



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101387754 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 200810211496. 1

(22) 申请日 2004. 10. 26

(30) 优先权数据

2003-367963 2003. 10. 28 JP

(62) 分案原申请数据

200480031414. 5 2004. 10. 26

(73) 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京千代田区丸之内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 发明人 白石直正

(74) 专利代理机构 北京中原华和知识产权代理

有限责任公司 11019

代理人 寿宁 张华辉

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006. 01)

G03F 7/20 (2006. 01)

G03F 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6191880 B1, 2001. 02. 20,

EP 0564264 A1, 1993. 10. 06,

JP 特开 2003-35822 A, 2003. 02. 07,

TW 484036 B, 2002. 04. 21,

WO 00/67303 A1, 2000. 11. 09,

US 6191880 B1, 2001. 02. 20,

审查员 刘时雄

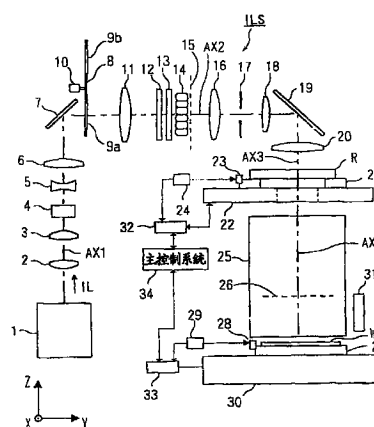
权利要求书2页 说明书22页 附图9页

(54) 发明名称

投影机曝光装置、曝光方法以及元件制造方法

(57) 摘要

提供一种照明光学装置及投影曝光装置,在以所定偏光(optical polarization)状态的照明光照明掩模(mask)之际,可使光量损失减少。具有照明光学系统 ILS 与投影光学系统 PL。照明光学系统 ILS 以照明光 IL 照射光栅(reticle)R,投影光学系统 PL 将光栅 R 的图案像投影于晶圆(wafer)W上。在照明光学系统 ILS,来自曝光光源 1 以直线偏光状态所射出的照明光 IL 通过进相轴的方向不同的第一及第二双折射构件 12、13,大略在特定环带状的领域,在以光轴为中心的圆周方向转换成实质上直线偏光的偏光状态后,经蝇眼透镜 14 等以环带照明条件照明光栅 R。



1. 一种照明光学装置,将来自光源的照明光照射于掩模的图案,其特征在于,包括:
将前述照明光入射的偏光控制机构、将前述偏光控制机构射出的前述照明光衍射的衍射光学元件与将前述衍射光学元件射出的前述照明光入射的双折射构件,
其中前述偏光控制机构,将向双折射构件入射的前述照明光的偏光方向切换,
前述衍射光学元件,将照射于前述掩模的图案的前述照明光的入射角度范围限制在特定范围,
前述双折射构件,使由前述偏光控制机构切换偏光方向、且由前述衍射光学元件限制在前述特定范围而入射于前述掩模的图案的前述照明光的偏光状态成为以 S 偏光为主成分的偏光状态。
2. 根据权利要求 1 所述的照明光学装置,其特征在于,前述偏光控制机构使入射的直线偏光的照明光的偏光方向改变。
3. 根据权利要求 1 所述的照明光学装置,其特征在于,前述偏光控制机构包括 $1/2$ 波长板与 $1/4$ 波长板。
4. 根据权利要求 1 所述的照明光学装置,其特征在于,前述衍射光学元件,更将照射在前述掩模的图案的前述照明光的入射方向限制为特定的多个离散的方向上。
5. 根据权利要求 1 所述的照明光学装置,其特征在于,前述双折射构件为不均一波长板。
6. 根据权利要求 5 所述的照明光学装置,其特征在于,前述双折射构件的形状为连续并且微分连续的函数所表示的形状。
7. 根据权利要求 5 所述的照明光学装置,其特征在于,前述双折射构件的形状为在所定位置以阶段性的形状变化的阶段状形状。
8. 根据权利要求 5 所述的照明光学装置,其特征在于,前述双折射构件沿着前述照明光的行进方向上配置有多个。
9. 根据权利要求 1 至 8 任一项所述的照明光学装置,其特征在于,包括光学积分器,配置于前述双折射构件与前述掩模的图案之间。
10. 一种投影曝光装置,其特征在于,其包括:
照明光学系统,其为权利要求 1 至 8 中任一权利要求所述的光学照明装置,且将从来自光源的照明光照射至掩模的图案;以及
投影光学系统,将前述掩模的图案的像投影于基板上。
11. 一种投影曝光装置,其特征在于,其包括:
照明光学系统,其为权利要求 9 所述的光学照明装置,且将从来自光源的照明光照射至掩模的图案;以及
投影光学系统,将前述掩模的图案的像投影于基板上。
12. 一种曝光方法,其特征在于,使用权利要求 10 所述的投影曝光装置,以前述掩模的图案的像,使作为前述基板的感光体曝光。
13. 一种曝光方法,其特征在于,使用权利要求 11 所述的投影曝光装置,以前述掩模的图案的像,使作为前述基板的感光体曝光。
14. 一种元件制造方法,包括光刻工艺,其特征在于:
在前述光刻工艺中,使用权利要求 12 所述的曝光方法,将图案转印于感光体。

15. 一种元件制造方法,包括光刻工艺,其特征在于:
在前述光刻工艺中,使用权利要求 13 所述的曝光方法,将图案转印于感光体。

投影机曝光装置、曝光方法以及元件制造方法

[0001] 本申请是原申请号 200480031414.5(国际申请号 PCT/JP2004/015853,国际申请日 2004 年 10 月 26 日),发明名称为“投影机曝光装置、曝光方法以及元件制造方法”的分案申请。

[0002] 技术领域

[0003] 本发明是有关于制造例如半导体集成电路(LSI 等)、摄影元件、或液晶显示器等的各种元件的光刻(Lithography)制程所使用的一种曝光技术,更详细是关于以所定的偏光状态的光照明掩模图案(mask pattern)的曝光技术。又,本发明是有关于使用此曝光技术的元件制造技术。

[0004] 背景技术

[0005] 在形成半导体集成电路或液晶显示器等的电子元件的微细图案之际,使用将要形成的图案以 4~5 倍程度比例放大所描绘的掩模(mask)的光栅(reticle)(或光罩(photomask)等)的图案以通过投影光学系统缩小在被曝光基板(感光体)的晶圆(wafer)(或玻璃板等)上的曝光转印方法。在其曝光转印之际,使用步进机(stepper)等的静止曝光型及扫描步进机(scanning stepper)等的扫描曝光型的投影曝光装置。投影光学系统的解像度,是比例于将曝光波长除以投影光学系统的开口数(NA)所得到的值。投影光学系统的开口数(NA),是将曝光用的照明光向晶圆的最大入射角的正弦(Sin)乘上其光束通过的媒质的折射率者。

[0006] 因此,为对应于半导体集成电路等的微细化,投影曝光装置的曝光波长,是更短波长化。现在曝光波长虽是以 KrF 准分子激光(excimer laser)的 248nm 为主流,更短波长的 ArF 准分子激光的 193nm 也正要进入实用化的阶段,然而,也进行使用更再短波长的波长的 157nm 的 F₂ 激光和波长 126nm 的波长的 Ar₂ 激光等的所谓真空紫外域的曝光光源的投影曝光装置的提案。又不仅在短波长化,由投影光学系统的大开口数化(大 NA 化)也可以进行高解像度化的关系,正在进行使投影光学系统更再大 NA 化的开发,现在的最先端的投影光学系统的 NA 是为 0.8 程度。

[0007] 一方面,虽然使用同一曝光波长,同一 NA 的投影光学系统,对于提升所转印的图案的解像度,使用所谓相位移光栅(Shift reticle)的方法或使照明光的向光栅的入射角度分布控制于所定分布的环带照明、二极照明、及四极照明等所谓超解像技术也正在实用化。

[0008] 此等之中,环带照明是将照明光的向光栅的入射角度范围限制于所定角度,亦即藉由将照明光学系统的瞳面的照明光分布限定于以照明光学系统的光轴为中心的环带领域内,而可以发挥使解像度及焦点深度提升的效果(参照例如日本专利特开昭 61-91662 号公报)。一方面,二极照明、四极照明,是并非仅在入射角度范围,在光栅上的图案具有特定方向性的图案的场合,对于照明光的入射方向也藉由限定于其图案的方向性所对应的方向,以大幅度提升解像度及焦点深度(参照例如日本专利特开平 4-101148 号公报或对应其的美国专利第 6233041 号说明书、日本专利特开平 4-225357 号公报或对应其的美国专利第 6211944 号说明书)。

[0009] 尚且,对于光栅上的图案方向使照明光的偏光状态为最佳化,以提升解像度及焦点深度的尝试也已被提案。此种方法是藉由使照明光在直交于图案的周期方向的方向,即在平行于图案长度方向的方向具有偏光方向(电场方向)的直线偏光光,以提升转印像的对比(Contrast)等。例如,参照专利文献1、非专利文献1)。

[0010] 又,在环带照明中,在照明光学系统的瞳面于照明光被分布的环带领域中,使照明光的偏光方向与其圆周方向一致,以提升投影像的解像度和对比等的尝试也已被提案。

[0011] 【专利文献1】日本专利特开平5-109601公报。

[0012] 【非专利文献1】Timothy A. Brunner, et al.: “High NA Lithographic imaging at Brewster’s Angle”, SPIE

[0013] (美国 Vol. 4691, pp. 1 ~ 24 (2002))。

[0014] 如在上述的习知技术,在进行环带照明的场合,于照明光学系统的瞳面,如使照明光的偏光状态以实质上成为一致于环带领域的圆周方向的直线偏光时,照明光量的损失变多,有照明效率低降的问题。

[0015] 关于此的详述时,从近年来主流的狭带化 KrF 准分子激光光源所射出的照明光是为一样的直线偏光。如将此以保持原样的偏光状态导向光栅时,由于光栅是以一样的直线偏光光照明的关系,不消说,不能实现一致于如上述的照明光学系统的瞳面的环带领域的圆周方向的直线偏光光。

[0016] 因此,为实现上述的偏光状态,使从光源所射出的直线偏光光以一次转换于任意(random)偏光的光后,在其环带领域的各部分,使用偏光滤光器(filter)或偏光射束分裂器(beam splitter)等的偏光选择元件,有必要采用从任意偏光所构成的照明光选择所期望的偏向成分的方法等。在此方法,任意偏光的照明光的能量(energy)中仅以所定直线偏光成分所含的能量,即大略仅一半的能量可作为向光栅的照明光使用的关系,照明光量的损失大,进而向晶圆的曝光能力(power)的损失大,有曝光装置的处理能力(throughtput)低降的问题。

[0017] 以同样,在使用二极照明或四极照明等的多极照明的场合,在照明光学系统的瞳面,于二极或四极的领域的照明光的偏光状态如要设定于所定状态时,也有照明效率低降的问题。

[0018] 发明内容

[0019] 本发明是鉴于此等课题所进行者,本发明的第一目的是提供一种曝光技术可减少将光栅等的罩幕掩模以所定偏光状态的照明光照明之际的光量损失。

[0020] 更且本发明的第二目的是提供一种曝光技术将照明光学系统的瞳面上的环带、二极、或四极等的领域的照明光的偏光状态设定于所定状态之际,可减少照明光量的低降,其结果几乎不使处理能力低降能提升解像度等。

[0021] 又,本发明的目的也可提供一种元件制造技术是使用上述曝光技术以高处理能力制造高性能元件。

[0022] 在以下的本发明的各构件后的带有刮号的符号,为对应本发明之实施例的构成。因此,各符号只不过是该构件的例示,各构件并不是限定于各实施例的构成。

[0023] 依照本发明的第一投影曝光装置是包括照明光学系统(ILS)与投影光学系统(25)的投影曝光装置,其中,照明光学系统(ILS)将来自光源(1)的照明光照射于第一物体

(R), 投影光学系统 (25) 将在第一物体上的图案像投影于第二物体 (W) 上, 其光源在实质上以单一的偏光状态产生照明光, 其照明光学系统具有沿其照明光的进行方向配置的多个双折射构件 (12, 13), 并且其多个双折射构件之中的至少一个双折射构件的进相轴的方向是与其他双射构件的进相轴的方向不同, 其照明光中, 使以特定的入射角度范围照射于第一物体的特定照明光成为以 S 偏光为主成份的偏光状态的光。

[0024] 依照本发明的第一照明光学装置是将来自光源 (1) 的照明光照射于第一物体 (R) 的照明光学装置, 其具有沿其照明光的进行方向配置的多个双折射构件 (12, 13), 并且其多个双折射构件之中的至少一个双折射构件的进相轴的方向是与其他双射构件的进相轴的方向不同, 在从其光源供给的实质上为单一的偏光状态的照明光装, 使以特定的入射角度范围照射于第一物体的特定照明光成为以 S 偏光为主成份的偏光状态的光。

[0025] 依照如此的本发明时, 例如藉由将其多个双折射构件的分布各设于所定分布, 可使从其光源所射出的照明光通过其多个双折射构件后的偏光状态, 例如在以光轴为中心的环带状领域可使偏光于以其光轴为中心的圆周方向的状态成为主成分。于是, 将其多个双折射构件的射出面藉由例如配置于接近照明光学系统的瞳面的位置时, 通过其环带状领域的照明光 (特定照明光) 以几乎无光量损失的状态, 可于 S 偏光为主成份的所定偏光状态照明第一物体。

[0026] 此种场合, 也可具有光束限制构件 (9a、9b) 将照射于第一物体的照明光限制在其特定照明光。藉此, 其第一物体是以大概为环带照明的条件下被照明。在此环带照明, 藉由使第一物体上的照明光大概成为 S 偏光时, 在其第一物体上的任意方向以微细间距所排列的线 • 和 • 空间 (Line. and. space) 图案的投影像是以主要偏光方向由平行于线图案的长度方向的照明光来结像的关系, 可改善对比、解像度、焦点深度的结像特性。

[0027] 又, 其光束限制构件, 更再将照射于第一物体的照明光的入射方向也可限制于特定的实质上的离散的多个方向。藉此, 以二极照明或四极照明等进行照明的关系, 可改善在所定方向以微细间距所排列的线 • 和 • 空间图案的结像特性。

[0028] 其次, 依照本发明的第二投影曝光装置是包括照明光学系统 (ILS) 与投影光学系统 (25) 的投影曝光装置, 其中, 照明光学系统 (ILS) 是使来自光源 (1) 的照明光照射于第一物体 (R), 投影光学系统 (25) 是将在第一物体上的图案像投影于第二物体 (W) 上, 其光源是在实质上以单一的偏光状态产生照明光, 其照明光学系统是具有沿其照明光的进行方向所配置的多个双折射构件 (12, 13), 并且其多个双折射构件之中的至少一个双折射构件的进相轴的方向是与其他双折射构件的进相轴的方向不同, 在其照明光学系统中的瞳面或在其附近的面内, 通过以其照明光学系统的光轴为中心的所定环带领域的特定环带领域 (36) 内的至少一部分领域的照明光, 成为以其特定环带领域的圆周方向为偏光方向的以直线偏光为主成分的偏光状态。

[0029] 依照如此的发明时, 例如藉由将其多个双折射构件的分布各设于所定分布, 从其光源所射出的照明光中通过其特定环带领域的照明光的至少一部分的偏光状态, 是以几乎无光量损失的状态, 成为以其特定环带领域的圆周方向为偏光方向的以直线偏光为主成分的状态 (所定偏光状态)。

[0030] 此种场合, 也可具有光束限制构件 (9a、9b) 将照射于第一物体的照明光在实质上限制于在特定环带领域内所分布的光束。又, 其光束限制构件也可将其光束更限制在其特

定环带领域内的实质上的离散多个领域内。此等场合,以几乎不使照明光量低~~降~~,可实现环带照明、二极照明或四极照明等。

[0031] 又,其光束限制构件的一例,是包含在光源(1)与多个双折射构件(12,13)之间所配置的衍射光学元件。藉由使用衍射光学元件,可更减少光量损失。

[0032] 又,作为一例,其多个双折射构件中至少一构件,是在透射光中平行于进相轴的直线偏光成分与平行于迟相轴的直线偏光成分间所给与的相位差的偏光间相位差,对于其构件的位置以非线性变化的不均一波长板(12,13)。藉此,可将通过其多个双折射构件后的照明光的偏光状态以高精度控制于所定状态。

[0033] 此种场合,其不均一波长板,对于其特定照明光或分布于其特定环带领域的照明光,也可包含以其照明光学系统的光轴为中心给与具有二次旋转对称性的偏光间相位差的第一不均一波长板(12)。

[0034] 又,其不均一波长板,对于其特定照明光或分布于其特定环带领域的照明光,也可更包含以其照明光学系统的光轴为中心给与具有一次旋转对称性的偏光间相位差的第二不均一波长板(13)。

[0035] 又,作为一例,其第一及第二不均一波长板,是其进相轴的方向,以其照明光学系统的光轴为旋转中心,互相离开 45° 者。藉此,可容易控制通过两个不均一波长板后的照明光的偏光状态。

[0036] 又,也可更包含配置于其多个双折射构件与其第一物体间的光学积分器(optical intergrator)(14)。藉此,可提升第一物体上的照度分布的均一性。

[0037] 又,可更包含配置于其多个双折射构件与其光学积分器间的变焦距(zoom)光学系统,间隔可变的圆锥棱镜群(41,42),或多面体棱镜群。按照其第一物体上的图案间距等使用其变焦距光学系统等可控制其特环带领域(或环带状领域或者其中的实质上的离散的部分领域)大小和位置,藉此,可提升曝光种种间距图案时的结像特性。

[0038] 又,其光学积分器,是以蝇眼透镜(fly-eye lens)为其一例。

[0039] 又,也可具有配置于其光源与其多个双折射构件间以变换从其光源的照明光的偏光状态的偏光控制构件(4)。藉此,可将从其光源的照明光的偏光状态以无光量损失的状态,变换为适合于多个双折射构件的偏光状态。

[0040] 又,也可具有以其照明光学系统的光轴为中心,使其多个双折射构件的一部分或全部可旋转的旋转机构,藉此,可将从其光源的照明光,以适合于其双折射构件的偏光状态供给于其双折射构件。

[0041] 又,也可具有双折射交换机构,双折射交换机构是具有多组的多个双折射构件,将其多组的多个双折射构件以可交换方式配置于其照明光学系统内。以此可对应于转印对象的种种图案。

[0042] 依照本发明的第三投影曝光装置是包括照明光学系统(IILS)与投影光学系统(25)的投影曝光装置,其中,照明光学系统(IILS)将来自光源(1)的照明光照射于第一物体(R),投影光学系统(25)将在第一物体上的图案像投影于第二物体(W)上,其光源在实质上以单一的偏光状态产生照明光,其照明光学系统具有沿其照明光的进行方向配置的衍射光学元件(9a,9b)与双折射构件(12,13)。

[0043] 依照本发明的第二照明光学装置是将来自光源(1)的照明光照射于第一物体

(R) 的照明光学装置,其具有沿其照明光的进行方向配置的衍射光学元件与双折射构件。

[0044] 依照如此的本发明时,藉由使用双折射构件,可于例如 S 偏光为主成份的所定偏光状态有效率的照明第一物体。而且,藉由将使用其衍射光学元件而入射于双折射构件的照明光的光亮分布限制成环带状,可以使光量损失极小。

[0045] 在本发明中,作为一例,其衍射光学元件将照射于前述第一物体的照明光,以特定的入射角度范围实质上限制在照射于前述第一物体的特定照明光,而且双折射构件使前述特定照明光成为以 S 偏光为主成分的偏光状态的光。

[0046] 又,其衍射光学元件更将照射于前述第一物体的前述照明光的入射方向限制于特定实质上的离散的多个方向。

[0047] 又,其衍射光学元件使前述照明光实质上限制为在前述照明光学系统中的瞳面内的,分布于以前述照明光学系统的光轴为中心的所定环带领域的特定环带领域内的光束,而且双折射构件使前述光束成为以圆周方向为偏光方向的直线偏光为主成分的偏光状态。

[0048] 又,其衍射光学元件也可以使前述光束限制在前述特定环带领域内实质上的离散的多个领域内。

[0049] 其次,依照本发明的曝光方法,是使用本发明的投影曝光装置,以其第一物体的光罩 (R) 的图案像使作为第二物体的感光体 (W) 曝光。由本发明,可使其第一物体以环带照明、二极照明、或四极照明等照明的同时,可使入射于其第一物体的照明光的偏光状态大略以 S 偏光为主成分。因此,可几乎以无光量损失的状态,以良好的结像特性转印光罩上在所定方向以微细间距所形成的图案。

[0050] 又,依照本发明的元件制造方法,是包含光刻 (lithography) 工艺的元件制造方法,在其光刻工艺以使用本发明的曝光方法将图案转印于感光体。依照本发明时,可以高处理能力,并且以高结像特性能将图案转印。

[0051] 依照本发明时,使用多个双折射构件控制照明光的偏光状态的关系,可减少将第一物体 (光罩) 以所定偏光状态的照明光照明之际的光量损失。

[0052] 又,藉由更再使用光束限制构件,在将第一物体以环带照明、二极照明、或四极照明等照明之际,以几乎不使照明光量低降,可将通过特定环带领域的至少一部分领域的照明光的偏光状态设定于以平行于其特定环带领域的圆周方向的直线偏光为主成分的状态。

[0053] 此种场合,在沿其第一物体上的直线偏光的方向具有长度方向的线图案以微细间隔所配置的图案曝光之际的结像特性可提升。因此,可提供能实现结像特性的提升,处理能力无降低的照明光学装置、投影曝光装置及曝光方法。

[0054] 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

[0055] 图 1 是将表示本发明的实施形态的一例的投影曝光装置的概略结构切开的剖面图。

[0056] 图 2A 是向 +Y 方向所见图 1 中的双折射构件 12 的图,图 2B 是沿图 2A 的 AA' 线的断面图。

[0057] 图 3A 是向 +Y 方向所见图 1 中的双折射构件 13 的图,图 3B 是沿图 3A 的 BB' 线的

断面图。

[0058] 图 4A 是表示在第一双折射构件 12 的偏光间相位差 $\Delta P1$ 与位置 X 的关系的一例的图,图 4B 是表示在第二双折射构件 13 的偏光间相位差 $\Delta P2$ 与位置 XZ 的关系的一例的图,图 4C 是表示从第二双折射构件 13 所射出的照明光的偏光状态的一例的图。

[0059] 图 5 是表示从第一双折射构件 12 所射出的照明光的偏光状态的一例的图。

[0060] 图 6A 是表示在第一双折射构件 12 的偏光间相位差 $\Delta P1$ 与位置 X 的关系的其他例的图,图 6B 是在第二双折射构件 13 的偏光间相位差 $\Delta P2$ 与位置 XZ 的关系的其他例的图,图 6C 是表示从双折射构件 13 所射出的照明光的偏光状态的其他例的图。

[0061] 图 7A 是表示在图 1 光栅 R 上所形成的微细周期图案 PX 的一例的平面图,图 7B 是表示将图 7A 的图案以所定条件照明的场合在投影光学系统的瞳面 26 内所形成的衍射光分布图,图 7C 是表示照明图 7A 的图案 PX 的环带照明的条件的图。

[0062] 图 8A 是将图 1 的照明光学系统 ILS 的瞳面 15 与光栅 R 的关系以简单表示的斜视图,图 8B 是图 8A 的一部分向 +Y 方向所见的图,图 8C 是将图 8A 的一部分向 -X 方向所见的图。

[0063] 图 9 是在本发明的实施形态的一例,为使特定环带领域的半径成为可变,表示可在图 1 的双折射构件 12、13 与蝇眼透镜 14 间所配置的多个圆锥棱镜的图。

[0064] 图 10 表示可配置于图 1 的偏光控制构件 4 的位置的偏光控制光学系统的一例的图。

[0065] 图 11 是表示使用本发明的实施形态的投影曝光装置制造半导体元件的光刻工艺的一例的图。

[0066] R :光栅

[0067] W :晶圆

[0068] ILS :照明光学系统

[0069] AX2 :照明系统光轴

[0070] nf :进相轴

[0071] ns :迟相轴

[0072] 1 :曝光光源

[0073] 4 :偏光控制构件

[0074] 9a、9b :衍射光学元件

[0075] 12 :第一双折射构件

[0076] 13 :第二双折射构件

[0077] 14 :蝇眼透镜

[0078] 25 :投影光学系统

[0079] 36 :特定环带领域

[0080] 41、42 :圆锥棱镜

[0081] 具体实施方式

[0082] 【实施方式】

[0083] 以下,参照图面对于本发明的较佳实施形态的一例进行说明。本例是由步进扫描(step and scan)方式所构成的扫描曝光型的投影曝光装置(scanning stepper)进行曝光

的场合适用本发明者。

[0084] 图 1 是表示将本例的投影曝光装置的概略构成的一部分切开的剖面图,在此图 1,本例的投影曝光装置包括照明光学系统 ILS 与投影光学系统 25。前者的照明光学系统 ILS 包括沿从曝光光源 1(光源)至聚焦透镜(condenser lens)20 的光轴(照明系统光轴)AX1、AX2、AX3 所配置的多个光学构件(详细后述),用来自曝光光源 1 的曝光光束(beam)作为曝光用的照明光(曝光光)IL 以均一照度分布照明对于掩模的光栅 R 的图案面(光栅面)的照射视野。后者的投影光学系统 25,是在其照明光之下,将光栅 R 的照明视野内的图案以投影倍率 M(M 是例如为 1/4、1/5 等的缩小倍率)缩少的像,投影于被曝光基板(基板)或作为感光体的涂布光刻胶(photoresist)的晶圆 W 上的一摄影(shoot)领域上的曝光领域。光栅 R 及晶圆 W 是各可视为第一物体及第二物体。晶圆 W 例如为半导体(硅等)或绝缘体上硅晶片 SOI(silicon on insulator)等的直径 200 ~ 300mm 程度的圆板状基板。本例的投影光学系统 25 虽是例如为折射光学系统,也可使用反射折射系统。

[0085] 以下,在图 1,关于投影光学系统 25、光栅 R、及晶圆 W,是在平行于投影光学系统 25 的光轴 AX4 取为 Z 轴,垂直于 Z 轴的平面(XY 平面)内以沿扫描曝光时的光栅 R 及晶圆 W 的扫描方向(平行于图 1 的纸面的方向)取为 Y 轴,以沿非扫描方向(垂直于图 1 的纸面的方向)取为 X 轴来进行说明。此种场合,光栅 R 的照明视野是在非扫描方向的 X 方向的细长领域,晶圆 W 上的曝光领域是与其照明视野为共轭的细长领域。又,投影光学系统 25 的光轴 AX4 是与光栅 R 上的照明系统光轴 AX3 为一致。

[0086] 首先,要曝光转印的形成图案的光栅 R 吸附保持于光栅机台(reticle stage)21 上,光栅机台 21 是在光栅基部(reticle base)22 上以一定速度移动于 Y 方向的同时,以补正同步误差的方式在 X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴的周围的旋转方向微动,进行光栅 R 的扫描。光栅机台 21 的 X 方向、Y 方向的位置,及旋转角是由设在此上面的移动镜 23 及激光干涉仪(Laser interferometer)24 来计测。依据此计测值及从主控制系统 34 的控制资讯,光栅机台驱动系统 32 通过线性马达等的驱动机构(未图示)控制光栅机台 21 的位置及速度。在光栅 R 的周边部的上方配置有光栅定位(reticle alignment)用的光栅定位显微镜(未图示)。

[0087] 一方面,晶圆是通过晶圆保持器(未图示)吸附保持于晶圆机台 27 上,晶圆机台 27 是在晶圆基部(wafer base)30 上以一定速度可移动于 Y 方向的同时,能在 X 方向、Y 方向以步进(step)移动的方式载置。又,晶圆机台 27 也组装有 Z 水准(leveling)机构,以依据未图示的光聚焦感应器(photofocus sensor)的计测值,使晶圆 W 的表面与投影光学系统 25 的像面一致。晶圆机台 27 的 X 方向、Y 方向位置及旋转角是由设在其上面的移动镜 28 及激光干涉仪 29 来计测。依据此计测值及从主控制系统 34 的控制资讯、晶圆机台驱动系统 33 通过线性马达等的驱动机构(未图示)控制晶圆机台 27 的位置及速度。又,在投影光学系统 25 的附近,为了晶圆定位,配置有以离轴(off-axis)方式例如场影像定位(Field Image Alignment)方式的定位感应器(alignment sensor)31,以检测在晶圆 W 上的位置对准用的标识的位置。

[0088] 在依据本例的投影曝光装置,在曝光之前,由上述光栅定位显微镜进行光栅 R 的定位,藉由定位感应器 31 检测在晶圆 W 上由以前的曝光工艺与电路图案一起所形成的位置对准用标识的位置,以进行晶圆 W 的定位。其后,在光栅 R 上的照明视野以照明光 IL 照射

的状态,驱动光栅机台 21 及晶圆机台 27,将光栅 R 与晶圆 W 上的一个摄影领域在 Y 方向以同步扫描的动作,与使照明光 1L 的发光停止,驱动晶圆机台 27 将晶圆 W 以步进移动于 X 方向、Y 方向的动作,重复上述两项动作。其同步扫描时的光栅机台 21 与晶圆机台 27 的扫描速度比,为了保持通过投影光学系统 25 的光栅 R 与晶圆 W 的结像关系,而等于投影光学系统 25 的投影倍率 M。由此等动作,以步进扫描方式在晶圆 W 上的全部摄影领域曝光转印光栅 R 的图案像。

[0089] 其次,对本发明的照明光学系统 ILS 的构成进行详细说明。在图 1,对于本例的曝光光源 1 是使用 ArF(氟氟)准分子激光(波长 193nm)。尚且,对于曝光光源 1 是也可使用其他的 KrF(氟氟)准分子激光(波长 248nm)、F₂(氟分子)激光(波长 157nm)、或 Kr₂(氟分子)激光(波长 146nm)等的激光光源等。此等激光光源(包含曝光光源 1)是为狭带化的激光或选择波长的激光,从曝光光源 1 所射出的照明光 IL 由于上述狭带化或波长选择,是成为以直线偏光为主成分的偏光状态。以下,在图 1,刚从曝光光源 1 所射出的照明光 IL,是以偏光方向(电场方向)与图 1 中的 X 方向一致的以直线偏光光为主成分者来说明。

[0090] 从曝光光源 1 所发出的照明光 IL 沿照明系统光轴 AX1 通过中继透镜(relay lens)2、3 入射于偏光控制机构的偏光控制构件 4(详细后述)。从偏光控制机构 4 所发出的照明光 IL 经过组合凹透镜 5 与凸透镜 6 所构成的变焦距(zoom)光学系统(5、6),在光路弯曲用的镜面 7 被反射,沿照明系统光轴 AX2 入射于衍射光学元件(DOE:Diffraction Optical Element)9a,衍射光学元件 9a 是由相位型的衍射格子所构成,入射的照明光 IL 是衍射于所定方向前进。

[0091] 如在后述,从光束限制构件的衍射光学元件 9a 的各衍射光的衍射角及方向是对应于照明光学系统 ILS 的瞳面 15 上的照明光 IL 的位置和照明光 IL 的向光栅 R 的入射角及方向。又,衍射光学元件 9a 及具有与其不同的衍射作用的别的衍射光学元件 9b 等多个排列在小塔(turret)状的构件 8 上。然而,例如以在主控制系统 34 的控制下由交换机构 10 驱动构件 8,将构件 8 上的任意位置的衍射光学系统藉由填装于照明光学系统光轴 AX2 上的位置,按照光栅 R 的图案,使向光栅 R 的照明光的入射角度范围及方向(或至瞳面 15 的照明光的位置)可以设定于所期望的范围的方式而构成。又,其入射角度范围是将构成上述变焦距光学系统(5、6)的凹透镜 5 及凸透镜 6 藉由各移动于照明光学系统光轴 AX1 的方向,可进行补助上的微调。

[0092] 射出衍射光学系统 9a 的照明光(绕射光)IL 沿照明系统光轴 AX2 经过中继透镜 11,以顺次入射于本发明的多个双折射构件的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13。对于此等双折射构件的详细情形将于后述。在本实施形态,在双折射构件 13 之后配置光学积分器(optical integrator)(照度均一化构件)的蝇眼透镜(fly-eye lens)14。射出蝇眼透镜 14 的照明光 IL 经过视野光圈 17 及聚焦透镜 18 至光程(optical pass)弯曲用的镜面 19,在此反射的照明光 IL 沿照明系统光轴 AX3 经过中继透镜 20 而照明光栅 R。以如此照明的光栅 R 上的图案,由如上所述的投影光学系统 25 投影、转印于晶圆 W 上。

[0093] 尚且,按照需要使视野光圈 17 为扫描型,也可以同步于光栅机台 21 及晶圆机台 27 的扫描而进行扫描。此种场合,也可将其视野光圈分为固定视野光圈与可动视野光圈而构成。

[0094] 在此种构成,蝇眼透镜 14 的射出侧面是位置于照明光学系统 ILS 的瞳面 15 的附

近。瞳面 15 是通过从瞳面 15 至光栅 R 的照明光学系统 ILS 中的光学构件（中继透镜 16、视野光圈 17、聚焦透镜 18、20 及镜面 19），对于光栅 R 的图案面（光栅面）作为光学傅里叶（Fourier）变换面的作用。即，射出瞳面 15 的一点的照明光是大概成为平行光束以所定入射角及入射方向照射光栅 R。其入射角度及入射方向是按照其光束的在瞳面 15 上的位置有所决定。

[0095] 尚且，光程弯曲用的镜面 7、19 在光学性能上虽是并非必需，如将照明光学系统配置于一直线上时，曝光装置的全高（z 方向的高度）会增大的关系，以省空间化为目的而配置于照明光学系统 ILS 内的适当处者。照明系统光轴 AX1 是由镜面 7 的反射与照明系统光轴 AX2 一致，更且照明系统光轴 AX2 是由镜面 19 的反射与照明系统光轴 AX3 一致。

[0096] 以下，参照图 2～图 5，对于图 1 中的第一及第二双折射构件 12、13 的第一实施例进行说明。

[0097] 第一双折射构件 12 是由一轴结晶等的双折射材料所构成的圆板状构件，其光学轴是在其面内方向（与垂直于照明光学系统光轴 AX2 的平面平行），然而，其第一双折射构件 12 的在其面内的大小（直径）是比配置该双折射构件 12 的位置的照明光 IL 的光束径较大。

[0098] 图 2A 是将图 1 的双折射构件 12 沿照明系统光轴 AX2 向 +Y 方向所见的图，如图 2A 所示，在双折射构件 12 中，对于具有与此平行的偏光方向的直线偏光光使折射率为最低的轴方向的进相轴 nf，是在与图 1 相同座标轴的 xz 座标向从各座标（x 轴及 z 轴）旋转 45° 的方向。又，对于具有与此平行的偏光方向的直线偏光光使折射率为最高的轴方向的迟相轴 ns，是当然与上述进相轴 nf 直交，也向从 x 轴及 z 轴的双方旋转 45° 的方向。

[0099] 第一双折射构件 12 的在平行于图 2A 的纸面的面内是非同样，按照 X 座标（X 方向的位置）而变化。图 2B 是沿图 2A 的 AA' 线的双折射构件 12 的断面图，如图 2B 所示，双折射构件 12 是在 X 方向以中心（照明系统光轴）较薄在周边为较厚。一方面，第一双折射构件 12 的在图 2A 的 z 方向是为一样，双折射构件 12 是以全体成为如负的圆柱透镜（cylinder lens）的形状。

[0100] 以透射如此的双折射构件的光束，一般是在其偏光方向（即“光的电场的振动方向”，以下也相同。）一致于进相轴 nf 的方向的直线偏光成分与一致于迟相轴 ns 的方向的直线偏光成分之间产生光程差（偏光间相位差）。对平行于进相轴 nf 的直线偏光光其双折射构件的折射率为低，因此同偏光光的进行速度是为较快，一方面，对于平行于迟相轴 ns 的直线偏光光的双折射构件的折射率为高，因此同偏光光的进行速度为较迟的关系，在两偏光光间产生光程差（偏光间相位差）。因此，第一双折射构件 12 发挥作为以按照场所给与透射光有不同偏光间相位差的第一不均一波长板的作用。

[0101] 可是，藉由将第一双折射构件 12 的最佳化，将由双折射构件 12 所产生的上述光程差成为波长的整数倍时，两光束的相位在实质上是不能区别，以形成无光程差的状态。在本例，将双折射构件 12 的中心部的 T1 设定为此种。在以下，如图 2B 所示，以 X 轴的原点（ $X = 0$ ）为双折射构件 12 的中心（照射系统光轴）。

[0102] 一方面，对于第一双折射构件 12 的中心向 X 方向离开 ± 1 的位置（1 是基准长度，在第一双折射构件 12 的外径的内侧），仅以产生偏光间相位差 0.5（单位是照明光的波长）的方式设定其双折射构件 12 的形状。以此种形状，在本例是将双折射构件 12 的 TA，对于 X

方向的位置 X, 为以下函数所表示的。

$$[0103] \quad TA = T1 + \alpha \times (1.7 \times X^4 - 0.7 \times X^2) \dots \dots (1)$$

[0104] 在此 α 是比例系数, α 值是与中心部分的 T1 同样, 由所使用的双折射材料的上述进相轴与迟相轴的折射率差等而不同。

[0105] 对于构成第一双折射构件 12 的复折射材料以使用一轴结晶的水晶时, 水晶的折射率, 在波长 193nm 的 ArF 准分子激光光的常光线折射率为 1.6638, 异常光线的折射率为 1.6774。藉此进相轴是为常光线的偏向方向, 迟相轴是为异常光线的偏光方向。

[0106] 在水晶中的常光线、异常光线的波长是将真空中的波长 (193nm) 以各折射率所相除者的关系, 各为 116.001nm、115.056nm, 在水晶中每进行一波长分时, 在两光束间形成 0.945nm 的光程差。因此, 当进行 122.7 (= 166.001/0.945) 波长分时, 在两光束间形成一波长分的光程差。确实光程差刚好为一波长分或整数波长分时, 两光束是在实质上与无光程差为同价。122.7 波长分的水晶是相当于由 $122.7 \times 193 / 1.6638$ 的计算的 14239nm, 即 $14.239 \mu\text{m}$ 。以同样, 如在常光线与异常光线形成半波长的光程差时, 水晶的以上述的一半的 $7.12 \mu\text{m}$ 即可。

[0107] 藉此, 以水晶形成第一不均一波长板的第一双折射构件 12 时, 将上述 (1) 式的中心部的 T1 设定于 $14.239 \mu\text{m}$ 的整数倍, 在周边附近的基准位置 ($X = 1$) 的, 各加厚 $7.12 \mu\text{m}$ 即可, 即使上述比例系数设定为 $7.12 \mu\text{m}$ 即可。

[0108] 此时, 由第一双折射构件 12 所形成的偏光间相位差 $\Delta P1$ 是以 X 方向的位置 X 的函数如下表示。

$$[0109] \quad \Delta P1 = 0.5 \times (1.7 \times X^4 - 0.7 \times X^2) \dots \dots \dots (2)$$

[0110] 尚且, 对于第一双折射构件 12 的为其入射面 12a 与射出面 12b 的间隔, 如满足形成上述相位差的上述与 X 方向的位置关系时, 入射面 12a 与射出面 12b 的各形状也可为任意。但, 面形成的加工上, 是以任何一面为平面时加工成为容易的关系, 实际上是如图 2B 所示, 期望使出射面 12b 为平面。此种场合以射出面 12b 的 TA 值为 0 之际的入射面 12a 的 TA 值是成为如以 (1) 式所求的 TA。当然, 也可使入射面 12a 为平面。

[0111] 图 4A 是表示以 (2) 式所表示的偏光间相位差 $\Delta P1$ (单位是照明光的波长) 与位置 X 的关系图。又图 5 是表示从本例的第一双折射构件 12 所射出的照明光的偏光状态图, 在图 5, 分布于 XZ 座标上的各位置的照明光的偏光状态是以各位置为中心的线段、圆和椭圆表示。又, 图 5 的 X 轴及 Z 轴的原点 ($X = 0$ 、 $Z = 0$) 是设定于双折射构件 12 的中心, X 方向 Z 方向的比例尺是以 $X = \pm 1$ 、 $Z = \pm 1$ 的位置 (共由从原点 $X = 0$ 、 $Z = 0$ 离开基准长度的位置) 以位置于图 5 中的四个角落的方式设定。

[0112] 在图 5 的以各 XZ 座标所识别的位置, 以线段所表示的位置其照明光是以直线偏光为主成分的偏光状态, 线段的方向表示其偏光方向。又, 在以椭圆所表示的位置其照明光是成为以椭圆偏光为主成分的偏光状态, 椭圆的长边方向是表示其椭圆偏光所含的直线偏光成分成为最大的方向。又, 在以圆所表示的位置其照明光是成为以圆偏光为主成分的偏光状态。

[0113] 如图 4A 所示, 在从中心向 X 方向离开 ± 1 的位置, 第一双折射构件 12 作为所谓 1/2 波长板发挥机能。在此, 从图 1 的曝光光源所发出的照明光 IL 是如前所述以偏光于 X 方向的直线偏光光为主成分, 此 1/2 波长板, 是以其进相轴 n_f 及迟相轴 n_s 对于入射光的 (照明

光的)偏光方向的X方向旋转 45° 者。因此,如图5所示,在第一双折射构件12中从由中心向X方向离开 ± 1 (基准长度)位置附近所透射的照明光的偏向状态,是由此 $1/2$ 波长板的作用,变换于以Z方向的直线偏光为主成分的偏光状态。

[0114] 又,由图4A,对于在第一双折射构件12之中从中心向X方向离开 ± 0.6 位置附近所透射的照明光,偏光间相位差 $\Delta P1$ 是为 0.25 ,第一双折射构件12作为所谓 $1/4$ 波长板发挥机能。因此,透射此部分的照明光成为变换于以圆偏光为主成分的偏光状态。

[0115] 一方面,对于X方向透射中心的光束,在进相轴 nf 方向及迟相轴 ns 方向的各直线偏光间不产生光程差的关系,透射光的偏光状态无变换的情形。因此,在对X方向的中心入射于双折射构件12的光束,以如原样保持X方向的直线偏光状态为主成分从双折射构件12射出。然而,在上述 $X = 0, \pm 0.6, \pm 1$ 的各位置以外的位置所透射的光束,是按照位置成为形状不同的椭圆偏光为主成分的偏光状态,透射第一双折射构件12。此偏向状态是如图5所示。

[0116] 在图1,按照透射第一双折射构件12的场所其偏光状态不同的照明光 IL ,是入射于第二双折射构件13。第二双折射构件13也由双折射材料所构成的圆板状构件。

[0117] 图3A是沿照明系统光轴 $AX2$ 向 $+Y$ 方向所见的图1的第二双折射构件13的图,当上述的第一双折射构件12不同,如图3A所示,第二双折射构件13的进相轴 nf 是设定于与图1同座标轴的 XZ 座标的Z轴平行,迟相轴 ns 是设定于与X轴平行。对于第二双折射构件13,其面内方向的大小(直径)也比在该第二双折射构件13所配置的照明光 IL 的光束径较大。

[0118] 又,第二双折射构件13其也非一样,其是按照图3A中的 XZ 座标是函数 $Z = X$ 的方向,即图3A中的 BB' 线方向(以下,称此为“ XZ 方向”。)的位置变化。图3B,是沿图3A的 BB' 线的第二双折射构件13的断面图。如图3B所示,双折射构件13是在左端部(B的附近)为较薄右端部(B'的附近)为较厚的形状。一方面,第二双折射构件13的在直交于 XZ 方向的方向,是为一样。因此,第二双折射构件13也作为按照场所给与不同偏光间相位差的第二不均一波长板发挥机能。

[0119] 在本例将第二双折射构件13的 TB ,对于 XZ 方向的位置 XZ ,用以下函数表示,尚且,如图3B所示,以 XZ 方向的原点($XZ = 0$)为双折射构件13的中心(照明系统光轴),以其中心的为 $T2$ 。

[0120] $TB = T2 + \beta \times (2.5 \times XZ^5 - 1.5 \times XZ^3) \dots (3)$

[0121] 在此, β 是比例常数,与中心部的 $T2$ 同样, β 值是由所使用的双折射材料的上述进相轴与迟相轴的折射率差等而异,在此,中心部的 $T2$,是使第二双折射构件13的偏光间相位差 $\Delta P2$ 为 0.25 (单位是照明光的波长)的方式,即设定于中心部以 $1/4$ 波长板发挥机能。

[0122] 又,在双折射构件13,在向 XZ 方向离开 $+1$ (基准长度)及 -1 的位置,是以偏光间相位差 $\Delta P2$ 各为 $+0.75$ 及 -0.25 的方式设定。此是与中心之间,以形成各为 $+0.5$ 及 -0.5 的偏光间相位差的差的意思。

[0123] 即,在本例的第二双折射构件13,以下式表示偏光间相位差 $\Delta P2$ 的方式设定其。

[0124] $\Delta P2 = 0.25 + 0.5 \times (2.5 \times XZ^5 - 1.5 \times XZ^3) \dots (4)$

[0125] 又,对于第二双折射构件13也以与上述的例同样由水晶形成的场合,以中心部的

T2 是为 $14.239\mu\text{m}$ 的 (整数 $+1/4$) 倍,比例常数 β 为 $7.12\mu\text{m}$ 即可。图 4B,是表示 (4) 式的偏光间相位差 $\Delta P2$ 与位置 XZ 的关系的图。

[0126] 在图 1 中,按照透射第一双折射构件 12 的场所其偏光状态不同的照明光,是由第二双折射构件 13,再度,以其偏光状态按照场所变换。在图 4C 表示从第二双折射构件 13 所射出的照明光 IL 的偏光状态。

[0127] 图 4C 的表示方法与前述的图 5 的表示方法为同样,在图 4C 中,在 XZ 座标上的各位置所分布的照明光的偏光状态,以各位置为中心的线段 (直线偏光),或以椭圆 (椭圆偏光) 表示。又,图 4C 的 X 轴及 Z 轴的原点 ($X = 0$ 、 $Z = 0$) 也设定于双折射构件 13 的中心。

[0128] 尚且,如图 1 所示,在本实施形态,第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 是配置于蝇眼透镜 14 的刚前方,并且蝇眼透镜 14 的射出侧面是配置于照明光学系统 ILS 中的瞳面 15 的附近。因此,第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13,是在实质上配置于大概与照明光学系统 ILS 中的瞳面 15 为等价的场所。

[0129] 因此,透射第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的照明光 IL 以按照其位置所决定的入射角度及入射方向,入射于光栅 R。即,图 4C 中在 origin ($X = 0$ 、 $Y = 0$ 的位置) 上所分布的光束是以垂直入射于光栅 R,从 origin 离开所定距离位置所分布的光束,是以与此距离大概成比例的入射角以倾斜入射于光栅 R。又,其入射方向,是等于其点的从 origin 的方位角的方向。

[0130] 在图 4C 及图 5 所示外圆 C1 及内圆 C2,是对于光栅 R 为构成所定环带照明的照明光分布的境界。各圆 C1、C2 的半径,是以决定上述第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的形状 (分布) 所使用的基准长度为单位,以外圆 C1 的半径为 1.15、内圆 C2 的半径为 0.85。即,对于环带照明的环带比 (内圆的半径 / 外圆的半径) 是设想为 0.74。此是虽设想为一般所使用的所谓“ $3/4$ 环带照明 (内半径 : 外半径 = 3 : 4)”者,当然适用于本发明的环带照明的条件,是非限定于此。

[0131] 从图 4C 可明瞭,从第二双折射构件 13 所射出的照明光,在外圆 C1 及内圆 C2 所围绕的环带领域的特定环带领域 36 内,变成将其特定领域 36 的圆周方向为偏光方向的以直线偏光为主成分的偏光状态。

[0132] 从图 4C 及图 5 比较时, X 轴上及 Y 轴上的照明光的偏光状态是大概相等。但是,以 origin 为中心从各轴离开 45° 程度的位置 (在图 4C 及图 5 中,右上、左上、左下、右下的位置) 的偏光状态,对于图 5 大概为圆偏光,在图 4C 是变换于特定环带领域的圆周方向的直线偏光。这是由于第二双折射构件 13 的作用所引起者,第二双折射构件 13 藉由在图 4C 中的左上及右下的领域作为 $1/4$ 波长板发挥机能,在左下及右上的领域各作为 $-1/4$ 波长板及其等价的 $3/4$ 波长板发挥机能。

[0133] 尚且,在实际上的曝光装置,其特定环带领域 36 的外圆 C1 的实际半径,是由图 1 的投影光学系统 25 的光栅 R 侧的开口数 (NA)、照明光学系统 ILS 中的中继透镜 16 及聚焦透镜 18、19 所构成的光学系统的焦点距离,并且由设定的相干系数 (coherence factor) (照明 σ) 的值决定,内圆 C2 的半径是由更再设定的环带比所决定的值。然而,对于此环带照明的条件,不消说,在其特定环带领域 36 所分布的照明光的偏光方向,以与在各位置的环带领域的圆周方向一致的方式决定第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的形状。

[0134] 在此,对于决定第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的形状,是使其形状在 XZ 面内以比例扩大或比例缩小,对于 Y 方向(光的进行方向)不变化其凹凸量的意思。

[0135] 以上,对于第一与第二双折射构件 12、13 的第一实施例,是由不使光束减光的第一及第二不均一波长板,以无照明光束的光量损失的状态,可使特定环带领域所分布的照明光的偏光方向,与在各位置的环带领域的圆周方向成为一致。在此种场合,其照明光中,通过其特定环带领域 36 照射于光栅 R 的照明光,即以特定入射角度范围照射于光栅 R 的特定照明光,是变成为其偏光方向对于入射面以垂直方向的 S 偏光为主成分的偏光状态的光。藉此,由转印对象的图案的周期性等,有提升转印像的对比(contrast)、解像度,及焦点深度等的场合(详细后述)。

[0136] 其次,参照图 6A ~ 6C 对于图 1 的照明光学系统 ILS 中的第一及第二双折射构件 12、13 的第二实施例进行说明。

[0137] 在本例,第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的构成结构,是基本上也与上述第一实施例所示者同样。即,第一双折射构件 12,是如图 2A 及图 2B 所示具有进相轴方向及形状,第二双折射构件 13,是如图 3A 及图 3B 所示具有进相轴方向及形状。但,在本例是变更关于两双折射构件 12、13 的函数的形式。

[0138] 图 6A 是对应于图 4A,在此第二实施例表示对于第一双折射构件 12 所形成的偏光间相位差 $\Delta P1$ 的 X 方向位置的特性。图 6A 的偏光间相位差 $\Delta P1$,是如下以包含关于 Y 位置 X 的三角函数的函数。

$$[0139] \quad \Delta P1 = 0.265 \{1 - \cos(\pi \times X^2)\} \dots (5)$$

[0140] 此种偏光间相位差 $\Delta P1$,是将第一双折射构件 12 的 TA,对于 X 方向的位置藉由以下函数的表示而可实现。

$$[0141] \quad TA = T1 + \gamma \times \{1 - \cos(\pi \times X^2)\} \dots (6)$$

[0142] 在此, γ 是比例系数。与第一实施例同样,以水晶形成第一双折射构件 12 的场合,使中心的 T1 设定于 $14.239 \mu m$ 的整数倍,将比例系数 γ 设定为 $3.77 \mu m$ 即可。 $3.77 \mu m$,是给予 1 波长分的偏光间相位差的水晶的 $14.239 \mu m$,以上述 (5) 式的系数倍的 0.265 倍的值。

[0143] 图 6B,是表示在本第二实施例的第二双折射构件 13 所形成的偏光间相位差 $\Delta P2$ 的对于 XZ 方向的位置的特性。图 6B 的偏光间相位差 $\Delta P2$,是可如以下以包含关于位置 XZ 的三角函数的函数表示。

$$[0144] \quad \Delta P2 = 0.25 + 0.5 \times \sin(0.5 \times \pi \times XZ^3) \dots (7)$$

[0145] 此种偏光间相位差 $\Delta P2$,是以第二双折射构件 13 的 TB,对于 XZ 方向的位置 XZ 藉由以下函数表示而可实现。

$$[0146] \quad TB = T2 + \delta \times \sin(0.5 \times \pi \times XZ^3) \dots (8)$$

[0147] 在此, δ 是比例系数。以水晶为第二双折射构件 13 时,将中心的 T2 设定为 $14.239 \mu m$ 的(整数 + 1/4) 倍,使比例系数设定为 $7.12 \mu m$ 即可。

[0148] 在本例,第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 作为给予透射光的偏光间相位差也按照各场所而异的以第一及第二不均一波长板而发挥机能。然而,将入射于第一双折射构件 12 的偏光于 X 方向的直线偏光光,变换成如图 6C 所示的偏光分布,再从第二双折射构件 13 射出。

[0149] 将图 6C 与图 4C 比较时可明瞭,以本第二实施例的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的一方,比上述在第一实施例所示者,可将外圆 C1 及内圆 C2 所围绕的特定环带领域 36 内所分布的照明光的偏光状态,较接近于成为平行于其圆周方向的直线偏光。此是,本第二实施例的第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 采用以三角函数的高次函数所定的形状(即面形状)的关系,可进行较高精度的偏光控制。

[0150] 但,在第一实施例所示的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13,是以至五次的高次函数构成的关系,在偏光控制特性上虽稍差,因加工容易可使制造成本控制为低廉的优点。

[0151] 尚且,为更再抑制第一、第二双折射构件 12、13 的制造成本,例如也可将第一双折射构件 12 的表面形状成为圆筒状的(cylindrical)面(对于 X 方向的断面成为圆形的面),使第二双折射构件 13 的表面形状成为锥形(taper)面(倾斜面)。此种场合的偏光控制特性,是虽比第一实施形态者稍差,对于投影曝光装置的用途可得充分效果,一面可图谋上述的低廉制造成本,一面可实现高性能的曝光装置。

[0152] 以如此使第二双折射构件 13 的表面形状成为锥形面,是透射第二双折射构件 13 的光束的偏光间相位差可按照第二双折射构件 13 的面内位置以线形(一次函数)决定的意思。

[0153] 可是,图 1 的第一双折射构件 12 与第二双折射构件 13 的形状是并非限定于上述的第一及第二实施例所示的形状,只要其透射光的上述特定环带领域内的偏光状态,在其各部分,可一致于其圆周方向的形状时,任何形状均可。

[0154] 例如,第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的形状,是并非以上述的连续并且微分连续的函数所表示的形状,也可在所定位置以阶段性的形状变化的阶段状形状。又,在此种阶段状的形状的形成,以替代机械或机械化学的研磨方法,适合于由蚀刻加以形成。

[0155] 尚且,为实现此种偏光状态,如入射于第一双折射构件 12 的光束的偏光状态以直线偏光为主成分的单一偏光状态所构成的照明光的场合,第一双折射构件 12,是以照明系统光轴 AX2 为中心可给予具有二次旋转对称(symmetry of revolution)性的偏光间相位差者为宜。此是,不消说,如在上述第一及第二实施例所示,包含对 X 方向具有偶函数,对于 Y 方向具有一定的不均一波长板。

[0156] 又,第二双折射构件 13,是以照明系统光轴 AX2 为中心可给予具有一次旋转对称性的偏光间相位差的不均一波长板为宜。一次旋转对称性,是偏光间相位差的分布,对于直交于照明系统光轴 AX2 的两条轴中的一方轴大概为对称,对于他方轴大概为反对称。反对称,一般是对于座标轴的反转其绝对值虽为相等其符号则为反转的函数,在此,是包含在一般性的反对称函数,加上常数补偿(offset)的函数。此是,不消说,如在上述的第一及第二实施例所示,包含对于 XZ 方向具有以附上补偿的奇函数所决定的,对于与此直交的方向具有一定的不均一波长板。

[0157] 又,在本实施形态,特别,使上述的特定环带领域所分布的照明光设定于所定的偏光状态较为重要的关系,对于第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的形状,在不对应于上述特定环带领域的场所,不消说,虽然其形状不满足上述条件时也无有特别的问题。

[0158] 尚且,对于第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的块数或进相轴方向,也并非限定于上述第一、第二实施例所示者。即,也可使三块以上的双折射构件沿照明光的进行方

向（沿照明系统光轴 AX2）以串联排列，以其进相轴方向的光轴 AX2 为中心的旋转关系也并非限于 45° 。又，在将三块以上的多个双折射构件沿照明光的进行方向串联配置の場合，在上述特定环带领域的至少一部分领域，最好大致在其全周的领域，为使照明光的偏光状态成为大略平行于圆周方向的直线偏光起见其多个双折射构件中的至少一个双折射构件的进相轴方向与其他双折射构件的进相轴方向不同即可。

[0159] 以同样，双折射构件 12、13 的材质也不限于上述的水晶，也可使用其他双折射材料，也可利用萤石的真性双折射 (Intrinsic Birefringence) 形成。又，也可将本来无双折射的合成石英等的材料加上应力等使具有双折射性者，作为双折射构件 12、13 等使用。

[0160] 更且，对于双折射构件 12、13，也可使用在无双折射性的透射性基板上贴合具有双折射性材料者。此种場合，上述的是不消说指具有双折射性的材料的。在此贴合，是不仅以粘着、压接等的机械方式的接合，也可使用在透射性基板上的蒸镀的手段使具有双折射性的薄膜成膜形成的方法。如上所述，上述第一、第二实施例所示的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的形状等，虽是由所使用材料的双折射的大小而有所变化，不消说，虽然在使用水晶以外的材料的場合，也可适用上述的形状决定方法，以决定其形状。

[0161] 在此，在上述的环带照明，对于分布于环带领域内的照明光的偏光状态，以一致于其环带领域的圆周方向的照明光的优点，以参照图 7A、7B、7C 及图 8A、8B、8C 进行简单说明。

[0162] 图 7A 是表示在图 1 的光栅 R 上所形成的微细周期图案 PX 的一例。周期图案 PX，是在与图 1 同一 XYZ 座标是 X 方向具有周期性的图案，其间距 PT，是考虑到图 1 的投影光学系统 25 的投影倍率换算于晶圆 W 上的比例尺值为 140nm。图 7B 是将此图案，使用波长 193nm 的照明光，以相干系数（照明 σ ）为 0.9，环带比为 0.74 的环带照明来照明的場合，表示在晶圆侧的开口数 (NA) 为 0.90 的投影光学系统 25 的瞳面 26（参照图 1）内所形成的衍射光 (diffracted light) 的分布。

[0163] 图 7C 是表示照明其图案 PX 的环带照明的条件的图，在图 1 的照明光学系统 ILS 的瞳面 15 中，从满足上述环带照明的条件的环带领域 ILO 的照明光照明其图案 PX。从周期图案 PX 的图 7B 的 0 次衍射光 D0，是其全部分布于瞳面 26 内，透射投影光学系统 25 到达晶圆 W，一次衍射光 D1R 及 D1L，是仅以一部分，可能透射瞳面 26 及投影光学系统 25。光栅 R 的图案 PI 的像，是虽以 0 次衍射光 D0 与一次衍射光 D1R、D1L 的干涉条纹 (moiréfringe) 形成于晶圆 W 上，形成干涉条纹者，是限于在照明光学系统 ILS 的瞳面 15 从同一位置所发的照明光所产生的 0 次衍射光的对偶 (pair)。

[0164] 在图 7B 中位置于瞳面 26 的左端部的一次衍射光 D1L，是与 0 次衍射光 D0 中位置于右端部的部分成为对偶者，此等衍射光，是从图 7C 中的环带领域 ILO 中的右端部分领域 ILR 所照明的照明光。一方面，位置于图 7B 中的瞳面 26 的右端部的一次衍射光 D1R，是与 0 次衍射光 D0 中的位置于左端部的部分成为对偶者，此等衍射光，是从图 7C 中的环带领域 ILO 中的左端部分领域 ILL 所照射的照明光。

[0165] 即，在进行如此种在 X 方向具有微细间距的图案 PX 的曝光时，从照明光学系统 ILS 的瞳面 15 上的环带领域 ILO 所发的照明光中，有贡献于图案 PX 的结像的光束，是限于部分领域 ILR 及部分领域 ILL，从环带领 ILO 内的其他领域所发的照明光，是为不贡献于图案 PX 的结像的照明光。

[0166] 可是,在进行如图案 PX 在 X 方向具有周期性,在 Y 方向具有长度方向的图案的曝光之际,如在光栅 R 上以具有 Y 方向的偏光方向的直线偏光照明时,可提升投影像的对比乙节,已在上述的非专利文献 1(Thimothy A. Brunner, et al. :“High NA Lithographic imaging at Brewsten’s angel”, SPIE Vol. 4691, pp1 ~ 24(2001) 等被报告。

[0167] 因此,将图 7C 的部分领域及部分领域 ILL 内所分布的照明光,使成为各偏光于图 7C 中的平行于 Z 方向的 PR 方向及 PL 方向(考虑图 1 中的镜面 19 的作用时在光栅 R 上是对应于 Y 方向)的直线偏光光时,有效于图案 PX 的投影像的对比提升,进而解像度及焦点深度的提升。

[0168] 其次,光栅图案与图 7A 的图案 PX 旋转 90° ,在 Y 方向具有微细间距的周期图案的场合,在图 7B 所示的衍射光分布也成为旋转 90° 。此结果,有贡献于周期图案的像形成的照明光所通过部分领域也配置于将在图 7C 所示的部分领域 ILR 及部分领域 ILL 旋转 90° 的位置(即,图 7C 中的上端及下端),并且好偏光状态,是成为偏光方向一致于 X 方向的直线偏光。由以上,如使共同包含在 X 方向具有微细周期性的图案 PX,与在 Y 轴方向具有微细的图案 PY 的光栅 R 曝光之际,是以使用具有如图 8A ~ 8C 所示的偏光状态的照明光为较有效。

[0169] 图 8A 是将图 1 的照明光学系统 ILS 的瞳面 15 与光栅 R 的关系以简单表示的斜视图,图 1 中的中继透镜 16、聚焦透镜 18、20 等,是以从略。如上所述,分布于图 8A 中的环带领域 ILO 内的照明光,为提升在 X 方向具有周期性图案 PX 的结像性能,是在其 X 方向的端部 ILL、ILR 以 Y 方向(图 8A 的穿过纸面的方向)的直线偏光为宜,为提升在 Y 方向具有周期性图案 PY 的结像性能,是在 Y 方向的端部 ILU、ILD 以 X 方向的直线偏光为宜。即,以使用其偏光方向大概一致于环带领域 ILO 的圆周方向的直线偏光为宜。

[0170] 更且,在光栅 R,不仅为 X 方向及 Y 方向在包含其中间方向(45° 及 135° 方向)的图案的场合,也考虑到此等图案的方向性,是以使用其偏光方向与环带领域的圆周方向完全一致的直线偏光为宜。

[0171] 可是,上述的偏光状态,对于与适合于环带领域 ILO 内各部分的偏光状态的方向性图案直交的图案,并不一定实现有效的偏光状态。例如,从部分领域 ILU 向 X 方向偏光的照明光,对在 X 方向具有周期性在 Y 方向具有长度方向的图案 PX 的结像,是为不好的偏光方向。但,从图 7C 可明瞭图 7C 是表示有贡献于在 X 方向具有微细间距的图案的结像的光源,在图 7C 相当于环带领域 ILO 的上端的部分领域 ILU,是为究竟对在 X 方向具有微细间距的图案的结像无任何贡献的光源的关系,不管部分领域 ILU 的偏光状态为任何者,完全不会使其结像特性恶化。

[0172] 尚且,如图 8A 所示,在照明光学系统 ILS 的瞳面 15 大略与环带领域 ILO 的圆周方向一致的直线偏光,是对于光栅 R 以所谓 S 偏光入射, S 偏光,是对于光束入射于物体的入射面(包含物体的法线与光束的平面)为直交的直线偏光的意思。即,从与环带领域 ILO 的圆周方向一致的方向的直线偏光所构成的部分领域 ILL 的照明光 ILL1,是如图 8B 所示,偏光方向 EF1 对于入射面(图 8B 的纸面)以垂直的 S 偏光入射于光栅 R。又,对于同样的部分领域 ILD 上的照明光 ILD1,如图 8C 所示,偏光方向 EF2 也对于入射面(图 8C 的纸面)以垂直的 S 偏光入射于光栅 R。

[0173] 理所当然,从上述部分领域 ILL、ILD 与对于照明光学系统的光轴 AX41 成为对称位

置的部分领域 ILR、ILU 的照明光,也在部分领域 ILR、ILU 上 各照明光具有一致于环带领域 ILO 的圆周方向的偏光方向的关系,从对称性也同样成为 S 偏光入射于光栅 R。对于环带照明的一般性质,在环带领域 ILO 上所分布的照明光的向光栅 R 的入射角度,是成为从照明光学系统的光轴 AX41 (即对于光栅 R 的垂线) 以角度 ϕ 为中心的所定角度范围。将以此入射角度照射于光栅 R 的光束,在以下称为“特定照明光”。此角度 ϕ 及角度范围以依据照明光的波长和光栅 R 的应转印的图案的间距等决定为宜。

[0174] 可是,上述的第一、第二双折射构件 12、13,虽是从其构件固有的形状所决定的所定外半径 (外圆 C1) 与内半径 (内圆 C2) 间的特定环带领域内所分布的照明光的偏光状态,变换于平行于该特定环带领域的圆周方向的直线偏光为主成分的偏光状态,其半径 (C2、C1) 是不容易变更。

[0175] 于是,如上所述,在有必要将所期望的环带领域依据应转印于光栅 R 上的图案的间距等变更的场合,在图 1 的第一、第二双折射构件 12、13 与蝇眼透镜 14 等的光学积分器之间,如图 9 所示,加设变焦距型的多个圆锥棱镜 41、42,以使上述的特定环带领域的半径成为可变为宜。在图 9,变焦距型的多个圆锥棱镜者,是将具有凹型圆锥面 41b 的凹圆锥棱镜 41 与具有凸型圆锥面 42a 的凸圆锥棱镜 42,以其间隔 D0 为可变沿照明系统光轴 AX2 配置者。

[0176] 在此种场合,透射第一、第二双折射构件 12、13 分布于以平均半径 RI 为中心的特定环带领域的照明光,是由变焦距型的圆锥棱镜 41、42,在蝇眼透镜 14 的入射面及其射出面的照明光学系统的瞳面 15,扩大为半径 R0。此半径 R0 是藉由扩大两圆锥棱镜 41、42 间隔 DD 而可扩大,藉由缩小其间隔 DD 而可缩小。

[0177] 藉此,在照明光学系统的瞳面 15,可将由平行于其圆周方向的直线偏光所构成的照明光所分布的特定环带领域,能以任何半径形成,可将环带照明的照明条件,按照应转印的光栅 R 的图案来变更。

[0178] 尚且,以替代上述变焦距型棱镜 41、42,当然也可使用变焦距光学系统。

[0179] 虽然,在以上的实施形态以形成于图 1 的照明光学系统 ILS 的瞳面 15 的照明光量分布为环带领域,即以适用于环带照明的前提来说明,由图 1 的投影曝光装置可实现的照明条件,并非必定限定于环带照明。即,图 1 的双折射构件 12、13 和图 9 的变焦距型圆锥棱镜 41、42,是使分布于照明光学系统的瞳面 15 内的特定环带领域内的照明光的偏光状态,设定于上述的所期望的偏光状态的关系,虽然将照明光的分布限定于其特定环带领域内的更再特定的部分领域内的场合,即,例如虽限定于图 7C 中的部分领域 ILL、ILR 的场合,不消说,可将分布于其部分领域的圆周方向的偏光方向的直线偏光为主成分的照明光。

[0180] 以如此,如要使照明光仅聚光于特定环带领域内的更再特定领域内时,交换图 1 中的衍射光学元件 9a,将从其他衍射光学元件所产生的衍射光 (照明光) 集中于第一双折射构件 12、第二双折射构件 13 上的特定环带领域中的更再特定离散的领域即可。使照明光集中的场所,虽然例如在图 7C 中为部分领域 ILL、ILR 的两场所,不限于此,也可集中于特定环带领域中的任意场所,其个数也可四个。其选定是按照光栅 R 上的曝光对象的图案形状来决定即可。

[0181] 尚且,以如此使照明光集中于特定领域内的更再特定领域的场合,以替代上述的变焦距型的圆锥棱镜 41、42,也可使用将金字塔型等的凸型多面体棱镜与凹型的多面体棱

镜,以可变更间隔的同一方式所组合的光学构件群。

[0182] 尚且,分布于此等特定领域以外的照明光,是不适于上述曝光对象的图案曝光的关系,在实质上也有使其光量分布成为 0 时为较好的场合。一方面,由于衍射光学元件 9a 等的制造误差等,从衍射光学元件 9a 等向所期望方向的外也产生衍射光(以下称为“误差光”。),在上述的部分领域以外也有照明光分布的可能性。于是,例如在图 1 的蝇眼透镜 14 的入射面侧或在射出面侧加设光圈,以构成为使此误差光遮光的结构。由此上述的多个特定领域的照明光量分布是完全成为离散者。但是,在光栅 R 上也有上述曝光对象的图案以外的图案存在,上述误差光,也具有有效于此等对象外的图案结像的场合的关系,也有并不一定必要使特定领域以外的照明光量分布为 0 的场合。

[0183] 可是,着眼于照明光的向光栅 R 的入射,将瞳面 15 上的照明光量分布,限定于特定环带领域内的更再特定领域内者,加上由环带照明的入射角度范围的限制,对于其入射方向也成为仅从上述的实质上离散的多个方向来限制。当然,将本发明适用于环带照明的场合,也可构成为将分布于特定环带领域以外的误差光,以在蝇光透镜 14 的入射面侧或射出面侧设光圈以遮光的结构。

[0184] 尚且,在以上的实施形态,虽然以使用蝇眼透镜 14 为光学积分器,对于光学积分器也可使用内面反射型积分器(例如玻璃棒(glass rod))。此种场合,玻璃棒的射出面是并非在照明光学系统的瞳面 15,配置于与光栅 R 的共轭面。

[0185] 又,在以上的实施形态,对于曝光光源 1 的激光光源,虽是为偏光于 X 方向的直线偏光光所射出者,依据激光光源的形态,也有偏光于图 1 中的 Z 方向的直线偏光或以其他偏光状态的光束所出射的场合。图 1 中的曝光光源 1,以直线偏光于 Y 方向的光,即,在双折射构件 12、13 的位置以直线偏光于 Z 方向的光射出的场合,是将上述的第一及第二实施例所示的双折射构件 12、13,以照明系统光轴 A×2 为旋转中心藉由 90° 旋转,可得与图 4C 及图 6C 所示的偏光状态大略同样偏光状态的照明光(正确是将两图所示状态以 90° 旋转状态的照明光)。

[0186] 或者,也可藉由图 1 中的偏光控制构件 4(偏光控制机构),将从曝光光 1 所射出的 Y 方向的直线偏光变换于 X 方向的直线偏光。此种偏光控制元件 4 由所谓 1/2 波长板可容易的实现。尚且,曝光光源 1 在射出圆偏光或椭圆偏光的场合,也以同样藉由使用 1/2 波长板或 1/4 波长板为偏光控制构件 4,可变换于所期望的 Z 方向的直线偏光。

[0187] 但是,偏光控制构件 4,是并非可将从曝光光源 1 所照射的任意偏光状态的光束,以无光量损失变换于 Z 方向的偏光。因此,曝光光源 1,是有必要产生直线偏光、圆偏光、椭圆偏光等,具有单一偏光状态的光束(由波长板等可以无光量损失变换为直线偏光的光束)。但是,对于照明光的全体强度,在上述单一偏光状态以外的光束强度在并非大如某种程度的场合,单一偏光状态以外的光束的对结像特性的恶影响变为轻微的关系,只要到某程度(例如为全光量的 20% 以下程度),从曝光光源 1 所照射的光束,是可包含上述单一偏光状态以外的光束。

[0188] 尚且,考虑上述实施形态的投影曝光装置的使用状态时,使照明光的偏光状态以经常将分布于上述特定环带领域的照明光成为大概平行于其环带领域的圆周方向的直线偏光,或设定上述特定照明光对于光栅 R 以 S 偏光入射,并非以限于此为最佳。即,依照应曝光的光栅 R 的图案. 并非以环带照明也有以采用通常照明(在照明光学系统的瞳面 15,

具有圆形照明光量分布的照明)为较佳的场合,此种场合,是也有以不使用具有上述实施形态的偏光状态的照明光为较佳的场合的关系。

[0189] 于是,为对应于此种使用状态,对于图1的偏光控制构件4,采用可将从激光等的光源所射出的光束的偏光状态,能按照需要可变换于任意偏光等的元件或光学系统即可。此可由例如图10所示的两个偏光射束分裂器 (beam splitter) 4b、4c 等来实现。

[0190] 图10是表示在图1的偏光控制构件4的位置所设置的偏光控制光学系统,在此图10,例如由直线偏光所构成的照明光束 IL0(对应于图1的照明光 IL) 入射于由 1/2 波长板或 1/4 波长板所构成的旋转波长板 4a。藉此变换于图10的纸面倾斜 45° 方向的直线偏光或圆偏光的照明光 IL1 是由最初的偏光射束分裂器 4b 对于分裂面分裂为由 P 偏光成分所构成的光束 IL2 及由 S 偏光成分所构成的 IL3,一方的光束 IL2 是以经棱镜 4b 直进于图10中的上方,他方的光束 IL3 是反射于图10中的右方。

[0191] 直进的光束 IL2 虽然入射于其次的偏光射束分裂器 4c,从其偏光特性,其光束 IL2 是在偏光射束分裂器 4c 内直进,成为光束 IL4 前进于图10中的上方。一方面,反射的光束 IL3 由镜面 4d、4e 经反射后入射于偏光射束分裂器 4c,在此经再反射的光束 IL3 与上述的直进光束 IL4 再度合流。此时,偏光射束分裂器 4b 及 4c 与镜面 4d 及 4e 的间隔各为 DL 时,在合流的两光束 IL3、IL4 之间形成 $2 \times DL$ 的光程长差。然而,使此光程长差 $2 \times DL$ 设定比照明光束的相干 (coherent) 长较长时,两光束间的可干涉性消失的关系,可使合流的光束在实质上成为任意偏光。

[0192] 尚且,将此种偏光控制光学系统装填于图1的照明光学系统 ILS 中时,透射此的照明光 IL 是经常成为任意偏光,为实现上述实施形态不能说不成为障害。但是,在图10所示的光学系统藉由旋转波长板 4a 的旋转,使透射旋转波长板 4a 的照明光 IL1 的偏光状态,可将其全部变换于透射最初的射束分裂器 4b 的直线偏光的关系,在原理上是不产生上述的障害。但是,由于在偏光射束分裂器 4b、4c 的吸收,和在镜面 4d、4e 的反射损失等产生某种光量损失为不能回避的关系,在不需要将照明光任意偏光化的场合,也可设将射束分裂器 4b、4c 及旋转波长板 4a 避让于照明光学系统的光程外的机构。

[0193] 可是,即使不使用此种偏光射束分裂器,由以下的简便方法也可得大概与任意偏光照明同样的效果。此是,将入射于图1的第一双折射构件 12 的照明光 IL 的偏光状态,成为从图1中的 X 方向及 Y 方向离开 45° 的方向,藉由使分布于上述特定环带领域的照明光变换于大概圆偏光而可实现。因此,将本实施形态的投影曝光装置,在可将圆偏光视为近似于任意偏光的用途使用的场合,即所要求的结像性能,以比较不严用途所使用的场合,使图1中的偏光控制构件 4 例如以 1/2 波长板构成,藉由将入射于第一双折射构件 12 的照明光的偏光状态,成为如上所述从 X 轴及 Y 轴倾斜 45° 的方向时,也可得与任意偏光照明大概同样的效果。又,以同样使偏光控制构件 4 例如以 1/4 波长板构成,藉由将入射于第一双折射构件 12 的照明光的偏光状态,成为圆偏光时,也可得与任意偏光照明同样的效果。

[0194] 或者,将图1中的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13,以照明光学系统 ILS 的光轴的照明系统光轴 AX2 为中心由作为总括可旋转的机构,使两双折射构件 12、13 与照明光的直线偏光的方向的关系,例如藉由旋转 45°, 也可得与任意偏光照明同样的效果。

[0195] 可是,在上述的通常照明中,也有将其偏光状态以设定于向所定的一方向的直线偏光为较好的场合。在上述的实施形态的投影曝光装置,如要对应于此种照明条件时,将图

1 中的第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 等的各双折射构件, 各为独立以照明系统光轴 AX2 为中心设以总括可旋转的机构, 以各双折射构件的进相轴 (或迟相轴) 与照明光的直线偏光的方向成为平行的方式设定各双折射构件的旋转方向即可。此种场合, 照明光虽然进行于各双折射构件也完全不受偏光状态的变换作用, 以一如保持入射时的直线光的原样出射。

[0196] 尚且, 在向所定的一方向的直线偏光状态的设定之际, 藉由将第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 等以总括避让于照明光学系统的光程外, 也可对应。即, 设置交换机构, 也可藉由总括交换双折射构件等以对应于向所定的一方向的直线偏光状态。又, 如要设交换机构时, 也可构成为可设定交换机构中的多组的双折射构件群, 将此等以可交换的方式可配置于照明是光轴 AX2 上的位置上的结构。此种场合, 不消说, 各双折射构件群是在各具有不同的外半径、内半径的特定环带领域, 以具有使照明光变换以沿其圆周方向的直线偏光的特性为宜。

[0197] 可是, 以使用如上述的向所定的一方向的直线偏光的照明光为宜者, 例如是将图案的方向齐全的空间频率调制型的相位移光栅曝光的场合。然而, 在此种场合, 为更提升被曝光转印的图案的解像度及焦点深度起见, 照明光的相干系数 (σ 值), 是以 0.4 程度以下者为宜。

[0198] 在此, 对于依照本发明的双折射构件 (第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13) 的作用, 以参照图 4C 及图 6C 再考究时, 如各在两图所示, 共同于第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 的第一实施例 (图 4C) 与第二实施例 (图 6C), 可知, 以照明光学系统的光轴 ($X=0, Y=0$) 为中心, 在特定环带领域的外半径 C1 的半径的一半程度为半径的圆 (未图示) 内侧所分布的照明光的偏光状态, 几乎不受影响。

[0199] 外半径 C1 的半径, 以照明 σ (σ 值) 例如为相当于 0.9 时, 在照明 $\sigma=0.45$ 的照明光束的范围内, 第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13 将入射的 X 方向的直线偏光, 大概以保持原样的偏光状态射出。又, 在第一双折射构件 12 入射 Z 方向的直线偏光 (Z 偏光) 时, 从第二双折射构件 13 所射出的光束中, 可使上述照明 $\sigma=0.45$ 程度的照明光束的偏光状态为 Z 偏光。

[0200] 因此, 如要使用如上述第一及第二实施例的双折射构件 (第一双折射构件 12 及第二双折射构件 13) 时, 不需将此避让于照明光学系统的光程外, 藉由上述的偏光控制构件 4 等将向双折射构件的入射光的偏光方向切换, 而可实现适合于向上述的空间频率调制型相位移光栅的照明, 且照明 σ 为 0.4 程度以下的照明光束, 并且在 X 方向或 Z 方向的偏光 (在图 1 的光栅 R 上各为 X 方向或 Y 方向的偏光) 的照明光。

[0201] 当然, 在此种场合, 也要使照明 σ 限制于 0.4 程度时, 不消说, 以使用所产生的衍射光的方向特性成为可对应于此的角度分布的衍射光学元件 9a 为宜。藉此, 不需要设上述总括交换机构也可形成各种实用上的偏光状态的照明光束乙节, 也为本发明的优点。

[0202] 其次, 对于使用上述的实施形态的投影曝光装置的半导体元件的制造工艺的一例以参照图 11 进行说明。

[0203] 图 11 是表示半导体元件的制造工艺的一例, 在此图 11, 首先从硅半导体等制造晶圆 W。其后, 在晶圆 W 涂布光刻胶 (photoresist) (步骤 S10), 在其次的步骤 S12, 在上述实施形态 (图 1) 的投影曝光装置的光栅机台上装设光栅 (假定为 R1), 在晶圆机台上装设晶

圆 W,以扫描曝光方式将光栅 R1 的图案(以符号 A 表示)转印(曝光)于晶圆 W 上的全部摄影领域 SE。此时按照需要进行双重曝光。尚且,晶圆 W 是例如为直径 300mm 的晶圆(12 英寸晶圆),摄影领域 SE 的大小的一例非扫描方向的宽度为 25mm 扫描方向的宽度为 33mm 的矩形领域。其次,在步骤 S14,藉由进行显像及蚀刻和离子注入等,在晶圆 W 的各摄影领域 SE 形成所定的图案。

[0204] 其次,在步骤 S16,在晶圆 W 上涂布光刻胶,其后在步骤 S18,在上述实施形态(图 1)的投影曝光装置的光栅机台上装设光栅(假定为 R2),在晶圆机台上装设晶圆 W,以扫描曝光方式将光栅 R2 的图案(以符号 B 表示)转印(曝光)于晶圆 W 上的各摄影领域 SE。然而,在步骤 S20,藉由进行晶圆 W 的显像及蚀刻和离子注入等,在晶圆 W 的各摄影领域形成所定的图案。

[0205] 以上的曝光工艺~图案形成工艺(步骤 S16~步骤 S20),是以重复制造所期望的半导体元件所需要的次数。然而,藉由经过将晶圆 W 上的各晶片 CP 以一个一个切离的切割(dicing)工艺(步骤 S22)和结合(bonding)工艺及组装(packaging)工艺等(步骤 S24),以制造成为制品的半导体元件 SP。

[0206] 依照本例的元件制造方法时,用上述的实施形态的投影曝光装置进行曝光的关系,在曝光工艺,在提升照明光(曝光光束)的利用效率的状态以所定的偏光状态可照明光栅。因此,微细间距的周期性图案等的解像度等有提升的关系,可以更高集积度将高性能的半导体集成电路,能以高处理能力(throughput)廉价的制造。

[0207] 又,上述实施形态的投影曝光装置可藉由将由多个透镜所构成的照明光学系统、投影光学系统组装于曝光装置机体经光学调整,将由多数机械构件所构成的光栅机台和晶圆机台组装于曝光装置机体并接连配线和配管,更藉由综合调整(电调整、动作确认等)来制造。尚且,其投影曝光装置的制造,是以在温度及清洁度等经管理的清洁室(clean room)进行为宜。

[0208] 又,本发明,是不仅在扫描曝光型的投影曝光装置,也可适用于曝光装置等的总括曝光型的投影曝光装置。又,所使用的投影光学系统的倍率,是不仅为缩小倍率,也可等为倍或扩大倍率者。更且,本发明,是也可适用于例如国际公报(WO)第 99/49504 号等所提示的液浸型曝光装置。

[0209] 又,对于本发明的投影曝光装置的用途,并非限定于半导体元件制造用的曝光装置,也可广加适用于例如在角型玻璃基板所形成的液晶显示元件,或者电浆显示器等的显示装置用的曝光装置和摄影元件(CCD 等)、微机械(micro machine)、薄膜磁头、及 DNA 晶片等的制造各种元件的掩模图案的光罩(包含 X 线掩模的光罩、光栅等)以使用光刻制程制造时的曝光制程(曝光装置)。

[0210] 又,不消说,上述的实施形态所示的投影曝光装置所含的照明光学系统 2~20,是也可适用为照明光栅 R 等的第一物体的照明光学装置。

[0211] 尚且,本发明,是并非限定于上述的实施形态,在不脱离本发明的要旨的范围当然可取得种种构成结构。在 2003 年 10 月 28 日提出的日本专利申请特愿 2003-367-963 号案中所含有的说明书、权利要求的范围、图式及摘要的所有揭露内容全部都直接引用而并入本案中。

[0212] 依照本发明的元件制造方法时,可提高曝光光束(照明光)的利用效率的同时,能

以高精度形成所定图案。因此,可将半导体集成电路等的各种元件能以高精度,并且以高处理能力制造。

[0213] 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后附的权利要求范围所界定者为准。

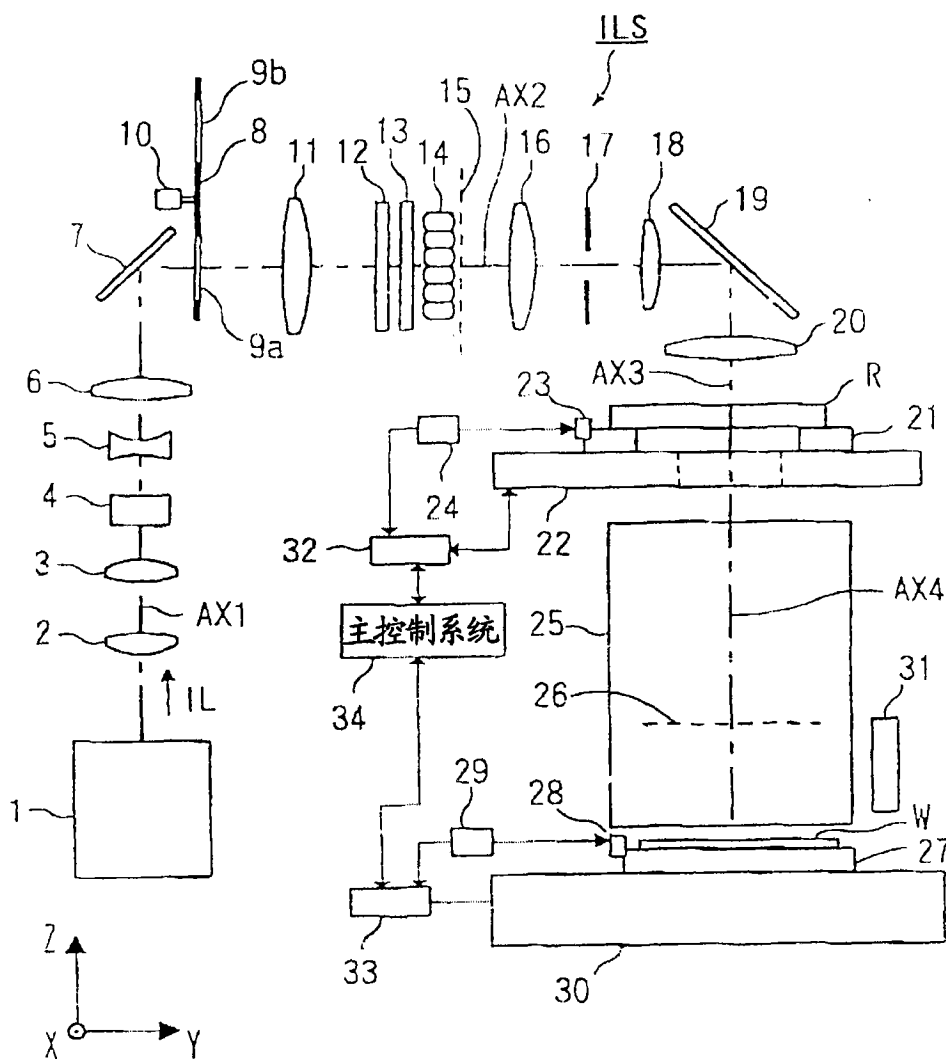


图 1

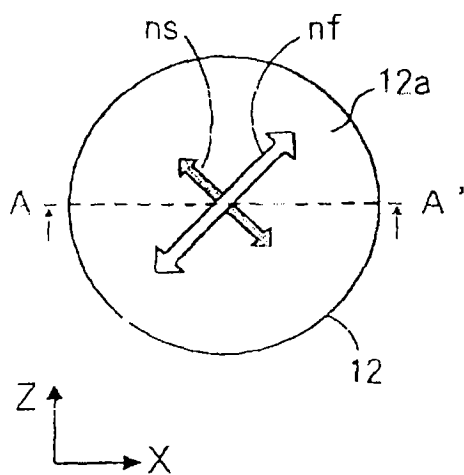


图 2(A)

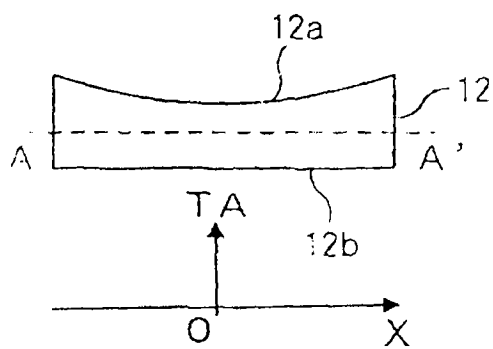


图 2(B)

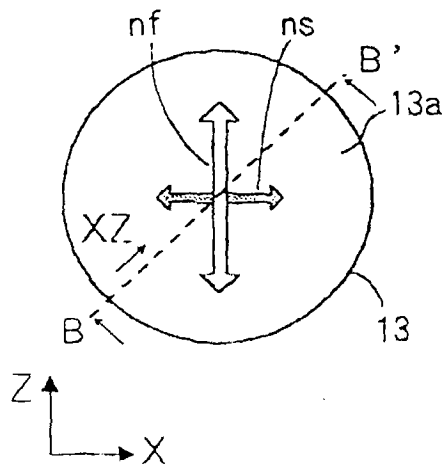


图 3(A)

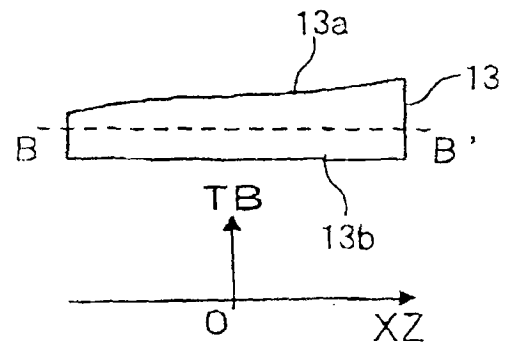


图 3(B)

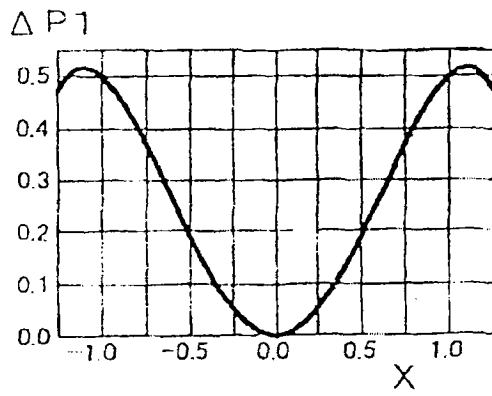


图 4(A)

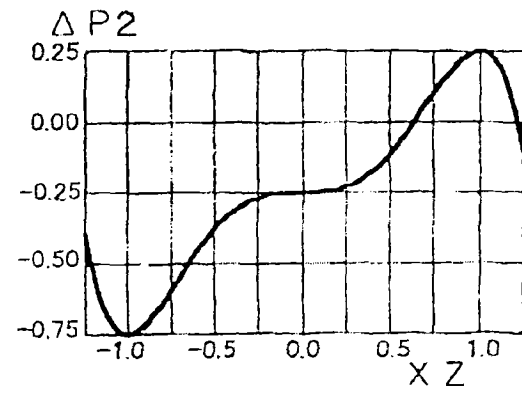


图 4(B)

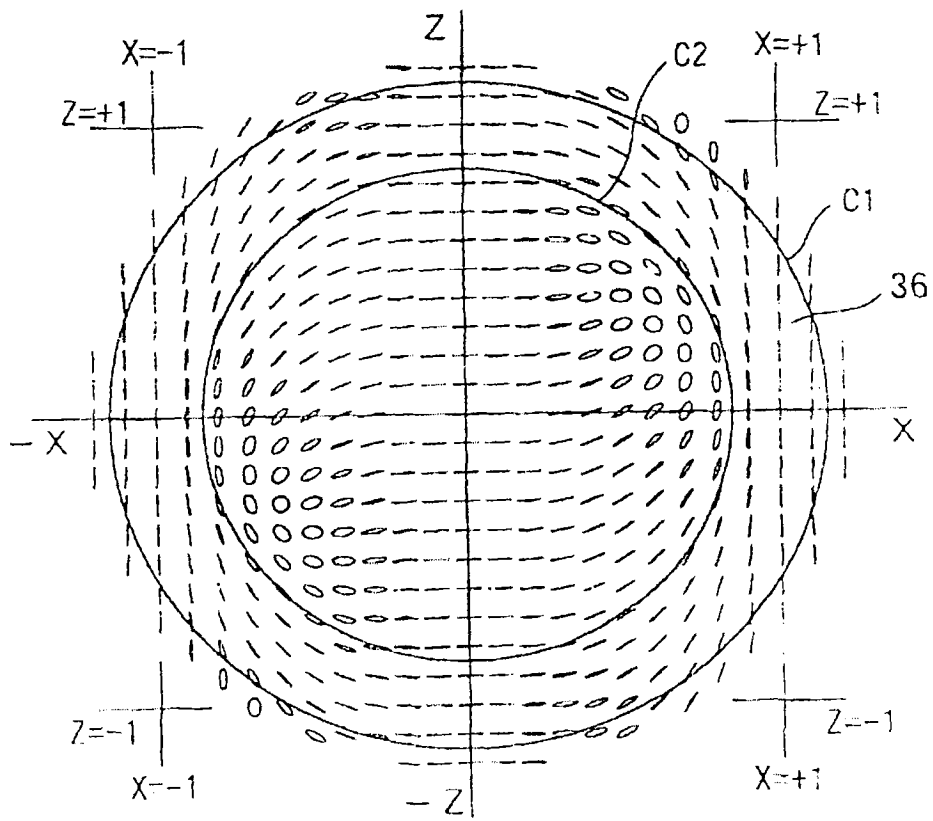


图 4(C)

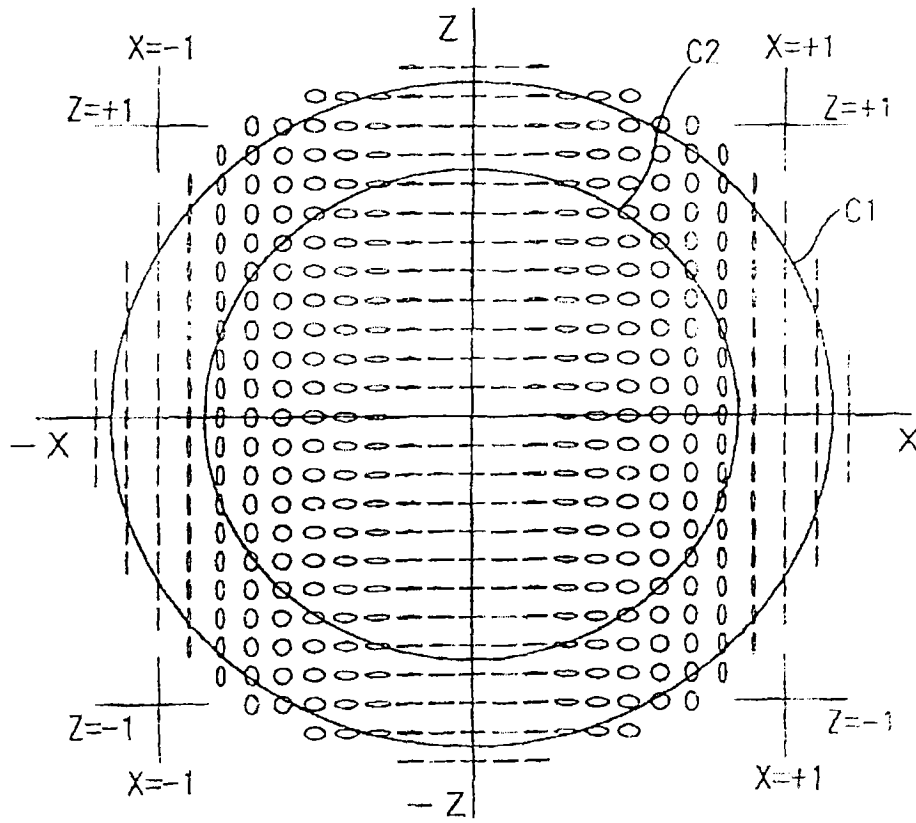


图 5

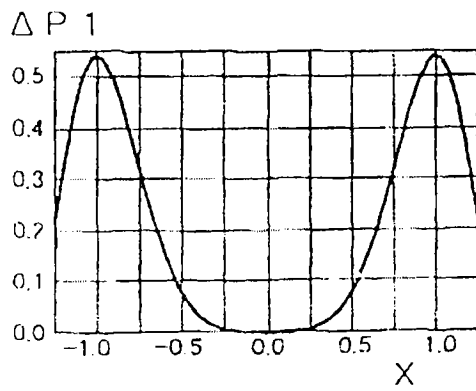


图 6(A)

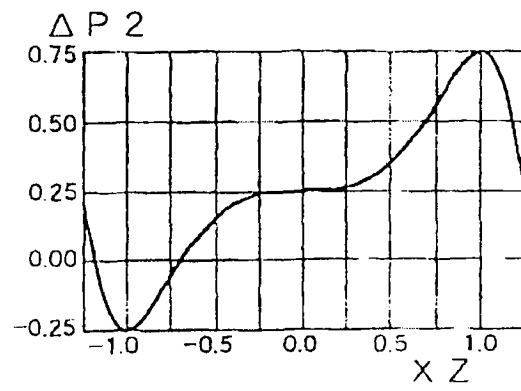


图 6(B)

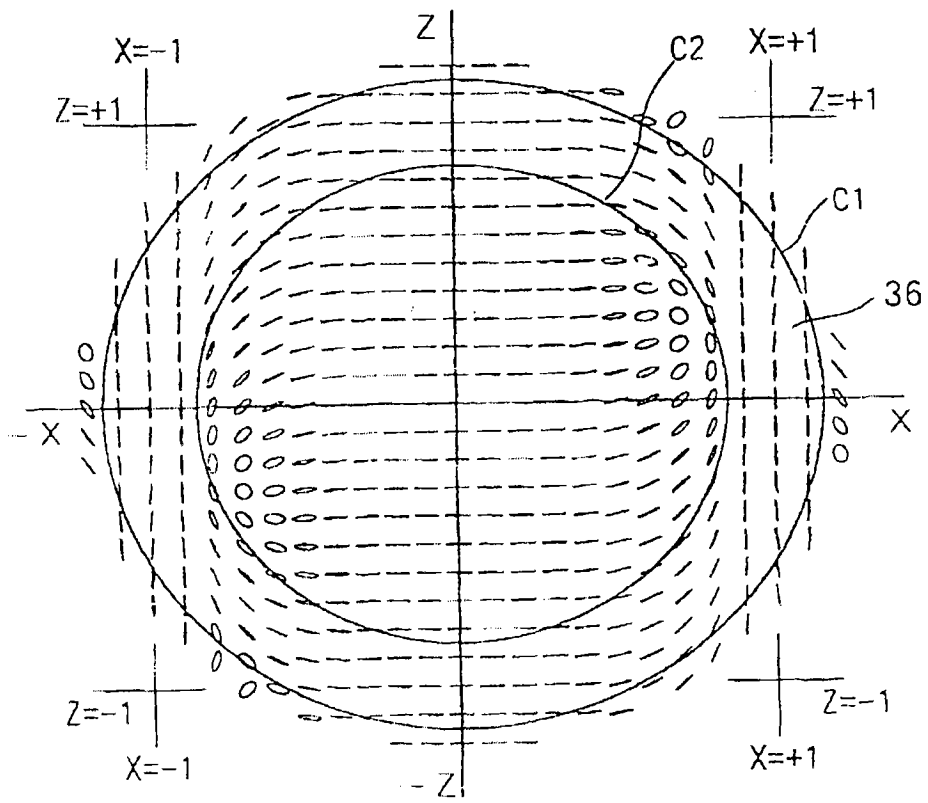


图 6(C)

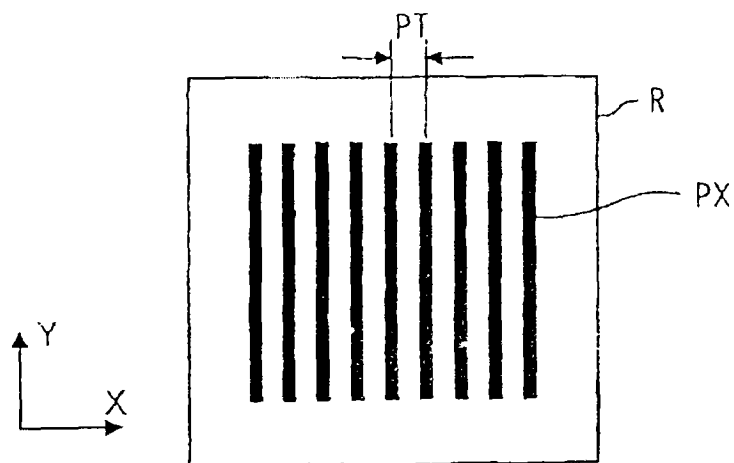


图 7(A)

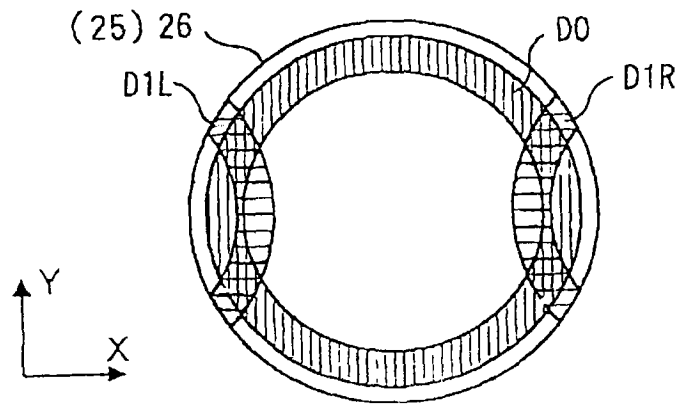


图 7(B)

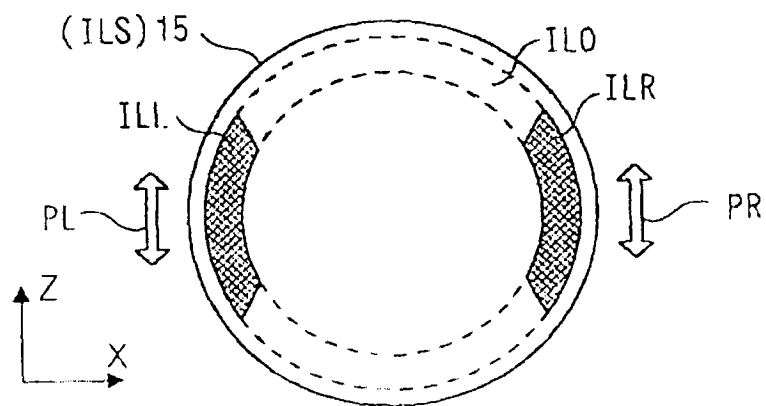


图 7(C)

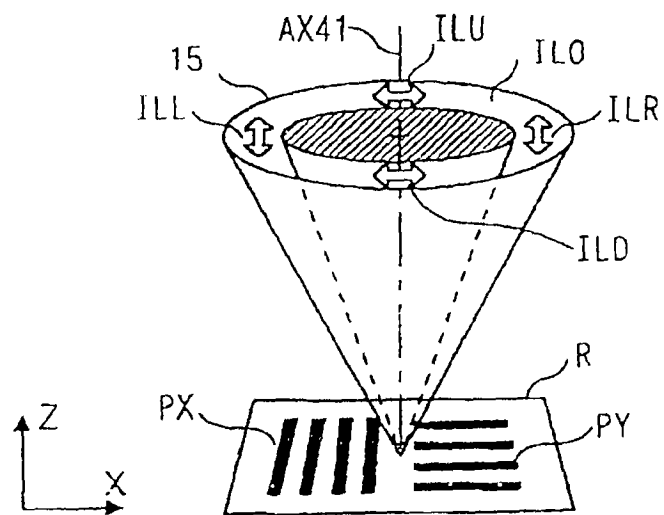


图 8(A)

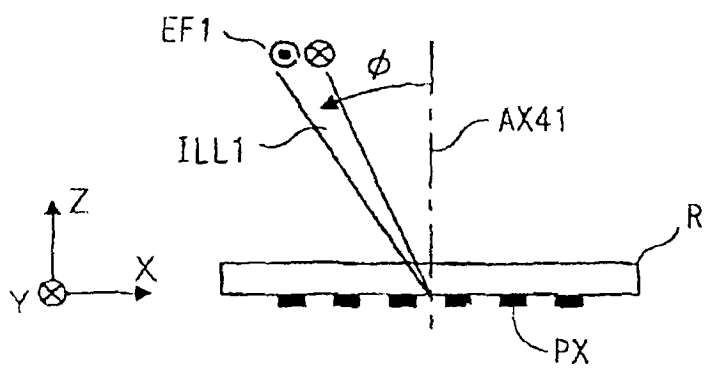


图 8(B)

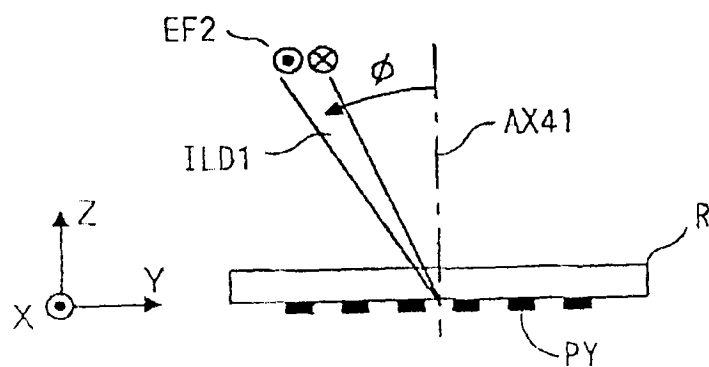


图 8(C)

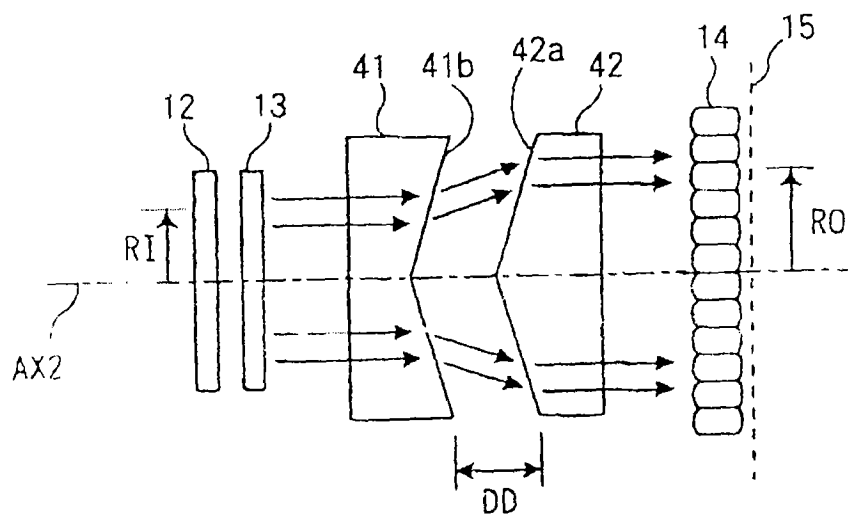


图 9

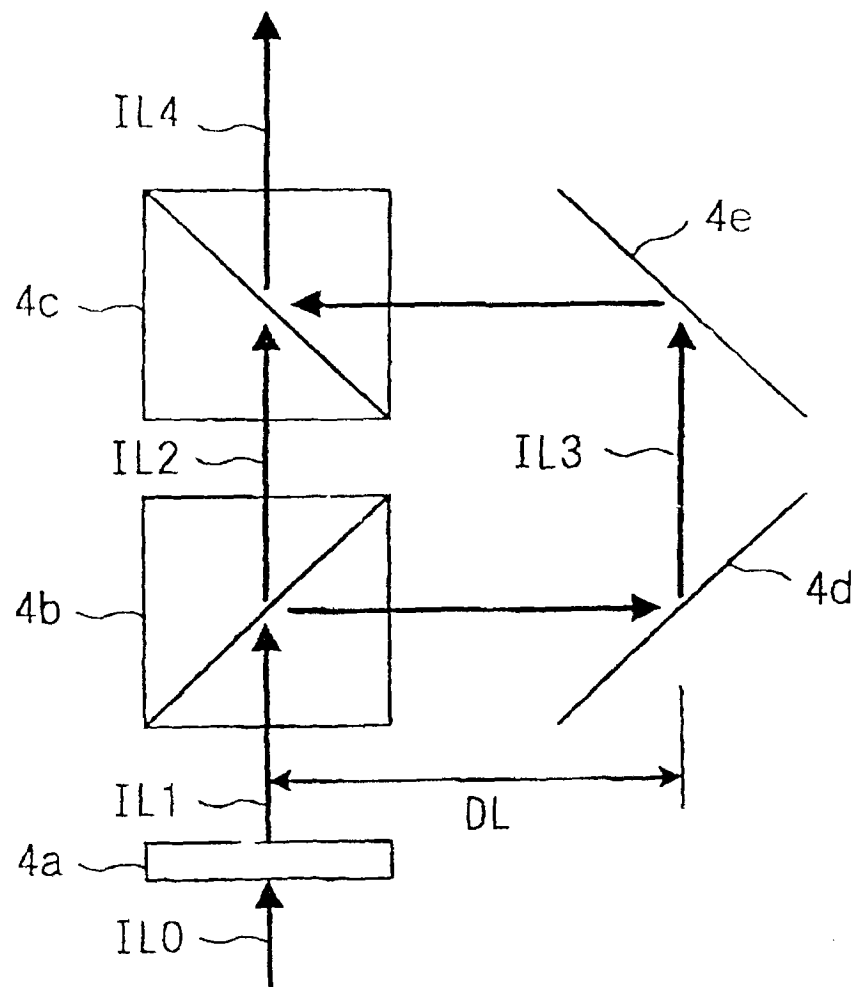


图 10

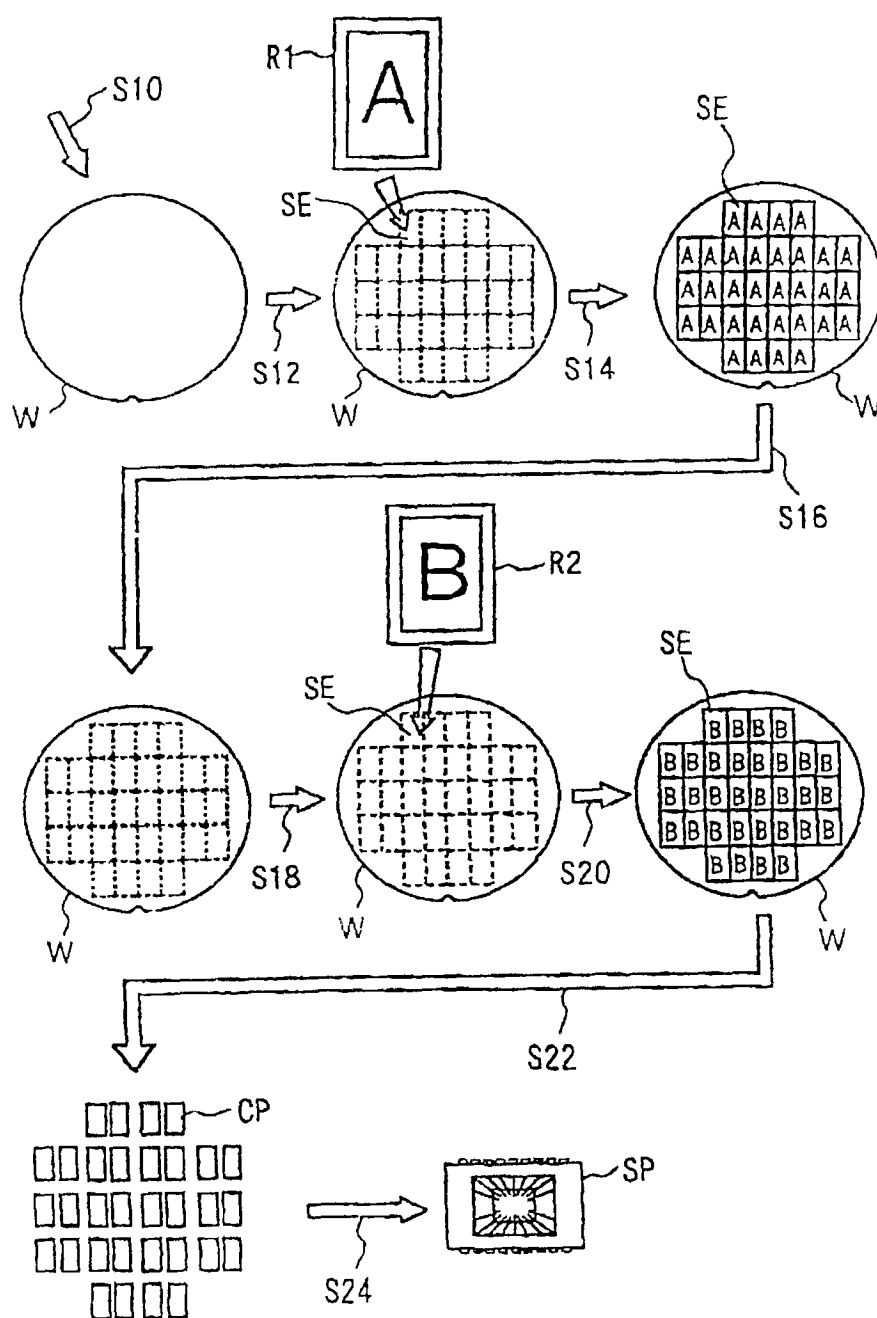


图 11