



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113721427 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 22

(21) 申请号 202110549216.3

(22) 申请日 2021.05.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113721427 A

(43) 申请公布日 2021.11.30

(30) 优先权数据
2020-090174 2020.05.25 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 八讲学

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 程晨

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109891322 A, 2019.06.14
JP 2014135368 A, 2014.07.24
JP 2018054992 A, 2018.04.05
JP H06163362 A, 1994.06.10
WO 2019146448 A1, 2019.08.01
JP H11317362 A, 1999.11.16

审查员 刘莉莉

权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

曝光装置、曝光方法以及物品的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及曝光装置、曝光方法以及物品的制造方法。在宽带照明光中抑制转印性能的降低。一种使用包括第1波长范围和第2波长范围的波长范围的光曝光基板的曝光装置,具有用照明掩模的照明光学系统和将掩模的图案的像投影到基板的投影光学系统,照明光学系统以在其瞳面中以其光轴为中心使作为至少包括第1波长范围的光的光强度分布的第1光强度分布的至少一部分比作为至少包括第2波长范围的光的光强度分布的第2光强度分布更靠内侧的方式形成包括第1光强度分布和第2光强度分布的光强度分布,满足第1波长范围包括比第2波长范围的最短的照明波长更短的波长、或者第2波长范围包括比第1波长范围的最长的照明波长更长的波长中的至少一方。

照明形状	比较例 1	比较例 2	比较例 3	比较例 4	实施例 1
标准化照度	1.00	0.66	0.75	0.57	0.66
时比度	0.69	0.68	0.69	0.70	0.71
MEEF	2.74	2.72	2.65	2.72	2.59
DOF [μm]	34.5	33.8	44.9	26.2	39.2
侧壁角度 [$^\circ$]	72.9	72.5	73.4	72.5	73.6

1. 一种曝光装置,其特征在于,使用包括第1波长范围和第2波长范围的波长范围的光对基板进行曝光,所述曝光装置具有:

照明光学系统,利用所述光对掩模进行照明;以及

投影光学系统,将所述掩模的图案的像投影到所述基板,

所述照明光学系统以在所述照明光学系统的瞳面上将所述照明光学系统的光轴作为中心使第1光强度分布的至少一部分比第2光强度分布更靠内侧的方式形成包括所述第1光强度分布和所述第2光强度分布的光强度分布,所述第1光强度分布是至少包括所述第1波长范围的光的光强度分布,所述第2光强度分布是至少包括所述第2波长范围的光的光强度分布,

在所述曝光装置中,满足所述第1波长范围包括比所述第2波长范围的最短的照明波长更短的波长、或者所述第2波长范围包括比所述第1波长范围的最长的照明波长更长的波长中的至少一方。

2. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第2光强度分布是轮带形状的光强度分布。

3. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1光强度分布是圆形形状的光强度分布。

4. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,在所述瞳面上形成的光强度分布是旋转对称的。

5. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,在将所述投影光学系统的数值孔径设为NA、将所述掩模的图案的周期设为P、将照明波长设为 λ 、将规定发光区域的照明角度设为 σ 时,所述光的至少1个 λ 和 σ 的组合满足

$$\sigma = \lambda / (2NA \cdot P)。$$

6. 根据权利要求5所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围的光的至少1个 λ 和 σ 的组合以及所述第2波长范围的光的至少1个 λ 和 σ 的组合满足

$$\sigma = \lambda / (2NA \cdot P)。$$

7. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围和所述第2波长范围中的至少一方包括与汞灯的亮线对应的波长。

8. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围和所述第2波长范围中的至少一方包括波长宽度为20nm以上的宽频带光。

9. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围和所述第2波长范围中的至少一方包括汞灯的多个亮线。

10. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围与汞灯的亮线的g线、h线对应,所述第2波长范围与汞灯的亮线的i线对应。

11. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,所述第1波长范围和所述第2波长范围中的至少一方包括350nm以下的波长。

12. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,

所述照明光学系统包括控制所述多个波长范围中的特定的波长范围的光的透射率来形成所述光强度分布的波长滤波器。

13. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,
所述第1波长范围的最长的波长是比所述第2波长范围的最短的波长更短的波长。

14. 根据权利要求1所述的曝光装置,其特征在于,
所述第1波长范围和所述第2波长范围与相互不同的汞灯的亮线对应。

15. 一种曝光方法,其特征在于,使用包括第1波长范围和第2波长范围的波长范围的光对基板进行曝光,所述曝光方法具有:

第1工序,利用所述光对掩模进行照明;以及

第2工序,将所述掩模的图案的像投影到所述基板,

在所述第1工序中,以在照明光学系统的瞳面上使第1光强度分布的至少一部分比第2光强度分布更靠内侧的方式形成包括所述第1光强度分布和所述第2光强度分布的光强度分布,所述第1光强度分布是至少包括所述第1波长范围的光的光强度分布,所述第2光强度分布是至少包括所述第2波长范围的光的光强度分布,

在所述曝光方法中,满足所述第1波长范围包括比所述第2波长范围的照明波长更短的波长、或者所述第2波长范围包括比所述第1波长范围的照明波长更长的波长中的至少一方。

16. 一种物品的制造方法,其特征在于,包括:

曝光工序,使用权利要求1至14中的任意一项所述的曝光装置对基板进行曝光;

显影工序,对在所述曝光工序中曝光后的基板进行显影;以及

处理工序,针对在所述显影工序中显影后的基板,进行氧化、成膜、蒸镀、掺杂、平坦化、蚀刻、抗蚀剂剥离、切割、粘合、封装中的至少1个处理,

在所述制造方法中,根据在所述处理工序中处理后的基板制造物品。

曝光装置、曝光方法以及物品的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及曝光装置、曝光方法以及物品的制造方法。

背景技术

[0002] 曝光装置是将形成在掩模(原版)上的图案转印到平板(基板)的装置,经由照明光学系统对作为被照射面的掩模照射光,经由投影光学系统将掩模的图案的像投影到平板上。

[0003] 照明光学系统利用来自光源的光照射光学积分器,在与照明光学系统的瞳面相当的光学积分器的射出面上生成2次光源。2次光源在具有预定的形状以及预定的大小的发光区域中形成。另外,形成2次光源的发光区域与对掩模的各点进行照明的光的角度分布对应。

[0004] 在曝光装置中,作为使针对微细的图案的转印性能提高的技术,已知超分辨率技术(RET:Resolution Enhancement Techniques)。作为RET之一,已知使对掩模的各点进行照明的光的角度分布最优化的变形照明。

[0005] 在专利文献1中,针对在将图案转印到涂覆有灵敏度低的抗蚀剂的平板上时生产率降低这样的课题,记载了一种通过在照明光学系统内的瞳面上重叠形成波长不同的光强度分布来提高照度的技术。另外,记载了在形成作为变形照明的轮带照明的情况,例如在瞳外侧使用中心波长约为365nm的i线、在瞳内侧使用中心波长约为405nm的h线的例子。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献1:国际公开第2019/146448号

[0008] 在专利文献1记载的技术中,通过使用作为RET之一的变形照明在照明光学系统内的瞳面上重叠形成波长不同的光源像,能够提高照度。然而,关于成为光学系统、图案的性能的指标的焦点深度、对比度等,限于由变形照明产生的一般的效果。即,在宽频带的照明光(宽带照明光)中,未成为如充分地发挥转印性能的变形照明的结构。

[0009] 因此,本发明的目的在于提供一种在宽带照明光中有利于抑制将图案转印到平板上的转印性能降低的曝光装置。

发明内容

[0010] 为了达成上述目的,作为本发明的一个侧面的曝光装置的特征在于,使用包括第1波长范围和第2波长范围的波长范围的光对基板进行曝光,所述曝光装置具有:照明光学系统,利用所述光对掩模进行照明;以及投影光学系统,将所述掩模的图案的像投影到所述基板,所述照明光学系统以在所述照明光学系统的瞳面上将所述照明光学系统的光轴作为中心使第1光强度分布的至少一部分比第2光强度分布更靠内侧的方式形成包括所述第1光强度分布和所述第2光强度分布的光强度分布,所述第1光强度分布是至少包括所述第1波长范围的光的光强度分布,所述第2光强度分布是至少包括所述第2波长范围的光的光强度分布,所述照明光学系统满足所述第1波长范围包括比所述第2波长范围的最短的照明波长更

短的波长、或者所述第2波长范围包括比所述第1波长范围的最长的照明波长更长的波长中的至少一方。

[0011] 根据以下(参照附图)对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

[0012] 图1是示出曝光装置的结构示意图。

[0013] 图2是示出照明光学系统的结构示意图。

[0014] 图3是示出针对单一波长的轮带照明的最佳的照明条件的图。

[0015] 图4是示出针对多个波长的轮带照明的最佳的照明条件的图。

[0016] 图5是示出与照明条件相伴的对比度变化的图。

[0017] 图6是示出实施例1中的变形照明的效果的图。

[0018] 图7是示出实施例2中的变形照明的效果的图。

[0019] 图8是示出实施例3中的变形照明的效果的图。

[0020] 图9是示出第1实施方式中的变形照明的例子的图。

[0021] 图10是示出变形照明中的照明光学系统的结构例的图。

[0022] (符号说明)

[0023] 9:掩模;10:照明光学系统;11:投影光学系统;12:平板;100:曝光装置。

具体实施方式

[0024] 以下,根据添附的附图详细说明本发明的优选的实施方式。

[0025] <第1实施方式>

[0026] 图1是示出作为本发明的一个侧面的曝光装置的结构示意图。曝光装置100是利用包括多个波长范围的光对掩模(原版)9进行照明并将掩模9的图案转印到平板(基板)12上的光刻装置。曝光装置100是用于制造平板显示器、半导体元件、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems,微机电系统)等的装置,特别适合于平板显示器的制造。

[0027] 曝光装置100具有通过来自光源的光对作为被照明面的掩模9进行照明的照明光学系统10以及将形成在掩模9上的图案的像向平板12投影的投影光学系统11。而且,曝光装置100具有保持掩模9并驱动或定位的掩模载置台13、保持平板12并驱动或定位的平板载置台38、设置于平板载置台38的测量部14以及控制部15。掩模9配置于投影光学系统11的物面,平板12配置于作为与物面在光学上共轭的位置的投影光学系统11的像面。

[0028] 投影光学系统11例如是反射光学系统,包括反射镜32、34及36。投影光学系统11按照反射镜32、34、36、34、32的顺序反射来自掩模9的光,将掩模9的投影像形成在平板12上。在投影光学系统11由反射光学系统构成的情况下,来自光源的光的色像差小于折射光学系统。这样的结构适合于使用包括多个波长范围的宽频带光(宽带照明光)的情况。

[0029] 控制部15总体地控制曝光装置100的各部分、即、照明光学系统10、投影光学系统11、掩模载置台13、平板载置台38等而使曝光装置100动作。控制部15例如由FPGA(Field Programmable Gate Array(现场可编程门阵列)的简称)等PLD(Programmable Logic Device(可编程逻辑器件)的简称)、或者ASIC(Application Specific Integrated Circuit(专用集成电路)的简称)、或者嵌入有程序的通用或专用的计算机、或者它们的全

部或一部分的组合构成。

[0030] 图2是示出曝光装置100中的照明光学系统10的结构例的示意图。照明光学系统10例如包括光源1、集光反射镜2、聚光透镜5、复眼透镜7、聚光透镜8以及孔径光阑61。虽然在图2中未示出,但也可以在聚光透镜5与掩模9之间的光路中配置以使对掩模9进行照明的光的剖面成为预定的形状以及预定的大小的方式对来自光源1的光进行整形的照明光学系统。光源1例如是汞灯,射出波长为270nm至450nm的宽频带光。集光反射镜2是为了收集光源1的射出光而配置的。光源1配置于集光反射镜2的第1焦点3的附近,集光反射镜2将光源1的射出光收集到第2焦点4。

[0031] 聚光透镜5将被收集到第2焦点4的光变换为平行光。被聚光透镜5变换后的光入射到复眼透镜7的入射面7a。复眼透镜7是由多个光学元件、具体而言多个微小的透镜构成的光学积分器。复眼透镜7根据入射到入射面7a上的光在射出面7b上形成2次光源。从复眼透镜7射出的光经由多个聚光透镜8而重叠地对掩模9进行照明。在平板载置台38中设置有作为能够测量形成在复眼透镜7的射出面7b上的2次光源的形状、光强度的图像传感器(例如CCD传感器)的测量部14。

[0032] 接下来,说明超分辨率技术(RET:Resolution Enhancement Techniques)。作为RET之一的轮带照明、四极照明等变形照明(斜入射照明)对于投影光学系统11的焦点深度(DOF:Depth of focus)、由投影光学系统11形成的投影像的对比度的提高是有效的。轮带照明是在以照明光学系统10的光轴为中心的照明光学系统的瞳坐标中具有轮带形状的光强度分布的变形照明,轮带照明的发光区域由照明角度 σ 规定。在以下的说明中,将轮带形状的发光区域的内侧的半径称为内 σ ,将轮带形状的发光区域的外侧的半径称为外 σ 。另外,照明角度 σ 在以瞳坐标表示的情况下相当于距原点的距离(半径),如果照明角度 σ 大,则成为大的半径,如果照明角度 σ 小,则成为小的半径。

[0033] 另外,如上所述的变形照明例如能够通过在与照明光学系统10的瞳面相当的复眼透镜7(光学积分器)的射出面7b处配置孔径光阑61来实现。通过利用孔径光阑61遮挡变形照明的非发光区域的光,能够得到期望的变形照明。

[0034] 一般地,在变形照明中,以与不是变形照明的情况相比抑制转印性能的降低的方式使发光区域的照明角度 σ 最优化。例如,针对轮带照明,使上述内 σ 和外 σ 最优化。另一方面,在本实施方式中,能够在照明光学系统10的瞳面上形成由包括第1发光区域I1以及第2发光区域I2的多个区域构成的发光区域。第1发光区域I1以及第2发光区域I2可以是不相互重叠的区域,但也可以是相互重叠的区域。另外,在本实施方式中,合成由来自第1发光区域I1的第1波长范围的第1光在平板12上形成的第1像和由来自第2发光区域I2的第2波长范围的第2光在平板12上形成的第2像。

[0035] 变形照明是在用于制造半导体元件的曝光装置中发展起来的技术。在用于制造半导体元件的曝光装置中,从光源射出的光的光谱的半值全宽小于20nm,所以照明波长 λ 被视为单一的照明波长 λ (例如光强度最大的波长、进行光强度的加权后得到的重心波长)。另一方面,在用于制造平板显示器的曝光装置中,能够使用从光源射出的光的光谱的半值全宽为20nm以上的宽频带光(宽带照明光)。在此,半值全宽是指被称为FWHM(Full Width at Half Maximum)的量,与光谱的波长宽度相当。另外,在宽带照明光这样的表述中,不仅包括具有单一亮线的频带的光的含义,而且还包括具有多个亮线的频带的光的含义。

[0036] 宽频带(宽带)这样的表述是在与如KrF激光或ArF激光等半值全宽小的窄频带(窄带)这样的表述进行区分的含义下使用的。具体而言,在本实施方式中,宽频带光这样的表述意味着半值全宽为20nm以上。

[0037] 在用于制造平板显示器的曝光装置中,例如,在使用汞灯作为光源并使用作为来自汞灯的光中的单一亮线的i线的情况下,半值全宽成为约6nm。另一方面,在使用作为来自汞灯的光中的多个亮线的g线(中心波长约436nm)、h线(中心波长约405nm)、i线(中心波长约365nm)的情况下,半值全宽成为80nm以上。通过使用更宽的半值全宽的曝光的光,能够使照度增加,与其相伴地能够使生产率提高。

[0038] 在本实施方式中,除了变形照明中的发光区域的照明角度 σ 以外,照明波长 λ 也能够被最优化。通过使照明波长 λ 最优化,得到提高包括对比度、焦点深度(DOF)的转印性能的效果。本实施方式中的DOF被定义为与散焦相伴的线宽变化相对于目标线宽CD(Critical Dimension,临界尺寸)为10%以下的变化的焦点范围。

[0039] 一般地,通过抑制与散焦相伴的对比度的降低,也能够抑制DOF的降低。使用图3说明抑制与散焦相伴的对比度的降低的条件。图3示出照明光的照明波长为290nm,投影光学系统的数值孔径NA为0.12,线宽1 μm 的线和间隔图案(line-and-space pattern)(周期2 μm)的情况下的掩模9的透射光 D_{290}^0 以及1阶衍射光 D_{290}^1 。在图3的说明中示出的照明波长、NA、线宽以及周期仅为用于说明的一个例子,实际上任意地设定。在此,衍射的公式对于掩模图案的周期P和照明波长 λ 、作为入射角 θ_{in} 、衍射角 θ_{out} 成为下式。

$$[0040] \quad P \cdot \sin\theta_{in} + P \cdot \sin\theta_{out} = \lambda \cdots (1)$$

[0041] 在此,作为照明条件,考虑入射角 θ_{in} 和衍射角 θ_{out} 相等的情况。图3是图示入射角 θ_{in} 和衍射角 θ_{out} 相等的情况的图,图3所示的掩模的透射光 D_{290}^0 和1阶衍射光 D_{290}^1 相对于光轴对称地传播。该照明条件抑制与散焦相伴的对比度的降低,与增大DOF的条件相当,成为下式。

$$[0042] \quad 2P \cdot \sin\theta_{in} = \lambda$$

$$[0043] \quad \sin\theta_{in} = \lambda/2P \cdots (2)$$

[0044] 另外,在以瞳坐标记载照明角度 σ 时,成为利用数值孔径NA对 $\sin\theta_{in}$ 进行标准化而得到的值,所以在将抑制DOF的降低的变形照明的照明角度设为 σ_c 时,期望 σ_c 相对于投影光学系统的数值孔径NA满足下式。

$$[0045] \quad \sigma_c = \sin\theta_{in}/NA = \lambda/(2NA \cdot P) \cdots (3)$$

[0046] 在满足照明条件 $\sigma = \lambda/(2NA \cdot P)$ 的情况下,在抑制DOF的降低的同时,还能够期待使最佳焦点(best focus)处的对比度提高的效果。

[0047] 图4示出照明光的照明波长是包括290nm和365nm这2个波长的光的情况下的掩模9的透射光 D_{290}^0 、 D_{365}^0 以及1阶衍射光 D_{290}^1 、 D_{365}^1 。另外,关于其他条件,与图3的条件相同,投影光学系统的数值孔径NA是0.12、线宽1 μm 的线和间隔图案(周期2 μm)。

[0048] 在图4的(a)所示的照明中,如图3所示那样对于波长290nm成为满足公式(3)的照明条件。根据公式(1),伴随波长的变化,衍射角度发生变化,所以公式(3)的最佳的 σ 也根据波长而发生变化。因此,在图4的(a)中,在照明波长是365nm的情况下,不满足公式(3)的照明条件,所以透射光和衍射光无法相对于光轴对称地传播而DOF降低。

[0049] 为了抑制DOF的降低,根据公式(3)可知,在长波长的情况下,期望照明角度 σ 大的

照明光,在短波长的情况下,期望照明角度 σ 小的照明光。在图4的(b)所示的照明中,以遵循公式(3)的方式针对每个波长以不同的照明角度 σ 进行照明。因此,对于波长290nm和365nm这两方的波长,透射光和衍射光相对于光轴对称地传播,能够得到抑制DOF的降低的效果。

[0050] 使用图5说明满足公式(3)的照明条件抑制与散焦相伴的对比度的降低。图5示出空间像强度的对比度。将投影光学系统的数值孔径NA设为0.10。图5的(a)~(c)的图形是示出曝光图案为线宽 $1.5\mu\text{m}$ (周期 $3.0\mu\text{m}$)的7条线和间隔图案的中央线处的对比度的图。图5的(d)~(f)的图形是曝光图案为线宽 $1.8\mu\text{m}$ (周期 $3.6\mu\text{m}$)的7条线和间隔图案的中央线处的对比度。图5的(a)、(d)的图形是散焦为 $0\mu\text{m}$ 的对比度,图5的(b)、(e)的图形是散焦 $15\mu\text{m}$ 的对比度,图5的(c)、(f)的图形是从散焦 $15\mu\text{m}$ 去掉散焦 $0\mu\text{m}$ 的对比度。

[0051] 图5的(c)、(f)的图形示出与散焦相伴的对比度的恶化,灰色越浓,对比度的恶化越大。在此,在散焦 $15\mu\text{m}$ 下对比度变得小于0.3的条件作为在转印性能的观点下未实用化的条件而设为黑色。图5的横轴的波长设为包括汞光谱的g线、h线、i线的 $340\text{nm} \sim 460\text{nm}$ 。图5的纵轴表示轮带照明中的内 σ ,假设外 σ 是比内 σ 大0.05的值。这相当于细到能够实际上将内 σ 和外 σ 等同的轮带照明。图形中的黑的实线表示作为满足公式(3)的最佳的照明条件的照明波长 λ 与照明角度 σ 的关系。从图5可知,满足公式(3)的以黑的实线示出的条件是与散焦相伴的对比度的降低小。根据以上可知,利用满足公式(3)的照明条件,能够抑制与散焦相伴的对比度的降低。

[0052] 在大幅背离作为满足公式(3)的最佳的照明条件的黑的实线的条件(特别是在照明波长 λ 为长波长侧且照明角度 σ 小的情况)下,对比度低,与散焦相伴的对比度的恶化也大。因此,关于与大幅背离满足公式(3)的最佳的照明条件的条件相当的照明波长 λ 和照明角度 σ 的组合,例如,期望通过使用波长滤波器来遮光。另外,图5的(d)~(f)所示的线宽 $1.8\mu\text{m}$ (周期 $3.6\mu\text{m}$)的图案与图5的(a)~(c)所示的线宽 $1.5\mu\text{m}$ (周期 $3.0\mu\text{m}$)相比对比度更大。这是因为线宽短的高精细的图案一般有对比度恶化的倾向。

[0053] 另外,在图5中,在稍微偏离作为满足公式(3)的最佳的照明条件的黑的实线的条件下,也呈现高的对比度。如图5的(d)所示,在线宽 $1.8\mu\text{m}$ 的图案、散焦 $0\mu\text{m}$ 下,在大幅背离黑的实线的照明条件、例如照明波长 365nm 、照明角度 $\sigma=0$ 下,呈现高的对比度,存在能够用作照明条件的可能性。在希望增大照度的情况下,期望设定为尽可能宽的波长宽度并且增大轮带宽度。因此,只要是表示在性能方面能够实用的对比度的范围,则也可以是大幅背离作为最佳的照明条件的黑的实线的照明条件,变得能够在得到充分的转印性能的情况下增大照度。

[0054] 相对于一般的圆形形状的照明(即,内 σ 为零的照明),在本实施方式的变形照明中,在斜入射照明的效果下DOF提高。相对于作为变形照明的1个手法已知的窄轮带,本实施方式的变形照明具有抑制照度的降低并抑制生产率的降低的效果。另外,在本实施方式的变形照明中,使用比窄轮带宽的轮带宽度,所以与由复眼透镜形成的照明强度的不均匀性相伴的照度不均被降低。本实施方式的变形照明相比于轮带宽度窄的窄轮带照明,对于特定的周期的图案P以外的周期的图案也能够抑制转印性能的降低。

[0055] 另外,虽然还存在通过使照明波长短波长化来提高分辨力的手法,但本实施方式的变形照明在不将长波长的照明光完全遮光的情况下提高分辨力。因此,长波长的照明光的光量也能够不浪费地使用,所以能够抑制照度降低(即,生产率的降低)。除此以外,本实

施方式的变形照明有时能够得到抑制与相移掩模的制造误差相伴的分辨力降低、控制抗蚀剂图案的侧壁角度等效果。

[0056] 本实施方式的变形照明还能够应用于偏光照明。光源不限于汞灯,还包括利用LED光源、多个半导体光源形成宽带照明的情况。也可以调整照明光学系统内的波长滤波器的透射率,调整为与汞灯的光谱强度分布不同的强度分布。也可以在照明光学系统中使用光纤束。通过使用适合于各个波长范围的具有不同的 σ 的第1发光区域I1和第2发光区域I2,能够抑制转印性能的降低。另外,还能够期待与利用单一波长的变形照明相比提高照明照度的效果。

[0057] 关于本实施方式的变形照明,描述了满足公式(3)的照明条件,但也可以是具有对于第1发光区域I1中的第1波长范围 λ_1 的所有照明波长完全满足公式(3)的照明角度 σ 的结构,但不限于此。另外,也可以是具有对于第2发光区域I2中的第2波长范围 λ_2 的所有照明波长完全满足公式(3)的照明角度 σ 的结构,但不限于此。是部分满足公式(3)的照明条件即可,例如,是包括如对于第1发光区域I1的一部分的照明波长和第2发光区域I2的一部分的照明波长满足公式(3)的照明角度 σ 的变形照明即可。

[0058] <实施例1>

[0059] 使用图6示出与4种比较例相比本实施方式的实施例1中的照明光的转印性能高。图6是示出比较例和实施例1的照明的模拟结果的图。将数值孔径NA设为0.10。关于掩模图案,评价线宽 $1.8\mu\text{m}$ (周期 $3.6\mu\text{m}$)的7条线和间隔图案的中央线。图6所示的照明形状的格子花纹的区域的波长是 $340\text{nm} \sim 460\text{nm}$ 的宽带光,其包括汞灯的3个亮线g线、h线、i线。照明形状的斜线花纹的区域的波长是 $340\text{nm} \sim 390\text{nm}$ 的宽带光,其包括汞灯的1个亮线i线。

[0060] 从图6的左边开始依次进行说明。比较例1是内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.90$ 的g线、h线、i线的照明。即,是呈现圆形的光强度分布的照明。比较例2是内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.83$ 的g线、h线、i线的照明。将外 σ 设定为0.83的理由在于设为与后述的本实施方式的照明相同的照度。比较例3是内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的g线、h线、i线的轮带照明。在比较例4中,内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的区域是g线、h线、i线的照明,内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的区域是i线的照明。在比较例4中,在内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的区域中,与内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的区域相比包括更长的波长。这成为照明角度 σ 和照明波长 λ 的关系与后述的本实施方式相逆且不满足公式(3)所示的最佳的照明条件的结构。

[0061] 在实施例1中,内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的区域是i线的照明,内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的区域是g线、h线、i线的照明。在实施例1中,在内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的区域中,与内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的区域相比包括更长的波长。这成为满足公式(3)所示的最佳的照明条件的结构。

[0062] 将比较例1~4与实施例1的照明的各性能进行比较。首先,比较标准化照度。标准化照度是指将比较例1的照度设为1而对其他照度进行标准化后得到的照度,考虑了照明形状的面积和汞灯的光谱强度分布。比较例1的标准化照度最大。与比较例3、4相比,本实施方式的照明大,并且在照度方面超越性能。此外,在比较例2中以如上所述成为与实施例1相同的照度的方式决定外 σ ,所以是相同的标准化照度。

[0063] 接下来,比较对比度。本实施方式中的对比度是指中央线的空间像强度的对比度。可知实施例1中的对比度大于比较例1~4。即,表示性能提高。

[0064] 接下来,比较MEEF(Mask Error Enhancement Factor,掩模误差增强因子)。MEEF是指在平板上曝光的抗蚀剂图案的线宽误差 $\Delta CD_{\text{resist}}$ 相对于掩模线宽误差(制造误差) ΔCD_{mask} 的比,由 $MEEF = \Delta CD_{\text{resist}} / \Delta CD_{\text{mask}}$ (4)定义。MEEF的值越小,表示性能越好。可知实施例1中的MEEF小于比较例1~4。即,表示性能提高。

[0065] 接下来,比较DOF。DOF是指与散焦相伴的线宽变化相对于目标线宽CD为10%以下的变化的焦点范围,并且是在最佳焦点处1800nm的中央线成为1980nm以下的焦点范围。DOF的值越大,表示性能越好。可知实施例1中的DOF大于比较例1、2、4。即,表示性能提高。但是,在将实施例1和比较例3进行比较的情况下,作为轮带形状的照明的比较例3的DOF大。

[0066] 接下来,比较侧壁角度。侧壁角度是指中央线的抗蚀剂图案的底部的角度。侧壁角度的值越大(即,越接近90°),表示性能越好。可知实施例1中的侧壁角度大于比较例1~4。即,表示性能提高。

[0067] 总结上述比较。实施例1的照明与比较例1、比较例2所示的圆形形状的照明相比,在与对比度、MEEF、DOF、侧壁角度有关的转印性能方面性能提高。实施例1的照明与比较例3所示的轮带照明相比,具有高的照度并且在与对比度、MEEF、侧壁角度有关的转印性能方面呈现高的性能。另外,实施例1的照明与比较例4相比,在标准化照度、对比度、MEEF、DOF、侧壁角度方面都呈现高的性能。从该结果表明,仅通过针对每个照明区域改变波长,分辨力提高的效果并不充分,需要考虑公式(3)来针对各个波长使用适当的照明区域。在本实施方式的实施例1中的照明中,考虑公式(3)来针对各个波长使用适当的照明区域,所以与比较例1~4相比呈现高的性能。

[0068] 因此,本实施方式的实施例1中的照明通过包括满足公式(3)所示的照明条件的照明波长 λ 和照明角度 σ ,能够同时实现转印性能降低的抑制和大的照度。

[0069] <实施例2>

[0070] 在实施例2中,说明以与实施例1不同的掩模图案评价本实施方式的照明的结果。使用图7示出与3种比较例相比本实施方式的实施例2中的照明光的转印性能高。

[0071] 图7是示出3种比较例和实施例2的照明的模拟结果的图。将数值孔径NA设为0.10。将掩模图案设为线宽1.2 μm (周期3.6 μm)的间隔线宽是线的线宽的2倍的一维线和间隔图案。图7所示的照明形状的格子花纹的区域的波长是340nm~460nm的宽带光,其包括汞灯的3个亮线g线、h线、i线。照明形状的斜线花纹的区域的波长是340nm~390nm的宽带光,其包括汞灯的1个亮线i线。在此,实施例2的照明形状与实施例1相同,比较例1~3的照明形状也与在实施例1中说明的比较例1~3相同。

[0072] 实施例2与实施例1同样地,与比较例1、2相比,标准化照度差,但在对比度、MEEF、DOF、侧壁角度方面呈现高的性能。与比较例3相比,DOF差,但在标准化照度、对比度、MEEF、侧壁角度方面呈现高的性能。

[0073] 因此,本实施方式的实施例2中的照明通过包括满足公式(3)所示的照明条件的照明波长 λ 和照明角度 σ ,能够同时实现转印性能降低的抑制和大的照度。

[0074] <实施例3>

[0075] 在实施例3中,说明评价在实施例1、实施例2中未进行的控制波长滤波器的透射率的情况下的本实施方式的照明的结果。另外,实施例3是与实施例1、实施例2不同的数值孔径NA、掩模图案、照明波长。使用图8示出与各种比较例相比本实施方式的实施例3中的照明

光的转印性能高。

[0076] 图8是示出比较例和实施例3的照明的模拟结果的图。将数值孔径NA设为0.12。关于掩模图案,评价线宽 $1.2\mu\text{m}$ (周期 $2.4\mu\text{m}$)的9条线和间隔图案的中央线。图8所示的照明形状的横条纹花纹的区域的波长是 $270\text{nm}\sim 390\text{nm}$ 的宽带光,其包括汞灯的亮线i线和比i线短的波长。照明形状的纵条纹花纹和格子花纹的区域的波长是 $270\text{nm}\sim 350\text{nm}$ 的宽带光, 350nm 以下的波长是比汞灯的i线短的波长,不包括i线。格子花纹的区域与纵条纹花纹相比将透射率设为25%而减小照度。如后所述,通过将透射率设定得较小,具有使DOF增加的效果。

[0077] 关于横条纹花纹的区域和纵条纹花纹的区域,既可以原样地使用来自汞灯的照明光强度,也可以通过经由波长滤波器来对光进行控制。将照度评价为标准化照度,在瞳的整个区域中将均匀的透射率降低设为任意的。将汞灯的光谱强度分布设为一般的分布,但没有针对该分布的制约。

[0078] 在比较例5中,在内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.90$ 的圆形区域中,照明波长是 $270\text{nm}\sim 390\text{nm}$ 的照明。在比较例6中,在内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的轮带区域中,照明波长是 $270\text{nm}\sim 390\text{nm}$ 的照明的轮带照明。在比较例7中,在内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.55$ 的圆形区域中,照明波长是 $270\text{nm}\sim 350\text{nm}$ 的照明,在内 $\sigma=0.55$ 、外 $\sigma=0.90$ 的轮带区域中,照明波长是 $270\text{nm}\sim 390\text{nm}$ 的照明。比较例7成为以与公式(3)匹配的方式在内 $\sigma=0.55$ 、外 $\sigma=0.90$ 的区域中比内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.55$ 的区域包括更长的波长的结构。

[0079] 在实施例3中,在内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的圆形区域中,是照明波长 $270\text{nm}\sim 350\text{nm}$ 的照明,在内 $\sigma=0.45$ 、外 $\sigma=0.90$ 的轮带区域中,是照明波长 $270\text{nm}\sim 390\text{nm}$ 的照明。如上所述,格子条纹所示的内 $\sigma=0.00$ 、外 $\sigma=0.45$ 的区域通过将透射率设为25%而降低照度。

[0080] 比较例7在与比较例6比较的情况下可知,在标准化照度、对比度、MEEF、侧壁角度方面呈现高的性能,但DOF大幅降低。因此,通过使用实施例3的照明形状,能够如后所述相对地抑制DOF的降低。

[0081] 实施例3与比较例5相比标准化照度差,但在对比度、MEEF、DOF、侧壁角度方面呈现高的性能。与比较例6相比DOF稍微差,但在标准化照度、对比度、MEEF、侧壁角度方面呈现更高的性能。与比较例7相比DOF的增大显著。比较例7也是本发明的实施例之一,但在实施例3中,通过控制波长滤波器的透射率,能够调整DOF等转印性能。

[0082] 因此,本实施方式的实施例3中的照明通过除了考虑公式(3)以外还控制使用的波长滤波器的透射率,能够同时实现转印性能降低的抑制和大的照度。

[0083] <实施例4>

[0084] 在实施例4中,说明作为与在实施例1~3中说明的照明形状不同的照明形状的本实施方式的照明。

[0085] 图9是示出本实施方式中的6种照明的图。图9的(a)是随着从瞳内侧的区域进入到瞳外侧的区域而如i线、h线、g线那样波长变长的照明形状。这是满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系的照明形状。图9的(b)是在瞳内侧的区域中使用h线并且在瞳外侧的区域中使用g线、i线的情况。其在外侧使用比在内侧使用的波长更长的波长的g线,所以成为满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系的照明形状。图9的(c)是瞳内侧的区域使用g线、h线和i线并且瞳外侧的区域使用g线和h线的情况。截断瞳外侧的区域的短波长(i线)满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系。另外,在比较在内侧的区域中

使用的波长的重心波长、和在外侧使用的波长的重心波长时,在外侧使用的重心波长更长。重心波长是指与将照明光的光谱分布作为重量来考虑时的重心相当的波长。相当于在圆形照明中使用的第1波长范围中比在轮带照明中使用的第2波长范围包括更短的波长的实施例。

[0086] 另外,在此前的说明中,描述了成为如第1光强度分布是圆形形状且第2光强度分布是轮带形状的旋转对称的光强度分布,但不限于此。例如,也可以第1光强度分布不是圆形形状而是轮带形状,也可以第2光强度分布是非旋转对称的形状。

[0087] 图9的(d)是在瞳内侧的轮带形状的区域中使用g线和i线并且在瞳外侧的轮带形状的区域中使用h线的情况。这是在g线的强度小且内侧的重心波长比外侧的波长h线短的情况下满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系的照明形状。图9的(e)是在瞳内侧的圆形形状的区域中使用i线并且在如瞳外侧的轮带形状缺失一部分的结构区域中使用h线的情况。这是满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系的照明形状。图9的(f)是在与瞳内侧的圆形形状的区域成为十字状的区域中使用h线并且在如瞳外侧的轮带形状缺失一部分的结构区域中使用g线的情况。这是满足公式(3)所示的照明波长 λ 和照明角度 σ 的关系的照明形状。

[0088] 在本实施方式的变形照明中,以使包含包括第1波长范围的光的第1光强度分布的至少一部分比包含包括第2波长范围的光的第2光强度分布更靠内侧的方式在照明光学系统的瞳面上形成光强度分布。另外,满足第1波长范围包括比第2波长范围的最短的照明波长更短的波长、或者第2波长范围包括比第1波长范围的最长的照明波长更长的波长的至少一方。

[0089] 在此,在实施例4中使用的g线、h线、i线是为了表示相对的波长的大小而使用的例子,不限定波长。在实施例4中,即使在与实施例1~3中说明的照明形状不同的照明形状的情况下,通过包括满足公式(3)所示的照明条件的照明波长 λ 和照明角度 σ ,也能够同时实现转印性能的降低的抑制和大的照度。

[0090] <第2实施方式>

[0091] 在本实施方式中,说明能够实现在第1实施方式中说明的照明的照明光学系统10的结构。

[0092] 图10的(a)示出由第1光源1a及第2光源1b构成光源1的情况。第1光源1a和第2光源1b射出波长相互不同的光。另外,第1光源1a和第2光源1b的波长既可以是单一波长、窄的波长范围的光,也可以是宽带光。即使是单一波长、窄的波长范围的光源,在使用多个光源形成具有相互不同的波长范围的照明光的情况下,也视为宽带照明。

[0093] 在第1实施方式中说明的变形照明的发光部包括第1发光区域I1和第2发光区域I2,第1发光区域I1中的第1波长范围 λ_1 和第2发光区域I2中的第2波长范围 λ_2 不同。该变形照明是通过合成第1光源1a的照明光和第2光源1b的照明光而形成的。另外,也可以在第1光源1a和第2光源1b中形成相互不同的发光区域之后进行合成。另外,也可以利用第1波长范围 λ_1 和第2波长范围 λ_2 形成同一发光区域,通过波长滤波器改变第1发光区域I1和第2发光区域I2的波长范围。另外,也可以如在第1实施方式的实施例3中说明的那样,在滤波器的任意的区域中改变透射率。另外,也可以在光源1中使用LED光源,光源1的数量也可以不是2个而是3个以上。

[0094] 图10的(b)示出利用3个宽带光源1c构成光源1的情况。宽带光源1c射出波长范围宽的光。将从3个宽带光源1c射出的光设为相同的波长范围。也可以通过使用图10的(b)所示的波长滤波器63a、63b、63c来针对每个光源形成具有不同的波长范围的不同的发光区域。另外,也可以通过不使用波长滤波器63a、63b、63c而使用图10的(b)所示的波长滤波器63d来在合成来自3个宽带光源1c的照明光之后形成具有不同的波长范围的发光区域。另外,波长滤波器63a、63b、63c和波长滤波器63d也可以组合使用。波长滤波器63a、63b、63c、63d既可以装备于旋转的转台,也可以装备于位移驱动的光栅类型的机构。由此,使用波长滤波器的情况和不使用波长滤波器的情况的切换变得容易。在图10的(b)中示出了构成光源1的光源1c是3个的情况,但不限于此,例如,光源1c也可以是1个,光源1c的数量没有限定。本实施方式不限定与波长范围的分割和发光区域的形成有关的方法。

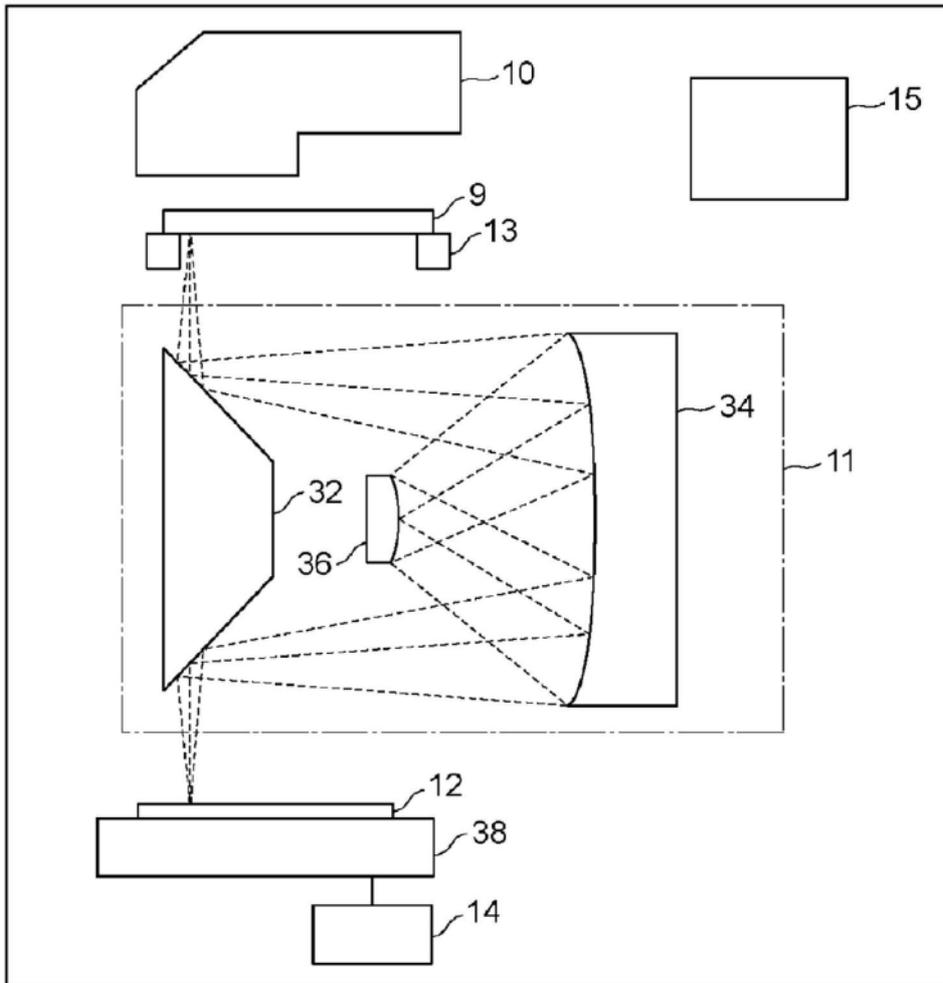
[0095] 波长滤波器减小期望的波长的透射率即可,也可以不对期望的波长将透射率完全地遮光为零。另外,无需在发光区域的边界部分处完全地分割波长范围。而且,不限于利用波长滤波器的波长选择,也可以通过使用全息图元件、衍射光学元件、棱镜来抑制照度的降低。

[0096] <物品的制造方法>

[0097] 接下来,说明利用上述曝光装置的物品(平板显示器、液晶显示元件、半导体IC元件、MEMS等)的制造方法。物品的制造方法包括使用上述曝光装置在涂覆到平板上的感光剂中形成潜像图案的工序(对平板进行曝光的工序)以及对在上述工序中形成潜像图案后的平板进行显影的工序。而且,上述制造方法包括进行其他公知的处理(氧化、成膜、蒸镀、掺杂、平坦化、蚀刻、抗蚀剂剥离、切割、粘合、封装等)的工序。本实施方式的物品的制造方法与以往的方法相比,在物品的性能、质量、生产率、生产成本中的至少1个方面更有利。

[0098] 以上说明了本发明的优选的实施方式,但本发明不限定于这些实施方式,能够在其要旨的范围内进行各种变形以及变更。例如,本发明还能够应用于多重曝光。另外,为了增加变形照明的效果,也可以使NA最优化。也可以将本发明的变形照明应用于无掩模曝光装置。

[0099] 根据本发明,例如,能够提供在宽带照明光中有利于抑制将图案转印到基板上的转印性能降低的曝光装置。



100

图1

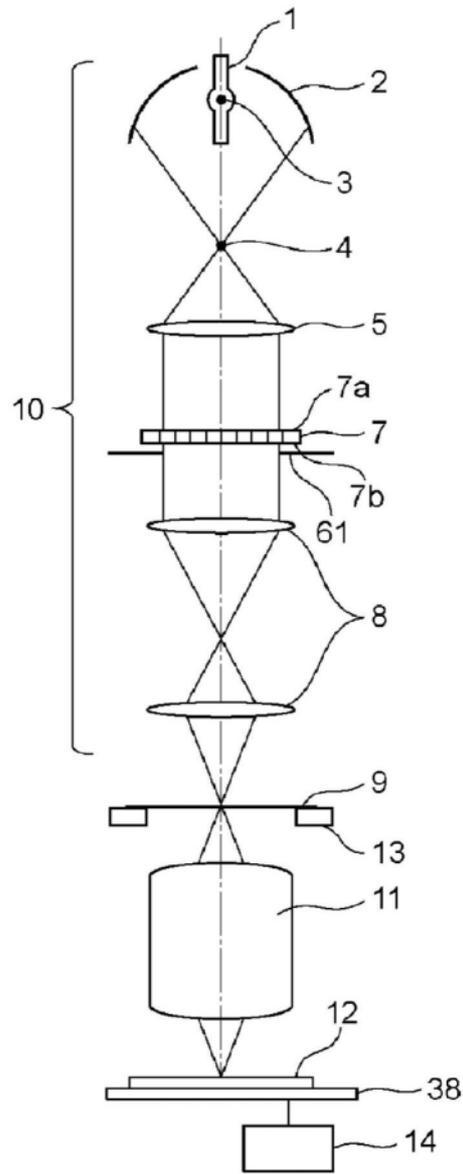


图2

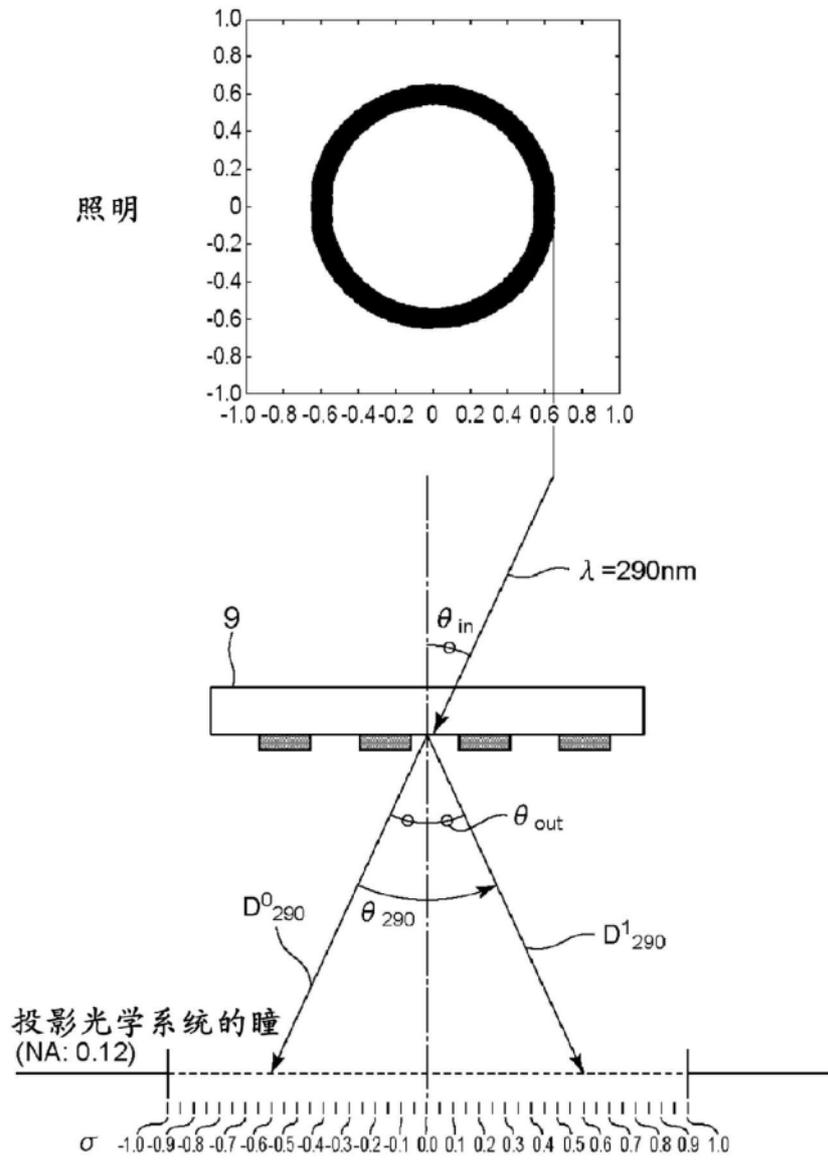


图3

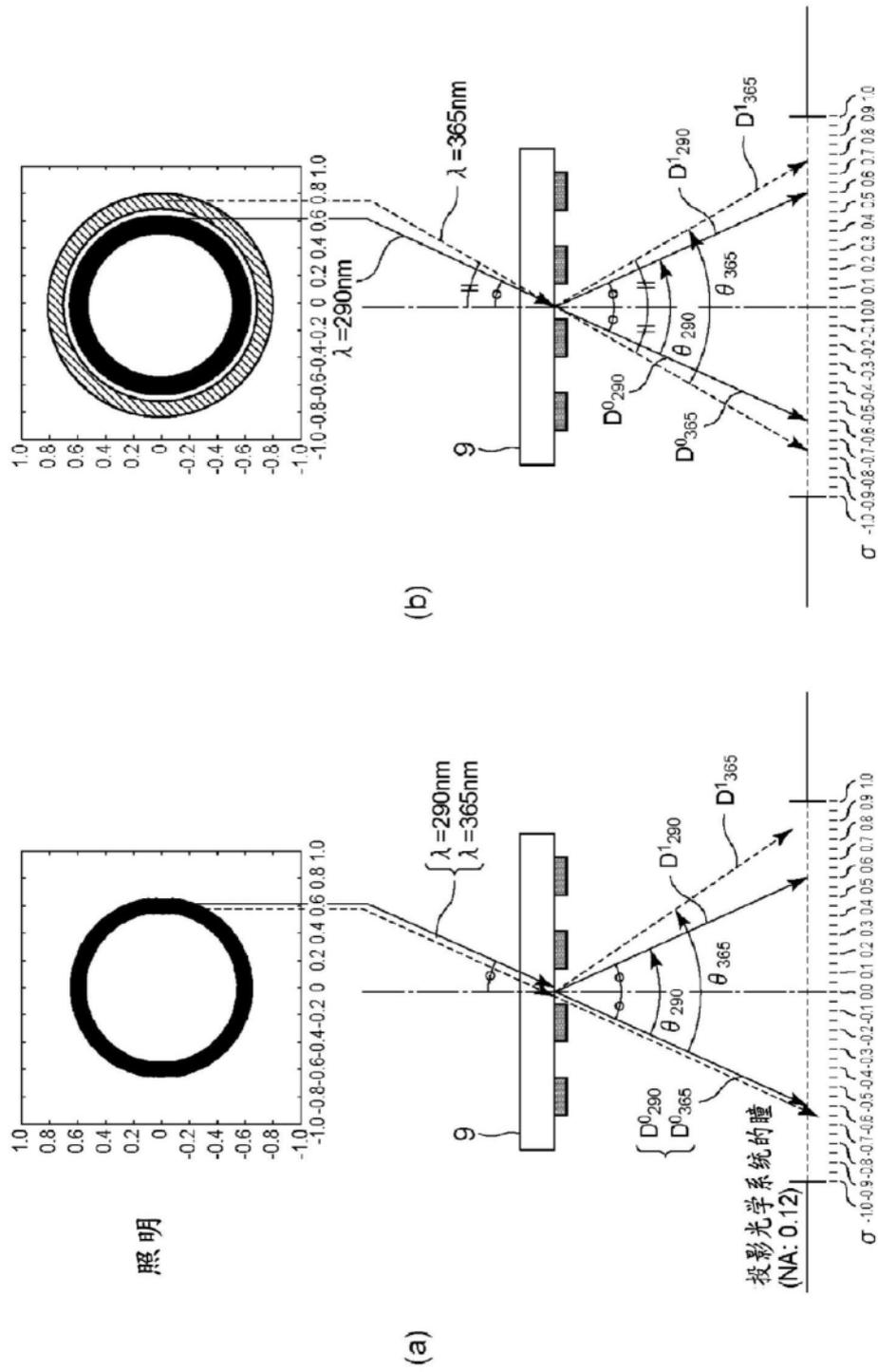


图4

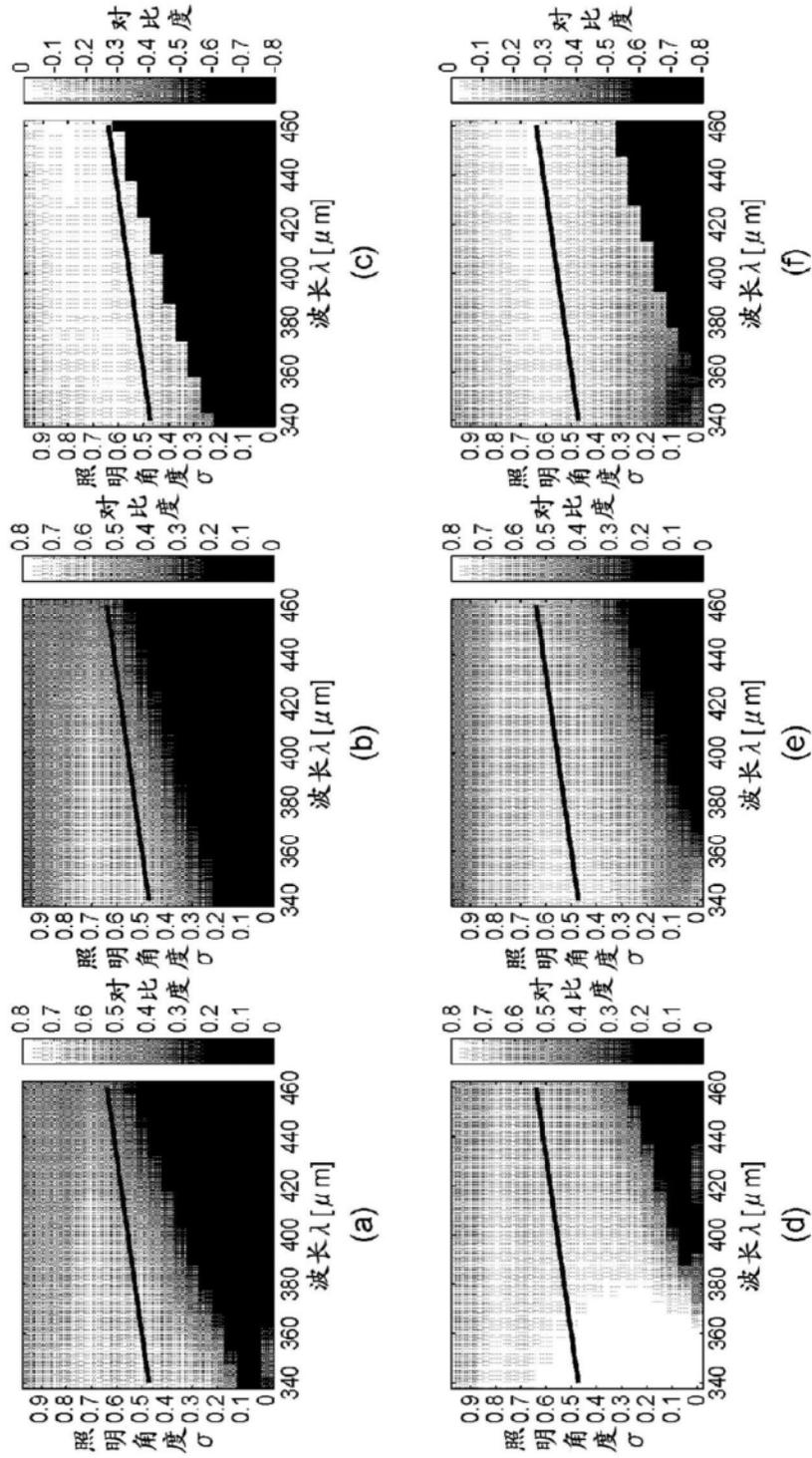


图5

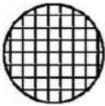
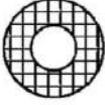
	比较例 1	比较例 2	比较例 3	比较例 4	实施例 1
照明形状					
标准化照度	1.00	0.86	0.75	0.57	0.86
对比度	0.68	0.68	0.69	0.70	0.71
MEEF	2.74	2.72	2.65	2.72	2.59
DOF [μm]	34.5	33.8	44.9	28.2	39.2
侧壁角度 [$^{\circ}$]	72.8	72.8	73.4	72.5	73.6

图6

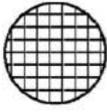
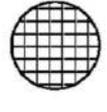
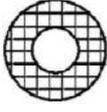
	比较例 1	比较例 2	比较例 3	实施例 2
照明形状				
标准化照度	1.00	0.86	0.75	0.86
对比度	0.50	0.50	0.51	0.52
MEEF	1.80	1.81	1.71	1.68
DOF [μm]	50.6	50.9	64.3	57.7
侧壁角度 [$^{\circ}$]	71.5	71.4	72.6	73.0

图7

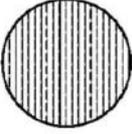
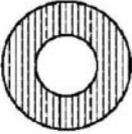
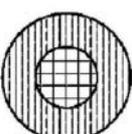
	比较例 5	比较例 6	比较例 7	实施例 3
照明形状				
标准化照度	1.00	0.75	0.86	0.79
对比度	0.63	0.66	0.67	0.66
MEEF	2.24	2.10	2.06	2.10
DOF [μm]	21.1	32.8	25.7	30.9
侧壁角度 [$^{\circ}$]	71.4	72.4	72.7	72.5

图8

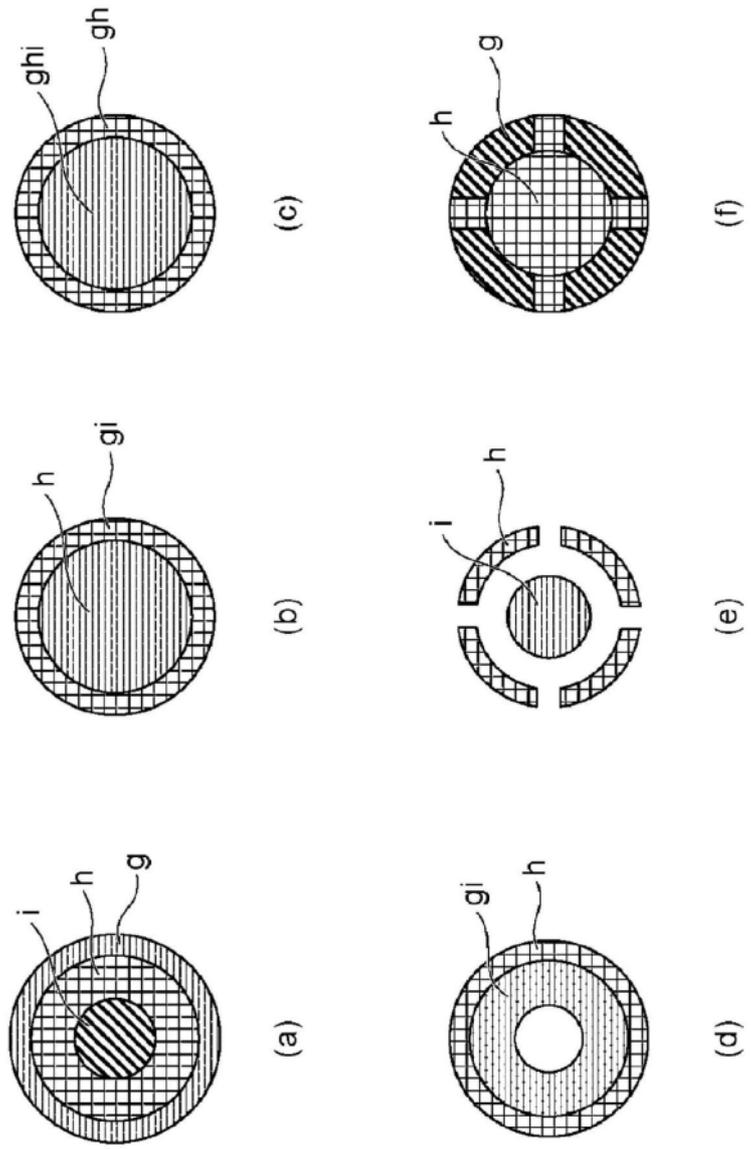


图9

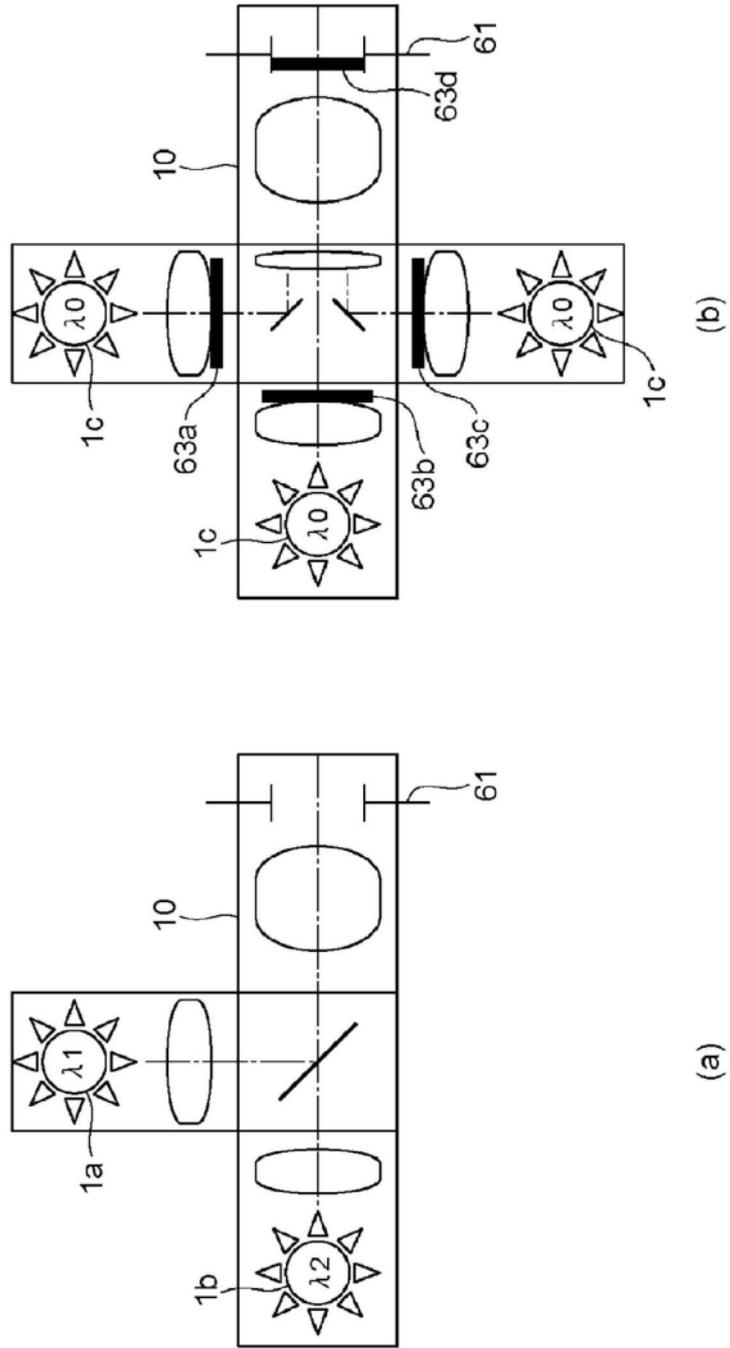


图10