



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103475329 B

(45)授权公告日 2017.07.25

(21)申请号 201310221627.5

(22)申请日 2013.06.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103475329 A

(43)申请公布日 2013.12.25

(30)优先权数据
2012-128661 2012.06.06 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 石井修

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.

H03H 9/125(2006.01)

H03H 9/15(2006.01)

H03H 3/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 100384086 C,2008.04.23,全文.

US 2006/0244346 A1,2006.11.02,说明书
第14页第0184段,附图12,21.

US 2003/0020564 A1,2003.01.30,说明书
第2页第0002,0029,0035段,附图1A.

审查员 戴广宇

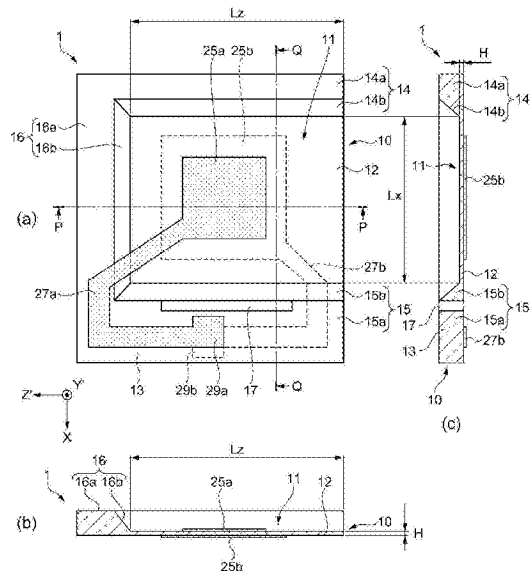
权利要求书2页 说明书10页 附图12页

(54)发明名称

振动元件及其制造方法、振子、电子器件、电子设备

(57)摘要

振动元件及其制造方法、振子、电子器件、电子设备。本发明的课题是提供在高频(200MHz以上)时实现振动部的平行度的改善、抑制CI和电容比(γ)的劣化、等效串联电感(L1)和等效串联电容(C1)的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件及其制造方法。振动元件具有基板,该基板包含:振动部,其进行厚度剪切振动;以及激励电极,其形成于所述振动部的正反主面上,在设根据所述振动部的多个区域的各个板厚值求出的平均板厚值为H、所述振动部的多个区域的各个板厚值中的最大值与最小值之差即板厚差为 ΔH 时,所述H与所述 ΔH 之间的关系处于 $0% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 的范围内。



1. 一种振动元件,其特征在于,该振动元件具有1个石英基板,
该石英基板包含:
振动部,其进行厚度剪切振动;以及
厚壁部,其沿着所述振动部的外缘,厚度比所述振动部厚,
所述石英基板在所述振动部的一个主面以及另一个主面上配置有激励电极,
配置在所述一个主面上的所述激励电极是矩形,
所述矩形具有第1角、位于所述第1角的对角处的第2角、第3角、以及位于所述第3角的
对角处的第4角,

在设从所述振动部的所述一个主面到所述另一个主面的距离为板厚值、

设与所述第1角重叠的部分的所述板厚值为第1板厚值、与所述第2角重叠的部分的所述
板厚值为第2板厚值、与所述第3角重叠的部分的所述板厚值为第3板厚值、与所述第4角
重叠的部分的所述板厚值为第4板厚值、与所述第1角和所述第3角之间的中间点重叠的部
分的所述板厚值为第5板厚值、与所述第1角和所述第4角之间的中间点重叠的部分的所述
板厚值为第6板厚值、与所述第2角和所述第3角之间的中间点重叠的部分的所述板厚值
为第7板厚值、与所述第2角和所述第4角之间的中间点重叠的部分的所述板厚值为第8板
厚值、以及与所述矩形的中心点重叠的部分的所述板厚值为第9板厚值、

设根据所述第1板厚值、所述第2板厚值、所述第3板厚值、所述第4板厚值、所述第5板厚
值、所述第6板厚值、所述第7板厚值、所述第8板厚值、所述第9板厚值求出的平均板厚
值为H、所述第1板厚值、所述第2板厚值、所述第3板厚值、所述第4板厚值、所述第5板
厚值、所述第6板厚值、所述第7板厚值、所述第8板厚值、所述第9板厚值中的最大值与
最小值之差即板厚差为 ΔH 时,

所述H与所述 ΔH 之间的关系满足:

$$0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%。$$

2. 根据权利要求1所述的振动元件,其特征在于,
谐振频率为200MHz以上。

3. 一种振子,其特征在于,该振子具有:
权利要求1或2所述的振动元件;以及
容纳有所述振动元件的封装。

4. 一种电子器件,其特征在于,该电子器件具有:
权利要求1或2所述的振动元件;以及
激励所述振动元件的振荡电路。

5. 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所述的振动元件。

6. 一种电子设备,其特征在于,该电子设备具有权利要求3所述的振子。

7. 一种制造权利要求1中所述的振动元件的制造方法,其特征在于,该制造方法包含以
下工序:

准备在表面形成有具有开口部的掩模的所述石英基板;

将所述石英基板浸渍到含有表面活性剂的温水中;以及

对所述石英基板的从所述掩模的开口部露出的区域进行蚀刻,

所述进行蚀刻的工序包含以下工序:在蚀刻的中途,将所述石英基板上下反转,浸渍到

所述温水中。

振动元件及其制造方法、振子、电子器件、电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及激励出厚度剪切振动模式的振动元件、振子、电子器件、电子设备以及振动元件的制造方法。

背景技术

[0002] 使用了以厚度剪切振动模式为主振动而进行激励的AT切石英振动元件的石英振子适于小型化、高频化,并且频率温度特性呈现出优异的三次曲线,因此在压电振荡器、电子设备等多个方面得到利用。尤其是,近年来,随着传输通信设备和OA设备的处理速度的高速化、或者通信数据和处理量的大容量化得到发展,对于作为其使用的基准频率信号源的石英振子,强烈要求实现高频化。以厚度剪切振动进行激励的AT切石英振子的频率与振动部的板厚成反比的关系,因此一般通过减薄振动部的板厚来实现高频化。因此,在从单面或两面通过干蚀刻或湿蚀刻在石英基板的中央部形成的凹陷部的底部,设置较薄的振动部,在石英基板的两面形成用于在振动部的正反主面上激励振动部的主电极和设置成向外周方向延伸出的引线电极,实现了高频化。

[0003] 但是,存在当石英振动元件的振动部的平行度劣化时等效电路常数的等效串联电感L1变大的关系,在变为谐振频率100MHz以上的高频的石英振动元件时,位于凹陷部底部的振动部的板厚非常薄,为16.7 μm 以下,平行度相对于振动部板厚的劣化程度变大,因此伴随于此,对等效串联电感L1的影响也非常大。因此,即使是在低频的石英振动元件中不会成为问题的振动部的平行度,在变为高频的石英振动元件时,等效串联电感L1大于设计值,其偏差也增大,因此存在使石英振动元件的成品率显著降低的问题。

[0004] 在专利文献1中公开了如下的制造方法:将形成于凹陷部的振动部分割为3个区域,并在测定各个区域的板厚后,将抗蚀剂作为保护膜实施局部蚀刻,从而改善平行度。

[0005] 【专利文献1】日本特开2005-72710号公报

[0006] 但是,在专利文献1所公开的制造方法中,在对形成于大型石英基板的多个振动部同时进行局部蚀刻的情况下,为了形成保护膜,需要与各个振动部的板厚对应的光掩模,在批量生产时需要按照每个大型石英基板准备与振动部的板厚对应的光掩模,因此光掩模制作费用等的制造成本增大,低成本化成为问题。此外,在谐振频率200MHz以上的高频石英振动元件的情况下,伴随振动部的薄板化,电极也变得小型,因此仅将振动部分割为3个区域无法改善形成有电极的部分的平行度,所以等效串联电感L1、等效串联电容C1的偏差变大、且产生不需要的寄生的情况成为问题。

发明内容

[0007] 本发明正是为了解决上述课题中的至少一部分而完成的,可作为以下方式或应用例来实现。

[0008] [应用例1] 本应用例的振动元件的特征在于,该基板包含:振动部,其进行厚度剪切振动;以及激励电极,其形成于所述振动部的正反主面上,在设根据所述振动部的多个区

域的各个板厚值求出的平均板厚值为H、所述各个板厚值中的最大值与最小值之差即板厚差为 ΔH 时,所述H与所述 ΔH 之间的关系满足: $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 。

[0009] 根据本应用例,在以基波的厚度剪切振动模式进行激励的高频的振动元件中,通过将振动部的平均板厚值H与板厚差 ΔH 之间的关系设为 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$,不需要分割激励电极来校正振动部的平行度,并且能够减小与振动部的平行度、即板厚差 ΔH 成比例的等效串联电感L1,因此具备能够得到抑制CI和电容比 γ 的劣化、等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件的效果。

[0010] [应用例2] 在上述应用例所述的振动元件中,其特征在于,所述基板具有:所述振动部;以及厚壁部,其与所述振动部的外缘一体化,厚度比所述振动部厚。

[0011] 根据本应用例,即使是振动部非常薄的高频的振动元件,也能够用与振动部一体化的厚壁部进行安装,因此有能够得到耐冲击性和耐振动性优异的高可靠性的振动元件的效果。

[0012] [应用例3] 在上述应用例所述的振动元件中,其特征在于,谐振频率为200MHz以上。

[0013] 根据本应用例,在基波变为200MHz以上的高频时,板厚非常薄,加工凹陷部状前的基板的平行度的影响非常大,因此将振动部的平均板厚值H与板厚差 ΔH 之间的关系收敛于上述范围内具备如下效果:能够得到等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件。

[0014] [应用例4] 本应用例的振子的特征在于,具有:上述应用例所述的振动元件;以及收纳有所述振动元件的封装。

[0015] 根据本应用例,通过将振动元件收纳到封装,能够防止温度变化、湿度变化等干扰的影响和污染的影响,因此有能够得到频率再现性、频率温度特性、CI温度特性和频率时效特性优异、等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振子的效果。

[0016] [应用例5] 本应用例的电子器件的特征在于,具有:上述应用例所述的振动元件;以及激励该振动元件的振荡电路。

[0017] 根据本应用例,采用了等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件,因此具备能够得到消除寄生的影响、具有稳定的振荡特性的小型电子器件的效果。

[0018] [应用例6] 本应用例的电子设备的特征在于,该电子设备具有上述应用例所述的振动元件。

[0019] 根据本应用例,能够利用COB(chip on board:板上芯片)技术将等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件直接安装到安装基板,因此具有能够构成安装面积小、具有稳定的振荡特性、且具备良好的基准频率源的小型电子设备的效果。

[0020] [应用例7] 本应用例的电子设备的特征在于,该电子设备具有上述应用例所述的振子。

[0021] 根据本应用例,通过将具有等效串联电感L1和等效串联电容C1的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件的振子、电子器件用于电子设备,具有能够构成频率稳

定性优异、且具备良好的基准频率源的电子设备的效果。

[0022] [应用例8] 本应用例的振动元件的制造方法的特征在于,包含以下工序:准备在表面形成有具有开口部的掩模的基板;将所述基板浸渍到含有表面活性剂的温水中;以及对所述基板的从所述掩模的开口部露出的区域进行蚀刻,所述进行蚀刻的工序包含以下工序:在蚀刻的中途,将所述基板上下反转,浸渍到所述温水中。

[0023] 根据本应用例,在蚀刻凹陷部的工序中,能够避免使振动部的平行度劣化的蚀刻速率的偏差,因此具备能够制造等效串联电感 L_1 和等效串联电容 C_1 的偏差较小且抑制了谐振频率附近的寄生的振动元件的效果。

附图说明

[0024] 图1是示出了本发明一个实施方式的压电振动元件的结构的概略图,(a)是俯视图,(b)是P—P剖视图,(c)是Q—Q剖视图。

[0025] 图2是用于说明本发明一个实施方式的AT切石英基板与晶轴之间的关系关系的图。

[0026] 图3是以往的形成振动元件的凹陷部的制造方法的工序剖视图。

[0027] 图4是示出本发明一个实施方式的谐振频率491MHz频带的AT切石英振子的板厚的 $\Delta H/H$ 与电感 L_1 的 $\Delta L_1/L_1$ 之间的关系关系的图。

[0028] 图5是用于说明本发明一个实施方式的板厚差 ΔH 的示意图。

[0029] 图6是用于说明本发明一个实施方式的谐振频率491MHz频带的AT切石英振子的谐振特性的图,(a)是示出板厚差较大时的谐振特性的图,(b)是示出基本没有板厚差时的谐振特性的图。

[0030] 图7是示出本发明一个实施方式的形成振动元件的凹陷部的制造方法的一例的工序剖视图。

[0031] 图8是示出通过本发明一个实施方式的制造方法试制的谐振频率245MHz频带的AT切石英振子的板厚的 $\Delta H/H$ 与电感 L_1 的 $\Delta L_1/L_1$ 之间的关系关系的图。

[0032] 图9是示出通过本发明一个实施方式的制造方法试制的谐振频率368MHz频带的AT切石英振子的板厚的 $\Delta H/H$ 与电感 L_1 的 $\Delta L_1/L_1$ 之间的关系关系的图。

[0033] 图10是示出通过本发明一个实施方式的制造方法试制的谐振频率491MHz频带的AT切石英振子的板厚的 $\Delta H/H$ 与电感 L_1 的 $\Delta L_1/L_1$ 之间的关系关系的图。

[0034] 图11是示出了本发明一个实施方式的压电振子的结构的概略图,(a)是俯视图,(b)是纵剖视图。

[0035] 图12是示出了本发明一个实施方式的电子器件的结构的概略图,(a)是俯视图,(b)是纵剖视图。

[0036] 图13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)的个人计算机的结构的立体图。

[0037] 图14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(还包括PHS)的结构的立体图。

[0038] 图15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。

[0039] 标号说明

[0040] 1:压电振动元件;2:压电振子;3:电子器件;10:压电基板;11:凹陷部;12:振动部;13:厚壁部;14:第1厚壁部;14a:第1厚壁部主体;14b:第1倾斜部;15:第2厚壁部;15a:第2厚壁部主体;15b:第2倾斜部;16:第3厚壁部;16a:第3厚壁部主体;16b:第3倾斜部;17:缝隙;25a、25b:激励电极;27a、27b:引线电极;29a、29b:焊盘电极;30:导电性粘接剂;32:基底膜;34:耐蚀膜;36:抗蚀剂;40:封装主体;41:第1基板;42:第2基板;43:第3基板;44:密封圈;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:便携电话机;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。

具体实施方式

[0041] 下面,根据附图详细说明本发明的实施方式。图1是示出作为本发明一个实施方式的振动元件的一例的压电振动元件的结构的概念图,图1(a)是压电振动元件的俯视图,图1(b)是图1(a)的P-P剖视图,图1(c)是图1(a)的Q-Q剖视图。

[0042] (振动元件的结构)

[0043] 压电振动元件1具备:压电基板10,其具有薄壁的振动部12和厚壁部13,该厚壁部13与振动部12连接,并且厚度比振动部12的厚度厚;分别相对地形成在振动部12的两个主面($\pm Y'$ 方向的正反表面)上的激励电极25a、25b;以及从激励电极25a、25b朝向设置于厚壁部上的焊盘电极29a、29b分别延伸而形成的引线电极27a、27b。

[0044] 压电基板10具备:厚度固定的振动部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厚壁的第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;以及缝隙17,其用于防止在进行支承固定时产生的应力传递至振动部12。

[0045] 此外,第1厚壁部主体14a、第2厚壁部主体15a和第3厚壁部主体16a(也称作第1、第2、第3厚壁部主体14a、15a、16a)是指与 Y' 轴平行、厚度固定的区域。

[0046] 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厚壁部主体14a、15a、16a与振动部12之间产生的倾斜面。

[0047] 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(处于图1(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(b)的 $+Y'$ 方向的上表面侧)称作凹陷面。

[0048] 驱动压电基板10的激励电极24a、25b分别相对地形成在振动部12的大致中央部的主面。

[0049] 从形成于凹陷面侧的激励电极25a延伸出的引线电极27a从振动部12上经由第3倾斜部16b和第3厚壁部主体16a,与形成于第2厚壁部主体15a的凹陷面上的焊盘电极29a导通连接。

[0050] 此外,从形成于平坦面侧的激励电极25b延伸出的引线电极27b经由压电基板10的

平坦面的端缘部,与形成于第2厚壁部主体15a的平坦面上的焊盘电极29b导通连接。

[0051] 图1(a)所示的实施方式示出了激励电极25a、25b的面积不同的矩形的例子,但是不需要限于此,激励电极25a、25b的面积可以相同,形状也可以是圆形或椭圆形。

[0052] 此外,引线电极27a、27b的引出结构只是一例,引线电极27a也可以经由其他厚壁部。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彼此隔着压电基板10而不交叉的方式进行配置,来抑制静电电容的增加。

[0053] 并且,激励电极25a、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,例如在基底形成镍(Ni)膜,并在其上重叠地形成金(Au)膜。另外,作为电极材料,也可以替代基底的镍(Ni)而使用铬(Cr),并且替代金(Au)而使用银(Ag)、铂(Pt)。

[0054] 压电振动元件1通过从焊盘电极29a和焊盘电极29b输入的激励电流,在与激励电极25a、25b之间的振动部12中产生电场,振动部12由于压电效应进行振动。在使用属于三方晶系压电材料的石英形成压电基板10的情况下,如图2所示,具有相互垂直的晶轴X、Y、Z。将X轴称作电轴、Y轴称作机械轴、Z轴称作光轴,采用沿着使XZ面绕X轴旋转预定角度 θ 后的平面切出的平板作为压电基板10。

[0055] 例如,在AT切石英基板的情况下,角度 θ 为 35.25° ($35^\circ 15'$)。此处,在使Y轴和Z轴绕X轴旋转角度 θ 而设为Y'轴和Z'轴时,AT切石英基板具有垂直的晶轴X、Y'、Z'。因此,对于AT切石英基板,厚度方向是Y'轴,包含与Y'轴垂直的X轴和Z'轴的面是主面,在主面激励出厚度剪切振动作为主振动。由这样形成的AT切石英基板形成压电基板10。另外,本实施方式的压电基板10不限于图2所示的角度 θ 为 35.25° 的AT切石英基板,例如也可以是激励出厚度剪切振动的BT切等的石英基板。

[0056] (凹陷部的以往的制造方法)

[0057] 接着,用图3所示的振动元件的凹陷部加工的工序剖视图对本发明一个实施方式的振动元件的凹陷部的制造方法进行说明。

[0058] 首先,用纯水清洗压电基板10(ST11),接着,在压电基板10的正反面设置基底膜32。设置基底膜32是为了弥补作为耐蚀膜34的金(Au)在压电基板10上的附着性较弱的情况,例如使用蒸镀装置或溅射装置等形成铬(Cr)膜作为基底膜32。使用蒸镀装置或溅射装置等在其上形成金(Au)膜作为耐蚀膜34(ST12)。

[0059] 接着,在耐蚀膜34的表面整体涂覆抗蚀剂36(ST13),并通过曝光/显影,形成振动元件的凹陷部形成掩模(ST14)。

[0060] 然后,例如使用碘化钾溶液对作为从掩模开口露出的耐蚀膜34的金(Au)进行蚀刻,进而通过硝酸铈铵溶液对作为基底膜32的铬(Cr)进行蚀刻(ST15)。

[0061] 接着,例如在石英基板的情况下,使用氟化铵溶液等对从掩模开口露出的压电基板10进行蚀刻(ST16)。由此,在压电基板10上形成凹陷部11。

[0062] 进而,剥离抗蚀剂36,使用两种所述溶液去除所有的耐蚀膜34和基底膜32(ST17)。之后,通过进行外形形成工序和电极形成工序,完成压电振动元件1。

[0063] 图4是用以往的制造方法试制图1的实施方式的谐振频率为491MHz频带的AT切石英振子的图,是示出了该AT切石英振子的振动部12中的板厚 $\Delta H/H$ 与等效串联电感 $L1$ 的 $\Delta L1/L1$ 之间的关系图。

[0064] 此处,关于平均板厚值 H 与板厚差 ΔH ,参照QIAJ(日本石英器件工业协会)技术基

准QIAJ-B-007“表面声波器件用单晶-标准和使用指导”3.7.5 Total Thickness Variation (TTV)所记载的TTV测定(图5)进行定义。关于平均板厚值H与板厚差 ΔH ,测定位于在振动部12上形成的激励电极25a的外缘的4角的4处、沿着激励电极25a的外缘的4角的中间点的4处、激励电极25a的中心位置的1处这合计9处的板厚,利用该9处的板厚计算平均板厚值H,并将该9个板厚内的最大值与最小值的板厚差定义为 ΔH 。此外,设 $\Delta H/H$ 为0.01%以下的5个样本的平均值为L1,等效串联电感的 $\Delta L1$ 表示其差。

[0065] 图4中示出了如下趋势:伴随振动部12的平行度即板厚差 ΔH 变大,等效串联电感L1变大,其偏差也变大。此外,与电容比 $\gamma (=C0/C1)$ 关联的等效串联电容C1和等效串联电感L1成反比,因此变小,等效并联电容C0是与正反的激励电极25a、25b的相对面积对应的静电电容,因此保持恒定,所以电容比 γ 增大。在将电容比 γ 增大的石英振子用于压控型石英振荡器(VCXO)的情况下,频率可变特性的频率可变范围变窄,并且在电容比 γ 的偏差较大时,频率可变范围的偏差也变大,从而成为特性上的缺点。

[0066] 因此,在考虑到制造成品率而想要将压控型石英振荡器的频率可变范围的偏差抑制在20%以下时,需要将石英振子的等效串联电感L1的偏差($\Delta L1/L1$)设为20%以下,根据图4,可以说希望将振动部12中的 $\Delta H/H$ 抑制为 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 。

[0067] 图6是示出了谐振频率491MHz频带的AT切石英振子的谐振特性的图,图6(a)示出了 $\Delta H/H=0.13\%$ 时的谐振特性,图6(b)示出了 $\Delta H/H=0.01\%$ 时的谐振特性。此处,AT切石英振子的谐振频率大约为491MHz,振动部12的尺寸为长边方向(X轴方向)是0.3mm、短边方向(Z轴方向)是0.23mm,正反的激励电极25a、25b的膜厚分别将7nm的镍(Ni)作为基底,在其上为90nm的金(Au)。

[0068] 根据图6(a),在 $\Delta H/H$ 较大的情况下,主振动的振动分布从中心向板厚较厚的方向移动,因此电荷的产生位置从激励电极25a向无电极部移动,损失电荷,从而主振动的CI劣化。因此,不需要的寄生的CI比主振动小,在安装到振荡电路的情况下,会以寄生的谐振频率进行振荡而成为问题。此外,振动位移分布是不对称的,由此通常还容易产生电荷被抵消而不会被激励出的倾斜对称模式的非谐波寄生。但是,在图6(b)的 $\Delta H/H$ 较小的情况下,相对于主振动充分抑制了寄生,不会以寄生的谐振频率进行振荡。因此,减小振动部12的 $\Delta H/H$ 在抑制不需要的寄生的方面也非常有效。

[0069] 考虑到批量生产性和制造成本,一般以批处理方式从大型的石英基板中制造出具有凹陷部11的AT切石英基板。因此,大型的石英基板中的平行度非常重要,在当前的抛光加工技术中,在板厚70 μm 、且40mm \times 40mm左右的石英基板中,将石英基板内的平行度加工为0.2 μm 左右。如果假定为在维持平行度的状态同时蚀刻到491MHz的板厚3.4 μm 时,在0.3mm \times 0.3mm左右的振动部12的区域内形成为 $\Delta H/H$ 为0.044%。因此,根据图4,可认为石英振子的等效串联电感L1的偏差大约在12%以下。但是,现状是等效串联电感L1的偏差($\Delta L1/L1$)劣化至接近大约40%,因此调查了其主要原因。

[0070] 其结果,可知在形成凹陷部11的石英蚀刻工艺中存在问题。第1主要原因是,在蚀刻凹陷部11时,在露出石英的凹陷部11上附着气泡,从而产生了蚀刻速率的偏差,第2主要原因是,为了使蚀刻槽内的液温均匀,上下摆动石英基板保持夹具,但在蚀刻槽内的上下方向产生温度差,从而蚀刻速率发生了变化。

[0071] 因此,查明气泡附着是由于石英表面的疏水性,为了提高石英表面的亲水性,在即

将放到石英蚀刻槽之前,追加了浸渍到含有表面活性剂的温水的工艺。此外,在使得蚀刻速率在蚀刻槽内的上下方向均匀时,还包含装置的改造,从而非常困难,因此在石英蚀刻的中间时刻追加了将设置于蚀刻槽内的石英基板上下反转的工艺。其结果,能够防止气泡的附着,并且抑制蚀刻槽内的上下方向的蚀刻速率的变化,实现凹陷部11中的蚀刻速率的均匀,防止平行度的劣化。

[0072] (凹陷部的制造方法)

[0073] 图7是示出本发明一个实施方式的振动元件的凹陷部的制造方法的工序剖视图。

[0074] 与图3所示的以往的制造方法在以下工序方面相同:从压电基板10的清洗(ST11)起到在形成振动元件的凹陷部形成掩模(ST14)后对耐蚀膜34的金(Au)和基底膜34的铬(Cr)进行蚀刻(ST15)的工序为止。

[0075] 之后,将压电基板10的X轴方向或Z'轴方向设为上下方向来安装到基板保持夹具,也用纯水清洗基板保持夹具,进行下一工序即浸渍到含有与蚀刻槽内的液温大致相同温度的表面活性剂的温水中(ST15-1)。这是为了通过加热基板保持夹具和压电基板10来将蚀刻槽内的液温保持为恒定,从而防止蚀刻速率的变化。

[0076] 接着,将从掩模开口露出的压电基板10放入到蚀刻槽中进行蚀刻(ST16)。

[0077] 然后,在振动部12变为期望的板厚之前的蚀刻加工时间的中间时刻,从蚀刻槽提起基板保持夹具和压电基板10,反转压电基板10的X轴方向或Z'轴方向的上下方向,然后,安装到所述基板保持夹具并浸渍到所述温水中,蚀刻至振动部12变为期望的板厚为止(ST16-1)。由此,在压电基板10上形成凹陷部11。

[0078] 之后与以往的制造方法同样,剥离抗蚀剂36,使用两种所述溶液去除所有的耐蚀膜34和基底膜32(ST17)。之后,通过进行外形形成工序和电极形成工序,完成压电振动元件1。

[0079] 另外,为了防止振动部12的平行度的劣化,在图7所示的制造方法中示出了在蚀刻中途仅实施一次压电基板10的上下反转的方法,但蚀刻中途的压电基板10的上下反转不限于一次,可以实施多次。

[0080] 图8~图10是分别通过图7所示的实施方式的制造方法试制图1的实施方式的谐振频率为245MHz频带、368MHz频带、491MHz频带的AT切石英振子的图,是关于这些AT切石英振子的振动部12的板厚示出了 $\Delta H/H$ 与等效串联电感 $L1$ 的 $\Delta L1/L1$ 之间的关系图。

[0081] 从图8和图9可知,在谐振频率为245MHz频带和368MHz频带的AT切石英振子中,通过用图7所示的制造方法进行试制,能够将振动部12中的 $\Delta H/H$ 抑制到 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 的范围,因此能够将等效串联电感 $L1$ 的偏差($\Delta L1/L1$)抑制到20%以下。

[0082] 但是,在图10所示的491MHz频带的AT切石英振子中,无法将振动部12中的所有 $\Delta H/H$ 都抑制到 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 的范围内。但是,在将收敛于 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 的范围内的AT切石英振子作为合格品的情况下,成品率为94%(合格品94个/总数100个),大幅改善了图4所示的制造方法的成品率80%(合格品80个/总数100个),从而可以说图7所示的制造方法对成品率改善非常有效。

[0083] 在压电基板10的抛光加工后的平行度提高或制造工序中的凹陷部11的蚀刻时进行多次压电基板10的X轴方向或Z'轴方向的上下反转,由此能够进一步抑制蚀刻槽内的上下方向的液温变化引起的蚀刻速率的变化,因此可认为能够实现将凹陷部11内的振动部12

中的 $\Delta H/H$ 抑制到 $0\% < \Delta H/H \leq 0.085\%$ 的范围内的情况。

[0084] 关于在基波的厚度剪切振动模式中100MHz左右时影响较小的、石英基板的平行度标准和蚀刻工艺引起的平行度的劣化,在变为200MHz以上的高频时,由于板厚非常薄,因此对常数的偏差产生非常大的影响。因此,在200MHz以上的高频时,抑制振动部12的平行度的劣化在将常数的偏差抑制得较小的方面非常有效。此外,可预计能够用现有的设备进行制造的频率上限为800MHz左右,在考虑到制造成品率时,可预计常数偏差的界限大约为20%。

[0085] 图11是示出作为本发明实施方式的振子的一例的压电振子的结构的概略图,图11(a)是省略盖部件后的俯视图,图11(b)是纵剖视图。

[0086] 压电振子2由以下部分构成:压电振动元件1;为了收纳压电振动元件1而形成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。

[0087] 如图11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。

[0088] 由第3基板43和第2基板42形成收纳压电振动元件1的凹部(腔室)。在第2基板42的上表面的预定位置处,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以在载置压电振动元件1时与形成于第2厚壁部主体15a上的焊盘电极29a对应的方式进行配置。

[0089] 在支承固定压电振动元件1时,首先反转(翻转)压电振动元件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。

[0090] 接着,为了使导电性粘接剂30硬化,将其放入到预定温度的高温炉中预定时间。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11(b)所示,将压电振动元件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。

[0091] 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的第3基板43的上表面的密封圈44上,载置盖部件49,在真空中或氮气环境中对盖部件49进行缝焊密封,从而完成压电振子2。或者,还有如下方法:在封装主体40的上表面上涂覆的低熔点玻璃上载置盖部件49,进行熔化来实现紧贴。在该情况下,封装的腔室内也成为真空、或填充氮气等惰性气体,完成压电振子2。

[0092] 也可以构成在Z'轴方向上隔着焊盘电极29a、29b的间隔而形成的压电振动元件1。在该情况下,也能够与图11中说明的压电振子2同样地构成压电振子2。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的压电振动元件1。在该情况下,压电振动元件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引起的应力可能会稍微变大。

[0093] 在以上的压电振子2的实施方式中,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压电振子2。

[0094] 图12是示出本发明的实施方式的电子器件的结构的概略图,图12(a)是省略盖部件后的俯视图,图12(b)是纵剖视图。

[0095] 电子器件3具有:封装主体50;盖部件49;压电振动元件1;IC部件51,其安装有对压

电振动元件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。

[0096] 如图12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。

[0097] 由第1基板61、第2基板62和第3基板63形成了收纳压电振动元件1、IC部件51和电子部件52等的凹部(腔室)。在第2基板62的上表面的预定位置处,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以在载置压电振动元件1时与形成于第2厚壁部主体15a上的焊盘电极29a对应的方式进行配置。

[0098] 将反转后的压电振动元件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IC部件51与一个电极端子55的导通。将IC部件51固定到封装主体50的预定位置处,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的预定位置处,并使用金属凸块等连接到导体46。使封装主体50成为真空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。

[0099] 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,支承压电振动元件1的部位为一处(一点),减小了因导电性粘接剂30产生的应力。此外,在收纳到封装主体50时,反转压电振动元件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。

[0100] 如图12所示,使用了以基波进行激励的高频的压电振动元件1,因此能够得到抑制对主振动产生影响的不需要的寄生、高频且频率温度特性和CI温度特性优异的小型电子器件3。

[0101] 此外,作为电子器件3,能够构成高频且小型的压电振荡器、温度补偿型压电振荡器、压控型压电振荡器等。

[0102] 接着,根据图13~图15,对应用了作为本发明一个实施方式的振动元件的一例的压电振动元件的电子设备(本发明的电子设备)进行详细说明。

[0103] 图13是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的一例即压电振动元件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。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、基准时钟等发挥作用的压电振动元件1。

[0104] 图14是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的一例即压电振动元件的电子设备的便携电话机(也包括PHS)的结构立体图。在该图中,便携电话机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。在这种便携电话机1200中内置有作为滤波器、谐振器等中的至少一个发挥作用的压电振动元件1。

[0105] 图15是示出作为具有本发明一个实施方式的振动元件的一例即压电振动元件的

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,数字静态照相机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而生成摄像信号(图像信号)。

[0106] 在数字照相机1300的外壳(机身)1302的背面设置有显示部100,构成为根据CCD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。

[0107] 摄影者确认在显示部100中显示的被摄体像,并按下快门按钮1306时,将该时刻的CCD摄像信号传输到存储器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与电视监视器1430连接,数据通信的输入输出端子1314与个人计算机(PC)1440连接。而且,构成为通过规定操作,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、谐振器等发挥作用的压电振动元件1。

[0108] 另外,除了图13的个人计算机(移动型个人计算机)、图14的便携电话机、图15的数字照相机以外,具有本发明一个实施方式的振动元件的一例即压电振动元件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。

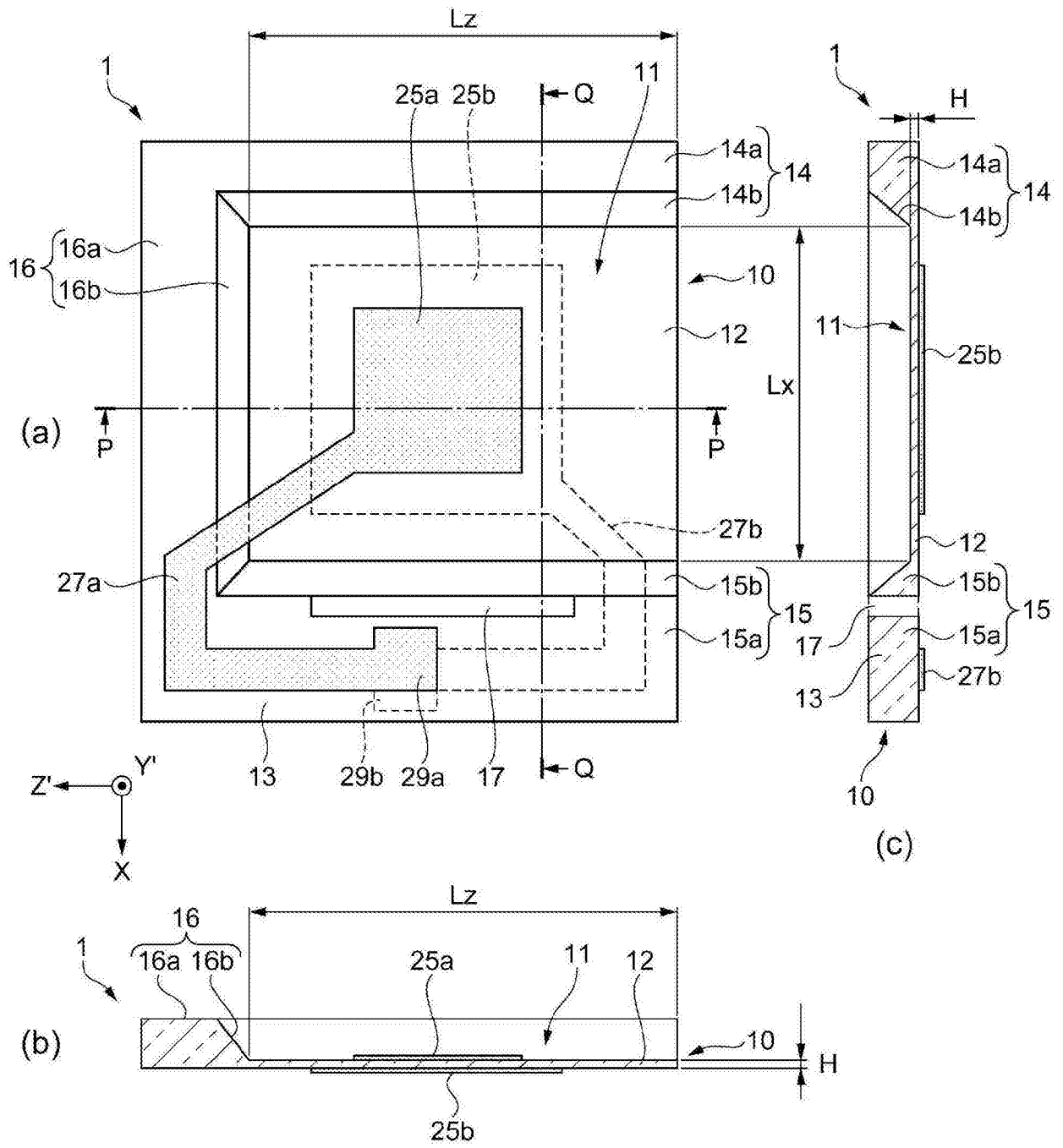


图1

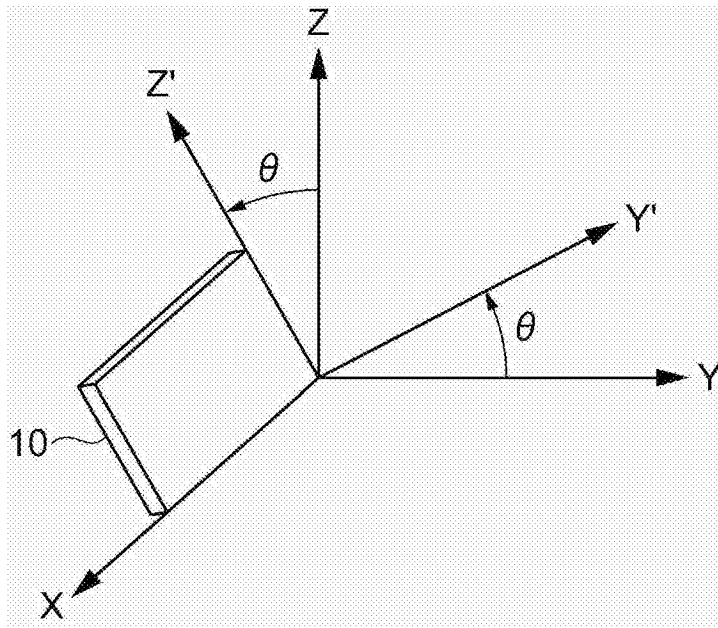


图2

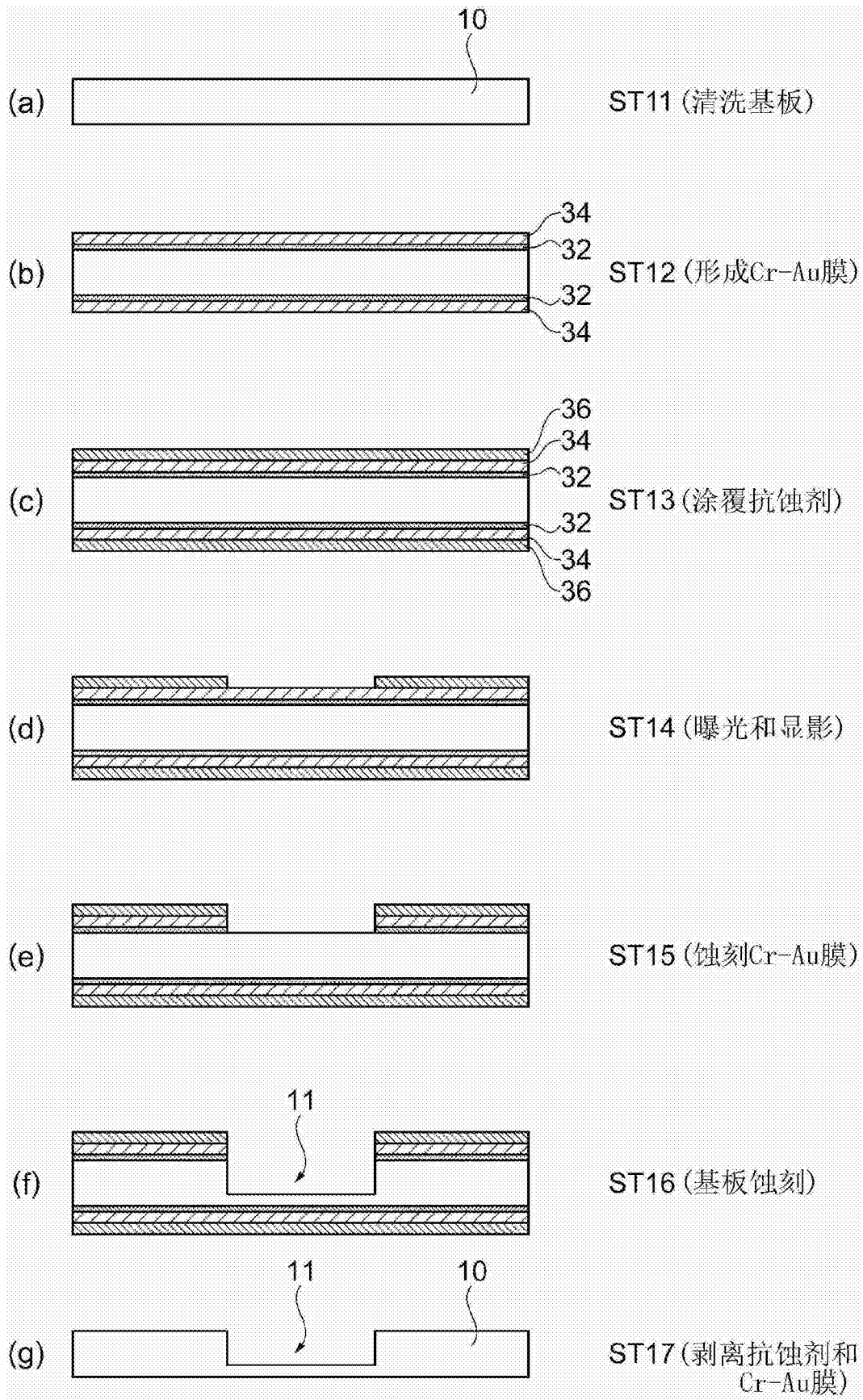


图3

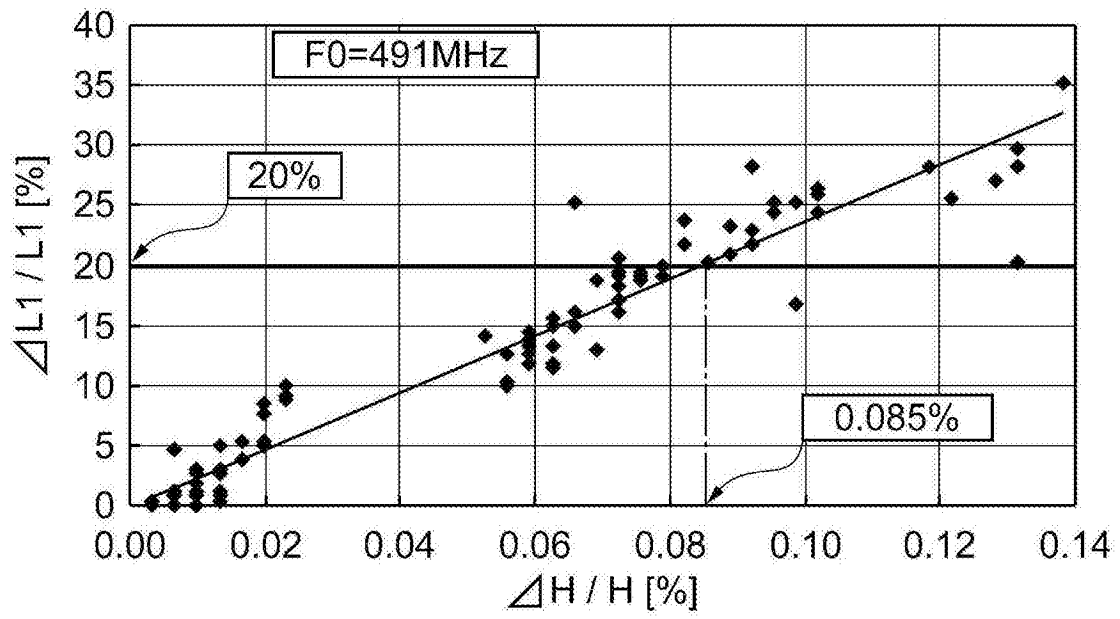


图4



图5

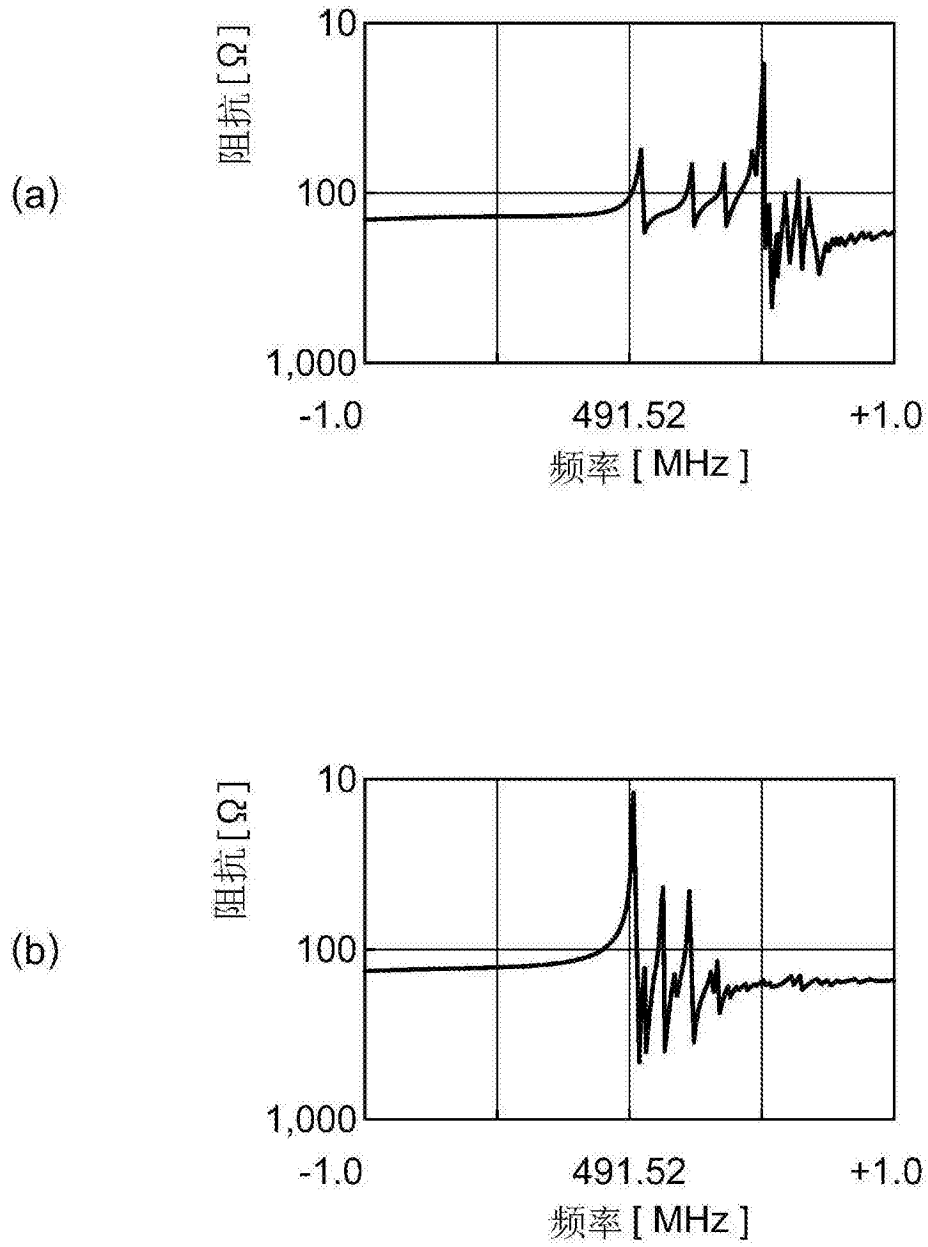


图6

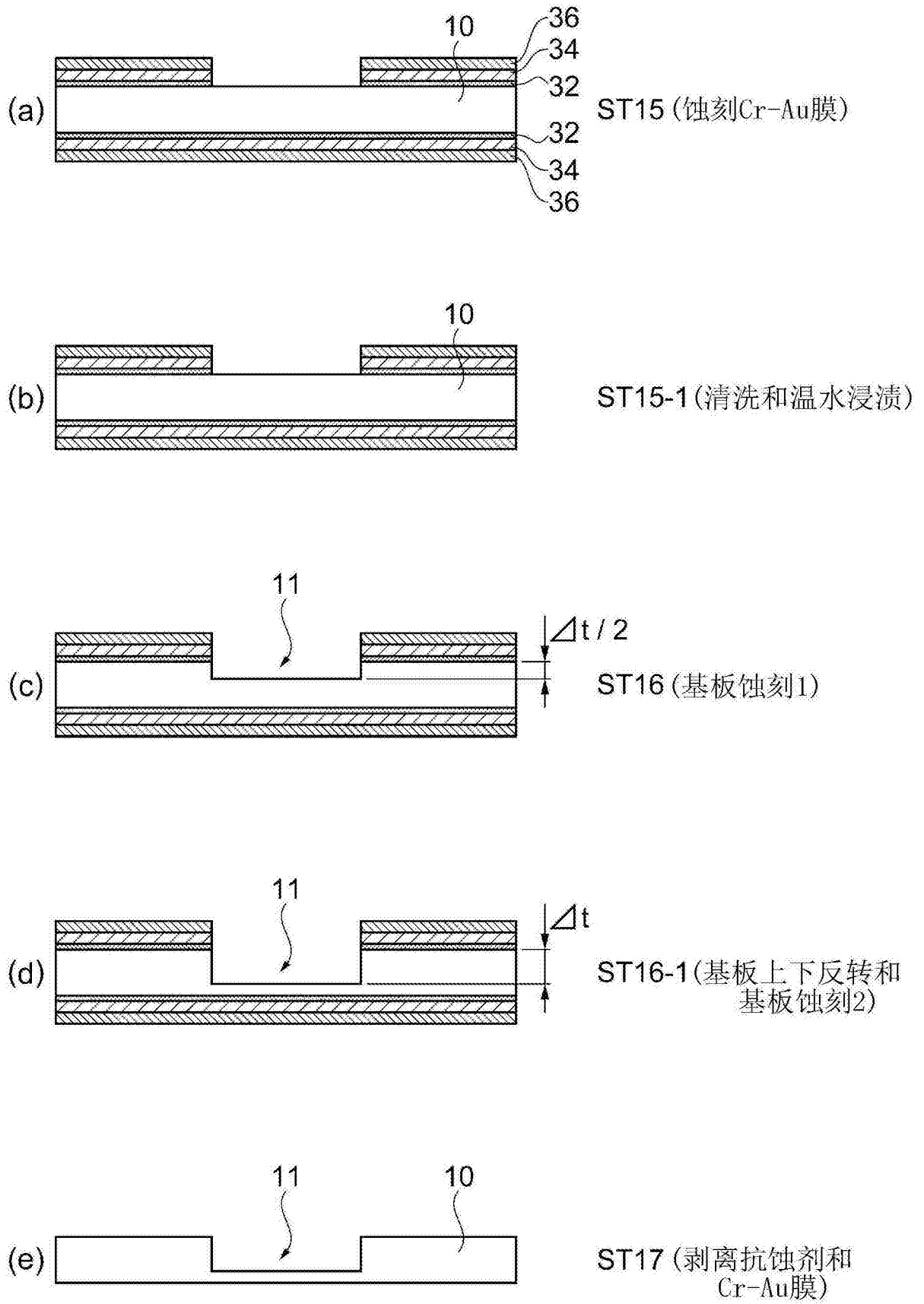


图7

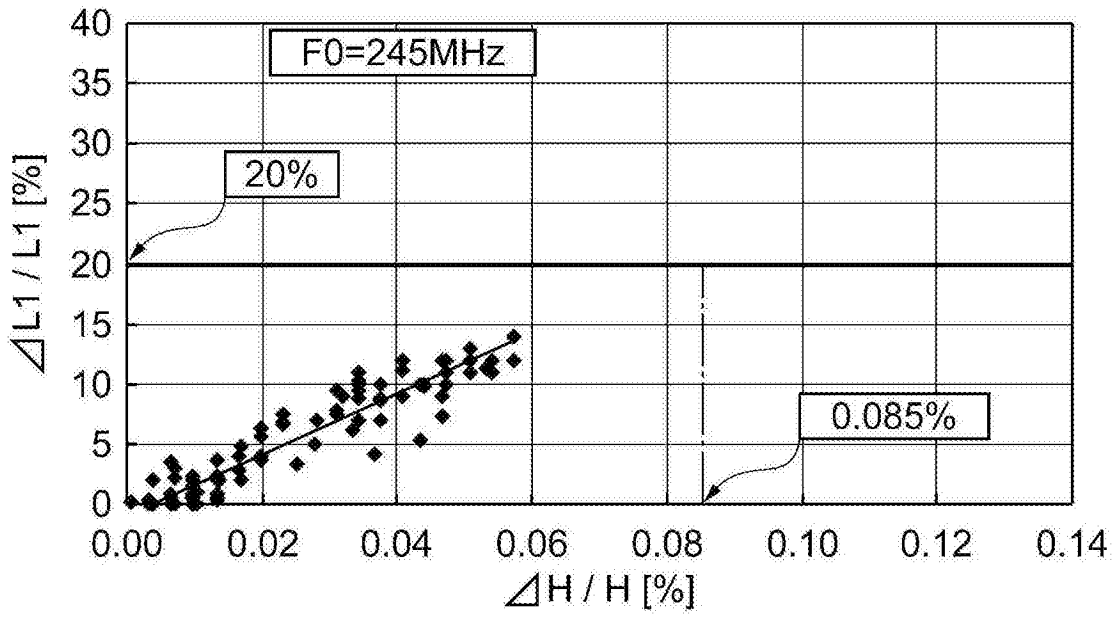


图8

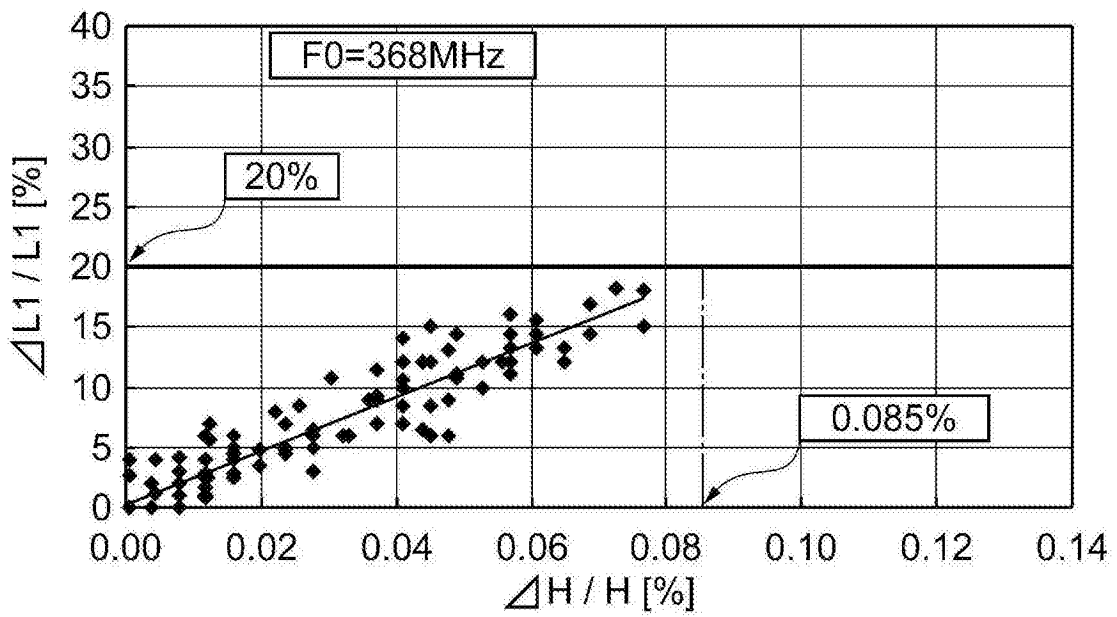


图9

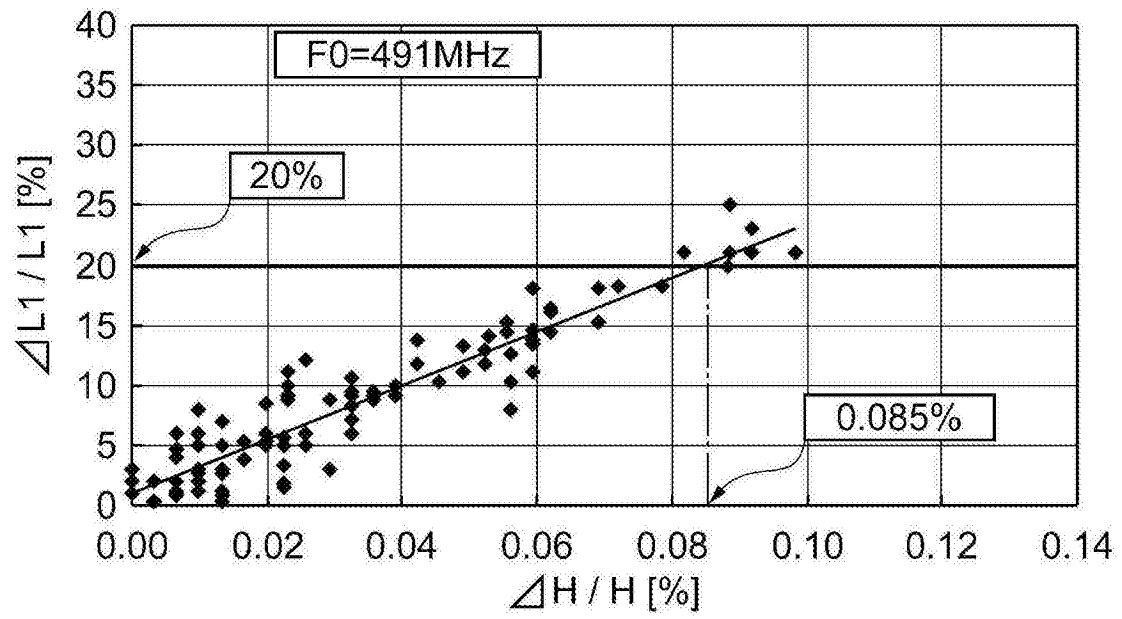


图10

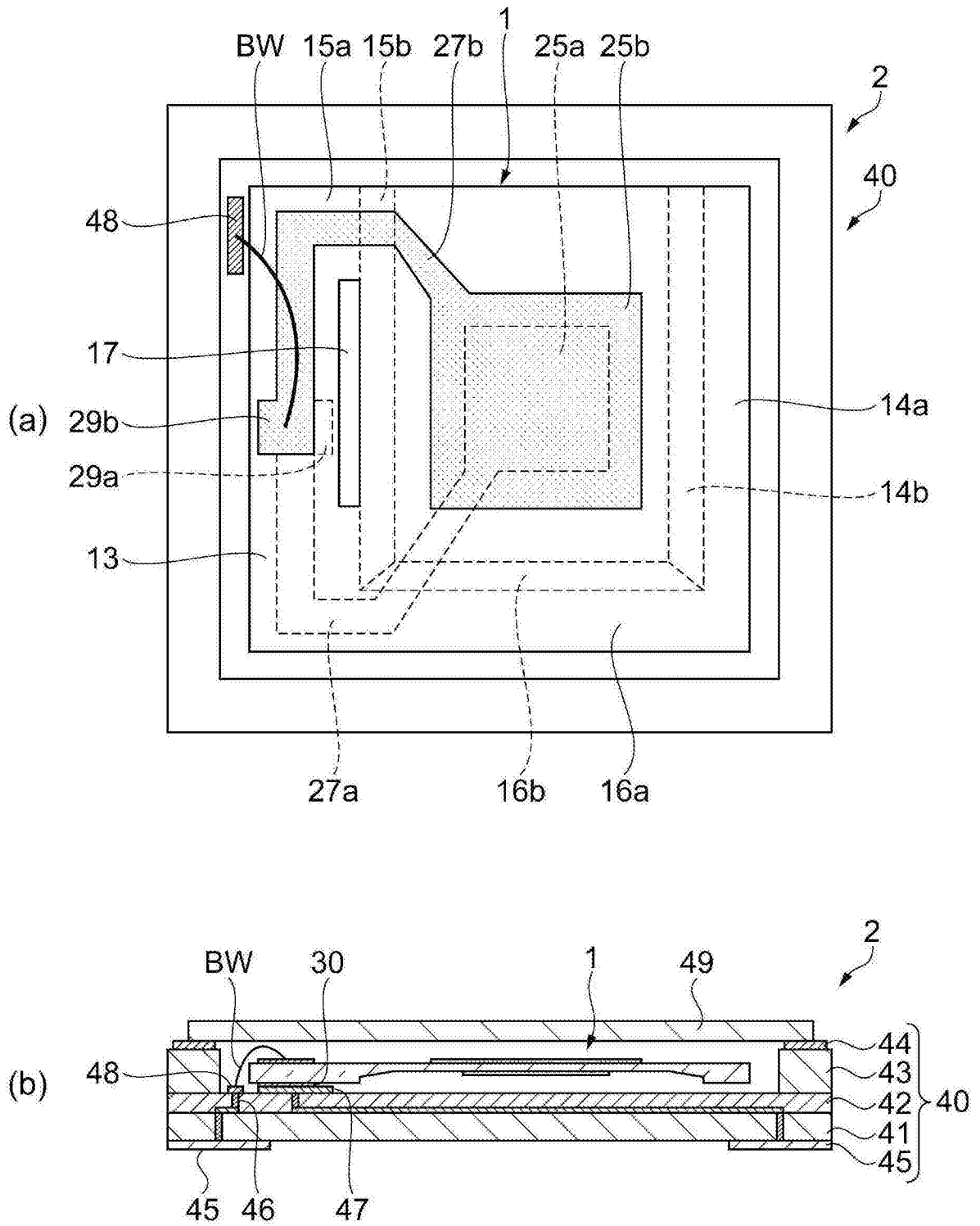


图11

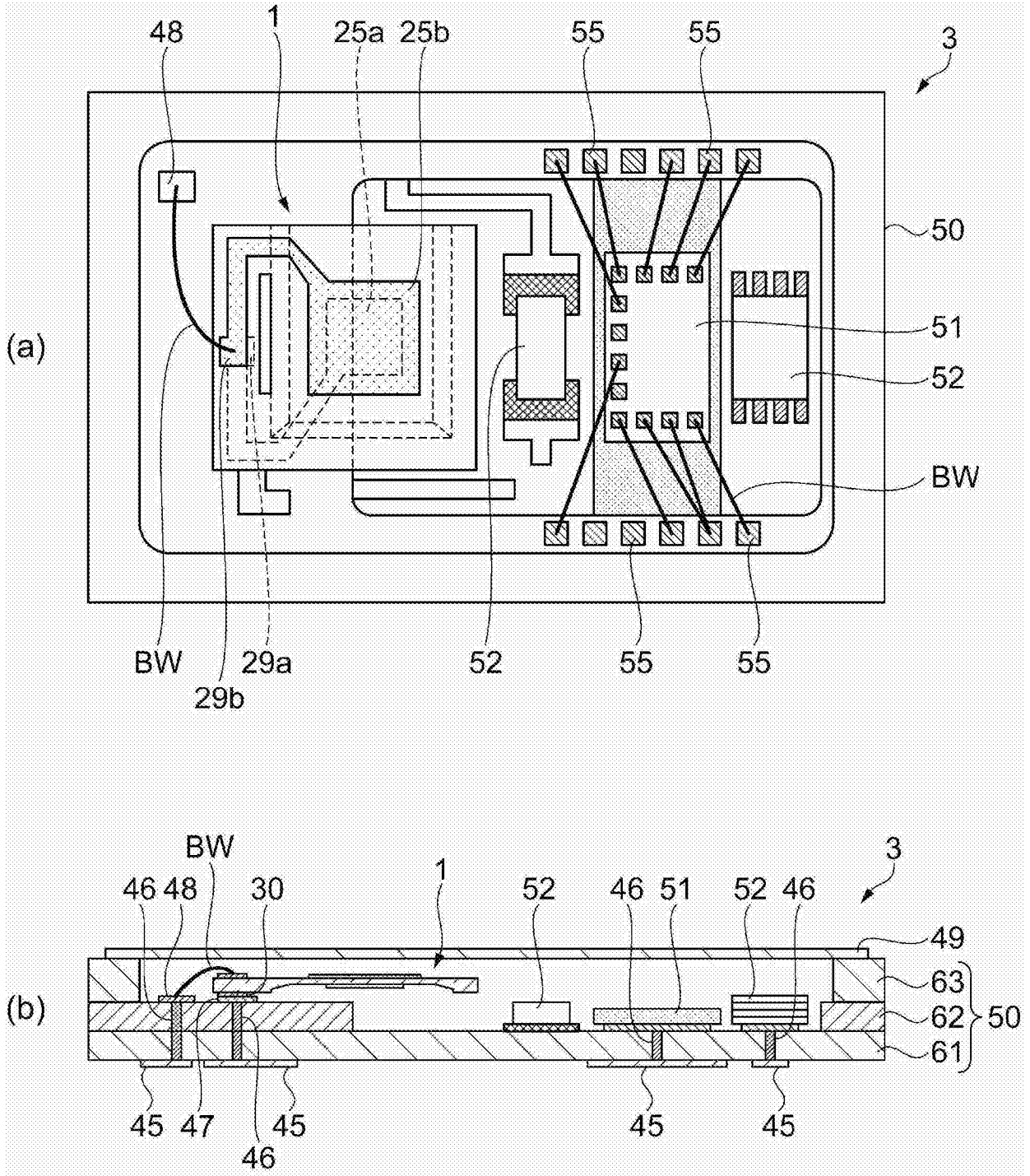


图12

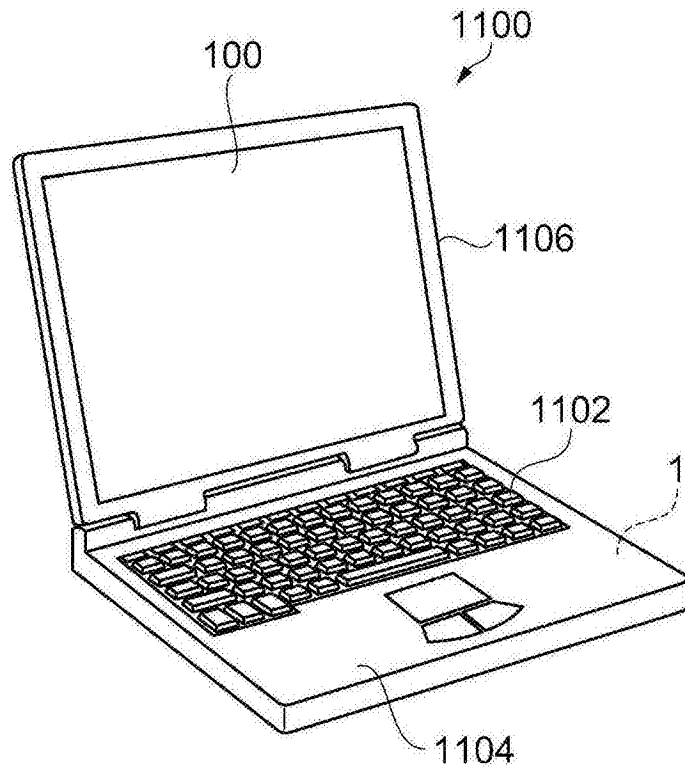


图13

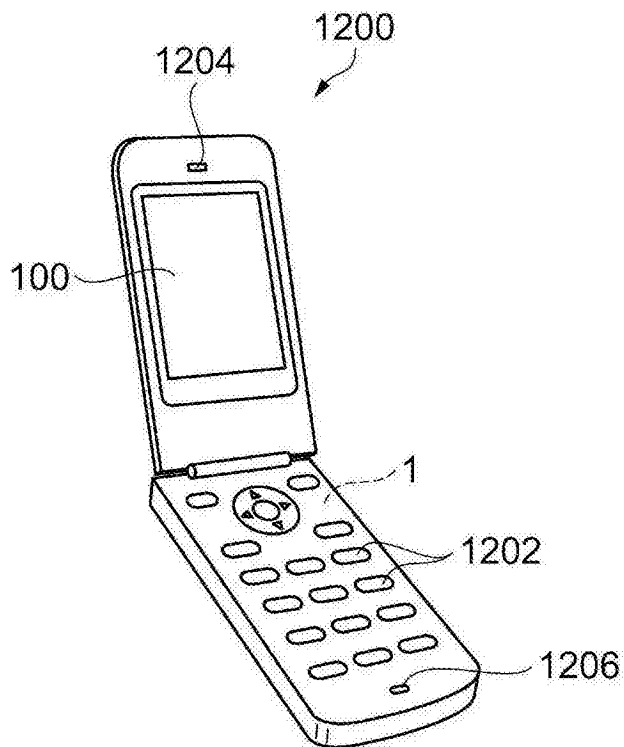


图14

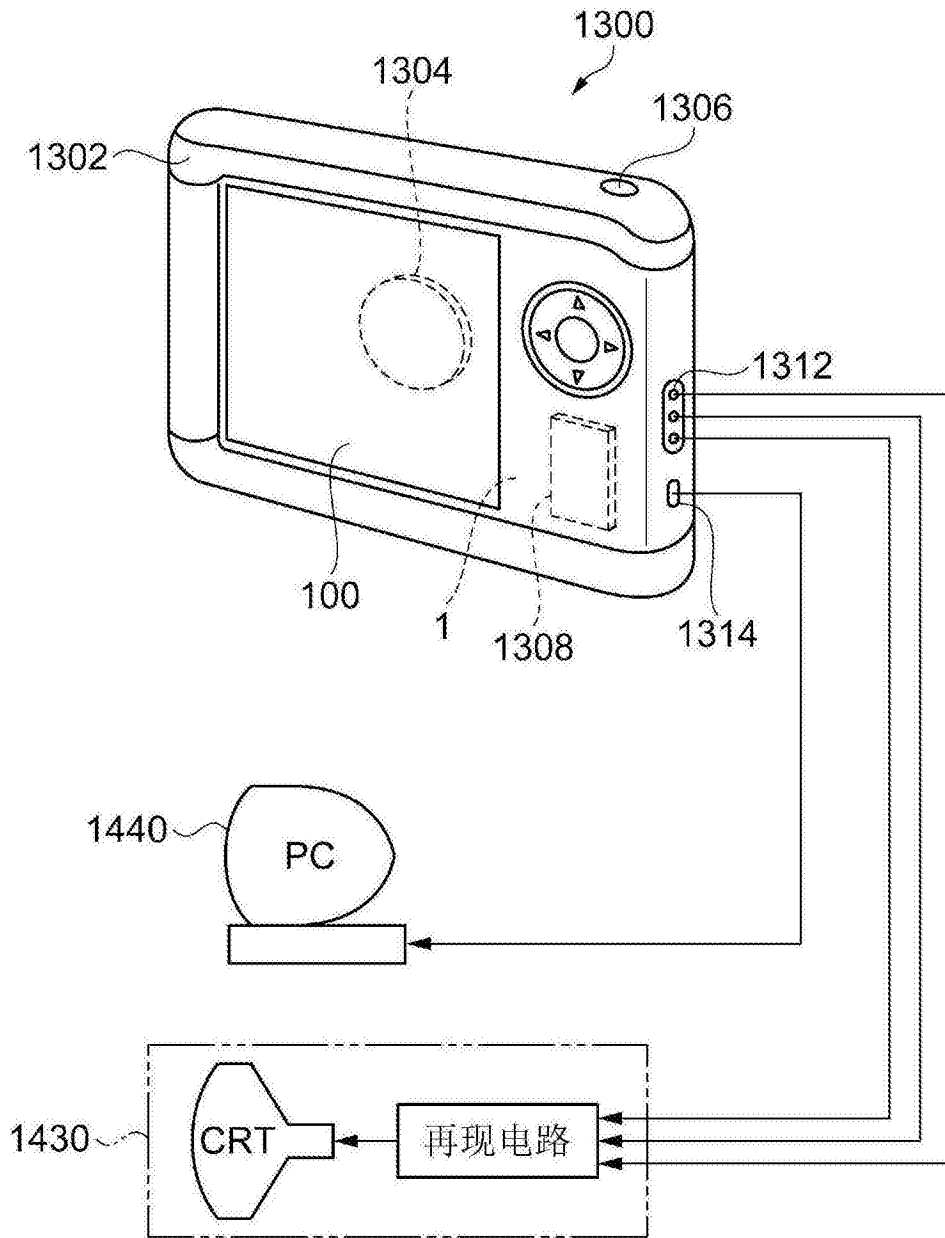


图15