



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1978167 B

(45) 授权公告日 2012.03.28

(21) 申请号 200610159293.3

(22) 申请日 2003.06.10

(30) 优先权数据

10/208,484 2002.07.30 US

(62) 分案原申请数据

03142382.5 2003.06.10

(73) 专利权人 新浪潮研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 刘国珍 方沛贤 丹尼尔·J·德雷

刘镇营 黄日昌

安东尼奥·卢塞罗 斯科特·平卡姆

史蒂文·奥尔特罗格

杜安·米德尔布什

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陶凤波

(51) Int. Cl.

B28D 5/04 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)

B23K 26/08 (2006.01)

B23K 26/42 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4336439 A, 1982.06.22, 全文.

JP 11-224866 A, 1999.08.17, 全文.

CN 1234332 A, 1982.06.22, 全文.

审查员 仓公林

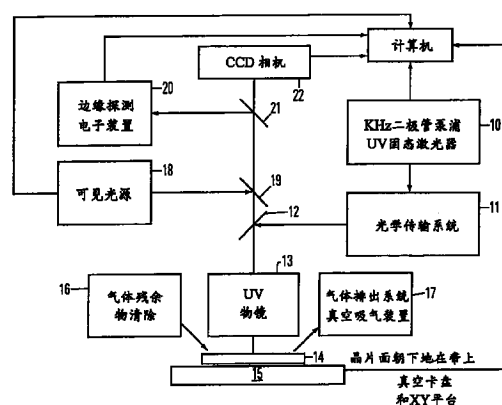
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54) 发明名称

利用固态 UV 激光器对蓝宝石衬底划线的系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于对蓝宝石衬底划线的方法和系统,该方法通过如下步骤实现:在诸如包括真空吸气装置的 X/Y 平台的平台上安装载有集成器件芯片阵列的蓝宝石衬底;以及,使用固态激光器将激光能量 UV 脉冲引至蓝宝石衬底的表面。该脉冲具有低于 560 纳米的波长,优选地在 150 与 560 纳米之间。另外,能量密度、光斑尺寸、重复频率和脉冲持续时间设置为足以导致对蓝宝石的切割的水平。对该系统的控制,如移动具有对应该脉冲的固定的光束路线的该平台,使该脉冲在使连续脉冲的重叠足以在一蓝宝石衬底内切割出划线的移动速率下、按一划线图案作用于该蓝宝石衬底。



1. 一种从蓝宝石衬底上制造芯片的方法,该方法包括:

在平台上安装所述蓝宝石衬底;

使用固态激光器将激光能量脉冲引至所述蓝宝石衬底的表面,所述脉冲具有足以将激光能量通过吸收引入所述蓝宝石衬底以导致蓝宝石的切割的 355 纳米的波长、能量密度、光斑尺寸、大于 5kHz 的重复频率和脉冲持续时间,且其中所述脉冲具有介于 $1\text{GW}/\text{cm}^2$ 与 $10\text{GW}/\text{cm}^2$ 的峰值功率密度;以及

使所述脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,以在所述蓝宝石衬底中割出划线,

其中所述能量密度在 10 与 100 焦耳每平方厘米之间,所述脉冲持续时间在 10 与 30 纳秒之间,且所述光斑尺寸在 5 与 25 微米之间。

2. 如权利要求 1 所述的方法,包括从所述蓝宝石衬底上分离由所述划线图案定义的芯片。

3. 如权利要求 1 所述的方法,包括引发连续脉冲的重叠。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述重复频率在 10kHz 与 50kHz 之间。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述蓝宝石衬底具有一厚度,且所述划线被割至大于所述厚度的一半的深度。

6. 如权利要求 1 所述的方法,包括使用 Q 开关固态激光器产生激光能量脉冲。

7. 如权利要求 1 所述的方法,包括:

在使所述脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底期间,探测所述蓝宝石衬底的边缘,并且响应探测的边缘,防止所述脉冲偏离出所述衬底。

8. 如权利要求 1 所述的方法,包括:

在使所述脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底之前,将所述衬底置于粘合带上;以及,防止所述脉冲作用于粘合带。

9. 如权利要求 1 所述的方法,包括:

在使所述脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底之前,将所述衬底置于粘合带上;以及

在所述使脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底期间,探测蓝宝石衬底的边缘,并且响应探测的边缘,防止所述脉冲作用于粘合带。

10. 如权利要求 1 所述的方法,该方法包括:

在所述蓝宝石衬底的有源表面上布置并形成集成器件阵列,其中单个芯片被具有 25 微米或更小的宽度的迹分隔;

所述有源表面朝下地将蓝宝石衬底安装在平台上;

使用固态激光器将激光能量脉冲引至所述蓝宝石衬底的背面;以及

从所述蓝宝石衬底上分离由所述划线图案限定的芯片。

11. 如权利要求 10 所述的方法,该方法包括:

控制所述脉冲的偏振,使得所述脉冲沿平行于被划线的划线直线线性偏振。

12. 如权利要求 1 或 10 所述的方法,包括使用 Q 开关 Nd:YAG 激光器产生激光能量的脉冲。

13. 如权利要求 1 或 10 所述的方法,包括使用 Q 开关 Nd:YVO₄ 激光器产生激光能量的脉冲。

14. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述光斑尺寸在 5 与 15 微米之间。

15. 如权利要求 1 所述的方法,包括导致连续脉冲的重叠,并且,其中重叠在从 50%至 99%的范围之内。

16. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述衬底具有有源表面和背面,并且,所述方法包括将所述衬底的有源表面放置在粘合带上,以及将所述衬底安装在所述平台上,以将所述脉冲导向衬底的背面。

17. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述衬底具有有源表面和背面,并且,所述方法包括使所述脉冲作用于所述背面。

18. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述平台包括可移动的 X/Y 平台,并且所述使脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,包括移动所述 X/Y 平台上的衬底。

19. 一种用于对蓝宝石衬底划线的系统,该系统包括:

激光器,其产生波长范围为 355 纳米;

平台,其用于支撑和移动蓝宝石衬底;

光学系统,其引导所述脉冲以作用于安装在所述平台上的蓝宝石衬底;以及

控制系统,其连接至所述固态激光器和平台,所述控制系统控制所述激光器和平台,并使所述脉冲在使连续脉冲的重叠足以将激光能量通过吸收引入所述蓝宝石衬底而在蓝宝石衬底内切割出划线的移动速率下、按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,所述脉冲的重复频率大于 5kHz 且所述脉冲具有介于 $1\text{GW}/\text{cm}^2$ 与 $10\text{GW}/\text{cm}^2$ 的峰值功率密度,

其中,所述脉冲的能量密度在 10 与 100 焦耳每平方厘米之间,所述脉冲的脉冲持续时间在 10 与 30 纳秒之间,且所述脉冲的光斑尺寸在 5 与 25 微米之间。

20. 如权利要求 19 所述的系统,其中所述控制系统控制所述平台的移动速率,产生连续脉冲的重叠。

21. 如权利要求 19 所述的系统,包括边缘探测系统,所述边缘探测系统在所述平台移动期间探测安装在所述平台上的衬底的边缘。

22. 如权利要求 21 的系统,该系统包括:

Q 开关固态激光器,其产生激光能量的脉冲,所述脉冲的波长范围为 355 纳米且光斑尺寸小于 25 微米;

所述控制系统响应所述边缘探测系统,并使所述脉冲在使连续脉冲的重叠足以将激光能量通过吸收引入所述蓝宝石衬底而在蓝宝石衬底内切割出划线的移动速率下、按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,所述脉冲的重复频率大于 10kHz。

23. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,包括残余物排出系统。

24. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述控制系统包括用于建立划线图案的规则。

25. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述平台包括真空吸气装置。

26. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,包括用于观察安装在所述平台上的衬底的视频系统。

27. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述控制系统包括用于设定包括脉冲重复频率、脉冲能量和平台速度的参数的规则。

28. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述激光器包括 Q 开关 Nd:YAG 激光器。

29. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述激光器包括 Q 开关 Nd:YVO₄ 激光器。
30. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述光斑尺寸在 5 与 15 微米之间。
31. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述重叠在从 50%至 99%的范围之内。
32. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述脉冲频率在 10kHz 与 50kHz 之间。
33. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,其中所述蓝宝石衬底具有一厚度,且所述划线被割至大于所述厚度的一半的深度。
34. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,包括光学系统,用于线性地偏振所述脉冲。
35. 如权利要求 19 或 22 所述的系统,包括光学系统,用于调整所述脉冲的偏振。
36. 一种从蓝宝石衬底上制造芯片的方法,该方法包括:
将所述蓝宝石衬底安装在平台上;
使用固态激光器将激光能量脉冲引至所述蓝宝石衬底的表面,所述脉冲具有足以导致蓝宝石的切割的 355 纳米与 560 纳米之间且低于 560 纳米的波长、能量密度、光斑尺寸、重复频率和脉冲持续时间,其中所述重复频率高于 10kHz ;以及
使所述脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,以在所述蓝宝石衬底中割出划线。
37. 如权利要求 36 所述的方法,包括从所述蓝宝石衬底上分离由所述划线图案限定的芯片。
38. 如权利要求 36 所述的方法,包括引发连续脉冲的重叠。
39. 如权利要求 36 所述的方法,其中所述能量密度在 10 与 100 焦耳每平方厘米之间,所述脉冲持续时间在 10 与 30 纳秒之间,且所述光斑尺寸在 5 与 25 微米之间。
40. 如权利要求 36 所述的方法,包括使用 Q 开关 Nd:YAG 激光器产生激光能量的脉冲。
41. 如权利要求 36 所述的方法,包括使用由二极管泵浦的、运行波长为 355 纳米的第三谐波的 Q 开关 Nd:YAG 激光器产生激光能量的脉冲。
42. 如权利要求 36 所述的方法,包括导致连续脉冲的重叠,并且,其中重叠在从 50%至 99%的范围之内。
43. 如权利要求 36 所述的方法,其中所述衬底具有有源表面和背面,并且,所述方法包括将所述衬底的有源表面放置在粘合带上,以及将所述衬底安装在所述平台上,以将所述脉冲导向衬底的背面。
44. 如权利要求 36 所述的方法,其中所述衬底具有有源表面和背面,并且,所述方法包括使所述脉冲作用于所述背面。
45. 如权利要求 36 所述的方法,其中所述平台包括可移动的 X/Y 平台,并且所述使脉冲按划线图案作用于所述蓝宝石衬底,包括移动所述 X/Y 平台上的衬底。

利用固态 UV 激光器对蓝宝石衬底划线的系统及方法

[0001] 本申请是 2003 年 6 月 10 递交、题为“利用固态 UV 激光器对蓝宝石衬底划线”的第 03142382.5 号发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用于制造集成器件芯片的系统和方法，该集成器件芯片例如为形成在蓝宝石衬底上的集成电路和包括二极管激光器芯片的激光器芯片。特别地，本发明是为利用固态 UV 激光器对蓝宝石衬底划线，以及将被划线的蓝宝石衬底分割成芯片而提出。

背景技术

[0003] 蓝宝石 Al_2O_3 被作为衬底应用于各种器件。蓝宝石是一种坚硬材料，其光学透明、不导电、并且是热的良导体。它已经成为了激光二极管制造中的优选衬底材料。特别是，蓝光激光器和其它基于氮化镓 GaN 及相关材料的结构都是制造在大体积的蓝宝石衬底上。

[0004] 在蓝宝石衬底上的芯片制造中的一个瓶颈在于从衬底上分割芯片。由于蓝宝石十分坚硬，典型的工艺需要利用钻石尖端的刀片来以在衬底中刻划出图案。在一种通用的方法中，将具有形成在其上的诸如激光二极管的半导体结构阵列的蓝宝石衬底置于诸如“蓝带 (blue tape)”或“晶片带 (wafertape)”的粘合带 (adhesive tape) 上。用钻石刀片刻划衬底。用机械应力使衬底沿划线裂开。然后拉伸载着裂开的衬底的带子以将芯片分开。用机器人拾取和放置机械从带子上移开单个的芯片，该芯片一边的典型尺寸在 200 至 500 微米的范围内。

[0005] 芯片制造中的一个主要瓶颈在于切割工艺。钻石刀片需要制造者在衬底上分配相对宽的划线，称作“迹 (street)” (例如，40 至 70 微米)，这减少了在单个衬底上能够制造的芯片的数量。另外，必须相对缓慢地操作钻石尖端刀片，对于一片 2 英寸直径的衬底需要多达 1.5 个小时。其次，刀片上的钻石尖端会磨损并且必须经常更换，如每片晶片更换一个刀片。刀片的更换将使制造工艺减缓。再次，刀片通常具有多个尖端，为了适当地切割，其必须在每次将一个新的尖端对向划线、以及每次安装新的刀片时仔细并且精确地对准。最后，机械划片方法会导致裂缝，裂缝将损害芯片，并降低合格率。应用此方法的典型合格率报道为约 70%。

[0006] 因此，期望提供一种用于在芯片制造中对蓝宝石衬底划线的系统和方法，与目前采用的现有技术相比，其可以使使用更加快速、更加容易，可以最小化易损部件的数量，有利于更大的器件密度，并有助于实现更高的合格率。此外，期望该系统操作便捷、安全，并且成本低廉。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种用于从蓝宝石衬底制造集成器件芯片的方法和系统，该芯片例如为二极管激光器芯片，该衬底载有此类集成器件的阵列。特别地，本发明适于制造基于氮化镓结构的蓝光激光二极管。根据本发明，可以实现更大的器件密度和更高的合格率，同时

还减少了从该衬底上分离单个芯片所需的时间。另外,本发明是基于便捷、低成本机构,并从而降低了对于该类集成器件芯片的总体制造成本。

[0008] 本发明提供了一种方法,该方法包括:在诸如包括真空吸气装置的可移动 X/Y 平台的平台上安装载有集成器件阵列的蓝宝石衬底。接着,使用固态激光器将激光能量脉冲导引至蓝宝石衬底的表面。该激光能量脉冲具有低于 560 纳米的波长,并且优选地在 150 至 560 纳米之间。另外,能量密度、光斑尺寸和脉冲持续时间设置为足以导致对蓝宝石的切割的水平。对该系统的控制,如移动具有对应该脉冲的固定的光束路线的该平台,使该脉冲在使连续脉冲的重叠足以在一蓝宝石衬底内切割出划线的移动速率下、按一划线图案与该蓝宝石衬底接触。

[0009] 本发明的一些实施例产生具有在 10 与 100 焦耳每平方厘米之间的能量密度、在 10 与 30 纳秒之间的脉冲持续时间和在 5 与 25 微米之间的光斑尺寸的激光脉冲。该脉冲的重复频率大于 5kHz,并优选在 10kHz 与 50kHz 或更高的范围。平台在使脉冲的重叠在 50% 至 99% 的量的移动速率下移动。通过控制脉冲频率、平台移动速率和能量密度,可以精确地控制划线的深度。在本发明的实施例中,划线被切至蓝宝石衬底厚度的一半或更大的深度,使得对于 80 微米厚的衬底,划线被切至 35 微米至,例如,60 微米,并且更加优选地为大于 40 微米。

[0010] 在本发明的实施例中,该固态激光器包括二极管泵浦的 Q 开关 (Q-switched) Nd:YVO₄ 激光器,该激光器包括诸如类似 LBO 的非线性晶体的谐波频率发生器,使得所提供的激光输出为由钕掺杂固态激光器产生的 1064 纳米线的第二、第三、第四和第五谐波频率中的一个。在特定系统中,提供了约 355 纳米的第三谐波频率。在另一实施例中,该固态激光器包括 Q 开关 Nd:YAG 激光器,运行该激光器以提供该谐波频率中的一个作为输出。

[0011] 在本发明的实施例中,该方法包括在按划线图案将该脉冲导引至衬底的同时探测蓝宝石衬底的边缘。响应探测到的边缘,该系统防止辐射脉冲偏离出衬底。

[0012] 在本发明的实施例中,使该辐射脉冲射至衬底的背面。这就防止了由热量抵达有源集成器件芯片结构而潜在导致的危害。另外,其防止了由切割工艺产生的残余物污染芯片上的集成器件。

[0013] 因此,本发明的实施例包括在划线前将衬底的顶面放置在粘合带上,安装具有粘合带的衬底至平台上,在使在衬底的背面上按划线图案对蓝宝石进行切割的条件下移动衬底,以及在划线工艺期间探测衬底的边缘以防止辐射脉冲作用于粘合带。

[0014] 通过沿划线机械地分裂衬底,并使用本领域技术人员熟知的拾取和放置机器人或其它技术,从蓝宝石衬底上分离由划线图案限定的芯片。在一个实施例中,在划线前,蓝宝石衬底被置于粘合带上,并且在划线后,卷起该衬底或另外机械地操作以沿划线图案中的划线使衬底破碎。分离的芯片保持附着在粘合带上,直至被利用拾取和放置机器人或其它技术分开。

[0015] 本发明的实施例还提供了对应于划线图案中划线的方向控制激光脉冲的偏振。控制该偏振,使得对于平行于不同轴的划线,沟槽更加均匀。在某些实施例中,均匀性可通过随机化或圆化偏振而得到改善。更加优选地,控制脉冲的偏振,使得偏振为线性的,并且平行于刻出的划线。可以发现,对于平行的偏振,形成的沟槽的质量更加呈 V 形,而对于未对准的偏振,形成的沟槽更加呈 U 形。在分离芯片期间,为更加均匀地和可预见地破碎衬底,

V 形沟槽是优选的。本发明的实施例提供在光路中使用具有可调偏振器,诸如半波板 (half wave plate), 的激光的偏振控制。

[0016] 本发明还提供了用于对蓝宝石划线的系统,该系统包括:固态激光器,如上所述;平台,用于支撑和移动蓝宝石衬底;光学系统,用于使脉冲作用于安装在平台上的蓝宝石衬底;边缘探测系统,其在平台移动期间探测安装在平台上的衬底的边缘;以及,控制系统。本发明实施例中的该控制系统包括连接于固态激光器、平台和边缘探测系统的计算机。该计算机响应该边缘探测系统和由使用者设定的参数,使该脉冲在使连续脉冲的重叠足以在一蓝宝石衬底内切割出划线的移动速率下、按一划线图案作用于该蓝宝石衬底。本发明的实施例还包括连接于平台的残余物排出系统。

[0017] 本发明的实施例包括具有用于设定划线图案,包括脉冲重复频率、平台速度和能量水平的用于建立划线深度的可选参数,划线速度及其它工艺特性的规则 (logic) 的用户界面。

[0018] 本发明的其它方面和优点可参参照附图,通过下面的详细描述以及所附权利要求而被接受。

附图说明

[0019] 图 1 为根据本发明的蓝宝石划线系统的简化框图;

[0020] 图 2 为根据本发明的一个实施例的简洁、轻便的蓝宝石划线系统的透视图;

[0021] 图 3 为包括用于本发明的蓝宝石划线系统的激光系统和光学系统的简化框图;

[0022] 图 4 为根据本发明的边缘探测系统的部件的简化框图;

[0023] 图 5 示出了在切割划线期间,连续脉冲的重叠;

[0024] 图 6 为根据本发明的蓝宝石划线系统的平台和残留物排出系统的透视图;

[0025] 图 7 示出了根据本发明的、包括集成激光二极管阵列的蓝宝石衬底上的、用于切割形成芯片的划线图案;

[0026] 图 8A 至 8C 示出了对于均匀的 V 形沟槽,激光脉冲的偏振与划线刻划方向之间的关系;以及

[0027] 图 9 至 16 为示出本发明的划线方法的实验结果的相片。

[0028] 具体实施方式

[0029] 本发明的实施例的详细描述将参照图 1 至图 8A- 图 8C 给出,而实验结果将在图 9 至 16 中示出。

[0030] 图 1 为根据本发明的蓝宝石划线系统的简化框图。在所示的实施例中,二极管泵浦的固态激光器 10 产生重复频率在 kHz 范围内的高密度紫外及近紫外光脉冲。在优选系统中,该激光器包括 Q 开关 (Q-switched) Nd:YVO₄ 媒质,其在脉冲持续时间为 40 纳秒、重复速率大于 10kHz 下传送作为激光脉冲束的第三谐波输出 (third harmonic output)。利用光学传输系统 11 和转向镜 12 将该脉冲提供至紫外物镜 13,该物镜将该脉冲汇聚至蓝宝石衬底 14 上。衬底 14 支撑在真空卡盘和 X/Y 平台 15 上。优选地,晶片被面朝下地支撑在粘合晶片带 (adhesive wafer tape) 上。气体残余物清除系统 16 同气体排出系统和真空吸气装置 17 配合以去除由蓝宝石衬底的切割产生的残余物。

[0031] 可见光源 18 和转向镜 19 传送白光通过物镜 13 至蓝宝石衬底 14。边缘探测电子

装置 20 响应经物镜 13 和转向镜 21 反射的光,以探测衬底的边缘并防止 UV 射线脉冲偏离出衬底而射到背面的晶片带或其它什么上。诸如电荷耦合装置照相机 (charge coupled device camera) 的照相机 22 聚焦在晶片 14 上,并产生用于信息处理和监控的图像。计算机 23 连接到系统的可控部件,并引起脉冲的转送、平台 15 的移动,以及控制系统的其它特性以对按划线图案衬底划线。

[0032] 图 2 为本发明的一个实施例中的蓝宝石衬底划线系统的透视图。由于二极管泵浦固态激光器简便且成本低廉,因此如示地将其有效安装在手推车上。计算机及其它系统电子设备容纳在手推车上。计算机键盘 50 安装在键盘台 (keyboard tray) 上,其可以滑入手推车中或从手推车中滑出。平板显示器安装在旋转基底上,使得其可以在移动和收藏手推车时被折叠起来。该系统包括显微镜 52,其使得在切割工艺期间观察晶片成为可能。利用显示器 51 将由照相机 22 产生的图像、以及图形用户界面工具和其它显示结构展示给用户。

[0033] 通常,本发明的实施例作为采用桌面激光系统和安装在手推车上的计算机的半自动旋键系统而提出。该系统提供手动的晶片装载和卸载。然而,本发明也预期自动的晶片装载和卸载系统。典型的系统适用于容纳具有芯片尺寸例如在 250 微米乘 250 微米范围内的 2 英寸蓝宝石晶片。更小和更大的芯片尺寸也可容易地处理。对于典型的激光二极管芯片,晶片的厚度范围是 80 至 200 微米,并且使用粘合晶片带将晶片面朝下地安装在 6.5 英寸的晶片金属框上。手动地将该晶片金属框放置在平台上,并且使用真空卡盘固定。可以使用手动平台控制实现晶片的手动对准。受软件控制的划线图案用晶片平台的计算机控制实现,并且在 X 和 Y 方向上速度是可控的。该系统包括一类 (class one) 激光系统,其在运行条件下产生尺寸小于 20 微米的光斑。割出优选约 40 微米深的沟槽,并且更加优选地,该沟槽的深度约大于蓝宝石衬底厚度的一半。氮气通过残余物清除喷射装置使用,并且利用排气泵排出。典型系统的产量约为每 1/2 小时一片晶片或更多。由于采用了边缘探测工艺,因此不会对晶片带造成损伤,由此支持了芯片分割工艺中的更高的合格率。

[0034] 优选系统中的 X/Y 平台具有 100mm 每秒的最大速度,并且其移动范围大于 100mm 乘 75mm。平台对准工艺的分辨率约为一个微米。4 英寸范围的移动的精确度小于 4 微米。划线的可重复性提供了低于 3 微米的偏差。平台的平整度小于 1.5 微米偏差每英寸。某些实施例中不需要转动。六英寸平台上的真空卡盘的直径最小为 2.5 英寸,其用于在对准和划线期间支撑一片两英寸的晶片。

[0035] 优选实施例中的激光系统为 Q 开关、二极管泵浦的、第三谐波 Nd:YVO₄,其提供 355 纳米波长的输出。该激光器提供 20kHz 下的一瓦特的输出功率,以及利用抑制第一脉冲的电光更高的 Q 开关输出。该脉冲具有 TEM₀₀ 的强度轮廓和在目标表面上的 1/e² 峰值强度下的直径为 10 至 15 微米或更小的光斑尺寸。激光脉冲的持续时间为 40 纳秒或更短,更加优选地在 30 至 10 纳秒之间,例如为约 16 纳秒。其被利用向上呈 45 度角的用于与蓝宝石晶体结构对准的半波板 (half wave plate) 的外部旋转控制线性地偏振,从而有利于进入蓝宝石的能量良好并均匀的耦合。

[0036] 该激光系统的基本结构与可以购得的由加州的 Fremont 的 New Wave Research 制造的 Acculase SS10 Laser System 相似,其恰为本发明的受让人。

[0037] 计算机系统有利于为所限定的切割图案而对激光和平台的移动自动地控制,该图案可利用计算机建立。晶片图 (map) 和切割定义功能有助于包括平台的旋转控制的划线图

案的建立。视频覆图 (overlay) 在软件受控窗口中示出样品的实时图像, 以利于工艺的执行和监测。对包括激光能量、重复频率和平台的移动速度的切割参数的控制通过用户界面而提供, 该用户界面为操作者提供包括划线工艺的深度和质量的精确控制。图案对准功能有助于沿 X、Y 和正交方向移动切割图案, 以使其在建立过程中与晶片的实际位置相符。

[0038] 图 3 为根据本发明的划线系统的一个实施例的光路的基本布置图。该光路包括激光器 50; 以及, 光学系统, 其将激光器的输出传送至安装在 X 平台 76 和 Y 平台 77 上的真空卡盘 75 上的衬底 74 上。该激光器包括由高反射镜 51 和输出耦合器 59 限定的共振腔。扩束器 52、激光媒质棒 53、圆柱形透镜 54、二极管阵列 55、薄膜偏振器 56、薄膜偏振器 57 和光电 Q 开关 58 被包括其中。运行该二极管阵列以泵浦棒 53, 从而引起在对于 Nd:YVO₄ 的 1064 纳米线的共振。输出光束被导引至转向镜 60、转向镜 61、穿过球形汇聚透镜 62、再穿过非线性晶体 63。非线性晶体 63 产生第二谐波, 再并连同主线将该第二谐波传送穿过球形汇聚透镜 64 至第二非线性晶体 65。该第二非线性晶体产生其它输出之中的第三谐波输出, 该输出被传送至转向 / 滤光镜 66 和转向 / 滤光镜 67 以及半波长波板 (half lambda waveplate) 68。波板 68 是电动的, 并且起到对输出光束的可控偏振器的作用。波板 68 用于相对划线方向对齐输出光束的偏振, 以利用激光脉冲均匀地沿 X 和 Y 方向切割形成沟槽。波长约 355 纳米的第三谐波输出被传送至光学系统而到达蓝宝石衬底 74, 该系统包括转向镜 69、扩束器 70、转向镜 71、转向镜 72 和物镜 73。在此实施例中, 物镜 73 为 20 倍透镜。

[0039] 用于第二谐波产生的非线性晶体 63 可由多种材料制成, 优选 LBO、BBO 或 KTP。同样地, 用于第三或更高的谐波产生的非线性晶体 65 也可由多种材料制成, 优选 LBO 或 BBO。在一个优选系统中, 非线性晶体 63 和 65 都用 LBO 制成。

[0040] 在一个优选系统中, 棒 53 为 Nd:YVO₄ 固态激光媒质。与其它合适材料, 如 Nd:YAG、Nd:YLE, 相比, 此材料有利于更短的脉冲持续时间和更高的 Q 开关重复频率。然而, 不加限制地, 其它的激光媒质, 如 Nd:YAG、Nd:YLE 以及其它适于高重复频率下的紫外和近紫外脉冲产生的媒质也被用于一些实施例中。对于固态 Nd 基媒质的优选输出波长包括红外 1064 纳米线的第二、第三、第四和第五谐波, 在 560 纳米至 150 纳米的范围内。较高的进入可见光范围的波长对于蓝宝石的切割可能是无效的, 而为了高效地操作, 低于 150 纳米的波长则需要排出光路。

[0041] 图 4 示出了用于本发明优选实施例的边缘探测系统。该系统包括: 白光源 81, 其提供白光, 经过转向镜 82 和物镜 84 到达晶片带 86 或其它装载媒质上的蓝宝石衬底 85。反射光通过物镜 84、转向镜 83、转向镜 82, 并被转向镜 87 偏转穿过球形汇聚透镜 88 到达光探测器 89。光探测器 89 与计算机系统相连接, 并且其输出指示了边缘探测。晶片的边缘基于晶片表面 85 与晶片带 86 或其它其上安装着晶片的低反射系数材料之间的光对比的显著差异而探测。该计算机系统在接受边缘探测信号的基础上停止平台的移动, 其防止了激光脉冲偏离出平台侧面。

[0042] 图 5 示出了根据本发明的激光光斑的重叠。在高重复频率下, 随着平台移动晶片, 由激光器系统发射的脉冲会重叠。因此, 第一脉冲 90 与第二脉冲 91 重叠, 而第二脉冲 91 又顺序与第三脉冲 92 重叠, 依此类推。重叠的数量部分地由划线的深度确定。对于约 10kHz 的重复频率和 2.5mm/sec 至 5.0mm/sec 之间的平台速度, 该重叠可被容易地控制在 50% 至 99% 的范围内。重叠可由以下的示范计算获得:

[0043] 激光光斑尺寸 ~ 10 微米,直径

[0044] 平台速度 $\sim 2.5\text{mm/sec}$

[0045] 由此,在单个的直径为 10 微米的光斑上的重叠为: $(10 \text{ 微米})/(2.5\text{mm/sec}) = 4.0 \times 10^{-3}\text{sec}$ 。由此,重叠该光斑的脉冲的数量(射中密度)为 $(10000 \text{ 脉冲每秒}) \times (4 \times 10^{-3}\text{sec}) = 40$ 。40 的射中密度等于 97.25% 的重叠。

[0046] 图 6 提供了本发明一个实施例中的平台 100、物镜 101 和残余物清除喷射装置 102 的透视图。平台 100 包括处于可移动平板 104 上中央处的真空卡盘 103。可移动平板 104 包括对 Y 方向的手动调节旋钮 105 和对 X 方向的类似的调节旋钮(未示出)。另外,平台的移动被自动地控制。设置喷嘴 102 用于传送空气或氮气至切割区域中,以清除残余物。真空吸气装置(未示出)从晶片区域吸取伴随残余物的气体。

[0047] 在典型的系统中,重复频率被控制在 20 至 50kHz 的范围内,而平台速度的范围高达 8 至 10mm 每秒。其它的重复频率与平台速度的组合将根据特定目标的需要而开发。

[0048] 图 7 示出了具有形成于其上的激光二极管阵列的蓝宝石衬底的有源表面的放大图。约 80 微米宽的间隔或迹形成在单个的激光二极管之间,从而为划线提供空间。然而,由于白点不应被切割,因此有效的迹宽度变小。图 7 中,沟槽(迹中的深色线),在关于宽度的透视图的顶面上被机械加工为具有 10 至 15 微米的宽度。在优选系统中,晶片的背面被划线。在根据现有技术的典型系统中,该迹必须具有足以容纳钻石尖端刀片的宽度。在此类现有技术系统中,该迹具有至少 40 之间的宽度。对于具有范围在 10 微米的光斑尺寸的并且精确可以获得的本发明的系统,迹可以被减小至宽度为 20 或 30 微米或更小。这显著增加了能够在单个衬底上制造的器件密度,并且改善了芯片的制造工艺中的产量。

[0049] 如上所述,典型系统是基于运行于其波长为 355 纳米的第三谐波的 Nd:YVO₄ 或 Nd:YAG 激光媒质。理论上,蓝宝石晶体在此波长上仅有很小的吸收。然而,在大于 G 瓦特每平方厘米的非常高强度流的激光下,可以相信会发生非线性吸收,而其导致了激光能量的耦合进入蓝宝石材料。具有足够能量密度的该耦合导致了蓝宝石的切割。另外,如所述,激光脉冲在工艺期间高度地重叠。在微机械加工期间重叠激光脉冲的优点不仅在于改善了加工沟槽的光滑度,而且还在于激光耦合入蓝宝石衬底的效率的增大。

[0050] 图 8A 至 8C 示出了对激光脉冲的线偏振相对于蓝宝石衬底上的划线方向进行的控制。上面参照图 3 描述的半波板 69 用于控制脉冲的偏振,以优化激光能量至蓝宝石的耦合,以及沿 X 和 Y 方向的沟槽的均匀度。

[0051] 图 8A 示出了 UV 激光器 200,其在垂直对准的线 201 上产生线性偏振的输出光束,该垂直对准例如在纸平面内,如箭头 202 所指。偏振可如图 3 中所示地在腔内(intra-cavity)建立。脉冲行进至半波板 203,其被沿 Y 方向垂直地对准,与偏振 202 平行。经过半波板 203 后,脉冲保留为由箭头 204 指示的垂直地对准。该脉冲行进通过汇聚透镜 205,保持如箭头 206 所示的垂直偏振。该偏振相对于平行于 Y 轴的划线 207 的机械加工方向对准。

[0052] 图 8B 示出了与图 8A 具有带有相同附图标记的相似部件的布局图。在图 8B 中,半波板 203 相对于图 8A 的位置旋转 45 度。半波板 203 的旋转导致了脉冲的偏振方向如箭头 208 指示地旋转 90 度,例如在此示例中向纸面内延伸。该脉冲行进通过汇聚透镜 205 保持如箭头 210 所示偏振。该偏振 210 相对于平行于 X 轴的划线 211 的机械加工方向对准。

[0053] 图 8C 示出了相对于划线的切割或机械加工方向激光偏振方向。因此,划线 215 包括沿切割方向 216 对准的重叠脉冲序列。优选实施例中的激光偏振方向 217 与切割方向 216 平行。建立相对于切割方向平行的偏振的对准,以产生均匀的 V 形沟槽。与更加呈 U 形的或更加不均匀的沟槽所能达到的相比,该 V 形沟槽有利于更均匀的分割芯片。

[0054] 对于蓝宝石划线系统的两个重要条件是产量和晶片的切割深度。蓝宝石的切割深度取决于重叠和能量密度。通常,需要切透晶片厚度的至少一半。在一个可用的 Nd:YAG 激光器实施例中,10kHz 的重复频率和 40 j/cm^2 的最大能量密度被实现,并应用于根据本发明的划线。图 9 至 16 为采用此 Nd:YAG 实施例的划线工艺的实验结果的照片,示出了可以在典型系统中实现的沟槽的深度和 V 形形状。该些图示出了具有厚度约 80 微米的样品蓝宝石晶片的截面,其中采用激光切割出超过晶片厚度一半的深度的沟槽。在该示例中,能量密度被控制在 22.5 至 40.0 j/cm^2 的范围内,而平台速度在 2.5 至 5.0 mm/sec 的范围内。

[0055] 图 9 至 16 的能量密度和平台速度如下:

[0056] 图 9 : $22.5\text{ j/cm}^2/2.5\text{ mm/sec}$

[0057] 图 10 : $30.0\text{ j/cm}^2/2.5\text{ mm/sec}$

[0058] 图 11 : $40.0\text{ j/cm}^2/2.5\text{ mm/sec}$

[0059] 图 12 : $40.0\text{ j/cm}^2/3.0\text{ mm/sec}$

[0060] 图 13 : $40.0\text{ j/cm}^2/3.5\text{ mm/sec}$

[0061] 图 14 : $40.0\text{ j/cm}^2/4.0\text{ mm/sec}$

[0062] 图 15 : $40.0\text{ j/cm}^2/4.5\text{ mm/sec}$

[0063] 图 16 : $40.0\text{ j/cm}^2/5.0\text{ mm/sec}$

[0064] 由图 9 至 16 可见,当平台速度在 2.5 mm/sec 至 5.0 mm/sec 的范围之间时,切割深度大于晶片厚度的一半。使用 Nd:YVO₄ 媒质的蓝宝石划线系统可方便地运行于 20 至 50kHz,而最大能量密度可为 45 至 50 j/cm^2 。为保持相同的切割深度,并增大产量,对于此系统,平台速度可被增加至 8 至 10 mm/sec 。

[0065] 在一个实施例中,计算机软件被提供给工程师和操作员,用于操控划线操作而作为激光二极管芯片制造中的一个步骤。该软件在此示例中在两种级别下操作,设计和工程(engineering)界面以及操作员界面。在工程界面级别下,工程师具有控制如下内容的能力:

[0066] ◆启动激光

[0067] ◆改变重复频率

[0068] ◆改变功率(由 0 至 100%)

[0069] ◆调节共轴光

[0070] ◆连续的、脉冲的或单个的发射启动

[0071] ◆创建参考点(对于 XY 是两个点,对于 XYZ 是三个点)

[0072] ◆可再调整(Ability to re-coordinate):保存、重建和移动不同晶片上的图案,使其与事先确定的参考点一致

[0073] ◆建立晶片图案:其控制如下内容:

[0074] ○通过改变水平和垂直的间隔操作晶片图案

[0075] ○晶片划线图案的尺寸

- [0076] ○将划线图案分解成单个线条:选取一片晶片再将其分为多个单个线条
- [0077] ○平移或旋转图案
- [0078] ○激光设定:其控制如下内容:
- [0079] ■平台速度
- [0080] ■重复频率
- [0081] ■偏振
- [0082] ■激光功率(0 至 100%)
- [0083] ■通道(pass)数量
- [0084] ■通道深度
- [0085] ◆分解线条:其控制如下内容:
- [0086] ○单独移动每条线条
- [0087] ○单独改变所有设置
- [0088] ○单独平移或旋转线条
- [0089] ○可以保存或调用
- [0090] ○在任何线条开始时中止或开始
- [0091] ◆能够打开并关闭真空吸气装置和氮气
- [0092] ◆测量边缘探测
- [0093] 对于操作员界面,用户可以控制如下内容:
- [0094] ◆真空吸气装置控制(装载晶片的机械装置)
- [0095] ◆从工具库中放置新的图案
- [0096] ◆能够旋转图案
- [0097] ◆运行系统
- [0098] ◆根据需要取消操作
- [0099] 本发明提供了一种用于制造形成在蓝宝石衬底上的激光二极管芯片或其它集成器件的方法。根据本发明实施例的工序包括:
- [0100] (1) 在蓝宝石衬底的有源表面上布置并形成激光二极管阵列,其中每个单个的激光二极管由迹分割,迹的宽度小于 40 微米,并优选 25 微米或更小;
- [0101] (2) 将蓝宝石晶片面朝下地放置在金属框上的晶片带上;
- [0102] (3) 将具有金属框的晶片带放置在晶片台的真空卡盘上,并打开真空吸气装置以将晶片和带固定在平台上;
- [0103] (4) 通过控制平台将晶片移动到初始位置;
- [0104] (5) 自动、或半自动地将晶片位置对准由计算机设定建立的坐标;
- [0105] (6) 基于晶片和芯片的尺寸以及设计参数设定划线图案;
- [0106] (7) 自动、或半自动地设定用于边缘探测的光照水平;
- [0107] (8) 根据所需切割深度设定平台速度、激光偏振和激光功率;
- [0108] (9) 打开残留物清除系统;
- [0109] (10) 在一条平行于一个坐标轴的线条上基于划线图案开始激光划线工艺;
- [0110] (11) 在控制偏振的同时在另一条线条和坐标轴上继续该工艺,直至完成该晶片;
- [0111] (12) 使平台回到退出位置,关闭真空吸气装置,并从卡盘上移除该晶片;

[0112] (13) 使用高速空气或其它气体喷嘴清洁晶片,以去除由激光加工导致的残余物;

[0113] (14) 施加机械压力以沿划线分裂晶片;以及

[0114] (15) 使用拾取和放置系统拉伸晶片带以将其分开并传送至另一安装设备。

[0115] 上面简述的工序通过采用上述系统或类似系统实现。

[0116] 因此,本发明提供了一种显著改善的采用蓝宝石衬底的划线方法和系统。同现有的蓝宝石划线技术相比,该方法和系统成本低廉、合格率高、产量高。

[0117] 虽然本发明已通过参照优选实施例和示例详细公开如上,但是可以理解,该些示例并非用以对本发明构成任何限制,而是起说明性作用。可以预想对于本领域技术人员很容易实现对本发明的改动与组合,因此,此类的改动和组合应包含于本发明的精神和所附权利要求的范围之内。

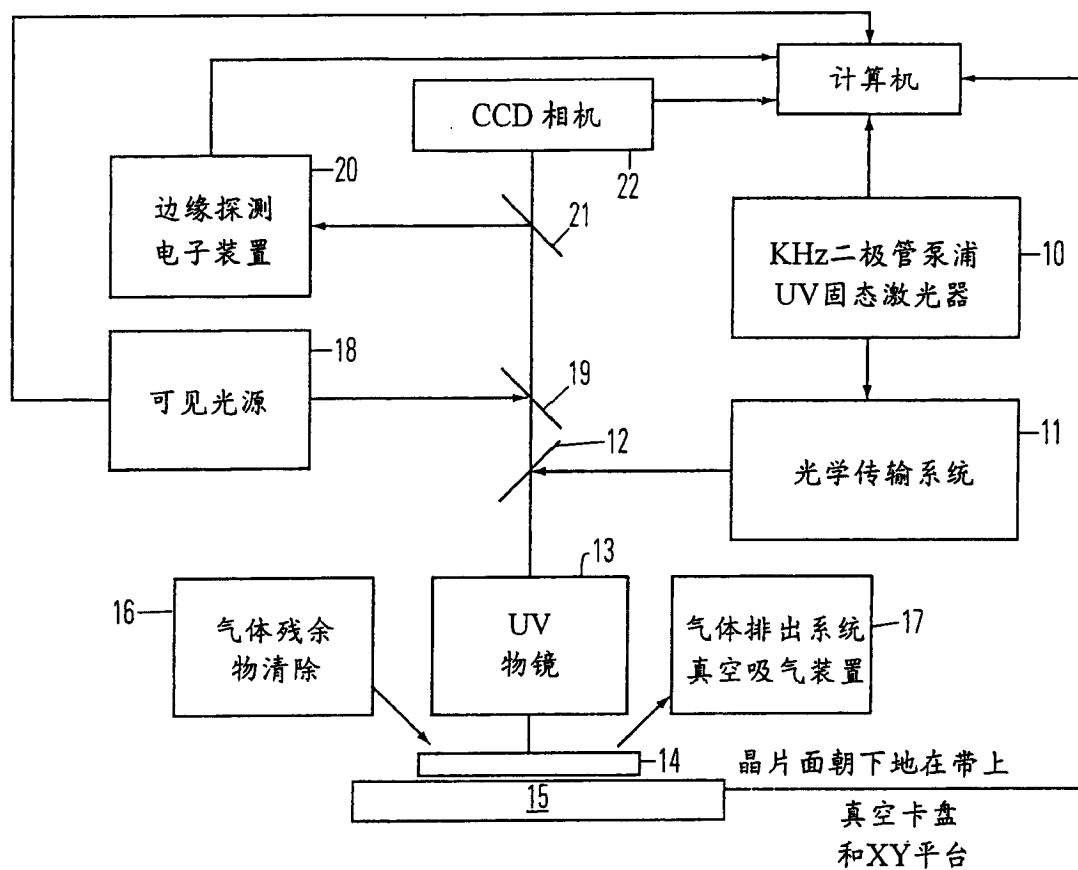


图 1

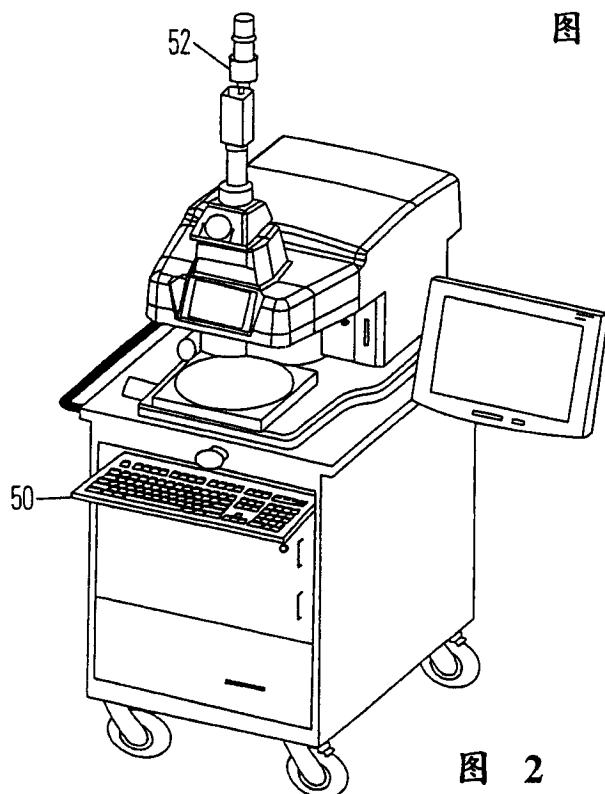


图 2

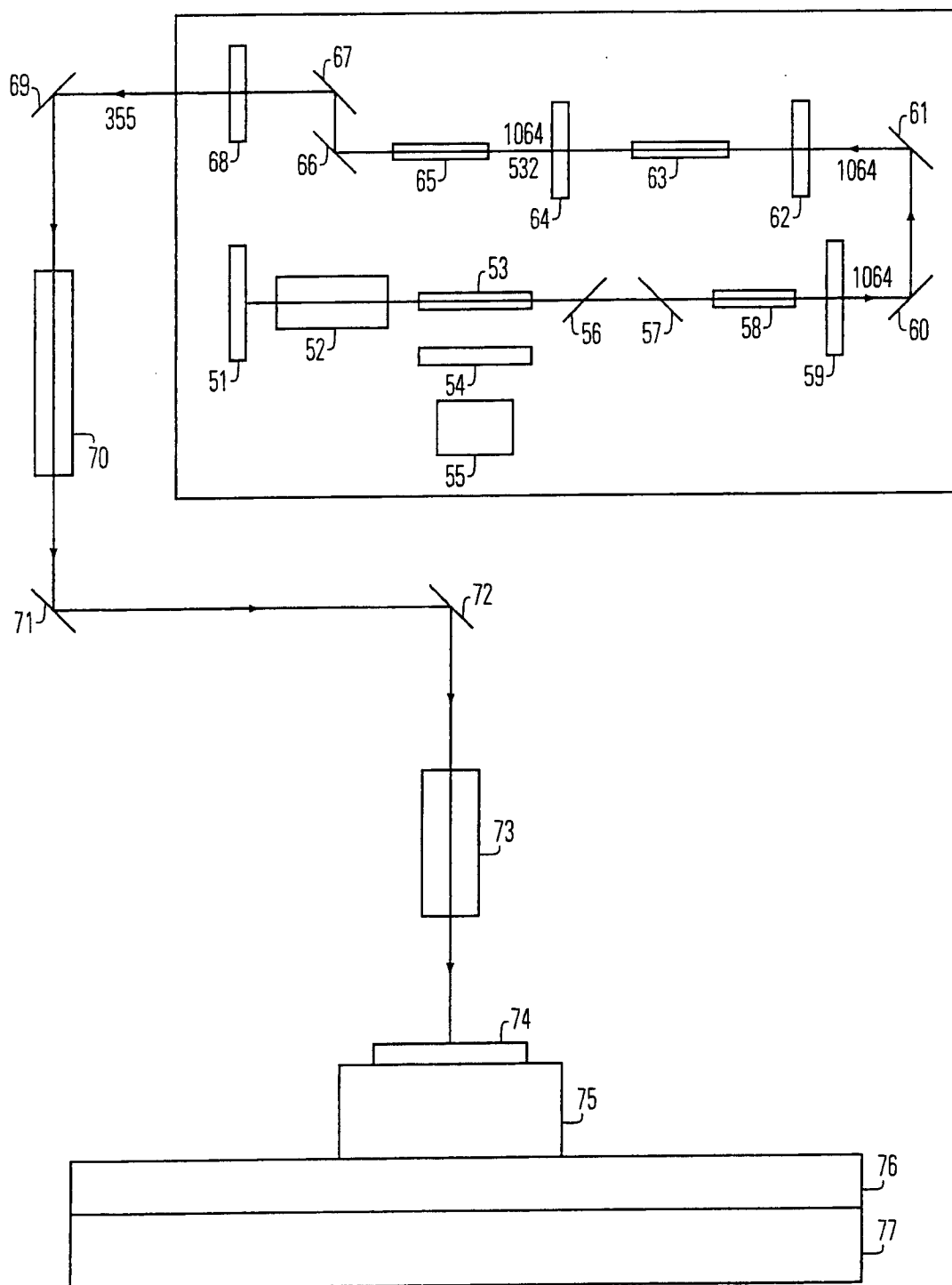


图 3

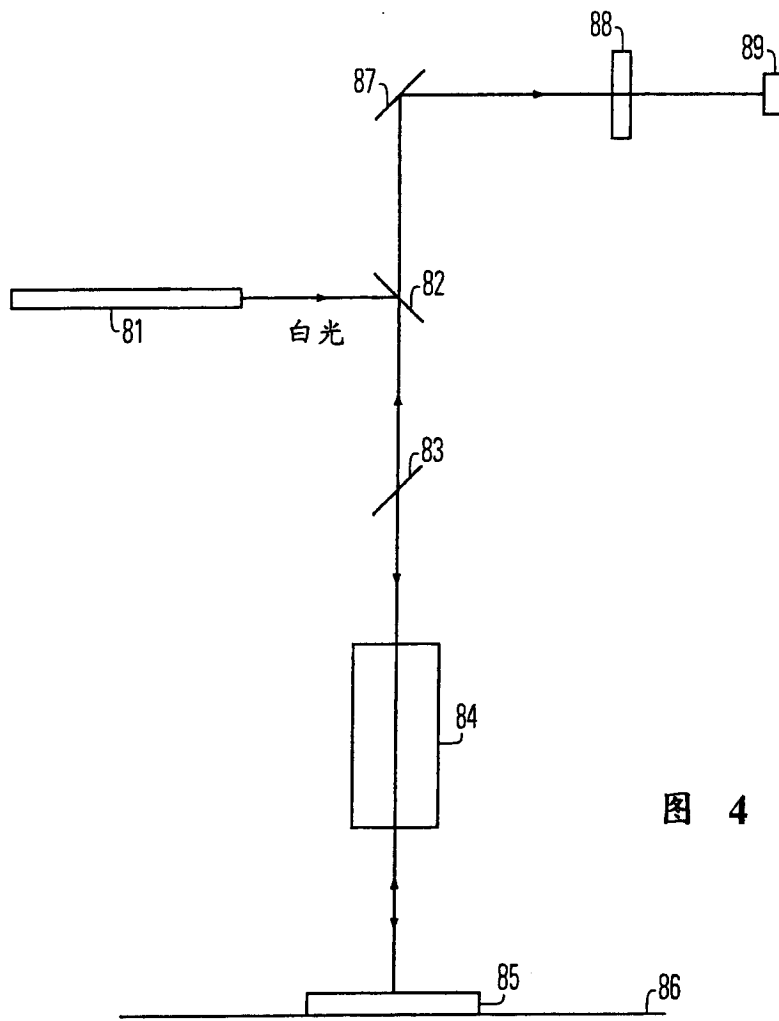


图 4

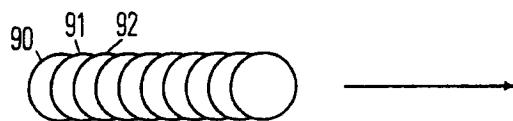


图 5

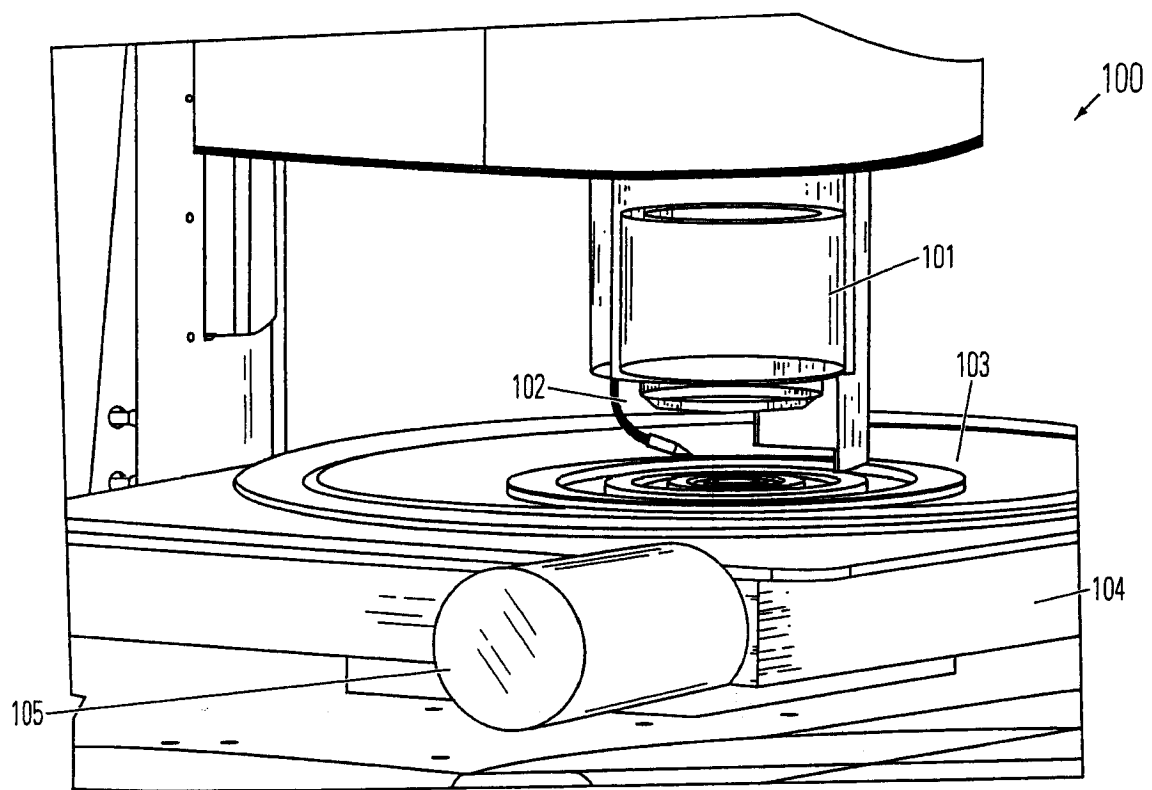


图 6

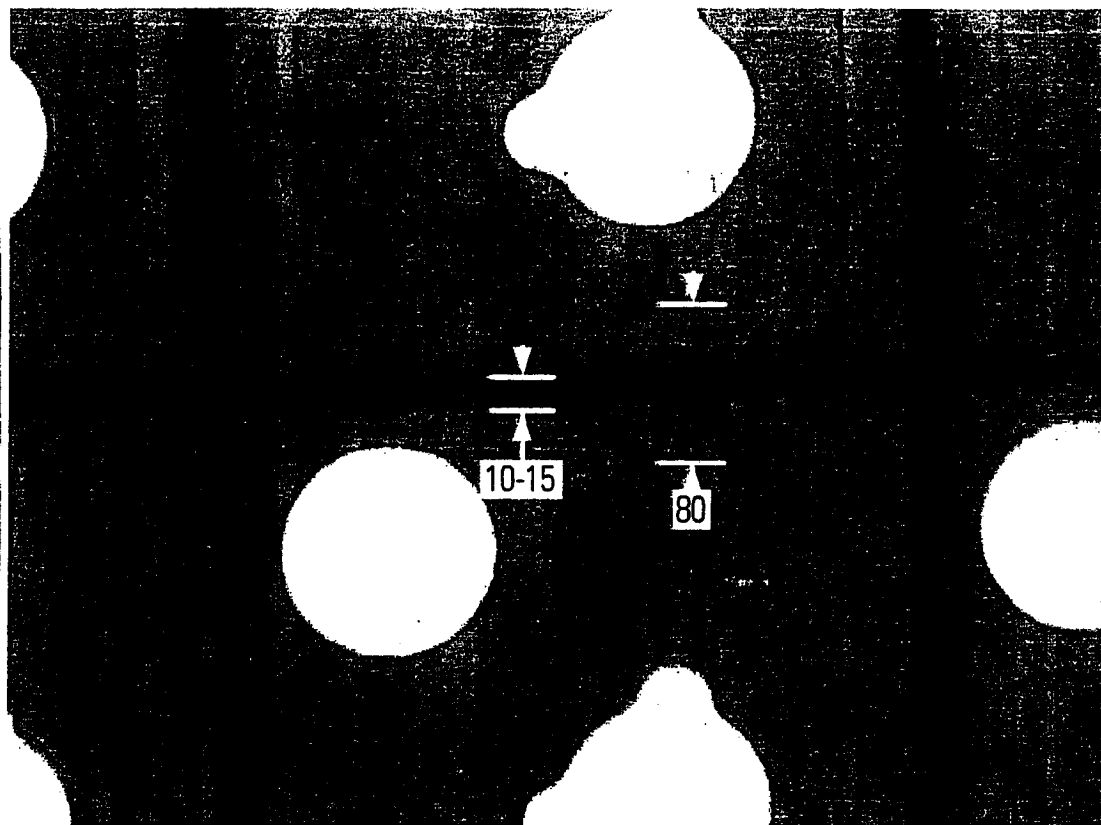


图 7

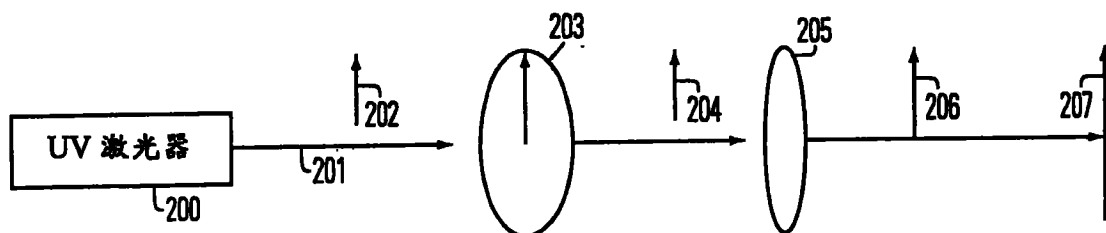


图 8A

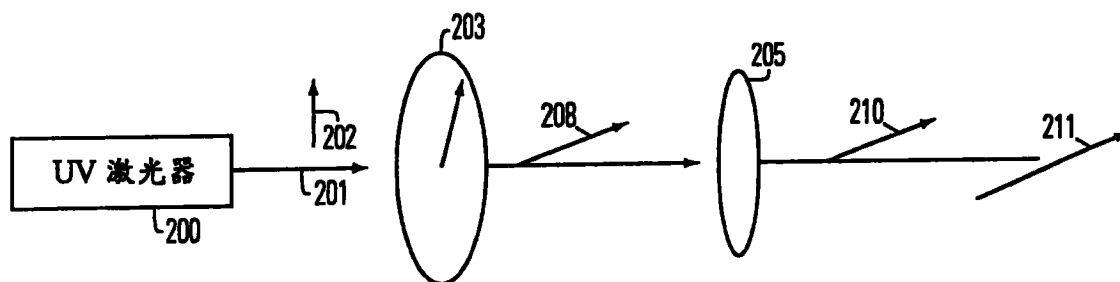


图 8B

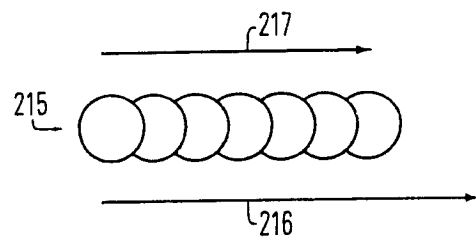


图 8C

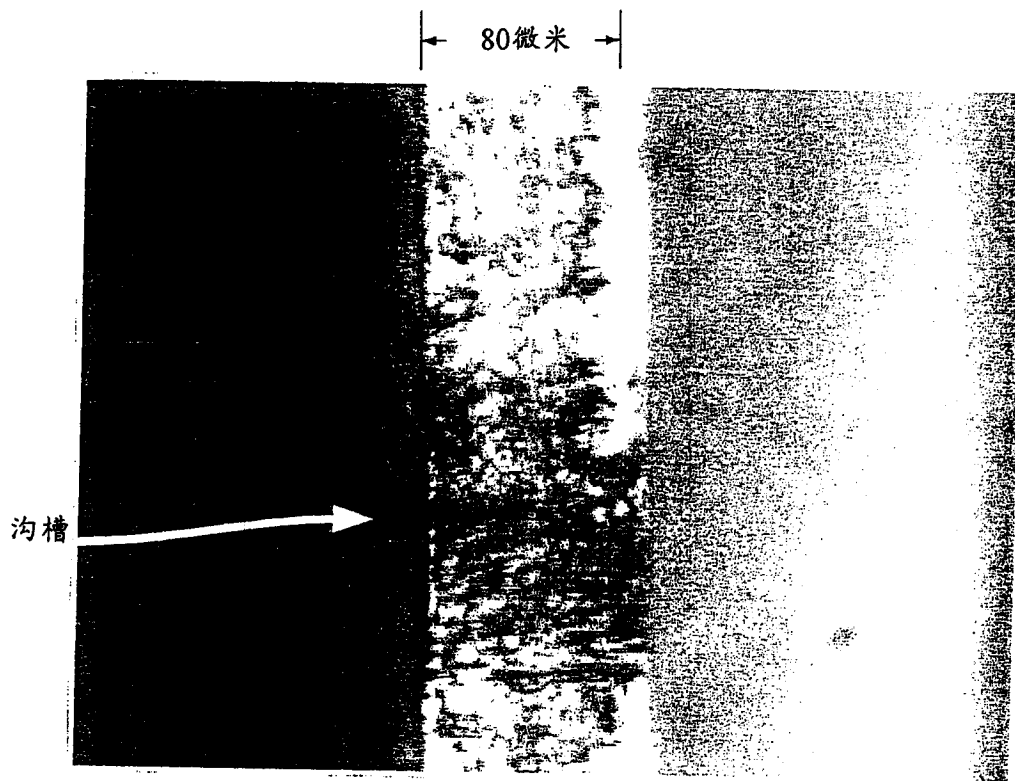


图 9

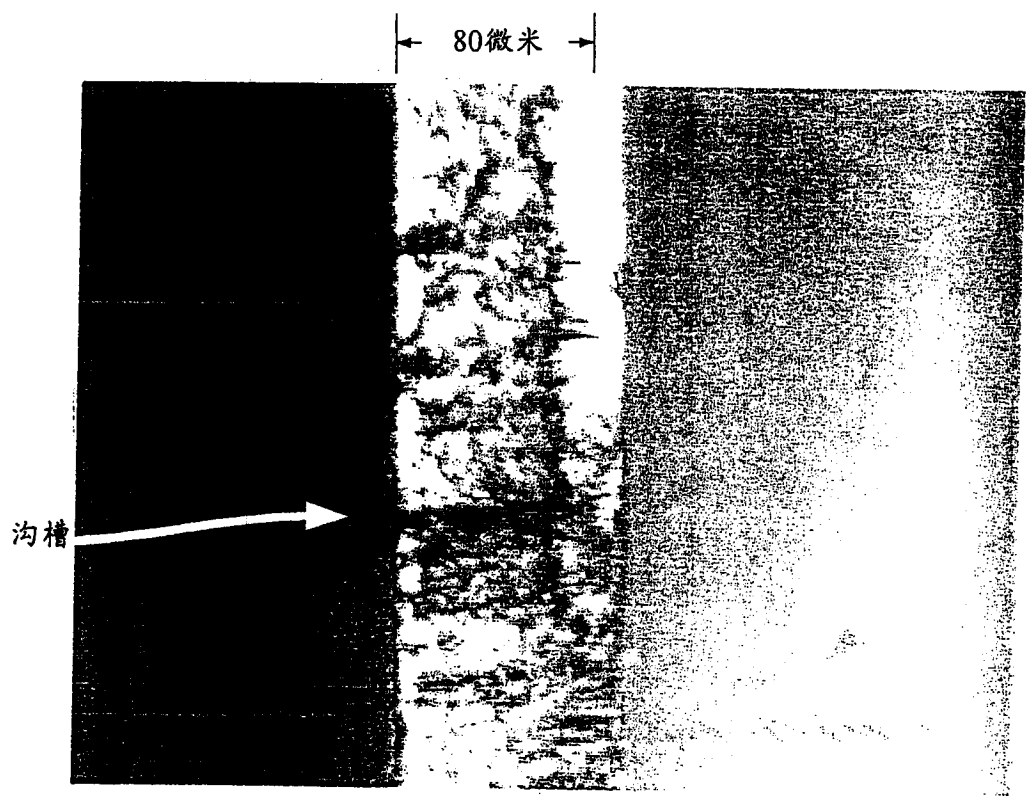


图 10

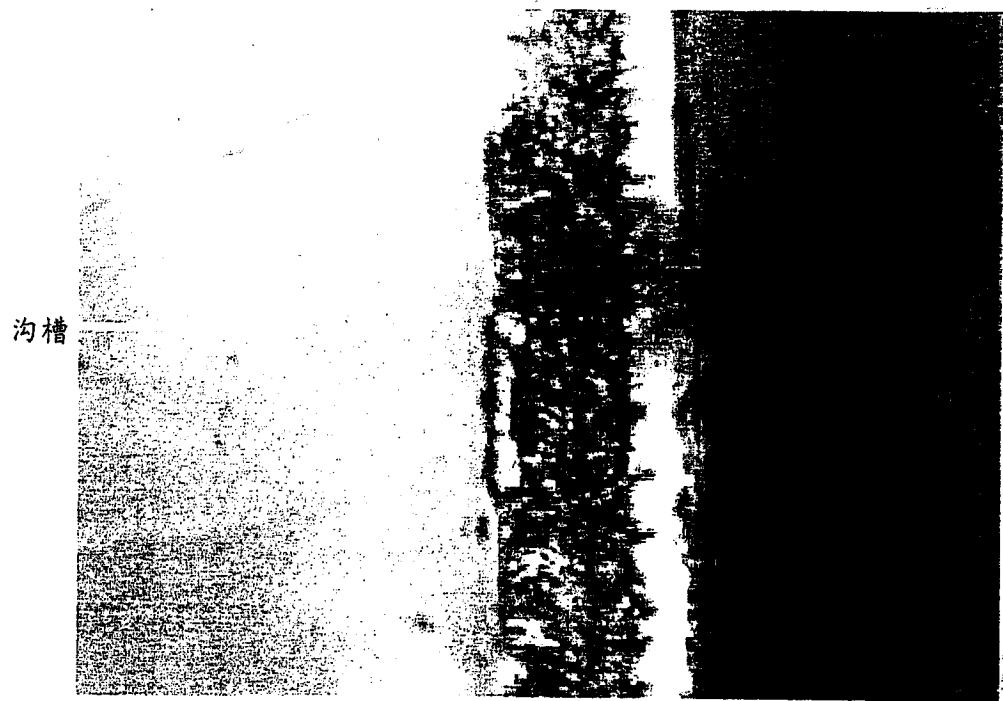


图 11

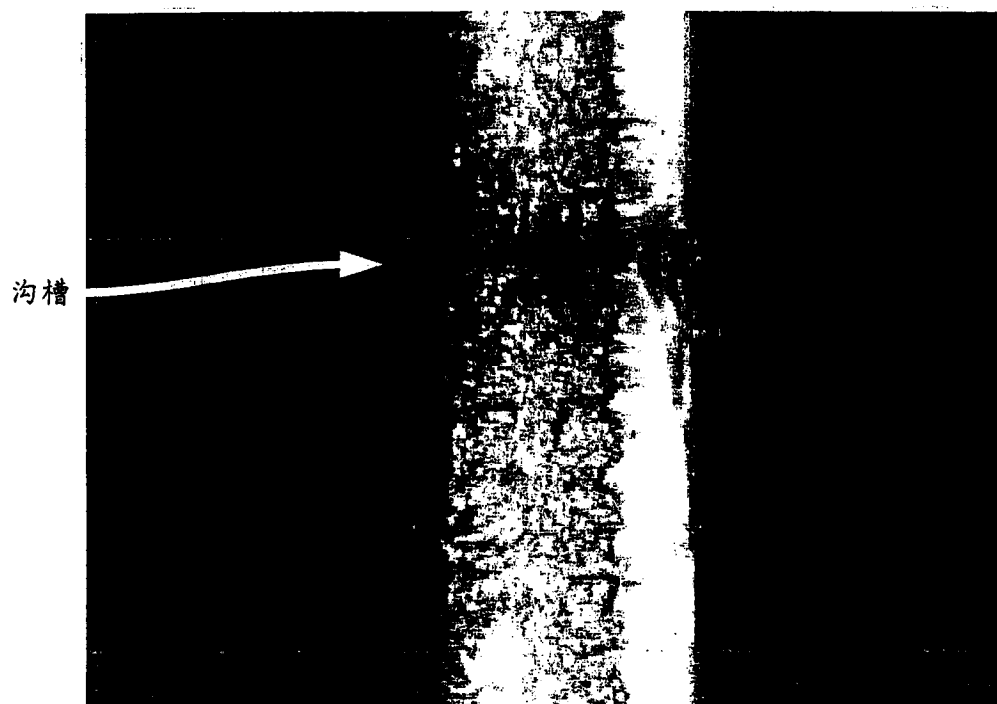


图 12

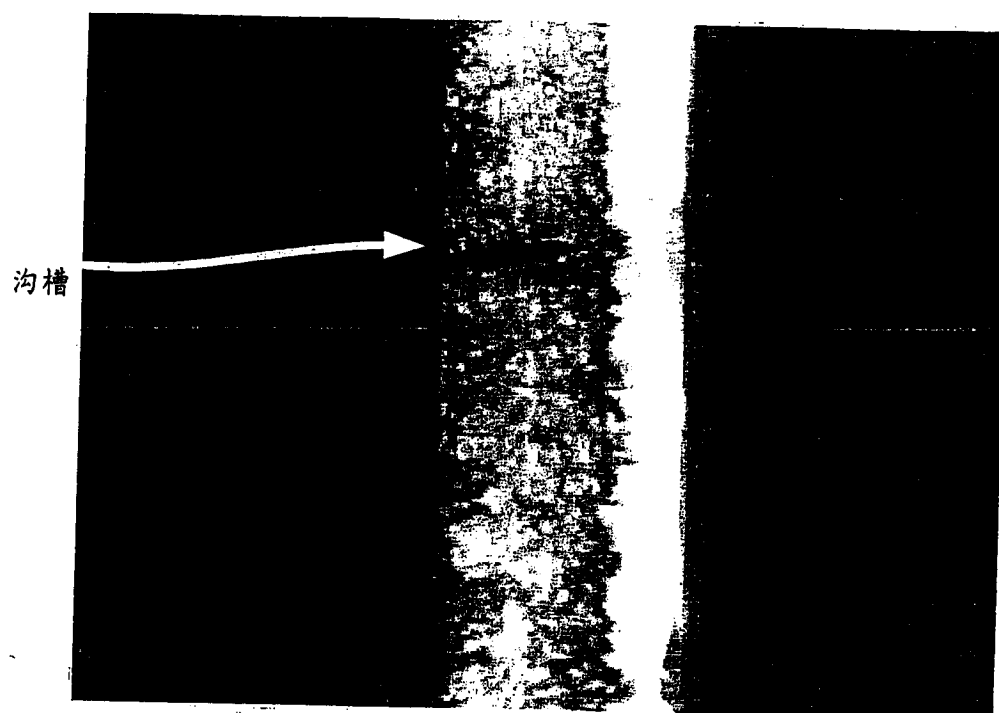


图 13

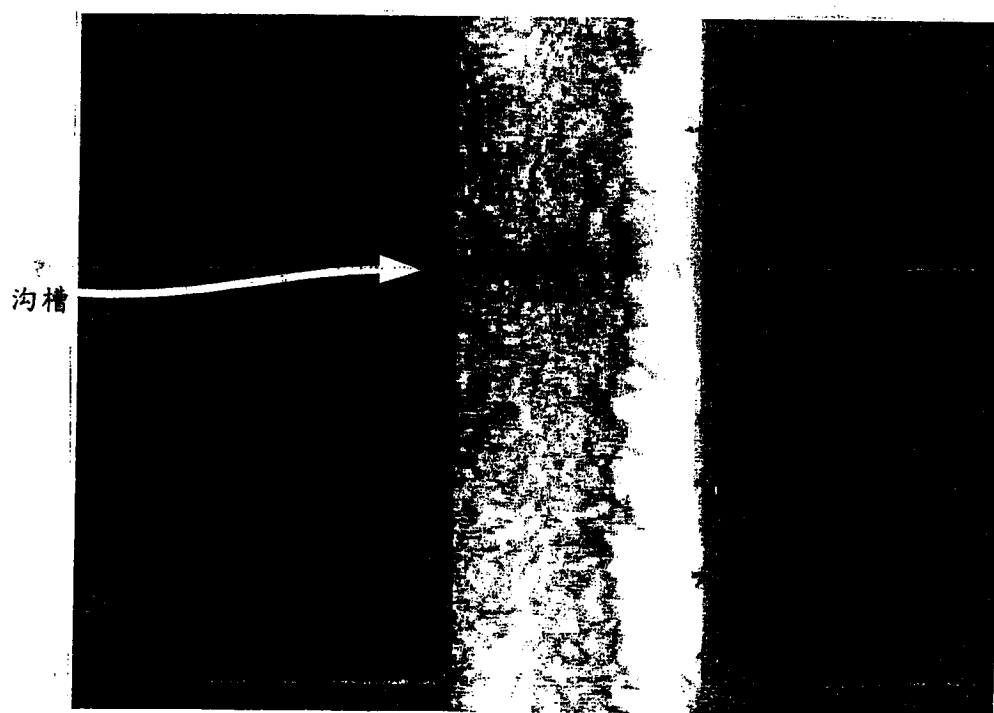


图 14

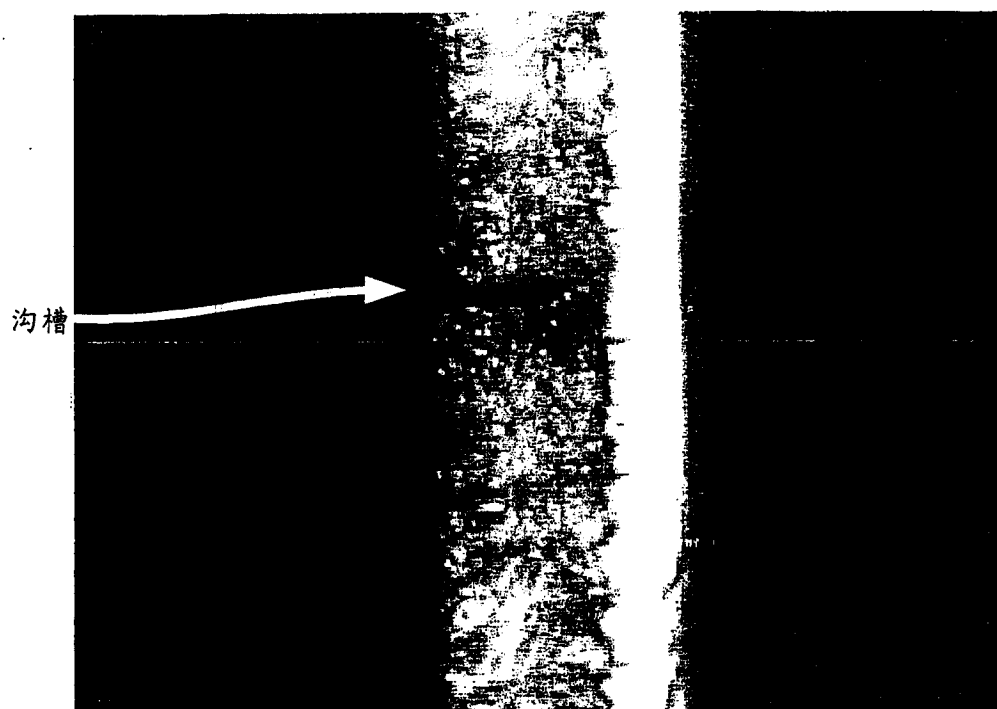


图 15

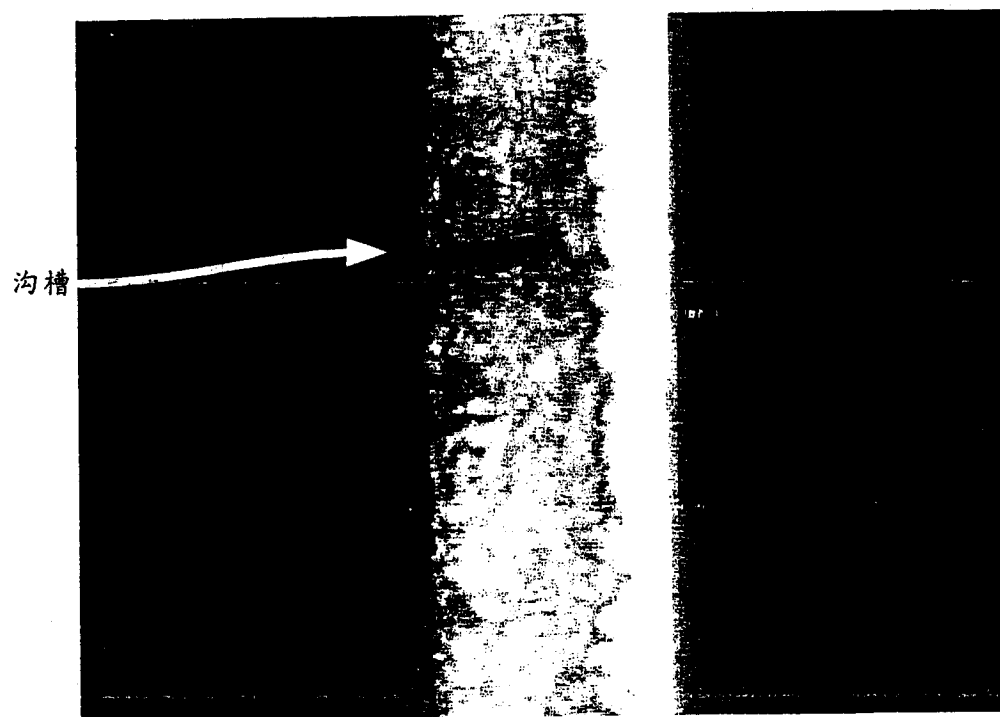


图 16