

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580042244.5

[51] Int. Cl.

H01L 21/301 (2006.01)  
B23K 26/40 (2006.01)  
B23K 26/00 (2006.01)  
B28D 5/00 (2006.01)  
B23K 26/06 (2006.01)  
B23K 101/40 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年4月22日

[11] 授权公告号 CN 100481337C

[22] 申请日 2005.11.30

[21] 申请号 200580042244.5

[30] 优先权

[32] 2004.12.8 [33] JP [31] 355033/2004

[32] 2005.7.22 [33] JP [31] 212364/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2005/021984 2005.11.30

[87] 国际公布 WO2006/062017 日 2006.6.15

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.8

[73] 专利权人 雷射先进科技株式会社

地址 日本京都府

[72] 发明人 长友正平 栗山规由 增尾纯一

[56] 参考文献

JP2004-268104A 2004.9.30

JP2004-104079A 2004.4.2

JP2004-165226A 2004.6.10

CN1473087A 2004.2.4

JP2004-268309A 2004.9.30

JP2003-88989A 2003.3.25

JP2003-2677A 2003.1.8

JP2002-293560A 2002.10.9

审查员 徐小岭

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

代理人 高龙鑫

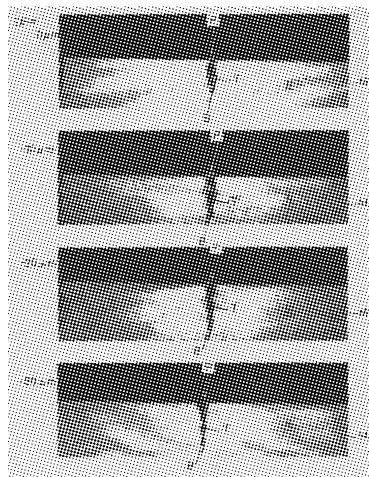
权利要求书 3 页 说明书 23 页 附图 25 页

[54] 发明名称

被分割体的分割起点形成方法、被分割体的分割方法

[57] 摘要

提供适于被分割体的分割的起点形成方法，通过用激光照射被分割体的方式进行。用能量尚未达到以烧蚀作用形成刻划槽程度的激光，在其焦点从被分割体 M 的上表面向其内部散焦  $20\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$  的状态下，向被分割体 M 的所要分割部位进行照射。用吸收导致的急速加热和之后的急速冷却，形成具有细长剖面形状的变质区域 T。切割处理能够实现该变质区域 T 的最下端部成为起点的良好切割。而且，若将在所使用激光的波长范围内激光吸收率比被分割体 M 更高的物质，预先赋予给所要分割的部位，则由于只有该部位的激光吸收率被提高，所以即使用本来不会产生吸收现象的弱脉冲能量的激光进行照射，也能够可靠地形成成为分割起点的变质区域。



1. 一种被分割体的分割起点形成方法，在被分割体上形成用于分割的起点，其特征在于，

包括作为形成上述起点的起点形成工序的变质区域形成工序，在该工序中，使 YAG 激光的三倍高次谐波的脉冲激光，在将焦点位置保持于上述被分割体的内部的状态下，沿着规定的扫描方向进行扫描，同时将上述脉冲激光向上述被分割体的被照射面照射，从而在从上述被分割体的上述被照射面到内部的区域形成熔化改性的变质区域，

在上述变质区域形成工序中，以在垂直于上述扫描方向的剖面为上述被照射面上具有底边且将上述焦点位置作为顶点的三角形的区域内发生能量吸收的方式，利用上述脉冲激光进行照射，从而形成这样的上述变质区域，即，上述变质区域的垂直于上述扫描方向的剖面在比上述焦点位置更深的位置具有最下端部且上述变质区域与相邻的正常区域之间的界面的曲率接近于 0 的大致等腰三角形形状。

2. 如权利要求 1 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，以上述被分割体中经上述脉冲激光的照射的部分不会消失的照射条件，利用上述脉冲激光进行照射。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述脉冲激光的脉冲宽度为 50nsec 以上。

4. 如权利要求 1 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，在作为上述起点形成工序的上述变质区域形成工序之前，还包括进行规定的准备处理的准备工序，该规定的准备处理用于，在上述变质区域形成工序中，使上述脉冲激光在上述起点的形成预定部位上的吸收变得可靠，

在上述变质区域形成工序中，在不进行上述准备工序时，以不会形成上述起点的强度的能量，利用脉冲激光进行照射。

5. 如权利要求 4 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述准备工序是在上述形成预定部位的开始点位置形成开始点变质区域的开始点变质工序。

6. 如权利要求 5 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述开始点变质工序是通过以 YAG 激光的三倍高次谐波的脉冲激光进行照

射而形成上述开始点变质区域的工序。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 若存在多个上述开始点位置, 则在上述开始点变质工序中, 在多个上述开始点位置形成上述开始点变质区域。

8. 如权利要求 4 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 上述准备工序是这样的工序: 在上述形成预定部位的开始点位置, 以比上述起点形成工序更大的照射能量, 利用上述脉冲激光进行照射, 从而使被分割体在上述开始点位置吸收上述脉冲激光,

在发生上述吸收之后, 到达规定的稳定值为止逐渐减少上述照射能量, 同时开始上述脉冲激光的扫描, 从而转移至上述起点形成工序。

9. 如权利要求 4 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 上述准备工序是这样的工序: 在上述形成预定部位的开始点位置, 以比作为上述起点形成工序的上述变质区域形成工序更小的重复频率, 利用上述脉冲激光进行照射, 从而使被分割体在上述开始点位置吸收上述脉冲激光,

在发生上述吸收之后, 到达规定的稳定值为止逐渐增大上述重复频率, 同时开始上述脉冲激光的扫描, 从而转移至上述变质区域形成工序。

10. 如权利要求 4 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 上述准备工序是这样的工序: 在上述形成预定部位的开始点位置, 以比作为上述起点形成工序的上述变质区域形成工序更小的扫描速度, 利用上述脉冲激光进行照射, 从而使被分割体在上述开始点位置吸收上述脉冲激光,

在发生上述吸收之后, 到达规定的稳定值为止逐渐增大上述扫描速度, 同时开始上述脉冲激光的扫描, 从而转移至上述变质区域形成工序。

11. 如权利要求 4 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 上述准备工序包括喷砂处理工序, 在该喷砂处理工序中, 至少对上述形成预定部位的开始点位置进行喷砂处理。

12. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 将上述焦点位置设定在距离上述被照射面  $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$  的范围。

13. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法, 其特征在于, 在上述变质区域形成工序中, 上述变质区域形成为具有与上述脉冲激光的照射前不同的晶态的结构性变质区域。

14. 如权利要求 13 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述被分割体是单层或者多层结构的单晶物体，上述变质区域形成多晶区域。

15. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述被分割体是蓝宝石或者 SiC 或者将它们的其中之一作为衬底的层状结构体。

16. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，在上述变质区域形成工序中，上述变质区域形成力学强度比周围更小的低强度区域。

17. 如权利要求 1 或 2 所述的被分割体的分割起点形成方法，其特征在于，上述脉冲激光为圆偏振光。

18. 一种被分割体的分割方法，其特征在于，包括：

变质区域形成工序，使 YAG 激光的三倍高次谐波的脉冲激光，在将焦点位置保持于上述被分割体的内部的状态下，沿着规定的扫描方向进行扫描，同时将上述脉冲激光向上述被分割体的被照射面照射，从而在从上述被分割体的被照射面到内部的区域形成熔化改性的变质区域，

分割工序，沿着上述变质区域分割上述被分割体；

在上述变质区域形成工序中，以在垂直于上述扫描方向的剖面为上述被照射面上具有底边且将上述焦点位置作为顶点的三角形的区域内发生能量吸收的方式，利用上述脉冲激光进行照射，从而形成这样的上述变质区域，即，上述变质区域的垂直于上述扫描方向的剖面在比上述焦点位置更深的位置具有最下端部且上述变质区域与相邻的正常区域之间的界面的曲率接近于 0 的大致等腰三角形形状。

## 被分割体的分割起点形成方法、被分割体的分割方法

### 技术区域

本发明涉及一种使用激光的精密加工方法，尤其涉及一种适于分割被加工体的加工处理方法。

### 背景技术

利用 YAG 激光等激光进行焊接、切断或者打孔等加工的方法，一直以来得到了广泛的应用。近年来，将如下加工为目的的装置也被人们所熟知，即，对于蓝宝石等硬度高且具有脆性的衬底材料、或者对于在该衬底材料上用 GaN 等同样硬脆的宽带隙 (Wideband Gap) 化合物半导体薄膜形成了短波长 LD (激光二极管)、LED (发光二极管) 等器件的被加工体，例如通过脉冲激光来实施刻划 (Scribe) 加工等处理，该脉冲激光利用 YAG 的三倍高次谐波 (例如，参考 JP 特开 2004-114075 号公报以及 JP 特开 2004-9139 号公报)。在专利文献 1 和专利文献 2 中公开了这样一种装置，即，用激光照射而使其照射位置 (被加工部位) 发生烧蚀，从而能够切割、切断被加工体。

以上述那样的衬底材料等为对象，并将它们分割成多个芯片或者管芯 (Die) 等时 (即，实施所谓切断处理 (break) 的时候)，一直以来通常都采用如下的方式，即，首先在分割对象 (被分割体) 的表面上形成作为切断起点的切断槽 (刻划槽)，之后沿着该切断槽实施切断处理而得到芯片等。因此，即使在使用例如在 JP 特开 2004-114075 号公报或者 JP 特开 2004-9139 号公报中所公开的激光的情况下，也将用激光进行烧蚀而形成切断槽的这一点作为必要条件来确定照射条件。在被分割体为像蓝宝石、SiC 或者以它们为基体材料的层状结构体 (外延生长衬底或者器件) 等那样的硬脆材料时，由于在其上形成槽所需的能量很大，所以需要高功率的激光。

### 发明内容

然而，本发明发明人反复认真进行了实验和观察等，从而发现，当利用激光照射来形成分割起点时，用烧蚀的方式使被分割体在该照射位置的物质

消失而形成“刻划槽”的这一点并不是必要条件。

本发明涉及一种用激光在被分割体上形成分割用起点的方法。

根据本发明，在被分割体上形成用于分割的起点的方法包括作为形成上述起点的起点形成工序的变质区域形成工序，在该工序中，使 YAG 激光的三倍高次谐波的脉冲激光，在将焦点位置保持于上述被分割体的内部的状态下，沿着规定的扫描方向进行扫描，同时将上述脉冲激光向上述被分割体的被照射面照射，从而在从上述被分割体的上述被照射面到内部的区域形成熔化改性的变质区域，在上述变质区域形成工序中，以在垂直于上述扫描方向的剖面为上述被照射面上具有底边且将上述焦点位置作为顶点的三角形的区域内发生能量吸收的方式，利用上述脉冲激光进行照射，从而形成这样的上述变质区域，即，上述变质区域的垂直于上述扫描方向的剖面在比上述焦点位置更深的位置具有最下端部，而且上述变质区域与相邻的正常区域之间的界面的曲率接近于 0 的大致等腰三角形形状。

由此，在分割被分割体时，以通过熔化改性而形成的变质区域的最下端部作为分割起点。由此，能够较好地分割被分割体。

优选以上述被分割体中经上述脉冲激光的照射的部分不会消失的照射条件，利用上述脉冲激光进行照射。

由此，只要通过熔化改性而形成了变质区域，即使没有形成刻划槽，也能够较好的分割被分割体，所以可抑制在用脉冲激光进行照射时产生的能量消耗。

此外，优先该方法中进一步具备：还包括进行规定的准备处理的准备工序，该规定的准备处理用于使上述起点的形成预定部位的至少一部分吸收上述脉冲激光，上述变质区域形成工序是以下起点形成工序，将上述脉冲激光向实施了上述准备处理的上述形成预定部位照射，从而形成成为上述起点的上述变质区域，在上述起点形成工序中，在不进行上述准备工序时，以不会形成上述起点的强度的能量，利用脉冲激光进行照射。

由此，即使是以通常情况下不能充分吸收的弱能量激光进行照射时，由于能够在实施了准备处理的位置可靠的吸收，并在进行扫描时也一直维持该吸收状态，所以能够通过这样弱能量激光照射来进行熔化改性，从而形成作为分割起点的变质区域。

因此，本发明的目的在于提供一种能够形成分割用起点的方法，该方法即使不用高功率的激光来进行照射，也能在被分割体上可靠地形成分割用起点。

#### 附图说明

图1是表示实现本发明的装置的一个例子的激光加工装置100的结构

图。

图 2 是举例表示载物台 5 的上表面侧的结构的图。

图 3 是表示集尘头 11 的图。

图 4 是示意性地表示散焦状态的图。

图 5 是在改变散焦值  $DF$  而照射激光的情况下，利用光学显微镜观察被分割体  $M$  表面的图。

图 6 是在改变散焦值  $DF$  而照射激光的情况下，利用光学显微镜观察垂直于扫描方向的剖面的图。

图 7 是图 6 中一部分的放大图像的图。

图 8 是散焦值  $DF$  为  $-20\mu\text{m}$  时的剖面附近的 SEM 像的图。

图 9 是在改变散焦值  $DF$  而照射激光的情况下，利用光学显微镜观察切断面的图。

图 10 是在改变散焦值  $DF$  而照射激光的情况下，利用光学显微镜观察切断面的图。

图 11 是表示散焦值  $DF$  和变质区域  $T$  的深度之间的关系图。

图 12 是示意性地表示散焦时的激光  $LB$  的实际照射状态的图。

图 13 是在脉冲宽度不同的情况下，利用光学显微镜观察垂直于被分割体的扫描方向的剖面的图。

图 14 是示意性地表示衰减器 (attenuator) 20 的结构和作用的图。

图 15 是在改变照射能量的同时向被分割体  $M''$  照射激光  $LB$  的情况下，利用光学显微镜观察被分割体  $M''$  的剖面的图。

图 16 是在改变照射能量的同时向被分割体  $M''$  照射激光  $LB$  的情况下，利用光学显微镜观察被分割体  $M''$  的剖面的图。

图 17 是在改变照射能量的同时向被分割体  $M''$  照射激光  $LB$  的情况下，表示照射能量和变质区域  $T''$  之间关系的图。

图 18 是用于说明第二实施方式中实现可靠的激光吸收的处理的一个例子的图。

图 19 是表示利用了第二实施方式中实现可靠的激光吸收的处理的具体例子的图。

图 20 是用于说明第三实施方式中实现可靠的激光吸收的处理的一个例



子的图。

图 21 是加工线 L1 所通过的面所对应的被分割体 M 的剖面图。

图 22 是表示利用了第三实施方式中实现可靠的激光吸收的處理的具体例子的图。

图 23 是举例表示对第四实施方式的某个被分割体形成成为分割起点的变质区域时，激光的脉冲能量峰值的随时间变化的图。

图 24 是举例表示对变形例中的某个被分割体形成成为分割起点的变质区域时，激光的重复频率的随时间变化的图。

图 25 是举例表示对变形例中的某个被分割体形成成为分割起点的变质区域时，激光扫描速度的随时间变化的图。

## 具体实施方式

### 第一实施方式

#### 激光加工装置概要

图 1 是表示作为用于实现本发明的装置的一个例子的激光加工装置 100 结构的图。激光加工装置 100 是一种如下所述的装置，其从激光光源 1 发出激光 LB，并由镜筒 2 内所具备的半透半反镜（half mirror）3 使其发生反射之后，用聚光透镜 4 使该激光汇聚以使其聚焦至承载于载物台 5 上的被加工体 S 的被加工部位，从而对被加工部位进行照射，由此实现对该被加工部位的加工、更具体地说实现变质区域的形成或烧蚀等。是通过该计算机执行存储于计算机 6 的存储装置 6m 中的程序 10，从而根据程序 10 来控制后述的各个部分的工作，由此实现激光加工装置 100 的工作。计算机 6 可以采用通用的个人计算机（PC）。而且，存储装置 6m 例如由存储器或者规定的存储设备等构成，并发挥用于存储使激光加工装置工作所需的各种数据的作用。

激光光源 1 虽然优选 Nd: YAG 激光器，但是也可以使用 Nd: YVO<sub>4</sub> 激光器或者其它固体激光器。而且，激光光源 1 优先具有 Q 开关。此外，从激光光源 1 所发出的激光 LB 的波长和输出功率、脉冲重复频率、脉冲宽度的调整等，可通过与计算机 6 连接的控制器 7 来实现。若从计算机 6 向控制器 7 发出规定的设定信号，则控制器 7 根据该设定信号设定激光 LB 的照射条件。为了实现本实施方式的方法，激光 LB 的波长优选在 150nm~563nm 的

波长范围内，其中，在激光光源 1 为 Nd: YAG 激光器的情况下，优先采用其三倍高次谐波（波长约 355nm）。此外，脉冲重复频率优选为 10kHz~200kHz，脉冲宽度优选在 50nsec 以上。即，本实施方式的激光加工装置 100 是一种使用重复脉冲紫外激光进行加工的装置。激光 LB 优先通过聚光透镜 4 汇聚成大约 1~10 $\mu$ m 左右的光束后进行照射。此时，照射激光 LB 时的峰值功率密度大约在 1GW/cm<sup>2</sup> 以下。

而且，从激光光源 1 出射的激光的偏振状态，既可以是圆偏振也可以是线偏振。但是，在线偏振的情况下，考虑到在晶态被加工材料中的加工剖面曲度和能量吸收率，例如优先使两者所成的角度在  $\pm 1^\circ$  以内，使得偏振方向与扫描方向大致平行。

此外，在出射光为线偏振的情况下，激光加工装置 100 优先具备衰减器 20。虽然在图 1 中省略了衰减器 20 的图示，但是，若将衰减器 20 配置在激光 LB 光路上的适当位置，则可起到调整出射激光 LB 的强度的作用。图 14 是示意性地表示衰减器 20 的结构和作用的图。衰减器 20 具备 1/2 波片 21 和偏振光分束器 22。从激光光源 1 出射的具有规定振幅 A 的线偏振激光 LB 若以某个方位角  $\theta$  入射至 1/2 波片 21，则在维持激光 LB 的振幅 A 的同时相对原振动方向成  $2\theta$  的角的状态从 1/2 波片 21 出射，接着入射至偏振光分束器 22。偏振光分束器 22 以这样的方式被配置，即，将激光 LB 在激光 LB 的原振动方向和与其正交的振动方向上分离，而且仅将前者向被加工体 S 出射。此时的出射光振幅为  $A\cos 2\theta$ 。将 1/2 波片 21 设置为方位角  $\theta$  可变，由此通过改变方位角  $\theta$  来实现对照射至被加工体 S 上的激光 LB 强度的调整。而且，在偏振光分束器 22 之前还可以设置 1/4 波片，由此能够将线偏振转换成圆偏振，因此即使在照射圆偏振激光的情况下，也能够通过衰减器 20 来实现能量的调整。

在激光加工装置 100 中的激光的聚焦是这样实现的：将被加工体 S 固定在载物台 5 上，并在高度方向（z 轴方向）上移动镜筒 2。镜筒 2 的移动（高度调整）是通过如下方式实现的：利用与计算机 6 连接的驱动装置 8 来驱动垂直移动机构 Mv 和镜筒 2，其中，镜筒 2 可升降地安装在该垂直移动机构 Mv 上。由此，能够执行粗略动作和精密动作的两段动作，其中，该粗略动作是通过驱动垂直移动机构 Mv 来实现的，该精密动作是通过使镜筒 2 相对

于垂直移动机构 Mv 升降而实现的，并且，驱动装置 8 响应来自计算机 6 的驱动信号，从而能够实现高速且高精度的聚焦动作。

还有，根据需要，激光加工装置 100 还能够以有意将聚焦位置偏离被加工体 S 表面的散焦状态照射激光 LB。图 4 是示意性地表示所述散焦状态的图。而且，实际上，激光 LB 以在焦点位置具有规定的光束直径的方式被照射，但是为了简化图示，在图 4 中将焦点 F 作为点来进行说明。

首先，图 4 (a) 表示激光 LB 的焦点 F 位于被加工体 S 的表面上的情况。散焦则是这样实现的：首先如图 4 (a) 那样使焦点 F 位于被加工体 S 的表面上，然后再驱动垂直移动机构 Mv 或者升降镜筒 2，从而使焦点 F 上下移动规定距离。图 4 (b)、图 4 (c) 分别表示焦点 F 从被加工体 S 表面向上方和下方的偏离的状态、也就是散焦状态。此时，焦点 F 相对于被加工体 S 表面的偏移值被称为散焦值 DF。散焦值 DF 在像图 4 (b) 那样焦点 F 位于被加工体 S 的上方时取正值，而在像图 4 (c) 那样焦点 F 位于被加工体 S 的下方时取负值。

图 2 是举例表示载物台 5 的上表面侧结构的图。在图 2 所示的载物台 5 的上表面上以同心圆状设置有多个吸附槽 51，该吸附槽 51 的底部以放射状设置有吸附孔 52。在被加工体 S 承载于载物台 5 上表面上的状态下，使经由配管 PL1 以及 PL2 与吸附孔 52 连接的例如吸附泵等吸附装置工作，从而使被加工体 S 沿着吸附槽 51 方向受到吸附力的作用，由此将被加工体 S 固定在载物台 5 上。而且，若被加工体 S 为像半导体衬底等那样加工后进行分割的物体，则通过规定的扩展带 (expanded tape) 来固定。如此，即使是使化合物半导体在蓝宝石衬底上外延生长而得到的被加工体等具有弯曲的被加工体，但只要弯曲所导致的凹凸差在激光 LB 的焦点位置允许范围内、即数  $\mu\text{m}$  到数十个  $\mu\text{m}$  左右之内，则能够实施加工。

此外，载物台 5 例如由石英、蓝宝石、水晶等相对于激光 LB 波长实质上透明的材料形成。由此，透过被加工体的激光 LB、或者偏离被加工体而被照射的激光（这些激光被称为“剩余激光”）不会被载物台 5 表面吸收，因此该剩余激光不会使载物台 5 受到损害。

而且，载物台 5 被设置在水平移动机构 Mh 之上。水平移动机构 Mh 受到驱动装置 8 的作用而在 XY2 轴方向上水平驱动。而且，在本实施方式中，

X轴和Y轴是由以某个机械原点位置为原点的基准坐标确定下来的坐标轴，并将由这两个轴所确定的面称为基准坐标面。

因此，对于载物台5来说，将规定的旋转轴作为中心，还可以与水平驱动方式相独立地实现在水平面内的旋转（ $\theta$ 旋转）动作。而且，本实施方式中，以基准坐标面中的某个特定位置作为原点并赋予xy坐标轴，并且以x轴正方向作为 $0^\circ$ 的位置，以顺时针旋转的角度 $\theta$ 为正方向。而且，以上述旋转轴方向为z轴。换句话说，xyz坐标系被确定为相对于基准坐标而固定的正交坐标系。

驱动装置8根据来自计算机6的驱动信号，通过驱动水平移动机构Mh，可实现对被加工体S的校准调整，从而能够使规定的被加工部位移动至激光LB的照射位置。在加工时，还可使激光LB对被加工体S进行相对扫描。

另一方面，在进行加工时，有时被加工部位的物质熔化或者蒸发之后再次固化，或者产生以固体状态下飞散的现象，这些颗粒等的加工副产物，是对被加工体S的表面或者聚光透镜等造成污染的主要原因。因此，在本实施方式的激光加工装置100中，在垂直移动机构Mv的最下部配设有集尘头11，该集尘头11由支撑体111所支撑、目的在于除去上述这些加工副产物。

图3是表示集尘头11的图。图3(a)是集尘头11和支撑体111的上表面图，图3(b)和(c)是集尘头的侧表面图。集尘头11由平板状且具有中空结构的集尘部112、以及分别设置在该集尘部112的端部和上部的、与集尘部112的内部相通的吸气口113和排气口114构成。

集尘部112被设置在被加工体S和镜筒2的最下部的聚光透镜4之间。而且在集尘部112上，还设置有从上面观察时分别位于中央部的上下方的上部开口115和下部开口116（图3(b)）。由于这些上部开口115和下部开口116的中心设置成恰好与激光LB的光轴一致，所以集尘头11不会遮挡激光LB的行进路线。而且，由于集尘头11配设在垂直移动机构Mv上，集尘头11也就是集尘部112既可以随着垂直移动机构Mv上下而上下移动，也可以如上所述那样使镜筒2单独上下移动，从而集尘部112的配置不会对激光LB的聚焦位置造成任何限制。

吸气口113通过配管PL3而与惰性气体供给装置12相连接，例如设置有激光加工装置100的工厂等应用单位处配备有该惰性气体供给装置12。排

气口 114 例如是通过配管 PL4 与用排气泵等方式来实现其功能的排气装置相连接。在配管 PL3 和 PL4 之间还分别设置有过滤器 121 和 131。

惰性气体供给装置 12 是能够连续供给惰性气体（例如氮气）的装置。如箭头 AR1（图 1）所示，惰性气体供给装置 12 所供给的惰性气体，在集尘头 11 中从吸气口 113 按照箭头 AR3 所示供给到集尘部 112，通过排气装置 13 的排气动作，使气体按照箭头 AR2（图 1）和 AR4 所示那样经由排气口 114 排出。因此在集尘部 112 内部产生了如箭头 AR5 所示那样的从吸气口 113 流向排气口 114 的惰性气体流，与此相伴，例如在上部开口 115 和下部开口 116 附近产生了吸附力，所以其附近存在的颗粒 117 被引入集尘部 112，并如箭头 AR6 所示那样与惰性气体一起从排气口 114 排出。根据上述方式，可避免在激光加工中产生的颗粒等加工副产物附着在被加工体 S 表面或者聚光透镜 4 上，从而能够防止加工效率降低。这样一来，惰性气体在加工时还可以当作辅助气体使用。

或者，如图 3（c）所示，例如是用石英等对于激光 LB 透明的物质作为材料来形成盖体板材 118，并且其上部开口 115 可以离合地覆盖于其上，这样的方式也可以防止颗粒附着于聚光透镜 4 上。

回到图 1，针对激光加工装置 100 所具备的、在校准被加工体 S 和确定被定位加工部位时用于获知加工状况的结构要素进行说明。在激光加工装置 100 中，为了达到上述目的，还具备以下装置：照明光源 14；半透半反镜 15，其设置在镜筒 2 内，用于反射从该照明光源 14 发出的照明光 IL 而使其照射到被加工体 S；CCD 摄像机 16，其设置在镜筒 2 上方，对被加工体 S 表面进行拍摄；显示器 17，其用于显示由 CCD 摄像机 16 取得的实时观察图像（监视图像）、作为图像数据而被存储在存储装置 6m 中的图像（记录图像）、以及各种处理菜单。CCD 摄像机 16 和显示器 17 与计算机 6 连接，并由该计算机 6 控制。由于具备上述设备，可以在显示器 17 上确认被加工体 S 的表面状态，同时校准被加工体 S 以及定位被加工部位，或者还可以获知加工处理中被加工体表面的状况。

用熔化改性法形成分割起点

接着，针对通过激光加工装置 100 而在被分割体上形成切断起点（分割起点）的处理进行说明。此外，在本实施方式中，将提供给后续切断工序进

行分割的被加工体特别称为“被分割体”。下面，以下述情况为例进行说明：使用 Nd: YAG 激光的三倍高次谐波（波长约 355nm）作为激光光源 1，并把 100 $\mu\text{m}$  厚的单晶蓝宝石作为被分割体 M。但是被分割体 M 不限于上述情况，也可以是单晶 SiC，还可以是在这些单晶或者其它种类的单晶衬底上形成有 III-V 氮化物半导体及其它单晶的叠层体，也可以是含有多晶的高脆物质以及使用上述物质的叠层体。

首先，对如下情况进行说明，即，激光 LB 的重复频率为 50kHz，脉冲宽度为 75nsec，照射能量为 0.9W，扫描速度为 20mm/sec，焦点 F 处的光束直径为 2 $\mu\text{m}$ ，以与各个扫描线平行的方式，用该激光 LB 对被分割体 M 的上表面进行垂直的多次扫描，在被分割体 M 上以规定的配置间隔进行多次以线状方式实施的激光 LB 照射。该情况下激光 LB 的照射条件称为“第一照射条件”。在该第一照射条件中，按照使每单位脉冲的照射位置重叠的方式实施激光照射。下面，除非特别声明，激光照射均是在如上所述那样的重叠状态下进行的。在各次照射时，在从 20 $\mu\text{m}$  至 50 $\mu\text{m}$  的范围内设定了不同的散焦值。

图 5 表示该情况下的几个散焦值 DF 的情况下被分割体 M 表面的光学显微镜像。图 6 表示与扫描方向垂直的剖面的光学显微镜像。图 7 表示其中几个散焦值 DF 情况下的放大影像。此外，图 8 表示散焦值 DF 为 -20 $\mu\text{m}$  的情况下的剖面附近的 SEM 像。

当看图 5 和图 6 时，可以观察到被分割体 M 大致为淡白色，与此相对，激光 LB 照射位置 P 是黑色的，而且还可以看到在该照射位置 P 处形成了沟槽。然而，根据图 7 和图 8 所示的像可以确认，在照射位置 P 处并没有形成沟槽，而是因激光 LB 照射而导致存在与附近的结晶状态不同的变质区域 T。尤其在图 8 中可以明显确认在该变质区域 T 产生了向表面侧的隆起。虽然省略了其图示，但是即使是在其它散焦值 DF 的情况下，同样可以确认与图 7 和图 8 相同的状况。而且，在被分割体中，变质区域 T 之外的区域称为正常区域 N。此外，变质区域 T 形成为与被分割体 M 的上下表面大致垂直，并可以确认变质区域 T 最下端部 B 位于照射位置 P 的正下方。

而且，无论照射激光与否均不会因物质消失而形成槽，这意味着在以第一照射条件照射激光 LB 的处理中，是用能量密度与产生烧蚀现象时相比更

低的激光进行照射。所以第一照射条件就是照射这样的弱能量激光的条件的一个例子。

接着,对被分割体 M 在每个扫描线上,按照公知方法依次进行切断处理(分割处理)。该切断处理例如可以按照如下方式实现,即,从被分割体 M 的上表面夹持扫描线(也就是夹持变质区域 T),在相反侧分别以扫描线为轴而作用相反方向的力。图 9 和图 10 表示几个散焦值 DF 的扫描线中的切断面的光学显微镜像。

当观察图 9 和图 10 时,在其任何一处,切断面均由变质区域 T 的切断面 T1 和正常区域 N 的切断面 N1 这两层构成,两者界面与被分割体 M 的上下表面大致平行。因此可以判断,对于正常区域 N 的分割,是以变质区域 T 的最下端部 B 为起点而向下方进行分割的。而且,仅从图 9 和图 10 看来,由于正常区域 N 大致是平的,因此可以看出,正常区域 N 的切断面 N1 形成朝向变质区域 T 的最下端部 B 的正下方,且与被分割体 M 的上下表面大致垂直。

如果考察这样实现切断的过程,则可以想到,首先,变质区域 T 是通过激光 LB 的照射使得照射位置 P 及其下方由于吸收导致的急速加热和急速冷却所引起的,而原来是单晶的照射部分一旦熔化之后通过多晶化形成了上述结构。即,可以想到变质区域 T 是由于熔化而改性的区域,是与保持单晶状态的正常区域 N 相比强度更弱的区域。因此,沿着这样的变质区域 T 进行切断处理的话,会优先在强度弱的变质区域 T 处发生破裂,结果是使得应力集中在变质区域 T 的最下端部 B 处,所以可以观察到正常区域 N 是以该最下端部 B 为起点发生破裂的。而且,由于变质区域 T 形成为与被分割体 M 的上下表面大致垂直,所以在切断时,在与变质区域 T 的上表面垂直的方向上向最下端部 B 行进的破裂,在正常区域 N 也会按上述方向行进,可想而知结果是,如图 9 和图 10 所示那样得到了大致平的切断面 N1。

所以,即使不使用高能量激光照射在被分割体 M 上而形成刻划槽,例如用第一照射条件那样的激光进行照射,使其熔化改性,从而在所期望的分割位置形成了上述那样的变质区域,则由于变质区域的最下端部成为切断时的起点,所以可以实现对被分割体的切断处理。而且,如上所述,通过激光照射使得照射部分发生熔化改性的方法被称为熔化改性法(Laser Melting

Alteration)。

### 散焦和变质区域的关系

切断所得到的切断面 N1 虽然在理想情况下是与被分割体 M 的上下表面完全垂直的,但是其分割后的尺寸和形状中存在的偏差只要在要求的尺寸精度范围之内,则即使不能实现上述那样的理想状态,在实际应用上也没有问题。

例如,图 9 的散焦值 DF 为  $20\mu\text{m}$  的情况下等,在正常区域 N 的切断面 N1 中,被分割体 M 的下表面侧附近的图像稍稍有些模糊。可以推测,在该处,切断面 N1 中(相对于与该图平行的面)应该发生了些倾斜。此外,在图 9 所示的各个散焦值 DF 的情况下,以及图 10 所示的散焦值 DF 为  $-40\mu\text{m}$  的情况下,在正常区域 N 的上端部从纵方向上可观察到筋。可以推知这是由于在切断面 N1 中与图垂直的方向上产生了一些级差而引起的。另一方面,在图 10 所示散焦值 DF 为  $-20\mu\text{m}$  以及  $-30\mu\text{m}$  的情况下,可得到对比度一样且看不到筋的良好的切断面 N1。是否允许上述那样的倾斜和级差,要根据所要求的切断精度来决定。

总之,可以推知在散焦值 DF 的不同和切断的好坏之间存在某种因果关系。从生产量和再现性的观点出发,优选要实现尺寸精度良好的切断处理。因此,需要对实现了良好的切断处理时的散焦值 DF 和变质区域 T 的状态之间的关系进行考察。

首先,考虑到由于在切断时变质区域 T 的最下端部被作为起点,所以为了实现良好的切断处理,要使该最下端部与作为切断终点的下表面侧之间的距离缩短,即,应使得变质区域 T 更深。在图 11 中,用实线表示变质区域 T 的深度(到最下端部的上表面的距离)相对于散焦值 DF 的关系。根据图 11,随着散焦值 DF 从  $20\mu\text{m}$  开始逐渐缩小而变质区域 T 逐渐变深,在  $-20\mu\text{m}$  附近达到最大。此外,到  $-30\mu\text{m}$  之后,变质区域的深度以比散焦值 DF 绝对值的增长幅度更大幅度的增大。

而且,根据图 6 和图 7 可知,对于变质区域 T 来说,通过散焦值 DF 的变化,不只深度,连形状也发生了变化。具体而言,在散焦值 DF 为  $-10\mu\text{m}$  至  $-30\mu\text{m}$  的情况下,变质区域 T 的上表面中的扫描方向和垂直方向的宽度控制在  $20\mu\text{m}$  以下。此外,随着散焦值 DF 从  $20\mu\text{m}$  到负值这样变小,变质区



域 T 的剖面的上端部侧的宽度也变小并且变得细长。即，可以确认发生了如下变化，最下端部往更下方延伸了，而且变质区域 T 和正常区域 N 之间的界面曲率变得更小了。而且，这里将散焦值 DF 为  $20\mu\text{m}$  时的界面形状作为具有正曲率的情况。从散焦值 DF 为  $-20\mu\text{m}$  或者  $-30\mu\text{m}$  的时候开始，除去上部则界面大致呈直线状。或者，剖面形状大致呈楔状、并且大致呈等腰三角形形状。但是，如果超过  $-30\mu\text{m}$ ，就可以确认发生了如下变化，在维持大致直线状界面形状的同时，上端部侧宽度增大，并且深度变小了。

图 12 是示意地表示散焦时激光 LB 实际的照射状态的图。如图 4 (c) 所示，散焦值 DF 为负的情况，就是使焦点 F 偏移与散焦值 DF 相当的距离之后用激光 LB 进行照射的情况，但实际上，由于所照射的激光 LB 在被分割体 M 的上表面 Ms 折射，所以在被分割体 M 内部变得更窄，因此以使焦点 F 到达从偏移值到比规定位置（假设以焦点 F' 表示）更深处的方式进行照射。如此，用激光 LB 在局部区域射入内部，不仅在上表面 Ms 而且在以焦点 F 为顶点的剖面为三角形形状的整体照射区域内都发生了能量吸收，并且在作为内部聚光点的焦点 F 处产生了显著的吸收效果。其结果是，激光 LB 的能量有效地应用于生成变质区域，生成的变质区域 T 具有如下的剖面形状：从其表面开始逐渐变得细长，而最下端部达到了更深的位置。其另一个表现是，变质区域 T 的剖面按照如下方式形成：形成为底边小而且高度（深度）大的等腰三角形形状（曲率=0），或者由此更进一步形成曲率为负的界面。散焦值 DF 达到  $-30\mu\text{m}$  左右，就应想到其实现了如上所述的状况。而且，对于透射率高的被分割体来说，这样的能量同时的吸收效果体现地更为显著。

然而，如果散焦值太大，焦点 F 就会远离被分割体 M 的上表面 Ms。此时，激光 LB 在被分割体 M 的上表面 Ms 处并没有充分汇聚，而是以能量密度较小的状态进行照射的。因此，难以形成具有深度的变质区域 T。如果散焦值 DF 超过  $-40\mu\text{m}$ ，则应想到会产生如上所述的情况。

根据上述情况，通过使用散焦值 DF 大致为  $-10\mu\text{m}$  至  $-30\mu\text{m}$  的激光 LB 进行照射，更优先使用散焦值 DF 大致为  $-20\mu\text{m}$  至  $-30\mu\text{m}$  的激光，可使得与正常区域之间的界面处的曲率接近 0，或者通过形成具有负的细长剖面形状的变质区域，也非常适于实现良好的切断处理。此外，在该情况下，作为被分割体 M 的上下表面的切断处理所需要的区域宽度（street width），尽可

能将其确保在大致  $20\mu\text{m}$  就足够了，因为相对于大多数切割出芯片和管芯情况下的产品获取个数，已经可以得到数量更多的产品了。

而且，假设没有使用本实施方式那样的熔化改性法来形成变质区域，而是形成具有细长剖面形状的“刻划槽”，并使其剖面形状与对被分割体 M 使用上述优选 DF 值所形成的变质区域相同，则需要仅在  $20\mu\text{m}$  以下的宽度的局部区域处以能够产生烧蚀的条件来照射激光。也就是说，需要将具有比本实施方式中涉及的情况更大的能量密度的激光，以使其在被分割体内部不发生扩散的方式进行照射。这种激光照射与本实施方式相比，除了凭空消耗了更多的能量之外，对照射区域的控制也很困难。此外，在照射面的相反侧形成有外延生长层等情况下，还提高了在该层上产生损伤的危险性。即，作为分割起点形成方法，采用了熔化改性法的本实施方式方法是更加优秀的。

#### 脉冲宽度和变质区域之间的关系

接着，考察脉冲宽度的大小与所形成的变质区域形状之间的关系。图 13 表示除了脉冲宽度为  $13.5\text{nsec}$  之外，其它条件与上述情况相同地用激光 LB 照射在被分割体 M' 上的情况下的被分割体 M' 的剖面的光学显微镜像。该情况下激光 LB 的照射条件称为“第二照射条件”。

这里，所说的仅脉冲宽度不同是指，对于循环照射的激光的各个脉冲（单位脉冲），虽然其总能量相同但是峰值不同。更具体的说，用同样的函数来表示照射能量相对于时间轴的变化波形，但是其高度和宽度不同。由于对于脉冲宽度小的情况能够得到单位脉冲上更大的能量峰值，所以通常而言，在烧蚀加工处理中，应当使得脉冲宽度尽可能小比较好。所以，在如下所示的第二照射条件下用激光 LB 进行照射的情况，相当于以进行烧蚀加工的条件进行加工。

如图 13 所示，第二照射条件的情况下也可看到无论散焦值 DF 如何均能形成变质区域 T'。然而，无论散焦值 DF 为  $-20\mu\text{m}$  还是  $-30\mu\text{m}$ ，变质区域 T' 的剖面并没有比第一照射条件的情况更深。图 11 中用虚线表示这种情况下的变质区域 T' 的深度变化，从该图可知，即使散焦值 DF 为负，在深度方向上也几乎没有发生变化，而且，其值与第一照射条件时相比更小，变质区域 T' 的深度也并没有大幅度超越散焦值 DF 的绝对值。这表示变质区域的形成受被分割体表面的能量吸收情况的支配，散焦并不会导致全照射区域中产

生同时吸收的效果。此外，包括散焦值为正时，由于第一照射条件下的照射区域深度要大一些，所以在用于得到切断处理起点的变质区域的形成过程中，并不优先使用具有可产生烧蚀程度的脉冲宽度的激光进行照射。

此外，在正常区域 N' 中变质区域 T' 最下端部附近区域 R，均可确认到裂化现象 (crack)。如果存在这种裂化现象，即使切断处理本身仍能够实现，但是在切断时正常区域 N' 中破裂的起点会根据场所而分散，所以很可能无法得到平的切断面，所以最好不要选用上述方式。

因此，通过使用不产生烧蚀的大脉冲宽度激光进行照射，由于可形成具有适于分割的剖面形状的变质区域，所以可以用更合适的脉冲波形来照射脉冲激光。通过这样的激光照射，利用熔化改性来形成变质区域，可更好地实现切断处理。具体而言，优先用 50nsec 以上的脉冲宽度进行激光照射。

#### 照射能量和变质区域之间的关系

接着，对向被分割体照射的能量的大小和所形成的变质区域形状之间的关系进行考察。图 15 和图 16 表示用激光 LB 向被分割体 M' 照射时的各照射能量下的被分割体 M' 的剖面的光学显微镜像，其中激光的重复频率为 40kHz，脉冲宽度为 75nsec，焦点 F 的光束直径为  $2\mu\text{m}$ ，散焦值为  $-20\mu\text{m}$ ，照射能量在 4.0W 至 0.5W 的范围内以 0.5W 为单位进行切换。此外，图 17 是表示该情况下照射能量和变质区域 T' 之间关系的图。

从图 15 和图 16 看来，照射能量在 2.0W 以下时，变质区域 T' 与正常区域 N' 之间的界面，除去其上部外大致呈直线状。或者，剖面形状大致呈楔状，并且大致呈等腰三角形形状。与此相对，在照射能量在 2.5W 以上时，变质区域 T' 宽度变得更大，界面曲率也变得更大。此外，从图 17 中可以看出，虽然变质区域 T' 深度随着照射能量增大也大致一同增加，但是一旦超过 1.5W，则其增加程度就急剧减慢。虽然省略了其图示，但是即使重复频率和脉冲宽度等条件不同，也可确认存在与上述情况相同的生长倾向。

因此，通过赋予某个值（图 17 中是 1.5W）以上的照射能量，仅能使得变质区域向水平方向拓宽，但是在用熔化改性法来形成作为良好的分割起点的变质区域的过程中，还是将照射能量控制在某种程度下较好。照射能量的具体最适合值可以根据重复频率、脉冲宽度、光束直径、散焦值等来确定，但在图 17 情况下，优先设定在 1.0W 至 1.5W 范围内。即，在控制照射能量

的同时，可在被分割体上形成良好的分割起点。

如上所述，在本实施方式中，通过用激光 LB 进行照射，使得被照射的部分发生熔化改性，从而在被分割体上形成与正常区域之间的界面曲率接近 0 的或者负的细长剖面形状的变质区域，其中，与在被分割体 M 上形成刻划槽的情况相比，激光的能量弱而脉冲宽度大，并且散焦值 DF 大致在  $-10\mu\text{m}$  至  $-30\mu\text{m}$  之间，优选散焦值 DF 大致在  $-20\mu\text{m}$  至  $-30\mu\text{m}$  之间。由此，在切断处理时，可实现这样的良好的切断处理：以该变质区域最下端部为起点，切断面相对于被分割体上下表面大致垂直，并且切断面上无级差。此外，切断所需要的带状线宽度可控制在  $20\mu\text{m}$  以下。

而且，由于无需形成刻划槽，所以在抑制能量消耗的同时，还容易控制激光的照射。

## 第二实施方式

### 分割起点形成的可靠化

如上所述，用熔化改性法形成作为分割起点的变质区域可以在不必一定要形成沟槽的情况下对被分割体进行分割。然而，使用该方法的时候，在通过分割所得到的芯片和管芯等称为分割片上，有时候在其切断面附近会残存有上述变质区域。例如，可以说图 9 和图 10 中的切断面 T1 就相当于这样的残存变质区域的表面。存在这样的残存变质区域，会在分割片被用于设备时阻碍其充分发挥功能。例如，就会引起如下这样的问题：将该分割片用于 LED 的时候，由于存在光透射率比正常区域小的残存变质区域，导致抑制了 LED 整体的射出光量。

因此，对于变质区域，在可以进行分割的前提下优先使其最小化。根据上述原因，优先对熔化改性法中照射的激光能量进行控制。例如，在重复频率固定时，可以对照射激光的脉冲能量（激光的每个脉冲的能量）尽可能进行抑制，另一方面，这样的激光能量抑制有时候会导致起点形成的不确定性，具体而言，会导致吸收激光的不可靠性。所以，为了使用脉冲能量小的激光稳定可靠地形成分割起点，在要形成分割起点的部位，使用提高其吸收率等能使得激光被可靠吸收的方法是有效的。

此外，在对于加工中所使用的激光波长范围来说具有高透射率和反射率

的被分割体上形成分割起点时，通过预先实施同样的措施，在不给予过多的脉冲能量的前提下就能可靠的形成作为分割起点的变质区域。在本实施方式中，对这样的实施方式进行说明。

图 18 是用于对实现这样的激光吸收可靠化处理的一个例子进行说明的图。而且，图 18 举例表示被分割体 M 是蓝宝石衬底的情况。图 18 (a) 是表示给被分割体表面上赋予一种比该被分割体 M 的激光吸收率更高的物质 A 的状态下，用激光进行照射的情况的照射结果的光学显微镜像。此外，图 18 (b) 是用于说明如何得到图 18 (a) 的照射结果的图。图 18 (a) 所示的照射结果是在以下条件下实现的：被分割体为蓝宝石衬底，使用 Nd: YAG 激光的三倍高次谐波（波长大约为 355nm），脉冲能量为 2~5 $\mu$ J，扫描速度为 100mm/sec 以上。得到图 18 (a) 所示照射结果时的激光的具体照射条件是扫描速度为 200mm/sec，脉冲能量为 3 $\mu$ J。所述激光照射条件称为“第三照射条件”。

此外，物质 A 是在使用的激光波长范围中比被分割体 M 的激光吸收率高的物质。在图 18 的例子中，通过用毡笔（felt pen）等直接涂敷油性墨水，从而实现物质 A 的赋予。但也可以使用其它有机物质或者无机物质来代替。此外，赋予方式并不限定于涂敷，除了连接、粘附或者蒸镀等薄膜形成方法、印刷等厚膜形成方法之外，还可以根据物质 A 的种类使用任何适当方式。

对于图 18 (a) 的被分割体 M，如图 18 (b) 中箭头 AR11 和 AR12 所示，从图中的左侧向右侧，对图示区域以及包含未图示的区域，用激光进行扫描，同时连续并且以相等间隔进行照射。然而，根据图 18 (a)，变质区域 T 的形成基本上仅在涂敷了物质 A 的区域中，在没有涂敷物质 A 的区域中，尽管照射激光也不会产生变质。具体而言，图 18 (b) 所示的未变质区域 U 就是上述范围。换句话说，在被赋予了物质 A 的区域中可靠形成了变质区域 T，与此相对，在没有形成物质 A 的区域中基本没有形成变质区域。

这就表示，通过进行这样的准备处理，即，将在所使用的激光波长范围内比被分割体 M 的激光吸收率更高的物质赋予给想要分割的部位，并以若未实施这种赋予则无法形成变质区域的程度的弱能量的照射条件进行照射，从而能够使其产生熔化改性，来可靠的形成变质区域以作为分割起点。换句话说，物质 A 起到了如下作用：在被分割体 M 中，其起到提高激光吸收率的

吸收助剂的作用。

因此，通过将起到上述这样吸收助剂作用的物质预先赋予给被分割体 M 的分割对象处，仅在该处提高激光吸收率，即使是用如第三照射条件所示的本来因无法充分吸收而不能产生熔化改性的弱能量激光照射，也能够可靠地形成分割起点。例如，在任何一种设备的制造工序中，在对该设备进行切断时使用本实施方式的分割起点的形成方法，由于抑制了所使用的激光的能量，所以本方法有助于降低制造成本。

图 19 是具体例示使用本实施方式的方法的图。在想要对图 19 所示的被分割体 M 进行分割以得到芯片 tp 的情况下，给实线所示的线 La 部分赋予起吸收助剂作用的物质 A，例如如果按照箭头 AR13 所示的切割线进行切割，则在虚线所示的线 Lu 处不吸收，而仅在线 La 的部分吸收，从而形成熔化改性的变质区域，而在此条件下进行激光照射。具体照射条件可以根据被分割体 M 的种类和表面状态，激光的种类，作为吸收助剂而使用的物质种类等适当确定。此外，实施赋予时的吸收助剂的尺寸（厚度和宽度等）也是这样确定的。由此，能够在该部分可靠地形成分割起点。

例如，在被分割体是蓝宝石衬底并使用 Nd: YAG 激光的三倍高次谐波（波长大约为 355nm）时，以脉冲能量为 2~5 $\mu$ J、扫描速度在 100mm/sec 以上的条件下就可以实现。

### 第三实施方式

本实施方式中，对实现激光吸收可靠化、即熔化改性可靠化处理的另一个实施方式进行说明。图 20 是表示所述处理的一个例子的图。而且，图 20 中举例表示被分割体 M 为蓝宝石衬底的情况。

图 20 (a) 是表示在被分割体 M 上照射激光时的照射结果的光学显微镜像。该照射结果是通过如下方式实现的：预先如图 20 (b) 中箭头 AR14 所示，在被分割体 M 表面从图的上侧向点 Z 的方向，以规定照射条件照射激光，暂先形成如加工线 Lt 所示的变质区域，在此基础上，与上述同样，如图 20 (b) 中的箭头 AR15 和箭头 AR16 所示，从附图的左侧向右侧，也就是以与加工线 Lt 正交的方式，利用激光对还包括未图示区域的区域进行扫描，同时连续且等间隔地进行照射。

这里，前一工序照射称为预备照射，后一工序照射称为本次照射。得到图 20 (a) 所示的照射结果时的具体激光的照射条件是脉冲能量为  $3\mu\text{J}$ ，扫描速度为  $100\text{mm/sec}$ 。该本次照射中的照射条件称为“第四照射条件”。至于预备照射，只要以比第四照射条件更强的能量进行照射，则对其条件没有特别限定。

从图 20 (a) 看来，在被分割体中，通过本次照射而形成了加工线 L1、L2 和 L3 所示的变质区域。其中加工线 L1 以加工线 Lt 所在的位置为起点，而仅形成在该加工线 Lt 的右侧。即，如图 20 (b) 所示，该加工线 L1 的左侧是尽管激光照射也不会发生变质的未变质区域 U。图 21 是通过加工线 L1 的面中被分割体 M 的剖面图，而根据图 21 也能确认上述事实。另一方面，加工线 L3 是以存在于加工线 L1 右侧的起点开始仅形成在其右侧的，而且其开始点位置并未对齐。此外，加工线 L2 是以位于加工线 Lt 位置左侧的未图示位置作为起点而形成的。

如果考察上述照射结果，首先，加工线 L1 是从所述用预备照射有意识的形成的加工线 Lt 开始而形成的，因此其起点是对齐的。此外，加工线 L1 是从作为起点的加工线 Lt 的位置开始不间断地连续形成的。换句话说，以第四照射条件照射的激光，在到达加工线 Lt 之前尽管不被吸收，但在加工线 Lt 所示的变质区域处可靠的被吸收，并且之后该吸收可持续。

与此相对，加工线 L3 由于是在没有刻意形成像上述那样的开始点位置的区域中形成的，所以其起点自然不会对齐。

通过上述对比可知，至少在按照第四照射条件的激光照射下，作为加工线 Lt 的变质区域可发挥使激光的吸收变得可靠的作用。如上所述，变质区域是因吸收而急速加热和急速冷却从而导致多晶化了的区域，与没有变质的周围区域相比其是更容易吸收激光、吸收率更高的区域，所以应考虑到，即使使用在到达加工线 Lt 之前不会被吸收的弱脉冲能量激光，在该位置也会被吸收。而且，在激光扫描的同时进行照射，一个脉冲的照射区域在相互重叠的同时稍稍偏离，由此一旦发生了这种吸收，就能够在保持该吸收状态的同时使得激光继续移动下去。也就是说，即使是如此弱脉冲能量的激光，也能够持续使其发生熔化改性而形成变质区域。从图 21 看来，与加工线 Lt 导致的变质区域相比，加工线 L1 导致的变质区域更浅，这意味着本次照射中的激

光能量至少小于预备照射的能量即可。

而且，尽管未设置像加工线 L<sub>t</sub> 那样的促使吸收的结构，但仍形成有加工线 L<sub>3</sub>。虽不是有意造成的，但如果在被分割体 M 的表面发生了能够吸收激光的某种状况，则能够吸收激光，因此，即使使用了通常不会发生吸收的脉冲能量进行照射，由于例如颗粒附着或表面存在缺陷等，也会导致吸收。换句话说，可以说是在开始点位置处偶然的产生了激光吸收，导致形成了加工线 L<sub>3</sub>。这些缺陷等绝非有意导入的，但还是其起到了提高激光吸收率的作用。这就意味着，在仅照射弱脉冲能量激光的情况下，仅会引起像上述那样不可靠的吸收。

另外，加工线 L<sub>2</sub> 虽然通过了形成加工线 L<sub>t</sub> 的位置，但其在到达加工线 L<sub>t</sub> 之前就已开始形成，而这也认为，它也是在激光到达加工线 L<sub>t</sub> 之前偶然引起吸收的结果。

鉴于上述情况，预先进行好准备处理（开始点变质处理），即预先形成像由加工线 L<sub>t</sub> 所示的变质区域那样激光的吸收率高的区域，通过使激光通过该区域进行扫描和照射，从而即使是使用本来无法产生充分吸收的弱能量激光的情况下，也能够实现在该区域中可靠的吸收激光。然后，对应于激光扫描，连续地使吸收持续，由此使其产生熔化改性来可靠的对被分割体形成分割起点。具体的照射条件可根据被分割体 M 的种类和表面状态、激光的种类等情况适当决定。由此，能够在该部分处可靠地形成分割起点。此外，本实施方式的分割起点的形成方法，对于在何种设备的制造工序中对该设备使用切断处理的情况，都有助于降低制造成本。

图 22 是具体例示本实施方式方法的图。在图 22 所示的分割被分割体 M 而得到芯片 tp 的情况，预先用激光照射被分割体 M 外缘部分上以外周线 C 表示的部位，从而形成变质区域，例如按箭头 AR17 所示的切割线进行切割，则激光在到达开始点 Q 时产生吸收，然后对虚线所示的部位，以形成分割起点的条件来照射激光。

例如，在被分割体是蓝宝石，并使用 Nd: YAG 激光的三倍高次谐波（波长大约 355nm）时，以脉冲能量为 2~5μJ、扫描速度为 100mm/sec 的条件，就能够形成作为分割起点的变质区域。



#### 第四实施方式

如第三实施方式所示那样，通过在激光扫描的同时进行照射，而在被分割体上形成被作为分割起点的变质区域，只要提高其开始点位置的吸收率就能够使得可靠地吸收，则即使是用通常无法产生吸收的小能量激光进行照射时，也能维持吸收状态，并能够通过使其发生熔化改性而形成变质区域。在本实施方式中，用另一个实施方式来对该起点处吸收的可靠化处理进行说明。图 23 是表示所述处理的一个例子的图。

图 23 举例表示用本实施方式的熔化改性法对某被分割体形成被作为分割起点的变质区域时，所使用激光的脉冲能量峰值的时间变化。在本实施方式中，例如也是使用激光加工装置 100 通过实施脉冲激光照射来在被分割体上形成分割起点。因此，由于激光是以规定的重复频率进行照射的，所以在形成成为分割起点的变质区域时，如图 23 所示，利用脉冲能量断断续续地表示峰值的激光来照射被分割体。而且，在图 23 中，为了说明方便，用离散数值表示脉冲能量，实际上其也可以作为连续变化的值来处理。

在本实施方式中，如图 23 所示，从照射一开始直到经过一段时间  $t_1$ ，才以与比稳定状态下的脉冲能量值  $E_1$  大的脉冲能量值  $E_2$  来照射激光，经过时间  $t_1$  之后，继续进行照射，此时能量逐渐下降，直到回到稳定状态。而且，在经过漫长的时间  $t_1$  之后，用激光进行扫描。这里，脉冲能量值  $E_1$  通常情况下是在被分割体中不会发生充分吸收的值。另一方面，脉冲能量  $E_2$  是通常情况下在被分割体中基本能够可靠吸收的值。

即，本实施方式中被作为分割起点的变质区域是这样形成的：首先进行准备处理，即在其开始点位置先用大脉冲能量激光进行照射，由此可靠的吸收，之后通过用通常情况下在被分割体中不会发生吸收的弱激光进行扫描并同时照射，进而持续吸收并产生熔化改性。也就是说，是这样一种实施方式：通过使用于产生吸收的照射条件与其后分割起点形成时的照射条件不同，从而形成分割起点。此外，本实施方式的分割起点的形成方法，无论在何种设备的制造工序中对该设备实施切断处理时，均有助于降低制造成本。

而且，脉冲能量值  $E_1$ 、 $E_2$ 、时间  $t_1$  的值及其它的具体照射条件可以根据被分割体  $M$  的种类和表面状态、激光种类等适当决定。此外，也可以将时间  $t_1$  改为固定值，在用规定方法检测到在被分割体中产生激光吸收的时刻，

降低脉冲能量并且开始扫描。

以上说明的实施方式，与第三实施方式同样的能够可靠的形成分割起点。

### 变形例

对于被分割体表面要形成分割起点的区域、或者成为其开始点的位置，用公知的喷砂装置进行喷砂处理，从而将该区域或者开始点位置加工成粗糙面状态，由此提高激光在该区域或者开始点位置的吸收率也可。该实施形式也能够得到与上述第二或者第三实施方式相同的效果。

此外，在第四实施方式中，通过使用于产生吸收的照射条件与其后分割起点形成时的照射条件不同，从而形成分割起点，虽然示出的是使脉冲能量不同的情况，但通过使照射条件不同来使吸收可靠化的实施形式并不仅限于此。

例如，图 24 是表示激光重复频率不同的实施形式的图。具体而言，以比稳定状态的值  $f$  小得多的重复频率开始照射激光，以在经过了某段时间  $t_2$  之后的时刻使频率数值变成  $f$  的方式，使重复频率逐渐增大。而且，经过漫长的时间  $t_2$  之后，用激光进行扫描。此时，脉冲能量值是一个在重复频率为  $f$  时不会在被分割体中产生吸收的值。如果平均照射能量恒定，则重复频率越小，脉冲能量越大，更容易吸收激光。因此，如图 24 所示，在照射最初阶段用小重复频率进行照射就相当于，当作为分割起点的变质区域形成时，能够在其开始点位置可靠地发生吸收。因此，一旦使这样的激光在被分割体中可靠地吸收，之后就与上述实施方式同样地只要用通常情况下在被分割体中不会发生吸收的弱激光进行扫描并同时照射，就能够持续吸收。

此外，图 25 是表示使得激光扫描速度不同的实施形式的图。具体而言，将被分割体的不需要的部分作为起始位置，用比通常情况下的值  $v$  小得多的扫描速度进行激光扫描并且开始照射，以在经过某段时间  $t_3$  之后的时刻速度值变成  $v$  的方式，使扫描速度逐渐增大。而且，经过了漫长的时间  $t_3$  之后，在形成分割起点的位置进行激光扫描。此时，脉冲能量值是在扫描速度为  $v$  时在被分割体中不会发生吸收的值。如果照射能量恒定，则扫描速度越小，照射在同一处的激光能量越大，则越容易发生吸收激光。因此，如图 25 所

示，在照射开始阶段用小扫描速度进行照射相当于，当作为分割起点的变质区域形成时，在激光到达其开始点位置之前可靠地吸收。因此，一旦这样使激光在被分割体中可靠地发生吸收，之后就与上述实施方式同样地只要用通常情况下在被分割体中不会发生吸收的弱激光进行扫描并同时照射，就能够持续吸收。

因此，在采用如图 24 和图 25 所示的实施形式的情况下，也同样能够形成作为分割起点的变质区域。而且，稳定状态的频率数值  $f$ 、稳定状态的扫描速度  $v$ 、时间  $t_2$ 、 $t_3$  的值以及其它具体照射条件可以根据被分割体的种类和表面状态、激光种类等适当决定。而且，在图 24 和图 25 中，为了说明方便，将重复频率和扫描速度以离散值的方式表示，实际上也可以作为连续变化的值来处理。

上述的各个方法既可以单独采用，也可以进行适当组合。例如，如第三实施方式那样在外周部形成加工线的同时，在结构切割线处还可以如第二实施方式那样赋予吸收助剂。如此，即使是更弱脉冲能量的激光，也能够可靠地形成作为分割起点的变质区域。采用哪一种方法可以根据被分割体的种类、激光种类等适当决定。

或者，作为上述方法的组合应用，一旦用某种方法在规定位置照射了激光之后，还可以在同一位置上，用不同的方法照射激光。如此，可将变质区域形成为仅用一次照射而无法形成的形状，并可拓宽照射条件的允许范围。

此外，在第三实施方式中，通过预先形成用加工线  $L_t$  表示的变质区域，从而做成能够可靠进行激光吸收的部位，但也可以取而代之而使用给开始点位置处赋予吸收助剂的方式。

第二实施方式中作为吸收助剂的物质的赋予，可以用具备该功能的激光加工装置来进行，也可以用其它方式、方法来实现。

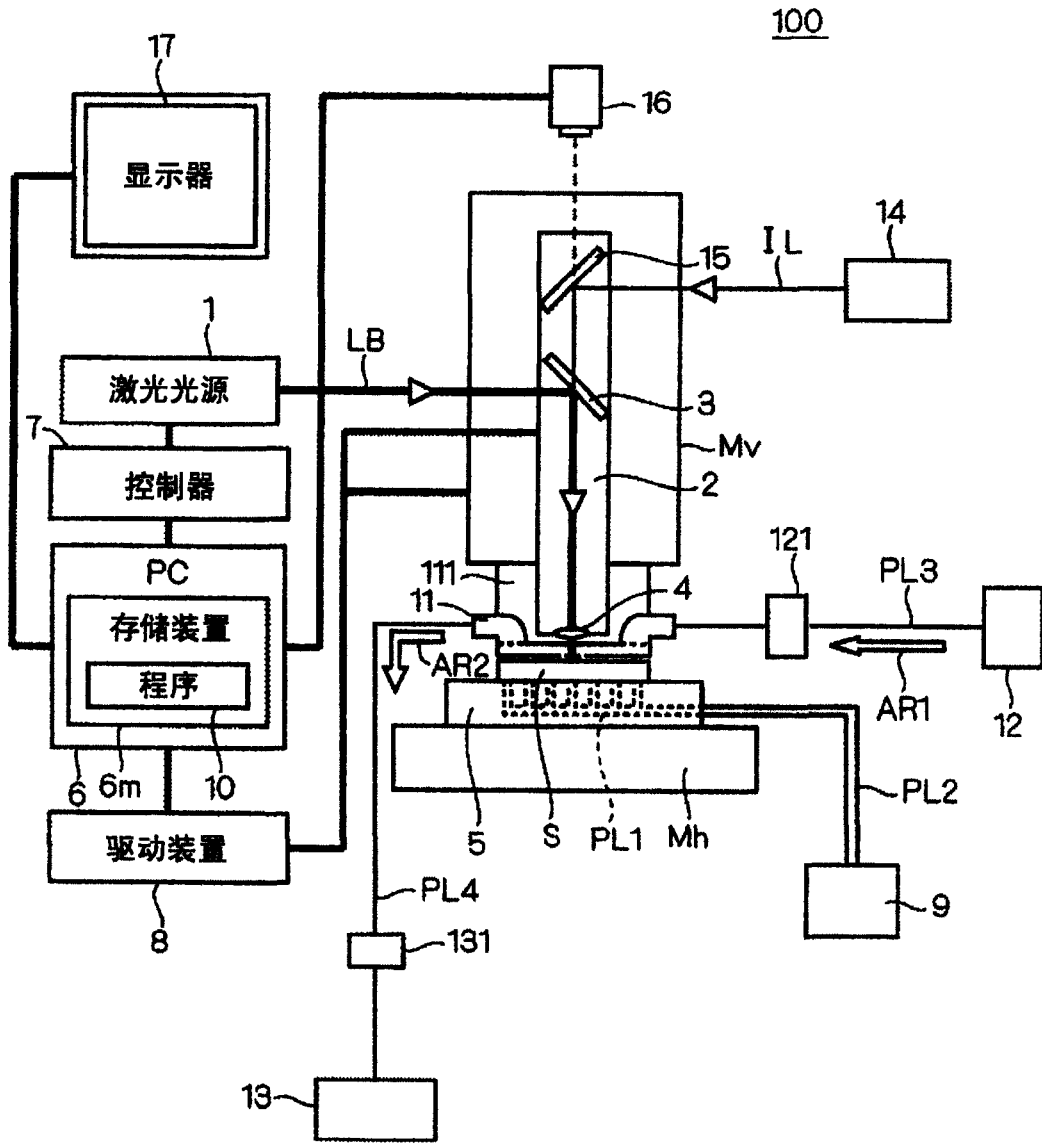


图1

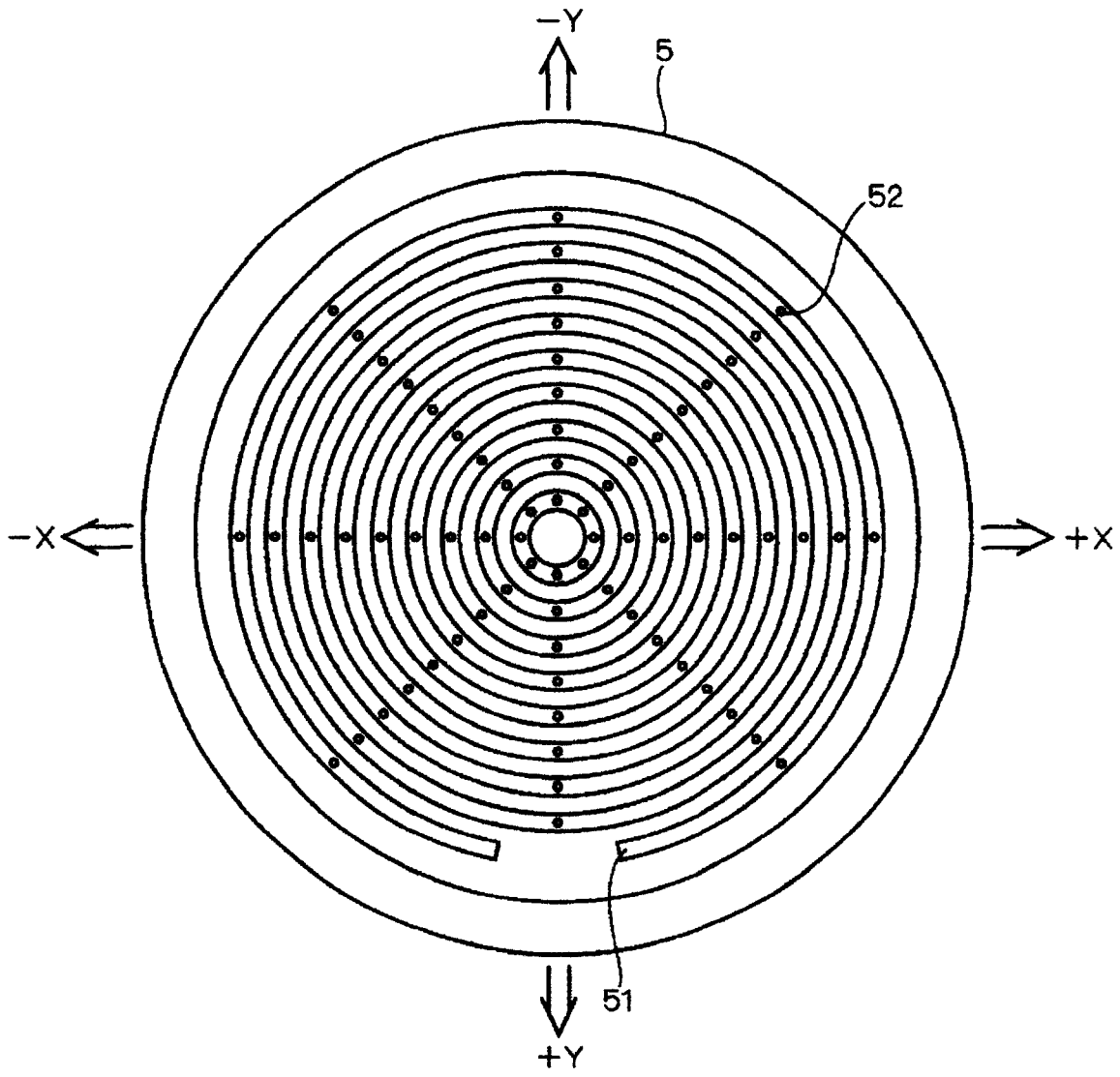


图2

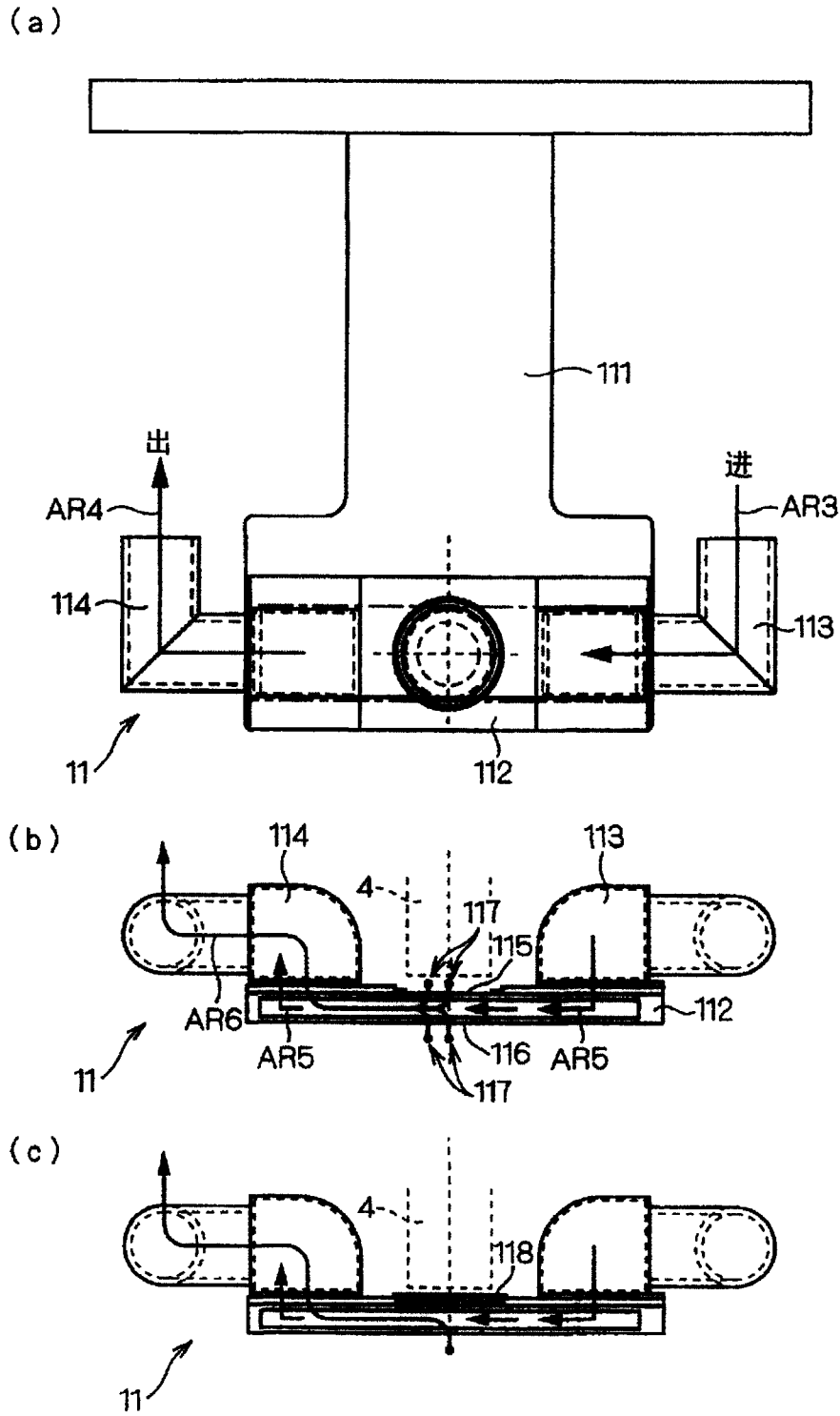


图3

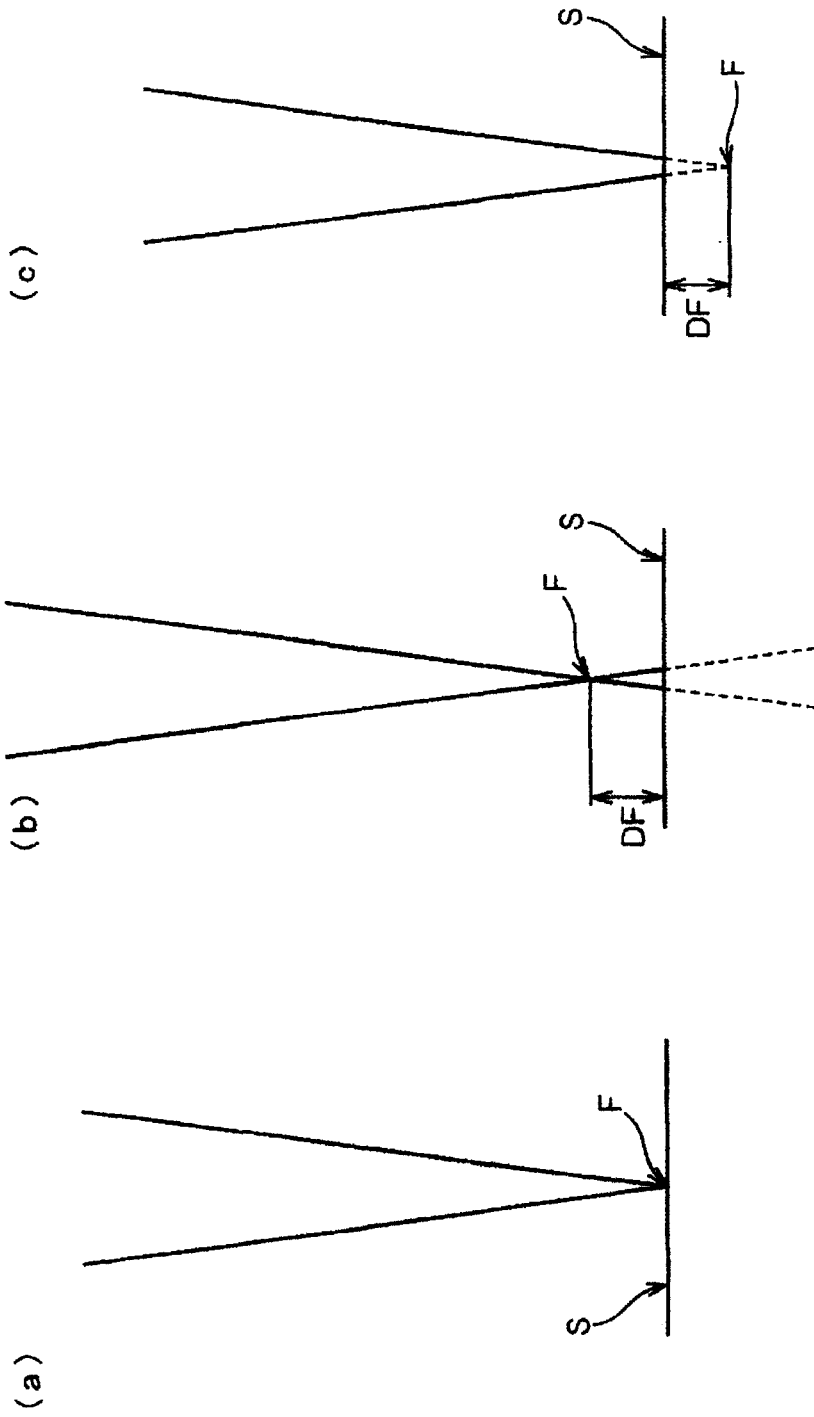


图4

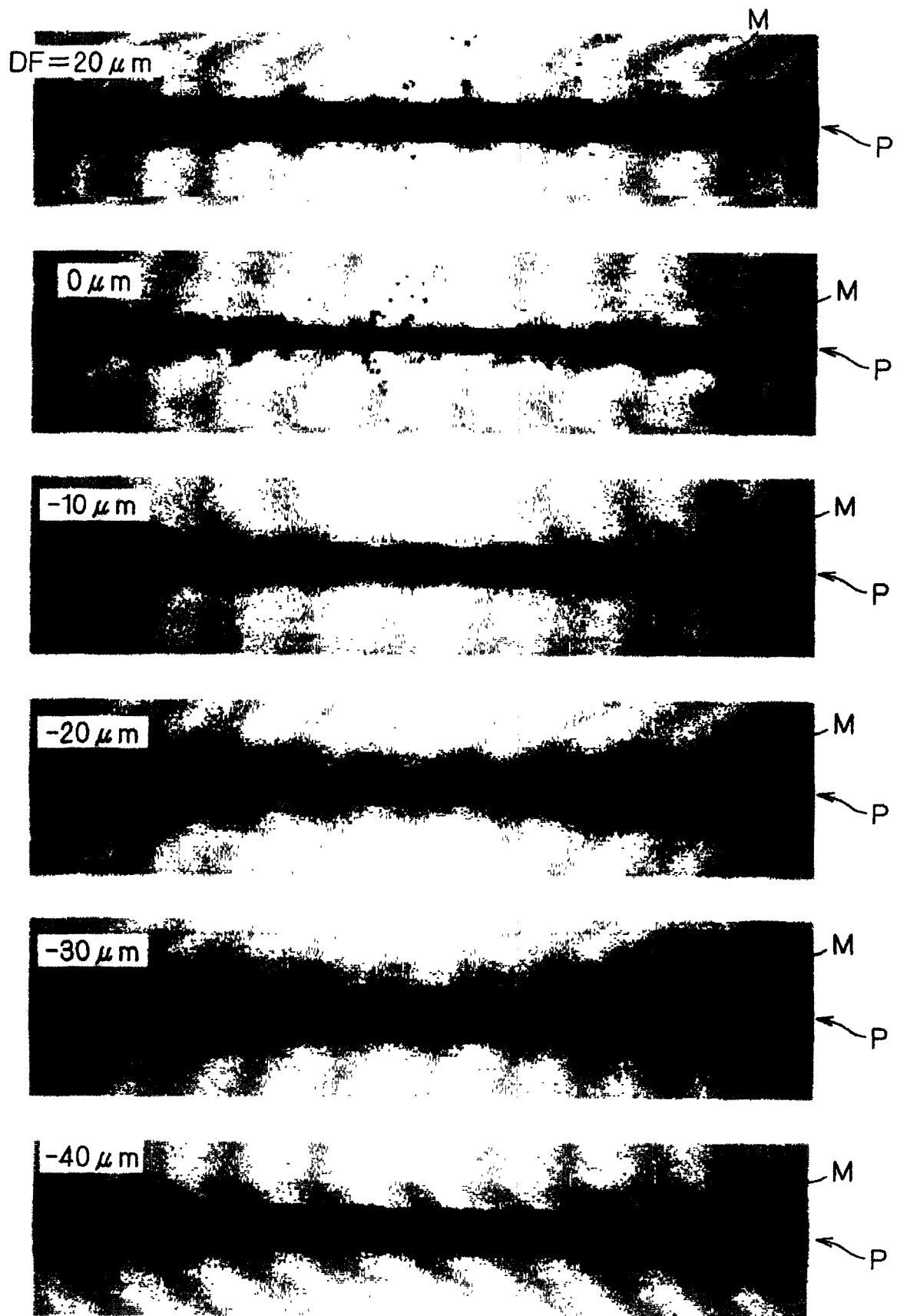


图5



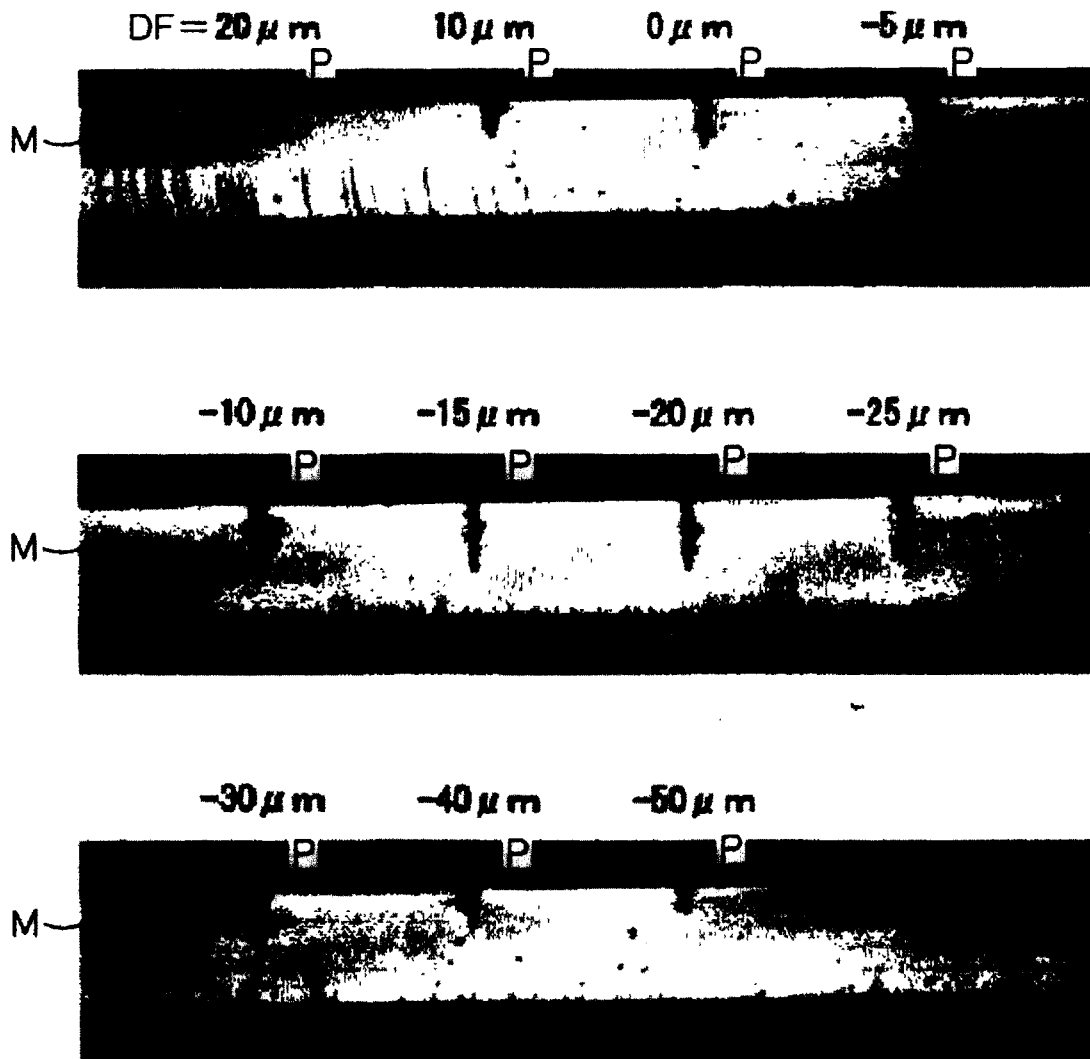


图6

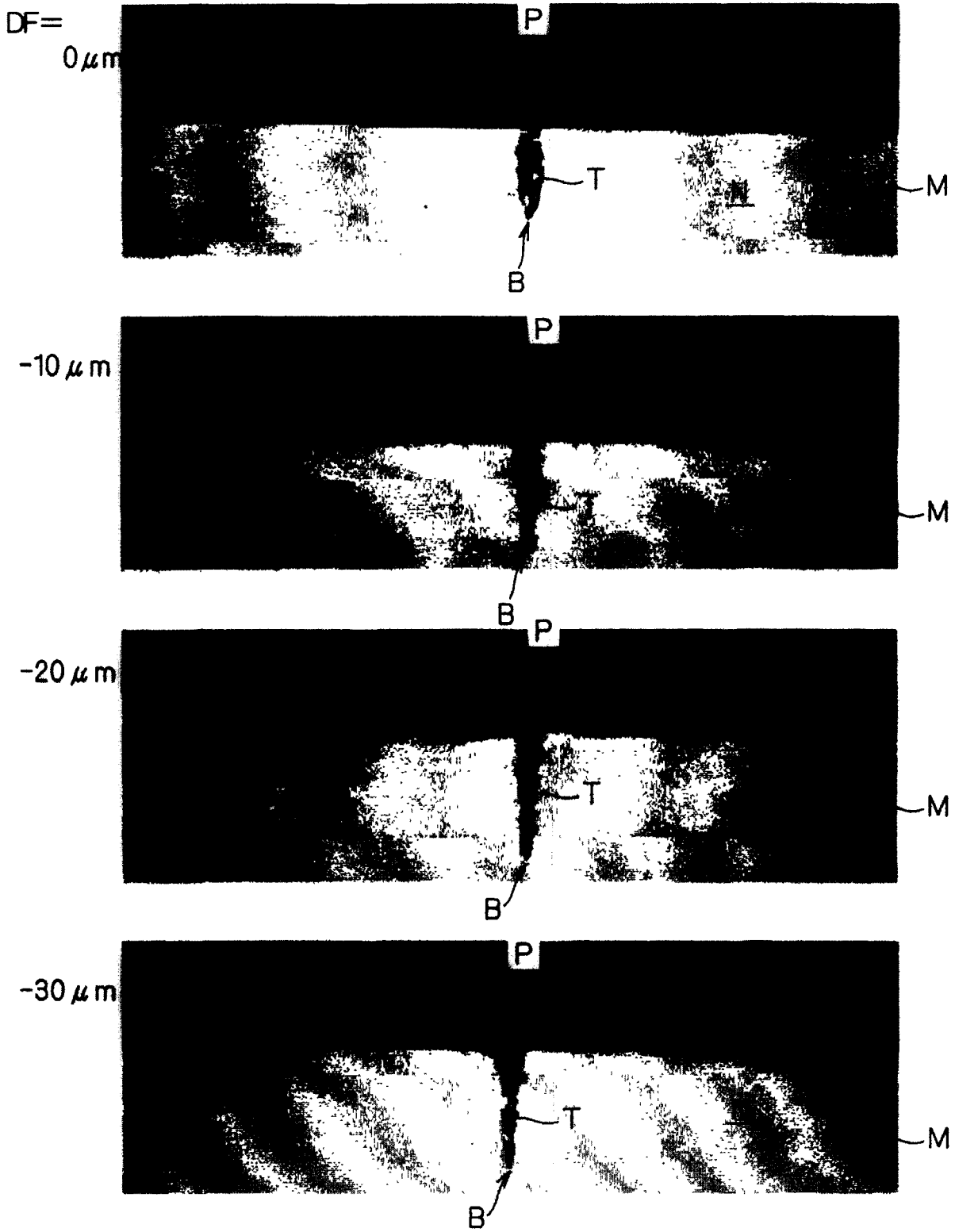


图7

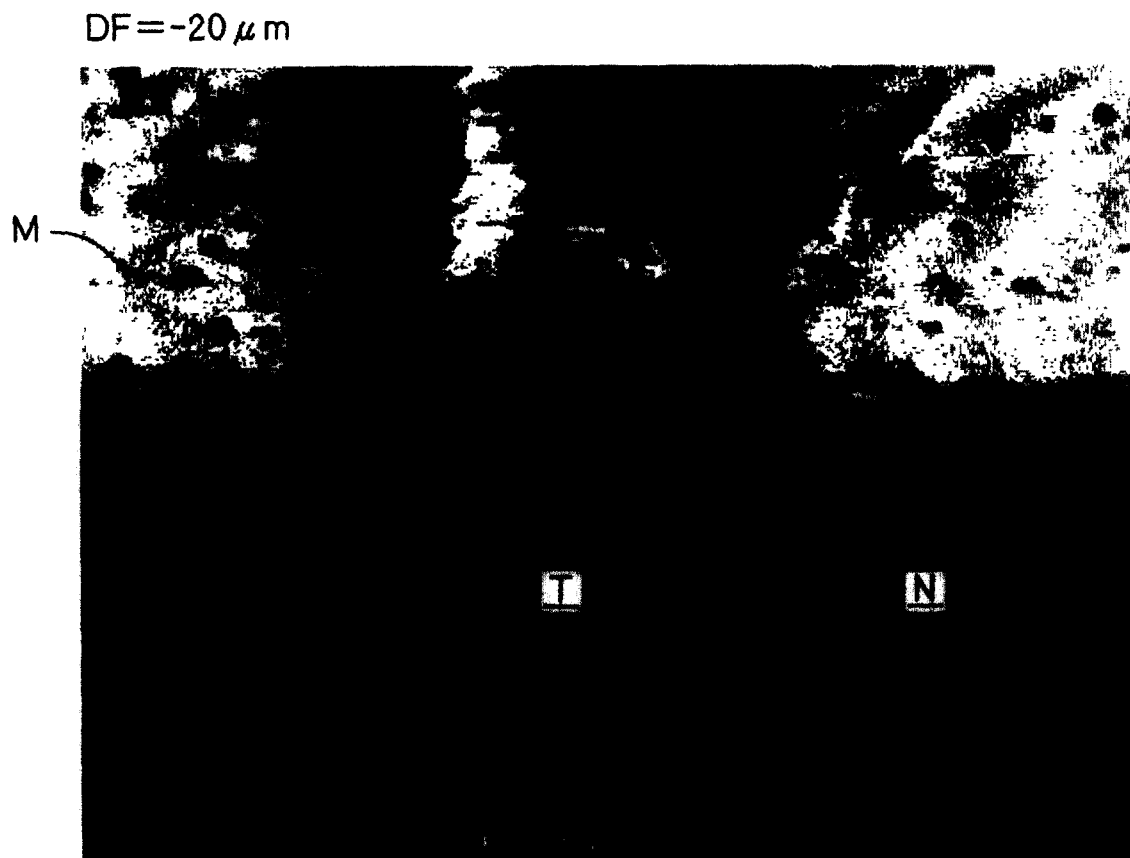


图8

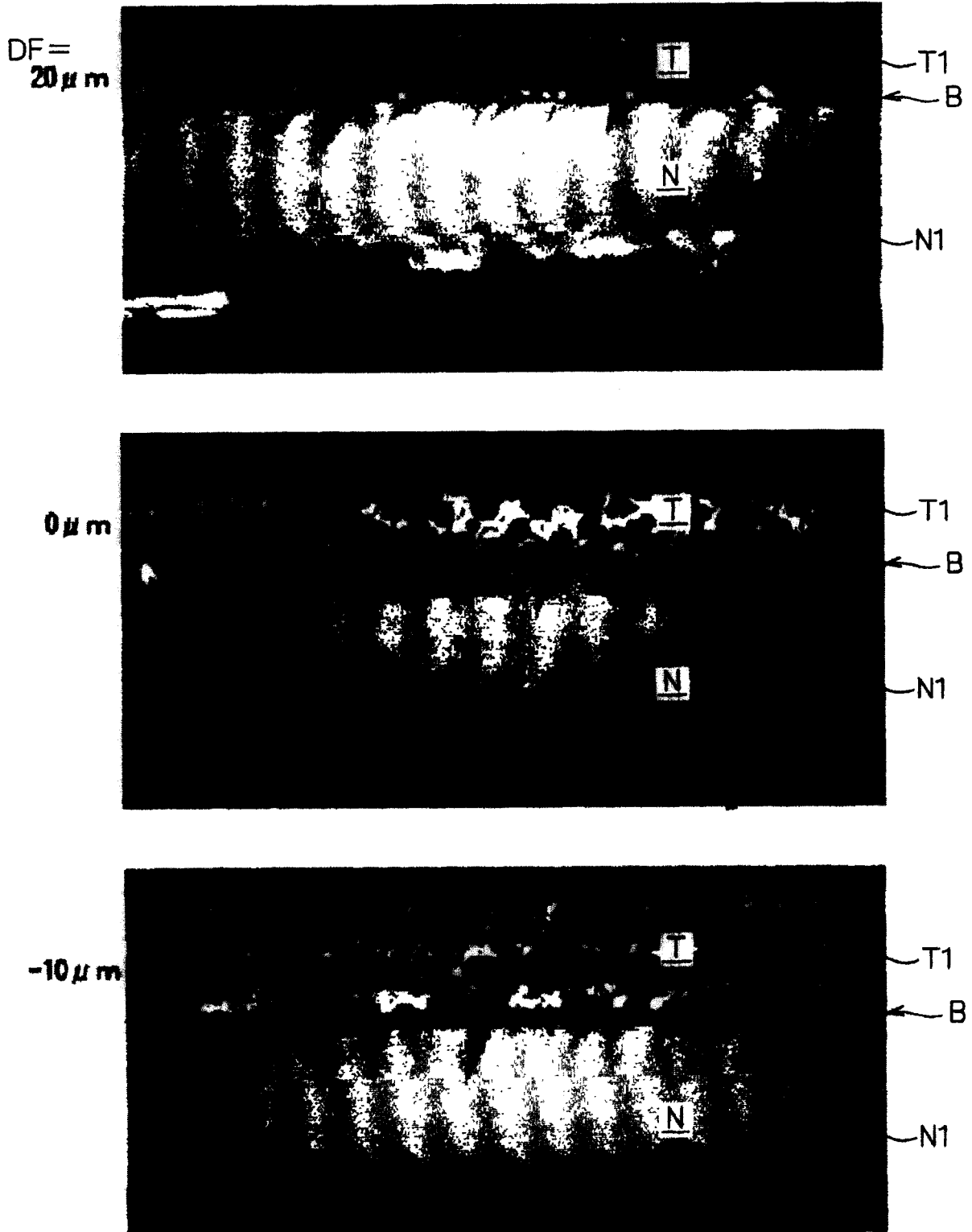


图9

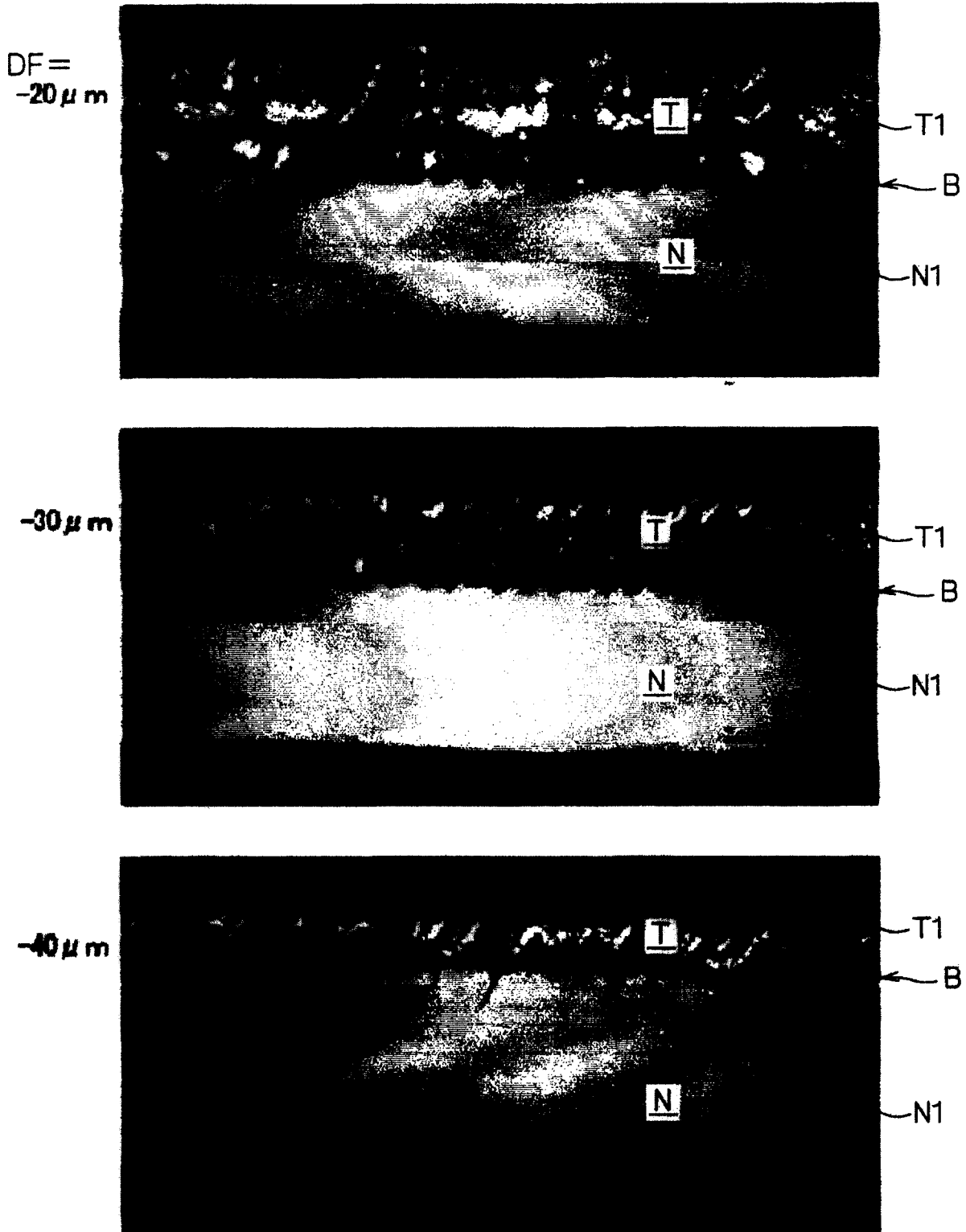


图10

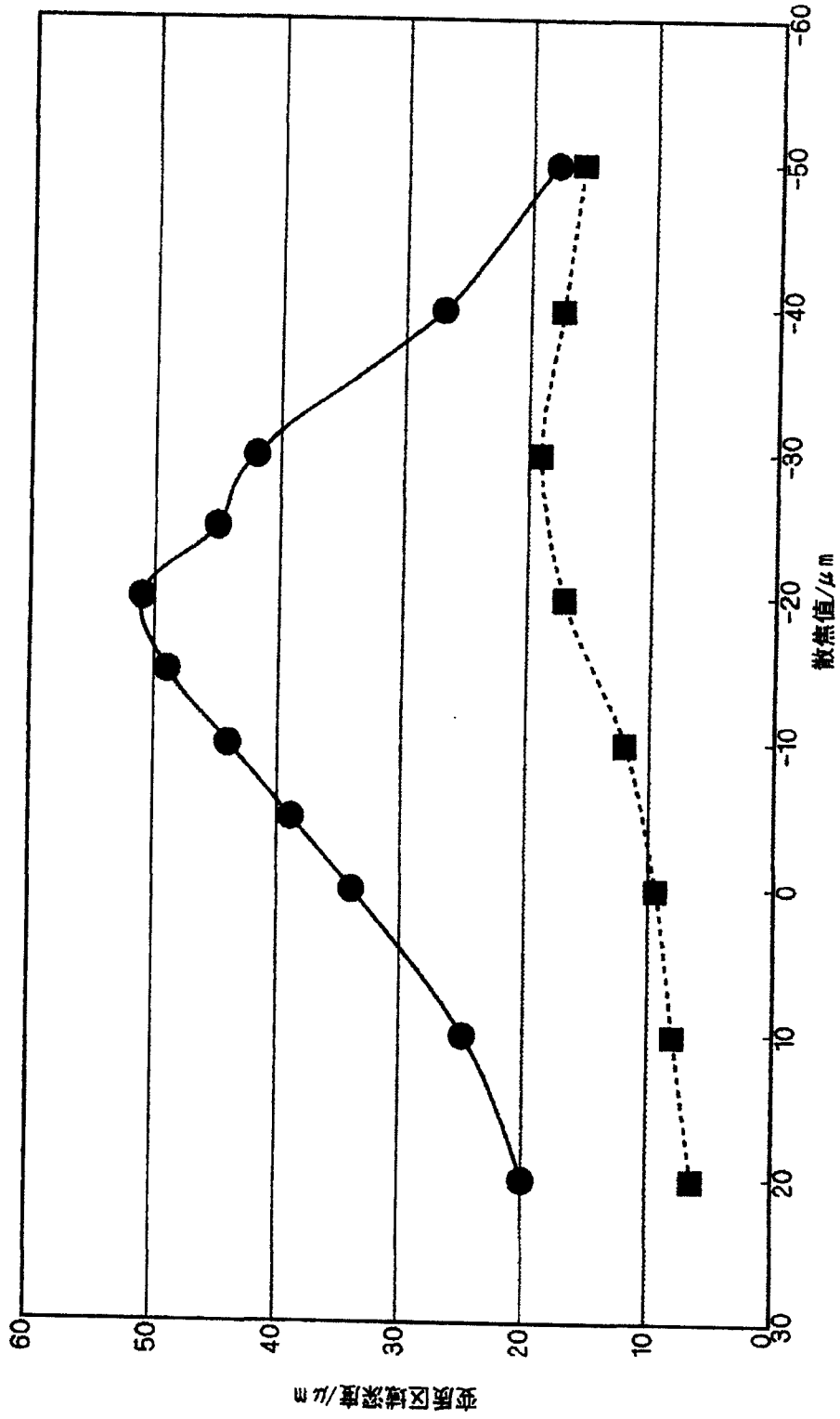


图11

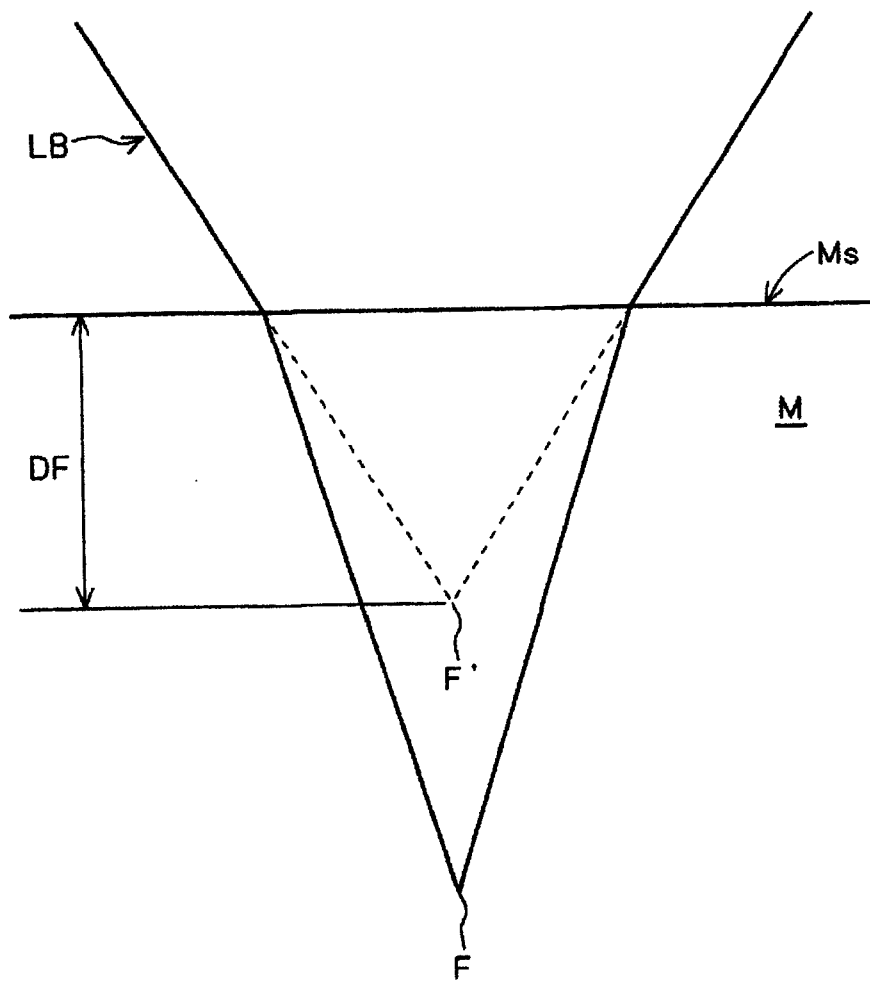


图12

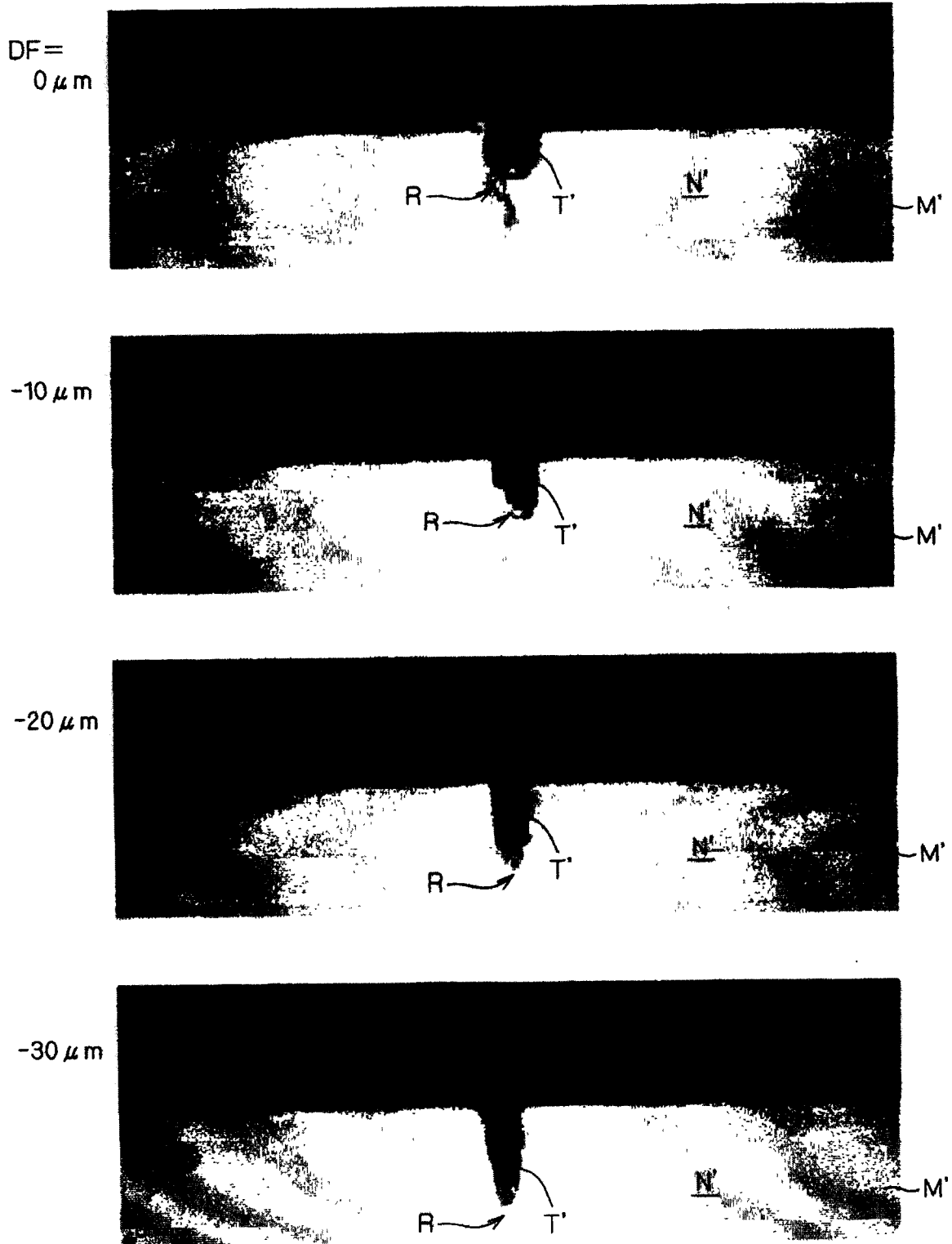


图13



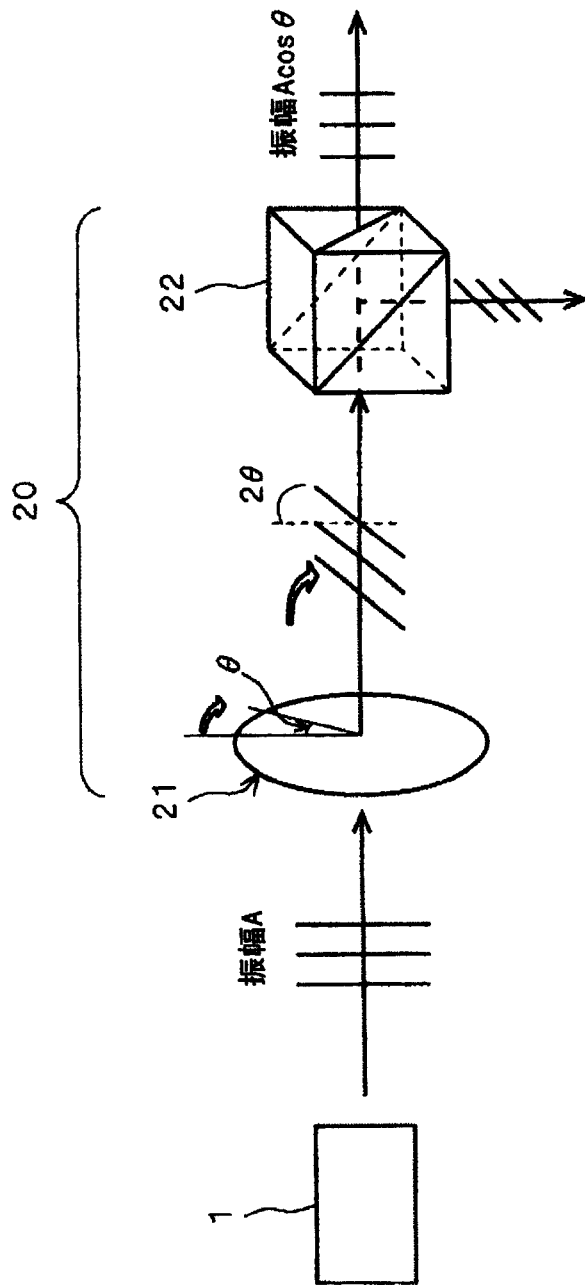


图14

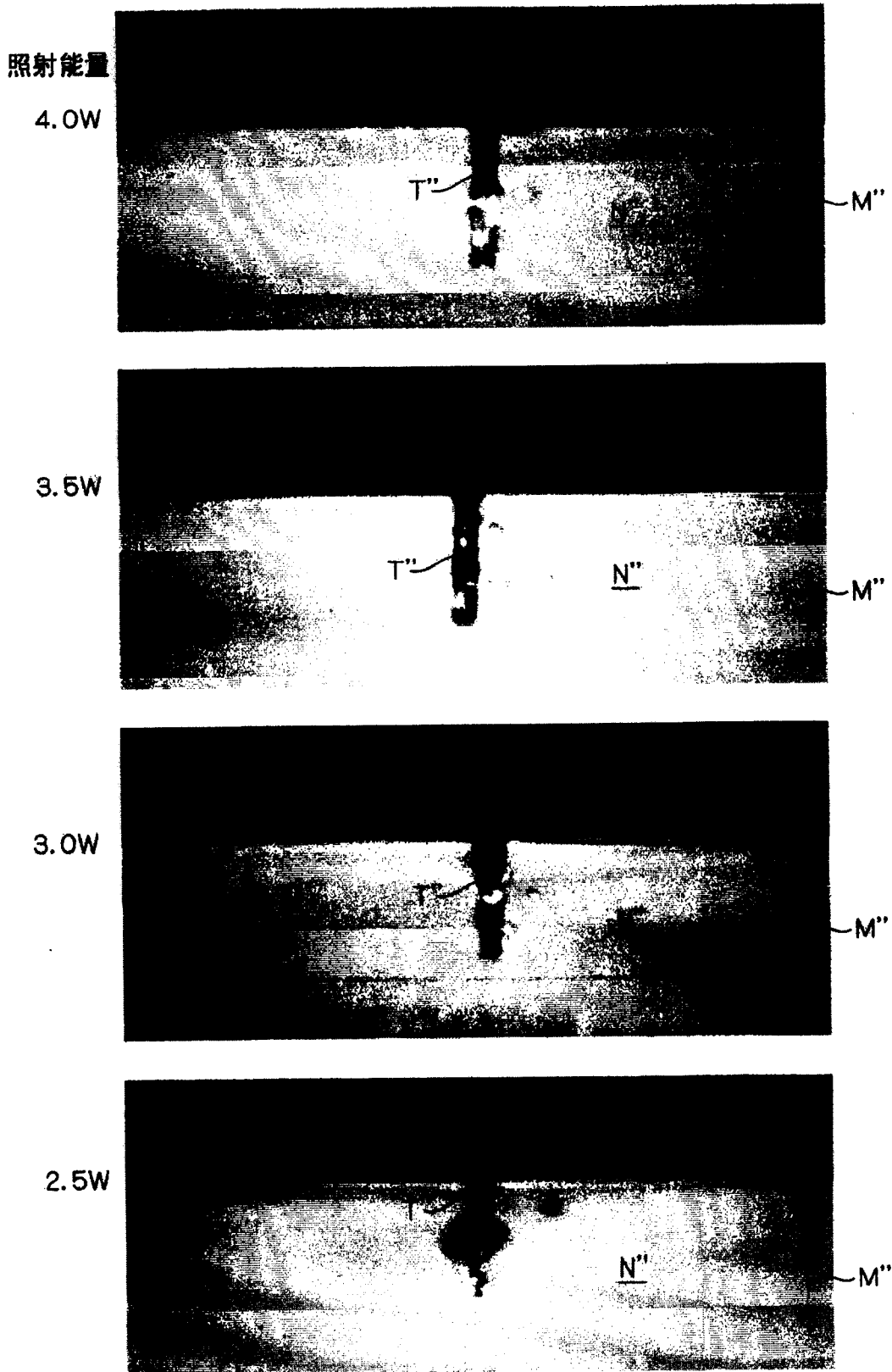


图15

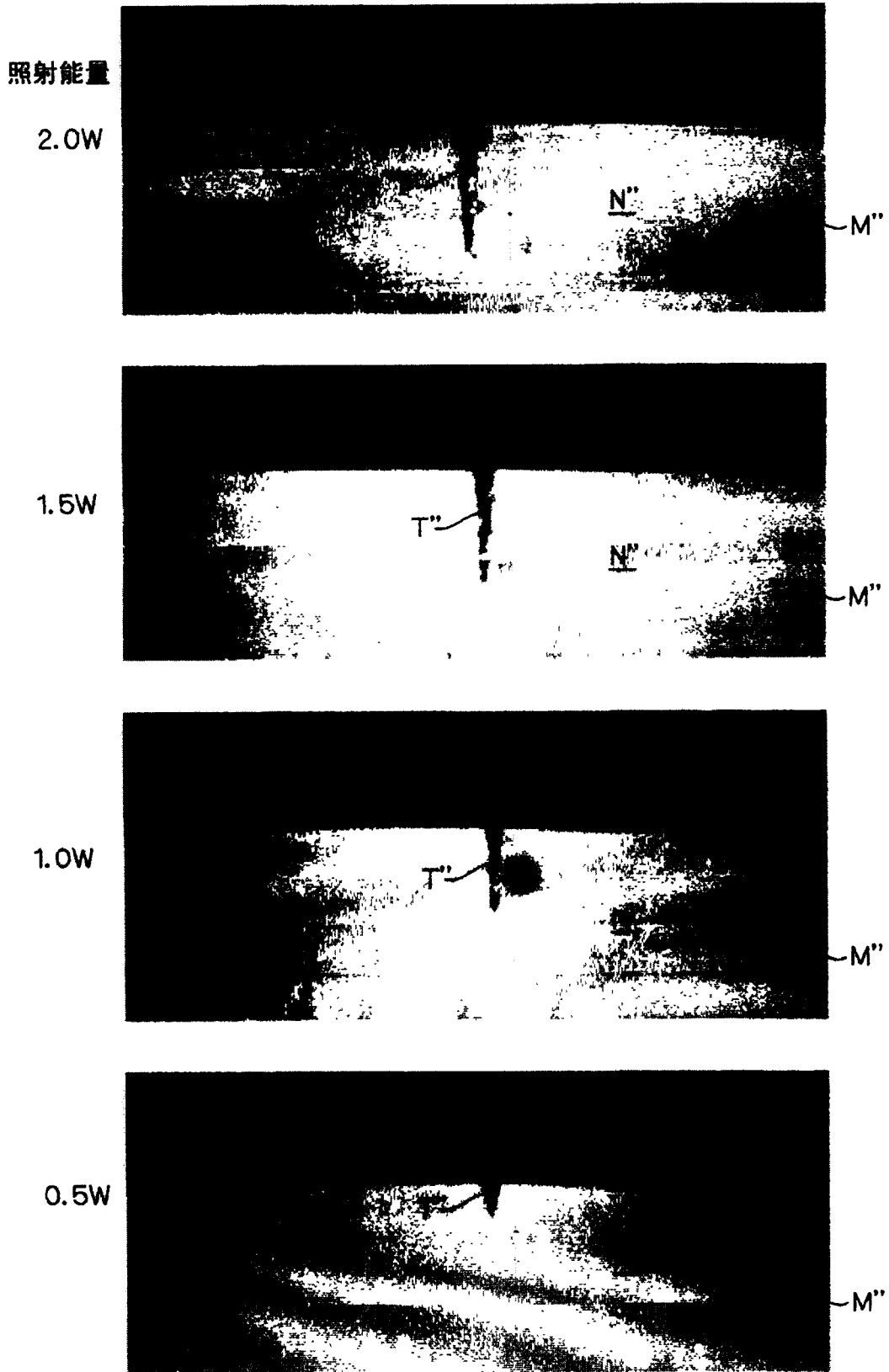


图16

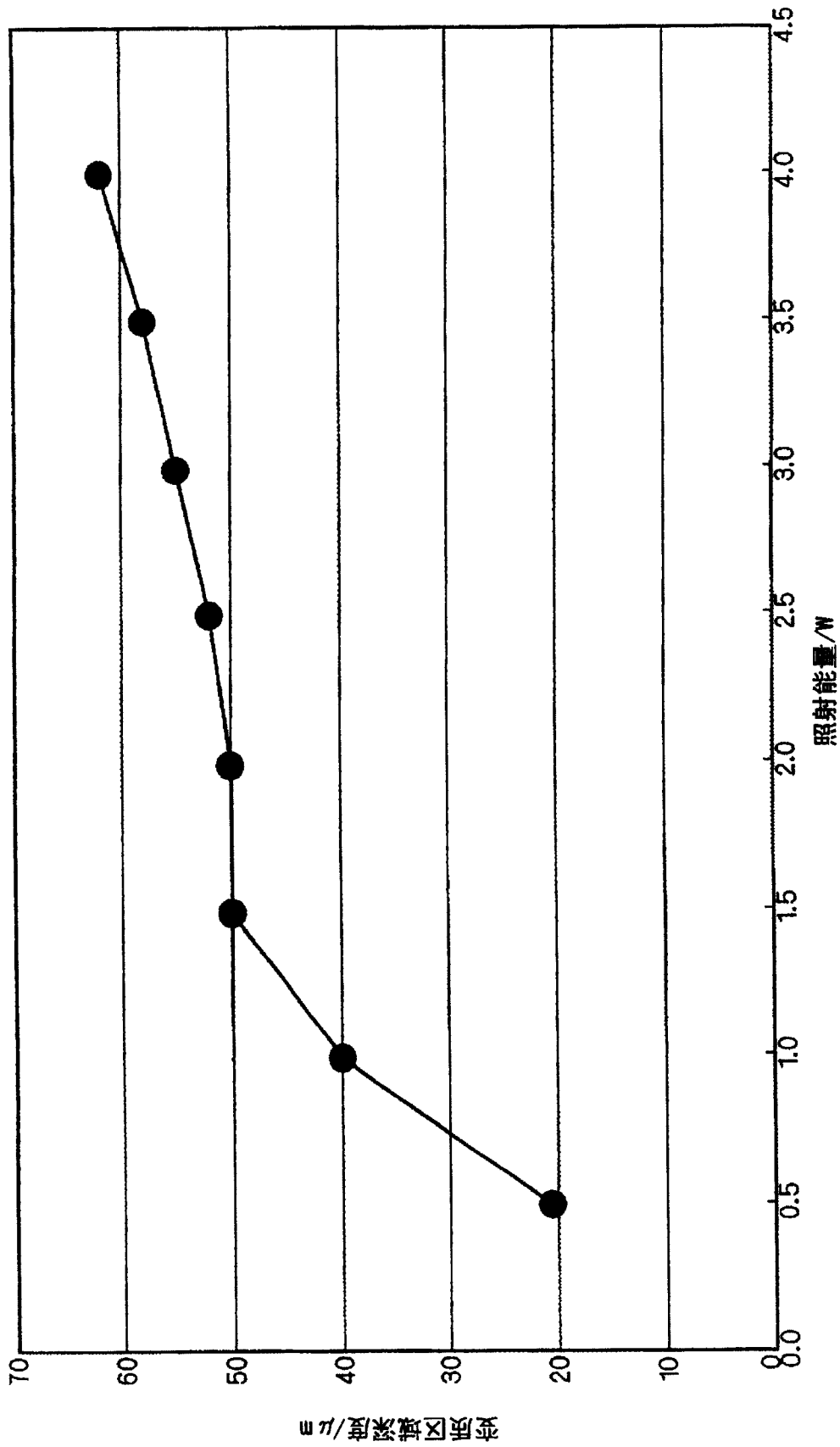


图17

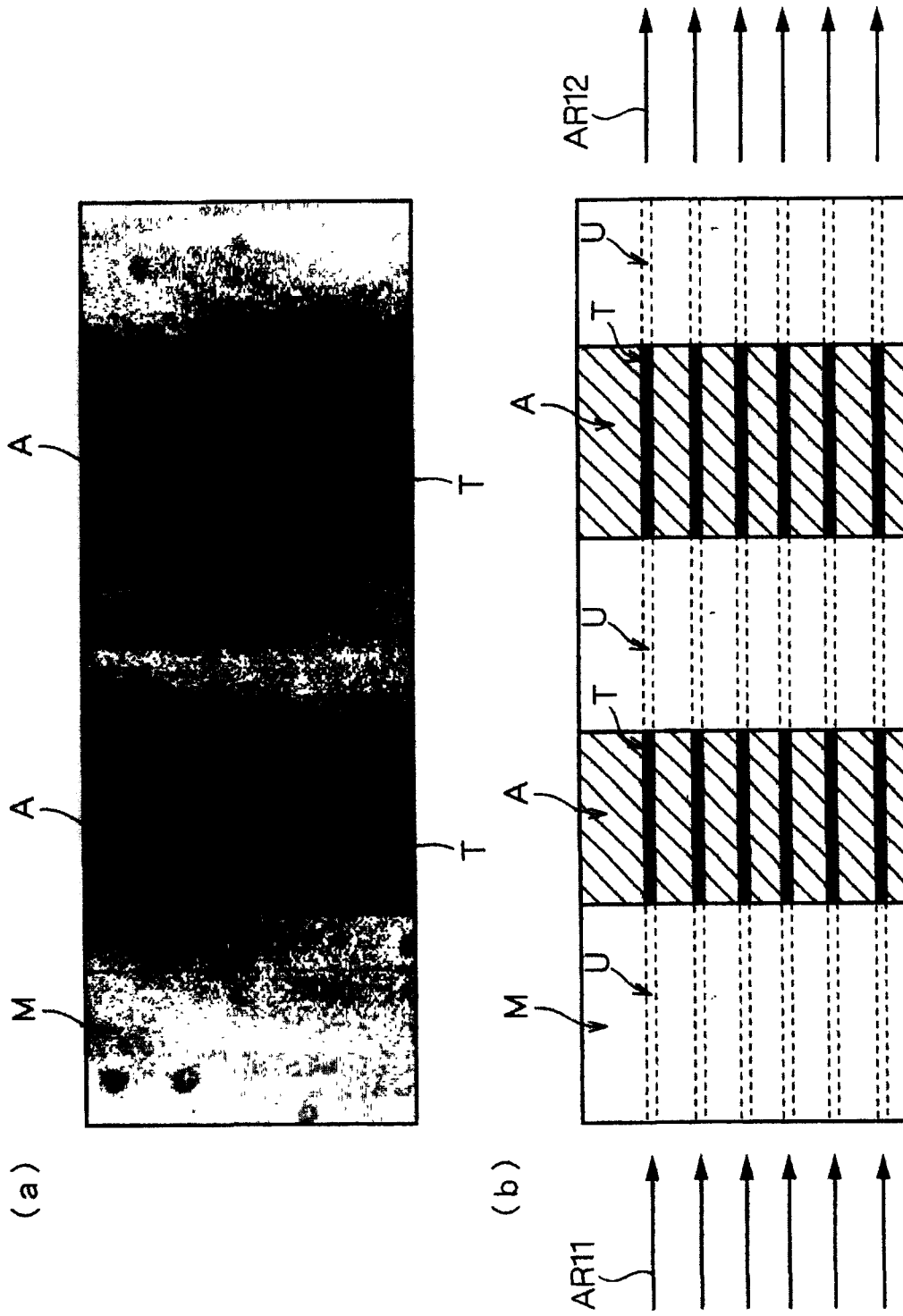


图18

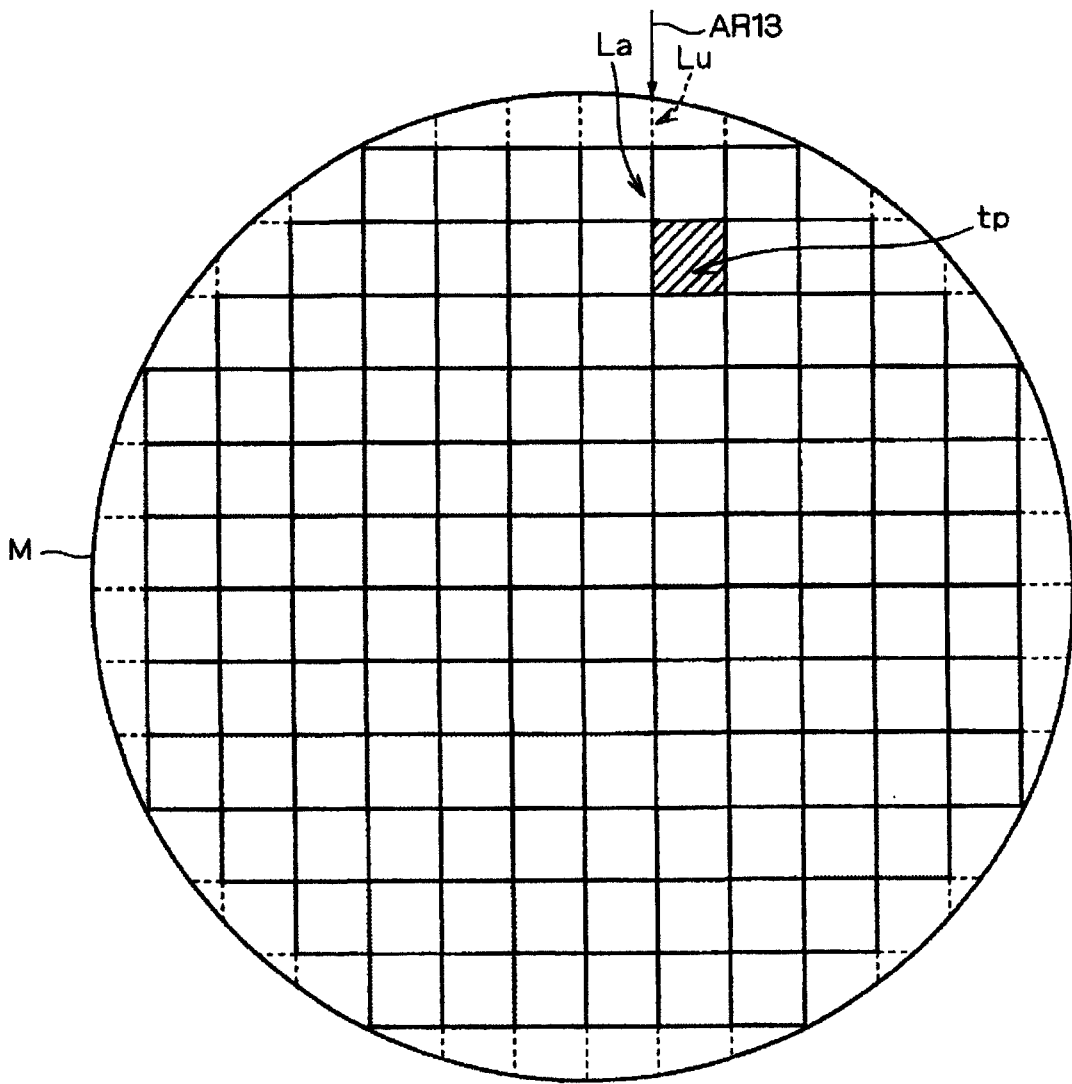


图19

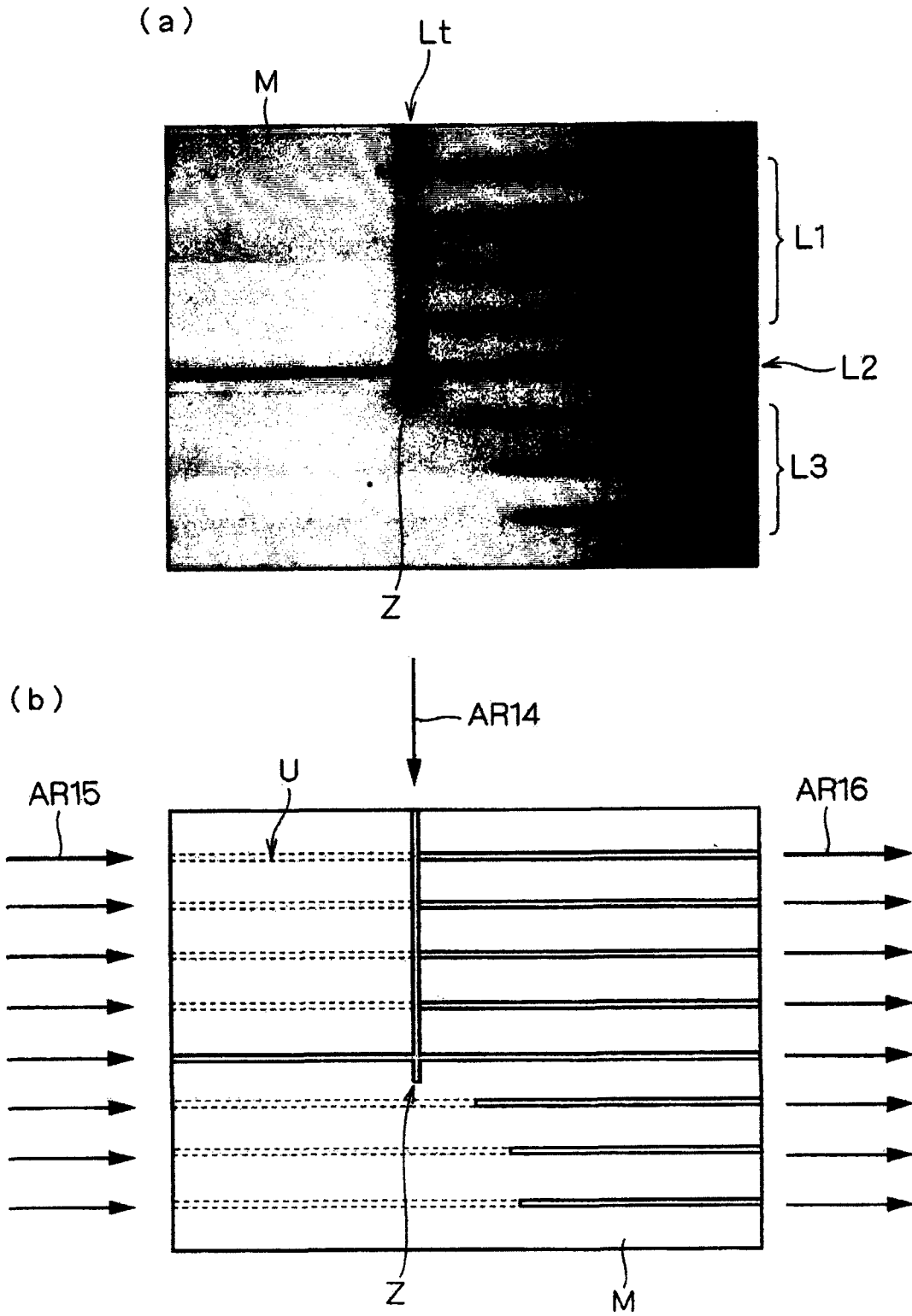


图20

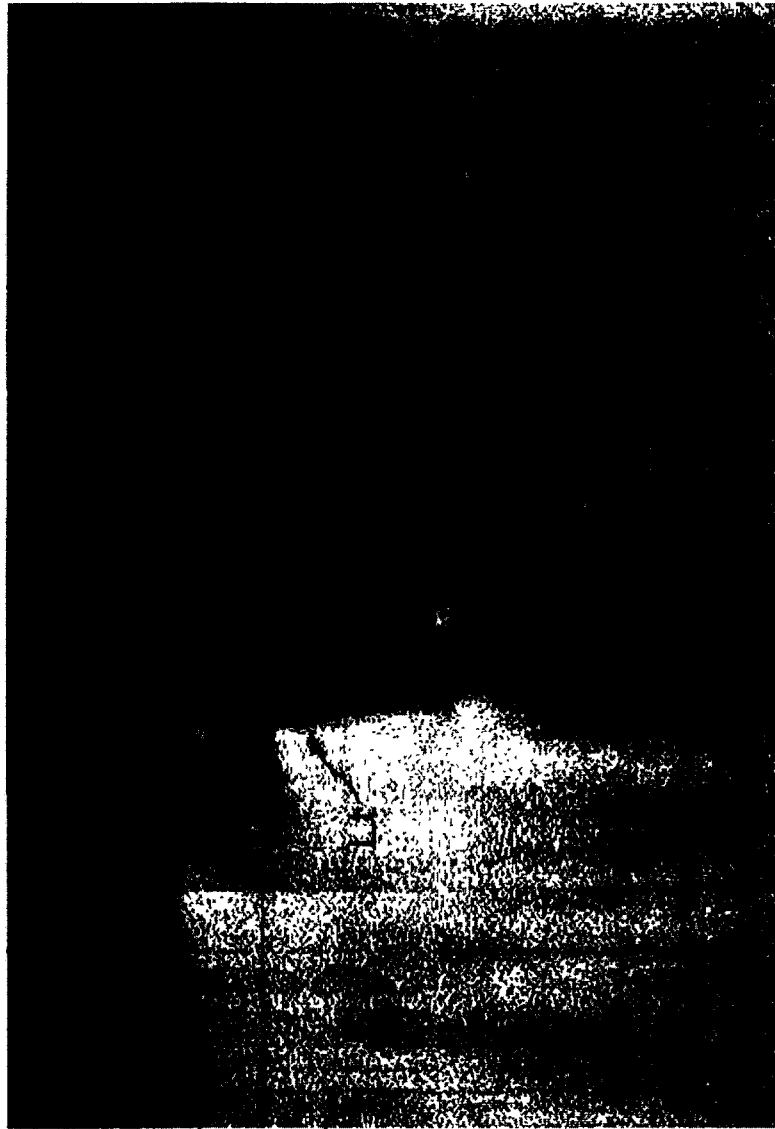


图21

U M



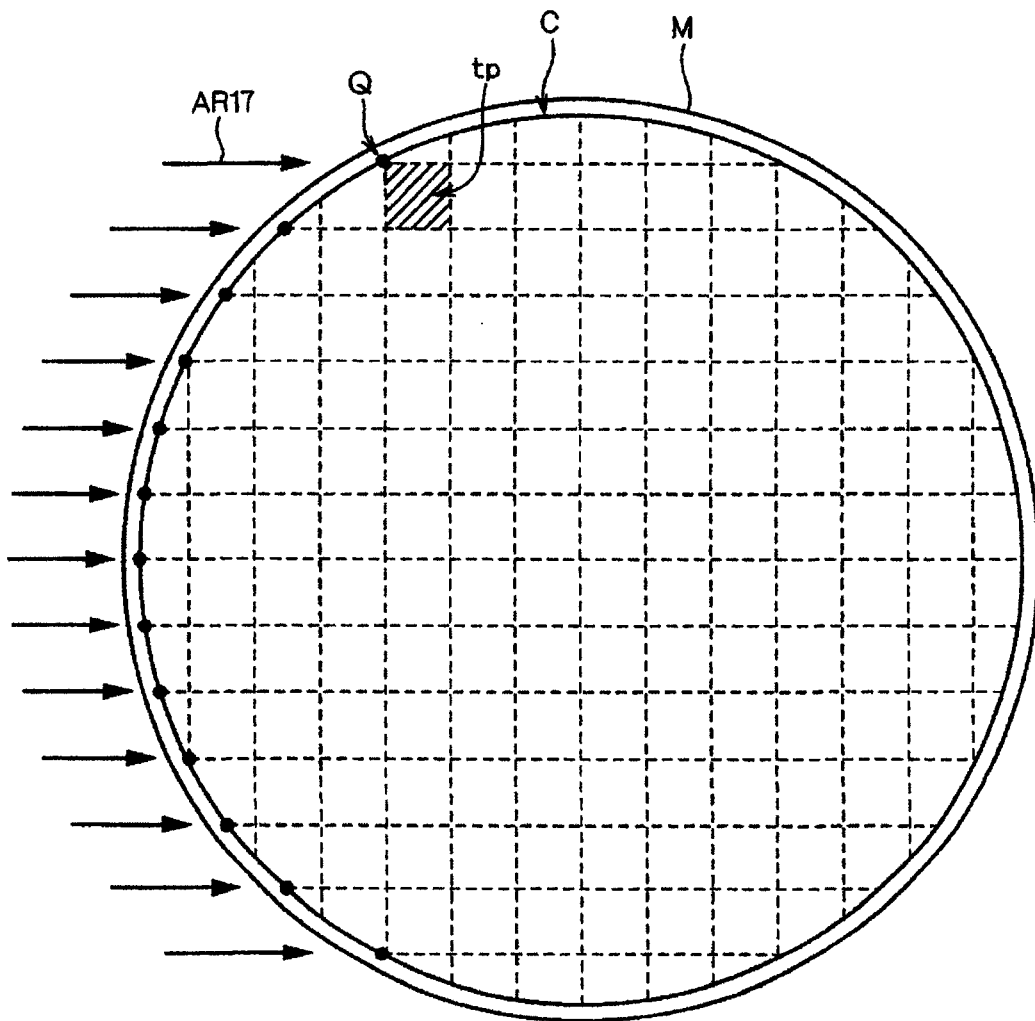


图22

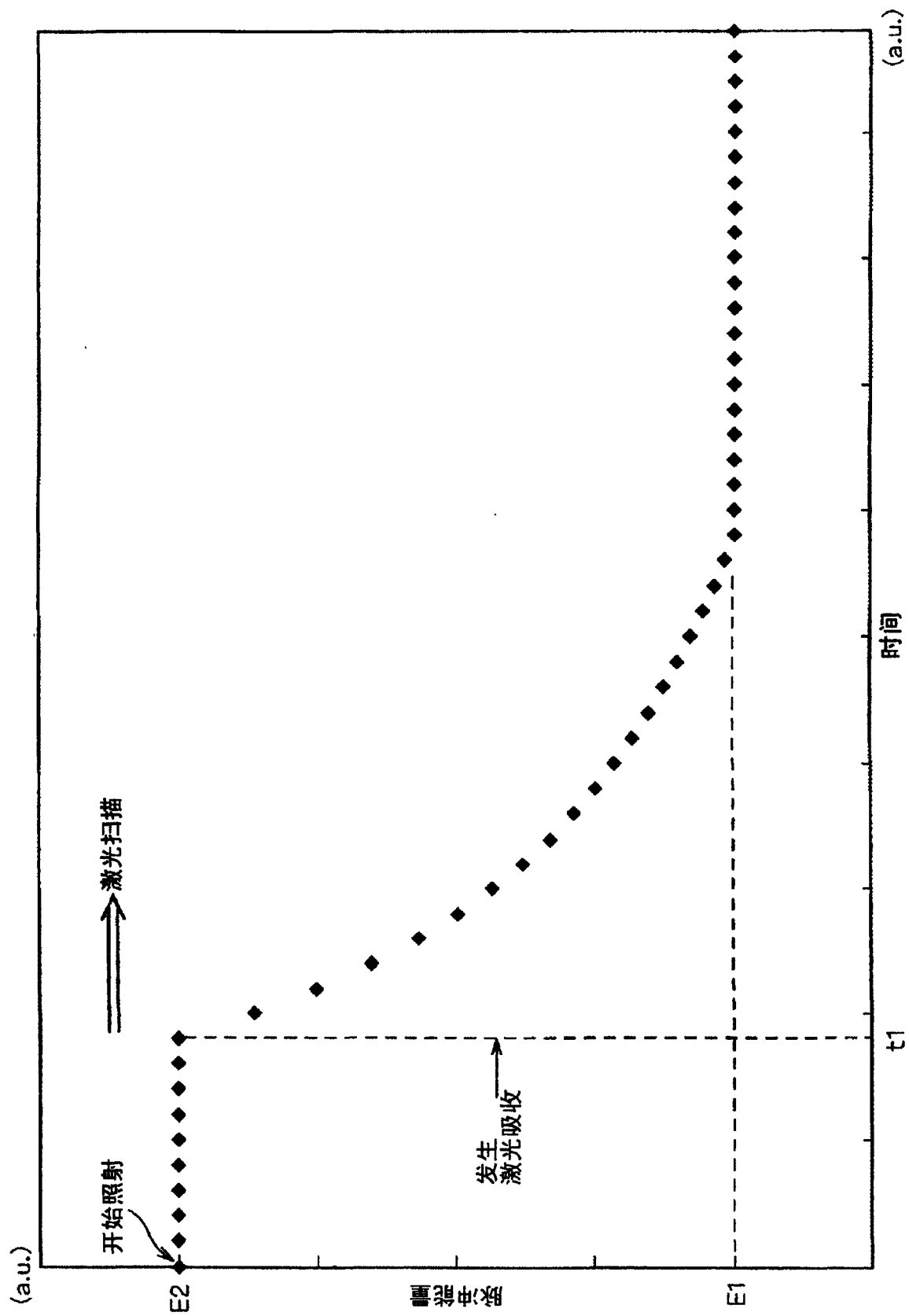


图23

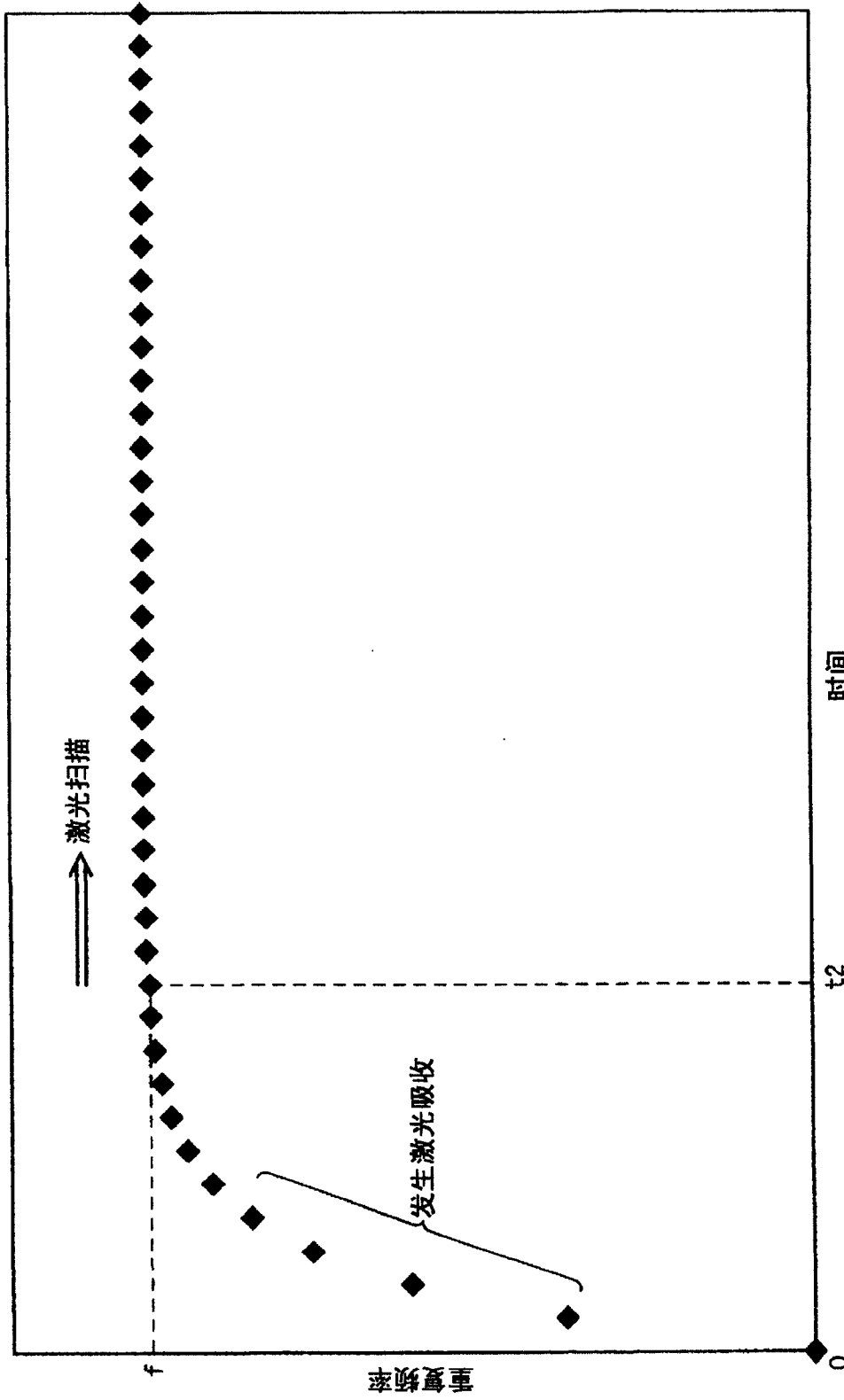


图24

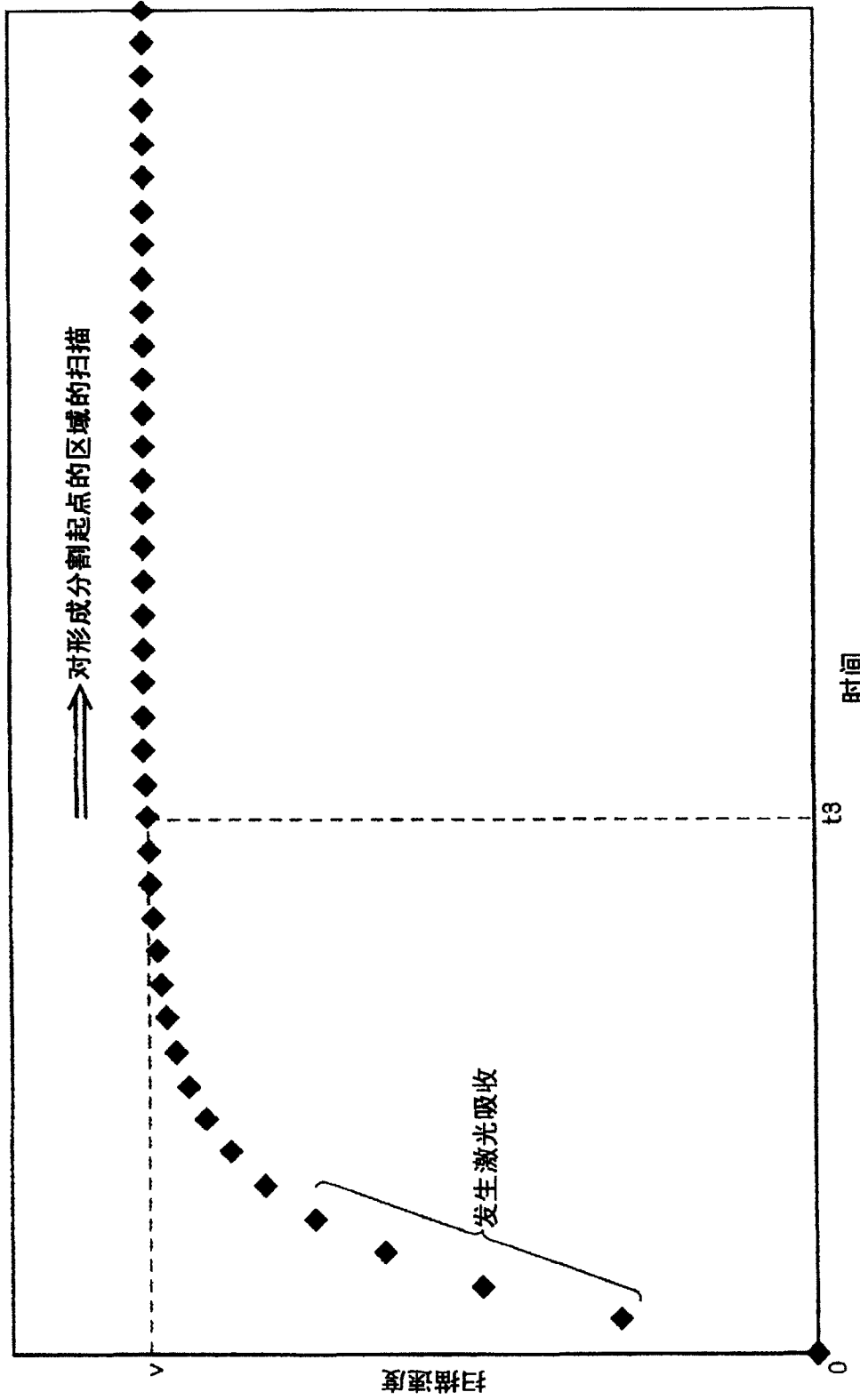


图25