(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111829497 B
(45)授权公告日 2024.01.12

(21)申请号 202010316045.5

(22)申请日 2020.04.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111829497 A

(43)申请公布日 2020.10.27

(30)优先权数据
2019-081621 2019.04.23 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 青山孝志

(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 黄纶伟

(51)Int.Cl.
G01C 19/5705(2012.01)
G01C 19/5712(2012.01)
G01C 19/5776(2012.01)
G01C 25/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2018274921 A1,2018.09.27
US 2019094284 A1,2019.03.28
CN 107063221 A,2017.08.18
JP 2018084480 A,2018.05.31
JP 2015200580 A,2015.11.12
JP 2008175805 A,2008.07.31
JP 2014197010 A,2014.10.16
JP 2017090209 A,2017.05.25
CN 102401653 A,2012.04.04
吕琛等."PFM神经网络VLSI电路的故障诊断应用".《清华大学学报(自然科学版)》.2004,第44卷(第1期),第118-121页.
Benedikt Welp et al."A Mixed-Mode Beamforming Radar Transmitter MMIC Utilizing Novel Ultrawideband IQ-Generation Techniques in SiGe BiCMOS".《IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques》.2018,第66卷(第6期),第2604-2617页.

审查员 康军

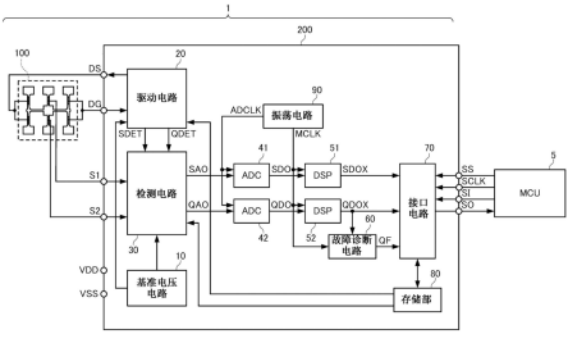
权利要求书3页 说明书16页 附图11页

(54)发明名称

物理量检测电路、物理量传感器及其故障诊断方法

(57)摘要

物理量检测电路、物理量传感器及其故障诊断方法。物理量检测电路根据物理量检测元件的泄漏振动来生成可用于故障诊断的信号。并具备:差动放大电路,差动放大基于包含第1物理量成分和第1振动泄漏成分的第1信号、以及包含与第1物理量成分反相的第2物理量成分和与第1振动泄漏成分同相的第2振动泄漏成分的第2信号的信号对;加法电路,将信号对相加;第1同步检波电路,同步检波基于差动放大电路的输出信号的信号;第2同步检波电路,同步检波基于加法电路的输出信号的信号;物理量检测信号生成电路,根据第1同步检波电路的输出信号来生成物理量检测信号;以及振动泄漏信号生成电路,根据第2同步检波电路的输出信号来生成振动泄漏信号。



CN 111829497 B

1.一种物理量检测电路,其具有:

差动放大电路,其对基于从检测物理量的物理量检测元件输出的第1信号和第2信号的信号对进行差动放大;

第1同步检波电路,其对基于所述差动放大电路的输出信号的信号进行同步检波;

物理量检测信号生成电路,其根据所述第1同步检波电路的输出信号来生成物理量检测信号;

加法电路,其将所述信号对相加;

第2同步检波电路,其对基于所述加法电路的输出信号的信号进行同步检波;以及

振动泄漏信号生成电路,其根据所述第2同步检波电路的输出信号来生成振动泄漏信号,

所述第1信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第1物理量成分、和基于所述物理量检测元件的振动的第1振动泄漏成分,

所述第2信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第2物理量成分、和基于所述物理量检测元件的所述振动的第2振动泄漏成分,

所述第1物理量成分和所述第2物理量成分彼此反相,

所述第1振动泄漏成分和所述第2振动泄漏成分彼此同相,

所述第1同步检波电路输出对应于所述第1物理量成分与所述第2物理量成分之差的信号,

所述振动泄漏信号是对应于所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分之和的信号。

2.根据权利要求1所述的物理量检测电路,其中,

所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分的差分量实质上为零。

3.根据权利要求1或2所述的物理量检测电路,其中,

该物理量检测电路具有:

第1电荷放大器电路,其被输入所述第1信号;以及

第2电荷放大器电路,其被输入所述第2信号,

所述信号对是所述第1电荷放大器电路的输出信号和所述第2电荷放大器电路的输出信号。

4.根据权利要求1所述的物理量检测电路,其中,

该物理量检测电路具有故障诊断电路,该故障诊断电路根据所述振动泄漏信号来进行故障诊断。

5.根据权利要求4所述的物理量检测电路,其中,

所述故障诊断电路在所述振动泄漏信号的大小不包含在第1范围内的情况下诊断为故障。

6.根据权利要求5所述的物理量检测电路,其中,

所述第1范围是可变的。

7.一种物理量传感器,该物理量传感器具有:

权利要求1至6中的任意一项所述的物理量检测电路;以及

所述物理量检测元件。

8.一种电子设备,该电子设备具有:

权利要求7所述的物理量传感器;以及

处理电路,其进行基于所述物理量传感器的输出信号的处理。

9.一种移动体,该移动体具有:

权利要求7所述的物理量传感器;以及

处理电路,其进行基于所述物理量传感器的输出信号的处理。

10.一种物理量传感器的故障诊断方法,包含如下的步骤:

差动放大步骤,对基于从检测物理量的物理量检测元件输出的第1信号和第2信号的信号对进行差动放大;

第1同步检波步骤,对基于在所述差动放大步骤中得到的信号的信号进行同步检波;

物理量检测信号生成步骤,根据在所述第1同步检波步骤中得到的信号来生成物理量检测信号;

相加步骤,将所述信号对相加;

第2同步检波步骤,对基于在所述相加步骤中得到的信号的信号进行同步检波;

振动泄漏信号生成步骤,根据在所述第2同步检波步骤中得到的信号来生成振动泄漏信号;以及

故障诊断步骤,根据所述振动泄漏信号来进行所述物理量传感器的故障诊断,

所述第1信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第1物理量成分、和基于所述物理量检测元件的振动的第1振动泄漏成分,

所述第2信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第2物理量成分、和基于所述物理量检测元件的所述振动的第2振动泄漏成分,

所述第1物理量成分和所述第2物理量成分彼此反相,

所述第1振动泄漏成分和所述第2振动泄漏成分彼此同相,

所述第1同步检波步骤生成对应于所述第1物理量成分与所述第2物理量成分之差的信号,

所述振动泄漏信号是对应于所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分之和的信号。

11.根据权利要求10所述的物理量传感器的故障诊断方法,其中,

所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分的差分量实质上为零。

12.根据权利要求10或11所述的物理量传感器的故障诊断方法,其中,

物理量检测电路具有:

第1电荷放大器电路,其被输入所述第1信号;以及

第2电荷放大器电路,其被输入所述第2信号,

所述信号对是所述第1电荷放大器电路的输出信号和所述第2电荷放大器电路的输出信号。

13.根据权利要求10所述的物理量传感器的故障诊断方法,其中,

在所述故障诊断步骤中,在所述振动泄漏信号的大小不包含在第1范围内的情况下诊断为故障。

14.根据权利要求13所述的物理量传感器的故障诊断方法,其中,

所述第1范围是可变的。

物理量检测电路、物理量传感器及其故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及物理量检测电路、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、电子设备中,广泛使用检测角速度的陀螺仪传感器、检测加速度的加速度传感器等能够检测各种物理量的物理量传感器。近年来,在使用了物理量传感器的系统中,为了实现高可靠性,提出了对在物理量传感器中是否发生了故障进行诊断的方法。

[0003] 例如,在专利文献1中记载了一种物理量检测装置,该物理量检测装置具有物理量检测电路,该物理量检测电路在异常诊断模式下检测由于物理量检测元件的两个驱动振动臂的弯曲振动而在两个检测振动臂处产生的泄漏振动,并输出与泄漏振动的大小对应的信号。具体来说,在专利文献1记载的物理量检测装置中,物理量检测电路在物理量检测模式下利用同步检波电路对由差动放大电路将从物理量检测元件的两个检测电极输出的信号进行差动放大后的信号进行同步检波而生成与物理量成分对应的信号,物理量检测电路在异常诊断模式下兼用差动放大电路和同步检波电路,通过变更输入到同步检波电路的检波信号的相位来输出与振动泄漏成分对应的信号。在物理量检测元件发生了破损等故障的情况下,由于泄漏振动的大小发生变化,所以在异常诊断模式下从物理量检测电路输出的信号的大小发生变化,因此能够根据从物理量检测电路输出的信号来进行故障诊断。

[0004] 专利文献1:日本特开2010-107416号公报

[0005] 但是,在专利文献1记载的物理量检测装置中,对物理量检测元件进行调整以使从两个检测电极输出的信号所包含的振动泄漏成分互为反相,在差动放大电路的输出信号中包含物理量成分,同时包含比较大的振动泄漏成分,因此在物理量检测模式下,当由于制造偏差等而导致检波信号的相位偏离设计值时,在同步检波电路的输出信号中包含比较大的振动泄漏成分。因此,在物理量检测模式下,存在如下担忧:从物理量检测电路输出的信号所包含的噪声成分增加,并且作为未施加物理量时的物理量检测信号的大小的零点从设计值偏离不确定的量。

发明内容

[0006] 本发明的物理量检测电路的一个方式是物理量检测电路,其根据从检测物理量的物理量检测元件输出的第1信号和第2信号,生成与所述物理量检测元件所检测出的所述物理量对应的物理量检测信号,其中,所述第1信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第1物理量成分、和基于所述物理量检测元件的振动的第1振动泄漏成分,所述第2信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第2物理量成分、和基于所述物理量检测元件的所述振动的第2振动泄漏成分,所述第1物理量成分和所述第2物理量成分彼此反相,所述第1振动泄漏成分和所述第2振动泄漏成分彼此同相,所述物理量检

测电路具有:差动放大电路,其对基于所述第1信号和所述第2信号的信号对进行差动放大;加法电路,其将所述信号对相加;第1同步检波电路,其对基于所述差动放大电路的输出信号的信号进行同步检波而输出对应于所述第1物理量成分与所述第2物理量成分之差的信号;第2同步检波电路,其对基于所述加法电路的输出信号的信号进行同步检波而输出对应于所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分之和的信号;物理量检测信号生成电路,其根据所述第1同步检波电路的输出信号来生成所述物理量检测信号;以及振动泄漏信号生成电路,其根据所述第2同步检波电路的输出信号来生成振动泄漏信号。

[0007] 在所述物理量检测电路的一个方式中,也可以是,所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分的差分量实质上为零。

[0008] 所述物理量检测电路的一个方式也可以具有:第1电荷放大器电路,其被输入所述第1信号;以及第2电荷放大器电路,其被输入所述第2信号,所述信号对是所述第1电荷放大器电路的输出信号和所述第2电荷放大器电路的输出信号。

[0009] 所述物理量检测电路的一个方式也可以具有故障诊断电路,该故障诊断电路根据所述振动泄漏信号来进行故障诊断。

[0010] 在所述物理量检测电路的一个方式中,也可以是,所述故障诊断电路在所述振动泄漏信号的大小不包含在第1范围内的情况下诊断为故障。

[0011] 在所述物理量检测电路的一个方式中,也可以是,所述第1范围是可变的。

[0012] 本发明的物理量传感器的一个方式具有:所述物理量检测电路的一个方式;以及所述物理量检测元件。

[0013] 本发明的电子设备的一个方式具有:所述物理量传感器的一个方式;以及处理电路,其进行基于所述物理量传感器的输出信号的处理。

[0014] 本发明的移动体的一个方式具有:所述物理量传感器的一个方式;以及处理电路,其进行基于所述物理量传感器的输出信号的处理。

[0015] 在本发明的物理量传感器的故障诊断方法的一个方式中,该物理量传感器包含:物理量检测元件,其检测物理量,输出第1信号和第2信号;以及物理量检测电路,其根据所述第1信号和所述第2信号,生成与所述物理量检测元件所检测出的所述物理量对应的物理量检测信号,其中,所述第1信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第1物理量成分、和基于所述物理量检测元件的振动的第1振动泄漏成分,所述第2信号包含基于所述物理量检测元件所检测出的所述物理量的第2物理量成分、和基于所述物理量检测元件的所述振动的第2振动泄漏成分,所述第1物理量成分和所述第2物理量成分彼此反相,所述第1振动泄漏成分和所述第2振动泄漏成分彼此同相,所述物理量传感器的故障诊断方法包含如下的步骤:差动放大步骤,对基于从所述物理量检测元件输出的所述第1信号和所述第2信号的信号对进行差动放大;相加步骤,将所述信号对相加;第1同步检波步骤,对基于在所述差动放大步骤中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于所述第1物理量成分与所述第2物理量成分之差的信号;第2同步检波步骤,对基于在所述相加步骤中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于所述第1振动泄漏成分与所述第2振动泄漏成分之和的信号;物理量检测信号生成步骤,根据在所述第1同步检波步骤中生成的信号来生成所述物理量检测信号;振动泄漏信号生成步骤,根据在所述第2同步检波步骤中生成的信号来生成振动泄漏信号;以及故障诊断步骤,根据所述振动泄漏信号来进行所述物理量传感器

的故障诊断。

附图说明

[0016] 图1是本实施方式的物理量传感器的功能框图。

[0017] 图2是陀螺仪传感器元件的振动片的俯视图。

[0018] 图3是用于对陀螺仪传感器元件的动作进行说明的图。

[0019] 图4是用于对陀螺仪传感器元件的动作进行说明的图。

[0020] 图5是示出驱动电路的结构例的图。

[0021] 图6是示出检测电路的结构例的图。

[0022] 图7是示出针对物理量检测元件的输出信号所包含的物理量成分的各种信号的波形的一例的图。

[0023] 图8是示出针对物理量检测元件的输出信号所包含的振动泄漏成分的各种信号的波形的一例的图。

[0024] 图9是示出本实施方式的故障诊断方法的步骤的一例的流程图。

[0025] 图10是示出本实施方式的电子设备的结构的一例的功能框图。

[0026] 图11是示意性地示出作为电子设备的一例的数字照相机的立体图。

[0027] 图12是示出本实施方式的移动体的一例的图。

[0028] 标号说明

[0029] 1:物理量传感器;5:MCU;10:基准电压电路;20:驱动电路;21:电流电压转换电路;22:AC放大电路;23:振幅调整电路;24:移相电路;30:检测电路;31A:电荷放大器电路;31B:电荷放大器电路;32:差动放大电路;33:加法电路;34A:AC放大电路;34B:AC放大电路;35A:同步检波电路;35B:同步检波电路;36A:平滑电路;36B:平滑电路;37A:可变放大电路;37B:可变放大电路;38A:滤波电路;38B:滤波电路;41:模拟/数字转换电路;42:模拟/数字转换电路;51:数字信号处理电路;52:数字信号处理电路;60:故障诊断电路;70:接口电路;80:存储部;90:振荡电路;100:物理量检测元件;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:连结臂;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;200:物理量检测电路;300:电子设备;310:物理量传感器;320:处理电路;330:操作部;340:ROM;350:RAM;360:通信部;370:显示部;400:移动体;410:物理量传感器;440、450、460:处理电路;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

[0030] 以下,使用附图对本发明的优选实施方式进行详细说明。另外,以下说明的实施方式并非不当地限定权利要求书所记载的本发明的内容。另外,以下说明的结构并非全部都是本发明的必要技术特征。

[0031] 以下,以检测角速度作为物理量的物理量传感器即角速度传感器为例来进行说明。

[0032] 1.物理量传感器

[0033] 1-1.物理量传感器的结构

[0034] 图1是本实施方式的物理量传感器的功能框图。本实施方式的物理量传感器1包含检测物理量的物理量检测元件100和物理量检测电路200。

[0035] 物理量检测元件100具有配置有驱动电极和检测电极的振动片,一般而言,为了尽可能减小振动片的阻抗来提高振荡效率,振动片被密封在确保气密性的封装中。在本实施方式中,物理量检测元件100具有所谓的双T型的振动片,该双T型的振动片具有T型的两个驱动振动臂。

[0036] 图2是本实施方式的物理量检测元件100的振动片的俯视图。物理量检测元件100例如具有由Z切的石英基板形成的双T型的振动片。以石英为材料的振动片的相对于温度变化的谐振频率的变动极小,因此存在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。

[0037] 如图2所示,在物理量检测元件100的振动片中,从两个驱动用基部104a、104b各自向+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和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和112。驱动电极112、113分别经由图1所示的物理量检测电路200的DS端子、DG端子而与驱动电路20连接。

[0038] 驱动用基部104a、104b分别经由向-X轴方向和+X轴方向延伸的连结臂105a、105b而与矩形的检测用基部107连接。

[0039] 检测振动臂102从检测用基部107向+Y轴方向和-Y轴方向延伸。在检测振动臂102的上表面形成有检测电极114和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所示的物理量检测电路200的S1端子、S2端子而与检测电路30连接。另外,公共电极116接地。

[0040] 当在驱动振动臂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由于逆压电效应而如箭头B那样使两个驱动振动臂101a、101b的前端进行反复互相接近和分离的弯曲振动。以下,有时也将驱动振动臂101a、101b的弯曲振动称为“激振振动”。

[0041] 在该状态下,当对物理量检测元件100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的弯曲振动的方向和Z轴这两者垂直的方向上得到科里奥利力。其结果是,如图4所示,连结臂105a、105b进行箭头C所示的振动。而且,检测振动臂102与连结臂105a、105b的振动联动地如箭头D那样进行弯曲振动。伴随着该科里奥利力的检测振动臂102的弯曲振动和驱动振动臂101a、101b的弯曲振动的相位错开90°。

[0042] 另外,如果驱动振动臂101a、101b进行弯曲振动时的振动能量的大小或振动的振幅的大小在两个驱动振动臂101a、101b中是相等的,则取得驱动振动臂101a、101b的振动能量的平衡,在没有对物理量检测元件100施加角速度的状态下,检测振动臂102不进行弯曲振动。但是,当两个驱动振动臂101a、101b的振动能量的平衡被破坏时,即使在没有对物理量检测元件100施加角速度的状态下,检测振动臂102也产生弯曲振动。该弯曲振动被称为泄漏振动,与基于科里奥利力的振动同样地是箭头D的弯曲振动,但与基于科里奥利力的振动的相位错开90°。

[0043] 而且,通过压电效应在检测振动臂102的检测电极114、115产生基于这些弯曲振动

的交流电荷。这里,基于科里奥利力而产生的交流电荷根据科里奥利力的大小、即施加给物理量检测元件100的角速度的大小而发生变化。另一方面,基于泄漏振动而产生的交流电荷与施加给物理量检测元件100的角速度的大小无关,是恒定的。

[0044] 另外,在驱动振动臂101a、101b的前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的前端形成施重部103,能够增大科里奥利力,并且能够以比较短的振动臂得到期望的谐振频率。同样,在检测振动臂102的前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的前端形成施重部106,能够增大在检测电极114、115产生的交流电荷。

[0045] 如以上那样,物理量检测元件100经由检测电极114、115来输出基于检测出的物理量的交流电荷和基于激振振动的泄漏振动的交流电荷。以下,有时也将基于物理量的交流电荷称为“物理量成分”,将基于泄漏振动的交流电荷称为“振动泄漏成分”。另外,在本实施方式中,物理量检测元件100所检测到的物理量是与科里奥利力对应的角速度。

[0046] 返回图1的说明,物理量检测电路200包含基准电压电路10、驱动电路20、检测电路30、模拟/数字转换电路41、模拟/数字转换电路42、数字信号处理电路51、数字信号处理电路52、故障诊断电路60、接口电路70、存储部80以及振荡电路90。物理量检测电路200例如可以由单芯片的集成电路(IC:Integrated Circuit)实现。另外,物理量检测电路200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的结构。

[0047] 基准电压电路10根据从物理量检测电路200的VDD端子和VSS端子分别供给的电源电压和地电压,生成作为模拟地电压的基准电压等恒定电压、恒定电流,并供给到驱动电路20、检测电路30。

[0048] 驱动电路20生成用于使物理量检测元件100进行激振振动的驱动信号,并经由DS端子而供给到物理量检测元件100的驱动电极112。另外,通过物理量检测元件100的激振振动而在驱动电极113产生的振荡电流经由DG端子而输入到驱动电路20,驱动电路20对驱动信号的振幅电平进行反馈控制以使该振荡电流的振幅保持恒定。另外,驱动电路20生成相位与驱动信号相同的检波信号SDET和相位与驱动信号相差90°的检波信号QDET,并输出到检测电路30。

[0049] 在物理量检测元件100的两个检测电极114、115产生的交流电荷分别经由物理量检测电路200的S1端子和S2端子而输入到检测电路30,检测电路30使用检波信号SDET来检测这些交流电荷所包含的物理量成分,生成电压电平与物理量成分的大小对应的模拟信号即物理量检测信号SAO并输出。另外,检测电路30检测经由S1端子和S2端子输入的交流电荷所包含的振动泄漏成分,生成电压电平与振动泄漏成分的大小对应的模拟信号即振动泄漏信号QAO并输出。

[0050] 存储部80具有未图示的非易失性存储器,在该非易失性存储器中存储有针对驱动电路20和检测电路30的各种修整数据、例如调整数据或校正数据。非易失性存储器例如可以构成为MONOS(Metal Oxide Nitride Oxide Silicon:金属氧化氮氧化硅)型存储器、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory:电可擦可编程只读存储器)。此外,也可以构成为,存储部80具有未图示的寄存器,在物理量检测电路200的电源接通时,即在VDD端子的电压从0V上升到期望的电压时,存储在非易失性存储器中的各种修整数据被传输并保持在寄存器中,保持在寄存器中的各种修整数据被供给到驱动电路20、

检测电路30。

[0051] 模拟/数字转换电路41根据时钟信号ADCLK来进行动作,将作为模拟信号的物理量检测信号SAO转换成作为数字信号的物理量检测信号SDO而输出。

[0052] 模拟/数字转换电路42根据时钟信号ADCLK来进行动作,将作为模拟信号的振动泄漏信号QAO转换成作为数字信号的振动泄漏信号QDO而输出。

[0053] 数字信号处理电路51根据主时钟信号MCLK来进行动作,对从模拟/数字转换电路41输出的物理量检测信号SDO进行规定的运算处理,并输出通过运算处理而得到的物理量检测信号SDOX。

[0054] 数字信号处理电路52根据主时钟信号MCLK来进行动作,对从模拟/数字转换电路42输出的振动泄漏信号QDO进行规定的运算处理,并输出通过运算处理而得到的振动泄漏信号QDOX。

[0055] 故障诊断电路60根据主时钟信号MCLK来进行动作,并根据振动泄漏信号QDOX来进行物理量传感器1的故障诊断。然后,故障诊断电路60输出表示物理量传感器1是否故障的故障诊断结果信号QF。如果物理量传感器1正常,则振动泄漏信号QDOX的大小包含在规定的范围内。与此相对,例如在物理量检测元件100的一部分发生破损的情况、与物理量检测元件100的检测电极114电连接的布线的一部分被切断或短路、或者与物理量检测元件100的检测电极115电连接的布线的一部分被切断或短路的情况下,振动泄漏信号QDOX的大小偏离规定的范围。因此,故障诊断电路60可以在振动泄漏信号QDOX的大小不包含在第1范围内的情况下诊断为物理量传感器1故障。例如,第1范围可以被设定为包含振动泄漏信号QDOX的设计值,并且包含可随时间变化而从该设计值变化的范围。另外,第1范围既可以是固定的,也可以是可变的。例如,也可以根据存储部80所具有的能够从物理量检测电路200的外部进行改写的寄存器中所存储的值来可变地设定第1范围。

[0056] 接口电路70根据来自物理量检测电路200的外部装置即MCU(Micro Control Unit:微控制单元)5的请求,进行将从数字信号处理电路51输出的物理量检测信号SDOX和故障诊断结果信号QF输出到MCU 5的处理。另外,接口电路70也可以根据来自MCU 5的请求,进行将从数字信号处理电路52输出的振动泄漏信号QDOX输出到MCU 5的处理。另外,接口电路70根据来自MCU 5的请求,进行读出存储在存储部80的非易失性存储器或寄存器中的数据并输出到MCU 5的处理、将从MCU 5输入的数据写入到存储部80的非易失性存储器或寄存器中的处理。例如,MCU 5也可以进行将用于设定上述第1范围的值写入到规定的寄存器的处理。

[0057] 接口电路70例如是SPI(Serial Peripheral Interface:串行外设接口)总线的接口电路,从MCU 5发送的选择信号、时钟信号、数据信号分别经由物理量检测电路200的SS端子、SCLK端子、SI端子而输入到该接口电路70,并且该接口电路70将数据信号经由物理量检测电路200的SO端子而输出到MCU 5。另外,接口电路70也可以是与SPI总线以外的各种总线、例如I^2C(Inter-Integrated Circuit:内置集成电路)总线等对应的接口电路。

[0058] 振荡电路90产生主时钟信号MCLK,并将主时钟信号MCLK供给到数字信号处理电路51、52以及故障诊断电路60。另外,振荡电路90对主时钟信号MCLK进行分频而生成时钟信号ADCLK,并将时钟信号ADCLK供给到模拟/数字转换电路41、42。振荡电路90例如也可以通过环形振荡器、CR振荡电路来产生主时钟信号MCLK。

[0059] 在这样构成的物理量传感器1中,物理量检测元件100输出第1信号和第2信号,该第1信号是在检测电极114产生的交流电荷,该第2信号是在检测电极115产生的交流电荷,物理量检测电路200根据从物理量检测元件100输出的第1信号和第2信号,生成与物理量检测元件100所检测出的物理量对应的物理量检测信号SDOX。

[0060] 1-2.驱动电路的结构

[0061] 图5是示出驱动电路20的结构例的图。如图5所示,驱动电路20包含电流电压转换电路21、AC放大电路22、振幅调整电路23以及移相电路24。

[0062] 通过物理量检测元件100的激振振动而在驱动电极113产生的振荡电流经由DG端子而输入到电流电压转换电路21,并通过电流电压转换电路21而转换成交流电压信号。从电流电压转换电路21输出的交流电压信号被输入到AC放大电路22和振幅调整电路23。

[0063] AC放大电路22对所输入的交流电压信号进行放大,并以规定的电压值进行钳位而输出方波的驱动信号。振幅调整电路23根据电流电压转换电路21所输出的交流电压信号的电平,对AC放大电路22进行控制以使驱动信号的振幅发生变化,使得振荡电流的振幅保持为恒定。

[0064] 从AC放大电路22输出的驱动信号经由DS端子而被供给到物理量检测元件100的驱动电极112。物理量检测元件100能够通过被供给驱动信号来继续激振振动。另外,通过将振荡电流保持恒定,物理量检测元件100的驱动振动臂101a、101b能够得到恒定的振动速度。因此,作为科里奥利力的产生基础的振动速度恒定,能够使灵敏度更稳定。

[0065] 另外,AC放大电路22输出与驱动信号同相的方波的检波信号SDET,移相电路24输出使检波信号SDET的相位超前90°的检波信号QDET。然后,检波信号SDET和检波信号QDET被供给到检测电路30。

[0066] 1-3.检测电路的结构

[0067] 图6是示出检测电路30的结构例的图。如图6所示,检测电路30包含电荷放大器电路31A、31B、差动放大电路32、加法电路33、AC放大电路34A、34B、同步检波电路35A、35B、平滑电路36A、36B、可变放大电路37A、37B以及滤波电路38A、38B。

[0068] 经由S1端子向电荷放大器电路31A输入第1信号。第1信号是在物理量检测元件100的检测电极114产生的交流电荷,包含基于物理量检测元件100所检测出的物理量的第1物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第1振动泄漏成分。

[0069] 另外,经由S2端子向电荷放大器电路31B输入第2信号。第2信号是在物理量检测元件100的检测电极115产生的交流电荷,包含基于物理量检测元件100所检测出的物理量的第2物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第2振动泄漏成分。

[0070] 在本实施方式中,如图4所示,当对物理量检测元件100施加角速度时,形成有检测电极114的检测振动臂102和形成有检测电极115的检测振动臂102以取得平衡的方式彼此反向地进行弯曲振动。因此,第1物理量成分和第2物理量成分彼此反相。这里,第1物理量成分和第2物理量成分彼此反相不仅包含第1物理量成分与第2物理量成分的相位差准确地为180°的情况,还包含由于物理量检测元件100的制造误差、信号传播路径的延迟时间的误差等而使第1物理量成分和第2物理量成分的相位差相对于180°具有微小误差的情况。

[0071] 另外,在本实施方式中,第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相。这里,第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相不仅包含第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分

的相位差准确地为0°的情况,还包含由于物理量检测元件100的制造误差、信号传播路径的延迟时间的误差等而使第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分的相位差相对于0°具有微小误差的情况。

[0072] 例如,对4个施重部103的重量分别进行调整以使两个驱动振动臂101a的振动能量相等,并且两个驱动振动臂101b的振动能量相等,并且两个驱动振动臂101a的振动能量之和与两个驱动振动臂101b的振动能量之和产生差,由此,能够使第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相。另外,两个驱动振动臂101a的振动能量之和与两个驱动振动臂101b的振动能量之和的差越大,第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分越大。施重部103的重量调整例如是通过对施重部103照射激光并削去施重部103的一部分而进行的。

[0073] 电荷放大器电路31A将第1信号转换成以基准电压电路10所生成的基准电压Vref为基准的交流电压信号并输出,电荷放大器电路31B将第2信号转换成以基准电压Vref为基准的交流电压信号并输出。另外,电荷放大器电路31A是“第1电荷放大器电路”的一例,电荷放大器电路31B是“第2电荷放大器电路”的一例。

[0074] 差动放大电路32对由电荷放大器电路31A的输出信号和电荷放大器电路31B的输出信号构成的信号对进行差动放大。该信号对是基于第1信号和第2信号的信号对。如上所述,由于第1物理量成分和第2物理量成分彼此反相,所以通过差动放大电路32将物理量成分放大。另一方面,由于第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相,所以通过差动放大电路32使振动泄漏成分衰减。因此,在差动放大电路32的输出信号中,振动泄漏成分对物理量成分的影响减小。另外,在差动放大电路32的输出信号中,为了实质上消除振动泄漏成分对物理量成分的影响,优选第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分的差分量实质上为零。另外,第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分的差分量实质上为零是指,不仅包含差分量准确地为零的情况,还包含由于第1振动泄漏成分、第2振动泄漏成分的最小调整分辨率等而使差分量相对于零具有微小误差的情况、由于第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分的差分量的测定误差而使测定值相对于零具有微小误差的情况。

[0075] AC放大电路34A对差动放大电路32的输出信号进行放大。AC放大电路34A的输出信号被输入到同步检波电路35A。

[0076] 同步检波电路35A将AC放大电路34A的输出信号作为被检波信号,通过检波信号SDET来进行同步检波。通过该同步检波电路35A来提取AC放大电路34A的输出信号所包含的物理量成分。即,同步检波电路35A对基于差动放大电路32的输出信号的信号、即AC放大电路34A的输出信号进行同步检波,输出对应于第1信号所包含的第1物理量成分与第2信号所包含的第2物理量成分之差的信号。同步检波电路35A也可以是如下的开关电路:例如在检波信号SDET的电压电平比基准电压Vref高时选择AC放大电路34A的输出信号,在检波信号SDET的电压电平比基准电压Vref低时选择将AC放大电路34A的输出信号相对于基准电压Vref反相后的信号。另外,同步检波电路35A是“第1同步检波电路”的一例。

[0077] 同步检波电路35A的输出信号在被平滑电路36A平滑化成直流电压信号之后输入到可变放大电路37A。

[0078] 可变放大电路37A按照设定的增益对平滑电路36A的输出信号进行放大或衰减,从而对检测灵敏度进行调整。由可变放大电路37A放大或衰减后的信号被输入到滤波电路38A。

[0079] 滤波电路38A是将可变放大电路37A的输出信号限制为期望的频段的电路。滤波电路38A的输出信号作为物理量检测信号SAO从检测电路30输出。

[0080] 另外,平滑电路36A、可变放大电路37A、滤波电路38A、模拟/数字转换电路41以及数字信号处理电路51是根据同步检波电路35A的输出信号来生成物理量检测信号SDOX的电路,是“物理量检测信号生成电路”的一例。

[0081] 加法电路33将由电荷放大器电路31A的输出信号和电荷放大器电路31B的输出信号构成的信号对相加。如上述那样,由于第1物理量成分和第2物理量成分彼此反相,所以通过加法电路33使物理量成分衰减。另一方面,由于第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相,所以通过加法电路33将振动泄漏成分放大。

[0082] AC放大电路34B对加法电路33的输出信号进行放大。AC放大电路34B的输出信号被输入到同步检波电路35B。

[0083] 同步检波电路35B将AC放大电路34B的输出信号作为被检波信号,通过检波信号QDET来进行同步检波。通过该同步检波电路35B来提取AC放大电路34B的输出信号所包含的振动泄漏成分。即,同步检波电路35B对基于加法电路33的输出信号的信号、即AC放大电路34B的输出信号进行同步检波,输出对应于第1信号所包含的第1振动泄漏成分与第2信号所包含的第2振动泄漏成分之和的信号。同步检波电路35B例如可以是如下的开关电路:在检波信号QDET的电压电平比基准电压Vref高时选择AC放大电路34B的输出信号,在检波信号QDET的电压电平比基准电压Vref低时选择将AC放大电路34B的输出信号相对于基准电压Vref反相后的信号。另外,同步检波电路35B是“第2同步检波电路”的一例。

[0084] 同步检波电路35B的输出信号在被平滑电路36B平滑化成直流电压信号之后输入到可变放大电路37B。

[0085] 可变放大电路37B按照设定的增益对平滑电路36B的输出信号进行放大或衰减。由可变放大电路37B放大或衰减后的信号被输入到滤波电路38B。

[0086] 滤波电路38B是将可变放大电路37B的输出信号限制为期望的频段的电路。滤波电路38B的输出信号作为振动泄漏信号QAO从检测电路30输出。

[0087] 另外,平滑电路36B、可变放大电路37B、滤波电路38B、模拟/数字转换电路42以及数字信号处理电路52是根据同步检波电路35B的输出信号来生成振动泄漏信号QDOX的电路,是“振动泄漏信号生成电路”的一例。

[0088] 1-4.信号波形的例子

[0089] 图7是示出针对从物理量检测元件100输出的交流电荷所包含的物理量成分的各种信号的波形的一例的图。在图7中,示出了图5所示的A点到C点的各信号的波形和图6所示的D点到K点的各信号的波形,在各信号的波形中,横轴是时间,纵轴是电压。另外,图7是对物理量检测元件100施加了一定的角速度的情况下的例子。

[0090] A点的信号是电流电压转换电路21的输出信号,是以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。

[0091] B点的信号是AC放大电路22的输出信号、即检波信号SDET,是与A点的信号同相并且振幅为恒定值Vc的方波电压信号。

[0092] C点的信号是移相电路24的输出信号、即检波信号QDET,是相位相对于B点的信号超前90°并且振幅为恒定值Vc的方波电压信号。

[0093] D点的信号是电荷放大器电路31A的输出信号所包含的第1物理量成分,是与A点的信号同相并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。

[0094] E点的信号是电荷放大器电路31B的输出信号所包含的第2物理量成分,是相位与A点的信号相差180°并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。D点的信号所包含的第1物理量成分和E点的信号所包含的第2物理量成分彼此反相,并且实质上振幅相同。

[0095] F点的信号是AC放大电路34A的输出信号所包含的物理量成分、即D点的信号所包含的第1物理量成分和E点的信号所包含的第2物理量成分被差动放大后的信号,是与A点的信号同相并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。

[0096] G点的信号是同步检波电路35A的输出信号所包含的物理量成分、即通过B点的信号以基准电压Vref为基准对F点的信号所包含的物理量成分进行了全波整流的信号。

[0097] H点的信号是滤波电路38A的输出信号所包含的物理量成分,是与物理量检测元件100所检测到的物理量对应的电压值V_1的信号。

[0098] I点的信号是AC放大电路34B的输出信号所包含的物理量成分、即D点的信号所包含的第1物理量成分和E点的信号所包含的第2物理量成分被相加放大而几乎被去除的信号,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0099] J点的信号是同步检波电路35B的输出信号所包含的物理量成分、即通过C点的信号以基准电压Vref为基准对I点的信号所包含的物理量成分进行了全波整流的信号,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0100] K点的信号是滤波电路38B的输出信号所包含的物理量成分,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0101] 图8是示出针对从物理量检测元件100输出的交流电荷所包含的振动泄漏成分的各种信号的波形的一例的图。在图8中,示出了图5所示的A点到C点的各信号的波形和图6所示的D点到K点的各信号的波形,在各信号的波形中,横轴是时间,纵轴是电压。

[0102] 在图8中,A点的信号、B点的信号以及C点的信号与图7相同。

[0103] D点的信号是电荷放大器电路31A的输出信号所包含的第1振动泄漏成分,是相位相对于A点的信号超前90°并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。

[0104] E点的信号是电荷放大器电路31B的输出信号所包含的第2振动泄漏成分,是相位相对于A点的信号超前90°并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。D点的信号所包含的第1振动泄漏成分和E点的信号所包含的第2振动泄漏成分彼此同相,并且实质上振幅相同。

[0105] F点的信号是AC放大电路34A的输出信号所包含的振动泄漏成分、即D点的信号所包含的第1振动泄漏成分和E点的信号所包含的第2振动泄漏成分被差动放大而几乎被去除的信号,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0106] G点的信号是同步检波电路35A的输出信号所包含的振动泄漏成分、即通过B点的信号以基准电压Vref为基准对F点的信号所包含的振动泄漏成分进行了全波整流的信号,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0107] H点的信号是滤波电路38A的输出信号所包含的振动泄漏成分,是电压值为基准电压Vref的信号。

[0108] I点的信号是AC放大电路34B的输出信号所包含的振动泄漏成分、即D点的信号所

包含的第1振动泄漏成分和E点的信号所包含的第2振动泄漏成分被相加放大的信号,是相位相对于A点的信号超前90°并且以基准电压Vref为中心的恒定频率的信号。

[0109] J点的信号是同步检波电路35B的输出信号所包含的振动泄漏成分、即通过C点的信号以基准电压Vref为基准对I点的信号所包含的振动泄漏成分进行了全波整流的信号。

[0110] K点的信号是滤波电路38B的输出信号所包含的振动泄漏成分,是与在物理量检测元件100产生的振动泄漏对应的电压值V_2的信号。

[0111] 实际上,D点到K点的各信号是将图7的各波形与图8的各波形相加而得的波形。这里,由于图8中的H点的信号是电压值为基准电压Vref的信号,所以滤波电路38A的输出信号即物理量检测信号SAO几乎不包含振动泄漏成分,与图7中的H点的信号大致一致,是电压电平与物理量成分对应的信号。因此,MCU 5读出根据物理量检测信号SAO而生成的物理量检测信号SDOX,从而能够测定施加在物理量传感器1上的物理量。

[0112] 另外,由于图7中的K点的信号是电压值为基准电压Vref的信号,所以滤波电路38B的输出信号即振动泄漏信号QAO几乎不包含物理量成分,与图8中的K点的信号大致一致,是电压电平与振动泄漏成分对应的信号。而且,如果物理量传感器1正常,则振动泄漏信号QAO的电压电平大致恒定。因此,故障诊断电路60能够在根据振动泄漏信号QAO而生成的振动泄漏信号QDOX的大小与第1范围不同的情况下诊断为物理量传感器1故障。

[0113] 1-5.故障诊断方法的步骤

[0114] 图9是示出本实施方式的物理量传感器1的故障诊断方法的步骤的一例的流程图。另外,在图9的流程图中,也可以适当调换各步骤的处理。

[0115] 如图9所示,在本实施方式的物理量传感器1的故障诊断方法中,首先,物理量检测电路200的电荷放大器电路31A、31B生成基于从物理量检测元件100输出的第1信号和第2信号的信号对(步骤S1)。这里,第1信号是包含基于物理量检测元件100所检测出的物理量的第1物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第1振动泄漏成分的信号,是经由S1端子输入到电荷放大器电路31A的信号。另外,第2信号是包含基于物理量检测元件100所检测出的物理量的第2物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第2振动泄漏成分的信号,是经由S2端子输入到电荷放大器电路31B的信号。而且,如图7中的D点的信号和E点的信号那样,第1物理量成分和第2物理量成分彼此反相。另外,如图8中的D点的信号和E点的信号那样,第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相。

[0116] 接着,物理量检测电路200的差动放大电路32对在步骤S1中生成的基于第1信号和第2信号的信号对进行差动放大(步骤S2)。

[0117] 接着,物理量检测电路200的同步检波电路35A对基于在步骤S2中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于第1物理量成分与第2物理量成分之差的信号(步骤S3)。

[0118] 接着,物理量检测电路200的物理量检测信号生成电路根据在步骤S3中生成的信号来生成物理量检测信号SDOX(步骤S4)。这里,物理量检测信号生成电路是由平滑电路36A、可变放大电路37A、滤波电路38A、模拟/数字转换电路41以及数字信号处理电路51构成的电路。

[0119] 另外,物理量检测电路200与步骤S2、步骤S3以及步骤S4的处理并行地进行步骤S5、步骤S6、步骤S7以及步骤S8的处理。

[0120] 具体来说,首先,物理量检测电路200的加法电路33将在步骤S1中生成的基于第1

信号和第2信号的信号对相加(步骤S5)。

[0121] 接着,物理量检测电路200的同步检波电路35B对基于在步骤S5中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分之和的信号(步骤S6)。

[0122] 接着,物理量检测电路200的振动泄漏信号生成电路根据在步骤S6中生成的信号来生成振动泄漏信号QDOX(步骤S7)。这里,振动泄漏信号生成电路是由平滑电路36B、可变放大电路37B、滤波电路38B、模拟/数字转换电路42以及数字信号处理电路52构成的电路。

[0123] 接着,物理量检测电路200的故障诊断电路60根据在步骤S7中生成的振动泄漏信号QDOX来进行物理量传感器1的故障诊断(步骤S8)。

[0124] 然后,物理量检测电路200反复进行步骤S1～S8的处理。

[0125] 另外,图9的步骤S2是“差动放大步骤”的一例。另外,图9的步骤S3是“第1同步检波步骤”的一例。另外,图9的步骤S4是“物理量检测信号生成步骤”的一例。另外,图9的步骤S5是“相加步骤”的一例。另外,图9的步骤S6是“第2同步检波步骤”的一例。另外,图9的步骤S7是“振动泄漏信号生成步骤”的一例。另外,图9的步骤S8是“故障诊断步骤”的一例。

[0126] 1-6.作用效果

[0127] 在本实施方式的物理量传感器1中,物理量检测元件100输出第1信号和第2信号,该第1信号包含基于检测出的物理量的第1物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第1振动泄漏成分,该第2信号包含基于检测出的物理量的第2物理量成分、和基于物理量检测元件100的振动的第2振动泄漏成分。另外,物理量检测电路200具有:加法电路33,其将基于从物理量检测元件100输出的第1信号和第2信号的信号对相加;同步检波电路35B,其对基于加法电路33的输出信号的信号进行同步检波而输出对应于第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分之和的信号;以及振动泄漏信号生成电路,其根据同步检波电路35B的输出信号来生成振动泄漏信号QDOX。而且,由于第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分彼此同相,所以通过加法电路33将振动泄漏成分放大。此外,例如在物理量检测元件100的一部分发生破损、或者与物理量检测元件100电连接的布线的一部分被切断或短路的情况下,第1振动泄漏成分或第2振动泄漏成分的大小会发生变化,因此振动泄漏信号QDOX的大小发生变化。因此,根据本实施方式的物理量传感器1、物理量检测电路200或物理量传感器1的故障诊断方法,能够根据在物理量检测元件100产生的泄漏振动来生成可用于故障诊断的振动泄漏信号QDOX。

[0128] 另外,在本实施方式的物理量传感器1中,物理量检测电路200具有:差动放大电路32,其对基于从物理量检测元件100输出的第1信号和第2信号的信号对进行差动放大;同步检波电路35A,其对基于差动放大电路32的输出信号的信号进行同步检波而输出对应于第1物理量成分与第2物理量成分之差的信号;以及物理量检测信号生成电路,其根据同步检波电路35A的输出信号来生成物理量检测信号SDOX。而且,由于第1信号所包含的第1物理量成分和第2信号所包含的第2物理量成分彼此反相,所以通过差动放大电路32将物理量成分放大。此外,由于第1物理量成分和第2物理量成分的大小根据物理量检测元件100所检测到的物理量的大小来发生变化,所以物理量检测信号SDOX的大小发生变化。因此,根据本实施方式的物理量传感器1、物理量检测电路200或物理量传感器1的故障诊断方法,能够生成与物理量检测元件100所检测出的物理量对应的物理量检测信号SDOX。

[0129] 另外,在本实施方式的物理量传感器1中,由于第1信号所包含的第1振动泄漏成分

和第2信号所包含的第2振动泄漏成分彼此同相,所以通过差动放大电路32使振动泄漏成分衰减。因此,即使由于制造偏差等而导致输入到同步检波电路35A的检波信号SDET的相位偏离设计值,由于同步检波电路35A的输出信号所包含的振动泄漏成分减小,因此可降低物理量检测信号SDOX所包含的噪声成分增加的可能性、零点从设计值偏离不确定的量的可能性。因此,根据本实施方式的物理量传感器1、物理量检测电路200或物理量传感器1的故障诊断方法,能够降低泄漏振动对物理量检测信号SDOX的影响。特别是,如果对物理量检测元件100进行调整以使第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分的差分量实质上为零,则差动放大电路32的输出信号所包含的振动泄漏成分实质上为零。因此,即使检波信号SDET的相位偏离设计值,在同步检波电路35A的输出信号中也几乎不包含振动泄漏成分,几乎不产生泄漏振动对物理量检测信号SDOX的影响。

[0130] 另外,在本实施方式的物理量传感器1中,由于第1信号所包含的第1物理量成分和第2信号所包含的第2物理量成分彼此反相,所以通过加法电路33使物理量成分衰减。因此,即使由于制造偏差等而导致输入到同步检波电路35B的检波信号QDET的相位偏离设计值,由于同步检波电路35B的输出信号所包含的物理量成分减小,所以可降低振动泄漏信号QDOX所包含的噪声成分增加的可能性。因此,根据本实施方式的物理量传感器1、物理量检测电路200或物理量传感器1的故障诊断方法,能够降低检测出的物理量对振动泄漏信号QDOX的影响,能够与物理量的检测并行地始终进行故障诊断。

[0131] 另外,在本实施方式的物理量传感器1中,物理量检测电路200具有故障诊断电路60,该故障诊断电路60根据振动泄漏信号来进行故障诊断。而且,故障诊断电路60在振动泄漏信号QDOX的大小不包含在第1范围内的情况下诊断为故障。因此,根据本实施方式的物理量传感器1、物理量检测电路200或物理量传感器1的故障诊断方法,由于作为外部装置的MCU 5不需要进行故障诊断,所以能够降低MCU 5的处理负荷。此外,如果第1范围是可变的,则能够设定与第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分的大小对应的适当的第1范围,因此可降低故障诊断电路60误诊断的可能性。或者,能够在不变更物理量检测电路200的设计的情况下,将第1振动泄漏成分和第2振动泄漏成分的大小不同的多种物理量检测元件100中的任意1个与物理量检测电路200连接。

[0132] 1-7.变形例

[0133] 例如,在上述实施方式中,物理量检测电路200包含故障诊断电路60,但也可以不包含故障诊断电路。例如,作为外部装置的MCU 5也可以根据振动泄漏信号QDOX来进行物理量传感器1的故障诊断。

[0134] 另外,在上述实施方式中,物理量检测电路200根据来自外部装置即MCU 5的请求,经由接口电路70将物理量检测信号SDOX和故障诊断结果信号QF输出到MCU 5,但也可以与物理量检测信号SDOX独立地经由接口电路70来输出故障诊断结果信号QF。另外,物理量检测电路200也可以不经由接口电路70而经由外部端子来输出故障诊断结果信号QF。

[0135] 另外,在上述实施方式中,物理量检测电路200经由接口电路70来输出作为数字信号的物理量检测信号SDOX和振动泄漏信号QDOX,但也可以经由外部端子来输出作为模拟信号的物理量检测信号和振动泄漏信号。

[0136] 另外,在上述实施方式中,模拟/数字转换电路41将物理量检测信号SAO转换为物理量检测信号SDO,模拟/数字转换电路42将振动泄漏信号QAO转换为振动泄漏信号QDO,但

也可以是,1个模拟/数字转换电路分时地进行将物理量检测信号SAO转换为物理量检测信号SDO的处理、和将振动泄漏信号QAO转换为振动泄漏信号QDO的处理。

[0137] 另外,在上述实施方式中,数字信号处理电路51对物理量检测信号SDO进行规定的运算处理而生成物理量检测信号SDOX,数字信号处理电路52对振动泄漏信号QDO进行规定的运算处理而生成振动泄漏信号QDOX,但也可以是1个数字信号处理电路分时地进行生成物理量检测信号SDOX的处理和生成振动泄漏信号QDOX的处理。

[0138] 另外,在上述实施方式中,物理量传感器1包含检测角速度作为物理量的物理量检测元件100,但也可以包含检测角速度以外的物理量的物理量检测元件。例如,物理量传感器1也可以包含检测加速度、角加速度、速度、力等物理量的物理量检测元件。

[0139] 另外,在上述实施方式中,物理量传感器1包含1个物理量检测元件,但也可以包含多个物理量检测元件。例如,也可以是,物理量传感器1包含多个物理量检测元件,多个物理量检测元件分别将彼此垂直的2个轴以上的任意1个作为检测轴而对物理量进行检测。另外,例如,也可以是,物理量传感器1包含多个物理量检测元件,多个物理量检测元件分别检测角速度、加速度、角加速度、速度、力等多种物理量的任意1个。即,物理量传感器1也可以是复合传感器。

[0140] 另外,在上述实施方式中,列举了物理量检测元件100的振动片为双T型的石英振动片的例子,但检测各种物理量的物理量检测元件的振动片例如可以为音叉型或梳齿型,还可以为三棱柱、四棱柱、圆柱状等形状的音片型。另外,作为物理量检测元件的振动片的材料,也可以代替石英(SiO_2),例如使用钽酸锂($LiTaO_3$)、铌酸锂($LiNbO_3$)等压电单晶、锆钛酸铅(PZT)等压电陶瓷等压电性材料,还可以使用硅半导体。另外,物理量检测元件的振动片例如也可以是在硅半导体的表面的一部分配置有被驱动电极夹住的氧化锌(ZnO)、氮化铝(AlN)等压电薄膜的构造。例如,物理量检测元件可以是MEMS(Micro Electro Mechanical Systems:微机电系统)元件。

[0141] 另外,在上述实施方式中,例示了压电型的物理量检测元件,但检测各种物理量的物理量检测元件并不限于压电型的元件,也可以是静电电容型、电动型、涡流型、光学型、应变计型等的元件。另外,物理量检测元件的检测方式不限于振动式,例如也可以是光学式、旋转式、流体式。

[0142] 2.电子设备

[0143] 图10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10所示,本实施方式的电子设备300包含物理量传感器310、处理电路320、操作部330、ROM(Read Only Memory:只读存储器)340、RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)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构成为省略或变更图10的构成要素的一部分或者追加了其他构成要素。

[0144] 物理量传感器310检测物理量而将检测结果输出到处理电路320。作为物理量传感器310,例如可以应用上述本实施方式的物理量传感器1。

[0145] 处理电路320进行基于物理量传感器310的输出信号的处理。具体而言,处理电路320根据存储于ROM 340等的程序而与物理量传感器310进行通信,使用物理量传感器310的输出信号来进行各种计算处理、控制处理。此外,处理电路320还进行与来自操作部330的操作信号对应的各种处理、控制通信部360以与外部装置进行数据通信的处理、发送用于使显

示部370显示各种信息的显示信号的处理等。

[0146] 操作部330是由操作键、按钮开关等构成的输入装置,将与用户的操作对应的操作信号输出到处理电路320。

[0147] ROM 340存储用于供处理电路320进行各种计算处理、控制处理的程序/数据等。

[0148] RAM 350被用作处理电路320的作业区域,临时存储从ROM 340读出的程序/数据、从操作部330输入的数据、处理电路320依照各种程序执行的运算的结果等。

[0149] 通信部360进行用于建立处理电路320与外部装置之间的数据通信的各种控制。

[0150] 显示部370是由LCD(Liquid Crystal Display:液晶显示器)等构成的显示装置,根据从处理电路320输入的显示信号来显示各种信息。也可以在显示部370上设置作为操作部330来发挥功能的触摸面板。

[0151] 通过应用例如上述本实施方式的物理量传感器1来作为物理量传感器310,能够根据在物理量检测元件产生的泄漏振动来生成可用于故障诊断的信号,并且能够降低泄漏振动对物理量检测信号的影响,因此例如能够实现可靠性高的电子设备。

[0152] 作为这样的电子设备300,可考虑各种电子设备,例如可举出移动型/膝上型/平板型等的个人计算机、智能手机/移动电话机等移动终端、数字照相机、喷墨式打印机等喷墨式排出装置、路由器/交换机等存储区域网络设备、局域网设备、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、寻呼机、电子记事本、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、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、电子内窥镜等医疗设备、鱼群探测器、各种测量设备、车辆/飞机/船舶等的计量仪器类、飞行模拟器、头戴式显示器、运动轨迹仪、运动跟踪器、运动控制器、步行者自主导航(PDR:Pedestrian Dead Reckoning)装置等。

[0153] 图11是示意性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11中还简单地示出与外部设备之间的连接。这里,通常的照相机利用被拍摄物的光像使卤化银摄影胶片感光,与此相对,数字照相机1300通过CCD(Charge Coupled Device:电荷耦合器件)等摄像元件对被拍摄物的光像进行光电转换,生成摄像信号。

[0154] 在数字照相机1300的壳体1302的背面设有显示部1310,采用了根据CCD的摄像信号进行显示的结构,显示部1310作为将被拍摄物显示为电子图像的取景器发挥功能。此外,在壳体1302的正面侧设有包含光学镜头、CCD等的受光单元1304。当摄影者确认在显示部1310中显示的被拍摄物像而按下快门按钮1306时,该时刻的CCD的摄像信号被传送/保存到存储器1308中。此外,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和数据通信用输入输出端子1314。并且,根据需要,将视频信号输出端子1312与电视监视器1430连接,将数据通信用输入输出端子1314与个人计算机1440连接。进而,采用了如下结构:利用规定的操作将存储器1308中保存的摄像信号输出至电视监视器1430、个人计算机1440。数字照相机1300例如具有作为角速度传感器的物理量传感器310,使用物理量传感器310的输出信号来进行例如手抖校正等处理。

[0155] 3.移动体

[0156] 图12是示出本实施方式的移动体的一例的图。图12所示的移动体400包含物理量

传感器410、处理电路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构成为省略图12的构成要素的一部分或者追加了其他构成要素。

[0157] 物理量传感器410、处理电路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。

[0158] 物理量传感器410检测物理量并将检测结果输出到处理电路440、450、460。

[0159] 处理电路440、450、460进行基于物理量传感器410的输出信号的处理。例如，处理电路440、450、460分别使用物理量传感器410的输出信号来进行姿势控制系统、防侧翻系统、制动系统等的各种控制。

[0160] 导航装置480根据内置的GPS接收器的输出信息，在显示器上显示移动体400的位置、时刻以及其他各种信息。另外，导航装置480即使在接收不到GPS的电波时，也根据物理量传感器410的输出信号来确定移动体400的位置、方向，继续进行所需的信息的显示。

[0161] 例如，通过应用上述各实施方式的物理量传感器1来作为物理量传感器410，能够根据在物理量检测元件产生的泄漏振动来生成可用于故障诊断的信号，并且能够降低泄漏振动对物理量检测信号的影响，因此例如能够实现可靠性高的移动体。

[0162] 作为这样的移动体400，可考虑各种移动体，例如可举出电动汽车等汽车、喷气式飞机或直升飞机等飞机、船舶、火箭、人造卫星等。

[0163] 上述实施方式和变形例是一例，并不限于此。例如，还能够适当组合各实施方式和各变形例。

[0164] 本发明包含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，本发明包含对实施方式中说明的结构的非本质部分进行置换后的结构。此外，本发明包含能够起到与在实施方式中说明的结构相同作用效果的结构或达到相同目的的结构。此外，本发明包含对在实施方式中说明的结构附加公知技术后的结构。

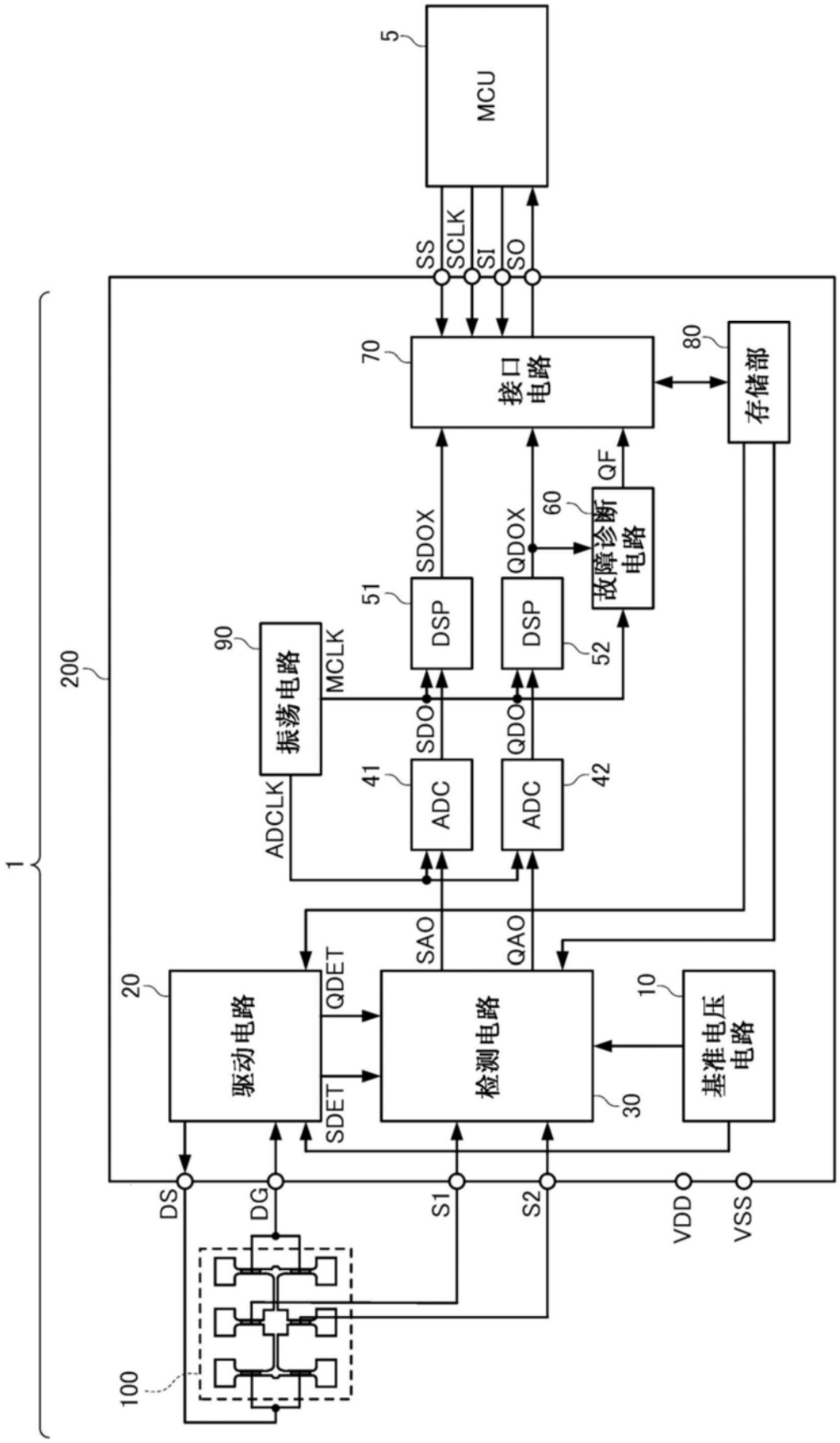

MCU
5
SS
SCLK
SI
SO
接口电路
70
存储部
80
QF
故障诊断电路
60
SDOX
QDOX
DSP
51
DSP
52
振荡电路
90
MCLK
SDO
QDO
ADC
41
ADC
42
ADCLK
200
1
SAO
QAO
驱动电路
20
QDET
SDET
检测电路
30
基准电压电路
10
DS
DG
S1
S2
VDD
VSS
100

图1

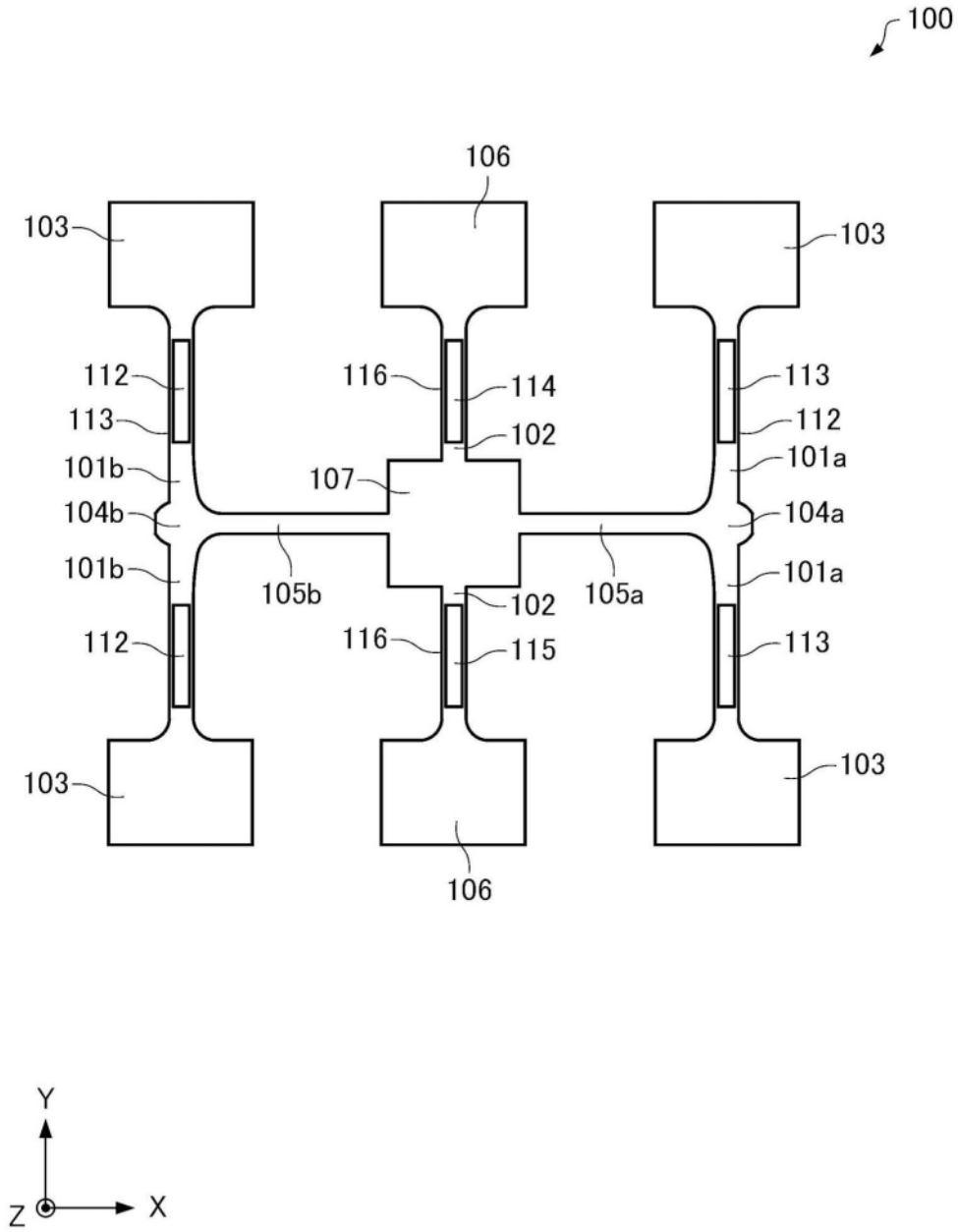

100
106
103
103
112
116
114
113
113
102
112
101b
107
101a
104b
104a
101b
105b
105a
101a
102
112
116
115
113
103
103
106
Y
Z
X

图2

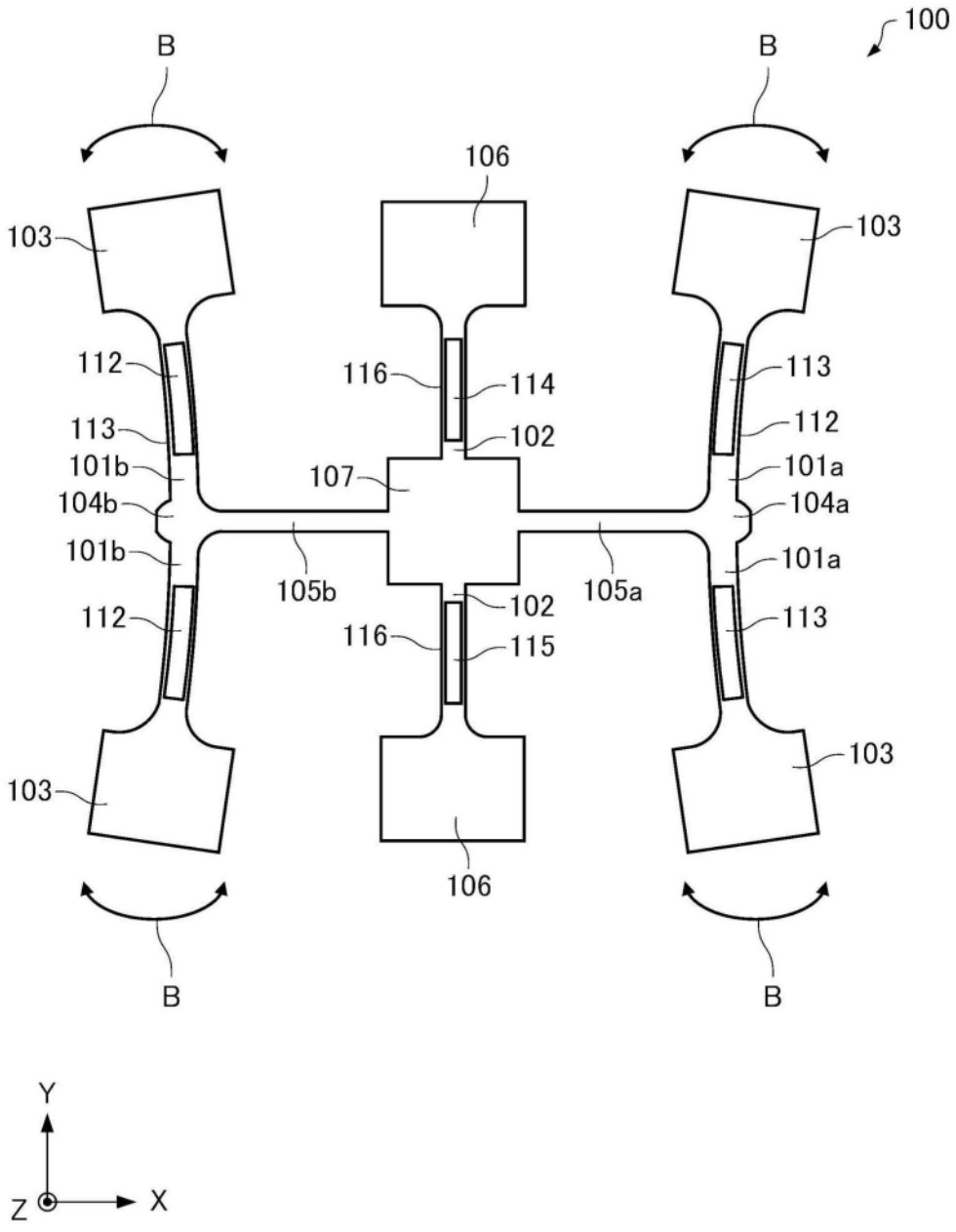

100
B
B
106
103
103
112
116
114
113
113
102
112
101b
107
101a
104b
104a
101b
105b
105a
101a
112
102
113
116
115
103
103
106
B
B
Y
Z
X

图3

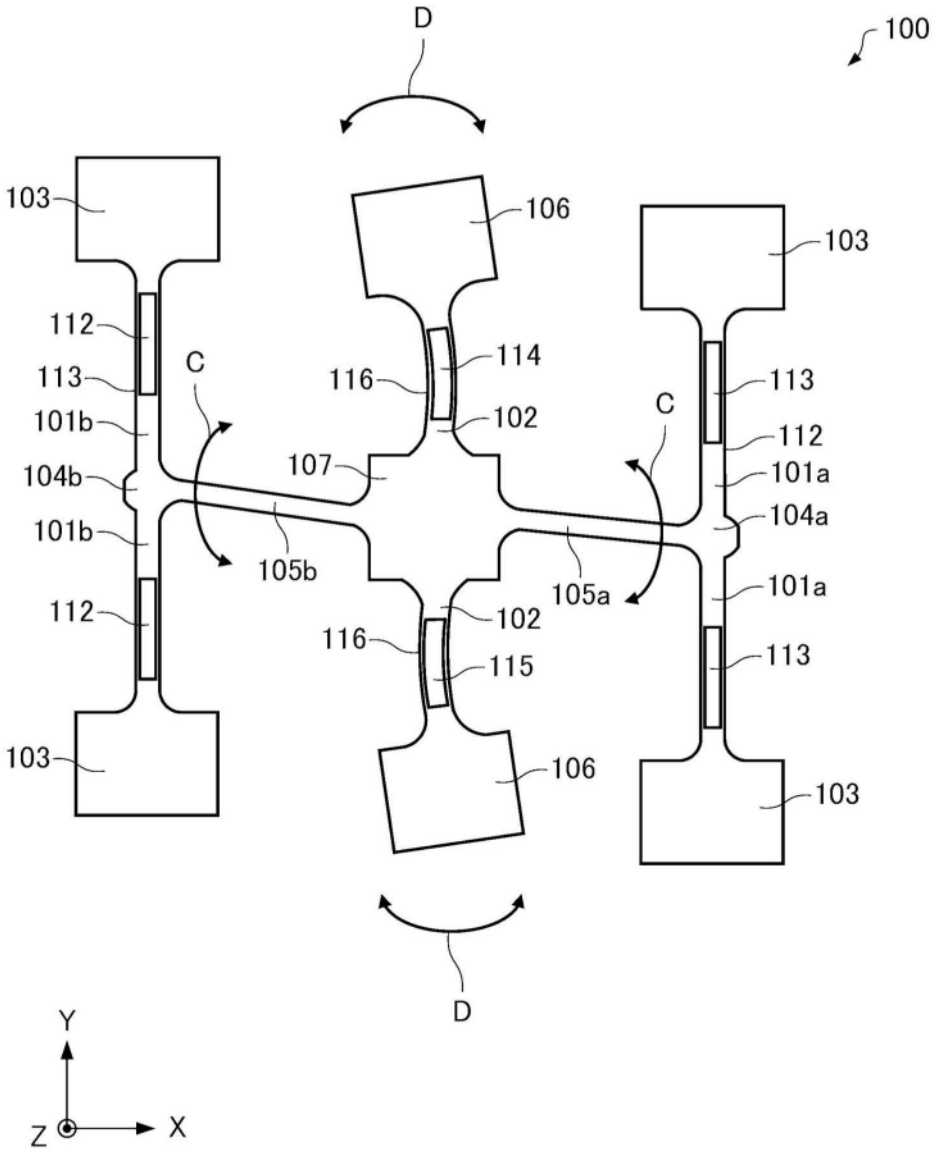

D
100
103
106
103
112
113
101b
104b
101b
112
103
C
116
114
102
107
105b
C
113
112
101a
104a
105a
101a
116
102
115
113
106
103
D
Y
Z
X

图4

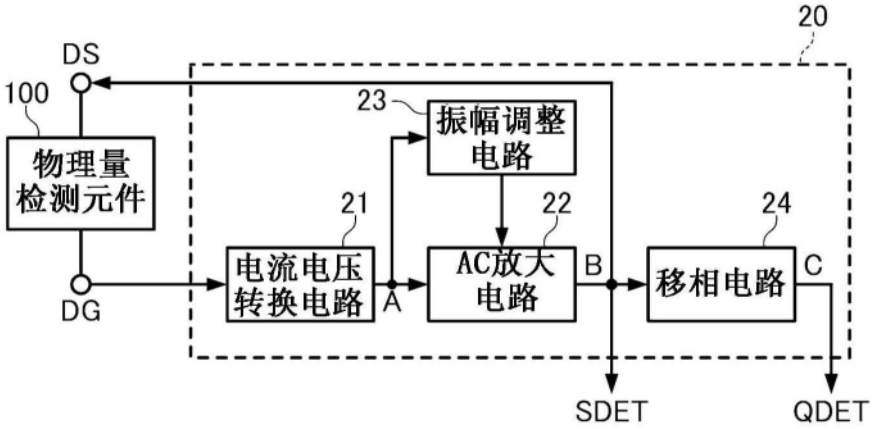

20
DS
100
物理量
检测元件
DG
23
振幅调整
电路
21
电流电压
转换电路
A
22
AC放大
电路
B
24
移相电路
C
SDET
QDET

图5

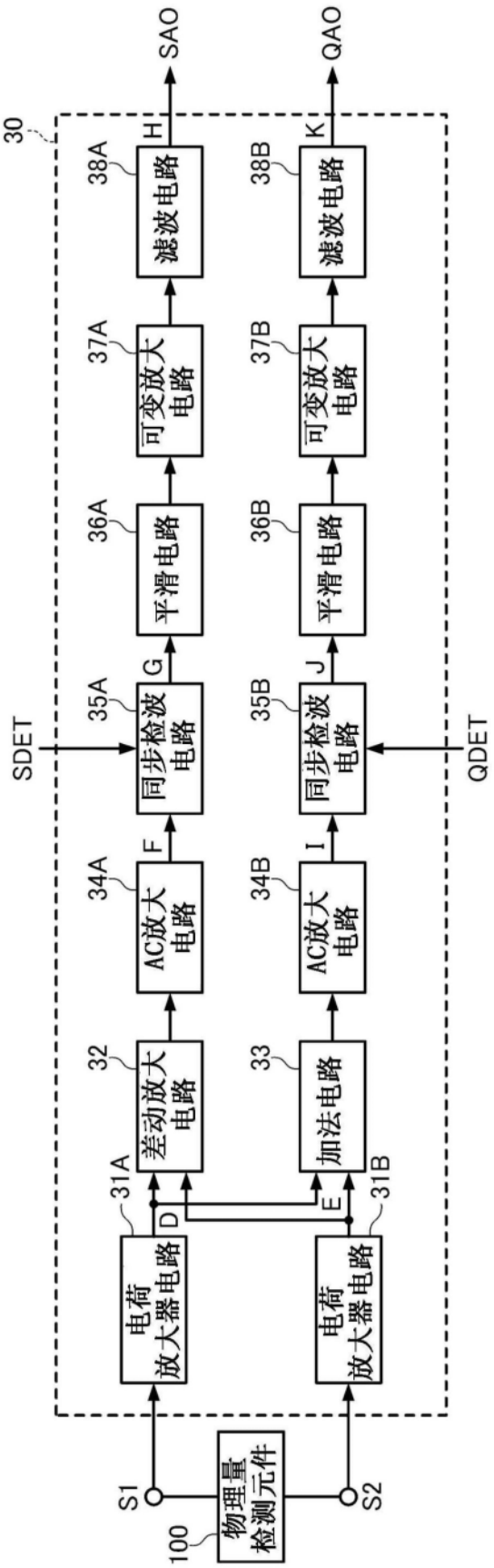

100
物理量检测元件
S1
S2
电荷放大器电路
差动放大电路
加法电路
AC放大电路
同步检波电路
平滑电路
可变放大电路
滤波电路
SDET
QDET
SAO
QAO
30
31A
31B
32
33
34A
34B
35A
35B
36A
36B
37A
37B
38A
38B
D
E
F
G
H
I
J
K

图6

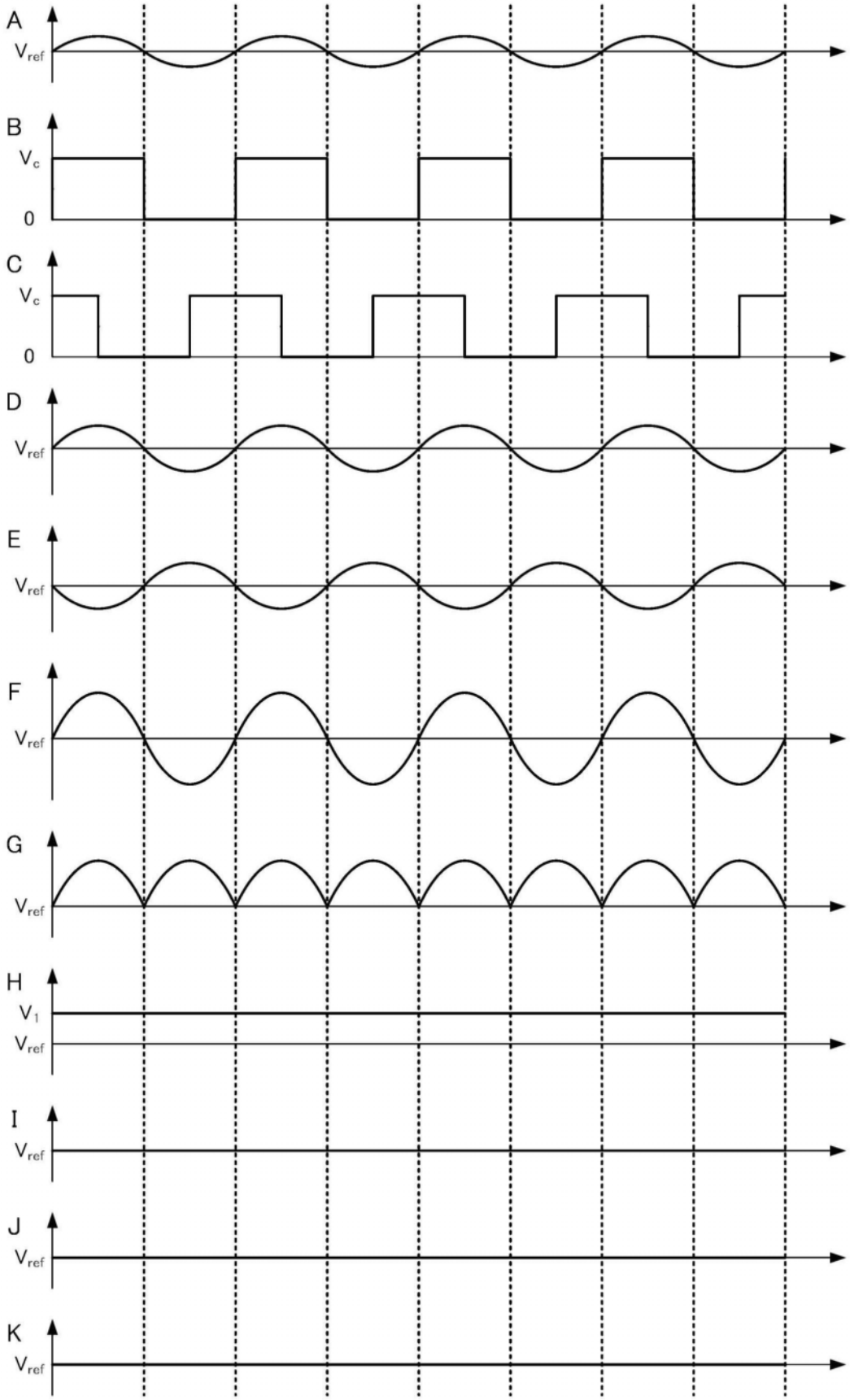

A
V_{ref}
B
V_c
0
C
V_c
0
D
V_{ref}
E
V_{ref}
F
V_{ref}
G
V_{ref}
H
V_1
V_{ref}
I
V_{ref}
J
V_{ref}
K
V_{ref}

图7

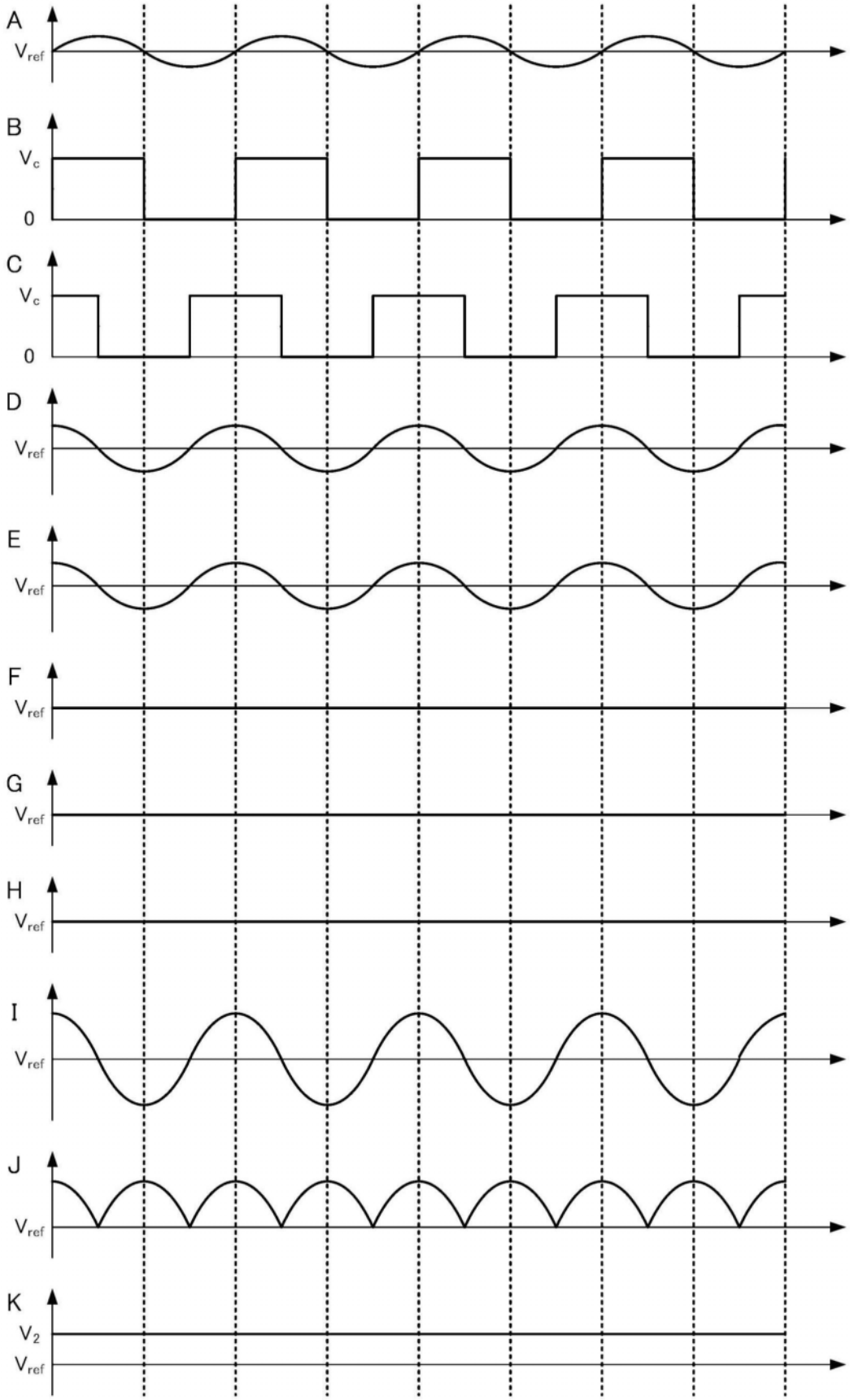

A
V_{ref}
B
V_c
0
C
V_c
0
D
V_{ref}
E
V_{ref}
F
V_{ref}
G
V_{ref}
H
V_{ref}
I
V_{ref}
J
V_{ref}
K
V_2
V_{ref}

图8

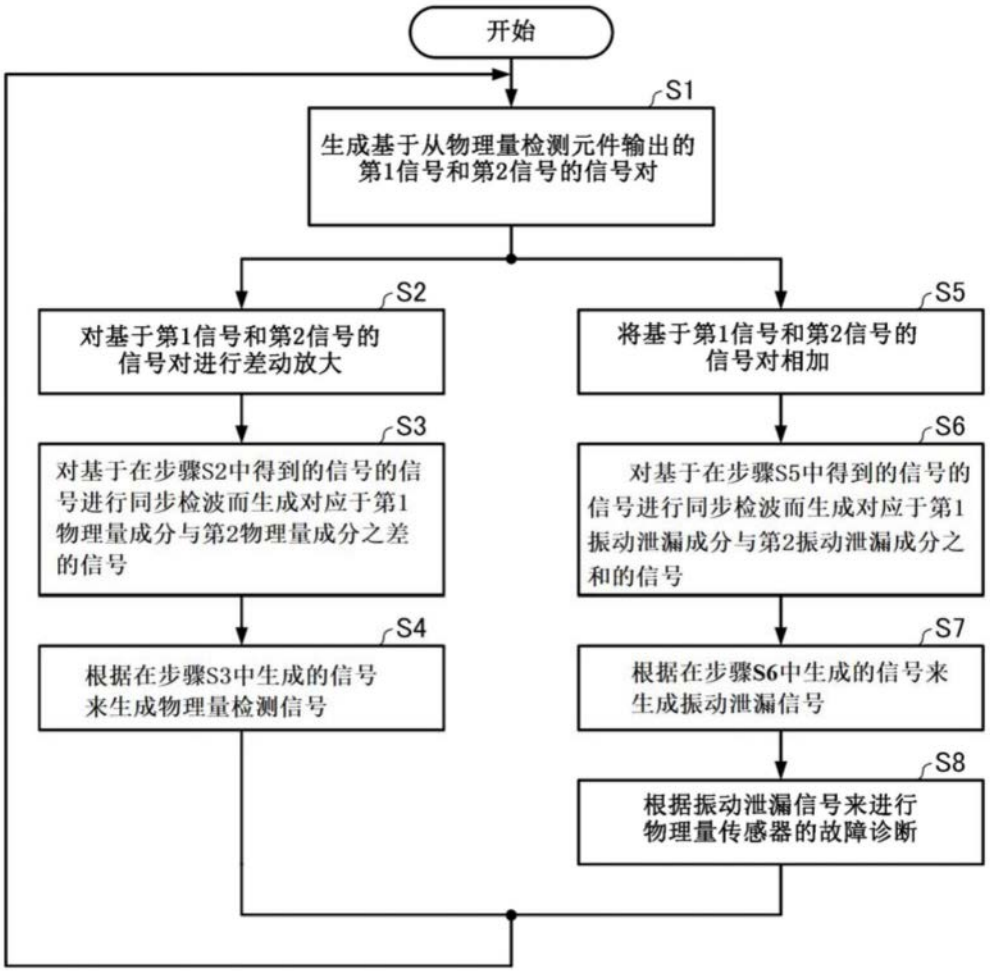

开始
S1
生成基于从物理量检测元件输出的第1信号和第2信号的信号对
S2
对基于第1信号和第2信号的信号对进行差动放大
S3
对基于在步骤S2中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于第1物理量成分与第2物理量成分之差的信号
S4
根据在步骤S3中生成的信号来生成物理量检测信号
S5
将基于第1信号和第2信号的信号对相加
S6
对基于在步骤S5中得到的信号的信号进行同步检波而生成对应于第1振动泄漏成分与第2振动泄漏成分之和的信号
S7
根据在步骤S6中生成的信号来生成振动泄漏信号
S8
根据振动泄漏信号来进行物理量传感器的故障诊断

图9

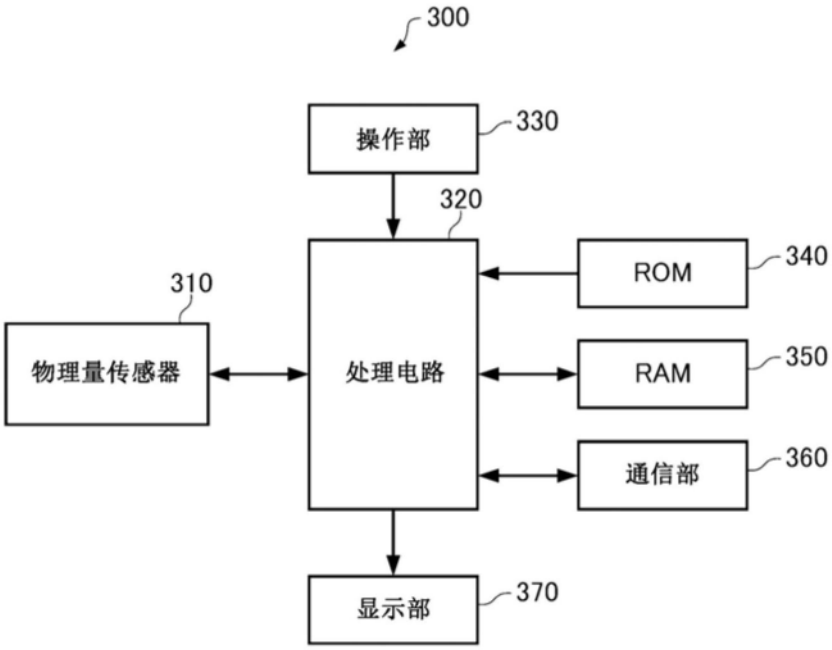


图10

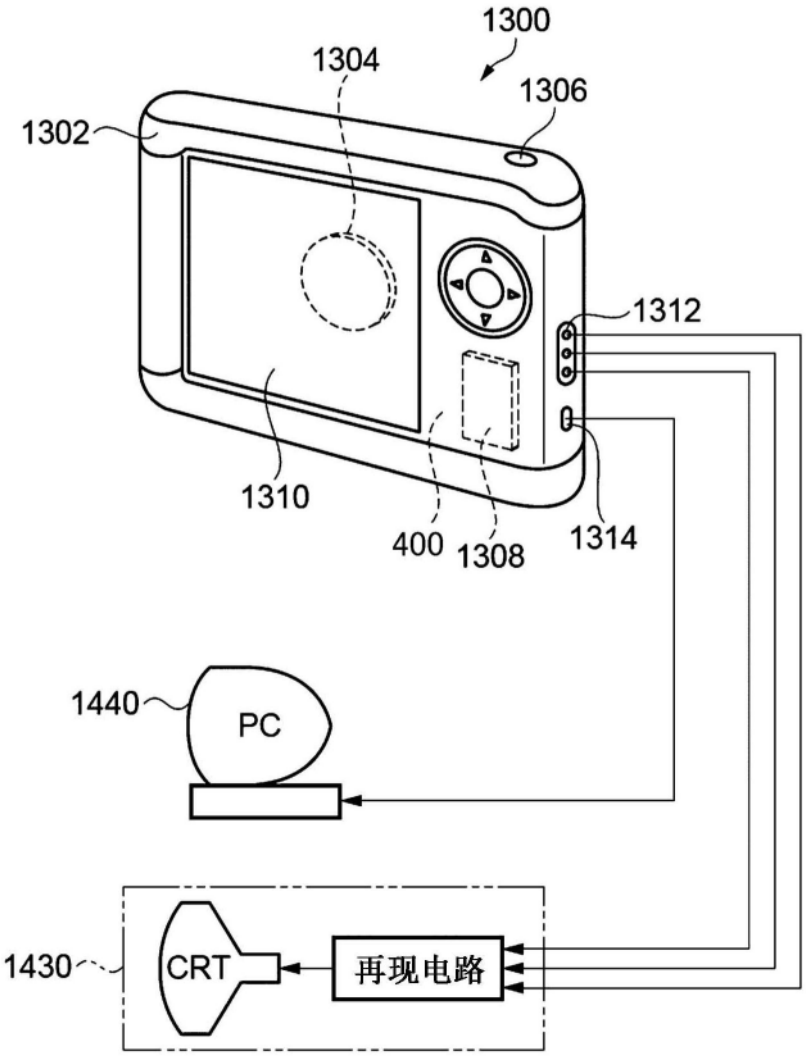

1300
1304
1306
1302
1312
1310
400
1308
1314
1440
PC
1430
CRT
再现电路

图11

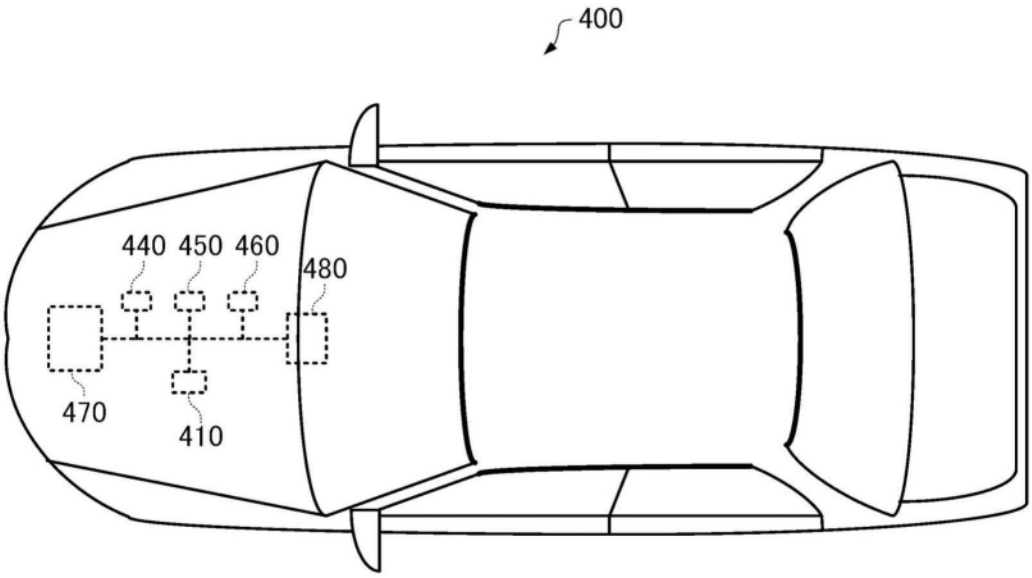


图12