



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102811028 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 05

(21) 申请号 201210171983. 6

(22) 申请日 2012. 05. 29

(30) 优先权数据

2011-124837 2011. 06. 03 JP

(71) 申请人 日本电波工业株式会社

地址 日本东京涉谷区笹塚一丁目 50 番 1 号
笹塚 NA 大楼

(72) 发明人 市川了一 天野芳明

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理
有限公司 11205

代理人 臧建明 张洋

(51) Int. Cl.

H03H 3/02 (2006. 01)

H03H 9/10 (2006. 01)

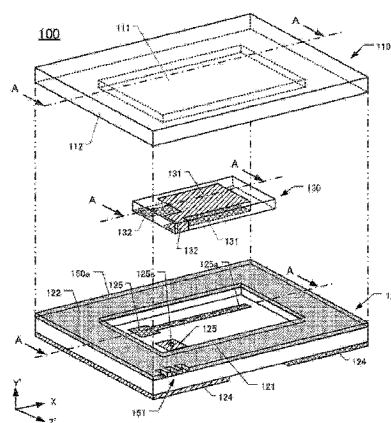
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 18 页

(54) 发明名称

压电元件以及压电元件的制造方法

(57) 摘要

一种压电元件以及压电元件的制造方法, 其中压电元件易于确认压电元件是否已充分地密封。压电元件 (100) 包括: 压电振动片 (130), 利用施加电压而发生振动; 第一板 (110) 及第二板 (120), 包含透明的板材且收纳着压电振动片; 密封材料 (150a), 配置在第一板与第二板之间, 且呈规定宽度的框形状地配置在第一板或第二板的周围, 将第一板与第二板予以接合, 在密封材料的规定宽度内 (WX、WZ) 具有空隙 (151b), 该空隙 (151b) 未将规定宽度予以贯通。



1. 一种压电元件,其特征在于包括:

压电振动片,利用施加电压而发生振动;

第一板及第二板,包含透明的板材、且收纳着所述压电振动片;以及

密封材料,配置在所述第一板与所述第二板之间,且呈规定宽度的框形状地配置在所述第一板或所述第二板的周围,以将所述第一板与所述第二板予以接合,

在所述密封材料的所述规定宽度内具有空隙,该空隙未将所述规定宽度予以贯通。

2. 一种压电元件,其特征在于包括:

压电振动片,具有压电振动部与框体,所述压电振动部利用施加电压而发生振动,所述框体将所述压电振动部的周围予以包围;

第一板,包含透明的板材、且接合于所述压电振动片的所述框体的一方的主面;以及

密封材料,配置在所述第一板与所述框体之间,且呈规定宽度的框形状地涂布于所述压电振动片的周围,以将所述第一板与所述框体予以接合,

在将所述第一板与所述框体予以接合的所述密封材料的所述规定宽度内具有空隙,该空隙未将所述规定宽度予以贯通。

3. 根据权利要求2所述的压电元件,其特征在于包括:

第二板,包含透明的板材、且接合于所述压电振动片的所述框体的另一方的主面;以及

密封材料,配置在所述第二板与所述框体之间,且呈规定宽度的框形状地涂布于所述压电振动片的周围,以将所述第二板与所述框体予以接合,

在将所述第二板与所述框体予以接合的所述密封材料的所述规定宽度内具有空隙,该空隙未将所述规定宽度予以贯通。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的压电元件,其特征在于:

所述密封材料包含:在 $350^{\circ}\text{C}\sim 410^{\circ}\text{C}$ 时熔融的低熔点玻璃、或聚酰亚胺系的树脂。

5. 一种压电元件的制造方法,其特征在于包括:

准备压电振动片的步骤,所述压电振动片利用施加电压而发生振动;

板准备步骤,准备透明的第一板与第二板;

涂布步骤,将密封材料涂布于所述第一板或所述第二板的周围,所述密封材料为规定宽度的框形状、且具有未将所述规定宽度予以贯通的空隙;

接合步骤,在所述涂布步骤之后,利用所述密封材料来将所述第一板与所述第二板予以接合;以及

检查步骤,在所述接合步骤之后,经由所述第一板或所述第二板来对所述空隙的状态进行检查。

6. 根据权利要求5所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述板准备步骤准备第一晶圆与第二晶圆,所述第一晶圆包括多个所述第一板,所述第二晶圆包括多个所述第二板,

所述接合步骤将所述第一晶圆与所述第二晶圆予以接合。

7. 一种压电元件的制造方法,其特征在于包括:

准备压电振动片的步骤,所述压电振动片具有压电振动部与框体,所述压电振动部利用施加电压而发生振动,所述框体将所述压电振动部的周围予以包围;

板准备步骤,准备透明的第一板;

涂布步骤,将密封材料涂布于所述第一板的周围或所述框体,所述密封材料为规定宽度的框形状、且具有未将所述规定宽度予以贯通的空隙;

接合步骤,在所述涂布步骤之后,利用所述密封材料来将所述框体的一方的主面与所述第一板予以接合;以及

检查步骤,在所述接合步骤之后,经由所述第一板或所述框体来对所述空隙的状态进行检查。

8. 根据权利要求7所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

准备所述压电振动片的步骤是:准备压电晶圆,该压电晶圆包括多个所述压电振动片,所述板准备步骤是:准备第一晶圆,该第一晶圆包括多个所述第一板,所述接合步骤是:将所述压电晶圆与所述第一晶圆予以接合。

9. 根据权利要求5至8中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述涂布步骤是:涂布密封材料,该密封材料具有大小不同的多个所述空隙,所述检查步骤是:对所述多个空隙因所述接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

10. 根据权利要求5至8中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述涂布步骤是:涂布密封材料,该密封材料具有大小相同的多个所述空隙,所述检查步骤是:对所述多个空隙因所述接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

11. 根据权利要求5至8中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述涂布步骤是:将具有至少一个所述空隙的密封材料涂布于所述压电元件,所述检查步骤是:对所述空隙因所述接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

12. 根据权利要求5至8中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述检查步骤是:借由影像处理,对所述多个空隙因所述接合步骤而被挤扁且消失的状态、及残留有所述空隙的状态进行检查。

13. 根据权利要求5至8中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于:

所述涂布步骤中所形成的规定宽度的框形状是:包含四条边的框形状,在所述框形状的一部分上形成有所述空隙。

压电元件以及压电元件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种压电元件 (piezoelectric device) 以及压电元件的制造方法。本发明特别涉及一种可知晓是否已利用密封材料来充分地进行密封的压电元件以及压电元件的制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,小型化、薄型化的表面安装型的压电元件已被大量地制造。表面安装型的压电元件构成为如下的表面安装型封装体 (package),该表面安装型封装体是将压电振动片载置于基台 (基底 (base)),接着将盖 (lid) 覆盖于所述基底上,然后气密地进行密封而成,所述压电振动片因施加电压而发生振动。当对压电元件的基底与盖进行气密密封时,使用玻璃材料等作为接合材料。根据专利文献 1,已揭示了如下的方法,该方法是使用玻璃材料等的密封材料,牢固地对陶瓷 (ceramic) 所形成的基底、与陶瓷所形成的盖进行气密密封。另外,逐个地制造专利文献 1 中所揭示的压电元件,且实际上进行破坏测试 (destructive test) 等,以对压电元件的接合状态进行检查。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献 1 日本专利特开 2004-104766

[0006] 然而,优选的是,可容易地对压电元件的接合状态是否良好的程度进行判断。另外,为了使压电元件的量产性提高,优选的是,并非以逐个的压电元件为单位,而是以晶圆 (wafer) 单位,一次性地制造数百至数千个压电元件。在此种情况下,优选的是,即使当按照所述方式,以晶圆单位来制造所述压电元件时,也对全部的压电元件的接合状态进行确认。即,存在如下的问题:难以容易地掌握压电元件的密封状态。

发明内容

[0007] 本发明提供如下的压电元件以及压电元件的制造方法,所述压电元件是以一个单位来制造的压电元件、或以晶圆单位来制造的压电元件,借由掌握密封材料的熔融状态,易于确认压电元件是否已充分地密封。

[0008] 第一观点的压电元件包括:压电振动片,利用施加电压而发生振动;第一板及第二板,包含透明的板材且收纳着压电振动片;以及密封材料,配置在第一板与第二板之间,且呈规定宽度的框形状地配置在第一板或第二板的周围,以将第一板与第二板予以接合,在密封材料的规定宽度内具有空隙,该空隙未将规定宽度予以贯通。

[0009] 第二观点的压电元件包括:压电振动片,具有压电振动部与框体,所述压电振动部利用施加电压而发生振动,所述框体将压电振动部的周围予以包围;第一板,包含透明的板材且接合于压电振动片的框体的一方的主面;以及密封材料,配置在第一板与框体之间,且呈规定宽度的框形状地涂布于压电振动片的周围,将第一板与框体予以接合,在将第一板与框体予以接合的密封材料的规定宽度内具有空隙,该空隙未将规定宽度予以贯通。

[0010] 根据第二观点所述的压电元件,第三观点的压电元件包括:第二板,包含透明的板材且接合于压电振动片的框体的另一方的主面;以及密封材料,配置在第二板与框体之间,且呈规定宽度的框形状地涂布于压电振动片的周围,以将第二板与框体予以接合,在将第二板与框体予以接合的密封材料的规定宽度内具有空隙,该空隙未将规定宽度予以贯通。

[0011] 根据第一观点至第三观点中任一项所述的压电元件,第四观点的压电元件的密封材料包含:在 350℃~410℃时熔融的低熔点玻璃、或聚酰亚胺系的树脂。

[0012] 第五观点的压电元件的制造方法包括:准备压电振动片的步骤,所述压电振动片利用施加电压而发生振动;板准备步骤,准备透明的第一板与第二板;涂布步骤,将密封材料涂布于第一板或第二板的周围,所述密封材料为规定宽度的框形状、且具有未将规定宽度予以贯通的空隙;接合步骤,在涂布步骤之后,利用密封材料来将第一板与第二板予以接合;以及检查步骤,在接合步骤之后,经由第一板或第二板来对空隙的状态进行检查。

[0013] 根据第五观点所述的压电元件的制造方法,第六观点的压电元件的制造方法在板准备步骤中,准备第一晶圆与第二晶圆,所述第一晶圆包括多个第一板,所述第二晶圆包括多个第二板,在接合步骤中,将第一晶圆与第二晶圆予以接合。

[0014] 第七观点的压电元件的制造方法包括:准备压电振动片的步骤,所述压电振动片具有压电振动部与框体,所述压电振动部利用施加电压而发生振动,所述框体将压电振动部的周围予以包围;板准备步骤,准备透明的第一板;涂布步骤,将密封材料涂布于第一板的周围或框体,所述密封材料为规定宽度的框形状、且具有未将规定宽度予以贯通的空隙;接合步骤,在涂布步骤之后,利用密封材料来将框体的一方的主面与第一板予以接合;以及检查步骤,在接合步骤之后,经由第一板或框体来对空隙的状态进行检查。

[0015] 根据第七观点所述的压电元件的制造方法,第八观点的压电元件的制造方法是在准备压电振动片的步骤中,准备压电晶圆,该压电晶圆包括多个压电振动片,在板准备步骤中准备第一晶圆,该第一晶圆包括多个第一板,在接合步骤中,将压电晶圆与第一晶圆予以接合。

[0016] 根据第五观点至第八观点中任一项所述的压电元件的制造方法,第九观点的压电元件的制造方法是在涂布步骤中涂布密封材料,该密封材料具有大小不同的多个空隙,在检查步骤中,对多个空隙因接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

[0017] 根据第五观点至第八观点中任一项所述的压电元件的制造方法,第十观点的压电元件的制造方法是在涂布步骤中涂布密封材料,该密封材料具有大小相同的多个空隙,在检查步骤中,对多个空隙因接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

[0018] 根据第五观点至第八观点中任一项所述的压电元件的制造方法,第十一观点的压电元件的制造方法是在涂布步骤中,将具有至少一个空隙的密封材料涂布于压电元件,在检查步骤中,对空隙因接合步骤而被挤扁的状态进行检查。

[0019] 根据第五观点至第十一观点中任一项所述的压电元件的制造方法,第十二观点的压电元件的制造方法是在检查步骤中,借由影像处理,对多个空隙因接合步骤而被挤扁且消失的状态、及残留有空隙的状态进行检查。

[0020] 根据第五观点至第十二观点中任一项所述的压电元件的制造方法,在第十三观点的压电元件的制造方法中,涂布步骤中所形成的规定宽度的框形状是包含四条边的框形状,在框形状的一部分上形成有空隙。

[0021] 发明的效果

[0022] 根据本发明的压电元件以及压电元件的制造方法,在密封材料上形成空隙,借此,可容易地对压电元件的接合状态进行确认。

附图说明

[0023] 图 1(a) 是压电元件 100 的分解立体图。图 1(b) 是图 1(a) 的 A-A 剖面图。

[0024] 图 2(a) 图示了不良的接合状态的压电元件 100。图 2(b) 图示了适当的接合状态的压电元件 100。图 2(c) 图示了过分压接的接合状态的压电元件 100。

[0025] 图 3 是表示压电元件 100 的制造方法的流程图。

[0026] 图 4 是第一晶圆 W110 的平面图。

[0027] 图 5 是第二晶圆 W120 的平面图。

[0028] 图 6 是在第二晶圆 W120 上丝网印刷有密封材料 150a 的平面图。

[0029] 图 7 是将第一晶圆 W110 与第二晶圆 W120 予以接合而成的接合晶圆 W100 的剖面图。

[0030] 图 8(a) ~ 图 8(c) 是已单片化的压电元件 100 的侧视图。

[0031] 图 9 是在密封材料 150b 的四条边上形成有判定部 151 的图。

[0032] 图 10 是密封材料 150b 的平面图。

[0033] 图 11 是密封材料 150c 的平面图的放大图。

[0034] 图 12 是经丝网印刷的密封材料 150d 的平面图。

[0035] 图 13 是压电元件 200 的分解立体图。

[0036] 图 14 是压电元件 200 的侧视图。

[0037] 图 15 是表示压电元件 200 的制造方法的流程图。

[0038] 图 16 是压电晶圆 W230 的平面图。

[0039] 图 17 是第二晶圆 W220 的平面图。

[0040] 图 18 是第一晶圆 W210 的平面图。

[0041] 图 19 是经丝网印刷的密封材料 150e 的平面图。

[0042] 附图标记：

[0043] 100、200：压电元件

[0044] 110、210：第一板

[0045] 111、121、211、221：凹部

[0046] 112、122、212、222：接合面

[0047] 115：切割线

[0048] 120、220：第二板

[0049] 124、224：安装端子

[0050] 125：连接电极

[0051] 125a：贯通电极

[0052] 130、230：压电振动片

[0053] 131、231：激振电极

[0054] 132、232：引出电极

- [0055] 141 :模腔
- [0056] 150、150a ~ 150e :密封材料
- [0057] 151、152 :判定部
- [0058] 151a、152a :第一判定部
- [0059] 151b、152b 第二判定部
- [0060] 151c、152c :第三判定部
- [0061] 153 :非涂布区域
- [0062] 160 :导电性接着剂
- [0063] 170 :拍摄装置
- [0064] 223 :侧面电极
- [0065] 225 :电极垫
- [0066] 226 :城堡形部分
- [0067] 226a、237 :贯通孔
- [0068] 233 :压电振动部
- [0069] 234 :框部
- [0070] 236 :连结部
- [0071] A-A :剖面
- [0072] L1 ~ L5、WX、WZ :宽度
- [0073] S101 ~ S108、S201 ~ S210 :步骤
- [0074] W100 :接合晶圆
- [0075] W110、W210 :第一晶圆
- [0076] W120、W220 :第二晶圆
- [0077] W230 :压电晶圆
- [0078] X、Y'、Z' :轴

具体实施方式

[0079] 以下,基于附图来详细地对本发明的实施方式进行说明。再者,在以下的说明中,并没有意思特别地对本发明进行限定,本发明的范围不限于这些方式。

[0080] 第一实施方式

[0081] 压电元件 100 的构成

[0082] 图 1(a) 是压电元件 100 的分解立体图。压电元件 100 主要包含:压电振动片 130、第一板(盖)110、以及第二板(基底)120。在压电元件 100 中,第一板 110 以及第二板 120 使用了透明的素材、即晶体以及玻璃等的绝缘材料。另外,例如使用 AT 切割的晶体振动片作为压电振动片 130。AT 切割的晶体振动片的主面(YZ 面)相对于结晶轴(XYZ)的 Y 轴,以 X 轴为中心,从 Z 轴向 Y 轴方向倾斜 35 度 15 分。在以下的说明中,以 AT 切割的晶体振动片的轴方向为基准,使用倾斜的新的轴作为 Y' 轴以及 Z' 轴。即,将压电元件 100 的长度方向作为 X 轴方向,将压电元件 100 的高度方向作为 Y' 轴方向,将与 X 轴方向及 Y' 轴方向垂直的方向作为 Z' 轴方向,来对压电元件 100 进行说明。

[0083] 压电元件 100 在第二板 120 的 +Y' 轴侧的面上载置有压电振动片 130。进而,以

将压电振动片 130 予以密封的方式,将第一板 110 接合于第二板 120 的 +Y' 轴侧,从而形成压电元件 100。

[0084] 压电振动片 130 在 +Y' 轴侧以及 -Y' 轴侧的主面上形成有激振电极 131。另外,引出电极 132 是从各激振电极 131 向 -X 轴方向引出而形成。如下的引出电极 132 引出至 -Y' 轴侧的面的 -X 轴侧及 -Z' 轴侧的端部为止,所述引出电极 132 与 -Y' 轴侧所形成的激振电极 131 连接。另外,如下的引出电极 132 引出至 -Y' 轴侧的面的 -X 轴侧及 +Z' 轴侧的端部为止,所述引出电极 132 与 +Y' 轴侧所形成的激振电极 131 连接。例如,在压电振动片 130 上形成铬 (Cr) 层,接着在铬层上形成金 (Au) 层,借此,形成压电振动片 130 上所形成的激振电极 131 及引出电极 132 等的电极。

[0085] 第一板 110 在 -Y' 轴侧的面上形成有凹部 111。另外,在凹部 111 的周围形成有框形状的接合面 112。第一板 110 在接合面 112 上与第二板 120 接合。

[0086] 第二板 120 在 +Y' 轴侧的面上形成有凹部 121。另外,在凹部 121 的周围形成有框形状的接合面 122。接合面 122 在 X 轴方向上形成宽度 WX,且在 Z' 轴方向上形成宽度 WZ(参照图 2(a) ~ 图 2(c))。在凹部 121 中形成有一对连接电极 125,所述一对连接电极 125 与压电振动片 130 的引出电极 132 形成电性连接。另外,一对安装端子 124 形成于第二板 120 的 -Y' 轴侧的面。一对连接电极 125 与一对安装端子 124 经由贯通电极 125a(参照图 1(b)) 而彼此电性连接,所述贯通电极 125a(参照图 1(b)) 将第二板 120 予以贯通。

[0087] 在框形状的接合面 122 上,借由丝网印刷法 (screen print method) 等,呈框形状地以规定的厚度及宽度 (宽度 WX、宽度 WZ) 而涂布有密封材料 150a。在密封材料 150a 的外缘的一部分形成有规定宽度的狭缝 (slit) 的判定部 151,该规定宽度的狭缝的判定部 151 未形成有密封材料。第一实施方式的判定部 151 是形成于框形状的密封材料 150a 的四条边中的一条边。判定部 151 形成有三个不同宽度的狭缝。判定部 151 的三个狭缝是以使接合面 122 显现的方式,在 Y' 轴方向上贯通地形成,且在 X 轴方向上,宽度各不相同。另外,判定部 151 形成得比密封材料 150a 的 Z' 轴方向的宽度 WZ(参照图 2(a) ~ 图 2(c)) 更狭窄。原因在于:若所述判定部 151 的长度与密封材料 150a 的 Z' 轴方向的所述宽度 WZ 相同,则无法实现气密。再者,图 1(a) 所示的密封材料 150a 图示了接合之前的形状。另外,透过密封材料 150a 的下侧,来对密封材料 150a 进行图示。密封材料 150a 以及判定部 151 的详情将后述。

[0088] 图 1(b) 是图 1(a) 的 A-A 剖面图。第一板 110 的接合面 112 与第二板 120 的接合面 122 经由密封材料 150a 而彼此接合。另外,由于第一板 110 与第二板 120 接合,因此,在压电元件 100 的内部形成气密的模腔 (cavity) 141。压电振动片 130 载置于模腔 141。压电振动片 130 的引出电极 132 经由导电性接着剂 160 而与连接电极 125 形成电性连接。另外,连接电极 125 经由贯通电极 125a 而与安装端子 124 形成电性连接,所述贯通电极 125a 将第二板 120 予以贯通。即,压电振动片 130 的激振电极 131 与安装端子 124 形成电性连接,将电压施加至两个安装端子 124 之间,借此,压电振动片 130 发生振动。

[0089] 第一板 110 以及第二板 120 是由玻璃或晶体材料等的透明材料形成。将已着色的密封材料 150a 涂布于压电元件 100,借此,可从外部对已接合的压电元件 100 的判定部 151 的形状进行确认。关于密封材料 150a 的着色,可将透明的密封材料 150a 着色为半透明或不透明的状态,但在本实施方式中,对着色为半透明的情况进行说明。

[0090] 例如,可使用低熔点玻璃作为密封材料 150a。该低熔点玻璃为如下的玻璃,该玻璃例如在比通常的玻璃更低的 $350^{\circ}\text{C} \sim 410^{\circ}\text{C}$ 的温度下熔融。借由对低熔点玻璃进行着色,可从外部容易地对判定部 151 的形状进行辨认。另外,密封材料 150a 也可使用如下的材料来代替低熔点玻璃,所述材料是使着色剂等混入至聚酰亚胺 (polyimide) 等的树脂系接着剂中而着色的材料、或不透明的材料。再者,在本实施方式中,密封材料 150a 涂布于第二板 120 的接合面 122,但也可涂布于第一板 110 的接合面 112。另外,低熔点玻璃或树脂系接着剂也可透明,但存在如下的情况,即,当对判定部 151 进行目视或拍摄时,无法明确地对好坏进行区分。

[0091] 图 2(a) ~ 图 2(c) 是表示压电元件 100 的接合状态的俯视图。再者,图 2(a) ~ 图 2(c) 是从第一板 110 侧对已接合的压电元件 100 进行观察所见的俯视图。如图 2(a) ~ 图 2(c) 所示,对于由透明的第一板 110 以及第二板 120 接合而成的压电元件 100 而言,可从第一板 110 侧对密封材料 150a、判定部 151、压电振动片 130、激振电极 131 以及引出电极 132 等的构件进行确认。另外,也可经由半透明的密封材料 150a,从第一板 110 侧对安装端子 124 进行观察。判定部 151 包含:第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c,所述第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c 的狭缝的宽度在 X 轴方向上有所不同。第一判定部 151a 由规定宽度的狭缝形成,第二判定部 151b 由宽度比第一判定部 151a 更宽的狭缝形成,此外,第三判定部 151c 由宽度比第二判定部 151b 更宽的狭缝形成。所述第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c 比接合面 122 的宽度 WZ (接合材料的宽度 WZ) 更狭窄。

[0092] 第一判定部 151a 主要用以判定气密是否充分,第二判定部 151b 主要用以对密封之后的宽度进行观察,借此,判定在气密性的确保方面存在何种程度的余地。此外,第三判定部 151c 主要用以判定加热程度是否过高或加压程度是否过强。第一判定部 151a 的规定宽度例如为 $20\mu\text{m}$ 的宽度,第二判定部 151b 的宽度例如为 $40\mu\text{m}$ 的宽度,第三判定部 151c 的宽度例如为 $60\mu\text{m}$ 的宽度。较为理想的是,事先反复地进行实验等,预先求出从第一判定部 151a 至第三判定部 151c 为止的各个适当的宽度,在丝网印刷的丝网版上形成所述宽度。

[0093] 当利用密封材料 150a 来将第一板 110 与第二板 120 予以接合时,将密封材料 150a 加热至 $350^{\circ}\text{C} \sim 410^{\circ}\text{C}$ 且对第一板 110 与第二板 120 进行加压之后,密封材料 150a 冷却而硬化,借此,将所述第一板 110 与第二板 120 予以接合。在接合步骤中,根据热不均、加压不均以及加热加压处理的时间等的各条件,压电元件 100 有可能会产生接合不良。

[0094] 图 2(a) 图示了不良的接合状态的压电元件 100。图 2(a) 所示的接合状态为如下的情况,即,在密封材料 150a 的加热不足、且密封材料 150a 未充分地熔融的状态下经加压;或者密封材料 150a 的加热良好,但加压不足。如此,在第一板 110 与第二板 120 的接合不良的情况下,第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c 处于能够从外部被观察到的状态。即,第一判定部 151a 能够从外部被观察到的压电元件 100 存在如下的可能性,即,第一板 110 与第二板 120 未充分地被密封,模腔 141 的气密性存在问题。因此,将图 2(a) 所示的压电元件 100 检测为不良品。

[0095] 图 2(b) 图示了适当的接合状态的压电元件 100。适当的接合状态的压电元件 100 是将密封材料 150a 加热至适当的温度为止、而使该密封材料 150a 熔融,利用适当的压力来对第一板 110 与第二板 120 进行加压。因此,成为如下的状态,即,熔化的密封材料 150a 将

第一判定部 151a 的狭缝予以填埋,第一判定部 151a 被挤扁而消失,接着达到如下的状态,即,无法从外部对第一判定部 151a 进行识别。熔化的密封材料 150 也流入至第二判定部 151b 以及第三判定部 151c,但由于第二判定部 151b 及第三判定部 151c 的 X 轴方向的狭缝的宽度大于第一判定部 151a 的狭缝宽度,因此,处于如下的状态,即,仍残留有可从外部识别的空隙、即宽度变窄的狭缝。再者,由于熔化的密封材料 150 流入至第二判定部 151b 及第三判定部 151c,因此,第二判定部 151b 以及第三判定部 151c 的 Z' 轴方向的宽度也变窄。

[0096] 图 2(c) 图示了压接过分的接合状态的压电元件 100。图 2(c) 所示的接合状态为如下的情况,即,在过分地对密封材料 150a 进行加热的状态下经加压;或者密封材料 150a 的加热良好,但加压过大。压接过分的接合状态的压电元件 100 成为如下的状态,即,熔化的密封材料 150a 将第一判定部 151a 以及第二判定部 151b 的狭缝予以填埋,无法从外部对第一判定部 151a 以及第二判定部 151b 进行识别。而且,压电元件 100 处于如下的状态,即,仅可从外部对 X 轴方向上的宽度狭窄的第三判定部 151c 进行识别。虽未图示,但也存在如下的状态,即,熔化的密封材料 150a 也将第三判定部 151c 予以填埋,狭缝完全消失。仅第三判定部 151c 可被观察到的压电元件 100、或第三判定部 151c 也无法从外部被观察到的状态下的压电元件 100 存在如下的可能性,即,密封材料 150a 流入至模腔 141 的内部为止。此种压电元件为不良品。

[0097] 压电元件 100 的制造方法

[0098] 参照图 3 至图 8(a) ~ 图 8(c) 来对压电元件 100 的制造方法进行说明,该压电元件 100 是经由密封材料 150a 来将第一板 110 与第二板 120 予以接合而成。虽也能够制造逐个的压电元件,但根据量产性的观点,将数百至数千个作为单位,以晶圆单位来形成压电元件 100。以下,对以晶圆单位形成的多个压电元件 100 的制造方法进行说明。

[0099] 图 3 是表示压电元件 100 的制造方法的流程图。

[0100] 首先,在步骤 (step) S101 中,准备多个压电振动片 130。如图 1(a)、图 1(b) 所示,在各压电振动片 130 上形成有激振电极 131 以及引出电极 132。以晶圆单位来制造多个压电振动片 130,接着从晶圆上切割获得逐个的压电振动片 130。

[0101] 在步骤 S102 中,准备第一晶圆 W110。在第一晶圆 W110 上形成有多个第一板 110。借由透明的材料例如晶体或玻璃等,来形成第一晶圆 W110。参照图 4 来对第一晶圆 W110 进行说明。

[0102] 图 4 是第一晶圆 W110 的平面图。在第一晶圆 W110 上形成有多个第一板 110。在图 4 中,利用两点锁链线来表示邻接的第一板 110 的边界线。所述两点锁链线是:在后述的图 3 的步骤 S107 中,将晶圆予以切断时的切割线 (scribe line) 115。在各第一板 110 的 -Y' 轴侧的面上形成有凹部 111,在凹部 111 的周围形成有框形状的接合面 112,该框形状的接合面 112 与第二晶圆 W120 (参照图 5) 接合。

[0103] 在步骤 S103 中,准备第二晶圆 W120。在第二晶圆 W120 上形成有多个第二板 120。借由透明的材料例如晶体或玻璃等,来形成第二晶圆 W120。参照图 5 来对第二晶圆 W120 进行说明。

[0104] 图 5 是第二晶圆 W120 的平面图。在第二晶圆 W120 上形成有多个第二板 120。在各第二板 120 的 +Y' 轴侧的面上形成有凹部 121,在凹部 121 中形成有连接电极 125 以及贯通电极 125a。在凹部 121 的周围形成有框形状的接合面 122。另外,在第二晶圆 W120

的 $-Y'$ 轴侧的面上形成有安装端子 124(参照图 1(a)、图 1(b)以及图 2(a)~图 2(c))。在图 5 中,利用两点锁链线来表示邻接的第二板 120 的边界线。所述两点锁链线是在后述的图 3 的步骤 S107 中,将晶圆予以切断时的切割线 115。

[0105] 以上的步骤 S101 至步骤 S103 可与顺序无关而进行。

[0106] 在步骤 S104 中,将密封材料 150a 丝网印刷于第一晶圆 W110 或第二晶圆 W120。在图 6 中,对印刷于第二晶圆 W120 的密封材料 150a 进行说明。

[0107] 图 6 是丝网印刷于第二晶圆 W120 的密封材料 150a 的平面图。密封材料 150a 涂布于第二晶圆 W120 的接合面 122。密封材料 150a 在各第二板 120 的四条边中的一条边上,形成有三个不同宽度的狭缝的判定部 151。在图 6 中表示了被印刷的密封材料 150a 的形状的一例。在形成相邻的第二板 120 的判定部 151 的同时,形成密封材料 150a 的判定部 151,借此,在第二板 120 的四条边中的一条边上形成判定部 151。当经丝网印刷的密封材料 150a 例如为低熔点玻璃时,低熔点玻璃包含:玻璃成分、粘合剂(binder)以及溶剂。而且,将低熔点玻璃加热至使粘合剂及溶剂蒸腾的蒸腾温度为止,以对该低熔点玻璃进行预煅烧。

[0108] 另外,在图 6 中,利用两点锁链线来表示邻接的密封材料 150a 的边界线。所述两点锁链线是在后述的图 3 的步骤 S107 中,将晶圆予以切断时的切割线 115。另外,关于判定部 151,在后述的图 3 的步骤 S108 中,可从侧面方向对判定部 151 进行观察。

[0109] 在步骤 S105 中,压电振动片 130 分别载置于第二晶圆 W120 上所形成的多个凹部 121。而且,第一晶圆 W110 与第二晶圆 W120 在第一晶圆 W110 的接合面 112 与第二晶圆 W120 的接合面 122 上,彼此经由密封材料 150a 而接合。当进行接合时,将密封材料 150a 例如加热至 $350^{\circ}\text{C} \sim 410^{\circ}\text{C}$,利用规定的压力进行加压,然后使所述密封材料 150a 冷却。以下,将第一晶圆 W110 与第二晶圆 W120 接合而成的晶圆,作为接合晶圆 W100 来进行说明。

[0110] 在步骤 S106 中的观察步骤中,对接合晶圆 W100 的密封材料 150a 的接合状态进行检查。参照图 7 来对密封材料 150a 的接合状态进行说明。

[0111] 图 7 是接合步骤已结束的接合晶圆 W100 的剖面图。图 7 是接合晶圆 W100 在图 4、图 5 以及图 6 的切割线 115 上的剖面图。在观察步骤中,从接合晶圆 W100 的 $+Y'$ 轴侧,通过目视或使用拍摄装置 170 来对密封材料 150a 进行观察,从而对密封材料 150a 的接合状态进行检查。较为理想的是,从 $+Y'$ 轴侧进行照明地进行检查。另外,当使用拍摄装置 170 来进行观察时,将焦点对准于接合面,借此来进行观察。在图 7 中表示了如下的状态,即,使用拍摄装置 170 来对密封材料 150a 的第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c 进行观察。

[0112] 根据接合状态,通过目视或使用拍摄装置 170 所观察的判定部 151 的形状有所不同。判定部 151 的形状如图 2(a)所示,在不良的接合状态下,可观察到第一判定部 151a。在图 7 的左侧的压电元件 100 中,观察到第一判定部 151a 的狭缝的宽度为 L_1 。同样地,观察到第二判定部 151b 的狭缝的宽度为 L_2 ,且观察到第三判定部 151c 的狭缝的宽度为 L_3 。在适当的接合状态的图 7 右侧的压电元件 100 中,无法观察到第一判定部 151a,但观察到第二判定部 151b 的狭缝的宽度为 L_4 ,且观察到第三判定部 151c 的狭缝的宽度为 L_5 。另外,通过目视或使用拍摄装置 170 来对接合晶圆 W100 进行的观察,不仅可判定出判定部 151 的形状,而且可判定出第一晶圆 W110 的接合面 112 与第二晶圆 W120 的接合面 122 是否已良好地接合。若在接合面 112 与接合面 122 之间,混入有异物或存在接合不良,则接合晶圆

W100 会被倾斜地接合,如图 7 所示,有时尽管左侧的压电元件 100 中的接合不良,但右侧的压电元件 100 中的接合良好。

[0113] 返回至图 3,在步骤 S107 中,借由切割(dicing)来将接合晶圆 W100 予以切断。沿着切割线 115 进行切断。借由将接合晶圆 W100 予以切断,分别形成经切割而成的压电元件 100。

[0114] 在步骤 S108 中,对已单片化的压电元件 100 的接合状态进行检查。接合状态的检查是对由步骤 S107 的切割所引起的第一板 110 及第二板 120 的缺口、或由应变引起的接合不良进行检测。对于压电元件 100,如图 7 中所说明的对于接合晶圆 W100 的观察那样,从 +Y' 轴侧,通过目视或使用拍摄装置 170 来对已单片化的压电元件 100 进行观察,或对由切割形成的压电元件 100 的剖面(Z' 轴侧)进行观察。再者,若无在切割等中产生接合不良的可能性,则也不一定进行步骤 S108 的对于接合状态的检查。或者也可不进行步骤 S106 的对于接合状态的检查,而是进行步骤 S108 的对于接合状态的检查。

[0115] 对于压电元件 100 而言,借由对密封材料 150a 进行着色,不仅容易通过目视或使用拍摄装置 170 的观察来观察出判定部 151 的形状,而且容易观察出压电元件 100 的接合面 112 与接合面 122 是否已良好地接合。从 +Y' 轴侧进行观察所得的压电元件 100 表示于图 2(a)~图 2(c)中,因此,以下使用压电元件 100 的侧视图(Z' 轴方向)来进行说明。

[0116] 图 8(a)~图 8(c)是已单片化的一个压电元件 100 的侧视图。再者,图 8(a)~图 8(c)是利用切割线 115 而单片化的压电元件 100 的判定部 151 的侧视图。从 +Y' 轴侧,通过目视或使用拍摄装置 170 来对压电元件 100 进行观察,或从压电元件 100 的侧面方向(Z' 轴方向)、通过目视或使用拍摄装置 170(未图示)来对侧面进行观察。再者,从 +Y' 轴侧进行的观察已表示于图 2(a)~图 2(c)或图 7 中,因此,说明从侧面方向(Z' 轴方向)进行的观察。

[0117] 图 8(a)是不良的接合状态的压电元件 100 的侧视图。当第一板 110 与第二板 120 的接合不良时,密封材料 150a 的熔融不足,从压电元件 100 的侧面,可观察到第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c。即。第一判定部 151a 能够从侧面被观察到的压电元件 100 存在如下的可能性,即,模腔 141 的气密性有问题,因此,可将所述压电元件 100 检测为不良品。

[0118] 图 8(b)是适当的接合状态的压电元件 100 的剖面图。对于适当的接合状态的压电元件 100 而言,密封材料 150a 熔融且将第一判定部 151a 的狭缝予以填埋,无法从该压电元件 100 的侧面观察到第一判定部 151a。适当的接合状态的压电元件 100 处于如下的状态,即,能够从侧面观察到作为空隙的第二判定部 151b 及第三判定部 151c。

[0119] 图 8(c)图示了过分压接的接合状态的压电元件 100。对于过分压接的接合状态的压电元件 100 而言,密封材料 150a 熔融且将第一判定部 151a 及第二判定部 151b 的狭缝予以填埋,无法从该压电元件 100 的侧面观察到第一判定部 151a 及第二判定部 151b。过分压接的接合状态的压电元件 100 处于如下的状态,即,仅可从侧面观察到第三判定部 151c;或处于如下的状态,即,也无法从侧面观察到第三判定部 151c。仅第三判定部 151c 能够被观察到的压电元件 100、或第三判定部 151c 也无法从侧面被观察到的状态下的压电元件 100 存在如下的可能性,即,密封材料 150a 流入至模腔 141 的内部为止,因此,可将所述压电元件 100 检测为不良品。再者,在图 8(a)~图 8(c)中,对判定部 151 的形状进行了说明,也

可观察到压电元件 100 的由缺损、应变或其他原因引起的接合不良。

[0120] 以上所示的压电元件 100 可使用不同形状的密封材料 150。以下,将不同形状的密封材料 150 作为变形例来进行说明。由于其他构成与第一实施方式相同,因此,使用相同的符号且将说明予以省略。

[0121] 变形例 1

[0122] 本变形例的密封材料 150b 的判定部 151 形成于压电元件 100 的四条边。图 9 是判定部 151 形成于密封材料 150b 的四条边的图。如图所示,在密封材料 150b 的外缘的四条边上形成有判定部 151,在四个部位的判定部 151 上,分别形成有第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c。并排地配置于 X 轴方向的判定部 151 的狭缝长度,比密封材料 150b 的 Z' 轴方向的宽度 WZ 更狭窄。另外,并排地配置于 Z' 轴方向的判定部 151 的狭缝长度,比密封材料 150b 的 X 轴方向的宽度 WX 更狭窄。

[0123] 另外,图 10 图示了丝网印刷于第二晶圆 W120 的密封材料 150b 的形状。密封材料 150b 涂布于第二晶圆 W120 的接合面 122。密封材料 150 在各第二板 120 的四条边上形成有判定部 151,该判定部 151 包含三个不同宽度的狭缝。在图 10 中表示了涂布的密封材料 150b 的形状的一例。在形成相邻的第二板 120 的判定部 151 的同时,形成密封材料 150b 的判定部 151,借此,在第二板 120 的四条边上形成判定部 151。另外,在图 10 中,利用两点锁链线来表示邻接的密封材料 150b 的边界线。所述两点锁链线为所述切割线 115。另外,如上所述,可在接合步骤中,从判定部 151 的上表面方向(第一晶圆 W110 侧)对判定部 151 进行观察,或可在切割之后,从判定部 151 的侧面方向对判定部 151 进行观察。再者,密封材料 150b 也可丝网印刷于第一晶圆 W110 的接合面 112。另外,对于本变形例的判定部 151 而言,虽判定部 151 形成于密封材料 150b 的外缘的四条边,但也可根据需要而形成于第二板 120 的两条边或三条边。

[0124] 变形例 2

[0125] 对变形例 2 的密封材料 150c 形成有圆形状的判定部 152 的情况进行说明。图 11 是涂布于第二晶圆 W120 的接合面 122 的密封材料 150c 的放大图。如图所示,在密封材料 150c 的外缘的四条边上,分别形成有圆形状的判定部 152。以使直径不同的圆形状的第一判定部 152a、第二判定部 152b 以及第三判定部 152c 将密封材料 150c 予以贯通的方式,来形成四个部位的判定部 152。即,以使接合面 122 直接显现的方式,来形成判定部 152。以规定的直径形成第一判定部 152a,以大于第一判定部 152a 的直径形成第二判定部 152b,此外,以大于第二判定部 152b 的直径形成第三判定部 152c。为了实现气密,即使第三判定部 152c 大,也不会到达凹部 121 为止。即,判定部 152 的半径小于密封材料 150c 的 X 轴方向的宽度 WX 或 Z' 轴方向的宽度 WZ。

[0126] 图 11 是涂布的密封材料 150c 的形状的一例,在形成相邻的第二板 120 的判定部 152 的同时,形成密封材料 150c 的判定部 152,借此,在第二板 120 的四条边上形成判定部 152。另外,在图 11 中,利用两点锁链线来表示邻接的密封材料 150c 的边界线。所述两点锁链线为所述切割线 115。另外,如上所述,可在接合步骤中,从判定部 152 的上表面方向(第一晶圆 W110 侧)对判定部 152 进行观察,或可在切割之后,从判定部 152 的侧面方向对判定部 152 进行观察。再者,代替涂布于第二晶圆 W120,密封材料 150c 也可涂布于第一晶圆 W110 的接合面 112。另外,对于本变形例的判定部 152 而言,虽判定部 152 形成于密封材

料 150c 的外缘的四条边,但也可形成于第二板 120 的外缘的一条边、两条边或三条边。

[0127] 变形例 3

[0128] 对如下的情况进行说明,该情况是指:变形例 3 的密封材料 150d 的判定部 151、152 形成于晶圆的主要的部位。图 12 是表示丝网印刷于第二晶圆 W 120 的接合面 122 的密封材料 150d 的图。图 12 中代表性地图示了圆形状的判定部 152,但也可为狭缝状的判定部 151。如图所示,判定部 152 形成于第二晶圆 W120 的外缘的四个部位以及中心部的一个部位。外缘的四个部位的判定部 152 处于形成第二板 120 的区域之外。中心部的一个部位的判定部 152 形成在所述切割线 115 上。当印刷密封材料 150d 时,如图 3 的步骤 S108 中的说明所述,在切割之后,无法对各个压电元件 100 的接合状态进行确认。然而,如步骤 S106 中的说明所述,从上表面方向(第一晶圆 W110 侧)对判定部 152 进行观察,借此,可判断出是否已经以晶圆单位而适当地进行了接合处理。再者,在变形例 3 的例子中,优选的是,至少在第二晶圆 W120 的中心部的一个部位形成有判定部 152。

[0129] 形成以上所示的判定部 152 的部位并不限于所述部位,所述判定部 152 也可形成在与切割线 115 重叠的部位以外。另外,在第一实施方式及其变形例中,表示了狭缝状的判定部 151、圆形状的判定部 152,但也可为三角形等的多边形的判定部等。

[0130] 另外,在第一实施方式及其变形例中,为了对接合状态进行判断,而形成有:第一判定部 152a、第二判定部 152b 以及第三判定部 152c 这三个判定部 152。然而,也可形成第一判定部 152a 及第三判定部 152c 这两个判定部 152。即,若第一判定部 152a 消失而第三判定部 152c 残留,则可判定为接合处理适当,另外,判定部位减少可使判定部 152 的检查简化。此外,没有第二判定部 152b 及第三判定部 152c,且将一个第一判定部 151a 形成于密封材料 150,借此,也可挑选出接合不良的压电元件 100。即,也可因第一判定部 152a 被填埋而无法被观察到,借此,判断为接合处理适当。此外,也可形成大小不同的四个以上的判定部。能够对更细微的接合晶圆 W100 的接合状态进行观察。

[0131] 也可在接合处理中,对以上所示的判定部 151、152 进行观察,因此,所述判定部 151、152 不仅可表示接合结果,而且也可发挥接合处理中的传感器(sensor)的作用。

[0132] 第二实施方式

[0133] 第二实施方式的压电元件是三层重叠的压电元件,压电振动片包括压电振动部与框体,且第一板及第二板分别隔着框体而重合,借此,形成所述三层重叠的压电元件。以下,对三层重叠的压电元件、即压电元件 200 进行说明。

[0134] 压电元件 200 的构成

[0135] 图 13 是压电元件 200 的分解立体图。压电元件 200 主要包含:压电振动片 230、第一板(盖)210、以及第二板(基底)220,压电振动片 230 是被第一板 210 与第二板 220 包夹而形成。与第一实施方式同样地,在第一板 210 以及第二板 220 中,使用有晶体以及玻璃等的不导电的绝缘材料。另外,例如使用 AT 切割的晶体振动片作为压电振动片 230。再者,对与第一实施方式相同的构成使用相同的符号,且将说明予以省略。

[0136] 压电振动片 230 是由压电振动部 233、框部 234、以及连结部 236 形成,所述压电振动部 233 因施加电压而发生振动,所述框部 234 是以将压电振动部 233 予以包围的方式而形成,所述连结部 236 连结着压电振动部 233 及框部 234。另外,在压电振动部 233 与框部 234 之间形成有贯通孔 237,该贯通孔 237 在 Y' 轴方向上将压电振动片 230 予以贯通。在

压电振动部 233 的 +Y' 轴侧的面与 -Y' 轴侧的面上形成有一对激振电极 231。另外,形成有引出电极 232,该引出电极 232 连接于 -Y' 轴侧的激振电极 231,经由连结部 236 而引出至框部 234 的 +Z' 轴侧的 +X 轴侧的角为止,且所述引出电极 232 连接于 +Y' 轴侧的激振电极 231,经由连结部 236 而引出至框部 234 的 -Z' 轴侧的 -X 轴侧的角为止。在框部 234 的 +Y' 轴侧的面上涂布有密封材料 150a。密封材料 150a 是以规定的厚度形成,在密封材料 150a 的外缘的一部分上形成有判定部 151。再者,图 13 所示的密封材料 150a 图示了接合之前的形状。另外,透过密封材料 150a 的下部来对密封材料 150a 进行图示。

[0137] 第一板 210 在 -Y' 轴侧的面上形成有凹部 211。另外,在凹部 211 的周围形成有接合面 212。第一板 210 在接合面 212 上,经由密封材料 150a 而被接合,所述密封材料 150a 涂布于压电振动片 230 的框部 234 的 +Y' 轴侧的面。

[0138] 第二板 220 在 +Y' 轴侧的面上形成有凹部 221。另外,在凹部 221 的周围形成有接合面 222。在第二板 220 的 -Y' 轴侧的面上形成有一对安装端子 224,在 +Y' 轴侧的面的四个角落形成有电极垫 (electrode pad) 225。另外,在第二板 220 的侧面的四个角落形成有城堡形部分 (castellation) 226,在各城堡形部分 226 上形成有侧面电极 223。安装端子 224 与电极垫 225 经由形成于城堡形部分 226 的侧面电极 223 而彼此电性连接。密封材料 150e 丝网印刷于接合面 222 的 +Y' 轴侧的面。密封材料 150e 以规定的厚度形成,在密封材料 150e 的外缘的一部分形成有判定部 151,在电极垫 225 以及城堡形部分 226 处未形成有密封材料 150e。另外,密封材料 150e 为接合之前的形状,且透过密封材料 150e 的下部来对密封材料 150e 进行图示。第二板 220 经由涂布于接合面 222 的密封材料 150e,而与压电振动片 230 的框部 234 的 -Y' 轴侧的面接合。再者,与密封材料 150a 同样地,本实施方式的密封材料 150e 的判定部 151 形成有狭缝不同的第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c。

[0139] 图 14 是从 +Z' 对压电元件 200 进行观察所见的侧视图。压电元件 200 的第一板 210 与压电振动片 230 经由密封材料 150a 而接合,第二板 220 与压电振动片 230 经由密封材料 150e 而接合。再者,为了易于说明,图 14 图示了未熔融的判定部 151,因此,图示了各个第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c。再者,如图所示,较为理想的是,密封材料 150a 的判定部 151 与密封材料 150e 的判定部 151 形成于彼此不重叠的位置。另外,在本实施方式中,密封材料 150a 的判定部 151 与密封材料 150e 的判定部 151 形成于相同的边,但也可形成于不同的边。

[0140] 在所述涂布于框部 234 的密封材料 150a、与涂布于接合面 222 的密封材料 150e 的四条边中的一条边上,形成有判定部 151;该判定部 151 在 X 轴方向上形成有狭缝不同的第一判定部 151a、第二判定部 151b 以及第三判定部 151c。如第一实施方式所示,判定部 151 表示了接合状态。当将第一板 210 与压电振动片 230 予以接合时,以及当将第二板 220 与压电振动片 230 予以接合时,对判定部 151 的接合状态进行观察。与第一实施方式的变形例所示的情况同样地,判定部 151 的形状可采用各种形状,也可为圆形状的判定部 152。

[0141] 压电元件 200 制造方法

[0142] 关于压电元件 200,较为理想的是,与压电元件 100 同样地,在压电元件 200 的制造过程的途中,一面对密封材料 150a 的接合状态进行检查,且一面进行制造。以下,参照图 15 至图 19 来对压电元件 200 的制造方法进行说明。

[0143] 图 15 是表示压电元件 200 的制造方法的流程图。

[0144] 在步骤 S201 中,准备压电晶圆 W230。在压电晶圆 W230 上形成有多个压电振动片 230,压电晶圆 W230 例如是将晶体等的压电材料作为基材而形成。使用图 16 来对压电晶圆 W230 进行说明。

[0145] 图 16 是压电晶圆 W230 的平面图。在压电晶圆 W230 上形成有多个压电振动片 230。在图 16 中,利用两点锁链线来表示在后述的图 15 的步骤 S210 中,将晶圆予以切断时的切割线 115,在切割线 115 所包围的区域中形成有一个压电振动片 230。在压电晶圆 W230 的各压电振动片 230 中形成贯通孔 237,借此,形成压电振动部 233、框部 234 以及连结部 236。另外,在压电振动部 233 上形成有激振电极 231,在框部 234 上形成有引出电极 232,该引出电极 232 从激振电极 231 通过连结部 236 而被引出。

[0146] 在步骤 S202 中,准备第二晶圆 W220。在第二晶圆 W220 上形成有多个第二板 220。例如借由晶体或玻璃等来形成第二晶圆 W220。参照图 17 来对第二晶圆 W220 进行说明。

[0147] 图 17 是第二晶圆 W220 的平面图。在第二晶圆 W220 上形成有多个第二板 220。在图 17 中,利用两点锁链线来表示切割线 115,在切割线 115 所包围的区域中形成有一个第二板 220。在各第二板 220 的 +Y' 轴侧的面上形成有凹部 221,在凹部 221 的周围形成有接合面 222。另外,在 Z' 轴方向的切割线 115 与 X 轴方向的切割线 115 的交点处,在第二板 220 上形成有成为城堡形部分 226 的贯通孔 226a,在城堡形部分 226 中形成有侧面电极 223(参照图 13 以及图 14)。另外,在贯通孔 226a 的周围形成有电极垫 225,在第二晶圆 W220 的 -Y' 轴侧的面上形成有安装端子 224(参照图 13 以及图 14)。

[0148] 在步骤 S203 中,准备第一晶圆 W210。在第一晶圆 W210 上形成有多个第一板 210。例如借由晶体或玻璃等来形成第一晶圆 W210。参照图 18 来对第一晶圆 W210 进行说明。

[0149] 图 18 是第一晶圆 W210 的平面图。在第一晶圆 W210 上形成有多个第一板 210。在图 18 中,利用两点锁链线来表示切割线 115,在切割线 115 所包围的区域中形成有一个第一板 210。在各第一板 210 的 -Y' 轴侧的面上形成有凹部 211,在凹部 211 的周围形成有接合面 212。

[0150] 以上的步骤 S201 至步骤 S203 可与顺序无关而进行。

[0151] 在步骤 S204 中,将密封材料 150e 丝网印刷于第二晶圆 W220。图 19 是经丝网印刷的密封材料 150e 的平面图。密封材料 150e 涂布于第二晶圆 W220 的接合面 222。密封材料 150e 在各第二板 220 的四条边中的一条边上,形成有三个不同宽度的狭缝的判定部 151。另外,密封材料 150e 在贯通孔 226a 及该贯通孔 226a 的周围的电极垫 225 的一部分,形成有非涂布区域 153,该非涂布区域 153 未形成有密封材料 150e,所述贯通孔 226a 形成于第二晶圆 W220 且成为城堡形部分 226。再者,密封材料 150e 也可涂布于压电振动片 230 的 -Y' 轴侧的框部 234。另外,将密封材料 150a 丝网印刷于压电振动片 230。例如,以图 6 所示的形状来对密封材料 150a 进行印刷。密封材料 150a 涂布于压电振动片 230 的 +Y' 轴侧的框部 234。密封材料 150a 在框部 234 的四条边中的一条边上,形成有三个不同宽度的狭缝的判定部 151。再者,密封材料 150a 也可涂布于第一晶圆 W210 的 -Y' 轴侧的接合面 212。另外,较为理想的是,形成判定部 151 的位置是配置在与步骤 S204 中所形成的位置不同的位置。当经丝网印刷的密封材料 150e 例如为低熔点玻璃时,低熔点玻璃包含:玻璃成分、粘合剂以及溶剂。而且,将低熔点玻璃加热至使粘合剂及溶剂蒸腾的蒸腾温度为止,对

该低熔点玻璃进行预煅烧。

[0152] 在步骤 S205 中,压电晶圆 W230 与第二晶圆 W220 经由密封材料 150e 而彼此接合。借由加压及加热处理,经由形成于接合面 222 的密封材料 150e,将压电晶圆 W230 与第二晶圆 W220 予以接合。

[0153] 在步骤 S206 中,在观察步骤中,对密封材料 150e 的判定部 151 的形状进行检查。压电晶圆 W230 以及第二晶圆 W220 是将晶体等的透明的材料作为基材,因此,当从 +Y' 轴侧对将压电晶圆 W230 及第二晶圆 W220 予以接合而成的晶圆进行观察时,可观察到密封材料 150e 的接合状态。可通过目视或使用拍摄装置 170 来对接合状态进行观察。特别是,当利用拍摄装置 170 来进行观察时,将焦点对准于步骤 S204 中所形成的判定部 151 的位置,借此,可观察到接合状态。另外,当通过目视或使用拍摄装置 170 来进行观察时,不仅会观察到判定部 151 的形状,而且也会观察到在压电晶圆 W230 的框部 234 与第二晶圆 W220 的接合面 222 之间混入有异物,或观察到接合不良等。

[0154] 在步骤 S207 中,压电晶圆 W230 以及第一晶圆 W210 经由密封材料 150a 而彼此接合。将第一晶圆 W210 载置于步骤 S207 中经涂布的压电振动片 230 的框部 234,借由加压加热处理来进行接合。第一晶圆 W210、第二晶圆 W220 以及压电晶圆 W230 这三块晶圆重合而形成接合晶圆。

[0155] 在步骤 S208 中,在观察步骤中,对密封材料 150a 的判定部 151 的形状进行检查。第一晶圆 W210、第二晶圆 W220 以及压电晶圆 W230 是将晶体等的透明的材料作为基材,因此,当从 +Y' 轴侧对接合晶圆进行观察时,可观察到密封材料 150a 的判定部 151 的接合状态。可通过目视或使用拍摄装置 170 来对接合状态进行观察。特别是,当利用拍摄装置 170 来进行观察时,将焦点对准于步骤 S208 中所形成的密封材料 150a 的判定部 151 的位置,借此,可观察到接合状态。

[0156] 在步骤 S209 中,将接合晶圆予以切断,该接合晶圆是第一晶圆 W210、第二晶圆 W220 以及压电晶圆 W230 接合而成的晶圆。沿着切割线 115 进行切割,借此,将所述接合晶圆予以切断,而形成各个压电元件 200。

[0157] 在步骤 S210 中,根据需要,在观察步骤中,对已单片化的压电元件 200 的接合状态进行检查。接合状态的检查是对由步骤 S209 的切割所引起的压电元件 200 的接合面的缺口、或由应变引起的接合不良进行检测。再者,由于半透明地形成密封材料 150a,因此,当从 +Y' 轴侧,使用拍摄装置 170 来进行观察时,将焦点对准于第一段的密封材料 150a 或第二段的密封材料 150e,借此,可分别进行观察。

[0158] 在所述流程图中,在步骤 S205 中,将压电晶圆 W230 与第二晶圆 W220 予以接合,在步骤 S207 中,将压电晶圆 W230 以及第一晶圆 W210 予以接合。然而,可先将压电晶圆 W230 与第一晶圆 W210 予以接合,也可一次性地将第一晶圆 W210、压电晶圆 W230 以及第二晶圆 W220 予以接合。

[0159] 以上,已详细地对本发明的最佳实施方式进行了说明,但本领域技术人员显然了解:可在本发明的技术范围内,对实施方式添加各种变更、变形来实施。

[0160] 例如,表示了压电振动片为 AT 切割的晶体振动片的情况,但同样地,即使所述压电振动片是以厚度剪力模式 (thickness shear mode) 而发生振动的 BT 切割等的晶体振动片,也同样适用。另外,也可适用于音叉型晶体振动片。而且,压电振动片基本上不仅可应

用晶体材料,而且可应用包含钽酸锂或铌酸锂或者压电陶瓷的压电材料。

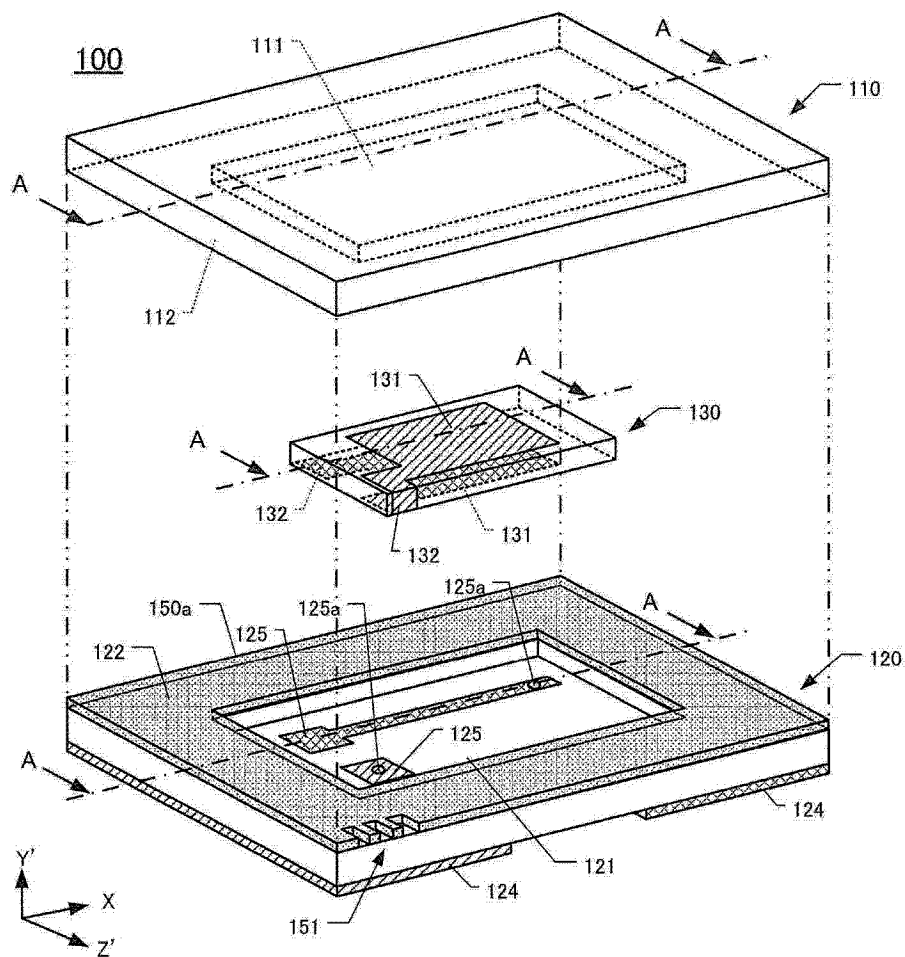


图 1(a)

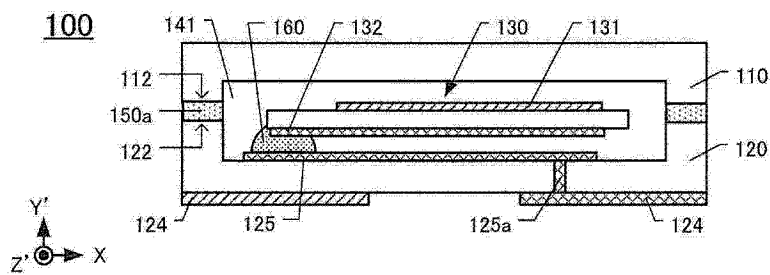


图 1(b)

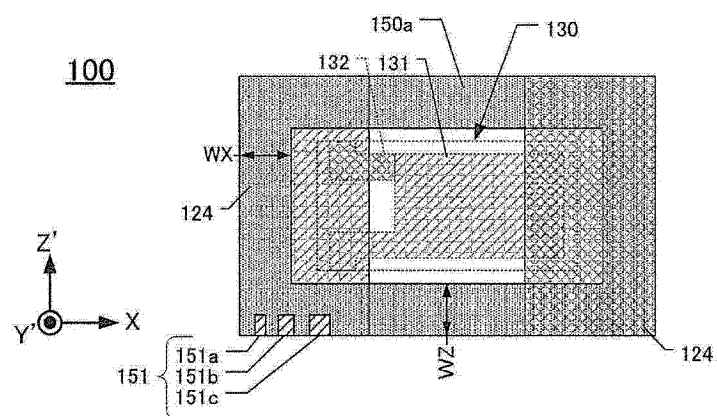


图 2(a)

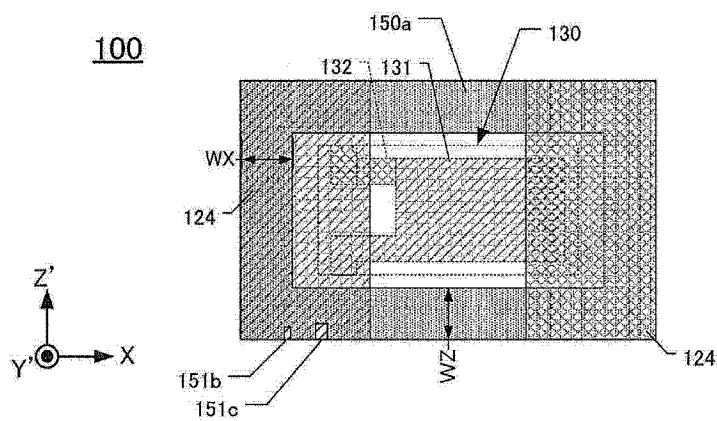


图 2(b)

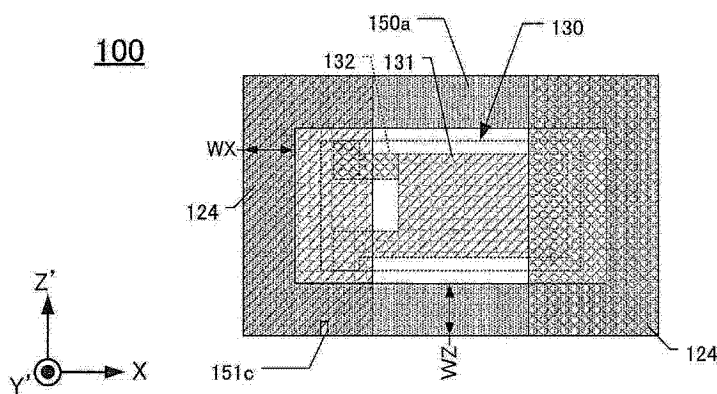


图 2(c)

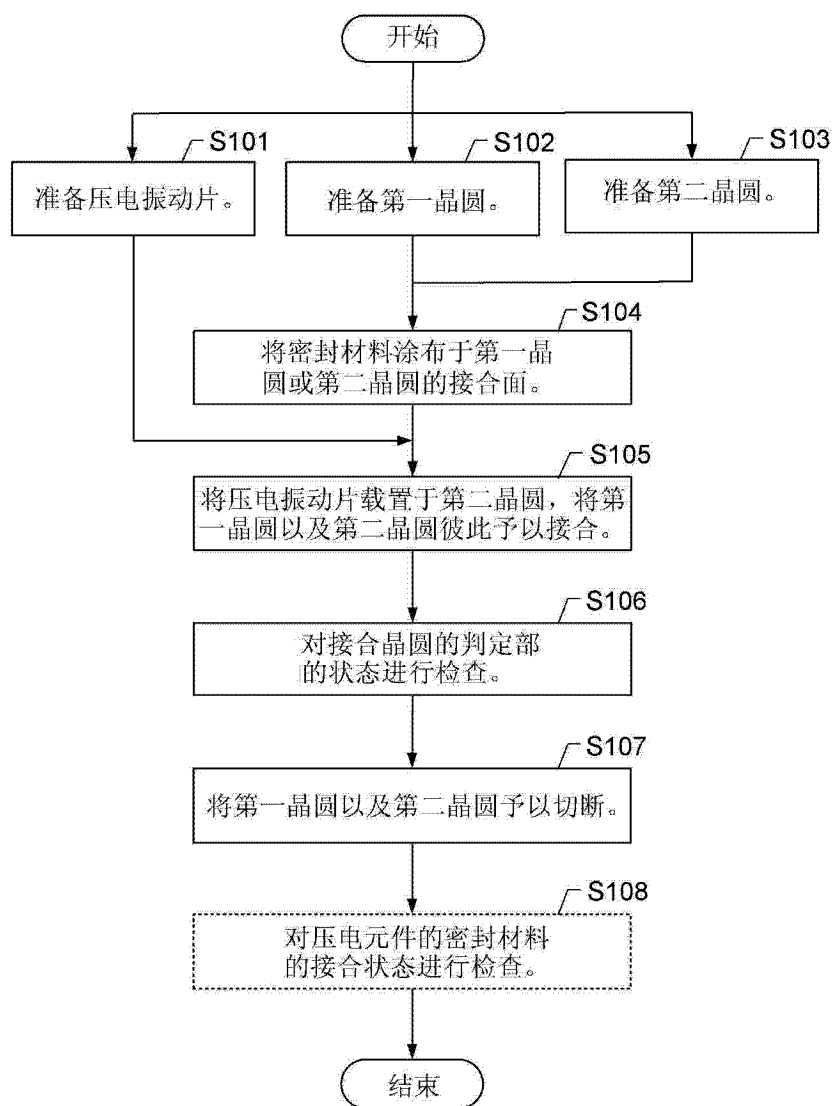


图 3

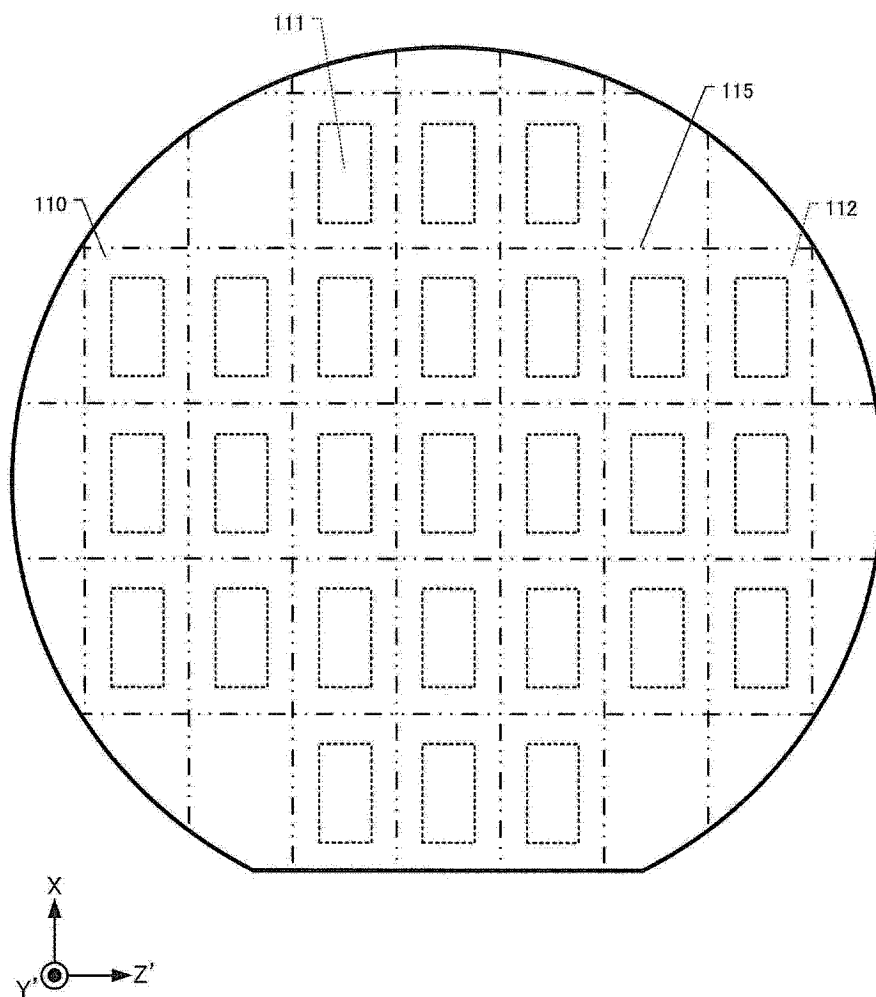
W110

图 4

W120

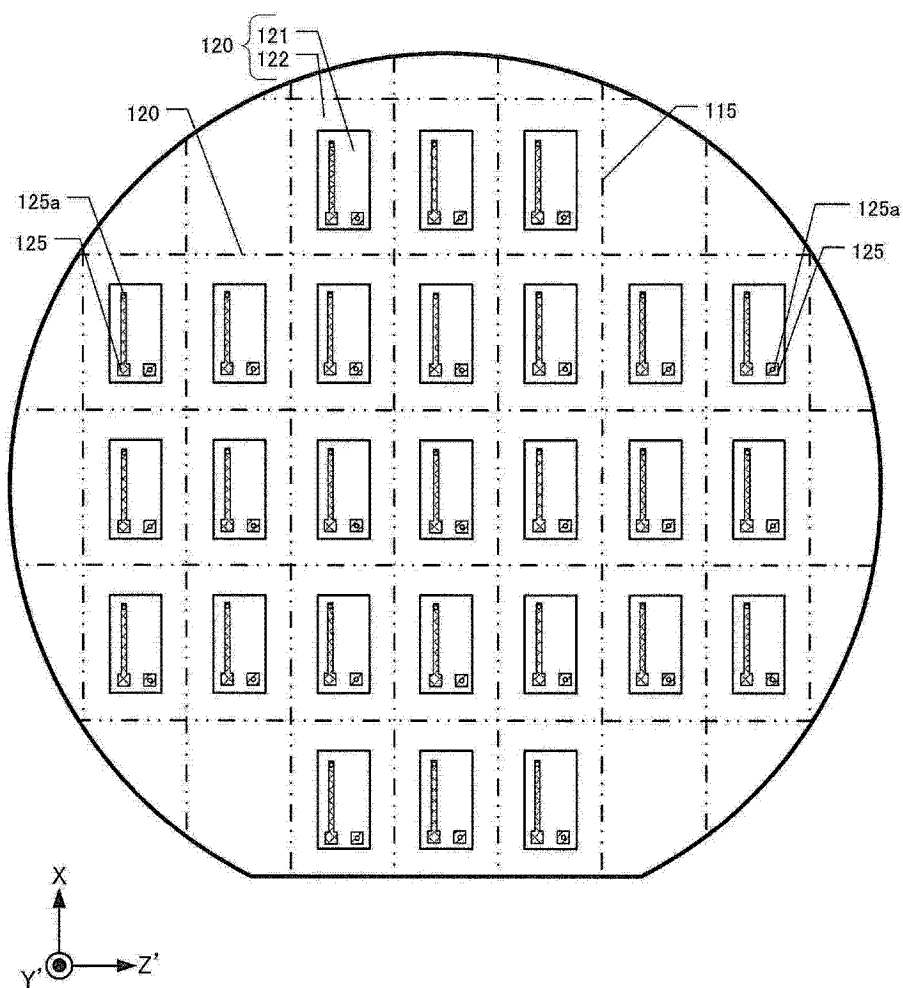


图 5

W120
(150a)

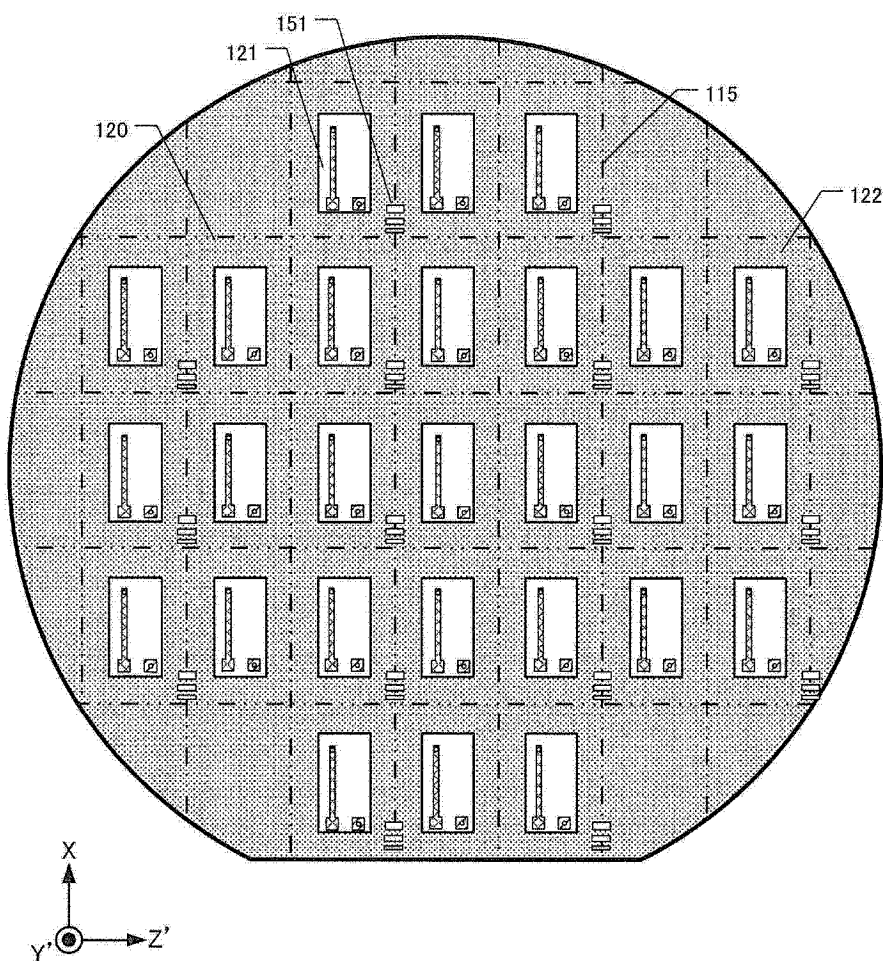


图 6

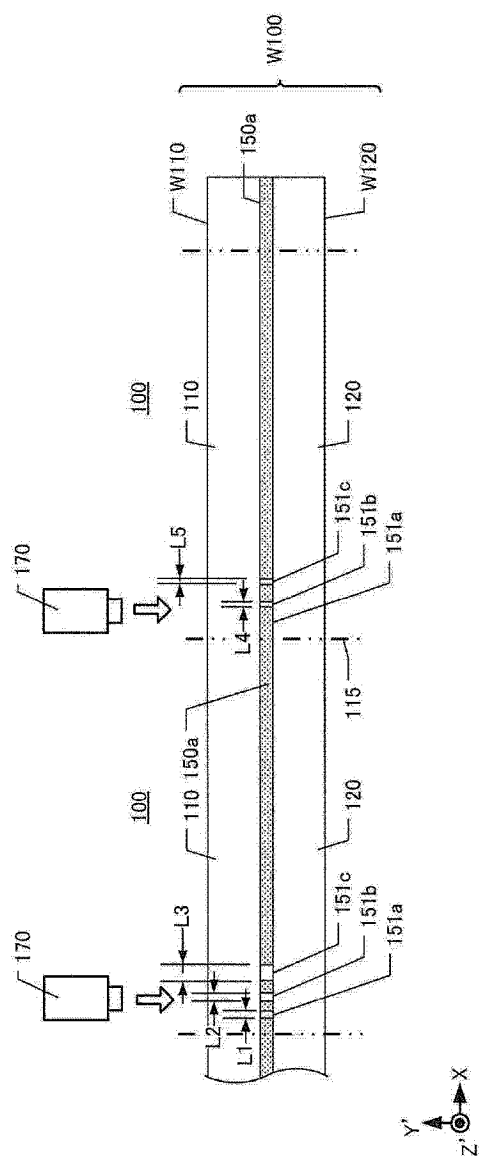


图 7

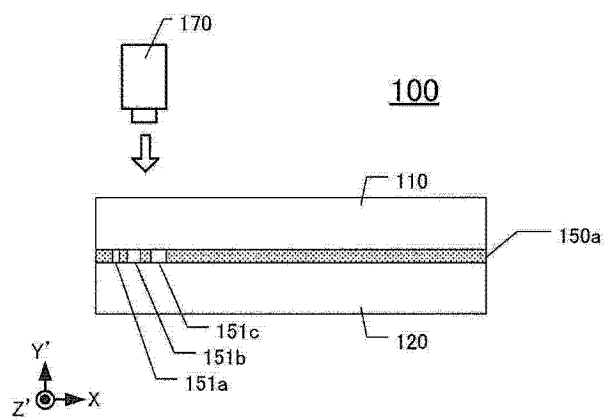


图 8(a)

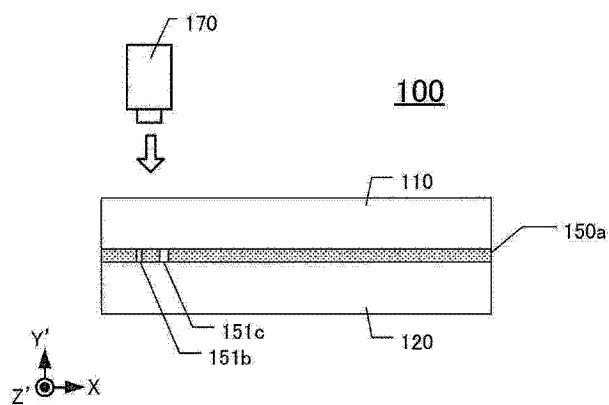


图 8(b)

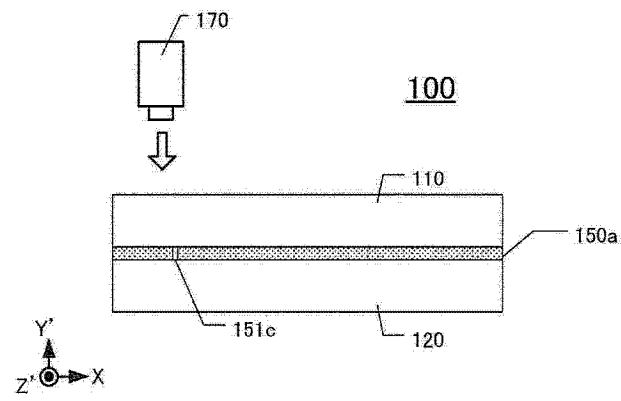


图 8(c)

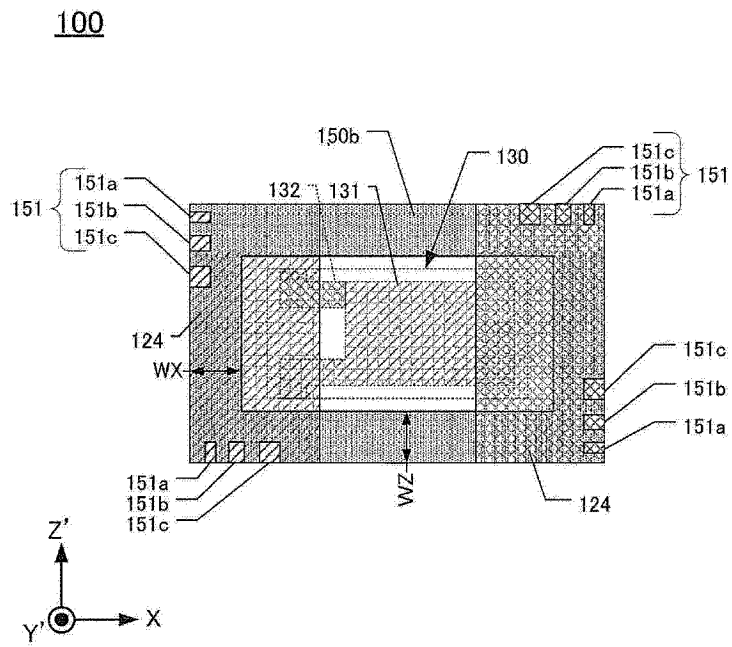


图 9

W120
(150b)

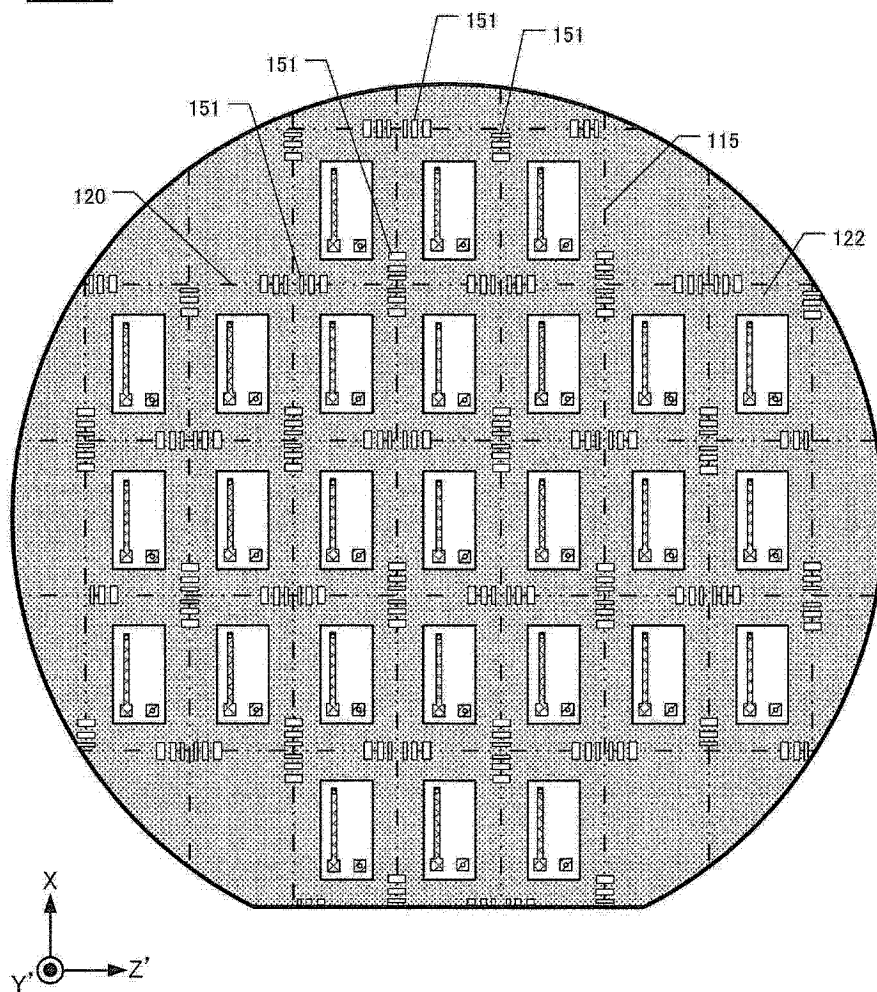


图 10

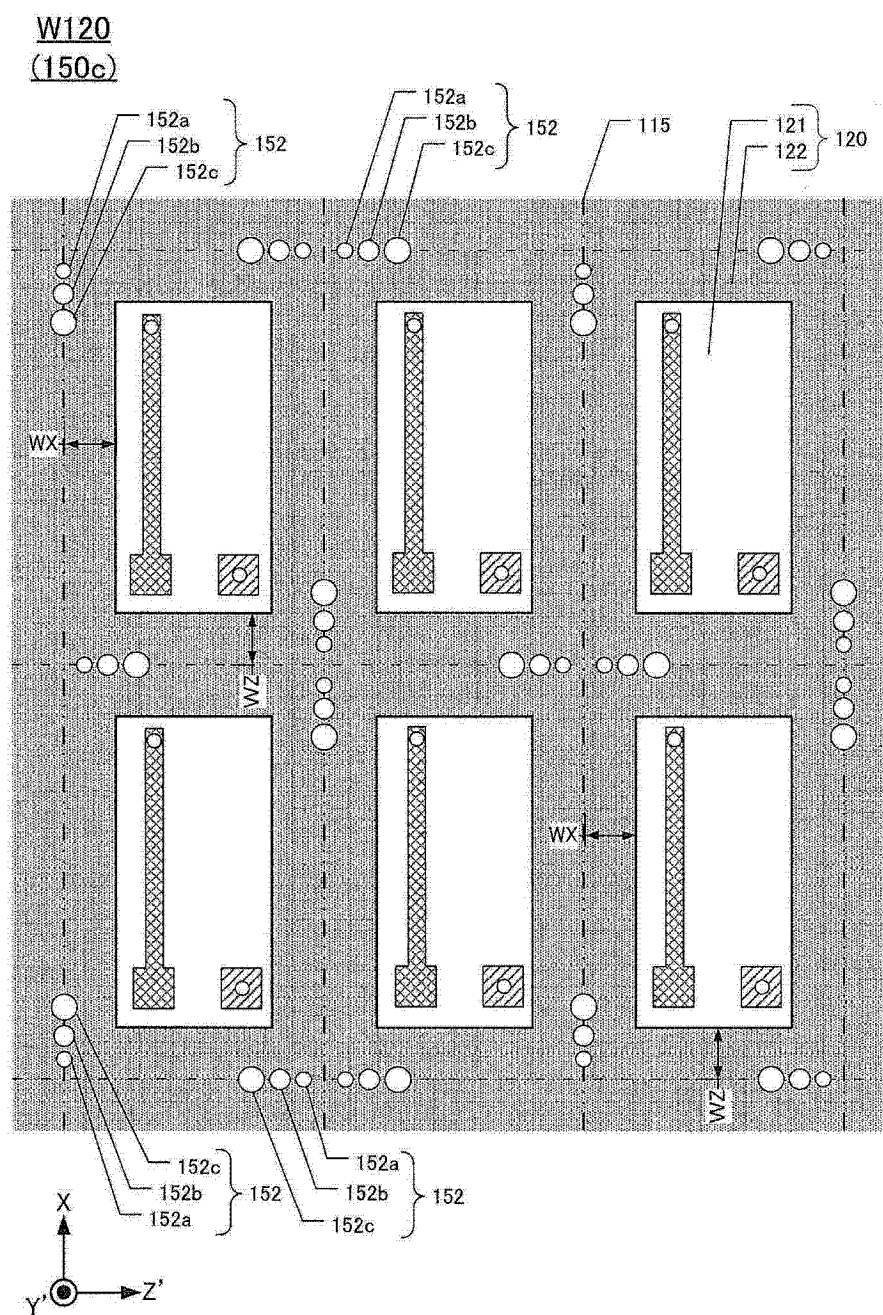


图 11

W120
(150d)

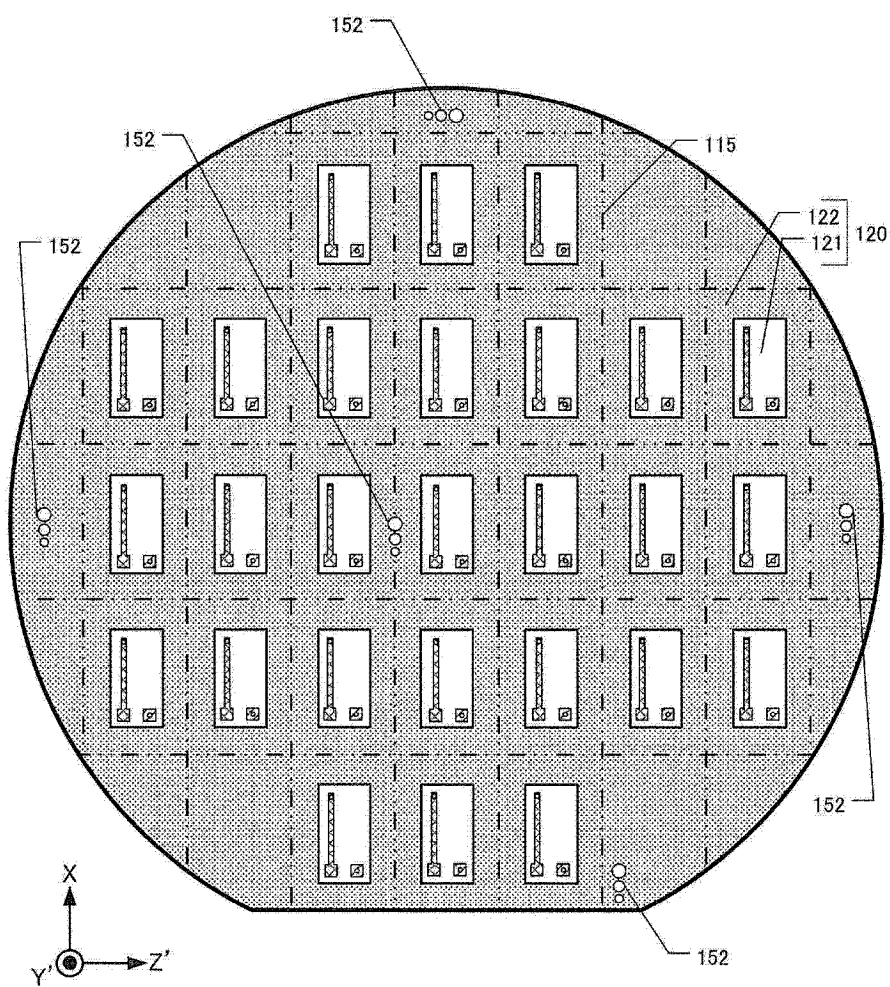


图 12

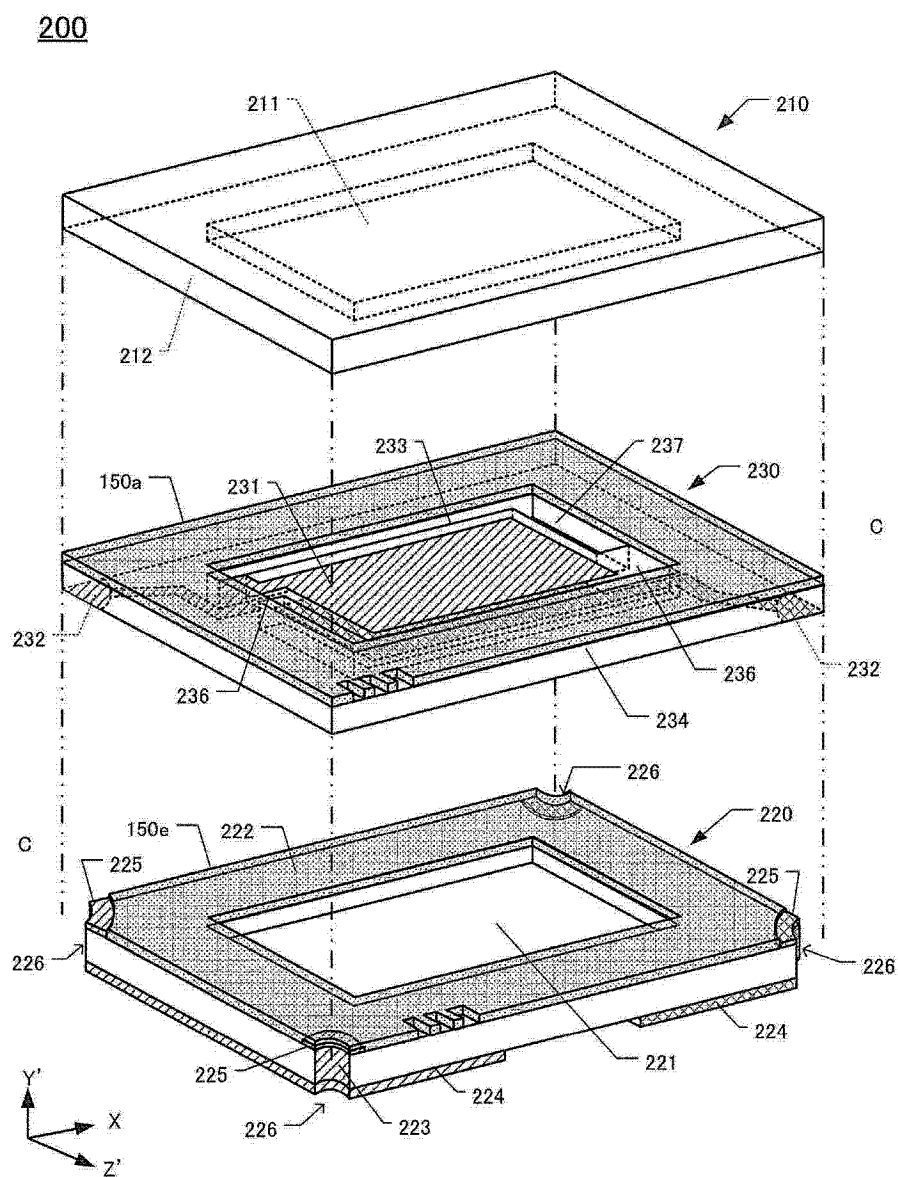


图 13

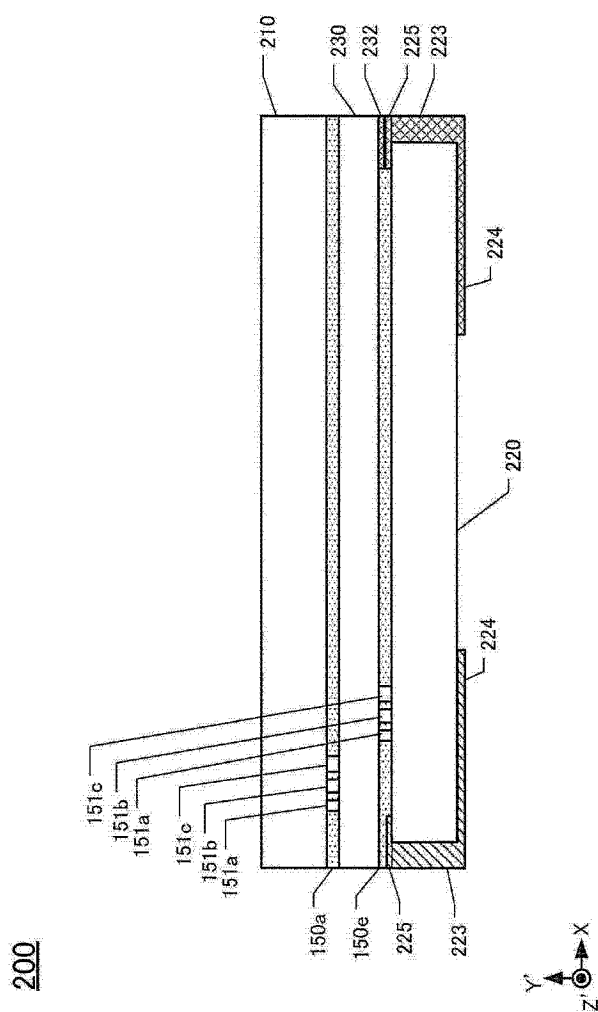


图 14

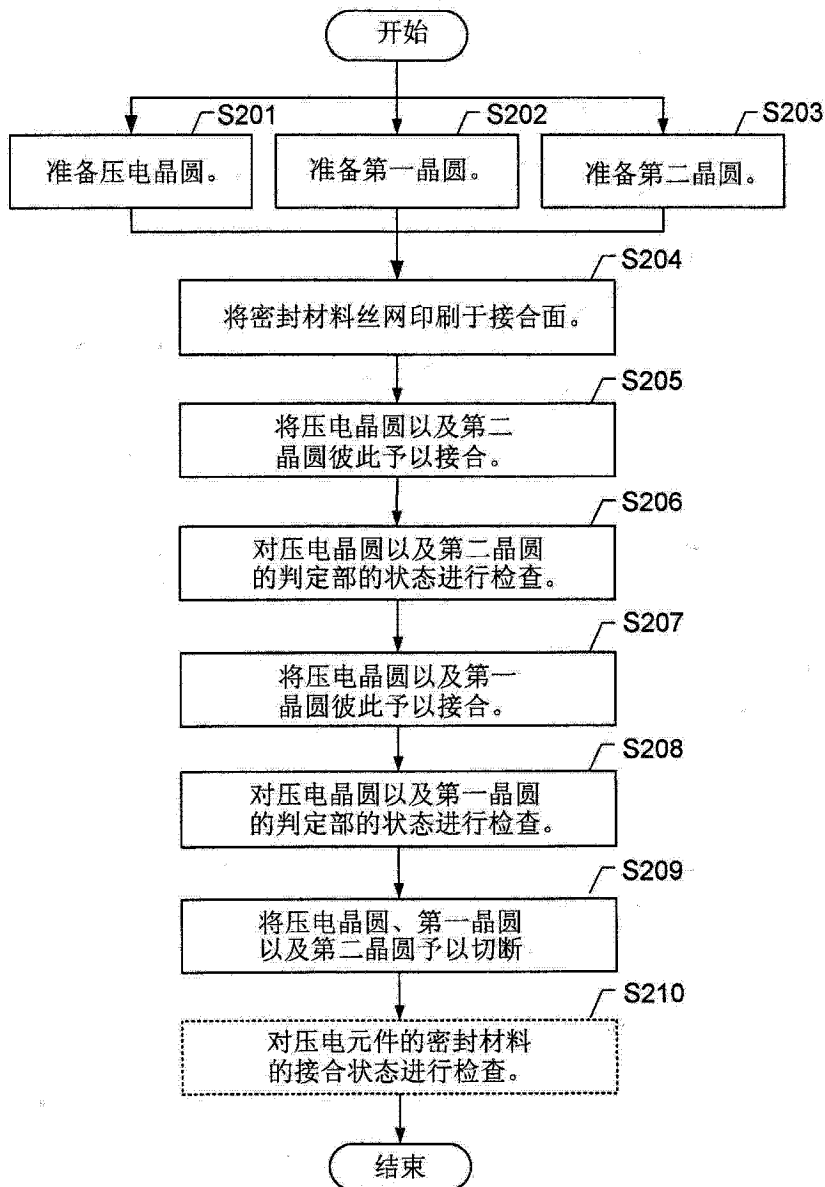


图 15

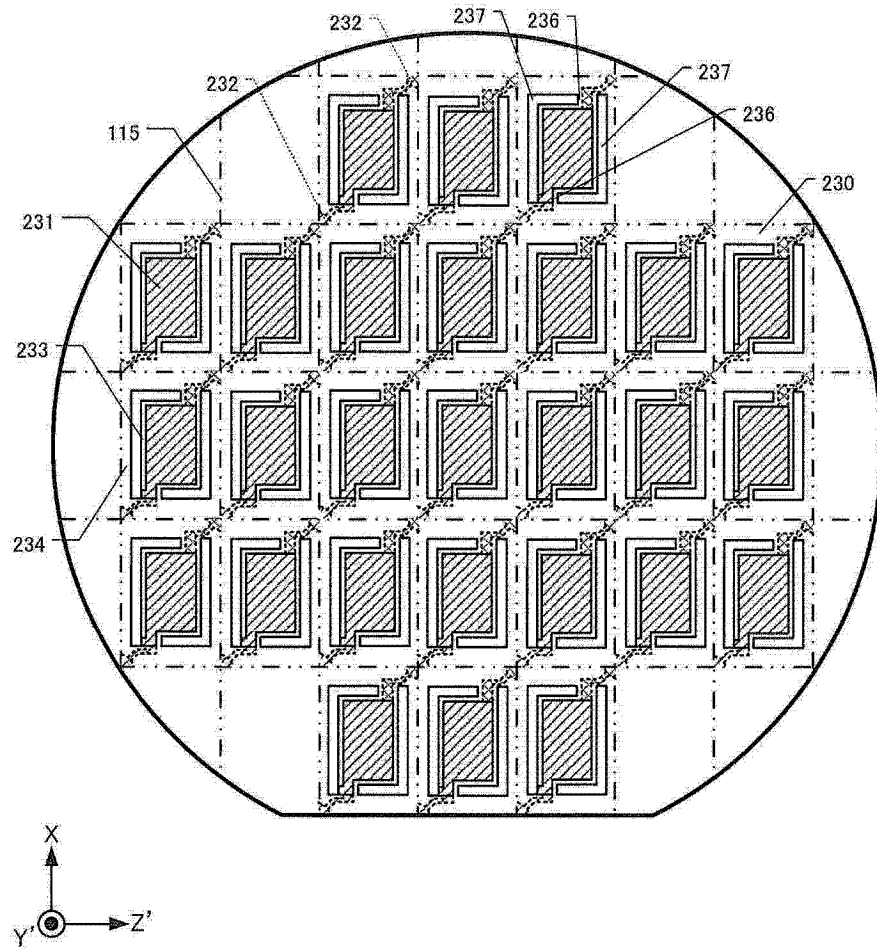
W230

图 16

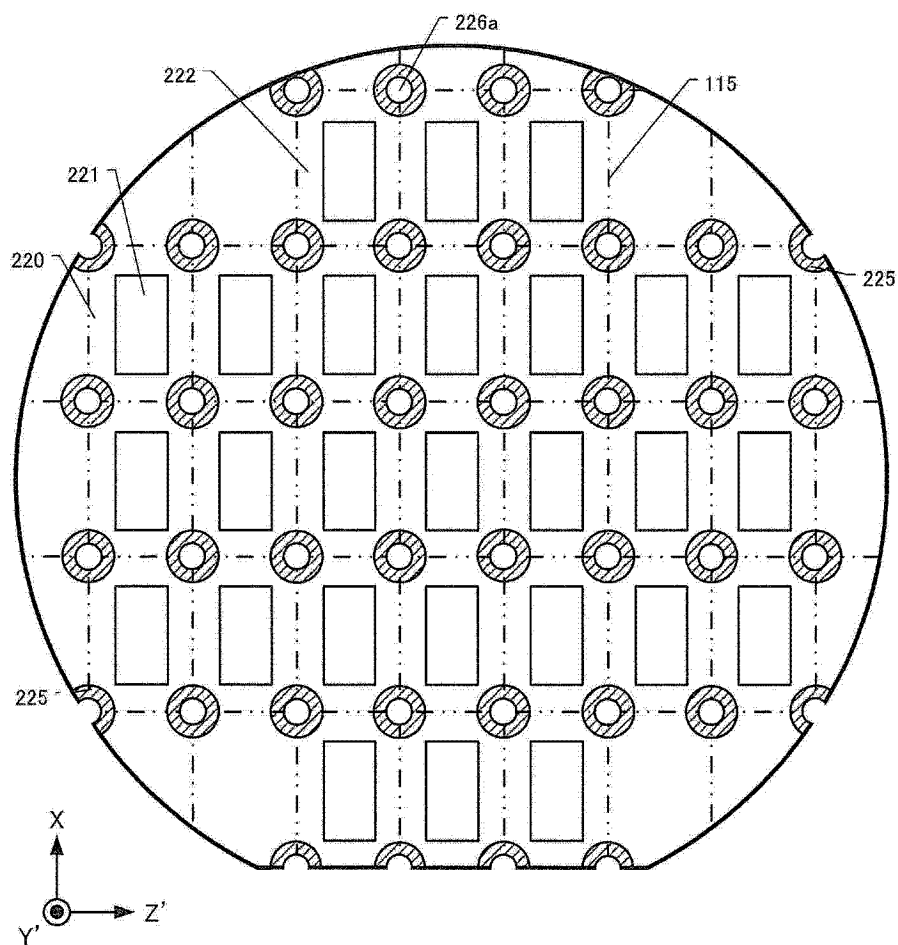
W220

图 17

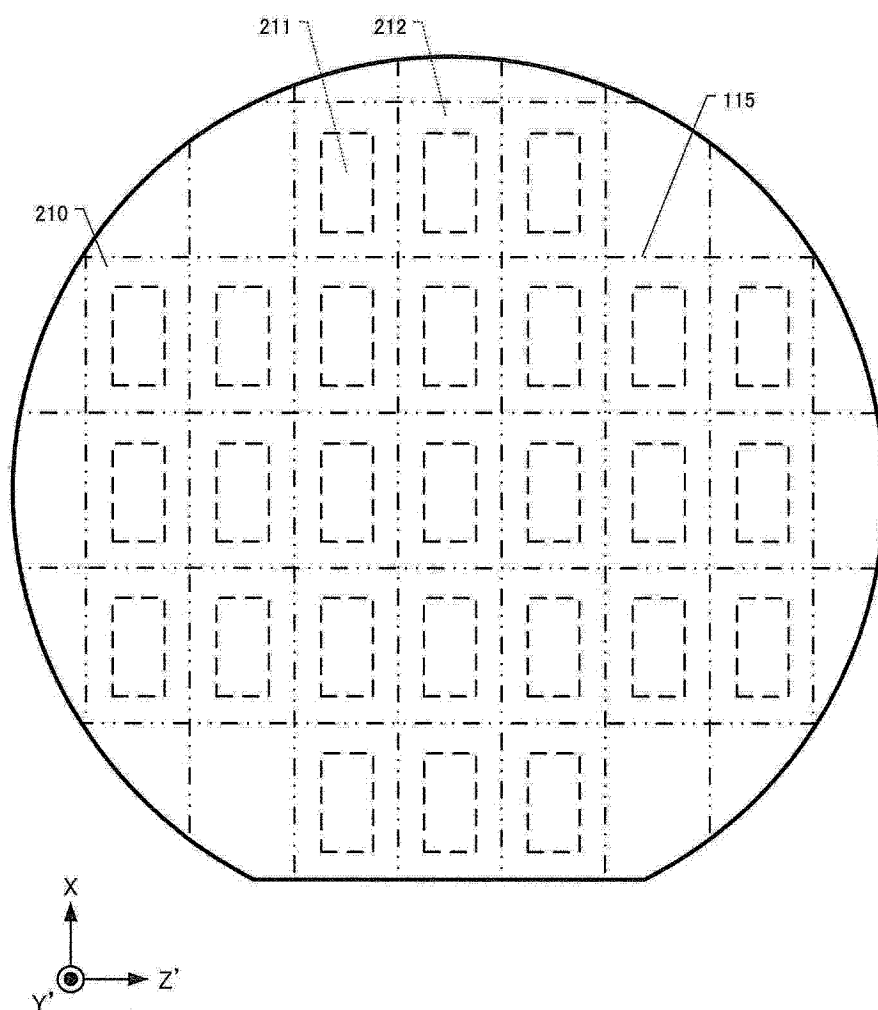
W210

图 18

W220
(150e)

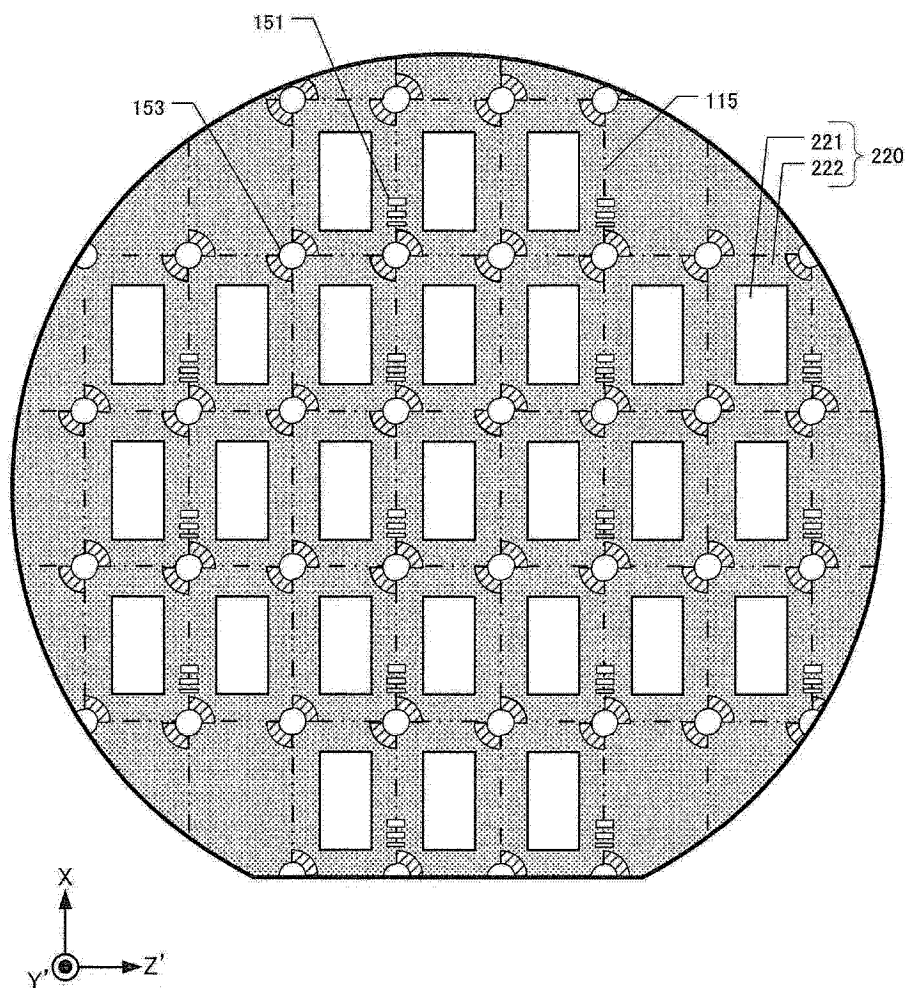


图 19