

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5006761号
(P5006761)

(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 I
H O 1 L 21/027 (2006. 01)	H O 1 L 21/30 5 2 5 W
G O 3 F 9/00 (2006. 01)	G O 3 F 9/00 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-286685 (P2007-286685)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成19年11月2日 (2007. 11. 2)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-117491 (P2009-117491A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年5月28日 (2009. 5. 28)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成22年11月1日 (2010. 11. 1)		弁理士 大塚 康德
		(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】 位置合わせ方法、位置合わせ装置、露光方法、露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原版と、前記原版のパターンが形成される基板のショット領域との位置を合わせる位置合わせ方法であって、

少なくとも1つの基板に形成された複数の計測マークのうち第1の数の計測マークを計測する計測ステップと、

前記計測ステップで計測された前記第1の数の計測マークに基づいて前記基板のショット領域の格子情報を算出する算出ステップと、

前記算出ステップで算出された格子情報に基づいて前記複数の計測マークのうち前記第1の数よりも少ない第2の数の計測マークを計測した場合に算出される前記基板のショット領域の格子情報を予測する予測ステップと、

前記算出ステップで算出された格子情報と前記予測ステップで予測された格子情報とのずれ量が許容範囲内にある場合に、前記複数の計測マークのうち前記第2の数の計測マークを計測する計測モードに移行させる移行ステップとを有することを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項 2】

前記格子情報は、前記基板の平均倍率及び平均回転成分を含むことを特徴とする請求項1記載の位置合わせ方法。

【請求項 3】

前記複数の計測マークのうち前記第2の数の計測マークを計測する計測モードに移行し

10

20

た場合に、前記第 2 の数の計測マークの計測結果に基づいて算出された前記基板のショット領域の格子情報と前記予測ステップで予測された格子情報とのずれ量が許容範囲内にならない場合に、前記複数の計測マークのうち前記第 1 の数の計測マークを計測する計測モードに移行させる移行ステップを更に有することを特徴とする請求項 1 記載の位置合わせ方法。

【請求項 4】

原版を介して基板を露光する露光装置であって、
前記基板に形成された計測マークを計測する計測部と、
前記計測部の計測モードを制御する制御部と、を有し、
前記制御部は、前記計測部で計測された複数の計測マークのうち第 1 の数の計測マークに基づいて前記基板のショット領域の格子情報を算出し、

10

前記算出された格子情報に基づいて前記複数の計測マークのうち前記第 1 の数よりも少ない第 2 の数の計測マークを計測した場合に算出される前記基板のショット領域の格子情報を予測し、

前記算出された格子情報と前記予測された格子情報とのずれ量が許容範囲内にある場合に、前記計測部の計測モードを、前記複数の計測マークのうち前記第 2 の数の計測マークを計測する計測モードに移行させる、ことを特徴とする露光装置

【請求項 5】

請求項 4 記載の露光装置を用いて基板を露光するステップと、
前記ステップで露光された基板を現像するステップと、を有することを特徴とするデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置合わせ方法、位置合わせ装置、露光方法、露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ（焼き付け）技術を用いて液晶パネル等の表示素子や半導体素子を製造する際に、従来から露光装置が使用されている。露光装置は、マスクやレチクルなどの原版に描画されたパターンを投影光学系によって基板（例えば、ガラス基板、ウエハ等）に投影してパターンを転写する。

30

【0003】

近年では、液晶テレビ等の普及に伴い、液晶パネル等の生産性がこれまで以上に重要視されてきている。露光装置では、例えば、原版と基板との位置合わせにおいて、基板に設けられた全ての計測マークを計測するのではなく、代表的な計測マークのみを計測する（即ち、計測数を減らす）ことでスループット（生産性）を向上させることが可能である。一方、計測数を減らすことで位置合わせ精度が劣化してしまうという問題が生じるように、スループットと位置合わせ精度との間にはトレードオフの関係がある。

【0004】

40

そこで、位置合わせ精度の劣化を抑えながらスループットを向上させる技術が幾つか提案されている。例えば、最初の数枚の基板に対しては全ての計測マークを計測し、かかる計測から得られる各基板の補正量の平均値を用いることでその後の基板の計測数を減らす技術や要求される位置合わせ精度を満たすまで計測マークを選択する技術が提案されている。

【0005】

また、隣接する複数のショット領域についての配列誤差の特徴を用いて基板上のショット配列に最適なアライメントモードを決定する（即ち、計測位置の数を減らす）技術も提案されている（特許文献 1 参照）。ここで、配列誤差の特徴とは、例えば、隣接ショット間における配列誤差の変化量及び標準偏差である。

50

【特許文献１】特許第３５１３８９２号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、全ての計測マークを計測した基板の補正量の平均値を用いるだけでは、全ての計測マークを計測していない基板の基板倍率やショット倍率の変動を検知することができないため、位置合わせ精度の劣化の原因となる。また、液晶パネル用の基板は大型化されているため、液晶パネルの製造工程において基板の拡大又は縮小が生じて基板毎にショット配列の形状が変化してしまう場合がある。このような場合、常に同じ計測マークを計測してもショット配列の形状変化を検知することができないため、位置合わせ精度の劣化を招いてしまう。

10

【０００７】

また、特許文献１では、ショット配列（位置や倍率など）が基板によって変化することを考慮して計測数を減らせるかどうかを評価し、アライメントモードを決定していないため、位置合わせ精度の劣化の原因となる。

【０００８】

そこで、本発明は、このような従来技術の課題に鑑みて、位置合わせ精度の劣化の抑制とスループットの向上を両立することができる位置合わせ方法を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【０００９】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての位置合わせ方法は、原版と、前記原版のパターンが形成される基板のショット領域との位置を合わせる位置合わせ方法であって、少なくとも１つの基板に形成された複数の計測マークのうち第１の数の計測マークを計測する計測ステップと、前記計測ステップで計測された前記第１の数の計測マークに基づいて前記基板のショット領域の格子情報を算出する算出ステップと、前記算出ステップで算出された格子情報と前記複数の計測マークのうち前記第１の数よりも少ない第２の数の計測マークを計測した場合に算出される前記基板のショット領域の格子情報を予測する予測ステップと、前記算出ステップで算出された格子情報と前記予測ステップで予測された格子情報とのずれ量が許容範囲内であるかどうかを判定する第１の判定ステップと、前記第１の判定ステップで前記ずれ量が許容範囲内であると判定された場合に、前記複数の計測マークのうち前記第２の数の計測マークを計測する計測モードに移行させる移行ステップとを有することを特徴とする。

30

【００１４】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、例えば、位置合わせ精度の劣化の抑制とスループットの向上を両立することができる位置合わせ方法を提供することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【００１７】

図１は、本発明の一側面としての露光装置１の構成を示す概略ブロック図である。露光装置１は、ステップ・アンド・スキャン方式で原版２０のパターンを基板４０に露光する投影露光装置（所謂、スキャナー）である。露光装置１は、図１に示すように、照明光学系１０と、原版２０を載置する原版ステージ２５と、投影光学系３０と、基板４０を載置する基板ステージ４５と、搬送ユニット５０と、観察光学系６０と、制御部７０とを有す

50

る。なお、露光装置 1 において、各構成部材（特に、観察光学系 6 0 及び制御部 7 0 ）は、原版 2 0 と基板 4 0 のショット領域との位置を合わせる位置合わせ装置としても機能する。

【 0 0 1 8 】

照明光学系 1 0 は、図示しない光源からの光を用いて原版 2 0 を照明する光学系である。

【 0 0 1 9 】

原版 2 0 は、基板 4 0 に転写すべきパターンを有し、マスクやレチクルを含む。原版 2 0 は、原版ステージ 2 5 に支持及び駆動される。原版 2 0 と基板 4 0 は、光学的に共役の関係に配置される。露光装置 1 はスキャナーであるため、原版 2 0 と基板 4 0 とを同期走査することによって、原版 2 0 のパターンを基板 4 0 に転写する。

10

【 0 0 2 0 】

原版ステージ 2 5 は、例えば、静電チャックを介して原版 2 0 を支持し、Y 軸駆動モータ 2 7 に接続されている。なお、図 1 では図示していないが、原版ステージ 2 5 は、X 軸方向に原版ステージ 2 5 を駆動する X 軸駆動モータ、Z 軸方向に原版ステージ 2 5 を駆動する Z 軸駆動モータなどにも接続されている。

【 0 0 2 1 】

Y 軸駆動モータ 2 7 は、例えば、リニアモータなどで構成され、Y 軸方向に原版ステージ 2 5 を駆動する。

【 0 0 2 2 】

レーザ干渉計 2 9 は、原版ステージ 2 5 の位置を検出して制御部 7 0 に出力する。

20

【 0 0 2 3 】

投影光学系 3 0 は、原版 2 0 のパターンを基板 4 0 に投影する光学系である。投影光学系 3 0 は、本実施形態では、反射光学系であるが、屈折光学系や反射屈折光学系を使用することもできる。

【 0 0 2 4 】

基板 4 0 は、原版 2 0 のパターンが投影（転写）される基板であって、ガラスプレートやウエハなどを含む。

【 0 0 2 5 】

基板ステージ 4 5 は、基板 4 0 を支持し、Y 軸駆動モータ 4 7 に接続されている。なお、図 1 では図示していないが、基板ステージ 4 5 は、X 軸方向に基板ステージ 4 5 を駆動する X 軸駆動モータ、Z 軸方向に基板ステージ 4 5 を駆動する Z 軸駆動モータなどにも接続されている。

30

【 0 0 2 6 】

Y 軸駆動モータ 4 7 は、例えば、リニアモータなどで構成され、Y 軸方向に基板ステージ 4 5 を駆動する。

【 0 0 2 7 】

レーザ干渉計 4 9 は、基板ステージ 4 5 の位置を検出して制御部 7 0 に出力する。

【 0 0 2 8 】

搬送ユニット 5 0 は、基板 4 0 を搬送する機能を有し、基板 4 0 を露光装置 1 に搬入したり、基板 4 0 を露光装置 1 から搬出したりする。

40

【 0 0 2 9 】

観察光学系 6 0 は、後述するように、基板 4 0 に形成された複数の計測マークを計測して、複数の計測マークの計測結果を制御部 7 0 に出力する計測部として機能する。

【 0 0 3 0 】

制御部 7 0 は、CPU、メモリなどの記憶装置、キーボードやマウスなどを含む入力部、ディスプレイなどを含む出力部で構成される。制御部 7 0 は、レーザ干渉計 2 9 及び 4 9 の検出結果に基づいて、Y 軸駆動モータ 2 7 及び 4 7 を介して原版ステージ 2 5 及び基板ステージ 4 5 の駆動を制御する。また、制御部 7 0 は、本実施形態では、観察光学系 6 0 で計測された複数の計測マークの計測結果に基づいて基板 4 0 のショット領域の格子情

50

報を算出し、算出された格子情報に基づいて第1の計測モードと第2の計測モードとの移行を制御する。ここで、格子情報とは、原版20と基板40のショット領域との相対的な位置ずれ量を含み、例えば、基板40の倍率（平均倍率）や回転成分（平均回転成分）などで表される。また、第1の計測モードとは、基板40に形成された複数の計測マークのうち設定された第1の数の計測マークを計測する計測モードである。第2の計測モードとは、基板40に形成された複数の計測マークのうち第1の数よりも少ない第2の数の計測マークを計測する計測モードである。

【0031】

以下、図2を参照して、露光装置1における露光シーケンスについて、特に、原版20と基板40との位置合わせに注目して説明する。基板40は、本実施形態では、図3に示すように、4つのショット領域S1乃至S4を有し、ショット領域S1乃至S4のそれぞれに6つの計測マークMr1乃至Mr12、Ml1乃至Ml12が形成されているものとする。また、基板40に形成された複数の計測マークMr1乃至Mr12、Ml1乃至Ml12の全てを計測する（即ち、第1の計測モードで計測する）基板の数を2枚とする。ここで、図3は、4つのショット領域S1乃至S4を有し、ショット領域S1乃至S4のそれぞれに6つの計測マークMr1乃至Mr12、Ml1乃至Ml12が形成された基板40を示す図である。

【0032】

まず、ステップS102では、搬送ユニット50が基板40を露光装置1に搬入し、基板ステージ45に基板40が載置される。なお、搬送ユニット50は第1のロットの1番目の基板40から順に搬送する。ここでの説明では、第1のロットの1番目の基板40が搬送され、基板ステージ45に載置されたものとする。

【0033】

次いで、ステップS104では、制御部70が複数の計測マークMr1乃至Mr12、Ml1乃至Ml12の全てを計測する基板の数が所定の数に達したかどうかを判定する。基板の数が所定の数に達したと判定された場合にはステップS106に進み、基板の数が所定の数に達していないと判定された場合にはステップS108に進む。ここでの説明では、第1のロットの1番目の基板40が基板ステージ45に載置されており、基板の数が所定の数に達していないため、ステップS108に進む。

【0034】

ステップS108では、基板40に形成された計測マークが観察光学系60の視野範囲内（計測範囲内）に位置するように、制御部70がX軸駆動モータ、Y軸駆動モータ47及びZ軸駆動モータを介して基板ステージ45を駆動する。換言すれば、制御部70は、基板に形成された計測マークを観察光学系60が計測できるように、基板40（計測マーク）をステップ移動させる。ここでは、制御部70は、計測マークMl1及びMr1を観察光学系60の視野範囲内に位置させる。

【0035】

次に、ステップS110では、観察光学系60が視野範囲内に位置している計測マークを計測する。観察光学系60の計測結果は、制御部70に出力される。ここでは、観察光学系60は、計測マークMl1及びMr1を同時に計測する。

【0036】

次いで、ステップS112では、制御部70が観察光学系60の計測結果に基づいてステップS110で計測した計測マークでの原版20と基板40との相対的なずれ量（X方向及びY方向）を算出する。また、制御部70は、算出結果（原版20と基板40との相対的なずれ量）を計測マークの位置情報と共に記憶装置に記憶させる。ここでは、制御部70は、観察光学系60による計測マークMl1及びMr1の計測結果に基づいて原版20と基板40との相対的なずれ量 x_{l1} 、 y_{l1} 、 x_{r1} 、 y_{r1} を算出して記憶装置に記憶させる。

【0037】

次に、ステップS114では、制御部70が計測マークの計測が終了したかどうかを判

10

20

30

40

50

定する。計測マークの計測が終了していると判定された場合にはステップS 1 1 6に進み、計測マークの計測が終了していないと判定された場合にはステップS 1 0 8に戻る。

【0038】

ステップS 1 0 8乃至S 1 1 4により、制御部70は、ショット領域S 1乃至S 4に形成されている計測マークを計測マークM l 1 2及びM r 2、・・・、計測マークM l 1 1 2及びM r 1 2の順に観察光学系60の視野範囲内に位置させ、観察光学系60に計測させる。そして、制御部70は、観察光学系60の計測結果に基づいて、それぞれの計測マークの位置での原版20と基板40との相対的なずれ量 x_{li} 、 y_{li} 、 x_{ri} 、 y_{ri} ($i = 1, 2, \dots, 12$)を算出し、記憶装置に記憶させる。

【0039】

ステップS 1 1 6では、制御部70がステップS 1 1 2で得られた原版20と基板40との相対的なずれ量 x_{li} 、 y_{li} 、 x_{ri} 、 y_{ri} に基づいて基板40の配列補正量、倍率補正量及び回転補正量を算出する。

【0040】

次に、ステップS 1 1 8では、制御部70が複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てを計測した基板(即ち、第1の計測モードで計測された基板)であるかどうかを判定する。複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てを計測した基板ではない(即ち、後述する第2の計測モードで計測された基板である)と判定された場合にはステップS 1 2 0に進む。一方、複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てが計測された基板であると判定された場合にはステップS 1 2 2に進む。ここでの説明では、基板40は第1のロットの1番目の基板であり、複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てが計測された基板であるため、ステップS 1 2 2に進む。

【0041】

ステップS 1 2 2では、制御部70が露光処理を実行する。具体的には、ステップS 1 1 6で得られた基板40の配列補正量、倍率補正量及び回転補正量に基づいて位置ずれを補正しながら原版20のパターンを基板40のショット領域S 1乃至S 4のそれぞれに露光する。

【0042】

次に、ステップS 1 2 4では、制御部70が露光処理が終了したかどうか(即ち、基板40のショット領域S 1乃至S 4の全てに原版20のパターンが露光されたかどうか)を判定する。露光処理が終了していないと判定された場合には、ステップS 1 2 2に戻り、原版20のパターンを次のショット領域に露光する。一方、露光処理が終了したと判定された場合には、ステップS 1 2 6に進み、搬送ユニット50が露光装置1から基板40を搬出する。

【0043】

そして、第1のロットの2番目の基板が露光装置1に搬入されるが、複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てを計測する基板の数が所定の数に達していないため、2番目の基板も1番目の基板と同様に処理される。

【0044】

第1のロットの3番目の基板が露光装置1に搬入されると、複数の計測マークM r 1乃至M r 1 2、M l 1 1乃至M l 1 2の全てを計測する基板の数が所定の数に達しているため、制御部70は、ステップS 1 0 6において、計測モード移行処理を実行する。

【0045】

図4を参照して、ステップS 1 0 6の計測モード移行処理について詳細に説明する。まず、ステップS 2 0 2では、記憶装置に記憶させたそれぞれの計測マークの位置での原版20と基板40との相対的なずれ量から平均値 $x_{li\ ave}$ 、 $y_{li\ ave}$ 、 $x_{ri\ ave}$ 、 $y_{ri\ ave}$ ($i = 1, 2, \dots, 12$)を算出する。

【0046】

次いで、ステップS 2 0 4では、ステップS 2 0 2で得られた平均値及び記憶装置に記

10

20

30

40

50

憶させた計測マークの位置情報に基づいて複数の計測マークの全てを計測した基板 40 の平均倍率 $M_{p_{ave}}$ 及び回転成分 $R_{p_{ave}}$ を算出する。更に、複数の計測マークの全てを計測した基板 40 のショット領域毎の平均倍率 $M_{s_{ave}}$ 及び回転成分 $R_{s_{ave}}$ を算出する。なお、複数の計測マークの全てを計測した基板 40 は、本実施形態では、第 1 のロットの 1 番目及び 2 番目の基板である。

【0047】

次に、ステップ S 206 では、第 1 のロットの 1 番目の基板 40 について、複数の計測マークのうち一部の計測マークのみを計測した場合に算出される基板 40 の倍率 M_p 及び回転成分 R_p を求める。なお、一部の計測マークのみを計測した場合とは、ステップ S 206 では、例えば、図 5 に示すように、計測マーク M_{r1} 及び M_{l1} 、 M_{r8} 及び M_{l8} のみを計測する場合である。そして、以下の式 1 から計測マークのそれぞれの位置でのずれ量（予測値）を予測する。ここで、図 5 は、複数の計測マーク M_{r1} 乃至 M_{r12} 、 M_{l1} 乃至 M_{l12} のうち一部の計測マークのみを計測する第 2 の計測モードの一例を説明するための図である。

【0048】

$$\begin{aligned} x_{li} &= x_{li_{ave}} + (M_p - M_{p_{ave}}) \times X + (R_p - R_{p_{ave}}) \times Y + S_x \\ y_{li} &= y_{li_{ave}} + (M_p - M_{p_{ave}}) \times Y + (R_p - R_{p_{ave}}) \times X + S_y \\ x_{ri} &= x_{ri_{ave}} + (M_p - M_{p_{ave}}) \times X + (R_p - R_{p_{ave}}) \times Y + S_x \\ y_{ri} &= y_{ri_{ave}} + (M_p - M_{p_{ave}}) \times Y + (R_p - R_{p_{ave}}) \times X + S_y \\ &\cdots \text{ (式 1) } \end{aligned}$$

但し、式 1 において、 (X, Y) は、S 1 のショット領域の中心位置から各計測マークの位置までの距離である。また、 (S_x, S_y) は、1 番目の基板の S 1 のショット領域の中心位置ずれ量 - S 1 のショット領域の平均値の中心位置ずれ量である。

【0049】

ステップ S 208 では、ステップ S 206 で得られた各計測マークの位置でのずれ量（予測値）とステップ S 112 で得られた実際のずれ量（計測値）との差分の最大値 d_{max} が許容範囲内であるかどうかを判定する（第 1 の判定ステップ）。予測値と計測値との差分の最大値 d_{max} が許容範囲内であると判定された場合にはステップ S 210 に進み、予測値と計測値との差分の最大値 d_{max} が許容範囲内ではないと判定された場合にはステップ S 214 に進む。

【0050】

ステップ S 210 では、複数の計測マークの全てを計測した基板（第 1 の計測モードで計測した基板）の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 d_{max} の評価（即ち、ステップ S 208 の判定）を行ったかどうかを判定する。複数の計測マークの全てを計測した基板の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 d_{max} の評価を行ったと判定された場合には、ステップ S 212 に進む。一方、複数の計測マークの全てを計測した基板の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 d_{max} の評価を行っていないと判定された場合には、ステップ S 206 に戻り、次の基板（第 1 のロットの 2 番目の基板）を同様に処理する。

【0051】

ステップ S 212 では、複数の計測マークの全てを計測する計測モードから図 5 に示す計測マーク M_{r1} 及び M_{l1} 、 M_{r8} 及び M_{l8} のみを計測する計測モード（第 2 の計測モード）に移行させる。

【0052】

ステップ S 214 では、第 1 のロットの 1 番目の基板 40 について、複数の計測マークのうち一部の計測マークのみを計測した場合に算出される基板 40 の倍率 M'_p 及び回転成分 R'_p 、基板 40 のショット領域の倍率 M'_s 及び回転成分 R'_s を求める。なお、一部の計測マークのみを計測した場合とは、ステップ S 214 では、例えば、図 6 に示すように、計測マーク M_{r1} 及び M_{l1} 、 M_{r5} 及び M_{l5} 、 M_{r8} 及び M_{l8} 、 M_{r11} 及び M_{l11} のみを計測する場合である。そして、以下の式 2 から計測マークのそれぞれ

の位置でのずれ量（予測値）を予測する。ここで、図 6 は、複数の計測マーク $M r 1$ 乃至 $M r 12$ 、 $M l 1$ 乃至 $M l 12$ のうち一部の計測マークのみを計測する第 2 の計測モードの一例を説明するための図である。

【 0 0 5 3 】

$$\begin{aligned} x l i &= x l i_{a v e} + (M' s - M s_{a v e}) + (R' p - R p_{a v e}) \times Y + S_{x j} \\ y l i &= y l i_{a v e} + (M' p - M p_{a v e}) \times Y + (R' s - R s_{a v e}) + S_{y j} \\ x r i &= x r i_{a v e} + (M' s - M s_{a v e}) + (R' p - R p_{a v e}) \times Y + S_{x j} \\ y r i &= y r i_{a v e} + (M' p - M p_{a v e}) \times Y + (R' s - R p_{a v e}) + S_{y j} \\ &\dots (\text{式 } 2) \end{aligned}$$

10

但し、式 2 において、 Y は各ショット領域の中心位置からの各計測マークまでの距離である。また、 $(S_{x j}, S_{y j})$ ($j = 1, 2, 3, 4$) は、1 番目の基板の j のショット領域の中心位置ずれ量 - j のショット領域の平均値の中心位置ずれ量である。

【 0 0 5 4 】

ステップ $S 2 1 6$ では、ステップ $S 2 1 4$ で得られた各計測マークの位置でのずれ量（予測値）とステップ $S 1 1 2$ で得られた実際のずれ量（計測値）との差分の最大値 $d_{m a x}$ が許容範囲内であるかどうかを判定する（第 1 の判定ステップ）。予測値と計測値との差分の最大値 $d_{m a x}$ が許容範囲内であると判定された場合にはステップ $S 2 1 8$ に進み、予測値と計測値との差分の最大値 $d_{m a x}$ が許容範囲内ではないと判定された場合にはステップ $S 2 2 2$ に進む。

20

【 0 0 5 5 】

ステップ $S 2 1 8$ では、複数の計測マークの全てを計測した基板（第 1 の計測モードで計測した基板）の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 $d_{m a x}$ の評価（即ち、ステップ $S 2 1 6$ の判定）を行ったかどうかを判定する。複数の計測マークの全てを計測した基板の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 $d_{m a x}$ の評価を行ったと判定された場合には、ステップ $S 2 2 0$ に進む。一方、複数の計測マークの全てを計測した基板の全てについて、予測値と計測値との差分の最大値 $d_{m a x}$ の評価を行っていないと判定された場合には、ステップ $S 2 2 2$ に進む。

30

【 0 0 5 6 】

ステップ $S 2 2 0$ では、複数の計測マークの全てを計測する計測モード（第 1 の計測モード）から図 6 に示す計測マーク $M r 1$ 及び $M l 1$ 、 $M r 5$ 及び $M l 5$ 、 $M r 8$ 及び $M l 8$ 、 $M r 11$ 及び $M l 11$ のみを計測する計測モード（第 2 の計測モード）に移行させる。

【 0 0 5 7 】

ステップ $S 2 2 2$ では、複数の計測マークの全てを計測する計測モード（第 1 の計測モード）を維持する。このとき、記憶装置に記憶させた第 1 のロットの 1 番目及び 2 番目の基板 40 についてのずれ量を破棄してもよいし、第 1 のロットの 1 番目又は 2 番目の基板 40 についてのずれ量のみを破棄してもよい。換言すれば、第 1 のロットの 3 番目の基板と 4 番目の基板を複数の計測マークの全てを計測する新たな基板としてもよいし、第 1 のロットの 1 番目又は 2 番目の基板と 3 番目の基板を複数の計測マークの全てを計測する基板としてもよい。

40

【 0 0 5 8 】

ステップ $S 2 1 2$ 又は $S 2 2 0$ で計測モードが移行された場合にも、制御部 70 は、ステップ $S 1 0 8$ において、移行した計測モードで計測する計測マークが観察光学系 60 の視野範囲内に位置するように基板ステージ 45 を駆動する。例えば、ステップ $S 2 1 2$ で計測モードが移行された場合には、まず、計測マーク $M r 1$ 及び $M l 1$ が観察光学系 60 の視野範囲内に位置するように、次に、計測マーク $M r 8$ 及び $M l 8$ が観察光学系 60 の

50

視野範囲内に位置するように基板ステージ４５を駆動する。そして、観察光学系６０の視野範囲内に位置している計測マークを計測し（ステップＳ１１０）、かかる計測結果に基づいて原版２０と基板４０との相対的なずれ量を算出する（ステップＳ１１２）。

【００５９】

なお、ステップＳ２１２又はＳ２２０で計測モードが移行された場合には、ステップＳ１１８において、複数の計測マークの全てを計測した基板ではないと判定されるため、上述したように、ステップＳ１２０に進む。

【００６０】

ステップＳ１２０では、制御部７０は、式１に基づいて全ての計測マークの位置でのずれ量を算出し、計測した計測マークの位置でのずれ量の計測値と予測値との差分が許容範囲内であるかどうかを判定する（第２の判定ステップ）。予測値と計測値との差分が許容範囲内であると判定された場合には、ステップＳ１２２に進み、露光処理が実行される。一方、予測値と計測値との差分が許容範囲内ではないと判定された場合には、ステップＳ１２８に進み、複数の計測マークのうち一部を計測する計測モード（第２の計測モード）から複数の計測マークの全てを計測する計測モード（第１の計測モード）に移行させる。このとき、ステップＳ２２２と同様に、記憶装置に記憶させたずれ量を破棄する。

【００６１】

このように、本実施形態によれば、各計測マークの位置でのずれ量（予測値と計測値との差分）に基づいて複数の計測マークの全てを計測する計測モードと複数の計測マークのうち一部を計測する計測モードとを切り替えることができる。また、複数の計測マークのうち一部を計測する計測モードにおいても、予測値と計測値との差分に応じて計測する計測マークの数を変更することができる。また、複数の計測マークのうち一部を計測する計測モードに移行した場合でも、ずれ量の異なる基板に対しては複数の計測マークの全てを計測する計測モードに戻すことができる。従って、位置合わせ精度の劣化の抑制とスループットの向上を両立させることができる。

【００６２】

なお、ステップＳ１１２の露光処理の実行においては、計測モードに応じてスループットが最も向上する露光方向及び順序を決定することが好ましい。例えば、図３に示すように複数の計測マークの全てを計測する場合には、露光方向を矢印方向とし、露光順序をショット領域Ｓ４、Ｓ３、Ｓ２、Ｓ１とするとよい。但し、計測マークＭｒ１及びＭ１１、計測マークＭｒ２及びＭ１２、・・・、計測マークＭｒ１２及びＭ１１２の順に計測する。また、図５に示すように複数の計測マークのうち計測マークＭｒ１及びＭ１１、Ｍｒ８及びＭ１８を計測する場合には、露光方向を矢印方向とし、露光順序をショット領域Ｓ３、Ｓ４、Ｓ１、Ｓ２とするとよい。但し、計測マークＭｒ１及びＭ１１、計測マークＭｒ８及びＭ１８の順に計測する。また、図６に示すように複数の計測マークのうち計測マークＭｒ１及びＭ１１、Ｍｒ５及びＭ１５、Ｍｒ８及びＭ１８、Ｍｒ１１及びＭ１１１を計測する場合には、露光方向を矢印方向とし、露光順序をショット領域Ｓ４、Ｓ３、Ｓ２、Ｓ１とするとよい。但し、計測マークＭｒ１及びＭ１１、計測マークＭｒ５及びＭ１５、計測マークＭｒ８及びＭ１８、計測マークＭｒ１１及びＭ１１１の順に計測する。

【００６３】

本実施形態では、図７に示すように、第１のロットの１番目及び２番目の基板に対しては複数の計測マークの全てを計測し、ずれ量の予測値と計測値との差分が許容範囲内であれば、３番目以降の基板に対しては複数の計測マークの一部のみを計測する。また、例えば、１０番目の基板において予測値と計測値との差分が許容範囲内ではなくなった場合には、１０番目及び１１番目の基板に対して複数の計測マークの全てを計測する。そして、ずれ量の予測値と計測値との差分が許容範囲内であれば、１２番目以降の基板に対しては複数の計測マークの一部のみを計測する。なお、ロット間で基板の格子情報のばらつきが小さい場合には、ロット毎に所定の数の基板に対して複数の計測マークの全てを計測する必要はなく、図７に示すように、ロットの最初の基板のみに対して複数の計測マークの全てを計測してもよい。これにより、ロット単位でのスループットを向上させることができる

。但し、予測値と計測値との差分が許容範囲内ではない場合には、所定の数の基板に対して複数の計測マークの全てを計測する必要がある。ここで、図7は、露光装置1において、原版20と基板40との位置合わせでの計測モードの移行を概念的に示す図である。

【0064】

また、本実施形態では、計測マークの位置でのずれ量の予測値と実測値との差分に基づいて計測モードを移行させている。但し、複数の計測マークの全てを計測した基板のショット領域毎の倍率 $M_{s_{ij}}$ ($i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, \dots$) から各ショット領域の倍率変動の指標として分散を求め、かかる分散に基づいて計測モードを移行させてもよい。但し、 i はショット領域の番号、 j は複数の計測マークの全てを計測した基板の番号である。

10

【0065】

次に、図8及び図9を参照して、露光装置1を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。上述したように、露光装置1は、原版20と基板40との位置合わせ精度の劣化の抑制とスループットの向上を両立させることができ、優れた露光性能を発揮することができる。従って、露光装置1は、高いスループットで経済性よくデバイス（半導体デバイス、液晶デバイスなど）を提供することが可能である。

【0066】

図8は、デバイスの製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体デバイスの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（原版製作）では、設計した回路パターンを形成した原版を製作する。ステップ3（ウエハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は、前工程と呼ばれ、原版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。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成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）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

20

【0067】

図9は、ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。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（CVD）では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウエハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置1によって原版の回路パターンをウエハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチ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の回路パターンが形成される。かかるデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置1を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

30

40

【0068】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明の一側面としての露光装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】図1に示す露光装置の露光シーケンスを説明するためのフローチャートである。

【図3】4つのショット領域を有し、かかる4つのショット領域のそれぞれに6つの計測マークが形成された基板を示す図である。

50

【図4】図2に示すステップS106の計測モード移行処理の詳細なフローチャートである。

【図5】複数の計測マークのうち一部の計測マークのみを計測する第2の計測モードの一例を説明するための図である。

【図6】複数の計測マークのうち一部の計測マークのみを計測する第2の計測モードの一例を説明するための図である。

【図7】図1に示す露光装置において、原版と基板との位置合わせでの計測モードの移行を概念的に示す図である。

【図8】デバイスの製造を説明するためのフローチャートである。

【図9】図8に示すステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。

10

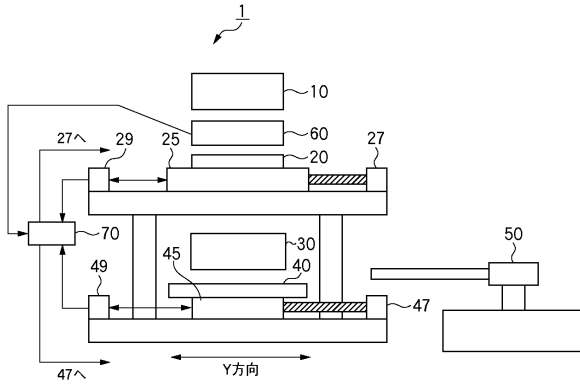
【符号の説明】

【0070】

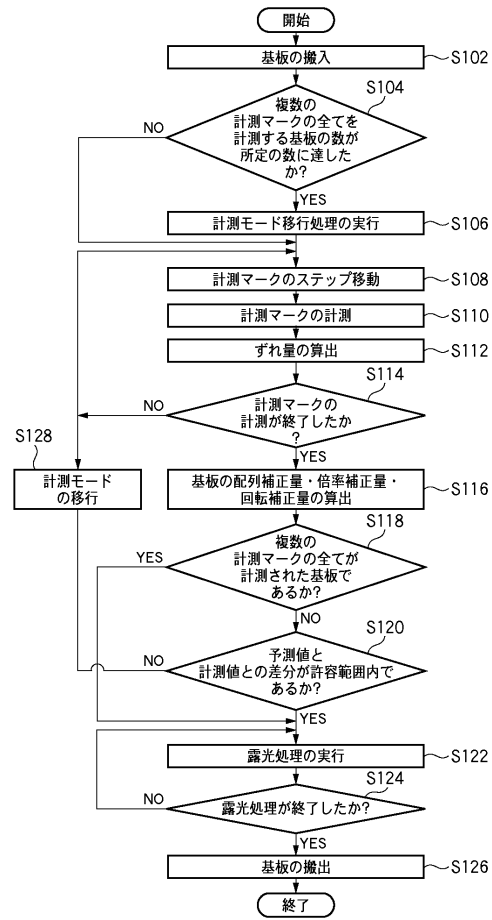
1	露光装置
10	照明光学系
20	原版
25	原版ステージ
27	Y軸駆動モータ
29	レーザ干渉計
30	投影光学系
40	基板
45	基板ステージ
47	Y軸駆動モータ
49	レーザ干渉計
50	搬送ユニット
60	観察光学系
70	制御部

20

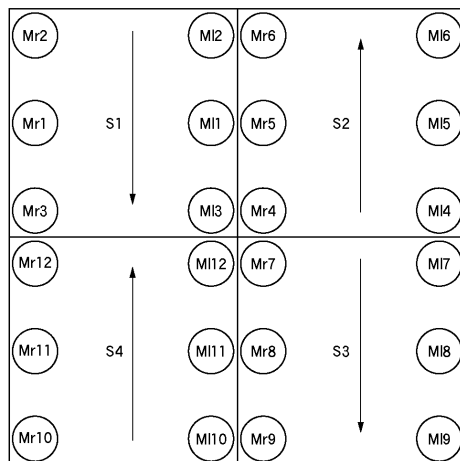
【図 1】



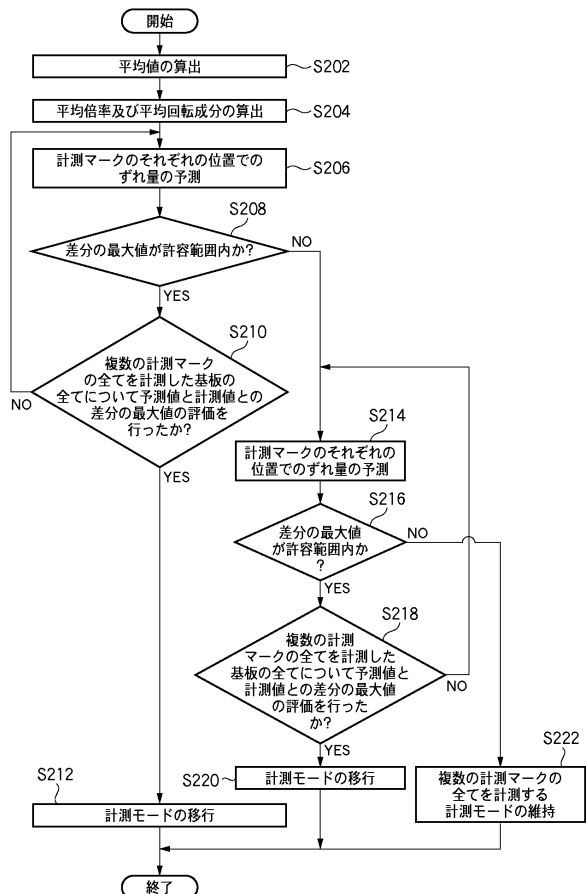
【図 2】



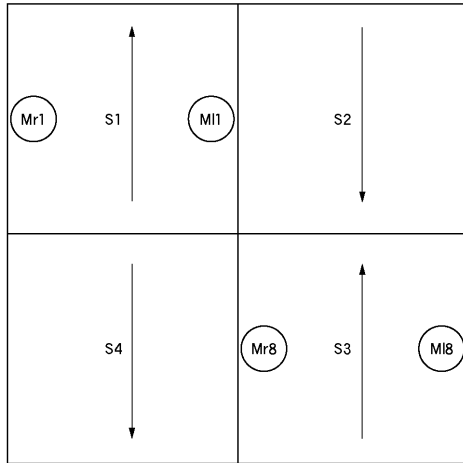
【図 3】



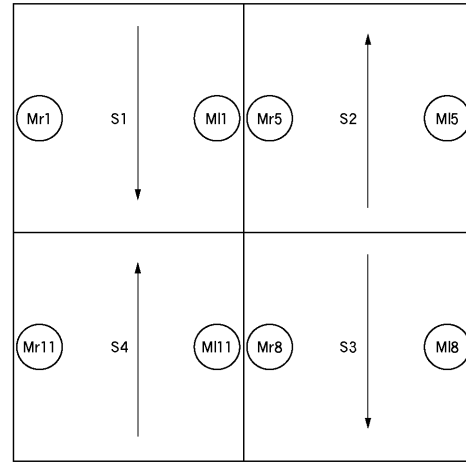
【図 4】



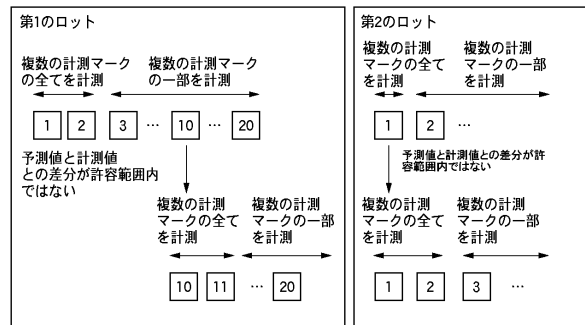
【図 5】



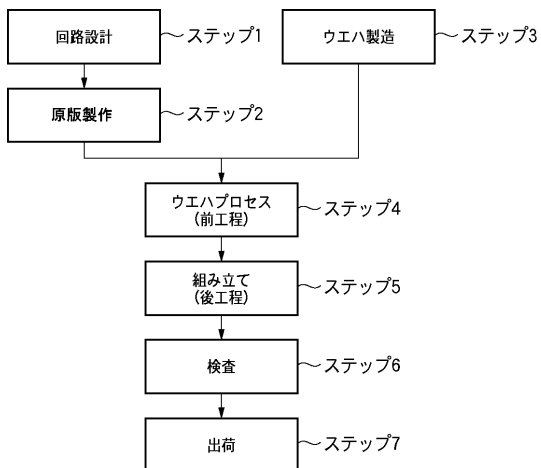
【図 6】



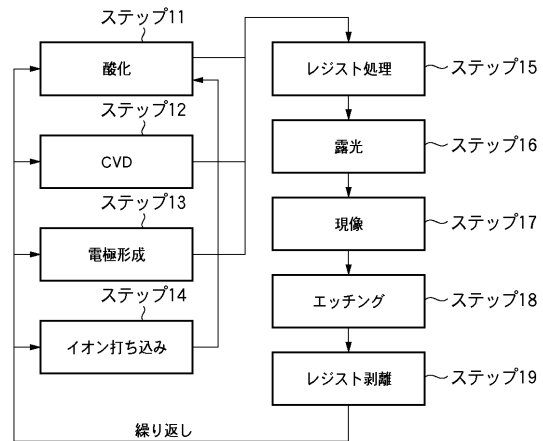
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 八木 規行
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
- (72)発明者 根谷 尚稔
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
- (72)発明者 江越 幸久
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
- (72)発明者 中島 大輔
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
- (72)発明者 大沼 哲士
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 佐藤 海

- (56)参考文献 特開平10-055949(JP,A)
特開2005-064369(JP,A)
特開平06-232028(JP,A)

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