



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102313821 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201110141002. 9

CN 1834592 A, 2006. 09. 20, 全文.

(22) 申请日 2011. 05. 27

JP 特开平 9-189716 A, 1997. 07. 22, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 王宁

2010-122959 2010. 05. 28 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 金本启

(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.

G01P 15/125(2006. 01)

B81B 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1655367 A, 2005. 08. 17, 全文.

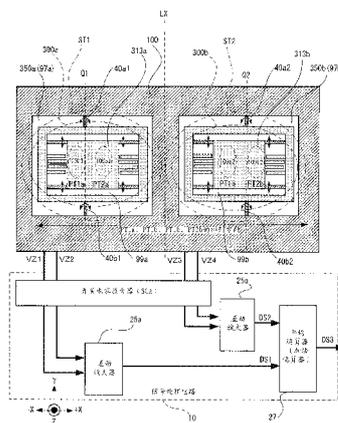
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 16 页

(54) 发明名称

物理量传感器以及电子设备

(57) 摘要

物理量传感器以及电子设备,能够抑制物理量传感器的检测灵敏度因在检测轴以外的方向上产生的加速度而下降。具有第1摆动体(300a)和第2摆动体(300b),各摆动体(300a、300b)由第1支撑部(40a)和第2支撑部(40b)支撑在基板上,在平面视图中,第1摆动体被第1轴(支撑轴)(Q1)划分为第1区域(PT1)和第2区域(PT2)、第2摆动体被第2轴(支撑轴)(Q2)划分为第3区域(PT2)和第4区域(PT1),第2区域的质量比第1区域大,第4区域的质量比第3区域大,第1区域和第2区域的排列方向与第3区域和第4区域的排列方向相反,在受到重力的状态下,第1摆动体和第2摆动体朝彼此相反的方向倾斜。



1. 一种物理量传感器,其特征在于,该物理量传感器具有:
基座;以及
第1摆动体和第2摆动体,它们隔着空隙配置在所述基座的上方,
所述第1摆动体包含第1支撑部、第2支撑部和第1可动电极,通过配置在第1轴上的所述第1支撑部和所述第2支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该第1摆动体被所述第1轴划分为第1区域和第2区域,在各个区域中形成有所述第1可动电极,
所述第2摆动体包含第3支撑部、第4支撑部和第2可动电极,通过配置在第2轴上的所述第3支撑部和所述第4支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该第2摆动体被所述第2轴划分为第3区域和第4区域,在各个区域中形成有所述第2可动电极,
在所述基座上,与所述第1可动电极和所述第2可动电极相对地形成有固定电极,
所述第2区域的质量比所述第1区域的质量大,所述第4区域的质量比所述第3区域的质量大,
所述第1摆动体的从所述第1区域向所述第2区域的排列方向与所述第2摆动体的从所述第3区域向所述第4区域的排列方向彼此相反。
2. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
在受到重力的状态下,所述第1摆动体与所述第2摆动体朝向彼此相反的方向倾斜。
3. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
所述第1轴和所述第2轴中的至少一方与所述第1摆动体或所述第2摆动体的中心线平行。
4. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
在所述第1区域和所述第2区域中的至少一方、或所述第3区域和所述第4区域中的至少一方中,形成有质量部。
5. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
在平面视图中,所述第2摆动体是使所述第1摆动体相对于与所述第1区域和所述第2区域的排列方向垂直的轴翻转后的形状。
6. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
在平面视图中,所述基座具有与所述第1区域相对的第5区域、与所述第2区域相对的第6区域、与所述第3区域相对的第7区域、以及与所述第4区域相对的第8区域,
所述固定电极形成于所述第5区域、第6区域、第7区域以及第8区域各自之中。
7. 根据权利要求6所述的物理量传感器,其特征在于,
跨越所述第1区域和所述第2区域公共地形成了所述第1可动电极。
8. 根据权利要求6所述的物理量传感器,其特征在于,
跨越所述第3区域和所述第4区域公共地形成了所述第2可动电极。
9. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
所述第1支撑部、第2支撑部、第3支撑部以及第4支撑部利用扭簧形成。
10. 根据权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,
所述第1摆动体和所述第2摆动体中的至少一方具有开口部,并且在所述开口部中配置有:
可动施重部;

连接部,其将所述可动施重部与所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体连接;

第 1 臂状电极部,其从所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体朝向所述可动施重部突出而形成;以及

第 2 臂状电极部,其从所述可动施重部朝向所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体突出而形成,并且与所述第 1 臂状电极部相对。

11. 根据权利要求 1 所述的物理量传感器,其特征在于,

该物理量传感器具有信号处理电路,该信号处理电路根据检测信号执行信号处理,

所述检测信号包含:第 1 检测信号,其根据所述第 1 区域的所述第 1 可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;第 2 检测信号,其根据所述第 2 区域的所述第 1 可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;第 3 检测信号,其根据所述第 3 区域的所述第 2 可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;以及第 4 检测信号,其根据所述第 4 区域的所述第 2 可动电极与所述固定电极之间的移位而变动,

所述信号处理电路执行如下处理:

生成表示所述第 1 检测信号与所述第 2 检测信号之差的第 1 差动信号;

生成表示所述第 3 检测信号与所述第 4 检测信号之差的第 2 差动信号;以及

根据将所述第 1 差动信号与所述第 2 差动信号相加而得到的信号生成加速度检测信号。

12. 一种物理量传感器,其特征在于,该物理量传感器具有:

基座;以及

摆动体,其隔着空隙配置在所述基座的上方,

所述摆动体包含第 1 支撑部和第 2 支撑部,通过配置在第 1 轴上的所述第 1 支撑部和所述第 2 支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该摆动体被所述第 1 轴划分为第 1 区域和第 2 区域,在各个区域中形成有可动电极,

在所述基座上,与所述可动电极相对地形成有固定电极,

在所述第 1 区域和所述第 2 区域中的至少一方中,形成有质量部。

13. 根据权利要求 12 所述的物理量传感器,其特征在于,

所述第 1 轴与所述摆动体的中心线平行。

14. 一种电子设备,其特征在于,该电子设备具有权利要求 1 或 12 所述的物理量传感器。

物理量传感器以及电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及例如 MEMS 传感器 (Micro Electro Mechanical System Sensor : 微电子机械系统传感器) 等物理量传感器以及电子设备。

背景技术

[0002] 近年来,使用 MEMS (Micro Electro Mechanical System : 微电子机械系统) 技术,实现小型且高灵敏度的物理量传感器的技术备受关注。

[0003] 例如,在专利文献 1 中,公开了摆式容性加速度计。专利文献 1 的摆式容性加速度计具有 : 基板、检测板、在基板上支撑检测板的中心支撑部、设置在检测板上的电极、以及设置在基板上的电极。检测板具有设置在中心支撑部的左侧的、不具有中空部的检测质量 (proof-mass) (惯性质量) 和具有中空部的检测质量。在因加速度对各检测质量施加了转矩时,检测板以中心支撑部 (铰链轴) 为中心进行杠杆 (seesaw) 动作。静电电容的电容值与检测板的杠杆动作对应地变化,从摆式容性加速度计输出差动容性输出信号。

[0004] 此外,在专利文献 2 中,公开了如下的加速度传感器 : 该加速度传感器在硅基板上形成有由不对称地配置的旋转轴线支撑的摆动体,在受到 Z 方向的加速度时,摆动体的倾斜度偏向一方 (杠杆摆动), 利用这种性质,差动地检测电容,从而检测 Z 轴方向的加速度。

[0005] 【专利文献 1】日本特开 2009-109494 号公报

[0006] 【专利文献 2】日本特开平 9-189716 号公报

[0007] 在专利文献 1 所公开的摆式容性加速度计中,关于保护加速度计的封装的形成,没有做任何考虑。

[0008] 此外,在专利文献 2 的加速度传感器中,在 Z 方向以外的 X 方向或 Y 方向上产生了加速度的情况下,摆动体也产生摆动,表观上 Z 方向的加速度发生了变化。这种在与检测方向不同的方向上具有检测灵敏度的情况将导致物理量传感器的检测精度下降,成为问题。

发明内容

[0009] 根据本发明的至少一个方式,例如能够提高包含封装的物理量传感器的组装性。此外,根据本发明的至少一个方式,例如能够抑制物理量传感器的检测灵敏度因在检测轴以外的方向上产生的加速度而降低。

[0010] (1) 本发明的物理量传感器的一个方式为,具有 : 基座 ; 以及第 1 摆动体和第 2 摆动体,它们隔着空隙配置在所述基座的上方,所述第 1 摆动体包含第 1 支撑部、第 2 支撑部和第 1 可动电极,通过配置在第 1 轴上的所述第 1 支撑部和所述第 2 支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该第 1 摆动体被所述第 1 轴划分为第 1 区域和第 2 区域,在各个区域中形成有所述第 1 可动电极,所述第 2 摆动体包含第 3 支撑部、第 4 支撑部和第 2 可动电极,通过配置在第 2 轴上的所述第 3 支撑部和所述第 4 支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该第 2 摆动体被所述第 2 轴划分为第 3 区域和第 4 区域,在各个区域中形成有所述第 2 可动电极,在所述基座上,与所述第 1 可动电极和所述第 2 可动电极

相对地形成有固定电极,所述第2区域的质量比所述第1区域的质量大,所述第4区域的质量比所述第3区域的质量大,所述第1摆动体的从所述第1区域向所述第2区域的排列方向与所述第2摆动体的从所述第3区域向所述第4区域的排列方向彼此相反。

[0011] (2) 本发明的物理量传感器的其他方式为,在受到重力的状态下,所述第1摆动体与所述第2摆动体朝向彼此相反的方向倾斜。

[0012] 本方式涉及用于进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度的结构。例如在作用了重力加速度的状态下,对于摆动体而言,由于质量的不均衡而使得转矩不均衡,成为倾斜的状态(这是因为,如果施加了重力加速度但摆动体却保持水平状态,则无法检测出重力加速度)。假定在该状态下,对摆动体作用了作为摆动体的延伸方向(摆动体为水平状态时的延伸方向)的第1方向的加速度。在对倾斜的摆动体作用第1方向的加速度时,对于摆动体,在与第1方向的加速度的方向相反的方向上作用惯性力(惯性力的大小与第1方向的加速度成比例)。该惯性力具有使倾斜的摆动体旋转的力(即垂直地作用于倾斜的摆动体的力)的分量,因此摆动体的倾斜度发生变化。即,尽管实际上第3方向(重力方向)的加速度没有变化,但是由于第1方向的加速度(与检测方向不同方向的加速度)的作用,导致表观上第3方向(重力方向)的加速度发生了变化。这种在与检测方向不同的方向上具有检测灵敏度的情况将导致物理量传感器的检测精度下降。

[0013] 虽然第1摆动体和第2摆动体都在第1方向上延伸,但是第1摆动体的倾斜方向与第2摆动体的倾斜方向彼此相反,并且以水平面为基准的旋转角的绝对值相同。例如,第1摆动体沿顺时针方向、以水平面为基准倾斜了 $+\theta$,另一方面,第2摆动体沿逆时针方向、以水平面为基准倾斜了 $-\theta$ 。在该状态下施加了第1方向的加速度而在与其相反的方向上作用了惯性力时,在第1摆动体的第1区域和第2区域、第2摆动体的第3区域和第4区域各自中,产生了相同大小的表观上的旋转力。但是,在第1摆动体中,例如质量大的第1区域的转矩占优势,另一方面,在第2摆动体中,例如质量大的第3区域的转矩占优势,因此,由表观上的旋转力引起的第1摆动体的旋转方向与第2摆动体的旋转方向彼此相反(一方是摆动体的倾斜度变得更大的方向、另一方是摆动体的倾斜度变小的方向)。

[0014] 因此,通过采用本方式,能够利用信号处理消除因在检测方向以外的方向上具有检测灵敏度而引起的误差。由此,能够进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度。

[0015] 另外,作为基座,可使用SOI(Silicon on Insulator:硅绝缘体)基板,并且,还可使用通过半导体制造技术制造的具有多层布线结构的半导体基板。此外,作为盖体,可使用玻璃基板或硅基板(单层)(如果在硅基板的表面上形成绝缘膜,则还可在硅基板上形成电极)。此外,关于第1摆动体或第2摆动体,例如通过使支撑轴偏离于中心、或者使摆动体的一侧的质量比另一方侧的质量大,能够实现杠杆摆动。

[0016] (3) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,所述第1轴和所述第2轴中的至少一方与通过所述第1摆动体或所述第2摆动体的中心的线平行。

[0017] 根据本方式,通过使第1摆动体和第2摆动体的截面形状中的厚度相同,能够简化第1摆动体和第2摆动体的制造工序。另外,例如通过变更光刻用的掩模形状,能够自由地设定第1杠杆片和第2杠杆片在平面视图中的形状尺寸(纵向尺寸、横向尺寸等)。

[0018] (4) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,在所述第1区域和所述第2区域中的

至少一方、或所述第 3 区域和所述第 4 区域中的至少一方中,形成有质量部。

[0019] 根据本方式,通过使摆动体的一侧的质量比另一侧的质量大,能够实现杠杆摆动。此外,通过利用金属膜或绝缘膜等形成质量部,由此,通过利用激光、蚀刻等削减质量部、或者利用溅射、蒸镀等进行成膜,由此,能够更简单地增减质量,因此,能够容易地进行杠杆摆动的微调。

[0020] (5) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,在平面视图中,所述第 2 摆动体是使所述第 1 摆动体相对于与所述第 1 区域和所述第 2 区域的排列方向垂直的轴翻转后的形状。

[0021] 在本方式中,第 2 摆动体是使第 1 摆动体翻转后得到的结构,因此能够使用相同的掩模图案形成第 1 摆动体和第 2 摆动体,从而能够简化制造工序。此外,在预定方向上受到加速度时的第 1 摆动体和第 2 摆动体的摆动程度为两者相等,因此检测灵敏度进一步提高。

[0022] (6) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,在平面视图中,所述基座具有与所述第 1 区域相对的第 5 区域、与所述第 2 区域相对的第 6 区域、与所述第 3 区域相对的第 7 区域、以及与所述第 4 区域相对的第 8 区域,所述固定电极形成于所述第 5 区域、第 6 区域、第 7 区域以及第 8 区域各自之中。

[0023] 在本方式中,通过以与第 1 可动电极以及第 2 可动电极相对的方式分别设置固定电极,能够高精度地检测差动电容的值。

[0024] (7) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,跨越所述第 1 区域和所述第 2 区域公共地形成了所述第 1 可动电极。

[0025] (8) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,跨越所述第 3 区域和所述第 4 区域公共地形成了所述第 2 可动电极。

[0026] 在本方式中,第 1 可动电极或第 2 可动电极由相同电位的公共电极构成。通过电极的公共化,能够减少与电极连接的布线数量,能够简化布线图案。例如,可将具有导电性的摆动体自身用作接地电位的公共电极。在该例中,摆动体兼用作电极,因此不需要另外形成电极,能够简化制造工序。此外,还可利用具有多层布线结构的半导体基板(可将它们总称作多层结构体)构成摆动体,并在例如最上层的层间绝缘层上形成作为接地电极的金属膜。在该例中,能够利用半导体制造技术(多层布线基板技术)合理地形成可动电极。

[0027] (9) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,所述第 1 支撑部、第 2 支撑部、第 3 支撑部以及第 4 支撑部利用扭簧形成。

[0028] 在本方式中,由于第 1 支撑部、第 2 支撑部、第 3 支撑部以及第 4 支撑部使用了扭簧,因此,对于摆动体进行杠杆摆动时产生的扭转变形具有较强的恢复力,因此能够防止支撑部发生损坏。此外,利用扭簧能够增大杠杆摆动的动作,因此能够提高检测灵敏度。

[0029] (10) 在本发明的物理量传感器的其他方式中,所述第 1 摆动体和所述第 2 摆动体中的至少一方具有开口部,并且具有:可动施重部,其配置于所述开口部中;连接部,其将所述可动施重部与所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体连接;第 1 臂状电极部,其从所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体朝向所述可动施重部突出而形成;以及第 2 臂状电极部,其从所述可动施重部朝向所述第 1 摆动体或所述第 2 摆动体突出而形成,并且与所述第 1 臂状电极部相对。

[0030] 在本方式中,摆动体除了作为用于检测重力方向的移位的检测板发挥作用以外,

还作为用于检测重力方向以外方向的移位的检测板发挥作用。由此,能够使用一个摆动体,检测与不同的两个方向的移位分别对应的静电电容的变化。

[0031] (11) 本发明的物理量传感器的其他方式为,该物理量传感器具有信号处理电路,该信号处理电路根据检测信号执行信号处理,所述检测信号包含:第1检测信号,其根据所述第1区域的所述第1可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;第2检测信号,其根据所述第2区域的所述第1可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;第3检测信号,其根据所述第3区域的所述第2可动电极与所述固定电极之间的移位而变动;以及第4检测信号,其根据所述第4区域的所述第2可动电极与所述固定电极之间的移位而变动,所述信号处理电路执行如下处理:生成表示所述第1检测信号与所述第2检测信号之差的第1差动信号;生成表示所述第3检测信号与所述第4检测信号之差的第2差动信号;以及根据将所述第1差动信号与所述第2差动信号相加而得到的信号生成加速度检测信号。

[0032] 在本方式中,设置信号处理电路,根据从各摆动体得到的信号,执行用于补偿检测误差的信号处理,从而抑制检测误差。

[0033] 第1摆动体的倾斜方向与第2摆动体的倾斜方向彼此相反,并且以水平面为基准的旋转角的绝对值相同。例如,第1摆动体沿顺时针方向、以水平面为基准倾斜了 $+\theta$,另一方面,第2摆动体沿逆时针方向、以水平面为基准倾斜了 $-\theta$ 。在该状态下施加了重力方向以外的加速度、而在与其相反的方向上作用了惯性力时,在第1摆动体的第1区域和第2区域、第2摆动体的第3区域和第4区域各自中,产生了相同大小的表观上的旋转力。但是,在第1摆动体中,例如质量大的第1区域的转矩占优势,另一方面,在第2摆动体中,例如质量大的第3区域的转矩占优势,因此,由表观上的旋转力引起的第1摆动体的旋转方向与第2摆动体的旋转方向彼此相反。

[0034] 此处,作为检测信号,输出以下信号:根据第1摆动体的第1区域的移位而变动的第1检测信号、根据第1摆动体的第2区域的移位而变动的第2检测信号、根据第2摆动体的第3区域的移位而变动的第3检测信号、以及根据第2摆动体的第4区域的移位而变动的第4检测信号。

[0035] 此时,在将叠加在第1检测信号中的由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量设为例如“ $+\delta C$ ”时,与第2检测信号相关的电容值变动量为“ $-\delta C$ ”,同样,叠加在第3检测信号中的由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $+\delta C$ ”,与第4检测信号相关的电容值变动量为“ $-\delta C$ ”。

[0036] 在信号处理电路中,在生成了表示第1检测信号与第2检测信号之差的第1差动信号时,叠加在第1差动信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $2\delta C(=+\delta C-(-\delta C))$ ”。此外,在生成了表示第4检测信号与第3检测信号之差的第2差动信号时,叠加在第2差动信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $-2\delta C(=-\delta C-(+\delta C))$ ”。此外,当信号处理电路将第1差动信号与第2差动信号相加时,叠加在第1差动信号中的误差分量“ $+2\delta C$ ”与叠加在第2差动信号中的误差分量“ $-2\delta C$ ”相抵消,从而消除了误差。另外,在将第1差动信号与第2差动信号相加时,信号振幅变为2倍。在会由此引起问题的情况下,还可适当进行使由第1差动信号与第2差动信号相加得

到的信号的振幅成为例如一半的信号处理等。

[0037] 即,信号处理电路生成表示第 1 检测信号与第 2 检测信号之差的第 1 差动信号,并且生成表示第 3 检测信号与第 4 检测信号之差的第 2 差动信号,根据将第 1 差动信号与第 2 差动信号相加而得到的信号,生成抑制了基于第 1 方向的加速度的误差的、第 3 方向的加速度检测信号。

[0038] 由此,根据本方式,能够通过信号处理消除因在检测方向以外的方向上具有检测灵敏度而引起的误差。由此,能够进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度。

[0039] (12) 本发明的物理量传感器的其他方式为,该物理量传感器具有:基座;以及摆动体,其隔着空隙配置在所述基座的上方,所述摆动体包含第 1 支撑部和第 2 支撑部,通过配置在第 1 轴上的所述第 1 支撑部和所述第 2 支撑部而支撑在所述基座的上方,并且在平面视图中,该摆动体被所述第 1 轴划分为第 1 区域和第 2 区域,在各个区域中形成有可动电极,在所述基座上,与所述可动电极相对地形成有固定电极,在所述第 1 区域和所述第 2 区域中的至少一方中,形成有质量部。

[0040] 根据本方式,通过使摆动体的一侧的质量比另一侧的质量大,能够实现杠杆摆动。此外,通过利用金属膜或绝缘膜等形成质量部,能够利用激光、蚀刻等削减质量部,或者利用溅射、蒸镀等进行成膜,由此,能够更简单地增减质量,因此,能够容易地进行杠杆摆动的微调。

[0041] (13) 本发明的物理量传感器的其他方式为,所述第 1 轴与通过所述摆动体的中心的线平行。

[0042] 根据本方式,例如在使摆动体的支撑轴偏移而使第 1 区域比第 2 区域大的情况下,如果在第 1 区域中形成质量部,则杠杆摆动更加显著,伴随于此,能够提高电容的检测灵敏度。另一方面,如果在第 2 区域中形成质量部,则能够抑制杠杆摆动,伴随于此,能够抑制在支撑摆动体的支撑部中产生过度扭转,从而能够防止支撑部发生损坏。

[0043] (14) 本发明的电子设备的一个方式为具有上述任意一个方式的物理量传感器。

[0044] 通过使用上述方式的物理量传感器,能够实现小型且高性能的电子设备(包含多个传感器的传感器单元、搭载该传感器单元的更上位的电子设备(例如 FA 设备等))。

[0045] 由此,根据本发明的至少一个方式,例如,能够提高包含封装的物理量传感器的组装性。

附图说明

[0046] 图 1 的 (A) ~ (F) 是示出物理量传感器的结构和动作的一例的图。

[0047] 图 2 的 (A) 和 (B) 是示出密封体的结构的一例的图。

[0048] 图 3 的 (A) ~ (D) 是示出密封体的制造方法的一例的图。

[0049] 图 4 的 (A) ~ (C) 是示出检测电路的结构例的图。

[0050] 图 5 的 (A) ~ (C) 是用于说明 C/V 转换电路的结构和动作的图。

[0051] 图 6 是示出能够检测两个不同方向的加速度的物理量传感器(加速度传感器)的结构的一例的图。

[0052] 图 7 的 (A) 和 (B) 是简化了图 6 所示的平面图和长度方向(横向)的截面图而表示的图。

[0053] 图 8 是示出能够检测第 1 方向 (X 轴方向)、第 2 方向 (Y 轴方向) 以及第 3 方向 (Z 轴方向) 各自的电容值变化的具有 3 轴灵敏度的物理量传感器的结构例的平面图。

[0054] 图 9 是示出能够检测两个不同方向的加速度的物理量传感器 (加速度传感器) 的结构例的图。

[0055] 图 10 是示出能够使用图 6 和图 7 所示的两个结构的摆动体来检测不同的 3 个方向的加速度的加速度传感器的结构的平面图。

[0056] 图 11 的 (A) ~ (H) 是说明用于进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度的信号处理方法的图。

[0057] 图 12 是示出采用了图 11 所示的信号处理方法的物理量传感器的结构例的图。

[0058] 图 13 是示出物理量传感器 (加速度传感器) 的其他例子 (在图 12 的结构中进一步追加了用于检测第 1 方向 (X 轴方向) 的加速度的结构的例子) 的平面图。

[0059] 图 14 是示出物理量传感器的结构例的其他例子的图。

[0060] 图 15 的 (A) ~ (D) 是示出物理量传感器的结构例的其他例子的图。

[0061] 图 16 是示出电子设备的结构例的图。

[0062] 图 17 是示出电子设备的结构例的另一例的图。

[0063] 标号说明

[0064] 10 : 信号处理电路 ; 13 : 检测电路 ; 40a : 第 1 支撑部 (第 1 扭簧) ; 40b : 第 2 支撑部 (第 2 扭簧) ; 90 : 密封件 ; 95 : 空隙 ; 97、99 : 开口部 ; 100 : 支撑体 (例如 SOI 基板) ; 102 : 基座 (硅板等) ; 104 : 绝缘层 ; 106 : 基板 (例如 SOI 基板的活性层) ; 109a : 第 1 可动电极 ; 109b : 第 2 可动电极 ; 200 : 盖体 ; 208a : 第 1 固定电极 ; 208b : 第 2 固定电极 ; 250 : 密封体 (气密密封体) ; 300 (300a、300b) : 摆动体 ; 311 : 对硅进行构图而形成的杠杆板 (Seesaw Plate) ; 900 : 质量部 (部分的施重部) ; Q1、Q2 : 支撑轴 (第 1 轴、第 2 轴) ; GL : 重力线 ; SL : 使重力线平行移动 d1 后的线段 ; QL : 摆动体的中心线 ; G1 : 摆动体的重心 ; PT1 : 第 1 杠杆片 (第 1 区域) ; PT2 : 第 2 杠杆片 (第 2 区域) ; PT1a : 第 1 杠杆片 (第 1 区域) ; PT2a : 第 2 杠杆片 (第 2 区域) ; PT1b : 第 3 杠杆片 (第 3 区域) ; PT2b : 第 4 杠杆片 (第 4 区域) ; c1 : 第 1 可变电容 ; c2 : 第 2 可变电容。

具体实施方式

[0065] 以下, 针对本发明的优选实施方式进行具体说明。另外, 以下说明的本实施方式不对权利要求书所记载的本发明的内容做出不当限定, 本实施方式中说明的所有结构不都是作为本发明的解决手段所必需的。

[0066] (第 1 实施方式)

[0067] 图 1 (A) ~ 图 1 (F) 是示出物理量传感器的结构和动作的一例的图。物理量传感器能够用作惯性传感器, 具体而言, 例如, 能够用作对铅直方向 (与水平面垂直的方向) 的加速度 (例如重力加速度) 进行测定的加速度传感器 (静电电容型加速度传感器、静电电容型 MEMS 加速度传感器)。

[0068] 图 1 (A) 示出物理量传感器 (包含封装) 的截面结构, 图 1 (B) 是示出用于检测加速度等物理量的可变电容 (静电电容、检测电容、电容元件) 在平面视图中的结构的一例

(使用构成摆动体的杠杆板自身作为可动电极的例子)的平面图,图 1(B)与图 1(A)相对应。图 1(C)是可变电容在平面视图中的结构的另一例(使用形成在多层结构体上的导体层作为可动电极的例子)的平面图。图 1(D)~图 1(F)是示出与摆动体的杠杆动作相伴的可变电容的电容值变化的图。

[0069] 图 1(C)的例子是变形例,因此首先说明图 1(A)和图 1(B)所示的基本例。

[0070] (关于图 1(A)、图 1(B)所示的例子的结构)

[0071] 如图 1(A)所示,物理量传感器(此处设为静电电容型加速度传感器)包含:由支撑体 100 和盖体 200 构成的密封体 250;设置于密封体 250 的内部空间中的摆动体 300;第 1 支撑部 40a(在图 1(A)中未图示,参照图 1(B)、图 1(C))和第 2 支撑部 40b,它们对摆动体 300 进行双侧支撑,且将摆动体 300 支撑为能够以支撑轴 Q1 为支点进行杠杆摆动;以及可变电容(第 1 可变电容 c1、第 2 可变电容 c2),该可变电容具有位置随摆动体 300 的杠杆摆动而变化的可动电极(第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b)、以及设置于基座 102 上的与可动电极相对的位置处的固定电极(第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b)。

[0072] 另外,有时可能不设置盖体 200 而例如在摆动体 300 露出于大气中的状态下进行使用。在需要气密密封封装的情况下,才设置盖体 200。

[0073] 此外,第 1 支撑部 40a 作为第 1 扭簧发挥功能,第 2 支撑部 40b 作为第 2 扭簧发挥功能。

[0074] 通过将第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 设为扭簧(Torsion Spring),由此,对于因摆动体 300 进行杠杆摆动而在弹簧中产生的扭转变形具有较强的恢复力,能够防止支撑部发生损坏。

[0075] 第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 和第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 是决定作为摆动体 300 的旋转中心的支撑轴 Q1 的位置的部件。摆动体 300 例如可隔着第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 和第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 这各个支撑部而固定于支撑体 100(例如构成支撑体 100 的基板 106 的框状部分)或盖体 200 上。

[0076] 如图 1(A)所示,在本实施例中,支撑轴 Q1 被设置在线段 SL 上,该线段 SL 是使摆动体 300 的重心线 GL 以与重心线 GL 平行的方式移动预定距离 d1 而得到的。另外,重心线 GL 是通过摆动体 300 的中心 G1 的铅直线,在图 1(A)中,用粗的点划线表示。线段 SL 用粗虚线表示。如图 1(B)所示,第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 及第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 与支撑轴 Q1 重叠。第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 和第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 的延伸方向与支撑轴 Q1 的延伸方向一致。

[0077] 作为支撑体 100,例如可利用 SOI(Silicon on Insulator:硅绝缘体)基板(图 1(A)和图 1(B)的例子)。此外,作为盖体 200,可利用硅、玻璃等的基板。另外,在图 1(C)所示的变形例中,使用了通过 CMOSIC 等半导体制造技术制造的多层结构体作为支撑体 100(和盖体 200)。

[0078] 在图 1(A)、图 1(B)所示的例子中,支撑体 100 具有基座 102(SOI 基板的底层基板,例如由硅构成)、基座 102 上的绝缘层 104(有时不需要该绝缘层)、和形成在绝缘层 104 上的基板 106。具体而言,可使该基板 106 成为被赋予了导电性的活性层。在以下说明中,有时记载为活性层 106。

[0079] 在基座 102 与基板 106 之间设置有空隙 95。并且,去除基板 106 的一部分而设置

了开口部 97,在该开口部 97 中配置摆动体 300。在摆动体 300 的周围存在开口部 97(以及空隙 95),从而摆动体 300 能够进行杠杆摆动。

[0080] 摆动体 300 以及对摆动体 300 进行双侧支撑的第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b(扭簧)是通过干法蚀刻等将活性层 106(基板 106)蚀刻至露出绝缘层 104、接着用氢氟酸蒸汽等对绝缘层 104 选择性地各向同性的蚀刻而形成的。

[0081] 第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 例如与活性层 106(基板 106)的周围的框状部分(在图 1 中未图示:例如参照图 6)连接。由此,摆动体 300 通过配置在支撑轴 Q1 上的第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 而支撑在基板(活性层)106(例如周围的框状部分)上。

[0082] 摆动体 300 作为可动电极 109a、109b 发挥功能。可以通过由导电性材料(掺杂了杂质的硅等)构成摆动体 300 来形成可动电极(109a、109b),并且,还可以在摆动体 300 上形成由金属等导体层构成的可动电极(109a、109b)。在图 1 的例子中,通过由导电性材料(掺杂了杂质的硅等)构成摆动体 300 而形成可动电极 109a、109b。

[0083] 此外,在基座 102 的与可动电极 109a 相对的位置处设置有固定电极 208a,并且,在与可动电极 109b 相对的位置处设置有固定电极 208b。另外,在设置有盖体 200 的情况下,还可以在盖体 200 的与可动电极 109a 相对的位置处设置固定电极 208a,在与可动电极 109b 相对的位置处设置固定电极 208b。

[0084] 此外,摆动体 300 具有第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 和第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2。第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 对应于平面视图中由支撑轴 Q1 划分出的两个部分中的一方(图 1(B)中位于左侧的部分)。第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 对应于平面视图中由支撑轴 Q1 划分出的两个部分中的另一方(图 1(B)中位于右侧的部分)。

[0085] 另外,第 1 区域、第 2 区域这些用语主要是用来区分摆动体 300 在平面视图中的形状(与由支撑轴 Q1 划分为二而形成的杠杆片 PT1、PT2 分别对应的区域)。在以下说明中,有时记载为第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1、第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2。

[0086] 在图 1(B)的例子中,第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 的厚度、以及第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 的厚度均为 DT(但不限于此,还可以使各杠杆片的厚度不同以便调节转矩)。此外,第 1 杠杆片(第 1 区域)与第 2 杠杆片(第 2 区域)的排列方向是与摆动体的长边方向水平(平行)的方向。

[0087] 例如,在对摆动体 300 施加了铅直方向的加速度(例如重力加速度)时,分别在第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 和第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 中产生转矩(力矩)。这里,在第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 的转矩(例如沿逆时针方向的转矩)与第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 的转矩(例如沿顺时针方向的转矩)均衡的情况下,摆动体 300 的倾斜度不发生变化,不能检测出加速度的变化。由此,将摆动体 300 设计成,使得例如施加了铅直方向的加速度时的第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 的转矩与第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 的转矩不均衡,从而使摆动体 300 产生预定的倾斜度(允许范围内的倾斜度)。例如,可采用将支撑轴 Q1 配置在偏离于摆动体 300 的中心的位置处的方法(使得从支撑轴 Q1 到各杠杆片 PT1、PT2 的末端的距离不同的方法),并且,还可采用如下方法:利用将支撑轴 Q1 配置于摆动体 300 的中心、并且使各杠杆片 PT1、PT2 的厚度不同的方法,针对各杠杆片 PT1、PT2 的质量设置差异。而在本实施方式中,采用了前者的方法(通过将支撑轴 Q1 配置在偏离于摆动体 300 的中心的位置处,使得从支撑轴 Q1 到各杠杆片 PT1、PT2 的末端的距离不同的方法)。

[0088] 通过将第 1 杠杆片 (第 1 区域)PT1 和第 2 杠杆片 (第 2 区域)PT2 的截面形状的厚度设为相同 (即均设定为厚度 DT),能够以相同的制造工序制造第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2。即,具有以下优点:不需要用于针对各杠杆片的厚度设置差异的工序 (蚀刻工艺等),能够简化制造工序。

[0089] 例如通过变更光刻用的掩模形状,能够自由地设定第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2 在平面视图中的形状尺寸 (纵向尺寸、横向尺寸等)。在图 1(B) 的例子中,摆动体 300 被加工为在平面视图中呈长方形。在以下说明中,设摆动体 300 的长度方向为第 1 方向 (X 轴方向)、水平面内与第 1 方向垂直的方向 (也可称作支撑轴 Q1 的方向)为第 2 方向、与第 1 方向和第 2 方向垂直的方向 (与水平面垂直的方向)为第 3 方向 (Z 轴方向)。

[0090] 此外,设置于摆动体 300 上的可动电极 109 (第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b) 的位置随摆动体 300 的杠杆摆动而变化。例如,可将具有导电性的摆动体 300 自身作为可动电极,并且,还可以在摆动体 300 上或摆动体中,选择性地形成由导电材料 (金属等) 构成的电极,将该电极作为可动电极 (第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b)。

[0091] 在图 1(B) 的例子中,作为可变电容 c1、c2 的构成要素的可动电极 109 (第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b) 由具有导电性的摆动体 300 自身构成。具体而言,由对导电性活性层进行构图而形成的杠杆板 (掺杂了杂质的硅板)311,构成 (形成) 可动电极 109 (第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b)。即,在图 1(B) 的例子中,可动电极 109 (第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b) 由公共电极构成,该公共电极与公共电位 (基准电位 VCOM (例如 GND)) 连接。通过电极的公共化,能够减少与电极连接的布线数量,能够简化布线图案。此外,由于摆动体 300 兼用作电极,因此不需要另外形成电极,能够简化制造工序。

[0092] 另外,与支撑体 100 同样,盖体 200 也可以由 SOI 基板构成。

[0093] 如上所述,由基座 (作为封装基台的基板或基体等)100 和盖体 200 构成密封体。为了通过支撑体 100 和盖体 200 构成气密密封封装,在支撑体 100 与盖体 200 之间的边界附近使用了密封部件 (例如间隔件)90。

[0094] 此外,在基座 102 的表面上,设置有作为可变电容 (电容元件)c1、c2 的结构要素的固定电极 208 (第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b)。优选在基座 102 的表面上设置绝缘膜 (省略图示),并在该绝缘膜上设置第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b。该第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b 被设置在与设置于摆动体 300 上的可动电极 109 (第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b) 对应的位置 (相对的位置)处。另外,还可将第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b 设置在盖体 200 的内表面的、与第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b 对应的位置 (相对的位置)处。

[0095] 此外,通过使可动电极 109 公共化 (即跨越第 1 区域 PT1 和第 2 区域 PT2 进行设置),能够减少与电极连接的布线的数量,能够简化布线图案。

[0096] 在图 1(A)、图 1(B) 的例子中,使第 1 可动电极 109a 与第 2 可动电极 109b 公共化,不过,也可以将固定电极 208 (第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b) 设为相同电位的公共电极 (此时,第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b 形成为电气上相互独立的电极)。如上所述,通过电极的公共化,能够减少与电极连接的布线的数量,能够简化布线图案。

[0097] 此外,通过与第 1 可动电极 109a 以及第 2 可动电极 109b 相对的方式分别设置固定电极,能够高精度地检测差动电容的值。

[0098] 接着,说明图 1(C) 所示的变形例。在图 1(C) 的例子中,由具有多层布线结构的半导体基板(可将它们总称为多层结构体)构成摆动体 300。即,在半导体基板(相当于图 1(A) 的参考标号 102)上,通过 CMOSIC 工艺,形成通过层叠多层绝缘层(包含层间绝缘层)而得到的多层结构体。在图 1(C) 的例子中,在最上层的绝缘层 107 上,形成有作为公共电位(VCOM:此处为 GND)用的电极的金属层 111。在图 1(C) 的例子中,可利用半导体制造技术(多层布线基板技术等),合理地形成可动电极 109(第 1 可动电极 109a、第 2 可动电极 109b)。

[0099] 除了以上的例子以外,还可以考虑各种变形例。变形例的一例如图 14 所示。图 14 是示出物理量传感器的结构的其他例子的图。

[0100] 在图 14 所示的例子中,第 1 支撑部 40a 的位置与第 2 支撑部 40b 的位置不同(在摆动体的长度方向上偏离预定距离)。此时,连接第 1 支撑部 40a 与第 2 支撑部 40b 的支撑轴 Q1(在图中用双点划线表示)是斜的,在平面视图中,摆动体 300 被支撑轴 Q1 划分为第 1 区域(第 1 杠杆片)PT1 和第 2 区域(第 2 杠杆片)PT2。另外,此时,第 1 区域 PT1 与第 2 区域 PT2 的排列方向是与摆动体的长边方向水平(平行)的方向。

[0101] 此处,返回图 1 继续说明。接着,对摆动体 300 的摆动动作和与该摆动动作相伴的可变电容器电容值变化进行说明。以下,参照图 1(D)~图 1(F)。另外,在图 1(D)~图 1(F)中,为了便于说明,将第 1 固定电极 208a、第 2 固定电极 208b 记载在摆动体 300 的上侧。

[0102] 在图 1(D) 中,摆动体 300 维持水平状态(该状态对应于无重力加速度的状态(无重力状态))。如图 1(D) 所示,作为可变电容器,设置有第 1 可变电容器 c1 和第 2 可变电容器 c2。第 1 可变电容器 c1 具有:位置随第 1 杠杆片 PT1 的杠杆摆动而变化的第 1 可动电极 109a;以及设置在盖体 200 的与第 1 可动电极 109a 相对的位置处的第 1 固定电极 208a。此外,第 2 可变电容器 c2 具有:位置随第 2 杠杆片 PT2 的杠杆摆动而变化的第 2 可动电极 109b;以及设置在盖体 200 的与第 2 可动电极 109b 相对的位置处的第 2 固定电极 208b。

[0103] 在使用第 1 可变电容器 c1 和第 2 可变电容器 c2 作为可变电容器(检测电容)时,具有不仅能够检测加速度大小、还能够检测加速度方向的优点(但不限于此)。

[0104] 在图 1(D) 中,从支撑轴 Q1 到第 1 杠杆片 PT1 末端的距离为 T10,从支撑轴 Q1 到第 2 杠杆片 PT2 末端的距离为 T20($> T10$)。由此,在图 1(D) 的例子中,例如,在铅直向下的方向上产生了加速度时,在第 2 杠杆片 PT2 上产生的转矩比在第 1 杠杆片 PT1 上产生的转矩大,摆动体 300 沿顺时针方向旋转。以下,参照图 1(E) 和图 1(F) 具体进行说明。

[0105] 在图 1(E) 的状态下,对摆动体 300 施加例如重力加速度 $G1 (= 1G)$ 。伴随于此,摆动体 300(第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2)沿顺时针方向旋转,摆动体 300 发生倾斜。由于摆动体 300 的杠杆摆动,使得第 1 可变电容器 c1 的电极间距离缩小,其结果,第 1 可变电容器 c1 的电容值(C1)增大。另一方面,第 2 可变电容器 c2 的电容值(C2)随电极间距离的扩大而减小。由此,在图 1(E) 的例子中,能够得到差动检测输出。能够根据两个输出信号各自的变化程度,检测重力加速度 $G1$ 的值($= 1G$)。此外,能够根据两个输出信号各自的变化方向,确定加速度的方向(铅直向下)。

[0106] 在图 1(F) 的状态下,在对摆动体 300 施加了重力加速度($= 1G$)的状态下,进一步对摆动体 300 施加铅直向上的加速度 $G2$ 。此时,摆动体 300(第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2)沿逆时针方向旋转,摆动体 300 产生与图 1(E) 的情况相反的倾斜。由于摆动体 300

的杠杆摆动,第 1 可变电容 c_1 的电极间距离扩大,其结果,第 1 可变电容 c_1 的电容值 (C_1) 减小。另一方面,第 2 可变电容 c_2 的电容值 (C_2) 随电极间距离的缩小而增大。

[0107] 以在图 1(E) 的状态下得到的检测信号 (即重力加速度的大小和方向) 为基准,判定图 1(F) 的状态下的检测信号,从而能够检测出在图 1(F) 的状态下,在哪个方向上作用了哪种程度的加速度。即,能够基于在图 1(F) 的状态下得到的两个输出信号 (差动信号),根据两个输出信号各自的变化程度,检测所施加的加速度 G_2 的值。此外,通过检测两个输出信号各自的方向变化,能够确定加速度 G_2 的方向 (铅直向上)。

[0108] 例如,在测定铅直方向的加速度的情况下,构成物理量传感器的密封体 (封装) 的支撑体 100 的主面 (底面) 例如被固定在安装有封装的电子部件等具有的水平面上。例如,当施加重力加速度时,摆动体 300 的倾斜度随转矩而变化,伴随于此,可变电容 (c_1 、 c_2) 的电容值变化。由此,能够以表示可变电容 (静电电容元件) 的电容值变化的电信号的形式,检测出例如重力加速度。

[0109] 如上所述,物理量传感器能够用作加速度传感器、陀螺仪传感器等惯性传感器,具体而言,能够用作例如对铅直方向 (与水平面垂直的方向) 的加速度 (例如重力加速度) 进行测定的静电电容型加速度传感器。在测定铅直方向的加速度的情况下,构成物理量传感器的密封体 (封装) 的基座的主面 (底面) 例如被固定在安装有封装的电子部件等具备的水平面上。例如,当施加重力加速度时,摆动体 300 的倾斜度随转矩而变化,伴随于此,可变电容 (c_1 、 c_2) 的电容值变化。由此,能够通过表示可变电容 c_1 、 c_2 的电容值变化的电信号,检测出例如重力加速度的大小和方向。

[0110] 根据图 1(A) ~ 图 1(F) 所示的例子,例如,在支撑体 100 上,设置了由第 1 支撑部 (第 1 扭簧) 40a 和第 2 支撑部 (第 2 扭簧) 40b 以能够自如地进行杠杆摆动的方式支撑的摆动体 300,并在预定位置上载置盖体 200,进而通过例如密封材料 (粘接件等) 将支撑体 100 与盖体 200 密封,由此能够高效地形成密封体 (例如气密密封封装)。此时,通过将盖体 200 固定在支撑体 100 上,使得作为可变电容 c_1 、 c_2 的结构要素的固定电极 208a、208b 的位置也自动地得到定位,从而自动地形成杠杆式的物理量传感器。

[0111] 此外,通过将盖体 200 的主面固定为水平,还能够确保支撑体 100 的表面与盖体 200 的主面 (包含内表面) 之间的平行性,因此还能够高精度地确定平行平板电容器 (可变电容) c_1 、 c_2 的电极间距离 (摆动体 300 为水平状态时的距离)。由此,能够提高包含密封体 (封装) 的物理量传感器的组装性。

[0112] (密封体的密封结构的例子)

[0113] 图 2(A)、图 2(B) 是示出密封体结构的一例的图。图 2(A) 是示出密封体的整体结构的立体图,图 2(B) 是示出基座与盖体之间的连接部的截面结构的一例的图。

[0114] 如图 2(A) 所示,在支撑体 100 上固定盖体 200 而形成密封体 (此处为气密密封封装) 250。在基座 BS1 的表面上设置有焊盘 (外部连接端子) PA、检测电路 13、布线 EL 以及布线 IL。设置在密封体内部的可变电容 (c_1 、 c_2 等) 与检测电路 13 经由布线 IL 连接。此外,检测电路 13 与焊盘 PA 通过布线 EL 连接。此外,在密封体内部搭载有多个传感器的情况下,各传感器的输出信号经由布线 IL 被导出到检测电路 13。此外,在图 2(A) 的例子中,在第 1 基板 BS1 上搭载有检测电路 (包含信号处理电路) 13 (但是,这只是一例,不限于该例)。通过在基座 BS1 上搭载检测电路 13,例如能够实现具有信号处理功能的、高性能的惯

性传感器 (MEMS 惯性传感器)。

[0115] 接着,参照图 2(B),对基座与盖体之间的连接部的截面结构例进行说明。如之前所说明的那样,支撑体 100 具有硅基板(底层基板)102、绝缘层 104 和活性层 106。活性层 106 例如包含掺杂了杂质的硅层 121、以及两层绝缘层 123、125。

[0116] 另一方面,盖体 200 例如可由玻璃基板(单层)构成,并且。例如还可以由表面形成有绝缘膜的硅基板(单层)形成。此外,在盖体侧还构成有其他传感器元件、或者形成有其他电路时,为了构成盖体 200,还可以使用具有与支撑体 100 同样结构的 SOI 基板。

[0117] 从设置在密封体内部的可变电容引出的布线 ME1(第 1 层布线)经由触头(contact plug)ME2、第 2 层布线 ME3、触头 ME4、第 3 层布线 ME5、具有隆起为山状的形状的布线 ME6,与设置在支撑体 100 上的布线 ME7 连接。此外,在图 2(B)中,参考标号 191 是间隔部件(例如树脂材料)。通过设置间隔部件 191,能够进一步高精度地保持支撑体 100 与装配在支撑体 100 上的盖体 200 之间的平行度。此外,参考标号 193 是粘接膜。间隔件 191 和粘接膜 193 发挥密封件 90 的作用。

[0118] (密封体的制造方法的一例)

[0119] 图 3(A)~图 3(D)是示出密封体的制造方法的一例的图。在该例中,粘贴两块 SOI 基板来制造密封体。

[0120] 如图 3(A)所示,准备作为支撑体 100 的 SOI 基板。另外,在基座 102 上,形成作为固定电极 208a、208b 的金属层(参照图 3(D)、在图 3(A)~图 3(C)中省略了图示)。

[0121] 如在图 3(A)的下侧由点划线围起地表示的那样,活性层(基板)106 包含单晶硅 121、形成在单晶硅 121 上的多层结构(具有多层绝缘层 123、125,有时还具有导体层 Me1~Me6 等)。在单晶硅 121 中,高浓度地掺杂了杂质(例如作为 N 型杂质的 As 等)。由此,可将单晶硅 121(第 1 杠杆片 PT1、第 2 杠杆片 PT2)自身用作可动电极(图 1 所示的参考标号 109a、109b)。

[0122] 接着,如图 3(B)所示,通过光刻对活性层(基板)106 进行构图,形成摆动体 300(第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2)、以及第 1 支撑部 40a、第 2 支撑部 40b。

[0123] 接着,如图 3(C)所示,通过氢氟酸蒸汽或湿法蚀刻去除作为牺牲层的绝缘层 104b。由此,在摆动体 30 的周围形成了空腔部 350(包含图 1 所示的空隙 95 和开口部 97)。在空腔部 350 中,摆动体 300 被第 1 支撑部 40a(第 1 扭簧)和第 2 支撑部 40b(第 2 扭簧)支撑为能够进行杠杆摆动。

[0124] 接着,如图 3(D)所示,经由密封件 90 将盖体 200 装配在作为支撑体 100 的 SOI 基板上。另外,在基座 102 上,形成第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b(均由 Al 等金属层构成)。第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b 被设置在活性层 206 上(最上层的绝缘层上)的、与作为可动电极的第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2 分别相对的位置处。

[0125] 另外,如图 3(D)所示,作为可动电极的第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2 例如如图 3(D)的下方所示,包含作为电极材料的单晶硅 121 以及形成在单晶硅上的两层绝缘层(例如 CVDSiO₂ 层)123、125。绝缘层 123、125 作为电容器的电介质膜发挥功能,并且还作为可动电极的保护膜(发挥这样的作用:当可动电极与固定电极一旦接触时,防止各电极的损坏等)发挥功能。

[0126] (第 2 实施方式)

[0127] 在本实施方式中,说明检测电路的结构例。图 4(A)~图 4(C)是示出检测电路的结构例的图。如之前使用图 2(A)所说明的那样,检测电路 13 例如被设置在支撑体 100 上的空闲空间中,并且内置有信号处理电路 10。在图 4(A)的例子中,物理量传感器(此处设为静电电容型加速度传感器)所包含的第 1 可变电容 c_1 、第 2 可变电容 c_2 具有作为公共的接地电极的固定电极 208、以及第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b。

[0128] 检测电路 13 具有信号处理电路 10、CPU 28 以及接口电路 30。信号处理电路 10 具有 C/V 转换电路(电容值/电压转换电路)24 和模拟校正及 A/D 转换电路 26。但是,该例只是一例,信号处理电路 10 还可以进一步包含 CPU 28 和接口电路(I/F)30。

[0129] 在图 4(B)的例子中,第 1 可变电容 c_1 、第 2 可变电容 c_2 具有第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b、以及作为公共的接地电极的可动电极 109。检测电路 13 的结构与图 4(A)的例子相同。此外,在图 4(C)的例子中,第 1 可变电容 c_1 和第 2 可变电容 c_2 具有作为接地电位的第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b、以及第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b。检测电路 13 的结构与图 4(A)的例子相同。

[0130] (C/V 转换电路的结构例)

[0131] 此处,使用图 5(A)~图 5(C),对 C/V 转换电路(C/V 转换放大器)的结构和动作的一例进行说明。图 5(A)~图 5(C)是用于说明 C/V 转换电路的结构和动作的图。

[0132] 图 5(A)是示出使用了开关电容器的 C/V 转换放大器(电荷放大器)的基本结构的图,图 5(B)是示出图 5(A)所示的 C/V 转换放大器的各部电压波形的图。

[0133] 如图 5(A)所示,基本的 C/V 转换电路 24 具有:第 1 开关 SW1 和第 2 开关 SW2(与可变电容 c_1 (或 c_2)一起构成输入部的开关电容器);运算放大器(OPA)1;反馈电容(积分电容) C_c ;用于对反馈电容 C_c 进行复位的第 3 开关 SW3;用于对运算放大器(OPA)1 的输出电压 V_c 进行采样的第 4 开关 SW4;以及保持电容 C_h 。

[0134] 此外,如图 5(B)所示,第 1 开关 SW1 和第 3 开关 SW3 由同相的第 1 时钟控制接通/断开,第 2 开关 SW2 由与第 1 时钟反相的第 2 时钟控制接通/断开。第 4 开关 SW4 在第 2 开关 SW2 的接通期间的最后,短时间地接通。当第 1 开关 SW1 接通时,在可变电容 c_1 (c_2)的两端施加预定的电压 V_d ,在可变电容 c_1 (c_2)中蓄积电荷。此时,由于第 3 开关为接通状态,因此反馈电容 C_c 为复位状态(两端被短接的状态)。接着,当第 1 开关 SW1 和第 3 开关 SW3 断开、第 2 开关 SW2 接通时,可变电容 c_1 (c_2)的两端均成为接地电位,因此蓄积在可变电容 c_1 (c_2)中的电荷朝向运算放大器(OPA)1 移动。此时,电荷量被保存,因此 $V_d \cdot C_1$ (C_2) = $V_c \cdot C_c$ 成立,由此,运算放大器(OPA)1 的输出电压 V_c 为 $(C_1/C_c) \cdot V_d$ 。即,电荷放大器的增益由可变电容 c_1 (或 c_2)的电容值(C_1 或 C_2)与反馈电容 C_c 的电容值之比决定。接着,当第 4 开关(采样开关)SW4 接通时,运算放大器(OPA)1 的输出电压 V_c 被保持电容 C_h 保持。所保持的电压为 V_o ,该 V_o 是电荷放大器的输出电压。

[0135] 如以上所说明的那样,C/V 转换电路 24 实际上接受分别来自两个可变电容(第 1 可变电容 c_1 、第 2 可变电容 c_2)的差动信号。此时,作为 C/V 转换电路 24,例如可使用图 5(C)所示的差动结构的电荷放大器。在图 5(C)所示的电荷放大器中,在输入级,设置有用于对来自第 1 可变电容 c_1 的信号进行放大的第 1 开关电容放大器(SW1a、SW2a、OPA1a、 C_{ca} 、SW3a)、用于对来自第 2 可变电容 c_2 的信号进行放大的第 2 开关电容放大器(SW1b、SW2b、OPA1b、 C_{cb} 、SW3b)。并且,运算放大器(OPA)1a 和 1b 的各输出信号(差动信号)被输入到

设置在输出级的差动放大器 (OPA2、电阻 R1 ~ R4)。

[0136] 其结果,从运算放大器 (OPA) 2 输出放大后的输出信号 V_o 。通过使用差动放大器,能够得到去除基极噪声 (同相噪声) 的效果。另外,以上所说明的 C/V 转换电路 24 的结构例只是一例,不限于该结构。

[0137] (第 3 实施方式)

[0138] 在本实施方式中,对能够检测两个不同方向的加速度的静电电容型传感器的一例进行说明。在以下说明中,对静电电容型加速度传感器进行说明。

[0139] 在本实施方式中,根据由摆动体的杠杆摆动引起的 Z 轴方向的加速度检测用的可变电容的电容值变化来检测 Z 轴方向的加速度。此外,在摆动体中,进一步增加了 X 轴方向或 Y 轴方向的加速度检测用的可变电容,能够根据该 X 轴方向或 Y 轴方向的加速度检测用的可变电容的电容值变化,检测 X 轴方向或 Y 轴方向的加速度。

[0140] 图 6 是示出能够检测两个不同方向的加速度的加速度传感器的结构的一例的图。在图 6 中,示出了由支撑体 100 和盖体 200 构成的密封体的平面图、长度方向 (横向) 的截面图、与长度方向垂直的方向 (纵向) 的截面图。长度方向 (横向) 的截面图是沿着平面图的 A-A 线的截面图。与长度方向垂直的方向 (纵向) 的截面图是沿着平面图的 B-B 线的截面图。

[0141] 在图 6 的平面图中,盖体 200 用粗的点划线表示。此外,在图 6 的平面图中,还记载了电极、布线以及焊盘 (外部连接端子) 的配置例。

[0142] 首先,定义三维空间中的方向,明确加速度传感器中的各部的延伸方向和构成可变电容的可动电极的移位方向。即,将摆动体 300 处于水平状态时的、水平面 (也可称作包含摆动体 300 的主面的面) 内的摆动体的长度方向设为第 1 方向 (X 轴方向)。设水平面内的与第 1 方向 (X 轴方向) 垂直的方向 (即,上述水平面内的垂直方向) 为第 2 方向 (Y 轴方向)、分别与第 1 方向 (X 轴方向) 和第 2 方向 (Y 轴方向) 垂直的方向为第 3 方向 (Z 轴方向)。另外,在 X 轴方向中,包含正的 X 轴方向 (+X) 和负的 X 轴方向 (-X)。这一点对于 Y 轴方向和 Z 轴方向也同样如此。

[0143] 在图 6 的例子中,与图 1 的例子同样,摆动体 300 被第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 以双侧支撑的方式支撑为能够自如地进行杠杆摆动。第 1 支撑部 40a 由在第 2 方向 (Y 轴方向) 上延伸的第 1 扭簧构成,第 2 支撑部 40b 由在第 2 方向 (Y 轴方向) 上延伸的第 2 扭簧构成。第 1 扭簧 (第 1 支撑部) 40a 的一端被连接 (固定) 于摆动体 300 上,并且,第 1 扭簧 (第 1 支撑部) 40a 的另一端被连接 (固定) 于支撑体 100 或盖体 200 上。同样,第 2 扭簧 (第 2 支撑部) 40b 也是一端被连接 (固定) 于摆动体 300 上,并且,第 2 扭簧 (第 1 支撑部) 40b 的另一端被连接 (固定) 于支撑体 100 或盖体 200 上。此外,第 1 扭簧 40a 和第 2 扭簧 40b 分别在第 2 方向 (Y 轴方向) 上延伸。例如,第 1 扭簧 40a 和第 2 扭簧 40b 分别以在平面视图中与摆动体 300 的支撑轴 Q1 重合的方式,在第 2 方向 (Y 轴方向) 上延伸地设置。

[0144] 由于摆动体 300 的杠杆摆动,使得构成可变电容 c_1 、 c_2 的第 1 可动电极 109a 和第 2 可动电极 109b (在图 6 的例子中,摆动体自身作为公共电位的可动电极发挥功能) 与第 1 固定电极 208a 和第 2 固定电极 208b 之间的、第 3 方向 (Z 轴方向) 上的距离 (电极间距离) 发生变化。即,能够利用摆动体 300 的杠杆摆动,检测 Z 轴方向 (铅直方向) 的加速度

(重力加速度)。

[0145] 在图 6 的例子中,在摆动体 300 中,还设置有用检测第 2 方向(Y 轴方向)的加速度的静电电容(第 3 电容 c3 和第 4 电容 c4)。第 3 电容 c3 和第 4 电容 c4 由梳齿电极构成。以下具体进行说明。

[0146] 如图 6 所示,摆动体 300 还具有:框体 310,其与作为第 1 支撑部的第 1 扭簧 40a 和作为第 2 支撑部的第 2 扭簧 40b 分别连接;可动施重部 313,其经由可在第 2 方向(Y 轴方向)上移位的第 2 方向移位用弹簧(也可称作连接部)1a、1b、1c、1d 被连接到框体 310 上,并且在周围形成有空腔部 350;固定电极部(有时称作第 1 臂状电极部)2a、2b、2c、2d,它们从框体 310 朝向空腔部 350(或可动施重部 313)突出而形成;以及可动电极部(有时称作第 2 臂状电极部)3a、3b、3c、3d,它们从可动施重部 313 朝向摆动体 300(的框体 310)突出而形成,与可动施重部 313 一体地移位,并且与固定电极部(第 1 臂状电极部)2a、2b、2c、2d 相对。固定电极部 2a、2b、2c、2d 和可动电极部 3a、3b、3c、3d 分别构成梳齿电极,各个电极在第 1 方向(X 轴方向)上延伸。

[0147] 即,摆动体 300 具有开口部 99(例如,通过蚀刻去除作为基板的活性层 106 而形成),在该开口部 99 中,配置有可动施重部 33。并且,设置有将可动施重部 313 与摆动体 300 连接的连接部(第 2 方向移位用的弹簧部或弹性变形部)1a、1b、1c、1d。并且具有:第 1 臂状电极部(固定电极部)2a、2b、2c、2d,它们从摆动体 300(的框体 310)朝向可动施重部 312 突出而形成;以及第 2 臂状电极部(可动电极部)3a、3b、3c、3d,它们从可动施重部 313 朝向摆动体 300 突出而形成,并且与第 1 臂状电极部(固定电极部)2a、2b、2c、2d 相对。

[0148] 此外,第 2 方向移位用弹簧 1a、1b、1c、1d 分别通过绝缘区域 IS01、IS04、IS05、IS08 与框体 310 电分离。同样,固定电极部 2a、2b、2c、2d 分别通过绝缘区域 IS02、IS03、IS06、IS07 与框体 310 电分离。绝缘区域 IS01 ~ IS08 例如分别通过在单晶硅中局部地设置的凹部中填入 SiO₂ 等绝缘膜而形成。

[0149] 当第 2 方向移位用弹簧 1a、1b、1c、1d 在第 2 方向(Y 轴方向)的加速度的作用下在第 2 方向(Y 轴方向)上移位时,固定电极部 2a、2b、2c、2d 与可动电极部 3a、3b、3c、3d 之间的距离(电极间距离)发生变化,从而第 3 电容 c3 和第 4 电容 c4 的电容值发生变化。通过以微小的电信号(电流信号)的变化的方式检测出该电容值的变化,能够检测第 2 方向(Y 轴方向)的加速度。

[0150] 此外,第 2 方向移位用弹簧 1a、1b、1c、1d 是例如在第 1 方向(X 轴方向)上呈直线状延伸的棒状弹簧。第 2 方向移位用弹簧 1a、1b、1c、1d 例如可通过对构成 SOI 基板的活性层的单晶硅(以及包含层间绝缘膜和金属膜等的多层结构体)进行构图而形成。由于单晶硅、多层结构体具有一定程度的弹性(以及一定程度的刚性),因此,通过构图为棒状,能够作为弹性变形部件(弹簧)来使用。作为摆动体 300 的制造方法,可采用图 3(A)、图 3(B)所示的方法。

[0151] 通过具有这种结构,摆动体 300 除了作为用于检测第 3 方向(Z 轴方向)的移位的第 3 方向检测板发挥作用以外,还作为用于检测第 2 方向(Y 轴方向)的移位的第 2 方向检测板发挥作用。由此,能够使用一个摆动体 300,检测与不同的两个方向的移位分别对应的静电电容的变化。由此,能够实现例如可检测不同的两个方向(第 3 方向和第 2 方向)的加速度的、小型且高性能的加速度传感器。

[0152] 接着,说明焊盘和布线的配置。在支撑体 100 的周边,设置有第 1 焊盘 PA1 ~ 第 5 焊盘 PA5。第 1 焊盘 PA1 是用于提供公共电位 VCOM(GND) 的焊盘。第 2 焊盘 PA2 是用于将从第 1 可变电容 c1 得到的、Z 轴方向的第 1 检测输出 VZ1 导出到外部的焊盘。也可以构成:设置检测电路 13(参照图 2(A)) 来替代第 2 焊盘 PA2,将从可变电容 c1 得到的 Z 轴方向的第 1 检测输出 VZ1 输入到检测电路 13。这一点对于其他检测信号也同样如此。

[0153] 第 3 焊盘 PA3 是用于将从检测第 2 方向(Y 轴方向)的加速度的第 3 电容 c3 得到的、Y 轴方向的第 1 检测输出 VY1 导出到外部的焊盘。第 4 焊盘 PA4 是用于将从检测第 2 方向(Y 轴方向)的加速度的第 4 电容 c4 得到的、Y 轴方向的第 2 检测输出 VY2 导出到外部的焊盘。第 5 焊盘 PA5 是用于将从第 2 可变电容 c2 得到的、Z 轴方向的第 2 检测输出 VZ2 导出到外部的焊盘。

[0154] 此外,在作为摆动体 300 的一部分的框体 310 中,设置有 3 条布线 L1(深的细虚线)、L2(深的粗虚线)、L3(深的点划线)。布线 L1 是用于向摆动体 300 提供公共电位 VCOM(GND) 的布线。此外,布线 L2 是用于将从第 4 电容 c4 得到的 Y 轴方向的第 2 检测输出 VY2 导出到外部的布线。布线 L3 是用于将从第 3 电容 c3 得到的 Y 轴方向的第 1 检测输出 VY1 导出到外部的布线。此外,还设置了构成电子电路所需的其他布线 L4 ~ L10。

[0155] 图 7(A)、图 7(B) 是简化了图 6 所示的平面图和长度方向(横向)的截面图而表示的图。图 7(A) 是加速度传感器的平面图(省略了盖体),图 7(B) 是沿着图 7(A) 的 A-A 线的截面图。

[0156] 如之前所说明的那样,摆动体 300 具有第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2。在作为摆动体 300 的一部分的框体 310 上,连接(固定)着第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 的一端和第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 的一端。此外,第 1 支撑部(第 1 扭簧)40a 的另一端和第 2 支撑部(第 2 扭簧)40b 的另一端与支撑体 100 连接。

[0157] 摆动体 300 具有框体 310、可动施重部 313、第 2 方向移位弹簧(弹性变形部)1a ~ 1d、固定电极部 2a ~ 2d 和可动电极 3a ~ 3d。由固定电极部 2a 和可动电极部 3a、以及固定电极部 2c 和可动电极部 3c,构成第 3 电容 c3。同样,由固定电极部 2b 和可动电极部 3b、以及固定电极部 2d 和可动电极部 3d,构成第 4 电容 c4。

[0158] 在本实施方式中,第 1 扭簧 40a 以及第 2 扭簧 40b 连接到具有刚性的框体 310 上。由此,能够抑制第 1 扭簧 40a 以及第 2 扭簧 40b 的第 3 方向(Z 轴方向)的移位与第 2 方向移位弹簧 1a ~ 1d 的第 2 方向(Y 轴方向)的移位互相干涉的状况(各弹簧的移位可看作是相互独立的)。由此,能够充分降低对检测精度的不良影响。由此,能够实现例如可检测不同的两个方向(Y 轴方向和 Z 轴方向)的加速度的、小型且高性能的加速度传感器。

[0159] (第 4 实施方式)

[0160] 在本实施方式中,对能够检测第 1 方向(X 轴方向)、第 2 方向(Y 轴方向)以及第 3 方向(Z 轴方向)各自的电容值变化的具有 3 轴灵敏度的物理量传感器进行说明。图 8 是示出能够检测第 1 方向(X 轴方向)、第 2 方向(Y 轴方向)以及第 3 方向(Z 轴方向)各自的电容值变化的具有 3 轴灵敏度的物理量传感器的结构例的平面图。在图 8 中,对与前述实施方式相同的要素标注相同的参考标号。在以下说明中,以加速度传感器为例进行说明。

[0161] 在图 8 所示的加速度传感器中,摆动体 300 具有:框体 310,其与作为第 1 支撑部的第 1 扭簧 40a 和作为第 2 支撑部的第 2 扭簧 40b 分别连接;第 1 方向和第 2 方向移位用

弹簧 11a ~ 11d, 它们可在第 1 方向 (X 轴方向) 和第 2 方向 (Y 轴方向) 各自的方向上移位; 可动施重部 313, 其分别经由第 1 方向和第 2 方向移位用弹簧 11a ~ 11d 而与框体 310 连接, 并且在周围形成有空腔部 350; 固定电极部 2a、2b、2c、2d、2a'、2b'、2c'、2d', 它们从框体 310 朝向空腔部 350 突出而形成; 以及可动电极部 3a、3b、3c、3d、3a'、3b'、3c'、3d', 它们与可动施重部 313 一体地移位, 并且与固定电极部 2a、2b、2c、2d、2a'、2b'、2c'、2d' 分别相对。

[0162] 主要结构与图 6 和图 7 所示的实施方式的物理量传感器的结构相同。不过, 在图 6 和图 7 的例子中, 使用了第 2 方向移位弹簧, 与此相对, 在本实施方式中, 使用了可在第 1 方向 (X 轴方向) 和第 2 方向 (Y 轴方向) 各自的方向上移位的、第 1 方向和第 2 方向移位用弹簧 11a ~ 11d。在平面视图中, 第 1 方向和第 2 方向移位用弹簧 11a ~ 11d 分别从四角形的框体 310 的四个角起、在与框体 310 大致成 45 度的角度的方向上延伸。

[0163] 在本实施方式中, 具有第 3 方向 (Z 轴方向) 加速度检测用的第 1 可变电容 c1、第 2 可变电容 c2, 第 2 方向 (Y 轴方向) 加速度检测用的第 3 电容 c3、第 4 电容 c4 以及第 1 方向 (X 轴方向) 加速度检测用的第 5 电容 c3'、第 6 电容 c4'。

[0164] 在本实施方式中, 第 1 扭簧 40a 以及第 2 扭簧 40b 被连接到具有刚性的框体 310 上。由此, 能够抑制第 1 扭簧 40a 以及第 2 扭簧 40b 的第 3 方向 (Z 轴方向) 的移位与第 1 方向和第 2 方向移位弹簧 11a ~ 11d 的第 1 方向 (X 轴方向) 或第 2 方向 (Y 轴方向) 的移位互相干涉的状况 (各个移位可看作是相互独立的)。由此, 能够充分降低对检测精度的不良影响。由此, 能够实现例如可检测不同的三个方向 (第 1 方向 ~ 第 3 方向的各个方向) 的加速度的、小型且高性能的加速度传感器。

[0165] (第 5 实施方式)

[0166] 在本实施方式中, 对能够检测两个不同方向的加速度的静电电容型加速度传感器的另一例进行说明。在以下说明中, 对静电电容型加速度传感器进行说明。

[0167] 图 9 是示出能够检测两个不同方向的加速度的加速度传感器的结构的另一例的图。在图 9 中, 对与前述实施方式的例子相同的部分标注相同的参考标号。

[0168] 在之前说明的图 6 和图 7 的例子中, 将第 1 扭簧 40a 和第 2 扭簧 40b 连接到框体 310 上, 而在本实施方式中, 不使用框体, 而将第 1 扭簧 40a 和第 2 扭簧 40b 分别直接连接到可在第 2 方向 (Y 轴方向) 上移位的第 2 方向移位用弹簧 1e、1f 上。而且, 与图 6 和图 7 的例子相同, 设置有第 3 电容 c3 和第 4 电容 c4。

[0169] 根据本实施方式, 能够实现例如可检测不同的两个方向 (第 3 方向和第 2 方向) 的加速度的高性能的加速度传感器。并且, 能够省略框体, 因此能够实现进一步的小型化 (削减占用面积)。

[0170] (第 6 实施方式)

[0171] 图 10 是示出能够使用图 6 和图 7 所示的两个结构的摆动体来检测不同的 3 个方向的加速度的物理量加速度传感器的结构的平面图。在图 10 的例子中, 在公共的支撑体 100 上, 设置有摆动体 300 和摆动体 300'。摆动体 300 和摆动体 300' 的结构与图 6 和图 7 所示的摆动体 300 的结构相同。另外, 针对摆动体 300' 的结构要素的参考标号, 标注了单引号。

[0172] 摆动体 300 的支撑轴 Q1 在第 2 方向 (Y 轴方向) 上延伸。摆动体 300' 的支撑轴 Q1' 在第 1 方向 (X 轴方向) 上延伸。如之前所说明的那样, 摆动体 300 同时具有作为用于

检测第 3 方向 (Z 方向) 的加速度的检测板的功能、和作为用于检测第 2 方向 (Y 方向) 的加速度的检测板的功能。另一方面, 摆动体 300' 同时具有作为用于检测第 3 方向 (Z 方向) 的加速度的检测板的功能、和作为用于检测第 1 方向 (X 方向) 的加速度的检测板的功能。

[0173] 根据本实施方式, 能够实现可检测第 1 方向 (X 轴方向) 的加速度、第 2 方向 (Y 轴方向) 的加速度以及第 3 方向 (Z 轴方向) 的加速度的高性能的物理量传感器 (加速度传感器)。

[0174] (第 7 实施方式)

[0175] 在本实施方式中, 说明用于进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度的信号处理方法以及利用了该信号处理的方法的物理量传感器的结构。

[0176] 图 11(A) ~ 图 11(H) 是说明用于进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的检测精度的信号处理方法的图。图 11(A) 示出了摆动体 300 维持水平状态时的状态 (Z 轴方向加速度为 0G 的状态)。在图 11(B) 中, 示出了 Z 轴方向加速度为 1G 时的摆动体 300 的状态。图 11(B) 中的摆动体 300 因第 1 杠杆片 PT1 的转矩与第 2 杠杆片 PT2 的转矩之间的不均衡而成为倾斜的状态 (这是因为, 如果施加了重力加速度但摆动体 300 却保持水平状态, 则无法检测出重力加速度)。

[0177] 假定在该状态下, 对摆动体 300 作用了摆动体 300 的延伸方向即第 1 方向 (X 轴方向) 的加速度 (参照图 11(C))。如图 11(C) 所示, 在对倾斜的摆动体 300 作用了第 1 方向 (X 轴方向: 平时的摆动体的延伸方向) 的加速度 G 时, 对于摆动体 300, 在与第 1 方向 (X 轴方向) 的加速度 G 的方向相反的方向上作用了惯性力 F' (惯性力的大小与第 1 方向的加速度 G 成比例)。该惯性力 F' 具有使倾斜的摆动体 300 旋转的力 (即垂直地作用于倾斜的摆动体 300 的力) 的分量, 因此摆动体 300 的倾斜度发生变化 (参照图 11(D))。即, 尽管实际上第 3 方向的加速度没有变化, 但是由于第 1 方向的加速度 (与检测方向 (第 3 方向) 不同方向的加速度) G 的作用, 使得表观上第 3 方向的加速度发生了变化。这种在与检测方向不同的方向上具有检测灵敏度的情况将导致物理量传感器的检测精度下降。

[0178] 对该问题进行具体说明。如图 11(D) 所示, 相同大小的惯性力 F' 分别作用于摆动体 300 的第 1 杠杆片 (第 1 区域) PT1 和第 2 杠杆片 (第 1 区域) PT2。可将施加给第 1 杠杆片 PT1 的惯性力 F' 分解为摆动体 300 的延长线方向的力分量 Fa1 和与摆动体 300 垂直的方向的力分量 Fb1。同样, 可将作用于第 2 杠杆片 PT2 的惯性力 F' 分解为摆动体 300 的延长线方向的力分量 Fa2 和与摆动体 300 垂直的方向的力分量 Fb2。作用于第 1 杠杆片 PT1 的与摆动体 300 垂直的方向的力分量 Fb1 对摆动体 300 的第 1 杠杆片 PT1 产生逆时针方向的力矩。另一方面, 作用于第 2 杠杆片 PT2 的与摆动体 300 垂直的方向的力分量 Fb2 对摆动体 300 的第 2 杠杆片 PT2 产生顺时针方向的力矩。力分量 Fb1 与力分量 Fb2 的大小相同。

[0179] 但是, 在图 11(D) 的例子中, 第 2 杠杆片 PT2 的臂长度比第 1 杠杆片 PT1 的臂长度长 (即, 第 2 杠杆片 PT2 的质量较大), 因此在转矩中产生差异。即, 作用于臂较长的第 2 杠杆片 PT2 的顺时针方向的转矩占优势, 其结果, 整个摆动体 300 沿顺时针方向旋转。可将该顺时针方向的转矩称作是对倾斜的摆动体 300 作用第 1 方向 (X 轴方向: 平时的摆动体的延伸方向) 的加速度 G 而产生的表观上的转矩。

[0180] 此外, 在对图 11(E) 所示的摆动体 300 (倾斜方向与图 11(D) 的例子相反) 作用了惯性力 F' 时, 也由于同样的原因而产生表观上的转矩, 摆动体 300 的倾斜度发生变化。在

图 11(E) 中,作用于第 1 杠杆片 PT1 的与摆动体 300 垂直的方向的力分量 F_{b1} 对摆动体 300 的第 1 杠杆片 PT1 产生顺时针方向的力矩。另一方面,作用于第 2 杠杆片 PT2 的与摆动体 300 垂直的方向的力分量 F_{b2} 对摆动体 300 的第 2 杠杆片 PT2 产生逆时针方向的力矩。力分量 F_{b1} 与力分量 F_{b2} 的大小相同。

[0181] 但是,在图 11(E) 的例子中,第 1 杠杆片 PT1 的臂长度比第 2 杠杆片 PT2 的臂长度长(即,第 1 杠杆片 PT1 的质量较大),因此在转矩中产生差异。即,作用于臂较长的第 1 杠杆片 PT1 的顺时针方向的转矩占优势,其结果,整个摆动体 300 沿顺时针方向旋转。即,与图 11(D) 的例子同样,摆动体 300 的倾斜度因表观上的顺时针方向的转矩而发生变化。

[0182] 此处,对图 11(D) 的例子与图 11(E) 的例子进行比较。在图 11(D) 的例子中,由于表观上的转矩,使得摆动体 300 以其倾斜度变得更大的方式旋转。例如,在将表观上产生转矩之前的倾斜角(水平线与摆动体所成的角度)设为 θ 时,倾斜度因表观上的转矩而发生变化后的倾斜角为 $\theta + \delta \theta$ 。另一方面,在图 11(E) 的例子中,由于表观上的转矩,使得摆动体 300 以倾斜的摆动体回退、其倾斜角变小的方式旋转。例如,在将表观上产生转矩之前的倾斜角(水平线与摆动体所成的角度)设为 θ 时,倾斜度因表观上的转矩而发生变化后的倾斜角为 $\theta - \delta \theta$ 。

[0183] 即,在将摆动体 300 倾斜的方向作为基准来考虑时,图 11(D) 的例子中的表观上的转矩方向与图 11(E) 的例子中的表观上的转矩方向彼此相反。例如,在将摆动体 300 倾斜的方向设为正的方向时,图 11(D) 的例子中的表观上的转矩方向为正的方向,图 11(E) 的例子中的表观上的转矩方向为负的方向。即,在图 11(D) 和图 11(E) 中,虽然都是由于表观上的转矩使得摆动体 300 旋转相同角度,但是其方向相反。在本实施方式中,关注于这一点,同时使用具有图 11(D) 的结构摆动体 300a 和具有图 11(E) 的结构摆动体 300b,以从各摆动体得到的信号为基础执行预定的运算,从而抑制因表观上的转矩而产生的误差。

[0184] 即,在本实施方式中,如图 11(F) 所示,设置了两个摆动体(即第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b)。并且,之前说明的信号处理电路(图 3 的参考标号 10)根据从各摆动体 300a、300b 得到的信号,执行用于补偿检测误差的信号处理,从而抑制检测误差。

[0185] 此处,第 1 摆动体 300a 对应于图 11(D) 所示的摆动体。第 2 摆动体 300b 对应于图 11(E) 所示的摆动体。第 1 摆动体 300a 具有第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1a 和第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2a。第 2 摆动体 300b 具有第 3 杠杆片(第 3 区域)PT1b 和第 4 杠杆片 PT2b(第 4 区域)。

[0186] 即,在平面视图中,第 1 摆动体 300a 被支撑轴 Q1(第 1 轴)划分为第 1 区域(第 1 杠杆片)PT1a 和第 2 区域(第 2 杠杆片)PT2。此外,在平面视图中,第 2 摆动体 300b 被支撑轴 Q2(第 2 轴)划分为第 3 区域(第 3 杠杆片 PT1b)和第 4 区域(第 4 杠杆片 PT2b)。

[0187] 在本实施例中,第 1 摆动体 300a 与第 2 摆动体 300b 彼此呈镜像配置。所谓“镜像配置”,是指例如图 12 的平面图所示的配置。此处,参照图 12。在图 12 中,在平面视图中,第 2 摆动体 300b 是使第 1 摆动体 300a 相对于与第 1 区域(第 1 杠杆片)PT1a 和第 2 区域(第 2 杠杆片)PT2a 的排列方向垂直的轴 LX 翻转后(翻折后)的形状。

[0188] 返回图 11(F) ~ 图 11(H) 继续说明。在图 11(F) 和图 11(G) 中,第 2 区域(第 2 杠杆片)PT2a 的质量比第 1 区域(第 1 杠杆片)PT1a 的质量大(由于臂长度较长),此外,第 4 区域(第 4 杠杆片 PT2b)的质量比第 3 区域(第 3 杠杆片 PT1b)的质量大(由于臂长

度较长)。

[0189] 此外,第 1 区域(第 1 杠杆片)PT1a 和第 2 区域(第 2 杠杆片)PT2a 的排列方向与第 3 区域(第 3 杠杆片 PT1b)和第 4 区域(第 4 杠杆片 PT2b)的排列方向彼此相同。此外,在受到重力的状态下,首先,如在图 11(D)、图 11(E)的例子中说明的那样,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 朝向彼此相反的方向倾斜(参照图 11(G))。

[0190] 由第 1 摆动体 300a、第 2 摆动体 300b 各自形成了两个可变电容,因此合计设置了 4 个可变电容。在图 11(F)的状态下,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 为水平状态,4 个可变电容各自的电容值为 C_0 。

[0191] 此处,作为检测信号,输出以下信号:根据第 1 摆动体 300a 的第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1a 的移位而变动的第 1 检测信号、根据第 1 摆动体 300a 的第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2a 的移位而变动的第 2 检测信号、根据第 2 摆动体 300b 的第 3 杠杆片(第 3 区域)PT1b 的移位而变动的第 3 检测信号和根据第 2 摆动体 300b 的第 4 杠杆片(第 4 区域)PT2b 的移位而变动的第 4 检测信号。

[0192] 在以下说明中,将第 1 检测信号和第 2 检测信号表示为差动输出 1,并且,将第 3 检测信号和第 4 检测信号表示为差动输出 2。在图 11(F)的状态下,差动输出 1 为 (C_0, C_0) ,差动输出 2 也为 (C_0, C_0) 。

[0193] 在存在重力加速度(1G)的状态下,如图 11(G)所示,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 分别受到转矩而倾斜。

[0194] 此处,虽然第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 都在第 1 方向(X 轴方向)上延伸,但是第 1 摆动体 300a 的倾斜方向与第 2 摆动体 300b 的倾斜方向彼此相反,并且以水平面为基准的旋转角的绝对值相同。例如,第 1 摆动体 300a 沿顺时针方向,以水平面为基准倾斜了 $+\theta$,另一方面,第 2 摆动体沿逆时针方向,以水平面为基准倾斜了 $-\theta$ 。

[0195] 在图 11(G)的状态下,差动输出 1 为 $(C_0+\Delta C, C_0-\Delta C)$ 。差动输出 2 为 $(C_0-\Delta C, C_0+\Delta C)$ 。 ΔC 表示由摆动体 300a、300b 倾斜引起的各电容的电容值的变化量。

[0196] 假定在该状态下,与图 11(C)的情况同样地施加了第 1 方向(X 轴方向)的加速度 G 而在与其相反的方向上作用了惯性力 F' 。此时,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 各自产生了图 11(H)所示的倾斜。即,如图 11(D)所示,在第 1 摆动体 300a 中产生了顺时针方向的表观上的转矩。另一方面,如图 11(E)所示,在第 2 摆动体 300b 中也同样产生了表观上的顺时针方向转矩。但是,在将摆动体 300a、300b 各自倾斜的方向作为基准来考虑时,在第 1 摆动体 300a 中产生的表观上的转矩的方向与在第 2 摆动体 300b 中产生的表观上的转矩的方向彼此相反(前者为第 1 摆动体 300a 的倾斜度增大的方向,后者为第 2 摆动体 300b 的倾斜度减小的方向)。在第 1 摆动体 300a 中产生的表观上的转矩与在第 2 摆动体 300b 中产生的表观上的转矩为相同大小,且方向相反。

[0197] 因此,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 各自产生了图 11(H)所示的倾斜。此处,在将叠加在第 1 检测信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量设为例如“ $+\delta C$ ”时,与第 2 检测信号相关的电容值变动量为“ $-\delta C$ ”,同样,叠加在第 3 检测信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $+\delta C$ ”,与第 4 检测信号相关的电容值变动量为“ $-\delta C$ ”。

[0198] 即,在图 11(G) 的状态下,差动输出 1 为 $(C_0 + \Delta C + \delta C, C_0 - \Delta C - \delta C)$ 。此外,差动输出 2 为 $(C_0 - \Delta C + \delta C, C_0 + \Delta C - \delta C)$ 。

[0199] 在信号处理电路中,当根据第 1 差动输出 1,生成表示第 1 检测信号与第 2 检测信号之差的第 1 差动信号时,第 1 差动信号为 $2(\Delta C + \delta C)$ 。即,叠加在第 1 差动信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $2\delta C(= +\delta C - (-\delta C))$ ”。

[0200] 此外,当生成表示第 4 检测信号与第 3 检测信号之差的第 2 差动信号时,第 2 差动信号为 $2(\Delta C - \delta C)$ 。即,叠加在第 2 差动信号中的、由表观上的旋转力产生的误差移位所引起的可变电容(静电电容)的电容值变动量为“ $-2\delta C(= -\delta C - (+\delta C))$ ”。

[0201] 此外,当信号处理电路将第 1 差动信号与第 2 差动信号相加时,叠加在第 1 差动信号中的误差分量“ $+2\delta C$ ”与叠加在第 2 差动信号中的误差分量“ $-2\delta C$ ”相抵消,从而消除了误差。

[0202] 另外,在将第 1 差动信号与第 2 差动信号相加时,有时信号振幅会变大到不必要的程度以上。在会由此引起问题的情况下,还可以适当进行使由第 1 差动信号与第 2 差动信号相加得到的信号振幅成为例如一半的信号处理(即(第 1 差动信号 + 第 2 差动信号)/2)等。

[0203] 即,信号处理电路生成表示第 1 检测信号与第 2 检测信号之差的第 1 差动信号,并且生成表示第 3 检测信号与第 4 检测信号之差的第 2 差动信号,根据将第 1 差动信号与第 2 差动信号相加得到的信号,生成抑制了基于第 1 方向的加速度的误差的、第 3 方向的加速度检测信号。

[0204] 由此,根据本实施方式的信号处理方法,能够通过信号处理消除因在检测方向以外的方向上具有检测灵敏度而引起的误差。由此,能够进一步提高利用了杠杆结构的物理量传感器的第 3 方向的加速度等的检测精度。

[0205] 图 12 是示出采用了图 11 所示的信号处理方法的物理量传感器的结构的一例的图。图 12 的物理量传感器具有第 1 杠杆结构体 ST1、第 2 杠杆结构体 ST2 以及信号处理电路 10,该信号处理电路 10 根据从第 1 杠杆结构体 ST1 和第 2 杠杆结构体 ST2 分别输出的检测信号,执行预定的信号处理。

[0206] 信号处理电路 10 具有开关电容放大器(SCA:参照图 5)、差动放大器 25a、25b 和平均运算器(或加法运算器)27。开关电容放大器 SCA 和差动放大器 25a、25b 对应于图 4 所示的 C/V 转换电路 24。此外,平均运算器(或加法运算器)27 例如包含在图 4 所示的模拟校正及 A/D 转换电路 26 中。

[0207] 此外,第 1 杠杆结构体 ST1 具有:第 1 摆动体 300a;第 1 摆动体用的第 1 支撑部 40a1 和第 1 摆动体用的第 2 支撑部 40b1,它们以第 1 支撑轴 Q1(第 1 轴)为支点对第 1 摆动体 300a 进行双侧支撑,且支撑成能够进行杠杆摆动;以及第 1 可变电容部(未图示),该第 1 可变电容部具有位置随第 1 摆动体 300a 的杠杆摆动而变化的第 1 摆动体用的第 1 可动电极 109a1、109b1、以及设置于与第 1 摆动体用的可动电极 109a1、109b1 相对的位置处的第 1 摆动体用的固定电极(未图示)。

[0208] 此外,第 1 摆动体 300a 具有与平面视图中被第 1 支撑轴 Q1 划分出的两个部分中的一方对应的第 1 摆动体的第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1a、以及与这两个部分中的另一方对

应的第 1 摆动体 300a 的第 2 杠杆片 (第 2 区域)PT2a。

[0209] 此外,第 2 杠杆结构体 ST2 具有:第 2 摆动体 300b;第 2 摆动体用的第 1 支撑部 40a2 和第 2 摆动体用的第 2 支撑部 40b2,它们以第 2 支撑轴 Q2(第 2 轴)为支点对第 2 摆动体 300b 进行双侧支撑,且支撑成能够进行杠杆摆动;以及第 2 可变电容器部(未图示),该第 2 可变电容器部具有位置随第 2 摆动体 300b 的杠杆摆动而变化的第 2 摆动体用的可动电极(未图示)、以及设置于与第 2 摆动体用的可动电极相对的位置处的第 2 摆动体用的固定电极(未图示)。

[0210] 第 2 摆动体 300b 具有与平面视图中被第 2 支撑轴 Q2(第 2 轴)划分出的两个部分中的一方对应的第 3 杠杆片(第 3 区域)PT1b、以及与这两个部分中的另一方对应的第 4 杠杆片(第 4 区域)PT2b,在设平面视图中的第 1 摆动体 300a 的长度方向和第 2 摆动体 300b 的长度方向为第 1 方向(例如 X 轴方向)、平面视图中的与第 1 方向垂直的方向为第 2 方向(例如 Y 轴方向)、分别与第 1 方向和第 2 方向垂直的方向为第 3 方向(例如 Z 轴方向)时,第 3 方向的相同大小的加速度分别作用于第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 的状态下的、第 1 摆动体 300a 的倾斜方向与第 2 摆动体 300b 的倾斜方向彼此相反,并且,第 1 摆动体 300a 和第 2 摆动体 300b 各自的以水平面为基准的旋转角的绝对值相同。

[0211] 而且,作为检测信号,从第 1 杠杆结构体 ST1 输出根据第 1 摆动体 300a 的第 1 杠杆片 PT1a 的移位而变动的第 1 检测信号 VZ1、和根据第 1 摆动体 300a 的第 2 杠杆片 PT2a 的移位而变动的第 2 检测信号 VZ2。此外,作为检测信号,从第 2 杠杆结构体 ST2 输出根据第 2 摆动体 300b 的第 3 杠杆片(第 3 区域)PT1b 的移位而变动的第 3 检测信号 VZ3、和根据第 2 摆动体 300b 的第 4 杠杆片(第 4 区域)PT2b 的移位而变动的第 4 检测信号 VZ4。

[0212] 信号处理电路 10 中包含的差动放大器 25a 生成表示第 1 检测信号 VZ1 与第 2 检测信号 VZ2 之差的第 1 差动信号 DS1。此外,差动放大器 25b 生成表示第 4 检测信号 VZ4 与第 3 检测信号 VZ3 之差的第 2 差动信号 DS2。第 1 差动信号 DS1 和第 2 差动信号 DS2 被输入平均运算器(或加法运算器)27。平均运算器(或加法运算器)27 执行将第 1 差动信号 DS1 与第 2 差动信号 DS2 相加的处理。例如,执行 $(DS1+DS2)$ 、或者 $((DS1+DS2)/2)$ 这样的信号处理,并根据作为其结果得到的信号,生成抑制了基于第 1 方向(X 轴方向)的加速度的误差的、第 3 方向(Z 轴方向)的加速度等的检测信号 DS3。检测信号 DS3 可以是表示 $(DS1+DS2)$ 、或 $((DS1+DS2)/2)$ 这样的信号处理的结果的信号本身,并且还可以是实施了模拟校正处理后的信号。

[0213] (第 8 实施方式)

[0214] 图 13 是示出物理量加速度传感器的其他例子(在图 12 的结构中进一步追加了用于检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度的结构的例子)的平面图。在图 13 的例子中,除了图 12 的结构以外,还追加了用于检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度的静电电容型物理量传感器 370。该物理量加速度传感器 370 仅具有用于检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度的功能,不具有检测因杠杆摆动引起的第 3 方向(Z 轴方向)的加速度的功能(这是因为,能够使用一对摆动体 300a、300b 高精度地检测第 3 方向的加速度,因此没有必要再设置摆动体)。

[0215] 用于检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度的加速度传感器 370 具有可动施重部 313、可在第 1 方向上变形的弹簧 1a、1b、1c、1d、固定电极 2a、2b、2a'、2b'、以及可动电极 3a、3b、

3a'、3b'。当可动施重部 313 在 X 轴方向上移位时,可动电极 3a、3b、3a'、3b' 也同样地移位,由固定电极 2a、2b、2a'、2b' 和可动电极 3a、3b、3a'、3b' 分别构成的可变电容的电容值发生变化,电荷与此对应地移动,生成微小的电信号(电流信号)。由此,能够根据该电信号,检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度。

[0216] 图 13 的物理量传感器能够检测第 1 方向(X 轴方向)的加速度以及第 3 方向(Z 轴方向)的加速度,并且,关于第 3 方向(Z 轴方向)的加速度,能够通过误差补偿处理,抑制由多轴灵敏度引起的误差,因此能够进行更高精度的第 3 方向(Z 轴方向)的加速度检测。

[0217] (第 9 实施方式)

[0218] 在以上的实施方式中,通过使摆动体的支撑部偏移到与通过摆动体中心的线平行的位置而使摆动体杠杆摆动,但不限于此,可进行各种变形和应用。

[0219] 图 15(A)~图 15(D) 是示出物理量传感器的结构的其他例子的图。在图 15 中,对与前述附图相同的部分标注相同的参考标号。在图 15(A)、图 15(B) 的例子中,在摆动体 300 的一端设置有质量部 900。图 15(A) 是物理量传感器(传感器元件结构体)的截面图,图 15(B) 示出了与图 15(A) 对应的、摆动体 300 在平面视图中的结构。通过设置质量部 900,例如即使是在第 1 杠杆片 PT1 和第 2 杠杆片 PT2 的长度方向长度相同的情况下,也能够使摆动体 300 进行杠杆摆动。

[0220] 即,在图 15(A)、图 15(B) 的例子中,支撑轴 Q1 与通过摆动体 300 中心的线(中心线)KL 一致。即,第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 被设置在通过摆动体 300 中心的线(中心线)KL 上。利用这种结构,能够通过质量部 900 产生转矩,由此,也能够使摆动体 300 进行杠杆摆动。

[0221] 质量部 900 例如可由金属膜或绝缘膜等膜形成,此外,还可以通过对摆动体 300 进行蚀刻加工而进行厚膜化等来形成。通过利用激光对质量部 900 进行调整、或通过蚀刻等削减质量部 900、或者通过溅射、蒸镀等方式进行成膜,能够简单地增减质量。因此能够容易地进行杠杆摆动的微调。

[0222] 此外,在图 15(C)、图 15(D) 所示的例子中,支撑轴 Q1 与中心线 KL 不一致。即,使第 1 支撑部 40a 和第 2 支撑部 40b 分别相对于通过摆动体 300 中心的线(中心线)KL 平行移动。此外,在摆动体 300 的一端设置有质量部 900。

[0223] 例如,在由于摆动体 300 的支撑轴 Q1 的偏移、使得摆动体 300 的第 1 杠杆片 PT1(第 1 区域)在平面视图中的面积比第 2 杠杆片(第 2 区域)在平面视图中的面积小的情况下,如图 15(C) 所示,如果在第 2 杠杆片(第 2 区域)PT2 上形成了质量部 900,则摆动体 300 的杠杆摆动更加显著,能够提高电容的检测灵敏度。

[0224] 此外,如图 15(D) 所示,如果在第 1 杠杆片(第 1 区域)PT1 上形成了质量部 900,则能够抑制摆动体 300 的杠杆摆动。伴随于此,能够抑制在支撑摆动体 300 的支撑部(第 1 支撑部 40a、第 2 支撑部 40b)中产生过度的扭转。由此,能够防止支撑部(第 1 支撑部 40a、第 2 支撑部 40b)发生损坏。

[0225] 除上述方式以外,还可以在摆动体的整个表面上形成质量部,通过使质量部的质量增减来改变摆动体的第 1 区域和第 2 区域之间的质量平衡,由此进行杠杆摆动。

[0226] (第 10 实施方式)

[0227] 图 16 是示出电子设备的结构的一例的图。在图 16 的电子设备中,包含上述任意

实施方式的物理量传感器（例如静电电容型物理量加速度传感器等）。电子设备例如是游戏控制器、运动传感器等。

[0228] 如图 16 所示,电子设备包含传感器器件（静电电容型加速度传感器等）410、图像处理部 420、处理部 430、存储部 440、操作部 450 和显示部 460。另外,电子设备的结构不限于图 14 的结构,可实施各种变形,例如省略其结构要素中的一部分（例如操作部、显示部等）、或者追加其他结构要素等。

[0229] 图 17 是示出电子设备的结构的另一例的图。图 17 所示的电子设备 510 具有传感器单元 490 和 CPU 500,其中,传感器单元 490 包含作为上述任意一个实施方式的加速度传感器的物理量传感器 470、和检测与加速度不同的物理量的检测元件（此处设为检测角速度的陀螺仪传感器）480,CPU 500 针对从传感器单元 490 输出的检测信号执行预定的信号处理。可将传感器单元 490 自身视为一个电子设备。

[0230] 即,通过同时使用组装性优异、小型且高性能的静电电容型物理量加速度传感器 470、和检测不同种类的物理量的其他传感器（例如,利用了物理量结构的振动型陀螺仪传感器）480,能够实现小型且高性能的电子设备。即,能够实现包含多个传感器的作为电子设备的传感器单元 470、以及搭载该传感器单元 470 的更上位的电子设备（例如 FA 设备等）510。

[0231] 由此,根据本发明的至少一个实施方式,例如即使在检测轴以外的方向上产生了加速度也能够提高检测灵敏度良好的物理量传感器的检测精度。此外,例如,能够提高包含密封体（封装）的物理量传感器的组装性。此外,能够实现小型且高性能的电子设备。

[0232] 以上,针对几个实施方式进行了说明,但是本领域技术人员能够容易地理解到,可进行实体上未脱离本发明的新颖内容和效果的多种变形。因而,这种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,对于至少一次地与更广义或同义的不同用语一起记载的用语,在说明书或附图的任何位置处,都可以将其置换为该不同的用语。本发明能够用于惯性传感器。例如,能够作为静电电容型加速度传感器、静电电容型陀螺仪传感器来使用。

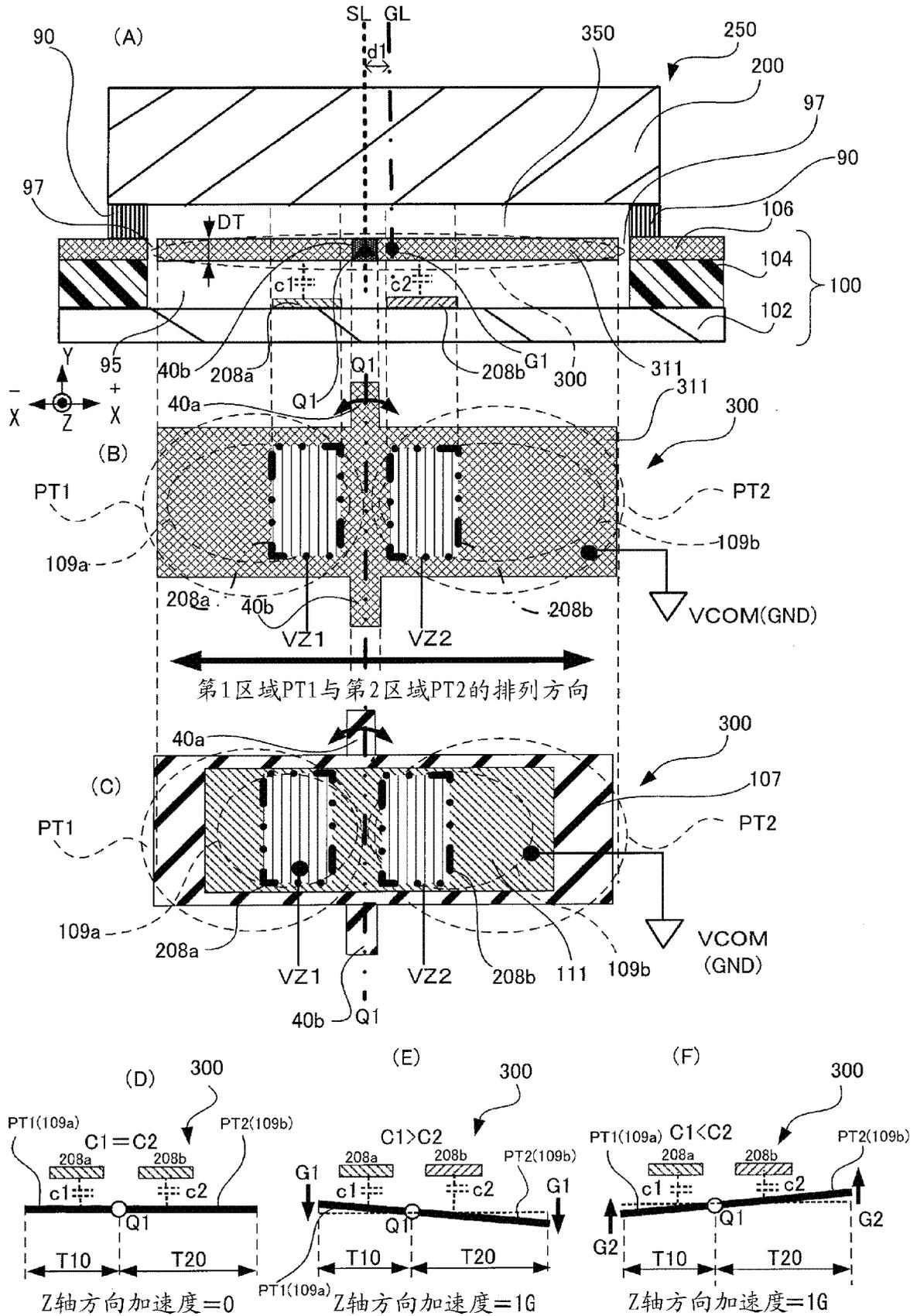


图 1

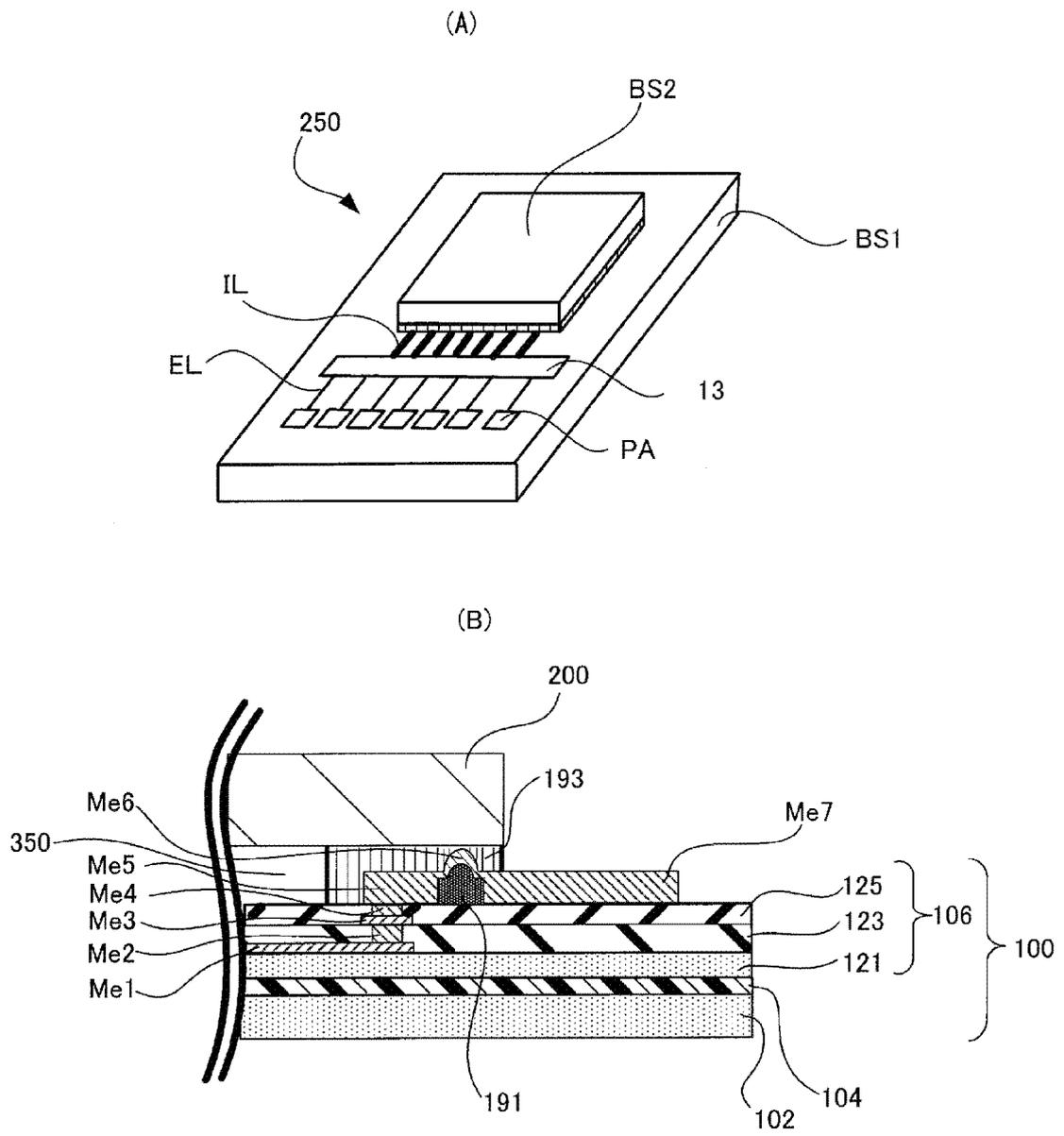


图 2

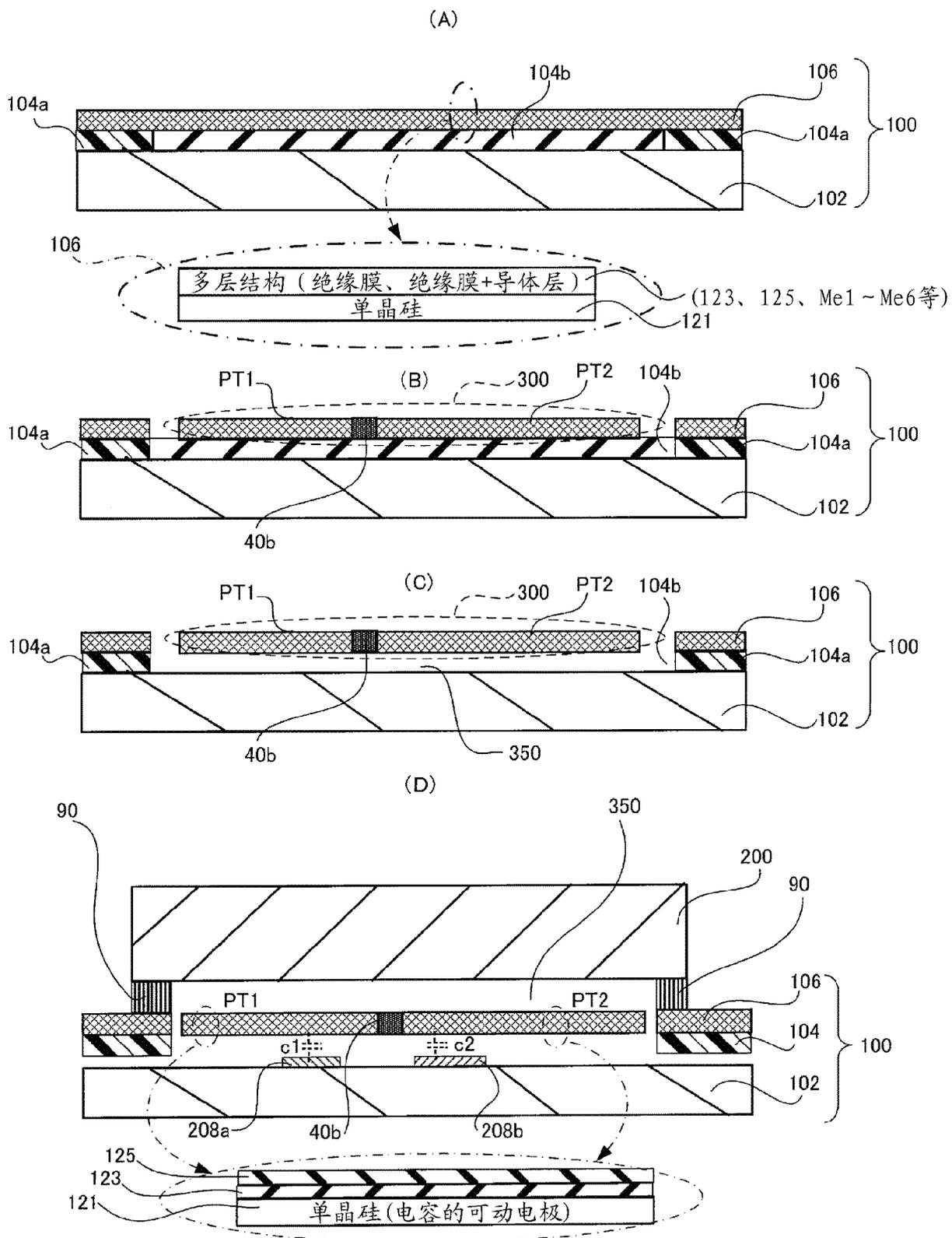


图 3

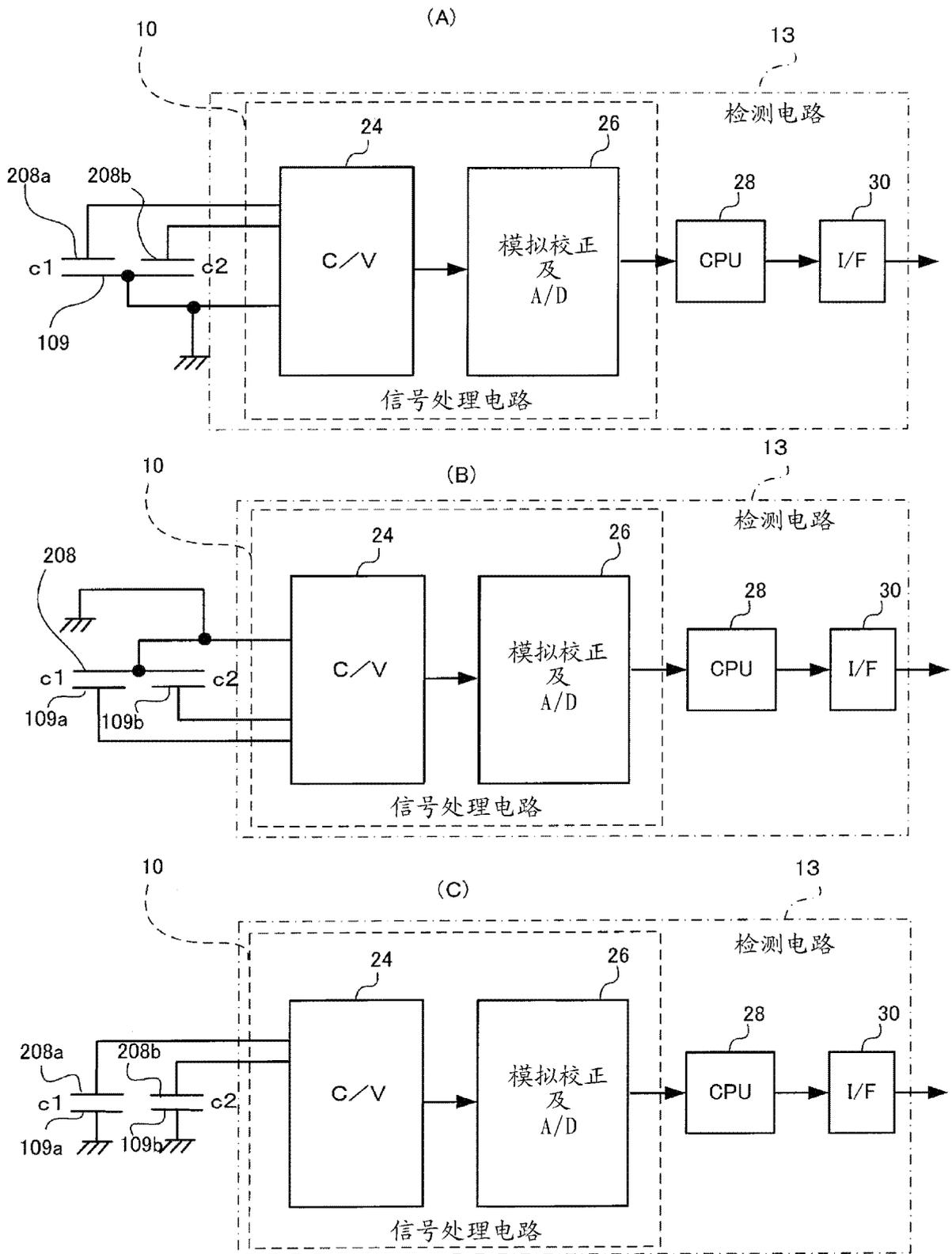


图 4

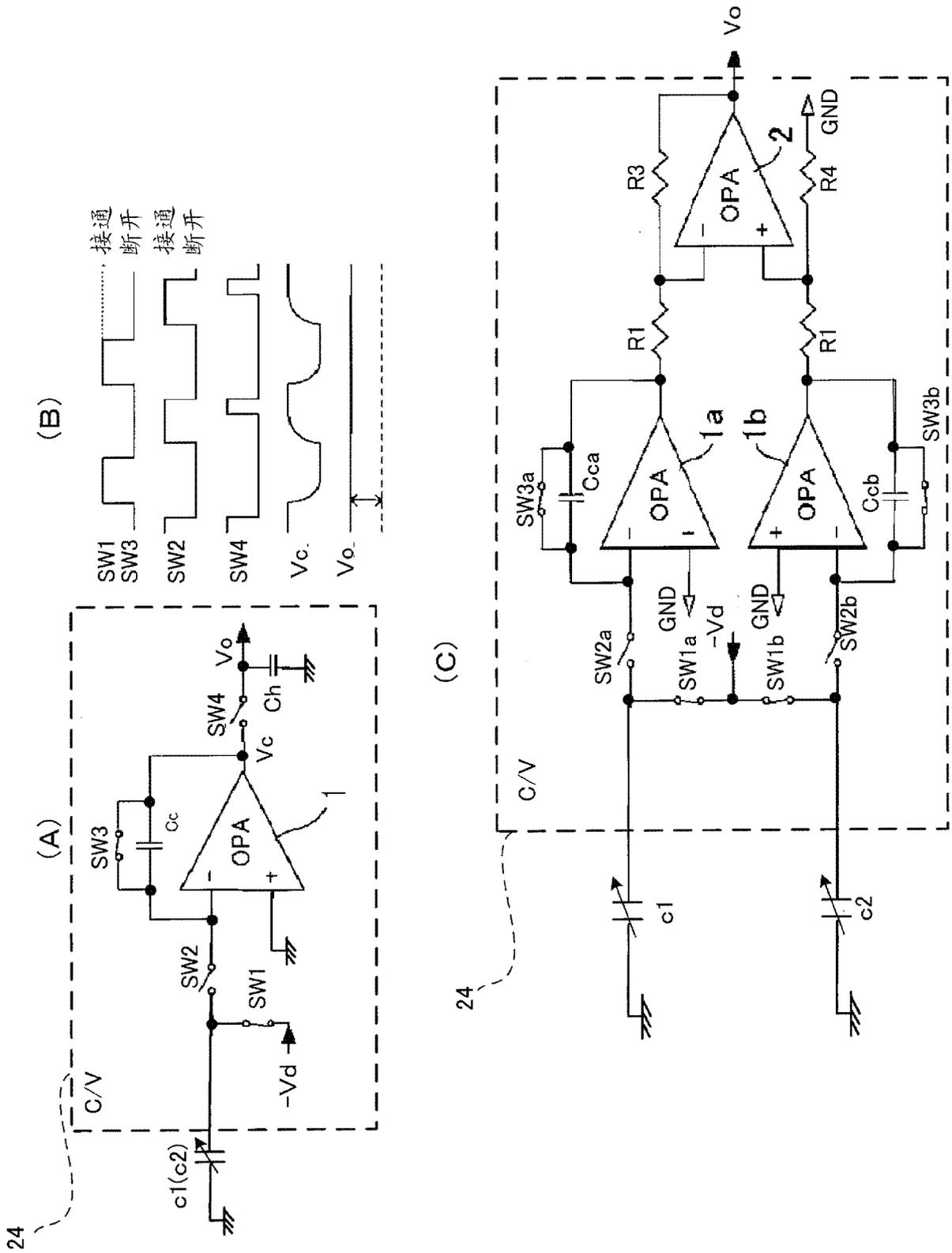


图 5

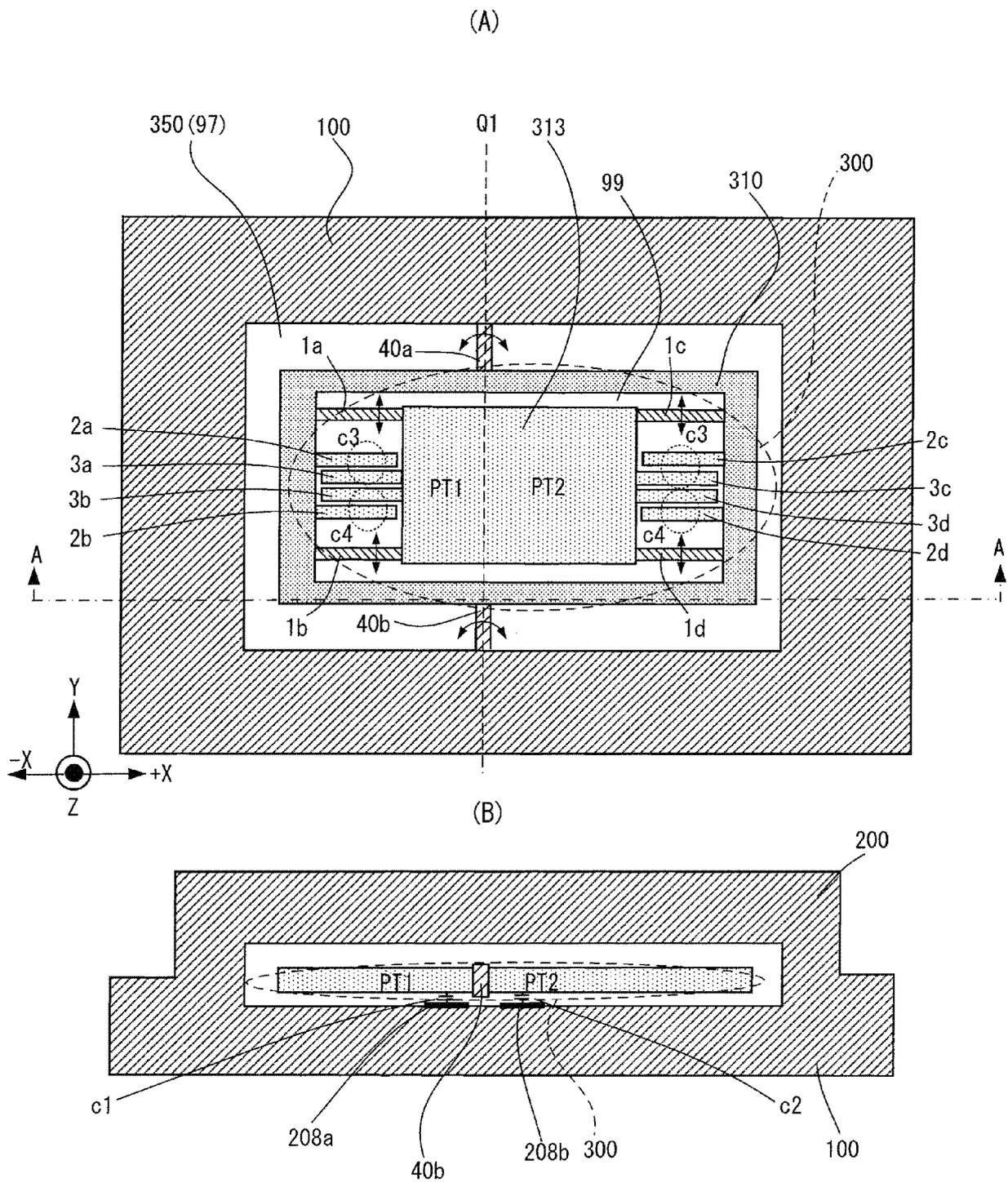


图 7

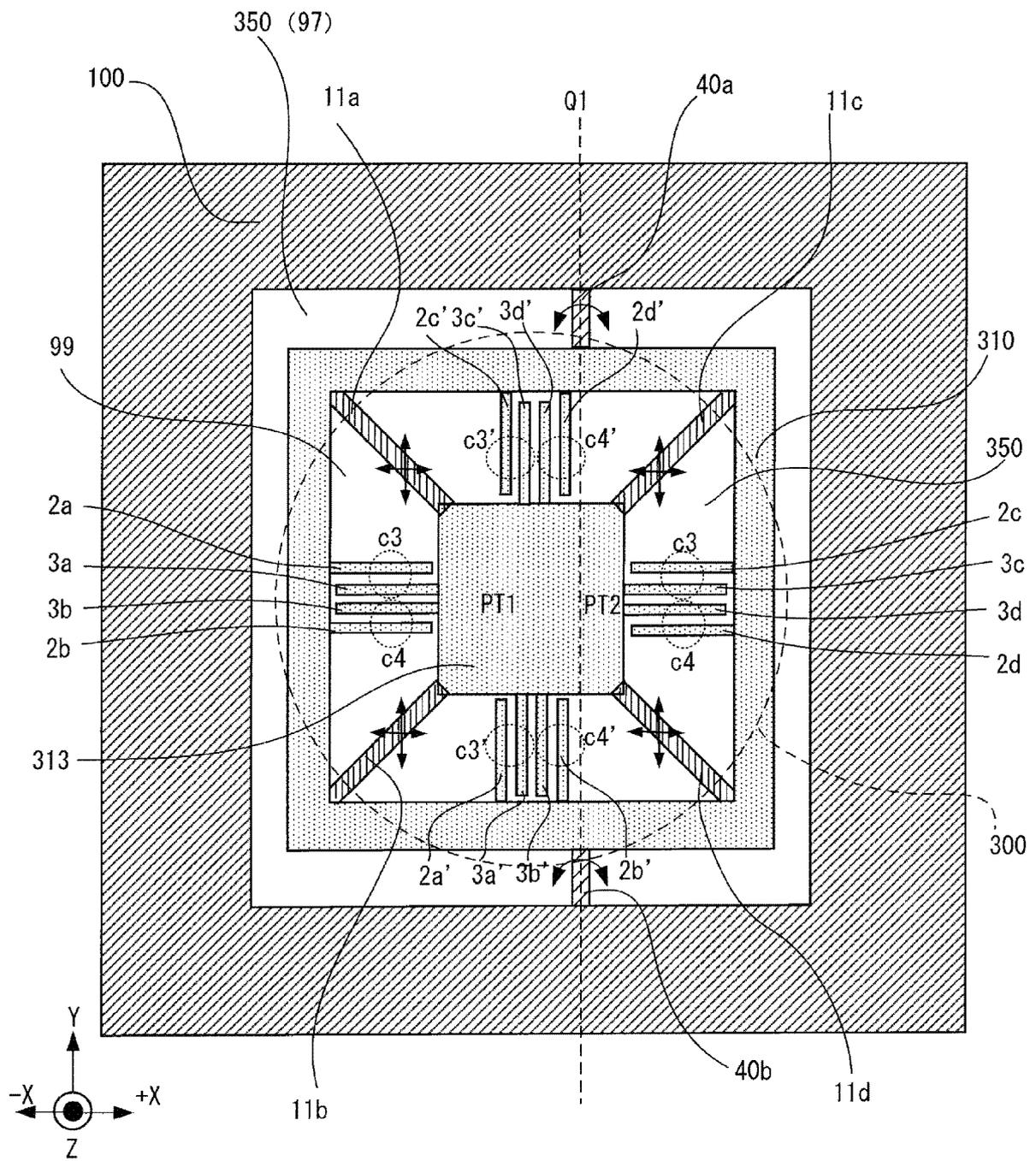


图 8

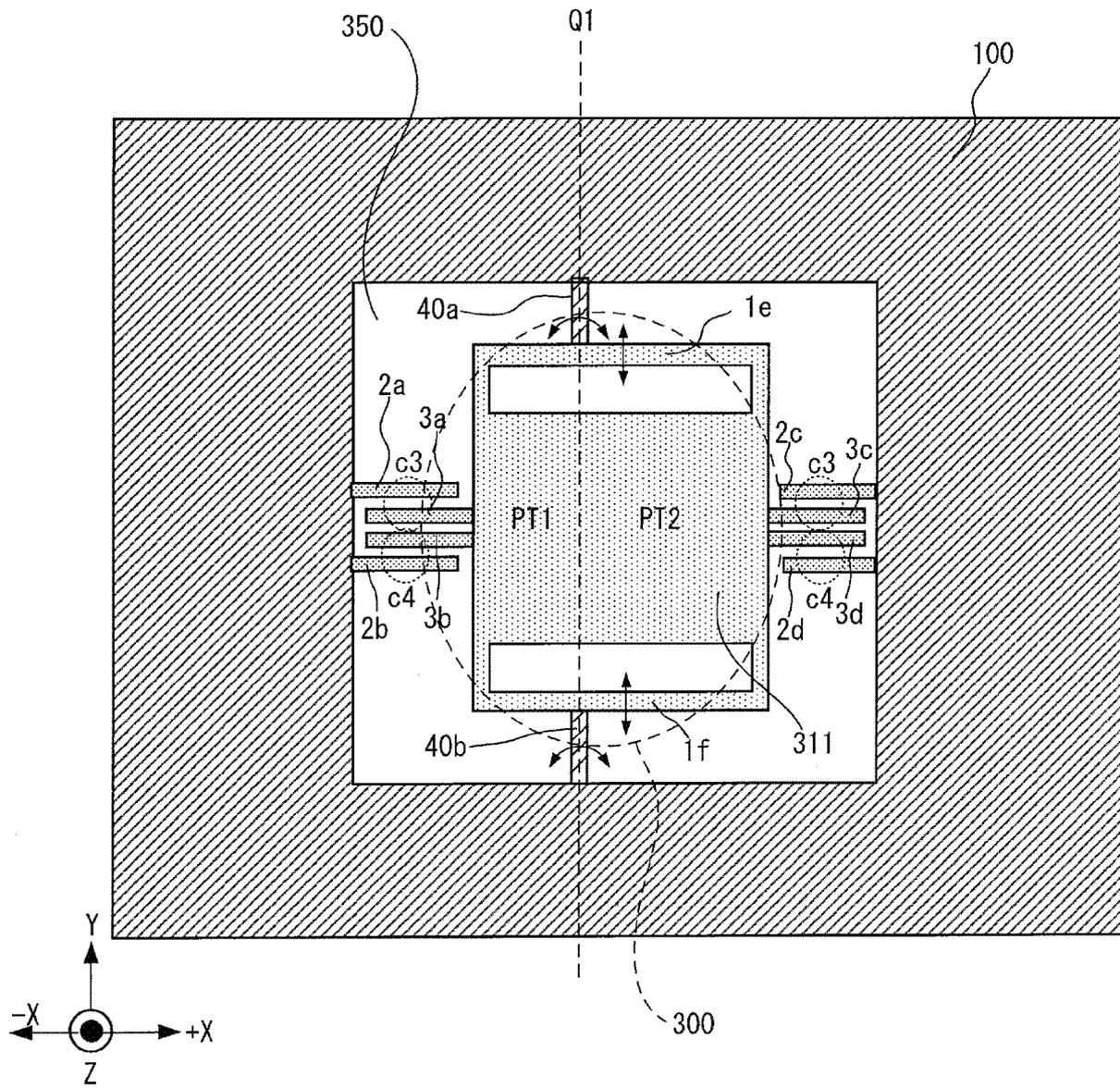


图 9

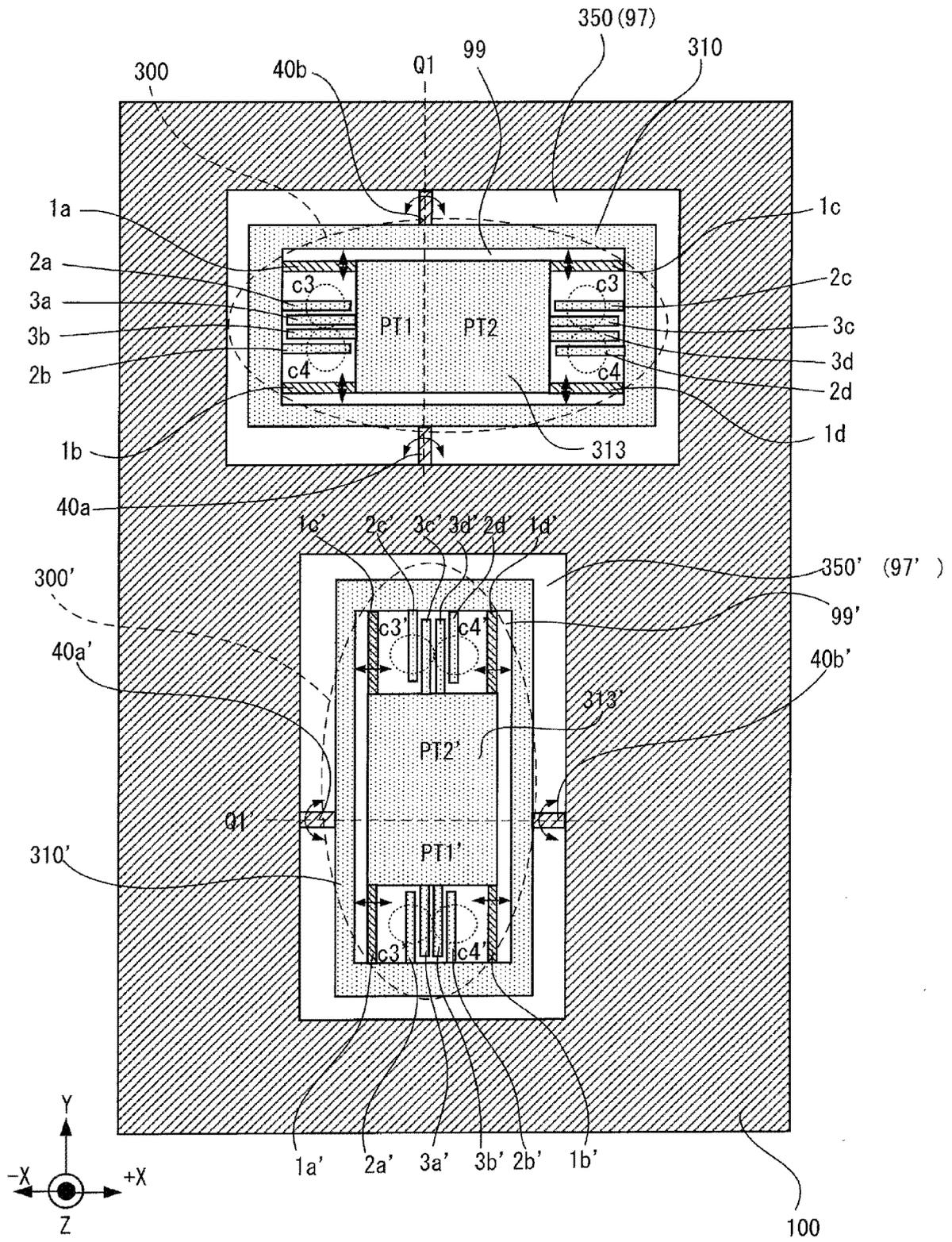


图 10

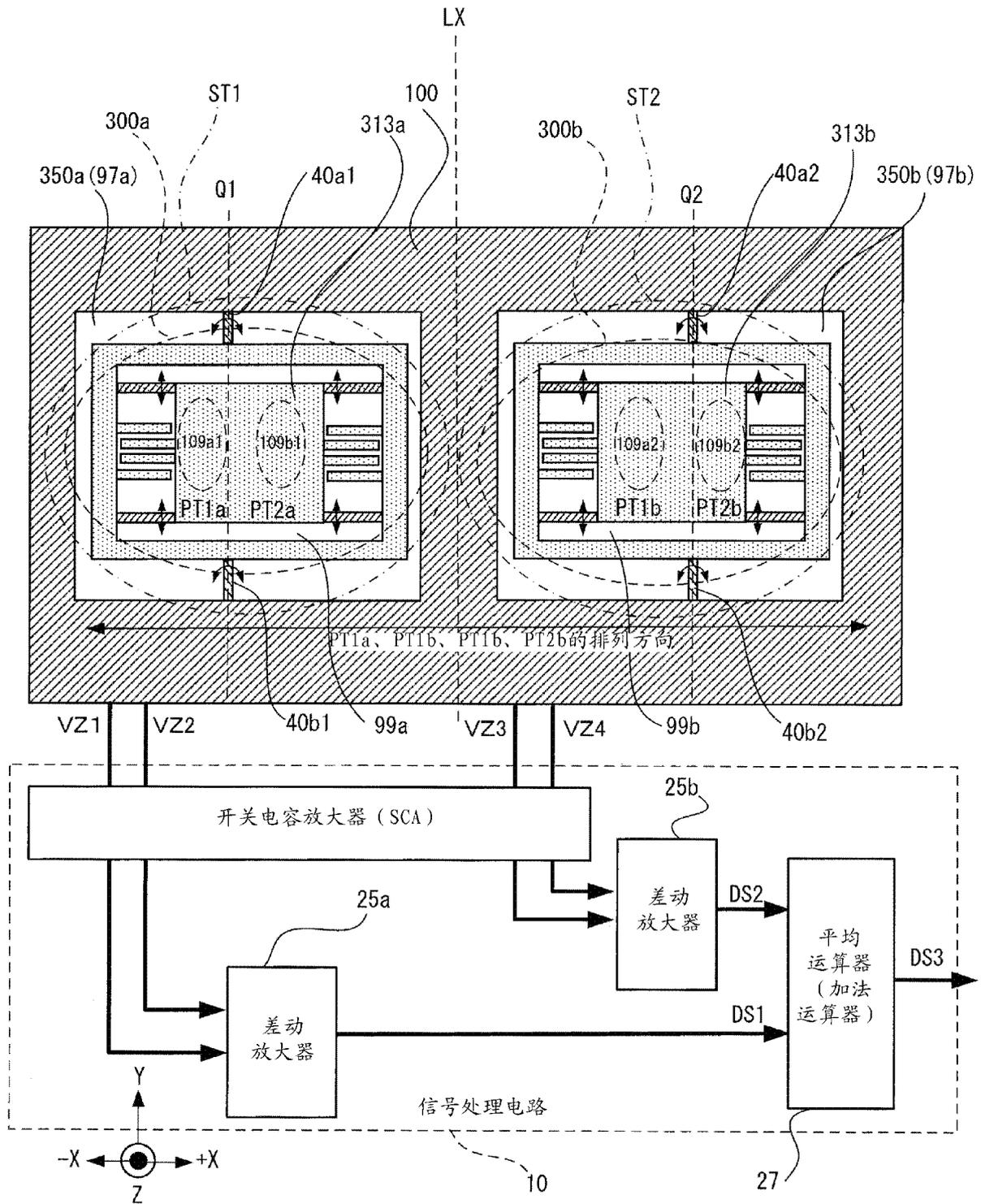


图 12

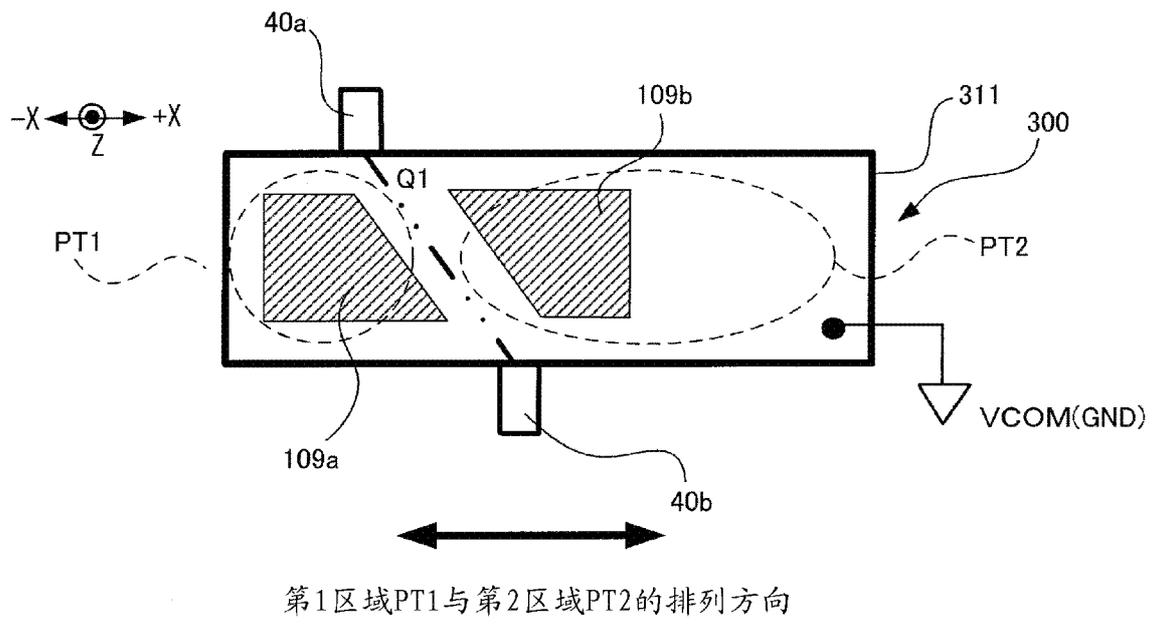


图 14

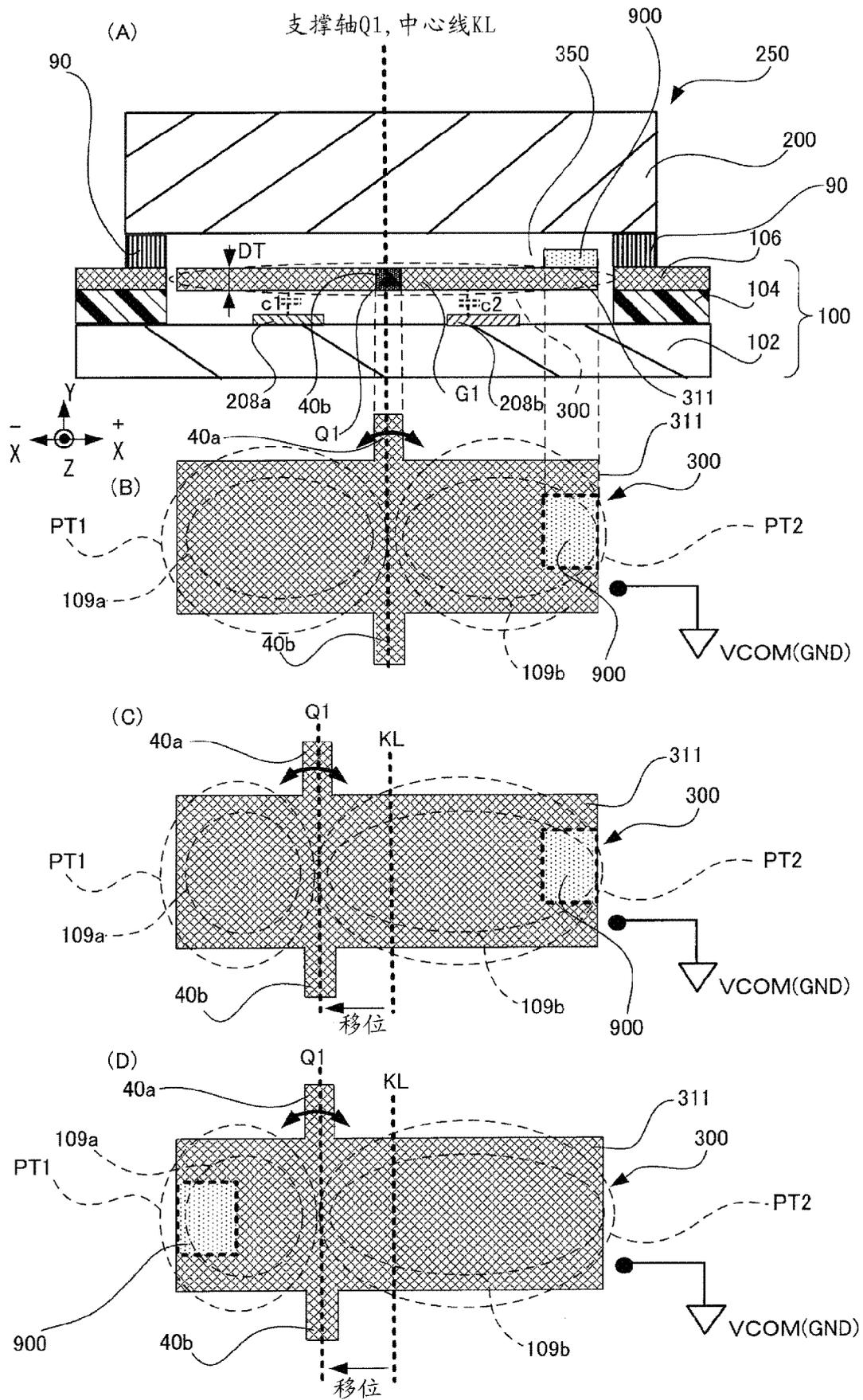


图 15

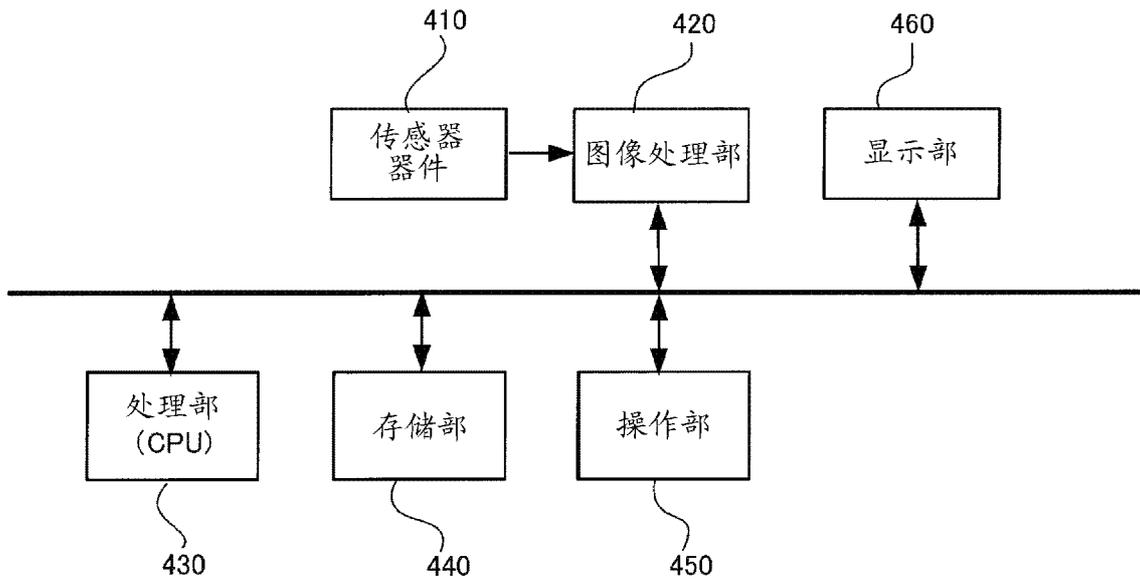


图 16

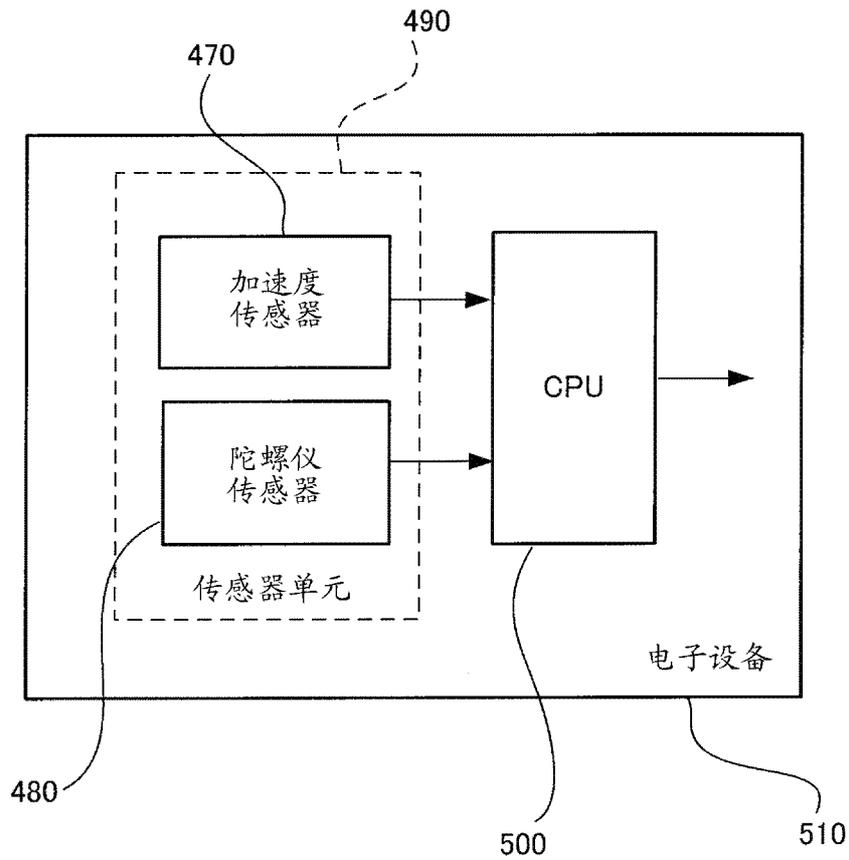


图 17