

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 9/00 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03156002.4

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 100414438C

[22] 申请日 2003.8.28 [21] 申请号 03156002.4

[30] 优先权

[32] 2002.8.30 [33] JP [31] 255210/2002

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 福原和也 井上壮一

[56] 参考文献

US - 6597435B 2003.7.22

CN - 1136708A 1996.11.27

CN - 1281165A 2001.1.24

CN - 1349252A 2002.5.15

US - 6153886A 2000.11.28

US - 5448350A 1995.9.5

CN - 1204071A 1999.1.6

US - 5581089A 1996.12.3

审查员 国 红

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 段承恩 陈海红

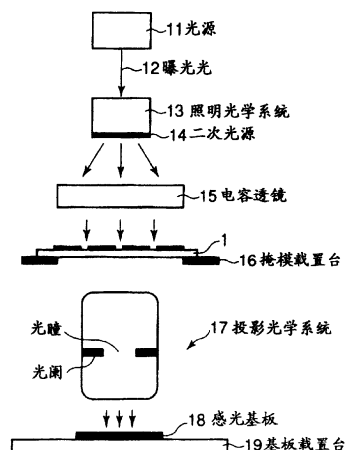
权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 15 页

[54] 发明名称

曝光装置

[57] 摘要

本发明的目的在于不增加成本进行曝光装置的照明轴偏移的检查。借助于光掩模 1，使感光基板 18 的表面和二次光源 14 的面变成为光学共轭状态，在该状态下，对不包括投影光学系统 17 的光瞳的边缘的区域，和与该区域不重叠的、包括投影光学系统 17 的光瞳的边缘的区域进行照明以使感光基板 18 曝光，然后，根据使感光基板 18 显影得到的图案对照明轴偏移进行检查。



1. 一种曝光装置，其特征在于具备：

设置光掩模的第1设置装置；

用来对在设置在第1设置装置上的上述光掩模上形成的图案进行照明的照明光学系统；

设置基板的第2设置装置；

用来向已设置在第2设置装置上的上述基板上，投影上述光掩模的像的投影光学系统；

对配置在上述照明光学系统的二次光源的面与上述投影光学系统之间的光路中，或配置在上述投影光学系统与上述基板之间的光路中，用于使上述基板和上述照明光学系统的二次光源的面光学性地共轭的透镜部件进行保持的装置。

2. 根据权利要求1所述的曝光装置，其特征在于：上述透镜部件，被设置在在上述光掩模的表面的上方对该表面垂直的方向上，或在上述基板的表面的上方对该表面垂直的方向上，离开实质上与上述透镜部件的焦点距离相同的距离的位置上。

3. 根据权利要求1所述的曝光装置，其特征在于：上述透镜部件包括含有主面的基板、和设置在上述基板的上述主面上的多个透镜，而且，上述透镜部件被设置为使得上述基板的上述主面和上述感光基板的表面成为平行。

4. 根据权利要求3所述的曝光装置，其特征在于：在上述基板的上述主面中，未设置上述多个透镜的区域，遮断曝光光。

5. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的曝光装置，其特征在于：还具备使上述透镜部件待避到曝光光的光路之外的待避装置。

曝光装置

技术领域

本发明涉及在半导体器件的制造工艺中使用的曝光装置的检查方法和用来简便地进行该检查方法的曝光装置。

背景技术

作为为了使半导体器件的成品率维持在高状态的重要事情之一，可以举出使在光刻工序中使用的曝光装置保持正常的成像状态。为此，人们就要求可以用简单的方法检查、监视曝光装置的状态的技术。在曝光装置中，当二次光源的形状或辉度的分布改变时，与掩模图案向基板面上的成像有关的特性就会变化。因此，对于曝光装置的照明光学系统，也必须经常检查，使之保持同一状态。

作为会对曝光装置的成像特性造成影响的照明光学系统的误差要因，除去二次光源的形状或辉度的分布之外，还有要向光掩模入射的照明光作为一个整体斜向倾斜的现象(照明轴偏移)。

若用图 19 说明照明轴偏移的影响，则在未产生照明轴偏移的状态(图 19(a))下，由于在晶片上已涂布了抗蚀剂的基板(感光基板)100 处于像面 101 的状态(最佳聚焦)下，用光 102A 进行曝光得到的抗蚀剂图案 103A，与在从最佳聚焦多少散焦的状态下，用光 102B、102C 进行曝光得到的抗蚀剂图案 103B、103C 之间没有位置偏移，故就变成成为不怕焦点变动的装置。另一方面，在产生照明轴偏移的状态(图 19(B))下，归因于感光基板 100 的散焦而使抗蚀剂图案 103A~103C 的形成位置横向地偏移，存在着作为曝光区域整体难于形成所希望的图案的可能。这将成为使不合格品个数增加的原因。

这样的缺点，可以采用对照明轴偏移进行检查，在确认照明轴偏移的存在后，就使曝光装置停止以进行维修的办法，防患于未然。以下，将二

次光源的形状、辉度分布、照明轴偏移的检查综括起来记为“照明光学系统的检查”。

作为半导体器件的制造装置的检查方法，理想的是不使装置停止并在短时间内简便地进行测量的方法。作为满足这样的条件的照明光学系统的检查方法，在 USP 5973771，或 Proceedings of SPIE vol. 3334, pp 281-288 中公开了这样的方法：通过使用遮住周围光的开口图案（针孔图案），在不与感光基板的表面共轭的位置上设置该开口图案并进行曝光，在感光基板上形成二次光源的像，测量二次光源的形状或辉度分布。在这些方法的情况下，通过使开口图案作为针孔照相机的透镜发挥作用，将二次光源的像复制到感光基板上，通过观察复制像可以进行检查。另一方面，在 USP 6048651 中公开了在使用波带片而不是使用单纯的开口图案取得二次光源的复制像进行检查的方法。

但是，即便是用在上述公报等中公开的不论哪一种方法，也根本不可能知道照明轴偏移。这是因为由于要在感光基板上形成的图案是表示二次光源的辉度分布的像，不包括任何与投影光学系统有关的信息，所以不可能判断对于投影光学系统来说照明光的垂直性得以保持与否。

作为在测量二次光源的形状或辉度分布的同时，还测量照明轴偏移的方法，在特开 2000-21732 中公开了使用在已对周围进行了遮光的开口图案的内部设置有衍射光栅的图案（光栅针孔图案，例如参看图 20）的方法。在该方法的情况下，利用由衍射光栅产生的衍射光，与二次光源的辉度分布同时地复制规定投影光学系统的数值孔径的光阑的位置。

图 21 是在感光基板上借助于该曝光形成的图案的一个例子。0 次衍射光的像 110 含有二次光源的辉度分布的信息。1 次衍射光的像（轮廓像）111 含有光阑的轮廓位置的信息。0 次衍射光的像 110 的中央和光阑的轮廓像 111 的中央之间的位置偏移，表示照明轴偏移的量。

但是，若采用该方法，则必须将要在检查中使用的光掩模上的衍射光栅的周期形成得非常地小。以下，具体地对这一点进行说明。

在照明光学系统的检查中使用的光掩模上的衍射光栅的周期，必须满足与衍射光有关的 2 个限制条件，即必须满足(1) 0 次衍射光的像和 1 次衍

射光的像不重叠，(2)1次衍射光在光阑位置（光瞳边缘）通过。

例如，在曝光波长为193nm，投影缩小倍数为1/4的曝光装置中，在要检查将投影光学系统的射出侧数值孔径(NA)为0.68，相干因子(σ)为0.75的状态的情况下，为满足上述2个条件所必要的满意的衍射光栅的周期将变成大约0.64微米。如果将它换算成感光基板上的尺度，则将变成半步距为0.08微米，比在现在正在进行量产的半导体器件中使用的重复图案的最小线条宽度0.13~0.11微米还小。

具有这样的微细的图案的光掩模的制作，需要高级的技术，因而价格会上涨。因此，若用现有的技术，要检查曝光装置的照明轴偏移而不增加价格是困难的。

发明内容

如上所述，作为在测量二次光源的形状或辉度分布的同时，也测量照明轴偏移的曝光装置的检查方法，虽然人们知道使用在已对周围进行了遮光的开口图案的内部设置了衍射光栅的图案的方法，但是该方法却存在着在检查中要使用的光掩模的造价高的问题。

本发明就是有鉴于上述情况而发明的，目的在于提供不增加成本而可以进行照明轴偏移的检查和曝光装置的检查方法和曝光装置。

在本申请中公开的发明中，简单说来代表性的发明如下。即，为了实现上述目的，本发明的曝光装置的检查方法是一种用照明光学系统对设置在第1设置装置上的光掩模进行照明，通过投影光学系统，将上述光掩模的图案投影到设置在第2设置装置上的基板上的曝光装置的检查方法，其特征在于具有如下工序：作为上述基板将检查用感光基板设置到上述第2设置装置上，在该感光基板的表面和上述照明光学系统的二次光源的面在光学共轭状态下，对上述感光基板进行二次曝光的工序，在上述二次曝光的一次中，对不包括上述投影光学系统的光瞳边缘的第1区域进行照明，在另一次中，则对包括上述投影光学系统的光瞳的边缘的第2区域进行照明，而且作为上述第1区域和上述第2区域选择彼此不重叠的区域；和根据对上述感光基板进行显影得到的图案，检查上述曝光装置的照明轴偏移

的工序。

在本发明中，进行所谓使照明光学系统的二次光源的面和感光基板的表面成为光学共轭状态，对不包括投影光学系统的光瞳边缘的第1区域进行照明以使感光基板曝光，对包括投影光学系统的光瞳边缘的第2区域进行照明以使感光基板曝光的二次曝光，根据进行了该二次曝光的感光基板进行显影得到的图案，检查曝光装置的照明轴偏移。

在这里，在上述二个图案中与前者的曝光对应的图案(第1图案)，含有照明光学系统的信息，但却不含有投影光学系统的信息。另一方面，与后者的曝光对应的图案(第2图案)则含有照明光学系统和投影光学系统的信息。具体地说，第2图案的轮廓，含有投影光学系统的光瞳的边缘的信息，上述第2图案中那些比上述轮廓更靠内侧的图案，则含有照明光学系统的信息。

因此，照明轴的偏移(照明光学系统和投影光学系统的光学性的偏移)的检查，可采用对第1图案和第2图案进行比较的办法进行。此外，这样的检查，由于不使用昂贵的光栅针孔可以实施，故不会增加造价。对于这些点，在发明的实施细节中还要进一步说明。

此外，本发明涉及的曝光装置，其特征在于具备：设置有光掩模的第1设置装置；用来对在设置在该第1设置装置上的上述光掩模上形成的图案进行照明的照明光学系统；设置有基板的第2设置装置；用来向已设置在该第2设置装置上的上述基板上投影上述光掩模的像的投影光学系统；配置在上述照明光学系统的二次光源的面与上述投影光学系统之间的光路中，或配置在上述投影光学系统与上述基板之间的光路中的透镜部件。

倘采用这样的构成，由于预先具备有本身为用来使照明光学系统的二次光源的面与感光基板的表面成为光学共轭状态的部件的透镜部件，故可以简便地进行本发明的检查方法。

本发明的上述以及其它的目的和特征，将会由本说明书的讲述和所附附图了解明白。

如上所述，倘采用本发明，就可以实现不增加成本的可以进行照明轴偏移的曝光装置的检查方法和曝光装置。

附图说明

图 1 是显示在本发明的实施方案 1 涉及的曝光装置的检查方法中使用的光掩模的平面图。

图 2 是模式性地显示将该光掩模设置到作为检查对象的众所周知的曝光装置内的状态的图。

图 3 是显示使半导体器件曝光时的光掩模的图案面的朝向的图。

图 4 是显示在实施方案 1 中使用的二次光源的照明形状的平面图。

图 5 是显示在第 1 次和第 2 次曝光时从二次光源发出的光束的投影光学系统的光瞳面的位置和光阑位置的图。

图 6 是显示在使用图 4 的二次光源的照明形状的情况下在感光基板上形成的抗蚀剂图案的平面图。

图 7 是显示在使用变形例的二次光源的照明形状的情况下在感光基板上形成的抗蚀剂图案的平面图。

图 8 是显示本发明涉及的实施方案 2 的二次光源的照明形状的平面图。

图 9 是显示在使用图 8 的二次光源的照明形状的情况下在感光基板上形成的抗蚀剂图案的平面图。

图 10 是为说明本发明的实施方案 3 涉及的曝光装置的检查方法的图。

图 11 是为了说明本发明的实施方案 4 涉及的曝光装置的检查方法的图。

图 12 是显示在该曝光装置的检查方法中使用的感光基板的剖面图。

图 13 是显示在该感光基板上形成的抗蚀剂图案的平面图。

图 14 是显示本发明的实施方案 5 的透镜阵列的侧视图和顶视图。

图 15 是显示为了进行照明光学系统的检查而将该透镜阵列插入到光路中的曝光装置的图。

图 16 是显示图 14 的透镜阵列的变形例的侧视图和平面图。

图 17 是用来说明本发明的实施方案 6 涉及的曝光装置的检查方法的图。

图 18 是用来说明本发明的实施方案 7 涉及的曝光装置的检查方法的

图。

图 19 是用来说明曝光装置的照明轴偏移的影响的图。

图 20 是显示在现有的照明轴偏移的测量方法中使用的光栅针孔的平面图。

图 21 是显示用现有的照明轴偏移的测量方法形成的感光基板上的图案的平面图。

符号说明

- 1 光掩模 (图案部件)
- 2 圆形开口部
- 3 遮光膜
- 11 光源
- 12 曝光光
- 13 照明光学系统
- 14 二次光源
- 15 电容透镜
- 16 掩模载置台 (第 1 设置装置)
- 17 投影光学系统
- 18, 18' 感光基板
- 19 基板载置台 (第 2 设置装置)
- 21, 22 照明形状
- 31, 33 光束位置
- 32, 34 光阑位置
- 41 内侧图案
- 42 外侧图案
- 43 投影光学系统的光阑的边缘的像
- 51, 52 照明形状
- 61, 62 图案
- 63 假想的圆
- 70 透明基板

- 71 光致抗蚀剂
- 72 铬膜（反射膜）
- 81, 82 图案
- 83 投影光学系统的光阑的边缘的像
- 90, 90' 透镜阵列（图案部件）
- 91 透镜保持器
- 92 透镜
- 93 臂（待避装置）

具体实施方式

以下，边参看附图边说明本发明的实施方案。

（实施方案 1）

图 1 是显示在本发明的实施方案 1 涉及的曝光装置的检查方法中使用的检查用光掩模（以下，简称为光掩模）的平面图。

光掩模 1，由厚度 6.35mm (0.25 英寸) 的作为透明基板的石英基板（未画出来），和在该石英基板上依次淀积上的铬膜、氧化铬膜的叠层膜构成，包括具有直径 55 微米的圆形开口部 2（开口图案）的遮光膜。上述石英基板的厚度并不限定于 6.35mm，只要是在大于等于 1mm 小于 10mm 的范围内即可。

从圆形开口部 2 的边缘算起在小于等于 200 微米的区域上没有别的圆形开口部分。即，被设计成使得透过圆形开口部 2 后的光，与透过了与圆形开口部 2 不同的圆形开口部后的光不会向同一地方照射。此外，在圆形开口部 2 的内部没有衍射光栅等的遮光区域。

光掩模 1，由于不具有微细的图案，故制造是容易的。因此，光掩模 1 与现有的具有微细的衍射光栅图案的光掩模相比，造价不会增加。

其次，对使用光掩模 1 的曝光装置的检查方法进行说明。

图 2 是模式性地显示将本实施方案的光掩模 1 设置到作为检查对象的众所周知的曝光装置内的状态的图。光掩模 1 作为针孔照相机发挥作用，借助于该光掩模 1 的作用，照明光学系统 13 的二次光源 14 的面和感光基板 18 的表面，变成光学性地共轭状态。

在图 2 中, 11 表示 KrF 准分子激光光源或水银灯等的光源, 从该光源 11 发出的曝光光 12, 经由照明光学系统 13 后被整形, 形成二次光源 14。

在二次光源 14 的面上, 设置图中未示的多个孔眼掩模, 使得可以选择这些孔眼掩模中的任意一者。因此, 二次光源 14 的照明形状, 就变成为与所选的孔眼掩模的开口部(孔眼)对应的形状。

从二次光源 14 发出的通过了上述孔眼掩模后的光, 经由电容透镜 15, 以大体上均一的照度, 对设置在掩模载置台 16(第 1 设置装置)上的光掩模 1 进行照明。

通过光掩模 1 后的光借助于投影光学系统进行聚光, 向检查用的感光基板 18 上投影光掩模 1 的图案的像。感光基板 18 被设置在基板载置台 19(第 2 设置装置)上。在这里, 将投影光学系统 17 的缩小倍数 M 为 $1/4$ 。缩小倍数 M , 通常为 $1/4$ 或 $1/5$ 。

在投影光学系统 17 的内部有规定光瞳的大小的光阑, 从投影光学系统 17 的中心轴远离开来的光束在这里被遮光。因此, 在照射在光阑的边缘附近通过的这样的光的情况下, 就可以将表示光阑的边缘的图案复制到感光基板 18 上。从二次光源 14 发出的光束究竟要在投影光学系统 17 的光瞳的哪一个区域通过, 由表示上述光阑的边缘的图案的复制位置判明。

感光基板 18, 包括直径 200mm 的硅晶片, 和已涂敷到该硅晶片上的正型光致抗蚀剂。也可以代替正型光致抗蚀剂使用负型光致抗蚀剂。本实施方案的检查用的感光基板 18, 由于用通用品(硅晶片、光致抗蚀剂)构成, 故造价不会增加。

在本实施方案中, 在检查曝光装置时, 将光掩模 1 设置到曝光装置内, 使照明光学系统 13 的二次光源 14 的面和感光基板 18 的表面为光学共轭状态。

另外, 在曝光半导体器件图案时, 二次光源 14 的面和投影光学系统 17 的光瞳面处于光学性地共轭关系, 光掩模 1 的图案面和感光基板 18 的表面处于共轭的关系。此时, 二次光源 14 的面的光强度分布和光掩模 1 的图案面上的像强度, 可以用傅立叶变换对的关系表示。至于投影光学系统 17 的瞳面上的光强度分布和感光基板 18 的表面上的像强度, 也可以用傅立叶

变换对的关系表示。

在本实施方案中,如图2所示,将光掩模1的图案面的朝向,设置为与曝光半导体器件图案时的朝向(图3)相反,即反过来地设置。借助于此,就可以不使光掩模1的图案面和感光基板18的表面变成光学性地共轭状态。

在这里,当将光掩模1的图案面和感光基板18的表面成为光学性地共轭状态时,光掩模1的信息(图案的形状·尺寸),就被反映到显影感光基板18得到的抗蚀剂图案上。照明轴偏移的检查所必要的信息,是照明光学系统的信息和投影光学系统的信息,光掩模1的信息是不需要的。

在光掩模1的信息被反映于抗蚀剂图案上的情况下,就需要区别光掩模1的信息与照明光学系统和投影光学系统的信息,因而存在着使检查变得复杂起来之虞。因此,为了简便地进行检查,优选不使光掩模1的信息反映在抗蚀剂图案上。

另外,就如后述的实施方案5的情况那样,在使用无图案的光掩模1即使用透明基板的情况下,即便是使光掩模1和感光基板18成为光学性地共轭状态也没有问题。

如上所述地将光掩模1设置在掩模载置台16上,将感光基板18设置在基板载置台19上,然后在光掩模1和感光基板9静止的状态下进行曝光。该曝光是二次曝光,在二次光源14的照明形状不同的2个状态下分别各进行1次。

图4是显示在本实施方案中使用的二次光源14的照明形状的平面图。图14(a)显示在第1次曝光中使用的照明形状21,图4(b)显示在第2次曝光中使用的照明形状22。以下,对使用这些照明形状的二次曝光详细地进行说明。

现在,假定在 $NA=0.55$, $\sigma=0.85$ 的状态下进行某一半导体器件的某一层的图案的曝光,在检查在该状态下的曝光装置的情况下,要在 $NA=0.55$, $\sigma=0.85$ 的状态(状态1)下进行第1次的曝光。进而,在该第1次的曝光中,使用照明形状21(二次光源14的中心的位置得以出现的那样的二次光源形状)。

另外, σ 是照明光学系统的射出侧数值孔径 NA_{i11} 和投影光学系统 17 的入射侧数值孔径 NA_{in} 的比 (NA_{i11}/NA_{in})。由于 $NA_{in}=NA \times M$ (M 为投影透镜的缩小倍数), 故也可以表示为 $\sigma=NA_{i11}/(NA \cdot M)$ 。由于上述 $NA(0.55)$ 是投影光学系统 17 的射出侧数值孔径, $\sigma=0.85$, $M=1/4$, 故 $NA_{in}=0.1375$, $NA_{i11}=0.116875$ 。因此 $NA_{in}>NA_{i11}$ 。

第 2 次的曝光, 在不使 NA 变化, 使照明形状 21 变更为照明形状 22 的状态 (成为状态 2) 下进行。用第 2 次的曝光的照明形状 22 进行的照明, 是轮带照明, 是轮带的外周的大小比 $\sigma=1$ 大, 而且, 轮带的内周的大小比 $\sigma=1$ 小的轮带照明。进而, 第 2 次的曝光的照明形状 22, 要选择为使得其不与第 1 次的曝光的照明形状 21 重叠。

在这里, 用数值孔径的维数表示形成轮带的内周的光, 与该光进行入射的光掩模 1 的面的法线所构成的角度 θ_{i2} (与二次光源的内周对应的光的入射角) 的数值 $NA_{i2}(=\sin \theta_{i2})$, 变成为比 NA_{in} 还小。因此, 在本实施方案的情况下, 满足不等式 $NA_{i1}>NA_{in}>NA_{i2}$ 。

考虑第 1 次的曝光 $NA_{i11}=0.116875$, 第 2 次曝光的轮带照明的外周是比 $NA_{in}=0.1375$ 还大的位置, 内周则为比 $NA_{in}=0.1375$ 还小而且比 $NA_{i11}=0.116875$ 还大的位置。具体地说, 例如, 使第 2 次的曝光的轮带照明的外周变成为 $NA_{i11}=0.15$, 使内周变成为 $NA_{i11}=0.125$ 。在该情况下, 要投影到感光基板 18 上的二次光源 14 的像, 就变成为其外侧被投影光学系统 17 的光阑遮挡起来的像。换句话说, 投影光学系统 17 的光瞳的轮廓, 被投影到感光基板 18 上。

图 5(a) 示出了第 1 次曝光时从二次光源 14 发出的光束在投影光学系统 17 的光瞳面上的位置 (光束位置) 31 和光阑位置 32, 图 5(b) 示出了第 2 次的曝光时从二次光源 14 发出的光束在投影光学系统 17 的光瞳面上的位置 (光束位置) 33 和光阑位置 34。

在光瞳面上, 在第 1 次曝光时光束要通过的第 1 区域和在第 2 次曝光时光束要通过的第 2 区域不重叠, 第 2 次曝光时的光束复制光阑的轮廓。另外, 在状态 1 下进行的曝光和在状态 2 下进行的曝光的顺序也可以交换。此外, 状态 1 的曝光的曝光量和状态 2 的曝光的曝光量为大体上同一值。

第1次、第2次的曝光结束后,就从曝光装置中将感光基板18搬运出来进行显影。图6示出了在感光基板18上形成的抗蚀剂图案。抗蚀剂图案,为包括在中央反映状态1的照明形状和辉度分布的图案(以下,叫做内侧图案)41,和处于该内侧图案41的周围,反映状态2的照明形状和辉度分布的轮带状的图案(以下,叫做外侧图案)42。在图中,43是表示外侧图案42的外周的圆,即是表示投影光学系统17的光瞳的圆(投影光学系统17的光阑的边缘的像)。

照明光学系统的检查,可通过测定上述抗蚀剂图案进行。首先,二次光源14的形状和辉度分布的检查,可通过测量内侧图案41进行。如果已用合适的曝光量进行了曝光,由于将变成高辉度的区域的抗蚀剂溶解,低辉度的区域的抗蚀剂不溶解的状态,故可以以曝光量和抗蚀剂的溶解分布的关系为基础,判明照明形状和辉度分布。

另一方面,照明轴偏移的检查,则可采用测量表示内侧图案41的外周的圆的中心,和表示外侧图案42的外周的圆的中心之间的偏移的办法进行。在没有照明轴偏移的理想的状态下,2个圆的中心一致。

另一方面,在2个圆的中心的偏移不是0的情况下,意味着从二次光源14发出的光束在投影光学系统17的光瞳的中央偏移开来的位置上通过。这意味着向投影光学系统17入射的照明光,是作为全体已变成倾斜的状态(照明轴偏移的状态),而且2个圆的中心偏移越大则照明轴偏移越大。

在这里,如果设向光掩模1入射的光的轴(正确地说,是向光掩模1入射的具有有限的扩展的圆锥状的光的中心轴),和该光要入射的光掩模1的面的法线所构成的角(向光掩模1入射的具有有限的扩展的圆锥状的光的中心轴的倾斜度)为 θ 弧度,则照明轴偏移可以用下式(1)进行评价。

$$\sin \theta = L \times NA/R \quad (1)$$

L: 表示内侧图案41的外周的圆和表示外侧图案42的外周的圆的中心间的距离

R: 表示投影光学系统17的光瞳的圆的半径

由于L和R是可测定的,故若使用式(1),则可以求得照明轴偏移的大小($\sin \theta$)。照明轴偏移的方向,例如,可以用在表示内侧图案41的外

周的圆的中心为原点的 X-Y 坐标系中、表示外侧图案 42 的外周的圆的中心的 X 坐标和 Y 坐标的值进行评价。

在本实施方案中,虽然在状态 1、状态 2 这 2 个状态下进行曝光,但是,作为检查对象的状态是状态 1,而并非状态 2 的照明光学系统 13 的检查。

进行状态 2 的曝光的目的在于,通过保持与状态 1 同样地进行投影光学系统 17 的曝光,将在状态 1 下的光阑的位置(投影光学系统 17 的信息)投影到抗蚀剂图案上。因此,在状态 2 中,即便是假定多少产生了照明轴偏移,只要在光束被投影到光阑上的状态,对于测量来说就没有问题。图 7 示出了在这样的情况下得到抗蚀剂图案的一个例子。

如上所述,倘采用本发明,作为在检查中使用的光掩模,通过代替在现有方法中一直使用的那种具有微细构造的难于制造的光掩模,使用容易制造的光掩模 1,就可以不增加成本地进行曝光装置的照明轴偏移的检查。

另外,在本实施方案中,虽然将圆形开口部 2(针孔)的直径作成为 55 微米,但是圆形开口部 2 的直径并不限于于此。以下就这一点进一步进行说明。

为了正确地将二次光源 14 的像复制到感光基板 18 上,必须合适正确地形成圆形开口部 2 的尺寸。这是因为如该尺寸过大,则感光基板 18 上的像的模糊增大,反之,如果过小,则像将归因于衍射而变得模糊起来。

合适正确的圆形开口部 2 的尺寸,与从圆形开口部 2 到光掩模 1 的下表面的距离(光掩模 1 的透明基板的厚度)和曝光波长有关。本发明者们通过实验确认:在光掩模 1 的厚度为 6.3mm,折射率约为 1.5,曝光波长为 248nm(KrF 准分子激光的波长)的情况下,采用将圆形开口部 2 的直径设定为 50-60 微米的范围内的办法,就可以在感光基板 18 上得到表示分辨率良好的二次光源 14 的像的抗蚀剂图案。

另外,即使上述的 50~60 微米的直径条件多少偏离的情况下,只要使用直径在 40 微米~80 微米大小的圆形开口部 2,已确认虽然有时有精度多少有些降低的情况,但可得到实用上必要的精度,可进行检查。

此外,在像本实施方案那样,在光掩模 1 的表面(上表面)上设置圆形

开口部 2 以检查曝光装置的情况下, 若设从圆形开口部 2 到光掩模 1 的下表面的距离(透明基板的厚度)为 D , 曝光波长为 λ , 透明基板的折射率为 n , 则圆形开口部 2 的半径 r , 可用下式给出。

$$r = a (nD\lambda)^{1/2}$$

其中, a 是 0.5-0.6 左右的值。

(实施方案 2)

本实施方案与实施方案 1 的不同点在于, 使状态 2 的照明形状变成为如图 8(b) 所示, 在纵横 4 个方向都具有辉度分布的极大的照明形状 52。状态 2 的照明形状, 如图 8(a) 所示, 是与图 4(a) 的照明形状 21 同样的圆形的照明形状 51。

在该情况下, 也与实施方案 1 同样, 要作成为使得状态 1 的照明形状 51 和状态 2 的照明形状 52 之间没有重叠, 变成为使与状态 2 的照明形状的最外周对应的圆 53 的大小为比 $\sigma=1$ 还大的状态, 使与最内周对应的圆 54 的大小为比 $\sigma=1$ 还小的状态。

在该情况下, 要取得的抗蚀剂图案, 如图 9 所示, 成为包括在中央反映状态 1 的照明形状·辉度分布的图案 61, 和处于该图案 61 的周围, 反映状态 2 的照明形状和辉度分布的 4 个图案 62 的结构。

描仿图案 62 的外周的假想的圆 63, 相当于实施方案 1 的图 6 的圆 43, 示出了表示投影光学系统 17 的光瞳的圆(投影光学系统 17 的光阑的边缘的像)。

曝光装置的检查方法, 可采用将实施方案 1 的内侧图案 41、外侧图案 42、圆 43, 分别换读成图案 61、图案 62 和圆 43 的办法, 与实施方案 1 同样地进行。

另外, 在本实施方案中, 虽然作成为在纵横 4 个方向上具有辉度分布的极大的照明形状 52, 但是从原理上说只要是在 3 个方向上具有辉度分布的极大的照明形状, 就可以进行测定。

(实施方案 3)

本实施方案与实施方案 1 不同点在于: 第 1, 如图 10 所示, 将光掩模 1 的图案面的朝向, 设定为与进行半导体器件图案曝光时的朝向相同。本

实施方案的光掩模 1，圆形开口部的直径为 15 微米，变得比实施方案 1 的情况下更小。就光掩模 1 来说，其它的条件与实施方案 1 是相同的。

第 2，在完全保持原状的情况下，由于光掩模 1 的图案面和感光基板 18 的表面变成为光学共轭状态，故如图 10 所示，使感光基板 18 的表面位置，从光掩模图案的复制时的位置 P1，在感光基板 18 的表面的法线方向上，向从远离投影光学系统 17 的方向移动 30 微米，变成为光掩模 1 的图案面和感光基板 18 的表面非光学共轭状态。

像这样地设置光掩模 1 和感光基板 18，然后，在使光掩模 1 和感光基板 18 静止的状态下进行曝光。该曝光，进行在二次光源 14 的照明形状不同的 2 个状态下分别进行 1 次地二次曝光。

第 1 次的曝光的光学条件，定为 $NA=0.55$ ， $NA_{i11}=0.116875$ ，在第 2 次的曝光中，则变成为 $NA=0.55$ ，外周 $NA_{i11}=0.15$ ，内周为 $NA_{i11}=0.125$ 的轮带照明。状态 1 的曝光的曝光量和状态 2 的曝光的曝光量大体上定为同一值。

在第 1 次、第 2 次的曝光结束后，从曝光装置中搬运出感光基板 18 以进行显影。在感光基板 18 上形成的抗蚀剂图案，变成为与图 6 的抗蚀剂图案相似的图案。上述抗蚀剂图案，就变成为包括在中央形成的圆盘状图案，和位于圆盘状的图案的周围的轮带状的图案的结构。照明光学系统的检查，可用与实施方案 1 所述的方法同样的步骤进行。

另外，在本实施方案中，虽然使感光基板 18 向从投影光学系统 17 远离开去的方向移动，但是即便是使之向投影光学系统靠近的方向移动，使光掩模 1 的图案面和感光基板 18 的表面变成为非光学共轭状态，也可以得到同样的效果。

另外，在本实施方案中，虽然将光掩模 1 的圆形开口部(针孔)的直径作成为 15 微米，但是圆形开口部的直径并不限定于 15 微米。以下进一步对这一点进行说明。

为了正确地将二次光源 14 的像复制到感光基板 18 上，必须合适正确地形成圆形开口部 2 的尺寸。这是因为如该尺寸过大，则感光基板 18 上的像的模糊增大，反之，如果过小，则像将归因于衍射而变得模糊起来。

合适正确的圆形开口部 2 的尺寸,与从光掩模 1 的图案面到感光基板 18 的表面的距离和曝光波长有关。本发明者们通过实验确认:感光基板 18 从 P1 偏移的距离(散焦距离)为约 30 微米,曝光波长为 248nm 的情况下,通过将光掩模 1 的圆形开口部的直径设定为 10-15 微米的范围内,就可以在感光基板 18 上得到表示分辨率良好的二次光源 14 的像的抗蚀剂图案。

另外,即便是从上述 10-15 微米的直径条件多少偏移开来的情况下,只要光掩模 1 的圆形开口部的直径在 1 微米~20 微米的范围内,虽然有时候精度会多少下降一点但已经确认仍可以得到实用上必要的精度,检查是可能的。

(实施方案 4)

图 11 是用来说明本发明的实施方案 4 涉及的曝光装置的检查方法的图。在本实施方案中,在使光掩模 1 的图案面的朝向反过来地设定的同时,作为感光基板 18'使用图 12 所示的那种结构的感光基板。

感光基板 18',是对曝光光(曝光波长)基本透明的材质;如图 12 所示,包括由熔融石英构成的厚度 1mm 的薄的透明基板 70;在该透明基板 70 的表面上设置的具有使曝光光(曝光波长)的一部分透过去那种程度的透明度的光致抗蚀剂(感光剂)71;在透明基板 70 的背面上设置的用来使该背面镜面化以反射曝光光的铬膜(反射膜)72。光致抗蚀剂 71 用涂敷法形成,铬膜 72 则用蒸镀法形成。

光掩模 71,就如在实施方案 1(图 1)中所说明的那样,具有圆形开口部 2,但是其直径在这里为 80 微米。光掩模 1 的图案面和感光基板 18'的表面,处于光学共轭状态。

用在实施方案 3 中所述的光学条件进行第 1 次和第 2 次曝光。如图 12 所示,到达了感光基板 18'的表面上的曝光光,在感光光致抗蚀剂 71 以形成光掩模 1 的图案的像(第 1 像)的同时,通过光致抗蚀剂 71 和透明基板 70 后在铬膜 72(感光基板 18'的背面的镜面)处反射,再次到达感光基板 18'的表面,感光光致抗蚀剂 71 并形成像(第 2 像)。

在这里,由于光掩模 1 的图案面与感光基板 18'的表面处于光学共轭状态,故光掩模 1 的图案面与已形成了第 1 像的区域的感光基板 18 的表面处

于光学共轭状态。

但是，在感光基板 18' 的背面处进行反射的光路，由于比在感光基板 18' 的表面处进行反射的光路更长，故光掩模 1 的图案面与已形成了第 2 像的区域的感光基板 18 的表面不处于光学共轭状态。

即，形成第 2 像的光，实质上与实施方案 3 同样，结果变成为对从光掩模图案复制时的位置向从投影光学系统 17 远离开来的方向移动的感光基板 18 进行曝光。

在第 1 次、第 2 次的曝光结束后，从曝光装置中搬运出感光基板 18 以进行显影。图 13 示出了在感光基板 18' 上形成的抗蚀剂图案。抗蚀剂图案的构造为包括：在中央具有与光掩模 1 的图案的缩小像(第 1 像)对应的图案 81；处于该图案 81 的周围，与借助于在感光基板 18' 的背面的镜面处反射的光进行感光而形成的第 2 像对应的图案 82。

在图中，83 是表示图案 82 的外周的圆，即示出了投影光学系统的光阑的边缘的像。此外，在 2 个图案 82 中内侧的圆形图案相当于图 6 的图案 41，外侧的轮带图案则相当于图 6 的图案 42。

对图案 82 用与在实施方案 1 中所述的方法同样的步骤，进行照明光学系统的检查。这时，由于图案 81 的直径，将变成为图案 82 的 1/100 或其以下，故在图案 82 的解析中不会变成为障碍。

(实施方案 5)

本实施方案与实施方案 1 的不同点在于：代替光掩模 1，使用图 14 所示那样的透镜阵列 90，使照明光学系统 13 的二次光源 14 的面和感光基板 18 的表面处于光学共轭状态。此外，透镜阵列 90 已被组装到曝光装置内。

透镜阵列 90，包括对曝光光(曝光波长)透明的透镜保持器 91，和矩阵状地固定到该透镜保持器 91 上设置的多个透镜 92。图 14(a) 是侧视图，图 14(b) 是上平面图。

透镜保持器 91，借助于由图中未示的驱动机构进行控制的臂 93(待避装置)进行支持，使得其可插入到光路中去或从光路中退避出来。借助于此，透镜阵列 90，在已配置上的半导体器件图案的曝光时就退避到光路以外，在进行照明光学系统的检查时，就如图 15 所示被插入到曝光光的光路中

去。

这时，透镜保持器 91，被插入到光掩模 1 的表面的上方，以使得已配置有透镜 92 的面(透镜面)与感光基板 18 的表面平行另外，在这里，光掩模 1 仅仅是含有图案的透明基板，可以省略。

此外，透镜阵列 90 在光掩模的表面的上方，在对该表面垂直的方向上，被设置在离开规定距离的位置上。规定距离，是对曝光波长的光的透镜 92 的焦点距离或与该规定距离大体上一致的距离(与焦点距离实质上是同一距离)。采用将透镜阵列 90 设置到这样的位置上的办法，就可以在感光基板 18 上形成鲜明的抗蚀剂图案(像)。

在该状态下，由于二次光源 14 的面和光掩模 1 的表面(下表面)成为光学性地共轭，此外，光掩模的背面(下表面)与感光基板 18 的背面成为光学性地共轭，故二次光源 14 的面和感光基板 18 的表面将成为光学性地共轭。

另外，在不使用光掩模 1(透明基板)的情况下，光掩模 1(透明基板)为假想地存在的情况下，要将透镜阵列 90 设定为使得焦点位于假想性的光掩模 1(透明基板)的表面上。光掩模 1 虽然可以省略，但是实际上存在成为透镜阵列 90 的定位基准的光掩模 1 时，可以容易地正确地进行定位。

在已插入了透镜阵列 90 的状态下，实施在实施方案 1 中所述的曝光方法，取得抗蚀剂图案，然后，与实施方案 1 同样，通过对抗蚀剂图案进行解析，就可以进行照明光学系统的检查。

此外，倘采用本实施方案，由于使装置本身具有作为进行曝光装置的照明光学系统 13 的检查所必须的机构的透镜阵列 90 和用来对之进行驱动的未画出来的驱动机构，故与每当进行检查时都要准备检查所必要的机构的情况比较，可以简便地进行检查。

另外，在图 14、图 15 中虽然画出了具有厚度的透镜 92，但是即便是使用圆形开口或波带片也可以得到同样的效果。

此外，在本实施方案中，由于使用了透镜阵列 90，故虽然可以一揽子地进行曝光区域全体的检查，但是即便是用 1 个透镜，采用边改变该透镜的配置位置边进行多次曝光，然后进行显影的办法，也可以得到同样的检

查效果。在使用透镜阵列 90 的情况下,可以在短时间内进行检查,另一方面,在使用 1 个透镜的情况下,则可以削减装置成本。

图 16 示出了透镜阵列 90 的变形例。该变形例的透镜阵列 90', 含有设置有透镜 92 的区域对曝光光变成为透明区域, 未设置透镜 92 的区域对曝光光变成为遮光区域的透镜保持器 91。

这样的透镜阵列 90', 作为透镜保持器 91, 例如, 可以采用使用含有透明基板、在该透明基板上形成的在要设置透镜 92 的区域上具有开口部的遮光膜的透镜保持器的办法实现。

倘使用这样的透镜阵列 90', 则只有照射到已设置有透镜 92 的区域的透镜保持器 91 的表面的曝光光, 才会到达感光基板 18 上。为此, 由于可以防止不需要的曝光光变成为杂散光而到达感光基板 18 上的现象, 故可以防止由该杂散光引起的测定图案的形状劣化, 可以进行精度更高的测定。

(实施方案 6)

图 17 是用来说明本发明的实施方案 6 涉及的曝光装置的检查方法的图。

本实施方案与实施方案 5 的不同点在于: 使透镜阵列 90 的插入位置变成为照明光学系统 12 和投影光学系统 17 之间, 具体地说变成为光掩模 1 与投影光学系统 17 之间。在该情况下, 要将透镜阵列 90 插入到使距光掩模 1 的距离是透镜 92 对曝光波长的光的焦点距离的位置或与该距离大体上一致的位置上。

采用将透镜阵列 90 插入到这样的位置上的办法, 就可以进行与实施方案 5 同样的测定。此外, 与实施方案 5 同样的变形例也是可能的。

(实施方案 7)

图 18 是用来说明本发明的实施方案 7 的曝光装置的检查方法的图。

本实施方案与实施方案 6 的不同点在于: 使透镜阵列 90 的插入位置变成为投影光学系统 17 与感光基板 18 之间。在该情况下, 采用将透镜阵列 90 插入到透镜 92 对曝光波长的光的焦点到达感光基板 18 的表面或表面附近的位置上的办法, 就可以进行与实施方案 5 同样的测定。此外, 与实施方案 5 同样的变形例也是可能的。

另外，本发明并不限于上述实施方案。例如，在上述实施方案中，为了要使照明光学系统的二次光源的面和感光基板的表面变成光学共轭状态，虽然使用的是光掩模(针孔照相机)1或透镜阵列90，但是也可以使用别的图案部件。

此外，在上述实施方案中包括种种阶段的发明，借助于被公开的多个构成要素的适宜组合可以抽出种种的发明。例如，在即便是从在实施方案中所示的全部构成要素中削除若干个构成要素，也可以解决在发明要解决的课题的栏目中所述的课题的情况下，就可以将已消除了该构成要素的构成作为发明抽出。

除此之外，在不背离本发明的要旨的范围内，可以进行种种变形后予以实施。

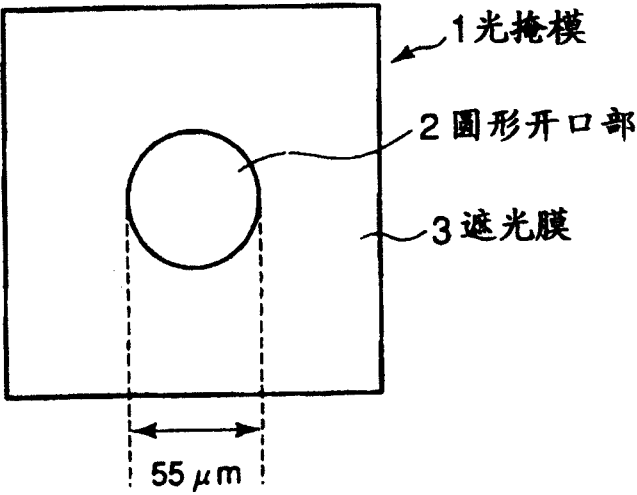


图1

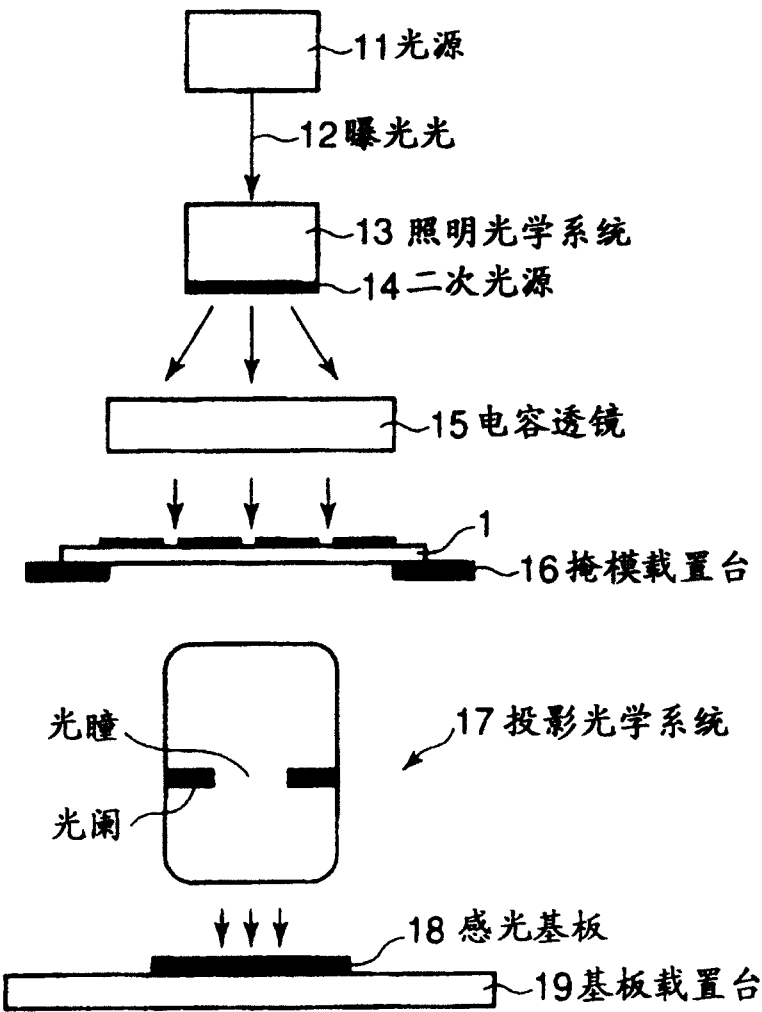


图2

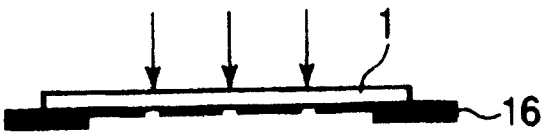


图 3

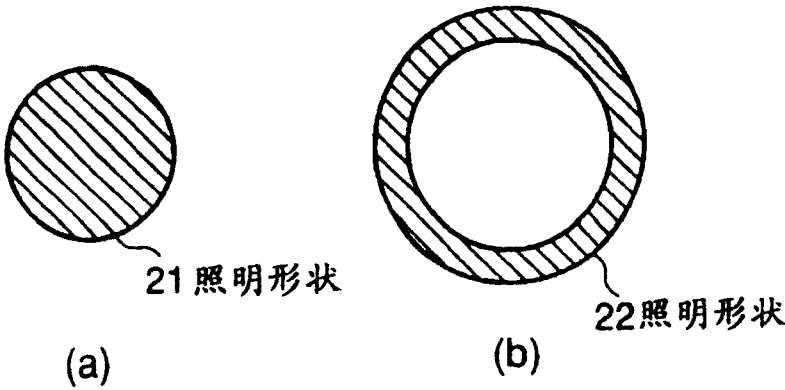


图 4

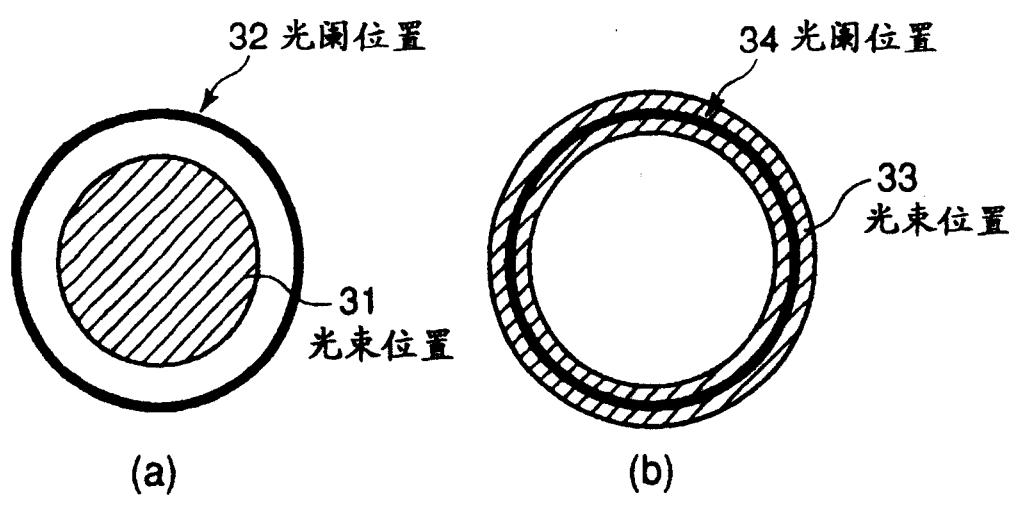


图5

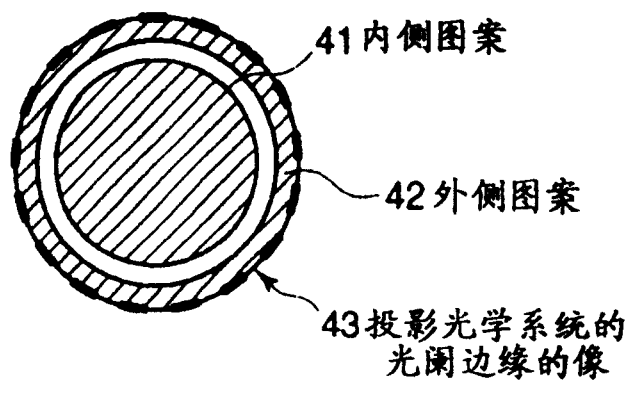


图6

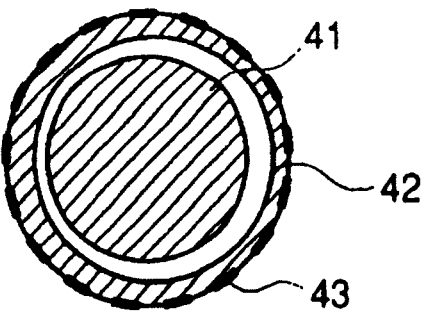


图7

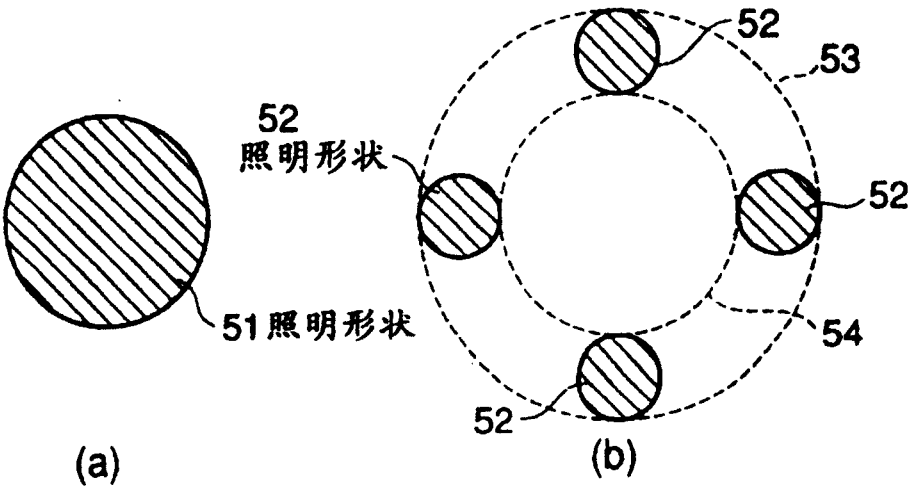


图8

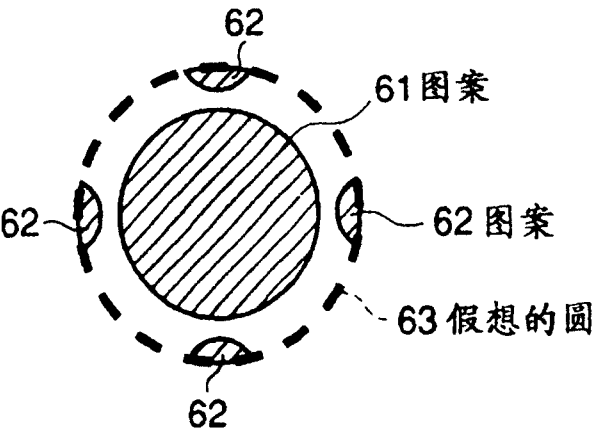


图9

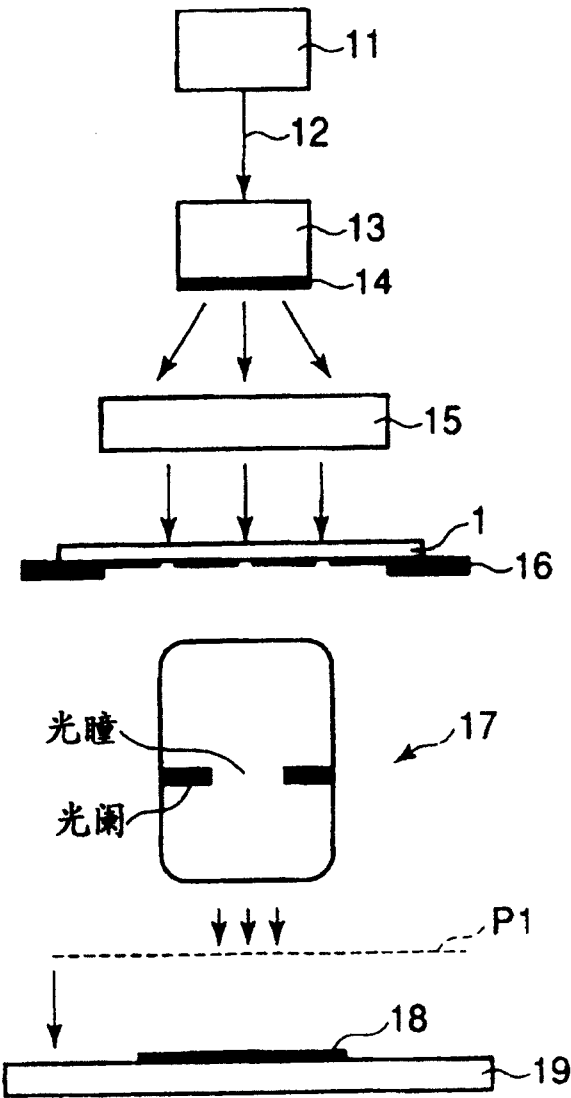


图10

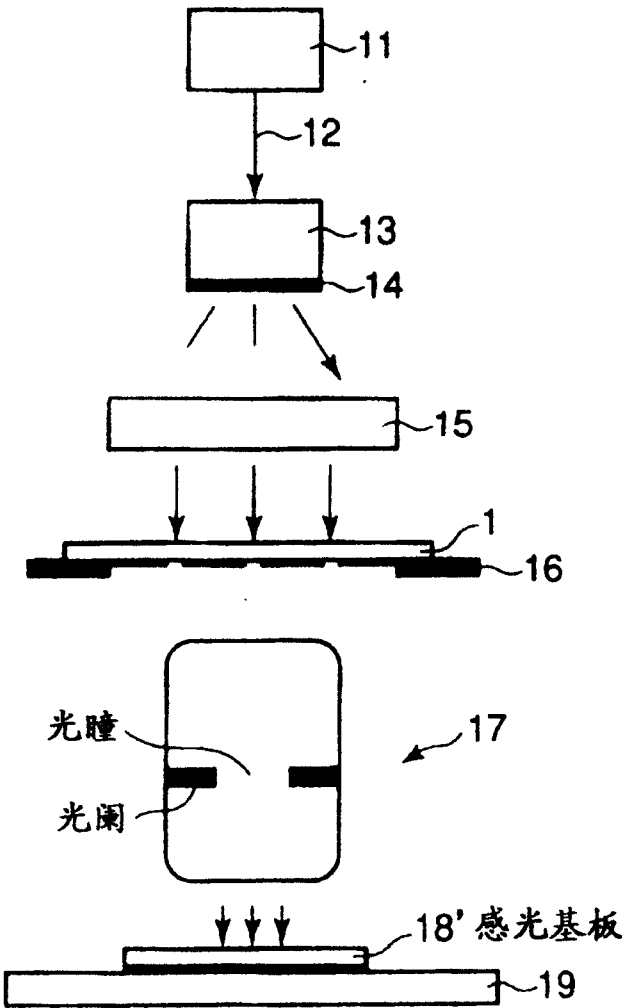


图11

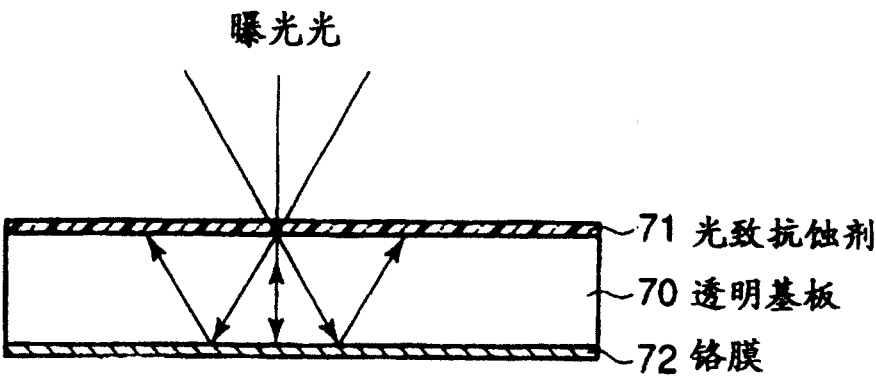


图12

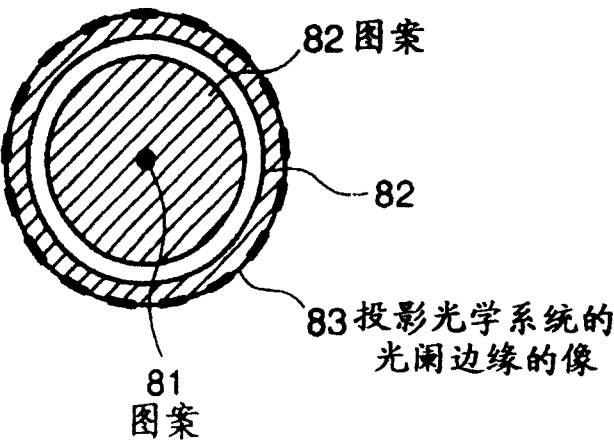


图13

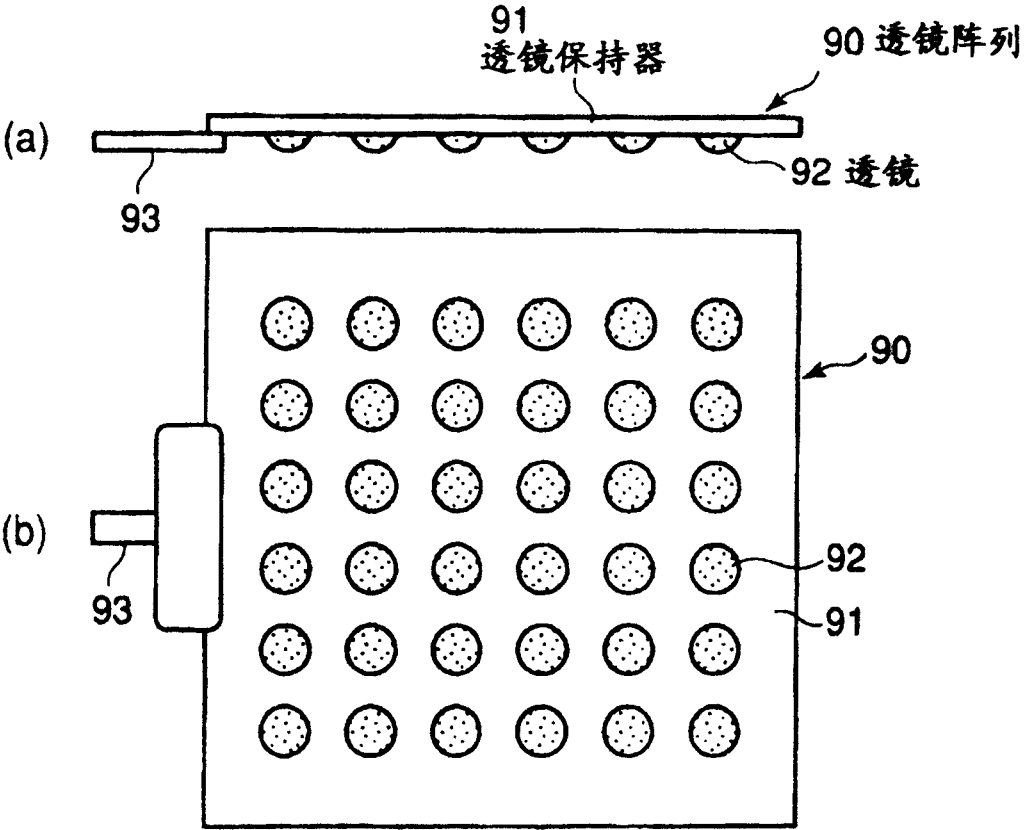


图14

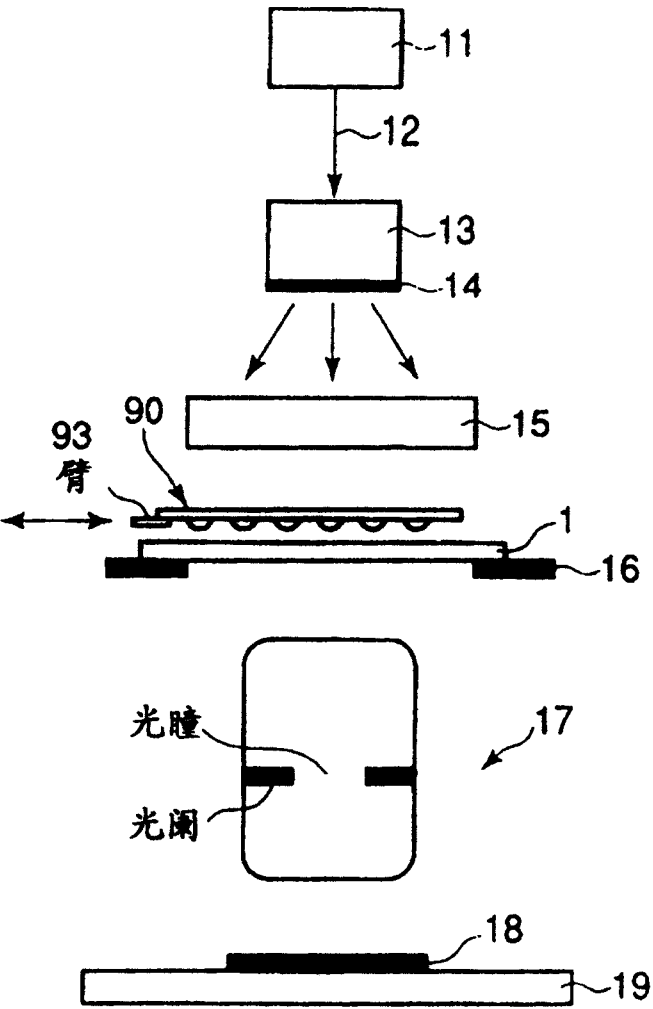


图15

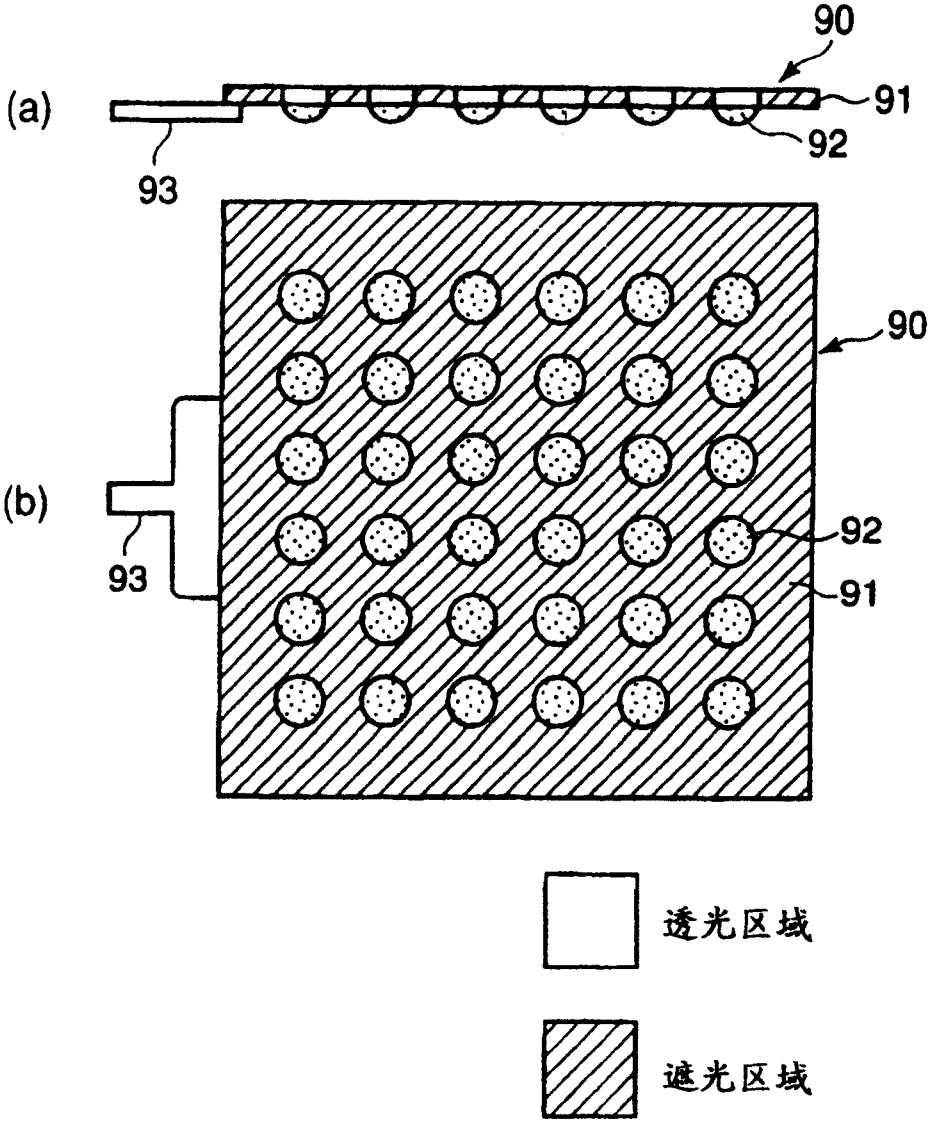


图16

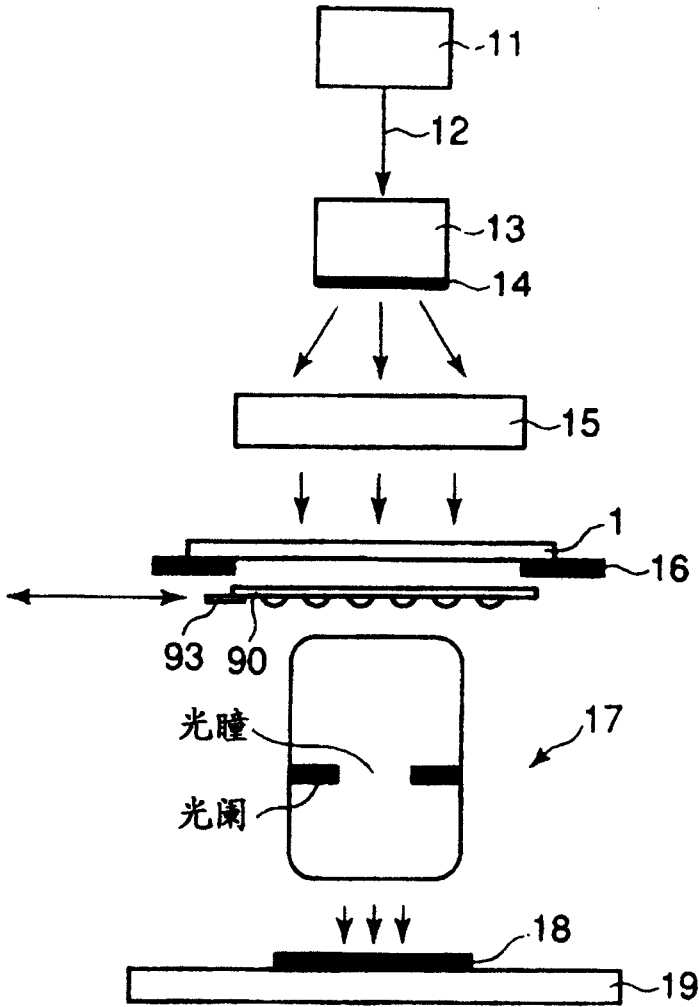


图17

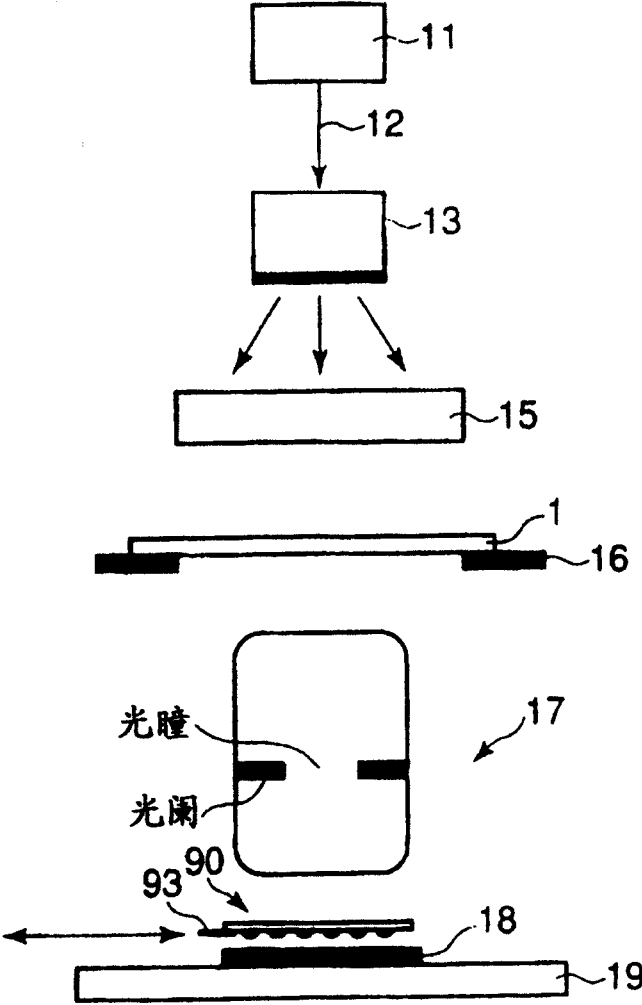


图18

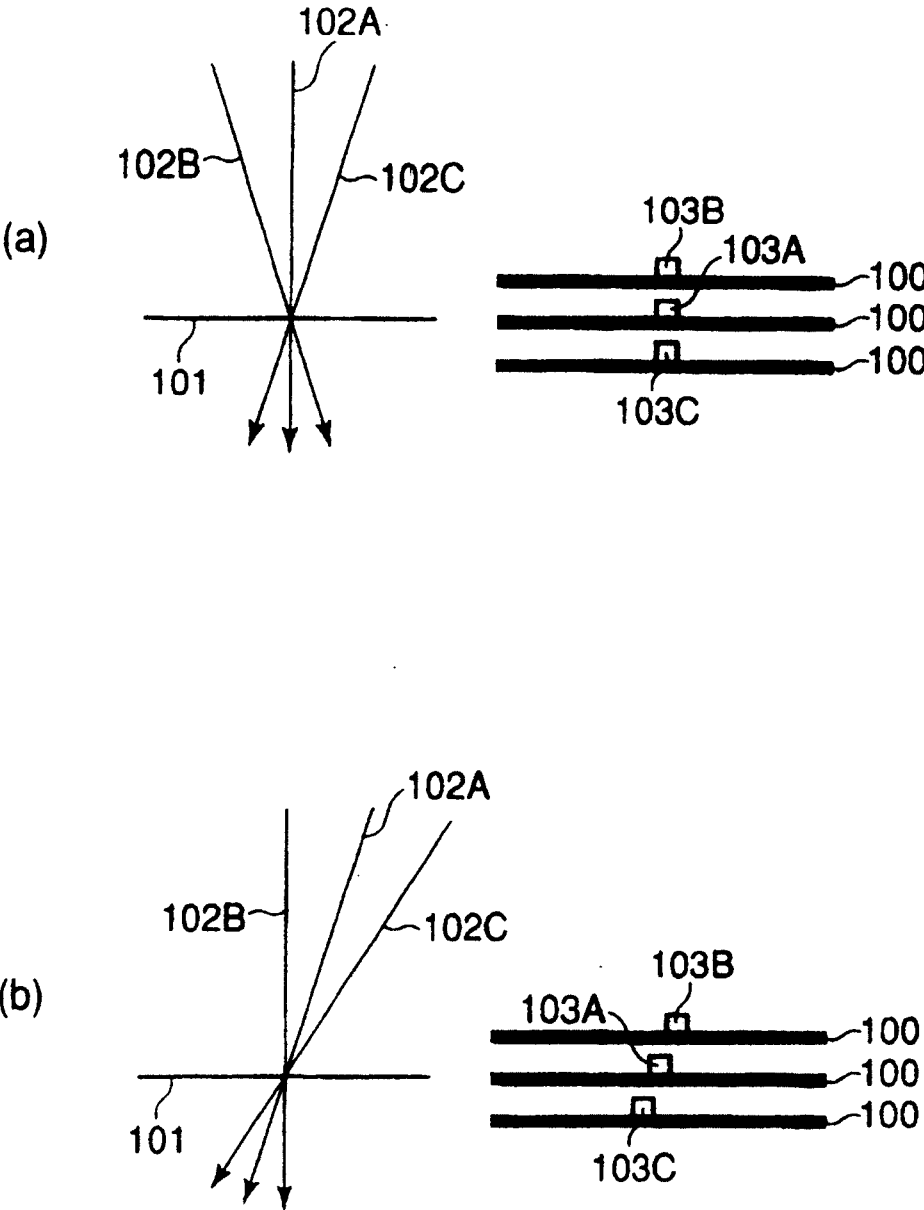


图19

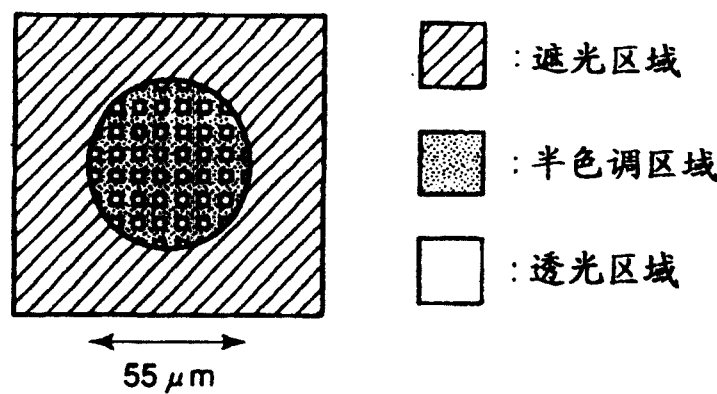


图20

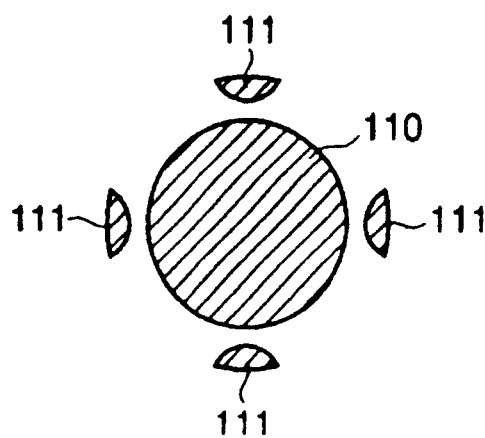


图21