

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5006711号
(P5006711)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027

(2006.01)

H01L 21/30

525Z

G03F 7/20

(2006.01)

G03F 7/20

521

G01B 11/00

(2006.01)

G01B 11/00

A

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2007-169486 (P2007-169486)

(22) 出願日

平成19年6月27日 (2007.6.27)

(65) 公開番号

特開2009-10130 (P2009-10130A)

(43) 公開日

平成21年1月15日 (2009.1.15)

審査請求日

平成22年6月28日 (2010.6.28)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74) 代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74) 代理人 100134175

弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明条件を変更可能な照明光学系と、原版を保持する原版ステージと、投影光学系と、基板を保持する基板ステージとを備え、前記照明光学系によって該原版を照明し、前記原版のパターンの像を前記投影光学系を介して該基板に投影して前記基板の露光処理を行う露光装置であって、

前記原版ステージ上に配置されたマークと前記基板ステージ上に配置されたマークとを用いて、前記露光処理のための計測処理を行なう計測システムを有し、

前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布と類似した形狀であって前記露光処理で用いる有効光源分布より面積が大きいことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記計測処理で用いる有効光源分布および前記露光処理で用いる有効光源分布は通常照明の分布であり、前記計測処理で用いる有効光源分布の の値は、前記露光処理で用いる有効光源分布の の値より大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記計測処理で用いる有効光源分布および前記露光処理で用いる有効光源分布は輪帶照明の分布であり、前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布より輪帶比が大きい

ことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記計測処理で用いる有効光源分布および前記露光処理で用いる有効光源分布は多重極照明の分布であり、前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布より開口角が大きい

ことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 5】

有効光源分布の切替の制御を行う制御部と、

前記露光処理で用いる有効光源分布と前記計測処理で用いる有効光源分布とを関連付けたデータを記憶する記憶部と、を更に有し、

前記制御部が、前記データを参照して前記有効光源分布の切替の制御を行うことにより、前記計測処理で用いる有効光源分布を設定する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記計測システムが前記計測処理を行う前に、前記露光処理で用いる有効光源分布で予備的な計測を行い、前記予備的な計測の結果に基づいて、前記計測処理で用いる有効光源分布が決定される

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記予備的な計測の結果が前記計測処理に要求される計測精度に満たない場合は、前記露光処理で用いる有効光源分布とは異なる有効光源分布で前記計測処理を行い、前記露光処理で用いる有効光源分布と前記計測処理で用いる有効光源分布とを関連づけたデータを記憶する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記計測システムは、前記露光処理のために、前記投影光学系のフォーカス位置、または、前記原版ステージと前記基板ステージとの相対位置を計測する計測処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記計測処理の計測結果に基づいて前記基板ステージの位置を制御して前記露光処理を行うことを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布と同一の形状である

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 11】

露光装置を用いて基板の露光処理を行う露光方法であって、

前記露光装置は、

有効光源分布を変更可能な照明光学系と、

原版を保持する原版ステージと、

原版のパターンの像を基板に投影する投影光学系と、

前記基板を保持する基板ステージとを備え、

前記露光方法は、

前記原版ステージ上に配置されたマークと前記基板ステージ上に配置されたマークとを用いて、前記露光処理のための計測処理を行なう工程と、

前記計測処理の計測結果を用いて、前記照明光学系によって前記原版を照明し、前記原版のパターンの像を前記投影光学系を介して前記基板に投影して前記基板の露光処理を行う工程とを含み、

前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布と類似した形状であって前記露光処理で用いる有効光源分布より面積が大きい

10

20

30

40

50

ことを特徴とする露光方法。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、該基板を現像する工程と、

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原版のパターンを投影光学系を基板に投影し該基板を露光する露光装置、露光方法及びデバイス製造方法に関する。 10

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス等のデバイスを製造する際に、ステッパーのような一括露光型の露光装置や、スキャナーのような走査型の露光装置が使用されうる。

【0003】

図 9 は、露光装置の概略構成を示す図である。光源 LS としては、例えば、超高圧水銀ランプ (g 線 (波長約 436 nm)、i 線 (波長約 365 nm))、KrF エキシマレーザ (波長約 248 nm)、ArF エキシマレーザ (波長約 193 nm) が用いられる。光源 LS から出射された光束は、照明光学系 IL に提供される。照明光学系 IL は、設定された照明条件で原版 (レチクル) RT の設定された領域を照明する。原版 RT には、感光剤が塗布された基板 WF の該感光剤に転写すべき微細回路パターンが形成されている。原版 RT に形成されたパターンは、投影光学系 PO を介して基板 WF 上に投影される。近年の集積回路についての微細化要求の流れでは、基板の露光の際ににおける原版 RT と基板 WF との位置合わせ精度の要求が非常に高く、また、生産性を確保するために短時間で位置合わせのための計測を完了することが必須となっている。 20

【0004】

位置合わせ用の計測システムの例としては、図 9 に示すような TTL 計測システムが挙げられる。TTL 計測システムでは、原版ステージ RS に保持された原版 RT と等価な高さに配置されている原版側基準プレート RFP に形成されたスリットパターンの投影像が、基板ステージ WS に配置された基板側基準プレート WFP 上の参照スリットの付近に結像される。この参照スリットを透過した光は、センサ IS によって検出される。ここで、原版側のスリットパターンは、原版側基準プレート RFP ではなく原版 RT に設けられてよい。以下では、説明の簡単化のために、原版側のスリットが原版基準プレート RFP に設けられているものとする。 30

【0005】

具体的には、図 2 A に示すように、原版基準プレート RFP には露光領域内における複数の像高について測定が可能なように、複数のマークが配置されている。各マークは、複数のスリットを含んで構成されている。原版基準プレート RFP のマークのスリットを透過した光が、図 2 B に示すような基板側基準プレート上の参照スリットを透過し、その光がセンサ IS によって検出される。原版基準プレート RFP のマークと基板基準プレート WFP のマークとの相対的な位置関係を変更しながらセンサ IS の検出信号をモニターすることで計測がなされる。ここで、原版基準プレート RFP のマーク及び / 又は基板基準プレート WFP のマークを投影光学系 PO の光軸に沿って移動させながらセンサ IS の検出信号をモニターすることでフォーカス計測がなされる。原版基準プレート RFP のマーク及び / 又は基板基準プレート WFP のマークを投影光学系 PO の光軸に垂直な面に沿って移動させながらセンサ IS の検出信号をモニターすることで原版ステージ RS と基板ステージ WS との水平方向の相対的な位置が計測される。 40

【0006】

図 3 は、TTL 計測システムにおけるセンサ IS の検出信号の例を示している。最大光量のポイントをベストポイント (BP) とする方式をとっている。ここで、検出信号波形 50

は、図9で示す照明光学系ILに設定される照明条件（例えば、有効光源分布や光量）の影響を受ける。

【特許文献1】特許第3774590号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、パターンの微細化に伴い、照明光学系ILに設定される照明条件は、輪帶比の小さい照明条件や、極小、ダイポール照明などというように多種多様になっている。前述したTTL計測システムも、この多様な照明条件でも位置合わせ計測を常に可能とすることが求められている。

10

【0008】

しかし、図4A、図4Bに例示するように全体光量の低い検出信号では、最大光量のポイントを決定する精度が悪化する。また、図4Cに例示するように複数のピークを有する検出信号では、誤検出の可能性が非常に高くなる。その他にも、照度斑のある照明条件や、ポールバランスの悪い照明条件で得られる検出信号では、最大光量がベストポイントとはならないなど、高精度な位置合わせが困難な場合がある。

【0009】

本発明は、上記の課題認識を契機としてなされたものであり、基板の露光用の照明条件に起因する計測の精度の過剰な低下を抑えることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

本発明の第1の側面は、照明条件を変更可能な照明光学系と、原版を保持する原版ステージと、投影光学系と、基板を保持する基板ステージとを備え、前記照明光学系によって該原版を照明し、前記原版のパターンの像を前記投影光学系を介して該基板に投影して前記基板の露光処理を行う露光装置に係り、前記露光装置は、前記原版ステージ上に配置されたマークと前記基板ステージ上に配置されたマークとを用いて、前記露光処理のための計測処理を行なう計測システムを有し、前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布と類似した形状であって前記露光処理で用いる有効光源分布より面積が大きい。

【0011】

30

本発明の第1の側面は、露光装置を用いて基板の露光処理を行う露光方法に係り、前記露光装置は、有効光源分布を変更可能な照明光学系と、原版を保持する原版ステージと、原版のパターンの像を基板に投影する投影光学系と、前記基板を保持する基板ステージとを備え、前記露光方法は、前記原版ステージ上に配置されたマークと前記基板ステージ上に配置されたマークとを用いて、前記露光処理のための計測処理を行なう工程と、前記計測処理の計測結果を用いて、前記照明光学系によって前記原版を照明し、前記原版のパターンの像を前記投影光学系を介して前記基板に投影して前記基板の露光処理を行う工程とを含み、前記計測処理で用いる有効光源分布は、前記露光処理で用いる有効光源分布と類似した形状であって前記露光処理で用いる有効光源分布より面積が大きい。

【発明の効果】

40

【0012】

本発明によれば、基板の露光用の照明条件に起因する計測の精度の過剰な低下を抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。

【0014】

図1は、本発明の好適な実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。本発明の好適な実施形態の露光装置EXは、照明光学系ILと、原版ステージRSと、投影光学系POと、基板ステージWSと、制御部CNTと、計測システムMとを備える。

50

【 0 0 1 5 】

照明光学系 I L は、原版 R T 及び後述する計測用の第 1 マーク R m を照明する際の照明条件（例えば、有効光源分布）を変更可能に構成されている。照明光学系 I L は、制御部 C N T によって指定された照明条件で、原版ステージ R S に保持された原版 R T を照明する。照明光学系 I L によって照明された原版 R T のパターンは、投影光学系 P O を介して、基板ステージ W S に保持された基板 W に投影され、これによって基板 W が露光される。照明光学系 I L は、照明条件を変更するための構成として、例えば、交換可能な複数の照明絞り、交換又は駆動可能な複数の回折光学素子、ズームレンズ群を含みうる。

【 0 0 1 6 】

計測システム I S は、光（光量）を検知するセンサ I S を含み、原版ステージ R S に配置された第 1 マーク R m と基板ステージ W S に配置された第 2 マーク W m とを使って、露光の制御のための計測を行なう。ここで、露光のための計測には、例えば、フォーカス用の計測、及び／又は、原版ステージ R S と基板ステージ W S との位置合わせ用の計測を含みうる。

【 0 0 1 7 】

制御部 C N T は、例えば、照明光学系 I L による原版 R T 及び第 1 マーク R m の照明条件を設定可能に構成されている。制御部 C N T は、ある照明条件で基板の露光を行なうために計測システム M によって計測が行なわれる際に、当該照明条件とは異なる照明条件を照明光学系 I L に設定することができる。

【 0 0 1 8 】

原版 R T と基板 W F とは、投影光学系 P O を介して、光学的にほぼ共役な位置に配置される。照明光学系 I L は、例えば、原版 R T における X 方向に長いスリット形状の領域を均一な照度分布で照明する。基板 W の露光の際に、投影光学系 P O の光軸に対して原版ステージ R S と基板ステージ W S を投影光学系 P O の光学倍率に応じた速度比で駆動することによって、基板 W を走査露光することができる。

【 0 0 1 9 】

原版ステージ R S は、レーザ干渉計と、該レーザー干渉計による原版ステージ R S の位置計測結果と目標位置とに基づいて原版ステージ R S を駆動する駆動機構を含んで構成される位置決め機構によって位置決めされる。原版 R T の近傍には、原版側基準プレート R F P が固設されている。原版側基準プレート R F P の反射面の高さは、原版 R T のパターン面の高さとほぼ一致している。原版側基準プレート R F P の反射面には、C r や A 1 等の金属で形成された複数の第 1 マーク R m が設けられている。原版ステージ R S は、Z 方向（鉛直方向）の位置を投影光学系 P O に対して一定に保った状態で駆動される。原版ステージ R S には、レーザ干渉計からのビームを反射する移動鏡が固定されており、該レーザ干渉計により、原版ステージ R S の位置が逐次計測される。なお、ここでは、原版側基準プレート R F P の反射面に第 1 マーク R m が形成された例を説明するが、第 1 マーク R m は原版 R T に設けられてもよい。

【 0 0 2 0 】

基板 W F の近傍には基板側基準プレート W F P が固設されている。基板側基準プレート W F P の反射面の高さは、基板 W F の上面とほぼ一致している。基板側基準プレート W F P には、C r や A 1 等の金属で形成された複数の第 2 マーク W m が設けられている。また、基板ステージ W S を駆動する駆動機構は、投影光学系 P O の光軸方向（Z 方向）及び光軸方向と直交する平面内の 2 方向（X 方向、Y 方向）、並びに X 軸、Y 軸、Z 軸周りに回転（方向、像面に対する傾き調整）の 6 軸について基板ステージ W S を駆動する。基板ステージ W S には、基板ステージ W S の位置計測のためのレーザ干渉計からのビームを反射する移動鏡が固定されており、このレーザ干渉計により基板ステージ W S の位置が逐次計測される。

【 0 0 2 1 】

照明光学系 I L による原版の照明条件としては、種々の条件がある。通常照明では、有効光源分布が円形で均一の強度分布を有する照明条件が用いられる。照明条件を表す用語

10

20

30

40

50

として が使われることがある。 は、投影光学系 P O の F u l l - N A を 1 としたときの照明光の透過する領域の割合である。 1 に近いものは大 、 0 に近いものは小と呼ばれる。

【 0 0 2 2 】

また、変形照明として、有効光源分布がドーナツ状の輪帯照明や(図 5 (a))、2 点に分かれたダイポール照明(図 5 (b))、4 点に分かれたクロス poole 照明などがある。輪帯照明では、ドーナツ状の有効光源分布における外側の円の 値と、内側の円の 値の比を輪帯比と呼ぶ。ダイポール照明やクロス poole 照明は、通常は、輪帯照明における不要な部分を遮光し必要な部分を切り出して作成されうる。この切り出しの角度を開口角と呼ぶ。例えば、図 5 (a) で例示するような輪帯照明から、図 5 (b) のようなダイポール照明や図 5 (c) のようなクロス poole 照明を得ることができる。10

【 0 0 2 3 】

次に、計測システム M について説明する。この実施形態の計測システム M は、 T T L (Through The Lens) 計測システムである。計測システム M は、原版側基準プレート R F P 又は原版 R T に形成された第 1 マーク R m と、基板側基準プレート W F P に形成された第 2 マーク W m と、基板ステージ W S の第 2 マーク W m の下に配置されたセンサ I S を含む。センサ I S は、第 2 マーク W m を透過した光(光量)を検出する。

【 0 0 2 4 】

図 2 A に例示的に示すように、複数の第 1 マーク R m (R m 1 x ~ R m 5 x , R m 1 y ~ R m 5 y) が原版側基準プレート R F P に設けられうる。前述のように、複数の第 1 マーク R m は、原版 R T に設けられてもよい。各第 1 マークは、複数のスリットを含んで構成されうる。図 2 B は、第 2 マーク W m (W x , W y) の構成例を示している。第 2 マーク W x は、 X 方向及び Z 方向の計測用である。第 2 マーク W y は、 Y 方向及び Z 方向の計測用である。第 2 マーク W x 、 W y にそれぞれ対応するように 2 つのセンサ I S を配置すれば、第 2 マーク W x 、 W y について個別の計測が可能である。20

【 0 0 2 5 】

次に、計測システム M による計測について説明する。まず、露光領域内の所定の像高に原版側のマークである第 1 マーク R m が位置決めされるように原版ステージ R S が駆動される。

【 0 0 2 6 】

次に、基板側のマークである第 2 マーク W m が第 1 マーク R m の結像位置の近傍に位置決めされるように基板ステージ W S が駆動される。30

【 0 0 2 7 】

次に、基板ステージ W S を投影レンズ P O の光軸方向に駆動しながら第 2 マーク W m を透過する光をセンサ I S で検出し、検出信号(光量)が最大になる位置を探すこと、その像高における投影光学系 P O の最良フォーカス位置が決定される。また、基板ステージ W S を投影光学系 P O の光軸と垂直方向に駆動しながら第 2 マーク W m を透過する光をセンサ I S で検出し、検出信号(光量)が最大になる位置を探すこと、その像高における基板ステージ W S の最良位置(X Y 方向の位置)が求められる。40

【 0 0 2 8 】

図 3 は、センサの検出信号を例示する図である。検出信号に閾値フィッティングや重心処理等を施して算出される最大光量のポイントをベストポイント(B P)とすることができる。

【 0 0 2 9 】

次いで、計測システム M による位置合わせ用の計測の際に露光照明条件(基板を露光するための照明条件)からそれとは異なる照明条件に変更するかどうかを決定する処理について説明する。この処理は、制御部 C N T によってなされうる。この決定は、基板の露光のための照明条件における計測システム M による予備的な計測に基づいて、又は、シミュレーション結果に基づいて、行なわれうる。

【 0 0 3 0 】

ここで、予備的な計測は、設定され得る複数の照明条件について、予め露光装置EXの出荷前又は露光ジョブの開始前に計測システムMによってなされうる。この場合には、露光装置へのレシピの入力に応じて、その露光ジョブによって指定される露光用の照明条件に応じて計測用の照明条件が選択され設定されることになる。

【0031】

或いは、予備的な計測は、レシピが露光装置に入力されることに応じて当該露光ジョブで指定された基板の露光のための照明条件にしたがってなされてもよい。予備的な計測が露光装置へのレシピの入力に応じてなされる場合、予備的な計測の結果が良好でない場合には、露光用の照明条件に代えて計測用の照明条件が照明光学系ILに設定されることになる。

10

【0032】

例えば、図4Aに”信号の低い波形”として例示するように全体光量が低い場合制御部CNTは、計測システムMによって計測が行なわれる際に露光の際の照明条件とは異なる照明条件を設定する。或いは、図4Bに”S/Nの悪い波形”として例示するように信号(S)/ノイズ(N)比が10以下である場合に、制御部CNTは、計測システムMによって計測が行なわれる際に露光の際の照明条件とは異なる照明条件を設定する。或いは、図4Cに例示するように光量ピーク数が2つ以上ある場合に、制御部CNTは、計測システムMによって計測が行なわれる際に露光の際の照明条件とは異なる照明条件を設定する。

【0033】

制御部CNTは、基板の露光のための照明条件と異なる照明条件で計測を行なうべきであると判断した場合には、基板の露光のための照明条件と異なる照明条件を照明光学系ILに設定し、計測システムMに計測を行なわせる。ここで、基板の露光のための照明条件は、一般的には、基板の露光を制御するためのレシピにおいて指定される。このレシピは、制御部CNTに提供される。

20

【0034】

計測が終了すると、制御部CNTは、計測用に設定された照明条件をレシピにおいて指定された露光用の照明条件に戻す。具体的には、計測が終了すると、制御部CNTは、計測用に設定された照明条件がレシピにおいて指定された露光用の照明条件に戻すように照明光学系ILを設定する。

30

【0035】

次に、基板の露光制御のための計測において露光用の照明条件から計測用の照明条件に切り替える方法について説明する。

【0036】

第1モードでは、計測用の照明条件として、例えば大のような、TTL計測に適した専用の照明条件を用意しておき、制御部CNTは、照明条件の切り替えが必要であると判断された場合には、この専用照明条件を照明光学系ILに設定する。第1モードでは、常に高い精度で計測を行なうことができる。

【0037】

第2モードでは、露光用の照明条件又は既に設定されている照明条件からの照明条件の変更において、照明条件を変更するために駆動すべき照明絞り、回折光学素子、レンズ群等の光学部材の所要駆動時間が最短の照明条件を用いる。第2モードは、位置合わせ用の計測の精度を確保しつつ、スループットの低下を防止することに有効である。

40

【0038】

第3モードでは、露光用の有効光源分布に対する類似性が高く、かつ計測に支障のない照明条件を用いる。露光用の有効光源分布に対する類似性が高い照明条件とは、典型的には、有効光源の形状が同一であり、有効光源の面積が露光用のものと異なる照明条件である。また、計測に支障のない照明条件は、典型的には、露光用の照明条件よりも有効光源の面積が大きい照明条件である。具体的には、通常照明では、値の異なる複数の照明条件は、互いに有効光源分布の類似性が高い。露光用の照明条件が極小の場合には、位置

50

計測に支障がない程度に 大きくした照明条件が計測用の照明条件として設定されうる。

【 0 0 3 9 】

輪帯照明の場合には、輪帯比が互いに異なる輪帯照明が互いに類似性が高い照明条件であり、露光用の照明条件が輪帯比の狭い輪帯照明の場合には、輪帯比が広い輪帯照明が計測用の照明条件として設定されうる。

【 0 0 4 0 】

ダイポール照明の場合には、開口角の互いに異なるダイポール照明が類似性の高い照明条件であり、露光用の照明条件が開口角の狭いダイポール照明の場合には、開口角を広げたダイポール照明や切り出し前の輪帯照明が計測用の照明条件として選択されうる。 10

【 0 0 4 1 】

第4モードでは、像性能が露光用の照明条件に近く、かつ計測に支障のない照明条件を用いる。例えば、シミュレーションにより予想される解像力の縦横比や像面幅などの像性能の特徴が露光用の照明条件と近い照明条件で計測がなされうる。

【 0 0 4 2 】

第3モードと第4モードでは、短時間に照明条件を変更することに有利であり、露光用の照明条件と近い照明条件で位置合わせ用の計測を行なうことができる。

【 0 0 4 3 】

ここで、レシピにおいて指定される露光用の照明条件に応じて計測用の照明条件を決定する場合は、露光用の照明条件と計測用の照明条件とを関連付けたテーブルをメモリに記憶しておき、制御部C N Tが該テーブルを参照して決定を行なうことが好ましい。メモリは、例えば、制御部C N Tの内部に設けられてもよいし、外部に設けられてもよい。 20

【 0 0 4 4 】

更に、このテーブルに記録されていない露光用の照明条件がレシピで指定された場合には、その指定された照明条件で計測を行い、その計測の結果が良好である場合には、露光用及び計測用の照明条件として、その指定された照明条件をテーブルに追記すればよい。一方、その計測結果が良好ではない場合には、最終的に決定された計測用の照明条件をその指定された露光用の照明条件に関連付けてメモリに追記すればよい。このような学習機能によれば、テーブルの更新とともに、計測用の照明条件の決定に要する時間が短縮される。 30

【 0 0 4 5 】

図6は、照明光学系I Lに設けられた照明条件の変更のための絞り板S T Pを例示するである。絞り板S T Pは、円盤上に7つの絞りが配置されていて、円盤が回転することで任意の絞りが選択される。a、c、eは通常照明条件の大の絞り、b、dはダイポール照明の絞り、fは極小の絞り、gはクロスボール照明の絞りである。

【 0 0 4 6 】

b、d、f、gが露光用の照明条件として選択される絞りである場合には、T T L計測に適した照明条件の絞りa、c、eをb、d、f、gに対して物理的に近い位置に配置することで、迅速に照明条件を変更することができる。また、専用照明条件として選択されうる絞りとして、例えば、a、c、eのように複数の絞りを配置することが好ましい。専用照明条件として選択されうる絞りは、計測用の照明条件として選択すべきではない絞りの近くに配置することが好ましい。 40

【 0 0 4 7 】

次に、ツインステージ型の露光装置について説明する。ここで説明するツインステージ型の露光装置E X 2は、図7に例示するように、それぞれ基板W Fを保持することができる2つの基板ステージW Sを備える。露光装置E X 2は、基板W Fの面形状、及び基板ステージW Sにおける基板W Fの位置を計測するための計測ステーションと、投影光学系P Oを有し基板Wを露光する露光ステーションとを備える。

【 0 0 4 8 】

計測ステーションには、斜入射方式で非露光光を用いて基板Wの面位置を検出するフォ 50

一カス検出系 F S と、投影光学系 P O を介さないで非露光光を用いて基板 W のアライメントマークを検出するオファクシスアライメント検出系 O A とが配置されている。フォーカス検出系 F S では、基板ステージ W S を水平方向に駆動することにより、フォーカス検出系 F S の計測原点からの基板ステージ W S (又は基板側基準プレート W F P) 表面のフォーカスずれが計測される。また、オファクシスアライメント検出系 O A では、基板 W と基板側基準プレート W F Pとの位置関係が計測される。計測ステーションで得られた計測データは、基板ステージ W S の座標と対応づけて、補正テーブルとしてメモリに保存される。

【 0 0 4 9 】

計測ステーションでの計測後、基板ステージ W S は露光ステーションに移動する。そして、露光ステーションで計測システム M によって、基板側基準プレート W F P を使ってフォーカス計測と位置計測がなされる。そして、基板 W を露光するときは、露光ステーションで計測した基板側基準プレート W F P の位置からの相対駆動量を前記メモリに保存した補正テーブルを用いて算出し、基板ステージ W S が補正駆動される。

【 0 0 5 0 】

露光ステーションでは、上記のような計測が各基板に対して行われるべきであり、しかも高い計測精度が要求されるので、前述のように必要に応じて露光用の照明条件を計測用の照明条件に変更することが有効である。

[第 1 変形例]

T T L 方式の位置合わせ用の計測の再現性が露光で要求される精度に足りない場合には、計測の際には、露光用の照明条件と異なる照明条件を設定する必要がある。例えば、大のような T T L 計測に適した照明条件で計測した際には精度が 2 nm であるのに、露光用の照明条件で計測した場合には精度が 4 nm になってしまふ場合であつて、これが要求精度を満たさない場合には、照明条件の切り替えが必要となる。

【 0 0 5 1 】

第 1 変形例では、照明条件と位置合わせ計測精度とを関連付けて制御部 C N T がアクセス可能なメモリに格納しておく。そして、露光用の照明条件で計測を行なった場合には要求精度を満たさない場合には、制御部 C N T は、該メモリを参照して計測用の照明条件を決定する。ここで、照明条件と位置合わせ計測精度との関係は、シミュレーション又は実測に基づいて決定されうる。

[第 2 変形例]

第 2 変形例では、露光用の照明条件と異なる照明条件を設定すべきかどうかは、有効光源分布をシミュレーションによって予測すること、又は、有効光源分布を実測に基づいて推定し、この有効光源分布に基づいて決定される。具体的には、露光用の照明条件における有効光源分布のポールバランスが悪い場合や照度斑が大きい場合には、照明条件の切り替えが必要となる。

【 0 0 5 2 】

また、有効光源分布と位置合わせ計測精度とを関連付けて制御部 C N T がアクセス可能なメモリに格納しておき、露光用の照明条件で計測を行なった場合には要求精度を満たさない場合に、制御部 C N T が該メモリを参照して計測用の照明条件を決定してもよい。

【 0 0 5 3 】

有効光源の計測方法としては、例えば、基板ステージ W S 上にセンサを配置して計測する方法、原版ステージ R S にセンサを配置して計測する方法、実際に露光及び現像を行なつてその結果を評価する方法などがある。

[第 3 変形例]

上記の説明は、必要に応じて露光用の照明条件とは異なる照明条件で計測を行なうものであるが、これに代えて、常に露光用の照明条件とは異なる照明条件で計測をおこなつてもよい。

[第 4 変形例]

上記の説明では、計測時に第 1 マークを照明する光学系と露光時に原版 R T を照明する

10

20

30

40

50

光学系として同一の照明光学系 I L が使用される。第 4 変形例では、計測時に第 1 マークを照明する光学系と露光時に原版 R T を照明する光学系として別個の照明光学系が使用される。

【 0 0 5 4 】

図 8 は、計測用の照明光学系を備えた露光装置の概略構成を例示する図である。この露光装置は、計測用の照明光学系としてアライメント光学系 A S を備えている。アライメント光学系 A S は、露光光と同一波長の照明光で第 1 マーク R m を照明する。

【 0 0 5 5 】

計測時は、原版側基準プレート R F P 又は原版 R T を照明するために、アライメント光学系 A S が使用される。照明光学系 I L とは異なる光学系を用いて位置計測時の照明を行うことにより、位置計測用の照明条件を決定するための絞り板 S T P や回折光学素子などを照明光学系 I L 内に配置する必要がなくなる。よって、照明光学系 I L の設計の自由度が大きくなり、露光用の照明条件の選択肢を増やすことができる。10

【 0 0 5 6 】

以上のように、本発明の好適な実施形態によれば、露光用の照明条件とは異なる照明条件で計測を行なうことが可能な露光装置が提供される。これにより、露光用の照明条件に起因する計測制度の低下を防止することができる。

【 0 0 5 7 】

次に上記の露光装置を利用したデバイス製造方法を説明する。図 10 は、半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ 1 (回路設計) では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2 (レチカル作製) では設計した回路パターンに基づいてレチカル (原版またはマスクともいう) を作製する。一方、ステップ 3 (ウエハ製造) ではシリコン等の材料を用いてウエハ (基板ともいう) を製造する。ステップ 4 (ウエハプロセス) は前工程と呼ばれ、上記のレチカルとウエハを用いて、リソグラフィー技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5 (組み立て) は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程 (ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程 (チップ封入) 等の組み立て工程を含む。ステップ 6 (検査) ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷 (ステップ 7) する。2030

【 0 0 5 8 】

図 11 は、上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。ステップ 11 (酸化) ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 12 (C V D) ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ 13 (電極形成) ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 14 (イオン打込み) ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 15 (C M P) では C M P 工程によって絶縁膜を平坦化する。ステップ 16 (レジスト処理) ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 17 (露光) では上記の露光装置を用いて、回路パターンが形成されたマスクを介し感光剤が塗布されたウエハを露光してレジストに潜像パターンを形成する。ここで、この露光工程では、第 1 の照明条件でウエハの露光を行なうために計測システム M によって計測が行なわれる際に、必要に応じて、該第 1 の照明条件とは異なる第 2 の照明条件を照明光学系 I L に設定する。そして、第 2 の照明条件において計測がなされた場合には、計測システム M による計測の結果に基づいて露光が行なわれる際に、第 1 の照明条件を照明光学系 I L に設定する。40

【 0 0 5 9 】

ステップ 18 (現像) ではウエハ上のレジストに形成された潜像パターンを現像してレジストパターンを形成する。ステップ 19 (エッティング) ではレジストパターンが開口した部分を通してレジストパターンの下にある層又は基板をエッティングする。ステップ 20 (レジスト剥離) ではエッティングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

【 図面の簡単な説明 】

【0060】

【図1】本発明の好適な実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

【図2A】第1マークを例示する図である。

【図2B】第2マークを例示する図である。

【図3】センサの検出信号を例示する図である。

【図4A】光量が低い場合におけるセンサの検出信号を例示する図である。

【図4B】S/Nが悪い場合におけるセンサの検出信号を例示する図である。

【図4C】複数のピークを有する検出信号を例示する図である。

【図5】照明条件を例示する図である。

【図6】照明光学系に設けられた照明条件の変更のための絞り板を例示する図である。 10

【図7】ツインステージ型の露光装置を例示する図である。

【図8】計測用の照明光学系を備えた露光装置の概略構成を例示する図である。

【図9】露光装置の概略構成を示す図である。

【図10】半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。

【図11】ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

【符号の説明】

【0061】

L S : 光源

I L : 照明光学系

R T : 原版

20

R S : 原版ステージ

R F P : 原版側基準プレート

P O : 投影光学系

W F : 基板

W S : 基板ステージ

W F P : 基板側基準プレート

I S : センサ

R m : 第1マーク

W m : 第2マーク

S T P : 絞り板

30

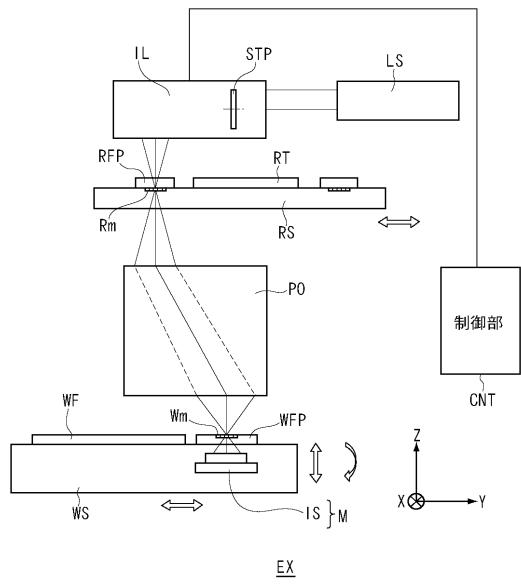
M : 計測システム

F S : フォーカス検出系

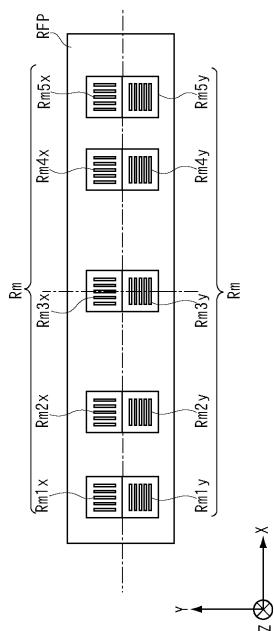
O A : オファクシスマーチメント検出系

A S : アライメント検出系

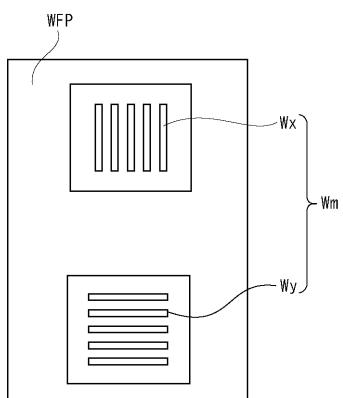
【図1】



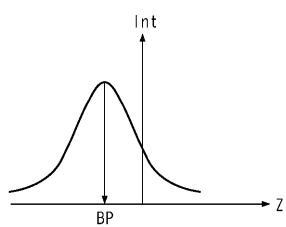
【図2 A】



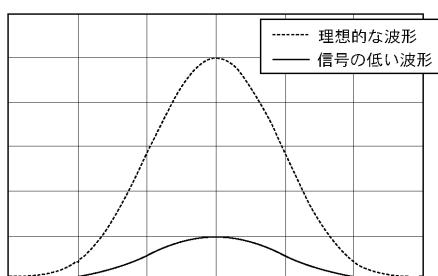
【図2 B】



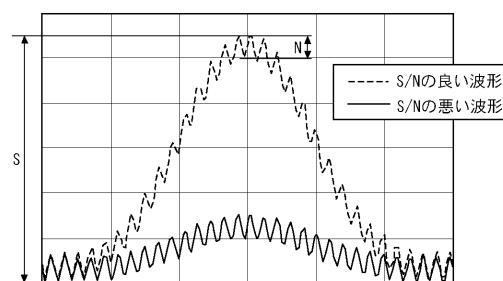
【図3】



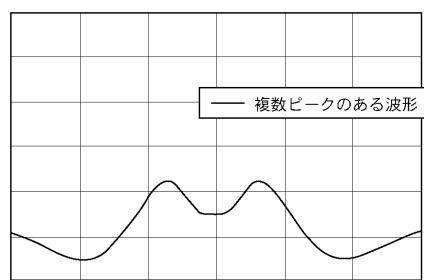
【図4 A】



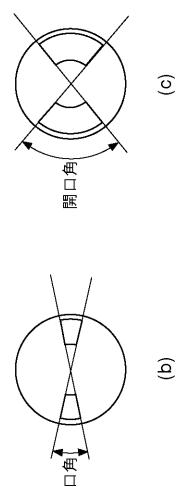
【図4 B】



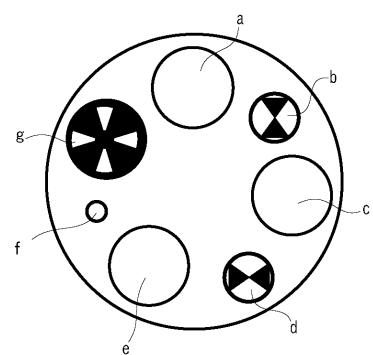
【図 4 C】



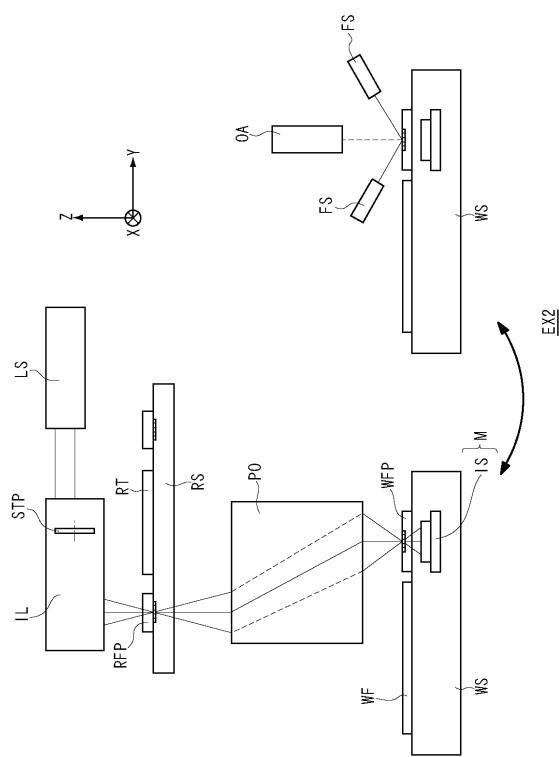
【図 5】



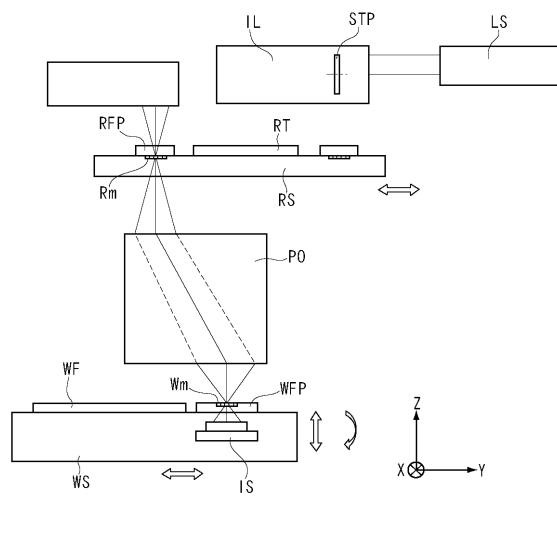
【図 6】



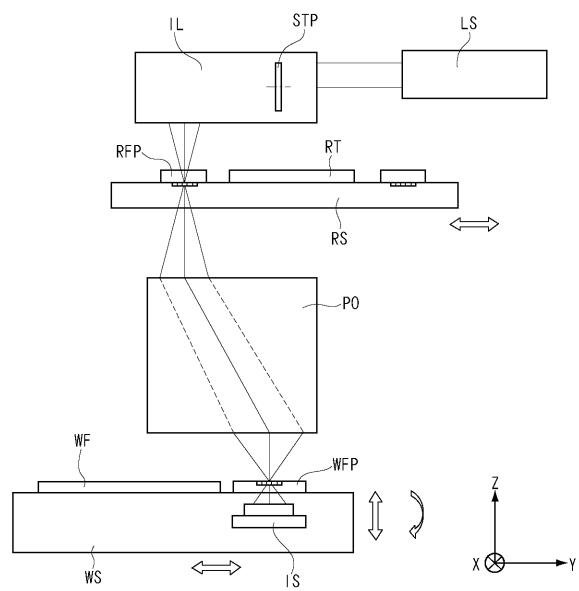
【図 7】



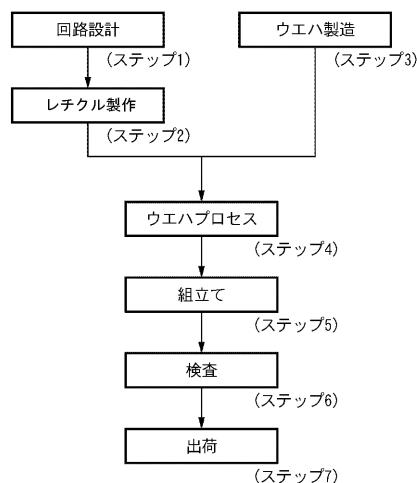
【図 8】



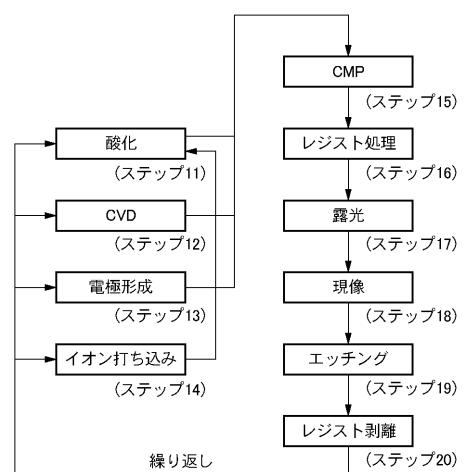
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 美和子
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 久保田 創

(56)参考文献 特開2007-110116(JP,A)
特開2002-195912(JP,A)
特開2000-077300(JP,A)
特開平10-284369(JP,A)
特開平10-144593(JP,A)
特開2004-128149(JP,A)
特開2006-080299(JP,A)
特開2006-013266(JP,A)
特開2006-196555(JP,A)
特開2006-245145(JP,A)
特開2006-332168(JP,A)
国際公開第2006/035925(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G01B 11/00
G03F 7/20