(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103025472 B
(45)授权公告日 2015.05.20

(21)申请号 201180036024.7
(22)申请日 2011.07.19
(30)优先权数据
2010-167400 2010.07.26 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.01.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2011/066356 2011.07.19
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/014721 JA 2012.02.02
(73)专利权人 浜松光子学株式会社
地址 日本静冈县
(72)发明人 下井英树 荒木佳祐
(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322
代理人 杨琦
(51)Int.Cl.
B23K 26/38(2014.01)
B23K 26/00(2014.01)
B23K 26/046(2014.01)
B23K 26/06(2014.01)
B23K 26/40(2014.01)
B23K 26/362(2014.01)

(56)对比文件
CN 103026486 A,2013.04.03, 权利要求3-5.
US 2009/0065481 A1,2009.03.12, 说明书[0025]-[0030],[0036]-[0038]段、附图2.
US 2007/0212890 A1,2007.09.13, 说明书[0087]-[0097]段、附图10-12.
JP 2000-246474 A,2000.09.12, 全文.
JP 2006-167804 A,2006.06.29, 全文.
JP 2010-155259 A,2010.07.15, 全文.
JP 2007-88402 A,2007.04.05, 全文.
JP 2010-142837 A,2010.07.01, 全文.

审查员 顾艳君

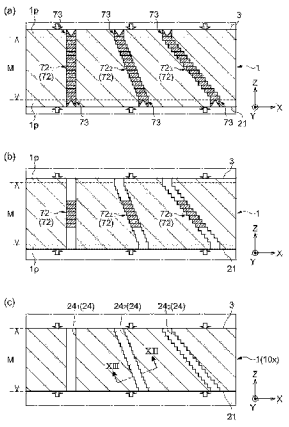
权利要求书1页 说明书8页 附图12页

(54)发明名称

激光加工方法

(57)摘要

一种激光加工方法，包含通过使激光(L)聚光于由硅形成的板状的加工对象物(1)，在加工对象物(1)的内部形成改质区域(71~73)的激光聚光工序；以及在激光聚光工序之后，通过对加工对象物(1)实施各向异性蚀刻处理，将加工对象物(1)薄化至目标厚度，并且沿着改质区域(71~73)使蚀刻选择性地进展，以将相对于加工对象物(1)的厚度方向倾斜的贯通孔(24)形成于加工对象物(1)的蚀刻处理工序，在激光聚光工序中，在加工对象物(1)的与贯通孔(24)对应的部分，形成作为改质区域(71~73)的第1改质区域(72)，并且在加工对象物(1)中通过利用各向异性蚀刻处理的薄化所除去的部分，形成与厚度方向平行地延伸且与第1改质区域(72)相连的作为改质区域的第2改质区域(71,73)，在蚀刻处理工序中，一边使加工对象物(1)薄化，一边沿着第2改质区域(71,73)使蚀刻选择性地进展后，沿着第1改质区域(72)使蚀刻选择性地进展，当加工对象物(1)到达目标厚度时完成贯通孔(24)的形成。



CN 103025472 B

1. 一种激光加工方法，其特征在于，包含：

激光聚光工序，通过使激光聚光于由硅形成的板状的加工对象物，在所述加工对象物的内部形成改质区域；以及

蚀刻处理工序，在所述激光聚光工序之后，通过对所述加工对象物实施各向异性蚀刻处理，将所述加工对象物薄化至目标厚度，并且沿着所述改质区域使蚀刻选择性地进展，以将相对于所述加工对象物的厚度方向倾斜的贯通孔形成于所述加工对象物，

在所述激光聚光工序中，

在所述加工对象物的与所述贯通孔对应的部分，形成作为所述改质区域的第 1 改质区域，并且在所述加工对象物中通过利用所述各向异性蚀刻处理的薄化所除去的部分，形成与所述厚度方向平行地延伸且与所述第 1 改质区域相连的作为所述改质区域的第 2 改质区域，

在所述蚀刻处理工序中，

一边使所述加工对象物薄化，一边沿着所述第 2 改质区域使蚀刻选择性地进展后，沿着所述第 1 改质区域使蚀刻选择性地进展，当所述加工对象物达到所述目标厚度时，完成所述贯通孔的形成，

在所述激光聚光工序中，包含：

第 1 工序，将一边沿着与所述激光的照射方向正交的一个方向使所述激光的聚光点相对移动一边照射所述激光的工序，以改变所述照射方向上的所述聚光点的深度位置的方式加以反复实施；以及

第 2 工序，将所述第 1 工序，以改变与所述照射方向和所述一个方向正交的另一个方向上的所述聚光点的位置的方式加以反复实施。

2. 如权利要求 1 所述的激光加工方法，其特征在于，

所述加工对象物具有成为 (100) 面的主面。

激光加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种激光加工方法，特别涉及一种在加工对象物形成贯通孔的激光加工方法。

背景技术

[0002] 作为现有的激光加工方法，已知的有这样的激光加工方法：使激光聚光于板状的加工对象物而在加工对象物的内部形成改质区域后，对该加工对象物实施蚀刻处理，除去改质区域，由此，将沿着厚度方向的贯通孔形成于加工对象物(例如参照专利文献 1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献 1：日本特开 2005-74663 号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的技术问题

[0007] 然而，在上述激光加工方法中，当对加工对象物实施蚀刻处理时，伴随着蚀刻的进行，加工对象物的贯通孔的开口侧被除去，会有贯通孔的开口侧的孔径扩大的担忧。因此，在上述激光加工方法中，期望抑制所涉及的孔径的扩大，精度良好地形成贯通孔。另外，在近年的激光加工方法中，在朝着各种领域的适用进展中追求其加工容易化。

[0008] 因此，本发明的技术问题在于提供一种精度良好地形成贯通孔并且可达到加工容易化的激光加工方法。

[0009] 解决技术问题的手段

[0010] 为了解决上述技术问题，本发明的一个方面所涉及的激光加工方法，其特征在于，包含：通过使激光聚光于由硅形成的板状的加工对象物，在加工对象物的内部形成改质区域的激光聚光工序；以及在激光聚光工序之后，通过对加工对象物实施各向异性蚀刻处理，将加工对象物薄化至目标厚度，并且沿着改质区域使蚀刻选择性地进展，以将相对于加工对象物的厚度方向倾斜的贯通孔形成于加工对象物的蚀刻处理工序，在激光聚光工序中，在加工对象物的与贯通孔对应的部分，形成作为改质区域的第 1 改质区域，并且在加工对象物中通过利用各向异性蚀刻处理的薄化所除去的部分，形成与厚度方向平行地延伸且与第 1 改质区域相连的作为改质区域的第 2 改质区域，在蚀刻处理工序中，一边使加工对象物薄化，一边沿着第 2 改质区域使蚀刻选择性地进展后，沿着第 1 改质区域使蚀刻选择性地进展，当加工对象物到达目标厚度时，完成贯通孔的形成。

[0011] 在该激光加工方法中，并非当加工对象物到达目标厚度时，第 1 改质区域的蚀刻开始进展，而是在通过各向异性蚀刻处理将加工对象物薄化至目标厚度时，通过形成于所涉及的通过薄化所除去的部分的第 2 改质区域，导引第 1 改质区域的蚀刻开始进展，然后，当加工对象物被薄化到目标厚度时，完成贯通孔的形成。因此，能够抑制加工对象物的贯通孔的开口侧被除去所造成的贯通孔的开口侧的孔径扩大的情况，能够精度良好地形成贯通

孔。此外，由于第 2 改质区域与厚度方向平行地延伸，因此在形成此第 2 改质区域之际激光的聚光点的指定和管理变得容易，可以达到激光加工的容易化。

[0012] 另外，加工对象物可以具有成为(100)面的主面。在这种情况下，能够将朝厚度方向倾斜的贯通孔很好地形成于加工对象物。

[0013] 另外，在激光聚光工序中，可以包含：将一边沿着与激光的照射方向正交的一个方向使激光的聚光点相对地移动一边照射激光的工序，改变照射方向上的聚光点的深度位置加以反复实施的第 1 工序；以及将第 1 工序，改变与照射方向和一个方向正交的另一个方向的聚光点的位置加以反复实施的第 2 工序。在这种情况下，能够缩短激光聚光工序的产距时间(tact time)。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明的激光加工方法，可以精度良好地形成贯通孔并且达到加工容易化。

附图说明

[0016] 图 1 是改质区域的形成所使用的激光加工装置的概略结构图。

[0017] 图 2 是成为改质区域的形成的对象的加工对象物的平面图。

[0018] 图 3 是沿着图 2 的加工对象物的 III-III 线的截面图。

[0019] 图 4 是激光加工后的加工对象物的平面图。

[0020] 图 5 是沿着图 4 的加工对象物的 V-V 线的截面图。

[0021] 图 6 是沿着图 4 的加工对象物的 VI-VI 线的截面图。

[0022] 图 7 是表示由本实施方式所制造的内插器的概略截面图。

[0023] 图 8 是图 7 的内插器的概略立体图。

[0024] 图 9 (a)是表示本实施方式的流程图，图 9 (b)是表示图 9 (a)的后续的流程图。

[0025] 图 10 (a)是表示图 9 (b)的后续的流程图，图 10 (b)是表示图 10 (a)的后续的流程图。

[0026] 图 11 (a)是表示图 10 (b)的后续的流程图，图 11 (b)是表示图 11 (a)的后续的流程图。

[0027] 图 12 (a)是表示图 11 (b)的后续的流程图，图 12 (b)是表示图 12 (a)的后续的流程图，图 12 (c)是表示图 12 (b)的后续的流程图。

[0028] 图 13 是表示由本实施方式所形成的贯通孔的与沿着图 12 (c)的 XIII-XIII 线的截面对应的截面图。

[0029] 图 14 (a)是表示形成改质区域后的加工对象物的一部分的放大截面图，图 14 (b)是表示形成贯通孔后的加工对象物的一部分的放大截面图。

[0030] 图 15 (a)是表示贯通孔的其他例子的与图 13 对应的截面图，图 15 (b)是表示贯通孔的另外其他例子的与图 13 对应的截面图。

[0031] 符号说明：

[0032] 1…加工对象物、1p…除去部分(被除去的部分)、3…表面(主面)、7…改质区域、21…背面(主面)、24…贯通孔、71,73…改质区域(第 2 改质区域)、72…改质区域(第 1 改质区域)、L…激光、M…目标厚度。

具体实施方式

[0033] 以下，针对本发明优选的实施方式，参照图面进行详细说明。再者，在以下的说明中，对相同或相当要素赋予相同符号，并省略重复说明。

[0034] 在本实施方式所涉及的激光加工方法中，使激光聚光于加工对象物的内部，形成改质区域。因此，首先，针对改质区域的形成，参照图 1 ～图 6 在以下进行说明。

[0035] 如图 1 所示，激光加工装置 100 具备：将激光 L 进行脉冲振荡的激光光源 101；配置成将激光 L 的光轴（光路）的方向改变 90° 的分光镜 103；以及用来将激光 L 予以聚光的聚光用透镜 105。另外，激光加工装置 100 具备：用来支承照射被聚光用透镜 105 聚光的激光 L 的加工对象物 1 的支承台 107；用来使支承台 107 移动的载台（stage）111；为了调节激光 L 的输出、脉冲宽度等，而控制激光光源 101 的激光光源控制部 102；以及用来控制载台 111 的移动的载台控制部 115。

[0036] 在该激光加工装置 100 中，自激光光源 101 所射出的激光 L，经由分光镜 103 而将其光轴的方向改变 90°，被聚光用透镜 105 聚光于被载置于支承台 107 上的板状的加工对象物 1 的内部。与此同时，载台 111 移动，加工对象物 1 相对于激光 L 沿着改质区域形成预定部 5 相对移动。由此，沿着改质区域形成预定部 5 的改质区域形成于加工对象物 1。

[0037] 作为加工对象物 1，可以使用半导体材料、压电材料等，如图 2 所示，在加工对象物 1，设定有改质区域形成预定部 5。这里的改质区域形成预定部 5 是呈直线状延伸的假想线。在加工对象物 1 的内部形成改质区域的情况下，如图 3 所示，在使聚光点 P 对准于加工对象物 1 的内部的状态下，使激光 L 沿着改质区域形成预定部 5（即，在图 2 的箭号 A 方向上），相对地移动。由此，如图 4 ～图 6 所示，改质区域 7 沿着改质区域形成预定部 5 形成于加工对象物 1 的内部，该改质区域 7 成为利用后述的蚀刻（etching）的除去区域 8。

[0038] 再者，聚光点 P 是指激光 L 聚光的部位。另外，改质区域形成预定部 5 不限于直线状，可以为曲线状，也可以为曲面状或平面状的 3 维状，还可以为指定坐标的形状。另外，改质区域 7 存在连续地形成的情况，也存在断续地形成的情况。另外，改质区域 7 可以为列状、点状，总之，改质区域 7 至少形成于加工对象物 1 的内部即可。另外，存在以改质区域 7 作为起点而形成龟裂的情况，龟裂和改质区域 7 也可以露出于加工对象物 1 的外表面（表面、背面、或外周面）。

[0039] 顺便一提，这里，激光 L 透过加工对象物 1，并且特别是在加工对象物 1 的内部的聚光点附近被吸收，由此，在加工对象物 1 形成改质区域 7（即，内部吸收型激光加工）。一般而言，在从表面 3 进行熔融除去而形成孔、沟等的除去部（表面吸收型激光加工）的情况下，加工区域从表面 3 侧逐渐朝背面侧行进。

[0040] 另外，本实施方式所涉及的改质区域 7 是指密度、折射率、机械强度、其他物理特性等成为与周围不同的状态的区域。作为改质区域 7，例如有熔融处理区域、裂痕区域、绝缘破坏区域、折射率变化区域等，也有这些区域混合存在的区域。此外，作为改质区域 7，有在加工对象物 1 的材料上密度与非改质区域的密度相比较产生变化的区域、或形成有晶格缺陷的区域（将这些总称为高密转移区域）。

[0041] 另外，熔融处理区域或折射率变化区域、改质区域 7 的密度与非改质区域的密度相比较产生变化的区域、形成有晶格缺陷的区域，进一步在这些区域的内部、或改质区域 7 与非改质区域的界面存在含有龟裂（裂纹、微裂痕（miro-crack））的情况。含有的龟裂有遍

及改质区域 7 的全面的情况、或有仅形成于一部分或形成于多个部分的情况。作为加工对象物 1，可举出包含硅者、或由硅所构成者。

[0042] 这里，在本实施方式中，当在加工对象物 1 形成改质区域 7 后，对该加工对象物 1 实施蚀刻处理，由此，沿着改质区域 7（即，沿着改质区域 7、改质区域 7 所含有的龟裂、或从改质区域 7 延伸的龟裂）使蚀刻选择性地进展，除去沿着加工对象物 1 的改质区域 7 的部分。再者，该龟裂，也被称为裂痕（crack）、微小裂痕、裂纹等（以下仅称为“龟裂”）。

[0043] 在本实施方式的蚀刻处理中，例如，利用毛细管现象等，使蚀刻剂浸润于加工对象物 1 的改质区域 7 所包含的或从该自改质区域 7 延伸的龟裂，沿着龟裂面使蚀刻进展。由此，在加工对象物 1 中，沿着龟裂选择性且以高蚀刻速率使蚀刻进展并加以除去。与此同时，利用改质区域 7 本身的蚀刻速率高这样的特征，沿着改质区域 7 选择性地使蚀刻进展并加以除去。

[0044] 作为蚀刻处理，有例如将加工对象物 1 浸渍于蚀刻剂的情况（浸渍方式：Dipping）、使加工对象物 1 旋转同时涂布蚀刻剂的情况（旋转蚀刻方式：Spin Etching）。

[0045] 作为蚀刻剂，可以举出例如 KOH（氢氧化钾）、TMAH（氢氧化四甲铵水溶液）、EDP（乙二胺邻苯二酚）、NaOH（氢氧化钠）、CsOH（氢氧化铯）、NH_4OH（氢氧化铵）、联氨等。另外，作为该蚀刻剂，不限于液体状的蚀刻剂，也可以使用凝胶状（果冻状，半固形状）的蚀刻剂。这里的蚀刻剂，在常温～ 100℃前后的温度下使用，根据所需要的蚀刻速率等设定成适宜的温度。例如，在用 KOH 对 Si 进行蚀刻处理的情况下，优选地，设定为约 60℃。

[0046] 另外，在本实施方式中，作为蚀刻处理，进行特定方向的蚀刻速度快（或慢）的蚀刻的各向异性蚀刻处理。在该各向异性蚀刻处理的情况下，不仅能够适用于比较薄的加工对象物，而且也能够适用于厚的加工对象物（例如，厚度 800μm ～ 100μm）。另外，在这种情况下，即使在形成改质区域 7 的面与面方位不同时，也能够使蚀刻沿着该改质区域 7 进行。即，在这里的各向异性蚀刻处理中，除了可以进行依照结晶方位的面方位的蚀刻以外，还可以进行不依赖于结晶方位的蚀刻。

[0047] 其次，详细地说明一个实施方式所涉及的激光加工方法。图 7 是表示本实施方式所制造的内插器的概略截面图，图 8 是图 7 的内插器的概略立体图。本实施方式的激光加工方法制造将电子部件间相互电连接的作为中继用基板的内插器。

[0048] 如图 7、8 所示，内插器 10 为具备基板 10x 和设置于该基板 10x 的多个贯通电极 10y 的硅内插器。该内插器 10，如图 7 所示，构成 IC 芯片等的半导体装置 11 与柔性电缆（柔性印刷基板）12 的连接配线，并且变换这些的配线间距。

[0049] 基板 10x 呈现为其板厚设为 200μm 等的目标厚度 M 的平板状，由硅形成。贯通电极 10y 是将基板 10x 的表面侧与背面侧相互导通的电极，构成为包含导体 13 和焊盘 14。如图 8 所示，贯通电极 10y 从加工对象物 1 的表面看时，多个配置成交错状（千鸟状）。即，多个贯通电极 10y 是排列成在 Y 方向上接近的一对贯通电极 10y 相互地朝 X 方向偏离例如半个间距。

[0050] 图 9 ～ 12 是表示本实施方式所涉及的激光加工方法的流程图。如图 9 ～ 12 所示，在本实施方式中，使激光 L 聚光于加工对象物 1，在加工对象物 1 的内部形成改质区域 7。再有，通过实施各向异性蚀刻处理，将加工对象物 1 的表面 3 侧和背面 21 侧的预定部分作为除去部分 1p 加以除去，并薄化至目标厚度 M。与此同时，沿着改质区域 7 使蚀刻选择性

地进展，形成多个贯通孔 24。

[0051] 如图 9（a）所示，加工对象物 1 是相对于照射的激光 L 的波长（例如 1064nm）透明的板状的硅基板。加工对象物 1，其板厚比目标厚度 M 更厚，例如为 300μm。另外，加工对象物 1 具有成为（100）面的表面 3 和背面 21（主面）。在该加工对象物 1，改质区域形成预定部 5 通过 3 维的坐标指定程序性地设定。改质区域形成预定部 5 具有第 1 改质区域形成预定部 5x 和第 2 改质区域形成预定部 5y。

[0052] 第 1 改质区域形成预定部 5x 在加工对象物 1 的内部沿着与贯通孔 24（参照图 12（c））对应的部分而被设定。这里的第 1 改质区域形成预定部 5x 包含：在加工对象物 1 的厚度方向上延伸的第 1 改质区域形成预定部 $5x_1$；相对于厚度方向倾斜的第 1 改质区域形成预定部 $5x_2$；以及相对于第 1 改质区域形成预定部 $5x_2$ 以大的倾斜角度朝相同方向倾斜的第 1 改质区域形成预定部 $5x_3$。第 1 改质区域形成预定部 $5x_2$，$5x_3$ 是依照加工对象物 1 的（111）面而延伸。

[0053] 第 2 改质区域形成预定部 5y 设定于加工对象物 1 的内部的表面 3 侧和背面 21 侧的除去部分 1p。该第 2 改质区域形成预定部 5y 多个设定成与第 1 改质区域形成预定部 5x 各自的两端相连，与加工对象物 1 的厚度方向平行地延伸。

[0054] 再者，在以下的说明中，将加工对象物 1 的厚度方向（激光 L 的照射方向）作为 Z 方向，将改质区域形成预定部 5（贯通孔 24）相对于厚度方向倾斜的方向作为 X 方向，与 X 方向及 Z 方向正交的方向作为 Y 方向进行说明。

[0055] 本实施方式中对加工对象物 1 进行加工的情况，首先，将加工对象物 1 的表面 3 侧作为上方后载置于载置台并予以保持。然后，如图 9（b）所示，在加工对象物 1 的内部，将激光 L 的聚光点（以下仅称为“聚光点”）对准于背面 21 侧的除去部分 1p。然后，以一边使该聚光点在 X 方向上相对移动一边在改质区域形成预定部 5 形成改质区域 7 的方式，将激光 L 自表面 3 侧进行 ON•OFF 照射（以下仅称为“扫描”）。由此，在背面 21 侧的除去部分 1p 中第 2 改质区域形成预定部 5y 上的各位置形成改质区域 7。

[0056] 再者，这里，由于将脉冲激光作为激光 L 进行点（spot）照射，因此所形成的改质区域 7 会由改质点（spot）构成。另外，在改质区域 7，含有形成有自该改质区域 7 所产生的龟裂（以下的改质区域 7 相同）。

[0057] 接着，如图 10（a）所示，将聚光点的 Z 方向位置朝表面 3 侧移动预定量后，再次实施上述扫描，由此，在背面 21 侧的除去部分 1p 中第 2 改质区域形成预定部 5y 上的各位置，新形成相对于既成的改质区域 7 朝表面 3 侧相连的改质区域 7。其结果是，在背面 21 侧的除去部分 1p 内，形成与 Z 方向平行地延伸（换言之，不会与 Z 方向交叉地沿着 Z 方向呈大致直线状地延伸）的改质区域 71。

[0058] 接着，如图 10（b）～图 11（b）所示，以从背面 21 侧朝表面 3 侧的顺序改变聚光点的 Z 方向位置，反复实施上述扫描。其结果是，在加工对象物 1 内的与贯通孔 24 对应的部分，形成与既成的改质区域 71 相连的改质区域 72，再有，在表面 3 侧的除去部分 1p 内，形成与既成的改质区域 72 相连且与 Z 方向平行地延伸（换言之，不会与 Z 方向交叉地沿着 Z 方向呈大致直线状地延伸）的改质区域 73。即，与贯通孔 24 对应而延伸的作为第 1 改质区域的改质区域 72 形成于加工对象物 1 内的除去部分 1p 以外的部分，并且分别与该改质区域 72 的端部相连且朝 Z 方向笔直地延伸的作为第 2 改质区域的改质区域 71，73 以不会

露出于表面 3 和背面 21 的方式形成于除去部分 1p。

[0059] 接着，改变 Y 方向的激光 L 的聚光点位置反复实施上述图 9（b）～图 11（b）所示的工序。通过以上的动作，多个改质区域 72 对应多个贯通孔 24 而形成于加工对象物 1 内。与此同时，与这些改质区域 72 各自相连且与 Z 方向平行地延伸的多个改质区域 71,73 形成于除去部分 1p 内。

[0060] 顺便一提，由于改质区域 72 沿着上述第 1 改质区域形成预定部 $5x_1$～$5x_3$ 分别形成，因此构成为含有朝 Z 方向延伸的改质区域 72_1；相对于 Z 方向朝 X 方向倾斜的改质区域 72_2；及对改质区域 72_2 以大的倾斜角度朝相同方向倾斜的改质区域 72_3。另外，这里的改质区域 71,73 的大小和长度等，分别形成为在后段的各向异性蚀刻处理中“加工对象物 1 被薄化至目标厚度 M 为止的蚀刻时间”与“改质区域 71 ～ 73 进行蚀刻的各蚀刻时间的总和”彼此相等。

[0061] 其次，对加工对象物 1，使用例如 85℃的 KOH 作为蚀刻剂，实施 60 分钟的蚀刻处理。由此，加工对象物 1 的除去部分 1p 从表面 3 侧和背面 21 侧被逐渐除去，从而加工对象物 1 被逐渐薄化。然后，如图 12（a）所示，当加工对象物 1 被薄化至改质区域 71,73 露出时，朝改质区域 71,73 浸润蚀刻剂，开始进行沿着改质区域 71,73 的蚀刻。接着，一边将加工对象物 1 薄化，一边将加工对象物 1 的内部沿着改质区域 71,73 选择性地进行蚀刻并加以除去。

[0062] 其后，如图 12(b)所示，一边除去部分 1p 的除去进展而加工对象物 1 持续被薄化，一边自改质区域 71,73 朝改质区域 72 浸润蚀刻剂，使得沿着改质区域 72 的蚀刻开始进展。然后，一边将加工对象物 1 薄化，一边使加工对象物 1 的内部沿着改质区域 72 选择性进行蚀刻予以除去。

[0063] 再其后，一边除去部分 1p 的除去进展而加工对象物 1 进一步持续被薄化，一边改质区域 72 的蚀刻进行。然后，如图 12(c)所示，当加工对象物 1 的厚度到达目标厚度 M 时，加工对象物 1 沿着改质区域 72 被贯通，完成多个贯通孔 24 的形成。

[0064] 这里的多个贯通孔 24 配设成与上述贯通电极 10y 相对应。具体而言，多个贯通孔 24，从加工对象物 1 的表面 3 看时，多个配置成交错状。即，在多个贯通孔 24，从表面 3 看时，并排于其倾斜方向即 X 方向的贯通孔 24 配置成在倾斜方向的垂直方向即 Y 方向上彼此不同。换言之，在表面 3 视角上，在 X 方向上并列的一群贯通孔 24 一边朝 X 方向偏移一边并列于 Y 方向上。即，当从表面 3 看时，配置成由在 X,Y 方向上接近的 4 个贯通孔 24 包围 1 个贯通孔 24。再者，这里，多个贯通孔 24 排列成在 Y 方向上接近的一对贯通孔 24,24 彼此朝 X 方向偏移例如半个间距。

[0065] 此时，在本实施方式中，如上述那样，由于进行各向异性蚀刻，因此在加工对象物 1，其(111)面变得难以蚀刻(蚀刻速率慢)。因此，在依照(111)面而延伸的改质区域 72 中，蚀刻可很好地进行，所形成的贯通孔 24 的内面成为凹凸少的平滑面。另外，如图 13 所示，贯通孔 24 被做成为其截面形状为大致矩形(菱形)形状，并且沿着其轴线的内径的偏差小。

[0066] 顺便一提，如图 12（c）所示，由于贯通孔 24 分别沿着上述改质区域 72_1～72_2 形成，因此构成为含有在 Z 方向上延伸的贯通孔 24_1、相对于 Z 方向朝 X 方向倾斜的贯通孔 24_2、以及相对于贯通孔 24_2 以大的倾斜角度朝相同方向倾斜的贯通孔 24_3。

[0067] 其次，利用湿式氧化法等，将加工对象物 1 氧化，而将具有电绝缘性的氧化膜作为

绝缘膜产生于贯通孔 24 的内面。此时，如图 13 所示，由于贯通孔 24 的内面为平滑面且其截面形状作成为大致矩形形状，因此在贯通孔 24 的内面，不存在有绝缘膜难以生长的凸部，因此，可以形成均匀的绝缘膜 15，能够抑制绝缘膜 15 的缺陷产生。

[0068] 其后，在各贯通孔 24 内埋入导体 13，以与该导体 13 电连接的方式将焊盘 14 形成表面 3 和背面 21 上。由此，加工对象物 1 作为基板 10x 而贯通孔 24 作为贯通电极 10y 来构成，其结果是，能够获得内插器 10。

[0069] 以上，在本实施方式中，并非当加工对象物 1 到达目标厚度 M 时，改质区域 72 的蚀刻开始进展，而是当通过各向异性蚀刻处理而使加工对象物 1 薄化至目标厚度 M 之际，通过形成于除去部分 1p 的改质区域 71, 73，导引改质区域 72 的蚀刻开始进展，然后，当加工对象物 1 已被薄化至目标厚度 M 时，完成贯通孔 24 的形成。因此，能够抑制因加工对象物 1 的贯通孔 24 的开口侧（表面 3 侧和背面 21 侧）被过度除去而造成贯通孔 24 的开口侧的孔径（开口尺寸）和贯通孔 24 的内径宽度扩大这样的情况，可以在目标厚度 M 的加工对象物 1 精度良好地形成贯通孔 24。

[0070] 即，在本实施方式中，在无掩膜的激光加工中，能够一边进行加工对象物 1 的板厚的调整，一边形成期望的贯通孔 24。具体而言，通过将用来使蚀刻导引至改质区域 72（控制改质区域 72 的蚀刻）的改质区域 71, 73 形成于除去部分 1p，能够在后段的各向异性蚀刻处理上，当被薄化至目标厚度 M 时，完成贯通孔 24 的形成。因此，可以同时精度良好地控制加工对象物 1 的厚度与贯通孔 24 的孔径，例如，通过适宜地形成改质区域 71, 73，能够调整改质区域 72 的贯通所需要的时间，能够设定最终的基板 10x 的厚度。

[0071] 此外，如上述那样，由于改质区域 71, 73 与 Z 方向平行地延伸，因此在形成改质区域 71, 73 时的激光 L 的聚光点的指定和管理变得容易，可以达到激光加工的容易化。

[0072] 图 14（a）是表示形成了改质区域后的加工对象物的一部分的放大截面图，图 14（b）是表示形成了贯通孔后的加工对象物的一部分的放大截面图。如图 14 所示，在将与 Z 方向平行地延伸的改质区域 73 以与改质区域 72_2 相连的方式形成于除去部分 1p 的情况（即，将改质区域 73 以与 Z 方向平行的直线状层积而形成的情况），由各向异性蚀刻处理所形成的贯通孔 24_2 的开口侧的孔径 H 是与改质区域 73 的大小对应的较小者。

[0073] 相对于此，在将朝 Z 方向倾斜的改质区域 73′ 以与改质区域 72_2 相连的方式形成的情况（即，将改质区域 73′ 以相对于 Z 方向倾斜的方式朝 X 方向偏移而层积形成的情况），所形成的贯通孔 24_2′ 的开口侧的孔径 H′ 是比孔径 H 要扩大。因此，在将贯通孔 24 的开口侧的孔径 H 缩小的情况下，形成于除去部分 1p 的改质区域 73（71）优选与 Z 方向平行地延伸。

[0074] 另外，在本实施方式中，如上述那样，由于改质区域 71, 73 不会露出于加工对象物 1 的表面 3 和背面 21，因此能够抑制：当加工对象物 1 达到目标厚度 M 时，改质区域 72 的蚀刻过度进行，造成贯通孔 24 的开口侧的孔径和内径宽度变大的情况。

[0075] 另外，在本实施方式中，如上述那样，改变 Z 方向的聚光点深度位置，反复实施沿着 X 方向的扫描（参照图 9（b）～图 11（b），第 1 工序），改变 Y 方向的聚光点位置反复实施该扫描（第 2 工序），由此，形成多个贯通孔 24。因此，可以抑制聚光点多余的移动而进行迅速加工，能够实现产距时间（加工时间）的短缩化进而实现低成本化。

[0076] 另外，在本实施方式中，如上述那样，在表面 3 视角上，并排于 X 方向的贯通孔 24

以在 Y 方向上彼此不同的方式配置。因此，与在表面 3 视角上将多个贯通孔 24 和贯通电极 10y 配置成格子状的情况相比，能够紧密地配置多个贯通孔 24 和多个贯通电极 10y。另外，可以增加在加工对象物 1 中能够形成的贯通孔 24 的数量和贯通电极 10y 的数量，也可以达到内插器 10 的配线高密度化。

[0077] 此外，本实施方式所涉及的内插器 10，由于具有相对于 Z 方向倾斜的贯通电极 10y，因此在变换配线间距的基础上不需要层积多个基板 10x，可以达到其轻薄化和低成本化。还有，能够将配线简单化、以及配线间距微细化，从而达到设计容易化，且减少配线的电阻。

[0078] 另外，在本实施方式中，由于基板 10x 由硅形成，因此在半导体装置 11 由硅形成的情况下，能够抑制受到热膨胀差的影响而造成配线断线的情况，并且可以提高排热性。

[0079] 再者，在本实施方式中，在形成贯通孔 24 之际，由于能够将改质区域 7 和该改质区域 7 所含有的龟裂通过各向异性蚀刻处理而从加工后的加工对象物 1 加以除去，因此能够提升其强度和品质。另外，由于在进行加工时不会产生切削粉尘，因此能够实现注意环境的加工方法。

[0080] 以上，说明了本发明优选的实施方式，但本发明不限于上述实施方式，在不超出各权利要求所记载的主旨的范围内可以进行变形，或者也可以适用他者。

[0081] 例如，形成改质区域 7 时的激光入射面，不限于加工对象物 1 的表面 3，也可以为加工对象物 1 的背面 21。另外，在上述实施方式中，作为将蚀刻朝改质区域 72 导引者，将与改质区域 72 的背面 21 侧相连的改质区域 71 和与表面 3 侧相连的改质区域 73 形成于除去部分 1p，但也有形成这些中的至少一方的情况。另外，在上述实施方式中，形成了构成内插器 10 的贯通电极 10y 的贯通孔 24，但本发明的适用范围不限于此，例如也有形成作为空间、网眼、流路等的贯通孔的情况。

[0082] 另外，上述实施方式的扫描方向或扫描顺序没有特别限定，也可以例如改变 Y 方向的聚光点位置，反复实施沿着 X 方向的扫描，改变 Z 方向的聚光点深度位置反复实施该扫描，由此形成多个贯通孔 24。此外，还可以例如一边沿着 1 个贯通孔 24 使聚光点移动，一边照射激光 L 来形成改质区域 7，将该动作反复实施相当于贯通孔 24 的数量的次数，来形成多个贯通孔 24。

[0083] 另外，在上述实施方式的激光 L 的 ON•OFF 照射，除了控制激光 L 的射出的 ON•OFF 以外，可以开闭设置于激光 L 的光路上的快门，或将加工对象物 1 的表面 3 予以遮蔽等来实施。此外，还可以在形成改质区域 7 的阈值（加工阈值）以上的强度与不到加工阈值的强度之间，控制激光 L 的强度。另外，上述“平行”包含大致平行、有意平行的情况。

[0084] 再者，在上述实施方式中，通过调整蚀刻剂（例如，添加醇类、界面活性剂等的添加物），能够使特定的结晶方位的蚀刻速率，形成具有期望的矩形形状的截面形状（内壁形状）的贯通孔。例如，通过对蚀刻剂添加 IPA（异丙醇）而进行各向异性蚀刻处理，如图 15（a）所示，可以将贯通孔 24 的截面形状作成为长方形形状。另外，例如，通过对蚀刻剂添加界面活性剂而进行各向异性蚀刻处理，如图 15（b）所示，可以将贯通孔 24 的截面形状作成为正方形形状。

[0085] 产业上的可利用性

[0086] 根据本发明的激光加工方法，可以精度良好地形成贯通孔并且达到加工容易化。

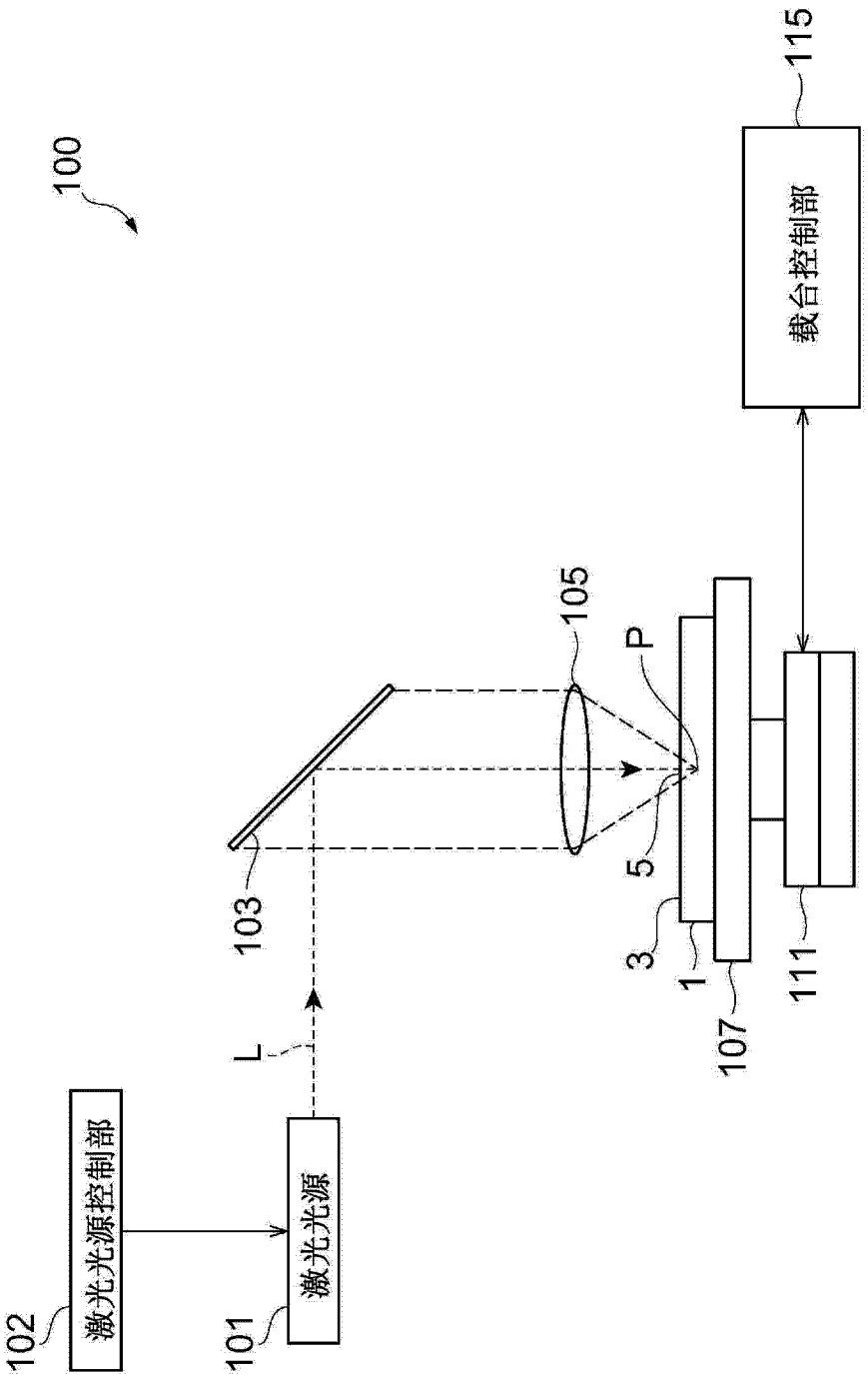


图 1

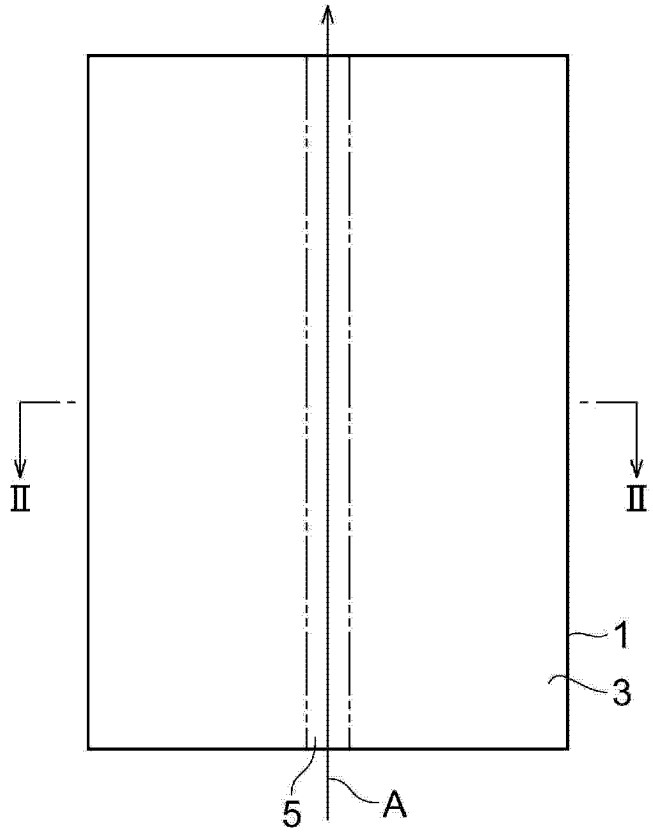


图 2

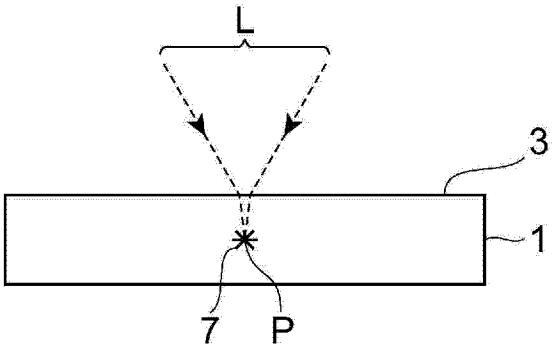


图 3

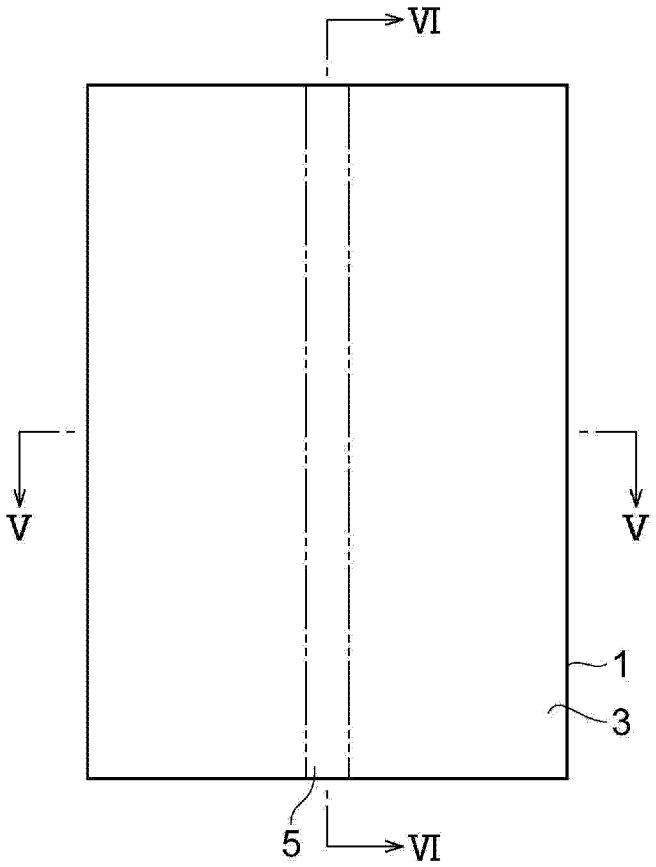


图 4

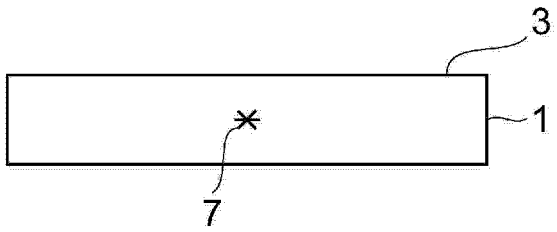


图 5

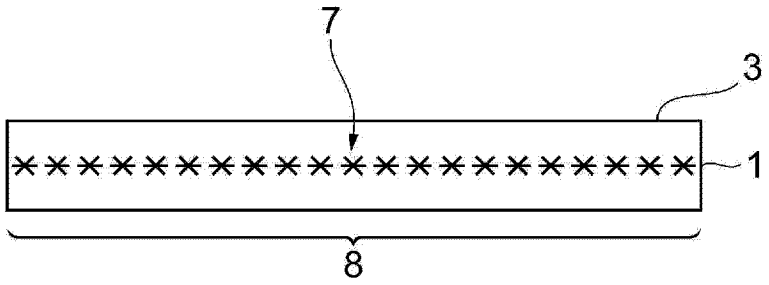


图 6

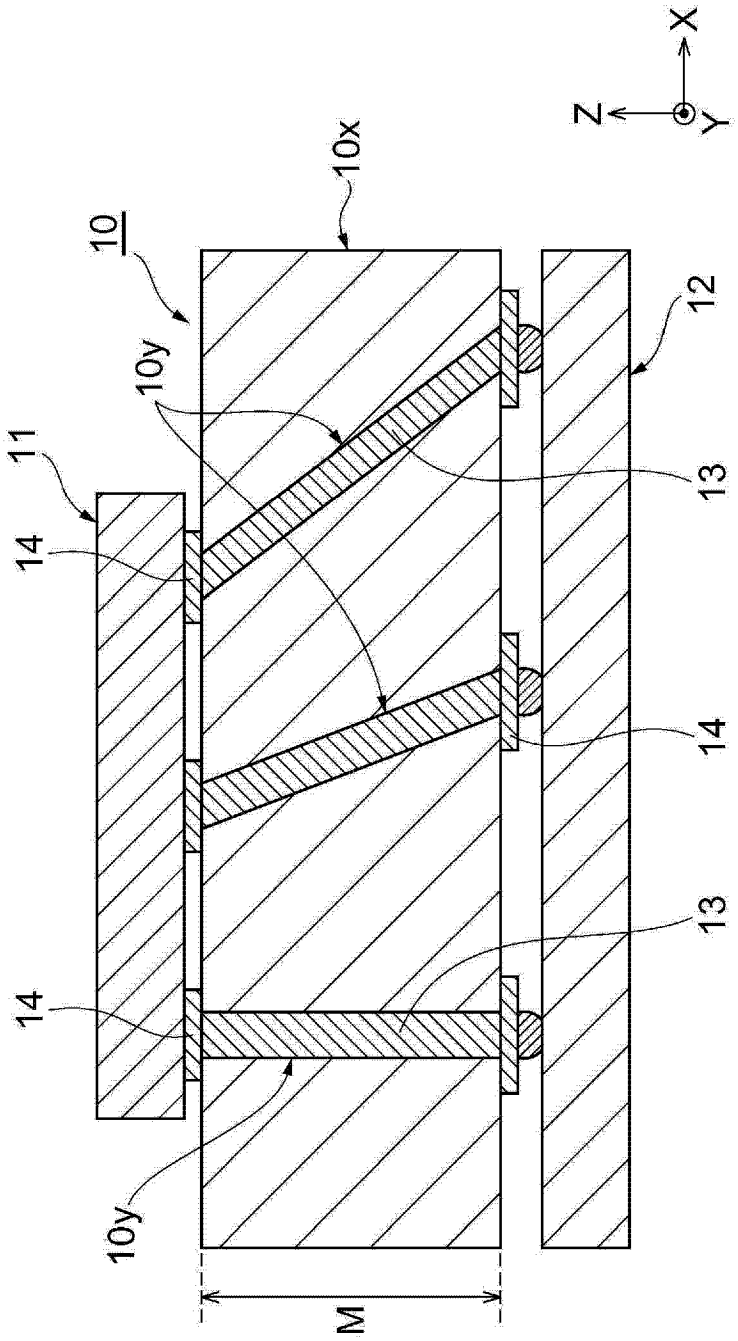


图 7

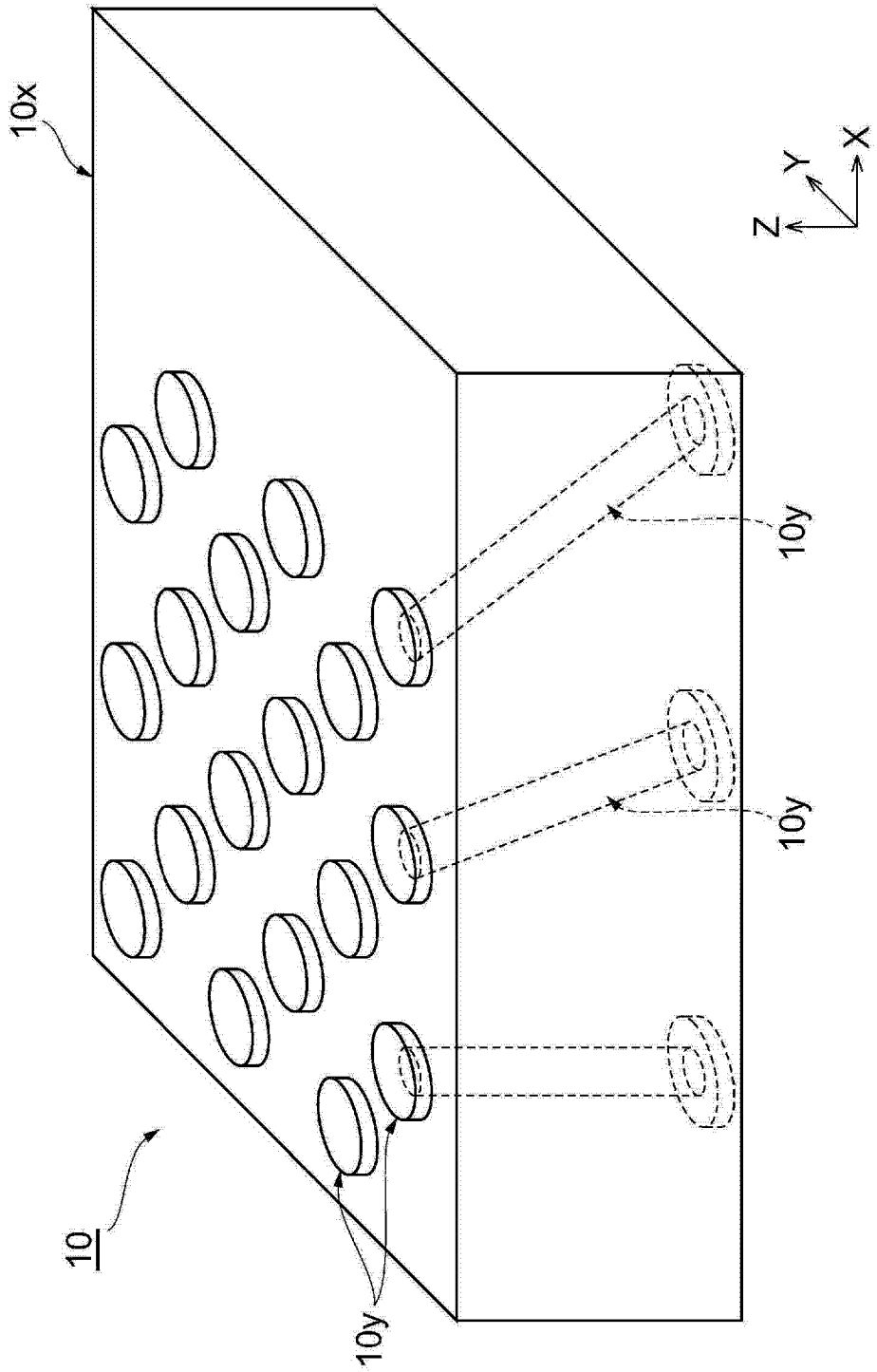


图 8

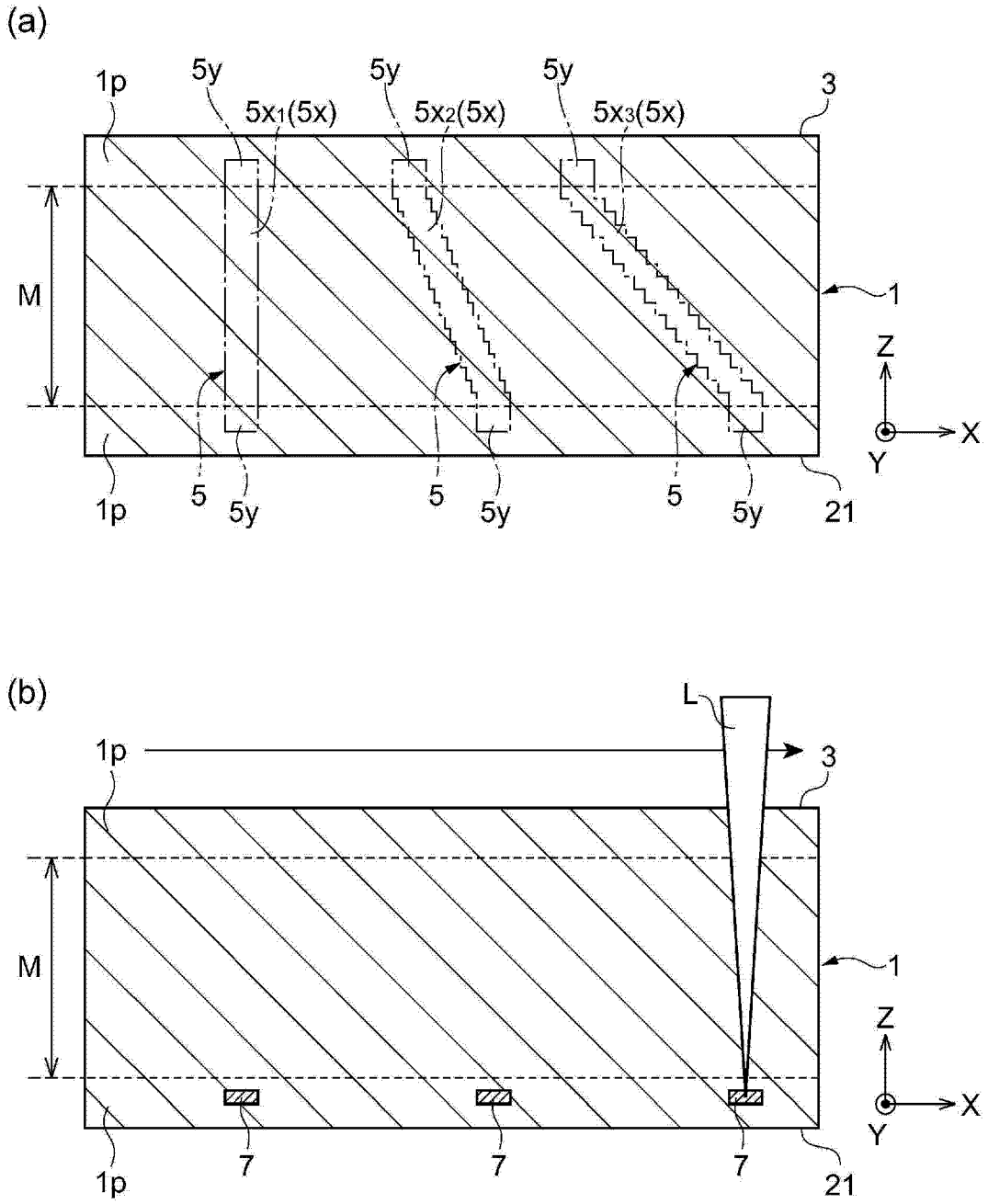

(a)
1p
5y
5y
5y
3
5x1(5x)
5x2(5x)
5x3(5x)
M
1
Z
X
Y
1p
5
5y
5
5y
5
5y
21
(b)
L
1p
3
M
1
Z
X
Y
7
7
7
1p
21

图 9

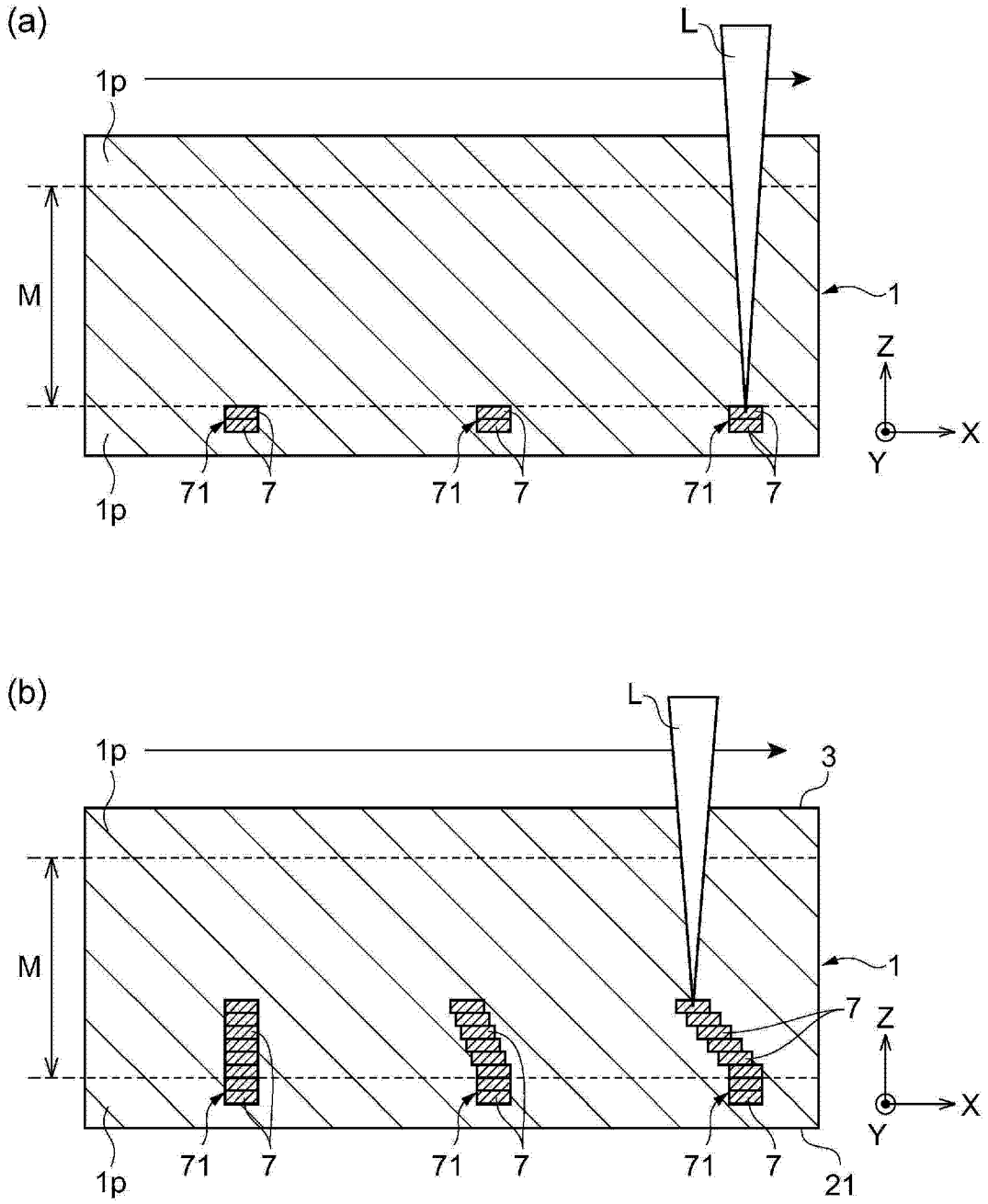


图 10

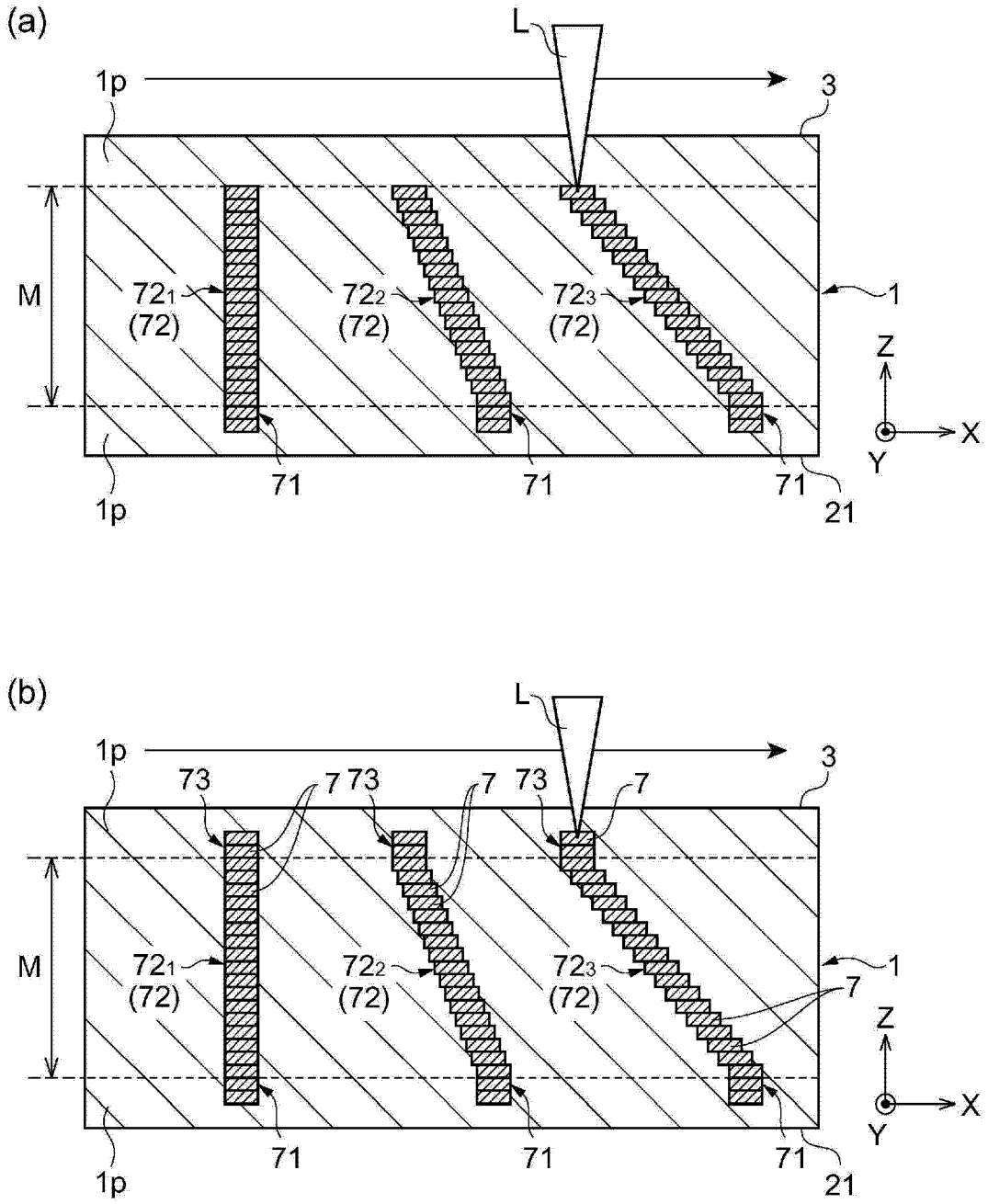

(a)
L
1p
3
M
72₁
(72)
72₂
(72)
72₃
(72)
1
Z
X
Y
71
71
71
1p
21
(b)
L
1p
3
73
7
73
7
73
7
M
72₁
(72)
72₂
(72)
72₃
(72)
1
7
Z
X
Y
71
71
71
1p
21

图 11

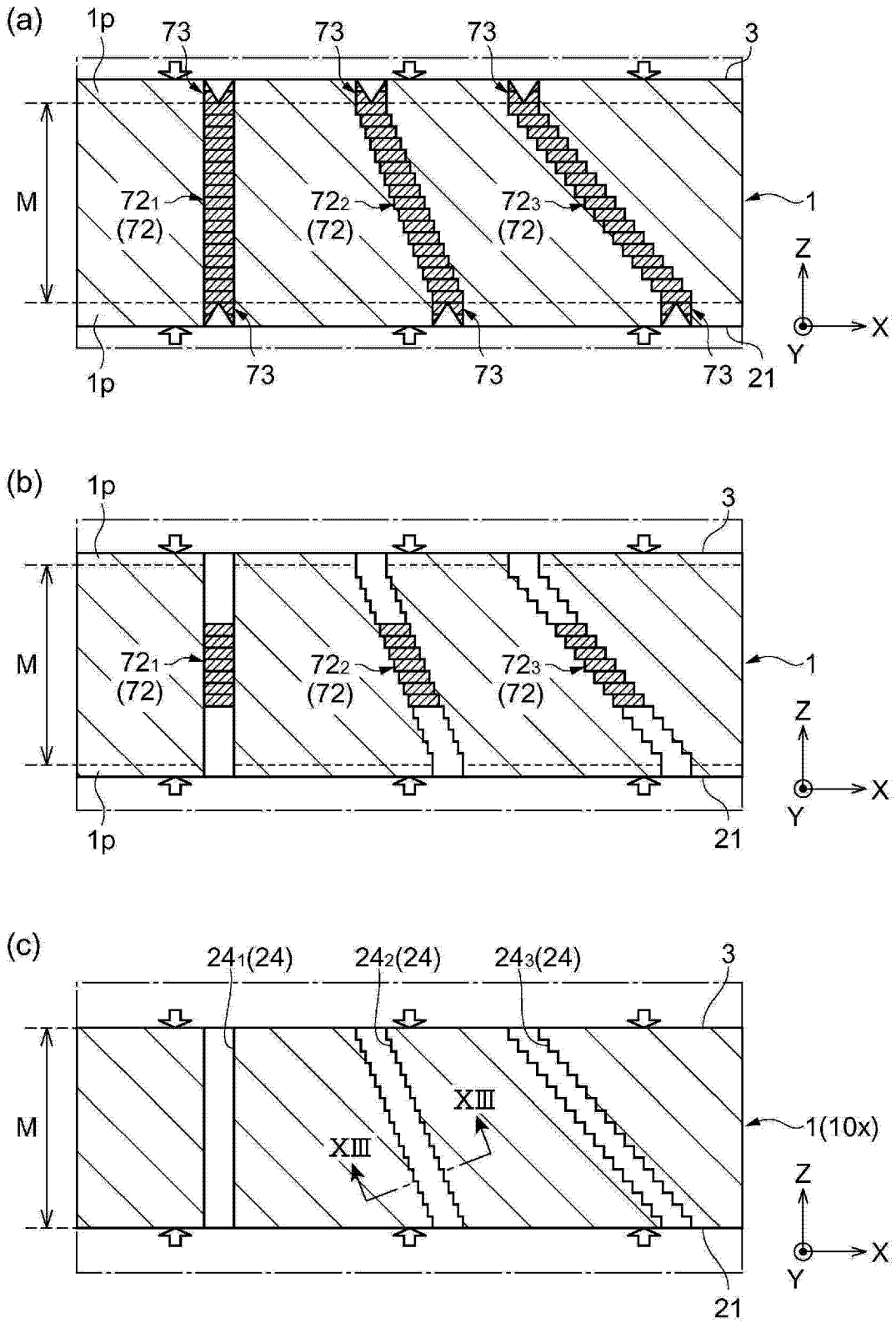

(a)
1p
73
73
73
3
M
72₁
(72)
72₂
(72)
72₃
(72)
1
Z
X
Y
1p
73
73
73
21
(b)
1p
3
M
72₁
(72)
72₂
(72)
72₃
(72)
1
Z
X
Y
1p
21
(c)
24₁(24)
24₂(24)
24₃(24)
3
M
XIII
XIII
1(10x)
Z
X
Y
21

图 12

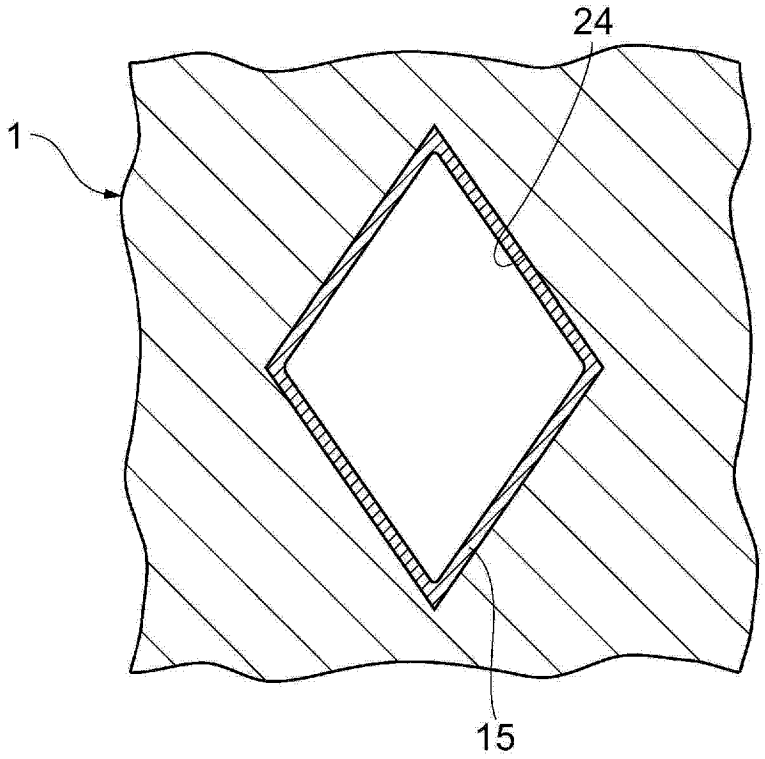


图 13

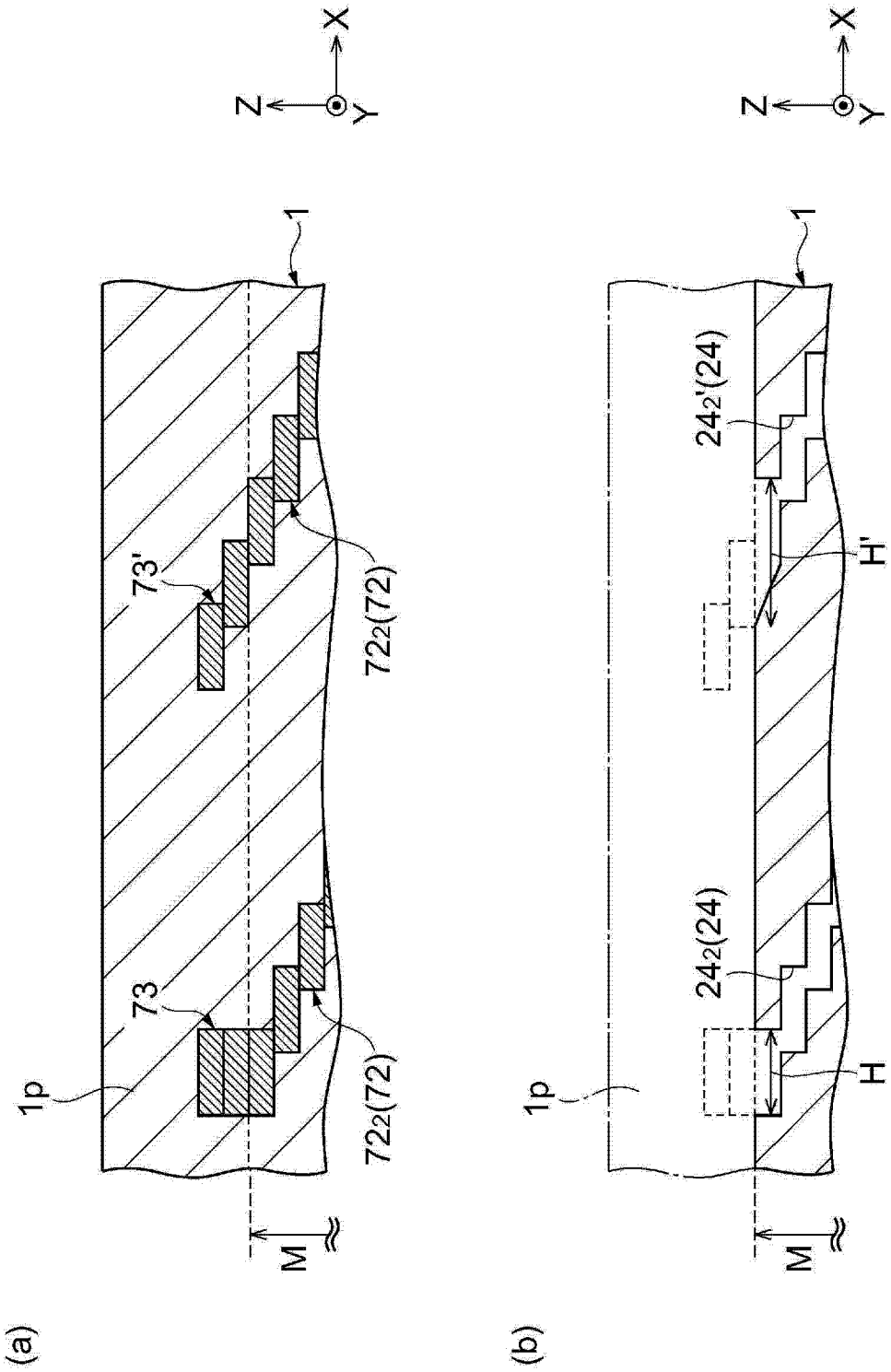


图 14

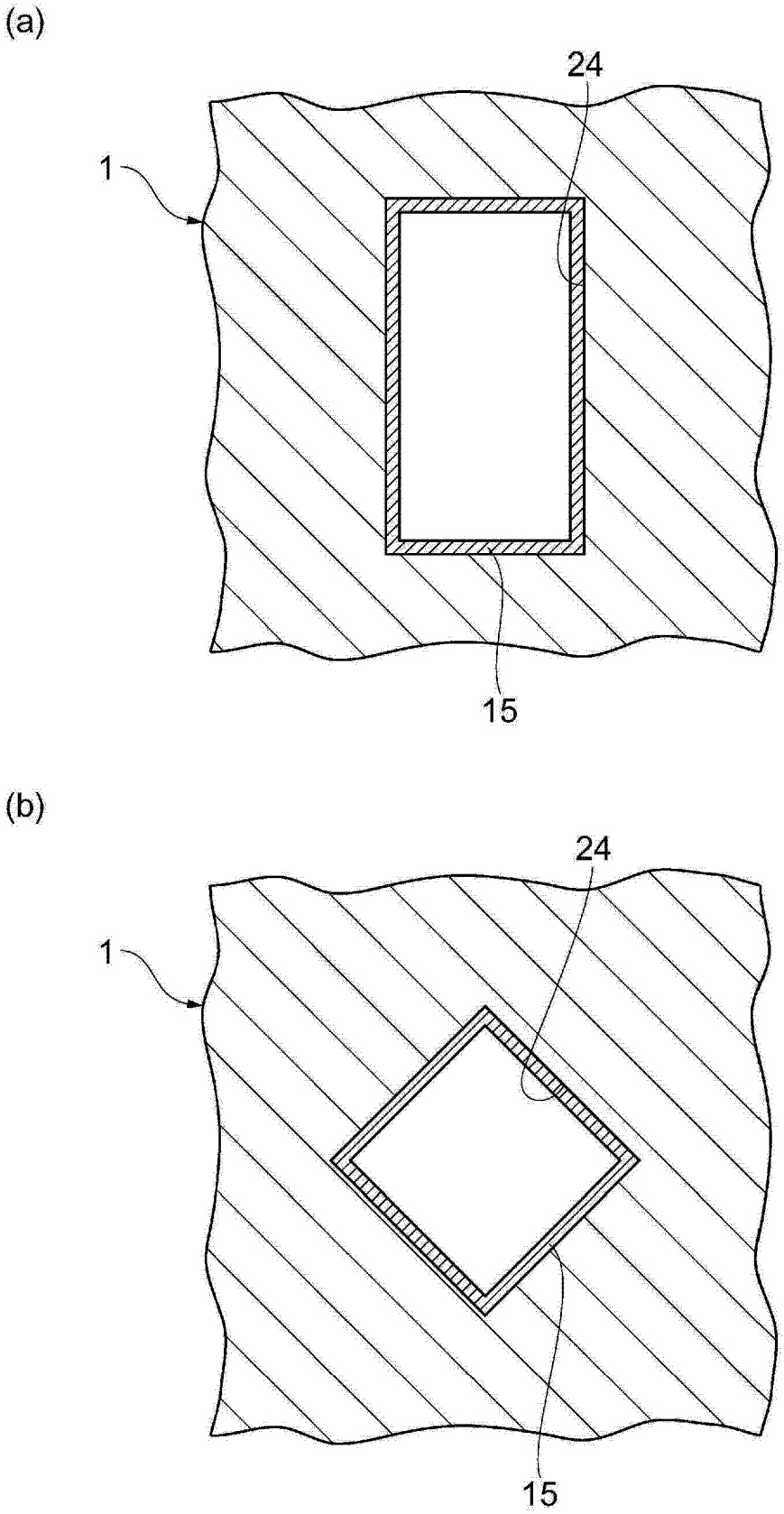


图 15