



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101180516 B

(45) 授权公告日 2011. 09. 14

(21) 申请号 200580049895. 7

G01P 9/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2005. 05. 24

H01L 29/84 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日
2007. 11. 23

(56) 对比文件

(86) PCT申请的申请数据
PCT/JP2005/009424 2005. 05. 24

CN 1008399 A, 1986. 11. 26, 全文.

CN 1286751 A, 2001. 03. 07, 全文.

(87) PCT申请的公布数据
W02006/126253 JA 2006. 11. 30

WO 20020064497 A1, 2002. 08. 22, 全文.

WO 20050038399 A1, 2005. 04. 28, 全文.

(73) 专利权人 独立行政法人宇宙航空研究开发
机构
地址 日本东京都

审查员 沈晓东

(72) 发明人 三田信 斋藤宏文 年吉洋

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.

G01C 19/56 (2006. 01)

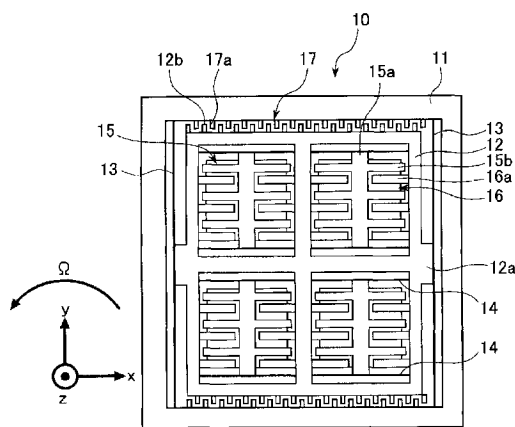
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

(54) 发明名称

陀螺仪

(57) 摘要

本发明提供一种小型且高性能的陀螺仪及其制造方法。陀螺仪(10)包括:外框(11);配置于外框内的、且被支承成可朝一方向移动的内框(12);配置于内框内、且被支承成可向与上述一方向垂直的方向移动的多个检测用质量块(15);将外框与上述内框结合的多个外侧支承弹簧(13);将内框与各个上述检测用质量块结合的多个内侧支承弹簧(14);用于对各个检测用质量块加速的驱动器(16);用于检测内框的位移的检测器(17)。由驱动器使多个检测用质量块以相同相位振动,使由于检测用质量块的振动分别产生的哥氏力在内框合并。



1. 一种陀螺仪,其特征在于,包括:

外框;

内框,其配置于上述外框内;

多个检测用质量块,其配置于上述内框内;

多个外侧支承弹簧,其将上述外框与上述内框结合,使上述内框可相对于上述外框朝一方向移动地支承该内框;

多个内侧支承弹簧,其将上述内框与各个上述检测用质量块结合,使上述检测用质量块可向与上述一方向垂直的方向移动地支承该检测用质量块;

驱动器,其用于对各个上述检测用质量块加速;

检测器,其用于检测上述内框相对于上述外框的位移,

由上述驱动器使上述多个检测用质量块振动,使由于各检测用质量块的振动分别产生的哥氏力在上述内框合并。

2. 一种陀螺仪,其特征在于,包括:

外框;

内框,其配置于上述外框内;

多个检测用质量块,其在上述内框内,配置于以上述内框的旋转轴为中心的圆周上;

多个外侧支承弹簧,其将上述外框与上述内框结合,使上述内框能以上述旋转轴为中心进行旋转地支承该内框;

多个内侧支承弹簧,其将上述内框与各个上述检测用质量块结合,使上述检测用质量块可沿上述内框的径向移动地支承该检测用质量块;

驱动器,其用于对各个上述检测用质量块加速;

检测器,其用于检测上述内框相对于上述外框的位移,

由上述驱动器使上述多个检测用质量块同步振动,使由于各检测用质量块的振动分别产生的哥氏力在上述内框合并,而在上述内框产生转矩。

3. 根据权利要求1或2所述的陀螺仪,其特征在于,具有由硅制成的上下配置的第1层和第2层,在上述第1层和上述第2层这两层均配置有上述外框、上述内框、上述检测用质量块,上述外侧支承弹簧和上述内侧支承弹簧配置在第1层或第2层上。

4. 一种制造方法,是由绝缘体上硅基板一体形成陀螺仪的制造方法,该绝缘体上硅基板是隔着硅氧化膜接合了两张硅基板而成的,该陀螺仪具有外框、内框、检测用质量块、结合上述外框和上述内框的外侧支承弹簧、结合上述检测用质量块和上述内框的内侧支承弹簧,其特征在于,包括如下步骤:

(a) 在第1面上堆积硅氧化膜并形成图案,在上述硅氧化膜之上堆积铝层并形成图案,在上述绝缘体上硅基板的第2面上堆积铝层并形成图案;

(b) 从上述第1面,对除了被上述铝层掩盖的部分以外的部分进行蚀刻,形成第1层的构造;

(c) 除去上述第1面的上述铝层,露出上述硅氧化膜,再从上述第1面进行蚀刻,对除了被上述硅氧化膜掩盖的部分以外的部分进行蚀刻,做成上述第1层的可动部分浮起的构造;

(d) 从上述第2面进行蚀刻,对除了被上述铝层掩盖的部分以外的部分进行蚀刻,形成

第 2 层的构造；

(e) 通过牺牲层蚀刻除去上述绝缘体上硅基板的硅氧化膜,将上述第 1 层和上述第 2 层的构造从上述外框断开。

5. 根据权利要求 4 所述的制造方法,其特征在于,用深反应离子蚀刻进行上述 (b)、(c)、(d) 的蚀刻工序。

陀螺仪

技术领域

[0001] 本发明涉及一种陀螺仪,特别涉及一种小型、且高性能的陀螺仪及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,要求在宇宙空间进行工作的宇宙机上所使用的陀螺仪为小型、且具有高性能。

[0003] 此外,在汽车等的导航系统、游戏机、摄像装置(照相机、摄像机)等中也需要小型的陀螺仪。

[0004] 在检测用质量块的质量和速度变大时,陀螺仪中所利用的哥氏力变大。为了使陀螺仪小型化而使检测用质量块小型化时,其质量变小。为了以小质量得到较大的哥氏力,需要加快检测用质量块的速度。但是,检测用质量块的速度存在限度。

[0005] 因此,以往的陀螺仪存在若要小型化,则灵敏度和稳定性降低这样的问题。

[0006] 图 1 是用于说明哥氏力的概略图。质量为 m 的检测用质量块 5 通过支承弹簧 4 而被结合于支承框 2。用螺旋弹簧的形式表示支承弹簧 4。向 x 方向以速度 v 驱动检测用质量块 5,对该系统赋予角速度为 Ω 的旋转时,在 y 方向产生哥氏力 F_{cori} 。

$$[0007] \quad F_{\text{cori}} = 2m \Omega v \quad (1)$$

[0008] 从公式 (1) 可知,要得到较大的哥氏力,需要增大检测用质量块 5 的质量 m 和速度 v 。

[0009] 在以振幅为 x_0 、角频率为 ω 驱动检测用质量块 5 的情况下,检测用质量块 5 的位移 x 可用下式表示。

$$[0010] \quad x = x_0 \sin(\omega t) \quad (2)$$

[0011] 用时间对检测用质量块 5 的位移 x 微分,可得到速度 $v(t)$ 。

$$[0012] \quad v(t) = dx/dt = x_0 \omega \cos(\omega t) \quad (3)$$

[0013] 因此,哥氏力 F_{cori} 可表示为:

$$[0014] \quad F_{\text{cori}} = 2m \Omega x_0 \omega \cos(\omega t) \quad (4)$$

[0015] 若仅考虑振幅,则成为

$$[0016] \quad F_{\text{cori}} = 2m \Omega x_0 \omega \quad (5)$$

[0017] 即,为了得到较大的哥氏力,需要增大检测用质量块 5 的质量 m ,并增大驱动距离和驱动频率。

[0018] 在采用机械振动系统的情况下,驱动频率的上限是系统的共振频率。在共振频率中,可期待振幅增大 Q 值,但由于实际上质量块可移动的距离存在构造上的限制,因此,不能增大那么多。

[0019] 此外,若以共振频率驱动检测用质量块(使用 Q 值),则振幅对频率的变动变得敏感,有损稳定性。因此,不以共振频率驱动检测用质量块,可提高稳定性。

[0020] 假定将驱动频率设定为共振频率。在集中常数的弹簧-质量块系统的模式下考虑,设弹簧 4 的弹簧常数为 k 时,共振振动的角频率 ω_{res} 成为:

$$[0021] \quad \omega_{\text{res}} = \sqrt{(k/m)} \quad (6)$$

[0022] 将该公式代入公式 (5), 则成为 :

$$[0023] \quad F_{\text{cori}} = 2m\Omega x_0 \sqrt{(k/m)} = 2\Omega x_0 \sqrt{(mk)} \quad (7)$$

[0024] 哥氏力与振幅 x_0 成正比, 与弹簧常数 k 和质量 m 的二次方根成正比。

[0025] 在使用检测用质量块 5 的质量 m 较小的微陀螺时, 若增大使检测用质量块 5 振动的驱动器的驱动力, 增大使检测用质量块 5 振动的振幅 x_0 , 则可以产生较大的哥氏力。即, 提高了陀螺仪的灵敏度。但是, 由于陀螺仪的构造, 振幅 x_0 存在界限。

[0026] 此外, 若增大弹簧常数 k , 则与增大质量 m 同样, 可以产生较大的哥氏力。

[0027] 专利文献 1 中公开了一种通过对硅基板进行蚀刻而一体形成的振动陀螺。

[0028] 但是, 该陀螺仪的振动体是 1 个, 所产生的哥氏力较小。而且, 因为由 1 张硅基板做成陀螺, 所以难以多层化。

[0029] 因此, 希望开发更加小型重量轻、且高性能的陀螺仪。还希望有制造这样的陀螺仪的制造方法。

[0030] 专利文献 1 : 日本特开平 5-209754 号

发明内容

[0031] 本发明的目的在于提供一种小型重量轻、且高性能的陀螺仪。

[0032] 本发明的另一目的在于提供一种使用微细加工技术制造这种陀螺仪的制造方法。

[0033] 本发明的陀螺仪具有多个检测用质量块, 使各个检测用质量块同步振动, 将所产生的哥氏力合并, 可以得到使 1 个检测用质量块高速振动时的哥氏力以上的哥氏力。

[0034] 本发明的一方式的陀螺仪, 包括 :

[0035] 外框 ;

[0036] 内框, 其配置于上述外框内 ;

[0037] 多个检测用质量块, 其配置于上述内框内 ;

[0038] 多个外侧支承弹簧, 其将上述外框与上述内框结合, 使上述内框可相对于上述外框朝一方向移动地支承该内框 ;

[0039] 多个内侧支承弹簧, 其将上述内框与各个上述检测用质量块结合, 使上述检测用质量块可向与上述一方向垂直的方向移动地支承该检测用质量块 ;

[0040] 驱动器, 其用于对各个上述检测用质量块加速 ;

[0041] 检测器, 其用于检测上述内框相对于上述外框的位移,

[0042] 由上述驱动器使上述多个检测用质量块振动, 使由于各检测用质量块的振动分别产生的哥氏力在上述内框合并。

[0043] 优选是上述多个检测用质量块以相同相位振动。

[0044] 根据本发明的该方式, 使由各个检测用质量块产生的哥氏力在内框合并, 从而可得到较大的哥氏力。

[0045] 本发明的另一方式的陀螺仪, 包括 :

[0046] 外框 ;

[0047] 内框, 其配置于上述外框内 ;

[0048] 多个检测用质量块, 其在上述内框内, 配置于以上述内框的旋转轴为中心的圆周

上；

[0049] 多个外侧支承弹簧，其将上述外框与上述内框结合，使上述内框能以上述旋转轴为中心进行旋转地支承该内框；

[0050] 多个内侧支承弹簧，其将上述内框与各个上述检测用质量块结合，使上述检测用质量块可沿上述内框的径向移动地支承该检测用质量块；

[0051] 驱动器，其用于对各个上述检测用质量块加速；

[0052] 检测器，其用于检测上述内框相对于上述外框的位移，

[0053] 由上述驱动器使上述多个检测用质量块同步振动，使由于各检测用质量块的振动分别产生的哥氏力在上述内框合并，而在上述内框产生转矩。

[0054] 根据本发明的该方式，使由各个检测用质量块产生的哥氏力在内框合并，从而可得到由哥氏力产生的较大转矩。

[0055] 优选是具有由硅制成的上下配置的第 1 层和第 2 层，在上述第 1 层和上述第 2 层这两层均配置有上述外框、上述内框、上述检测用质量块，上述外侧支承弹簧和上述内侧支承弹簧配置在第 1 层或第 2 层上。

[0056] 由于可以在第 1 层和第 2 层形成不同构造，所以提高了设计自由度。

[0057] 本发明的另一方式是一种制造方法，是由绝缘体上硅基板一体形成陀螺仪的制造方法，该绝缘体上硅基板是隔着硅氧化膜接合了两张硅基板而成的，该陀螺仪具有外框、内框、检测用质量块、结合上述外框和上述内框的外侧支承弹簧、结合上述检测用质量块和上述内框的内侧支承弹簧，其特征在于，包括如下步骤：

[0058] (a) 在第 1 面上堆积硅氧化膜并形成图案，在上述硅氧化膜之上堆积铝层并形成图案，在上述绝缘体上硅基板的第 2 面上堆积铝层并形成图案；

[0059] (b) 从上述第 1 面，对除了被上述铝层掩盖的部分以外的部分进行蚀刻，形成第 1 层的构造；

[0060] (c) 除去上述第 1 面的上述铝层，露出上述硅氧化膜，再从上述第 1 面进行蚀刻，对除了被上述硅氧化膜掩盖的部分以外的部分进行蚀刻，做成上述第 1 层的可动部分浮起的构造；

[0061] (d) 从上述第 2 面进行蚀刻，对除了被上述铝层掩盖的部分以外的部分进行蚀刻，形成第 2 层的构造；

[0062] (e) 通过牺牲层蚀刻除去上述绝缘体上硅基板的硅氧化膜，将上述第 1 层和上述第 2 层的构造从上述外框断开。

[0063] 根据该方法，可以使用隔着硅氧化膜将两张硅基板接合而成的绝缘体上硅基板，采用微细加工技术，在单一的基板上以 2 层构造制作陀螺仪的构成元件。

[0064] 优选是用深反应离子蚀刻进行上述 (b)、(c)、(d) 的蚀刻工序。

[0065] 根据本发明，可以得到小型重量轻、且高性能、稳定性良好的陀螺仪。

[0066] 通过使用多个检测用质量块，可以将各个检测用质量块的偏差平均化，从而得到动作稳定的陀螺仪。

[0067] 而且，制造方法简单，所以可以廉价地制造这样的陀螺仪。

附图说明

- [0068] 图 1 是用于说明哥氏力的概略图。
- [0069] 图 2 是用于说明具有两个检测用质量块时的哥氏力的概略图。
- [0070] 图 3 是用于说明在具有两个检测用质量块时的哥氏力的概略图。
- [0071] 图 4 是本发明第 1 实施方式的具有 4 个检测用质量块的陀螺仪的概略俯视图。
- [0072] 图 5 是使两个检测用质量块以相反相位振动时的概略图。
- [0073] 图 6 是将两个检测用质量块配置在旋转轴周围,并使该两个检测用质量块向径向以相反相位振动时的概略图。
- [0074] 图 7 是将多个检测用质量块配置在旋转轴周围,并使该多个检测用质量块向径向同步振动时的概略图。
- [0075] 图 8 是本发明第 2 实施方式的具有配置在圆周上的检测用质量块的陀螺仪的概略俯视图。
- [0076] 图 9 是表示本发明实施方式的陀螺仪的制作方法的剖视图。
- [0077] 图 10 是举例表示使用 SOI 基板做成的陀螺仪的构造的立体图。
- [0078] 图 11 是表示在检测用质量块上形成有金属层的实施方式的剖视图。
- [0079] 附图标记的说明:
- [0080] 2:支承框;4:支承弹簧;5:检测用质量块;8:旋转轴;10:陀螺仪;11:外框;12:内框;12a:中央部;13:外侧支承弹簧;14:内侧支承弹簧;15:检测用质量块;15a:中央部;15b:延长部;16:驱动器;17:检测器;17a:检测用电极;18:旋转轴;19:锚固部;20:陀螺仪;21:硅氧化层;22:硅层;23:硅层;24:硅氧化膜;25:铝层;26:铝层;27:金属材料;28:金属材料。

具体实施方式

[0081] 图 2 是用于说明具有两个检测用质量块的陀螺仪的哥氏力的概略图。用 1 根线表示支承弹簧 4。(a) 表示初始状态,(b) 表示使检测用质量块 5a、5b 以相同相位振动、以角速度 Ω 旋转的状态。根据公式 (6),检测用质量块 5 的质量变小时,则共振频率变大。因此,将检测用质量块 5 分割为两个质量块 5a、5b 时,共振频率变大。并且,通过使各个检测用质量块 5a、5b 以相同相位振动,各个检测用质量块 5a、5b 产生相同方向的哥氏力 F_{cori} 。若可以将该哥氏力合并,则可以得到比驱动 1 个检测用质量块 5 产生的哥氏力大的哥氏力。

[0082] 图 3 也是用于说明在具有两个检测用质量块时的哥氏力的概略图。在图 3 中,各个检测用质量块 5a、5b 由 2 根支承弹簧 4 支承,而被拘束成可以向 y(上下)方向移动,但不能向 x(左右)方向移动。使检测用质量块 5a、5b 向 y 方向振动、以角速度 Ω 旋转时,在 x 方向产生哥氏力 F_{cori} ,哥氏力通过支承弹簧 4 传递到支承框 2。在使两个检测用质量块 5a、5b 以相同相位振动时,由各个检测用质量块 5a、5b 产生的哥氏力的方向相同,可用支承框 2 将所产生的哥氏力相加。

[0083] 图 4 是本发明第 1 实施方式的具有 4 个检测用质量块 15 的陀螺仪 10 的概略俯视图。陀螺仪 10 是由在硅氧化膜的两面上具有硅层的绝缘体上硅(SOI(Silicon on Insulator))基板成形的。陀螺仪 10 具有截面大致四边形的外框 11、外框 11 内的截面大致四边形的内框 12。内框 12 的 x 方向的 2 边中央部 12a 借助分别与 y 轴平行的两个外侧支承弹簧 13 而结合于外框 11 的内侧。外侧支承弹簧 13 是厚度较薄的板状体,在外侧支承弹

簧 13 的一端部结合于外框 11 内侧的状态下,可以使固定在内框 12 中央部 12a 的外侧支承弹簧 13 的另一端部仅向 x 方向移动。外侧支承弹簧 13 的 y 方向长度不发生变化,而且外侧支承弹簧 13 也不会向 z 轴方向弯曲。因此,可以使内框 12 在外框 11 内向 x 方向移动。在静止状态下,内框 12 借助外侧支承弹簧 13 而位于中立位置。

[0084] 陀螺仪 10 在内框 12 内具有 4 个检测用质量块 15。各检测用质量块 15 的 y 方向上 2 边中央部 15a 借助分别平行于 x 轴的 2 根内侧支承弹簧 14 而结合于内框 12 内侧。内侧支承弹簧 14 是厚度较薄的板状体。可使检测用质量块 15 在内框 12 内向 y 方向移动。在静止状态下,检测用质量块 15 借助内侧支承弹簧 14 而位于中立位置。

[0085] 陀螺仪 10 具有用于使各个检测用质量块 15 向 y 方向振动的驱动器 16。驱动器 16 是静电驱动型驱动器。即,交替配置结合于内框 12 的指状电极 16a、和检测用质量块 15 的延长部 15b,对电极 16a 与延长部 15b 之间施加电压,从而利用静电力驱动检测用质量块 15。除此之外,也可以使用压电驱动、磁驱动等的驱动器。在外框 11 上设有用于检测内框 12 的位移的检测器 17。检测器 17 是利用检测用电极 17a 与内框 12 的延长部 12b 之间的静电电容的变化而检测位移的。或者,也可以利用压电电阻的变化等其他方法来检测位移。

[0086] 各个检测用质量块 15 被驱动器 16 驱动而向图 4 的 y 方向以相同相位振动。在该状态下,使陀螺仪 10 绕 z 轴以角速度 Ω 进行旋转时,在 x 轴方向上产生哥氏力。由各个检测用质量块 15 产生的哥氏力的方向相同,在内框 12 被相加,在内框 12 作用合计的哥氏力。内框 12 向 x 方向位移由哥氏力和外侧支承弹簧 13 的弹簧常数所确定的距离。利用检测器 17 检测出内框 12 的位移,从而可求出在内框 12 被相加的哥氏力。

[0087] 图 4 中表示了具有 4 个检测用质量块的陀螺仪,但检测用质量块的数量不限于 4 个,也可以是 3 个或 3 个以上。在 1 实施例中,在 120mm×120mm、厚度为 0.52mm 的 SOI 基板上包括 7×7 个检测用质量块。

[0088] 图 5 是使两个检测用质量块以相反相位振动时的概略图。以螺旋弹簧的形式表示支承弹簧 4。在采用检测用质量块以相同相位振动的振动型陀螺仪时,当存在加速度等的扰动时,会将其检测为哥氏力。因此,如图 5 所示,使检测用质量块 5a、5b 以相互相反相位振动时,产生相反方向的哥氏力 F_{cori1} 、 F_{cori2} ,取分别产生的哥氏力之差,则可以消除干扰。但是,在这种构造中,由检测用质量块 5a、5b 产生的哥氏力的方向相互相反,所以哥氏力相互抵消,而不能使其合并。

[0089] 图 6 是将两个检测用质量块 5a、5b 配置在旋转轴 8 周围,并使该两个检测用质量块向径向以相反相位振动时的概略图。用 1 根线表示支承弹簧 4。在使支承框 2 以角速度 Ω 旋转时,由两个检测用质量块 5a、5b 产生的哥氏力 F_{cori} 的方向相互相反,但产生绕支承框 2 的旋转轴 8 相同方向的转矩 T。即,可以将哥氏力作为转矩 T 而将其合并。此外,由于多个检测用质量块 5a、5b 以相反相位振动,所以具有对抗干扰的抗性。

[0090] 图 7 是将多个检测用质量块 5(在图 7 中是 4 个)配置在旋转轴 8 周围的圆周上,并使该多个检测用质量块 5 向径向同步振动时的概略图。以螺旋弹簧的形式表示支承弹簧 4。在使检测用质量块 5 同步振动、即所有检测用质量块 5 同时沿径向向外方移动或同时向内方移动。在使支承框 2 以角速度 Ω 旋转时,各个检测用质量块 5 的哥氏力 F_{cori} 发挥作用,使支承框 2 绕旋转轴 8 朝相同方向旋转。由各检测用质量块 5 的哥氏力的转矩总和 T_{total} 与检测用质量块的数量、即合计质量成正比。可以将转矩总和 T_{total} 转换为位移,利用

检测器（未图示）转换成电容变化，从而求出哥氏力。

[0091] 当如此将多个检测用质量块配置在圆周上并使其振动时，具有对抗来自各方向的干扰的抗性。可以将检测用质量块的哥氏力合并，可得到较大的哥氏力，也提高了灵敏度。

[0092] 图 8 是本发明第 2 实施方式的陀螺仪 20 的概略俯视图。在图 8 中，对于与图 4 相同的部件或部分标注相同的附图标记。与第 1 实施方式相同，陀螺仪 20 是由 SOI 基板成形的。陀螺仪 20 具有截面大致矩形的外框 11 和外框 11 四角处的锚固部 19。在外框 11 内配置有截面大致圆筒形的内框 12。各个锚固部 19 和内框 12 通过外侧支承弹簧 13 而被连接。外侧支承弹簧 13 是厚度较薄的板状体，在外侧支承弹簧 13 的一端部结合于锚固部 19 的状态下，可以使固定在内框 12 的外侧支承弹簧 13 的另一端部仅沿圆周方向绕锚固部 19 移动。外侧支承弹簧 13 的径向长度不发生变化，而且外侧支承弹簧 13 也不会向 z 轴方向弯曲。因此，可以将内框 12 支承成使其可绕旋转轴 18 旋转。在静止状态下，内框 12 借助外侧支承弹簧 13 而位于中立位置。

[0093] 在内框 12 内在圆周上以等间隔配置有相同质量的 8 个检测用质量块 15。内框 12 的径向上的各检测用质量块 15 的两个端部分别通过两根内侧支承弹簧 14 而结合于内框 12 内侧。内侧支承弹簧 14 是厚度较薄的板状体。各检测用质量块 15 可在内框 12 内沿内框 12 的径向移动。在静止状态下，各检测用质量块 15 借助内侧支承弹簧 14 而位于中立位置。

[0094] 陀螺仪 20 具有用于使各检测用质量块 15 沿内框 12 的径向振动的驱动器 16。陀螺仪 20 具有用于检测内框 12 绕旋转轴 18 的旋转位移的检测器 17。驱动器 16 和检测器 17 的原理与本发明第 1 实施方式的相同。

[0095] 由设于各检测用质量块 15 上的驱动器 16 使各检测用质量块 15 同步地沿径向振动。即，使所有检测用质量块 15 同时向外方移动或同时向内方移动。在该状态下，使陀螺仪 20 以角速度 Ω 旋转时，由于各检测用质量块 15 的运动，在各检测用质量块 15 上沿内框 12 的圆周方向产生哥氏力。该哥氏力通过内侧支承弹簧 14 被传递到内框 12，在内框 12 被相加。由此，在内框 12 产生绕中心轴 18 的转矩，内框 12 抵抗外层支承弹簧 13 而绕旋转轴 18 沿圆周方向旋转。由检测器 17 检测内框 12 的旋转位移，从而可求出哥氏力。

[0096] 在图 8 中表示了具有 8 个检测用质量块的陀螺仪，但检测用质量块的数量不限于 8 个。在 1 实施例中，在 120mm×120mm、厚度 0.52mm 的 SOI 基板上在圆周上配置 16 个检测用质量块。

[0097] 对于检测用质量块为 1 个的陀螺仪，根据公式 (7)，认为增大检测用质量块的质量 m 时，哥氏力与质量 m 的二次方根成正比地变大。另一方面，由于陀螺仪的构造使移动距离 x_0 存在界限，因此，哥氏力也存在界限。

[0098] 在本发明的多质量块型陀螺仪中，减小各个检测用质量块的质量，增加检测用质量块的数量。此时，由检测用质量块产生的哥氏力与检测用质量块的数量、即合计质量成正比。因此，可以获得与增大一个检测用质量块的质量的情况相当或比其更好的效果。

[0099] 此外，通过增加检测用质量块的个数，可以使摇摆和噪音平均。因此，抵抗干扰的能力强。由于检测用质量块的数量较多，所以即使 1 个检测用质量块出现问题，不影响陀螺仪的工作，提高了可靠性。

[0100] 图 9 是表示本发明实施方式的陀螺仪 10、20 的制作方法的图，左侧的图是俯视图，

右侧的图是沿左侧图的 A-A 线剖切的剖视图。在该图中,仅示出了内框 12、检测用质量块 15、内框支承弹簧 14,未图示外框 11、外层支承弹簧 13。外框 11、外层支承弹簧 13 可以与内框 12、内框支承弹簧 14 同时形成。

[0101] (a) 首先,准备绝缘体上硅(SOI(Silicon on Insulator))基板。该 SOI 基板是在硅氧化膜 21 的上表面形成有硅层 22、在下表面形成有硅层 23 而成的。在以下的说明中,为了区别两个面,称为上表面(第 2 面)、下表面(第 1 面),但两个面可相互交换。

[0102] 在 SOI 基板的下表面堆积硅氧化膜 24,使用光刻技术,图案形成为所希望形状。在该硅氧化膜 24 上堆积铝层 25,使用光刻技术,图案形成为所希望形状。在 SOI 基板的上表面堆积铝层 26,使用光刻技术,图案形成为所希望形状。

[0103] (b) 从下表面通过深反应离子蚀刻(RIE(Reactive IonEtching))对除了被铝层 25 掩盖的部分以外的部分进行蚀刻,在 SOI 基板的下层(基底层、第 1 层)形成检测用质量块 15 的下部、内框 12、内侧支承弹簧 14 等的构造。此时,硅氧化膜 21(绝缘层)成为蚀刻阻挡层,因此,其上的硅层 22 不被蚀刻。

[0104] (c) 除去下表面的铝层 25 掩盖,露出硅氧化膜 24,再从下表面进行 RIE,对除了被硅氧化膜 24 掩盖的部分以外的部分进行蚀刻。由此,成为检测用质量块 15、内侧支承弹簧 14 等可动部分从底面浮起的构造。

[0105] (d) 从上表面进行深 RIE,对除了被铝层 26 掩盖的部分以外的部分进行蚀刻,在上层(第 2 层)形成检测用质量块 15 的上部、内框 12。在该阶段还可以形成上层的驱动器 16、检测器 17,但这部分没有图示。

[0106] (e) 通过牺牲层蚀刻除去 SOI 基板的硅氧化膜 21,将检测用质量块 15、内框 12、内侧支承弹簧 14 等可动部分从外框 11 的支承部断开。由此,可动部分可进行移动。

[0107] 图 10 是举例表示使用 SOI 基板做成的陀螺仪的构造的立体图。在该图中,仅示出了内框 12、检测用质量块 15、内侧支承弹簧 14,外框 11、外侧支承弹簧 13 等未图示。(a) 是仅在以往的 SOI 基板的上层做成构造的例子。以往,不使用 SOI 基板的下层(基底层)做成构造。在本发明中,使用 SOI 基板的上表面和下表面的硅层做成构造。(b) 表示由本发明在上层和下层这双方形成检测用质量块 15、在上层制作内侧支承弹簧 14 的例子。(c) 表示在上层和下层这双方上形成检测用质量块 15、在下层制作内侧支承弹簧 14 的例子。

[0108] 如此,在硅氧化膜(绝缘层)21 两侧的硅层 22、23 形成检测用质量块 15,可以增加检测用质量块 15 的质量。而且,通过在上层和下层这两层形成内框 12,可以提高内框 12 的强度。可以将支持弹簧形成在下层和上层中任一层上,因此,设计自由度变大了。

[0109] 此外,在下层与上层之间存在用作绝缘层的硅氧化膜,因此,可以使下层与上层电绝缘,可实现复杂的布线。

[0110] 图 11 是表示在检测用质量块上形成有金属层的实施方式的剖视图。(a) 表示通过电镀等埋入了金属材料 27 而成的构件,(b) 表示在检测用质量块的一部分粘贴比重较大的金属材料 28、例如铅锡等而成的构件。如此,增大检测用质量块的质量,则可以得到较大的哥氏力。

[0111] 产业上利用的可能性

[0112] 根据本发明,可以得到小型重量轻、且高性能、稳定性良好的陀螺仪。因此,可实现小型且高精度的姿势控制系统,可用于小型宇宙用探查机。此外,可用于摄像装置的防抖装

置、游戏机用的传感器等。

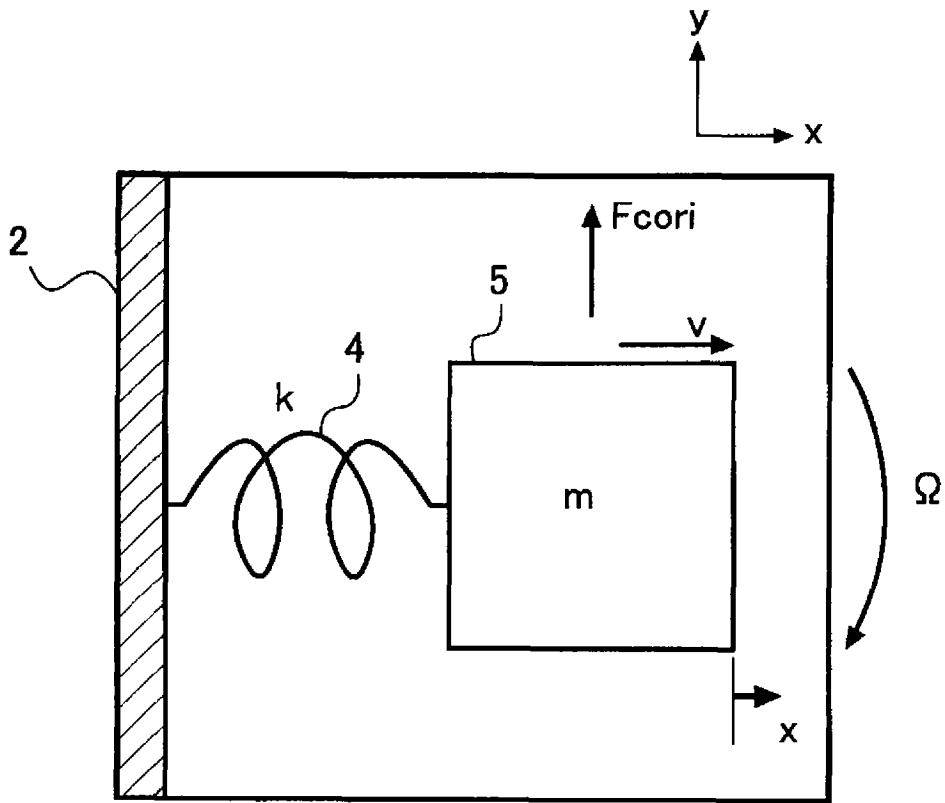


图 1

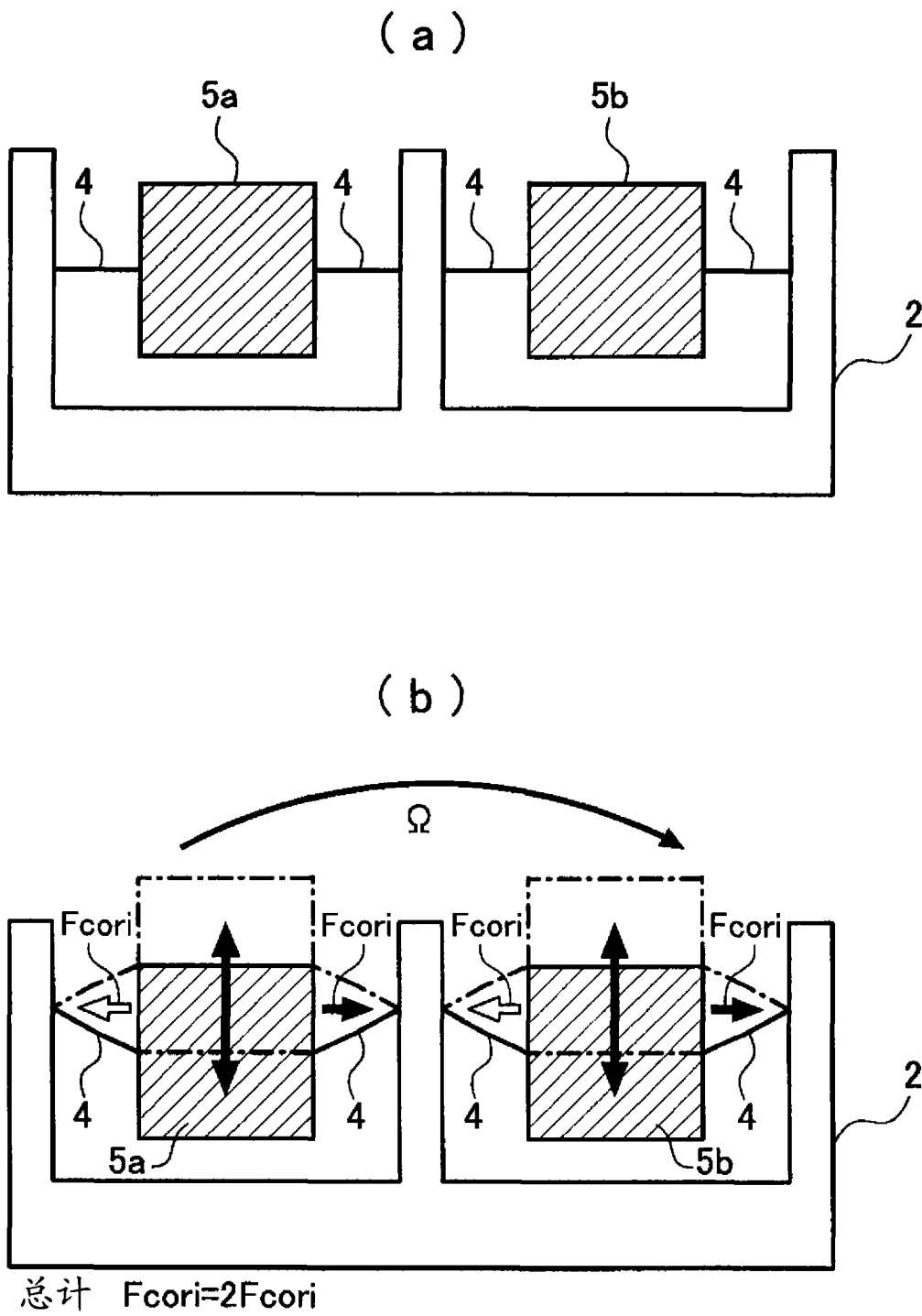


图 2

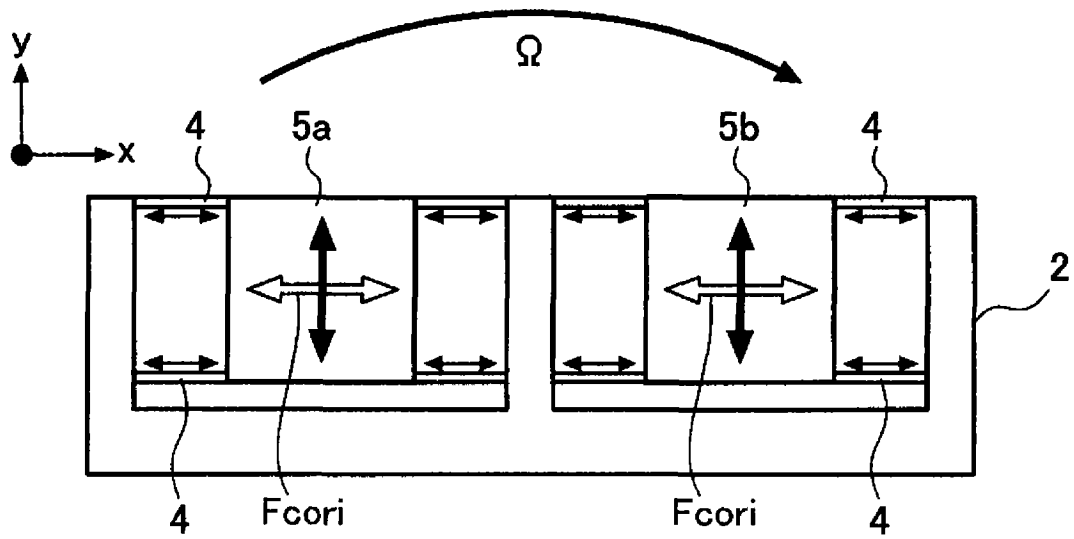


图 3

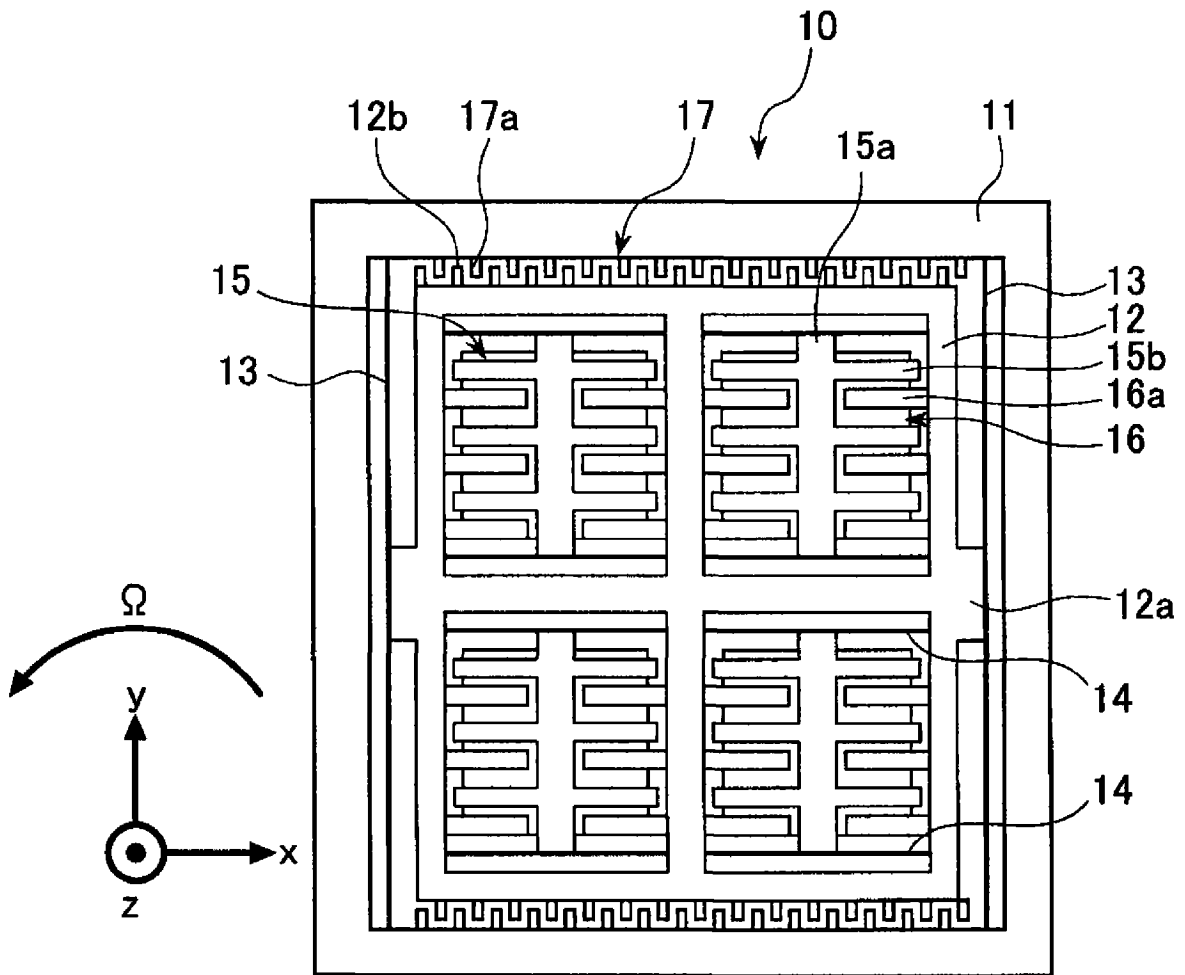


图 4

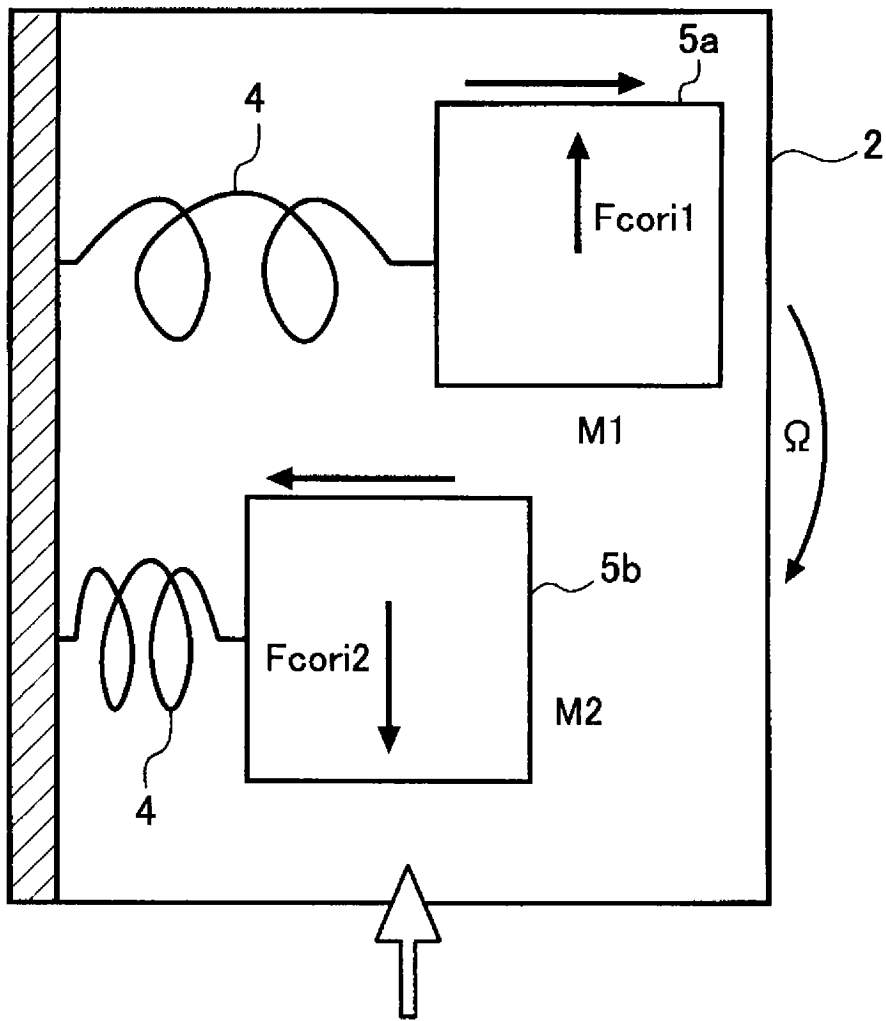


图 5

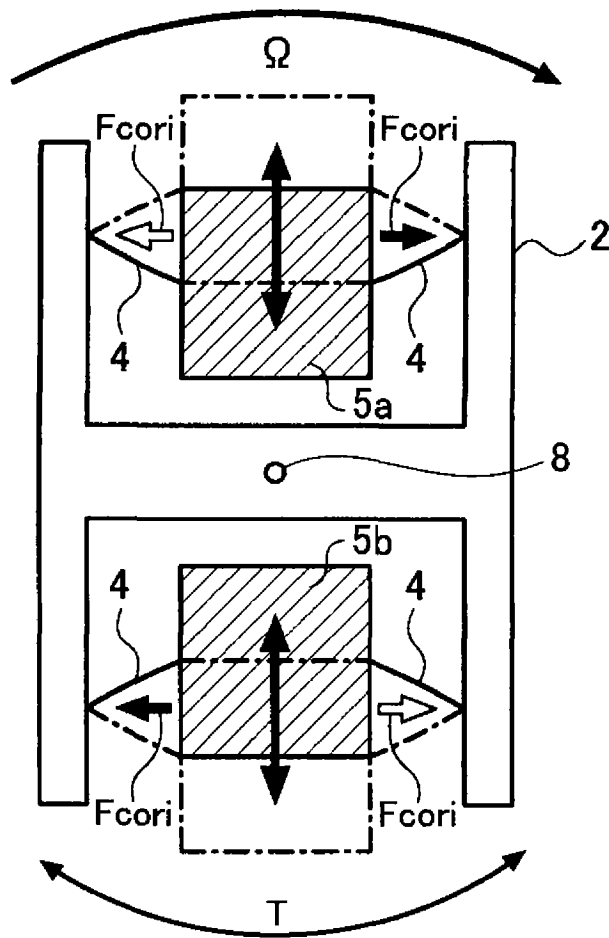


图 6

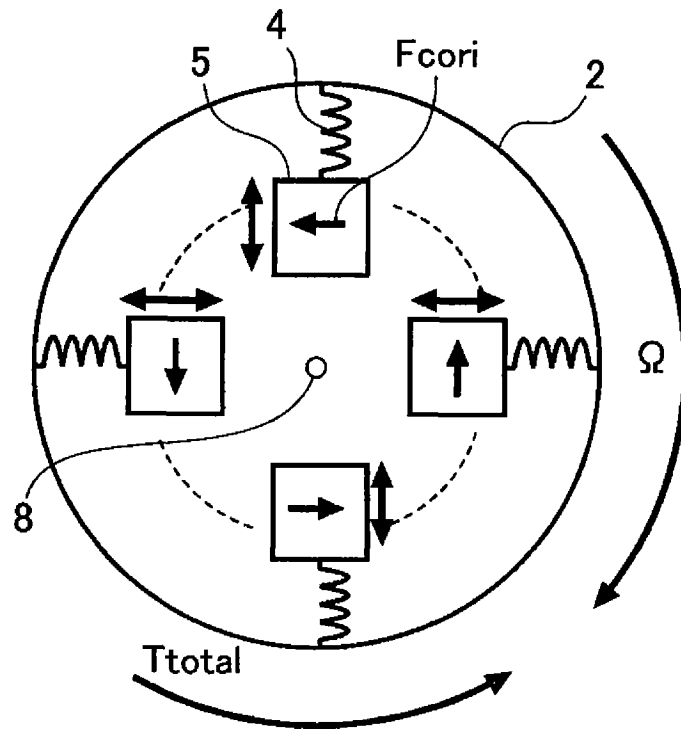


图 7

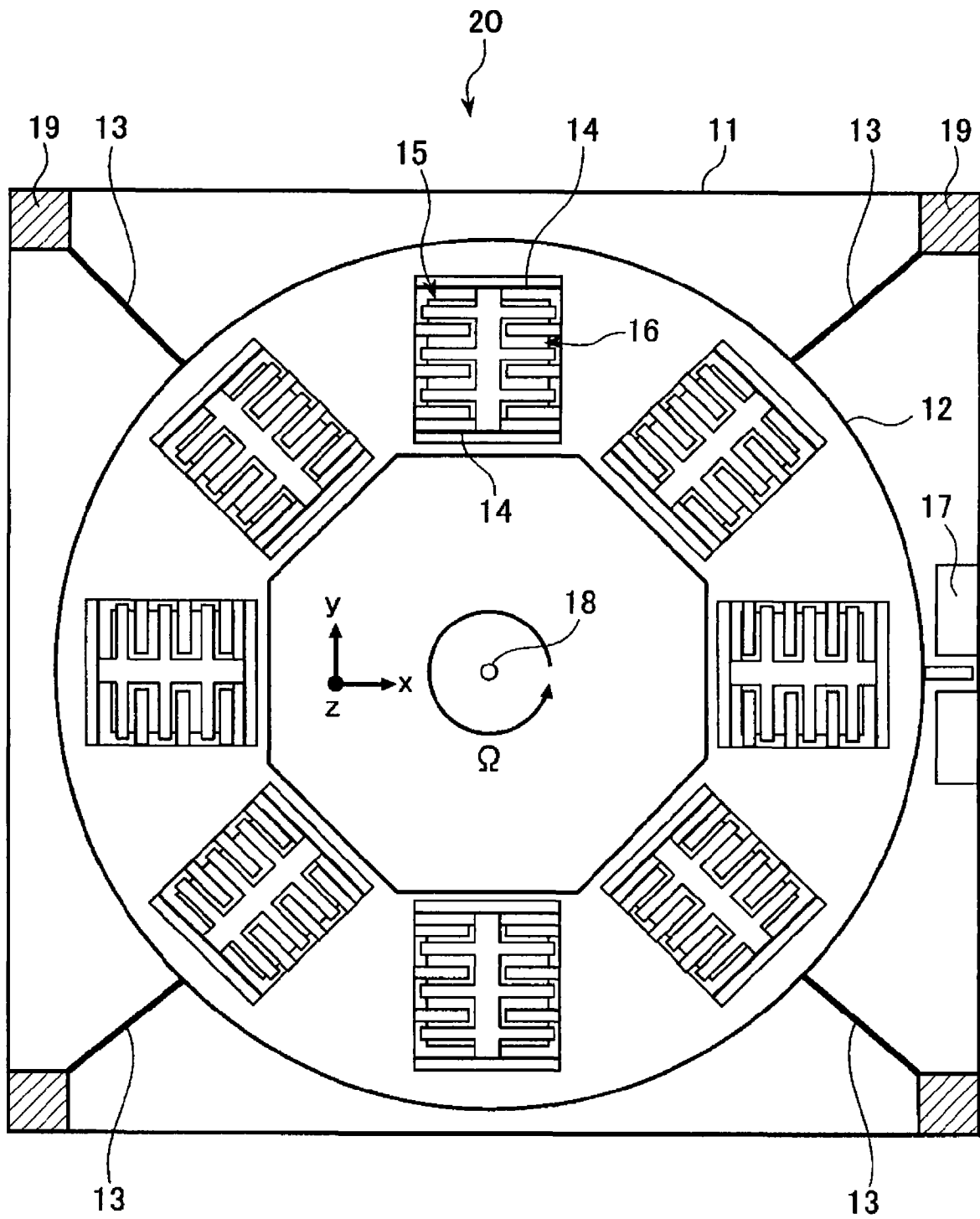


图 8

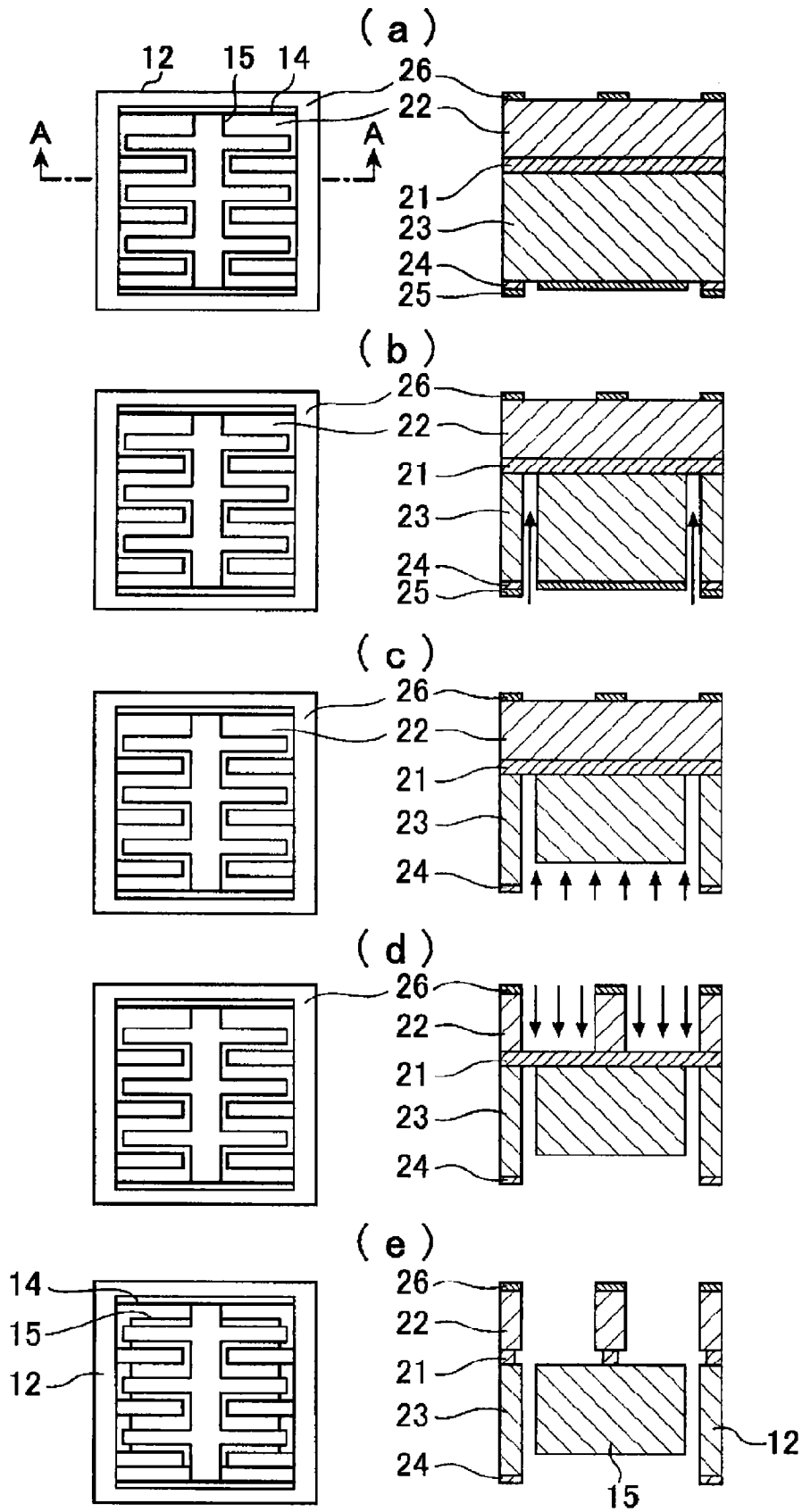


图 9

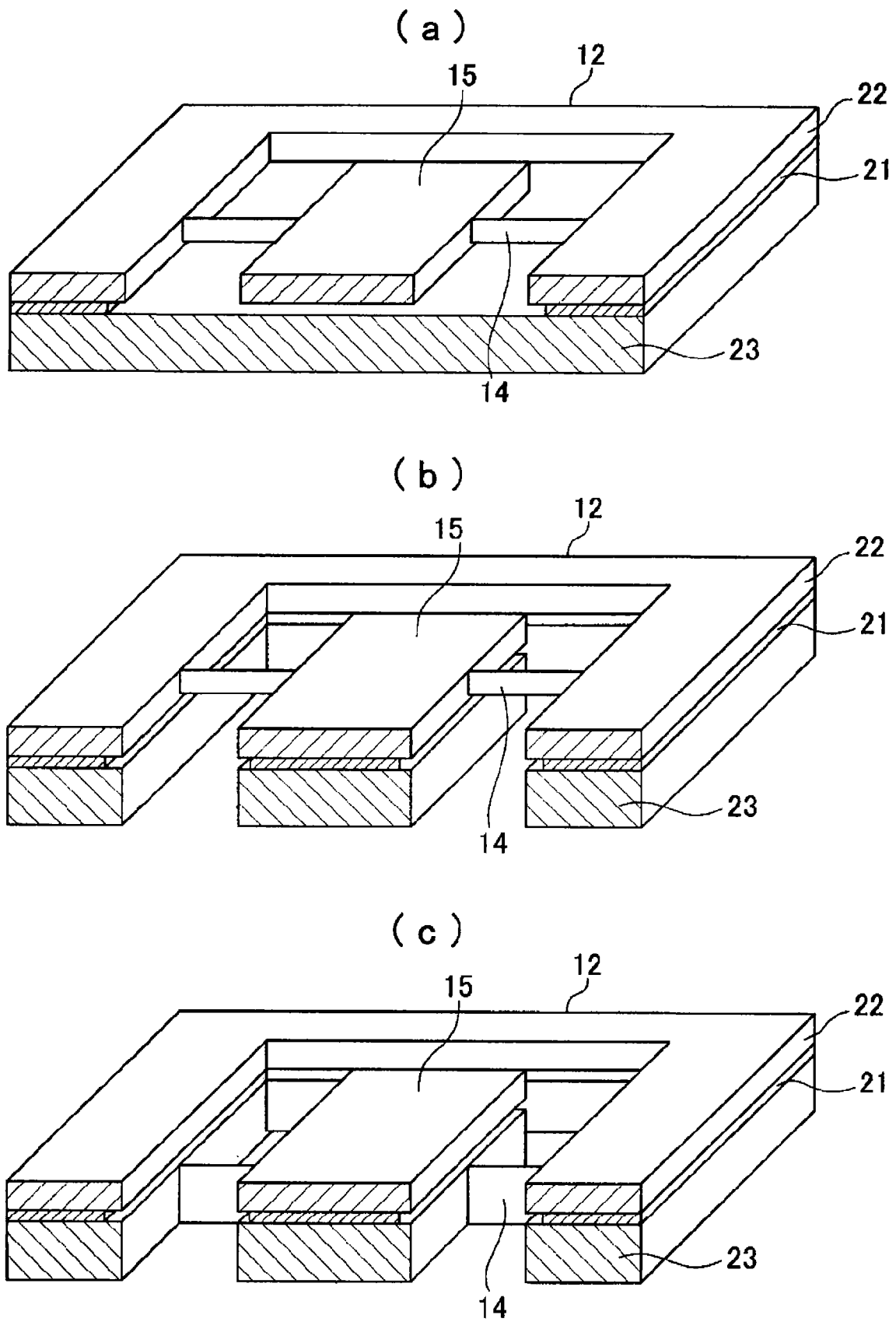


图 10

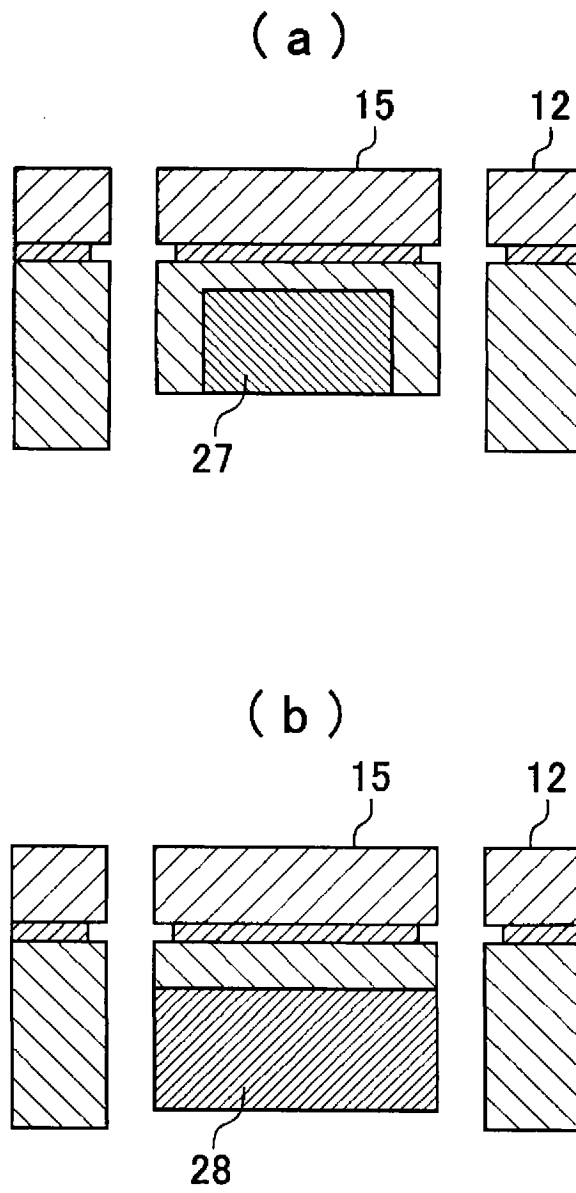


图 11