



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108627147 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 11

(21) 申请号 201810177778.8

(22) 申请日 2018.03.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108627147 A

(43) 申请公布日 2018.10.09

(30) 优先权数据
2017-057137 2017.03.23 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 松川典仁

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 邓毅 马建军

(51) Int.Cl.

G01C 19/56 (2012.01)

G01C 19/5642 (2012.01)

G01C 19/5663 (2012.01)

G01C 25/00 (2006.01)

(56) 对比文件

KR 101432786 B1, 2014.09.23

KR 20050061705 A, 2005.06.23

WO 2009125589 A1, 2009.10.15

JP 2010043962 A, 2010.02.25

CN 102803897 A, 2012.11.28

JP 2008175805 A, 2008.07.31

JP 2011257428 A, 2011.12.22

JP H07181042 A, 1995.07.18

审查员 陈卓

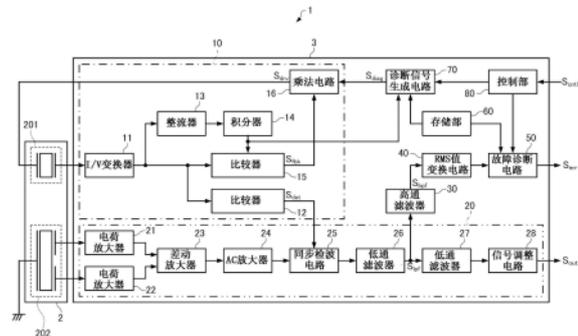
权利要求书2页 说明书16页 附图13页

(54) 发明名称

传感器元件控制装置、物理量传感器及其故障诊断方法

(57) 摘要

传感器元件控制装置、物理量传感器及其故障诊断方法。本发明提供一种传感器元件控制装置,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响的同时进行故障诊断。能够与具有驱动部和检测部的传感器元件连接的传感器元件控制装置具有:驱动电路,其向所述驱动部输出驱动信号;检测电路,其根据从所述检测部输出的信号生成检测信号;诊断信号生成电路,其生成具有失调频率的诊断信号,该失调频率是所述驱动部进行振动的频率即驱动频率与所述检测部进行振动的频率即检测频率之差的频率;以及故障诊断电路,其根据在所述驱动信号中叠加有所述诊断信号时从所述检测部输出的信号进行故障诊断。



1. 一种传感器元件控制装置,该传感器元件控制装置能够与具有驱动部和检测部的传感器元件连接,该传感器元件控制装置具有:

驱动电路,其向所述驱动部输出驱动信号;

检测电路,其根据从所述检测部输出的信号生成检测信号;

诊断信号生成电路,其生成具有失调频率的诊断信号,该失调频率是所述驱动部进行振动的频率即驱动频率与所述检测部进行振动的频率即检测频率之差的频率;以及

故障诊断电路,其根据在所述驱动信号中叠加有所述诊断信号时从所述检测部输出的信号进行故障诊断,

向所述传感器元件的所述驱动部输出叠加有具有所述失调频率的所述诊断信号的所述驱动信号,由此,所述传感器元件的所述检测部被激励,并以所述驱动频率与所述失调频率之和的检测频率进行振动。

2. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

叠加有所述诊断信号时的所述驱动信号的振幅按照所述失调频率而变化。

3. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

所述诊断信号的振幅是可变的。

4. 根据权利要求3所述的传感器元件控制装置,其中,

所述诊断信号生成电路根据从所述驱动部输出的信号的振幅,变更所述诊断信号的振幅。

5. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

所述检测电路具有对从所述检测部输出的信号进行同步检波的同步检波电路,

所述故障诊断电路根据对所述同步检波电路的输出信号进行通过频带包含所述失调频率的带通滤波处理而得到的信号,进行所述故障诊断。

6. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

所述传感器元件控制装置还包含存储所述失调频率的信息的存储部。

7. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

所述故障诊断电路在所述传感器元件控制装置起动时进行所述故障诊断。

8. 根据权利要求7所述的传感器元件控制装置,其中,

所述故障诊断电路在所述传感器元件控制装置起动后的规定时刻进一步进行所述故障诊断。

9. 根据权利要求1所述的传感器元件控制装置,其中,

所述故障诊断电路根据从所述驱动部输出的信号的振幅,变更用于所述故障诊断的阈值。

10. 根据权利要求1~9中的任意一项所述的传感器元件控制装置,其中,

所述诊断信号生成电路生成具有彼此不同的所述失调频率的多个所述诊断信号,

所述故障诊断电路根据在所述驱动信号中叠加有所述多个所述诊断信号中的各个诊断信号时从所述检测部输出的信号,进行所述故障诊断。

11. 一种物理量传感器,该物理量传感器具有权利要求1~10中的任意一项所述的传感器元件控制装置和所述传感器元件。

12. 根据权利要求11所述的物理量传感器,其中,

所述传感器元件的所述驱动部被所述驱动信号驱动而进行振动，
所述传感器元件的所述检测部输出基于物理量变化的信号。

13. 根据权利要求11所述的物理量传感器，其中，

所述传感器元件还具有连接所述检测部和所述驱动部的多个连接臂，
所述检测部具有检测用基部和从所述检测用基部延伸出的多个检测振动臂，
所述驱动部具有：

多个驱动用基部，它们通过所述多个连接臂中的各个连接臂而与所述检测用基部连接；以及

多个驱动振动臂，它们从所述多个驱动用基部中的各个驱动用基部延伸出。

14. 一种电子设备，该电子设备具有权利要求11~13中的任意一项所述的物理量传感器。

15. 一种移动体，该移动体具有权利要求11~13中的任意一项所述的物理量传感器。

16. 一种物理量传感器的故障诊断方法，该物理量传感器的故障诊断方法用于诊断物理量传感器的故障，该物理量传感器包含具有驱动部和检测部的传感器元件以及控制所述传感器元件的传感器元件控制装置，该物理量传感器的故障诊断方法包含以下步骤：

生成具有失调频率的诊断信号，该失调频率是所述驱动部进行振动的频率即驱动频率与
所述检测部进行振动的频率即检测频率之差的频率；

使所述诊断信号叠加在驱动信号中并输出给所述驱动部；以及

根据从所述检测部输出的信号进行所述物理量传感器的故障诊断，

向所述传感器元件的所述驱动部输出叠加有具有所述失调频率的所述诊断信号的所述驱动信号，由此，所述传感器元件的所述检测部被激励，并以所述驱动频率与
所述失调频率之和的检测频率进行振动。

传感器元件控制装置、物理量传感器及其故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器元件控制装置、物理量传感器、电子设备、移动体以及物理量传感器的故障诊断方法。

背景技术

[0002] 目前,在各种系统或电子设备中广泛使用能够检测各种物理量的各种物理量传感器,如检测加速度的加速度传感器、检测角速度的陀螺仪传感器等。在使用物理量传感器的系统或电子设备中,在物理量传感器出现故障时将进行错误的控制,因而要求物理量传感器具有诊断自身的故障并输出故障诊断结果的功能。例如,在专利文献1中公开有一种角速度检测装置,在故障诊断模式时生成角速度虚拟信号,将生成的角速度虚拟信号叠加在驱动信号中而提供给振子的驱动电极,根据传送至第1检测电极的信号与所述角速度虚拟信号经由第2静电耦合电容传送至所述第2检测电极的信号之间的振幅差,进行故障诊断。

[0003] 【专利文献1】日本专利第5365770号公报

[0004] 但是,在专利文献1记载的角速度检测装置中,需要有意识地产生驱动电极和第1检测电极的静电耦合电容与驱动电极和第2检测电极的静电耦合电容之差,因而在驱动振幅电平根据温度变化或年份变化而变化时,角速度的检测电平由于静电耦合电容差而变化,有可能对角速度的检测精度产生影响。

发明内容

[0005] 根据本发明的几个方式,能够提供一种传感器元件控制装置和物理量传感器,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响的同时进行故障诊断。并且,根据本发明的几个方式,能够提供一种使用该物理量传感器的电子设备和移动体。

[0006] 本发明正是为了解决上述课题的至少一部分而完成的,能够作为以下的方式或适用例来实现。

[0007] [适用例1]本适用例的传感器元件控制装置能够与具有驱动部和检测部的传感器元件连接,该传感器元件控制装置具有:驱动电路,其向所述驱动部输出驱动信号;检测电路,其根据从所述检测部输出的信号生成检测信号;诊断信号生成电路,其生成具有失调频率的诊断信号,该失调频率是所述驱动部进行振动的频率即驱动频率与所述检测部进行振动的频率即检测频率之差的频率;以及故障诊断电路,其根据在所述驱动信号中叠加有所述诊断信号时从所述检测部输出的信号进行故障诊断。

[0008] 驱动频率是驱动部进行振动的频率范围内包含的任意频率,检测频率是检测部进行振动的频率范围内包含的任意频率。因此,失调频率不限于驱动部的振幅达到最大的频率(驱动部的谐振频率)与检测部的振幅达到最大的频率(检测部的谐振频率)之差的频率。

[0009] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过向传感器元件的驱动部输出叠加有具有失调频率的诊断信号的驱动信号,传感器元件的检测部被激励,因而能够根据从检测部

输出的信号诊断与传感器元件之间的断线或传感器元件的破损等故障。并且,根据本适用例的传感器元件控制装置,不需使用传感器元件的驱动电极与2个检测电极之间的静电耦合电容差即可进行故障诊断,因而可以减小该静电耦合电容差,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响。

[0010] [适用例2]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,叠加有所述诊断信号时的所述驱动信号的振幅按照所述失调频率而变化。

[0011] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过使驱动信号的频率保持固定,能够在使传感器元件的驱动部稳定地振荡的同时激励检测部,因而能够高精度地进行故障诊断。

[0012] [适用例3]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述诊断信号的振幅是可变的。

[0013] 例如,在起动时的故障诊断及其之后的故障诊断中诊断信号的振幅也可以不同,诊断信号的振幅也可以根据传感器元件的状态变化而变化。

[0014] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过将诊断信号设定成适当的振幅,能够高精度地进行故障诊断。

[0015] [适用例4]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述诊断信号生成电路根据从所述驱动部输出的信号的振幅,变更所述诊断信号的振幅。

[0016] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过根据由于传感器元件的温度特性或年份变化而引起的驱动振幅电平的变化,适当地变更诊断信号的振幅,即使驱动振幅电平变化,也能够高精度地进行故障诊断。

[0017] [适用例5]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述检测电路具有对从所述检测部输出的信号进行同步检波的同步检波电路,所述故障诊断电路根据对所述同步检波电路的输出信号进行通过频带包含所述失调频率的带通滤波处理而得到的信号,进行所述故障诊断。

[0018] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过带通滤波处理,包含失调频率的通过频带中未包含的频率的信号被衰减,因而能够高精度地进行故障诊断。根据本适用例的传感器元件控制装置,例如能够同时进行与传感器元件检测出的物理量对应的检测信号的生成和故障诊断。

[0019] [适用例6]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述传感器元件控制装置还包含存储所述失调频率的信息的存储部。

[0020] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过在存储部中设定与连接的传感器元件的特性(驱动部的谐振频率与检测部的谐振频率之差)对应的适当的失调频率,能够高精度地进行故障诊断。

[0021] [适用例7]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述故障诊断电路在所述传感器元件控制装置起动时进行所述故障诊断。

[0022] 根据本适用例的传感器元件控制装置,当在传感器元件控制装置停止中发生故障的情况下,能够在起动后马上检测故障。

[0023] [适用例8]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述故障诊断电路在所述传感器元件控制装置起动后的规定时刻进一步进行所述故障诊断。

[0024] 根据本适用例的传感器元件控制装置,能够检测在传感器元件控制装置起动后发

生的故障。

[0025] [适用例9]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述故障诊断电路根据从所述驱动部输出的信号的振幅,变更用于所述故障诊断的阈值。

[0026] 根据本适用例的传感器元件控制装置,通过根据由于传感器元件的温度特性或年份变化而引起的驱动振幅电平的变化适当变更用于故障诊断的阈值,即使驱动振幅电平变化,也能够高精度地进行故障诊断。

[0027] [适用例10]在上述适用例的传感器元件控制装置中,也可以是,所述诊断信号生成电路生成具有彼此不同的所述失调频率的多个所述诊断信号,所述故障诊断电路根据在所述驱动信号中叠加有所述多个所述诊断信号中的各个诊断信号时从所述检测部输出的信号,进行所述故障诊断。

[0028] 根据本适用例的传感器元件控制装置,在驱动部的谐振频率与检测部的谐振频率之差由于传感器元件的破损等而变化的情况下,在驱动信号中叠加有任意的诊断信号时从所述检测部输出的信号的电平都大幅变化,因而能够提高故障诊断的精度。

[0029] [适用例11]本适用例的物理量传感器具有上述任意的传感器元件控制装置和所述传感器元件。

[0030] 根据本适用例的物理量传感器,通过从传感器元件控制装置向传感器元件的驱动部输出叠加有具有失调频率的诊断信号的驱动信号,传感器元件的检测部被激励,因而传感器元件控制装置能够根据从检测部输出的信号诊断与传感器元件之间的断线或传感器元件的破损等故障。并且,根据本适用例的物理量传感器,传感器元件控制装置不需使用传感器元件的驱动电极与2个检测电极之间的静电耦合电容差即可进行故障诊断,因而可以减小该静电耦合电容差,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响。

[0031] [适用例12]在上述适用例的物理量传感器中,也可以是,所述传感器元件的所述驱动部被所述驱动信号驱动而进行振动,所述传感器元件的所述检测部输出基于物理量变化的信号。

[0032] 根据本适用例的物理量传感器,能够诊断使用振子构成的传感器元件的故障。

[0033] [适用例13]在上述适用例的物理量传感器中,也可以是,所述传感器元件还具有连接所述检测部和所述驱动部的多个连接臂,所述检测部具有检测用基部和从所述检测用基部延伸出的多个检测振动臂,所述驱动部具有:多个驱动用基部,它们通过所述多个连接臂中的各个连接臂而与所述检测用基部连接;以及多个驱动振动臂,它们从所述多个驱动用基部中的各个驱动用基部延伸出。

[0034] 根据本适用例的物理量传感器,能够诊断双T形的传感器元件的故障。

[0035] [适用例14]本适用例的电子设备具有上述任意的物理量传感器。

[0036] [适用例15]本适用例的移动体具有上述任意的物理量传感器。

[0037] 根据这些适用例,由于具有如下的物理量传感器,因而例如能够实现可靠性较高的电子设备和移动体,该物理量传感器即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响的同时进行故障诊断。

[0038] [适用例16]本适用例的物理量传感器的故障诊断方法用于诊断物理量传感器的故障,该物理量传感器包含具有驱动部和检测部的传感器元件以及控制所述传感器元件的

传感器元件控制装置,该物理量传感器的故障诊断方法包含以下步骤:生成具有失调频率的诊断信号,该失调频率是所述驱动部进行振动的频率即驱动频率与所述检测部进行振动的频率即检测频率之差的频率;使所述诊断信号叠加在驱动信号中并输出给所述驱动部;以及根据从所述检测部输出的信号进行所述物理量传感器的故障诊断。

[0039] 根据本适用例的物理量传感器的故障诊断方法,通过向传感器元件的驱动部输出叠加有具有失调频率的诊断信号的驱动信号,传感器元件的检测部被激励,因而能够根据从检测部输出的信号诊断与传感器元件之间的断线或传感器元件的破损等故障。并且,根据本适用例的物理量传感器的故障诊断方法,不需使用传感器元件的驱动电极与2个检测电极之间的静电耦合电容差即可进行故障诊断,因而可以减小该静电耦合电容差,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量的检测精度产生的影响。

附图说明

- [0040] 图1是本实施方式的物理量传感器的功能框图。
[0041] 图2是物理量检测元件的振动片的俯视图。
[0042] 图3是用于说明物理量检测元件的动作用的图。
[0043] 图4是用于说明物理量检测元件的动作用的图。
[0044] 图5是用于说明驱动频率和检测频率与失调频率之间的关系的图。
[0045] 图6是用于说明故障诊断的一例的图。
[0046] 图7是示出故障诊断时的信号波形的一例的图。
[0047] 图8是示出故障诊断方法的步骤的一例的流程图。
[0048] 图9是示出第1实施方式的故障诊断处理的步骤的一例的流程图。
[0049] 图10是用于说明第2实施方式的故障诊断的一例的图。
[0050] 图11是示出第2实施方式的故障诊断处理的步骤的一例的流程图。
[0051] 图12是本实施方式的物理量传感器的变形例的功能框图。
[0052] 图13是示出本实施方式的电子设备的结构的一例的功能框图。
[0053] 图14是示意地示出作为电子设备的一例的数字照相机的立体图。
[0054] 图15是示出本实施方式的移动体的一例的图。
[0055] 标号说明

[0056] 1物理量传感器;2传感器元件;3传感器元件控制装置;10驱动电路;11I/V变换器;12比较器;13整流器;14积分器;15比较器;16乘法电路;20检测电路;21电荷放大器;22电荷放大器;23差动放大器;24AC放大器;25同步检波电路;26低通滤波器;27低通滤波器;28信号调整电路;30高通滤波器;40RMS值变换电路;50故障诊断电路;60存储部;70诊断信号生成电路;80控制部;101a、101b驱动振动臂;102检测振动臂;103施重部;104a、104b驱动用基部;105a、105b连接臂;106施重部;107检测用基部;112、113驱动电极;114、115检测电极;116公共电极;201驱动部;202检测部;300电子设备;310物理量传感器;320控制装置(MCU);330操作部;340ROM;350RAM;360通信部;370显示部;400移动体;410物理量传感器;440、450、460控制器;470电池;480导航装置;1300数字照相机;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。

具体实施方式

[0057] 以下,使用附图详细地说明本发明的优选实施方式。另外,以下说明的实施方式并非不当地限定权利要求书所述的本发明的内容。并且,以下说明的结构并非全都是本发明的必要构成要素。

[0058] 下面,以作为物理量检测角速度的物理量传感器(角速度传感器)为例进行说明。

[0059] 1. 物理量传感器

[0060] 1-1. 第1实施方式

[0061] 图1是本实施方式的物理量传感器的功能框图。如图1所示,本实施方式的物理量传感器1具有输出与物理量有关的模拟信号的传感器元件2和能够与传感器元件2连接的传感器元件控制装置3。

[0062] 传感器元件2具有:驱动部201,其被驱动信号 S_{drv} 驱动而进行振动;以及检测部202,其输出基于物理量(角速度)的变化的信号。传感器元件2具有配置有驱动电极和检测电极的振动片,通常,振动片被密封在确保气密性的封装中,以便尽可能地减小振动片的阻抗来提高振荡效率。在本实施方式中,传感器元件2具有所谓双T形的振动片,即具有T形的2个驱动振动臂。

[0063] 图2是传感器元件2的振动片的俯视图。传感器元件2例如具有由Z切的石英基板形成的双T形的振动片。以石英(SiO_2)为材料的振动片由于谐振频率相对于温度变化的变动极小,因而具有能够提高角速度的检测精度的优点。另外,图2中的X轴、Y轴、Z轴表示石英的轴。

[0064] 如图2所示,传感器元件2具有驱动部201、检测部202以及连接驱动部201和检测部202的多个连接臂105a、105b。检测部202具有检测用基部107和从检测用基部107延伸出的多个检测振动臂102。另外,驱动部201具有:多个驱动用基部104a、104b,其通过多个连接臂105a、105b中的各个连接臂与检测用基部107连接;以及多个驱动振动臂101a、101b,其从多个驱动用基部104a、104b中的各个驱动用基部延伸出(从驱动用基部104a延伸出的多个驱动振动臂101a和从驱动用基部104b延伸出的多个驱动振动臂101b)。

[0065] 更具体地讲,传感器元件2的振动片从2个驱动用基部104a、104b分别沿+Y轴方向和-Y轴方向延伸出驱动振动臂101a、101b。在驱动振动臂101a的侧面和上表面分别形成有驱动电极112、113,在驱动振动臂101b的侧面和上表面分别形成有驱动电极113、112。驱动电极112、113分别经由图1所示的传感器元件控制装置3的DS端子、DG端子而与驱动电路10连接。

[0066] 驱动用基部104a、104b分别经由沿-X轴方向和+X轴方向延伸出的连接臂105a、105b而与矩形的检测用基部107连接。

[0067] 检测振动臂102从检测用基部107沿+Y轴方向和-Y轴方向延伸出。在检测振动臂102的上表面形成有检测电极114、115,在检测振动臂102的侧面形成有公共电极116。检测电极114、115分别经由图1所示的传感器元件控制装置3的S1端子、S2端子而与检测电路20连接。并且,公共电极116被接地。

[0068] 在向驱动振动臂101a、101b的驱动电极112与驱动电极113之间施加交流电压作为驱动信号时,如图3所示,驱动振动臂101a、101b借助逆压电效应按照箭头B所示进行屈曲振动(激励振动),使2条驱动振动臂101a、101b的末端反复相互接近和离开。

[0069] 在该状态下,在向传感器元件2的振动片施加以Z轴为旋转轴的角速度时,驱动振动臂101a、101b在与箭头B的屈曲振动的方向和Z轴双方垂直的方向上得到科里奥利力。其结果是,如图4所示,连接臂105a、105b进行箭头C所示的振动。并且,检测振动臂102与连接臂105a、105b的振动(箭头C)联动地按照箭头D所示进行屈曲振动。伴随该科里奥利力的检测振动臂102的屈曲振动和驱动振动臂101a、101b的屈曲振动(激励振动)的相位错开 90° 。

[0070] 并且,借助压电效应,在检测振动臂102的检测电极114、115产生基于这些屈曲振动的交流电荷。在此,根据科里奥利力而产生的交流电荷与科里奥利力的大小(换言之,施加给传感器元件2的角速度的大小)对应地变化。

[0071] 另外,在驱动振动臂101a、101b的末端形成有宽度比驱动振动臂101a、101b宽的矩形的施重部103。通过在驱动振动臂101a、101b的末端形成施重部103,能够增大科里奥利力,并且以较短的振动臂得到期望的谐振频率。同样,在检测振动臂102的末端形成有宽度比检测振动臂102宽的施重部106。通过在检测振动臂102的末端形成施重部106,能够增大在检测电极114、115产生的交流电荷。

[0072] 如上所述,传感器元件2经由检测电极114、115输出以Z轴为检测轴的基于科里奥利力的交流电荷(角速度成分)。该传感器元件2作为检测角速度的角速度传感器发挥作用。

[0073] 返回到图1,传感器元件控制装置3具有驱动电路10、检测电路20、高通滤波器30、RMS(Root Mean Square:均方根)值变换电路40、故障诊断电路50、存储部60、诊断信号生成电路70以及控制部80,例如可以是单芯片的集成电路(IC:Integrated Circuit)。另外,本实施方式的传感器元件控制装置3也可以是省略或变更这些要素的一部分或者追加其他要素而成的结构。

[0074] 驱动电路10生成用于驱动(激励振动)传感器元件2的驱动部201的驱动信号 S_{drv} 并输出给驱动部201。将该驱动信号 S_{drv} 提供给驱动部201的驱动电极112。并且,驱动电路10按照根据驱动信号 S_{drv} 而流过驱动部201的驱动电流对驱动信号 S_{drv} 的振幅电平进行反馈控制,使得从驱动电极113输出的驱动电流的振幅保持固定。并且,驱动电路10生成检波信号 S_{det} 并输出给检测电路20。

[0075] 如图1所示,驱动电路10构成为包含I/V变换器11、比较器12、整流器13、积分器14、比较器15以及乘法电路16。另外,本实施方式的驱动电路10也可以是省略或变更这些要素的一部分或者追加其他要素而成的结构。

[0076] I/V变换器11将从传感器元件2的驱动部201的驱动电极113输入的驱动电流变换成电压信号。

[0077] 比较器12对I/V变换器11的输出电压与基准电压进行比较并二值化,作为检波信号 S_{det} 进行输出。该检波信号 S_{det} 例如高电平的电压是电源电压,低电平的电压是接地电压(0V),被输出给检测电路20。

[0078] 整流器13对I/V变换器11的输出信号进行整流(例如全波整流)并输出。

[0079] 积分器14对整流器13的输出电压进行积分并输出。该积分器14以规定的电压为基准,使整流器13的输出电压反转后进行积分。

[0080] 比较器15对I/V变换器11的输出电压与基准电压进行比较并二值化。比较器15的输出信号(反馈信号 S_{fbk})的高电平的电压是积分器14的输出电压,低电平的电压是接地电压(0V)。

[0081] 乘法电路16进行比较器15的输出信号(反馈信号 S_{fbk})与诊断信号生成电路70的输出信号的相乘。将该乘法电路16的输出信号作为驱动信号 S_{drv} 输出给传感器元件2的驱动部201,驱动部201被驱动信号 S_{drv} 驱动而进行振动。

[0082] 在本实施方式中,在物理量传感器1的通常动作时(故障诊断时以外),诊断信号生成电路70输出规定的DC信号。因此,乘法电路16进行比较器15的输出信号与该DC信号的相乘。其结果是,乘法电路16的输出信号(驱动信号 S_{drv})的电压与比较器15的输出电压一致。根据该驱动信号 S_{drv} ,传感器元件2的驱动部201以其谐振频率或接近谐振频率的频率进行自激振荡。并且,输入到I/V变换器11的驱动电流的振幅越大,则比较器15的输出信号的高电平的电压越低,驱动电流的振幅越小,则比较器15的输出信号的高电平的电压越高,因而自动增益控制(AGC:Auto Gain Control)发挥作用,使得驱动电流的振幅被保持固定。由此,能够使传感器元件2的驱动部201稳定地振荡。

[0083] 另一方面,在物理量传感器1的故障诊断时,诊断信号生成电路70生成具有失调频率 Δf 的诊断信号 S_{diag} ,该失调频率是传感器元件2的驱动部201进行振动的频率(驱动频率 f_{drv})与传感器元件2的检测部202进行振动的频率(检测频率 f_{det})之差的频率。如图5所示,驱动频率 f_{drv} 是驱动部201能够振荡的频率范围(驱动频率范围)内包含的任意频率。同样,检测频率 f_{det} 是检测部202能够振荡的频率范围(检测频率范围)内包含的任意频率。因此,失调频率 Δf 是由驱动部201能够振荡的频率范围与检测部202能够振荡的频率范围的关系决定的频率范围内包含的任意频率。如图5所示,例如也可以是,驱动频率 f_{drv} 是驱动部201的谐振频率,检测频率 f_{det} 是检测部202的谐振频率,在这种情况下,失调频率 Δf 是驱动部201的谐振频率与检测部202的谐振频率之差的频率。

[0084] 这样,在物理量传感器1的故障诊断时,诊断信号生成电路70的输出信号是诊断信号 S_{diag} ,乘法电路16进行比较器15的输出信号与诊断信号 S_{diag} 的相乘。其结果是,在乘法电路16的输出信号(驱动信号 S_{drv})中叠加具有失调频率 Δf 的诊断信号 S_{diag} ,被叠加诊断信号 S_{diag} 时的驱动信号 S_{drv} 成为以诊断信号 S_{diag} (失调频率 Δf)对比较器15的输出信号(驱动频率 f_{drv})进行振幅调制(AM:Amplitude Modulation)后的信号,振幅根据失调频率 Δf 而变化。因此,在驱动信号 S_{drv} 中包含与驱动频率 f_{drv} 和失调频率 Δf 之和相当的频率成分,即与检测频率 f_{det} 相当的频率成分,传感器元件2的检测部202被该频率成分激励。另外,失调频率 Δf 大大远离驱动部201的谐振频率,因而诊断信号 S_{diag} 不能激励驱动部201,被输入到I/V变换器11的驱动电流不包含与失调频率 Δf 相当的频率成分,不对驱动部201的自激振荡产生影响。

[0085] 如图1所示,检测电路20根据从传感器元件2的检测部202输出的信号生成检测信号 S_{out} 。如图1所示,检测电路20构成为包含电荷放大器21、电荷放大器22、差动放大器23、AC放大器24、同步检波电路25、低通滤波器26、低通滤波器27以及信号调整电路28。另外,本实施方式中的检测电路20也可以是省略或变更这些要素的一部分或者追加其他要素而成的结构。

[0086] 在检测部202进行角速度检测时,电荷放大器21被从检测电极114输入包含角速度成分的交流电荷(检测电流),产生电压与该交流电荷对应的信号。

[0087] 同样,电荷放大器22被从检测部202的检测电极115输入包含角速度成分的交流电荷(检测电流),产生电压与该交流电荷对应的信号。

[0088] 被输入到电荷放大器21的检测电流和被输入到电荷放大器22的检测电流相位彼此相反(相位差是 180°),电荷放大器21的输出信号和电荷放大器22的输出信号也相位彼此相反。

[0089] 另一方面,在物理量传感器1的故障诊断时,如前所述,检测部202被激励,因而被输入到电荷放大器21的检测电流和被输入到电荷放大器22的检测电流包含检测频率 f_{det} 的成分。因此,电荷放大器21的输出信号和电荷放大器22的输出信号包含检测频率 f_{det} 的成分。

[0090] 另外,在物理量传感器1的故障诊断时,在对传感器元件2施加了角速度的情况下,电荷放大器21的输出信号和电荷放大器22的输出信号包含检测频率 f_{det} 的成分以及角速度成分。因此,在本实施方式中,通过电荷放大器21和电荷放大器22后级的电路,将失调频率 Δf 设定成比角速度的检测频带的上限频率高的频率,以便将应检测的角速度成分和检测频率 f_{det} 与驱动频率 f_{drv} 之差即失调频率 Δf 的成分分离。例如,在角速度的检测频带的上限频率是200Hz的情况下,能够将失调频率 Δf 设定成1kHz。

[0091] 差动放大器23对从电荷放大器21输出的信号和从电荷放大器22输出的信号进行差分放大并输出单端的信号。通过该差动放大器23,将从电荷放大器21输出的信号和从电荷放大器22输出的信号中包含的同相噪声成分去除。

[0092] AC放大器24使从差动放大器23输出的信号放大或衰减并输出期望电压电平的信号。该AC放大器24可以构成为可变增益放大器(PGA:Programmable Gain Amplifier)。

[0093] 同步检波电路25是对从传感器元件2的检测部202输出的信号进行同步检波的电路,具体地讲,使用驱动电路10输出的具有驱动频率 f_{drv} 的检波信号 S_{det} ,对从AC放大器24输出的信号(被检波信号)进行同步检波,提取角速度成分和失调频率 Δf (检测频率 f_{det} 与驱动频率 f_{drv} 之差的频率)的成分。同步检波电路25例如能够构成为如下的电路:在检波信号 S_{det} 是高电平时,直接输出从AC放大器24输出的信号,在检波信号 S_{det} 是低电平时,输出将从AC放大器24输出的信号相对于基准电压反转后的信号。因此,同步检波电路25的输出信号包含角速度成分和失调频率 Δf 。

[0094] 低通滤波器26是使同步检波电路25的输出信号中包含的角速度成分和失调频率 Δf 的成分通过并使高频成分衰减的滤波器。因此,将低通滤波器26的截止频率设定成比失调频率 Δf 稍高的频率。

[0095] 低通滤波器27是使低通滤波器26的输出信号中包含的角速度成分通过且使失调频率 Δf 的成分衰减的滤波器。因此,将低通滤波器27的截止频率设定成比角速度的检测频带的上限频率稍高且比失调频率 Δf 低的频率。

[0096] 信号调整电路28对低通滤波器27的输出信号(角速度成分的信号)进行偏置校正(0点校正)、灵敏度校正、温度特性校正等处理而生成检测信号 S_{out} (角速度检测信号)。将该检测信号 S_{out} (角速度检测信号)输出到物理量传感器1的外部。

[0097] 高通滤波器30是使低通滤波器26的输出信号中包含的失调频率 Δf 的成分通过且使角速度成分衰减的滤波器。因此,将高通滤波器30的截止频率设定成比失调频率 Δf 稍低且比角速度的检测频带的上限频率高的频率。

[0098] 由低通滤波器26和高通滤波器30构成使失调频率 Δf 包含于通过频带的带通滤波器,将对同步检波电路25的输出信号进行带通滤波处理后的信号输入到RMS值变换电路40。

[0099] RMS值变换电路40将高通滤波器30的输出信号(失调频率 Δf 的AC信号)变换成与其有效值相当的DC信号进行输出。

[0100] 故障诊断电路50根据RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)进行物理量传感器1的故障诊断,生成表示故障诊断结果的故障诊断结果信号 S_{err} 。将该故障诊断结果信号 S_{err} 输出到物理量传感器1的外部。在本实施方式中,故障诊断电路50对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值与阈值进行比较,根据比较结果诊断物理量传感器1的故障。例如,也可以如图6所示,故障诊断电路50对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 与上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min} 进行比较,如果在下限阈值 VT_{min} 以上且上限阈值 VT_{max} 以下,则诊断为没有故障,在小于下限阈值 VT_{min} 或大于上限阈值 VT_{max} 的情况下诊断为故障。

[0101] 控制部80控制诊断信号生成电路70的动作和故障诊断电路50的动作。在本实施方式中,控制部80在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)起动时(电源接通后,驱动部201的振荡稳定后),指示诊断信号生成电路70生成诊断信号 S_{diag} ,在经过规定的时间后(驱动部201稳定振荡且传感器元件2的检测部202被激励后),指示故障诊断电路50进行故障诊断。即,在本实施方式中,在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)起动时,诊断信号生成电路70生成诊断信号 S_{diag} ,故障诊断电路50进行故障诊断。

[0102] 并且,控制部80在利用从物理量传感器1的外部供给的控制信号 S_{cntl} 请求故障诊断时,指示诊断信号生成电路70生成诊断信号 S_{diag} ,在经过规定的时间后(传感器元件2的检测部202被激励后),指示故障诊断电路50进行故障诊断。即,在本实施方式中,在利用控制信号 S_{cntl} 请求故障诊断时,诊断信号生成电路70也生成诊断信号 S_{diag} ,故障诊断电路50进行故障诊断。

[0103] 另外,如前所述,失调频率 Δf 的成分是由低通滤波器27决定的,因而诊断信号 S_{diag} 对检测信号 S_{out} 产生的影响非常小。因此,也可以是,在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)起动后,与控制信号 S_{cntl} 无关,始终或以固定的周期(在角速度检测时也是同样的),诊断信号生成电路70生成诊断信号 S_{diag} ,故障诊断电路50进行故障诊断。

[0104] 这样,在本实施方式中,故障诊断电路50根据在驱动信号 S_{drv} 中叠加有诊断信号 S_{diag} 时从传感器元件2的检测部202输出的信号进行故障诊断。具体地讲,故障诊断电路50在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)起动时进行故障诊断,在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)起动后的规定时刻进一步进行故障诊断。

[0105] 存储部60具有例如MONOS(Metal Oxide Nitride Oxide Silicon:金属氮氧化硅)式存储器或EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory:电可擦除可编程只读存储器)等非易失性存储器,从物理量传感器1(传感器元件控制装置3)的外部经由传感器元件控制装置3具有的未图示的接口电路对该非易失性存储器设定各种信息。

[0106] 例如,也可以是,在存储部60(非易失性存储器)存储有前述的故障诊断用的阈值(上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min})的信息,并将该阈值(上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min})设定成可变的。另外,也可以是,故障诊断电路50对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值与存储在存储部60的阈值(上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min})进行比较,根据比较结果诊断物理量传感器1的故障。

[0107] 另外,例如也可以是,在存储部60(非易失性存储器)存储有失调频率 Δf 的信息,并将失调频率 Δf 设定成可变的。另外,也可以是,诊断信号生成电路70生成具有存储在存

储部60的失调频率 Δf 的诊断信号 S_{diag} 。

[0108] 另外,例如也可以是,在存储部60(非易失性存储器)存储有诊断信号 S_{diag} 的振幅信息,并将诊断信号 S_{diag} 的振幅设定成可变的。

[0109] 由此,能够根据由制造偏差等引起的每个传感器元件2的特性差异或者根据传感器元件2的年份变化,适当设定诊断信号 S_{diag} 的振幅或失调频率 Δf ,因而能够实现固定的故障诊断精度。

[0110] 另外,也可以是,诊断信号生成电路70根据从传感器元件2的驱动部201输出的信号(驱动电流)的振幅,变更诊断信号 S_{diag} 的振幅。例如,也可以是,在存储部60(非易失性存储器)存储有用于以积分器14的输出电压值为变量来校正诊断信号 S_{diag} 的振幅的校正函数,诊断信号生成电路70根据该校正函数进行变更(校正),使得积分器14的输出电压越大,则诊断信号 S_{diag} 的振幅越小。

[0111] 由此,即使检测电流的振幅由于传感器元件2的温度变化或年份变化等而变化,也能够适当地校正诊断信号 S_{diag} 的振幅,因而能够实现固定的故障诊断精度。

[0112] 图7示出故障诊断时的信号波形的一例。在图7中,例如反馈信号 S_{fbk} 是50kHz的矩形波信号,诊断信号 S_{diag} 是1kHz的正弦波信号。即,失调频率 Δf 例如是1kHz。因此,驱动信号 S_{drv} 是对50kHz的矩形波以1kHz进行振幅调制而成的信号。此时,低通滤波器26的输出信号 S_{lpf} 成为包含角速度成分和失调频率 Δf 的成分(1kHz的正弦波)的信号。并且,高通滤波器30的输出信号 S_{hpf} 成为去除角速度成分后的失调频率 Δf (1kHz的正弦波)的信号,检测信号 S_{out} 成为去除失调频率 Δf 的成分(1kHz的正弦波)后的电压值对应于角速度的信号。这样,本实施方式的物理量传感器1(传感器元件控制装置3)能够同时进行角速度的检测和故障诊断。

[0113] 图8是示出物理量传感器1(传感器元件控制装置3)的故障诊断方法的步骤的一例的流程图。

[0114] 在图8的例子中,物理量传感器1在电源接通时(步骤S10:是),等待驱动信号 S_{drv} 直到传感器元件2的驱动部201稳定振荡为止(步骤S20:否)。例如,物理量传感器1可以在电源接通后等待到经过预先设定的规定时间(比驱动部201稳定振荡所需要的时间长的时间)为止,也可以持续等待规定时间直到积分器14的电压值包含在规定范围内为止。

[0115] 然后,在驱动部201稳定振荡时(步骤S20:是),物理量传感器1进行故障诊断处理(步骤S30)。该步骤S30的处理是在物理量传感器1起动时进行的故障诊断处理。

[0116] 然后,在利用控制信号 S_{cnt1} 请求了故障诊断的情况下(步骤S40),物理量传感器1进行故障诊断处理(步骤S50)。该步骤S50的处理是在物理量传感器1起动后在规定的时刻进行的故障诊断处理。

[0117] 并且,物理量传感器1反复进行步骤S40的处理和步骤S50的处理,直到电源被切断为止(步骤S60:否)。

[0118] 图9是示出图8的步骤S30的故障诊断处理和步骤S50的故障诊断处理的步骤的一例的流程图。

[0119] 在图9的例子中,首先,物理量传感器1生成具有失调频率 Δf 的诊断信号 S_{diag} (步骤S100)。

[0120] 然后,物理量传感器1将在步骤S100中生成的诊断信号 S_{diag} 叠加在驱动信号 S_{drv} 中

并输出给传感器元件2的驱动部201(步骤S110)。

[0121] 然后,物理量传感器1根据从传感器元件2的检测部202输出的信号进行故障诊断(步骤S120)。

[0122] 最后,物理量传感器1输出表示步骤S120的故障诊断结果的故障诊断结果信号 S_{err} (步骤S130)。

[0123] 如以上说明的那样,在第1实施方式的物理量传感器1中,传感器元件控制装置3向传感器元件2的驱动部201输出叠加有具有失调频率 Δf 的诊断信号 S_{diag} 的驱动信号 S_{drv} ,由此,传感器元件2的检测部202被激励,并以驱动频率 f_{drv} 与失调频率 Δf 之和的检测频率 f_{det} 进行振动。因此,传感器元件控制装置3能够根据从检测部202输出的信号(检测电流),诊断传感器元件2与传感器元件控制装置3之间的断线或传感器元件2的破损等故障。并且,根据第1实施方式的物理量传感器1,不需使用传感器元件2的驱动电极与2个检测电极之间的静电耦合电容差即可进行故障诊断,因而可以减小该静电耦合电容差,即使驱动振幅电平变化,也能够降低对物理量(角速度)的检测精度产生的影响。

[0124] 另外,在第1实施方式的物理量传感器1中,在故障诊断时,驱动信号 S_{drv} 是以失调频率 Δf 进行AM调制而非FM调制后的信号,因而驱动频率 f_{drv} 能够保持固定。因此,根据第1实施方式的物理量传感器1,能够在使传感器元件2的驱动部201稳定地振荡的同时激励检测部202,因而传感器元件控制装置3能够高精度地进行故障诊断。

[0125] 另外,根据第1实施方式的物理量传感器1,在存储部60中将诊断信号 S_{diag} 的频率(失调频率 Δf)或振幅设定成可变的,因而,传感器元件控制装置3能够根据适当设定有频率(失调频率 Δf)或振幅的诊断信号 S_{diag} ,高精度地进行故障诊断。

[0126] 另外,根据第1实施方式的物理量传感器1,传感器元件控制装置3根据从驱动部201输出的信号(驱动电流)的振幅(积分器14的输出电压)变更(校正)诊断信号 S_{diag} 的振幅,由此,即使驱动振幅电平由于传感器元件2的温度特性或年份变化而变化时,也能够高精度地进行故障诊断。

[0127] 另外,在第1实施方式的物理量传感器1中,通过由低通滤波器26和高通滤波器30构成的带通滤波器,使失调频率 Δf 的成分不衰减而使角速度成分衰减并输入到RMS值变换电路40。另一方面,通过低通滤波器27,使角速度成分不衰减而使失调频率 Δf 的成分衰减并输入到信号调整电路28。因此,根据第1实施方式的物理量传感器1,传感器元件控制装置3能够同时由检测电路20生成检测信号 S_{out} 并由故障诊断电路50进行故障诊断。

[0128] 并且,根据第1实施方式的物理量传感器1,传感器元件控制装置3在起动时进行故障诊断,并且在起动后在基于控制信号 S_{cnt1} 的规定时刻进一步进行故障诊断,因而,当在停止中发生故障的情况下能够在起动后马上检测故障,并且还能够检测在起动后发生的故障。

[0129] 1-2. 第2实施方式

[0130] 下面,关于第2实施方式的物理量传感器1,对与第1实施方式相同的结构标注相同的标号并省略与第1实施方式重复的说明,主要说明与第1实施方式不同的内容。

[0131] 在传感器元件2的驱动部201的一部分发生破损等时,驱动部201的谐振频率变化,其结果是,驱动频率 f_{drv} 变化。同样,在传感器元件2的检测部202的一部分发生破损等时,检测部202的谐振频率变化,其结果是,检测频率 f_{det} 变化。并且,在驱动频率 f_{drv} 或检测频率

f_{det} 变化时,角速度的检测精度有可能下降。因此,有时还期望将使驱动频率 f_{drv} 或检测频率 f_{det} 变化的状态诊断为故障。但是,在第1实施方式的物理量传感器1中,在物理量传感器1的故障检测时,故障诊断电路50例如对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 与上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min} 进行比较,如果在下限阈值 VT_{min} 以上且上限阈值 VT_{max} 以下,则诊断为没有故障,因而如果驱动频率 f_{drv} 或检测频率 f_{det} 变化后的RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 依旧在下限阈值 VT_{min} 以上且上限阈值 VT_{max} 以下,则不诊断为故障。因此,在第2实施方式的物理量传感器1中,在故障诊断时,诊断信号生成电路70生成具有彼此不同的失调频率 Δf 的多个诊断信号 S_{diag} ,故障诊断电路50根据在驱动信号 S_{drv} 中叠加有该多个诊断信号 S_{diag} 中的各个诊断信号 S_{diag} 时从传感器元件2的检测部202输出的信号(检测电流),进行故障诊断。

[0132] 例如,如图10所示,诊断信号生成电路70生成具有彼此不同的失调频率 Δf_0 、 Δf_1 、 Δf_2 ($\Delta f_1 < \Delta f_0 < \Delta f_2$) 的3个诊断信号 S_{diag} 。例如,也可以在存储部60(非易失性存储器)存储失调频率 Δf_0 、 Δf_1 、 Δf_2 的信息。在驱动频率 f_{drv} 或检测频率 f_{det} 相对于出厂时没有变化的情况下,RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压相对于诊断信号 S_{diag} 的频率显示图10的实线所示的举动。在这种情况下,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_0 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}0}$,包含在与失调频率 Δf_0 对应的下限阈值 $VT_{\text{min}0}$ 以上且上限阈值 $VT_{\text{max}0}$ 以下的电压范围 V_0 内。同样,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_1 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}1}$,包含在与失调频率 Δf_1 对应的下限阈值 $VT_{\text{min}1}$ 以上且上限阈值 $VT_{\text{max}1}$ 以下的电压范围 V_1 内。同样,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_2 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}2}$,包含在与失调频率 Δf_2 对应的下限阈值 $VT_{\text{min}2}$ 以上且上限阈值 $VT_{\text{max}2}$ 以下的电压范围 V_2 内。在这种情况下,在驱动信号 S_{drv} 中分别叠加有具有失调频率 Δf_0 、 Δf_1 、 Δf_2 的3个诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}0}$ 、 $V_{\text{rms}1}$ 、 $V_{\text{rms}2}$ 分别包含在适当的电压范围 V_0 、 V_1 、 V_2 内,因而故障诊断电路50诊断为没有故障。

[0133] 另一方面,在驱动频率 f_{drv} 或检测频率 f_{det} 相对于出厂时变化的情况下,RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压相对于诊断信号 S_{diag} 的频率显示图10的单点划线所示的举动。在这种情况下,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_0 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}0}$,包含在适当的电压范围 V_0 内。但是,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_1 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}1}$,未包含在适当的电压范围 V_1 内。同样,在驱动信号 S_{drv} 中叠加有具有失调频率 Δf_2 的诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}2}$,未包含在适当的电压范围 V_2 内。在这种情况下,在驱动信号 S_{drv} 中分别叠加有具有失调频率 Δf_1 、 Δf_2 的2个诊断信号 S_{diag} 时的电压值 $V_{\text{rms}1}$ 、 $V_{\text{rms}2}$ 分别未包含在适当的电压范围 V_1 、 V_2 内,因而故障诊断电路50诊断为故障。

[0134] 图11是示出第2实施方式的故障诊断处理(图8的步骤S30和步骤S50的处理)的步骤的一例的流程图。

[0135] 在图11的例子中,首先,物理量传感器1生成具有失调频率 Δf_0 的诊断信号 S_{diag} (步骤S200)。

[0136] 然后,物理量传感器1将在步骤S200中生成的诊断信号 S_{diag} 叠加在驱动信号 S_{drv} 中并输出给传感器元件2的驱动部201(步骤S210)。

[0137] 然后,物理量传感器1对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 与电

压范围 V_0 进行比较(步骤S220)。

[0138] 然后,物理量传感器1生成具有失调频率 Δf_1 的诊断信号 S_{diag} (步骤S230)。

[0139] 然后,物理量传感器1将在步骤S230中生成的诊断信号 S_{diag} 叠加在驱动信号 S_{drv} 中并输出给传感器元件2的驱动部201(步骤S240)。

[0140] 然后,物理量传感器1对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 与电压范围 V_1 进行比较(步骤S250)。

[0141] 然后,物理量传感器1生成具有失调频率 Δf_2 的诊断信号 S_{diag} (步骤S260)。

[0142] 然后,物理量传感器1将在步骤S260中生成的诊断信号 S_{diag} 叠加在驱动信号 S_{drv} 中并输出给传感器元件2的驱动部201(步骤S270)。

[0143] 然后,物理量传感器1对RMS值变换电路40的输出信号(DC信号)的电压值 V_{rms} 与电压范围 V_2 进行比较(步骤S280)。

[0144] 然后,物理量传感器1根据步骤S220、步骤S250和步骤S280的比较结果进行故障诊断(步骤S290)。例如,当在步骤S220中电压值 V_{rms} 包含在电压范围 V_0 内且在步骤S250中电压值 V_{rms} 包含在电压范围 V_1 内且在步骤S280中电压值 V_{rms} 包含在电压范围 V_2 内的情况下,物理量传感器1诊断为没有故障,在除此以外的情况下诊断为故障。

[0145] 最后,物理量传感器1输出表示步骤S290的故障诊断结果的故障诊断结果信号 S_{err} (步骤S300)。

[0146] 根据以上说明的第2实施方式的物理量传感器1,发挥与第1实施方式的物理量传感器1相同的效果。

[0147] 另外,在第2实施方式的物理量传感器1中,传感器元件控制装置3根据依次叠加有具有彼此不同的失调频率 Δf_0 、 Δf_1 、 Δf_2 的多个诊断信号 S_{diag} 的多个驱动信号 S_{drv} 进行故障诊断。因此,根据第2实施方式的物理量传感器1,在驱动部201的谐振频率与检测部202的谐振频率之差由于传感器元件2的破损等而变化的情况下,在叠加有任意的诊断信号 S_{diag} 时从检测部202输出的信号的电平都大幅变化,因而能够提高故障诊断的精度。

[0148] 1-3. 变形例

[0149] 也可以是,故障诊断电路50根据从传感器元件2的驱动部201输出的信号(驱动电流)的振幅,变更用于故障诊断的阈值(上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min})。例如,也可以如图12所示,在存储部60(非易失性存储器)存储有用于以积分器14的输出电压值为变量来校正上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min} 的校正函数,故障诊断电路50根据该校正函数进行变更(校正),使得积分器14的输出电压越大,则上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min} 越大。这样,传感器元件控制装置3根据从驱动部201输出的信号(驱动电流)的振幅(积分器14的输出电压),变更(校正)用于故障诊断的阈值(上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min}),由此,驱动振幅电平由于传感器元件2的温度变化或年份变化等而变化,其结果是,即使从检测部202输出的信号(检测电流)的振幅变化,也能够高精度地进行故障诊断。在该变形例的情况下,诊断信号生成电路70根据从传感器元件2的驱动部201输出的信号(驱动电流)的振幅,可以不变更诊断信号 S_{diag} 的振幅,也可以变更诊断信号 S_{diag} 的振幅。例如,也可以是,积分器14的输出电压越大,诊断信号生成电路70进行变更使得诊断信号 S_{diag} 的振幅越小,而且故障诊断电路50进行变更使得上限阈值 VT_{max} 和下限阈值 VT_{min} 越大。

[0150] 另外,在上述的各实施方式中,在物理量传感器1(传感器元件控制装置3)中,故障

诊断电路50将对被实施带通滤波处理后的来自同步检波电路25的输出信号进行RMS值变换而得到的DC信号的电压值与阈值进行比较,进行故障诊断,但也可以利用除此以外的故障诊断方法进行故障诊断。例如,也可以设置相位比较器,该相位比较器被输入被低通滤波器26和高通滤波器30实施带通滤波处理后的来自同步检波电路25的输出信号和基于诊断信号 S_{diag} 的信号,故障诊断电路50对基于由该相位比较器进行相位比较的结果的信号与阈值进行比较,进行故障诊断。

[0151] 另外,在上述的各实施方式中,物理量传感器1(传感器元件控制装置3)将检测信号 S_{out} 或故障诊断结果信号 S_{err} 作为模拟信号输出到外部,但也可以是,生成数字信号的检测信号 S_{out} 或故障诊断结果信号 S_{err} ,经由未图示的串行接口电路输出到外部。在该变形例的情况下,也可以是,经由未图示的串行接口电路接收故障诊断命令,指示诊断信号生成电路70生成诊断信号 S_{diag} ,指示故障诊断电路50进行故障诊断。

[0152] 另外,在上述的各实施方式中,传感器元件2的振动片是双T形,但也可以是H形、音叉形或齿形,还可以是三棱柱、四棱柱、圆柱状等形状的音片形。

[0153] 另外,在上述的各实施方式中,传感器元件2检测角速度,但也可以能够检测角速度以外的物理量,例如角加速度、加速度、地磁、倾斜等。

[0154] 另外,在上述的各实施方式中,传感器元件2的振动片的材料是石英(SiO_2),但也可以是例如钽酸锂($LiTaO_3$)、铌酸锂($LiNbO_3$)等压电单晶体或锆钛酸铅(PZT)等压电陶瓷等的压电性材料。另外,传感器元件2的振动片也可以是使用硅半导体的构造,还可以是在硅半导体的表面的一部分配置有由驱动电极夹着的氧化锌(ZnO)、氮化铝(AlN)等压电薄膜的构造。传感器元件2不限于压电式的元件,也可以是导电式、静电电容式、涡流式、光学式、应变式等振动式的元件。

[0155] 2. 电子设备

[0156] 图13是示出本实施方式的电子设备的结构的一例的功能框图。如图13所示,本实施方式的电子设备300构成为包含物理量传感器310、控制装置(MCU)320、操作部330、ROM(Read Only Memory)340、RAM(Random Access Memory)350、通信部360以及显示部370。另外,本实施方式的电子设备也可以是省略或变更图13的构成要素(各部分)的一部分或者追加其他要素而成的结构。

[0157] 物理量传感器310检测物理量,将检测结果输出给控制装置(MCU)320。作为物理量传感器310,例如能够适用上述的本实施方式的物理量传感器1。

[0158] 控制装置(MCU)320按照存储在ROM 340等的程序向物理量传感器310发送通信信号,使用物理量传感器310的输出信号进行各种计算处理或控制处理。此外,控制装置(MCU)320还进行与来自操作部330的操作信号对应的各种处理、为了与外部装置进行数据通信而控制通信部360的处理、发送用于使显示部370显示各种信息的显示信号的处理等。

[0159] 操作部330是由操作键或按钮开关等构成的输入装置,将与用户进行的操作对应的操作信号输出给控制装置(MCU)320。

[0160] ROM 340存储有用于控制装置(MCU)320进行各种计算处理或控制处理的程序或数据等。

[0161] RAM 350被用作控制装置(MCU)320的作业区域,临时存储从ROM 340读出的程序或数据、从操作部330输入的数据、控制装置(MCU)320按照各种程序执行的运算结果等。

[0162] 通信部360进行用于使控制装置(MCU)320与外部装置之间的数据通信成立的各种控制。

[0163] 显示部370是由LCD(Liquid Crystal Display)等构成的显示装置,根据从CPU320输入的显示信号显示各种信息。也可以在显示部370设置作为操作部330发挥作用的触摸面板。

[0164] 作为物理量传感器310,例如通过适用上述的本实施方式的物理量传感器1,例如能够实现可靠性较高的电子设备。

[0165] 作为这样的电子设备300可以考虑各种电子设备,例如可以举出个人计算机(例如便携式个人计算机、掌上式个人计算机、平板式个人计算机)、智能手机或便携电话机等移动终端、数字照相机、喷墨式喷出装置(例如喷墨打印机)、路由器或开关等存储区域网络设备、局域网络设备、移动终端基站用设备、电视机、摄像机、录像机、车载导航装置、实时时钟装置、传呼机、电子记事本(包含带通信功能的)、电子辞典、计算器、电子游戏设备、游戏用控制器、文字处理器、工作站、视频电话、防范用电视监视器、电子望远镜、POS终端、医疗设备(例如电子体温计、血压计、血糖仪、心电图计测装置、超声波诊断装置、电子内窥镜)、鱼群探测设备、各种测定设备、仪器类(例如,车辆、航空设备、船舶的仪器类)、飞行模拟器、头戴式显示器、运动追踪器、运动跟踪器、运动控制器、PDR(步行者位置方位计测)等。

[0166] 图14是示意地示出作为本实施方式的电子设备300的一例的数字照相机1300的立体图。另外,在图14中还简易地示出与外部设备的连接。在此,通常的照相机利用被摄体的光像来感光银盐胶片,相比之下,数字照相机1300通过CCD(Charge Coupled Device:电荷耦合器件)等摄像元件对被摄体的光像进行光电变换,生成摄像信号(图像信号)。

[0167] 在数字照相机1300的壳体(主体)1302的背面设有显示部1310,根据CCD的摄像信号进行显示,显示部1310作为将被摄体显示成电子图像的取景器发挥作用。并且,在壳体1302的正面侧(图中背面侧)设有包含光学透镜(摄像光学系统)和CCD等的受光单元1304。在摄影者确认显示在显示部1310的被摄体像并按下快门按钮1306时,该时刻的CCD的摄像信号被转送存储至存储器1308。另外,在该数字照相机1300中,在壳体1302的侧面设有视频信号输出端子1312和数据通信用的输入输出端子1314。并且,根据需要,电视监视器1430与视频信号输出端子1312连接,个人计算机1440与数据通信用的输入输出端子1314连接。另外,通过规定的操作,存储在存储器1308的摄像信号被输出给电视监视器1430或个人计算机1440。数字照相机1300具有物理量传感器310,使用物理量传感器310的输出信号进行例如抖动校正等处理。

[0168] 3. 移动体

[0169] 图15是示出本实施方式的移动体的一例的图(俯视图)。图15所示的移动体400构成为包含物理量传感器410、控制器440、450、460、电池470、导航装置480。另外,本实施方式的移动体也可以是省略图15的构成要素(各部)的一部分或者追加其他结构要素而成的结构。

[0170] 物理量传感器410、控制器440、450、460、导航装置480利用由电池470供给的电源电压进行动作。

[0171] 物理量传感器410检测物理量,将检测结果输出给控制器440、450、460。

[0172] 控制器440、450、460分别是使用物理量传感器410的输出信号进行姿势控制系统、

侧翻防止系统、制动系统等各种控制的控制装置。

[0173] 导航装置480根据内置的GPS接收机(未图示)的输出信息,在显示器显示移动体400的位置和时刻等其它各种信息。另外,导航装置480在接收不到GPS的电波时,也根据物理量传感器410的输出信号确定移动体400的位置和朝向,并继续显示必要信息。

[0174] 例如,作为物理量传感器410,通过应用上述的各实施方式的物理量传感器1,例如能够实现可靠性较高的移动体。

[0175] 作为这样的移动体400可以考虑各种移动体,例如可以举出汽车(包含电动汽车)、喷气式飞机和直升机等航空设备、船舶、火箭、人造卫星等。

[0176] 上述的实施方式及变形例只是一例,并非限于这些。例如,也能够适当组合各实施方式及各变形例。

[0177] 本发明包含与在实施方式中说明的结构实质上相同的结构(例如,功能、方法及结果相同的结构或者目的及效果相同的结构)。并且,本发明包含将在实施方式中说明的结构中非本质性的部分替换而得到的结构。并且,本发明包含能够发挥与在实施方式中说明的结构相同的作用效果的结构或者达到相同目的的结构。并且,本发明包含对在实施方式中说明的结构附加公知技术而得到的结构。

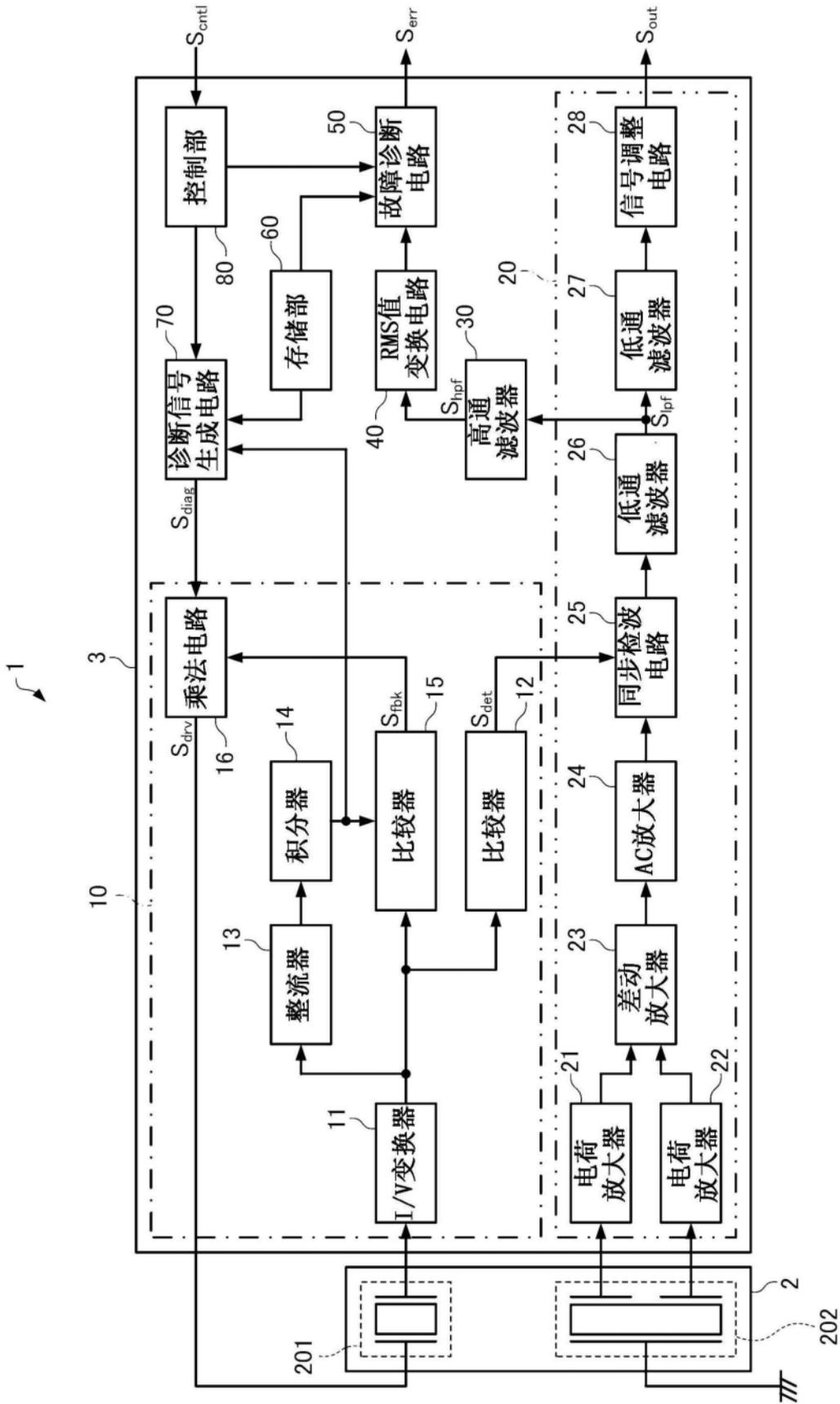


图1

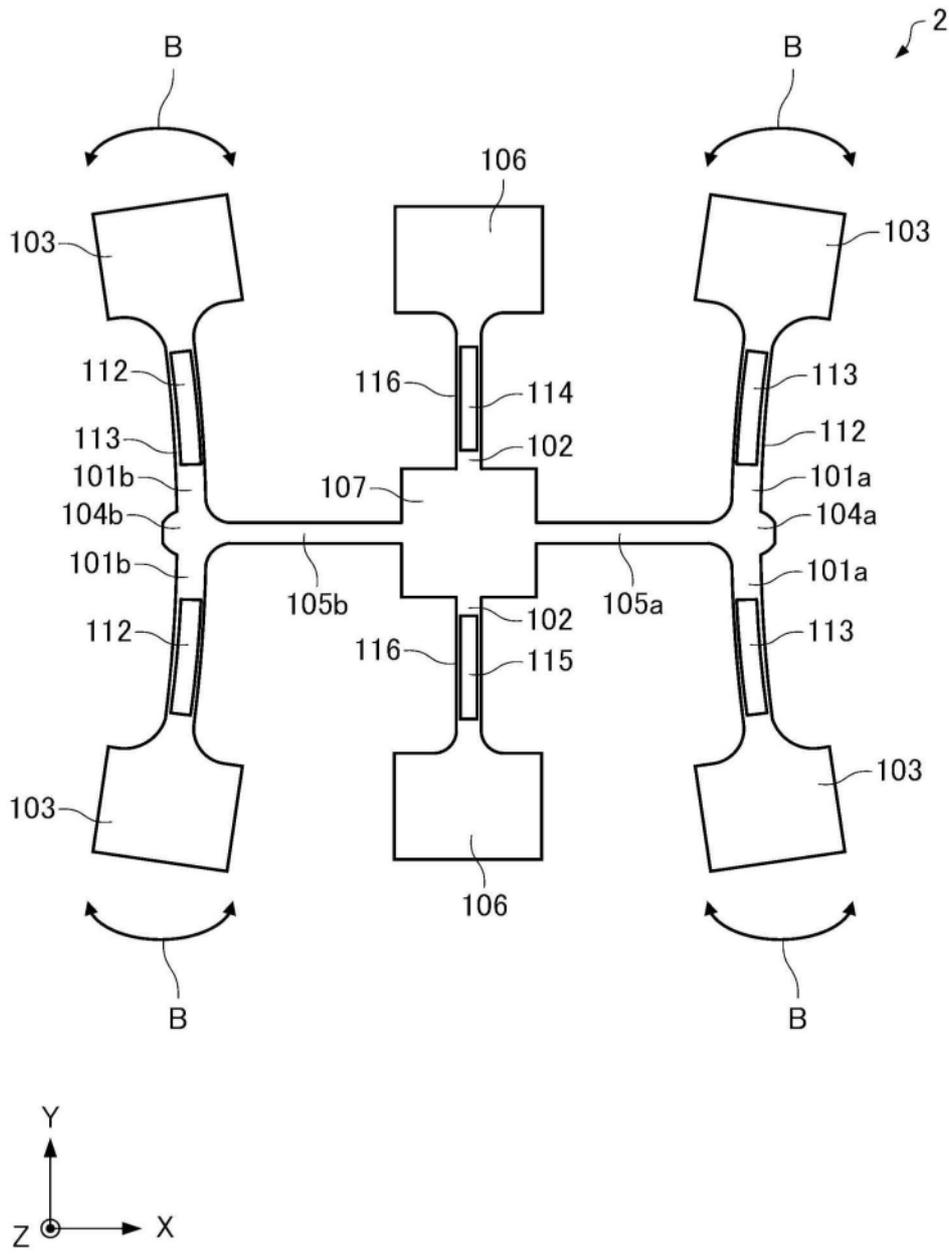


图3

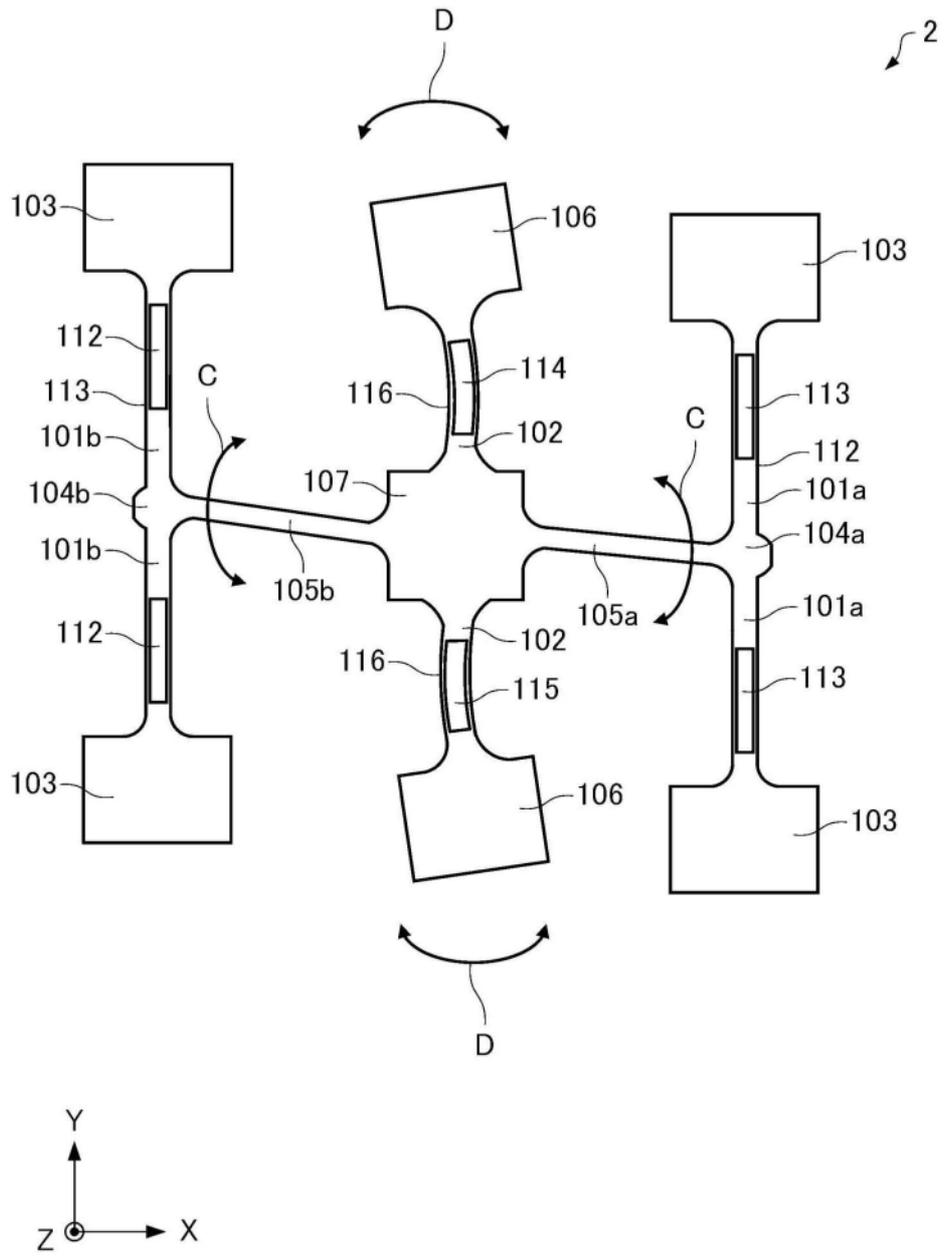


图4

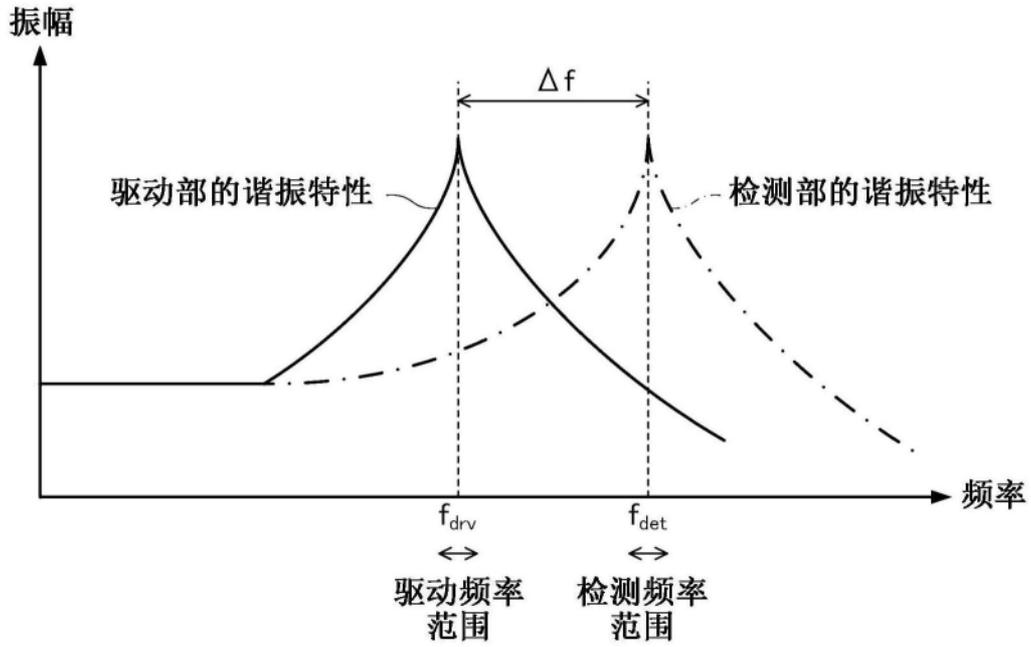


图5

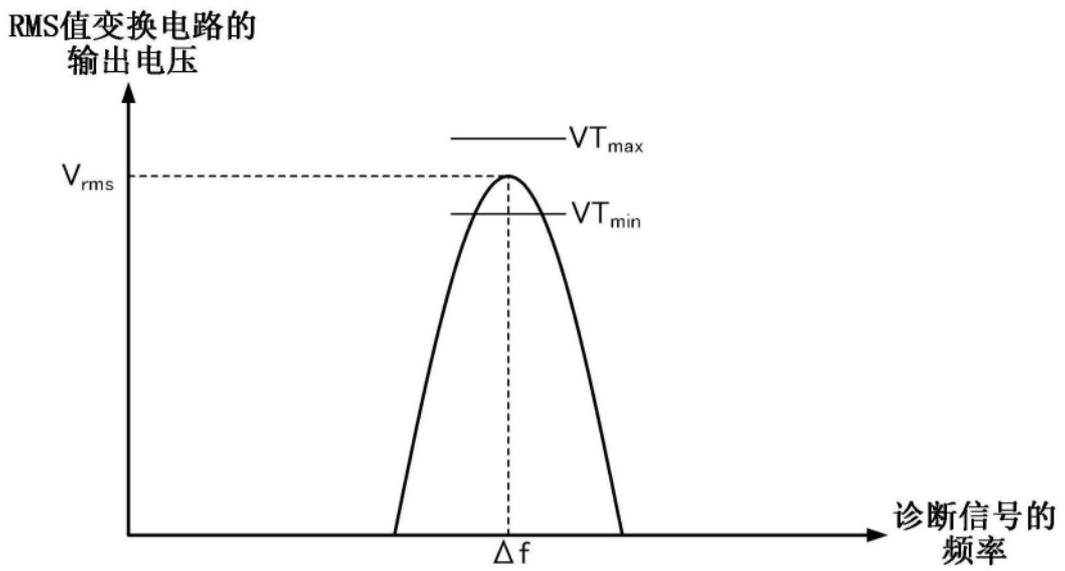


图6

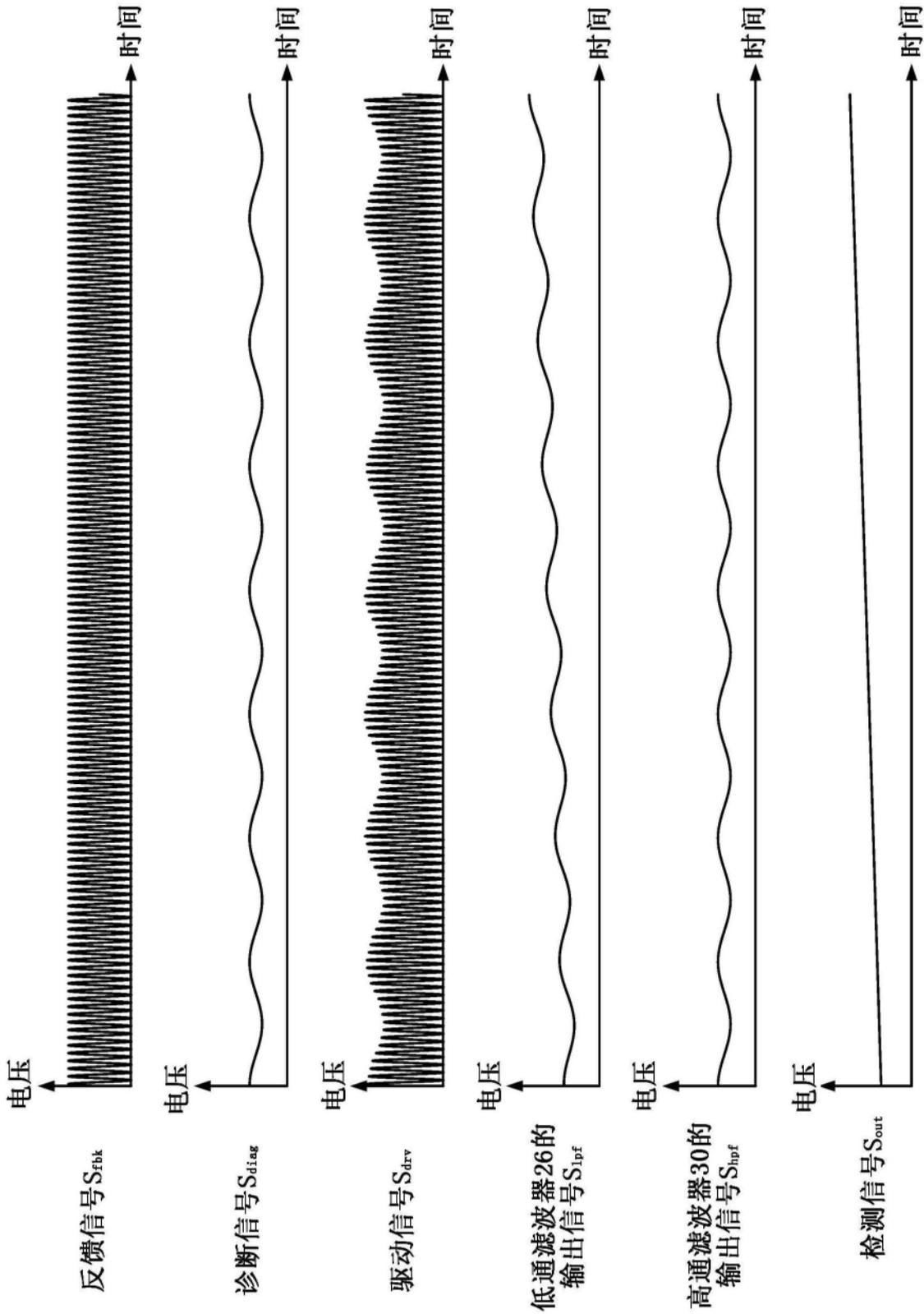


图7

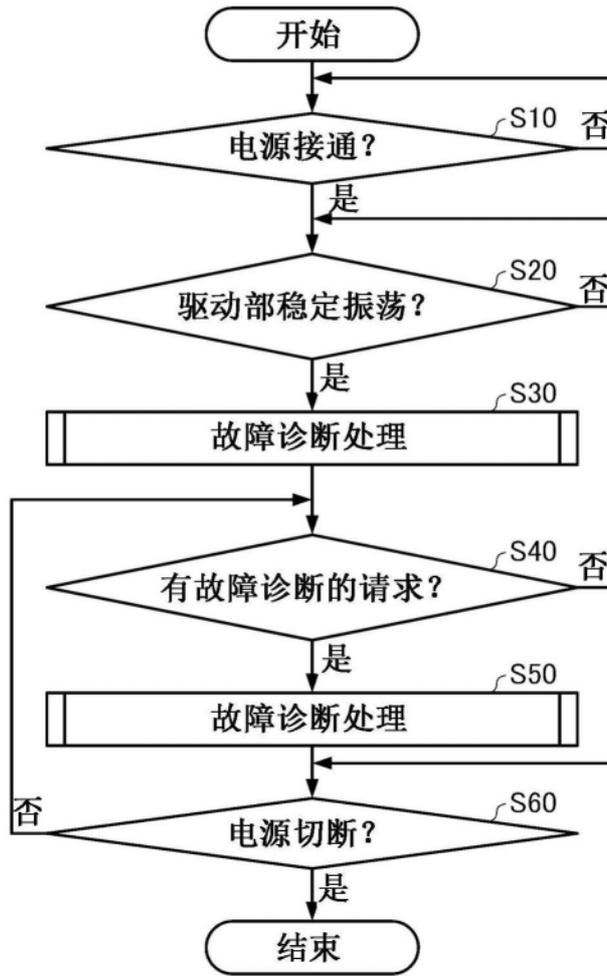


图8

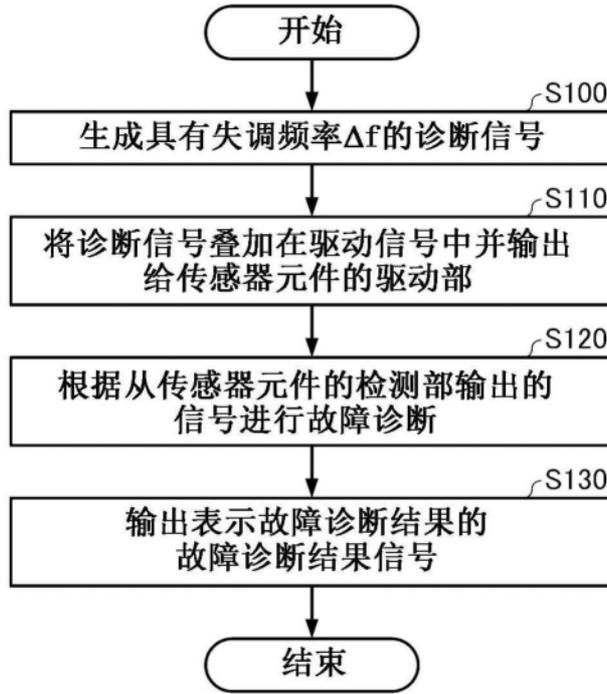


图9

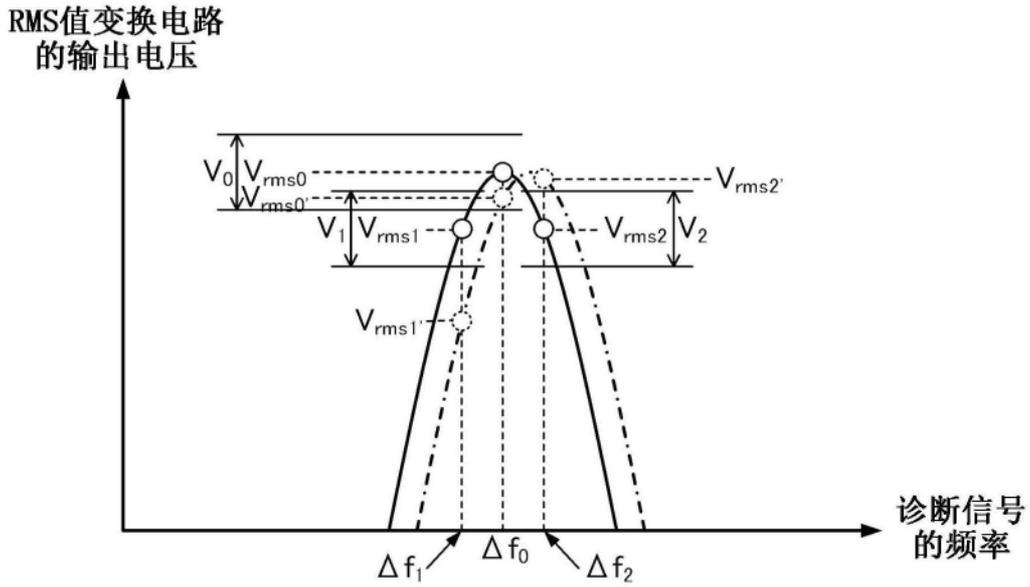


图10

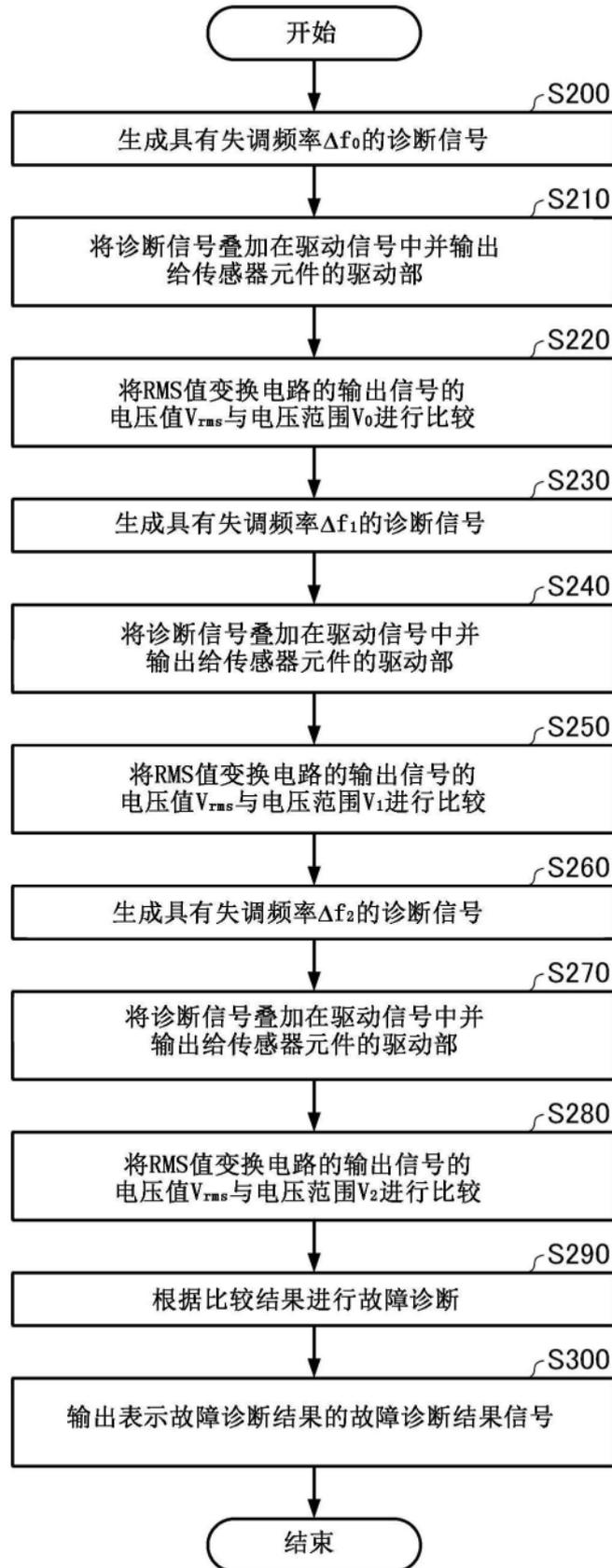


图11

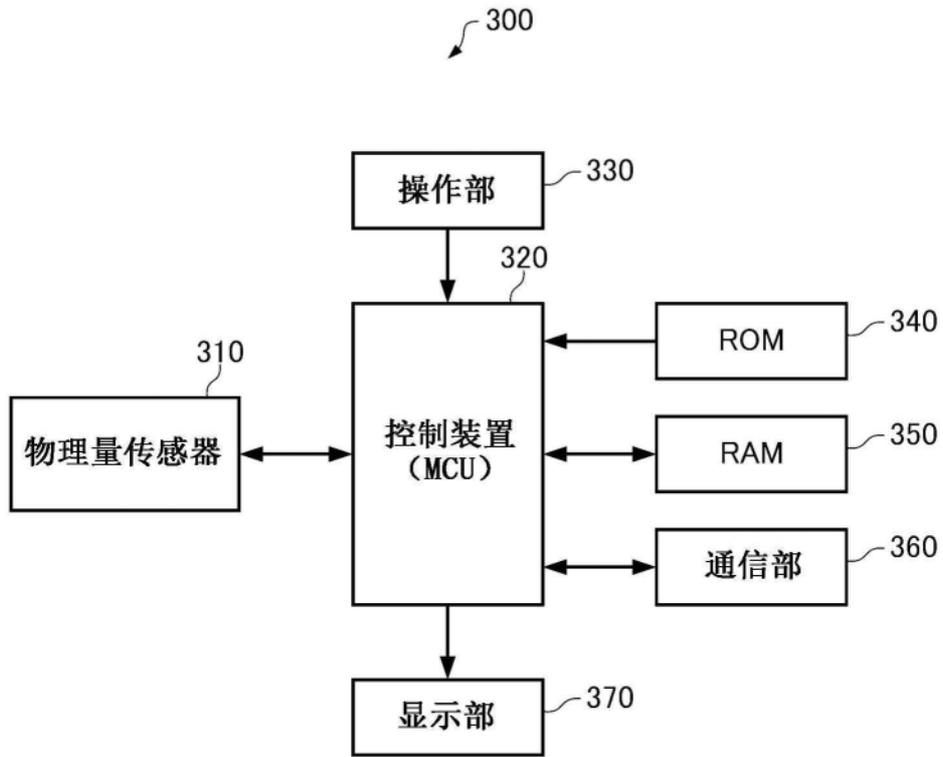


图13

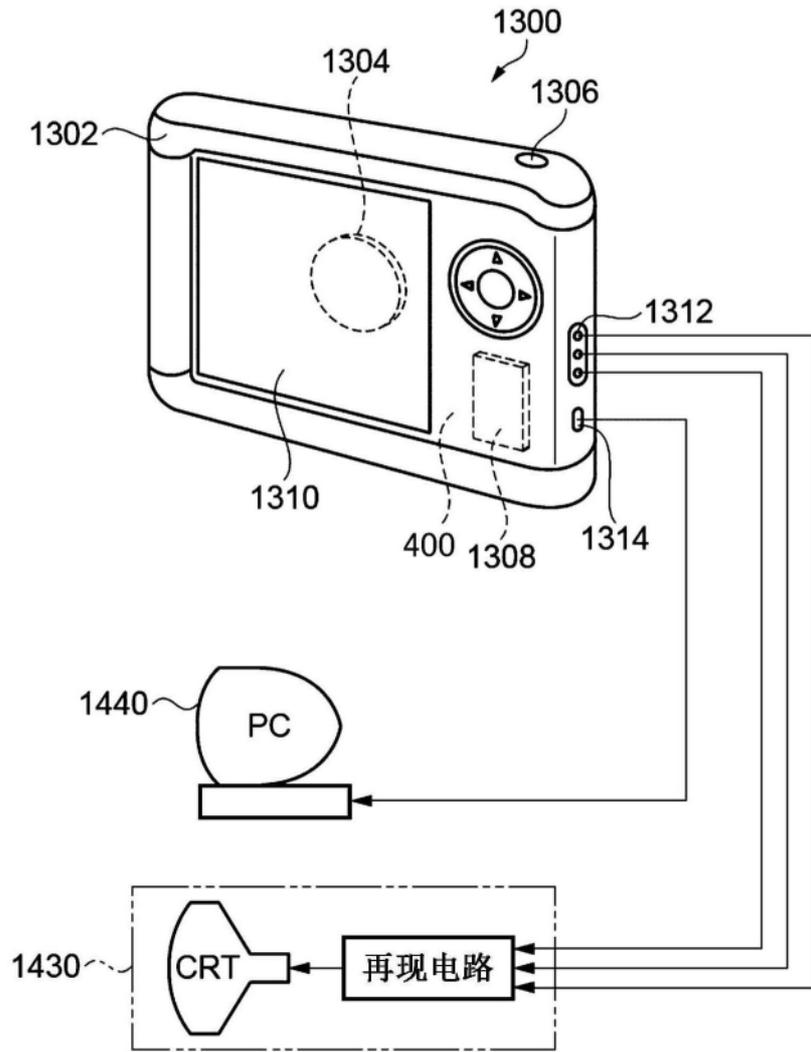


图14

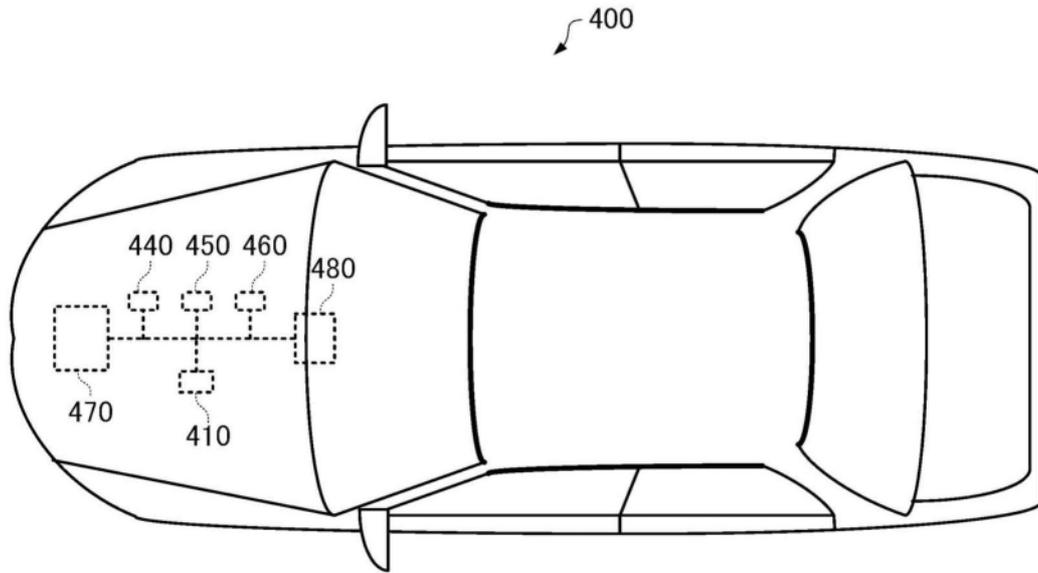


图15