



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101862906 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 15

(21) 申请号 201010165735. 1

(22) 申请日 2004. 07. 16

(30) 优先权数据

2003-277039 2003. 07. 18 JP

(62) 分案原申请数据

200480020786. 8 2004. 07. 16

(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 福满宪志

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

B23K 26/36 (2006. 01)

B28D 5/00 (2006. 01)

H01L 21/78 (2006. 01)

H01L 21/301 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1826207 B, 2010. 06. 16,

WO 02/000301 A1, 2002. 01. 03,

US 2002/0006765 A1, 2002. 01. 17,

CN 1310073 A, 2001. 08. 29,

JP 特開平 11-138896 A, 1999. 05. 25,

JP 特開 2003-154517 A, 2003. 05. 27,

审查员 张静楠

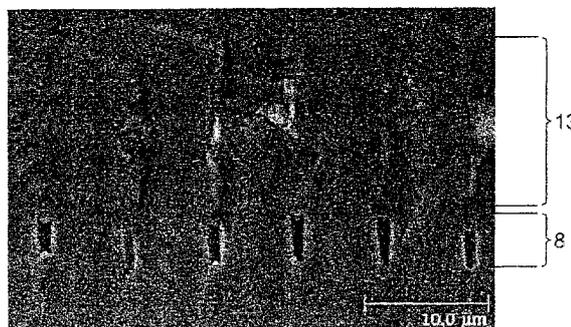
权利要求书5页 说明书13页 附图12页

(54) 发明名称

激光加工方法、激光加工装置以及加工产品

(57) 摘要

本发明提供一种易于将加工对象物切断的激光加工方法。所述激光加工方法包括：使集光点集中在加工对象物(1)的内部来照射激光，沿着加工对象物的切断预定线、在加工对象物的内部通过多光子吸收形成被处理部(7、13)，同时，在加工对象物的内部、在对应于被处理部的规定位置形成微小空洞(8)。



1. 一种激光加工方法,其特征在于,包括:

使集光点对准加工对象物内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述加工对象物的切断预定线在所述加工对象物的内部形成作为熔融处理区域的被处理部,同时,在所述加工对象物内部、在对应于所述被处理部的规定位置上形成微小空洞的工序,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

2. 如权利要求 1 所述的激光加工方法,其特征在于:

还包括设定所述切断预定线的工序。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述加工对象物为半导体基板。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述加工对象物为半导体基板,所述脉冲激光的脉冲宽度为 500nsec 以下。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述加工对象物为半导体基板,所述脉冲激光的脉冲节距为 $1.00 \sim 7.00 \mu\text{m}$ 。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述微小空洞沿着所述切断预定线而形成多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

在所述加工对象物的主面上形成有功能元件,所述微小空洞在所述主面与所述被处理部之间形成。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述微小空洞被形成为夹着所述被处理部而在所述激光入射侧的相反侧。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工方法,其特征在于:

还包括切断形成有所述微小空洞的加工对象物的工序。

10. 一种激光加工方法,其特征在于,包括:

设定半导体基板的切断预定线的工序;以及

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞的工序,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

11. 一种激光加工方法,其特征在于,包括:

设定半导体基板的切断预定线的工序;以及

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 500nsec 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板内部、在对应于所述熔融处理区域

的规定位置上形成微小空洞的工序,其中,

所述脉冲激光的脉冲宽度在 500nsec 以下,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

12. 一种激光加工方法,其特征在于,包括:

设定半导体基板的切断预定线的工序;以及

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu \text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞的工序,其中,

所述脉冲激光的脉冲节距为 $1.00 \sim 7.00 \mu \text{m}$,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

13. 如权利要求 10 至 12 中任一项所述的激光加工方法,其特征在于:

所述微小空洞沿着所述切断预定线而形成多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。

14. 如权利要求 10 至 12 中任一项所述的激光加工方法,其特征在于:

所述半导体基板的主面上形成有功能元件,所述微小空洞在所述主面与所述熔融处理区域之间形成。

15. 如权利要求 10 至 12 中任一项所述的激光加工方法,其特征在于:

所述微小空洞被形成为夹着所述熔融处理区域而在所述激光入射侧的相反侧。

16. 如权利要求 10 至 12 中任一项所述的激光加工方法,其特征在于:

还包括切断形成有所述微小空洞的半导体基板的工序。

17. 一种激光加工装置,其特征在于,

包括:激光源;载置加工对象物的载置台;以及控制所述激光源与所述载置台的相对位置关系的控制单元,其中,

所述控制单元控制所述激光源与所述载置台的间隔,使集光点对准所述加工对象物的内部,同时,若所述激光源有激光射出,则使所述激光源以及所述载置台沿着所述加工对象物的切断预定线进行相对移动,

使集光点对准所述加工对象物内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu \text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线而在所述加工对象物的内部形成作为熔融处理区域的被处理部,同时,在所述加工对象物的内部、在对应于所述被处理部的规定位置形成微小空洞,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

18. 一种激光加工装置,其特征在于,

包括:激光源;载置半导体基板的载置台;以及控制所述激光源与所述载置台的相对

位置关系的控制单元,其中,

所述控制单元控制所述激光源与所述载置台的间隔,使集光点对准所述半导体基板的内部,同时,若所述激光源有激光射出,则使所述激光源以及所述载置台沿着所述半导体基板的切断预定线进行相对移动,

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线而在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板的内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

19. 一种激光加工装置,其特征在于,

包括:激光源;载置半导体基板的载置台;以及控制所述激光源与所述载置台的相对位置关系的控制单元,其中,

所述控制单元控制所述激光源与所述载置台的间隔,使集光点对准所述半导体基板的内部,同时,若所述激光源有脉冲激光射出,则使所述激光源以及所述载置台沿着所述半导体基板的切断预定线作相对移动,

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 500nsec 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线而在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板的内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞,此时,所述脉冲激光的脉冲宽度在 500nsec 以下,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

20. 一种激光加工装置,其特征在于,

包括:激光源;载置半导体基板的载置台;以及控制所述激光源与所述载置台的相对位置关系的控制单元,其中,

所述控制单元控制所述激光源与所述载置台的间隔,使集光点对准所述半导体基板的内部,同时,若所述激光源有脉冲激光射出,则使所述激光源以及所述载置台沿着所述半导体基板的切断预定线作相对移动,

使集光点对准所述半导体基板的内部,以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu\text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光,沿着所述切断预定线而在所述半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在所述半导体基板的内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞,此时,所述脉冲激光的脉冲节距为 $1.00 \sim 7.00 \mu\text{m}$,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

21. 如权利要求 17 至 20 中任一项所述的激光加工装置,其特征在于:

将所述微小空洞沿着所述切断预定线形成多个,将各个微小空洞形成为相互之间具有

间隔。

22. 一种加工产品,是通过激光加工切断加工对象物而生产的加工产品,其特征在于,形成有:

在沿着通过所述切断而形成的主面的部分上、通过以集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu \text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光而改质的作为熔融处理区域的被处理部;以及

在通过所述切断而形成的主面上、在对应于所述被处理部的规定位置上具有开口部的微小空洞,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

23. 如权利要求 22 所述的加工产品,其特征在于:

所述加工对象物为半导体基板。

24. 如权利要求 22 或 23 所述的加工产品,其特征在于:

所述微小空洞沿着所述切断预定线而形成多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。

25. 如权利要求 24 所述的加工产品,其特征在于:

所述微小空洞相互的间隔形成为 $1.00 \sim 7.00 \mu \text{m}$ 。

26. 如权利要求 22 或 23 所述的加工产品,其特征在于:

所述被处理部形成于沿着所述切断预定线的第一区块上,所述多个微小空洞形成在与所述第一区块隔开一定间隔的第二区块上。

27. 一种激光加工方法,其特征在于,

包括:使集光点对准加工对象物内部来照射脉冲激光,至少在切断预定线的一部分的对应位置上形成被处理区域和微小空洞区域的工序,

所述被处理区域中,被处理部在沿着所述加工对象物的切断预定线的所述加工对象物的内部形成,所述被处理部是通过以所述集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu \text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光而形成的熔融处理区域,

所述微小空洞区域中,微小空洞在沿着所述切断预定线的所述加工对象物的内部形成,

所述熔融处理区域是指:一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种,相变化过的区域,结晶构造变化过的区域,或者,从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

28. 如权利要求 27 所述的激光加工方法,其特征在于:

所述加工对象物为半导体基板。

29. 一种加工产品,是通过激光加工切断加工对象物而生产的加工产品,其特征在于,形成有:

在沿着通过所述切断而形成的主面的部分上形成有被处理部的被处理区域,所述被处理部是通过以集光点的峰值功率密度为 $1 \times 10^8 \text{W} / \text{cm}^2$ 以上且脉冲宽度为 $1 \mu \text{s}$ 以下的条件照射脉冲激光而形成的熔融处理区域;以及

在通过所述切断而形成的主面上形成有具有开口部的微小空洞的微小空洞区域,

所述熔融处理区域是指：一旦熔融后再凝固的区域、熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种，相变化过的区域，结晶构造变化过的区域，或者，从单结晶构造、非晶质构造、或多结晶构造中的一种构造变化到另一种构造的区域。

30. 如权利要求 29 所述的加工产品，其特征在于：

所述加工对象物为半导体基板。

31. 如权利要求 6 所述的激光加工方法，其特征在于：

还包括切断形成有所述微小空洞的加工对象物的工序。

32. 如权利要求 13 所述的激光加工方法，其特征在于：

还包括切断形成有所述微小空洞的半导体基板的工序。

33. 如权利要求 9 所述的激光加工方法，其特征在于：

所述脉冲激光的脉冲节距为 $3.00\ \mu\text{m} \sim 5.00\ \mu\text{m}$ 。

34. 如权利要求 33 所述的激光加工方法，其特征在于：

在切断所述加工对象物的工序中，将粘贴在所述加工对象物的背面的扩张胶带沿着所述加工对象物的周缘方向扩张，从而将所述加工对象物切断。

35. 如权利要求 9 所述的激光加工方法，其特征在于：

在切断所述加工对象物的工序中，将粘贴在所述加工对象物的背面的扩张胶带沿着所述加工对象物的周缘方向扩张，从而将所述加工对象物切断。

36. 如权利要求 16 所述的激光加工方法，其特征在于：

所述脉冲激光的脉冲节距为 $3.00\ \mu\text{m} \sim 5.00\ \mu\text{m}$ 。

37. 如权利要求 36 所述的激光加工方法，其特征在于：

在切断所述半导体基板的工序中，将粘贴在所述半导体基板的背面的扩张胶带沿着所述半导体基板的周缘方向扩张，从而将所述半导体基板切断。

38. 如权利要求 16 所述的激光加工方法，其特征在于：

在切断所述半导体基板的工序中，将粘贴在所述半导体基板的背面的扩张胶带沿着所述半导体基板的周缘方向扩张，从而将所述半导体基板切断。

39. 如权利要求 22 所述的加工产品，其特征在于：

所述脉冲激光的脉冲节距为 $3.00\ \mu\text{m} \sim 5.00\ \mu\text{m}$ 。

激光加工方法、激光加工装置以及加工产品

[0001] 本申请是申请日为 2004 年 7 月 16 日、申请号为 200480020786.8、发明名称为激光加工方法、激光加工装置以及加工产品的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及激光加工方法、激光加工装置以及加工产品。

背景技术

[0003] 作为通过激光加工来切断加工对象物的方法，在下述非专利文献 1 中有所揭示。在该非专利文献 1 中揭示的激光加工方法是一种切断硅芯片的方法，其是使用透过硅质的波长为 $1\mu\text{m}$ 左右的激光，在芯片内部集光并形成连续的改质层，通过这样来进行切断的方法。

[0004] 非专利文献 1：荒井一尚“半导体芯片的激光切片加工”，砥粒加工学会志、Vol. 47、No. 5、2003MAY. P229-231。

发明内容

[0005] （发明要解决的问题）

[0006] 当以上述激光加工方法对已加工的硅芯片进行切断的情况下，必须沿着弯曲芯片的方向施加作用力，使内部龟裂来进行切断。因此，采用使粘贴在硅芯片背面上的胶带（tape）与硅芯片一起分离切断的方法（扩张法），其良品率较差。

[0007] 在此，本发明的目的在于提供一种能够易于切断加工对象物的激光加工方法以及激光加工装置、和易于切断的加工产品。

[0008] （解决问题的手段）

[0009] 本发明的激光加工方法，包括：使集光点对准加工对象物内部来照射激光，沿着加工对象物的切断预定线在加工对象物的内部通过多光子吸收而形成被处理部，同时，在加工对象物内部、在对应于被处理部的规定位置上形成微小空洞的工序。

[0010] 在本发明的激光加工方法中，由于对应于被处理部形成有微小空洞，所以可以在加工对象物内部形成一对被处理部与微小空洞。

[0011] 此外，本发明的激光加工方法，优选还包括设定切断预定线的工序。由于其包括切断预定线的设定工序，所以可以沿着该设定的切断预定线形成被处理部与微小空洞。

[0012] 本发明的激光加工方法，包括：设定加工对象物的切断预定线的工序；以及使集光点对准加工对象物内部来照射激光，沿着切断预定线在加工对象物的内部通过多光子吸收而形成被处理部，同时，在加工对象物内部、在对应于所述被处理部的规定位置上形成微小空洞的工序。

[0013] 在本发明的激光加工方法中，由于对应于被处理部形成有微小空洞，所以可以在加工对象物内部形成一对被处理部与微小空洞。

[0014] 此外，本发明的激光加工方法，优选加工对象物为半导体基板、被处理部为熔融处

理区域。由于在半导体基板照射激光,所以可以形成熔融处理区域与微小空洞。

[0015] 此外,本发明的激光加工方法,优选加工对象物为半导体基板、激光为脉冲激光、该脉冲宽度在 500nsec 以下。由于以脉冲宽度为 500nsec 以下的脉冲激光照射半导体基板,所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0016] 此外,本发明的激光加工方法,优选加工对象物为半导体基板、激光为脉冲激光、该脉冲节距为 1.00 ~ 7.00 μm 。由于以脉冲节距为 1.00 ~ 7.00 μm 的脉冲激光照射半导体基板,所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0017] 此外,本发明的激光加工方法,优选微小空洞沿着切断预定线而形成多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。由于微小空洞以相互之间具有间隔而形成,所以可以更有效地形成微小空洞。

[0018] 此外,本发明的激光加工方法,优选在加工对象物的主面上形成有功能元件,微小空洞在主面与被处理部之间形成。由于在形成功能元件的主面侧形成有微小空洞,所以可以提高功能元件侧的割断精度。

[0019] 此外,本发明的激光加工方法,优选微小空洞是将被处理部包夹、且在激光入射侧的相反侧而形成。

[0020] 此外,本发明的激光加工方法,优选还包括切断形成有微小空洞的加工对象物的工序。

[0021] 本发明的激光加工方法,包括:设定半导体基板的切断预定线的工序;以及使集光点对准半导体基板的内部来照射激光,沿着切断预定线在半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在半导体基板内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞的工序。

[0022] 在本发明的激光加工方法中,由于对应于熔融处理区域形成有微小空洞,所以可以在加工对象物内部形成一对熔融处理区域与微小空洞。

[0023] 本发明的激光加工方法,包括:设定半导体基板的切断预定线的工序;以及使集光点对准半导体基板的内部来照射脉冲激光,沿着切断预定线在半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在半导体基板内部、在对应于熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞的工序,其中,脉冲激光的脉冲宽度在 500nsec 以下。

[0024] 在本发明的激光加工方法中,由于以脉冲宽度为 500nsec 以下的脉冲激光对半导体基板进行照射,所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0025] 本发明的激光加工方法,包括:设定半导体基板的切断预定线的工序;以及使集光点对准半导体基板的内部来照射脉冲激光,沿着切断预定线在半导体基板的内部形成熔融处理区域,同时,在半导体基板内部、在对应于熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞的工序,其中,脉冲激光的脉冲节距是为 1.00 ~ 7.00 μm 。

[0026] 在本发明的激光加工方法中,由于以脉冲节距为 1.00 ~ 7.00 μm 的脉冲激光照射半导体基板,所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0027] 此外,本发明的激光加工方法,优选微小空洞沿着切断预定线而形成多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。由于微小空洞以相互之间具有间隔来形成,所以能够更有效地形成微小空洞。

[0028] 此外,本发明的激光加工方法,优选在半导体基板的主面形成有功能元件,所述微

小空洞在主面与熔融处理区域之间形成。由于在形成功能元件的主面侧形成有微小空洞，所以可以提高功能元件侧的割断精度。

[0029] 此外，本发明的激光加工方法，优选微小空洞是将熔融处理区域包夹、且在激光入射侧的相反侧而形成。

[0030] 此外，本发明的激光加工方法，优选还包括切断形成有微小空洞的半导体基板的工序。

[0031] 本发明的激光加工装置，包括：激光源；载置加工对象物的载置台；以及控制激光源与载置台的相对位置关系的控制单元，其中，控制单元控制激光源与载置台的间隔，使集光点对准加工对象物的内部，同时，若激光源有激光射出，则使激光源以及载置台沿着所述加工对象物的切断预定线进行相对移动，沿着切断预定线而在加工对象物的内部经由多光子吸收形成被处理部，同时，也在加工对象物的内部、在对应于被处理部的规定位置形成微小空洞。

[0032] 在本发明的激光加工装置中，由于对应于被处理部形成有微小空洞，所以可以在加工对象物内部形成一对被处理部与微小空洞。本发明的激光加工装置，包括：激光源；载置半导体基板的载置台；以及控制激光源与载置台的相对位置关系的控制单元，其中，控制单元控制激光源与载置台的间隔，使集光点对准半导体基板的内部，同时，若激光源有激光射出，则使激光源以及载置台沿着半导体基板的切断预定线作相对移动，沿着切断预定线而在半导体基板的内部形成熔融处理区域，同时，也在半导体基板的内部、在对应于熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞。

[0033] 在本发明的激光加工装置中，由于对应于熔融处理区域形成有微小空洞，所以可以在加工对象物内部形成一对熔融处理区域与微小空洞。

[0034] 本发明的激光加工装置，包括：激光源；载置半导体基板的载置台；以及控制激光源与载置台的相对位置关系的控制单元，其中，控制单元控制激光源与载置台的间隔，使集光点对准加工对象物的内部，同时，若激光源有脉冲激光射出，则使激光源以及载置台沿着半导体基板的切断预定线进行相对移动，沿着切断预定线而在半导体基板的内部形成熔融处理区域，同时，也在半导体基板的内部、在对应于熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞，此时，脉冲激光的脉冲宽度在 500nsec 以下。

[0035] 在本发明的激光加工装置中，由于以脉冲宽度 500nsec 以下的脉冲激光对半导体基板进行照射，所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0036] 本发明的激光加工装置，包括：激光源；载置半导体基板的载置台；以及控制激光源与载置台的相对位置关系的控制单元，其中，控制单元控制激光源与载置台的间隔，使集光点对准半导体基板的内部，同时，若激光源有脉冲激光射出，则使激光源以及载置台沿着加工对象物的切断预定线进行相对移动，沿着切断预定线而在半导体基板的内部形成熔融处理区域，同时，也在半导体基板的内部、在对应于所述熔融处理区域的规定位置上形成微小空洞，此时，脉冲激光的脉冲节距为 1.00 ~ 7.00 μm 。

[0037] 在本发明的激光加工装置中，由于以脉冲节距为 1.00 ~ 7.00 μm 的脉冲激光照射半导体基板，所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0038] 此外，本发明的激光加工装置，优选微小空洞沿着切断预定线而形成多个，各个微小空洞相互之间具有间隔。由于微小空洞以相互之间具有间隔而形成，所以可以更有效地

形成微小空洞。

[0039] 本发明的加工产品,是通过激光加工切断加工对象物而生产的加工产品,其特征在于,包括:在沿着通过切断而形成的主面的部分上、通过多光子吸收而改质的被处理部;以及在通过切断而形成的主面上、在对应于被处理部的规定位置上具有开口部的微小空洞。

[0040] 本发明的加工产品,是在加工对象物上对应形成被处理部与微小空洞而形成加工处理物,在形成有被处理部与微小空洞的部分切断该加工处理物来生产。

[0041] 此外,本发明的加工产品,优选加工对象物为半导体基板、被处理部为熔融处理区域。由于对加工对象物的半导体基板照射激光,所以可以形成熔融处理区域与微小空洞。

[0042] 此外,本发明的加工产品,优选微小空洞沿着切断预定线而形成有多个,各个微小空洞相互之间具有间隔。由于微小空洞以相互之间具有间隔来形成,所以可以更有效地形成微小空洞。

[0043] 此外,本发明的加工产品,优选微小空洞相互的间隔形成为 $1.00 \sim 7.00 \mu\text{m}$ 。由于微小空洞的间隔为 $1.00 \sim 7.00 \mu\text{m}$,所以可以更可靠地形成微小空洞。

[0044] 此外,本发明的加工产品,优选被处理部形成于沿着切断预定线的第一区块上,所述多个微小空洞形成在与第一区块隔开一定间隔的第二区块上。由于被处理部与微小空洞分别被形成于各区块上,所以可以被当作一群物而形成。

[0045] 本发明的激光加工方法,包括:使集光点对准加工对象物内部来照射激光,至少在切断预定线的一部分的对应位置予以形成,被处理部是在沿着加工对象物的切断预定线的加工对象物的内部形成的被处理区域、和微小空洞是在沿着切断预定线的加工对象物的内部形成的微小空洞区域的工序。

[0046] 在本发明的激光加工方法,由于被处理部区域与微小空洞区域是至少在切断预定线的一部分的对应位置上形成的,所以使切断加工对象物变得容易。

[0047] 此外,本发明的激光加工方法,优选加工对象物为半导体基板、被处理部为熔融处理区域。

[0048] 本发明的加工产品,是通过激光加工切断加工对象物而生产的加工产品,其特征在于,包括:在通过切断而形成的主面上形成有被处理部的被处理区域;以及在通过切断而形成的主面上形成有具有开口部的微小空洞的微小空洞区域。

[0049] 此外,本发明的加工产品,优选加工对象物为半导体基板、被处理部为熔融处理区域。

[0050] 发明效果:以本发明的激光加工方法在加工对象物形成被处理部与微小空洞,使切断加工对象物变为容易。

附图说明

[0051] 图 1 是通过本实施方式的激光加工方法进行激光加工的加工对象物的平面图。

[0052] 图 2 是图 1 所示加工对象物的 II-II 截面图。

[0053] 图 3 是通过本实施方式的激光加工方法已进行激光加工的加工对象物的平面图。

[0054] 图 4 是图 3 所示加工对象物的 IV-IV 截面图。

[0055] 图 5 是图 3 所示加工对象物的 V-V 截面图。

- [0056] 图 6 是通过本实施方式的激光加工方法所切断的加工对象物的平面图。
- [0057] 图 7 是能够使用于本实施方式的激光加工方法的激光加工装置的简要构成图。
- [0058] 图 8 是说明本实施方式的激光加工方法的流程图。
- [0059] 图 9 是通过本实施方式的激光加工方法所切断的硅芯片的截面照相图。
- [0060] 图 10 是通过本实施方式的激光加工方法所切断的硅芯片的截面照相图。
- [0061] 图 11 是表示图 9 以及图 10 所示截面的全体的照相图。
- [0062] 图 12 是本实施方式的激光加工方法的条件的检讨图。
- [0063] 图 13 是通过本实施方式的激光加工方法所切断的硅芯片的截面照相图。
- [0064] 图 14 是通过本实施方式的激光加工方法所切断的硅芯片的截面照相图。
- [0065] 图 15 是图 14 的模式图。
- [0066] 图 16 是本实施方式的激光加工方法的原理的检讨图。
- [0067] 图 17 是本实施方式的激光加工方法的原理的检讨图。
- [0068] 图 18 是通过本实施方式的激光加工方法已进行激光加工的加工对象物的截面图。
- [0069] 图 19 是通过本实施方式的激光加工方法已进行激光加工的加工对象物的截面图。
- [0070] 图 20 是根据本实施方式的激光加工方法已进行激光加工的加工对象物的截面图。
- [0071] 标号说明：
- [0072] 1 加工对象物、3 表面、5 切断预定线、7 被处理部、8 微小空洞

具体实施方式

[0073] 通过参照例示用的附图并研究以下的详细记载,而能够容易地理解本发明的知识。接着,在参照附图的同时,对本发明的实施方式进行说明。其中,在可能的情况下,对相同的部分标注相同的标号,并省略重复的说明。

[0074] 以下,对本实施方式的激光加工方法进行说明。本实施方式的激光加工方法,是通过多光子吸收而形成被处理部(熔融处理区域),并在对应于该被处理部的规定位置上形成其周围实质结晶结构不变化的微小空洞。多光子吸收是在激光强度非常大时所产生的现象。首先,简单地对多光子吸收进行说明。

[0075] 若光子的能量 $h\nu$ 比材料的吸收能量带间隙 (band gap) E_g 小,则会形成光学上的透明。因此,材料生成吸收的条件为 $h\nu > E_g$ 。但是,即使是光学上的透明,如果使激光强度变得非常大、并且在 $nh\nu > E_g$ 的条件 ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$) 下,则会产生材料吸收。该现象称为多光子吸收。在脉冲波的情况,激光的强度由激光的集光点的峰值功率密度 (W/cm^2) 所决定,例如,在峰值功率密度为 $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上的条件下会产生多光子吸收。峰值功率密度可以通过 (集光点的激光的一个脉冲波的能量) \div (激光的聚束光截面积 \times 脉冲宽度) 来求得。此外,在连续波的情况下,激光的强度由激光的集光点的电场强度 (W/cm^2) 所决定。

[0076] 使用图 1 ~ 图 6 对利用这种多光子吸收的本实施方式的激光加工方法进行说明。图 1 是加工中的加工对象物 1 (半导体基板) 的平面图,图 2 是图 1 所示的加工对象物 1 的、

沿着 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 是图 3 所示的加工对象物 1 的、沿着 IV-IV 线的截面图,图 5 是图 3 所示的加工对象物 1 的、沿着 V-V 线的截面图,图 6 是切断后的加工对象物 1 的平面图。

[0077] 如图 1 以及图 2 所示,在工作对象物 1 的表面 3 上具有切断预定线 5。切断预定线 5 是呈直线状延伸的假想线。对于本实施方式的激光加工方法来说,以生成多光子吸收的条件在加工对象物 1 的内部对准集光点 F,对加工对象物 1 照射激光 L 来形成被处理部 7。其中,所谓集光点是指激光 L 的集光处。

[0078] 使激光 L 沿着切断预定线 5(即沿着箭头 A 的方向)相对地以规定的节距 P 移动,集光点 F 也沿着切断预定线 5 移动。因此,如图 3 ~ 图 5 所示,由被处理部 7 和微小空洞 8 所形成的改质区域沿着切断预定线 5、只在加工对象物 1 的内部形成。此外,对于被处理部 7 以及微小空洞 8 来说,如图 5 所示,是通过使激光 L 以规定的节距 P 移动而形成。该节距 P 相当于激光 L 的脉冲节距。对于加工对象物 1 的厚度 B 来说,微小空洞 8 是在加工深度 C 的位置形成。如图 5 所示,若从激光 L 的照射方向看微小空洞 8,则其是在与被处理部 7 相反的一侧形成。在图 5 中,被处理部 7 以及微小空洞 8 都具有规定的间隔而隔开,但是也存在连续形成被处理部 7 以及微小空洞 8 的情况。对于本实施方式的激光加工方法来说,并非通过加工对象物 1 吸收激光 L 以使加工对象物 1 发热而形成被处理部 7。而是通过使激光 L 透过加工对象物 1,在加工对象物 1 的内部发生多光子吸收来形成被处理部 7。因此,加工对象物 1 的表面 3 几乎没有吸收激光 L,从而加工对象物 1 的表面 3 没有发生熔融现象。

[0079] 在切断加工对象物 1 时,如上述那样,在加工对象物 1 上形成被处理部 7 以及微小空洞 8 而产生加工处理物,例如,在加工对象物 1 的背面贴上胶带 (tape),该胶带沿着与加工对象物 1 的切断预定线 5 垂直的方向而被分离切断(参照图 6)。此外,因在切断处有起点而加工对象物从该起点开始分割,所以如图 6 所示、可以用较小的作用力切断加工对象物 1。因此,能够在加工对象物 1 的表面 3 不产生不必要的裂痕、即不产生增大切断预定线以外的额外割裂,来切断加工对象物 1。

[0080] 在本实施方式中,作为通过多光子吸收形成被处理部的一个例子,有熔融处理区域。在该情况下,将激光对准加工对象物(如硅芯片的半导体材料)内部的集光点,对集光点以电场强度为 1×10^8 (W/cm²) 以上且脉冲幅宽为 1 μs 以下的条件予以照射。通过这样,加工对象物内部由于多光子吸收而会局部地被加热。通过该加热,在加工对象物的内部形成熔融处理区域。

[0081] 所谓熔融处理区域是指一旦熔融后再凝固的区域、或者熔融状态中的区域、以及从熔融再凝固状态中的区域这三种中的至少任何一种。此外,熔融处理区域也可以指相变化过的区域、或者结晶构造变化过的区域。此外,熔融处理区域也可以指在单结晶构造、非晶质构造、多结晶构造中、从一种构造变化到另一种构造的区域。

[0082] 即,例如是指从单结晶构造变化为非晶质构造的区域、或者从单结晶构造变化为多结晶构造的区域、或者从单结晶构造变化为包含非晶质构造以及多结晶构造的区域。在工作对象物为硅单结晶结构的情况下,熔融处理区域例如是非晶质硅构造。其中,作为电场强度的上限值,例如为 1×10^{12} (W/cm²)。脉冲宽度优选为 1ns ~ 200ns。

[0083] 另一方面,关于在本实施方式中所形成的微小空洞,其周围是实质上结晶构造无

变化的。在加工对象物是硅单结晶构造的情况下,在微小空洞的周围部分,以原样保留硅单结晶构造的部分居多。

[0084] 接着,对本实施方式的激光加工方法的具体实施例进行说明。图 7 是表示本发明实施方式的激光加工方法所使用的激光加工装置 100。如图 7 所示,激光加工装置 100 包括:发生激光 L 的激光源 101,为了调整激光 L 的输出以及脉冲宽度而控制激光源 101 的激光源控制部 102,具有激光 L 反射功能且可使激光 L 的光轴倾向 90 度变化而配置的二向色镜(dichroic mirror)103,将二向色镜 103 所反射的激光 L 予以集光的集光用透镜 105,载置由集光用透镜 105 集光的激光 L 所照射的加工对象物 1 的载置台 107,用于使载置台 107 沿着 X 轴方向移动的 X 轴工作台 109(控制单元),用于使载置台 107 沿着与 X 轴方向直交的 Y 轴方向移动的 Y 轴工作台 111(控制单元),用于使载置台 107 沿着与 X 轴方向以及 Y 轴方向直交的 Z 轴方向移动的 Z 轴工作台 113(控制单元),以及控制这三个工作台 109、111、113 的移动的控制部 115(控制单元)。此外,虽然没有图示,但是在激光源 101 和集光用透镜 105 之间,配置有用于使激光的高斯(Gaussian)分布扩宽的光学系统。因为本实施方式是以硅芯片为工作对象物 1,所以在加工对象物 1 的背面粘贴有扩张胶带(Expand tape)106。

[0085] 因为 Z 轴方向是与加工对象物 1 的表面 3 呈直交的方向,所以成为射入加工对象物 1 的激光 L 的焦点深度的方向。因此,通过 Z 轴工作台 113 向着 Z 轴方向移动,而能够在加工对象物 1 内部对准激光 L 的集光点 F。此外,该集光点 F 的 X(Y) 轴方向的移动,是通过 X(Y) 轴工作台 109(111) 使加工对象物 1 沿着 X(Y) 轴移动。X(Y) 轴工作台 109(111) 成为移动单元的一例。

[0086] 激光源 101 为产生脉冲激光的 Nd:YAG 激光。作为可用在激光源 101 的激光,其它还有 Nd:YVO₄ 激光、Nd:YLF 激光或者钛蓝宝石(titanium sapphire)激光。在被处理部形成成为熔融处理区域的情况下,优选利用 Nd:YAG 激光、Nd:YVO₄ 激光、Nd:YLF 激光。在改质区域形成折射率变化区域的情况下,优选利用钛蓝宝石激光。

[0087] 虽然在加工对象物 1 的加工中使用的是脉冲激光,但是,若能引起多光子吸收,则也可以用连续波激光。其中,在本发明中,激光有包含激光束的意思。集光用透镜 105 只是集光单元的一个例子。Z 轴工作台 113 只是将激光的集光点与加工对象物的内部对准的单元的一个例子。也可以通过将集光用透镜 105 沿着 Z 轴方向移动来将激光的集光点与加工对象物的内部对准。

[0088] 激光加工装置 100 还包括:为了使载置台 107 所载置的加工对象物 1 经由可视光线照明而产生可视光线的观察用光源 117,与二向色镜 103 以及集光用透镜 105 配置在相同光轴上的可视光用的光束分离器 (beam splitter) 119。在光束分离器 119 和集光用透镜 105 之间,配置有二向色镜 103。对于光束分离器 119 来说,其具有将可视光线的大约一半反射并使其余一半透过的功能,并且其配置向着可视光线的光轴可作 90 度的变化。从观察用光源 117 产生的可视光线,通过光束分离器 119 而使其大约一半反射,该反射的可视光线透过二向色镜 103 和集光用透镜 105,对包含有加工对象物 1 的切断预定线 5 的表面 3 进行照明。

[0089] 激光加工装置 100 还包括:与光束分离器 119、二向色镜 103 以及集光用透镜 105 配置在相同光轴上的摄像元件 121 以及成像透镜 123。以摄像元件 121 而言,例如有

CCD(Charge-Coupled Device;电荷耦合器件)照像机。对包含切断预定线 5 的表面 3 进行照明的可视光线的反射光,透过集光用透镜 105、二向色镜 103、以及光束分离器 119,在成像透镜 123 成像并由摄像元件 121 摄像而成为摄像数据。

[0090] 激光加工装置 100 还包括:将从摄像元件 121 输出的摄像数据予以输入的摄像数据处理部 125、控制全体激光加工装置 100 的全体控制部 127、以及监视器 129。对于摄像数据处理部 125 来说,其以摄像数据为基础,对观察用光源 117 产生的可见光的焦点为了与表面 3 对准的焦点数据进行计算。根据该焦点数据并通过工作台控制部 115 移动控制 Z 轴工作台 113,使可见光的焦点对准在表面 3 上。因此,摄像数据处理部 125 有自动聚焦单元(auto focus unit)的功能。此外,摄像数据处理部 125 也能够以摄像数据为基础而演算出表面 3 的扩大画像等的画像数据。该画像数据被送到全体控制部 127,在全体控制部进行各种处理,再送到监视器 129。通过这样,监视器 129 可以显示放大画像等。

[0091] 全体控制部 127,其将来自工作台控制部 115 的数据、来自摄像数据处理部 125 的画像数据等予以输入,通过以这些数据为基础来控制激光源控制部 102、观察用光源 117 以及工作台控制部 115,从而控制整体的激光加工装置 100。因此,全体控制部 127 具有计算机单元(computer unit)的功能。

[0092] 接着,利用图 7 以及图 8,对本实施方式的激光加工方法进行具体说明。图 8 是说明该激光加工方法的流程图。加工对象物 1 是硅芯片。

[0093] 首先,通过图未示出的分光光度计等对加工对象物 1 的光吸收特性进行测定。根据测定的结果来选定激光源 101,该光源所产生的激光 L 对加工对象物 1 必须是透明的波长且吸收很少(S101)。其次,测定加工对象物 1 的厚度。根据厚度的测定结果以及该加工对象物 1 的折射率,决定加工对象物 1 的 Z 轴方向的移动量(S103)。这是为了使激光 L 的集光点 F 位于加工对象物 1 的内部,而以位于加工对象物 1 的表面 3 的激光 L 的集光点为基准的加工对象物 1 沿 Z 轴方向的移动量。将该移动量输入至全体控制部 127。

[0094] 将加工对象物 1 载置于激光加工装置 100 的载置台 107 上。接着,使观察用光源 117 产生可见光以照亮加工对象物 1(S105)。通过摄像元件 121 对被照亮的包含切断预定线 5 的加工对象物 1 的表面 3 进行摄像。将该摄像数据送到摄像数据处理部 125。摄像数据处理部 125 根据该摄像数据来计算使观察用光源 117 的可见光的焦点位于表面 3 上的焦点数据(S107)。

[0095] 该焦点数据被送到工作台控制部 115。工作台控制部 115 根据该焦点数据使 Z 轴工作台 113 在 Z 轴方向移动(S109)。从而,观察用光源 117 的可见光的焦点位于表面 3 上。其中,摄像数据处理部 125 根据摄像数据对包含切断预定线 5 的加工对象物 1 的表面 3 的放大画像数据进行演算。该放大画像数据经由全体控制部 127 而被送到监视器 129,从而在该监视器 129 中显示出切断预定线 5 附近的放大画像。

[0096] 向全体控制部 127 输入预先在步骤 S103 中所决定的移动量数据、将该移动量数据送到工作台控制部 115。工作台控制部 115 根据该移动量数据,为了使激光 L 的集光点 F 位于加工对象物 1 的内部、而通过 Z 轴工作台 113 使加工对象物 1 在 Z 轴方向移动(S111)。

[0097] 接着,在加工对象物 1 的表面 3 上设定切断预定线 5。切断预定线 5 的设定,是设定用于在期望位置切断加工对象物 1 的激光扫描位置。切断预定线 5 的设定,也可以利用设计数据等预先决定的切片分离(dicing street)(切断预定线)的位置信息;或者也可以

一边观察表面一边计测表面信息来设定。即,所谓切断预定线的设定,是指在加工对象物的期望位置照射激光来控制激光加工装置。其次,使激光源 101 产生激光 L、使激光 L 照射在加工对象物 1 的表面 3 的切断预定线 5 上。由于激光 L 的集光点 F 已对准加工对象物 1 的内部,所以作为改质区域的熔融处理区域只在加工对象物 1 的内部形成。接着,沿着切断预定线 5 使 X 轴工作台 109 和 Y 轴工作台 111 以规定的节距 P 移动,从而,熔融处理区域以规定的节距 P 沿着切断预定线 5 而在加工对象物 1 的内部形成。若这样形成熔融处理区域,则以分别对应的方式形成微小空洞 (S113)。接着,将粘贴在加工对象物 1 背面的扩张胶带 106 沿着芯片周缘方向扩张,从而沿着切断预定线 5 将加工对象物 1 切断分离 (S115)。从而,可将加工对象物 1 分割成硅芯片 (加工生产物)。

[0098] 其中,对于作为半导体基板的硅芯片来说,由沿着切断预定线所形成的熔融处理区域和微小空洞形成改质区域,以该区域形成的切断预定部作为起点向截面方向产生切割、经由该从硅芯片的表面到达背面的切割,结果能够将硅芯片切断。从硅芯片表面到背面的切割也有自然成长的时候,也有向硅芯片施加外力而使其成长的时候。其中,对于从切断预定部到硅芯片的表面、背面的切割以自然成长的情况来说,有形成切断预定部的改质区域的熔融处理区域从熔融状态而分割成长的情况,或者形成切断预定部的熔融处理区域从熔融状态再固化时的分割成长的情况,或者经由熔融处理区域和微小空洞在割截面生成应力分布的偏移而分割成长的情况,等等其中的任一种。但是,无论何种情况,熔融处理区域和微小空洞都只在硅芯片的内部形成,切断后的断切面只有在内部形成有熔融处理区域。若在半导体基板的内部以熔融处理区域和微小空洞形成切断预定部,则在切断时不易从切断预定部的外部生成不必要的分割,所以容易控制切断。此外,通过形成微小空洞而在熔融处理区域或者熔融处理区域与微小空洞之间产生应力分布,这样可使切断变得比较容易。

[0099] 通过该激光加工方法所切断的硅芯片的切断面照片,如图 9 以及图 10 所示。图 9 以及图 10 所示的切断面照片,是相同的切断面照片,只是比例尺寸不同而已。形成图 9 以及图 10 所示切断面的详细条件如下。

[0100] (A) 加工对象物:硅芯片(厚度 $100\ \mu\text{m}$)

[0101] (B) 激光

[0102] 光源:半导体激光励起 Nd:YAG 激光

[0103] 波长:1064nm

[0104] 光束径:3.99mm

[0105] 张开角(広がり角):2.34mrad

[0106] 操作频率:40kHz

[0107] 脉冲宽度:200nsec

[0108] 脉冲节距: $7\ \mu\text{m}$

[0109] 加工深度: $13\ \mu\text{m}$

[0110] 脉冲能量: $20\ \mu\text{J}$ /脉冲波

[0111] (C) 集光用透镜

[0112] NA:0.8

[0113] (D) 载置加工对象物的载置台移动速度:280mm/sec

[0114] 对于图 9 以及图 10 所示切断面的熔融处理区域(被处理部)13 来说,硅芯片的厚

度方向（图中的上下方向）的宽度大约为 $13\ \mu\text{m}$ ，激光移动方向（图中的左右方向）的宽度大约为 $3\ \mu\text{m}$ 。此外，对于微小空洞 8 来说，其在硅芯片的厚度方向（图中的上下方向）的宽度大约为 $7\ \mu\text{m}$ ，激光移动方向（图中的左右方向）的宽度大约为 $1.3\ \mu\text{m}$ 。熔融处理区域 13 和微小空洞 8 之间的距离大约为 $1.2\ \mu\text{m}$ 。图 9 以及图 10 所示切断面的全体照片，如图 11 所示。

[0115] 接着，对如图 9 以及图 10 所示切断面经 Raman（拉曼）分析的结果进行说明。测定装置以及测定方法，则如下述。

[0116] (1) 装置：Ramanor U-1000 (Jobin Yvon) (II)

[0117] (2) 测定模式：微探针显微镜 (Olympus BH-2 型)

[0118] Beam Splitte：照射系、 $R = 25\%$

[0119] 集光系、 $R = 100\%$

[0120] 对物透镜： $\times 90$ （长焦点）

[0121] (3) 光源： Ar^+ 激光 457.9nm

[0122] (4) 偏光：入射光 P、散射光 S+P

[0123] (5) 分光器：U-1000（回折格子 Plane Holographic $1800\text{gr}/\text{mm}$ ）

[0124] (6) 检测器：CCD Jobin Yvon

[0125] 该 Raman 分析是，在熔融处理区域 13 的附近的测定位置 1、在微小空洞 8 的附近的测定位置 2、在熔融处理区域 13 和微小空洞 8 之间的测定位置 3、以及在熔融处理区域 13 的上方的测定位置 4，经由这样而执行的测定。

[0126] （非结晶 Si 的评价）

[0127] 无论从何位置对非结晶 Si，都不能明确观测到由来的 Raman 线。被认为是由于非结晶 Si 不存在，或者是其存在量在检测界限以下这两种可能。

[0128] （结晶性的评价）

[0129] 测定位置 2、3、4 的频谱的半值宽度为同等程度。此外，因为即使与参考 Si (110) 相比也为同等程度，所以，认为测定位置 2、3、4，无论任何一个皆为结晶性高的单结晶 Si。另一方面，在测定位置 1，有观测到较宽的 Raman 线。关于测定位置 1，被认为可能有多结晶 Si。

[0130] （应力的评价）

[0131] 测定位置 1 被认为有产生相当大的压缩应力的可能性。此外，测定位置 3 被认为有产生压缩应力的可能性。测定位置 2 以及 4 则被认为仅仅能产生检测界限程度的应力而已。

[0132] 在此，使用 6 英寸大小且厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 的硅芯片，相对于定向平面 (Orientation flat) 以平行以及垂直的方向形成 5mm 节距的改质区域，以分割成多个 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的晶片的方式来变化脉冲节距与加工深度，对扩张分离时的切断性的评价结果，可以用图 12 来说明。

[0133] 该评价是将脉冲节距固定、相对于厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 的芯片，当加工深度（微小空洞可能位置的深度）在 $45\ \mu\text{m} \sim 90\ \mu\text{m}$ 之间变化时，对表面状态与切断性的评价。在图 12 中，“HC、山”表示“半切、微凸山状”的意思，表示在硅芯片的激光入射侧的表面可见到龟裂等。“ST、谷”表示“隐密地、微凹谷状”的意思，表示在激光入射侧的相反侧的表面可见到龟裂

等。“ST”表示“Stealth, 隐密地”的意思,表示在任何表面上都确认没有龟裂。此外,圆形记号表示在背面剥离胶带时全部断裂,三角记号表示在背面剥离胶带时不能全部断裂。

[0134] 经由图 12,得知脉冲节距接近 $4.00\ \mu\text{m}$ 比较合适。此外,优选加工深度(微小空洞的可能位置的深度)深。优选脉冲节距不要太宽。对其进行综合评价,优选脉冲节距为 $1.00\ \mu\text{m} \sim 7.00\ \mu\text{m}$,更优选脉冲节距为 $3.00\ \mu\text{m} \sim 5.00\ \mu\text{m}$ 。此外,对于加工深度(微小空洞的可能位置的深度)来说,在厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 的芯片中,优选 $45\ \mu\text{m} \sim 90\ \mu\text{m}$ 、更优选 $65\ \mu\text{m} \sim 85\ \mu\text{m}$ 。

[0135] 例如,在厚度为 $300\ \mu\text{m}$ 的硅芯片的情况下,优选变化加工深度来多次反复进行上述激光加工工序,或者优选至少有一段是熔融处理区域和微小空洞的组合。

[0136] 对厚硅芯片多次进行激光加工后的截面照片例,如图 13 以及图 14 所示。图 13 所示的截面照片,表示的是从硅芯片 2 的背面 21 向正面 20 多次进行激光加工。其结果是,形成了改质区域 201 ~ 206。对应改质区域 203 的部分,在近接的部分由于多次进行激光加工,微小空洞成为无法辨认的状态。其它的改质区域 201、202、204、205、206 则形成有微小空洞。通过形成微小空洞,使得熔融处理区域、或者熔融处理区域与微小空洞之间会产生应力分布,从而可以比较容易地割断。此外,若从外部施加作用力,则微小空洞也容易成为割断的起点。因此,若使固定内部形成有改质区域的半导体基板的胶带扩张,则在进行半导体基板的切断、分离时,成为容易割断的必要条件,通过微小空洞的形成能够实现该条件。如上所述,在形成熔融处理区域的同时也形成微小空洞,通过胶带的扩张、对于内部形成有改质区域的半导体基板的切断、分离来说,是特别有效的。

[0137] 图 14 所示的截面照片,是与图 13 同样进行激光加工的硅芯片 2a 的照片。图 15 是图 14 所示的硅芯片 2a 的模式图。在硅芯片 2a 中,形成有改质区域 211 以及 212。改质区域 211 具有熔融处理区域 211a 以及微小空洞 211b。改质区域 212 具有熔融处理区域 212a 以及微小空洞 212b。微小空洞 212b,一样地均形成有微小空洞。而另一方面,微小空洞 211b 则有不形成微小空洞的区域 211c。对于微小空洞来说,由于激光入射面的表面状态(凹凸或者激光的穿过率的差异),而产生较难形成的部分。在此情况下,如图 14 所示,虽然熔融处理区域 211a 沿着切断预定线连续形成,但是微小空洞 212b 却是处处零落地形成。即使在这样的情况下,由于有微小空洞因此也容易切断。这是由于熔融处理区域 211a 大致连续形成,成为切断起点的区域大致全都在切断预定线上形成。因此,即使切断预定线没有全都形成微小空洞 212b,但因为有用更易于切断的微小空洞 212b,在切断时、具有熔融处理区域和微小空洞的区域的龟裂进展,对于仅是熔融处理区域的区域、会使其切断变为容易。在加工对象物(半导体基板)的内部,被处理部(熔融处理区域)是沿着切断预定线而形成成为被处理区域(第一区块),微小空洞是沿着切断预定线而形成成为微小空洞区域(第二区块),经由将这些作为切断的起点,而使加工对象物(半导体基板)变为易于切断。因此,这些区域即使没有全都在切断预定线上形成(切断预定线即使处处存在),由于有微小空洞而使割断变为容易。此外,对于 GaAs 等劈开性良好的半导体基板的情况,没有必要在切断预定线上全都形成改质区域,也可以在切断预定线的一部分上形成改质区域。此外,也可以只在切割精度要提高的部分上形成改质区域。

[0138] 在本实施方式中,当硅芯片的表面形成有图案时,优选激光从具有图案面的反面射入。微小空洞侧的切断面比熔融处理区域侧的切断面有比较整齐的倾向,所以在图案形

成面一侧形成微小空洞可使良品率得到提高。更具体地说,如图 18 所示,对于在表面形成有电子回路、或者半导体发光部等的光元件、或者 MEMS 的微小电气机械系统等的功能元件 181 的硅芯片 180,通过在形成有功能元件 181 一侧形成微小空洞 182,而使功能元件 181 侧的切断精度进一步得到提高。从而,可使良品率得到提高,使生产效率也能够得到提高。此外,在通过扩张固定有内部形成改质区域的半导体基板的胶带来进行导体基板的切断、分离时,成为容易割断的必要条件是必要的,通过微小空洞可以进一步实现该条件。同时与熔融处理区域形成微小空洞,对于在通过胶带的扩张将内部形成有改质层的半导体基板切断、分离的情况下是特别有效的。图 18 表示的是要将硅芯片 180 切断、分离的情况,图 19 表示的是硅芯片 180 被胶带 183 固定。其后,图 20 表示的是将胶带 183 扩张、将硅芯片 180 切断、分离。其中,以切断、分离工序来说,既可以在半导体基板内部形成改质区域后,再将胶带(扩张胶带、芯片膜)张贴来扩张;或者也可以在半导体基板先贴上胶带,再在半导体基板的内部形成改质区域,再对胶带进行扩张。

[0139] 优选相对于透镜口径扩大高斯分布使透镜入射光束作为顶帽(Tophat)那样来使用(即优选将 NA 大的光线的能量提高)。NA 优选在 0.5 ~ 1.0 之间。

[0140] 脉冲宽度优选在 500nsec 以下。更优选在 10nsec ~ 500nsec。更优选在 10nsec ~ 300nsec。最优选在 100nsec ~ 200nsec。

[0141] 熔融处理区域和微小空洞是成对的,各自的深度与厚度应有一定的关系存在。特别是,优选对应于 NA,熔融处理区域和微小空洞之间具有一定关系。

[0142] 切断方向优选相对于定向平面(Orientation flat)平行、或垂直。优选沿着结晶方向形成熔融处理区域。

[0143] 在本实施方式中,加工对象物虽然使用的是硅制的半导体芯片,但是半导体芯片材料并不局限于此。例如,硅以外的 IV 族元素半导体、如 SiC 那样的包含 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,而且添加各种掺杂物(dopant)的半导体,都可以使用。

[0144] 接着,对本实施方式的效果进行说明。通过这样,以引起多光子吸收的条件且使集光点 F 对准加工对象物 1 内部,将脉冲激光 L 对着切断预定线 5 照射。接着,通过移动 X 轴工作台 109 或者 Y 轴工作台 111,而能够将集光点 F 沿着切断预定线 5 以规定的节距 P 移动。通过这样,可以沿着切断预定线 5 在加工对象物 1 的内部形成被处理部,同时,也会形成微小空洞。从而,可以在加工对象物 1 的表面 3 除切断预定线 5 以外不会发生额外的割痕、来将加工对象物 1 切断。

[0145] 此外,对加工对象物 1,以引起多光子吸收的条件且对准加工对象物 1 内部的集光点 F,将脉冲激光 L 对着切断预定线 5 进行照射。据此,脉冲激光 L 穿透加工对象物 1,由于在加工对象物 1 的表面 3 的脉冲激光 L 几乎没有被吸收,所以,不会因形成改质区域而在表面 3 产生熔融等损伤。

[0146] 如以上所述,可以在加工对象物 1 的表面 3 上,除切断预定线 5 以外不会产生额外的割痕或者熔融、来将加工对象物 1 切断。据此,加工对象物 1 例如半导体芯片的情况,在半导体晶片的切断预定线以外的地方不会产生割痕或者熔融,所以可以从半导体芯片切出半导体晶片。对于在表面具有电极图案形成的加工对象物、或者形成压电元件芯片或者液晶等显示装置的玻璃基板等在其表面上形成有电子元件的加工对象物等也是一样的。因此,

通过切断加工对象物而制作的制品（例如半导体晶片、压电元件晶片、液晶等显示装置），能够使其优良率得到提高。

[0147] 此外，由于加工对象物 1 的表面 3 的切断预定线 5 不会熔融，所以，切断预定线 5 宽度可以很小（该宽度，例如在半导体芯片的情况，是指形成半导体晶片区域中的晶片彼此的间隔）。从而，从一片加工对象物 1 制作的制品数会增加，因此可使制品的生产性得到提高。

[0148] 此外，因为是用激光对加工对象物 1 进行切断加工，所以能够进行比用钻石切割机的切片更复杂的加工。

[0149] 其中，当将激光 L 透过加工对象物 1 而在加工对象物 1 的内部发生多光子吸收并形成被处理部 7 的情况下，对应各个被处理部 7 的微小空洞 8 的形成原理，未必完全明确。像这样被处理部 7 以及微小空洞 8 以成对的状态形成的原理，本发明人推想出一种假说，下面对其加以说明。

[0150] 图 16 是该假说的说明图。若使焦点对准加工对象物 1 的内部的集光点 F 来照射激光 L，则在集光点 F 附近会形成被处理部 7。以前，总认为激光 L 从激光源照射，是使用中心部分激光的光（相当于图 16 中的 L4 以及 L5 部分的光）。这是由于使用激光的高斯分布的中心部分的缘故。

[0151] 本发明人为了抑制激光在加工对象物的表面产生影响，而将激光加宽。一种方法是，将从激光源照射出的激光以规定光学系统予以扩张，使其高斯分布更加散开宽广，也就是使激光周围部分的光（相当于图 16 中的 L1 ~ L3 以及 L6 ~ L8 部分的光）的激光强度相对上升。

[0152] 若这样被扩张过的激光透过加工对象物 1，则如上所述会在集光点 F 的附近形成被处理部 7，也在该被处理部 7 的对应部分形成微小空洞 8。即，被处理部 7 和微小空洞 8 是沿着激光的光轴（图 16 中的中心点线）位置而形成的。微小空洞 8 的形成位置，相当于激光周围部分的光（图 16 中的 L1 ~ L3 以及 L6 ~ L8 相当部分的光）理论上集光的部分。

[0153] 如此一来，激光中心部分的光（相当于图 16 中的 L4 以及 L5 部分的光）、与激光周围部分的光（相当于图 16 中的 L1 ~ L3 以及 L6 ~ L8 部分的光），各自集光的部分对着加工对象物 1 的厚度方向互异，推想是由于激光集光透镜的球面收差所致。本发明人所推想的一个假说，即认为该集光位置的差有可能是造成影响的因素。

[0154] 本发明人推想的另一个假说如下。激光周围部分的光（相当于图 16 中 L1 ~ L3 及 L6 ~ L8 部分的光）的集光部分、理论上应是激光集光点，因此，推想该部分的光强度高。从而，由于在该部分会引起微细构造的变化，因而在其周围会形成实质上结晶结构没有变化的微小空洞 8。另一方面，形成被处理部 7 的部分，是受热影响而单纯地熔融后再固化所致。

[0155] 该假说的说明图如图 17 所示。若具有高斯分布 81 的激光射出，则通过光学系统 82 而对加工对象物 83 进行照射。如图 17 所示，激光周围部分的光（图 17 中以虚线表示者），在微小空洞 832 的形成部分的附近被集光。另一方面，高斯分布 81 中的激光强度比较强的部分的激光，在被处理部 831 的形成部分的附近被集光。

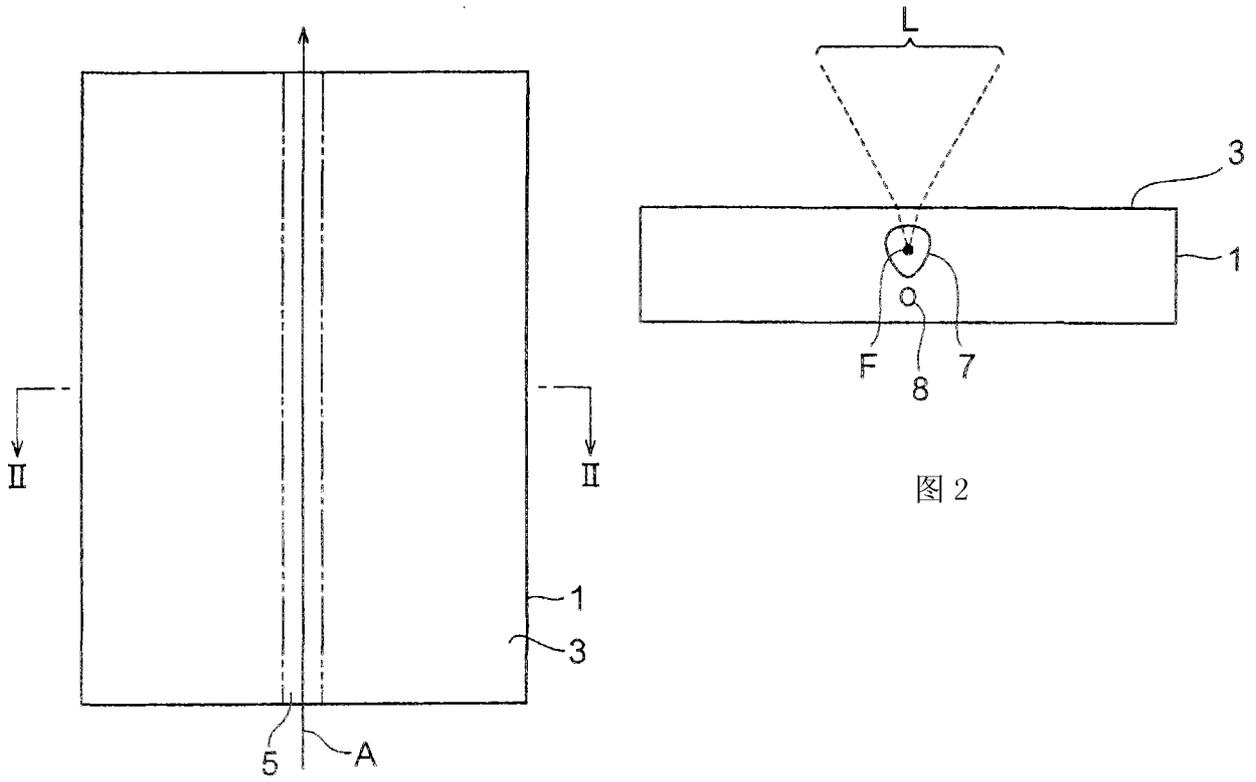


图 2

图 1

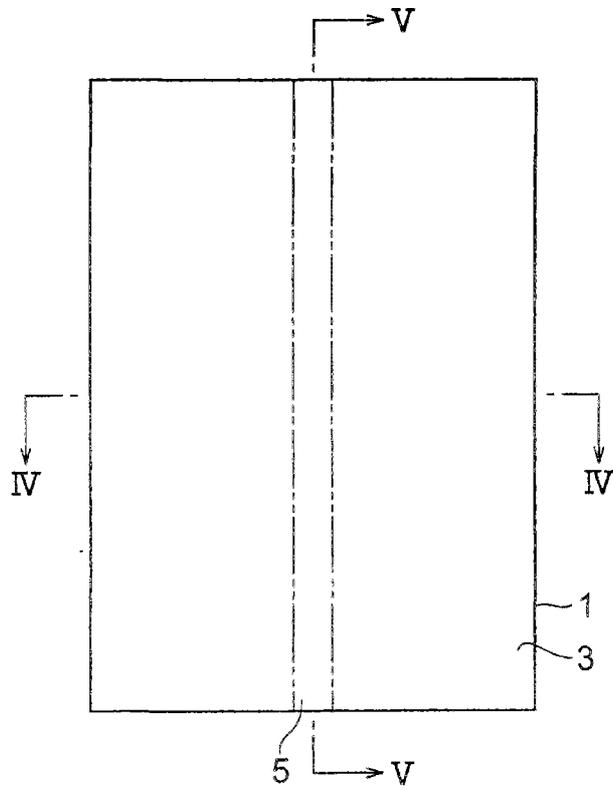


图 3

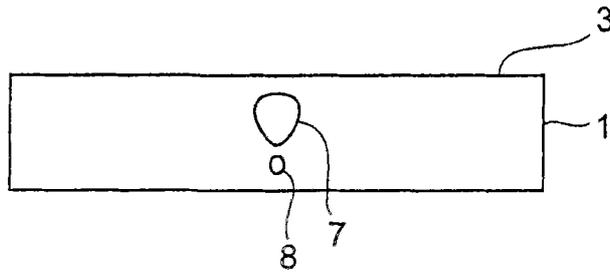


图 4

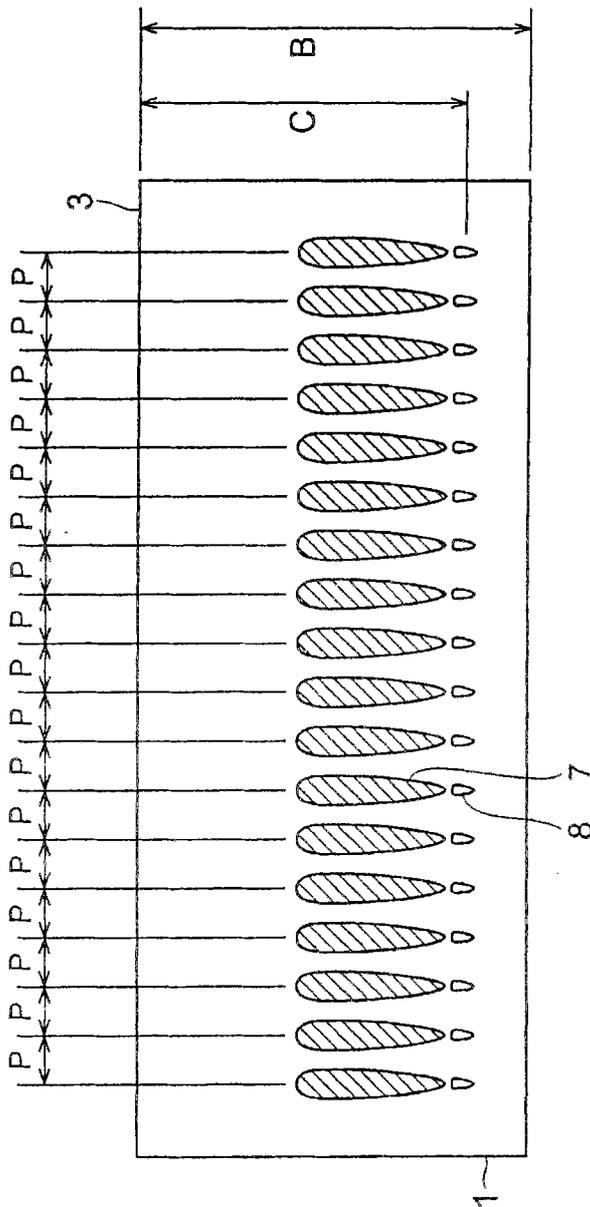


图 5

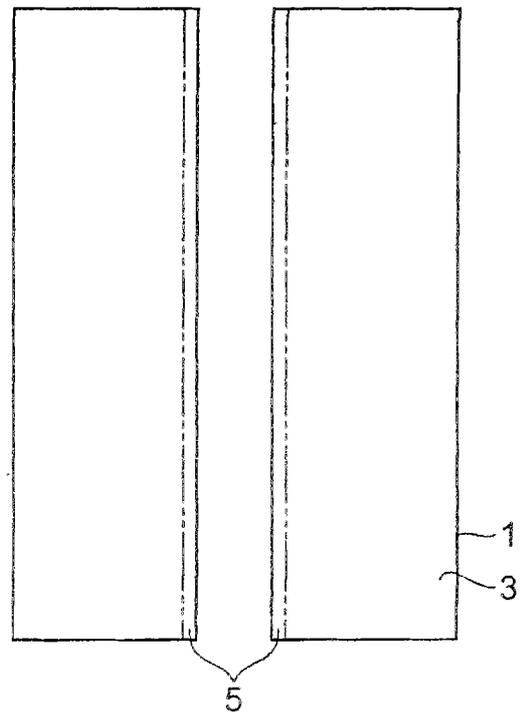


图 6

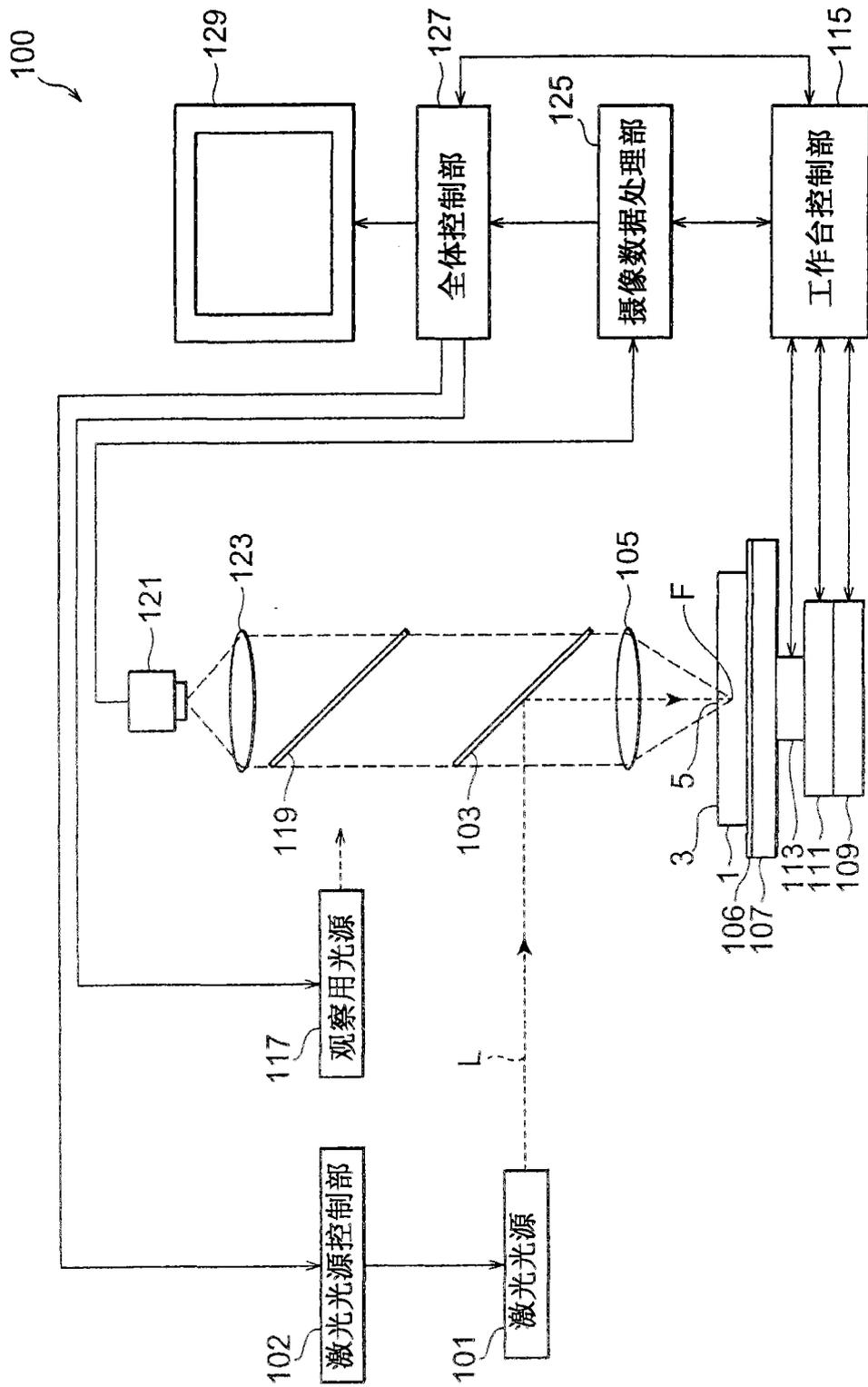


图 7

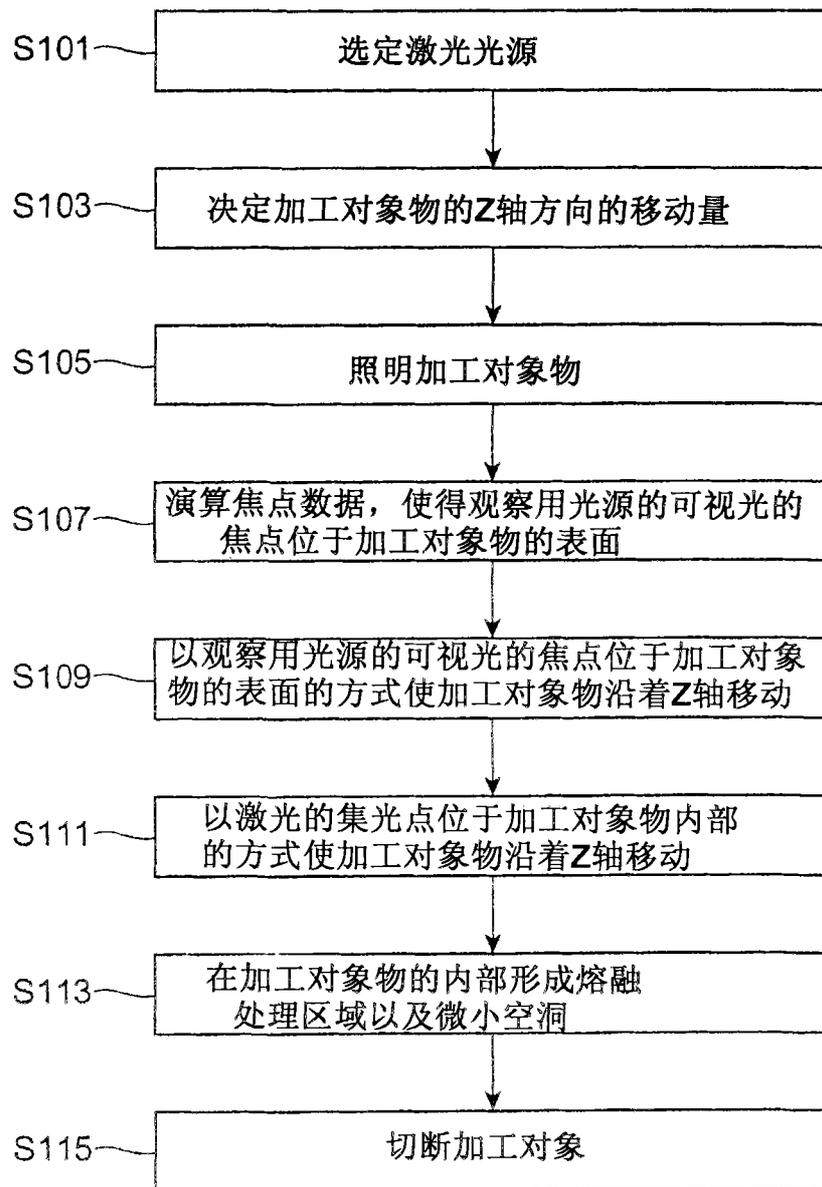


图 8

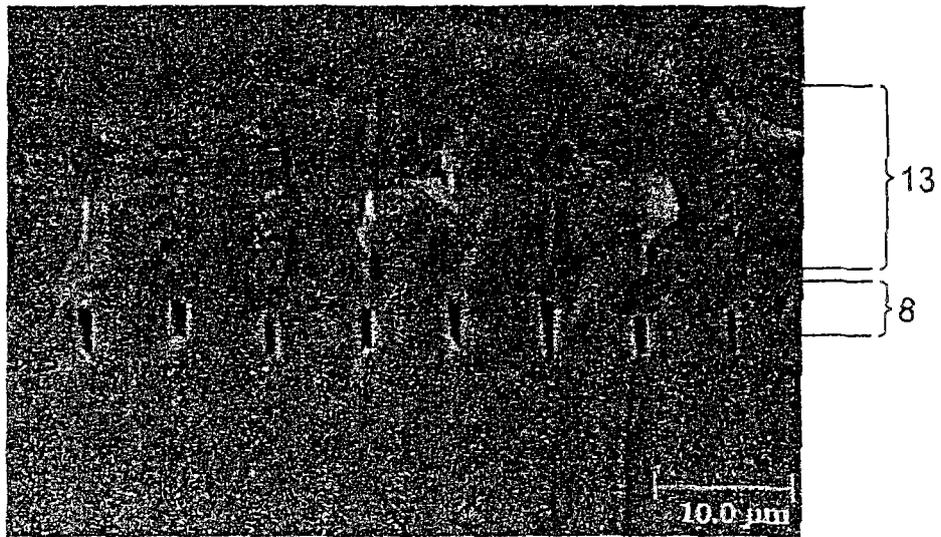


图 9

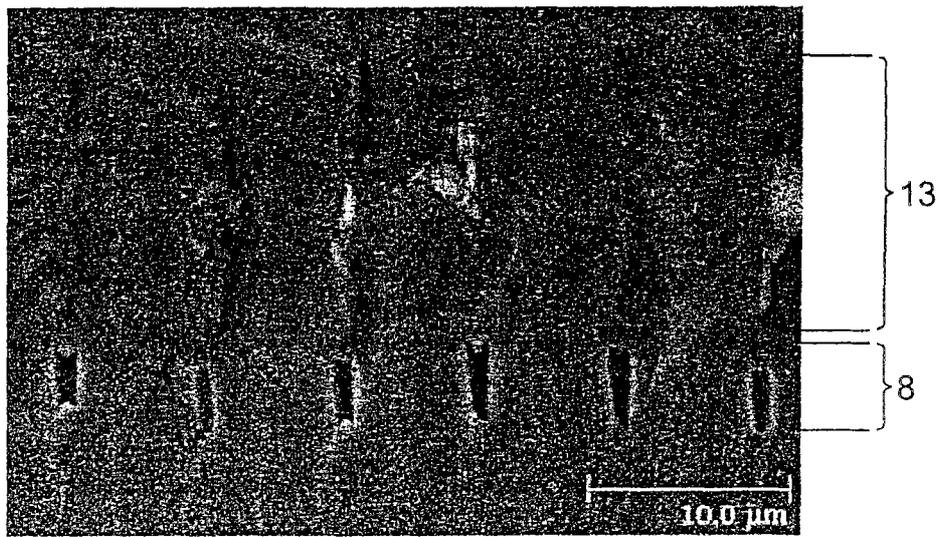


图 10

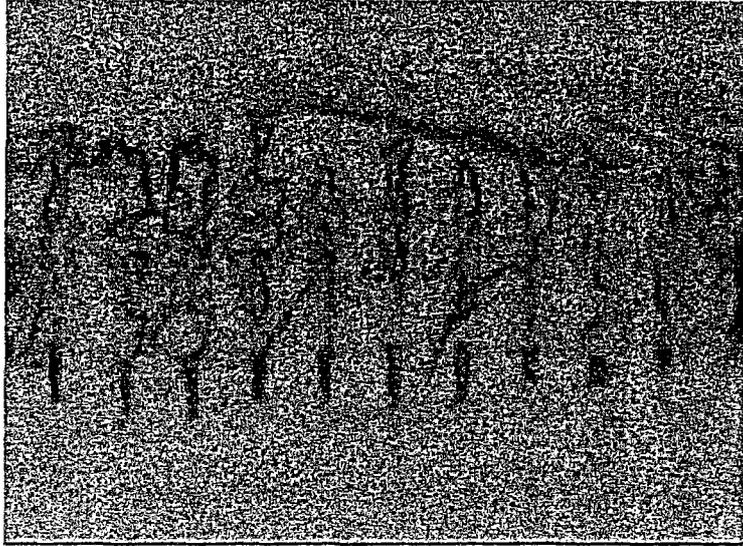


图 11

脉冲节距 (μm)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
加工深度 (μm)	75	150	225	300	250	300	280
脉冲宽度 (nsec)	75	75	75	75	50	50	40
脉冲宽度 (nsec)	170	170	170	170	161	161	152
45	HC 山、 Δ						
50	HC 山、 Δ						
51	HC 山、 Δ						
56	HC 山、 Δ						
60	HC 山、 Δ						
68	ST Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
69	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
79	ST Δ	ST Δ	ST Δ	HC 山、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
81	ST Δ	ST Δ	ST 谷、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
82	ST Δ	ST 谷、 Δ	ST 谷、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
88	ST Δ	ST 谷、 Δ	ST 谷、 Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ	ST Δ
90	ST Δ	ST 谷、 Δ	ST 谷、 Δ	ST Δ	ST 谷、 Δ	ST Δ	ST Δ

图 12

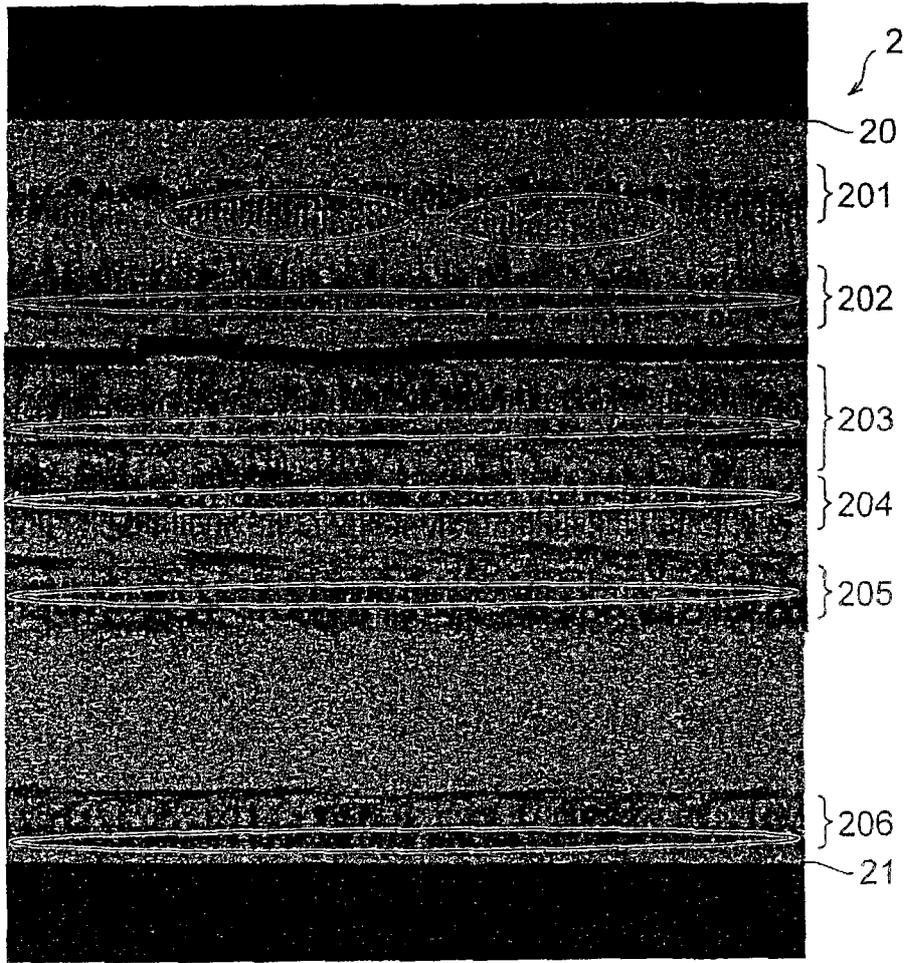


图 13

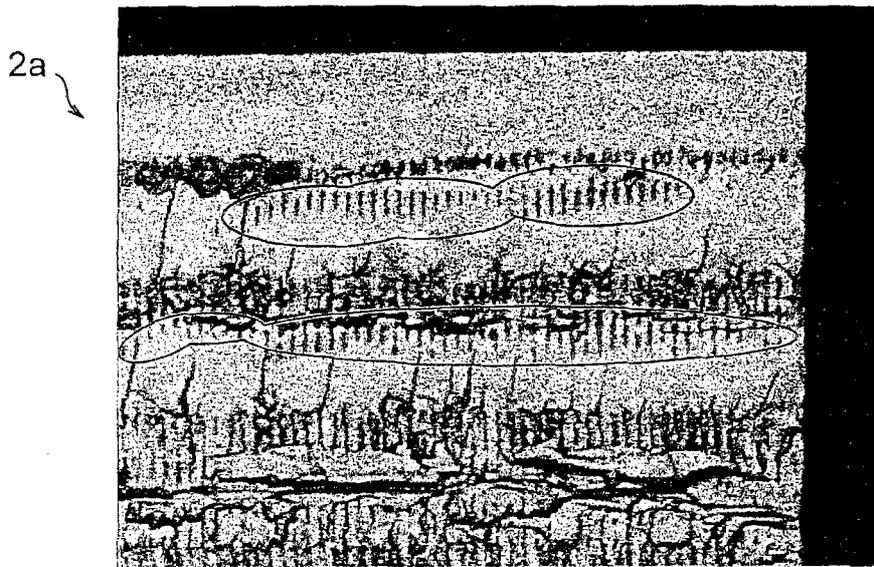


图 14

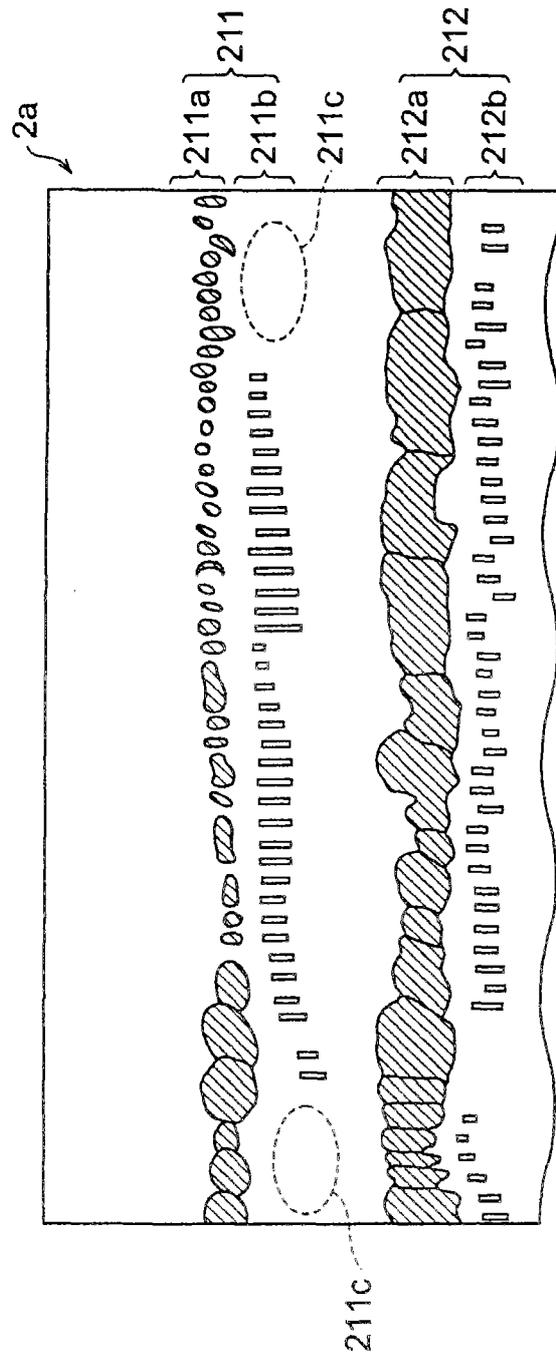


图 15

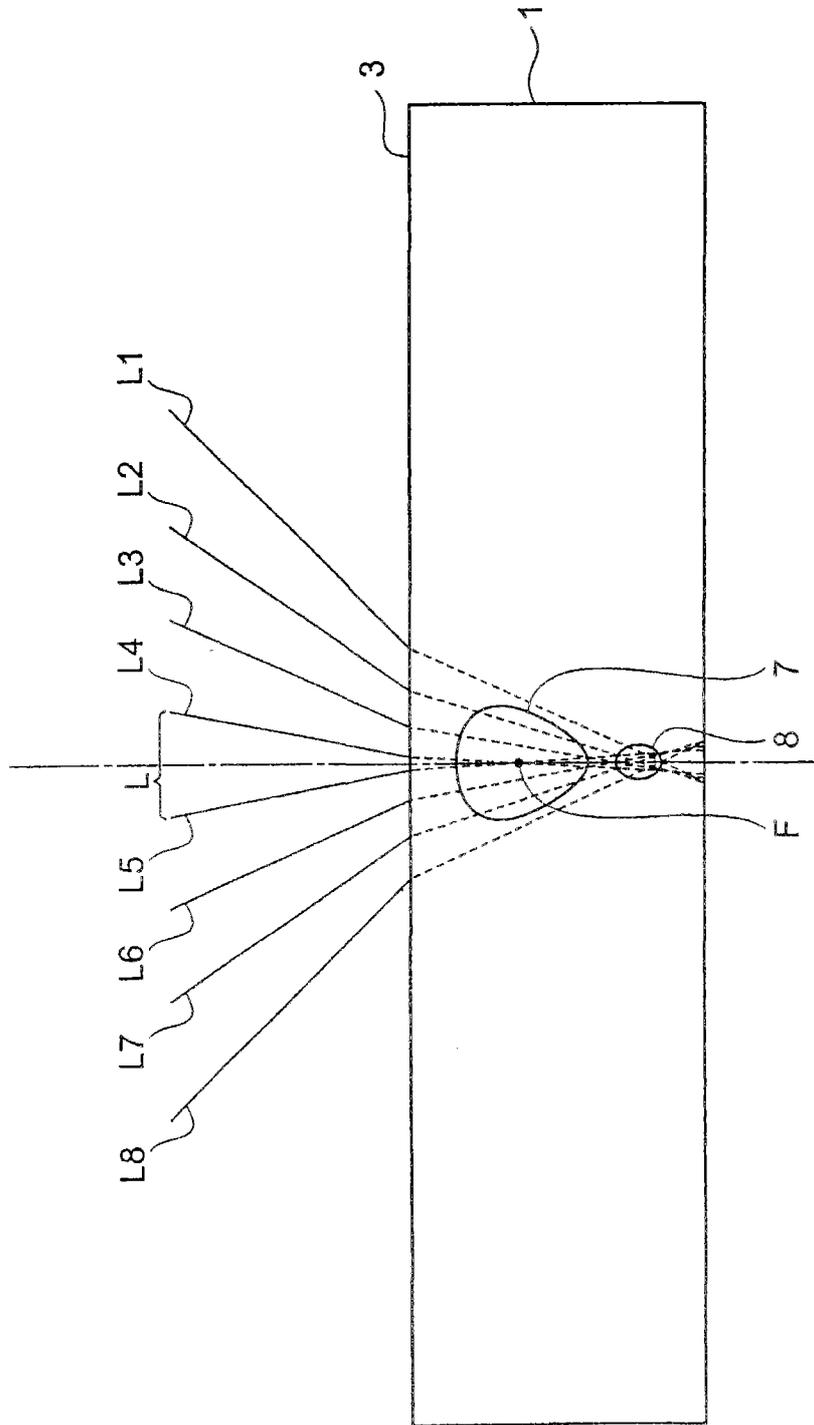


图 16

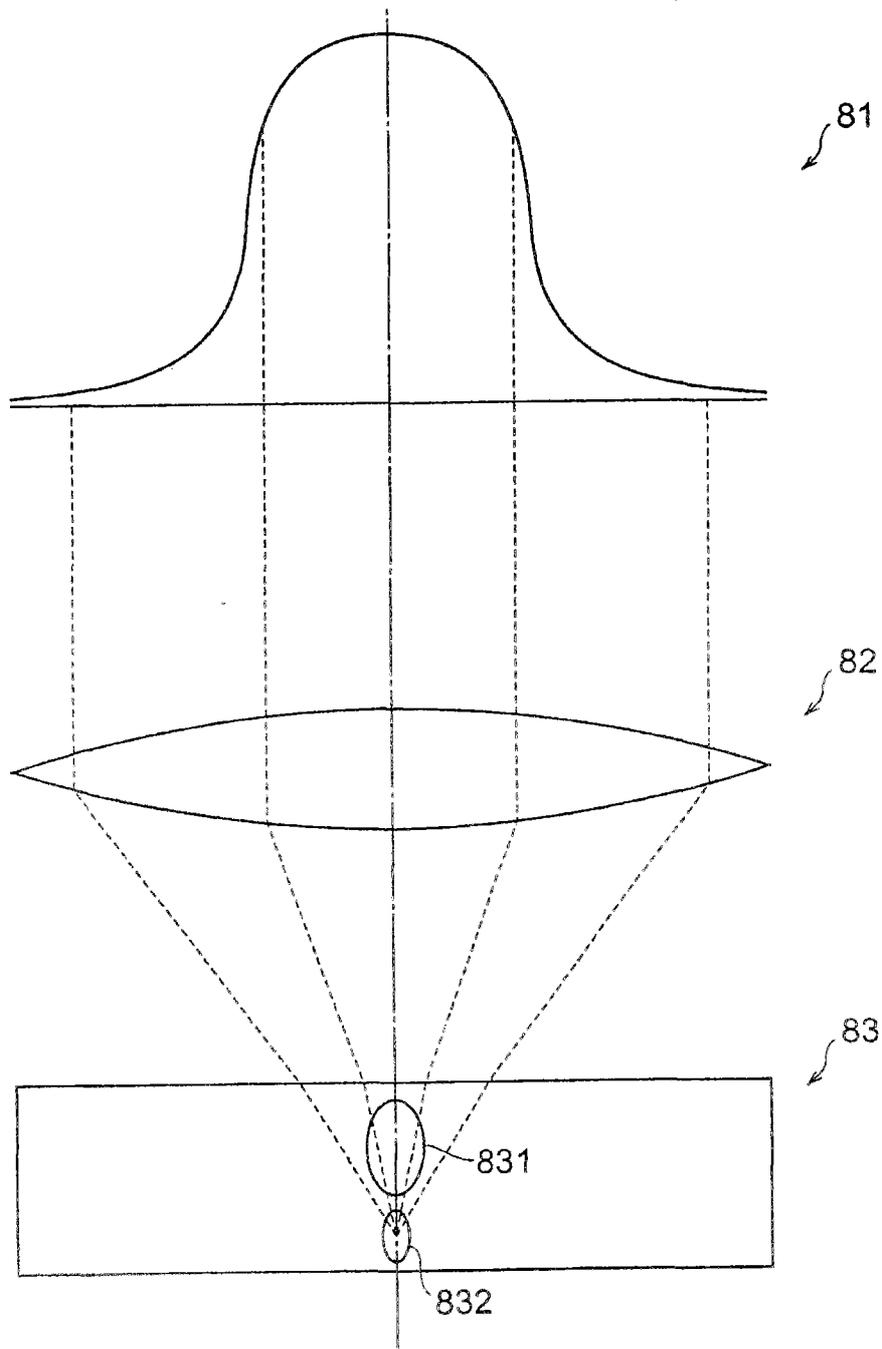


图 17

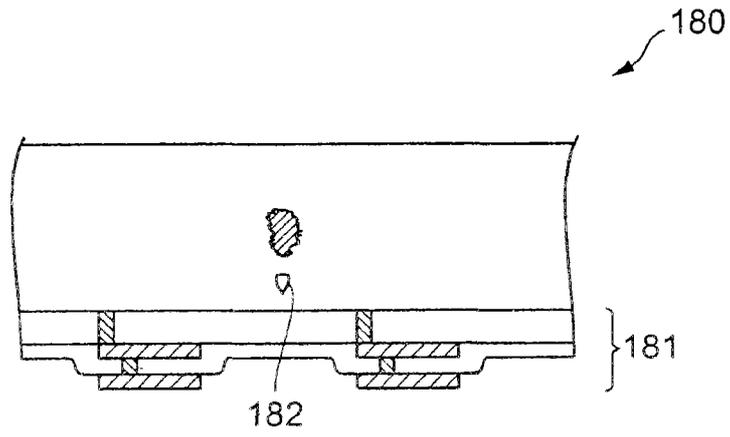


图 18

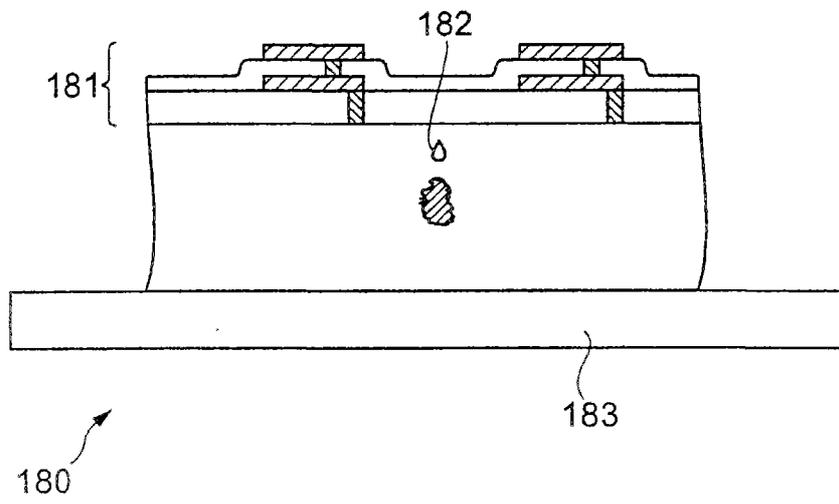


图 19

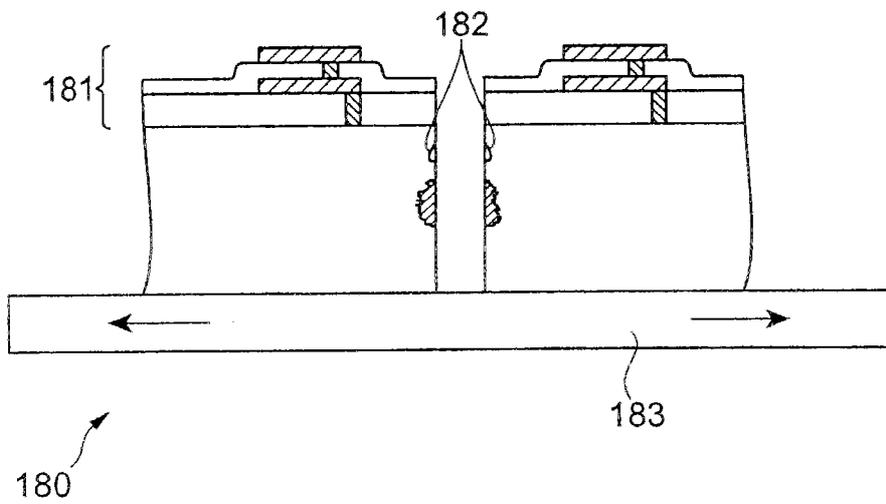


图 20