

1. 一种照明光学系统,为利用由光源所供给的照明光而对被照射面进行照明的照明光学系统,其是与将配置在前述被照射面上的光罩的图案投影至感光性基板上的投影光学系统相组合而使用,并且前述投影光学系统具有孔径光阑,前述照明光学系统的特征在于包括:

空间光调变器,配置在前述照明光学系统的光路内;

微型透镜阵列,配置在前述照明光学系统的光瞳位置与前述空间光调变器之间的光路内,前述照明光学系统的光瞳位置是与前述孔径光阑为共轭的位置、且基于来自前述空间光调变器的光而形成所需的光强度分布;以及

扩散器,设置在前述空间光调变器的前述照明光的入射侧,并使入射至前述空间光调变器的前述照明光进行扩散;

其中,前述空间光调变器具有二维排列的多个元件,所述多个元件接收由前述扩散器所扩散的照明光,

前述多个元件能彼此独立地进行控制。

2. 根据权利要求 1 所述的照明光学系统,其特征在于前述多个元件分别具有反射面,前述多个元件的前述反射面能彼此独立地进行控制。

3. 根据权利要求 2 所述的照明光学系统,其特征在于前述多个元件的反射面的倾斜能彼此独立地进行控制。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一权利要求所述的照明光学系统,其特征在于其具有中继光学系统,

该中继光学系统配置在前述空间光调变器和前述照明光学系统的光瞳位置或与该光瞳位置成光学共轭的位置之间,且以来自前述空间光调变器的光而形成所需的光强度分布。

5. 根据权利要求 1 至 3 中任一权利要求所述的照明光学系统,其特征在于其具有光学构件,

该光学构件配置在前述扩散器和前述空间光调变器之间的光路中。

6. 根据权利要求 5 所述的照明光学系统,其特征在于该光学构件将前述扩散器所扩散的前述照明光转换为收敛光,并供给到前述空间光调变器。

7. 根据权利要求 6 所述的照明光学系统,其特征在于前述光学构件具有成像光学系统。

8. 根据权利要求 7 所述的照明光学系统,其特征在于前述成像光学系统使前述空间光调变器和前述扩散器成光学共轭。

9. 根据权利要求 1 至 3 中任一权利要求所述的照明光学系统,其特征在于前述扩散器将入射的前述照明光等向地进行扩散。

10. 根据权利要求 1 至 3 中任一权利要求所述的照明光学系统,其特征在于前述扩散器将入射的前述照明光非等向地进行扩散。

11. 根据权利要求 1 至 3 中任一权利要求所述的照明光学系统,其特征在于:前述照明光学系统是被组装到将光罩的图案转印至感光性基板上的曝光装置中,且前述图案配置在前述被照射面上。

12. 一种曝光装置,为将光罩的图案转印到感光性基板上的曝光装置,具有如权利要求

1至10中任一权利要求所述的照明光学系统。

13. 一种元件制造方法,包括以下的步骤:

利用如权利要求12所述的曝光装置,将光罩的图案曝光到感光性基板上,
并使转印有前述图案的前述感光性基板显像,将与前述图案相对应的形状的光罩层形
成在前述感光性基板的表面上,

且通过前述光罩层来对前述感光性基板的表面进行加工。

照明光学系统、曝光装置以及元件制造方法

技术领域

[0001] 本发明是关于一种在利用蚀刻步骤而制造半导体元件、液晶显示元件、摄像元件、薄膜磁头等元件的曝光装置中所使用的照明光学系统，具有该照明光学系统的曝光装置以及利用该曝光装置的元件制造方法。

背景技术

[0002] 近年来，在光罩上所形成的图案正在高度集成化，为了将该微细的图案正确地转印到晶圆上，以最佳的照度分布对光罩图案进行照明是必不可少的。因此，藉由进行用于在曝光装置具有的照明光学系统的光瞳位置形成环带状或多极状（例如4极状）的光强度分布的变形照明，并使微型复眼透镜的后侧焦点面上所形成的二次光源的光强度分布进行变化，从而使投影光学系统的焦点深度或解像力提高的技术受到瞩目。

[0003] 这里，在例如日本专利早期公开的特开2002-353105号公报中揭示有一种曝光装置，其为了将光源所发出的光束转换为在照明光学系统的光瞳位置具有环带状或多极状光强度分布的光束，而设置具有呈阵列状排列的多个微小要素反射镜的可动多反射镜（例如，Digital MicromirrorDevice(DMD)，数字微镜元件），并藉由使要素反射镜的各个倾斜角及倾斜方向进行变化，从而在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置共轭的位置（在微型复眼透镜的后侧焦点面上所形成的二次光源位置）处形成规定的光强度分布。在该曝光装置中，当使入射各要素反射镜的光利用各要素反射镜的反射面进行反射时，是沿着规定方向偏转规定角度，转换为在照明光学系统的光瞳位置形成规定的光强度分布的光束。然后，在曝光时依据光罩的图案等，以使微型复眼透镜的后侧焦点面上所形成的二次光源像形成最佳的光强度分布的形态，设定可动多反射镜的各要素反射镜的倾斜角及倾斜方向，从而进行曝光。

[0004] 然而，在上述的曝光装置中，是利用激光光源作为光源，而从激光光源所射出的镭射光，在镭射光的光束断面内存在光强度参差不齐的问题。因此，在利用这种镭射光而在照明光学系统的光瞳位置形成环带状或多极状的光强度分布时，光分布形状（光束断面）内存在光强度参差不齐的问题（光强度的不均匀性）。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种即使在光源所发出的光存在光束断面内的光强度参差不齐（不均匀性）的问题的情况下，也可在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置共轭的位置，轻松地形成照明斑点并不明显的所需的光强度分布的照明光学系统，具有该照明光学系统的曝光装置，以及利用该曝光装置的元件制造方法。

[0006] 以下对本发明的构成附以实施形态的符号而加以说明，但本发明并不限定于本实施形态。

[0007] 本发明的一实施形态的照明光学系统为一种利用由光源(1)所供给的照明光而对被照射面(M)进行照明的照明光学系统，包括：空间光调变器(S1)，其配置在前述照明光

学系统的光路内，并在前述照明光学系统的光瞳位置或与该光瞳位置光学共轭的位置处形成所需的光强度分布；以及扩散器(4)，其设置在前述空间光调变器的前述照明光的入射侧，并使入射前述空间光调变器的前述照明光进行扩散。

[0008] 而且，本发明的一实施形态的曝光装置为将光罩(M)的图案转印到感光性基板(W)上的曝光装置，具有用于对被照射面上所配置的前述光罩进行照明的本发明的照明光学系统。

[0009] 而且，本发明的一实施形态的元件制造方法包括，利用本发明的曝光装置，将光罩(M)的图案曝光到感光性基板(W)上，并使转印有前述图案的前述感光性基板显像，将与前述图案相对应的形状的光罩层形成在前述感光性基板的表面上，且通过前述光罩层对前述感光性基板的表面进行加工。

[0010] 依据本发明的一实施形态的照明光学系统，由于具有使入射空间光调变器的照明光扩散的扩散器，其中，该空间光调变器用于在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处形成所需的光强度分布，所以，能根据扩散的照明光，利用空间光调变器而在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处形成所需的光强度分布。因此，能够使照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处的照明斑点并不明显。

[0011] 而且，依据本发明的一实施形态的曝光装置，由于利用本发明的照明光学系统进行光罩的照明，所以能以高解析度及高生产量(through-put)而将光罩的图案转印到感光性基板上。

[0012] 而且，依据本发明的一实施形态的元件制造方法，由于利用具有本发明的照明光学系统的曝光装置而进行曝光，所以能以高解析度而进行元件的制造。

附图说明

[0013] 图1所示为关于实施形态的曝光装置的概略构成。

[0014] 图2所示为关于实施形态的空间光调变单元的构成。

[0015] 图3所示为关于实施形态的空间光调变单元的空间光调变器的构成。

[0016] 图4所示为关于实施形态的照明光学装置所具有的圆锥旋转三棱镜系统的概略构成。

[0017] 图5(a)及图5(b)所示为圆锥旋转三棱镜系统对实施形态的环带照明中所形成的二次光源的作用的说明图。

[0018] 图6所示为关于实施形态的照明光学系统所具有的第1圆柱形透镜对及第2圆柱形透镜对的概略构成。

[0019] 图7(a)及图7(b)所示为变焦距透镜对实施形态的环带照明中所形成的二次光源的作用的说明图。

[0020] 图8所示为关于实施形态的另一照明光学系统的构成。

[0021] 图9所示为作为关于实施形态的微型元件的半导体元件的制造方法的流程图。

[0022] 图10所示为作为关于实施形态的微型元件的液晶显示元件的制造方法的流程图。

[0023] 1：激光光源 2a、2b：透镜

[0024]	2 : 光束扩展器	3 : 弯曲反射镜
[0025]	4 : 扩散器	5 : 无焦透镜
[0026]	5a : 前侧透镜群	5b : 后侧透镜群
[0027]	6 : 规定面	7 : 可变焦距透镜
[0028]	8 : 射束分裂器	9 : CCD 摄像部 (侦测部)
[0029]	10 : 微型透镜阵列	12 : 孔径光阑
[0030]	14 : 射束分裂器	15 : 透镜
[0031]	16 : 光电二极管	17a : 聚光镜
[0032]	17b : 成像光学系统	19 : 反射镜
[0033]	20 : 控制部	22 : 存储部
[0034]	26 : SLM 驱动部	39 : CCD 摄像部
[0035]	87 : 圆锥旋转三棱镜系统	87a : 第 1 棱镜
[0036]	87b : 第 2 棱镜	88 : 第 1 圆柱透镜对
[0037]	88a : 第 1 圆柱负透镜	88b : 第 1 圆柱正透镜
[0038]	89 : 第 2 圆柱透镜对	89a : 第 2 圆柱负透镜
[0039]	89b : 第 2 圆柱正透镜	130a、130c : 二次光源
[0040]	IL : 照明装置	IP1、IP2 : 入射位置
[0041]	L1、L2 : 光线	M : 被照射面
[0042]	MB : 光罩遮板	MS : 光罩载台
[0043]	OP1、OP2 : 射出位置	P1 : 棱镜
[0044]	P1a : 直线	PL : 投影光学系统
[0045]	PS1、PS2 : 平面	R11 : 第 1 反射面
[0046]	R12 : 第 2 反射面	S1 : 空间光调变器
[0047]	SE1、SE1a、SE1b : 要素反射镜	SM1 : 空间光调变单元
[0048]	W : 感光性基板	WS : 晶圆载台

具体实施方式

[0049] 以下参照图式, 对于本发明的实施形态的曝光装置进行说明。图 1 所示为关于实施形态的曝光装置的概略构成。另外, 在以下的说明中, 是设定图 1 中所示的 XYZ 直交坐标系统, 并参照该 XYZ 直交坐标系统而对各构件的位置关系进行说明。XYZ 直交坐标系统是设定 X 轴及 Y 轴对晶圆 W 平行, Z 轴对晶圆 W 直交。

[0050] 关于本实施形态的曝光装置如图 1 所示, 从激光光源 1 供给曝光光 (照明光)。该激光光源 1 具有例如供给波长约 193nm 的光的 ArF 准分子激光光源或供给波长约 248nm 的光的 KrF 准分子激光光源。从激光光源 1 沿着 Z 方向射出的大致平行的光束入射至光束扩展器 2, 其中, 该光束扩展器 2 具有沿着 X 方向细长延伸的矩形状断面, 由一对透镜 2a 及 2b 构成。透镜 2a 及 2b 在图 1 的 YZ 平面内分别具有负的折射力及正的折射力。因此, 入射至光束扩展器 2 的光束在图 1 的 YZ 平面内被扩大, 整形为具有规定矩形状断面的光束。经由作为整形光学系统的光束扩展器 2 的平行光束, 利用弯曲反射镜 3 被反射而偏转向 Y 方向后, 入射至扩散器 (扩散板) 4。扩散器 4 使与照明光学系统的光轴 AX 大致平行的光束扩

散，并形成对光轴 AX 具有角度的光束而射出。由扩散器 4 被扩散的光束入射至空间光调变单元 SM1。

[0051] 空间光调变单元 SM1 如图 2 所示，具有棱镜 P1 和反射型的空间光调变器 S1，其中，该空间光调变器 S1 是一体安装在棱镜 P1 上。棱镜 P1 具有直方体中的 1 个侧面凹陷为 V 字状楔形的形状。亦即，棱镜 P1 具有 V 字形的缺口，该缺口是由呈钝角交差的 2 个平面 PS1、PS2 构成。2 个平面 PS1、PS2 是与图 2 的沿着 X 轴延伸的直线 P1a 相接触。空间光调变器 S1 安装在棱镜 P1 的 V 字状缺口的相反一侧的侧面上。2 个平面 PS1、PS2 的内面是作为第 1 及第 2 反射面 R11、R12 而发挥机能。

[0052] 棱镜 P1 是使安装有空间光调变器 S1 的侧面和光轴 AX 平行，且以第 1 反射面 R11 位于扩散器 4 侧，第 2 反射面 R12 位于后述的无焦透镜侧的形态进行配置。棱镜 P1 的第 1 反射面 R11 使入射的光向空间光调变器 S1 方向反射。空间光调变器 S1 是配置在第 1 反射面 R11 和第 2 反射面 R12 之间的光路中，将第 1 反射面 R11 所反射的光向第 2 反射面 R12 方向进行反射。棱镜 P1 的第 2 反射面 R12 将空间光调变器 S1 所反射的光进行反射，并向无焦透镜 5 侧射出。

[0053] 空间光调变器 S1 依据在第 1 反射面 R11 所反射的光入射空间光调变器 S1 的位置，而对该光赋予空间调变。空间光调变器 S1 如图 3 所示，包括呈二维排列的多个微小的要素反射镜 SE1。例如，在入射至空间光调变器 S1 的光束中，分别使光线 L1 入射至空间光调变器 S1 的多个要素反射镜 SE1 中的要素反射镜 SE1a，使光线 L2 入射至空间光调变器 S1 的多个要素反射镜 SE1 中的与要素反射镜 SE1a 不同的要素反射镜 SE1b。要素反射镜 SE1a、SE1b 分别对光线 L1、L2 赋予依据其位置而设定的空间调变。

[0054] 以使光线 L1、L2 入射棱镜片 P1 的入射位置 IP1、IP2，到光经由要素反射镜 SE1a、SE1b 而从棱镜片 P1 射出的射出位置 OP1、OP2 的空气换算长，与棱镜片 P1 不配置在曝光光的光路中的情况下的相当于入射位置 IP1、IP2 的位置，到相当于射出位置 OP1、OP2 的位置的空气换算长相同的形态，配置棱镜片 P1。这里所说的空气换算长，为将光学系统中的光路长换算为折射率 1 的空气时的光路长，折射率 n 的媒质中的空气换算长为其物理或实际的光路长乘以 $1/n$ 的值。

[0055] 空间光调变器 S1 如图 3 所示，为包括要素反射器 SE1 的可动多反射镜，其中，要素反射镜 SE1 为铺填的多个微小反射元件。各要素反射镜 SE1 可动，其反射面的姿势亦即反射面的倾斜角及倾斜方向是由 SLM(spatial lightmodulator, 空间光调变器) 驱动部 26 而分别独立地驱动控制，其中，SLM 驱动部 26 是由控制部 20 进行控制。各要素反射镜 SE1 可以与其反射面平行的二轴且为彼此直交的二轴作为旋转轴，只连续地旋转所需的旋转角度。亦即，各要素反射镜 SE1 可在沿着反射面的二维空间中控制倾斜。这里，要素反射镜 SE1 的外形为正方形的平坦板状，但并不限于此。但是，从光利用效率的观点来看，采用可无间隙排列的形状较佳。而且，邻接的要素反射镜 SE1 间的间隔为必须为最小限度较佳。另外，为了使照明条件可进行细微的变化，要素反射镜 SE1 尽可能小较佳。而且，要素反射镜 SE1 的反射面的形状并不限定于平面，也可为凹面或凸面等曲面。

[0056] 空间光调变器 S1 可进行变形(modified) 照明，在照明光学系统的光瞳位置(瞳面)上形成圆形、环带、2 极、4 极等所需的光强度分布。亦即，在控制部 20 可访问的存储部 22 中，用于在照明光学系统的光瞳位置形成圆形、环带、2 极、4 极等的各光强度分布的构

成空间光调变器 S1 的各要素反射镜 SE1 的倾斜角及倾斜方向的资讯是以一览表 (lookup table) 的形式进行存储。根据该倾斜角及倾斜方向的资讯,控制部 20 对 SLM 驱动部 26 进行控制,并控制各要素反射镜 SE1 的倾斜角及倾斜方向,在照明光学系统的光瞳位置或与该光瞳位置光学共轭的位置形成所需的光分布形状。

[0057] 在本实施形态中,空间光调变器 S1 控制入射至光从矩形状而转换为环带状的光分布形状,而通过了空间光调变单元 SM1 的光束入射至无焦透镜 (中继光学系统) 5,并在无焦透镜 5 (进而在照明光学系统) 的光瞳位置或该光瞳位置的附近形成环带状的光强度分布。无焦透镜 5 是使其前侧焦点位置和空间光调变器 S1 的位置设定为大体一致,且使其后侧焦点位置和图中虚线所示的规定面 6 的位置设定为大体一致的无焦系统 (无焦点光学系统)。因此,入射至空间光调变器 S1 的光束在无焦透镜 5 的光瞳位置形成环带状的光强度分布之后,变成大致平行的光束而从无焦透镜 5 射出。另外,在无焦透镜 5 的前侧透镜群 5a 和后侧透镜群 5b 之间的光路中,在照明光学系统的光瞳位置或其附近,从光源侧依次配置圆锥旋转三棱镜 (axicon) 系统 87、第 1 圆柱透镜对 88 及第 2 圆柱透镜对 89。

[0058] 图 4 所示为在照明光学系统的光瞳位置或该光瞳位置的附近所配置的圆锥旋转三棱镜系统 87 的概略构成。圆锥旋转三棱镜系统 87 从光源侧依次设置第 1 棱镜 87a 和第 2 棱镜 87b。第 1 棱镜 87a 具有凹圆锥状的折射面 (凹状折射面)。第 2 棱镜 87b 具有可与第 1 棱镜 87a 的凹圆锥状的折射面抵接而相辅形成的凸圆锥状的折射面 (凸状折射面)。第 1 棱镜 87a 是使平面朝向光源侧且使凹圆锥状的折射面朝向光罩 M 侧而配置,第 2 棱镜 87b 是使凸圆锥状的折射面朝向光源侧且使平面朝向光罩 M 侧而配置。

[0059] 而且,使第 1 棱镜 87a 及第 2 棱镜 87b 中的至少一个可沿着光轴 AX 进行移动地构成,且使第 1 棱镜 87a 的凹圆锥状的折射面和第 2 棱镜 87b 的凸圆锥状的折射面的间隔 (以下称为圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔) 可变地构成。这里,在第 1 棱镜 87a 的凹圆锥状的折射面和第 2 棱镜 87b 的凸圆锥状的折射面彼此抵接的状态下,圆锥旋转三棱镜 87 是作为平行平面板发挥机能,不对通过后述的微型透镜阵列 10 所形成的环带状的二次光源产生影响。但是,当使第 1 棱镜 87a 的凹圆锥状的折射面和第 2 棱镜 87b 的凸圆锥状的折射面分离时,圆锥旋转三棱镜系统 87 作为所谓的光束扩展器发挥机能。因此,随着圆锥旋转三棱镜 87 的间隔的变化,入射光束向图 1 中以虚线表示的规定面 6 的入射角度进行变化。

[0060] 图 5(a) 及图 5(b) 为圆锥旋转三棱镜系统 87 对环带照明中所形成的二次光源的作用的说明图。图 5(a) 所示为在圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔为 0 且后述的可变焦距透镜 7 的焦点距离被设定为最小值的状态 (以下称作“标准状态”) 下所形成的最小环带状的二次光源 130a,图 5(b) 所示为在将圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔扩大为规定的值的状态 (可变焦距透镜 7 的焦点距离不变) 下所形成的环带状的二次光源 130b。二次光源 130b 的直径方向的宽度 (外径和内径之差的 1/2 的值。在图中以双头箭形符号表示) 是与二次光源 130a 的直径方向的宽度相同。藉由使圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔从 0 扩大到规定的值,可使环带状的二次光源的直径方向宽度与标准状态维持相同宽度,且使外径及内径较标准状态扩大。亦即,由于圆锥旋转三棱镜系统 87 的作用,而使环带状的二次光源的直径方向宽度不产生变化,其环带比 (内径 / 外径) 及大小 (外径) 都进行变化。

[0061] 图 6 所示为在无焦透镜 5 的前侧透镜群 5a 和后侧透镜群 5b 之间的光路中所配置的第 1 圆柱透镜对 88 及第 2 圆柱透镜对 89 的概略构成图。如图 4 所示,第 1 圆柱透镜对

88 从光源侧依次由例如在 YZ 平面内具有负折射力且在 XY 平面内无折射力的第 1 圆柱负透镜 88a, 和同样在 YZ 平面内具有正折射力且在 XY 平面内无折射力的第 1 圆柱正透镜 88b 构成。另一方面, 第 2 圆柱透镜对 89 从光源侧依次由例如在 XY 平面内具有负折射力且在 YZ 平面内无折射力的第 2 圆柱负透镜 89a, 和同样在 XY 平面内具有正折射力且在 YZ 平面内无折射力的第 2 圆柱正透镜 89b 构成。

[0062] 第 1 圆柱负透镜 88a 和第 1 圆柱正透镜 88b 是以光轴 AX 为中心而一体进行旋转地构成。同样, 第 2 圆柱负透镜 89a 和第 2 圆柱正透镜 89b 是以光轴 AX 为中心而一体进行旋转地构成。第 1 圆柱透镜对 88 作为沿着 Z 方向具有能量的光束扩展器而发挥机能, 第 2 圆柱透镜对 89 作为沿着 X 方向具有能量的光束扩展器而发挥机能。而且, 在本实施形态中, 是将第 1 圆柱透镜对 88 及第 2 圆柱透镜对 89 的能量设定得相同。因此, 通过了第 1 圆柱透镜对 88 及第 2 圆柱透镜对 89 的光束, 沿着 Z 方向及 X 方向藉由相同的能量而受到扩大作用。

[0063] 通过了无焦透镜 5 的光束, 入射至 σ 值可变用的可变焦距透镜 7。规定面 6 的位置是配置在可变焦距透镜 7 的前侧焦点位置或其附近, 而后述的微型透镜阵列 10 的入射面是配置在可变焦距透镜 7 的后侧焦点面或其附近。亦即, 可变焦距透镜 7 是按照实质的光学上的傅里叶转换关系而配置规定面 6 和微型透镜阵列 10 的入射面, 进而将无焦透镜 5 的光瞳位置和微型透镜阵列 10 的入射面在光学上大致共轭地配置。因此, 在微型透镜阵列 10 的入射面上, 与无焦透镜 5 的光瞳位置同样地, 形成以例如光轴 AX 为中心的环带状的照明区域。该环带状的照明区域的全体形状是依据可变焦距透镜 7 的焦点距离而相似地进行变化。亦即, 藉由微型透镜阵列 10 而形成在与照明光学系统的光瞳位置光学共轭的位置上的二次光源(面光源)的大小, 可使激光光源 1 所射出的照明光的光量大致保持一定, 且依据可变焦距透镜 7 的焦点距离而相似地进行变更。

[0064] 图 7(a) 及图 7(b) 为可变焦距透镜 7 对环带照明中所形成的二次光源的作用的说明图。图 7(a) 所示为在标准状态下所形成的环带状的二次光源 130a, 图 7(b) 所示为在将可变焦距透镜 7 的焦点距离向规定的值进行扩大的状态下(圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔不变)所形成的环带状的二次光源 130c。参照图 7(a)、图 7(b), 藉由使可变焦距透镜 7 的焦点距离从最小值向规定的值进行扩大, 而使照明光的光量大致保持一定, 并使其全体形状变化为相似地进行扩大的环带状的二次光源 130c。亦即, 由于可变焦距透镜 7 的作用, 环带状的二次光源的环带比(annular ratio)不产生变化, 而其宽度及大小(外径)一起进行变化。通过了可变焦距透镜 7 的光束入射至射束分裂器 8。由射束分裂器 8 所反射的光束入射至 CCD 摄像部(侦测部)9。利用 CCD 摄像部 9 所形成的图像信号被输出向控制部 20。

[0065] 通过了射束分裂器 8 的光束, 入射至作为光学积分仪的微型透镜阵列 10。对微型透镜阵列 10 的入射光束的入射角度, 伴随圆锥旋转三棱镜系统 87 的间隔的变化, 而与向规定面 6 的入射光束角度的变化同样地进行变化。微型透镜阵列 10 为由纵横且稠密排列地多个具有正折射力的微小透镜构成的光学元件。构成微型透镜阵列 10 的各微小透镜, 具有与在光罩(被照射面)M 上应形成的照明区域的形状(进而为在晶圆 W 上应形成的曝光区域的形状)相似的矩形状的横断面。入射至微型透镜阵列 10 的光束由多个微小透镜进行二维分割, 并在其后侧焦点面(进而为照明光瞳)上, 形成具有与向微型透镜阵列 10 的入

射光束所形成的照明区域大致相同的光分布的二次光源，亦即，由以光轴 AX 为中心的环带状的实质上的面光源所构成的二次光源。

[0066] 在本例中，配置在被照射面上的光罩 M 是利用凯勒照明 (Koehler illumination) 进行照明，所以该形成有 2 次光源的平面为与投影光学系统 PL 的孔径光阑共轭的面，也被称作照明装置 IL 的照明瞳面。典型地是被照射面（配置有光罩 M 的平面或配置有晶圆 W 的面）对照明瞳面形成光学傅里叶转换面。瞳 (pupil) 强度分布为照明装置 IL 的照明瞳面上的光强度分布，或与照明瞳面共轭的平面上的光强度分布。但是，在由微型透镜阵列 10 所形成的波面分割数大的情况下，在微型透镜阵列 10 的入射面上所形成的全辉度分布与 2 次光源全体的全光强度分布（瞳强度分布）具有高相关性，因此，微型透镜阵列 10 的入射面上或与该入射面共轭的平面上的光强度分布也称作瞳强度分布。关于这种微型透镜阵列 10，可参照美国专利第 6913373 号说明书、美国专利公开公报的 2008/0074631 号。微型透镜阵列 10 也被称作微型复眼透镜。

[0067] 从微型透镜阵列 10 的后侧焦点面上所形成的环带状的二次光源所发出的光束，通过可在微型透镜阵列 10 的后侧焦点面（射出面）或其附近配置设定的孔径光阑 12。孔径光阑 12 是由例如虹彩光阑等构成，用于将微型透镜阵列 10 的后侧焦点面上所形成的二次光源的大小限制在规定的大小。经过了孔径光阑 12 的光束，经由射束分裂器 14、聚光镜 17a 而在光罩遮板 MB 上重叠地进行照明。利用射束分裂器 14 所反射的光束通过透镜 15，入射至光电二极管 16。利用光电二极管 16 所形成的侦测信号向控制部 20 输出。

[0068] 在作为照明视野光阑 (stop) 的光罩遮板 MB 上，形成有与构成微型透镜阵列 10 的各微小透镜的形状和焦点距离相称的矩形状的照明区域。通过了光罩遮板 MB 的矩形状的开口部的光束，在受到成像光学系统 17b 的集光作用后，由反射镜 19 进行反射，而对形成有规定图案的光罩 M 重叠地进行照明。亦即，成像光学系统 17b 在光罩载台 MS 所载置的光罩 M 上，形成光罩遮板 MB 的矩形状开口部的像。另外，镭射光光源 1～反射镜 19 及空间光调变单元 SM1 构成照明光学系统。

[0069] 通过了光罩 M 的图案的光束经由投影光学系统 PL，在作为感光性基板的晶圆 W 上形成光罩 M 的图案像。这样，藉由在与投影光学系统 PL 的光轴 AX 直交的平面内，对晶圆载台 WS 上的晶圆 W 进行二维驱动控制并进行整体曝光或扫描曝光，从而在晶圆 W 的各曝光区域上依次曝光该光罩 M 的图案。

[0070] 依据本实施形态的曝光装置，由于具有使入射至空间光调变器的照明光进行扩散的扩散器，其中，该空间光调变器用于在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处形成所需的光强度分布，所以可根据扩散的照明光，利用空间光调变器而在照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处形成所需的光强度分布。亦即，当利用空间光调变器的各要素反射镜所反射的光在照明光学系统的光瞳位置（瞳面）处形成所需的光强度分布时，由各要素反射镜所反射的光在照明光学系统的瞳面上会变得模糊，所以与不设置扩散器 4 的情况下相比，会形成大的光点。因此，可使照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处的照明斑点不明显。而且，能够使照明光学系统的光瞳位置或与光瞳位置光学共轭的位置处的光分布轻松地形成各种各样的光分布形状，可短时间且连续地变更为最佳的光分布形状。因此，可以高生产量及高解析度而将光罩的图案曝光到晶圆上。

[0071] 另外,在图1所示的本实施形态的曝光装置中,是利用CCD摄像部9而侦测在与照明光学系统的光瞳位置成光学共轭的位置处的光强度分布。而且,本实施形态的曝光装置是保持晶圆W等被处理基板,并与可移动的曝光载台(晶圆载台WS)分别设置,且在具有各种计测构件或感测器的计测载台上设置CCD摄像部39。该CCD摄像部39根据通过了照明光学系统及投影光学系统这两者的光,而侦测在与照明光学系统(投影光学系统)的光瞳位置成光学共轭的位置处的光强度分布。如利用该CCD摄像部39,则除了照明光学系统以外,还可修正投影光学系统的历时性光学特性变化的影响。这种CCD摄像部39在例如美国专利公开第2008/0030707号公报中有所揭示。另外,具有上述那种计测载台的曝光装置在例如日本专利早期公开的特开平11-135400号中有所揭示。

[0072] 另外,在上述实施形态的曝光装置中,如图8所示,从照明光的有效利用的观点来看,在扩散器4和空间光调变单元SM1之间配置成像光学系统30,并将扩散器4所扩散的照明光转换为收敛光且入射至空间光调变单元SM1的空间光调变器S1较佳。而且,在这种情况下,扩散器4和空间光调变单元SM1的空间光调变器S1具有在光学上共轭的关系较佳。

[0073] 而且,在上述实施形态的曝光装置中,是利用使照明光等向扩散的扩散器,但藉由更换为扩散特性不同的扩散器(使照明光非等向扩散的扩散器),可对照明光学系统的光瞳位置处所形成的光强度分布的光分布形状进行调整。作为这种扩散器,可利用例如纵方向的扩散特性和横方向的扩散特性不同的扩散器。因此,利用与图案的形状相对应的光强度分布,能以高解析度将图案曝光到晶圆上。

[0074] 而且,在上述实施形态的曝光装置中,作为具有二维排列且个别地进行控制的多个反射要素的空间光调变器,是利用能够个别地控制二维排列的反射面的姿势的空间光调变器,但作为这种空间光调变器,可利用例如日本专利的特表平10-503300号公报及与其对应的欧洲专利公开第779530号公报、日本专利早期公开的特开2004-78136号公报及与其对应的美国专利第6,900,915号公报、日本专利的特表2006-524349号公报及与其对应的美国专利第7,095,546号公报以及日本专利早期公开的特开2006-113437号公报所揭示的空间光调变器。在这些空间光调变器中,可使经过了空间光调变器的个别的反射面的各个光以规定的角度入射至一种分布形成光学系统,并在照明瞳面上形成与对多个光学要素的控制信号相称的规定的光强度分布。

[0075] 而且,作为空间光调变器,也可利用例如二维排列并可个别控制反射面的高度的空间光调变器。作为这种空间光调变器,可利用例如日本专利早期公开的特开平6-281869号公报及与其对应的美国专利第5,312,513号公报以及日本专利的特表2004-520618号公报及与其对应的美国专利第6,885,493号公报的图1d所揭示的空间光调变器。在这些空间光调变器中,藉由形成二维的高度分布,可对入射光赋予与折射面同样的作用。

[0076] 另外,也可将上述具有二维排列的多个反射面的空间光调变器,依据例如日本专利的特表2006-513442号公报及与其对应的美国专利第6,891,655号公报或日本专利的特表2005-524112号公报及与其对应的美国专利公开第2005/0095749号公报所揭示的内容而进行变形。

[0077] 而且,在上述的实施形态中,是在弯曲反射镜3的下部侧配置扩散器4及空间光调变单元SM1,但也可在弯曲反射镜3的位置处配置不具有棱镜的空间光调变器S1,并在其上部侧(光源侧)配置扩散器4。而且,在上述实施形态的曝光装置中,是利用ArF准分子激

光光源或 KrF 准分子激光光源作为激光光源,但也可利用 F₂ 激光光源。

[0078] 在上述各实施形态的曝光装置中,藉由利用照明光学系统来对光栅(光罩)进行照明,并利用投影光学系统将光罩上所形成的转印用的图案在感光性基板(晶圆)上进行曝光(曝光步骤),可制造微型元件(半导体元件、摄像元件、液晶显示元件、薄膜磁头等)。以下,参照图 9 的流程图,对藉由利用上述实施形态的曝光装置,在作为感光性基板的晶圆等上形成规定的电路图案,从而得到作为微型元件的半导体元件时的方法的一个例子进行说明。

[0079] 首先,在图 9 的步骤 S301 中,在 1 批晶圆上蒸镀金属膜。在接着的步骤 S302 中,在这 1 批晶圆的金属膜上涂敷光阻。然后,在步骤 S303 中,利用上述实施形态的曝光装置,使光罩上的图案的像经由该投影光学系统,而在这 1 批晶圆上的各照射区域上依次进行曝光转印。然后,在步骤 S304 中,进行这 1 批晶圆上的光阻的显像,继而在步骤 S305 中,在这 1 批晶圆上将光阻图案作为光罩来进行蚀刻,从而在各晶圆上的各照射区域形成与光罩上的图案相对应的电路图案。

[0080] 然后,藉由进行更上一层的电路图案的形成等,而制造半导体元件等元件。依据上述的微型元件制造方法,由于利用上述实施形态的曝光装置进行曝光,所以可以高生产量且精度良好地得到具有极微细电路图案的微型元件。另外,在步骤 S301 ~ 步骤 S305 中,是在晶圆上蒸镀金属,并在该金属膜上涂敷光阻,然后,进行曝光、显像、蚀刻等各项步骤,当然也可在这些步骤之前,在晶圆上形成硅的氧化膜,然后,在该硅的氧化膜上涂敷光阻,再进行曝光、显像、蚀刻等各项步骤。

[0081] 而且,在上述实施形态的曝光装置中,藉由在板(玻璃基板)上形成规定的图案(电路图案、电极图案等),也可得到作为微型元件的液晶显示元件。以下,参照图 10 的流程图,对此时的方法的一个例子进行说明。在图 10 中,是在图案形成步骤 S401 中进行所谓的光蚀刻步骤,利用上述实施形态的曝光装置,将光罩的图案转印曝光到感光性基板(涂敷有光阻的玻璃基板等)上。利用该光蚀刻步骤,在感光性基板上形成含有多个电极等的规定图案。然后,曝光了的基板藉由经过显像步骤、蚀刻步骤、光阻剥离步骤等各项步骤,而在基板上形成规定的图案,并转移至下一滤色器形成步骤 S402。

[0082] 接着,在滤色器形成步骤 S402 中形成这样的滤色器,使对应于 R(Red)、G(Green)、B(blue) 的 3 点一组呈矩阵状排列多组而成,或是使 R、G、B 的 3 条细长的滤色器一组沿着水平扫描线方向排列多组而成。然后,在滤色器形成步骤 S402 之后,实行胞组(cell)装步骤 S403。在胞组装步骤 S403 中,利用由图案形成步骤 S401 所得到的具有规定图案的基板,以及由滤色器形成步骤 S402 所得到的滤色器等,组装液晶面板(液晶胞)。在胞组装步骤 S403 中,是在例如由图案形成步骤 S401 所得到的具有规定图案的基板和由滤色器形成步骤 S402 所得到的滤色器之间注入液晶,以制造液晶面板(液晶胞)。

[0083] 然后,利用模组组装步骤 S404,安装使组装的液晶面板(液晶胞)进行显示动作的电气电路、背光灯等各构件,完成液晶显示元件。依据上述的液晶显示元件的制造方法,由于利用上述实施形态的曝光装置进行曝光,所以可以高生产量且精度良好地得到具有极微细图案的半导体元件。

[0084] 在上述实施形态中可应用所谓的液浸(immersion)技术,这是利用折射率大于 1.1 的媒体(典型的是液体)来充满投影光学系统和感光性基板之间的光路的内部的技术。

在这种情况下,作为利用液体充满投影光学系统和感光性基板之间的光路的内部的技术,可采用以下的技术。例如国际公报 WO99/49504 号所揭示的利用液体局部充满该光路的技术,日本专利早期公开的特开平 6-124873 号所揭示的使保持被曝光基板的载台在液体浴(bath)内进行移动的技术,日本专利早期公开的特开平 10-303114 号揭示的,在载台上所形成的规定深度的液体浴中保持基板的技术等。

[0085] 在上述实施形态中,也可应用美国专利公开公报 2006/0203214 号、2006/0170901 号、2007/0146676 号所揭示的那种所谓的偏光照明法。

[0086] 而且,本发明并不限定应用于半导体元件制造用的曝光装置,也可广泛应用于例如在方型的玻璃板上所形成的液晶显示元件或电浆显示器等显示装置用的曝光装置,或者用于制造摄像元件(CCD 等)、微型机器、薄膜磁头及 DNA 晶片等各种元件的曝光装置。另外,本发明也可应用于利用光蚀刻步骤制造形成有各种元件的光罩图案的光罩(光遮罩、光栅(reticle)等)时的曝光步骤(曝光装置)。

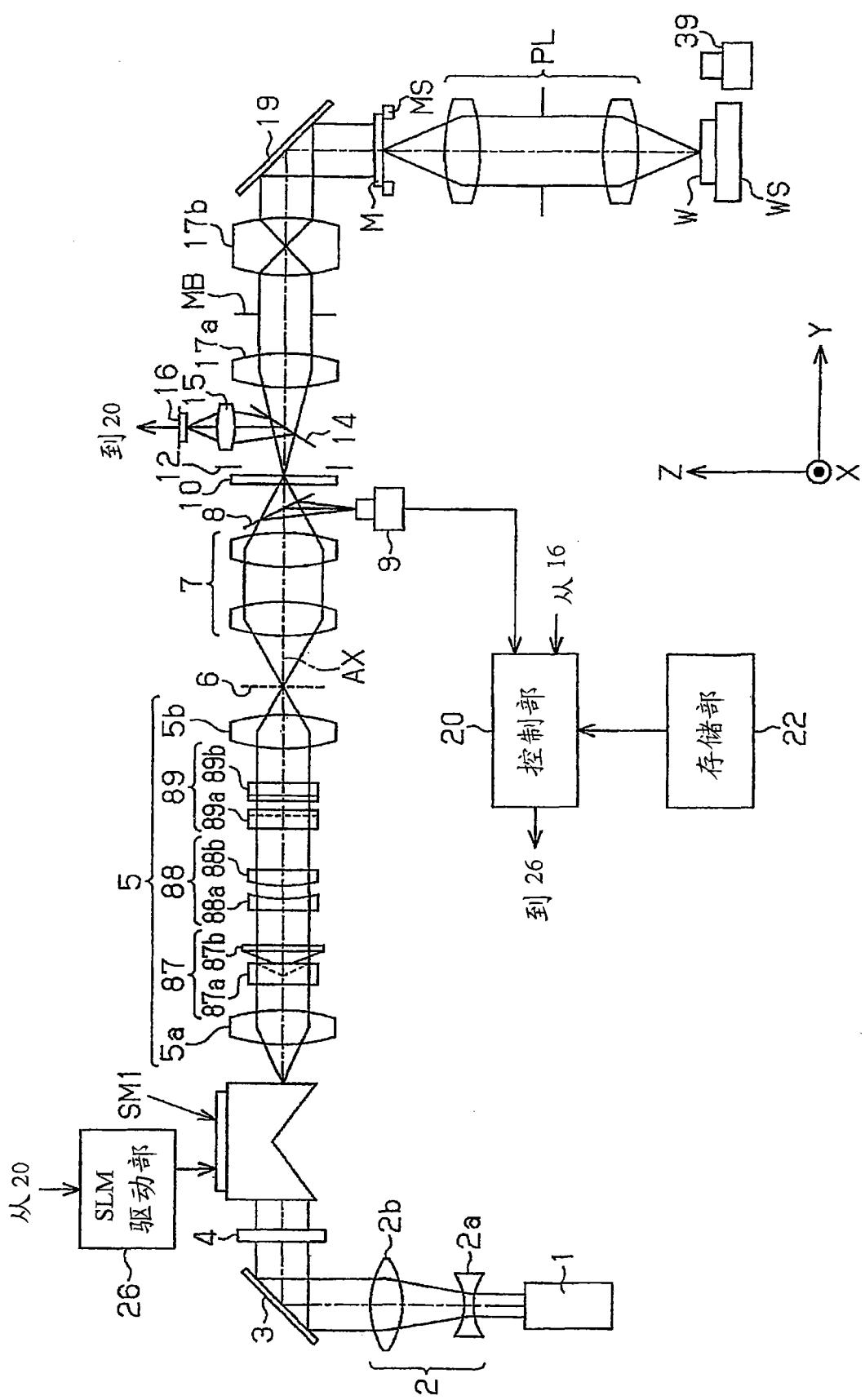


图 1

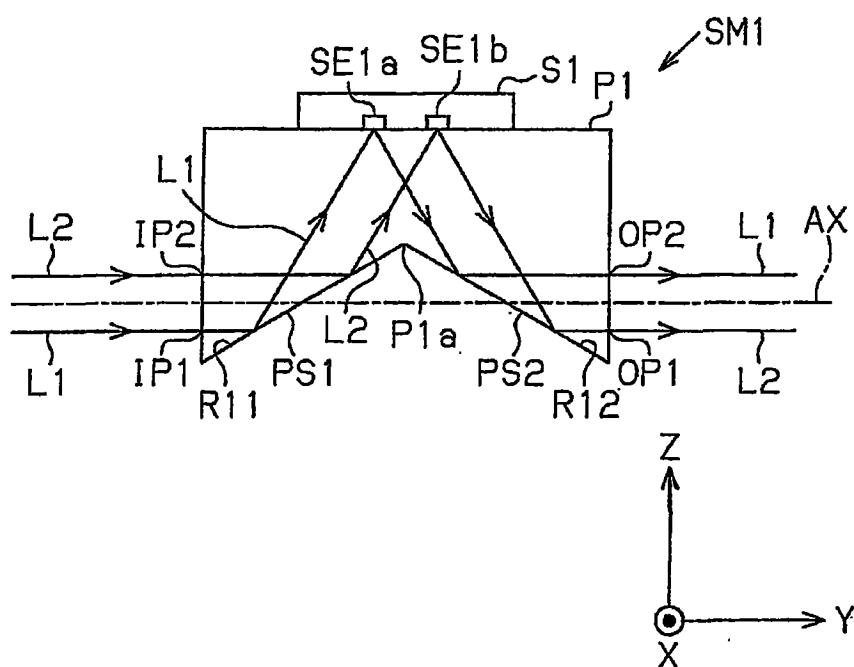


图 2

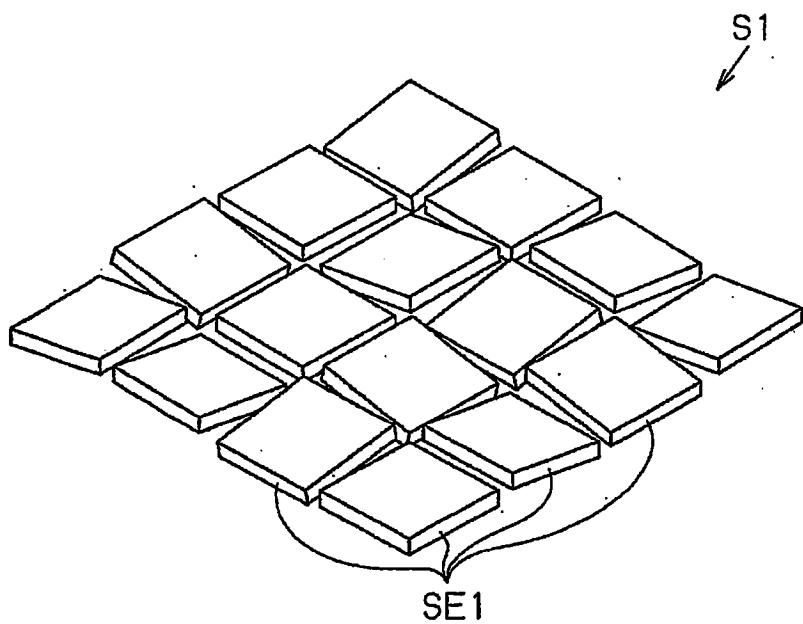


图 3

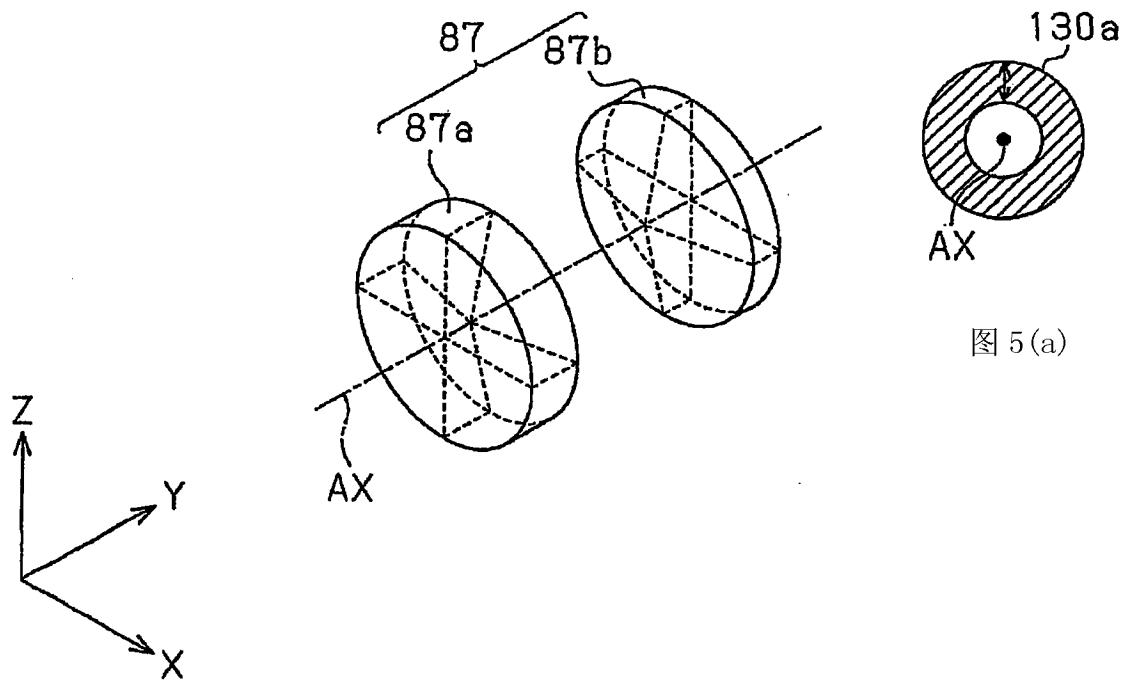


图 5(a)

图 4

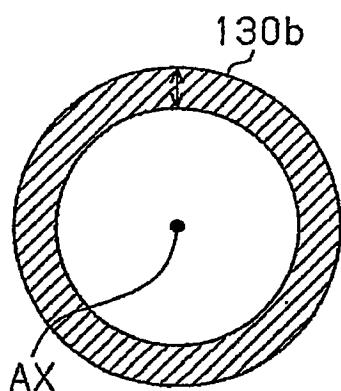


图 5(b)

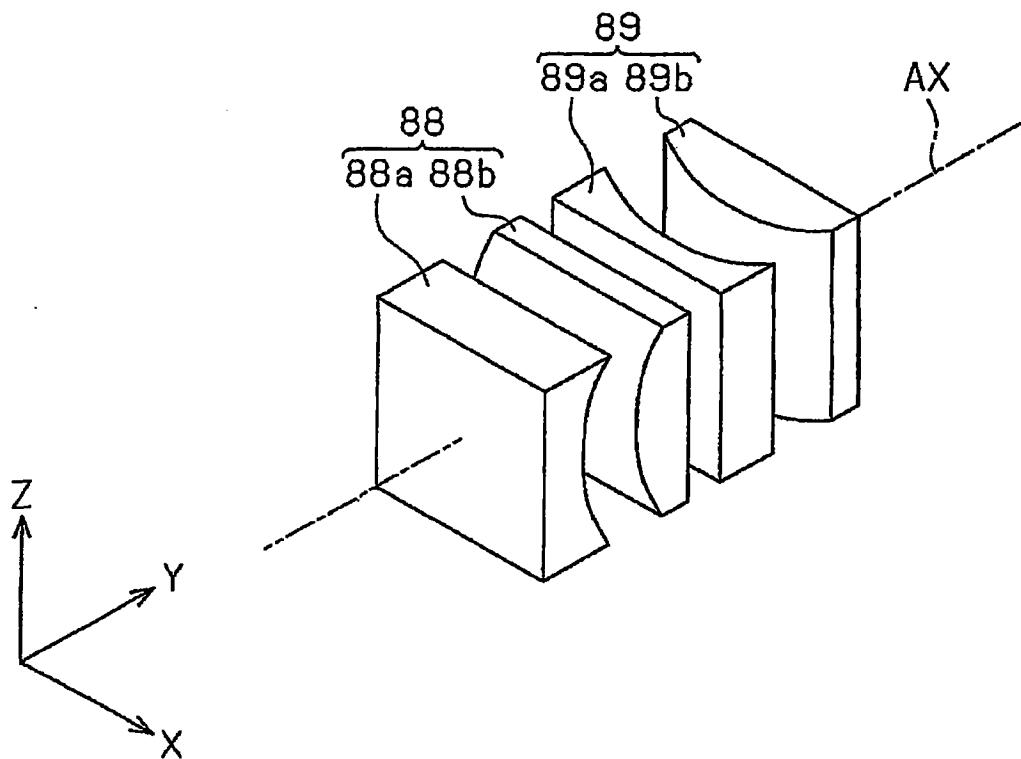


图 6

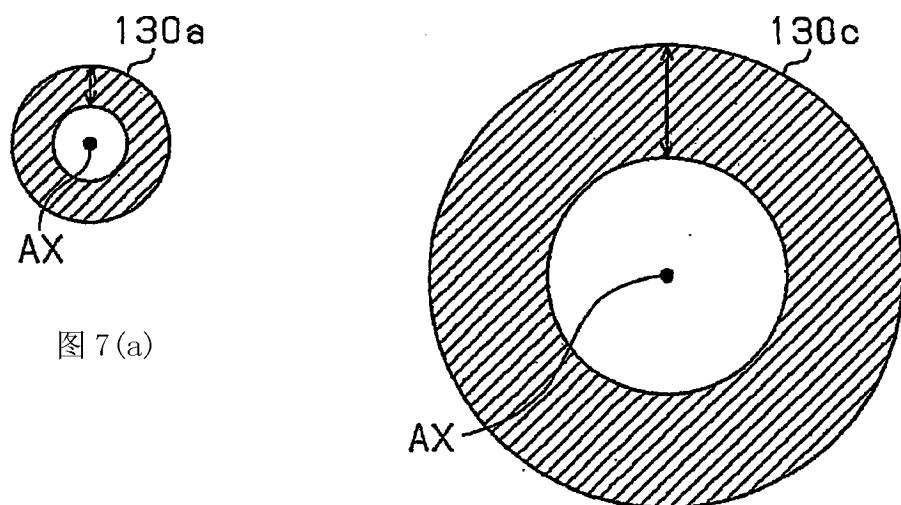


图 7(a)

图 7(b)

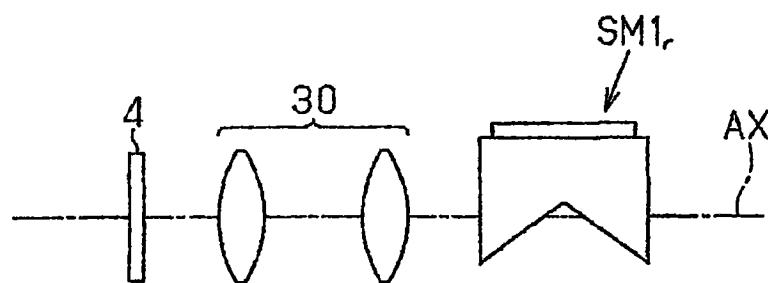
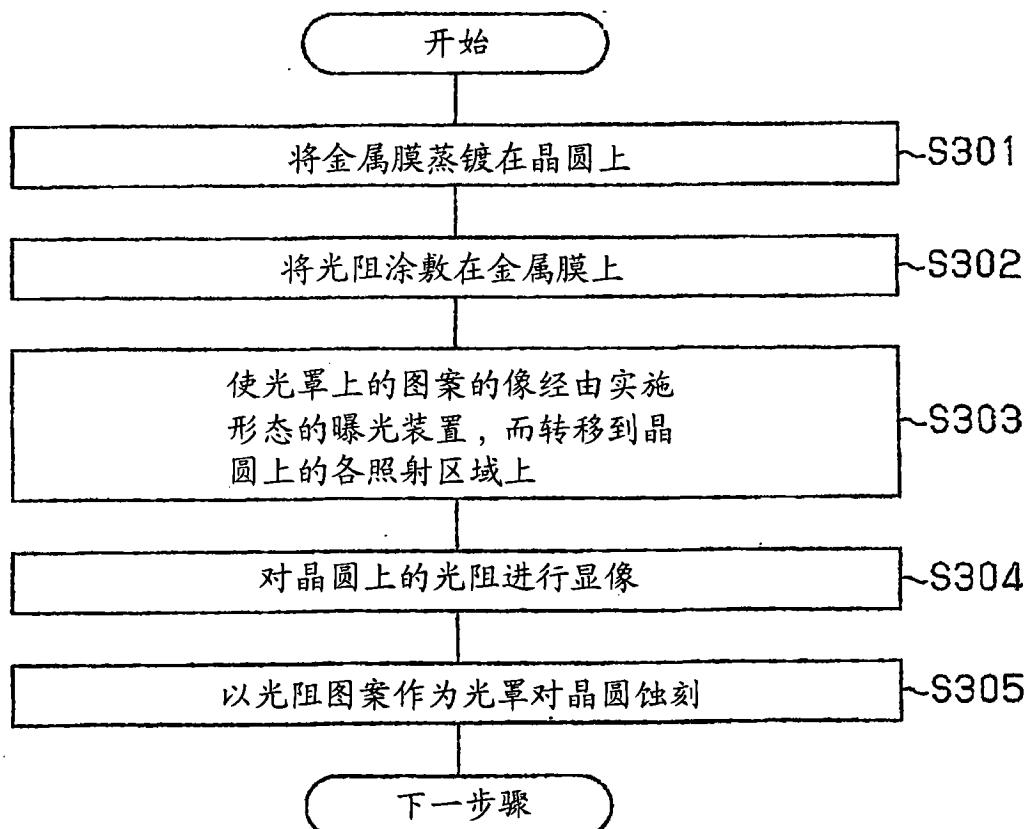


图 8



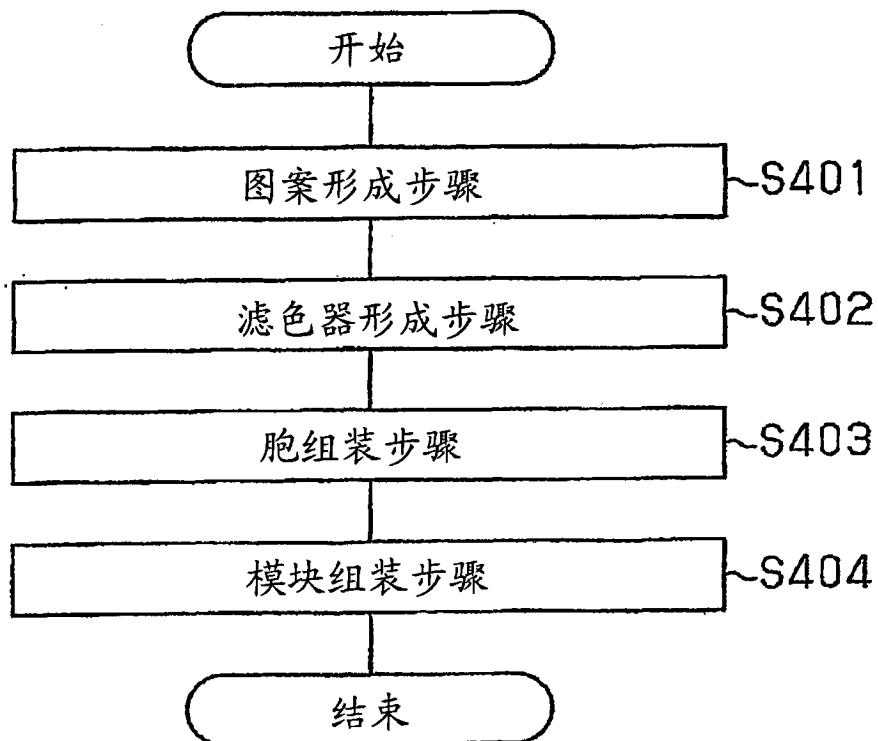


图 10