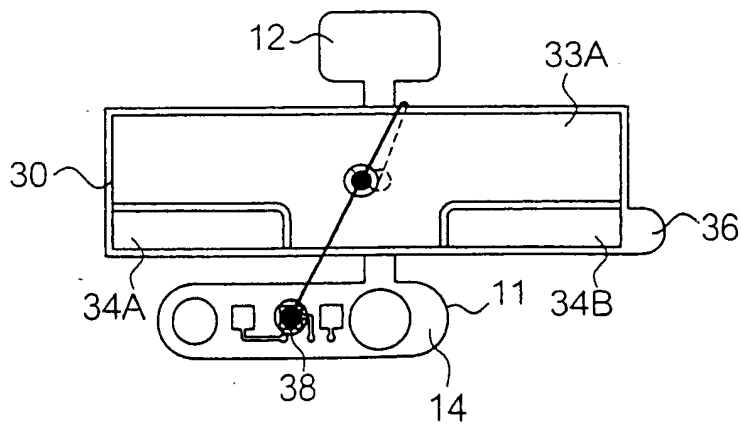


图 20

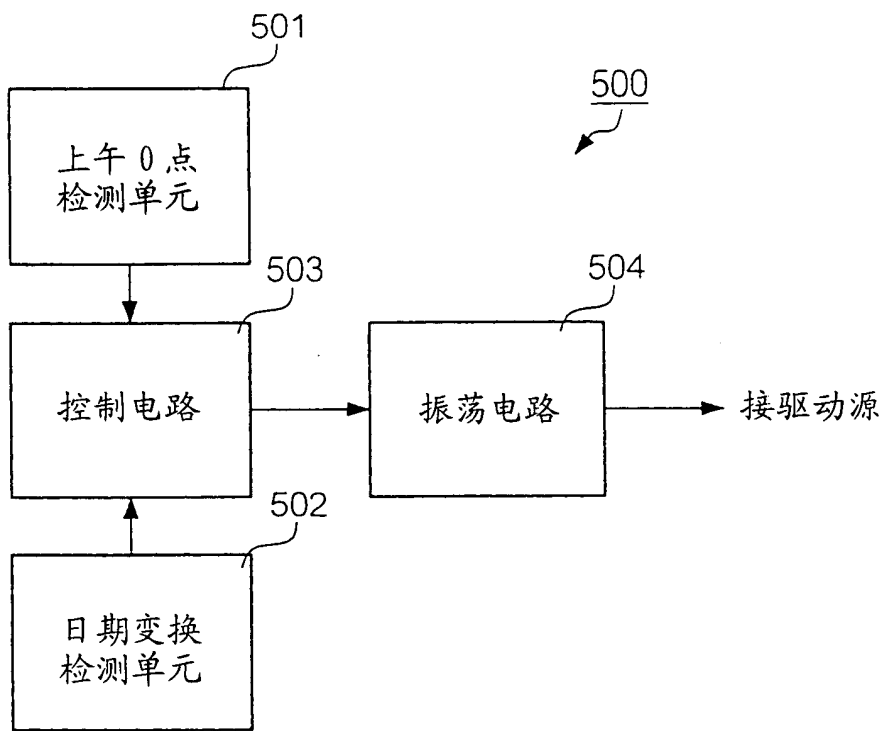


图 21

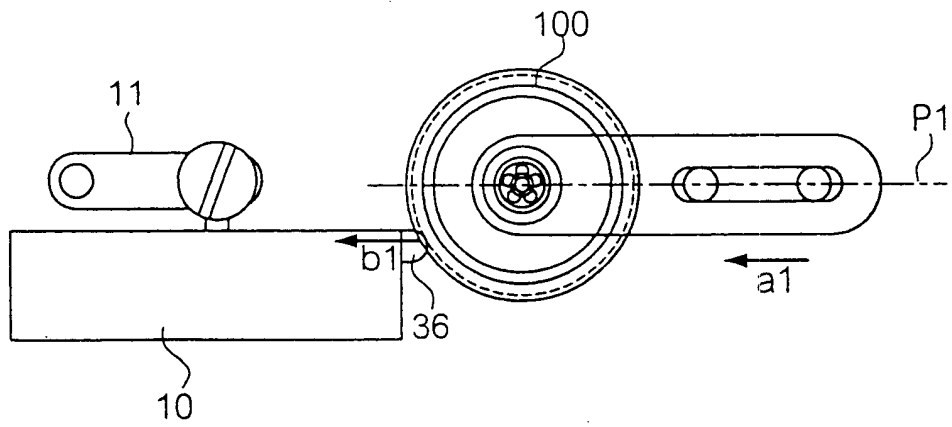


图 22

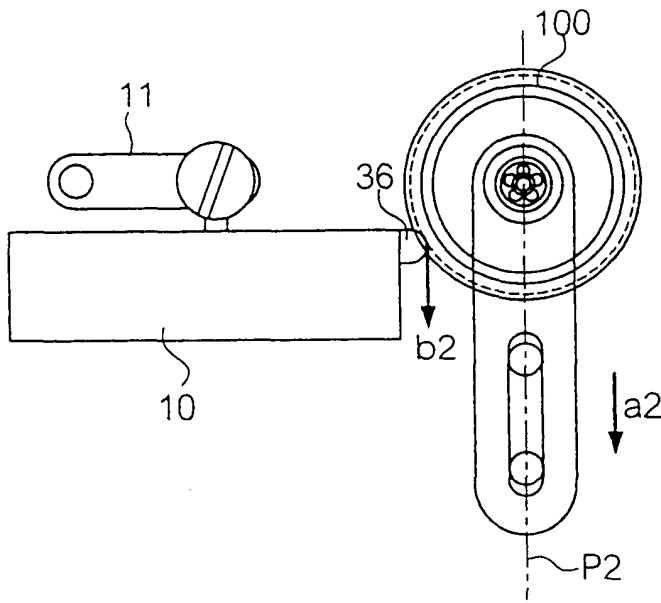


图 23

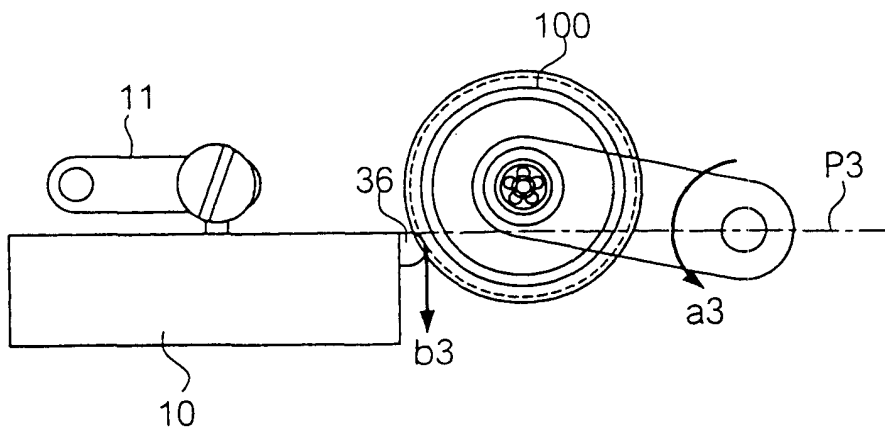


图 24

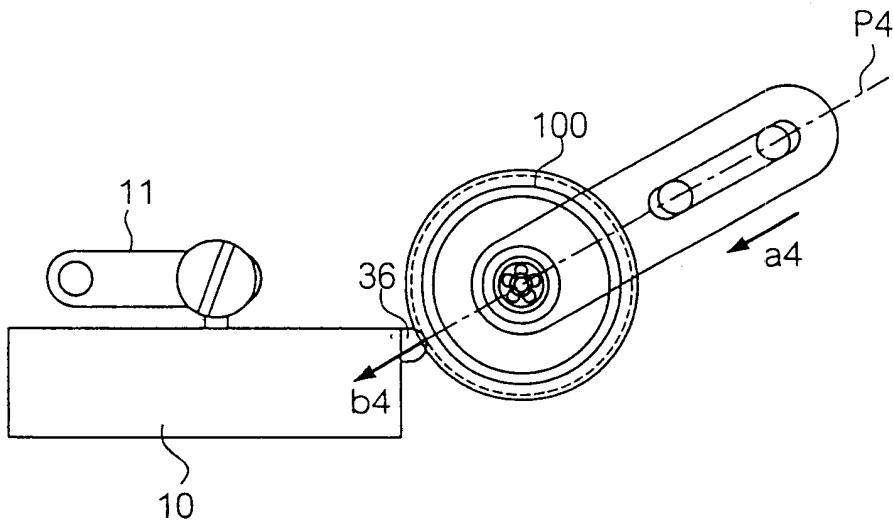


图 25

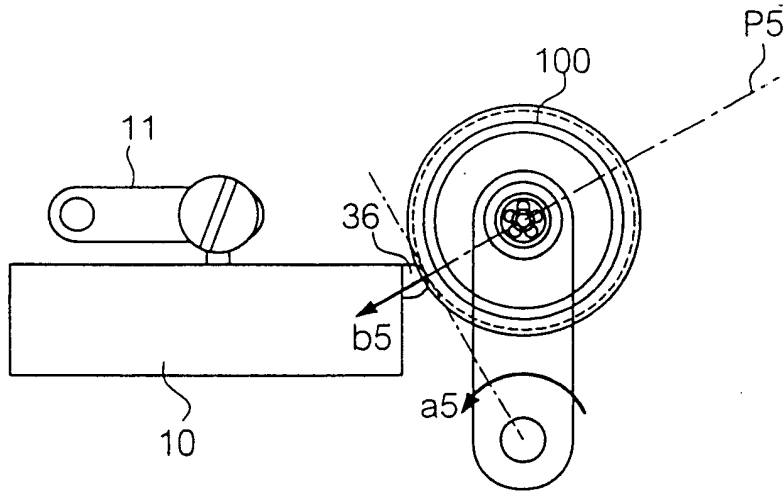


图 26

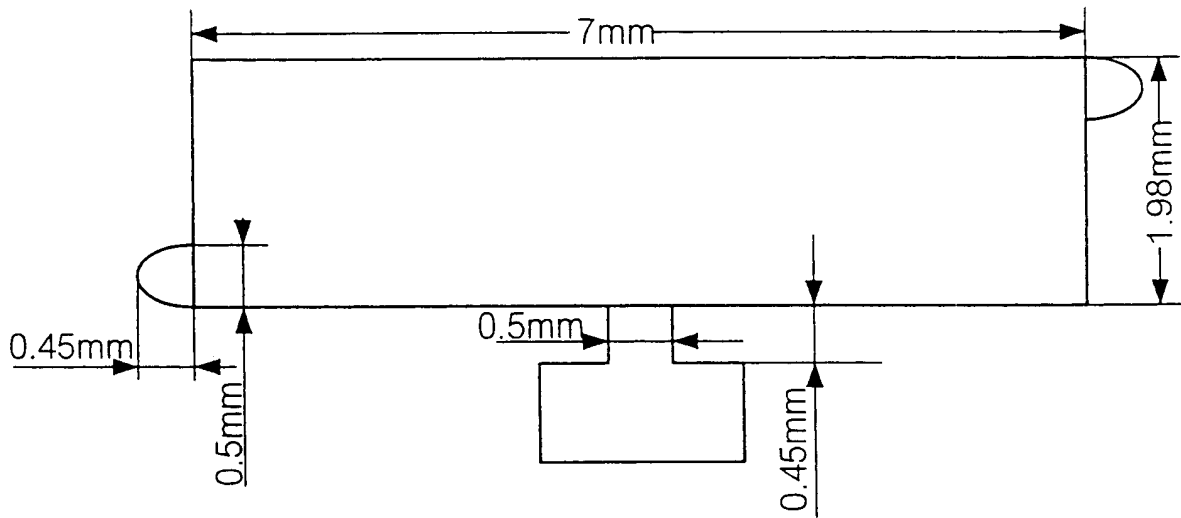


图 27

	纵向振动频率	弯曲二次振动频率
有接触部件	281kHz	290kHz
无接触部件	279kHz (284.3kHz)	286kHz (288.36kHz)
频率差	2kHz	2kHz

图 28



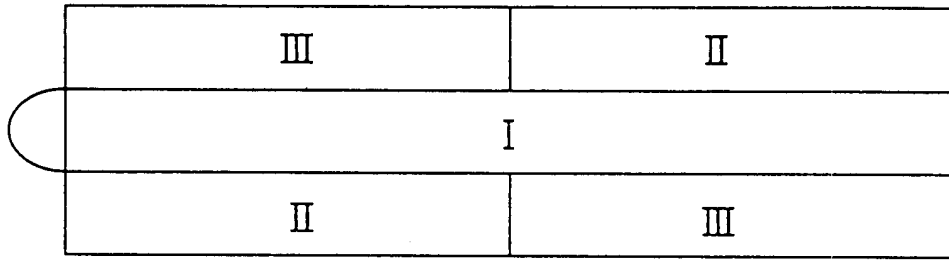


图 29

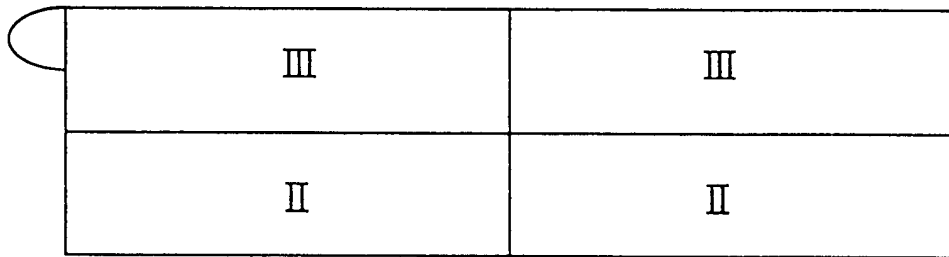


图 30

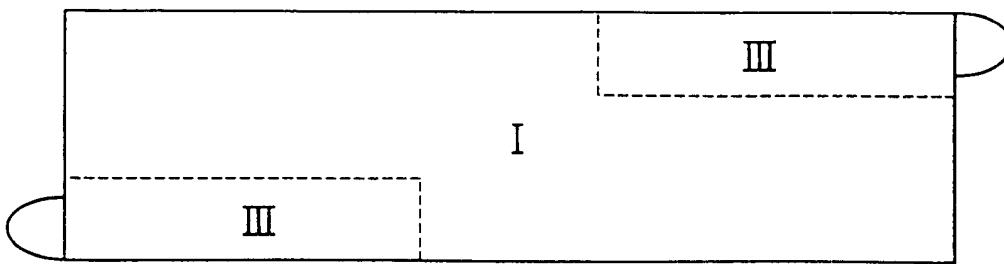


图 31



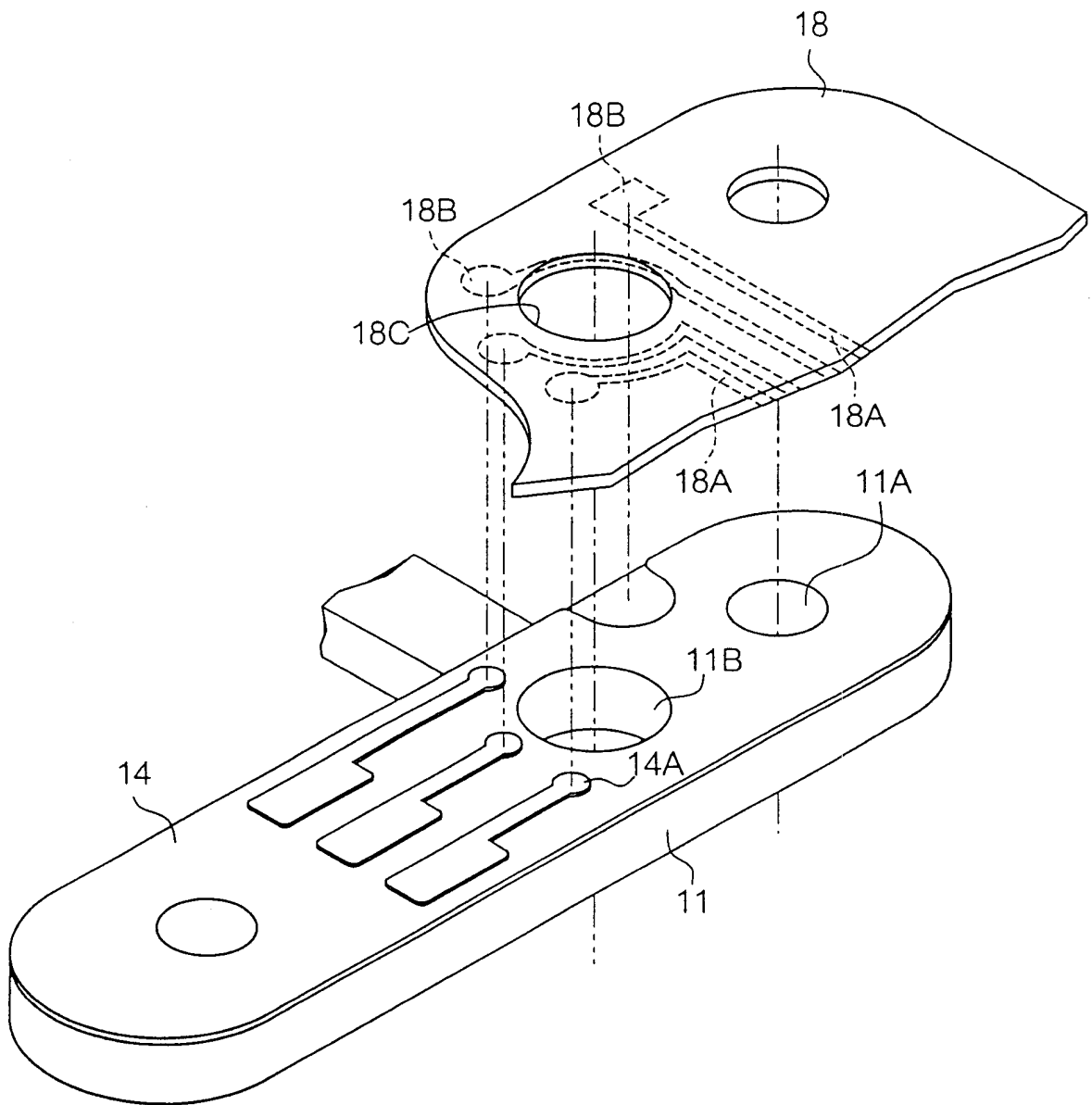


图 34

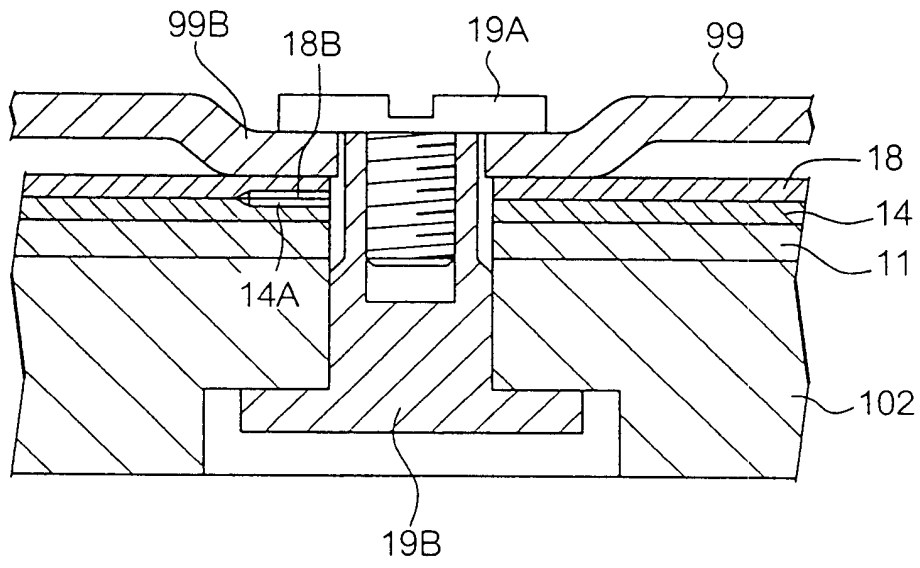


图 35

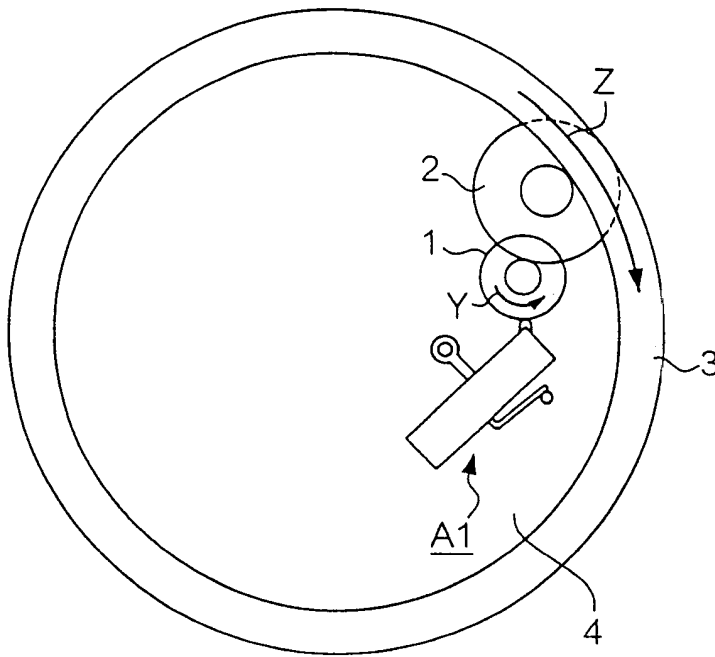


图 36

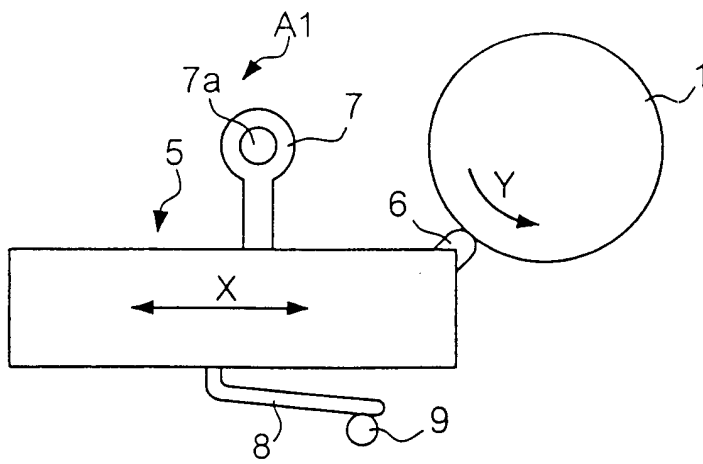


图 37