



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102651637 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201210039776. 5

(22) 申请日 2012. 02. 20

(30) 优先权数据

2011-036700 2011. 02. 23 JP

(73) 专利权人 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 关口浩基

(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 经志强

(51) Int. Cl.

H03H 3/02(2006. 01)

H03H 9/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101110579 A, 2008. 01. 23, 说明书 3-4 页, 图 1-3.

US 2009/0127696 A1, 2009. 05. 21, 说明书 2-8 页, 图 8-9.

JP 特开 2007-243681 A, 2007. 09. 20, 说明书 2-11 页.

审查员 田晶

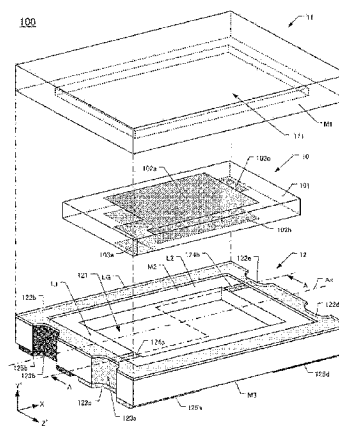
权利要求书2页 说明书16页 附图12页

(54) 发明名称

压电元件以及压电元件的制造方法

(57) 摘要

本发明的目的是提供一种压电元件以及压电元件的制造方法, 在从晶圆状态切割成各个压电元件单体时不易产生破损, 能以晶圆状态来测定各个晶体振动片的频率并进行调整。压电元件 (100) 包括: 矩形的第一板 (12), 构成容纳着振动部 (10) 的封装体的一部分, 且具有一对直线状的第一边 (L1) 及与第一边垂直的一对直线状的第二边 (L2); 矩形的第二板 (11), 接合于第一板且构成容纳着振动部的封装体的一部分; 以及粘接剂 (LG), 包含将第一板与第二板予以接合的玻璃材料。另外, 在一对第一边上, 形成有从外周凹陷的一对城堡形部分 (122), 一对城堡形部分分别配置于如下的两个区域, 该两个区域是被通过第一板的中心且与第二边呈平行的直线 (Ax) 所分开。



1. 一种压电元件,为具有通过施加电压而发生振动的振动部的压电元件,所述压电元件的特征在于包括:

矩形的第一板,构成收纳着所述振动部的封装体的一部分,且所述第一板具有一对直线状的第一边、及与所述第一边垂直的一对直线状的第二边,所述第二边比所述第一边还长;

矩形的第二板,接合于所述第一板,且所述第二板构成收纳着所述振动部的封装体的一部分;

安装端子,形成在所述第一板的、与所述第二板接合的面的相对面;以及

侧面电极,连接到所述安装端子,且所述侧面电极形成在所述第一板的侧面;

其中,只在所述一对第一边上从外周凹陷而成的一对城堡形部分,是以不包含所述第一边的两端的方式而形成,所述一对城堡形部分是分别配置于两个区域,所述两个区域是被通过所述第一板的中心、且与所述第二边呈平行的直线所分开,所述侧面电极只形成在所述城堡形部分上,

所述第一板是 AT 切割的晶体板,所述 AT 切割的晶体板是规定为:所述第一边为短边,所述第二边为长边,所述长边的延伸方向为 X 轴方向,高度方向为 Y' 轴方向,所述短边的延伸方向为 Z' 轴方向,

所述一对城堡形部分是利用蚀刻而形成。

2. 根据权利要求 1 所述的压电元件,其特征在于,

所述第一板包括基底部,所述基底部安装有所述压电元件、且载置有所述振动部,

所述第二板包括盖部,所述盖部接合于所述基底部、且将所述振动部予以密封。

3. 根据权利要求 1 所述的压电元件,其特征在于,

所述第二板包括压电框架,所述压电框架具有所述振动部与框体,所述框体将所述振动部予以包围且构成所述封装体的一部分,

所述第一板包括接合于所述压电框架的所述框体的一个面的基底部,且

所述压电元件还包括:

盖部,所述盖部接合于所述压电框架的所述框体的另一面,且构成将所述振动部予以密封的所述封装体的一部分。

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,

借由粘接剂来将所述第一板与所述第二板予以接合,

所述粘接剂是在 350℃~410℃时熔融的玻璃材料。

5. 一种压电元件的制造方法,为具有通过施加电压而发生振动的振动部的压电元件的制造方法,所述压电元件的制造方法的特征在于包括:

准备第一晶圆的步骤,所述第一晶圆具有多个矩形的第一板,所述多个矩形的第一板构成收纳着所述振动部的封装体的一部分,且所述第一板包含一对第一边、及与所述第一边垂直的一对第二边;

形成贯通孔的步骤,在所述一对第一边上,从所述第一边和所述第二边的交点到所述第一边的中央之间,形成将所述第一晶圆予以贯通的贯通孔;

准备第二晶圆的步骤,所述第二晶圆具有多个矩形的第二板,所述第二板构成收纳着所述振动部的封装体的一部分;

第一接合步骤,借由粘接剂来将所述第一晶圆与所述第二晶圆予以接合;

第一切断步骤,在所述第一接合步骤之后,沿着所述第一边将已接合的所述第一晶圆及所述第二晶圆予以切断;以及

第二切断步骤,在所述第一切断步骤之后,沿着所述第二边将已接合的所述第一晶圆及所述第二晶圆予以切断。

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,

所述第一晶圆包括基底晶圆,所述基底晶圆具有载置着所述振动部的多个基底部,

所述第二晶圆包括盖晶圆,所述盖晶圆具有多个盖部,所述多个盖部接合于所述基底晶圆,且构成将所述振动部予以密封的所述封装体。

7. 根据权利要求 5 所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

所述第二晶圆包括压电晶圆,所述压电晶圆具有多个压电框架,所述压电框架具有所述振动部与框体,所述框体将所述振动部予以包围且构成所述封装体的一部分,

所述第一晶圆包括基底晶圆,所述基底晶圆接合于所述压电晶圆的一面、且所述基底晶圆具有多个基底部,

其中,所述压电元件的制造方法还包括:

准备盖晶圆的步骤,所述盖晶圆具有多个盖部,所述盖部将所述框体以及所述基底部与所述振动部予以密封、而构成所述封装体;以及

第二接合步骤,在所述第一切断步骤之前,借由所述粘接剂来将所述盖晶圆接合于所述压电晶圆的另一面。

8. 根据权利要求 5 至 7 中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在准备所述第一晶圆的步骤中,所述第一边的长度形成得比所述第二边的长度更短。

9. 根据权利要求 5 至 7 中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在所述第一切断步骤中,将所述贯通孔一分为二。

10. 根据权利要求 8 所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在所述第一切断步骤中,将所述贯通孔一分为二。

11. 根据权利要求 5 至 7 中任一项所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在所述第一切断步骤中,沿着所述贯通孔的缘部,以在一个所述压电元件中至少形成两个所述贯通孔的方式进行切断。

12. 根据权利要求 8 所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在所述第一切断步骤中,沿着所述贯通孔的缘部,以在一个所述压电元件中至少形成两个所述贯通孔的方式进行切断。

压电元件以及压电元件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能够以晶圆 (wafer) 状态、来制造多个盖部 (lid portion) 及基底部 (base portion) 的压电元件以及压电元件的制造方法。

背景技术

[0002] 能够一次性地大量制造表面安装用的压电元件是较好的。如专利文献 1 所示的压电元件是：利用形状与晶体晶圆的形状相同的盖晶圆 (lid wafer) 及基底晶圆 (base wafer)，来包夹着形成有多个晶体振动片的晶体晶圆，借此而进行制造。另外，在专利文献 1 的压电元件的制造方法中，在与盖晶圆以及基底晶圆的盖部及基底部的四个角落相对应的部分，分别形成有开口部。借此，在各个压电元件的四个角落形成侧部配线，该侧部配线将晶体振动片的激振电极与外部端子予以电性连接。当以晶圆为单位而制造的压电元件在个别地被分离之后，至此而完成制造。

[0003] [现有技术文献]

[0004] [专利文献]

[0005] [专利文献 1] 日本专利特开 2006-148758 号公报

[0006] 然而，对于专利文献 1 的以晶圆状态来制造压电元件的方法而言，由于贯通孔仅形成于压电元件的四个角落，因此，相邻的压电元件彼此处于几乎成为一体的状态。在该状态下，无论从哪一个方向（矩形的四条边）来将压电元件予以切断，在切断时，施加负载时的时间会变长，因此，压电元件容易破损。另外，相邻的压电元件的激振电极彼此会因形成于贯通孔的侧面电极而导电，因此，不易以晶圆为单位来对各个晶体振动片的频率进行测定。

发明内容

[0007] 因此，本发明的目的是提供一种压电元件及压电元件的制造方法，在从晶圆状态切割成各个压电元件单体时不易产生破损，能以晶圆状态来测定各个晶体振动片的频率并进行调整。

[0008] 第一观点的压电元件包括：通过施加电压而发生振动的振动部。该压电元件包括：矩形的第一板，构成收纳着振动部的封装体的一部分，且具有一对直线状的第一边及与第一边垂直的一对直线状的第二边；矩形的第二板，接合于第一板，且构成收纳着振动部的封装体的一部分；以及粘接剂，包含将第一板与第二板予以接合的玻璃材料。另外，在一对第一边上，形成有从外周凹陷的一对城堡形部分 (castellation)，一对城堡形部分分别配置于如下的两个区域，该两个区域是被通过第一板的中心、且被与第二边呈平行的直线所分开。

[0009] 在第二观点的压电元件中，第一板包括基底部，该基底部安装有压电元件且载置有振动部；第二板包括盖部，该盖部接合于基底部且将振动部予以密封。

[0010] 在第三观点的压电元件中，第二板包含压电框架 (frame)，该压电框架具有振动部

与框体,该框体将振动部予以包围且构成封装体的一部分,第一板包含接合于压电框架的框体的一个面的基底部,且所述压电组件还包括盖部,该盖部借由粘接剂而接合于压电框架的框体的另一面,且构成将振动部予以密封的封装体的一部分。

[0011] 在第四观点的压电元件中,粘接剂是在 350℃~410℃时熔融的玻璃材料。

[0012] 第五观点的压电元件的制造方法是包括通过施加电压而发生振动的振动部的压电元件的制造方法。该压电元件的制造方法包括:准备第一晶圆的步骤,该第一晶圆具有多个矩形的第一板,所述多个矩形的第一板构成收纳着振动部的封装体的一部分,且包含一对第一边及与第一边垂直的一对第二边;形成贯通孔的步骤,在一对第一边上,从第一边和第二边的交点到第一边的中央之间,形成将第一晶圆予以贯通的贯通孔;准备第二晶圆的步骤,所述第二晶圆具有多个矩形的第二板,所述多个矩形的第二板构成收纳着振动部的封装体的一部分;第一接合步骤,借由包含玻璃材料的粘接剂来将第一晶圆与第二晶圆予以接合;第一切断步骤,在第一接合步骤之后,以通过第一边的方式,将已接合的第一晶圆及第二晶圆予以切断;以及第二切断步骤,在第一切断步骤之后,以通过第二边的方式,将已接合的第一晶圆及第二晶圆予以切断。

[0013] 在第六观点的压电元件的制造方法中,第一晶圆包含基底晶圆,该基底晶圆具有载置着振动部的多个基底部;第二晶圆包含盖晶圆,该盖晶圆具有多个盖部,所述多个盖部接合于基底晶圆,且构成将振动部予以密封的封装体。

[0014] 在第七观点的压电元件的制造方法中,第二晶圆包含压电晶圆,该压电晶圆具有多个压电框架,所述压电框架具有振动部与框体,该框体将振动部予以包围且构成封装体的一部分;第一晶圆包含基底晶圆,该基底晶圆接合于压电晶圆的一面、且该基底晶圆具有多个基底部,所述压电元件的制造方法还包括:准备盖晶圆的步骤,所述盖晶圆具有多个盖部,所述盖部将所述框体以及所述基底部与所述振动部予以密封、而构成所述封装体;以及第二接合步骤,在第一接合步骤之后以及在第一切断步骤之前,借由粘接剂来将盖晶圆接合于压电晶圆的另一面。

[0015] 在第八观点的压电元件的制造方法中,在准备第一晶圆的步骤中,第一边的长度形成得比第二边的长度更短。

[0016] 在第九观点的压电元件的制造方法中,在第一切断步骤中,将贯通孔一分为二。

[0017] 在第十观点的压电元件的制造方法中,在第一切断步骤中,沿着贯通孔的缘部,以在一个压电元件中至少形成两个贯通孔的方式来进行切断。

[0018] [发明的效果]

[0019] 根据本发明,可获得如下的压电元件以及压电元件的制造方法,在从晶圆状态切割成各个压电元件单体时不易产生破损,且能够以晶圆状态来对各个晶体振动片的频率进行测定,且可对所述频率进行调整。

附图说明

[0020] 图 1 是第一实施形态的第一晶体振动子 100 的分解立体图。

[0021] 图 2(a) 是图 1 的 A-A 剖面图。

[0022] 图 2(b) 是第一晶体振动子 100 的底视图。

[0023] 图 3 是表示第一实施形态的第一晶体振动子 100 的制造过程的流程图。

- [0024] 图 4 是晶体晶圆 10W 的平面图。
- [0025] 图 5 是盖晶圆 11W 的平面图。
- [0026] 图 6 是基底晶圆 12W 的平面图。
- [0027] 图 7 是基底晶圆 12W 的底视图。
- [0028] 图 8 是第二实施形态的第二晶体振动子 200 的分解立体图。
- [0029] 图 9 是第二晶体振动子 200 的底视图。
- [0030] 图 10 是基底晶圆 22W 的平面图。
- [0031] 图 11 是基底晶圆 22W 的底视图。
- [0032] 图 12 是第三实施形态的第三晶体振动子 300 的分解立体图。
- [0033] 图 13 是第三晶体振动子 300 的底视图。
- [0034] 图 14 是基底晶圆 32W 的底视图。
- [0035] 图 15 是第四实施形态的第四晶体振动子 400 的分解立体图。
- [0036] 图 16 是图 15 的 B-B 剖面图。
- [0037] 图 17 是晶体晶圆 40W 的平面图。
- [0038] 图 18(a) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的晶体振动片 40' 进行观察所见的平面图。图 18(b) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的晶体振动片 40' 进行观察所见的透视图。图 18(c) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的基底部 42' 进行观察所见的平面图。图 18(d) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的基底部 42' 进行观察所见的透视图。
- [0039] 图 19 是图 18(b) 的 D-D 剖面图。
- [0040] 图 20(a) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的第四晶体振动子 400' 进行观察所见的平面图,且并未描绘盖部 41。图 20(b) 是虚线 E 的放大图。
- [0041] [符号的说明]
- [0042] 10、20、30、40、40' :晶体振动片
- [0043] 10W、30W、40W :晶体晶圆
- [0044] 11、41 :盖部
- [0045] 11W :盖晶圆
- [0046] 12、12A、12B、12C、12D、22、32、42、42' :基底部
- [0047] 12W、22W、32W、42W :基底晶圆
- [0048] 13 :导电性粘接剂
- [0049] 32A、32B :基底部
- [0050] 100、200、300、400 :晶体振动子
- [0051] 101 :晶体片
- [0052] 102a、102b、402a、402b :激振电极
- [0053] 103a、103b、303a、303b、403a、403b、403a'、403b' :引出电极
- [0054] 104 :连结部
- [0055] 111、121、411、421 :凹部
- [0056] 122a ~ 122d、222a、222c、406a ~ 406d、422a ~ 422d :城堡形部分
- [0057] 123a ~ 123d、223a、223c、323a ~ 323d、407a ~ 407d、423a ~ 423d、423a' ~

423d' :侧面电极

[0058] 124a、124b、324a、324b :连接电极

[0059] 125a ~ 125d、225a ~ 225d、325a ~ 325d、425a ~ 425d :安装端子

[0060] 226 :金属膜

[0061] 400' :第四晶体振动子

[0062] 401 :晶体振动部

[0063] 404a、404b、404a'、404b' :支撑部

[0064] 405a、405b、405a'、405b' :贯通开口部

[0065] 407M、423M :连接垫

[0066] 408 :框体

[0067] A-A、B-B、D-D :剖面

[0068] Ax :对称轴

[0069] BH1、BH2、CH :贯通孔

[0070] CL :切割线

[0071] CT :模腔

[0072] E :虚线

[0073] L1 :第一边

[0074] L2 :第二边

[0075] LG :低熔点玻璃

[0076] M1 :第一端面

[0077] M2 :第二端面

[0078] M3 :安装面

[0079] M4 :侧面

[0080] Me :表面

[0081] Mi :背面

[0082] PB1、PB2 :探针

[0083] SL1 :第一切割线

[0084] SL2 :第二切割线

[0085] SP1 ~ SP7 :间隔

[0086] S10 ~ S19、S101 ~ S103、S121 ~ S123 :步骤

[0087] X、Y'、Z' :轴

具体实施方式

[0088] 在本说明书中,使用 AT 切割的晶体振动片作为压电振动片。即,AT 切割的晶体振动片是: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。因此,以 AT 切割的晶体振动片的 X 轴方向为基准,使用倾斜的新的轴作为 Y' 轴以及 Z' 轴。即,在各实施形态中,以晶体振动子的长度方向作为 X 轴方向,以晶体振动子的高度方向为 Y' 轴方向,且以与 X 轴方向及 Y' 轴方向垂直的方向作为 Z' 轴方向来进行说明。

[0089] (第一实施形态)

[0090] <第一晶体振动子 100 的整体构成>

[0091] 一面参照图 1 以及图 2(a)、图 2(b),一面对第一晶体振动子 100 的整体构成进行说明。图 1 是第一晶体振动子 100 的分解立体图,图 2(a) 是图 1 的 A-A 剖面图,图 2(b) 是第一晶体振动子 100 的底视图。再者,在图 1 中,以使连接电极 124a、124b 的整体可被看到的方式,透明地描绘了作为粘接剂的低熔点玻璃 (glass) LG。

[0092] 如图 1 以及图 2(a)、图 2(b) 所示,第一晶体振动子 100 包括:具有盖凹部 111 的盖部 11;具有基底凹部 121 的基底部 12;以及载置于基底部 12 的平板状的晶体振动片 10。

[0093] 晶体振动片 10 包含:经 AT 切割的晶体片 101,在该晶体片 101 的中央附近的两个主面上、相向地配置有一对激振电极 102a、102b。另外,晶体片 101 的底面 (+Z' 侧) 的延伸至 -X 侧为止的引出电极 103a 是连接于激振电极 102a,晶体片 101 的底面 (-Z' 侧) 的延伸至 +X 侧为止的引出电极 103b 是连接于激振电极 102b。晶体振动片 10 亦可为台面 (mesa) 型晶体振动片或倒台面型晶体振动片。

[0094] 此处,激振电极 102a、102b 以及引出电极 103a、103b 例如可使用作为基底的铬层,且在铬层的上表面使用有金层。另外,铬层的厚度例如为 $0.05\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$,金层的厚度例如为 $0.2\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 。

[0095] 基底部 12 包含玻璃或压电材料,且在表面 (+Y' 侧的面) 上包括第二端面 M2,该第二端面 M2 形成于基底凹部 121 的周围。矩形的基底部 12 包含:沿着 Z' 轴方向延伸的一对第一边 L1、以及沿着 X 轴方向延伸的一对第二边 L2。另外,基底部 12 在一对第一边 L1 上分别形成有四个城堡形部分 122 (castellation)。

[0096] 具体而言,在 -X 轴侧的第一边 L1 上形成有两个基底城堡形部分 122a、122b (base castellation),所述两个基底城堡形部分 122a、122b 在形成基底贯通孔 BH1 (参照图 6 及图 7) 时沿着 Z' 轴方向延伸。此处,基底城堡形部分 122a 形成于 +Z 侧,基底城堡形部分 122b 形成于 -Z 侧。而且,基底城堡形部分 122a 与基底城堡形部分 122b 分别配置于两个区域,利用通过矩形的基底部 12 的中心、且与第二边 L2 呈平行的对称轴 Ax 而分开所述两个区域。即,基底城堡形部分 122a 与基底城堡形部分 122b 在 Z' 轴方向上,分别配置于对称轴 Ax 的两侧。

[0097] 同样地,在 +X 轴侧的第一边 L1 上形成有另外的两个基底城堡形部分 122c、122d,所述另外的两个基底城堡形部分 122c、122d 在形成基底贯通孔 BH1 (参照图 6 及图 7) 时沿着 Z' 轴方向延伸。此处,基底城堡形部分 122c 形成于 -Z 侧,基底城堡形部分 122d 形成于 +Z 侧。而且,基底城堡形部分 122c 与基底城堡形部分 122d 分别配置于被对称轴 Ax 分开的两个区域。即,基底城堡形部分 122c 与基底城堡形部分 122d 在 Z' 轴方向上,分别配置于对称轴 Ax 的两侧。

[0098] 再者,基底城堡形部分 122a 与基底城堡形部分 122c、以及基底城堡形部分 122b 与基底城堡形部分 122d 优选为:相对于基底部 12 的中心呈点对称。

[0099] 另外,在基底城堡形部分 122a ~ 122d 中,分别形成有基底侧面电极 123a ~ 123d。另外,在基底部 12 的第二端面 M2 上形成有一对连接电极 124a、124b。此处,连接电极 124a 电性连接于基底侧面电极 123a,连接电极 124b 电性连接于基底侧面电极 123c,该基底侧面电极 123c 与基底侧面电极 123a 配置在基底部 12 的对角线方向上。

[0100] 而且,基底部 12 在安装面 M3 上包括两对安装端子 125a ~ 125d,所述两对安装端子 125a ~ 125d 分别与基底侧面电极 123a ~ 123d 形成电性连接。再者,两对安装端子 125a ~ 125d 中,一对安装端子是外部电极用的安装端子(以下称为外部电极)125a、125c,该外部电极用的安装端子(以下称为外部电极)125a、125c 是经由配置在基底部 12 的对角线方向上的基底侧面电极 123a、123c 而分别连接到连接电极 124a、124b。即,外部电极 125a、125c 配置在基底部 12 的对角线方向上。另外,交变电压(使正负交变的电位)施加至外部电极 125a、125c 之后,晶体振动片 10 进行厚度滑移振动。

[0101] 另一方面,两对安装端子 125a ~ 125d 中,另一对安装端子是接地电极(earth electrode)用的安装端子(以下称为接地电极)125b、125d,该接地电极用的安装端子(以下称为接地电极)125b、125d 使用于与基底侧面电极 123b、123d 连接而进行接地。即,接地电极 125b、125d 配置在与基底部 12 的外部电极 125a、125c 不同的对角线方向上。此处,接地电极 125b、125d 用于进行接地,但还包括用作如下的端子的情况,该端子用以将第一晶体振动子 100 牢固地接合于安装印刷基板(未图示)且不进行电性连接。

[0102] 如图 2(b) 所示,分别相隔地形成一对外部电极 125a、125c 及一对接地电极 125b、125d。另外,与基底部 12 的 +Z' 侧的一边相隔地形成外部电极 125a 及接地电极 125d,与基底部 12 的 -Z' 侧的另一边相隔地形成接地电极 125b 及外部电极 125c。此处,外部电极 125a 与接地电极 125b、以及外部电极 125c 与接地电极 125d 在 Z' 轴方向上的间隔 SP1 例如为 200 μm ~ 500 μm 左右。另外,外部电极 125a 及接地电极 125d 与基底部 12 的 +Z' 侧的一边、以及接地电极 125b 及外部电极 125c 与基底部 12 的 -Z' 侧的另一边的间隔 SP2 例如为 0 μm ~ 100 μm 左右。

[0103] 在第一晶体振动子 100 中,晶体振动片 10 的 X 轴方向的长度大于基底凹部 121 的 X 轴方向的长度。因此,若利用导电性粘接剂 13 来将晶体振动片 10 载置于基底部 12,则如图 2(a) 所示,晶体振动片 10 的 X 轴方向的两端会载置于基底部 12 的第二端面 M2。此时,晶体振动片 10 的引出电极 103a 及引出电极 103b 分别电性连接于基底部 12 的连接电极 124a 及连接电极 124b。借此,外部电极 125a 及外部电极 125c 经由基底侧面电极 123a 及基底侧面电极 123c、连接电极 124a 及连接电极 124b、导电性粘接剂 13 以及引出电极 103a 及引出电极 103b,而分别电性连接于激振电极 102a 及激振电极 102b。

[0104] 盖部 11 包括:盖凹部 111,与基底凹部 121 相比较,在 XZ' 平面上的面积更大;以及第一端面 M1,形成于所述盖凹部 111 的周围。再者,盖部 11 的第一端面 M1 与基底部 12 的第二端面 M2 接合,借由盖凹部 111 以及基底凹部 121 来形成模腔(cavity)CT,该模腔 CT 收纳着晶体振动片 10。另外,模腔 CT 充斥着惰性气体或气密为真空状态。

[0105] 此处,盖部 11 的第一端面 M1 与基底部 12 的第二端面 M2 例如是由非导电性粘接剂即低熔点玻璃 LG 来接合。低熔点玻璃 LG 包括钒系玻璃,该钒系玻璃在 350℃ ~ 410℃ 时熔融且不含铅(lead free)。钒系玻璃添加有粘合剂(binder)与溶剂且呈浆料状,该钒系玻璃熔融之后固化,借此粘接于其他构件。另外,所述钒系玻璃在粘接时的气密性与耐水性、耐湿性等的可靠性高。而且,对于钒系玻璃而言,对玻璃构造进行控制,借此也可灵活地控制热膨胀系数。

[0106] 对于盖部 11 而言,盖凹部 111 的 X 轴方向的长度大于晶体振动片 10 的 X 轴方向的长度及基底凹部 121 的 X 轴方向的长度。另外,如图 1 以及图 2(a)、图 2(b) 所示,低熔点

玻璃 LG 在基底部 12 的第二端面 M2 的外侧（宽度为 300 μm 左右），将盖部 11 与基底部 12 予以接合。

[0107] 另外，在第一实施形态中，晶体振动片 10 载置于基底部 12 的第二端面 M2，但也可收纳在基底凹部 121 的内部。此时，连接电极从基底城堡形部分 122a、122c 经由第二端面 M2，延伸地形成至基底凹部 121 的底面为止。另外，在所述情况下，盖部也可呈未形成有盖凹部的平板状。

[0108] < 第一晶体振动子 100 的制造方法 >

[0109] 图 3 是表示第一晶体振动子 100 的制造过程的流程图。在图 3 中，晶体振动片 10 的制造步骤 (step) S10、盖部 11 的制造步骤 S11、以及基底部 12 的制造步骤 S12 可同时进行以进行制造。另外，图 4 是可同时制造多个晶体振动片 10 的晶体晶圆 10W 的平面图，图 5 是可同时制造多个盖部 11 的盖晶圆 11W 的平面图。图 6 是可同时制造多个基底部 12 的基底晶圆 12W 的平面图，图 7 是所述基底晶圆 12W 的底视图。

[0110] 在步骤 S10 中，制造晶体振动片 10。步骤 S10 包含步骤 S101 ~ 步骤 S103。

[0111] 在步骤 S101 中，如图 4 所示，借由蚀刻 (etching)，在均一的晶体晶圆 10W 上形成多个晶体振动片 10 的外形。此处，各晶体振动片 10 借由连结部 104 而连接于晶体晶圆 10W。

[0112] 在步骤 S102 中，首先借由溅镀 (sputtering) 或真空蒸镀，在晶体晶圆 10W 的两个面及侧面上依序形成铬层及金层。接着，将光致抗蚀剂 (photoresist) 均一地涂布至金属层的整个面。然后，使用曝光装置（未图示），将光掩模 (photomask) 上所描绘的激振电极、引出电极的图案 (pattern) 曝光至晶体晶圆 10W。接着，对从光致抗蚀剂露出的金属层进行蚀刻。借此，如图 4 所示，在晶体晶圆 10W 的两个面及侧面上，形成激振电极 102a、激振电极 102b 及引出电极 103a、引出电极 103b。

[0113] 在步骤 S103 中，将晶体振动片 10 分别予以切断。在切断步骤中，使用利用激光 (laser) 的切割 (dicing) 装置、或利用切断用刀片 (blade) 的切割装置等，沿着图 4 所示的点划线的切割线 CL 来进行切断。

[0114] 在步骤 S11 中，制造盖部 11。如图 5 所示，在均一厚度的晶体平板的盖晶圆 11W 上，形成数百至数千个盖凹部 111。在盖晶圆 11W 上，借由蚀刻或机械加工来形成盖凹部 111，第一端面 M1 形成于盖凹部 111 的周围。

[0115] 在步骤 S12 中，制造基底部 12。步骤 S12 包含步骤 S121 ~ 步骤 S123。

[0116] 在步骤 S121 中，如图 6 所示，在均一厚度的晶体平板的基底晶圆 12W 上，形成数百至数千个基底凹部 121。在基底晶圆 12W 上，借由蚀刻或机械加工来形成基底凹部 121，第二端面 M2 形成于基底凹部 121 的周围。同时，在各基底部 12 的一对第一边 L1 上，各形成有两个将基底晶圆 12W 予以贯通的圆角长方形的基底贯通孔 BH1。此处，两个贯通孔 BH1 在 Z' 轴方向上配置于对称轴 Ax 的两侧。另外，圆角长方形的基底贯通孔 BH1 被一分为二之后，则成为一个基底城堡形部分 122a ~ 122d（参照图 1）。

[0117] 在步骤 S 122 中，借由溅镀或真空蒸镀，在基底晶圆 12W 的两个面上，将铬 (Cr) 层作为基底，在该铬 (Cr) 层的表面形成金 (Au) 层。然后，进行蚀刻，借此，如图 6 所示，在第二端面 M2 上形成连接电极 124a、124b。同时，在基底贯通孔 BH1 的整个面上形成基底侧面电极 123a ~ 123d（参照图 1）。

[0118] 同时，如图 7 所示，在基底晶圆 12W 的底面上形成一对外部电极 125a、125c 及一对

接地电极 125b、125d。此处,在 X 轴方向上相邻且形成于基底部 12 的外部电极与接地电极形成为一体。具体而言,将图 7 的点线所包围的四个基底部 (12A ~ 12D) 作为一例来进行说明。基底部 12B 的外部电极 125a、基底部 12C 的接地电极 125d、以及基底贯通孔 BH1 的基底侧面电极 123a、123d 形成为一体。另外,基底部 12B 的外部电极 125c、基底部 12A 的接地电极 125b、以及基底贯通孔 BH1 的基底侧面电极 123b、123c 形成为一体。而且,与在 Z' 轴方向上相邻且形成于基底部 12D 的安装端子 (外部电极、接地电极) 隔开间隔 SP3,而形成基底部 12B 的安装端子 (外部电极、接地电极)。此处,间隔 SP3 为 $40\mu\text{m} \sim 280\mu\text{m}$ 左右。再者,例如当间隔 SP3 为 $40\mu\text{m}$ 时,若后述的步骤 S17 中所说明的切割宽度也为 $40\mu\text{m}$,则图 2(b) 所示的间隔 SP2 成为 $0\mu\text{m}$ 。即,处于如下的状态:在 X 轴方向上相邻且形成于基底部 12 的外部电极与接地电极连接,在 Z' 轴方向上相邻且形成于基底部 12 的外部电极不与接地电极连接。

[0119] 在步骤 S123 中,利用网版 (screen) 印刷,将低熔点玻璃 LG 印刷至基底晶圆 12W 的第二端面 M2 中的与第一端面 M1 相对应的区域。然后,使低熔点玻璃 LG 暂时硬化,借此,低熔点玻璃 LG 膜形成于基底晶圆 12W 的第二端面 M2。在本实施形态中,低熔点玻璃 LG 形成于基底部 12 的第二端面 M2,但也可形成于盖部 1 的第一端面 M1。此时,低熔点玻璃膜 LG 优选是:不形成于与基底贯通孔 BH1 相对应的部位。

[0120] 在步骤 S13 中,步骤 S10 中所制造的各个晶体振动片 10 利用导电性粘接剂 13 而载置于基底部 12 的第二端面 M2,该基底部 12 形成在晶圆 12W 上。此时,以使晶体振动片 10 的引出电极 103a、103b 与基底部 12 的第二端面 M2 上所形成的连接电极 124a、124b 的位置对准的方式,将晶体振动片 10 载置于基底部 12 的第二端面 M2。在基底晶圆 12W 上载置有数百至数千个晶体振动片 10。

[0121] 在步骤 S14 中,将一对频率测定用的探针 (probe) PB1、PB2 (参照图 7) 分别抵接于相同的基底部 12 的一对外部电极 125a 与外部电极 125c,逐个地对晶体振动片 10 的振动频率进行测定。

[0122] 此处,参照图 7 来进行说明。即使交变电压从探针 PB1、PB2 施加至基底部 12B 的外部电极 125a、125c,基底部 12A、12C、12D 的外部电极 125a、125c 彼此也不会分别电性连接。因此,不会受到来自基底部 12A、12C、12D 的晶体振动片 10 的影响。因此,在被切割之前的晶圆状态下,可正确地对基底部 12B 的晶体振动片 10 的振动频率进行测定。另外,在步骤 S14 中,一对频率测定用的探针 PB1、PB2 抵接于一对外部电极 125a、125c,但也可抵接于一对连接电极 124a、124b 或一对基底侧面电极 123a、123c,从而对晶体振动片 10 的振动频率进行测定。

[0123] 在步骤 S15 中,对晶体振动片 10 的激振电极 102a 的厚度进行调整。将金属溅镀至激振电极 102a 来使质量增加、从而使频率下降,或进行逆溅镀来使金属从激振电极 102a 升华使质量减小、从而使频率上升。频率调整的详情已揭示于本申请人的日本专利特开 2009-141825。再者,只要振动频率的测定结果处于规定范围内,则不一定必须对振动频率进行调整。

[0124] 也可在步骤 S14 中,对一个晶体振动片 10 的振动频率进行测定之后,在步骤 S15 中,对一个晶体振动片 10 的振动频率进行调整。对于基底晶圆 12W 上的全部的晶体振动片 10,反复地进行所述步骤。另外,也可在步骤 S14 中,对基底晶圆 12W 上的全部的晶体振动

片 10 的振动频率进行测定之后,在步骤 S15 中,逐个地对晶体振动片 10 的振动频率进行调整。

[0125] 在步骤 S16 中,对低熔点玻璃 LG 进行加热,对盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 加压。借此,借由作为粘接剂的低熔点玻璃 LG 来将盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以接合。

[0126] 在步骤 S17 中,沿着 Z' 轴方向,将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。在切断步骤中,使用利用激光的切割装置、或利用切断用刀片的切割装置等来进行切断。在步骤 S17 中,沿着图 5~图 7 所示的点划线的第一切割线 (scribe line) SL1,将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。即,沿着形成有贯通孔 BH1 的第一边 L1,将盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。此处,当切割装置通过贯通孔 BH1 时,负载不施加于基底晶圆 12W,因此,施加负载时的整体时间变短。因此,基底晶圆 12W 不易产生电极的剥离等的破损。

[0127] 在步骤 S18 中,沿着 X 轴方向,将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。即,沿着图 5~图 7 所示的点划线的第二切割线 SL2,将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。再者,在第二切割线 SL2 中未形成有贯通孔 BH1,但在步骤 S17 中,沿着 Z' 轴方向来将盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断,因此,在切断时,可使将负载施加于盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 时的时间缩短。因此,基底晶圆 12W 不易产生电极的剥离等的破损。此处,借由步骤 S17 以及步骤 S18,由已接合的盖晶圆 11W 以及基底晶圆 12W 来制造数百、数千个第一晶体振动子 100。

[0128] 在步骤 S17 及步骤 S18 中,首先,沿着第一边 L1 将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断,接着,沿着第二边 L2 将已接合的盖晶圆 11W 与基底晶圆 12W 予以切断。因此,为了在切断时,使施加负载时的时间缩短,优选将第一边 L1 形成得比第二边 L2 更短。

[0129] 在步骤 S19 中,确认各个第一晶体振动子 100 的频率,所述各个第一晶体振动子 100 是由步骤 S17 以及步骤 S18 切断而成为单体。

[0130] (第二实施形态)

[0131] <第二晶体振动子 200 的整体构成>

[0132] 一面参照图 8 以及图 9,对第二晶体振动子 200 的整体构成进行说明。图 8 是第二晶体振动子 200 的分解立体图,图 9 是第二晶体振动子 200 的底视图。再者,在图 8 中,以使连接电极 124a、124b 的整体可被看到的方式,透明地描绘了作为密封材料的低熔点玻璃 LG。在第二实施形态中,对第一实施形态中所说明的构成要件附上相同的符号来进行说明。

[0133] 如图 8 所示,第二晶体振动子 200 包括:盖部 11、基底部 22、以及载置于基底部 22 的晶体振动片 10。

[0134] 基底部 22 包含玻璃或压电材料,且在表面 (+Y' 侧的面) 上包括第二端面 M2,该第二端面 M2 形成于基底凹部 121 的周围。矩形的基底部 22 包含:沿着 Z' 轴方向延伸且平行的一对第一边 L1、及沿着 X 轴方向延伸且平行的一对第二边 L2。另外,基底部 22 在一对第一边 L1 上分别形成有一对城堡形部分 222a、222c。

[0135] 具体而言,在 -X 轴侧的第一边 L1 的 +Z' 轴侧形成有基底城堡形部分 222a,该基底城堡形部分 222a 在形成基底贯通孔 BH2 (参照图 10 及图 11) 时沿着 Z' 轴方向延伸。即,基底城堡形部分 222a 配置于对称轴 Ax 的 +Z' 轴侧的区域。同样地,在 +X 轴侧的第一边 L1 的 -Z' 轴侧形成有基底城堡形部分 222c,该基底城堡形部分 222c 在形成基底贯通孔

BH2(参照图 10 及图 11) 时沿着 Z' 轴方向延伸。即,基底城堡形部分 222c 配置于对称轴 Ax 的 $-Z'$ 轴侧的区域。此处,基底城堡形部分 222a 与基底城堡形部分 222c 优选为:相对于矩形的基底部 22 的中心呈点对称。另外,在基底城堡形部分 222a、222c 中分别形成有基底侧面电极 223a、223c(参照图 9)。

[0136] 如图 9 所示,基底部 22 在安装面 M3 上形成有一对外部电极 225a、225c 以及用于进行接地的接地电极 225b、225d,所述一对外部电极 225a、225c 分别与基底侧面电极 223a、223c 形成电性连接。在基底部 22 中,外部电极 225a、225c 分别与基底侧面电极 223a、223c 导电,该基底侧面电极 223a、223c 形成于基底城堡形部分 222a、222c,在接地电极 225b、225d 侧未形成有城堡形部分。

[0137] 另外,如图 9 所示,分别相隔地形成有一对外部电极 225a、225c 以及一对接地电极 225b、225d。另外,与基底部 22 的 $+Z'$ 侧的第二边 L2(参照图 8) 的缘部相隔地形成外部电极 225a 及接地电极 225d,与基底部 22 的 $-Z'$ 侧的第二边 L2(参照图 8) 的缘部相隔地形成接地电极 225b 及外部电极 225c。

[0138] 在第二实施形态中,除了形成有一对外部电极 225a、225c 以外,还形成有接地电极 225b、225d,但也可采用未形成有接地电极 225b、225d 的构成。

[0139] < 第二晶体振动子 200 的制造方法 >

[0140] 第二晶体振动子 200 的制造方法的流程、与图 3 中所说明的第一晶体振动子 100 的制造方法的流程大致相同。然而,当以基底晶圆 22W 的状态来形成基底部 22 时,贯通孔 BH2 不同。图 10 是基底晶圆 22W 的平面图,图 11 是基底晶圆 22W 的底视图。

[0141] 如图 10 所示,在一个第二晶体振动子 200 中,在 $+X$ 轴侧的第一边 L1 的 $-Z'$ 轴侧、及 $-X$ 轴侧的第一边 L1 的 $+Z'$ 轴侧形成有一对贯通孔 BH2。即,在 Z' 轴方向上相邻的贯通孔 BH2 交替地配置于第二切割线 SL2 的两侧。

[0142] 因此,存在如下的情况,即,若在图 3 的步骤 S17 中,沿着第一切割线 SL1 将基底晶圆 22W 予以切断,则会在基底部 22 的第一边 L1 上形成金属膜 226(参照图 8)。具体而言,如图 8 以及图 9 所示,在 $-X$ 轴侧的第一边 L1 上的基底城堡形部分 222a 的 $-Z'$ 轴侧、以及 $+X$ 轴侧的第一边 L1 上的基底城堡形部分 222c 的 $+Z'$ 轴侧分别形成金属膜 226,该金属膜 226 连接于接地电极 225b、225d。

[0143] 如图 11 所示,对于第二晶体振动子 200 而言,可将一对频率测定用的探针 PB1、PB2 分别抵接于相同的基底部 22 的一对外部电极 225a 与外部电极 225c,而对各个晶体振动片 10(参照图 8) 的振动频率进行测定。具体而言,与图 3 的步骤 S14 中的图 7 的说明相同,因此,将说明予以省略。

[0144] 而且,在第二实施形态中,当从已接合的盖晶圆 11W(参照图 5) 与基底晶圆 22W 切割出各个第二晶体振动子 200 时,首先,沿着形成有贯通孔 BH2 的第一切割线 SL1 来切断。然后,沿着未形成有贯通孔 BH2 的第二切割线 SL2,将已接合的盖晶圆 11W(参照图 5) 与基底晶圆 22W 予以切断。

[0145] 根据如上所述的切断方法,在切断时,可使将负载施加于盖晶圆 11W 与基底晶圆 22W 时的时间缩短。因此,基底晶圆 22W 不易产生电极的剥离等的破损。

[0146] (第三实施形态)

[0147] < 第三晶体振动子 300 的整体构成 >

[0148] 一面参照图 12 以及图 13,一面对第三晶体振动子 300 的整体构成进行说明。图 12 是第三晶体振动子 300 的分解立体图,图 13 是第三晶体振动子 300 的底视图。再者,在图 12 中,以使连接电极 324a、324b 的整体可被看到的方式,透明地描绘了作为密封材料的低熔点玻璃 LG。另外,对第一实施形态中所说明的构成要件附上相同的符号来进行说明。

[0149] 如图 12 以及图 13 所示,第三晶体振动子 300 包括:盖部 11、基底部 32、以及载置于基底部 32 的平板状的晶体振动片 30。

[0150] 晶体振动片 30 包含:经 AT 切割的晶体片 101,在该晶体片 101 的中央附近的两个主面上、相向地配置有一对激振电极 102a、102b。另外,晶体片 101 的底面(+Z' 侧)的延伸至 -X 侧为止的引出电极 303a 是连接于激振电极 102a,晶体片 101 的底面(-Z' 侧)的延伸至 -X 侧为止的引出电极 303b 是连接于激振电极 102b。对于晶体振动片 30 而言,仅引出电极的形状与第一实施形态的晶体振动片 10 不同。

[0151] 在基底部 32 的 X 轴方向的一对第一边 L1 上,形成有:形成基底贯通孔 BH1(参照图 14)时的四个基底城堡形部分 122a ~ 122d。此处,基底城堡形部分 122a 与基底城堡形部分 122b 分别配置于两个区域,利用通过矩形的基底部 32 的中心、且与第二边 L2 呈平行的对称轴 Ax 而分开所述两个区域。即,基底城堡形部分 122a 与基底城堡形部分 122b 在 Z' 轴方向上,分别配置于对称轴 Ax 的两侧。同样地,基底城堡形部分 122c 与基底城堡形部分 122d 分别配置于被对称轴 Ax 分开的两个区域。即,基底城堡形部分 122c 与基底城堡形部分 122d 在 Z' 轴方向上,分别配置于对称轴 Ax 的两侧。另外,在基底城堡形部分 122a ~ 122d 分别形成有基底侧面电极 323a ~ 323d。

[0152] 根据晶体振动片 30 的形状,形成于第二端面 M2 的连接电极 324a、324b 分别连接于基底部 32 的 -X 侧所形成的基底侧面电极 323a、323b。另外,在基底部 32 的安装面 M3 的 -X 侧形成有一对外部电极 325a、325b,该一对外部电极 325a、325b 分别连接于基底侧面电极 323a、323b。另一方面,基底部 32 的 +X 侧所形成的基底侧面电极 323c、323d,连接着基底部 32 的安装面 M3 的 +X 侧所形成的一对接地电极 325c、325d。

[0153] 如图 13 所示,分别相隔地形成有一对外部电极 325a、325b 以及一对接地电极 325c、325d。此处,一对外部电极 325a、325b 彼此、以及一对接地电极 325c、325d 彼此在 Z' 轴方向上的间隔 SP1 例如为 $200\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ 左右。另外,与基底部 32 的 +Z' 侧的第二边 L2 的缘部相隔地形成外部电极 325a 及接地电极 325d,与基底部 32 的 -Z' 侧的第二边 L2 的缘部相隔地形成外部电极 325b 及接地电极 325c。此处,外部电极 325a 及接地电极 325d 与基底部 32 的 +Z 侧的第二边 L2 的缘部、以及外部电极 325b 及接地电极 325c 与基底部 32 的 -Z 侧的第二边 L2 的缘部的间隔 SP2 例如为 $0\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 左右。

[0154] < 第三晶体振动子 300 的制造方法 >

[0155] 第三晶体振动子 300 的制造方法的流程、与图 3 中所说明的第一晶体振动子 100 的制造方法的流程大致相同。然而,当以基底晶圆 32W 的状态来形成基底部 32 时,如图 14 所示,外部电极与接地电极的位置不同。

[0156] 图 14 是可同时制造多个基底部 32 的基底晶圆 32W 的底视图。如图 14 所示,在 X 轴方向上相邻的基底部 32A、32B 中,外部电极 325a 与接地电极 325d 形成为一体,外部电极 325b 与接地电极 325c 形成为一体。另外,在 Z' 轴方向上相邻的基底部的安装端子(外部电极、接地电极)是分别相隔地形成,所述安装端子的 Z' 轴方向的间隔 SP3 为 $40\mu\text{m} \sim$

280 μm 左右。

[0157] 因此,若将一对频率测定用的探针 PB1、PB2 分别抵接于基底部 32A 的外部电极 325a 与外部电极 325b,则可对一个晶体振动片 30 的振动频率进行测定。即使交变电压从探针 PB1、PB2 施加至基底部 32A 的外部电极 325a、325b,只要外部电极 325a、325b 仅连接于基底部 32B 的接地电极 325c、325d,则不会与基底部 32B 的晶体振动片 30 形成电性连接。因此,无来自相邻的基底部 32 的影响,可在晶圆状态下,正确地对晶体振动片 30 的振动频率进行测定。

[0158] 而且,在第三实施形态中,当从已接合的盖晶圆 11W(参照图 5)与基底晶圆 32W 切割出各个第三晶体振动子 300 时,首先,沿着形成有贯通孔 BH1 的第一切割线 SL1 来切断。然后,沿着未形成有贯通孔 BH1 的第二切割线 SL2,将已接合的盖晶圆 11W(参照图 5)与基底晶圆 32W 予以切断。

[0159] 根据如上所述的切断方法,在切断时,可使将负载施加于基底晶圆 32W 时的时间缩短。因此,基底晶圆 32W 不易产生电极的剥离等的破损。

[0160] (第四实施形态)

[0161] <第四晶体振动子 400 的整体构成>

[0162] 一面参照图 15 以及图 16,一面对第四晶体振动子 400 的整体构成进行说明。图 15 是第四晶体振动子 400 的分解立体图,图 16 是图 15 的 B-B 剖面图。

[0163] 如图 15 以及图 16 所示,第四晶体振动子 400 包括:具有盖凹部 411 的盖部 41、具有基底凹部 421 的基底部 42、以及包夹于盖部 41 及基底部 42 的矩形的晶体振动片 40。

[0164] 晶体振动片 40 包含:晶体振动部 401,在两个面上形成有激振电极 402a、402b;以及框体 408,将晶体振动部 401 予以包围。另外,在晶体振动部 401 与框体 408 之间具有一对支撑部 404a、404b,所述一对支撑部 404a、404b 以从晶体振动部 401 沿着 X 轴方向的两侧分别延伸的方式,而与框体 408 连结。因此,在晶体振动部 401 与框体 408 之间形成一对“L”字型的贯通开口部 405a、405b。在晶体振动片 40 的 X 轴方向的两侧所配置的沿着 Z' 轴方向延伸的两边上,各形成有两个形成为圆角长方形的晶体贯通孔 CH(参照图 17)时的晶体城堡形部分 406a ~ 406d。在晶体城堡形部分 406a ~ 406d 中,分别形成有晶体侧面电极 407a ~ 407d。

[0165] 另外,在支撑部 404a 的表面 Me 上形成有引出电极 403a,该引出电极 403a 将激振电极 402a 与晶体振动片 40 的 -X 轴方向的一边的 +Z 侧所形成的晶体侧面电极 407a 予以连接。此处,晶体侧面电极 407a 优选为:延伸至晶体振动片 40 的背面 Mi 为止地形成有连接垫(pad)407M。连接垫 407M 确实地电性连接于后述的基底侧面电极 423a 的连接垫 423M。同样地,在支撑部 404b 的背面 Mi 上形成有引出电极 403b,该引出电极 403b 将激振电极 402b 与晶体振动片 40 的 +x 轴方向的另一边的 -Z 侧所形成的晶体侧面电极 407c 予以连接。此处,引出电极 403b 连接于后述的基底侧面电极 423c 的连接垫 423M。

[0166] 基底部 42 包含玻璃或晶体材料,该基底部 42 包括:沿着 Z' 轴方向延伸的一对第一边 L1 及沿着 X 轴方向延伸的一对第二边 L2,且基底部 42 呈矩形,而且在表面(+Y' 侧的面)包括第二端面 M2,该第二端面 M2 形成于基底凹部 421 的周围。基底部 42 在一对第一边 L1 上各形成有:两个形成基底贯通孔 BH1(参照图 6 及图 7)时的基底城堡形部分 422a ~ 422d。具体而言,基底城堡形部分 422a、422b 形成于 -X 轴侧,基底城堡形部分 422c、422d

形成于 +X 轴侧。此处,基底城堡形部分 422a 与基底城堡形部分 422b、以及基底城堡形部分 422c 与基底城堡形部分 422d 分别配置于被对称轴 Ax 分开的两个区域。另外,基底城堡形部分 422a 与基底城堡形部分 422c、以及基底城堡形部分 422b 与基底城堡形部分 422d 优选为:相对于基底部 42 的中心呈点对称。

[0167] 而且,在基底城堡形部分 422a ~ 422d 中分别形成有基底侧面电极 423a ~ 423d。此处,基底部 42 的 -X 轴方向的第一边 L1 的 +Z 侧所形成的基底侧面电极 423a 是经由形成于第二端面 M2 的连接垫 423M,而连接于晶体振动片 40 上所形成的晶体侧面电极 407a 的连接垫 407M。借此,基底侧面电极 423a 经由连接垫 407M 及晶体侧面电极 407a 而连接于引出电极 403a。另外,基底部 42 的 +X 轴方向的第一边 L1 的 -Z 侧所形成的基底侧面电极 423c 是连接于晶体振动片 40 上所形成的引出电极 403b。

[0168] 另一方面,在基底部 42 的安装面 M3 的对角线上,形成有一对外部电极 425a、425c 以及一对接地电极 425b、425d (参照图 2(b))。再者,一对外部电极 425a、425c 分别连接于基底侧面电极 423a、423c,该基底侧面电极 423a、423c 连接于晶体振动片 40 的引出电极 403a、403b。另外,一对接地电极 425b、425d 分别连接于其他的基底侧面电极 423b、423d。

[0169] 另外,如图 16 所示,借由盖部 41、晶体振动片 40 的框体 408 以及基底部 42 来形成模腔 CT,该模腔 CT 收纳着晶体振动片 40 的晶体振动部 401。此处,盖部 41 与晶体振动片 40、以及晶体振动片 40 与基底部 42 是由作为密封材料的低熔点玻璃 LG 来接合。

[0170] 另外,在第四实施形态中,如第一实施形态中的说明所述,一对外部电极以及一对接地电极配置在第四晶体振动子 400 的安装面的对角线方向上,但也可如第二实施形态中的说明所述,一对的外部电极以及一对接地电极形成在同一边上。而且,也可如第二实施形态中的说明所述,不形成与一对接地电极相对应的城堡形部分。

[0171] < 第四晶体振动子 400 的制造方法 >

[0172] 第四晶体振动子 400 的制造方法的流程、与图 3 中所说明的第一晶体振动子 100 的制造方法的流程大致相同,因此,一面参照图 3,一面进行说明。另外,图 17 是可同时制造多个晶体振动片 40 的晶体晶圆 40W 的平面图。

[0173] 在步骤 S101 中,如图 17 所示,借由蚀刻,在均一的晶体晶圆 40W 上形成多个晶体振动片 40 的外形。即,形成晶体振动部 401、框体 408、与一对贯通开口部 405a、405b。同时,在各晶体振动片 40 的 X 轴方向的两边上,各形成两个将晶体晶圆 40W 予以贯通的晶体贯通孔 CH。晶体贯通孔 CH 被一分为二之后,则成为一个晶体城堡形部分 406a ~ 406d (参照图 15)。

[0174] 在步骤 S11 中,制造多个盖部 41。此处,盖部 41 的制造方法与第一实施形态相同。

[0175] 在步骤 S12 中,借由步骤 S121 ~ 步骤 S123 来制造多个基底部 42。与第一实施形态相比较,不同点仅在于:在第二端面 M2 上形成一对连接垫 423M (参照图 15),以代替连接电极 124a、124b (参照图 6)。

[0176] 在步骤 S13 中,晶体晶圆利用低熔点玻璃而接合于形成有多个基底部 42 的基底晶圆,所述晶体晶圆包含步骤 S10 中所制造的多个晶体振动片 40。此时,晶体晶圆 40W 的连接垫 407M 连接于基底晶圆的连接垫 423M,晶体晶圆 40W 的引出电极 403b 连接于基底晶圆的另一个连接垫 423M。

[0177] 在步骤 S14 中,将一对频率测定用的探针 PB1、PB2 分别抵接于相同的基底部 42 的

外部电极 425a 与外部电极 425c, 对各个晶体振动部 401 的振动频率进行测定。此处, 即使交变电压施加至外部电极 425a、425c, 外部电极 425a、425c 也仅连接于相邻的基底部 42 的接地电极 425b、425d, 外部电极 425a、425c 彼此并不分别电性连接。因此, 可在晶圆状态下, 正确地对晶体振动部 401 的振动频率进行测定。

[0178] 在步骤 S15 中, 如第一实施形态中的说明所述, 对晶体振动部 401 的激振电极 402a 的厚度进行调整。

[0179] 在步骤 S16 中, 对低熔点玻璃 LG 进行加热, 对盖晶圆与基底晶圆加压, 借此, 利用低熔点玻璃 LG 来将盖晶圆与基底晶圆予以接合。

[0180] 在步骤 S17 中, 沿着 Z' 轴方向, 将已接合的盖晶圆 41W (参照图 5)、晶体晶圆 40W (参照图 17)、以及基底晶圆 42W (参照图 6 及图 7) 予以切断。在切断步骤中, 使用利用激光的切割装置、或利用切断用刀片的切割装置等来进行切断。在步骤 S17 中, 沿着图 5 ~ 图 7 以及图 17 所示的点划线的第一切割线 SL1, 将已接合的盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 予以切断。即, 沿着形成有贯通孔 BH1、CH 的第一边 L1, 将盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 予以切断。此处, 当切割装置通过贯通孔 BH1、CH 时, 负载不施加于晶体晶圆 40W 以及基底晶圆 42W, 因此, 施加负载时的整体时间变短。因此, 晶体晶圆 40W 以及基底晶圆 42W 不易产生电极的剥离等的破损。

[0181] 在步骤 S18 中, 沿着 X 轴方向, 将已接合的盖晶圆 41W (参照图 5)、晶体晶圆 40W (参照图 17)、以及基底晶圆 42W (参照图 6 及图 7) 予以切断。即, 沿着图 5 ~ 图 7 以及图 17 所示的点划线的第二切割线 SL2, 将已接合的盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 予以切断。再者, 在第二切割线 SL2 中未形成有贯通孔 BH1、CH, 但在步骤 S17 中, 沿着 Z' 轴方向来将盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 予以切断。因此, 可使将负载施加于晶体晶圆 40W 与基底晶圆 42W 时的时间缩短。因此, 晶体晶圆 40W 以及基底晶圆 42W 不易产生电极的剥离等的破损。此处, 借由步骤 S17 以及步骤 S18, 由已接合的盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 来制造数百、数千个第四晶体振动子 400。

[0182] 在步骤 S19 中, 确认各个第四晶体振动子 400 的频率, 所述各个第四晶体振动子 400 是由步骤 S17 以及步骤 S18 切断而成为单体。

[0183] 在第四实施形态中, 利用基底部 42 的制造步骤 S12, 形成基底侧面电极 423a ~ 423d、外部电极 425a、外部电极 425c、接地电极 425b、以及接地电极 425d 之后, 利用步骤 S13 来将晶体晶圆与基底晶圆予以接合。然而, 也可在将晶体晶圆与未形成有各电极的基底晶圆予以接合之后, 借由溅镀等来形成基底侧面电极 423a ~ 423d、外部电极 425a、外部电极 425c、接地电极 425b、以及接地电极 425d。因此, 也可不形成图 15 以及图 16 中所说明的基底部 42 的连接垫 423M。另外, 如上所述的制造方法也适用于以下的第四实施形态的变形例。

[0184] (第四实施形态的变形例)

[0185] < 第四晶体振动子 400' 的整体构成 >

[0186] 一面参照图 18(a) ~ 图 18(d) 至图 20(a)、图 20(b), 一面对第四实施形态的变形例的第四晶体振动子 400' 的整体构成进行说明。图 18(a) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的晶体振动片 40' 进行观察所见的平面图, 图 18(b) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的晶体振动片 40' 进行观察所见的透视图, 图 18(c) 是从 +Y' 侧来对第四实施

形态的变形例的基底部 42' 进行观察所见的平面图,图 18(d) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的基底部 42' 进行观察所见的透视图。图 19 是图 18(b) 的 D-D 剖面图。图 20(a) 是从 +Y' 侧来对第四实施形态的变形例的第四晶体振动子 400' 进行观察所见的平面图,且省略描绘盖部 41。另外,在图 20(a)、图 20(b) 中,以使基底部 42' 可被看到的方式,透明地描绘了晶体振动片 40'。

[0187] 如图 18(a) 以及图 18(b) 所示,第四晶体振动子 400' 的晶体振动片 40' 未形成有第四实施形态中所说明的晶体城堡形部分。晶体振动片 40' 包含:晶体振动部 401,在两个面上形成有激振电极 402a、402b;以及框体 408,将晶体振动部 401 予以包围。在晶体振动部 401 与框体 408 之间具有一对支撑部 404a'、404b',该一对支撑部 404a'、404b' 分别从晶体振动部 401 向 -X 侧延伸。因此,在晶体振动部 401 与框体 408 之间形成有矩形的贯通开口部 405a',该矩形的贯通开口部 405a' 的一边(-X 侧)形成开口,在一对支撑部 404a'、404b' 之间形成有矩形的贯通开口部 405b'。

[0188] 如图 19 所示,引出电极 403a' 经由贯通开口部 405a' 的侧面 M4,而从晶体振动片 40' 的表面 Me 延伸形成至背面 Mi 为止,所述引出电极 403a' 连接于晶体振动片 40' 的表面 Me 上所形成的激振电极 402a。

[0189] 返回至图 18(a) 以及图 18(b),延伸至晶体振动片 40' 的背面 Mi 为止的引出电极 403a',形成于晶体振动片 40' 的 -X 侧的 +Z' 侧的一个角落。此处,如第四实施形态中的说明所述,由于以晶圆状态来制造晶体振动片 40',因此,以不会受到来自相邻的晶体振动片 40' 的影响的方式,与晶体振动片 40' 的 +Z' 侧的一边隔开间隔 SP1 地形成引出电极 403a' (参照图 7)。

[0190] 另外,晶体振动片 40' 的背面 Mi 上所形成的引出电极 403b' 是从晶体振动部 401 的 -X 侧延伸,且沿着框体 408,形成于晶体振动片 40' 的 +X 侧的 -Z' 侧的另一个角落。此处,如第四实施形态中的说明所述,由于以晶圆状态来制造晶体振动片 40',因此,以不会受到来自相邻的晶体振动片 40' 的影响的方式,与晶体振动片 40' 的 -Z' 侧的另一边隔开间隔 SP1 地形成引出电极 403b'。

[0191] 如图 18(c) 以及图 18(d) 所示,第四实施形态的变形例的基底部 42' 与第四实施形态的基底部 42 大致相同。然而,连接于接地电极 425b、425d 的基底侧面电极 423b、423d(参照图 15) 是延伸至基底部 42' 的第二端面 M2 为止,而形成连接垫 423M。

[0192] 而且,如图 20(a) 所示,以使晶体振动片 40' 的引出电极 403a'、403b' 与连接于外部电极 425a、425b 的连接垫 423M 分别连接的方式,将盖部 41(参照图 15)、晶体振动片 40'、以及基底部 42' 予以接合。借此,形成于基底部 42' 的外部电极 425a、425b 与形成于晶体振动片 40' 的激振电极 402a、402b 分别连接。

[0193] 另外,较为理想的是,相隔地形成引出电极 403b' 与连接垫 423M,所述引出电极 403b' 在晶体振动片 40' 的背面 Mi 经由框体 408 而延伸,所述连接垫 423M 形成于基底部 42' 的第二端面 M2 且连接于基底城堡形部分 422b。原因在于:当以晶圆状态来同时制造多个基底部 42' 时,连接于基底城堡形部分 422b 的接地电极 425b 会连接于相邻的基底部 42' 的外部电极 425c(参照图 7)。

[0194] 即,较为理想的是,如图 20(b) 所示,在 X 轴方向上,与连接于基底城堡形部分 422b 的连接垫 423M 隔开间隔 SP7 的方式而,形成引出电极 403b'。此处,间隔 SP7 只要为 10 μm

左右即可。

[0195] 在图 20(a)、图 20(b) 中,在 X 轴方向上,相隔地形成有引出电极 403b' 与 -X 侧的连接垫 423M,但不一定必须相隔。即,若在 Y' 轴方向上,借由低熔点玻璃 LG 来将引出电极 403b' 与 -X 侧的连接垫 423M 予以阻断,则也可不形成图 20(a)、图 20(b) 所示的 X 轴方向的间隔 SP7。然而,此时优选以确实地将引出电极 403b' 与 +X 侧的连接垫 423M 予以连接的方式,而形成连结电极(未图示),该连结电极(未图示)将外部电极 425c(参照图 18(d))的整体或一部分、基底侧面电极 423c、以及引出电极 403b' 予以覆盖。借此,由于可使框体 408 的宽度减小,因此,可将晶体振动子予以小型化,从而可使晶体振动部 401 变大。

[0196] < 第四晶体振动子 400' 的制造方法 >

[0197] 第四晶体振动子 400' 的制造方法与第四实施形态大致相同。即,在第四实施形态的变形例中,当从已接合的盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 切割出各个第四晶体振动子 400 时,首先,沿着形成有贯通孔 BH1 的第一切割线 SL1 来切断。然后,沿着未形成有贯通孔 BH1 的第二切割线 SL2,将已接合的盖晶圆 41W、晶体晶圆 40W、以及基底晶圆 42W 予以切断。

[0198] 根据如上所述的切断方法,在切断时,可使将负载施加于基底晶圆 42W 时的时间缩短。因此,基底晶圆 42W 不易产生电极的剥离等的破损。

[0199] [产业上的可利用性]

[0200] 以上,详细地对本发明的最佳实施形态进行了说明,但本领域技术人员显然了解:可在本发明的技术范围内,对实施形态添加各种变更、变形来实施。

[0201] 例如,在本说明书中,已将经 AT 切割的晶体振动片作为一例来进行说明,但也可适用于包括一对振动臂的音叉型晶体振动片。

[0202] 另外,在本说明书中,借由低熔点玻璃来将基底晶圆、晶体晶圆、以及盖晶圆予以接合,但也可使用聚酰亚胺树脂 (polyimide resin) 来代替低熔点玻璃。在使用聚酰亚胺树脂的情况下,可采用网版印刷,也可将感光性的聚酰亚胺树脂涂布于整个面之后进行曝光。

[0203] 而且,在本说明书中,使用了晶体振动片,但除了晶体以外,还可利用钽酸锂、铌酸锂等的压电材料。此外,也可将本发明作为压电元件而应用于压电振荡器,该压电振荡器是将装入有振荡电路的集成电路 (Integrated Circuit, IC) 等配置于封装体 (package) 内而成。

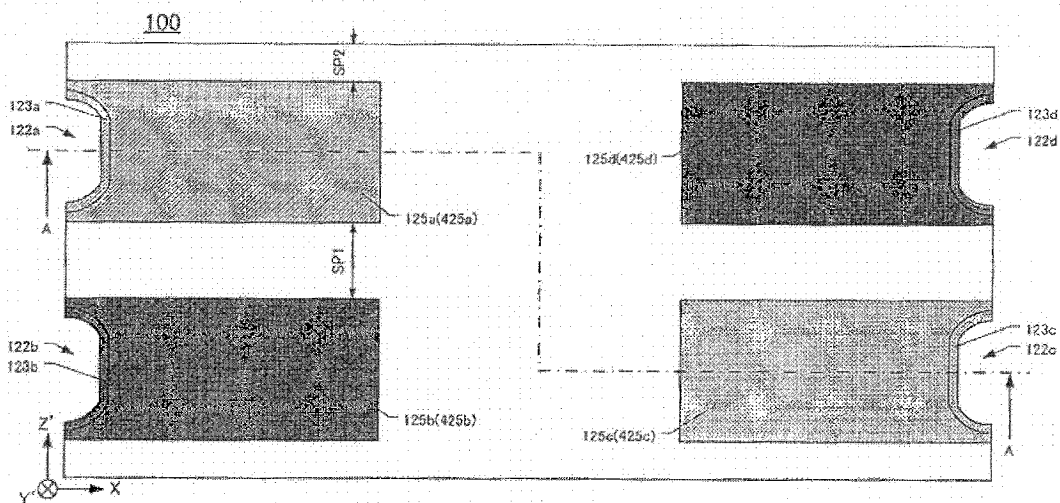


图 2(b)

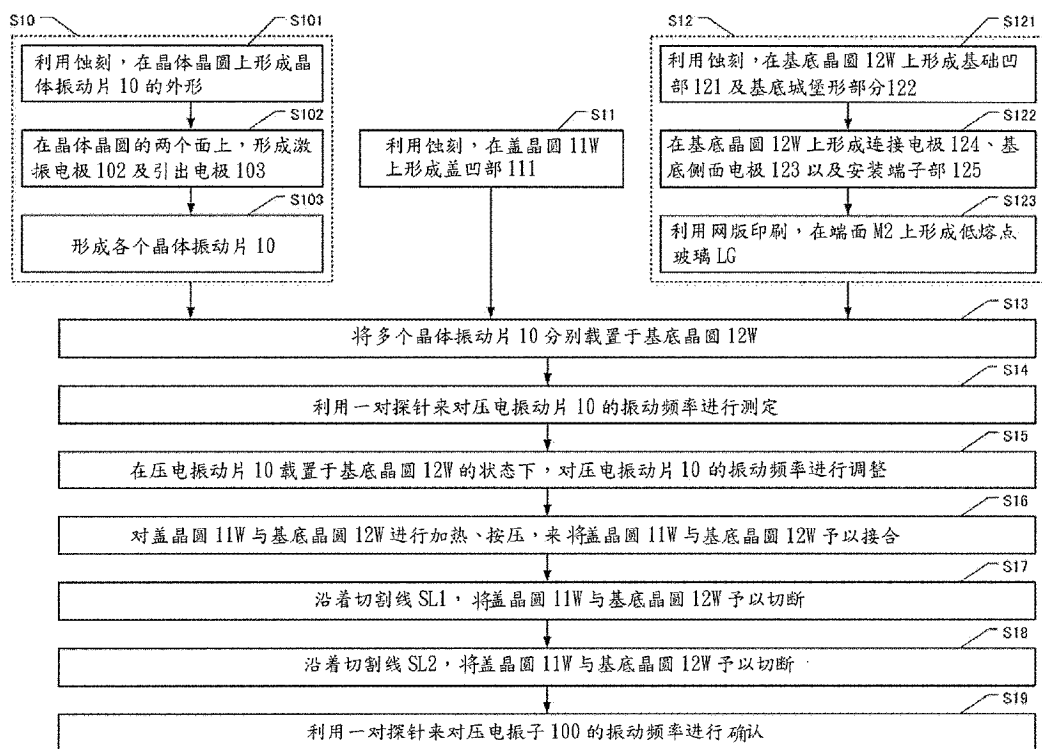


图 3

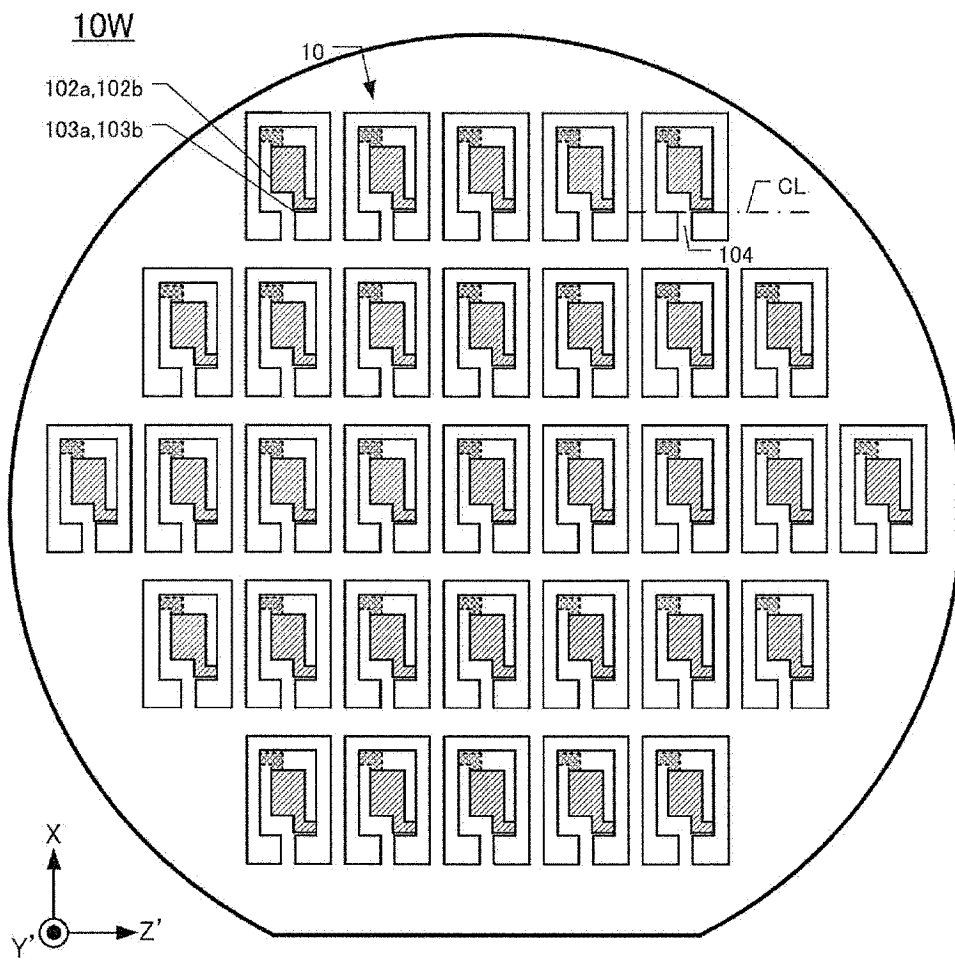


图 4

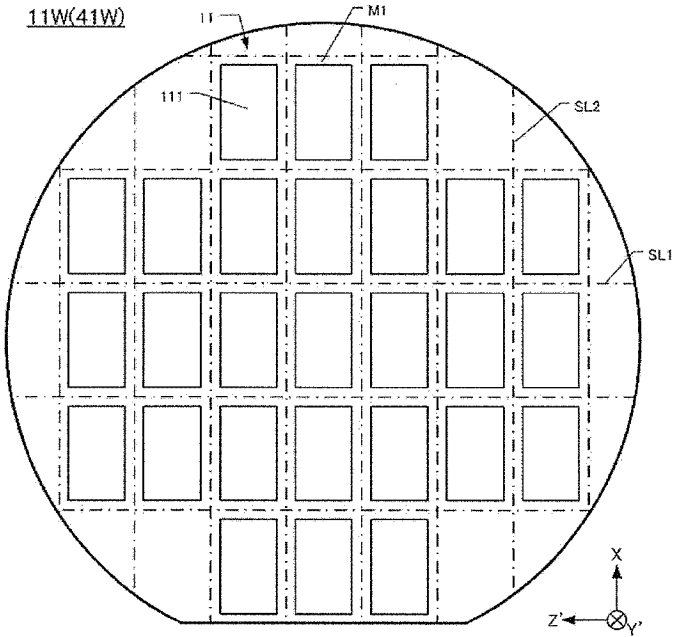


图 5

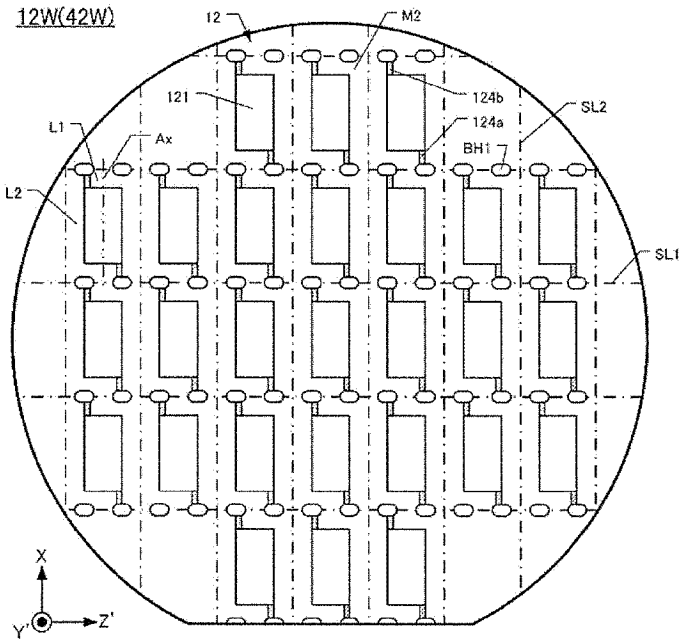


图 6

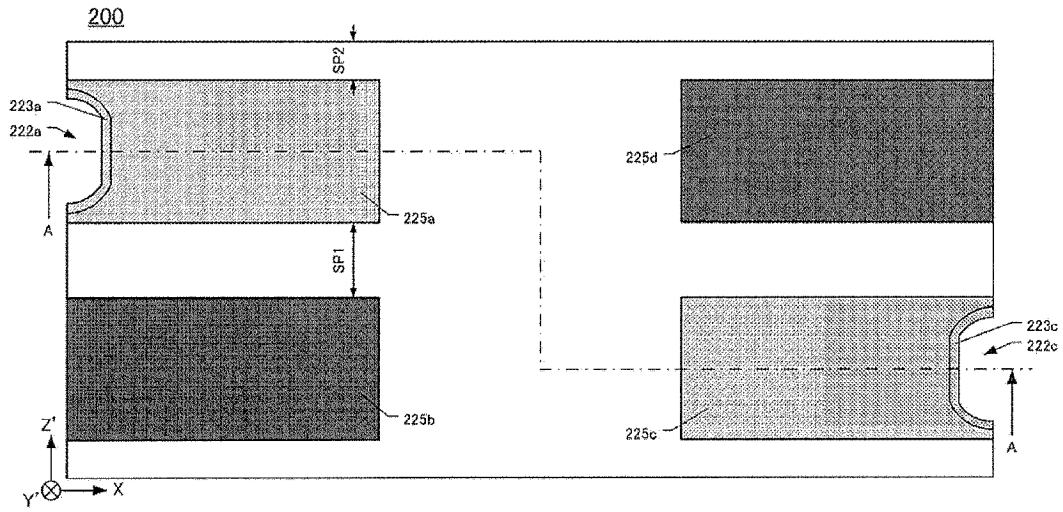


图 9

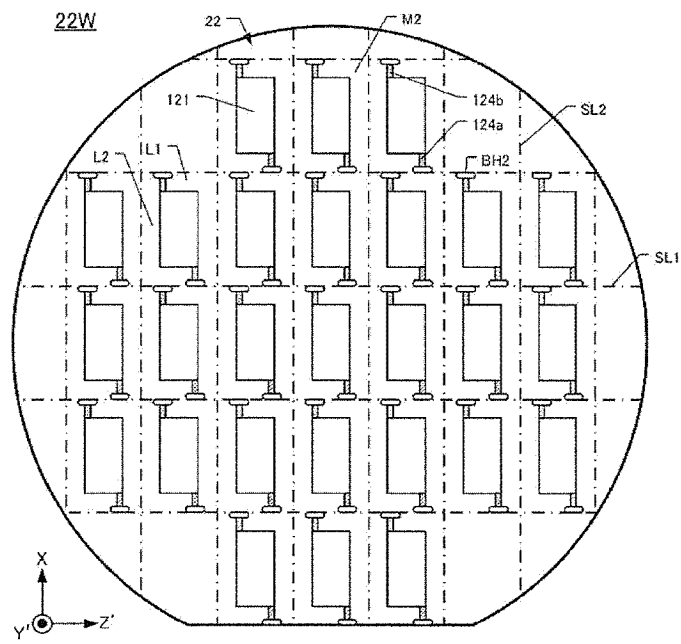


图 10

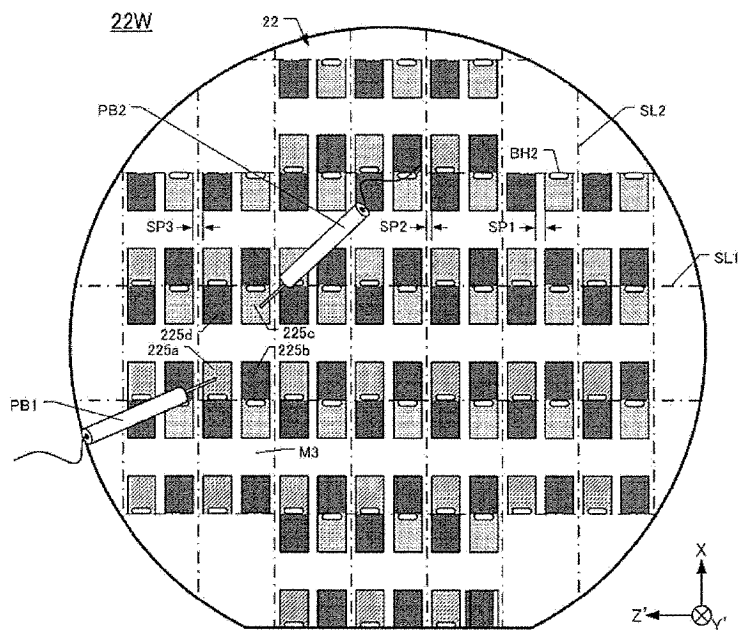


图 11

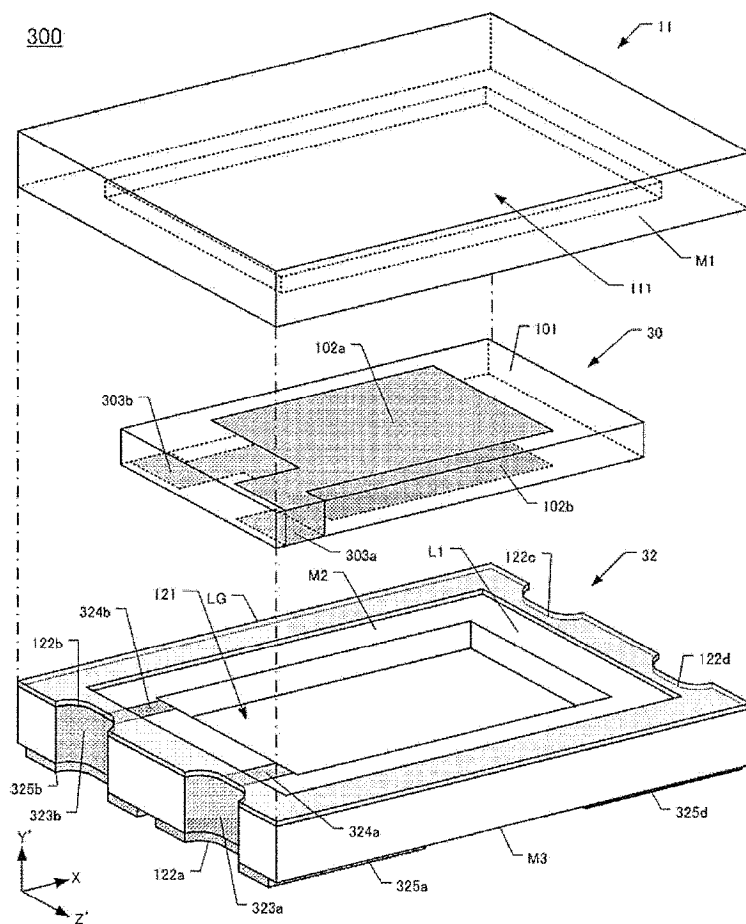


图 12

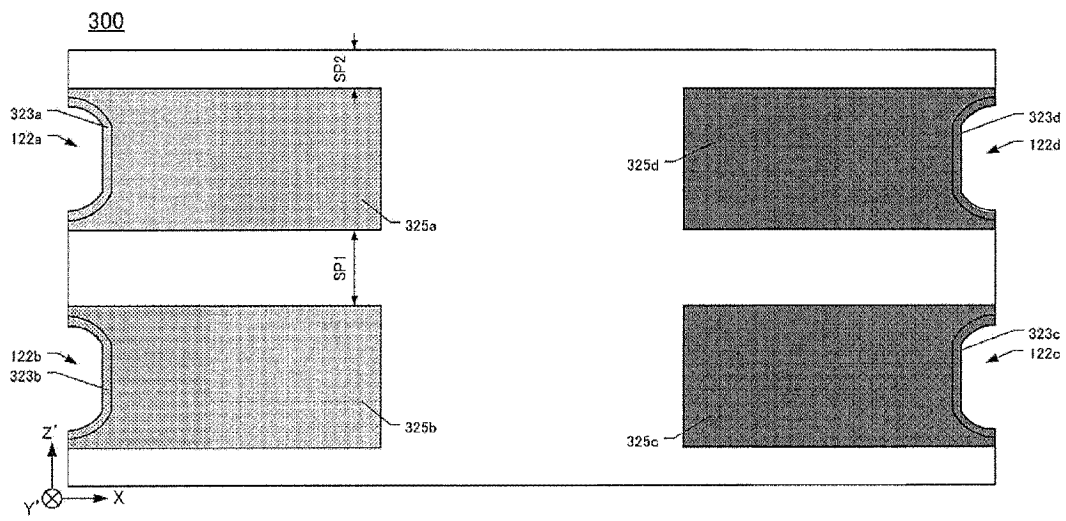


图 13

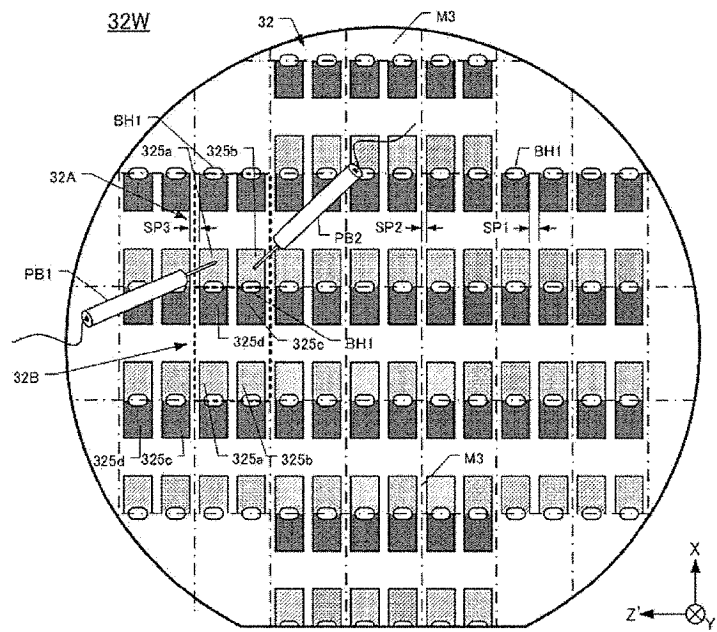


图 14

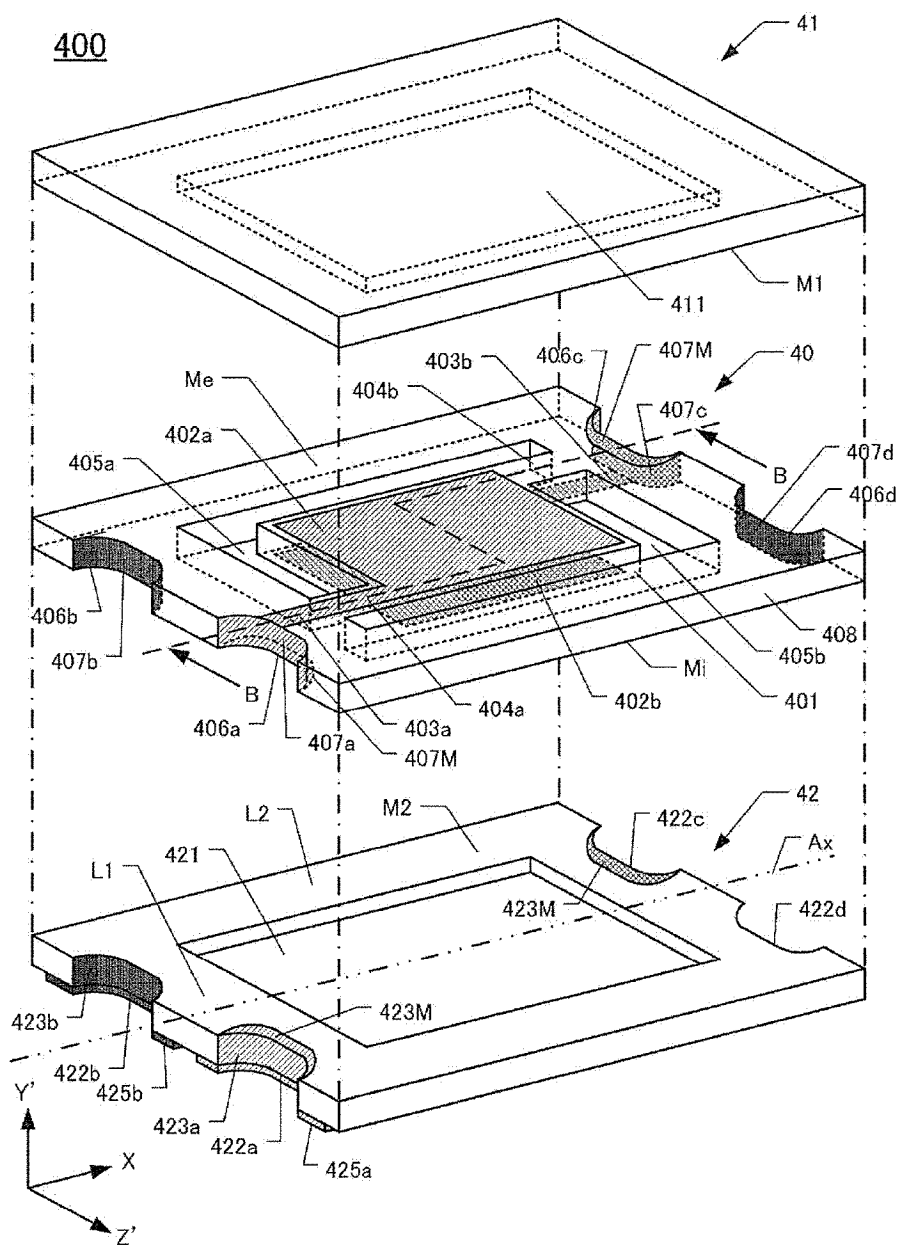


图 15

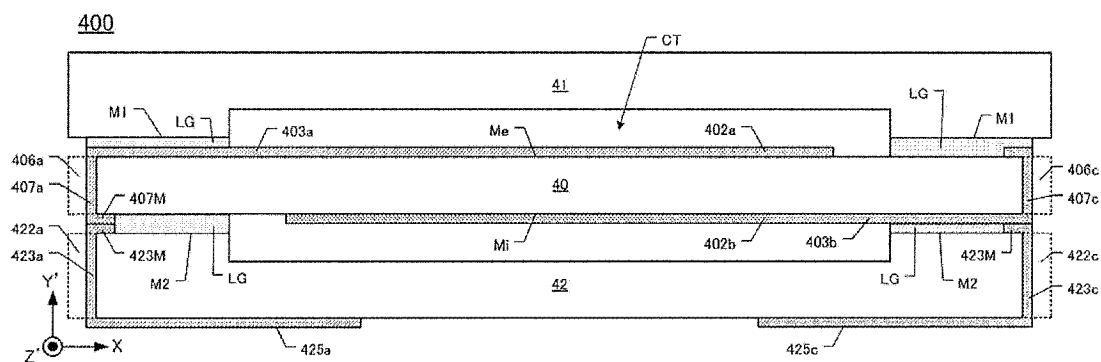


图 16

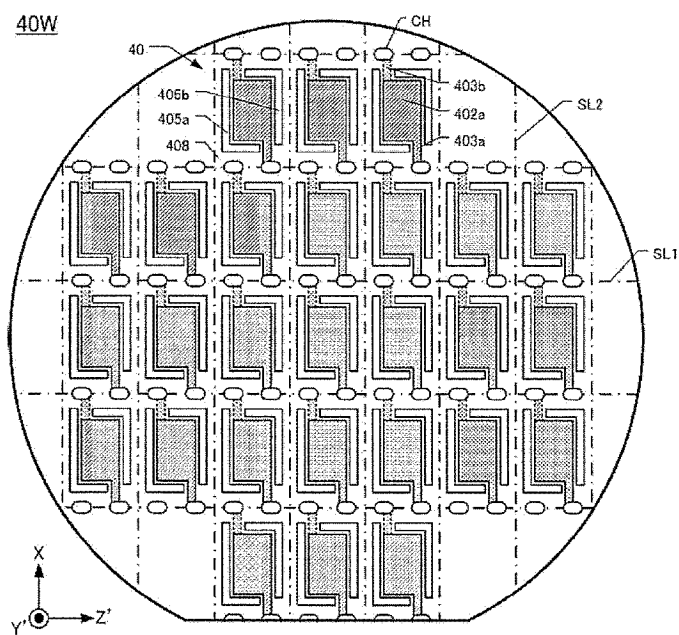


图 17

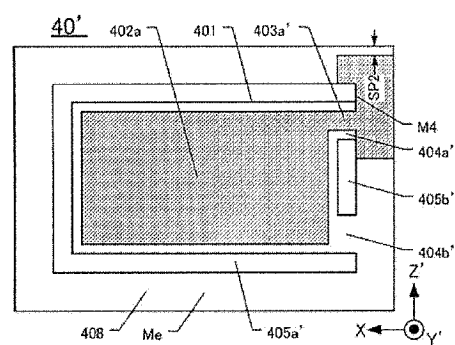


图 18(a)

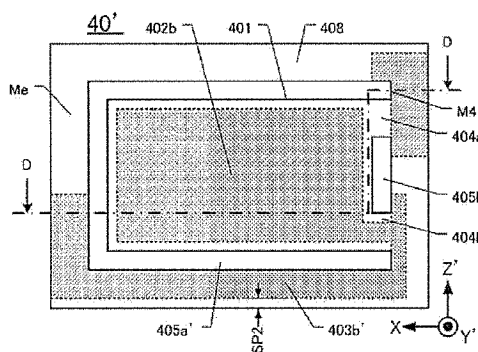


图 18(b)

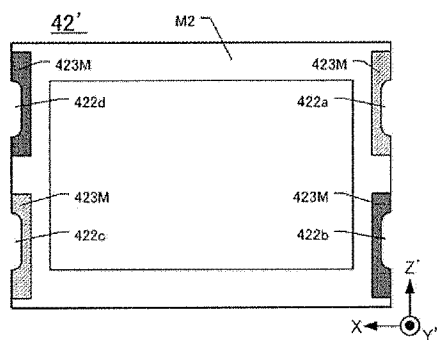


图 18(c)

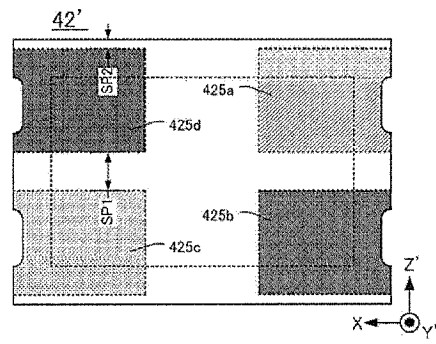


图 18(d)

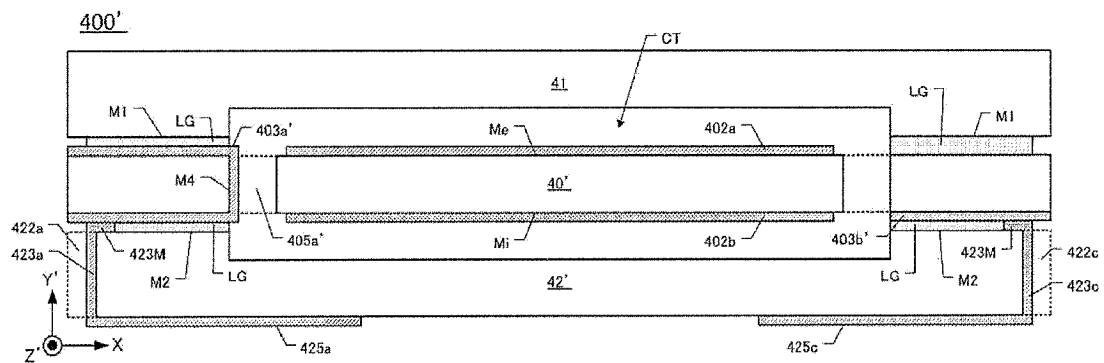


图 19

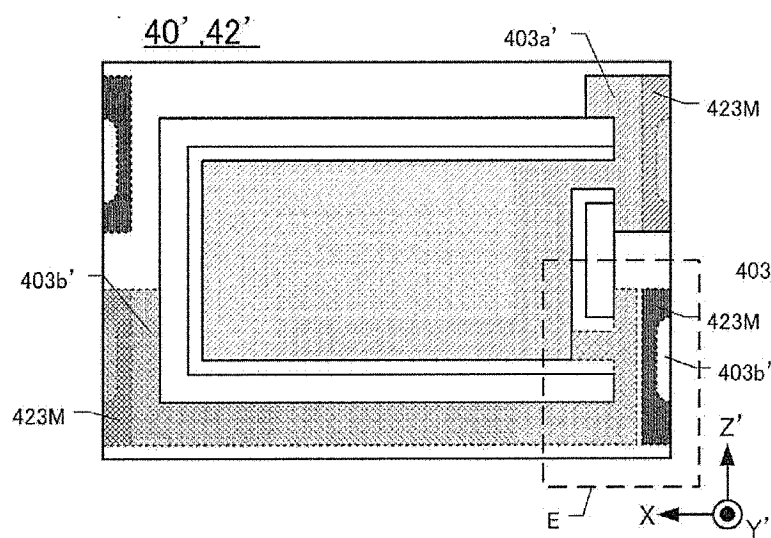


图 20(a)

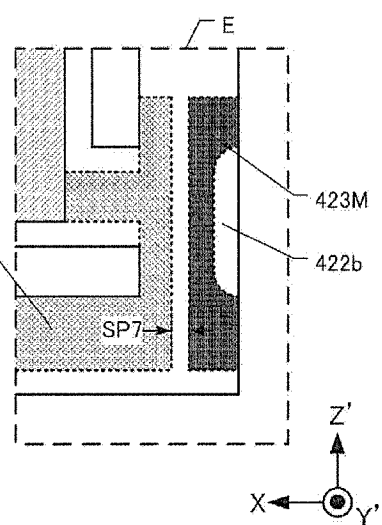


图 20(b)