



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119586004 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 07

(21) 申请号 202380058332.2

(22) 申请日 2023.08.04

(30) 优先权数据

PCT/JP2022/032580 2022.08.30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.02.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/028524 2023.08.04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/048201 JA 2024.03.07

(71) 申请人 京瓷株式会社

地址 日本

(72) 发明人 川口义之 青野重雄

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

专利代理师 王晖

(51) Int.Cl.

H03H 9/19 (2006.01)

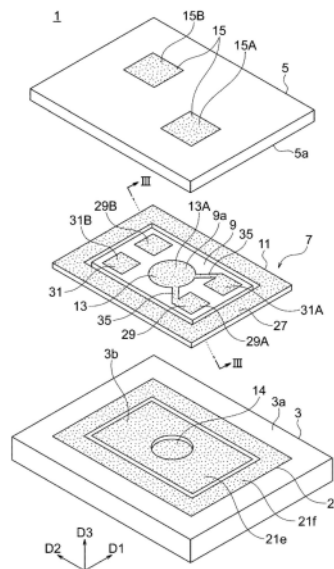
权利要求书3页 说明书34页 附图18页

(54) 发明名称

振动装置及振动装置的制造方法

(57) 摘要

本发明的振动装置具有第1基板、第2基板、中间层及激励电极。第1基板具有第1面。第2基板具有与第1面对置的第2面。中间层位于第1面与第2面之间。第1面具有第1凹部。中间层具有振动部及框部。振动部具有激励电极位于的激励部。激励部与第1凹部对置。框部在俯视下包围振动部，且接合于第1面及第2面。框部包含材料与振动部所包含的层相同的层。振动部的外缘遍及其整周地与框部分开。振动部接合于第1面中的第1凹部的的外周区域。



1. 一种振动装置,其具有:
第1基板,其具有第1面;
第2基板,其具有与所述第1面对置的第2面;
中间层,其位于所述第1面与所述第2面之间;及
激励电极,
所述第1面具有第1凹部,
所述中间层具有:
振动部,其具有所述激励电极位于的激励部,且所述激励部与所述第1凹部对置;及
框部,其在俯视下包围所述振动部,接合于所述第1面及所述第2面,
所述框部包含材料与所述振动部所包含的层相同的层,
所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开,
所述振动部接合于所述第1面中的所述第1凹部的外周区域。
2. 根据权利要求1所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:
第1金属层,其存在于所述振动部与所述第1面之间并将两者接合,且存在于所述框部与所述第1面之间并将两者接合;及
第2金属层,其存在于所述框部与所述第2面之间并将两者接合。
3. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:焊盘电极,其相对于所述振动部位于所述第2面的一侧,且与所述激励电极电连接,
所述第2面具有:
框状区域,其接合于所述框部;
焊盘用区域,其接合于所述焊盘电极;及
第2凹部,其由所述框状区域包围,包围所述焊盘用区域,且与所述激励部对置。
4. 根据权利要求3所述的振动装置,其中,
所述第2面具有由所述第2凹部包围的台座部,
所述台座部具有包含所述焊盘用区域的顶面,
所述台座部的顶面、或所述第2凹部的底面具有在俯视透视下包围所述焊盘用区域及所述焊盘电极的槽。
5. 根据权利要求1~4的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:重叠于所述第2面的第2金属层,
所述第2金属层与所述激励部的整体对置,且与所述振动部的外缘、所述框部、以及所述振动部与所述框部的间隙对置。
6. 根据权利要求1~5的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:
第1金属层,其在所述振动部与所述第1面之间与两者相接,且在所述框部与所述第1面之间与两者相接;及
第2金属层,其在所述框部与所述第2面之间与两者相接,
所述第2基板的厚度比所述第1基板的厚度薄,

所述第2金属层的厚度比所述第1金属层的厚度厚。

7. 根据权利要求1~6的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动部从与所述第1凹部对置的区域遍及与所述外周区域对置的区域具有一定的厚度。

8. 根据权利要求1~7的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:第1金属层,其存在于所述中间层与所述第1面之间并将两者接合,
所述第1金属层包含重叠于所述振动部及所述框部的第3金属层,
所述第3金属层的重叠于所述振动部的部分与重叠于所述框部的部分由同一材料及同一厚度构成,且包含重叠于所述激励部的部分。

9. 根据权利要求1~8的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:第1金属层,其在所述中间层与所述第1面之间与两者相接,
所述第1金属层的厚度比所述激励部的厚度薄。

10. 根据权利要求1~9的任一项所述的振动装置,其中,
所述激励电极位于所述振动部的所述第2基板的一侧的面,且在俯视透视下收敛于所述第1凹部。

11. 根据权利要求1~10的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有重叠于所述第1凹部的底面的第4金属层。

12. 根据权利要求1~11的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动装置具有:第4金属层,其从所述第1凹部的侧面遍及所述外周区域重叠于所述第1基板。

13. 根据权利要求1~12的任一项所述的振动装置,其中,
在俯视透视下,所述框部的外缘及所述第2基板的外缘遍及整周地位于比所述第1基板的外缘靠内侧的位置。

14. 根据权利要求1~13的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动部及所述激励电极具有利用厚度切变振动的结构,
所述第1凹部在俯视下具有以厚度切变振动的方向为长边方向的椭圆状的形状。

15. 根据权利要求1~14的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动部的侧面具有越靠所述第1基板的一侧、则越位于所述振动部的外周侧的倾斜面。

16. 根据权利要求1~15的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动部与所述框部的间隔是将作为所述激励部中的不必要振动的弯曲振动、厚度振动及轮廓滑动振动的至少1个振动的1/4波长乘以自然数而得的长度。

17. 根据权利要求1~16的任一项所述的振动装置,其中,
所述振动部具有将该振动部的所述第1基板的一侧与该振动部的所述第2基板的一侧导通的导体位于的第1贯通孔,

所述第1基板或所述第2基板的一个基板具有将该一个基板的所述中间层的一侧与该一个基板的所述中间层的相反侧导通的导体位于的第2贯通孔,
在俯视透视下所述第1贯通孔及所述第2贯通孔分别具有彼此不重合的部分。

18. 根据权利要求1~17的任一项所述的振动装置,其中,

所述振动部具有将该振动部的所述第1基板的一侧与该振动部的所述第2基板的一侧导通的导体位于的第1贯通孔，

所述第1贯通孔在所述振动部的俯视下具有第1方向的长度比与所述第1方向正交的第2方向的长度为长的形状，且

所述第1贯通孔为越靠所述第1基板的一侧、直径越小的锥形状，

与所述第1方向正交的剖面中的锥形角大于与所述第2方向正交的剖面中的锥形角。

19. 根据权利要求8所述的振动装置，其中，

所述框部与所述振动部为相同的材料且为大致同一厚度，

所述激励电极位于所述振动部的所述第1基板的一侧与所述第2基板的一侧，

所述第3金属层包含所述激励电极中位于所述第1基板的一侧的部分。

20. 根据权利要求1~19的任一项所述的振动装置，其中，

所述振动部在俯视下遍及绕所述振动部的中心的 180° 以上的角度范围地接合于所述外周区域。

21. 根据权利要求1~20的任一项所述的振动装置，其中，

所述振动装置具有：第3金属层，其相对于所述振动部重叠于所述第1面的一侧，

所述第3金属层在俯视透视下跨越所述第1凹部与所述外周区域的边界，且跨越所述边界的部分遍及绕所述第1凹部的中心的 180° 以上的角度范围。

22. 一种振动装置的制造方法，其是用于制造权利要求1~21的任一项所述的振动装置的制造方法，所述制造方法包含：

第1接合步骤，对于具有所述第1凹部的所述第1面，接合所述振动部与所述框部成为一体的状态的所述中间层；

蚀刻步骤，在所述第1接合步骤之后，蚀刻所述中间层，使所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开；及

第2接合步骤，在所述蚀刻步骤之后，对于所述中间层接合所述第2面。

振动装置及振动装置的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及一种水晶振子等振动装置及振动装置的制造方法。

背景技术

[0002] 作为所谓的WLP(Wafer Level Package,晶圆级封装)型水晶振子,已知将板状的基座、水晶基板、及板状的盖依序重叠而成的部件(例如专利文献1~4)。水晶基板在俯视下具有振动部、及包围振动部的框部。在振动部设置有用使振动部振动的激励电极。框部与基座及盖接合。基座、框部及盖构成将振动部收容于密闭空间的封装体。

[0003] 在专利文献1~3中,振动部的外周的一部分或全部与框部连结。由此,振动部被由基座、框部及盖构成的封装体支承。

[0004] 在专利文献4中,与专利文献1~3不同,振动部遍及其整周地与框部分开。取而代之,振动部经由凸块接合于基座的上表面。由此,振动部以从基座的上表面浮起的状态被封装体支承。

[0005] 在先技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2000-138554号公报

[0008] 专利文献2:国际公开第2020/137830号

[0009] 专利文献3:日本特开2022-38150号公报

[0010] 专利文献4:国际公开第2015/162958号

发明内容

[0011] 本公开的一方式的振动装置具有第1基板、第2基板、中间层及激励电极。所述第1基板具有第1面。所述第2基板具有与所述第1面对置的第2面。所述中间层位于所述第1面与所述第2面之间。所述第1面具有第1凹部。所述中间层具有振动部及框部。所述振动部具有所述激励电极位于的激励部。所述激励部与所述第1凹部对置。所述框部在俯视下包围所述振动部,且接合于所述第1面及所述第2面。所述框部包含材料与所述振动部所包含的层相同的层。所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开。所述振动部接合于所述第1面中的所述第1凹部的外周区域。

[0012] 上述振动装置的制造方法包含第1接合步骤、蚀刻步骤、及第2接合步骤。在第1接合步骤中,对于具有所述第1凹部的所述第1面,接合所述振动部与所述框部成为一体的状态的所述中间层。在所述蚀刻步骤中,在所述第1接合步骤之后,蚀刻所述中间层,使所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开。在所述第2接合步骤中,在所述蚀刻步骤之后,对于所述中间层接合所述第2面。

附图说明

[0013] 图1是表示实施方式的水晶振子的结构的分解立体图。

- [0014] 图2是从与图1不同的方向观察图1的水晶振子的分解立体图。
- [0015] 图3是图1的III-III线的剖视图。
- [0016] 图4是关于金属层表示另一例的与图3同样的剖视图。
- [0017] 图5是表示图1的水晶振子的振动部的结构的立体图。
- [0018] 图6A是图5的VIa-VIa线的剖视图,图6B是图5的VIb-VIb线的剖视图,图6C是关于振动部的正反的导通表示另一例的剖视图。
- [0019] 图7是关于第1凹部与振动部的关系表示另一例的俯视图。
- [0020] 图8A是关于第1凹部与振动部的关系表示又一例的俯视图,且是图8A的VIIIb-VIIIb线的剖视图。
- [0021] 图9是关于水晶振子所具有的第1基板表示另一例的俯视图。
- [0022] 图10是图2的区域X的放大图。
- [0023] 图11是包含图3的第2焊盘电极的一部分的范围的放大图。
- [0024] 图12A、图12B及图12C是说明图1的水晶振子的制造方法的一例的示意性剖视图。
- [0025] 图13A、图13B及图13C是表示图12C的后续的剖视图。
- [0026] 图14A、图14B及图14C是表示与图12A等的顺序并行地进行的工序的剖视图。
- [0027] 图15A、图15B及图15C是表示图13C及图14C的后续的剖视图。
- [0028] 图16是关于第1凹部与振动部的关系表示再一例的俯视图。
- [0029] 图17A是关于中间层与金属层表示另一例的俯视图,图17B是关于与图17A对应的第2基板与金属层表示另一例的俯视图。
- [0030] 图18是关于振动部的支承表示另一例的分解立体图。
- [0031] 图19是从与图18不同的方向观察图18的水晶振子的分解立体图。
- [0032] 图20是图18的XX-XX线的剖视图。

具体实施方式

[0033] 以下,关于本公开的实施方式,参照附图进行说明。此外,以下的说明所使用的图是示意性图。因此,例如,附图上的尺寸比率等未必与现实一致。此外,尺寸比率等有时在各个附图中也不一致。有时将特定的形状及/或尺寸等夸张,或省略细微部分。但是,上述不否定实际形状及/或尺寸可如附图那样,或者可从附图中提取形状及/或尺寸特征。

[0034] 在多个方式的说明中,关于后续所说明的方式,基本上仅关于与前文所说明的方式的不同点进行描述。关于未特别提及的事项,可与前文所说明的方式设为同样,或从前文所说明的方式类推出。此外,关于在多个方式中相互对应的结构要素,有时为了方面,即便存在不同点,也赋予同一符号。相反,有时即便为同一结构要素,为便于说明,而赋予不同的符号。在实施方式的说明中,为了方便,如无特别异议,有时进行以图中例示振动装置的结构(各部的形状及尺寸等)为前提的说明。

[0035] (实施方式的概要)

[0036] 图1及图2是表示实施方式的水晶振子1(振动装置的一例)的结构的分解立体图。图3是图1的III-III线的剖视图。在图1及图2中,阴影表示配置有较薄的层(例如金属层(导体层))(即不意指剖面)。

[0037] 在附图中,为了方便,赋予正交坐标系D1D2D3。以下,俯视或俯视透视如无特别异

议,则意指在D3方向观察。振子1可将任一方向设为上方而利用。惟,为了方便,有时将+D3侧设为上方,使用“正下方”或“正上方”等用语。

[0038] 水晶振子1(以下有时简称为“振子1”)是将图1~图3所示的3个层相互重叠而构成的电子零件。在对振子1施加交流电压时,振子1在其内部具有的振动部9振动。该振动例如被利用于产生振荡信号。振荡信号例如是信号电平(例如电压)以一定的频率振动的信号。

[0039] 振子1从-D3侧依序具备第1基板3、中间层7及第2基板5作为上述3个层。中间层7在俯视下具有上述的振动部9、及包围振动部9的框部11。框部11与振动部9由互为相同的材料构成。考虑框部11及/或振动部9为层叠构造的方式,就上位概念而言,框部11包含材料与振动部9所包含的层相同的层。振动部9及框部11例如通过利用同一材料一体地形成的层(构件)的蚀刻而形成。

[0040] 用于激励振动部9的第1激励电极13A及第2激励电极13B(以下,在不区别其的情况下有时称为“激励电极13”)分别位于振动部9的正反(+D3侧的面及-D3侧的面)。此外,在图2的示例中,振动部9的-D3侧的面其整体由金属层(多功能电极33)覆盖。在此方式中,例如,可将上述金属层+D3侧中与第1激励电极13A重叠的区域(图2中通过虚线表示)理解为-D3侧的第2激励电极13B。

[0041] 将振动部9中在俯视下1对激励电极13重叠的区域称为激励部9a。此外,在图1及图2中,激励部9a因由1对激励电极13遮挡而未图示,而为了方便,对重叠于激励电极13的位置赋予激励部9a的符号。同样,有时将意指第1基板3、第2基板5及中间层7的各部的符号为了方便而赋予给重叠于该各部的导体层。激励部9a是意图振动的区域。激励部9a的振动如已述那样利用于产生振荡信号。

[0042] 框部11对于第1基板3的中间层7侧(+D3侧)的第1面3a遍及框部11的整周地接合。此外,框部11对于第2基板5的中间层7侧(-D3侧)的第2面5a遍及框部11的整周地接合。由此,构成由第1基板3、框部11及第2基板5包围的密闭空间。甚至,将振动部9密封。密闭空间内(振动部9的周围)例如设为真空状态(实际上比大气压低的状态)、或存在适宜的气体(例如氮等惰性气体)的状态。

[0043] 第1面3a具有第1凹部14。振动部9重叠于第1面3a以使得激励部9a与第1凹部14对置。振动部9(更详细而言比激励部9a靠外侧的区域)接合于第1面3a中的相对于第1凹部14位于外周侧的外周区域3b。振动部9的外缘遍及其整周地与框部11分开。

[0044] 如以上那样,振动相关的部分(振动部9)、与密封的部分(框部11)完全分离。因此,例如,降低振动部9的振动向框部11泄漏的可能性。振动部9通过第1凹部14而激励部9a与第1面3a分开。由此,将激励部9a的振动容易化。因此,降低为了使激励部9a从第1面3a浮起而使用导电性的凸块的必要性。因在框部11与振动部9中至少一部分的层的材料相互共通,而例如,可利用一体的层(构件)形成两者。该情形下,例如,可将上述的一体的层与第1基板3平行地制作,而降低振动部9的翘曲及/或挠曲,期待振子1的特性稳定。此外,例如,振动部9因可将第1凹部14的外周的任意的的位置设为支承(接合)位置,而设计的自由度提高。例如,振动部9可遍及第1凹部14的整周地接合于外周区域3b。进而,振动部9可将与第1凹部14对置的区域的外侧的整体接合于外周区域3b。此情形下,例如,降低振动部9的翘曲及/或挠曲,期待振子1的特性更稳定。

[0045] 此外,振动部9中与第1凹部14对置的俯视下的面积可比外周区域3b的俯视下的面

积小。例如具有1/2以下的大小。通过此外周区域3b,可稳定地保持振动部9。

[0046] 以上为实施方式的概要。以下,大致按照下述的顺序进行实施方式的说明。

[0047] 1.振子整体(图1~图3)

[0048] 1.1.振子的形状及尺寸

[0049] 1.2.振子的安装方式

[0050] 1.3.第1基板、中间层及第2基板的接合

[0051] 2.振动部(图1~图3)

[0052] 2.1.振动部整体

[0053] 2.2.振动部的形状及尺寸

[0054] 2.3.位于振动部的导体

[0055] 2.3.1.位于振动部的所有导体

[0056] 2.3.2.激励电极

[0057] 2.3.3.焊盘电极

[0058] 2.3.4.检查用电极

[0059] 2.3.5.多功能电极

[0060] 2.3.6.位于振动部的导体的材料

[0061] 2.4.振动部的正反的导通

[0062] 2.4.1.贯通孔中的导通(图5、图6A及图6B)

[0063] 2.4.2.外周面中的导通(图6C)

[0064] 3.框部(图1~图3)

[0065] 3.1.框部的材料、形状及尺寸

[0066] 3.2.位于框部的导体

[0067] 4.第1基板(图1~图3、图4、图9)

[0068] 4.1.第1基板的材料、形状及尺寸

[0069] 4.2.位于第1基板的导体

[0070] 5.第2基板(图1~图4)

[0071] 5.1.第2基板的材料、形状及尺寸

[0072] 5.2.位于第2基板的导体

[0073] 6.结构要素间中的位置关系等

[0074] 6.1.第1凹部及振动部的关系(图1~图3、图7、图8A及图8B)

[0075] 6.2.振动部与框部的间隙

[0076] 6.3.各种层的尺寸等的关系

[0077] 7.振动部与第2基板的电连接的细节(图10及图11)

[0078] 7.1.第2基板的槽

[0079] 7.2.第1贯通孔与第2贯通孔的位置关系

[0080] 8.关于支承构造的另一例(图18~图20)

[0081] 9.振子的制造方法(图12A~图15C)

[0082] 10.实施方式的总结

[0083] (1.振子整体)

[0084] (1.1.振子的形状及尺寸)

[0085] 振子1的形状(层叠有第1基板3、中间层7及第2基板5时的形状)为任意。在图示的示例中,振子1的形状大致为薄型(D3方向的长度比其他方向的长度为短)的长方体状。此外,俯视的形状为以D2方向为长边方向的长方形状。作为振子1的另一形状,例如为D3方向的厚度大致一定的薄型形状,举例俯视的形状为圆形状、椭圆形状、正方形或多角形(矩形除外)的部件。此外,在本公开的说明中,长方形如无特别异议,则设为不包含正方形。同样,椭圆形如无特别异议,则不包含圆形。

[0086] 振子1的具体的尺寸也为任意。作为振子1的尺寸,以下例示较小的尺寸。在俯视下,长边方向的最大长度(例如长边的长度)及短边方向的最大长度(例如短边的长度)例如为0.5 mm以上且2 mm以下。厚度(D3方向)例如为0.1 mm以上且0.3 mm以下。

[0087] (1.2.振子的安装方式)

[0088] 振子1对于外部的要素(例如电路基板)的安装方式也为任意。例如,安装方式可为表面安装,也可为通孔安装。在另一观点中,与振子1的安装相关的外部电极(外部端子)的结构为任意。例如,振子1的外部电极可为供进行表面安装的焊盘状(图示的示例),也可为供进行表面安装或通孔安装的销状。

[0089] 在图示的示例中,振子1在+D3侧具有向外部露出的第1外部电极15A及第2外部电极15B(以下有时将其等简称为“外部电极15”)。外部电极15具有面向+D3侧的表面,至少在外观上为焊盘状。外部电极15例如虽未图示,但如以下那样可有助于安装。

[0090] 例如,振子1的-D3侧的面通过接着剂接合于外部的要素的安装面。而且,外部电极15可通过接合线而电连接于上述外部的要素所具有的焊盘或安装于上述外部的要素的其他电子零件的焊盘。

[0091] 或,振子1可以配置为外部电极15与设置于外部的要素的安装面的焊盘对置。而且,可通过存在于上述焊盘与外部电极15之间的导电性的接合材料(例如焊料)将上述焊盘与外部电极15接合。此外,在该方式中,可除2个外部电极15以外,也将虚设的电极或赋予基准电位的电极设置于振子1的+D3侧的面,以使外部的要素对振子1的支承稳定化。尤其是,在赋予基准电位的电极在俯视下形成为跨于后述的第2凹部39与框部11之间的情形下,可提高第2基板5的强度。进而,可设为通过在与外部电极15电性分离的状态下大致覆盖第2基板5的+D3侧的面(例如覆盖70%以上)而降低外部的电磁波的影响的振子1。尤其是,在形成为将赋予基准电位的电极经由第2基板5的侧面、中间层7的侧面侧、第1基板3的侧面和形成于第1基板3的-D3侧的面的基准电位电极连接的情形下,可进一步抑制来自外部的电磁波的影响。

[0092] 外部电极15的位置、形状及尺寸为任意。例如,与图示的示例不同,外部电极15可位于振子1的-D3侧(在另一观点中为第1基板3)。此外,俯视的外部电极15的位置也为任意。在图示的示例中,在俯视下,2个外部电极15在与振子1的长边方向及短边方向倾斜的方向(对角线方向)排列,且距离振子1的外缘较远。与图示的示例不同,例如,外部电极15在俯视下可位于振子1的四角的任一者。该情形下,可在第2基板5的+D3侧引绕,在振动部9的外侧设置焊盘。通过此构成,降低安装时的应力传递至振动部9。尤其是在俯视下隔着第1凹部14配置于对称的位置时,可减小安装时的应力的偏差。此外,例如,外部电极15可设为矩形状(图示的示例)、圆形状、椭圆形状或多边形状(矩形状除外)。

[0093] (1.3.第1基板、中间层及第2基板的接合)

[0094] 第1基板3与中间层7的接合的方式、及中间层7与第2基板5的接合的方式可设为各种方式。

[0095] 在图3所示的示例中,第1基板3与中间层7通过存在于两者之间的第1金属层17而接合。在着眼于制造过程时,将重叠于第1基板3的第1面3a的金属层(第1基板侧层21、也参照图1)、与重叠于中间层7的第1基板3侧的面的金属层(第1中间侧层25、也参照图2)接合。

[0096] 此外,在图3所示的示例中,中间层7与第2基板5通过存在于两者之间的第2金属层19而接合。在着眼于制造过程时,将重叠于第2基板5的第2面5a的金属层(第2基板侧层23、也参照图2)、与重叠于中间层7的第2基板5侧的面的金属层(第2中间侧层27、也参照图1)接合。

[0097] 作为图示以外的接合方式,例如举出:将第1基板3及中间层7通过存在于两者之间的绝缘层而接合的方式、及将第1基板3及中间层7直接相接而接合的方式(直接接合)。绝缘层可为无机材料(例如 SiO_2),也可为有机材料(例如树脂)。此外,在第1基板3与中间层7之间,金属层与绝缘层可密接。该等其他接合的方式必然也适用于第2基板5及中间层7的接合。

[0098] 第1基板3及中间层7的接合方式、与第1基板3及中间层7的接合方式可互不相同。例如,可以设置有外部电极15的基板(图示的示例中为第2基板5)与中间层7的接合通过金属层而进行,且另一方面,其他基板(图示的示例中为第1基板3)与中间层7的接合通过绝缘层或直接接合而进行。

[0099] 基板(3或5)与中间层7的接合方式可于俯视的互不相同的区域彼此中互不相同。例如,可以振动部9与设置有外部电极15的基板(图示的示例中为第2基板5)的接合通过金属层而进行,且另一方面,框部11与上述基板的接合通过绝缘层或直接接合而进行。

[0100] 此外,关于第1金属层17及第2金属层19的细节,后续与第1基板3、中间层7及第2基板5一起进行说明。

[0101] (2.振动部)

[0102] (2.1.振动部整体)

[0103] 振动部9的振动(如无特别异议,则为意图利用的振动)的方式可设为各种方式。在另一观点中,振动部9及激励电极13的结构可采用各种构成。

[0104] 例如,作为振动方式,举出厚度切变振动、厚度纵向振动、扩展振动、长度振动、弯曲振动、扭转振动及轮廓切变振动。此外,振动方式可为产生弹性波(例如SAW:Surface Acoustic Wave,表面声波)的方式。由SAW的例子可理解为,振动方式不限定于遍及振动部9的厚度方向的整体地振动的方式,可为振动部9的厚度方向的一部分振动的方式。

[0105] 由上述的振动方式的例示可理解为,振动部9的材料例如可其整体由压电体一体地构成(图示的示例),也可仅一部分由压电体构成。作为后者,例如举出由供弹性波传播的压电体层、与层叠于该压电体层的其他层构成振动部9的方式。

[0106] 压电体的具体的材料也可根据所利用的振动方式而设为各种材料。例如,压电体的材料可为单晶,也可为多晶。作为前者,例如举出水晶、钽酸锂的单晶及铌酸锂的单晶。作为后者,举出各种陶瓷。

[0107] 单晶的切角也为任意。例如,若例举水晶的切角,则举出厚度切变振动所利用的AT

切割、SC切割及BT切割、以及轮廓切变振动所利用的CT切割及DT切割。

[0108] 此外,例如,由已述的振动方式的例示可理解为,1对激励电极13可在厚度方向或其他方向上隔着振动部9而彼此对置(图示的示例),也可共同位于振动部9的1个表面(平面)。作为后者,例如举出激励弹性波的1对梳齿电极。

[0109] 在实施方式的说明中,为了方便,作为振动部9,采用利用厚度切变振动的AT切割的水芯片为例。为了慎重起见而记载为,厚度切变振动是在厚度方向(D3方向)上面向互为相反侧的2个面以相互滑动的方式振动的振动方式。此外,AT切割的水芯片是在将从Z轴(光轴)及Y轴(机械轴)绕X轴(电气轴)旋转 35° 以上且 36° 以下(例如 $35^\circ 15'$)后的轴设为Z'轴及Y轴'时,厚度方向为Y'轴(在另一观点中为正反的面平行于X轴及Z'轴)的切角。

[0110] 振动的方向(在另一观点中为晶体的方向)与振子1(振动部9)的结构的关系为任意。例如,厚度切变振动的方向(X轴方向)可为D1方向,也可为D2方向,还可为与其等倾斜的方向。其中,在实施方式的说明中,为了方便,如无特别异议,有时采用D2方向为厚度切变振动的方向的方式为例。

[0111] (2.2.振动部的形状及尺寸)

[0112] 振动部9的形状为任意。例如,振动部9可为其大致整体为一定的厚度的平板状(图示的示例),也可为所谓的台面型或倒台面型。此处,平板状及/或一定的厚度,例如意指后述的振动部9与第1凹部14的外周(外周区域3b)重叠的重合区域(或两者经接合的接合区域)的平均厚度和激励部9a的平均厚度的差在激励部9a的平均厚度的 $\pm 5\%$ 以内、及/或振动部9中的最小厚与最大厚的差在激励部9a的平均厚度的 $\pm 5\%$ 以内。台面型例如为与激励电极13的配置区域大致一致的区域(台面部)比其外周的区域厚的形状。具体而言,例如,台面部的平均厚度、与其外周区域的平均厚度的差可大于 5% 、及/或设为 40% 以下。倒台面型例如为包含激励电极13的配置区域的区域(倒台面部)比其外周的区域薄的形状。台面部及倒台面部的具体的形状(平面形状、侧面的倾斜、高度变化的阶梯数等)也为任意。

[0113] 振动部9的平面形状也为任意。例如,振动部9的平面形状可为矩形状(例如长方形状或正方形状)(图示的示例),也可为圆形状、椭圆形状或多边形状(矩形状除外)。在另一观点中,振动部9可为具有长边方向及短边方向的形状(例如长方形状或椭圆形状),也可为无法进行此区别的圆形状或正方形状。长边方向的长度与短边方向的长度的比也为任意。例如,前者与后者的比可设为 $1.14 \sim 1.39:1$ 、或 $1.26:1$ 。

[0114] 振动部9的形状与晶体的方向(振动的方向)的关系为任意。例如,在振动部9在俯视下具有长边方向及短边方向的方式中,厚度切变振动的方向(X轴方向)可为长边方向或短边方向,也可为与长边方向倾斜的方向。前段落中的长边方向的长度与短边方向的长度的比可适用于厚度切变振动的方向与长边方向一致的方式。

[0115] 振动部9的尺寸也为任意。其中,关于对振动部9的共振频率造成影响的尺寸,基于意图利用的频率而设定。对共振频率造成影响的尺寸根据振动方式而不同。例如,如为厚度切变振动,则根据振动部9(更详细而言激励部9a)的厚度来规定共振频率。已知在AT切割的振动部9中利用n次波的情形下,在将激励部9a的厚度设为t(mm)时,共振频率f0(MHz)近似为 $f_0 = 1.67 \times n/t$ 。

[0116] 如后述那样,振子1可以晶圆状态重叠3层(3、5及7)而进行封装。换言之,振子1可设为WLP型。该情形下,可在晶圆状态下进行调整振动部9的厚度的加工。其结果,例如,可使

用能够以高精度(例如 ± 5 nm)加工的电浆CVM(Cheical Vaporization Machining,化学气相加工)将振动部9的厚度加工至极薄的厚度。

[0117] 由前段落可理解为,振动部9可设为较薄。例如,振动部9可设为 $5\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下、或 $5\mu\text{m}$ 以上且 $6\mu\text{m}$ 以下。在利用厚度切变振动的情形下,振动部9越薄,共振频率越高。因此,在另一观点中,振动部9可意图在较高的频率下的利用。例如,若将上述的尺寸套用于已述的AT切割的共振频率的式,则大致为 167 MHz以上且 334 MHz以下、或 278 MHz以上且 334 MHz以下。

[0118] (2.3.位于振动部的导体)

[0119] (2.3.1.位于振动部的所有导体)

[0120] 例如,以下的导体层(金属层)位于振动部9。已述的1对激励电极13。位于振动部9的+D3侧的1对焊盘电极29(第1焊盘电极29A及第2焊盘电极29B)、1对检查用电极31(第1检查用电极31A及第2检查用电极31B)及2个配线部35。位于振动部9的-D3侧且包含第2激励电极13B的多功能电极33。

[0121] 1对焊盘电极29例如有助于1对激励电极13与1对外部电极15的连接。1对检查用电极31例如有助于将在制造过程中检查振动部9的特性的检查装置连接于1对激励电极13。多功能电极33例如一部分作为第2激励电极13B发挥功能,且其他部分有助于第2激励电极13B与振动部9的+D3侧的导体的导通、及振动部9向第1基板3的接合。

[0122] 振动部9的位于+D3侧的各种导体(13A、29、31及35)包含于已述的第2中间侧层27。位于-D3侧的多功能电极33包含于已述的第1中间侧层25。

[0123] (2.3.2.激励电极)

[0124] 第1激励电极13A(甚至第2激励电极13B)的形状及尺寸为任意。例如,第1激励电极13A的形状可设为圆形状(图1的示例)、椭圆状(参照图7)、矩形状(例如长方形状或正方形形状、参照图8A)或多边形状(矩形除外)。在另一观点中,第1激励电极13A可为具有长边方向及短边方向的形状(例如长方形状或椭圆形状),也可为无法进行此区别的形状(例如圆形状或正方形形状)。长边方向的长度与短边方向的长度的比也为任意。例如,前者与后者的比可设为 $1.14 \sim 1.39:1$ 、或 $1.26:1$ 。

[0125] 第1激励电极13A的形状与晶体的方向(振动的方向)的关系为任意。通常,在第1激励电极13A具有长边方向及短边方向的方式中,厚度切变振动的方向(X轴方向)为长边方向。前段落中的长边方向的长度与短边方向的长度的比可适用于此方式。

[0126] 第1激励电极13A与振动部9的位置关系也为任意。例如,第1激励电极13A的几何中心相对于振动部9的几何中心可一致(图示的示例),也可偏移。在第1激励电极13A及振动部9各自具有长边方向及短边方向的方式中,第1激励电极13A的长边方向相对于振动部9的长边方向可一致(图7及图8A的示例),也可不一致。在振动部9具有台面或倒台面的方式中,第1激励电极13A相对于台面及倒台面的位置关系(形状及/或大小的异同、在大小不同的情形下哪一者为大等)也为任意。

[0127] (2.3.3.焊盘电极)

[0128] 1对焊盘电极29电连接于1对激励电极13。此外,1对焊盘电极29均面向第2基板5侧(+D3侧),能够接合于第2基板5的导体(例如第2基板侧层23)。通过此构成,将1对激励电极13、与第2基板5所具有的1对外部电极15电连接。

[0129] 第1焊盘电极29A与第1激励电极13A连接。具体而言,两者因均位于振动部9的+D3侧,而通过位于振动部9的+D3侧的配线部35而连接。

[0130] 第2焊盘电极29B与第2激励电极13B连接。具体而言,两者经由多功能电极33中的第2激励电极13B以外的区域(外侧电极33a)而连接。关于外侧电极33a与第2激励电极13B的导通(振动部9的正反的导通)的方式在后文描述(第2.4节)。

[0131] 1对焊盘电极29的形状及位置为任意。例如,焊盘电极29的形状可设为矩形状(图示的示例)或圆形状。此外,焊盘电极29可与振动部9的外缘分开(图1的示例),也可扩展至振动部9的外缘(参照图8A)。1对焊盘电极29的形状、尺寸及位置可相对于振动部9的中心为旋转对称(图1的示例),也可相对于振动部9的平行于D1方向或D2方向的中心线为线对称(参照图8A),还可此关系不成立。

[0132] 此外,例如,1对焊盘电极29相对于1对激励电极13,可位于规定方向的两侧(图1的示例),也可位于规定方向的一侧(参照图8A)。在另一观点中,1对焊盘电极29的排列方向为任意。上述规定方向也为任意。在图1的示例中,上述规定方向概略观察可理解为振动的方向及/或振动部9的长边方向,更详细观察可理解为相对于振动的方向及/或振动部9的长边方向交叉的方向(对角线方向)。此外,上述规定方向不限于长边方向,可为短边方向。

[0133] 一般而言,1对焊盘电极29的位置由于为规制振动部9的振动的位置,而对振动特性造成影响的可能性高。另一方面,在本实施方式中,振动部9例如在比第1凹部14靠外周侧的大致整面固定于第1基板3。因此,1对焊盘电极29的位置对振动造成的影响相对低。在另一观点中,在与振动特性的关系中,1对焊盘电极29的设计的自由度高。

[0134] (2.3.4. 检查用电极)

[0135] 1对检查用电极31电连接于1对激励电极13。此外,1对检查用电极31均面向+D3侧。因此,例如,通过在将第2基板5接合于中间层7之前,将探针碰触1对检查用电极31,而可向1对激励电极13施加电压。由此,可检查振动部9的特性。

[0136] 第1检查用电极31A与第1激励电极13A连接。具体而言,两者因均位于振动部9的+D3侧,而通过位于振动部9的+D3侧的配线部35而连接。

[0137] 第2检查用电极31B与第2激励电极13B连接。具体而言,两者经由多功能电极33中的第2激励电极13B以外的区域(外侧电极33a)而连接。

[0138] 检查用电极31的形状及位置为任意。上述的焊盘电极29的形状及位置的说明可援用于检查用电极31的形状及位置。检查用电极31的形状、尺寸及位置与焊盘电极29的形状、尺寸及位置可相对于振动部9的平行于D1方向或D2方向的中心线为线对称(图1的示例),也可相对于振动部9的中心为旋转对称,还可此关系不成立。

[0139] 此外,可不设置1对检查用电极31(参照图8A)。该情形下,也能够通过将探针碰触焊盘电极29来进行检查。检查用电极31例如与焊盘电极29不同,不与第2基板5的导体接合。其中,可进行接合。

[0140] (2.3.5. 多功能电极)

[0141] 多功能电极33例如遍及振动部9的-D3侧的面的大致整体地扩展。在另一观点中,多功能电极33设为所谓的整体状图案。整体状图案例如是基本上无间隙地遍及较宽广的范围地扩展的图案。通过此构成,多功能电极33具有第2激励电极13B,且具有有助于导通及接合的外侧电极33a。外侧电极33a具体而言有助于第2激励电极13B与振动部9的+D3侧的导体

(第2焊盘电极29B及第2检查用电极31B)的导通,且有助于振动部9与第1基板3的接合。

[0142] 其中,多功能电极33可不是遍及振动部9的-D3侧的面的整体地扩展的整体状图案。

[0143] 例如,多功能电极33尽管为整体状图案,但其外缘的一部分或全部可与振动部9的外缘分开。该情形的整体状图例如可包含重叠于激励电极13的大致整体的区域、及重叠于第1凹部14的周围的外周区域3b的一部分的区域,占振动部9的面积8成以上。

[0144] 此外,例如,多功能电极33可具有:第2激励电极13B;外侧电极(33a),其包围第2激励电极13B,与第2激励电极13B的外缘分开;及配线部,其连接两者。在另一观点中,可在第2激励电极13B与外侧电极33a之间形成环状的(其中,一部分由配线部中断)狭槽。在此方式中,第2激励电极13B例如可在俯视透视下具有与第1激励电极13A的形状大致一致的形状。

[0145] 此外,例如,多功能电极33可将有助于第2激励电极13B与第2焊盘电极29B(及/或第2检查用电极31B)的电连接的部分、与有助于振动部9对于第1基板3的接合的部分相互分离且不电连接。该情形下,后者可设为电性浮动状态,也可赋予基准电位。

[0146] (2.3.6. 位于振动部的导体的材料)

[0147] 振动部9的-D3侧的多功能电极33包含于已述的第1中间侧层25。此外,振动部9的+D3侧的各种导体层(13A、29、31及35)包含于第2中间侧层27。因此,在本节的说明中,为了方便,有时使用第1中间侧层25及第2中间侧层27的用语进行说明。

[0148] 位于振动部9的+D3侧的各种导体层(13A、29、31及35)可材料及厚度互为相同(图3的示例),也可材料及/或厚度互不相同(参照图13C)。作为后者的方式,例如举出焊盘电极29(及检查用电极31)具有与构成第1激励电极13A的金属层相同的金属层,且在该金属层的上方具有第1激励电极13A不具有的其他金属层的方式。

[0149] 同样,位于振动部9的-D3侧的多功能电极33可材料及厚度遍及其整体地相同(图3的例子),也可材料及/或厚度根据区域而不同。作为后者的方式,例如举出与+D3侧同样地材料及/或厚度就第2激励电极13B与外侧电极33a不同的方式。

[0150] 在+D3侧及-D3侧的各侧,导体层遍及其整体地为同一材料及厚度的方式中,+D3侧的导体层(13A、29、31及35)与-D3侧的导体层(33)可材料及厚度相同(图3的示例),也可材料及/或厚度不同。在+D3侧及-D3侧的至少一侧,导体层遍及其整体地不为同一材料及厚度的方式中,将规定的区域彼此(例如激励电极13彼此、或其他区域彼此)进行比较,材料及/或厚度可相同,也可不同。

[0151] 此外,激励电极13(例如第1激励电极13A)例如为了调整频率,有时在与第1基板3接合之后,对厚度进行微调。在是否为同一厚度的判定中,可忽视该微调的影响。此外,例如,关于因3层(3、5及7)的接合时的加压及加热造成的影响,也可忽视。关于第1基板3及第2基板5的导体层也设为同样。

[0152] 第1中间侧层25及第2中间侧层27的材料为任意。例如,各层(25或27)可由1层金属层构成,也可由2层以上的金属层构成(图3的示例)。此外,规定的层(例如25或27)由2层以上的金属层(或绝缘层)构成,在材料遍及规定的区域地相同时,例如,金属层的层叠数及各金属层的材料(进而金属层彼此的厚度的比)相同。关于其他层也为同样。

[0153] 在图3的示例中,第1中间侧层25具有:与振动部9相接的(直接重叠)下层25a、及重叠于下层25a的上层25b。上层25b例如由导电性比下层25a的材料高的材料构成,且比下层

25a厚。下层25a例如有助于提高上层25b与振动部9的接合强度。其中,层叠构造可意图具有与如上述的作用不同的作用。

[0154] 下层25a及上层25b的具体的材料为任意。例如,作为下层25a的材料,举出铬(Cr)、钛(Ti)及镍(Ni)、以及以其等的1个以上为主成分的合金。作为上层25b的材料,例如举出金(Au)、银(Ag)、铂(Pt)及铝(Al)、以及以其等的1个以上为主成分的合金。

[0155] 此外,在图3的示例中,第2中间侧层27从振动部9侧依序具有下层27a、上层27b、第1接合层27e及第2接合层27f。第1激励电极13A及配线部35例如仅由上述的4层中的下层27a及上层27b构成。焊盘电极29、检查用电极31、及第2中间侧层27的重叠于框部11的部分例如由上述的4层构成。

[0156] 关于第1中间侧层25的材料的已述的说明可在不产生矛盾等的范围内将“第1中间侧层25”、“下层25a”及“上层25b”的用语分别置换为“第2中间侧层27”、“下层27a”及“上层27b”的用语,而援用于第2中间侧层27。此外,关于第1中间侧层25的材料的已述的说明可在不产生矛盾等的范围内将“第1中间侧层25”、“下层25a”及“上层25b”的用语分别置换为“第2中间侧层27”、“第1接合层27e”及“第2接合层27f”的用语,而援用于第2中间侧层27。

[0157] (2.4.振动部的正反的导通)

[0158] (2.4.1.贯通孔中的导通)

[0159] 图5是振动部9的立体图。在该图中,关于振动部9的+D3侧的导体也以虚线表示。此外,图6A是图5的VIa-VIa线的剖视图。图6B是图5的VIb-VIb线的剖视图。

[0160] 如该等图所示,振动部9具有第1贯通孔9h。而且,通过在该第1贯通孔9h配置连接导体37,而将振动部9的+D3侧的导体层、与振动部9的-D3侧的导体层导通。

[0161] 连接导体37的结构为任意。例如,可为填充于第1贯通孔9h的柱状导体(图示的示例),也可为重叠于第1贯通孔9h的内面的层状导体。柱状导体的整体可由1种材料构成,也可由2种以上的材料构成。作为后者的方式,例如举出材料就外周面与内部不同的方式(图3的示例)。同样,层状导体的整体可由1种材料构成,也可由2种以上的材料构成。作为后者,举出设置有与第1贯通孔9h的内面相接的层、及重叠于该层的其他层的方式。连接导体37的材料可与+D3侧及/或-D3侧的导体层的材料相同,也可不同。

[0162] 此外,前段落中的说明可援用于后述的第2贯通孔5h及位于其内部的取出导体41。此时,“第1贯通孔9h”及“连接导体37”的用语分别置换为“第2贯通孔5h”及“取出导体41”的用语。

[0163] 在图3中,作为连接导体37,例示具有由与第1接合层27e相同的材料构成的外周侧的层、及由与第2接合层27f相同的材料构成的内部的柱状部的结构。此外,在图3中,与上述同样,关于后述的取出导体41,例示具有与重叠于第2基板5的+D3侧的面的2个以上的导体层的材料相同的材料的结构。

[0164] 返回图5,第1贯通孔9h(在另一观点中为连接导体37)的位置、形状及尺寸为任意。例如,在图示的示例中,若着眼于有助于第2焊盘电极29B与多功能电极33的导通的第1贯通孔9h,则第1贯通孔9h位于第2焊盘电极29B的正下方,更详细而言,例如,位于比第2焊盘电极29B的几何中心靠激励电极13侧(更详细而言,例如,就振动部9的长边方向及/或振动的方向比第2焊盘电极29B的几何中心靠激励电极13侧)。此外,在图示的示例中,第2焊盘电极29B的上述第1贯通孔9h设为沿与第2焊盘电极29B与激励电极13的排列方向(在另一观点中

为振动部9的长边方向及/或振动的方向)交叉(例如正交)的方向延伸的狭槽状。

[0165] 通过第1贯通孔9h位于第2焊盘电极29B的正下方,而例如,将+D3侧的导体层的图案简单化,且容易减小该导体层的面积。此外,通过第1贯通孔9h相对地位于激励电极13的一侧,例如,第1贯通孔9h发挥阻挡焊盘电极29与激励部9a之间的应力的传递的作用,降低焊盘电极29与第2基板5的固定对激励部9a的振动造成的影响。该效果通过第1贯通孔9h为沿与第2焊盘电极29B与激励电极13的排列方向交叉的方向延伸的狭槽状而提高。此外,因通过第1贯通孔9h为狭槽状,而容易在俯视下确保第1贯通孔9h的内周面的长度,而容易确保第1贯通孔9h内的连接导体37与+D3侧或-D3侧的导体层的导通面积。

[0166] 不过,第1贯通孔9h的位置、形状及尺寸可与上述不同。以下举出例子。第1贯通孔9h例如可不位于第2焊盘电极29B的正下方。该情形下,连接导体37与第2焊盘电极29B例如可通过位于+D3侧的配线部而连接。此外,第1贯通孔9h可在第2焊盘电极29B与激励电极13的排列方向(在另一观点中为振动部9的长边方向及/或振动的方向)上,位于第2焊盘电极29B的几何中心或相对于该几何中心与激励电极13为相反侧。此外,第1贯通孔9h的俯视的形状可为圆形状、椭圆形状(难以捕捉为狭槽状的形状)、正方形形状及长方形形状(难以捕捉为狭槽状的形状)。

[0167] 此外,关于第2焊盘电极29B中的第1贯通孔9h进行了说明,上述的第1贯通孔9h的位置、形状及尺寸的说明可适宜地援用于第2检查用电极31B的第1贯通孔9h。

[0168] 第1贯通孔9h的纵剖面(图6A及图6B所示的剖面)的形状及尺寸也为任意。在该等图中,例示越靠-D3侧、直径越小的锥形形状。与图示的示例不同,第1贯通孔9h的纵剖面的形状例如可为具有一定的直径的形状,也可为越靠振动部9的厚度方向的中央侧、直径越小的形状(具有2个锥形形状的形状),还可为多段形状。此外,锥形形状可为因振动部9的材料对于蚀刻具有各向异性而形成,也可为通过调整雷射光的照射方式等而按意图地形成。

[0169] 关于第1贯通孔9h的狭槽状进行补充。狭槽状可意指第1方向(D1方向)的长度比与第1方向正交的第2方向(D2方向)的长度为长的形状。狭槽状例如基本上(端部除外)以一定的宽度延伸。可适宜地设定狭槽的长度(第1方向)与宽度(第2方向)的比,例如,长度可设为宽度的2倍以上、3倍以上或5倍以上。

[0170] 在将狭槽状的第1贯通孔9h的纵剖面的形状设为锥形形状的情形下,将与长边方向(D1方向)正交的纵剖面中的锥形形状的锥形角(2个内面所成的角度)设为 θ_1 。将与短边方向(D2方向)正交的纵剖面中的锥形形状的锥形角设为 θ_2 。此时, θ_1 可大于 θ_2 。在另一观点中,第1贯通孔9h的内面相对于振动部9的+D3侧的面的倾斜角就2个内面的平均,可使与长边方向(D1方向)正交的纵剖面中的倾斜角小于与短边方向正交的纵剖面中的倾斜角。若以式表示,则如下述那样。

[0171] $(180^\circ - \theta_1) / 2 < (180^\circ - \theta_2) / 2$

[0172] 关于此结构的作用,在后述的实施方式的总结(第10节)中描述。

[0173] 如后续于第9节中描述那样,第1贯通孔9h可通过从振动部9的+D3侧的单面蚀刻而形成。该情形下,因振动部9的材料对于蚀刻的各向异性而形成锥形形状。例如,在振动部9由单晶构成的情形下,通过蚀刻而出现晶面,构成第1贯通孔9h的内面。晶面相对于+D3侧的面所成的角度是由晶体构造决定。通过蚀刻的进展,出现新的其他晶面,有时与先前出现的晶面一起存在,或取代先前出现的晶面。在如此那样通过晶面形成锥形形状的情形下,在获

得如前段落的结构时,与晶体的方向相配地适宜设定狭槽的方向。

[0174] 例如,在AT切割中,如已述那样,D1方向、D2方向及D3方向分别为Z'轴方向、X轴方向及Y'轴方向。该情形下,可如图示的示例那样,将狭槽的长边方向设为D1方向(Z'轴方向)。该情形下,锥形角度 θ_1 及 θ_2 取决于蚀刻的进度,例如, θ_1 =约 82° 且 θ_2 =约 57° 、或 θ_1 =约 113° 且 θ_2 =约 72° (或约 91°)。在另一观点中, θ_1 可对于 θ_2 以 20° 以上的差增大。此外,在狭槽的端部(短边)中未明确出现晶面时,可基于振动部9的侧面的晶面,判断是否设定为与狭槽的长边对应的内面的锥形角相对较大。

[0175] (2.4.2.外周面中的导通)

[0176] 图6C是表示与振动部9的正反的导通相关的另一例的剖视图,且是与图6A对应的图。此外,为了方便,有时通过振动部9A的用语来参照该导通方式的振动部9。此外,在该图中,第1检查用电极31A省略图示(或实际上不设置)。

[0177] 在振动部9A中,通过重叠于振动部9A的外周面(侧面)的层状的连接层38将振动部9的正反导通。此外,与图示的示例不同,可并用第1贯通孔9h中的导通、与振动部9的侧面中的导通。

[0178] 连接层38具体而言在振动部9A的外周面中的俯视的一部分区域中包含从+D3侧的缘部至-D3侧的缘部的区域,由此,连接第2焊盘电极29B与多功能电极33。连接层38可仅具有位于振动部9A的外周面的区域,也可除该区域外,也包含位于振动部9A的+D3侧的区域及/或位于振动部9A的-D3侧的区域。

[0179] 虽未特别图示,但也设置连接第2检查用电极31B与多功能电极33的连接层38。此外,以下,仅就连接第2焊盘电极29B与多功能电极33的连接层38进行说明,但该说明可适宜地援用于连接第2检查用电极31B与多功能电极33的连接层38。

[0180] 连接层38的位置、形状及尺寸为任意。例如,连接层38可位于外周面中的-D2侧、+D2侧、+D1侧及-D1侧的任意的1个以上的侧面。在另一观点中,连接层38位于的侧面、与振动部9A的长边方向及/或振动的方向的关系为任意。在图3的示例中,连接层38具有位于+D2侧的侧面的区域。+D2侧的侧面可意指振动部9A的长边方向及/或振动的方向的一端侧的侧面(端面)、及/或第2焊盘电极29B(及第2检查用电极31B)相对于激励电极13位于的一侧的侧面。连接层38可除+D2侧的侧面外、或取代其,包含位于+D1侧(在振动部9A的短边方向上第2焊盘电极29B位于的一侧)的侧面的区域。

[0181] 此外,例如,位于连接层38的+D2侧的侧面的区域的D1方向的范围、与第2焊盘电极29B的D1方向的范围可一致,也可前者位于后者的一部分,又可后者位于前者的一部分,还可彼此偏移。在另一观点中,例如,连接层38可具有如将第2焊盘电极29B向+D2侧延长的形状,也可如配线部35那样具有从第2焊盘电极29B伸出的形状。虽采用+D2侧的侧面为例,但+D1侧的侧面也为同样。

[0182] 连接层38的材料及厚度也为任意。例如,连接层38的材料及/或厚度可与振动部9的+D3侧(及/或-D3侧)的导体层的俯视的一部分或全部的区域的材料及/或厚度相同,也可不同。

[0183] 关于连接层38位于的振动部9的侧面,进行补充。连接层38位于的侧面例如可为倾斜为越靠-D3侧(第1基板3侧)、则越位于振动部9的外侧的倾斜面。该情形下,例如,+D2侧的侧面与+D3侧的面的棱线处的导体层彼此的连接的可靠性提高。如上述的振动部9的侧面的

倾斜与第1贯通孔9h的内周面同样,可为因振动部9的材料对于蚀刻具有各向异性而形成,也可为通过调整雷射光的照射方式等而按意图地形成。

[0184] 此外,设想连接层38具有位于规定方向(例如振动部9A的长边方向及/或振动的方向)的一侧(+D2侧)的侧面的区域,不具有位于上述规定方向的另一侧(-D2侧)的侧面的区域的方式。此时,例如,+D2侧的侧面相对于振动部9的+D3侧的面的法线的倾斜角度 θ_3 可大于-D2侧的侧面相对于上述法线的倾斜角度 θ_4 。该情形下,与角度 θ_3 及 θ_4 的关系与上述相反的情形(该方式也包含于本公开的技术)进行比较,前段落中所述的效果提高。

[0185] 在振动部9的倾斜的侧面为通过蚀刻而出现的晶面的方式中,可根据晶体的方向,来设定振动部9A的各部的方向(换言之的正交坐标系D1D2D3的方向),使如上述的角度的关系成立。例如,在AT切割的振动部9A的外周面是从+D3侧(Y'轴方向)通过单面蚀刻而形成的方式中,+D2侧(连接层38位于的侧面的一侧)可设为-Z'侧。该情形下,取决于蚀刻的进度,例如, θ_3 为约 56° , θ_4 为约 32° 。在另一观点中, θ_3 与 θ_4 进行比较,可以 15° 以上的差增大。此外,第1贯通孔9h在D3方向上可不为均匀的倾斜面。也就是说,可设为包含第1锥形部分及第2锥形部分的第1贯通孔9h,该第1锥形部分的开口从第1基板3侧的面向第2基板5侧逐渐变窄,该第2锥形部分的开口从第2基板5侧的面随着向第1基板3侧远离而逐渐变窄。

[0186] 此外,在振动部9等的形状及尺寸的说明中,基本上可忽视如上述的侧面的倾斜的影响。因此,例如,俯视的形状及尺寸例如可对于+D3侧的面及-D3侧的面的各自适用,也可对于俯视两者时的最大形状或最大尺寸适用。

[0187] (3.框部)

[0188] (3.1.框部的材料、形状及尺寸)

[0189] 框部11如已述那样,在俯视下包围振动部9,且与振动部9的外缘遍及其整周地分开。如满足该要件,则框部11的材料、形状及尺寸为任意。

[0190] 例如,框部11的材料可与振动部9的材料相同,也可不同。材料就框部11与振动部9相同,有更容易从一体的层(构件)形成两者的倾向。框部11的厚度可与振动部9的厚度(大致)相同(图示的示例),也可不同。作为厚度就框部11与振动部9不同的方式,例如举出振动部9的厚度(不为一定的厚度的情形下为例如最大厚度)比框部11的厚度(不为一定的厚度的情形下为例如最大厚度)薄的方式。

[0191] 无论框部11的材料与振动部9的材料是否相同,振动部9的材料的说明均可援用于框部11的材料。此外,在框部11的材料与振动部9的材料不同的方式中,框部11可不包含压电体,可包含与振动部9的压电体的种类(及切角)不同的种类(及切角)的压电体。关于与振动部9的材料不同的框部11的材料的具体例,可援用第1基板3及第2基板5的材料的具体例的说明。

[0192] 框部11例如在俯视下将振动部9遍及其整周(遍及 360°)地包围。其中,框部11可一部分中断。该中断的部分例如在与图示的示例不同的方式中可利用与将振子1的内部与外部导通的导体的配置。框部11例如只要以振动部9的外缘的长度(或绕振动部9的几何中心的角度范围)为基准遍及 $3/4$ 周(270°)以上、 $7/8$ 周(315°)以上、或 $15/16$ 周(337.5°)以上地延伸,则可理解为包围振动部9。

[0193] 在俯视下,框部11的内缘的形状可为与振动部9的外缘的形状相似或类似于相似的形状(图示的示例),也可为完全不同的形状。作为前者的示例,例如举出振动部9的外缘

的形状及框部11的内缘的形状均设为矩形状(图示的示例)、圆形状、椭圆形状或多边形状(矩形状除外)的方式。作为后者的示例,例如举出振动部9的外缘的形状及框部11的内缘的形状为圆形状-矩形状、椭圆形状-矩形状的方式。此外,在另一观点中,在俯视下,框部11的内缘与振动部9的外缘的距离 d_1 可遍及整周地大致一定,也可不为一定。

[0194] 框部11的外缘的形状及尺寸例如与振子1的俯视的外缘的形状及尺寸(已述)大致相同。此外,关于前段落的振动部9的外缘与框部11的内缘的关系的说明可将“框部11的内缘”的用语替换为“框部11的外缘”的用语,而援用于振动部9的外缘与框部11的外缘的关系。进而,前段落的振动部9的外缘与框部11的内缘的关系的说明可将“振动部9的外缘”的用语替换为“框部11的内缘”的用语,将“框部11的内缘”的用语替换为“框部11的外缘”的用语,而援用于框部11的内缘与框部11的外缘的关系。由此可理解为,框部11的宽度(从内缘至外缘的距离)在其周向上可为一定,也可变化。

[0195] 框部11的厚度例如遍及其整体地大致一定。在另一观点中,框部11的正反的面为平面状。另外,例如,可在框部11的正面及/或反面的一部分设置凹部或凸部。

[0196] (3.2. 位于框部的导体)

[0197] 例如,已述的第1中间侧层25及第2中间侧层27(其中的位于振动部9的区域除外的区域)位于框部11的正反的面(+D3侧的面及-D3侧的面)。例如,导体(例如导体层)不位于框部11的内周面及外周面。在另一观点中,第1中间侧层25及第2中间侧层27中的位于框部11的区域彼此不连接。

[0198] 另外,导体可位于内周面及/或外周面的周向的一部分或全部。此外,由此,第1中间侧层25及第2中间侧层27中的位于框部11的区域可彼此不导通。此导体例如可为重叠于内周面及/或外周面的导体层。此外,可在第1基板3的俯视的角部设置堡形部,通过配置于该堡形部的导体来进行导通。此外,可如第1贯通孔9h那样,将用于将第1中间侧层25及第2中间侧层27中的位于框部11的区域相互导通的贯通孔设置于框部11。

[0199] 第1中间侧层25及第2中间侧层27分别例如在俯视下遍及整周(以振动部9为中心的 360°)地配置于框部11。更详细而言,第1中间侧层25及第2中间侧层27分别例如扩展至框部11的正反的面的整体。不过,第1中间侧层25及第2中间侧层27可在框部11的周向的整体或一部分中具有与框部11的内缘及/或外缘分开的部分。此外,例如,第1中间侧层25(或第2中间侧层27)可通过具有沿着框部11相互并列延伸的2个以上的图案等,而形成由第1中间侧层25包围的第1中间侧层25的非配置区域。

[0200] 在第1中间侧层25及第2中间侧层27的各个中,位于框部11的区域(其一部分或全部)、与位于振动部9的区域(其一部分或全部)可为同一材料及同一厚度(图3的示例),也可材料及厚度的至少一者不同。无论如何,位于振动部9的导体的说明所述的第1中间侧层25及第2中间侧层27的材料的说明可援用于第1中间侧层25及第2中间侧层27中的位于框部11的区域的区域的材料。

[0201] (4. 第1基板)

[0202] 图4是关于第1基板侧层21及第2基板侧层23的具体方式表示与图3不同的示例的剖视图。此外,图9是关于第1基板3及第1基板侧层21的具体方式表示与图1不同的示例的俯视图。在以下的说明中,除图1~图3以外,有时也参照图4及图9。

[0203] (4.1. 第1基板的材料、形状及尺寸)

[0204] 第1基板3例如除形成第1凹部14的点外,大致为厚度为一定的平板状的构件。不过,第1基板3可除第1凹部14以外,也在+D3侧或-D3侧适宜地具有凹部及/或凸部。第1基板3的俯视的形状及尺寸例如与振子1的俯视的形状及尺寸(已述)大致相同。第1基板3的厚度为任意。在图3的示例中,第1基板3的厚度比第2基板5的厚度及中间层7的厚度厚。举出较小型的振子1的第1基板3的厚度的例子,为 $50\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下。

[0205] 在第1基板3的厚度比第2基板5的厚度及中间层7的厚度厚的情形下,在如后述那样将中间层7薄层化时可稳定地进行保持。其中,第1基板3的厚度不局限于该关系。例如,在设为与第2基板5同等的厚度的情形下,可调整振子1整体上的应力的平衡,可抑制翘曲。此外,可降低安装振子1时的应力的影响。

[0206] 第1基板3的材料为任意。例如,第1基板3可通过与中间层7同样的材料及绝缘体或半导体一体地构成,也可层叠互不相同的材料而构成。作为后者的方式,例如举出包含绝缘体或半导体的第1层、及相对于第1层重叠于-D3侧的金属层(在另一观点中为屏蔽及/或加强材料)的方式。此外,例如,举出第1基板3由多层基板构成的方式。绝缘体可为无机材料(例如水晶或陶瓷),也可为有机材料(例如树脂)。作为半导体,举出硅(Si)或锗(Ge)。

[0207] 构成第1基板3的半导体例如是不包含晶格缺陷(广义)的本征半导体。例如,在半导体中基本上不存在杂质及/或原子排列的紊乱。其中,半导体可包含晶格缺陷。例如,在与图示的示例不同的方式中,第1基板3的一部分可由包含杂质的p型半导体或n型半导体构成,构成电子组件,或有助于振子1的内部与外部的导通。

[0208] 第1凹部14的俯视的形状及尺寸为任意。例如,第1凹部14的平面形状可相对于第1激励电极13A的形状为同一、相似、或类似于相似的形状(图1的示例),也可为完全不同的形状(参照图7)。此外,在俯视透视下,第1凹部14与第1激励电极13A可一致,也可将前者收敛于后者的一部分,又可将后者收敛于前者的一部分(图3的示例),还可分别具有互不重合的区域。在俯视透视下,第1凹部14的几何中心与第1激励电极13A的几何中心可一致,也可不一致。

[0209] 无论为前段落的哪一方式,第1激励电极13A的形状及尺寸的说明如不产生矛盾,则可援用于第1凹部14的俯视的形状及尺寸的说明。若为了谨慎起见,摘录可援用的记载的一部分并进行改写,则第1凹部14的平面形状可设为圆形状(图1的示例)、椭圆状(图9的示例)、矩形状(例如长方形状或正形状,参照图7及图8A)或多边形状(矩形状除外)。长边方向的长度与短边方向的长度的比例如可设为 $1.14 \sim 1.39:1$ 、或 $1.26:1$ 。该比例如可适用于厚度切变振动的方向(X轴方向)为长边方向的方式。

[0210] 第1凹部14的纵剖面(平行于D3方向的剖面)的形状及尺寸(例如深度)也为任意。例如,在第1凹部14的纵剖面中,第1凹部14的侧面可大致平行于D3方向,也可相对于D3方向倾斜。第1凹部14根据倾斜的侧面,越靠+D3侧,可直径越大,也可直径越小。第1凹部14的深度例如可为在所意图的使用状况下第2激励电极13B不与第1凹部14的底面(在图示的示例中,更详细而言为已述的第1基板侧层21中的位于第1凹部14的底面的区域)相接的最小限度的深度,也可比其深。此外,例如,第1凹部14的深度可未达第1基板3的厚度的 $1/2$,也可为 $1/2$ 以上。

[0211] (4.2.位于第1基板的导体)

[0212] 例如,已述的第1基板侧层21位于第1基板3的+D3侧(中间层7侧)的面。例如,导体

(例如导体层)不位于第1基板3的外周面(侧面)及-D3侧的面。

[0213] 不过,第1基板侧层21以外的导体可位于第1基板3。例如,作为屏蔽及/或加强材料发挥功能的金属层可重叠于-D3侧的面(如已述那样该金属层可理解为第1基板3的一部分)。此外,例如,可在第1基板3的俯视的角部形成堡形部,导体位于该堡形部。此外,可如已述那样,在第1基板3设置外部电极15,外部电极15露出于-D3侧的面。此外,在第1基板3设置外部电极15的情形下,基于形成贯通孔的观点,可使厚度比第2基板5薄。关于该情形的振动部9的-D3侧的导体及第1基板3的导体的结构,能够根据图示的示例的振动部9的+D3侧的导体及第2基板5的导体的结构而类推。

[0214] 第1基板侧层21例如有助于振动部9对于第1基板3的接合。此外,第1基板侧层21例如遍及框部11的整周地接合框部11与第1基板3,有助于振动部9的密封。第1基板侧层21的俯视的形状及尺寸只要发挥上述的作用,则为任意。

[0215] 在图1所示的示例中,第1基板侧层21被分离成:有助于振动部9与第1基板3的接合(及导通)的内侧区域21e、及有助于框部11与第1基板3的接合的外侧区域21f。由此,例如,降低产生多功能电极33与其他导体的非意图的导通的可能性。不过,第1基板侧层21可如图9所示的另一例那样,被分离成内侧区域21e与外侧区域21f。换言之,第1基板侧层21可将其整体由1个整体状图案构成。

[0216] 内侧区域21e例如在俯视透视下具有与振动部9大致一致的形状(例如各者的9成以上的面积彼此重叠的形状)。其中,内侧区域21e例如可在俯视透视下在不与框部11(或第1中间侧层25中的位于框部11的区域)重合的范围内扩展至振动部9的外侧,或维持与多功能电极33的重合,且位于比振动部9的外缘靠内侧。无论为上述的哪一方式,振动部9的俯视的形状及尺寸的说明如不产生矛盾等,均可援用于内侧区域21e的形状及尺寸。

[0217] 外侧区域21f例如在俯视透视下具有与框部11大致一致的形状(例如各自的9成以上的面积彼此重叠的形状)。其中,外侧区域21f例如可在俯视透视下在不与振动部9(或多功能电极33)重合的范围内扩展至比框部11的内缘靠内侧,或扩展至比框部11的外缘靠外侧。无论为上述的哪一方式,框部11的俯视的形状及尺寸的说明如不产生矛盾等,均可援用于外侧区域21f的形状及尺寸。

[0218] 图1所示的第1基板侧层21(外侧区域21f)与第1基板3的外缘遍及整周地分开。由此,例如,降低产生多功能电极33与其他导体的非意图的导通的可能性。不过,第1基板侧层21可如图9所示的另一例那样扩展至第1基板3的外缘。

[0219] 第1基板侧层21(内侧区域21e)可具有重叠于第1凹部14的内面的部分,也可不具有。作为前者的方式,例如,举出第1基板侧层21位于第1凹部14的底面(例如其整体)的方式(图1及图3的示例)、位于第1凹部14的内面的底面及外周面(例如底面整体及外周面整体)的方式(图4的示例)、及位于第1凹部14的外周面(例如其整体)的方式。

[0220] 第1基板侧层21的材料、厚度及厚度方向的结构也为任意。例如,第1基板侧层21材料及厚度遍及其整体地相同(图3的示例),也可材料及/或厚度根据区域而不同。作为后者的方式,例如举出材料及/或厚度就重叠于振动部9的区域与重叠于框部11的区域(例如就内侧区域21e与外侧区域21f)不同的方式。

[0221] 此外,例如,第1基板侧层21可由1层金属层构成,也可由2层以上的金属层构成(图3的示例)。在图3的示例中,第1基板侧层21具有:与第1基板3相接(直接重叠)的下层21a、及

重叠于下层21a的上层21b。第1中间侧层25的下层25a及上层25b的说明可将“25”的符号置换为“21”，将“振动部9”的用语置换为“第1基板3”，而援用于下层21a及上层21b。

[0222] 构成第1基板侧层21及第1中间侧层25的彼此接合的表面的层(在图3的示例中为上层25b及上层21b)的材料可互为相同,也可互不相同。在前者的方式中,在完成后的振子1中,第1基板侧层21及第1中间侧层25(上层25b及上层21b)的边界可通过利用TEM(Transmission Electron Microscope,穿透式电子显微镜)等进行的观察而能够特定出,也可无法特定出。本段落的说明可援用于第2基板侧层23及第2中间侧层27。

[0223] (5.第2基板)

[0224] (5.1.第2基板的材料、形状及尺寸)

[0225] 第2基板5例如大致为平板状的构件。第2基板5的俯视的形状及尺寸例如与振子1的俯视的形状及尺寸(已述)大致相同。

[0226] 其中,在图2及图3所示的示例中,第2基板5在-D3侧的第2面5a具有第2凹部39。第2凹部39例如与第1凹部14同样,与振动部9的激励部9a对置,由此,将激励部9a的振动容易化。此外,第2凹部39形成于比与激励部9a对置的区域宽广的区域。由此,例如,可减小第2面5a与中间层7的接合面积,提高将两者接合时的接触压力。

[0227] 不过,第2面5a可为平面状,而不具有第2凹部39。此外,第2基板5可除第2凹部39以外,也在+D3侧或-D3侧适宜地具有凹部及/或凸部。此外,在第2面5a为平面状的方式中,可通过各种方法来降低激励部9a与第2面5a的接触的可能性。以下举出例子。激励部9a可比框部11向-D3侧减薄。第2中间侧层27中的有助于中间层7与第2面5a的接合的区域可比第1激励电极13A厚(图3的示例)。此外,例如,在振动部9利用在-D3侧的面传播的SAW的方式中,可将激励部9a的+D3侧的面接合于第2面5a。

[0228] 第2面5a在另一观点中,如图2中赋予符号那样,具有:接合于框部11的框状区域5aa、由框状区域5aa包围的第2凹部39、及由第2凹部39包围的台座部5ab。台座部5ab的顶面(-D3侧的面)包含接合于焊盘电极29的焊盘用区域5ac。各部的形状及尺寸例如如以下那样。

[0229] 框状区域5aa例如在俯视透视下具有重叠于框部11的大致整体(例如9成以上)的形状。框状区域5aa的内缘(在另一观点中为第2凹部39的缘部)的一部分或全部相对于框部11的内缘,可一致,也可在不重合于振动部9(或激励部9a)的范围内位于内侧,还可在维持框状区域5aa与框部11的重合的范围内位于外侧。此外,框状区域5aa的外缘(在另一观点中为第2基板5的外缘)的一部分或全部相对于框部11的外缘,可一致,也可在维持框状区域5aa与框部11的重合的范围内位于内侧,还可位于外侧。无论为上述的哪一方式,框部11的俯视的形状及尺寸的说明如不产生矛盾等,则可援用于框状区域5aa的形状及尺寸。

[0230] 台座部5ab例如在俯视透视下具有与焊盘电极29大致重叠的形状及尺寸。在更详细观察时,台座部5ab的外缘的一部分或全部相对于焊盘电极29的外缘,可一致,也可位于外侧(图3的示例),还可位于内侧。无论如何,焊盘电极29的俯视的形状及尺寸的说明如不产生矛盾等,则可援用于台座部5ab的形状及尺寸。此外,台座部5ab的顶面(-D3侧的面)的D3方向的位置例如与框部11的-D3侧的面的D3方向的位置相同。其中,两者可不同。

[0231] 第2凹部39的俯视的形状及尺寸的说明因与关于框状区域5aa及台座部5ab的俯视的形状及尺寸的上述说明相反,而省略。此外,第2凹部39的侧面可大致平行于D3方向,也可

相对于D3方向倾斜。第2凹部39根据倾斜的侧面,越靠-D3侧,可直径越大,也可直径越小。第2凹部39的深度为任意。例如,第2凹部39的深度可为在所意图的使用状况下第1激励电极13A不与第2凹部39的底面(在图示的示例中,更详细而言为第2基板侧层23中的位于第2凹部39的底面的区域)相接的最小限度的深度,也可比其深。此外,例如,第2凹部39的深度可未达第2基板5的厚度的1/2,也可为1/2以上。

[0232] 振动部9与第2基板5仅在台座部5ab处被接合。通过此构成,激励部9a的+D3侧与第2凹部39之间的空间与振动部9的外侧与框部11的内周面之间的空间相连。由此,可抑制尘屑向激励部9a的附着等。

[0233] 第2基板5的厚度为任意。在图3的示例中,第2基板5的厚度比中间层7的厚度厚,且比第1基板3的厚度薄。举出较小型的振子1的第2基板5的厚度的例子,为20 μm 以上且100 μm 以下。

[0234] 在该例中,由于在第2基板5配置外部电极15,故形成在D3方向贯通第2基板5的贯通孔。在此第2基板5中,通过比第1基板3的厚度薄,而容易形成贯通孔,生产效率提高。此外,可提高位于贯通孔内的取出导体41的连续性。

[0235] 第2基板5的材料为任意。关于第1基板3的材料的已述的说明可援用于第2基板5。若为了谨慎起见,摘录可援用的记载的一部分并进行改写,则第2基板5可通过绝缘体或半导体一体地构成,也可层叠互不相同的材料而构成。绝缘体可为无机材料(例如水晶或陶瓷),也可为有机材料(例如树脂)。作为半导体,举出硅(Si)或锗(Ge)。

[0236] (5.2.位于第2基板的导体)

[0237] 例如,如图1~图3所示,以下的导体位于第2基板5。位于第2基板5的-D3侧(中间层7侧)的面的第2基板侧层23。位于第2基板5的+D3侧的面的外部电极15。配置于贯通第2基板5的第2贯通孔5h、且将第2基板侧层23与外部电极15导通的取出导体41。

[0238] 不过,可在第2基板5配置上述以外的导体。例如,可在第2基板5的俯视的角部形成堡形部,且配置配置于堡形部的导体。该导体可有助于第2基板侧层23与外部电极15的导通,可取代取出导体41而设置、或除其以外另设置。

[0239] 第2基板侧层23例如大致遍及第2面5a的整体地扩展。另一观点是第2基板侧层23具有:重叠于框状区域5aa的区域、重叠于第2凹部39的底面的区域、及重叠于台座部5ab的顶面(在另一观点中为焊盘用区域5ac)的区域。第2基板侧层23可不重叠于第2凹部39的侧面(图3的示例),也可重叠于其(图4的示例)。

[0240] 重叠于框状区域5aa的区域有助于框部11与第2基板5的接合。重叠于台座部5ab的顶面的区域有助于振动部9与第2基板5的接合,且有助于焊盘电极29与外部电极15的导通。重叠于第2凹部39的底面(及侧面)的区域例如可作为屏蔽及/或加强材料发挥功能。

[0241] 第2基板侧层23可不遍及第2面5a的整体地扩展。例如,第2基板侧层23具有:重叠于框状区域5aa的区域、及重叠于焊盘用区域5ac的区域,也可不具有重叠于第2凹部39的底面的区域。此外,例如,第2基板侧层23可与第2面5a的缘部分开。

[0242] 第2基板侧层23的材料、厚度及厚度方向的结构也为任意。例如,第2基板侧层23可材料及厚度遍及其整体地相同(图3的示例),也可材料及/或厚度根据区域而不同。作为后者的方式,例如,举出材料及/或厚度就接合于中间层7的区域和不接合于其的区域不同的方式。

[0243] 此外,例如,第2基板侧层23可由1层金属层构成,也可由2层以上的金属层构成(图3的示例)。在图3的示例中,第2基板侧层23具有:与第2基板5相接(直接重叠)的下层23a、及重叠于下层23a的上层23b。第1中间侧层25的下层25a及上层25b的说明可将“25”的符号置换为“23”,将“振动部9”的用语置换为“第2基板5”,而援用于下层23a及上层23b。

[0244] 关于外部电极15的(从外部观察到的)位置、形状及尺寸,已在第1.2节的振子的安装方式的说明中描述。外部电极15可由重叠于第2基板5的+D3侧的面的导体层构成,也可由贯通第2基板5的柱状的取出导体41的+D3侧的面构成,还可为难以进行此区别的结构。

[0245] 在外部电极15包含重叠于第2基板5的+D3侧的面的导体层的方式中,上述导体层可由1层金属层构成,也可由2层以上的金属层构成(图3的示例)。在图3的示例中,不特别赋予符号,但外部电极15的导体层的部分由3层金属层构成。其具体的材料为任意。例如,作为最靠+D3侧的层的材料,可利用作为上层25b的材料而例示。此外,作为其他2层的材料,可利用作为下层25a的材料而例示。

[0246] 关于取出导体41的结构可设为任意的结构(例如柱状或层状),已在连接导体37的说明中描述。此外,取出导体41(第2贯通孔5h)的形状及尺寸也为任意。例如,第2贯通孔5h可为直柱状,也可为越靠+D3侧或越靠-D3侧、直径越小的锥形状。第2贯通孔5h的横剖面(D1-D2剖面)的形状例如可设为圆形、椭圆形状、矩形状或多边形状(矩形状除外)。

[0247] 取出导体41及外部电极15的位置也为任意。在图3的示例中,取出导体41及外部电极15位于第2基板5的第2面5a中的接合于焊盘电极29的焊盘用区域5ac的正上方。由此,例如,将第2基板5的结构简单化。此外,例如,第2贯通孔5h位于重叠于振动部9的位置,因不重叠于框部11,而降低密闭性因第2贯通孔5h而降低的可能性。关于图3的示例的第1贯通孔9h与第2贯通孔5h的位置关系等的细节,在第7.2节中描述。

[0248] 与图示的示例不同,外部电极15(及取出导体41)可配置于焊盘用区域5ac的正上方以外的其他位置。作为其他位置,例如举出不重叠于焊盘电极29但重叠于振动部9的位置、重叠于振动部9与框部11之间的位置、重叠于框部11的位置及/或比框部11靠外周侧的位置。在外部电极15(及取出导体41)不与振动部9重叠的方式中,例如,降低将振子1安装于未图示的电路基板等时的应力经由外部电极15及取出导体41传递至振动部9的可能性。

[0249] 在如前段落的方式中,例如,可行的是,第2基板侧层23具有从重叠于焊盘用区域5ac的位置向任意的位置延伸的图案,在上述任意的位置设置取出导体41及外部电极15。此外,例如,可行的是,上述图案延伸至已述的堡形部,通过配置于堡形部的导体将外部电极15与焊盘电极29导通。此外,可行的是,将第2基板5由多层基板构成,将外部电极15配置于适宜的位置。

[0250] (6. 结构要素间的位置关系等)

[0251] (6.1. 第1凹部及振动部的关系)

[0252] 振动部9例如可与第1凹部14的整体对置(图1~图3的示例)。进而,通过将第1基板3与振动部9遍及第1凹部14的整周地接合,而第1凹部14可被封盖(可被密闭)。

[0253] 不过,振动部9可不将第1凹部14封盖,也可不与第1凹部14的整体对置。以下示出例子。

[0254] 图7是表示振动部9不将第1凹部14密闭的方式的示例的俯视图。具体而言,该图是从+D3侧观察第1基板3及振动部9的图(第2基板5及框部11省略图示)。

[0255] 在该例中,振动部9不与第1凹部14的整体对置。甚至,第1基板3与振动部9不遍及第1凹部14的整周地接合。在此方式中,例如,因第1凹部14内、与振动部9的+D3侧的空间(例如第2凹部39内)连通,而两者的气压为同等。其结果,例如,降低气压差对振动造成影响的影响。

[0256] 在振动部9不与第1凹部14的整体对置的情形下,两者的形状、两者的尺寸及两者的位置的关系为任意。在另一观点中,彼此对置的部分或彼此不对置的部分的形状及尺寸为任意。在又一观点中,振动部9在第1凹部14的外周中被第1基板3支承(及/或接合)的区域的形状及尺寸为任意。

[0257] 例如,在图7的示例中,第1凹部14的未由振动部9覆盖的部分在D1方向上隔着振动部9设置于2个部位。在另一观点中,第1基板3的支承振动部9的区域在第1凹部14的周围分成2个。与图示的示例不同,第1凹部14的未由振动部9覆盖的部分可为1处,也可为3处以上。此外,第1凹部14(更详细而言为其开口(上部))由振动部9覆盖的面积(在设置后述的第3贯通孔9k的情形下,为第3贯通孔9k的面积除外的面积)例如可未达第1凹部14的面积 $1/2$,也可为第1凹部14的面积 $1/2$ 以上、 $2/3$ 以上、 $4/5$ 或 $9/10$ 以上。

[0258] 此外,例如,振动部9与第1凹部14的外周(外周区域3b)重叠的重合区域(或将两者接合的接合区域)的周向的范围为任意。例如,重合区域(接合区域)以振动部9或第1凹部14的外缘的长度(或绕振动部9或第1凹部14的几何中心的角度范围)为基准,遍及 30° 以上、 45° 以上、 75° 以上、 100° 以上、 150° 以上、半周(180°)以上、 $3/4$ 周(270°)以上、 $7/8$ 周(315°)以上、或 $15/16$ 周(337.5°)。如为 180° 以上,则可理解为重合区域(接合区域)包围振动部9的中央或第1凹部14。在图7的示例中,如2个箭头a5所示,重合区域(接合区域)无须连续,也包含该区域合计遍及 180° 以上的角度范围的方式。

[0259] 图8A是表示振动部9不将第1凹部14密闭的方式的另一例的俯视图,且是与图7同样的图。图8B是图8A的VIIIb-VIIIb线的剖视图(其中,仅表示包含第1凹部14的一部分范围)。

[0260] 在该例中,振动部9具有与第1凹部14的整体对置的空间大小,甚至遍及振动部9的中央(在另一观点中为第1凹部14)周围的整周地,振动部9与第1凹部14的外周(外周区域3b)重合(经接合)。其中,在振动部9设置有在厚度方向贯通振动部9的第3贯通孔9k。由此,第1凹部14的内部、与振动部9的+D3侧的空间(第2凹部39)相通。

[0261] 第3贯通孔9k的数量、位置、形状及尺寸为任意。例如,第3贯通孔9k可位于第1中间侧层25及/或第2中间侧层27的配置区域及非配置区域的任一者。第3贯通孔9k可兼作为有助于导通的第1贯通孔9h,也可不兼作为其。第3贯通孔9k的俯视的形状可不为狭槽状(图示的示例),也可为狭槽状。

[0262] 第1凹部14与振动部9的+D3侧的空间(第2凹部39)的连通可通过上述以外的方法来进行。例如,在振动部9与第1凹部14的整体对置的方式中,可在多功能电极33及/或第1基板侧层21设置从第1凹部14的缘部延伸至振动部9的外缘的狭槽,使第1凹部14与振动部9的外周侧的空间(振动部9与框部11的间隙)相通。此外,可在第1基板3设置延伸至振动部9的外缘的与第1凹部14一体地形成的狭槽SL(参照图16)。此外,第1凹部14与振动部9的+D3侧的空间(第2凹部39)的连通可在俯视下在振动部9内的第1凹部14的外侧实现。可通过后述的悬臂梁状的支承(图20),将第1凹部14与外部连通。

[0263] (6.2. 振动部与框部的间隙)

[0264] 振动部9的外缘与框部11的内缘的距离d1(图3)的具体大小为任意。例如,距离d1可未达框部11的宽度(从内缘至外缘的宽度)的1/2,也可为1/2以上。此外,例如,距离d1可考虑于振动部9产生的不必要振动的波长而设定。具体而言,例如如以下那样。

[0265] 在对振动部9施加交流电压时,在振动部9中,产生意图利用的厚度切变振动以外的不必要振动。作为不必要振动,例如举出弯曲振动、厚度振动(厚度纵向振动)及轮廓切变振动。弯曲振动例如是振动部9向D3方向挠曲的振动。厚度振动例如是振动部9在厚度方向(D3方向)伸缩的振动。轮廓切变振动例如是在俯视下振动部9的彼此对置的侧面彼此滑动的振动。

[0266] 不必要振动在由振动部9的特定的尺寸规定的频率(波长)下产生共振。在另一观点中,不必要振动产生以振动方向的振动部9的端部为波节或波腹的驻波。将该驻波的波长设为 λ (可为各种不必要振动的任一者)。此时,距离d1可设为 $n \times \lambda / 4$ (n为自然数)。在d1与 $n \times \lambda / 4$ 相等时,可存在 $\pm \lambda / 16$ 或 $\pm \lambda / 32$ 的误差。

[0267] 在不必要振动的各种方式(弯曲振动、厚度振动及轮廓切变振动)各个中,驻波可能产生各种阶次。上述的 λ 设为在测定距离d1的方向传播的各种阶次的驻波中最容易与利用对象的厚度切变振动耦合。此驻波的波长 λ 例如可通过模拟计算或实验来求得。此外,前段落的关系例如可遍及振动部9的整周地成立,也可在一部分或大部分(例如1/2周以上或3/4周以上)中成立。

[0268] 如已述那样,振动部9与框部11遍及整周地彼此分开。此时,两者的间隙例如设为空间,且设为真空状态或存在气体的状态。不过,可在两者的间隙,存在比将振动部9与框部11一体地构成(在另一观点中为以与两者相同的材料将两者连结)的方式可容许振动部9与框部11的相对变位的材料。该材料例如具有比振动部9、框部11及第1基板3的材料的弹性率(例如杨氏模数)低的弹性率。

[0269] (6.3. 各种层的尺寸等的关系)

[0270] 各种层(例如3、5、7、17及19)的尺寸(例如空间大小及厚度)的关系为任意。

[0271] 例如,在图3的示例中,在俯视透视下,第1基板3的外缘遍及整周地位于比第2基板5的外缘靠外侧(也即前者比后者宽广),第2基板5的外缘遍及整周地位于比中间层7的外缘靠外侧(也即前者比后者宽广)。与图3的示例不同,例如,可行的是,第1基板3的外缘遍及整周地位于较中间层7及第2基板5的外缘靠外侧,且另一方面,中间层7的外缘遍及整周地位于比第2基板5的外缘靠外侧。此外,该等3层的外缘的位置关系可根据周向的位置而不同。空间大小的差异的程度也为任意。

[0272] 此处,在第1基板3的外缘位于比中间层7的外缘靠外侧时,通过在单片化时在比中间层7的外缘靠外侧进行切割,而可抑制在切割时应力在振动部9施加于中间层7与第1基板3的接合部。根据以上事实,可获得可靠性高的振子1。

[0273] 此外,例如,在图3的示例中,在忽视凹部(14及39)时,第1基板3比第2基板5厚,第2基板5比中间层7厚。与图3的示例不同,例如,第2基板5可比第1基板3厚。此外,例如,在图3的示例中,第1金属层17及第2金属层19比第1基板3、第2基板5及中间层7薄。与图3的示例不同,任一金属层均可比中间层7等厚。此外,例如,第2金属层19的厚度相对于第1金属层17的厚度,可更厚(图3的示例),也可相同,也可更薄。在如上述的各种层的厚度有差异的情形

下,差异的程度也为任意。

[0274] 在俯视透视下,第1凹部14的几何中心可与第1基板3的几何中心一致,也可不一致。此外,第1基板3及/或第1凹部14的几何中心与振动部9及/或激励部9a的几何中心可一致,也可不一致。在将厚度切变振动(换言之意图利用的振动)的波长设为 λ 时,例如,若几何中心彼此的距离为 $\lambda/4$ 以下,则可理解为两者一致。

[0275] (7.振动部与第2基板的电连接的细节)

[0276] (7.1.第2基板的槽)

[0277] 图10是图2的区域X的放大图。此外,图11是包含图3的第2焊盘电极29B的一部分的范围的放大图。此外,在图11中,关于第1金属层17,省略下层21a的图示(或实际上不设置下层21a)。此外,省略下层27a、上层27b及第1接合层27e的区分的图示(或实际上设置1层而取代该等3层)。此外,此处,采用第2焊盘电极29B的连接为例,但第2检查用电极31B的连接也为同样。

[0278] 如该等图所示,可在台座部5ab的顶面设置环状的槽43,该环状的槽43包围连接于第2焊盘电极29B的焊盘用区域5ac。在槽43的内部不设置第2基板侧层23。由此,能够将第2基板侧层23中的位于焊盘用区域5ac的部分、与第2基板侧层23的其他部分分离,对该等部分赋予互不相同的电位。

[0279] 在俯视透视下,台座部5ab的顶面的外缘例如可遍及整周地位于比第2焊盘电极29B的外缘靠外侧(也即顶面可比第2焊盘电极29B宽广)。此外,如图11中箭头a1所示,槽43的内缘例如可遍及整周地位于比第2焊盘电极29B的外缘靠外侧(也即槽43包围的区域可比第2焊盘电极29B宽广)。根据此位置关系(面积的大小关系),例如,降低第2基板侧层23的应被赋予互不相同的电位的部分彼此因第2焊盘电极29B而短路的可能性。

[0280] 槽43的具体的形状及尺寸为任意。例如,槽43可为与台座部5ab的顶面的外缘及/或焊盘电极29的外缘相似或类似于相似的形状,也可为完全不同的形状。此外,例如,槽43的外缘与台座部5ab的外缘的距离、及槽43的内缘与第2焊盘电极29B距离为任意。槽43的深度可与第2凹部39的深度相同(图示的示例),也可不同。槽43的宽度可为一定,也可不为一定。槽43的侧面相对于D3方向可平行,也可倾斜。

[0281] 如图4所示,槽43可形成于台座部5ab的周围。此外,可不设置槽43。即便不设置槽43,也可通过第2基板侧层23的图案化,将接合于第2焊盘电极29B的部分与其他部分分离。

[0282] (7.2.第1贯通孔与第2贯通孔的位置关系)

[0283] 如图11所示,设想将第2贯通孔5h设置于焊盘用区域5ac的正上方的方式。此时,如箭头a2及a3所示,在俯视透视下,第1贯通孔9h及第2贯通孔5h可分别具有彼此不重合的部分。该情形下,例如,与将一个贯通孔收敛于另一贯通孔的方式(该方式也包含于本公开的技术)进行比较,期待由振动部9及第2基板5构成的结构的构造性强度提高。此外,在将一贯通孔收敛于另一贯通孔的方式中,期待降低电性损失。

[0284] 第1贯通孔9h及第2贯通孔5h的偏移方向及的偏移量为任意。在图示的示例中,第1贯通孔9h及第2贯通孔5h具有彼此重合的部分。其中,两者可以不完全重合的方式,彼此位置偏移。

[0285] (8.关于支承构造的另一例)

[0286] 如6.1节中所述那样,将振动部9与第1凹部14的外周(外周区域3b)接合的接合区

域的周向的范围为任意。由此可导出,振动部9例如可呈悬臂梁状被支承。以下示出一例。

[0287] 图18是表示振动部9呈悬臂梁状被支承的水晶振子201的分解立体图,且与图1对应。图19是从与图18不同的方向观察振子201的分解立体图,且与图2对应。图20是图18的XX-XX线的剖视图。

[0288] 中间层7的重叠于第1基板3侧的面的第1中间侧层25具有位于振动部9

[0289] 的规定方向(例如长边方向即D2方向)的一端侧的2个连接电极33b(图19及图20)。在另一观点中,第1中间侧层25中重叠于振动部9且与第1凹部14的外周区域3b对置的部分仅设置于振动部9的一端侧,而非设置为包围第1凹部14。

[0290] 此外,第1基板3的重叠于振动部9侧的第1面3a的第1基板侧层21具有与2个连接电极33b对置的2个连接焊盘21h(图18及图20)。在另一观点中,第1基板侧层21中重叠于外周区域3b且与振动部9对置的部分仅设置于振动部9的一端侧,而非设置为包围第1凹部14。

[0291] 而且,将连接电极33b与连接焊盘21h接合。振动部9例如遍及第1凹部14的整周地与外周区域3b对置。其中,振动部9与外周区域3b大致以该等导体层的厚度分开,但连接电极33b及连接焊盘21h的配置区域除外。由此,振动部9呈悬臂梁状被第1基板3支承。

[0292] 关于第1基板3的支承已描述,关于第2基板5的支承也同样地设为悬臂梁状。在另一观点中,振动部9通过在一端侧中被夹于第1基板3及第2基板5之间,而呈悬臂梁状被支承。

[0293] 具体而言,在中间层7的重叠于第2基板5侧的面的第2中间侧层27中,2个焊盘电极29位于振动部9的一端(图18及图20),不设置检查用电极31。而且,将2个焊盘电极29与第2基板侧层23中重叠于2个焊盘用区域5ac的区域接合。由此,振动部9是以与第2基板5以焊盘电极29及第2基板侧层23的厚度分开的状态呈悬臂梁状被支承。

[0294] 在图示的示例中,未设置台座部5ab。在另一观点中,第2凹部39不包围台座部5ab,且在俯视透视下具有第1凹部14大致一致的形状及大小。在俯视透视下无论第1凹部14与第2凹部39是否一致,第1凹部14的形状及尺寸等的说明均可援用于第2凹部39。此外,可在振子201中设置台座部5ab,相反,可在振子1中省略台座部5ab。

[0295] 2个连接电极33b中的1个经由配线部(符号省略)与第2激励电极13B连接。此外,上述1个连接电极33b经由连接导体37(图20)与正上方的第2焊盘电极29B连接。另一连接电极33b可经由连接导体37及正上方的第1焊盘电极29A与第1激励电极13A连接,也可取代第1激励电极13A而与第2激励电极13B连接,还可为与任一激励电极13均不连接的虚设电极。

[0296] 由上述可理解为,用于呈悬臂梁状进行支承的连接电极33b的具体的数量、位置及形状等为任意。例如,与图示的示例不同,可仅设置沿D1方向延伸的1个连接电极33b。在图示的示例中,振动部9中的导体(也包含连接导体37)设为以平行于D2方向的中心线为对称轴呈180°旋转对称的结构。由此,容易确保振动的对称性。此外,无论是否为180°旋转对称,焊盘电极29及配线部35的位置、形状及尺寸等的说明均可援用于连接电极33b及与该连接电极33b相连的配线部。

[0297] 连接焊盘21h的具体的数量、位置及形状等也为任意。在图示的示例中,连接焊盘21h的数量、位置及形状等可为与连接电极33b类似。其中,例如,若不连接于第2激励电极13B的连接电极33b为虚设电极,则可设置遍及2个连接电极33b的1个连接焊盘21h。

[0298] 在图示的示例中,在D3方向观察,振动部9重叠于第1凹部14的整体。在另一观点

中,在D3方向观察,振动部9在从呈悬臂梁状被支承的一端部向另一端部(自由端)的方向上,从第1凹部14的一侧的外侧遍及至第1凹部14的另一侧的外侧。在又一观点中,在D3方向观察,第1凹部14不重叠于振动部9的上述另一端部(自由端)。其中,与图示的示例不同,可行的是,第1凹部4重叠于自由端,及/或如图7例示那样第1凹部14重叠于振动部9的D1方向的两侧的缘部。

[0299] 与图示的示例不同,振动部9可其整体与第2基板5分开,而非被夹于第1基板3与第2基板5之间。该情形下,例如,可行的是,第2基板侧层23不具有重叠于焊盘用区域5ac的部分,振动部9不接合于第2基板5。可使第2凹部39比振动部9宽广,将第2基板5与振动部9相离。而且,将2个取出导体41及2个外部电极15在第1基板3中设置于2个连接焊盘21h的正下方。

[0300] 图18~图20的示例所示的各种特征可适宜地适用于具有悬臂梁状的支承构造以外的支承构造的振子。例如,图18~图20的示例的位于振动部9的下表面的导体层设为具有第2激励电极13B、配线部及连接电极33b的图案,而非整体状图案(多功能电极33)。此方式可适用于被两端支承的振动部9。例如,2个连接电极33b可相对于第2激励电极13B位于D2方向的两侧。

[0301] (9. 振子的制造方法)

[0302] 具有以上的结构的振子1(及201)可通过各种制造方法来制作。以下示出一例。

[0303] 图12A~图15C是说明振子1的制造方法的一例的示意性剖视图。制造的工序基本上从图12A向图15C依序进行。

[0304] 图12A~图15C例如表示对于包含多个第1基板3的晶圆、包含多个第2基板5的晶圆及包含多个中间层7的晶圆的加工工序。其中,在该等图中,为了方便,仅表示1个第1基板3、1个第2基板5及1个中间层7。此外,关于以下所述的一部分的符号,为了方便,意欲参照其他附图。

[0305] 在该等图中,采用振动部9遍及第1凹部14的整周地被支承的方式为例。振动部9的正反的导通采用图6C所示的振动部9的侧面中的导通为例。此外,作为第2中间侧层27,采用具有厚度互不相同的区域者为例。此外,此处例中未采用的方式的制造方法能够根据以下说明的制造方法而类推。

[0306] 如图12A所示,首先,将包含多个第1基板3的晶圆、与包含中间层7的晶圆通过第1金属层17来接合(第1接合步骤的一例)。更详细而言,例如,如图3所示,将第1基板侧层21与第1中间侧层25通过加压及加热来接合。在该阶段中,在中间层7中,振动部9与框部11成为一体,且不配置第1中间侧层25以外的导体。此外,第1基板侧层21扩展至第1基板3的中间层7侧的面(第1面3a)的整体。此外,在振子201而非振子1的情形下,在接合前,将第1基板侧层21及第1中间侧层25图案化。

[0307] 其次,如图12B所示,将中间层7减薄。该工序例如可包含:通过研磨或湿式蚀刻来大幅度减薄的工序、及通过电浆CVM来高精度减薄的工序。通过该减薄的工序,例如,中间层7设为与意图利用的频率相应的最终的厚度。中间层7因在由第1基板3的晶圆支承的晶圆的状态下被蚀刻,而容易加工为极薄。

[0308] 其次,如图12C所示,进行中间层7的蚀刻(例如湿式蚀刻,以下,如无特别异议,则关于其他层也为同样),形成振动部9及框部11的外形(蚀刻步骤的一例)。此外,形成成为第

2中间侧层27的一部分的电极层27c。电极层27c例如可设为包含图3的示例的下层27a及上层27b的结构。电极层27c在该阶段中可具有与振动部9及框部11的平面形状相同的形状。振动部9及框部11的蚀刻与电极层27c的图案化可同时进行,也可将前者先于后者而进行。

[0309] 其次,如图13A所示,成膜成为第2中间侧层27的另一部分的接合层27d。接合层27d例如是与图3的示例的第1接合层27e及第2接合层27f对应的层。接合层27d例如是与第2基板侧层23直接相接而接合的层,由提高强度、或作为障壁层发挥功能材料构成(例如Ti/Au的层叠构造)。

[0310] 其次,如图13B所示,在振动部9的上表面中的成为焊盘电极29及检查用电极31的区域除外的区域中通过蚀刻去除接合层27d,使电极层27c露出。

[0311] 其次,如图13C所示,通过蚀刻,在振动部9中的不配置第2中间侧层27的区域、振动部9与框部11之间、及框部11的外侧,去除电极层27c、接合层27d及/或第1金属层17。此时,通过电极层27c将第1激励电极13A及配线部35图案化。此外,第1基板侧层21被分离成内侧区域21e与外侧区域21f。

[0312] 与图12A~图13C所示的工序并行地,如图14A所示,制作第2基板5。例如,对于平板状的晶圆进行蚀刻,形成第2凹部39。此外,此处,第2凹部39的俯视的形状设为如框状区域5aa(与框部11接合的区域)与台座部5ab相连,且在框状区域5aa的外侧进一步形成框状区域的形状。

[0313] 其次,如图14B所示,将成为第2基板侧层23的一部分的金属层23c成膜并图案化。在图示的示例中,金属层23c与图3不同,仅设置于第2基板5的中间层7侧的面(第2面5a)中与中间层7接合的区域。金属层23c例如可设为包含图3的示例的下层23a及上层23b的结构,进而可包含障壁层。

[0314] 其次,如图14C所示,将成为第2基板侧层23的另一部分的接合层23d成膜并图案化。在图示的示例中,接合层23d与上述的金属层23c同样,仅设置于与中间层7接合的区域。接合层23d例如可采用容易进行AuSn合金等的接合的材料。

[0315] 虽未特别图示,但可于第2基板侧层23的形成后,通过蚀刻来形成槽43。此时,重叠于成为槽43的区域的第2基板侧层23也一起被去除。

[0316] 之后,如图15A所示,将中间层7与第2基板5通过第2金属层19来接合(第2接合步骤的一例)。更详细而言,将第2基板侧层23与第2中间侧层27通过加压及加热来接合。可将第2基板侧层23与第2中间侧层27的表面活化等,并于常温下接合。

[0317] 其次,如图15B所示,将第2基板5通过研磨或蚀刻来减薄。由此,第2基板5设为最终的厚度。

[0318] 其次,如图15C所示,在第2基板5形成第2贯通孔5h,且设置取出导体41及外部电极15。之后,虽未特别图示,但3层晶圆通过切割等而单片化。由此,制作振子1。

[0319] 此外,在第2基板5的-D3侧的面,在框状区域5aa的外侧也形成有框状的凹部。若于形成第2贯通孔5h时,在与该凹部在俯视下重叠的部分中进行从+D3侧的面形成贯通孔的加工,则将第2基板5单片化。该情形下,无须将3层晶圆集中切割,而生产效率变高。进而,由于在切割时应力不施加于第2基板5与中间层7的接合部,故可获得可靠性高的振子1。

[0320] (10.实施方式的总结)

[0321] 如以上那样,实施方式的振动装置(水晶振子1)具有第1基板3、第2基板5、中间层

7、及激励电极13。第1基板3具有第1面3a。第2基板5具有与第1面3a对置的第2面5a。中间层7位于第1面3a与第2面5a之间。第1面3a具有第1凹部14。中间层7具有振动部9及框部11。振动部9具有供激励电极13位于的激励部9a。激励部9a与第1凹部14(其至少一部分)对置。框部11在俯视下包围振动部9,且接合于第1面3a及第2面5a。框部11包含材料与振动部9所包含的层相同的层。振动部9的外缘遍及其整周地与框部11分开。振动部9接合于第1面3a中的第1凹部14的外周区域3b。

[0322] 因此,例如,如实施方式的概要的说明所述那样,降低振动部9的振动向框部11泄漏的可能性。且,因振动部9被外周区域3b支承,而谋求支承构造的简单化、及/或支承位置的设计的自由度的提高。

[0323] 振动部9在俯视下可遍及绕振动部9的中心(几何中心)的 180° 以上的角度范围地接合于外周区域3b。

[0324] 该情形下,振动部9可谓遍及其周向的宽广的范围地被支承。因此,例如,降低振动部9的翘曲及/或挠曲,期待振子1的特性稳定。

[0325] 振动装置(振子1)可具有第1金属层17、及第2金属层19。第1金属层17可存在于振动部9与第1面3a之间并将两者接合,此外,可存在于框部11与第1面3a之间并将两者接合。第2金属层19可存在于框部11与第2面5a之间并将两者接合。

[0326] 该情形下,例如,与进行直接接合的方式进行比较,将接合容易化。此外,例如,可将激励电极13等的电极所利用的金属层利用于接合。

[0327] 振动装置(振子1)可具有焊盘电极29。焊盘电极29可相对于振动部9位于第2面5a的一侧,且与激励电极13电连接。第2面5a可具有框状区域5aa、焊盘用区域5ac、及第2凹部39。框状区域5aa可接合于框部11。焊盘用区域5ac可接合于焊盘电极29。第2凹部39可由框状区域5aa包围,包围焊盘用区域5ac,且与激励部9a对置。

[0328] 该情形下,例如,如已述那样,可将激励部9a的振动容易化,或提高将焊盘电极29与第2基板侧层23接合时的接触压力。

[0329] 第2面5a可具有由第2凹部39包围的台座部5ab。台座部5ab可具有包含接合于焊盘电极29的焊盘用区域5ac的顶面。台座部5ab的顶面、或第2凹部39的底面可在俯视透视下具有包围焊盘用区域5ac及焊盘电极29的槽43。

[0330] 该情形下,例如,如参照图4、图10及图11所说明那样,降低产生非意图的短路的可能性。通过与台座部5ab组合,而将第2基板侧层23的焊盘用区域5ac上的部分与第2基板侧层23的其他部分绝缘的效果提高。

[0331] 振动装置(振子1)可具有重叠于第2面5a的第2金属层19。第2金属层19可与激励部9a的整体对置,进而,可与振动部9的外缘、框部11、以及振动部9与框部11的间隙对置。在另一观点中,例如,第2金属层19可大致扩展至第2面5a的整体。

[0332] 该情形下,例如,第2金属层19容易作为屏蔽及/或加强材料发挥功能。此外,在制造过程等中,降低从第2基板5向振动部9的周围的空间放出气体的可能性。

[0333] 振动装置(振子1)可具有第1金属层17及第2金属层19。第1金属层17可在振动部9与第1面3a之间与两者相接,此外,可存在于框部11与第1面3a之间并与两者相接。第2金属层19可在框部11与第2面5a之间与两者相接。第2基板5的厚度可比第1基板3的厚度薄。第2金属层19的厚度可比第1金属层17的厚度厚。

[0334] 该情形下,例如,通过第1基板3比第2基板5厚,而外部的应力不易传递至于第1凹部14的外周中被支承的振动部9。其结果,降低振动部9的特性降低的可能性。在另一观点中,通过将第2基板5减薄,可维持振动部9的特性,且谋求薄型化。而且,相对较厚的第2金属层19对相对较薄的第2基板5的强度进行补强。其结果,作为振子1整体的强度提高。

[0335] 振动部9可从与第1凹部14对置的区域(其至少一部分)遍及于与外周区域3b对置的区域(其至少一部分)为一定的厚度。换言之,振动部9可具有以一定的厚度跨越第1凹部14与外周区域3b的边界的部分。例如,振动部9可其整体为一定的厚度。此外,此时,第1贯通孔9h等的振动部9中的特异部分可不予考虑。

[0336] 在第1凹部14与外周区域3b的边界中,在振动部9容易产生应力集中。另一方面,在前段落所述的结构中,在振动部9中,和与第1凹部14对置的区域比与外周区域3b对置的区域薄的方式(该方式也包含于本公开的技术)进行比较,缓和上述边界中的应力集中。其结果,例如,对于冲击的耐性提高。此外,可减少因应力所致的温度特性变化。

[0337] 振动装置(振子1)可具有相对于振动部9重叠于第1面3a的一侧的第3金属层(第1中间侧层25,在另一观点中为多功能电极33)。第1中间侧层25在俯视透视下可跨越第1凹部14与外周区域3b的边界,此外,跨越上述边界的部分可遍及绕第1凹部14的中心(几何中心)的30°以上、45°以上、75°以上、100°以上、150°以上、或180°以上的角度范围,无须连续,亦包含该区域合计遍及上述的角度范围的方式。

[0338] 该情形下,例如,与多功能电极33不为整体状图案,而从第2激励电极13B延伸的配线部跨越第1凹部14与外周区域3b的边界的方式(该方式也包含于本公开的技术)进行比较,第1中间侧层25存在于上述边界与振动部9之间的长度变长。另一方面,在第1中间侧层25中,期待缓和因上述边界而在振动部9产生的应力的效果。因此,例如,降低非意图的应力在振动部9产生的可能性,甚至,发挥振动部9的特性提高、及/或对于冲击的耐性提高的效果。

[0339] 振动装置(振子1)可具有第1金属层17,该第1金属层17存在于中间层7与第1面3a之间并将两者接合。第1金属层17可包含重叠于振动部9及框部11的第3金属层(例如图3的第1中间侧层25(或下层25a或上层25b))。第1中间侧层25可将重叠于振动部9的部分(多功能电极33)与重叠于框部11的部分由同一材料及同一厚度构成,又可包含重叠于激励部9a的部分。此处,同一材料无须完全相同,即便存在材料及制造上的不可避免的不同及杂质浓度的不同也包含在内。同一厚度无须完全相同,例如,意指重叠于框部11的部分的厚度(例如平均值)与重叠于振动部9的部分的厚度(例如平均值)的差在后者的厚度的±5%以内。

[0340] 该情形下,例如,作为第2激励电极13B而利用的第1中间侧层25(或下层25a或上层25b)也被利用于框部11与第1基板3的接合。其结果,例如,将构成简单化。

[0341] 振动装置(振子1)可具有第1金属层17,该第1金属层17在中间层7与第1面3a之间与两者相接。第1金属层17的厚度可较激励部9a的厚度薄。

[0342] 该情形下,例如,可通过将第1金属层17减薄,来将振子1薄型化。在实施方式中,因通过第1凹部14来确保激励部9a与第1面3a(第1凹部14的底面)的距离,而可将第1金属层17减薄,而无须增厚第1金属层17来确保两者的距离。此外,如已述那样,在利用厚度切变振动的方式中,与高频率对应的激励部9a极薄。与使用比如此薄的激励部9a薄的第1金属层17的情形下,上述效果变高。

[0343] 激励电极13(第1激励电极13A)可位于振动部9的第2基板5的一侧的面,此外,可在俯视透视下收敛于第1凹部14。

[0344] 该情形下,例如,降低激励部9a的振动由第1凹部14的缘部规制的可能性,或降低规制的程度。其结果,例如,振动部9的特性提高。

[0345] 振动装置(振子1)可具有重叠于第1凹部14的底面的第4金属层(第1基板侧层21)。

[0346] 该情形下,例如,由第1基板侧层21实现的屏蔽及/或作为加强材料的效果提高。此外,例如,在制造过程中,减少从第1基板3向振动部9的周围的空间放出的气体。

[0347] 振动装置(振子1)可具有第4金属层(第1基板侧层21),该第4金属层(第1基板侧层21)从第1凹部14的侧面遍及于外周区域3b地重叠于第1基板3(图4)。

[0348] 该情形下,例如,发挥与第1基板侧层21重叠于第1凹部14的底面的情形的已述的效果同样的效果。此外,例如,通过第1基板侧层21存在于第1凹部14的缘部与振动部9之间,而期待降低因上述缘部而在振动部9产生的应力。

[0349] 在俯视透视下,框部11的外缘及第2基板5的外缘可遍及整周地位于比第1基板3的外缘靠内侧。

[0350] 该情形下,例如,对于来自外周侧的接触,可通过第1基板3的外周面来保护框部11及第2基板5的外周面。因此,例如,通过使第1基板3相对地增厚,不仅可如已述那样降低接合于第1基板3的振动部9的变形的可能性,也可提高振子1的对于从外周侧的接触的耐性。此外,例如,在制造过程中,容易从第2基板5的一侧切割第1基板3。

[0351] 振动部9及激励电极13可具有利用厚度切变振动的结构。第1凹部14可在俯视下具有以厚度切变振动的方向为长边方向的椭圆状形状。

[0352] 该情形下,第1凹部14可具有与厚度切变振动的能量被限制的形状类似的形状。因此,例如,维持振动部9的特性,且减小第1凹部14的面积,容易确保第1基板3的强度。

[0353] 振动部9的侧面可具有越靠第1基板3的一侧、则越位于振动部9的外周侧的倾斜面。

[0354] 该情形下,例如,可增大振动部9与第1基板3的接合面积。此外,例如,形成从振动部9的+D3侧重叠于振动部9的侧面的连接层38(可与第2中间侧层27一起形成),在使第2中间侧层27与第1金属层17导通时,容易成膜连接层38。在另一观点中,由连接层38实现的导通的可靠性提高。

[0355] 振动部9与框部11的间隔可为将作为激励部9a中的不必要振动的弯曲振动、厚度振动及轮廓滑动振动的至少1个振动的 $1/4$ 波长乘以自然数而得的长度($n \times \lambda/4$)。

[0356] 该情形下,例如,可降低不必要振动的影响。振动部9的振动的一部分经由第1基板3到达框部11。通过该振动在框部11反射而向振动部9返回而来,而可降低振动的损失,可产生有效率的振动。

[0357] 振动部9可具有第1贯通孔9h,该第1贯通孔9h设置有将该振动部9的第1基板3的一侧与振动部9的第2基板5的一侧导通的导体(连接导体37)。第1基板3或第2基板5的一个基板(图示的示例中为第2基板5)可具有第2贯通孔5h,该第2贯通孔5h设置有将该一个基板的中间层7的一侧与该一个基板的中间层7的相反侧导通的导体(取出导体41)。在俯视透视下第1贯通孔9h及第2贯通孔5h可分别具有彼此不重合的部分。

[0358] 该情形下,如参照图11所说明那样,期待振子1的构造性强度提高。

[0359] 振动部9可具有第1贯通孔9h,该第1贯通孔9h设置有将该振动部的第1基板3的一侧与振动部9的第2基板5的一侧导通的导体。第1贯通孔9h在振动部9的俯视下可具有第1方向(D1方向)的长度比与第1方向正交的第2方向(D2方向)的长度长的形状。此外,第1贯通孔9h可为越靠第1基板3的一侧、直径越小的锥形状。与第1方向正交的剖面中的锥形角 θ_1 可大于与第2方向正交的剖面中的锥形角 θ_2 。

[0360] 该情形下,例如,如已述那样,关于第1贯通孔9h的内面相对于振动部9的+D3侧的面的倾斜角,与长边方向(D1方向)正交的纵剖面中的2个内面的平均比与短边方向正交的纵剖面中的2个内面的平均小。因此,例如,与长边方向正交的纵剖面中的内面平均在从+D3侧成膜导体时更容易成膜。通过此纵剖面中的内面在俯视下确保为较长,而在整体上导通的可靠性提高。

[0361] 此外,如图17A所示,振动部9可具有个别构体的分割部SP。分割部SP与第1基板3的接合可与其他例的振动部9与第1基板3的接合同样地进行。

[0362] 第1激励电极13A具备在俯视下从与第1凹部14重叠的部分引出至外侧的细幅部。在分割部SP中,第1焊盘电极29A位于+D3侧的面。第1焊盘电极29A经由第1贯通孔9h电连接于第1中间侧层25。

[0363] 而且,如图17B所示,与第1焊盘电极29A(即与第1激励电极13A电连接的电极)对应的台座部5ab的面积大于与第2焊盘电极29B对应的台座部5ab。即,在与细幅部、第1焊盘电极29A的对应的区域连续形成台座部5ab。而且,通过位于台座部5ab上的第2基板侧层23,电连接细幅部与第1焊盘电极29A。

[0364] 通过此构成,可减小细幅部的面积。由此,可减小由第1中间侧层25与细幅部形成的电容,可提供特性优异的振子1。

[0365] 此外,在上述的示例中,在将中间层7与第1基板3接合之后将中间层7薄层化,但可通过使用预先薄层化的膜状的中间层7,而省略接合后的厚度调整工序。

[0366] 水晶振子1的制造方法例如可具有第1接合步骤(图12A)、蚀刻步骤(图12C)、及第2接合步骤(图15A)。在第1接合步骤中,对于具有第1凹部14的第1面3a,接合振动部9与框部11成为一体的状态的中间层7。在蚀刻步骤中,在第1接合步骤之后,蚀刻中间层7,使振动部9的外缘遍及其整周地与框部11分开。在第2接合步骤中,在蚀刻步骤之后对于中间层7接合第2面5a。

[0367] 该情形下,例如,如实施方式的概要的说明所述那样,因将振动部9及框部11成为一体的状态的中间层7重叠于第1基板3而进行振动部9的加工,而降低振动部9的翘曲及/或挠曲,期待振子1的特性稳定。

[0368] 在以上的实施方式中,水晶振子1是振动装置的一例。第1中间侧层25是第3金属层的一例。第1基板侧层21是第4金属层的一例。D1方向是第1方向的一例。D2方向是第2方向的一例。

[0369] 本公开的技术不限于上述的实施方式,可以各种方式实施。

[0370] 例如,振动装置不限于振子。例如,振动装置可为具有对振动部施加电压而产生振荡信号的振荡电路的振荡器。该情形下,例如,可对于第1基板及/或第2基板,在振动装置的内部侧或外部侧安装IC(integrated circuit,集成电路)。或,可向由半导体构成的第1基板及/或第2基板注入掺杂物,或形成电极,而形成振荡电路。或,可由多层基板构成第1基

板及/或第2基板,并内置振荡电路。此外,例如,振动装置可为被利用于滤波等的振荡信号的产生以外的用途。

[0371] 从本公开可提取以下的概念。

[0372] (概念1)

[0373] 一种振动装置,其具有:

[0374] 第1基板,其具有第1面;

[0375] 第2基板,其具有与所述第1面对置的第2面;

[0376] 中间层,其位于所述第1面与所述第2面之间;及

[0377] 激励电极,

[0378] 所述第1面具有第1凹部,

[0379] 所述中间层具有:

[0380] 振动部,其具有所述激励电极位于的激励部,且所述激励部与所述第1凹部对置;
及

[0381] 框部,其在俯视下包围所述振动部,接合于所述第1面及所述第2面,

[0382] 所述框部包含材料与所述振动部所包含的层相同的层,

[0383] 所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开,

[0384] 所述振动部接合于所述第1面中的所述第1凹部的外周区域。

[0385] (概念2)

[0386] 如概念1的振动装置,其具有:

[0387] 第1金属层,其存在于所述振动部与所述第1面之间并将两者接合,且存在于所述框部与所述第1面之间并将两者接合;及

[0388] 第2金属层,其存在于所述框部与所述第2面之间并将两者接合。

[0389] (概念3)

[0390] 如概念1或2的振动装置,其具有:焊盘电极,其相对于所述振动部位于所述第2面的一侧,且与所述激励电极电连接,

[0391] 所述第2面具有:

[0392] 框状区域,其接合于所述框部;

[0393] 焊盘用区域,其接合于所述焊盘电极;及

[0394] 第2凹部,其由所述框状区域包围,包围所述焊盘用区域,且与所述激励部对置。

[0395] (概念4)

[0396] 如概念3的振动装置,其中所述第2面具有由所述第2凹部包围的台座部,

[0397] 所述台座部具有包含所述焊盘用区域的顶面,

[0398] 所述台座部的顶面、或所述第2凹部的底面具有在俯视透视下包围所述焊盘用区域及所述焊盘电极的槽。

[0399] (概念5)

[0400] 如概念1至4中任一项的振动装置,其具有:重叠于所述第2面的第2金属层,

[0401] 所述第2金属层与所述激励部的整体对置,且与所述振动部的外缘、所述框部、以及所述振动部与所述框部的间隙对置。

[0402] (概念6)

- [0403] 如概念1至5中任一项的振动装置,其具有:
- [0404] 第1金属层,其在所述振动部与所述第1面之间与两者相接,且在所述框部与所述第1面之间与两者相接;及
- [0405] 第2金属层,其在所述框部与所述第2面之间与两者相接,
- [0406] 所述第2基板的厚度比所述第1基板的厚度薄,
- [0407] 所述第2金属层的厚度比所述第1金属层的厚度厚。
- [0408] (概念7)
- [0409] 如概念1至6中任一项的振动装置,其中所述振动部从与所述第1凹部对置的区域遍及与所述外周区域对置的区域具有一定的厚度。
- [0410] (概念8)
- [0411] 如概念1至7中任一项的振动装置,其具有:第1金属层,其存在于所述中间层与所述第1面之间并将两者接合,
- [0412] 所述第1金属层包含重叠于所述振动部及所述框部的第3金属层,
- [0413] 所述第3金属层重叠于所述振动部的部分与重叠于所述框部的部分由同一材料及同一厚度构成,且包含重叠于所述激励部的部分。
- [0414] (概念9)
- [0415] 如概念1至8中任一项的振动装置,其具有:第1金属层,其在所述中间层与所述第1面之间与两者相接,
- [0416] 所述第1金属层的厚度比所述激励部的厚度薄。
- [0417] (概念10)
- [0418] 如概念1至9中任一项的振动装置,其中所述激励电极位于所述振动部的所述第2基板的一侧的面,且在俯视透视下收敛于所述第1凹部。
- [0419] (概念11)
- [0420] 如概念1至10中任一项的振动装置,其具有重叠于所述第1凹部的底面的第4金属层。
- [0421] (概念12)
- [0422] 如概念1至11中任一项的振动装置,其具有:第4金属层,其从所述第1凹部的侧面遍及所述外周区域重叠于所述第1基板。
- [0423] (概念13)
- [0424] 如概念1至12中任一项的振动装置,其中在俯视透视下,所述框部的外缘及所述第2基板的外缘遍及整周地位于比所述第1基板的外缘靠内侧的位置。
- [0425] (概念14)
- [0426] 如概念1至13中任一项的振动装置,其中所述振动部及所述激励电极具有利用厚度切变振动的结构,
- [0427] 所述第1凹部在俯视下具有以厚度切变振动的方向为长边方向的椭圆状的形状。
- [0428] (概念15)
- [0429] 如概念1至14中任一项的振动装置,其中所述振动部的侧面具有越靠所述第1基板的一侧、则越位于所述振动部的外周侧的倾斜面。
- [0430] (概念16)

[0431] 如概念1至15中任一项的振动装置,其中所述振动部与所述框部的间隔是将作为所述激励部中的不必要振动的弯曲振动、厚度振动及轮廓滑动振动的至少1个振动的1/4波长乘以自然数而得的长度。

[0432] (概念17)

[0433] 如概念1至16中任一项的振动装置,其中所述振动部具有将该振动部的所述第1基板的一侧与该振动部的所述第2基板的一侧导通的导体位于的第1贯通孔,

[0434] 所述第1基板或所述第2基板的一个基板具有将该一个基板的所述中间层的一侧与该一个基板的所述中间层的相反侧导通的导体位于的第2贯通孔,

[0435] 在俯视透视下所述第1贯通孔及所述第2贯通孔分别具有彼此不重合的部分。

[0436] (概念18)

[0437] 如概念1至17中任一项的振动装置,其中所述振动部具有将该振动部的所述第1基板的一侧与该振动部的所述第2基板的一侧导通的导体位于的第1贯通孔,

[0438] 所述第1贯通孔在所述振动部的俯视下具有第1方向的长度比与所述第1方向正交的第2方向的长度为长的形状,且

[0439] 所述第1贯通孔为越靠所述第1基板的一侧、直径越小的锥形状,

[0440] 与所述第1方向正交的剖面中的锥形角大于与所述第2方向正交的剖面中的锥形角。

[0441] (概念19)

[0442] 如概念8的振动装置,其中所述框部与所述振动部为相同的材料且为大致同一厚度,

[0443] 所述激励电极位于所述振动部的所述第1基板的一侧与所述第2基板的一侧,

[0444] 所述第3金属层包含所述激励电极中位于所述第1基板的一侧的部分。

[0445] (概念20)

[0446] 如概念1至19中任一项的振动装置,其中所述振动部在俯视下遍及绕所述振动部的中心的180°以上的角度范围地接合于所述外周区域。

[0447] (概念21)

[0448] 如概念1至20中任一项的振动装置,其具有:第3金属层,其相对于所述振动部重叠于所述第1面的一侧,

[0449] 所述第3金属层在俯视透视下跨越所述第1凹部与所述外周区域的边界,且跨越所述边界的部分遍及绕所述第1凹部的中心的180°以上的角度范围。

[0450] (概念22)

[0451] 一种振动装置的制造方法,其是用于制造如概念1至21中任一项的振动装置的制造方法,所述制造方法包含:

[0452] 第1接合步骤,其对于具有所述第1凹部的所述第1面,接合所述振动部与所述框部成为一体的状态的所述中间层;

[0453] 蚀刻步骤,其在所述第1接合步骤之后,蚀刻所述中间层,使所述振动部的外缘遍及其整周地与所述框部分开;及

[0454] 第2接合步骤,其在所述蚀刻步骤之后,对于所述中间层接合所述第2面。

[0455] 从本公开能够提取与上述不同的概念。例如,在上述的概念1中以框部与振动部具

有相同的材料的层为要件,但可提取不以相同的材料的层为要件的概念。如此那样提取的概念例如可以概念2~21的事项为特征。

[0456] 1...水晶振子(振动装置)、3...第1基板、3a...第1面、3b...外周区域、5...第2基板、5a...第2面、7...中间层、9...振动部、9a...激励部、11...框部、13...激励电极、14...第1凹部。

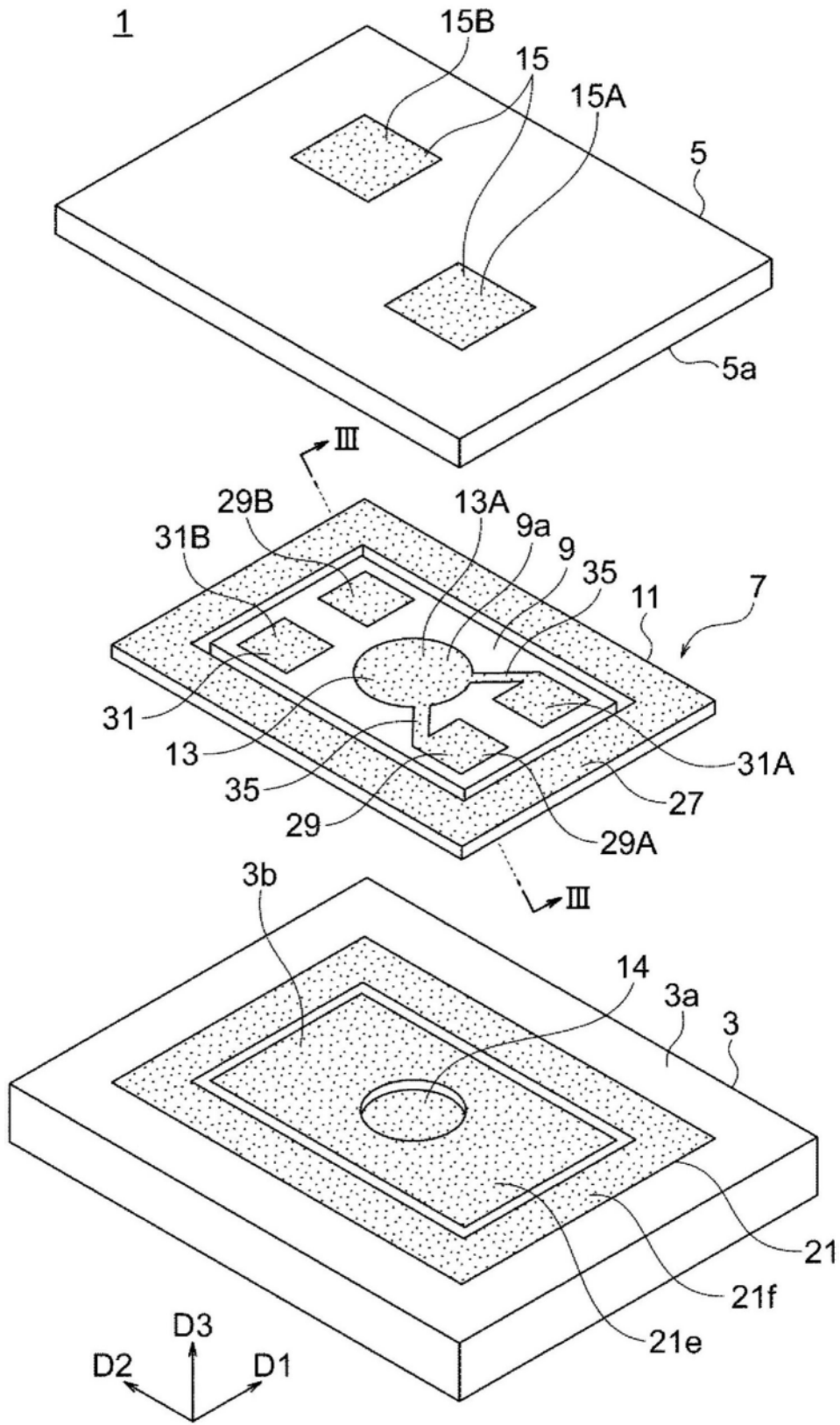


图1

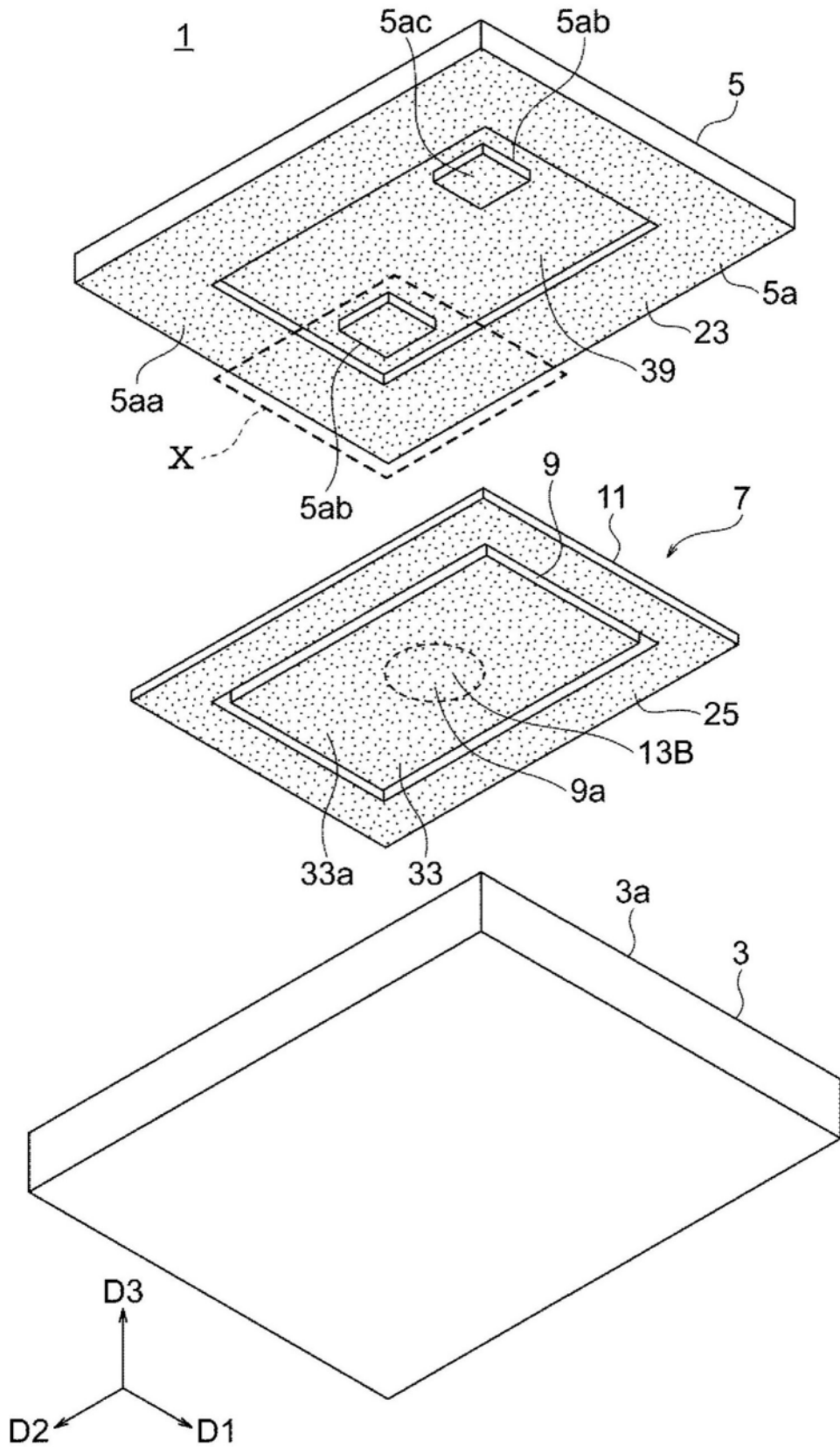


图2

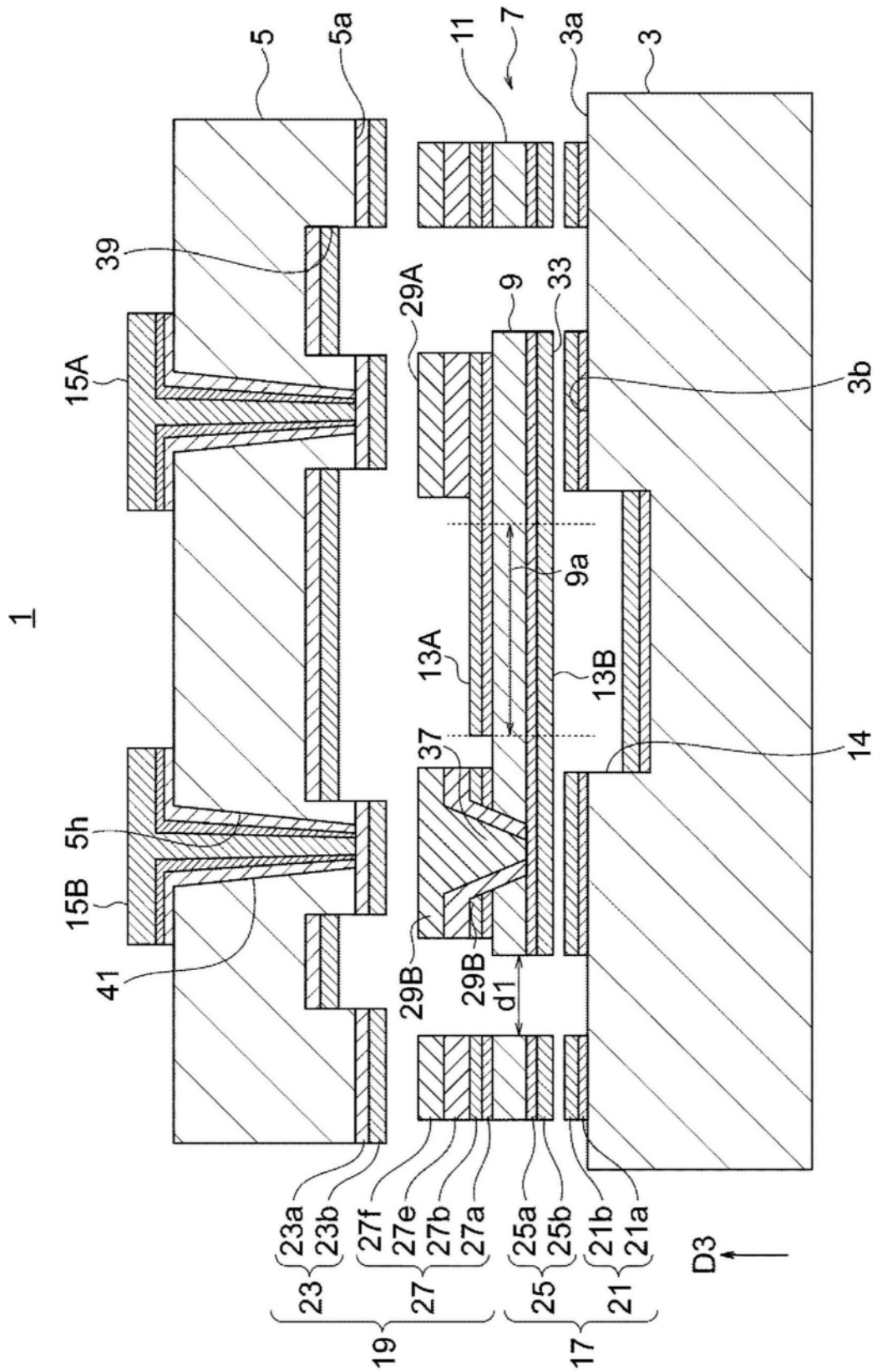


图3

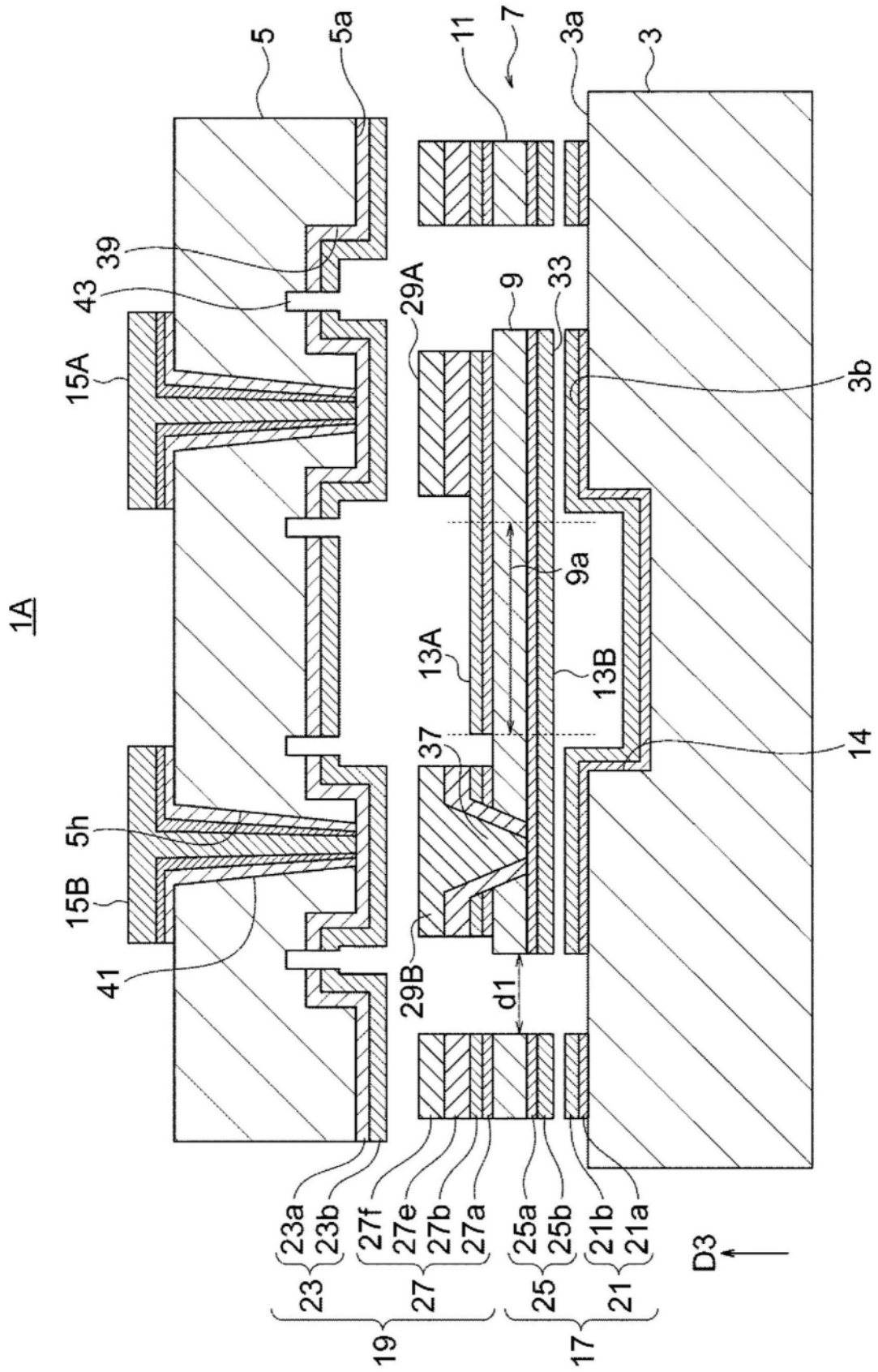


图4

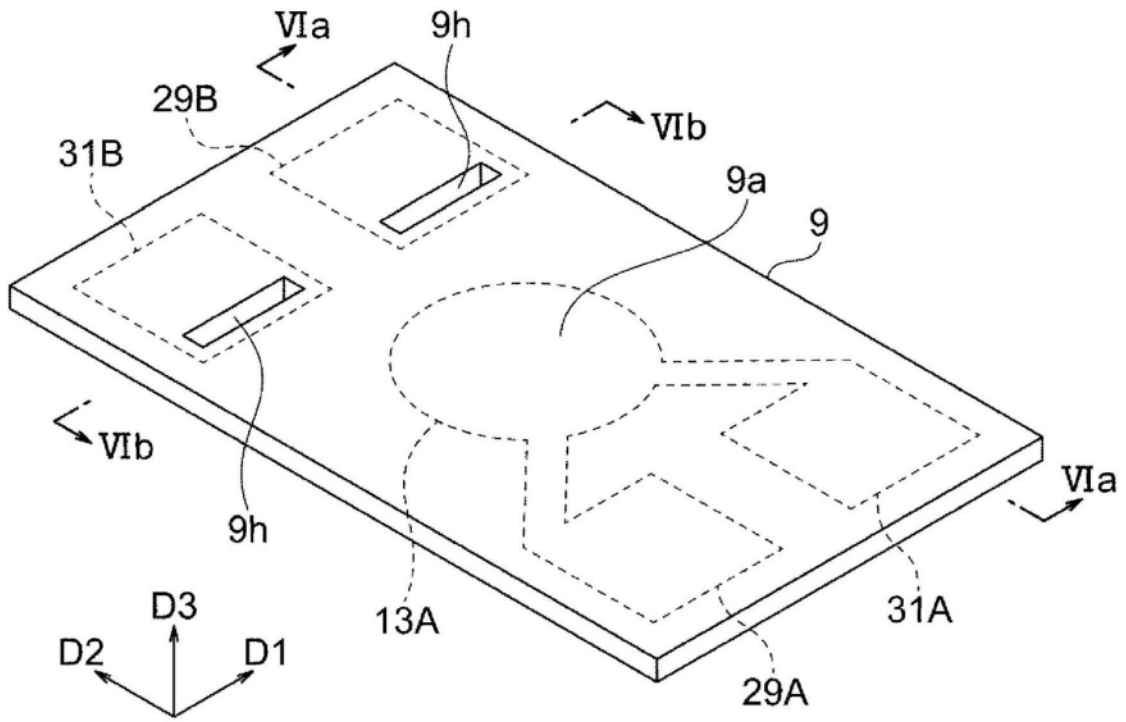


图5

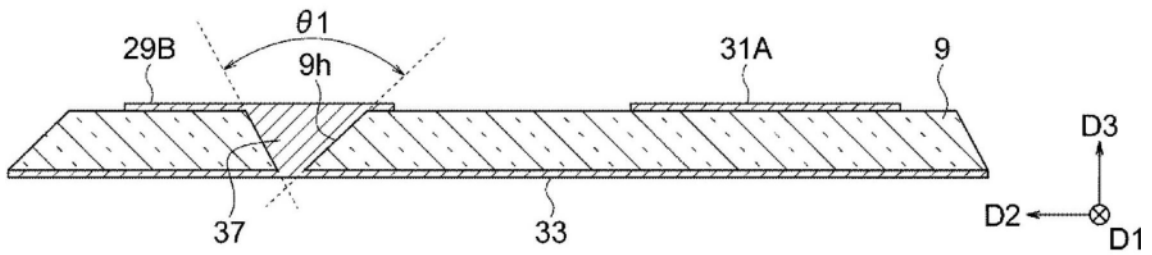


图6A

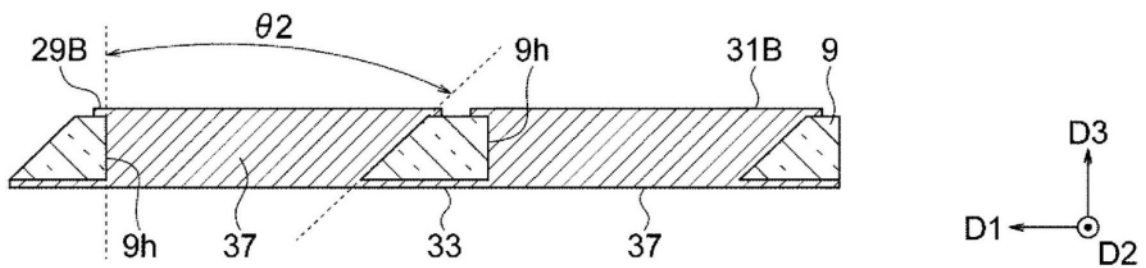


图6B

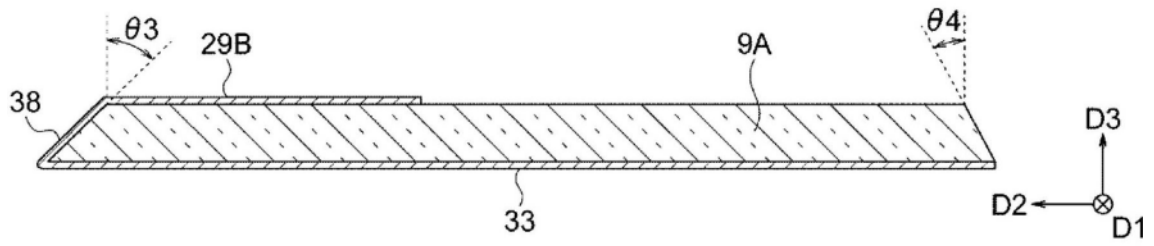


图6C

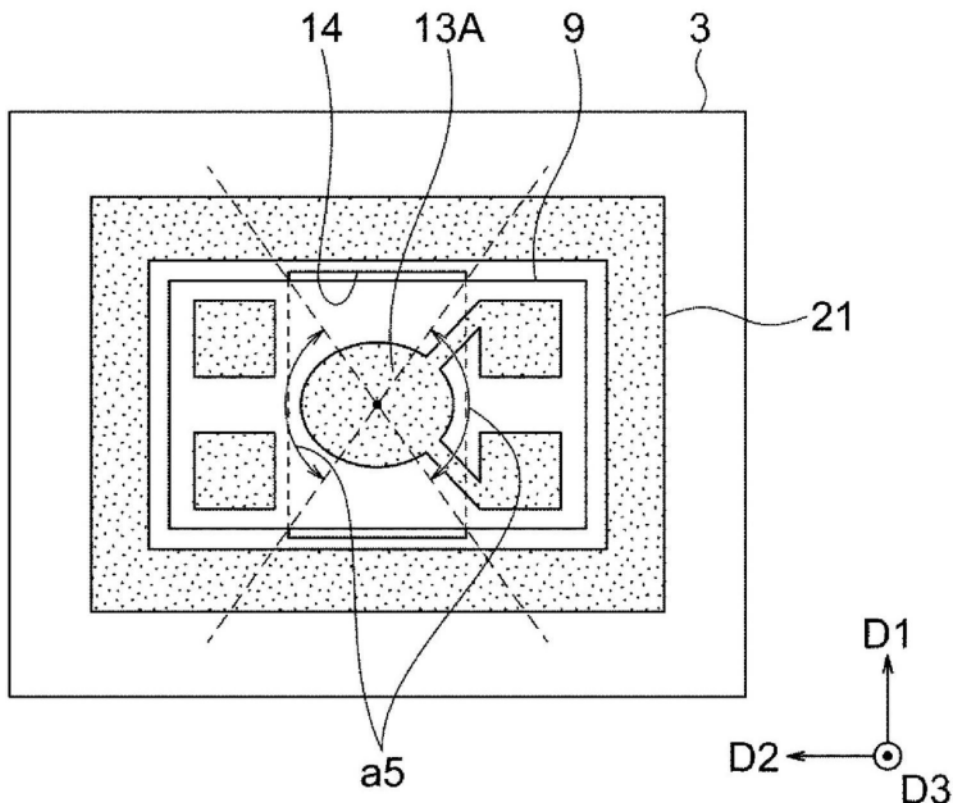


图7

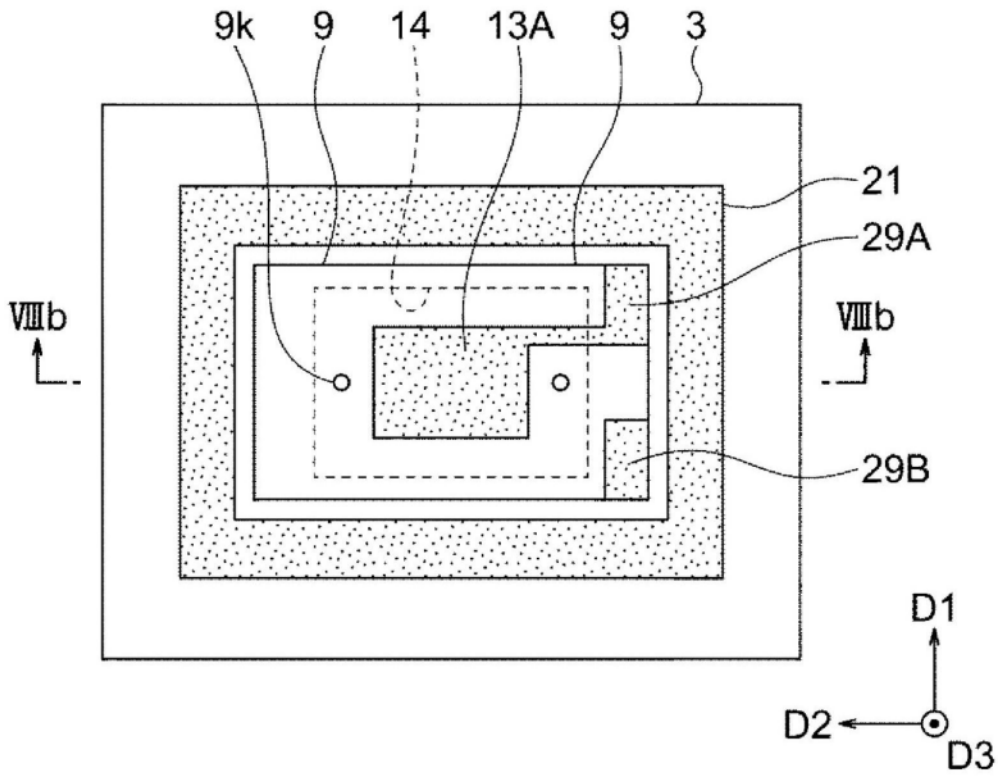


图8A

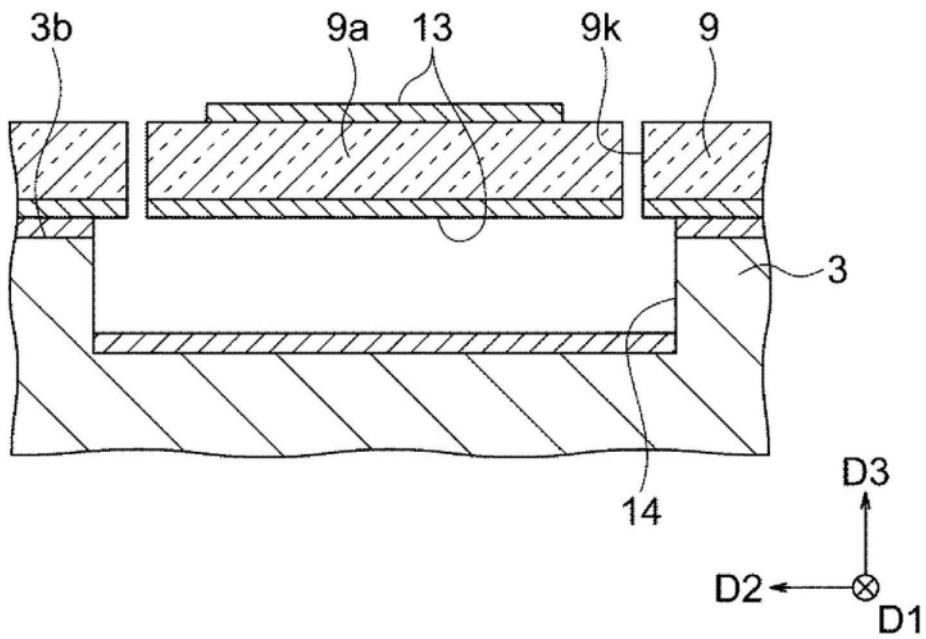


图8B

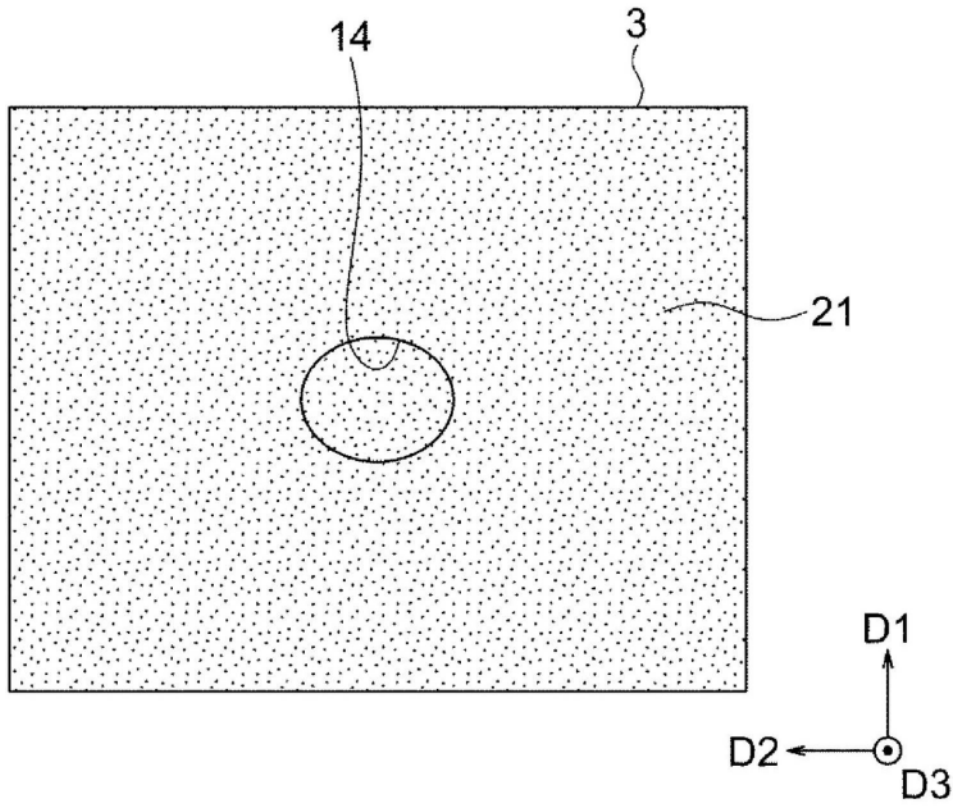


图9

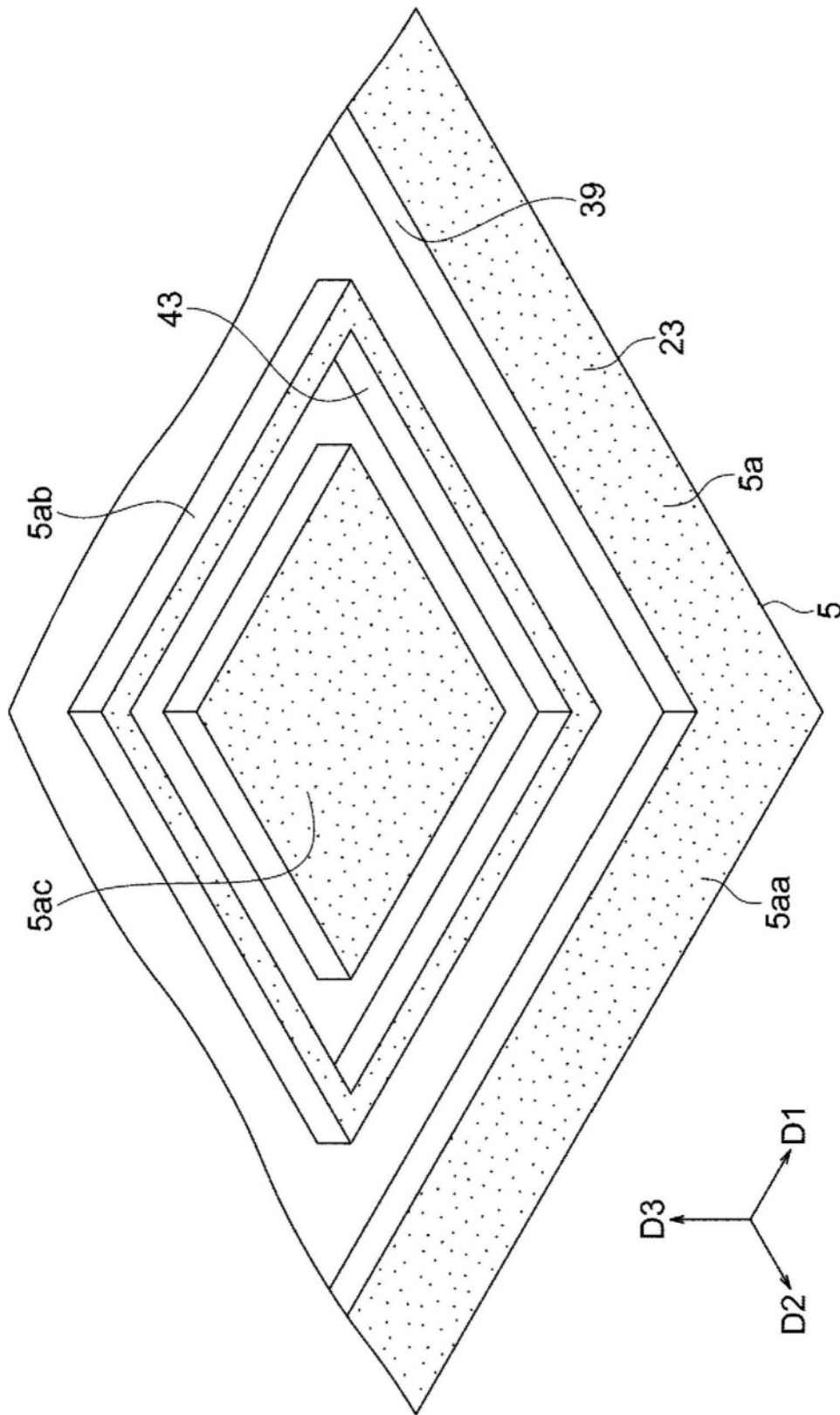


图10

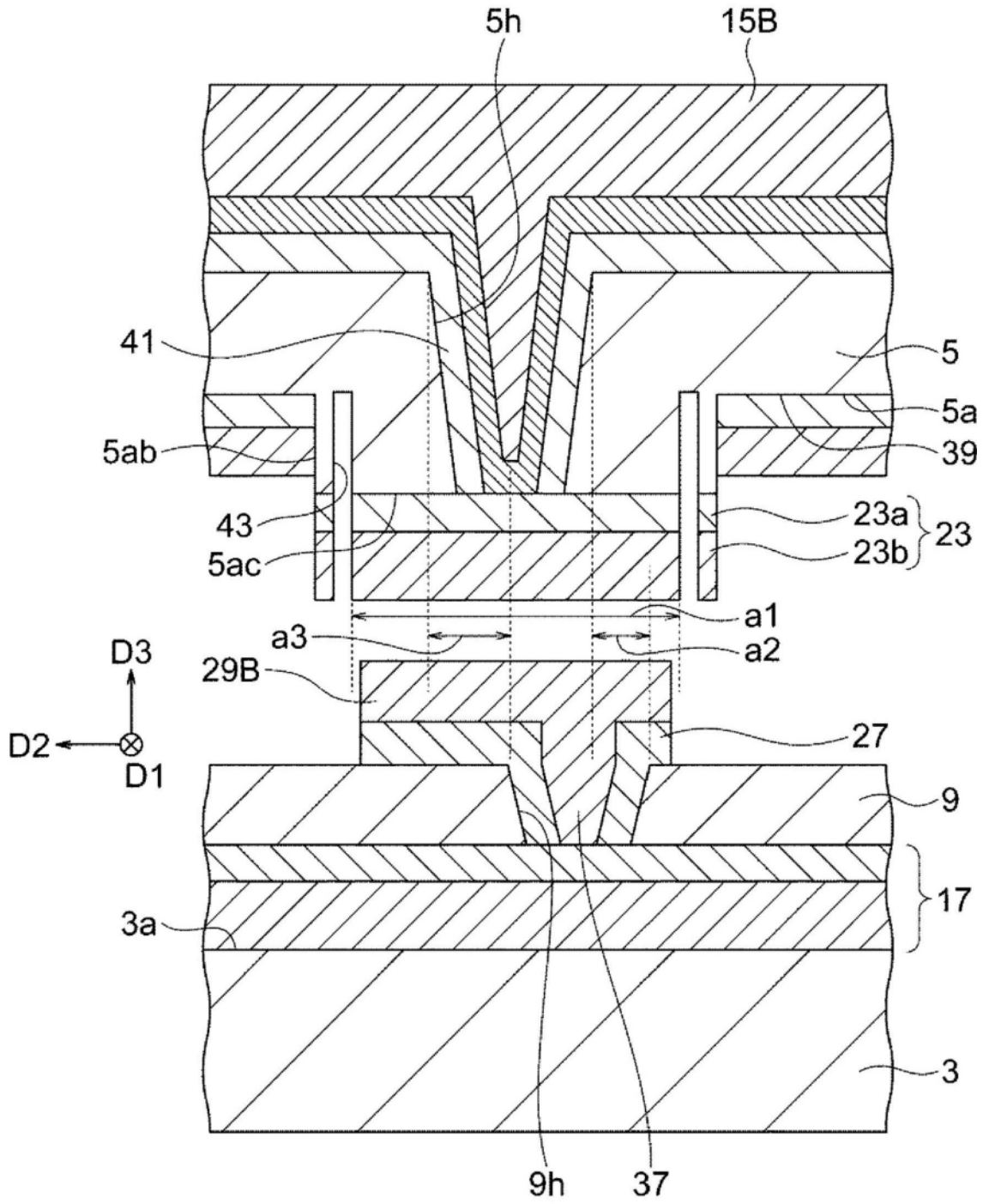


图11

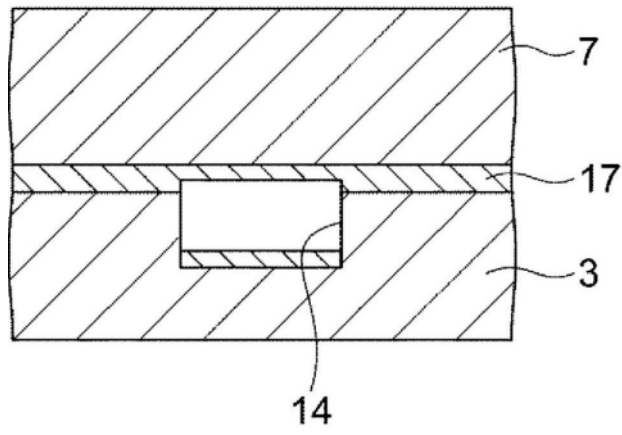


图12A

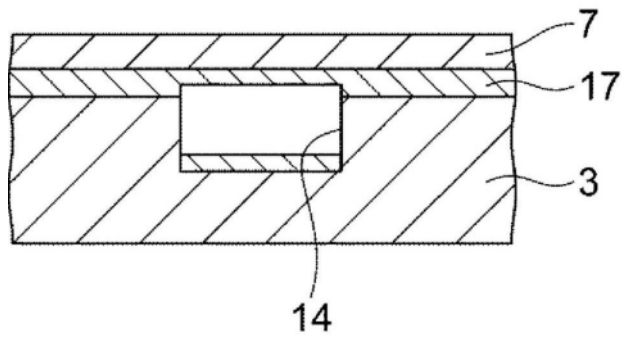


图12B

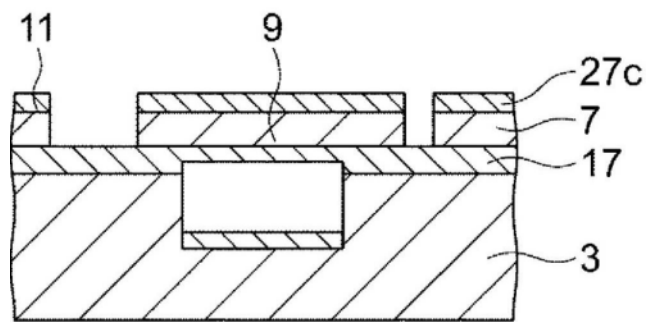


图12C

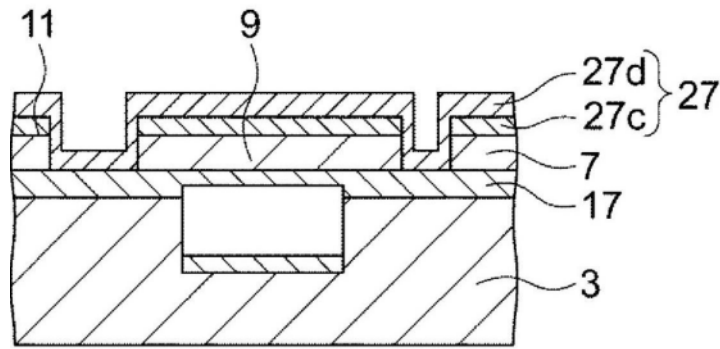


图13A

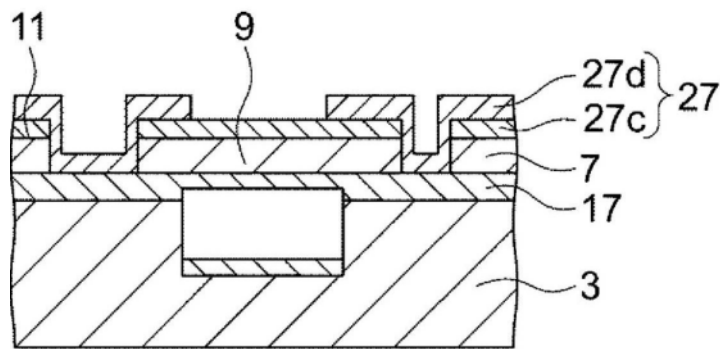


图13B

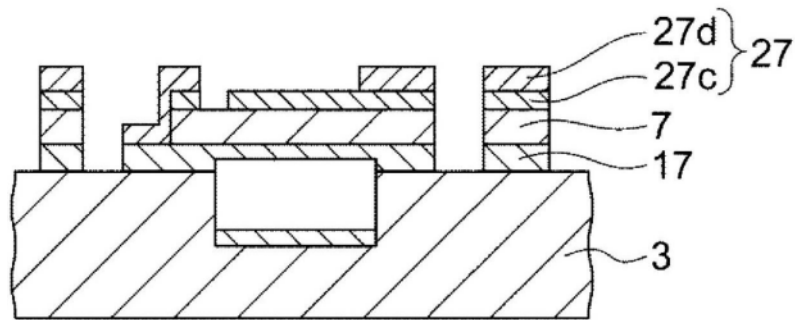


图13C

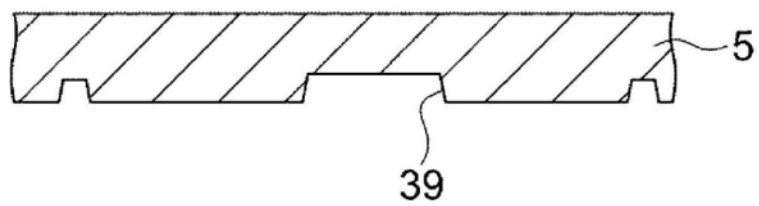


图14A

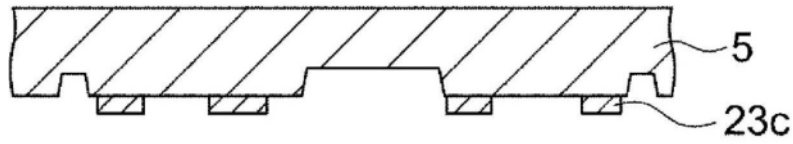


图14B

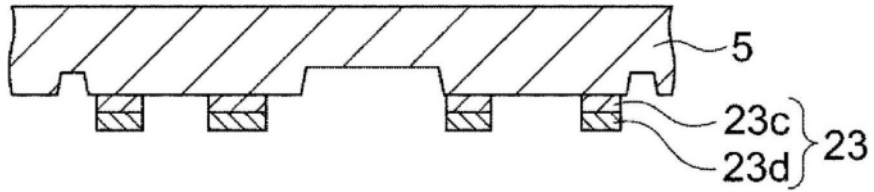


图14C

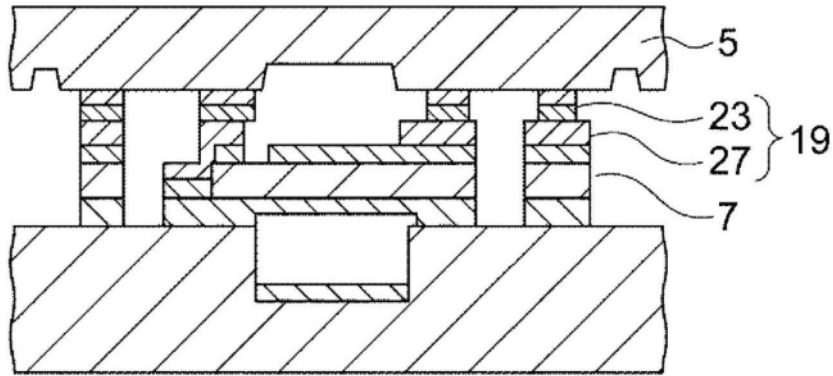


图15A

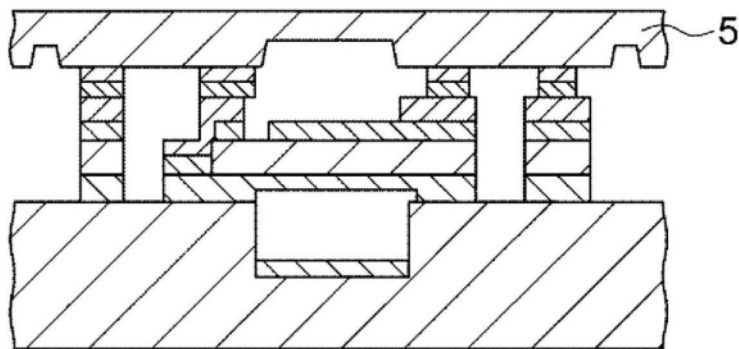


图15B

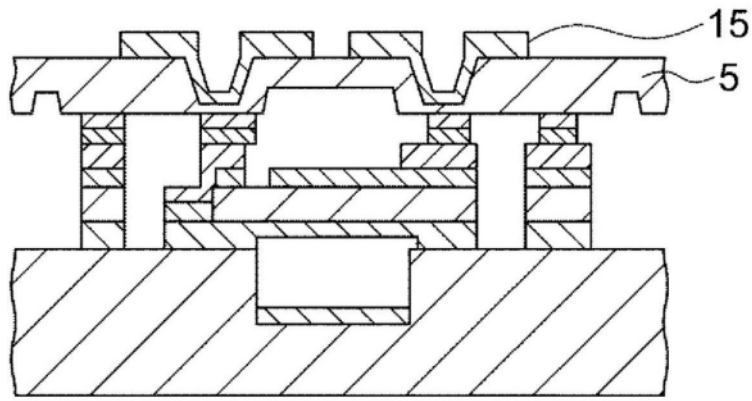


图15C

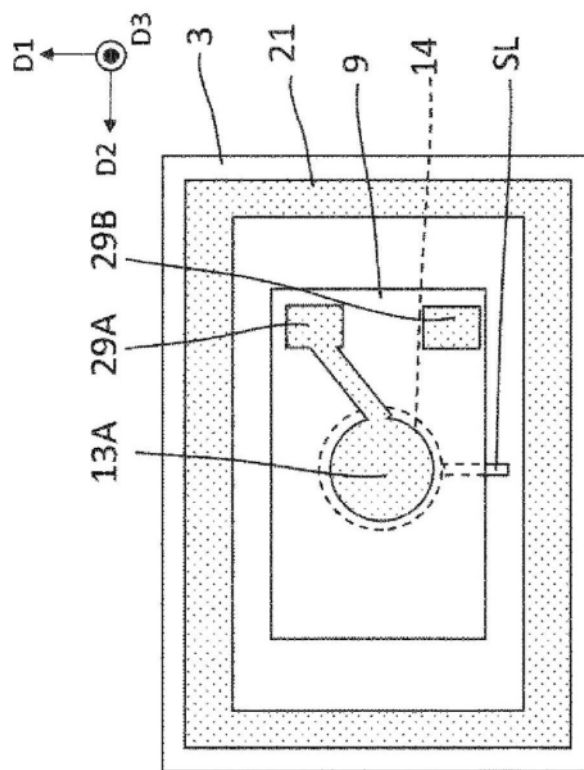


图16

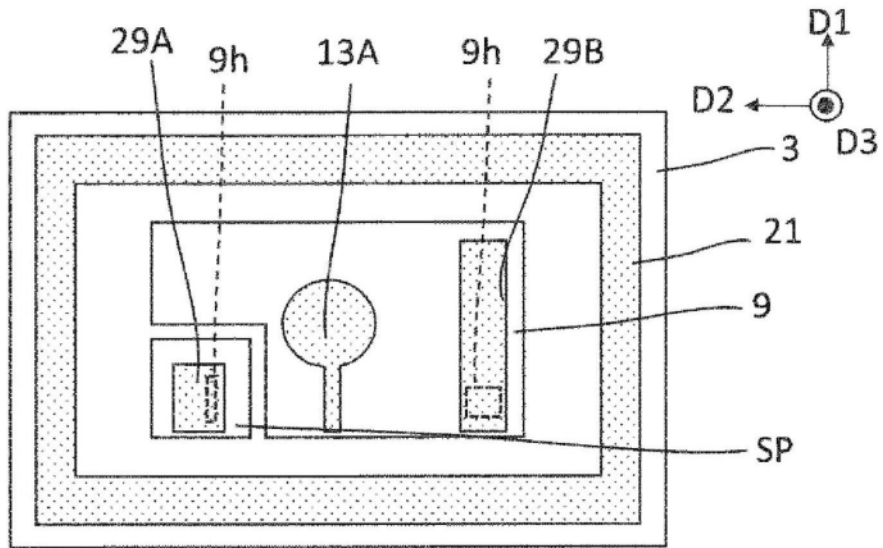


图17A

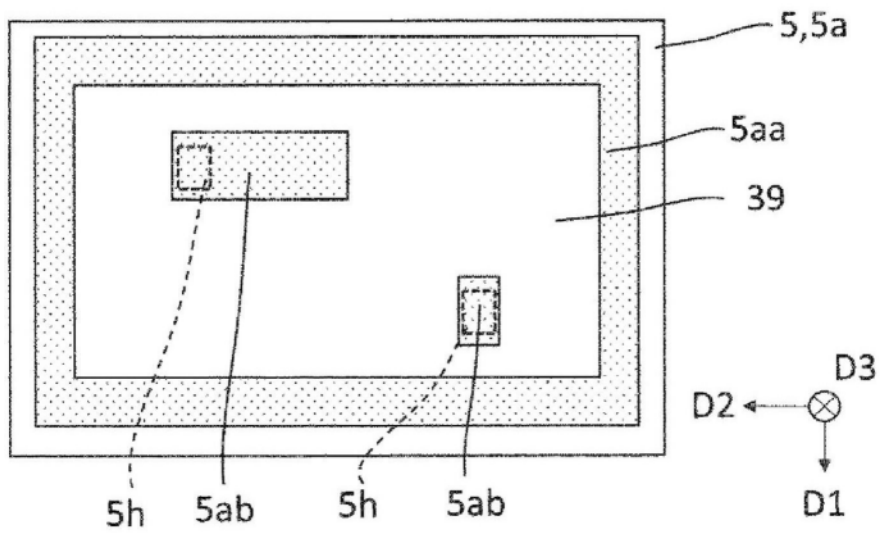


图17B

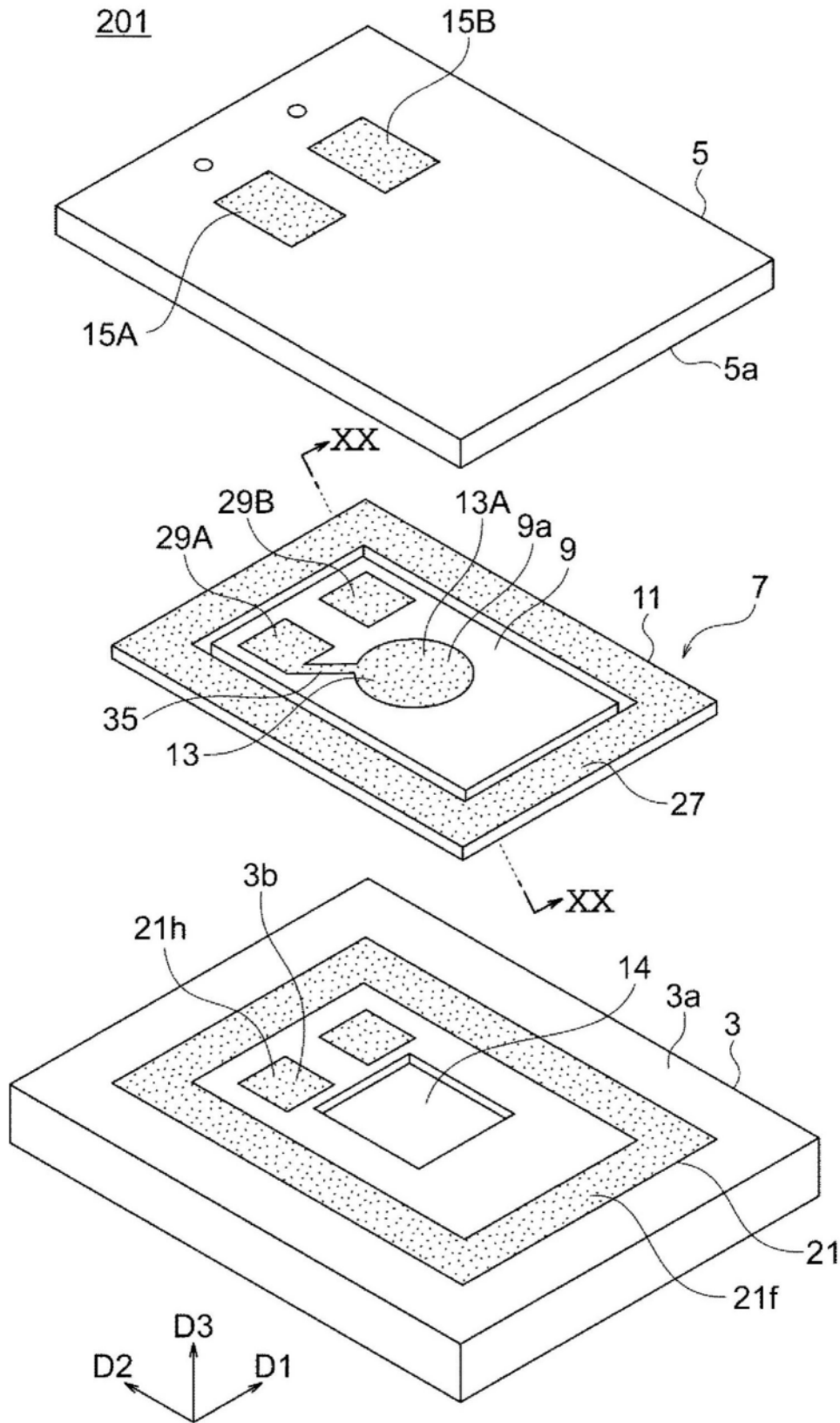


图18

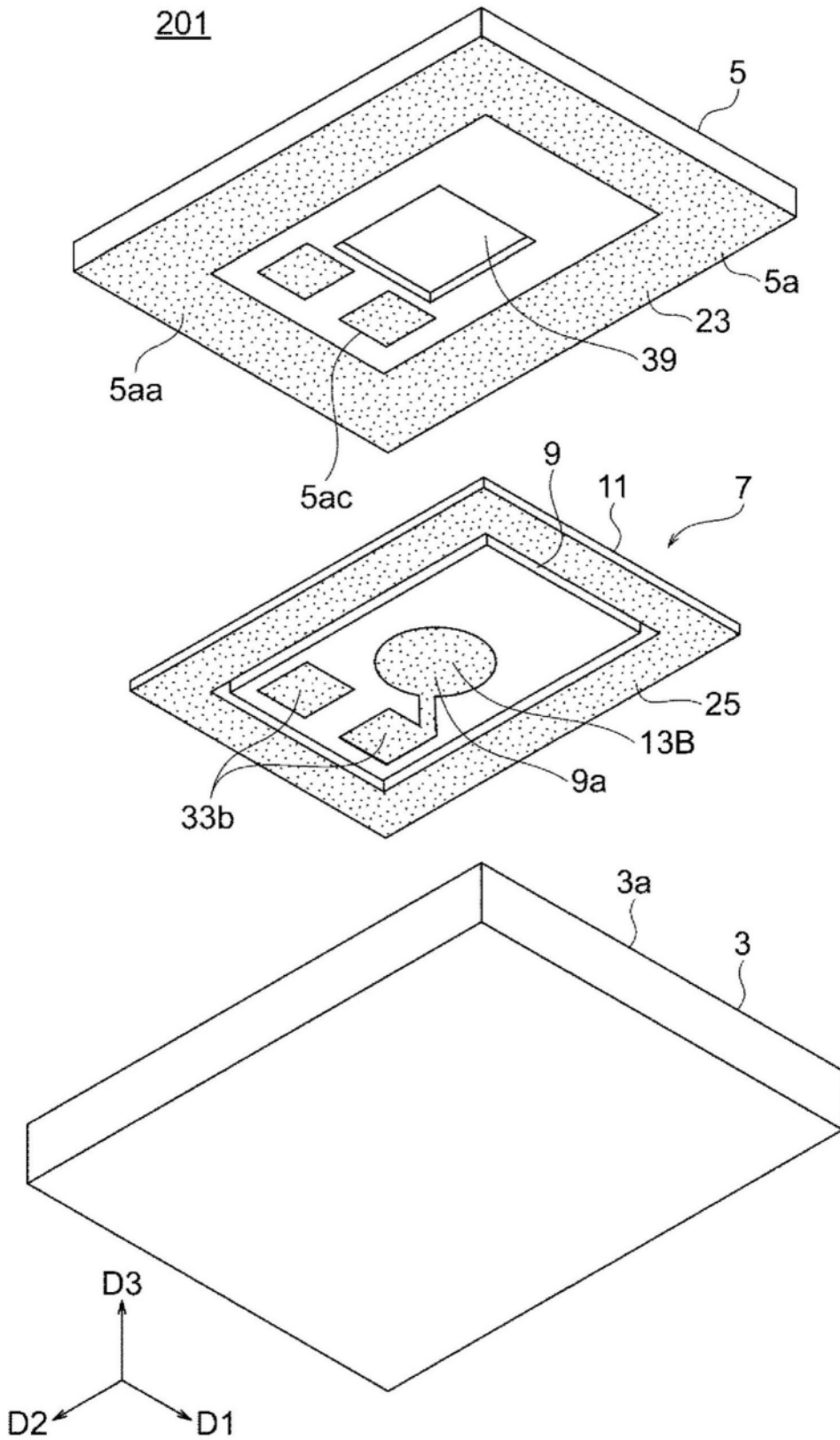


图19

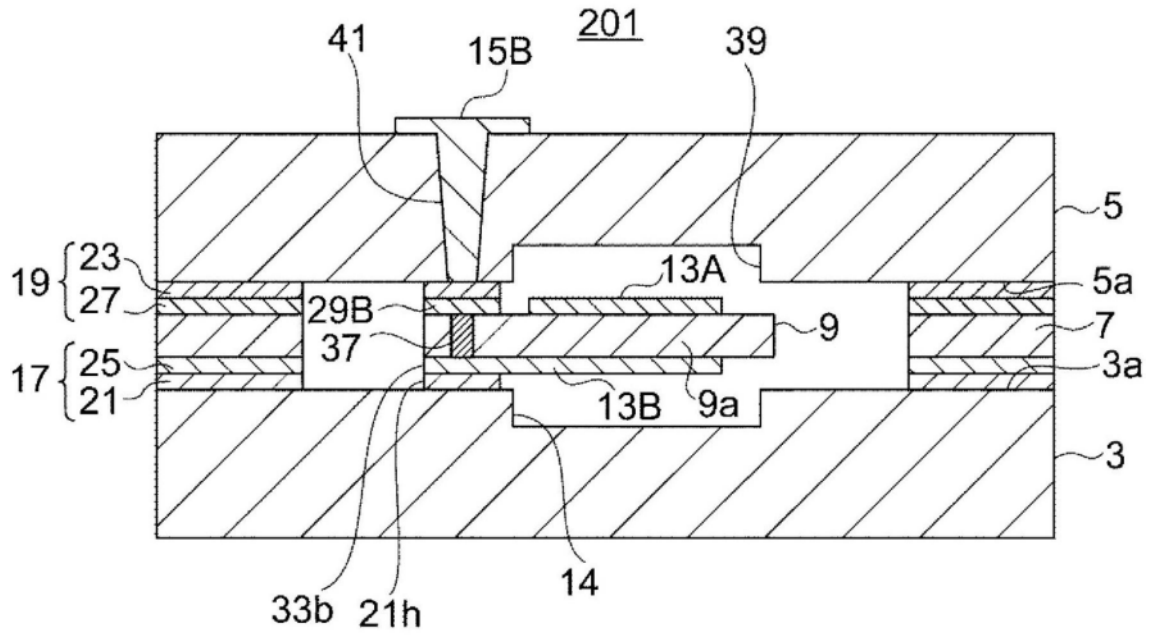


图20