



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104949665 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201510134545. 6

(22) 申请日 2015. 03. 25

(30) 优先权数据

2014-061547 2014. 03. 25 JP

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 西泽竜太 中川啓史

(74) 专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司

公司 11225

代理人 黄威 苏萌萌

(51) Int. Cl.

G01C 19/5607(2012. 01)

G01C 19/5776(2012. 01)

G01P 5/14(2006. 01)

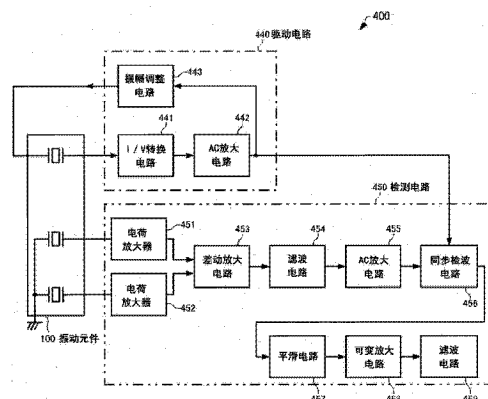
权利要求书1页 说明书18页 附图15页

(54) 发明名称

物理量检测电路、物理量检测装置、电子设备
及移动体

(57) 摘要

本发明提供物理量检测电路、物理量检测装置、电子设备及移动体。物理量检测用电路包括：滤波电路、设置于比滤波电路靠后的部分并基于驱动振动元件的驱动信号而对振动元件的输出信号所含的与物理量相应的信号进行检波的同步检波电路。滤波电路的截止频率处于振动元件的驱动模式的谐振频率与检测模式的谐振频率之间，滤波电路在通频带中含有驱动模式的谐振频率。



1. 一种物理量检测用电路,其包括:

滤波部,其截止频率处于振动元件的驱动模式的谐振频率与检测模式的谐振频率之间,并在通频带中包括所述驱动模式的谐振频率;

检波部,其被设置于比所述滤波部靠后的部分上,并基于驱动所述振动元件的驱动信号,对所述振动元件的输出信号所含的与物理量相应的信号进行检波。

2. 如权利要求 1 所述的物理量检测用电路,其中,

所述驱动模式的所述谐振频率比所述检测模式的所述谐振频率低,

所述滤波部为,所述截止频率比所述检测模式的所述谐振频率低的滤波器。

3. 如权利要求 1 所述的物理量检测用电路,其中,

所述驱动模式的所述谐振频率比所述检测模式的所述谐振频率高,

所述滤波部为,所述截止频率比所述检测模式的所述谐振频率高的滤波器。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的物理量检测用电路,其包括:

差动放大部,其对所述振动元件的输出信号进行差动放大;

所述滤波部,其被设置于比所述差动放大部靠后的部分上;

交流放大部,其被设置于比所述滤波部靠后的部分上;

所述检波部,其被设置于比所述交流放大部靠后的部分上。

5. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的物理量检测用电路,其包括:

差动放大部,其对所述振动元件的输出信号进行差动放大;

交流放大部,其被设置于比所述差动放大部靠后的部分上;

所述滤波部,其被设置于比所述交流放大部靠后的部分上。

6. 一种物理量检测装置,其包括:

权利要求 1 至 5 中任一项所述的物理量检测用电路;

所述振动元件。

7. 一种电子设备,其包括:

权利要求 1 至 5 中任一项所述的物理量检测用电路或者权利要求 6 所述的物理量检测装置。

8. 一种移动体,其包括:

权利要求 1 至 5 中任一项所述的物理量检测用电路或者权利要求 6 所述的物理量检测装置。

物理量检测电路、物理量检测装置、电子设备及移动体

技术领域

[0001] 本发明涉及物理量检测电路、物理量检测装置、电子设备及移动体。

背景技术

[0002] 已知有使用水晶振子（压电振子）、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems：微机电系统)振子等振动元件来检测角速度或加速度等的物理量的物理量检测装置。

[0003] 例如，作为用于检测旋转系的旋转角速度的角速度检测装置，使用了水晶振子等压电元件的振动型陀螺仪传感器被组装入各种电子设备中，并被利用于汽车导航或摄像时的手抖检测等中。

[0004] 作为这样的振动型陀螺仪传感器，例如提出了专利文献 1 所记载的传感器。

[0005] 然而，在如专利文献 1 所记载的振动型陀螺仪传感器那样的现有的物理量检测装置中，由于安装基板的谐振等原因致使产生围绕振动元件的检测轴的旋转振动，如果该旋转振动的频率接近振动元件的失调频率，则检测振动臂发生谐振从而其振幅变得非常大，因此检测电路的输出信号有可能饱和。如此一来，有可能使输出信号的中心电压（0 点电压）偏移，从而使角速度的检测精度降低。

[0006] 专利文献 1：日本特开 2010 - 256332 号公报

发明内容

[0007] 本发明正是鉴于上述问题点而完成的，根据本发明的几个方式，能够提供即使施加了与振动元件的失调频率接近的频率的旋转振动也能够减少检测精度降低的可能性的物理量检测电路和物理量检测装置、以及使用了该物理量检测电路或者该物理量检测装置的电子设备及移动体。

[0008] 本发明是为了解决上述的课题的至少一部分而完成的，能够以如下的方式或者应用例实现。

[0009] 应用例 1

[0010] 本应用例所涉及的物理量检测用电路，其包括基于驱动振动元件的驱动信号而对上述振动元件的输出信号所含的与物理量相应的信号进行检波的检波部、设置于比上述检波部靠前的部分上的滤波部，上述滤波部的截止频率处于上述振动元件的驱动模式的谐振频率与检测模式的谐振频率之间，在通频带中含有上述驱动模式的谐振频率。

[0011] 根据本应用例所涉及的物理量检测用电路，当沿振动元件的检测轴方向而施加接近被定义为振动元件的驱动模式的谐振频率与检测模式的谐振频率之差的绝对值的失调频率的频率的旋转振动的情况下，振动元件输出检测模式的谐振频率附近的振幅大的无用信号，但通过滤波部除去该无用信号（正确地说，大幅衰减），将驱动模式的谐振频率附近的想要检测的信号输入至检波部。因此，根据本应用例所涉及的物理量检测用电路，即使施加了接近振动元件的失调频率的频率的旋转振动，也能够减少检测精度降低的可能性。

[0012] 另外，根据本应用例所涉及的物理量检测用电路，检测模式的谐振频率附近的无

用信号在检波部之前被除去,因此能够减少由于检波部的检波致使信号饱和的可能性。因此,根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,与在检波部之后的部分设置滤波部来除去由于旋转振动产生的无用信号的情况相比,容易得到高的检测精度。

[0013] 应用例 2

[0014] 上述应用例所涉及的物理量检测用电路可以为,上述驱动模式的上述谐振频率比上述检测模式的上述谐振频率低,上述滤波部为,上述截止频率比上述检测模式的上述谐振频率低的低通滤波器。

[0015] 根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,通过将滤波部设为低通滤波器,能够除去检测模式的谐振频率附近的无用信号,并且对比检测模式的谐振频率低的驱动模式的谐振频率附近的想要检测的信号进行检波。

[0016] 应用例 3

[0017] 上述应用例所涉及的物理量检测用电路可以为,上述驱动模式的上述谐振频率比上述检测模式的上述谐振频率高,上述滤波部为,截止频率比上述检测模式的上述谐振频率高的高通滤波器。

[0018] 根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,通过将滤波部设为高通滤波器,能够除去检测模式的谐振频率附近的无用信号,并且对比检测模式的谐振频率高的驱动模式的谐振频率附近的想要检测的信号进行检波。

[0019] 应用例 4

[0020] 上述应用例所涉及的物理量检测用电路可以为,包括:对上述振动元件的输出信号进行差动放大的差动放大部、和设置于上述差动放大部与上述检波部之间的交流放大部,上述滤波部被设置于上述差动放大部与上述交流放大部之间。

[0021] 根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,由于检测模式的谐振频率附近的无用信号在交流放大部之前被除去,因此能够减少由于 AC 放大部的放大致使信号饱和的可能性。因此,根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,与在检波部的跟前设置滤波部来除去由于旋转振动产生的无用信号的情况相比,容易得到较高的检测精度。

[0022] 应用例 5

[0023] 上述应用例所涉及的物理量检测用电路可以为,包括:对上述振动元件的输出信号进行差动放大的差动放大部、和设置于上述差动放大部与上述检波部之间的交流放大部,上述滤波部被设置于上述交流放大部与上述检波部之间。

[0024] 根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,检测模式的谐振频率附近的无用信号在检波部之前被除去,因此能够减少由于检波部的检波致使信号饱和的可能性。因此,根据本应用例所涉及的物理量检测用电路,与在检波部之后的部分设置滤波部来除去由于旋转振动产生的无用信号的情况相比,容易得到较高的检测精度。

[0025] 应用例 6

[0026] 本应用例所涉及的物理量检测装置包括上述任一个物理量检测用电路、和上述振动元件。

[0027] 根据本应用例所涉及的物理量检测装置,通过滤波部除去在沿振动元件的检测轴方向而施加了接近失调频率的旋转振动的情况下产生的检测模式的谐振频率附近的振幅大的无用信号,并对驱动模式的谐振频率附近的想要检测的信号进行检波,因此即

使在施加了接近失调频率的旋转振动的情况下,也能够减少检测精度降低的可能性。

[0028] 另外,根据本应用例所涉及的物理量检测用装置,检测模式的谐振频率附近的无用信号在检波部之前被除去,因此能够减少由于检波部的检波致使信号饱和的可能性,与在检波部之后的部分上设置滤波部来除去由于旋转振动产生的无用信号的情况相比,容易得到较高的检测精度。

[0029] 应用例 7

[0030] 本应用例所涉及的电子设备包括上述任一个物理量检测用电路或者上述的物理量检测装置。

[0031] 应用例 8

[0032] 本应用例所涉及的移动体包括上述任一个物理量检测用电路或者上述的物理量检测装置。

[0033] 这些应用例所涉及的电子设备以及移动体包括即便施加了接近振动元件的失调频率的旋转振动也会减少检测精度降低的可能性的物理量检测用电路或者物理量检测装置,因此能够实现可靠性更高的电子设备及移动体。

附图说明

[0034] 图 1 为第一实施方式所涉及的物理量检测装置的功能框图。

[0035] 图 2 为示意性示出第一实施方式所涉及的振动元件的俯视图。

[0036] 图 3 为示意性示出第一实施方式所涉及的振动元件的俯视图。

[0037] 图 4 为用于对第一实施方式所涉及的振动元件的动作进行说明的立体图。

[0038] 图 5 为示出驱动振动臂的谐振特性与检测振动臂的谐振特性的一个例子的图。

[0039] 图 6 为示出对第一实施方式所涉及的物理量检测装置施加旋转振动的样态的图。

[0040] 图 7 为示出第一实施方式所涉及的滤波电路的滤波特性的一个例子的图。

[0041] 图 8 为示出对物理量检测装置施加了旋转振动时的信号波形的一个例子的图。

[0042] 图 9 为示意性示出第二实施方式所涉及的振动元件的俯视图。

[0043] 图 10 为示意性示出第二实施方式所涉及的振动元件的俯视图。

[0044] 图 11 为用于对第二实施方式所涉及的振动元件的动作进行说明的俯视图。

[0045] 图 12 为示出对第二实施方式所涉及的物理量检测装置施加旋转振动的样态的图。

[0046] 图 13 为第三实施方式所涉及的物理量检测装置的功能框图。

[0047] 图 14 为示出第四实施方式所涉及的滤波电路的滤波特性的一个例子的图。

[0048] 图 15 为示意性示出本实施方式所涉及的电子设备的立体图。

[0049] 图 16 为示意性示出本实施方式所涉及的电子设备的立体图。

[0050] 图 17 为示意性示出本实施方式所涉及的电子设备的立体图。

[0051] 图 18 为示意性示出本实施方式所涉及的移动体的立体图。

具体实施方式

[0052] 以下,使用附图对本发明的优选的实施方式进行详细说明。此外,以下将要说明的

实施方式并非是对权利要求书所记载的本发明的内容进行不当限定的实施方式。另外，以下将要说明的结构并不一定全部是本发明的必要的结构要件。

[0053] 以下，以作为物理量来检测角速度的物理量检测装置为例进行说明，但检测角速度以外的物理量的物理量检测装置也包含于本发明中。

[0054] 1. 物理量检测装置

[0055] 1-1. 第一实施方式

[0056] 物理量检测装置的功能结构

[0057] 图 1 为第一实施方式所涉及的物理量检测装置的功能框图。如图 1 所示，本实施方式所涉及的物理量检测装置 400 包括：振动元件 100、用于使振动元件 100 的驱动振动臂 220、222（参照图 2 以及图 3）驱动振动的驱动电路 440、用于对当施加了角速度（物理量的一个例子）时在振动元件 100 的检测振动臂 230、232 上产生的检测振动进行检测的检测电路 450（物理量检测用电路的一个例子）。驱动电路 440 以及检测电路 450 可以通过单芯片的 IC 实现，也可以通过彼此不同的 IC 芯片实现。

[0058] 驱动电路 440 具有 I/V 转换电路（电流电压转换电路）441、AC 放大电路（交流放大电路）442、振幅调整电路 443。驱动电路 440 是向振动元件 100 的驱动输入电极 30（参照图 2 以及图 3）输出使驱动振动臂 220、222 驱动的信号，并且输入从振动元件 100 的驱动输出电极 32（参照图 2 以及图 3）输出的信号的电路。以下，对于驱动电路 440 进行详细说明。

[0059] 当振动元件 100 的驱动振动臂 220、222 振动时，基于压电效应的交流电流从驱动输出电极 32 被输出，并向 I/V 转换电路 441 输入。I/V 转换电路 441 将输入的交流电流转换为与驱动振动臂 220、222 的振动频率相同的频率的交流电压信号进而输出该信号。

[0060] 从 I/V 转换电路 441 输出的交流电压信号被输入至 AC 放大电路 442。AC 放大电路 442 对所输入的交流电压信号进行放大并输出。。

[0061] 从 AC 放大电路 442 输出的交流电压信号被输入至振幅调整电路 443。振幅调整电路 443 对增益进行控制，以使所输入的交流电压信号的振幅保持为恒定值，并将增益控制后的交流电压信号向振动元件 100 的驱动输入电极 30 输出。利用输入至该驱动输入电极 30 的交流电压信号（驱动信号）使驱动振动臂 220、222 振动。

[0062] 检测电路 450 具有电荷放大器 451、电荷放大器 452、差动放大电路 453、滤波电路 454、AC 放大电路 455、同步检波电路 456、平滑电路 457、可变放大电路 458、滤波电路 459。检测电路 450 为，基于从振动元件 100 的第一检测电极 40、第二检测电极 42（参照图 2 以及图 3）分别输出的信号，检测角速度的电路。以下，对于检测电路 450 进行详细说明。

[0063] 电荷放大器 451 输入从第一检测电极 40 输出的第一检测信号（交流电流），并将输入的第一检测信号（交流电流）转换为交流电压信号。

[0064] 电荷放大器 452 输入从第二检测电极 42 输出的第二检测信号（交流电流），并将输入的第二检测信号（交流电流）转换为交流电压信号。

[0065] 此外，第一检测信号与第二检测信号的电特性相反。

[0066] 电荷放大器 451 的输出信号与电荷放大器 452 的输出信号被向差动放大电路 453 输入。

[0067] 差动放大电路 453 作为将振动元件 100 的输出信号差动放大的差动放大部发挥功

能,并输出将电荷放大器 451 的输出信号与电荷放大器 452 的输出信号的电位差放大(差动放大)后的信号。差动放大电路 453 的输出信号被向滤波电路 454 输入。

[0068] 滤波电路 454 作为如下滤波部发挥功能,即,截止频率 f_c 处于振动元件 100 的驱动模式的谐振频率(驱动振动臂 200、220(参照图 2 以及图 3)的谐振频率) f_{dr} 与检测模式的谐振频率(检测振动臂 230、232(参照图 2 以及图 3)的谐振频率) f_{dt} 之间,并在通频带包括驱动模式的谐振频率 f_{dr} 的滤波部。滤波电路 454 在振动元件 100 处于 $f_{dr} < f_{dt}$ 的关系的情况下构成为低通滤波器,在振动元件 100 处于 $f_{dr} > f_{dt}$ 的关系的情况下构成为高通滤波器。滤波电路 454 的输出信号被向 AC 放大电路 455 输入。

[0069] AC 放大电路 455 作为放大 AC 信号(交流信号)的 AC 放大部(交流放大部)发挥功能,并输出将滤波电路 454 的输出信号放大的信号。AC 放大电路 455 的输出信号被向同步检波电路 456 输入。

[0070] 同步检波电路 456 作为基于驱动振动元件 100 的驱动信号对振动元件 100 的输出信号所含的与角速度相应的信号进行检波的检波部发挥功能。具体地说,同步检波电路 456 以驱动电路 440 的 AC 放大电路 442 输出的交流电压信号为基础,通过对 AC 放大电路 455 的输出信号进行同步检波而提取角速度成分。

[0071] 经同步检波电路 456 提取的角速度成分的信号通过平滑电路 457 被平滑化为直流电压信号,并被向可变放大电路 458 输入。

[0072] 可变放大电路 458 将平滑电路 457 的输出信号(直流电压信号)以设定的放大率(或者衰减率)进行放大(或者衰减),使角速度灵敏度变化。经可变放大电路 458 放大(或者衰减)后的信号被输入至滤波电路 459。

[0073] 滤波电路 459 从可变放大电路 458 的输出信号中去除传感器频带外的噪声成分(正确而言衰减至预定等级以下),并输出与角速度的方向以及大小相应的极性以及电压等级的检测信号。然后,将该检测信号从外部输出端子(未图示)向外部输出。

[0074] 振动元件的结构

[0075] 接下来,参照附图对第一实施方式所涉及的振动元件 100 进行说明。图 2 以及图 3 为示意性示出第一实施方式所涉及的振动元件 100 的俯视图。此外,在图 2、3 以及以下所示的图中,作为相互正交的三个轴,图示出 X 轴(第一轴)、Y 轴(第二轴)以及 Z 轴(第三轴)。

[0076] 此外,图 2 为从第一主面 2a 侧观察振动元件 100 的图,是用于对第一主面 2a 侧的结构进行说明的图。图 3 为从第一主面 2a 侧观察振动元件 100 的透视图,是用于对第二主面 2b 侧的结构进行说明的图。

[0077] 如图 2 以及图 3 所示,振动元件 100 包括:基部 10、驱动振动臂 220、222、检测振动臂 230、232、支承部 240、梁部 250、252、254、256、驱动输入电极 30、驱动输出电极 32、检测电极 40、42、驱动输入布线 50、驱动输出布线 52、检测布线 60、62、固定电位布线 70。

[0078] 基部 10、驱动振动臂 220、222、检测振动臂 230、232、支承部 240 以及梁部 250、252、254、256 构成振动片 1。振动片 1 的材质例如为水晶、钽酸锂、铌酸锂等压电材料。振动片 1 具有朝向互为相反的方向的第一主面 2a 以及第二主面 2b、连接于主面 2a、2b 的侧面 3。在图示的例子中,第一主面 2a 为朝向 +Z 轴方向的面,第二主面 2b 为朝向 -Z 轴方向的面,侧面 3 为垂线与 Z 轴正交的面。主面 2a、2b 例如为平坦的面。振动片 1 的厚度(Z 轴方

向的大小)例如为 100 μm 左右。

[0079] 第一驱动振动臂 220 以及第二驱动振动臂 222 从基部 10 沿 Y 轴延伸突出。在图示的例子中,驱动振动臂 220、222 从基部 10 朝 -Y 轴方向延伸突出。驱动振动臂 220、222 沿 X 轴并排配置。在图示的例子中,第一驱动振动臂 220 被配置于与第二驱动振动臂 222 相比靠 -X 轴方向侧。

[0080] 第一检测振动臂 230 以及第二检测振动臂 232 从基部 10 朝与驱动振动臂 220、222 的延伸突出方向相反的方向延伸突出。在图示的例子中,检测振动臂 230、232 从基部 10 朝 +Y 轴方向延伸突出。检测振动臂 230、232 沿 X 轴并排配置。在图示的例子中,第一检测振动臂 230 被配置于与第二检测振动臂 232 相比靠 -X 轴方向侧。

[0081] 在第一检测振动臂 230 上设置有贯通孔 231。能够利用贯通孔 231 使设置于第一主面 2a 上的第二检测电极 42 与设置于第二主面 2b 上的第二检测电极 42 导通。在第二检测振动臂 232 上设置有贯通孔 233。能够利用贯通孔 233 使设置于第一主面 2a 上的第一检测电极 40 与设置于第二主面 2b 上的第一检测电极 40 导通。

[0082] 在振动臂 220、222、230、232 的顶端设置有幅宽部 5。幅宽部 5 的宽度(X 轴方向的大小)比振动臂 220、222、230、232 的其他部分大。在幅宽部 5 也可以设置锤部,但对此未予图示。通过调整该锤部的质量,能够调整振动臂 220、222、230、232 的振动的频率。

[0083] 支承部 240 被设置于与基部 10 相比靠 -Y 轴方向侧。支承部 240 为在安装振动元件 100 时固定于封装件上的部分。支承部 240 经由梁部 250、252、254、256 而支承基部 10。

[0084] 第一梁部 250 以及第二梁部 252 分别从基部 10 延伸突出直至支承部 240,并连结基部 10 与支承部 240。

[0085] 第三梁部 254 以及第四梁部 256 分别从基部 10 延伸突出直至支承部 240,并连结基部 10 与支承部 240。

[0086] 由此,支承部 240 不会妨碍振动臂 220、222、230、232 的振动,能够经由梁部 250、252、254、256 而支承基部 10。

[0087] 作为驱动输入电极 30、驱动输出电极 32、第一检测电极 40、第二检测电极 42、驱动输入布线 50、驱动输出布线 52、第一检测布线 60、第二检测布线 62,例如使用从振动片 1 侧依次层叠铬、金的结构。

[0088] 驱动输入电极 30 被设置于驱动振动臂 220、222 上。在图示的例子中,驱动输入电极 30 被设置于第一驱动振动臂 220 的侧面 3、第二驱动振动臂 222 的主面 2a、2b 上。驱动输入电极 30 为输入使驱动振动臂 220、222 驱动的信号(驱动信号)的电极。

[0089] 驱动输出电极 32 被设置于驱动振动臂 220、222 上。在图示的例子中,驱动输出电极 32 被设置于第一驱动振动臂 220 的主面 2a、2b、第二驱动振动臂 222 的侧面 3 上。驱动输出电极 32 为用于输出基于驱动振动臂 220、222 的弯曲的信号信号的电极。

[0090] 第一检测电极 40 被设置于检测振动臂 230、232 上。在图示的例子中,第一检测电极 40 被设置于第一检测振动臂 230 的主面 2a、2b、第二检测振动臂 232 的主面 2a、2b 以及侧面 3 以及贯通孔 233 的内面上。第一检测电极 40 为,用于检测基于由科里奥利力所产生的检测振动臂 230、232 的弯曲的信号(第一检测信号)的电极。

[0091] 第二检测电极 42 被设置于检测振动臂 230、232 上。在图示的例子中,第二检测电极 42 被设置于第一检测振动臂 230 的主面 2a、2b 以及贯通孔 231 的内面、第二检测振动臂

232 的主面 2a、2b 以及侧面 3 上。第二检测电极 42 为,用于检测基于由科里奥利力产生的检测振动臂 230、232 的弯曲的信号(第二检测信号)的电极。

[0092] 此外,可以在振动臂 220、222、230、232 的主面 2a、2b 上设置有槽部,也可以将电极 30、32、40、42 设置在该槽部内,但对此未予以图示。

[0093] 驱动输入布线 50 被设置于基部 10、支承部 240、第三梁部 254 上。驱动输入布线 50 在支承部 240 上具有端子部 50a,并将端子部 50a 与驱动输入电极 30 连接。在图示的例子中,端子部 50a 的平面形状为矩形。端子部 50a 连接于外部部件(例如,接合引线),从驱动电路 440 输出的驱动信号经由外部部件以及驱动输入布线 50 被向驱动输入电极 30 输入。

[0094] 驱动输出布线 52 被设置于基部 10、支承部 240、第四梁部 256 上。驱动输出布线 52 在支承部 240 上具有端子部 52a,并将端子部 52a 与驱动输出电极 32 连接。在图示的例子中,端子部 52a 的平面形状为矩形。端子部 52a 连接于外部部件(例如,接合引线),从驱动输出电极 32 输出的信号经由驱动输出布线 52 以及外部部件被向驱动电路 440 输入。

[0095] 第一检测布线 60 被设置于基部 10、支承部 240、第二梁部 252 上。第一检测布线 60 在支承部 240 上具有端子部 60a,并将端子部 60a 与第一检测电极 40 连接。端子部 60a 连接于外部部件(例如,接合引线),从第一检测电极 40 输出的第一检测信号经由第一检测布线 60 以及外部部件被向检测电路 450 的电荷放大器 451 输入。

[0096] 第二检测布线 62 被设置于基部 10、支承部 240、第一梁部 250 上。第二检测布线 62 在支承部 240 上具有端子部 62a,并将端子部 62a 与第二检测电极 42 连接。端子部 62a 连接于外部部件(例如,接合引线),从第二检测电极 42 输出的第二检测信号经由第二检测布线 62 以及外部部件被向检测电路 450 的电荷放大器 452 输入。

[0097] 固定电位布线 70 被设置于基部 10、支承部 240、梁部 250、252、254、256 上。在图示的例子中,固定电位布线 70 也被设置于检测振动臂 230、232 的侧面 3 以及幅宽部 5 上。固定电位布线 70 为输入有固定的电位的布线。具体地说,固定电位布线 70 具有接地电位。即,固定电位布线 70 被接地。

[0098] 此外,在图 2、图 3 中,用粗线表示被设置于振动片 1 的侧面 3 上的电极 30、32、40、42、布线 50、52、60、62、70。

[0099] 接下来,对于振动元件 100 的动作进行说明。图 4(A) 以及图 4(B) 为用于对振动元件 100 的动作进行说明的立体图。此外,为了方便说明,在图 4(A) 以及图 4(B) 中,省略基部 10 以及振动臂 220、222、230、232 以外的部件的图示。

[0100] 如图 4(A) 所示,振动元件 100 如果在未被施加角速度的状态下在被设置于驱动振动臂 220、222 上的驱动输入电极 30 外加预定的交流电压,则在 XY 平面内朝互为相反的方向弯曲运动。

[0101] 在驱动振动臂 220、222 进行这样的驱动振动的状态下,如果对振动元件 100 施加围绕 Y 轴的角速度,则与该角速度相应的科里奥利力产生作用,驱动振动臂 220、222 沿 Z 轴方向朝互为相反的方向弯曲振动。

[0102] 以速度 v 进行动作的质量 m 的物体在以角速度 Ω 进行旋转时受到的科里奥利力由下式 (1) 表示。

[0103] 数学式 1

[0104] $F_c = -2mv\Omega \dots (1)$

[0105] 如果将在驱动模式下的驱动振动臂 220、222 的振动频率设为 f_{dr} , 将最大振幅设为 A, 则驱动振动臂 220、222 的速度 v 使用时间变量 t 由下式 (2) 表示。

[0106] 数学式 2

[0107] $v = 2\pi f_{dr} A \cos(2\pi f_{dr} t) \dots (2)$

[0108] 因此, 如果将驱动振动臂 220、222 的质量设为 m 并将式 (2) 代入式 (1), 则驱动振动臂 220、222 受到的科里奥利力由下式 (3) 表示。

[0109] 数学式 3

[0110] $F_c = -4\pi mA\Omega f_{dr} \cos(2\pi f_{dr} t) \dots (3)$

[0111] 驱动振动臂 220、222 在被施加角速度 Ω 的旋转时, 会受到式 (3) 所示的科里奥利力而进行弯曲振动, 与该弯曲振动谐振, 检测振动臂 230、232 沿 Z 轴方向朝互为相反的方向弯曲振动。通过该检测振动臂 230、232 的振动 (弯曲振动), 在第一检测电极 40 以及第二检测电极 42 分别产生第一检测信号以及第二检测信号。

[0112] 此时, 第一检测信号的电极性与第二检测信号的电极性相反。例如, 当在第一检测电极 40 产生正的电荷 $\delta+$ 时, 在第二检测电极 42 产生负的电荷 $\delta-$, 当在第一检测电极 40 产生负的电荷 $\delta-$ 时, 在第二检测电极 42 产生正的电荷 $\delta+$ 。第一检测信号从端子部 60a 被向检测电路 450 输出, 第二检测信号从端子部 62a 被向检测电路 450 输出, 检测电路 450 能够利用这些检测信号求出围绕 Y 轴的角速度。

[0113] 以下, 如图 4(A) 所示, 将未检测角速度的状态称为“驱动模式”, 如图 4(B) 所示, 将检测角速度的状态称为“检测模式”。

[0114] 失调频率与安装基板的振动频率的关系

[0115] 驱动模式的谐振频率 f_{dr} 由驱动振动臂 220、222 的长度、厚度、材质等决定, 检测模式的谐振频率 f_{dt} 由检测振动臂 230、232 的长度、厚度、材质等决定。将该驱动模式的谐振频率 f_{dr} 与检测模式的谐振频率 f_{dt} 之差称为失调频率。

[0116] 图 5(A) 以及图 5(B) 为表示驱动振动臂 220、222 的谐振特性与检测振动臂 230、232 的谐振特性的一个例子的图。图 5(A) 为 $f_{dr} < f_{dt}$ 的情况下的例子, 失调频率 $\Delta f = f_{dt} - f_{dr}$ 。另一方面, 图 5(B) 为 $f_{dr} > f_{dt}$ 的情况下的例子, 失调频率 $\Delta f = f_{dr} - f_{dt}$ 。

[0117] 在驱动模式中, 利用驱动电路 440 输出的驱动信号使驱动振动臂 220、222 以谐振频率 f_{dr} 进行振动。在检测模式中, 驱动振动臂 220、222 以谐振频率 f_{dr} 进行振动, 通过该谐振频率 f_{dr} 激发 (施振) 检测振动臂 230、232 的振动, 因此检测振动臂 230、232 也以频率 f_{dr} 进行振动。该驱动模式的谐振频率 f_{dr} 越接近检测模式的谐振频率 f_{dt} , 即失调频率 Δf 越低, 检测振动臂 230、232 的振幅越大, 在检测电极 40、42 产生的电荷量变大, 因此元件灵敏度升高。即, 元件灵敏度与失调频率 Δf 成反比。然而, 失调频率 Δf 越低, 容易产生检测振动臂 230、232 的振幅越变大从而使得检测振动臂 230、232 易于破损等各种问题, 因此虽然意欲尽量增高失调频率 Δf , 但当元件灵敏度降低时角速度的检测灵敏度降低, 因此不得不在一定程度上降低失调频率 Δf 。

[0118] 可是, 虽然将物理量检测装置 400 安装于印刷电路板等, 但存在例如安装基板受安装基板的设置环境影响而沿与主面垂直的方向进行振动的情况。图 6 为示意性示出安装基板进行振动的样态的图。如图 6 所示, 如果安装基板 300 进行振动, 则物理量检测装置

400 将进行旋转方向发生周期性变化的微小旋转振动,在振动元件 100 中存在施加检测轴(Y 轴)的方向的角速度的情况。

[0119] 在安装基板 300 以振动元件 100 的检测轴(Y 轴)为中心并以频率 f_1 、最大振幅 Ω_1 进行旋转振动的情况下,对振动元件 100 施加的角速度 Ω 使用时间变量 t 由下式(4)表示。

[0120] 数学式 4

$$[0121] \quad \Omega = \Omega_1 \cos(1 \pi f_1 t) \dots (4)$$

[0122] 如果将式(4)代入式(3),则驱动振动臂 220、222 受到的科里奥利力由下式(5)表示。

[0123] 数学式 5

$$[0124] \quad F_c = -4 \pi m A \Omega_1 f_{dr} \cos(2 \pi f_{dr} t) \cos(2 \pi f_1 t)$$

$$[0125] \quad = -2 \pi m A \Omega_1 f_{dr} \{ \cos(2 \pi (f_{dr} + f_1) t) + \cos(2 \pi (f_{dr} - f_1) t) \} \dots (5)$$

[0126] 因此,基于式(5),通过两个驱动频率 $f_{dr} + f_1$ 以及 $f_{dr} - f_1$ 激发(施振)检测振动臂 230、232 的振动,在第一检测信号以及第二检测信号中含有 $f_{dr} + f_1$ 与 $f_{dr} - f_1$ 的两个频率成分。

[0127] 在此,由图 5 可明知,当安装基板 300 的振动频率 f_1 接近失调频率 Δf 且 $f_{dr} < f_{dt}$ 的情况(参照图 5(A))下, $f_{dr} - f_1$ 所产生的科里奥利力为距离检测振动臂 230、232 的谐振频率 f_{dt} 较远的频率,因此由 $f_{dr} - f_1$ 的频率产生的检测振动甚微可忽略不计。同样,当 $f_{dr} > f_{dt}$ 的情况(参照图 5(B))下, $f_{dr} + f_1$ 所产生的科里奥利力也是距离检测振动臂 230、232 的谐振频率 f_{dt} 较远的频率,因此 $f_{dr} + f_1$ 的频率所产生的检测振动甚微可忽略不计。

[0128] 另一方面,如果安装基板 300 的振动频率 f_1 接近失调频率 Δf ,则当 $f_{dr} < f_{dt}$ 的情况(参照图 5(A))下, $f_{dr} + f_1$ 接近 f_{dt} ,当 $f_{dr} > f_{dt}$ 的情况(参照图 5(B))下, $f_{dr} - f_1$ 接近 f_{dt} ,因此检测振动臂 230、232 将以接近谐振频率 f_{dt} 的频率大幅振动。如此一来,在检测电极 40、42 产生的电荷量过大,差动放大电路 453 的输出信号或 AC 放大电路 455 的输出信号有可能饱和。另外,即便不因 AC 放大电路 455 的输出信号饱和,但当在这些信号被输入同步检波电路 456 并被同步检波时,检测电路 450 的输出信号有可能饱和。

[0129] 例如,在对振动元件 100 施加具有失调频率 Δf 附近的频率成分的 100dps 的旋转振动的情况下,如果由于检测振动臂 230、232 的谐振而增至 500 倍,则会输出 50000dps 的检测信号。在假定 ± 300 dps 来设计检测电路 450 的输出信号的动态范围的情况下,如果输入 50000dps 的检测信号,则检测电路 450 的输出信号饱和。

[0130] 如果检测电路 450 的输出信号在最大输出电压饱和,则中心电压(0 点电压)向偏低的一方变动,如果检测电路 450 的输出信号在最小输出电压饱和,则中心电压(0 点电压)向偏高的一方变动,因此无论哪一种情况都将导致检测精度降低或误检测。

[0131] 特别是,在本实施方式的物理量检测装置 400 中,与振动元件 100 的主面 2a、2b 平行的 Y 轴为检测轴,因此如果主面 2a、2b 与安装基板 300 平行安装,则检测轴容易与安装基板 300 的振动方向一致,检测电路 450 的输出信号有可能饱和。

[0132] 因此,在本实施方式中,在 AC 放大电路 455 之前的部分设置滤波电路 454,通过滤波电路 454 除去(正确地说大幅衰减)接近检测振动臂 230、232 的谐振频率 f_{dt} 的频率成分的信号。

[0133] 具体地说,在以成为 $f_{dr} < f_{dt}$ 的方式决定振动元件 100 的结构的情况下,将滤波电路 454 构成为低通滤波器。而且,滤波电路 454 以形成图 7(A) 所示的滤波特性的方式,即以在通频带中含有 f_{dr} 且成为截止频率 $f_c < f_{dt}$ 的方式构成。如此一来,振动元件 100 的检测信号所含的频率成分 $f_{dr} + f_1$ 的信号被滤波电路 454 除去,在同步检波电路 456 中,只有 $f_{dr} - f_1$ 的频率成分的信号由频率 f_{dr} 的信号同步检波,因此同步检波电路 456 的输出信号 S 由下式 (6) 表示。此外,在式 (6) 中, α 为常数。

[0134] 数学式 6

$$S = \alpha \cdot \cos(2\pi(f_{dr} - f_1)t) \cdot \cos(2\pi f_{dr}t)$$

[0135]

$$= \frac{\alpha}{2} \cdot \{\cos(2\pi(2f_{dr} - f_1)t) + \cos(2\pi f_1t)\} \cdots (6)$$

[0136] 由于式 (6) 的右边第一项的频率 $2f_{dr} - f_1$ 的信号被平滑电路 457 除去,因此在平滑电路 457 的输出信号中仅剩余右边第二项的频率 f_1 的信号。

[0137] 另一方面,在以成为 $f_{dr} > f_{dt}$ 的方式决定振动元件 100 的结构的情况下,将滤波电路 454 构成为高通滤波器。而且,滤波电路 454 以形成图 7(B) 所示的滤波特性的方式,即以在通频带中含有 f_{dr} 且成为截止频率 $f_c > f_{dt}$ 的方式构成。如此一来,振动元件 100 的检测信号所含的频率成分 $f_{dr} - f_1$ 的信号被滤波电路 454 除去,在同步检波电路 456 中,只有 $f_{dr} + f_1$ 的频率成分的信号由频率 f_{dr} 的信号同步检波,因此同步检波电路 456 的输出信号 S 由下式 (7) 表示。此外,在式 (7) 中, α 为常数。

[0138] 数学式 7

$$S = \alpha \cdot \cos(2\pi(f_{dr} + f_1)t) \cdot \cos(2\pi f_{dr}t)$$

[0139]

$$= \frac{\alpha}{2} \cdot \{\cos(2\pi(2f_{dr} + f_1)t) + \cos(2\pi f_1t)\} \cdots (7)$$

[0140] 式 (7) 的右边第一项的频率 $2f_{dr} + f_1$ 的信号被平滑电路 457 除去,因此在平滑电路 457 的输出信号中仅剩余右边第二项的频率 f_1 的信号。

[0141] 此外,无论是将滤波电路 454 构成为低通滤波器的情况还是构成为高通滤波器的情况,都可设定使滤波电路 459 (低通滤波器) 的截止频率 f_c 大幅低于失调频率 Δf , 并通过滤波电路 459 来除去在平滑电路 457 的输出信号中剩余的频率 f_1 的信号。

[0142] 图 8 中示出在 $f_{dr} < f_{dt}$ 且滤波电路 454 构成为低通滤波器的情况下对振动元件 100 施加频率 f_1 的旋转振动时所观测的信号波形的一个例子。如图 8 所示,差动放大电路 453 的输出信号为频率 f_{dr} 的驱动信号通过旋转振动所产生的频率 f_1 的信号被进行振幅调制的较大信号,而滤波电路 454 的输出信号为频率是 $f_{dr} - f_1$ 的小信号,因此同步检波电路 456 的输出信号为频率是 f_1 的小信号,检测电路 450 的输出信号不饱和。

[0143] 如以上说明的那样,根据第一实施方式所涉及的物理量检测装置 400,通过设置滤波电路 454,即使施加接近振动元件 100 的失调频率 Δf 的频率的旋转振动或冲击,也能够减少检测电路 450 的输出信号饱和的可能性。因此,由于抑制了检测电路 450 的输出信号的中心电压 (0 点电压) 的变动,因此能够实现检测精度高并且充分抗受振动或冲击且安装位置的自由度较高的牢固的物理量检测装置 400。

[0144] 特别是,通过将滤波电路 454 设置在 AC 放大电路 455 之前的部分,能够减少 AC 放

大电路 455 的输出信号饱和的可能性或减少同步检波电路 456 的输出信号饱和的可能性,因此与通过平滑电路 457 除去由旋转振动所产生的频率 f_1 的信号的情况相比更有利。

[0145] 1-2. 第二实施方式

[0146] 第二实施方式所涉及的物理量检测装置 400 的振动元件 100 的结构与第一实施方式不同。此外,第二实施方式所涉及的物理量检测装置的功能框图与图 1 相同,因此省略其图示以及说明。

[0147] 振动元件的结构

[0148] 接下来,参照附图对第二实施方式所涉及的振动元件 100 进行说明。图 9 以及图 10 为示意性示出第二实施方式所涉及的振动元件 100 的俯视图。

[0149] 此外,图 9 为从第一主面 2a 侧观察振动元件 100 的图,是用于对第一主面 2a 侧的结构进行说明的图。图 10 为从第一主面 2a 侧观察振动元件 100 的透视图,是用于对第二主面 2b 侧的结构进行说明的图。

[0150] 以下,在第二实施方式所涉及的振动元件 100 中,对于具有与上述的第一实施方式所涉及的振动元件 100 的结构部件相同的功能的部件标注相同的符号,并省略对其的详细说明。

[0151] 在上述的第一实施方式所涉及的振动元件 100 中,如图 2 所示,振动片 1 为 H 型的振动片。与此相对,在第二实施方式所涉及的振动元件 100 中,如图 9 以及图 10 所示,振动片 1 为所谓的双 T 型的振动片。

[0152] 如图 9 以及图 10 所示,振动片 1 具有基部 10、连结臂 210、212、驱动振动臂 220、222、224、226、检测振动臂 230、232、支承部 240、242、梁部 250、252、254、256、驱动输入电极 30、驱动输出电极 32、第一检测电极 40、第二检测电极 42、第三检测电极 44、第四检测电极 46、驱动输入布线 50、驱动输出布线 52、第一检测布线 60、第二检测布线 62、第三检测布线 64、第四检测布线 66。

[0153] 基部 10、连结臂 210、212、驱动振动臂 220、222、224、226、检测振动臂 230、232、支承部 240、242 以及梁部 250、252、254、256 构成振动片 1。

[0154] 基部 10 具有中心点 G。中心点 G 的位置为振动片 1 的重心的位置。基部 10 的平面形状例如为矩形(大致矩形)。

[0155] 第一连结臂 210 以及第二连结臂 212 从基部 10 沿 X 轴朝互为相反的方向延伸突出。在图示的例子中,第一连结臂 210 从基部 10 朝 -X 轴方向延伸突出,第二连结臂 212 从基部 10 朝 +X 轴方向延伸突出。

[0156] 第一驱动振动臂 220 以及第二驱动振动臂 222 从第一连结臂 210 沿 Y 轴朝互为相反的方向延伸突出。在图示的例子中,第一驱动振动臂 220 从第一连结臂 210 朝 +Y 轴方向延伸突出,第二驱动振动臂 222 从第一连结臂 210 朝 -Y 轴方向延伸突出。驱动振动臂 220、222 经由第一连结臂 210 连接于基部 10。

[0157] 第三驱动振动臂 224 以及第四驱动振动臂 226 从第二连结臂 212 沿 Y 轴朝互为相反的方向延伸突出。在图示的例子中,第三驱动振动臂 224 从第二连结臂 212 朝 +Y 轴方向延伸突出,第四驱动振动臂 226 从第二连结臂 212 朝 -Y 轴方向延伸突出。驱动振动臂 224、226 经由第二连结臂 212 连接于基部 10。

[0158] 第一检测振动臂 230 以及第二检测振动臂 232 从基部 10 沿 Y 轴朝互为相反的方向

向延伸突出。在图示的例子中,第一检测振动臂 230 从基部 10 朝 +Y 轴方向延伸突出,第二检测振动臂 232 从基部 10 朝 -Y 轴方向延伸突出。检测振动臂 230、232 连接于基部 10。

[0159] 在振动臂 220、222、224、226、230、232 的顶端设置有幅宽部 5。幅宽部 5 与振动臂 220、222、224、226、230、232 的其他部分相比,宽度(X 轴方向的大小)更大。可以在幅宽部 5 上设置有锤部,对此未予图示。通过调整该锤部的质量,能够调整振动臂 220、222、224、226、230、232 的振动的频率。

[0160] 第一支承部 240 被设置于与振动臂 220、224、230 相比靠 +Y 轴方向侧。第二支承部 242 被设置于与振动臂 222、226、232 相比靠 -Y 轴方向侧。支承部 240、242 为在安装振动元件 100 时固定于封装件上的部分。支承部 240、242 经由梁部 250、252、254、256 支承基部 10。

[0161] 第一梁部 250 以及第二梁部 252 连结基部 10 与第一支承部 240。在图示的例子中,第一梁部 250 从基部 10 经由第一驱动振动臂 220 与第一检测振动臂 230 之间延伸突出至第一支承部 240。第二梁部 252 从基部 10 经由第三驱动振动臂 224 与第一检测振动臂 230 之间延伸突出至第一支承部 240。

[0162] 第三梁部 254 以及第四梁部 256 连结基部 10 与第二支承部 242。在图示的例子中,第三梁部 254 从基部 10 经由第二驱动振动臂 222 与第二检测振动臂 232 之间延伸突出至第二支承部 242。第四梁部 256 从基部 10 经由第四驱动振动臂 226 与第二检测振动臂 232 之间延伸突出至第二支承部 242。

[0163] 梁部 250、252、254、256 在俯视观察下具有大致 S 字状的部分。因此,梁部 250、252、254、256 能够具有较高的弹性。由此,支承部 240、242 不会妨碍振动臂 220、222、224、226、230、232 的振动,能够经由梁部 250、252、254、256 支承基部 10。

[0164] 驱动输入电极 30 被设置于驱动振动臂 220、222、224、226 上。在图示的例子中,驱动输入电极 30 被设置于第一驱动振动臂 220 的侧面 3 以及幅宽部 5、第二驱动振动臂 222 的侧面 3 以及幅宽部 5、第三驱动振动臂 224 的主面(幅宽部 5 以外的主面)2a、2b、第四驱动振动臂 226 的主面(幅宽部 5 以外的主面)2a、2b 上。驱动输入电极 30 例如相对于经过中心点 G 并与 XZ 平面平行的面而呈面对称配置。驱动输入电极 30 为输入使驱动振动臂 220、222、224、226 驱动的信号(驱动信号)的电极。

[0165] 驱动输出电极 32 被设置于驱动振动臂 220、222、224、226 上。在图示的例子中,驱动输出电极 32 被设置于第一驱动振动臂 220 的主面(幅宽部 5 以外的部分的主面)2a、2b、第二驱动振动臂 222 的主面(幅宽部 5 以外的部分的主面)2a、2b、第三驱动振动臂 224 的侧面 3 以及幅宽部 5、第四驱动振动臂 226 的侧面 3 以及幅宽部 5 上。驱动输出电极 32 例如相对于经过中心点 G 并与 XZ 平面平行的面而呈面对称配置。驱动输出电极 32 为用于输出基于驱动振动臂 220、222、224、226 的弯曲的信号的电极。

[0166] 此外,可以在设置有驱动输入电极 30 的位置上设置驱动输出电极 32,也可以在设置有驱动输出电极 32 的位置上设置驱动输入电极 30,但对此未予图示。

[0167] 第一检测电极 40 被设置于第一检测振动臂 230 上。在图示的例子中,第一检测电极 40 被设置于第一检测振动臂 230 的主面(幅宽部 5 以外的主面)2a、2b 上。第一检测电极 40 为用于检测基于由科里奥利力产生的第一检测振动臂 230 弯曲的信号(第一检测信号)的电极。

[0168] 第二检测电极 42 被设置于第一检测振动臂 230 上。在图示的例子中,第二检测电极 42 被设置于第一检测振动臂 230 的侧面 3 以及幅宽部 5 上。第二检测电极 42 为,用于检测基于由科里奥利力产生的第一检测振动臂 230 的弯曲的信号(第一检测信号)的电极。第二检测电极 42 例如为相对于第一检测信号而具有成为基准的电位的电极。

[0169] 第三检测电极 44 被设置于第二检测振动臂 232 上。在图示的例子中,第三检测电极 44 被设置于第二检测振动臂 232 的主面(幅宽部 5 以外的主面)2a、2b 上。第三检测电极 44 例如相对于经过中心点 G 并与 XZ 平面平行的面而与第一检测电极 40 呈面对称配置。第三检测电极 44 为,用于检测基于由科里奥利力产生的第二检测振动臂 232 的弯曲的信号(第二检测信号)的电极。

[0170] 第四检测电极 46 被设置于第二检测振动臂 232 上。在图示的例子中,第四检测电极 46 被设置于第二检测振动臂 232 的侧面 3 以及幅宽部 5 上。第四检测电极 46 例如相对于经过中心点 G 并与 XZ 平面平行的面而与第二检测电极 42 呈面对称配置。第四检测电极 46 为,用于检测基于由科里奥利力产生的第二检测振动臂 232 的弯曲的信号(第二检测信号)的电极。第四检测电极 46 例如为相对于第二检测信号而具有成为基准的电位的电极。

[0171] 此外,可以在振动臂 220、222、224、226、230、232 的主面 2a、2b 上设置有槽部,还可以将电极 30、32、40、44 设置在该槽部内,但对此未予图示。

[0172] 驱动输入布线 50 被设置于基部 10、连结臂 210、212、第二支承部 242、第三梁部 254 上。在图示的例子中,驱动输入布线 50 被设置于基部 10 的第一主面 2a 以及侧面 3、第一连结臂 210 的第一主面 2a、第二连结臂 212 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第二支承部 242 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第三梁部 254 的侧面 3 上。通过驱动输入布线 50,将设置于振动臂 220、222、224、226 上的驱动输入电极 30 相互电连接。设置于第二支承部 242 上的驱动输入布线 50 为端子部 50a。在图示的例子中,端子部 50a 的平面形状为矩形。端子部 50a 连接于外部部件(例如,接合引线),从驱动电路 440 输出的驱动信号经由外部部件以及驱动输入布线 50 被向驱动输入电极 30 输入。

[0173] 驱动输出布线 52 被设置于基部 10、连结臂 210、212、第一支承部 240、第一梁部 250 上。在图示的例子中,驱动输出布线 52 被设置于基部 10 的第二主面 2b、第一连结臂 210 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第二连结臂 212 的第二主面 2b 以及侧面 3、第一支承部 240 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第一梁部 250 的第二主面 2b 以及侧面 3 上。通过驱动输出布线 52,将设置于振动臂 220、222、224、226 上的驱动输出电极 32 相互电连接。设置于第一支承部 240 上的驱动输出布线 52 为端子部 52a。在图示的例子中,端子部 52a 的平面形状为矩形。端子部 52a 连接于外部部件(例如,接合引线),从驱动输出电极 32 输出的信号经由驱动输出布线 52 以及外部部件被向驱动电路 440 输入。

[0174] 第一检测布线 60 被设置于基部 10、第一支承部 240、第二梁部 252 上。在图示的例子中,第一检测布线 60 被设置于基部 10 的主面 2a、2b、第一支承部 240 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第二梁部 252 的第一主面 2a 以及侧面 3 上。第一检测布线 60 连接于第一检测电极 40。设置于第一支承部 240 上的第一检测布线 60 为端子部 60a。在图示的例子中,端子部 60a 的平面形状为矩形。端子部 60a 连接于外部部件(例如,接合引线),从第一检测电极 40 输出的第一检测信号经由第一检测布线 60 以及外部部件被向检测电路 450 的电荷放大器 451 输入。

[0175] 第二检测布线 62 被设置于基部 10、第一支承部 240、第二梁部 252 上。在图示的例子中,第二检测布线 62 被设置于基部 10 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第一支承部 240 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第二梁部 252 的主面 2a、2b 以及侧面 3 上。第二检测布线 62 连接于第二检测电极 42。设置于第一支承部 240 上的第二检测布线 62 为端子部 62a。在图示的例子中,端子部 62a 的平面形状为矩形。端子部 62a 连接于外部部件(例如,接合引线),经由第二检测布线 62 以及外部部件向第二检测电极 42 输入固定的电位,具体地说输入接地电位。

[0176] 第三检测布线 64 被设置于基部 10、第二支承部 242、第四梁部 256 上。在图示的例子中,第三检测布线 64 被设置于基部 10 的主面 2a、2b、第二支承部 242 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第四梁部 256 的第一主面 2a 以及侧面 3 上。第三检测布线 64 连接于第三检测电极 44。设置于第二支承部 242 上的第三检测布线 64 为端子部 64a。在图示的例子中,端子部 64a 的平面形状为矩形。端子部 64a 连接于外部部件(例如,接合引线),从第三检测电极 44 输出的第二检测信号经由第三检测布线 64 以及外部部件被向检测电路 450 的电荷放大器 452 输入。

[0177] 第四检测布线 66 被设置于基部 10、第二支承部 242、第四梁部 256 上。在图示的例子中,第四检测布线 66 被设置于基部 10 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第二支承部 242 的主面 2a、2b 以及侧面 3、第四梁部 256 的主面 2a、2b 以及侧面 3 上。第四检测布线 66 连接于第四检测电极 46。设置于第二支承部 242 上的第四检测布线 66 为端子部 66a。在图示的例子中,端子部 66a 的平面形状为矩形。端子部 66a 连接于外部部件(例如,接合引线),经由第四检测布线 66 以及外部部件向第四检测电极 46 输入固定的电位,具体地说输入接地电位。

[0178] 此外,在图 9、图 10 中,用粗线示出设置于振动片 1 的侧面 3 上的电极 30、32、40、42、44、46、布线 50、52、60、62、64、66。

[0179] 接下来,对振动元件 100 的动作进行说明。图 11(A) 以及图 11(B) 为用于对振动元件 100 的动作进行说明的俯视图。此外,为了方便说明,在图 11(A) 以及图 11(B) 中,省略基部 10、连结臂 210、212 以及振动臂 220、222、224、226、230、232 以外的部件的图示。

[0180] 如图 11(A) 所示,振动元件 100 当在未被施加角速度的状态下在设置于驱动振动臂 220、222、224、226 上的驱动输入电极 30 外加预定的交流电压时,在 XY 平面内沿箭头 A 的方向进行弯曲振动(驱动模式)。此时,驱动振动臂 220、222 与驱动振动臂 224、226 相对于经过中心点 G 并与 YZ 平面平行的面而进行面对称的振动。因此,基部 10、连结臂 210、212 以及检测振动臂 230、232 几乎不振动。

[0181] 在驱动振动臂 220、222、224、226 进行这样的驱动振动的状态下,如图 11(B) 所示,如果对振动元件 100 施加围绕 Z 轴的角速度 ω ,则在驱动振动臂 220、222、224、226 上科里奥利力产生作用。由此,驱动振动臂 220、222、224、226 沿箭头 B 的方向振动。该箭头 B 的方向的振动为相对于中心点 G 的周方向的振动。而且,利用驱动振动臂 220、222、224、226 的振动使连结臂 210、212 沿箭头 B 的方向振动。该振动经由基部 10 被向检测振动臂 230、232 传递,使检测振动臂 230、232 如箭头 C 所示进行振动(检测模式)。箭头 C 的方向的振动为相对于中心点 G 在周方向呈与箭头 B 相反方向的振动。利用该检测振动臂 230、232 的弯曲振动,在第一检测电极 40 以及第三检测电极 44 上分别产生第一检测信号以及第二检

测信号。

[0182] 此时,第一检测信号的电极性与第二检测信号的电极性相反。例如,当在第一检测电极 40 产生正的电荷 $\delta +$ 时,在第三检测电极 44 产生负的电荷 $\delta -$,当在第一检测电极 40 产生负的电荷 $\delta -$ 时,在第三检测电极 44 产生正的电荷 $\delta +$ 。第一检测信号从端子部 60a 向检测电路 450 输出,第二检测信号从端子部 64a 向检测电路 450 输出,检测电路 450 能够利用这些检测信号求出围绕 Z 轴的角速度。

[0183] 在本实施方式所涉及的物理量检测装置 400 中,由于与振动元件 100 的主面 2a、2b 垂直的 Z 轴为检测轴,因此如图 6 所示,即使将主面 2a、2b 与安装基板 300 平行安装,检测轴也不与安装基板 300 的振动方向一致,几乎不存在检测电路 450 的输出信号饱和的可能性。然而,如图 12 所示,也存在主面 2a、2b 与安装基板 300 垂直安装的情况,在这种情况下,检测轴容易与安装基板 300 的振动方向一致,检测电路 450 的输出信号有可能饱和。

[0184] 然而,在本实施方式所涉及的物理量检测装置 400 中,由于在 AC 放大电路 455 之前的部分上设置与第一实施方式相同的滤波电路 454,因此即使安装基板 300 以接近失调频率 Δf 的频率进行旋转振动,也会通过滤波电路 454 除去接近 f_{dt} 的频率成分的信号。由此,减少了检测电路 450 的输出信号饱和的可能性。因此,由于抑制了检测电路 450 的输出信号的中心电压(0 点电压)的变动,因此能够实现检测精度高并且充分抗受振动或冲击且安装位置的自由度较高的牢固的物理量检测装置 400。

[0185] 1-3. 第三实施方式

[0186] 图 13 为第三实施方式所涉及的物理量检测装置 400 的功能框图。在图 13 中,对于与图 1 相同的构成要素标注相同的符号。如图 13 所示,在第三实施方式所涉及的物理量检测装置 400 中,差动放大电路 453 的输出信号被向 AC 放大电路 455 输入,经 AC 放大电路 455 放大后的信号被向滤波电路 454 输入。

[0187] 滤波电路 454 与第一实施方式相同,作为如下滤波部发挥功能,即,作为截止频率 f_c 处于振动元件 100 的驱动模式的谐振频率 f_{dr} 与检测模式的谐振频率 f_{dt} 之间且在通频带中包含驱动模式的谐振频率 f_{dr} 的滤波部。滤波电路 454 在振动元件 100 处于 $f_{dr} < f_{dt}$ 的关系的情况下构成为低通滤波器,在振动元件 100 处于 $f_{dr} > f_{dt}$ 的关系的情况下构成为高通滤波器。滤波电路 454 的输出信号被向同步检波电路 456 输入。

[0188] 第三实施方式所涉及的物理量检测装置 400 的其他结构与第一实施方式或者第二实施方式所涉及的物理量检测装置 400 相同,因此省略说明。

[0189] 根据该第三实施方式所涉及的物理量检测装置 400,与第一实施方式或者第二实施方式所涉及的物理量检测装置 400 相同,通过在 AC 放大电路 455 之前的部分上设置滤波电路 454,即使施加接近振动元件 100 的失调频率 Δf 的频率的旋转振动,也能够减少检测电路 450 的输出信号饱和的可能性。因此,由于抑制了检测电路 450 的输出信号的中心电压(0 点电压)的变动,因此能够实现检测精度高并且充分抗受振动或冲击且安装位置的自由度较高的牢固的物理量检测装置 400。

[0190] 特别是,由于通过将滤波电路 454 设置在同步检波电路 456 之前的部分上,能够减少同步检波电路 456 的输出信号饱和的可能性,因此与通过平滑电路 457 除去由旋转振动产生的频率 f_1 的信号的情况相比更有利。

[0191] 1-4. 第四实施方式

[0192] 第四实施方式所涉及的物理量检测装置 400 与第一实施方式至第三实施方式所涉及的物理量检测装置的区别在于,滤波电路 454 构成为带通滤波器。第四实施方式所涉及的物理量检测装置的功能框图与图 1 或者图 13 相同,因此省略其图示以及说明。

[0193] 图 14 为表示本实施方式所涉及的滤波电路 454 的滤波特性的一个例子的图。如图 14 所示,滤波电路 454 构成为:在通频带中含有 f_{dr} ,并且低频率侧的截止频率 f_{c1} 比驱动模式的谐振频率 f_{dr} 与失调频率 Δf 之差 $f_{dr} - \Delta f$ 大,并且高频率侧的截止频率 f_{c2} 比驱动模式的谐振频率 f_{dr} 与失调频率 Δf 之和 $f_{dr} + \Delta f$ 小。如此一来,当施加接近失调频率 Δf 的频率 f_1 的旋转振动时,无论是振动元件 100 的检测信号所含的频率成分 $f_{dr} - f_1$ 的信号还是频率成分 $f_{dr} + f_1$ 的信号均被滤波电路 454 除去,在同步检波电路 456 中,这些信号未被同步检波。

[0194] 因此,根据第四实施方式所涉及的物理量检测装置 400,与第一实施方式至第三实施方式所涉及的物理量检测装置 400 相比,能够进一步减少同步检波电路 456 的输出信号饱和的可能性。

[0195] 2. 电子设备

[0196] 接下来,参照附图对本实施方式所涉及的电子设备进行说明。本实施方式所涉及的电子设备包括本发明所涉及的物理量检测装置。以下,作为本发明所涉及的物理量检测装置,对包括物理量检测装置 400 的电子设备进行说明。

[0197] 图 15 为示意性示出作为本实施方式所涉及的电子设备的移动式(或者笔记本式)的个人计算机 1100 的立体图。

[0198] 如图 15 所示,个人计算机 1100 由具备键盘 1102 的主体部 1104、和具有显示部 1108 的显示单元 1106 构成,并且显示单元 1106 经由铰接结构部而被支承为能够相对于主体部 1104 进行转动。

[0199] 在这样的个人计算机 1100 中内置有物理量检测装置 400。

[0200] 图 16 为示意性示出作为本实施方式所涉及的电子设备的便携式电话机(包括 PHS:Personal Handy-phone System:个人手持式电话系统)1200 的立体图。

[0201] 如图 16 所示,便携式电话机 1200 具备多个操作按钮 1202、听筒 1204 以及话筒 1206,在操作按钮 1202 与听筒 1204 之间配置有显示部 1208。

[0202] 在这样的便携式电话机 1200 中内置有物理量检测装置 400。

[0203] 图 17 示意性示出作为本实施方式所涉及的电子设备的数码照相机 1300 的立体图。此外,在图 17 中还简单地示出与外部设备之间的连接。

[0204] 在此,通常的照相机通过被摄物体的光像而使氯化银照片胶卷感光,与此相对,数码照相机 1300 通过 CCD(Charge Coupled Device:电荷耦合装置)等摄像元件对被摄物体的光像进行光电转换,进而生成摄像信号(图像信号)。

[0205] 在数码照相机 1300 的壳体(机身)1302 的背面上设置有显示部 1310,并且成为了根据 CCD 发出的摄像信号而进行显示的结构,显示部 1310 作为将被摄物体显示为电子图像的取景器而发挥功能。

[0206] 另外,在壳体 1302 的正面侧(图中背面侧),设置有包括光学透镜(摄像光学系统)与 CCD 等在内的受光单元 1304。

[0207] 当摄影者对被显示在显示部 1310 上的被摄物体图像进行确认,并按下快门按钮

1306 时,该时间点的 CCD 的摄像信号将被传送并存储于存储器 1308 中。

[0208] 另外,在该数码照相机 1300 中,在壳体 1302 的侧面设置有视频信号输出端子 1312、数据通信用的输入输出端子 1314。此外,根据需要,分别在视频信号输出端子 1312 连接电视监视器 1430,在数据通信用的输入输出端子 1314 连接个人计算机 1440。而且,成为如下的结构,即,通过预定的操作而使存储于存储器 1308 中的摄像信号向电视监视器 1430 或个人计算机 1440 输出。

[0209] 在这样的数码照相机 1300 中内置有物理量检测装置 400。

[0210] 此外,具有物理量检测装置 400 的电子设备,除了能够应用于图 15 所示的个人计算机(移动式个人计算机)、图 16 所示的便携式电话机,图 17 所示的数码照相机之外,例如可以应用于喷墨式喷出装置(例如喷墨打印机)、膝上型个人计算机、电视机、摄像机、录像机、各种导航装置、寻呼机、电子记事本(也包括带有通信功能的产品)、电子词典、电子计算器、电子游戏机设备、头戴式显示器、文字处理器、工作站、可视电话、防盗用视频监视器、电子双筒望远镜、POS(point of sale)终端、医疗设备(例如电子体温计、血压计、血糖仪、心电图测量装置、超声波诊断装置、电子内视镜)、鱼群探测器、各种测量设备、计量仪器类(例如,车辆、飞机、船舶的计量仪器类)、机器人或人体等的姿态控制、飞行模拟器等。

[0211] 在本实施方式所涉及的电子设备中,包括检测灵敏度高的物理量检测装置 400。因此,本实施方式所涉及的电子设备能够具有良好的特性。

[0212] 3. 移动体

[0213] 接下来,参照附图对本实施方式所涉及的移动体进行说明。本实施方式所涉及的移动体包括本发明所涉及的物理量检测装置。以下,作为本发明所涉及的物理量检测装置,对包括物理量检测装置 400 的移动体进行说明。

[0214] 图 18 为示意性示出作为本实施方式所涉及的移动体的汽车 1500 的立体图。

[0215] 在汽车 1500 中内置有物理量检测装置 400。具体地说,如图 18 所示,在汽车 1500 的车身 1502 中搭载有内置检测汽车 1500 的角速度的振动元件 100 并对发动机的输出进行控制的电子控制单元(ECU:Electronic Control Unit)1504。另外,除此之外,功能元件 1 还可以广泛应用于车身姿态控制单元、防抱死制动系统(ABS)、安全气囊、轮胎压力监测系统(TPMS:Tire Pressure Monitoring System)中。

[0216] 在本实施方式所涉及的移动体中,包括检测灵敏度高的物理量检测装置 400。因此,本实施方式所涉及的移动体能够具有良好的特性。

[0217] 本发明并不局限于本实施方式,可以在本发明的主旨的范围内实施各种的变形。

[0218] 例如,振动元件 100 的振动片 1 除了 H 型或双 T 型以外,例如可以是、音叉型、梳齿型,还可以是三棱柱、四棱柱、圆柱状等形状的音片型,或者是三脚型。

[0219] 另外,作为振动片 1 的材料,并不局限于水晶(SiO_2)、钽酸锂(LiTaO_3)、铌酸锂(LiNbO_3)等压电单结晶的压电材料,可以使用锆钛酸铅(PZT)等压电陶瓷等的压电性材料。

[0220] 另外,振动元件 100 例如可以由硅半导体构成振动片 1,并在振动片 1(硅半导体)的表面的一部分上配置被电极包夹的氧化锌(ZnO)、氮化铝(AlN)等压电薄膜的结构。

[0221] 另外,振动元件 100 除了压电型的振动元件以外,还可以是动电型、静电电容型(硅 MEMS 等)、涡电流型、光学型、应变测量式型等振动元件。

[0222] 另外,振动元件 100 所检测的物理量并不局限于角速度,可以是角加速度、加速

度、速度、力等。即,检测电路 450 或物理量检测装置 400 不局限于输出角速度,可以输出与角加速度、加速度、速度、力等的大小相应的信号。

[0223] 上述的实施方式以及改变例为一个例子,并不局限于此。例如,还可以适当地组合各实施方式以及各改变例。

[0224] 本发明包括与在实施方式中说明的结构实质相同的结构(例如,功能、方法以及结果相同的结构、或者目的以及效果相同的结构)。此外,本发明包括对在实施方式中说明的结构的非本质部分进行置换的结构。此外,本发明包括与在实施方式中说明的结构起到相同的作用效果的结构或者能够实现相同目的的结构。此外,本发明包括对在实施方式中说明的结构附加公知技术的结构。

[0225] 符号说明

[0226] 1...振动片、2a...第一主面、2b...第二主面、3...侧面、5...幅宽部、10...基部、30...驱动输入电极、32...驱动输出电极、40...第一检测电极、42...第二检测电极、44...第三检测电极、46...第四检测电极、50...驱动输入布线、50a...端子部、52...驱动输出布线、52a...端子部、60...第一检测布线、60a...端子部、62...第二检测布线、62a...端子部、64...第三检测布线、64a...端子部、66...第四检测布线、66a...端子部、70...固定电位布线、70a...端子部、100...振动元件、210...第一连结臂、212...第二连结臂、220...第一驱动振动臂、222...第二驱动振动臂、224...第三驱动振动臂、226...第四驱动振动臂、230...第一检测振动臂、231...贯通孔、232...第二检测振动臂、233...贯通孔、240...第一支承部、242...第二支承部、250...第一梁部、252...第二梁部、254...第三梁部、256...第四梁部、260...第一驱动检测振动臂、262...第二驱动检测振动臂、300...安装基板、400...物理量检测装置、440...驱动电路、441...I/V 转换电路、442...AC 放大电路、443...振幅调整电路、450...检测电路、451、452...电荷放大器、453...差动放大电路、454...滤波电路、455...AC 放大电路、456...同步检波电路、457...平滑电路、458...可变放大电路、459...滤波电路、1100...个人计算机、1102...键盘、1104...主体部、1106...显示单元、1108...显示部、1200...便携式电话机、1202...操作按钮、1204...听筒、1206...话筒、1208...显示部、1300...数码照相机、1302...壳体、1304...受光单元、1306...快门按钮、1308...存储器、1310...显示部、1312...视频信号输出端子、1314...输入输出端子、1430...电视监视器、1440...个人计算机、1500...汽车、1502...车身。

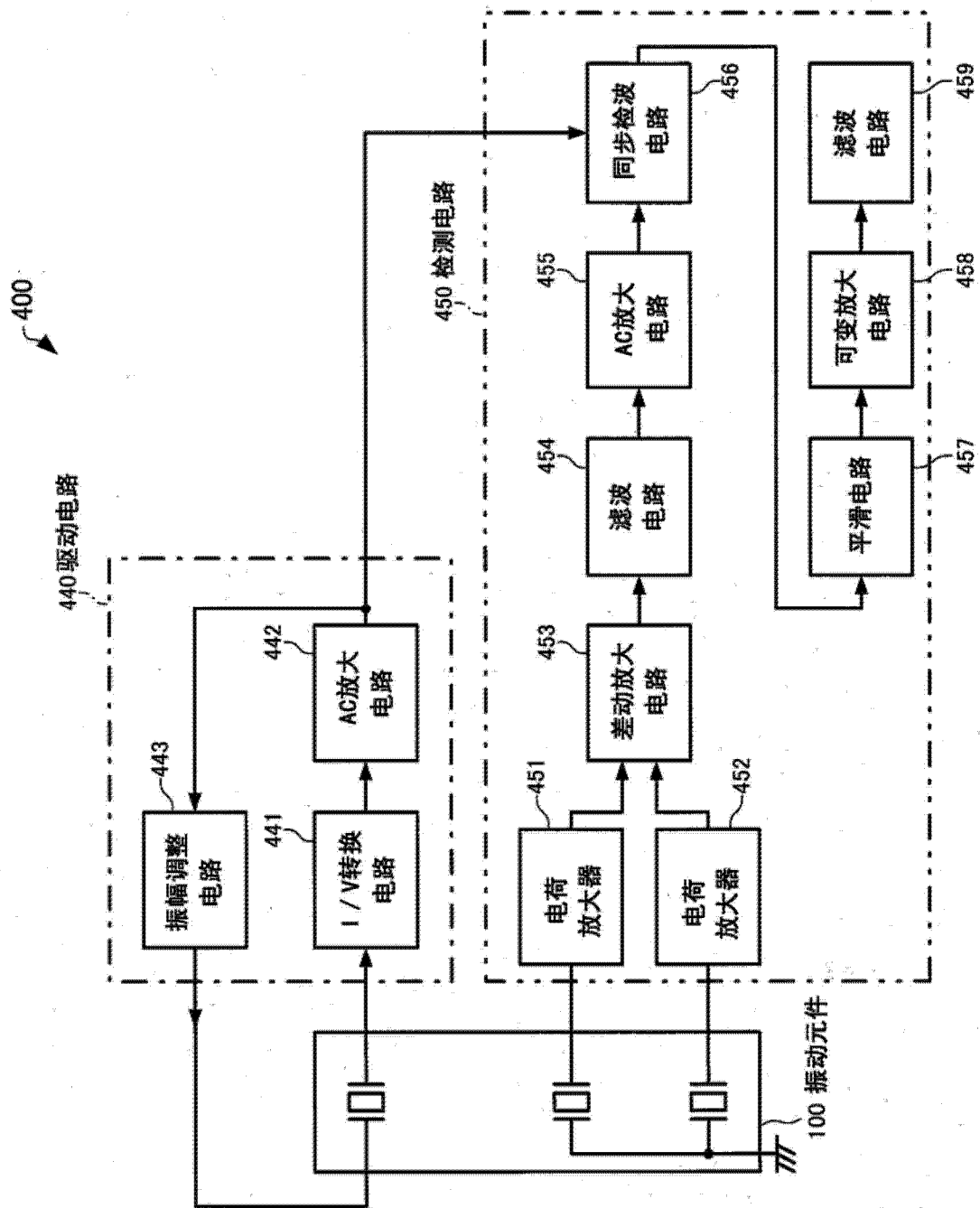


图 1

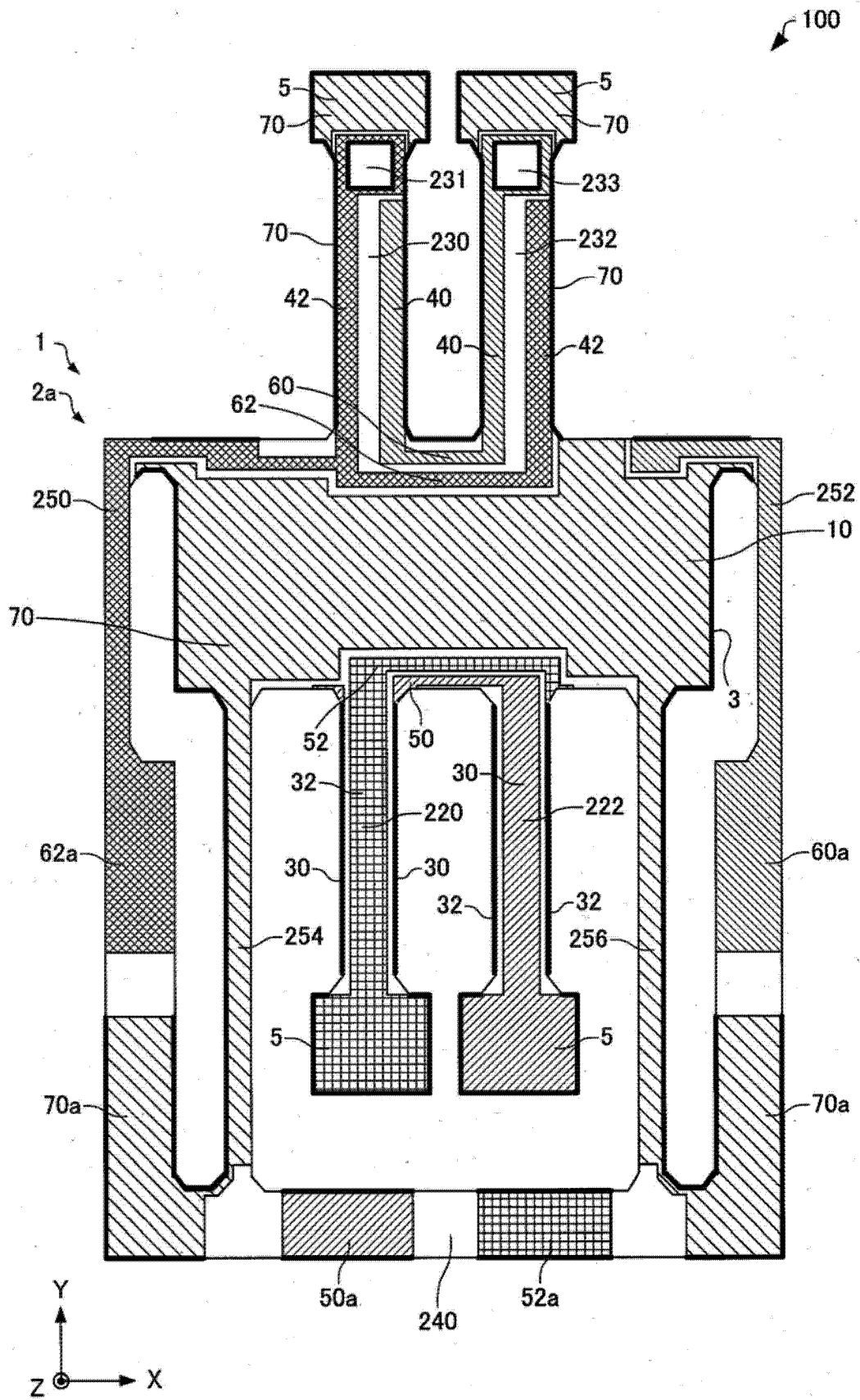


图 2

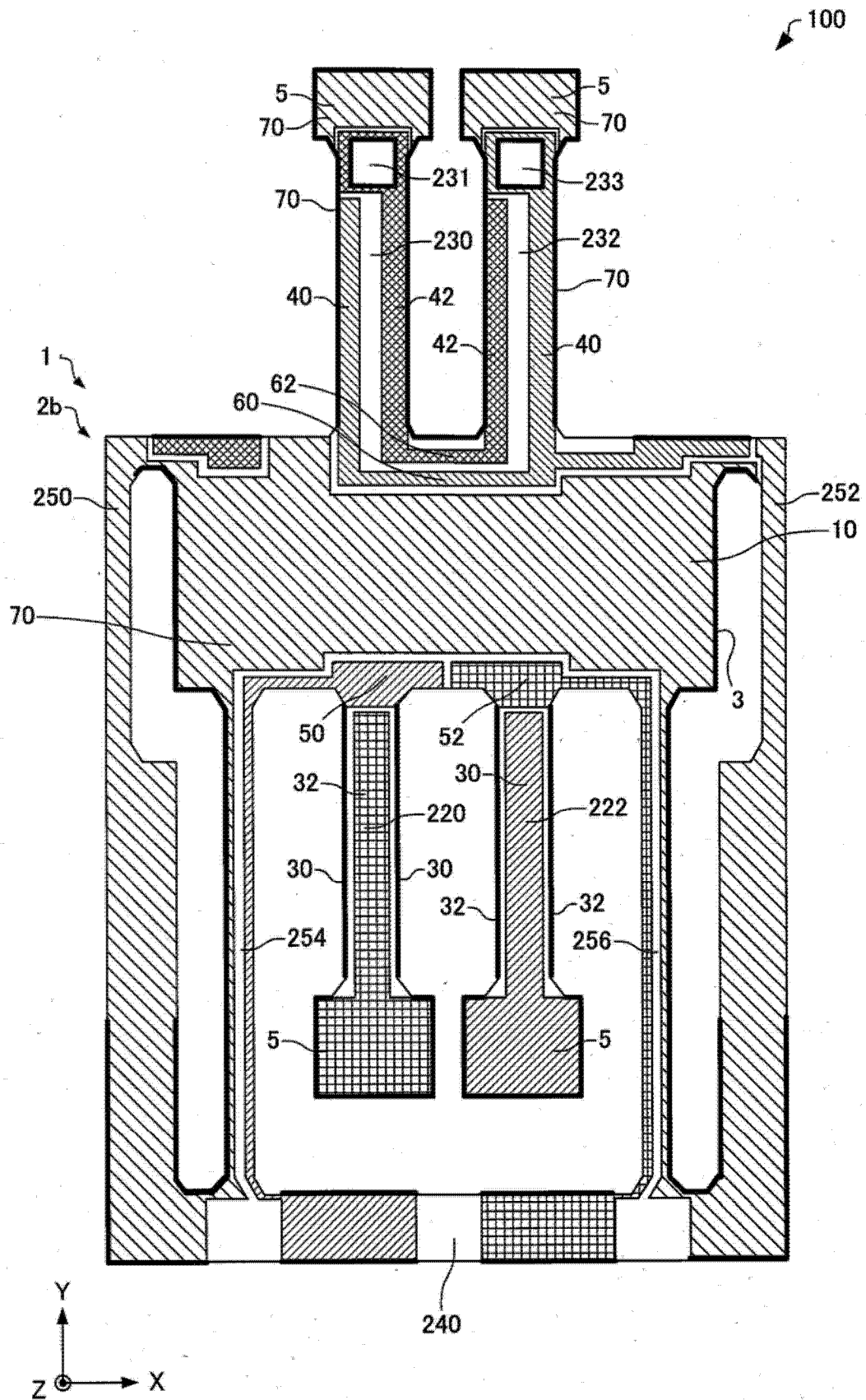


图 3

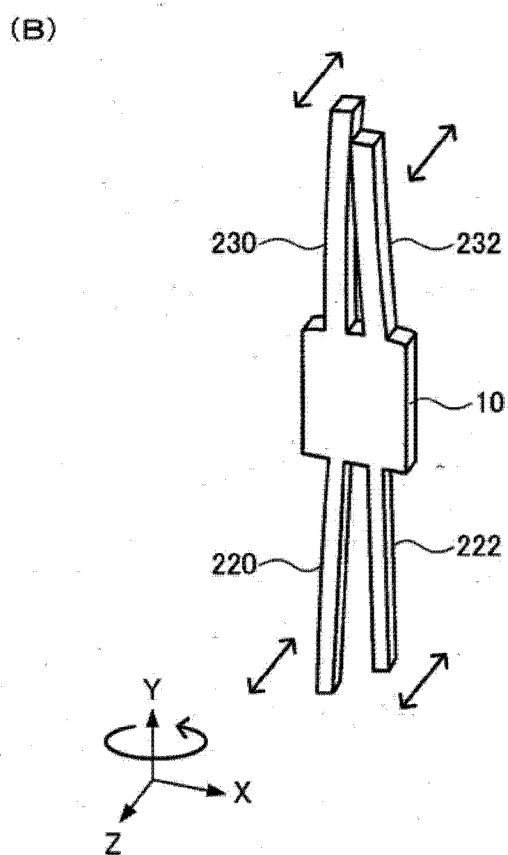
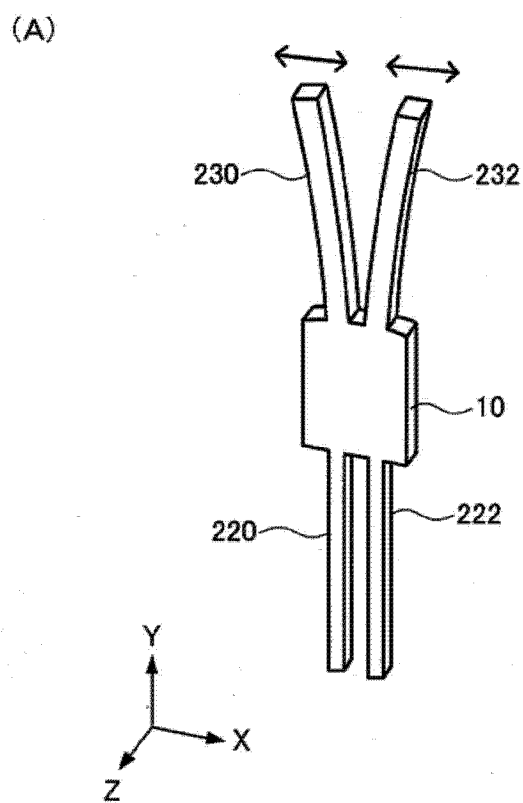


图 4

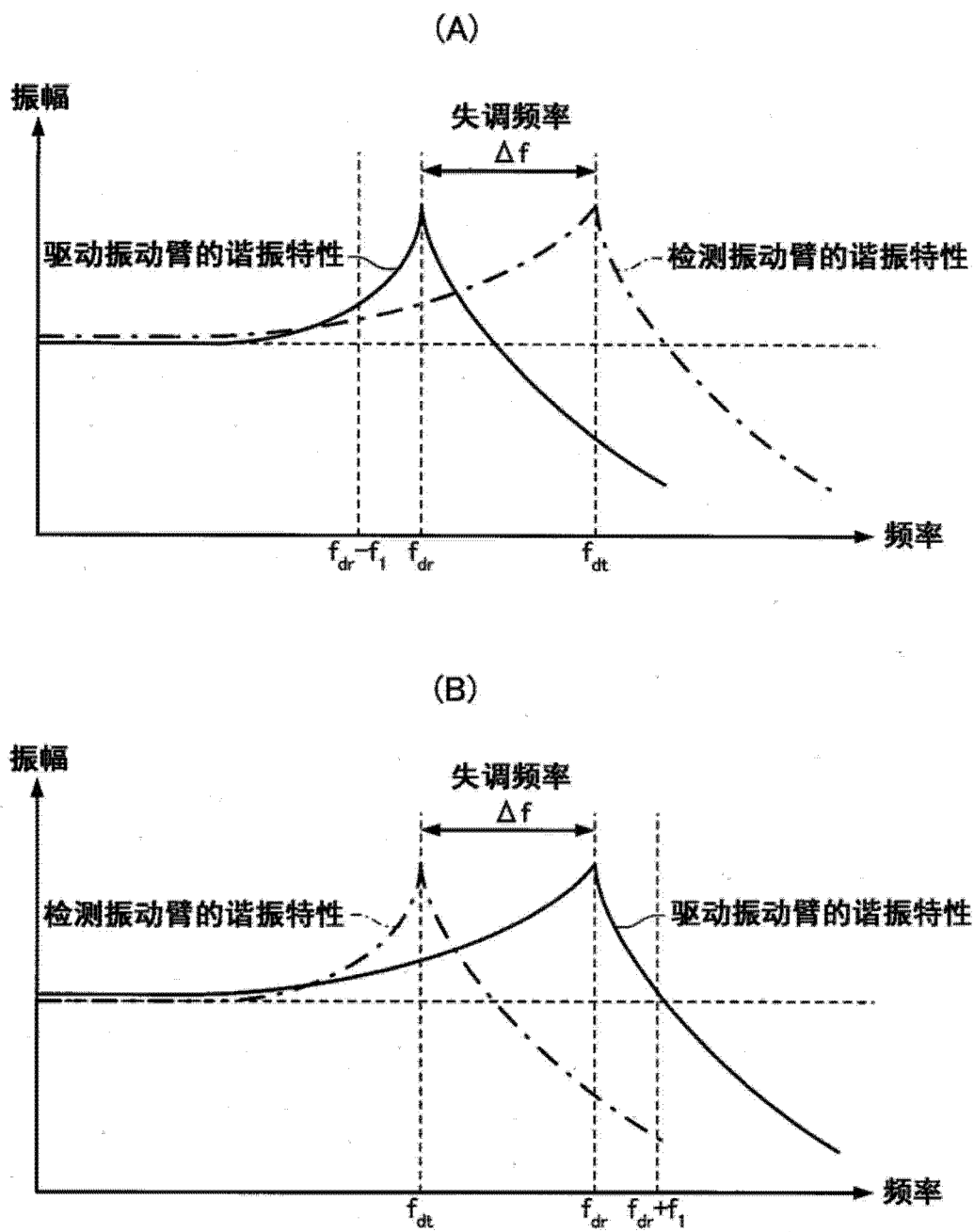


图 5

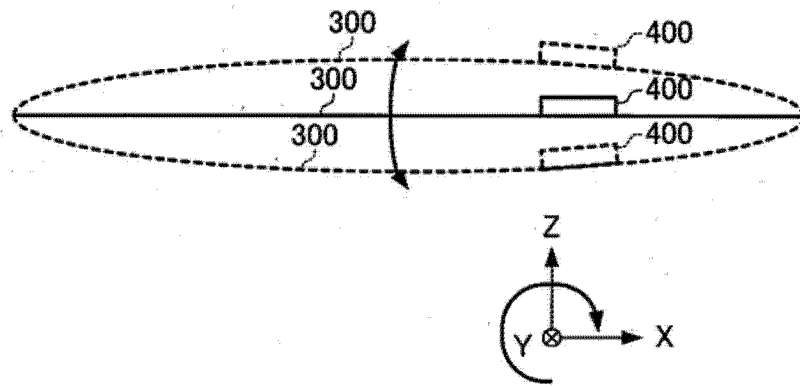


图 6

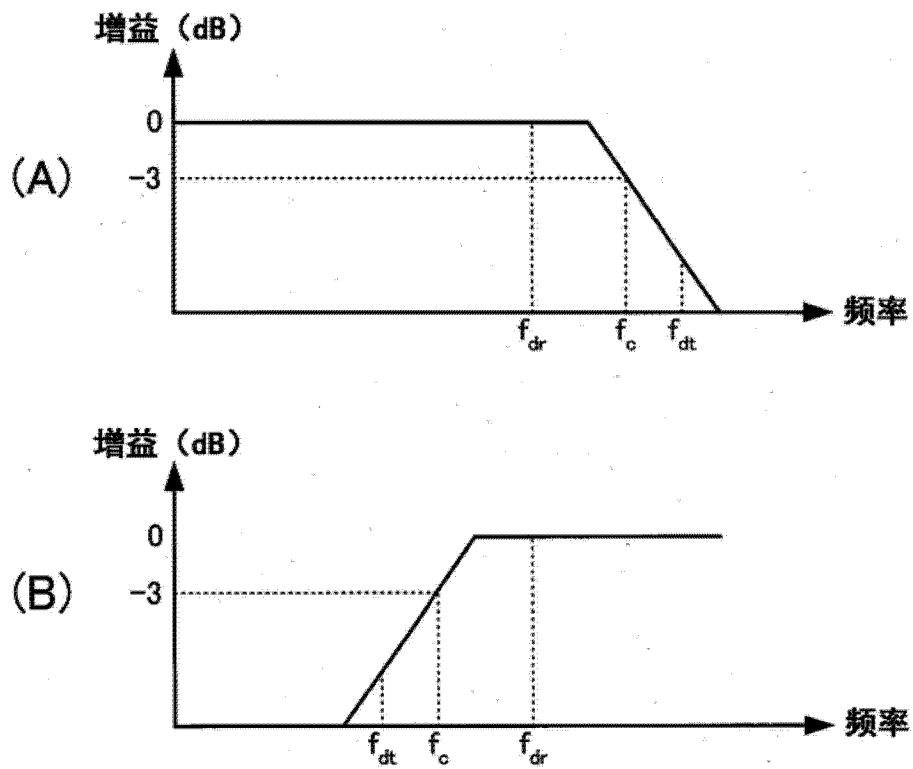


图 7

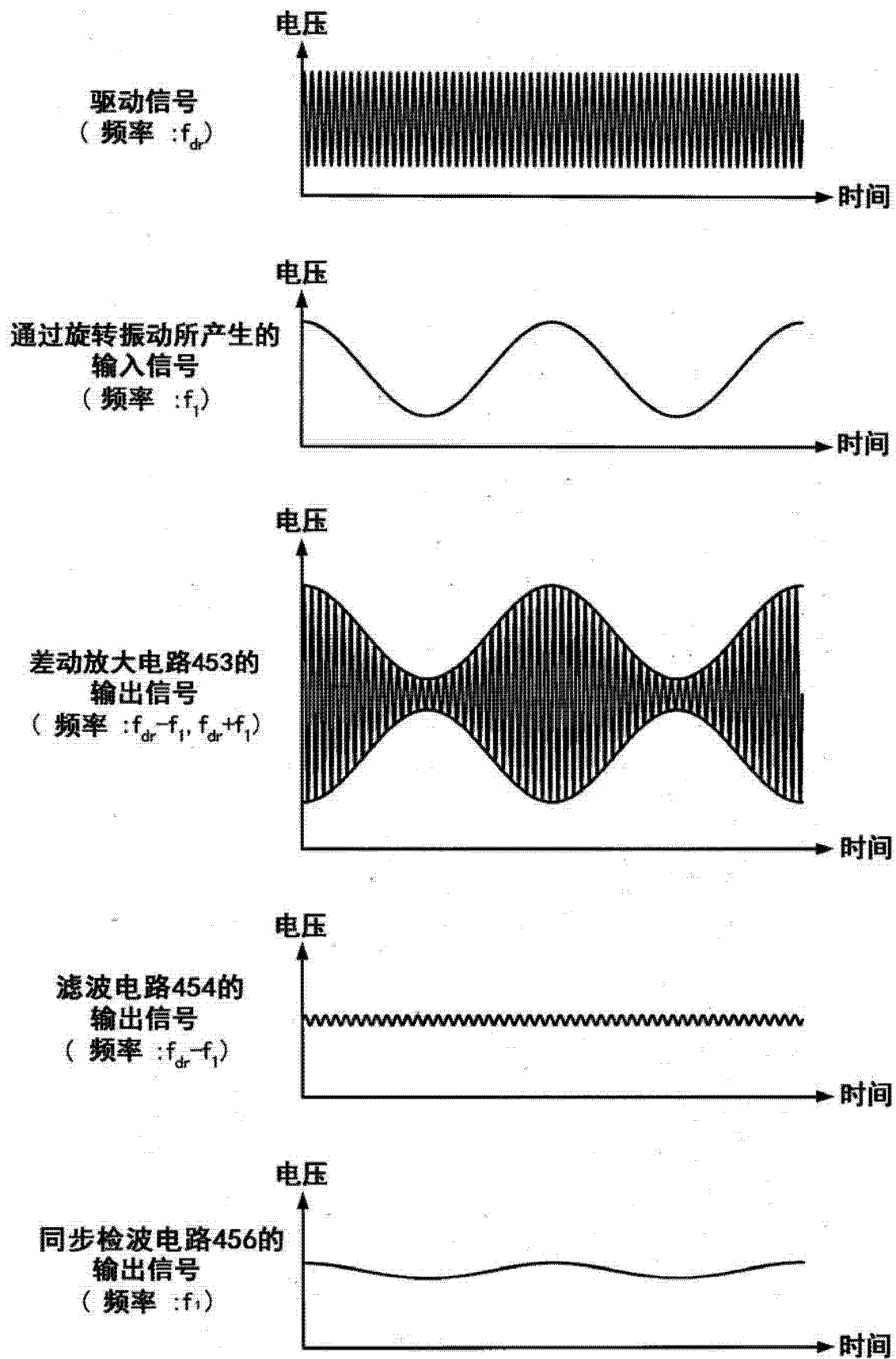


图 8

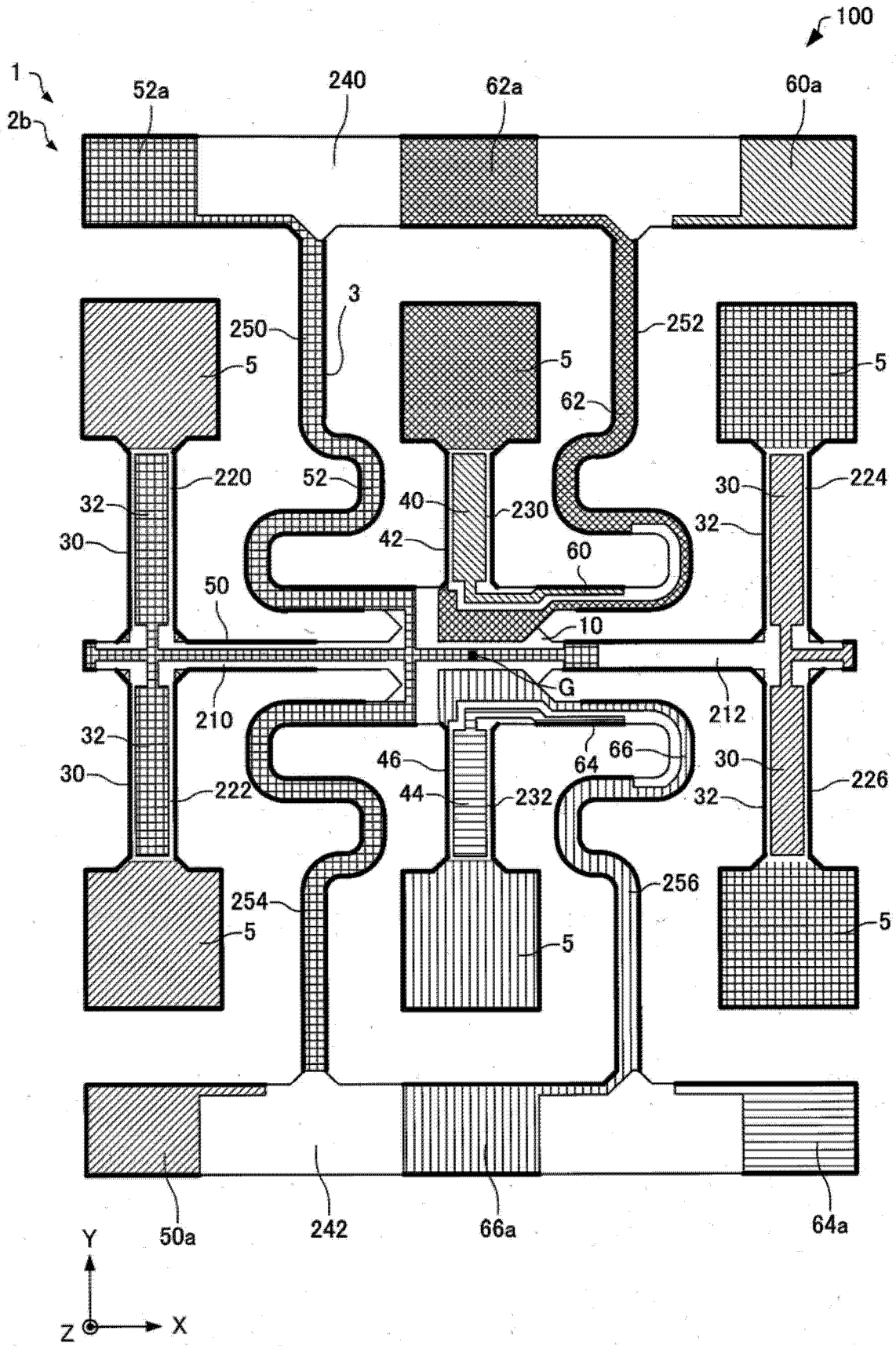


图 10

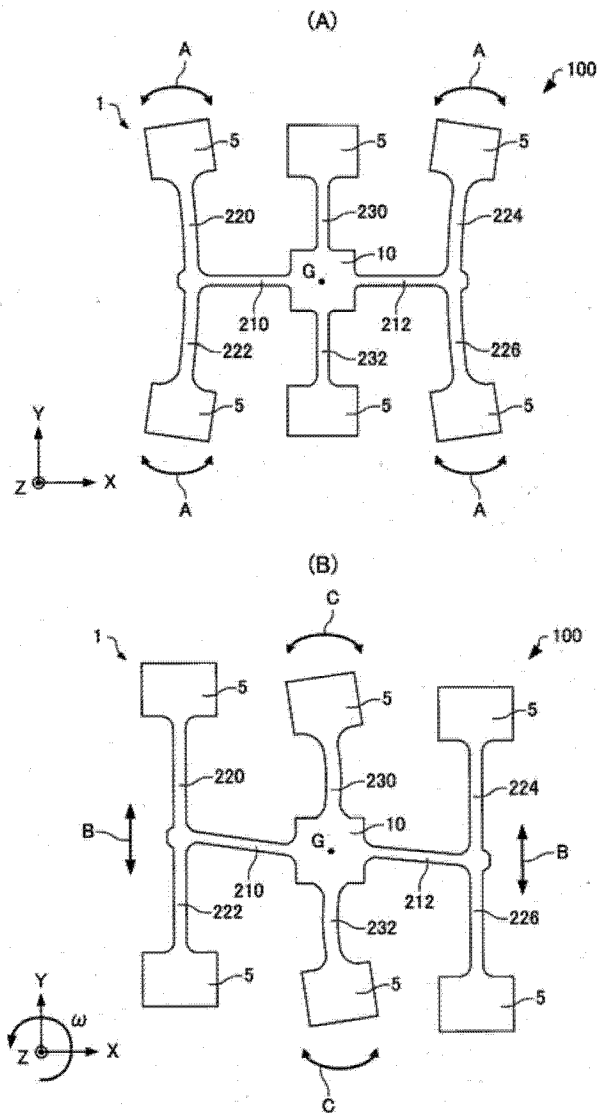


图 11

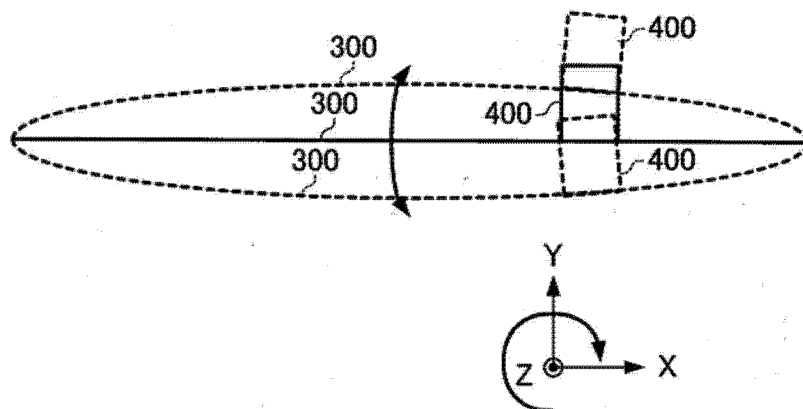


图 12

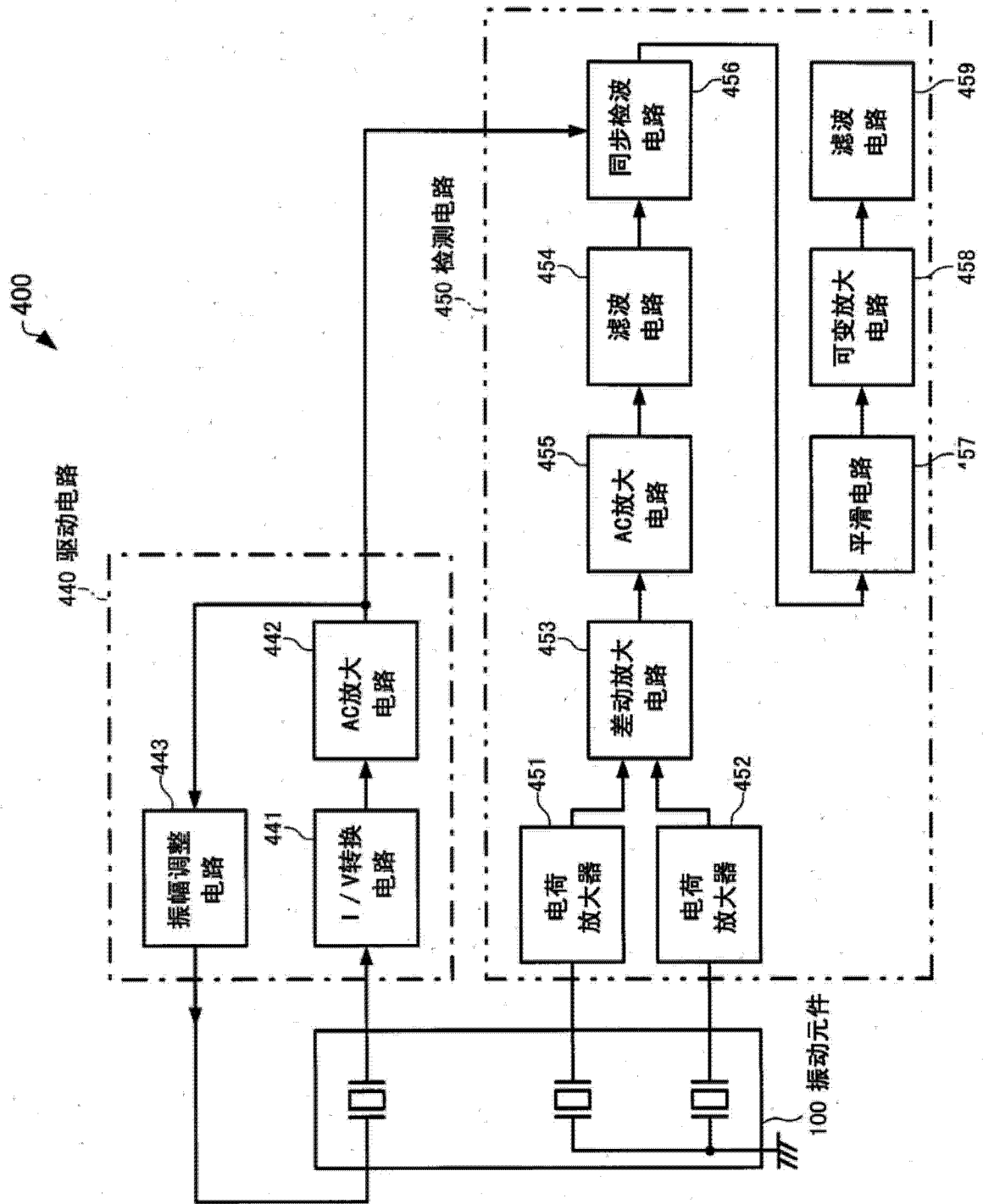


图 13

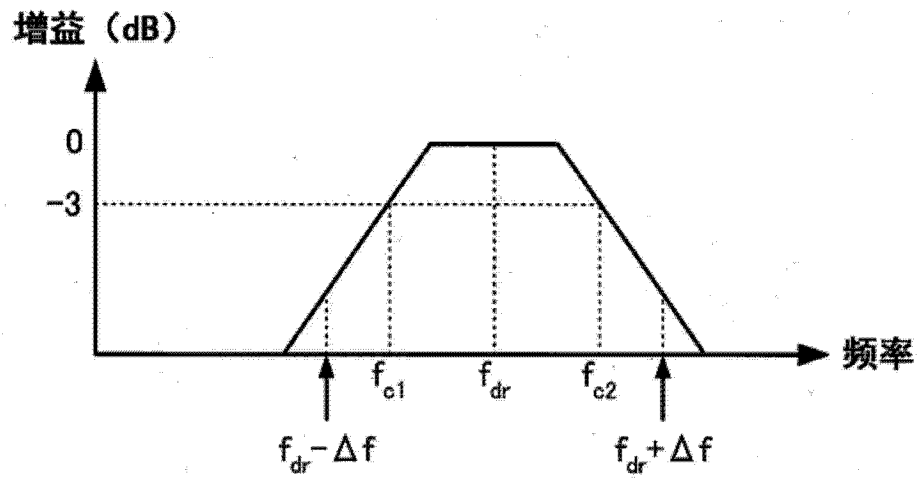


图 14

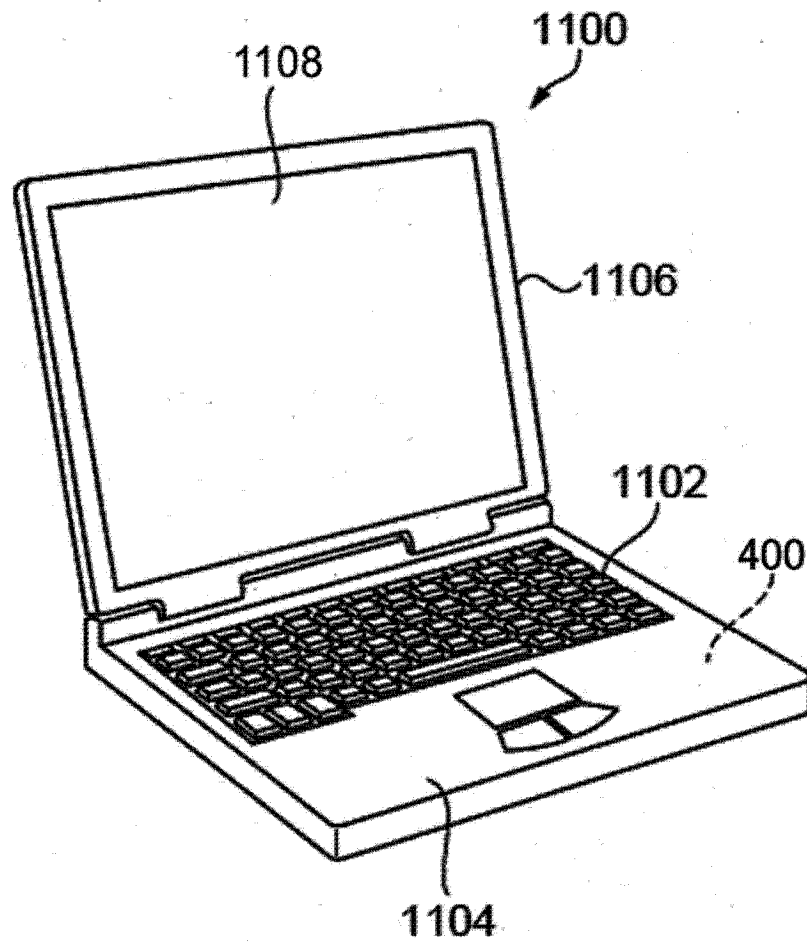


图 15

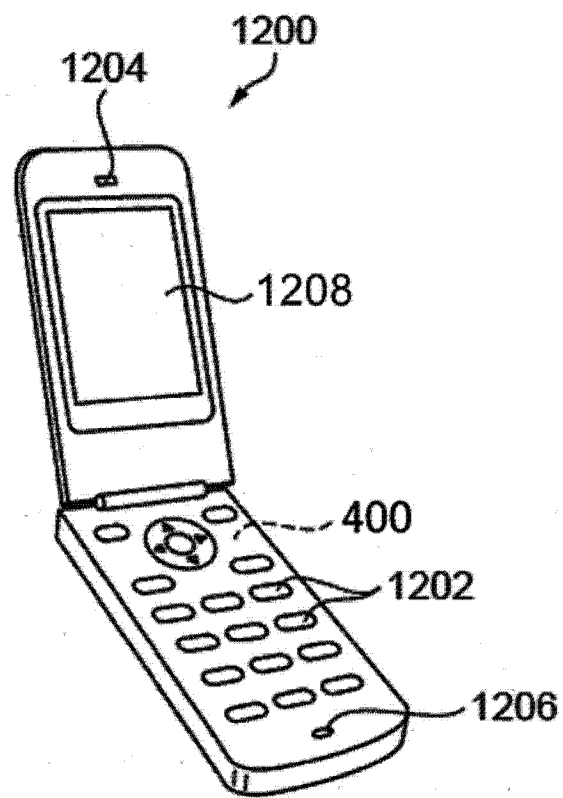


图 16

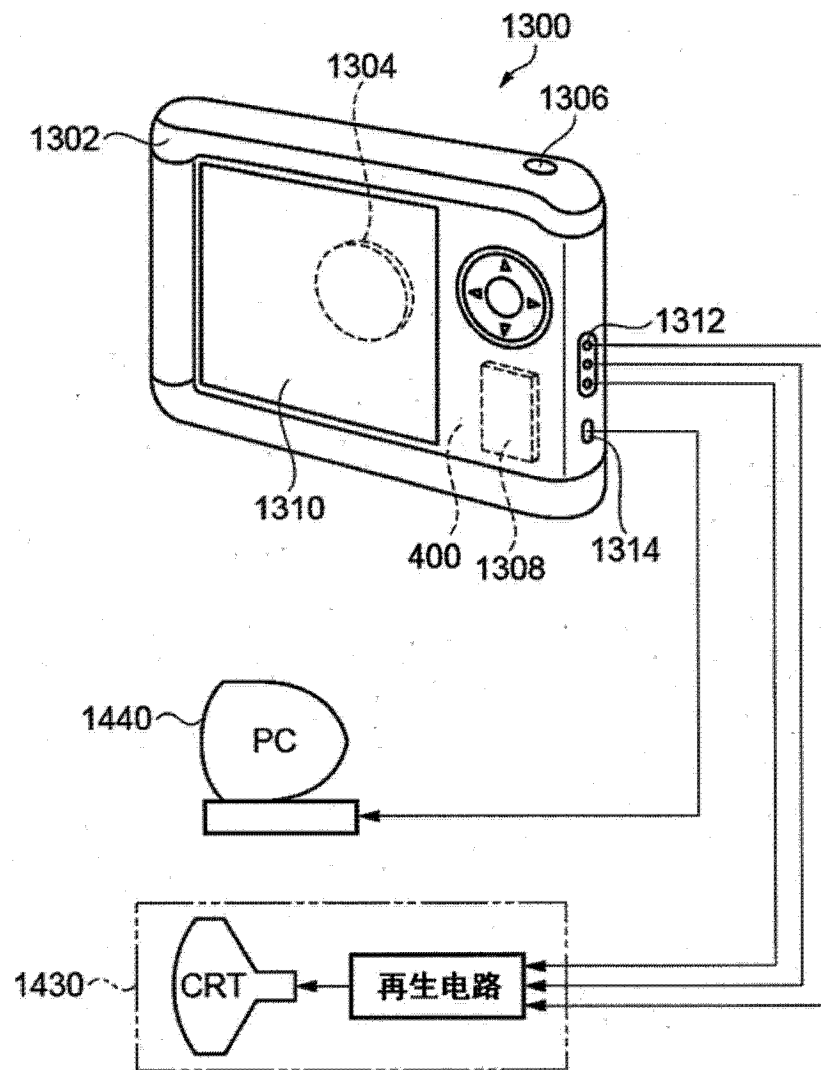


图 17

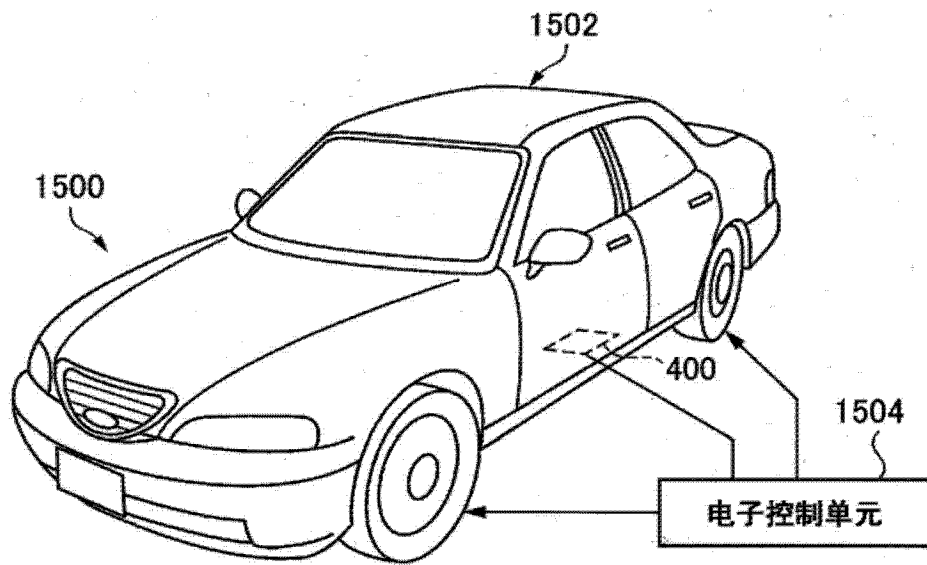


图 18