



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104518749 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201410514098.2

(51)Int.CI.

(22)申请日 2014.09.29

H03H 9/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H03H 9/19(2006.01)

申请公布号 CN 104518749 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2015.04.15

JP 2012249099 A, 2012.12.13,

(30)优先权数据

JP 2013046085 A, 2013.03.04,

2013-206162 2013.10.01 JP

CN 102957394 A, 2013.03.06,

(73)专利权人 精工爱普生株式会社

CN 101383599 A, 2009.03.11,

地址 日本东京都

US 2012306321 A1, 2012.12.06,

(72)发明人 山本雄介

JP 2010193496 A, 2010.09.02,

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

JP 2000106517 A, 2000.04.11,

代理人 李辉 黄纶伟

JP 2013192044 A, 2013.09.26,

JP 2007158486 A, 2007.06.21,

审查员 屈姗姗

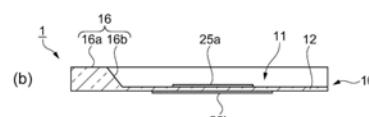
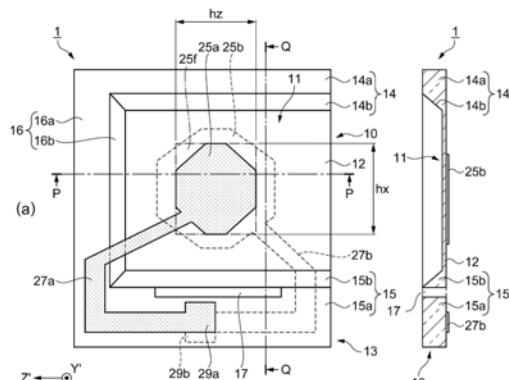
权利要求书1页 说明书12页 附图10页

(54)发明名称

振动元件、振子、电子器件、电子设备以及移动体

(57)摘要

振动元件、振子、电子器件、电子设备以及移动体。抑制了寄生振动的影响、振动特性良好。振动元件包含以厚度剪切振动的方式进行振动的基板(10)；第1激励电极(25a)，其设置在基板(10)的一个主面上，具有切除假想四边形(25f)的至少三个角后的形状；第2激励电极(25b)，其设置在基板(10)的另一个主面上，假想四边形(25f)的面积(S1)与第1激励电极(25a)的面积(S2)之比(S_2/S_1)满足 $69.2\% \leq (S_2/S_1) \leq 80.1\%$ 的关系。



1. 一种振动元件，其特征在于，该振动元件包含：
基板，其包含彼此处于正反关系的第1主面和第2主面，进行厚度剪切振动；
第1激励电极，其设置在所述第1主面上；以及
第2激励电极，其设置在所述第2主面上，在俯视时与所述第1激励电极重叠，
在设所述基板的所述厚度剪切振动的振动方向为第1方向、与所述振动方向正交的方向为第2方向的情况下，
在假想具有沿所述第1方向的第1边以及第2边、沿所述第2方向的第3边以及第4边的四边形时，所述第1激励电极的外缘在俯视时包含：
包含与所述第1边接触的直线状部分的第一外缘部、包含与所述第2边接触的直线状部分的第二外缘部、包含与所述第3边接触的直线状部分的第三外缘部、以及包含与所述第4边接触的直线状部分的第四外缘部、连结所述第一外缘部与所述第三外缘部之间的第五外缘部、连结所述第一外缘部与所述第四外缘部之间的第六外缘部、连结所述第二外缘部与所述第三外缘部之间的第七外缘部、以及连结所述第二外缘部与所述第四外缘部之间的第八外缘部，
所述第五外缘部、所述第六外缘部、所述第七外缘部以及所述第八外缘部位于所述四边形的角部的内侧、且是圆弧状，
所述第1激励电极的沿所述第1方向的长度比所述第1激励电极的沿所述第2方向的长度长，
在设所述四边形的面积为S1、所述第1激励电极的面积为S2时，满足 $69.2\% \leq (S2/S1) \leq 80.1\%$ 。
2. 根据权利要求1所述的振动元件，其特征在于，
所述第1激励电极在俯视时处于所述第2激励电极的外缘内。
3. 根据权利要求1或2所述的振动元件，其特征在于，
该振动元件包含引线电极，该引线电极从所述第1激励电极的外缘中的所述第一外缘部延伸。
4. 根据权利要求1或2所述的振动元件，其特征在于，
所述基板是石英基板。
5. 根据权利要求4所述的振动元件，其特征在于，
所述石英基板是AT切石英基板。
6. 根据权利要求1或2所述的振动元件，其特征在于，
在设所述第1激励电极的沿着所述第1方向的长度为hx、所述第1激励电极的沿着所述第2方向的长度为hz时，满足 $1.25 \leq hx/hz \leq 1.31$ 。
7. 一种振子，其特征在于，该振子具备：
权利要求1或2所述的振动元件；以及
收容有所述振动元件的封装。
8. 一种电子器件，其特征在于，该电子器件具备：
权利要求1或2所述的振动元件；以及
驱动所述振动元件的振荡电路。
9. 一种电子设备，其特征在于，该电子设备具备权利要求1或2所述的振动元件。
10. 一种移动体，其特征在于，该移动体具备权利要求1或2所述的振动元件。

振动元件、振子、电子器件、电子设备以及移动体

技术领域

[0001] 本发明涉及激励出厚度剪切振动的振动元件、振子、电子器件、电子设备以及移动体。

背景技术

[0002] 激励出作为主振动的厚度剪切振动的AT切石英振子适合小型化、高频率化且频率温度特性呈现出良好的三次曲线,所以使用于振荡器、电子设备等的多个方面。尤其,近年来,伴随着传输通信设备、OA设备的处理速度的高速化或者通信数据及处理量的大容量化的发展,对于作为其采用的基准频率信号源的AT切石英振子的高频化要求越来越高。关于以厚度剪切振动进行激励的AT切石英振子的高频化,一般通过使振动部分的厚度变薄来实现高频化。

[0003] 但是,当振动部分的厚度伴随着高频化而变薄时,存在这样的问题:频率的调整灵敏度提高,所以,频率最终精度变差,振子的制造合格率降低。与此相对,专利文献1公开了这样的情况:在温度补偿型振荡器的振动元件中,大致均等地切除长方形状的激励电极的四个角,通过使其面积与切除前的面积之比成为95%~98%,可减小振子的电容比 γ (= C_0/C_1 ,这里, C_0 是等效并联电容, C_1 是等效串联电容),因为频率可变灵敏度变大,所以,能够增大振荡频率的调节的富余度。

[0004] 专利文献1:日本特开2002-111435号公报

[0005] 但是,存在这样的问题:主振动与由于振动部分厚度的平面平行度的偏差等而产生的寄生振动发生耦合的可能性较高,产生频率的跃变(jump)现象,振荡变得不稳定。

发明内容

[0006] 本发明是为了解决上述课题的至少一部分而完成的,可作为以下的方式或应用例来实现。

[0007] [应用例1]

[0008] 本应用例的振动元件的特征是,该振动元件包含:基板,其以厚度剪切振动的方式进行振动,包含彼此处于正反关系的第1主面和第2主面;第1激励电极,其设置在所述第1主面上;以及第2激励电极,其设置在所述第2主面上,在俯视时与所述第1激励电极重叠,所述基板中的被所述第1激励电极和所述第2激励电极夹住的区域包含俯视时与假想的四边形相接的边或圆周,该假想的四边形的四个角的大小全部相等,并且,所述区域包含俯视时与所述四边形的至少3个角部不重叠的外缘部,在设所述四边形的面积为S1、所述第1激励电极的面积为S2时,满足 $69.2\% \leq (S_2/S_1) \leq 80.1\%$ 。

[0009] 根据本应用例,具有这样的效果:通过使被上述第1激励电极和上述第2激励电极夹住的区域成为切除四边形的3个角部后的形状,可得到稳定地以主振动进行振动的振动元件。

[0010] 即,主振动的振动区域集中于激励电极的中央部,所以,即使成为切除激励电极的

3个角部后的电极形状,对频率变化的影响也很小,主振动的频率几乎不变。但是,由于振动部分的厚度的平面平行度的偏差等而产生的寄生振动的振动区域集中于激励电极的四个角和周边部,因此,当被上述第1激励电极和上述第2激励电极夹住的区域成为切除四边形的3个角部后的电极形状时,寄生振动的振动区域上的激励电极的面积变小,等同于激励电极的膜厚变薄,所以寄生振动的频率变高。因此,具有可得到稳定地以主振动进行振动的振动元件的效果。

[0011] 另外,具有这样的效果:因为切除了实际上对主振动的振动没有贡献的激励电极的四个角的至少三个角,所以能够高效地封闭主振动的振动能量,使等效串联电容C1变大而且能够减小由激励电极的面积决定的等效并联电容C0,从而可获得电容比 γ 小的振动元件。

[0012] [应用例2]

[0013] 上述应用例记载的振动元件的特征是,所述区域包含俯视时与所述四边形的4个角部不重叠的外缘部。

[0014] 根据本应用例,通过成为切除了实际对主振动的振动没有贡献的激励电极的四个角的形状,能够在使主振动的频率几乎不变化的情况下,减小寄生振动的振动区域集中的区域的电极面积,因此能够提高寄生振动的频率。从而具有这样的效果:可得到降低了由于与寄生振动的耦合而引起的频率跃变现象的振动元件。

[0015] 另外,因为能够使激励电极减小,所以具有可获得电容比 γ 小的振动元件的效果。

[0016] [应用例3]

[0017] 上述应用例记载的振动元件的特征是,所述第1激励电极在俯视时处于所述第2激励电极的外缘内。

[0018] 根据本应用例,具有这样的效果:在用金属掩模法形成第1激励电极和第2激励电极的情况下,即使掩模存在一些位置偏离,在俯视时第1激励电极和第2激励电极重叠的面积也不易发生变化,因此不易产生等效串联电容C1、等效并联电容C0的偏差,能够得到电容比 γ 的偏差较小的振动元件。

[0019] 另外,厚度剪切振动仅在第1激励电极与第2激励电极在俯视时重叠的区域进行振动,所以当第1激励电极处于第2激励电极的外缘内时,可利用第1激励电极的面积和厚度来决定高效地封闭主振动的振动能量的情况。

[0020] 因此,相比于第1激励电极与第2激励电极的面积相同的情况,可使电极的厚度变厚,具有能够降低电极膜的欧姆损耗并降低主振动的CI值的劣化的效果。

[0021] [应用例4]

[0022] 上述应用例记载的振动元件的特征是,该振动元件包含引线电极,该引线电极从所述第1激励电极的外缘中的、与所述四边形的角部不重叠的区域以外的外缘延伸。

[0023] 根据本应用例,引线电极从切除角部后的区域以外的第1激励电极的外缘延伸,能够可靠地减小集中于第1激励电极的周边部的寄生振动的振动区域中的第1激励电极的面积,所以具有这样的效果:可获得能够提高寄生振动的频率而减少与主振动的耦合的振动元件。

[0024] [应用例5]

[0025] 上述应用例记载的振动元件的特征为,所述基板是石英基板。

[0026] 根据本应用例,因为石英基板的Q值高、温度特性良好,所以具有可获得具备稳定的振动特性的振动元件这样的效果。

[0027] [应用例6]

[0028] 上述应用例记载的振动元件的特征为,所述石英基板是AT切石英基板。

[0029] 根据本应用例,具有如下的效果:基板通过采用具有温度特性良好的切断角度的AT切石英基板,可实现频率温度特性良好的振动元件。

[0030] [应用例7]

[0031] 上述应用例记载的振动元件的特征是,在设所述第1激励电极的沿着厚度剪切振动方向的长度为hx、沿着与所述厚度剪切振动方向正交的方向的长度为hz时,满足 $1.25 \leq hx/hz \leq 1.31$ 。

[0032] 根据本应用例,当采用由结晶的各向异性决定的移位方向的移位分布和与其正交的方向的移位分布不同的基板时,可提高主振动的能量封闭的效率,所以,等效串联电容C1变大,能够使振动元件的电容比 γ 更小。

[0033] [应用例8]

[0034] 本应用例的振子的特征是,具备上述应用例所述的振动元件和收容所述振动元件的封装。

[0035] 根据本应用例,通过在封装中收容振动元件来获得可靠性品质高的振子。

[0036] 例如,因为能够防止温度变化或湿度变化等外部干扰的影响或污染的影响,所以具有可获得频率再现性、频率温度特性、CI温度特性以及频率老化特性良好的振子的效果。

[0037] [应用例9]

[0038] 本应用例的电子器件的特征是,具备上述应用例所述的振动元件和驱动上述振动元件的振荡电路。

[0039] 根据本应用例,具有可获得这样的电子器件的效果:振动元件的主振动具有稳定的特性。

[0040] 例如,因为振动元件的主振动与寄生振动的频率差较大,所以具有能降低由于与寄生振动的耦合而引起的频率跃变现象的稳定的振荡特性,而且振动元件的电容比 γ 小,所以具有可获得具备较宽的频率可变幅度的压控型电子器件的效果。

[0041] 另外,电子器件可构成振荡器、温度补偿型振荡器等,具有可构成频率再现性、老化特性、频率温度特性良好的振荡器的效果。

[0042] [应用例10]

[0043] 本应用例的电子设备的特征是具备上述应用例所述的振动元件。

[0044] 根据本应用例,在电子设备中采用主振动具有稳定特性的振动元件,由此具有可构成高性能的电子设备的效果。

[0045] [应用例11]

[0046] 本应用例的移动体的特征是具备上述应用例所述的振动元件。

[0047] 根据本应用例,因为具备主振动具有稳定特性的振动元件,所以能够获得更高性能的移动体。

附图说明

[0048] 图1是示出本发明一实施方式的振动元件的构造的概括图,图1的(a)是俯视图,图1的(b)是P-P线剖视图,图1的(c)是Q-Q线剖视图。

[0049] 图2是说明AT切石英基板与晶轴之间的关系的图。

[0050] 图3是示出设置有激励电极的振动元件中的振动移位分布的说明图,图3的(a)是俯视图,图3的(b)是纵剖视图。

[0051] 图4是示出AT切石英振动元件的试制条件和测定结果的图。

[0052] 图5是示出与激励电极的面积比相对的振动元件的C1值以及 Δf 值的图。

[0053] 图6是示出本发明变形例的振动元件的构造的概括图,图6的(a)是示出第一变形例的俯视图,图6的(b)是示出第二变形例的俯视图,图6的(c)是示出第三变形例的俯视图。

[0054] 图7是示出振子的构造的概括图,图7的(a)是俯视图,图7的(b)是纵剖视图。

[0055] 图8是示出本发明一实施方式的电子器件的构造的概括图,图8的(a)是俯视图,图8的(b)是纵剖视图。

[0056] 图9是示出应用了具备本发明一实施方式的振动元件的电子设备的移动型(或笔记本型)个人计算机的结构的立体图。

[0057] 图10是示出应用了具备本发明一实施方式的振动元件的电子设备的移动电话机(还包含PHS)的结构的立体图。

[0058] 图11是示出应用了具备本发明一实施方式的振动元件的电子设备的数字照相机的结构的立体图。

[0059] 图12是概括地示出作为本发明的移动体的一例的汽车的立体图。

[0060] 标号说明

[0061] 1、1a振动元件;2振子;3电子器件;10基板;11凹陷部;12振动部;13厚壁部;14第1厚壁部;14a第1厚壁主体;14b第1倾斜部;15第2厚壁部;15a第2厚壁主体;15b第2倾斜部;16第3厚壁部;16a第3厚壁主体;16b第3倾斜部;17缝;23激励电极;25a、25c、25d、25e第1激励电极;25b第2激励电极;25f假想的四边形;26a、26b缺口部;27a、27b引线电极;29a、29b焊盘电极;30导电性粘结剂;40封装主体;41第1基板;42第2基板;43第3基板;44密封环;45安装端子;46导体;47元件安装焊盘;48电极端子;49盖部件;50封装主体;51 IC部件;52电子部件;55电极端子;61第1基板;62第2基板;63第3基板;100显示部;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受话口;1206送话口;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;1330电视监视器;1340个人计算机;1400汽车;1401轮胎;1402电子控制单元。

具体实施方式

[0062] 以下,根据附图示出的优选实施方式来详细说明本发明的振动元件、振子、电子器件、电子设备以及移动体。

[0063] <振动元件>

[0064] 首先,说明本发明的振动元件。

[0065] 图1是示出本发明一实施方式的振动元件的结构的概括图,图1的(a)是振动元件的俯视图,图1的(b)是图1的(a)的P-P线剖视图,图1的(c)是图1的(a)的Q-Q线剖视图。

[0066] 振动元件1具备：基板10，其具有振动部12以及与振动部12连接设置且厚度比振动部12的厚度厚的厚壁部13；在振动部12的两个主面($\pm Y'$ 方向的正反面)上以分别相对的方式形成的第1激励电极25a、第2激励电极25b；以及从第1激励电极25a、第2激励电极25b向设置于厚壁部的焊盘电极29a、29b分别延伸地形成的引线电极27a、27b。

[0067] 基板10具备：厚度固定的平板状的振动部12，其呈矩形且较薄，与 Y' 轴垂直；厚壁部13，其由沿着振动部12的除一边以外的三边而一体化的第1厚壁部14、第2厚壁部15和第3厚壁部16(也称作第1、第2和第3厚壁部14、15、16)构成；以及缝17，其用于防止将进行支承固定时产生的安装应力传递至振动部12。

[0068] 另外，第1厚壁主体14a、第2厚壁主体15a和第3厚壁主体16a(也称作第1、第2、第3厚壁主体14a、15a、16a)是指与 Y' 轴平行、厚度固定的区域。

[0069] 此外，第1倾斜部14b、第2倾斜部15b和第3倾斜部16b(也称作第1、第2和第3倾斜部14b、15b、16b)是指在第1、第2、第3厚壁主体14a、15a、16a与振动部12之间产生的倾斜面。

[0070] 振动部12的一个主面与第1、第2、第3厚壁部14、15、16各自的一个面处于同一平面上，即处于图1所示的坐标轴的X-Z'平面上，将该面称作(处于图1的(b)的-Y'方向的下表面侧)称作平坦(flat)面，将具有凹陷部11的相反侧的面(处于图1的(b)的+Y'方向的上表面侧)称作凹陷面。

[0071] 在图1所示的实施方式例中，第1激励电极25a形成为切除四边形优选为矩形的四个角后的形状，即，形成为边与由沿着X轴方向的长度hx和沿着Z'轴方向的长度hz构成的假想四边形25f内接、切除上述假想四边形25f的四个角后的形状。另外，第2激励电极25b也与第1激励电极25a同样地形成为切除四边形优选为矩形的四个角的形状。而且，第1激励电极25a和第2激励电极25b以俯视时相互重叠的方式，分别形成在振动部12的大致中央部的两个主面(正面和反面)上。此外，第2激励电极25b的形状也可以是四边形、矩形状、圆形、椭圆形。

[0072] 第1激励电极25a和第2激励电极25b的大小不同，第2激励电极25b比第1激励电极25a大。在振动部12中实际进行激励的区域是被第1激励电极25a和第2激励电极25b夹着的区域。即，在第2激励电极25b中，实际对激励振动部12有贡献的区域是俯视时与第1激励电极25a重叠的部分。即，第2激励电极25b由对激励有贡献的电极、以及与该对激励有贡献的电极的外缘一体化的对激励没有贡献的电极构成。

[0073] 此外，关于第1激励电极25a、第2激励电极25b的与引线电极27a、27b连接的部分，以沿着激励电极形状的外缘(外边)的延长线(假想线)为边界来说明其形状和面积。

[0074] 优选切除的第1激励电极25a关于第1激励电极25a的中心点对称。或者，四个角的缺口面积相对于假想的四边形25f相同。此外，在第1激励电极25a中，期望的是切除假想四边形25f的四角的4个面积分别相同(大致均等)，但已确认到如果考虑到制造偏差，即使产生了大约10%的误差，也不会对实际的振动产生影响，不存在对能够通过本实施方式的例子得到的效果产生影响的问题。

[0075] 引线电极27a从形成于凹陷面上的第1激励电极25a延伸，从振动部12上经由第3倾斜部16b和第3厚壁主体16a，与形成于第2厚壁主体15a的凹陷面上的焊盘电极29a导通连接。此外，引线电极27b从形成于平坦面上的第2激励电极25b延伸，经由基板10的平坦面的端缘部，与形成于第2厚壁主体15a的平坦面上的焊盘电极29b导通连接。

[0076] 图1的(a)所示的实施方式例只是引线电极27a、27b的引出结构的一例,引线电极27a也可以经过其它厚壁部。但是,希望引线电极27a、27b的长度最短,优选的是,通过以引线电极27a、27b彼此隔着基板10而不交叉的方式进行配置,来抑制静电电容的增加。

[0077] 另外,第1激励电极25a、第2激励电极25b、引线电极27a、27b和焊盘电极29a、29b是使用蒸镀装置或溅射装置等例如形成镍(Ni)膜作为底层、并在其上重叠地形成金(Au)膜作为上层、然后通过光刻进行构图而形成的。另外,作为电极材料,也可以替代底层的镍(Ni)而使用铬(Cr),并且替代上层的金(Au)而使用银(Ag)、铂(Pt)。

[0078] 接着,说明本实施方式例的振动元件1的基板10。

[0079] 图2是说明AT切石英基板与晶轴之间的关系的图。

[0080] 石英等压电材料属于三方晶系列,如图2所示,具有相互正交的晶轴X、Y、Z。X轴、Y轴、Z轴分别称为电气轴、机械轴、光学轴。并且,石英基板采用了沿着使XZ面绕X轴旋转角度 θ 后的平面而从石英切出的“旋转Y切石英基板”作为基板10。例如,在AT切石英基板的情况下,角度 θ 大致为35°15'。另外,Y轴和Z轴也绕X轴旋转 θ ,分别成为Y'轴和Z'轴。因此,AT切石英基板具有垂直的晶轴X、Y'、Z'。对于AT切石英基板,厚度方向是Y'轴,与Y'轴垂直的XZ'面(包含X轴和Z'轴的面)是主面,激励出厚度剪切振动作为主振动。

[0081] 即,如图2所示,基板10是“旋转Y切石英基板”,该旋转Y切石英基板将以正交坐标系的X轴为旋转轴使所述Z轴以+Z侧朝所述Y轴的-Y方向旋转的方式倾斜后的轴作为Z'轴、将以正交坐标系的X轴为旋转轴使所述Y轴以+Y侧朝所述Z轴的+Z方向旋转的方式倾斜后的轴作为Y'轴,主面为包含所述X轴和所述Z'轴的面,厚度方向为沿着所述Y'轴的方向,其中,该正交坐标系由X轴(电气轴)、Y轴(机械轴)和Z轴(光学轴)构成。

[0082] 此外,本实施方式例的基板10不限定于角度 θ 大致为35°15'的AT切,还可以广泛应用于激励出厚度剪切振动的BT切等的基板。

[0083] 虽然采用沿着振动部12的外缘设置厚壁部的例子进行了说明,但不限于此,还可以广泛应用于沿着振动部12的外缘全周设置厚壁部的基板或没有设置厚壁部的平板状基板。

[0084] 这里,本实施方式例的振动元件1采用具有温度特性良好的切断角度的AT切石英基板作为基板10,从而具有能够获得Q值高、温度特性良好的振动元件的效果。另外,因为能够灵活应用与光刻技术以及蚀刻技术相关的实际经验,所以能够批量生产温度特性良好、频率再现性、频率温度特性、CI温度特性以及频率老化特性等的特性偏差小的振动元件。

[0085] 接着,说明安装本实施方式例的振动元件1的压控型振荡器。

[0086] 一般情况下,压控型振荡器由振动元件1、振荡电路部、包含可变电容二极管的控制电压端子构成,作为重要的规格,存在频率可变范围,该频率可变范围是可利用控制电压来改变振动元件1的振荡频率的范围。该频率可变范围是传输通信设备等所需的APR(绝对频率可变范围)和频率允许偏差(频率常温偏差、频率温度特性、电源电压引起的频率变动、负载引起的频率变动、回流(reflow)引起的频率变动、时效变化引起的频率变动)之和,因此,压控型振荡器由振荡器自身补偿振荡器的外部环境和振荡电路条件的变化引起的频率变化量。因此,能够取得较大的频率可变范围,这可缓和由于制造和设计引起的频率允许偏差,因此,在提高振动元件1的制造成品率方面非常重要。

[0087] 这里,利用下式(1)来表示压控型振荡器的频率可变灵敏度S。

[0088] $S = -\Delta CL / (2 \times \gamma \times C_0 \times (1 + CL/C_0)^2) \dots \dots \quad (1)$

[0089] 这里, ΔCL 是负荷电容变化, γ 是电容比 (C_0/C_1), C_0 是等效并联电容, CL 是负荷电容。

[0090] 根据式(1), 如果由振荡电路构成的负载电容 CL 固定, 则频率可变灵敏度 S 由振动元件 1 的等效并联电容 C_0 和电容比 γ 确定, 尤其是电容比 γ 造成的影响较大。因此, 如果电容比 γ 较小, 则能够增大压控型振荡器的频率可变灵敏度 S , 能够提高振动元件 1 的制造成品率。

[0091] 接着, 说明振动元件 1a 的振动移位。

[0092] 图 3 是示出设置有激励电极的振动元件中的振动移位分布的说明图, 图 3 的 (a) 是俯视图, 图 3 的 (b) 是图 3 的 (a) 的纵剖视图。

[0093] 在图 3 中示出利用有限元法计算在基板 10 上设置有矩形状的激励电极 23 的振动元件 1a 的基波的厚度剪切振动模式的振动移位分布的结果。根据该图可知, 振动位移在激励电极 23 的四个角部非常小, 此部分对实际的振动没有贡献。此处, 振动元件 1a 的等效并联电容 C_0 是正反激励电极之间的静电电容, 因此, 取决于相对面积, 但等效串联电容 C_1 是实际的振动区域中的电容成分, 因此, 只要激励电极 23 的面积足够大, 则不取决于相对面积。因此, 去除对实际的振动没有贡献的激励电极 23 的一部分不会对等效串联电容 C_1 产生影响而能够仅减小等效并联电容 C_0 , 因此能够得到电容比 γ 较小的振动元件 1a。

[0094] 接着, 说明给主振动带来影响的寄生振动。

[0095] 一般情况下, 给作为主振动的厚度剪切振动带来影响的寄生振动被称为厚度剪切振动的非谐波模式, 是在图 3 内的基板 10 的长边方向上进行振动移位分布的 2 次模式的 (1, 2, 1) 模式或 3 次模式的 (1, 3, 1) 模式。

[0096] 2 次模式的 (1, 2, 1) 模式沿着基板 10 的长边方向以激励电极 23 的中心部为边界具有两个振动移位分布。因为在两个振动移位分布中产生的电荷的极性相反, 所以相互抵消, 通常不作为寄生振动进行振动。但是, 在振动部分的厚度的平面平行度具有偏差的情况下, 在两个振动移位分布中产生的极性不同的电荷的量不同, 不会抵消, 因此, 作为寄生振动进行振动。另外, 其频率高于主振动的频率, 与主振动的频率最接近。

[0097] 3 次模式的 (1, 3, 1) 模式在基板 10 的长边方向上具有 3 个振动移位分布。在激励电极 23 的中央部的 1 个振动移位分布与激励电极 23 的端部侧的两个振动移位分布中产生的电荷的极性相反, 极性不同的电荷的量不同, 所以, 始终作为寄生振动进行振动。另外, 其频率高于主振动的频率, 在 (1, 2, 1) 模式不振动的情况下, 与主振动的频率最接近。

[0098] 关于上述厚度剪切振动的非谐波模式的寄生振动, 在成为切除激励电极的周边部后的电极形状时, 寄生振动的振动移位分布上的激励电极的面积变小, 等同于激励电极的膜厚变薄, 所以其频率变高。另外, 在主振动中, 即使成为切除激励电极的周边部后的形状, 所切除的部分实际上对振动没有贡献, 所以, 频率几乎不变化。因此, 通过成为切除激励电极的周边部后的电极形状, 可增大主振动与寄生振动之间的频率差, 能够得到减少了由于与寄生振动的耦合而引起的频率跃变现象的振动元件 1。

[0099] 图 4 是示出在图 1 的实施方式例中试制的具有 114MHz 频带的共振频率的 AT 切石英振动元件的试制条件和测定结果。另外, 图 5 是在曲线图上描绘与图 4 所示的 AT 切石英振动元件的激励电极的面积比 (S_2/S_1) 相对的 C_1 值以及主振动与寄生振动之间的频率差 Δf 值

的图。

[0100] 所试制的具有114MHz频带的共振频率的AT切石英振动元件(振动元件1)的试制条件是:使由沿着图1所示的X轴方向的长度 hx 和沿着Z'轴方向的长度 hz 构成的假想四边形25f的面积S1从 0.564mm^2 变化到 0.705mm^2 ,使边与假想四边形25f内接的第1激励电极25a的面积S2固定为 0.470mm^2 。另外,测定结果是各试制条件下的AT切石英振动元件(振动元件1)的等效串联电容C1、以及主振动与最接近于主振动频率的寄生振动之间的频率差 Δf 。此外,利用主振动的频率进行基准化而示出频率差 Δf ,因为第1激励电极25a的面积S2固定为 0.470mm^2 ,所以,等效并联电容C0是 2.76pF 。

[0101] 图5示出等效串联电容C1随着面积比($S2/S1$)变大而变小的趋势,并示出频率差 Δf 变大的趋势。这里,在设压控型振荡器中对振动元件1要求的电容比 γ 的规格为300以下(因为等效并联电容C0是 2.76pF ,所以等效串联电容C1是 9.2fF 以上)、设与寄生振动之间的频率差 Δf 的规格为1300ppm以上时,根据图5的曲线图可知,满足此规格的面积比($S2/S1$)是 $69.2\% \leq (S2/S1) \leq 80.1\%$ 的范围。因此,通过使第1激励电极25a成为切除周边部后的形状并使面积比($S2/S1$)满足 $69.2\% \leq (S2/S1) \leq 80.1\%$ 的关系,可获得电容比 γ 是300以下、且与寄生振动之间的频率差 Δf 为1300ppm以上的AT切石英振动元件(振动元件1)。

[0102] 另外,考虑到制造偏差等,当使电容比 γ 的规格成为297以下(C1是 9.3fF 以上)、使频率差 Δf 的规格成为1350ppm以上时,优选面积比($S2/S1$)是 $71.5\% \leq (S2/S1) \leq 77.8\%$ 的范围。而且,当使电容比 γ 的规格成为294以下(C1是 9.4fF 以上)、使频率差 Δf 的规格成为1400ppm以上时,进一步优选面积比($S2/S1$)是 $73.8\% \leq (S2/S1) \leq 75.4\%$ 的范围。

[0103] 接着,返回至图1,在图1的(a)所示的实施方式例中,将凹陷面侧(图1的(b)的正面侧)的第1激励电极25a的面积大小设定为处于平坦面侧(图1的(b)的反面侧)的激励电极25b的外形形状的外缘内的大小。即,将第1激励电极25a形成为小于第2激励电极25b的形状。

[0104] 厚度剪切振动仅在第1激励电极25a与第2激励电极25b在俯视时重叠的区域进行振动,所以当第1激励电极25a处于第2激励电极25b的外缘内时,可利用第1激励电极25a的面积和厚度来决定高效地封闭主振动的振动能量的情况。因此,相比于第1激励电极25a与第2激励电极25b的面积相同的情况,能够使电极的厚度变厚,所以可降低电极膜的欧姆损耗,减少主振动的CI值劣化。

[0105] 另外,在用金属掩模法形成第1激励电极25a和第2激励电极25b的情况下,即使在电极形成时存在一些位置偏离,第1激励电极和第2激励电极的夹着振动部12的相对面积也不易发生变化,因此不易产生等效串联电容C1、等效并联电容C0的偏差,能够得到电容比 γ 的偏差较小的振动元件1。

[0106] 而且,当设沿着第1激励电极25a的厚度剪切振动方向的长度为 hx 、设沿着与上述厚度剪切振动方向正交的方向的长度为 hz 时,在AT切石英基板的情况下,通过使激励电极的尺寸比 hx/hz 成为1.28,来将主振动的振动能量高效地封闭在激励电极的区域内。因此,考虑到制造偏差而使激励电极的尺寸比 hx/hz 成为 $1.25 \leq hx/hz \leq 1.31$ 的关系,从而能够高效地封闭主振动的振动能量,所以能够进一步增大等效串联电容C1,能够获得电容比 γ 更小的振动元件1。

[0107] 以上,根据图1所示的一实施方式进行了说明,但本发明不限于此。已经确认到在

图6所示的各变形例中也能够扩大主振动频率与寄生振动频率的间隔，并且增大C1值(减小电容比 γ)。

[0108] 接着，说明本发明一实施方式的振动元件1的变形例。

[0109] 图6是示出本发明的变形例的振动元件的构造的概括图，图6的(a)是示出第一变形例的俯视图，图6的(b)是示出第二变形例的俯视图，图6的(c)是示出第三变形例的俯视图。

[0110] 在图6的(a)所示的第一变形例中，第1激励电极25c形成为在假想四边形25f的三个角具有缺口部26a的形状，剩余的一角与引线电极27a连接，所以，没有形成缺口部26a。

[0111] 在图6的(b)所示的第二变形例中，第1激励电极25d形成为在假想四边形25f的四个角具有曲线状例如圆弧状的缺口部26b的形状。另外，引线电极27a形成为从缺口部26b以外的第1激励电极25d的外缘延伸。因此，能够可靠地减小集中于第1激励电极25d的周边部的寄生振动的振动区域中的第1激励电极25d的面积，能够提高寄生振动的频率，减少与主振动的耦合。

[0112] 在图6的(c)所示的第三变形例中，第1激励电极25e形成为圆周与假想四边形25f内接的椭圆形状。通过使第1激励电极25e成为椭圆形状，可高效地封闭主振动的振动能量，从而具有可进一步减小电容比 γ 的效果。

[0113] 在这些变形例中，只要面积比 (S_2/S_1) 满足 $69.2 \leq (S_2/S_1) \leq 80.1\%$ 的关系，就能够扩大主振动频率与寄生振动频率的间隔，而且，能够增大C1值(减小电容比 γ)，所以可减少由于与寄生振动的耦合而产生的频率跃变现象，获得电容比 γ 小的振动元件1。

[0114] <振子>

[0115] 接着，说明应用了上述振动元件1的振子2(本发明的振子)。

[0116] 图7是示出本发明一实施方式的振子的结构的图，图7的(a)是省略了盖部件的俯视图，图7的(b)是图7的(a)的纵剖视图。振子2由以下部分构成：振动元件1；为了收纳振动元件1而形成为矩形箱状的封装主体40；以及由金属、陶瓷、玻璃等构成的盖部件49。

[0117] 如图7所示，封装主体40是层叠第1基板41、第2基板42、第3基板43、密封圈44和安装端子45而形成的。在第1基板41的外部底面形成有多个安装端子45。第3基板43是去除了中央部后的环状体，在第3基板43的上部周缘处形成有例如铁镍钴合金等的密封圈44。

[0118] 由第3基板43和第2基板42形成收纳振动元件1的凹部(腔室)。在第2基板42的上表面的规定位置处，设置有通过导体46与安装端子45电导通的多个元件安装焊盘47。元件安装焊盘47以在载置振动元件1时与形成于第2厚壁主体15a上的焊盘电极29a对应的方式进行配置。

[0119] 在固定振动元件1时，首先反转(翻转)振动元件1而将焊盘电极29a载置到涂覆有导电性粘接剂30的元件安装焊盘47而施加负荷。关于导电性粘接剂30，考虑到时效变化而采用了脱气少的聚酰亚胺类粘接剂。

[0120] 接着，为了使安装于封装主体40的振动元件1的热硬化性的导电性粘接剂30硬化，将其放入到规定温度的高温炉中规定时间。在使导电性粘接剂30硬化后，用接合线BW对反转成为上表面侧的焊盘电极29b和封装主体40的电极端子48进行导通连接。如图7的(b)所示，将振动元件1支承/固定到封装主体40上的部分为一处(一点)，因此能够减小因支承固定产生的应力的大小。

[0121] 在实施了退火处理后,对第2激励电极25b附加质量、或减小质量来进行频率调整。之后,在形成于封装主体40的上表面的密封圈44上,载置盖部件49,在减压气氛中或氮气气氛中对盖部件49进行缝焊密封,从而完成振子2。或者,还有如下方法:在涂覆在封装主体40的第3基板43的上表面上的低熔点玻璃上,载置盖部件49,进行熔化而实现紧密贴合。在该情况下,封装的腔室内也成为减压气氛、或用氮气等惰性气体进行填充,完成振子2。

[0122] 也可以构成在Z'轴方向上隔着焊盘电极29a、29b的间隔而形成的振动元件1。在该情况下,也能够与图9中说明的振子2同样地构成振子。此外,还可以构成在同一平面上隔开间隔地形成了焊盘电极29a、29b的振动元件1。在该情况下,振动元件1是在两处(两点)涂覆导电性粘接剂30而实现了导通和支承/固定的结构。该结构是适于低高度化的结构,但是因导电性粘接剂30引起的安装应力可能会稍微变大。

[0123] 在以上的振子2的实施方式例中,说明了封装主体40采用了层叠板的例子,但也可以是:封装主体40采用单层陶瓷板,盖体采用实施深冲加工而成的帽而构成振子。

[0124] 如图7所示,支承振动元件1的部位仅为一点,且在厚壁部13与振动部12之间设置了缝17,由此能够减小因导电性粘接剂30产生的应力,因此具备如下效果:能够得到频率再现性、频率温度特性、CI温度特性和频率老化特性优异的振子2。

[0125] <电子器件>

[0126] 接着,说明已应用上述振动元件1的振荡器(本发明的电子器件)。

[0127] 图8是示出本发明的一个实施方式的电子器件的结构的图,图8的(a)是省略盖部件后的俯视图,图8的(b)是图8的(a)纵剖面图。电子器件3具有:封装主体50;盖部件49;振动元件1;IC部件51,其安装有对振动元件1进行激励的振荡电路;电容根据电压而变化的可变电容元件、电阻根据温度而变化的热敏电阻、以及电感器等电子部件52中的至少一个。

[0128] 如图8所示,封装主体50是层叠第1基板61、第2基板62和第3基板63而形成的。在第1基板61的外部底面形成有多个安装端子45。第2基板62和第3基板63由去除中央部后的环状体形成。

[0129] 由第1基板61、第2基板62和第3基板63形成了收纳振动元件1、IC部件51和电子部件52等的凹部(腔室)。在第2基板62的上表面的规定位置处,设置有通过导体46与安装端子45电导通的多个元件安装焊盘47。元件安装焊盘47以在载置振动元件1时与形成于第2厚壁主体15a上的焊盘电极29a对应的方式进行配置。

[0130] 将反转后的振动元件1的焊盘电极29a载置到涂覆有导电性粘接剂(聚酰亚胺类)30的封装主体50的元件安装焊盘47上,实现焊盘电极29a和元件安装焊盘47的导通。利用接合线BW将反转成为上表面侧的焊盘电极29b与封装主体50的电极端子48连接,通过形成于封装主体50的基板之间的导体,实现与IC部件51的一个电极端子55的导通。将IC部件51固定到封装主体50的规定位置处,利用接合线BW将IC部件51的端子与封装主体50的电极端子55连接。并且,将电子部件52载置到封装主体50的规定位置处,并使用金属凸块等连接到导体46。使封装主体50成为减压气氛或者用氮等惰性气体充满,用盖部件49对封装主体50进行密封而完成电子器件3。

[0131] 在利用接合线BW将焊盘电极29b和封装主体50的电极端子48连接的方法中,支承振动元件1的部位为一处(一点),减小了因导电性粘接剂30产生的安装应力。此外,在收纳到封装主体50时,反转振动元件1,使更大的激励电极25b处于上表面,因此电子器件3的频

率调整比较容易。

[0132] 如图8所示,通过构成电子器件3,使用了以基波进行激励的高频的振动元件1,因此,电容比小、频率可变幅度变大。并且,具有能够得到S/N比良好的压控型振荡器的效果。

[0133] 另外,作为电子器件3,可以构成振荡器、温度补偿型振荡器等,具有能够构成频率再现性、老化特性、频率温度特性优异的振荡器的效果。

[0134] <电子设备>

[0135] 然后,根据图9~图11来详细说明应用了本发明一实施方式的振动元件1的电子设备(本发明的电子设备)。

[0136] 图9是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的电子设备的移动型(或笔记本型)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以能够经由铰链构造部进行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、基准时钟等发挥作用的振动元件1。

[0137] 图10是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的电子设备的便携电话机(也包括PHS)的结构的立体图。在该图中,便携电话机1200具有多个操作按钮1202、受话口1204以及送话口1206,在操作按钮1202与受话口1204之间配置有显示部100。在这种便携电话机1200中内置有作为滤波器、谐振器等发挥作用的振动元件1。

[0138] 图11是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的电子设备的数字照相机的结构的立体图。在该图中,还简单地示出了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,数字静态照相机1300通过CCD(Charge Coupled Device)等摄像元件对被摄体的光像进行光电转换而生成摄像信号(图像信号)。

[0139] 在数字照相机1300中的外壳(机身)1302的背面设置有显示部100,构成为根据CCD的摄像信号进行显示,显示部100作为将被摄体显示为电子图像的取景器发挥作用。并且,在外壳1302的正面侧(图中反面侧)设置有包含光学镜头(摄像光学系统)和CCD等的受光单元1304。

[0140] 摄影者确认显示部100中显示的被摄体像,当按下快门按钮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,视频信号输出端子1312连接电视监视器1330,数据通信用的输入输出端子1314连接个人计算机1340。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1330或个人计算机1340。在这种数字照相机1300中内置有作为滤波器、谐振器等发挥作用的振动元件1。

[0141] 另外,除了图9的个人计算机1100(移动型个人计算机)、图10的便携电话机1200、图11的数字照相机1300以外,本发明一个实施方式的振动元件1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。

[0142] <移动体>

[0143] 接着,根据图12来说明应用了具有本发明一实施方式的振动元件1的振子2的移动体(本发明的移动体)。

[0144] 图12是概括地示出作为具备振子2的移动体的汽车1400的立体图。在汽车1400上安装有包含本发明一实施方式的振子2而构成的陀螺仪传感器。例如,如该图所示,在作为移动体的汽车1400上安装了内置有控制轮胎1401的该陀螺仪传感器的电子控制单元1402。另外,作为其它例,振子2可以广泛应用于无钥匙门禁、防盗器、汽车导航系统、汽车空调、防抱死制动系统(ABS)、安全气囊、轮胎压力监测系统(TPMS:Tire Pressure Monitoring System)、发动机控制器、混合动力汽车及电动汽车的电池监视器、以及车体姿势控制系统等的电子控制单元(ECU:electronic control unit)。

[0145] 如上所述,移动体具备振子2,该振子2具有抑制了寄生振动的影响的、振动特性良好的振动元件1,由此,能够提供更高性能的移动体。

[0146] 以上,根据图示的实施方式说明了本发明的振动元件1、振子2、电子器件3、电子设备以及移动体,但本发明不限于此,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,还可以适当组合上述各实施方式。

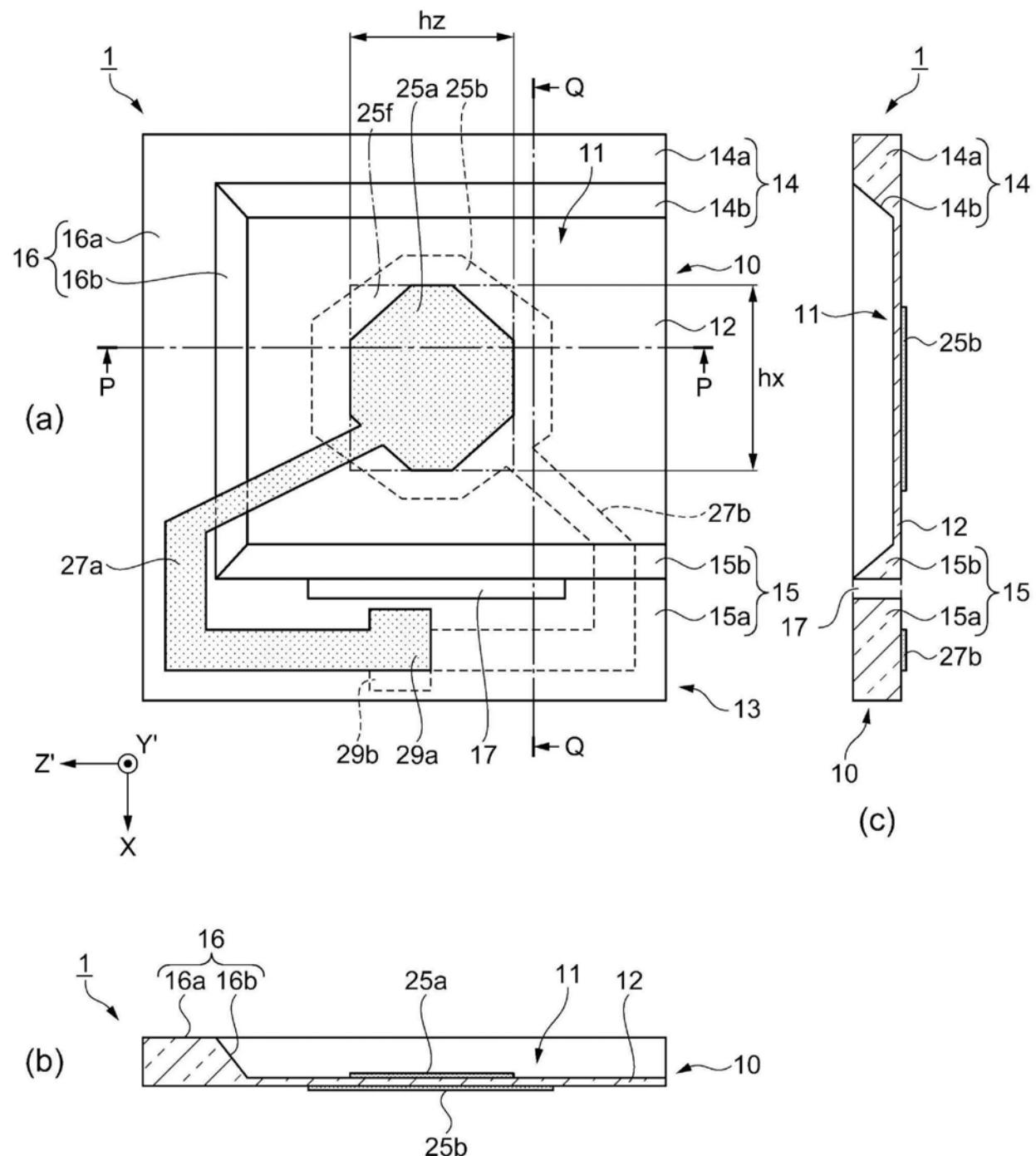


图1

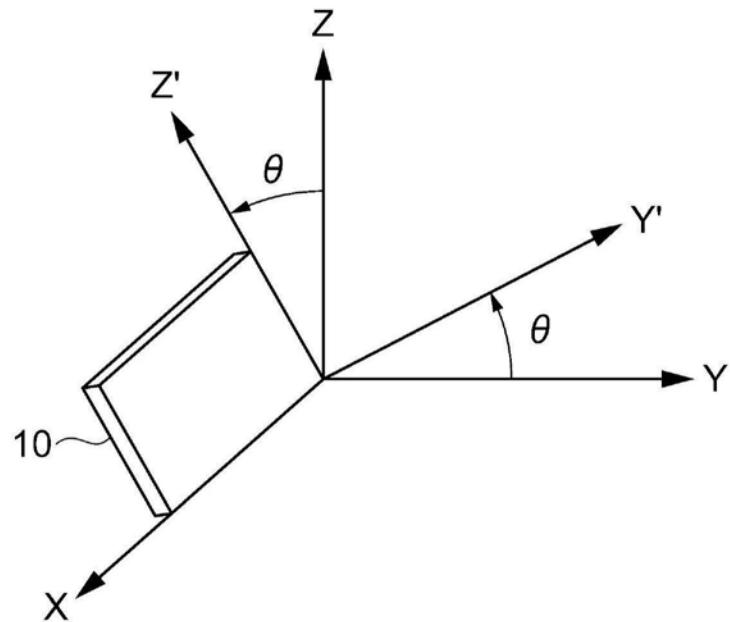


图2

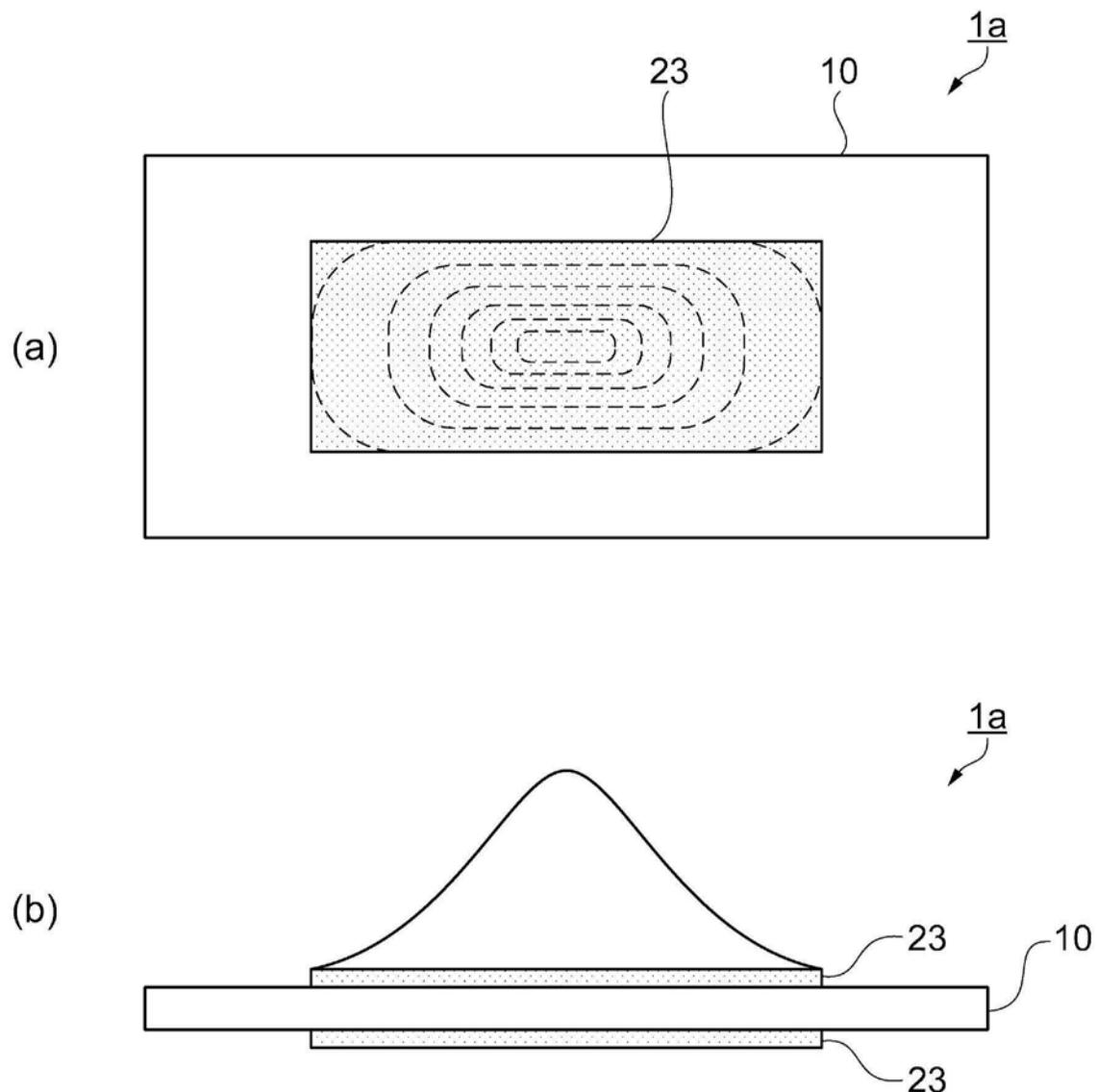


图3

No.	hx [mm]	hz [mm]	S1 [mm ²]	S2 [mm ²]	S2/S1 [%]	C1 [fF]	Δf [ppm]
1	0.843	0.668	0.564	0.470	83.3	9.06	1,615
2	0.861	0.682	0.587	0.470	80.0	9.18	1,560
3	0.878	0.696	0.611	0.470	76.9	9.48	1,396
4	0.895	0.709	0.634	0.470	74.1	9.35	1,451
5	0.911	0.722	0.658	0.470	71.4	9.49	1,322
6	0.927	0.735	0.681	0.470	68.8	9.75	1,280
7	0.943	0.748	0.705	0.470	66.3	9.80	1,260

图4

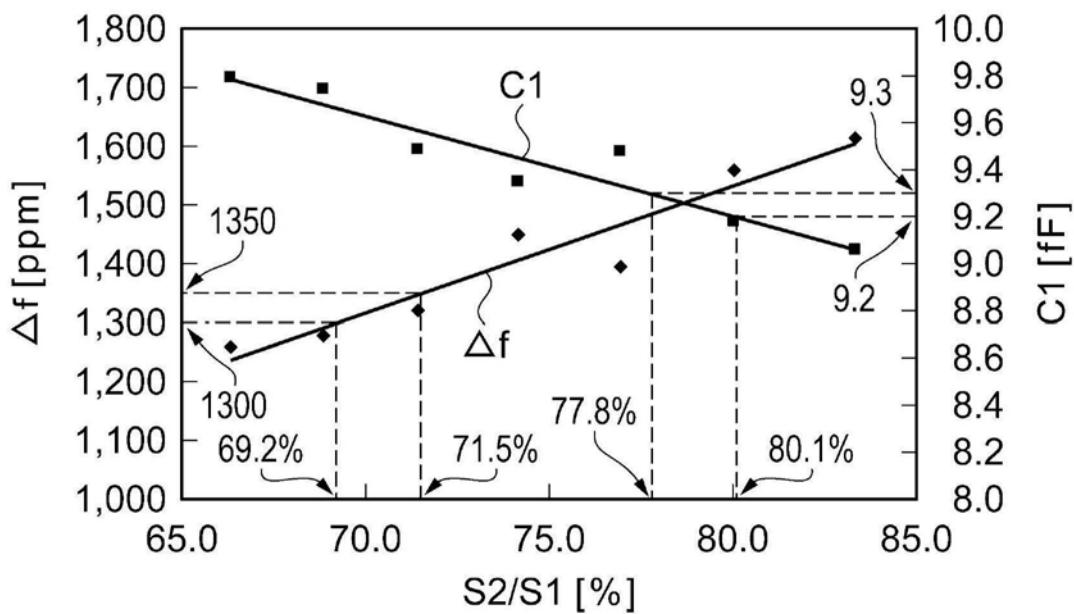


图5

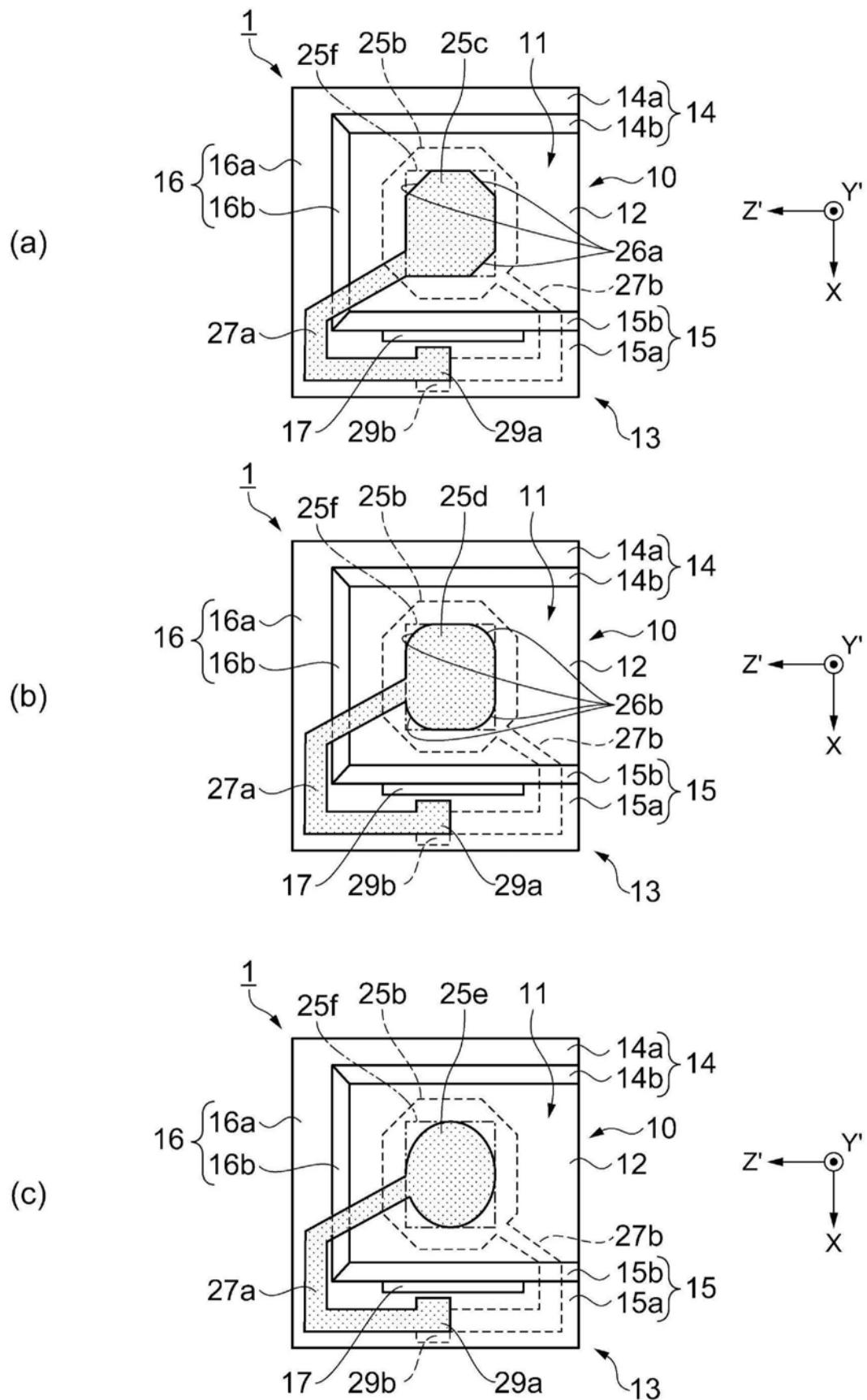


图6

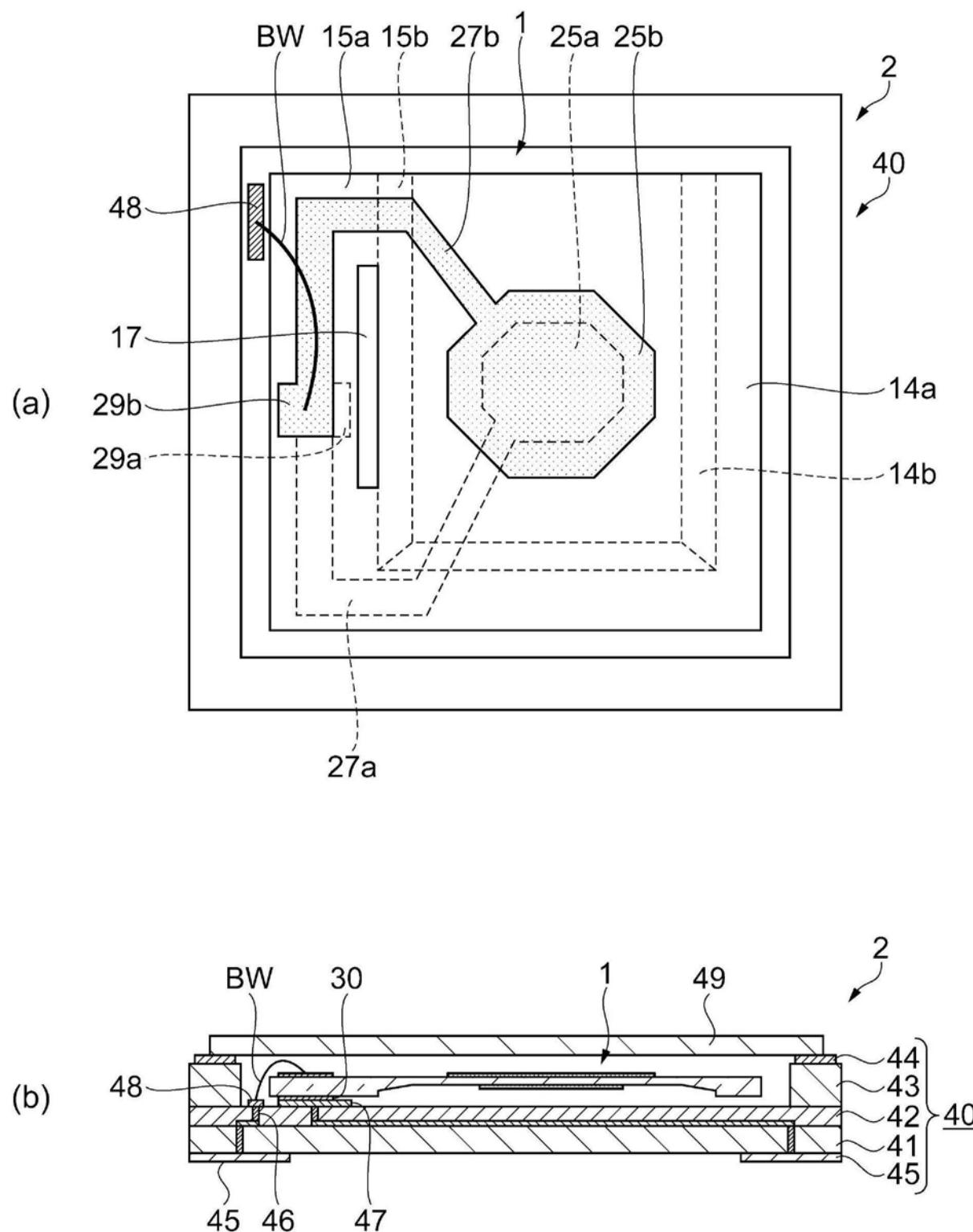


图7

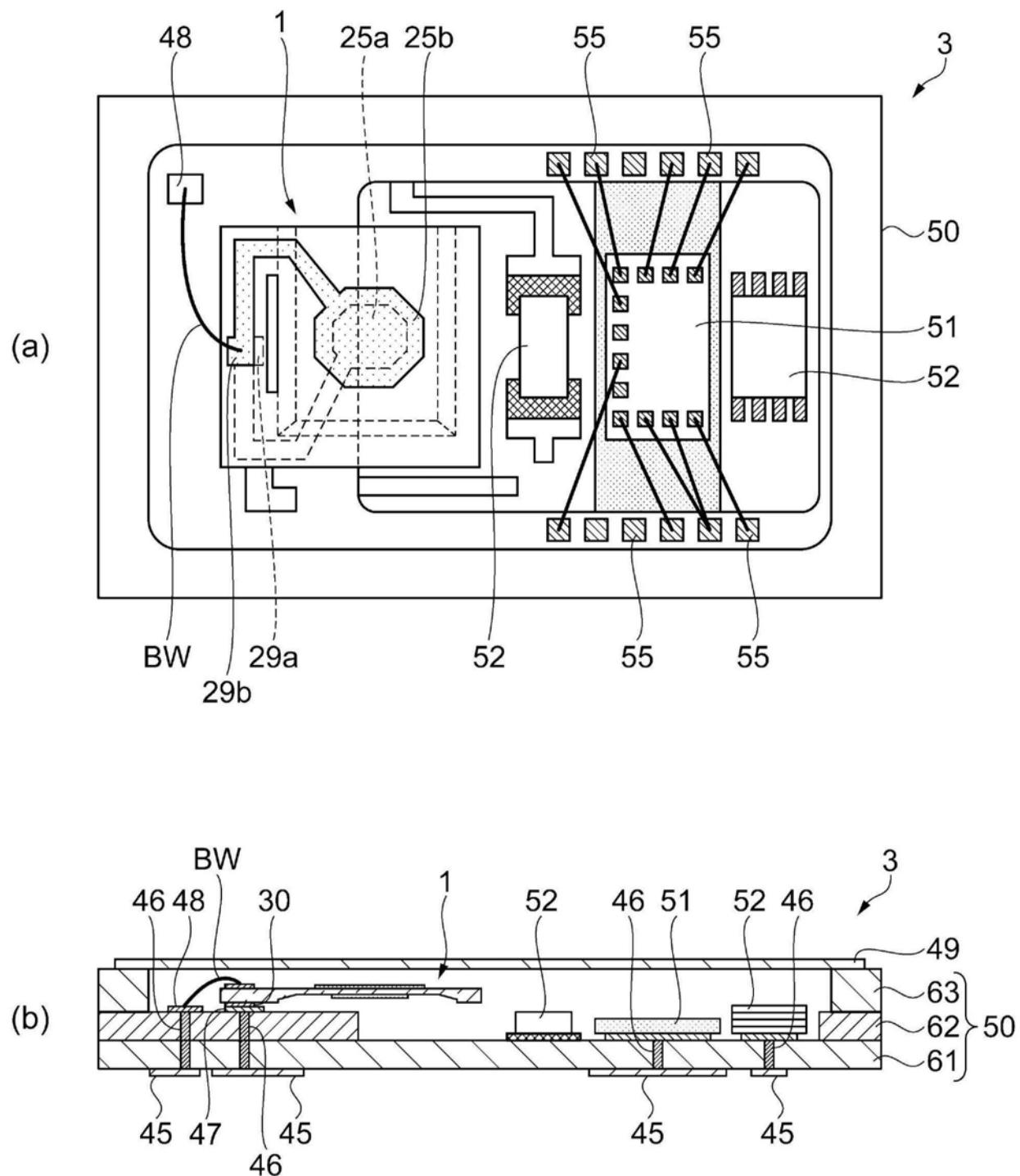


图8

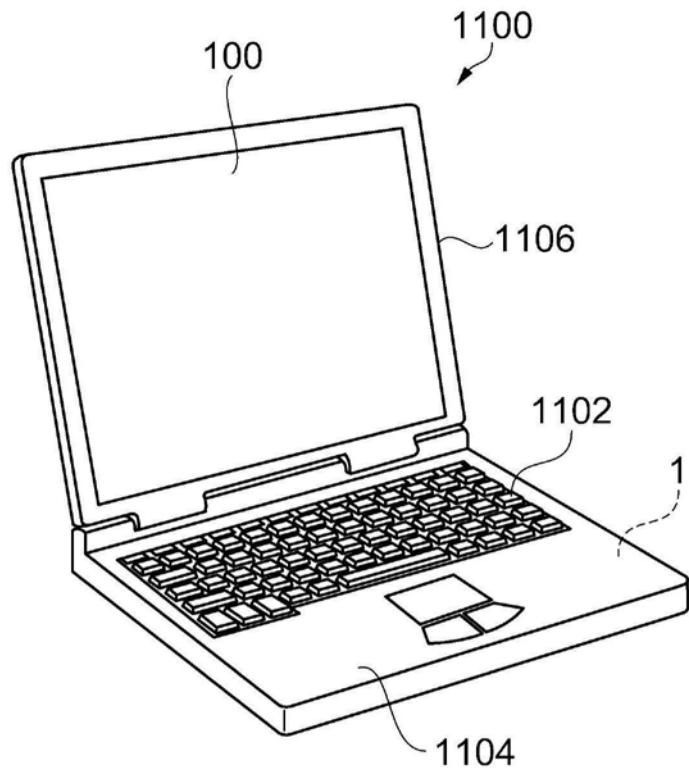


图9

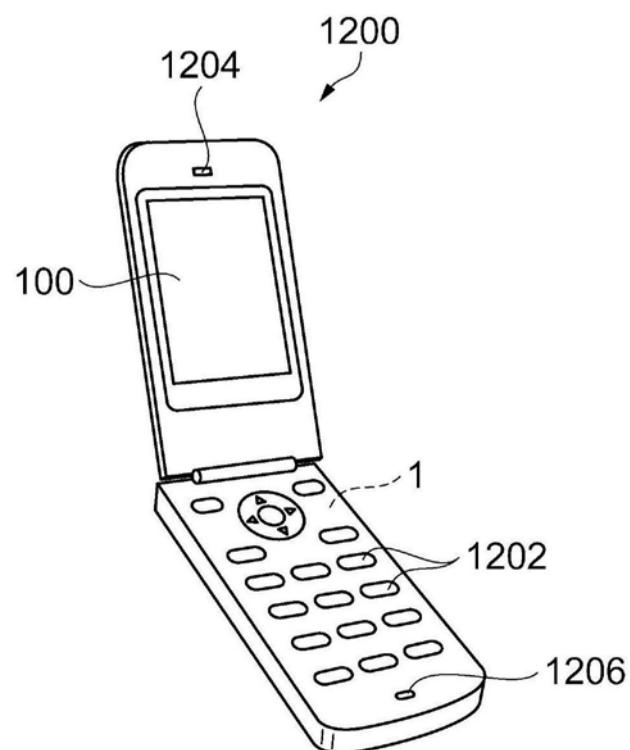


图10

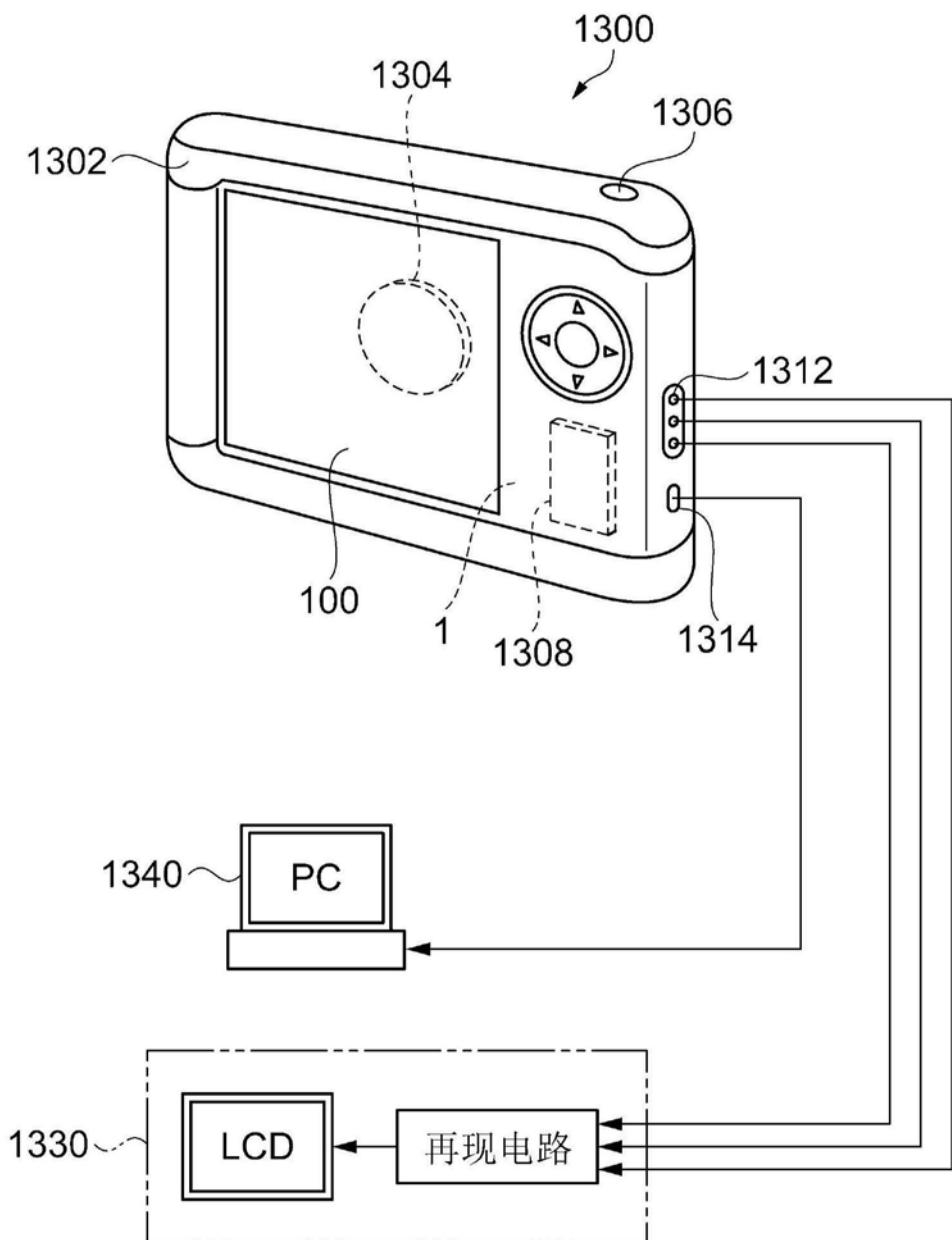


图11

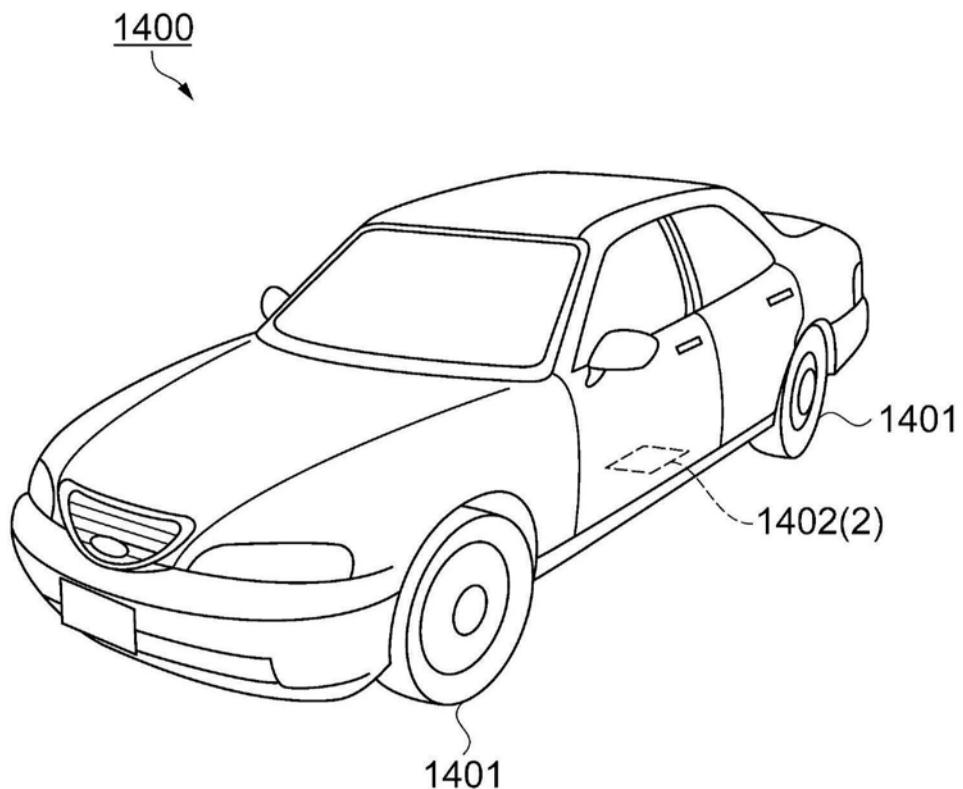


图12