[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G02B 6/12
G02B 6/13 G03F 7/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03141105.3

[43] 公开日 2004 年 1 月 14 日

[11] 公开号 CN1467517A

[22] 申请日 2003.6.6 [21] 申请号 03141105.3

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 7 [33] JP [31] 2002 - 167401

[71] 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 中谷大辅 藤井武 冈崎洋二
永野和彦 石川弘美

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

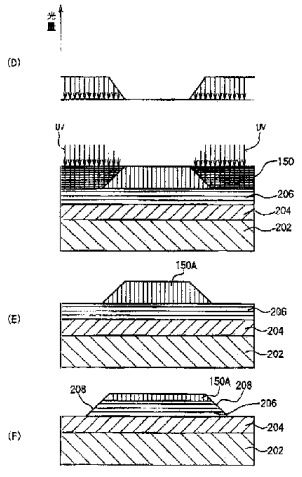
代理人 李香兰

权利要求书 2 页 说明书 32 页 附图 44 页

[54] 发明名称 光布线电路制造方法及具有该光布线电路的光布线基板

[57] 摘要

一种光布线基板的制造方法，用根据图像信息通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，通过所述光束(UV)对在作为光布线基板材料的芯层上涂布的感光材料(光致抗蚀剂)的规定区域进行曝光并图形化形成蚀刻掩模。 与在芯层的端部上形成的倾斜面对应的区域，通过根据倾斜面的倾斜形状控制曝光量的光束进行曝光并图形化，将蚀刻掩模的端部作为斜面结构。 一旦通过该蚀刻掩模对芯层进行蚀刻加工，在芯层的端部就进行与蚀刻掩模的膜厚成比例地加工，从而形成倾斜面。 根据本发明，通过无掩模曝光易于形成构成光波导路的芯层的端部上设置的倾斜面形状。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1.一种光布线电路的制造方法，是利用光波导路构成电路的光布线电路的制造方法，其特征在于：

具有以下工序，即，利用根据图像信息通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，通过所述光束对用于形成所述光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并形成图形。

2. 一种光布线电路的制造方法，是通过在构成光波导路的芯层的端部上具有的用于设置向该芯层入射光或从该芯层出射光的反光镜的倾斜面的光波导路，而构成电路的光布线电路的制造方法，其特征在于：

具有以下工序，即，利用根据图像信息通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，通过根据所述倾斜面的倾斜形状来控制曝光量的所述光束对用于形成所述光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并形成图形。

3.如权利要求2所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：所述曝光装置具有在扫描上述光束并进行图像曝光的同时，在其扫描中使两个以上象素重叠曝光的多重曝光功能，利用该多重曝光控制上述曝光量。

4. 如权利要求1～3中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：利用上述光束的图像曝光的分辨力为0.1μm～2.5μm。

5. 如权利要求1～4中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为成膜在上述光波导路材料上的光致抗蚀剂，在利用上述光束曝光并图形形成的工序中具有在从该光致抗蚀剂形成蚀刻掩模后，用该蚀刻掩模蚀刻上述光波导路材料的工序。

6. 如权利要求5所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光致抗蚀剂为正型。

7. 如权利要求1～4中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为通过光照射而改变折射率的光波导路材料，在利用上述光束曝光并进行图形形成的工序中，改变该光波导路材料的规定区域的折射率，并形成光波导路。

8. 如权利要求7所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光

波导路材料具有通过光照射折射率降低的性质。

9. 如权利要求2～4中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：由权利要求7或8所述的光布线电路制造方法中的光波导路材料形成的上述芯层，在通过根据倾斜面的倾斜形状控制曝光量的上述光束进行曝光并图形形成的工序中，具有在与倾斜面大致垂直的方向上阶段地或实质上连续地改变该图形形成后的倾斜面的折射率的分布。

10. 如权利要求1～4中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为光照射而固化的光波导路材料，在通过上述光束进行曝光并图形形成的工序中，在固化该光波导路材料的规定区域后，具有通过显影处理去除光波导路材料的未固化部分的工序。

11.一种光布线基板，其特征在于：具有用权利要求1～10中任何一项所述的光布线电路的制造方法制造的光布线电路。

12. 一种光布线基板，其特征在于：在叠层方向具有多级用权利要求1～10中任何一项所述的光布线电路的制造方法制造的光布线电路。

光布线电路制造方法及具有该光布线电路的光布线基板

技术领域

本发明涉及光布线电路的制造方法及具有该光布线电路的光布线基板，具体地说，是涉及利用根据图像数据通过空间光调制元件等调制的光束进行图像曝光的数字无掩模曝光装置的光布线电路的制造方法及具有该光布线电路的光布线基板。

背景技术

在设有采用光波导路而进行电路构成的光布线电路、例如，在具有在表面安装型发光元件及受光元件之间传送光等的光布线电路的光布线基板上，从这些表面安装型元件一侧的光路至光布线基板的光波导路侧的光路变换90°，为使光入射到光波导路或从波导路射出，有形成倾斜45°的光波导路端部，并在该倾斜端面上设置反射镜。

对于这种光布线基板，以往要形成光波路端部的倾斜面，采用与倾斜面对应的区域的掩模图形的密度在光波导路的长方向上变化（增加或减少）的光掩模，通过改变曝光光致抗蚀剂的紫外线透过量，形成具有倾斜结构的蚀刻掩模，通过利用具有反应性的离子蚀刻等复制掩模图形，将光波导路端部加工成所需的倾斜形状（例如，参见专利文献1）；或采用具有将成为反射镜部分的端部附近作为透光和遮光的边界的掩模图形的简易结构的光掩模，形成具有斜侧面的厚膜抗蚀剂图形，通过干蚀刻该每个抗蚀剂图形，将芯材加工成斜面（例如，参见专利文献2）。

此外，近年来，通过以利用光照射改变折射率的聚硅烷或BP-PMA(具有由二苯甲酮残基（BP基）构成的光官能团构成的聚甲基丙烯酸(PMA)聚合物）等聚合物材料作为芯材的光退化法（例如，参见专利文献3、4），或用光固化性树脂的直接曝光法，无蚀刻工序制造光布线基板（大面积波导路薄膜、光波导路），以此来简化制造过程。

专利文献1

特开平6-265738号公报（第3～4页、图1）

专利文献2

特开2002-82242号公报（第3～4页、图2）

专利文献3

特开平6-265738号公报（第6～7页、图5、图6）

专利文献4

特开2002-14241号公报（第4页）

但是，在采用上述专利文献1的方法时，由于光掩模的特殊结构，制造非常费事。关于专利文献2，由于反光镜形成部的加工需要两次光石印工序，制造过程复杂。

此外，在进行光石印工序的上述传统示例中，在制造在基板厚度方向（叠层方向）多级设置光布线电路的多级结构的光布线基板时，要重复进行光石印工序，所以此时采用吸湿性高的尺寸变化大的聚酰亚胺等基板材料，通过其伸缩可以降低反光镜形成部的位置精度。因此，要实现高精度的位置对准，需要准备多种不同尺寸的光掩模，由此存在使制造过程复杂同时又增加生产成本的问题。

另一方面，即使采用不需要蚀刻工序的光退化法或直接曝光法，由于需要光石印工序，在形成上述多级电路时，在位置的高精度对准及反光镜的形成中存在同样的问题。

所以，近年来，提出了多种利用数字微型镜器件（DMD）等的空间光调制元件并根据图像数据调制的光束进行图像曝光的曝光装置。

例如，DMD是在硅等半导体基板上2维状排列多个根据控制信号变化反射面角度的微型反射镜的反光镜装置，采用该DMD的曝光装置，由照射激光的光源、对准从光源照射的激光的透镜系、配置在透镜系的大致焦点位置的DMD、将DMD反射的激光成像在扫描面上的透镜系构成，根据图像数据等生成的控制信号开关各个DMD的微型反射镜，调制激光，用调制的激光进行图像曝光。此外，采用该曝光装置，由于能够按空间光调制元件的微型反射镜单位控制每一象素的曝光量（光强度），认为适合无掩模制造上述光布线基板。

发明内容

本发明考虑到上述事实，目的是提供一种光布线电路的制造方法及具有该光布线电路的光布线基板，通过无掩模曝光容易形成光布线电路，特别是能够容易形成用于在光波导路的端部设置反射镜的倾斜面形状或在叠层方向上多级形成光布线电路的电路构成。

为达到上述目的，本发明之一是通过光波导路而构成电路的光布线电路的制造方法，其特征在于：具有以下工序，即，利用根据图像信息通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，通过所述光束对用于形成所述光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并形成图形。

在本发明之一中，通过采用DMD等空间调制元件调制的光束的图像曝光对用于形成光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并进行图形形成，由此形成光波导路并制造由该光波导路而构成电路的光布线电路。由此能够实现无掩模曝光制造光布线电路，能够容易简化其制造方法。此外，由于不采用光掩模，即使在电路的变更及制造由复杂电路构成的光布线电路时，也容易适应。

此外，对于采用灯光源等的光的以往掩模曝光，由于用光束进行高精细的图像曝光，所以能够形成高精度、光滑的光波导路图形形状。因此能够制造抑制传播损耗的光布线电路。

本发明之二是通过具有在构成光波导路的端部上设置向该芯层入射光或从该芯层出射光的反光镜用的倾斜面的光波导路而构成光布线电路的制造方法，其特征在于：具有以下工序，即，利用根据图像信息通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，通过根据所述倾斜面的倾斜形状来控制曝光量的所述光束对用于形成所述光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并形成图形。

在本发明之二中，采用根据图像信息利用通过空间光调制元件调制的光束进行图像曝光的曝光装置，利用根据倾斜面的倾斜形状控制曝光量的光束，对作为与构成光波导路的芯层的端部上形成的倾斜面对应的

区域的用于形成光波导路的光学材料的规定区域进行曝光并形成图形。由于光学材料的图形形状（厚膜）随曝光量变化，如上所述，能在被控制曝光量的光束曝光的光学材料的规定区域上制造倾斜面。

例如，当在光波导路材料上面成膜的光致抗蚀剂为光学材料时，可在该光致抗蚀剂的规定区域制造斜面结构的蚀刻掩模。如采用上述蚀刻掩模蚀刻芯层，随着被蚀刻材料（芯层）的蚀刻，由于也蚀刻加工蚀刻掩模，所以在芯层的端部形成（复制）根据蚀刻掩模的图形形状倾斜的倾斜面。如在该倾斜面用金属蒸镀等方法形成反射镜，就能制造具有在芯层的端部斜面设有反射镜的光波导路的光布线电路。

由此，能够简易制造不采用以往那样特殊光掩模的光布线电路。

本发明之三，其特征在于：在本发明之二所述的光布线电路的制造方法中，上述曝光装置具有在扫描上述光束进行图像曝光的同时，在其扫描中使两个以上象素重叠曝光的多重曝光功能；利用该多重曝光控制上述曝光量。

在本发明之三中，曝光装置的光束通过空间光调制元件被调制并进行扫描，通过该光束的扫描，利用使两个以上象素重叠曝光的多重曝光来控制曝光量，由此易于控制光束产生的曝光量。此外，由于可进行提高反差系数的高精细曝光，例如，在光学材料为光致抗蚀剂时，能够使形成蚀刻掩模的倾斜形状平滑。在使两个以上象素重叠曝光的多重曝光功能中，包括在同一点重复曝光多个象素的功能、不在同一点并相互错开象素中心重复曝光多个象素的功能以及上述双方组合的功能。

本发明之四为本发明之一至之三中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：利用上述光束进行图像曝光的分辨力为0.1μm～2.5μm。

在本发明之四中，通过将分辨力设为0.1μm～2.5μm的非常高精细的光束曝光，能够更好地形成光波导路的图形形状，例如能够进一步降低分支电路等的传播损耗。

本发明之五为本发明之一至之四中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为成膜在上述光波导路材料上的光致抗蚀剂，在利用上述光束曝光并图形形成的工序中具有在从该光致抗

蚀剂形成蚀刻掩模后，用该蚀刻掩模蚀刻上述光波导路材料的工序。

在本发明之五中，通过利用由空间光调制元件调制的光束对光波导路材料上成膜的光致抗蚀剂的规定区域进行曝光并图形形成，由光致抗蚀剂形成蚀刻掩模；通过用该蚀刻掩模蚀刻光波导路材料，形成构成光波导路的芯层。由此芯层可以通过无掩模曝光形成，从而能够容易地制造光布线电路。

本发明之六为本发明之五所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光致抗蚀剂为正型。

在本发明之六中，通过采用正型的光致抗蚀剂，能够容易在蚀刻掩模上形成具有上述倾斜结构的图形形状。

本发明之七是本发明之一至之四中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为通过光照射而改变折射率的光波导路材料，在利用上述光束曝光并进行图形形成的工序中，改变该光波导路材料的规定区域的折射率，形成光波导路。

在本发明之七中，通过利用由空间光调制元件调制的光束对通过光照射而改变折射率的光波导路材料的规定区域进行曝光并进行图形形成，从而形成构成光波导路的高折射率的芯层及低折射率的包覆层。这样就能够无掩模曝光形成芯层和包覆层，简化光布线电路的制造。

本发明之八为本发明之七所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光波导路材料具有通过光照射折射率降低的性质。

在本发明之八中，光波导路材料为具有光照射折射率降低的性质的聚合物材料等，由此通过利用光束对构成包覆层的区域进行曝光并进行图形形成，能够形成相对于芯层折使射率降低的包覆层。

本发明之九为本发明之二至本发明之四中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：由本发明之七或本发明之八所述的光布线电路制造方法中的光波导路材料形成的上述芯层，在通过根据倾斜面的倾斜形状控制曝光量的上述光束进行曝光并图形形成的工序中，具有在与倾斜面大致垂直的方向上间断地或实质上连续地改变该图形形成后的倾斜面的折射率的分布。

在本发明之九中，通过将该图形形成的倾斜面的折射率设定为在与

倾斜面大致垂直的方向阶段地或实质上连续地变化的分布，能够提高入射倾斜面的光的反射率。由于该倾斜面实质上具有作为反射镜的功能，即使在倾斜面不另设置反射镜也能够高效率折弯光束。

本发明之十为本发明之一至本发明之四中任何一项所述的光布线电路的制造方法，其特征在于：上述光学材料为光照射而固化的光波导路材料，在通过上述光束进行曝光并图形形成的工序中，在固化该光波导路材料的规定区域后，具有通过显影处理去除光波导路材料的未固化部分的工序。

在本发明之十中，通过利用由空间光调制元件调制的光束对通过光照射而固化的光波导材料的规定区域进行曝光并图形形成，固化该光波导路材料的规定区域，通过显影处理去除光波导路材料的未固化部分，形成构成光波导路的芯层。由此能够无掩模曝光形成芯层，简化光布线电路的制造。

本发明之十一，其特征在于：光布线基板具有根据本发明之一至之十中任何一项所述的光布线电路的制造方法制造的光布线电路。此外，本发明之十二，其特征在于：光布线基板是在叠层方向多级设置根据本发明之一至之十中任何一项所述的光布线电路的制造方法制造的光布线电路。

在本发明之十一和十二中，如果光布线基板是具有通过采用上述光束的数字无掩模曝光形成的光布线电路，可简化制造过程。此外，即使是在叠层方向多级设置光布线电路的光布线基板，也容易制造。

附图说明

图1是表示本发明实施方式1的曝光装置的外观的立体图。

图2是表示本发明实施方式1的曝光装置的扫描器结构的立体图。

图3中(A)是表示在感光材料上形成的已曝光的区域的俯视图，(B)是表示每个曝光头的曝光面积的排列图。

图4是表示本发明实施方式1的曝光装置的曝光头的概略构成的立体图。

图5中(A)是表示图4所示的曝光头结构的沿光轴的副扫瞄方相的剖面图，(B)是(A)的侧面图。

图6是表示数字微型镜器件（DMD)构成的局部放大图。

图7中(A)及(B)是说明DMD的工作状态的图。

图8中(A)及(B)是对比表示在不倾斜配置DMD时和倾斜配置时的曝光光束的配置及扫描线的俯视图。

图9中(A)是表示纤维阵列光源的构成的立体图，(B)是(A)的局部放大图，(C)及(D)是表示激光出射部的发光点的排列的俯视图。

图10是表示多模光纤维构成的图。

图11是表示合波激光光源构成的俯视图。

图12是表示激光模式结构的俯视图。

图13是表示图12所示激光模式结构的侧面图。

图14是表示图12所示激光模式结构的局部侧面图。

图15中(A)及(B)是表示以往曝光装置中的焦点深度和本发明一实施方式的曝光装置中的焦点深度的不同点的沿光轴的剖面图。

图16中(A)及(B)是表示DMD的使用区域的示例图。

图17中(A) 是DMD的使用区域适当时的侧面图，(B)是(A)的沿光轴的副扫瞄方相的剖面图。

图18是说明本发明实施方式1的用蚀刻法制造光布线基板的方法图，(A)为在在临时基板上形成包覆层的状态，(B)为在包覆层上形成芯层的状态，(C)为在芯层上涂布感光材料的状态。

图19是说明图18的制造工序之后的图，(D)为通过变化光束曝光量曝光感光材料的状态，(E)为显影感光材料并形成蚀刻掩模的状态，(F) 为干蚀刻芯层的状态。

图20是说明图18的制造工序之后的图，(G) 为剥离蚀刻掩模的状态，（H）为在芯层端部的倾斜面上形成反射镜的状态，(I)为用包覆层覆盖芯层的状态。

图21中(J)是表示用蚀刻法制造光布线基板的完成状态的图。

图22是表示光束曝光分支电路时由于分辨力的差异造成图形形状变形的示意俯视图，(X)为低分辨力时的图形形状，(Y) 为高分辨力时的图

形形状。

图23表示本发明实施方式2的曝光装置的立体图。

图24是表示本发明实施方式2的曝光装置的正视图。

图25是说明本发明实施方式2的用蚀刻法制造具有多级光布线电路的光布线基板的方法的图，(K)表示通过变化激光束曝光量从两面曝光感光材料的情况，(L)表示显影感光材料并形成蚀刻掩模的状态，(M)表示干蚀刻第1级芯层的状态。

图26是说明图25的制造工序以后的图，(N)表示在第1级芯层端部的倾斜面上形成反射镜并用包覆层覆盖芯层的状态，(O)表示在包覆层上形成第2级芯层并涂布感光材料的状态，(P)表示通过变化激光束曝光量从两面曝光感光材料的状态。

图27是说明图26的制造工序后段的图，(Q) 表示显影感光材料并形成蚀刻掩模的状态，(R)表示干蚀刻第2级芯层的状态，(S) 表示在第2级芯层端部的倾斜面上形成反射镜并用包覆层覆盖芯层的状态.

图28(T)是表示多级配置用蚀刻法制造的光布线电路的光布线基板的完成状态及使用例的示意图。

图29是详细说明图25的(M)工序的图，(U)、(V)、(W)表示缓慢干蚀刻加工芯层及蚀刻掩模时的情况示意图。

图30是说明本发明实施方式3的采用光退化法制造光布线基板的方法的图，(A)表示在临时基板上形成包覆层的状态，(B)表示在包覆层上形成芯层的状态。

图31是说明图30的制造工序后的图，(C)表示变化光束的曝光量曝光芯层时的情况，(D)表示用包覆层覆盖芯层的状态。

图32是说明图31的制造工序后的图，(E)表示从临时基板202上剥离光布线基板的状态，(F)表示用光退化法制造光布线基板的完成状态及其使用例的图。

图33是表示用光退化法制造光布线基板的芯层、包覆层及倾斜面的折射率分布和倾斜面的光反射状态的放大示意剖面图。

图34是说明本发明实施方式4的采用光退化法制造多级具有光布线电路的光布线基板的方法的图，(G) 表示变化光束的曝光量，从两面曝光

第1级芯层的状态，(H)表示用包覆层覆盖第1级芯层的状态。

图35是说明图34的制造工序后的图，(I)表示在包覆层上形成第2级芯层的状态，(J)表示变化光束的曝光量，从两面曝光第2级芯层的状态。

图36是说明图35的制造工序后的图，(K)表示用包覆层覆盖第2级芯层的状态，(L)表示用光退化法制造具有多级光布线电路的光布线基板的完成状态及其使用例的图。

图37是说明本发明实施方式5的采用直接曝光法制造光布线基板的方法的图，(A)表示在临时基板上形成包覆层的状态，(B)表示在包覆层上形成芯层的状态。

图38是说明图37的制造工序后的图，(C)表示变化光束的曝光量曝光芯层的状态，(D)表示显影芯层的状态。

图39是说明图38的制造工序后的图，(E)表示在芯层端部形成反射镜的状态，(F)表示用包覆层覆盖芯层的状态。

图40中(G)表示用直接曝光法制造光布线基板的完成状态及其使用例的图。

图41是说明本发明实施方式6的采用直接曝光法制造多级具有光布线电路的光布线基板的方法的图，(H) 表示变化光束的曝光量，从两面曝光第1级芯层的状态，(I)表示显影第1级芯层的状态。

图42是说明图41的制造工序后的图，(J)表示在第1级芯层端部的倾斜面上形成反射镜的状态，(K)表示用包覆层覆盖第1级芯层的状态，（L）表示在包覆层上形成第2芯层的状态。

图43是说明图42的制造工序后的图，(M)表示变化光束的曝光量，从两面曝光第2级芯层的状态，(N)表示显影第2级芯层的状态，(O) 表示在第2级芯层端部的倾斜面上形成反射镜的状态

图44是说明图43的制造工序后的图，(P)表示用包覆层覆盖第2级芯层的状态，(Q) 表示具有多级用直接曝光法制造的光布线电路的光布线基板的完成状态及其使用例的图。

图中：50：DMD(空间光调制元件），100：曝光装置，150：感光材料（光致抗蚀剂），150A：蚀刻掩模，150B：蚀刻掩模，150C：蚀刻掩模，171：曝光装置，200：光布线基板，204：包覆层（光波导路/光布线

电路），206：芯层（光波导路/光布线电路），208：倾斜面，210：反射镜，220：光布线基板，222：包覆层（光波导路/光布线电路），224：芯层（光波导路/光布线电路/光学材料/本发明之七的光波导路材料），226：包覆层（光波导路/光布线电路/光学材料/本发明之七的光波导路材料），228：倾斜面（倾斜面/反射镜），228A：倾斜面第1层，228B：倾斜面第2层，230：光布线基板，240：光布线基板，242：包覆层（光波导路/光布线电路），244：芯层（光波导路/光布线电路/光学材料/本发明之十的光波导路材料），246：倾斜面，248：反射镜，250：光布线基板，260：光布线基板，UV：激光（光束），UVA：激光（光束），UVB：激光（光束），L：光。

具体实施方式

下面，参照附图详细说明本发明的实施方式。

实施方式1

曝光装置的构成

本发明实施方式1的曝光装置100，如图1所示，具有平盘状载物台152，其表面吸附并保持光布线基板材料（光布线基板材料200），光布线基板材料上有成膜在光波导路材料上的感光材料（光致抗蚀剂）150。在由4个腿部154支承的厚板状设置台156的上面，沿载物台移动方向（图中箭头方向）延伸设置两条导轨158。在长方向朝载物台移动方向配置载物台152，由导轨158可往返移动地支承。此外，在该曝光装置100上还有为沿导轨158驱动载物台152而设置的未图示的驱动装置。

在设置台156的中间部位配置有形成ㄱ字形的跨越载物台152移动路径的整流栅160，整流栅160的两个前端部固定在设置台156的两个侧面。隔着整流栅160，在其一侧配置扫描器162，在其另一侧设置有多个（例如两个）检测光布线基板200的前端及后端的检测传感器164。扫描器162及检测传感器164分别安装在整流栅160上并固定配置在载物台152的移动路径上。此外，扫描器162及检测传感器164连接在对其进行控制的未图示的控制器上。

如图2及图3(B)所示，扫描器162具有多个（例如14个）排列成m行n列（例如，3行5列）的大致矩阵状的曝光头166。在此例中，根据与感光材料150（光布线基板200）宽度的关系，在第3行配置4个曝光头166。此外，在表示各自配置在第m行的第n列的曝光头时，表示为曝光头166_{mn}。

曝光头166的曝光面积168是以副扫描方向为短边的长方形形状。因此，随着载物台152的移动，在感光材料150上每一曝光头166形成一条带状的已曝光区170。此外，在表示由各自配置在第m行第n列的曝光头的曝光面积时，表示为曝光面积168_{mn}。

此外，如图3(A)及(B)所示，带状已曝光区170在与副扫描方向垂直的方向无间隙排列，排列成线状的各行曝光头分别在排列方向错开规定的间隔（曝光面积的长边的整数倍，本实施方式中为2倍）。因此，第1行的曝光面积168_{11}和曝光面积168_{12}之间不能曝光的部分可以由第2行的曝光面积168_{21}和曝光面积168_{31}进行曝光。

如图4、图5(A)及(B)所示，作为根据图像数据按每一象素调制入射光束的空间光调制元件，曝光头166_{11}～166_{mn}分别设置数字微镜器件（DMD）50。该DMD50连接在具有数据处理部和反射镜驱动控制部的未图示的控制器上。在该控制器的数据处理部，基于输入的图像数据，针对每一曝光头166，生成驱动控制DMD50控制区域内的微型反射镜的控制信号。有关控制的区域见后述。此外，在反射镜驱动控制部，根据在图像数据处理部生成的控制信号，针对每一曝光头166控制DMD50的各微型镜的反射面的角度。反射面的角度的控制见后述。

在DMD50的光入射一侧，按顺序配置有纤维阵列光源66、透镜系67、反射镜69。纤维阵列光源66具有沿光纤维的出射端部（发光点）与曝光面积168的长边方向相对应的方向排成一列的激光出射部，透镜系67矫正从纤维阵列光源66出射的激光并将其聚光在DMD上，反射镜69朝DMD50反射透过透镜系67的激光。

透镜系67由使从纤维阵列光源66出射的激光平行化的一对组合透镜71、均匀矫正平行化激光光量分布的一对组合透镜73及在DMD上聚光经过矫正光量分布的激光的聚光镜75组成。相对于激光出射端的排列方向，组合透镜73具有接近透镜光轴的部分扩散光束，而远离光轴的部分紧缩

光束，并且使光原样向与该排列方向垂直的方向通过的机能，如此矫正激光以使光量分布均匀。

此外，在DMD50的光反射一侧配置有透镜系54、58，其在感光材料150的扫描面（被曝光面）56上成像由DMD50反射的激光。透镜系54、58配置成DMD50与被曝光面56有共轭关系。

如图6所示，DMD50配置在SRAM单元（存储单元）60上，其中的微小反光镜（微型镜）62由支柱支承，DMD50是通过将构成象素（画盒）的众多（例如，600个×800个）微小反光镜排列成格子状而构成的反光镜元件。在各象素单元中设置微型反光镜62，其最上部由支柱支承，在微型反光镜62的表面蒸镀铝等反射率高的材料。微型反光镜62的反射率在90%以上。此外，在微型反光镜62的正下面借助包括铰及轭的支柱配置以普通半导体存储器生产线制造的硅栅的CMOS的SRAM单元60，整体构成单片（一体形）。

一旦将信号存入DMD50的SRAM单元60，由支柱支承的微型反射镜62，相对于以对角线为中心配置DMD50的一侧，在±α度（如±10度）的范围内倾斜。图7(A)表示微型反射镜62在接通状态倾斜＋α度状态，图7(B)表示微型反射镜62在断开状态倾斜－α度状态。因此，根据图像信号，如图6所示，通过控制DMD50的各象素单元中的微型反射镜的倾斜度，入射DMD50的光可向各自的微型反射镜62的倾斜方向反射。

此外，图6是DMD50的局部放大图，表示一例微型反射镜62控制在＋α度或－α度时的状态。各自微型反射镜62的开关控制由与DMD50连接的未图示的控制器进行控制。在由断开状态的微型反射镜62反射光束的方向配置光吸收体（未图示）。

此外，最好稍微倾斜配置DMD50，以使短边与副扫描方向成规定角度θ（如1°～5°）。图8(A)表示不倾斜DMD50时各微型反射镜的反射光像（曝光光束）53的扫描轨迹。图8(B)表示倾斜DMD50时的曝光光束53的扫描轨迹。

在长方向排列多个（如，800个）微型反射镜，在短方向排列多组（如，600组）成排的微型反射镜阵列。如图8（B）所示，通过倾斜DMD50，各微型反射镜的曝光光束53的扫描轨迹（扫描线）的间距P_2比不倾斜

DMD50时的扫描线的间距P_1变窄，能够大幅度提高分辨力。此外，由于DMD50的倾斜角很小，倾斜DMD50时的扫描宽度W_2和不倾斜DMD50时的扫描宽度W_1大致相同。

此外，可以利用不同的微型反射镜阵列反复在同一扫描线上曝光（多重曝光）。通过这种多重曝光，能够控制更小的曝光位置，实现高精度曝光。此外，通过精细控制曝光位置，能够无错位地连接多个在主扫描方向排列的曝光头间的连接点。另外，利用上述多重曝光功能，通过重叠两个以上象素曝光，即通过改变对每一象素或每一扫描线的曝光次数，可以控制单位象素或单位扫描线的曝光量。在重叠两个以上象素曝光的多重曝光功能中，包括在同一点重复曝光多个象素的功能（在同一扫描线上重复曝光）、不在同一点并相互错开象素中心重复曝光多个象素的功能以及上述双方组合的功能。

此外，取代倾斜DMD50，在与副扫描方向垂直的方向错开规定的间隔，交错地配置各微型反射镜阵列，也能够得到同样的效果。

光纤维阵列光源66，如图9(A)所示，具有多个（如6个）激光模件64。在各激光模件64上，连接有多模光纤维30的一端。在多模光纤维30的另一端，连接芯径与多模光纤维30相同而包层直径比多模光纤维30小的光纤维31。如图9(C)所示，光纤维31的出射端部（发光点）沿与副扫描方向垂直的主扫描方向排成一列，构成激光出射部68。此外，如图9(D)所示，也可以沿主扫描方向排列成两列发光点。

如图9(B)所示，光纤维31的出射端部由两块表面平整的支承板65夹持固定。此外，在光纤维31的光出射一侧，为保护光纤维31的端面，配有玻璃等透明的保护板63。保护板63可以与光纤维31的端面密接配置，也可以密封光纤维31的端面进行配置。光纤维31的出射端部的光密度高，容易积尘、恶化，但通过配置保护板63可防止在端面粘附尘埃，同时推迟恶化。

在此例中的排列是，为了无间隙地整列排列包层直径小的光纤维31的出射端，在两根包层直径大的相邻的多模光纤维30之间叠置多模光纤维30，在以包层直径大的部分邻接两根多模光纤维30上结合的光纤维31的两个出射端之间插入与叠置的多模光纤维30结合的光纤维31的出射

端。

如图10所示，例如，通过在包层直径大的多模光纤维30的激光出射一侧的前端部分上，同轴结合长1～30cm的包层直径小的光纤维31，就可得到上述光纤维。两根光纤维的光纤维31的入射端面融着并结合在多模光纤维30的出射面，以使两光纤维的中心轴一致。如上所述，光纤维31的芯31a的直径与多模光纤维30的芯30a的直径相同。

此外，借助金属箍及光连接器等，也可以在多模光纤维30的出射端结合短尺光纤维，使包层直径小的光纤维熔附在长度短、包层直径大的光纤维上。通过用连接器等可拆装地结合，容易在包层直径小的光纤维破损等时交换前端部分，能够降低维修曝光头的成本。此外，以下光纤维31有时称为多模光纤维30的出射端部。

作为多模光纤维30及光纤维31，阶梯折射率型光纤维、缓变折射率型光纤维及复合型光纤维都可以。例如，可以采用三菱电线工业株式会社制造的阶梯折射率型光纤维。在本实施方式中，多模光纤维30及光纤维31为阶梯折射率型光纤维，多模光纤维30为包层直径=125μm、芯径=25μm、NA=0.2、入射端面涂层的透过率=99.5%以上，光纤维31为包层直径=60μm、芯径=25μm、NA=0.2。

激光模件64由图11所示的合波激光器光源（纤维光源）构成。该合波激光器光源由排列固定在加热部件10上面的多个（如，7个）片状的短方向多模或单模的UV系半导体激光器LD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6及LD7；及与UV系半导体激光器LD1～LD7各项对应设置的视准透镜11、12、13、14、15、16及17；一个聚光镜20和一根多模光纤维30构成。UV系半导体激光器LD1～LD7的振荡波长及最大输出力大致相同。此外，半导体激光器数不只限定为7个。

上述合波激光器光源，如图12、13所示，与其他光学部件一起组装在上方开口的箱状的组装盒40内。组装盒40具有关闭开口的组装盒盖41，在脱气处理后，导入密封气体，利用组装盒盖41关闭组装盒40的开口，由此在由组装盒40和组装盒盖41形成的封闭空间（密封空间）内气密性密封上述合波激光器光源。

在组装盒40的底面固定基板42。在该基板42的上面安装有上述加热

部件10、支承聚光镜20的聚光镜支承器45、保持多模光纤维30的入射部的纤维支承器46。多模光纤维30的出射端部从形成于组装盒40壁面的开口向组装盒外引出。

此外，在加热部件10的侧面安装有视准透镜支承器44，装有视准透镜11～17。组装盒40的横壁面上形成开口，通过该开口从组装盒引出向UV系半导体激光器LD1～LD7供应驱动电流的配线上。

此外，在图13中，为了避免图的烦杂化，在多个UV系半导体激光器中的UV系半导体激光器LD7上只附编号，在多个视准透镜中的视准透镜17上只附编号。

图14表示上述视准透镜11～17的安装部分的正面形状。视准透镜11～17各自形成平行平面细长的缺口形状，切去的部分包括非球面状圆形透镜的光轴的区域。该细长形状的视准透镜，例如，可以采用利用铸模形成树脂或光学玻璃的方法形成。在上述发光点的排列方向紧密相接地配置视准透镜11～17，长度方向与UV系半导体激光器LD1～LD7的发光点的排列方向（图14的左右方向）垂直。

此外，作为UV系半导体激光器LD1～LD7，发光幅具有2μm的活性层，以在平行方向、直角方向与活性层形成的扩展角分别为10°、30°的状态，采用发射各激光束B1～B7的激光器。上述UV系半导体激光器LD1～LD7的设置是，发光点在与活性层平行的方向排成一列。

因此，相对于上述细长方形状的各视准透镜11～17，在扩展角角度大的方向与长度方向一致和扩展角角度小的方向与宽度方向（与长度方向垂直的方向）一致的状态下，能够入射从各发光点发出的激光束B1～B7。即，各视准透镜11～17的宽度为1.1mm、长度为4.6mm，入射其中的激光束B1～B7的水平方向、垂直方向的光束直径分别为0.9mm、2.6mm。此外，视准透镜11～17中各自的焦点距离f1=3mm、NA=0.6、透镜配置间距=1.25mm。

聚光镜20的形成形状是，平行平面细长切去的包括非球面状圆形透镜的光轴的区域，形成在视准透镜11～17的排列方向即在水平方向长、在与其成直角的方向短的形状。该聚光镜20的焦点距离f2=23mm、NA=0.2。该聚光镜20也是例如通过铸模成形树脂或光学玻璃而形成的。

曝光装置的工作

下面，说明上述曝光装置的工作。

在扫描器162的各曝光头166中，从构成纤维阵列光源66的合波激光器光源的UV系半导体激光器LD1～LD7的各自在散射光状态出射的激光束B1、B2、B3、B4、B5、B6及B7分别被与之对应的视准透镜11～17平行光化。平行光化的激光束B1～B7由聚光镜20聚光，收束在多模光纤维30的芯30a的入射端面。

在本例中，由视准透镜11～17及聚光镜20构成聚光光学系统。该聚光光学系统和多模光纤维30构成合波光学系统。即，如上所述，经聚光镜20聚光的激光束B1～B7入射到该多模光纤维30的芯30a，传到光纤维内，合波在一根激光束B，从结合在多模光纤维30的出射端面的光纤维31出射。

在各激光模件中，激光束B1～B7与多模光纤维30的结合率为0.85，在UV系半导体激光器LD1～LD7的各自输出功率为30mW时，对各个排列成阵列状的光纤维31可得到输出功率180mW（=30mW×0.85×7）的合波激光束B。因此，6根光纤维31排列成阵列状的激光出射部68的输出功率大约为1W(=180mW×6)。

在纤维阵列光源66的激光出射部68上，该高亮度的发光点沿主扫描方向排成一列。由于来自单一的半导体激光器的激光与1根光纤维结合的传统纤维光源的输出功率低，如不排列成多个阵列，就不能得到所要求的输出功率，所以由于本实施方式使用的合波激光器光源的输出功率高，即使是几列，比如1列，也能得到所希望的输出功率。

例如，采用半导体激光器和光纤维1对1结合的传统纤维光源，通常，作为半导体激光器，使用输出功率大约为30mW（毫瓦）的激光器；作为光纤维，由于使用芯径50μm、包层直径125μm、NA（数值孔径）0.2的多模光纤维，如要得到约1W（瓦）的输出功率，必须捆绑48根（8×6）多模光纤维，由于发光区域的面积为0.62mm^2（0.675mm×0.925mm)，所以在激光出射部68的亮度为1.6×10^6（W/m^2），每根光纤维的亮度为3.2×10^6（W/m^2）。

与此相反，采用本实施方式，如上所述，用6根多模光纤维可得到大

约1W的输出功率，由于在激光出射部68的发光区域的面积为0.0081mm^2（0.325mm×0.025mm），在激光出射部68的亮度达到123×10^6（W/m^2），与以往相比能够实现约80倍的高亮度化。此外，每根光纤维的亮度为90×10^6（W/m^2），与以往相比能够实现约28倍的高亮度化。

下面，参照图15(A)及(B)说明本实施方式的曝光头与传统曝光头在焦点深度方面的差异。传统曝光头的束状纤维光源的发光区域的副扫描方向的直径为0.675mm，本实施方式的曝光头的副扫描方向的直径为0.0025mm。如图15(A)所示，采用传统曝光头，由于光源（束状纤维光源）1的发光区域大，入射DMD3的光束的角度增大，结果也增大入射扫描面5的光束的角度。因此，相对于聚光方向（焦点方向的偏移）光束的直径容易变粗。

此外，如图15 (B)所示，采用本实施方式的曝光头，由于纤维阵列光源66的发光区域的副扫描方向的直径小，通过透镜系67入射DMD50的光束的角度变小。结果，入射扫描面56的光束的角度也变小。即，焦点深度加深。采用此例，发光区域的副扫描方向的直径大约达到以往的30倍，能够得到大致相当于衍射极限的焦点深度。所以，最好是微小点的曝光。在此例中，曝光面投影的1象素尺寸为10μm×10μm。此外，DMD是反射性的空间调制元件，图15(A)及(B)是作为说明其光学关系的展示图。

将与曝光图形对应的图像数据输入与DMD50连接的未图示的控制器中，一次储存在控制器内的帧存储器。该图像数据是用两个值（光点记录的有无）表示构成图像的各象素的浓度的数据。

装有光布线基板200的载物台152，用未图示的驱动装置，沿导轨158从整流栅160的上游侧向下游侧以固定速度移动。在载物台152通过整流栅160下面时，一旦通过安装在整流栅160上的检测传感器164开始检测光布线基板200的前端，就依次读取多条线的各个储存在帧存储器的图像数据，在数据处理部，根据读取的图像数据在每个曝光头166中生成控制信号。然后，通过反射镜驱动控制部，根据生成的控制信号，在每一曝光头166中开关控制各自的DMD50的微型反射镜。

如从纤维阵列光源66向DMD50照射激光束，DMD50的微型反射镜在接通状态时反射的激光通过透镜系54、58成像在感光材料150的被曝光面

56上。这样，在每一象素中开关从纤维阵列光源66出射的激光束，用与DMD50的使用象素数大致同数的象素单位（曝光面积168）曝光感光材料150。此外，通过随载物台152按一定速度移动感光材料150（光布线基板200），感光材料150通过扫描器162向与载物台移动方向相反的方向副扫描，每一曝光头166各自形成带状的已曝光区170。

如图16(A)及(B)所示，采用本实施方式，在DMD50上，在主扫描方向排列800个微型反射镜的微型反射镜阵列，在副扫描方向排列600组，但在本实施方式中，可以通过利用控制器进行控制只驱动其中部分微型反射镜列（如，800个×100列）。

如图16(A)所示，也可以使用配置在DMD50的中心部位的微型反射镜阵列；如图16(B)所示，也可以使用配置在DMD50的端部的微型反射镜阵列。此外，在一部分微型反射镜产生缺陷时，也可以根据状况适当变更使用的微型反射镜阵列，使用未出现缺陷的微型反射镜阵列。

DMD50的数据处理速度也有界限，由于是按与使用象素数的成比例地确定每一线的调制速度，所以通过只使用部分阵列，可加快每条线的调制速度。此外，在相对于曝光面，在采用相对连续移动的曝光方式时，不需要使用全部副扫描方向的象素。

例如，在600组的微型反射镜阵列内，在只使用300组时，与使用全部600组时相比，每条线的调制速度可快2倍。此外，在600组的微型反射镜阵列内，在只使用200组时，与使用全部600组时相比，每条线的调制速度可快3倍。即，可以在副扫描方向17秒曝光500mm的区域。另外，在只使用100组时，每条线的调制速度可快6倍，可以在副扫描方向9秒曝光500mm的区域。

使用的微型反射镜阵列数，即在副扫描方向排列的微型反射镜阵的个数，优选在10以上且200以下，更优选在10以上且100以下。相当于一个象素的每一微型反射镜的面积由于是15μm×15μm，如换算成DMD50的使用区域，优选是12mm×150μm以上且12mm×3mm以下的区域，更优选是12mm×150μm以上且12mm×1.5mm以下的区域。

使用的微型反射镜阵列数如果在上述范围内，如图17(A)及(B)所示，利用透镜系67可使从纤维阵列光源66出射的激光束大致平行光化，能够

照射DMD50。通过DMD50照射激光束的照射区域最好与DMD50的使用区域一致。如果照射区域比使用区域大，会降低激光束的利用效率。

此外，有时需要利用透镜系67，根据副扫描方向排列的微型反射镜的个数，减小聚光在DMD50上的激光束的副扫描方向的直径，但如果使用的微型反射镜阵列的个数不满10，入射DMD50的光束的角度增大，在扫描面56上的光束的焦点深度会变浅，所以不宜采用低于10的微型反射镜阵列个数。从调制速度方面来看，优选使用的微型反射镜的阵列个数在200以下。另外，DMD是反射型的空间调制元件，图17(A)及(B)是说明光学关系的展示图。

扫描器162对感光材料150的副扫描结束后，如用检测传感器164检测光布线基板200的后端，利用未图示的驱动装置，载物台152沿导轨158返回位于整流栅160的最上游侧的起点，再度沿导轨158从整流栅160的上游侧向下游侧按固定速度移动。

这样，本实施方式的曝光装置，具有在主扫描方向排列800个微型反射镜、在副扫描方向排列600组其微型反射镜阵列的DMD，但由于利用控制器只驱动部分微型反射镜阵列而进行控制，与驱动全部微型反射镜阵列时相比，每条线的调制速度快，所以可高速曝光。

此外，关于照明DMD的光源，由于采用将合波激光器光源的纤维的出射端部排列成捆绑状的高亮度的纤维阵列光源，能够实现具有高输出功率及较深焦点深度的曝光装置。另外，通过增大各纤维光源的输出功率，可减少为得到所需输出功率而需要的纤维光源数，使曝光装置低成本化。

特别是，在本实施方式中，由于光纤维出射端的包层直径比入射端的包层直径小，可进一步减小发光部的直径，使纤维阵列光源高亮度化。由此能够实现具有更深焦点深度的曝光装置。例如，即使在光束直径1μm以下、分辨力0.1μm以下的超高分辨力曝光时，也能够得到深的焦点深度，能够进行高速、高精细的曝光，所以正好适用于需要高分辨力的薄膜晶体管（TFT）等的曝光工程。此外，采用本实施方式的曝光装置100，图像曝光的分辨力可设定在0.1μm～2.5μm。

光布线基板的制造

下面，介绍采用上述曝光装置的光布线基板（光布线电路）的制造方法。

在图18～21中，示出了蚀刻法制造光布线基板的工序。首先，按图18(A)，通过在临时基板202上涂布、烘焙氟化聚酰胺酸溶液，形成包覆层（氟化聚酰亚胺层）204。按图18(B)，在包覆层204上面同样进行涂布、烘焙形成折射率比包覆层204大的芯层（氟化聚酰亚胺层）206。

然后，按图18(C)，在芯层206上面厚膜涂布（干膜时为层压板）作为感光材料150的正型光致抗蚀剂（感光型环氧树脂等）后，将该光布线基板材料装到本实施方式的曝光装置100的载物台152上。

一旦操作装置，启动曝光程序，如前所述，通过随着移动载物台152的移动从扫描器162射出的激光束，在感光材料150上曝光形成曝光图形。在本实施方式中，通过使两个以上象素重叠曝光的多重曝光，可以变化曝光图形端部的曝光量。如图19(D)所示，在与芯层206的反射镜配置部分对应的规定区域，控制曝光量，使从前端一侧到内侧，阶段减少重叠次数，使曝光量的分布（箭头UV）达到图示那样的倾斜（45°）。此外，图中的纵深方向为主扫描方向，短方向为副扫描方向。

在利用曝光装置100曝光感光材料150的工序结束后，从载物台152上取下已曝光的光布线基板材料，显影感光材料150。然后，由于根据曝光量变化感光材料150的图形形状（厚膜），通过显影处理，如图19(E)所示，可制造端面为斜面结构的蚀刻掩模150A。

按图19(F)，通过反应性离子等的干蚀刻，加工芯层206。在该蚀刻工序中，随着芯层206的被蚀刻，蚀刻掩模150A也被蚀刻加工。此外，由于芯层206端部的加工量与蚀刻掩模150A的厚膜成正比，即由于比膜厚厚的部分薄的部分达到被蚀刻材料的加工量增大，所以在芯层206的端部形成根据蚀刻掩模150A的图形形状倾斜的倾斜面208。

按图20(G)，剥离蚀刻掩模150A，按图20(H)，为了提高芯层206的倾斜面208的光反射率，在倾斜面208上通过蒸镀金属形成薄膜状的反射镜210。

最后，按图20(I)，涂布、烘焙氟化聚酰胺酸溶液，利用包层204覆盖芯层206，从临时基板202上剥离后，完成光布线基板200（图21(J)）。

如上所述，采用本实施方式的光布线基板的制造方法，在芯层206上成膜感光材料150（光致抗蚀剂）后，采用根据图像信息利用DMD50调制的光束进行图像曝光的曝光装置100，通过利用光束曝光、图形形成感光材料150的规定区域，形成蚀刻掩模150A。此外，通过利用根据倾斜面208的倾斜形状控制曝光量的光束曝光、图形形成与在芯层206的端部形成的倾斜面208对应的区域，由于以蚀刻掩模150A的端部作为斜面结构，蚀刻加工芯层206，即使不采用传统的特殊光掩模，利用在芯层206的端部设置倾斜面208，在倾斜面208上设置使光束L入射该芯层206或使光束L从芯层206出射的反射镜210，也能简易制造由具有倾斜面208的光波导路电路构成的光布线电路及光布线基板。

此外，通过这样的无掩模曝光，也容易适应电路变更及复杂电路构成的制造。另外，由于利用线曝光能够高速曝光大面积，所以可在辊状供应的薄膜上高速、大面积地形成光布线电路，并且，即使是光波导路为多个带状的光薄膜带那样的电路图形也能大量生产。

此外，采用本实施方式，曝光装置100提供的光束由DMD50调制后进行扫描，通过利用该扫描光束使两个以上象素重叠曝光的多重曝光控制曝光量，容易控制光束的曝光量，而且也能使由此形成的蚀刻掩模的倾斜形状平整。

此外，通过实现了分辨力为0.1μm～2.5μm的非常高精细的光束曝光，可设计更好的形成光波导路的图形形状，抑制电路传播损耗。例如，在曝光形成Y字状的分支电路时，如图22所示的模式，用比(X)的分支电路YL高的分辨力光束曝光(Y)的分支电路YH方在电路倾斜部的图形形状变好。由此分支电路YH方可形成传播损耗更小的电路。

此外，采用本实施方式，由于采用正型的光致抗蚀剂，在蚀刻掩模150A上能够容易形成倾斜结构的图形形状。

实施方式2

下面，说明多级具有光布线电路的光布线基板的制造方法。

在图23及24中，示出了形成本发明的实施方式2的多级光布线电路的曝光装置。该曝光装置171的构成如下，用规定厚度（如10mm）的透明玻璃板形成载物台172，在载物台172的上方及下方，分别敷设一对沿载

物台172的长方向平行配置的轨道176（图中上侧的轨道176省略）；在各对轨道176上，沿载物台172的宽度方向（主扫描方向）架设具有多个上述曝光头166的线状扫描器162A、162B，扫描器162A、162B由未图示的驱动装置控制驱动，沿轨道176向副扫描方向移动。

此外，放置在载物台172上的光布线基板材料（光布线基板220），其长方向的两侧端部由一对滚筒186按压固定，各滚筒186分别由配置在上方的汽缸等促动器190支承滚筒轴的两端部，通过促动器190驱动上下移动，固定及松开光布线基板220。

采用上述构成的曝光装置171的曝光程序，如图24所示，在光布线基板220的上面（表面）220A上照射从上侧的扫描器162A沿主扫描方向出射的激光束UVA，透过载物台172向下面（底面）220B照射从下侧的扫描器162 B同样出射的激光束UVB，通过各扫描器沿轨道176向副扫描方向移动，能够不翻转基板一次扫描并同时曝光基板的两面。

下面，说明采用上述曝光装置171的具有多级光布线电路的光布线基板的制造方法。首先，利用前述的制造方法的图18(A)～(C)工序，在临时基板202上依次形成包覆层（氟化聚酰亚胺层）204、折射率比包覆层204大的芯层（氟化聚酰亚胺层）206、感光材料（正型光致抗蚀剂）150。此外，所用的临时基板202由具有光透过性的透明材料（玻璃板或透明树脂板等）构成。

在曝光装置171的载物台172上放置光布线基板220，一旦启动装置，促动器190驱动，上下移动滚筒186，基板的两端被固定在滚筒186上，开始曝光作业。然后，如上所述，随着向扫描器162A、162B的副扫描方向的移动，利用各扫描器照射的激光束，在感光材料150上曝光与图像数据对应的曝光图形。

此时，也可变化在通过多重曝光曝光图形端部的曝光量。但是，作为曝光图形，如图25(K)所示，图形端部的一方（图的左侧）用上方配置的扫描器162A的激光束UVA进行曝光，图形端部的另一方（图的右侧）用下方配置的扫描器162B出射的并透过载物台172、临时基板202、包覆层204及芯层206的激光束UVB进行曝光。关于各激光束的光量分布，与前述的制造方法相同，控制与芯层206的反射镜配置部分对应的规定区域

的曝光量，以从前端一侧到内侧，阶段减少重叠次数，使曝光量的分布（箭头UVA及箭头UVB）达到图示那样的倾斜（45°）。此外，图中的纵深方向为主扫描方向，短方向为副扫描方向。

在利用曝光装置171曝光感光材料150的工序结束后，显影感光材料150。采用该显影处理，如图25(L)所示，制造成右侧端部为倒锥形（切去下部）的斜面结构的截面为平行四边形的蚀刻掩模150B。

按图25(M)，如实施干蚀刻加工芯层206，通过与前述的蚀刻加工相同的作用与蚀刻掩模150B一起蚀刻加工芯层206，图29(U)～(W)示出了该加工状态。如图所示，在蚀刻掩模150B的倒锥形部，随着芯层206及蚀刻掩模150B的蚀刻侵蚀的进行，同时向芯层206的下方侵蚀和向倾斜面内侧（图中左方向）侵蚀。这样，在芯层206上，一边缓慢缩小蚀刻掩模150B的平行四边形形状，一边复制该掩模图形。因此，在蚀刻加工后，形成如图25(M)的截面为平行四边形的芯层206A。

然后，在剥离蚀刻掩模150B后，用金属蒸镀等方法，在芯层206A的两端部的倾斜面208上形成薄膜状的反射镜210，如用包覆层204覆盖芯层206A，如图26(N)所示，利用由两端部具有反射镜的芯层206A及覆盖芯层206A的包覆层204构成的光波导路电路构成第1级的光布线电路。

下面，如要形成第2级的光布线电路，按图26(O)，在包覆层204上面依次形成芯层206及感光材料（正型光致抗蚀剂）150，然后，按图26(P)，通过曝光装置171实施再度曝光工序。在第2次的曝光中，如图所示，从各图形端部的上下曝光方向相反的方向进行，图形端部一方由上方的扫描器162A的激光束UVA进行曝光，图形端部另一方由下方的扫描器162B的激光束UVB出射的并透过载物台172、临时基板202、包覆层204及芯层206的激光束UVB进行曝光。此外，各自的曝光区域与第1级芯层206A的端部的外侧大致相邻，激光束的光量分布与第1次相同。

由此，在曝光工序后一旦显影感光材料150，如图27(Q)所示，就制造出左侧端部为倒锥形的截面为平行四边形的蚀刻掩模150C。如采用该蚀刻掩模150C实施干蚀刻，采用与图29(U)～(W)中说明相同的作用，在芯层上复制蚀刻掩模150C的掩模图形，形成图27(R)示出的第2级芯层206B。该芯层206B形成上下翻转第1级芯层206A后的平行四边形形状。

此外，各芯层的两端部的倾斜面位置大致呈上下各自重合配置。

然后，剥离残存的蚀刻掩模150C，用金属蒸镀等方法，在芯层206B的两端部的倾斜面208上形成反射镜210，用包覆层204覆盖芯层206B，如图27(S)所示，构成第2级的光布线电路。最后，从临时基板上剥离后，完成如图28(T)所示的具有多级光布线电路的光布线基板220。

此外，在采用该光布线基板220时，例如，如图所示，使来自上方发光元件214的光束L入射到配置在上级光布线电路（芯层206B）的左侧端部的反射镜210上。于是，反射镜210反射的光束L导入芯层206B，到达相对一侧的反射镜210上，在此反射，向下方出射。此外，光L入射到配置在下级的光布线电路（芯层206A）的右侧端部的反射镜210，然后反射，入射到芯层206A。然后，由芯层206A引导，用左侧端部的反射镜210反射，向光布线基板220的下方出射。

此外，在利用上述两次光石印工序的光布线基板的制造中，为提高第1次和第2次曝光图形的相对位置精度，可以采用众所周知的对准技术及比例功能。此外，在所需要的对准标记中，例如有利用在芯层206A上形成的反射镜210的方法，不同于1次曝光的光波导路图形，曝光形成与对准标记对应的标记图形的方法等。然后，用装在曝光装置中的CCD摄像机等摄取上述对准标记，从图像数据计算出对准标记的位置，基于该位置数据实施校准等，由此得到具有位置高精度配合的立体光布线电路的光布线基板。此外，即使是2级以上的光布线电路，通过重复与上述相同的光石印工序，也能容易形成。

此外，关于在蚀刻掩模的端部形成倒锥形的方法，除上述的两面曝光外，例如，也可以通过变化曝光条件及蚀刻条件形成所希望的形状。

如上所述，在具有多级光布线电路的光布线基板的制造中，通过采用光束的数字无掩模曝光，与传统的掩模曝光相比，能够容易形成基板。此外，也容易对准及校准，这样就能够更高精度地配合位置，形成立体的光布线电路。

实施方式3

下面，采用实施方式1中说明的曝光装置100，说明用光退化法制造光布线基板（光布线电路）的方法。

在图30及32中，示出了用光退化法制造光布线基板的工序。首先，按图30(A)所示，通过在临时基板202上面涂布、烘焙聚氟化聚偏二氟乙烯(PVDF)，形成包覆层222。按图30(B)所示，在包覆层222上面涂布、烘焙具有折射率比包覆层222大、感应UV光、变化分子结构并降低折射率等性质的作为光退化用聚合物材料的聚硅烷，形成芯层224。

下面，将上述光布线基板材料放置在曝光装置100的载物台152上，用扫描器162照射的激光束(UV光)，按规定的曝光图形曝光芯层224。此外，如图31(C)所示，在与形成在芯层204端部的倾斜面对应的规定区域，从前端一侧到内侧，通过阶段减少重叠两个以上象素曝光的多重曝光的重叠次数，控制曝光量，以使曝光量的分布（箭头UV）达到图示那样的倾斜（45°）。

在此，利用用于芯层224的聚硅烷的性质，被激光束曝光的芯层224的曝光区域感光后，折射率降低。该低折射率部分成为包覆层226，未曝光的高折射率部分成为芯层224。此外，在芯层224的端部（图31(C)中的左右侧端部）与包覆层226的边界上，形成根据曝光量的分布倾斜的倾斜面228。

在用曝光装置100曝光芯层224的工序结束后，从载物台152取下曝光过的光布线基板材料，按图31(D)所示，涂布、烘焙聚氟化聚偏二氟乙烯(PVDF)，用包覆层222覆盖芯层224及包覆层226。最后，一旦从临时基板202上剥离，完成光布线基板230（图32(E)）。

此外，对于光布线基板230，变化倾斜面228附近的折射率，图33以模式示出了该倾斜面228附近的折射率的分布。在采用聚硅烷时，折射率可以在6%左右变化，但此时的倾斜面228的折射率为在物性的范围内、在与倾斜面228大致垂直的方向阶段变化的分布。图33模式示出了倾斜面228，芯层224侧作为高折射率的倾斜面第1层228A及包覆层226侧作为低折射率的倾斜面第2层228B。此外，由该倾斜面第1层228A及倾斜面第2层228B构成的2级（2层）结构的倾斜面228与芯层224、包覆层226的折射率的关系为芯层224＞倾斜面第1层228A＞倾斜面第2层228B＞包覆层226。

在该倾斜面228上，如图32(F)及图33所示，在以入射角i_1=45°入射

从发光元件214出射的光束L时，光束L在芯层224和倾斜面第1层228A的界面229A及倾斜面第1层228A和倾斜面第2层228B的界面229B，分别向折射角增大的一侧折射，以入射角i_2入射到倾斜面第2层228B和包覆层226的界面229C上。由于该入射角i_2比入射角i_1大，在界面229C反射的光束L的反射率提高。而且，界面229C反射的光束L向在界面229B以及界面229A折射角减小的一侧折射，以折射角i_1=45°入射向芯层224。

这样，通过包括界面229A、界面229B及界面229C的倾斜面228高反射率反射以入射角i_1=45°入射倾斜面228的光束L，光路变换90°（图32(F)以及图33表示从上方入射的光束L向左方反射的状态），因此，该倾斜面228具有反射镜的功能。

而且，在该倾斜面228反射的光束L沿芯层224传送，到达对面端部的倾斜面228，即使在该倾斜面228，同样高反射率反射，光路变换90°后，向上方出射。

如上所述，在本实施方式的用光石印法制造光布线基板的方法中，采用根据图像信息用DMD50调制的光束进行曝光的曝光装置100，通过利用光束曝光、图形形成UV光照射降低折射率的、由光退化用聚合物材料（聚硅烷）形成的芯层224的规定区域，形成相对于芯层224降低折射率的包覆层226，此外，在芯层224的端部，通过根据倾斜面228的倾斜形状控制曝光量的光束进行曝光、图形形成，形成具有反射镜功能的倾斜面228。

由此，即使在采用光石印法的光布线基板的制造中，也能够无掩模曝光形成构成光波导路的芯层及包覆层，易于制造光布线电路及光布线基板。

此外，与蚀刻法同样，由于无掩模曝光，能够容易适应电路变更及复杂电路结构的制造。此外，由于是线曝光，即使是以辊状供应的薄膜及光薄片母线那样的电路图形，也能够高速、大面积地形成光布线电路。此外，由于是利用分辨力为0.1μm左右的非常高精细的光束进行曝光，所以，能够形成图形形状更好的抑制电路传播损耗的光波导路、光分支电路，即使是设置在芯层224端部的倾斜面228，由于能够容易利用多重曝光控制曝光量，也能够使倾斜形状平整。

此外，图33所示的倾斜面228的折射率的分布是其分布模式的一例，除此之外，例如，在与倾斜面28大致垂直的方向以3级（3层）以上阶段变化折射率时，或折射率的变化幅度极小的实质上连续变化时，通过同样的作用，也可以高反射率反射入射到倾斜面28的光束L。因此，即使不另设反射镜，也能利用具有反射镜功能的倾斜面228高效率折弯光束L。

实施方式4

下面，采用实施方式2中说明的曝光装置171，说明用光退化法制造具有多级光布线电路的光布线基板的方法。

首先，利用实施方式3中的图30(A)～(B)工序，通过在玻璃板等临时基板202上面依次形成包覆层（聚氟化聚偏二氟乙烯层）222、折射率比包覆层222大的芯层（光石印用聚合物材料层)224。

将上述光布线基板材料放置在曝光装置171的载物台172上，用从上方配置的扫描器162A照射的激光束UVA曝光芯层224的一方（图的左侧）的端部，另一方（图的右侧）的端部用用下方配置的扫描器162B出射的并透过载物台172、临时基板202、包覆层204及芯层206的激光束UVB进行曝光。关于各激光束的光量分布，如图34(G)所示，此时，在与芯层224的端部形成的倾斜面对应的规定区域，从前端一侧到内侧，通过阶段减少重叠两个以上象素曝光的重叠次数，使曝光量的分布（箭头UVA及箭头UVB）达到图示那样的倾斜（45°），如此进行曝光量控制。

由此，感光芯层224的曝光区域，折射率降低，形成包覆层226A，未曝光区域成为右侧端部为倒锥形斜面结构的截面为平行四边形的芯层224A。在芯层224A的端部（图34(G)的左右侧端部）与包覆层226A的边界，形成根据曝光量分布倾斜的倾斜面228。

在第1级的芯层曝光工序结束后，从载物台172取下曝光过的光布线基板材料，按图34(H)所示，用包覆层222覆盖芯层224A及包覆层226A。由此形成由光波导路电路构成的第1级的光布线电路，该光波导路由两端部设有倾斜面228的芯层206A及覆盖该芯层206A的包覆层222和226A构成。

下面，为形成第2级的光布线电路，按图35(I)所示，在包覆层222上面形成芯层224后，按图35(J)所示，利用曝光装置171实施再度曝光工序。

该第2次曝光，如图所示，从与各图形端部的上下曝光方向相反的方向进行，芯层224的端部一侧由上方的扫描器162A的激光束UVA进行曝光，芯层224的另一侧端部由下方的扫描器162B出射并透过载物台172、临时基板202、包覆层226A及包覆层222的激光束UVB进行曝光。此外，激光束UVB的曝光区域比第1级芯层206A的端部还向外侧大致相邻区域，各激光束的光量分布与第1次相同。

由此，感光芯层224的曝光区域，折射率降低，形成包覆层226B，未曝光区域成为左侧的端部为倒锥形斜面结构的截面为平行四边形的芯层224B，在芯层224B的端部（图35(J)的左右侧端部）与包覆层226B的边界，形成根据曝光量分布倾斜的倾斜面228。此外，芯层224B的右侧倾斜面228，相对于芯层224A的倾斜面228，可以上下大致重叠配置。

然后，按图36(K)所示，用包覆层222覆盖芯层224B及包覆层226B，形成第2级的光布线电路。最后，从临时基板202上剥离，完成图36(L)所示的多级具有光布线电路的光布线基板240。

作为该光布线基板240的使用例，如图36(L)所示，来自上方发光元件214的光束L一旦入射到上级的芯层224B左侧的倾斜面228上，光束L就被倾斜面228反射，导入芯层224B，到达相对一侧的倾斜面228，在此反射，向下方出射。此外，光束L入射下级的芯层224A右侧的倾斜面228后被反射，由芯层224A导入，被在左侧的倾斜面228反射，向光布线基板240的下方出射。

如上所述，在利用两次光石印制造具有多级光布线电路的光布线基板时，通过采用光束的数字无掩模曝光，能够比传统的掩模曝光容易形成基板。此外，与实施方式2一样，通过进行对准及校准，能够得到位置高精度配合的多级光布线电路。

实施方式5

下面，采用曝光装置100，说明用直接曝光法制造光布线基板（光布线电路）的方法。

在图37～40中示出了直接曝光法制造光布线基板的工序。首先，按图37(A)所示，通过在临时基板202上面涂布、烘焙聚酰亚胺等，形成包覆层242。按图37(B)所示，在包覆层242上面涂布、烘焙折射率比包覆层

242大的光固化材料（UV丙烯酸酯、UV环氧树脂等），形成芯层244。

然后，将该光布线基板材料装到曝光装置100的载物台152上，用扫描器162的照射激光束(UV光)，按规定的曝光图形曝光芯层244。如图38(C)所示，此时，用激光束曝光由芯层244构成的光布线电路的图形形成（布线）区域。此外，在与形成在芯层244的端部的倾斜面对应的规定区域，从前端一侧到内侧，通过阶段减少重叠两个以上象素曝光的多重曝光的重叠次数，使曝光量的分布（箭头UV）达到图示那样的倾斜（45°），如此控制曝光量。

此时，利用用于芯层244的光固化材料的性质，感光、固化被曝光装置100的激光束曝光的芯层244的曝光区域。

在曝光装置100曝光芯层244的工序结束后，从载物台152取下曝光过的光布线基板材料，显影芯层244。通过该显影处理，除去芯层244的未曝光部分，如图38(D)所示，制造成端部为锥形面（倾斜面246）的截面为梯形的芯层224B。

然后，按图39(E)所示，为了提高芯层244的倾斜面246的光反射率，通过在倾斜面246蒸镀金属形成薄膜状的反射镜248。最后，按图39(F)所示，涂布、烘焙聚酰亚胺等，用包覆层242覆盖芯层244，一旦从临时基板202上剥离，完成光布线基板250（图40(G)）。此外，图40(G)示出了该光布线基板250的使用例，但此处省略其说明。

如上所述，在采用直接曝光法制造本实施方式的光布线基板的方法中，通过采用根据图像信息利用DMD50调制的光束进行图像曝光的曝光装置，曝光、图形形成由光照射固化的光固化材料构成的芯层244的规定区域，使芯层244的规定区域固化。此外，在芯层244的端部，通过利用根据倾斜面208的倾斜形状控制曝光量的光束进行曝光、图形形成，形成用于设置反射镜248的斜面结构（倾斜面246）。

这样，即使在采用直接曝光法的光布线基板的制造中，也能够无掩模曝光形成芯层及在芯层的端部设置的倾斜面，简化光布线电路及光布线基板的制造。

此外，与蚀刻法及光石印法一样，由于是无掩模曝光，也容易适应电路变更及复杂电路构成的制造。另外，由于利用线曝光，即使是辊状

供应的薄膜及光薄片母线那样的电路图形，也能够高速、大面积地形成光布线电路。此外，由于是利用分辨力为0.1μm左右的非常高精细的光束进行曝光，能够形成图形形状更好的并能抑制电路传播损耗的光波导路、光分支电路，即使是设置在芯层244端部的倾斜面246，由于能够容易利用多重曝光控制控制曝光量，也能够使倾斜形状平整。

实施方式6

下面，采用曝光装置171，说明用直接曝光法制造具有多级光布线电路的光布线基板的方法。

首先，根据实施方式5的图37(A)～ (B)中的工序，通过在临时基板202上面依次形成包覆层（聚酰亚胺层）242、折射率比包覆层242大的芯层（光固化材料层）244。

将该光布线基板材料装到曝光装置171的载物台172上，用从设置在下方的扫描器162B出射的并透过载物台172、临时基板202及包覆层242的激光束UVB曝光芯层244的一方（图的左侧）的端部，光布线电路的图形形成区域及芯层244的另一方(图的右侧)的端部由上方配置的扫描器162A的激光束UVA进行曝光。关于各激光束的光量分布，如图41(H)所示，在与形成在芯层244端部的倾斜面对应的规定区域，从前端一侧到内侧，通过阶段减少重叠两个以上象素曝光的多重曝光的重叠次数，使曝光量的分布（箭头UVA及箭头UVB）达到图示那样的倾斜（45°），如此控制曝光量。由此感光、固化该芯层244的曝光区域。

在第1级的芯层曝光工序结束后，从载物台172取下曝光过的光布线基板材料，显影芯层244。通过该显影处理，除去芯层244的未曝光部分，如图41(I)所示，制造成右侧端部为倒锥形斜面结构的截面为平行四边形的芯层244A。

然后，按图42(J)所示，用金属蒸镀等方法，在芯层244A的两端部的倾斜面246形成薄膜状的反射镜248，一旦用包覆层242覆盖芯层244A，就形成如图42(K)所示的由两端部设有反射镜的光波导路（芯层244A）构成第1级光布线电路。

然后，为形成第2级的光布线电路，按图42(L)所示，在包覆层242上面形成芯层244后，按图43(M)所示，通过曝光装置171实施再度曝光工序。

在第2次的曝光中，如图所示，光布线电路的图形形成区域及芯层244一方的端部利用上方的扫描器162A的激光束UVA进行曝光。关于激光束UVA的光量分布，在与芯层244端部形成的倾斜面对应的规定区域，从内侧到前端一侧，通过阶段减少多重曝光的重叠次数，使曝光量的分布（箭头UVA）达到图示那样的倾斜（45°），如此进行曝光量控制。

关于芯层244的另一端部，利用下方配置的扫描器162B的激光束UVB进行曝光，但此时向与形成在第1级芯层244A的左侧端部的反射镜248对应的区域照射激光束UVB。此外，关于激光束UVB的光量分布，在从芯层244（倾斜面246）的前端侧到内侧，通过阶段减少多重曝光的重叠次数，使曝光量的分布（箭头UVB）达到图示那样的倾斜（45°），如此进行曝光量控制。

然后，如果该激光束UVB透过载物台172、临时基板202及包覆层242，向芯层244A的左侧端部的反射镜248入射，由反射镜248反射，入射到芯层244A，随后由芯层244A导入，由反射镜248反射，向上方出射，从下方照射芯层244的另一端部。此外，在该芯层244的另一方端部的激光束UVB的曝光量分布为从内侧到前端侧曝光量逐渐减少的分布。

由此，感光、固化第2级芯层224的曝光区域，显影处理该芯层244，去除未曝光部分后，如图43(N)所示，制造成左侧端部为倒锥形的截面为平行四边形的芯层244B。该芯层244B为上下翻转第1级芯层244A后的平行四边形形状，此外各芯层的两端部的倾斜面位置大致为上下重合配置。

然后，按图43(O)所示，用金属蒸镀等方法，在芯层244B的两端部的倾斜面246上形成反射镜248，按图44(P) 所示，用包覆层242覆盖芯层244B，形成第2级的光布线电路。最后，从临时基板202上剥离后，完成如图44(Q)所示的具有多级光布线电路的光布线基板260。此外，图44(Q)示出了该光布线基板260的使用例，由于与图28(T)所示的光布线基板220相同，省略其说明。

如上所述，在用直接曝光法制造具有多级光布线电路的光布线基板时，通过利用光束的数字无掩模曝光，也能够比传统的掩模曝光容易形成基板。此外，与实施方式2、4一样，通过进行对准及校准，能够得到位置高精度配合的多级光布线电路。

以上，通过上述实施方式1～6详细说明了本发明，但是本发明并不局限于此，在本发明范围内，也可实施其他多种实施方式。

例如，在实施方式1～6中，曝光感光材料的光束的曝光量控制是通过重叠两个以上象素曝光的多重曝光进行的，但通过变更每一象素的光强度的强度调制同样也可以变化曝光量。此外，关于光布线基板，不只局限于用包覆层覆盖芯层（光波导路）的结构，也可以在包覆层上叠层芯层。

此外，在各光布线基板的制造中，采用临时基板202，但也可以替换该临时基板，在采用折射率比芯层小的塑料薄膜等时，可以省略形成第1包覆层的工序，可直接在塑料薄膜上形成芯层。

此外，作为空间调制元件，说明了具有DMD的曝光头，但是，在采用诸如MEMS(micro Electro Mechanical Systems)型的空间调制元件（SLM：Spacial Light Modulator）以及利用光电学效果调制投射光的光学元件（PLZT元件）和液晶光闸（FLC）等MEMS型以外的空间调制元件时，也能得到同样的效果。

此外，所谓MEMS，是利用以IC制造工艺为基础的微加工技术集成微型尺寸的传感器、调节器及控制电路的微细系统的总称。所谓MEMS型的空间调制元件，指的是通过利用静电力的电气机械动作驱动的空间调制元件。

采用本发明的上述构成，能够利用无掩模曝光简易形成光布线电路，特别是能够容易形成为在光波导路的端部设置反射镜的倾斜面形状或由在叠层方向多级形成的电路构成形成光布线电路，得到光布线电路的制造方法以及具有该光布线电路的光布线基板。

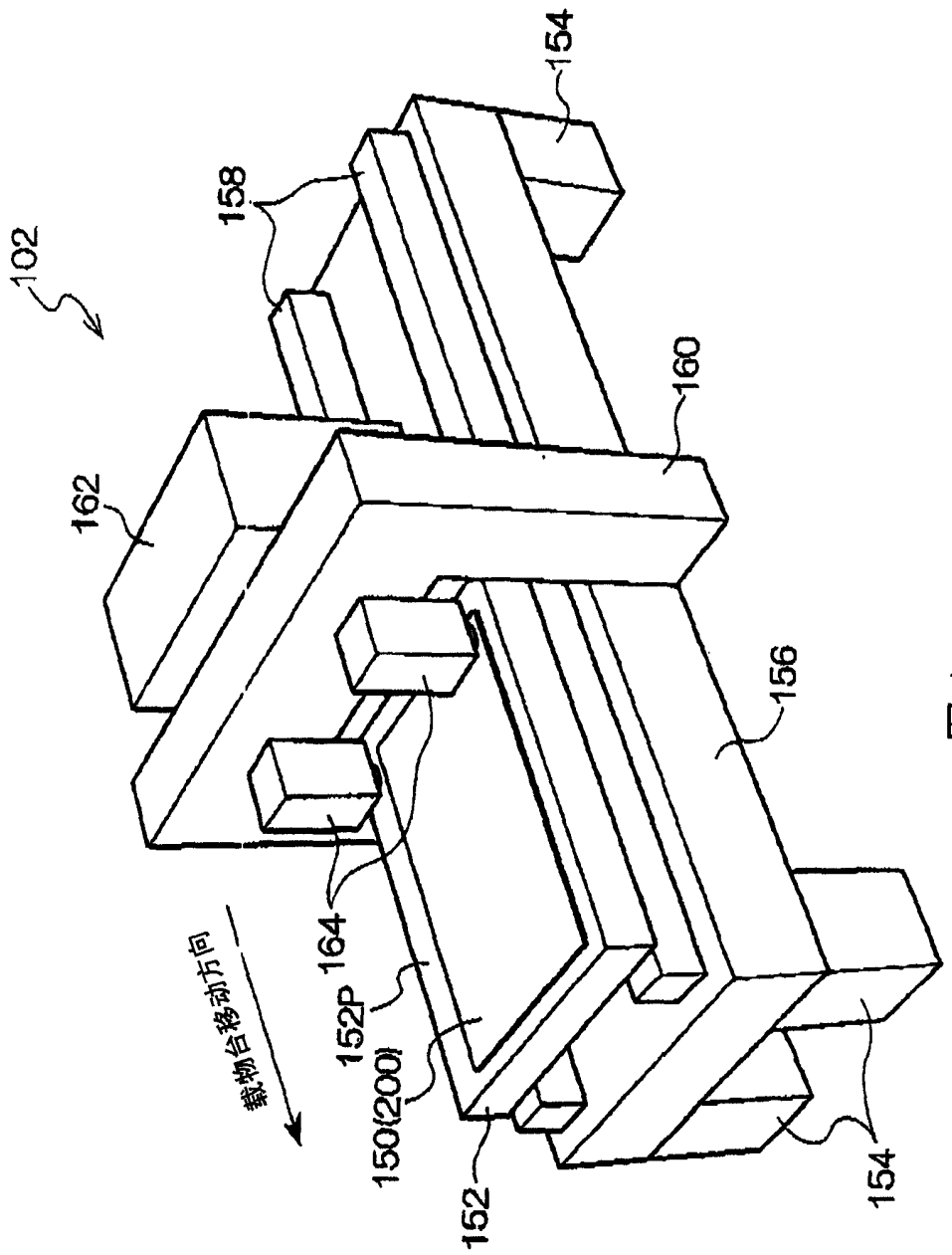


图 1

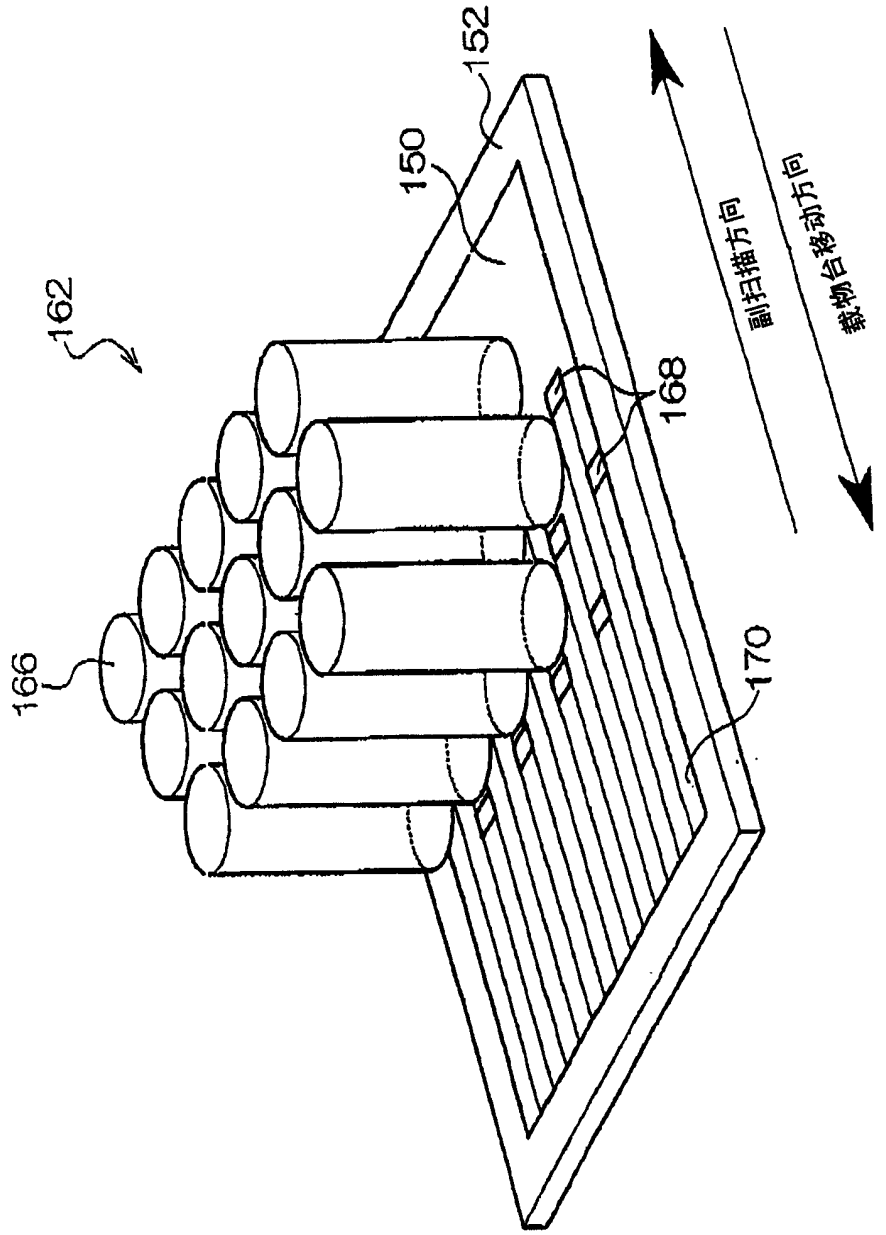


图 2

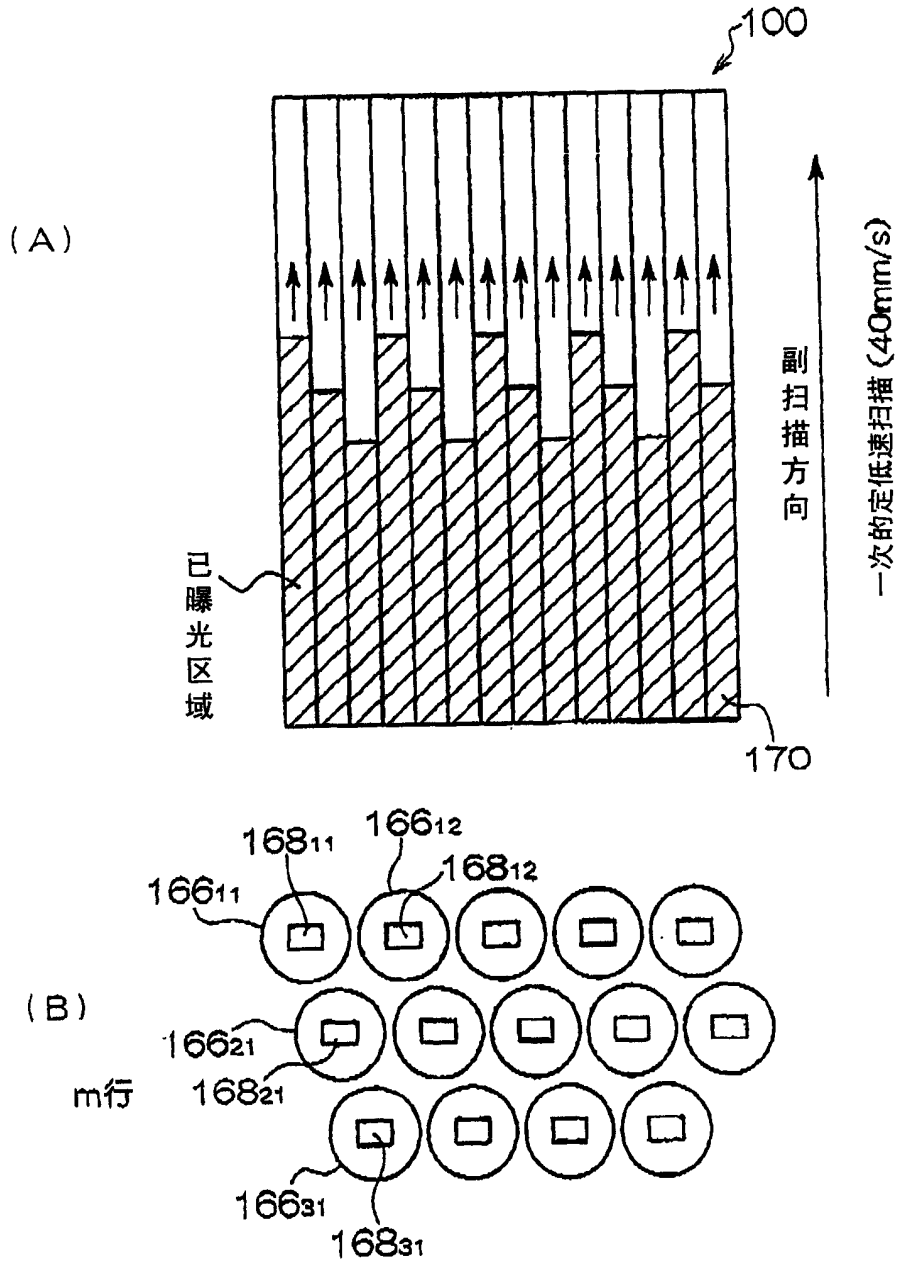

100
(A)
副扫描方向
一次的定低速扫描(40mm/s)
已曝光区域
170
168_{11}
166_{12}
168_{12}
166_{11}
(B)
166_{21}
168_{21}
m行
166_{31}
168_{31}
n列

图 3

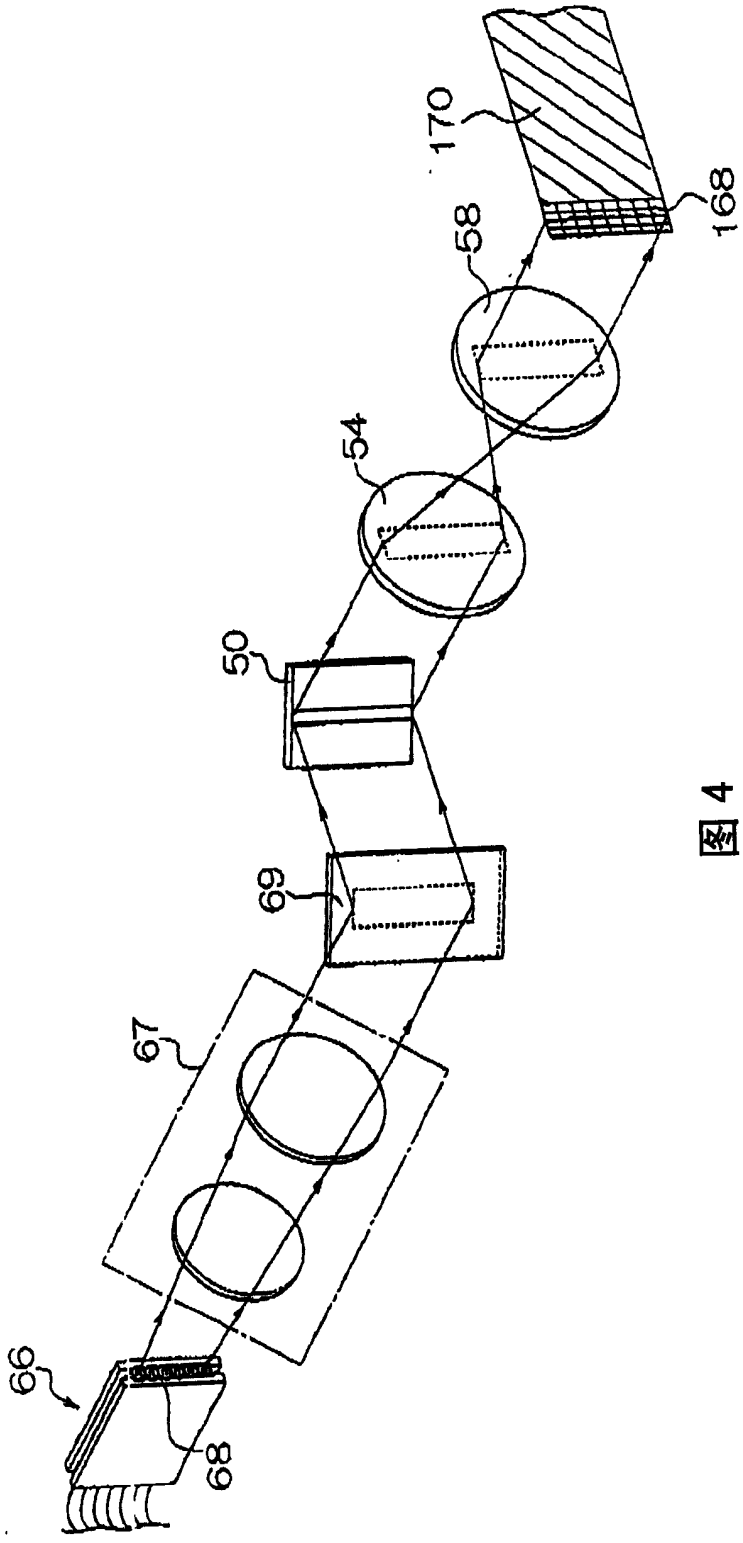


图 4

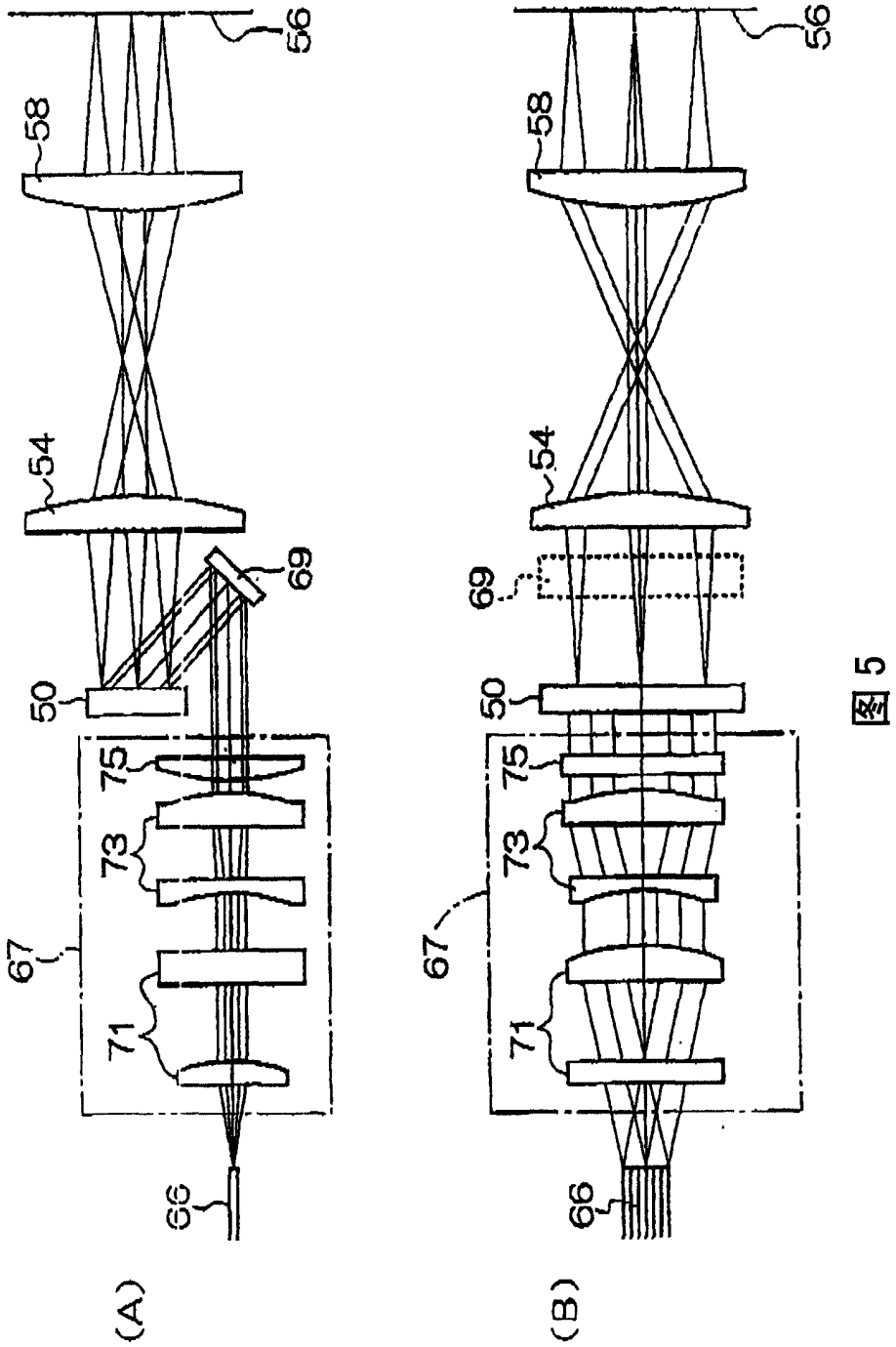


图 5

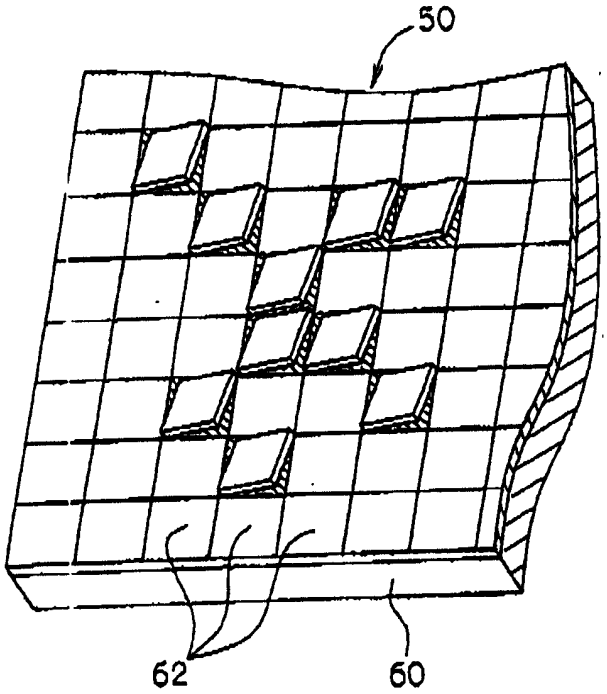
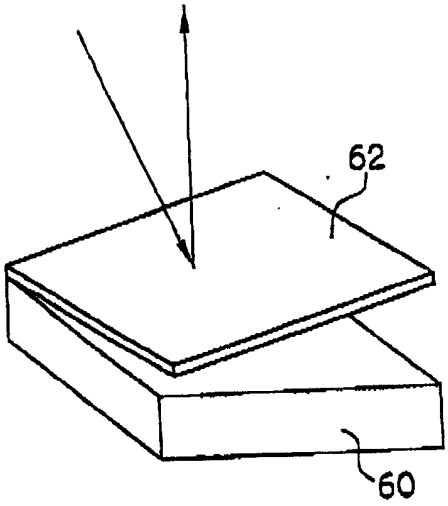


图 6

(A)



(B)

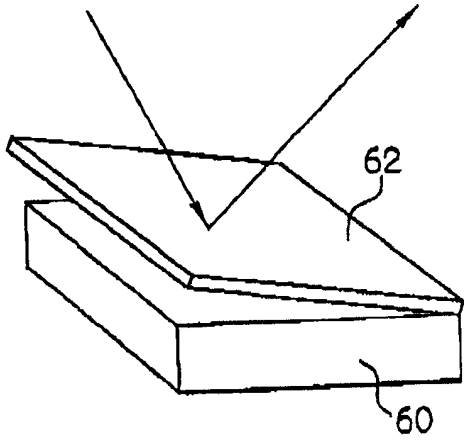


图 7

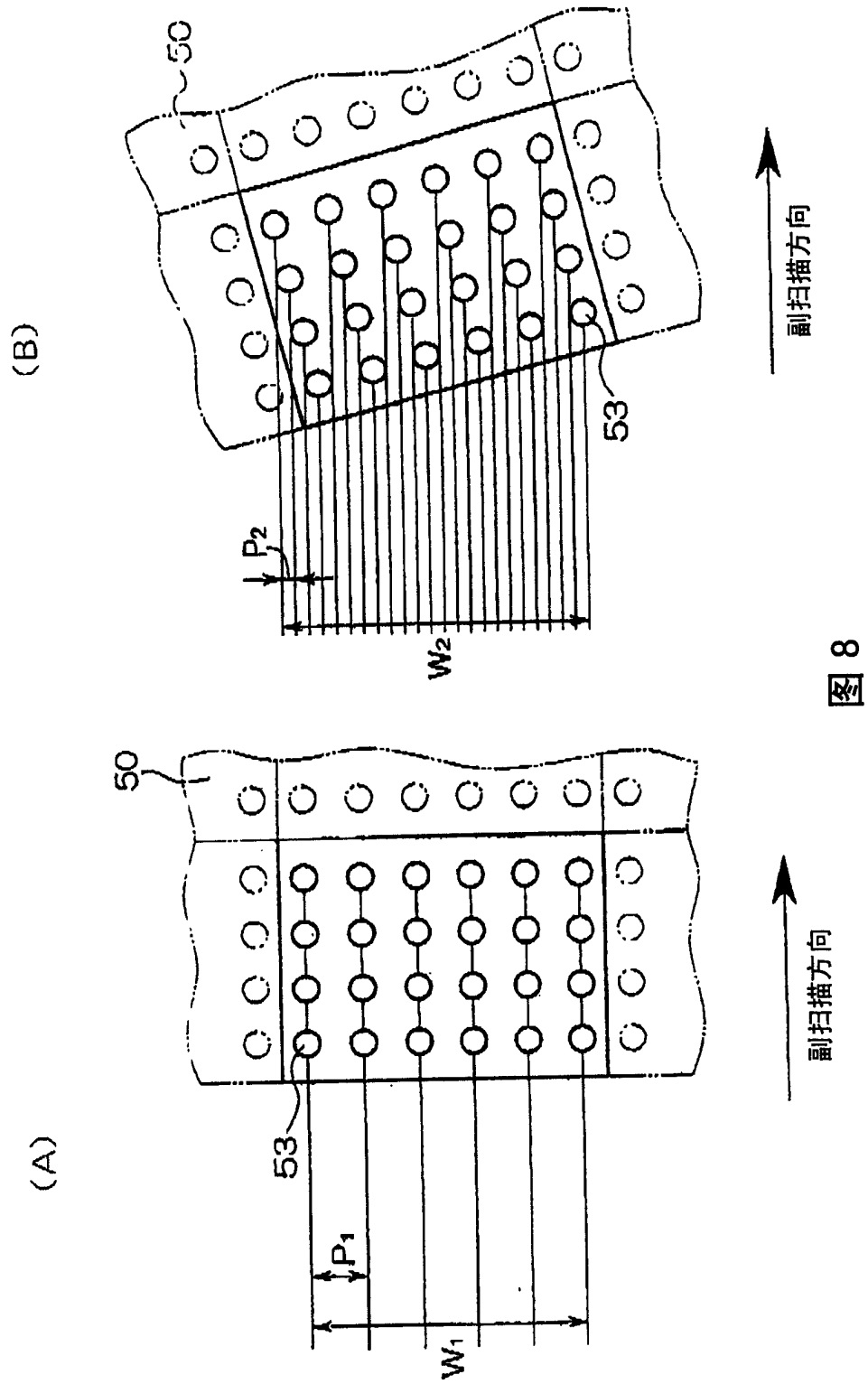


图 8

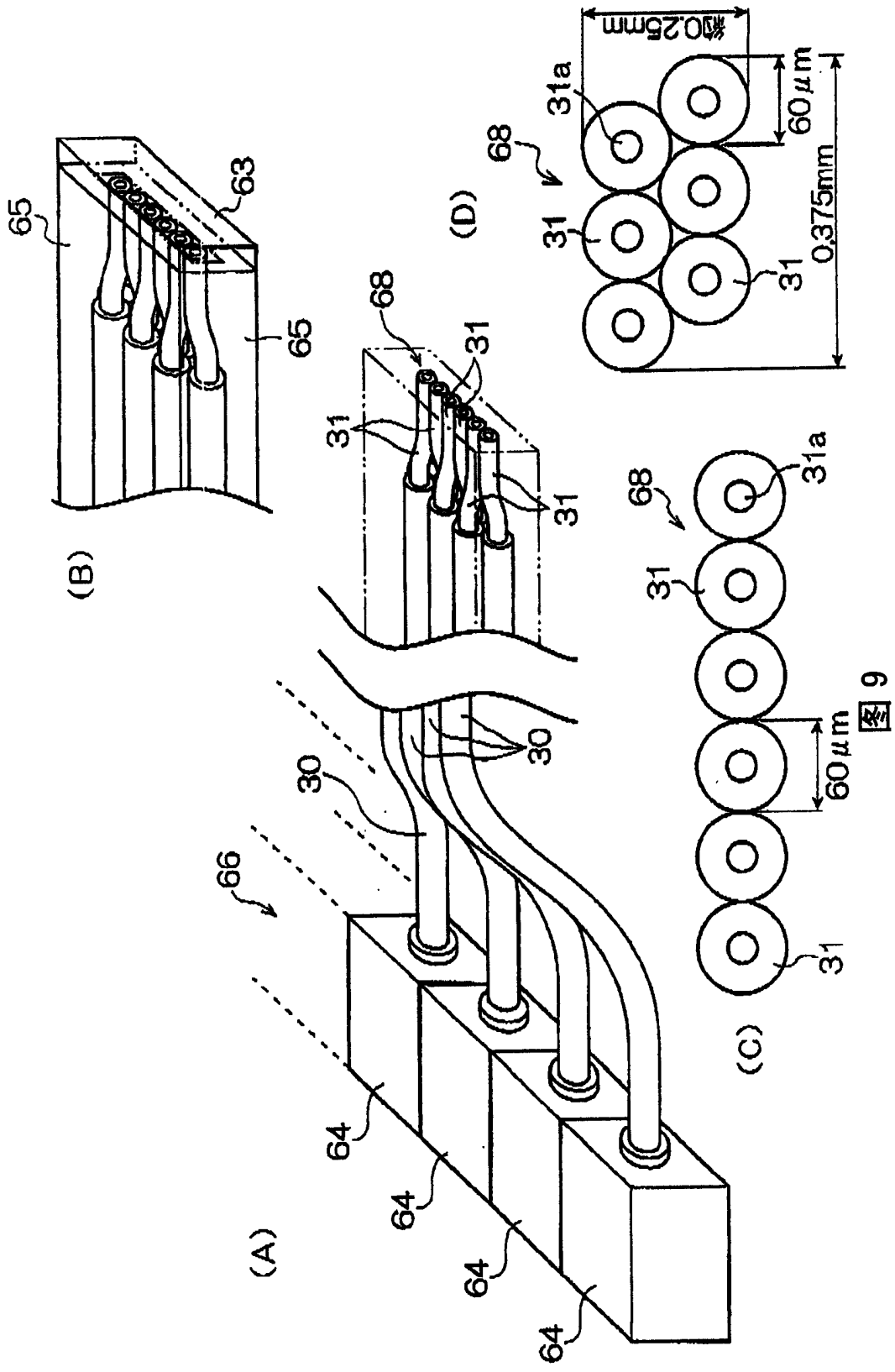


图 9

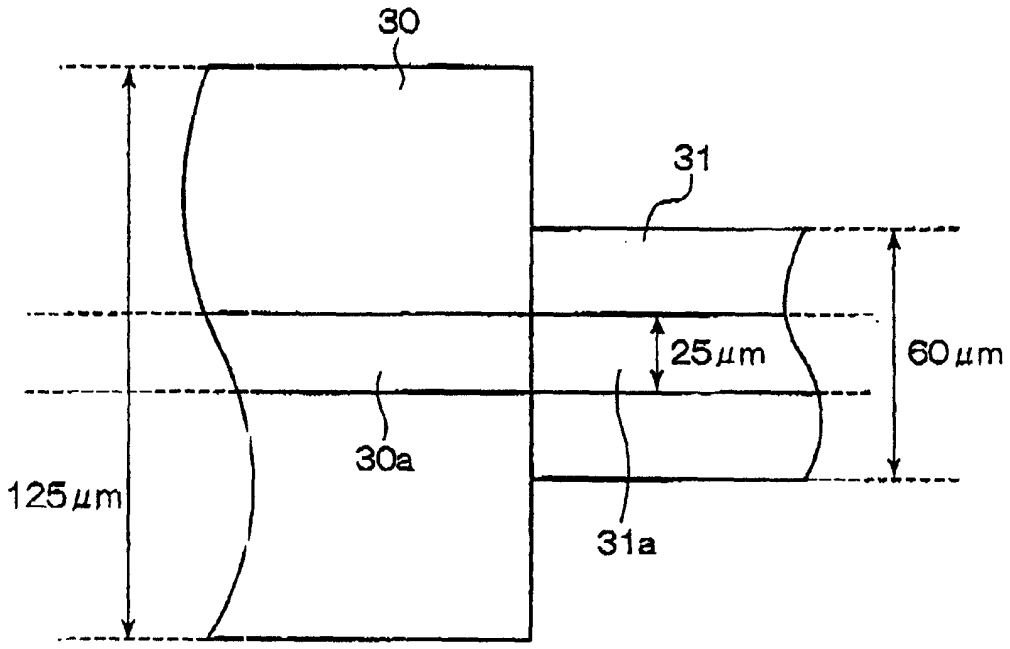


图 10

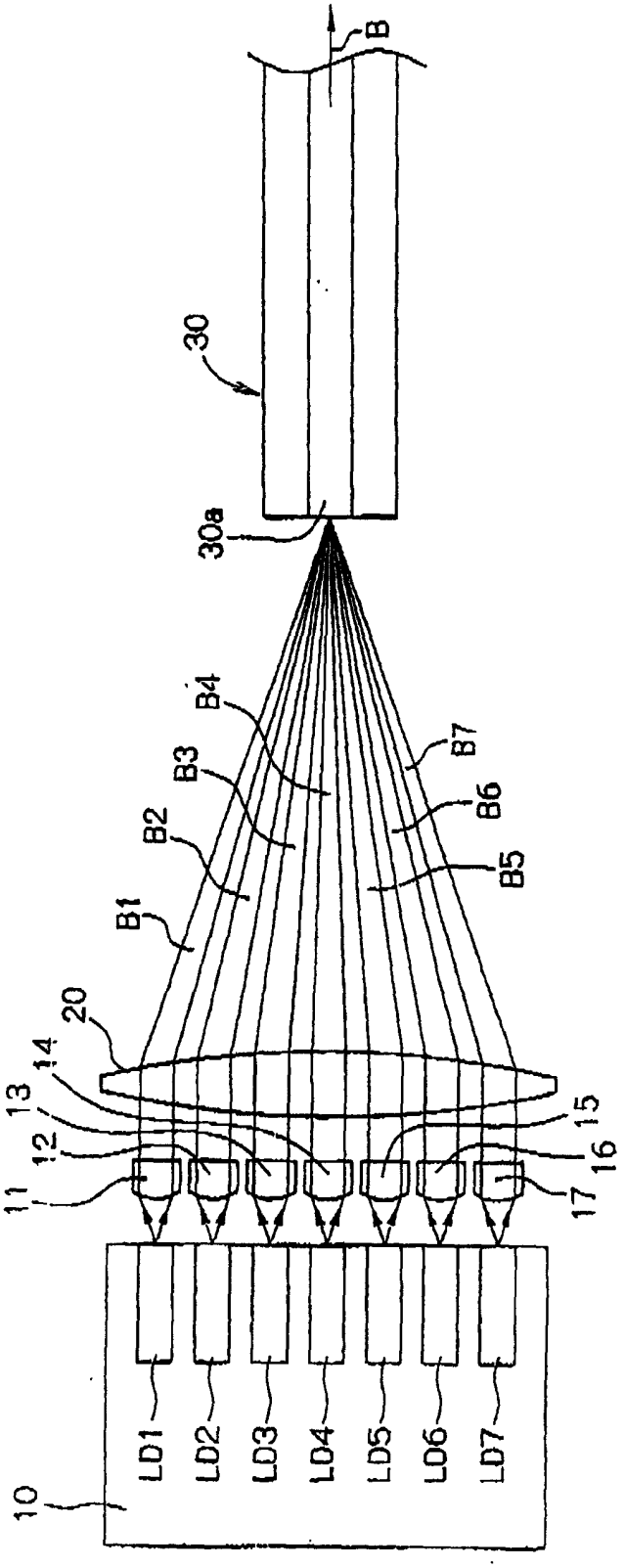

B
30
30a
B4
B3
B2
B1
B7
B6
B5
20
14
13
12
11
15
16
17
LD1
LD2
LD3
LD4
LD5
LD6
LD7
10

图 11

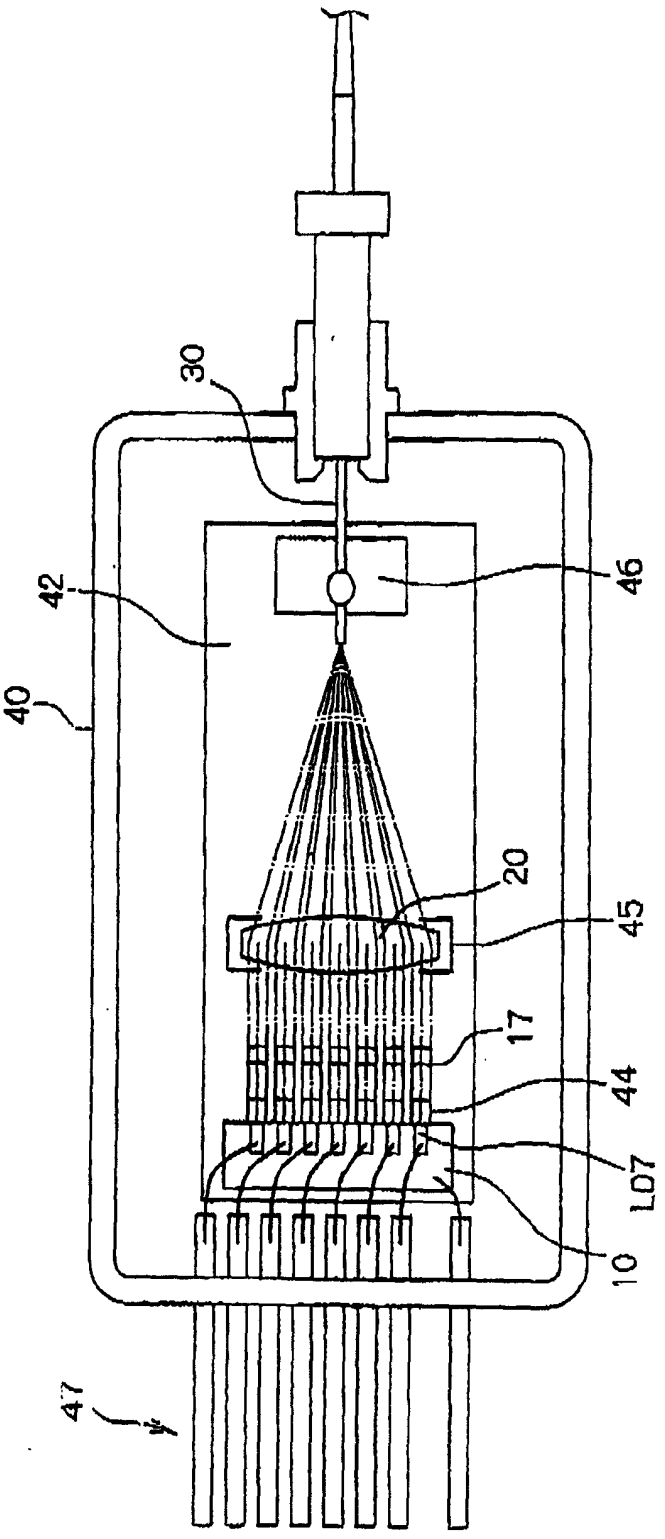


图 12

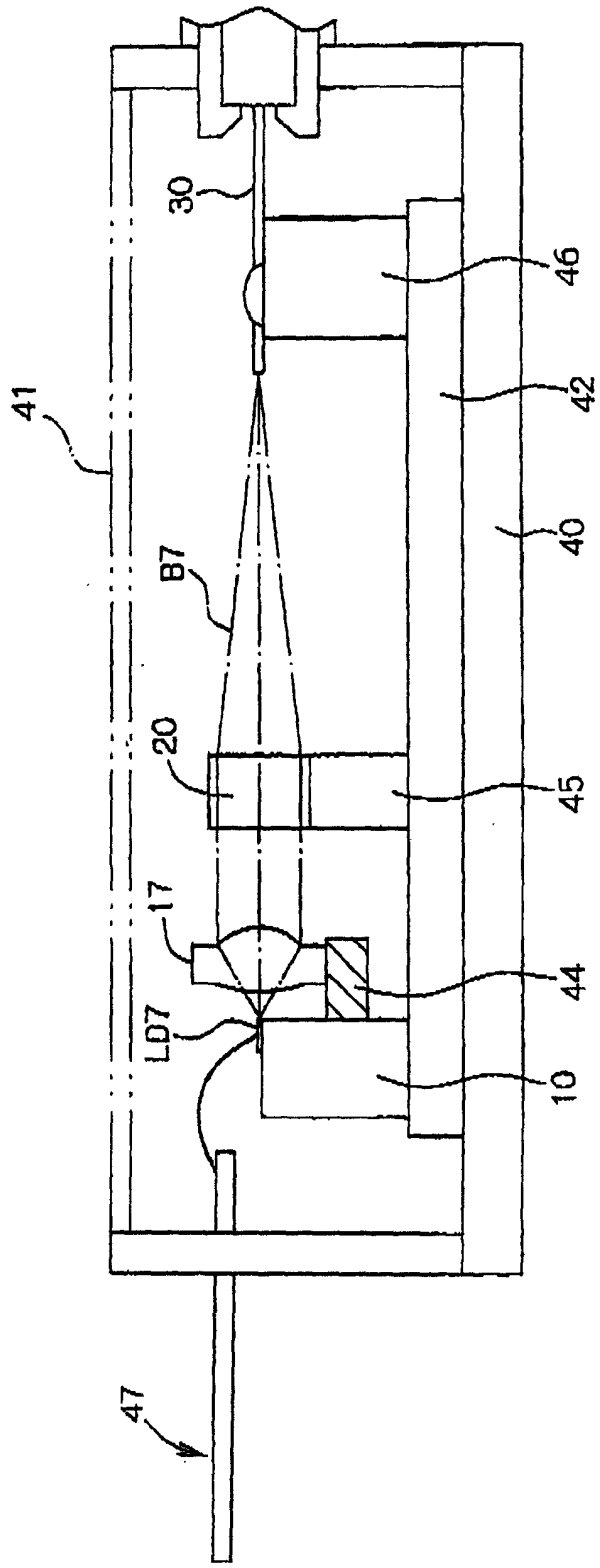


图 13

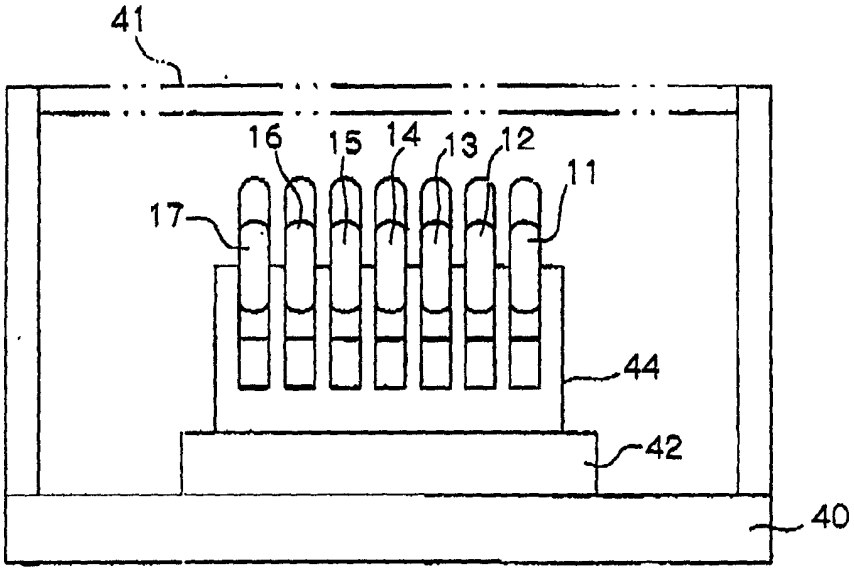


图 14

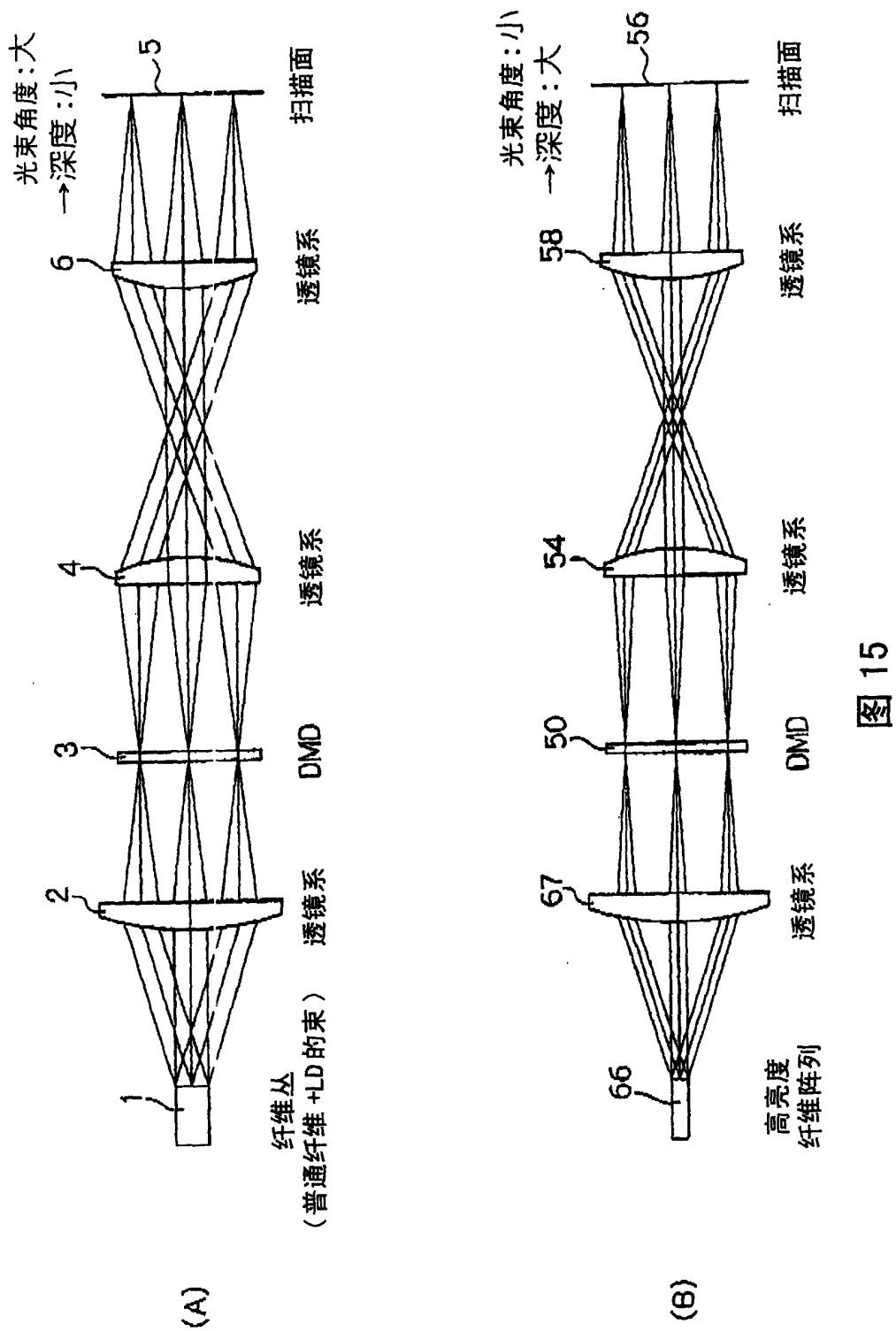

光束角度：大
→深度：小
5
扫描面
6
透镜系
4
透镜系
3
DMD
2
透镜系
1
纤维丛
（普通纤维+LD的束）
(A)
光束角度：小
→深度：大
56
58
54
50
67
66
高亮度
纤维阵列
(B)

图 15

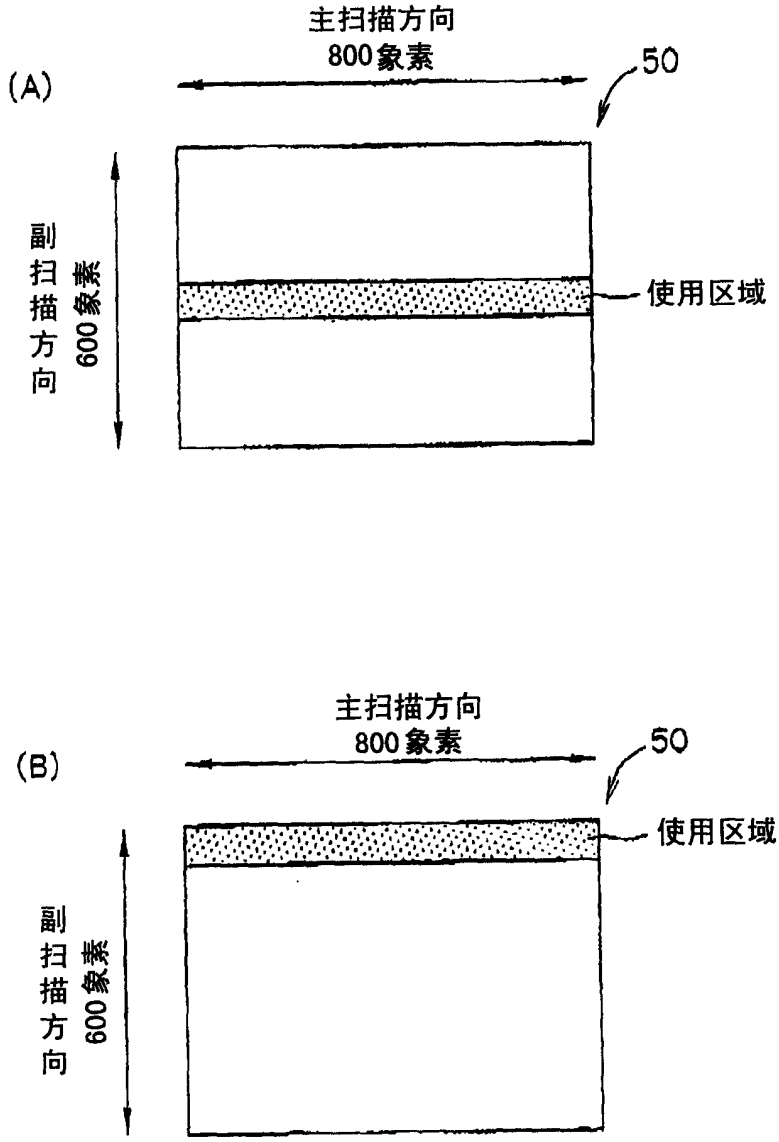

(A)
主扫描方向
800象素
50
副扫描方向
600象素
使用区域
(B)
主扫描方向
800象素
50
使用区域
副扫描方向
600象素

图 16

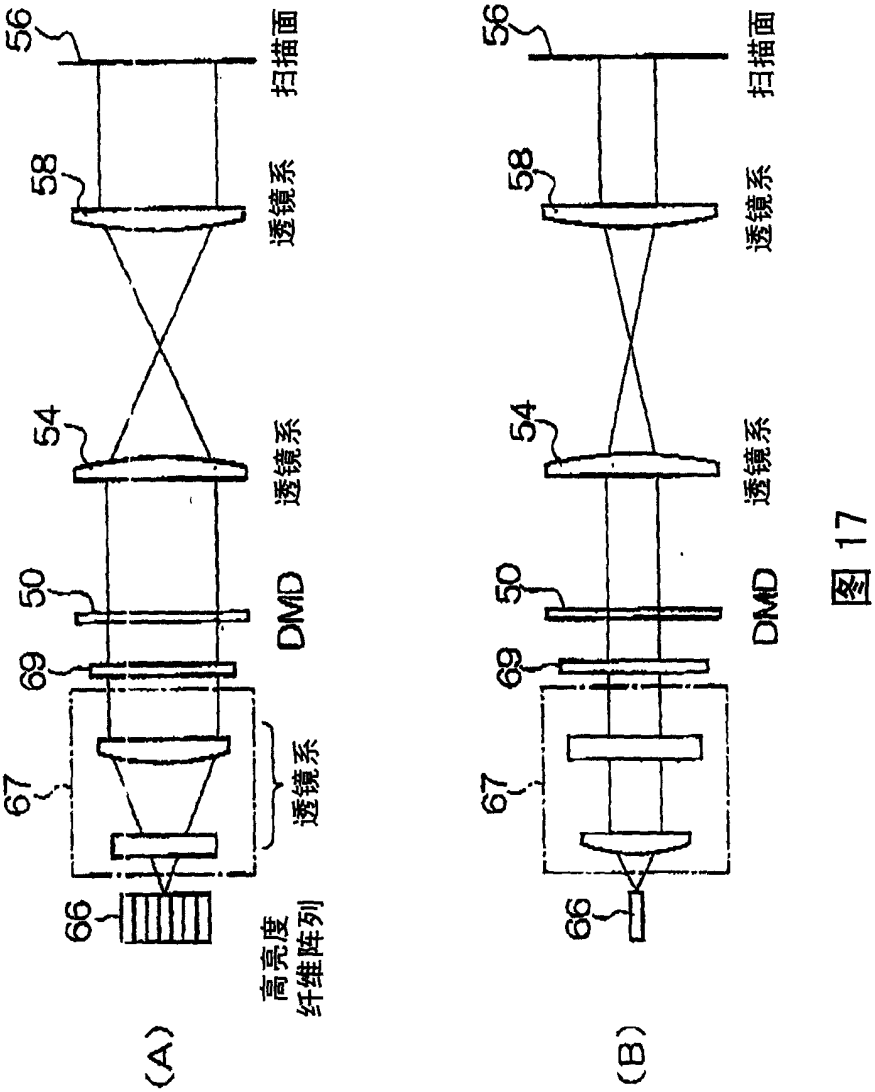
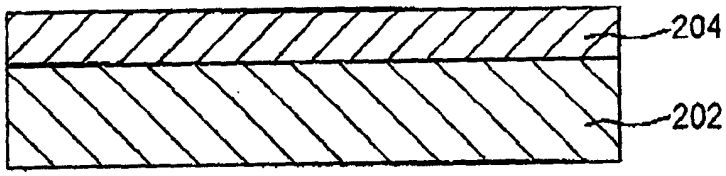
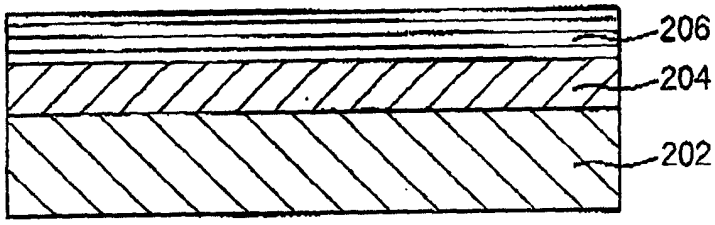

56
扫描面
58
透镜系
54
透镜系
50
DMD
69
67
透镜系
66
高亮度
纤维阵列
(A)
56
扫描面
58
透镜系
54
透镜系
50
DMD
69
67
66
(B)

图 17

(A)



(B)



(C)

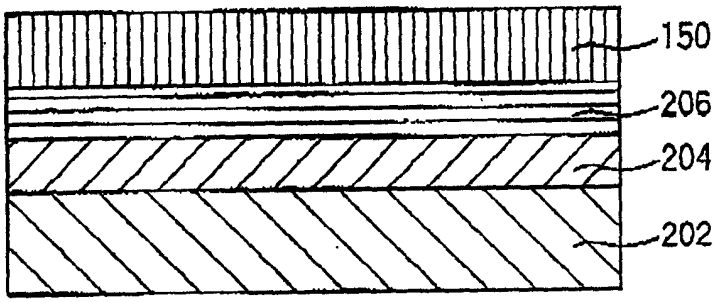


图 18

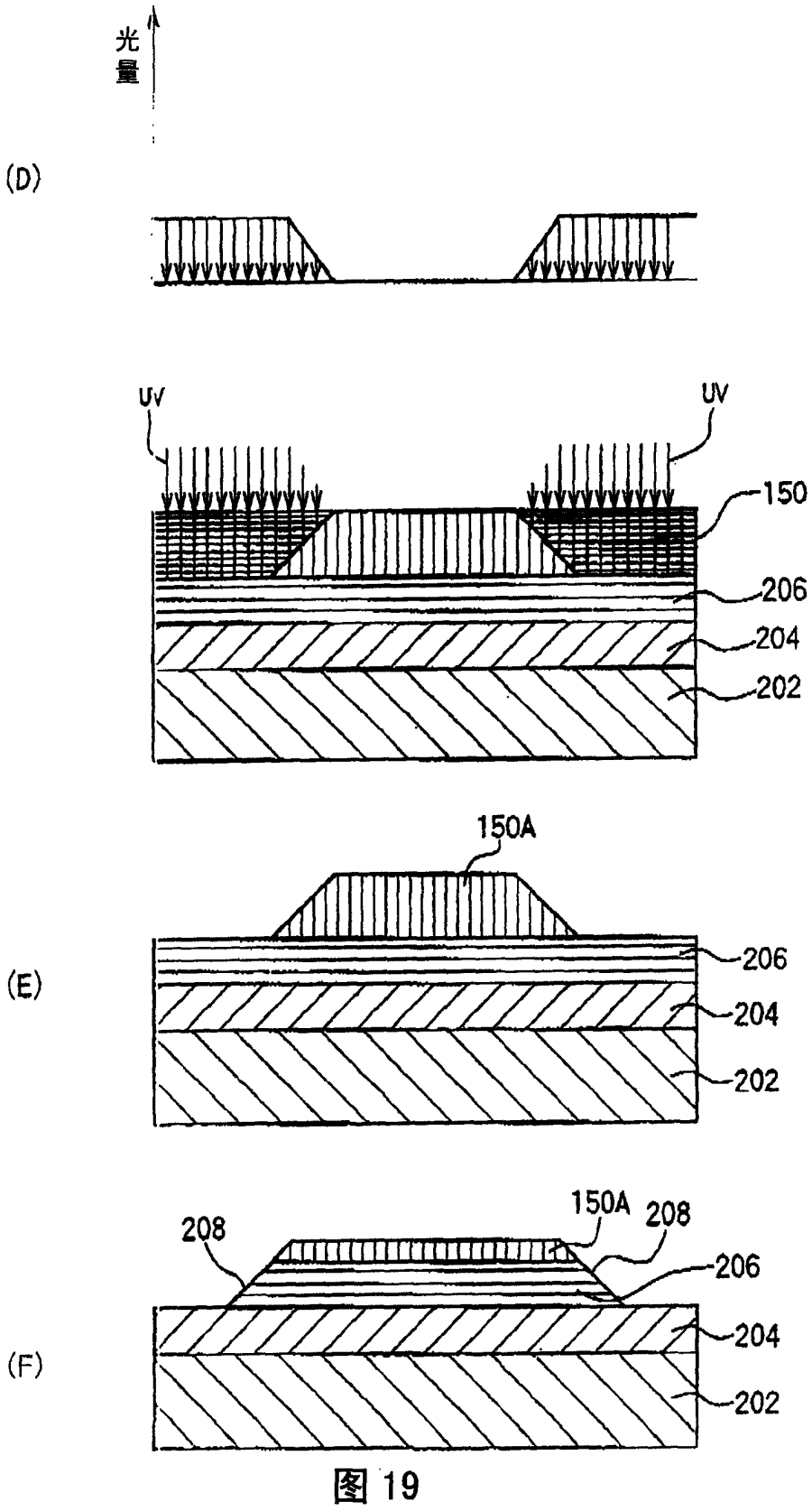

光量
(D)
UV
UV
150
206
204
202
150A
(E)
206
204
202
208
150A
208
206
204
(F)
202

图 19

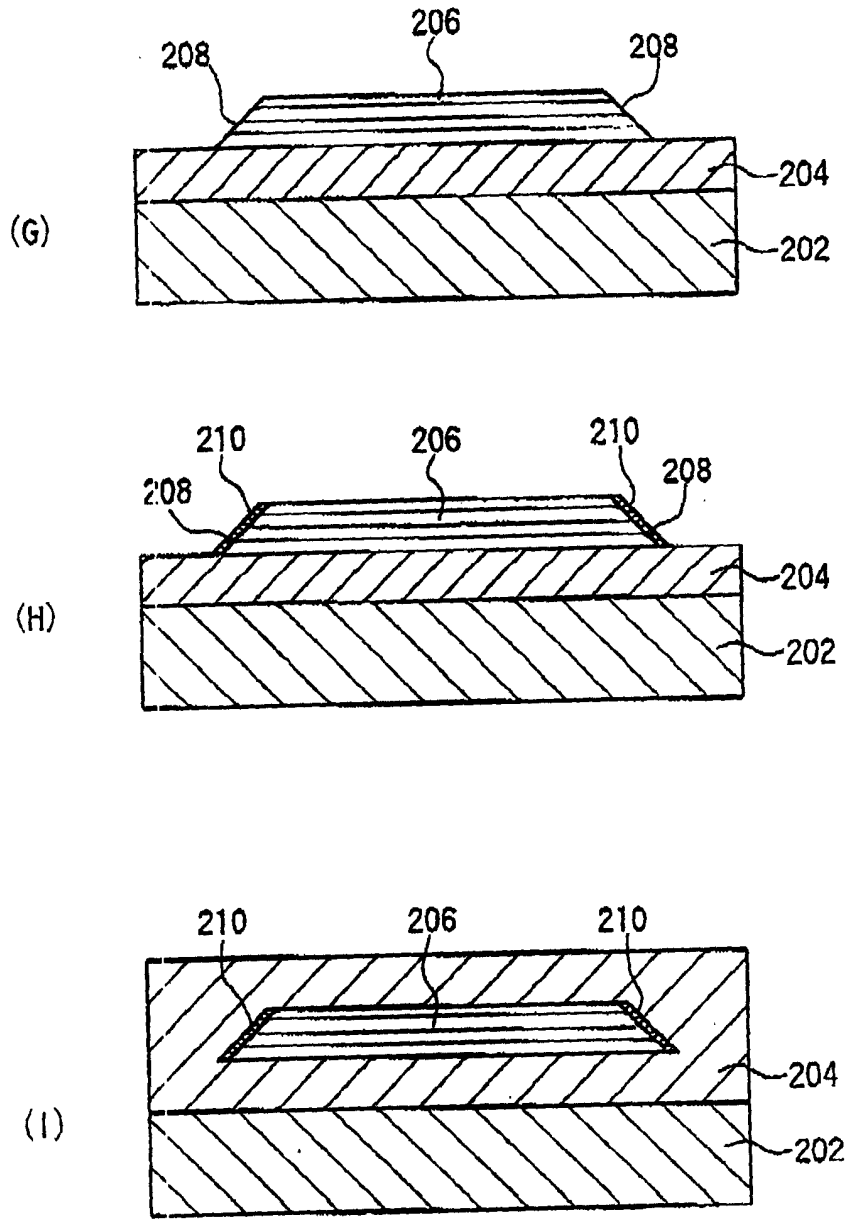

(G)
206
208
208
204
202
(H)
210
206
210
208
208
204
202
(I)
210
206
210
204
202

图 20

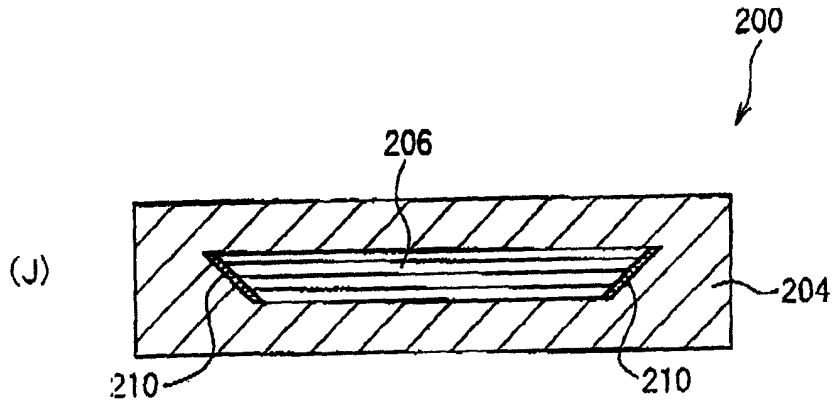


图 21

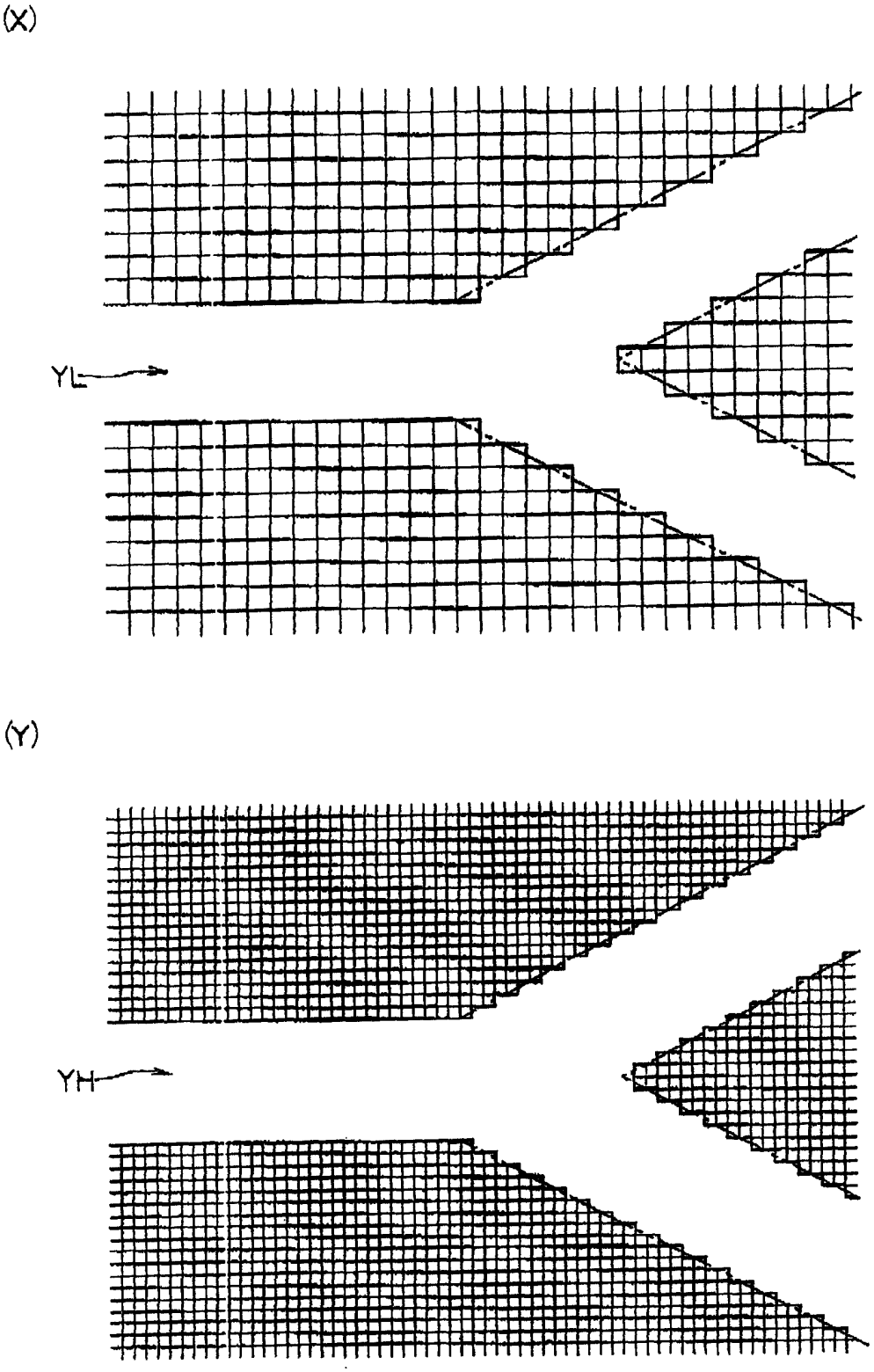


图 22

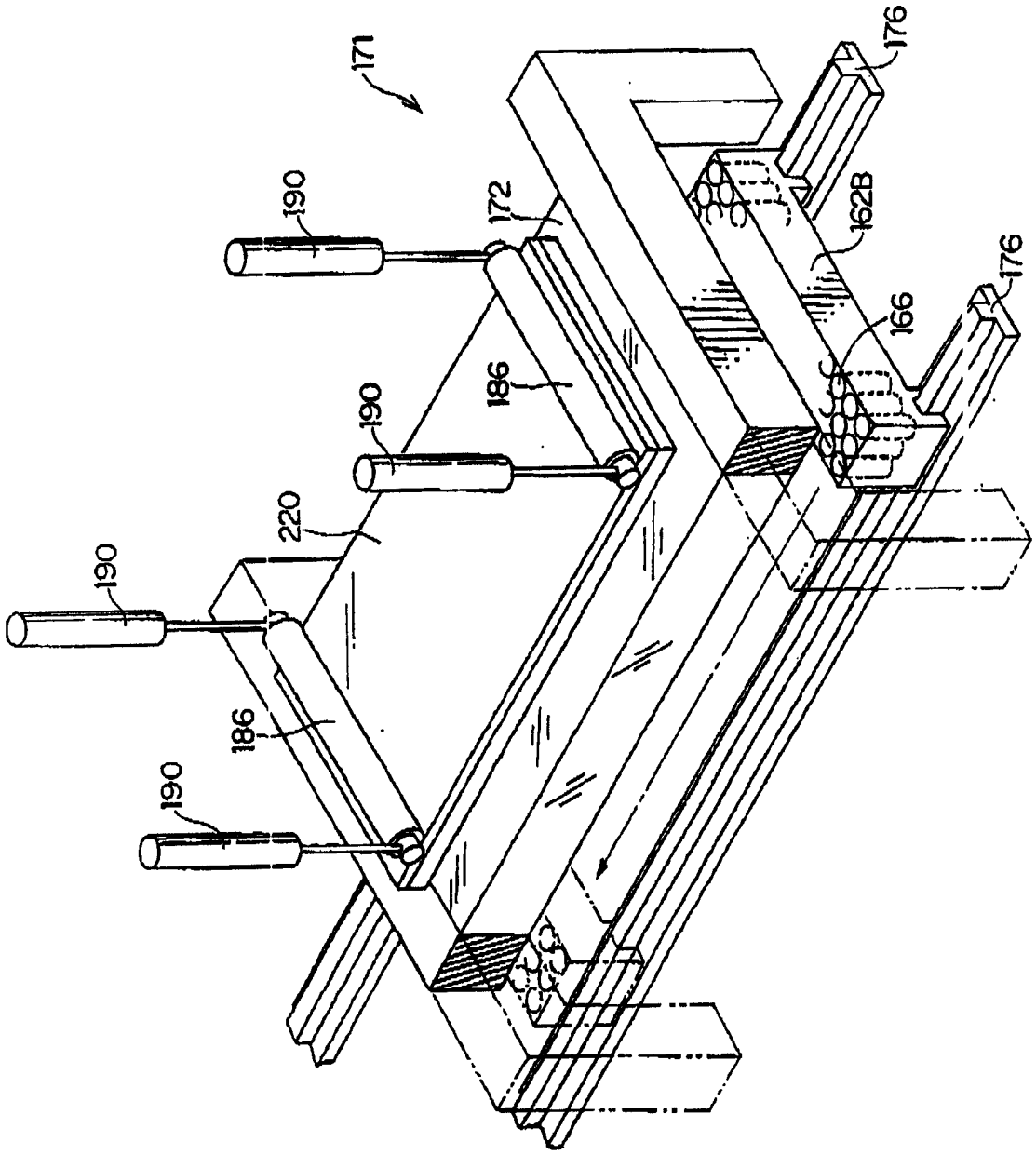


图 23

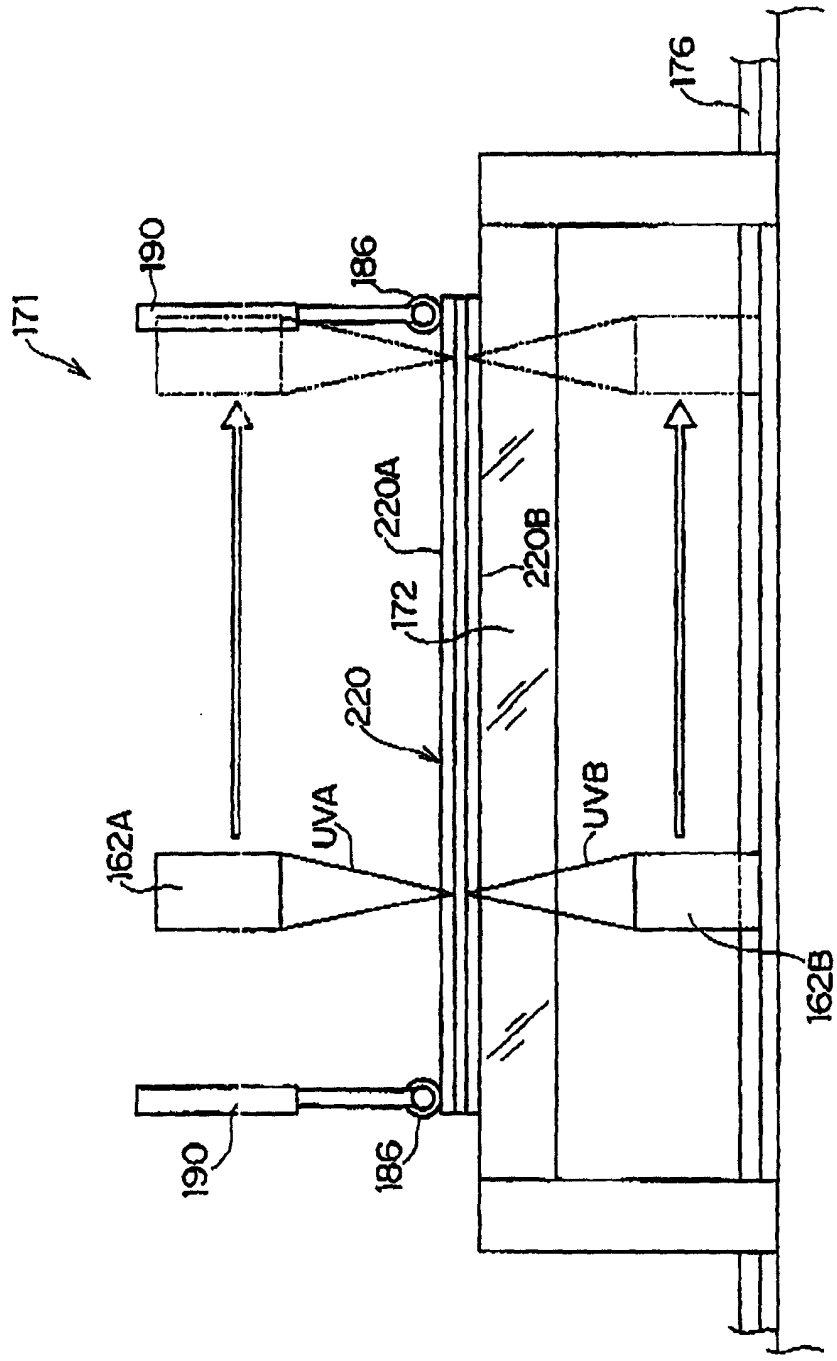


图 24

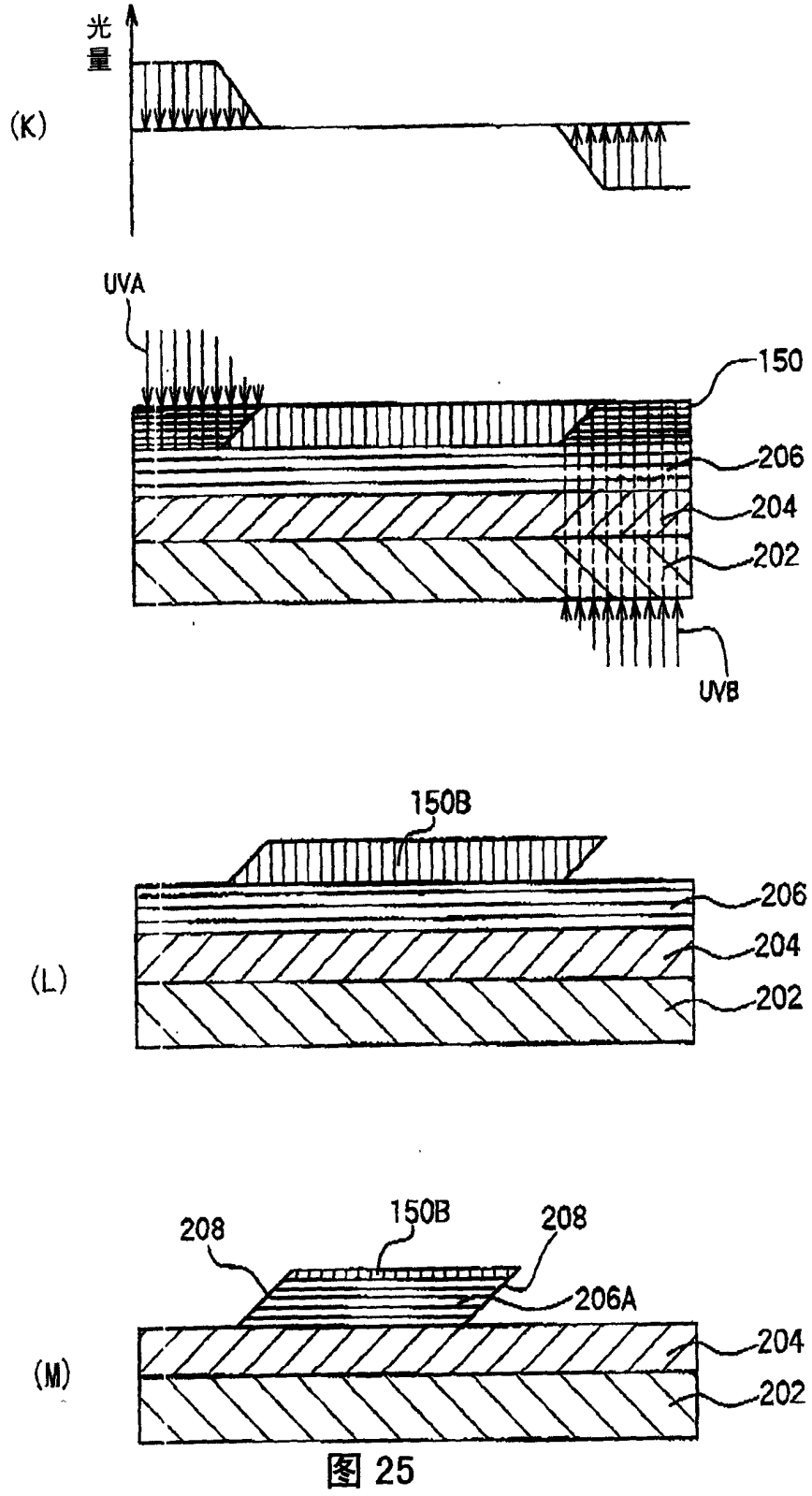

光量
(K)
UVA
150
206
204
202
UVB
150B
(L)
206
204
202
208
150B
208
206A
(M)
204
202

图 25

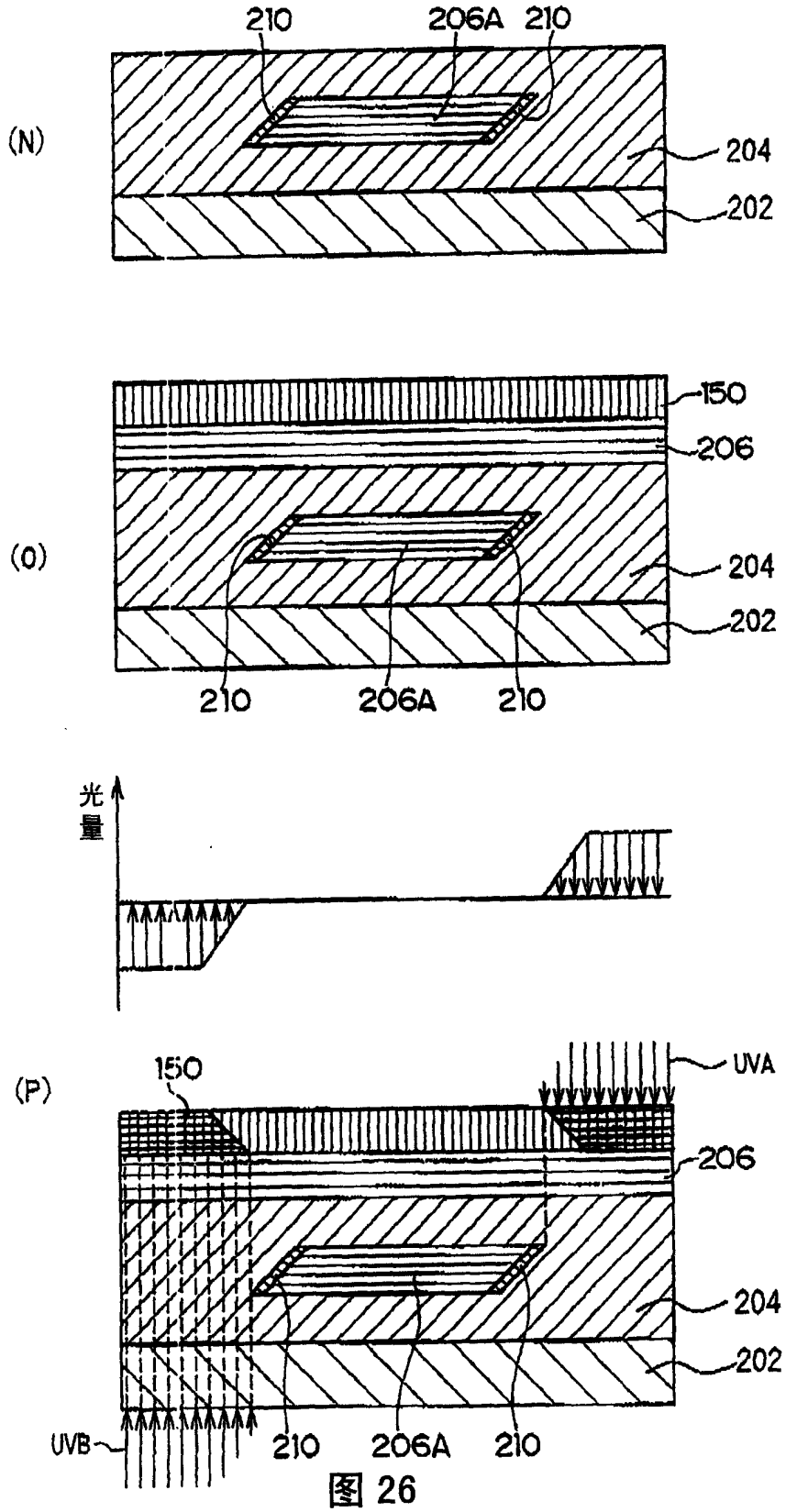

(N)
210
206A
210
204
202
(O)
150
206
204
202
210
206A
210
光量
(P)
150
UVA
206
204
202
UVB
210
206A
210

图 26

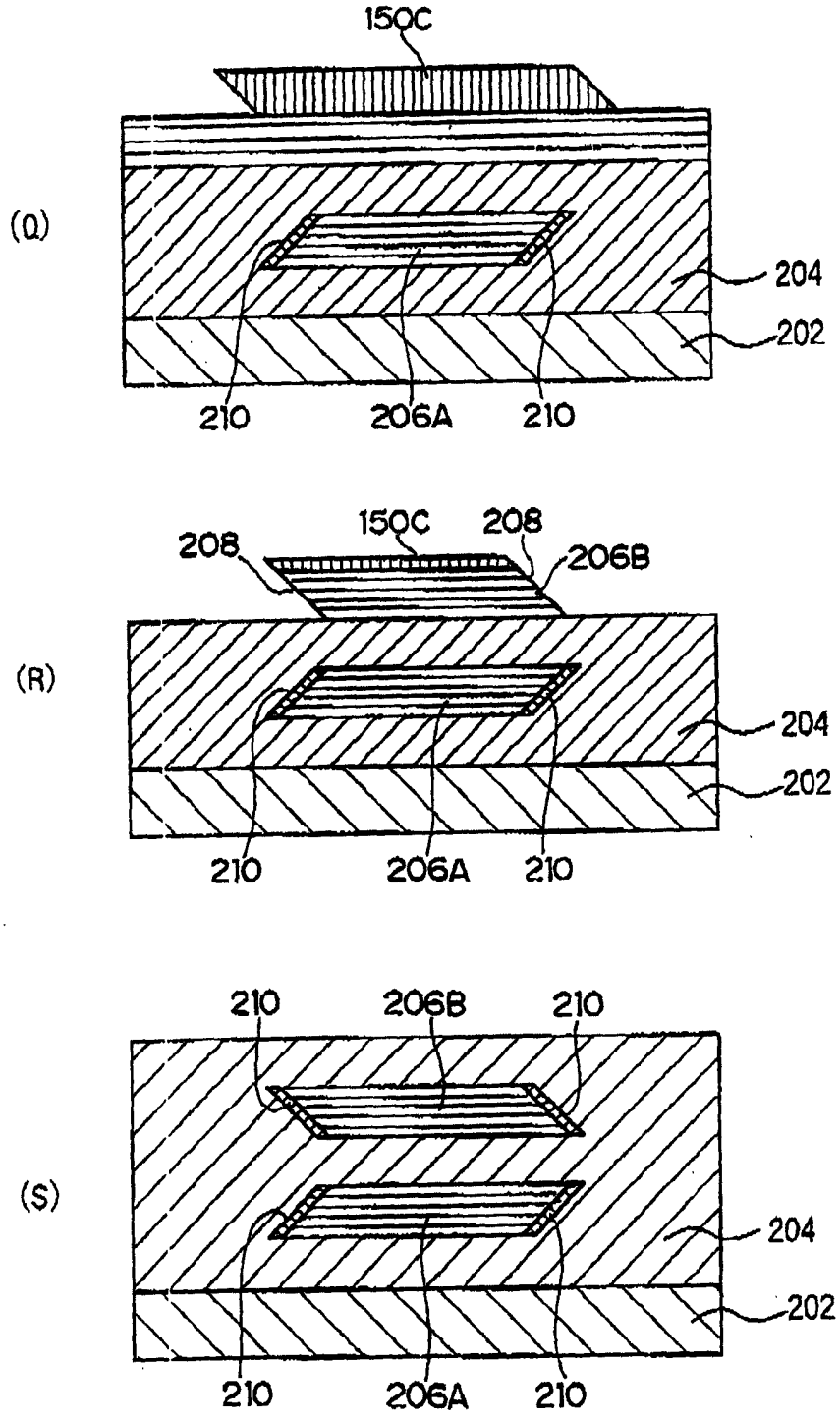

(Q)
150C
204
202
210
206A
210
(R)
208
150C
208
206B
204
202
210
206A
210
(S)
210
206B
210
204
202
210
206A
210

图 27

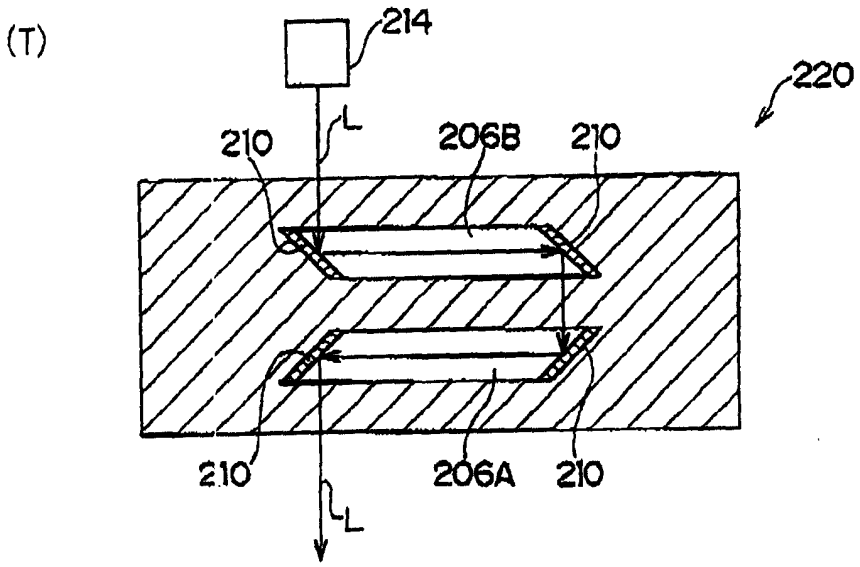


图 28

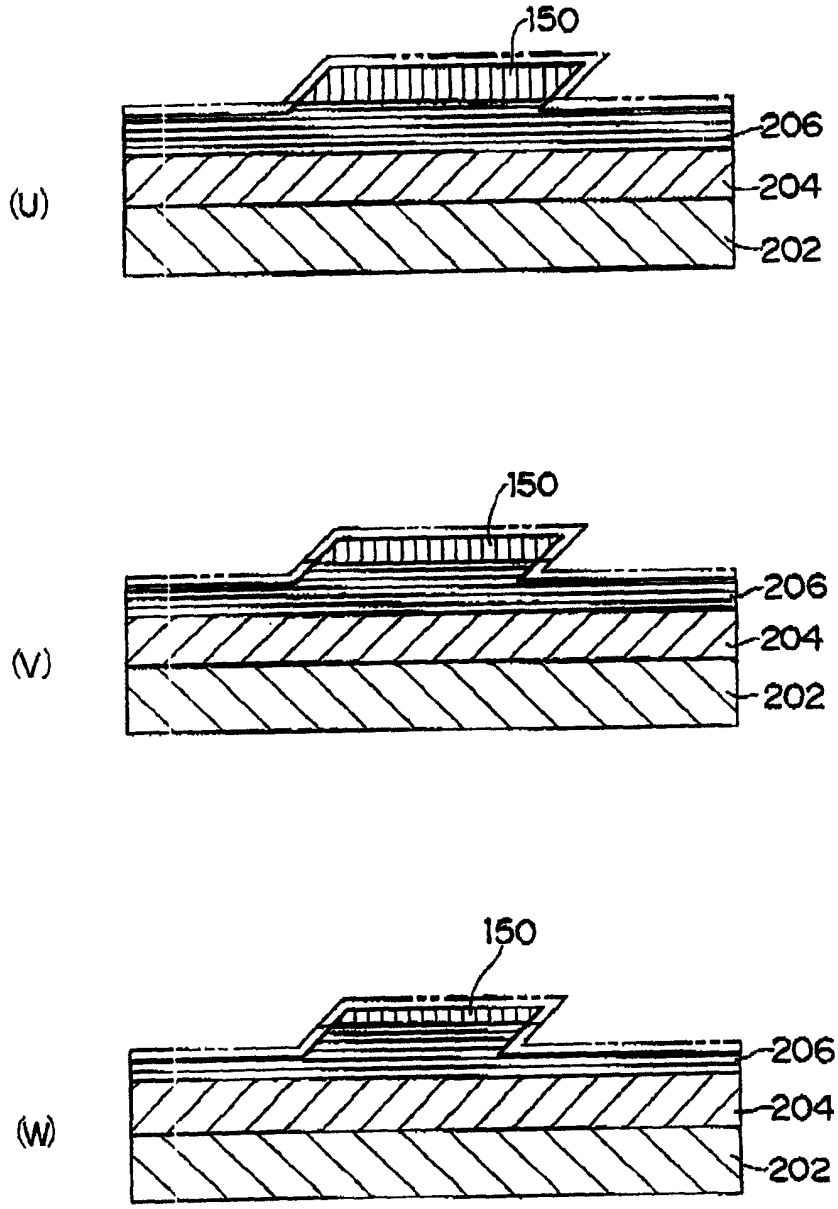
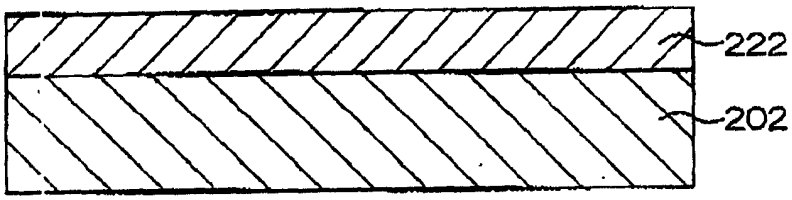


图 29

(A)



(B)

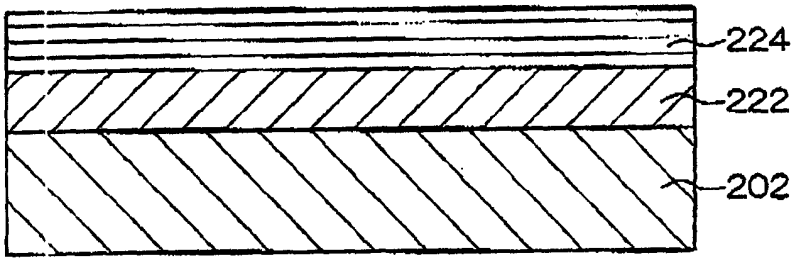


图 30

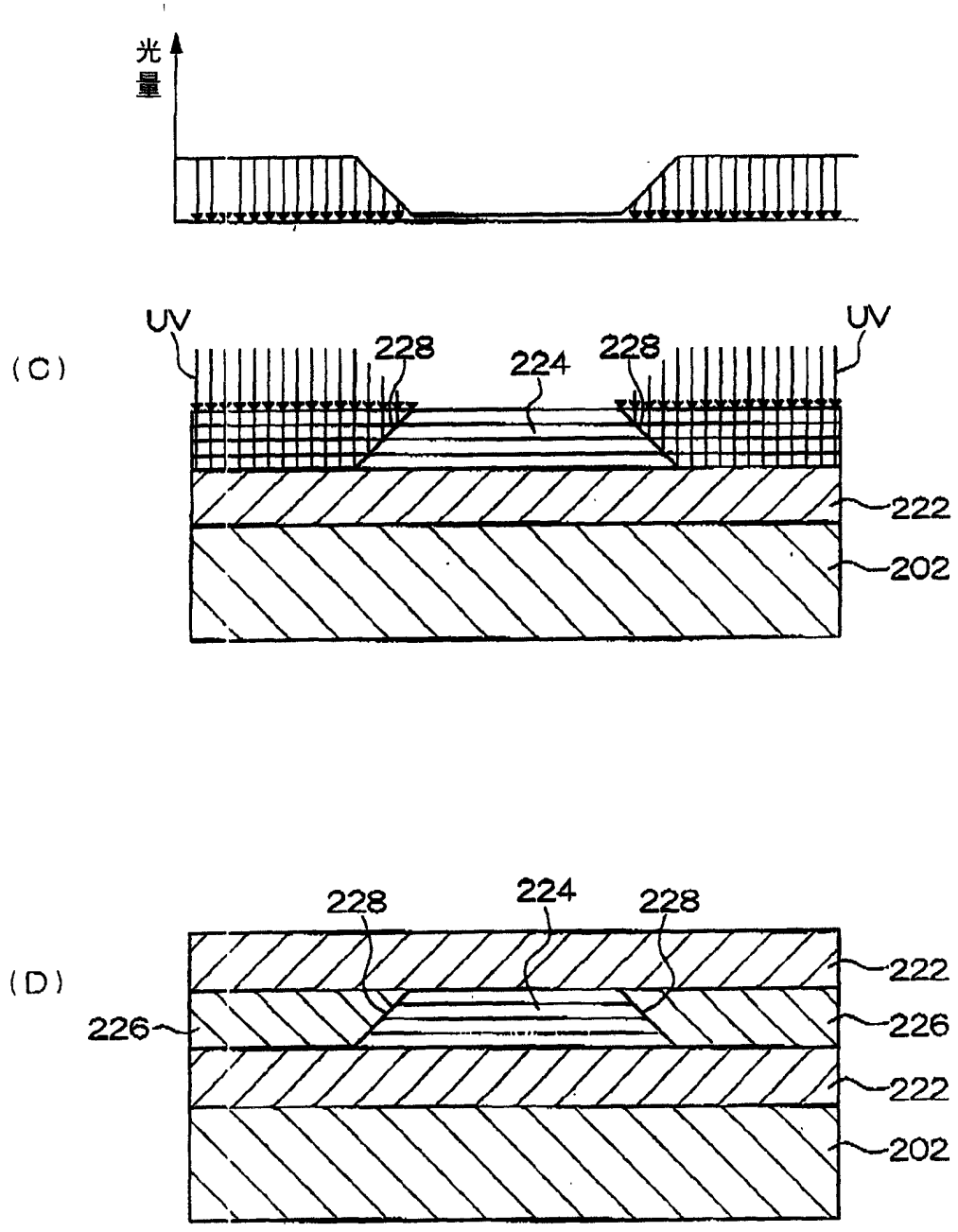


图 31

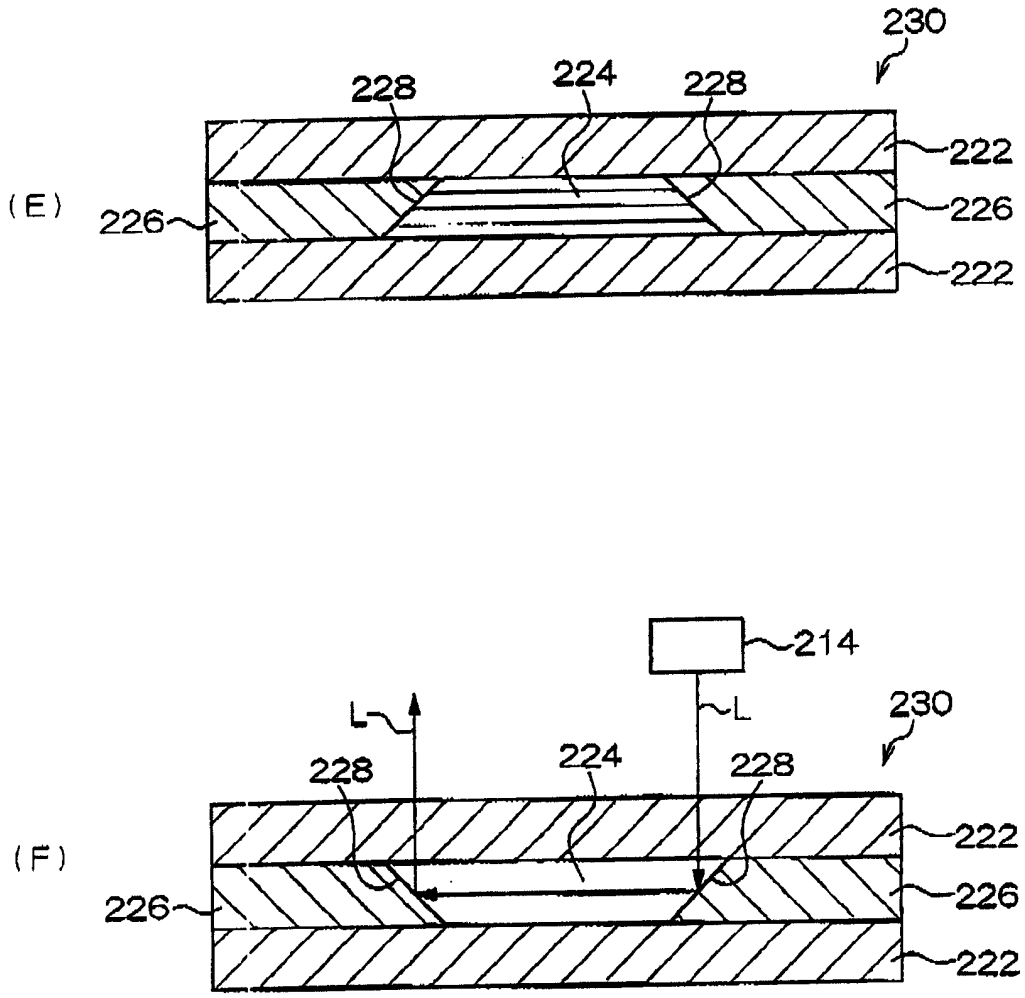

(E)
230
228
224
228
222
226
226
222
(F)
214
L
L
230
228
224
228
222
226
226
222

图 32

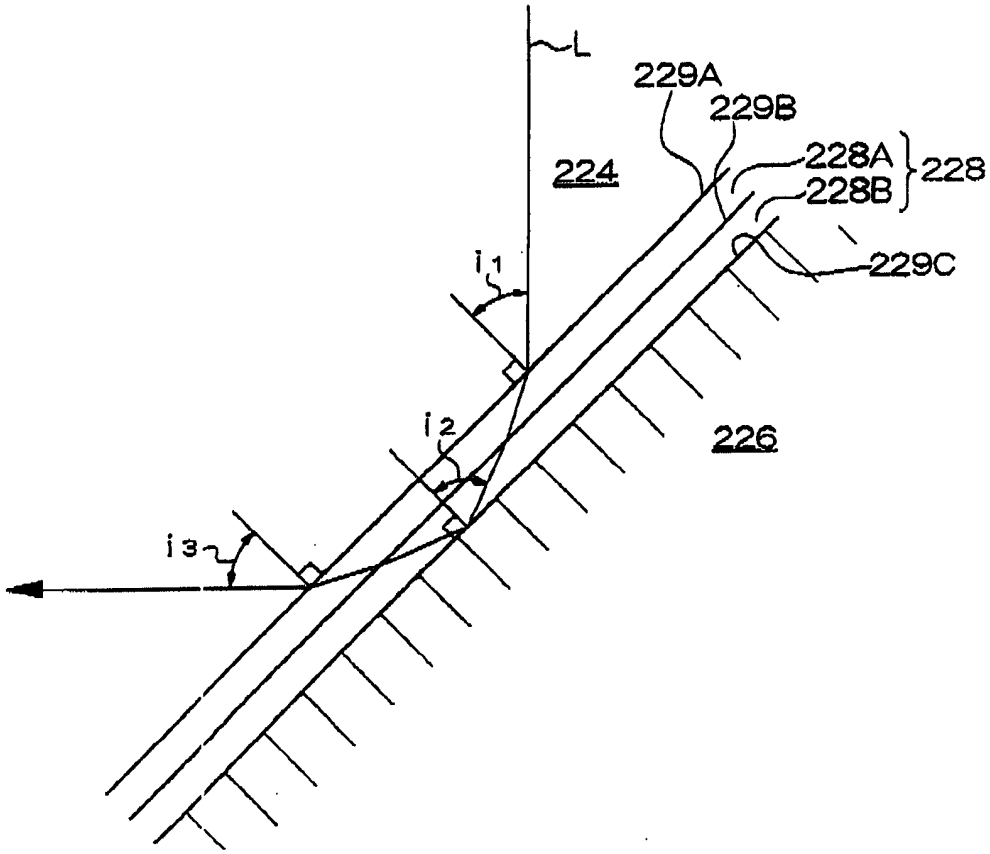


图 33

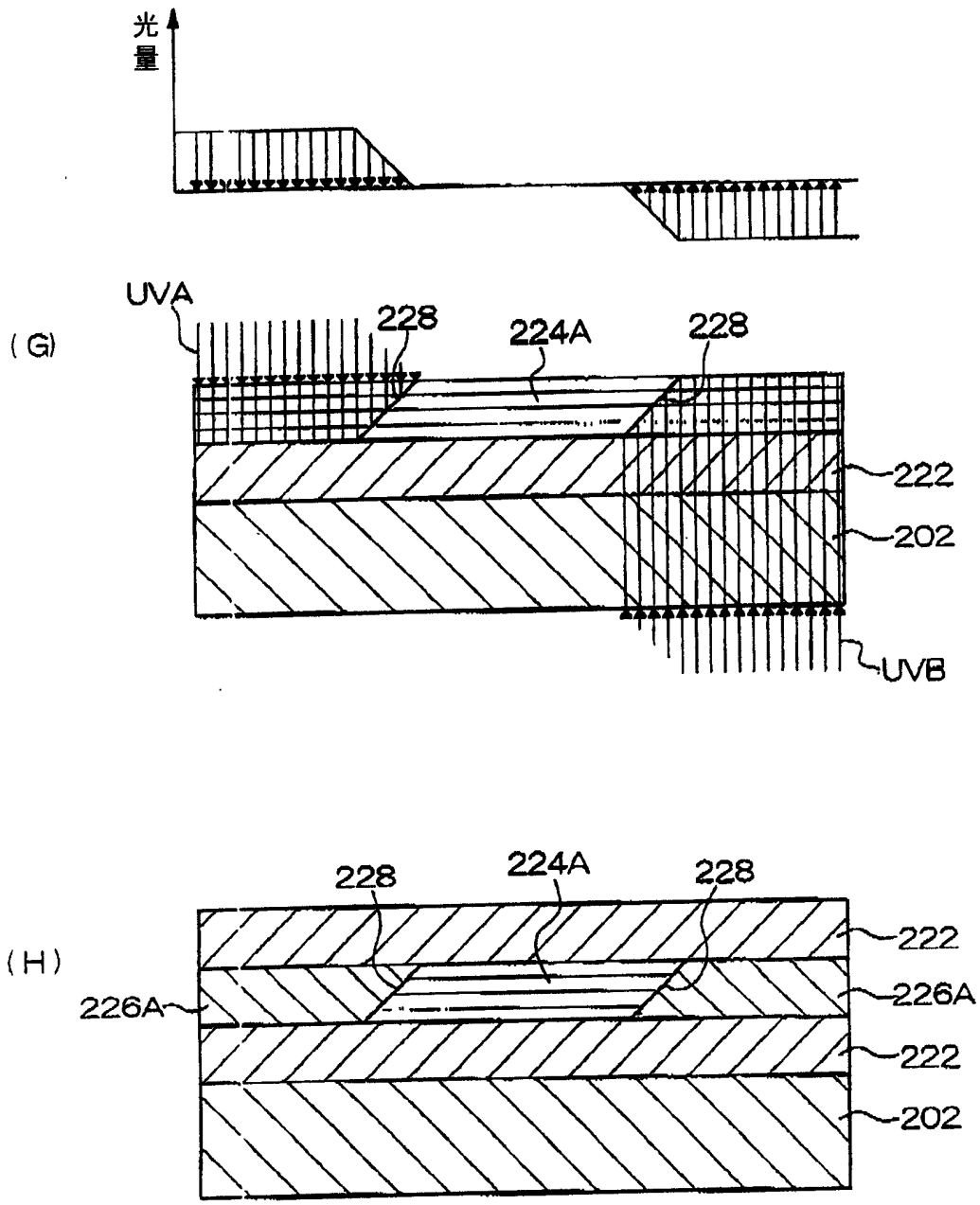

光量
(G)
UVA
228
224A
228
222
202
UVB
(H)
228
224A
228
222
226A
226A
222
202

图 34

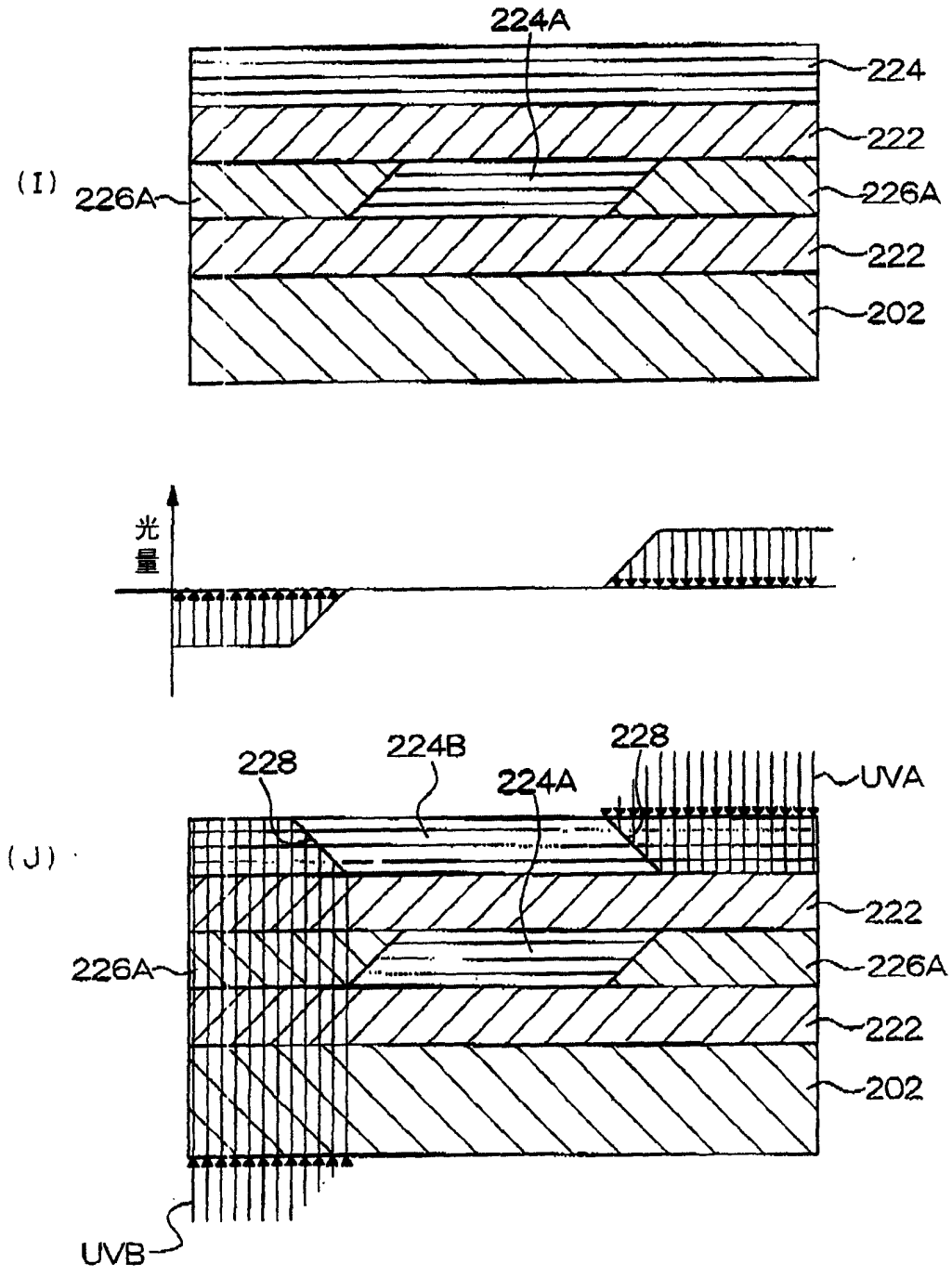

(I)
224A
224
222
226A
222
202
光量
(J)
228
224B
224A
228
UVA
222
226A
226A
222
202
UVB

图 35

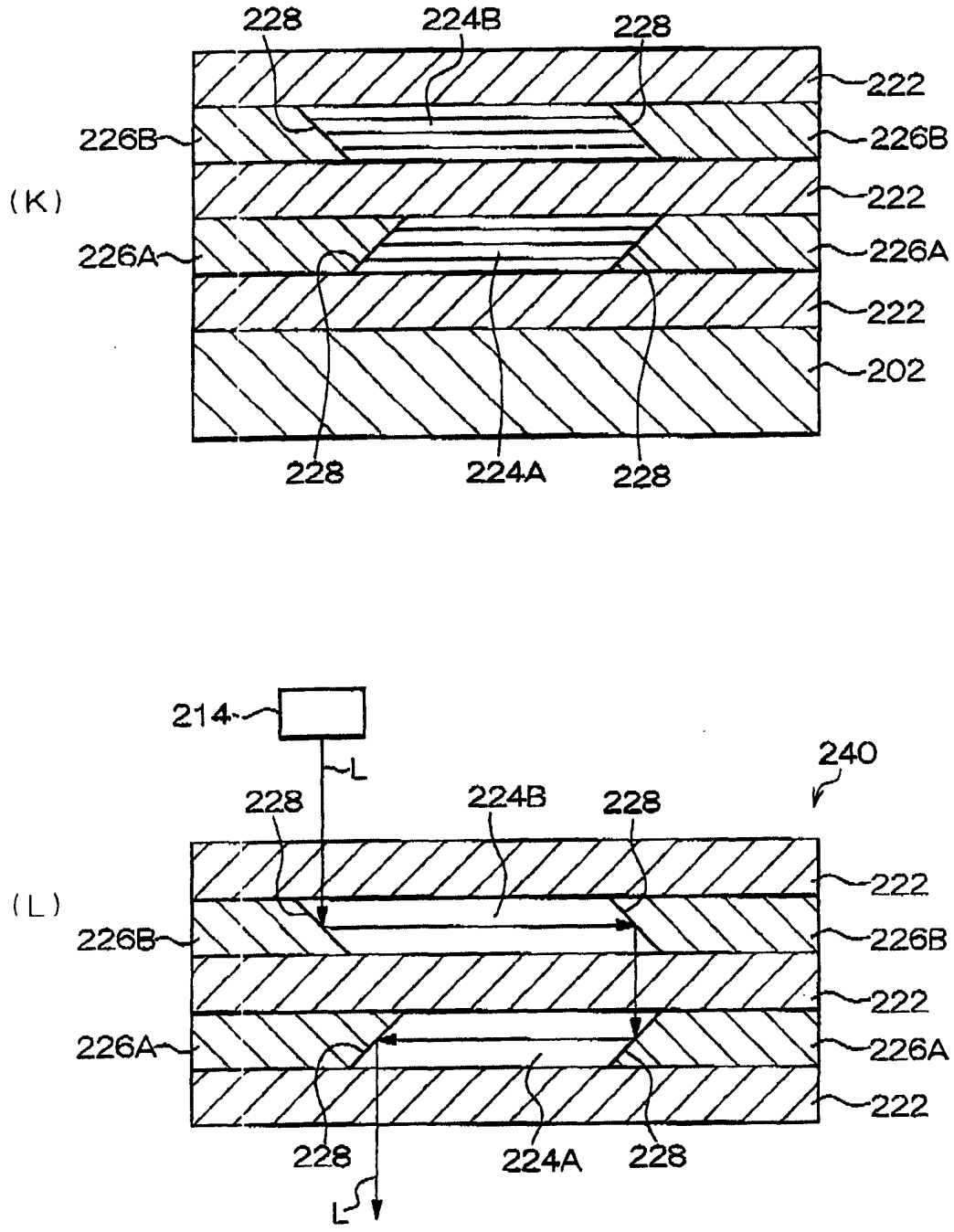
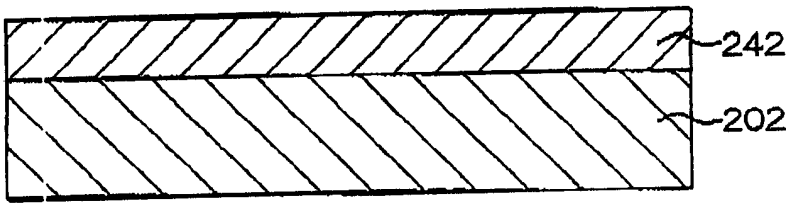

(K)
228
224B
228
222
226B
226B
222
226A
226A
222
202
228
224A
228
(L)
214
L
240
228
224B
228
222
226B
226B
222
226A
226A
222
228
224A
228
L

图 36

(A)



(B)

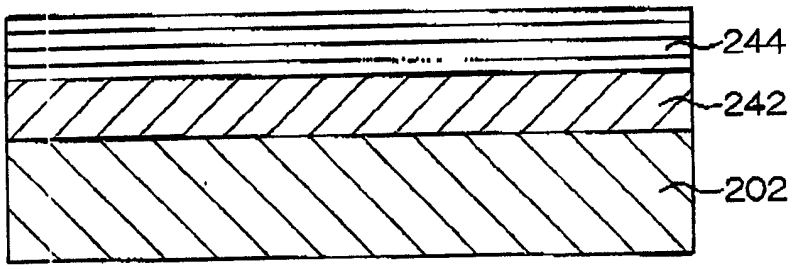


图 37

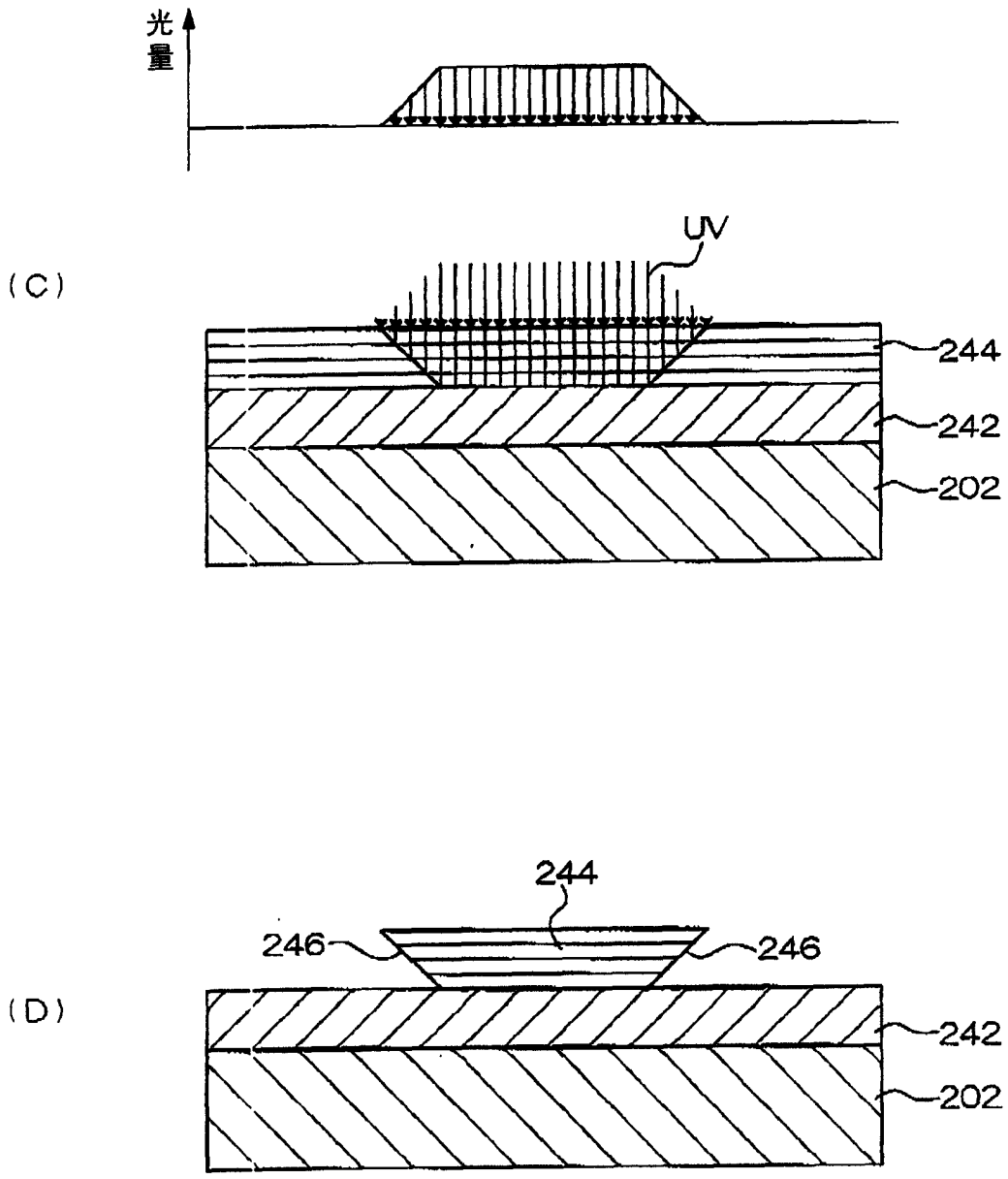
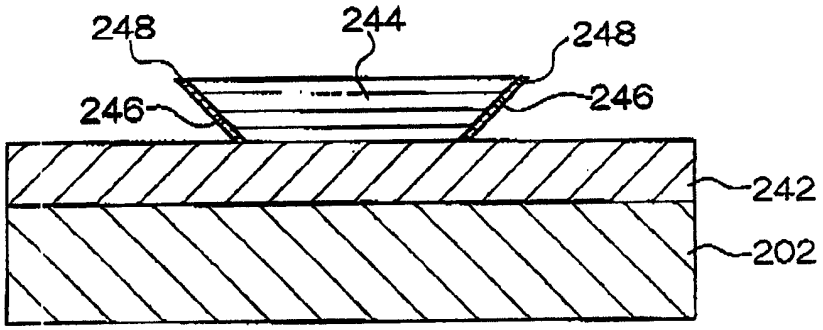


图 38

(E)



(F)

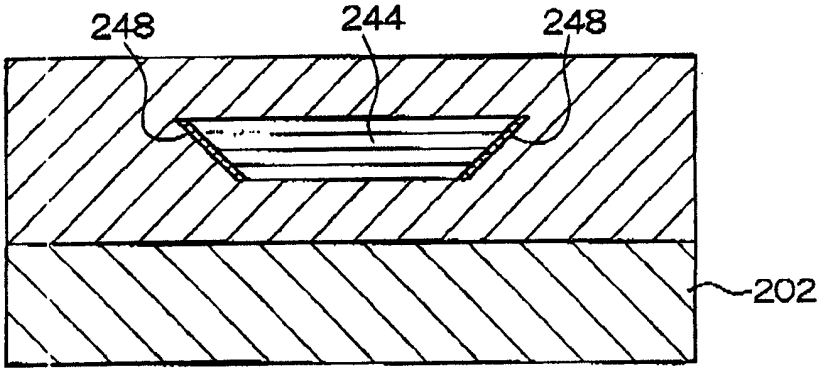


图 39

(G)

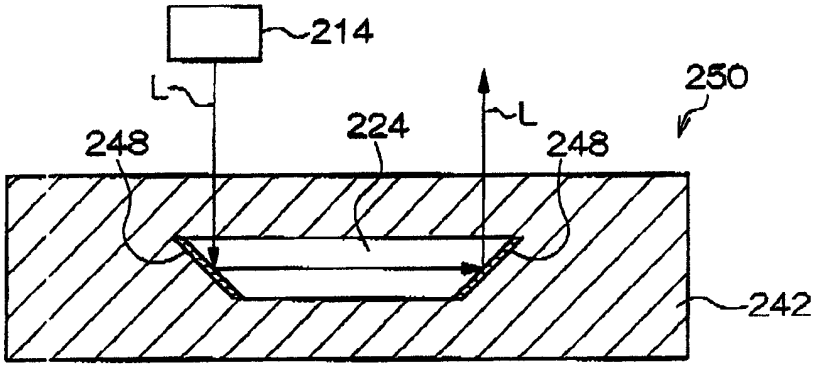


图 40

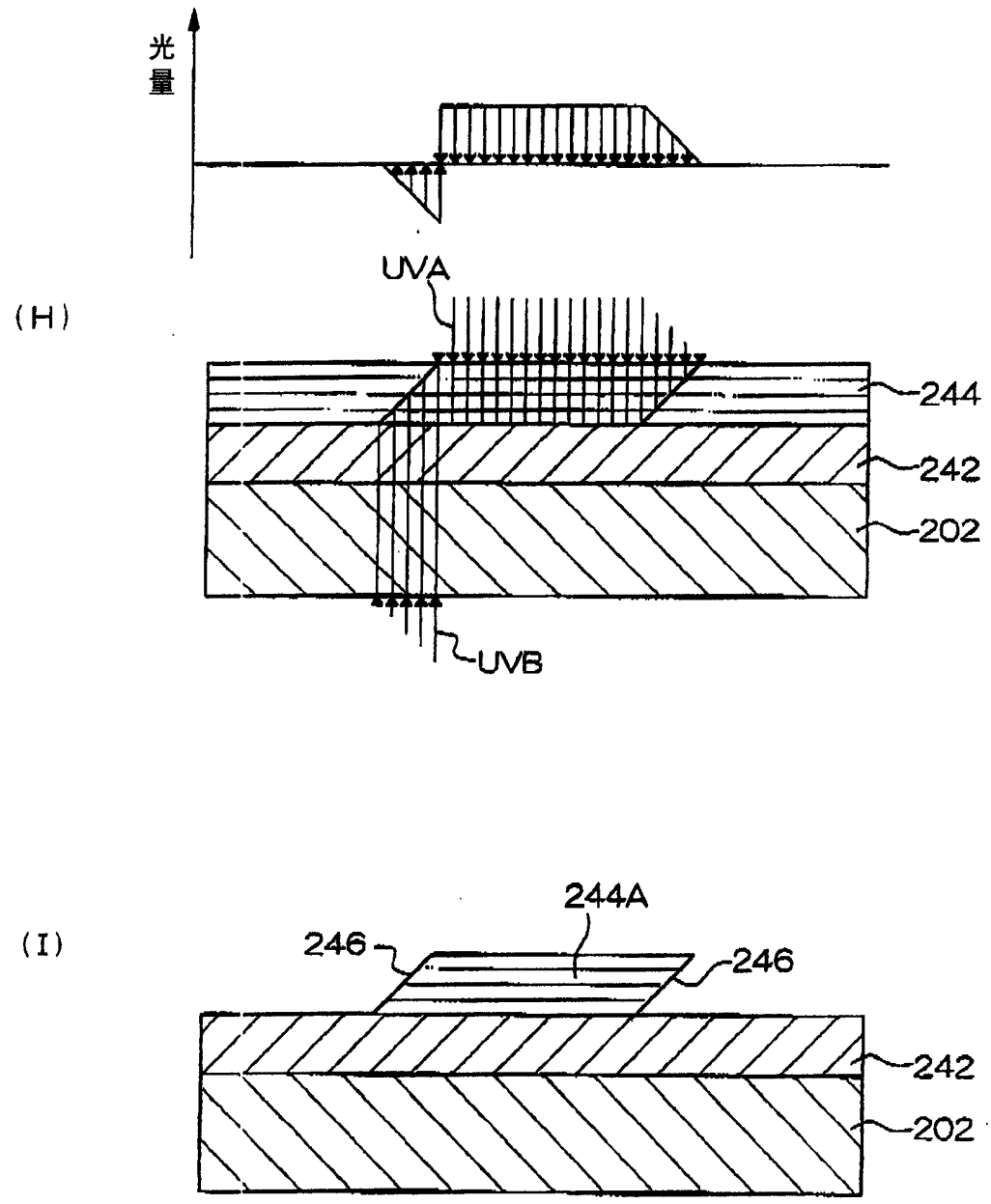


图 41

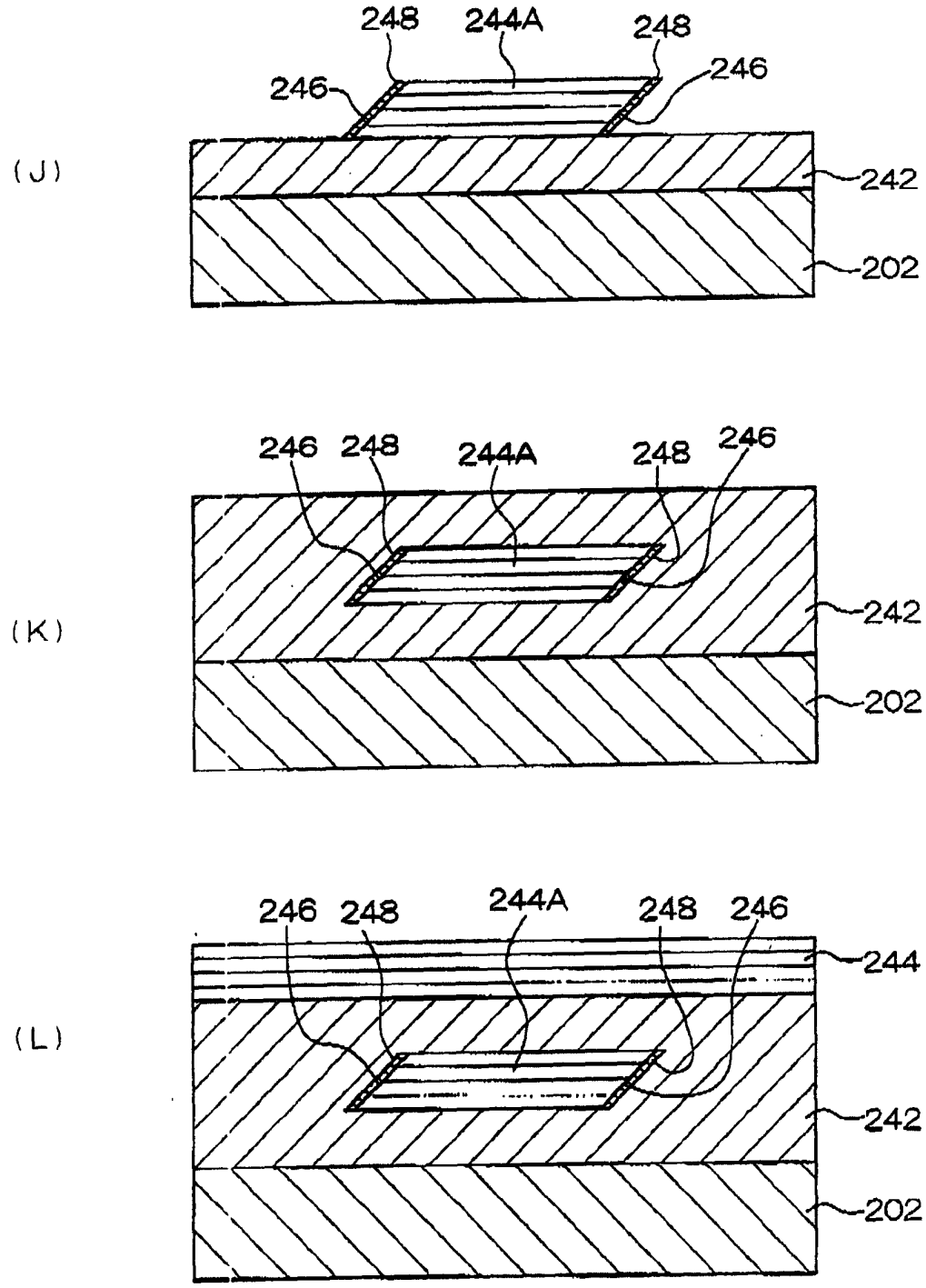

(J)
248
244A
248
246
246
242
202
(K)
246
248
244A
248
246
242
202
(L)
246
248
244A
248
246
244
242
202

图 42

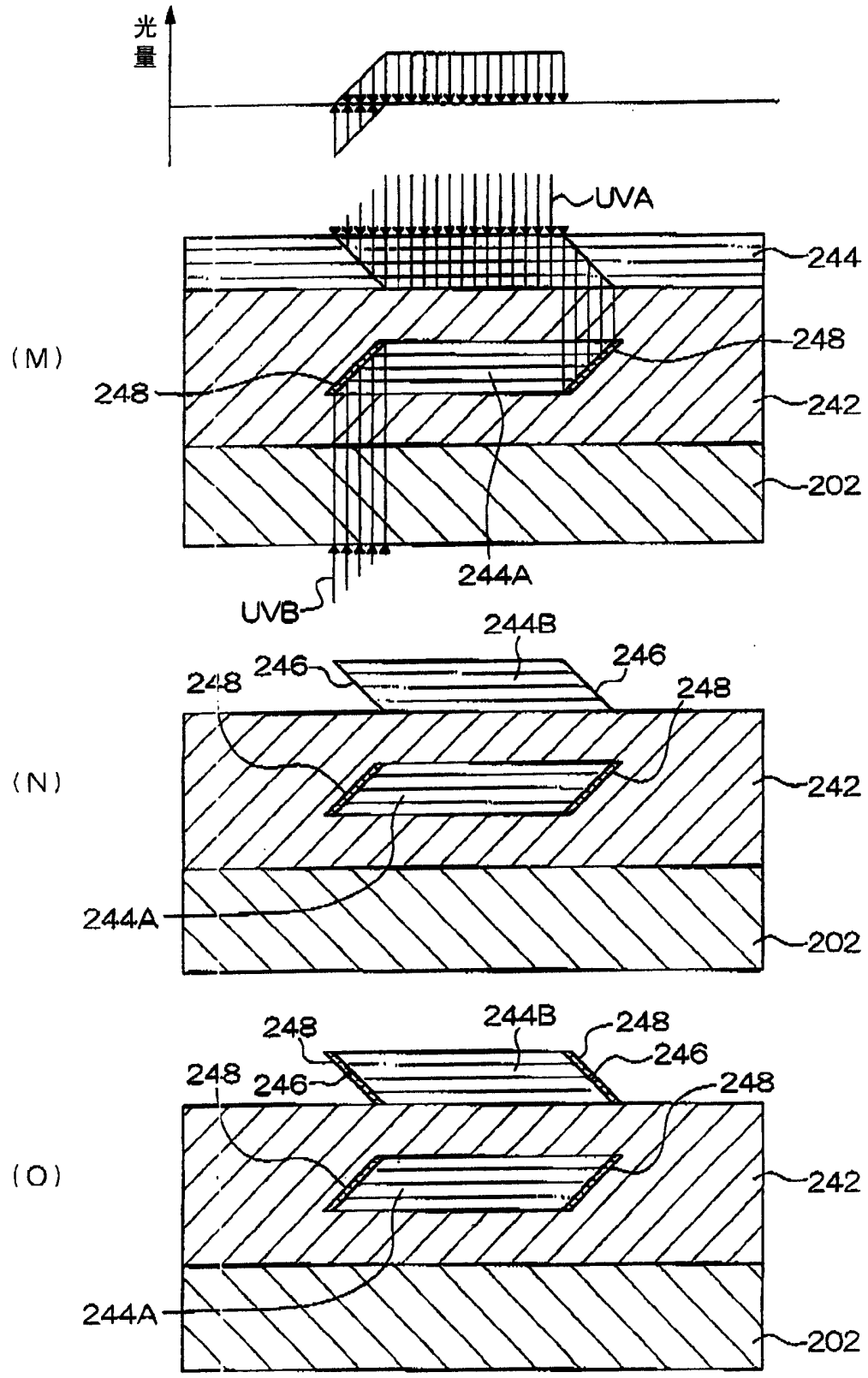

光量
UVA
244
248
(M)
248
242
202
244A
UVB
244B
246
246
248
248
(N)
242
244A
202
248
244B
248
246
248
246
248
(O)
242
244A
202

图 43

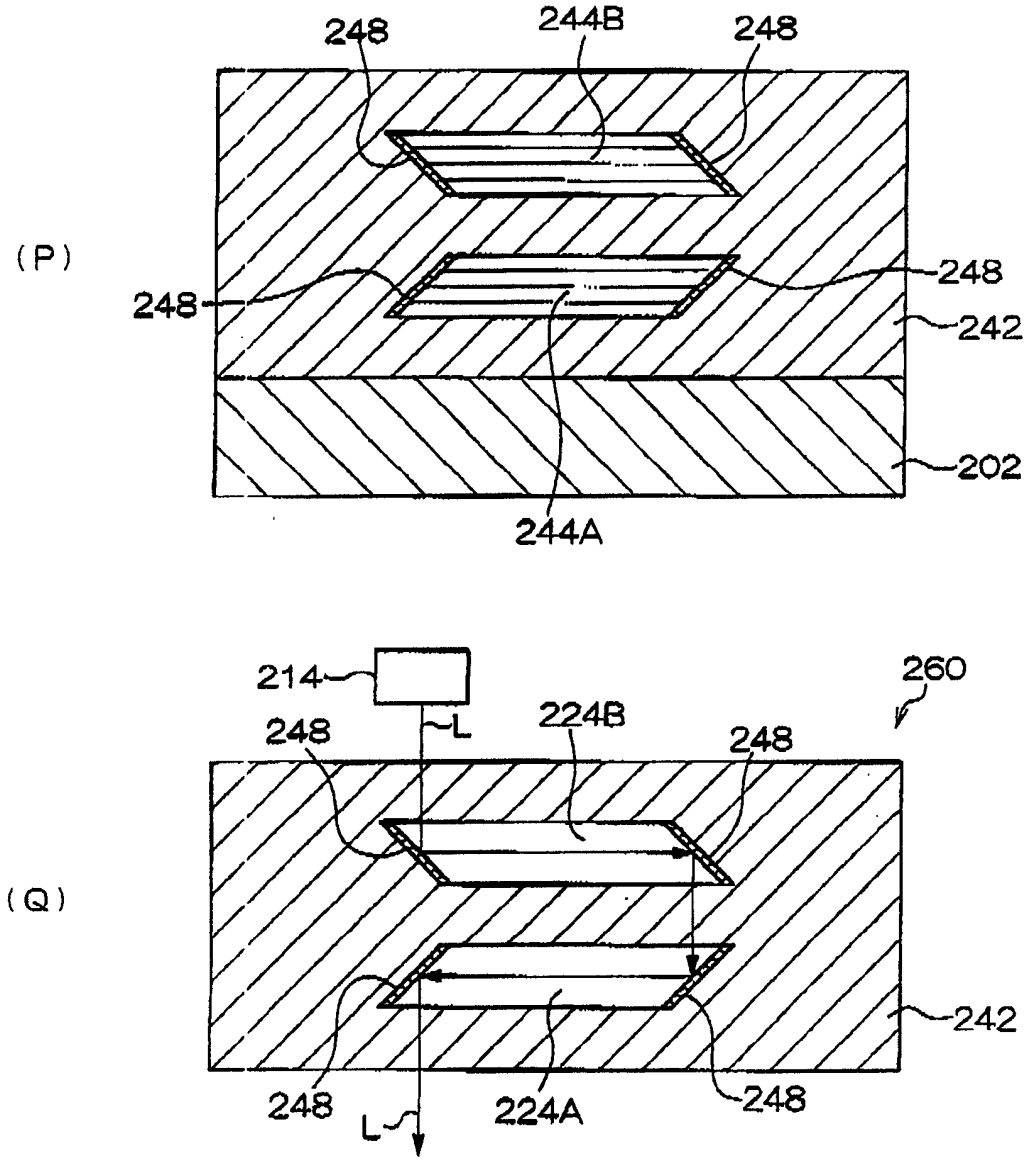

(P)
248
244B
248
248
248
242
202
244A
(Q)
214
L
260
248
224B
248
242
248
L
224A
248

图 44