



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104596490 B

(45)授权公告日 2019.01.01

(21)申请号 201410601623.4

(22)申请日 2014.10.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104596490 A

(43)申请公布日 2015.05.06

(30)优先权数据

2013-226033 2013.10.30 JP

(73)专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 松尾敦司

(74)专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 苏萌萌

(51)Int.Cl.

G01C 19/5607(2012.01)

G01C 19/5628(2012.01)

(54)发明名称

振动片及其制造方法、角速度传感器、电子设备及移动体

(57)摘要

本发明涉及一种振动片及其制造方法、角速度传感器、电子设备以及移动体。振动片具有检测部，所述检测部在检测时沿着压电体的厚度方向进行振动。检测部具有：第一主面(11)以及第二主面(12)，其在厚度方向Z上对置；外侧面；槽部，其在从被形成于第一主面上的开口起的深度方向上于第一主面与第二主面之间的位置处具有槽底；外侧面电极，其被形成于外侧面上；内侧面电极，其被形成于与外侧面对置的内侧面上。

B 外侧面电极包括在厚度方向上位于第二主面侧的端面。在外侧面中的至少一个上，于从端面到第二主面的区域内，具有未形成有外侧面电极的电极非形成区域。

(56)对比文件

JP 特开2007-256156 A, 2007.10.04, 说明书第[0001]-[0047]段,附图1-9.

JP 特公平7-43262 B2, 1995.05.15, 全文.

JP 特开2000-249556 A, 2000.09.14, 全文.

JP 特开2001-221638 A, 2001.08.17, 全文.

JP 特开2005-203725 A, 2005.07.28, 全文.

CN 102098022 A, 2011.06.15, 全文.

JP 特开2011-141266 A, 2011.07.21, 全文.

JP 特开2012-129680 A, 2012.07.05, 全文.

CN 1545611 A, 2004.11.10, 全文.

JP 特开2005-291858 A, 2005.10.20, 全文.

CN 1914799 A, 2007.02.14, 全文.

KR 10-2008-0069527 A, 2008.07.28, 全文.

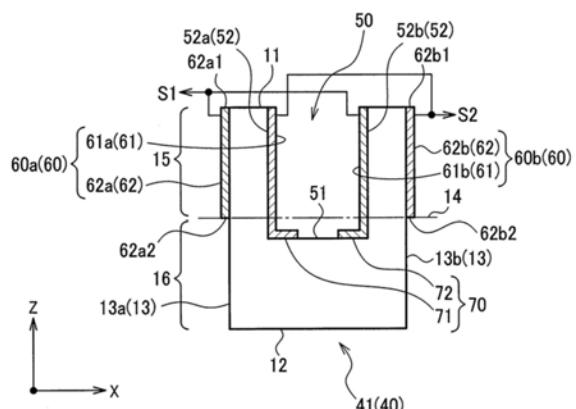
CN 101173957 A, 2008.05.07, 全文.

JP 特开2012-98091 A, 2012.05.24, 全文.

JP 特开2012-112748 A, 2012.06.14, 全文.

审查员 陈丹华

权利要求书2页 说明书11页 附图15页



1. 一种振动片，其特征在于，

具备检测部，所述检测部包括压电体的第一主面以及相对于所述第一主面而处于所述压电体的背面的第二主面，和对所述第一主面与所述第二主面进行连接的外侧面，并且所述检测部沿着与所述第一主面交叉的方向进行振动，

所述检测部具有：

槽部，其在所述第一主面上设置有开口，并在从所述开口起的深度方向上，于所述第一主面与所述第二主面之间的位置处具有槽底；

第一内侧面以及第二内侧面，其被设置于面向所述槽部内的内侧面上；

第一外侧面以及第二外侧面，其被设置于所述外侧面上；

第一内侧面电极，其被设置于所述第一内侧面上；

第一外侧面电极，其被设置于所述第一外侧面上；

第二内侧面电极，其被设置于所述第二内侧面上；

第二外侧面电极，其被设置于所述第二外侧面上；

一对主面电极，其在所述第二主面上隔开间隔而被配置，

在所述第一外侧面与所述第一内侧面之间具有所述压电体，

在所述第二外侧面与所述第二内侧面之间具有所述压电体，

所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极分别包括在从所述第一主面到所述第二主面的方向上位于所述第二主面侧的端面，

所述第一外侧面以及所述第二外侧面中的至少一方在从所述端面到所述第二主面为止的区域内具有电极非形成区域，所述电极非形成区域为未设置有所述第一外侧面电极或所述第二外侧面电极的区域。

2. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述端面处于与中立面实质等同的位置。

3. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述端面处于中立面与所述第二主面之间。

4. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述端面处于所述第一主面与中立面之间。

5. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述槽底被配置于，在从所述开口起的深度方向上超过中立面的位置上。

6. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述槽底被配置于，在从所述开口起的深度方向上与中立面实质等同的位置上或未超过所述中立面的位置上。

7. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述第一内侧面电极以及所述第二内侧面电极为接地电极。

8. 如权利要求1所述的振动片，其特征在于，

所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极为接地电极。

9. 一种角速度传感器，其特征在于，具有：

权利要求1所述的振动片；

检测电路，其根据所述振动片的沿着与所述第一主面交叉的方向的振动而对角速度进

行检测。

10. 一种电子设备，其特征在于，
具有权利要求9所述的角速度传感器。

11. 一种移动体，其特征在于，
具有权利要求9所述的角速度传感器。

12. 一种振动片的制造方法，其特征在于，

所述振动片具备检测部，所述检测部包括压电体的第一主面以及相对于所述第一主面而处于所述压电体的背面的第二主面，和对所述第一主面与所述第二主面进行连接的外侧面，并且所述检测部沿着与所述第一主面交叉的方向进行振动，

在制造所述振动片的方法中，包括：

形成检测部主体的工序，所述检测部主体包括所述外侧面的互相对置的第一外侧面以及第二外侧面，和在从被设置于所述第一主面上的开口起的深度方向上，于所述第一主面与所述第二主面之间的位置处具有槽底的槽部；

在所述第一外侧面上形成第一外侧面电极，在所述第二外侧面上形成第二外侧面电极，并且在所述第二主面上形成隔开间隔而被配置的一对主面电极的工序；

在与所述第一外侧面对置并面向所述槽部内的第一内侧面上形成第一内侧面电极，在与所述第二外侧面对置并面向所述槽部内的第二内侧面上形成第二内侧面电极的工序；

在所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极中的至少一方中，从所述第二主面起在预定长度区域内去除电极的工序。

振动片及其制造方法、角速度传感器、电子设备及移动体

技术领域

[0001] 本发明涉及一种振动片、角速度传感器、电子设备以及移动体和振动片的制造方法等。

背景技术

[0002] 一般地,已知一种被利用于角速度传感器(陀螺传感器)中的振动片(专利文献1、2)。例如,在专利文献1的图1中,当对在Y方向上延伸的振动片施加有绕Y轴的角速度运动时,在X-Y平面内于X方向上进行面内振动的驱动部将在科里奥利力的作用下变化为Z轴方向(振动片的厚度方向)上的面外振动。该Z方向上的力分量引起检测部的运动。对于这种力分量,在检测部中基于压电效应而产生X方向的电场。基于该电场的输出信号从检测部被输出,从而角速度被检测。

[0003] 作为被用于陀螺传感器中的振动片,提出一种在检测部中设置有在检测部的侧面上开口并将X方向设为深度方向的槽(干涉防止部)的技术(专利文献3)。该槽未在槽的内侧面或槽底设置有电极,其是为了防止被设置于检测部的外侧面上的多个电极部间的电耦合干涉而被配置的,由此对泄漏电压的产生进行抑制。

[0004] 作为被使用于陀螺传感器中的其他的振动片,提出一种在检测部的侧面上形成阶梯部,而使被形成于检测部的两侧面上的一对电极间的X方向距离缩短,从而提高电场效率的技术(专利文献4)。

[0005] 伴随着陀螺传感器的小型化,当被配置于检测部的电极面积变窄时,与力分量相对应的X方向的电场将变小从而检测灵敏度降低。与专利文献3、4不同,考虑到设置在检测部的主面上开口的槽来扩大电极面积。但是,明确了如下内容,即,在例如像陀螺传感器这样振动片的检测部沿着其厚度方向进行振动的情况下,如果不考虑电极的形成位置反而会产生电荷损失。

[0006] 专利文献1:日本特开2012-098091号公报(图1)

[0007] 专利文献2:日本特开2012-112748号公报

[0008] 专利文献3:日本特开2001-221638号公报(图4)

[0009] 专利文献4:日本特开2011-141266号公报(图3)

发明内容

[0010] 本发明的多个方式的目的在于,提供一种即使振动片小型化也能够增大电极面积,并能够提高电场效率从而提高检测灵敏度的振动片、角速度传感器、电子设备以及移动体和振动片的制造方法。

[0011] (1) 本发明的一个实施方式涉及一种振动片,其特征在于,具备检测部,所述检测部包括压电体的第一主面以及相对于所述第一主面而处于所述压电体的背面的第二主面,和对所述第一主面与所述第二主面进行连接的外侧面,并且所述检测部沿着与所述第一主面交叉的方向进行振动,所述检测部具有:槽部,其在从被设置于所述第一主面上开口起的

深度方向上,于所述第一主面与所述第二主面之间的位置处具有槽底;第一内侧面以及第二内侧面,其被设置于面向所述槽部内的内侧面上;第一外侧面以及第二外侧面,其被设置于所述外侧面上;第一内侧面电极,其被设置于所述第一内侧面上;第一外侧面电极,其被设置于所述第一外侧面上;第二内侧面电极,其被设置于所述第二内侧面上;第二外侧面电极,其被设置于所述第二外侧面上,在所述第一外侧面与所述第一内侧面之间具有所述压电体,在所述第二外侧面与所述第二内侧面之间具有所述压电体,所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极分别包括在从所述第一主面到所述第二主面的方向上位于所述第二主面侧的端面,所述第一外侧面以及所述第二外侧面中的至少一方在从所述端面到所述第二主面为止的区域内具有电极非形成区域,所述电极非形成区域为未设置有所述第一外侧面电极或所述第二外侧面电极的区域。

[0012] 根据本发明的一个方式,在沿着与第一主面交叉的方向(例如作为压电体的厚度方向的Z方向)进行振动的检测部上,于以中立面为界的厚度方向上的两个区域中的一方上作用有压缩力,而在另一方上作用有拉伸力。在此,中立面是指既不产生压缩也不产生拉伸的面。在隔着压电体而对置的一对电极(第一外侧面电极与第一内侧面电极、第二外侧面电极与第二内侧面电极或第一外侧面电极与第二外侧面电极)上,作用有与压缩力或拉伸力相对应的电场。此时,基于压缩力的电场的方向与基于拉伸力的电场的方向成为互相反向。

[0013] 在与检测部的长度方向正交的检测部的横截面(例如X-Z面)上,如果将一对电极中所产生的第一电场的方向设为第一方向(例如+X方向),则一对电极中所产生的第二电场的方向成为第二方向(例如-X方向)。

[0014] 特别是,由于当第一、第二外侧面电极在厚度方向上被形成于从第一主面到第二主面为止的整个面上时,将在第一、第二外侧面电极上形成有上文所述的反向的第一、第二电场双方,因此由一方的电场所生成的电荷因由另一方的电场所生成的异性电荷而损失。

[0015] 另外,在本说明书中,将槽部的距开口部最深的位置称为槽底。槽底包括像槽的底部这样具有平坦的底面的情况和不具有平坦的底面的情况这两种情况。这是因为,在进行蚀刻特别是湿蚀刻的情况下,不一定会形成平坦的底面,有时会形成V字槽。

[0016] 根据本发明的一个方式,由于第一外侧面以及第二外侧面中的至少一方在从端面到第二主面为止的区域内具有电极非形成区域,在电极非形成区域中未形成有一对电极,因此产生异性电荷的一对电极部分的一部分或全部被排除。这样,由于利用被形成于槽部的内侧面上的第一、第二内侧面电极而使电极面积增大并且缩窄了一对电极间距离从而提高了电场效率,而且通过在外侧面上确保电极非形成区域从而抑制了因逆电场而引起的电荷的损失,因此能够提高检测灵敏度。

[0017] (2) 在本发明的一个方式中,能够采用如下方式,即,在将分别于所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极中将所述端面设置于所述第二主面上而被测定出的检测灵敏度设为G1,且将分别于所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极中将所述端面设置于中立面上而被测定出的检测灵敏度设为G2时,检测灵敏度G成为 $G_1 + (G_2 - G_1) \times 10\% \leq G \leq G_2$ 。

[0018] 第一、第二外侧面电极只要未特别地实施去除工序,则将被形成在第一、第二外侧面的整个面上。作为相对于本发明的一个方式的比较对象的检测灵敏度G1,由于在处于中立面与第二主面之间的第一、第二外侧面电极中被形成的逆电场产生的电荷损失而成为较

低的灵敏度。作为本发明的一个方式中的最优方式的检测灵敏度G2成为没有上文所述的电荷损失的高灵敏度。本发明的一个方式所涉及的振动片的检测灵敏度G是定量地定义如下的灵敏度而获得的，所述灵敏度为，利用在外侧面上被确保的电极非形成，与取得检测灵敏度G1时相比抑制了电荷损失而达成的灵敏度。

[0019] (3) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述端面处于与中立面实质等同的位置。

[0020] 如果端面被设定于与中立面实质等同的位置处，则能够无视在第一、第二外侧面电极中所形成的逆电场，从而能够使电荷损失最小由此使检测灵敏度最大。

[0021] (4) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述端面处于中立面与所述第二主面之间。

[0022] 在端面处于第一主面与中立面之间(第一区域)时，由于电极有效面积依赖于端面靠近中立面的位置而增大，因此灵敏度增大。另一方面，在端面处于中立面与第二主面之间(第二区域)时，由于电荷损失根据端面靠近第二主面的位置而增大，因此灵敏度降低。依赖于第一区域中的端面的位置的灵敏度增加率与依赖于第二区域中的端面的位置的灵敏度下降率相比较大。因此，在制造(例如蚀刻工序)时，在对端面的位置进行控制时，与将端面设定于第一区域内时相比，将端面设定于第二区域内时，灵敏度的位置依赖性较低。

[0023] (5) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述端面处于所述第一主面与中立面之间。

[0024] 这样，在由第一外侧面电极以及第一内侧面电极形成的第一对侧面电极，与由第二外侧面电极以及第二内侧面电极形成的第二对侧面电极中，将不会形成产生电荷损失的逆电场。

[0025] (6) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述槽底被配置于，在从所述开口起的深度方向上超过中立面的位置上。

[0026] 这样，能够最大地确保由第一外侧面电极以及第一内侧面电极形成的第一对侧面电极，和由第二外侧面电极以及第二内侧面电极形成的第二对侧面电极的有效电极面积。此外，如果将一对槽底电极配置于该槽底，则能够进一步提高电场效率。

[0027] (7) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述槽底被配置于，在从所述开口起的深度方向上与中立面实质等同的位置上或未超过中立面的位置上。

[0028] 不论槽底的位置如何，都能够起到依赖于第一、第二外侧面电极的端面的位置而对电荷损失进行抑制的效果。

[0029] (8) 在本发明的一个方式中，能够采用如下方式，即，所述第一内侧面电极以及所述第二内侧面电极为接地电极。

[0030] 如果第一内侧面电极以及第二内侧面电极为接地电极，则也可以使第一内侧面电极以及第二内侧面电极导通。即，由于在槽部内，在第一、第二内侧面以及槽底上形成了电极膜之后，无需分离第一内侧面电极以及第二内侧面电极，因此具有易于制造的优点。

[0031] (9) 在本发明的一个实施方式中，能够采用如下方式，即，所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极为接地电极。

[0032] 这样，能够通过第一外侧面电极以及第二外侧面电极而对第一内侧面电极、第二内侧面电极以及一对槽底电极进行屏蔽，从而能够降低外部噪声的不良影响。

[0033] (10) 在本发明的一个方式中,能够采用如下方式,即,还具有在所述第二主面上隔开间隔而被配置的一对主面电极。

[0034] 如果将一对主面电极通过配线与另一对侧面电极连接,则能够通过将在一对主面电极中所生成的电荷与在另一对侧面电极中所生成的电荷以极性一致的方式进行叠加,从而能够提高检测灵敏度。

[0035] (11) 本发明的另一方式涉及一种角速度传感器,具有:上述的(1)至(10)中任一项所述的振动片;检测电路,其根据所述振动片的沿着所述厚度方向的振动而对角速度进行检测。

[0036] 该角速度传感器能够在不伴有电荷的损失的条件下提高角速度的检测灵敏度。

[0037] (12) 本发明的另一方式涉及一种具有上述的(11)所述的角速度传感器的电子设备。

[0038] (13) 本发明的另一方式涉及一种具有上述的(11)所述的角速度传感器的移动体。

[0039] 本发明所涉及的电子设备以及移动体不但能够维持或提高检测灵敏度,而且还能够更加小型化。

[0040] (14) 本发明的其他方式涉及一种振动片的制造方法,所述振动片具备检测部,所述检测部包括压电体的第一主面以及相对于所述第一主面而处于所述压电体的背面的第二主面,和对所述第一主面与所述第二主面进行连接的外侧面,并且所述检测部沿着与所述第一主面交叉的方向进行振动,在制造所述振动片的方法中,包括:形成检测部主体的工序,所述检测部主体包括所述外侧面的互相对置的第一外侧面以及第二外侧面,和在从被设置于所述第一主面上的开口起的深度方向上,于所述第一主面与所述第二主面之间的位置处具有槽底的槽部;在所述第一外侧面上形成第一外侧面电极,在所述第二外侧面上形成第二外侧面电极的工序;在与所述第一外侧面对置并面向所述槽部内的第一内侧面上形成第一内侧面电极,在与所述第二外侧面对置并面向所述槽部内的第二内侧面上形成第二内侧面电极的工序;在所述第一外侧面电极以及所述第二外侧面电极中的至少一方中,从所述第二主面起在预定长度区域内去除电极的工序。

[0041] 根据本发明的其他的方式,通过实施去除工序,从而在第一外侧面以及第二外侧面中的至少一方上形成有电极非形成区域。在电极非形成区域中未形成有一对电极,从而产生异性电荷的一对电极部分的一部分或全部被排除。这样,由于利用被形成于槽部的内侧面上的第一、第二内侧面电极而使电极面积增大并且缩窄了一对电极间距离从而提高了电场效率,而且通过在外侧面上确保电极非形成区域从而抑制了因逆电场而引起的电荷的损失,因此能够提高检测灵敏度。

附图说明

[0042] 图1为模式化地表示作为本发明的一个实施方式的电极被形成之前的状态下的振动片的俯视图。

[0043] 图2为表示振动片的驱动部的面内振动的动作说明图。

[0044] 图3表示在振动片上作用了角速度时的面外振动的动作说明图。

[0045] 图4表示在图1的IV-IV截面中所形成的电极的图。

[0046] 图5(A) (B) 为表示在进行行走模式振动的检测部中交替地产生的电场方向的图。

- [0047] 图6为表示外侧面电极的从第一主面起到端面为止的位置与检测灵敏度的关系的特性图。
- [0048] 图7为表示比较例的振动片的检测部的剖视图。
- [0049] 图8为表示将外侧面电极的端面设定于超过中立面的槽底的位置上的振动片的检测部的剖视图。
- [0050] 图9为表示将外侧面电极的端面设定于第一主面与中立面之间的位置上的振动片的检测部的剖视图。
- [0051] 图10为表示将槽底位置设定于第一主面与中立面之间,且将外侧面电极的端面设定于中立面的位置上的振动片的检测部的剖视图。
- [0052] 图11为表示将槽底位置设定于第一主面与中立面之间,且将外侧面电极的端面设定于超过中立面的位置上的振动片的检测部的剖视图。
- [0053] 图12为表示将槽底位置设定于第一主面与中立面之间,且将外侧面电极的端面设定于第一主面与中立面之间的振动片的检测部的剖视图。
- [0054] 图13为包括振动片与检测电路的陀螺传感器的概要框图。
- [0055] 图14为表示在检测电路中所生成的交流电压信号的图。
- [0056] 图15为表示具有一对主面电极的振动片的检测部的改变例的图。
- [0057] 图16为表示将外侧面电极设为接地电极的振动片的检测部的改变例的图。
- [0058] 图17为表示将内侧面电极设为接地电极的振动片的检测部的改变例的图。
- [0059] 图18为表示振动片的驱动部的制造工序的图。
- [0060] 图19为表示包括陀螺传感器的电子设备的一个示例的图。
- [0061] 图20为表示包括陀螺传感器的电子设备的另一个示例的图。
- [0062] 图21为表示包括陀螺传感器的移动体的一个示例的图。

具体实施方式

[0063] 以下,参照附图对本发明的一个实施方式进行说明。另外,在下文中进行说明的本实施方式并非对权利要求所记载的本发明的内容进行不当限定,在本实施方式中所说明的全部结构的不一定都是作为本发明的解决手段所必须的。

1. 振动片的概要

[0065] 图1模式化地图示了电极被形成之前的状态下的振动片10的振动片主体。在此,本实施方式的振动片10具有第一主面11与第二主面12,所述第一主面11与第二主面12在由X轴(第二轴)和在平面上与X轴正交的Y轴构成的X-Y平面上延伸,并互相对置。另外,将与第一主面11以及第二主面12垂直的轴设为Z轴。在形成振动片10的压电体为水晶的情况下,X轴为电轴、Y轴为机械轴、Z轴为光轴。振动片10具有:从基部20向+Y方向延伸的驱动部30、从基部20向-Y方向延伸的检测部40。另外,也可以在振动片10上例如像专利文献2所示那样,设置对泄漏输出的抑制进行调节的调节部(调节用振动臂以及电极)等附属结构。

[0066] 驱动部30包括第一振动臂31与第二振动臂32。由基部20、第一振动臂31和第二振动臂32构成了音叉形振动片。检测部40包括第三振动臂41与第四振动臂42。同样地,由基部20、第三振动臂41和第四振动臂42构成了音叉形振动片。这两个音叉形振动片通过基部20而被结合,这种结构的振动片10被称为H型振动片。

[0067] 该振动片10能够作为陀螺传感器(角速度传感器)而使用。如图2所示,在进行角速度的检测时,在驱动部30(第一、第二振动臂31、32)中振动被激励驱动。该驱动时的振动为在X-Y平面内沿着X方向的面内振动,并且第一、第二振动臂31、32反复进行相互远离相互接近的振动。

[0068] 如图3所示,当对振动片10施加有绕Y轴的角速度 ω 时,因科里奥利力的作用,驱动部30(第一、第二振动臂31、32)的振动方向将发生变化。第一、第二振动臂31、32绕基部20的重心进行摆动,即引起所谓的行走模式(walk mode)激励。

[0069] 驱动部30(第一、第二振动臂31、32)的行走模式激励从基部20向检测部40(第三、第四振动臂41、42)传播。其结果为,在检测部40(第三、第四振动臂41、42)中也引起绕基部20的重心进行摆动的行走模式激励。而且,在检测部40(第三、第四振动臂41、42)中基于压电效应而产生电场,从而产生电荷。

[0070] 2. 电极向振动片的配置

[0071] 2.1. 驱动部

[0072] 在本实施方式中,对于驱动部30(第一、第二振动臂31、32)中的电极的配置而言,只要能够激励图2的面内振动则没有特别制约。驱动部30(第一、第二振动臂31、32)能够像例如专利文献4的图2那样在X-Z截面中的四个面上分别设置电极。或者也可以像专利文献4的图12所示那样,通过设置于在主面上开口的槽部的内侧面与槽底上的单一电极和被形成于侧面上的侧面电极而形成一对电极。

[0073] 2.2. 检测部

[0074] 在本实施方式中,在检测部40(第三、第四振动臂41、42)中的电极配置方面具有特征。首先,如图1所示,在检测部40(第三、第四振动臂41、42)中,设置有仅在第一主面11上开口,并将Y轴方向设为长度方向,将X轴方向设为宽度方向,将Z方向设为深度方向的槽部50。

[0075] 图4图示了图1的IV-IV截面。在图4所示的X-Z截面中,槽部50在从第一主面11起的深度方向(Z方向)上,于例如超过第一主面11与第二主面12之间的中立面14的位置处具有槽底51。槽部50具有隔着槽部50内的空间而在槽宽度方向X上对置的内侧面52(第一内侧面52a、第二内侧面52b)。另外,槽部50与振动片10的外形的形状形成方式相同,能够通过例如干蚀刻特别是各向异性蚀刻而形成。

[0076] 检测部40(第三、第四振动臂41、42)通过图3所示的行走模式振动,基于压电效应而形成X方向的电场,并且对通过该电场而产生的电荷进行检测。因此,在X方向上设置对置的成对的电极。作为一对电极,包括包含内侧面电极61和外侧面电极62的一对侧面电极60,所述内侧面电极61被形成于面对槽部50内的内侧面52上,所述外侧面电极62被形成于与内侧面52对置的外侧面13上。另外,作为另一对电极,能够设置一对槽底电极70,所述一对槽底电极70在槽部50的槽底51侧隔开间隔而被设置。但是,并非必须设置一对槽底电极70。

[0077] 一对侧面电极60能够包括第一对侧面电极60a与第二对侧面电极60b。在此,外侧面13包括对第一主面11以及第二主面进行连结的第一外侧面13a与第二外侧面13b。内侧面52包括隔着槽部50内的空间而对置的第一内侧面52a与第二内侧面52b。第一内侧面52a隔着压电体而与第一外侧面13a对置。第二内侧面52b隔着压电体而与第二外侧面13b对置。内侧面电极61包括被形成于第一内侧面52a上的第一内侧面电极61a,和被形成于第二内侧面52b上的第二内侧面电极61b。外侧面电极62包括被形成于第一外侧面13a上的第一外侧面

电极62a,和被形成于第二外侧面13b上的第二外侧面电极62b。第一对侧面电极60a由第一内侧面电极61a与第一外侧面电极62a构成。第二对侧面电极60b由第二内侧面电极61b与第二外侧面电极62b构成。

[0078] 第一外侧面电极62a包括:在厚度方向Z上位于第一主面11侧的第一端面62a1,和在厚度方向Z上位于第二主面12侧的第二端面(端面)62a2。同样地,第二外侧面电极62b包括:在厚度方向Z上位于第一主面11侧的第一端面62b1,和在厚度方向Z上位于第二主面12侧的第二端面62b2。在本实施方式中,第二端面62a2、62b2实质上被设定在与中立面14等同的位置。而且,在第一外侧面13a以及第二外侧面13b双方中,从第二端面62a2、62b2起到第二主面12为止的第二区域16成为未形成有第一外侧面电极62a与第二外侧面电极62b的电极非形成区域。另外,第一端面62a1、62b1也不一定存在于外侧面13(13a、13b)上,也可以存在于第一主面11上。

[0079] 一对槽底电极70具有在槽部50的槽底51,在槽宽度方向X上隔开间隔而被设置的第一槽底电极71与第二槽底电极72。处于靠近第一内侧面电极61a的位置处的第一槽底电极71与第一内侧面电极61a导通。即,第一槽底电极71在槽部50的槽底角部处与第一内侧面电极61a导通。同样地,处于靠近第二内侧面电极61b的位置处的第二槽底电极72与第二内侧面电极61b导通。即,第二槽底电极72在槽部50的槽底角部处与第二内侧面电极61b导通。

[0080] 像图4所示那样,在振动片10上设置有检测部40的输出端子S1、S2。输出端子S1与第一外侧面电极62a、第二内侧面电极61b以及第二槽底电极72导通。输出端子S2与第二外侧面电极62b、第一内侧面电极61a以及第一槽底电极71导通。

[0081] 3. 检测动作

[0082] 图5(A)(B)图示了在如图3所示那样检测部40进行行走模式振动时于一对电极上产生的电荷的极性。图5(A)表示检测部40例如向图3的+Z方向进行位移时,图5(B)表示检测部40例如向图3的-Z方向进行位移时。

[0083] 在沿Z方向进行振动的第三振动臂41(检测部40)上,在以图5(A)(B)所示的中立面14为界的厚度方向Z上的两个区域15、16中的一方上作用有压缩力,在另一方上作用有拉伸力。在此,中立面14是指压缩和拉伸均不产生的面。如果为矩形截面,则中立面14位于在厚度方向Z上将检测部40二等分的位置处。但是,检测部40并不限于矩形截面,只需关于Z轴线对称即可。在被形成于第三振动臂41(检测部40)上的一对电极60、70上,作用有与压缩力或拉伸力相对应的电场。此时,基于压缩力的电场的方向与基于拉伸力的电场的方向成为相互相反的方向。

[0084] 在与厚度方向Z正交的第三振动臂41(检测部40)的横截面(X-Z面)上,如图5(A)(B)所示那样,在被配置于第一区域15的一对侧面电极60中仅形成有第一电场EF1。即,在一对侧面电极60上未产生引起电荷的损失的这种逆电场。特别是,在槽底51处于实质上与中立面14等同的位置或超过中立面的位置上时,且在第二端面62a2、62b2处于实质上与中立面14等同的位置上时,形成第一电场EF1的一对侧面电极60的有效电极面积成为最大。

[0085] 在此,如果将第一电场EF1的电场方向设为第一方向,则在被配置于第二区域16内的一对槽底电极70中所产生的第二电场EF2的方向将成为与第一方向相反的第二方向。

[0086] 如图5(A)所示那样,在第一内侧面电极61a位于第一电场EF1的下游时,一对槽底电极70之中靠近第一内侧面电极61a一侧的槽底电极71将位于第二电场EF2的下游。同样

地,在图5(A)中,在第二内侧面电极61b位于第一电场EF1的上游时,一对槽底电极70之中靠近第二内侧面电极61b一侧的槽底电极72将位于第二电场EF2的上游。因此,被导通的两个电极(61a与71或61b与72)将共同成为电场方向上的上游或下游。即,在输出端子S1中,从第一外侧面电极62a、第二内侧面电极61b以及第二槽底电极72输出负(参照图5(A))或正(参照图5(B))的极性相同的电荷。同样地,在输出端子S2中,也从第二外侧面电极62b、第一内侧面电极61a以及第一槽底电极71输出正(参照图5(A))或负(参照图5(B))的极性相同的电荷。因此,不会发生基于电场的电荷的损失。这样,由于能够通过被形成于槽部50的内侧面52以及槽底51上的电极61、71、72而使电极面积增大,而且还不会发生电荷的损失,因此能够提高检测灵敏度。

[0087] 检测部40的第四振动臂42也具有与图4相同的截面构造。但是,如图3所示那样,由于第三、第四振动臂41、42的振动相位相差180度,因此第四振动臂42的电极向输出端子S1、S2的连接与图4相反。即,在第四振动臂42中,输出端子S2与第一外侧面电极62a、第二内侧面电极61b以及第二槽底电极72导通。输出端子S1与第二外侧面电极62b、第一内侧面电极61a以及第一槽底电极71导通。该情况也被适用于后述的改变例(图8~图12、图15~图17)。

[0088] 4. 检测灵敏度

[0089] 图6图示了在使图4所示的第二端面62a2、62b2的位置于Z方向上变化时的检测灵敏度的变化。在图6中,图4的检测部40的Z方向上的长度为80μm,横轴表示第一、第二外侧面电极62a、62b的从第一主面11起的长度(0~80μm)。图6的纵轴表示检测灵敏度,在图6中图示出了1kHz失谐换算灵敏度[ppm/dps]。

[0090] 在图4所示的实施方式中,第一、第二外侧面电极62a、62b被形成在从第一主面11起到中立面14为止的范围内的全长为40μm,在图6的横轴上于40μm时检测灵敏度G2成为最大,这一内容与上文叙述相符。

[0091] 此外,如图7的比较例所示那样,在第一、第二外侧面电极62a、62b被形成于第一、第二外侧面13a、13b的整个面上时,在图6的横轴上,相当于80μm的位置,此时的检测灵敏度G1与峰值灵敏度G2(40μm时)相比大幅下降。其理由为,在由第一、第二外侧面电极62a、62b所形成的第三对侧面电极中所形成的第二电场EF2成为最大,从而使电荷损失达到最大。

[0092] 可知如下内容,即,如图7所示那样第一、第二外侧面电极62a、62b被形成于第一、第二外侧面13a、13b的整个面上时的检测灵敏度G1,根据图6,其降低至第一、第二外侧面电极62a、62b从第一主面11起仅形成大致15μm左右时的检测灵敏度。

[0093] 因此,与其像图7那样,不如在从第二端面62a2、62b2到第二主面12为止的区域内确保未形成有第一外侧面电极62a或第二外侧面电极62b的电极非形成区域,这样检测灵敏度G会成为G1<G≤G2,从而能够大于图7所示的比较例的灵敏度G1。

[0094] 例如,在设为 $G1 + (G2 - G1) \times \alpha \leq G \leq G2 \dots (1)$ 时,式(1)中的系数α($1 > \alpha > 0$)能够例如最小设为10%,能够优选设为30~50%,进一步优选设为51~69%,更进一步设优选为70~80%。因此,第二端面62a2、62b2的位置也可以为偏移至与中立面14相比靠第二主面12侧的位置。例如,即使如图8所示那样,将第二端面62a2、62b2的位置设为与槽底51实质上相同的位置,也能够满足式(1)。或者,即使如图9所示那样将第二端面62a2、62b2的位置设为偏移至与中立面14相比靠第一主面11侧的位置,也能够满足式(1)。

[0095] 在此,在图6中,在横轴上的第二端面62a2、62b2的位置处于第一主面11与中立面

14之间的第一区域15时,由于电极有效面积依赖于横轴上的第二端面62a2、62b2的位置靠近中立面14的位置而扩大,因此灵敏度增大。另一方面,在横轴上的第二端面62a2、62b2的位置处于中立面14与第二主面12之间的第二区域16时,由于电荷损失根据第二端面62a2、62b2靠近第二主面12的位置而增大,因此灵敏度降低。依赖于第一区域15中的第二端面62a2、62b2的位置的灵敏度增加率与依赖于第二区域16中的第二端面62a2、62b2的位置的灵敏度下降率相比较大。因此,在制造(例如蚀刻工序)时,在对第二端面62a2、62b2的位置进行控制时,将第二端面62a2、62b2设定于第一区域15内时,与将第二端面62a2、62b2设定于第二区域16时相比,灵敏度的位置依赖性较低。

[0096] 另一方面,当第二端面62a2、62b2设定于第一主面11与中立面14之间时,在由第一外侧面电极62a以及第一内侧面电极61a所形成的第一对侧面电极60a,与由第二外侧面电极62b以及第二内侧面电极61b所形成的第二对侧面电极60b中,将不形成产生电荷损失的逆电场。

[0097] 如图10~图12所示那样,本实施方式也能够应用于槽底51处于第一主面11与中立面14之间的情况下,或者也能够应用于槽底51处于中面上的情况(图示省略)中。在图10中,第二端面62a2、62b2被设定于与中立面14实质上等同的位置。在该情况下,由于未生成第二电场EF2,因此也不会产生电荷损失。在图11中,第二端面62a2、62b2被设定于中立面14与第二主面12之间。虽然在该情况下,在第二区域16的第一、第二外侧面电极62a、62b之间有第二电场EF2产生,但在图6中第二区域16内的灵敏度下降率比较小。在图12中,第二端面62a2、62b2处于第一主面11与中立面14之间,例如将第一、第二外侧面电极62a、62b的长度设定为与第一、第二内侧面电极61a、61b相等。在该情况下,由于未生成第二电场EF2,因此不会产生电荷损失。另外,如图10~图12所示,并未设置图4所示的一对槽底电极70。如果在第一主面11与中立面14之间的第一区域15内设定一对槽底电极70,反而会产生电荷损失。

[0098] 5. 陀螺传感器(角速度传感器)

[0099] 图13为陀螺传感器1000的概要框图。陀螺传感器1000包括:振动片10、驱动电路1100和检测电路1200。在振动片10的例如基部20上,设置有驱动端子T1、T2与输出端子S1、S2。驱动端子T1、T2与驱动电路1100连接,输出端子S1、S2与检测电路1200连接。驱动电路1100向驱动端子T1、T2供给驱动信号,从而如图2所示那样通过压电效应而使驱动部30进行面内振动。

[0100] 检测电路1200具有两个Q/V转换电路(也称为QV放大器)1210、1220。振动片10的各个电极中产生的交流电荷分别经由振动片10的输出端子S1、S2而被输入至两个QV放大器1210、1220中,并转换为交流电压信号VSP、VSM。来自输出端子S1、S2的交流电荷相互差180°相位,并且振幅相等。因此,通过将QV放大器1210、1220设为相同的电路且相同的布局,从而如图14所示,QV放大器1210、1220输出相互差180°相位且振幅相等的交流电压信号VSP、VSM。交流电压信号VSP、VSM的振幅根据施加于振动片10上的科里奥利力的大小(角速度的大小)而变化。而且,由于在本实施方式中如上文所述能够减少电荷损失,因此能够增大交流电压信号VSP、VSM的振幅。

[0101] 在检测电路1200中,通过差动放大电路1230而对QV放大器1210、1220的输出信号进行差动放大。由此,生成交流电压信号VSP、VSM各自的振幅的两倍的振幅信号。之后,根据来自驱动电路1100的参照信号而通过同步检波电路1240实施同步检波。由此,仅角速度成

分被检测,从而生成与角速度的大小相对应的电压电平的信号(角速度信号)。该角速度信号经由外部输出端子而被输出至外部,例如在微型计算机中被实施A/D转换并作为角速度数据而被用于各种处理。另外,也可以在检测电路1000中内置A/D变换器,并将表示角速度的数字数据例如经由串行接口而向外部输出。

[0102] 6.振动片的改变例

[0103] 图15~图17图示了被形成于振动片10上的电极配置的改变例。图15所示的检测部40(第三振动臂41)还具有一对主面电极80,所述一对主面电极80包括在第二主面12上隔开间隔而形成的第一主面电极81以及第二主面电极82。第一主面电极81与和第一槽底电极71导通的输出端子S2连接,第二主面电极82与和第二槽底电极72导通的输出端子S1连接。

[0104] 由于一对主面电极80与一对槽底电极70共同位于与中立面14相比靠第二主面12侧的第二区域16内,因此在检测时所产生的第二电场EF2的方向一致。因此,即使将第一主面电极81与第一槽底电极71导通,将第二主面电极82与第二槽底电极72导通,也不会产生电荷损失。此外,由于通过增设一对主面电极80而增加了电极面积,因此能够增加电荷。

[0105] 在图16所示的检测部40(第三振动臂41)中,第一外侧面电极62a以及第二外侧面电极62b分别被设为接地电极。如图16所示那样,由于即使将外侧面电极62(62a、62b)设为接地电极,第一、第二对侧面电极60a、60b与一对槽底电极70中所产生的电场的方向也与图4相同,因此不会产生电荷的损失。而且,通过被接地的外侧面电极62(第一外侧面电极62a以及第二外侧面电极62b),能够对第一内侧面电极61a、第二内侧面电极61b以及一对槽底电极70进行屏蔽,从而能够降低外部噪声的不良影响。另外,也能够在图16的结构中设置在图15中所追加的一对主面电极80。

[0106] 在图17所示的检测部40(第三振动臂41)中,第一内侧面电极61以及第二内侧面电极61b分别被设为接地电极。在该情况下,第一内侧面电极61a以及第二内侧面电极61b通过被形成于槽底51上的电极而被导通。即,由于在槽部50内形成导电膜之后,能够排除进行预定图案蚀刻的工序,因此制造变得容易。如图17所示,由于即使将内侧面电极61(61a、61b)设为接地电极,第一、第二对侧面电极60a、60b与一对槽底电极70中所产生的电场的方向也与图4相同,因此不会产生电荷的损失。而且,通过被接地的内侧面电极61(第一内侧面电极61a以及第二内侧面电极61b),能够降低外部噪声的不良影响。另外,也能够在图17的结构中设置在图15中所追加的一对主面电极80。

[0107] 7.振动片的制造方法

[0108] 首先,如图1所示那样,通过对压电体进行例如干蚀刻加工而形成振动片10中未形成有电极的振动片主体。首先,蚀刻加工出具有如图18(A)所示的第一、第二主面11、12以及外侧面13(13a、13b)的外形,接下来,在检测部40上蚀刻加工出槽50。槽50的槽底51的位置例如通过对蚀刻时间进行控制而被设定于所需的位置。

[0109] 接下来,在图18(B)所示的第一、第二主面11、12以及外侧面13(13a、13b)上使导体膜90成膜。由于第二主面12成为载置面,因此未形成有膜。之后,在导体膜90上形成被进行了图案形成的抗蚀膜91、92。图案形成通过光刻工序而被实施。

[0110] 最后,如图18(C)所示那样,通过蚀刻来去除未被抗蚀膜91、92覆盖的导体膜90,从而完成振动片10。

[0111] 8.电子设备以及移动体

[0112] 图19概要地图示了作为电子设备的一个具体示例的智能手机101。在智能手机101中组装有具有振动片10的陀螺传感器1000。陀螺传感器1000能够对智能手机101的姿态进行检测。实施所谓的动作感应。陀螺传感器1000的检测信号能够向例如微型计算机芯片(MPU)102进行供给。MPU102能够根据动作感应而执行各种处理。另外,动作感应也能够利用于移动式电话机、移动式游戏机、游戏控制器、车辆导航系统、定位设备、头戴式显示器、平板式计算机等各种电子设备中。

[0113] 图20概要地图示了作为电子设备的另一具体示例的数码照相机(以下称之为“照相机”)103。在照相机103中组装有具有振动片10的陀螺传感器1000。陀螺传感器1000能够对照相机103的姿态进行检测。陀螺传感器1000的检测信号能够向手抖补正装置104进行供给。手抖补正装置104能够根据陀螺传感器1000的检测信号而使例如镜头组105内的特定的镜头移动。这样便能够进行手抖补正。另外,手抖补正也能够在数码摄像机中被利用。

[0114] 图21概要地图示了作为移动体的一个具体示例的汽车106。在汽车106中组装有具有振动片10的陀螺传感器1000。陀螺传感器1000能够对车身107的姿态进行检测。陀螺传感器1000的检测信号能够向车身姿态控制装置108进行供给。车身姿态控制装置108能够根据例如车身107的姿态而对悬架的软硬进行控制,并对各个车轮109的制动器进行控制。另外,姿态控制能够用于双足步行机器人或飞机、直升机等各种移动体中。

[0115] 另外,虽然如上文所述对本发明的实施方式进行了详细说明,但本领域技术人员应该能够很容易地理解如下内容,即,能够实施实质上不脱离本发明的新事项以及效果的多种改变。因此,这种改变例全都被包含在本发明的保护范围内。例如,虽然在上述实施方式以及改变例中,对作为振动片的形成材料而使用了水晶的示例进行了说明,但也能够使用水晶以外的压电体材料。例如,能够使用氮化铝(A1N)或铌酸锂(LiNbO₃)、钽酸锂(LiTaO₃)、锆钛酸铅(PZT)、四硼酸锂(Li₂B₄O₇)、兰克赛(La₃Ga₅SiO₁₄)等氧化物基板,在玻璃基板上层叠氮化铝或五氧化二钽(Ta₂O₅)等压电体材料而构成的层叠压电基板,或者压电陶瓷等。此外,在说明书或附图中至少一次与更广义或同义的不同用语一起记载的用语,在说明书或附图的任意位置处均能够被替换为该不同用语。此外,陀螺传感器1000或振动片10、智能手机101、照相机103、汽车106等的结构以及动作也并不限定于本实施方式中所说明的内容,能够实施各种改变。

[0116] 符号说明

[0117] 10振动片;11第一主面;12第二主面;13外侧面;13a第一外侧面;13b第二外侧面;20基部;30驱动部;31第一振动臂;32第二振动臂;40检测部;41第三振动臂;42第四振动臂;50槽部;51槽底;52内侧面;52a第一内侧面;52b第二内侧面;60一对侧面电极;60a第一对侧面电极;60b第二对侧面电极;61内侧面电极;61a第一内侧面电极;61b第二内侧面电极;62外侧面电极;62a第一外侧面电极;62a2端面;62b第二外侧面电极;62b2端面;70一对槽底电极;71第一槽底电极;72第二槽底电极;80一对主面电极;81第一主面电极;82第二主面电极;101、103电子设备;106移动体;1200检测电路。

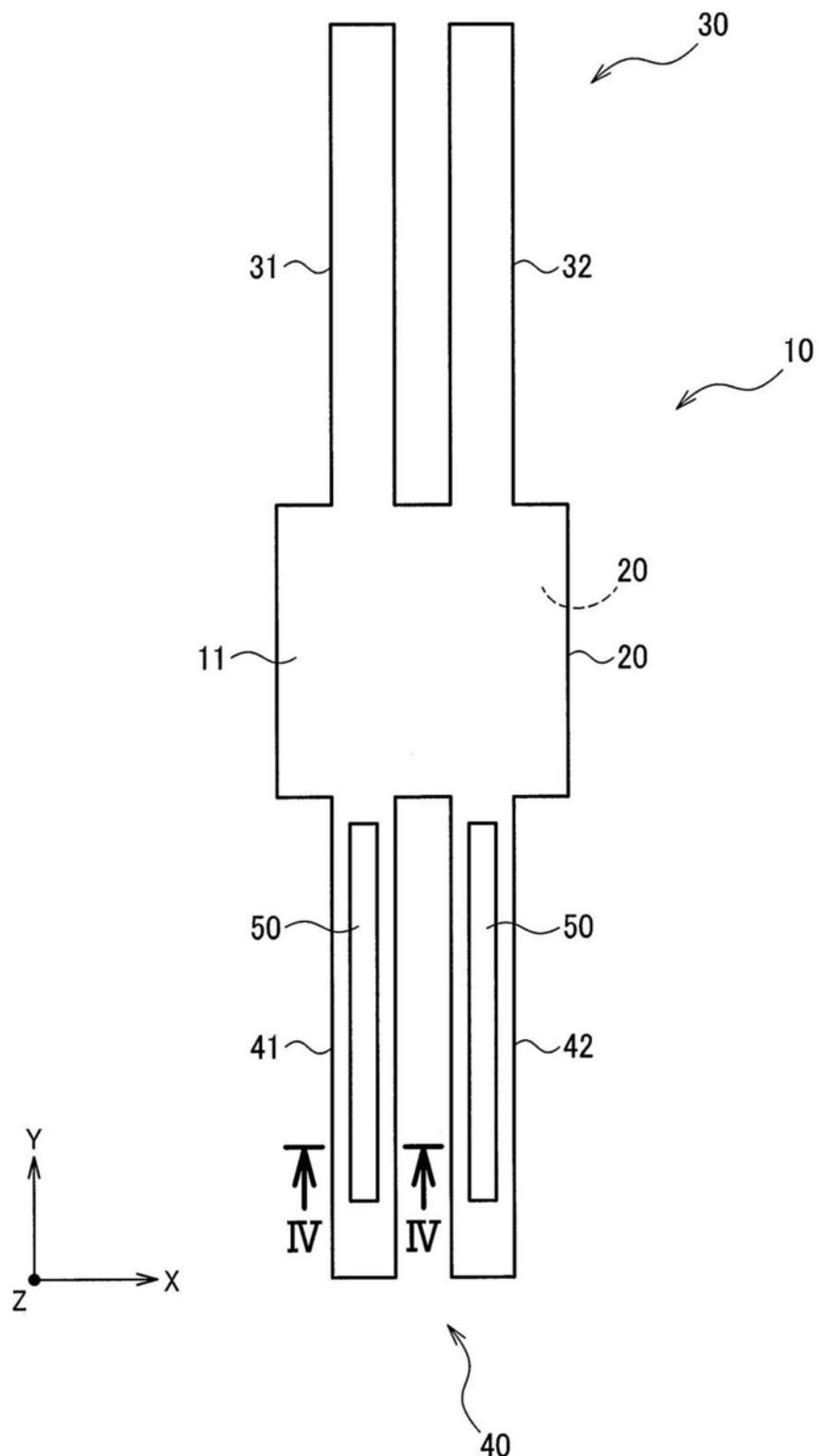


图1

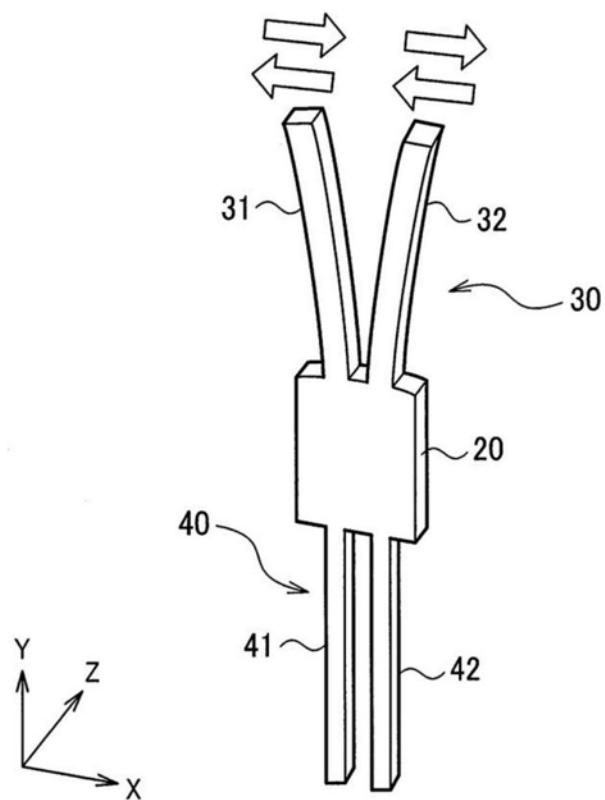


图2

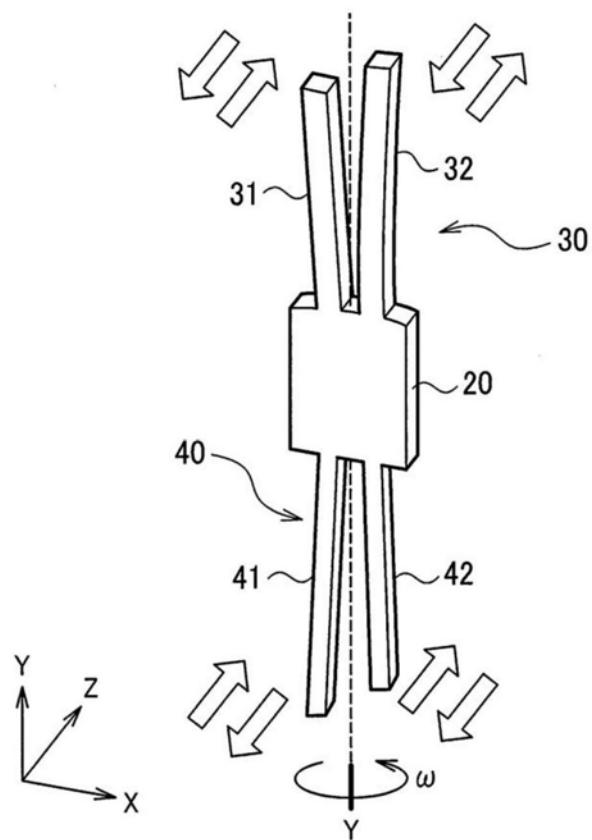


图3

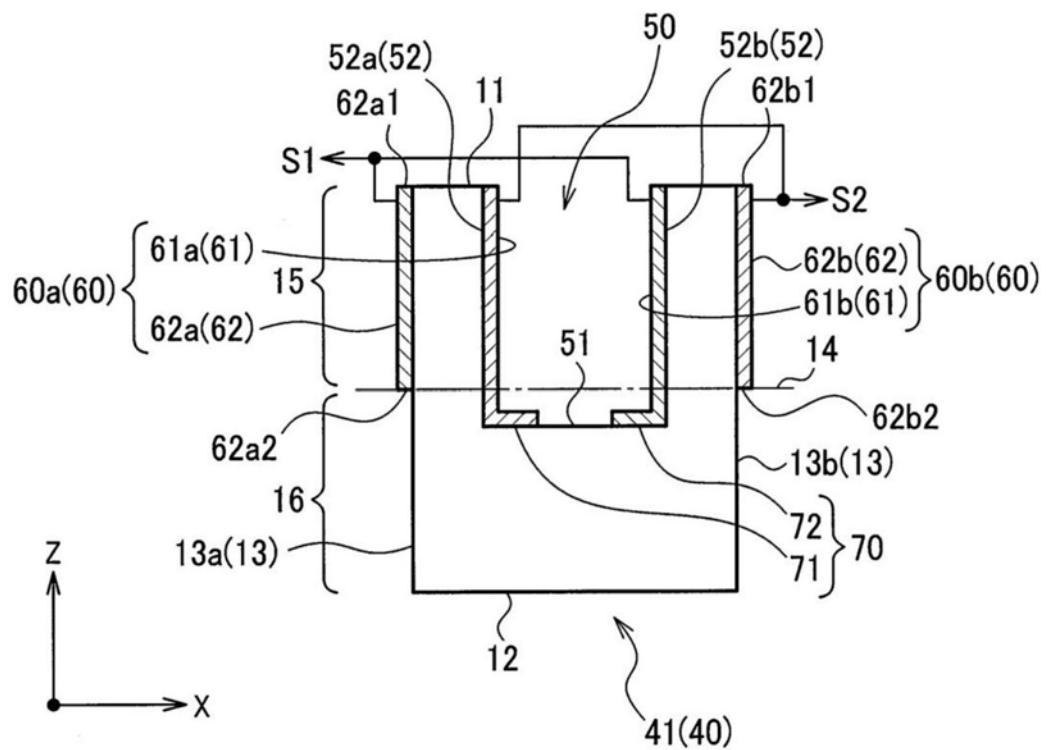


图4

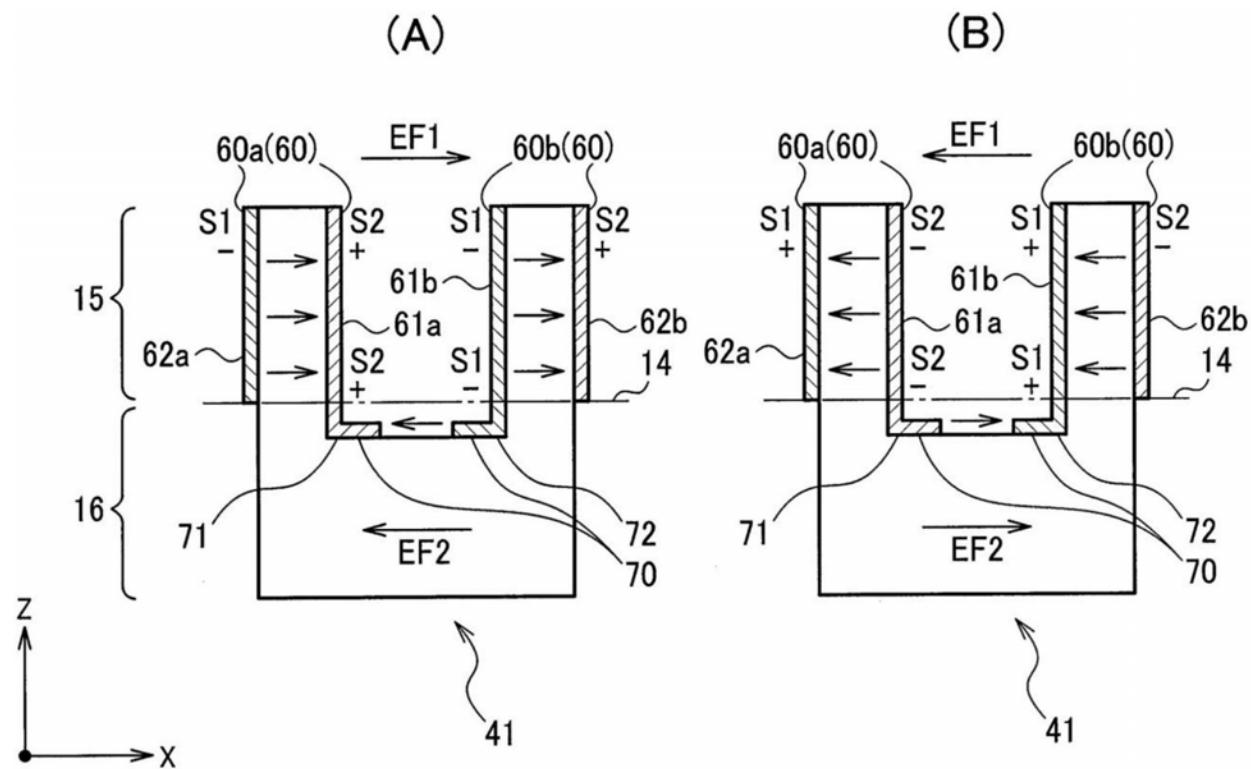


图5

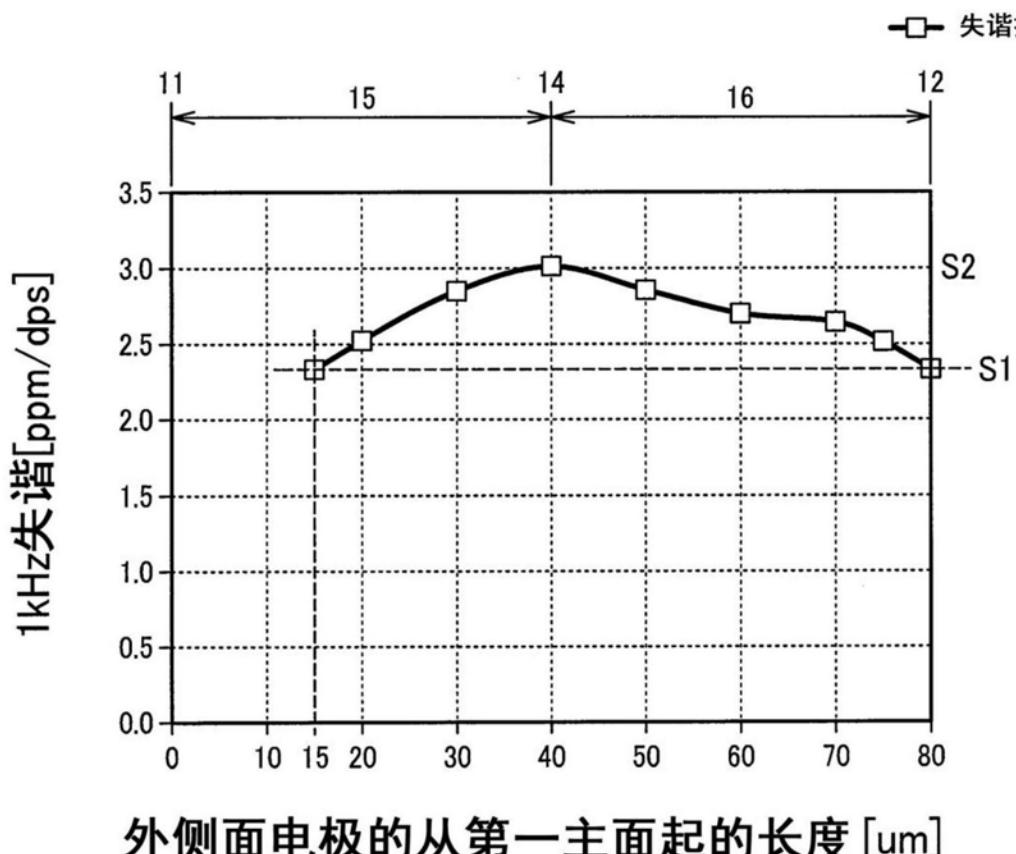


图6

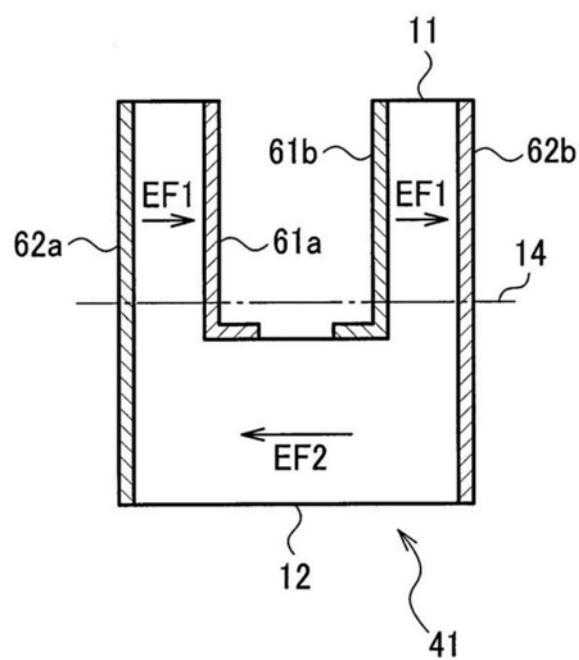


图7

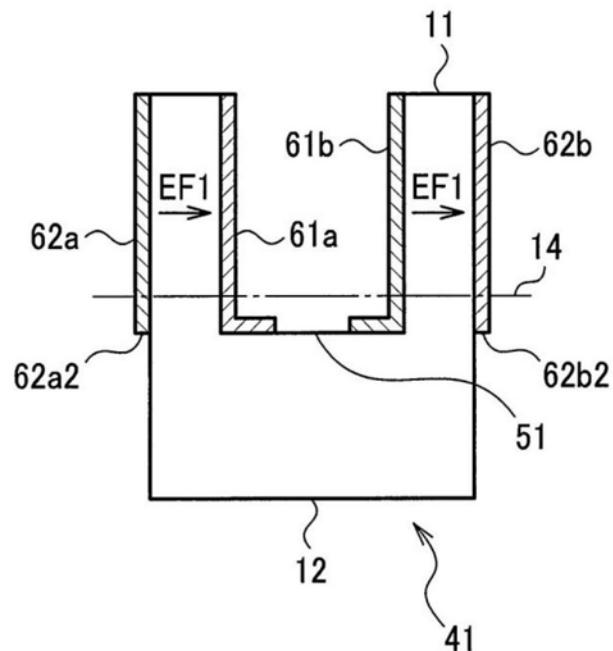


图8

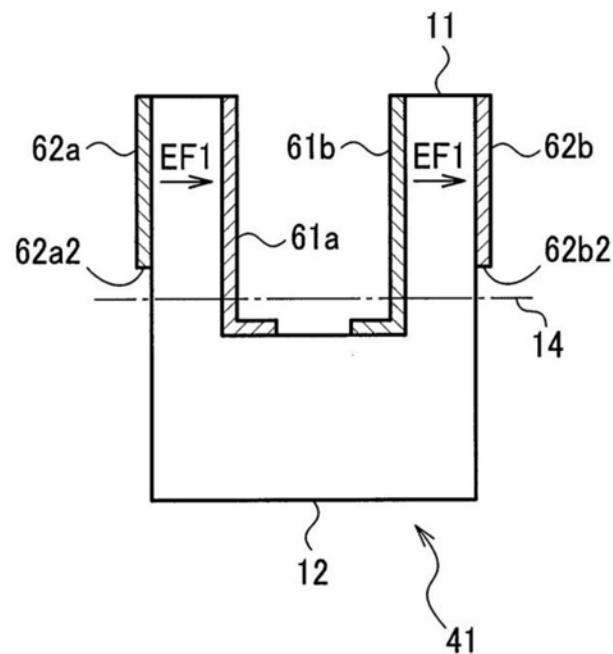


图9

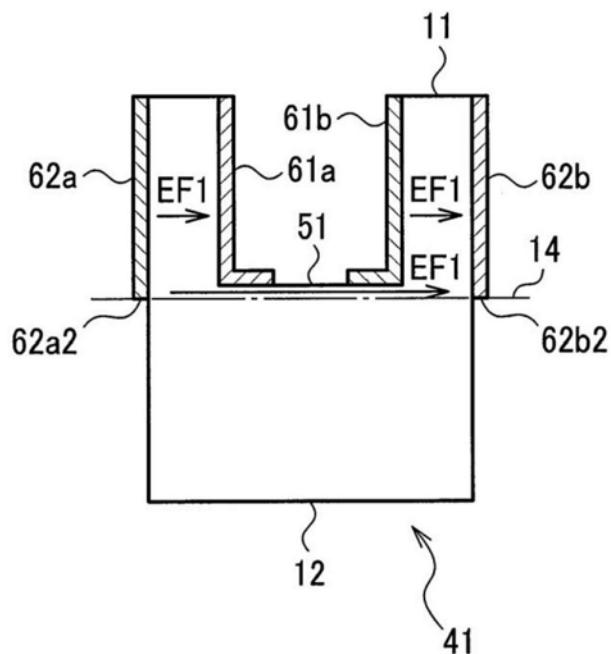


图10

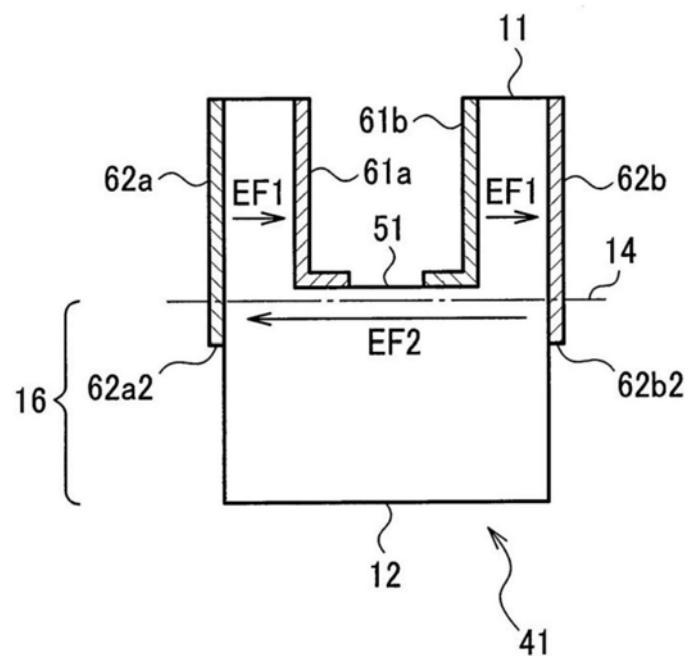


图11

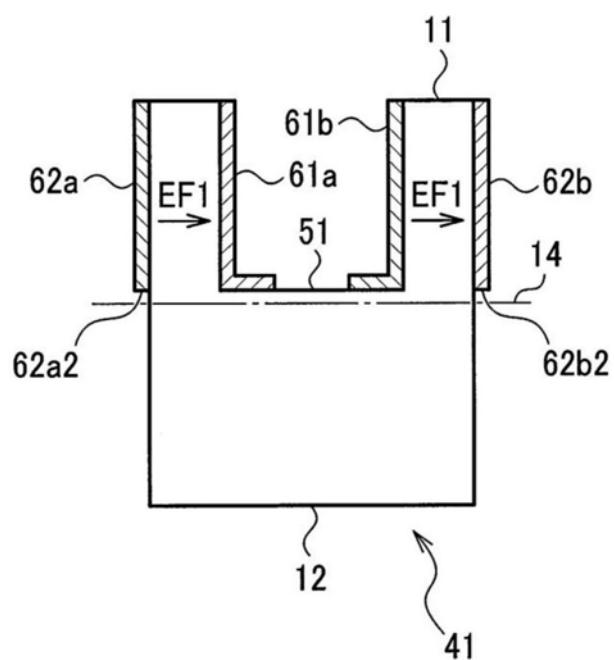


图12

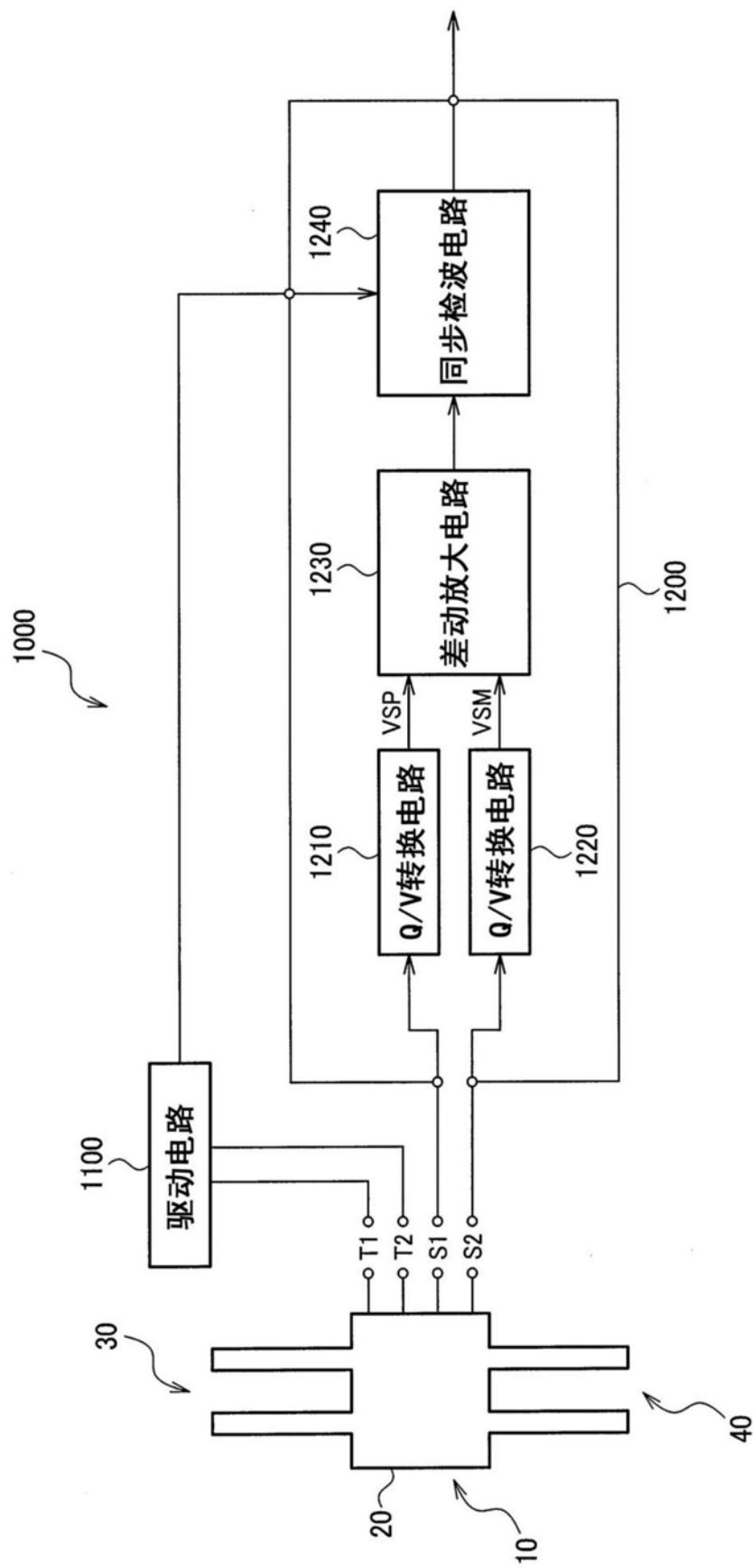


图13

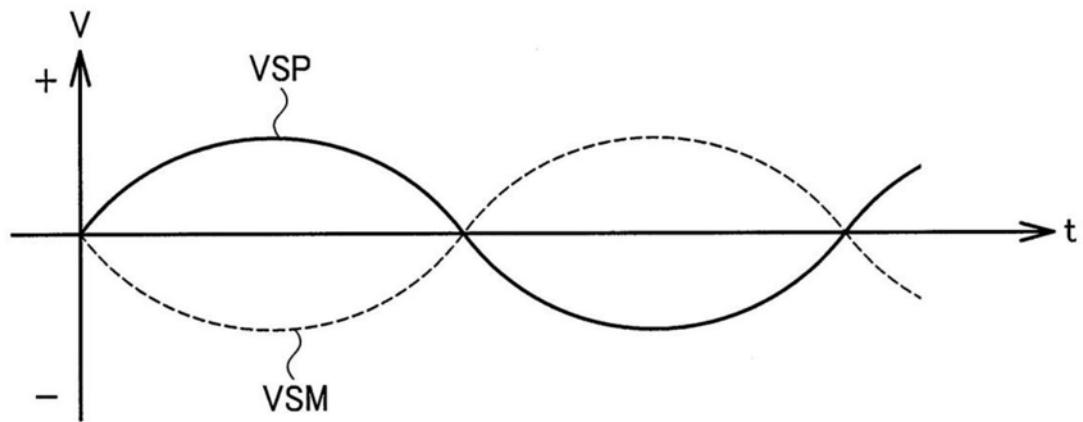


图14

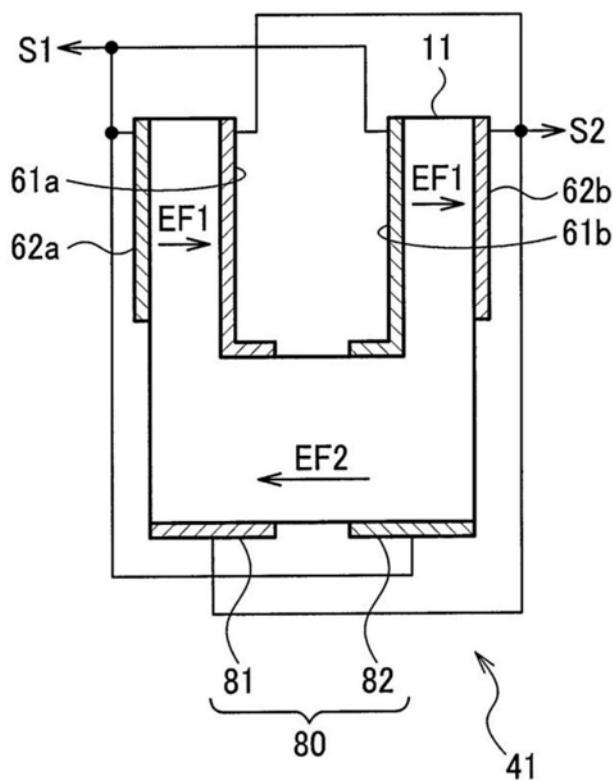


图15

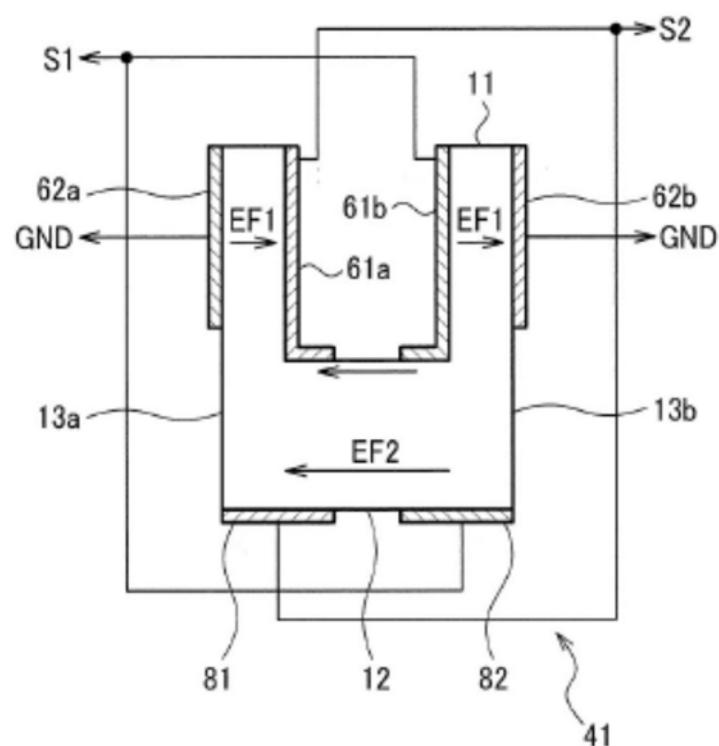


图16

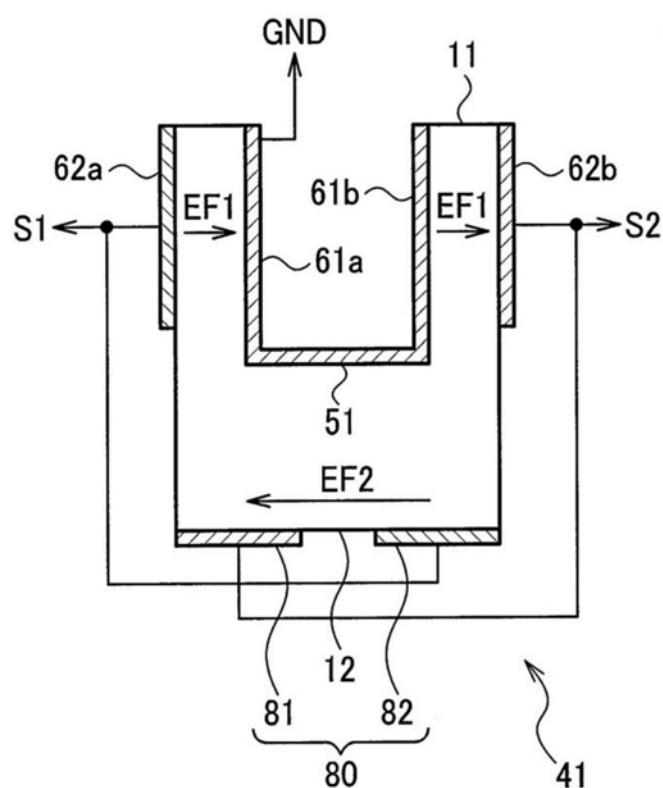


图17

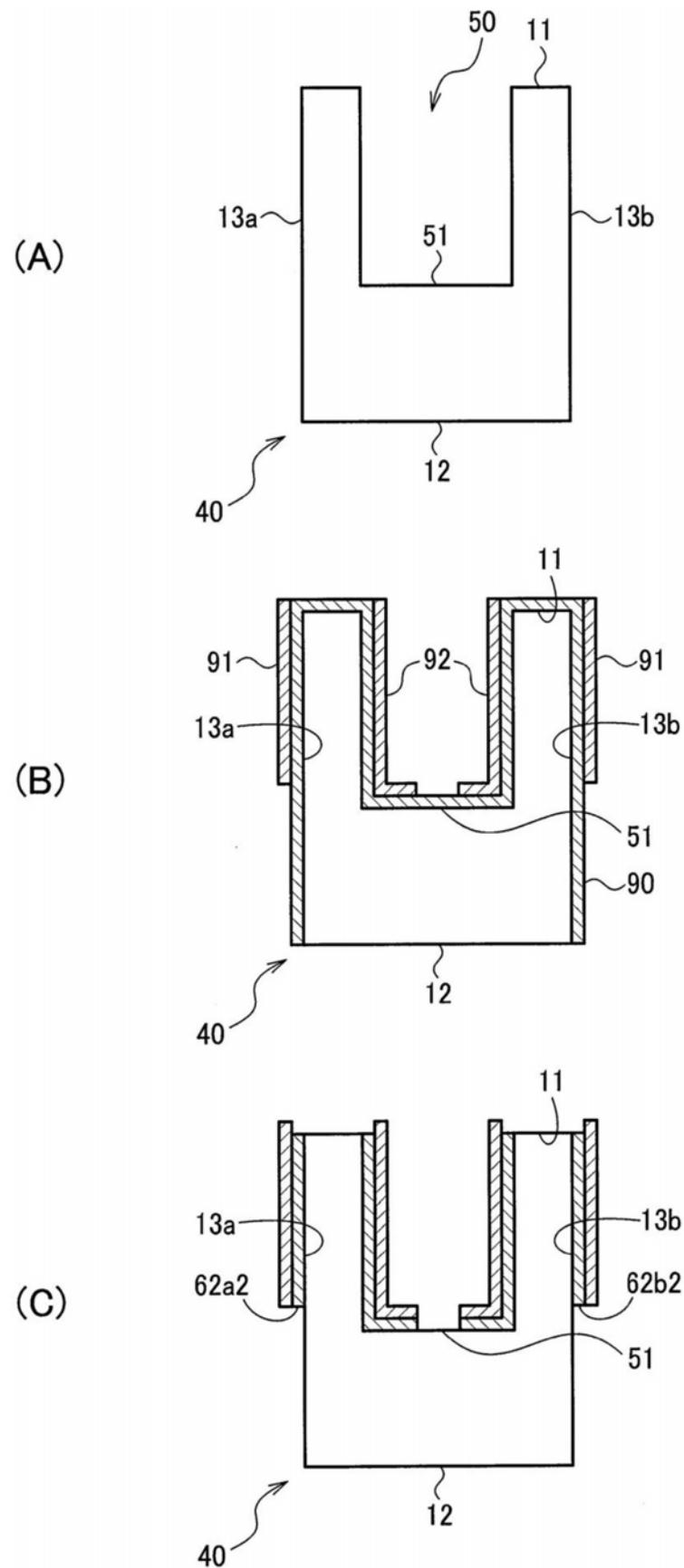


图18

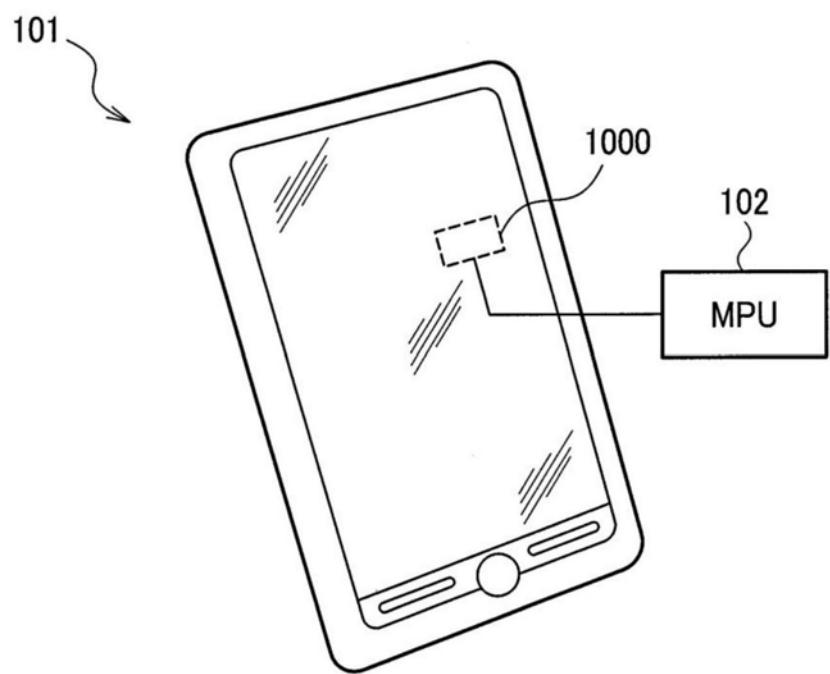


图19

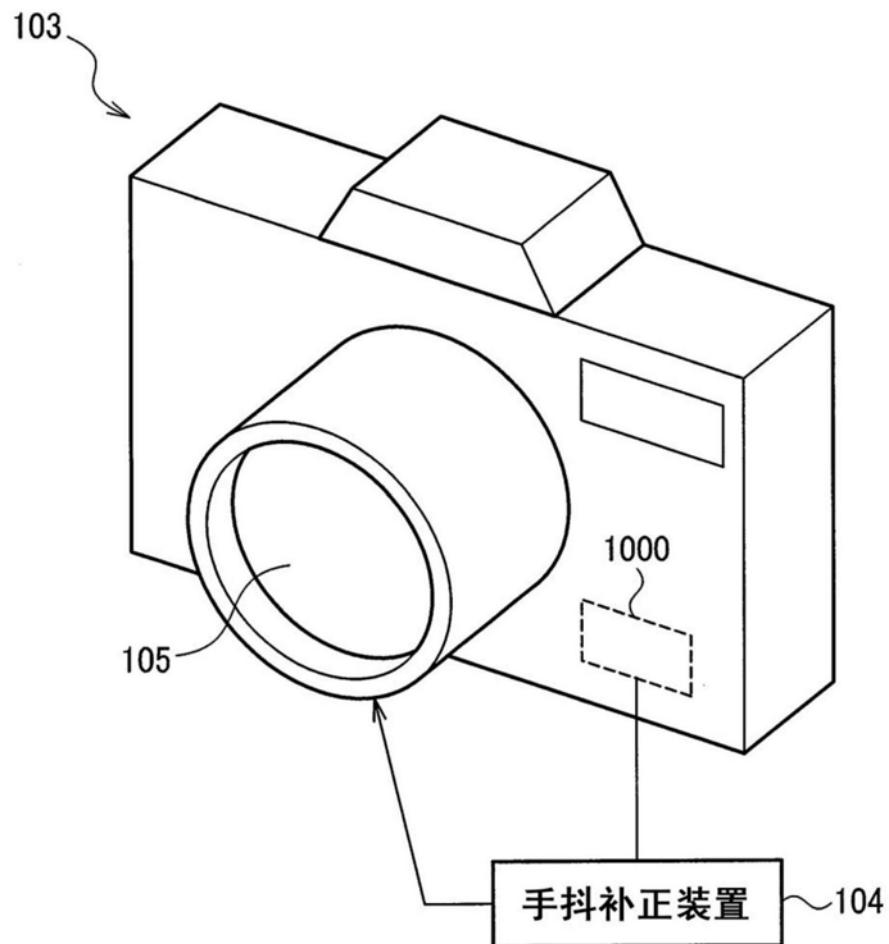


图20

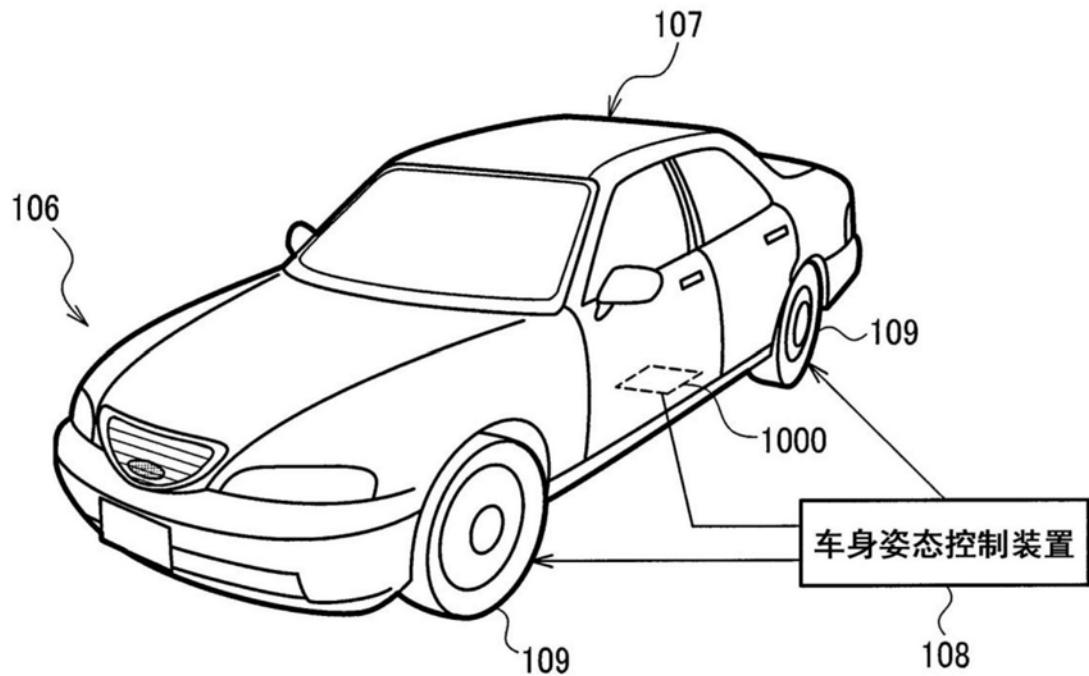


图21