



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101434010 B

(45) 授权公告日 2011.04.13

(21) 申请号 200810185780.6

(22) 申请日 2005.07.27

(30) 优先权数据

2004-231555 2004.08.06 JP

(62) 分案原申请数据

200580026680.3 2005.07.27

(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 久野耕司 铃木达也 坂本刚志

(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 龙淳

(51) Int. Cl.

B23K 26/40 (2006.01)

B28D 1/22 (2006.01)

C03B 33/02 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 0222301 A1, 2002.03.21, 全文.

JP 2004-106009 A, 2004.04.08, 全文.

JP 59-21285 A, 1984.12.01, 全文.

CN 1473087 A, 2004.02.04, 参见说明书第 36 页第 2 行至第 43 页第 1 段, 第 66 页第 1 段倒数第 1-5 行, 附图 1-6.

审查员 郝桂亮

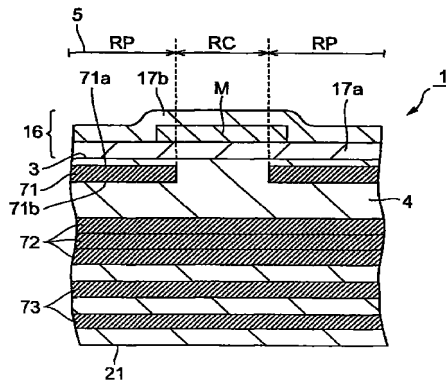
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 18 页

(54) 发明名称

激光加工方法及半导体装置

(57) 摘要

本发明提供一种可以在加工对象物的内部沿着切断预定线的所希望的部分确实地形成改质区域的激光加工方法。在该激光加工方法中, 将聚光点 (P) 对准于基板 (4) 的内部照射激光 (L), 从而在基板 (4) 的内部沿切断预定线 (5) 形成成为切断起点的质量改质区域 (71)。此时, 沿切断预定线 (5) 的所希望的部分 (RP) 使激光 (L) 进行脉冲振荡, 并沿切断预定线 (5) 的规定部分 (RC) 使激光 (L) 进行连续振荡。由此, 在沿着切断预定线 (5) 的所希望部分 (RP) 的基板 (4) 的内部形成质量改质区域 (71), 并且在沿着切断预定线 (5) 的规定部分 RC 的基板 (4) 的内部不形成质量改质区域 (71)。



1. 一种激光加工方法，其特征在于，

通过对加工对象物照射激光，该加工对象物具有基板和形成在所述基板的表面并包含金属膜以及绝缘膜的层叠部，沿所述加工对象物的切断预定线在所述基板的内部形成成为切断起点的改质区域，以所述改质区域为切断的起点沿所述切断预定线切断所述加工对象物，

在所述切断预定线横跨所述金属膜的情况下，当形成质量改质区域作为所述改质区域时，所述质量改质区域是最靠近所述层叠部的改质区域，在对应于所述金属膜以外的部分的所述切断预定线的所希望部分 (RP) 形成质量改质区域，在对应于所述金属膜的所述切断预定线的规定部分 (RC) 不形成所述质量改质区域。

2. 如权利要求 1 所述的激光加工方法，其特征在于，

沿所述切断预定线以在所述加工对象物的厚度方向上排列的方式形成多列所述改质区域的情况下，

所述质量改质区域是多列所述改质区域中最靠近所述层叠部的所述改质区域，

在多列所述改质区域中，形成比所述质量改质区域远离所述层叠部的截断改质区域或半切改质区域时，在所述所希望部分 (RP) 以及所述规定部分 (RC) 形成所述截断改质区域或半切改质区域。

3. 如权利要求 2 所述的激光加工方法，其特征在于，

在形成所述质量改质区域时，在所述所希望部分 (RP) 以形成所述质量改质区域的方式将所述激光的能量设定为加工临界值以上，在所述规定部分 (RC) 以不形成所述质量改质区域的方式将所述激光的能量设定为小于所述加工临界值，

在形成所述截断改质区域或半切改质区域时，在所述所希望部分 (RP) 以及所述规定部分 (RC) 以形成所述截断改质区域或半切改质区域的方式将所述激光的能量设定为加工临界值以上。

4. 如权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的激光加工方法，其特征在于，

在形成所述改质区域之后，通过对所述加工对象物施加应力，以所述改质区域为切断的起点，沿所述切断预定线切断所述加工对象物。

激光加工方法及半导体装置

[0001] 本申请是 2005 年 7 月 27 日递交的发明名称为“激光加工方法及半导体装置”的申请 200580026680.3 的分案申请

技术领域

[0002] 本发明涉及为了切断加工对象物而使用的激光加工方法、以及使用此方法所制造的半导体装置。

背景技术

[0003] 已知一种激光加工方法：在通过激光的照射来切断加工对象物时，以切换连续振荡与脉冲振荡的方式，将激光照射在加工对象物上（例如参照专利文献 1）。在改激光加工方法中，在切断预定线的直线部分使激光进行连续振荡，另一方面，在切断预定线的曲线部分或角部分使激光进行脉冲振荡。

[0004] 专利文献 1：日本特开昭 59-212185 号公报

发明内容

[0005] 已知的一种激光加工方法是，通过将聚光点对准于板状加工对象物的内部照射激光，从而沿着加工对象物的切断预定线，在加工对象物的内部形成作为切断起点的改质区域。在该激光加工方法中，为了沿着切断预定线以高精度切断加工对象物，希望在加工对象物的内部沿着切断预定线的所希望部分确实地形成改质区域。

[0006] 因此，本发明是有鉴于上述的事情而完成的，其目的在于提供一种可以在加工对象物的内部沿着切断预定线的所希望部分确实地形成改质区域的激光加工方法，以及使用该方法来制造的半导体装置。

[0007] 为了解决上述的问题，本发明的激光加工方法的特征在于，通过将聚光点对准于板状加工对象物的内部照射激光，在加工对象物的内部沿加工对象物的切断预定线形成成为切断起点的改质区域，在照射激光时，有选择性地切换连续振荡和脉冲振荡。

[0008] 在使激光进行脉冲振荡时，相比于使激光进行连续振荡的情况，可以在加工对象物的内部更确实地形成改质区域。因此，通过沿着切断预定线的所希望部分使激光进行脉冲振荡、并且沿着该所希望部分以外的部分使激光进行连续振荡，从而可以在加工对象物的内部沿着所希望的部分确实地形成改质区域。特别是在使用 Q 开关激光的情况下，通过 RF 输出的控制来对 Q 开关进行 ON 控制，以此来切换脉冲振荡与连续振荡，因此激发用 LD 光对固体激光结晶的施加状态基本上不改变。因此，由于可以迅速地进行脉冲振荡与连续振荡的切换动作，在可以以稳定的激光来进行加工的同时，还可以提高加工速度。另外，按照激光振荡器种类的不同，在连续振荡时，有时呈现连续振荡输出与脉冲振荡输出混合的状态，但是，由于脉冲波输出的平均输出已降低，故能量不会超过加工临界值，在加工对象物的内部不会在所希望的部分以外形成改质区域。在此情况下，同样地能迅速地进行脉冲振荡与连续振荡的切换动作的同时，脉冲振荡转移时的热

稳定性也得到了进一步的提高。因此，可以以更稳定的激光进行加工，并且能提高加工速度。本申请的连续振荡也包括这种情况。

[0009] 另外，加工对象物优选是表面上形成有层叠部的基板，改质区域优选形成在基板的内部。在此情况下，通过沿着切断预定线的所希望的部分使激光进行脉冲振荡，并且沿着该所希望的部分以外的部分使激光进行连续振荡，由此，可以在基板的内部沿着所希望的部分确实地形成改质区域。

[0010] 另外，改质区域优选形成在与表面、与表面侧端部的距离为 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 的位置处。另外，改质区域优选形成在与表面以及与背面侧端部的距离为 $[5+(\text{基板的厚度})\times 0.1]\mu\text{m} \sim [20+(\text{基板的厚度})\times 0.1]\mu\text{m}$ 的位置。在此，所谓「距离」只要无特别限定，均指沿着基板的厚度方向的距离。

[0011] 在上述的情况下，例如，如果将扩张带等能扩张的薄膜贴在基板的背面上并加以扩张，就会沿切断预定线使基板及层叠部被切断。此时，如果在上述位置形成有改质区域，则能进行层叠部的高精度切断。

[0012] 另外，在层叠部沿着切断预定线的规定部分包含金属膜或绝缘膜的情况下，优选在该规定的部分使激光进行连续振荡。此时，相比于沿着该规定的部分使激光进行脉冲振荡的情况，可以进一步减少对层叠部造成的损伤。因此，在切断基板及层叠部时，可以提高切断预定线的规定部分上的层叠部的切断精度。

[0013] 另外，在切断预定线交叉的部分，优选使激光进行脉冲振荡。如此一来，在加工对象物的内部沿着切断预定线交叉的部分确实地形成改质区域。因此，可以提高切断预定线交叉的部分上的加工对象物的切断精度。

[0014] 另外，在形成改质区域之后，优选沿着切断预定线来切断加工对象物。如此一来，可以以高精度地沿着切断预定线切断加工对象物。

[0015] 另外，本发明的半导体装置的特征在于，它是使用上述的激光加工方法而制造的。该半导体装置具有被高精度地切断而成的切断面。

[0016] 根据本发明可以在加工对象物的内部沿着切断预定线的所希望的部分确实地形成改质区域。

附图说明

[0017] 图 1 是利用本实施方式相关的激光加工方法的激光加工中的加工对象物的平面图。

[0018] 图 2 是图 1 所示加工对象物的沿着 II-II 线的剖面图。

[0019] 图 3 是利用本实施方式相关的激光加工方法的激光加工后的加工对象物的平面图。

[0020] 图 4 是图 3 所示加工对象物的沿着 IV-IV 线的剖面图。

[0021] 图 5 是图 3 所示加工对象物的沿着 V-V 线的剖面图。

[0022] 图 6 是利用本实施方式相关的激光加工方法来切断的加工对象物的平面图。

[0023] 图 7 是表示本实施方式相关的激光加工方法中的电场强度与裂缝处大小的关系的曲线图。

[0024] 图 8 是本实施方式相关的激光加工方法的第 1 工序中的加工对象物的剖面图。

- [0025] 图 9 是本实施方式相关的激光加工方法的第 2 工序中的加工对象物的剖面图。
- [0026] 图 10 是本实施方式相关的激光加工方法的第 3 工序中的加工对象物的剖面图。
- [0027] 图 11 是本实施方式相关的激光加工方法的第 4 工序中的加工对象物的剖面图。
- [0028] 图 12 是表示利用本实施方式相关的激光加工方法来切断的硅晶片的一部分截面的照片的图。
- [0029] 图 13 是表示本实施方式相关的激光加工方法中的激光的波长与硅基板内部的透过率的关系的曲线图。
- [0030] 图 14 是本实施方式激光加工方法中的加工对象物的平面图。
- [0031] 图 15 是图 14 所示加工对象物的沿着 XV-XV 线的部分剖面图。
- [0032] 图 16 是用来说明本实施方式的激光加工方法的图，(a) 是加工对象物贴有保护带的状态，(b) 是正在对加工对象物照射激光的状态。
- [0033] 图 17 是用来说明本实施方式的激光加工方法的图，(a) 是加工对象物贴有扩张带的状态，(b) 是正在对保护带照射紫外线的状态。
- [0034] 图 18 是用来说明本实施方式的激光加工方法的图，(a) 是自加工对象物剥下保护带之后的状态，(b) 是使扩张带扩张后的状态。
- [0035] 图 19 是表示利用本实施方式的激光加工方法而形成有改质区域的加工对象物的一部分的平面图。
- [0036] 图 20 是图 19 所示加工对象物的沿着 XX-XX 线的部分剖面图。
- [0037] 图 21 是本实施方式激光加工方法的一实施例中的加工对象物的平面图，(a) 是在加工对象物的内部形成改质区域之后的状态，(b) 是切断加工对象物之后的状态。
- [0038] 图 22 是表示利用本实施方式的激光加工方法的一实施例来切断的加工对象物的切断面的照片的图。
- [0039] 图 23 是激光加工方法的一例加工对象物的平面图，(a) 是在加工对象物的内部形成改质区域之后的状态，(b) 是切断加工对象物之后的状态。
- [0040] 图 24 是表示激光加工方法的一例中的加工对象物的切断面的照片的图。
- [0041] 符号说明
- [0042] 1 加工对象物 25 半导体芯片（半导体装置）
- [0043] 3 表面 71 质量改质区域
- [0044] 4 基板 71a 表面侧端部
- [0045] 4a 切断面（侧面） 71b 背面侧端部
- [0046] 5 切断预定线 CP 切断预定线交叉的部分
- [0047] 7 改质区域 L 激光
- [0048] 8 切断起点区域 M 金属膜
- [0049] 13 熔融处理区域 P 聚光点
- [0050] 16 层叠部 RC 切断预定线的规定部分

具体实施方式

[0051] 以下参照附图详细说明本发明合适的实施方式。本实施方式的激光加工方法中，为了在加工对象物的内部形成改质区域而利用被称为多光子吸收的现象。因此，首

先说明用来以多光子吸收来形成改质区域的激光加工方法。

[0052] 若光子的能量 $h\nu$ 比材料吸收的能带间隙 E_G 更小, 则光学上呈透明。因此, 材料产生吸收的条件为 $h\nu > E_G$ 。然而, 即便光学上呈透明, 若使激光的强度变得非常大, 则材料在 $nh\nu > E_G$ 的条件 ($n = 2, 3, 4, \dots$) 下产生吸收。此现象被称为多光子吸收。在脉冲波的情况下, 激光的强度取决于激光聚光点的峰值功率密度 (W/cm^2), 例如, 多光子吸收在峰值功率密度为 $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上的条件下产生。峰值功率密度由 (聚光点中激光的每 1 个脉冲的能量) \div (激光的光束点的截面积 \times 脉冲宽度) 来求得。另外, 在连续波的情况下, 激光的强度取决于激光的聚光点的电场强度 (W/cm^2)。

[0053] 对于利用这样的多光子吸收的本实施方式相关的激光加工方法的原理, 参照图 1~图 6 说明。如图 1 所示, 在晶片状 (板状) 加工对象物 1 的表面 3 有用于切断加工对象物 1 的切断预定线 5。切断预定线 5 是以直线状延伸的假想线。在本实施方式相关的激光加工方法中, 如图 2 所示, 在多光子吸收产生的条件下, 将聚光点 P 对准于加工对象物 1 的内部照射激光 L, 从而形成改质区域 7。另外, 聚光点 P 是指激光 L 聚光的位置处。另外, 切断预定线 5 不限于直线状也可以是曲线状, 并且不限于假想线也可以是实际画在加工对象物 1 上的线。

[0054] 另外, 通过使激光 L 沿着切断预定线 5 (即, 往图 1 的箭头 A 方向) 相对地移动, 使聚光点 P 沿着切断预定线 5 移动。如此一来, 如图 3~图 5 所示, 改质区域 7 沿着切断预定线 5 形成在加工对象物 1 的内部, 该改质区域 7 成为切断起点区域 8。在此, 切断起点区域 8 是指加工对象物 1 被切断时作为切断 (切割) 起点的区域。该切断起点区域 8, 可以通过使改质区域 7 连续状地形成来形成, 或者, 使改质区域 7 间断地形成来形成。

[0055] 本实施方式的激光加工方法并不是加工对象物 1 吸收激光 L, 从而使加工对象物 1 发热而形成改质区域 7 的方法。而是使激光 L 透过加工对象物 1, 在加工对象物 1 的内部产生多光子吸收以形成改质区域 7。因此, 由于在加工对象物 1 的表面 3 上激光 L 几乎不会被吸收, 因此, 加工对象物 1 的表面 3 不会熔融。

[0056] 如果在加工对象物 1 的内部形成切断起点区域 8, 则容易以该切断起点区域 8 作为起点发生裂开, 故如图 6 所示, 能以较小的力量切断加工对象物 1。因此, 在加工对象物 1 的表面 3 不发生大幅偏离切断预定线 5 的不必要的裂开的情况下, 可以以高精度地切断加工对象物 1。

[0057] 以该切断起点区域 8 作为起点的加工对象物 1 的切断有以下 2 种情况。1 种情况是, 在形成切断起点区域 8 之后, 通过对加工对象物 1 施加人为的力量, 使加工对象物 1 以切断起点区域 8 作为起点裂开, 从而将加工对象物 1 切断的情况。这是对于例如加工对象物 1 的厚度大时所采用的切断方法。所谓施加人为的力量是指, 例如, 对加工对象物 1 沿着加工对象物 1 的切断起点区域 8 施加弯曲应力或剪切应力, 或者, 对加工对象物 1 赋予温度差由此产生热应力的情况。另一种情况是, 通过形成切断起点区域 8, 以切断起点区域 8 为起点往加工对象物 1 的截面方向 (厚度方向) 自然地裂开, 其结果使加工对象物 1 切断的情况。其在例如加工对象物 1 的厚度小的情况下, 可以由 1 列改质区域 7 来形成切断起点区域 8, 在加工对象物 1 的厚度大的情况下, 可以由厚度方向上形成的多列改质区域 7 来形成切断起点区域 8。另外, 在此自然裂开的情况下, 同样地, 在切断之处, 裂

开不会进行至与未形成有切断起点区域 8 的部位对应的部分的表面 3 上，可以仅仅割断与形成有切断起点区域 8 的部位对应的部分，因此能够良好地控制割断。近年来，硅晶片等加工对象物 1 的厚度有变薄的趋势，因此这种控制性良好的割断方法是非常有效的。

[0058] 另外，在本实施方式相关的激光加工方法中，由多光子吸收来形成的改质区域有以下 (1) ~ (3) 的情况。

[0059] (1) 改质区域包含 1 个或多个裂缝的裂缝区域的情况

[0060] 将聚光点对准于加工对象物（例如由玻璃或 LiTaO_3 所构成的压电材料）的内部，以聚光点的电场强度为 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上、且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件照射激光。该脉冲宽度的大小是，产生多光子吸收、并在加工对象物的表面不产生额外的损伤，可以仅仅在加工对象物的内部形成裂缝区域的条件。如此一来，在加工对象物的内部发生由多光子吸收所引起的被称作光学性损伤的现象。该光学性损伤使加工对象物的内部产生热应变，由此在加工对象物的内部形成裂缝区域。电场强度的上限值为，例如 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脉冲宽度优选为，例如 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 。另外，关于由多光子吸收所引起的裂缝区域的形成，例如记载于第 45 届激光热加工研究会论文集（1998 年 12 月）的第 23 页 ~ 第 28 页的“以固体激光高次谐波来进行的玻璃基板内部标记”。

[0061] 本发明者通过实验获得了电场强度与裂缝大小的关系。实验条件如下所述。

[0062] (A) 加工对象物：PYREX(注册商标)玻璃(厚度 $700 \mu\text{m}$)

[0063] (B) 激光

[0064] 光源：半导体激光激发 Nd:YAG 激光

[0065] 波长：1064nm

[0066] 激光点截面积： $3.14 \times 10^{-8} \text{cm}^2$

[0067] 振荡形态：Q 开关脉冲

[0068] 重复频率：100kHz

[0069] 脉冲宽度：30ns

[0070] 输出：输出 $< 1\text{mJ}/$ 脉冲

[0071] 激光质量： TEM_{00}

[0072] 偏光特性：直线偏振光

[0073] (C) 聚光用透镜

[0074] 相对激光波长的透过率：60%

[0075] (D) 用来装载加工对象物的装载台的移动速度：100mm/秒

[0076] 另外，所谓激光质量为 TEM_{00} ，是指聚光性高、可以聚光至激光的波长程度的意思。

[0077] 图 7 是表示上述实验结果的曲线图。横轴为峰值功率密度，由于激光为脉冲激光，故电场强度以峰值功率密度来表示。纵轴表示由 1 个脉冲的激光而形成在加工对象物内部的裂缝部分（裂缝处）的大小。裂缝处集合成为裂缝区域。裂缝处的大小，是裂缝处的形状中呈最大长度的部分的大小。曲线图中以黑圆点表示的数据，是聚光用透镜 (C) 的倍率为 100 倍、数值孔径 (NA) 为 0.80 的情况。另一方面，曲线图中以白圆点表示的数据，是聚光用透镜 (C) 的倍率为 50 倍、数值孔径 (NA) 为 0.55 的情况。由此得知：加工对象物的内部自峰值功率密度为约 $10^{11} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 起产生裂缝处，峰值功率密度

越大，裂缝处也就越大。

[0078] 其次，就利用裂缝区域形成来进行加工对象物的切断的机制，参照图 8～图 11 来进行说明。如图 8 所示，在多光子吸收发生的条件下，将聚光点 P 对准于加工对象物 1 的内部来照射激光 L，从而在内部沿着切断预定线形成裂缝区域 9。裂缝区域 9 是包含 1 个或多个裂缝的区域。如此形成的裂缝区域 9 成为切断起点区域。如图 9 所示，裂缝以裂缝区域 9 作为起点（即，以切断起点区域作为起点）进一步成长，如图 10 所示，裂缝到达加工对象物 1 的表面 3 及背面 21，如图 11 所示，加工对象物 1 裂开，从而使加工对象物 1 被切断。到达于加工对象物 1 的表面 3 及背面 21 的裂缝，有自然成长的情况，也有对加工对象物 1 施加力量而成长的情况。

[0079] (2) 改质区域为熔融处理区域的情况

[0080] 将聚光点对准于加工对象物（例如，硅那样的半导体材料）的内部，以聚光点的电场强度为 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上、且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件来照射激光。如此一来，加工对象物的内部由于多光子吸收而被局部加热。由于该加热在加工对象物的内部形成熔融处理区域。所谓熔融处理区域，是熔融后再固化了的区域、正好处于熔融状态的区域、或处于自熔融状态开始进行再固化的状态的区域，也可以称作相变化的区域或结晶结构改变的区域。另外，所谓熔融处理区域，在单结晶结构、非晶质结构、多结晶结构中，也可以是某一结构改变为另外的结构的区域。即，例如，意味着自单结晶结构改变为非晶质结构的区域、自单结晶结构改变为多结晶结构的区域、自单结晶结构改变为包含非晶质结构及多结晶结构的结构的区域。在加工对象物为硅单结晶结构的情况下，熔融处理区域例如为非晶质硅结构。电场强度的上限值为，例如 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脉冲宽度优选为，例如 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 。

[0081] 本发明者通过实验确认了在硅晶片的内部形成熔融处理区域的情况。实验条件如下所述。

[0082] (A) 加工对象物：硅晶片（厚度 $350 \mu\text{m}$ 、外径 4 英吋）

[0083] (B) 激光

[0084] 光源：半导体激光激发 Nd:YAG 激光

[0085] 波长：1064nm

[0086] 激光点截面积： $3.14 \times 10^{-8} \text{cm}^2$

[0087] 振荡型态：Q 开关脉冲

[0088] 重复频率：100kHz

[0089] 脉冲宽度：30ns

[0090] 输出： $20 \mu\text{J}$ /脉冲

[0091] 激光质量： TEM_{00}

[0092] 偏光特性：直线偏振光

[0093] (C) 聚光用透镜

[0094] 倍率：50 倍

[0095] N.A.：0.55

[0096] 相对激光波长的透过率：60%

[0097] (D) 用来装载加工对象物的装载台的移动速度：100mm/秒

[0098] 图 12 是表示在上述条件下通过激光加工而被切断的硅晶片的一部分的截面照片的图。在硅晶片 11 的内部形成有熔融处理区域 13。另外，以上述条件形成的熔融处理区域 13 的厚度方向上的大小约为 $100\ \mu\text{m}$ 。

[0099] 说明熔融处理区域 13 通过多光子吸收而形成的情况。图 13 是表示激光的波长与硅基板内部的透过率的关系的曲线图。其去除了硅基板的表面侧及背面侧各自的反射成分，仅表示内部的透过率。分别对硅基板的厚度 t 为 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ 的各种情况表示上述的关系。

[0100] 例如，在 Nd:YAG 激光的波长为 1064nm 、硅基板的厚度为 $500\ \mu\text{m}$ 以下的情况下，可知在硅基板的内部激光透过 80% 以上。由于图 12 所示的硅晶片 11 的厚度为 $350\ \mu\text{m}$ ，故由多光子吸收所产生的熔融处理区域 13 形成在硅晶片 11 的中心附近，即，自表面算起 $175\ \mu\text{m}$ 的部分处。此时的透过率若以厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 的硅晶片作为参考，则为 90% 以上，因此，激光几乎全部透过，仅有很少一部分在硅晶片 11 的内部被吸收。这个结果意味着：激光在硅晶片 11 的内部被吸收，熔融处理区域 13 并非形成在硅晶片 11 的内部（即，熔融处理区域并非由激光所引起的通常的加热而形成），熔融处理区域 13 是由多光子吸收而形成的。由多光子吸收所引起的熔融处理区域的形成，例如记载在日本的焊接学会全国大会演讲概要第 66 集（2000 年 4 月）的第 72 页～第 73 页的「利用皮秒（picosecond）脉冲激光的硅加工特性评价」中。

[0101] 另外，硅晶片以熔融处理区域所形成的切断起点区域作为起点往截面方向发生裂开，该裂开到达硅晶片的表面及背面，其结果硅晶片被切断。到达硅晶片的表面及背面的该裂开，有自然成长的情况，也有对硅晶片施加力量而成长的情况。另外，裂开自切断起点区域自然成长至硅晶片的表面及背面的情况中，又有以下的任意一种情况：裂开自形成切断起点区域的熔融处理区域正熔融的状态开始进行成长的情况；在自形成切断起点区域的熔融处理区域正熔融的状态开始再进行固化时，裂开进行成长的情况。但是，无论在任意一种情况下，熔融处理区域均仅仅形成在硅晶片的内部，在切断后的切断面上，则如图 12 所示，仅仅在内部形成有熔融处理区域。如上所述，如果在加工对象物的内部由熔融处理区域来形成切断起点区域，则在割断时，难以发生偏离切断起点区域线的不必要的裂开，故割断控制变得容易。

[0102] (3) 改质区域为折射率变化区域的情况

[0103] 将聚光点对准于加工对象物（例如玻璃）的内部，以聚光点的电场强度为 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上、且脉冲宽度为 1ns 以下的条件来照射激光。若使脉冲宽度极短、使多光子吸收发生在加工对象物的内部，则由多光子吸收所产生的能量不会转换为热能，在加工对象物的内部引起离子价态变化、结晶化或定向极化等的永久性的结构变化，从而形成折射率变化区域。电场强度的上限值例如为 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脉冲宽度优选为例如 1ns 以下，更优选为 1ps 以下。多光子吸收所引起的折射率变化区域的形成，例如记载在日本第 42 届激光热加工研究会论文集（1997 年 11 月）第 105 页～第 111 页的“利用飞秒（femtosecond）激光照射来对玻璃内部进行的光诱导结构形成”。

[0104] 以上，作为由多光子吸收来形成的改质区域，说明了 (1)～(3) 的情况，但是，若考虑到晶片状的加工对象物的结晶结构、以及其解理性等从而以如下方式形成切断起点区域的话，则能以该切断起点区域为起点以更小的力量且精度良好地切断加工对象

物。

[0105] 即，在由硅等的钻石结构的单结晶半导体所构成的基板的情况下，优选在沿着(111)面(第1解理面)、(110)面(第2解理面)的方向上形成切断起点区域。另外，在由GaAs等的闪锌矿型结构的III-V族化合物半导体所构成的基板的情况下，优选在沿着(110)面的方向上形成切断起点区域。进一步，在蓝宝石(Al_2O_3)等具有六方晶系的结晶结构的基板的情况下，优选将(0001)面(C面)作为主面沿着(1120)面(A面)或(1100)面(M面)的方向上形成切断起点区域。

[0106] 另外，如果在基板上沿着上述的应形成切断起点区域的方向(例如，在单结晶硅基板上沿着(III)面的方向)、或与应形成切断起点区域的方向垂直的方向上形成定向平面(orientation flat)，则通过将此定向平面作为基准，可以容易并且正确地在基板上形成沿着应形成切断起点区域的方向上的切断起点区域。

[0107] 接下来说明本发明合适的实施方式。图14是本实施方式激光加工方法的加工对象物的平面图，图15是图14所示的加工对象物的沿着XV-XV线的部分剖面图。

[0108] 如图14及图15所示，在本实施方式中，加工对象物1具备，例如由硅构成的厚度为 $300\mu\text{m}$ 的基板4，和包含多个功能元件15并形成于基板4的表面3的层叠部16。功能元件15具有：层叠于基板4的表面3的层间绝缘膜17a、配置在层间绝缘膜17a上的配线层19a、以覆盖配线层19a的方式层叠在层间绝缘膜17a上的层间绝缘膜17b、以及、配置在层间绝缘膜17b上的配线层19b。配线层19a与基板4由贯穿层间绝缘膜17a的导电性衬套(plug)20a来电连接；配线层19b与配线层19a由贯穿层间绝缘膜17b的导电性衬套20b来电连接。

[0109] 作为功能元件15，可以举出例如，由结晶成长而形成的半导体动作层、光电二极管等的受光元件、激光二极管等的发光元件、形成为电路的电路元件、半导体装置等。

[0110] 另外，多个功能元件15在与基板4的定向平面6平行方向上以及垂直的方向上形成为矩阵状；层间绝缘膜17a、17b以覆盖基板4的表面3整体的方式跨过相邻的功能元件15、15之间而形成。

[0111] 将如上述地构成的加工对象物1以如下方式按每个功能元件15进行切断。首先，如图16(a)所示，对加工对象物1以覆盖层叠部16的方式贴上保护带22。接着，如图16(b)所示，使基板4的背面21朝向上方，将加工对象物1固定在激光加工装置的装载台(未图示)上。此时，由于利用保护带22避免了层叠部16直接接触于装载台，故可以保护各功能元件15。

[0112] 另外，以通过相邻的功能元件15、15之间的方式，将切断预定线5设定成格子状(参照图14的虚线)，以背面21作为激光入射面将聚光点P对准于基板4的内部，以多光子吸收发生的条件照射激光L，同时，通过载置台的移动使聚光点P沿着切断预定线5进行扫描。

[0113] 在本实施方式中，对1条切断预定线5进行6次沿着切断预定线5的聚光点P的扫描，并且，通过每次扫描都改变对准聚光点P的位置的距背面21的距离，从而在基板4的内部沿着切断预定线5从表面3侧依序在每一列形成：1列的质量改质区域71；3列的截断改质区域72；以及，2列的HC(半切(halfcut))改质区域73。各改质区域71、

72、73 成为在切断加工对象物 1 时的切断起点。另外，由于本实施方式的基板 4 是由硅所构成的半导体基板，故各改质区域 71、72、73 是熔融处理区域。另外，改质区域 71、72、73 与上述的改质区域 7 同样，可以由连续形成的改质区域构成，也可以由以规定间隔间断地形成的改质区域构成。

[0114] 如此，由于将各改质区域 71、72、73 以距离基板 4 的背面 21 由远而近、每次一列的方式来形成，故在形成各改质区域 71、72、73 时，在激光入射面——背面 21 与激光 L 的聚光点 P 之间不存在改质区域，因此，不会发生已经形成的改质区域所引起的激光 L 的散射、吸收等。因此，可以将各改质区域 71、72、73 沿着切断预定线 5 精度良好地形成在基板 4 的内部。另外，通过将基板 4 的背面 21 作为激光入射面，即使在层叠部 16 的切断预定线 5 上存在反射激光 L 的部件（例如，TEG）的情况下，也可以在基板 4 的内部确实地形成沿着切断预定线 5 的各改质区域 71、72、73。

[0115] 在形成各改质区域 71、72、73 之后，如图 17(a) 所示，在加工对象物 1 的基板 4 的背面 21 贴上扩张带 23。接着，如图 17(b) 所示，对保护带 22 照射紫外线，以降低其粘着力，再如图 18(a) 所示，从加工对象物 1 的层叠部 16 剥下保护带 22。

[0116] 剥下保护带 22 之后，如图 18(b) 所示，使扩张带 23 扩张，以各改质区域 71、72、73 为起点发生裂开，从而将基板 4 及层叠部 16 沿着切断预定线 5 切断的同时，将切断所获得的各半导体芯片 25（半导体装置）互相分开。

[0117] 在此，对改质区域 71、72、73 的形成方法进行详细说明。图 19 是表示形成有改质区域 71、72、73 的加工对象物 1 的一部分的平面图，图 20 是图 19 所示的加工对象物 1 沿着 XX-XX 线的部分剖面图。

[0118] 质量改质区域 71 是通过在照射激光 L 时选择性地切换连续振荡和脉冲振荡而形成的。激光 L 的振荡，例如是利用控制激光 L 的电源控制器（未图示）来切换的。当使激光 L 进行脉冲振荡时，相比于使激光 L 进行连续振荡的情况其能量较高超过加工临界值，可以在基板 4 的内部确实地形成质量改质区域 71。因此，使激光 L 沿着切断预定线 5 的所希望部分 RP 进行脉冲振荡，通过使激光 L 沿着其所希望部分 RP 以外的部分（规定部分）RC 进行连续振荡，可以在基板 4 的内部沿着所希望部分 RP 确实地形成质量改质区域 71。

[0119] 另外，由于沿着规定部分 RC 使激光 L 进行连续振荡，因此能量较低不超过加工临界值，相比于沿着规定部分 RC 使激光 L 进行脉冲振荡的情况，可以降低激光 L 对层叠部 16 给予的损伤。因此，在切断基板 4 以及层叠部 16 时，可以提高切断预定线 5 的规定部分 RC 上的层叠部 16 的切断精度。因此，如图 18(b) 所示，使用本实施方式的激光加工方法所制造出的半导体芯片 25 中，基板 4 的切断面（侧面）4a、以及层叠部 16 的切断面（侧面）16a 成为凹凸被抑制的高精度切断面。

[0120] 另外，在本实施方式中，如图 19 及图 20 所示，金属膜 M 沿着切断预定线 5 的规定部分 RC 设置在层叠部 16 内。在沿着该规定部分 RC 的基板 4 的内部，从降低在上述层叠部 16 上产生的损伤的观点来看，优选不形成质量改质区域 71。若金属膜 M 设置在层叠部 16 内，则容易在层叠部 16 上产生损伤。如下所述事实被认为是产生该损伤的原因。有时由于用来使激光 L 聚光的透镜的像差等的影响，激光 L 的一部分成分会被聚集在金属膜 M 上。在此情况下，激光 L 被金属膜 M 反射，改质区域因反射光而形成在基板

4、层叠部 16 的内部、或基板 4 与层叠部 16 的界面。特别是在基板 4 的背面 21 为入射面的情况下，在从距离入射面远的一侧形成改质区域时，容易受到透镜的像差的影响。另外，层叠部 16 由于相比于基板 4 用于形成改质区域所必要的能量的阈值低，故在层叠部 16 内容易形成改质区域。但是，在层叠部 16 上产生损伤的原因并不限于这些。

[0121] 作为金属膜 M 可以举出构成试验用元件组 (TEG) 的金属配线、金属垫等。另外，金属膜 M 也可以是因热而剥离的膜。另外，也可以用低电容率膜 (low-k 膜) 等绝缘膜来代替金属膜 M，并将其设置在层叠部 16 内。该绝缘膜也可以是因热而剥离的膜。作为低电容率膜例如可以举出电容率比 3.8 (SiO_2 的电容率) 更小的膜。

[0122] 另外，如图 19 所示，在切断预定线 5 交叉的部分 CP，优选使激光 L 进行脉冲振荡。如此一来，质量改质区域 71 确实地沿着切断预定线 5 交叉的部分 CP 而形成在基板 4 的内部。因此，在切断基板 4 及层叠部 16 时，可以防止在切断预定线 5 交叉的部分 CP 上产生碎屑 (chipping) 等。因此，能进一步提高基板 4 及层叠部 16 的切断精度。

[0123] 另外，如图 20 所示，优选在与基板 4 的表面 3 以及与质量改质区域 71 的表面侧端部 71a 的距离为 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 的位置、或者、在与基板 4 的表面 3 以及与质量改质区域 71 的背面侧端部 71b 的距离为 $[5+(\text{基板 4 的厚度}) \times 0.1]\mu\text{m} \sim [20+(\text{基板 4 的厚度}) \times 0.1]\mu\text{m}$ 的位置，形成 1 列质量改质区域 71。在此，例如，如果将作为可扩张的薄膜的扩张带 23 贴在基板 4 的背面 21 并加以扩张，则基板 4 以及层叠部 16 沿着切断预定线 5 被切断。此时，若在上述位置形成有质量改质区域 71，则可以进行层叠部 16 (在此为层间绝缘膜 17a、17b) 的高精度的切断。另外，即使在基板 4 厚度为 $300\mu\text{m}$ 这样的厚度较厚的情况下，仍能进行基板 4 及层叠部 16 的高精度的切断。

[0124] 另外，在截断改质区域 72 的形成中，以在基板 4 的厚度方向上连续的方式，形成例如 3 列截断改质区域 72。进一步，在 HC 改质区域 73 的形成中，如图 16 (b) 所示，通过形成例如 2 列 HC 改质区域 73，使沿着切断预定线 5 的裂开 24 自 HC 改质区域 73 产生到基板 4 的背面 21 处。另外，按照形成条件的不同，有时在相邻的截断改质区域 72 与 HC 改质区域 73 之间也发生裂开 24。如果将扩张带 23 贴在基板 4 的背面 21 并加以扩张，则经由在厚度方向上连续地形成的 3 列截断改质区域 72，自基板 4 往层叠部 16 平稳地进行裂开，其结果，能精度良好地沿着切断预定线 5 切断基板 4 及层叠部 16。

[0125] 另外，只要能使裂开自基板 4 平稳地往层叠部 16 进行，则截断改质区域 72 就不限于 3 列。一般来说，若基板 4 薄就要减少截断改质区域 72 的列数，若基板 4 厚就要增加截断改质区域 72 的列数。另外，只要能使裂开自基板 4 平稳地往层叠部 16 进行，则截断改质区域 72 也可以是互相分开的形态。进一步，只要能确实地使裂开 24 自 HC 改质区域 73 进行至基板 4 的背面 21，则 HC 改质区域 73 也可以为 1 列。

[0126] 以上对本发明合适的实施方式进行了详细说明，但本发明不限于上述实施方式。

[0127] 例如，在上述的实施方式中，在形成质量改质区域 71 时有选择性地切换了脉冲振荡与连续振荡，但在形成其它改质区域时也可以有选择性地切换脉冲振荡与连续振荡。作为其它改质区域，例如可以举出截断改质区域 72、HC 改质区域 73 等。其中，从提高切断精度的观点考虑，在形成最靠近装置侧的质量改质区域 71 时，优选有选择性地切换脉冲振荡与连续振荡。

[0128] 另外，加工对象物 1 也可以是 GaAs 晶片或厚度 100 μm 以下的硅晶片。此时，通过在加工对象物 1 的内部沿着切断预定线 5 形成 1 列改质区域，可以以非常高的精度进行加工对象物 1 的切断。

[0129] 另外，改质区域 71、72、73 并不限于通过在加工对象物 1 内部发生的多光子吸收来形成。改质区域 71、72、73 也可以通过在加工对象物 1 内部发生与多光子吸收等的光吸收来形成。

[0130] 另外，虽然在本实施方式中使用硅制半导体晶片来作为加工对象物 1，但半导体晶片的材料不限于此。作为半导体晶片的材料，例如可以举出：硅以外的 IV 族元素半导体、包含 SiC 那样的 IV 族元素的化合物半导体、包含 III-V 族元素的化合物半导体、包含 II-VI 族元素的化合物半导体、以及、掺杂有各种掺杂物的半导体等。

[0131] 以下，对本实施方式的激光加工方法的一实施例进行详细说明，但本发明不限于改实施例。图 21(a) 及图 21(b) 是本实施例的激光加工方法中的加工对象物的平面图。图 22 是表示图 21(b) 所示加工对象物的基板的切断面 4a 的照片的图，其对应于图 20。

[0132] 首先，沿着位于功能元件 15、15 间的切断预定线 5 的所希望的部分 RP，使激光 L 进行脉冲振荡，从而在加工对象物的内部形成质量改质区域 71。另一方面，沿着切断预定线 5 的规定部分 RC 使激光 L 进行连续振荡，从而在加工对象物的内部不形成质量改质区域 71。另外，基板的背面 21 为激光的入射面。其次，沿着切断预定线 5 形成截断改质区域 72 及 HC 改质区域 73。其结果，如图 21(a) 所示，虽然沿着切断预定线 5 的规定部分 RC 的层叠部 16 中包含有金属膜 M，但未确认到由激光造成的层叠部 16 的损伤。

[0133] 在形成改质区域 71、72、73 之后，在加工对象物上贴上扩张带，通过由扩张装置使扩张带扩张切断加工对象物（参照图 21(b)）。如图 21(b) 所示，在切断面 16a 上看不到凹凸，确认了其已被高精度地切断的事实。拍摄这样被切断的加工对象物的基板的切断面 4a 所得的照片，显示于图 22 中。如图 22 所示，在沿着切断预定线 5 的规定部分 RC 的加工对象物的内部并未形成有质量改质区域 71。

[0134] 接着说明在上述实施例中形成改质区域 71、72、73 时的激光加工条件。激光 L 的脉冲宽度为 180ns，激光 L 的照射位置间隔（脉冲间距）为 4 μm ，激光 L 的频率为 75kHz。另外，装载有加工对象物的装载台的移动速度为 300mm/s。再者，自作为入射面的背面 21 至聚光点 P 为止的距离（聚光点位置）、激光 L 的能量、以及单位时间能量之间的关系如表 1 所示。

[0135] 表 1

[0136]

	聚光点位置 (μm)	能量 (μJ)	单位时间能量 (W)
质量改质区域 71	290	9.5	0.71
截断改质区域 72	180	15	1.13
截断改质区域 72	144	15	1.13

HC 改质区域 73	85	5	0.38
HC 改质区域 73	46	5	0.38

[0137] 另一方面，图 23(a) 及图 23(b) 是激光加工方法的一例中的加工对象物的平面图。图 24 是表示图 23(b) 所示加工对象物的基板的切断面 104a 的照片的图。

[0138] 首先，通过沿着位于功能元件 115、115 间的切断预定线 105 照射激光，从而在加工对象物的内部形成改质区域 171、172、173。另外，基板的背面 121 为激光的入射面。在此情况下，如图 23(a) 所示，由于沿着切断预定线 105 照射激光，因此在包含金属膜 100M 的层叠部 116 上产生膜的剥离等的损伤。

[0139] 在形成改质区域 171、172、173 之后，在加工对象物上贴上扩张带，通过由扩张装置使扩张带扩张来切断加工对象物（参照图 23(b)）。如图 23(b) 所示，可以在切断面 116a 上看到凹凸，确认到切断精度不足。拍摄这样切断的加工对象物的基板的 104a 所得的照片显示于图 24。如图 24 所示，在加工对象物的内部沿着切断预定线 105 形成有改质区域 171。

[0140] 产业上的利用可能性

[0141] 根据本发明，可以在加工对象物的内部沿着切断预定线的所希望部分确实地形成改质区域。

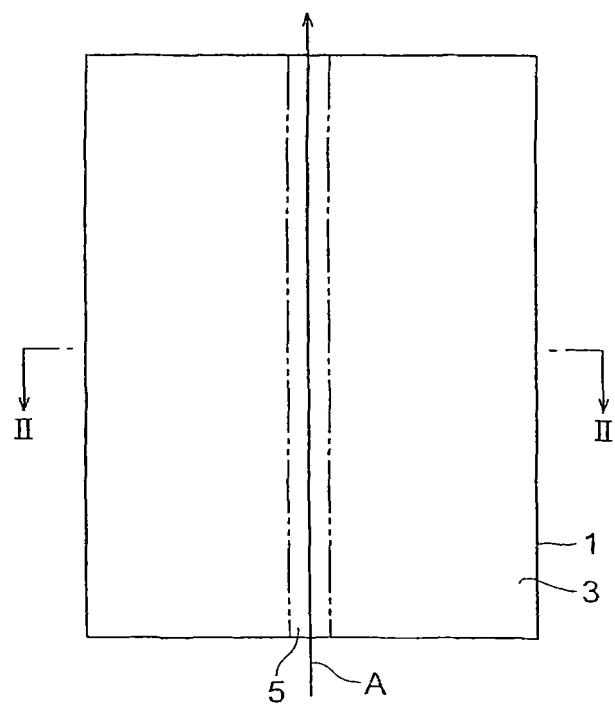


图 1

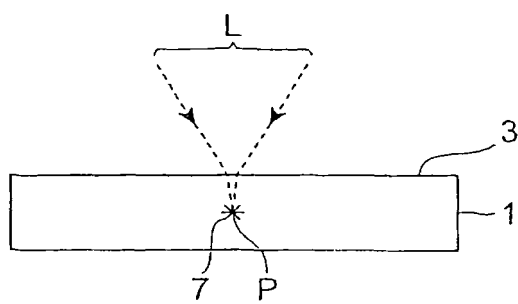


图 2

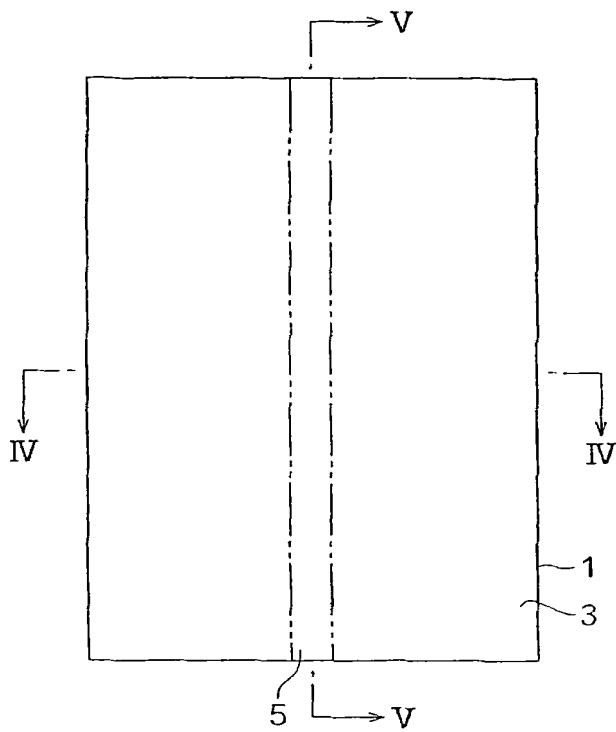


图 3

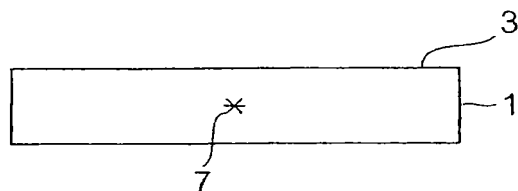


图 4

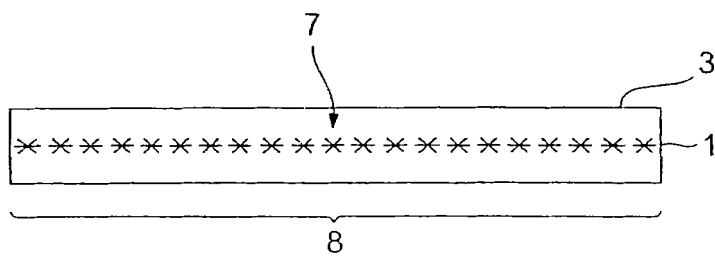


图 5

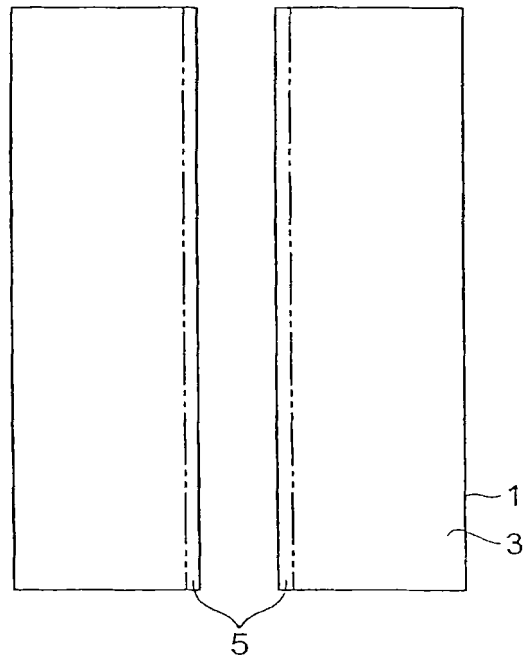


图 6

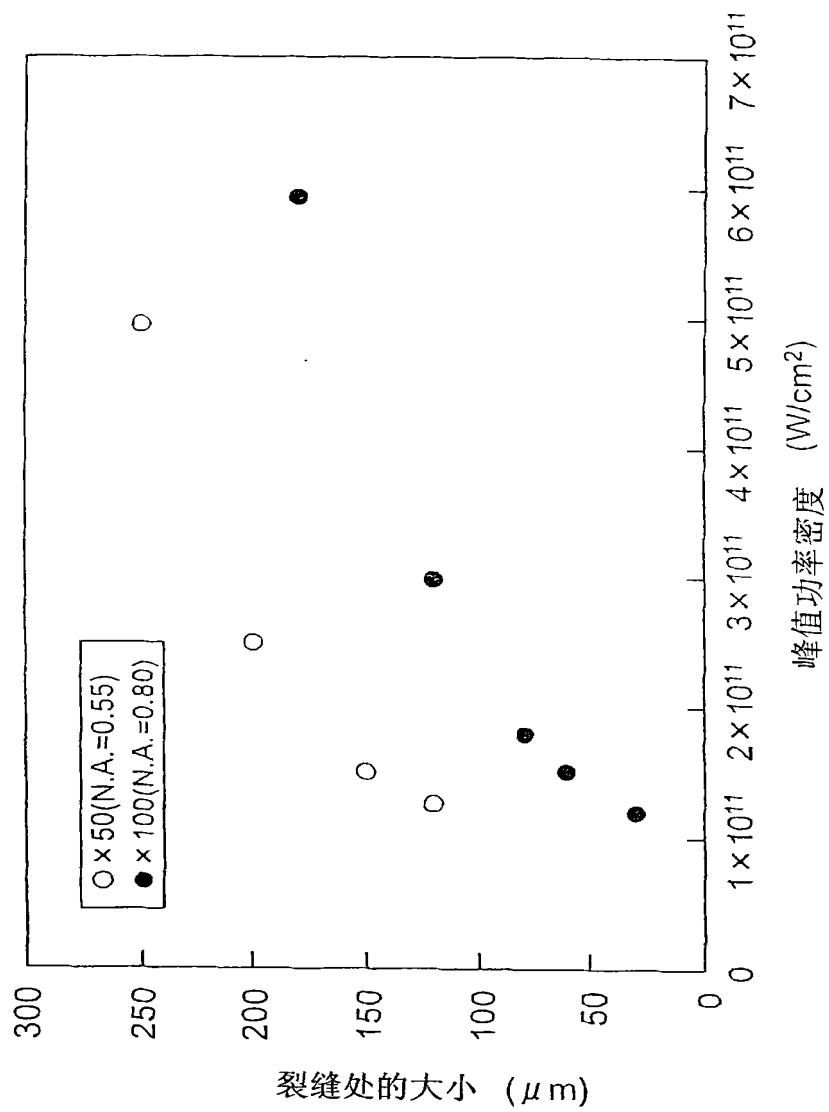


图7

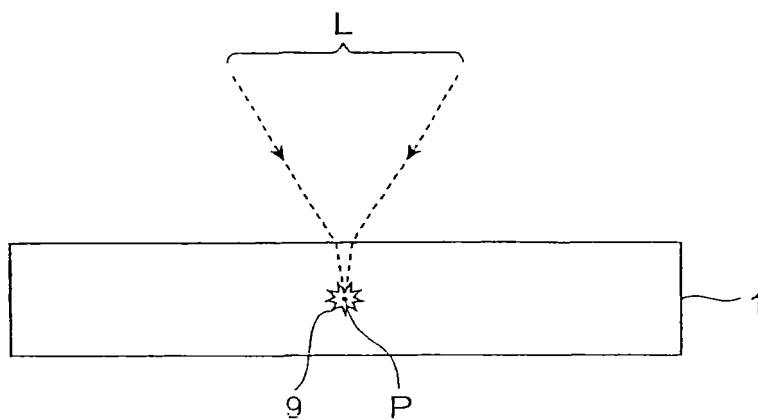


图 8

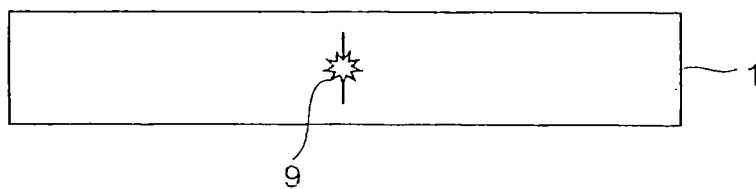


图 9

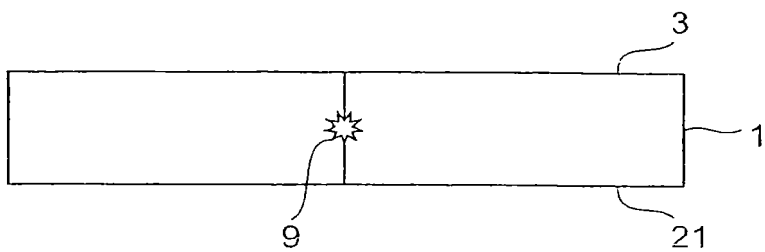


图 10

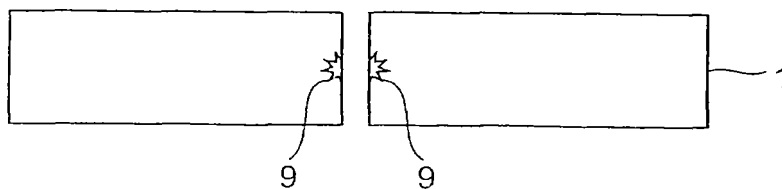


图 11

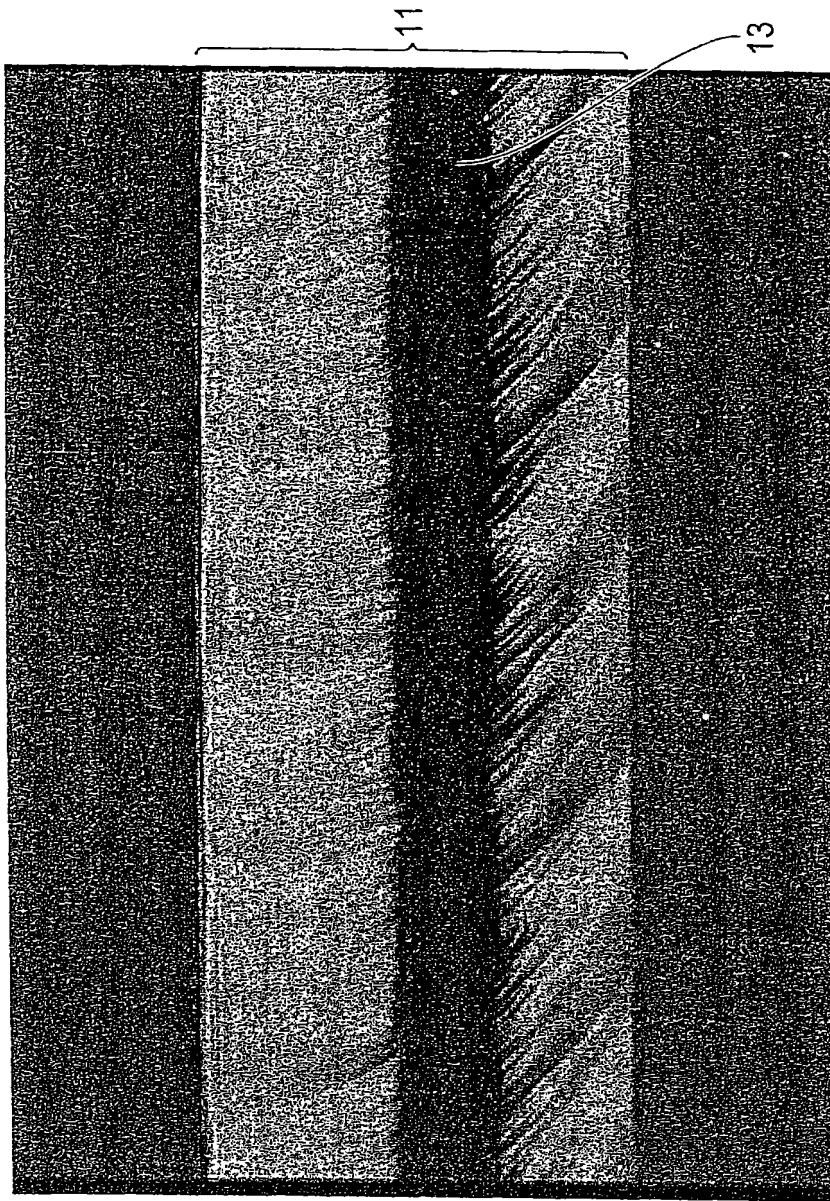


图12

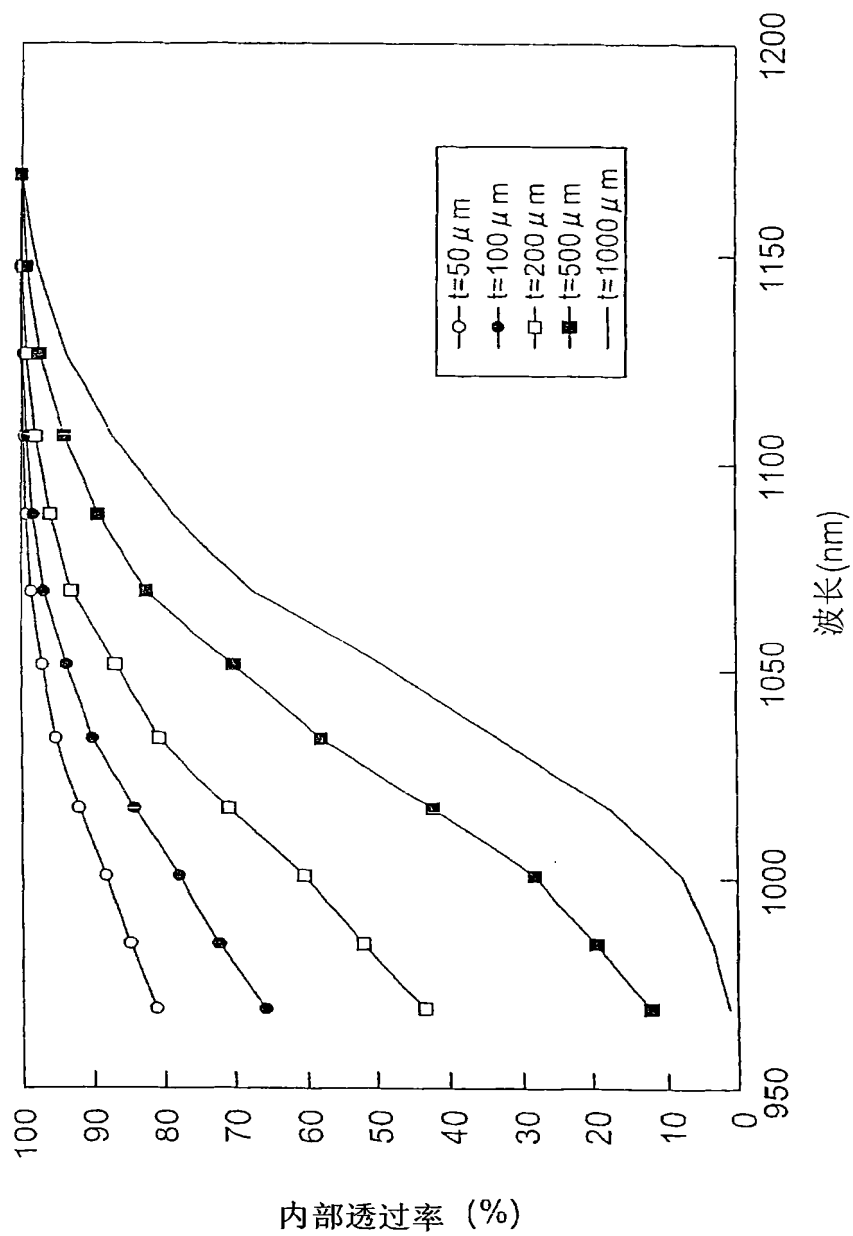


图13

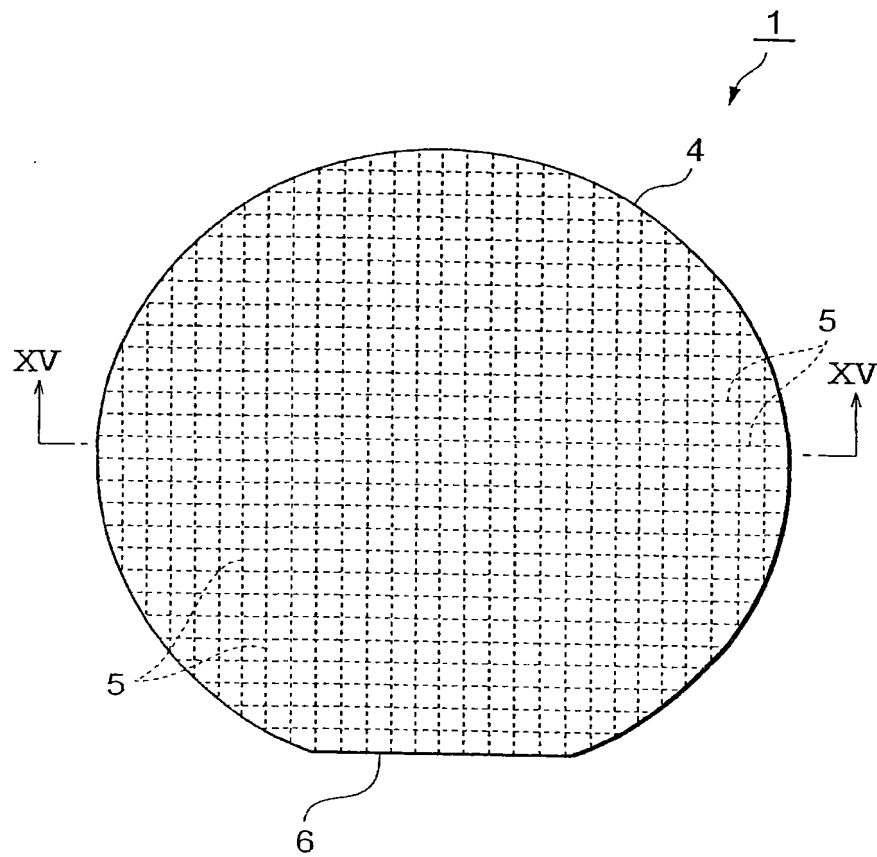


图 14

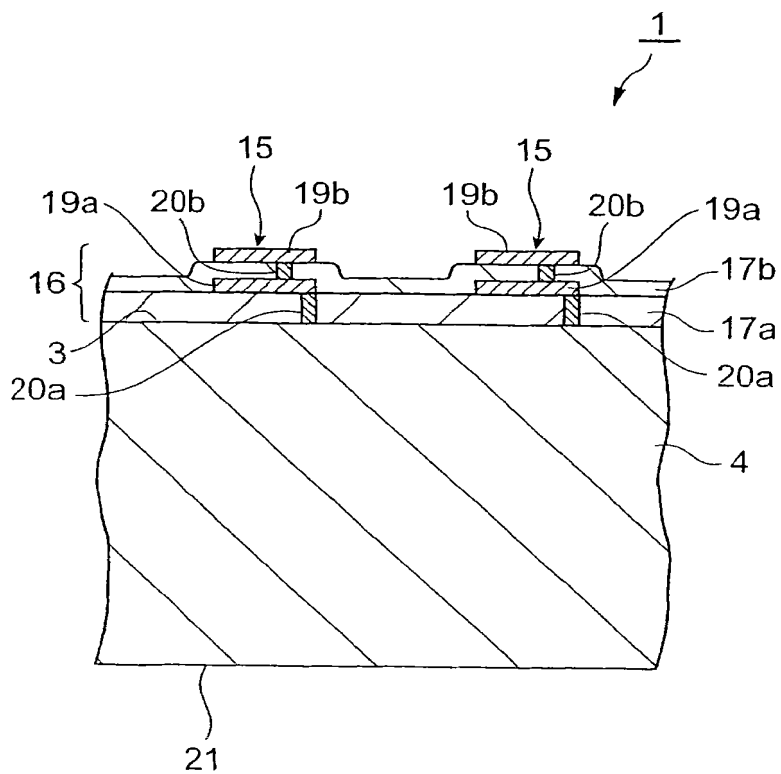


图 15

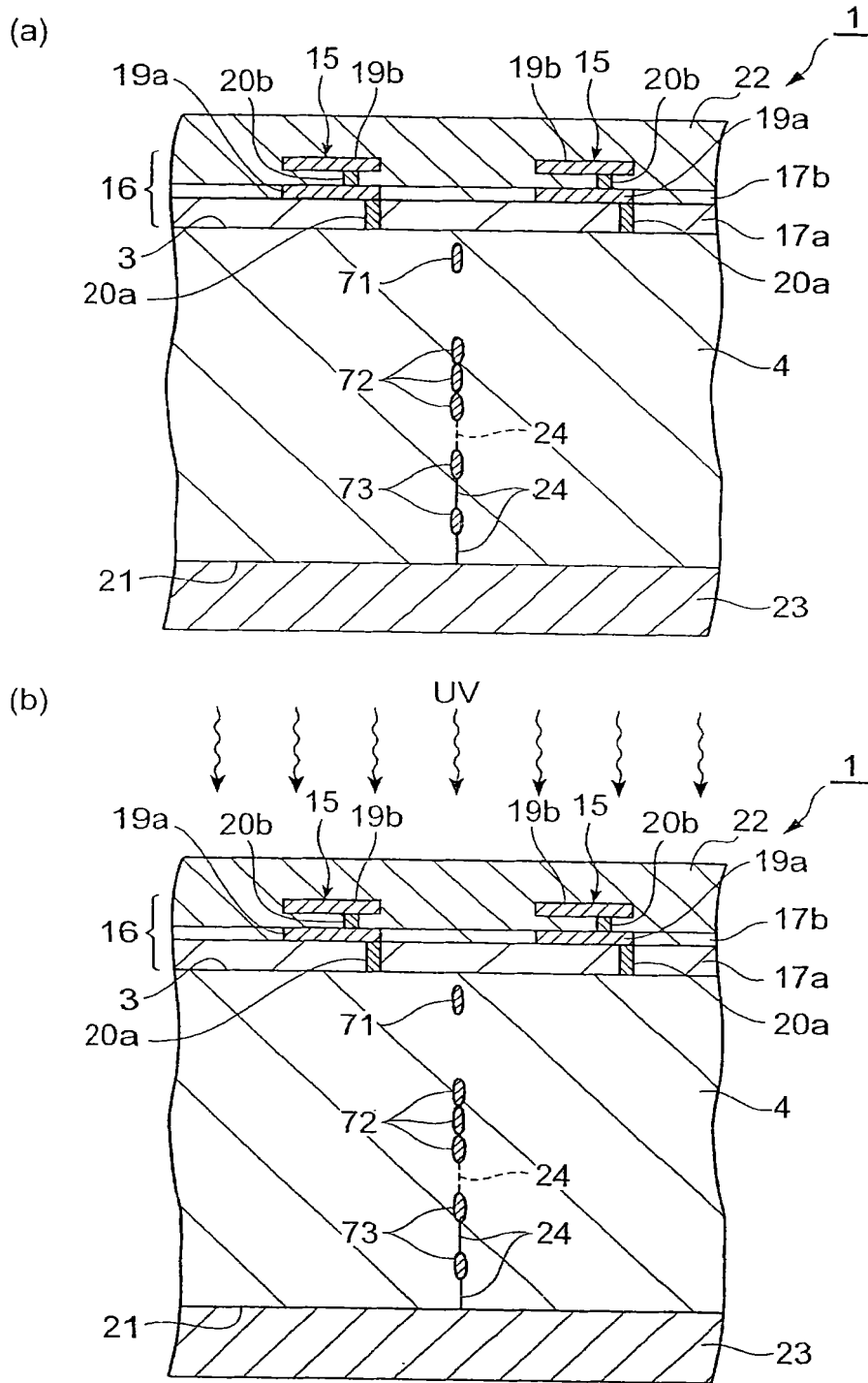


图 17

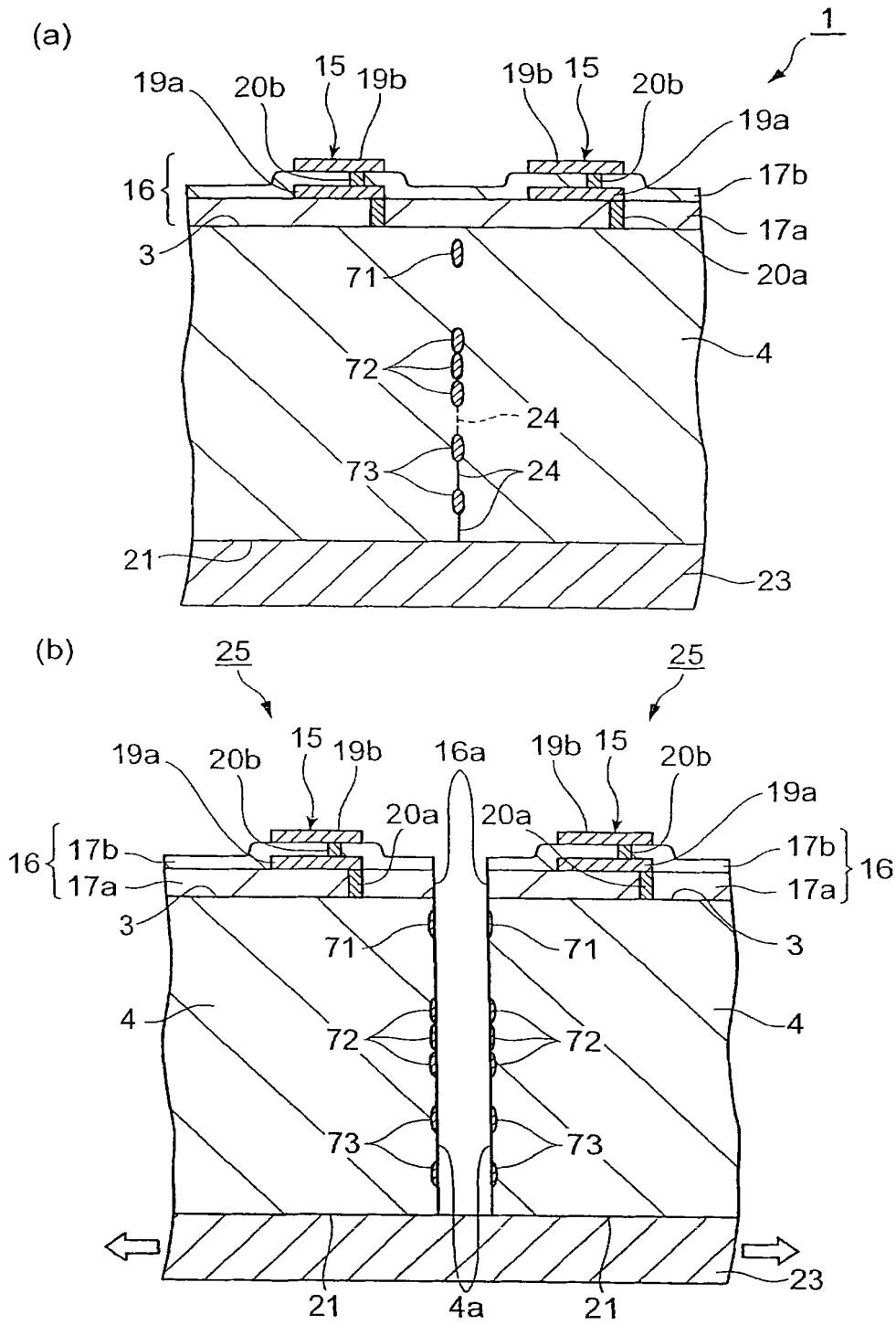


图 18

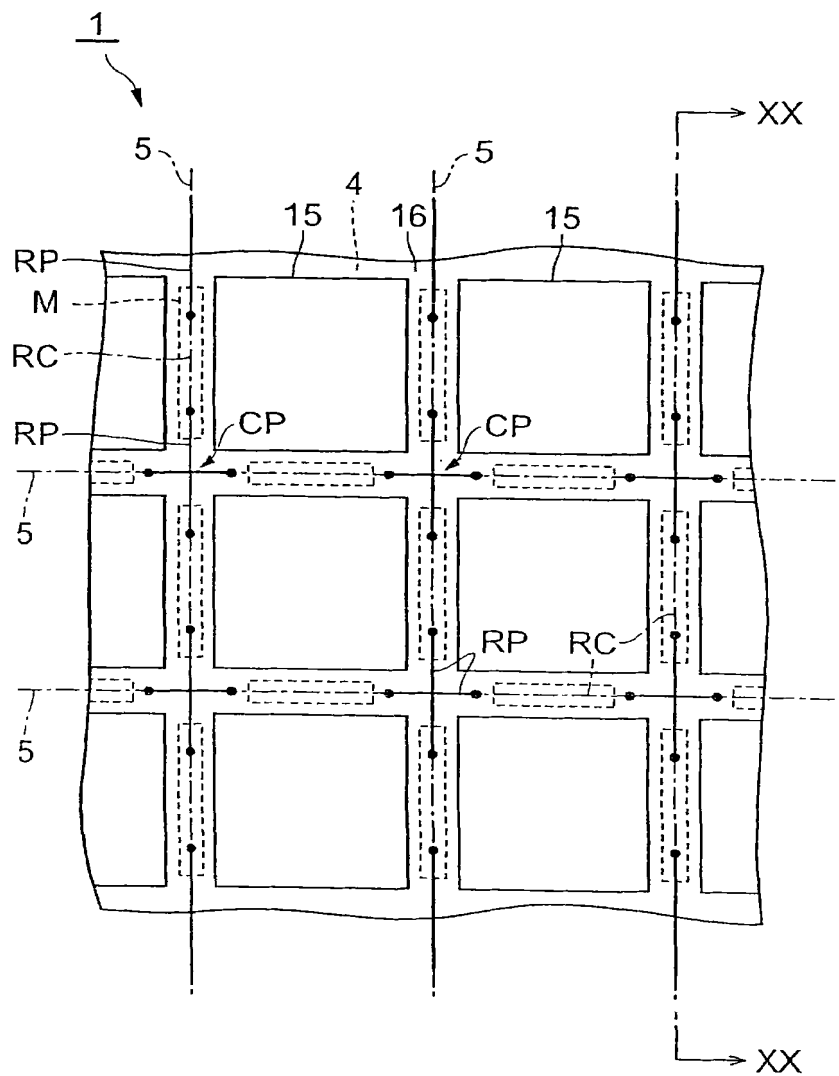


图 19

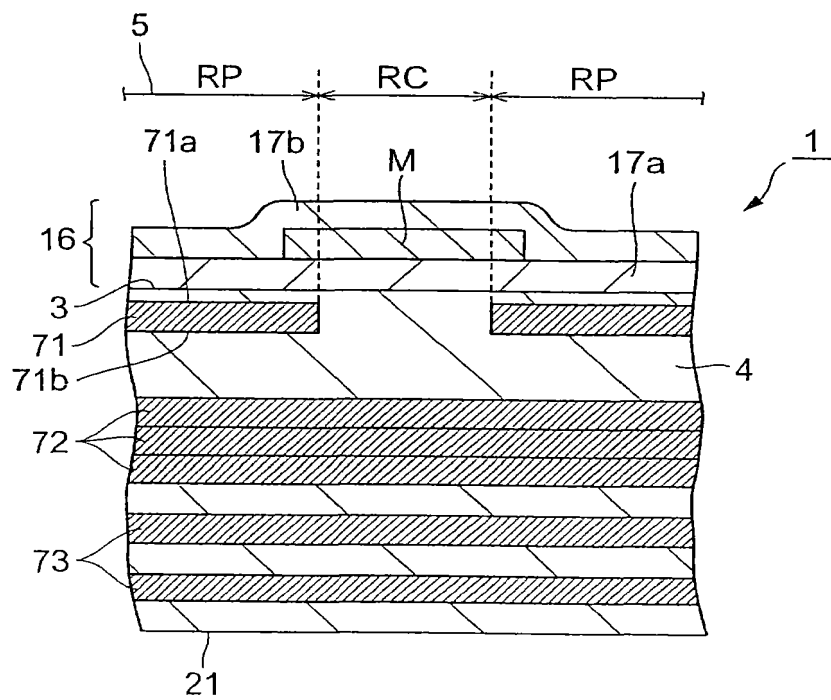


图 20

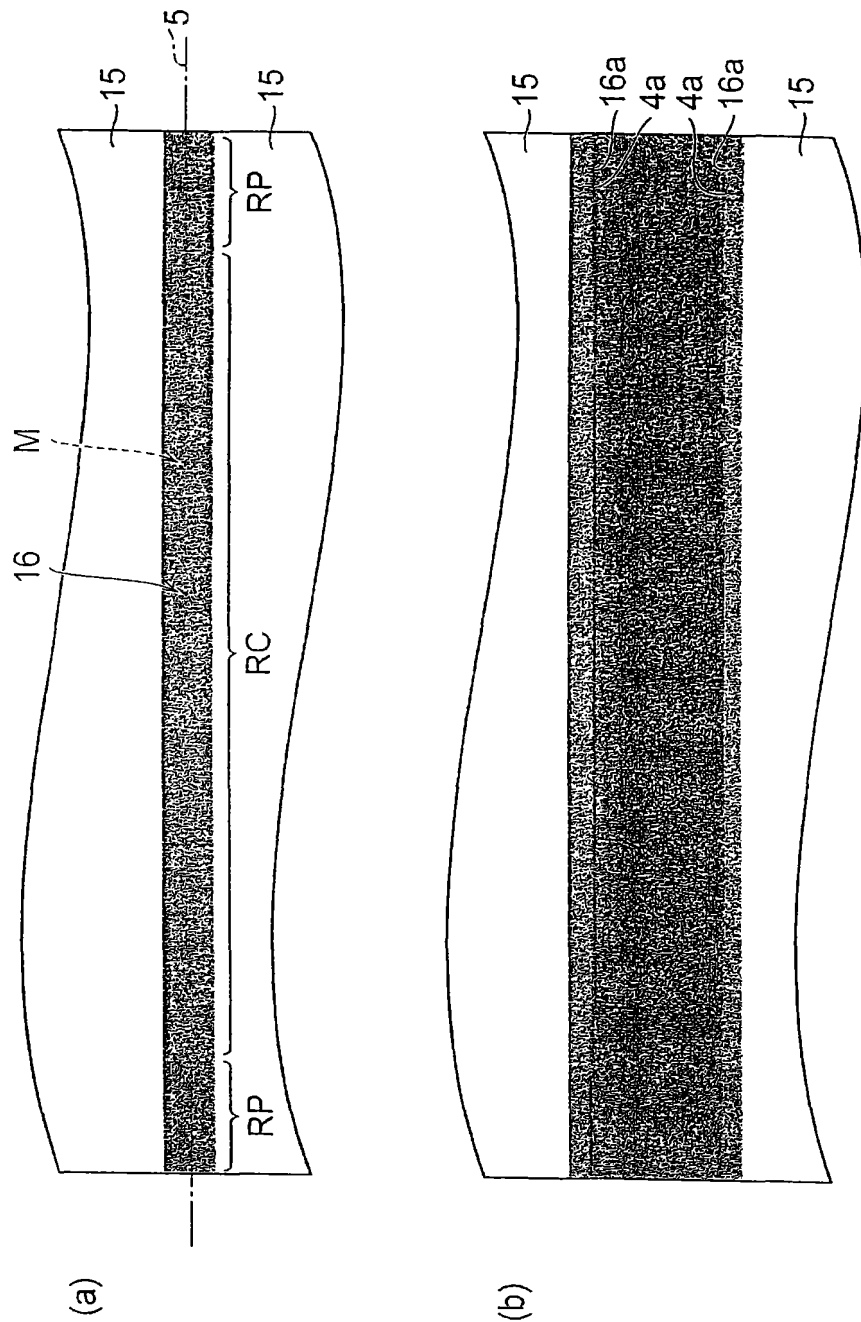


图 21

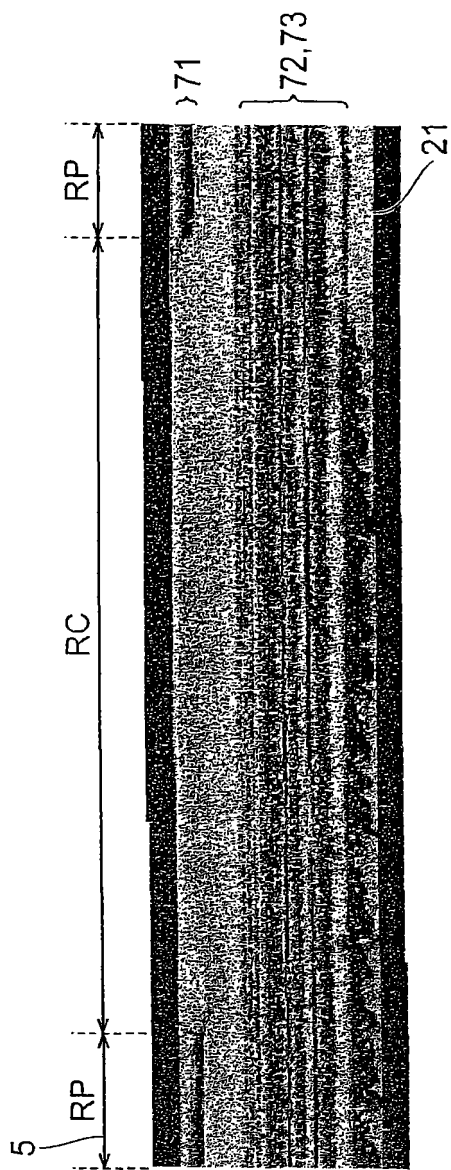


图 22

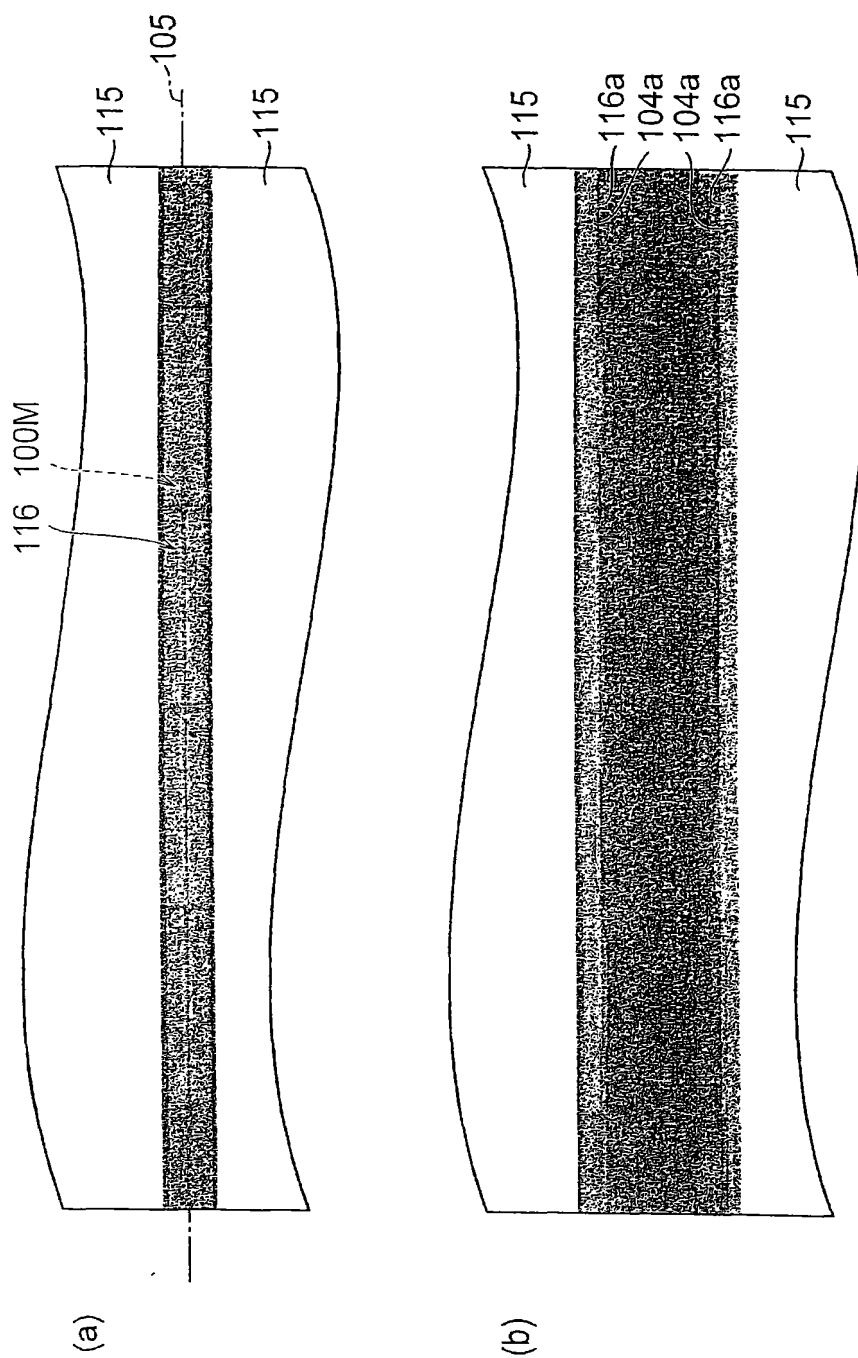


图 23

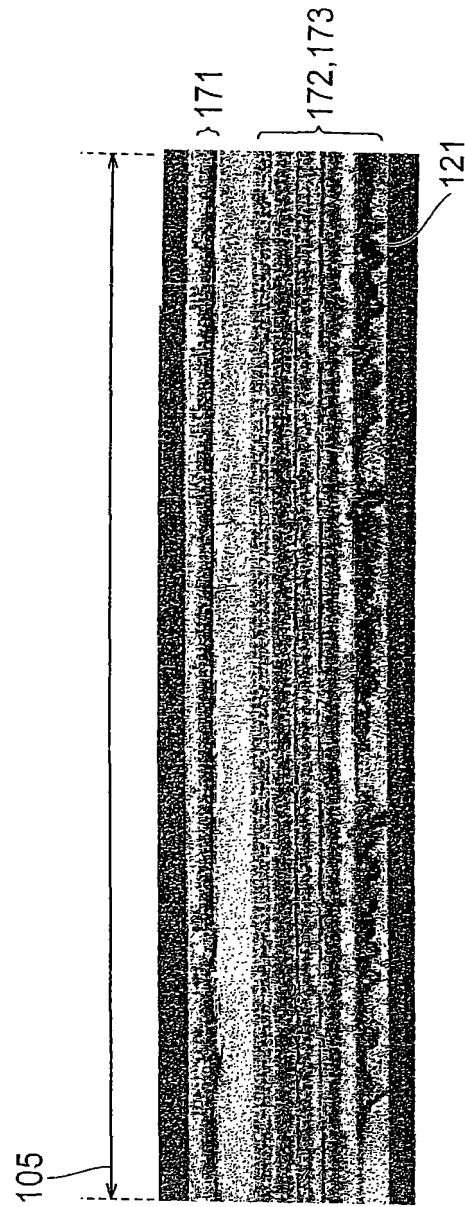


图24