



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101685266 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 200910173717. 5

G02B 27/44 (2006. 01)

(22) 申请日 2004. 11. 02

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2003-390674 2003. 11. 20 JP

JP 特开平 6-5120 A, 1994. 02. 25, 说明书第 13-39 段, 附图 3-8.

(62) 分案原申请数据

200480034124. 6 2004. 11. 02

JP 特开平 6-188169 A, 1994. 07. 08, 全文.

JP 特开 2002-75835 A, 2002. 03. 15, 全文.

(73) 专利权人 株式会社尼康

审查员 安晶

地址 日本东京千代田区丸之内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 发明人 豊田光纪

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 陈伟

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

G02B 27/28 (2006. 01)

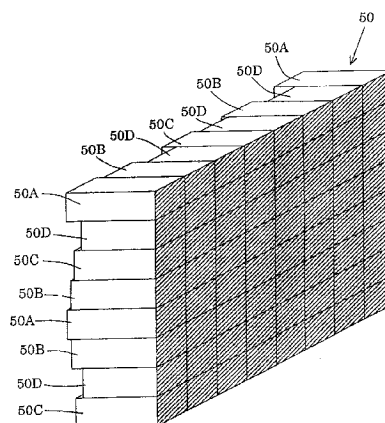
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 16 页

(54) 发明名称

光学照明装置、曝光装置以及曝光方法

(57) 摘要

一种光学照明装置、曝光装置及曝光方法。光学照明装置包括：光束变换元件，设置于光源与被照射面之间的光路，包含：利用具有旋光性的结晶光学材料所形成的元件，将自光源入射的照明光的光束的断面形状为相异形状的所定的光强度分布、形成于光学照明装置的瞳面上；以及圆锥旋转三棱镜系统，配置在：利用结晶光学材料所形成的元件的射出侧中的照明光的光路，所述元件是：将射入到所述元件的直线偏光状态的照明光，变换成以轮胎状区域的圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的偏光状态的照明光，轮胎状区域是在瞳面中、以光学照明装置的光轴为中心。藉由所述元件而变换偏光状态的照明光是：经由圆锥旋转三棱镜系统而照射到被照射面。



1. 一种光学照明装置,适用在将掩膜的图案转写到感光性基板的曝光装置中,使用来自光源射出的照明光、而对配置所述掩膜的被照射面进行照明,所述光学照明装置的特征在于包括:

光束变换元件,设置于所述光源与所述被照射面之间的光路,所述光束变换元件包含:利用具有旋光性的结晶光学材料所形成的元件,且所述光束变换元件将入射的所述照明光的光束的断面形状为相异形状的所定的光强度分布、形成于所述光学照明装置的瞳面上;以及

圆锥旋转三棱镜系统,配置在:所述利用结晶光学材料所形成的元件的射出侧中的所述照明光的光路,

所述利用结晶光学材料所形成的元件是:利用所述结晶光学材料的旋光性使偏光方向旋转,而将射入到所述元件的直线偏光状态的所述照明光,变换成以轮胎状区域的圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的偏光状态的照明光,所述轮胎状区域是在所述瞳面中、以所述光学照明装置的光轴为中心,且藉由利用所述结晶光学材料所形成的元件而变换偏光状态的所述照明光是:经由所述圆锥旋转三棱镜系统而照射到所述被照射面。

2. 根据权利要求1所述的光学照明装置,其特征在于:

所述圆锥旋转三棱镜系统包括:

第1棱镜元件,向所述照明光的射入侧为平面、且向所述照明光的射出侧为凹圆锥状的曲折面;以及

第2棱镜元件,配置于所述第1棱镜元件的射出侧的所述光路,向所述照明光的射出侧为平面、且向所述照明光的射入侧为凸圆锥状的曲折面。

3. 根据权利要求2所述的光学照明装置,其特征在于:

所述第1棱镜元件与所述第2棱镜元件的间隔为可变。

4. 根据权利要求1所述的光学照明装置,其特征在于:

所述利用结晶光学材料所形成的元件是:所述结晶光学材料的结晶光学轴朝向与所述光轴为一致的方向。

5. 根据权利要求1所述的光学照明装置,其特征在于:

所述瞳面中的所述照明光的偏光状态是:持有在以所述光轴为中心的圆的切线为一致的偏光方向的直线偏光状态。

6. 根据权利要求1所述的光学照明装置,其特征在于所述光束变换元件包括:

在所述瞳面中、于所述轮胎状区域内的对于所述光轴而对称的一对圆弧状区域来分布所述照明光的绕射面。

7. 根据权利要求6所述的光学照明装置,其特征在于:

所述所定的光强度分布为:在所述瞳面中、所述轮胎状区域内的轮胎状的光强度分布。

8. 根据权利要求6所述的光学照明装置,其特征在于:

所述所定的光强度分布为:在所述瞳面中、所述轮胎状区域内的多极状的光强度分布。

9. 根据权利要求6所述的光学照明装置,其特征在于还包括:

波面分割型的光学积分器,配置在所述绕射面的射出侧中的所述光路以及变焦距透镜,配置于所述绕射面与所述光学积分器之间的所述光路。

10. 根据权利要求1所述的光学照明装置,其特征在于:

所述照明光以直线偏光为主成分的偏光状态,而从所述光源射出。

11. 根据权利要求 10 所述的光学照明装置,其特征在于还包括:

偏光状态切换装置,配置在所述光束变换元件的射入侧的所述光路中,将从所述光源射出的所述照明光的偏光状态,在直线偏光状态与非偏光状态之间、或偏光方向互相垂直的两个直线偏光状态之间进行切换。

12. 根据权利要求 11 所述的光学照明装置,其特征在于:

所述偏光状态切换装置包括:

1/4 波长板、1/2 波长板以及消偏振镜,所述消偏振镜配置成能够从所述光路退出。

13. 根据权利要求 10 所述的光学照明装置,其特征在于:

从所述光源射出的所述照明光的偏光度大于等于 95%。

14. 一种曝光装置,将掩膜的图案曝光到感光性基板,所述曝光装置的特征在于其包括:

权利要求 1 至 13 中任一权利要求所述的光学照明装置,对所述掩膜进行照明。

15. 根据权利要求 14 所述的曝光装置,其特征在于包括:

投影光学系统,将所述掩膜的所述图案的像投影到所述感光性基板;

其中,所述图案的像是:经由充满在所述投影光学系统与所述感光性基板之间的光路的液体,而投影到所述感光性基板。

16. 一种曝光方法,将掩膜的图案曝光到感光性基板,所述曝光方法的特征在于包括:

使用权利要求 1 至 13 中任一权利要求所述的光学照明装置,对所述掩膜的图案进行照明;以及

使用所述光学照明装置而被照明的所述掩膜的图案在所述感光性基板上进行曝光。

17. 根据权利要求 16 所述的曝光方法,其特征在于包括:

将使用所述光学照明装置而被照明的所述图案的像投影到所述感光性基板;

其中,所述图案的像是:在将所述图案的像投影到所述感光性基板上的投影光学系统、与所述感光性基板之间的光路充满液体的状态,而被进行投影。

光学照明装置、曝光装置以及曝光方法

[0001] 本申请是原申请申请号 200480034124.6 (国际申请号 PCT/JP2004/016247, 国际申请日 2004 年 11 月 2 日), 发明名称为“光束变换元件、光学照明装置、曝光装置以及曝光方法”的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明为关于光束变换元件, 光学照明装置, 曝光装置, 以及曝光方法, 特别是关于用光刻蚀刻工程制造半导体元件, 摄影元件液晶显示元件, 薄膜磁头等的微元件之际, 其所使用的曝光装置适用的光学照明装置。

背景技术

[0003] 此种典型的曝光装置, 由光源射出的光束, 透过光学积分器 (optical integrator) 及蝇眼透镜 (fly-eye lens), 由多数的光源形成实质的面光源的二次光源。二次光源 (一般为光学照明装置的照明瞳或在其近傍形成的照明瞳分布) 照出的光束, 经配置在蝇眼透镜的后侧焦点面近傍的开口光圈限制后, 射入聚光透镜 (condenser lens)。

[0004] 由该聚光透镜聚集的光束, 重叠地照明已形成所定的图案的掩膜。透过该掩膜的图案的光, 通过光学投影系统在晶圆 (wafer) 上成像。如此, 掩膜图案投影曝光 (复制) 到晶片上。又, 在掩膜形成的图案已被高度积体化, 该微细图案要正确地复制到晶片上, 在晶片上有均匀的照明度分布是不可缺的。

[0005] 例如在本申请人提出申请的日本专利第 3246615 号公报中有揭露, 为实现能将任意方向的微细图案, 忠实地复制之合适的照明条件, 在蝇眼透镜的后侧焦点面形成轮胎状的二次光源, 将通过该轮胎状的二次光源的光束, 设定成以该圆周方向为偏光方向的直线偏光状态 (以下称「周方向偏光状态」) 的技术。

[0006] [专利文献 1] 日本专利第 3246615 号公报

[0007] 但是, 在上述的公报揭露的先前的技术, 是将经蝇眼透镜形成的圆形光束, 再经有轮胎状开口部的开口光圈限制形成轮胎状的二次光源。结果, 先前的技术, 在开口光圈发生大量的光量损失, 引发曝光装置的通光量低下的不适合现象。

发明内容

[0008] 本发明的目的为能有效地抑制光量损失, 且形成周方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布。又, 本发明因能有效抑制光量损失, 且形成周方向偏光状态的环状照明瞳, 另一目的为能够在适切的照明条件下将任意方向的微细图案忠实且高速地复制。

[0009] 为达到上述的目的, 本发明的第一形态, 提供一种光学照明装置, 适用在将掩膜的图案转写到感光性基板的曝光装置中, 使用来自光源射出的照明光、而对配置所述掩膜的被照射面进行照明, 所述光学照明装置的特征在于包括: 光束变换元件, 设置于所述光源与所述被照射面之间的光路, 所述光束变换元件包含: 利用具有旋光性的结晶光学材料所形成的元件, 且所述光束变换元件将入射的所述照明光的光束的断面形状为相异形状的所定

的光强度分布、形成于所述光学照明装置的瞳面上；以及圆锥旋转三棱镜系统，配置在：所述利用结晶光学材料所形成的元件的射出侧中的所述照明光的光路，所述利用结晶光学材料所形成的元件是：将射入到所述元件的直线偏光状态的所述照明光，变换成以轮胎状区域的圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的偏光状态的照明光，所述轮胎状区域是在所述瞳面中、以所述光学照明装置的光轴为中心，且藉由利用所述结晶光学材料所形成的元件而变换偏光状态的所述照明光是：经由所述圆锥旋转三棱镜系统而照射到所述被照射面。

[0010] 在本发明的一实施例中，所述圆锥旋转三棱镜系统包括：第 1 棱镜元件，向所述照明光的射入侧为平面、且向所述照明光的射出侧为凹圆锥状的曲折面；以及第 2 棱镜元件，配置于所述第 1 棱镜元件的射出侧的所述光路，向所述照明光的射出侧为平面、且向所述照明光的射入侧为凸圆锥状的曲折面。

[0011] 在本发明的一实施例中，所述第 1 棱镜元件与所述第 2 棱镜元件的间隔为可变。

[0012] 在本发明的一实施例中，所述利用结晶光学材料所形成的元件是：所述结晶光学材料的结晶光学轴朝向与所述光学照明装置的光轴为一致的方向。

[0013] 在本发明的一实施例中，所述瞳面中的所述照明光的偏光状态是：持有在以所述光轴为中心的圆的切线为一致的偏光方向的直线偏光状态。

[0014] 在本发明的一实施例中，所述光束变换元件包括：在所述瞳面中、于所述轮胎状区域内的对于所述光轴而对称的一对圆弧状区域来分布所述照明光的绕射面。

[0015] 在本发明的一实施例中，所述所定的光强度分布为：在所述瞳面中、所述轮胎状区域内的轮胎状的光强度分布。

[0016] 在本发明的一实施例中，所述所定的光强度分布为：在所述瞳面中、所述轮胎状区域内的多极状的光强度分布。

[0017] 在本发明的一实施例中，所述光学照明装置还包括：波面分割型的光学积分器，配置在所述绕射面的射出侧中的所述光路；以及变焦距透镜，配置于所述绕射面与所述光学积分器之间的所述光路。

[0018] 在本发明的一实施例中，所述照明光以直线偏光为主成分的偏光状态，而从所述光源射出。

[0019] 在本发明的一实施例中，所述光学照明装置还包括：偏光状态切换装置，配置在所述光束变换元件的射入侧的所述光路中，将从所述光源射出的所述照明光的偏光状态，在直线偏光状态与非偏光状态之间、或偏光方向互相垂直的两个直线偏光状态之间进行切换。

[0020] 在本发明的一实施例中，所述偏光状态切换装置包括： $1/4$ 波长板、 $1/2$ 波长板以及消偏振镜，所述消偏振镜配置成能够从所述光路退出。

[0021] 在本发明的一实施例中，从所述光源射出的所述照明光的偏光度大于等于 95%。

[0022] 为达到上述的目的，本发明的第二形态，提供一种曝光装置，将掩膜的图案曝光到感光性基板，所述曝光装置包括：上述的光学照明装置，对所述掩膜进行照明。

[0023] 在本发明的一实施例中，所述曝光装置包括：投影光学系统，将所述掩膜的所述图案的像投影到所述感光性基板；其中，所述图案的像是：经由充满在所述投影光学系统与所述感光性基板之间的光路的液体，而投影到所述感光性基板。

[0024] 为达到上述的目的,本发明的第三形态,提供一种曝光方法,将掩膜的图案曝光到感光性基板,所述曝光方法包括:使用上述的光学照明装置,对所述掩膜的图案进行照明;以及使用所述光学照明装置而被照明的所述掩膜的图案在所述感光性基板上进行曝光。

[0025] 在本发明的一实施例中,所述曝光方法包括:将使用所述光学照明装置而被照明的所述图案的像投影到所述感光性基板;其中,所述图案的像是:在将所述图案的像投影到所述感光性基板上的投影光学系统、与所述感光性基板之间的光路充满液体的状态,而被进行投影。

[0026] 本发明的光学照明装置,异于先前的装置,在开口光圈不发生大量的光量损失,并利用光束变换元件的光学绕射元件的绕射作用及旋光作用,不发生实质的光量损失,能够形成周边方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布。亦即本发明的光学照明装置,能够良好地抑制光量损失,且能形成周边方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布。

[0027] 又,使用本发明的光学照明装置的曝光装置及曝光方法,因使用能够良好地抑制光量损失,而且能形成周边方向偏光状态的轮胎状照明瞳分布的光学照明装置,故能够在适切的照明条件下,忠实且高速地复制任意方向的微小图案,亦即能够以高生产率制造良好的元件。

[0028] 为了让本发明的上述和其他目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附图式,作详细说明如下。

附图说明

[0029] 图 1 绘示本发明的实施例的配备光学照明装置的曝光装置的构造概略图。

[0030] 图 2 绘示在轮胎状照明形成轮胎状的二次光源。

[0031] 图 3 绘示图 1 中,在无焦距透镜的前侧透镜群与后侧透镜群之间的光路中,配置的圆锥旋转三棱镜系统的构造的概略图。

[0032] 图 4 绘示圆锥旋转三棱镜系统对轮胎状的二次光源的作用的说明图。

[0033] 图 5 绘示变焦距透镜对轮胎状二次光源的作用的说明图。

[0034] 图 6 绘示在图 1 中,在无焦透镜的前侧透镜群与后侧透镜群之间的光路中,配置的第一圆柱形透镜偶及第二圆柱形透镜偶的构造的概略图。

[0035] 图 7 为说明第一圆柱形透镜偶及第二圆柱形透镜偶对轮胎状二次光源的作用的第一图。

[0036] 图 8 为说明第一圆柱形透镜偶及第二圆柱形透镜偶对轮胎状二次光源的作用的第二图。

[0037] 图 9 为说明第一圆柱形透镜偶及第二圆柱形透镜偶对轮胎状二次光源的作用的第三图。

[0038] 图 10 绘示图 1 的偏光监视器的内部构造的概略的斜视图。

[0039] 图 11 绘示本实施例的圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件的构造的概略图。

[0040] 图 12 绘示设定成圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源的概略图。

[0041] 图 13 绘示第一基本元件的作用的说明图。

[0042] 图 14 绘示第二基本元件的作用的说明图。

- [0043] 图 15 绘示第三基本元件的作用的说明图。
- [0044] 图 16 绘示第四基本元件的作用的说明图。
- [0045] 图 17 绘示水晶的旋光性的说明图。
- [0046] 图 18(a) 绘示由沿圆周方向互相离开的八个圆弧状区域形成的圆周方向偏光状态的八极状二次光源。
- [0047] 图 18(b) 绘示由沿圆周方向互相离开的四个圆弧状区域形成的圆周方向偏光状态的四极状二次光源。
- [0048] 图 19 绘示沿圆周向互相重复的八圆弧状区域形成的圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源。
- [0049] 图 20(a) 绘示由沿圆周方向互相离开的六个区域形成的圆周方向偏光状态的六极状二次光源。
- [0050] 图 20(b) 绘示由沿圆周方向互相离开的复数个区域以及光轴上的区域形成的圆周方向偏光状态的二次光源。
- [0051] 图 21 绘示沿圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件的光射入侧之面平面化之例。
- [0052] 图 22 绘示制造微元件的半导体元件的程序的流程图。
- [0053] 图 23 绘示制造微元件的液晶显示元件的程序的流程图。
- [0054] 1 : 光源
- [0055] 4 : 偏光状态切换装置
- [0056] 4a : 1/4 波长板
- [0057] 4b : 1/2 波长板
- [0058] 5, 50 : 光学绕射元件 (光束变换元件)
- [0059] 6 : 无焦透镜
- [0060] 8 : 圆锥旋转三棱镜系统
- [0061] 9, 10 : 圆柱形透镜偶
- [0062] 11 : 变焦距透镜
- [0063] 12 : 微蝇眼透镜
- [0064] 13 : 偏光监视器
- [0065] 13a : 第一光束分离器
- [0066] 13b : 第二光束分离器
- [0067] 14 : 光学聚光系统
- [0068] 15 : 掩膜遮散体
- [0069] 16 : 光学成像系统
- [0070] 31 : 轮胎状二次光源
- [0071] 31A ~ 31D : 圆弧状区域
- [0072] 50A ~ 50D : 基本元件
- [0073] M : 掩膜
- [0074] PL : 光学投影系统
- [0075] W : 晶圆

具体实施方式

[0076] 以下,依据所附图面说明本发明的实施例。

[0077] 图1示本发明实施例的配备光学照明装置的曝光装置的构造的概略图。在图1中,设定作为感光性基板的晶圆W的法线方向为Z轴,在晶圆W的面内与图1的纸面平行方向为Y轴,在晶圆W的面内与图1的纸面垂直方向为X轴。本实施例的曝光装置设有光源1供给曝光用的光(照明光)。

[0078] 光源1可使用例如供给波长248nm的光的KrF准分子激光器(Excimer Laser)光源,或供给波长193nm的光的ArF准分子激光器光源。由光源1沿Z方向射出的大约平行的光束,在沿X方向延伸形成细长的矩形断面,并射入由一对透镜2a及2b形成的光束扩大器2(beam expander)。各透镜2a及2b在图1的纸面内(YZ平面内)分别具有负的反射力及正反射力。因此射入了光束扩大器2的光束,在图1的纸面内被扩大,被整形成有所定的矩形断面的光束。

[0079] 通过有光学整形系统功能的光束扩大器2的大约平行的光束,其在经由偏向镜3而被转向Y方向后,通过1/4波长板4a,1/2波长板4b、消偏振镜(非偏光化元件)4c(depolarizer)、以及轮胎状照明用的光学绕射元件5,而射入无焦透镜(Afocal lense)6。此处的1/4波长板4a,1/2波长板4b,及消偏振镜4c为如后述的构成偏光状态切换装置4。该无焦透镜6为光学无焦点系统,被设定成该前侧焦点位置与光学绕射元件5的位置大约一致,且该后侧焦点位置与图中虚线所示的所定面7的位置大约一致。

[0080] 一般,光学绕射元件,为可在基板形成具有曝光光(照明光)的波长程度的阶差的构造,其具有使入射光束向所希望的角度绕射的作用。具体的说,轮胎状照明用的光学绕射元件5,在矩形断面的平行光束入射的场合,有在其远场(Far Field 又称夫琅禾费(Fraunhofer)绕射区域)形成轮胎状的光强度分布的机能。因此,射入当做光束变换元件的光学绕射元件5的大约平行的光束,在无焦透镜6的瞳面形成轮胎状的光强度分布后,构成约略平行光束由无焦透镜6射出。

[0081] 又,在无焦透镜6的前侧透镜群6a及后侧透镜群6b之间的光路中,在其瞳面或瞳面近傍,由光源侧起依顺序配置有圆锥旋转三棱镜系统8,第一圆柱形透镜偶9,以及第二圆柱形透镜偶10,该些元件的详细构造及作用以后再述。以下为简化说明,暂时忽视圆锥旋转三棱镜系统8,第一圆柱形透镜偶9,及第二圆柱形透镜偶10的作用,仅说明基本的构造及作用。

[0082] 透过无焦透镜6的光束,通过 σ 值变更用的变焦距透镜11(Zoom Lense),而射入做为光学积分器的微蝇眼透镜12(又叫蝇眼透镜)。微蝇眼透镜12,为由有正折射力的多数的微小透镜纵横且稠密配列的光学元件。一般情况,该微蝇眼透镜,例如是在平行平板施行蚀刻处理形成微小透镜群的方式而构成。

[0083] 此处,构成微蝇眼透镜的各微小透镜,较构成蝇眼透镜的各透镜元件更微小。又,微蝇眼透镜与由互相隔绝的透镜元件构成的蝇眼透镜不同,是多数的微小透镜(微小折射面)未互相隔绝一体化形成。然而,由于有正折射力的透镜元件纵横配置的点,微蝇眼透镜与蝇眼透镜同属波面分割型的光学积分器。

[0084] 所定面7的位置就在变焦距透镜11的前侧焦点位置近傍,微蝇眼透镜12的入射

面配置在变焦距透镜 11 的后侧焦点位置近傍。换言之,变焦距透镜 11 将所定面 7 与微蝇眼透镜 12 的入射面实质的成传里叶变换 (Fourier Transformation) 的关系配置,亦即无焦透镜 6 的瞳面与微蝇眼透镜 12 的入射面,构成光学的大约共轭的配置。

[0085] 因此,在微蝇眼透镜 12 的入射面上,与无焦透镜 6 的瞳面同样地,形成列如以光轴 AX 为中心的轮胎状的照域。该轮胎状的照域的全体形状,随着变焦距透镜 11 的焦点距离而做相似的变化。构成微蝇眼透镜 12 的各微小透镜,与在掩膜 M 上形成的全部照域的形状(在晶圆 W 上形成的全部曝光区域的形状)有相似的矩形断面。

[0086] 射入微蝇眼透镜 12 的光束,由多数的微小透镜分割成二次元化,在该后侧焦点面(照明瞳),如图 2 所示,形成与由入射光束形成的照域大约相同光强度分布的二次光源,即由以光轴 AX 为中心的轮胎状的实质的面光源形成的二次光源。由在微蝇眼透镜 12 的后侧焦点面形成的二次光源(一般为光学照明装置的瞳面或在其近傍形成的照明瞳分布)射出的光束,通过光束分离器 13a (beam splitter) 及光学聚光系统 14 后,而重叠地照明掩膜遮蔽体 15。

[0087] 如此,在作为照明视野光圈的掩膜遮蔽体 15,对应构成微蝇眼透镜 12 的各微小透镜的形状与焦点距离形成矩形的照域。又关于内藏光束分离器 13a 的偏光监视器 13 的内部构成及作用,以后再说明。通过掩膜遮蔽体 15 的矩形开口部(光透过部)的光束,在受到光学成像系统 16 的聚光作用后,重叠照明已形成所定的图案的掩膜 M。

[0088] 亦即,光学成像系统 16 将掩膜遮蔽体 15 的矩形开口部的像在掩膜上形成。透过掩膜 M 的图案的光束,通过光学投影系统 PL,在感光性基板的晶圆 W 上形成掩膜图案的像。如此,在与光学投影系统 PL 的光轴 AX 直交的平面(XY 面)内,一面施行二次元的驱动控制晶圆,一面进行总括曝光或扫描曝光,将掩膜 M 的图案逐次在晶圆 W 的各曝光区域曝光。

[0089] 又,在偏光状态切换装置 4 中,该 1/4 波长板 4a,其光学结晶轴可以光轴 AX 为中心自在的回转,而将射入的椭圆偏光的光线变换为直线偏光的光。又 1/2 波长板 4b,其光学结晶轴可以光轴 AX 为中心自在回转,而可变化射入的直线偏光的偏光面。又,消偏振镜 4c,由互补形状的楔形水晶棱镜(未图示)及楔形石英棱镜(未图示)构成。该水晶棱镜与石英棱镜,为成一体的棱镜组合体,可对照明光路进退自在的构造。

[0090] 使用 KrF 准分子激光器光源或 ArF 准分子激光器光源作为光源 1 时,由该些光源射出的光为典型的有大于等于 95% 的偏光度,而对 1/4 波长板 4a 射入大略直线偏光的光。但在光源 1 与偏光状态切换装置 4 之间的光路中有做为里面反射镜的直角棱镜存在的场合,如射入的直线偏光的偏光面与 P 偏光面或 S 偏光面不一致时,由于直角棱镜的全反射,直线偏光会变成椭圆偏光。

[0091] 偏光状态切换装置 4,例如在直角棱镜的全反射引起的椭圆偏光的光射入,亦可由 1/4 波长板 4a 的作用变换成直线偏光的光,而射入 1/2 波长板 4b。此 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴设定为对射入的直线偏光的偏光面形成 0 度或 90 度角度的场合,射入 1/2 波长板 4b 的直线偏光的光偏光面不会变化,保持原状通过。

[0092] 又,1/2 波长板 4b 的光学结晶轴设定为对射入的直线偏光的偏光面成 45 度的角度的场合,入射 1/2 波长板 4b 的直线偏光的光会变换成偏光面变化 90 度的直线偏光的光。再者,消偏振镜 4c 的水晶棱镜的光学结晶轴对于入射的直线偏光的偏光面设定为 45 度的角度时,射入水晶棱镜的直线偏光的光,被变换成非偏光状态(非偏光化)的光。

[0093] 在偏光状态切换装置 4 中,该消偏振镜 4c 在照明光路中的位置,配置在使该水晶棱镜的光学结晶轴对射入的直线偏光的偏光面形成 45 度的角度的位置。另外,如设定成该水晶棱镜的光学结晶轴,对射入的直线偏光的偏光面成 0 度或 90 度的角度时,水晶棱镜对射入的直线偏光的光偏光面不发生变化,而保持原状通过。又如 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴,设定成对射入的直线偏光的偏光面形成 22.5 度的角度时,射入该 1/2 波长板 4b 的直线偏光的光,变换成非偏光状态的光,而包含偏光面不变化直接通过的直线偏光成份,以及仅有偏光面变化 90 度的直线偏光成份。

[0094] 偏光状态切换装置 4,如上述有直线偏光射入 1/2 波长板 4b,但以下的说明为简化起见,假定有图 1 中的 Z 方向的偏光方向(电场的方向)的直线偏光(以下称 Z 方向偏光)的光射入 1/2 波长板,在照明光路中的消偏振镜 4c 的位置决定后的场合,如设定 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴对射入的 Z 方向偏光的偏光面(偏光方向)成 0 度或 90 度的角度,则射入 1/2 波长板 4b 的 Z 方向偏光的光,不会变化仍然以 Z 方向偏光射入消偏振镜 4c 的水晶棱镜。因水晶棱镜的光学结晶轴已设定成对射入的 Z 方向偏光的偏光面形成 45 度角度,故射入水晶棱镜的 Z 方向偏光的光被变换成非偏光状态的光。

[0095] 经水晶棱镜非偏光化的光,为了补偿光的进行方向,再经过当做补偿器的石英棱镜,以非偏光状态射入光学绕射元件 5。另一方面,如设定 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴对入射的 Z 方向偏光的偏光面形成 45 度的角度,则射入 1/2 波长板 4b 的 Z 方向偏光的光,仅偏光面变化 90 度,形成向图 1 中的 X 方向的偏光方向(电场的方向)的直线偏光(以下称 X 方向偏光)的光,而射入消偏振镜 4c 的水晶棱镜。因水晶棱镜的光学结晶轴亦设定成对射入的 X 方向偏光的偏光面形成 45 度的角度,故射入水晶棱镜的 X 方向偏光的光,被变换成非偏光状态的光,经过石英棱镜,以非偏光状态射入光学绕射元件 5。

[0096] 对此,在将消偏振镜 4c 退出照明光路的场合,如设定该 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴,对射入的 Z 方向偏光的偏光面成 0 度或 90 度的角度,则射入 1/2 波长板 4b 的 Z 方向偏光的光,偏光面不变化仍以 Z 方向偏光通过,并以 Z 方向偏光状态射入光学绕射元件 5。另一方面,如设定该 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴,对射入的 Z 方向偏光的偏光面成 45 度的角度,则射入 1/2 波长板 4b 的 Z 方向偏光的光,仅偏光面变化 90 度变成 X 方向偏光的光,以 X 方向偏光状态射入光学绕射元件 5。

[0097] 如以上所述,偏光状态切换装置 4,利用在照明光路中插入消偏振镜 4c 并决定其位置,可将非偏光状态的光射入光学绕射元件。又,把消偏振镜 4c 由照明光路退出,且设定 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴对射入的 Z 方向偏光的偏光面成 0 度或 90 度的角度,则可将 Z 方向偏光状态的光射入光学绕射元件 5。再者,把消偏振镜 4c 自照明光路退出,且设定 1/2 波长板 4b 的光学结晶轴对射入的 Z 方向偏光的偏光面成 45 度的角度,则将 X 方向偏光状态的光射入光学绕射元件 5。

[0098] 换言之,偏光状态切换装置 4 利用 1/4 波长板 4a 与 1/2 波长板 4b,以及消偏振镜 4c 构成的偏光状态切换装置的作用,可将向光学绕射元件 5 的入射光的偏光状态(在后述的本发明的圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件以外,使用通常的光学绕射元件的场合,为掩膜 M 及晶圆 W 照明的光的偏光状态),在直线偏光状态与非偏光状态之间切换。在直线偏光状态的场合,可在互相直交的偏光状态间(Z 方向偏光与 X 方向偏光之间)切换。

[0099] 图 3 示出了在图 1 的无焦透镜 6 的前侧透镜群与后侧透镜群之间的光路中,配置

的圆锥旋转三棱镜系统的构成的概略图。该圆锥旋转三棱镜系统 8, 由第一棱镜元件 8a 以及二棱镜元件 8b 构成, 其是由光源侧顺序排列配置, 该第一棱镜元件 8a 向光源侧之面成平面且向掩膜侧之面为凹圆锥形曲折面; 该第二棱镜元件 8b, 则向掩膜侧之面为平面且向光源侧之面成凸圆锥形的曲折面。

[0100] 该第一棱镜元件 8a 的凹圆锥形曲折面, 与第二棱镜元件 8b 的凸圆锥形曲折面, 为可对接的互补形状。又, 第一棱镜元件 8a 及第二棱镜元件 8b 之中, 至少有一个元件为可沿光轴 AX 移动的构造, 且第一棱镜元件 8a 的凹圆锥形弯曲折面与第二棱镜元件 8b 的凸圆锥形弯曲折面的间隔为可变的构造。

[0101] 此处, 第一棱镜元件 8a 的凹圆锥形曲折面, 与第二棱镜元件 8b 的凸圆锥形曲折面, 在互相接合的状态时, 圆锥旋转三棱镜系统 8 仅做为平行平板的机能, 对形成的轮胎状的二次光源没有影响。但在第一棱镜元件 8a 的凹圆锥形曲折面与第二棱镜元件 8b 的凸圆锥形曲折面隔离时, 圆锥旋转三棱镜系统 8 即有所谓光束扩大器的机能。因此, 伴随圆锥旋转三棱镜系统 8 的间隔变化, 可变化对所定面 7 的入射光束的角度。

[0102] 图 4 为说明圆锥旋转三棱镜系统对轮胎状的二次光源的作用的说明图。参照图 4, 在圆锥旋转三棱镜系统 8 的间隔为零, 且变焦距透镜 11 的焦点距离设定在最小值的状态 (以下称标准状态) 形成的最小的轮胎状二次光源 30a, 其可随着圆锥旋转三棱镜系统 8 的间隔由零扩大至所定的值, 该二次光源 30a 的宽度 (外径与内径的差的 $1/2$, 图中用箭印表示) 不变, 其外径及内径变化形成轮胎状二次光源 30b。换言之, 因圆锥旋转三棱镜系统 8 的作用, 该轮胎状二次光源的宽度不会变化, 仅该轮胎比 (内径 / 外径) 及大小 (外径) 一起变化。

[0103] 图 5 说明变焦距透镜 11 对轮胎状二次光源的作用。参照图 5, 在标准状态形成的轮胎状二次光源 30a, 因变焦距透镜 11 的焦点距离, 从最小值扩大至所定的值, 变化成其全体形状相似的扩大的轮胎状二次光源 30。换言之, 因变焦距透镜 11 的作用, 轮胎状二次光源的轮胎比不变, 其宽度及大小 (外径) 一起变化。

[0104] 图 6 为图 1 的无焦透镜 6 在前侧镜群与后侧镜群之间的光路中配置的第一圆柱形透镜偶 9 及第二圆柱形透镜偶 10 的构造的概略图。在图 6 中, 由光源侧依顺序配置第一圆柱形透镜偶 9 及第二圆柱形透镜偶 10。第一圆柱形透镜偶 9, 由光源侧起依序配置, 例如在 YZ 平面内有负折射力且在 XY 平面内无折射力的第一圆柱形负透镜 9a, 以及在同一 YZ 平面内有正折射力且在 XY 平面内无折射力的第一圆柱形正透镜 9b。

[0105] 另一方的第二圆柱形透镜偶 10, 由光源侧起依序配设, 例如在 XY 平面内有负折射力, 且在 YZ 平面内无折射力的第二圆柱形负透镜 10a, 以及在同样 XY 平面内有正折射力且在 YZ 平面内无折射力的第二圆柱形正透镜 10b。该第一圆柱形负透镜 9a 与第一圆柱形正透镜 9b, 为以光轴 AX 为中心成一体化旋转的构造。同样地, 该第二圆柱形负透镜 10a 与第二圆柱形正透镜 10b, 为以光轴 AX 为中心成一体化旋转的构造。

[0106] 在图 6 所示的状态, 第一圆柱形透镜偶 9 有向 Z 方向光束扩张功率的机能, 第二圆柱形透镜偶 10 有向 X 方向光束扩张功率的机能。又, 第一圆柱形透镜偶 9 的功率与第二圆柱形透镜偶 10 的功率设定成彼此相同。

[0107] 图 7 至图 9 为说明第一圆柱形透镜偶 9 及第二圆柱形透镜偶 10 对轮胎状二次光源的作用之图。图 7 之中, 设定第一圆柱形透镜偶 9 的功率方向为由光轴 AX 对 Z 轴转 +45

度的角度；第二圆柱形透镜偶 10 的功率方向为由光轴对 Z 轴转 -45 度的角度。

[0108] 因此，第一圆柱形透镜偶 9 的功率方向与第二圆柱形透镜偶 10 的功率方向互相垂直，在第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统中，z 方向的功率与 x 方向的功率相同。其结果，如图 7 所示的正圆状态，通过第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统的光束，在 z 方向及 x 方向受到同样功率的扩大作用，在照明瞳形成正圆的轮胎状二次光源。

[0109] 与上述对比，图 8 之中，设定第一圆柱形透镜偶 9 的功率方向为由光轴 AX 对 Z 轴转例如 +80 度的角度，第二圆柱形透镜偶 10 的功率方向为由光轴 AX 对 Z 轴转 -80 度的角度。因此，在第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统中，Z 方向的功率小，X 方向的功率较大。其结果，如图 8 所示的横椭圆状态，通过第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统的光束，在 X 方向受到较 Z 方向更大的扩大作用的功率，在照明瞳形成 X 方向细长的横形轮胎状二次光源。

[0110] 又，图 9 中，设定第一圆柱形透镜偶 9 的功率方向为由光轴 AX 对 Z 轴转例如 +10 度的角度，第二圆柱形透镜偶 10 的功率方向为由光轴对 Z 轴转 -10 度的角度。则在第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统中，X 方向的功率小，Z 方向的功率较大。其结果如图 9 所示的纵椭圆状态，通过第一圆柱形透镜偶 9 与第二圆柱形透镜偶 10 的合成系统的光束，在 Z 方向受到较 X 方向更大的功率的扩大作用，在照明瞳形成 Z 方向细长的纵向的轮胎状二次光源。

[0111] 又，将第一圆柱形透镜偶 9 及第二圆柱形透镜偶 10，设定成如图 7 所示的正圆状态与图 8 所示的横椭圆状态之间的任意状态，能够形成各种纵横比例的横长轮胎状二次光源。再如将第一圆柱形透镜偶 9 及第二圆柱形透镜偶 10，设定成图 7 所示的正圆状态与图 9 所示的纵椭圆状态之间的任意状态，就能够形成各种纵横比例的纵长轮胎状的二次光源。

[0112] 图 10 是图 1 中的偏光监视器的内部构成的概略斜视图。参照图 10，偏光监视器 13 设有第一光束分离器 13a，配置在微蝇眼透镜 12 与光学聚光系统 14 之间的光路中。该第一光束分离器 13a，为例如由石英玻璃形成的未涂装的平行平板（即原玻璃），有将与入射光的偏光状态不同的偏光状态的反射光自光路取出的机能。

[0113] 由第一光束分离器 13a 由光路中取出的光会射入第二光束分离器 13b。该第二光束分离器 13b 具有与第一光束分离器 13a 同样例如由石英玻璃形成的未涂装的平行平板的型态，而具有发生与入射光的偏光状态不同的偏光状态的反射光的机能。然后设定成对第一光束分离器 13a 的 P 偏光成为对第二光束分离器 13b 的 S 偏光，且对第一光束分离器 13a 的 S 偏光成为对第二光束分离器 13b 的 P 偏光。

[0114] 又，透过第二光束分离器 13b 的光被第一光强度检测器 13c 检测出；在第二光束分离器 13b 反射的光，由第二光强度检测器 13d 检测出。第一光强度检测器 13c 及第二光强度检测器 13d 的输出，分别供给到控制部（未图示）。控制部则依必要驱动构成偏光状态切换装置 4 的 1/4 波长板 4a，1/2 波长板 4b，及消偏振镜 4c。

[0115] 如上述，在第一光束分离器 13a 及第二光束分离器 13b 中，对 P 偏光的反射率与对 S 偏光的反射率实质上是不同的。因此，在偏光监视器 13 中，来自于第一光束分离器 13a 的反射光包含：例如向第一光束分离器 13a 的入射光之约 10% 的 S 偏光成份（为对第一光束分离器 13a 的 S 偏光成份，即对第二光束分离器 13b 的 P 偏光成份）；以及例如向第一光束

分离器 13a 的入射光之约 1% 的 P 偏光成份（为对第一光束分离器 13a 的 P 偏光成份，即对第二光束分离器 13b 的 S 偏光成份）。

[0116] 又，来自于第二光束分离器 13b 的反射光包含：例如向第一光束分离器 13a 的入射光的 $10\% \times 1\% = 0.1\%$ 左右的 P 偏光成份（为对第一光束分离器 13a 的 P 偏光成份，即对第二光束分离器 13b 的 S 偏光成份）；以及例如向第一光束分离器 13a 的入射光的 $10\% \times 1\% = 0.1\%$ 左右的 S 偏光成份（为对第一光束分离器 13a 的 S 偏光成份，即对第二光束分离器 13b 的 P 偏光成份）。

[0117] 如上述，在偏光监视器 13 中，第一光束分离器 13a，有对应该反射特性，自光路取出与入射光的偏光状态不同的偏光状态的反射光的机能。其结果，因第二光束分离器 13b 的偏光特性影响偏光变动极小，所以依据第一光强度检测器 13c 的输出（第二光束分离器 13b 的透光的强度有关的情报，亦即与来自第一光束分离器 13a 的反射光大约相同偏光状态的光的强度的情报），就能测知向第一光束分离器 13 入射光的偏光状态（偏光度），亦即能测知掩膜 M 的照明光的偏光状态。

[0118] 又，在偏光监视器 13 中，设定对第一光束分离器 13a 的 P 偏光成为对第二光束分离器 13b 的 S 偏光，且对第一光束分离器 13a 的 S 偏光成为对第二光束分离器 13b 的 P 偏光。其结果，依据第二光强度检测器 13d 的输出（在第一光束分离器 13a 及第二光束分离器 13b 顺次反射的光的强度有关情报），能够测知向第一光束分离器 13a 的入射光的光量，亦即能测知掩膜 M 的照明光的光量，可实质地不受第一光束分离器 13a 的入射光的偏光状态变化的影响。

[0119] 如上述，利用偏光监视器 13 能测知向第一光束分离器 13a 的入射光的偏光状态，也就是可以判定掩膜 M 的照明光是否为所希望的非偏光状态或直线偏光状态。然后，在控制部依据偏光监视器 13 的检测结果，确认掩膜 M（或晶圆 W）的照明光不是所定的非偏光状态或直线偏光状态的场合，即驱动调整构成偏光状态切换装置 4 的 $1/4$ 波长板 4a， $1/2$ 波长板 4b 及消偏振镜 4c，而可调整掩膜 M 的照明光的状态，成为所希望的非偏光状态或直线偏光状态。

[0120] 又，轮胎状照明用的光学绕射元件 5，可用四极照明用的光学绕射元件（未图示）取代而在照明光路中设置，就能施行四极照明。该四极照明用的光学绕射元件，在具有矩形断面的平行光束射入的场合，有在其远场（Far Field）形成四极状光强度分布的机能。因此，通过四极照明用的光学绕射元件的光束，在微蝇眼透镜 12 的入射面，形成以光轴 AX 为中心的四个圆形状的照域的四极状照域。其结果，在微蝇眼透镜 12 的后侧焦点面，亦形成与该入射面形成的照域相同的四极状的二次光源。

[0121] 又，该轮胎状照明用的光学绕射元件 5，用圆形照明用的光学绕射元件（未图示）取代而设置于照明光路中，就能施行通常的圆形照明。该圆形照明用的光学绕射元件，在有矩形断面的平行光束射入的场合，有在远场形成圆形的光强度分布的机能。因此，通过该圆形照明用的光学绕射元件的光束，在微蝇眼透镜 12 的入射面，形成以光轴 AX 为中心的圆形照域形成的四极状照域。其结果，在微蝇眼透镜 12 的后侧焦点面，亦形成与在该入射面形成的照域相同的圆形状二次光源。

[0122] 再者，该轮胎状照明用的光学绕射元件 5，用其他的复数极照明用的光学绕射元件（未图示）取代而设定于照明光路中，就可施行各种的复数极照明（如二极照明，八极照明

等)。同样地,将轮胎状照明用的光学绕射元件 5,用有适当的特性的光学绕射元件(未图示)取代设置于照明光路中,则能施行各种形态的变形照明。

[0123] 本实施例,用所谓的圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件 50,取代轮胎状照明用的光学绕射元件 5 而设置于照明光路中,可将通过轮胎状二次光源的光束设定成圆周方向偏光状态的变形照明,亦即能施行圆周方向偏光的轮胎状照明。图 11 是本实施例的圆周方向偏光的轮胎状照明用的光学绕射元件的构造的概略图。又图 12 是被设定成圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源的概略图。

[0124] 参照图 11 及图 12,本实施例的圆周方向偏光的照明用的光学绕射元件 50,为具有互相相同的矩形断面且在沿光的透过方向(Y 方向)的厚度(光轴方向的长度)互异的四种基本元件 50A~50D,以纵横且稠密的配置而构成。此处,第一基本元件 50A 的厚度最大,第四基本元件 50D 的厚度最小,第二基本元件 50B 的厚度大于第三基本元件 50C 的厚度。

[0125] 又,光学绕射元件 50 包含大约同数量的第一基本元件 50A、第二基本元件 50B、第三基本元件 50C,以及第四基本元件 50D,且该些四种基本元件为随机配置。而且,在各基本元件 50A~50D 的靠掩膜侧形成绕射面(图中斜线部份所示),各基本元件 50A~50D 的绕射面在与光轴 AX(图 11 中未示出)直交的一个平面整齐排列。其结果,光学绕射元件 50 的靠掩膜侧之面为平面状,但光学绕射元件 50 的靠光源侧之面,则因各基本元件 50A~50D 的厚度相异而形成凹凸状。

[0126] 如上述,第一基本元件 50A 的绕射面的构造,可形成在图 12 所示的轮胎状二次光源 31 之中,对通过光轴 AX 的 Z 方向轴线对称的一对圆弧状区域 31A。亦即如图 13 所示,第一基本元件 50A 有在光学绕射元件 50 的远场 50E(引伸为各基本元件 50A~50D 的远场)对通过光轴 AX 的 Z 方向轴线形成对称的一对圆弧状的光强度分布 32A(与一对圆弧状区域 31A 对应)的机能。

[0127] 第二基本元件 50B 的绕射面的构造,可在将通过光轴 AX 的 Z 方向轴线以 Y 轴为中心回转 -45 度(在图 12 中向反时钟方向转 45 度)后,对该轴线形成对称的一对圆弧状区域 31B。亦即如图 14 所示,第二基本元件 50B 有在远场 50E 的通过光轴 AX 的 Z 方向轴线对 Y 轴旋转 -45 度后,对该轴线形成对称的一对圆弧状的光强度分布 32B(对应于一对的圆弧状区域 31B)的机能。

[0128] 第三基本元件 50C 的绕射面的构造,可对通过光轴 AX 的 X 方向的轴线形成对称的一对圆弧状区域 31C。亦即如图 15 所示,第三基本元件 50C 有在远场 50E 的通过光轴 AX 的 X 方向的轴线形成对称的一对圆弧状的光强度分布 32C(对应于一对的圆弧状区域 31C)的机能。

[0129] 第四基本元件 50D 的绕射面的构造,可在通过光轴 AX 的 Z 方向轴线依 Y 轴旋转 +45 度(在图 12 中顺时针方向旋转 45 度)后对该轴线形成对称的一对圆弧状区域 31D。亦即如图 16 所示,第四基本元件 50D 有在远场 50E 的通过光轴 AX 的 Z 方向轴线依 Y 轴旋转 +45 度后,对该轴线形成对称的一对圆弧状光强度分布 32D(对应于一对的圆弧状区域 31D)的机能。又,各圆弧状区域 31A~31D 的大小大约互同,该些八个圆弧状区域 31A~31D 不互相重复且亦不互相隔离,构成以光轴 AX 为中心的轮胎状的二次光源 31。

[0130] 又,本实施例中,各基本元件 50A~50D 用有旋光性的光学材料的水晶构成,各基本元件 50A~50D 的光学结晶轴设定成大约与光轴 AX 一致。以下,参照图 17 对水晶的旋

光性简单说明。参考图 17, 厚度 d 的水晶形成的平行平板状的光学元件 35, 其光学结晶轴配置成与光轴 AX 一致。此场合, 因光学元件 35 的旋光性, 射入的直线偏光的偏光方向以光轴 AX 为转轴只回转 θ 角的状态而射出。

[0131] 此时, 因光学元件 35 的旋光性发生的偏光方向的回转角 θ , 依光学元件 35 的厚度 d 与水晶的旋光能力 ρ , 可以下式 (1) 表示。

$$[0132] \quad \theta = d \cdot \rho \quad (1)$$

[0133] 一般, 水晶的旋光能力 ρ , 其具有当使用的光的波长越短, 旋光能力 ρ 越大的倾向, 依日文文献「应用光学 II」的第 167 页的记述, 对波长 250.3nm 的光, 水晶的旋光能力 ρ 为 153.9 度/mm。

[0134] 在本实施例中, 第一基本元件 50A 设定厚度 d_A , 如图 13 所示有 Z 方向的偏光方向的直线偏光的光射入的场合, 使射出的直线偏光的光有向该 Z 方向沿 Y 轴转 180 度的方向亦即 Z 方向的偏光方向。其结果, 通过使在远场 50E 形成的一对圆弧状的光强度分布 32A 的光束的偏光方向成 Z 方向。通过图 12 所示的一对圆弧状区域 31A 的光束的偏光方向亦成 Z 方向。

[0135] 第二基本元件 50B 设定厚度 d_B , 如图 14 所示有 Z 方向的偏光方向的直线偏光的光射入的场合, 使射出的直线偏光的光有向该 Z 方向沿 Y 轴转 +135 度的方向, 即该 Z 方向沿 Y 轴转 -45 度的方向的偏光方向。其结果, 通过在远场 50E 形成的一对圆弧状的光强度分布 32B 的光束的偏光方向, 亦成为由 Z 方向沿 Y 轴转 -45 度的方向。在图 12 所示的一对圆弧状区域 31B, 通过的光束的偏光方向亦成由 Z 方向沿 Y 轴转 -45 度的方向。

[0136] 第三基本元件 50C 设定厚度 d_C , 如图 15 所示有 Z 方向的偏光方向的直线偏光的光射入的场合, 使射出的直线偏光的光有向该 Z 方向沿 Y 轴转 +90 度的方向, 即 X 方向的偏光方向。其结果, 通过在远场 50E 形成的一对圆弧状的光强度分布 32C 的光束的偏光方向亦成 X 方向。在图 12 所示的一对圆弧状区域 31C, 通过的光束的偏光方向亦成 X 方向。

[0137] 第四基本元件 50D 设定厚 d_D , 如图 16 所示有 Z 方向的偏光方向的直线偏光的光射入的场合, 使射出的直线偏光的光有向该 Z 方向沿 Y 轴转 +45 度的方向的偏光方向。其结果, 通过在远场 50E 形成的一对圆弧状的光强度分布 32D 的光束的偏光方向成为由 Z 方向沿 Y 轴转 +45 度的方向。在图 12 所示的一对圆弧状区域 31D, 通过的光束的偏光方向亦成为由 Z 方向沿 Y 轴转 +45 度的方向。

[0138] 本实施例, 为在圆周方向偏光轮胎状照明时, 于照明光路中设置圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件 50, 再向光学绕射元件 50 射入有 Z 方向的偏光方向的直线偏光的光。其结果, 在微蝇眼透镜 12 的后侧焦点面 (即照明瞳或其近傍), 形成如图 12 所示的轮胎状的二次光源 31 (轮胎状的照明瞳分布), 通过该轮胎状的二次光源 31 的光束, 被设定成圆周方向偏光状态。

[0139] 在圆周方向偏光状态, 通过构成轮胎状二次光源的各圆弧状区域 31A ~ 31D 的各光束, 在各该些圆弧状区域 31A ~ 31D 的以光轴 AX 为中心的圆周方向, 形成与圆的切线方向大约一致的偏光方向的直线偏光状态。

[0140] 于本实施型态中, 依据入射光束在所定面形成所定的光强度分布的光学变换元件 50 包括: 第一基本元件 50A, 其是由有旋光性的光学材料制成, 并依据该入射光束, 形成上述所定的光强度分布之中的第一区域分布 32A; 以及, 第二基本元件 50B, 其是由有旋光

性的光学材料制成,并依据该入射光束,形成上述所定的光强度分布之中的第二区域分布 32B,其中,该第一基本元件 50A 与该第二基本元件 50B,在沿光的透过方向的厚度互异。

[0141] 如此,本实施例的开口光圈,异于先前技术的发生大量的光量损失,由于当做光束变换元件的光学绕射元件 50 的绕射作用及旋光作用,能够实质的不发生光量损失,而形成圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源 31。

[0142] 在本实施例之一较佳实施型态中,利用设定该第一基本元件 50A 的厚度及该第二基本元件 50B 的厚度,使在直线偏光射入时,形成该第一区域分布 32A 的直线偏光的偏光方向,与形成该第二区域分布 32B 的直线偏光的偏光方向不同。并且,所述的第一区域分布 32A 及该第二区域分布 32B 的位置,被决定在该所定面的以所定点为中心的所定的轮胎状区域的所定轮胎状区域的至少一部分,以及通过该第一区域分布 32A 及该第二区域分布 32B 的光束,具有以该所定轮胎状区域的圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的偏光状态为较佳。

[0143] 此时,所定的光强度分布与该所定轮胎状区域有大致同一形状的外形,且通过第一区域分布 32A 的光束的偏光状态,具有与沿该第一区域分布 32A 的圆周方向以其中心位置的该所定点为中心的圆的切线方向,几乎一致的直线偏光成份;以及通过第二区域分布 32B 的光束的偏光状态,具有与沿该第二区域分布 32B 的圆周方向以其中心位置的该所定点为中心的圆的切线方向,几乎一致的直线偏光成份。或者,所定的光强度分布为在该所定轮胎状区域内分布的多极状分布,亦即,通过该第一区域分布的光束的偏光状态,具有与沿该第一区域分布的圆周方向以其中心位置的该所定点为中心的圆的切线方向,几乎一致的直线偏光成份;以及通过该第二区域分布的光束的偏光状态,具有与沿该第二区域分布的圆周方向以其中心位置的该所定点为中心的圆的切线方向,几乎一致的直线偏光成份为较佳。

[0144] 再者,在本实施例之一较佳实施型态中,所述的第一基本元件及该第二基本元件,采用对使用波长的光有大于等于 100 度/mm 的旋光能力的光学材料而形成。并且,其中所述的第一基本元件及该第二基本元件是利用水晶而形成。再者,其中所述的光束变换元件含有大约同数量的该第一基本元件及该第二基本元件。以及,所述的第一基本元件及该第二基本元件,有绕射作用或折射作用为较佳。

[0145] 再者,在本实施例之一较佳实施型态中,所述的第一基本元件依据该入射光束在该所定面上形成至少二个该第一区域分布;以及该第二基本元件依据该入射光束在该所定面上形成至少二个该第二区域分布为较佳。并且,光束变换元件还可以包括:第三基本元件 50C,用有旋光性的光学材料形成,依该入射光束形成该所定的光强度分布中的第三区域分布 32C;以及第四基本元件 50D,用有旋光性的光学材料形成,依该入射光束形成该所定的光强度分布中的第四区域分布 32D。

[0146] 并且,本实施型态中,光束变换元件 50 能依入射光束在所定面上,形成与该入射光束的断面形状相异的所定的光强度分布;该光束变换元件配置有绕射面或折射面,用以在该所定面上形成该所定的光强度分布;该所定的光强度分布,其分布在该所定面以所定点为中心的所定轮胎状区域,即所谓的所定轮胎状区域的至少一部份;以及通过所定轮胎状区域的由该光束变换元件输出的光束,其具有以该所定轮胎状区域的圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的偏光状态。

[0147] 如此,本实施例的开口光圈,异于先前技术的发生大量的光量损失,由于当做光束变换元件的光学绕射元件 50 的绕射作用及旋光作用,能够实质的不发生光量损失,而形成圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源 31。

[0148] 在本实施例之一较佳实施型态中,所定的光强度分布具有多极形状或轮胎状的外形。并且,光束变换元件是利用有旋光性的光学材料形成为佳。

[0149] 再者,本实施型态的光学照明装置,是利用来自光源的光束以照明一被照射面的光学照明装置,其特征在于,该光学照明装置包括上述的光束变换元件,用以变换来自该光源的光束,以在该光学照明装置的照明瞳或其近傍形成照明瞳分布。利用此构成,本实施型态的光学照明装置可以良好地抑制光量损失,并形成圆周方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布。

[0150] 在此,较佳的是,其中所述的光束变换元件为可与其他特性相异的光束变换元件交换的构造。再者,在该光束变换元件与该被照射面之间的光路中加设波面分割型的光学积分器,以及该光束变换元件,依入射光束在该光学积分器的射入面,形成该所定的光强度分布为较佳。

[0151] 再者,在本实施例之一较佳实施型态的光学照明装置中,所定面上的光强度分布,及通过该所定轮胎状区域的由该光束变换元件发出的光束的偏光状态,二者的至少一方的设定,需考虑配置在该光源与该被照射面之间的光路中的光学元件的影响。另外,将该光束变换元件发出的光束的偏光状态,设定成在该被照射面照射的光为以 S 偏光为主成份的偏光状态为较佳。

[0152] 再者,本实施型态的曝光装置为包括上述的光学照明装置的曝光装置,所述照明装置用以照明掩膜,而使该曝光装置将该掩膜的图案在感光性基板上进行曝光。在此,所定面上的光强度分布,及通过该所定轮胎状区域的由该光束变换元件发出的光束的偏光状态,二者的至少一方的设定,需考虑配置在该光源与该被照射面之间的光路中的光学元件的影响为较佳。再者,将该光束变换元件发出的光束的偏光状态,设定成在该被照射面照射的光为以 S 偏光为主成份的偏光状态为较佳。

[0153] 另外,本实施型态的曝光方法包括:照明工程,其利用上述的光学照明装置以照明一掩膜;以及曝光工程,将该掩膜的图案在感光性基板上进行曝光。在此,所定面上的光强度分布,及通过该所定轮胎状区域的由该光束变换元件输出的光束的偏光状态,二者的至少一方的设定,需考虑配置在该光源与该被照射面之间的光路中的光学元件的影响为较佳。再者,将该光束变换元件发出的光束的偏光状态,设定成在该被照射面照射的光为以 S 偏光为主成份的偏光状态为较佳。

[0154] 换言之,本实施例的光学照明装置,能良好的抑制光量损失,且能够形成圆周方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布。其结果,本实施例的曝光装置,因使用能良好抑制光量损失,且能够形成圆周方向偏光状态的轮胎状的照明瞳分布的光学照明装置,故能够在适合条件下忠实且高良率地复制任意方向的微细图案。

[0155] 又,在根据圆周方向偏光状态的轮胎状照明瞳分布的圆周方向偏光轮胎状照明,照射到作为被照射面的晶圆 W 的光,成为以 S 偏光为主成份的偏光状态。此处的所谓的 S 偏光,为对入射面保持垂直的偏光方向的直线偏光(在射入垂直的方向电矢量振动的偏光)。但所谓的入射面的定义,为光到达媒质的境界面(被照射面;晶圆 W 的表面)时,在该点的

境界面的包含法线与光入射方向之面。

[0156] 又在上述的实施例,使用相同的矩形断面的四种基本元件 50A ~ 50D,以同样的数量纵横且稠密地随机配置,构成圆周方向偏光轮胎状照明用的光学绕射元件 50。但并不以此为限,各基本元件的数量、断面形状、种类数、配置等皆可能有各种的变形例。

[0157] 又在上述的实施例,使用四种基本元件 50A ~ 50D 形成的光学绕射元件 50,由不互相重复且不互相分开配置的八个圆弧状区域 31A ~ 31D,构成以光轴 AX 为中心的轮胎状二次光源 31。但并不以此为限,构成轮胎状二次光源的区域的个数、形状、配置等亦有各种变形例的可能。

[0158] 具体的说,如图 18(a) 所示的,例如利用四种基本元件组成的光学绕射元件,形成由八个圆弧状区域沿圆周方向互相隔开地构成的圆周方向偏光状态的八极状的二次光源 33a 亦可。又如圆 18(b) 所示,例如用四种基本元件组成的光学绕射元件,形成由四个圆弧状区域沿圆周方向互相离开配置的圆周方向偏光状态的四极状的二次光源 33b 亦可。又,在有些八极状的二次光源或四极状的二次光源,各区域的形状不限定为圆弧状,例如圆形,椭圆形,或扇形皆可以。又如图 19 所示,例如利用四种基本元件组成的光学绕射元件,形成八个圆弧状区域沿圆周方向互相重复配置的圆周方向偏光状态的轮胎状二次光源 33c 也可以。

[0159] 又,除由四个或八个区域沿圆周方向互相离开配置成圆周方向偏光状态的四极状或八极状的二次光源之外,如图 20(a) 所示,由六个区域沿圆周方向互相离开配置形成圆周方向偏光状态的六极状的二次光源亦佳。又如 图 20(b) 所示,由复数的区域沿圆周方向互相离开配置成的圆周方向偏光状态的多极状二次光源,以及在光轴上的区域形成的非偏光状态,或直线偏光状态的中心极状二次光源,二者组成的二次光源亦可。又由二个区域沿圆周方向互相离开形成圆周方向偏光状态的二极状的二次光源亦可。

[0160] 又,上述的实施例,如图 11 所示,先个别形成四种的基本元件 50A ~ 50D,再将该些元件组合构成光学绕射元件 50。但并不受上述的限定,对一个水晶基板例如施行蚀刻加工形成各基本元件 50A ~ 50D 的射出侧的绕射面,以及射入侧的凹凸面,一体化的构成光学绕射元件 50 也可以。

[0161] 又,上述的实施例,用水晶形成各基本元件 50A ~ 50D(亦即光学绕射元件 50)。但并无此限定,用有旋光性的其他适当的光学材料,形成各基本元件亦可。此场合,采用对使用波长的光有大于等于 100 度/mm 的旋光能力的光学材料较佳。亦即,使用旋光能力小的光学材料时,为得到偏光方向的所要的回转角,元件必要的厚度过大而成为光量损失的原因,所以不佳。

[0162] 又,在上述的实施例,形成轮胎状的照明瞳分布(二次光源),但并不以此为限,在照明瞳或其近傍形成圆形的照明瞳分布亦可。又,轮胎状的照明瞳分布或多极状的照明瞳分布,可再增加例如形成包含光轴的中心区域分布,可实现所谓的有中心极的轮胎状照明,或有中心极的复数极照明。

[0163] 又,在上述的实施例,在照明瞳或其近傍形成圆周方向偏光状态的照明瞳分布。但有时在比光束变元件的光学绕射元件,更靠近晶圆侧的光学系统(光学照明系统或光学投影系统)的偏光像差(retardation),会引起偏光方向的变化。此场合,需考虑该些光学系统的偏光像差的影响,适当地设定通过在照明瞳或其近傍形成的照明瞳分布的光束的偏光

状态。

[0164] 又,与该偏光像差有关,在比光束变换元件更靠近晶圆侧的光学系统(光学照明系统或光学投影系统)中,配置的反射元件的偏光特性,有时会引起反射光在每偏光方向有相位差。在此场合,亦有必要考虑该反射元件的偏光特性引起的相位差的影响,适当地设定通过在照明瞳或其近傍形成的照明瞳分布的光束的偏光状态。

[0165] 又,在比光束变换元件更靠近晶圆侧的光学系统(光学照明系统或光学投影系统)中,配置的反射元件的偏光特性,有时会引起反射元件的反射率依偏光方向变化。此场合,需考虑各偏光方向的反射率,在照明瞳或其近傍形成的光强度分布加入补偿量,即在各基本元件的数量设定分布较佳。又在比光束变换元件更靠近晶圆侧的光学系统的透过率,依偏光方向变化的场合,亦可适用同样的方法补正。

[0166] 又在上述的实施例,光学绕射元件 50 的光源侧之面,因各基本元件 50A ~ 50D 的厚度不同,形成有阶差的凹凸状。此点,如图 21 所示,厚度最大的第一基本元件 50A 以外的基本元件,即在第二基本元件 50B,第三基本元件 50C 以及第四基本元件 50D 的入射侧附设补正元件 36,可使光学绕射元件 50 的光源侧(入射侧)之面成平面状。此场合,该补正元件 36 需使用无旋光性的光学材料形成。

[0167] 又,上述的实施例,只说明在照明瞳或其近傍形成的照明瞳分布,通过的光束为沿圆周方向有直线偏光成份的光束之例子。但不受此限定,通过照明瞳分布的光束的偏光状态,只要以圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成份的状态,就能获得本发明要求的效果。

[0168] 又在本实施例,使用由有绕射作用的复数种的基本元件构成的光学绕射元件为光束变换元件,依据入射光束在所定的面上,形成与其断面形状不同形状的光强度分布。但是并不以此为限,例如具有与各基本元件的绕射面与光学性,大约相当的折射面的复数种的基本元件,亦即使用由复数种有折射作用的基本元件,构成的光学折射元件为光束变换元件亦可。

[0169] 在上述实施例的曝光装置,用光学照明装置照明掩膜(十字标记,reticle)(即照明工程);用光学投影系统将在掩膜形成的复制用的图案,在感光性基板上进行曝光(曝光工程),如此能够制造微元件(半导体元件、摄影元件、液晶显示元件、薄膜磁头等)。以下,参照图 22 的流程图,说明使用上述实施例的曝光装置,在当做感光性基板的晶圆等形成所定的电路图案,以制造微元件的半导体元件之际的程序。

[0170] 首先,在图 22 的步骤 301,在一组的晶圆上蒸镀金属膜。其次在步骤 302,在该一组晶圆的金属膜上涂布光刻胶。其次在步骤 303,使用上述实施例的曝光装置,使掩膜上的图案像通过该光学投影系统在该一组晶圆上的各照射区域顺次曝光复制。其后在步骤 304,进行该一组晶圆上的光刻胶的显像,其后在步骤 305,在该一组晶圆上,以光刻胶图案为掩膜而进行蚀刻,在各晶圆上的各照射区域形成与掩膜上的图案对应的电路图案。其后,进行更上层电路图案的形成等工程,以制造半导体元件等的元件。依上述的半导体元件的制造方法,能够以良好的生产率制造有极微细电路图案的半导体元件。

[0171] 又,上述的实施例的曝光装置,可在基板(玻璃基板)上形成所定的图案(电路图案,电极图案等),亦可制造微元件之一的液晶显示元件。以下,参照图 23 的流程图,说明该制程的一例。图 23 中,在步骤 401 的图案形成工程,使用上述实施例的曝光装置,将掩膜的图案在感光性基板(涂布光刻胶的玻璃基板等)复制曝光,再施行所谓的光刻蚀刻工程。

依该光刻蚀刻工程,在感光性基板上形成含有多数的电极等的所定图案。其后,曝光过的基板再经显像工程,蚀刻工程,光刻胶剥离工程等的各工程,在基板上形成所定的图案,再移到其次的滤色器(color filter)形成工程 402。

[0172] 其次,在滤色器形成工程 402,形成 R(红)、G(绿)、B(蓝)对应的三个点的组合多数成阵列状配列,或 R、B、G 的三个条纹状的滤色器组并在多数条水平扫描线方向配列的滤色器。在滤色器形成工程 402 之后,进行元件组合工程 403。在元件组合工程 403 中,使用在图案形成工程 401 制作的具有所定图案的基板,以及在滤色器形成工程 402 制造的滤色器等组合成液晶面板(液晶元件)。

[0173] 在元件组合工程 403,例如,在图案形成工程 401 获得的有所定的图案的基板,与滤色器形成工程 402 所得的滤色器之间注入液晶,而制成液晶面板(液晶元件)。其后,在模组组合工程 404,安装使组合的液晶面板(液晶元件)进行显示动作的电路,背光模块等各零件以完成液晶显示元件。依上述的液晶显示元件的制造方法,能以良好的生产率制造有极微细的电路图案的液晶显示元件。

[0174] 又,在上述的实施例,曝光的光源使用 KrF 准分子激光器的光(波长:248nm),或 ArF 准分子激光器的光(波长:193nm),但不以此为限,其他适当的激光光源有例如供给波长 157nm 的激光的 F₂ 激光器光源等亦可适用本发明。另外,在上述的实施例是以配备光学照明装置的曝光装置为例说明本发明,但掩膜或晶圆以外的被照射面的照明的一般的光学照明装置,亦显然可使用本发明。

[0175] 又,在上述的实施例,在光学投影系统与感光性基板之间的光路中,使用折射率大于 1.1 的媒体(典型的为液体)填满的方法,即用所谓的液浸法为佳。此场合的在光学投影系统与感光性基板之间的光路中填满液体的方法,有国际专利申请案 W099/049504 号公报揭露的局部的充满液体的方法;或日本专利特开平 6-124873 号公报揭露的使保持曝光对象的基板的载台在液槽中移动的方法;或日本专利特开平 10-303114 号公报揭露的在载台上形成所定深度的液体槽且在其中保持基板的方法等可采用。此处,援引国际专利申请案 W099/049504 号公报、日本专利特开平 6-124873 号公报、以及日本专利特开平 10-303114 号公报供参考。

[0176] 又,上述的液体,以对曝光的光有透过性,折射率尽可能高,且对在光学投影系统或基板表面涂布的光刻胶亦安定的较好。在例如用 KrF 准分子激光或 ArF 准分子激光为曝光光的场合,该液体可使用纯水或去离子水。又,曝光光源使用 F₂ 激光的场合,该液体可使用 F₂ 激光可透过的氟系油或过氟化聚醚(Perfluoropolyether, PFPE) 等的氟素系液体。

[0177] 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然其并非用以限定本发明,任何熟习此技艺者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,因此本发明的保护范围当视前述的专利申请范围所界定的为准。

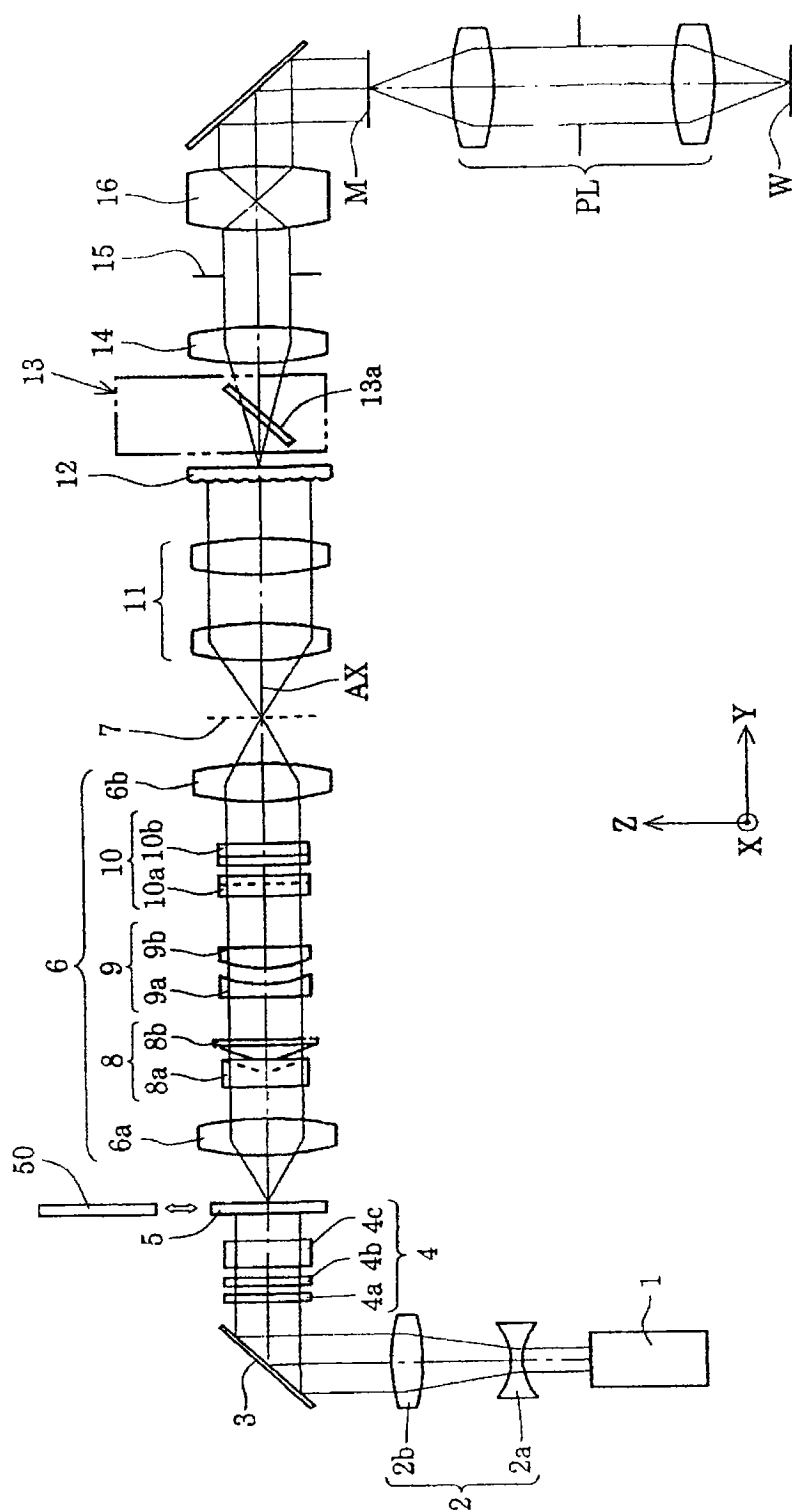


图 1

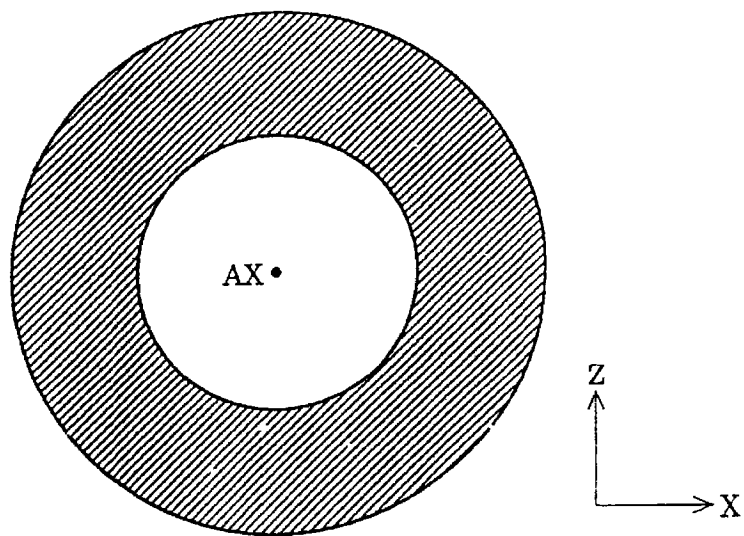


图 2

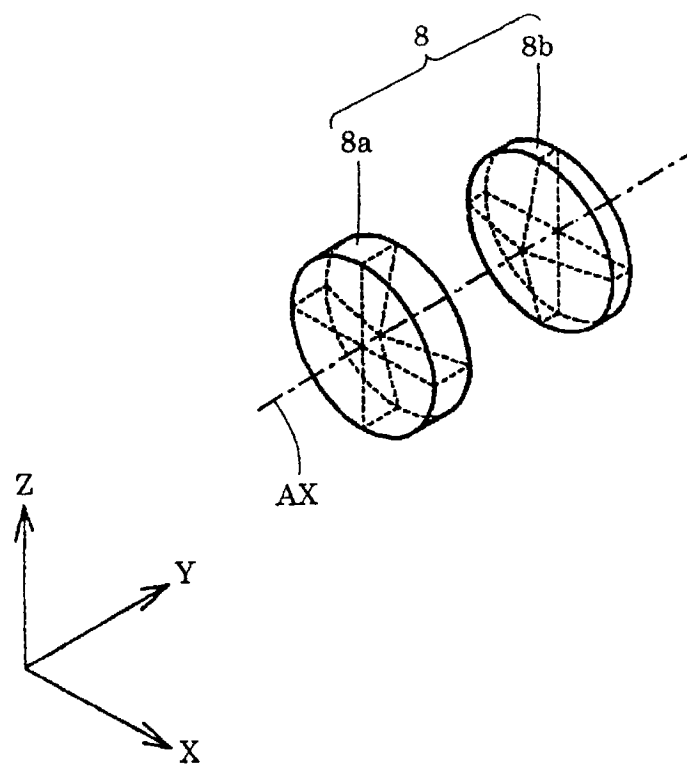


图 3

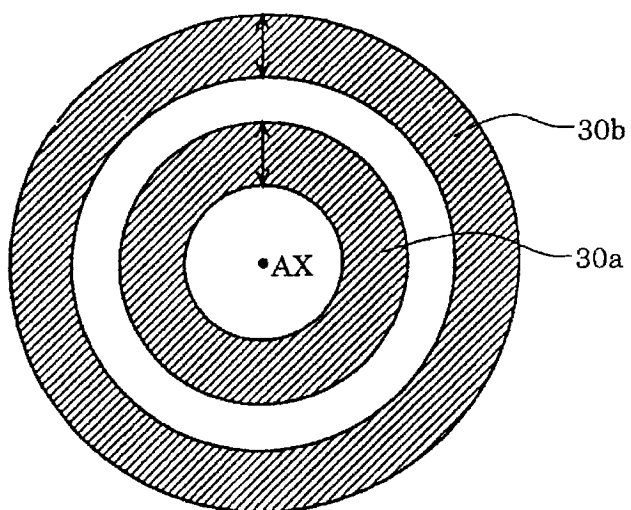


图 4

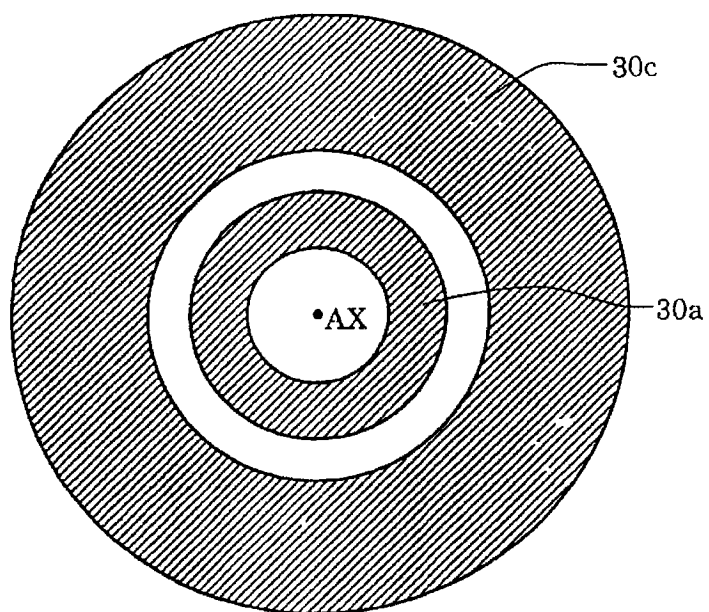


图 5

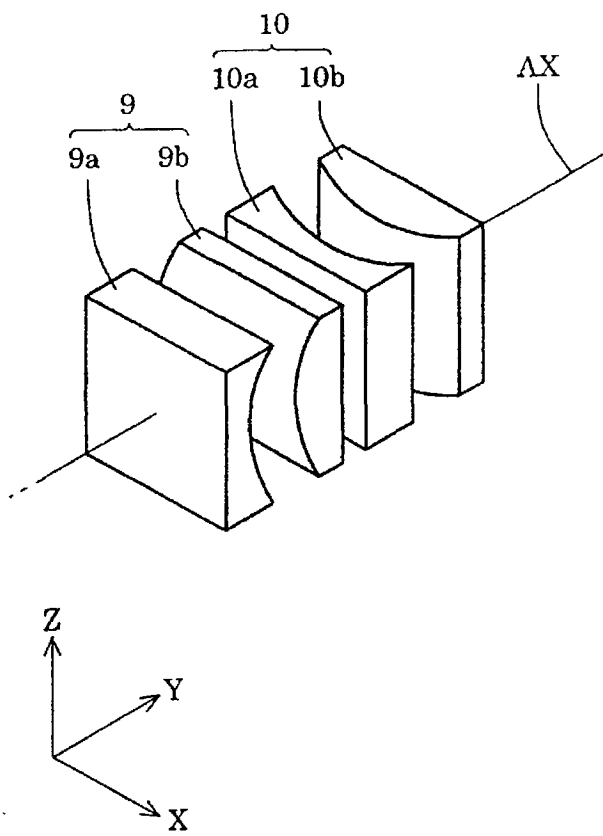


图 6

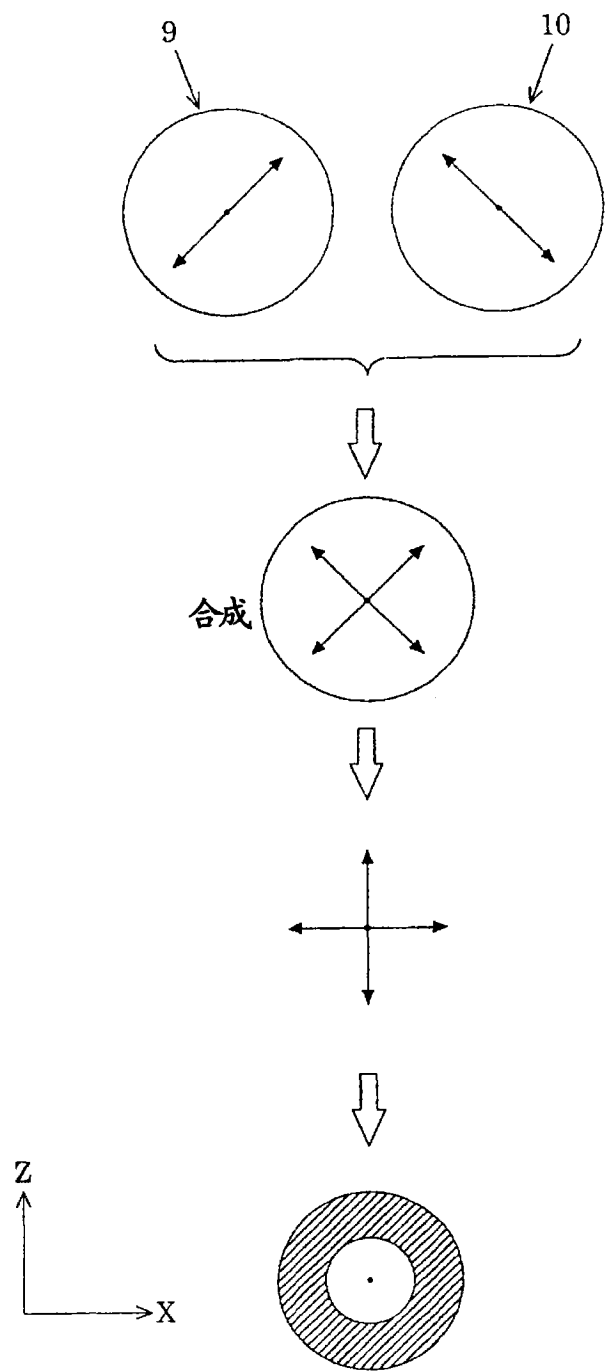


图 7

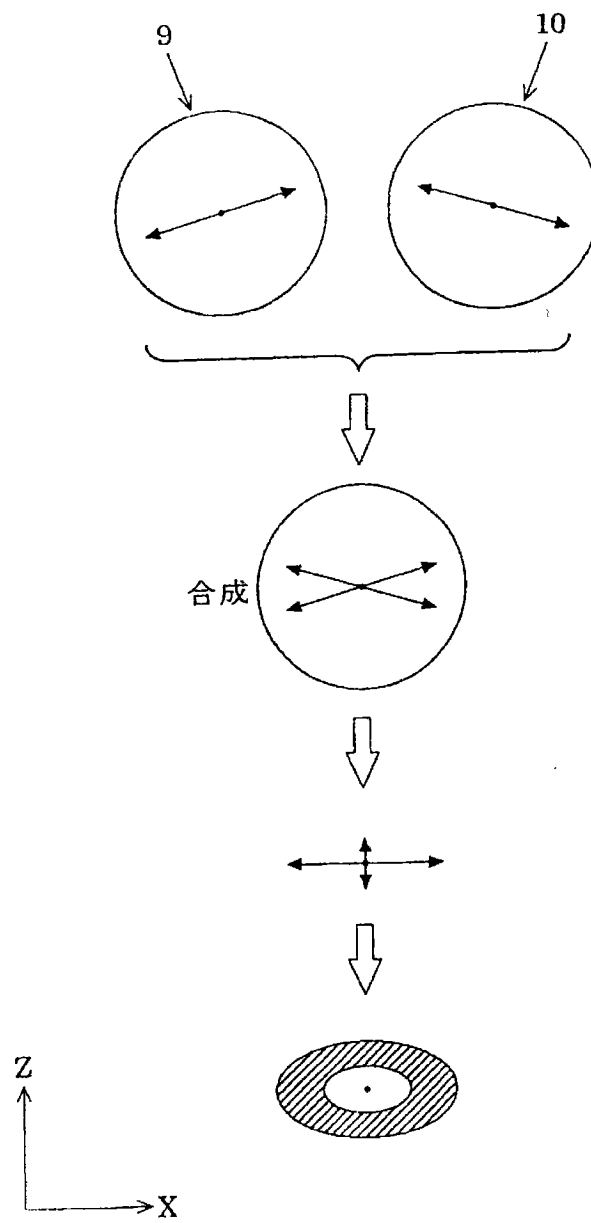


图 8

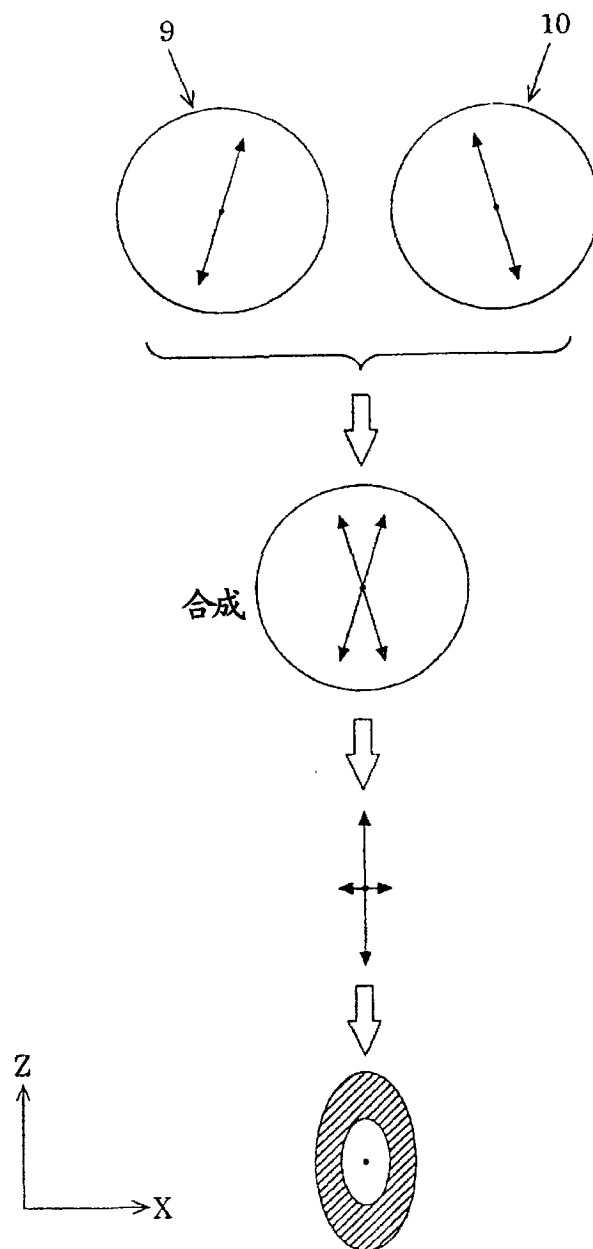


图 9

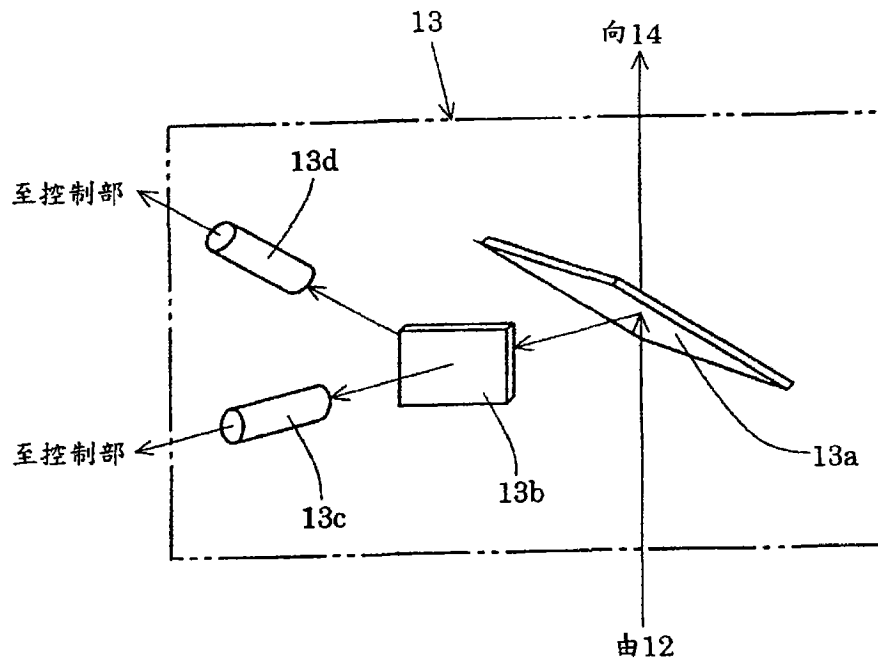


图 10

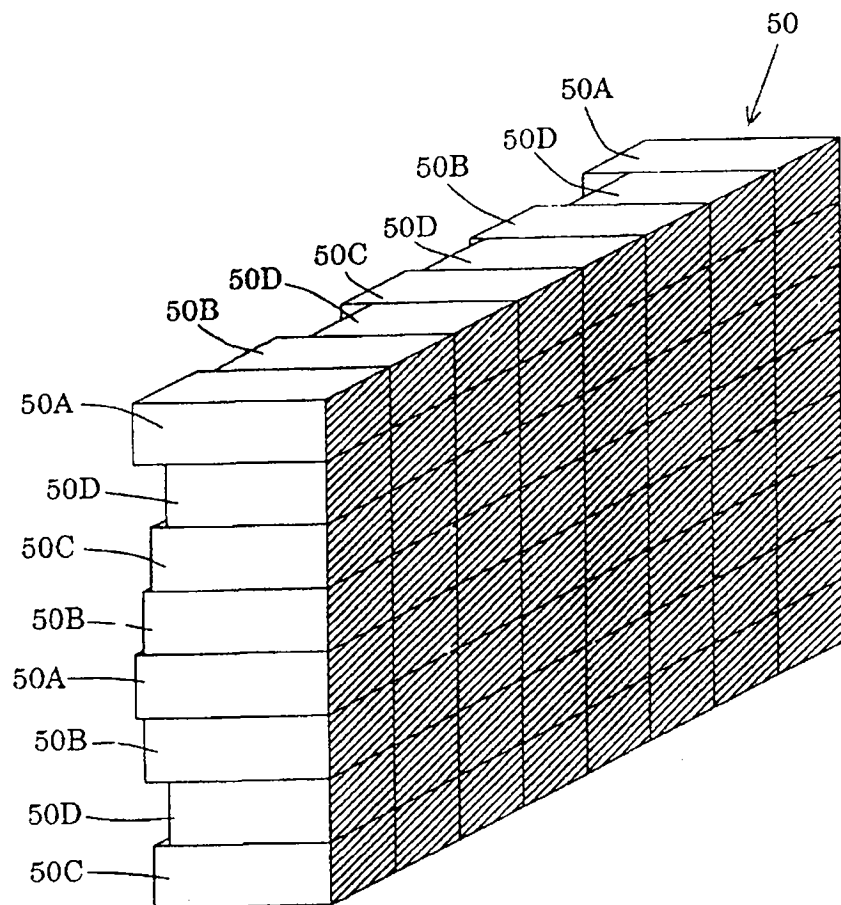


图 11

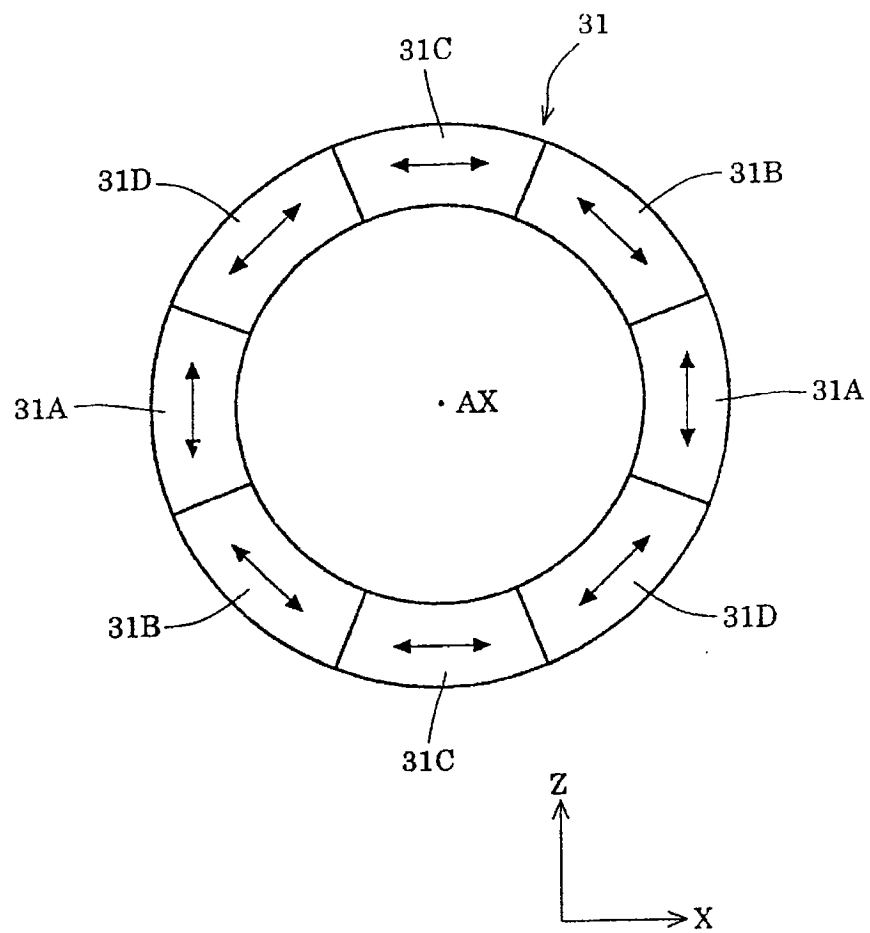


图 12

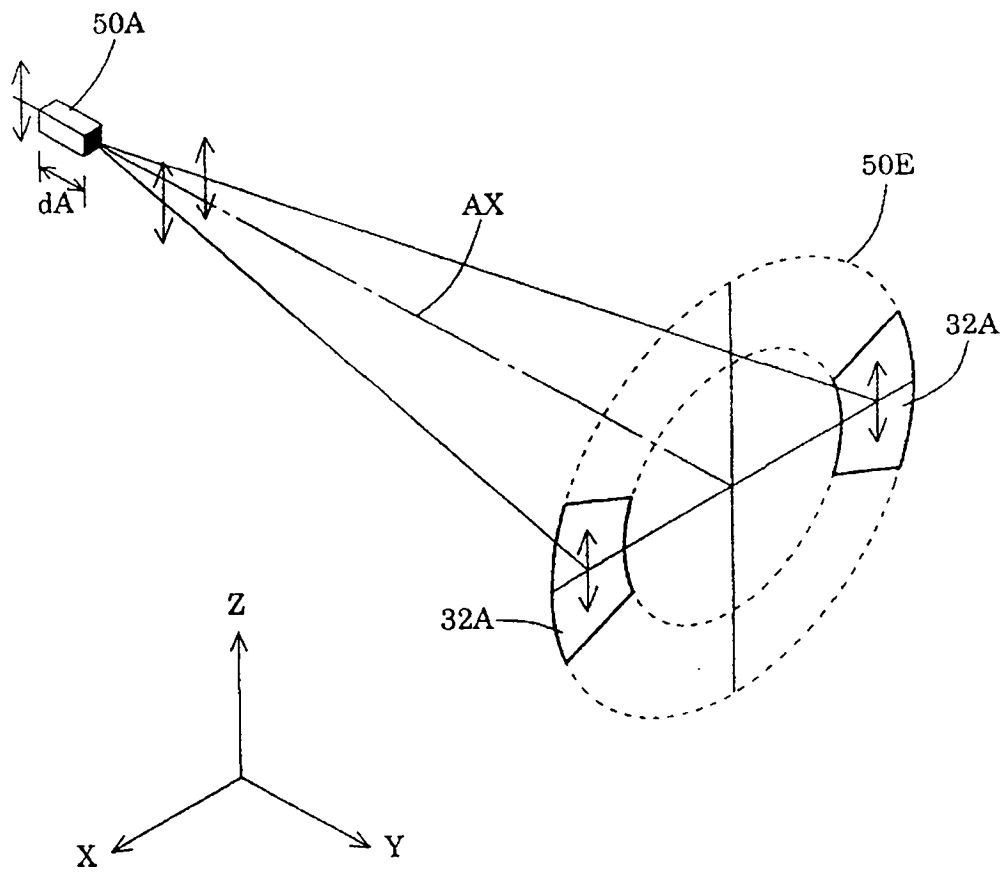


图 13

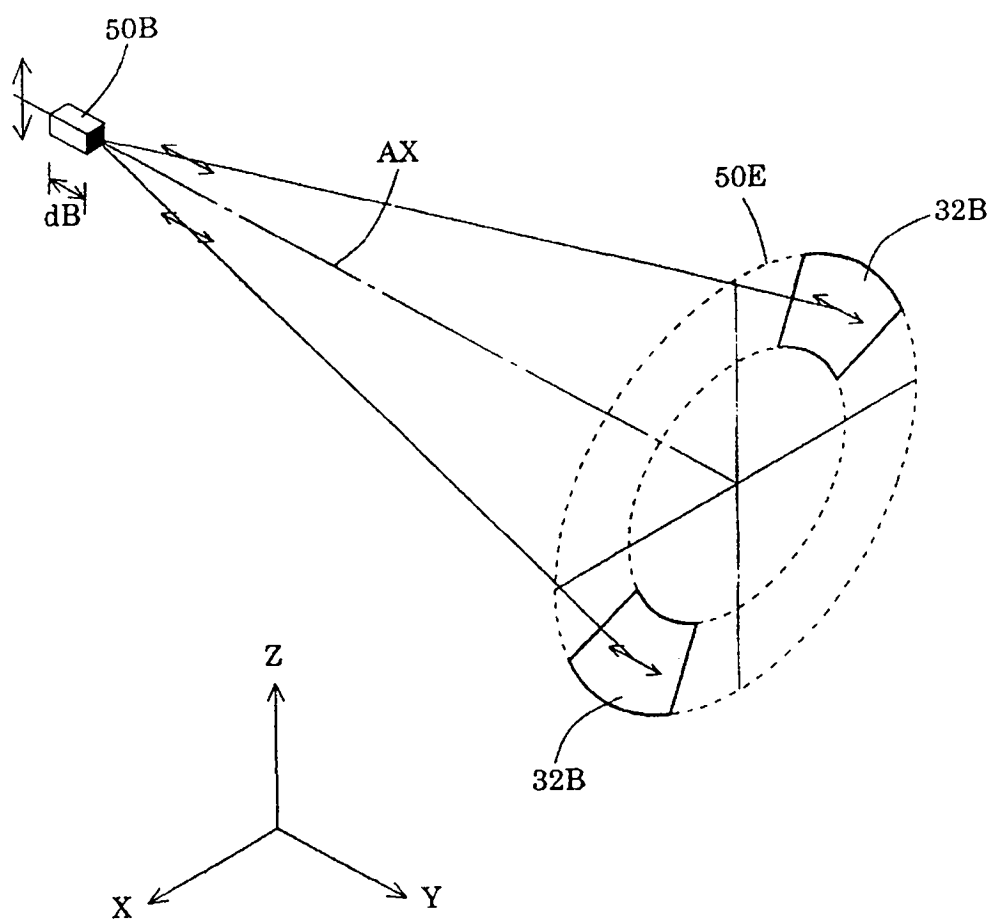


图 14

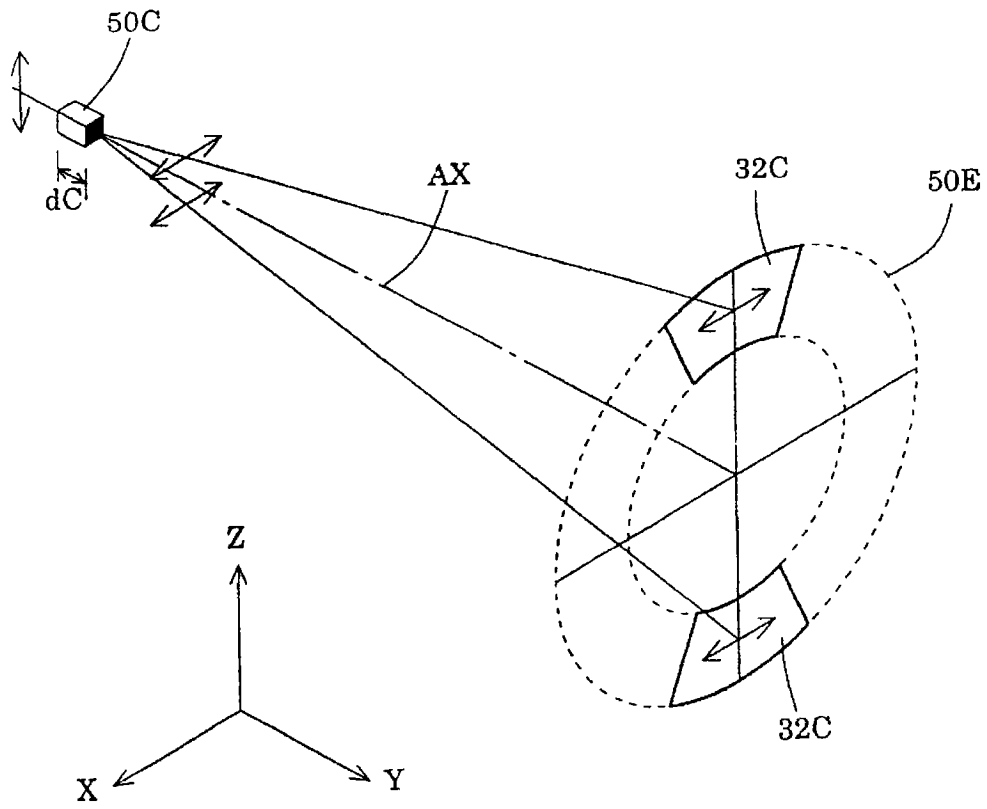


图 15

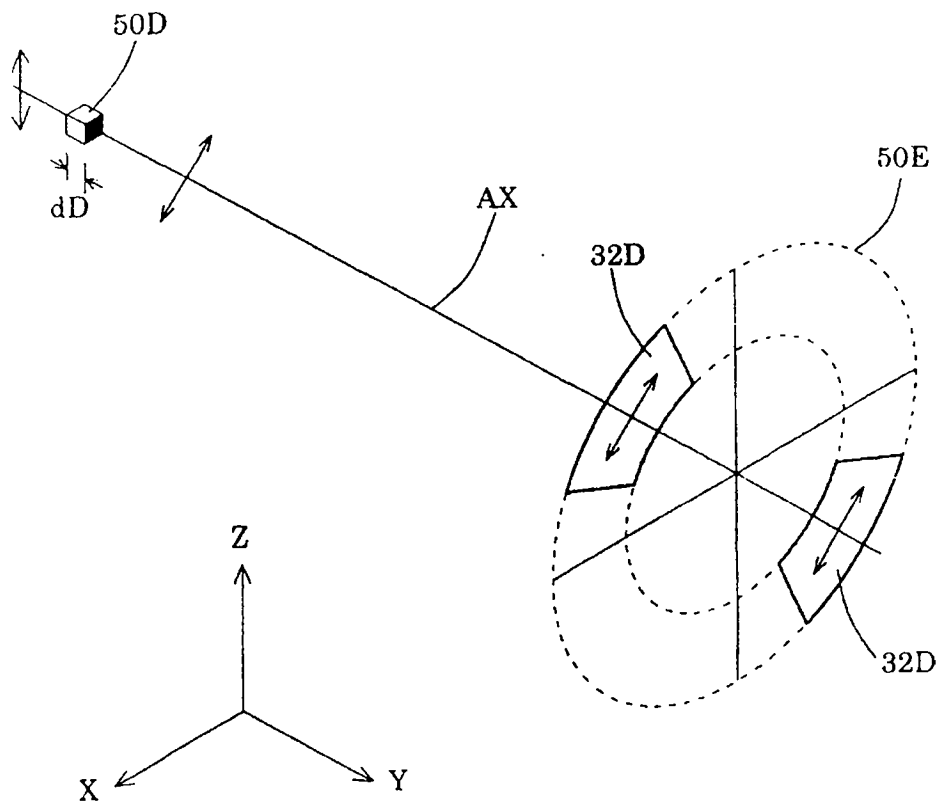


图 16

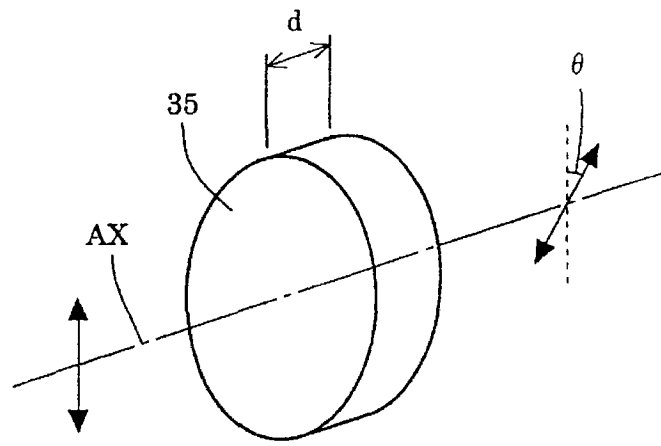


图 17

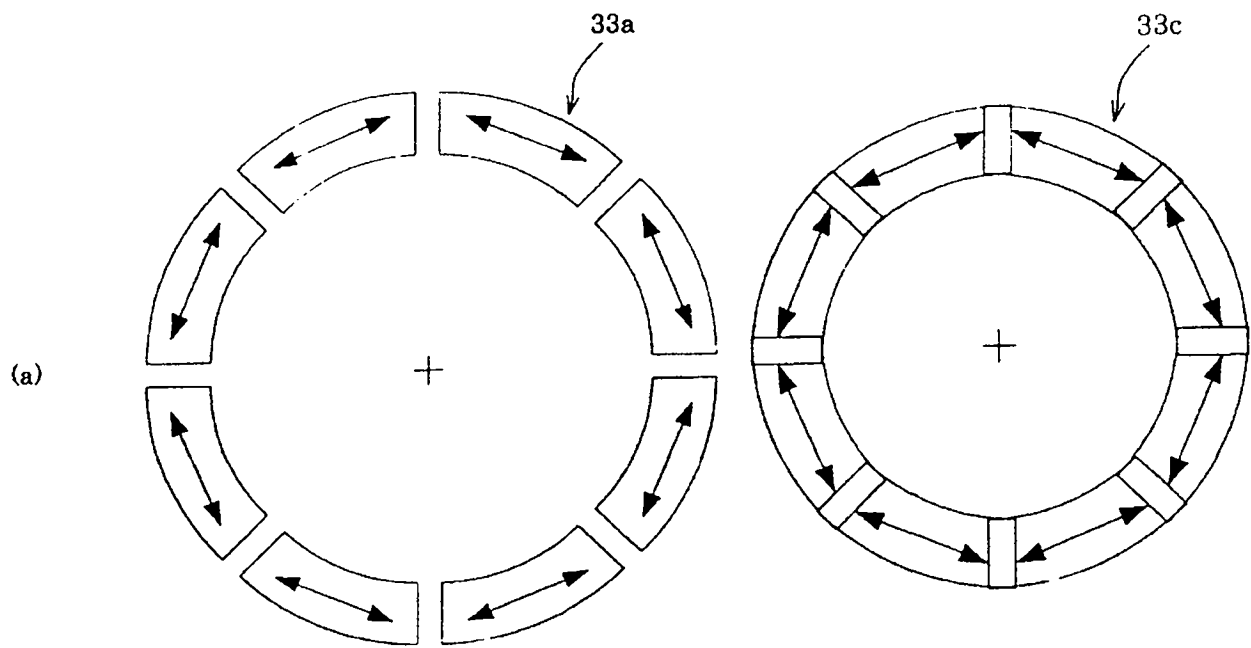


图 19

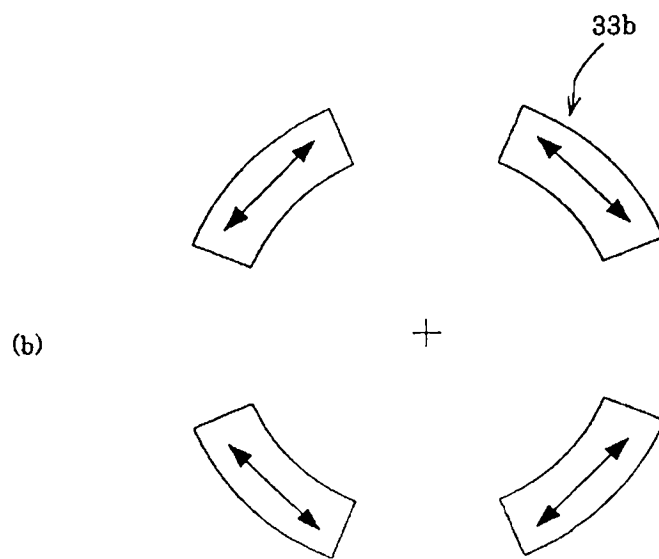


图 18

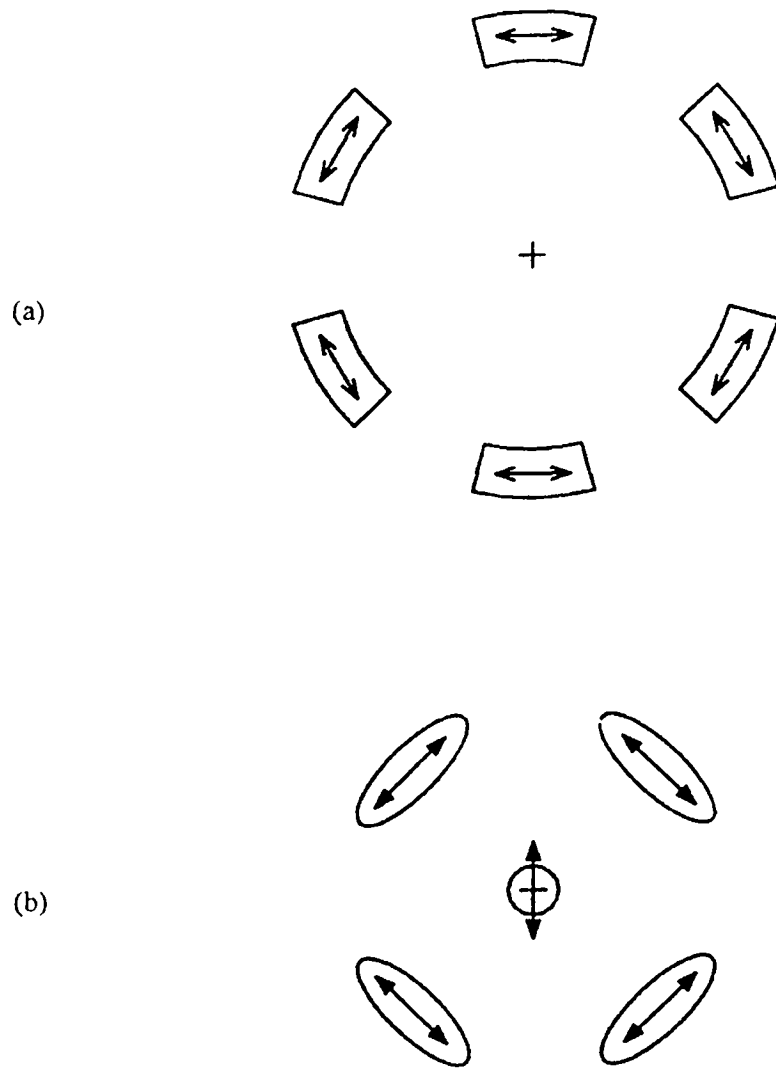


图 20

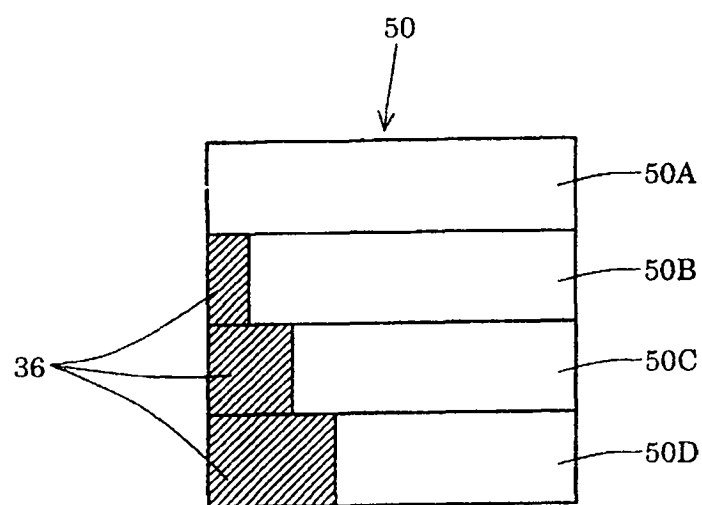


图 21

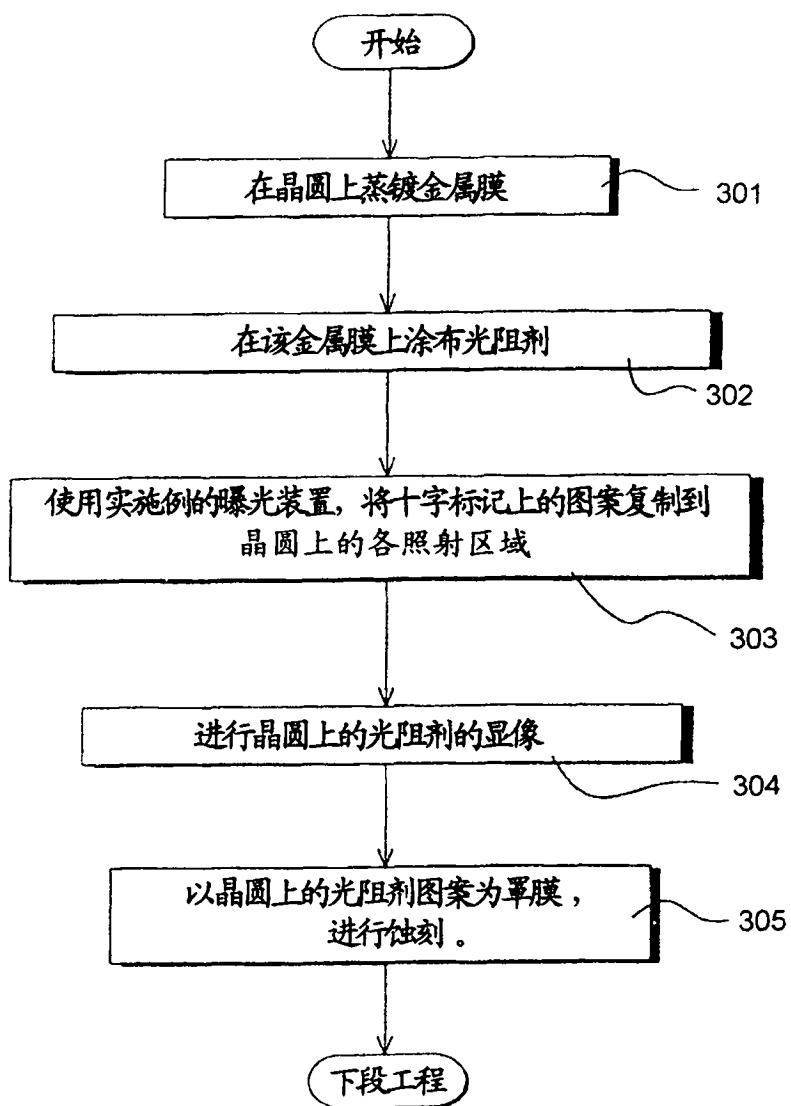


图 22

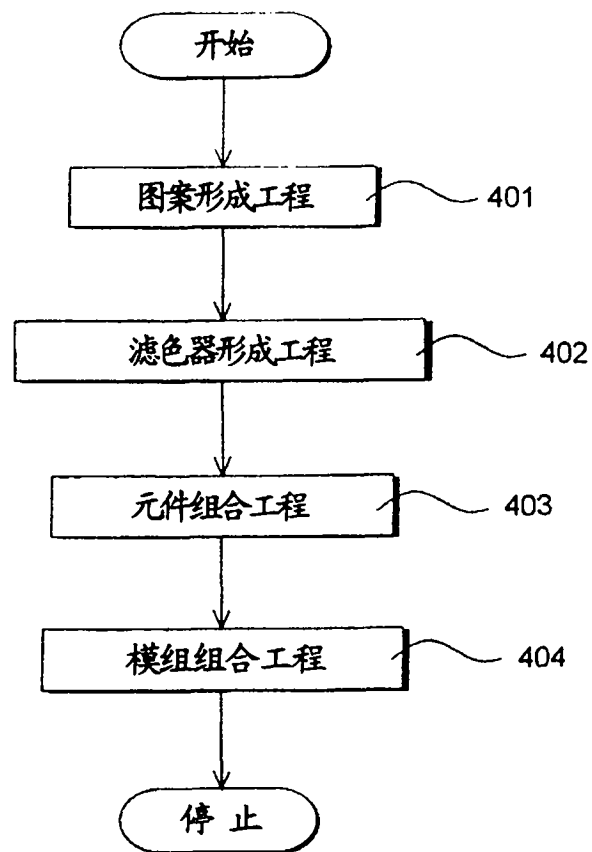


图 23