



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101910789 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 200880124267. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 12. 12

G01C 19/5677(2012. 01)

(30) 优先权数据

2008-000567 2008. 01. 07 JP

2008-265490 2008. 10. 14 JP

(56) 对比文件

WO 97/45699 A2, 1997. 12. 04, 全文.

CN 1431466 A, 2003. 07. 23, 全文.

JP 特开平 11-183179 A, 1999. 07. 19, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 07. 07

审查员 索子繁

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/072656 2008. 12. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02009/087858 JA 2009. 07. 16

(73) 专利权人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 田村昌弥 持田洋一

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 樊建中

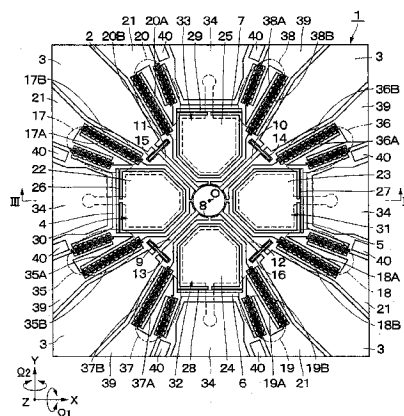
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 19 页

(54) 发明名称

角速度传感器

(57) 摘要

一种角速度传感器,在基板(2)的表面,相对中心点(0)呈点对称的位置上设置驱动质量部(4~7)。驱动质量部(4~7)彼此连结连结梁(8)。连结梁(8)使用连接部(9~12)和驱动梁(13~16)来可弯曲地支承。在驱动质量部(4~7)的内侧设置检测质量部(22~25),检测质量部(22~25)使用检测梁(26~29)而在Z轴方向上可移位地支承。在圆周方向上相邻的驱动质量部(4~7)通过振动产生部(17~20)彼此以相反相位振动。在该状态下,施加角速度(Ω_1 、 Ω_2),则检测质量部(22~25)沿基板(2)的厚度方向移位并振动。移位检测部(30~33)检测厚度方向上的检测质量部(22~25)的移位。



1. 一种角速度传感器,由以下单元构成:

基板;

四个驱动质量部,与该基板间隔对置,并且配置在以中心部作为中心的圆周方向的不同位置上,且配置在相对于中心部呈点对称的位置上;

连结梁,其相互连结这四个驱动质量部,在这四个驱动质量部朝向与所述基板平行的方向移位时会弯曲变形;

四个连接部,以所述中心部作为中心而延伸为放射状,并且分别位于在圆周方向上相邻的两个驱动质量部之间且连接于该连结梁;

驱动梁,其分别设置在这四个连接部上,且在所述连结梁弯曲变形时,按照在长度方向上可使各连接部移位的方式支承各连接部;

驱动单元,其在圆周方向上相邻的驱动质量部成为相反相位的状态下,使所述四个驱动质量部朝向包围中心部的圆周方向振动;

检测质量部,其分别设置在所述四个驱动质量部中;

检测梁,其设置在该检测质量部和所述驱动质量部之间,且按照在基板的厚度方向上能够使检测质量部移位的方式支承该检测质量部;和

移位检测单元,其检测所述检测质量部在所述基板的厚度方向上的移位。

2. 根据权利要求1所述的角速度传感器,其中,

所述检测梁使用扭转支承梁而形成,该扭转支承梁朝向包围所述中心部的圆周方向延伸,且在所述检测质量部沿基板的厚度方向移位时,该扭转支承梁扭转变形。

3. 根据权利要求2所述的角速度传感器,其中,

所述检测梁构成为:使用在扭转变形时降低作用于该检测梁的端部侧的应力的应力降低连接部,分别与所述检测质量部和驱动质量部连接。

4. 根据权利要求1、2或3所述的角速度传感器,其中,

所述连结梁构成为被设置在由所述四个驱动质量部包围的中心部侧。

5. 根据权利要求1、2或3所述的角速度传感器,其中,

所述驱动单元由设置在所述驱动质量部的可动侧驱动电极和与该可动侧驱动电极对置地设置在所述基板上的固定侧驱动电极构成,并且通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,使所述驱动质量部振动。

6. 根据权利要求5所述的角速度传感器,其中,

所述移位检测单元使用在厚度方向上与所述检测质量部对置的固定侧检测电极而构成,

该移位检测单元的固定侧检测电极电连接于设置在所述基板上的检测用连接盘,

所述驱动单元的固定侧驱动电极电连接于设置在所述基板上的驱动用连接盘,

在该驱动用连接盘和检测用连接盘之间,设置用于阻断信号的干扰的屏蔽连接盘。

7. 根据权利要求1、2或3所述的角速度传感器,其中,

所述驱动单元由设置在所述连结梁中的可动侧驱动电极和与该可动侧驱动电极对置地设置在所述基板上的固定侧驱动电极构成,并且通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,使所述连结梁弯曲变形,从而使所述驱动质量部振动。

8. 根据权利要求1、2或3所述的角速度传感器,其中,

在所述驱动质量部的周围,设置用于监视该驱动质量部的振动方向的移位的监视单元,

该监视单元由设置在所述驱动质量部上的可动侧监视电极和与该可动侧监视电极对置地设置在所述基板上的固定侧监视电极构成,并且通过使用可动侧监视电极和固定侧监视电极之间的静电电容,检测所述驱动质量部的移位。

角速度传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及例如适合用于检测两个轴方向的角速度的角速度传感器。

背景技术

[0002] 一般,作为角速度传感器,公知有在基板上具有多个质量部的传感器(例如,参照专利文献1~4)。在专利文献1、2中,公开了在基板上沿着圆周设置四个质量部,并且在圆周方向上相邻的两个质量部彼此朝相反方向振动的构成。此时,在四个质量部振动的状态下,作用了围绕与基板的表面平行的两个轴的角速度时,四个质量部通过科里奥利力(Coriolis force)向基板的垂直方向(厚度方向)进行移位。因此,专利文献1、2的角速度传感器通过检测四个质量部的垂直方向的移位,从而检测围绕两个轴的角速度。

[0003] 在专利文献3中,公开了在基板上沿着Y轴方向并排配置多个质量部,并且使这些多个质量部沿着与Y轴正交的X轴方向振动的构成。而且,专利文献3的角速度传感器构成为:通过在多个质量部振动的状态下,对质量部的基板的垂直方向(Z轴方向)的移位和Y轴方向的移位进行检测,从而检测围绕Y轴的角速度和围绕Z轴的角速度。

[0004] 在专利文献4中,公开了以下构成:配置与XY面平行的基板,并设置从该基板上的支承部开始涡旋状地延伸的多个支承脚部,在该支承脚部的前端沿着圆周方向设置环状振子。此时,构成为:通过在XY面内,以规定的振动模式使环状振子变形振动,并且检测环状振子在Z轴方向(基板的垂直方向)的移位,从而检测围绕X轴的角速度和围绕Y轴的角速度。

[0005] 专利文献1:日本特开平11-183179号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2006-138855号公报

[0007] 专利文献3:日本特开2002-213962号公报

[0008] 专利文献4:日本特表2002-509615号公报

[0009] 但是,专利文献1、2的角速度传感器构成为:通过组合使用四个质量部,从而抑制振动泄漏到基板上。但是,为了防止振动的泄漏,需要使四个质量部的振幅一致。这里,专利文献1、2的角速度传感器构成为四个质量部分别使用独立的弹簧,从而以可振动的方式受到支持。因此,在质量部或弹簧的加工上产生偏差的情况下,质量部以谐振状态振动时,在各个质量部中发生较大的振动差。其结果,存在以下倾向,即质量部的振动会泄漏到基板上,且受到温度变化等而产生偏移(offset)的变动和噪声增加等问题。此外,由于各个质量部的振幅不同,因此由角速度产生的科里奥利力也不同,导致两个轴的检测灵敏度产生偏差。

[0010] 特别是,专利文献1、2的角速度传感器构成为:弹簧在能够向驱动方向和检测方向中的任一个方向移位的状态下,支持质量部。因此,在驱动振动和检测振动之间容易引起耦合(coupling),振动泄漏的影响较大。

[0011] 此外,在专利文献3的角速度传感器中,通过独立地设置驱动振动的弹簧和检测振动的弹簧,从而难以引起驱动振动和检测振动之间的耦合。但是,该角速度传感器没有构

成检测围绕与基板平行的两个轴(X轴和Y轴)的角速度的结构,有时不符合应用对象的要求标准。

[0012] 此外,在专利文献4的角速度传感器中,构成为:弹簧在能够向驱动方向(XY面内方向)和检测方向(Z轴方向)中的任一个方向移位的状态下,支持环状振子。因此,构成为弹簧和环状振子这两者兼用于驱动和检测的结构,所以在驱动振动和检测振动之间容易引起耦合。

[0013] 此外,由于环状振子其本身沿着XY面内方向变形,所以径向的宽度尺寸较细。此时,构成为:使用设置在基板上的检测电极和环状振子之间的静电电容,来检测环状振子的Z轴方向的移位(科里奥利力所产生的移位)。但是,由于环状振子的宽度尺寸较小,所以与检测电极之间的电容变化较小,存在检测精度容易降低的倾向。并且,由于环状振子可沿着XY面内方向和Z轴方向变形,所以其质量较小。其结果,还存在环状振子的谐振频率变高,且角速度的检测灵敏度降低的问题。

发明内容

[0014] 本发明是鉴于上述的现有技术的问题而完成,本发明的目的在于提供一种能够高精度且高灵敏度地检测围绕基板内的两个轴(X轴和Y轴)的角速度的角速度传感器。

[0015] (1)为解决上述的课题,本发明的角速度传感器由以下单元构成:基板;四个驱动质量部,与该基板间隔对置,并且配置在以中心部作为中心的圆周方向的不同位置上,且配置在相对于中心部呈点对称的位置上;连结梁,其相互连结这四个驱动质量部,在这四个驱动质量部朝向与所述基板平行的方向移位时会弯曲变形;四个连接部,以所述中心部作为中心而延伸为放射状,并且分别位于在圆周方向上相邻的两个驱动质量部之间且连接于该连结梁;驱动梁,其分别设置在这四个连接部上,且在所述连结梁弯曲变形时,按照在长度方向上可使各连接部移位的方式支承各连接部;驱动单元,其在圆周方向上相邻的驱动质量部成为相反相位的状态下,使所述四个驱动质量部朝向包围中心部的圆周方向振动;检测质量部,其分别设置在所述四个驱动质量部中;检测梁,其设置在该检测质量部和所述驱动质量部之间,且按照在基板的厚度方向上可使检测质量部移位的方式支承该检测质量部;和移位检测单元,其检测所述检测质量部在所述基板的厚度方向上的移位。

[0016] 根据本发明,由于四个驱动质量部配置在相对于中心部呈点对称的位置上,所以两个驱动质量部夹持中心部而相互对置,并且剩余的两个驱动质量部也夹持中心部而相互对置。此时,两个驱动质量部和剩余的两个驱动质量部配置在互不相同的位置上。因此,例如在基板沿着与X轴和Y轴平行的X-Y平面扩张时,两个驱动质量部沿着经过中心部的一条线(例如X轴)而配置,并且剩余的两个驱动质量部沿着经过中心部的另一条线(例如Y轴)而配置。此外,由于四个驱动质量部沿着包围中心部的圆周方向振动,所以例如沿着X轴配置的两个驱动质量部在Y轴方向上振动,沿着Y轴配置的两个驱动质量部在X轴方向上振动。

[0017] 并且,若围绕X轴的角速度产生作用,则在Y轴方向上振动的驱动质量部中,根据该角速度而产生朝Z轴方向(基板的厚度方向)的科里奥利力。另一方面,若围绕Y轴的角速度产生作用,则在X轴方向上振动的驱动质量部中,根据该角速度而产生朝Z轴方向(基板的厚度方向)的科里奥利力。

[0018] 并且,由于在四个驱动质量部中分别设置可在Z轴方向上移位的检测质量部,所以在Y轴方向上振动的检测质量部根据围绕X轴的角速度而在Z轴方向上移位,在X轴方向上振动的检测质量部根据围绕Y轴的角速度而在Z轴方向上移位。因此,通过使用移位检测单元来检测四个检测质量部在基板的厚度方向上的移位,从而能够检测作用于与基板平行的两个轴周围的角速度。

[0019] 此外,四个驱动质量部成为:配置在相对于中心部呈点对称的位置,并且,使在圆周方向上相邻的驱动质量部成为相反相位的状态下振动。因此,能够固定四个驱动质量部整体的重心位置,并且,能够相互抵消在四个驱动质量部整体中所产生的圆周方向的转矩。此时,连结梁彼此连结四个驱动质量部,所以例如即使在四个驱动质量部中产生了加工偏差,各驱动质量部也能在驱动振幅和相位一致的状态下振动。其结果,能够可靠地减小四个驱动质量部整体的重心位置的变动或转矩,能够抑制驱动质量部的驱动振动泄漏到基板上。

[0020] 此外,驱动质量部使用驱动梁来进行支承,检测质量部使用检测梁来进行支承。因此,能够使用独立的个别的梁(驱动梁和检测梁)来支承驱动质量部和检测质量部,与使用共同的梁来支承的情况相比,能够减小驱动振动和检测振动之间的耦合。因此,在移位检测单元检测出检测质量部的移位而输出了移位检测信号时,在该移位检测信号中不会混入成为噪声信号的驱动振动的成分。其结果,能够相对地减小在角速度信号中包含的噪声信号,并且能够获得SN比良好的角速度信号,能够提高传感器的检测精度。

[0021] 此外,由于驱动质量部和检测质量部本身不需要变形,所以能够增加驱动质量部和检测质量部的质量来降低谐振频率。因此,能够增加由科里奥利力所产生的检测质量部的移位量,并且能够提高角速度的检测灵敏度。进而,能够增加检测质量部的面积。因此,即使在使用与检测质量部在Z轴方向上对置的检测电极来构成移位检测单元的情况下,也能够增加检测质量部在Z轴方向上移位时的静电电容的变化,并且能够提高检测灵敏度。

[0022] 此外,在连结梁上设置以放射状延伸的四个连接部,并且设置以可在长度方向上使各连接部移位的方式支承该各连接部的驱动梁。因此,即使在基板发生畸变的情况下,也能够由驱动梁吸收该畸变,例如能够减轻相对于连结梁的张力的影响。其结果,驱动质量部和检测质量部的谐振频率不易变化,且能够减小特性变动。

[0023] (2) 在本发明中,所述检测梁使用扭转支承梁而形成,该扭转支承梁朝向包围所述中心部的圆周方向延伸,且在所述检测质量部沿基板的厚度方向移位时,该扭转支承梁扭转变形。

[0024] 通过这样构成,能够通过例如在基板的垂直方向上加工硅材料等来形成扭转支承梁,可轻易进行加工。此外,扭转支承梁的弹簧参数与宽度尺寸的三次方成比例地变动,这与驱动梁、连结梁相同。因此,宽度尺寸的加工偏差对驱动模式和检测模式的谐振频率差带来的影响较小,能够减小传感器的灵敏度偏差。

[0025] (3) 在本发明中,所述检测梁构成为:使用在扭转变形时降低作用于该检测梁的端部侧的应力的应力降低连接部,分别与所述检测质量部和驱动质量部连接。

[0026] 这里,例如使用形成为一张细长的板形状的扭转支承梁构成检测梁,并且在固定了该检测梁的两端的情况下,通过作用于固定部分的应力来阻止检测梁的扭转变形。因此,检测梁的厚度尺寸变化时,相对于该厚度尺寸的变化量的谐振频率的变化变大。其结果,存

在以下倾向,即加工偏差对驱动模式和检测模式的谐振频率差带来的影响变大。

[0027] 相对于此,在本发明中,检测梁使用相对于检测梁的长度方向赋予自由度的应力降低连接部,分别与检测质量部和驱动质量部连接。因此,由于检测量扭转变形时,检测梁的端部侧能够在其长度方向上移位,所以能够降低作用于检测量的两端侧的畸变或应力。由此,能够减小厚度尺寸的加工偏差对驱动模式和检测模式的谐振频率差带来的影响,并且能够减小传感器的灵敏度偏差。

[0028] (4) 在本发明中,所述连结梁构成为被设置在由所述四个驱动质量部包围的中心部侧。

[0029] 通过这样构成,能够缩短连结梁的全长,能够提高相对于基板的垂直方向的刚性。因此,能够防止驱动质量部在基板的垂直方向上移位,并且能够降低基于该驱动质量部的移位的噪声。

[0030] (5) 在本发明中,也可以是以下构成:所述驱动单元由设置在所述驱动质量部的可动侧驱动电极和与该可动侧驱动电极对置地设置在所述基板上的固定侧驱动电极构成,并且通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,使所述驱动质量部振动。

[0031] 通过这样构成,能够通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,直接使驱动质量部移位,从而能够使驱动质量部驱动振动。

[0032] (6) 在本发明中,也可以是以下构成:所述移位检测单元使用在厚度方向上与所述检测质量部对置的固定侧检测电极而构成,该移位检测单元的固定侧检测电极电连接于设置在所述基板上的检测用连接盘,所述驱动单元的固定侧驱动电极电连接于设置在所述基板上的驱动用连接盘,在该驱动用连接盘和检测用连接盘之间,设置用于阻断信号的干扰的屏蔽连接盘。

[0033] 通过这样构成,能够使用屏蔽连接盘来阻止驱动用连接盘和检测用连接盘之间的耦合,并且能够切断它们之间的信号的干扰。其结果,在移位检测单元的移位检测信号中不会混入提供给驱动单元的驱动信号,能够提高角速度的检测精度。

[0034] (7) 在本发明中,也可以是以下构成:所述驱动单元由设置在所述连结梁中的可动侧驱动电极和与该可动侧驱动电极对置地设置在所述基板上的固定侧驱动电极构成,并且通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,使所述连结梁弯曲变形,从而使所述驱动质量部振动。

[0035] 根据本发明,由于驱动单元由设置在连结梁中的可动侧驱动电极和设置在基板上的固定侧驱动电极构成,所以能够通过作用于可动侧驱动电极和固定侧驱动电极之间的静电力,使连结梁弯曲变形。由此,能够间接使连接于连结梁的驱动质量部移位,从而能够使驱动质量部驱动振动。

[0036] 此外,由于不需要在驱动质量部的周围设置驱动单元,所以能够通过增大驱动质量部和检测质量部来提高角速度的检测灵敏度。另一方面,能够与无需驱动质量部的周围设置驱动单元的程度相对应地使传感器整体小型化,并能够降低制造成本。

[0037] 此外,例如即使因电容耦合等在驱动单元和移位检测单元之间产生电干扰,也因为能够使该电干扰完全对称且最小化,所以能够减小对于移位检测信号的噪声。

[0038] 进而,由于固定侧驱动电极只要在位于基板的中心部的1处与外部的电路连接即

可,所以能够减少外部连接用的端子。这样,能够使传感器整体小型化,并且能够降低制造成本。

[0039] (8) 在本发明中,也可以在所述驱动质量部的周围,设置用于监视该驱动质量部的振动方向的移位的监视单元,该监视单元由设置在所述驱动质量部上的可动侧监视电极和与该可动侧监视电极对置地设置在所述基板上的固定侧监视电极构成,并且通过使用可动侧监视电极和固定侧监视电极之间的静电电容,检测所述驱动质量部的移位。

[0040] 根据本发明,由于在驱动质量部的周围设置了用于监视该驱动质量部的振动方向的移位的监视单元,所以能够使用监视单元来检测驱动质量部的振动振幅和相位。因此,驱动振动的振荡电路能够将监视单元的输出信号作为参考信号来加以利用,能够实现谐振状态的稳定化。此外,角速度的检测电路也能够将监视单元的输出信号作为参考信号来加以利用,能够根据驱动质量部的振动状态来进行正确的同步检波。

附图说明

[0041] 图 1 是以除去盖板的状态表示本发明的第 1 实施方式的角速度传感器的俯视图。

[0042] 图 2 是扩大表示图 1 中的角速度传感器的主要部位的俯视图。

[0043] 图 3 是从图 1 中的箭头所示的 III-III 方向观察角速度传感器的剖视图。

[0044] 图 4 是以检测质量部沿 Z 轴方向振动的状态表示角速度传感器的与图 3 相同位置的剖视图。

[0045] 图 5 是表示角速度传感器的示意说明图。

[0046] 图 6 是以驱动质量部振动的状态表示角速度传感器的示意说明图。

[0047] 图 7 是表示角速度传感器的振动控制电路、角速度检测电路和加速度检测电路的电路结构图。

[0048] 图 8 是表示基板接合工序的与图 3 相同位置的剖视图。

[0049] 图 9 是表示薄膜化工序的与图 3 相同位置的剖视图。

[0050] 图 10 是表示功能部形成工序的与图 3 相同位置的剖视图。

[0051] 图 11 是表示盖板接合工序的与图 3 相同位置的剖视图。

[0052] 图 12 是扩大表示第 2 实施方式的角速度传感器的主要部位的与图 2 相同位置的俯视图。

[0053] 图 13 是扩大表示图 12 中的振动产生部的俯视图。

[0054] 图 14 是以驱动质量部振动的状态表示第 2 实施方式的角速度传感器的示意说明图。

[0055] 图 15 是扩大表示第 3 实施方式的角速度传感器的主要部位的与图 2 相同位置的俯视图。

[0056] 图 16 是扩大表示图 15 中的检测梁等的俯视图。

[0057] 图 17 是扩大表示第 1 变形例的检测梁等的与图 16 相同位置的俯视图。

[0058] 图 18 是扩大表示第 2 变形例的检测梁等的与图 16 相同位置的俯视图。

[0059] 图 19 是表示第 3 变形例的角速度传感器的示意说明图。

[0060] 图 20 是表示第 4 变形例的角速度传感器的示意说明图。

[0061] 图中:1、91、101、111、121- 角速度传感器;2- 基板;4~7- 驱动质量部;8、112、

122-连结梁;9~12-连接部;13~16-驱动梁;17~20、92、93-振动产生部(驱动单元);21-驱动用连接盘;22~25-检测质量部;26~29、102~105、102'、102''-检测梁;30~33-移位检测部(移位检测单元);34-检测用连接盘;35~38-振动监视部(监视单元);39-监视用连接盘;40-屏蔽连接盘;106~109-L型梁(应力降低连接部);106'-T型梁(应力降低连接部)。

具体实施方式

[0062] 以下,参照附图详细说明本发明的实施方式的角速度传感器。

[0063] 首先,图1至图6示出第1实施方式的角速度传感器1。在图中,角速度传感器1由基板2、驱动质量部4~7、连结梁(coupling beams)8、连接部9~12、驱动梁13~16、振动产生部17~20、检测质量部22~25、检测梁26~29、移位检测部30~33、振动监视部35~38等构成。

[0064] 基板2构成角速度传感器1的基础部分。并且,基板2例如由玻璃材料等形成成为四角形的平板状,在彼此正交的X轴、Y轴和Z轴方向中,例如沿着X轴和Y轴方向水平延伸。

[0065] 此外,在基板2上,例如通过对具有导电性的低电阻的硅材料等施加蚀刻加工,从而形成支承部3、驱动质量部4~7、连结梁8、连接部9~12、驱动梁13~16、驱动用连接盘21、检测质量部22~25、检测梁26~29、检测用连接盘34、振动监视部35~38、监视用连接盘39、屏蔽连接盘40等。

[0066] 支承部3设置在基板2的表面上。此外,将支承部3分别配置在基板2中角落侧的4处。并且,在被四个支承部3所包围的基板2的中央侧部分,以从基板2浮起的状态设置有驱动质量部4~7、检测质量部22~25等。此外,后述的振动产生部17~20的可动侧驱动电极17A~20A、作为移位检测部30~33的可动侧检测电极的检测质量部22~25等经由支承部3而连接于地面。

[0067] 驱动质量部4~7与基板2的表面间隔对置,并配置在相对于中心部(中心点O)呈点对称的位置处。此外,驱动质量部4~7每隔90°以彼此等间隔地配置在包围中心点O的圆周方向上。因此,X轴侧驱动质量部4、5沿着X轴而配置,且夹着中心点O相互对置。另一方面,Y轴侧驱动质量部6、7沿着与轴正交的Y轴而配置,且夹着中心点O相互对置。

[0068] 此外,驱动质量部4~7例如形成为大致五角形的框状。这里,X轴侧驱动质量部4、5中,X轴方向的内侧部位向中心点O突出,随着接近中心点O,宽度尺寸(Y轴方向尺寸)逐渐减小。同样地,Y轴侧驱动质量部6、7中,Y轴方向的内侧部位向中心点O突出,随着接近中心点O,宽度尺寸(X轴方向尺寸)逐渐减小。此外,在驱动质量部4~7的内径侧的突出部分(顶点部分)设置了向中心点O突出的连接用臂部4A~7A。此时,连接用臂部4A~7A具有较高的刚性,使得不会朝X轴、Y轴和Z轴的任一个方向弯曲变形。并且,连接用臂部4A~7A的前端部位构成例如驱动质量部4~7在X-Y平面上振动时的支点。

[0069] 连结梁8形成为包围中心点O的环状,相互连接驱动质量部4~7。具体而言,连结梁8例如形成为大致圆形的细长的框状,X轴方向的两端侧部位和Y轴方向的两端侧部位分别连接于连接用臂部4A~7A的前端。并且,驱动质量部4~7在与基板2呈水平的状态下沿包围中心点O的圆周方向被驱动振动时,连结梁8整体按照成为椭圆形状的方式

弯曲变形（参照图 6）。由此，连结梁 8 按照各个驱动质量部 4～7 的驱动振幅和相位一致的方式进行调整。

[0070] 如图 1 和图 2 所示那样，连接部 9～12 以中心点 0 为中心延伸成放射状，且连接于连结梁 8。此外，连接部 9～12 分别位于在圆周方向上相邻的两个驱动质量部 4～7 之间，且被配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。因此，连接部 9 被配置在驱动质量部 4、6 之间，并且连接部 10 被配置在驱动质量部 5、7 之间，这些连接部 9、10 位于相对于 X 轴倾斜了 45° 的轴线上并相互对置。同样地，连接部 11 被配置在驱动质量部 4、7 之间，并且连接部 12 被配置在驱动质量部 5、6 之间，这些连接部 11、12 位于相对于 X 轴倾斜了 -45° 的轴线上并相互对置。由此，连接部 9、10 和连接部 11、12 彼此正交。并且，连接部 9～12 具有较高的刚性，使得不会向 X 轴、Y 轴、Z 轴的任一个方向弯曲变形。

[0071] 驱动梁 13～16 分别被设置在连接部 9～12 的前端，对连接部 9～12 和支承部 3 之间进行连接。这里，驱动梁 13～16 例如通过将 2 根折叠的梁相互对置地配置而构成，形成为沿着与连接部 9～12 正交的方向延伸的细长的框状。并且，驱动梁 13～16 在连接部 9～12 沿长度方向移位时，按照框内的空间扩大、缩小的方式弯曲变形。由此，驱动梁 13～16 在连结梁 8 弯曲变形时，以沿着长度方向可移位的方式支持各连接部 9～12。

[0072] 振动产生部 17～20 构成对驱动质量部 4～7 分别进行驱动振动的驱动单元。并且，振动产生部 17～20 由安装在驱动质量部 4～7 的外径侧的可动侧驱动电极 17A～20A 和安装在基板 2 上的驱动用连接盘 21 的固定侧驱动电极 17B～20B 构成。

[0073] 这里，可动侧驱动电极 17A 例如由两个梳齿状电极构成，这两个梳齿状电极从驱动质量部 4 朝向将中心点 0 作为中心的径向外侧，以放射状延伸，在该梳齿状电极中沿着长度方向间隔配置有多个电极板。并且，可动侧驱动电极 17A 配置在驱动质量部 4 中 Y 轴方向的一侧。

[0074] 此外，可动侧驱动电极 18A 也与可动侧驱动电极 17A 相同地，例如由两个梳齿状电极构成，这两个梳齿状电极从驱动质量部 5 朝向将中心点 0 作为中心的径向外侧，且以放射状延伸。其中，可动侧驱动电极 18A 配置在驱动质量部 5 中 Y 轴方向的另一侧。由此，可动侧驱动电极 17A 和可动侧驱动电极 18A 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。

[0075] 另一方面，可动侧驱动电极 19A 例如由两个梳齿状电极构成，这两个梳齿状电极从驱动质量部 6 朝向将中心点 0 作为中心的径向外侧，且以放射状延伸，在该梳齿状电极中沿着长度方向间隔配置有多个电极板。并且，可动侧驱动电极 19A 配置在驱动质量部 6 中 X 轴方向的一侧。

[0076] 此外，可动侧驱动电极 20A 也与可动侧驱动电极 19A 相同地，例如由两个梳齿状电极构成，这两个梳齿状电极从驱动质量部 7 朝向将中心点 0 作为中心的径向外侧，且以放射状延伸。其中，可动侧驱动电极 20A 配置在驱动质量部 7 中 X 轴方向的另一侧。由此，可动侧驱动电极 19A 和可动侧驱动电极 20A 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。

[0077] 此外，固定侧驱动电极 17B～20B 由梳齿状电极构成，该梳齿状电极在与可动侧驱动电极 17A～20A 平行的状态下，朝向径向外侧延伸。并且，可动侧驱动电极 17A～20A 的电极板与固定侧驱动电极 17B～20B 的电极板彼此间隔啮合。

[0078] 并且，固定侧驱动电极 17B～20B 分别安装在基板 2 上固定的四个驱动用连接盘 21 上，且电连接。此时，四个驱动用连接盘 21 例如设置在夹持连接于驱动梁 15、16 的支承部

3 的位置,配置在支承部 3 的宽度方向(圆周方向)的两侧。这样,固定侧驱动电极 17B ~ 20B 和驱动用连接盘 21 也与可动侧驱动电极 17A ~ 20A 同样地,配置在相对于中心点 0 成点对称的位置上。

[0079] 并且,若对固定侧驱动电极 17B、18B 施加相同的驱动信号(电压信号等),则在可动侧驱动电极 17A、18A 和固定侧驱动电极 17B、18B 之间,沿着 Y 轴产生彼此相反方向的驱动力 F_1 、 F_2 (静电力)。由此,驱动质量部 4、5 以相互相反相位在 Y 轴方向上振动。

[0080] 另一方面,若对固定侧驱动电极 19B、20B 施加相同的驱动信号(电压信号等),则在可动侧驱动电极 19A、20A 和固定侧驱动电极 19B、20B 之间,沿着 X 轴产生彼此相反方向的驱动力 F_3 、 F_4 (静电力)。由此,驱动质量部 6、7 以相互相反相位在 X 轴方向上振动。

[0081] 进而,振动产生部 17 ~ 20 在圆周方向上相邻的驱动质量部 4 ~ 7 成为相反相位的状态下,使四个驱动质量部 4 ~ 7 朝向包围中心部的圆周方向振动。因此,驱动质量部 4、6 接近时,剩余的驱动质量部 5、7 彼此接近,驱动质量部 4、6 和驱动质量部 5、7 彼此远离。另一方面,驱动质量部 4、7 接近时,剩余的驱动质量部 5、6 彼此接近,驱动质量部 4、7 和驱动质量部 5、6 彼此远离。

[0082] 检测质量部 22 ~ 25 位于驱动质量部 4 ~ 7 的内部,从而分别被设置在驱动质量部 4 ~ 7 中。此外,检测质量部 22 ~ 25 形成为与驱动质量部 4 ~ 7 相似的大致五角形的板状。并且,检测质量部 22 ~ 25 包括朝径向外侧突出的连接用突出部 22A ~ 25A。并且,检测质量部 22 ~ 25 经由连接用突出部 22A ~ 25A 和后述的检测梁 26 ~ 29 连接于驱动质量部 4 ~ 7,且与基板 2 的表面间隔对置。

[0083] 检测梁 26 ~ 29 位于比检测质量部 22 ~ 25 更靠向径向外侧处,从而被设置在检测质量部 22 ~ 25 和驱动质量部 4 ~ 7 之间,且以能够在基板 2 的厚度方向上移位的方式支承检测质量部 22 ~ 25。此外,检测梁 26 ~ 29 使用扭转支承梁而形成,该扭转支承梁朝包围中心点 0 的圆周方向延伸,且在检测质量部 22 ~ 25 沿基板 2 的厚度方向移位时会扭转变形。具体而言,检测梁 26 ~ 29 由具有宽度尺寸 δ 并沿着直线状延伸的细长的板状的梁形成。

[0084] 并且,检测梁 26、27 位于驱动质量部 4、5 内,且沿着 Y 轴方向延伸,在长度方向的中央部分安装了检测质量部 22、23 的连接用突出部 22A、23A。此外,检测梁 28、29 位于驱动质量部 6、7 内,且沿着 X 轴方向延伸,在长度方向的中央部分安装了检测质量部 24、25 的连接用突出部 24A、25A。由此,检测质量部 22 ~ 25 其接近中心点 0 的径向内侧部分成为自由端,所以检测梁 26 ~ 29 以悬臂状态支承检测质量部 22 ~ 25。

[0085] 并且,作用了围绕 X 轴的角速度 Ω_1 时,在 Y 轴方向上振动的驱动质量部 4、5 中,根据角速度 Ω_1 而产生朝向 Z 轴方向(基板 2 的厚度方向)的科里奥利力 F_x 。此时,检测梁 26、27 以能够在 Z 轴方向上移位的方式支承检测质量部 22、23,所以检测质量部 22、23 根据角速度 Ω_1 而在 Z 轴方向上振动。

[0086] 另一方面,作用了围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 时,在 X 轴方向上振动的驱动质量部 6、7 中,根据角速度 Ω_2 而产生朝向 Z 轴方向(基板的厚度方向)的科里奥利力 F_y 。此时,检测梁 28、29 以能够在 Z 轴方向上移位的方式支承检测质量部 24、25,所以检测质量部 24、25 根据角速度 Ω_2 而在向 Z 轴方向上振动。

[0087] 移位检测部 30 ~ 33 构成用于检测检测质量部 22 ~ 25 在基板 2 的厚度方向上

移位的移位检测单元。此外,移位检测部 30 ~ 33 通过作为可动侧检测电极的检测质量部 22 ~ 25、以及设置在基板 2 上的例如由导体薄膜形成的固定侧检测电极 30A ~ 33A 而构成。这里,检测质量部 22 ~ 25 和固定侧检测电极 30A ~ 33A 在 Z 轴方向上相互对置。

[0088] 此外,固定侧检测电极 30A ~ 33A 分别安装于固定在基板 2 上的四个检测用连接盘 34,且被电连接。此时,四个检测用连接盘 34 配置在驱动质量部 4 ~ 7 的径向外侧。由此,固定侧检测电极 30A ~ 33A 和检测用连接盘 34 也与检测质量部 22 ~ 25 同样地配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。

[0089] 并且,在检测质量部 22 ~ 24 在 Z 轴方向上振动时,检测质量部 22 ~ 25 和固定侧检测电极 30A ~ 33A 之间的距离会变化。由此,检测质量部 22 ~ 25 和固定侧检测电极 30A ~ 33A 之间的静电电容 $Cs1 \sim Cs4$ 也会变化。因此,移位检测部 30 ~ 33 根据检测质量部 22 ~ 25 和固定侧检测电极 30A ~ 33A 之间的静电电容 $Cs1 \sim Cs4$ 的变化来检测检测质量部 22 ~ 25 在 Z 轴方向上的移位量。

[0090] 振动监视部 35 ~ 38 构成用于检测驱动质量部 4 ~ 7 的振动方向的移位的监视单元。并且,振动监视部 35 ~ 38 由安装在驱动质量部 4 ~ 7 的外径侧的可动侧监视电极 35A ~ 38A、以及安装在基板 2 上的监视用连接盘 39 的固定侧监视电极 35B ~ 38B 构成。

[0091] 这里,可动侧监视电极 35A ~ 38A 与振动产生部 17 ~ 20 的可动侧驱动电极 17A ~ 20A 大致相同地,由从驱动质量部 4 ~ 7 朝向径向外侧以放射状延伸的两个梳齿状电极构成。其中,可动侧监视电极 35A、36A 夹持驱动质量部 4、5 而配置在可动侧驱动电极 17A、18A 的 Y 轴方向的相反侧。同样地,可动侧监视电极 37A、38A 夹持驱动质量部 6、7 而配置在可动侧驱动电极 19A、20A 的 X 轴方向的相反侧。

[0092] 此外,固定侧监视电极 35B ~ 38B 由在与可动侧监视电极 35A ~ 38A 平行的状态下朝向径向外侧延伸的梳齿状电极构成。并且,可动侧监视电极 35A ~ 38A 的电极板与固定侧监视电极 35B ~ 38B 的电极板相互间隔啮合。

[0093] 此外,固定侧监视电极 35B ~ 38B 分别安装于固定在基板 2 上的四个监视用连接盘 39,且被电连接。此时,四个监视用连接盘 39 例如设置在夹持连接于驱动梁 13、14 的支承部 3 的位置处,且配置在支承部 3 的宽度方向(圆周方向)的两侧。并且,可动侧监视电极 35A ~ 38A、固定侧监视电极 35B ~ 38B 以及监视用连接盘 39 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。

[0094] 这里,驱动质量部 4、5 在 Y 轴方向上移位时,可动侧监视电极 35A、36A 和固定侧监视电极 35B、36B 之间的静电电容 $Cm1$ 、 $Cm2$ 会变化。此外,驱动质量部 6、7 在 X 轴方向上移位时,可动侧监视电极 37A、38A 和固定侧监视电极 37B、38B 之间的静电电容 $Cm3$ 、 $Cm4$ 会变化。因此,振动监视部 35 ~ 38 根据该静电电容 $Cm1 \sim Cm4$ 的变化,来监视驱动质量部 4 ~ 7 的振动状态。

[0095] 另外,在圆周方向上相邻的驱动质量部 4 ~ 7 成为相反相位的状态下四个驱动质量部 4 ~ 7 振动时,振动监视部 35 ~ 38 的静电电容 $Cm1 \sim Cm4$ 同步地变化。

[0096] 屏蔽连接盘 40 位于四个检测用连接盘 34 的圆周方向的两侧,在基板 2 上共设置有 8 个该屏蔽连接盘 40。这里,各屏蔽连接盘 40 配置在驱动用连接盘 21 和检测用连接盘 34 之间,且配置在监视用连接盘 39 和检测用连接盘 34 之间。此外,8 个屏蔽连接盘 40 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处。

[0097] 并且,屏蔽连接盘 40 设置为与连接盘 21、34、39 电绝缘的状态,例如被接地。由此,屏蔽连接盘 40 电屏蔽(阻断)检测用连接盘 34 的周围,防止驱动用连接盘 21 侧的驱动信号和监视用连接盘 39 的监视信号对检测用连接盘 34 的移位检测信号造成干扰。

[0098] 盖板 41 例如由玻璃材料等形成为四角形的板状,且使用阳极接合等方法而接合在支承部 3、驱动用连接盘 21、检测用连接盘 34、监视用连接盘 39 以及屏蔽连接盘 40 上。此外,盖板 41 在与检测质量部 22 ~ 25 等的对置面(背面),形成有以四角形状凹陷的空腔(cavity)41A。并且,空腔 41A 设置在与驱动质量部 4 ~ 7、连结梁 8、连接部 9 ~ 12、驱动梁 13 ~ 16、检测质量部 22 ~ 25、检测梁 26 ~ 29、振动产生部 17 ~ 20 以及振动监视部 35 ~ 38 对置的位置处。由此,驱动质量部 4 ~ 7、检测质量部 22 ~ 25 能够振动移位而不会与盖板 41 接触。

[0099] 并且,盖板 41 中,贯穿厚度方向而形成有多个通孔 42。此时,通孔 42 分别形成在与支承部 3 和各个连接盘 21、34、39、40 相对应的位置处。由此,支承部 3 等通过通孔 42 而连接在设置于盖板 41 上的外部电极(未图示)上。因此,振动产生部 17 ~ 20、移位检测部 30 ~ 33 以及振动监视部 35 ~ 38 可通过外部电极而连接于后述的振动控制电路 51 和角速度检测电路 61 等。

[0100] 接着,参照图 7 说明用于控制驱动质量部 4 ~ 7 的振动状态的振动控制电路 51。振动控制电路 51 使用由振动监视部 35 ~ 38 产生的监视信号 V_m ,对输出到振动产生部 17 ~ 20 的驱动信号 V_d 进行控制。并且,振动控制电路 51 由 C-V 转换电路 52、放大器 53、AGC 电路 54、驱动信号产生电路 55 等构成。

[0101] C-V 转换电路 52 连接在振动监视部 35 ~ 38 的输出侧。并且,C-V 转换电路 52 将振动监视部 35 ~ 38 的静电电容 $C_{m1} \sim C_{m4}$ 的变化转换为电压变化,并将这些电压变化作为监视信号 V_m 而输出。并且,由连接在 C-V 转换电路 52 的输出侧的放大器 53 放大该监视信号 V_m ,并向 AGC 电路 54 输出该监视信号 V_m 。

[0102] AGC 电路 54 的输出侧连接于输出驱动信号 V_d 的驱动信号产生电路 55。并且,AGC 电路 54 按照监视信号 V_m 成为固定的方式调整增益。此外,驱动信号产生电路 55 经由放大器 56 而连接于振动产生部 17 ~ 20。由此,驱动信号产生电路 55 将驱动信号 V_d 分别输入至振动产生部 17 ~ 20,振动产生部 17 ~ 20 以在圆周方向上相邻的驱动质量部 4 ~ 7 彼此成为相反相位的状态使驱动质量部 4 ~ 7 振动。

[0103] 接着,说明用于检测围绕两个轴(围绕 X 轴和 Y 轴)的角速度 Ω_1 、 Ω_2 的角速度检测电路 61(角速度检测单元)。角速度检测电路 61 使用由振动监视部 35 ~ 38 产生的监视信号 V_m ,对由移位检测部 30 ~ 33 产生的移位检测信号 V_x 、 V_y 进行同步检波,并检测作用于驱动质量部 4 ~ 7 的角速度 Ω_1 、 Ω_2 。并且,角速度检测电路 61 例如由 C-V 转换电路 62 ~ 65、差动放大器 66、70、同步检波电路 67、71 等构成。

[0104] C-V 转换电路 62 ~ 65 将移位检测部 30 ~ 33 的静电电容 C_{s1} 、 C_{s2} 、 C_{s3} 、 C_{s4} 的变化转换为电压变化,并将这些电压变化作为预备性的移位检测信号 V_{s1} 、 V_{s2} 、 V_{s3} 、 V_{s4} 而分别输出。

[0105] 这里,在相邻的驱动质量部 4 ~ 7 彼此以相反相位振动的状态下,作用围绕 X 轴的角速度 Ω_1 时,检测质量部 22、23 彼此以相反相位在 Z 轴方向上移位。此时,预备性的移位检测信号 V_{s1} 和移位检测信号 V_{s2} 彼此成为相反相位。

[0106] 因此,差动放大器 66 连接在 C-V 转换电路 62、63 的输出侧,并根据这些预备性的移位检测信号 V_{s1} 、 V_{s2} 之差运算最终的移位检测信号 V_x 。

[0107] 同步检波电路 67 的输入侧连接于差动放大器 66,且经由移相电路 57 而连接于 AGC 电路 54。此外,在同步检波电路 67 的输出侧连接有助于取出角速度信号的低通滤波器 (LPF) 68,并且在 LPF68 的输出侧连接有助于调整增益和偏移的调整电路 69。这里,移相电路 57 输出使经由 AGC 电路 54 的监视信号 V_m 的相位偏移 90° 的移相信号 V_m' 。由此,同步检波电路 67 根据移位检测信号 V_x 且使用移相信号 V_m' 进行同步检波,并经由 LPF68、调整电路 69 而输出对应于围绕 X 轴的角速度 Ω_1 的角速度信号。

[0108] 另一方面,在相邻的驱动质量部 4 ~ 7 彼此以相反相位振动的状态下,作用围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 时,检测质量部 24、25 彼此以相反相位在 Z 轴方向上移位。此时,预备性的移位检测信号 V_{s3} 和移位检测信号 V_{s4} 彼此成为相反相位。

[0109] 因此,差动放大器 70 连接于 C-V 转换电路 64、65 的输出侧,并根据这些预备性的移位检测信号 V_{s3} 、 V_{s4} 之差运算最终的移位检测信号 V_y 。由此,同步检波电路 71 与同步检波电路 67 同样地根据移位检测信号 V_y 且使用移相信号 V_m' 来进行同步检波,并经由 LPF72、调整电路 73 而输出对应于围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 的角速度信号。

[0110] 接着,基于图 8 至图 11,说明本实施方式的角速度传感器 1 的制造方法。

[0111] 在图 8 所示的基板接合工序中,预先对硅基板 81 的背面实施蚀刻 (etching) 处理,从而形成中央部分凹陷的大致四角形或圆形的凹陷部 82。另一方面,在成为基板 2 的玻璃基板 83 的表面的中央侧,使用溅射 (sputter) 等方法形成由导体薄膜构成的四个固定侧检测电极 30A ~ 33A。之后,例如使用阳极接合等接合方法,在玻璃基板 83 的表面接合硅基板 81 的背面。此时,固定侧检测电极 30A ~ 33A 配置在凹陷部 82 的内侧。

[0112] 接着,在图 9 所示的薄膜化工序中,研磨硅基板 81 的表面侧而形成厚度尺寸较薄的硅层 84。此时,硅层 84 的外缘侧接合在玻璃基板 83 上。此外,硅层 84 中与凹陷部 82 相对应的薄壁部 84A 与玻璃基板 83 间隔分离。

[0113] 接着,在图 10 所示的功能部形成工序中,实施蚀刻处理,在硅层 84 中与薄壁部 84A 相对应的位置上形成驱动质量部 4 ~ 7、连结梁 8、连接部 9 ~ 12、驱动梁 13 ~ 16、振动产生部 17 ~ 20、检测质量部 22 ~ 25、检测梁 26 ~ 29、振动监视部 35 ~ 38。此外,在硅层 84 的外缘侧形成支承部 3、驱动用连接盘 21、检测用连接盘 34、监视用连接盘 39、屏蔽连接盘 40。此时,为构成移位检测部 30 ~ 33,检测质量部 22 ~ 25 形成在与固定侧检测电极 30A ~ 33A 对置的位置处。

[0114] 此外,在驱动用连接盘 21 上连接振动产生部 17 ~ 20 的固定侧驱动电极 17B ~ 20B,在检测用连接盘 34 上连接移位检测部 30 ~ 33 的固定侧检测电极 30A ~ 33A,在监视用连接盘 39 上连接振动监视部 35 ~ 38 的固定侧监视电极 35B ~ 38B。

[0115] 接着,在图 11 所示的盖板接合工序中,在成为盖板 41 的玻璃板 85 的背面侧,预先形成构成空腔 41A 的凹陷部 86。此时,凹陷部 86 形成在与驱动质量部 4 ~ 7、连结梁 8、连接部 9 ~ 12、驱动梁 13 ~ 16、振动产生部 17 ~ 20、检测质量部 22 ~ 25、检测梁 26 ~ 29、振动监视部 35 ~ 38 等对置的位置处。

[0116] 并且,例如使用阳极接合等接合方法,在硅层 84 的表面接合玻璃基板 85 的背面。由此,玻璃基板 85 的外缘侧接合在支承部 3 和各连接盘 21、34、39、40 上。另外,固定侧检

测电极 30A ~ 33A 也可以不形成在玻璃基板 83 上,而是形成在玻璃基板 85(盖板 41)上。

[0117] 接着,在电极形成工序中,对盖板 41 施加喷砂(sand blast)等开孔加工处理,从而形成通孔 42。此时,通孔 42 分别形成在与支承部 3 和各连接盘 21、34、39、40 相对应的位置上。最后,在盖板 41 的表面设置用于与外部的电路连接的外部电极(未图示)。并且,外部电极通过设置在通孔 42 的内面上的导体膜,电连接在支承部 3 和各连接盘 21、34、39、40 上。由此,完成图 1 至图 6 所示的角速度传感器 1。并且,振动产生部 17 ~ 20、移位检测部 30 ~ 33 以及振动监视部 35 ~ 38 通过外部电极连接于振动控制电路 51 和角速度检测电路 61 等。

[0118] 另外,通孔 42 也可以形成在玻璃基板 83 侧。优选在玻璃基板 83、85 中形成有固定侧检测电极 30A ~ 33A 的基板上加工通孔 42。由于形成有通孔的玻璃基板的表面形成薄膜布线等,所以隔着玻璃基板看不到内部。由于形成有固定侧检测电极的面因固定侧检测电极而根本看不到内部,所以在制造上优选能够从相反侧观察内部的方式。

[0119] 第 1 实施方式的角速度传感器 1 具有如上所述的构成,因此接着说明该角速度传感器 1 的动作。

[0120] 首先,说明检测围绕 X 轴的角速度 $\Omega 1$ 的情况。若从外部的振动控制电路 51 将驱动信号 Vd 输入至驱动用连接盘 21,则驱动信号 Vd 施加于振动产生部 17 ~ 20 的固定侧驱动电极 17B ~ 20B。由此,对驱动质量部 4、5 作用 Y 轴方向的静电引力,驱动质量部 4、5 在 Y 轴方向上振动。另一方面,对驱动质量部 6、7 作用 Z 轴方向的静电引力,驱动质量部 6、7 在 X 轴方向上振动。并且,在圆周方向上相邻的驱动质量部 4 ~ 7 彼此以相反相位振动。

[0121] 若在驱动质量部 4 ~ 7 振动的状态下作用围绕 X 轴的角速度 $\Omega 1$,则对在 Y 轴方向上振动的驱动质量部 4、5 根据角速度 $\Omega 1$ 而作用以下的式 1 所示的科里奥利力 F_x 。另一方面,科里奥利力不作用于在 X 轴方向上振动的驱动质量部 6、7。由此,检测质量部 22、23 通过科里奥利力 F_x 而在 Z 轴方向上移位,并根据角速度 $\Omega 1$ 而振动。

[0122] 【式 1】

$$[0123] \quad F_x = 2 \times M \times \Omega 1 \times v$$

[0124] 其中, M :驱动质量部 4、5 以及检测质量部 22、23 的质量 ;

[0125] $\Omega 1$:围绕 X 轴的角速度 ;

[0126] v :驱动质量部 4、5 的 Y 轴方向的速度。

[0127] 因此,移位检测部 30、31 根据检测质量部 22、23 的 Z 轴方向的移位,对检测质量部 22、23 和固定侧检测电极 30A、31A 之间的静电电容 Cs1、Cs2 的变化进行检测。此时,角速度检测电路 61 的 C-V 转换电路 62、63 将静电电容 Cs1、Cs2 的变化转换为预备性的移位检测信号 Vs1、Vs2。然后,差动放大器 66 基于移位检测信号 Vs1、Vs2 之差,输出对应于围绕 X 轴的角速度 $\Omega 1$ 的最终移位检测信号 Vx。同步检波电路 67 根据移位检测信号 Vx,对与移相信号 Vm' 同步的信号进行检波。由此,角速度检测电路 61 输出对应于围绕 X 轴的角速度 $\Omega 1$ 的角速度信号。

[0128] 接着,说明检测围绕 Y 轴的角速度 $\Omega 2$ 的情况。从外部的振动控制电路 51 将驱动信号 Vd 输入至驱动用连接盘 21,使驱动质量部 4 ~ 7 振动。若在该振动状态下作用围绕 Y 轴的角速度 $\Omega 2$,则对在 X 轴方向上振动的驱动质量部 6、7 根据角速度 $\Omega 2$ 而作用以下的式 2 所示的科里奥利力 F_y 。另一方面,科里奥利力不作用于在 Y 轴方向上振动的驱动质量部

4、5。由此,检测质量部 24、25 通过科里奥利力 F_y 而在 Z 轴方向上移位,并根据角速度 Ω_2 而振动。

[0129] 【式 2】

$$F_x = 2 \times M \times \Omega_2 \times v$$

[0131] 其中, M :驱动质量部 6、7 以及检测质量部 24、25 的质量;

[0132] Ω_2 :围绕 Y 轴的角速度;

[0133] v :驱动质量部 6、7 的 X 轴方向的速度。

[0134] 因此,移位检测部 32、33 根据检测质量部 24、25 的 Z 轴方向的移位,改变检测质量部 24、25 和固定侧检测电极 32A、33A 之间的静电电容 C_{s3} 、 C_{s4} 的变化。此时,角速度检测电路 61 的 C-V 转换电路 64、65 将静电电容 C_{s3} 、 C_{s4} 的变化转换为移位检测信号 V_{s3} 、 V_{s4} 。然后,差动放大器 70 基于移位检测信号 V_{s3} 、 V_{s4} 之差,输出对应于围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 的移位检测信号 V_y 。同步检波电路 71 根据移位检测信号 V_y ,对与移相信号 V_m' 同步的信号进行检波。由此,角速度检测电路 61 输出对应于围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 的角速度信号。

[0135] 综上所述,在本实施方式中,由于四个驱动质量部 4~7 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处,所以两个驱动质量部 4、5 可以夹着中心点 0 配置在 X 轴方向的两侧,两个驱动质量部 6、7 可以夹着中心点 0 配置在 Y 轴方向的两侧。此外,在圆周方向上相邻的驱动质量部 4~7 彼此以相反相位振动。

[0136] 由此,围绕 X 轴的角速度 Ω_1 作用时,能够使在 Y 轴方向上振动的驱动质量部 4、5 产生朝向 Z 轴方向的科里奥利力 F_x 。因此,角速度 Ω_1 作用时,检测质量部 22、23 在 Z 轴方向上移位并振动。因此,通过使用移位检测部 30、31 来检测该振动,能够检测围绕 X 轴的角速度 Ω_1 。

[0137] 另一方面,围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 作用时,能够使在 X 轴方向上振动的驱动质量部 6、7 产生朝向 Z 轴方向的科里奥利力 F_y 。因此,角速度 Ω_2 作用时,检测质量部 24、25 在 Z 轴方向上移位并振动。因此,通过使用移位检测部 32、33 来检测该振动,能够检测围绕 Y 轴的角速度 Ω_2 。由此,使用单一的角速度传感器 1,能够检测作用于与基板 2 平行的两个轴(X 轴和 Y 轴)周围的角速度 Ω_1 、 Ω_2 。

[0138] 此外,四个驱动质量部 4~7 配置在相对于中心点 0 呈点对称的位置处,所以构成为使在圆周方向相邻的驱动质量部 4~7 反方向(相反相位)振动的结构。因此,能够固定四个驱动质量部 4~7 整体的重心位置,并且能够抵消在四个驱动质量部 4~7 整体中产生的圆周方向的转矩(旋转力矩)。此时,由于连结梁 8 彼此连结四个驱动质量部 4~7,所以例如,即使在四个驱动质量部 4~7 中产生了加工偏差,各驱动质量部 4~7 也会以驱动振幅和相位一致的状态振动。其结果,能够可靠地减小四个驱动质量部 4~7 整体的重心位置的变动或转矩,驱动质量部 4~7 的驱动振动不会泄漏到基板 2 等中。由此,角速度信号的偏移输出变得稳定。

[0139] 此外,使用驱动梁 13~16 来支承驱动质量部 4~7,使用检测梁 26~29 来支承检测质量部 22~25。因此,能够使用独立的个别梁(驱动梁 13~16 和检测梁 26~29)来支承驱动质量部 4~7 和检测质量部 22~25,与使用共同的梁来支承的情况相比,能够减小驱动振动和检测振动之间的耦合。因此,在移位检测部 30~33 检测出检测质量部 22~25 的移位而输出了预备性的移位检测信号 V_{s1} ~ V_{s4} 时,在该移位检测信号 V_{s1} ~

Vs4 中不会混入成为噪声信号的驱动振动的成分。其结果,例如直接对移位检测信号 Vs1 ~ Vs4 进行放大时,或者使用差动放大器 66、70 来进行差动放大时,增益都不会因噪声信号而饱和。因此,由于能够提高同步检波之前的初始阶段的放大率,所以能够相对地减小角速度信号中包含的噪声信号,并且能够获得 SN 比良好的角速度信号,能够提高角速度传感器 1 的检测精度。

[0140] 进而,成为可动部的驱动质量部 4 ~ 7、连结梁 8、连接部 9 ~ 12、驱动梁 13 ~ 16、检测质量部 22 ~ 25 等构成相对于中心点 0 呈点对称的形状,并且夹着中心点 0 而配置在对称的位置处,从而驱动质量部 4、6 和驱动质量部 5、7 彼此朝相反方向振动。因此,作用了角速度 $\Omega 1$ 、 $\Omega 2$ 时,检测质量部 22、24 和检测质量部 23、25 在 Z 轴方向上彼此朝相反方向移位。相对于此,即使加速度作用于基板 2 的垂直方向 (Z 轴方向),并且检测质量部 22 ~ 25 在 Z 轴方向上移位,该移位所引起的移位检测部 30 ~ 33 的静电电容 Cs1 ~ Cs4 的变化都会成为相同值。因此,通过对移位检测部 30 ~ 33 的移位检测信号 Vs1 ~ Vs4 进行差动检测,能够从角速度信号中消除加速度引起的成分。

[0141] 此外,由于驱动质量部 4 ~ 7 和检测质量部 22 ~ 25 本身无需变形,所以能够增加驱动质量部 4 ~ 7 和检测质量部 22 ~ 25 的质量来降低谐振频率。因此,能够增大科里奥利力 F_x 、 F_y 所引起的检测质量部 22 ~ 25 的移位量,并且能够提高角速度 $\Omega 1$ 、 $\Omega 2$ 的检测灵敏度。进而,能够增加检测质量部 22 ~ 25 的面积。因此,即使在使用与检测质量部 22 ~ 25 在 Z 轴方向上对置的固定侧检测电极 30A ~ 33A 构成了移位检测部 30 ~ 33 的情况下,也能够增加检测质量部 22 ~ 25 在 Z 轴方向上移位时的静电电容 Cs1 ~ Cs4 的变化,并能够提高检测灵敏度。

[0142] 此外,在连结梁 8 上设置以放射状延伸的四个连接部 9 ~ 12,并且设置按照可以沿长度方向移位的方式支承各连接部 9 ~ 12 的驱动梁 13 ~ 16。因此,即使基板 2 中产生畸变,也能够由驱动梁 13 ~ 16 吸收该畸变,例如能够减轻对于连结梁 8 的张力的影响。其结果,驱动质量部 4 ~ 7 和检测质量部 22 ~ 25 的谐振频率不易产生变化,能够减小特性变动,并且能够使角速度传感器 1 的输出稳定化。

[0143] 此外,在第 1 实施方式中,检测梁 26 ~ 29 使用检测质量部 22 ~ 25 沿基板 2 的厚度方向移位时会扭转变形的扭转支承梁而形成。因此,例如,能够通过基板 2 的垂直方向上加工硅材料等来形成扭转支承梁,且能够容易地进行加工。此外,由于扭转支承梁使用宽度尺寸小的细长的直线状的梁而形成,所以存在以下倾向,即检测梁 26 ~ 29 的宽度尺寸 δ 容易产生偏差。

[0144] 假设即使宽度尺寸 δ 产生了偏差,则由于决定驱动质量部 4 ~ 7 的谐振频率的连结梁 8 和驱动梁 13 ~ 16 都使用同样细长的梁而形成,所以连结梁 8、驱动梁 13 ~ 16 以及检测梁 26 ~ 29 的宽度尺寸一起增加或减小。其结果,由于连结梁 8、驱动梁 13 ~ 16 以及检测梁 26 ~ 29 的弹簧参数一起变化,所以驱动振动的谐振频率和检测振动的谐振频率一起变动。由此,在驱动振动和检测振动之间谐振频率之差不会扩大,所以能够防止基于加工偏差的检测灵敏度的降低。

[0145] 此外,由于驱动质量部 4 ~ 7 以圆周形状排列而配置,所以与径向外侧相比,在径向内侧,驱动质量部 4 ~ 7 的圆周方向的长度尺寸变小。此时,由于检测梁 26 ~ 29 配置在驱动质量部 4 ~ 7 中的径向外侧,所以与配置在径向内侧的情况相比,能够增大在圆周方

向上延伸的长度尺寸。因此,能够增加检测梁 26 ~ 29 的设计自由度。

[0146] 此外,检测梁 26 ~ 29 使用连接用突出部 22A ~ 25A 而连接于检测质量部 22 ~ 25 的径向外侧。因此,即使在通过驱动振动而向检测质量部 22 ~ 25 的径向外侧作用较大的驱动转矩时,也能够使用检测梁 26 ~ 29 来使检测质量部 22 ~ 25 和驱动质量部 4 ~ 7 一起驱动振动。

[0147] 此外,连结梁 8 设置在被四个驱动质量部 4 ~ 7 包围的中心点 O 侧,所以能够缩短连结梁 8 的全长,并能够提高相对于基板 2 的垂直方向(Z 轴方向)的刚性。因此,能够防止驱动质量部 4 ~ 7 和检测质量部 22 ~ 25 沿基板 2 的垂直方向移位,并且能够降低基于该质量部 4 ~ 7、22 ~ 25 的移位的噪声。

[0148] 此外,由于振动产生部 17 ~ 20 由设置在驱动质量部 4 ~ 7 中的可动侧驱动电极 17A ~ 20A 和设置在基板 2 上的固定侧驱动电极 17B ~ 20B 构成,所以能够通过作用于可动侧驱动电极 17A ~ 20A 和固定侧驱动电极 17B ~ 20B 之间的静电力,直接使驱动质量部 4 ~ 7 移位,从而能够使驱动质量部 4 ~ 7 驱动振动。

[0149] 此外,将移位检测部 30 ~ 33 的固定侧检测电极 30A ~ 33A 电连接于检测用连接盘 34,将振动产生部 17 ~ 20 的固定侧驱动电极 17B ~ 20B 电连接于驱动用连接盘 21,并且,在驱动用连接盘 21 和检测用连接盘 34 之间设置屏蔽连接盘 40。因此,能够使用屏蔽连接盘 40 来阻止驱动用连接盘 21 和检测用连接盘 34 之间的耦合,并且能够阻断它们之间的信号的干扰。其结果,在基于移位检测部 30 ~ 33 的移位检测信号 $V_{s1} \sim V_{s4}$ 中不会混入提供给振动产生部 17 ~ 20 的驱动信号 V_d ,能够提高角速度 Ω_1 、 Ω_2 的检测精度。

[0150] 此外,由于设置了对驱动质量部 4 ~ 7 的振动方向的移位进行监视的振动监视部 35 ~ 38,所以能够使用振动监视部 35 ~ 38 来检测驱动质量部 4 ~ 7 的振动振幅和相位。因此,将基于振动监视部 35 ~ 38 的监视信号 V_m 可用作振动控制电路 51 的参考信号,能够实现谐振状态的稳定化。此外,也可以将基于振动监视部 35 ~ 38 的监视信号 V_m 用作角速度检测电路 61 的参考信号(移相信号 V_m'),并且能够根据驱动质量部 4 ~ 7 的振动状态来进行正确的同步检波。

[0151] 此外,在第 1 实施方式中,振动产生部 17 ~ 20、驱动用连接盘 21、移位检测部 30 ~ 33、检测用连接盘 34、振动监视部 35 ~ 38、监视用连接盘 39、屏蔽连接盘 40 等以具有对称性的状态形成。因此,即使驱动信号 V_d 或监视信号 V_m 作为噪声信号而混入移位检测部 30 ~ 33 的移位检测信号 $V_{s1} \sim V_{s4}$ 之中,该噪声信号相对于移位检测信号 $V_{s1} \sim V_{s4}$ 而成为全部相同的电平,所以也能够容易地消除噪声信号。

[0152] 另外,在第 1 实施方式中,在所有驱动质量部 4 ~ 7 中设置振动监视部 35 ~ 38。但是,本发明并不限于此,例如,也可以是在四个驱动质量部 4 ~ 7 中的任一个、两个或三个驱动质量部中设置振动监视部的结构。

[0153] 此外,在第 1 实施方式中,由于振动产生部 17 ~ 20 和振动监视部 35 ~ 38 以相同的形状形成,所以还可以将振动监视部用作振动产生部。此时,能够使对驱动质量部的驱动力增加。

[0154] 接着,图 12 至图 14 表示本发明的第 2 实施方式。并且,本实施方式的特征在于,振动产生部由设置在连结梁上的可动侧驱动电极、以及与该可动侧驱动电极对置地设置在基板上的固定侧驱动电极构成。另外,在本实施方式中,对于与所述第 1 实施方式相同的结

构要素赋予相同的附图标记,并省略其说明。

[0155] 角速度传感器 91 与第 1 实施方式的角速度传感器 1 大致相同地由基板 2、驱动质量部 4~7、连结梁 8、驱动梁 13~16、振动产生部 92、93、检测质量部 22~25、检测梁 26~29、移位检测部 30~33、振动监视部 35~38 等构成。

[0156] 振动产生部 92、93 位于中心点 0 附近且配置在连结梁 8 的内侧。这里,振动产生部 92、93 与第 1 实施方式的振动产生部 17~20 同样地,例如由低电阻的硅材料形成。并且,振动产生部 92、93 由设置在连结梁 8 上的可动侧驱动电极 92A、93A 和安装在基板 2 上的电极支承部 94 的固定侧驱动电极 92B、93B 构成。

[0157] 此时,电极支承部 94 被连结梁 8 包围,且被固定在基板 2 的中心点 0 附近。此外,可动侧驱动电极 92A、93A 分别安装在沿内径侧延长了连接部 9、10 的延长部 9A、10A 的前端上,且由包括多个电极板的梳齿状电极构成。此外,固定侧驱动电极 92B、93B 与可动侧驱动电极 92A、93A 对置且被安装在电极支承部 94 的周围,并由包括多个电极板的梳齿状电极构成。并且,以彼此啮合的状态设置可动侧驱动电极 92A、93A 和固定侧驱动电极 92B、93B,并通过对电极支承部 94 施加驱动信号来使静电力产生作用,从而使可动侧驱动电极 92A、93A 和固定侧驱动电极 92B、93B 相互接近或远离。由此,振动产生部 92、93 通过作用于可动侧驱动电极 92A、93A 和固定侧驱动电极 92B、93B 之间的静电力而使连结梁 8 扭转变形,从而间接使驱动质量部 4~7 振动。

[0158] 综上所述,在这样构成的本实施方式中,也能够获得与第 1 实施方式大致相同的作用效果。并且,尤其在本实施方式中,由于振动产生部 92、93 由可动侧驱动电极 92A、93A 和固定侧驱动电极 92B、93B 构成,所以能够通过作用于可动侧驱动电极 92A、93A 和固定侧驱动电极 92B、93B 之间的静电力而使连结梁 8 扭转变形。由此,通过使连接于连结梁 8 的驱动质量部 4~7 间接地移位,能够使驱动质量部 4~7 驱动振动。

[0159] 此外,由于不需要在驱动质量部 4~7 的周围设置振动产生部 92、93,所以能够通过增大驱动质量部 4~7 和检测质量部 22~25,来提高角速度 $\Omega 1$ 、 $\Omega 2$ 的检测灵敏度。另一方面,能够在驱动质量部 4~7 的周围不设置振动产生部 92、93 来相应程度地小型化角速度传感器 91 整体,并且能够减少制造成本。

[0160] 此外,例如,即使因电容耦合等在振动产生部 92、93 和移位检测部 30~33 之间产生电干扰 (electric cross talk),也能够使该电干扰完全对称且可使其为最小限度。其结果,能够减小相对于移位检测信号 $Vs1 \sim Vs4$ 的噪声。

[0161] 进而,由于固定侧驱动电极 92B、93B 只要在位于基板 2 的中心部 (中心点 0) 的 1 处与外部的电路 (振动控制电路 51) 连接即可,所以能够减少外部连接用的端子。由此,能够使角速度传感器 91 整体小型化,并且能够降低制造成本。

[0162] 另外,在第 2 实施方式中,使用位于连结梁 8 的外侧且安装在驱动质量部 4~7 的周围的振动监视部 35~38 来对驱动质量部 4~7 的振动方向的移位进行监视。但本发明并不限于此,例如,也可以是将振动监视部设置在连结梁的内侧的结构。此时,振动监视部例如与振动产生部 92、93 相同地构成,并对设置于连结梁的可动侧监视电极和设置在基板上的固定侧监视电极之间的静电电容进行检测。

[0163] 接着,图 15 和图 16 表示本发明的第 3 实施方式。并且,本实施方式的特征在于,使用应力降低连接部来将检测梁的两端部分别连接于检测质量部和驱动质量部。另外,在

本实施方式中,对于与所述第 1 实施方式相同的结构要素赋予相同的附图标记,并省略其说明。

[0164] 角速度传感器 101 与第 1 实施方式的角速度传感器 1 大致相同地由基板 2、驱动质量部 4 ~ 7、连结梁 8、驱动梁 13 ~ 16、振动产生部 17 ~ 20、检测质量部 22 ~ 25、检测梁 102 ~ 105、移位检测部 30 ~ 33、振动监视部 35 ~ 38 等构成。

[0165] 检测梁 102 ~ 105 位于比检测质量部 22 ~ 25 更靠径向外侧处,且被设置在检测质量部 22 ~ 25 和驱动质量部 4 ~ 7 之间,并且检测梁 102 ~ 105 按照可沿基板 2 的厚度方向移位的方式支承来检测质量部 22 ~ 25。此外,检测梁 102 ~ 105 使用扭转支承梁而形成,该扭转支承梁朝向包围中心点 0 的圆周方向延伸,且在检测质量部 22 ~ 25 沿基板 2 的厚度方向移位时会扭转变形。进而,检测梁 102 ~ 105 由具有宽度尺寸 δ 并延伸为直线状的细长的板状的梁而形成。此时,由于检测质量部 22 ~ 25 其接近中心点 0 的径向内侧部分成为自由端,所以检测梁 102 ~ 105 以悬臂状态支承检测质量部 22 ~ 25。

[0166] 其中,与第 1 实施方式的检测梁 26 ~ 29 的不同点在于,相对于检测质量部 22 ~ 25 分别设置了两个检测梁 102 ~ 105。此时,两个检测梁 102 位于驱动质量部 4 内且沿 Y 轴方向延伸,并且被分别配置在 Y 轴方向的两侧。同样地,两个检测梁 103 位于驱动质量部 5 内且沿 Y 轴方向延伸,并且分别被配置在 Y 轴方向的两侧。

[0167] 此外,两个检测梁 104 位于驱动质量部 6 内且沿 X 轴方向延伸,并且分别被配置在 X 轴方向的两侧。同样地,两个检测梁 105 位于驱动质量部 7 内且沿 X 轴方向延伸,并且分别被配置在 X 轴方向的两侧。

[0168] 此外,各检测梁 102 的一端部侧位于检测质量部 22 中的 Y 轴方向的中心部,且使用作为应力降低连接部的 L 型梁 106 而连接于检测质量部 22。进而,各检测梁 102 的另一端侧分别位于检测质量部 22 中的 Y 轴方向的两端部侧,且使用 L 型梁 106 而连接于驱动质量部 4。

[0169] 同样地,各个检测梁 103 的一端部侧位于检测质量部 23 中的 Y 轴方向的中心部,且使用作为应力降低连接部的 L 型梁 107 而连接于检测质量部 23。进而,各个检测梁 103 的另一端侧分别位于检测质量部 23 中的 Y 轴方向的两端部侧,且使用 L 型梁 107 而连接于驱动质量部 5。

[0170] 此外,各个检测梁 104 的一端部侧位于检测质量部 24 中的 X 轴方向的中心部,且使用作为应力降低连接部的 L 型梁 108 而连接于检测质量部 24。进而,各个检测梁 104 的另一端侧分别位于检测质量部 24 中的 X 轴方向的两端部侧,且使用 L 型梁 108 而连接于驱动质量部 6。

[0171] 同样地,各个检测梁 105 的一端部侧位于检测质量部 25 中的 X 轴方向的中心部,且使用作为应力降低连接部的 L 型梁 109 而连接于检测质量部 25。进而,各个检测梁 105 的另一端侧分别位于检测质量部 25 中的 X 轴方向的两端部侧,且使用 L 型梁 109 而连接于驱动质量部 7。

[0172] 此时,L 型梁 106、107 例如自检测梁 102、103 弯曲成 L 字形状。由此,检测梁 102、103 的两端侧以相对于成为其长度方向的 Y 轴方向具有自由度的状态受到支承。同样地,L 型梁 108、109 例如自检测梁 104、105 弯曲成 L 字形状。由此,检测梁 104、105 的两端侧以相对于成为其长度方向的 X 轴方向具有自由度的状态受到支承。其结果,在检测梁 102 ~

105 扭转变形时,由于检测梁 102 ~ 105 的两端侧能够沿长度方向移位,所以能够减小作用于检测梁 102 ~ 105 的两端侧的畸变和应力。

[0173] 综上所述,在这样构成的本实施方式中,也能够获得与第 1 实施方式大致相同的作用效果。并且,尤其在本实施方式中,检测梁 102 ~ 105 的两端侧使用 L 型梁 106 ~ 109 分别连接于检测质量部 22 ~ 25 和驱动质量部 4 ~ 7,所以能够减小角速度传感器 101 的灵敏度偏差。

[0174] 这里,详细说明 L 型梁 106 ~ 109 和灵敏度偏差之间的关系。首先,在如第 1 实施方式所述,在固定了检测梁 26 ~ 29 的两端的情况下,通过作用于固定部分的应力来阻止检测梁 26 ~ 29 的扭转变形。因此,检测梁 26 ~ 29 的厚度尺寸产生了变化时,相对于该厚度尺寸的变化量的谐振频率的变化增加。其结果,存在以下倾向,即加工偏差对驱动模式和检测模式的谐振频率差所带来的影响增加。

[0175] 相对于此,在本实施方式中,由于检测梁 102 ~ 105 的两端侧使用 L 型梁 106 ~ 109 而分别连接于检测质量部 22 ~ 25 和驱动质量部 4 ~ 7,所以检测梁 102 ~ 105 扭转变形时,能够减小作用于检测梁 102 ~ 105 的两端侧的畸变和应力。由此,能够减少厚度尺寸的加工偏差对驱动模式和检测模式的谐振频率差所带来的影响,并且能够减少角速度传感器 101 的灵敏度偏差。

[0176] 另外,在第 3 实施方式中,使用 L 型梁 106 ~ 109 而构成了应力降低连接部。但本发明并不限于此,应力降低连接部只要是在检测梁的长度方向(扭转轴方向)上具有自由度的结构即可。因此,例如图 17 所示的第 1 变形例那样,也可以使用检测梁 102' 的端部侧变成 T 字形状的 T 型梁 106' 来构成应力降低连接部。

[0177] 此外,在第 3 实施方式中,使用直线状延伸的扭转支承梁来形成了检测梁 102 ~ 105。但本发明并不限于此,例如图 18 所示的第 2 变形例那样,也可以使用折叠一次或多次的形状的扭转支承梁来形成检测梁 102''。

[0178] 此外,在所述各实施方式中,使用检测质量部 22 ~ 25 沿基板 2 的厚度方向移位时会扭转变形的扭转支承梁来形成了检测梁 26 ~ 29、102 ~ 105。但本发明并不限于此,例如也可以使用检测质量部沿基板的厚度方向移位时会弯曲变形的弯曲支承梁来形成检测梁。

[0179] 此外,在所述各实施方式中,连结梁 8 形成为圆形的框状。但本发明并不限于此,也可以像图 19 所示的第 3 变形例的角速度传感器 111 那样,例如以四角形的框状形成连结梁 112,也可以形成为四角形以上的多角形的框状。此时,优选例如八角形、十二角形等,连结梁形成为具有 4 的倍数的角的多角形的框状。

[0180] 此外,在所述各实施方式中,连结梁 8 设置在被驱动质量部 4 ~ 7 包围的中心点 O 侧(内径侧)。但本发明并不限于此,也可以是如图 20 所示的第 4 变形例的角速度传感器 121 那样,例如在包围驱动质量部 4 ~ 7 的外径侧设置连结梁 122。

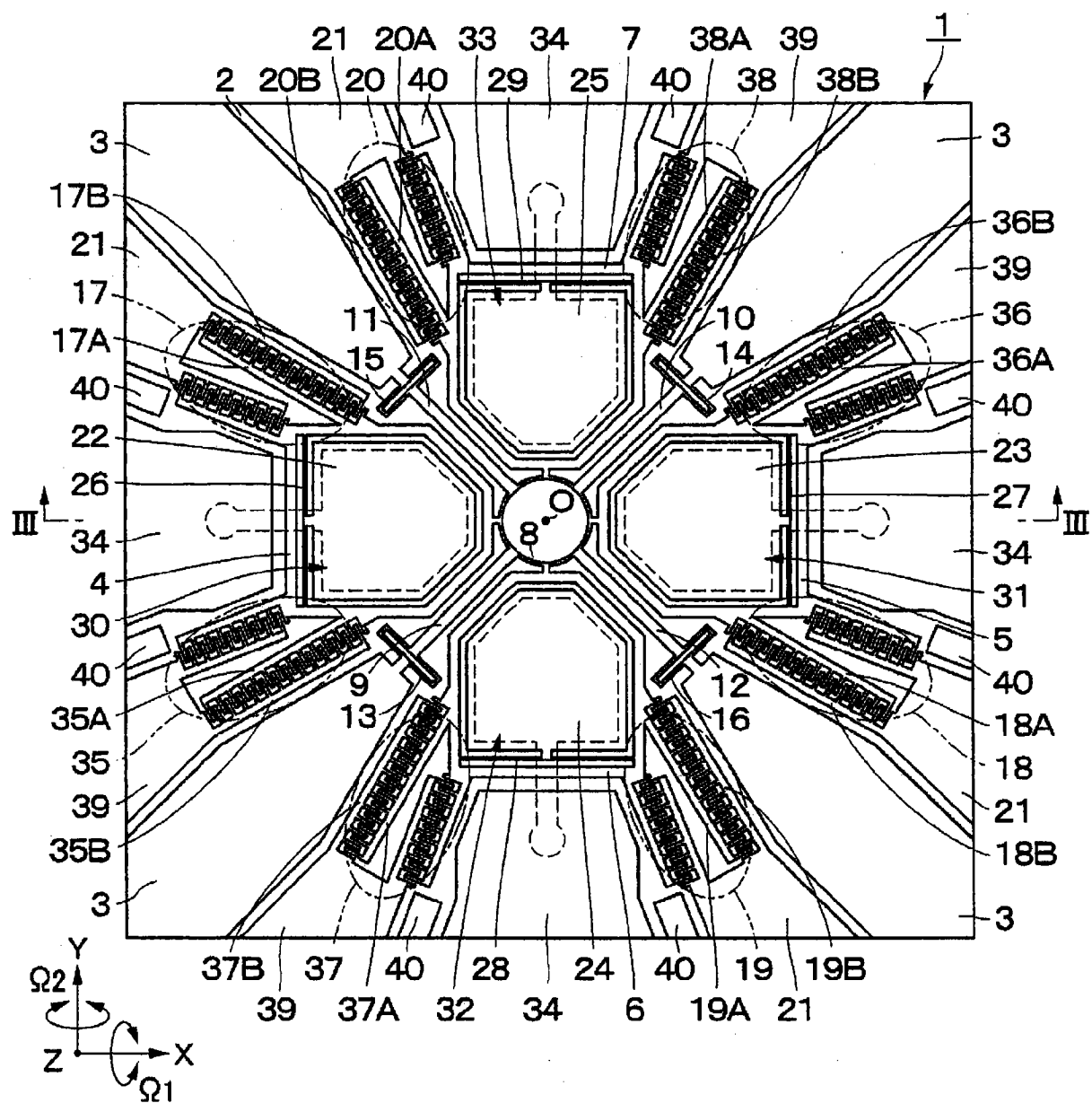


图 1

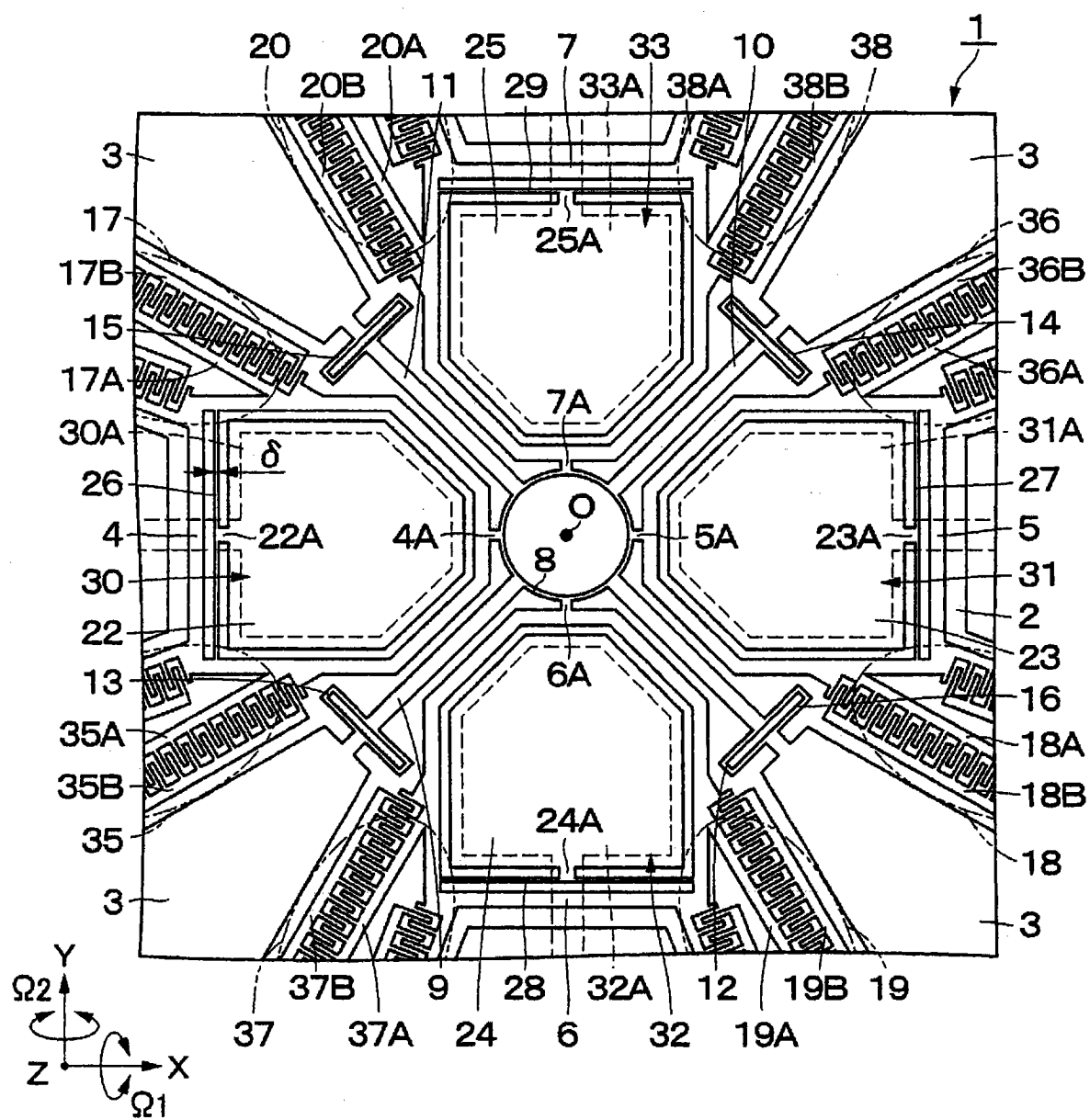


图 2

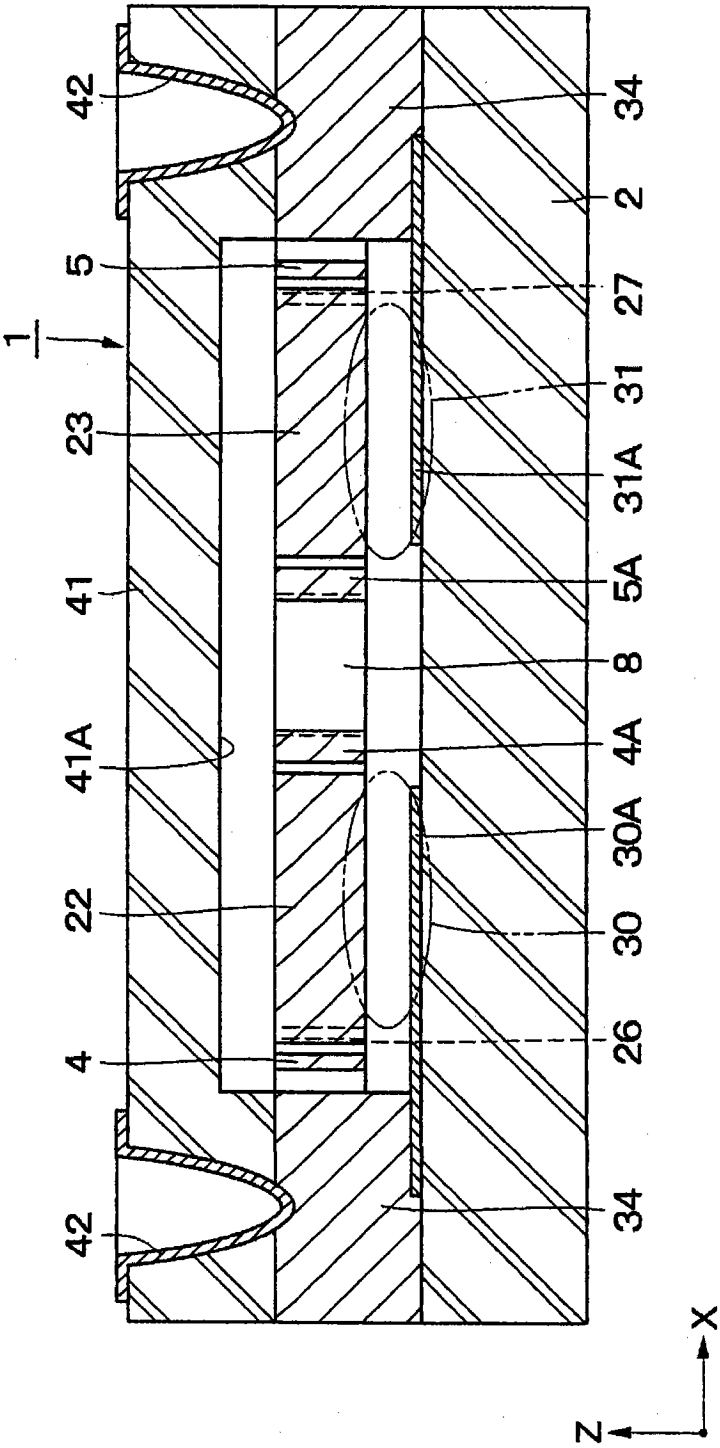


图 3

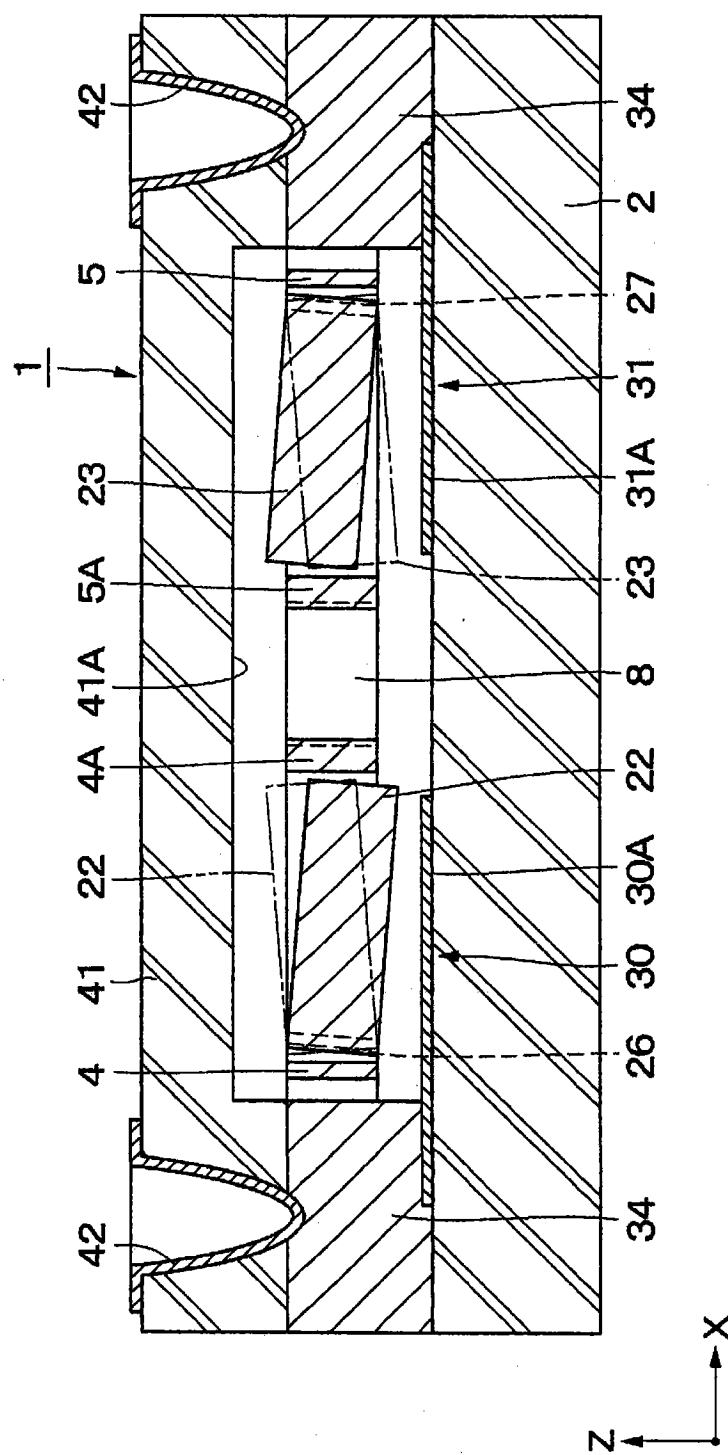


图 4

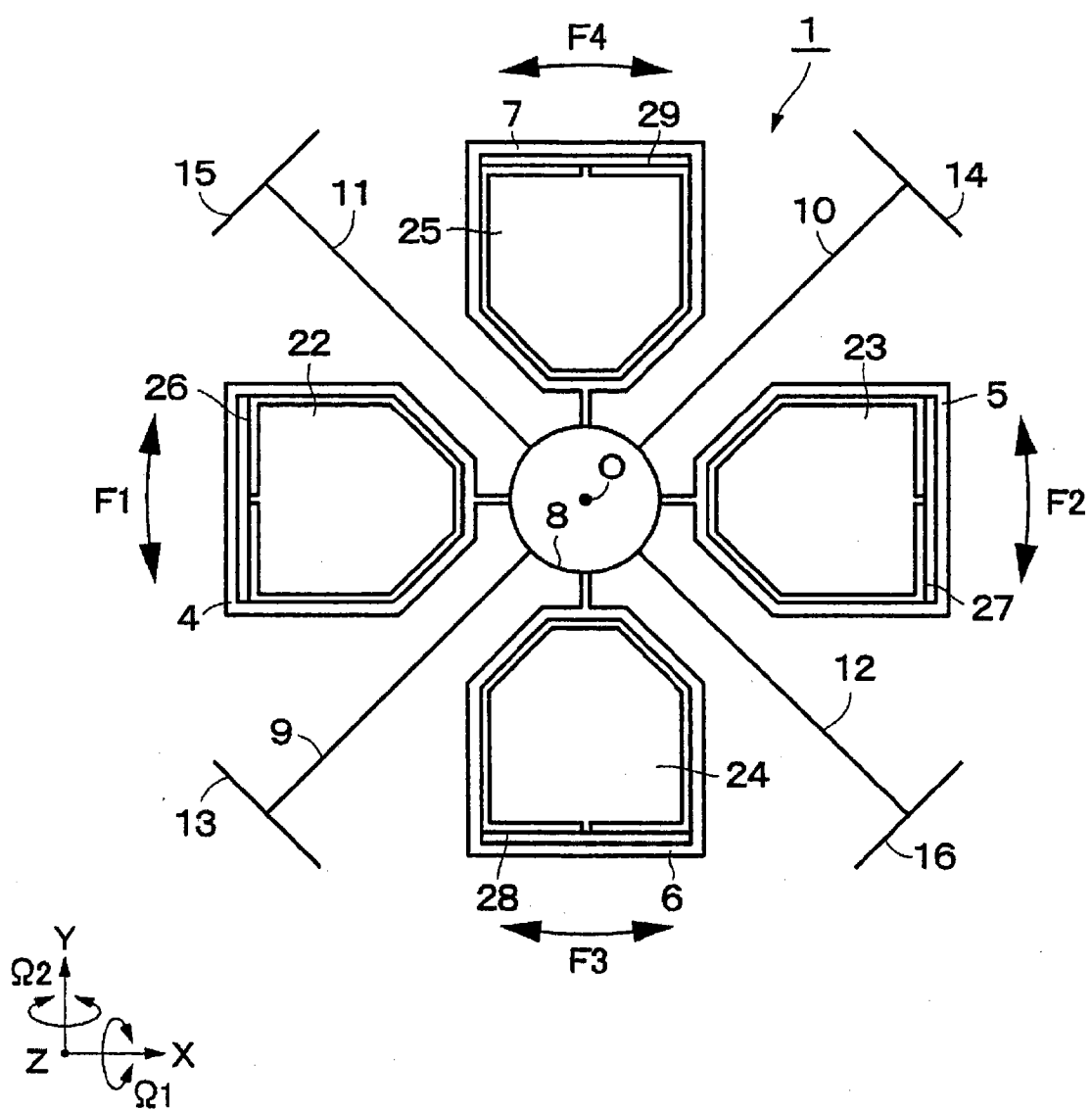


图 5

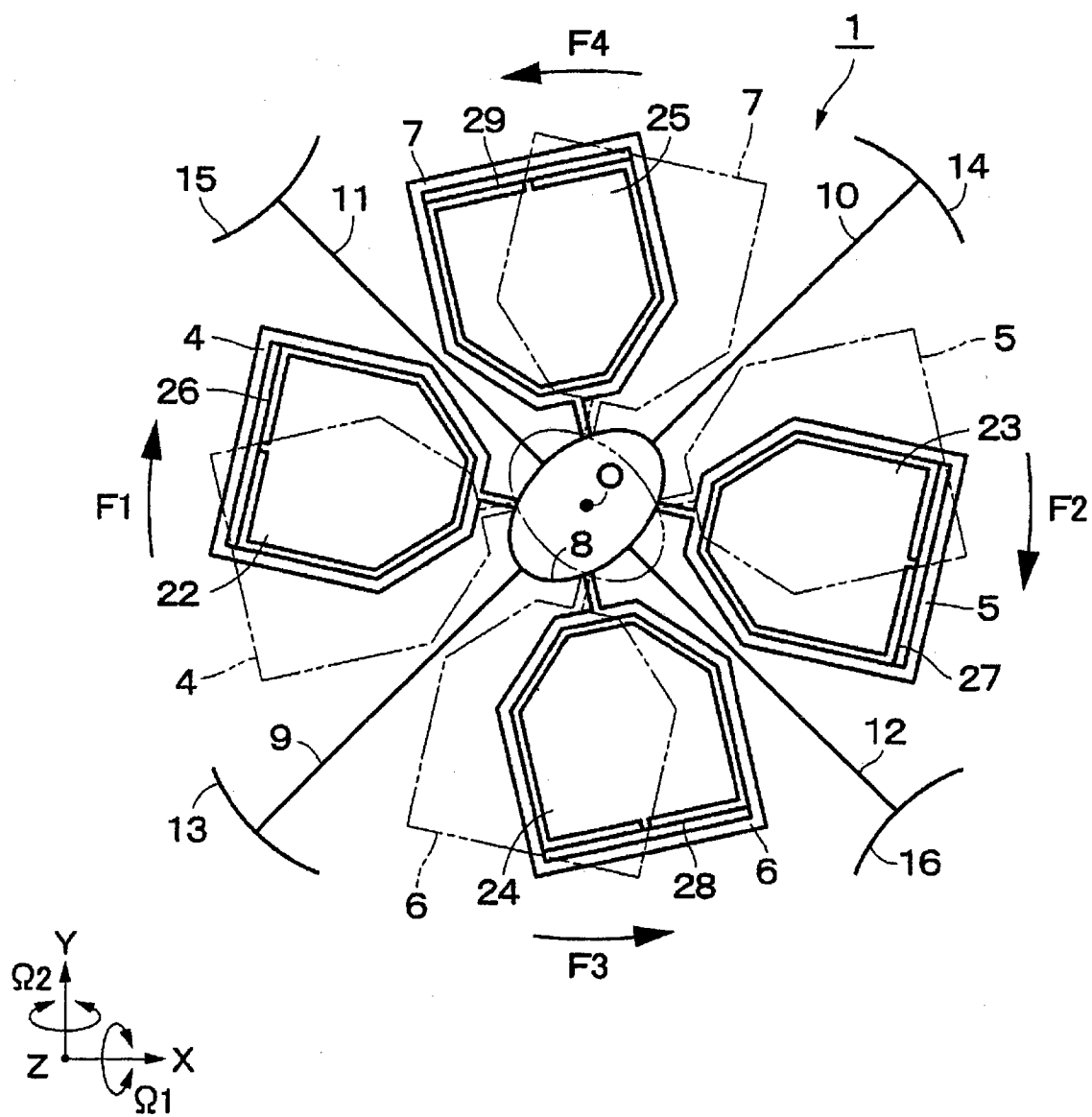


图 6

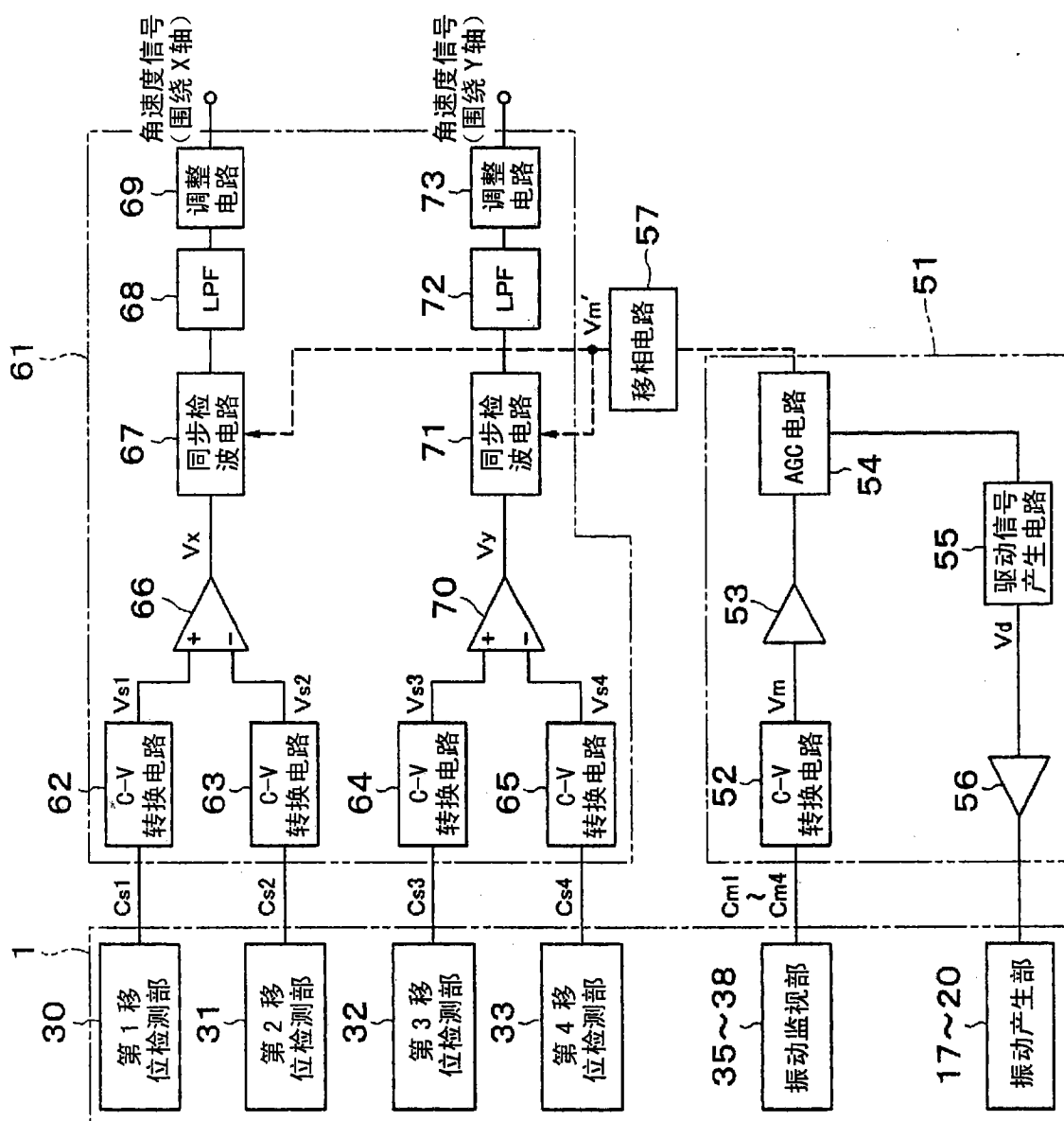


图 7

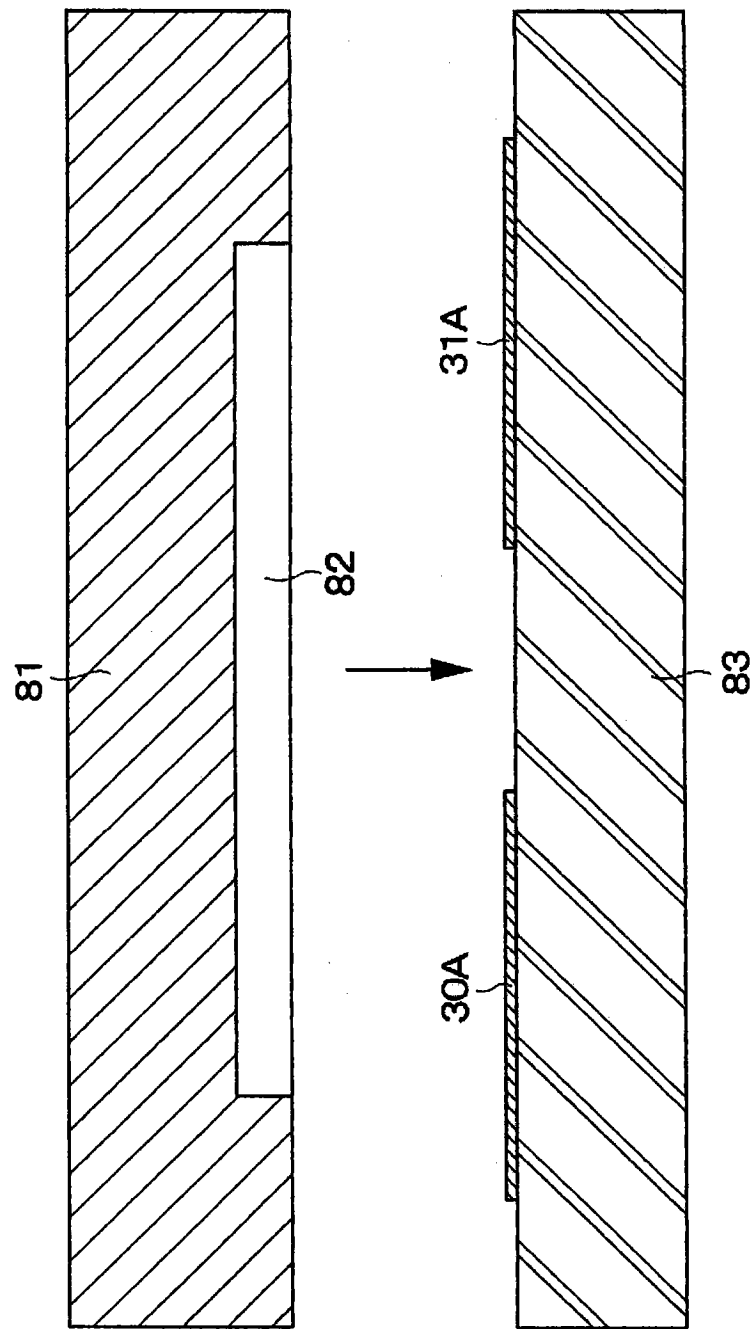


图 8

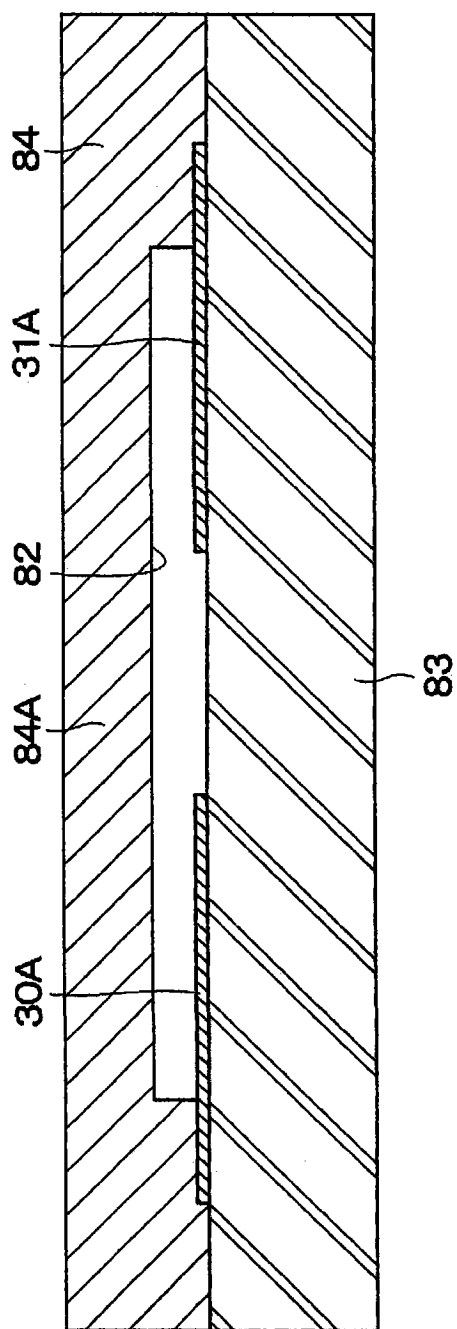


图 9

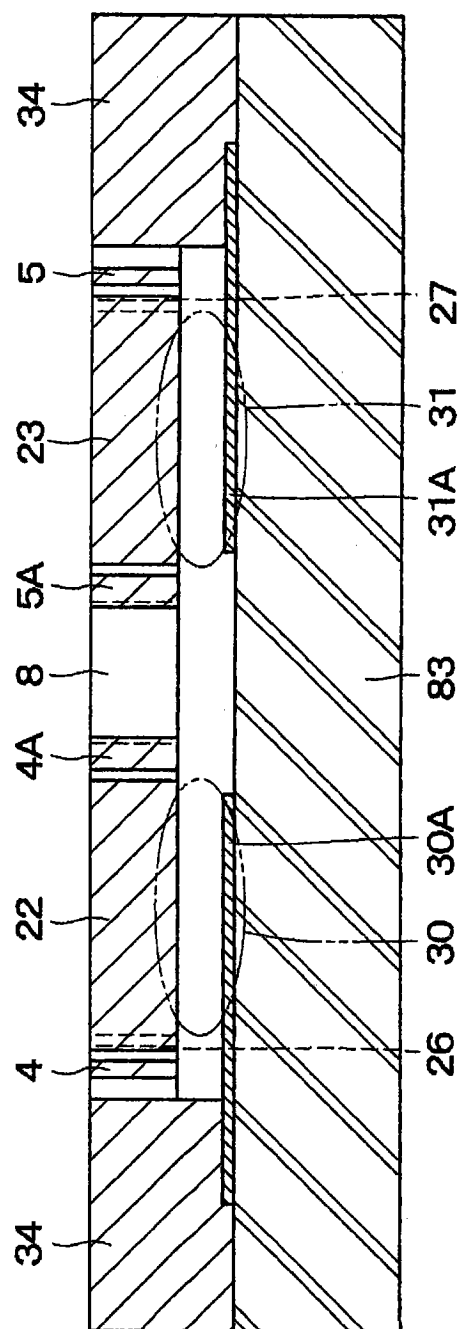


图 10

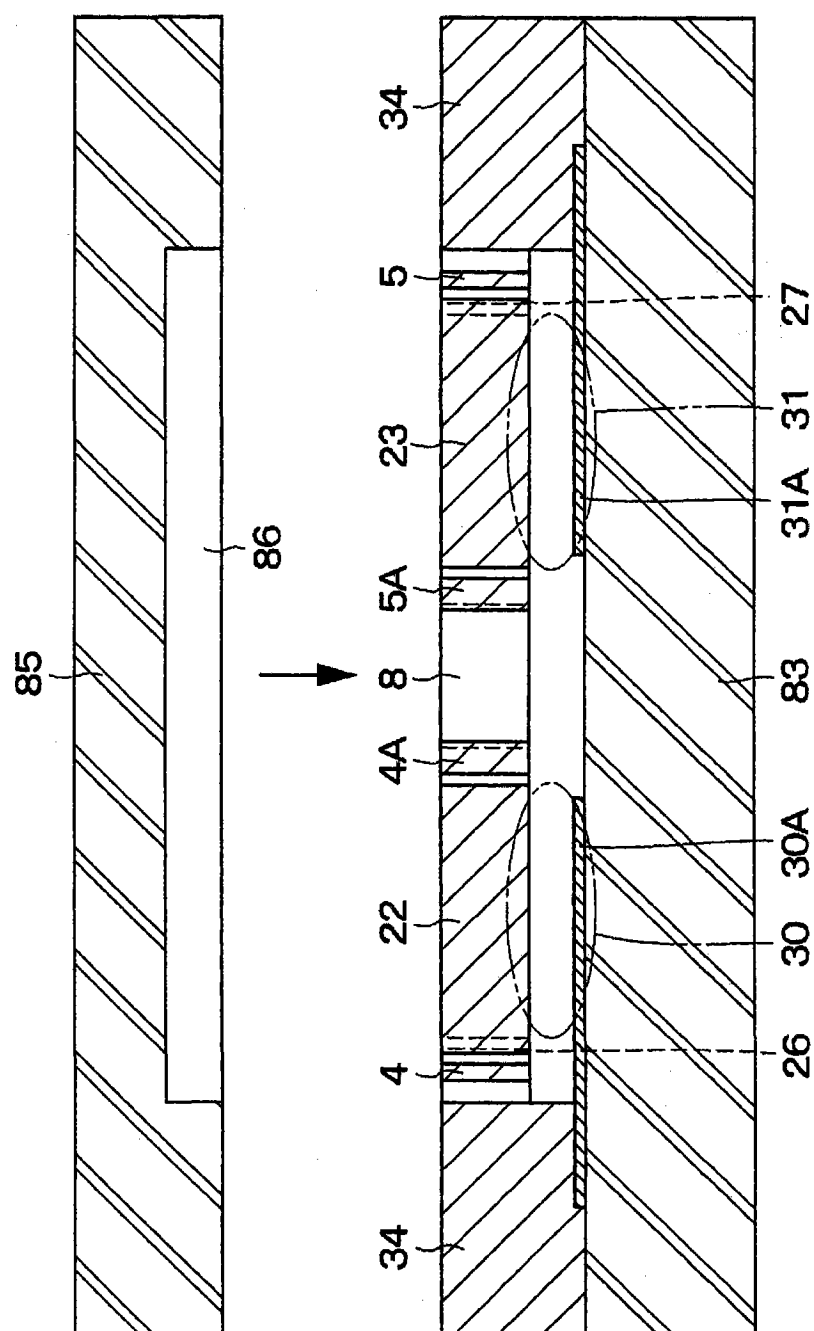


图 11

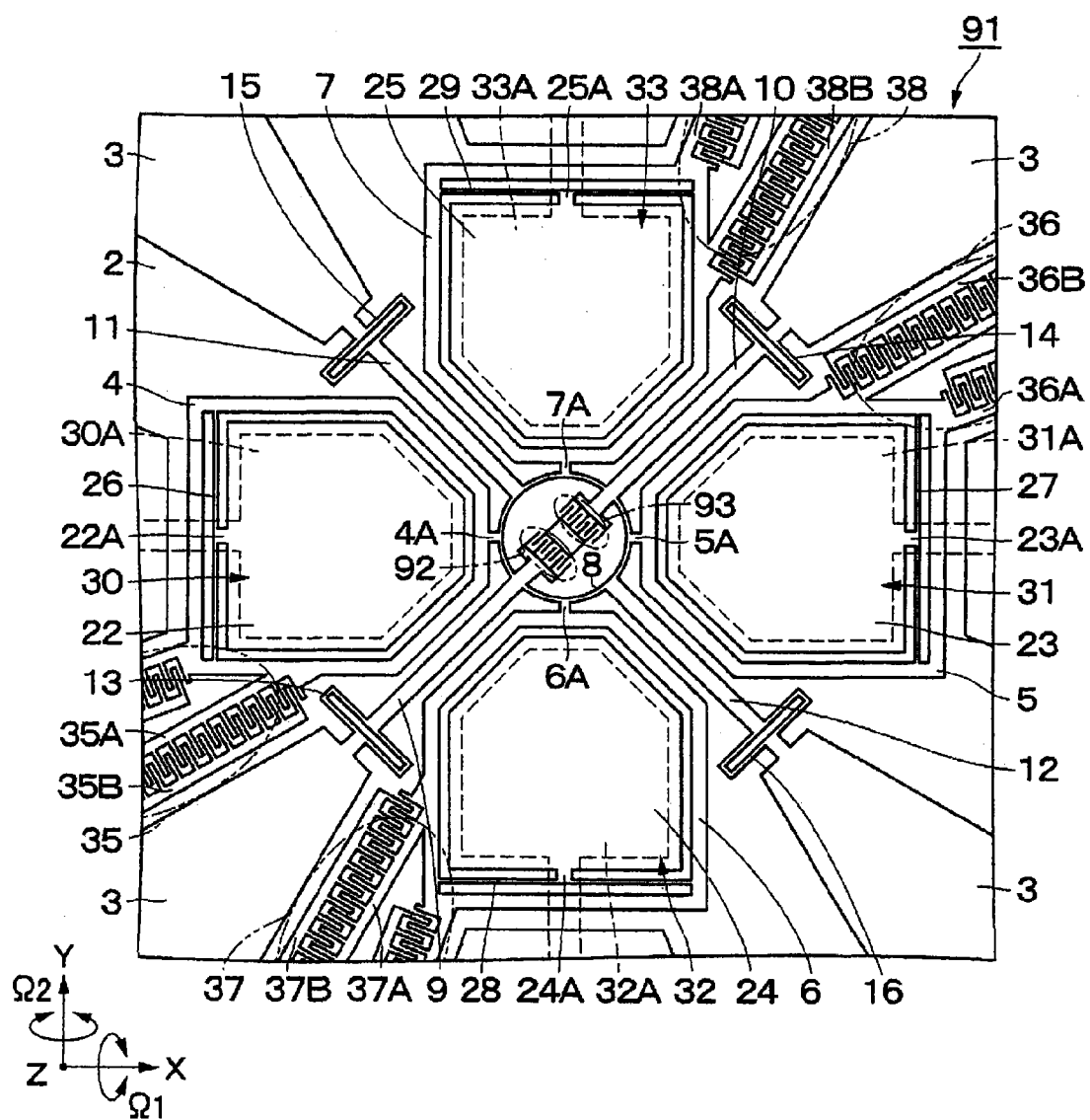


图 12

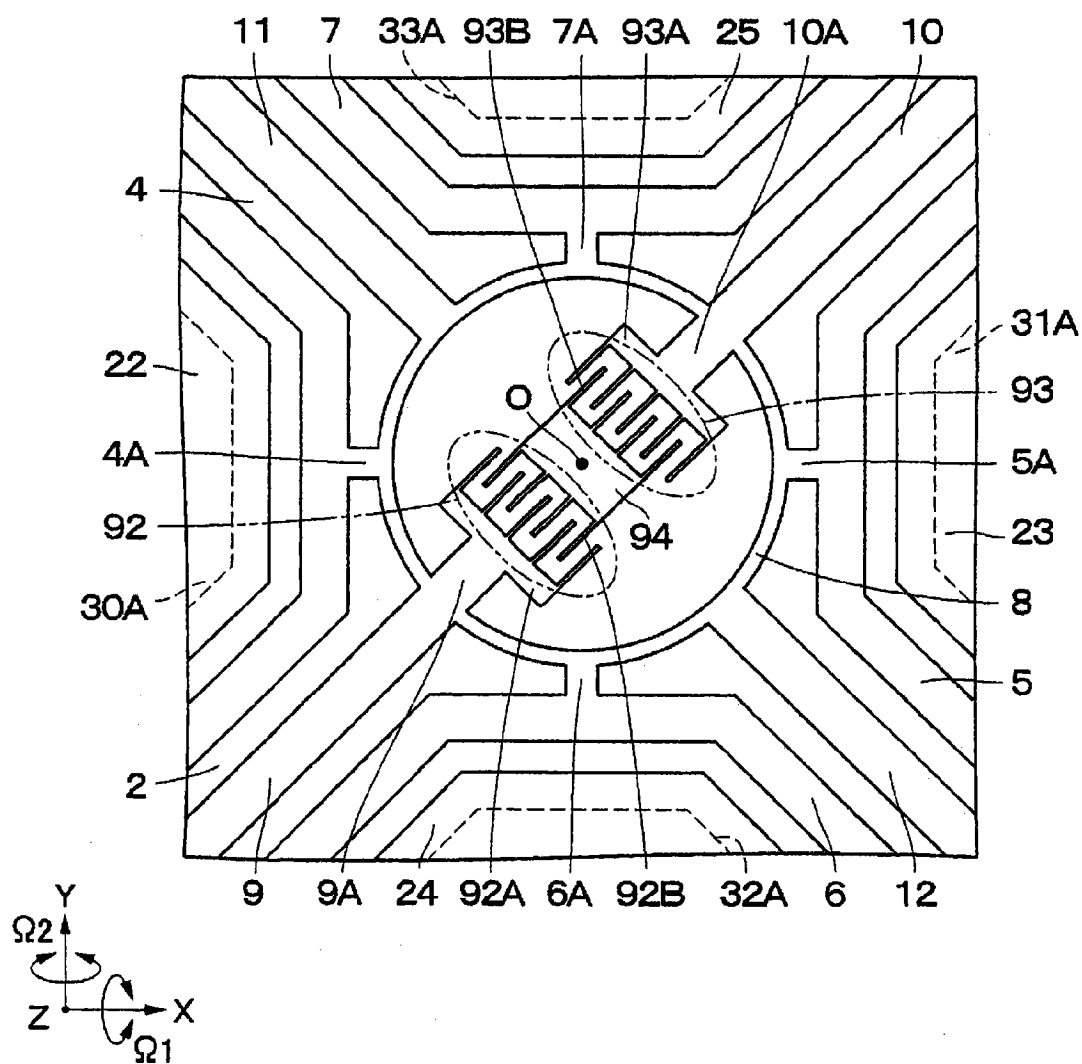


图 13

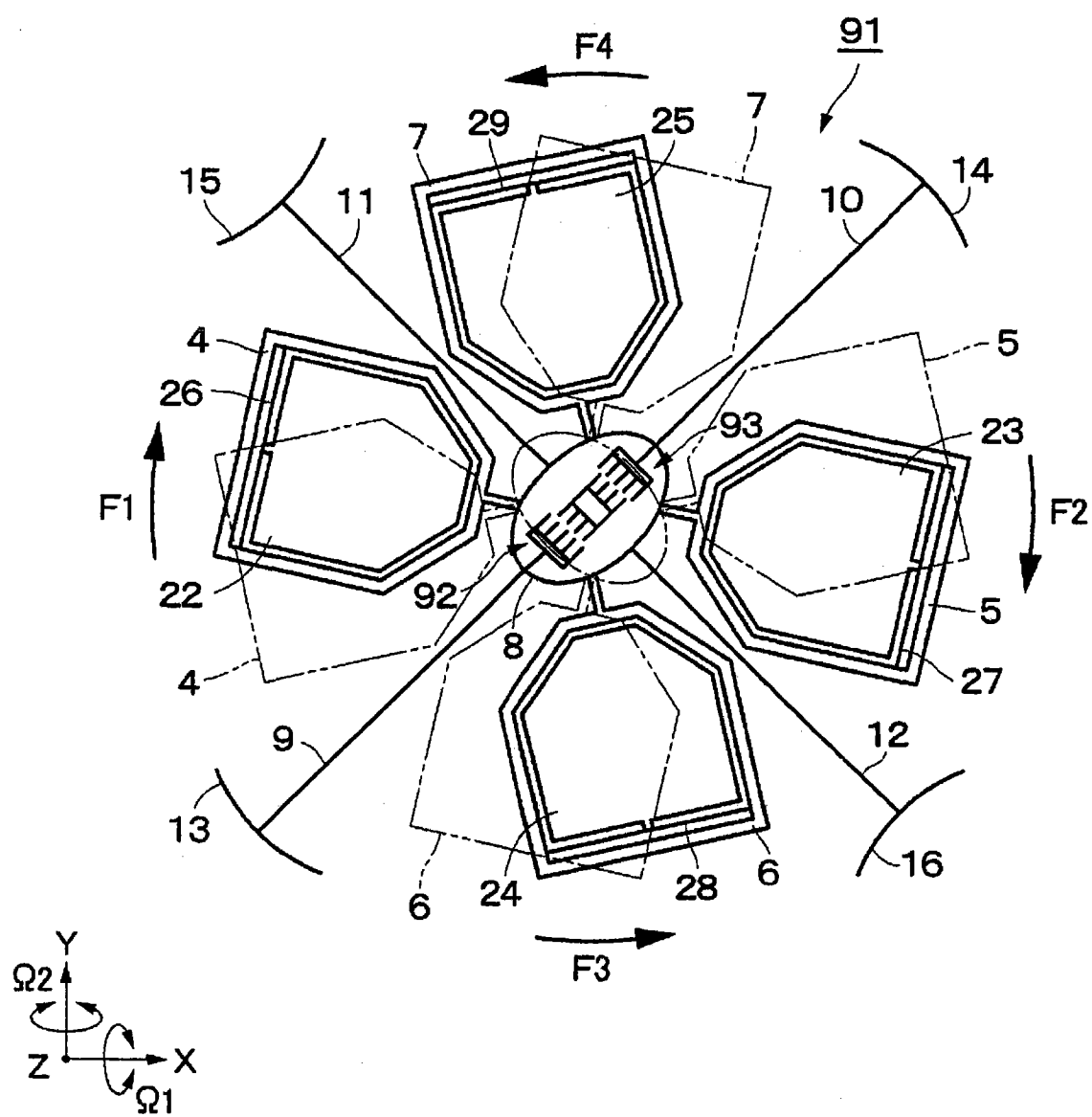


图 14

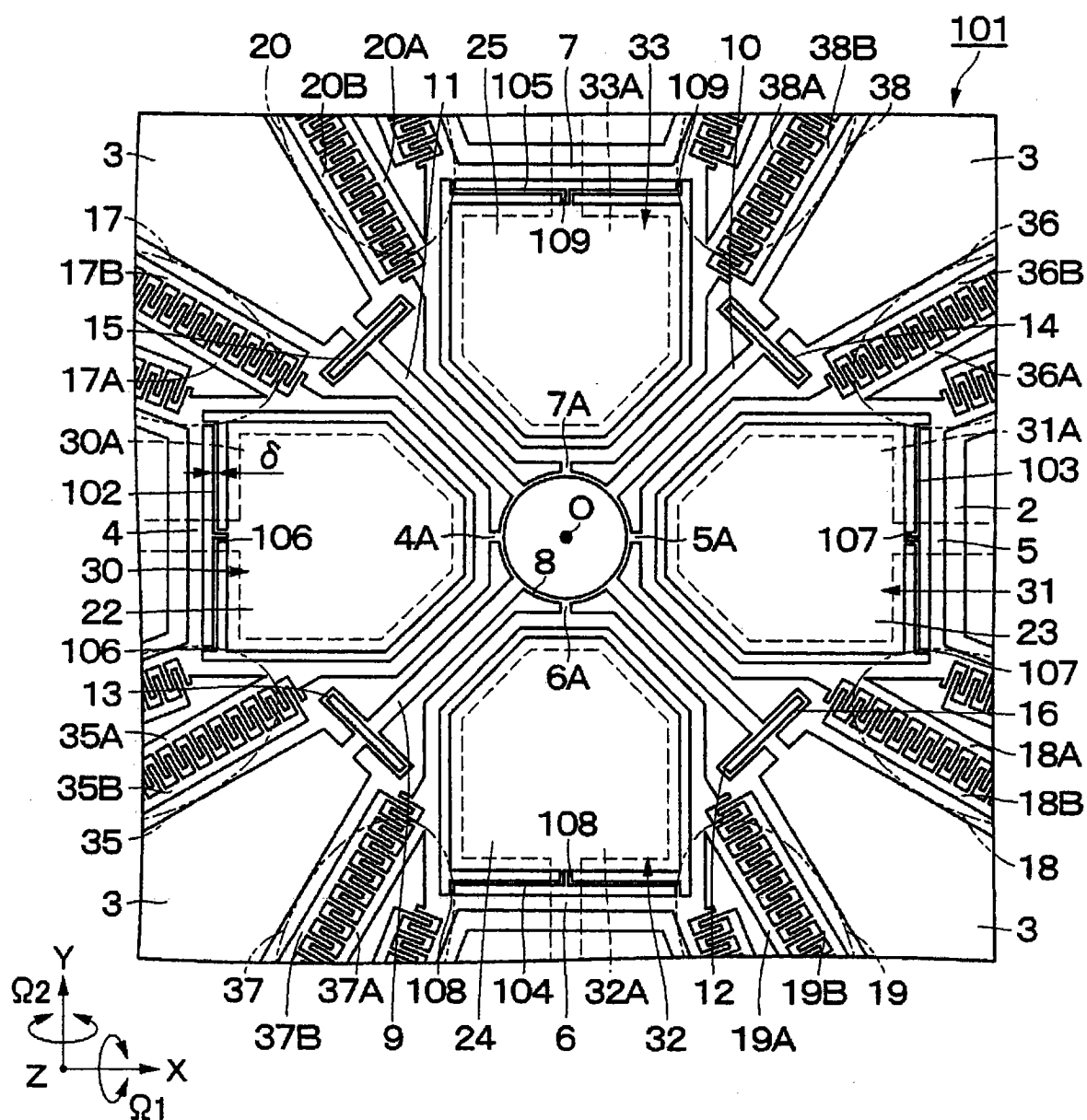


图 15

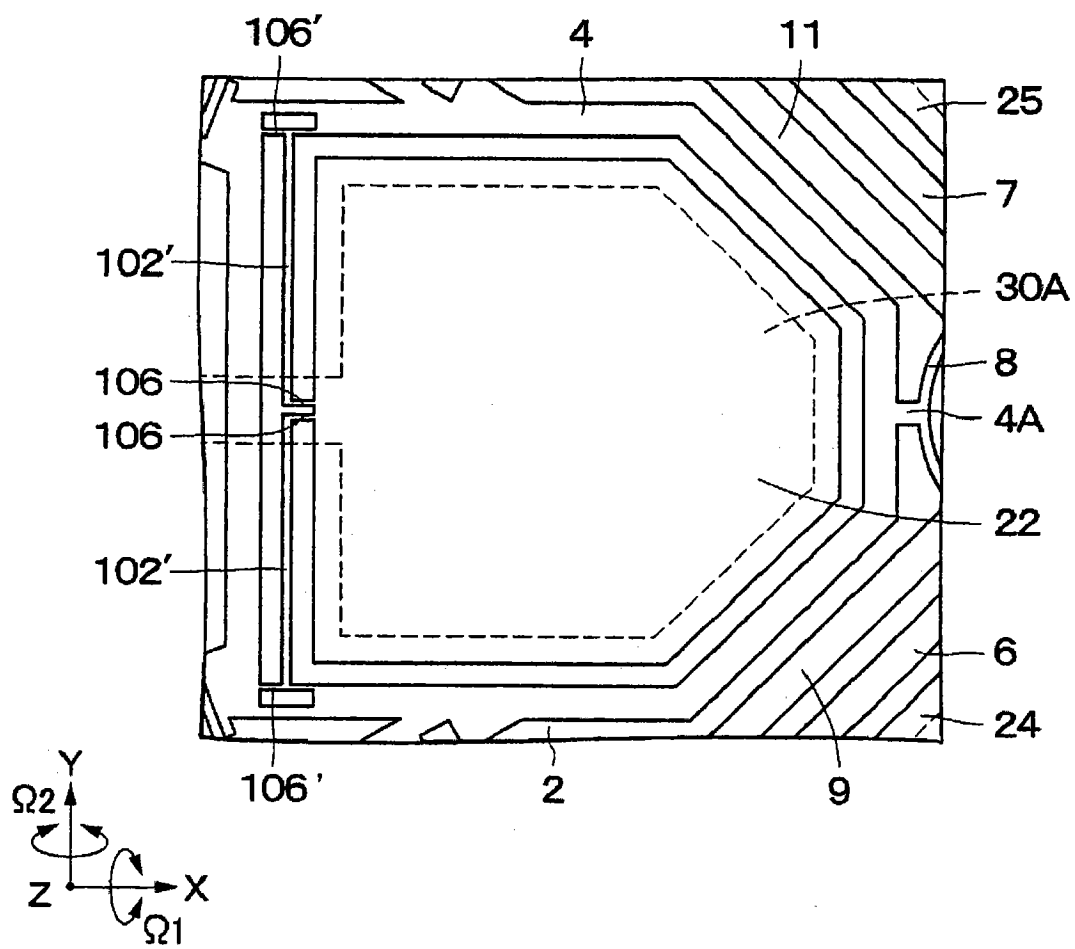


图 17

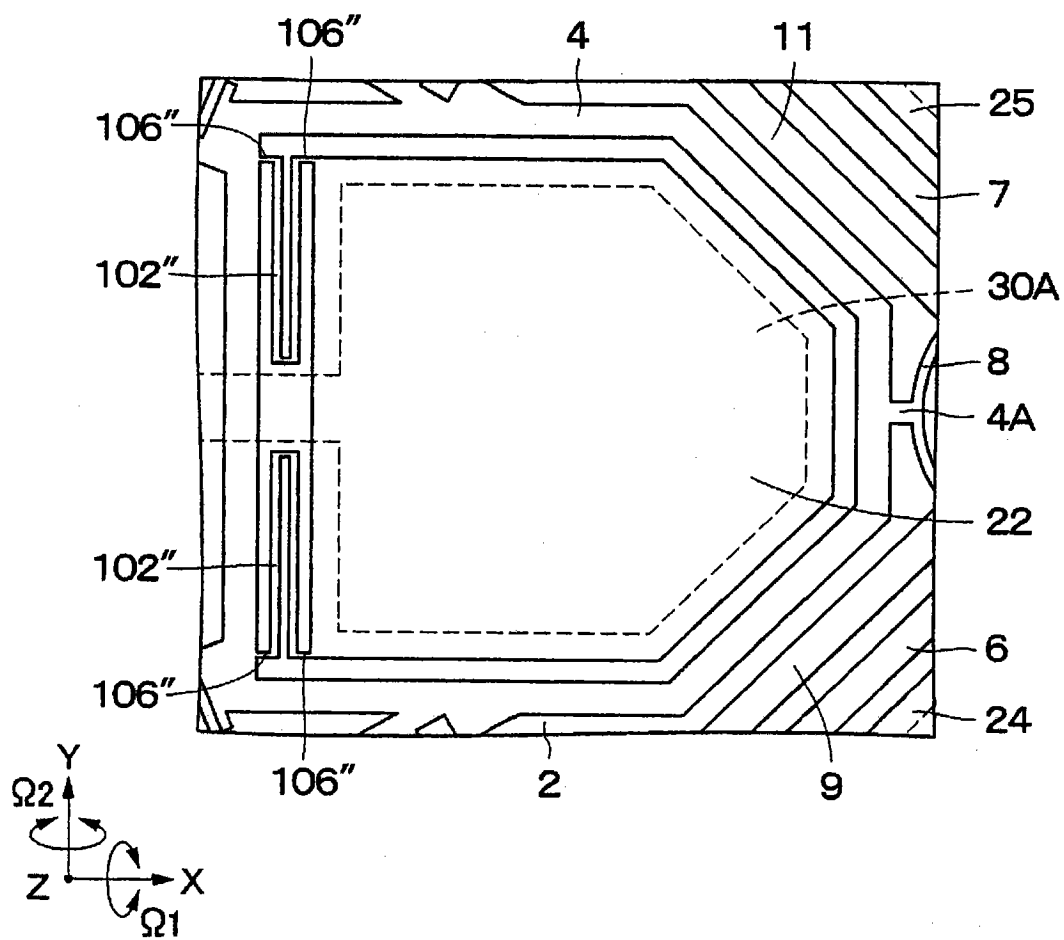


图 18

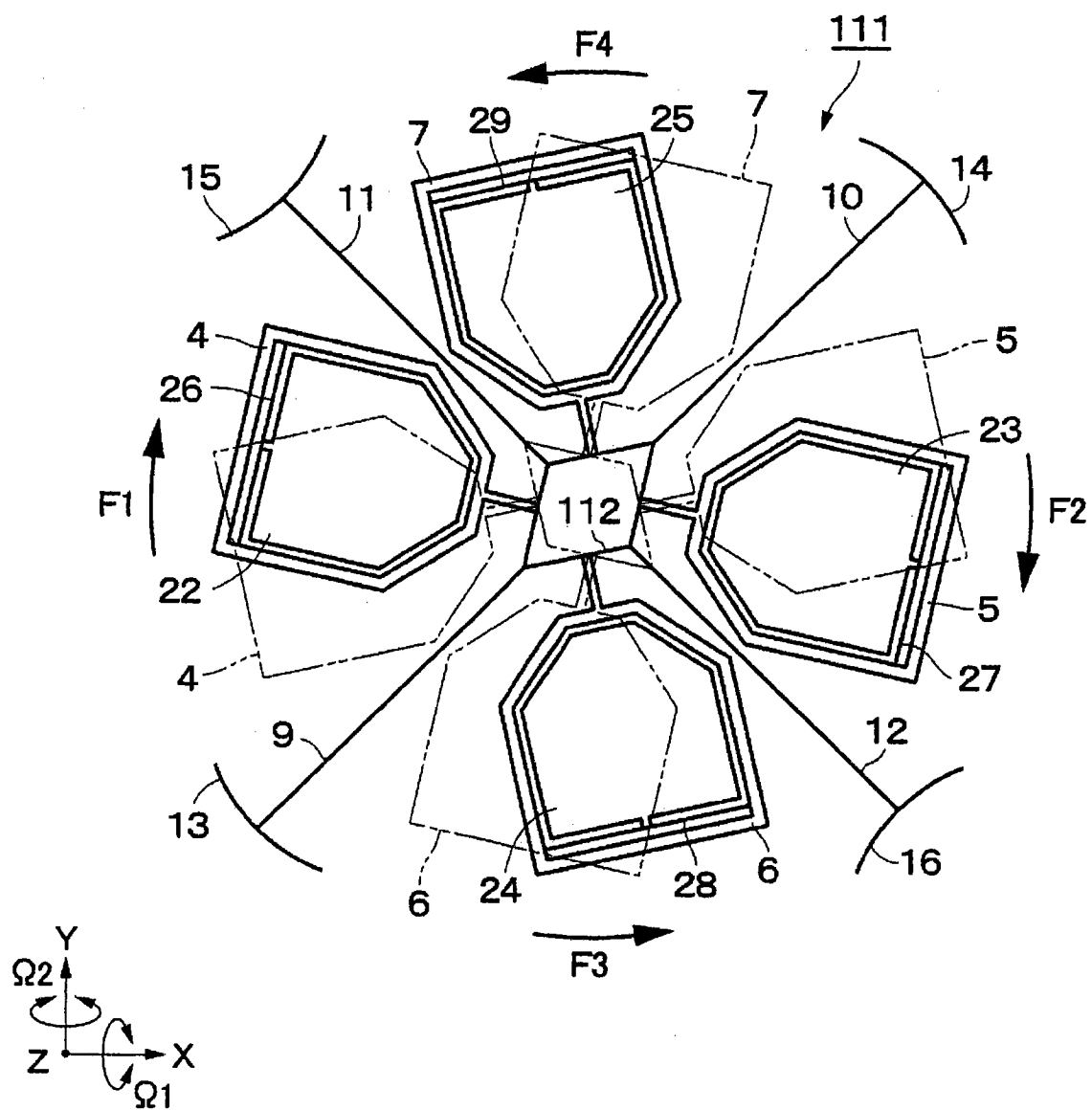


图 19

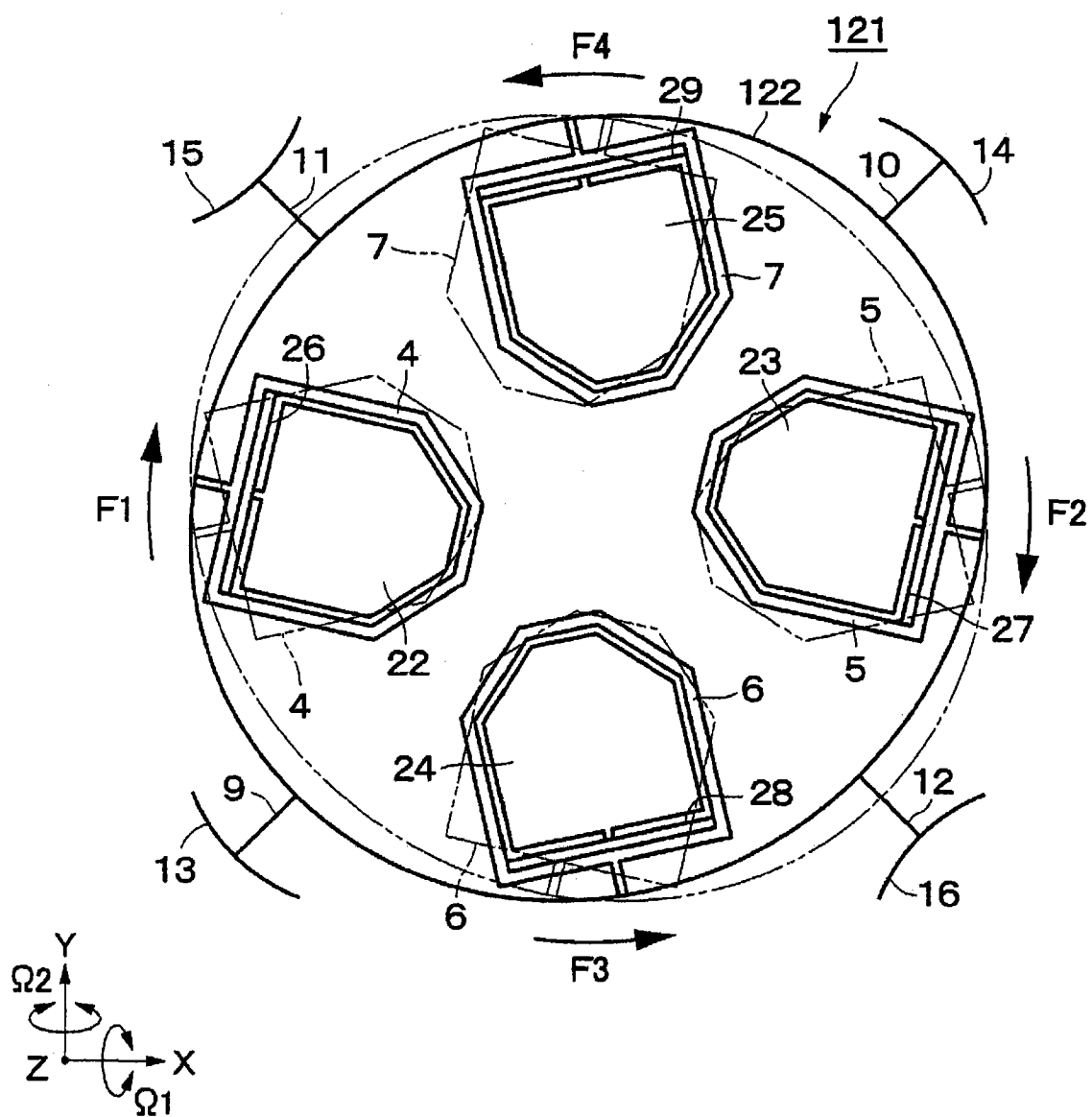


图 20