

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B23K 26/38 (2006.01)

B28D 5/00 (2006.01)

H01L 21/301 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03826130.8

[43] 公开日 2006 年 4 月 12 日

[11] 公开号 CN 1758985A

[22] 申请日 2003.3.12 [21] 申请号 03826130.8

[86] 国际申请 PCT/JP2003/002944 2003.3.12

[87] 国际公布 WO2004/080643 日 2004.9.23

[85] 进入国家阶段日期 2005.9.12

[71] 申请人 浜松光子学株式会社

地址 日本国静岡県

[72] 发明人 福世文嗣 福满宪志 内山直己
和久田敏光 渥美一弘 村松宪一

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司
代理人 龙 淳

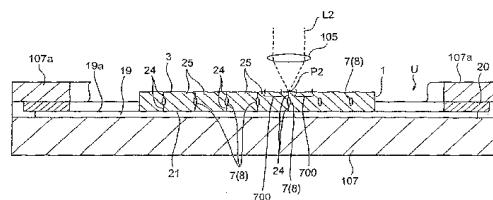
权利要求书 3 页 说明书 23 页 附图 17 页

[54] 发明名称

激光加工方法

[57] 摘要

本发明提供一种激光加工方法，可以沿着切断规定线以良好的精确度切断加工对象物。利用多光子吸收所形成的改质区域(7)，沿着切断规定线(5)，在加工对象物(1)的内部形成切断起点区域(8)。然后，使对加工对象物(1)具有吸收性的激光(L2)，沿着切断规定线(5)照射加工对象物(1)，以切断起点区域(8)作为起点，在加工对象物(1)产生裂缝(24)，可以以良好的精确度沿着切断规定线(5)切断加工对象物(1)。此外，使固定有加工对象物(1)的扩张薄膜(19)扩张来使各个芯片(25)分离，所以沿着切断规定线(5)的加工对象物(1)的切断的可靠性可以更进一步地得到提高。



1. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部来照射激光，利用多光子吸收在所述加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，
5 沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；和

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线而照射所述加工对象物，沿着所述切断规定线在切断所述加工对象物的位置产生应力。

10

2. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1 μs 以下的条件下照射激光，在所述加工对象物的内部形成包括裂缝区域的改质区域，通过该改质
15 区域，沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；和

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线而照射该加工对象物，沿着所述切断规定线在切断所述加工对象物的位置产生应力。

20

3. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1 μs 以下的条件下照射激光，在所述加工对象物的内部形成包括熔融处理区域的改质区域，通过该
25 改质区域，沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；和

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线而照射该加工对象物，沿着所述切断规定线在切断所述加工对象物的位置产生应力。

30

4. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1ns 以下的条件下，照射激光，在所述加工对象物的内部形成包括作为折射率变化了的区域的折射率变化区域的改质区域，通过该改质区域，沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；和

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线而照射所述加工对象物，沿着所述切断规定线在切断所述加工对象物的位置产生应力。

5. 如权利要求 1 至 4 中的任意一项所述的激光加工方法，其特征在于：

对所述加工对象物具有吸收性的激光的聚光点，对准在所述加工对象物的表面。

6. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在被固定于可扩张保持构件的表面的晶片状的加工对象物的内部来照射激光，从而在所述加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线而照射所述加工对象物，从而沿着所述切断规定线，切断所述加工对象物；和

在切断所述加工对象物的工序之后，通过使该保持构件扩张，来使被切断的所述加工对象物的各个部分分离。

7. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在被固定于可扩张保持构件的表面的晶片状的加工对象物的内部来照射激光，从而在所述加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，沿着所述加工对象物的切断规定线，在离开所

述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线，照射所述加工对象物；和

在照射所述加工对象物的工序之后，通过使所述保持构件扩张，
5 来切断所述加工对象物，并使被切断的该加工对象物的各个部分分离。

8. 如权利要求 6 或者 7 所述的激光加工方法，其特征在于：

所述加工对象物由半导体材料形成，所述改质区域是熔融处理区域。

10

9. 一种激光加工方法，其特征在于，所具备的工序包括：

使聚光点对准在由半导体材料构成的晶片状的加工对象物的内部来照射激光，在所述加工对象物的内部形成熔融处理区域，通过该熔融处理区域，在离开所述加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，
15 形成切断起点区域；和

在形成所述切断起点区域的工序之后，使对所述加工对象物具有吸收性的激光，沿着所述切断规定线，照射所述加工对象物。

激光加工方法

技术领域

- 5 本发明涉及激光加工方法，用来切断半导体材料基板、压电材料基板或者玻璃基板等的加工对象物。

背景技术

- 10 公知的揭示这种技术的文献可以以国际公开第 02/22301 号小册子为例。在该文献的说明书中，所记载的技术是通过照射激光而在加工对象物的内部，沿着切断规定线而形成改质区域，以该改质区域作为起点来切断加工对象物。

发明内容

- 15 因为上述文献所记载的技术是可以沿着切断规定线来以良好的精确度切断加工对象物而成为有效的技术，所以最好的技术是以改质区域作为起点，以更进一层的精确度切断加工对象物。

 因此，本发明针对这种情况，其目的在于提供一种激光加工方法，可以沿着切断规定线而以良好的精确度切断加工对象物。

- 20 用以实现上述目的的本发明的激光加工方法，其特征是所具备的工序包括：使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部来照射激光，利用多光子吸收在加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；和在形成切断起点区域的工序之后，
25 使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线，照射加工对象物，沿着切断规定线在切断加工对象物的位置产生应力。

- 当依照这种激光加工方法时，使聚光点对准在加工对象物的内部，对其照射激光和利用多光子吸收的现象，在加工对象物的内部形成改质区域。当在加工对象物的切断位置有任何起点时，可以以比较小的
30 力量切断加工对象物。当依照该激光加工方法时，在形成改质区域之

后，沿着切断规定线，照射对加工对象物具有吸收性的激光，对加工对象物进行加热，利用温度差来产生热应力等的应力。利用该应力，以改质区域作为起点，使裂缝在加工对象物的厚度方向成长，可以切断加工对象物。因此，利用温度差所产生的热应力等的应力的比较小的力量，就可以切断加工对象物，所以在加工对象物的表面，不会发生偏离切断规定线的不必要的裂缝，可以实现加工对象物的高精确度的切断。

此外，当依照这种激光加工方法时，在加工对象物的内部，局部地产生多光子吸收从而形成改质区域。因此，在加工对象物的表面，激光几乎不被吸收，所以在形成改质区域的工序，加工对象物的表面不会进行熔融。此外，对加工对象物具有吸收性的激光的强度，因为对加工对象物加热但是不到熔融的程度，所以即使在产生应力的工序，加工对象物的表面也不进行熔融。

此外，聚光点是使激光聚光的位置。切断规定线可以是在加工对象物的表面或者内部的实际的引线，也可以是假想的线。此外，在产生应力的工序中，使对加工对象物具有吸收性的激光沿着切断规定线，来照射加工对象物时，不只照射在切断规定线上，而且也照射到切断规定线的附近。

此外，本发明的激光加工方法的特征是，所具备的工序包括：使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脉冲幅度为 $1\mu\text{s}$ 以下的条件下照射激光，在加工对象物的内部形成包括裂缝区域的改质区域，通过该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；在形成切断起点区域的工序之后，使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线来照射加工对象物，沿着切断规定线在切断加工对象物的位置产生应力。

当依照这种激光加工方法时，使聚光点对准在加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脉冲幅度为 $1\mu\text{s}$ 以下的条件下照射激光。因此，在加工对象物的内部由于多光子吸收而产生光学损失的现象。利用该光学损失在加工对象物的内部产生热变形，来在加工对象物的内部形成裂缝区域。该裂缝区域是该改质区域的一

个实例，而且因为产生应力的工序与上述相同，所以在依照这种激光加工方法时，在加工对象物的表面不会发生熔融、或者不会偏离切断规定线的发生不必要的裂缝，可以以此方式进行激光加工。该激光加工方法的加工对象物例如使用包含玻璃的构件。此外，最大功率密度表示脉冲激光的聚光点的电场强度。

此外，本发明的激光加工方法的特征是，所具备的工序包括：使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1μs 以下的条件下，照射激光，在加工对象物的内部形成包括熔融处理区域的改质区域，通过该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；在形成切断起点区域的工序之后，使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线来照射加工对象物，沿着切断规定线在切断加工对象物的位置产生应力。

在依照这种激光加工方法时，使聚光点对准加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1μs 以下的条件下照射激光。因此，在加工对象物的内部被多光子吸收局部地加热。利用该加热在加工对象物的内部形成熔融处理区域。该熔融处理区域是该改质区域的一个实例，而且因为产生应力的工序与上述相同，所以在依照这种激光加工方法时，在加工对象物的表面不会发生熔融、或者不会偏离切断规定线的发生不必要的裂缝，可以以此方式进行激光加工。该激光加工方法的加工对象物例如使用包含半导体装置的构件。

此外，本发明的激光加工方法的特征是，所具备的工序包括：使聚光点对准在晶片状的加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1ns 以下的条件下，照射激光，在加工对象物的内部形成包括折射率被变化的区域的折射率变化区域的改质区域，利用该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；在形成切断起点区域的工序之后，使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线来照射加工对象物，沿着切断规定线在切断加工对象物的位置产生应力。

在依照这种激光加工方法时，使聚光点对准加工对象物的内部，在聚光点的最大密度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅度为 1ns 以下的条件下照射激光。依照这种方式，使脉冲幅度成为极短，当在加工对象物内发生多光子吸收时，由于多光子吸收的能量不会转化成热能，在加工对象物内产生离子价数变化、结晶化、或者分极定向等的永续的构造变化，形成折射率变化区域。该折射率变化区域是该改质区域的一个实例，而且因为产生应力的工序与上述相同，所以在依照这种激光加工方法时，在加工对象物的表面不会发生熔融、或者不会偏离切断规定线的发生不必要的裂缝，可以进行激光加工。该激光加工方法的加工对象物例如使用包含玻璃的构件。

此外，对该加工对象物具有吸收性的激光的聚光点，优选对准在该加工对象物的表面。利用这种方式以改质区域作为起点，可以以更进一层的良好精确度产生切断，可以沿着切断规定线，以更进一层的良好精确度切断加工对象物。

此外，本发明的激光加工方法的特征是，所具备的工序包括：使聚光点对准在被固定于可扩张保持构件的表面的晶片状的加工对象物的内部来照射激光，用来在加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；在形成切断起点区域的工序之后，使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线，照射加工对象物，从而沿着切断规定线，切断加工对象物；和在切断加工对象物的工序之后，使保持构件扩张，来使被切断的加工对象物的各个部分分离。

在依照这种激光加工方法时，利用多光子吸收所形成的改质区域，可以在加工对象物的内部，沿着欲切断加工对象物的所希望的切断规定线，形成切断起点区域。然后使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线，照射加工对象物，来以切断起点区域作为起点，在加工对象物产生裂缝，可以以良好的精确度，沿着切断规定线切断加工对象物。此外，经由使固定有加工对象物的保持构件扩张，用来使加工对象物的各个部分分离，所以可以更进一层的提高沿着切断规定线的加工对象物的切断的确实性。

此外，本发明的激光加工方法的特征是，所具备的工序包括：使聚光点对准在被固定于可扩张保持构件的表面的晶片状的加工对象物的内部来照射激光，用来在加工对象物的内部形成改质区域，通过该改质区域，沿着加工对象物的切断规定线，在离开加工对象物的激光射入面规定距离的内侧，形成切断起点区域；在形成切断起点区域的工序之后，使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线，照射加工对象物；和在照射加工对象物的工序之后，使保持构件扩张，来切断加工对象物，和使被切断的加工对象物的各个部分分离。

在依照这种激光加工方法时，与上述的激光加工方法同样的，可以沿着切断规定线，在加工对象物的内部形成切断起点区域。使对加工对象物具有吸收性的激光，沿着切断规定线，照射加工对象物，当与未进行这种照射的情况比较时，可以利用较小的力量，使以切断起点区域作为起点的裂缝达到加工对象物的表面和背面。因此，可以以较小的力量使固定有加工对象物的保持构件扩张，可以以良好的精确度沿着切断规定线切断加工对象物。此外，因为经由使该保持构件扩张用来使加工对象物的各个部分分离，所以可以更进一步的提高沿着切断规定线的加工对象物的切断的确实性。

此外，切断起点区域是指加工对象物被切断时的成为切断的起点的区域。因此，切断起点区域是加工对象物中的规定切断的切断规定部。此外，切断起点区域的形成可以经由改质区域的连续形成，也可以经由改质区域的断续形成。此外，加工对象物也可以由半导体材料形成，改质区域成为熔融处理区域。

附图说明

图 1 是利用本实施方式的激光加工方法的激光加工中的加工对象物的平面图。

图 2 是沿着图 1 所示的加工对象物的 II-II 线的截面图。

图 3 是利用本实施方式的激光加工方法的激光加工后的加工对象物的平面图。

图 4 是沿着图 3 所示的加工对象物的 IV-IV 线的截面图。

图 5 是沿着图 3 所示的加工对象物的 V-V 线的截面图。

图 6 是利用本实施方式的激光加工方法的切断后的加工对象物的平面图。

图 7 的图表是表示本实施方式的激光加工方法的电场强度和裂缝的大小的关系。

5 图 8 是本实施方式的激光加工方法的第一工序的加工对象物的截面图。

图 9 是本实施方式的激光加工方法的第二工序的加工对象物的截面图。

10 图 10 是本实施方式的激光加工方法的第三工序的加工对象物的截面图。

图 11 是本实施方式的激光加工方法的第四工序的加工对象物的截面图。

图 12 表示利用本实施方式的激光加工方法的切断后的硅晶片的一部分的截面的照片。

15 图 13 的图表是表示本实施方式的激光加工方法的激光的波长和硅基板的内部的透过率的关系。

图 14 是第一实施方式的激光加工装置的简要构造图。

图 15 是流程图，用来说明第一实施方式的激光加工方法。

20 图 16 是在第一实施方式的改质区域形成工序中，激光加工中的包含裂缝区域的加工对象物的截面图。

图 17 是在第一实施方式的应力工序中，激光加工中的包含裂缝区域的加工对象物的截面图。

图 18 是加工对象物的平面图，用来说明利用第一实施方式的激光加工方法可切断的图。

25 图 19 是第二实施方式的加工对象物的平面图。

图 20 是截面图，用来表示在第二实施方式的加工对象物形成切断起点区域的方式。

图 21 是截面图，用来表示在第二实施方式的加工对象物照射具有吸收性的激光的方式。

30 图 22 是截面图，用来表示将第二实施方式的加工对象物设定在薄膜扩张装置的方式。

图 23 是截面图，用来表示使固定有第二实施方式的加工对象物的扩张薄膜进行扩张的方式。

图 24 是截面图，用来表示在第三实施方式的加工对象物照射具有吸收性的激光的方式。

5

具体实施方式

下面，将参照附图用来详细的说明本发明的优选实施方式。本实施方式的激光加工方法利用多光子吸收而形成改质区域，多光子吸收是激光的强度非常大时所产生的现象。首先，简单对多光子吸收进行说明。

10

当光子的能量 $h\nu$ 小于材料的吸收的带隙 E_G 时，就成为光学式的透明。因此，在材料产生吸收的条件是 $h\nu > E_G$ 。但是，即使是光学式透明，当激光的强度非常大时，在 $nh\nu > E_G$ 的条件下 ($n=2、3、4、\dots$)，也在材料产生吸收。这种现象称为多光子吸收。在脉冲的情况，激光的强度由激光的聚光点的最大功率密度 (W/cm^2) 所决定，例如在最大密度为 1×10^8 (W/cm^2) 以上的条件下，产生多光子吸收。最大功率密度的求得是利用 (聚光点的激光的每 1 个脉冲的能量) $\div$ (激光的射束点截面积 $\times$ 脉冲幅度) 而实现的。此外，在连续波的情况时，激光的强度由激光的聚光点的电场强度 (W/cm^2) 所决定。

15

下面，参照图 1~图 6 来说明利用这种多光子吸收的本实施方式的激光加工的原理。图 1 是激光加工中的加工对象物 1 的平面图，图 2 是沿着图 1 所示的加工对象物 1 的 II-II 线的截面图，图 3 是激光加工后的加工对象物 1 的平面图，图 4 是沿着图 3 所示的加工对象物 1 的 IV-IV 线的截面图，图 5 是沿着图 3 所示的加工对象物 1 的 V-V 线的截面图，图 6 是被切断的加工对象物 1 的平面图。

20

25

如图 1 和图 2 所示，在加工对象物 1 的表面 3 形成切断规定线 5。切断规定线 5 是直线状延伸的假想线。本实施方式的激光加工是在产生多光子吸收的条件下，使聚光点 P 对准在加工对象物 1 的内部，将激光 L 照射在加工对象物 1 上来形成改质区域 7。此外，聚光点是指激光 L 聚光的位置。

30

使激光沿着切断规定线 5 (也即沿着箭头 A 方向) 进行相对的移

动，来使聚光点 P 沿着切断规定线 5 移动。利用这种方式，如图 3～图 5 所示，只在沿着切断规定线 5 的加工对象物 1 的内部，形成改质区域 7。本实施方式的激光加工方法不是由加工对象物 1 吸收激光 L 来使加工对象物 1 发热而形成改质区域 7。而是使激光 L 透过加工对象物 1，在内部产生多光子吸收用来形成改质区域 7。因此，在加工对象物 1 的表面 3 大致不吸收激光 L，所以加工对象物 1 的表面 3 不会熔融。

在加工对象物 1 的切断时，假如在切断的位置为起点时，因为加工对象物 1 从该起点切割，所以如图 6 所示，可以以比较小的力量将加工对象物 1 切断。因此，加工对象物 1 的表面 3 不会产生不必要的裂缝，可以简单的进行加工对象物 1 的切断。

其中，要以切断起点区域作为起点进行加工对象物的切断时，可以使用下列的两种方法。其中之一是在切断起点区域形成后，对加工对象物施加人为的力量，以切断起点区域作为起点，切割加工对象物，从而切断加工对象物。这种适于用在例如加工对象物的厚度很大的情况的切断。当施加人为的力量时，例如，会沿着加工对象物的切断起点区域，对加工对象物施加弯曲应力和剪切应力，和由于加工对象物具有温度差而产生热应力。另外一种方法是形成切断起点区域，以该切断起点区域作为起点，朝向加工对象物的截面方向（厚度方向）自然切割，其结果是将加工对象物切断。例如，在加工对象物的厚度很小的情况时，可以利用一个改质区域，在加工对象物的厚度很大的情况时，经由在厚度方向形成多个改质区域。此外，在该自然切割的情况时，在进行切断的位置，因为不会切割到未形成有改质区域的部分上的表面，可以只割断形成有改质区域的部分上的表面，所以可以良好的控制其割断。近年来，硅晶片等的加工对象物的厚度有变薄的倾向，所以这种控制效率良好的割断方法非常有效。

此外，利用本实施方式的多光子吸收所形成的改质区域有下列的（1）～（3）。

（1）在改质区域是包括一个或者多个裂缝点的裂缝区域的情况使激光的聚光点对准加工对象物（例如由玻璃或者 LiTaO_3 构成的压电材料）的内部，在聚光点的电场强度为 1×10^8 (W/cm^2) 以上，而且脉冲幅度为 $1\mu\text{s}$ 以下的条件下，照射激光。该脉冲幅度的大小的条件是

可以产生多光子吸收,但是不会给加工对象物的表面带来多余的损坏,而仅在加工对象物的内部形成裂缝区域。利用这种方式,在加工对象物的内部,利用多光子吸收产生光学式损伤的现象。利用该光学式损伤在加工对象物的内部引起热变形,用来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 1×10^{12} (W/cm²)。脉冲幅度优选为例如 1ns~200ns。其中,利用多光子吸收的裂缝区域的形成,被记载在例如第 45 次激光热加工研究会论文集(1998 年,12 月)的第 23 页~第 28 页的“利用固体激光高谐波的玻璃基板的内部标号”。

本发明人利用实验求得电场强度和裂缝的大小的关系,实验的条件如下所示。

(A) 加工对象物: 派勒克斯(注册商标)玻璃(厚度 700μm, 外径 4 英寸)

(B) 激光

光源: 半导体激光激励 Nd: YAG 激光

波长: 1064nm

激光点截面积: 3.14×10^{-8} cm²

振荡形态: Q 开关脉冲

重复频率: 100kHz

脉冲幅度: 30ns

输出: 输出<1mJ/脉冲

激光品质: TEM₀₀

偏光特性: 直线偏光

(C) 聚光用透镜

对激光波长的透过率: 60%

(D) 装载有加工对象物的装载台的移动速度: 100mm/秒

此外,激光品质为 TEM₀₀ 是指可聚光到高集光性的激光的波长程度。

图 7 的图表是表示该实验的结果。横轴是最大功率密度,因为激光是脉冲激光,所以电场强度以最大功率密度表示。纵轴表示利用一个脉冲的激光在加工对象物的内部形成的裂缝部分(裂缝点)的大小。裂缝点的大小是裂缝点的形状中的形成最大长度的部分的大小。图表

中的黑圆所示的数据是聚光用透镜(C)的倍率为 100 倍, 开口数(NA)为 0.80 的情况。另一方面, 图表中的白圆所示的数据是聚光用透镜(C)的倍率为 50 倍、开口数(NA)为 0.55 的情况。最大功率密度从 10^{11} (W/cm^2) 程度开始, 可知在加工对象物的内部产生裂缝点, 随着功率密度的变大, 裂缝点也变大。

下面, 使用图 8~图 11 来说明在本实施方式的激光加工时, 利用裂缝区域切断加工对象物的机构。如图 8 所示, 利用产生多光子吸收的条件, 使聚光点 P 对准在加工对象物 1 的内部, 对加工对象物 1 照射激光 L, 沿着规定切断线, 在内部形成裂缝区域 9。该裂缝区域 9 是包括一个或者多个裂缝点的区域。如图 9 所示, 以裂缝区域 9 作为起点, 使裂缝更进一步的成长, 如图 10 所示, 使裂缝达到加工对象物 1 的表面 3 和背面 21, 如图 11 所示, 经由切割加工对象物 1, 来切断加工对象物 1。达到加工对象物的表面和背面的裂缝也可以自然成长, 也可以经由对加工对象物施加力量使其进行成长。

(2) 改质区域为熔融处理区域的情况

使聚光点对准在加工对象物 (例如硅的半导体材料) 的内部, 利用聚光点的电场强度为 1×10^8 (W/cm^2) 以上而且脉冲幅度为 $1\mu\text{s}$ 以下的条件, 照射激光。依照这种方式, 加工对象物的内部由于多光子吸收而被局部加热。利用该加热在加工对象物的内部形成熔融处理区域。熔融处理区域是暂时熔融后再固化的区域, 或者熔融状态的区域, 或者从熔融状态再固化的状态的区域, 也可以称为相变化后的区域, 或者结晶构造变化后的区域。此外, 熔融处理区域在单结晶构造、非晶质构造、多结晶构造中, 也可以是某一构造变化成为另一构造的区域。即, 例如表示从单结晶构造变化成为非晶质构造的区域、从单结晶构造变化成多结晶构造的区域、或者从单结晶构造变化成为包括非晶质构造和多结晶构造的区域。在加工对象物为硅单结晶构造的情况时, 熔融处理区域例如成为非晶质硅构造。电场强度的上限值例如成为 1×10^{12} (W/cm^2)。脉冲幅度例如优选成为 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 。

本发明人经由实验确认在硅晶片的内部形成熔融处理区域。实验条件如下列所示。

(A) 加工对象物: 硅晶片 (厚度 $350\mu\text{m}$, 外径 4 英寸)

(B) 激光

光源：半导体激光激励 Nd: YAG 激光

波长：1064nm

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

5 振荡形态：Q 开关脉冲

重复频率：100kHz

脉冲幅度：30ns

输出：20μJ/脉冲

激光品质：TEM₀₀

10 偏光特性：直线偏光

(C) 聚光用透镜

倍率：50 倍

N.A.: 0.55

对激光波长的透过率：60%

15 (D) 装载有加工对象物的装载台的移动速度：100mm/秒

图 12 表示的是利用该条件的激光加工所切断的硅晶片的一部分的截面的照片。在硅晶片 11 的内部形成有熔融处理区域 13。此外，利用该条件所形成的熔融处理区域 13 的厚度方向的大小为 100μm 程度。

下面，将说明利用多光子吸收而形成熔融处理区域 13。图 13 的图
20 表为表示激光的波长和硅基板的内部的透过率的关系。但是，将硅基板的表面侧和背面侧的各个反射部分除去，只显示内部的透过率。对于硅基板的厚度 t 分别为 50μm、100μm、200μm、500μm、1000μm，来显示上述的关系。

例如，当 Nd: YAG 激光的波长为 1064nm，硅基板的厚度为 500μm
25 以下的情况时，可以得知在硅基板的内部，激光有 80%以上透过。因为图 12 所示的硅晶片 11 的厚度为 350μm，所以由于多光子吸收产生的熔融处理区域 13 形成在硅晶片的中心附近，也即是离开表面 175μm 的部分。这种情况的透过率，当以厚度 200μm 的硅晶片作为基准时，成为 90%以上，所以激光在硅晶片 11 的内部只有微少量被吸收，大部
30 分均透过。因此，不是在硅晶片 11 的内部吸收激光来在硅晶片 11 的内部形成熔融处理区域 13（即利用激光的通常的加热来形成熔融处理

区域),而是利用多光子吸收来形成熔融区域 13。利用多光子吸收的熔融处理区域的形成被记载在例如熔接学会全国人会演讲概要第 66 集(2000 年 4 月)的第 72 页~第 73 页的“利用微微秒脉冲激光的硅的加工特性评估”。

5 此外,硅晶片以利用熔融处理区域形成的切断起点区域作为起点,朝向截面方向产生裂缝,经由使该裂缝达到硅晶片的表面和背面,来产生切断的结果。达到硅晶片的表面和背面的该裂缝也可以经由自然成长产生。此外,从切断起点区域到硅晶片的表面和背面的裂缝是由自然成长产生的情况时,可以是使形成切断起点区域的熔融处理区域
10 熔融,从这种状态使裂缝成长,或者是使形成切断起点区域的熔融处理区域熔融,从这种状态在再固化时使裂缝成长。但是,在任何一种情况均是使熔融处理区域只形成在硅晶片的内部,在切断后的切断面,如图 12 所示,只在内部形成熔融处理区域。当在加工对象物的内部,利用熔融处理区域形成切断起点区域时,在切断时难以产生从切断起
15 点区域线向外延伸的不必要的裂缝,所以切断控制变为容易。

(3) 改质区域为折射率变化区域的情况

使聚光点对准在加工对象物(例如玻璃)的内部,利用聚光点的电场强度为 1×10^8 (W/cm²) 以上,而且脉冲幅度为 1ns 以下的条件,照射激光。使脉冲幅度成为极短,当在加工对象物的内部产生多光子
20 吸收时,多光子吸收的能量不会转化成热能,在加工对象物的内部引起离子价数变化、结晶化或者分极定向等的永续的构造变化,因而形成折射率变化区域。电场强度的上限值例如成为 1×10^{12} (W/cm²)。脉冲幅度例如优选为 1ns 以下,更好为 1ps 以下。利用多光子吸收的折射率变化区域的形成,例如被记载在第 42 次激光热加工研究会论文集
25 (1997 年 11 月)的第 105 页~第 111 页的“毫微微秒激光照射玻璃内部的光感应构造的形成”。

以上所说明的是利用多光子吸收形成的改质区域的(1)~(3)的情况,但是,假如考虑到晶片状的加工对象物的结晶构造或者其劈开性等,以下面所述的方式形成切断起点区域时,以该切断起点区域
30 作为起点,可以以更小的力量和良好的精确度切断该加工对象物。

即,在由硅等的钻石构造的单结晶半导体构成的基板的情况时,

最好沿着(111)面(第一劈开面)或者(110)面(第二劈开面)的方向形成切断起点区域。此外,在由GaAs等的闪锌矿型构造的III-V族化合物半导体构成的基板的情况时,优选沿着(110)面的方向形成切断起点区域。此外,在具有蓝宝石(Al_2O_3)等的六方晶系的结晶构造的基板的情况时,优选以(0001)面的(C面)作为主面,沿着(1120)面(A面)或者(1100)面(M面)的方向形成切断起点区域。

此外,假如沿着要形成上述的切断起点区域的方向(例如沿着在单晶硅基板中的(111)面的方向),或者要形成切断起点区域的方向的正交方向,在基板形成定向平坦部时,经由以该定向平坦部作为基准,可以容易而且正确的在基板形成沿着要形成切断起点区域的方向的切断起点区域。

下面,利用实施例更具体地说明本发明。

(第一实施例)

下面说明本发明的第一实施例。第一实施例的激光加工方法所具备的工序包括:改质区域形成工序,利用多光子吸收在加工对象物的内部形成改质区域;和应力工序,在加工对象物被切断的位置产生应力。

下面说明第一实施例的激光加工装置。图14是改质区域形成工序所使用的激光加工装置100的简要构造图。如图所示,激光加工装置100包括:激光光源101,用来产生激光L;激光光源控制部102,用来控制激光光源101从而调节激光L的输出和脉冲幅度等;双向色镜103,被配置成具有激光L的反射功能和使激光L的光轴的方向变化 90° ;聚光用透镜105,用来对被双向色镜103反射的激光L进行聚光;装载台107,用来装载被聚光用透镜105所聚光的激光L照射的加工对象物;X轴载物台109,用来使装载台107依照X轴方向移动;Y轴载物台111,用来使装载台107依照与X轴方向正交的Y轴方向移动;Z轴载物台113,用来使装载台107依照与X轴方向和Y轴方向正交的Z轴方向移动;和载物台控制部115,用来控制该三个载物台109、111、113的移动。此外,在第一实施方式中,加工对象物1是派勒克斯(注册商标)玻璃晶片。

Z轴方向因为是与加工对象物1的表面3正交的方向,所以成为

射入到加工对象物 1 的激光 L 的焦点深度的方向。因此，经由使 Z 轴载物台 113 在 Z 轴方向移动，而可以使激光 L 的聚光点 P 对准在加工对象物 1 的内部。此外，该聚光点 P 的 X (Y) 轴方向的移动的进程是利用 X (Y) 轴载物台 109 (111) 使加工对象物 1 在 X (Y) 轴方向移动。

5 激光光源 101 是用来产生脉冲激光的 Nd: YAG 激光。可使用在激光光源 101 的激光，也可以使用其它的 Nd: YVO₄ 激光，或者 Nd: YLF 激光。当形成裂缝区域、熔融处理区域时，激光光源优选使用上述的激光光源，当形成折射率变化区域时，优选使用钛蓝宝石激光。在本第一实施方式中，加工对象物 1 的加工是使用脉冲激光，但是假如可以产生多光子吸收时，也可以使用连续波激光。

10 激光加工装置 100 还包括：观察用光源 117，用来产生可视光线，从而通过可视光线照明被装载在装载台 107 的加工对象物 1；和可视光用的射束分裂器 119，被配置在与双向色镜 103 和聚光用透镜 105 相同的光轴上。在射束分裂器 119 和聚光用透镜 105 之间，配置有双向色镜 103。射束分裂器 119 被配置成具有使可视光线的大约一半进行反射，和其余的一半进行透过的功能，和使可视光线的光轴的方向变化 90°。从观察用光源 117 产生的可视光线大约有一半被射束分裂器 119 所反射，该被反射的可视光线透过双向色镜 103 和聚光用透镜 105，照明包含加工对象物 1 的切断规定线 5 等的表面 3。

15 激光加工装置 100 还包括摄像组件 121 和成像透镜 123，被配置在与射束分裂器 119、双向色镜 103 和聚光用透镜 105 相同的光轴上。摄像组件 121 使用例如 CCD (charge-coupled device) 摄像机。照明包含切断规定线 5 等的表面 3 的可视光线的反射光，透过聚光用透镜 105、双向色镜 103、射束分裂器 119，被成像透镜 123 成像，成为摄像组件 121 所摄像到的摄像资料。

20 激光加工装置 100 还包括：摄像数据处理部 125，被输入有从摄像组件 121 输出的摄像资料；整体控制部 127，用来控制激光加工装置 100 的整体；和监视器 129。摄像数据处理部 125 根据摄像资料进行焦点资料演算，用来使观察用光源 117 所产生的焦点对准加工的表面 3 上。根据该焦点资料，115 对 Z 轴载物台 113 进行移动控制，用来使可

视光焦点对准加工的表面 3。因此，摄像数据处理部 125 具有作为自动聚焦单位的功能。其中，可视光的焦点与激光 L 的聚光点一致。此外，摄像数据处理部 125 根据摄像资料，演算表面 3 的扩大图像等的图像数据。该图像数据发送到整体控制部 127，在整体控制部接受各种处理，
5 然后被发送到监视器 129。利用这种方式，在监视器 129 显示扩大图像等。

在整体控制部 127 被输入有来自载物台控制部 115 的数据和来自摄像数据处理部 125 的图像数据等，根据该数据来控制激光光源控制部 102、观察用光源 117 和载物台控制部 115，从而控制激光加工装置
10 100 全体。因此，整体控制部 127 具有作为计算机单元的功能。

此外，在应力工序使用的吸收性激光照射装置，所采用的构造与上述的激光加工装置 100 的不同在于激光光源和双向色镜。吸收性激光照射装置的激光光源使用波长 $10.6\mu\text{m}$ 的 CO_2 激光，用来产生连续波激光。对于派勒克斯（注册商标）玻璃晶片的加工对象物 1 具有吸收性。
15 下面以该激光光源所产生的激光作为“吸收性激光”。此外，射束品质为 TEM_{00} ，偏光特性为直线偏光。因为其强度是使加工对象物 1 被加热和不会熔融的程度，所以该激光光源的输出成为 10W 以下。吸收性激光照射装置的双向色镜被配置成具有吸收性激光的反射功能和使吸收性激光的光轴的方向变化 90° 。

20 下面，参照图 14 和图 15 来说明第一实施方式的激光加工方法。图 15 是流程图，用来说明激光加工方法。

首先，利用图中未显示的分光光度计等来测定加工对象物 1 的光吸收特性。根据其测定结果，选定激光光源 101，来产生对加工对象物 1 为透明的波长或者吸收很少的波长的激光 L，和选定激光光源，来产生对加工对象物 1 为吸收性波长的吸收性激光，然后设定各个激光加工装置 100 和吸收性激光照射装置（S101）。其次，测定加工对象物 1 的厚度。根据厚度的测定结果和加工对象物 1 的折射率，来决定激光加工装置 100 的加工对象物 1 的 Z 轴方向的移动量（S103）。即，因为使激光 L 的聚光点 P 位于加工对象物 1 的内部，所以成为以位于加工对象物 1 的表面 3 的激光 L 的聚光点作为基准的加工对象物 1 的 Z 轴方向的移动量。该移动量被输入到改质区域形成工序所使用的激光加
30

工装置 100 的整体控制部 127。

将加工对象物 1 装载在激光加工装置 100 的装载台 107 (S104)。然后利用从观察用光源 117 产生的可视光, 照明加工对象物 1 (S105)。利用摄像组件 121, 对包含被照明的切断规定线 5 的加工对象物 1 的表面 3 进行摄像。将该摄像数据发送到摄像数据处理部 125。根据该摄像资料, 摄像数据处理部 125 演算焦点数据, 来使观察用光源 117 的可视光的焦点位于表面 3 (S107)。

该焦点资料被发送到载物台控制部 115。载物台控制部 115 根据该焦点资料, 使 Z 轴载物台 113 进行 Z 轴方向的移动 (S109)。利用这种方式使观察用光源 117 的可视光的焦点位于表面 3。然后, 摄像数据处理部 125 根据摄像资料, 对包含切断规定线 5 的加工对象物 1 的表面 3 的扩大图像数据进行演算。该扩大图像数据经由整体控制部 127 被发送到监视器 129, 在监视器 129 显示切断规定线 5 附近的扩大图像。

在整体控制部 127 被输入有在工序 S103 预先决定的移动量资料, 将该移动量资料发送到载物台控制部 115。载物台控制部 115 根据该移动量资料, 利用 Z 轴载物台 113 使加工对象物 1 在 Z 轴方向, 移动到使激光 L 的聚光点 P 在加工对象物 1 的内部的位置 (S111)。

其次, 从激光光源 101 产生激光 L, 使激光 L 照射在加工对象物 1 的表面 3 的切断规定线 5。图 16 是改质区域形成工序的激光加工中的包含裂缝区域 9 的加工对象物 1 的截面图。如图所示, 因为激光 L 的聚光点 P 位于加工对象物 1 的内部, 所以裂缝区域 9 只形成在加工对象物 1 的内部。然后, 使 X 轴载物台 109 或者 Y 轴载物台 111 沿着切断规定线 5 移动, 使裂缝区域 9 沿着切断规定线 5 形成在加工对象物 1 的内部 (S113)。

在利用激光加工装置 100 形成改质区域之后, 将加工对象物 1 装载在吸收性激光照射装置的装载台 107 并进行搬运 (S115)。改质区域形成工序的裂缝区域 9 因为只形成在加工对象物 1 的内部, 所以加工对象物 1 不会有不规则性, 因此可以很容易地搬运加工对象物。

然后, 在工序 117 照明加工对象物 1, 在工序 119 演算焦点数据使观察用光源的可视光的焦点位于加工对象物 1 的表面 3, 在工序 121 使加工对象物 1 依照 Z 轴方向移动, 使该焦点位于加工对象物 1 的表

面 3, 利用这种方式使吸收性激光的聚光点对准在加工对象物 1 的表面 3。此外, 该等的工序 117、工序 119、工序 121 的动作的详细部分, 分别与上述的激光加工装置 100 的工序 105、工序 107、工序 109 相同。

其次, 从吸收性激光照射装置的激光光源产生吸收性激光, 使吸收性激光照射在加工对象物 1 的表面 3 的切断规定线 5。此外, 该照射也可以照射到切断规定线 5 的附近。然后, 使吸收性激光照射装置的 X 轴载物台或者 Y 轴载物台沿着切断规定线 5 移动, 沿着切断规定线 5 对加工对象物 1 进行加热, 用来沿着切断规定线 5, 在要切断加工对象物 1 的位置, 利用温度差产生热应力等的应力 (S123)。这时, 因为吸收性激光的强度是对加工对象物 1 进行加热但不会熔融的程度, 所以加工对象物的表面不会熔融。

图 17 是应力工序中的激光加工中的包含裂缝 9 的加工对象物 1 的截面图。如图所示, 利用吸收性激光的照射, 以裂缝区域 9 作为起点的使裂缝进一步成长的裂缝, 达到加工对象物 1 的表面 3 和背面 21, 用来切断在加工对象物 1 形成有切断面 10 的加工对象物 1 (S125)。利用这种方式可以将加工对象物 1 分割成为硅芯片。

此外, 在第一实施方式中, 所说明的情况是形成裂缝区域作为改质区域, 但是也可以形成上述方式的熔融处理区域或者折射率变化区域作为改质区域, 利用吸收性激光的照射产生应力, 以熔融处理区域或者折射率变化区域作为起点, 用来使裂缝产生和成长, 可以切断加工对象物。

此外, 在加工对象物的厚度很大的情况等, 也可以利用应力工序以改质区域作为起点, 使成长的裂缝不达到加工对象物的表面和背面, 经由施加弯曲应力或者剪切应力等的人为的力量, 来切断加工对象物。因为该人为的力量只要较小力即可, 所以可以防止在加工对象物的表面发生偏离切断规定线的不必要的裂缝。

下面说明第一实施例的效果。当依照这种方式时, 在改质区域形成工序, 在产生多光子吸收的条件下, 使聚光点 P 对准在加工对象物 1 的内部, 使脉冲激光 L 照射在切断规定线 5。然后, 使 X 轴载物台 109 或者 Y 轴载物台 111 移动, 使聚光点 P 沿着切断规定线 5 移动。利用这种方式, 沿着切断规定线 5, 在加工对象物 1 的内部, 形成改质区域

(例如裂缝区域、熔融处理区域、折射率变化区域)。当在加工对象物的切断位置有任何的起点时,可以以比较小的力量切断加工对象物。在依照第一实施方式时,在应力工序中,沿着切断规定线 5 使吸收性激光照射在加工对象物 1,利用温度差产生热应力等的应力。因此,利用温度差产生的热应力等的应力比较小的力量,可以切断加工对象物 1。利用这种方式,在加工对象物 1 的表面 3 不会产生偏离切断规定线 5 的不必要的裂缝,可以切断加工对象物 1。

此外,在依照第一实施例时,在改质区域形成工序,因为利用在加工对象物 1 发生多光子吸收的条件,使聚光点 P 对准在加工对象物 1 的内部而照射激光 L,所以脉冲激光 L 透过加工对象物 1,在加工对象物 1 的表面 3,脉冲激光 L 几乎不被吸收。此外,在应力工序中,吸收性激光的强度是加工对象物 1 加热但是不到熔融的程度。因此,不会由于激光的照射而使表面 3 受到熔融等的损坏。

当依照以上所说明的第一实施例时,在加工对象物 1 的表面 3,不会产生偏离切断规定线 5 的不必要的裂缝或者熔融,就可以切断规定线加工对象物 1。因此,当加工对象物 1 例如为半导体晶片的情况时,半导体芯片不会产生偏离切断规定线的不必要的裂缝或者熔融,可以从半导体晶片切出半导体芯片。对于在表面形成有电极图案的加工对象物,或者如同形成有压电组件晶片或者液晶等的显示装置的玻璃基板,在表面形成有电子装置的加工对象物也相同。因此,在依照第一实施方式时,可以提高经由切断加工对象物所制成的制品(例如半导体芯片、压电装置芯片、液晶等的显示装置)的效率。

此外,在依照第一实施例时,因为加工对象物 1 的表面 3 的切断规定线 5 不会熔融,所以切断规定线 5 的幅度(例如在半导体晶片的情况,该幅度是指成为半导体芯片的区域间的间隔)可以变小。利用这种方式,可以增加由一片的加工对象物 1 所制成的制品的数目,可以提高制品的生产效率。

此外,当依照第一实施方式时,因为加工对象物 1 的切断加工使用激光,所以当与使用钻石切割器的切片比较时,可以进行更复杂的加工。例如,如图 18 所示,即使切断规定线 5 为复杂的形状时,也可以进行切断加工。

(第二实施例)

下面,说明本发明的第二实施例。此外,图20~图23是沿着图19所示的加工对象物1的XX-XX线的部分截面图。

如图19和图20所示,在加工对象物1的背面21粘贴有可扩张的扩张薄膜(保持构件)19,在该扩张薄膜19的表面19a上固定加工对象物1。扩张薄膜19以外周部分贴着在环状的薄膜固定框架20,而被固定在薄膜固定框架20。此外,该加工对象物1是厚度100 μ m的硅晶片。

依照这种方式,将由加工对象物1、扩张薄膜19和薄膜固定框架20构成的单位U,装载在例如上述激光加工装置100的装载台107上,使加工对象物1的表面3侧面对聚光用透镜105。然后,利用按压构件107a将薄膜固定框架20固定在装载台107,并将扩张薄膜19真空吸附在装载台107。

然后,如图19所示,将依照加工对象物1的定向平坦部16的平行方向和垂直方向延伸的切断规定线5,设定成为格子状。该切断规定线被设定在形成于晶片上的电路组件或者受光面等的功能组件所构成的装置形成面700之间。此外,在附图中为了简化,只显示装置形成面700的一部分。

此外,如图20所示,使聚光点P1对准在加工对象物1的内部,照射激光L1,使该聚光点P1沿着切断规定线5移动,来在加工对象物1的内部形成改质区域7。利用该改质区域7,在离开加工对象物1的表面(激光射入面)3规定距离的内侧,沿着切断规定线5形成切断起点区域8。此外,因为加工对象物1是硅晶片,所以形成熔融处理区域作为改质区域7。

然后,如图21所示,使聚光点P2对准在加工对象物1的表面3,对加工对象物1照射具有吸收性的激光L2,使该聚光点P2沿着切断规定线5移动。利用该激光L2的照射,以切断起点区域8作为起点,产生裂缝24,使该裂缝24达到加工对象物1的表面3和背面21。利用这种方式,沿着切断规定线5将加工对象物1分割成多个芯片25。

这种裂缝24的主要的发生原因是因为利用激光L2的照射,沿着切断规定线5,对加工对象物1加热,在加工对象物1产生热应力。其

一实例是利用激光 L2 的照射，在改质区域 7 和加工对象物 1 的非改质区域（加工对象物 1 的改质区域 7 以外的部分）的界面，产生微细的龟裂或者变形，以该龟裂或者变形作为起点，施加拉伸应力，使裂缝朝向作为加热源的激光 L2 的照射部位扩展，从改质区域 7 朝向表面 3 或者背面 21 产生裂缝 24。

其中，在第二实施例中，使用波长 808nm，输出 14W 的激光作为激光 L2，使用激光二极管作为其光源。此外，聚光点 P2 的射束直径大约为 200 μ m。当依照这种激光 L2 的照射时，可以防止加工对象物 1 的表面 3 的熔融，来对加工对象物 1 进行加热。此外，随着聚光点 P2 的射束直径的缩小，可以更良好的精确度沿着切断规定线 5 分割加工对象物 1。此外，经由缩小射束直径，可以只对形成于晶片表面的装置形成面间，照射激光，所以在装置形成面不会照射无用的激光 L2，可以保护装置面。

在将加工对象物 1 切断成多个芯片 25 之后，将单元 U 搬运到薄膜扩张装置 200。如图 22 所示，单元 U 的薄膜固定框架 20 被环状的承接构件 201 和环状的按压构件 202 所包夹，从而被固定在薄膜扩张装置 200。然后，将被配置在承接构件 201 的内侧的圆柱状的按压构件 203，从单元 U 的下侧按压到扩张薄膜 19 的背面 19b，然后，如图 23 所示的使按压构件 203 上升。利用这种方式，使扩张薄膜 19 的各个芯片 25 的接触部分扩张到外方，用来使各个芯片 25 互相分离，可以容易且可靠地拾取各个芯片 25。

在以上的第二实施例的激光加工方法中，利用多光子吸收所形成的改质区域 7，可以沿着切断规定线 5，在加工对象物 1 的内部形成切断起点区域 8。然后，使对加工对象物 1 具有吸收性的激光 L2，沿着切断规定线 5 照射加工对象物 1，以切断起点区域 8 作为起点，在加工对象物 1 产生裂缝 24，可以以良好的精确度沿着切断规定线 5 切断加工对象物 1。此外，使固定有加工对象物 1 的扩张薄膜 19 扩张，用来使各个芯片 25 分离，所以可以更进一步地提高沿着切断规定线 5 的加工对象物 1 的切断的确实性。

（第三实施例）

下面，说明本发明的第三实施例。第三实施例的与第二实施例的

不同部分是当照射激光 L2 时所产生的裂缝 24 达到加工对象物 1 的表面 3 和背面 21。下面将以与第二实施例不同的部分作为重点进行说明。此外，图 24 是沿着图 19 所示的加工对象物 1 的 XX-XX 线的部分截面图。

5 与第二实施例先公，准备由加工对象物 1、扩张薄膜 19 和薄膜固定框架 20 所构成的单元 21，例如使用上述的激光加工装置 100，在加工对象物 1 的内部，形成改质区域 7，利用该改质区域 7，沿着切断规定线 5，在离开加工对象物 1 的表面 3 规定距离的内侧，形成切断起点区域 8。此外，加工对象物 1 是厚度为 300 μ m 的硅晶片。

10 然后，如图 24 所示，使聚光点 P2 对准在加工对象物 1 的表面 3，照射对加工对象物 1 具有吸收性的激光 L2，使该聚光点 P2 沿着切断规定线 5 移动。利用该激光 L2 的照射，以切断起点区域 8 作为起点，产生裂缝 24。但是，因为第三实施例的加工对象物 1 的厚度（300 μ m）比第二实施方式的加工对象物 1 的厚度（100 μ m）厚，所以裂缝 24 不会达到加工对象物 1 的表面 3 和背面 21，只停留在加工对象物 1 的内部。此外，激光 L2 的照射条件与第二实施例相同。

15 然后，与第二实施例相同，将单元 U 搬运到薄膜扩张装置 200。然后，在薄膜扩张装置 200，从单元 U 的下侧将按压构件 203 按压到扩张薄膜 19 的背面 19b，然后使按压构件 203 上升。由此，扩张薄膜 19 的加工对象物 1 的接触部分的外侧扩张。随着该扩张薄膜 19 的扩张，使加工对象物 1 内的裂缝 24 的前端到达加工对象物 1 的表面 3 和背面 21，沿着切断规定线 5 将加工对象物 1 分割成多个芯片 25，使各个芯片 25 互相分离。

25 此外，利用激光 L2 的照射条件，也可以在激光 L2 的照射时不会发生裂缝 24。在这种情况下，当与不照射激光 L2 的情况比较时，利用扩张薄膜 19 的扩张，可以沿着切断规定线 5，更容易和更高精确度地分割加工对象物 1。

30 在以上的第三实施例的激光加工方法中，与上述的第二实施例的激光加工方法相同，可以沿着切断规定线 5 在加工对象物 1 的内部，形成切断起点区域 8。然后，沿着切断规定线 5 对加工对象物 1 照射激光 L2，该激光 L2 对加工对象物 1 具有吸收性，当与未进行这种照射

的情况比较时，可以以较小的力量，使以切断起点区域 8 作为起点的裂缝 24，达到加工对象物 1 的表面 3 和背面 21。因此，可以以较小的力量使固定有加工对象物 1 的扩张薄膜 19 扩张，可以沿着切断规定线 5 以良好的精确度切断加工对象物 1。此外，因为利用该扩张薄膜 19 的扩张使各个芯片 24 分离，所以可以更进一步地提高沿着切断规定线 5 的加工对象物 1 的切断的可靠性。

本发明并不只限于上述第一实施例～第三实施例。

例如，加工对象物 1 的材料，和对加工对象物 1 具有吸收性的激光 L2 的种类，优选使用下面所述的。即，在加工对象物 1 为硅晶片或者 GaAs 系晶片的情况时，激光 L2 优选使用波长为 500nm～1100nm 的激光。具体地说，使用 YAG 激光的两倍波（波长 532nm），GaAs 系的半导体激光（波长 780nm 或者波长 808nm），Nd 掺杂的光纤激光（波长 1060nm）等。此外，在加工对象物 1 为玻璃的情况时，激光 L2 优选使用波长为 2μm 以上的激光。具体地说，使用 CO₂ 激光（波长 10.6μm）、CO 激光（波长约 5.5μm）、氟化氢激光（波长约 2.9μm）等。

此外，由于激光 L2 的照射所产生的裂缝 24 也可以达到加工对象物 1 表面 3 或者背面 21 的任何一方。这种控制可以形成改质区域 7 使其从加工对象物 1 的厚度方向的中心位置偏向表面 3 或者背面 21 的任何一方。特别是激光 L2 的照射所产生的裂缝 24，当达到加工对象物 1 的扩张薄膜 19 侧的面时，利用扩张薄膜 19 的扩张的加工对象物 1 的切断精确度可以更进一层地提高。

此外，“形成改质区域 7 使其从加工对象物 1 的厚度方向的中心位置偏向加工对象物 1 的表面 3 侧”是指构成切断起点区域 8 的改质区域 7 形成从加工对象物 1 的厚度方向的厚度一半的位置，偏向表面 3 侧。即，加工对象物 1 的厚度方向的改质区域 7 的宽度的中心位置，位于从加工对象物 1 的厚度方向的中心位置偏向表面 3 侧的位置，不只限于改质区域 7 的全部的部分相对加工对象物 1 的厚度方向的中心位置，成为位于表面 3 侧。对于使改质区域 7 形成偏向加工对象物 1 的背面 21 侧的情况也相同。

此外，上述的激光 L2 的照射是照射在切断规定线 5 上，但是也可以照射在切断规定线 5 的附近。此外，激光 L2 的聚光点 P2 的位置也

可以不在加工对象物 1 的表面 3 上。

当依照以上所说明的本发明的激光加工方法时，可以沿着切断规定线，以良好的精确度切断加工对象物。

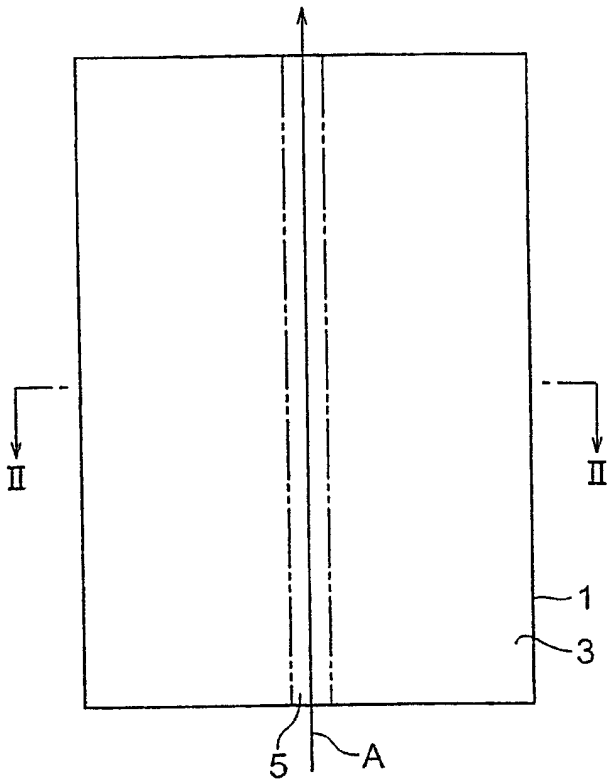


图1

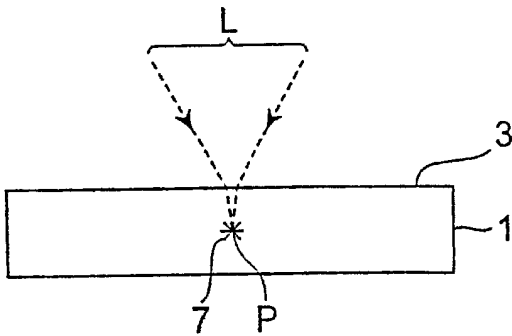


图2

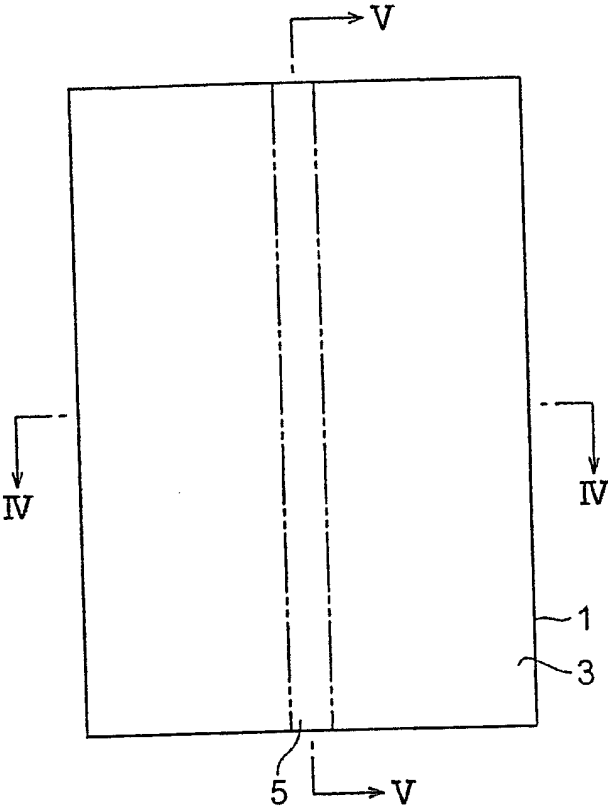


图3

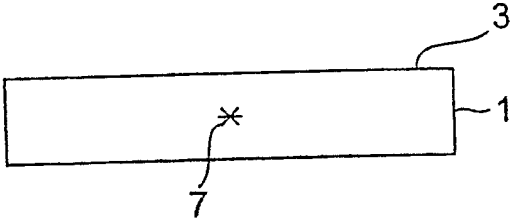


图4

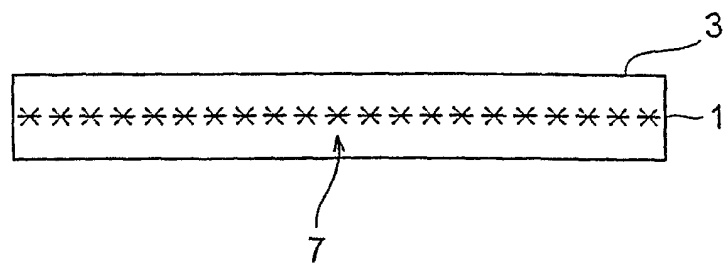


图5

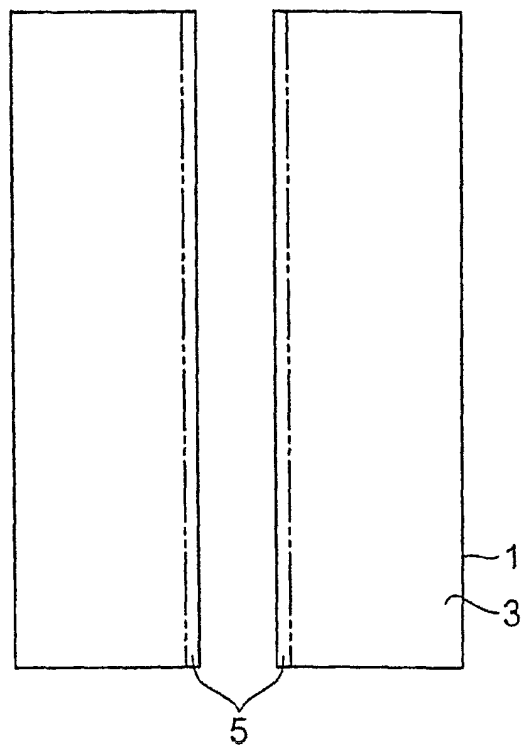


图6

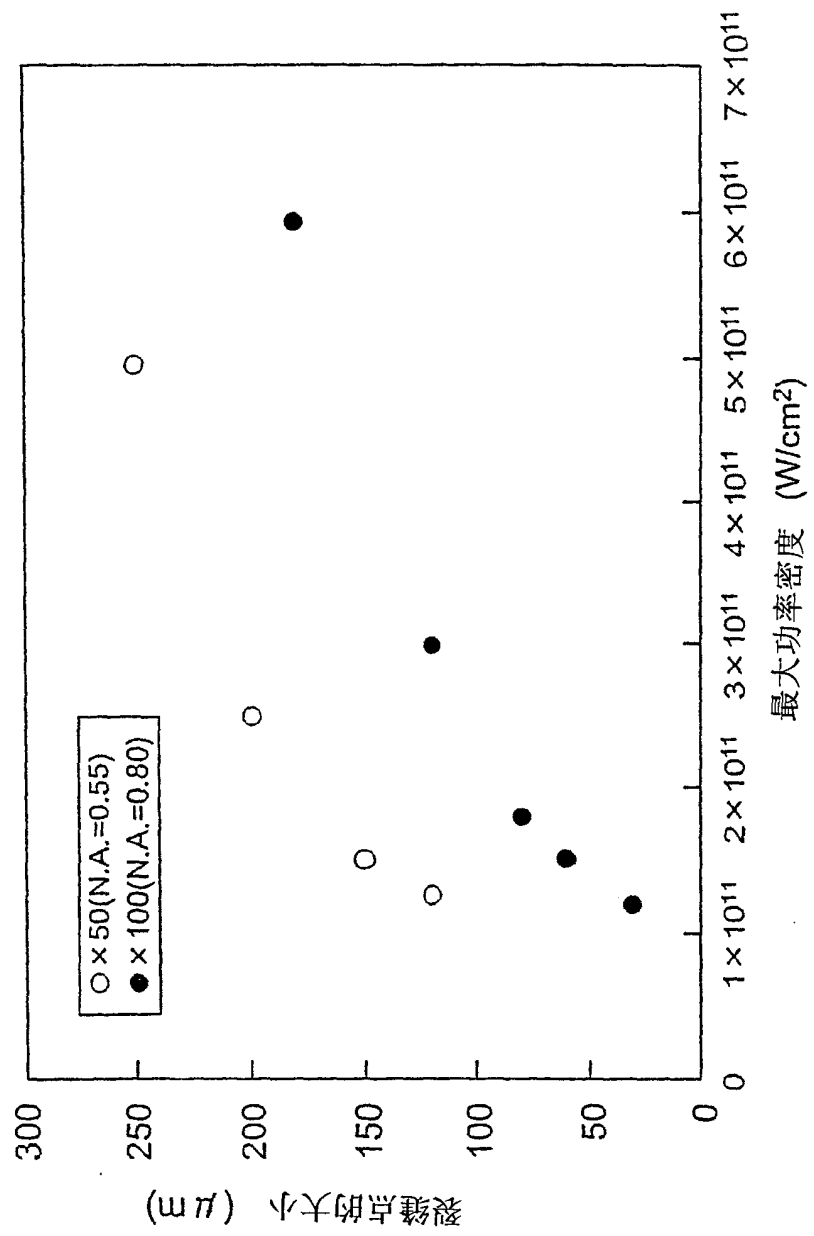


图7

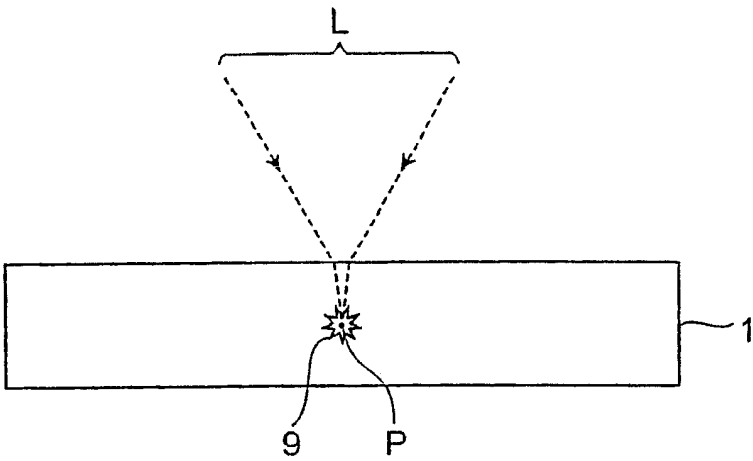


图8

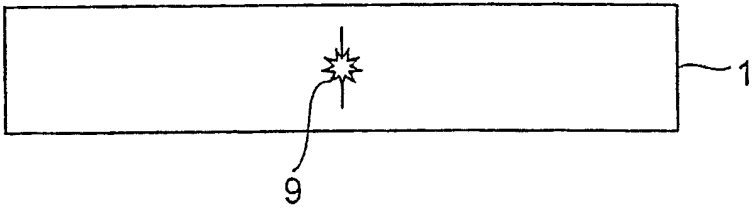


图9

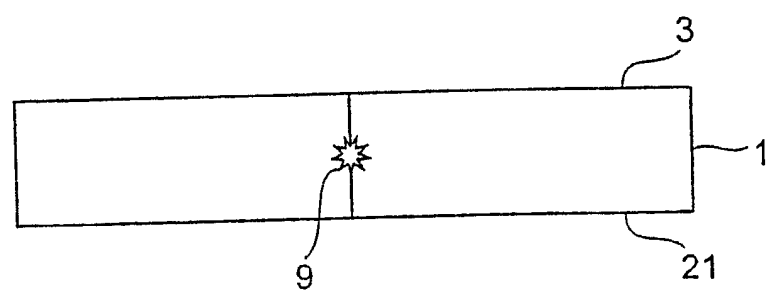


图10

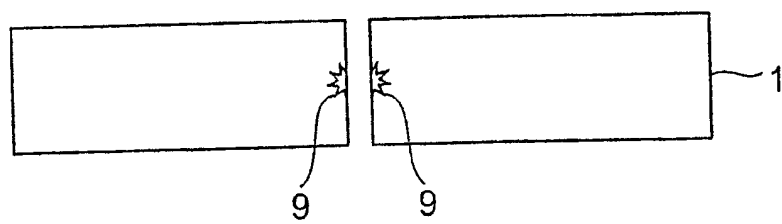


图11

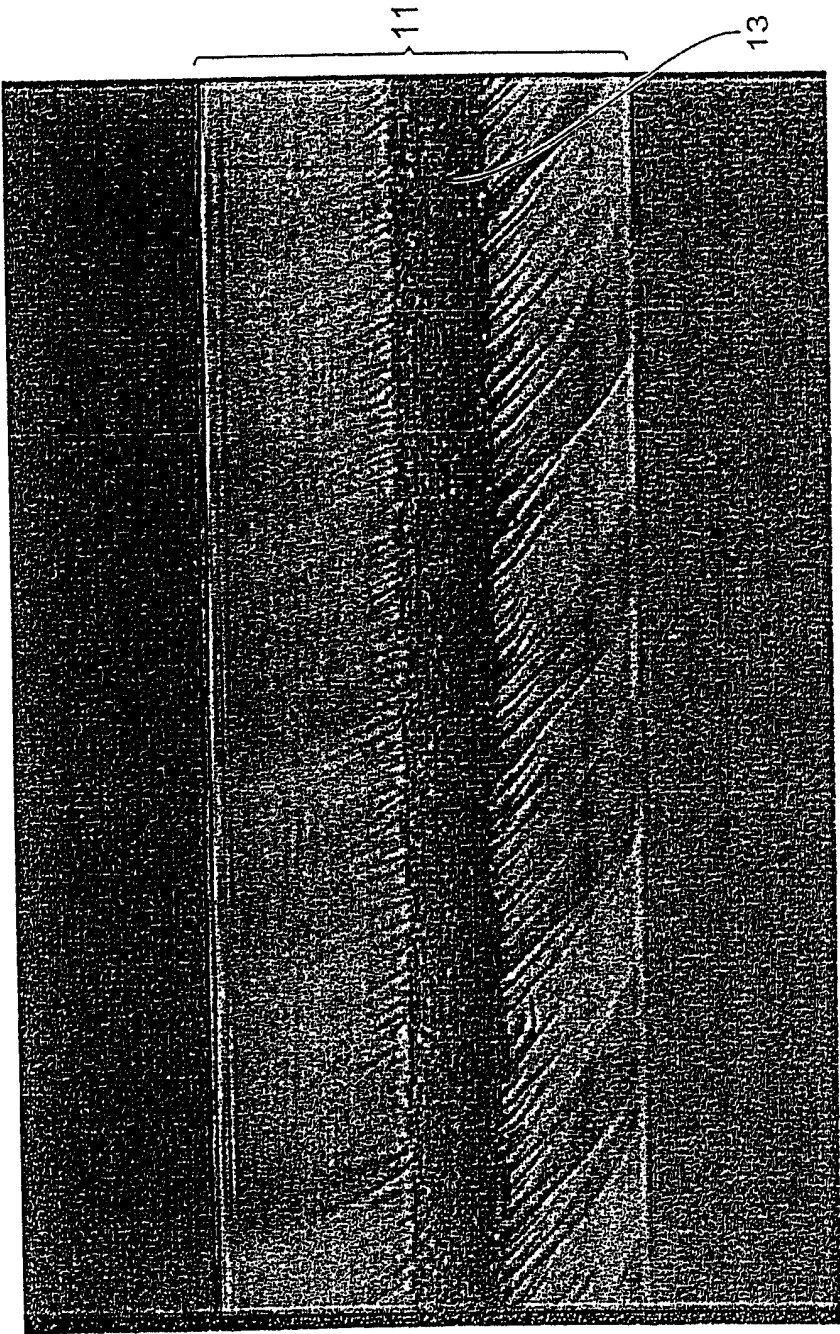


图12

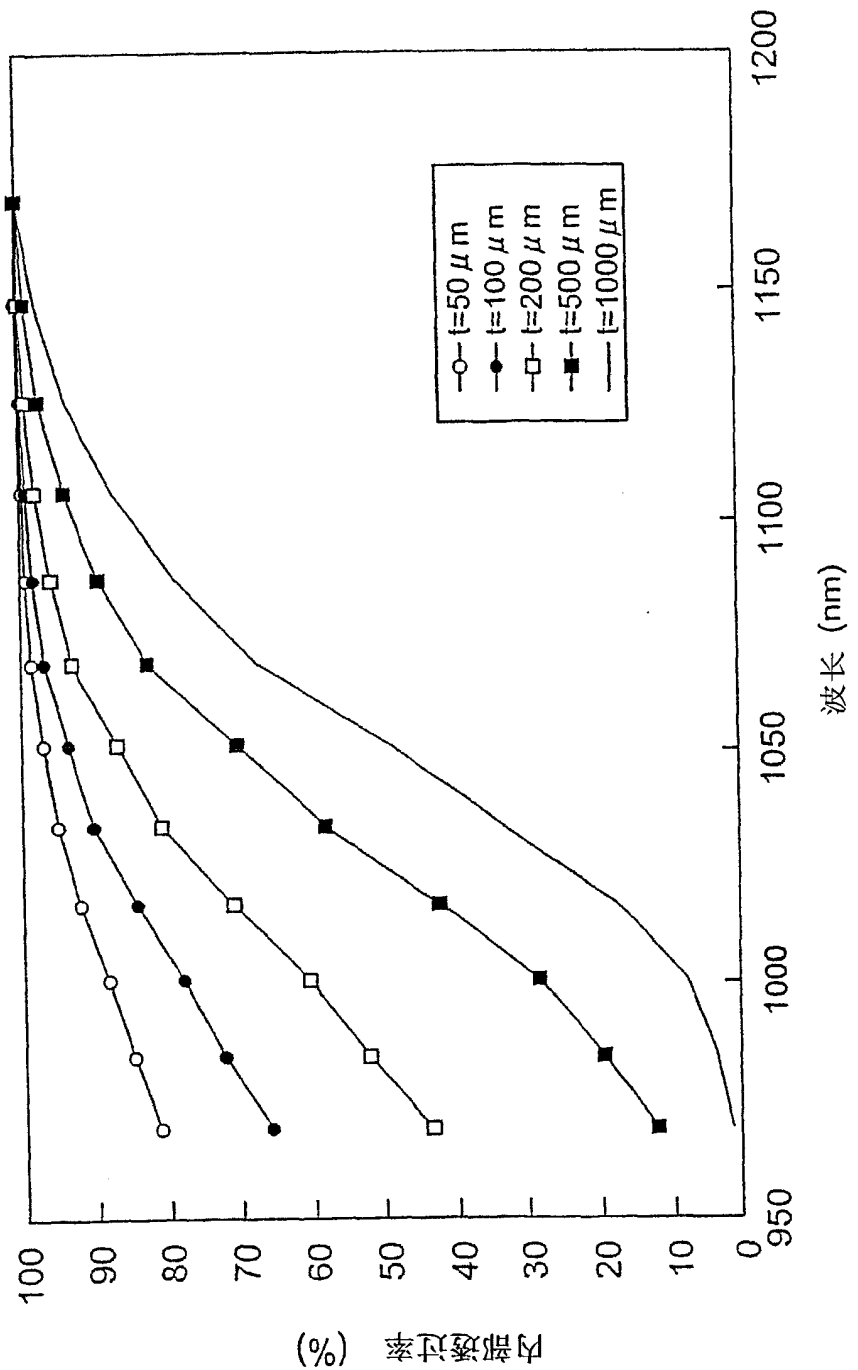


图13

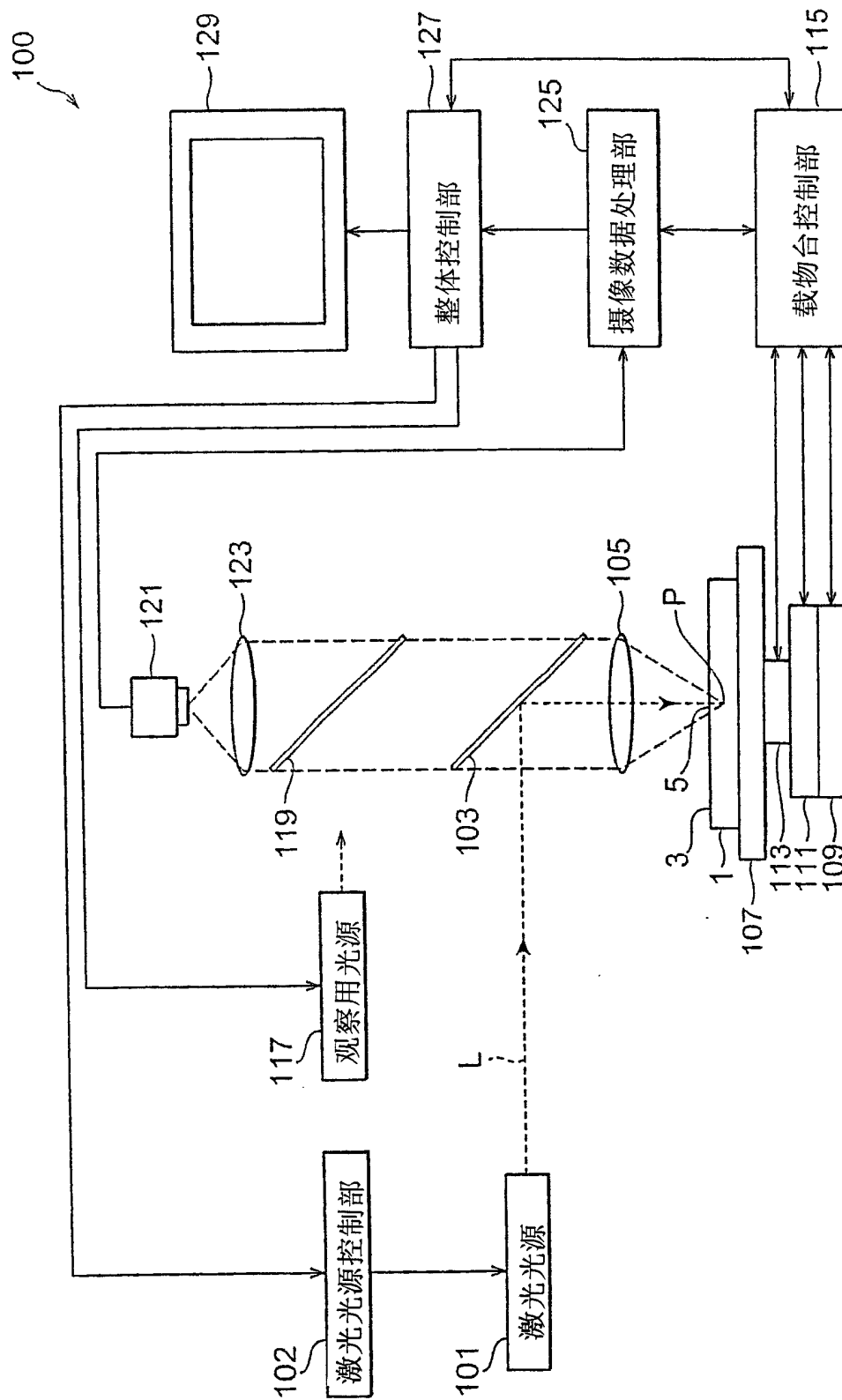


图14

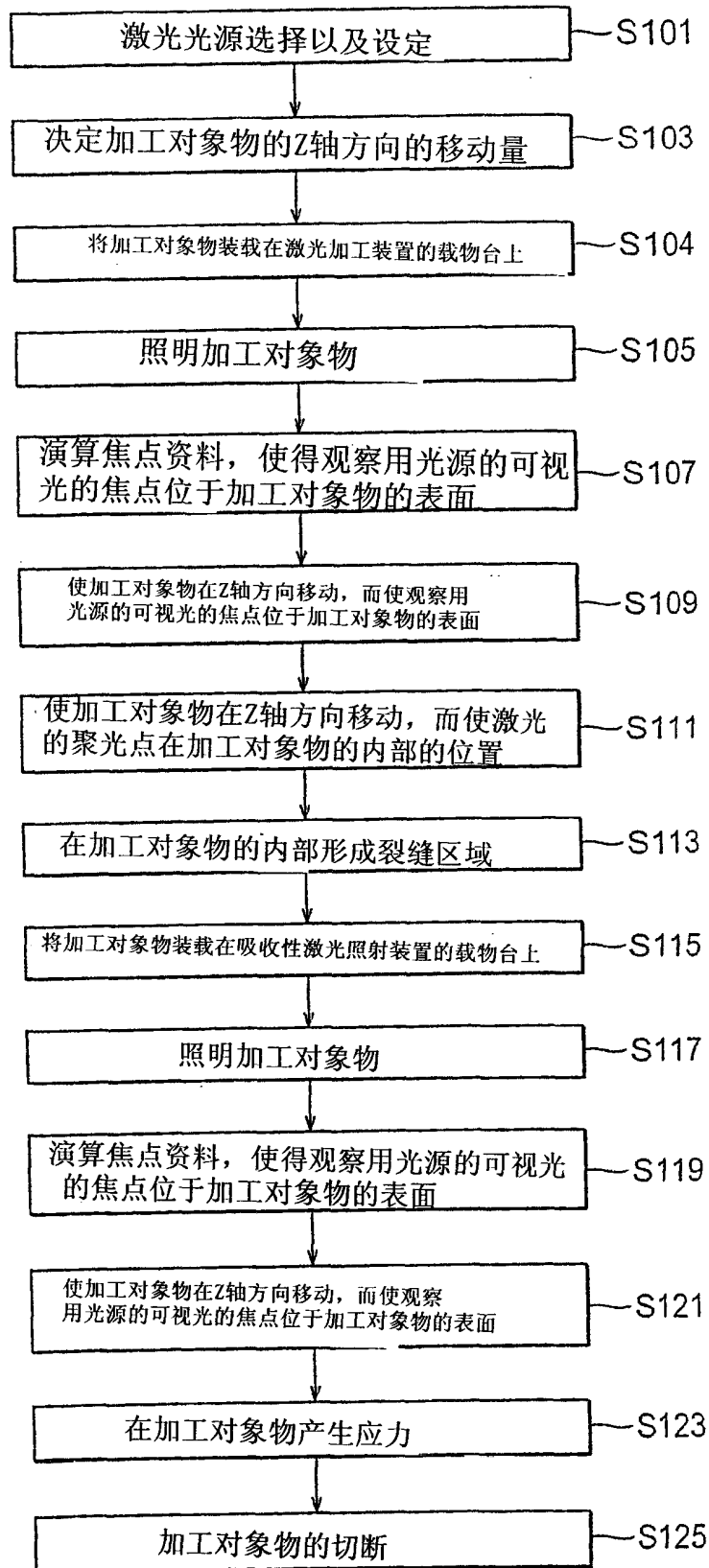


图15

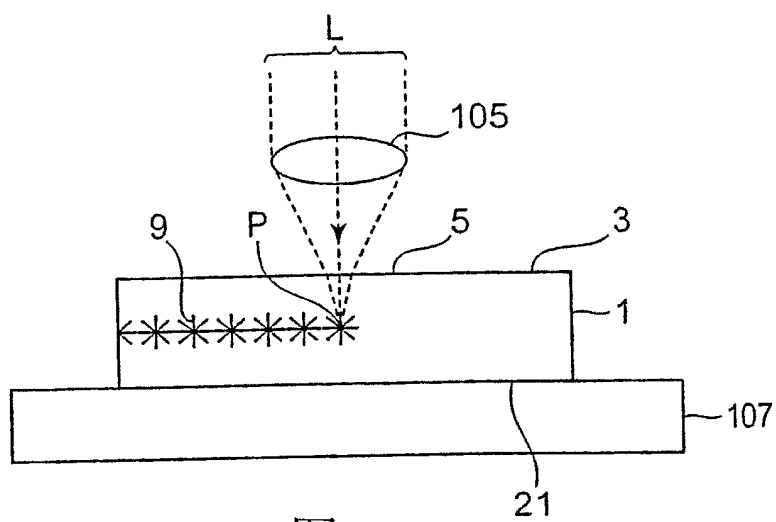


图16

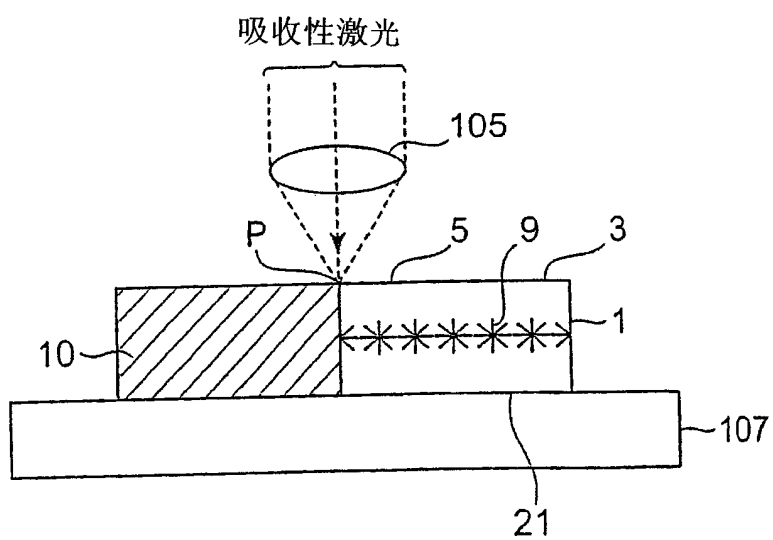


图17

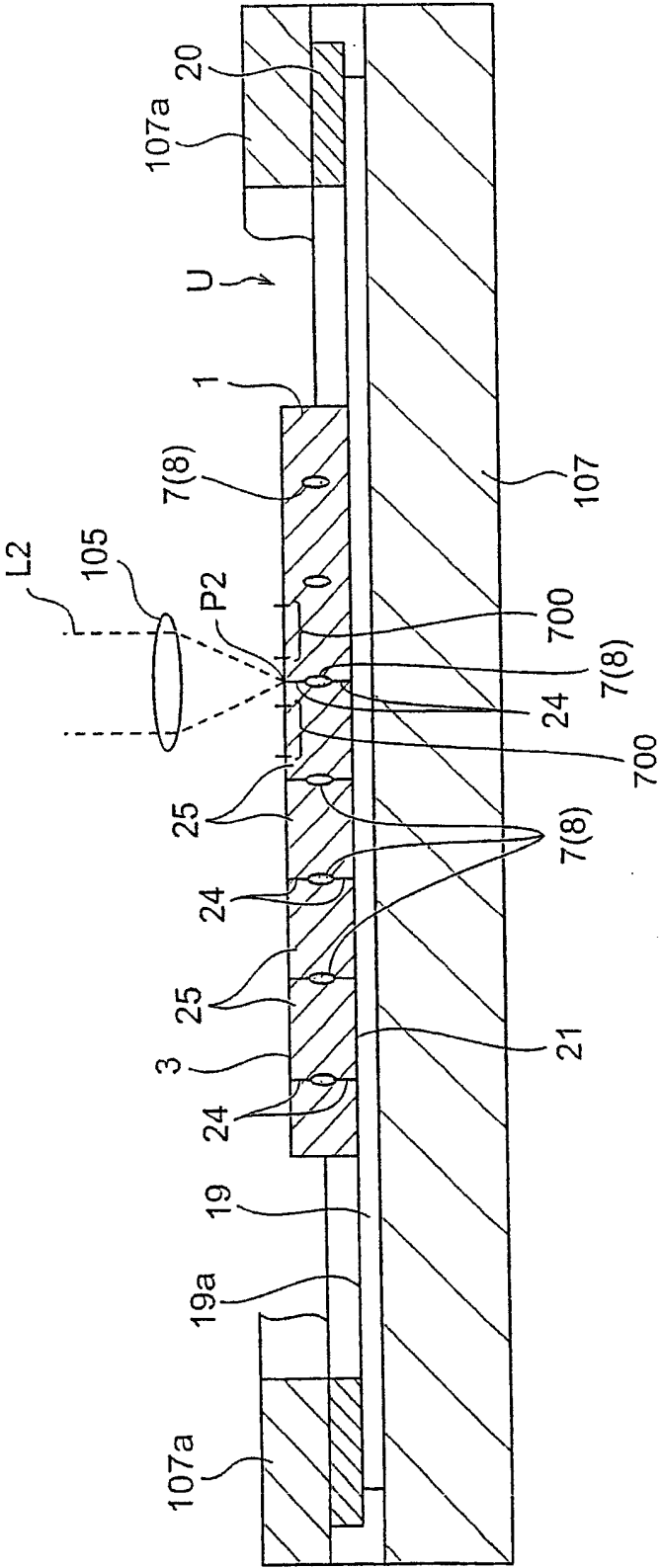


图21

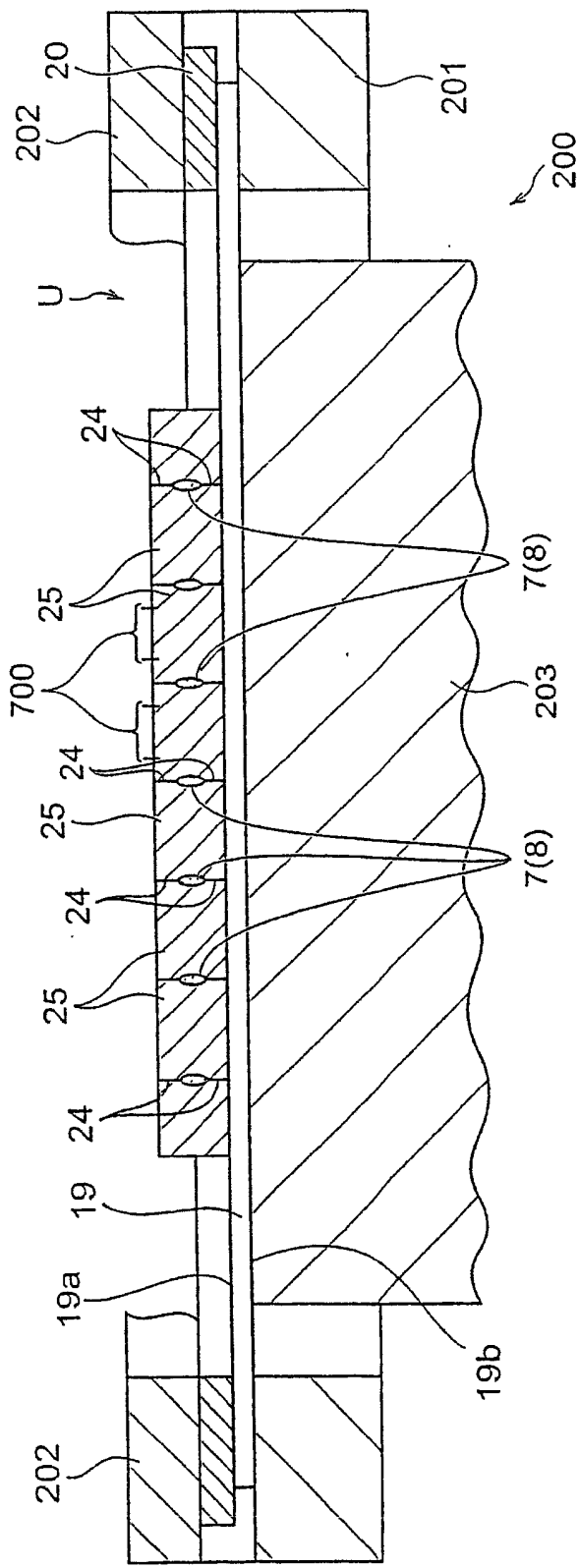


图22

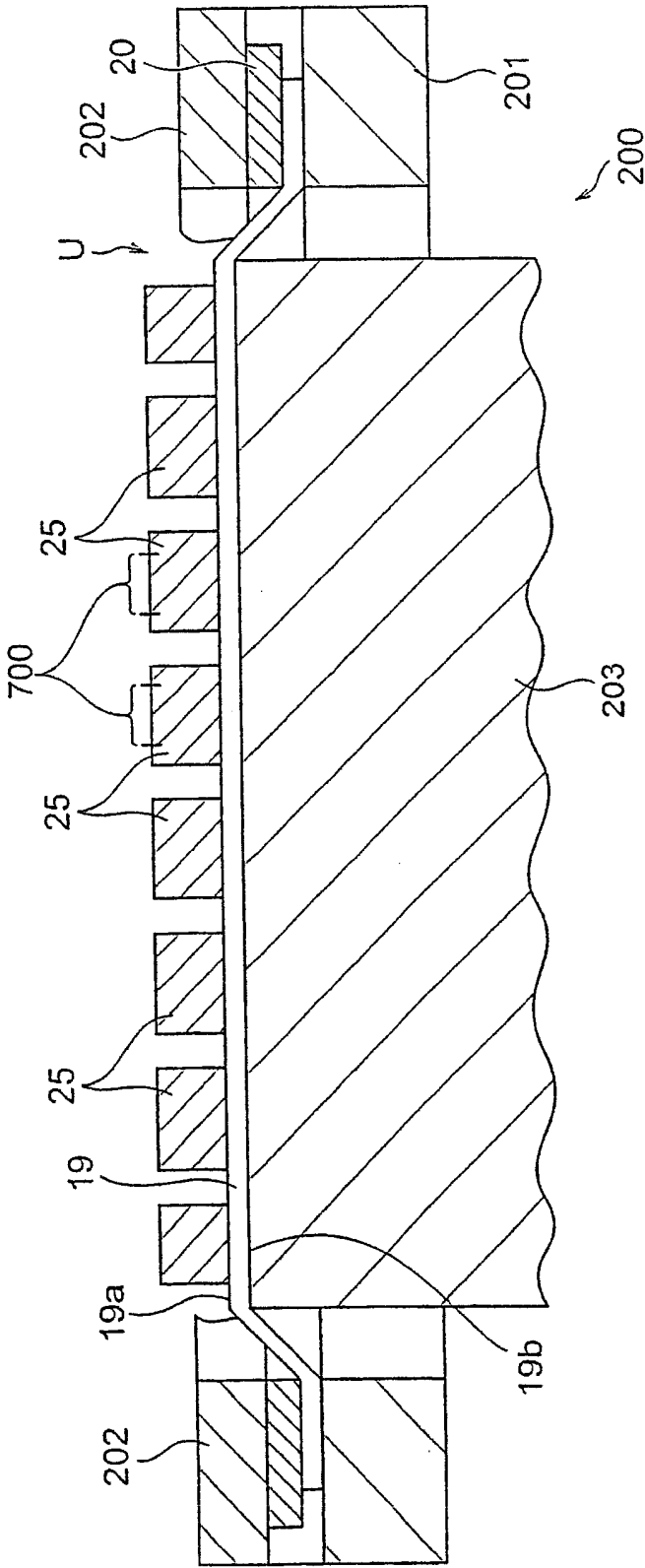


图23

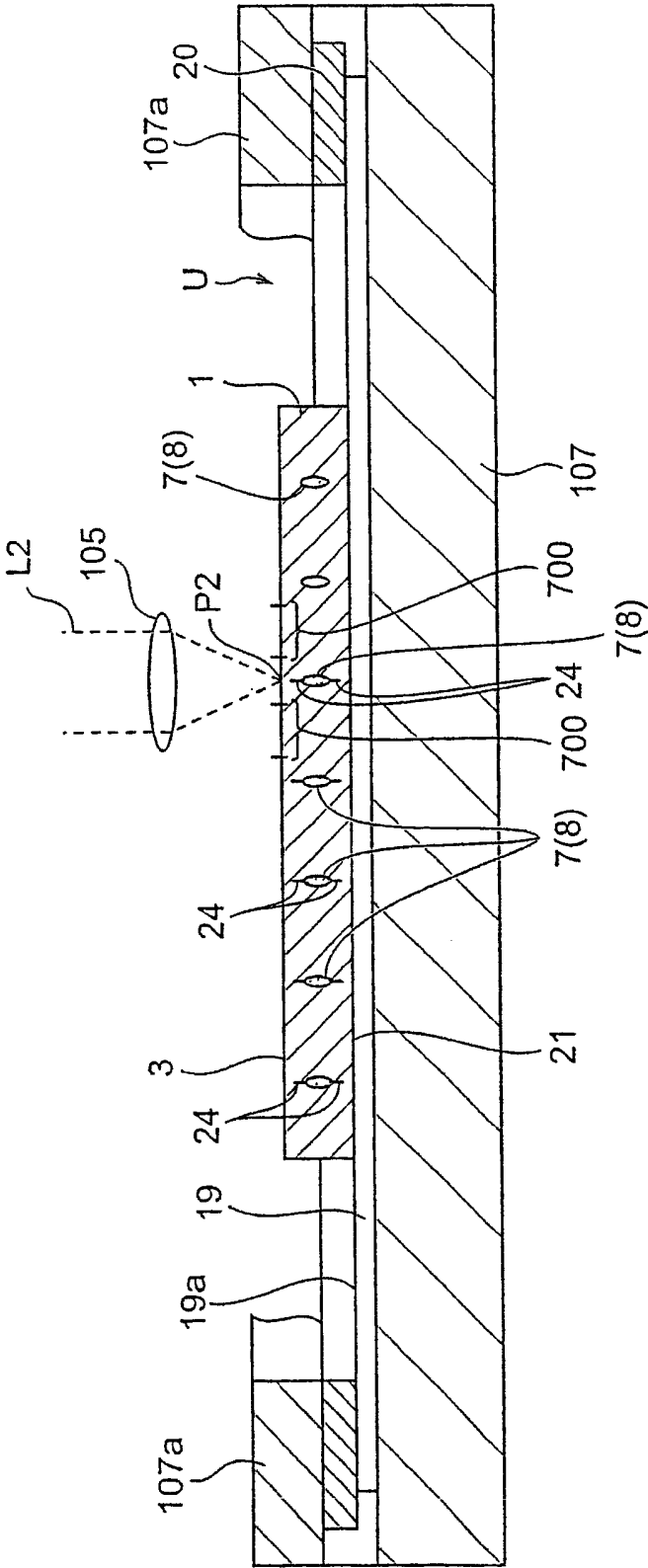


图24