



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104350359 B

(45)授权公告日 2017.07.04

(21)申请号 201380028260.3

(22)申请日 2013.05.28

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104350359 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据  
2012-122120 2012.05.29 JP  
2013-026699 2013.02.14 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.11.28

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2013/003356 2013.05.28

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02013/179647 JA 2013.12.05

(73)专利权人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72)发明人 城森知也 持田洋一

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 徐殿军

(51)Int.Cl.  
G01C 19/5747(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101898744 A,2010.12.01,  
CN 1184937 A,1998.06.17,  
CN 101688776 A,2010.03.31,  
US 2008/0210005 A1,2008.09.04,  
EP 1762823 A2,2007.03.14,

审查员 朱先花

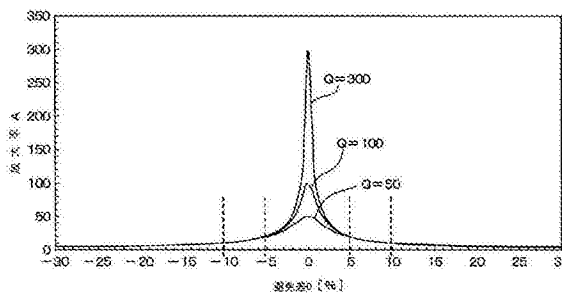
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

## (54)发明名称

物理量传感器

## (57)摘要

在物理量传感器中,关于同相模式的共振频率 $f_1$ 和比其大的同相吸收模式的共振频率 $f_3$ ,设为同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 的 $n$ 倍的值的差的绝对值 $\Delta f_3$ 比同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以避免差 $D$ 后的值大的关系( $\Delta f_3 > f_1 \times D$ ),并至少使避免差 $D$ 比0%大。由此,能够避免由共振干涉带来的振动激励成为最大位移。通过进行设定为满足这样的关系的同相模式的共振频率 $f_1$ 和同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 的设计,使由共振干涉带来的振动激励降低。因而,能够不使用防振部件且不导致传感器灵敏度的降低,而使耐冲击性能提高。



1. 一种物理量传感器,其特征在于,

具有:

基板(10);

驱动平衡块,经由第1弹簧(43b)支承于上述基板;

检测平衡块(35、36),经由第2弹簧(41)支承在上述驱动平衡块上,具备检测用可动电极(35b、36b);以及

检测用固定部(24、25),具备相对于上述检测用可动电极对置配置的检测用固定电极(24b、25b);

在使上述驱动平衡块驱动振动时施加物理量的情况下,随着该物理量的施加而上述检测用可动电极与上述检测平衡块一起位移,从而基于上述检测用可动电极与上述检测用固定电极之间的间隔变化进行上述物理量的检测;

当设随着物理量的施加而上述驱动平衡块及上述检测平衡块向同方向移动的同相模式的共振频率为 $f_1$ 、设上述驱动平衡块及上述检测平衡块向反方向移动的同相吸收模式的共振频率为 $f_3$ 、设 $n$ 为整数时,上述同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 比上述同相模式的共振频率 $f_1$ 大,使绝对值 $\Delta f_3$ 比对上述同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以避免差 $D$ 而得到的值大的关系成立,并且使上述避免差 $D$ 比0%大,该绝对值 $\Delta f_3$ 是上述同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 与上述同相模式的共振频率 $f_1$ 的 $n$ 倍的值的差的绝对值,该避免差 $D$ 表示使该绝对值 $\Delta f_3$ 从上述同相模式的共振频率 $f_1$ 偏差的程度,其中, $f_3 \neq n \cdot f_1$ 。

2. 如权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,

上述避免差 $D$ 为5%以上。

3. 如权利要求1所述的物理量传感器,其特征在于,

上述避免差 $D$ 为10%以上。

4. 一种振动型角速度传感器,在角速度检测中使用权利要求1~3中任一项所述的物理量传感器,其特征在于,

上述驱动平衡块为将上述检测平衡块的周围包围并且经由与上述第2弹簧相当的检测梁连结上述检测平衡块的一对内侧驱动平衡块(33、34);

该振动型角速度传感器具有:

一对外侧驱动平衡块(31、32),配置在隔着上述一对内侧驱动平衡块的两侧;以及

驱动用固定部(22、23),产生使上述内侧驱动平衡块和上述外侧驱动平衡块相互向反方向振动的静电引力;

上述内侧驱动平衡块和上述外侧驱动平衡块用驱动梁(42)连结;并且,

用包括上述第1弹簧的支承部件(43)将连结着上述外侧驱动平衡块及上述检测平衡块的上述内侧驱动平衡块支承在上述基板上;

该振动型角速度传感器构成为,基于上述驱动用固定部产生的静电引力使上述驱动梁挠曲,进行使上述外侧驱动平衡块和上述内侧驱动平衡块振动的传感器驱动,当在该传感器驱动中被施加角速度作为物理量时,通过上述检测梁挠曲,使上述检测平衡块在与上述内侧驱动平衡块的振动方向垂直的方向上移动,基于上述检测用固定电极和上述检测用可动电极的电容变化,检测上述角速度。

## 物理量传感器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于2012年5月29日提交的日本申请号2012-122120号及2013年2月14日提交的日本申请号2013-26699,此处引用其记载内容。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及由构成为至少两个平衡块(weight)能够分别被弹簧支承而位移的、2自由度以上的弹簧质量系统构成的物理量传感器。

### 背景技术

[0004] 以往,有基于支承在弹簧上的平衡块随着物理量的施加而位移、根据该位移量检测施加的物理量的弹簧质量系统的物理量传感器。例如,在专利文献1中,作为弹簧质量系统的物理量传感器,提出了将支承在基板上的固定电极和在经由弹簧(梁)支承在基板上的平衡块上所装备的可动电极以希望的间隔对置配置的传感器。该物理量传感器通过随着物理量的施加而支承在梁上的平衡块及可动电极位移,固定电极与可动电极之间的间隔发生变化,基于在它们之间构成的电容变化来检测物理量。

[0005] 在上述那样的弹簧质量系统的物理量传感器中,当从外部施加了过大的冲击时,有发生比根据弹簧常数及平衡块的质量、外部加速度而设想的位移量大的位移的情况。结果,平衡块有可能超过预先设计的可动范围而位移,例如可动电极与固定电极接触而导致传感器误输出。

[0006] 对此,可以通过在物理量传感器的周围设置防振部件、使得冲击本身不传递给物理量传感器的构造,或扩大可动电极与固定电极之间的间隔来对应。但是,前者有可能因防振部件而装置大型化或成本增加,后者有可能传感器灵敏度降低。

[0007] 先行技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:特开2002-40044号公报(对应于US2002/0035873A1)

### 发明内容

[0010] 本公开鉴于上述问题,目的是提供一种不使用防振部件、并且能够不导致传感器灵敏度的降低而使耐冲击性能提高的物理量传感器。

[0011] 根据本公开的第1技术方案,物理量传感器具有:驱动平衡块(drive weight),经由第1弹簧支承在基板上;检测平衡块,经由第2弹簧支承在驱动平衡块上,具备检测用可动电极;检测用固定部,具备相对于检测用可动电极对置配置的检测用固定电极;如果在使驱动平衡块驱动振动时施加物理量,则通过随着该物理量的施加而检测用可动电极与检测平衡块一起位移,基于检测用可动电极与检测用固定电极之间的间隔变化进行物理量的检测;如果设随着物理量的施加而驱动平衡块及检测平衡块向同方向移动的同相模式的共振频率为 $f_1$ ,设驱动平衡块及检测平衡块向反方向移动的同相吸收模式的共振频率为 $f_3$ ,设 $n$

为整数,则同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 比同相模式的共振频率 $f_1$ 大,使同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 的 $n$ 倍的值的差的绝对值 $\Delta f_3$ 比同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以将表示使该绝对值 $\Delta f_3$ 从同相模式的共振频率 $f_1$ 偏离(deviation、偏差)的程度的避免差(avoidance difference、日语:回避差) $D$ 以后的值大的关系成立,并且使避免差 $D$ 比 $0\%$ 大,其中 $f_3 \neq n \cdot f_1$ 。

[0012] 这样,在设为绝对值 $\Delta f_3$ 比同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以避免差 $D$ 后的值大的关系( $\Delta f_3 > f_1 \times D$ )的同时,使得至少避免差 $D$ 比 $0\%$ 大。由此,能够避免由共振干涉带来的振动激励成为最大位移。

[0013] 根据本公开的第2技术方案,在物理量传感器中,通过使得避免差 $D > 5\%$ ,不论 $Q$ 值如何都能够使放大率 $A$ 降低,能够提高稳健性。

[0014] 根据本公开的第3技术方案,在物理量传感器中,通过使得避免差 $D > 10\%$ ,能够使放大率 $A$ 大致降低1位数,能够将由共振干涉带来的振动激励抑制为充分降低到与由非共振带来的振动激励或由共振带来的振动激励等同程度的状态。

[0015] 通过进行设定为满足这样的关系的同相模式的共振频率 $f_1$ 和同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 的设计,使由共振干涉带来的振动激励降低。因而,能够不使用防振部件并且不导致传感器灵敏度的降低而使耐冲击性能提高。

## 附图说明

[0016] 关于本公开的上述目的及其他目的、特征及优点,参照附图并通过下述详细的叙述会变得更明确。

[0017] 图1是有关本公开的一实施方式的振动型角速度传感器的平面示意图。

[0018] 图2是表示有关本公开的一实施方式的振动型角速度传感器的基本动作时的状况的示意图。

[0019] 图3是表示对有关本公开的一实施方式的振动型角速度传感器施加了角速度时的状况的示意图。

[0020] 图4中(a)是表示被弹簧支承的两个平衡块(weight)的静止状态的示意图,(b)是表示相对于静止状态的同相模式的运动的示意图,(c)是表示相对于静止状态的同相吸收模式的运动的示意图。

[0021] 图5是表示对有关本公开的一实施方式的振动型角速度传感器从纸面左方向施加了冲击时的同相模式的运动的示意图。

[0022] 图6是表示对有关本公开的一实施方式的振动型角速度传感器从纸面左方向施加了冲击时的同相吸收模式的运动的示意图。

[0023] 图7是表示对各种振动激励调查的结果的图。

[0024] 图8是使 $Q$ 值变化时的数式1的曲线图。

## 具体实施方式

[0025] 以下,基于附图对本公开的实施方式进行说明。另外,在以下的各实施方式相互中,对于相互相同或等同的部分赋予相同的标号而进行说明。

[0026] 对本公开的一实施方式进行说明。在本实施方式中,作为物理量传感器而举振动

型角速度传感器(陀螺仪传感器)为例进行说明。

[0027] 在本实施方式中说明的振动型角速度传感器是用来作为物理量而检测角速度的传感器,例如用于与车辆的上下方向平行的中心线的周围的旋转角速度的检测。此外,振动型角速度传感器也被应用到车辆用以外。

[0028] 图1是有关本实施方式的振动型角速度传感器的平面示意图。振动型角速度传感器以使图1的纸面法线方向与车辆的上下方向一致的方式搭载到车辆上。振动型角速度传感器形成在板状的基板10的一面侧。基板10由通过支承基板11和半导体层12将未图示的作为牺牲层的埋入氧化膜夹持构造而成的SOI(Silicon on insulator、绝缘衬底上的硅)基板构成。这样的传感器构造通过将半导体层12侧蚀刻为传感器构造体的图案(pattern)后将埋入氧化膜部分地除去、成为将传感器构造体的一部分开放(released)的状态而构成。

[0029] 另外,在以下的说明中,将作为与半导体层12的表面平行的面上的一方向、沿着纸面左右方向的轴设为x轴,将沿着x轴的方向设为x轴方向。此外,将与该x轴垂直的纸面上下方向设为y轴,将沿着y轴的方向设为y轴方向。进而,将与半导体层12的一面垂直的方向设为z轴,将沿着z轴的方向设为z轴方向。

[0030] 将半导体层12形成图案为固定部20和可动部30及梁部40。固定部20至少在其背面的一部分上残留有埋入氧化膜,且固定部20没有从支承基板11开放,而为经由埋入氧化膜固定在支承基板11上的状态。可动部30及梁部40构成振动型角速度传感器的振子。可动部30其背面侧的埋入氧化膜被除去,为从支承基板11开放的状态。梁部40支承可动部30,并且为了进行角速度检测,使可动部30在x轴方向及y轴方向上位移。下面说明这些固定部20和可动部30及梁部40的具体的构造。

[0031] 固定部20构成为具有用来支承可动部30的支承用固定部21、被施加驱动用电压的驱动用固定部22、23、以及用于角速度检测的检测用固定部24、25。

[0032] 支承用固定部21被配置为例如将固定部20中的其他部分(驱动用固定部22、23及检测用固定部24、25)及可动部30等的传感器构造体的周围包围,在其内壁上经由梁部40支承着可动部30。这里,举出支承用固定部21将传感器构造体的周围全域包围的构造为例,但也可以是仅形成在其一部分上的构造。

[0033] 驱动用固定部22、23由如后述那样配置在外侧驱动平衡块31与内侧驱动平衡块33之间的驱动用固定部22、和配置在外侧驱动平衡块32与内侧驱动平衡块34之间的驱动用固定部23构成。这些驱动用固定部22、23为具备基部22a、23a和梳齿状的驱动用固定电极22b、23b的结构。

[0034] 基部22a、23a在y轴方向上延伸设置。该基部22a、23a连接着多个驱动用固定电极22b、23b,并构成为能够经由连接在基部22a、23a所具备的未图示的接合垫上的接合线从外部施加对DC电压加上的AC电压(驱动用电压)。通过对该基部22a、23a施加希望的AC电压,能够对各驱动用固定电极22b、23b也施加希望的AC电压。

[0035] 驱动用固定电极22b、23b是与如后述那样装备在外侧驱动平衡块31、32或内侧驱动平衡块33、34上的梳齿状的驱动用可动电极31b、32b、33b、34b的各梳齿对置配置的梳齿状的电极。具体而言,驱动用固定电极22b、23b由在x轴方向上延伸设置的多个支承部22c、23c、和从各支承部22c、23c在y轴方向上延伸设置的多个梳齿状电极22d、23d构成,这样的构造体为在基部22a、23a的x轴方向两侧沿着y轴方向排列了多个的结构。

[0036] 检测用固定部24、25如后述那样配置在内侧驱动平衡块33、34所具备的检测平衡块35、36内。检测用固定部24、25为具有基部24a、25a和检测用固定电极24b、25b的结构。

[0037] 在基部24a、25a上具备未图示的接合垫(bonding pads),能够经由连接在该接合垫上的接合线进行向外部的信号取出。检测用固定电极24b、25b是从基部24a、25a在y轴方向上延伸设置的多个梳齿状的电极,与检测平衡块35、36所具备的梳齿状的检测用可动电极35b、36b的各梳齿对置配置。

[0038] 可动部30是对应于角速度的施加而位移的部分,为具有外侧驱动平衡块31、32和内侧驱动平衡块33、34及检测平衡块35、36的结构。可动部30为依次在x轴方向上排列有外侧驱动平衡块31、具备检测平衡块35的内侧驱动平衡块33、具备检测平衡块36的内侧驱动平衡块34及外侧驱动平衡块32的布局。即,构成为内部具备检测平衡块35、36的内侧驱动平衡块33、34在内侧排列有两个、并且以夹着这两个内侧驱动平衡块33、34的方式在两外侧再配置有外侧驱动平衡块31、32。

[0039] 外侧驱动平衡块31、32为具有质量部31a、32a和驱动用可动电极31b、32b的结构。

[0040] 质量部31a、32a在y轴方向上延伸设置。质量部31a与驱动用固定部22的基部22a对置配置,质量部32a与驱动用固定部23的基部23a对置配置。将该质量部31a、32a作为平衡块,使外侧驱动平衡块31、32能够在y轴方向上移动。

[0041] 驱动用可动电极31b、32b是与驱动用固定部22、23所具备的梳齿状的驱动用固定电极22b、23b的各梳齿对置配置的梳齿状的电极。具体而言,驱动用可动电极31b、32b由在x轴方向上延伸设置的多个支承部31c、32c、和从各支承部31c、32c在y轴方向上延伸设置的多个梳齿状电极31d、32d构成,这样的构造体为在质量部31a、32a中的驱动用固定部22、23侧在y轴方向上排列有多个的结构。

[0042] 内侧驱动平衡块33、34为具有质量部33a、34a和驱动用可动电极33b、34b的结构。

[0043] 质量部33a、34a呈四边形状的框体形状,将该质量部33a、34a作为平衡块,使内侧驱动平衡块33、34能够在y轴方向上移动。以四边形状构成的各质量部33a、34a的相对的两边分别与x轴方向和y轴方向平行,与y轴方向平行的边中的一边与驱动用固定部22、23的基部22a、23a对置配置。具体而言,质量部33a、34a的与y轴方向平行的边中的一边与驱动用固定部22、23的基部22a、23a对置配置,在与其基部22a、23a对置配置的一边上具备驱动用可动电极33b、34b。

[0044] 驱动用可动电极33b、34b是与驱动用固定部22、23所具备的梳齿状的驱动用固定电极22b、23b的各梳齿对置配置的梳齿状的电极。具体而言,驱动用可动电极33b、34b由在x轴方向上延伸设置的多个支承部33c、34c、和从各支承部33c、34c在y轴方向上延伸设置的多个梳齿状电极33d、34d构成,这样的构造体为在质量部33a、34a中的驱动用固定部22、23侧在y轴方向上排列有多个的结构。

[0045] 检测平衡块35、36为具有质量部35a、36a和检测用可动电极35b、36b的结构。

[0046] 质量部35a、36a呈四边形状的框体形状,经由后述的梁部40中的检测梁41支承在内侧驱动平衡块33、34的内壁面上。构成为检测平衡块35、36为能够与内侧驱动平衡块33、34一起在y轴方向上移动、而将质量部35a、36a作为平衡块、使检测平衡块35、36能够在x轴方向上移动的结构。检测用可动电极35b、36b是从质量部35a、36a的内壁面在y轴方向上延伸设置的多个梳齿状的电极,与检测用固定部24、25所具备的梳齿状的检测用固定电极

24b、25b的各梳齿对置配置。

[0047] 梁部40为具有检测梁41、驱动梁42及支承部件43的结构。

[0048] 检测梁41构成第2弹簧,是将内侧驱动平衡块33、34的质量部33a、34a的内壁面中的与x轴方向平行的边、和检测平衡块35、36的质量部35a、36a的外壁面中的与x轴方向平行的边连接的梁。由于检测梁41能够在x轴方向上位移,所以基于该检测梁41的位移,检测平衡块35、36能够相对于内侧驱动平衡块33、34在x轴方向上移动。

[0049] 驱动梁42将外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34连结,并且能够进行这些外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34的向y轴方向的移动。一方的外侧驱动平衡块31、一方的内侧驱动平衡块33、另一方的内侧驱动平衡块34及另一方的外侧驱动平衡块32在依次排列的状态下通过驱动梁42连结。

[0050] 具体而言,驱动梁42是y轴方向的宽度为规定尺寸的直线状梁,在y轴方向上,在隔着外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34的两侧各配置有一根,分别连接在外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34上。驱动梁42与外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34也可以直接连接,但例如在本实施方式中将驱动梁42与内侧驱动平衡块33、34经由连结部42a连接。

[0051] 支承部件43是支承外侧驱动平衡块31、32、内侧驱动平衡块33、34及检测平衡块35、36的部件。具体而言,支承部件43装备在支承用固定部21的内壁面与驱动梁42之间,经由驱动梁42将上述各平衡块31~36支承在支承用固定部21上。

[0052] 支承部件43为具有旋转梁43a、支承梁43b及连结部43c的结构,旋转梁43a是y轴方向的宽度为规定尺寸的直线状梁,在其两端连接着支承梁43b,并且在与支承梁43b相反侧的中央位置连接着连结部43c。该旋转梁43a在传感器驱动时以连结部43c为中心以S字状起伏而挠曲。支承梁43b构成第1弹簧,将旋转梁43a的两端连接到支承用固定部21,在本实施方式中为直线状部件。该支承梁43b还起到在冲击等施加时容许各平衡块31~36在x轴方向上移动的作用。连结部43c起到将支承部件43连接在驱动梁42上的作用。

[0053] 通过以上那样的构造,构成分别各具备两个外侧驱动平衡块31、32、内侧驱动平衡块33、34及检测平衡块35、36的具备一对角速度检测构造的振动型角速度传感器。并且,在这样构成的振动型角速度传感器中,能够得到耐冲击性能。对于能够得到这样的效果,将在后面详细地说明。

[0054] 接着,对于这样构成的振动型角速度传感器的动作,参照图2及图3所示的表示振动型角速度传感器的动作中的状况的示意图进行说明。

[0055] 首先,参照图2对振动型角速度传感器的基本动作时的状况进行说明。当通过对驱动用固定部22、23施加对DC电压加上的AC电压,使外侧驱动平衡块31、32及内侧驱动平衡块33、34之间产生电位差时,基于该电位差在y轴方向上产生静电力。基于该静电力,使各驱动平衡块31~34在y轴方向上振动。此时,一边改变AC电压的频率一边监视各驱动平衡块31~34的y轴方向的振动,进行调整以使AC电压的频率成为驱动共振频率 $f_d$ 。例如,与外侧驱动平衡块31、32对置配置而设置监视用的电极,基于在它们之间形成的电容的变化检测外侧驱动平衡块31、32的位移。此时,通过电路处理,当电容变化较大时检测到驱动共振频率 $f_d$ 。驱动共振频率 $f_d$ 由驱动梁42的宽度等的振子的构造决定,但可以通过将驱动共振频率 $f_d$ 设定为几kHz~几十kHz、特别是设定为5kHz~10kHz,能够实现振动型角速度传感器的高灵敏

度化。

[0056] 此时,通过装备在驱动用固定部22上的驱动用固定电极22b、装备在外侧驱动平衡块31上的驱动用可动电极31b及装备在内侧驱动平衡块33上的驱动用可动电极33b的配置,如图2所示,使外侧驱动平衡块31和内侧驱动平衡块33在y轴方向上相互以反相位振动。此外,通过装备在驱动用固定部23上的驱动用固定电极23b、装备在外侧驱动平衡块32上的驱动用可动电极32b及装备在内侧驱动平衡块34上的驱动用可动电极34b的配置,如图2所示,使外侧驱动平衡块32和内侧驱动平衡块34在y轴方向上相互以反相位振动。进而,使得两个内侧驱动平衡块33、34在y轴方向上相互以反相位振动。由此,将振动型角速度传感器以驱动模式形状驱动。

[0057] 另外,此时通过驱动梁42以S字状起伏,容许各平衡块31~34向y轴方向的移动,但关于将旋转梁43a与驱动梁42连接的连结部43c的部分为振幅的节(不动点),为几乎不位移的构造。

[0058] 接着,参照图3对在振动型角速度传感器上被施加角速度时的状况进行说明。如果在进行上述图2那样的基本动作时在振动型角速度传感器上被施加绕z轴的角速度,则通过科里奥利力,如图3所示那样检测平衡块35、36向x轴方向位移。通过该位移,由检测平衡块35的检测用可动电极35b和检测用固定部24的检测用固定电极24b构成的电容器的电容值、或由检测平衡块36的检测用可动电极36b和检测用固定部25的检测用固定电极25b构成的电容器的电容值发生变化。

[0059] 因此,基于从检测用固定部24、25的接合垫的信号取出将电容器的电容值的变化读取,能从而够检测角速度。例如,在本实施方式那样的结构的情况下,由于能够将从两个角速度检测构造分别取出的信号进行差动放大而读取电容器的电容值的变化,所以能够更正确地检测角速度。这样,能够通过本实施方式的振动型角速度传感器检测被施加的角速度。

[0060] 这样的振动型角速度传感器对于冲击的施加具有两个共振模式的频率 $f_1$ 、 $f_3$ 。具体而言,有如在图4中(b)示意地表示那样支承在弹簧 $s_1$ 、 $s_2$ 上的两个平衡块 $m_1$ 、 $m_2$ 向同方向摆动的同相模式的共振频率 $f_1$ 、和如在图4中(c)示意地表示那样两个平衡块 $m_1$ 、 $m_2$ 向反方向摆动的同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 。同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 为比同相模式的共振频率 $f_1$ 大的频率。另外,图4中(a)表示支承在弹簧 $s_1$ 、 $s_2$ 上的平衡块 $m_1$ 、 $m_2$ 的静止状态。

[0061] 这里,为了简略化,使用图4中(a)~(c)的示意图表示了同相模式和同相吸收模式的平衡块 $m_1$ 、 $m_2$ 的运动,但在本实施方式的振动型角速度传感器的情况下,为图5及图6所示的运动。即,如图5所示,在对振动型角速度传感器从纸面左方施加了冲击时,在同相模式的共振频率 $f_1$ 下,在x轴方向内侧驱动平衡块33、34和检测平衡块35、36向同方向摆动。此外,如图6所示,当对振动型角速度传感器从纸面左方施加了冲击时,在同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 下,在x轴方向内侧驱动平衡块33、34和检测平衡块35、36向反方向摆动。

[0062] 在简单设计的物理量传感器中,由于没有考虑共振频率的位置关系,所以共振频率 $f_1$ 的整数倍( $n$ 倍)位于共振频率 $f_3$ 附近的情况较多。因此,当被施加了过大的冲击时,共振频率 $f_1$ 下的同相模式的摆动和共振频率 $f_3$ 下的同相吸收模式的摆动干涉,发生比设想大的位移。结果,例如装备在检测平衡块35、36上的检测用可动电极35b、36b的各梳齿对装备在检测用固定部24、25上的检测用固定电极24b、25b接触等,导致传感器误输出。



[0063] 如果在振动型角速度传感器上被施加冲击,则成为通过(1)由非共振带来的振动激励、(2)由共振带来的振动激励、(3)由共振干涉带来的振动激励的3个相加而各种驱动平衡块31~34及检测平衡块35、36位移的位移机理。即,发生这些(1)~(3)的振动激励且同时被叠加,各种驱动平衡块31~34或检测平衡块35、36位移。

[0064] (1)由非共振带来的振动激励是单纯根据惯性力和弹簧力计算的位移量。此外,(2)由共振带来的振动激励是根据物理量传感器具有的共振模式、主要是根据具有与同相模式的共振频率 $f_1$ 相同的频率的冲击成分的施加时间和振子固有的Q值(共振倍率的峰值)计算的激励量。并且,(3)由共振干涉带来的振动激励是由同相模式的共振频率 $f_1$ 的整数倍( $n$ 倍)和同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 下的干涉带来的激励量。在对这些(1)~(3)的振动激励调查时,得到图7的结果。根据图7可知,作为比较例没有考虑共振频率的位置关系,在同相模式的共振频率 $f_1$ 的整数倍( $n$ 倍)位于同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 附近的情况下,(3)由共振干涉带来的振动激励的贡献率非常大。即,对于(3)由共振干涉带来的振动激励的影响没有考虑,所以不是采取降低该振动激励的方法,而是采用通过设置防振部件、使冲击本身不再传递给传感器的构造、或扩大可动电极与固定电极之间的间隔来对应。但是,如果能够降低(3)由共振干涉带来的振动激励,则能够减少它在全振动激励中所占的贡献率,可以说能够实现耐冲击性能提高。

[0065] 这里,与(3)由共振干涉带来的振动激励的影响程度相应的放大率 $A$ 用下式表示。该数式意味着与使(3)由共振干涉带来的振动激励充分降低到与(1)由非共振带来的振动激励或(2)由共振带来的振动激励等同程度的状态相比位移 $A$ 倍。

[0066] [数式1]

$$A = \frac{1}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{n \cdot f_1}{f_3}\right)^2\right\}^2 + \left(\frac{n \cdot f_1}{f_3 \cdot Q}\right)^2}}$$

[0068] 另外,数式中的 $f_1$ 表示同相模式的共振频率 $f_1$ , $f_3$ 表示同相吸收模式的共振频率 $f_3$ , $n$ 表示整数, $Q$ 表示Q值。

[0069] 此外,图8表示使Q值变化而将数式1曲线图化。这里所述的避免差 $D$ ,表示使同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 的 $n$ 倍的值的差的绝对值 $\Delta f_3$ 从同相模式的共振频率 $f_1$ 偏离的程度。如图8所示,当避免差 $D=0$ 时,即绝对值 $\Delta f_3$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 一致时,放大率 $A$ 变得最大。此时,(3)由共振干涉带来的振动激励显现为最大的峰值,在全振动激励中所占的贡献率也变高。

[0070] 因而,通过进行设计以使得不成为绝对值 $\Delta f_3 (= |f_3 - n \cdot f_1|)$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 一致那样的条件,使(3)由共振干涉带来的振动激励不为最大的峰值,从而减小在全振动激励中所占的贡献率。即,在绝对值 $\Delta f_3$ 变得比对同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以避免差 $D$ 后的值大的关系( $\Delta f_3 > f_1 \times D$ )中,只要至少设为避免差 $D$ 不是0% ( $D \neq 0$ )、比0%大就可以。由此,能够避免(3)由共振干涉带来的振动激励成为最大位移。

[0071] 并且,如果进行设计以使避免差 $D$ 变得比5%大( $D > 5\%$ ),则数式1中的分母的根内的第1项成为相比第2项足够大的值,不论第2项中包含的Q值如何都能够决定放大率 $A$ 。具体而言,如图8所示,放大率 $A$ 降低到20左右。这样,不论Q值如何都能够设定放大率 $A$ ,能够使放

大率A变得足够小,所以能够提高稳健性。

[0072] 进而,如果设计为使避免差D比10%大( $D>10\%$ ),则如图8所示,放大率A大致降低1位数。由此,能够将(3)由共振干涉带来的振动激励抑制为充分降低到与(1)由非共振带来的振动激励或(2)由共振带来的振动激励等同程度的状态。

[0073] 另外,在图8中,作为一例而表示了使Q值在50~300中变化的情况,但关于Q值的大小,并不限于这里所示的范围。

[0074] 基于以上的认识,在本实施方式中,关于同相模式的共振频率 $f_1$ 和比其大的同相吸收模式的共振频率 $f_3$ ,使得同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 与同相模式的共振频率 $f_1$ 的n倍的值的差的绝对值 $\Delta f_3$ 满足以下的条件。即,设为绝对值 $\Delta f_3$ 比对同相模式的共振频率 $f_1$ 乘以避免差D的值大的关系( $\Delta f_3>f_1 \times D$ ),并至少使得避免差D比0%大。由此,能够避免(3)由共振干涉带来的振动激励成为最大位移。

[0075] 优选的是,通过使得避免差 $D>5\%$ ,从而不论Q值如何都能够使放大率A降低,能够提高稳健性。更优选的是,通过设为避免差 $D>10\%$ ,能够使放大率A大致降低1位数,能够将(3)由共振干涉带来的振动激励抑制为充分降低到与(1)由非共振带来的振动激励或(2)由共振带来的振动激励等同程度的状态。

[0076] 通过进行设计以设定为满足这样的关系的同相模式的共振频率 $f_1$ 和同相吸收模式的共振频率 $f_3$ ,使(3)由共振干涉带来的振动激励降低。因而,能够不使用防振部件且不导致传感器灵敏度的降低,使耐冲击性能提高。

[0077] 另外,如用数式1表示那样,放大率A由同相模式的共振频率 $f_1$ 的整数倍(n倍)和同相吸收模式的共振频率 $f_3$ 及Q值定义,所以通过使数式1中的Q值比以往低,也能够使放大率A降低。例如,本实施方式那样的振动型角速度传感器为真空封闭的状态,通过使此时的真空度降低而使Q值降低。例如,如果使以往将真空度设为100pa左右的状况降低到300pa左右,则确认Q值降低为1/3。如果这样使Q值比以往降低,则能够使放大率A降低,能够进一步使(3)由共振干涉带来的振动激励降低。此外,如果使Q值降低,则也使(2)由共振带来的振动激励降低,所以与(3)由共振干涉带来的振动激励一起降低,能够实现进一步的耐冲击性能提高。

[0078] (其他实施方式)

[0079] 在上述实施方式中,说明了使用SOI基板作为基板10的情况,但这表示基板10的一例,也可以使用SOI基板以外的基板。

[0080] 此外,并不限于分别各具备两个外侧驱动平衡块31、32、内侧驱动平衡块33、34及检测平衡块35、36的一对的角速度检测构造,本公开也能够适用于关于具备其以上的对的角速度检测构造的振动型角速度传感器。

[0081] 进而,作为物理量传感器而举角速度传感器为例进行了说明,但关于其他物理量传感器、例如加速度传感器,也能够采用本公开。

[0082] 对本公开依据实施例进行了叙述,但应理解的是本公开并不限定于该实施例或构造。本公开还包含各种各样的变形例及均等范围内的变形。除此以外,各种各样的组合或形态、包含在它们中仅一要素、其以上或其以下的其他组合或形态也在本公开的范畴或思想范围中。

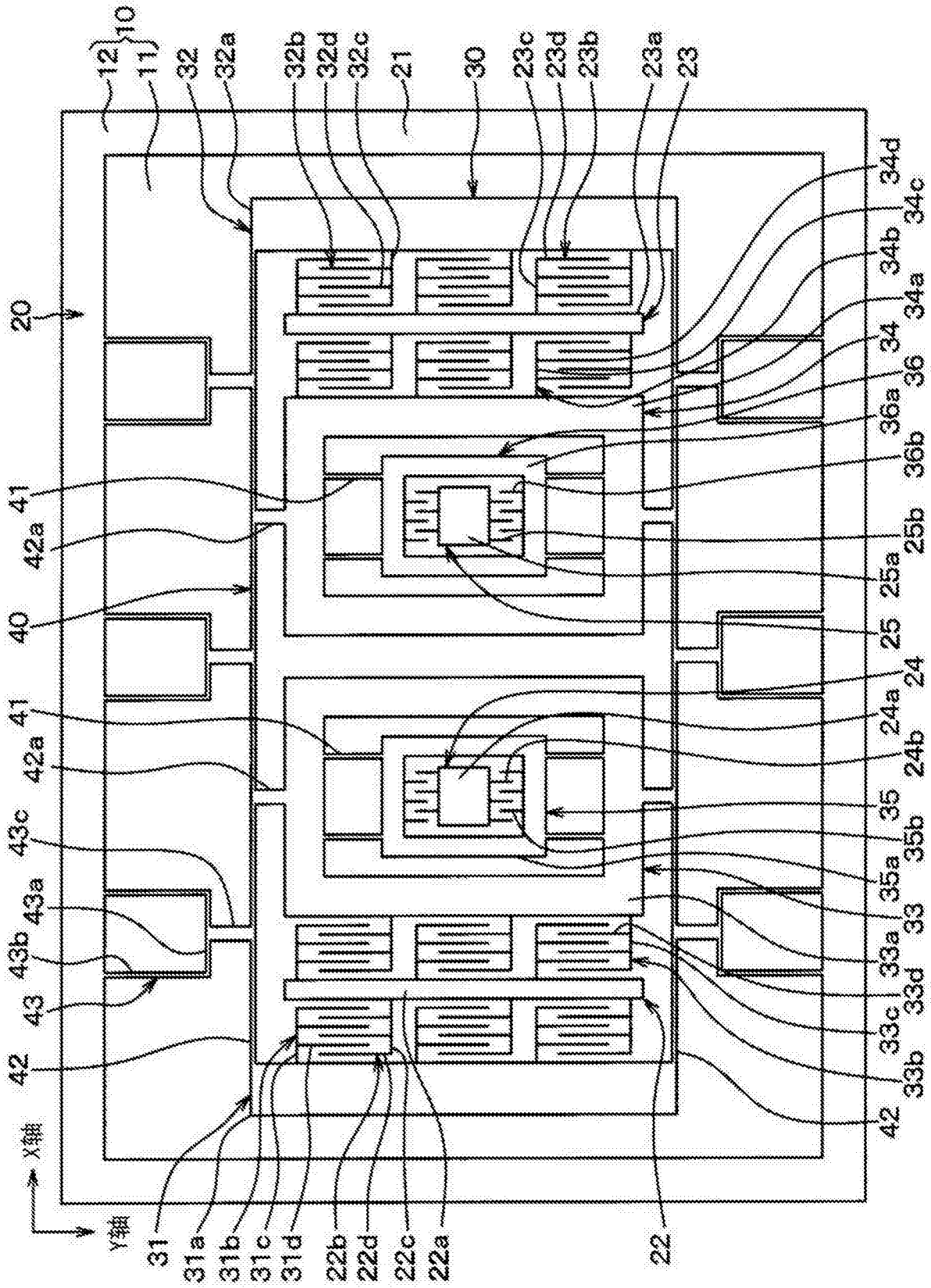


图1

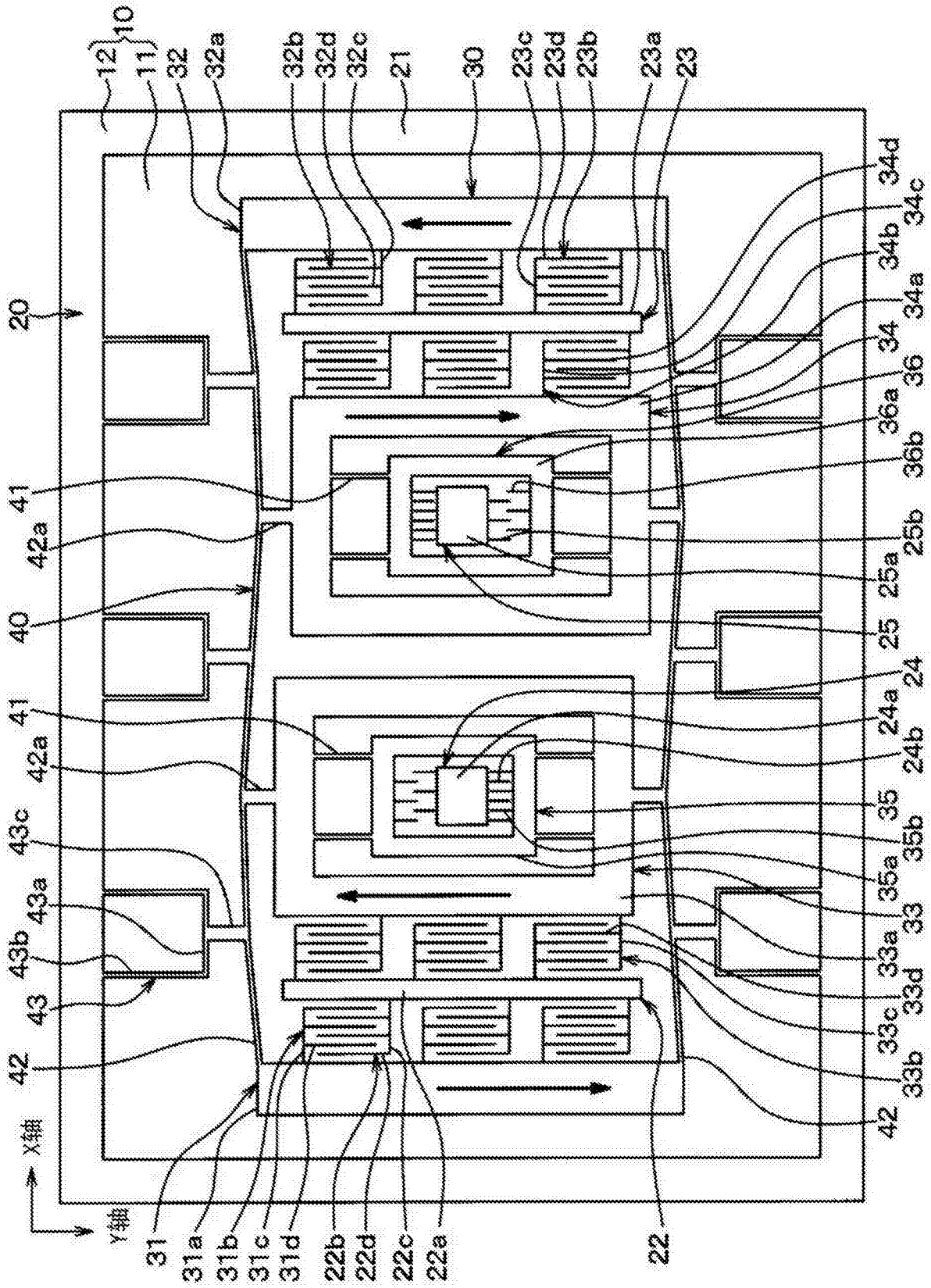


图2

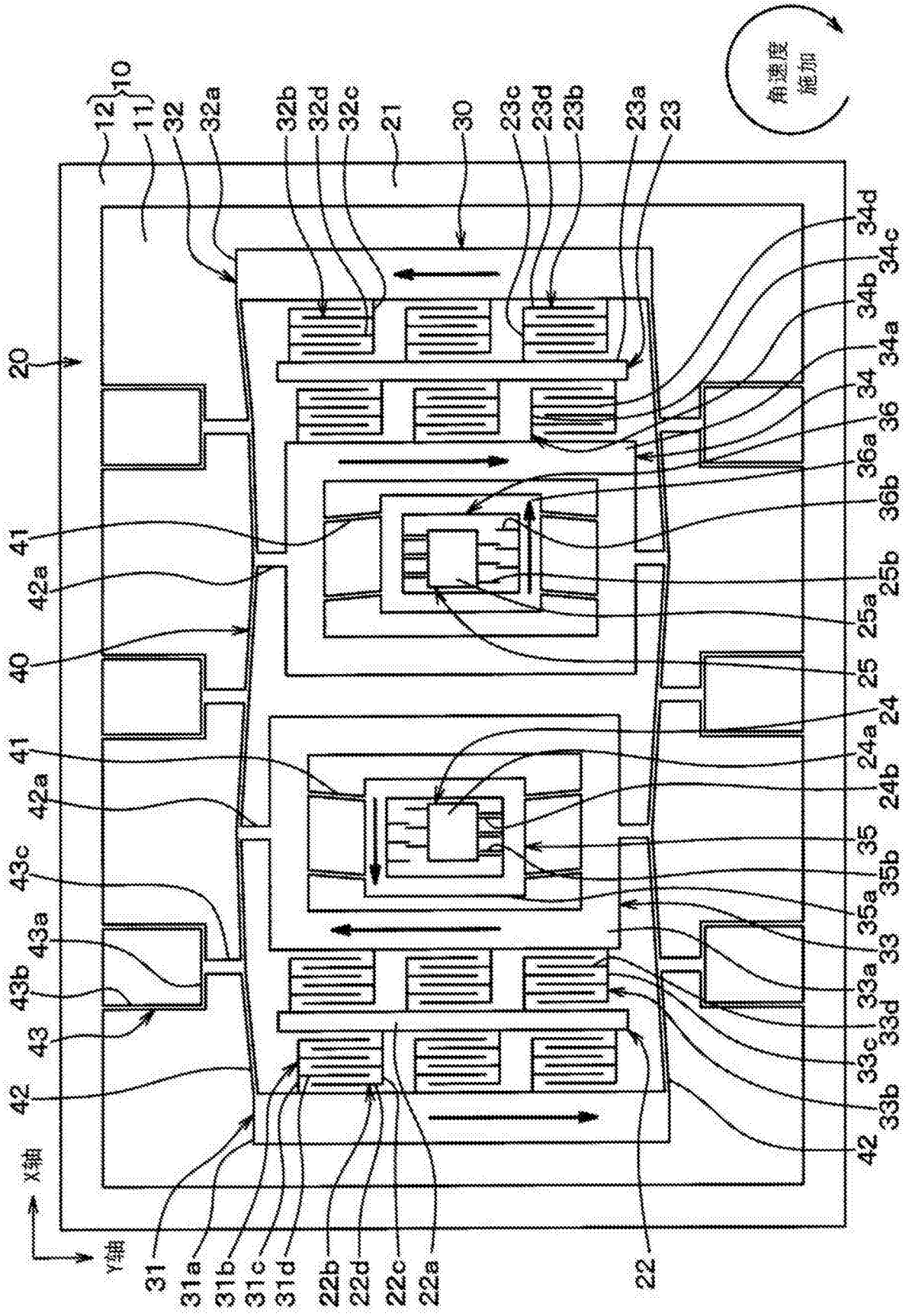


图3

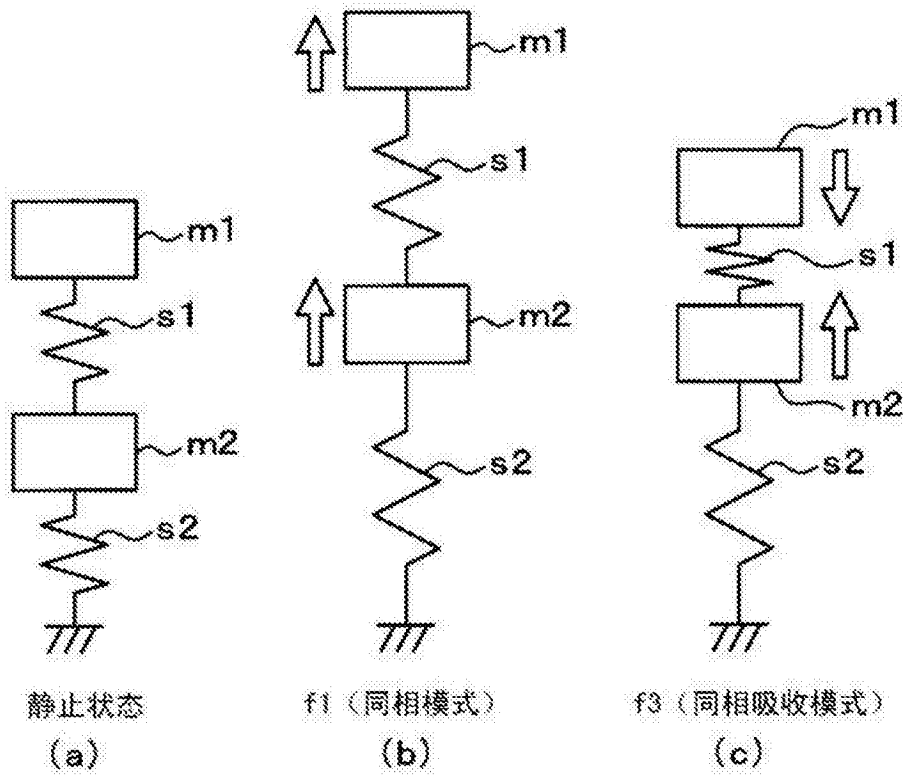


图4

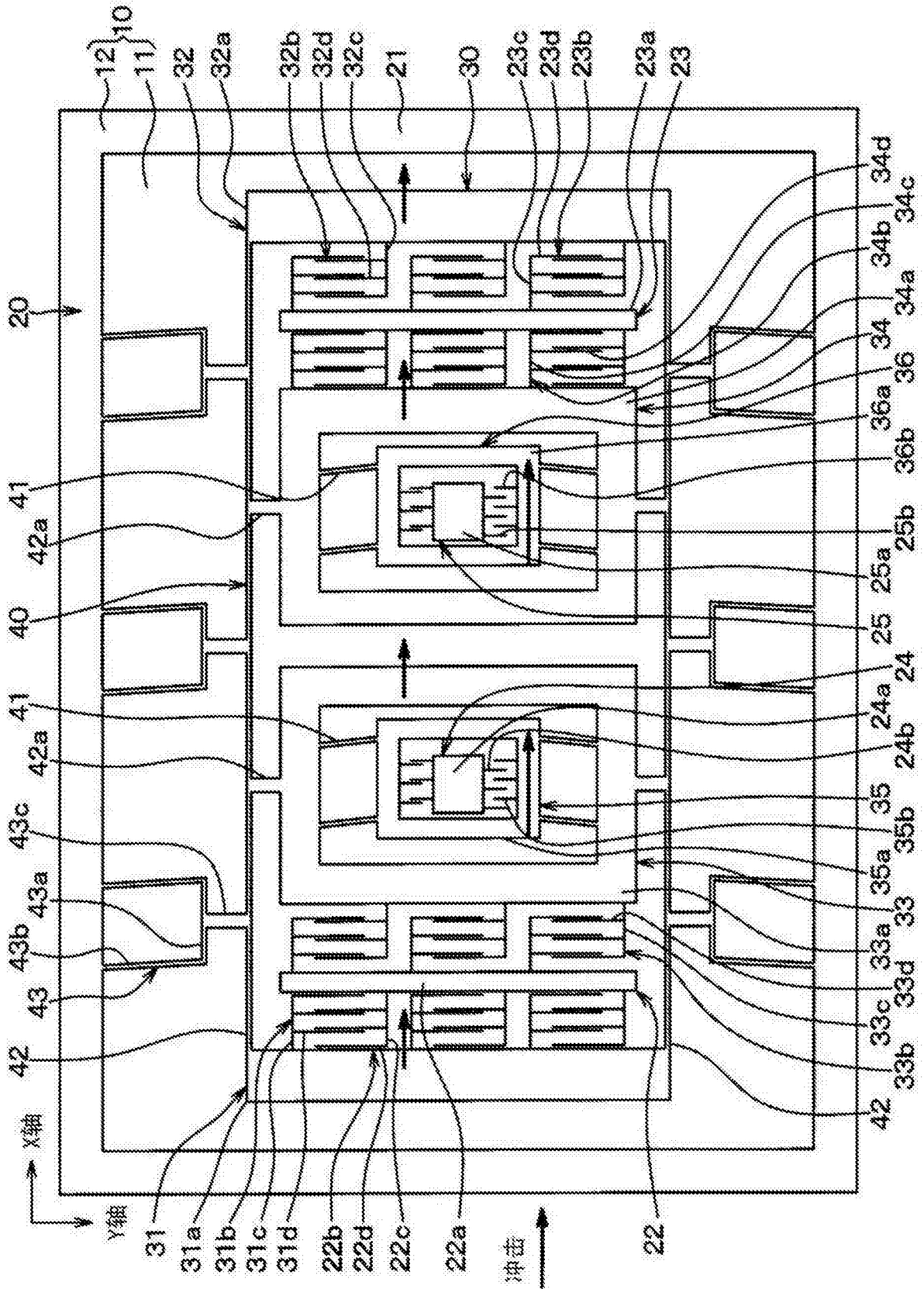


图5

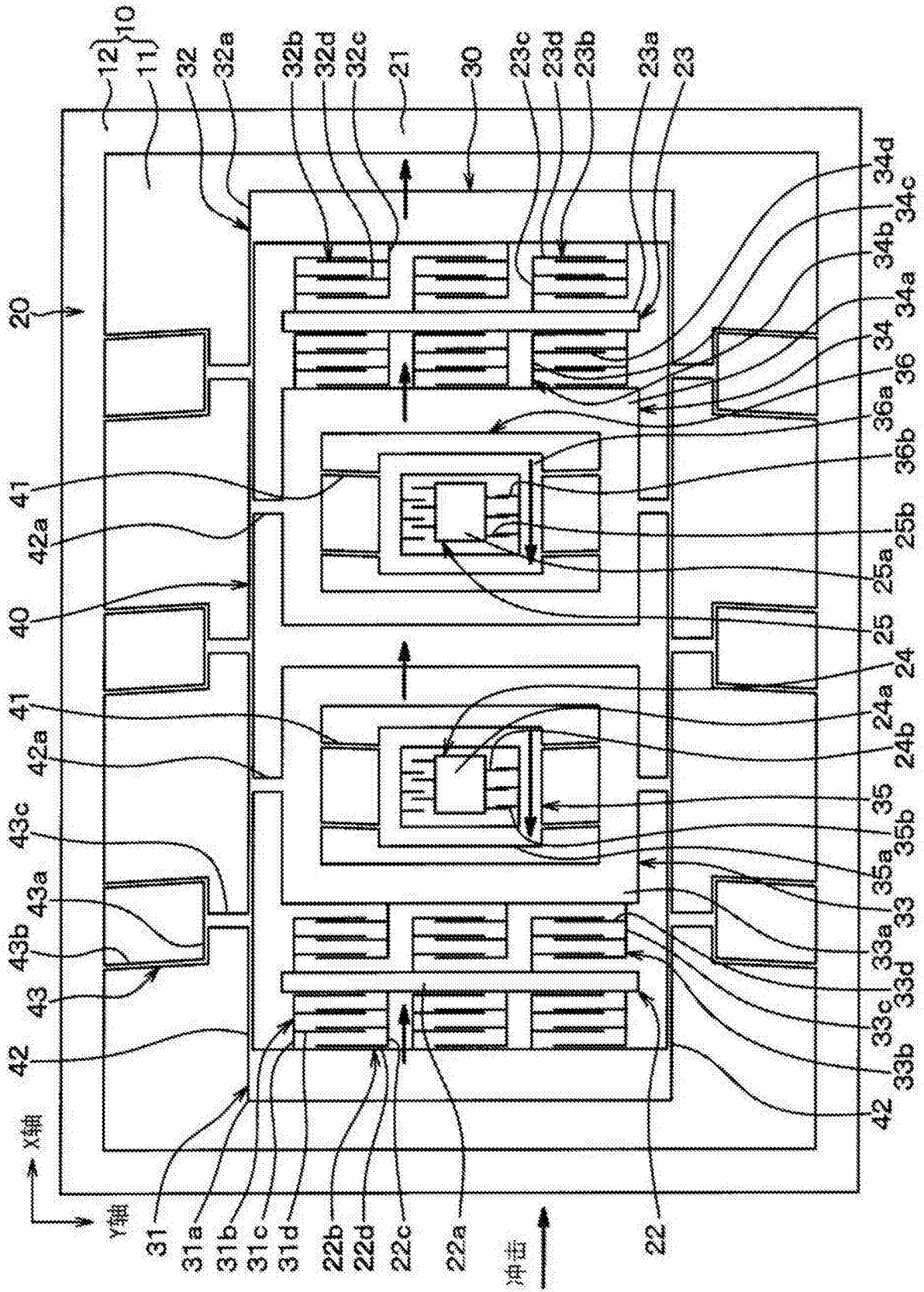


图6



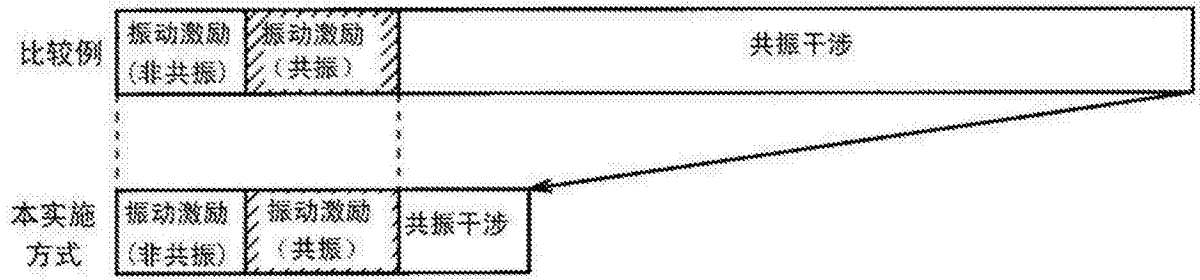


图7

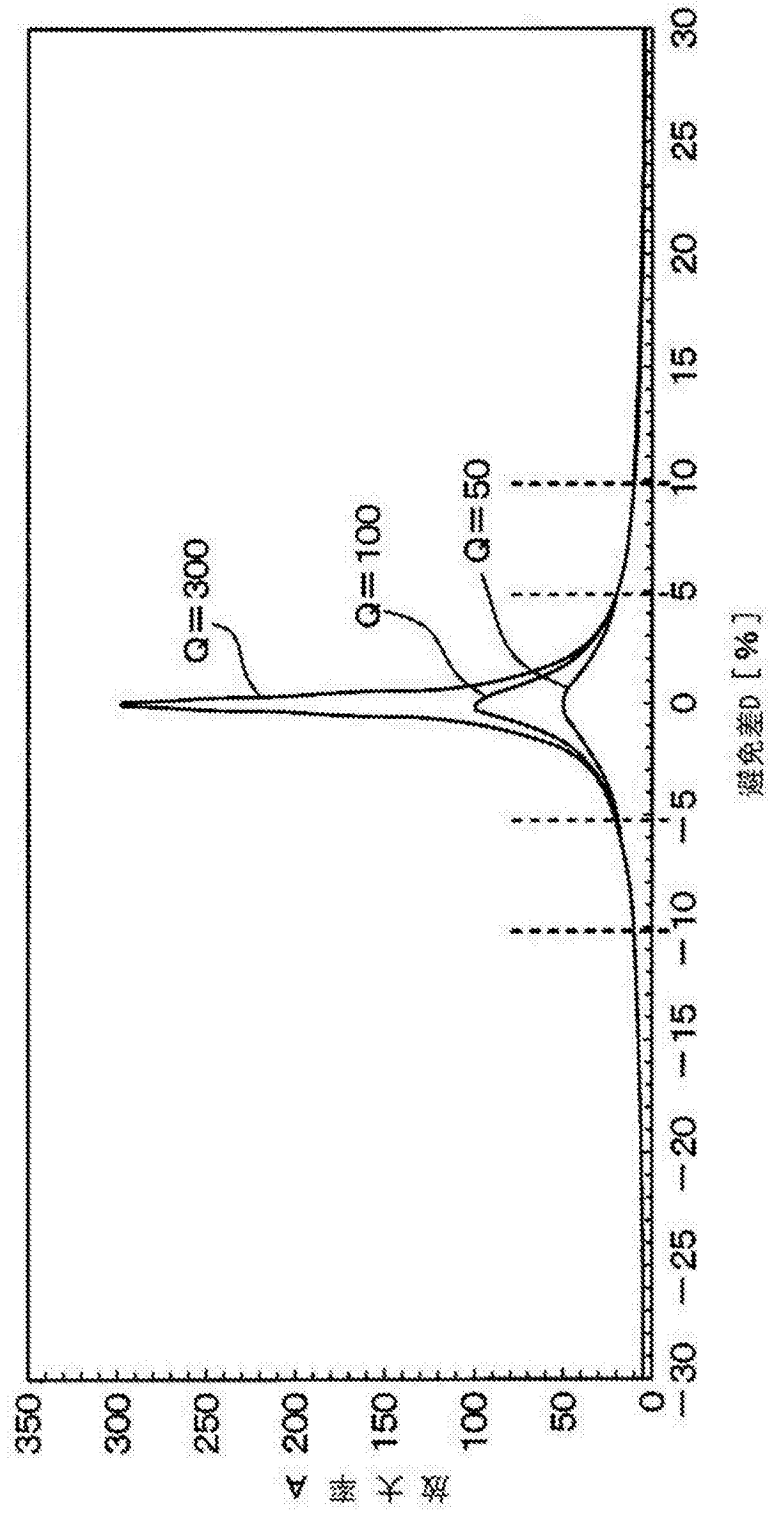


图8