



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104300934 B

(45)授权公告日 2018.12.04

(21)申请号 201410338689.9

(22)申请日 2014.07.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104300934 A

(43)申请公布日 2015.01.21

(30)优先权数据

2013-149982 2013.07.18 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 山田明法

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.

H03H 9/19(2006.01)

H03H 9/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 102170275 A, 2011.08.31,

CN 102170275 A, 2011.08.31,

CN 101330282 A, 2008.12.24,

CN 103033176 A, 2013.04.10,

CN 1811460 A, 2006.08.02,

US 2008297008 A1, 2008.11.04,

审查员 黄琳

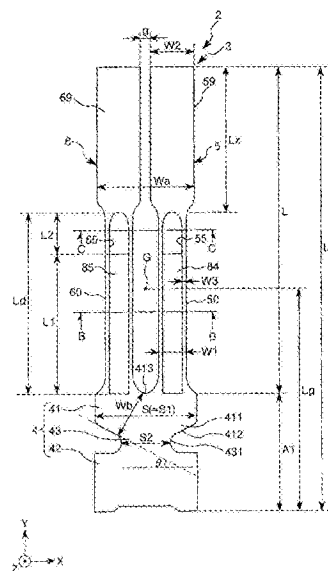
权利要求书2页 说明书16页 附图16页

(54)发明名称

振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体

(57)摘要

提供振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体,能够提高耐冲击性和Q值。在振动片(2)中,基部(4)包含第1基部(41)、第2基部(42)和连结部(43),基部(4)包含设置于(43)的第1基部(41)侧的端部、且沿着X轴方向的宽度随着朝向第2基部(42)而连续减小的宽度缩小部(411),俯视时宽度缩小部(411)的外缘和连结部(43)的外缘为不包含角部的连续的线,在设该曲线的第1基部(41)侧的部分的切线与平行于X轴方向的线段所成的角为 θ 时,满足 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 的关系。



1. 一种振动片,其特征在于,该振动片包含:

基部;以及

一对振动臂,它们从所述基部的一端沿第1方向延伸,且沿与所述第1方向交叉的第2方向排列,

所述基部包含:

包含所述一端的第1基部;

第2基部,其在俯视时设置于所述第1基部的与所述一端的一侧相反的一侧;以及

连结部,其连结所述第1基部和所述第2基部,

在所述基部中设置有缺口部,所述缺口部沿着所述第2方向与所述连结部并排,且沿着所述第1方向的宽度随着朝向外侧而连续地变宽,

在所述基部的主面上,所述缺口部的所述一端的一侧的一端侧外缘、和所述缺口部的与所述一端相反的一侧的另一端侧的另一端侧外缘关于通过所述缺口部的沿着所述第2方向的第1假想线不对称,

且所述一端侧外缘是不包含角部的线,

在设所述一端侧外缘中的、比通过所述缺口部的沿着所述第2方向的宽度的中心并沿着所述第1方向的第2假想线靠所述连结部的中央侧的外缘的切线与所述第1假想线所成的角为 θ 时,满足 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 的关系。

2. 根据权利要求1所述的振动片,其特征在于,

满足 $6^\circ \leq \theta \leq 70^\circ$ 的关系。

3. 根据权利要求1或2所述的振动片,其特征在于,

在设所述第1基部的沿着所述第2方向的宽度为 S_1 、设所述连结部的沿着所述第2方向的最小宽度为 S_2 时, S_2/S_1 为0.3以上0.6以下。

4. 根据权利要求1或2所述的振动片,其特征在于,

所述振动臂在俯视时包含:

施重部;以及

臂部,其配置于所述基部与所述施重部之间。

5. 根据权利要求4所述的振动片,其特征在于,

所述施重部的沿着所述第2方向的宽度比所述臂部大。

6. 根据权利要求5所述的振动片,其特征在于,

在设所述臂部的沿着所述第2方向的宽度为 W_1 、设所述施重部的沿着所述第2方向的宽度为 W_2 时, W_2/W_1 为1.43以上1.79以下。

7. 根据权利要求4所述的振动片,其特征在于,

在所述振动臂的彼此处于正反关系的第1主面和第2主面中的至少一个主面上,沿着所述第1方向设置有槽部。

8. 根据权利要求7所述的振动片,其特征在于,

在设置有所述槽部的所述主面上,在设所述臂部的沿着所述第2方向的宽度为 W_1 、设侧面与所述槽部的外缘夹着的部分的沿着所述第2方向的宽度为 W_3 、设 $2 \times W_3/W_1$ 为 η 时,满足 $20\% \leq \eta \leq 50\%$ 的关系,

其中,所述侧面连接所述第1主面和所述第2主面,所述槽部沿着所述第2方向和所述侧

面并排。

9. 根据权利要求8所述的振动片,其特征在于,
满足 $30\% \leq \eta \leq 40\%$ 的关系。

10. 根据权利要求4所述的振动片,其特征在于,
所述臂部的厚度为 $115\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下。

11. 根据权利要求1或2所述的振动片,其特征在于,
所述振动片包含设置在所述振动臂上的激励电极,
所述激励电极包含:

基底层;以及

层叠于所述基底层的与所述振动臂相反的一侧的被覆层,
在设所述基底层的厚度为 T_b 、设所述被覆层的厚度为 T_c 时,
满足 $T_b/T_c \leq 4/7$ 的关系。

12. 根据权利要求11所述的振动片,其特征在于,
所述基底层由铬构成,
所述基底层的厚度为 $50\text{\AA}$ 以上 $700\text{\AA}$ 以下。

13. 一种振子,其特征在于,该振子具有:

权利要求1或2所述的振动片;以及
收纳有所述振动片的封装。

14. 一种振荡器,其特征在于,该振荡器具有:

权利要求1或2所述的振动片;以及
电路。

15. 一种电子设备,其特征在于,该电子设备具有权利要求1或2所述的振动片。

16. 一种移动体,其特征在于,该移动体具有权利要求1或2所述的振动片。

振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体

技术领域

[0001] 本发明涉及振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体。

背景技术

[0002] 作为振子,公知有所谓的两脚音叉型的石英振子(例如参照专利文献1)。这样的振子具有的振动片例如专利文献1所公开的那样,具有基部、和从该基部起以彼此平行的方式延伸的两个振动臂,使两个振动臂以彼此交替反复接近和远离的方式在面内方向上进行弯曲振动。

[0003] 专利文献2的振动片具有沿着振动臂排列的方向切除基部而成的缺口部。该缺口部在利用湿蚀刻形成时,由于过蚀刻而在缺口部的基部的中央侧的末端部分形成朝所述末端部分突出的楔状的部分,从而应力容易集中,为了解决这一问题,通过在缺口部的沿着所述振动臂排列的方向的开口侧设置倾斜部,成为缺口部的沿着振动臂的延伸方向的宽度随着朝向所述开口侧而增宽的形状,由此抑制过蚀刻,使得不会形成朝所述末端部分突出的楔状的部分,从而提高了耐冲击性。

[0004] 但是,在专利文献2的振动片中,如图17所示,在俯视时的缺口部在振动臂侧的外缘处,曲线12与直线12a的连接部具有曲率不连续的角部A,因此应力容易集中到该角部A,从而存在无法充分提高耐冲击性的问题。

[0005] 【专利文献1】日本特开2011-223229号公报

[0006] 【专利文献2】日本特开2011-176665号公报

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供能够减少缺口部的应力集中的振动片,并提供具有该振动片的振子、振荡器、电子设备以及移动体。

[0008] 本发明正是为了解决上述课题中的至少一部分而完成的,可作为以下应用例来实现。

[0009] [应用例1]本发明的振动片的特征在于,该振动片包含:基部;以及一对振动臂,它们从所述基部的一端沿第1方向延伸,且沿与所述第1方向交叉的第2方向排列,所述基部包含:包含所述一端的第1基部;第2基部,其在俯视时设置于所述第1基部的与所述一端的一侧相反的一侧;以及连结部,其连结所述第1基部和所述第2基部,在所述基部中设置有缺口部,所述缺口部沿着所述第2方向与所述连结部并排,且沿着所述第1方向的宽度随着朝向外侧而变宽,在所述基部的主面上,所述缺口部的所述一端的一侧的一端侧外缘、和所述缺口部的与所述一端相反的一侧的另一端侧的另一端侧外缘关于通过所述缺口部的沿着所述第2方向的第1假想线不对称,且所述一端侧外缘中的、比通过所述缺口部的沿着所述第2方向的宽度的中心并沿着所述第1方向的第2假想线靠所述连结部的中央侧的外缘是不包含角部的线,在设该外缘的切线与所述第1假想线所成的角为 θ 时,满足 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 的关系。

[0010] 根据这样的振动片,基部包含第1基部、第2基部和连结部,由此能够缩短基部的沿

着第1方向的长度,并且减小振动泄漏。

[0011] 特别是,基部包含宽度缩小部,由此能够有效减少伴随一对振动臂彼此在同一面内交替反复接近和远离的弯曲振动的、第1基部的变形。其结果,即使缩短第1基部的沿着第1方向的长度,也能够抑制伴随一对振动臂在大致面内彼此交替反复接近和远离的弯曲振动的、第1基部的变形,减少从基部向外部的振动泄漏。

[0012] 而且,能够通过将俯视时的第1基部和连结部的外缘形状最优化,缓和在基部产生的应力,并且减少热弹性损耗。

[0013] 因此,本发明的振动片能够提高耐冲击性和Q值。

[0014] [应用例2]在本发明的振动片中,优选的是,满足 $6^{\circ} \leq \theta \leq 70^{\circ}$ 的关系。

[0015] 由此,能够缓和在基部产生的应力,并且更有效地减少热弹性损耗。

[0016] [应用例3]在本发明的振动片中,优选的是,在设所述第1基部的沿着所述第2方向的宽度为S1、所述连结部的沿着所述第2方向的最小宽度为S2时, $S2/S1$ 为0.3以上0.6以下。

[0017] 由此,能够缩短基部的沿着第1方向的长度,并且有效地减小振动泄漏。

[0018] [应用例4]在本发明的振动片中,优选的是,所述振动臂在俯视时包含:施重部;以及臂部,其配置于所述基部与所述施重部之间。

[0019] 由此,能够在不增大振动臂长度的情况下实现小型化。

[0020] [应用例5]在本发明的振动片中,其特征在于,所述施重部的沿着所述第2方向的宽度比所述臂部大。

[0021] 由此,能够增大振动臂的臂部宽度,提高振动臂的强度,并且减小热弹性损耗来提高Q值。其结果,能够在实现小型化的同时提高耐冲击性,并且减小CI(晶体阻抗)值。

[0022] [应用例6]在本发明的振动片中,优选的是,所述施重部的沿着所述第2方向的宽度比所述臂部大,在设所述臂部的沿着所述第2方向的宽度为W1、设所述施重部的沿着所述第2方向的宽度为W2时, $W2/W1$ 为1.43以上1.79以下。

[0023] 由此,能够在不增大振动臂长度的情况下更有效地增高振动臂强度和Q值。

[0024] [应用例7]在本发明的振动片中,优选的是,在所述振动臂的彼此处于正反关系的所述第1主面和所述第2主面中的至少一个主面上,沿着所述第1方向设置有槽部。

[0025] 由此,能够减少热弹性损耗。

[0026] [应用例8]在本发明的振动片中,优选的是,在设置有所述槽部的所述主面上,在设所述臂部的沿着所述第2方向的宽度为W1、设侧面与所述槽部的外缘夹着的部分的沿着所述第2方向的宽度为W3、设 $2 \times W3/W1$ 为 η 时,满足 $20\% \leq \eta \leq 50\%$ 的关系,其中,所述侧面连接所述第1主面和所述第2主面,所述槽部沿着所述第2方向和所述侧面并排。

[0027] 由此,能够有效地提高振动臂的强度和Q值。

[0028] [应用例9]在本发明的振动片中,优选的是,满足 $30\% \leq \eta \leq 40\%$ 的关系。

[0029] 由此,能够更有效地提高振动臂的强度和Q值。

[0030] [应用例10]在本发明的振动片中,优选的是,所述臂部的厚度为115 μm 以上150 μm 以下。

[0031] 由此,振动臂的臂部厚度变得比较厚,因此能够提高振动臂的强度。此外,振动臂的臂部厚度比较厚,由此能够将振动臂的施加电场的面积确保得较大,所以能够提高电场效率,因此能够减小CI值。

[0032] [应用例11]在本发明的振动片中,优选的是,所述振动片包含设置在所述振动臂上的激励电极,所述激励电极包含:基底层;以及层叠于所述基底层的与所述振动臂相反的一侧的被覆层,在设所述基底层的厚度为 T_b 、设所述被覆层的厚度为 T_c 时,满足 $T_b/T_c \leq 4/7$ 的关系。

[0033] 由此,即使在基底层在工作温度范围的低温侧具有相变点的情况下,也能够减小工作温度范围的低温侧的CI值。

[0034] [应用例12]在本发明的振动片中,优选的是,所述基底层由铬构成,所述基底层的厚度为50以上700以下。

[0035] 铬的作为基底层的功能优异,但是在比较低温处具有相变点。因此,能够通过将由铬构成的基底层的厚度减薄至50以上700以下左右,发挥作为基底层的功能,并且减少由于基底层的铬在低温区域中的相变而引起的CI值上升。

[0036] [应用例13]本发明的振子的特征在于,该振子具有:本发明的振动片;以及收纳有所述振动片的封装。

[0037] 由此,能够提供具有优异的可靠性的振子。

[0038] [应用例14]本发明的振荡器的特征在于,该振荡器具有:本发明的振动片;以及电路。

[0039] 由此,能够提供具有优异的可靠性的振荡器。

[0040] [应用例15]本发明的电子设备的特征在于,该电子设备具有本发明的振动片。

[0041] 由此,能够提供具有优异的可靠性的电子设备。

[0042] [应用例16]本发明的移动体的特征在于,该移动体具有本发明的振动片。

[0043] 由此,能够提供具有优异的可靠性的移动体。

附图说明

[0044] 图1是示出本发明实施方式的振子的俯视图。

[0045] 图2是图1中的A-A线剖视图。

[0046] 图3是图1所示的振子具有的振动片的俯视图。

[0047] 图4的(a)是图3中的B-B线剖视图,图4的(b)是图3中的C-C线剖视图。

[0048] 图5是用于说明图3所示的振动片的基部的部分放大俯视图。

[0049] 图6的(a)是示意性示出图3所示的振动片的俯视图(考虑了宽度缩小部的图),图6的(b)是示出图6的(a)所示的振动片的简化模型的俯视图。

[0050] 图7是说明图6所示的振动片的振动泄漏抑制原理的俯视图,图7的(a)~(d)是说明基部的各部分(第1~4连结部)的作用的图。

[0051] 图8是示出以往的振动片的俯视图。

[0052] 图9的(a)是以往的振动片的振动臂的剖视图(图8中的D-D线剖视图),图9的(b)是示出本发明的振动片的振动臂的横截面的一例的图。

[0053] 图10是示出堤部宽度相对于臂部宽度的比例与Q值之间的关系的曲线图。

[0054] 图11是示出施重部占有率与高性能化指数之间的关系的曲线图。

[0055] 图12是示出本发明的振荡器的一例的剖视图。

[0056] 图13是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动型(或笔记本型)的个

人计算机的结构立体图。

[0057] 图14是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动电话机(也包括PHS)的结构立体图。

[0058] 图15是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的数字照相机的结构立体图。

[0059] 图16是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动体(汽车)的结构立体图。

[0060] 图17是用于说明以往的振动片的基部的图。

[0061] 标号说明

[0062] 1 振子;2 振动片;2X 振动片;3 石英基板;4 基部;5 振动臂;5X 振动臂;6 振动臂;6X 振动臂;9 封装;9A 封装;10 振荡器;11 导电性粘接剂;41 第1基部;42 第2基部;43 连结部;50 臂部;51 主面;51a 部分;52 主面;52a 部分;53 侧面;54 侧面;55 槽;56 槽;59 施重部;60 臂部;61 主面;62 主面;63 侧面;64 侧面;65 槽;66 槽;69 施重部;80 IC芯片;84 驱动用电极;85 驱动用电极;91 底座;91A 底座;92 盖;95 连接端子;96 连接端子;100 显示部;411 宽度缩小部;412 外缘;413 外缘;431 外缘;551 电极形成区域;552 电极未形成区域;561 电极形成区域;562 电极未形成区域;651 电极形成区域;652 电极未形成区域;661 电极形成区域;662 电极未形成区域;911 凹部;911A 凹部;912 阶梯部;912A 阶梯部;951 连接端子;961 连接端子;1100 个人计算机;1102 键盘;1104 主体部;1106 显示单元;1200 移动电话机;1202 操作按钮;1204 接听口;1206 通话口;1300 数字照相机;1302 外壳;1304 受光单元;1306 快门按钮;1308 存储器;1312 视频信号输出端子;1314 输入输出端子;1430 电视监视器;1440 个人计算机;1500 移动体;1501 车体;1502 车轮;151、152 弹性棒;154、156 旋转体;155、157 旋转轴;168 基部;158 第1连结部;159 第2连结部;160 第3连结部;169 第4连结部;12 曲线;12a 直线。

具体实施方式

[0063] 下面,根据附图所示的优选实施方式,对本发明的振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体进行详细说明。

[0064] 1. 振子

[0065] 首先,对本发明的振子(具有本发明的振动片的振子)进行说明。

[0066] <第1实施方式>

[0067] 图1是示出本发明实施方式的振子的俯视图,图2是图1中的A-A线剖视图。此外,图3是图1所示的振子具有的振动片的俯视图,图4的(a)是图3中的B-B线剖视图,图4的(b)是图3中的C-C线剖视图,图5是用于说明图3所示的振动片的基部的部分放大俯视图。

[0068] 另外,以下,为了方便说明,在图1~图4中图示了彼此垂直的X轴、Y轴和Z轴,将该图示的各箭头的末端侧设为“+ (正) 侧”、基端侧设为“- (负) 侧”。此外,将与X轴平行的方向(第2方向)称作“X轴方向”、与Y轴平行的方向(第1方向)称作“Y轴方向”、与Z轴平行的方向称作“Z轴方向”,并且还将+Z侧(图2中的上侧)称作“上”、-Z侧(图2的下侧)称作“下”。此外,在以下的说明中,为了方便说明,各图所示的X轴、Y轴、Z轴分别与构成后述的石英基板3的石英的X轴(电气轴)、Y轴(机械轴)、Z轴(光学轴)一致。

[0069] 图1和图2所示的振子1具有振动片2(本发明的振动片)、以及收纳振动片2的封装9。以下,依次对振动片2和封装9进行详细说明。

[0070] (振动片)

[0071] 首先,简单说明振动片2的结构。

[0072] 如图3和图4所示,振动片2具有石英基板3、以及形成在石英基板3上的第1驱动用电极84和第2驱动用电极85。另外,在图3中,为了方便说明,省略了第1驱动用电极84和第2驱动用电极85的部分图示。

[0073] 石英基板3由Z切石英板构成。由此,振动片2能够发挥优异的振动特性。Z切石英板是将石英的Z轴(光学轴)作为厚度方向的石英基板。另外,石英的Z轴优选与石英基板3的厚度方向一致,但也可以相对于厚度方向稍微(小于 1° 左右)倾斜。

[0074] 如图3所示,石英基板3具有基部4、以及从基部4起朝Y轴方向(第1方向)延伸的一对振动臂5和6。

[0075] 即,振动臂包含沿Y轴方向排列的固定端和自由端,固定端与基部4连接。

[0076] 基部4呈板状,在与X轴以及Y轴平行的平面即XY平面上扩展,以Z轴方向为厚度方向。

[0077] 在从Z轴方向观察的俯视时(以下也简称作“俯视时”),该基部4呈基部4的Y轴方向的中途部分缩窄的形状。即,如图5所示,基部4包含:第1基部41,振动臂5、6从第1基部41延伸出;相对于第1基部41设置于振动臂5、6的相反侧的第2基部42;以及连结第1基部41和第2基部42的连结部43。另外,在图5中,分别用虚线示出了第1基部41与连结部43的边界部、以及第2基部42与连结部43的边界部。

[0078] 这里,连结部43的X轴方向的外缘以沿着X轴方向的宽度比第1基部41逐渐减小的方式成为缩窄状的缺口部B。换言之,连结部43在第1基部41侧的端部具有沿着X轴方向的宽度随着朝向第2基部42侧而连续减小的宽度缩小部411。由此,能够缩短基部41的沿着Y轴方向的长度,并且减小振动泄漏。

[0079] 连结部43的X轴方向的外缘中的、由椭圆围起的区域AA的外缘,即缺口部B的靠所述第1基部41的所述一端侧、且所述连结部43的靠中央的外缘由不包含角部的连续的线构成。

[0080] 即,在基部4的主面中,缺口部B的所述一端的一侧的一端侧外缘、和缺口部B的与所述一端相反的一侧的另一端的一侧的另一端侧外缘关于通过缺口部B的沿着X轴方向(第2方向)的第1假想线不对称的,且所述一端侧外缘中的、比通过缺口部B的沿着X轴方向的宽度中心且沿着Y轴方向(第1方向)的第2假想线靠连结部43的中央侧的外缘是不包含角部的线,在设该外缘的切线与所述第1假想线所成的角为 θ 时,满足 $0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$ 的关系。

[0081] 因此,不是像现有技术中叙述的那样曲线与直线的连接部具有曲率不连续的角部A,因此不存在应力容易集中的部分,从而能够充分提高耐冲击性。

[0082] 以下,根据图6和图7详细叙述宽度缩小部411的作用。

[0083] 图6的(a)是示意性示出图3所示的振动片的俯视图(考虑了宽度缩小部的图),图6的(b)是示出图6的(a)所示的振动片的简化模型的俯视图。此外,图7是说明图6所示的振动片的振动泄漏抑制原理的俯视图,图7的(a)~(d)是说明基部的各部分(第1~4连结部)的作用的图。

[0084] 连结部43的X轴方向的外缘中的、第1基部41侧的宽度缩小部411的外缘具有减少由于振动臂的弯曲振动而在第1基部41和连结部43的第1基部41侧的区域中产生的变形的效果。

[0085] 图6的(a)示出在振动臂5、6的与末端方向相反的一侧形成了本发明的宽度缩小部411的情况。如图6的(b)所示,可视为如下模型:通过简化的基部168连接了在以旋转轴155为旋转的中心且具有规定半径R的模拟刚体的旋转体154上连接有弹性棒151的构造、与在以旋转轴157为旋转的中心且具有半径R的模拟刚体的旋转体156上连接有弹性棒152的构造。

[0086] 此外,作为简化的基部168的代表性连结部,考虑以下连结部:设置于比旋转轴155、157更靠弹性棒151、152一侧的第1连结部158;设置于旋转轴155、157之间的第2连结部159;设置于比旋转轴155、157更靠与弹性棒所处的方向相反的一侧的第3连结部160;以及设置于比第3连结部160更靠与弹性棒的末端方向相反的一侧的第4连结部169。

[0087] 在两个振动臂5、6以彼此远离的方式进行弯曲变形的情况下,视作弹性棒151、152以彼此远离的方式进行弯曲变形,但在该情况下,在从振动臂5、6的根部周边到振动臂的与末端方向相反的一侧方向的预定位置,形成有位移矢量的漩涡。该漩涡的中心大多处于包含基部4在内的振动臂5、6的根部附近,但有时也形成在不属于振动臂5、6和基部4的区域的假想的空间上。

[0088] 这里为了便于说明,设为该漩涡的中心属于基部4的区域、且与弹性棒151、152的距离相等,并且将该漩涡的中心设为图6的(b)中的旋转轴155、157。另外,以该旋转轴155、157为旋转的中心且具有半径R的模拟刚体的旋转体154、156的外周的切线方向上的位移在弹性棒151、152的末端方向侧最大,在弹性棒151、152的末端方向的相反侧的方向上最小。

[0089] 在图7的(a)中,简化的基部168的代表性的第1连结部158在通过模拟刚体的旋转体154、156的旋转运动被较强拉伸的同时向弹性棒151、152的末端侧方向较小程度地移动。

[0090] 在图7的(b)中,简化的基部168的代表性的第2连结部159也同样,在通过模拟刚体的旋转体154、156的旋转运动被拉伸的同时向弹性棒151、152的末端侧方向移动。

[0091] 在图7的(c)中,简化的基部168的代表性的第3连结部160在通过模拟刚体的旋转体154、156的旋转运动被压缩的同时向弹性棒151、152的末端侧方向移动,但此时,第3连结部160的长度方向的中央周边具有向弹性棒151、152的末端侧方向、或者与弹性棒151、152的末端方向相反的一侧的方向的任意一个方向变形的潜力。

[0092] 图7的(d)中,在简化的基部168的代表性的第4连结部169的情况下,通过模拟刚体的旋转体154、156的旋转运动被压缩,但由于形成了拱桥形状而难以变形,在进一步变形的情况下,第4连结部169的长度方向的中央周边以向弹性棒151、152的末端方向相反侧的方向移位的方式进行变形。

[0093] 因此,通过弹性棒151、152的远离运动,在简化的基部168的代表性的第1至第4连结部158、159、160、169中,在连接旋转轴155与157的方向上产生压缩或拉伸的变形的同时发挥抵消振动位移的作用。并且,第4连结部169的难以变形妨碍第1至3连结部158、159、160向弹性棒151、152的末端侧的方向移位,并且第4连结部169的长度方向的中央附近以向弹性棒151、152的末端方向相反侧的方向移位的方式进行变形,从而能够抵消位移。

[0094] 结果,在简化的基部168中形成了固定部件的情况下、即在基部167中形成了固定

部件的情况下,经由固定部件泄漏到外部的能量减少,因此能够降低振动泄漏、从而降低Q值的减小。

[0095] 振动臂5、6以在X轴方向上排列且彼此平行的方式,分别从基部4向+Y轴方向延伸。这些振动臂5、6分别呈长条形状,它们的基端为固定端,末端为自由端。此外,在振动臂5、6的末端部设置有沿着X轴方向的宽度比振动臂5、6的基端部宽的施重部59、69。

[0096] 如图4所示,振动臂5具有:由XY平面构成的一对主面51、52;以及由YZ平面构成且连接一对主面51、52的一对侧面53、54。此外,振动臂5具有朝主面51敞开的有底的槽55(槽部)、和朝主面52敞开的有底的槽56(槽部)。槽55、56分别在Y轴方向上延伸。这样的振动臂5在形成有槽55、56的部分处呈大致H型的横截面形状。

[0097] 与振动臂5同样,振动臂6具有:由XY平面构成的一对主面61、62;以及由YZ平面构成且连接一对主面61、62的一对侧面63、64。此外,振动臂6具有朝主面61敞开的有底的槽65(槽部)、和朝主面62敞开的有底的槽66(槽部)。槽65、66分别在Y轴方向上延伸。这样的振动臂6在形成有槽65、66的部分处呈大致H型的横截面形状。

[0098] 如图4所示,这样的槽55、56优选在横截面中,关于将振动臂5的厚度二等分的线段对称(上下对称)地形成。同样,槽65、66优选在横截面中,关于将振动臂6的厚度二等分的线段对称(上下对称)地形成。由此,能够抑制振动臂5、6的不必要的振动,能够使振动臂5、6有效地在石英基板3的面内方向上振动。

[0099] 在这样的振动臂5上形成有一对第1驱动用电极84和一对第2驱动用电极85。具体而言,一个第1驱动用电极84形成于槽55的内表面,另一个第1驱动用电极84形成于槽56的内表面。此外,一个第2驱动用电极85形成于侧面53,另一个第2驱动用电极85形成于侧面54。

[0100] 同样,在振动臂6上也形成有一对第1驱动用电极84和一对第2驱动用电极85。具体而言,一个第1驱动用电极84形成于侧面63,另一个第1驱动用电极84形成于侧面64。此外,一个第2驱动用电极85形成于槽65的内表面,另一个第2驱动用电极85形成于槽66的内表面。

[0101] 当在这样的第1驱动用电极84与第2驱动用电极85之间施加交变电压时,振动臂5、6以彼此反复接近、远离的方式在面内方向(XY平面方向)上以规定的频率进行振动。

[0102] 第1驱动用电极84和第2驱动用电极85的构成材料没有特别限定,例如能够由金(Au)、金合金、铂(Pt)、铝(Al)、铝合金、银(Ag)、银合金、铬(Cr)、铬合金、镍(Ni)、铜(Cu)、钼(Mo)、铌(Nb)、钨(W)、铁(Fe)、钛(Ti)、钴(Co)、锌(Zn)、锆(Zr)等金属材料以及氧化铟锡(ITO)等导电材料形成。

[0103] 以上简单说明了振动片2的结构,但以下详细叙述振动片2的特征性部分。

[0104] 如上所述,基部4包含第1基部41、第2基部42和连结部43,由此能够缩短基部4的沿着Y轴方向的长度,并且减小振动泄漏。

[0105] 这里,在设第1基部41的沿着X轴方向的宽度为S1、连结部43的沿着X轴方向的最小宽度为S2时,优选S2/S1为0.3以上0.6以下。由此,能够缩短基部4的沿着Y轴方向的长度,并且有效地减小振动泄漏。

[0106] 此外,第1基部41包含宽度缩小部411,该宽度缩小部411设置于第1基部41的靠连结部43侧的端部,且沿着X轴方向的宽度随着朝向连结部43而连续或断续地减小。由此,能

够有效地抑制伴随一对振动臂5、6的彼此在同一面内进行接近或远离的弯曲振动的、第1基部41的变形。其结果,即使缩短第1基部41的沿着Y轴方向的长度,也能够抑制伴随一对振动臂5、6在大致面内彼此交替反复接近和远离的弯曲振动的、第1基部41的变形,抑制从基部4向外部的振动泄漏。

[0107] 此外,在本实施方式中,在俯视时宽度缩小部411的外缘412和连结部43的外缘431为不包含角部的曲线,在设该曲线的第1基部41侧的部分的切线与平行于X轴方向的线段所成的角为 θ 时,满足 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 的关系。由此,能够缓和在基部4产生的应力,并且减少热弹性损耗。

[0108] 此外,优选满足 $6^\circ \leq \theta \leq 70^\circ$ 的关系。由此,能够合适地产生宽度缩小部411和连结部43带来的效果。即,能够缓和在基部产生的应力,并且更有效地减少热弹性损耗。

[0109] 此外,如上所述,在设定为振动片2的谐振频率 f 大于热弛豫频率 f_0 的情况下,在设俯视时的连结部43的外缘431与形成于一对振动臂5、6之间的分叉部的外缘413之间的最接近距离即基部弯曲宽度为 W_b 、设将与振动臂5、6的长度方向垂直的面上的振动臂5、6的截面形状置换为热弹性损耗等效的同一厚度的矩形形状后的振动臂的臂宽度即有效臂宽度为 W_e 时,优选满足 $W_b > W_e$ 的关系。由此,在第1基部41的截面中发生的热弹性损耗比在振动臂5、6中产生的热弹性损耗小,因此能够抑制第1基部41的热弹性损耗引起的振动片2的Q值劣化,实现Q值的提高。

[0110] 此外,在设一对振动臂5、6整体的沿着X轴方向的宽度为 W_a 、基部4的沿着X轴方向的宽度为 S 时,优选 W_a/S (更具体而言是 W_a/S_1)为85%以上115%以下。由此,能够在减小振动片2的沿着X轴方向的宽度的同时,增高振动臂5、6的强度和Q值。

[0111] 此外,如上所述,在振动臂5上设置有槽55、56,同样在振动臂6上设置有槽65、66。即,振动臂5包含有底的槽55、56(槽部),槽55、56形成于振动臂5的沿着X轴方向和Y轴方向的两个主面51、52,且在Y轴方向上延伸。同样,振动臂6包含有底的槽65、66(槽部),槽65、66形成于振动臂6的沿着X轴方向和Y轴方向的两个主面61、62,且在Y轴方向上延伸。

[0112] 根据形成有这样的槽55、56、65、66的振动臂5、6,由于伴随振动臂5、6的面内弯曲振动产生的热不易扩散(热传导),在弯曲振动频率(机械的弯曲振动频率) f 大于热弛豫频率 f_0 的区域($f > f_0$)即绝热的区域中,能够抑制热弹性损耗。即,通过满足 $f/f_0 > 1$ 的关系,能够将振动臂5、6设为绝热的区域,能够减少Q值的降低。

[0113] 一般而言,在振动臂的主面形成槽时,振动臂的机械强度降低。能够通过增大振动臂的宽度和/或厚度,提高振动臂的强度并且减少热弹性损耗。

[0114] 这里,公知音叉型振动片的基波的谐振频率 f 满足下式。

[0115] $f \propto W/L^2 \cdots \cdots$ 式1

[0116] W 表示臂部的宽度, L 表示臂部的长度。

[0117] 即,在将基波的谐振频率设为恒定的情况下,成为这样的关系:振动片的臂部长度 L 越短,则臂部的宽度 W 越细。

[0118] 因此,在将振动臂的长度设为恒定、基波的谐振频率设为例如32.768(kHz)的情况下,在单纯为了提高Q值而要利用第1臂部、和宽度比第1臂部宽的第2臂部(施重部)构成振动臂的情况下,由于施重部的施重效应,频率从32.768(kHz)降低,因此需要增宽振动臂的第1臂部的宽度以避免该情况并将谐振频率保持为恒定。另一方面,应力可能集中到第1臂

部与第2臂部(施重部)的接合部,因此为了使得在作用了过度外力的情况下该接合部不破损,需要在第1臂部的宽度与第2臂部(施重部)的宽度的关系方面尝试最优化,在将频率保持为32.768 (kHz)的同时提高耐冲击性。

[0119] 因此,振动臂5、6具有以下所述的结构,并且实现了尺寸的最优化。

[0120] 如上所述,在振动臂5、6的末端部设置有沿着X轴方向的宽度比振动臂5、6的基端部宽的施重部59、69。即,振动臂5、6包含:从基部4延伸的臂部50、60;以及施重部59、69,它们相对于臂部50、60设置于基部4的相反侧,且沿着X轴方向的宽度比臂部50、60大。

[0121] 通过这样地在振动臂5、6的末端侧设置施重部59、69,能够实现Q值的改善,增大振动臂5、6的臂部50、60的宽度,将弯曲振动的谐振频率保持为恒定。因此,能够提高振动臂5、6的强度,并且减小热弹性损耗来提高Q值。其结果,能够提高耐冲击性,并且减小等效串联电阻CI值。

[0122] 特别是,在设臂部50、60的沿着X轴方向的宽度(以下也称作“臂部50、60的宽度”或“臂宽度”)为 $W1$ 、设振动臂5、6的分别位于槽55、56、65、66两侧的部分(以下也称作“堤部”)的宽度(以下也称作“堤宽度”)为 $W3$ 、设 $2 \times W3/W1$ 为 η 时,满足 $14.2\% < \eta < 100\%$ (100%表示未在臂部上形成槽的状态)的关系。

[0123] 通过这样地使槽55、56、65、66的沿着X轴方向的宽度(以下也简称作“槽55等的宽度”)相对于振动臂5、6的臂部50、60的宽度的比例最优化,能够有效地提高振动臂5、6的强度和Q值。这里,振动臂5的堤部的宽度 $W3$ 是主面51中的夹着槽55的两个部分51a、51b各自沿着X轴方向的宽度、以及主面52中的夹着槽56的两个部分52a、53b各自沿着X轴方向的宽度。另外,振动臂6的堤部的宽度 $W3$ 也与振动臂5的堤部的宽度 $W3$ 相同。

[0124] 以下详细叙述 η 。

[0125] 本发明人通过仿真验证了增大臂部50、60的宽度、同时改变堤部宽度相对于臂部50、60的宽度的比例 η 的情况下的Q值。

[0126] 图8是示出在现有技术中提出的专利文献1所记载的振动片的俯视图,图9的(a)是以往的专利文献1所记载的振动片的振动臂的剖视图(图8中的D—D线剖视图),图9的(b)是示出本发明的振动片的振动臂的横截面的一例的图。

[0127] 在本仿真中,使用了图3所示的俯视形状(有施重部)的振动片2和图8所示的俯视形状(无施重部)的振动片2X。本仿真中使用的振动片2X以谐振频率成为32.768kHz的方式,将振动臂5X、6X的横截面设定为图9的(a)所示的形状和尺寸。另一方面,本仿真中使用的振动片2被设定为与振动片2X相同的谐振频率、全长和全宽,并且振动片2的振动臂5、6的横截面被设定为图9的(b)所示的形状和尺寸。

[0128] 在以下的范围内对振动片2的振动臂5、6的各尺寸进行了评价。

[0129] 施重部59、69的宽度 $W2$:215 (μm)

[0130] 臂部50、60的宽度 $W1$:130~141 (μm)

[0131] 堤部的宽度 $W3$:10~65 (μm)

[0132] 臂部50、60的厚度 t :120 (μm)

[0133] 槽55、56、65、66的深度:50 (μm)

[0134] 表1和图10示出该仿真的结果。

[0135] 表1

[0136]

板厚 [μm]	槽深度 [μm]	堤宽度 [μm]	臂宽度 [μm]	η	Q值
120	50	10	141	0.142	75.834
		15	141	0.213	71.213
		20	136	0.294	62.267
		25	132	0.379	55.341
		30	130	0.462	50.755
		35	130	0.538	44.943
		40	130	0.615	42.788
		45	130	0.692	41.272
		50	130	0.769	38.714
		57.5	130	0.885	35.961
		65	130	1	35.168

[0137] 另外,作为校正谐振频率的稍微偏差而使得谐振频率成为32.768kHz的情况下的值,计算出表1所示的Q值。

[0138] 图10是示出堤部宽度相对于臂部宽度的比例与Q值之间的关系的曲线图。

[0139] 如图10所示,确认出在形状“有施重部”的情况下,在 $14.2\% < \eta < 100\%$ 的范围内,超过专利文献1的Q值(31,573)而得到了改善。

[0140] 此外,如图10所示,可观察到 η 越小、则Q值越大的情况,通过仿真确认到当堤部的宽度小于7(μm)时,Q值开始下降的情况。而且,在堤部的宽度为7(μm)时, η 的值为9.9%($=7 \times 2/141$)、10.7%($=7 \times 2/130$),比例减小,从而振动臂的机械强度降低、即所谓耐冲击性的降低成为问题。

[0141] 而且,确认到即使臂部50、60的宽度W1和堤部的宽度W3的范围如下,Q值也比专利文献1的Q值(31,573)高。

[0142] 臂部50、60的宽度W1:120~150(μm)

[0143] 堤部的宽度W3:15~30(μm)

[0144] 此时的 η 如下所述。

[0145] $\eta = 2 \times W3/W1 = 2 \times 15\mu\text{m}/120\mu\text{m} = 25.0\%$

[0146] $\eta = 2 \times W3/W1 = 2 \times 30\mu\text{m}/120\mu\text{m} = 50.0\%$

[0147] $\eta = 2 \times W3/W1 = 2 \times 15\mu\text{m}/150\mu\text{m} = 20.0\%$

[0148] $\eta = 2 \times W3/W1 = 2 \times 30\mu\text{m}/150\mu\text{m} = 40.0\%$

[0149] 因此, η 满足下式。

[0150] $20.0\% \leq \eta \leq 50.0\%$

[0151] 而且,施重部59、69的宽度W2相对于臂部50、60的宽度W1的比例如下所示。

[0152] $W2/W1 = 215/120 = 1.79$

[0153] $W2/W1 = 215/150 = 1.43$

[0154] 因此, $W2/W1$ 满足下式。

[0155] $1.43 \leq W2/W1 \leq 1.79$

[0156] 能够通过将 $W2/W1$ 设为上述关系,减少应力集中到臂部50、60与施重部59、69的接合部的情况,因此即使在作用了过度外力的情况下,也能够不产生破损地提高耐冲击性。

[0157] 根据以上的 η 与Q值之间的关系,通过满足 $14.2\% < \eta < 100\%$ 的关系,能够在不增大振动臂5、6的长度的情况下有效地提高振动臂5、6的强度和Q值,但如果考虑到振动片的耐冲击性,则为了进一步提高其效果,优选满足 $20\% \leq \eta \leq 50\%$ 的关系,更优选满足 $30\% \leq \eta \leq 40\%$ 的关系。

[0158] <振动片的变形例>

[0159] 接着,说明本发明的振动片的变形例。

[0160] 以下,关于变形例的振动片,以与上述第1实施方式的振子具有的振动片的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。在上述实施方式中,是在各振动臂的各主面上设置有1个槽的结构,但槽的数量没有特别限定,也可以为2个以上。例如,可以在各主面上设置有沿着X轴方向排列的两个槽。

[0161] 本变形例的振动片除了设置于各振动臂的各主面的槽的数量不同以外,与上述第1实施方式的振动片相同。

[0162] 在变形例的振动片中,设置有朝各振动臂的一个主面敞开(开口)的有底的两个槽,并设置有朝另一个主面敞开(开口)的有底的两个槽。

[0163] 将连接所述一个主面和所述另一个主面的一个侧面、与沿着X轴方向和所述一个侧面并排的所述槽部的外缘夹着的部分设为一个堤部,将该一个堤部的沿着X轴方向的宽度设为W3。

[0164] 此外,将连接所述一个主面和所述另一个主面的另一个侧面、与沿着X轴方向和所述另一个侧面并排的所述槽部的外缘夹着的部分设为另一个堤部,将该另一个堤部的沿着X轴方向的宽度设为W3。

[0165] 因此,臂部的沿着X轴方向的宽度为W1,因此将 $2 \times W3/W1$ 设为 η 。

[0166] 此外,在设振动臂5、6的沿着Y轴方向的整体长度(以下也简称作“振动臂5、6的长度”)为L、设施重部59、69的沿着Y轴方向的长度(以下也简称作“施重部59、69的长度”)为Lx时,优选Lx/L为20%以上60%以下。

[0167] 通过这样地将Lx/L最优化,能够在不增大振动臂5、6的长度的情况下更有效地增高振动臂5、6的强度和Q值。

[0168] 以下详细叙述Lx/L和W2/W1。

[0169] 图11是示出施重部占有率与高性能化指数之间的关系的曲线图。

[0170] 在图11中,横轴是施重部59、69的长度Lx在振动臂5、6的长度L中所占的比例(Lx/L)即施重部占有率(%),纵轴是定义为将低频指数和高Q值化指数相乘而得到的值的高性能化指数。这里,低频化指数是表示值越大则越能有效实现振动片的低频化(换言之,振动片的小型化)的指数。此外,高Q值化指数是表示值越大则越能有效减少振动片的Q值降低的指数。

[0171] 如图11所示,在施重部占有率为38%时,高性能化指数最大(1.0)。即,在Lx/L为38%时,最能有效地同时实现振动片的低频化(小型化)和高Q值化双方。

[0172] 因此,在本发明的振动片2中,通过将Lx/L设为大约以38%为中心的20%以上60%以下,能够如图11所示那样使高性能化指数成为0.8以上,从而有效实现小型化和高Q值化。

[0173] 此外,Lx/L优选为35%以上41%以下。由此,如图11所示,能够将高性能化指数设为接近最大值的值,从而更有效地实现小型化和高Q值化。

[0174] 在基于以上那样的施重部占有率与高性能化指数之间的关系而实现较高的高性能化指数的方面,如上所述,在设施重部59、69的沿着X轴方向的宽度(以下也简称作“施重部59、69的宽度”)为 W_2 时,优选 W_2/W_1 为1.43以上1.79以下。

[0175] 通过这样地将 W_2/W_1 最优化,能够抑制振动片2的沿着X轴方向的整体宽度的增大,并且产生通过设置施重部59、69而带来的效应(施重效应)。

[0176] 此外,臂部50、60的宽度 W_1 优选为 $120\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $130\mu\text{m}$ 以上 $141\mu\text{m}$ 以下。由此,能够在将振动片2的频率保持为恒定的同时,使得振动臂5、6的强度优异,并且减少热弹性损耗。

[0177] 此外,臂部50、60的厚度 t 优选为 $100\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $110\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $115\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下。由此,振动臂5、6的臂部50、60的厚度变得比较厚,因此能够提高振动臂5、6的强度。此外,振动臂5、6的臂部50、60的厚度比较厚,由此能够将振动臂5、6的施加电场的面积确保得较大,即能够增大夹在第1驱动用电极84与第2驱动用电极85之间的激励部的面积,能够提高电场效率,因此能够减小CI值。

[0178] 与此相对,当臂部50、60的厚度 t 过小时,显现出振动臂5、6的强度显著降低的趋势。另一方面,当臂部50、60的厚度 t 过大时,难以仅用湿蚀刻形成振动片2的外形。

[0179] 此外,在分别设臂部50、60的厚度为 t 、设槽55、56彼此之间的距离以及槽65、66彼此之间的距离(即振动臂5、6各自的宽度方向上的中央部的厚度)为 t_1 时, t_1/t 优选为10%以上40%以下,更优选为15%以上30%以下,进一步优选为15%以上20%以下。由此,能够在使得振动臂5、6的强度优异的同时,将振动臂5、6的施加电场的面积确保得较大。

[0180] 此外,振动臂5、6的堤部宽度 W_3 优选为 $15\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $18\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下。由此,能够在使得振动臂5、6的强度优异的同时,减小等效串联电阻CI值。

[0181] 此外,如图4所示,槽55具有:作为设置有第1驱动用电极84(激励电极)的部分的电极形成区域551;以及作为相对于电极形成区域551位于基部4的相反侧、且未设置驱动用电极的部分的电极未形成区域552。同样,槽56具有电极形成区域561和电极未形成区域562,槽65具有电极形成区域651和电极未形成区域652,槽66具有电极形成区域661和电极未形成区域662。

[0182] 能够通过形成这样的电极未形成区域552、562、652、662(以下也称作“电极未形成区域552等”),抑制了高次模式的振动(谐波)的产生,产生减小了等效串联电容C1的主模式振动(基波)。

[0183] 这里,对基波CI值与CI值比之间的关系以及基波CI值与槽部的长度之间的关系进行说明。

[0184] 振动片2通过其振动以基波的频率振荡出信号,但同时具有也以谐波的频率振荡出相同信号的特性。并且,在振子等设备中将该谐波的信号错误拾取为基波频率的信号时,可能给设备带来异常。

[0185] 因此,作为预先防止这样的情况的方法,有以CI值比为基准进行设计的方法。该CI值比是用高频的CI值(等效串联电阻)除以基波的CI值(等效串联电阻)而得的值(高频CI值/基波CI值)。即,如果高频CI值大于基波CI值、该CI值比为1.0以上,则难以产生高频的信号振荡,设备等错误拾取谐波的信号的可能性减小,从而成为高性能的振动片。

[0186] 在设槽55、56、65、66的沿着Y轴方向的长度为 L_d ,电极形成区域551、561、651、661

(以下也称作“电极形成区域551等”)的沿着Y轴方向的长度(以下也称作“电极形成区域551等的长度”)为L1时,在本实施例中,

[0187] $L_d = 900\ (\mu\text{m})$,

[0188] $L_1 = 700\ (\mu\text{m})$ 。

[0189] 电极形成区域L1相对于槽长度 L_d 的比例为77.8%,但优选考虑 $\pm 5\%$ 作为允许偏差,即为72.8%以上82.8%以下,更优选为74.8%以上81.8%以下。由此,能够有效减小等效串联电容C1,并且减小CI值。

[0190] 此外,电极未形成区域552、562的基部4侧的一端优选位于施重部59与振动臂5的谐波振动的波节之间。同样,电极未形成区域652、662的基部4侧的一端优选位于施重部69与振动臂6的谐波振动的波节之间。由此,能够有效地抑制高次模式的振动产生。

[0191] 此外,在设振动臂5、6的和基部4相反的一侧的一端、与基部4的和振动臂5、6相反的一侧的一端之间的距离(即振动片2的沿着Y轴方向的全长)为 L_a 、由一对振动臂5、6和基部4构成的构造体(即石英基板3)的重心与基部4的和振动臂5、6相反的一侧的一端之间的距离为 L_g 时,优选 L_g/L_a 为2/3以下。由此,在通过粘接剂等将振动片2固定到封装9时,其固定变得容易。

[0192] 此外,基于使得驱动用电极84、85的导电性和与石英基板3的紧密贴合性优异的观点出发,驱动用电极84、85优选包含基底层、和层叠于该基底层的与振动臂5、6相反的一侧的被覆层,该情况下,在设基底层的厚度为 T_b 、被覆层的厚度为 T_c 时,优选满足 $T_b/T_c \leq 4/7$ 的关系。由此,即使在基底层在工作温度范围的低温侧具有相变点的情况下,也能够减小工作温度范围的低温侧的CI值。

[0193] 基于确保驱动用电极84、85的导电性和耐腐蚀性的观点,被覆层的构成材料优选使用导电性和耐腐蚀性优异的金属、例如金。另一方面,基于提高被覆层与石英基板3的紧密贴合性的观点,基底层的构成材料例如优选使用铬。

[0194] 在基底层由铬构成的情况下,基底层的厚度优选为 $50\ \text{\AA}$ 以上 $700\ \text{\AA}$ 以下。铬的作为基底层的功能优异,但是在比较低温处具有相变点。因此,通过将由铬构成的基底层的厚度减薄至 $50\ \text{\AA}$ 以上 $700\ \text{\AA}$ 以下左右,能够发挥作为基底层的功能,并且抑制由基底层的铬在低温区域中的相变引起的CI值上升。

[0195] 此外,在设基波的Q值为 Q_1 、谐波的Q值为 Q_2 、基波的晶体阻抗为 R_1 、谐波的晶体阻抗为 R_2 时,优选满足 $Q_1 < Q_2$ 的关系,且满足 $R_1 < R_2$ 的关系。由此,能够有效地减小高次模式的振动。

[0196] (封装)

[0197] 图1和图2所示的封装9具有:箱状的底座91,其具有朝上表面敞开的凹部911;以及以塞住凹部911的开口的方式与底座91接合的板状的盖92。这样的封装9具有通过由盖92塞住凹部911而形成的收纳空间,在该收纳空间中气密地收纳有振动片2。此外,在凹部911中设置有阶梯部912,振动片2在基部4的第2基部42处经由导电性粘接剂11被固定到阶梯部912,该导电性粘接剂11例如是在环氧系、丙烯酸系的树脂中混合了导电性填充剂而形成的。

[0198] 另外,收纳空间内可以成为减压(优选为真空)状态,也可以封入氮、氦、氩等惰性气体。由此,振动片2的振动特性提高。

[0199] 底座91的构成材料没有特别限定,可使用氧化铝等各种陶瓷。此外,盖92的构成材料没有特别限定,只要是线膨胀系数与底座91的构成材料近似的部件即可。例如,在将底座91的构成材料设为上述那样的陶瓷的情况下,优选将盖92的构成材料设为铁镍钴合金等合金。另外,底座91与盖92的接合没有特别限定,例如可以经由粘接剂接合,也可利用缝焊等接合。

[0200] 此外,在底座91的阶梯部912上形成有连接端子951、961。虽然未图示,但振动片2的第1驱动用电极84被引出到基部4的第2基部42,在该部分处,经由导电性粘接剂11与连接端子951电连接。同样,虽然未图示,但振动片2的第2驱动用电极85被引出到基部4的第2基部42,在该部分处,经由导电性粘接剂11与连接端子961电连接。

[0201] 此外,连接端子951经由贯通底座91的贯通电极(未图示)与形成于底座91的底面的外部端子(未图示)电连接,连接端子961经由贯通底座91的贯通电极(未图示)与形成于底座91的底面的外部端子(未图示)电连接。

[0202] 作为连接端子951、961、贯通电极和外部端子的结构,只要分别具有导电性,则没有特别限定,例如能够由金属覆盖膜构成,该金属覆盖膜是在Cr(铬)、W(钨)等的金属化层(基底层)上层叠Ni(镍)、Au(金)、Ag(银)、Cu(铜)等的各覆盖膜而形成的。

[0203] 根据以上说明的振动片2,在振动臂5、6的末端部设置有施重部59、69,因此能够在不增大振动臂5、6的长度的情况下增大振动臂5、6的臂部50、60的宽度,提高振动臂5、6的强度,并且减小热弹性损耗来提高Q值。其结果,能够在实现小型化的同时提高耐冲击性,并且减小CI(晶体阻抗)值。

[0204] 特别是对 η 进行了最优化,因此能够有效提高振动臂5、6的强度和Q值。

[0205] 因此,在振动片2中,能够在实现小型化的同时提高耐冲击性,并且实现小于50k Ω 的CI值。

[0206] 并且,具有这样的振动片2的振子1具有优异的可靠性。

[0207] 2. 振荡器

[0208] 接着,对应用了本发明的振动片的振荡器(本发明的振荡器)进行说明。

[0209] 图12是示出本发明的振荡器的一例的剖视图。

[0210] 图12所示的振荡器10具有振动片2、和用于驱动振动片2的IC芯片(芯片部件)80。以下,关于振荡器10,以与上述振子的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0211] 封装9A具有:箱状的底座91A,其具有凹部911A;以及塞住凹部911A的开口的板状的盖92。

[0212] 在底座91A的凹部911A中设置有阶梯部912A。

[0213] 在阶梯部912A上形成有连接端子(未图示)。此外,在凹部911A的底面(比阶梯部912A靠底侧的面)上配置有IC芯片80。IC芯片80具有用于控制振动片2的驱动的驱动电路(振荡电路)。当通过IC芯片80驱动振动片2时,可取出规定频率的信号。

[0214] 此外,在凹部911A的底面,形成有经由线与IC芯片80电连接的多个内部端子(未图示)。这多个内部端子中包含:经由形成于底座91A的未图示的通孔与形成于封装9A的底面的外部端子(未图示)电连接的端子;以及经由未图示的通孔或线与连接端子(未图示)电连接的端子。

[0215] 另外,在图12的结构中,说明了IC芯片80配置在收纳空间内的结构,但IC芯片80的

配置没有特别限定,例如也可以配置于封装9A的外侧(底座的底面)。

[0216] 根据这样的振荡器10,能够发挥优异的可靠性。

[0217] 3.电子设备

[0218] 接着,根据图13~图15,对应用了本发明的振动片的电子设备(本发明的电子设备)进行详细说明。

[0219] 图13是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动型(或笔记本型)的个人计算机的结构的立体图。在该图中,个人计算机1100由具有键盘1102的主体部1104以及具有显示部100的显示单元1106构成,显示单元1106通过铰链构造部以能够转动的方式支承在主体部1104上。在这种个人计算机1100中内置有作为滤波器、谐振器、基准时钟等发挥功能的振子1。

[0220] 图14是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动电话机(也包括PHS)的结构的立体图。在该图中,移动电话机1200具有多个操作按钮1202、接听口1204以及通话口1206,在操作按钮1202与接听口1204之间配置有显示部100。在这种移动电话机1200中内置有作为滤波器、谐振器等发挥功能的振子1。

[0221] 图15是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的数字照相机的结构的立体图。另外,在该图中,还简单地示出与外部设备之间的连接。这里,通常的照相机是通过被摄体的光像对银盐胶片进行感光,与此相对,数字照相机1300通过CCD(Charge Coupled Device:电荷耦合器件)等摄像元件对被摄体的光像进行光电转换,生成摄像信号(图像信号)。

[0222] 在数字照相机1300中的外壳(机身)1302的背面设置有显示部,构成为根据CCD的摄像信号进行显示,显示部作为将被摄体显示为电子图像的取景器发挥功能。并且,在外壳1302的正面侧(图中背面侧)设置有包含光学镜头(摄像光学系统)和CCD等的受光单元1304。

[0223] 当摄影者确认在显示部中显示的被摄体像并按下快门按钮1306时,该时刻的CCD的摄像信号被传输到存储器1308内进行存储。并且,在该数字照相机1300中,在外壳1302的侧面设置有视频信号输出端子1312和数据通信用的输入输出端子1314。而且,如图所示,根据需要,在视频信号输出端子1312上连接电视监视器1430,在数据通信用的输入输出端子1314上连接个人计算机1440。而且,构成为通过规定的操作,将存储在存储器1308中的摄像信号输出到电视监视器1430或个人计算机1440。在这种数字照相机1300中内置有作为滤波器、谐振器等发挥功能的振子1。

[0224] 另外,除了图13的个人计算机(移动型个人计算机)、图14的移动电话机、图15的数字照相机以外,具有本发明的振动片的电子设备例如还可以应用于喷墨式排出装置(例如喷墨打印机)、膝上型个人计算机、电视机、摄像机、录像机、车载导航装置、寻呼机、电子记事本(也包含通信功能)、电子辞典、计算器、电子游戏设备、文字处理器、工作站、视频电话、防盗用电视监视器、电子双筒望远镜、POS终端、医疗设备(例如电子体温计、血压计、血糖计、心电图计测装置、超声波诊断装置、电子内窥镜)、鱼群探测器、各种测定设备、计量仪器类(例如车辆、飞机、船舶的计量仪器类)、飞行模拟器等。

[0225] 4.移动体

[0226] 接着,根据图16对应用了本发明的振动片的移动体进行详细说明。

[0227] 图16是示出应用了具有本发明的振动片的电子设备的移动体(汽车)的结构的立体图。在该图中,移动体1500构成为具有车体1501和4个车轮1502,通过设置于车体1501的未图示的动力源(发动机)使车轮1502旋转。在这种移动体1500中内置有振荡器10(振动片2)。

[0228] 根据这样的电子设备,能够发挥优异的可靠性。

[0229] 另外,具有发明的振动片的移动体不限于汽车,例如还能够应用于摩托车和火车等其他车辆、飞机、船舶、航天器等。

[0230] 以上,根据图示的实施方式对本发明的振动片、振子、振荡器、电子设备以及移动体进行了说明,但是,本发明不限于此,各个部分的结构可置换为具有相同功能的任意结构。此外,可以在本发明中附加其他任意的结构物。此外,还可以适当组合各实施方式。

[0231] 此外,作为振动片,除了振荡器,例如还能够应用于陀螺仪传感器那样的传感器。

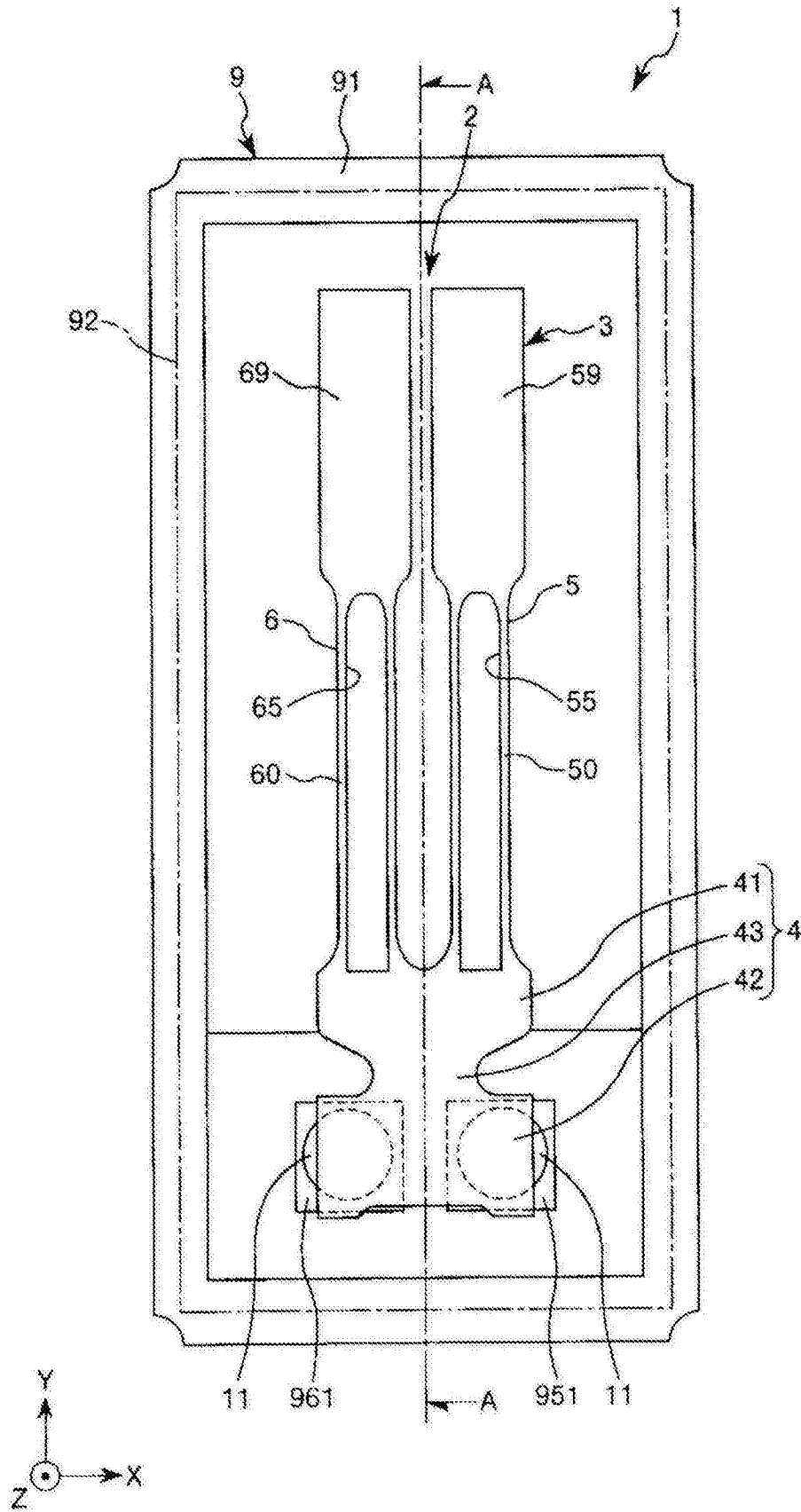


图1

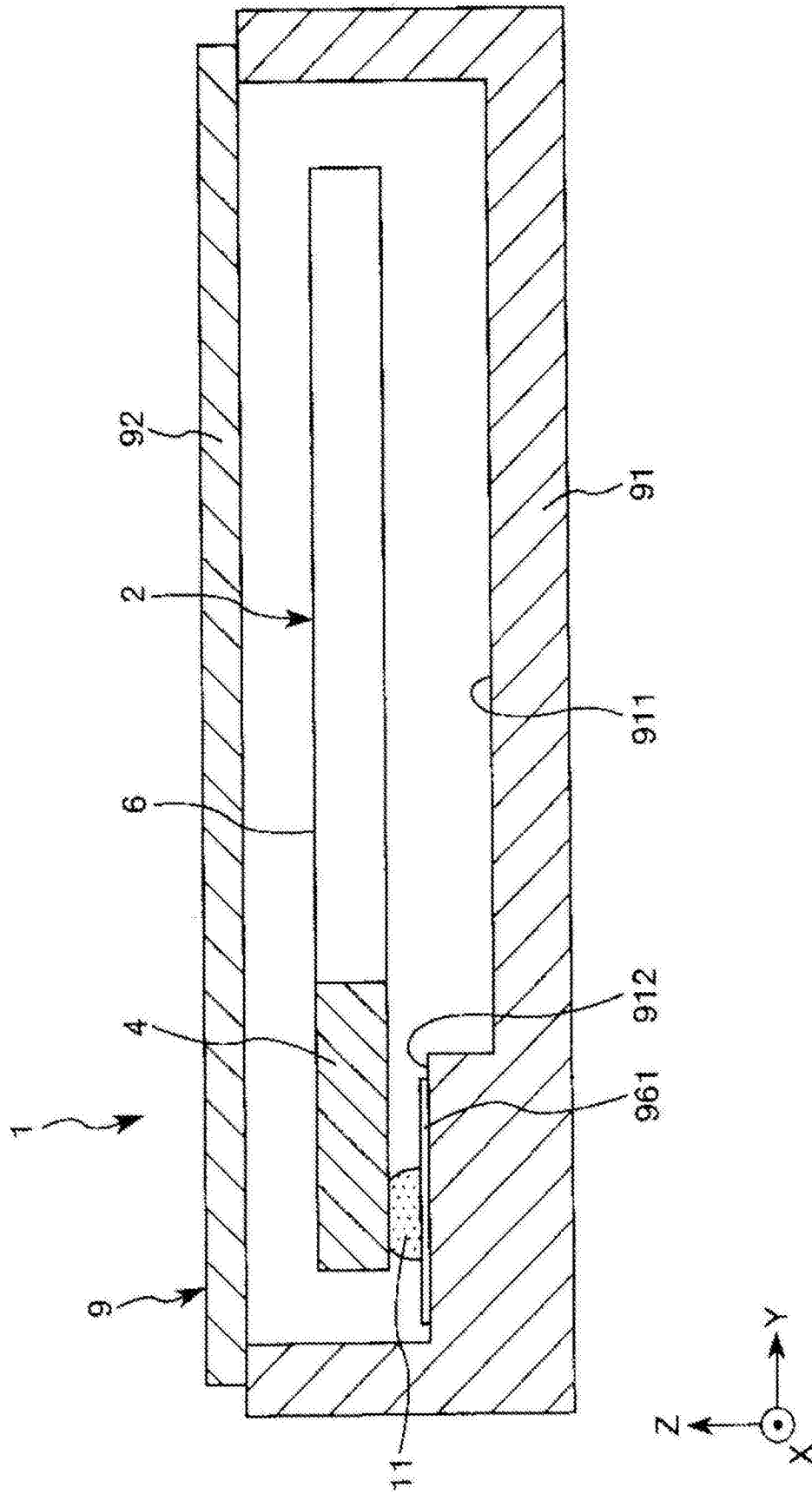


图2

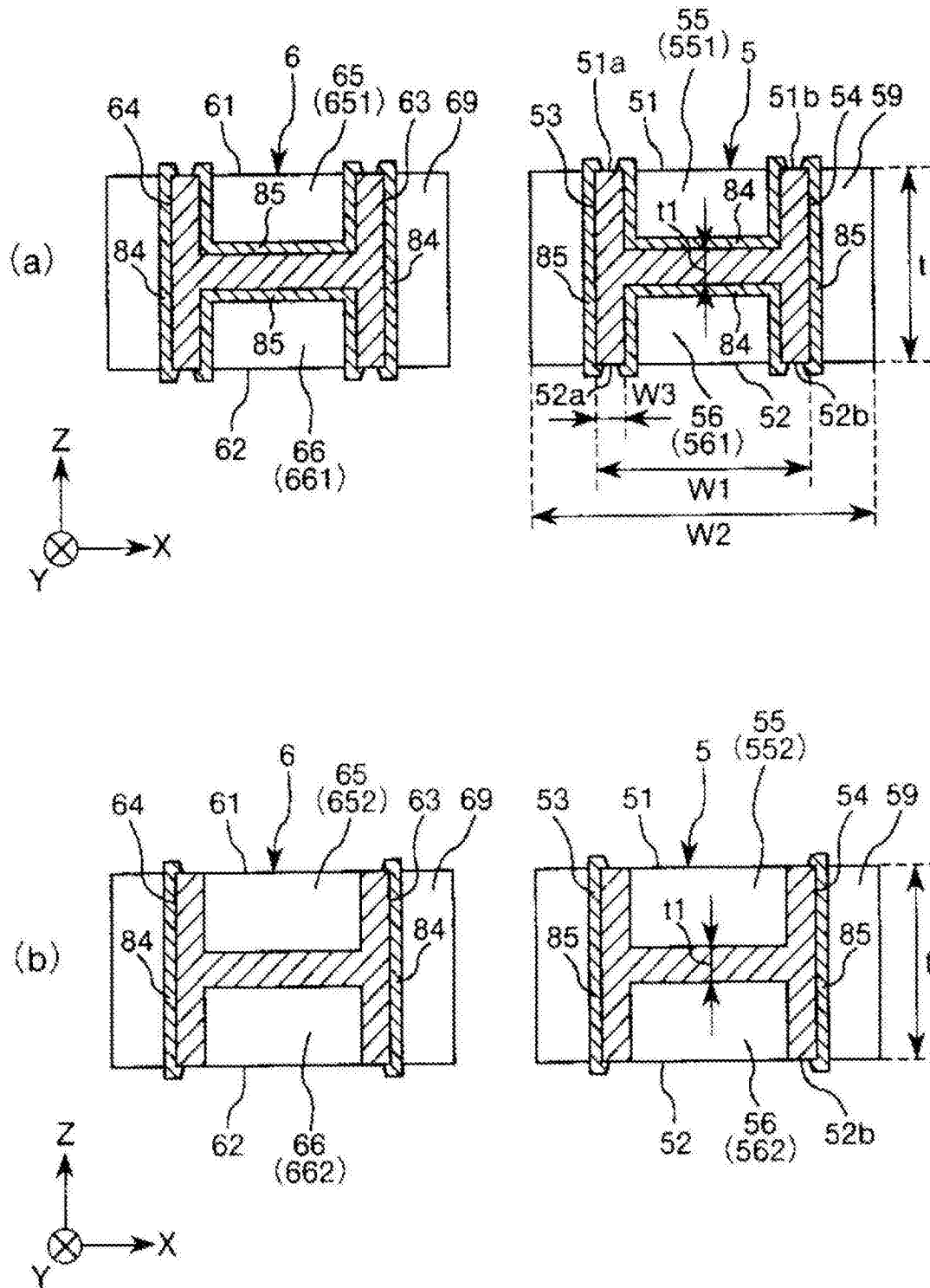


图4

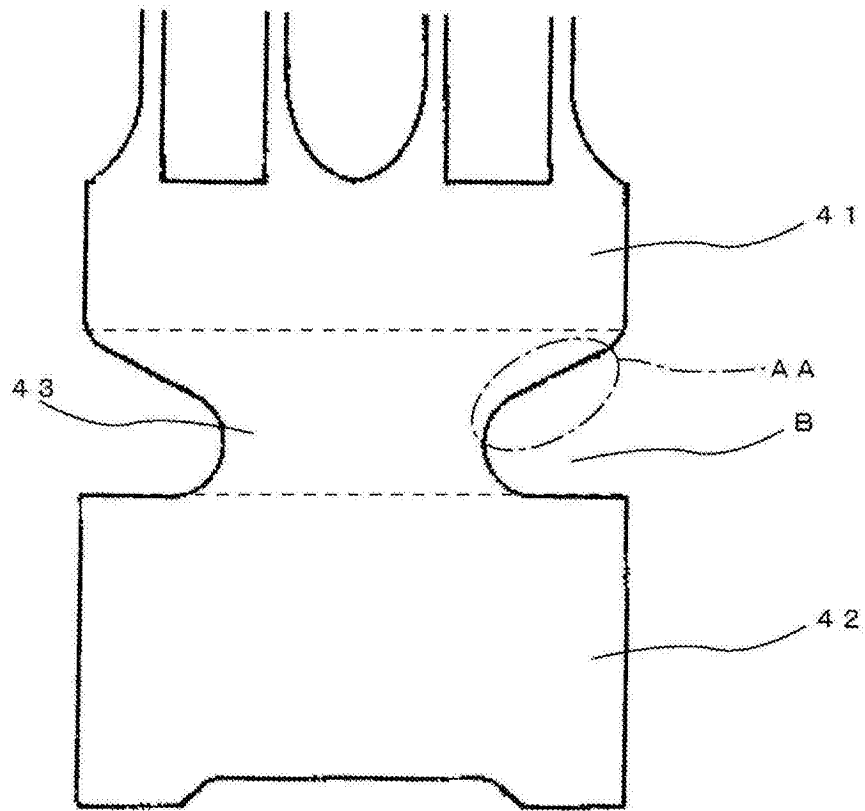


图5

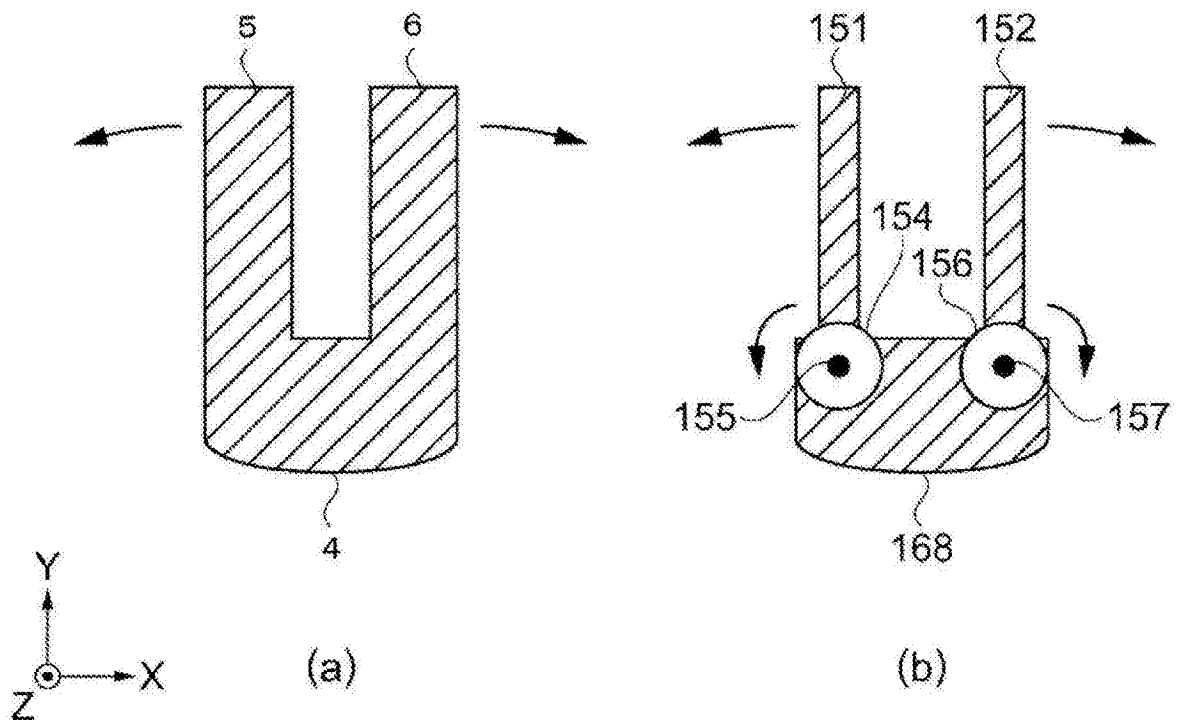


图6

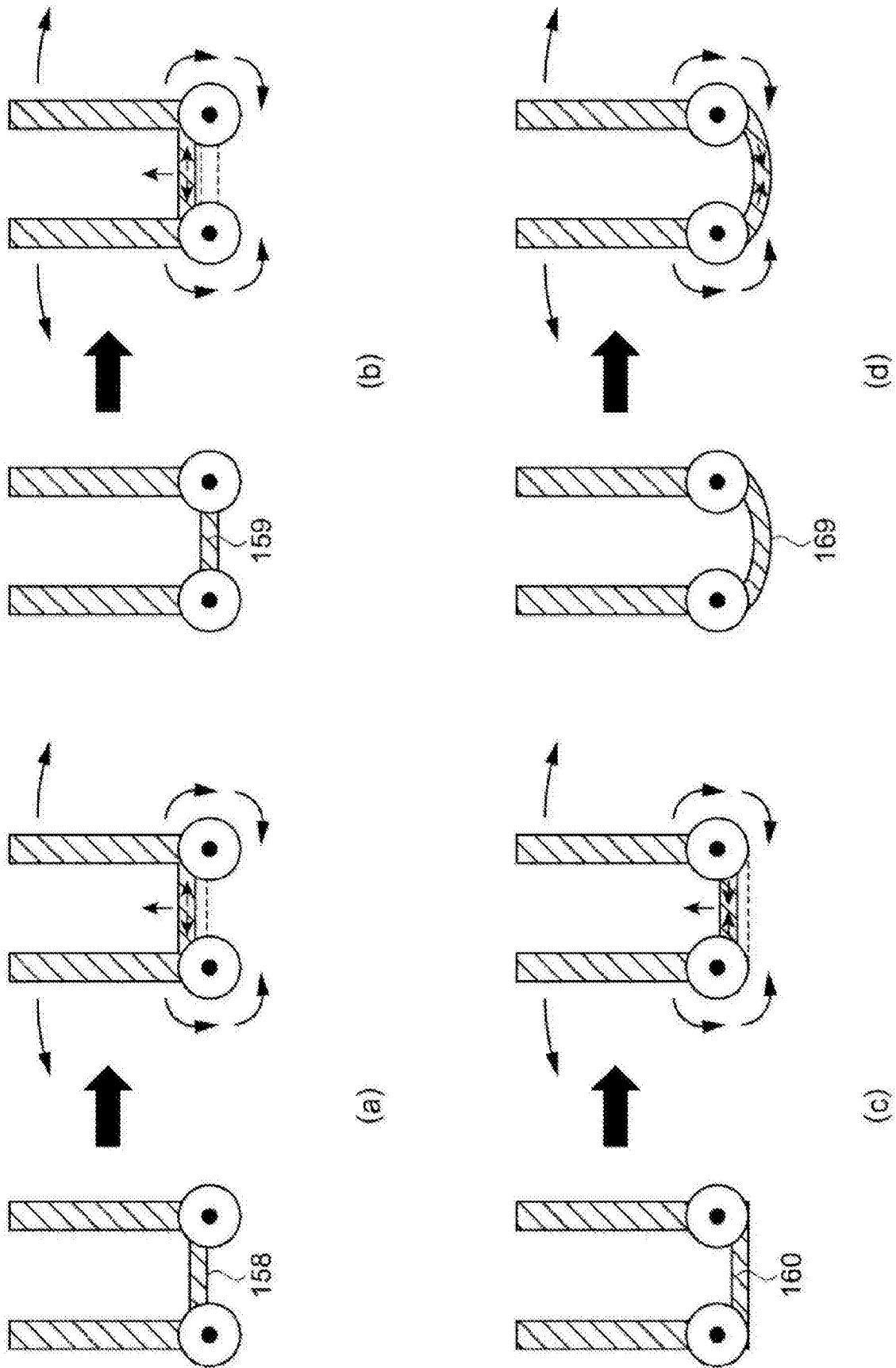


图7

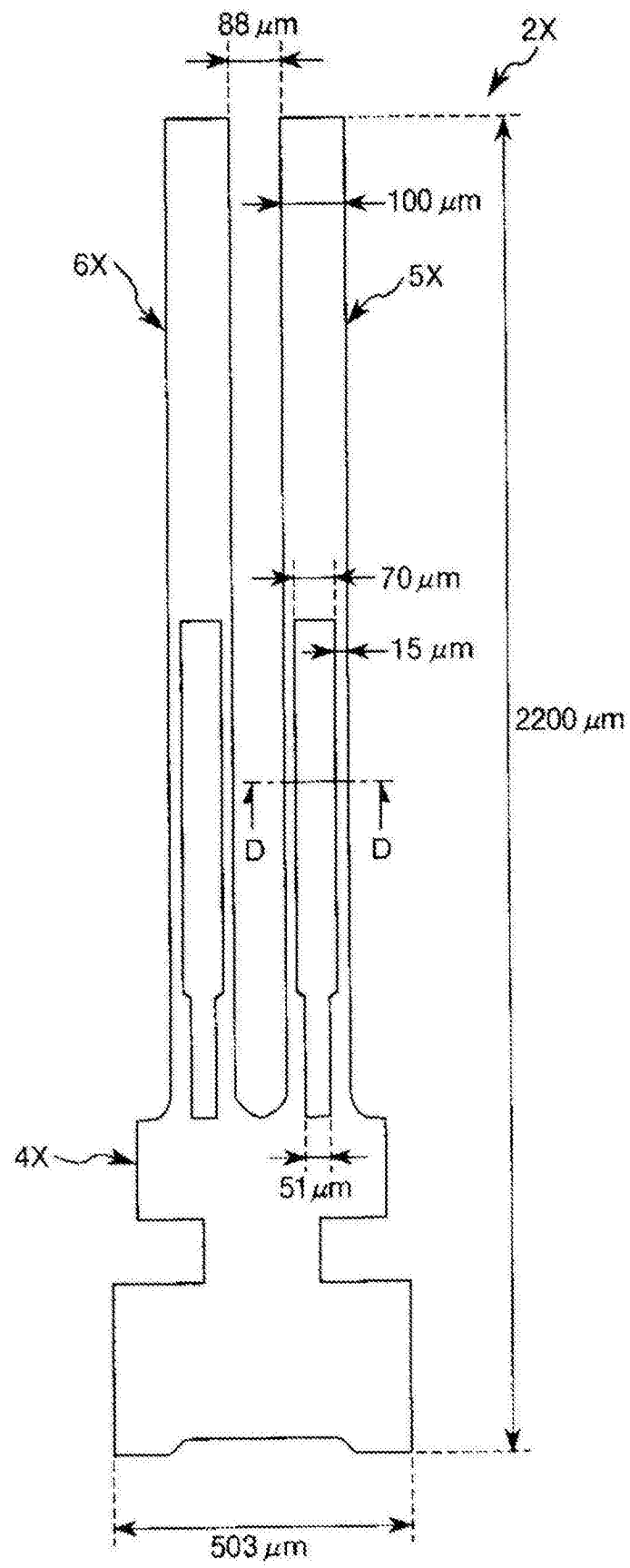


图8

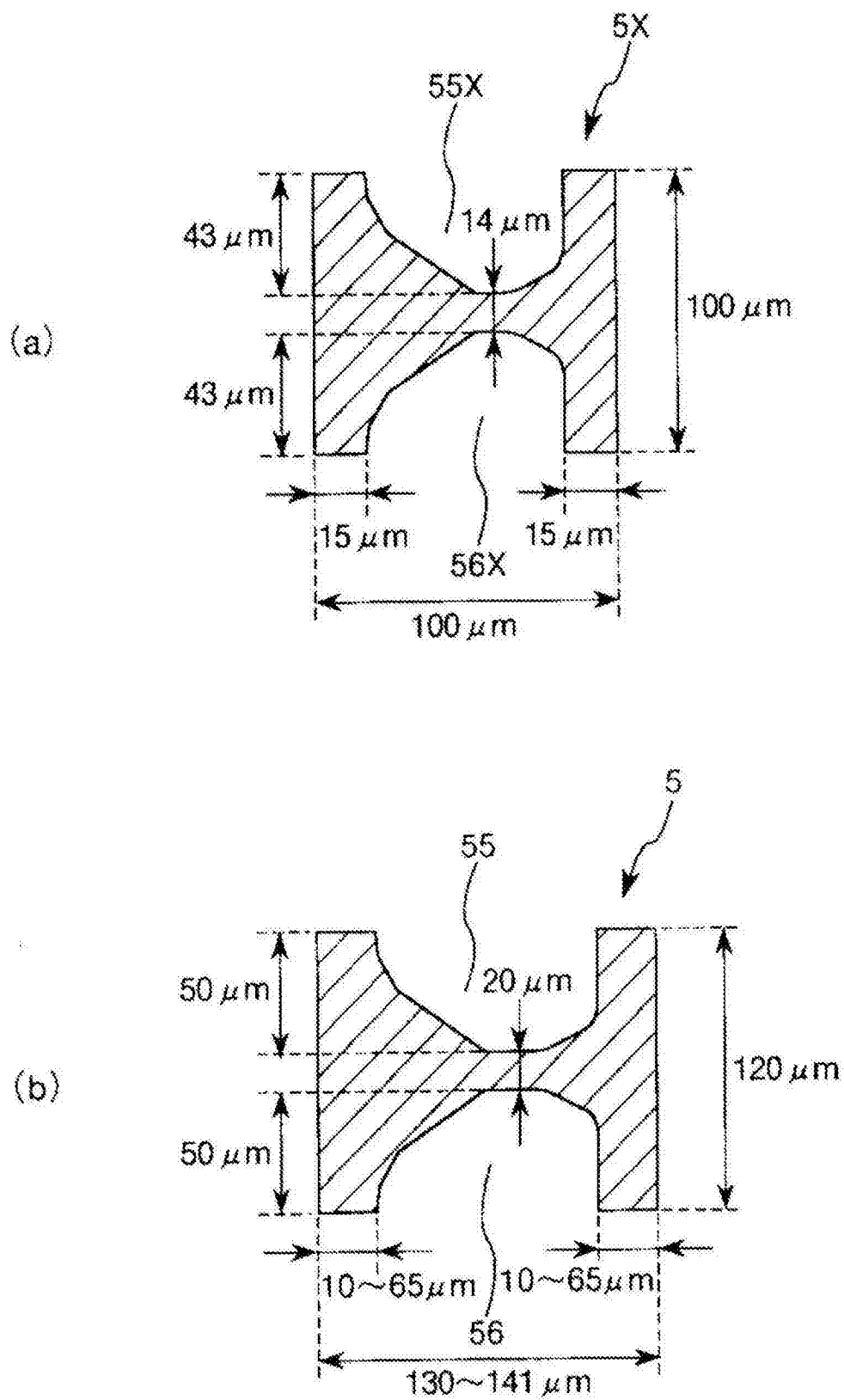


图9

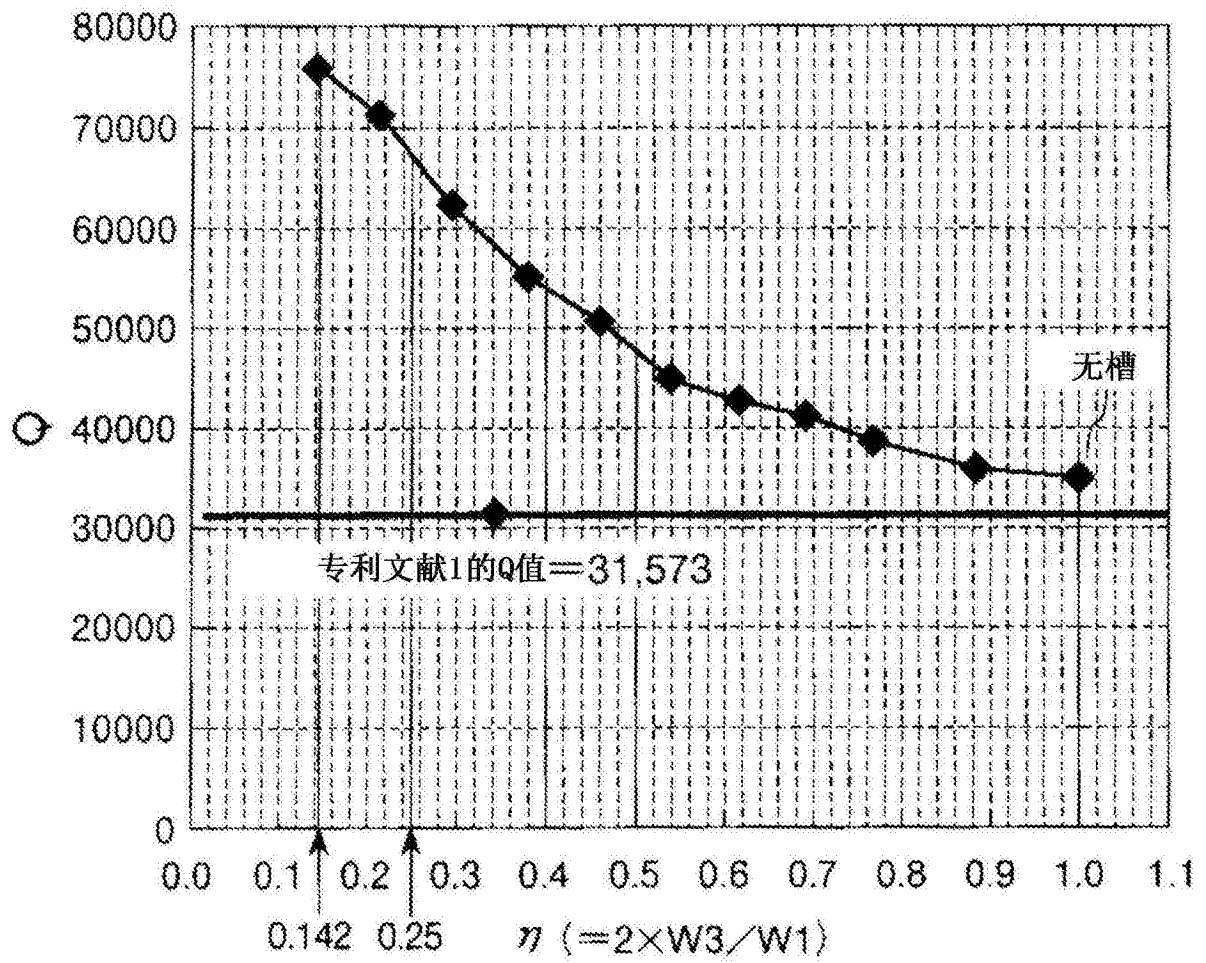


图10

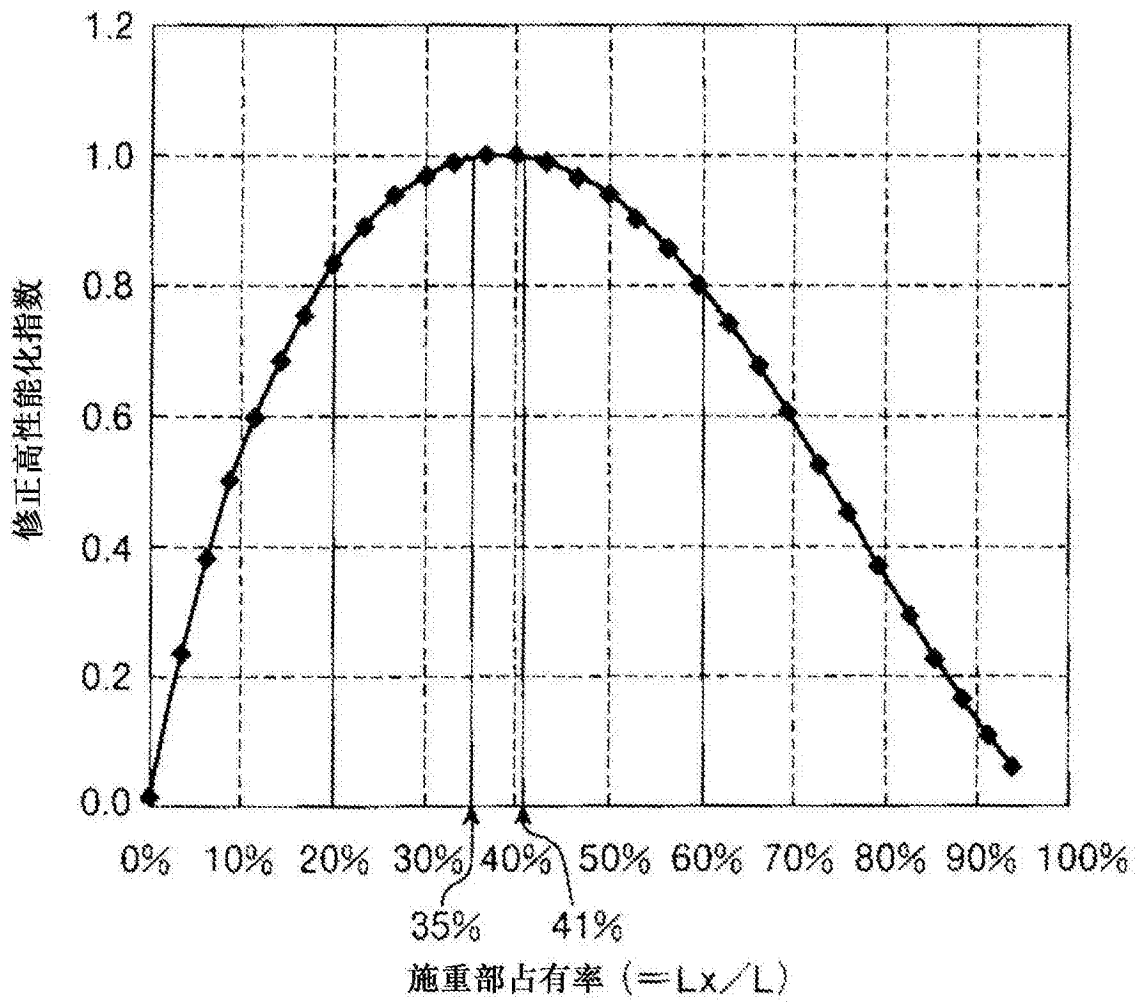


图11

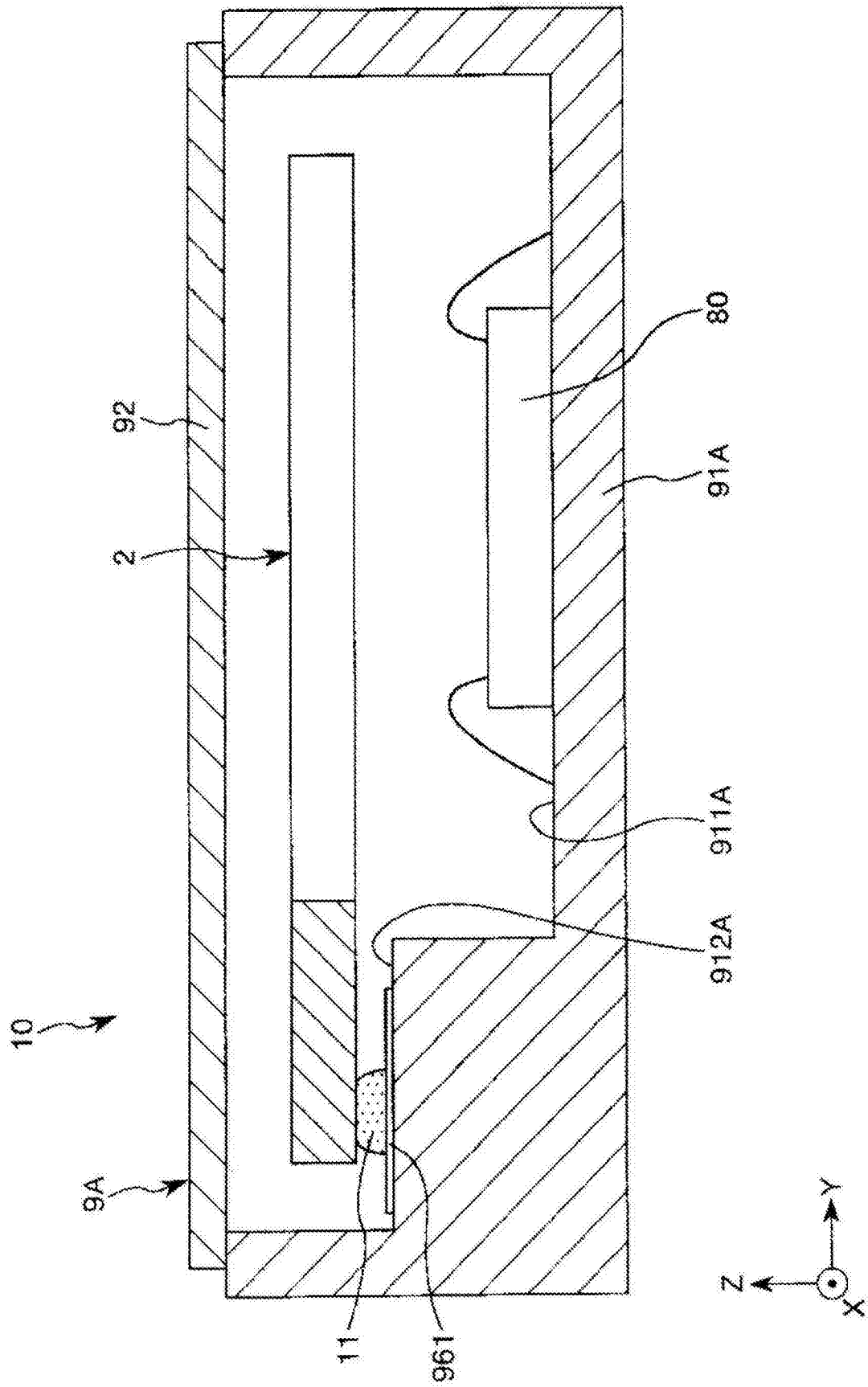


图12

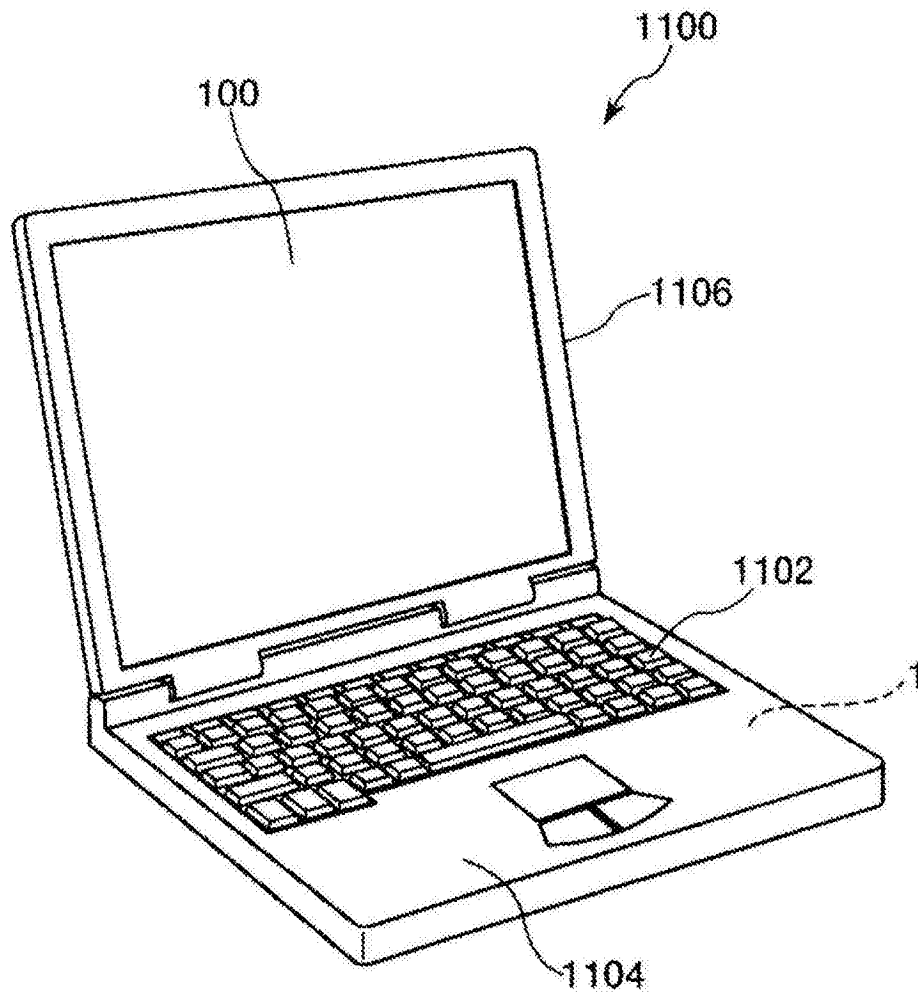


图13

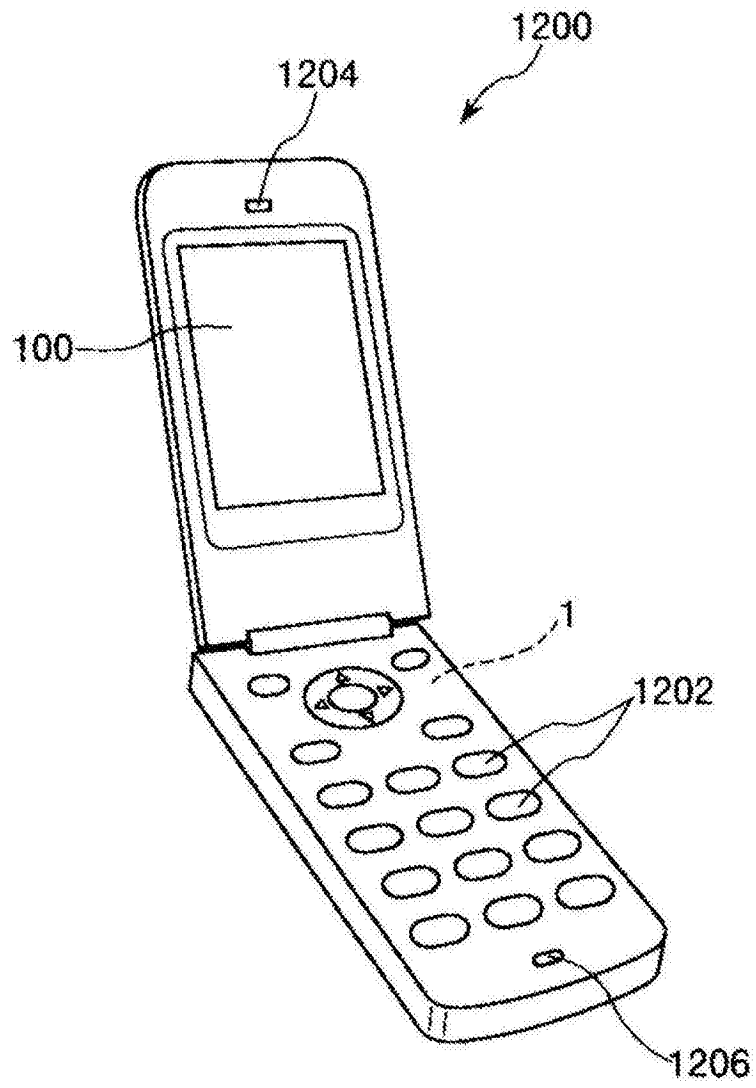


图14

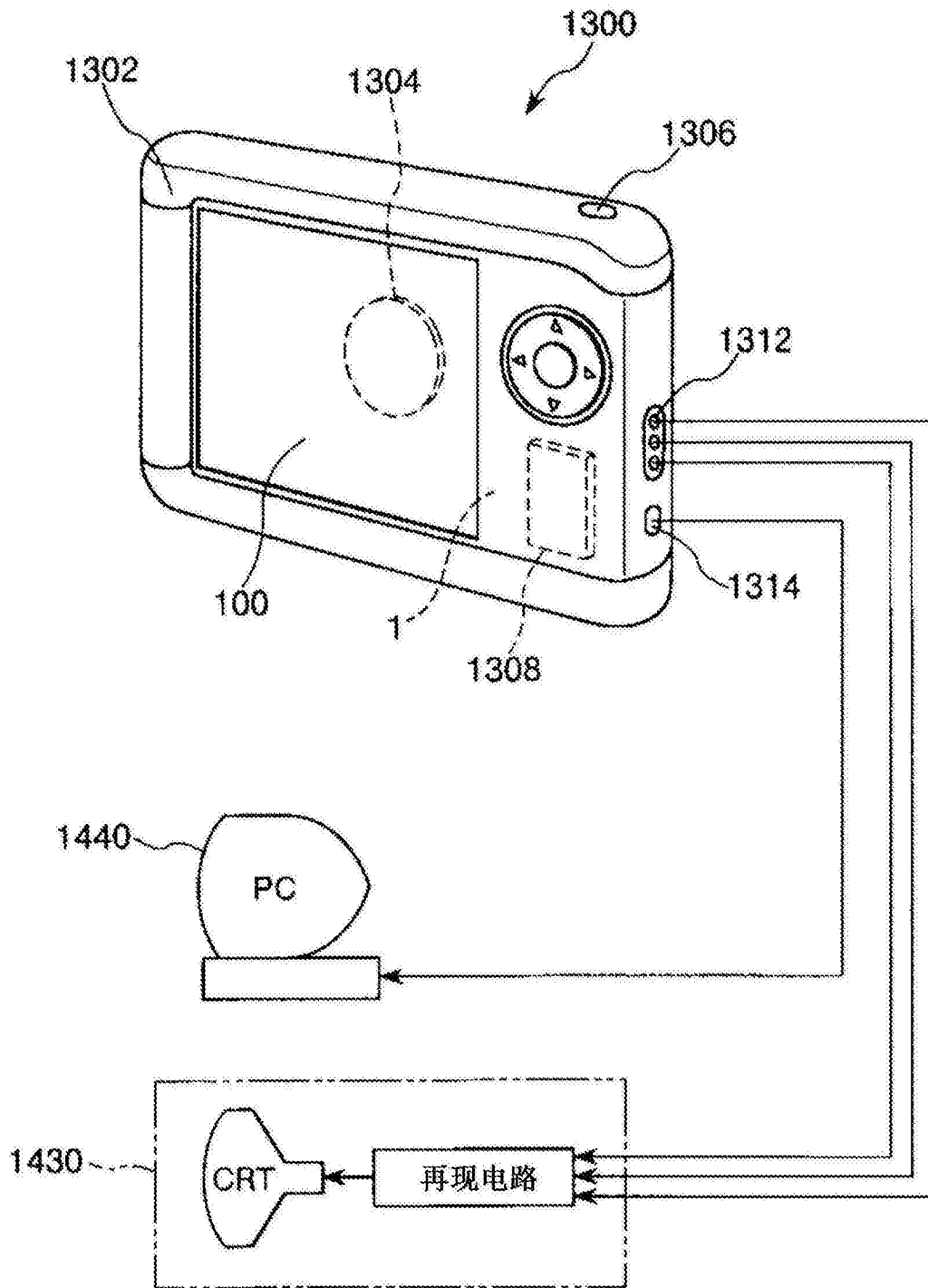


图15

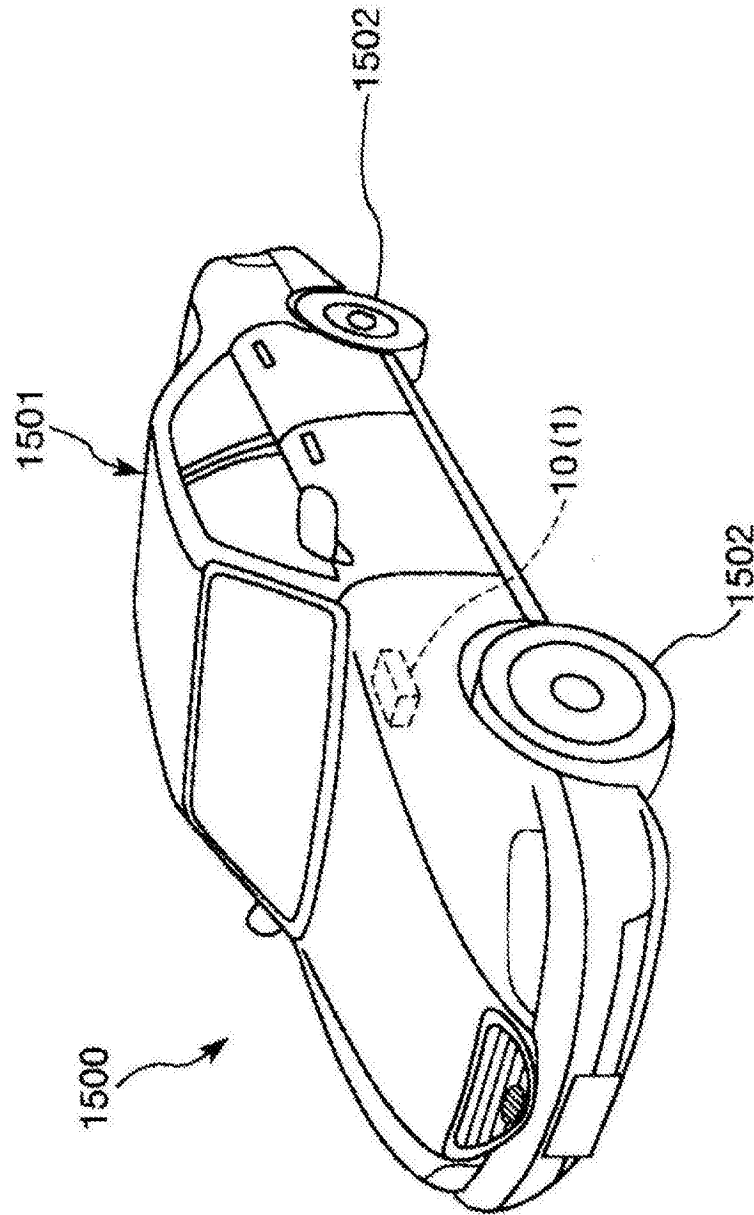


图16

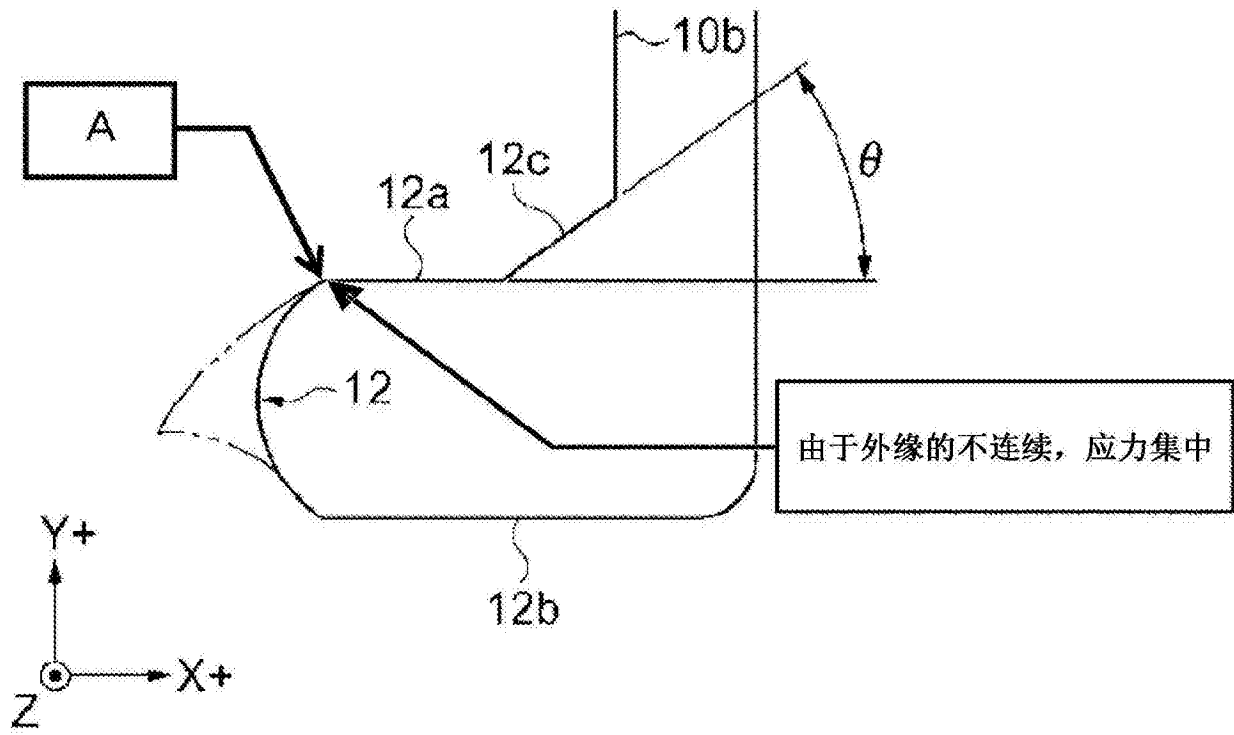


图17