



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102192735 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 30

(21) 申请号 201110066550. X

(22) 申请日 2011. 03. 18

(30) 优先权数据

2010-063901 2010. 03. 19 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 西泽竜太

(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 李辉 黄纶伟

(51) Int. Cl.

G01C 19/5642(2012. 01)

审查员 徐建营

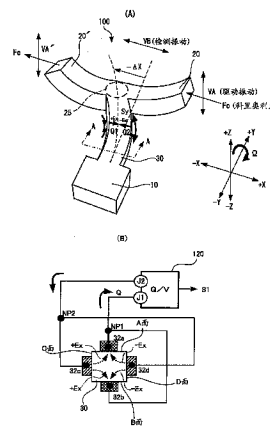
权利要求书2页 说明书20页 附图18页

(54) 发明名称

振动型陀螺元件、传感器及其物理量检测方法和电子设备

(57) 摘要

本发明提供振动型陀螺元件、传感器及其物理量检测方法和电子设备。其课题在于提高振动型陀螺传感器检测精度。振动型陀螺元件具有：基部；从所述基部起在规定面内朝第一方向延伸的检测臂；第一驱动臂，其从检测臂的连接部起朝在规定面内作为与第一方向交叉的方向的正的第二方向延伸；以及第二驱动臂，其从检测臂的连接部起朝负的第二方向延伸，第一驱动臂与第二驱动臂分别以沿与规定面垂直的第三方向且位移方向彼此相同的方式进行振动，利用绕第一方向的轴作用的角速度，沿第二方向产生科里奥利力，在检测臂上产生第二方向的检测振动，对应于检测振动所造成的变形而产生电场，电荷进行移动，从设置在检测臂上的检测电极提取出电信号。



1. 一种振动型陀螺元件,其特征在于,该振动型陀螺元件具有:
基部;
从所述基部起朝第一方向延伸的检测臂;
连接部,其设置在所述检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;
第一驱动臂,其从所述连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;
第二驱动臂,其从所述连接部起朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸;
设置在所述第一驱动臂上的第一驱动电极;
设置在所述第二驱动臂上的第二驱动电极;以及
设置在所述检测臂上的检测电极,
其中,所述第一驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动,
所述第二驱动臂在与所述第一驱动臂相同的方向上振动,
所述振动型陀螺元件检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。
2. 根据权利要求1所述的振动型陀螺元件,其特征在于,
所述检测臂、所述第一驱动臂和所述第二驱动臂均由相同的压电材料构成。
3. 根据权利要求1或2所述的振动型陀螺元件,其特征在于,
所述第一驱动臂、所述第二驱动臂和所述检测臂分别具有彼此相对的一对主面、以及将所述主面彼此连接的一对侧面,
所述第一驱动电极和所述第二驱动电极分别是梳齿电极,该梳齿电极设置在所述一对主面中的至少一方上,由电极在所述第二方向上排列而成,
所述检测电极是面状地设置在所述一对主面和所述一对侧面的各个面上的电极。
4. 根据权利要求3所述的振动型陀螺元件,其特征在于,
在所述梳齿电极中,当设所述电极与在一侧相邻的其他所述电极之间的距离为 L_1 、设所述电极与在另一侧相邻的其他所述电极之间的距离为 L_2 时, $L_1 < L_2$ 成立。
5. 根据权利要求3所述的振动型陀螺元件,其特征在于,
关于所述梳齿电极的电极间的距离,与所述第一驱动臂或所述第二驱动臂的连接部附近相比,末端部附近的距离更大。
6. 根据权利要求4所述的振动型陀螺元件,其特征在于,
关于所述梳齿电极的电极间的距离,与所述第一驱动臂或所述第二驱动臂的连接部附近相比,末端部附近的距离更大。
7. 一种振动型陀螺元件,其特征在于,该振动型陀螺元件具有:
基部;
从所述基部起朝第一方向延伸的第一检测臂;
朝与所述第一检测臂相反的方向延伸的第二检测臂;
第一连接部,其设置在所述第一检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;
第二连接部,其设置在所述第二检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;
第一驱动臂,其从所述第一连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;
第二驱动臂,其朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸;

第三驱动臂,其从所述基部起朝所述第二方向延伸;
第四驱动臂,其朝与所述第三驱动臂相反的方向延伸;
第五驱动臂,其从所述第二连接部起朝所述第二方向延伸;以及
第六驱动臂,其朝与所述第五驱动臂相反的方向延伸,

在所述第一驱动臂至所述第六驱动臂上分别设置有驱动电极,
在所述第一检测臂和所述第二检测臂上分别设置有检测电极,

所述第一驱动臂、所述第二驱动臂、所述第五驱动臂和所述第六驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动,

所述第三驱动臂和所述第四驱动臂在与所述第一驱动臂、所述第二驱动臂、所述第五驱动臂和所述第六驱动臂相反的方向上振动,

该振动型陀螺元件检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。

8. 根据权利要求7所述的振动型陀螺元件,其特征在于,

所述第一驱动臂至所述第六驱动臂、所述第一检测臂和所述第二检测臂分别具有彼此相对的一对主面以及连接所述主面的一对侧面;

所述驱动电极分别是梳齿电极,该梳齿电极设置在所述一对主面中的至少一方上,且由电极在所述第二方向上排列而成,

所述检测电极是面状地设置在所述一对主面和所述一对侧面的各个面上的电极。

9. 一种振动型陀螺传感器,其特征在于,该振动型陀螺传感器具有:

权利要求1至8中的任一项所述的振动型陀螺元件;以及

检测电路,其根据从所述检测电极输出的电信号,检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。

10. 一种电子设备,其特征在于,该电子设备具有:

第一传感器,其具有权利要求1至8中的任一项所述的振动型陀螺元件;以及

第二传感器,其具有检测与所述第一传感器不同的物理量的检测元件。

11. 一种振动型陀螺传感器的物理量检测方法,其特征在于,该振动型陀螺传感器具有振动型陀螺元件,该振动型陀螺元件具有:基部;从所述基部起朝第一方向延伸的检测臂;连接部,其设置在所述检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;第一驱动臂,其从所述连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;以及第二驱动臂,其从所述连接部起朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸,

所述第一驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动,

所述第二驱动臂在与所述第一驱动臂相同的方向上振动,

与绕所述第一方向的轴作用的物理量对应地在所述第一驱动臂和所述第二驱动臂上沿第二方向产生科里奥利力,由此,使所述检测臂产生所述第二方向的检测振动,

根据电信号检测所述物理量,其中,所述电信号是通过由所述检测振动产生的电场使电荷移动而产生的。

振动型陀螺元件、传感器及其物理量检测方法和电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及振动型陀螺元件、振动型陀螺传感器、振动型陀螺传感器的物理量检测方法和电子设备等。

背景技术

[0002] 如果向以规定速度运动着的物体施加角速度,则在与由运动方向(速度方向)的轴和角速度矢量的方向(角速度方向)的轴确定的平面垂直的方向上产生科里奥利力。在振动型陀螺传感器中,根据对应于该科里奥利力而变化的电信号来求出角速度。即,对振动臂进行激励,产生驱动振动。如果施加角速度,则通过与角速度对应的科里奥利力,而在振动臂的与驱动振动的方向垂直的方向上产生检测振动。在使用了压电材料的振动型陀螺传感器中,通过由检测振动在振动臂上产生的变形(应力)而产生电场,电荷进行移动。因该电荷的移动而产生的电信号(即微小的电流信号)的变动量与所施加的角速度的大小成比例。因此,通过检测电信号的变动量(例如直流电压的振幅的变动),能够检测所施加的角速度。

[0003] 作为构成振动型陀螺传感器的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用的振动片),公知有所谓的双 T 型振动陀螺元件(例如参照专利文献 1)。在双 T 型振动陀螺元件中,大致 T 字形的驱动振动系统被配置为关于中央的检测振动系统左右对称。在双 T 型振动陀螺元件中,因绕 Z 轴作用的角速度而在驱动臂上产生的科里奥利力经由支承臂和基部传播到检测臂。

[0004] 另外,在专利文献 2 中,提出了降低双 T 型振动陀螺元件中的能量损耗的构造。专利文献 2 所公开的振动型陀螺元件由具有三方晶的结晶构造的压电材料构成。该振动型陀螺元件具有:Y 轴方向的检测臂;和一对驱动臂,该一对驱动臂从检测臂起沿相对于 Y 轴成 +120° 的角度和 -120° 的角度的方向延伸。如果驱动臂在 XY 平面内振动而角速度绕 Z 轴作用,则在驱动臂的延伸方向上产生科里奥利力。由该科里奥利力的 X 轴方向分量在检测臂上产生 X 轴方向的检测振动。

[0005] 专利文献 1 和专利文献 2 所记载的振动型陀螺元件检测绕 Z 轴作用的角速度,而不能直接检测作用于 X 轴或 Y 轴的角速度。因此,为了使用该陀螺元件来检测作用于 X 轴或 Y 轴的角速度,需要将元件配置成垂直地竖立。所以,传感器的厚度方向的尺寸较大(难以实现薄型化),也增加了安装费用。

[0006] 例如在专利文献 3 中记载了检测作用于 X 轴或 Y 轴的角速度的陀螺元件。

[0007] 在专利文献 3 所记载的振动型陀螺元件中,共同(已被一体化)的振动臂从基部起沿规定方向延伸。振动臂的末端部被分开成双叉状。在分开成双叉状而形成的第一臂和第二臂的各末端部形成有驱动电极。另外,在振动臂的靠近基部的一侧形成有检测电极。通过施加给驱动电极的电压,对共同的振动臂的、分开成双叉状的末端部分进行激励,由此,在构成振动臂的水晶或石英的结晶面内(XY 平面)产生驱动振动。如果绕驱动臂的延伸方向的轴(绕 Y 轴)施加角速度,则科里奥利力垂直地作用于结晶面,在垂直于结晶面的方向(Z 轴方向)上产生检测振动。

[0008] 另外,近年来,使用MEMS(Micro Electro Mechanical Systems :微电子机械系统)技术来实现小型且高精度的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用的振动片)的技术受到关注。

[0009] 【专利文献 1】日本特开 2004-245605 号公报

[0010] 【专利文献 2】日本特开 2006-250769 号公报

[0011] 【专利文献 3】日本特开平 5-256723 号公报(专利第 3007216 号公报)

[0012] 在专利文献 1 所记载的振动型陀螺元件中,产生于驱动臂上的科里奥利力(即检测振动)经由支承臂和基部传递到检测臂。由于检测振动在支承臂和基部上传播时发生衰减,因此,不能否定在检测振动的传播过程中会产生能量损耗。

[0013] 在专利文献 2 所记载的振动型陀螺元件中,分别有一个驱动臂向相对于 +Y 轴成 +120° 的角度(相对于 -Y 轴成 -60° 的角度)和相对于 +Y 轴成 -120° 的角度(相对于 -Y 轴成 +60° 的角度)的方向延伸。由于科里奥利力产生在与由驱动振动的方向(速度方向)和角速度矢量(角速度方向)的轴确定的平面垂直的方向上,因此,用于激励检测振动的沿 X 轴方向产生的力变小,成为乘以 $\sin 60^\circ$ 后的大小。

[0014] 另外,下面示出专利文献 3 所记载的振动型陀螺元件中的问题。图 19 (A)~图 19 (C)是用于说明现有例的振动型陀螺元件的图。图 19 (A)是示出专利文献 3 记载的振动型陀螺元件的构造的立体图,图 19 (B)和图 19 (C)是示出沿着图 19 (A)的 A-A 线的、驱动臂的剖视图的例子。

[0015] 图 19 (A)的振动型陀螺元件 901 具有两个驱动臂 901、903。在理想化的情况下,该振动型陀螺元件 901 的驱动臂 901、903 分别在 X 轴方向上产生驱动振动,通过绕 Y 轴的角速度产生 Z 轴方向的科里奥利力,在 Z 轴方向上产生检测振动。然而,实际上,由于存在图 19 (B)、图 19 (C)所示的加工误差,在 X 轴方向的驱动振动中混杂着 Z 轴方向的振动。在图 19 (B)的例子中,由于在驱动臂上产生毛刺部,使得实际的驱动振动的方向偏离理想的驱动振动的方向。此外,在图 19 (C)的例子中,因对准偏差而使驱动臂产生不重合,由此,实际的驱动振动的方向偏离理想的驱动振动的方向。

[0016] 混杂的 Z 轴方向的振动被检测电极检测为检测振动,尽管没有施加角速度,也会产生角速度输出。即,在图 19 (B)、图 19 (C)中,即使实际的角速度为零,也会产生粗虚线箭头表示的机械泄漏分量。因此,尽管实际上没有施加角速度,也会输出与该机械泄漏分量对应的电信号。这是因机械耦合而导致的问题,该误差的分量远大于基于科里奥利力的输出,驱动振动的不平衡会对振动型陀螺元件的检测精度造成影响。而且,由于该机械耦合随着周围的温度而发生变动,因此,对陀螺传感器的温度稳定性造成很大的影响。

发明内容

[0017] 根据本发明的至少一种方式,能够进一步提高振动型陀螺传感器的检测效率。

[0018] (1) 在本发明的振动型陀螺元件的一个方式中,其特征在于,该振动型陀螺元件具有:基部;从所述基部起朝第一方向延伸的检测臂;连接部,其设置在所述检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;第一驱动臂,其从所述连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;第二驱动臂,其从所述连接部起朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸;设置在所述第一驱

动臂上的第一驱动电极；设置在所述第二驱动臂上的第二驱动电极；以及设置在所述检测臂上的检测电极，其中，所述第一驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动，所述第二驱动臂在与所述第一驱动臂相同的方向上振动，所述振动型陀螺元件检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。

[0019] 在本方式中，在规定面内沿第一方向延伸的检测臂的连接部与第一驱动臂以及第二驱动臂连接。第一驱动臂在规定面（例如包含压电板的规定结晶面的面）内沿正的第二方向延伸。第二驱动臂在规定面内沿负的第二方向（与正的第二方向相反的方向）延伸。第一方向与第二方向为相互交叉的方向，例如是垂直的方向（但并不限于此）。

[0020] 第一驱动臂和第二驱动臂分别在与规定面垂直的第三方向上振动（即，对面外方向的驱动振动进行激励）。在存在加工误差的情况下，由于机械耦合而在第三方向的振动中混杂有第一方向的振动，但是，因为检测振动是第二方向的，所以第一方向的振动不会对检测振动产生任何影响。因此，根据本方式，即使在存在加工误差的情况下，也不会产生因机械耦合而导致的多余信号，能够有效地检测科里奥利力。另外，因为也不会受到温度导致的机械耦合的变动的的影响，所以能够实现温度稳定性好的陀螺传感器。

[0021] (2) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中，其特征在于，所述检测臂、所述第一驱动臂和所述第二驱动臂均由相同的压电材料构成。

[0022] 在本方式中，作为检测臂的延伸方向的第一方向与作为第一驱动臂和第二驱动臂的各自的延伸方向的第二方向垂直。此外，在本方式中，驱动臂的至少一部分和检测臂的至少一部分由相同的压电材料构成。例如，由相同的压电材料（例如水晶板或 GaPO_4 ）构成驱动臂和检测臂，利用该水晶板所具有的压电特性，能够使驱动臂和检测臂振动。另外，例如也可以在构成驱动臂（或检测臂）的一部分的、具有弹性的基材上形成压电膜（构成驱动臂（或检测臂）的一部分的要素）。即，利用压电膜所具有的压电特性，能够将电场转换为变形，使驱动臂振动、或者能够将产生于检测臂上的第二检测振动转换为电场。

[0023] 例如，在采用光刻法（Photolithography）来加工水晶板的情况下，与沿 Y 轴方向延伸的臂相比，沿 X 轴方向延伸的臂的剖面加工精度更高（由水晶的各向异性造成的加工误差较少）。因此，根据本方式，能够减少驱动臂（第一驱动臂和第二驱动臂）的加工误差。所以，能够产生机械耦合的影响更小且在平衡性方面更优越的驱动振动。

[0024] (3) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中，其特征在于，所述第一驱动臂、所述第二驱动臂和所述检测臂分别具有彼此相对的一对主面、以及将所述主面彼此连接的一对侧面，所述第一驱动电极和所述第二驱动电极分别是梳齿电极，该梳齿电极设置在所述一对主面中的至少一方上，由电极在所述第二方向上排列而成，所述检测电极是面状地设置在所述一对主面和所述一对侧面的各个面上的电极。

[0025] 在本方式中，设置在第一驱动臂上的第一驱动电极和设置在第二驱动臂上的第二驱动电极分别是梳齿电极（IDT（interdigital transducer）电极）。通过该梳齿电极（IDT 电极），可以产生用于使驱动臂在规定面外振动的电场（作为驱动臂的延伸方向的第二方向的电场）。

[0026] 另外，通过分别设置于检测臂的第一面至第四面上的第一电极至第四电极，可以提取伴随于第二检测振动而产生的微小电信号。第一电极与第二电极连接，第三电极与第四电极连接。根据该检测电极的配置，可以获得这样的效果：使从第一驱动臂泄漏到检测臂

的不必要的驱动振动与从第二驱动臂泄漏到检测臂的不必要的驱动振动相抵消。即,即使由于从各驱动臂泄漏的不必要的驱动振动而要产生例如从第一电极朝向第二电极的电场,因为第一电极和第二电极被共同连接而处于相同电位,所以实际上也不会产生这种电场,因此,根据该电极配置,不会检测到由不必要的驱动振动导致的噪声信号。从而能够有效地检测科里奥利力,而不会产生因机械耦合而导致的多余信号。

[0027] (4) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中,其特征在于,所述第一梳齿电极和所述第二梳齿电极都分别具有第一相对部分和第二相对部分,其中,所述第一相对部分由被配置成隔开规定距离而彼此相对的一对电极构成,所述第二相对部分被设置为与所述第一相对部分相邻、且由被配置成隔开所述规定距离而彼此相对的一对电极构成,所述第一相对部分和第二相对部分沿着作为所述驱动臂的延伸方向的所述第二方向而配置,并且,当设所述规定距离为 L_1 、设所述第一相对部分与所述第二相对部分之间的距离为 L_2 时, $L_1 < L_2$ 成立。另外,在其他方式中,关于所述梳齿电极,当设与所述电极的一侧相邻的其他所述电极之间的距离为 L_1 、设与所述电极的另一侧相邻的其他所述电极之间的距离为 L_2 时, $L_1 < L_2$ 成立。

[0028] 梳齿电极具有第一相对部分和第二相对部分,其中,所述第一相对部分由被配置成彼此隔开规定距离而相对的一对电极构成,所述第二相对部分与该第一相对部分相邻且由被配置成彼此隔开规定距离而相对的一对电极构成。在第一相对部分和第二相对部分中,在相对的一结电极之间产生电场(有效电场),将该电场(有效电场)施加给驱动臂。另一方面,在第一相对部分的第二相对部分侧的电极与第二相对部分的第一相对部分侧的电极之间也产生电场(无效电场)。当在第一相对部分和第二相对部分上产生的有效电场的方向与在第一相对部分和第二相对部分之间产生的无效电场的方向相反的情况下,会发生有效电场的一部分被无效电场抵消的问题。

[0029] 因此,在本方式中,将第一相对部分与第二相对部分之间的距离(L_2 :具体而言,是第一相对部分的第二相对部分侧的电极与第二相对部分的第一相对部分侧的电极之间的距离)设定为大于第一相对部分和第二相对部分各自的电极间的距离(L_1)。由此,能够减轻在第一相对部分与第二相对部分之间产生的无效电场所造成的不良影响(即,有效电场的一部分被无效电场抵消)。

[0030] (5) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中,其特征在于,所述第一梳齿电极和所述第二梳齿电极还分别具有第三相对部分,该第三相对部分被设置为与所述第二相对部分相邻且由被配置成隔开规定距离而彼此相对的一对电极构成,按照所述第一相对部分、所述第二相对部分、所述第三相对部分的顺序,距所述基部的距离变大,并且,当设所述第二相对部分与所述第三相对部分之间的距离为 L_3 时, $L_2 < L_3$ 成立。另外,在其他方式中,关于所述梳齿电极的电极间的距离,与所述第一驱动臂或所述第二驱动臂的连接部附近相比,末端部附近的距离更大。

[0031] 为了在驱动臂上产生驱动振动(面外振动),需要在驱动臂的主面(例如表面和背面中的至少一方)上产生压缩或伸展(拉伸)的变形(应力)。因为驱动臂以作为固定端的基部为基准在面外方向上振动,所以对驱动臂的弯曲最有效的变形是靠近基部的位置处的变形。远离基部的位置(末端附近)处的变形对驱动臂的弯曲造成的影响较小。

[0032] 根据上面的研究,在本方式中,根据距基部的距离,改变梳齿电极所包含的三个相

对部分各自间的间隔。即,将第二相对部分和第三相对部分之间的间隔(L3)设定为大于第一相对部分与第二相对部分之间的间隔(L2)。由此,与等间隔地配置各相对部分的情况相比,能够减少沿着驱动臂的延伸方向配置的相对部分的数量。这意味着减少产生于驱动臂上的电场的总量,因此,可获得消减功耗的效果。另一方面,即使减少了远离基部的位置处的电场,因为该电场对驱动臂弯曲的贡献度小,所以也能在驱动臂上产生所需要的振幅的驱动振动。

[0033] (6) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中,其特征在于,该振动型陀螺元件具有:基部;从所述基部起朝第一方向延伸的第一检测臂;朝与所述第一检测臂相反的方向延伸的第二检测臂;第一连接部,其设置在所述第一检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;第二连接部,其设置在所述第二检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;第一驱动臂,其从所述第一连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;第二驱动臂,其朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸;第三驱动臂,其从所述基部起朝所述第二方向延伸;第四驱动臂,其朝与所述第三驱动臂相反的方向延伸;第五驱动臂,其从所述第二连接部起朝所述第二方向延伸;以及第六驱动臂,其朝与所述第五驱动臂相反的方向延伸,在所述第一驱动臂至所述第六驱动臂上分别设置有驱动电极,在所述第一检测臂和所述第二检测臂上分别设置有检测电极,所述第一驱动臂、所述第二驱动臂、所述第五驱动臂和所述第六驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动,所述第三驱动臂和所述第四驱动臂在与所述第一驱动臂、所述第二驱动臂、所述第五驱动臂和所述第六驱动臂相反的方向上振动,该振动型陀螺元件检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。

[0034] 在本方式中,除了第一检测臂之外,还设置有第二检测臂。在第一检测臂上设置有第一检测电极,在第二检测臂上设置有第二检测电极。第一检测臂从基部起向正的第一方向延伸,第二检测臂向负的第一方向延伸。通过增加检测臂的数量,提高检测灵敏度。

[0035] 另外,在本方式中,除了第一驱动臂和第二驱动臂之外,还设置有第三驱动臂和第四驱动臂以及第五驱动臂和第六驱动臂。第一驱动臂和第二驱动臂从第一检测臂的连接部起分别向彼此相反的方向(即,正的第二方向和负的第二方向)延伸。第三驱动臂和第四驱动臂从基部起分别向彼此相反的方向(即,正的第二方向和负的第二方向)延伸。第五驱动臂和第六驱动臂从第二检测臂的连接部起分别向彼此相反的方向(即,正的第二方向和负的第二方向)延伸。在第一驱动臂至第六驱动臂上,分别设置有第一驱动电极至第六驱动电极。

[0036] 此外,在第一驱动臂和第二驱动臂通过驱动振动而沿正的第三方向发生了位移时,第三驱动臂和第四驱动臂因驱动振动而沿负的第三方向发生位移,并且第五驱动臂和第六驱动臂因驱动振动而沿正的第三方向发生位移。即,在第一驱动臂和第二驱动臂以及第五驱动臂和第六驱动臂上,以沿着第三方向且各臂的位移为相同方向的方式,激励行走模式的驱动振动。另一方面,在第二驱动臂和第三驱动臂上,以沿着第三方向且位移的方向与第一驱动臂、第二驱动臂以及第五驱动臂、第六驱动臂各自的位移方向相反的方式,激励行走模式的驱动振动。

[0037] 换言之,三对驱动臂中的两侧的两对驱动臂被同相地驱动,中央的一对驱动臂被反相地驱动,由此实现在力学上取得平衡性的驱动振动。由于面外振动的平衡性好,所以共

振的 Q 值变高,驱动振动的振幅增大,振动频率也稳定。科里奥利力的大小与驱动振动的速度成比例,驱动振动的速度取决于振幅和振动频率。因此,驱动振动的速度变大且稳定,从而能实现更高灵敏度且灵敏度稳定性高的振动型陀螺元件。

[0038] (7) 在本发明的振动型陀螺元件的其他方式中,其特征在于,所述第一驱动臂至所述第六驱动臂、所述第一检测臂和所述第二检测臂分别具有彼此相对的一对主面以及连接所述主面的一对侧面;所述驱动电极分别是梳齿电极,该梳齿电极设置在所述一对主面中的至少一方上,且由电极在所述第二方向上排列而成,所述检测电极是面状地设置在所述一对主面和所述一对侧面的各个面上的电极。

[0039] 在本方式中,对上述(6)的方式中的电极构造进行规定。即,虽然在第一驱动臂上形成有第一驱动电极,但是该第一驱动电极是设置在所述一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第一梳齿电极。同样,设置在第二驱动臂上的第二驱动电极是设置在第二驱动臂的一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第二梳齿电极,设置在第三驱动臂上的第三驱动电极是设置在第三驱动臂的一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第三梳齿电极,设置在第四驱动臂上的第四驱动电极是设置在第四驱动臂的一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第四梳齿电极,设置在第五驱动臂上的第五驱动电极是设置在第五驱动臂的一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第五梳齿电极,设置在第六驱动臂上的第六驱动电极是设置在第六驱动臂的一对主面(第一面和第二面)中的至少一方上的第六梳齿电极。通过基于梳齿电极的第二方向的电场,在各驱动臂上激励第三方向(面外方向)的驱动振动。

[0040] 另外,在第一检测臂的第一面至第四面上分别设置有第一检测臂用的第一电极至第四电极。同样,在第二检测臂的第一面至第四面上分别设置有第二检测臂用的第一电极至第四电极。对应于基于检测振动的变形而产生于第一检测臂和第二检测臂中的电场的方向相同。考虑到这一点来决定第一检测臂中的电极与第二检测臂中的电极之间的连接。即,第一检测臂用的第一电极以及第一检测臂用的第二电极、与第二检测臂用的第一电极以及第二检测臂用的第二电极被共同连接。另外,第一检测臂用的第三电极以及第一检测臂用的第四电极、与第二检测臂用的第三电极以及第二检测臂用的第四电极被共同连接。能够从上述两个公共连接点提取伴随于第二检测振动而产生的微小电信号。

[0041] (8) 本发明的振动型陀螺传感器的一种方式的特征在于,该振动型陀螺传感器具有检测电路,该检测电路根据从所述检测电极输出的电信号,检测绕所述第一方向的轴作用的物理量。

[0042] 由此,能够实现可进行高精度检测的振动型陀螺传感器(振动型陀螺仪(gyroscope))。

[0043] (9) 本发明的电子设备的一种方式具有:第一传感器,其具有上述任一种振动型陀螺元件;以及第二传感器,其具有检测与所述第一传感器不同的物理量的检测元件。

[0044] 由此,例如能够实现如下高性能的传感器单元(一种电子设备),该传感器单元是将能够进行高精度的角速度检测的振动型陀螺元件与检测角速度以外的物理量的其他检测元件组合而成。另外,如果将该传感器单元安装在照相机或 FA 设备等电子设备中,则可实现该电子设备的高性能化。

[0045] (10) 在本发明的振动型陀螺传感器的角速度检测方法的一种方式中,其特征在

于,该振动型陀螺传感器具有振动型陀螺元件,该振动型陀螺元件具有:基部;从所述基部起朝第一方向延伸的检测臂;连接部,其设置在所述检测臂的与所述基部侧的端部相反一侧的端部;第一驱动臂,其从所述连接部起朝第二方向延伸,其中,该第二方向在由所述第一方向的轴以及该第二方向的轴规定的平面中与所述第一方向交叉;以及第二驱动臂,其从所述连接部起朝与所述第一驱动臂相反的方向延伸,所述第一驱动臂在与所述第一方向以及所述第二方向垂直的第三方向上振动,所述第二驱动臂在与所述第一驱动臂相同的方向上振动,与绕所述第一方向的轴作用的物理量对应地在所述第一驱动臂和所述第二驱动臂上沿第二方向产生科里奥利力,由此,使所述检测臂产生所述第二方向的检测振动,根据电信号检测所述物理量,其中,所述电信号是通过由所述检测振动产生的电场使电荷移动而产生的。

[0046] 在本方式的角速度(物理量)检测方法中,例如使用由水晶结晶板(例如Z板(大致Z板))构成的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用的振动片)。检测臂从基部起向第一方向(例如Y轴方向)延伸。第一驱动臂和第二驱动臂分别从检测臂的连接臂起在第二方向(例如X轴方向)上且沿彼此相反的方向(例如+X轴方向和-X轴方向)延伸。由第一方向的轴和第二方向的轴规定的平面例如是包含水晶板的Z面的平面。另外,在本方式中,第一方向与第二方向垂直。

[0047] 使用与水晶板的第二方向的电场(例如X轴方向的电场 E_x)对应的第二方向的变形(S_x),在各驱动臂上激励第三方向(与由第一方向的轴和第二方向的轴规定的平面垂直的方向)的驱动振动(面外振动)。

[0048] 另外,通过绕第一方向(例如Y轴方向)的轴作用的角速度,在驱动臂上产生第二方向(例如X轴方向)的科里奥利力,利用科里奥利力,使各驱动臂发生位移。由于各驱动臂与检测臂的同一连接部连接,因此各驱动臂的位移直接成为检测臂的位移。所以,能够在检测臂上有效地产生检测振动。

[0049] 如果检测臂因检测振动而弯曲,则通过构成检测臂的水晶板的、与第二方向(X轴方向)的电场(E_x)对应的第一方向的变形(S_y),产生第二方向的电场(E_x)。检测电路根据电信号来检测角速度,其中,所述电信号是通过由该第二方向的电场(E_x)使电荷移动而产生的。

[0050] 在本方式中,因为基部、驱动臂和检测臂本身由水晶板构成,所以与在基材上形成压电膜的构造相比,振动损耗少且耐久性高。另外,因为利用面外振动(行走模式的振动)作为驱动振动,所以与现有的利用面内驱动振动的情况相比,能够激励平衡性好的驱动振动。此外,能够获得这样的效果:有效地使从第一驱动臂泄漏到检测臂的不必要的驱动振动与从第二驱动臂泄漏到检测臂的不必要的驱动振动相抵消。而且,因为驱动臂直接与检测臂连接,所以能够有效地将科里奥利力传递到检测臂。从而可以显著地提高物理量的检测效率。此外,由于驱动臂与检测臂分离,能够适当地进行各臂的电极配置和布线。并且,因为驱动臂与检测臂分离,还能够降低静电耦合和电气机械耦合的影响。

[0051] 这样,根据本发明的至少一种方式,能够进一步提高振动型陀螺传感器的检测效率。

附图说明

[0052] 图 1 (A) 和图 1 (B) 是用于说明第一实施方式的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用振动片)的角速度的检测原理的图。

[0053] 图 2 (A) 和图 2 (B) 是用于说明振动型陀螺元件的物理量的检测原理的图。

[0054] 图 3 (A) 和图 3 (B) 是用于说明振动型陀螺元件的物理量的检测原理的图。

[0055] 图 4 (A) 至图 4 (D) 是示出电极的配置例的图。

[0056] 图 5 是示出振动型陀螺传感器的结构的一例的图。

[0057] 图 6 是用于说明驱动振动的激励的一例的图。

[0058] 图 7 (A) 至图 7 (G) 是用于说明可抑制机械耦合的影响的原因的图。

[0059] 图 8 是示出第二实施方式的振动型陀螺元件的结构图。

[0060] 图 9 (A) 至图 9 (F) 是示出图 8 所示的振动型陀螺元件的振动姿态的例子图。

[0061] 图 10 (A) 和图 10 (B) 是用于说明第二实施方式的振动型陀螺传感器的物理量的检测动作的图。

[0062] 图 11 (A) 和图 11 (B) 是用于说明第二实施方式的振动型陀螺传感器的物理量的检测动作的图。

[0063] 图 12 是示出振动型陀螺元件的驱动臂的另一例的图。

[0064] 图 13 是示出振动型陀螺元件中的驱动臂中的梳齿电极的另一结构例的图。

[0065] 图 14 (A) 至图 14 (C) 是用于说明振动型陀螺元件的另一例(在基材上形成压电材料膜的例子)的图。

[0066] 图 15 (A) 至图 15 (F) 是用于说明压电材料膜(压电陶瓷)的特性的图。

[0067] 图 16 是示出包含振动型陀螺传感器的电子设备的结构的一例的图。

[0068] 图 17 是用于说明驱动振动的激励的另一例的图。

[0069] 图 18 是用于说明振动型陀螺传感器中的静电耦合、电气机械耦合和机械耦合的图。

[0070] 图 19 (A) 至图 19 (C) 是用于说明现有的振动型陀螺传感器中的机械耦合的图。

[0071] 标号说明

[0072] 10 :基部 ;20a :第一驱动臂 ;20a' :第二驱动臂 ;30 :检测臂(或第一检测臂);32a ~ 32d :检测电极 ;40a ~ 40c :梳齿电极 ;41a 和 41b、41c 和 41d :构成梳齿电极的一对电极 ;100 :振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用振动片);105 :振动型陀螺传感器 ;140 :检测电路 ;P1 ~ P4 :焊盘 ;Sy、Sx :与第二方向电场对应的、压电材料的第一方向和第二方向的压电常数 ;Ex :第二方向电场 ;G1 :驱动振动 ;G2 :基于科里奥利力 F_c 的检测振动 ;G3 :G1 与 G2 的合成振动。

具体实施方式

[0073] 下面,详细地说明本发明的优选实施方式。另外,下面所说明的本实施方式并非不恰当地限定权利要求书中所记载的本发明内容,在本实施方式中所说明的所有结构作为本发明的解决手段并非都是必须的。

[0074] (第一实施方式)

[0075] 图 1 (A) 和图 1 (B) 是用于说明第一实施方式的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用振动片)的角速度的检测原理的图。

[0076] 如图 1 (A) 所示, 振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用振动片) 100 具有: 基部 10; 从所述基部起在规定面内(XY 面内)朝第一方向(Y 轴方向)延伸的检测臂 30; 一对驱动臂(第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20'), 它们从检测臂 30 的连接部 25 (在图中用虚线包围示出)起朝在规定面内(XY 面内)作为与第一方向(Y 轴方向)交叉的方向的第二方向(X 轴方向)延伸。第一驱动臂 20 沿正的第二方向(+X 轴方向)延伸, 第二驱动臂 20' 沿负的第二方向(-X 轴方向)延伸。虽然优选 X 轴与 Y 轴垂直, 但是并不限于此, 例如也可以稍微存在方向的偏差。

[0077] 另外, 在驱动臂 10 上设置有驱动电极(在图 1 (A)中未图示), 在检测臂 30 上设置有检测电极(在图 1(A)中未图示)。另外, 基部 10 例如通过粘接剂而固定在传感器壳体(未图示)等上。

[0078] 基部 10、第一驱动臂 20、第二驱动臂 20' 以及检测臂 30 本身可由水晶结晶板那样的压电材料构成。另外, 基部 10、第一驱动臂 20、第二驱动臂 20' 以及检测臂 30 中的基材也可以由具有弹性的材料构成, 在该基材上形成压电膜。即, 利用压电膜所具有的压电特性, 能够将电场转换为变形来使驱动臂振动、或者将在检测臂上产生的第二检测振动转换为电场。其中, 与在基材上形成压电膜的构造相比, 在由水晶板等构成基部 10、第一驱动臂 20、第二驱动臂 20' 以及检测臂 30 本身的构造的情况下, 振动损耗较少, 耐久性也较高。

[0079] 另外, 在本实施方式中, 关于图 1 (A) 的振动型陀螺元件(振动型陀螺传感器用振动片), 基部 10、第一驱动臂 20、第二驱动臂 20' 以及检测臂 30 本身由 Z 板(大致 Z 板)的水晶结晶板构成。

[0080] 设置在检测臂 30 的末端附近的连接部 25 与基部 10 不同, 未被固定, 因此, 如果第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 因科里奥利力而发生位移, 则连接部 25 也随着该位移而发生位移, 所以检测臂 30 也发生位移。因而, 能够有效地将产生于第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 上的科里奥利力传递到检测臂 30 (即, 有效地将科里奥利力转换为检测振动)。

[0081] 另外, 由第一方向的轴(Y 轴)和第二方向的轴(X 轴)规定的平面(XY 平面)例如是包含水晶板的 Z 面的平面, 如上所述, 第一方向和第二方向在广义上是彼此交叉的方向, 在以下的说明中, 假设是相互垂直的。

[0082] 如图 1 (A) 所示, 第一驱动臂 20 的驱动振动 VA 以及第二驱动臂 20' 的驱动振动 VA' 均产生在面外方向(垂直于 XY 平面的 Z 轴方向)上。例如, 通过利用与水晶板的第二方向的电场(X 轴方向的电场 Ex)对应的第二方向的变形(Sx), 能够产生该驱动振动 VA、VA'。

[0083] 这里, 参照图 1 (B)。图 1 (B)是示出水晶板的压电常数、电场和变形的关系的图。示出欧拉角(0, 1.5, 0)的水晶基板在 25°C 下的贝克曼(Bechmann)压电常数(d 常数)。如用粗线包围所示那样, 关于水晶板, 具有示出高数值的 d11 和 d12 这两个值, 作为与第二方向的电场 Ex 对应的压电常数。d11 是关于与第二方向的电场 Ex 对应地产生的第二方向(X 轴方向)的变形大小的压电常数, d12 是关系到与第二方向的电场 Ex 对应地产生的第一方向(Y 轴方向)的变形大小的压电常数。如图所示, d11 和 d12 均示出高数值, 表示能够通过电场 Ex 来产生较大的变形 Sx、Sy, 相反地, 也能通过变形 Sx、Sy 来产生较大的电场 Ex。因此, 能够用于驱动振动的激励或物理量的检测。另外, 关于 d12, 极性为负, 这表示当在 X 方向上产生正的电场(+Ex)时, 在 Y 方向上产生负的变形, 即产生收缩。

[0084] 即, 如果水晶板产生第二方向(X 轴方向)的正的电场 +Ex, 则根据 d11 在第二方向

(X 轴方向)上产生拉伸的变形 S_x ,此外,根据 d_{12} 在 Y 方向上产生收缩的变形 S_y 。在本实施方式中,将基于压电常数 d_{11} 的变形 S_x 用于驱动振动 VA 和 VA' 的激振。

[0085] 另外,相反地,如果在水晶板上例如产生第一方向(Y 轴方向)的收缩变形 S_y ,则根据压电常数 d_{12} 在正的第二方向(+X 轴方向)上产生电场 $+E_x$,电荷向该电场的方向移动。在本方式中,为了将检测振动转换为电信号而利用该压电常数 d_{12} 。

[0086] 图 2 (A)和图 2 (B)是用于说明振动型陀螺元件的物理量的检测原理的图。图 2 (A)是示出各臂的振动姿态的一例的图,图 2 (B)是示出电信号的检测动作的图。

[0087] 如上所述,第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20'利用基于水晶结晶的压电常数 d_{11} 的变形 S_x ,在第三方向(是与由第一方向轴和第二方向轴规定的平面垂直的方向,此处为 Z 轴方向)上被激励,由此产生驱动振动(面外振动)VA、VA'。驱动振动 VA、VA'是同相的驱动振动。即,当第一驱动臂 20 沿正的第二方向(+Z 轴方向)发生位移时,第二驱动臂 20'也沿正的第二方向(+Z 轴方向)发生位移,当第一驱动臂 20 沿负的第二方向(-Z 轴方向)发生位移时,第二驱动臂 20'也沿负的第二方向(-Z 轴方向)发生位移。

[0088] 在该状态下,如果振动型陀螺元件 100 绕第一方向(Y 轴方向)的轴旋转,则角速度会施加给驱动臂。三维空间中的角速度可由角速度矢量表示。在图 2 (A)中,关于 Y 轴,沿图中的箭头所示的方向产生角速度,该情况下的角速度矢量沿右螺旋的前进方向(即 +Y 轴方向)产生。

[0089] 角速度 Ω 作用于驱动振动中的第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20',由此在各臂上沿第二方向(X 轴方向:此处为 -X 轴方向)产生科里奥利力 F_c (F_c)。由此,第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20'沿负的第二方向(-X 轴方向)发生位移。该位移经由连接部 25 传播到检测臂 30,检测臂 30 也沿负的第二方向(-X 轴方向)发生位移。即,在检测臂 30 上产生 $-\Delta X$ 的位移。由此,在检测臂 30 上产生检测振动 VB。在图 2 (A)的例子中,检测振动 VB 的方向是负的第二方向(-X 轴方向)。

[0090] 如果检测臂 30 弯曲,则如图所示,在检测臂 30 上产生基于第一方向(Y 轴方向)的变形 S_y 的电场 E_x ($+E_x, -E_x$)。即,根据构成检测臂 30 的水晶板的、与对应于第二方向(X 轴方向)的电场(E_x)的第一方向的变形 S_y 有关的压电常数(d_{12}),产生第二方向的电场($+E_x, -E_x$)。电荷 Q_1, Q_2 通过该第二方向的电场($+E_x, -E_x$)而发生移动。即,产生微小的电流。根据该微小的电信号(电荷信号或电流信号),能够检测角速度。

[0091] 图 2 (B)示出了沿检测臂 30 的 A-A 线的剖视图。检测臂 30 具有:作为第一主面的第一面(表面:A 面);作为与第一面相对的第二主面的第二面(背面:B 面);连接第一面与第二面的第三面(左侧面:C 面);与第三面相对的第四面(右侧面:D 面)。在第一面、第二面、第三面和第四面上分别设置有作为检测电极的第一电极 32a、第二电极 32b、第三电极 32c 以及第四电极 32d。

[0092] 第一电极 32a 与第二电极 32c 连接,第三电极 32c 与第四电极 32d 连接。第一电极 32a 和第二电极 32b 的公共连接点 NP1 与配置在检测电路前级的 Q/V 转换电路 120 的输入端子 J1 连接。另外,第三电极 32c 和第四电极 32d 的公共连接点 NP2 与 Q/V 转换电路 120 的输入端子 J2 连接。

[0093] 如果在检测臂 30 上产生检测振动 VB,则与检测臂 30 的第一方向(Y 轴方向)的变形($-S_y, +S_y$)对应地产生基于压电常数 d_{12} 的电场 E_x (第二方向的电场 $+E_x, -E_x$)。当产

生电场 E_x (第二方向的电场 $+E_x$ 、 $-E_x$) 时,与该电场 E_x 对应地产生电荷 Q 的移动。即,在图 2 (B) 中,沿箭头所示的方向(从端子 J2 到端子 J1 的方向)产生电荷 Q 的移动。因电荷的移动而产生的微小电流信号(电荷信号)由配置在检测电路前级的 Q/V 转换电路 120 转换为电压。根据该电压信号来检测物理量(角速度)。

[0094] 图 3 (A) 和图 3 (B) 是用于说明振动型陀螺元件的物理量的检测原理的图。图 3 (A) 是示出各臂的振动姿态的另一例的图,图 3 (B) 是示出电信号的检测动作的图。图 3 (A) 和图 3 (B) 分别对应于图 2 (A) 和图 2 (B)。

[0095] 在图 3 (A) 的例子中,第一驱动臂 20 通过面外方向的驱动振动 VA 而向正的第三方向(+Z 轴方向)弯曲,同样地,第二驱动臂 20' 因面外方向的驱动振动 VA' 而向正的第三方向(+Z 轴方向)弯曲。在该状态下,如果角速度 Ω 绕第一方向的轴(此处为 +Y 轴方向)作用,则在正的第二方向(+X 轴方向)上产生科里奥利力 F_c 。

[0096] 由此,第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 沿正的第二方向(+X 轴方向)发生位移。该位移经由连接部 25 传播到检测臂 30,检测臂 30 也沿正的第二方向(+X 轴方向)发生位移。即,在检测臂 30 上产生 $+\Delta X$ 的位移。由此,在检测臂 30 上产生检测振动 VB 。在图 3 (A) 的例子中,检测振动 VB 的方向是正的第二方向(+X 轴方向)。

[0097] 如果在检测臂 30 上产生检测振动 VB ,则如上所述,根据水晶结晶的压电常数 d_{12} ,产生第二方向的电场 E_x ($+E_x$ 和 $-E_x$),伴随于此,发生电荷 Q 的移动。

[0098] 即,在图 3 (B) 中,沿箭头所示的方向(从端子 J1 到端子 J2 的方向)产生电荷 Q 的移动。因电荷的移动而产生的微小电流信号(电荷信号)由配置在检测电路前级的 Q/V 转换电路 120 转换为电压。根据该电压信号来检测物理量(角速度)。

[0099] 以上说明的振动型陀螺元件 100 利用面外振动(行走模式的振动)作为驱动振动,因此与现有的利用面内驱动振动的情况相比,可容易增大振动的振幅(由于没有相邻的其他臂,所以振幅不会受到其他臂的限制,从而能够在确保机械耐久性的范围内增大振幅)。

[0100] 另外,第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 沿着水晶板(压电板)的基本的结晶轴进行配置,因此例如能够采用光刻法来高精度地进行加工。

[0101] 此外,在行走模式的振动(面外振动)中,平衡地产生正的第三方向(+Z 轴方向)的位移和负的第三方向(-Z 轴方向)的位移。即,第一驱动臂 20 的驱动振动 VA 与第二驱动臂 20' 的驱动振动 VA' 互相取得平衡。这种情况有利于提高物理量(角速度或角加速度等)的检测效率。

[0102] 另外,由于驱动臂(20、20')与检测臂 30 分离,因此能够适当地进行各臂的电极配置和布线。另外,因为驱动臂(20、20')与检测臂 30 分离,所以也降低了静电耦合和电气机械耦合的影响。

[0103] 此外,由于第一驱动臂 20 的驱动振动 VA 与第二驱动臂 20' 的驱动振动 VA' 取得了平衡,所以也能够有效地抵消因机械耦合而从各驱动臂泄漏到检测臂的不必要的驱动振动分量。另外,关于静电耦合、电气机械耦合以及机械耦合,将在后面使用图 17 来叙述。

[0104] 另外,采用水晶板来构成基部 10、驱动臂(20、20')和检测臂 30 自身,利用水晶板自身所具有的压电常数,激励驱动振动,并且利用水晶板自身所具有的压电常数来对检测信号(电信号)进行检测,由此,与在基材上形成压电膜的构造相比,振动损耗较少,并且能够提高耐久性。

[0105] 图 4 (A) 至图 4 (D) 是示出电极的配置例的图。图 4 (A) 是示出振动型陀螺元件 100 的第一面(表面)的电极配置的图。图 4 (B) 是示出振动型陀螺元件 100 的第二面(背面)的电极配置的透视图。图 4 (C) 是沿着图 4 (A) 的 A-A 线的剖视图。图 4 (D) 是沿着图 4 (A) 的 B-B 线的剖视图。

[0106] 首先,说明设置在驱动臂 20 上的驱动电极(梳齿电极)。驱动臂 20 具有一对主面(第一面(表面)和第二面(背面))。在该一对主面中的至少一面上形成有梳齿电极。在本实施方式中,在第一面(表面)和第二面(背面)双方上均形成有梳齿电极。

[0107] 在图 4 (A) 中,如粗虚线包围所示,在第一驱动臂 20 的第一面(表面)上设置有梳齿电极(IDT (interdigital transducer)电极)40a。梳齿电极 40a 具有电极 41a (带斜线的电极)和电极 41b (涂黑的电极)。

[0108] 同样地,在第二驱动臂 20' 的第一面(表面)上设置有梳齿电极(IDT 电极)40b。梳齿电极 40b 具有电极 41a' (带斜线的电极)和电极 41b' (涂黑的电极)。

[0109] 另外,在图 4 (B) 中,如粗虚线包围所示,在第一驱动臂 20 的第二面(背面)上设置有梳齿电极 40c。梳齿电极 40c 具有电极 41c (带斜线的电极)和电极 41d (涂黑的电极)。电极 41c 与电极 41a 连接。此外,电极 41d 与电极 41b 连接。

[0110] 同样地,在第二驱动臂 20' 的第二面(背面)上设置有梳齿电极(IDT 电极)40d。梳齿电极 40d 具有电极 41c' (带斜线的电极)和电极 41d' (涂黑的电极)。

[0111] 此处,参照图 4(D)。作为设置于第一驱动臂 20 上的第一驱动电极的梳齿电极 40a (设置在表面上的梳齿电极)具有:第一相对部分 42 (1),其由配置成隔开规定距离 L_1 且彼此相对的一对电极(电极 41a 和电极 41b)构成;第二相对部分 42 (2),其被设置为与第一相对部分 42 (1) 相邻、且由配置成隔开规定距离 L_1 而彼此相对的一对电极(41a、41b)构成;第三相对部分 42 (3),其被设置为与前述第二相对部分 42 (2) 相邻、且由配置成隔开规定距离 L_1 而彼此相对的一对电极(41a、41b)构成。

[0112] 第一相对部分 42 (1) 至第三相对部分 42 (3) 分别沿着驱动臂 20 的延伸方向即第二方向(X 轴方向)进行配置。另外,当设第一相对部分 42 (1) 与第二相对部分 42 (2) 之间的距离(或者第二相对部分 42 (2) 与第三相对部分 42 (3) 之间的距离)为 L_2 时, $L_1 < L_2$ 成立。

[0113] 设为 $L_1 < L_2$ 是出于以下原因。在下面的说明中,以第一相对部分 42 (1) 和第二相对部分 42 (2) 为重点。在第一相对部分 42 (1) 和第二相对部分 42 (2) 中,在相对的一对电极(41a、41b) 之间产生电场(有效电场) $E_x (1)$, 该电场(有效电场) $E_x (1)$ 被施加给驱动臂 20, 从而在驱动臂 20 上产生压缩或伸展(拉伸)的各应力。

[0114] 另一方面,在第一相对部分 42 (1) 的第二相对部分侧的电极 41b 与第二相对部分 42 (2) 的第一相对部分侧的电极 41a 之间也产生电场(无效电场) $E_x (2)$ 。当分别在第一相对部分 42 (1) 和第二相对部分 42 (2) 中产生的有效电场的方向 $E_x (1)$ 与在第一相对部分 42 (1) 和第二相对部分 42 (2) 之间产生的无效电场 $E_x (2)$ 的方向相反时,产生这样的问题:有效电场 $E_x (1)$ 的一部分被无效电场 $E_x (2)$ 抵消。

[0115] 因此,在图 4 (D) 所示的例子中,将第一相对部分 42 (1) 和第二相对部分 42 (2) 之间的距离(L_2 :具体而言是第一相对部分的第二相对部分侧的电极 41b 与第二相对部分的第一相对部分侧的电极 41a 之间的距离)设定为大于第一相对部分 42 (1) 以及第二相对

部分 42 (2) 各自中的电极之间的距离 L_1 。由此,能够减轻在第一相对部分 42 (1) 与第二相对部分 42 (2) 之间产生的无效电场 $E_x (2)$ 所造成的不良影响(即,有效电场 $E_x (1)$ 的一部分被无效电场 $E_x (2)$ 抵消)。

[0116] 接着,对检测臂 30 的检测电极的配置进行说明。此处,参照图 4 (C)。如上所述,检测臂 30 具有:第一面(表面:A 面);与第一面相对的第二面(背面:B 面);连接第一面与第二面的第三面(左侧面:C 面);与第三面相对的第四面(右侧面:D 面)。

[0117] 检测电极具有:设置在检测臂 30 的第一面(A 面)上的第一电极 32a;设置在检测臂 30 的第二面(B 面)上、且与第一电极 32a 连接的第二电极 32b;第三电极 32c,其设置在检测臂 30 的第三面(C 面)上、且在电气上独立于第一电极 32a 以及第二电极 32b;第四电极 32d,其设置在检测臂 30 的第四面(D 面)上、且与第三电极 32c 连接。将第一电极 32a 与第二电极 32b 的公共连接点设为 J1。将第三电极 32c 与第四电极 32d 的公共连接点设为 J2。公共连接点 J1 和 J2 相当于检测电路的输入端子。

[0118] 图 5 是示出振动型陀螺传感器的结构的一例的图。在图 5 中,振动型陀螺传感器 105 具有振动型陀螺元件 100、振荡驱动电路 110 和检测电路 140。振荡驱动电路 110 具有 AGC 电路 112。振荡驱动电路 110 的输入端子 J3 以及 J4 分别与设置在振动型陀螺元件 100 的基部 10 上的焊盘 P3 以及焊盘 P4 连接。

[0119] 另外,检测电路 140 具有 Q/V 转换电路 120、放大电路 122、移相器 124、同步检波电路、低通滤波器(LPF)128 和 A/D 转换电路 130。检测电路 140 的输入端子 J1 以及 J2 分别与设置在振动型陀螺元件 100 的基部 10 上的焊盘 P1 以及焊盘 P2 连接。

[0120] 在本实施方式中,可充分地降低不必要的驱动振动分量(机械耦合)。如果能够将不必要的驱动振动分量降低到在实际应用上没有问题的程度,则由于能将 Q/V 转换电路和放大电路等前级的放大率设定得较高、将后级的放大率设定得较低,因此能够减少在检测电路中产生的噪声。即,能够实现低噪声的陀螺传感器。

[0121] 另外,在图 5 中, L_1 至 L_{11} 以及 L_1' 至 L_{11}' 分别表示用导体材料构成的布线。这些布线可根据需要形成在第一面上、第二面上、第三面上和第四面上中的任意面上。另外,用虚线包围示出的布线 L_5 和布线 L_{10} 是经由贯通孔的迂回布线。

[0122] 图 6 是用于说明驱动振动的激振的一例的图。在图 6 的上侧示出驱动臂 20 的俯视图,在中间示出沿着驱动臂的 A-A 线的剖视图,在下侧示出在面外方向上振动的驱动臂的状态。如图所示,通过梳齿电极的第二方向(X 轴方向)的电场 E_x ,在驱动臂的第一面(A 面)和第二面(B 面)上产生变形(应力)。当在第一面(A 面)上产生收缩应力、在第二面上产生伸展(拉伸)应力时,驱动臂 20 沿正的第三方向(+Z 方向)弯曲。另一方面,当在第一面(A 面)上产生伸展(拉伸)应力、在第二面上产生收缩应力时,驱动臂 20 沿负的第三方向(-Z 方向)弯曲。沿正的第三方向(+Z 方向)弯曲与沿负的第三方向(-Z 方向)的弯曲交替地产生。因此,稳定地产生第三方向(垂直于 XY 平面的 Z 方向)的驱动振动(面外振动或行走模式的振动)。

[0123] 另外,在图 6 的中间示出的驱动电极的配置只是一例,并不限于此。此处,参照图 17。图 17 是用于说明驱动振动的激励的另一例的图。

[0124] 在图 17 中,设置在驱动臂 20 第一面(A 面)上的一对梳齿电极中的一方的电极 41b (涂黑的电极)与设置在驱动臂 20 第二面(B 面)上的一对梳齿电极中的一方的电极 41d (涂

黑的电极；与电极 41b 处于相同电位的电极) 被设置为相对。

[0125] 例如, 将电极 41b 和电极 41d (涂黑的电极) 的电位极性设为“+”, 将电极 41a 和电极 41c (斜线的电极) 的电位极性设为“-”。关于设置在第一面(A 面) 上的梳齿电极的极性的排列, 是以电极 41b 为起点, 沿远离基部(图中的左端) 的方向, 为 +、-、+、-、+。另外, 关于设置在第二面(B 面) 上的梳齿电极的极性的排列, 是以与电极 41b 相对的电极 41d 为起点, 沿远离基部(图中的左端) 的方向, 为 +、-、+、-、+、-。这样, 如果将彼此相对的电极作为起点来考虑, 则第一面(A 面) 的梳齿电极的极性的排列与第二面(B 面) 的梳齿电极的极性的排列一致。

[0126] 通过这样的电极配置, 在第一面(A 面) 和第二面(B 面) 之间不易产生不必要的纵方向的电场。因此, 能够抑制在驱动臂 20 上产生无用的变形。另外, 由于减少了不必要的电场, 所以能够抑制功耗。

[0127] 此处, 返回到图 7, 继续进行说明。下面, 根据本实施方式, 对能够充分地抑制机械耦合的影响的原因进行说明。图 7 (A) 至图 7 (G) 是用于说明能够抑制机械耦合的影响的原因的图。

[0128] 如上所述, 在理想的情况下, 分别在第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 上产生第三方向(Z 轴方向) 的驱动振动 V_A 和 V_A' 。但是, 在实际的驱动振动中, 也混杂有第三方向(Z 轴方向) 以外的方向的振动分量。

[0129] 图 7 (B) 至图 7 (E) 示出沿着图 7 (A) 的 A-A 线的第一驱动臂的剖视图的例子。如图 7 (B) 所示, 如果第一驱动臂 20 的剖面形状是理想的线对称, 则在第三方向(Z 轴方向) 上产生驱动振动 V_A 。如果是理想的驱动振动 V_A , 则几乎不会产生泄漏到检测臂 30 的不必要的驱动振动分量。

[0130] 然而, 实际上, 如图 7 (C) 至图 7 (E) 所示, 第一驱动臂 20 的剖面形状因加工误差而不是线对称的, 因此, 在第一方向(Y 轴方向) 上会产生不必要的驱动振动分量 $v_a(y)$ 。在上面的说明中, 虽然是以关于第一驱动臂 20 的驱动振动 V_A 为例, 但第二驱动臂 20' 的驱动振动 V_A' 也同样会产生不必要的驱动振动分量 $v_a(y)'$ 。

[0131] 如图 7 (A) 所示, 不必要的驱动振动 $v_a(y)$ 因机械耦合而从第一驱动臂 20 泄漏到检测臂 30。另外, 不必要的驱动振动 $v_a(y)'$ 因机械耦合而从第一驱动臂 20 泄漏到检测臂 30。

[0132] 在该情况下, 如图 7 (F) 所示, 在构成检测臂 30 的压电体(水晶) 上产生第一方向的变形 S_y , 根据压电常数 d_{12} , 在检测臂 30 的第三电极 32c 侧要产生电场 E_x' , 另外, 在检测臂 30 的第四电极 32d 侧要产生电场 E_x 。电场 E_x' 与电场 E_x 的方向是相同的方向(即, 从第三电极 32c 到第四电极 32d 的方向)。

[0133] 然而, 实际上, 第三电极 32c 和第四电极 32d 被共同连接, 处于相同电位, 因此不会产生电位差, 所以不会产生基于压电常数 d_{12} 的电场 E_x' 和电场 E_x , 不会产生电荷的移动。另外, 在通常的检测动作的情况下, 是沿第二方向(X 轴方向) 的振动, 例如, 如图 7 (G) 所示, 产生方向相反的电场 $+E_x$ 、 $-E_x$, 因此, 在第一电极 32a 和第二电极 32b 以及第三电极 32c 和第四电极 32d 之间, 产生电荷的移动。

[0134] 即, 来自第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 各自的 Y 方向的驱动振动分量 $v_a(y)$ 以及 $v_a(y)'$ 虽然经由连接部 25 传播到检测臂 30, 但是由于所产生的应力的方向相同而被抵

消,因此不会从检测电极(32a ~ 32d)输出不必要的驱动振动分量。即,实现了对机械耦合导致的第一方向(Y方向)的振动分量不敏感的检测系统。

[0135] 尤其是,在本实施方式中,第一驱动臂 20 和第二驱动臂 20' 沿着水晶板(压电板)的基本的结晶轴进行配置,因此例如能够采用光刻法来高精度地进行加工。此外,在行走模式的振动(面外振动)中,平衡地产生正的第三方向(+Z轴方向)的位移和负的第三方向(-Z轴方向)的位移,因此,第一驱动臂 20 的驱动振动 VA 与第二驱动臂 20' 的驱动振动 VA' 相互取得平衡。所以能够提高抵消不必要的驱动振动分量的效果,从而可充分地降低噪声信号。

[0136] (第二实施方式)

[0137] 在本实施方式中,增加检测臂的数量和驱动臂的数量,并且对各驱动臂激励取得平衡的行走模式的驱动振动,由此提高物理量的检测灵敏度。

[0138] 图 8 是示出第二实施方式的振动型陀螺元件的结构图。图 8 的振动型陀螺元件 100 包括:基部 10;第一检测臂 30,其从基部 10 起在规定面内(此处为包含水晶的 Z 面的 XY 面内)朝正的第一方向(+Y 轴方向)延伸;第二检测臂 30',其从基部 10 起在规定面内朝与正的第一方向相反的负的第一方向(-Y 轴方向)延伸;第一驱动臂 20a,其从第一检测臂 30 的连接部 25 起朝正的第二方向(+X 轴方向)延伸;第二驱动臂 20a',其从第一检测臂的连接部 25 起朝负的第二方向(-X 轴方向)延伸;第三驱动臂 20b,其从基部 10 起朝正的第二方向(+X 轴方向)延伸;第四驱动臂 20',其从基部 10 起朝负的第二方向(-X 轴方向)延伸;第五驱动臂 20c,其从第二检测臂 30' 的连接部 25' 起朝正的第二方向(+X 轴方向)延伸;第六驱动臂 20c',其从第二检测臂 30' 的连接部 25' 起朝负的第二方向(-X 轴方向)延伸;设置在第一驱动臂 20a 上的第一驱动电极 40(1);设置在第二驱动臂 20a' 上的第二驱动电极 40(2);设置在第三驱动臂 20b 上的第三驱动电极 40(3);设置在第四驱动臂 20b' 上的第四驱动电极 40(4);设置在第五驱动臂 20c 上的第五驱动电极 40(5);设置在第六驱动臂 20c' 上的第六驱动电极 40(6);设置在第一检测臂 30 上的第一检测电极(32a ~ 32d);以及设置在第二检测臂 30' 上的第二检测电极(32a' ~ 32d')。

[0139] 第一驱动电极 40(1) 是设置在第一驱动臂 20a 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第一梳齿电极(包括电极 41a(1)和电极 41b(1)),第二驱动电极 40(2) 是设置在第二驱动臂 20a' 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第二梳齿电极(包括电极 41a(1)' 和电极 41b(1)'),第三驱动电极 40(3) 是设置在第三驱动臂 20b 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第三梳齿电极(包括电极 41a(2)和电极 41b(2)),第四驱动电极 40(4) 是设置在第四驱动臂 20b' 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第四梳齿电极(包括电极 41a(2)' 和电极 41b(2)'),第五驱动电极 40(5) 是设置在第五驱动臂 20c 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第五梳齿电极(包括电极 41a(3)和电极 41b(3)),第六驱动电极 40(6) 是设置在第六驱动臂 20c' 的一对主面中的至少一方(在本实施方式中是两个主面)上的第六梳齿电极(包括电极 41a(3)' 和电极 41b(3)').

[0140] 图 9(A)至图 9(F)是示出图 8 所示的振动型陀螺元件的振动姿态的例子图。图 9(A)、图 9(C)、图 9(E)是仅示出驱动振动 VA、VA' 的状态的斜视图。图 9(B)、图 9(D)、图 9(F)是仅示出基于检测振动 VB 的各臂弯曲状态的俯视图(即,示出平面视中的各

臂位移状态的图)。另外,图 9 (B)与图 9 (A)对应,图 9 (D)与图 9 (C)对应,图 9 (F)与图 9 (E)对应。

[0141] 在图 9 (A)和图 9 (B)中,振动型陀螺元件 100 处于静止状态。在图 9 (C)中,振动型陀螺元件 100 的第一驱动臂 20a、第二驱动臂 20a'、第五驱动臂 20c、第六驱动臂 20c' 因驱动振动 V_A 、 V_A' 而向正的第三方向(+Z 轴方向)弯曲。另一方面,第三驱动臂 20b、第四驱动臂 20b' 因驱动振动 V_A 、 V_A' 而向负的第三方向(-Z 轴方向)弯曲。

[0142] 在图 9 (D)中,绕正的第一方向的轴(+Y 轴)产生角速度 Ω ,由此,第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b' 以外的臂因检测振动 V_B 而向负的第二方向(-X 轴方向)发生位移。虽然正的第二方向(+X 轴方向)的科里奥利力也作用于第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b',但由于基部 10 被固定,所以第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b' 不发生位移。

[0143] 在图 9 (E)中,振动型陀螺元件 100 的第一驱动臂 20a、第二驱动臂 20a'、第五驱动臂 20c、第六驱动臂 20c' 因驱动振动 V_A 、 V_A' 而向负的第三方向(-Z 轴方向)弯曲。另一方面,第三驱动臂 20b、第四驱动臂 20b' 因驱动振动 V_A 、 V_A' 而向正的第三方向(+Z 轴方向)弯曲。

[0144] 在图 9 (F)中,绕正的第一方向的轴(+Y 轴)产生角速度 Ω ,由此,第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b' 以外的臂因检测振动 V_B 而向正的第二方向(+X 轴方向)发生位移。虽然负的第二方向(-X 轴方向)的科里奥利力也作用于第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b',但由于基部 10 被固定,所以第三驱动臂 20b 和第四驱动臂 20b' 不发生位移。

[0145] 在本实施方式中,在第一驱动臂 20a 和第二驱动臂 20a' 以及第五驱动臂 20c 和第六驱动臂 20c' 上,以沿第三方向(Z 轴方向)且各臂的位移为相同方向的方式,激励行走模式的驱动振动。另一方面,在第二驱动臂 20a' 和第三驱动臂 20b 上,以沿第三方向(Z 轴方向)且位移的方向与第一驱动臂 20a、第二驱动臂 20a' 以及第五驱动臂 20c、第六驱动臂 20c' 各自的位移方向相反的方式,激励行走模式的驱动振动。

[0146] 换言之,三对驱动臂中的两侧的两对驱动臂被同相地驱动,中央的一对驱动臂被反相地驱动,由此实现在力学上取得平衡性的驱动振动。由于面外振动的平衡性好,所以共振的 Q 值变高,驱动振动的振幅增大,振动频率也稳定。因此,实现更高灵敏度且灵敏度稳定性高的振动型陀螺元件。

[0147] 另外,因为设置有两个检测臂(第一检测臂 30 和第二检测臂 30'),所以增加了通过电场而移动的电荷量,能够提高检测灵敏度。

[0148] 图 10 (A)和图 10 (B)是用于说明第二实施方式的振动型陀螺传感器的物理量的检测动作的图。在图 10 (A)所示的在各臂上发生位移的状态下,电荷 Q 向图 10 (B)的箭头方向(从端子 J1 到端子 J2 的方向)移动。

[0149] 即,如图 10 (B)所示,在第一检测臂 30 的第一面(表面)上设置有第一检测臂用的第一电极 32a。在第一检测臂 30 的第二面(背面)上设置有第一检测臂用的第二电极 32b。在第一检测臂 30 的第三面(左侧面)上设置有第一检测臂用的第三电极 32c。在第一检测臂 30 的第四面(右侧面)上设置有第一检测臂用的第四电极 32d。

[0150] 另外,在第二检测臂 30' 的第一面(表面)上设置有第二检测臂用的第一电极 32a'。在第二检测臂 30' 的第二面(背面)上设置有第二检测臂用的第二电极 32b'。在第二检测臂 30' 的第三面(左侧面)上设置有第二检测臂用的第三电极 32c'。在第二检测臂 30' 的

第四面(右侧面)上设置有第二检测臂用的第四电极 32d'。

[0151] 并且,第一检测臂用的第一电极 32a、第一检测臂用的第二电极 32b、第二检测臂用的第一电极 32a'、第二检测臂用的第二电极 32b' 被共同连接。第一检测臂用的第三电极 32c、第一检测臂用的第四电极 32d、第二检测臂用的第三电极 32c'、第二检测臂用的第四电极 32d' 被共同连接。

[0152] 在第一检测臂 30 上,与基于检测振动 VB 的第一方向(Y 轴方向)的变形(-Sy 和 +Sy)对应地产生基于压电常数 d12 的电场(+Ex 和 -Ex),同样地,在第二检测臂 30' 上,与基于检测振动 VB 的第一方向(Y 轴方向)的变形(-Sy 和 +Sy)对应地产生基于压电常数 d12 的电场(+Ex 和 -Ex)。在各检测臂中产生的电场的方向是相同的。在各检测臂中,电荷通过该电场而移动。因此,电荷 Q 向图 10 (B)所示的箭头方向(即,从端子 J1 到端子 J2 的方向)移动。

[0153] 图 11 (A)和图 11 (B)是用于说明第二实施方式的振动型陀螺传感器的物理量的检测动作的图。在图 11 (A)所示的在各臂上发生位移的状态下,电荷 Q 向图 11 (B)中的箭头方向(从端子 J2 到端子 J1 的方向)移动。即,在第一检测臂 30 上,与基于检测振动 VB 的第一方向(Y 轴方向)的变形(-Sy 和 +Sy)对应地产生基于压电常数 d12 的电场(+Ex 和 -Ex),同样地,在第二检测臂 30' 上,与基于检测振动 VB 的第一方向(Y 轴方向)的变形(-Sy 和 +Sy)对应地产生基于压电常数 d12 的电场(+Ex 和 -Ex)。在各检测臂中产生的电场的方向是相同的。在各检测臂中,电荷通过该电场而移动。因此,电荷 Q 向图 11 (B)所示的箭头方向(即,从端子 J2 到端子 J1 的方向)移动。

[0154] 以这种方式发生电荷 Q 的移动,从检测电极(32a ~ 32d、32a' ~ 32d')提取伴随该电荷的移动而产生的电信号(微小的电流信号)。

[0155] (第三实施方式)

[0156] 图 12 是示出振动型陀螺元件的驱动臂的另一例的图。在图 12 的上侧示出驱动臂 20 的俯视图,在下侧示出沿着驱动臂 20 的 A-A 线的剖视图。

[0157] 如图 12 下侧的剖视图所示,在驱动臂 20 的第一面(表面)上设置有凸部 60a ~ 60c。而且,构成梳齿电极的、相对的一对电极 41a 和 41b 被形成为夹着各个凸部 60a ~ 60c。同样地,在驱动臂 20 的第二面(背面)上设置有凸部 60a' ~ 60c'。并且,构成梳齿电极的、相对的一对电极 41c 和 41d 被形成为夹着各个凸部 60a' ~ 60c'。

[0158] 根据该构造,因为减少了不必要的电场,所以能够增大在相对的电极(41a 与 41b、41c 与 41d)之间产生的电场 Ex 的强度。因此,能够更有效地激励驱动振动。

[0159] 另外,由于空气(在减压封装内例如接近真空)的介电常数小于振动臂的材料(水晶或石英)等的介电常数,因此在各相对部分之间产生的无效电场(在图中用虚线表示)被减弱。因此,能够有效地减少有效电场被无效电场抵消的情况。该点也有利于有效地激励驱动振动。

[0160] 由此,根据本实施方式,由于能够有效地激励驱动振动,因此增加了驱动振动的振幅,因角速度而产生的检测振动振幅也变大,所以可进一步实现振动型陀螺传感器的高灵敏度化。

[0161] (第四实施方式)

[0162] 图 13 是示出振动型陀螺元件的驱动臂中的梳齿电极的另一结构例的图。

[0163] 在上述图 4 (D) 的例子中, 梳齿电极的各相对部分间的距离是等间隔的, 但在图 13 的例子中, 根据距基部 10 的距离而使各相对部分间的距离不同。

[0164] 在图 13 中, 梳齿电极的第一相对部分 42 (1)、第二相对部分 42 (2)、第三相对部分 42 (3) 各自的距基部 10 的距离按所记载的顺序变远。并且, 当设第一相对部分 42 (1) 与第二相对部分 42 (2) 之间的距离为 L_2 、设第二相对部分 42 (2) 与第三相对部分 42 (3) 之间的距离为 L_3 时, $L_2 < L_3$ 成立。其原因如下。

[0165] 为了在驱动臂 20 上产生驱动振动(面外振动), 需要在驱动臂 20 的主面(例如表面和背面中的至少一方)上产生压缩或伸展(拉伸)的变形(应力)。因为驱动臂 20 以作为固定端的基部 10 为基准在面外方向上振动, 所以对驱动臂的弯曲最有效的变形是靠近基部 10 的位置处的变形。远离基部的位置(末端附近)处的变形对驱动臂的弯曲造成的影响较小。

[0166] 根据这种研究, 在本实施方式中, 根据距基部的距离而改变梳齿电极所包含的三个相对部分各自之间的间隔。即, 将第二相对部分 42 (2) 与第三相对部分 42 (3) 之间的间隔 L_3 设定为大于第一相对部分 42 (1) 与第二相对部分 42 (2) 之间的间隔 L_2 。

[0167] 在图 13 的例子中, 当设从第一地点 N_1 至第二地点 N_2 的距离为 L_4 时, 从第二地点 N_2 至第三地点 N_3 的距离 L_5 被设定为 $2 \cdot L_4$ 。

[0168] 这样, 与以相同间隔配置各相对部分的情况相比, 能够减少沿着驱动臂 20 的延伸方向配置的相对部分的数量(尤其是, 在驱动臂较长的情况下, 削减相对部分的数量效果明显)。这意味着产生在驱动臂 20 中的电场的总量减少, 因此, 可获得减少功耗的效果。另一方面, 即使减少了远离基部 10 的位置处的电场, 因为该电场对驱动臂弯曲的贡献度小, 所以也能在驱动臂 20 上产生所需要的振幅的驱动振动。

[0169] (第五实施方式)

[0170] 在本实施方式中, 说明在基材上形成压电材料膜的例子。图 14 (A) 至图 14 (C) 是用于说明振动型陀螺元件的另一例(在基材上形成压电材料膜的例子)的图。

[0171] 图 14 (A) 是在基材上形成有压电材料膜(压电膜)的振动型陀螺元件 102 的俯视图。图 14 (B) 是沿着第一驱动臂 20 的 A-A 线的剖视图。另外, 图 14 (C) 是沿着检测臂 30 的 B-B 线的剖视图。图 14 (A) 所示的振动型陀螺元件 102 的基本动作与第一实施方式中所示的动作相同。但是, 在图 14 的例子中, 使用形成在基材上的压电材料膜, 来激励驱动振动并将检测臂的变形转换为电信号。

[0172] 基材是具有刚性的材料(例如水晶或 Si), 作为压电材料, 例如可以使用 ZnO、AlN、LiNbO₃、KNbO₃ 中的任一种。在图 14 (B) 中, 在具有刚性的基材 91 上设置有由下部驱动电极 92、压电材料膜 93、上部电极 94 构成的层叠体 90a。通过在下部电极 92 与上部电极 94 之间施加电场, 能够使压电材料膜 93 伸缩。由此, 能够在驱动臂上产生驱动振动(第三方向的面外振动)。

[0173] 另外, 在第二驱动臂 20' 上也设置具有同样的层叠构造的层叠体 90b, 通过同样的动作, 能够在第二驱动臂 20' 上产生面外振动。

[0174] 此外, 如图 14 (C) 所示, 在检测臂 30 的例如第一面上形成有第一检测用层叠体 110a 和第二检测用层叠体 110b。第一检测用层叠体 110a 由下部驱动电极 112a、压电材料膜 93a、上部电极 114a 构成。第二检测用层叠体 110b 由下部驱动电极 112b、压电材料膜 93b、上部电极 114b 构成。

[0175] 在检测臂 30 的末端例如向负的第二方向(-X 侧)弯曲时,在第二层叠体 110b 的压电材料膜 93b 中产生伴随压缩力的电场 $+E_z$,在第一层叠体 110a 的压电材料膜 93a 中产生伴随伸展力(拉伸力)的电场 $-E_z$,通过各电场,产生电荷的移动。如果对基于各电荷移动的变动电压进行差动检测,则能够检测出检测臂 30 的弯曲应力的的大小,因此能够检测角速度。

[0176] 图 15 (A) 至图 15 (F) 是用于说明压电材料膜(压电陶瓷)的特性的图。在图 15 中,(+) 和(-) 表示极性,用圆圈包围的“-”表示极化后的负离子,用圆圈包围的“+”表示极化后的正离子。图 15 (A) 示出无负荷状态。如图 15 (B) 所示,如果在压电材料膜 93 上产生压缩,则产生正极性的电压。另外,如图 15 (C) 所示,如果在压电材料膜 93 上产生拉伸,则产生负极性的电压。

[0177] 另外,如图 15 (D) 所示,如果向压电材料膜 93 施加正极性的电压,则在压电材料膜 93 上产生拉伸应力。另外,如图 15 (E) 所示,如果向压电材料膜 93 施加负极性的电压,则在压电材料膜 93 上产生收缩应力。因此,如图 15 (F) 所示,如果向压电材料膜 93 供给交流信号,则能够在压电材料膜 93 上产生伸缩(伸展和收缩)。如果利用这样的压电材料膜特性,则能够如图 14 的例子中所说明的那样,在驱动臂上产生驱动振动(第三方向的面外振动),另外,还能够将产生在驱动臂上的应力转换为电信号。

[0178] (第六实施方式)

[0179] 在本实施方式中,说明电子设备的一例。图 16 说明具有振动型陀螺传感器的电子设备。图 16 是示出具有振动型陀螺传感器的电子设备的结构的一例的图。

[0180] 在图 16 中,通过将上述任一实施方式的振动型陀螺元件 100 (或者 102) 与其他种类的检测元件(此处为加速度检测元件)500 组合,能够实现高性能的传感器单元(一种电子设备) 600。

[0181] 另外,如果将该传感器单元 600 (以及例如 CPU700 等)安装在照相机或 FA 设备等电子设备 800 中,则能够进一步实现电子设备 800 的高性能化。即,与现有技术相比,振动型陀螺传感器 100 (102) 可实现非常高精度的角速度检测,因此,电子设备(600、800)的性能得到提高。

[0182] (关于静电耦合、电气机械耦合和机械耦合的说明)

[0183] 图 18 是用于说明振动型陀螺传感器中的静电耦合、电气机械耦合和机械耦合的图。在图 17 中,如果将驱动电极 400 和检测电极 430 配置成相互靠近,则在各电极之间会形成寄生电容。因此,在各电极之间容易产生静电耦合(串扰) CP1。

[0184] 另外,在将驱动电极 400 和检测电极 430 配置成相互靠近、且驱动电极 400 与检测电极 430 的电位不同的情况下,会产生不想要的无用电场,产生伴随于该无用电场的不必要的振动分量。即,产生电气机械耦合 CP2 和 CP3。

[0185] 另外,也可能存在这样的情况:由于经由具有刚性的材料的机械耦合 C4,产生在驱动臂上的驱动振动的一部分泄漏(传播)到检测臂中。如上所述,在本发明的各实施方式的振动型陀螺传感器中,因为驱动臂与检测臂分离,所以能够适当地进行各臂上的电极配置和布线。此外,由于驱动臂与检测臂分离,因此也能够降低静电耦合和电气机械耦合的影响。

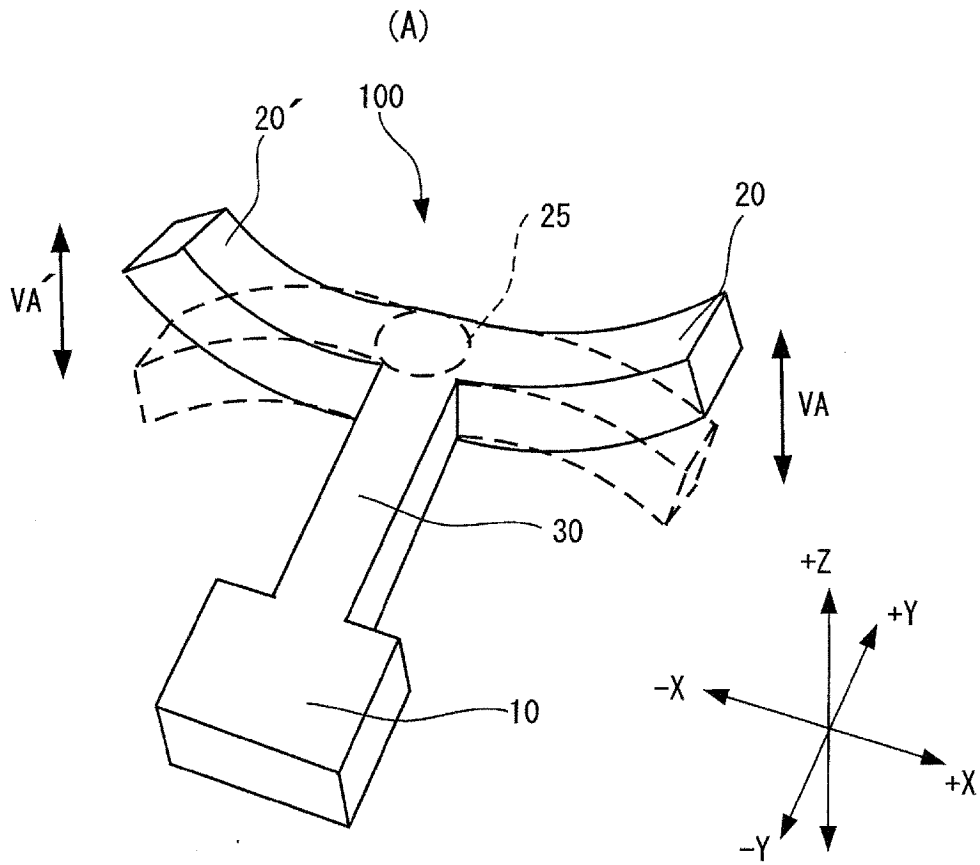
[0186] 此外,如上所述,在本发明的各实施方式中,从驱动臂泄漏的不必要的驱动振动分

量被抵消,从而被充分地抑制。因此,能够降低机械耦合的影响。

[0187] 这样,在本发明的至少一个实施方式的振动型陀螺元件中,能够抵消且充分地抑制因机械耦合而产生的不必要的驱动振动分量,因此,即使在存在加工误差的情况下,也能抑制因机械耦合而产生的多余信号。所以,由温度造成的机械耦合的变动的影响较小,能够实现温度稳定性良好的陀螺传感器。并且,因为不会产生机械耦合所造成的多余信号,所以能有效地检测科里奥利力,从而能够实现低噪声的陀螺传感器。而且,因为利用面外振动(行走模式的振动)作为驱动振动,所以与现有的利用面内驱动振动的情况相比,能够更有效地将产生于驱动臂中的检测振动传播到检测臂中,可实现能够进行高精度检测的振动型陀螺传感器(振动型陀螺仪)。这样,能够显著地提高物理量的检测效率。此外,振动型陀螺传感器具有:上述任一实施方式的振动型陀螺元件;以及检测电路(图5的参照标号140),其根据从检测电极输出的电信号,例如检测绕第一方向的轴作用的角速度。

[0188] 另外,在上述实施方式中,例如预先将可成为驱动臂或检测臂的第一振动臂、与可成为检测臂或驱动臂的振动臂配置成垂直,根据用途,在某一个振动臂上形成梳齿电极,在另一振动臂上形成检测电极,由此能够切换角速度的检测轴。在本发明的实施方式中,可适当进行这种应用。

[0189] 以上,使用几个实施方式对本发明进行了说明,但本发明并不限于这些实施方式,对本领域技术人员来说,很容易理解可在不脱离本发明的技术思想的范围内进行各种变形。因此,这样的变形例全部包含在本发明的范围内。例如,在说明书或附图中与更广义或同义的不同用语一起被记载了至少一次的用语在说明书或附图的任意位置都能替换成该不同的用语。另外,本发明的振动型陀螺传感器也可以应用于数码相机、汽车导航系统、便携电话、移动PC以及游戏控制器等电子设备中。如果使用本发明的振动型陀螺传感器,则能够提高电子设备的角速度(物理量)的检测精度。



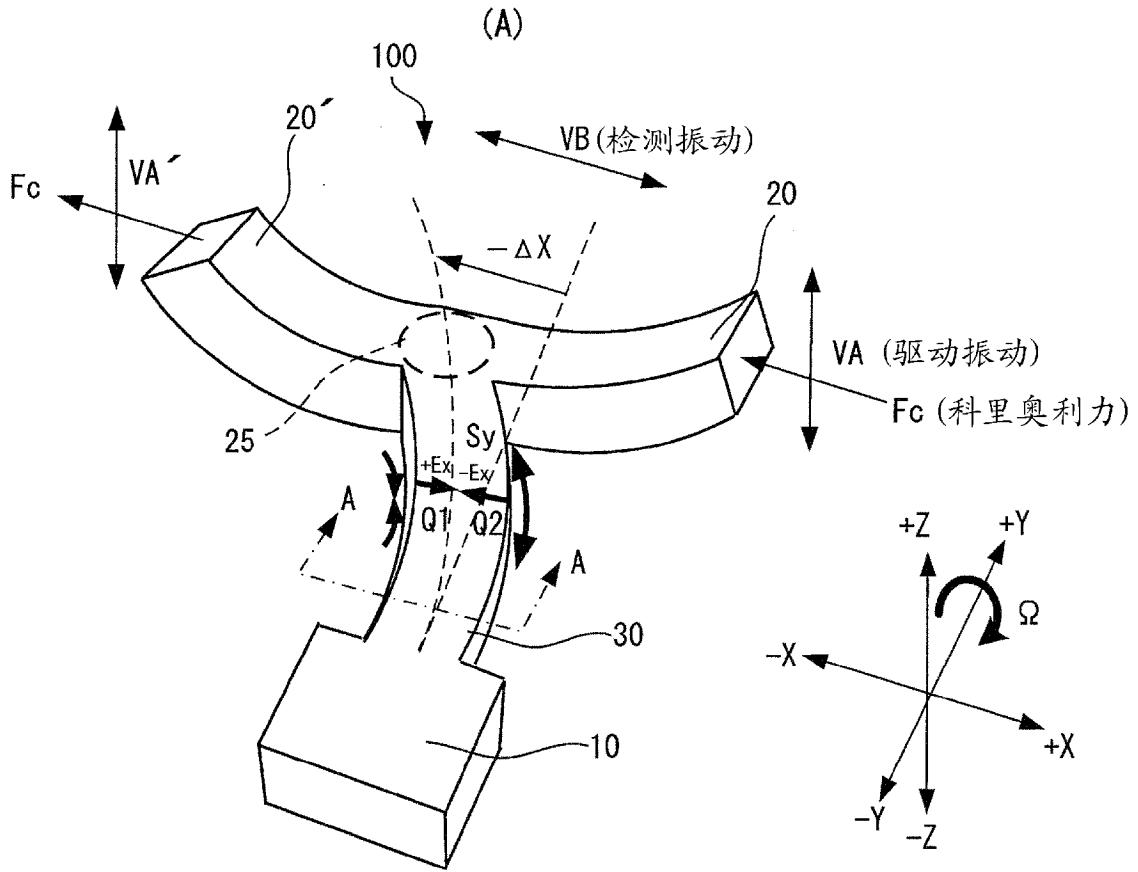
(B)

d11

d12

	E_x	E_y	E_z
S_x	2.30850823	0.00000000	0.00000000
S_y	-2.28778103	0.00000000	0.00000000
S_z	-0.02072720	0.00000000	0.00000000
S_{yz}	0.85144742	0.00000000	0.00000000
S_{zx}	0.00000000	-0.61031279	0.01598160
S_{xy}	0.00000000	-4.63299806	0.12131932

图 1



(B)

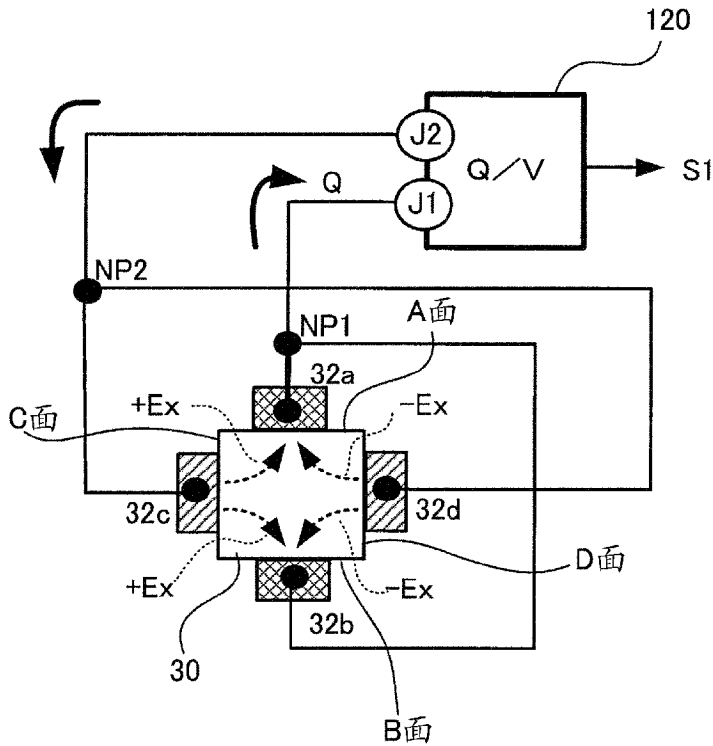
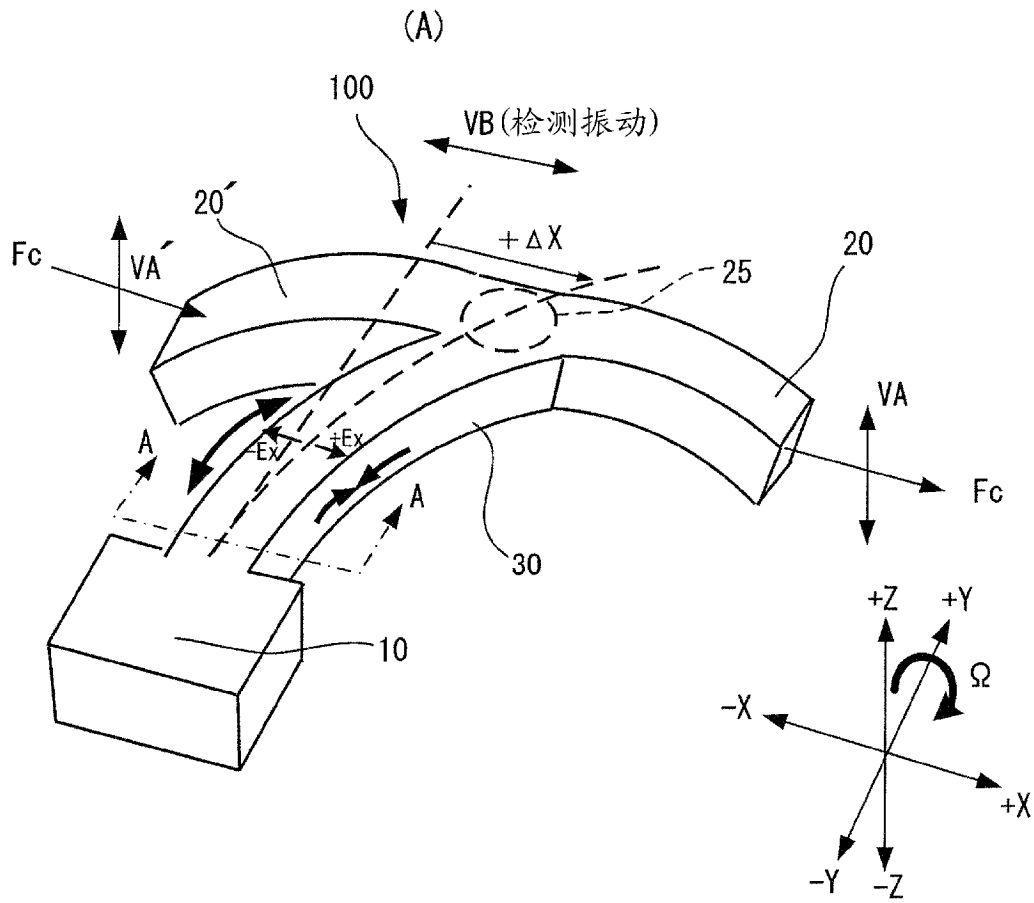


图 2



(B)

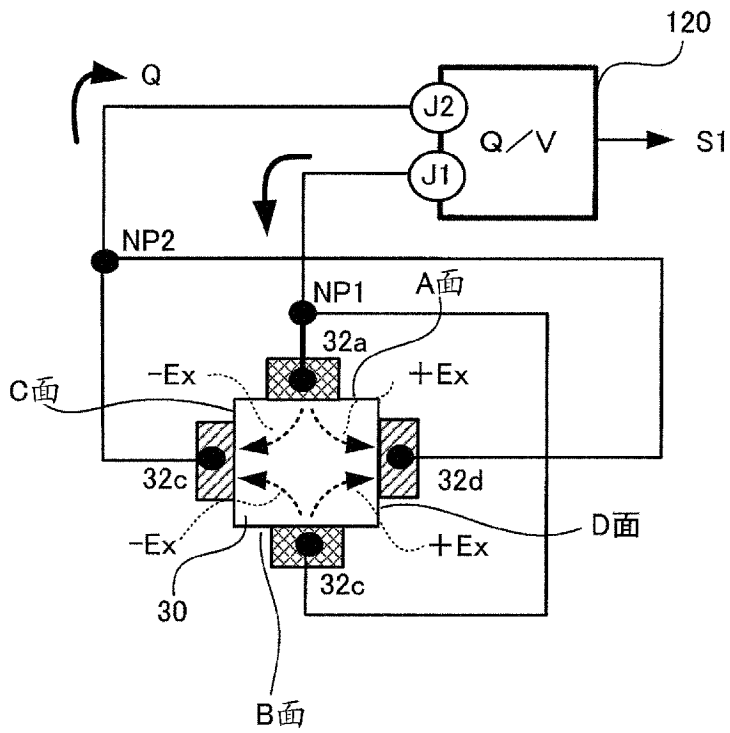


图 3

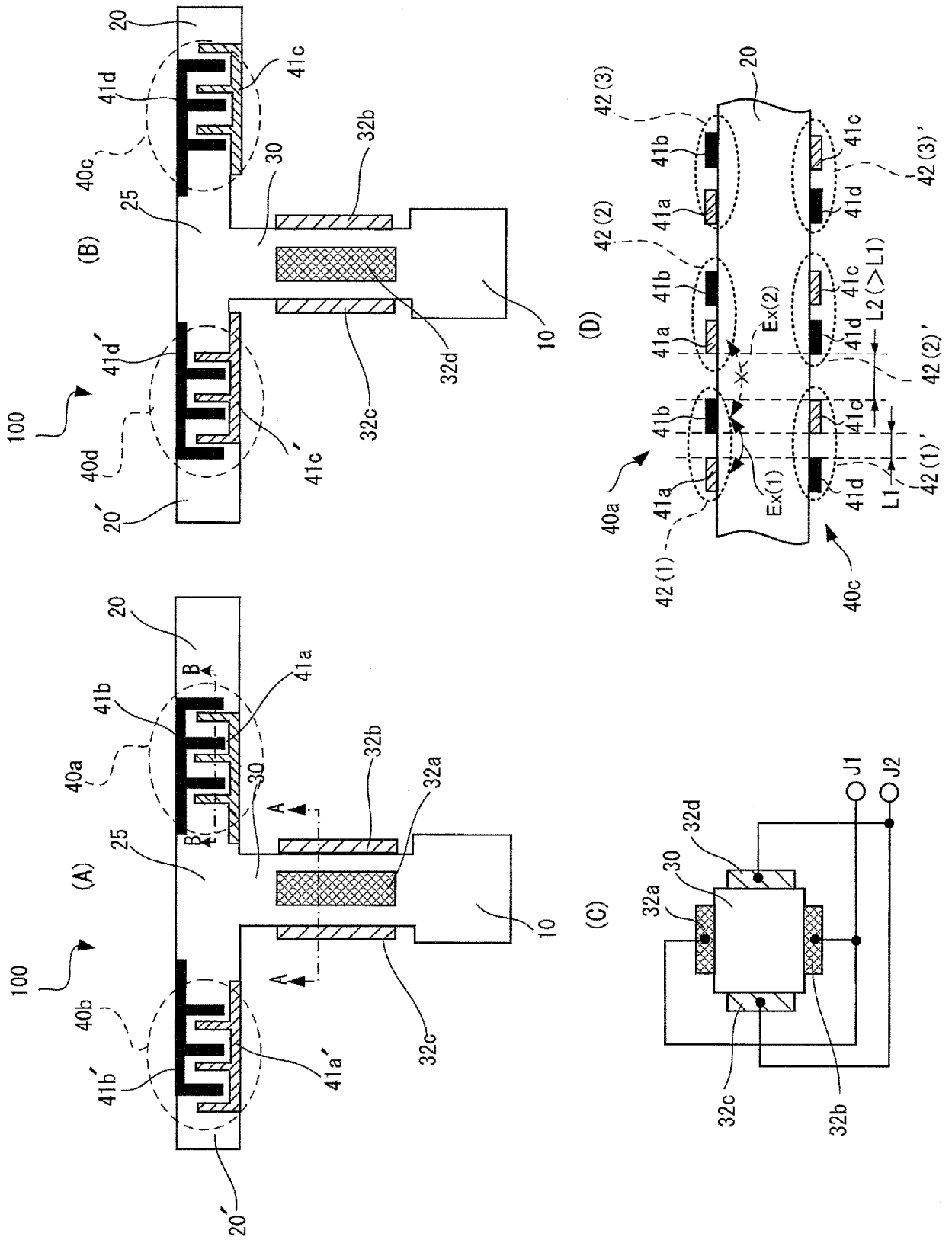


图 4

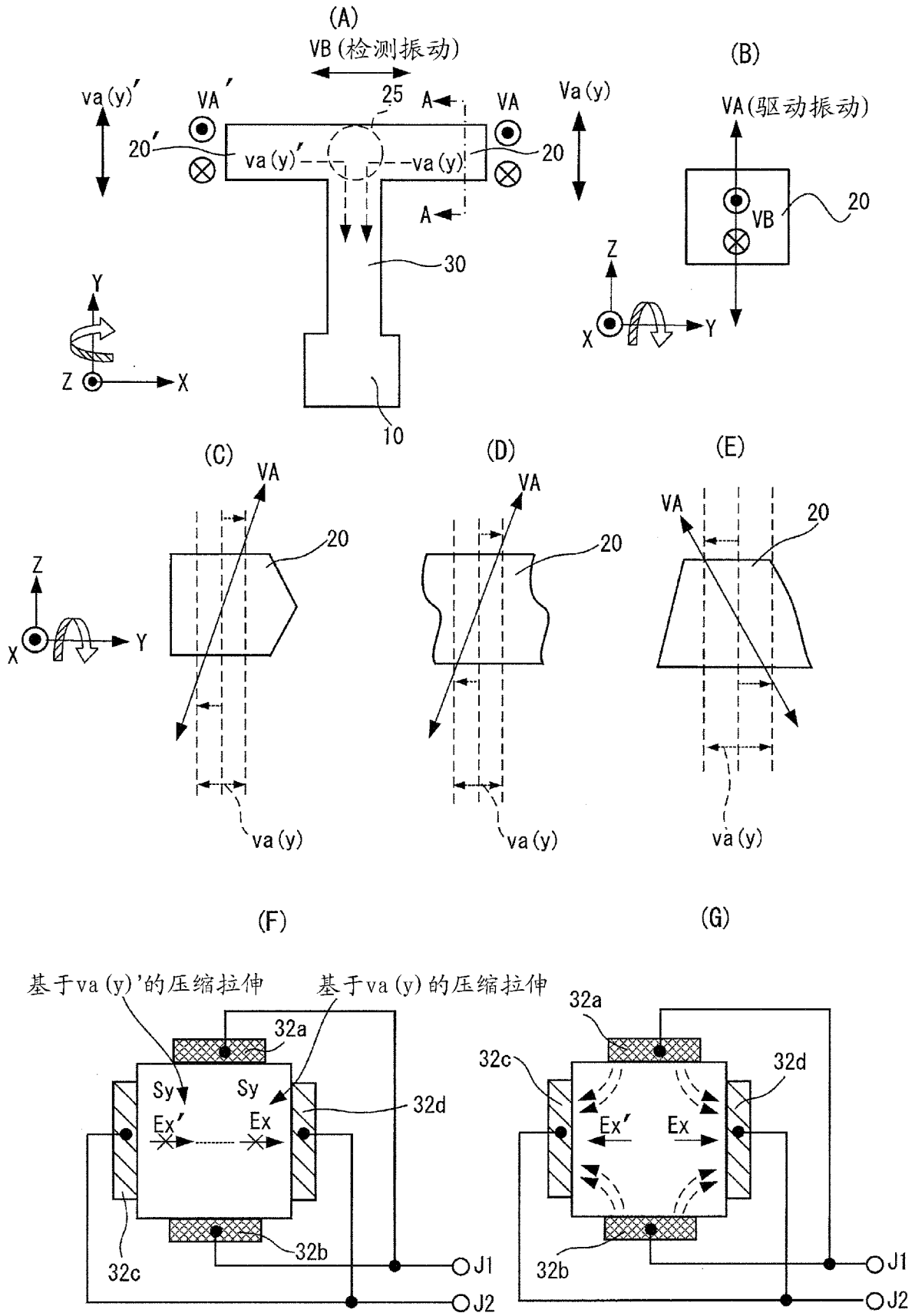


图 7

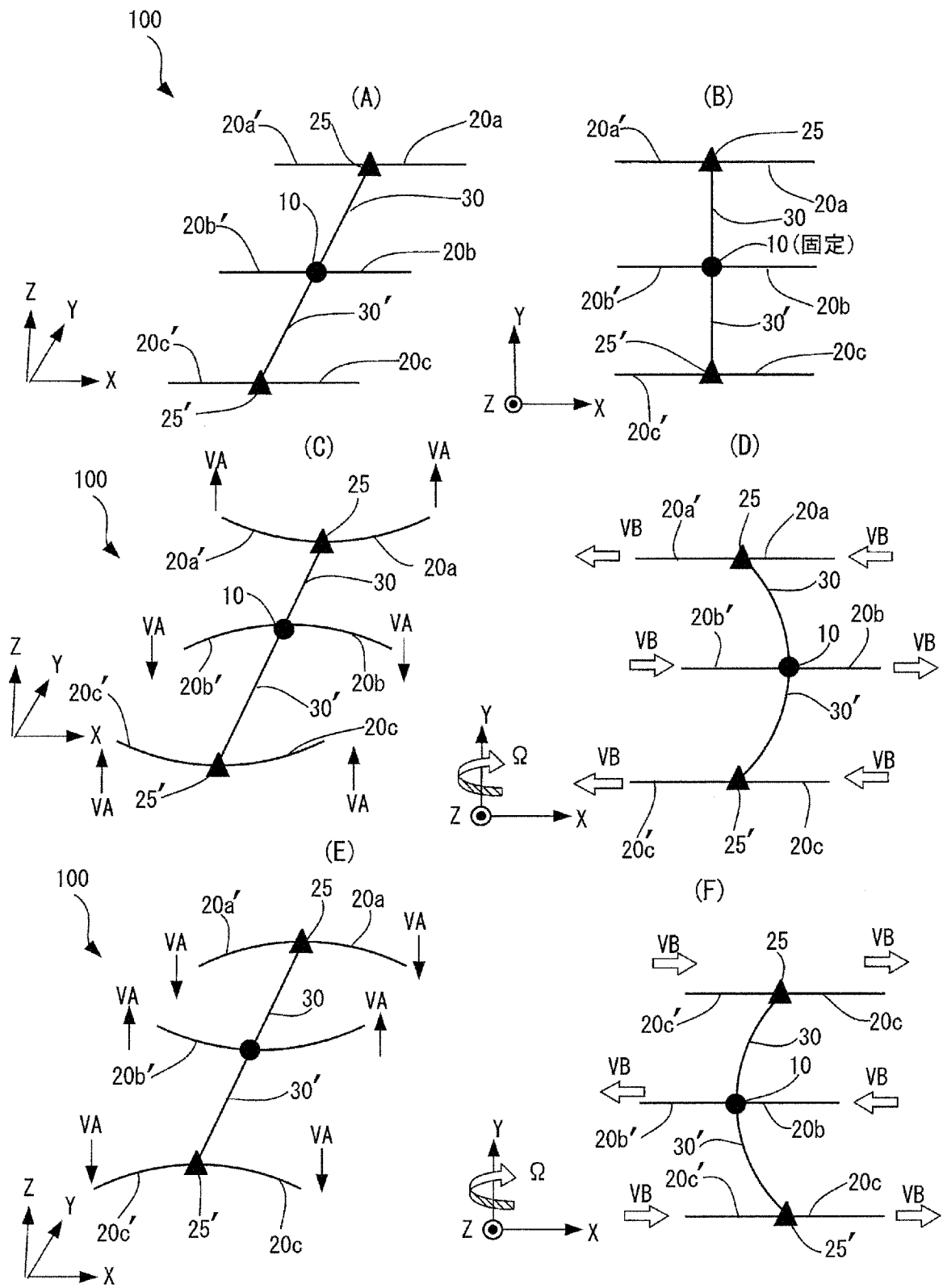


图 9

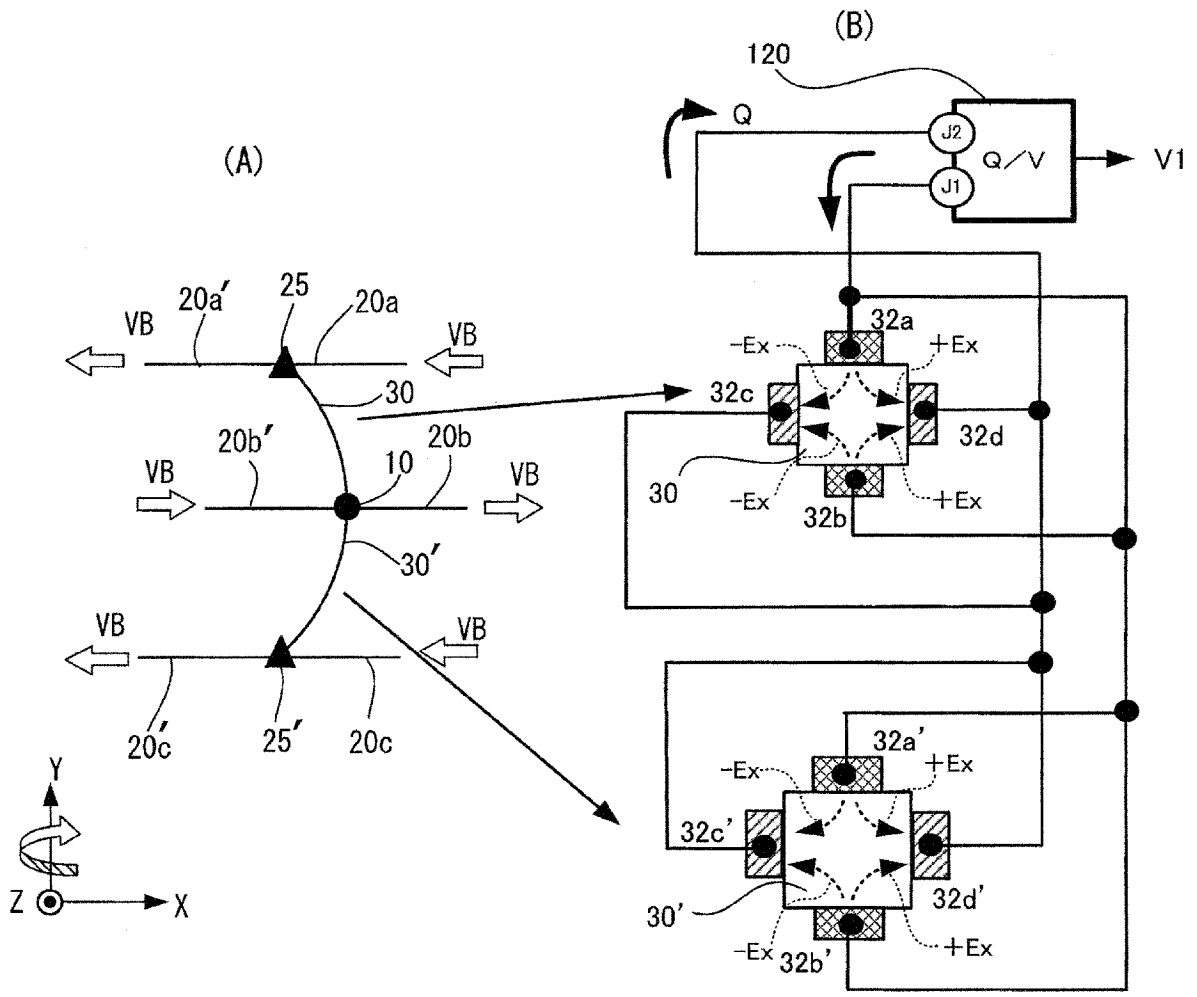


图 10

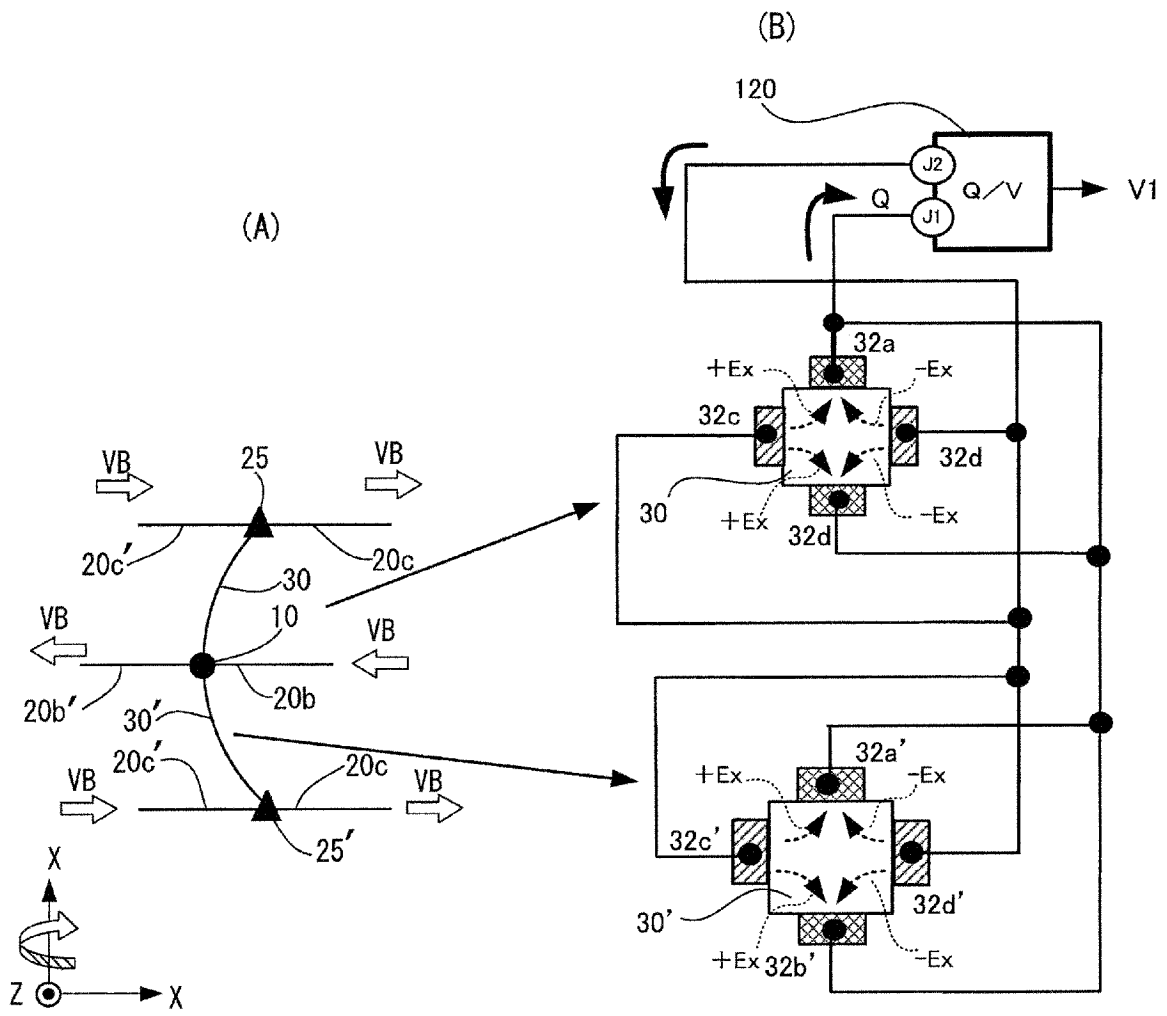


图 11

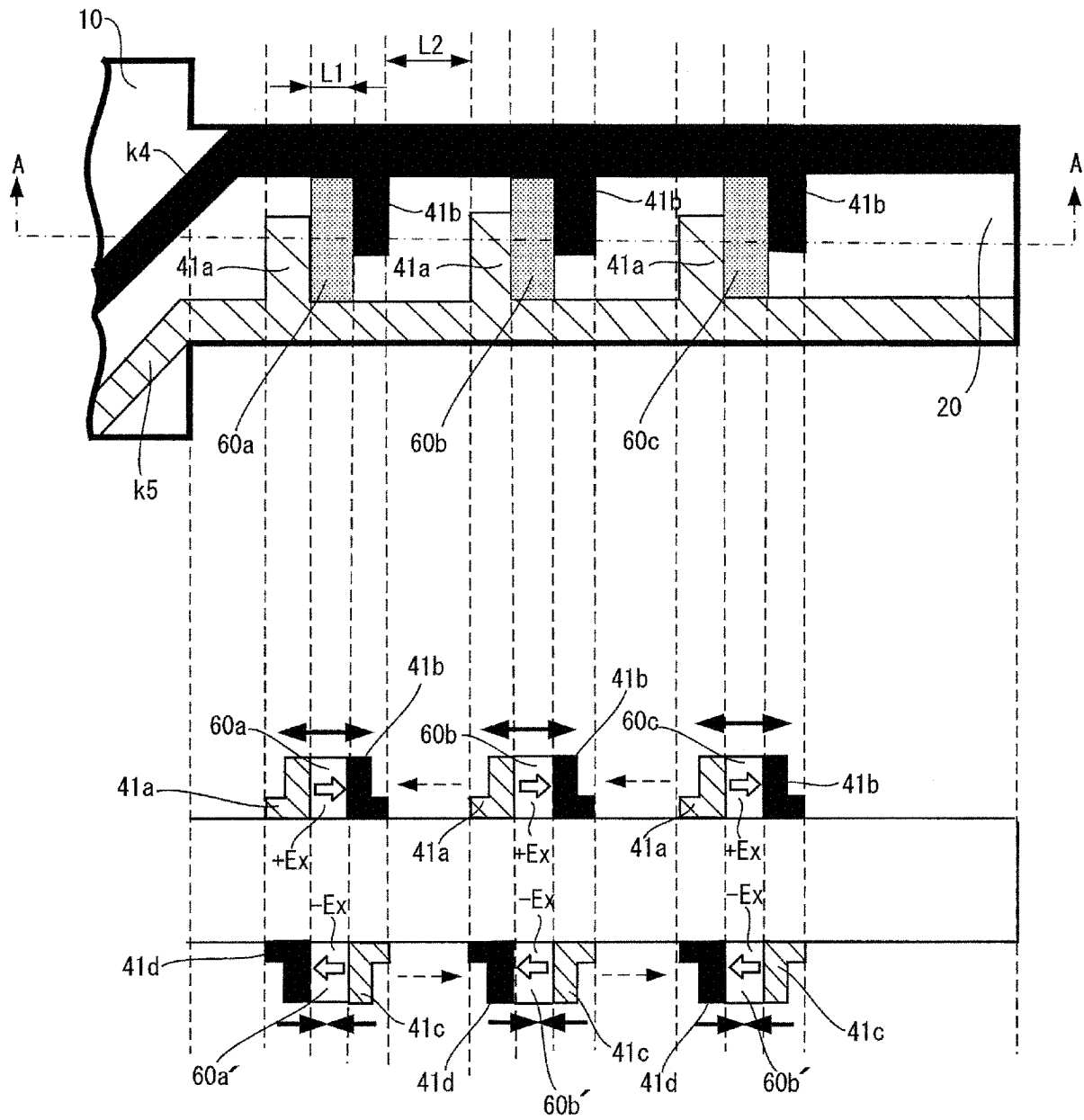


图 12

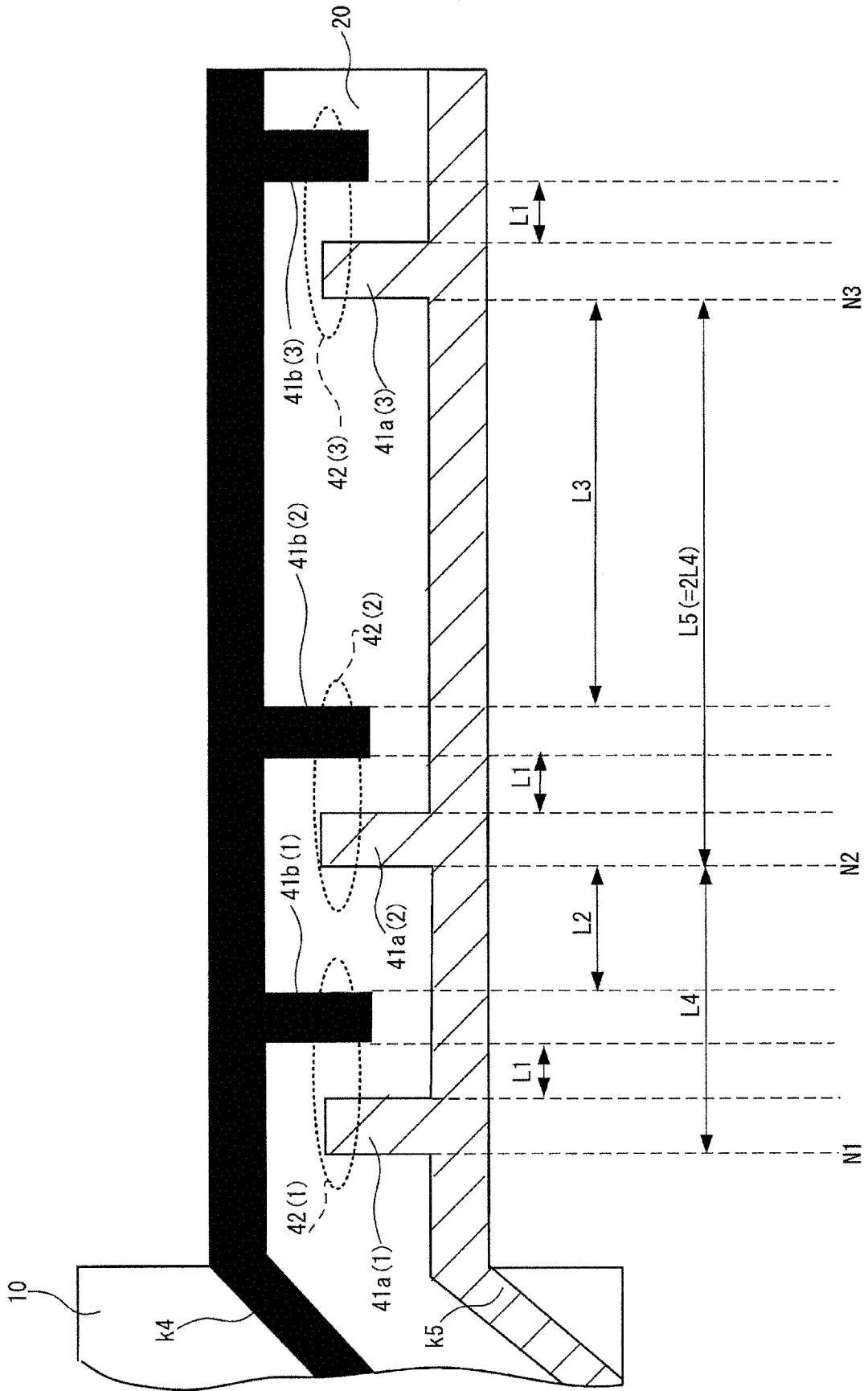


图 13

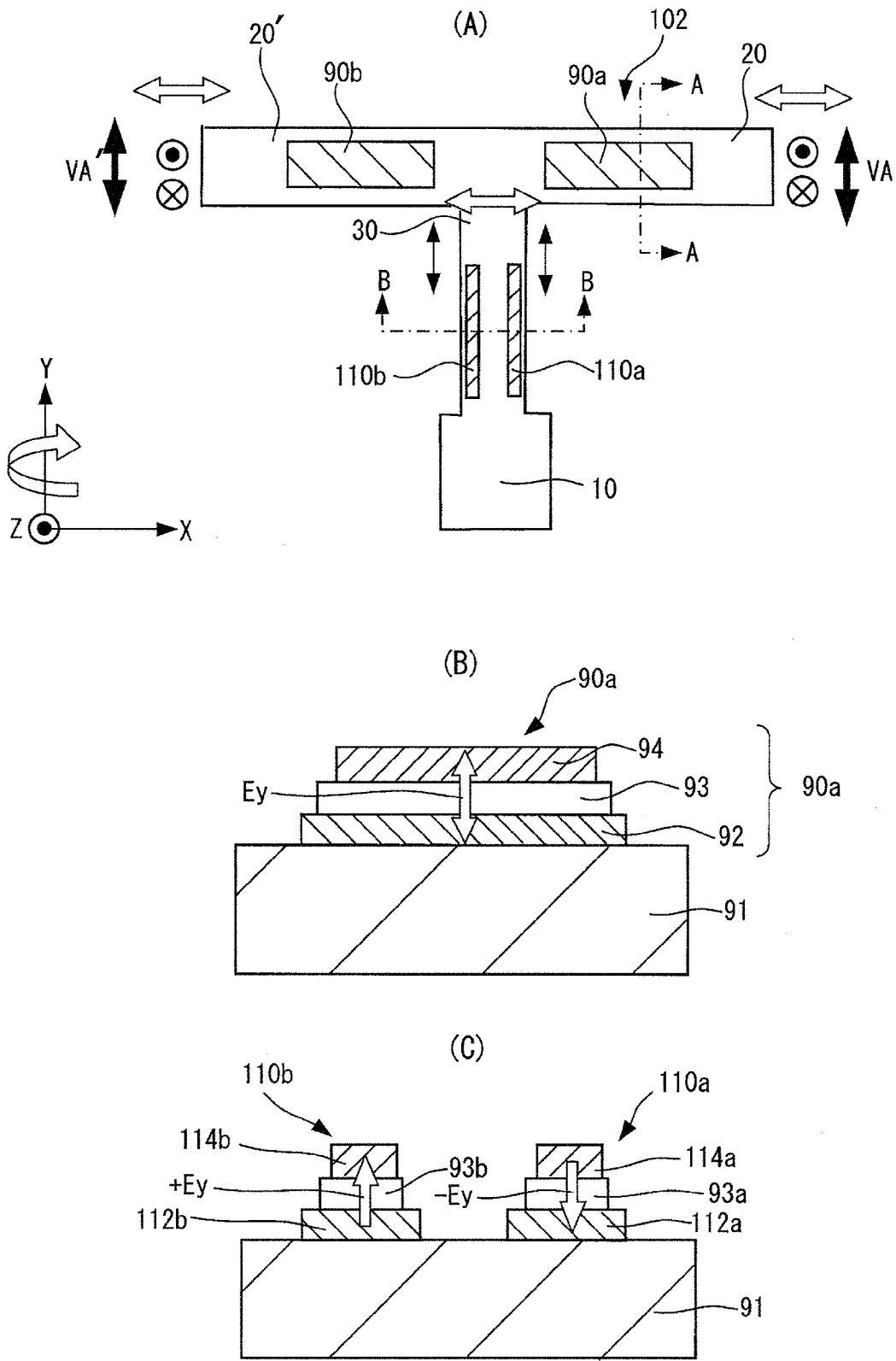


图 14

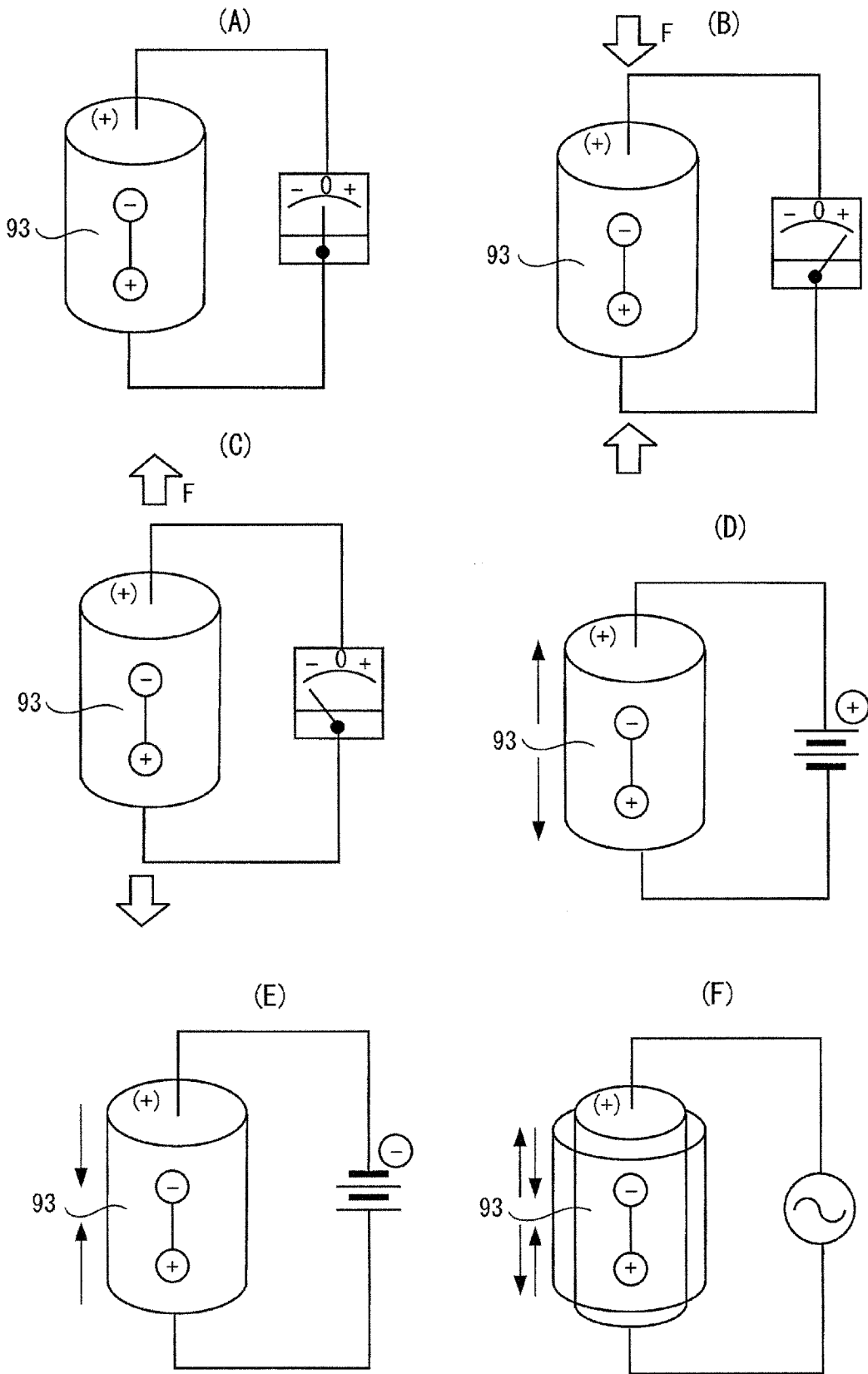


图 15

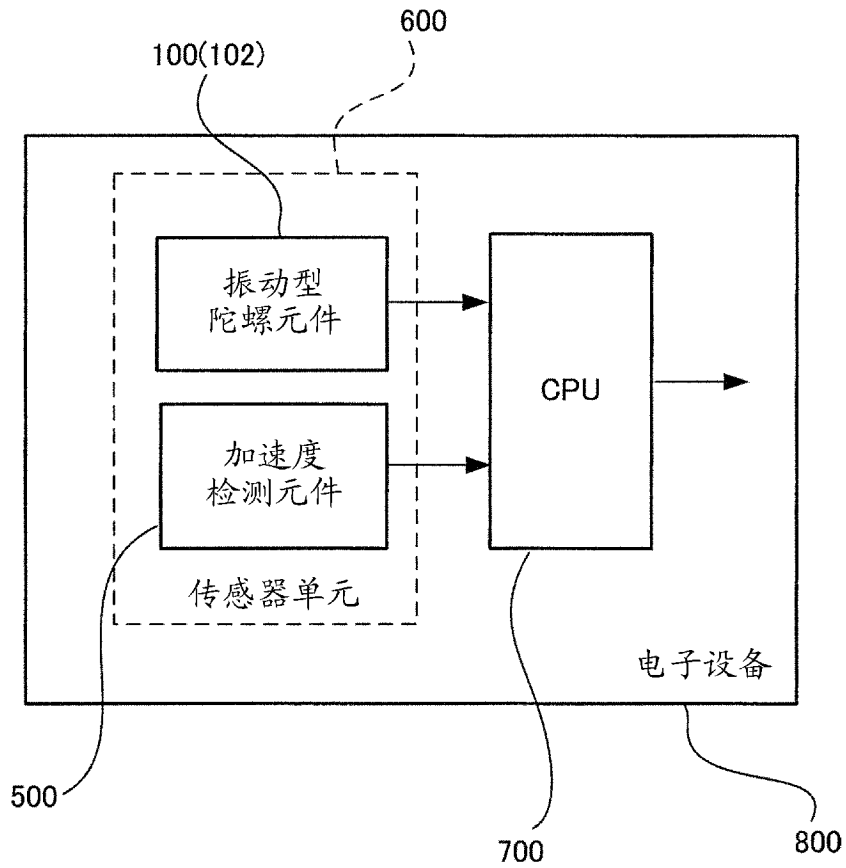


图 16

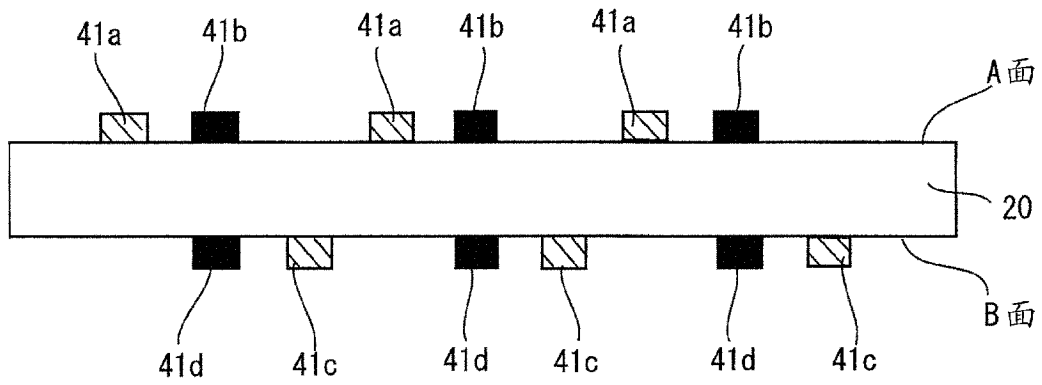


图 17

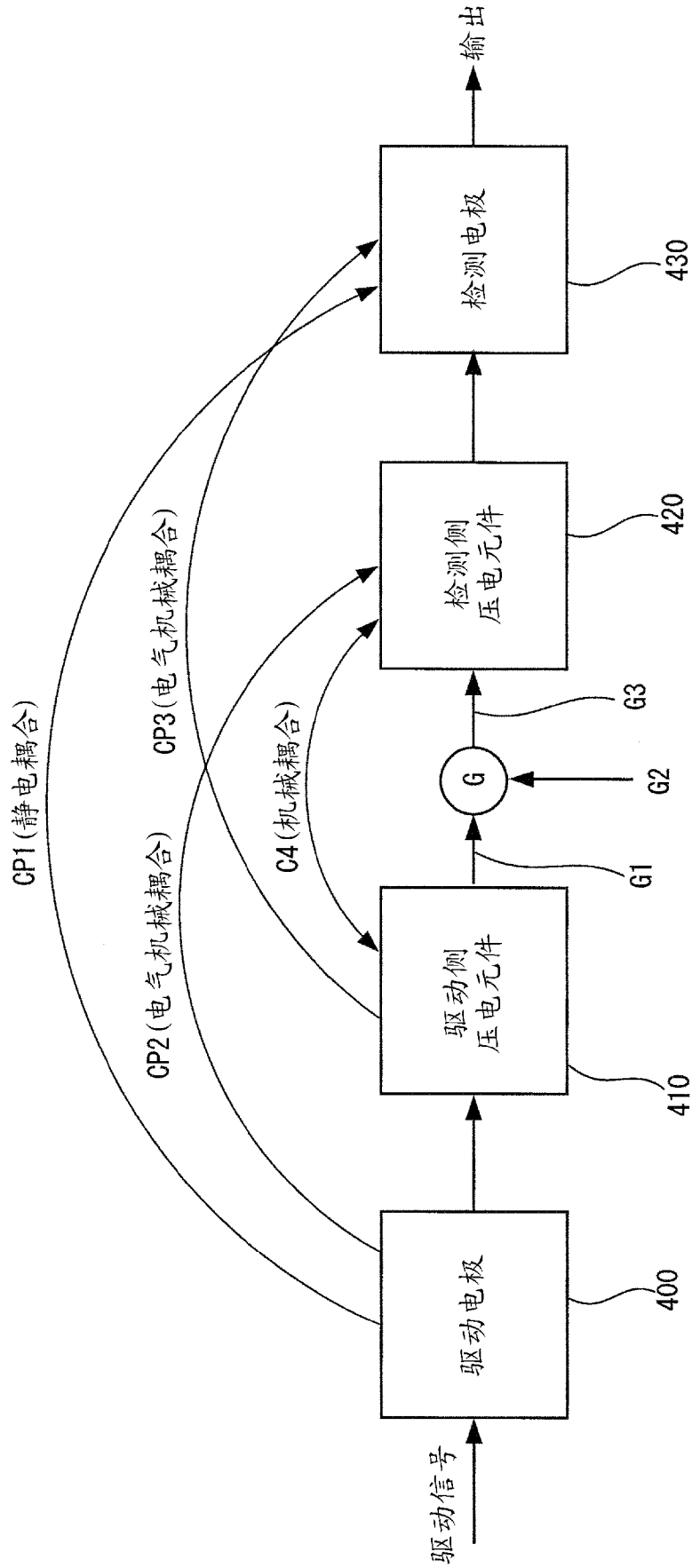


图 18

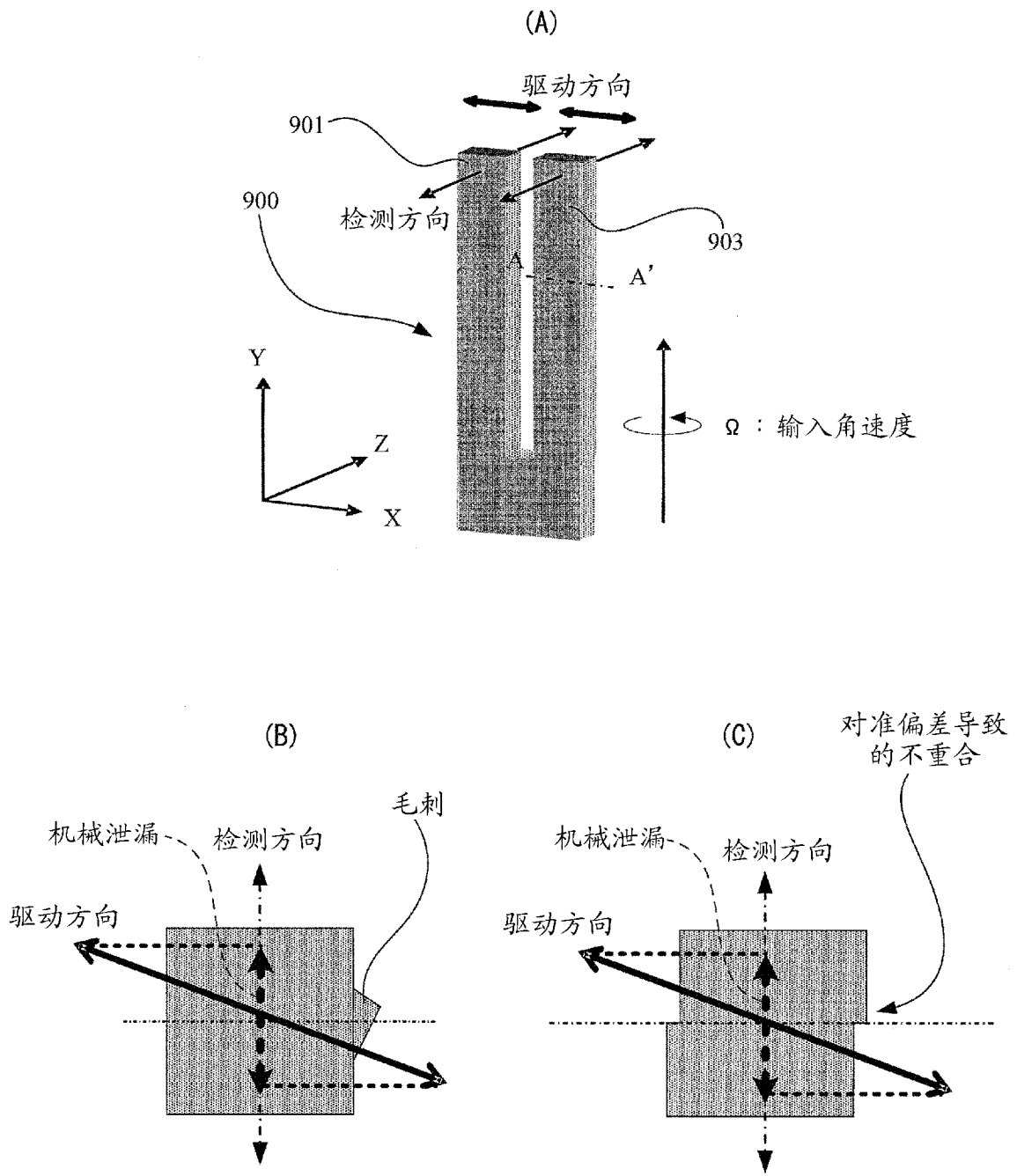


图 19