



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103475329 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201310221627. 5

(22) 申请日 2013. 06. 05

(30) 优先权数据

2012-128661 2012. 06. 06 JP

(71) 申请人 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

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)

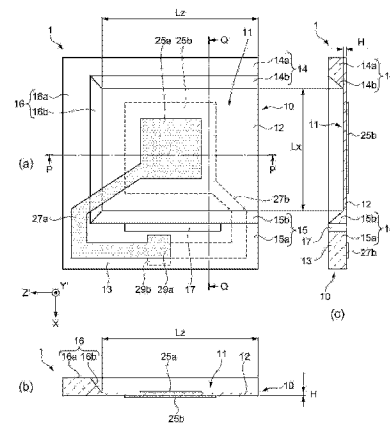
权利要求书1页 说明书10页 附图12页

(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% < ΔH / H ≤ 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:
 $0\% < \Delta H / H \leq 0.085\%$ 。
2. 根据权利要求 1 所述的振动元件,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。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的振动元件,其特征在于,谐振频率为 200MHz 以上。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 一种电子设备,其特征在于,该电子设备具有权利要求 4 所述的振子。
8. 一种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。

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 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。

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 L1 的 $\Delta L1 / L1$ 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 L1 的 $\Delta L1 / L1$ 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 L1 的 $\Delta L1 / L1$ 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 L1 的 $\Delta L1 / L1$ 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概略图,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(±Y'方向的正反面)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,但是不需要限定于此,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 $\Delta L1 / L1$ 之间的关系的图。

[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 $70 \mu\text{m}$ 、且 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 左右的石英基板中,将石英基板内的平行度加工为 $0.2 \mu\text{m}$ 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 $3.4 \mu\text{m}$ 时,在 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 左右的振动部 12 的区域内形成 $\Delta H / H$ 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] 关于在基板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，其安装在对压电振动元件 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，支撑压电振动元件 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。

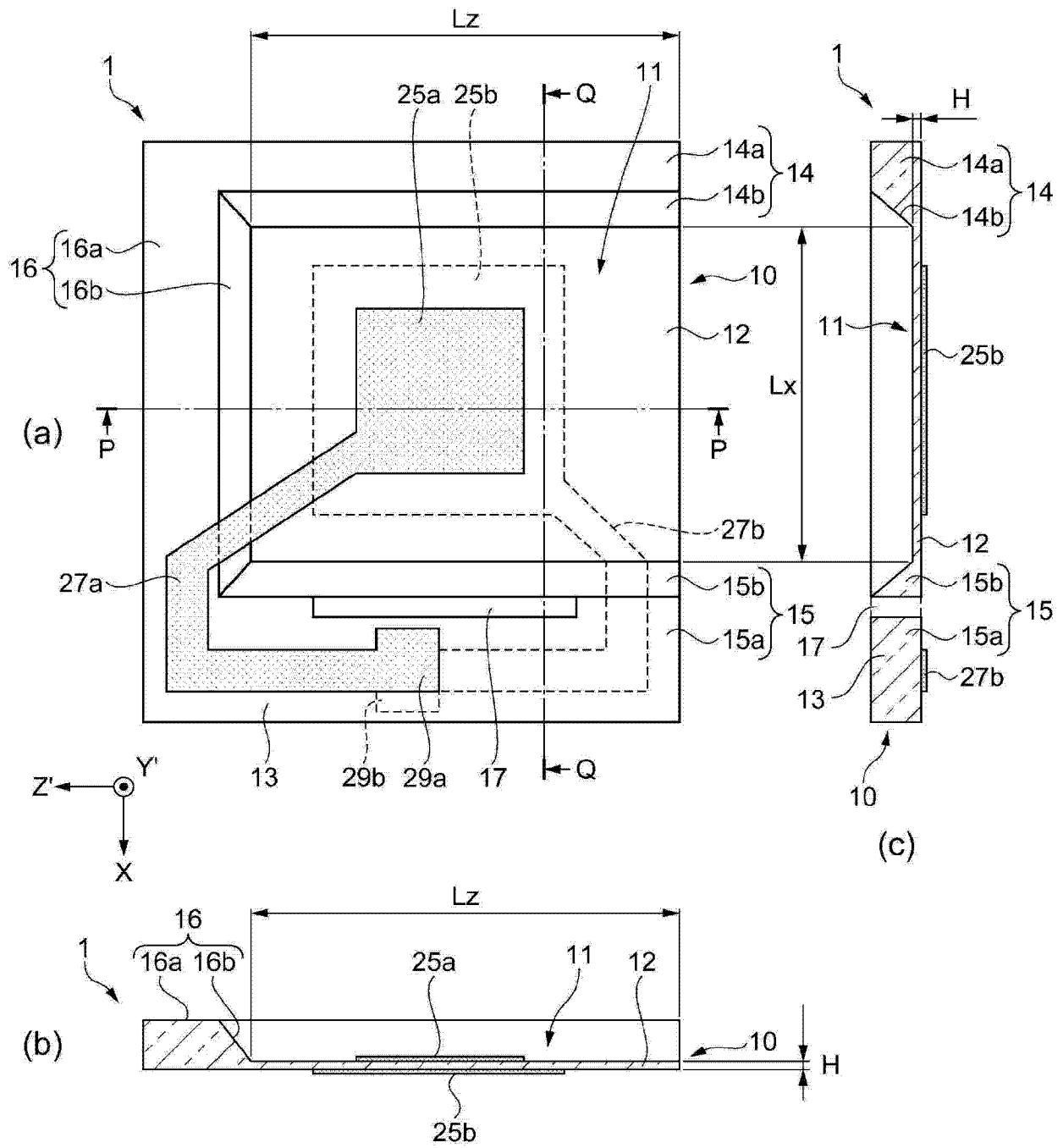


图 1

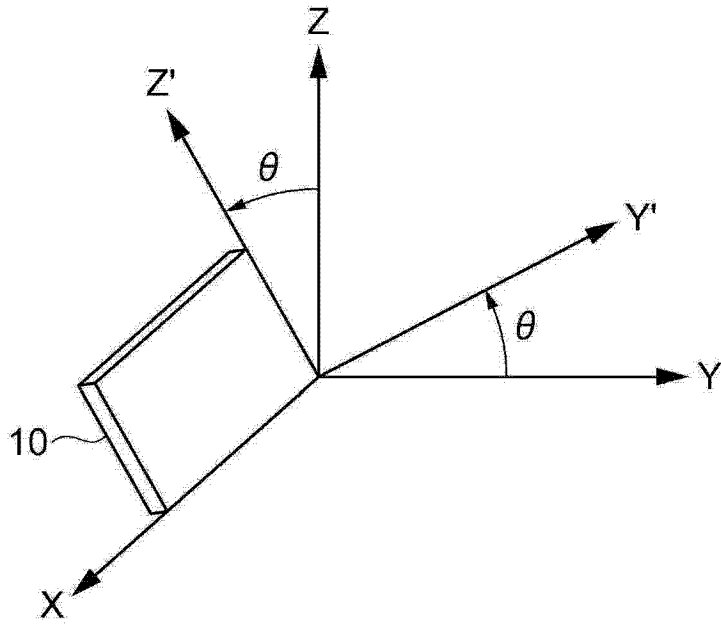


图 2

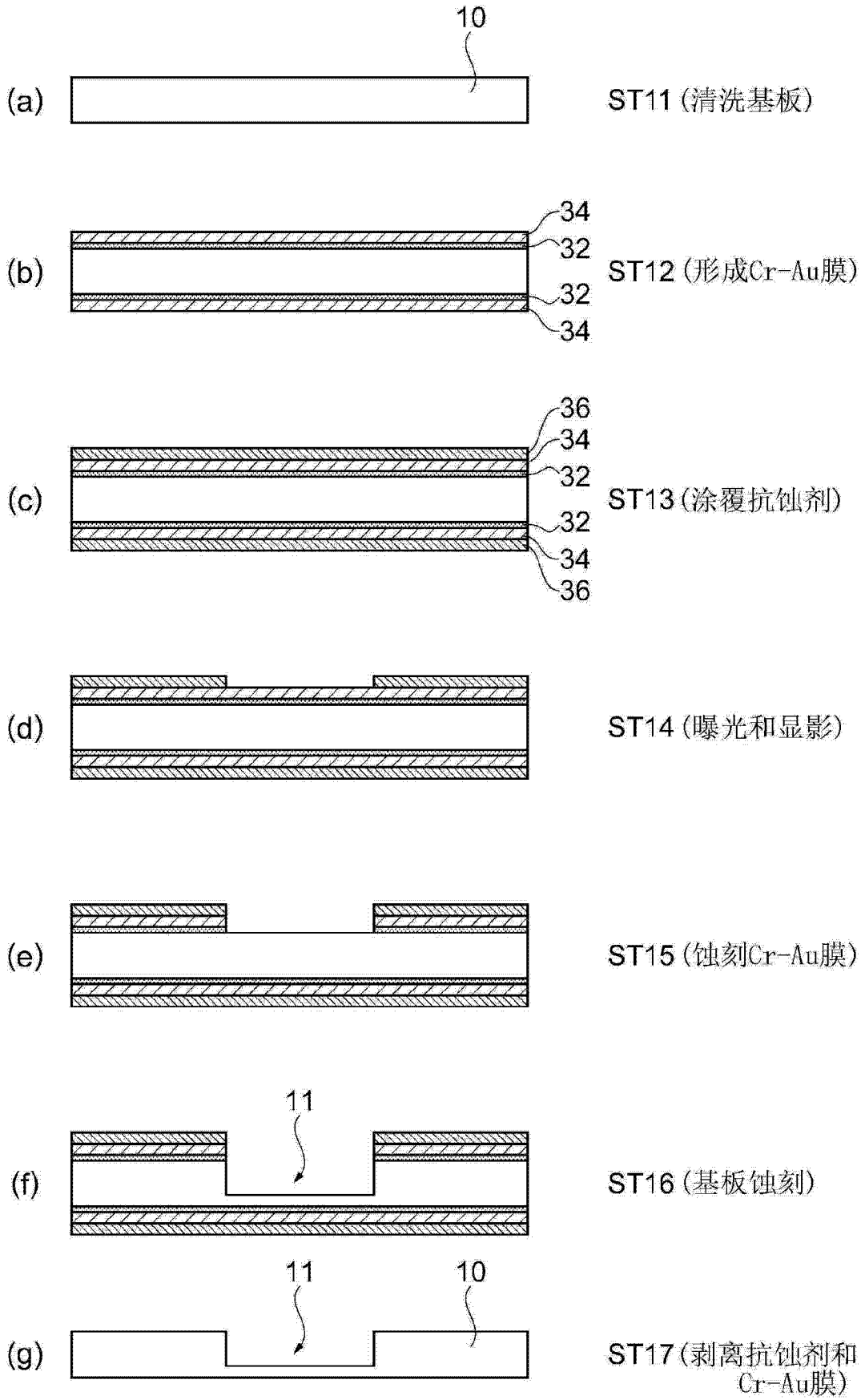


图 3

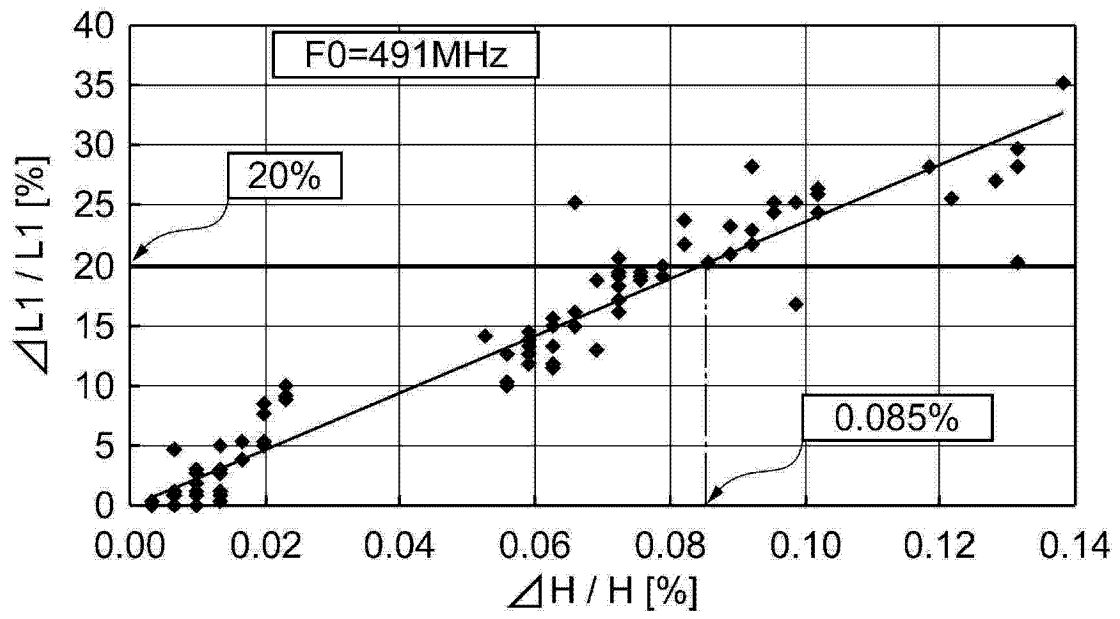


图 4



图 5

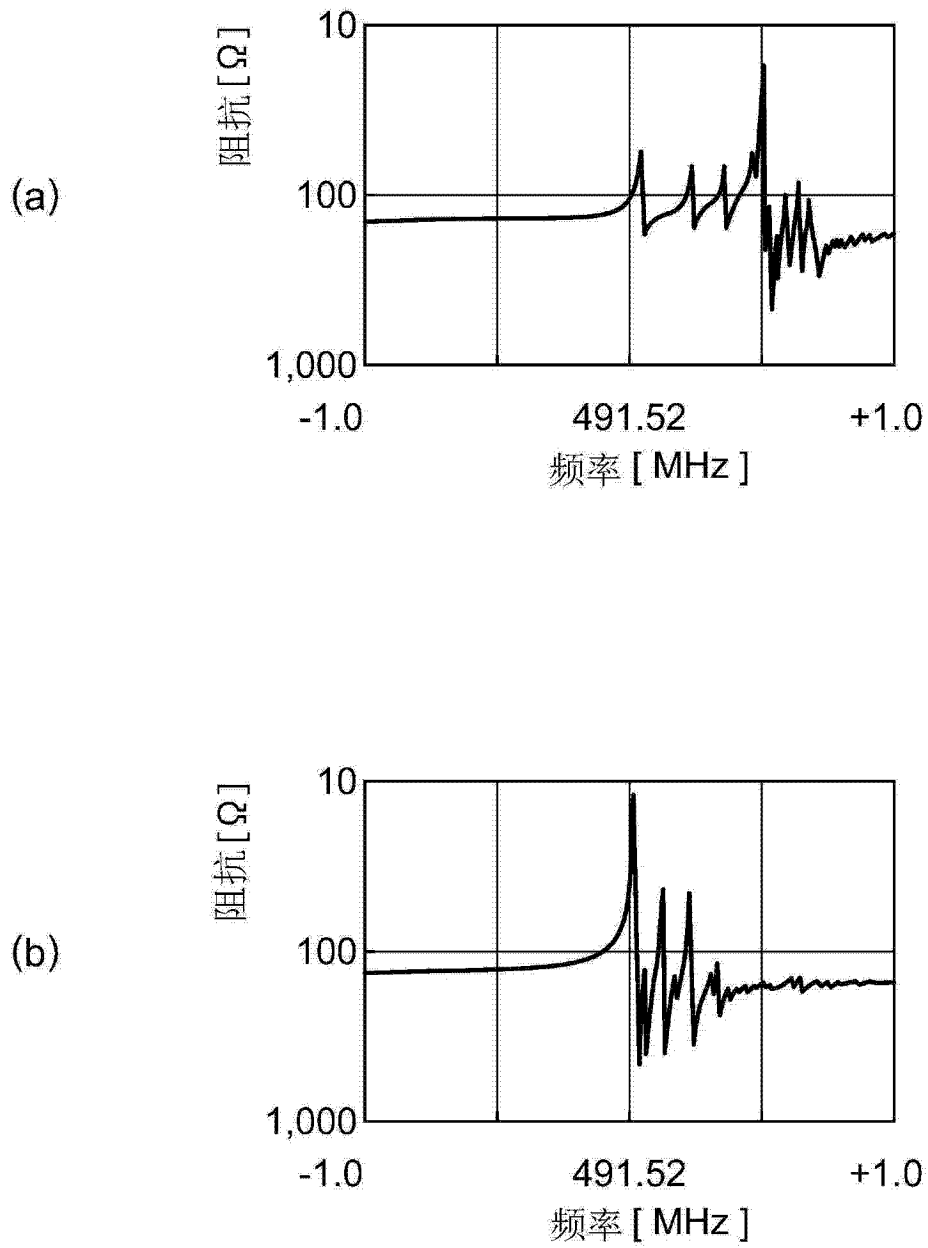


图 6

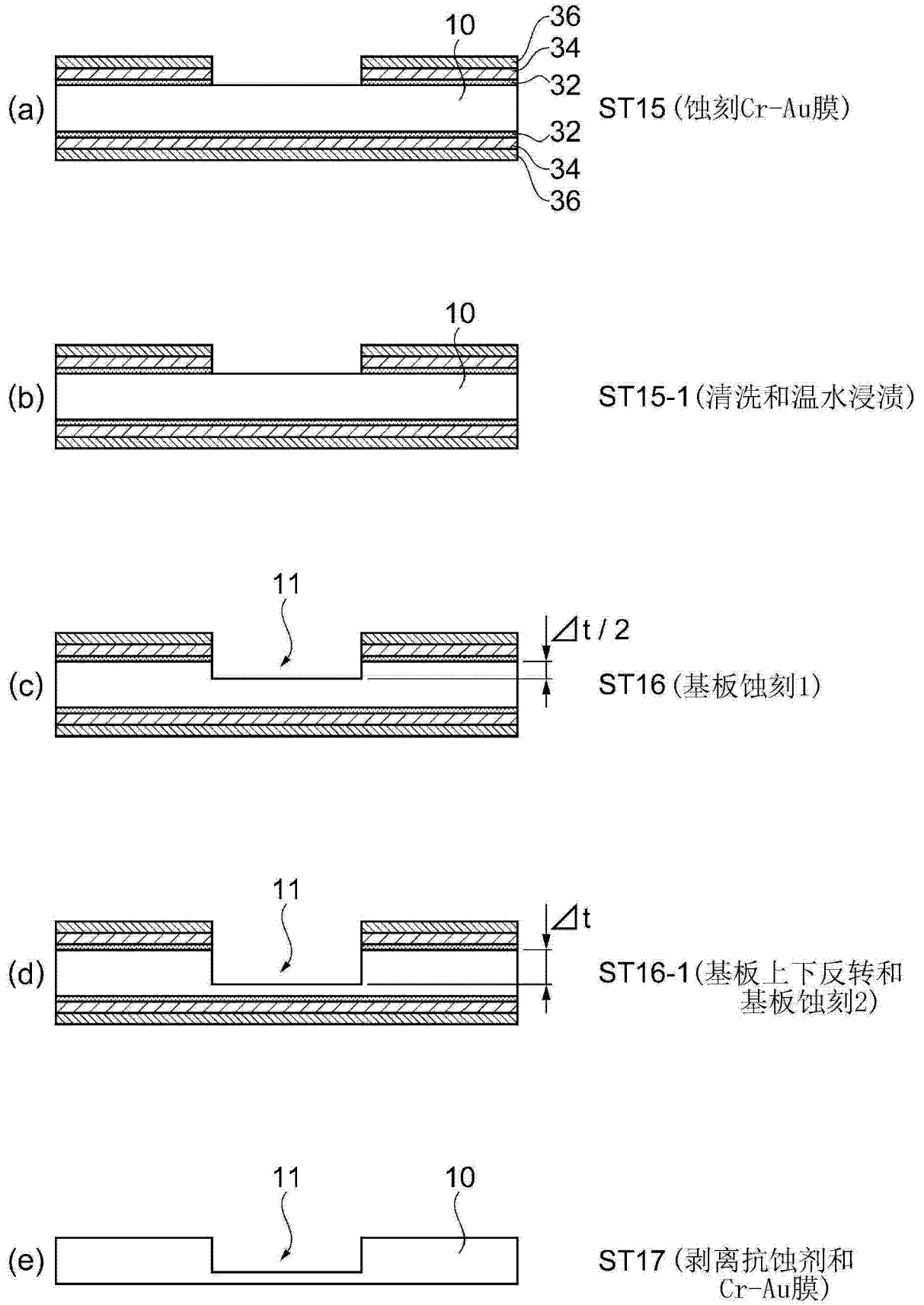


图 7

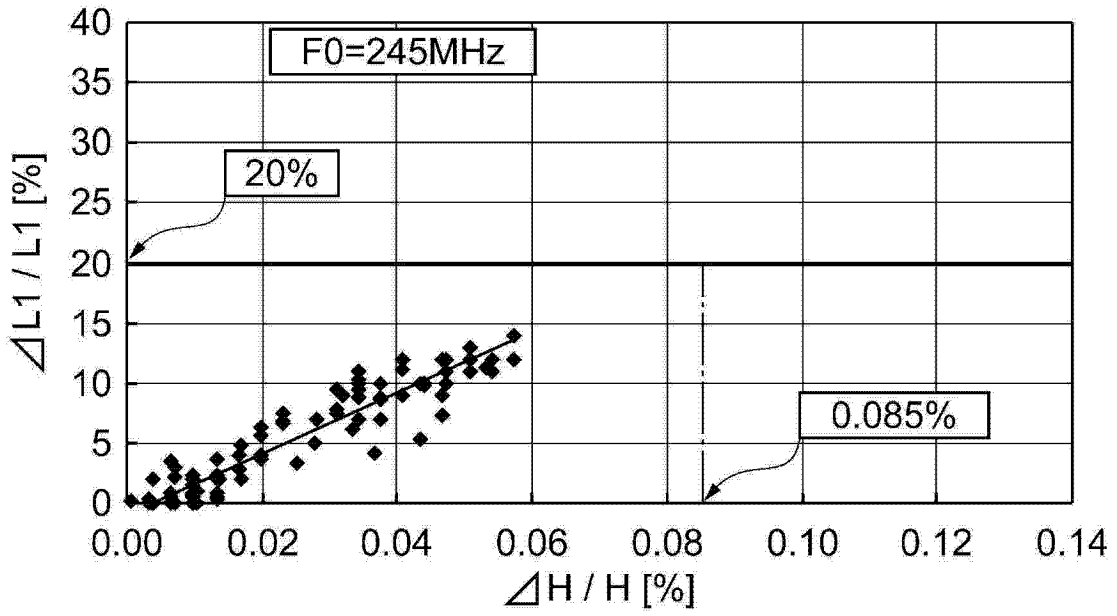


图 8

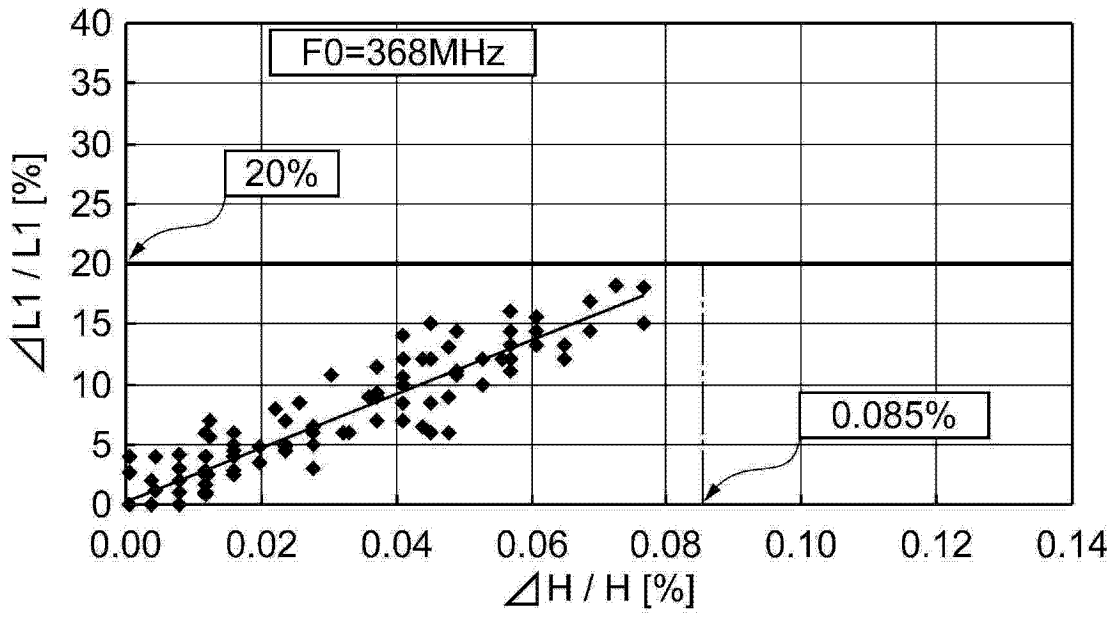


图 9

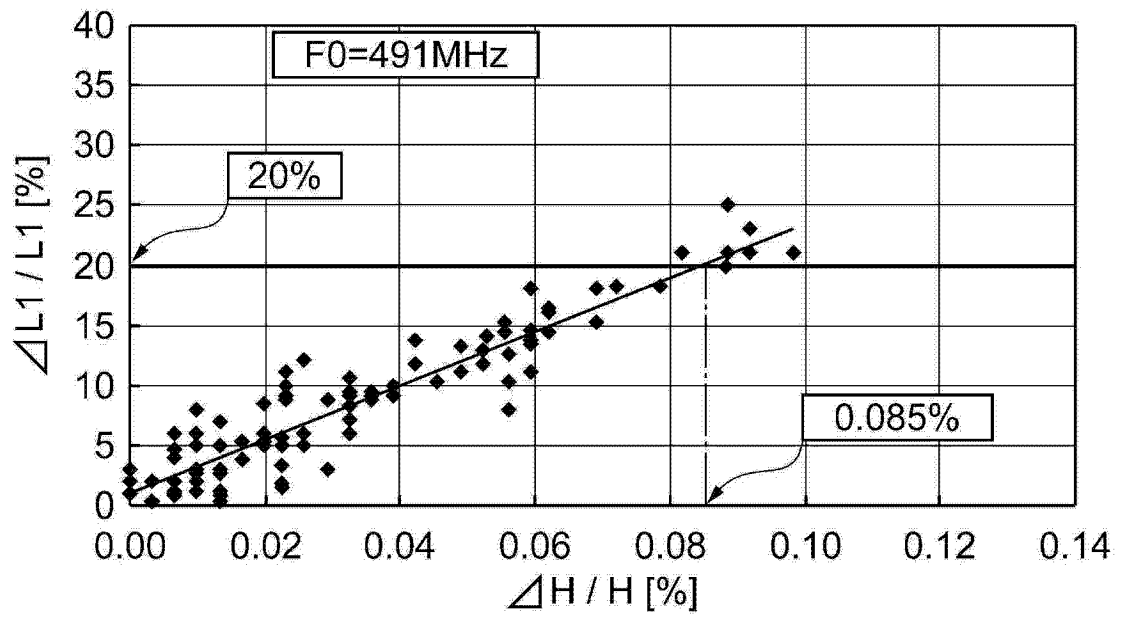


图 10

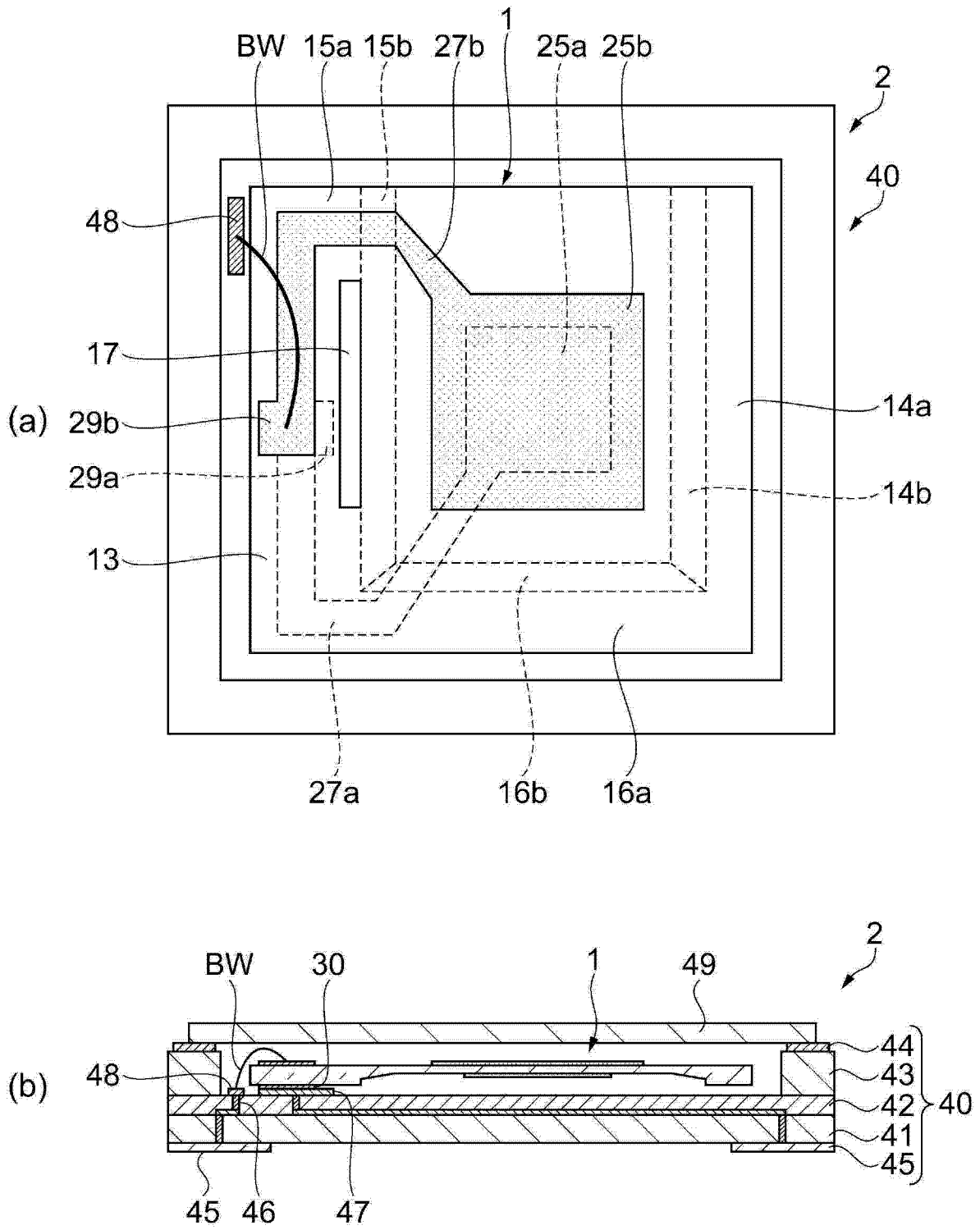


图 11

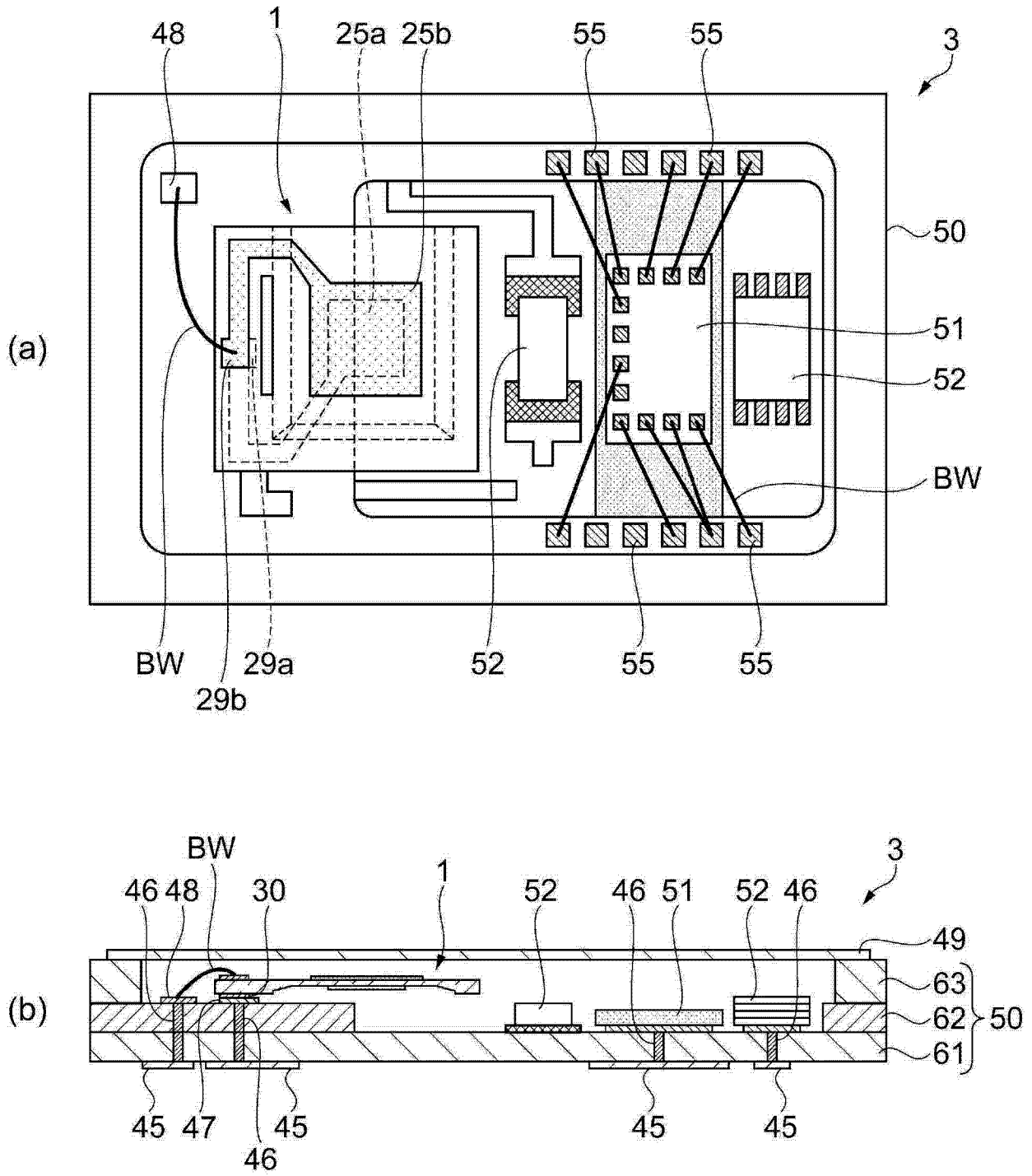


图 12

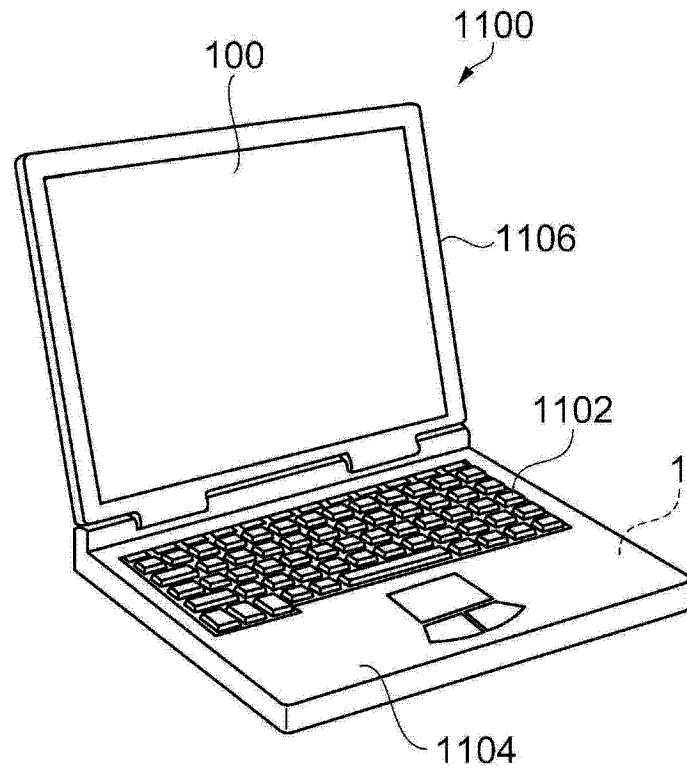


图 13

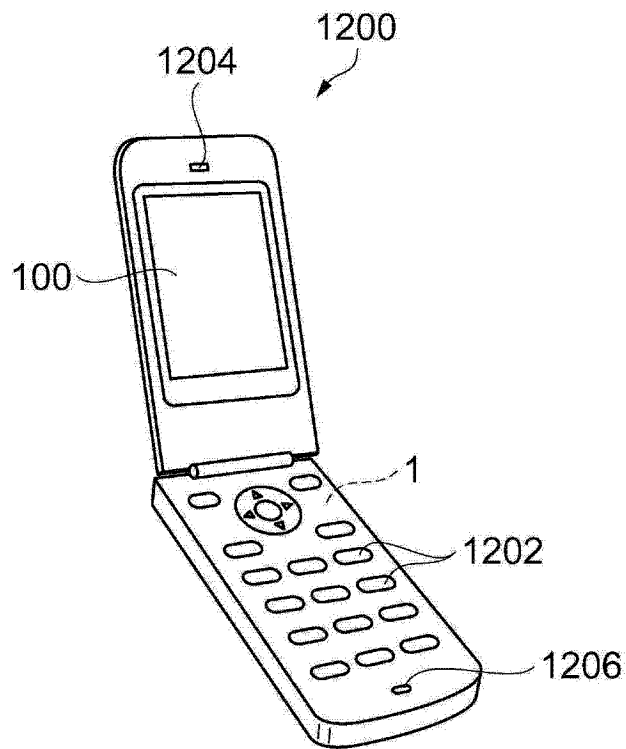


图 14

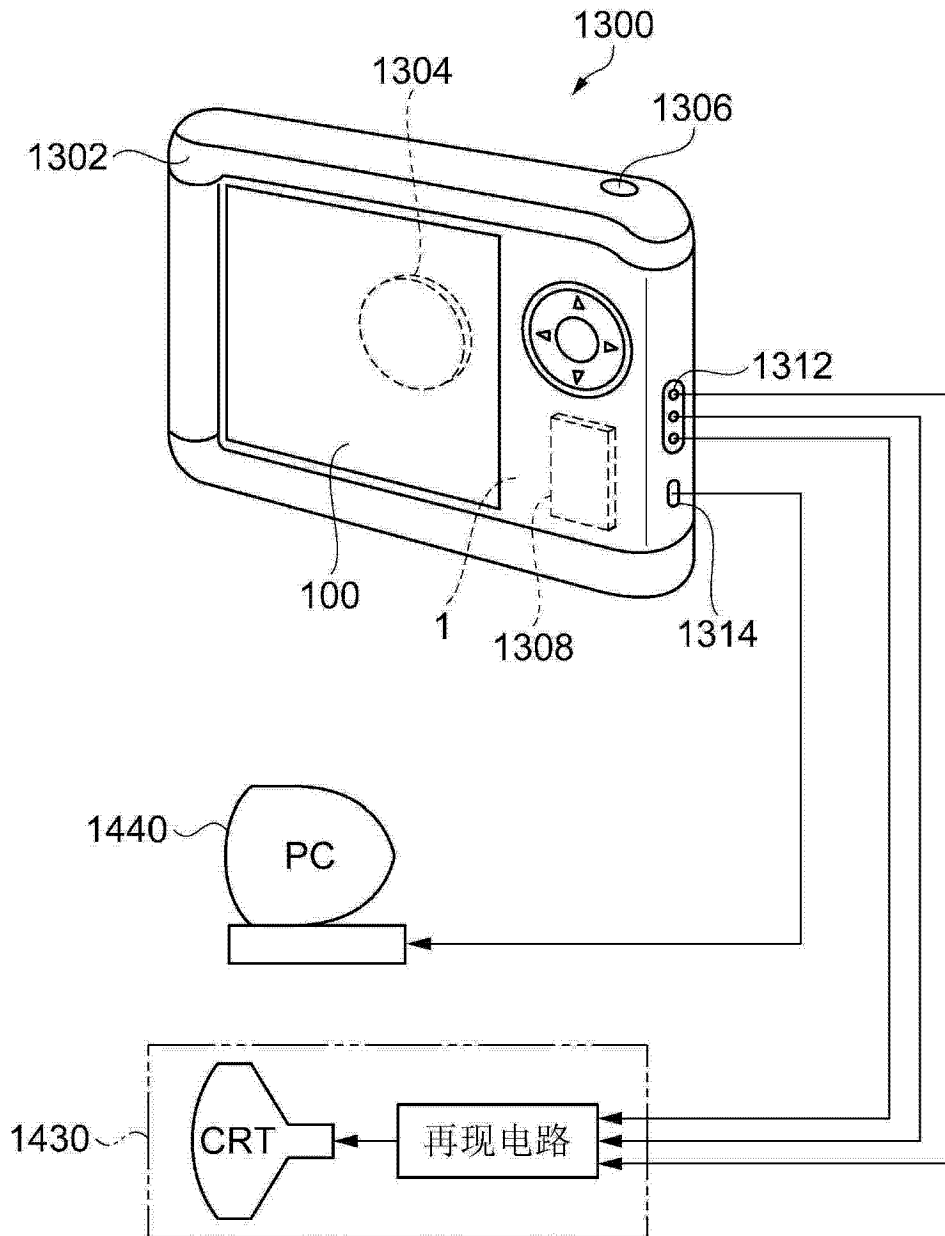


图 15