

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5505685号
(P5505685)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 5 D

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

G O 2 B 13/24 (2006. 01)

G O 2 B 13/24

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-18093 (P2009-18093)
(22) 出願日 平成21年1月29日 (2009. 1. 29)
(65) 公開番号 特開2010-177423 (P2010-177423A)
(43) 公開日 平成22年8月12日 (2010. 8. 12)
審査請求日 平成24年1月26日 (2012. 1. 26)

(73) 特許権者 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号
(74) 代理人 100098165
弁理士 大森 聡
(72) 発明者 日高 康弘
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
式会社ニコン内
審査官 植木 隆和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影光学系、並びに露光方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 面に設けられたパターンの像を第 2 面に投影する投影光学系において、
前記第 1 面上の所定領域からの光束を複数の光束に分割する分割光学系と、
前記複数の光束を前記第 2 面の複数の位置にそれぞれ導いて、該複数の位置に前記所定
領域の像をそれぞれ形成する結像光学系と、
を備えたことを特徴とする投影光学系。

【請求項 2】

前記分割光学系は、前記複数の位置に形成される前記所定領域の像が互いに同じ向きに
投影されるように前記所定領域からの光束を分割することを特徴とする請求項 1 に記載の
投影光学系。

【請求項 3】

前記分割光学系は、前記第 1 面と前記結像光学系の少なくとも一部の光学系との間に配
置され、前記所定領域からの光束を該光束と平行に進む前記複数の光束に分割し、
前記結像光学系は、前記複数の位置に前記所定領域の縮小像を形成することを特徴とす
る請求項 1 又は 2 に記載の投影光学系。

【請求項 4】

前記分割光学系は、前記結像光学系の少なくとも一部の光学系と前記第 2 面との間に配
置され、前記少なくとも一部の光学系を介した前記所定領域からの光束を該光束と平行に
進む前記複数の光束に分割し、

10

20

前記結像光学系は、前記複数の位置に前記所定領域の拡大像を形成することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の投影光学系。

【請求項 5】

前記結像光学系は、前記分割光学系が配置される側にテレセントリックな光学系であることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の投影光学系。

【請求項 6】

前記分割光学系は、前記第 2 面に対する前記結像光学系の射出瞳と共役な位置又はこの近傍の位置に配置され、前記所定領域からの光束を互いに異なる方向に進む前記複数の光束に分割することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の投影光学系。

【請求項 7】

前記分割光学系は、前記所定領域からの光束を前記結像光学系の光軸に関して対称な方向に進む前記複数の光束に分割することを特徴とする請求項 6 に記載の投影光学系。

【請求項 8】

前記分割光学系は、前記所定領域からの光束を互いに直交する 2 つの偏光に対応させて前記複数の光束に分割する偏光光学素子を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の投影光学系。

【請求項 9】

前記分割光学系は、位相格子を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の投影光学系。

【請求項 10】

前記位相格子は、0 次回折光を実質的に生じさせないことを特徴とする請求項 9 に記載の投影光学系。

【請求項 11】

前記第 2 面における前記所定領域の像の結像位置を補正する補正光学系を備えたことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 12】

パターンが設けられたマスクを保持し、該マスクのパターン面を第 1 面に配置させるマスクステージと、

前記第 1 面に設けられた前記パターンの像を第 2 面に投影する請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の投影光学系と、

基板を保持し、該基板の露光面を前記第 2 面に配置させる基板ステージと、
を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 13】

第 1 方向に沿った前記基板ステージの移動と、前記投影光学系を介して前記第 1 方向に対応する第 2 方向に沿った前記マスクステージの移動とを同期して行う制御系を備え、

前記投影光学系は、前記第 1 方向に沿って配列される前記複数の位置に前記パターンの像を投影することを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 14】

パターンが設けられたマスクのパターン面を第 1 面に配置することと、

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の投影光学系を用いて、前記第 1 面に設けられた前記パターンの像を前記第 2 面に投影することと、

基板の露光面を前記第 2 面に配置することと、
を含む露光方法。

【請求項 15】

第 1 方向に沿って配列される前記複数の位置に前記パターンの像を投影しつつ、前記第 1 方向に沿った前記基板の移動と、前記投影光学系を介して前記第 1 方向に対応する第 2 方向に沿った前記マスクの移動とを同期して行うこととを含む請求項 14 に記載の露光方法。

【請求項 16】

前記複数の位置をそれぞれ前記基板の異なる区画領域に同時に配置させることを含む請求項 14 又は 15 に記載の露光方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

請求項 14 から 16 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて前記パターンの像を前記基板に転写することと、

前記パターンの像が転写された前記基板を該パターンの像に対応して処理することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第 1 面に設けられたパターンの像を第 2 面に投影する投影光学系、この投影光学系を用いる露光技術、及びこの露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置においては、スループット（生産性）を高めることが求められている。そのため、それぞれマスクを移動する 2 つのマスクステージと、2 つのマスクからの露光光を合成及び分岐する合成光学素子と、分岐された 2 つの露光光をそれぞれ露光領域に導く 2 つの光学系と、その 2 つの露光領域で露光される 2 つの基板を独立に移動する 2 つの基板ステージとを備えた露光装置が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。この露光装置によれば、2 つのマスクのパターンを合成したパターンの像で 2 枚の基板を並列に走査露光できるため、1 枚の基板毎に露光する場合に比べて高いスループットが得られる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2007/094470 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の露光装置においては、2 つの基板を並行に露光しているため、2 つの基板ステージが必要になり、露光装置が大型化する恐れがあった。

本発明はこのような事情に鑑み、露光装置のステージ系を大型化することなく、基板を高いスループットで露光するために使用可能な投影光学系を提供することを目的とする。さらに本発明は、その投影光学系を用いる露光技術及びデバイス製造技術を提供することをも目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による投影光学系は、第 1 面に設けられたパターンの像を第 2 面に投影する投影光学系において、その第 1 面上の所定領域からの光束を複数の光束に分割する分割光学系と、その複数の光束をその第 2 面の複数の位置にそれぞれ導いて、該複数の位置にその所定領域の像をそれぞれ形成する結像光学系と、を備えたものである。

また、本発明による露光装置は、パターンが設けられたマスクを保持し、該マスクのパターン面を第 1 面に配置させるマスクステージと、その第 1 面に設けられたそのパターンの像を第 2 面に投影する本発明の投影光学系と、基板を保持し、該基板の露光面をその第 2 面に配置させる基板ステージと、を備えたものである。

40

【0006】

また、本発明による露光方法は、パターンが設けられたマスクのパターン面を第 1 面に配置することと、本発明の投影光学系を用いて、その第 1 面に設けられたそのパターンの像をその第 2 面に投影することと、基板の露光面をその第 2 面に配置することと、を含むものである。

また、本発明によるデバイス製造方法は、本発明の露光装置又は露光方法を用いてそのパターンの像をその基板に転写することと、そのパターンの像が転写されたその基板を該

50

パターンの像に対応して処理することと、を含むものである。

【発明の効果】

【0007】

本発明の投影光学系によれば、第2面の複数の位置にパターンの像が形成されるため、例えばその第2面に露光対象の基板の表面を配置することによって、その基板の複数の位置に並列にそのパターンの像を露光できる。従って、この投影光学系を用いることによって、露光装置のステージ系を大型化することなく、基板を高いスループットで露光できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1の実施形態で使用される露光装置を示す斜視図である。

【図2】(A)は図1の投影光学系PLを示す図、(B)は図1(A)の2つの露光領域18A, 18Bを示す拡大平面図である。

【図3】(A)は図1のウエハと2つの露光領域18A, 18Bとの相対位置の変化の一例を示す平面図、(B)は図3(A)のウエハ上の露光中の2つのショット領域を示す拡大平面図、(C)はウエハ上の一つのショット領域を示す拡大平面図である。

【図4】図3(A)の状態に続く、ウエハと2つの露光領域18A, 18Bとの相対位置の変化を示す平面図である。

【図5】第1の実施形態の露光動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】(A)は第2の実施形態の投影光学系を示す図、(B)は図6(A)の2つの露光領域18A, 18Bを示す拡大平面図である。

【図7】(A)は第2の実施形態の変形例の投影光学系を示す図、(B)は図7(A)の位相格子を示す拡大図である。

【図8】電子デバイスの製造工程の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[第1の実施形態]

以下、本発明の第1の実施形態につき図1～図5を参照して説明する。本実施形態は、走査露光型の投影露光装置であるスキャニングステッパー型の露光装置で露光を行う場合に本発明を適用したものである。

図1は、本実施形態に係る露光装置100の概略構成を示す。図1において、露光装置100は、露光光源(不図示)と、この露光光源からの露光用の照明光(露光光)ILによりレチクルR(マスク)のパターン面(物体面)の照明領域18を照明する照明光学系10とを備えている。さらに、露光装置100は、レチクルRを移動するレチクルステージRSTと、照明光ILのもとでレチクルRの照明領域18内のパターンの像をフォトレジスト(感光材料)が塗布されたウエハW(基板)の表面(像面)上の第1及び第2の露光領域18A, 18Bに形成する投影光学系PLと、ウエハWの位置決め及び移動を行うウエハステージWSTと、装置全体の動作を統括制御するコンピュータよりなる主制御系2と、その他の駆動系等とを備えている。

【0010】

以下、投影光学系PLの光軸AXと平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面(本実施形態ではほぼ水平面に平行)内の直交する2方向にX軸及びY軸を取り、X軸、Y軸、及びZ軸に平行な軸の周りの回転(傾斜)方向をそれぞれx、y、及びz方向として説明を行う。本実施形態では、Y軸に平行な方向(Y方向)が、走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向である。

【0011】

上記の露光光源としては、ArFエキシマレーザ(波長193nm)が使用されている。露光光源としては、その他にKrFエキシマレーザ(波長248nm)などの紫外パルスレーザ光源、YAGレーザの高調波発生光源、固体レーザ(半導体レーザなど)の高調波発生装置、又は水銀ランプ等の放電ランプなども使用することができる。

照明光学系 10 は、例えば特開 2001-313250 号公報（対応する米国特許出願公開第 2003/0025890 号明細書）などに開示されるように、オプティカルインテグレート（フライアイレンズ、ロッドインテグレート、回折光学素子など）等を含む照度均一化光学系、固定及び可変のレチクルブラインド（固定及び可変の視野絞り）、並びにコンデンサ光学系等を含んでいる。その可変のレチクルブラインドは、レチクル R を +Y 方向又は -Y 方向に移動して 1 回の走査露光を行う期間の最初及び最後に照明領域 18 を Y 方向に開閉するために使用される。

【0012】

照明光学系 10 は、レチクルブラインドで規定及び開閉されるレチクル R のパターン面（ここでは下面）のパターン領域 PA の照明領域 18 を、照明光 IL によりほぼ均一な照度分布で照明する。照明領域 18 は一例として X 方向（非走査方向）に細長い長方形である。また、通常照明、2 極若しくは 4 極照明、又は輪帯照明等の照明条件に応じて、照明光学系 10 内の瞳面（射出瞳と共役な面）における照明光 IL の強度分布が、不図示の設定機構によって光軸を中心とする円形領域、光軸から偏心した 2 つ若しくは 4 つの部分領域、又は光軸を中心とする輪帯状領域等に切り換えられる。

【0013】

また、レチクル R には、パターン領域 PA を X 方向に挟むようにアライメントマーク 16A, 16B が形成されている。アライメントマーク 16A, 16B の位置に基づいてレチクル R のアライメントを行うことができる。

照明光 IL のもとで、レチクル R の照明領域 18 内のパターン（回路パターン）は、両側テレセントリックの投影光学系 PL を介して所定の投影倍率（例えば 1/4, 1/5 等の縮小倍率）で、例えばウエハ W 上の Y 方向に隣接する後述の 2 つのショット領域 SA (i, j) 及び SA (i, j+1) 上の第 1 及び第 2 の露光領域 18A, 18B（それぞれ照明領域 18 と共役な領域）に投影される。投影光学系 PL は、レチクル R のパターン面（物体面）の近傍に配置されて、レチクル R からの照明光 IL を 2 つの光束に分割する 2 分割光学系 50 と、それらの 2 つの光束を用いて露光領域 18A, 18B 上に照明領域 18 内のパターンの像を形成する結像光学系 51 と、第 2 の露光領域 18B の X 方向、Y 方向の位置を調整するための像位置調整光学系 56（図 2（A）参照）とを備えている。2 分割光学系 50 は、レチクル R と結像光学系 51 との間に配置されている。

【0014】

図 2（A）は図 1 の投影光学系 PL を示し、図 2（B）は図 2（A）の 2 つの露光領域 18A, 18B を示す。ここでは通常照明が使用されているものとして、図 2（A）において、露光時にはレチクル R の照明領域 18 が、所定の開口数（開き角）を持ち主光線（投影光学系 PL の射出瞳の中心を通る光線）が光軸 AX に平行な照明光 IL によって照明される。投影光学系 PL の 2 分割光学系 50 は、レチクル R の照明領域 18 から -Z 方向に射出される照明光 IL をほぼ -Y 方向に進む第 1 の照明光 IL A と、ほぼ +Y 方向に進む第 2 の照明光 IL B とに分割するプリズム部材 53 と、第 2 の照明光 IL B を主光線が光軸 AX に平行になるように -Z 方向に折り曲げる第 1 ミラー 54 と、第 1 の照明光 IL A を主光線が光軸 AX に平行になるように -Z 方向に折り曲げる第 2 ミラー 55 とを備えている。プリズム部材 53 及びミラー 54, 55 は、不図示の保持部材を介して投影光学系 PL の鏡筒（不図示）に支持され、この鏡筒はフレーム機構（不図示）に支持されている。

【0015】

プリズム部材 53 は、ZY 平面上の形状が五角形であり、照明領域 18 からの照明光 IL を同じ光量の 2 つの照明光 IL A, IL B に分割するハーフミラー面 53a と、分割された第 1 の照明光 IL A をほぼ -Y 方向に折り曲げるミラー面 53b とを備えている。この結果、2 分割光学系 50 から射出される 2 つの照明光 IL A, IL B は、それらの主光線が光軸 AX に平行で、かつそれらの主光線が Y 方向に所定の間隔 LY / （は投影光学系 PL の投影倍率）だけ離れて、結像光学系 51 に入射する。間隔 LY については後述する。その間隔 LY / は、以下で説明する像位置調整光学系 56 による第 2 の照明光 I

10

20

30

40

50

L B (第2の露光領域18B)のX方向、Y方向の位置の調整量が0の場合の間隔である。

【0016】

また、本実施形態では、第1ミラー54と結像光学系51との間の第2の照明光ILBの光路上に、一例としてY軸に平行な軸の周りに不図示の駆動部で微小回転される第1可動透過板57Xと、X軸に平行な軸の周りに不図示の駆動部で微小回転される第2可動透過板57Yとを含む像位置調整光学系56が配置されている。主制御系2が可動透過板57X、57Yの回転角を制御して、第2の照明光ILBの位置、ひいては第2の露光領域18BのウエハW上でのX方向、Y方向の位置を調整する。像位置調整光学系56の可動透過板57X、57Yは、不図示の駆動部を介して投影光学系PLの鏡筒(不図示)に支持されている。

10

【0017】

さらに、一例として第2ミラー54の近傍において、回転駆動部63がフレーム機構(不図示)に固定され、回転駆動部63によって回転可能に、必要に応じて第2の照明光ILBを遮光するためのシャッター62が支持されている。回転駆動部63の動作は主制御系2によって制御される。主制御系2は、第2の照明光ILBを使用する必要のない期間では、回転駆動部63を介してシャッター62で第2の照明光ILBを遮光する。

【0018】

投影光学系PLの結像光学系51は、一例として前群レンズ系51a及び後群レンズ系51bから構成され、前群レンズ系51aと後群レンズ系51bとの間の投影光学系PLの瞳面(射出瞳と共役な面)に開口絞りASが配置されている。レンズ系51a、51b及び開口絞りASはそれぞれ保持部材を介して投影光学系PLの鏡筒(不図示)に支持されている。結像光学系51は、両側テレセントリックであり、レチクルRのパターン面の照明領域18内のパターンから射出されて2分割光学系50を通過した光束を集光して、そのパターンの像をウエハWの表面に形成する。即ち、結像光学系51に関して、レチクルRのパターン面(投影光学系PL及び結像光学系51の物体面)とウエハWの表面(投影光学系PL及び結像光学系51の像面)とは共役であり、結像光学系51の投影倍率は投影光学系PLの投影倍率と同じである。このように結像光学系51は屈折系であるが、結像光学系51として反射屈折系等も使用できる。

20

【0019】

ただし、本実施形態では、2分割光学系50を通過した2つの照明光ILA、ILBは、主光線のY方向の間隔がLY/2となつて結像光学系51に入射するため、結像光学系51から射出される照明光ILA、ILBは、主光線のY方向の間隔がLYで露光領域18A、18B内に照明領域18内のパターンの像を形成する。この場合、照明領域18がX方向に細長い長方形であるため、図2(A)に示すように、露光領域18A、18Bはそれぞれ照明領域18を投影倍率で縮小したX方向に細長い長方形であり、露光領域18A、18Bの中心のY方向の間隔はLYである。また、ウエハW上のショット領域SA(i,j)の設計上のY方向の長さをSY、隣接する2つのショット領域間のスクライプライン領域SLのY方向の幅をSLYとして、間隔LYは次のように長さSYとSLYとの和に設定されている。

30

【0020】

$$LY = SY + SLY \quad \dots (1)$$

一例として、ショット領域SA(i,j)のX方向の幅は26mm、Y方向の長さSYは33mmであり、スクライプライン領域SLの幅SLYは数100μm程度以下であり、露光領域18A、18BのY方向の幅(スリット幅)は8mm程度である。また、露光領域18A、18BのX方向の幅はショット領域SA(i,j)のX方向の幅程度である。

40

【0021】

そして、ウエハW上のショット領域の配列(ショット配列)が設計値通りであり、第1の露光領域18Aがショット領域SA(i,j)上に所定の位置関係で配置されている場合に、第2の露光領域18Bは、ショット領域SA(i,j)に-Y方向に隣接するショット領域

50

$S A(i, j+1)$ 上にその所定の位置関係と同じ位置関係で配置される。しかしながら、実際には、ウエハWの線形伸縮（スケーリング）等によってそのショット配列は微妙に変化するため、その変化に合わせて像位置調整光学系56を用いて第2の露光領域18Bの位置を調整可能に構成されている。

【0022】

図1に戻り、レチクルRはレチクルホルダ（不図示）を介してレチクルステージRST上に吸着保持され、レチクルステージRSTはレチクルベース12のXY平面に平行な上面にエアベアリングを介して載置されている。レチクルステージRSTは、レチクルベース12上でY方向に一定速度で移動可能であり、かつX方向、Y方向の位置、及びz方向の回転角の微調整を行うことができる。レチクルステージRSTの少なくともX方向、Y方向の位置、及びz方向の回転角を含む2次元的な位置の情報（位置情報）は、レチクルステージRSTに設けられた移動鏡（又は反射面）と、X軸のレーザ干渉計14Xと、Y軸の2軸のレーザ干渉計14YA, 14YBとを含むレチクル側干渉計システムによって計測されて、ステージ駆動系4及び主制御系2に供給される。ステージ駆動系4は、その位置情報及び主制御系2からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構（リニアモータなど）を介してレチクルステージRSTの位置、速度、及び回転角を制御する。

【0023】

一方、ウエハWは、ウエハホルダ20を介してウエハステージWST上に吸着保持され、ウエハステージWSTは、ウエハベース26のXY平面に平行な上面をエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動するXYステージ24と、Zチルトステージ22とを備えている。ウエハホルダ20を有するZチルトステージ22は、例えばZ方向に変位可能な3箇所のZ駆動部（不図示）を個別に駆動して、Zチルトステージ22（ウエハW）の光軸AX方向（Z方向）の位置、及びx、y方向の回転角を制御する。

【0024】

さらに、投影光学系PLの側面に、例えば特開平6-283403号公報（対応する米国特許第5,448,332号明細書）等の開示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点のオートフォーカスセンサ（不図示）が設けられている。このオートフォーカスセンサによって、ウエハWの表面の投影光学系PLの像面に対するZ方向へのデフォーカス量、及びx、y方向の傾斜角が求められて、ステージ駆動系4に供給される。ステージ駆動系4は、そのオートフォーカスセンサの計測結果に基づいて、ウエハWの表面が投影光学系PLの像面に合焦されるように、Zチルトステージ22を駆動する。

【0025】

ウエハステージWSTの2次元的な位置の情報（位置情報）を計測するために、ウエハステージWSTのZチルトステージ22のX軸及びY軸にほぼ垂直な側面は鏡面加工された反射面とされ、その反射面が移動鏡として使用される。なお、その反射面の代わりにロッド状の移動鏡を使用してもよい。Zチルトステージ22のX軸にほぼ垂直な反射面に対向してX軸のレーザ干渉計36XPが配置され、Y軸にほぼ垂直な反射面に対向してY軸の2軸のレーザ干渉計36YA, 36YBが配置されている。なお、この他にもレーザ干渉計（不図示）が配置されている。

【0026】

レーザ干渉計36XP及び36YA, 36YBを含むウエハ側干渉計システムによって、Zチルトステージ22（ウエハW）の少なくともX方向、Y方向の位置、及びz方向の回転角を含む2次元的な位置の情報（位置情報）が計測されて、ステージ駆動系4及び主制御系2に供給される。その位置情報はアライメント制御系6にも供給される。ステージ駆動系4は、その位置情報及び主制御系2からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構（リニアモータなど）を介して、ウエハステージWSTのXYステージ24の2次元的な位置を制御する。

【0027】

また、投影光学系PLの+Y方向の側面において、ウエハW上のアライメントマークの位置を計測するオフアクシス方式で例えば画像処理方式のウエハアライメント系38が不

10

20

30

40

50

図示のフレーム機構に保持されている。ウエハアライメント系 38 の計測結果はアライメント制御系 6 に供給される。

ウエハWの各ショット領域 $SA(i, j)$ には、図 3 (C) に示すように、それぞれ例えばそれを囲むスクライプライン領域 SL 上に 1 対の 2 次元のアライメントマーク $WM1$, $WM2$ が付設されている。アライメント制御系 6 は、ウエハW上の所定個数のアライメントマークの位置の計測結果を処理して、例えばいわゆるエンハンスド・グローバル・アライメント (EGA) 方式でウエハW上の全部のショット領域の配列座標を求めて主制御系 2 に供給する。

【0028】

図 1 のウエハステージ WST の Z チルトステージ 22 上には平板状の基準部材 28 が固定され、基準部材 28 上に X 方向に所定間隔で 1 対の 2 次元のスリットパターン 30A, 30B (図 3 (A) 参照) と 2 次元の基準マーク 32 とが形成されている。Z チルトステージ 22 内の基準部材 28 の底面に、スリットパターン 30A, 30B を通過した光束を受光する空間像計測系 34 が収納され、空間像計測系 34 の検出信号がアライメント制御系 6 に供給されている。レチクル R のアライメントマーク 16A, 16B の投影光学系 PL による像の位置を空間像計測系 34 で計測できる。また、基準マーク 32 をウエハアライメント系 38 で検出することによって、レチクル R のパターン領域 PA の像の中心 (露光中心) とウエハアライメント系 38 の検出中心との位置関係 (ベースライン) を求めることができる。

【0029】

上記のウエハW上の全部のショット領域の配列座標及びベースラインの情報に基づいて主制御系 2 は、ウエハWの各ショット領域の走査露光時に、当該ショット領域とレチクル R のパターン領域 PA のパターンの像とが正確に重なり合うように、ステージ駆動系 4 を介してレチクルステージ RST 及びウエハステージ WST を制御する。

以下、本実施形態の露光装置 100 の露光動作の一例につき図 5 のフローチャートを参照して説明する。この露光動作は主制御系 2 によって制御される。この際に、露光対象のウエハWのショット配列は、一例として図 3 (A) に示すように、ショット領域 $SA(i, j)$ と同じ大きさの多数のショット領域を X 方向、Y 方向に点線で示すスクライプライン領域を隔てて配列したものである。また、説明の便宜上、ショット領域 $SA(i, j)$ は、最も + X 方向でかつ + Y 方向に位置する仮想的なショット領域 $SA(1, 1)$ を基準として、- X 方向に i 番目 ($i = 1, 2, \dots, I$) で、- Y 方向に j 番目 ($j = 1, 2, \dots, J$) にあるものとする (I, J は例えば 10 程度以上の整数)。この場合、ショット領域 $SA(i, j)$ に対して - Y 方向に隣接するのはショット領域 $SA(i, j+1)$ である。なお、ショット領域 $SA(i, j)$ のうちで、例えば半分以上の面積がウエハWの有効領域内に入るショット領域が、露光対象となる有効なショット領域である。有効なショット領域の配列情報及びその中で露光済みのショット領域の位置を示す情報が、ショットマップとして主制御系 2 の記憶装置に記憶されている。

【0030】

先ずステップ 101 において、図 1 のレチクルステージ RST 上にレチクル R をロードし、レチクル R のアライメントマーク 16A, 16B の投影光学系 PL による像の位置を空間像計測系 34 を用いて計測する。この計測結果に基づいてステージ駆動系 4 が、レチクルステージ RST を介してレチクル R の回転角を基準部材 28 を基準として調整する (レチクル R のアライメント)。さらに、ウエハアライメント系 38 で基準部材 28 の基準マーク 32 を検出し、アライメント制御系 6 がベースラインを求める。

【0031】

次にウエハステージ WST 上にフォトリソが塗布された未露光のウエハWをロードし (ステップ 102)、ウエハアライメント系 38 でウエハW上の所定個数のショット領域に付設されたアライメントマークの位置を検出し、アライメント制御系 6 はその検出結果からウエハW上の全部のショット領域 $SA(i, j)$ の配列座標を求める (ステップ 103)。これらの配列座標及びベースラインの情報は主制御系 2 に供給される。さらに、レチ

クルステージ R S T を介してレチクル R のパターン領域 P A は照明領域 1 8 (この段階では閉じている) に対して + Y 側の走査開始位置に移動する。

【 0 0 3 2 】

次に、ウエハ W の露光対象の未露光のショット領域 ($S A(i, j)$ とする) が第 1 の露光領域 1 8 A の手前 (ここでは - Y 方向側) に来るように、ウエハステージ W S T を X 方向、Y 方向に移動 (ステップ移動) する (ステップ 1 0 4) 。さらにステップ 1 0 5 において、主制御系 2 は、上記のショットマップを参照して、ショット領域 $S A(i, j)$ に - Y 方向に隣接して露光対象の未露光のショット領域 $S A(i, j+1)$ が存在するかどうかを判定する。そのショット領域 $S A(i, j+1)$ が存在する場合には動作はステップ 1 0 6 に移行する。そして、主制御系 2 は、ショット領域 $S A(i, j)$, $S A(i, j+1)$ の配列座標から、図 3 (B) に示すように、ショット領域 $S A(i, j)$ を基準として、ショット領域 $S A(i, j+1)$ の設計上の位置 B 3 から X 方向、Y 方向への位置ずれ量 X , Y を求める。さらに、主制御系 2 は図 2 (A) の像位置調整光学系 5 6 を介して、第 2 の露光領域 1 8 B (この段階では閉じている) を設計上の位置 B 4 から X 方向、Y 方向にその位置ずれ量 X , Y だけ移動 (調整) する。

【 0 0 3 3 】

次のステップ 1 0 7 において、主制御系 2 はステージ駆動系 4 を介してレチクルステージ R S T とウエハステージ W S T とを同期駆動して、次第に Y 方向に開かれる照明領域 1 8 に対して - Y 方向にレチクル R のパターン領域 P A を移動するとともに、図 3 (A) の矢印 5 2 A で示すように、次第に Y 方向に開かれる 2 つの露光領域 1 8 A 及び 1 8 B に対してウエハ W 上のショット領域 $S A(i, j)$ 及び $S A(i, j+1)$ を + Y 方向に移動する。これによって、Y 方向に隣接する 2 つのショット領域 $S A(i, j)$, $S A(i, j+1)$ に対して並列にレチクル R のパターンの投影光学系 P L による像が走査露光される。この場合、露光領域 1 8 A, 1 8 B のウエハ W に対する相対的な移動の軌跡は図 3 (A) の矢印 A 2 及び B 2 のようになる。これまでの相対的な移動の軌跡の一例は、実線の軌跡 A 1 及び点線の軌跡 B 1 である。そして、照明領域 1 8 が閉じて、走査露光が終了した後に、レチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T が停止する (ステップ 1 0 8) 。

【 0 0 3 4 】

次のステップ 1 0 9 において、ウエハ W 上に露光対象の未露光のショット領域がある場合には、動作はステップ 1 0 4 に戻って、一例としてウエハステージ W S T を矢印 5 2 B で示すように + X 方向に移動 (ステップ移動) して、露光領域 1 8 A に対して + Y 方向にウエハ W の次のショット領域 $S A(i+1, j)$ を移動する。その後、ステップ 1 0 5、1 0 6 ~ 1 0 8 において、次第に開かれる照明領域 1 8 に対して + Y 方向にレチクル R のパターン領域 P A を移動するとともに、図 4 の矢印 5 2 C で示すように、次第に開かれる 2 つの露光領域 1 8 A 及び 1 8 B に対してウエハ W 上のショット領域 $S A(i+1, j)$ 及び $S A(i+1, j+1)$ を - Y 方向に移動する。なお、露光領域 1 8 A, 1 8 B はウエハ W に対して相対的に矢印 A 5, B 5 で示すように移動する。これによって、ウエハ W 上の Y 方向に隣接する次の 2 つのショット領域 $S A(i+1, j)$, $S A(i+1, j+1)$ に対して並列にレチクル R のパターンの像が走査露光される。同様に、ウエハ W 上の Y 方向に隣接する 2 つのショット領域に対して、順次並列にレチクル R のパターンの像が露光される。

【 0 0 3 5 】

一方、ステップ 1 0 5 において、露光対象のショット領域 $S A(i, j)$ に対して - Y 方向に隣接して露光対象の未露光のショット領域が存在しない場合には、動作はステップ 1 1 0 に移行する。これは、例えば図 3 (A) の - Y 方向の端部のショット領域 $S A(i, J)$ に露光するような場合に該当する。ステップ 1 1 0 において、主制御系 2 は図 2 (A) のシャッター 6 2 によって第 2 の照明光 I L B を遮光し、第 2 の露光領域 1 8 B を閉じる。次のステップ 1 1 1 において、通常の走査露光と同様に、レチクルステージ R S T とウエハステージ W S T とを同期駆動して、次第に開かれる第 1 の露光領域 1 8 A のみでウエハ W のショット領域 $S A(i, j)$ を走査露光する。その後、照明領域 1 8 を閉じ、レチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T を停止して、図 2 (A) のシャッター 6 2 を開く (

ステップ 1 1 2)。この後、動作はステップ 1 0 9 に移行する。

【 0 0 3 6 】

そして、ステップ 1 0 9 でウエハ W 上の未露光のショット領域が尽きたときに、動作はステップ 1 1 3 に移行して、ウエハステージ W S T 上のウエハ W のアンロードが行われる。その後、ステップ 1 1 4 で未露光のウエハがある場合には、動作はステップ 1 0 2 に戻って、そのウエハに対する露光が行われ、未露光のウエハが尽きたときに露光工程が終了する。

【 0 0 3 7 】

このように本実施形態の露光動作によれば、ウエハ W 上の周縁部の一部のショット領域を除いて、1 回の走査露光毎に、ウエハ W 上の Y 方向に隣接する 2 つのショット領域に対して並列にレチクル R のパターンの投影光学系 P L による同じ像が露光される。従って、1 回の走査露光毎に 1 つのショット領域を露光する場合に比べて、スループットをほぼ 2 倍に高めることができる。

10

【 0 0 3 8 】

本実施形態の作用効果等は以下の通りである。

(1) 本実施形態の投影光学系 P L は、レチクル R のパターン面 (物体面) に設けられたパターンの像をウエハ W の表面 (像面) に投影する投影光学系において、そのパターンからの照明光 I L (光束) を 2 つの照明光 I L A , I L B に分割する 2 分割光学系 5 0 と、その 2 つの照明光 I L A , I L B をウエハ W 表面の 2 つの露光領域 1 8 A , 1 8 B にそれぞれ導いて、露光領域 1 8 A , 1 8 B にそのパターンの像を形成する結像光学系 5 1 と、を備えている。

20

【 0 0 3 9 】

この投影光学系 P L によれば、ウエハ W 上の 2 箇所の露光領域 1 8 A , 1 8 B にレチクル R の同じパターンの像が形成されるため、露光領域 1 8 A , 1 8 B でウエハ W 上の 2 つのショット領域を並列に (同時に) 露光できる。従って、投影光学系 P L は或る程度大型化するが、ステージ系を大型化することなく、ウエハ W を高いスループットで露光できる。

【 0 0 4 0 】

なお、この実施形態では、投影光学系 P L は 2 つの露光領域 1 8 A , 1 8 B を並列に露光しているが、投影光学系 P L は、レチクル R からの光束を 3 つ以上の光束に分割し、これらの光束をウエハ W 上の 3 箇所以上の露光領域に導き、3 箇所以上の露光領域にレチクル R のパターンの像を露光してもよい。これによって、スループットをさらに高めることができる。

30

【 0 0 4 1 】

(2) また、2 分割光学系 5 0 は、2 つの露光領域 1 8 A , 1 8 B に形成されるレチクル R のパターンの像が互いに同じ向きに投影されるようにそのパターンからの光束を分割している。従って、走査露光時にウエハ W を + Y 方向又は - Y 方向に走査することで、露光領域 1 8 A , 1 8 B によってウエハ W 上の異なる 2 つのショット領域を同時に走査露光できる。

【 0 0 4 2 】

40

(3) また、2 分割光学系 5 0 は、レチクル R のパターン面の近傍 (主光線が光軸 A X に平行である範囲) すなわちレチクル R のパターン面と結像光学系 5 1 との間に配置され、レチクル R のパターンからの照明光 I L (主光線が光軸 A X に平行) を、それぞれ主光線が光軸 A X に平行な 2 つの照明光 I L A , I L B に分割している。即ち、2 分割光学系 5 0 は、レチクル R のパターンからの照明光 I L を実質的にこの照明光 I L と平行に進む 2 つの照明光 I L A , I L B に分割している。さらに、結像光学系 5 1 は、露光領域 1 8 A , 1 8 B にレチクル R のパターンの例えば 1 / 4 、 1 / 5 等の縮小像を形成している。

【 0 0 4 3 】

この場合、結像光学系 5 1 は、レチクル R のパターン面 (物体面) 側の方が作動距離が長くなり易いため、2 分割光学系 5 0 を容易に配置可能である。また、2 つの照明光 I L

50

A, ILBがレチクルRからの照明光ILに実質的に平行に結像光学系51に入射し、照明光ILA, ILBの主光線の間隔に例えば結像光学系51の投影倍率を乗じた間隔が露光領域18A, 18Bの中心の間隔となる。従って、照明光ILA, ILBの主光線の間隔によって露光領域18A, 18Bの中心のY方向の間隔LYを式(1)の所望の値に容易に設定できる。

【0044】

(4)また、結像光学系51が露光領域18A, 18BにレチクルRのパターンの拡大像を形成することも可能である。この場合、結像光学系51は、像面側の方が作動距離が長くなり易いため、結像光学系51とウエハWの表面との間に2分割光学系50を配置し、2分割光学系50によって結像光学系51からの照明光を実質的にこの光束と平行に進む2つの照明光に分割してもよい。

10

【0045】

なお、結像光学系51が等倍系である場合には、2分割光学系50をレチクルR側又はウエハW側のいずれに配置してもよい。

さらに、結像光学系51の投影倍率が縮小、等倍、又は拡大のいずれの場合であっても、結像光学系51によってレチクルRのパターン面との共役面(中間結像面)を形成し、この中間結像面又はこの近傍に2分割光学系50を配置してもよい。

【0046】

(5)また、図2(A)の結像光学系51は2分割光学系50側にテレセントリックな光学系であるため、入射する2つの照明光ILA, ILBの主光線の間隔によって露光領域18A, 18Bの中心の間隔が容易に計算可能である。

20

(6)また、投影光学系PLは、ウエハWの表面における第2の露光領域18Bの位置を補正する像位置調整光学系56を備えている。従って、ウエハWの線形伸縮又は微小回転等によってウエハWのショット配列が設計値から僅かにずれていても、2つの露光領域18A, 18BでウエハW上の隣接する2つのショット領域を正確に走査露光できる。

【0047】

(7)また、本実施形態ではレチクルRの照明領域18はX方向に細長い長方形であるが、照明領域18は例えば円弧状等でもよい。

(8)また、本実施形態の露光装置100は、パターンが設けられたレチクルRを保持し、レチクルRのパターン面を投影光学系PLの物体面に配置させるレチクルステージRSTと、その物体面に設けられたパターンの像を像面に投影する投影光学系PLと、ウエハWを保持し、ウエハWの表面(露光面)をその像面に配置させるウエハステージWSTと、を備えている。

30

【0048】

さらに、露光装置100による露光方法は、パターンが設けられたレチクルRのパターン面を投影光学系PLの物体面に配置するステップ101と、投影光学系PLを用いて、その物体面に設けられたパターンの像を像面に投影するステップ107と、ウエハWの表面(露光面)をその像面に配置するステップ104とを含んでいる。

従って、投影光学系PLによってウエハW上の2つのショット領域を並行に露光できるため、ステージ系を大型化することなく高いスループットが得られる。

40

【0049】

(9)この場合、Y方向(走査方向)に沿ったウエハステージWSTの移動と、投影光学系PLを介してY方向に対応する方向(Y方向)に沿ったレチクルステージRSTの移動とを同期して行うステージ駆動系4を備え、投影光学系PLは、Y方向に沿って配列される2つの露光領域18A, 18BにレチクルRのパターンの像を投影している。

さらに、その露光方法は、Y方向に沿って配列される露光領域18A, 18BにレチクルRのパターンの像を投影しつつ、Y方向に沿ったウエハWの移動と、投影光学系PLを介してY方向に対応する方向(Y方向)に沿ったレチクルRの移動とを同期して行うステップ107を含んでいる。

【0050】

50

また、露光領域 18A, 18B は、それぞれウエハ W 上の異なるショット領域（区画領域）上に同時に配置されている。従って、投影光学系 PL を介してウエハ W 上の 2 つのショット領域を並行に走査露光できる。

なお、本実施形態では、露光領域 18A, 18B を走査方向に分離しているが、露光領域 18A, 18B を走査方向に直交する非走査方向（X 方向）に分離してもよい。この場合には、1 回の走査露光で、ウエハ W 上の X 方向に隣接する 2 つのショット領域に並行に走査露光できる。

【0051】

なお、図 2（A）の投影光学系 PL においては、照明光 ILA, ILB の間に光路長差が生じないように、プリズム部材 53 及び像位置調整光学系 56 の材質（屈折率）及び形状が設定されている。しかしながら、光路長差が生じないように、光路長を補正する不図示の部材をさらに設けてもよい。

【0052】

また、シャッター 62 が照明光 ILA 側に設けられてもよく、シャッターが照明光 ILA, ILB の両方に設けられ、任意の一方のシャッターを選択的に作動させるようにしてもよい。このようにシャッターを選択的に用いることで、+Y 側及び -Y 側のどちらのショット領域の露光を行わない場合にも容易に対応できる。

【0053】

また、図 5 のステップ 109 の判断処理は、ステップ 107, 111 を実行している期間に行ってもよく、その判断が肯定（Yes）の場合（次のショットに移る場合）に、ステップ 108, 112 でスキャン移動（Y 方向移動）とステップ移動（X 方向移動）とを同時に行ってもよい。

【0054】

〔第 2 の実施形態〕

次に本発明の第 2 の実施形態につき図 6（A）、図 6（B）を参照して説明する。この実施形態で使用される露光装置は、図 1 の投影光学系 PL の代わりに図 6（A）の投影光学系 PLA を使用する点と、レチクル R の照明領域 18 の位置が光軸 AX に対して -Y 方向にずれている点とを除いて、図 1 の露光装置 100 と同様である。以下では、投影光学系 PLA の構成等につき説明する。図 6（A）及び図 6（B）において、図 2（A）及び図 2（B）に対応する部分には同一符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0055】

図 6（A）は本実施形態の両側テレセントリックの投影光学系 PLA を示し、図 6（B）は図 6（A）の投影光学系 PLA による 2 つの露光領域 18A, 18B を示す拡大平面図である。図 6（B）に示すように、本実施形態においても、露光領域 18A, 18B の中心の Y 方向の間隔 LY は、像位置調整光学系（不図示）による位置調整を行わない場合には、ウエハ W 上のショット領域 SA(i, j) の Y 方向の長さ SY と、スクライブライン領域の幅 SLY との和（式（1））に設定されている。

【0056】

図 6（A）において、図 1 の照明光学系 10 と同様の照明光学系からの照明光 IL（露光光）によって、レチクル R のパターン面の照明領域 18 が照明される。ただし、本実施形態では、照明領域 18 の中心は、投影光学系 PLA の光軸 AX から -Y 方向に距離 LYR だけ離れている。投影光学系 PLA のレチクル R からウエハ W の表面への投影倍率（例えば 1/4, 1/5 等の縮小倍率）、及びウエハ W 上での 2 つの露光領域 18A, 18B の中心の Y 方向の間隔 LY を用いて、距離 LYR は、次のように露光領域 18A, 18B と共役なレチクル R 上の領域の間隔の 1/2 に設定されている。

【0057】

$$LYR = LY / (2 \cdot \dots (2))$$

また、投影光学系 PLA は、前群レンズ系 51Aa 及び後群レンズ系 51Ab よりなる両側テレセントリックの第 1 結像光学系 51A と、両側テレセントリックの第 2 結像光学系 51B と、前群レンズ系 51Aa と後群レンズ系 51Ab との間に配置された 2 分割光

10

20

30

40

50

学系 5 9 とを備えている。この場合、第 1 結像光学系 5 1 A は、レチクル R のパターン面のパターンを 1 倍した像を中間結像面 5 8 上に形成し、第 2 結像光学系 5 1 B は、中間結像面 5 9 上のパターンの像をさらに 2 倍した像をウエハ W の表面に形成する。投影倍率 1 及び 2 の積は 2 である。第 2 結像光学系 5 1 B の瞳面、すなわち投影光学系 P L A の瞳面（射出瞳と共役な面）には、開口絞り A S が配置されている。2 分割光学系 5 9 は、この開口絞り A S と共役な位置に配置され、具体的には後群レンズ系 5 1 A b の前側焦点面（前群レンズ系 5 1 A a の後側焦点面）又はその近傍に配置されている。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の 2 分割光学系 5 9 は、前群レンズ系 5 1 A a から斜めに入射する照明光 I L の偏光状態をランダム（非偏光）な状態に変換する偏光解消素子 5 9 a と、偏光解消素子 5 9 a を透過した照明光 I L のうちで、例えば P 偏光成分（常光線）をそのまま第 2 の照明光 I L B として射出し、S 偏光成分（異常光線）を光軸 A X に関して照明光 I L B と対称な角度で折り曲げて第 1 の照明光 I L A として射出する偏光光学素子としてのロションプリズム(Rochon prism) 5 9 b と、照明光 I L A , I L B の偏光状態をランダムな状態に変換する偏光解消素子 5 9 c とを備えている。偏光解消素子 5 9 a , 5 9 c は、それぞれ一例として厚さが次第に変化する 2 枚の水晶板を組み合わせで構成できる。さらに、照明光 I L A , I L B の光量はほぼ同じである。

【 0 0 5 9 】

この結果、2 分割光学系 5 9 から光軸 A X に対して X 軸に平行な軸の回りに対称に傾斜した 2 つの照明光 I L A , I L B が射出され、射出された照明光 I L A , I L B の主光線は後群レンズ系 5 1 A b を介して、中間結像面 5 8 上で Y 方向に光軸 A X を中心として次の間隔 L Y 1 だけ離れた位置を通過する。

$$L Y 1 = 2 \cdot L Y R \cdot \sin \theta \quad \dots (3)$$

また、第 2 結像光学系 5 1 B の投影倍率は 2 であるため、照明光 I L A , I L B の主光線は第 2 結像光学系 5 1 B を介して、ウエハ W 上で Y 方向に次の間隔 L Y ' だけ離れた露光領域 1 8 A , 1 8 B の中心に入射する。

【 0 0 6 0 】

$$L Y ' = L Y 1 \cdot 2 = 2 \cdot L Y R \cdot \sin \theta \cdot 2 \quad \dots (4)$$

ここで、式 (2) の関係及び $\sin \theta = \frac{1}{2}$ の関係を用いると、式 (4) は次のように目標とする間隔 L Y と一致する。

$$L Y ' = L Y \quad \dots (5)$$

また、本実施形態においては、例えば中間結像面 5 8 又はこの近傍の第 2 の照明光 I L B の光路上の位置 6 1 に、図 2 (A) の像位置調整光学系 5 6 と同様の像位置調整光学系（不図示）が配置され、位置 6 1 の近傍に照明光 I L B を遮光するためのシャッター（不図示）が配置されている。

【 0 0 6 1 】

本実施形態の作用効果等は以下の通りである。

(1) 本実施形態の投影光学系 P L A において、2 分割光学系 5 9 は、ウエハ W の表面（像面）に対する第 2 結像光学系 5 1 B（又は投影光学系 P L A）の射出瞳と共役な位置に配置され、レチクル R のパターンからの照明光 I L を互いに異なる方向に進む 2 つの照明光 I L A , I L B に分割している。従って、照明光 I L A , I L B によってウエハ W 上で離れた 2 箇所の露光領域 1 8 A , 1 8 B にレチクル R のパターンの像を並行に形成できるため、第 1 の実施形態と同様に、露光装置のステージ系を大型化することなく、ウエハ W を高いスループットで露光できる。

【 0 0 6 2 】

なお、2 分割光学系 5 9 は、その射出瞳と共役な位置の近傍（光束の光軸 A X に対する傾斜角に応じて像面上での位置が変化する領域）に配置してもよい。

(2) また、2 分割光学系 5 9 は、レチクル R のパターンからの照明光 I L を第 1 結像光学系 5 1 A（投影光学系 P L A）の光軸 A X に関して Y 方向に対称な方向に進む 2 つの照明光 I L A , I L B に分割している。従って、レチクル R 上の照明領域 1 8 の光軸 A X

10

20

30

40

50

からの距離 LYR を調整するのみで、ウエハ W 上の露光領域 $18A$, $18B$ の間隔 LY を容易に調整可能である。

【0063】

(3) また、2分割光学系59内の偏光光学素子としてロションプリズム59bが使用されているため、照明領域18を光軸AXから変位させることによって、容易に2つの露光領域18A , 18Bを分離できる。

なお、その偏光光学素子としては、ウォラストンプリズム(Wollaston prism)も使用可能である。ただし、ウォラストンプリズムでは、この表面の法線に平行に入射した光束のうちの常光線と異常光線とが対称な角度で折り曲げられて射出される。そのため、ウォラストンプリズムを用いる場合には、図6(A)において、レチクルRの照明領域18の中心は光軸AXに配置され、その照明領域18からの照明光ILが、ウォラストンプリズムによって照明光ILA , ILBのように光軸AXに関して対称な角度で射出される。

【0064】

なお、この第2の実施形態の変形例として、図7(A)の投影光学系PLBで示すように、偏光光学素子を含む2分割光学系59の代わりに回折格子としての位相格子60を使用することも可能である。

図6(A)に対応する部分に同一符号を付した図7(A)において、第1結像光学系51A内で第2結像光学系51B(又は投影光学系PLB)の射出瞳と共役な位置にY方向に周期性を持つ位相格子60が配置されている。位相格子60には、図7(B)の拡大図で示すように、位相差が 180° (照明光ILの波長を用いて、光路長差で例えば $\lambda/2$)となる段差dでY方向に所定周期で凹凸パターンが形成されている。この場合、位相格子60に垂直に照明光ILが入射すると、0次光IL(0)は殆どなくなり、+1次回折光IL(+1)及び-1次回折光IL(-1)がY方向に対称な角度で射出される。

【0065】

また、図7(A)において、レチクルRのパターン面上で光軸AX上に中心を持つ照明領域18が照明光ILによって照明されている。この他の構成は図6(A)の第2の実施形態と同様である。

図7(A)の投影光学系PLBによれば、レチクルRの照明領域18からの照明光ILは、前群レンズ系51Aaを介して位相格子60にほぼ垂直に入射し、位相格子60からは+1次回折光及び-1次回折光がそれぞれ第2の照明光ILB及び第1の照明光ILAとして光軸AXに関して対称な角度で射出される。そして、照明光ILA , ILBは後群レンズ系51Abを介して中間結像面58にそれぞれ照明領域18の像を形成した後、第2結像光学系51Bを介してウエハWの表面でY方向に間隔LYだけ離れた露光領域18A , 18Bに入射する。従って、この投影光学系PLBによってもウエハW上の2箇所の露光領域18A , 18Bに並列にレチクルRのパターンの像を露光できる。

【0066】

また、位相格子60としては、凹凸パターンが形成された透過率が均一な透過部材が使用されている。その他に、位相格子60として、外観は平板状であるが、Y方向の屈折率分布が周期的に変化する分布屈折率型の回折格子を使用してもよい。

また、位相格子60からは0次光が発生しないため、レチクルRからの照明光ILを少ない光量損失で露光領域18A , 18Bに照射できるとともに、ウエハW上に不要なパターンが露光されることが防止される。

【0067】

なお、回折格子から射出される回折光のうちでウエハWの露光に使用されるのは ± 1 次回折光であるが、その他の0次光及び3次以上の回折光が多少発生しても(2次回折光は通常は発生しない)、ウエハW上のフォトレジストを感光させないレベルであればその影響は少ない。従って、位相格子60として、僅かに0次光が発生する回折格子等も使用可能である。あるいは、中間結像面58もしくはその近傍に空間フィルタ(遮光部材)を設けて0次光及び3次以上の回折光を遮光してもよい。

【0068】

また、上記の実施形態の露光装置 100 等を用いて半導体デバイス等の電子デバイス（又はマイクロデバイス）を製造する場合、電子デバイスは、図 8 に示すように、電子デバイスの機能・性能設計を行うステップ 221、この設計ステップに基づいたレチクル（マスク）を製作するステップ 222、デバイスの基材である基板（ウエハ）を製造してレジストを塗布するステップ 223、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンを基板（感光基板）に露光する工程、露光した基板を現像する工程、現像した基板の加熱（キュア）及びエッチング工程などを含む基板処理ステップ 224、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む）225、並びに検査ステップ 226 等を経て製造される。

【0069】

10

言い換えると、このデバイスの製造方法は、上記の実施形態の露光装置 100 等を用いてレチクルのパターンの像を基板（ウエハ）に転写することと、転写された基板をそのパターンの像に応じて処理すること（ステップ 224）とを含んでいる。この際に、上記の実施形態によれば、露光装置のステージ系を大型化することなく、高いスループットで露光を行うことができるため、電子デバイスを安価に製造できる。

【0070】

なお、本発明は、例えば 1 台のウエハステージ上のウエハのアライメント系によるアライメントと、別の 1 台のウエハステージ上のウエハの投影光学系を介した露光とを並行して行うようなツイン・ウエハステージ方式の露光装置で露光する場合にも適用可能である。この場合、通常のツイン・ウエハステージ方式ではアライメント時間の方が短く、アライメントを行う側のステージに待ち時間が生じる傾向があるのに対して、本発明では、露光時間がかかなり短縮されて、アライメントを行う側の待ち時間が短くなり、全体として露光効率が高くなる。

20

さらに、本発明は、上述の走査露光型の露光装置で露光する場合の他に、ステッパー等の一括露光型の露光装置で露光する場合にも適用できる。さらに、本発明は、例えば国際公開第 2004/053955 号パンフレット、又は欧州特許出願公開第 1420298 号明細書等に記載されている液浸型露光装置で露光する場合にも同様に適用することができる。

【0071】

また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD 等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、MEMS (Microelectromechanical Systems)、及び DNA チップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の露光工程にも適用することができる。

30

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

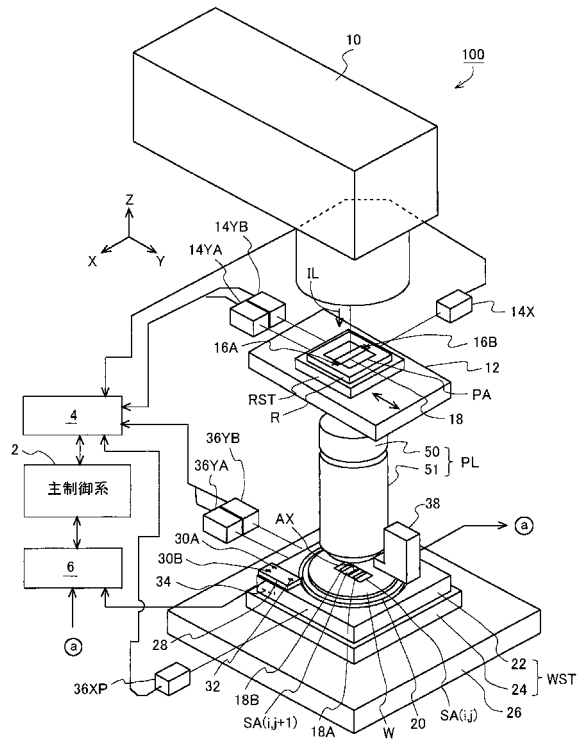
【符号の説明】

【0072】

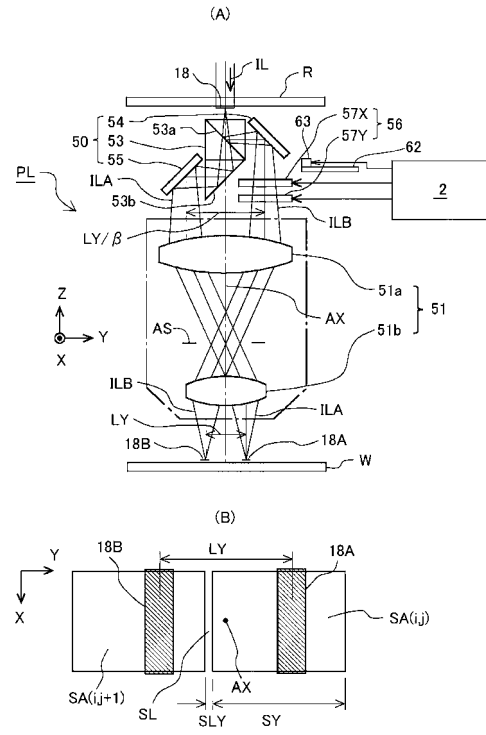
40

R ... レチクル、RST ... レチクルステージ、PL, PLA, PLB ... 投影光学系、W ... ウエハ、WST ... ウエハステージ、2 ... 主制御系、4 ... ステージ駆動系、18 ... 照明領域、18A, 18B ... 露光領域、50 ... 2 分割光学系、51, 51A, 51B ... 結像光学系、59 ... 2 分割光学系、60 ... 位相格子

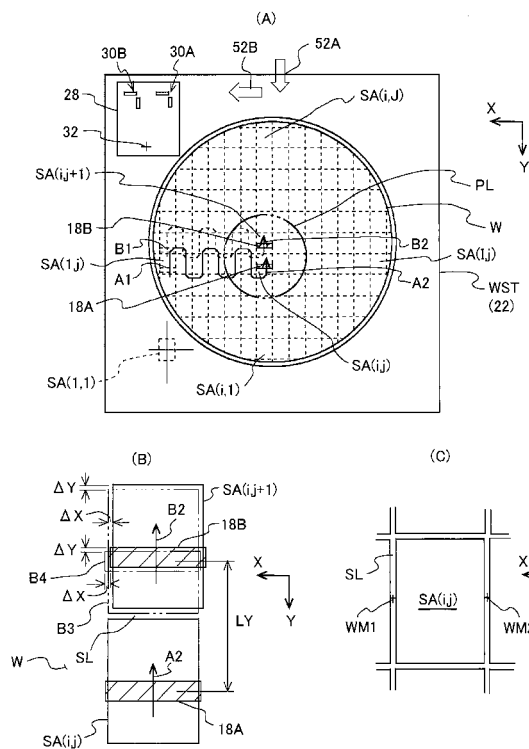
【図 1】



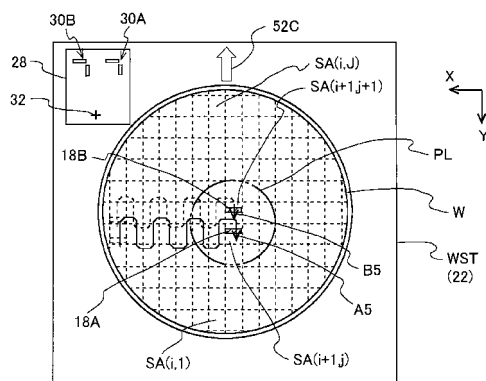
【図 2】



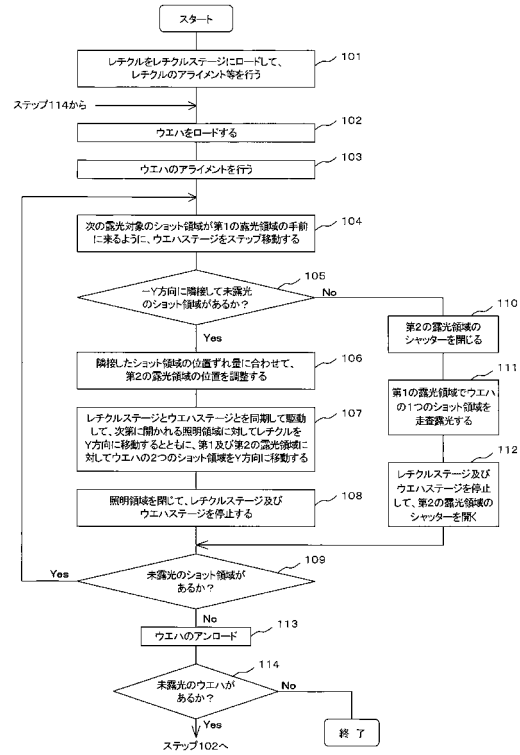
【図 3】



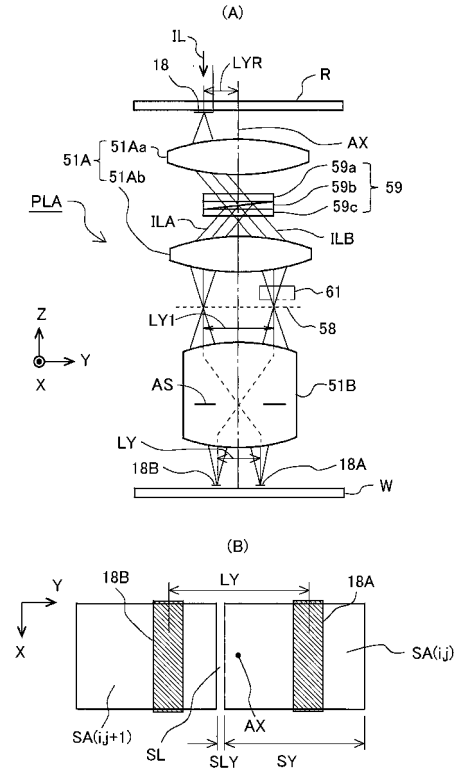
【図 4】



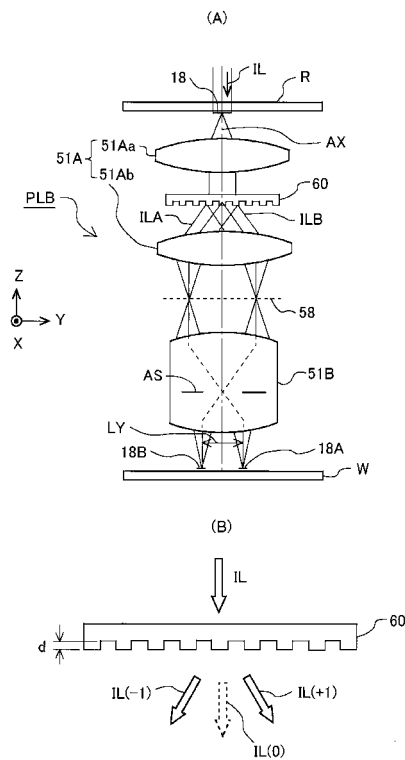
【図5】



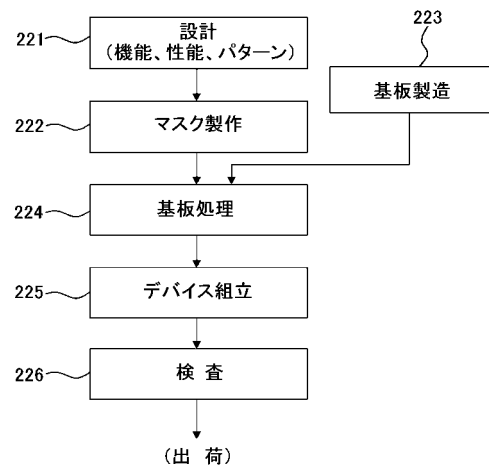
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-235041(JP,A)
国際公開第2008/007632(WO,A1)
特開平07-297110(JP,A)
特開2004-200430(JP,A)
特開平09-327925(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20