

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03813191.9

G03F 7/20

D06M 10/00

B41J 2/447

H05K 3/00

H04N 1/036

[43] 公开日 2005 年 8 月 24 日

[11] 公开号 CN 1659479A

[22] 申请日 2003.4.9 [21] 申请号 03813191.9

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 10 [33] JP [31] 108554/2002

[32] 2002. 5. 23 [33] JP [31] 149884/2002

[32] 2002. 5. 23 [33] JP [31] 149885/2002

[32] 2002. 5. 23 [33] JP [31] 149886/2002

[32] 2002. 7. 8 [33] JP [31] 199091/2002

[32] 2002. 7. 8 [33] JP [31] 199092/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/004500 2003.4.9

[87] 国际公布 WO2003/085457 日 2003.10.16

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.7

[71] 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本神奈川县

共同申请人 富士能株式会社

[72] 发明人 石川弘美 永野和彦 冈崎洋二

藤井武 山川博充

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

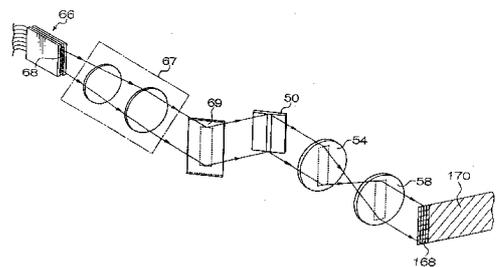
代理人 朱丹

权利要求书 5 页 说明书 59 页 附图 44 页

[54] 发明名称 曝光头及曝光装置和它的应用

[57] 摘要

本发明的曝光头及曝光装置，对于空间调制元件，将个数少于排列在其基板上的象素部的总个数的多个象素部分别利用根据曝光信息制成的控制信号来控制。由于不对排列在基板上的象素部的全部进行控制，因此所控制的象素部的个数变少，控制信号的传送速度加快。这样就可以加快激光的调制速度，从而可以实现高速曝光。作为激光装置，通过使用包括将激光合波而向光纤入射的合波激光光源的光纤阵列光源，可以获得高亮度、高输出，特别在半导体激光器中十分有效。另外，由于可以减少阵列化的光纤的条数，因此成本低，可以缩小阵列化时的发光区域。本发明的曝光装置可以应用于光造型装置等多种用途中。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种曝光头，是相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向被相对移
5 动的曝光头，其特征是，包括：

照射激光的激光装置；

空间光调制元件，在基板上 2 维排列有根据各个控制信号光调制状态
发生变化的多个像素部，对由所述激光装置照射的激光进行调制；

10 控制机构，通过根据曝光信息生成的控制信号对个数少于排列在所述
基板上的像素部的总个数的多个像素部分别进行控制；

光学系统，使在各像素部调制了的激光在曝光面上成像。

2. 根据权利要求 1 所述的曝光头，其特征是，由所述控制机构控制的
像素部是包含于与所述特定方向对应的方向的长度比与所述特定方向
交叉的方向的长度更长的区域中的像素部。

15 3. 根据权利要求 1 所述的曝光头，其特征是，将所述激光装置用如
下光源构成，即，具有将从光纤的入射端入射的激光从其出射端射出的多
个光纤光源，该多个光纤光源的出射端的各个发光点被排列成阵列状的光
纤阵列光源或排列成束状的光纤束光源。

20 4. 根据权利要求 3 所述的曝光头，其特征是，作为所述光纤，使用
芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

5. 根据权利要求 3 所述的曝光头，其特征是，将所述光纤光源设为
将激光合波而向光纤入射的合波激光光源。

6. 根据权利要求 5 所述的曝光头，其特征是，所述激光装置照射波
长为 350~450nm 的激光。

25 7. 根据权利要求 3 所述的曝光头，其特征是，所述光纤光源具有多
个半导体激光器、1 条光纤、将从所述多个半导体激光器中分别射出的激
光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统。

30 8. 根据权利要求 3 所述的曝光头，其特征是，所述光纤光源具有：
具备多个发光点的多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个发光点中分别
射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系

统。

9. 根据权利要求 3 所述的曝光头，其特征是，所述光纤光源具有：
具备多个发光点的多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个多空腔激光器的
所述多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的
5 入射端结合的聚光光学系统。

10. 根据权利要求 1 所述的曝光头，其特征是，作为所述空间调制元
件，采用在基板上 2 维排列有根据各个控制信号反射面的角度可以发生变
化的多个微镜而构成的微镜装置、或在基板上 2 维排列有根据各个控制信
号可以阻断透过光的多个液晶单元而构成的液晶快门阵列。

10 11. 根据权利要求 1 所述的曝光头，其特征是，在所述激光装置和所
述空间调制元件之间，配置使来自所述激光装置的激光成为平行光的校准
透镜以及光量分布修正光学系统，

所述光量分布修正光学系统可以按照使周边部的光束宽度与接近光
轴的中心部的光束宽度的比在出射侧一方小于入射侧的方式，使各出射位
15 置的光束宽度变化，并按照使被所述校准透镜平行光化的激光的光量分布
在所述空间调制元件的被照射面上近似均一的方式进行修正。

12. 一种曝光装置，其特征是，具有曝光头和移动机构，

所述曝光头包括：照射激光的激光装置，在基板上 2 维排列有根据各
个控制信号光调制状态发生变化的多个像素部、对由所述激光装置照射的
20 激光进行调制的空间光调制元件，通过根据曝光信息生成的控制信号来分
别控制个数少于排列在所述基板上的像素部的总个数的多个像素部的控
制机构，使在各像素部调制的激光在曝光面上成像的光学系统；

所述移动机构使该曝光头相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向相
对移动。

25 13. 一种曝光头，是相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向被相对移
动的曝光头，其特征是，包括：

具有多个发光点的光源、

在基板上 2 维排列有根据各个控制信号反射面的角度可以发生变化的
多个微镜而构成的微镜装置、

30 将个数少于排列在所述基板上的微镜的总个数并且包含在与所述特

定方向对应的方向的长度大于与所述特定方向交叉的方向的长度的区域中的多个微镜的各自的反射面的角度，通过根据曝光信息生成的控制信号来控制的控制机构、

使以微镜反射的光在曝光面上成像的光学系统。

5 14. 根据权利要求 13 所述的曝光头，其特征是，包含于所述区域中的多个微镜的与所述特定方向交叉的方向的个数在 10 以上 200 以下。

15. 一种曝光头，是相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向被相对移动的曝光头，其特征是，包括：

具有多个发光点的光源；

10 在与所述特定方向对应的方向的长度大于与所述特定方向交叉的方向的长度的基板上，2 维排列有根据各个控制信号反射面的角度可以发生变化的多个微镜而构成的微镜装置；

将所述多个微镜的各自的反射面的角度通过根据曝光信息生成的控制信号来控制的控制机构；

15 使以微镜反射的光在曝光面上成像的光学系统。

16. 一种光造型装置，其特征是，具有曝光头以及移动机构，

20 所述曝光头包括：收容光固化性树脂的造型槽、可以升降地设于该造型槽内的用于支撑造型物的支撑台、照射激光的激光装置、在基板上 2 维排列有根据各个控制信号光调制状态发生变化的多个像素部并对由所述激光装置照射的激光进行调制的空间光调制元件、对个数少于排列在所述基板上的像素部的总个数的多个像素部分别通过根据曝光信息生成的控制信号来控制的控制机构、使在各像素部调制后的激光在收容于所述造型槽中的光固化性树脂的液面上成像的光学系统；

所述移动机构使该曝光头相对于所述光固化性树脂的液面相对移动。

25 17. 根据权利要求 16 所述的光造型装置，其特征是，将所述激光装置用具备将向光纤的入射端合波入射的激光从其出射端射出的多个光纤光源，并且该多个光纤光源的出射端的各个发光点被排列为阵列状的光纤阵列光源或被排列为束状的光纤束光源构成。

18. 一种光造型装置，其特征是，具有曝光头以及移动机构，

30 所述曝光头包括：收容通过光照射而烧结的粉末的造型槽、可以升降

地设于该造型槽内的用于支撑造型物的支撑台、照射激光的激光装置、在基板上2维排列有根据各个控制信号光调制状态发生变化的多个象素部并对由所述激光装置照射的激光进行调制的空间光调制元件、对个数少于排列在所述基板上的象素部的总个数的多个象素部分别通过根据曝光信息生成的控制信号来控制的控制机构、使在各象素部调制后的激光在收容于所述造型槽中的粉末的表面上成像的光学系统；

所述移动机构使该曝光头相对于所述粉末的表面相对移动。

19. 根据权利要求 18 所述的光造型装置，其特征是，将所述激光装置用具备将向光纤的入射端合波入射的激光从其出射端射出的多个光纤光源，并且该多个光纤光源的出射端的各个发光点被排列为阵列状的光纤阵列光源或被排列为束状的光纤束光源构成。

20. 根据权利要求 18 所述的光造型装置，其特征是，所述激光装置被脉冲驱动。

21. 根据权利要求 20 所述的光造型装置，其特征是，所述激光装置被以 1psec~100nsec 的脉冲宽度脉冲驱动。

22. 一种微小流路的形成方法，其特征是，具有：

将形成于基板上的抗蚀膜用与微小流路的形成图案对应地被空间调制了的波长 350nm~450nm 的激光进行曝光的曝光工序、

根据曝光图案部分地除去所述抗蚀膜而形成特定图案的抗蚀膜的图案化工序、

使用所述特定图案的抗蚀膜将所述基板从表面蚀刻除去而形成微小流路的蚀刻工序。

23. 根据权利要求 22 所述的微小流路的形成方法，其特征是，在形成槽宽度 10 μ m~50 μ m 的微小流路的情况下，将所述抗蚀膜的膜厚设为 10 μ m~100 μ m。

24. 根据权利要求 22 所述的微小流路的形成方法，其特征是，所述激光从合波激光光源中射出，所述合波激光光源具有多个半导体激光器、1 条光纤、以及将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统。

25. 根据权利要求 24 所述的微小流路的形成方法，其特征是，作为

所述光纤，使用了芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

26. 根据权利要求 22 所述的微小流路的形成方法，其特征是，所述激光被向在基板上排列有根据各个控制信号光调制状态可以发生变化的多个象素部的空间光调制元件照射，并在该空间光调制元件的各象素部调制。

27. 一种漂白处理装置，其特征是，具备：使在染色前的纤维上浸渍含有氧化剂或还原剂的药液的药液浸渍机构、以及激光照射机构，

所述激光照射机构具备具有多个半导体激光器、1 条光纤及将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的合波激光光源，并对浸渍了所述药液的布脉冲照射波长 200nm~450nm 的激光。

28. 根据权利要求 27 所述的漂白处理装置，其特征是，所述激光照射机构照射波长 350nm~450nm 的激光。

29. 一种漂白处理装置，其特征是，具备：

使在染色前的纤维上浸渍含有氧化剂或还原剂的药液的药液浸渍机构、以及激光照射机构，

所述激光照射机构具备具有多个发光点的半导体激光器、1 条光纤及将从具有所述多个发光点的半导体激光器的多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的合波激光光源，并对浸渍了所述药液的布脉冲照射波长 200nm~450nm 的激光。

30. 根据权利要求 29 所述的漂白处理装置，其特征是，所述激光照射机构照射波长 350nm~450nm 的激光。

曝光头及曝光装置和它的应用

5

技术领域

本发明涉及曝光头及曝光装置和它的应用，特别涉及用与图像数据对应地被空间光调制元件调制了的光束将感光材料曝光的曝光头、具有该曝光头的曝光装置、应用了该曝光装置的光造型装置及叠层造型装置及漂白处理装置和使用该曝光装置的微小流路的形成方法。

10

背景技术

以往提出有利用数字·微镜·装置（DMD）等空间光调制元件以与图像数据对应地调制的光束进行图像曝光的曝光装置。

15

例如，DMD 是反射面的角度与控制信号对应地变化的多个微镜在硅等半导体基板上被 2 维地排列的反射镜装置，使用该 DMD 的曝光装置如图 15（A）所示，由照射激光的光源 1、校准由光源 1 照射的激光的透镜系统 2、配置在透镜系统 2 的大约焦点位置上的 DMD3、将被 DMD3 反射的激光成像于扫描面 5 上的透镜系统 4、6 构成。

20

所述的曝光装置中，根据与图像数据等对应地产生的控制信号，用未图示的控制装置对 DMD3 的微镜分别进行开关控制而将激光调制，用调制了激光进行图像曝光。

25

但是，通常所使用的 DMD 在基板上沿主扫描方向大约 2 维排列有 80 个微镜、沿副扫描方向大约 2 维排列有 600 个微镜而构成，在用相当于 1 个像素的 1 个微镜将激光调制时需要花费 100~200 μ sec 的时间。

30

所以，例如在使排列在主扫描方向上的多个曝光头沿副扫描方向连续地移动的同时，每一个主扫描线用 200 μ sec 调制，其间使曝光头沿副扫描方向移动 2 μ m 时，则要将 500mm² 的区域曝光就需要 50 秒左右的时间。即，由于 DMD 调制速度慢，因此就有使用 DMD 作为空间调制元件的曝光头难以进行高速的曝光的问题。

发明内容

本发明是为了解决所述问题而完成的，本发明的第1目的在于，提供
5 加快空间光调制元件的调制速度而可以进行高速曝光的曝光头及曝光装置。

另外，近年来，随着3维CAD（计算机辅助设计）系统的普及，如
下的光造型系统得到利用，即，将利用3维CAD在计算机上的假想空间
中作成的3维形状基于CAD数据用光束对光固化性树脂进行曝光而对3
维模型进行造型。该光造型系统中，在计算机上将CAD数据以特定间隔
10 切分而作成多个截面数据，基于各截面数据用激光扫描液状的光固化性树脂
的表面而使之固化为层状，将树脂固化层依次层叠而对3维模型造型。
作为光造型方法，如下的自由液面法已经被广泛知晓，即，在上方开放型
的槽内贮存液状的光固化性树脂，在使配置于光固化性树脂的液面附近的
造型台从树脂的自由液面依次下沉的同时，层叠树脂固化层。

一直以来，在该光造型系统中使用的光造型装置中，如「丸谷洋二：
光造型系统的基础·现状·问题点·成型技术、第7卷第10号、pp18—23、1992」
15 中所示，有利用激光绘图机方式进行扫描的装置和利用可动反射镜方式进
行扫描的装置。

将利用激光绘图机方式的光造型装置表示在图30中。该装置中，由
20 激光光源250激发的激光穿过具有快门252的光纤254而到达XY绘图机
256，从XY绘图机256向容器260内的光固化性树脂262的液面266照
射。另外，利用具有X定位机构258a和Y定位机构258b的XY定位机构
258，控制XY绘图机256的X方向、Y方向的位置。所以，通过在使XY
绘图机256沿X方向、Y方向移动的同时，利用快门252对由XY绘图机
25 256照射的激光与截面数据对应地进行开关控制，就可以使液面266的特定
部分的光固化性树脂262固化。

但是，利用激光绘图机方式的光造型装置中，在快门速度或绘图机的
移动速度上有限制，因而有在造型中需要较长时间的问题。

另外，将使用了以往的光调幅器·反射镜的可动反射镜方式的光造型装
30 置表示在图31中。该装置中，激光270被X轴旋转反射镜272、Y轴旋

转反射镜 274 反射而向光固化性树脂 262 照射。X 轴旋转反射镜 272 通过将 Z 轴作为旋转轴而旋转来控制照射位置的 X 方向的位置, Y 轴旋转反射镜 274 通过将 X 轴作为旋转轴而旋转来控制照射位置的 Y 方向的位置。该可动反射镜方式与激光绘图机方式相比, 可以提高扫描速度。

5 但是, 在利用可动反射镜方式的光造型装置中, 由于用微小的激光点进行扫描, 因此即使进行例如 2~12m/s 的高速扫描, 在 10 立方厘米左右的 3 维模型的造型中也需要 8~24 小时的时间, 因而在造型中需要很长时间。另外, 激光 270 由于只在以特定范围的角度入射 Y 轴旋转反射镜 274 的情况下被反射, 因此照射区域受到限定。所以, 当为了拓宽照射区域, 10 将 Y 轴旋转反射镜 274 配置在离开光固化性树脂 262 的较高的位置上时, 激光点的直径就会变大而使定位精度变差, 从而有造型精度降低的问题。另外, 即使在将 Y 轴旋转反射镜 274 的旋转角度增大的情况下, 虽然照射范围扩大, 但是同样地定位精度变差, 针尖缓冲错误 (pin cushion error) 增加。另外, 在使用了调幅器·反射镜的光造型装置中, 变形修正或光轴调整 15 等光学系统的调整十分复杂, 从而还有光学系统复杂而装置整体大型化的问题。

另外, 在利用任意一种方式的光造型装置中, 都使用高输出的紫外线激光光源作为激光光源, 以往虽然一般为利用氩气激光器等气体激光器或 THG (第 3 高频) 的固体激光器, 但是气体激光器除了管子的更换等维护 20 十分麻烦以外, 价格高昂, 使得光造型装置的价格提高, 需要冷却用的冷却器等附带装置, 装置整体大型化。在 THG 固体激光中, 为 Q 开关的脉冲动作, 循环速度慢, 不适于高速曝光。另外, 由于使用 THG 光, 波长转换效率变差, 无法实现高输出化, 除此以外, 必须使用高输出的激光作为激发半导体激光, 因此成本非常高。

25 鉴于该问题, 在特开平 11-138645 号公报中, 提出如下的光造型装置, 即, 具有可以用比单一的像素更大的尺寸的点照射曝光区域的光源, 利用多个光源将像素多重曝光。该装置中, 由于利用多个光源将像素多重曝光, 因此各个光源的输出较小亦可, 所以就可以将廉价的发光二极管 (LED) 作为光源使用。

30 但是, 特开平 11-138645 号公报中记述的光造型装置中, 由于各光

源的点尺寸大于单一的像素，因此在高精细的造型中无法使用，另外，由于利用多个光源对象素进行多重曝光，因此在动作中浪费较多，从而有在造型中需要很长时间的问题。另外，由于光源的数目增加，因此还有曝光部大型化的问题。而且，即使用 LED 的输出光量进行多重曝光，也有可能无法获得充分的分辨率。

本发明是鉴于所述以往技术的问题而完成的，本发明的第2目的在于，提供可以实现高速造型的光造型装置。另外，本发明的第3目的在于，提供可以实现高精细的造型的光造型装置。

作为在使用光固化性树脂的叠层造型装置之后被开发的现在被广泛利用的快速原型造型系统，已知有粉末烧结叠层造型装置。在粉末煅烧叠层造型装置中，基于在计算机上制作的3维模型的截面数据，用激光扫描粉末体的表面。反复进行通过用激光的扫描将粉末体逐次熔融、烧结，使粉末体固化的处理。利用该处理的反复进行，制造出由被层叠的粉末烧结体构成的3维模型。

粉末烧结的叠层造型装置可以选择多种多样的材料，不仅可以直接制作富于韧性的功能评价模型或精密制造图案·铸模，而且可以直接制作配件或金属部件，具有其利用范围广的优点。另外，该叠层造型装置与叠层造型装置相比，装置价格更加廉价，成型速度也比较快速，因此作为设计模型确认用的用途十分稳定。

但是，粉末烧结的叠层造型装置中，由于也使用调幅器反射镜等可动反射镜方式及作为光源使用输出高输出的红外线的 CO₂ 激光（波长 10.6 μ m）及 YAG 激光（波长 1.06 μ m）等气体激光及固体激光，因此具有与在所述叠层造型装置中使用它们时相同的问题。另外，束点直径增大，析像度降低。另外，由于为长波长，因此束的扩展角度变大，无法获得足够的焦点深度。

本发明是鉴于所述以往技术的问题而完成的，本发明的第4目的在于，提供可以实现高速造型的光造型装置。另外本发明的第5目的在于，提供可以实现高精细的造型的光造型装置。

另外，近年来，使用微细加工技术将进行溶液的混合、反应、分离、检测等的系统集成化在数厘米见方的玻璃基板上的被称为芯片实验室

(Laboratory on a Chip) 的装置技术被深入研究。芯片实验室与所集成化的系统对应地也被称为微型 TAS (Micro Total Analysis System)、微型反应器等。

通常,实验室芯片具有形成于厚度 1mm 左右的基板上的槽宽度数十~数百 μm 的微小流路,在微小流路中进行溶液的混合等。由于在微小流路中比表面积增大,因此可以利用尺寸效应使难以反应的物质反应,难以混合的物质混合等,从而可以效率优良地进行溶液的混合或反应。通过将微小流路的槽宽度设为 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$,流路阻力就可以变小,从而可以获得良好的尺寸效应。另外,由于微小流路的形状对流体的送液特性有很大的影响,因此微小流路最好具有平滑的壁面并且被高精度地制作。

一直以来,实验室芯片的微小流路使用如下的半导体加工技术形成,即,用抗蚀膜覆盖基板表面,在利用使用了紫外线或电子射线的光刻对抗蚀膜进行了图案处理后,将其作为掩模对基板进行蚀刻。光刻是使用半导体制造工序中使用的密接曝光装置进行的。该曝光方式是使用掩模套准器的模拟曝光方式,难以进行对例如 1 平方米的大面积进行高速曝光。

但是,以往的微小流路的形成方法中,由于用掩模曝光进行图案处理,因此光致抗蚀膜的厚度受到限制,从而有难以高精度地形成微小流路的问题。即,在抗蚀膜较薄时,对基板进行蚀刻时就很容易被侧面蚀刻,槽宽度的制作精度降低,并且难以形成足够的槽深度。

另外,掩模曝光中,由于对每个图案都需要高精度的玻璃掩模等,因此就有成本变高,难以大面积化,同时也不适于少量多品种生产的问题。

另一方面,虽然也考虑利用数字曝光方式进行光刻工序,但是使用紫外线的以往的数字曝光装置由于是用单一光束的扫描曝光,因此会花费过多的曝光时间。特别是在束直径在 $10\mu\text{m}$ 以下并且寻址效率为 $1\mu\text{m}$ 左右的高精度的曝光的情况下,就会有曝光时间花费过多的问题。

本发明是为了解决所述问题而完成的,本发明的第 6 目的在于,提供可以高速并且高精度地形成微小流路的微小流路的形成方法。另外,本发明的第 7 目的在于,提供可以用低成本形成任意的图案的微小流路的微小流路的形成方法。

另外,在纤维产品的染色加工中,在进行染色处理前,实施利用氧化

或还原处理将纤维所含的着色物质分解除去的漂白处理。着色物质虽然在其构造中含有与发色有关的共轭双键，但是着色物质的共轭系统被氧化或还原处理破坏，其结果是，纤维被漂白。作为氧化漂白剂，使用次氯酸钠等氯类漂白剂、过氧化氢等，作为还原漂白剂，使用硫化氢等。

5 一直以来，所述的漂白处理一般来说通过在含有高浓度的漂白剂的水溶液中将纤维产品长时间煮沸来进行，但是，必须将热容量大的水加热至接近沸点附近，从而有能量效率差、因热与药品的相互作用而产生纤维的脆化或固化的问题。

近年来，正在积极地进行不使用对环境的压力大的氯类漂白剂的漂白
10 技术的研究。例如，在特开平 11-43861 号公报中，公布有向浸渍了硼氢化钠水溶液的棉布在室温下脉冲照射紫外线激光而进行漂白的技术。作为漂白剂使用的硼氢化钠虽然还原能力较弱，但是利用激光照射将着色物质活化而易于与漂白剂反应。根据该技术，不仅可以不使用氯类漂白剂，而且可以在低温下进行漂白，缩短了处理时间。另外，由于在低温下进行漂
15 白处理，因此纤维的损伤也被减少。

该漂白方法中，需要高能量密度的激光装置，使用可以在紫外区域获得高输出的准分子激光。另外，以紫外区域的波长激发的半导体激光由于一般来说输出较小，因此在使用半导体激光的情况下，采用将多个半导体激光器集成化使用的装置。

20 但是，准分子激光能量效率很低，仅有 3%，使用它的漂白方法能量消耗量变大，因而不能说是考虑了环境因素的漂白方法。另外，准分子激光脉冲驱动的循环频率很低，为 300Hz，因而生产性低。另外，还有如下的问题，即，激光管或激光气体的寿命很短，为 1×10^7 发射左右，维护成本高，装置大型化，难以获得高亮度的激光，难以脉冲化。

25 另外，一直以来，以紫外区域的波长激发的半导体激光器并未被实用化，在特开平 11-43861 号公报中也未记述半导体激光器的具体的构成。此外，短波长的半导体激光器难以用高成品率来制造，在特开平 11-43861 号公报中，对将以紫外区域的波长激发的多个半导体激光器集成化并实现 10000mJ/cm^2 的光密度的具体的构成没有任何记载，在现实中很难获得使
30 用以紫外区域的波长激发的半导体激光器的高输出光源。

本发明是鉴于所述以往技术的问题而完成的,本发明的第8目的在于,提供可以利用短脉冲化了的激光的照射以高能量密度进行漂白处理的漂白处理装置。本发明的第9目的在于,提供能量效率高并可以高速而且低成本地进行漂白处理的漂白处理装置。

5 为了达成所述第1目的,本发明的曝光头是被相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向相对移动的曝光头,其特征是,包括照射激光的激光装置、与各个控制信号对应地光调制状态发生变化的多个像素部在基板上被2维排列并对由所述激光装置照射的激光进行调制的空间光调制元件、利用与曝光信息对应地生成的控制信号对个数少于排列在所述基板上的像素部的总个数的多个像素部分别进行控制的控制机构、使被各像素部调制了的激光在曝光面上成像的光学系统。

另外,本发明的曝光装置的特征是,具有本发明的曝光头、使该曝光头相对于曝光面沿与特定方向交叉的方向相对移动的移动机构。该曝光装置可以作为具有多个曝光头的多头方式的曝光装置构成。

15 本发明的曝光头及曝光装置对于空间光调制元件,对个数少于在其基板上排列的像素部的总个数的多个像素部,利用与曝光信息对应地生成的控制信号来控制。即,不是对排列在基板上的像素部的全部进行控制,而是对一部分的像素部进行控制。所以,要控制的像素部的个数变少,控制信号的传送速度比传送全部像素部的控制信号的情况更快。这样就可以加快激光的调制速度,从而可以实现高速曝光。

20 所述的曝光头虽然相对于曝光面被沿与特定方向交叉的方向相对移动,但是由所述控制机构控制的像素部最好是包含于与所述特定方向对应的方向的长度比与所述特定方向交叉的方向的长度更长的区域中的像素部。通过使用沿与曝光头的移动方向(副扫描方向)交叉的方向较长的区域的像素部,就可以减少使用的曝光头的数目。

25 在所述的曝光头中,可以将所述激光装置用如下光源构成,即,具有将从光纤的入射端入射的激光从其出射端射出的多个光纤光源,该多个光纤光源的出射端的各个发光点被用排列成阵列状的光纤阵列光源或排列成束状的光纤束光源。作为所述光纤,最好使用芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

作为构成光纤阵列光源或光纤束光源的各光纤光源，优选将激光合波而向光纤入射的合波激光光源。通过采用合波激光光源，就可以获得高亮度、高输出，适于空间光调制元件的曝光。特别是，激发波长为 350~450nm 的半导体激光器虽然难以进行用单一元件的高输出化，但是利用合波可以实现高输出化。

另外，为了获得相同的光输出而阵列化的光纤的条数也可以较少，因而成本低。另外，由于光纤的条数较少，因此阵列化时的发光区域就变得更小（高亮度化）。

例如，可以将光纤光源用多个半导体激光器、1 条光纤、将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统构成。

另外，也可以将光纤光源用具有沿特定方向排列的多个发光点的多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统构成。另外，也可以将从多个多空腔激光器的发光点中分别射出的激光束聚光而与 1 条光纤结合。

作为空间调制元件，可以使用反射面的角度可以与各个控制信号对应地变更的多个微镜在基板上被 2 维排列而构成的微镜装置、或可以与各个控制信号对应地将透过光阻断的多个液晶单元在基板上被 2 维排列而构成的液晶快门阵列。

另外，在激光装置和空间调制元件之间，最好配置使来自激光装置的激光（光束）成为平行光（平行光束）的校准透镜和光量分布修正光学系统，该光量分布修正光学系统可以按照使周边部的光束宽度与接近光轴的中心部的光束宽度的比在出射侧一方小于入射侧的方式使各出射位置的光束宽度变化，并按照使由所述校准透镜形成平行光（平行光束化）的激光的光量分布在所述空间调制元件的被照射面上近似均一的方式进行修正。

根据该光量分布修正光学系统，例如，在入射侧为相同的光束宽度的光在出射侧，中央部的光束宽度就会大于周边部，反过来说，周边部的光束宽度小于中心部。像这样，由于可以在周边部也产生中央部的光束，因

此就可以作为整体不降低光的利用效率地用光量分布近似均一的光照亮空间调制元件。这样，在被曝光面上就不会产生曝光不均，从而可以实现高画质的曝光。

一直以来，在用紫外区域的激光将感光材料曝光的曝光装置（紫外曝光装置）中，一般使用氩气激光器等气体激光器、利用 THG（第 3 高频）的固体激光器，但是有装置大型而且维护麻烦，曝光速度慢的问题。本发明的曝光装置可以通过在激光装置中使用波长 350~450nm 的 GaN（氮化镓）类半导体激光器而形成紫外曝光装置。根据该紫外曝光装置，与以往的紫外曝光装置相比，可以实现装置的小型化、低成本化，并且可以进行高速曝光。

另外，为了达成所述第 2 目的，本发明的光造型装置的特征是，具有：包括收容光固化性树脂的造型槽、可以升降地设于该造型槽内的用于支撑造型物的支撑台、照射激光的激光装置、在基板上 2 维地排列有光调制状态与各个控制信号对应地变化的多个像素部并对由所述激光装置照射的激光进行调制的空间光调制元件、对个数少于排列在所述基板上的像素部的总个数的多个像素部分别利用与曝光信息对应地生成的控制信号来控制的控制机构、使被各像素部调制的激光在收容于所述造型槽中的光固化性树脂的液面上成像的光学系统的曝光头，使该曝光头相对于所述光固化性树脂的液面相对移动的移动机构。

本发明的光造型装置中，通过使被曝光头的空间光调制元件的各像素部调制的激光在收容于所述造型槽中的光固化性树脂的液面上成像，并且同时利用移动机构使该曝光头相对于所述光固化性树脂的液面相对移动，来对收容于造型槽中的光固化性树脂的液面进行扫描曝光。被曝光的树脂固化而形成固化树脂层。在形成 1 层固化树脂层后，使为了支撑造型物而设于造型槽内的支撑台下降而形成新的树脂表面，同样地形成下一个固化树脂层。像这样反复进行树脂的固化和支撑台的下降，将固化树脂层依次层叠而形成 3 维模型。

本发明的光造型装置中，对于曝光头的空间光调制元件，对个数少于排列在其基板上的像素部的总个数的多个像素部分别利用与曝光信息对应地生成的控制信号来控制。即，不是控制排列在基板上的像素部的全部，

而是控制一部分的像素部。所以，所控制的像素部的个数减少，控制信号的传送速度比传送全部像素部的控制信号的情况更快。这样就可以加快调制速度，从而可以实现高速造型。

5 在所述的光造型装置中，由所述控制机构控制的像素部最好是包含于与特定方向对应的方向的长度比与所述特定方向交叉的方向的长度更长的区域中的像素部。通过使用在激光装置的发光点的排列方向上较长的区域的像素部，就可以减少所使用的曝光头的数目。

10 另外，在所述的光造型装置中，可以将所述激光装置用具备将从光纤的入射端入射的激光从其出射端射出的多个光纤光源，而该多个光纤光源的出射端的发光点分别被排列为1维或2维阵列的光纤阵列光源构成。另外，也可以用该多个光纤光源的出射端的发光点分别被排列为束状的光纤束光源构成。通过阵列化或束化，就可以实现高输出化。作为所述光纤，最好使用芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

15 作为构成光纤阵列光源等的各光纤光源，优选将激光合波而向光纤入射的合波激光光源。通过采用合波激光光源，就可以获得高亮度、高输出。另外，为了获得相同的光输出而阵列化的光纤的条数也可以较少，从而低成本化。另外，由于光纤的条数少，因此阵列化时的发光区域就更小（高亮度化）。通过使用所述的包层直径较小的光纤，阵列化时的发光区域就会更小，从而可以高亮度化。即使在部分地使用空间光调制元件的情况下，
20 通过使用高亮度的光纤阵列光源或光纤束光源，也可以向使用部分效率优良地照射激光，特别是由于可以缩小向空间调制元件的照明 NA，因此就可以加深通过空间调制元件后的成像光束的焦点深度，从而可以用高光密度照射激光。这样，就可以实现高速并且高精细的曝光、造型。例如都可以实现 $1\mu\text{m}$ 量级的微细形状的造型。

25 例如，可以将光纤光源用多个半导体激光器、1条光纤、将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统来构成。另外，也可以将光纤光源用具有多个发光点的多空腔激光器、1条光纤、将从所述多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统来构成。
30 另外，还可以将从多个多空腔激光器的发光点中分别射出的激光光束聚光而

与 1 条光纤结合。

作为所述的光造型装置中使用的空间调制元件，可以使用将反射面的角度可以与各个控制信号对应地变更的多个微镜在基板上 2 维排列而构成的数字微镜装置 (DMD)、或将可以与各个控制信号对应地阻断透过光的多个液晶单元在基板上 2 维排列而构成的液晶快门阵列。通过使用像 DMD 那样具有多个象素部的空间调制元件而用多个通道 (channel) 来曝光，就可以将能量分散而防止热变形。

作为所述的光造型装置中使用的激光装置，优选照射波长 350~450nm 的激光的装置。例如，通过在半导体激光器中使用 GaN 类半导体激光器，就可以构成照射波长 350~450nm 的激光的激光装置。由于使用波长 350~450nm 的激光，因此与使用红外波长区域的激光的情况相比，就可以大幅度增加光固化性树脂的光吸收率。由于波长 350~450nm 的激光为短波长，因此光子能量大，容易转换为热能。像这样，由于波长 350~450nm 的激光的光吸收率大，容易转换为热能，因此就可以高速地进行光固化树脂的固化，即造型。激光的波长频域优选 350~420nm。在使用低成本的 GaN 类半导体激光器这一点上，特别优选波长 405nm。

而且，所述的光造型装置可以作为具有多个曝光头的多头方式的光造型装置来构成。通过采用多头化，可以进一步实现造型的高速化。

另外，为了达成所述第 4 目的，本发明的叠层造型装置的特征是，具有：包括收容利用光照射而烧结的粉末的造型槽、可以升降地设于该造型槽内的用于支撑造型物的支撑台、照射激光的激光装置、在基板上 2 维地排列光调制状态与各个控制信号对应地变化的多个象素部并将由所述激光装置照射的激光调制的空间光调制元件、对个数少于排列在所述基板上的象素部的总个数的多个象素部分别利用与曝光信息对应地生成的控制信号来控制的控制机构、使被各象素部调制的激光在收容于所述造型槽中的粉末的表面成像的光学系统的曝光头、使该曝光头相对于所述粉末的表面相对移动的移动机构。

本发明的叠层造型装置中，通过使在曝光头的空间光调制元件的各象素部调制的激光在收容于所述造型槽中的粉末的表面成像，并且利用移动机构使该曝光头相对于所述粉末的表面相对移动，对收容于造型槽中的粉

末表面进行扫描曝光。被曝光的粉末烧结固化而形成烧结层。在形成了 1 层烧结层后，使为了支撑造型物而设于造型槽内的支撑台下降而形成新的粉末表面，同样操作而形成下一个烧结层。像这样反复进行烧结和支撑台的下降，依次层叠烧结层而形成 3 维模型。

5 本发明的叠层造型装置中，对于曝光头的空间光调制元件，对个数少于排列在其基板上的像素部的总个数的多个像素部分别利用与曝光信息对应地生成的控制信号来控制。即，不是控制排列在基板上的像素部的全部，而是控制一部分的像素部。所以，所控制的像素部的个数减少，控制信号的传送速度比传送全部像素部的控制信号的情况更快。这样就可以加
10 快调制速度，从而可以实现高速造型。

在所述的叠层造型装置中，由所述控制机构控制的像素部最好是包含于与特定方向对应的方向的长度比与所述特定方向交叉的方向的长度更长的区域中的像素部。通过使用在激光装置的发光点的排列方向上较长的区域的像素部，就可以减少所使用的曝光头的数目。

15 另外，在所述的叠层造型装置中，可以将所述激光装置用具备将从光纤的入射端入射的激光从其出射端射出的多个光纤光源，而该多个光纤光源的出射端的发光点分别被排列为 1 维或 2 维阵列的光纤阵列光源构成。另外，也可以用该多个光纤光源的出射端的发光点分别被排列为束状的光纤束光源构成。通过阵列化或束化，就可以实现高输出化。作为所述光纤，
20 最好使用芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

作为构成光纤阵列光源等的各光纤光源，优选将激光合波而向光纤入射的合波激光光源。通过采用合波激光光源，就可以获得高亮度、高输出。另外，为了获得相同的光输出而阵列化的光纤的条数也可以较少，从而低成本化。另外，由于光纤的条数少，因此阵列化时的发光区域就更小（高
25 亮度化）。通过使用所述的包层直径较小的光纤，阵列化时的发光区域就会更小，从而可以高亮度化。即使在部分地使用空间光调制元件的情况下，通过使用高亮度的光纤阵列光源或光纤束光源，也可以向使用部分效率优良地照射激光，特别是由于可以缩小向空间调制元件的照明 NA，因此就可以加深通过空间调制元件后的成像光束的焦点深度，从而可以用高光密
30 度照射激光。这样，就可以实现高速并且高精细的曝光、造型。例如都可

以实现 $1\mu\text{m}$ 量级的微细形状的造型。

例如，可以将光纤光源用多个半导体激光器、1 条光纤、将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统来构成。另外，也可以将光纤光源用具有多个发光点的多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统来构成。另外，还可以将从多个多空腔激光器的发光点中分别射出的激光光束聚光而与 1 条光纤结合。

作为所述的叠层造型装置中使用的空间调制元件，可以使用将反射面的角度可以与各个控制信号对应地变更的多个微镜在基板上 2 维排列而构成的数字微镜装置 (DMD)、或将可以与各个控制信号对应地阻断透过光的多个液晶单元在基板上 2 维排列而构成的液晶快门阵列。通过使用像 DMD 那样具有多个象素部的空间调制元件而用多个通道 (channel) 来曝光，就可以将能量分散而防止热变形。

作为所述的光造型装置中使用的激光装置，优选照射波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的激光的装置。例如，通过在半导体激光器中使用 GaN 类半导体激光器，就可以构成照射波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的激光的激光装置。由于使用波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的激光，因此与使用红外波长区域的激光的情况相比，就可以大幅度增加光固化性树脂的光吸收率。特别是，在金属粉末的情况下，光吸收率显著地增加。由于波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的激光为短波长，因此光子能量大，容易转换为用于烧结粉末的烧结能。像这样，由于波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的激光的光吸收率大，容易转换为烧结能，因此就可以高速地进行粉末的烧结，即造型。激光的波长频域优选 $350\sim 420\text{nm}$ 。在使用低成本的 GaN 类半导体激光器这一点上，特别优选波长 405nm 。

另外，最好对激光装置进行脉冲驱动。由于通过用被脉冲驱动的激光将粉末曝光，就可以防止由照射的光产生的热的扩散，因此光能就可以被粉末的烧结有效地利用，从而可以实现高速的造型。另外，由于可以防止热扩散，因此就能够用与照射时的光束形状大致相同的大小将粉末烧结，从而可以实现表面光滑的高精细的造型。所以，激光的脉冲宽度越短越好，更优选 $1\text{psec}\sim 100\text{nsec}$ ，进一步优选 $1\text{psec}\sim 300\text{psec}$ 。

而且，所述的叠层造型装置可以作为具有多个曝光头的多头方式的光造型装置来构成。通过采用多头化，可以进一步实现造型的高速化。

为了达成所述第6及第7目的，本发明的微小流路的形成方法的特征是，具有将形成于基板上的抗蚀膜用与微小流路的形成图案对应地被空间调制了的波长350nm~450nm的激光曝光的曝光工序、将所述抗蚀膜与曝光图案对应地部分地除去而形成特定图案的抗蚀膜的图案化工序、使用所述特定图案的抗蚀膜将所述基板从表面蚀刻除去而形成微小流路的蚀刻工序。

该微小流路的形成方法中，由于使用波长350nm~450nm的激光，因此就不需要使用像准分子激光那样的与紫外线对应的特殊材料的光学系统，可以与可见区域的激光曝光装置相同地使用DMD等空间光调制元件。这样，就可以用与微小流路的形成图案对应地被空间地调制了的激光将抗蚀膜曝光。即，可以实现用任意图案的抗蚀膜的高速并且高精细的数字曝光。

像这样，在曝光工序中，由于可以实现用任意图案的抗蚀膜的高速并且高精细的曝光，因此就可以经过下面的图案化工序及蚀刻工序，高速并且高精度地形成任意的图案的微小流路。另外，由于是数字曝光，因此就不需要每个图案的掩模，从而可以低成本地形成微小流路。

所述的曝光工序中，可以使用具备照射激光的激光光源、将光调制状态与各个控制信号对应地变化的多个像素部在基板上排列为矩阵状并将由所述激光装置照射的激光调制的空间光调制元件、使被各像素部调制了的激光在曝光面上成像的光学系统的曝光头。此外，可以使该曝光头相对于抗蚀膜的曝光面沿与特定方向交叉的方向相对移动，对形成于基板上的抗蚀膜进行扫描曝光。

为了对抗蚀膜进行进一步高精细的曝光，最好使空间光调制元件按照使其各像素部的排列方向与和副扫描方向正交的方向成特定角度 θ 的方式略为倾斜配置并进行多次曝光。这样，就可以用光束直径10 μm 实现1 μm 的寻址效率的高精细的曝光。倾斜角度 θ 优选1°~5°的范围。

另外，更优选在空间调制元件的出射侧，配置具备与空间调制元件的各像素部对应地设置并且对每个像素将激光聚光的微透镜的微透镜阵列。

在配置了微透镜阵列的情况下，在空间调制元件的各象素部调制了的激光由于被微透镜阵列的各微透镜与各象素对应地聚光，因此即使在被曝光面的曝光区域被放大的情况下，也可以缩小各光束点的尺寸，从而可以进行高精度的曝光。通过使用该缩小光学系统，就可以用 $1\mu\text{m}$ 的光束直径实现以 $0.1\mu\text{m}$ 的寻址效率进行超高精细的曝光。

通过像这样对抗蚀膜进行高精度的曝光，就可以形成非常平滑的微小流路的壁面，从而可以减小流路阻力而获得良好的尺寸效应。

为了高精度地形成微小流路，抗蚀膜的膜厚越厚越好。在形成槽宽度 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 的微小流路的情况下，抗蚀膜的膜厚优选 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，更优选 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。特别是，更优选将抗蚀膜按照 2 层及 3 层的方式层叠为多层而进行曝光。由于对抗蚀膜进行数字曝光，因此可以利用数显测量功能高精度地进行曝光时及显像后等的伸长等修正，并可以高精度地实现第 1 层的曝光位置和第 2 层等多个层的曝光位置的位置吻合。其结果是，可以用以往的 2 倍的厚度的抗蚀膜进行高精度并且高纵横尺寸比的图案处理，从而可以利用蚀刻形成高精度并且较深的微小流路。而且，所谓纵横尺寸比是指相对于形成于抗蚀膜上的槽的槽宽度 a 的槽深度 b 的比例 a/b 。

在所述形成方法的曝光工序中，通过使用高亮度光源以较深的焦点深度进行曝光，就可以用更高的精度对抗蚀膜进行曝光。作为高亮度光源，优选将多个激光合波而向光纤分别入射的合波激光光源。另外，在厚膜化了的抗蚀膜的曝光中，需要高输出的激光光源。虽然激发波长 $350\sim 450\text{nm}$ 的半导体激光器难以实现用单一元件的高输出化，但是可以利用合波实现高输出化。

合波激光光源例如可以采用如下的构成，即，(1) 包括多个半导体激光器、1 条光纤、将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的构成、(2) 包括具有多个发光点的多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个发光点中分别射出的激光聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的构成、或 (3) 包括多个多空腔激光器、1 条光纤、将从所述多个多空腔激光器的所述多个发光点中分别射出的激光聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的构成。

可以将所述的合波激光光源的光纤的出射端的各个发光点排列为阵列状而形成光纤阵列光源，或将各个发光点排列为束状而形成光纤束光源。通过束化或阵列化，就可以进一步实现高输出化。另外，从实现高亮度化的观点出发，优选使用芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。

从缩小发光点的直径的观点考虑，光纤的出射端的包层直径优选小于 $125\mu\text{m}$ ，更优选在 $80\mu\text{m}$ 以下，特别优选 $60\mu\text{m}$ 以下。芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤例如可以将芯径相同而包层直径不同的多个光纤结合而构成。这样，就可以使阵列化时的发光区域进一步缩小，从而可以高亮度化。另外，通过用连接器将多条光纤可以装卸地连接而构成，在光源模块局部破损等情况下，就很容易更换。

特别是，在如上所述将空间光调制元件倾斜配置并且使用缩小光学系统或等倍光学系统进行超高精细曝光的情况下，由于通过使用所述的高亮度光纤阵列光源或光纤束光源，就可以减小对空间调制元件的照明 NA，因此就可以加深通过空间调制元件后的成像光束的焦点深度，获得较深的焦点深度，在抗蚀层表面及抗蚀层内不会有光束变粗，从而可以用更高的精度实现高纵横尺寸比的图案处理。另外，即使在形成壁面倾斜的倾斜流路的情况下，也可以实现平滑的图案处理。

所述的曝光工序中，激光例如向在基板上排列了光调制状态与各个控制信号对应地变化的多个像素部的空间光调制元件照射，在该空间光调制元件的各像素部被调制。

作为空间调制元件，可以使用在基板（例如硅基板）上2维地排列反射面的角度可以与各个控制信号对应地变更的多个微镜而构成的微镜装置（DMD：数字微镜装置）。另外，也可以将空间调制元件用将具有带状的反射面并且可以与控制信号对应地移动的可动光栅、具有带状的反射面的固定光栅交互并列配置多个而构成的1维的光栅光阀（GLV）构成。另外，也可以使用在基板上2维地排列可以与各个控制信号对应地阻断透光的多个液晶单元而构成的液晶快门阵列。

在这些空间调制元件的出射侧，最好配置具有与空间调制元件的各像素部对应地设置并且对每个像素将激光聚光的微透镜的微透镜阵列。在配

置了微透镜阵列的情况下，在空间调制元件的各像素部调制了的激光由于被微透镜阵列的各微透镜与各像素对应地聚光，因此即使在被曝光面的曝光区域被放大的情况下，也可以缩小各光束点的尺寸，因而即使在大面积化了的情况下，也可以进行高精度的曝光。

5 为了达成所述第8及第9目的，本发明的漂白处理装置的特征是，具备：在染色前的纤维上浸渍包含氧化剂或还原剂的药液的药液浸渍机构、具备具有多个半导体激光器、1条光纤及将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统的合波激光光源并对浸渍了所述药液的布脉冲照射波长200nm~
10 450nm的激光的激光照射机构。

本发明的漂白处理装置中，利用药液浸渍机构在染色前的纤维上浸渍包含氧化剂或还原剂的药液。此外，从激光照射机构中对浸渍了药液的布脉冲照射波长200nm~450nm的激光。

合波激光光源具有多个半导体激光器、1条光纤及将从所述多个半导体激光器中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统。该合波激光光源由于利用光纤将多个激光束合波，因此为高输出并且为高亮度。激光照射机构由于具有该高输出并且高亮度的合波激光光源，因此本发明的漂白处理装置可以容易地获得漂白处理所必需的高能量密度。另外，合波激光光源由于使用可以连续驱动并且稳定性
15 优良的半导体激光器构成，因此可以照射短脉冲化了的激光，能量效率高，可以高速地进行漂白处理，并且与使用准分子激光的装置相比，维护更加容易，成本更低。

在所述的漂白处理装置中，从促进漂白处理而实现高速化的观点出发，利用激光照射机构照射的激光的波长优选可以获得高输出的氮化镓
25 (GaN)类半导体激光器的350nm~450nm的范围。特别优选GaN类半导体激光器最容易实现高输出化的波长400nm~415nm的范围。另外，从减少纤维的损伤，进一步提高漂白性能的观点考虑，优选波长200nm~350nm。另外，从不使用特殊的材料的光学系统而实现装置的低成本化并且进行高速处理的观点考虑，优选比400nm更长的波长。

30 另外，由于GaN类半导体激光器为共价键，因此位错的迁移率与GaAs

类或 AlGaInP 类相比非常小，另外，热传导系数与 GaAs 类或 AlGaInP 类相比也非常大，因此具有高 COD (Catastrophic Optical Damage) 水平。所以，即使在脉冲驱动的情况下，也可以实现高输出化。其结果是，可以利用短脉冲化以峰值功率实现数百 mW~数十 W 的高输出。这样，就可以将负载率 (duty) 缩小至 0.1%~10% 左右，从而可以获得高能量密度并且减少由热造成的纤维的损伤。

所述的合波激光光源也可以具有具备多个发光点的半导体激光器、1 条光纤及将从所述具有多个发光点的半导体激光器的多个发光点中分别射出的激光束聚光并使聚光光束与所述光纤的入射端结合的聚光光学系统。例如，作为具有多个发光点的半导体激光器，可以使用多空腔激光器。

另外，作为合波激光光源的光纤，优选芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤。通过缩小出射端的包层直径，就可以实现光源的高亮度化。光纤的出射端的包层直径从缩小发光点的直径的观点出发，优选小于 125 μm 的直径，更优选 80 μm 以下，特别优选 60 μm 以下。芯径均一并且出射端的包层直径小于入射端的包层直径的光纤例如可以将芯径相同并且包层直径不同的多条光纤结合而构成。这样，就可以进一步缩小形成阵列时的发光区域，从而可以进行高亮度化。另外，通过用连接器将多条光纤可以装卸地连接而构成，在光源模块局部破损等情况下，就很容易进行更换。

所述的激光照射机构也可以包含多个合波激光光源。例如，也可以作为将合波激光光源的发光点 (光纤的出射端) 排列成多个阵列状的光纤阵列光源或将合波激光光源的发光点束化的光纤束光源而构成。光纤阵列光源或光纤束光源由于将多条光纤集束而构成光源，因此就可以实现进一步的高输出化。这样，就可以获得低成本并且高亮度的光源，由于可以获得焦点深度深的高亮度的成像光束，因此就可以实现高速的激光漂白处理。

附图说明

图 1 是表示实施方式 1 的曝光装置的外观的立体图。

图 2 是表示实施方式 1 的曝光装置的扫描器的构成的立体图。

图 3A 是表示由感光材料形成的曝光完区域的俯视图，图 3B 是表示

各曝光头的曝光区域的排列的图。

图 4 是表示实施方式 1 的曝光装置的曝光头的概略构成的立体图。

图 5A 是表示图 4 所示的曝光头的构成的沿着光轴的副扫描方向的剖面图，图 5B 是表示图 4 所示的曝光头的构成的侧视图。

5 图 6 是表示数字显微镜装置（DMD）的构成的局部放大图。

图 7A 及图 7B 是用于说明 DMD 的动作的说明图。

图 8A 是表示未将 DMD 倾斜配置时的曝光光束的配置及扫描线的俯视图，图 8B 是表示将 DMD 倾斜配置时的曝光光束的配置及扫描线的俯视图。

10 图 9A 是表示光纤阵列光源的构成的立体图，图 9B 是图 9A 所示的光纤阵列光源的局部放大图，图 9C 是表示激光射出部的发光点的排列的俯视图，图 9D 是表示激光射出部的发光点的其他的排列的俯视图。

图 10 是表示多模式光纤的构成的图。

图 11 是表示合波激光光源的构成的俯视图。

15 图 12 是表示激光器模块的构成的俯视图。

图 13 是表示图 12 所示的激光器模块的构成的侧视图。

图 14 是表示图 12 所示的激光器模块的构成的局部侧视图。

图 15A 是表示以往的曝光装置的焦点深度的沿着光轴的剖面图，图 15B 是表示实施方式 1 的曝光装置的焦点深度的沿着光轴的剖面图。

20 图 16A 是表示 DMD 的使用领域的 1 个例子的图，图 16B 是表示 DMD 的使用领域的其他的例子的图。

图 17A 是 DMD 的使用领域合适时的侧视图，图 17B 是沿着图 17A 的光轴的副扫描方向的剖面图。

25 图 18 是用于说明用扫描器的 1 次的扫描将感光材料曝光的曝光方式的俯视图。

图 19A 及图 19B 是用于说明用扫描器的多次扫描将感光材料曝光的曝光方式的俯视图。

图 20 是表示激光器阵列的构成的立体图。

30 图 21A 是表示多空腔激光器的构成的立体图，图 21B 是将图 21A 所示的多空腔激光器排列成阵列状的多空腔激光器阵列的立体图。

图 22 是表示合波激光光源的其他的构成的俯视图。

图 23 是表示合波激光光源的其他的构成的俯视图。

图 24 是表示合波激光光源的其他的构成的俯视图，图 24B 是沿着图 24A 的光轴的剖面图。

5 图 25A、B、C 是光量分布修正光学系统的修正的概念的说明图。

图 26 是表示光源为高斯分布并且未进行光量分布的修正时的光量分布的图表。

图 27 是表示光量分布修正光学系统的修正后的光量分布的图表。

10 图 28A 是表示结合光学系统不同的其他的曝光头的构成的沿着光轴的剖面图，图 28B 是表示在不使用微透镜阵列等的情况下被向被曝光面投影的光像的俯视图。图 28C 是表示在使用了微透镜阵列等的情况下被向曝光面投影的光像的俯视图。

图 29 是表示光纤阵列光源的其他的构成的立体图。

图 30 是表示以往的激光器扫描方式的叠层造型装置的构成的立体图。

15 图 31 是表示以往的可动反射镜方式的叠层造型装置的构成的立体图。

图 32 是表示实施方式 2 的光造型装置的外观的立体图。

图 33 是表示实施方式 2 的光造型装置的扫描器的构成的立体图。

图 34A 是表示曝光领域的曝光图案的 1 个例子的俯视图，图 34B 是表示将图 34A 的第 1 组的象素曝光后的状态的立体图，图 34C 是表示将
20 图 34A 的第 2 组的象素曝光后的状态的立体图。

图 35 是表示实施方式 3 的叠层造型装置的外观的立体图。

图 36 是表示实施方式 3 的叠层造型装置的扫描器的构成的立体图。

图 37 是表示合成反应用微芯片的构成的立体图。

25 图 38A~G 是按照顺序表示图 37 所示的合成反应用微芯片的制造工序的剖面图。

图 39A~C 是表示抗蚀膜的厚膜化的例子的剖面图。

图 40A 及图 40B 是用于说明随着抗蚀膜的厚膜化蚀刻精度提高的情况的说明图。

图 41 是表示被图案处理为螺面状的抗蚀膜的剖面图。

30 图 42 是实施方式 5 的漂白处理装置的概略构成图。

图 43 是表示漂白处理装置的激光照射部的构成的立体图。

图 44A 是表示照射头的构成的沿着光轴的光纤排列方向的剖面图，图 44B 是表示照射头的构成的副扫描方向的剖面图。

图 45A 是表示照射头的其他的构成的沿着光轴的光纤排列方向的剖面图，图 45B 是表示照射头的构成的副扫描方向的剖面图。

具体实施方式

下面将参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。

(实施方式 1)

实施方式 1 是具有用与图像数据对应地被空间光调制元件调制了的光束将感光材料曝光的曝光头的曝光装置的实施方式。

[曝光装置的构成]

本发明的实施方式的曝光装置如图 1 所示，具有将薄片状的感光材料 150 吸附保持在表面的平板状的载物台 152。在被 4 根脚部 154 支撑的较厚的板状的设置台 156 的上面，设有沿着载物台移动方向延伸的 2 条导引轨 158。载物台 152 被按照其长度方向朝向载物台移动方向的方式配置，并且被导引轨 158 可以往复移动地支撑。而且，在该曝光装置上，设有用于将载物台 152 沿着导引轨 158 驱动的未图示的驱动装置。

在设置台 156 的中央部，按照跨越载物台 152 的移动路径的方式设有 π 字状的门 160。 π 字状的门 160 的各个端部被固定在设置台 156 的两个侧面上。夹隔该门 160，在一方的一侧上设有扫描器 162，在另一方的一侧上设有检测感光材料 150 的头端及后端的多个（例如 2 个）检测传感器 164。扫描器 162 及检测传感器 164 被各自安装在门 160 上，被固定配置在载物台 152 的移动路径的上方。而且，扫描器 162 及检测传感器 164 与控制它们的未图示的控制器连接。

扫描器 162 如图 2 及图 3 (B) 所示，具有被排列成 m 行 n 列（例如 3 行 5 列）的近似矩阵状的多个（例如 14 个）曝光头 166。该例中，由于与感光材料 150 的宽度的关系，在第 3 行配置了 4 个曝光头 166。而且，表示配置在第 m 行的第 n 列的各个曝光头的情况标记为曝光头 166_{mn} 。

曝光头 166 的曝光区域 168 为将副扫描方向作为短边的矩形。所以，

伴随着载物台 152 的移动, 在感光材料 150 上就被每个曝光头 166 形成带状的曝光完成区域 170。而且, 表示配置在第 m 行的第 n 列的各个曝光头的曝光区域时, 标记为曝光区域 168_{mn} 。

另外, 如图 3 (A) 及 (B) 所示, 按照使带状的曝光完成区域 170 在沿与副扫描方向正交的方向上没有空隙地排列的方式, 被排列成线状的各行的曝光头各自被沿排列方向错开特定间隔 (曝光区域的长边的自然数倍, 本实施方式中为 2 倍) 而配置。所以, 在第 1 行的曝光区域 168_{11} 和曝光区域 168_{12} 之间的无法曝光的部分, 可以利用第 2 行的曝光区域 168_{21} 和第 3 行的曝光区域 168_{31} 来曝光。

曝光头 $166_{11} \sim 166_{mn}$ 分别如图 4、图 5 (A) 及 (B) 所示, 作为将入射的光束与图像数据对应地对每个象素进行调制的空间光调制元件, 具有数字·微镜·装置 (DMD) 50。该 DMD50 与具有数据处理部和反射镜驱动控制部的未图示的控制器连接。该控制器的数据处理部中, 基于被输入的图像数据, 对每个曝光头 166 生成驱动控制 DMD50 的控制用的区域内的各微镜的控制信号。而且, 对于控制用的区域将在后面叙述。另外, 反射镜驱动控制部中, 基于在图像数据处理部中生成的控制信号, 对每个曝光头 166 控制 DMD50 的各微镜的反射面的角度。而且, 对于反射面的角度的控制将在后面叙述。

在 DMD50 的光入射侧, 将具有将光纤的出射端部 (发光点) 沿着与曝光区域 168 的长边方向对应的方向排列成一列的激光射出部的光纤阵列光源 66、将从光纤阵列光源 66 射出的激光修正而使之向 DMD 上聚光的透镜系统 67、将透过了透镜系统 67 的激光朝向 DMD50 反射的反射镜 69 沿着该顺序配置。

透镜系统 67 由将从光纤阵列光源 66 射出的激光平行化的 1 对组合透镜 71、按照使被平行化了的激光的光量分布达到均一的方式进行修正的 1 对组合透镜 73 及将被修正了光量分布的激光向 DMD 上聚光的聚光透镜 75 构成。组合透镜 73 具有相对于激光出射端的排列方向与透镜的光轴接近的部分展宽光束并且远离光轴的部分缩窄光束, 并且在沿与该排列方向正交的方向使光原样通过的功能, 按照使光量分布达到均一的方式对激光进行修正。或者, 也可以使用 flyeyelens 或 loadintegrator 等光学系统将光

量分布均一化。

另外，在 DMD50 的光反射侧，配置有将被 DMD50 反射的激光在感光材料 150 的扫描面（被曝光面）56 上成像的透镜系统 54、58。透镜系统 54 及 58 被按照使 DMD50 和被曝光面 56 成为共轭的关系的方式配置。

5 DMD50 如图 6 所示，是在 SRAM 单元（存储器单元）60 上，用支柱支撑微小反射镜（微镜）62 而配置的构件，是将构成象素（pixel）的多个（例如 600 个×800 个）微小反射镜排列成光栅状而构成的反射镜装置。在各象素上，在最上部设有被支柱支撑的微反射镜 62，在微反射镜 62 的表面蒸镀有铝等反射率高的材料。而且，微反射镜 62 的反射率在 90% 以上。
10 另外，在微反射镜 62 的正下方，借助包括合页及叉架（yoke）的支柱配置有由通常的半导体存储器的生产线制造的硅栅极的 CMOS 的 SRAM 单元 60，整体被单片地（一体化地）构成。

当向 DMD50 的 SRAM 单元 60 写入数字信号时，被支柱支撑的微反射镜 62 就会以对角线为中心相对于配置了 DMD50 的基板侧以 $\pm\alpha$ 度（例如 ± 10 度）的范围倾斜。图 7（A）表示倾斜为微反射镜 62 为开状态的 $+\alpha$ 度的状态，图 7（B）表示倾斜为微反射镜 62 为关状态的 $-\alpha$ 度的状态。
15 所以，通过与图像信号对应地，如图 6 所示控制 DMD50 的各象素的微反射镜 62 的倾斜度，就可以将向 DMD50 入射的光向各个微反射镜 62 的倾斜方向反射。

20 而且，图 6 中，将 DMD50 的局部放大，表示微反射镜 62 被控制为 $+\alpha$ 度或 $-\alpha$ 度的状态的一个例子。各个微反射镜 62 的开关控制是利用与 DMD50 连接的未图示的控制器进行的。而且，在利用关状态的微反射镜 62 反射光束的方向上，配置有光吸收体（未图示）。

另外，DMD50 最好按照使其短边与副扫描方向成特定角度 θ （例如
25 $1^\circ\sim 5^\circ$ ）的方式略为倾斜配置。图 8（A）表示未使 DMD50 倾斜时的各微反射镜的反射光像（曝光光束）53 的扫描轨迹，图 8（B）表示使 DMD50 倾斜时的各微反射镜的反射光像（曝光光束）53 的扫描轨迹。

在 DMD50 上，虽然将沿长边方向排列了多个微反射镜（例如 800 个）的微反射镜列沿短边方向排列多组（例如 600 组），但是如图 8（B）所示，
30 通过使 DMD50 倾斜，各微反射镜的曝光光束 53 的扫描轨迹（扫描线）的

间距 P_1 小于未使 DMD50 倾斜时的扫描线的间距 P_2 ，从而可以大幅度地提高析像度。另一方面，由于 DMD50 的倾斜角微小，因此使 DMD50 倾斜时的扫描宽度 W_2 和未使 DMD50 倾斜时的扫描宽度 W_1 近似相同。

另外，利用不同的微反射镜列可以在相同扫描线重合曝光（多次曝光）。通过像这样进行多次曝光，就可以对曝光位置的微小量进行控制，从而可以实现高精度的曝光。另外，利用微小量的曝光位置控制等数字图像处理，可以将沿主扫描方向排列的多个曝光头之间的连接点无阶梯地连接。

而且，即使不使 DMD50 倾斜，而将各微反射镜列沿与副扫描方向正交的方向错开特定间隔而配置为锯齿状，也可以获得相同的效果。

光纤阵列光源 66 如图 9 (A) 所示，具有多个（例如 6 个）激光器模块 64，在各激光器模块 64 上，结合有多模式光纤 30 的一端。在多模式光纤 30 的另一端上，结合有芯径与多模式光纤 30 相同并且包层直径小于多模式光纤 30 的光纤 31，如图 9 (C) 所示，光纤 31 的出射端部（发光点）沿着与副扫描方向正交的主扫描方向被排列成 1 列而构成激光射出部 68。而且，如图 9 (D) 所示，可以将发光点沿着主扫描方向排列成 2 列。

光纤 31 的出射端部如图 9 (B) 所示，被表面平坦的 2 片支撑板 65 夹入而固定。另外，在光纤 31 的光射出侧，为了保护光纤 31 的端面，配置有玻璃等透明的保护板 63。保护板 63 既可以与光纤 31 的端面密接配置，也可以按照将光纤 31 的端面密封的方式配置。光纤 31 的出射端部虽然光密度高，容易集尘而劣化，但是通过配置保护板 63 就可以防止灰尘向端面上的附着，并且可以延迟劣化。

该例中，为了将包层直径小的光纤 31 的出射端无间隙地排列成 1 列，在以包层大的部分相毗连的 2 条多模式光纤 30 之间将多模式光纤 30 层叠，与被层叠了的多模式光纤 30 结合的光纤 31 的出射端被按照夹隔在与用包层直径大的部分相毗连的 2 条多模式光纤 30 结合的光纤 31 的 2 个出射端之间的方式排列。

此种光纤例如如图 10 所示，可以通过在包层直径大的多模式光纤 30 的激光射出侧的头端部分上，同轴地结合长度 1~30cm 的包层直径小的光纤 31 而获得。2 条光纤通过将光纤 31 的入射端面按照使两光纤的中心轴

一致的方式焊接在多模式光纤 30 的出射端面上而结合。如上所述，光纤 31 的芯 31a 的直径可以是与多模式光纤 30 的芯 30a 的直径相同的大小。

另外，也可以将在长度短而包层直径大的光纤上焊接了包层直径小的光纤的短尺寸光纤，借助金属环或光连接器等与多模式光纤 30 的出射端
5 结合。通过使用连接器等可以装卸地结合，在包层直径小的光纤破损等情况下就可以很容易地更换头端部分，从而可以减少曝光头的维护中所需要的成本。而且，以下，有时将光纤 31 称为多模式光纤 30 的出射端部。

作为多模式光纤 30 及光纤 31，可以是阶梯折射率型光纤、折射率渐变型光纤及复合型光纤的任意一种。例如，可以使用三菱电线工业株式会社制的阶梯折射率型光纤。本实施方式中，多模式光纤 30 及光纤 31 为阶
10 梯折射率型光纤，多模式光纤 30 包层直径=125 μm ，芯径=25 μm ，NA=0.2，入射端面涂层的透过率=99.5%以上，光纤 31 的包层直径=60 μm ，芯径=25 μm ，NA=0.2。

一般来说，红外区域的激光中，当减小光纤的包层直径时，传输损失
15 就会增加。所以，要与激光的波长频域对应地决定合适的包层直径。但是，波长越短则传输损失就越少，从 GaN 类半导体激光器中射出的波长 405nm 的激光中，即使将包层的厚度{(包层直径-芯径)/2}设为传输 800nm 的波长频域的红外光时的 1/2 左右，传输通信用的 1.5 μm 的波长频域的红外光时的大约 1/4 左右，传输损失基本上也不会增加。所以，就可以将包层
20 直径缩小至 60 μm 。通过使用 GaN 类的 LD，就可以容易地获得高光密度的光束。

但是，光纤 31 的包层直径并不限定于 60 μm 。以往的光纤光源中使用的光纤的包层直径虽然为 125 μm ，但是由于包层直径越小则焦点深度就越深，因此多模式光纤的包层直径优选 80 μm 以下，更优选 60 μm 以下，进
25 一步优选 40 μm 以下。另一方面，由于芯径至少需要为 3~4 μm ，因此光纤 31 的包层直径优选 10 μm 以上。

激光器模块 64 由图 11 所示的合波激光光源（光纤光源）构成。该合波激光光源由被排列固定在加热块（heat block）10 上的多个（例如 7 个）
30 芯片状的横多模式或单模式的 GaN 类半导体激光器 LD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6 及 LD7、与 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 分别对应设置的

校准透镜 11、12、13、14、15、16 及 17、1 个聚光透镜 20、1 条多模式
光纤 30 构成。而且，半导体激光器的个数并不限定于 7 个。例如，在包
层直径=60 μm ，芯径=50 μm ，NA=0.2 的多模式光纤中，可以入射 20 个
5 半导体激光，从而可以实现曝光头的必需光量，并且将光纤条数进一步减
少。

GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 激发波长全都相同(例如为 405nm)，
最大输出也全都相同(例如在多模式激光器中为 100mW，在单模式激光
器中为 30mW)。而且，作为 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7，也可以在
350nm~450nm 的波长范围内，使用具有所述的 405nm 以外的激发波长的
10 激光器。

所述的合波激光光源如图 12 及图 13 所示，与其他的光学要素一起，
被收纳在上方开口的箱状的包装盒 40 内。包装盒 40 具有被按照可以关闭
其开口的方式制成的包装盒盖 41，通过在脱气处理后导入密封气体，将包
包装盒 40 的开口用包装盒盖 41 关闭，就将所述合波激光光源气密性地密封
15 在由包装盒 40 和包装盒盖 41 所形成的封闭空间(密封空间)内。

在包装盒 40 的底面上固定有基座板 42，在该基座板 42 的上面，安装
有所述加热块 10、保持聚光透镜 20 的聚光透镜夹具 45、保持多模式光纤
30 的入射端部的光纤夹具 46。多模式光纤 30 的出射端部被从形成于包装
盒 40 的壁面上的开口向包装盒外引出。

20 另外，在加热块 10 的侧面上安装有校准透镜夹具 44，保持有校准透
镜 11~17。在包装盒 40 的横壁面上形成开口，穿过该开口将向 GaN 类半
导体激光器 LD1~LD7 供给驱动电流的配线 47 向包装盒外引出。

而且，在图 13 中，为了避免图的复杂化，仅对多个 GaN 类半导体激
光器中的 GaN 类半导体激光器 LD7 赋予编号，并仅对多个校准透镜中的
25 校准透镜 17 赋予编号。

图 14 是表示所述校准透镜 11~17 的安装部分的正面形状的图。校准
透镜 11~17 分别被制成用平行的平面将包括具有非球面的圆形透镜的光
轴的区域切割为细长条的形状。该细长形状的校准透镜例如可以通过将树
脂或光学玻璃塑造成型来制成。校准透镜 11~17 被按照长度方向与 GaN
30 类半导体激光器 LD1~LD7 的发光点的排列方向(图 14 的左右方向)正

交的方式，密接配置于所述发光点的排列方向上。

另一方面，作为 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7，使用具有发光宽度为 $2\mu\text{m}$ 的活性层，在与活性层平行的方向、成直角的方向的束散角分别例如为 10° 、 30° 的状态下产生各个激光束 B1~B7 的激光器。这些 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 被按照使发光点沿与活性层平行的方向排成 1 列的方式配设。

所以，从各发光点发出的激光束 B1~B7 就会如上所述，在相对于细长形状的各校准透镜 11~17，束散角大的方向与长度方向一致，束散角小的方向与宽度方向（与长度方向正交的方向）一致的状态下入射。即，各校准透镜 11~17 的宽度为 1.1mm，长度为 4.6mm，向它们入射的激光束 B1~B7 的水平方向、垂直方向的束径分别为 0.9mm、2.6mm。另外，校准透镜 11~17 各自的焦点距离 $f_1=3\text{mm}$ ， $\text{NA}=0.6$ ，透镜配置间距 = 1.25mm。

聚光透镜 20 被平行的平面将包括具有非球面的圆形透镜的光轴的区域切割为细长条，形成在校准透镜 11~17 的排列方向即水平方向较长，在与之成直角的方向上较短的形状。该聚光透镜 20 的焦点距离 $f_2=23\text{mm}$ ， $\text{NA}=0.2$ 。该聚光透镜 20 例如也通过将树脂或光学玻璃塑造成型而制成。

[曝光装置的动作]

下面对所述曝光装置的动作进行说明。

在扫描器 162 的各曝光头 166 中，从构成光纤阵列光源 66 的合波激光光源的 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 中分别以发散光的状态下射出的激光束 B1、B2、B3、B4、B5、B6 及 B7 分别被对应的校准透镜 11~17 平行光化。被平行光化了的激光束 B1~B7 被聚光透镜 20 聚光，向多模式光纤 30 的芯 30a 的入射端面会聚。

本例中，利用校准透镜 11~17 及聚光透镜 20 构成聚光光学系统，利用该聚光光学系统和多模式光纤 30 构成合波光学系统。即，被聚光透镜 20 如上所述聚光的激光束 B1~B7 向该多模式光纤 30 的芯 30a 入射而在光纤内传输，被合波为 1 条激光束 B 而从与多模式光纤 30 的出射端部结合的光纤 31 射出。

在各激光器模块中，在激光束 B1~ B7 的向多模式光纤 30 的结合效

率为 0.85, GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 的各输出为 30mW 的情况下, 对于各个被排列为阵列状的光纤 31, 可以获得输出 180mW ($= 30\text{mW} \times 0.85 \times 7$) 的合波激光束 B。所以, 将 6 条光纤 31 排列成阵列状的激光射出部 68 处的输出大约为 1W ($= 180\text{mW} \times 6$)。

5 在光纤阵列光源 66 的激光射出部 68 上, 如上所述高亮度的发光点被沿着主扫描方向排列成一行。由于使来自单一的半导体激光器的激光与 1 条光纤结合的以往的光纤光源为低输出, 因此必须排列成多列才能获得所需的输出, 但是, 本实施方式中使用的合波激光光源由于为高输出, 因此用少数列例如 1 列就可以获得所需的输出。

10 例如, 在使半导体激光器和光纤 1 对 1 地结合的以往的光纤光源中, 由于通常作为半导体激光器使用输出 30mW (毫瓦) 的激光器, 作为光纤使用芯径 $50\mu\text{m}$, 包层直径 $125\mu\text{m}$, NA (数值孔径) 为 0.2 的多模式光纤, 因此如果要获得大约 1W (瓦特) 的输出, 就必须捆扎 48 条 (8×6) 多模式光纤, 由于发光区域的面积为 0.62mm^2 ($0.675\text{mm} \times 0.925\text{mm}$), 因此激光射出部 68 处的亮度为 1.6×10^6 (W/m^2), 每 1 条光纤的亮度为 3.2×10^6 (W/m^2)。

与之相反, 本实施方式中, 如上所述, 可以用 6 条多模式光纤 6 获得大约 1W 的输出, 由于激光射出部 68 处的发光区域的面积为 0.0081mm^2 ($0.325\text{mm} \times 0.025\text{mm}$), 因此激光射出部 68 处的亮度就为 123×10^6 (W/m^2), 与以往相比可以实现大约 80 倍的高亮度化。另外, 每 1 条光纤的亮度为 90×10^6 (W/m^2), 与以往相比可以实现大约 28 倍的高亮度化。

这里, 参照图 15 (A) 及 (B), 对以往的曝光头和本实施方式的曝光头的焦点深度的不同进行说明。以往的曝光头的束状光纤光源的发光区域的副扫描方向的直径为 0.675mm , 本实施方式中的曝光头的光纤阵列光源的发光区域的副扫描方向的直径为 0.025mm 。如图 15 (A) 所示, 以往的曝光头中, 由于光源 (束状光纤光源) 1 的发光区域较大, 因此向 DMD3 入射的光束的角度变大, 结果向扫描面 5 入射的光束的角度就变大。所以, 相对于聚光方向 (合页方向的偏移) 束径容易变粗。

另一方面, 如图 15 (B) 所示, 本实施方式中的曝光头中, 由于光纤阵列光源 66 的发光区域的副扫描方向的直径较小, 因此通过透镜系统 67 而

向 DMD50 入射的光束的角度变小,结果向扫描面 56 入射的光束的角度就变小。即,焦点深度变深。该例中,发光区域的副扫描方向的直径变为以往的大约 30 倍,可以获得大约相当于衍射边界的焦点深度。所以适于微小点的曝光。对该焦点深度的效果,曝光头的必需光量越大则越明显、有效。该例中,向曝光面投影的 1 个象素尺寸为 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 。而且,DM 虽然为反射型的空间调制元件,但是图 15 (A) 及 (B) 为了说明光学的关系采用了展开图。

与曝光图案对应的图像数据被输入与 DMD50 连接的未图示的控制器中,被暂时储存在控制器内的帧存储器中。该图像数据是将构成图像的各象素的浓度用 2 值(点的记录的有无)来表示的数据。

将感光材料 150 吸附在表面的载物台 152,被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 从门 160 的上游侧向下游侧以一定速度移动。在载物台 152 通过门 160 下时,当利用安装在门 160 上的检测传感器 164 检测出感光材料 150 的头端时,就会将储存在帧存储器中的图像数据每次多行地依次读出,基于被数据处理部读出的图像数据,对每个曝光头 166 生成控制信号。此外,利用反射镜驱动控制部,基于所生成的控制信号,对每个曝光头 166,对 DMD50 的微镜分别进行开关控制。

当从光纤阵列光源 66 向 DMD50 照射激光时,在 DMD50 的微镜为开状态时被反射的激光就会被透镜系统 54、58 在感光材料 150 的被曝光面 56 上成像。这样,从光纤阵列光源 66 射出的激光对每个象素被开关,感光材料 150 被与 DMD50 的使用象素数大约相同数目的象素单位(曝光区域 168)曝光。另外,通过将感光材料 150 与载物台 152 一起以一定速度移动,感光材料 150 就会被扫描器 162 沿与载物台移动方向相反的方向进行副扫描,被每个曝光头 166 形成带状的曝光完成区域 170。

如图 16 (A) 及 (B) 所示,本实施方式中,在 DMD50 上,沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列虽然沿副扫描方向被排列为 600 组,但是本实施方式中,按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列(例如 800 个 \times 100 列)的方式来控制。

既可以如图 16 (A) 所示,使用配置于 DMD50 的中央部的微镜列,也可以如图 16 (B) 所示,使用配置于 DMD50 的端部的微镜列。另外,

当在一部分的微镜上产生了缺陷时，也可以使用未产生缺陷的微镜列等，根据状况对所使用的微镜列进行适当变更。

由于在 DMD50 的数据处理速度上有限制，与所使用的象素数成比例地决定每 1 行的调制速度，因此通过仅使用一部分的微镜列，每 1 行的调制速度就会加快。另一方面，在连续地使曝光头相对于曝光面进行相对移动的曝光方式的情况下，不需要全部使用副扫描方向的象素。

例如，在 600 组的微镜列之中仅使用 300 组的情况下，如果与将 600 组全部使用的情况相比较，则可以每 1 行加快 2 倍地进行调制。另外，在 600 组的微镜列之中仅使用 200 组的情况下，如果与将 600 组全部使用的情况相比较，则可以每 1 行加快 3 倍地进行调制。即，可以沿副扫描方向将 500mm 的区域在 17 秒内曝光。另外，在仅使用 100 组的情况下，则可以每 1 行加快 6 倍地进行调制。即，可以沿副扫描方向将 500mm 的区域在 9 秒内曝光。

所使用的微镜列的个数，即沿副扫描方向排列的微镜的个数优选 10 个以上并且为 200 个以下，更优选 10 个以上并且为 100 个以下。由于每个相当于 1 个象素的微镜的面积为 $15\mu\text{m}\times 15\mu\text{m}$ ，因此当换算为 DMD50 的使用区域时，优选 $12\text{mm}\times 150\mu\text{m}$ 以上并且为 $12\text{mm}\times 3\text{mm}$ 以下的区域，更优选 $12\text{mm}\times 150\mu\text{m}$ 以上并且为 $12\text{mm}\times 1.5\text{mm}$ 以下的区域。

如果所使用的微镜列的个数在所述范围内，则如图 17 (A) 及 (B) 所示，可以将从光纤阵列光源 66 射出的激光用透镜系统 67 近似平行光化，向 DMD50 照射。利用 DMD50 照射激光的照射区域最好与 DMD50 的使用区域一致。当照射区域比使用区域更宽时，则激光的利用效率降低。

另一方面，虽然有必要将向 DMD50 上聚光的光束的副扫描方向的直径根据利用透镜系统 67 沿副扫描方向排列的微镜的个数缩小，但是当所使用的微镜列的个数少于 10 个时，则由于向 DMD50 入射的光束的角度变大，扫描面 56 的光束的焦点深度变浅，因此不十分理想。另外，从调制速度的观点出发，所使用的微镜列的个数优选 200 以下。而且，DMD 虽然是反射型的空间调制元件，但是图 17 (A) 及 (B) 为了说明光学的关系，采用了展开图。

当利用扫描器 162 进行的感光材料 150 的副扫描结束，用检测传感器

164 检测出感光材料 150 的后端时，载物台 152 就被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 而复原至位于门 160 的最上游侧的原点，再次被沿着导引轨 158 从门 160 的上游侧向下游侧以一定速度移动。

如上说明所示，本实施方式的曝光装置具有将沿主扫描方向排列了
5 800 个微镜的微镜列沿副扫描方向排列了 600 组的 DMD，但是，由于按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列的方式进行控制，因此与驱动全部的微镜列的情况相比，每 1 行的调制速度变快。这样就可以实现高速的曝光。

另外，由于在照明 DMD 的光源中，使用将合波激光光源的光纤的出射端部排列成阵列状的高亮度的光纤阵列光源，因此就可以实现高输出并
10 且具有较深焦点深度的曝光装置。另外，通过各光纤光源的输出变大，为了获得所需的输出而必需的光纤光源数就减少，从而实现了曝光装置的低成本化。

特别是，本实施方式中，由于将光纤出射端的包层直径设为小于入射端的包层直径，因此发光部直径变得更小，从而可以实现光纤阵列光源的高亮度化。这样，就可以实现具有更深焦点深度的曝光装置。例如，即使在束径 $1\mu\text{m}$ 以下、析像度 $0.1\mu\text{m}$ 以下的超高析像度曝光的情况下，也可以获得较深的焦点深度，从而可以实现高速并且高精细的曝光。所以，适于需要高析像度的薄膜晶体管（TFT）的曝光工序。

下面，对以上说明的曝光装置的变形例等进行说明。

20 [曝光装置的用途]

所述的曝光装置例如可以适用于印刷配线基板（PWB；Printed Wiring Board）的制造工序的干式·薄膜·抗蚀层（DFR；Dry Film Resist）的曝光、液晶显示装置（LCD）的制造工序的滤色片的形成、TFT 的制造工序的 DFR 的曝光、等离子·显示器·面板（PDP）的制造工序的 DFR 的曝光等用途中。
25

另外，所述的曝光装置也可以在利用激光照射使材料的一部分蒸发、飞散等而除去的激光切除或烧结、光刻等各种激光加工中使用。所述的曝光装置由于可以实现高输出，高速度并且长焦点深度的曝光，因此可以在利用激光切除等的微细加工中使用。例如，在不进行显像处理而利用切除
30 按照图案将抗蚀层除去而制成 PWB 时，或不使用抗蚀层而直接用切除来

形成 PWB 的图案时，可以使用所述的曝光装置。另外，在将多个溶液的混合、反应、分离、检测等集成在玻璃或塑料芯片上的实验室芯片的槽宽度数十 μm 的微小流路的形成中也可以使用。

特别是，所述的曝光装置由于在光纤阵列光源中使用 GaN 类半导体激光器，因此可以适用于所述的激光加工。即，GaN 类半导体激光器可以进行短脉冲驱动，在激光切除等中也可以获得足够的功率。另外，由于为半导体激光器，因此与驱动速度较慢的固体激光器不同，可以实现循环频率 10MHz 左右的高速驱动，从而可以实现高速曝光。另外，由于金属的波长 400nm 附近的激光的光吸收率大，容易进行向热能的转换，因此可以高速地进行激光切除等。

而且，在将为了对 TFT 的图案处理中使用的液体抗蚀层或滤色片进行图案处理而使用的液体抗蚀层曝光时，为了消除由氧阻碍造成的感光度降低（去敏作用），最好在氮气气氛下将被曝光材料曝光。通过在氮气气氛下进行曝光抑制光聚合反应的氧阻碍，就可以使抗蚀层高敏感化，从而可以实现高速曝光。

另外，在所述的曝光装置中，可以使用利用曝光直接记录信息的光子模式感光材料、用因曝光而产生的热记录信息的热模式感光材料的任何一种。当使用光子模式感光材料时，在激光装置中使用 GaN 类半导体激光器、波长转换固体激光器等，当使用热模式感光材料时，在激光装置中使用 AlGaAs 类半导体激光器（红外激光器）、固体激光器。

[其他的空间调制元件]

所述的实施方式中，虽然对将 DMD 的微镜部分地驱动的例子进行了说明，但是即使使用在与特定方向对应的方向的长度比与所述特定方向交叉的方向的长度更长的基板上以 2 维形状排列了反射面的角度可以与各个控制信号对应地变更的多个微镜的细长的 DMD，由于控制反射面的角度的微镜的个数变少，因此可以同样地加快调制速度。

所述的实施方式中，虽然作为空间调制元件对具有 DMD 的曝光头进行了说明，但是，例如在使用 MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）类型的空间调制元件（SLM；Spacial Light Modulator）或利用电光学效应将透过光调制的光学元件（PLZT 元件）或液晶光快门（FLC）等 MEMS

类型以外的空间调制元件的情况下，由于通过在排列于基板上的全部像素部中使用一部分的像素部，可以加快每 1 个像素、每 1 条主扫描线的调制速度，因此可以获得同样的效果。

5 作为 MEMS 类型的空间调制元件，例如可以使用将具有带状的反射面并且可以与控制信号对应地移动的可动光栅、具有带状的反射面的固定光栅交互地并列配置多个而构成的光栅光阀（GLV）元件、将 GLV 元件排列成阵列状的光阀阵列。

而且，所谓 MEMS 是将利用以 IC 制造程序为基础的微细加工技术制造的微细尺寸的传感器、促动器以及控制电路集成化了的微细系统的总称，所谓 MEMS 类型的空间调制元件是指，由利用了静电的电气机械动作驱动的空间调制元件。

[其他的曝光方式]

既可以如图 18 所示，与所述的实施方式相同地，用扫描器 162 向 X 方向的 1 次的扫描将感光材料 150 的全面曝光，也可以如图 19(A) 及 (B) 15 所示，按照在利用扫描器 162 对感光材料 150 向 X 方向扫描后，将扫描器 162 向 Y 方向移动 1 步，向 X 方向进行扫描的方式，反复进行扫描和移动，从而用多次的扫描将感光材料 150 的全面曝光。而且，该例中，扫描器 162 具有 18 个曝光头 166。

[其他的曝光装置（光源）]

20 所述的实施方式中，虽然对使用具有多个合波激光光源的光纤阵列光源进行了说明，但是激光装置并不限于将合波激光光源阵列化了的光纤阵列光源。例如，可以使用将具备从具有 1 个发光点的单一的半导体激光器中入射的激光射出的 1 条光纤的光纤光源阵列化了的光纤阵列光源。但是，更理想的是，采用焦点深度被加深的合波激光光源。

25 另外，作为具有多个发光点的光源，例如，如图 20 所示，可以使用在加热块 100 上，排列了多个（例如 7 个）芯片状的半导体激光器 LD1~LD7 的激光器阵列。另外，已知有图 21(A) 所示的将多个（例如 5 个）发光点 110a 沿特定方向排列的芯片状的多空腔激光器 110。多空腔激光器 110 与排列芯片状的半导体激光器的情况相比，由于可以将发光点以优良 30 的位置精度排列，因此很容易将从各发光点射出的激光束合波。但是，当

发光点变多时,由于在激光器制造时在多空腔激光器 110 中容易产生弯曲,因此发光点 110a 的个数优选设为 5 个以下。

本发明的曝光头中,可以将该多空腔激光器 110、或如图 21 (B) 所示在加热块 100 上将多个多空腔激光器 110 沿与各芯片的发光点 110a 的排列方向相同的方向排列的多空腔激光器阵列作为激光装置(光源)使用。

另外,合波激光光源并不限定于将从多个芯片状的半导体激光器中射出的激光合波的光源。例如,如图 22 所示,可以使用具备具有多个(例如 3 个)发光点 110a 的芯片状的多空腔激光器 110 的合波激光光源。该合波激光光源具有多空腔激光器 110、1 条多模式光纤 130、聚光透镜 120。多空腔激光器 110 例如可以用激发波长为 405nm 的 GaN 类激光二极管构成。

所述的构成中,从多空腔激光器 110 的多个发光点 110a 中分别射出的激光束 B 分别被聚光透镜 120 聚光,向多模式光纤 130 的芯 130a 入射。向芯 130a 入射的激光在光纤内传输,被合波为 1 条而射出。

通过将多空腔激光器 110 的多个发光点 110a 并排设置在与所述多模式光纤 130 的芯径大约相等的宽度内,并且作为聚光透镜 120,使用与多模式光纤 130 的芯径大致相等的焦点距离的凸透镜或将来自多空腔激光器 110 的出射光束仅在其活性层垂直的面内校准的棒式透镜,就可以提高激光束 B 向多模式光纤 130 的结合效率。

另外,如图 23 所示,可以使用如下的合波激光光源,即,使用具有多个(例如 3 个)发光点的多空腔激光器 110,具备在加热块 111 上将多个(例如 9 个)多空腔激光器 110 相互等间隔地排列的激光器阵列 140。多个多空腔激光器 110 被沿与各芯片的发光点 110a 的排列方向相同的方向排列而固定。

该合波激光光源具有激光器阵列 140、与各多空腔激光器 110 对应配置的多个透镜阵列 114、配置于激光器阵列 140 和多个透镜阵列 114 之间的 1 条棒式透镜 113、1 条多模式光纤 130、聚光透镜 120。透镜阵列 114 具有与多空腔激光器 110 的发光点对应的多个微透镜。

所述的构成中,从多个多空腔激光器 110 的多个发光点 10a 中分别射出的各条激光束 B 在被棒式透镜 113 向特定方向聚光后,被透镜阵列 114

的各微透镜平行光化。被平行光化后的激光束 L 被聚光透镜 120 聚光，向多模式光纤 130 的芯 130a 入射。向芯 130a 入射的激光在光纤内传输，被合波为 1 条而射出。

另外再示出其他的合波激光光源的例子。该合波激光光源如图 24(A) 及 (B) 所示，在近似矩形的加热块 180 上，搭载有光轴方向的剖面为 L 字形的加热块 182，在 2 个加热块间形成收纳空间。在 L 字形的加热块 182 的上面，以阵列状排列了多个发光点（例如 5 个）的多个（例如 2 个）多空腔激光器 110 被沿着与各芯片的发光点 110a 的排列方向相同的方向等间隔地排列而固定。

在近似矩形的加热块 180 上形成有凹部，在加热块 180 的空间侧上面，多个发光点（例如 5 个）被排列为阵列状的多个（例如 2 个）的多空腔激光器 110，以其发光点位于与配置在加热块 182 的上面的激光器芯片的发光点相同的铅直面上的方式而被配置。

在多空腔激光器 110 的激光出射侧配置有与各芯片的发光点 110a 对应地排列了校准透镜的校准透镜阵列 184。校准透镜阵列 184 被按照使各校准透镜的长度方向与激光束的束散角大的方向（快轴方向）一致、各校准透镜的宽度方向与束散角小的方向（慢轴方向）一致的方式配置。通过像这样将校准透镜阵列化而一体化，就可以提高激光的空间利用效率而实现合波激光光源的高输出化，并且可以减少部件数目而实现低成本化。

另外，在校准透镜阵列 184 的激光出射侧，配置有 1 条多模式光纤 130、在该多模式光纤 130 的入射端将激光束聚光而结合的聚光透镜 120。

所述的构成中，将从配置在加热块 180、182 上的多个多空腔激光器 110 的多个发光点 10a 中分别射出的各条激光束 B，利用校准透镜阵列 184 平行光化，利用聚光透镜 120 聚光，向多模式光纤 130 的芯 130a 入射。向芯 130a 入射的激光在光纤内传输，被合波为 1 条而射出。

该合波激光光源如上所述，利用多空腔激光器的多级配置和校准透镜的阵列化，特别能够实现高输出化。由于通过使用该合波激光光源，可以构成更高亮度的光纤阵列光源或束光纤光源，因此特别适于作为构成本发明的曝光装置的激光光源的光纤光源。

而且，可以将所述的各合波激光光源收纳在套盒内，构成将多模式光

纤 130 的出射端部从该套盒引出的激光器模块。

另外，所述的实施方式中，虽然对在合波激光光源的多模式光纤的出射端结合芯径与多模式光纤相同并且包层直径小于多模式光纤的其他的光纤而实现光纤阵列光源的高亮度化的例子进行了说明，但是，例如也可以如图 29 所示，将包层直径为 125 μm 、80 μm 、60 μm 等多模式光纤 30 在出射端不结合其他的光纤地使用。

[光量分布修正光学系统]

在所述的实施方式中，在曝光头中使用由 1 对组合透镜构成的光量分布修正光学系统。该光量分布修正光学系统按照如下方式修正，即，在按照使周边部的光束宽度与接近光轴的中心部的光束宽度的比，与入射侧相比在出射侧一方更小的方式，改变各出射位置的光束宽度，将来自光源的平行光束向 DMD 照射时，使被照射面上的光量分布近似均一。下面，对该光量分布修正光学系统的作用进行说明。

首先，如图 25 (A) 所示，对在入射光束和出射光束中，其整体的光束宽度（全光束宽度） H_0 、 H_1 相同的情况进行说明。而且，在图 25 (A) 中，以符号 51、52 表示的部分是将光量分布修正光学系统的入射面及出射面假想地表示的部分。

在光量分布修正光学系统中，将向接近光轴 Z_1 的中心部入射的光束、向周边部入射的光束的各自的光束宽度 h_0 、 h_1 设为相同的宽度 ($h_0=h_1$)。光量分布修正光学系统相对于在入射侧相同的光束宽度 h_0 、 h_1 的光，按照对于中心部的入射光束将其光束宽度 h_0 放大，相反，对于周边部的入射光束，将其光束宽度 h_1 缩小的方式实施作用。即，对于中心部的出射光束的宽度 h_{10} 、周边部的出射光束的宽度 h_{11} ，使 $h_{11}<h_{10}$ 。当用光束宽度的比率表示时，出射侧的周边部的光束宽度与中心部的光束宽度的比 $[h_{11}/h_{10}]$ ，小于入射侧的比 ($h_1/h_0=1$) ($(h_{11}/h_{10})<1$)。

通过像这样改变光束宽度，就可以使通常光量分布变大的中央部的光束向光量不足的周边部扩散，从而不降低作为整体的光利用效率地将被照射面上的光量分布近似均一化。均一化的程度例如设为有效区域内的光量不均 30% 以内，优选在 20% 以内。

利用此种光量分布修正光学系统的作用、效果，在入射侧和出射侧，

都与在改变整体的光束宽度的情况（图 25（B）、（C））下相同。

图 25（B）表示将入射侧的整体的光束宽度 H_0 “缩小”为宽度 H_2 而射出的情况（ $H_0 > H_2$ ）。在此种情况下，光量分布修正光学系统使在入射侧为相同的光束宽度 h_0 、 h_1 的光在出射侧，中央部的光束宽度 h_{10} 要大于周边部，反过来说，使周边部的光束宽度 h_{11} 小于中心部。当以光束的缩小率考虑时，实施使对中心部的入射光束的缩小率小于周边部，使对周边部的入射光束的缩小率大于中心部的作用。该情况下，周边部的光束宽度与中心部的光束宽度的比「 H_{11}/H_{10} 」，与入射侧的比（ $h_1/h_0=1$ ）相比就会变小（ $(h_{11}/h_{10}) < 1$ ）。

图 25（C）表示将入射侧的整体的光束宽度 H_0 放大为宽度 H_3 而射出的情况（ $H_0 < H_3$ ）。在此种情况下，光量分布修正光学系统也使在入射侧为相同的光束宽度 h_0 、 h_1 的光在出射侧，中央部的光束宽度 h_{10} 与周边部相比变大，反过来说，使周边部的光束宽度 h_{11} 与中心部相比变小。当用光束的放大率考虑时，实施使对中心部的入射光束的放大率与周边部相比增大，使对周边部的入射光束的放大率与中心部相比缩小的作用。该情况下，周边部的光束宽度与中心部的光束宽度的比「 h_{11}/h_{10} 」，与入射侧的比（ $h_1/h_0=1$ ）相比变小（ $(h_{11}/h_{10}) < 1$ ）。

像这样，由于光量分布修正光学系统改变各出射位置的光束宽度，使周边部的光束宽度与接近光轴 Z_1 的中心部的光束宽度的比与入射侧相比在出射侧的一方更小，因此在入射侧为相同的光束宽度的光在出射侧，中央部的光束宽度与周边部相比就会变大，周边部的光束宽度与中心部相比变小。这样，就可以使中央部的光束向周边部扩散，从而可以不降低作为光学系统整体的光的利用效率地形成光量分布被近似均一化了的光束截面。

下面，表示作为光量分布修正光学系统使用的 1 对组合透镜的具体的透镜数据的 1 个例子。该例中，表示光源为激光阵列光源时那样，出射光束的截面上的光量分布为高斯分布时的透镜数据。而且，在单模式光纤的入射端连接了 1 个半导体激光器的情况下，来自光纤的射出光束的光量分布成为高斯分布。本实施方式也可以适用于此种情况。另外，也可以适用于由于将多模式光纤的芯径缩小而与单模式光纤的构成近似等使得与光

轴接近的中心部的光量大于周边部的光量的情况。

在下述表 1 中表示基本透镜数据。

[表 1]

基本透镜数据			
Si (面编号)	ri (曲率半径)	di (面间隔)	Ni (折射率)
01	非球面	5.000	1.52811
02	∞	50.000	
03	∞	7.000	1.52811
04	非球面		

5 从表 1 可以看到，1 对组合透镜由旋转对称的 2 个非球面透镜构成。当将配置于光入射侧的第 1 透镜的光入射侧的面设为第 1 面，将光出射侧的面设为第 2 面时，第 1 面为非球面形状。另外，当将配置于光出射侧的第 2 透镜的光入射侧的面设为第 3 面，将光出射侧的面设为第 4 面时，第 4 面为非球面形状。

10 表 1 中，面编号 Si 表示第 i 个 (i=1~4) 面的编号，曲率半径 ri 表示第 i 个面的曲率半径，面间隔 di 表示第 i 个面和第 i+1 个面的光轴上的面间隔。面间隔 di 值的单位为毫米 (mm)。折射率 Ni 表示具有第 i 个面的光学要素的对波长 405nm 的折射率的值。

[表 2]

非球面数据		
	第 1 面	第 4 面
C	-1.4098E-02	-9.8506E-03
K	-4.2192E+00	-3.6253E+01
a3	-1.0027E-04	-8.9980E-05
a4	3.0591E-05	2.3060E-05
a5	-4.5115E-07	-2.2860E-06
a6	-8.2819E-09	8.7661E-08
a7	-4.1020E-12	4.4028E-10
a8	1.2231E-13	1.3624E-12
a9	5.3753E-16	3.3965E-15
a10	1.6315E-18	7.4823E-18

所述的非球面数据由表示非球面形状的下述式 (A) 的系数表示。

[数学式 1]

5

$$Z = \frac{C \cdot \rho^2}{1 + \sqrt{1 - K \cdot (C \cdot \rho)^2}} + \sum_{i=3}^{10} a_i \cdot \rho^i \quad \dots \dots (A)$$

10

在所述式 (A) 中将各系数如下定义。

Z: 从位于距光轴高度 ρ 的位置的非球面上的点开始, 向非球面的顶点的切面 (与光轴垂直的平面) 下拉的垂线的长度 (mm)

ρ : 距光轴的距离 (mm)

K: 圆锥系数

15

C: 近轴曲率 (1/r, r: 近轴曲率半径)

a_i : 第 i 次 ($i=3\sim 10$) 的非球面系数

在表 2 所示的数值中, 记号“E”表示其后的数值为以 10 为底的“幂指数”, 表示用该以 10 为底的指数函数表示的数值乘以“E”之前的数值。例

如，如果是「1.0E-02」，则表示「 1.0×10^{-2} 」。

图 27 表示利用所述表 1 及表 2 所示的 1 对组合透镜所得的照明光的光量分布。横轴表示离开光轴的坐标，纵轴表示光量比（%）。而且，为了比较，图 26 中表示未进行修正时的照明光的光量分布（高斯分布）。从图 26 及图 27 可以看到，通过用光量分布修正光学系统进行修正，与未进行修正的情况相比，可以获得近似均一化了的光量分布。这样，就可以不降低曝光头的光的利用效率地用均一的激光进行没有不均的曝光。而且，也可以使用一般使用的 loadintegrator 或 flyeyelense 等。

[其他的成像光学系统]

所述的实施方式中，虽然在曝光头中使用的 DMD 的光反射侧，作为成像光学系统配置了 2 组透镜，但是也可以配置将激光放大成像的成像光学系统。通过放大被 DMD 反射的光束线的截面积，就可以将被曝光面的曝光区域面积（图像区域）放大为所需的大小。

例如，可以将曝光头如图 28（A）所示，用 DMD50、向 DMD50 照射激光的照明装置 144、将被 DMD50 反射的激光放大成像的透镜系统 454、458、与 DMD50 的各像素对应地配置了多个微透镜 474 的微透镜阵列 472、与微透镜阵列 472 的各微透镜对应地设置了多个小孔 478 的小孔阵列 476、将通过了小孔的激光在被曝光面 56 上成像的透镜系统 480、482 构成。

该曝光头中，当从照明装置 144 照射激光时，被 DMD50 向开态方向反射的光束线的截面积就被透镜系统 454、458 放大为数倍（例如 2 倍）。被放大的激光被微透镜阵列 472 的各微透镜与 DMD50 的各像素对应地聚光，通过小孔阵列 476 的对应的小孔。通过了小孔的激光被透镜系统 480、482 在被曝光面 56 上成像。

该成像光学系统中，被 DMD50 反射的激光由于被放大透镜 454、458 放大为数倍而投影在被曝光面 56 上，因此整体的图像区域变大。此时，如果未配置微透镜阵列 472 及小孔 476，则如图 28（B）所示，被投影在被曝光面 56 上的各束点 BS 的 1 个像素尺寸（点尺寸）就与曝光区域 468 对应地成为较大的尺寸，表示曝光区域 468 的清晰度的 MTF（Modulation Transfer Function）特性就会降低。

另一方面，在配置了微透镜阵列 472 及小孔阵列 476 的情况下，被

DMD50 反射的激光被微透镜阵列 472 的各个微透镜与 DMD50 的各像素对应地聚光。这样就会如图 28 (C) 所示, 即使在曝光区域被放大的情况下, 也可以将各束点 BS 的点尺寸缩小为所需的大小 (例如 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$), 从而可以防止 MTF 特性的降低而进行高精度的曝光。而且, 曝光区域 468 倾斜是因为, 为了消除像素间的间隙而将 DMD50 倾斜配置。

另外, 即使有因微透镜的像差造成的光束的变粗, 也可以利用小孔按照使被曝光面 56 上的点尺寸为一定的大小的方式对光束进行整形, 并且可以通过使之穿过与各像素对应地设置的小孔, 防止相邻的像素间的干扰。

另外, 由于通过在照明装置 144 中与所述实施方式相同地使用高亮度光源, 从透镜 458 向微透镜阵列 472 的各微透镜入射的光束的角度变小, 因此就可以防止相邻的像素的光束的一部分入射。即, 可以实现高消光比。

如上说明所示, 本发明的曝光头及曝光装置具有空间光调制元件, 起到了可以加快该空间光调制元件的调制速度而进行高速曝光的效果。

(实施方式 2)

实施方式 2 是用被空间光调制元件与图像数据对应地调制了的光束将光固化性树脂曝光而形成 3 维模型的光造型装置的实施方式。

[光造型装置]

本发明的实施方式的光造型装置如图 32 所示, 具有上方开口的容器 156, 在容器 156 内收纳有液状的光固化性树脂 150。另外, 在容器 156 内, 配置有平板状的升降载物台 152, 该升降载物台 152 被配置于容器 156 外的支撑部 154 支撑。在支撑部 154 上, 设有雄螺纹部 154A, 该雄螺纹部 154A 被利用未图示的驱动马达可以旋转的导螺杆 155 螺合。伴随着该导螺杆 155 的旋转, 升降载物台 152 被升降。

在收纳于容器 156 内的光固化性树脂 152 的液面上方, 箱状的扫描器 162 被将其长边方向朝向容器 156 的短边方向地配置。扫描器 162 被安装在短边方向的两个侧面上的 2 条支撑臂 160 支撑。而且, 扫描器 162 与控制它的未图示的控制器连接。

另外, 在容器 156 的长边方向的两个侧面上, 分别设有沿副扫描方向延伸的导引轨 158。2 条支撑臂 160 的下端部被可以沿着副扫描方向往复

移动地安装在该导引轨 158 上。而且，在该光造型装置上，设有用于将扫描器 162 与支撑壁 160 一起沿着导引轨 158 驱动的未图示的驱动装置。

扫描器 162 如图 33 所示，具有被排列成（例如 3 行 5 列）近似矩阵状的多个（例如 14 个）曝光头 166。该例中，由于与容器 156 的短边方向的宽度的关系，在第 3 行上配置了 4 个曝光头 166。而且，当表示排列在第 m 行第 n 列的各个曝光头时，标记为曝光头 166_{mn} 。

曝光头 166 的曝光区域 168 为将副扫描方向作为短边的矩形。所以，伴随着载物台 162 的移动，在光固化性树脂 152 的液面上就被每个曝光头 166 形成带状的曝光完成区域（固化区域）170。而且，表示配置在第 m 行的第 n 列的各个曝光头的曝光区域时，标记为曝光区域 168_{mn} 。

曝光头 $166_{11} \sim 166_{mn}$ 各自的构成、动作及变形例与实施方式 1 相同。但是，GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 的波长频域更优选 350~420nm。从使用低成本的 GaN 类半导体激光器这一点考虑，特别优选波长 408nm。

另外，在 DMD50 上，沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列被沿副扫描方向排列了 600 组，但是按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列（例如 800 个×100 列）的方式控制，在这一点上与实施方式 1 相同。

所述的光造型装置中，与 1 层的曝光图案对应的图像数据被输入与 DMD50 连接的未图示的控制器，暂时储存在控制器内的帧存储器中。该图像数据是将构成图像的各象素的浓度用 2 值（点的记录的有无）表示的数据。

扫描器 162 被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 从副扫描方向的上游侧向下游侧以一定速度移动。当开始扫描器 162 的移动时，就会将储存在帧存储器中的图像数据每次多行地依次读出，基于被数据处理部读出的图像数据，对每个曝光头 166 生成控制信号。此外，利用反射镜驱动控制部，基于所生成的控制信号，对每个曝光头 166，对 DMD50 的微镜分别进行开关控制。

当从光纤阵列光源 66 向 DMD50 照射激光时，在 DMD50 的微镜为开状态时被反射的激光就会被透镜系统 54、58 在光固化性树脂 150 的液面（被曝光面）56 上成像。这样，从光纤阵列光源 66 射出的激光对每个象素被开关，光固化性树脂 150 被与 DMD50 的使用象素数大约相同数目的

象素单位（曝光区域 168）曝光而固化。另外，通过将扫描器 162 以一定速度移动，光固化树脂 150 的液面就会被副扫描，被每个曝光头 166 形成带状的固化区域 170。

当利用扫描器 162 进行的 1 次的副扫描结束 1 层的固化时，扫描器 162 就被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 复原至位于最上游侧的原点。然后，利用未图示的驱动马达使导螺杆 155 旋转而使升降载物台 152 下降特定量，使光固化树脂 150 的固化部分下沉到液面下，将固化部分上方用液状的光固化性树脂 150 充满。此外，当将下一层的图像数据输入与 DMD50 连接的未图示的控制器时，再次进行扫描器 162 的副扫描。像这样，通过反复进行副扫描的曝光（固化）和载物台的下降，层叠固化部分，就可以形成 3 维模型。

如上说明所示，本实施方式的光造型装置具有将沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列沿副扫描方向排列了 600 组的 DMD，但是，由于按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列的方式进行控制，因此与驱动全部的微镜列的情况相比，每 1 行的调制速度加快。这样就可以实现高速的曝光、造型。

另外，由于在照明 DMD 的光源中，使用将合波激光光源的光纤的出射端部排列成阵列状的高亮度的光纤阵列光源，因此就为高输出，并且可以获得较深的焦点深度，并且可以获得高光密度输出，因此就可以高速并且高精度地进行造型。另外，由于各光纤光源的输出变大，为了获得所需的输出而必需的光纤光源数目就会减少，从而可以实现光造型装置的低成本化。

特别是，本实施方式中，由于使光纤的出射端的包层直径小于入射端的包层直径，因此发光部直径变得更小，从而可以实现光纤阵列光源的进一步的高亮度化。这样就可以实现更加高精细的造型。

[激光器驱动方法]

光纤阵列光源中所含的各 GaN 类半导体激光器既可以是连续驱动，也可以是脉冲驱动。通过用脉冲驱动的激光进行曝光，就可以防止热扩散，从而可以实现高速并且高精细的造型。脉冲宽度越短越好，优选 1psec~100nsec，更优选 1psec~300psec。而且，GaN 类半导体激光器难以产生被

称为 COD (Catastrophic Optical Damage) 的光出射端面的破损, 可靠性高, 也可以容易地实现 1psec~300psec 的脉冲宽度。

[其他的曝光方式]

一般来说, 在形成 3 维模型的光造型方法中, 会产生伴随着树脂的固化的聚合收缩、因固化时产生的聚合热而达到高温的树脂被冷却至常温而产生变形造成的固化收缩, 由与这些固化相伴产生的收缩使造型物变形, 从而有造型精度降低的问题。特别是, 在将包括多个像素的区域同时曝光 (面曝光) 而形成平板状的情况下, 造型物会相对于层叠方向向下侧凸出地翘曲。为了防止由此种固化收缩造成的变形的产生, 最好将曝光区域分为多个区域而依次曝光。

例如, 通过对光固化树脂的同一液面进行多次扫描, 在用第 1 次的扫描将造型形状的轮廓线曝光而使光固化性树脂固化后, 用第 2 次以后的扫描将轮廓线的内部曝光而使光固化性树脂固化, 就可以防止变形的产生。

另外, 如图 34 (A) 所示, 也可以将曝光区域分割为多个像素, 将该多个像素分为由不相邻的像素 102 构成的第 1 组、由不相邻的像素 104 构成的第 2 组 2 个组, 对每 1 组进行扫描曝光。将像素 102 和像素 104 按照构成方格花纹的方式交互地排列。在图 34 (A) 中表示了曝光区域的一部分, 例如在使用具有 100 万像素的 DMD 的曝光头的情况下, 可以与 DMD 的像素数对应地将曝光区域分割为 100 万个像素。

首先, 用第 1 次的扫描如图 34 (B) 所示, 将属于第 1 组的像素 102 曝光, 用第 2 次的扫描如图 34 (C) 所示, 将属于第 2 组的像素 104 曝光。这样, 就可以填充像素和像素的间隙, 将光固化性树脂的液面的曝光区域的全面曝光。

在第 1 次的扫描中被同时曝光的第 1 组的像素之间不相邻, 在第 2 次扫描中被同时曝光的第 2 组的像素之间也不相邻。由于像这样相邻的像素不会被同时曝光, 因此就不会向相邻的像素传播由固化收缩造成的变形。即, 在将曝光区域整体同时曝光的情况下, 由固化收缩造成的变形随着在曝光区域中传播而变大, 从而会产生相当多的变形, 但是在该例中, 固化收缩仅在 1 个像素的范围内产生, 由固化收缩造成的变形不会向相邻的像素传播。这样, 就可以在叠层造型物中显著地抑制变形的产生, 从而可以

实现高精度的造型。

所述的实施方式的曝光装置中，可以利用扫描器的1次的扫描将光固化性树脂的液面用任意的图案曝光。所以，就比较容易利用多次的扫描对被分割的每个区域进行曝光。

5 [光固化性树脂]

作为光造型中使用的液状的光固化性树脂，一般使用利用光自由基聚合反应固化的氨基甲酸丙烯酸酯类树脂、利用光阳离子聚合反应固化的环氧类树脂。另外，可以使用常温下处于凝胶状态、当利用激光照射赋予热能时则转化为溶胶状态的溶胶—凝胶转换型的光固化性树脂。使用溶胶—
10 凝胶转换型的光固化性树脂的光造型方法中，由于在不是液状而是凝胶状态的造型面上进行曝光、固化，因此就在凝胶状的树脂中形成造型物，因而有不需要形成用于支撑造型物的支撑部分或连接部分的优点。

在对特定区域同时进行曝光的行曝光、区域曝光的情况下，优选使用在所述的溶胶—凝胶转换型的光固化性树脂中添加了热传导性的填充剂的树脂。通过添加热传导性的填充剂就可以发挥热扩散性，防止造型物的热变形的产生。特别是，溶胶—凝胶转换型的光固化性树脂中，由于可以使与通常的树脂不同的填充剂不沉降而均一地分散，因此就可以维持热扩散性。

(实施方式3)

20 实施方式3是用与图像数据对应地被空间光调制元件调制了的光束使粉末烧结而形成烧结层，将该烧结层层叠而形成由粉末烧结体构成的3维模型的叠层造型装置的实施方式。

[叠层造型装置]

本发明的实施方式的叠层造型装置如图35所示，具有在上方开口的
25 容器156。容器156内，被2片分隔板151沿长度方向分成3份，在中央部配置有用于制作造型物的造型部153，在该造型部153的两侧配置有用于将造型中使用的粉末150向造型部153供给的供给部155。

作为粉末150，可以使用工程塑料、金属、陶瓷、砂子、蜡等的粉末。例如，可以使用丙烯酸、尼龙(Nylon)11的复合材料、加入小珠(Beads)
30 的Nylon11、合成橡胶、不锈钢316、不锈钢420、硅砂、石英砂等的粉末。

构成造型部 153 的底面的载物台 152 被支撑部 154 支撑, 利用安装在支撑部 154 上的未图示的驱动机构可以升降。另外, 在容器 156 的内侧上部, 安装有用于将容器 156 内的粉末 150 表面平坦化的反向旋转滚筒 157, 其可以沿副扫描方向往复移动。当造型部 153 的载物台 152 下降时, 由于造型部 153 的粉末 150 不足, 因此利用反向旋转滚筒 157 从供给部 155 供给粉末 150。此外, 通过将反向旋转滚筒 157 沿与移动方向相反方向旋转, 所供给的粉末 150 在造型部 153 上被压开, 从而将粉末 150 的表面平坦化。

在收容在容器 156 内的粉末 150 的表面上方, 箱状的扫描器 162 被使其长边方向朝向容器 156 的短边方向地配置。扫描器 162 被安装在短边方向的两个侧面上的 2 条支撑臂 160 支撑。而且, 扫描器 162 与控制它的未图示的控制器连接。

另外, 在容器 156 的长边方向的两个侧面上, 分别设有沿副扫描方向延伸的导引轨 158。2 条支撑臂 160 的下端部被可以沿着副扫描方向往复移动地安装在该导引轨 158 上。而且, 在该叠层造型装置上, 设有用于将扫描器 162 与支撑臂 160 一起沿导引轨 158 驱动的未图示的驱动装置。

扫描器 162 如图 36 所示, 具有排列成 (例如 3 行 5 列) 的近似矩阵状的多个 (例如 14 个) 曝光头 166。该例中, 由于与容器 156 的短边方向的宽度的关系, 在第 3 行配置了 4 个曝光头 166。而且, 表示配置在第 m 行的第 n 列的各个曝光头的情况表记为曝光头 166_{mn} 。

曝光头 166 的曝光区域 168 为将副扫描方向作为短边的矩形。所以, 伴随着载物台 162 的移动, 在粉末 152 的表面就被每个曝光头 166 形成带状的曝光完成区域 (烧结区域) 170。而且, 表示配置在第 m 行的第 n 列的各个曝光头的曝光区域时, 表记为曝光区域 168_{mn} 。

曝光头 $166_{11} \sim 166_{mn}$ 各自的构成、动作及变形例与实施方式 1 相同。但是, 作为 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7, 可以使用在 350nm~450nm 的波长范围中, 具有所述的 405nm 以外的激发波长的激光器。波长 350~450nm 的激光由于光吸收率大、向烧结能的转换容易, 因此可以高速地进行粉末的烧结, 即造型。激光的波长频域更优选 350~420nm。从使用低成本的 GaN 类半导体激光器这一点考虑, 特别优选波长 405nm。

另外, 在 DMD50 上, 沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列被沿

副扫描方向排列了 600 组,但是按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列(例如 800 个×100 列)的方式控制,在这一点上也与实施方式 1 相同。

所述的光造型装置中,与 1 层的曝光图案对应的图像数据被输入与 DMD50 连接的未图示的控制器,暂时储存在控制器内的帧存储器中。该
5 图像数据是将构成图像的各像素的浓度用 2 值(点的记录的有无)表示的数据。

扫描器 162 被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 从副扫描方向的上游侧向下游侧以一定速度移动。当开始扫描器 162 的移动时,就会将储存在帧存储器中的图像数据每次多行地依次读出,基于被数据处理部读出的图
10 像数据,对每个曝光头 166 生成控制信号。此外,利用反射镜驱动控制部,基于所生成的控制信号,对每个曝光头 166,对 DMD50 的微镜分别进行开关控制。

当从光纤阵列光源 66 向 DMD50 照射激光时,在 DMD50 的微镜为开状态时被反射的激光就会被透镜系统 54、58 在粉末 150 的表面(被曝光
15 面)56 上成像。这样,从光纤阵列光源 66 射出的激光对每个像素被开关,粉末 150 被与 DMD50 的使用像素数大约相同数目的像素单位(曝光区域 168)曝光而烧结,即,溶解而固化。另外,通过将扫描器 162 以一定速度移动,粉末 150 的表面就会被副扫描,被每个曝光头 166 形成带状的烧结区域 170。

当利用扫描器 162 进行的 1 次的副扫描结束 1 层的烧结时,扫描器 162 就被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 复原至位于最上游侧的原点。然后,当利用未图示的驱动马达使造型部 153 的载物台 152 下降特定量后,因载物台 152 的下降而不足的粉末 150 就被供给部 155 供给,粉末 150 的表面被反向旋转滚筒 157 平坦化。此外,当将下一层的图像数据输入与 DMD50
25 连接的未图示的控制器时,再次进行扫描器 162 的副扫描。像这样,通过反复进行副扫描的曝光(烧结)和载物台的下降,层叠烧结层,就可以形成 3 维模型。

如上说明所示,本实施方式的叠层造型装置具有将沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列沿副扫描方向排列了 600 组的 DMD,但是,由于
30 按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列的方式进行控制,因此与驱动全部

的微镜列的情况相比，每 1 行的调制速度加快。这样就可以实现高速的曝光、造型。

另外，由于在照明 DMD 的光源中，使用将合波激光光源的光纤的出射端部排列成阵列状的高亮度的光纤阵列光源，因此就为高输出，并且可以获得较深的焦点深度，并且可以获得高光密度输出，因此就可以高速并且高精度地进行造型。另外，由于各光纤光源的输出变大，为了获得所需的输出而必需的光纤光源数目就会减少，从而可以实现光造型装置的低成本化。

特别是，本实施方式中，由于使光纤的出射端的包层直径小于入射端的包层直径，因此发光部直径变得更小，从而可以实现光纤阵列光源的进一步的高亮度化。这样就可以实现更加高精细的造型。

而且，与实施方式 2 相同，既可以用被脉冲驱动的激光进行曝光，也可以将同一烧结层分成多次进行曝光。

（实施方式 4）

实施方式 4 是使用实施方式 1 的曝光装置制造形成了微小流路的合成反应用微芯片的实施方式。

[合成反应用微芯片]

合成反应用微芯片如图 37 所示，在用玻璃等制成的平板状的基板 150 上，重合保护基板 202 而构成。基板 150 的厚度通常为 0.5mm~2.0mm 左右，保护基板 202 的厚度通常为 0.1mm~2.0mm 左右。在保护基板 202 上，分别按照贯穿保护基板 202 的方式设有用于注入试剂的注入口 204a、204b、将试剂反应而得的反应液排出的排出口 206。在基板 150 上，还设有用于试剂或反应液流通的微小流路 208。微小流路 208 被按照在分别从注入口 204a、204b 注入的试剂在合流点 210 合流后，向排出口 206 排出的方式配设。微小流路的槽宽度为数十~数百 μm 特别优选 10 μm ~50 μm 。槽宽度为 10 μm ~50 μm 的微小流路的流路阻力比较小，可以获得良好的尺寸效应。

当向该反应用微芯片的注入口 204a、204b 中分别注入试剂，从排出口 206 侧抽吸时，试剂流过微小流路 208 在合流点 210 被混合而反应。这样就可以合成所需的物质。所得的反应液流过微小流路 208 而从排出口

206 排出。利用从该排出口 206 所得的反应液的分析，可以与通常规模
的反应相同地，进行反应生成物的识别或定量。

[微芯片的制造方法]

下面，参照图 38 对所述合成反应用微芯片的制造方法进行说明。该
5 制造方法由将光致抗蚀膜曝光的工序、将光致抗蚀膜部分地除去而图案化
的图案化工序、蚀刻基板而形成微小流路的蚀刻工序、将形成了微小流路
的基板和保护基板接合的工序构成。下面对各工序进行说明。

如图 38 (A) 所示，在基板 150 上利用旋转涂覆法形成了光致抗蚀膜
212 后，如图 38 (B) 所示，按照微小流路 208 的图案将光致抗蚀膜 212
10 曝光，如图 38 (C) 所示，使曝光部分 214 溶解在显影液中而除去。这里，
通过以较高的位置精度对光致抗蚀膜 212 进行图案处理，就可以高精度地
形成微小流路 208。而且，对于光致抗蚀膜 212 的曝光工序将在后面叙述。

此外，如图 38 (D) 所示，使用被图案处理了的光致抗蚀膜 212，将
基板 150 从表面上蚀刻掉而形成微小流路 208，如图 38 (E) 所示，将剩
15 余的光致抗蚀膜 212 除去。基板 150 的蚀刻虽然可以用干式蚀刻法及湿式
蚀刻法的任意一种来进行，但是由于是微细加工，因此优选高速原子射线
(FAB) 蚀刻等干式蚀刻法。

然后，如图 38 (F) 所示，利用超声波加工等在保护基板 202 上形成
成为注入口 204a、204b、排出口 206 的贯穿孔。此外，如图 38 (G) 所示，
20 按照使保护基板 202、基板 150 的形成了微小流路 208 的面相面对的方式
将量基板重合、密接而固定。例如，可以在固定中使用 UV 粘结剂。在将
UV 粘结剂利用旋转涂覆法等涂布在保护基板 202 的形成了微小流路 208
的面上，将基板 150 和保护基板 202 密接后，照射紫外线而粘接。

而且，在用玻璃形成基板 150 和保护基板 202 的情况下，也可以用氢
25 氟酸将两基板的表面溶解而接合。

[光致抗蚀膜的曝光]

下面，对光致抗蚀膜的曝光工序进行详细说明。该曝光工序中，使用
空间光调制元件，对波长 350nm~450nm 的激光与微小流路的形成图案对
应地进行调制，用调制后的激光将光致抗蚀膜 212 数字曝光。为了用更高
30 精度进行曝光，最好用从高亮度光源中射出的较深的焦点深度的激光进行

曝光。

在光致抗蚀膜 212 中，可以使用印刷配线基板（PWB；Printed Wiring Board）的制造工序中使用的干式·薄膜·抗蚀层（DFR；Dry Film Resist）或电镀抗蚀层。这些 DFR 或电镀抗蚀层与在半导体制造程序中使用的抗蚀层相比，可以实现厚膜化，可以形成厚度 $10\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 的膜。

另外，通过层叠多层光致抗蚀膜，可以实现进一步的厚膜化。此时，如图 39（A）所示，在形成第 1 光致抗蚀膜 212a，对特定区域 214a 曝光后，如图 39（B）所示，在第 1 光致抗蚀膜 212a 上形成第 2 光致抗蚀膜 212b，使用数字曝光的定标（scaling）功能将与特定区域 214a 对应的区域 214b 曝光。如图 39（C）所示，当将被曝光的区域 214a 及区域 214b 除去时，形成抗蚀层的深槽。而且，该例中，虽然对层叠 2 层抗蚀膜的例子进行了说明，但是，可以通过重叠 3 层、4 层抗蚀膜，利用数字曝光的定标功能对相同位置曝光，形成更深的槽。而且，这里，虽然采用了使曝光不通过显影工序，层叠至 2 层以上的说明，但是也可以按照将第 1 层曝光，其后显影，利用数字定标对显影后的基板的伸长或抗蚀层的膨胀等进行修正，将第 2 层曝光的方式，在显影后曝光，对第 3 层、第 4 层也同样地进行曝光。这样就可以高精度地修正显影时的图案的位置偏移。

另外，通过像这样将光致抗蚀膜 212 厚膜化，就可以形成抗蚀层的深槽，从而可以利用蚀刻在基板 202 上精度优良地形成深槽（微小流路）。例如，从图 40（A）及（B）中可以看到，当用 FAB 蚀刻形成相同槽宽的微小流路时，虽然当光致抗蚀膜 212 较薄时，利用倾斜光容易对基板 150 进行侧面蚀刻，但是，当光致抗蚀膜 212 较厚时，由于被散射，倾斜光难以入射，从而难以对基板 150 进行侧面蚀刻。这样，就可以在基板 150 上精度优良地形成深槽。另外，由于容易进行干式蚀刻，因此可以使用位置及图案宽度等对第 2 层、第 3 层的图案进行数字修正。

在形成槽宽度 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 的微小流路的情况下，光致抗蚀膜 212 的厚度优选 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，更优选 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。

另外，在用使用了蚀刻溶液的湿式蚀刻形成微小流路的情况下，也可以如图 41 所示，在光致抗蚀膜 212 上图案形成成螺面状展开的开口 216。由于开口 216 成螺面状展开，因此就容易使蚀刻溶液浸入。

[微小流路的形成]

与曝光图案对应的图像数据被输入与 DMD50 连接的未图示的控制器，被暂时储存在控制器内的帧存储器中。该图像数据是用 2 值（点的记录的有无）表示构成图像的各像素的浓度的数据。

5 将形成了光致抗蚀膜的基板 150 吸附在表面的载物台 152 被未图示的驱动装置，沿着导引轨 158 从门 160 的上游侧向下游侧以一定速度移动。当载物台 152 通过门 160 下时，当利用安装在门 160 上的检测传感器 164 检测到基板 150 的前端后，就会将储存在帧存储器中的图像数据每次多行地依次读出，基于被数据处理部读出的图像数据，对每个曝光头 166 生成
10 控制信号。此外，利用反射镜驱动控制部，基于所生成的控制信号，对每个曝光头 166，对 DMD50 的微镜分别进行开关控制。即，在 DMD50 上沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列被沿副扫描方向排列了 600 组，对其全部进行使用。

当从光纤阵列光源 66 向 DMD50 照射激光时，在 DMD50 的微镜为开
15 状态时被反射的激光就会被透镜系统 54、58 在形成于基板 150 上的光致抗蚀膜的被曝光面 56 上成像。这样，从光纤阵列光源 66 射出的激光对每个像素被开关，光致抗蚀膜被与 DMD50 的使用像素数大约相同数目的像素单位（曝光区域 168）曝光。另外，通过将基板 150 与载物台 152 一起以一定速度移动，形成于基板 150 上的光致抗蚀膜就会被扫描器 162 沿与
20 载物台移动方向相反的方向进行副扫描，被每个曝光头 166 形成带状的曝光完成区域 170。

当利用扫描器 162 进行的光致抗蚀膜的副扫描结束，用检测传感器 164 检测到基板 150 的后端时，载物台 152 就被未图示的驱动装置沿着导引轨 158 复原至位于门 160 的最上游侧的原点，再次沿着导引轨 158 从门
25 160 的上游侧开始向下游侧以一定速度移动。

如上说明所示，本实施方式中，在光致抗蚀膜的曝光工序中，由于使用 DMD 等空间光调制元件，因此可以与微小流路的形成图案对应地将激光对每个像素调制，从而可以用调制后的激光将光致抗蚀膜高速并且高精细地曝光。像这样，由于在曝光工序中，可以实现任意图案的光致抗蚀膜
30 的高速并且高精细的曝光，因此经过其后的图案化工序及蚀刻工序，就可

以高速并且高精度地形成任意的图案的微小流路。

如上所述，由于可以实现以任意的图案的曝光，因此就可以容易地形成复杂的图案的微小流路。另外，由于可以实现高速曝光，因此就可以在大面积的玻璃基板上在短时间内形成微小流路。另外，由于为数字曝光，因此不需要每个图案的掩模，从而可以低成本地形成微小流路。

另外，由于在光致抗蚀膜中，使用 DFR 或电镀抗蚀层，因此与半导体制造程序中使用的抗蚀层相比，可以实现厚膜化，可以形成厚度 $10\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 的光致抗蚀膜。由于像这样，将光致抗蚀膜厚膜化，因此就可以利用蚀刻精度优良地形成深槽的微小流路。

另外，可以将光致抗蚀膜层叠多层，进一步地实现厚膜化。此时，可以使用数字曝光的定标功能，将被层叠多层的光致抗蚀膜的相同位置曝光。

另外，本实施方式中，在曝光装置中，由于使用合波激光光源构成光纤阵列光源，并且使光纤的出射端的包层直径小于入射端的包层直径，因此发光部直径被进一步缩小，从而可以实现光纤阵列光源的高亮度化。这样，就可以用较深焦点深度的激光将光致抗蚀膜进一步高精细地曝光。例如，可以实现以束径 $1\mu\text{m}$ 以下、析像度 $0.1\mu\text{m}$ 以下的超高析像度的曝光，足够精度优良地形成槽宽度 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 的微小流路。

[高速驱动方法]

虽然通常在 DMD 上，沿主扫描方向排列了 800 个微镜的微镜列沿副扫描方向被排列为 600 组，但是也可以按照利用控制器仅驱动一部分的微镜列（例如 800 个 \times 10 列）的方式来控制。由于在 DMD 的数据处理速度上有限制，与所使用的象素数成比例地决定每 1 行的调制速度，因此通过仅使用一部分的微镜列，每 1 行的调制速度就会加快。这样就可以缩短曝光时间。另一方面，在连续地使照射头相对于曝光面进行相对移动的扫描方式的情况下，不需要全部使用副扫描方向的象素。

[微芯片的其他的制造方法]

所述的实施方式中，虽然对在构成微芯片的基板上直接形成微小流路的例子进行了说明，但是也可以在型模制作用的基板上形成微小流路而制作型模，利用使用该型模的冲模或玻璃模具，制造具有微小流路的微芯片。

[具有微小流路的微芯片]

所述的实施方式中，虽然对制造合成反应用的微芯片的例子进行了说明，但是本发明的微小流路的形成方法也可以适用于具有微小流路的其他种类的微芯片的情况。

5 作为其他种类的微芯片，可以举出癌诊断芯片、细胞生化芯片、环境检测用芯片、色谱芯片、电泳芯片、蛋白质芯片、免疫分析芯片等。这些芯片虽然根据各芯片的功能，微小流路的形成图案不同，但是，由于根据本发明的微小流路的形成方法，可以利用与微小流路的形成图案对应的数字曝光形成蚀刻掩模，因此容易与多种生产对应。另外，也容易形成具
10 具有多个功能的微小流路。特别是，利用本方法可以通过形成大面积的图案、提高材料利用率和提高收益，来获得低成本的微小流路形成方法。

另外，本发明的微小流路的形成方法并不限于实验室芯片的微小流路，可以作为在基板上形成微细的槽的方法广泛使用。

(实施方式5)

15 实施方式5是与实施方式1的曝光装置相同地使用了高输出并且高亮度的光纤阵列光源的漂白处理装置的实施方式。

[漂白处理装置的构成]

本发明的实施方式的漂白处理装置如图42所示，具有将长方形的布
20 200沿着特定的传输路径传输的多个传输滚筒202。另外，漂白处理装置具有贮存了含有氧化剂或还原剂的药液204的药液槽206，在该药液槽206
20 的传输方向下游侧设有激光照射部208。该激光照射部208中，如图43所示，将激光向布200脉冲照射的照射头500被配置于位于传输路径上的布200的上方。

照射头500如图44(A)及(B)所示，由将多个(例如1000条)光
25 纤30沿着与副扫描方向正交的方向排列成1列的光纤阵列光源506、将从光纤阵列光源506射出的激光仅向与光纤30的出射端的排列方向正交的方向聚光而在布200的表面(扫描面)56上成像的圆柱透镜510构成。而且，图44中，对于结合了光纤30的入射端的光纤阵列光源506的模块部分，将图示省略。

30 圆柱透镜510形成沿特定方向具有曲率并且沿与特定方向正交的方向

较长的形状，长边方向（与特定方向正交的方向）被按照与光纤 30 的出射端的排列方向平行的方式配置。而且，也可以使用具有如下功能的如下的光量分布修正光学系统，即，相对于圆柱透镜 510，以及 flyeyelens 系统的均一化照明光学系统或激光器出射端的排列方向，与透镜的光轴接近的部分拓宽光束，并且远离光轴的部分缩窄光束，而且相对于与该排列方向正交的方向使光仍保持原状地通过。

光纤阵列光源 506 如图 29 所示，具有多个激光器模块 64，在各激光器模块 64 上，结合有多模式光纤 30 的一端。而且，各激光器模块 64 的构成、动作及变形例与实施方式 1 相同。在各激光器模块 64 中，激光束 B1~B7 的与多模式光纤 30 的结合效率为 0.85，在 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 的各输出为 30mW 的情况下，对于排列成阵列状的各条光纤 31，在连续动作中可以获得输出 180mW（=30mW×0.85×7）的合波激光束 B。

另外，所述的合波激光光源中，对各个 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 进行脉冲驱动，可以获得特定的脉冲宽度的激光。通过脉冲照射激光，可以抑制发热，从而防止由热造成的纤维的损伤（对布的损伤）。

各脉冲的峰值功率优选 300mW~3W。在峰值功率为 300mW 的情况下，优选脉冲宽度为 10nsec（纳秒）~10μsec（微秒），每 1 秒的脉冲数优选 $10^4\sim 10^7$ 。此时的效率约为 10%。另外，在峰值功率为 3W 的情况下，优选脉冲宽度为 1nsec~1μsec，每 1 秒的脉冲数优选 $10^4\sim 10^7$ 。此时的效率约为 1.0%。

而且，GaN 类半导体激光器很难产生如前所述的被称为 COD（Catastrophic Optical Damage）的光出射端面的破损，可靠性高，可以实现高峰值功率。

[漂白处理装置的动作]

下面，对所述的漂白处理装置的动作进行说明。

当将经过了除去附着在纤维上的油分等杂质的精练工序、除去糊剂的去糊工序的染色前的布 200 向所述漂白处理装置供给时，布 200 随着传输滚筒 202 的旋转而向箭头 A 方向传输，被浸渍在药液槽 206 内的药液 204 中。浸渍时间优选 0.1~1 小时。

药液 204 以特定浓度包含有氧化剂或还原剂。作为氧化剂，可以使用过氧化氢 (H_2O_2)、过硼酸钠 ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、高锰酸钾 (KMnO_4) 等过氧化物、或漂白粉 ($\text{CaCl} \cdot \text{ClO}$)、次氯酸钠 (NaClO)、亚氯酸钠 (NaClO_2) 等氯化物等。另外，作为还原剂，可以使用连二亚硫酸盐 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)、
5 四氢硼酸钠 (NABH_4) 等。其中，从抑制纤维的损伤的观点考虑，特别优选氧化环氧作用弱的四氢硼酸钠。

作为溶剂，可以使用水或甲醇、乙醇等低级醇。氧化剂或还原剂的浓度优选 1%~10%。另外，也可以在药液 204 中，适当添加用于活化氧化剂、还原剂的活化助剂。

10 然后，从药液槽 206 中取出的布 200 在浸渍了药液 204 的状态下被向激光照射部 208 供给。在激光照射部 208 中，从照射头 500 的光纤阵列光源 506 中射出的激光被圆柱透镜 510 仅向与光纤 30 的出射端的排列方向正交的方向聚光，在布 200 的表面 56 上以线状成像。该圆柱透镜 510 例如作为以沿短轴方向 3 倍、沿长轴方向 1 倍的倍率放大束径的放大光学系
15 统发挥作用。另外，布 200 被以一定速度传输，利用来自照射头 500 的线光束，沿与传输方向相反的方向被副扫描。

通过像这样向浸渍了药液 204 的布照射激光，附着在纤维上的着色成分及药液 204 中的氧化剂或还原剂被活化，两者的反应性提高，从而可以获得良好的漂白效果。为了防止由热造成的纤维的损伤而获得活性效果，
20 所照射的激光的波长优选 350nm~450nm，更优选 400nm~415nm。另一方面，在氧化剂或还原剂的反应性较高的情况下，优选对光学系统的负荷较少、容易实现半导体激光器的高输出化的 400nm 以上的波长。

这里，算出布 200 的表面上的光密度。在照射头的合波激光光源中，在 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 的各输出为 30mW 的情况下，对于排列成阵列状的各条光纤 30，可以获得输出 180mW ($=30\text{mW} \times 0.85 \times 7$) 的
25 合波激光束 B。所以，对于将 1000 条多模式光纤 30 排列成 1 列的光学阵列光源的情况，激光射出部 68 处的连续动作中的输出约为 180mW。

在光纤阵列光源 506 的激光射出部 68 中，如上所述，高亮度的发光点被沿着主扫描方向排列成一列。由于将来自单一的半导体激光器的激光
30 与 1 条光纤结合的以往的光纤光源为低输出，因此必须排列多列才能获得

所需的输出，但是，本实施方式中使用的合波激光光源由于为高输出，因此即使排列少数列，例如 1 列，也可以获得所需的输出。

另外，作为多模式光纤 30，在使用了包层直径=125 μm 、芯径=50 μm 、NA=0.2 的阶梯折射率型光纤的情况下，激光射出部 68 处的束径为 50 μm ×125mm。当以沿短轴方向 3 倍、沿长轴方向 1 倍的倍率放大束径时，照射区域 506 的面积为 150 μm ×125mm。

一般来说，在激光辅助的漂白处理中，虽然需要 2000 mJ/cm^2 ~20000 mJ/cm^2 的范围的高光密度，但是本实施方式中，通过适当改变要阵列化的光纤条数、要合波的激光束的条数，就可以容易地实现该范围的光密度。当将漂白处理中所需的曝光面上的光密度设为 10000 mJ/cm^2 时，在将 GaN 类半导体激光器 LD1~LD7 的峰值功率设为 3W，将脉冲宽度设为 100nsec，将每 1 秒的脉冲数设为 105，效率 1% 的条件下向布 200 的表面脉冲照射的情况下，曝光面上的光密度为每 1 个脉冲 10 mJ/cm^2 ，可以用 1.4cm/s 进行高速曝光。

另一方面，在不使用 GaN 类半导体激光器的合波激光光源，而使用准分子激光器的情况下，由于循环频率变低，因此要将相同区域曝光就需要大约 10 倍以上的速度。

如上说明所示，本实施方式的漂白处理装置中，使用将高输出并且高亮度的合波激光光源阵列化的光纤阵列光源，向浸渍了药液的布脉冲照射激光，就可以在布表面获得高能量密度。这样，就可以将药液及着色成分的至少一方活化，促进漂白反应，获得较高的漂白效果。另外，由于激光器脉冲的效率为 1%，因此可以抑制发热，防止纤维的损伤。

另外，本实施方式的漂白处理装置中，由于在激光照射部中使用由可以连续驱动并且输出稳定性优良的半导体激光器构成的合波激光光源，因此与使用了准分子激光器的漂白处理装置相比，可以用任意的循环频率、脉冲宽度进行脉冲驱动，通过设定较高的循环频率，就可以用数倍的高速进行漂白处理。另外，与使用了准分子激光器的漂白处理装置相比，能量效率高达 10%~20%，维护容易并且成本低。

特别是，由于 GaN 类半导体激光器为共价键性，因此难以产生被称为 COD (Catastrophic Optical Damage) 的光出射端面的破损，可靠性高，

可以实现高峰值功率。例如，可以在脉冲宽度 100nsec、效率 1% 的条件下，实现 3W 的高峰值功率。而且，此时的平均输出为 30mW。

另外，本实施方式的漂白处理装置中，利用光纤阵列光源的光纤的阵列排列，可以容易地获得线光束。通常，由于纤维产品被制成长方形，因此用被沿短轴方向拉伸，沿与之正交的长轴方向被展开的线光束进行激光照射是合理的。另外，通过增加阵列化的光纤的条数，可以在维持能量强度和其均一性的状态下将线光束长度拉长。另外，由于使用波长 350~450nm 的激光，因此不需要使用与紫外线对应的特殊的材料的光学系统生成线光束，成本较低。

10 [多模式]

所述的实施方式中，虽然对设置了具有单一的照射头的激光照射部的例子进行了说明，但是当线光束的长轴方向的长度不够时，也可以将多个照射头沿长轴方向排列。

[半导体激光器]

15 所述中作为半导体激光器，虽然对使用将来可以期待更高输出的激发波长 350nm~450nm 的 GaN 类半导体激光器的例子进行了说明，但是，半导体激光器并不限定于 GaN 类半导体激光器。例如，可以使用由 III 族元素 (Al、Ga、In) 和氮构成的氮化物半导体激光器。氮化物半导体也可以由以 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($x+y \leq 1$) 表示的任何组成构成。适当改变组成就
20 可以获得激发波长 200nm~450nm 的半导体激光器。

[放大光学系统的其他的例子]

可以将所述的照射头 500 如图 45 (A) 及 (B) 所示，用如下的部分构成，即，具有将多个 (例如 1000 个) 光纤 30 的出射端 (发光点) 沿与副扫描方向正交的方向排列成 1 列的激光射出部的光纤阵列光源 506、将
25 从光纤阵列光源 506 中射出的激光仅向与光纤 30 的出射端的排列方向正交的方向聚光的第 1 圆柱透镜 512、将向与光纤 30 的出射端的排列方向正交的方向聚光的激光进行向排列方向聚光而在布 200 的表面 (扫描面) 56 上成像的第 2 圆柱透镜 514。

30 第 1 圆柱透镜 512 形成沿特定方向具有曲率并且在与特定方向正交的方向上较长的形状，长边方向 (与特定方向正交的方向) 被按照与光纤 30

的出射端的排列方向平行的方式配置。另外，第 2 圆柱透镜 514 形成沿特定方向具有曲率并且在该特定方向上较长的形状，曲率方向（特定方向）被按照与光纤 30 的出射端的排列方向平行的方式配置。

该照射头中，从光纤阵列光源 506 中射出的激光被第 1 圆柱透镜 512 向与光纤 30 的出射端的排列方向正交的方向聚光，被第 2 圆柱透镜 514 向光纤 30 的出射端的排列方向聚光，在扫描面 56 上以线状成像。

这些圆柱透镜 512、514 例如作为以沿短轴方向 3 倍、沿长轴方向 10 倍的倍率放大束径的放大光学系统发挥作用。另外，图 42 中布 200 被以一定速度传输，被来自照射头 500 的线光束沿与传输方向相反的方向副扫描。像这样，通过利用光学系统将光纤阵列光源的光束放大，就可以将较大的曝光面曝光。另外，通过放大光束，可以获得更深的焦点深度，从而可以将被高速地传输的布均一地照明。

这里，算出曝光面上的光密度。在照射头的合波激光光源中使用峰值功率为 6W 的多模式激光器的情况下，可以利用 7 个 LD 获得峰值功率为 36W 的合波激光束 B。所以，对于将 1000 条多模式光纤 30 排列成 1 列的光纤阵列光源的情况，激光射出部 68 的峰值功率约为 36kW。

另外，在作为多模式光纤 30，使用包层直径=125 μm ，芯径=50 μm ，NA=0.2 的阶梯折射率型光纤的情况下，激光射出部 68 的束径为 50 μm ×125mm。当以沿短轴方向 3 倍、沿长轴方向 10 倍的倍率放大束径时，照射区域 506 的面积为 150 μm ×1250mm。所以，当在峰值功率 6W、脉冲宽度 100nsec、效率 1%、每 1 秒的脉冲数 105 的条件下，向布 200 的表面脉冲照射时，曝光面上的光密度为每 1 个脉冲 2mJ/cm²。即使估计光学系统的损失约为 80%，曝光面上的光密度也达到每 1 个脉冲 1.5mJ/cm²。所以，在以 10000mJ/cm² 的光密度曝光时，可以将宽 1.25m 的布以 0.2cm/s 高速曝光。

[光纤的变形例]

所述的实施方式中，虽然对在合波激光光源中使用包层直径为 125 μm 并且均一的光纤的例子进行了说明，但是与实施方式 1 相同，可以使光纤的出射端的包层直径小于入射端的包层直径。通过缩小光纤的出射端的包层直径，发光部直径进一步变小，从而可以实现光纤阵列光源的高亮度化。

[合波激光光源的变形例]

图 24 (A) 及 (B) 所示的多级构造的激光阵列利用的合波激光光源，利用多空腔激光器的多级配置和校准透镜的阵列化尤其可以实现高输出化。由于通过使用该合波激光光源，可以构成更高亮度的光纤阵列光源或束光纤光源，因此特别适于作为构成本实施方式的照射头的激光光源的光纤光源。

计算此时的曝光面上的光密度。通过作为照射头的合波激光光源，使用多横模式的芯片，当将每 1 个发光点的峰值功率设为 6W 时，则可以利用 20 个 LD 获得峰值功率 103W 的合波激光束。所以，对于将 1750 条多模式光纤排列成 1 列的光纤阵列光源的情况，激光射出部的峰值功率为 180kW。

另外，当作为多模式光纤，使用相同的材料时，则激光射出部的束径为 $50\mu\text{m}\times 220\text{mm}$ 。当以沿短轴方向 3 倍、沿长轴方向 10 倍的倍率放大束径时，则照射区域的面积为 $150\mu\text{m}\times 2200\text{mm}$ 。所以，当在峰值功率 6W、脉冲宽度 100nsec、效率 1%、每 1 秒的脉冲数 10^5 的条件下，向布的表面脉冲照射时，曝光面上的光密度为每 1 个脉冲 $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。即使估计光学系统的损失约为 80%，曝光面上的光密度也达到每 1 个脉冲 $8\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。所以，在以 $10000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的光密度曝光时，可以将宽 2.2m 的布以 1.2cm/s 高速曝光。

20

25

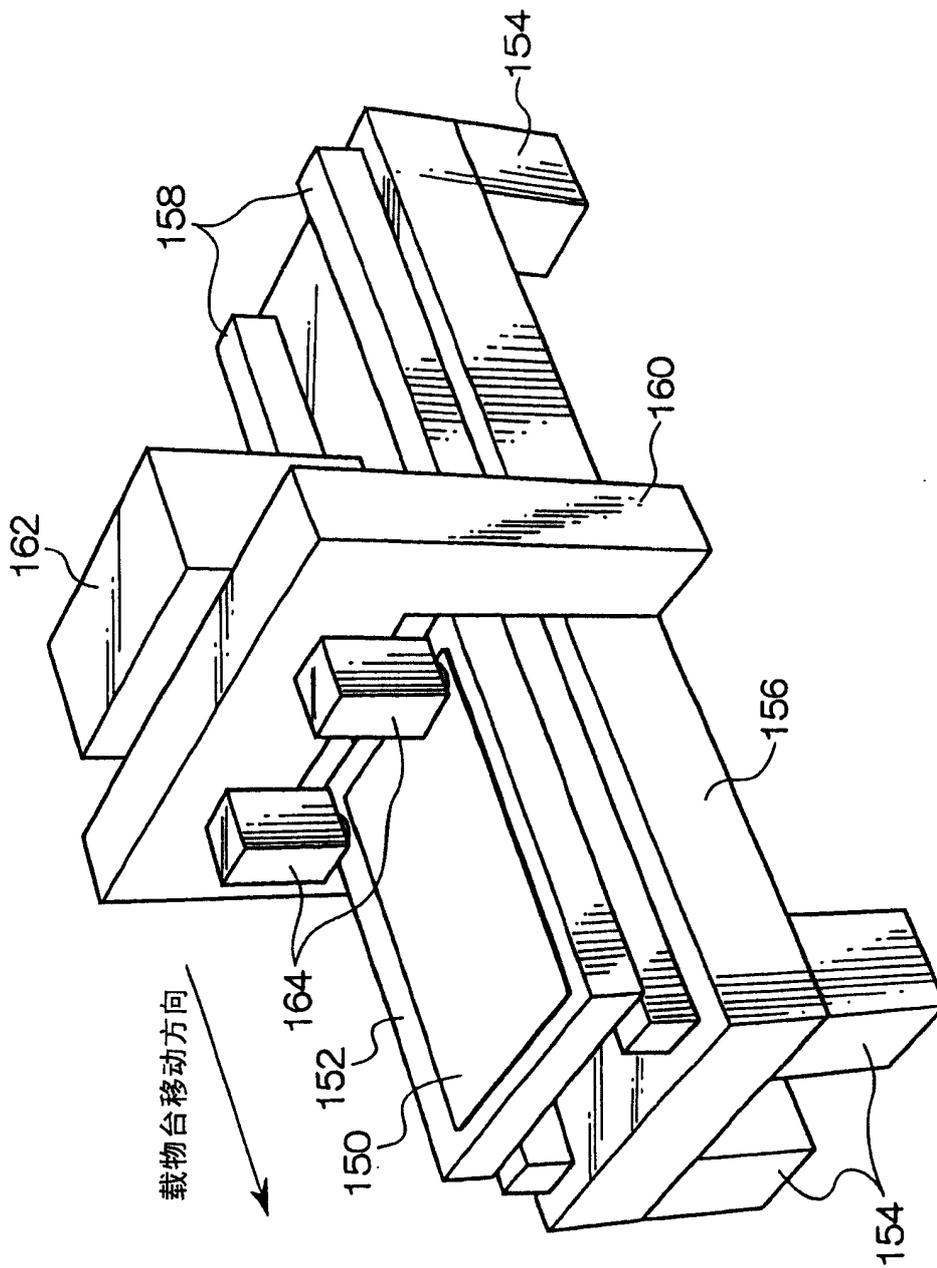


图 1

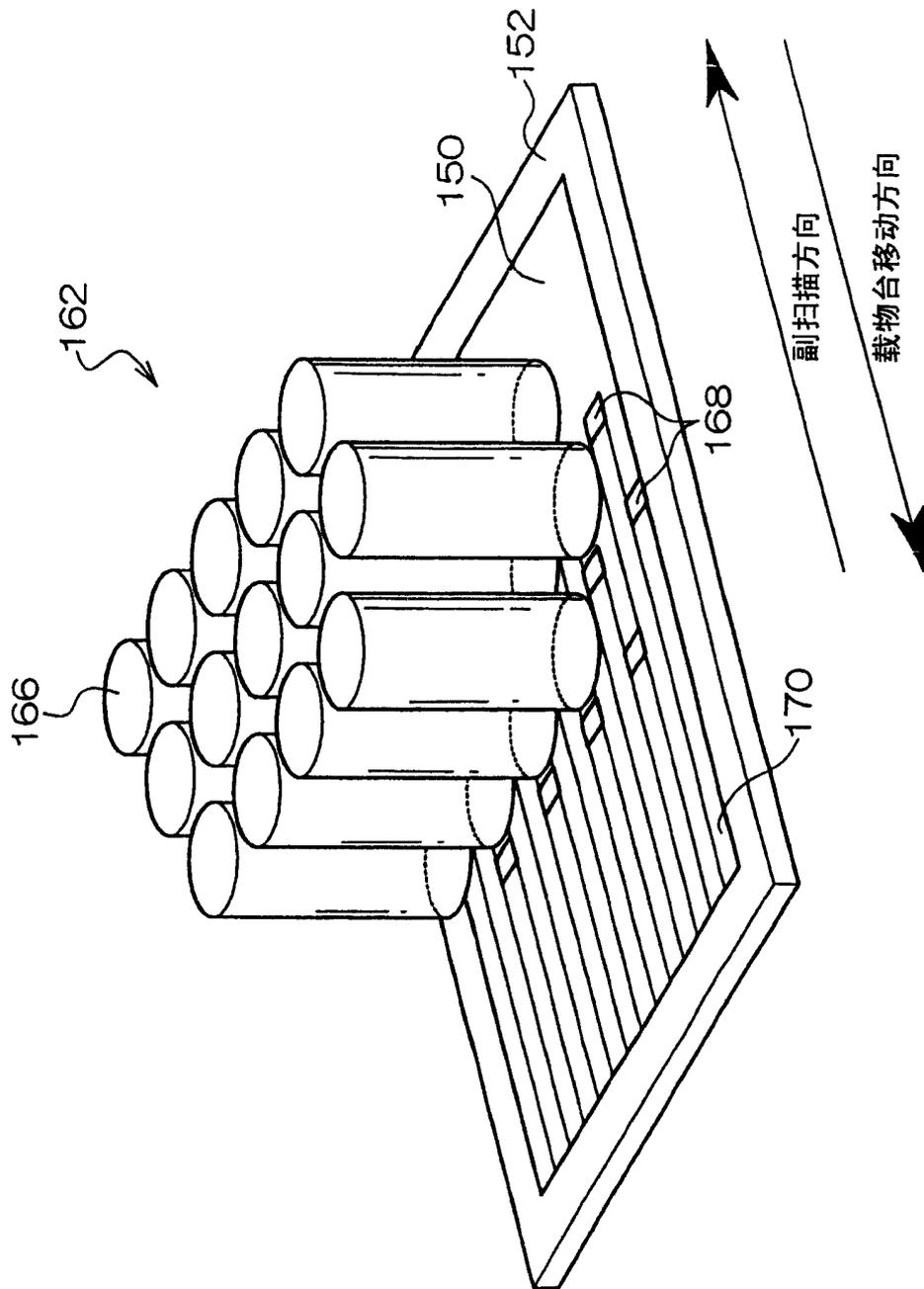


图 2

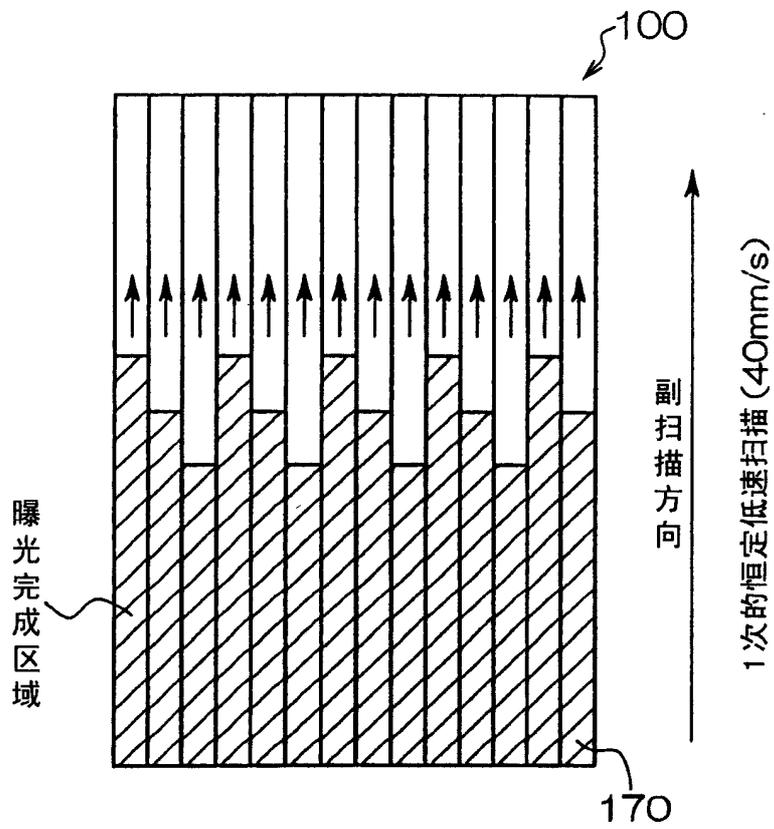


图 3A

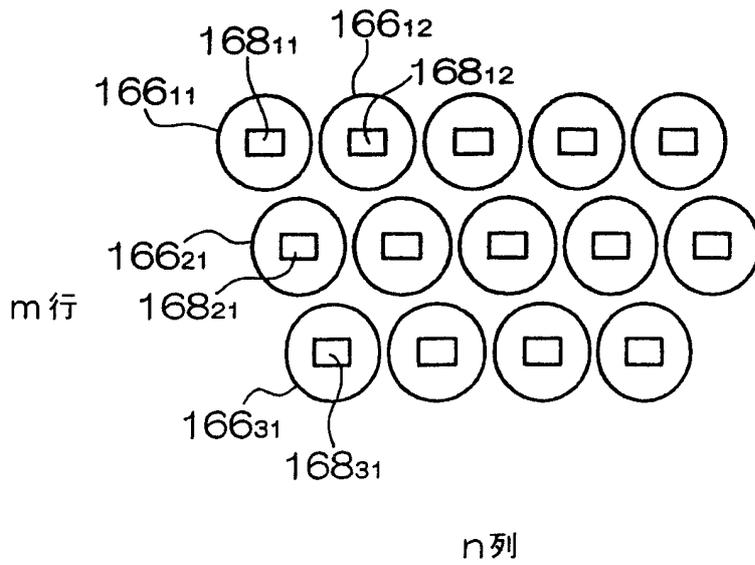


图 3B

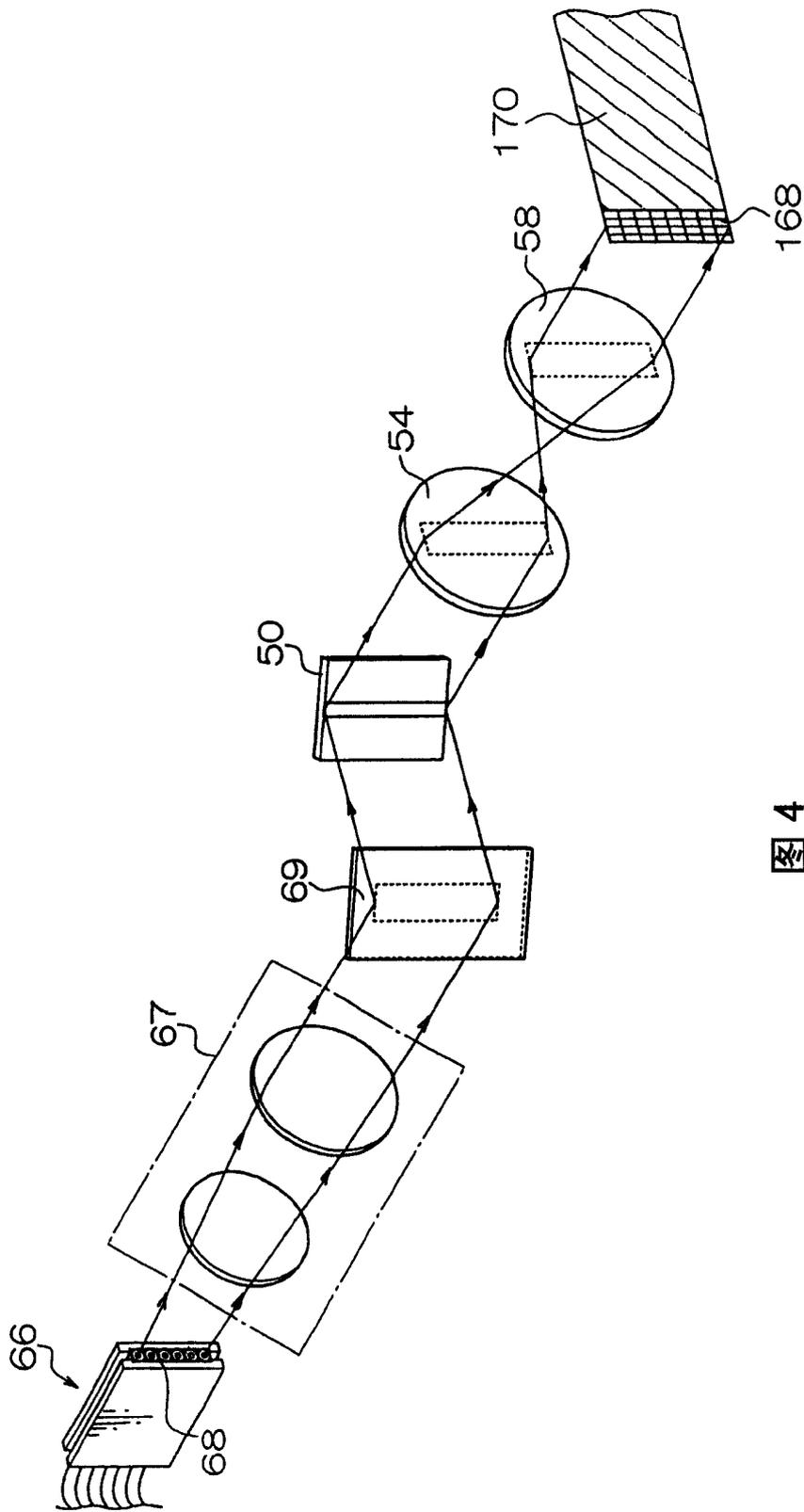


图 4

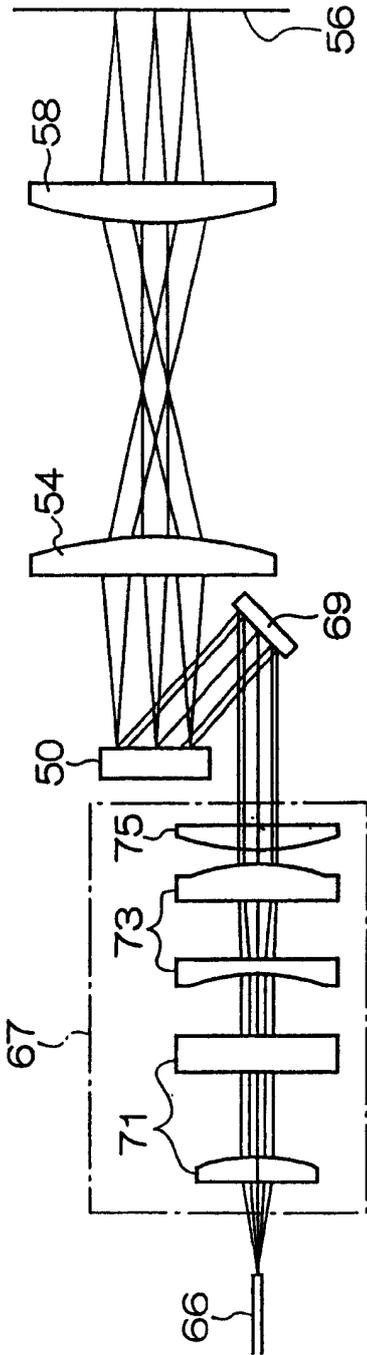


图 5A

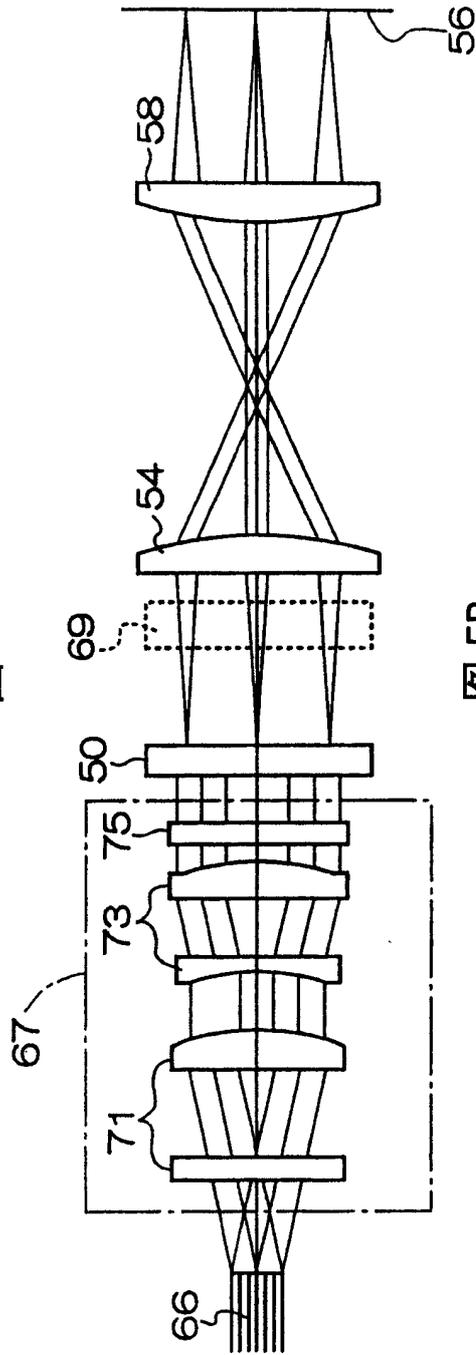


图 5B

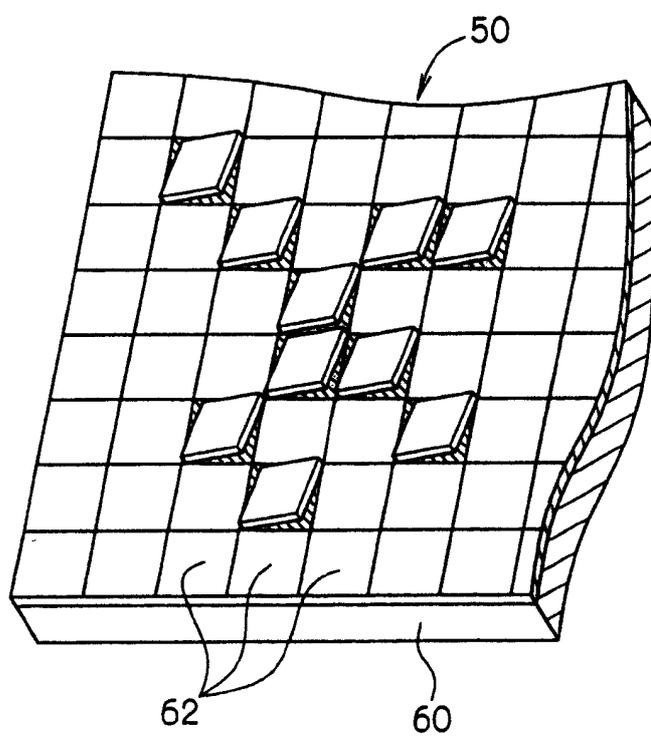


图 6

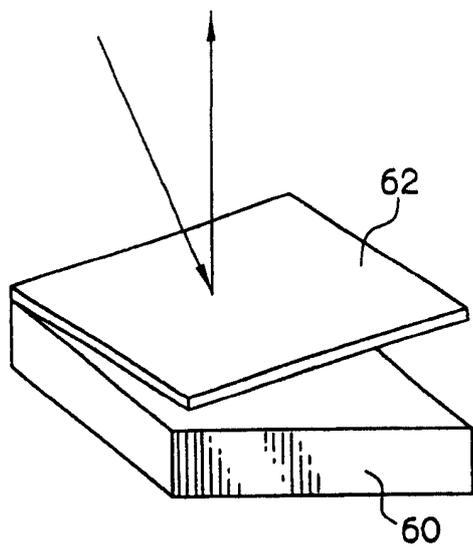


图 7A

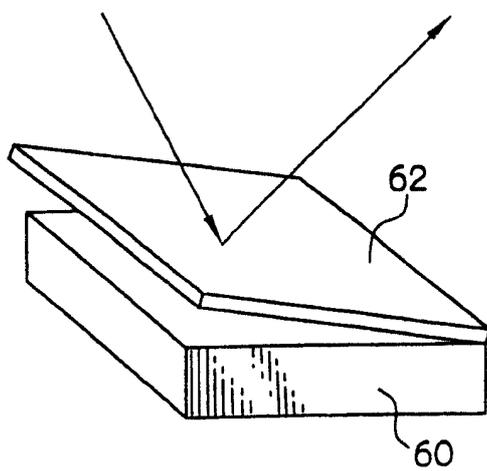


图 7B

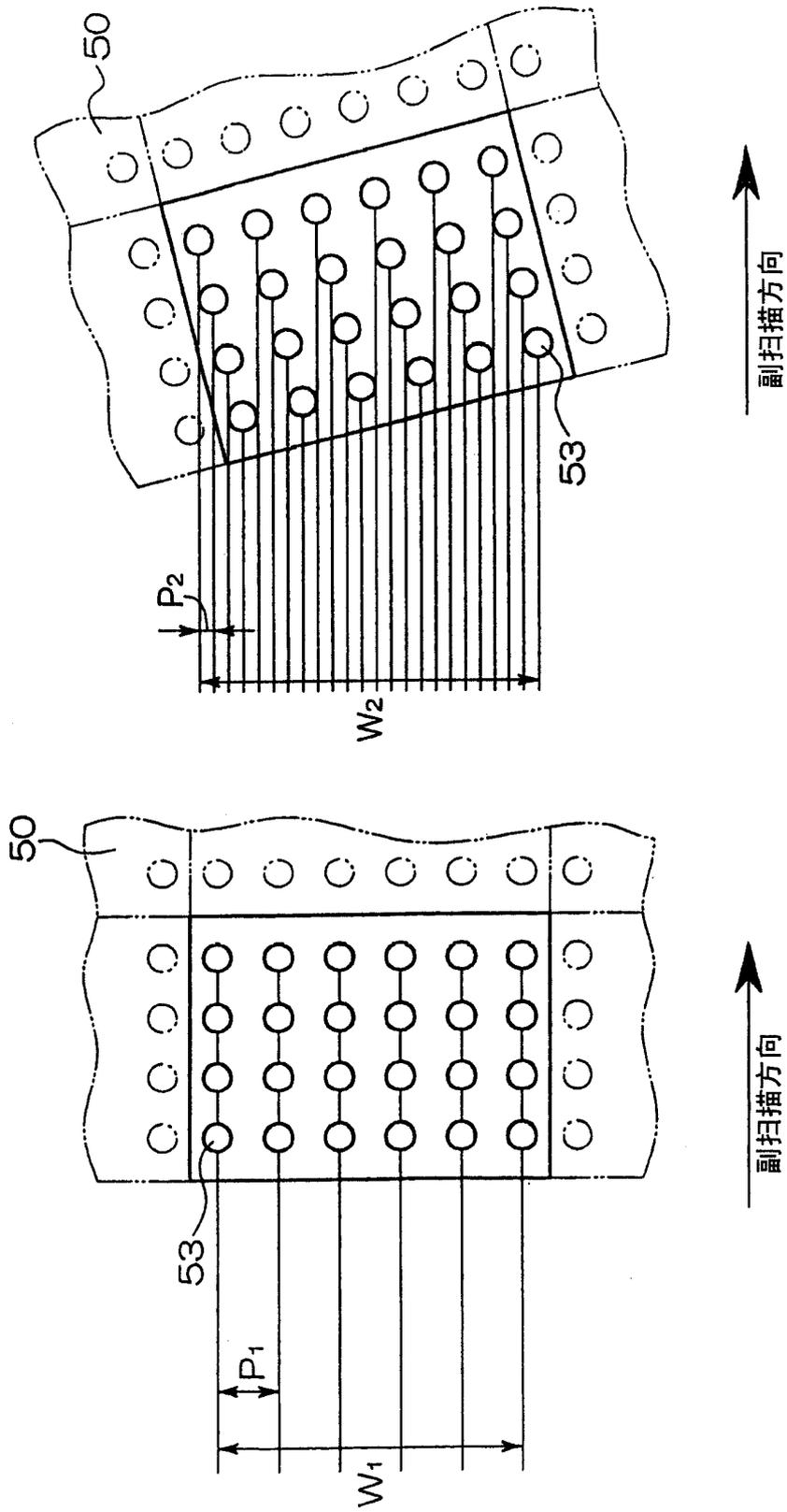
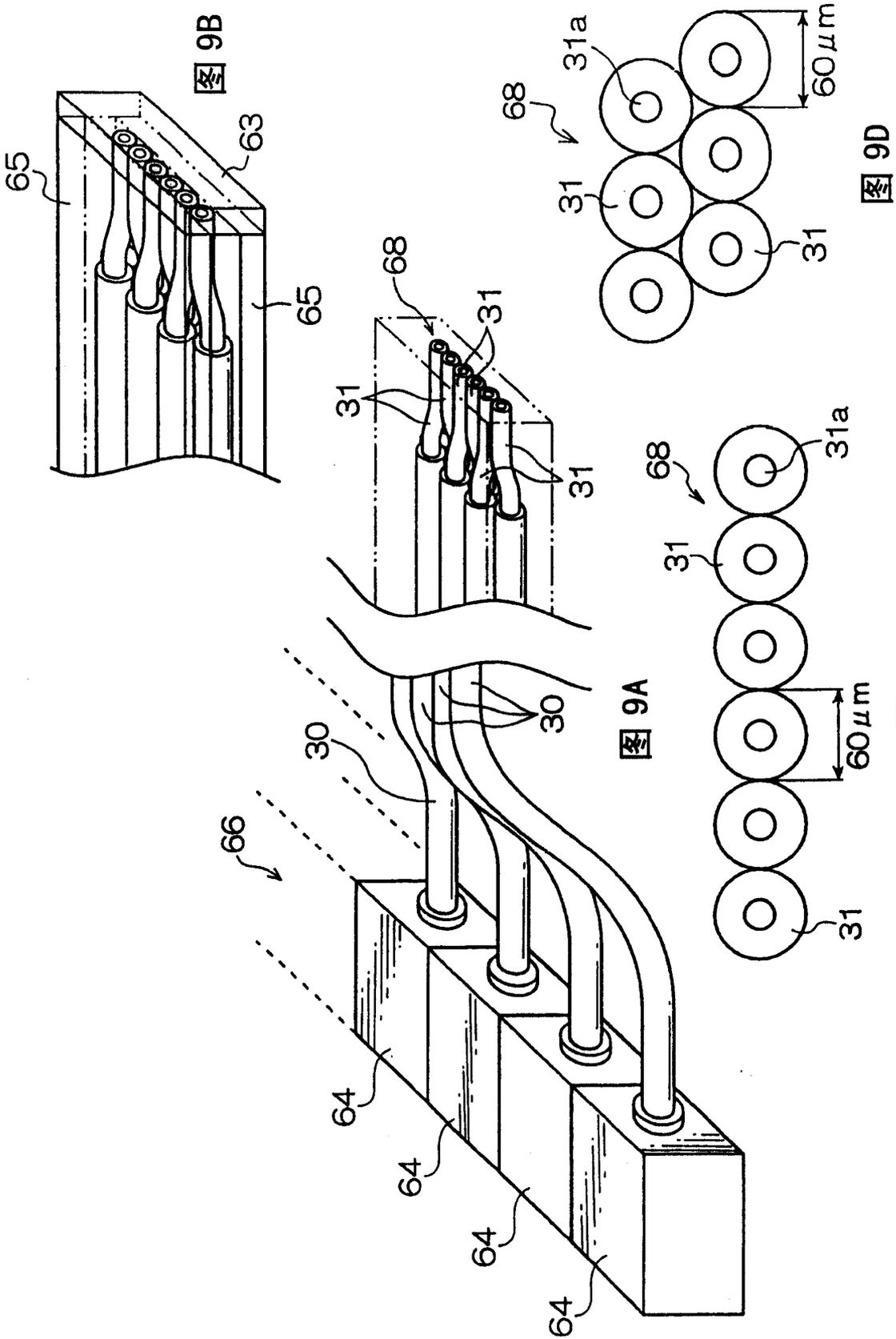


图 8



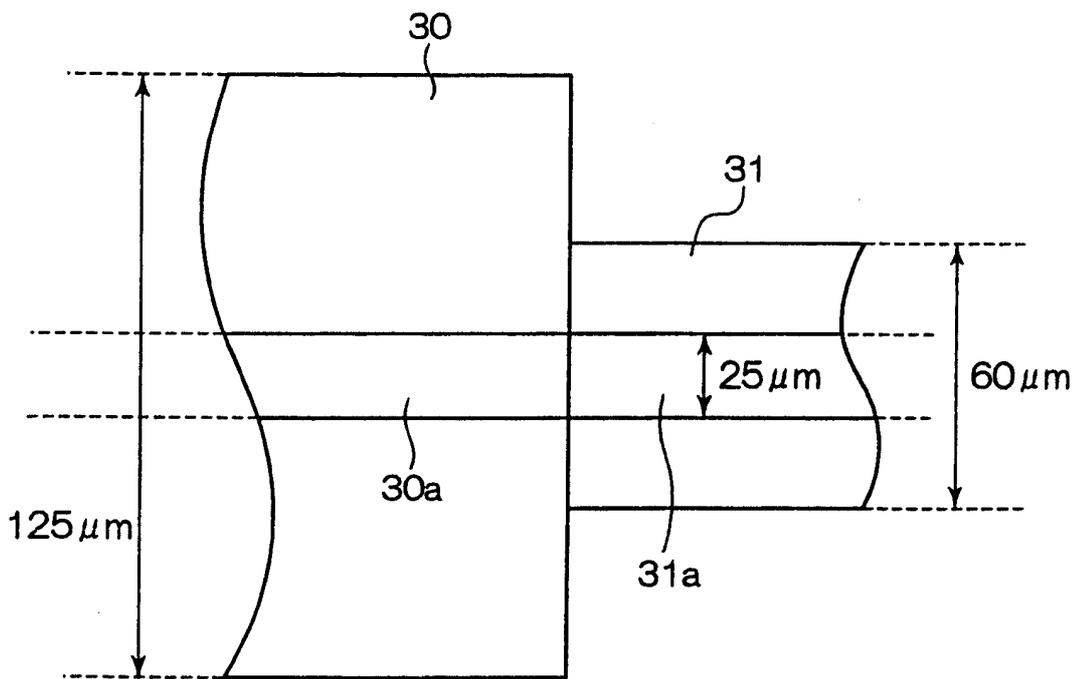


图 10

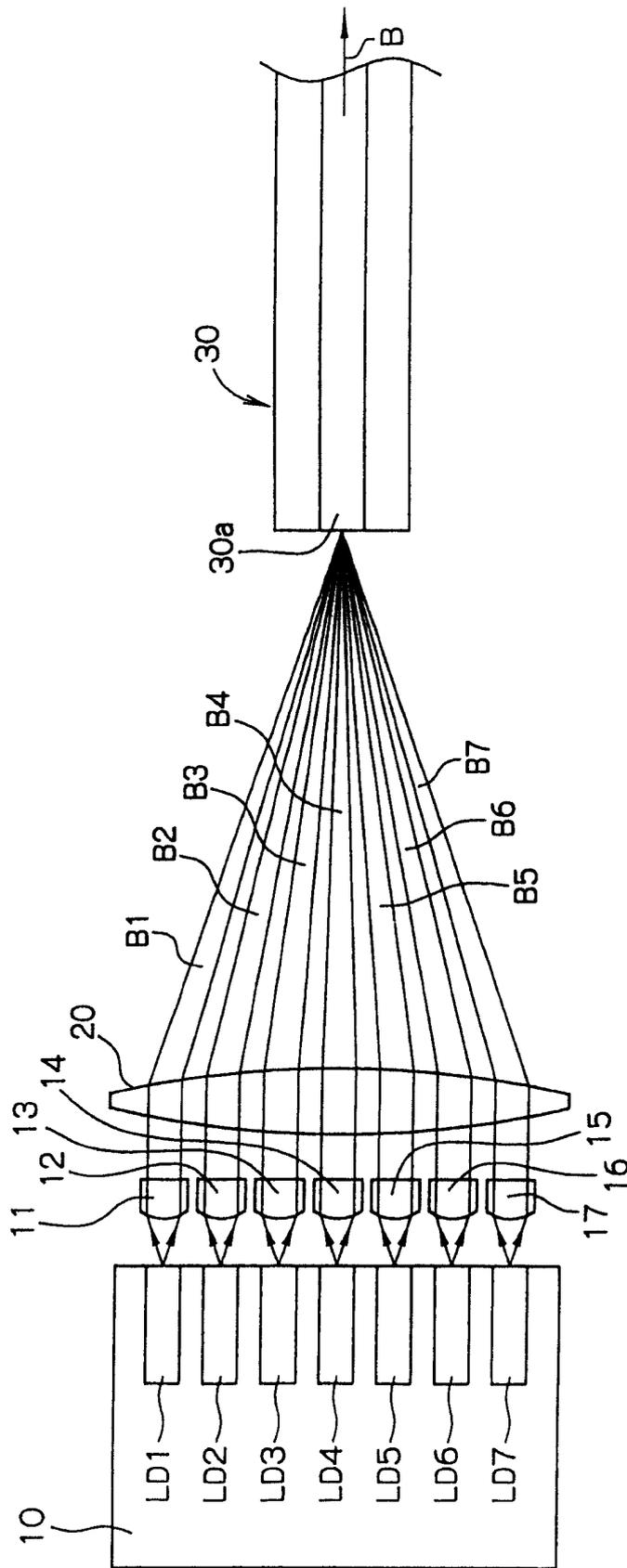


图 11

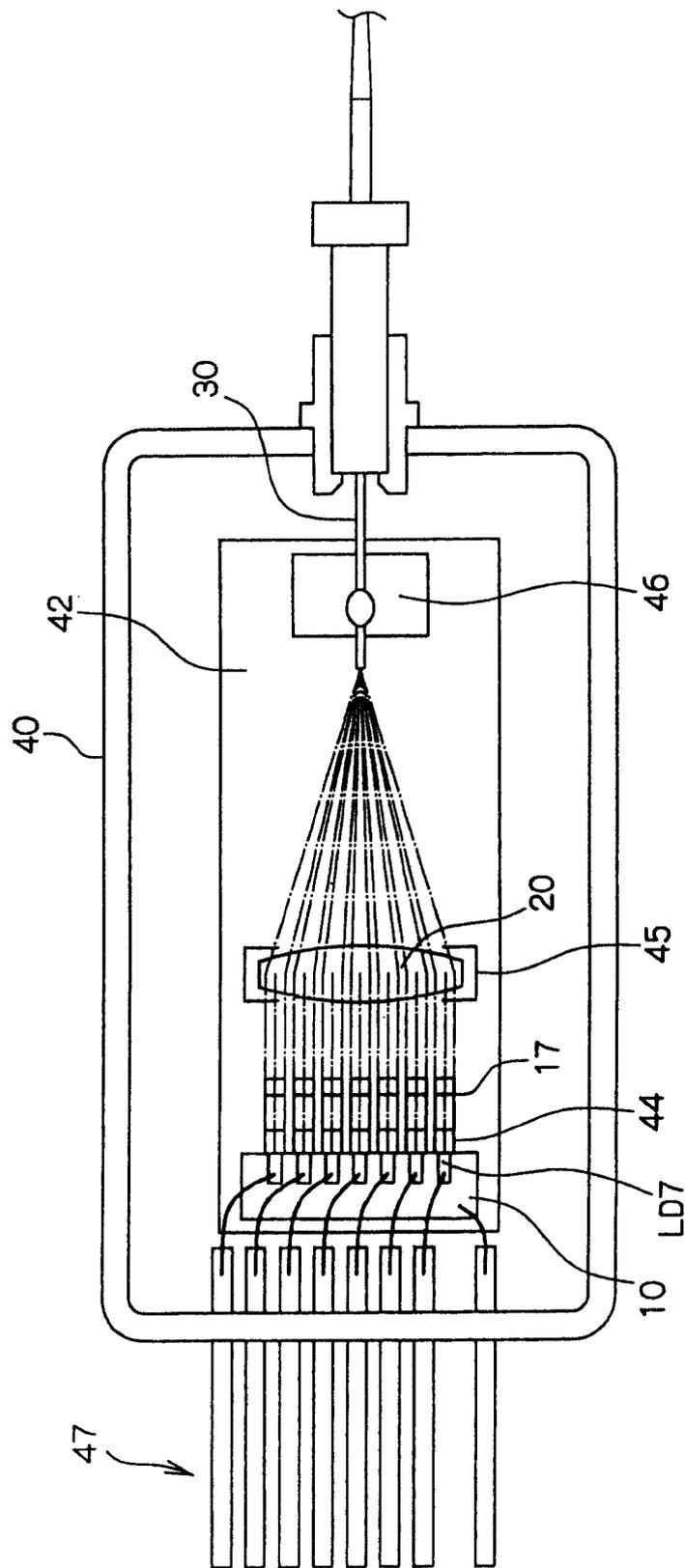


图 12

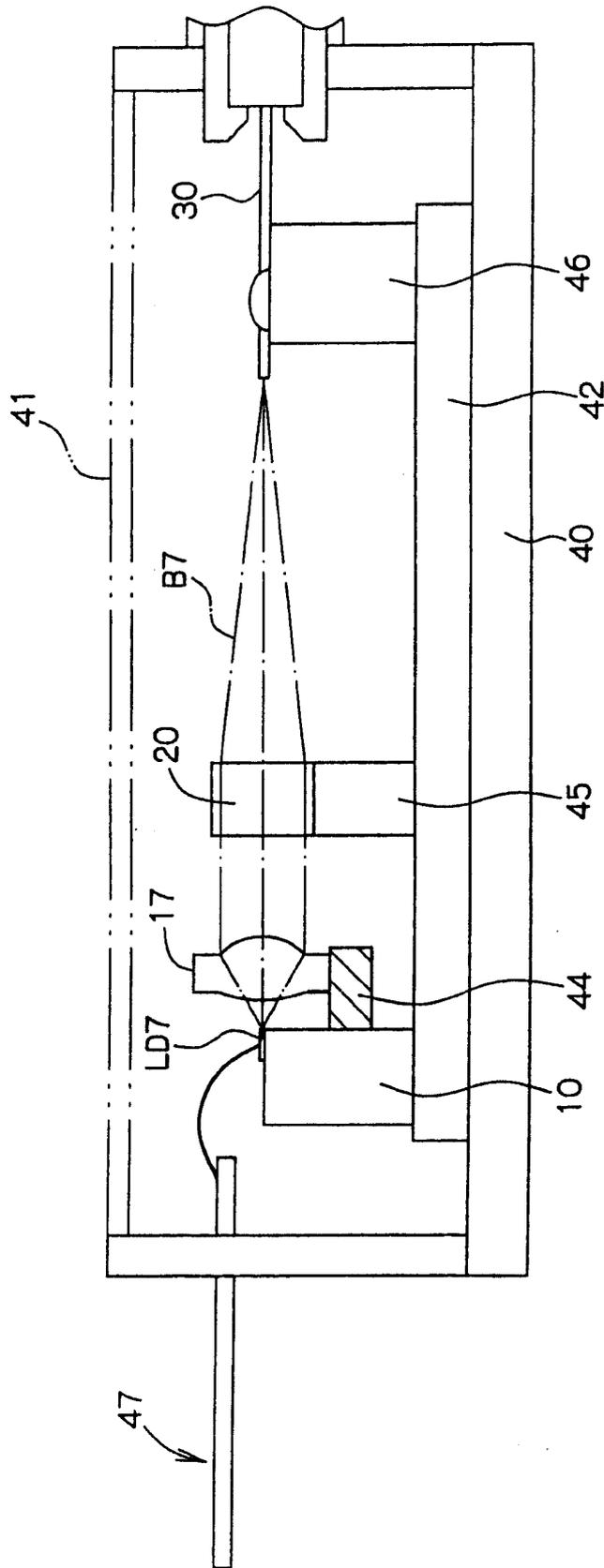


图 13

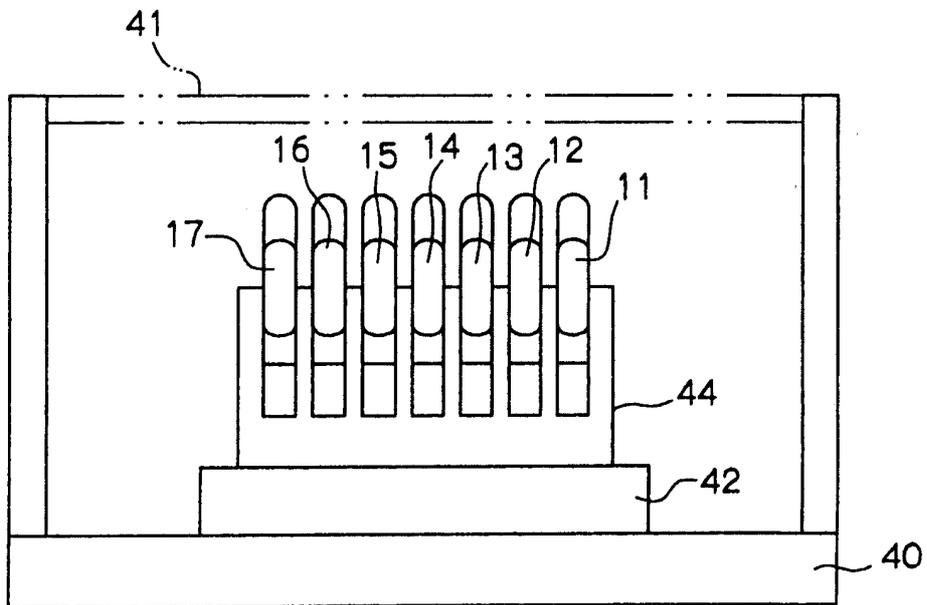


图 14

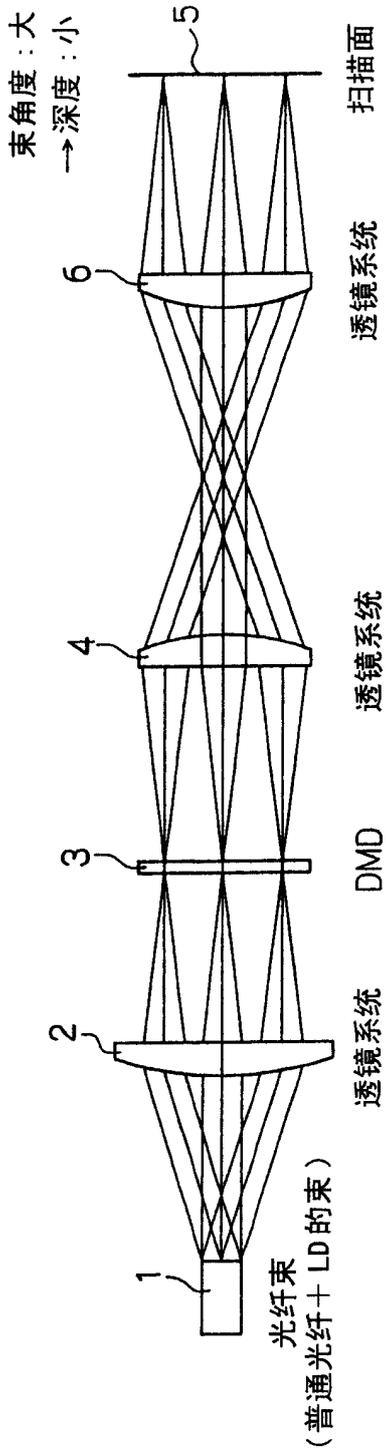


图 15A

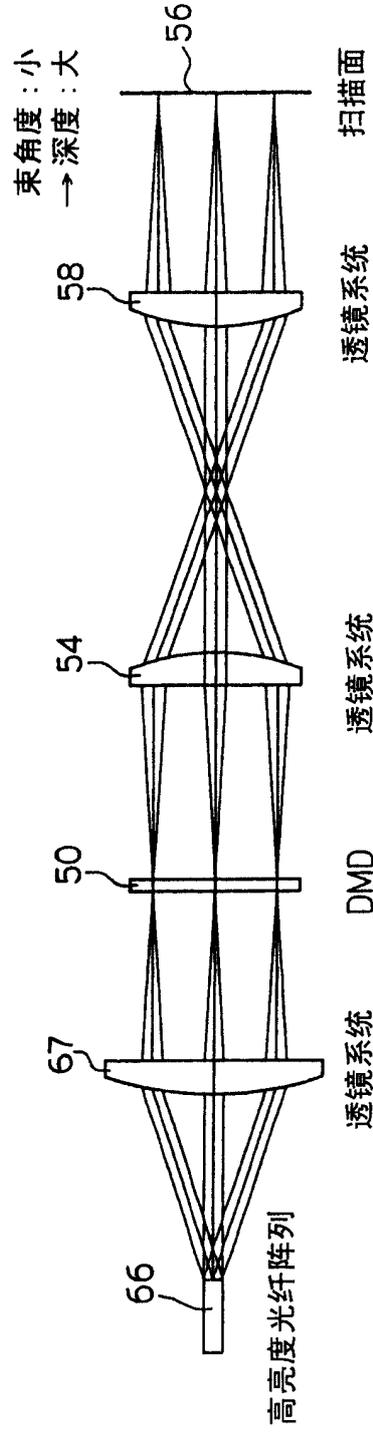


图 15B

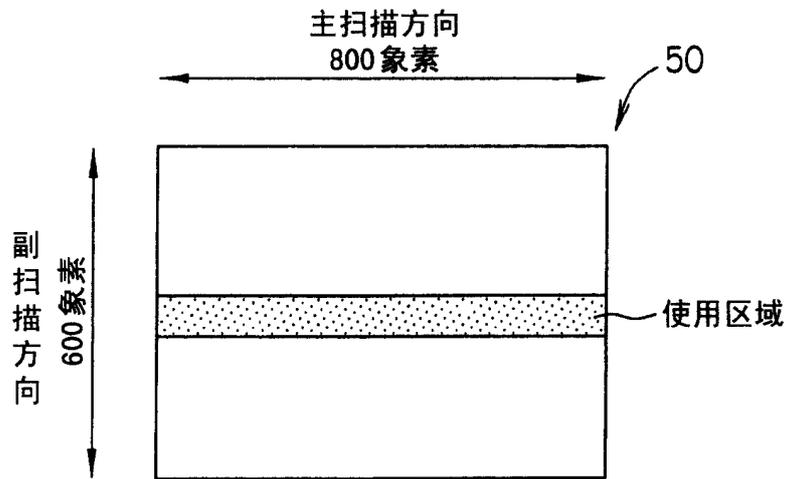


图 16A

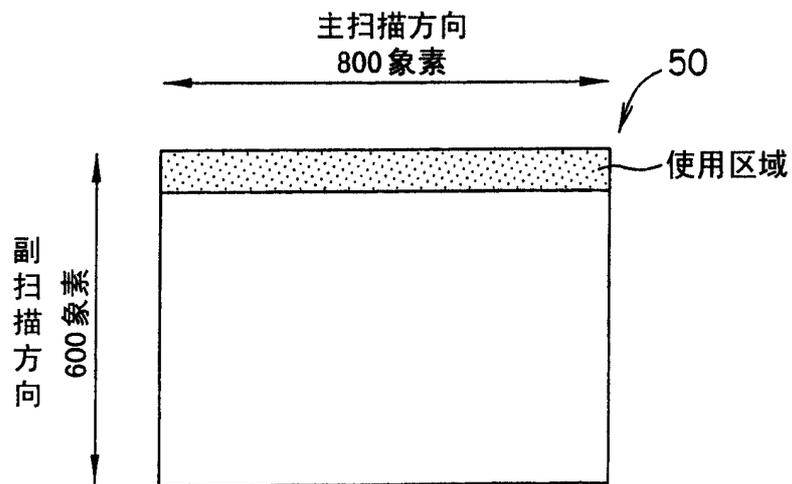


图 16B

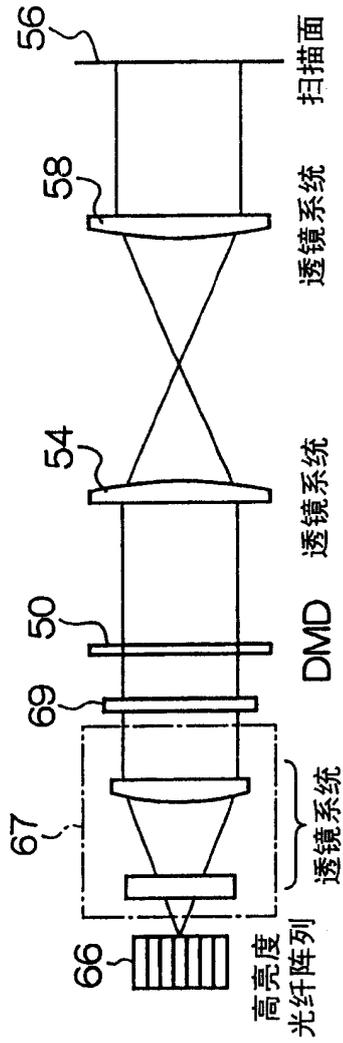


图 17A

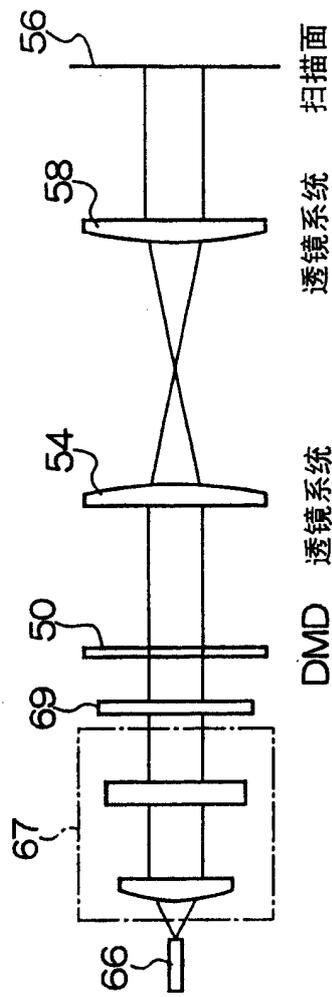


图 17B

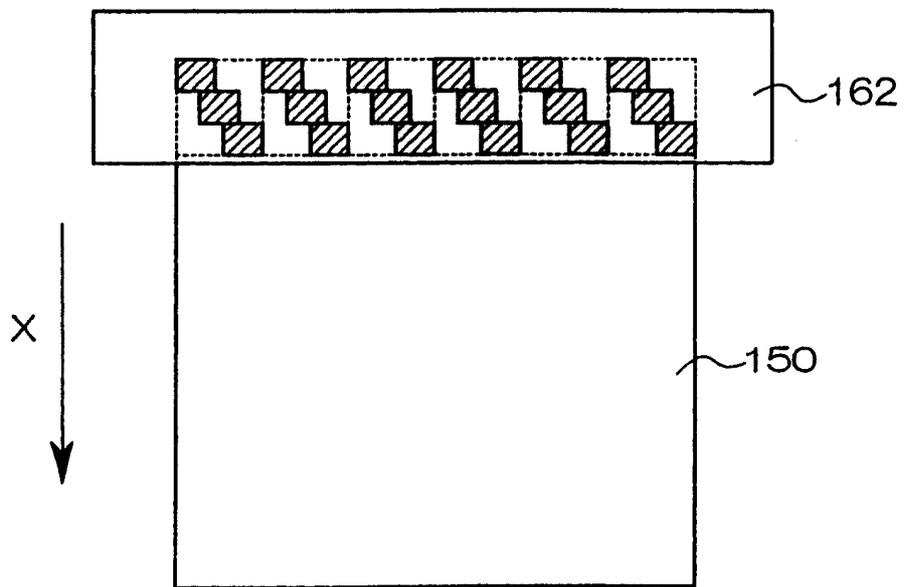


图 18

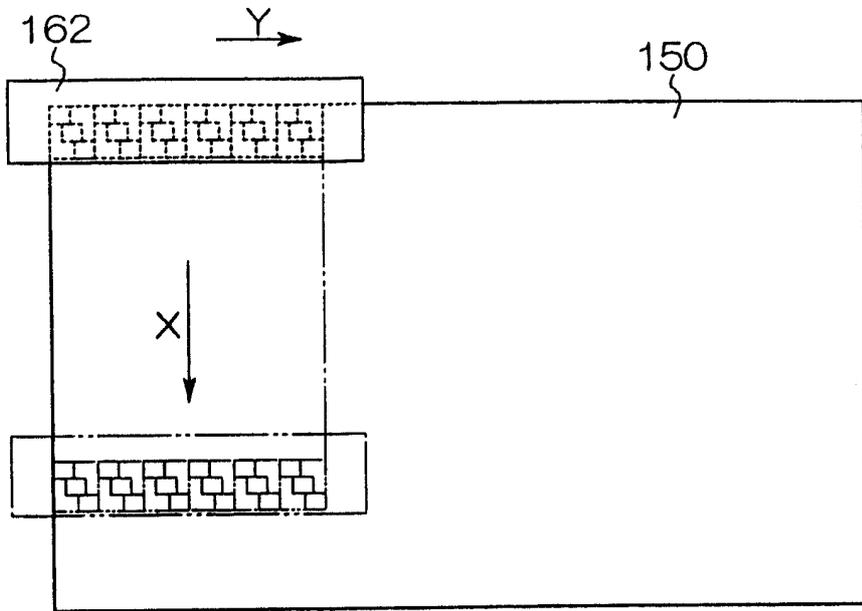


图 19A

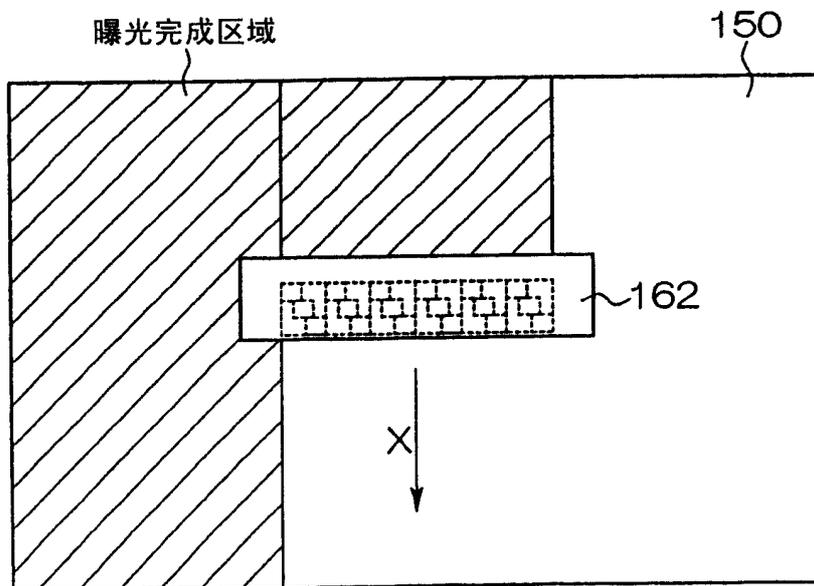


图 19B

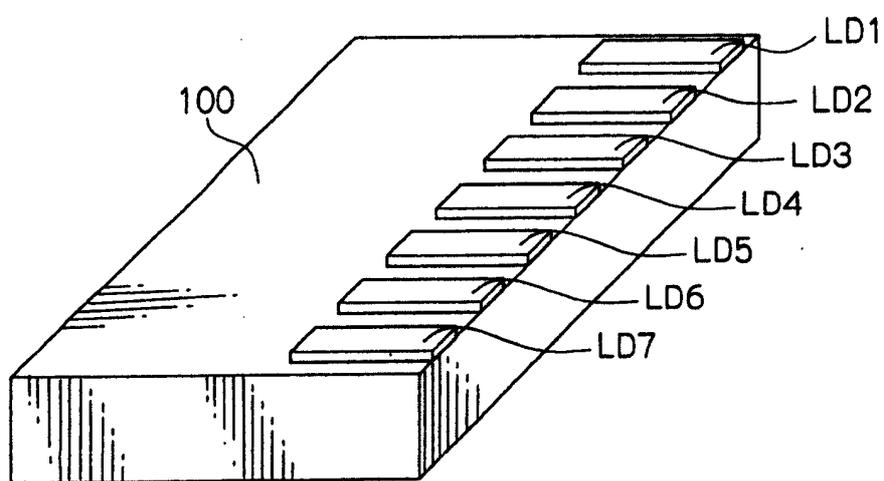


图 20

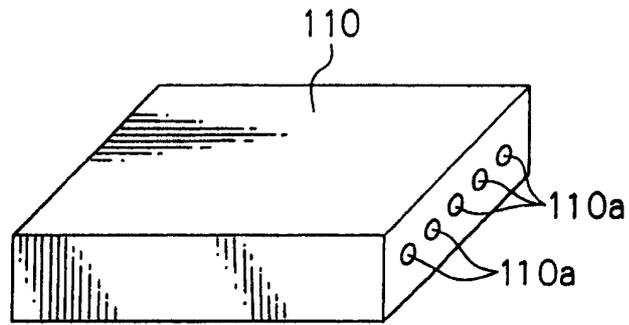


图 21A

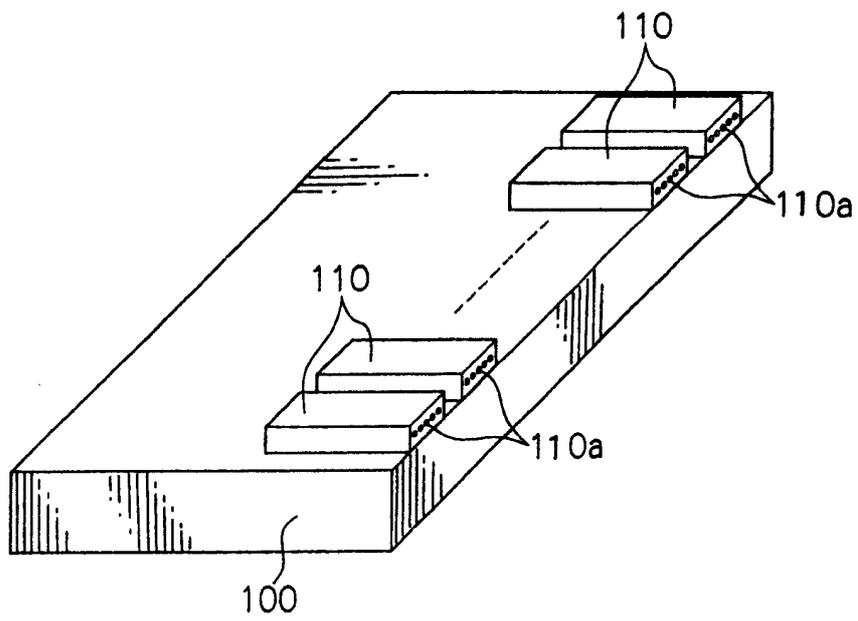


图 21B

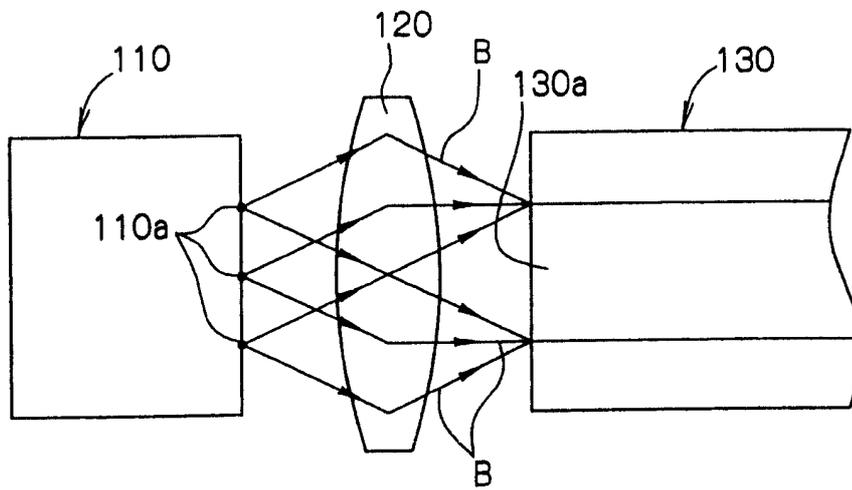


图 22

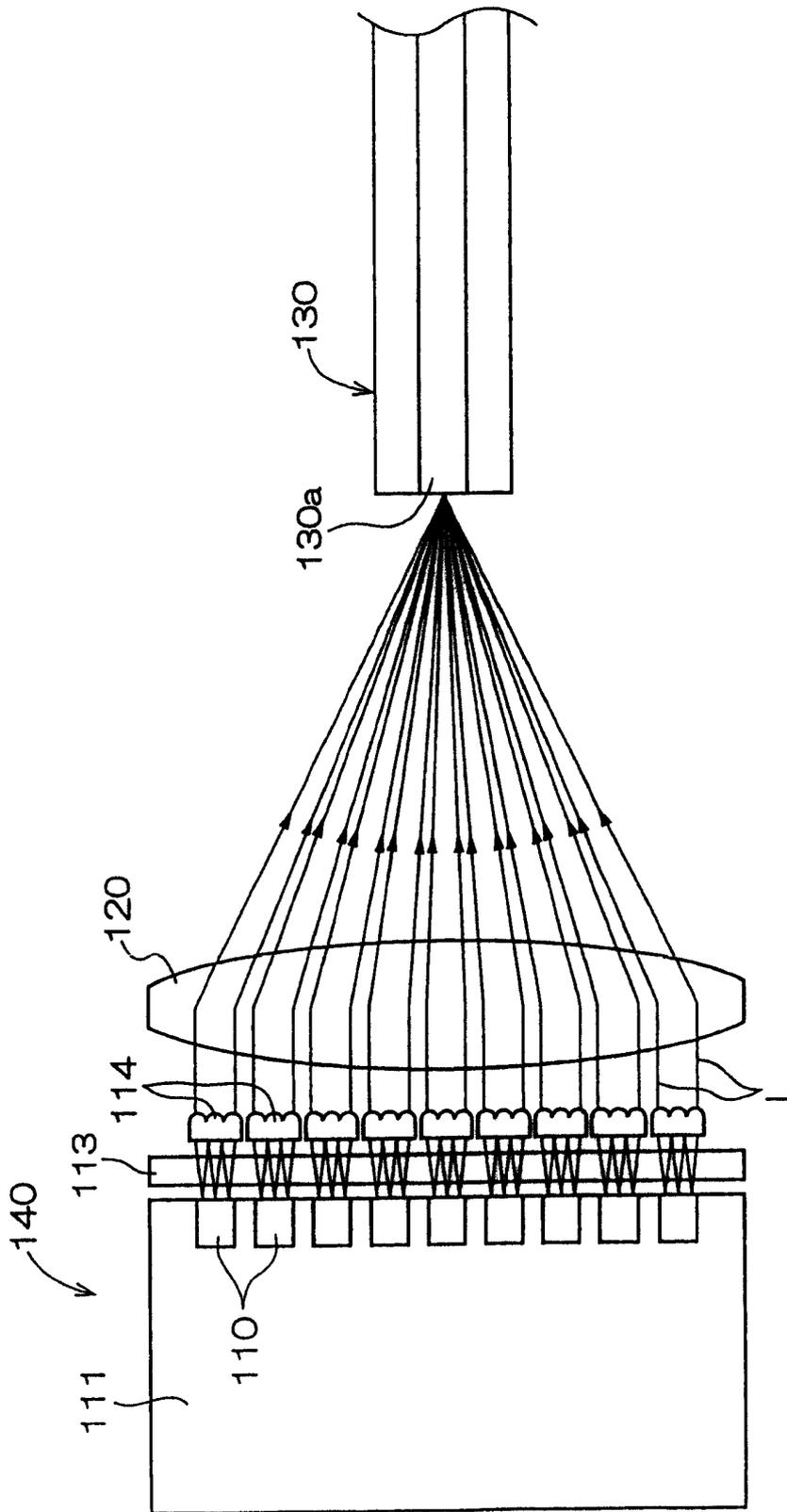


图 23

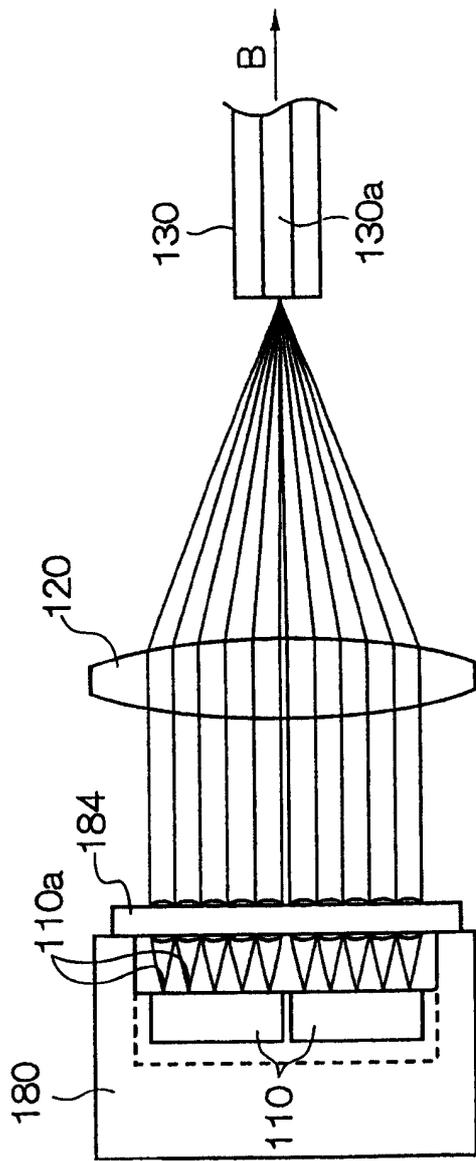


图 24A

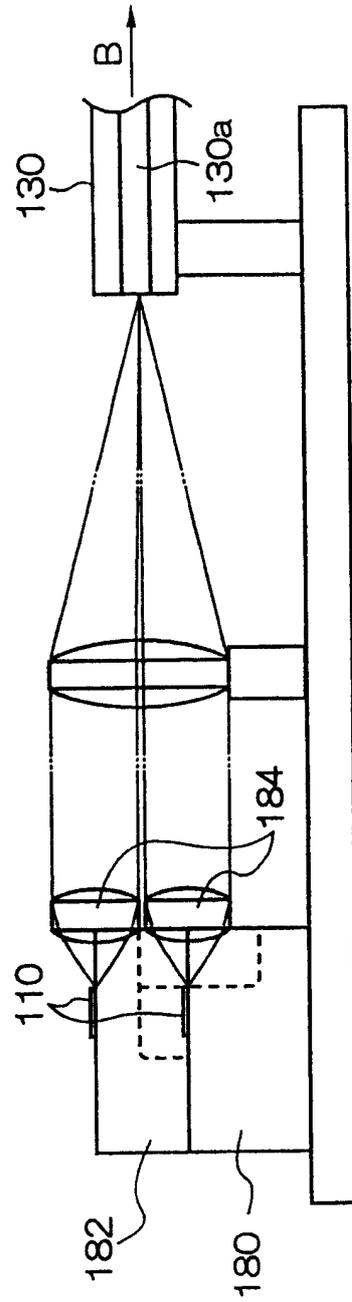


图 24B

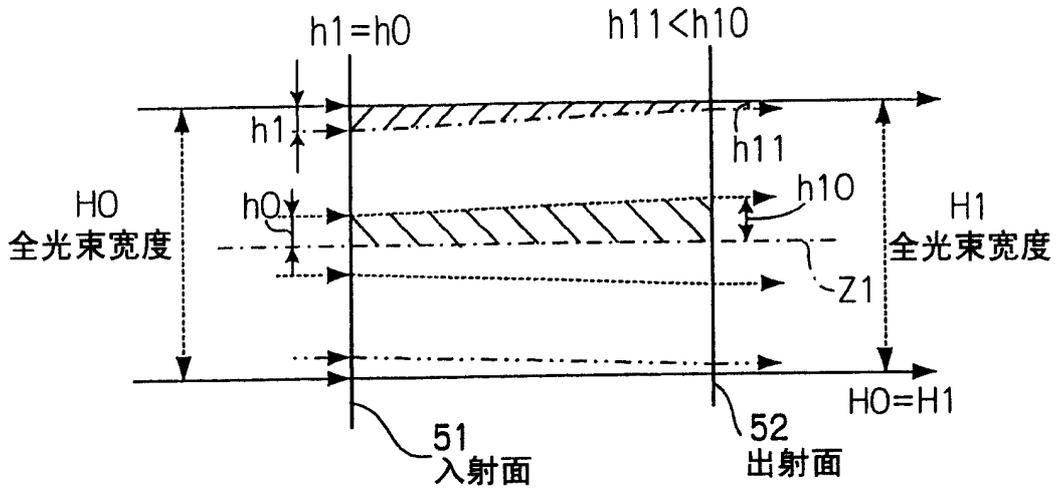


图 25A

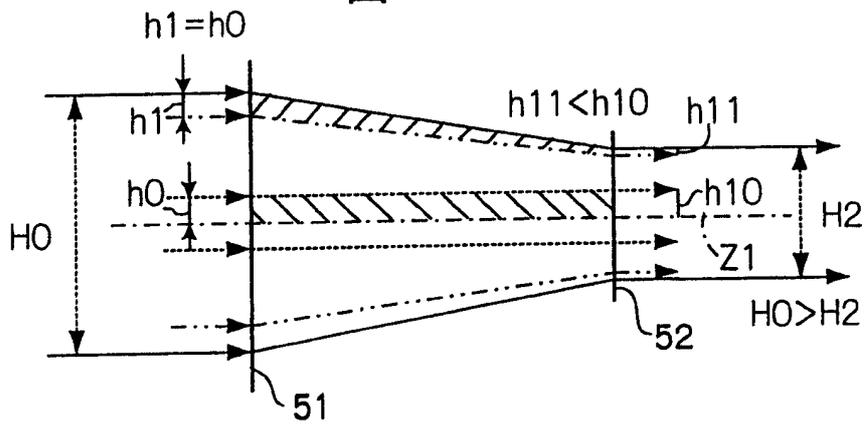


图 25B

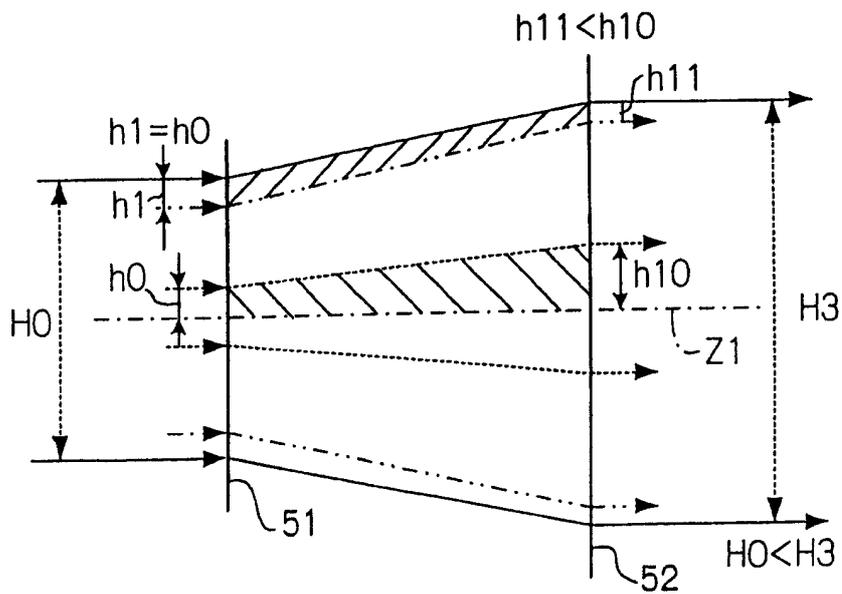


图 25C

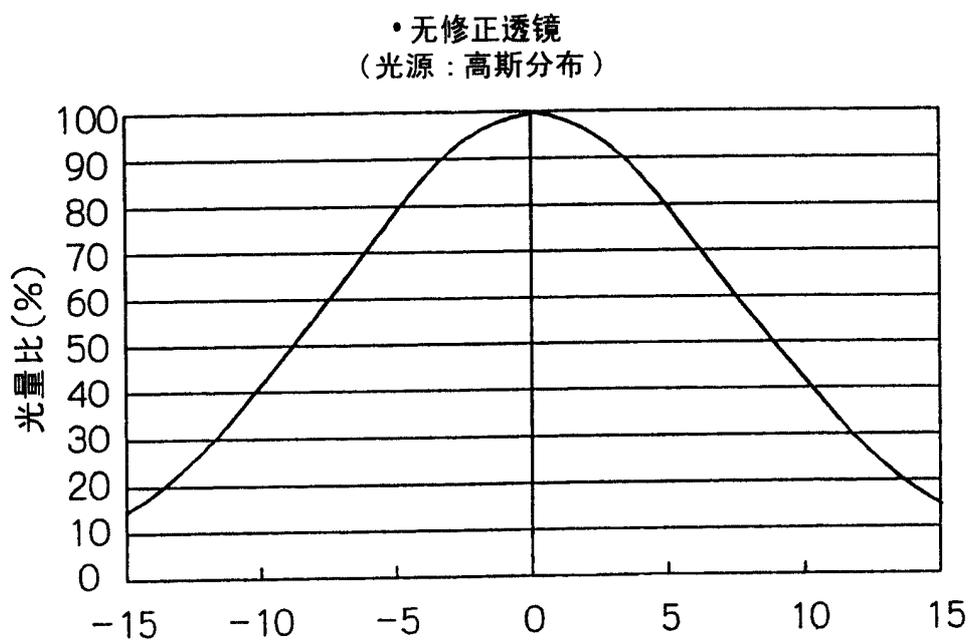


图 26

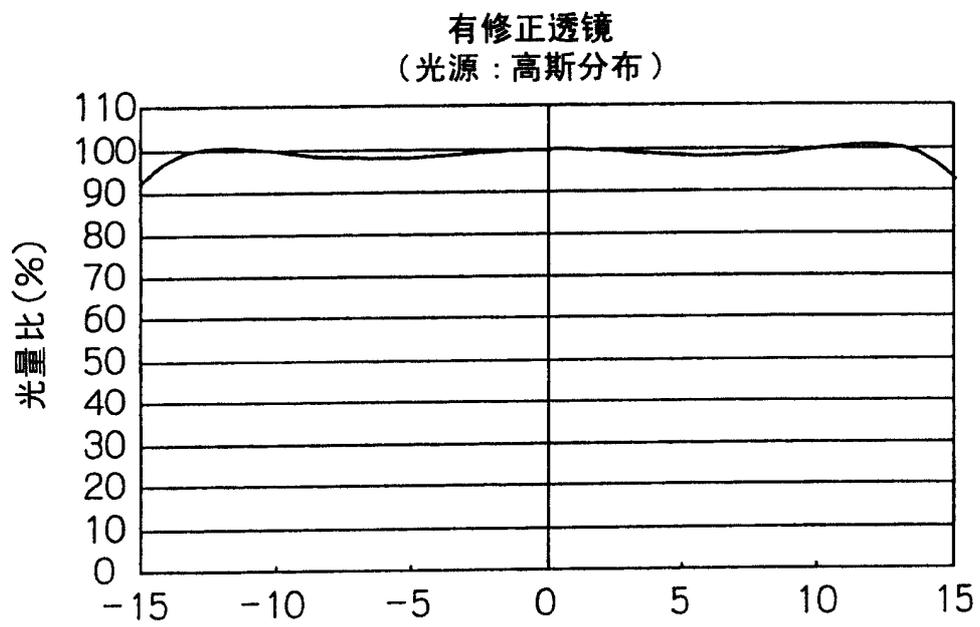


图 27

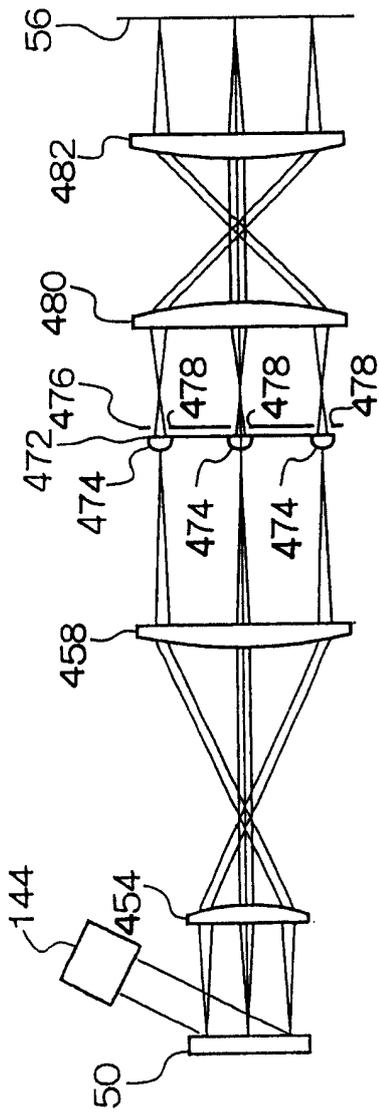


图 28A

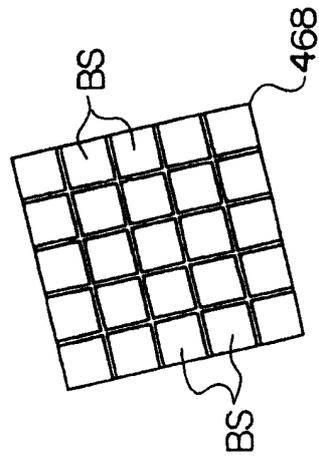


图 28B

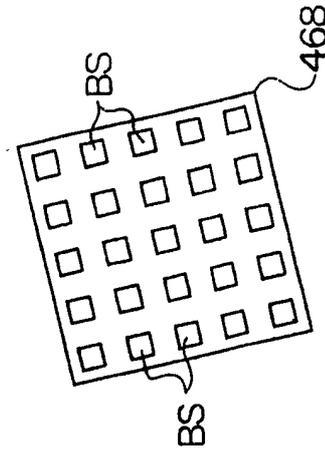


图 28C

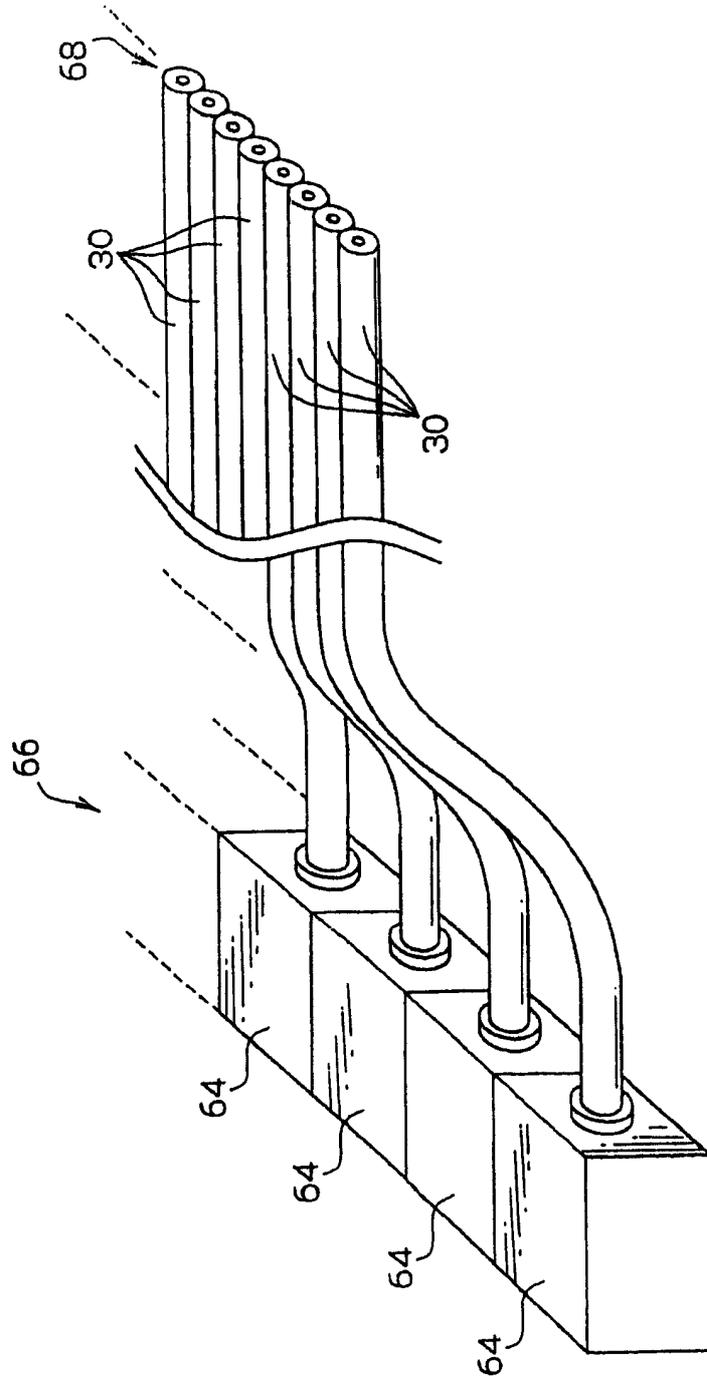


图 29

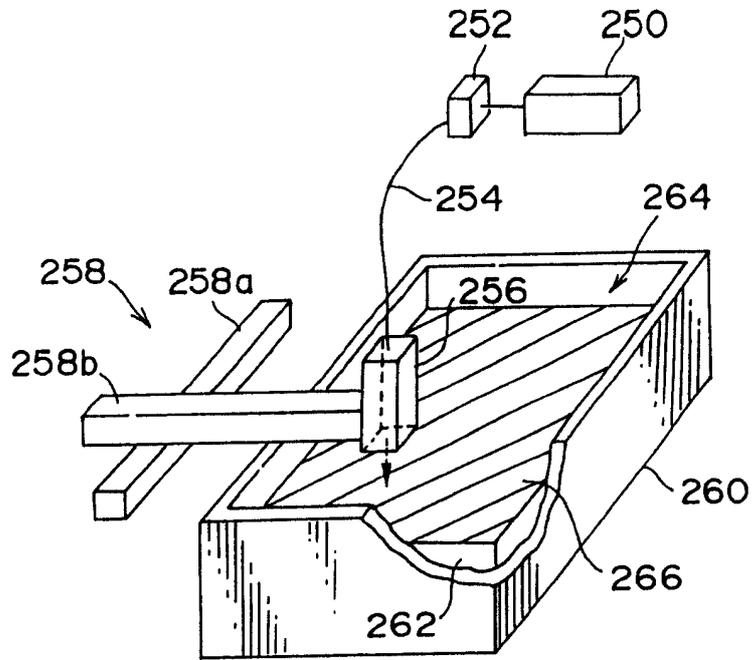


图 30

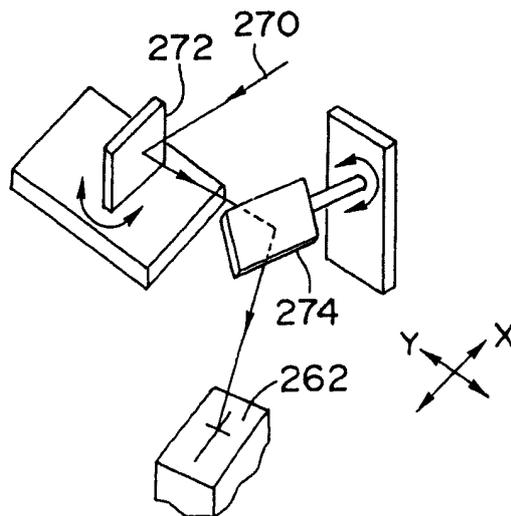


图 31

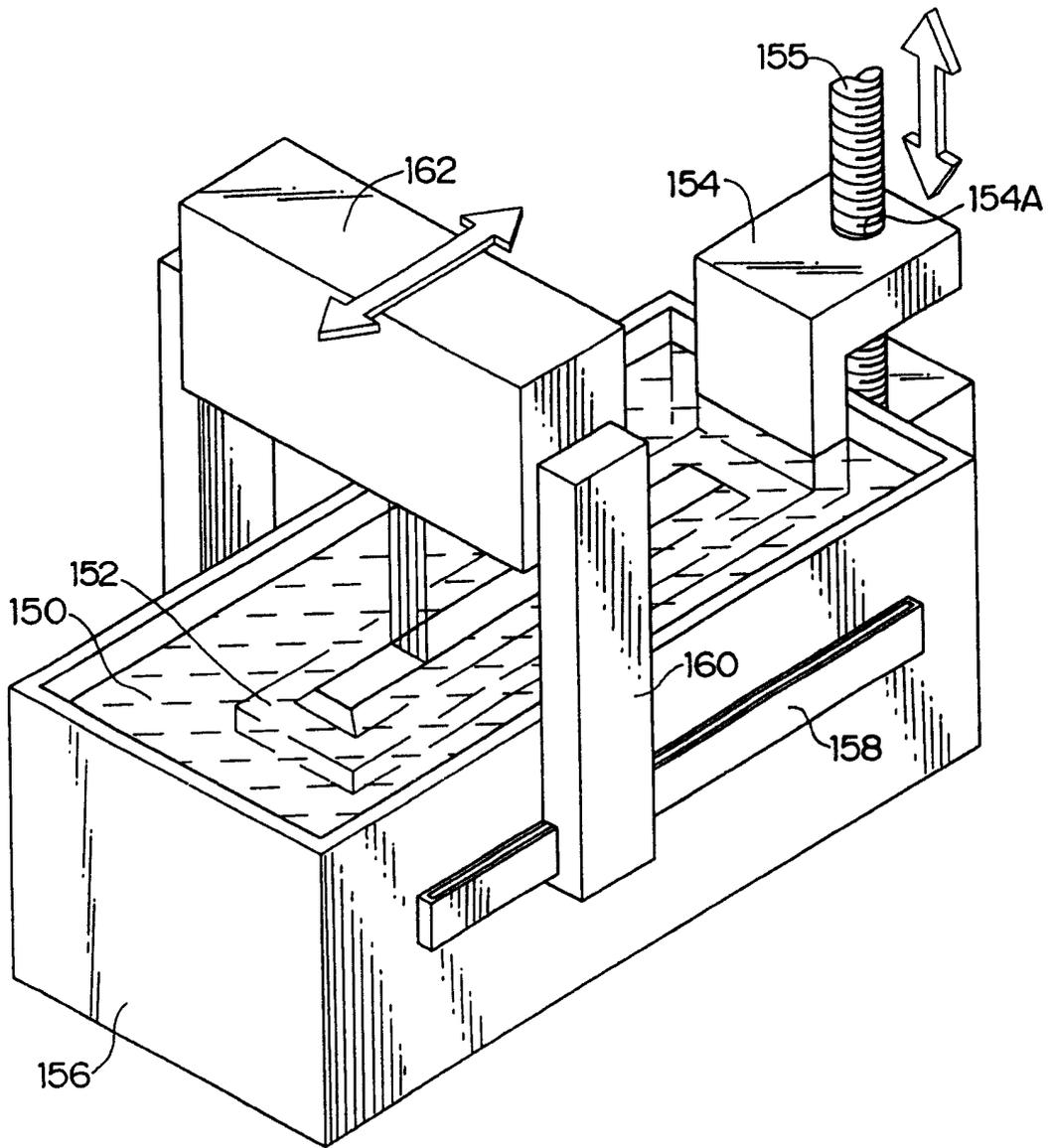


图 32

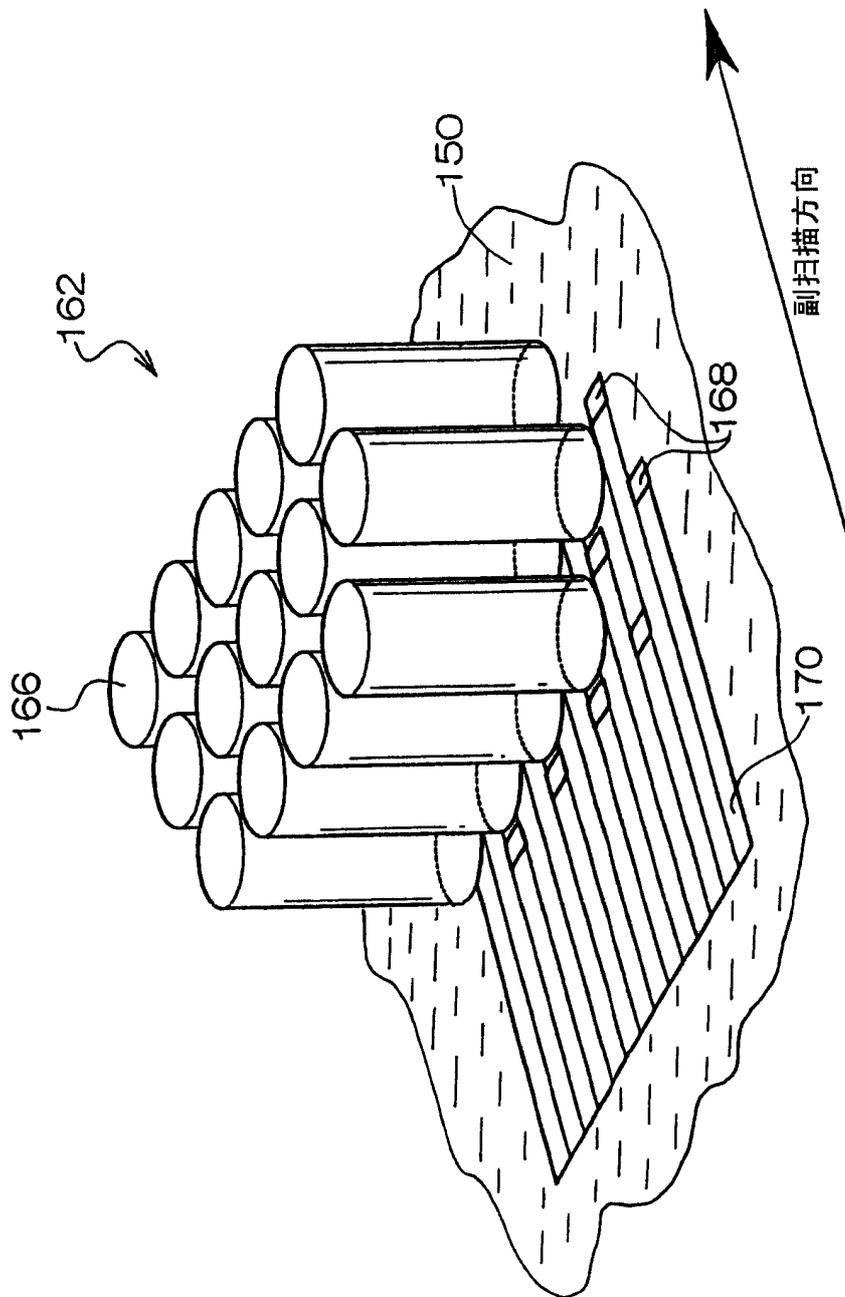


图 33

▨-102 □-104

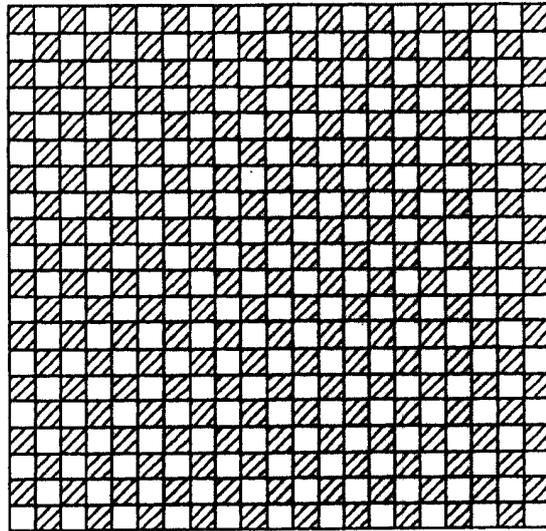


图 34A

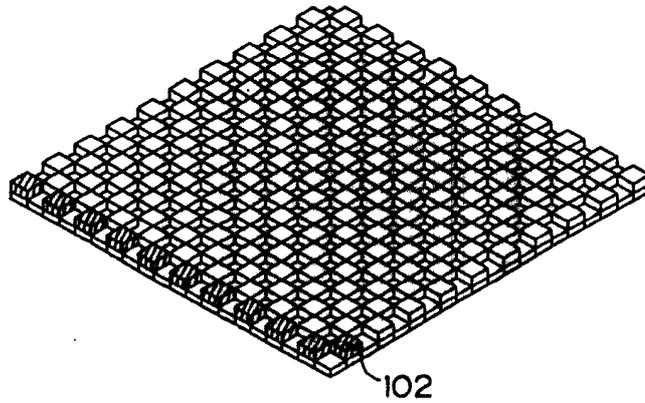


图 34B

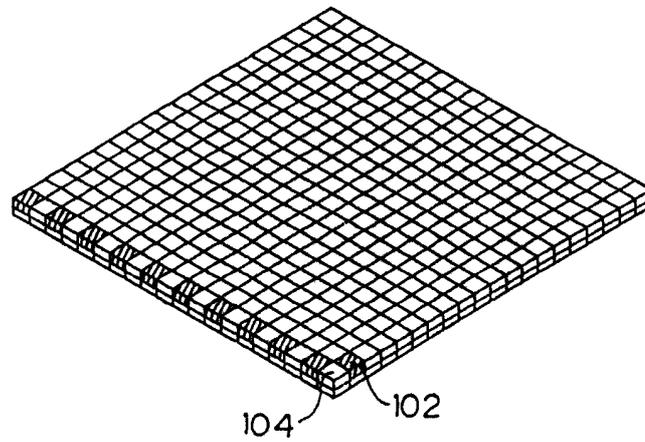


图 34C

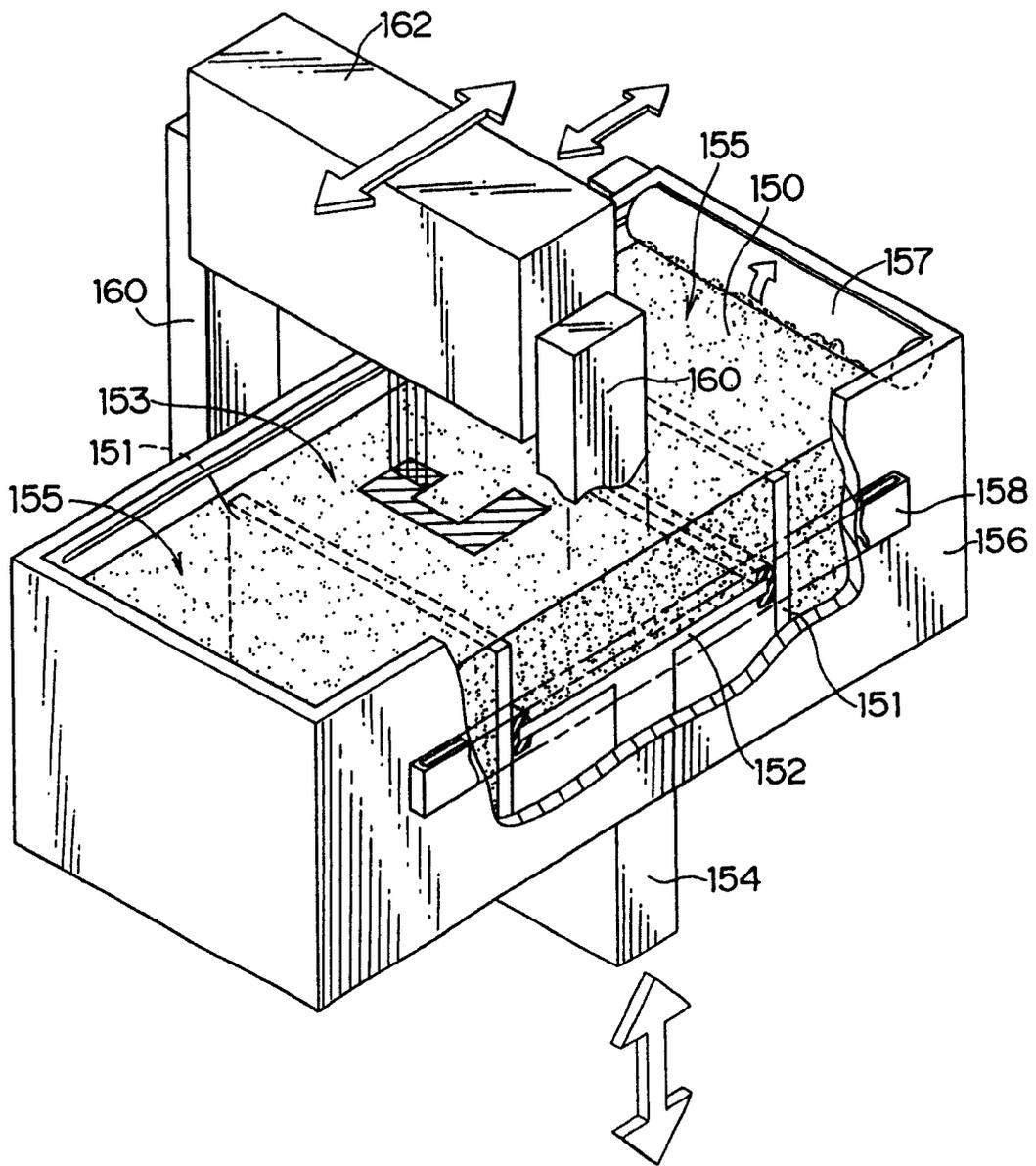


图 35

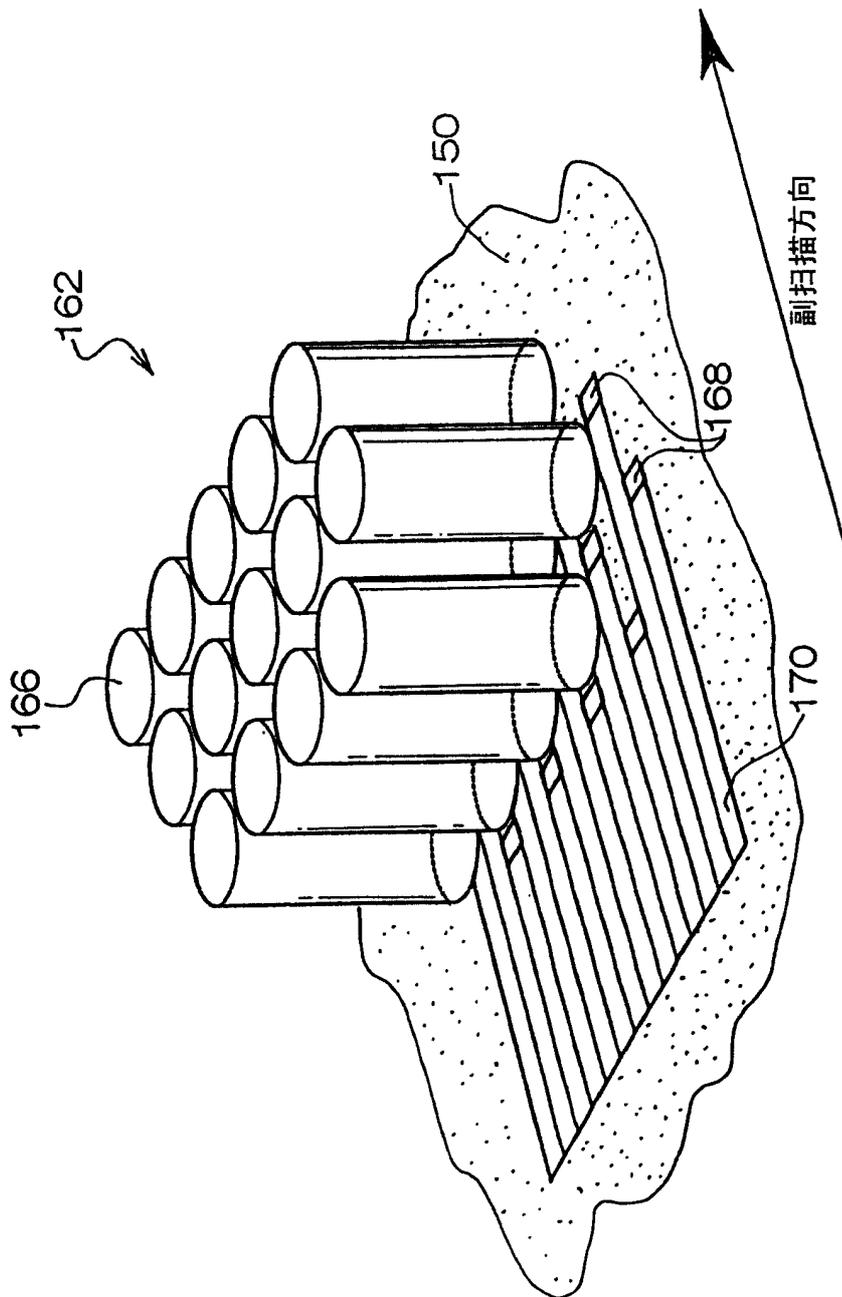


图 36

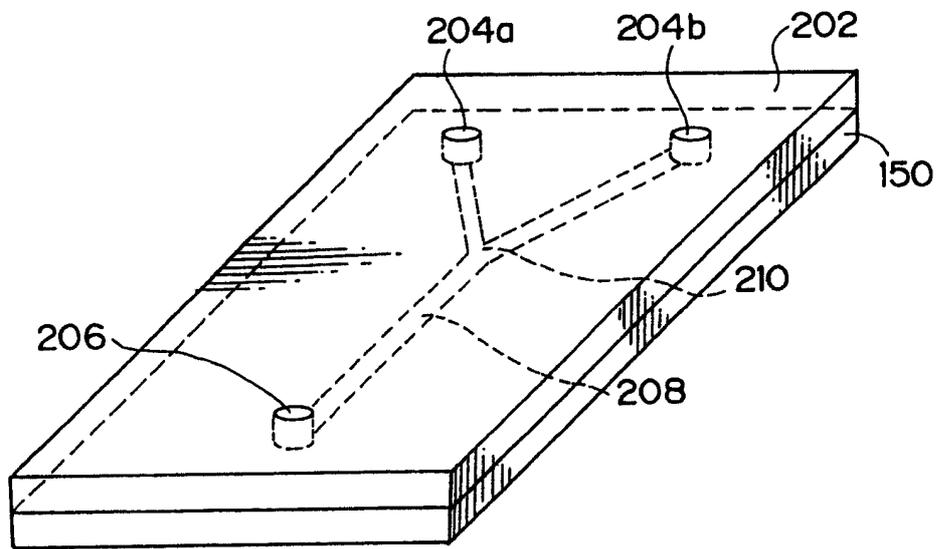


图 37

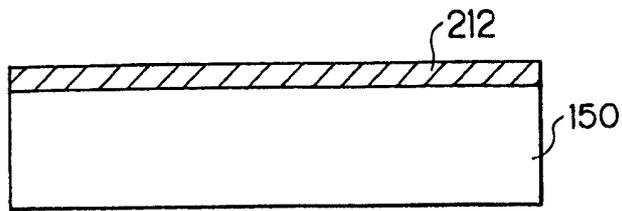


图 38A

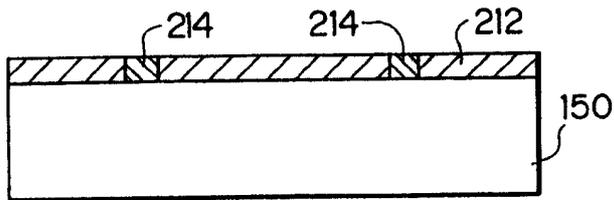


图 38B

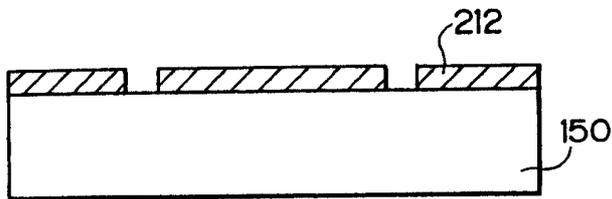


图 38C

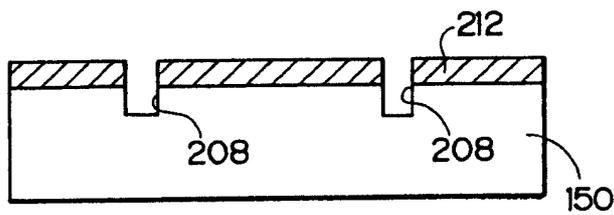


图 38D

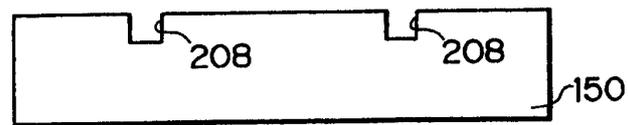


图 38E

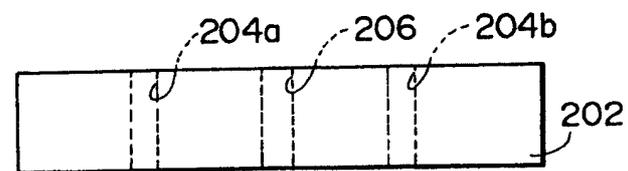


图 38F

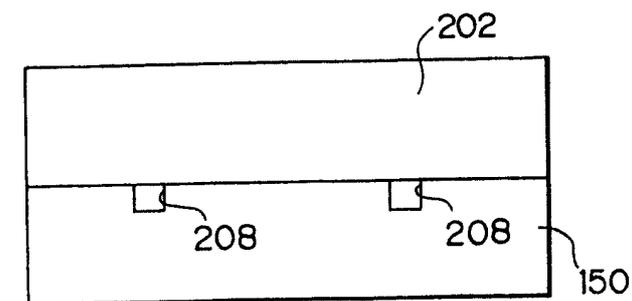


图 38G

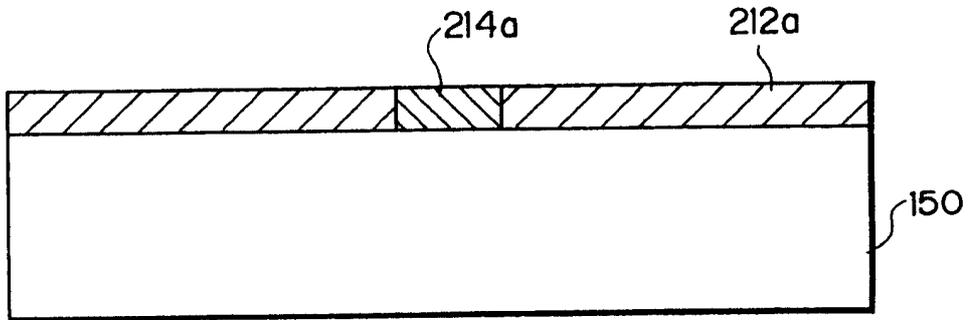


图 39A

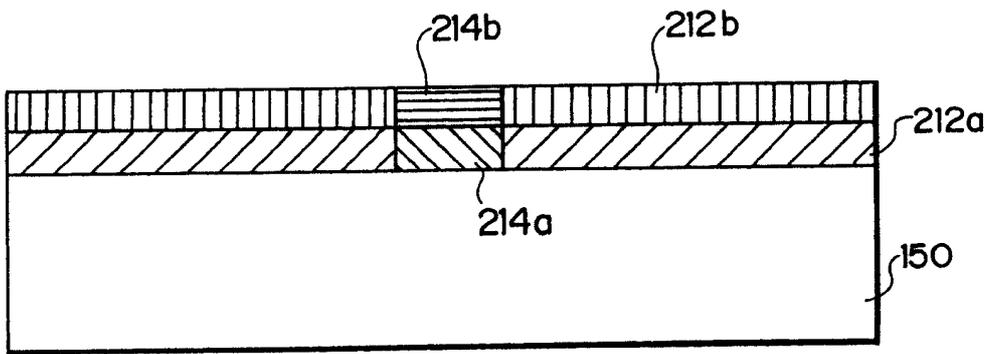


图 39B

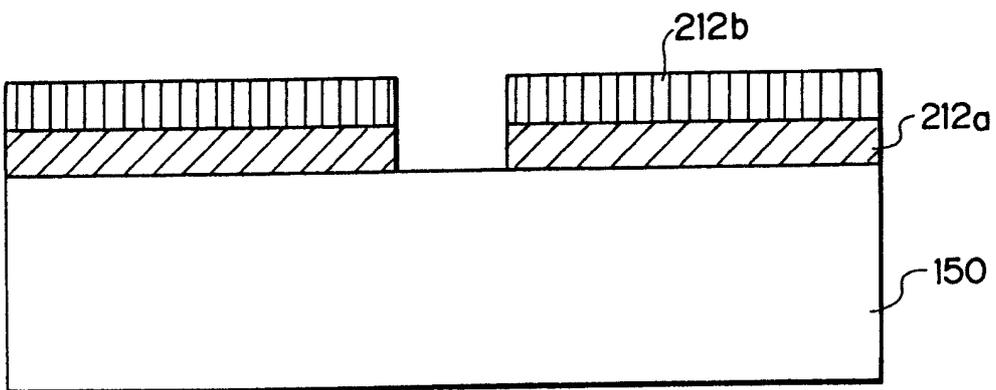


图 39C

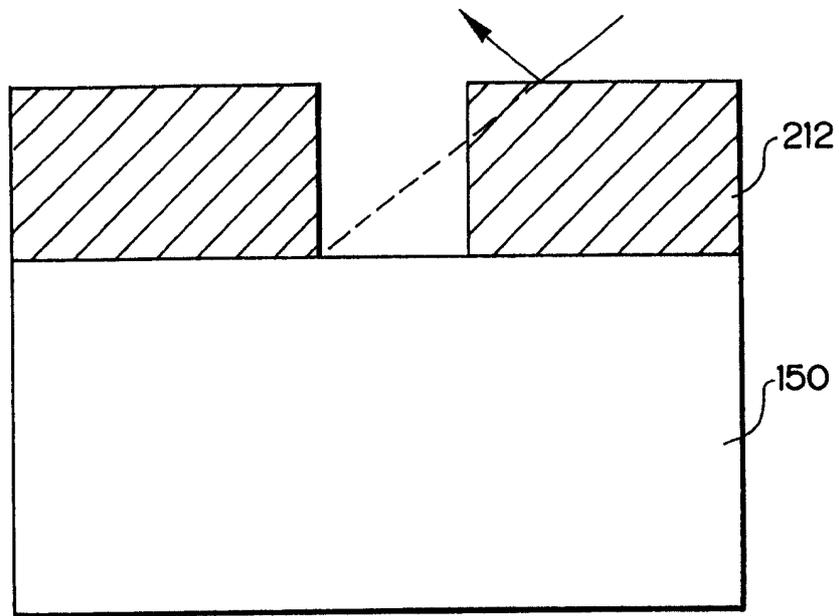


图 40A

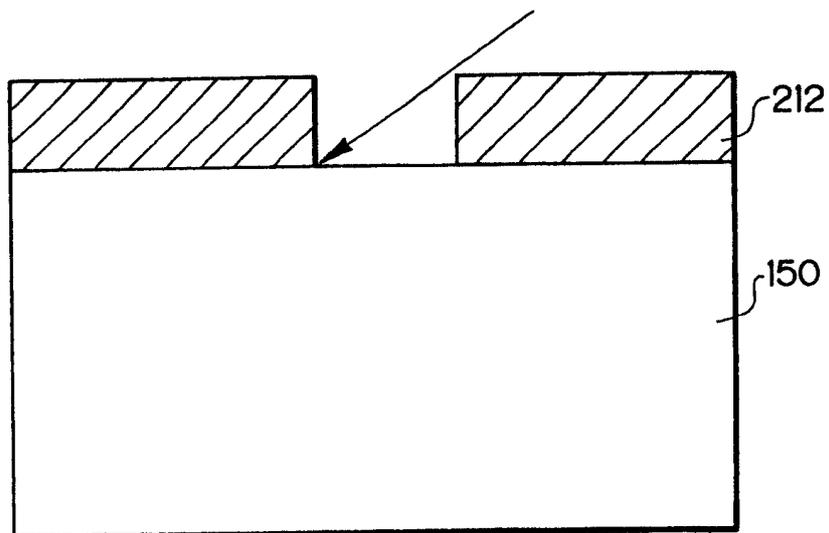


图 40B

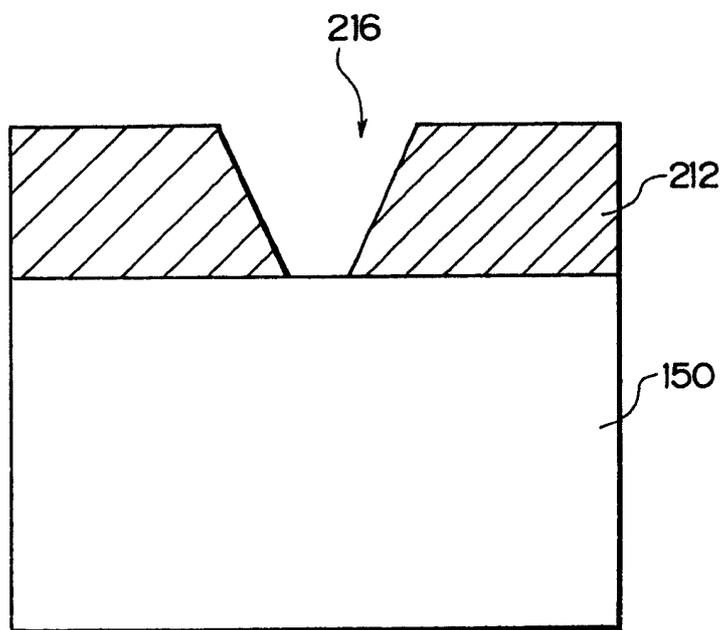


图 41

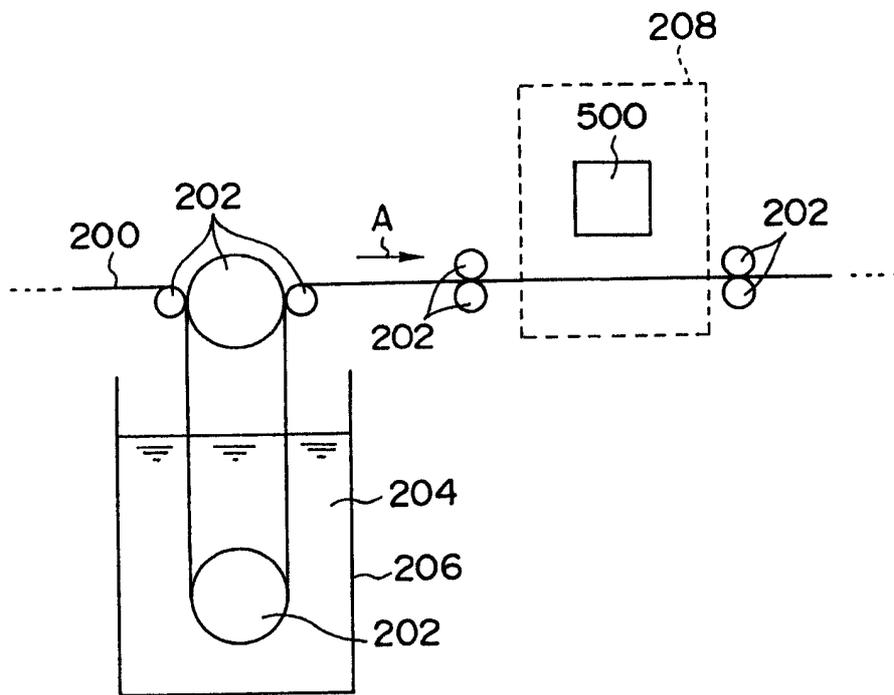


图 42

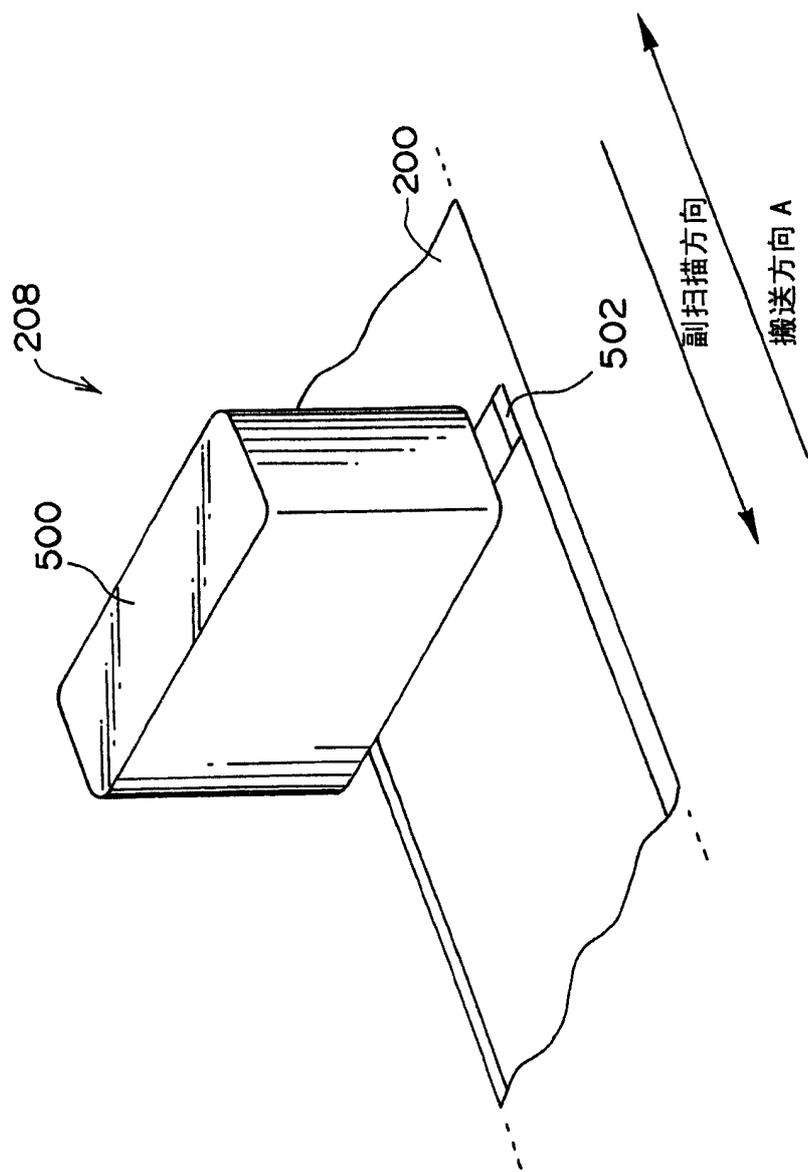


图 43

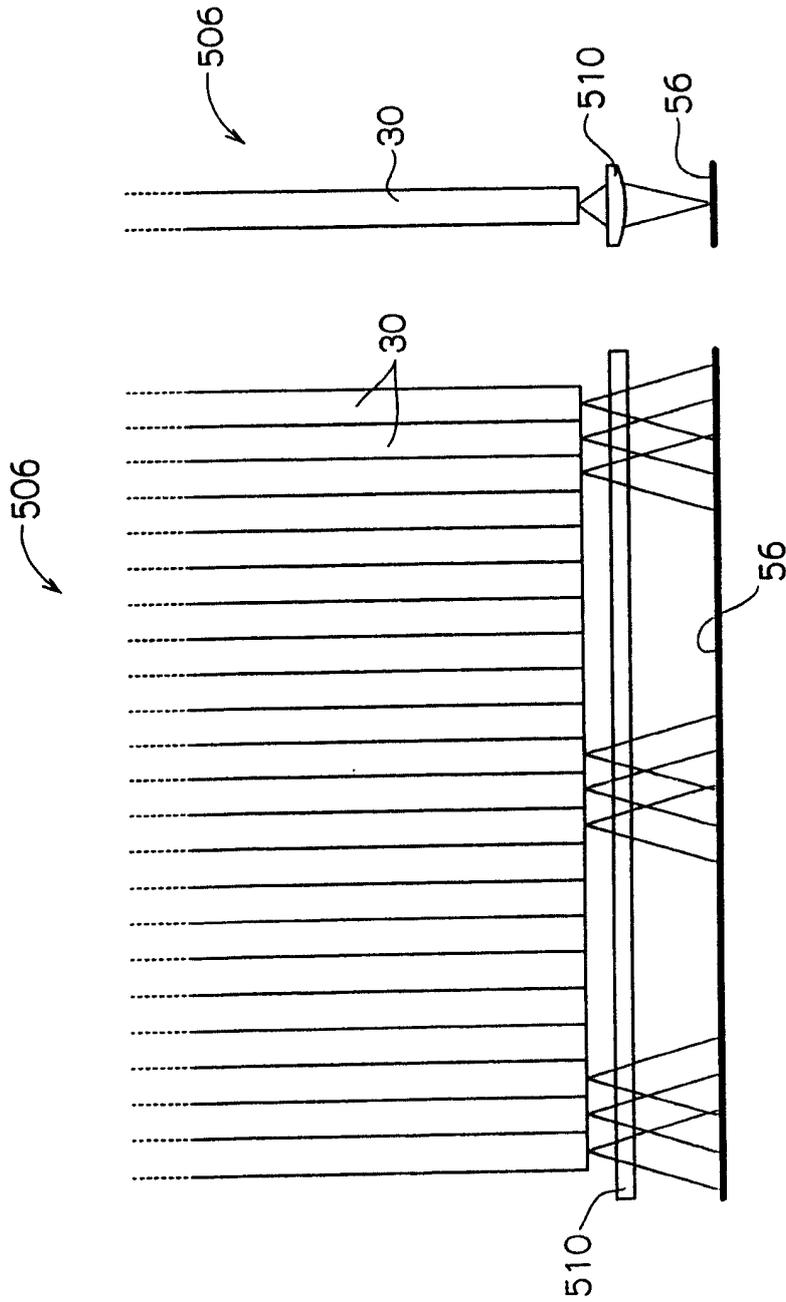


图 44B

图 44A

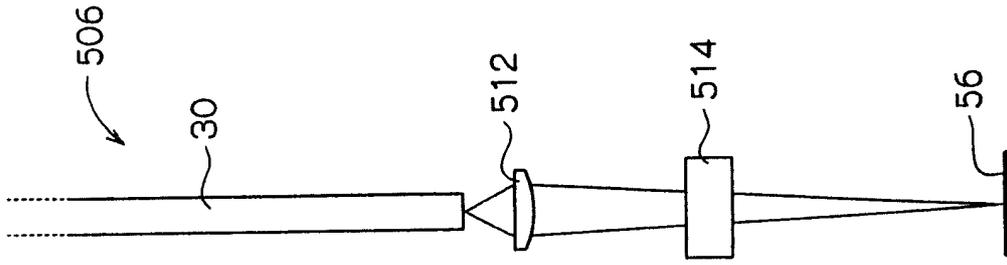


图 45B

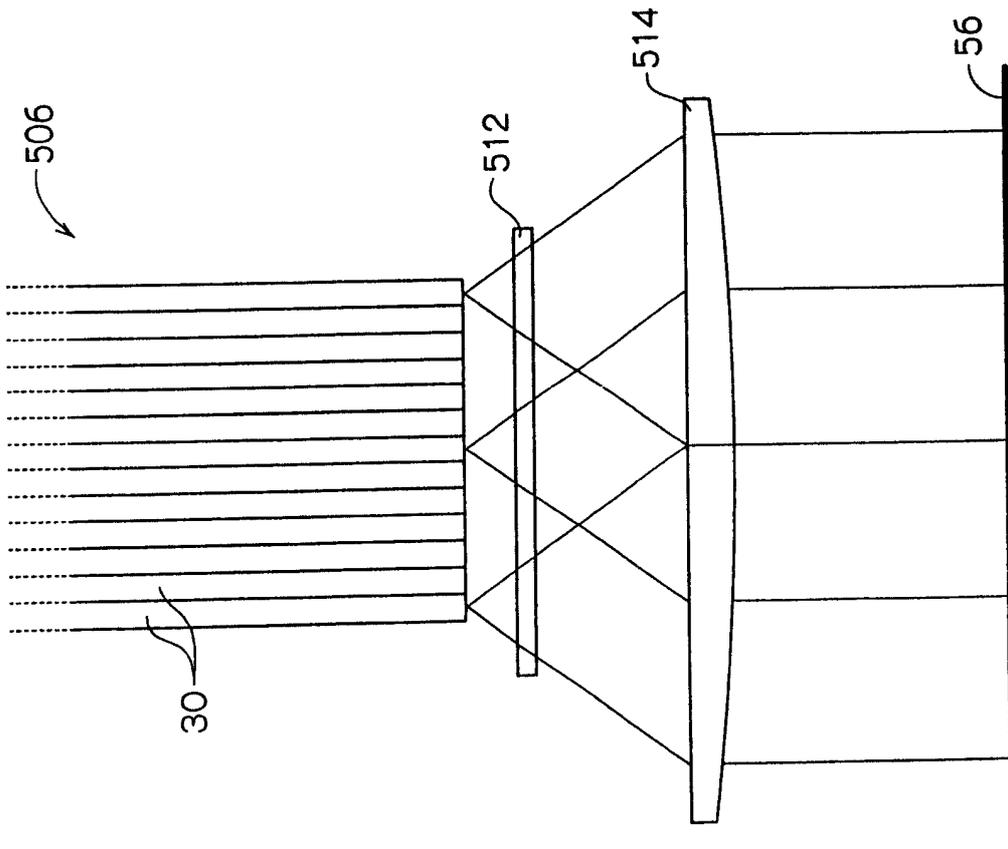


图 45A