

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6521637号
(P6521637)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int. Cl. F I
GO3F 9/00 (2006.01) GO3F 9/00 H
GO1B 11/00 (2006.01) GO1B 11/00 H

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-3608 (P2015-3608)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年1月9日 (2015.1.9)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-129212 (P2016-129212A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年7月14日 (2016.7.14)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成29年12月19日 (2017.12.19)		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】 計測装置、リソグラフィ装置及び物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物の位置を計測する計測装置であって、
 前記対象物に形成されたマークの画像を取得する検出部と、
 前記取得した画像から検出データを生成し、前記検出データに基づいて前記対象物の位置を得る処理部と、を有し、

前記処理部は、前記マークの領域が分割された前記画像の部分から複数の検出データを生成し、前記複数の検出データのそれぞれに対する位置計測誤差を評価し、前記複数の検出データから、前記評価した位置計測誤差に基づいて、前記計測装置による前記対象物の位置の計測に要求される精度の許容範囲に収まる部分を選択し、前記複数の検出データのうちの前記選択した部分に基づいて前記対象物の位置を得ることを特徴とする計測装置。

【請求項2】

前記処理部は、前記複数の検出データのそれぞれの左右対称度又は前記複数の検出データのそれぞれのコントラストを用いることによって、前記位置計測誤差を評価する、ことを特徴とする請求項1に記載の計測装置。

【請求項3】

前記処理部は、
 前記選択された部分に対する計測再現性と、前記選択された部分に対する位置計測誤差量の平均値とに基づいて、トータルの誤差量を求め、前記トータルの誤差量が前記許容範囲を満たしているかどうかを判定し、

前記トータルの誤差量が前記許容範囲を満たしていない場合には、前記処理部は、前記選択した部分に基づいて前記対象物の位置を得ず、

前記トータルの誤差量が前記許容範囲を満たしている場合には、前記処理部は、前記選択した部分に基づいて前記対象物の位置を得る、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 4】

前記マークは、第 1 方向に沿って配列された複数のマーク要素を含み、

前記処理部は、前記マークの前記領域が前記第 1 方向に直交する方向に分割された前記画像の前記部分から前記複数の検出データを生成する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

10

【請求項 5】

前記複数の検出データに占める前記検出データの前記選択された部分の割合を通知する通知部を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 6】

前記マークは、第 1 方向に沿って配列された複数のマーク要素を含み、

前記処理部は、前記部分として、前記複数のマーク要素のうち少なくとも 1 つを選択することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 7】

前記複数のマーク要素に占める前記部分の割合を通知する通知部を有することを特徴とする請求項 6 に記載の計測装置。

20

【請求項 8】

前記許容範囲に関する情報を入力する入力部を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 9】

前記マークの領域が分割された複数の領域に対して複数の計測窓が設定され、

前記処理部は、前記部分として、前記複数の計測窓の少なくとも 1 つを選択することを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 10】

対象物の位置を計測する計測装置であって、

前記対象物に形成されたマークを検出して検出信号を生成する検出部と、

前記検出信号に基づいて前記対象物の位置を得る処理部と、を有し、

前記処理部は、前記対象物に対する計測精度に係る許容条件に関する情報に基づいて限定された前記検出信号のうち部分に基づいて前記対象物の位置を得、

前記計測装置は、前記検出信号に占める前記部分の割合を通知する通知部を更に有することを特徴とする計測装置。

30

【請求項 11】

対象物の位置を計測する計測装置であって、

前記対象物に形成されたマークを検出して検出信号を生成する検出部と、

前記検出信号のうち複数の部分のそれぞれに関して、位置計測精度を評価し、前記対象物に対する計測精度に係る許容条件に関する情報に基づいて、前記位置計測精度が許容条件を満たす、前記複数の部分のうち部分を選択し、該部分に基づいて、前記対象物の位置を得る処理部と、を有し、

40

前記マークは、第 1 方向に沿って配列された複数のマーク要素を含み、

前記処理部は、前記複数のマーク要素のうち一部のマーク要素に対応する、前記位置計測精度が許容条件を満たす前記部分に基づいて、前記対象物の位置を得、

前記計測装置は、前記複数のマーク要素に占める前記一部のマーク要素の割合を通知する通知部を有することを特徴とする計測装置。

【請求項 12】

対象物に関してパターン形成を行うリソグラフィ装置であって、

前記対象物を保持して可動の保持部と、

50

前記対象物の位置を計測する請求項 1 乃至 11 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置と、
を有することを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 13】

前記対象物は、前記パターン形成のための原版及び前記パターン形成を行われる基板のうち少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 12 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

請求項 12 又は 13 に記載のリソグラフィ装置を用いてパターン形成を基板に行う工程と、

前記工程で前記パターン形成を行われた前記基板を加工する工程と、
を含むことを特徴とする物品の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、計測装置、リソグラフィ装置及び物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化や高集積化に伴い、かかる半導体デバイスの製造に用いられるリソグラフィ装置（例えば、露光装置）には、高性能化が要求されている。例えば、レチクル（マスク）と基板との位置合わせ精度は、露光装置の性能として重要であり、レチクルのパターンの像と基板に形成されているパターンとをナノメートルのオーダーで位置合わせする技術が求められている。

20

【0003】

露光装置は、基板のステップ移動を介在させて、レチクルのパターンを基板のショット領域に順次転写する。このような露光装置には、かかる転写を一括で行う所謂ステッパーと、かかる転写を基板を走査しながら行う所謂スキャナーとがある。

【0004】

レチクルステージに対するレチクルの位置合わせ（レチクルアライメントとも呼ばれる）は、レチクルの下面に設けられたレチクルマークと、レチクルステージの上面に設けられた基準マークとを検出して行われうる（特許文献 1 参照）。これにより、例えば、レチクルステージに対するレチクルの位置ずれ量が計測されうる。従って、レチクルのパターンを基板に転写するのに、レチクルステージの位置及び基板ステージの位置のうち少なくとも一方を補正してレチクルのパターン像と基板との位置合わせを高精度に行いうる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 235354 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

レチクルマークや基準マークにパーティクル（塵）が付着していたり、傷などの欠陥があったりする場合、かかるマークの位置を誤計測する可能性がある。そのため、そのような場合、レチクルアライメント処理をエラーとして停止させている。しかしながら、様々なオーバーレイ要求精度を有する基板を処理するところ、パーティクルや傷による計測誤差が精度上無視できる場合であっても処理を停止させると、露光装置（計測装置）のスループットを損ねてしまう。

40

【0007】

本発明は、スループットの点で有利な計測装置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】

【0008】

50

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての計測装置は、対象物の位置を計測する計測装置であって、前記対象物に形成されたマークの画像を取得する検出部と、前記取得した画像から検出データを生成し、前記検出データに基づいて前記対象物の位置を得る処理部と、を有し、前記処理部は、前記マークの領域が分割された前記画像の部分から複数の検出データを生成し、前記複数の検出データのそれぞれに対する位置計測誤差を評価し、前記複数の検出データから、前記評価した位置計測誤差に基づいて、前記計測装置による前記対象物の位置の計測に要求される精度の許容範囲に収まる部分を選択し、前記複数の検出データのうちの前記選択した部分に基づいて前記対象物の位置を得ることを特徴とする。

【0009】

10

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

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、例えば、スループットの点で有利な計測装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【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図である。

【図2】レチクルマーク及び基準マークのそれぞれの構成の一例を示す図である。

20

【図3】レチクルマーク及び基準マークのそれぞれの構成の一例を示す図である。

【図4】画像処理部で生成される1次元の積算波形の一例を示す図である。

【図5】第1の実施形態における計測処理を説明するためのフローチャートである。

【図6】レチクルマークに設定される複数の計測窓の一例を示す図である。

【図7】第2の実施形態における計測処理を説明するためのフローチャートである。

【図8】レチクルマークに設定される複数の計測窓の一例を示す図である。

【図9】第3の実施形態における計測処理を説明するためのフローチャートである。

【図10】第4の実施形態における計測処理を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

30

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。

【0013】

図1は、本発明の一側面としての露光装置1の構成を示す概略図である。露光装置1は、パターン形成をビームで基板に行うリソグラフィ装置である。露光装置1は、レチクル(マスク)を介して基板を露光する。露光装置1は、レチクルRを照明する照明光学系(不図示)と、レチクルRを保持して可動のレチクルステージ(保持部)11と、計測装置20と、レチクルRのパターンを基板Wに投影する投影光学系12とを有する。また、露光装置1は、基板Wを保持して可動の基板ステージ(保持部)13と、CPUやメモリなどを含み、露光装置1の全体(動作)を制御する制御部14とを有する。

40

【0014】

レチクルRは、パターン形成のための原版であって、レチクル搬送系(不図示)によってレチクルステージ11に搬入される。レチクルRの下面には、レチクルマークRMが設けられている。また、レチクルステージ11の上面には、基準マークSMが設けられている。

【0015】

レチクルマークRM及び基準マークSMのそれぞれは、図2に示すように、X軸方向の位置を計測するためのXマークと、Y軸方向の位置を計測するためのYマークとを含む。また、レチクルマークRM及び基準マークSMにおいて、Xマーク及びYマークのそれぞれは、複数のバーマーク(マーク要素)で構成されている。

50

【 0 0 1 6 】

本実施形態では、レチクルマークRMは、図3(a)に示すように、複数のYパーマークRMBY1乃至RMBY8で構成されたYマークと、複数のXパーマークRMBX1乃至RMBX10で構成されたXマークとを含む。基準マークSMは、図3(b)に示すように、複数のYパーマークSMBYL1乃至SMBYL8と、複数のYパーマークSMBYR1乃至SMBYR8とで構成されたYマークを含む。また、基準マークSMは、複数のXパーマークSMBXL1乃至SMBXL6と、複数のXパーマークSMBXR1乃至SMBXR6とで構成されたXマークを含む。このように、レチクルマークRM及び基準マークSMにおいて、Xマーク及びYマークのそれぞれを複数のパーマークで構成することで、平均化効果によって計測精度を向上させることができる。

10

【 0 0 1 7 】

レチクルRは、レチクルマークRMと基準マークSMとが重ね合わさるように、レチクルステージ11に保持される。計測装置20は、レチクルマークRMと基準マークSMとの相対的な位置(位置関係)、即ち、レチクルステージ11におけるレチクルRの位置を計測する。計測装置20は、アライメントスコープ30と、画像処理部40と、オーバーレイ要求精度部50と、通知部60とを含む。オーバーレイ要求精度部50は、設定部51と、記憶部52とを含み、レチクルRと基板Wとの位置合わせに要求される精度、即ち、計測装置20による対象物の位置の計測に要求される精度(オーバーレイ要求精度)を設定及び記憶する。

【 0 0 1 8 】

アライメントスコープ30は、光源31と、照明系32と、対物系33と、撮像素子34とを含む。アライメントスコープ30は、レチクルマークRMと基準マークSMとを撮像して、図2に示すような画像IMGを取得する。画像IMGは、2次元画像である。

20

【 0 0 1 9 】

画像処理部40は、画像記憶部41と、領域分割部42と、位置特定部43と、誤差量推定部44と、選択部45とを含む。画像処理部40は、アライメントスコープ30で撮像された画像IMGを処理して、レチクルステージ11におけるレチクルRの位置を求める。アライメントスコープ30で撮像された画像IMGは、画像記憶部41に記憶される。画像処理部40は、図3(a)に示すように、レチクルマークRMのYマークに対して設定された計測窓WIN-Yにおける光量を一方向に積算することで、図4に示すような1次元の積算波形(検出信号)を生成する。このように、アライメントスコープ30及び画像処理部40は、レチクルマークRMや基準マークSMを検出して検出信号を生成する検出部として機能する。図4では、計測窓WIN-Yの非積算方向の位置を横軸に採用し、計測窓WIN-Yにおける最大光量を100%としたときの相対的な光量を縦軸に採用している。図4を参照するに、YパーマークRMBY1乃至RMBY8が存在する位置では光量が低くなり、YパーマークRMBY1乃至RMBY8が存在しない位置では光量が高くなる。また、パーティクル(塵)の付着や欠陥などが無い正常な状態では、各Yパーマークにおける光量は、ほぼ一定になる。

30

【 0 0 2 0 】

位置特定部43は、図4に示す1次元の積算波形を処理し、画像IMGにおけるレチクルマークRM及び基準マークSMのそれぞれの位置を特定する。位置特定部43は、例えば、重心計算処理でレチクルマークRM及び基準マークSMのそれぞれの各パーマークの位置を求め、各パーマークの位置を加算して平均化することで、レチクルマークRM及び基準マークSMのそれぞれの中心位置を求める。

40

【 0 0 2 1 】

画像処理部40で求められたレチクルステージ11におけるレチクルRの位置(計測結果)は、制御部14に送られる。制御部14は、レチクルステージ11に対するレチクルRの位置ずれ量を求める。そして、制御部14は、投影光学系12を介してレチクルRのパターンを基板Wに投影する際に、レチクルステージ11及び基板ステージ13の少なくとも一方の位置を補正することで、レチクルRと基板Wとの位置合わせを行う。換言すれ

50

ば、制御部 14 は、計測装置 20 で計測されたレチクル R の位置に基づいて、レチクルステージ 11 の位置や基板ステージ 13 の位置を制御する。

【 0022 】

以下、各実施形態において、露光装置 1 における計測装置 20 の計測処理（レチクルアライメント）、即ち、レチクルステージ 11 におけるレチクル R の位置を計測する計測処理について具体的に説明する。

【 0023 】

< 第 1 の実施形態 >

図 5 を参照して、第 1 の実施形態における計測処理について説明する。S 101 において、設定部 51 は、画像処理部 40 に対して、計測精度に係る許容条件に関する情報として、オーバーレイ要求精度を設定する。例えば、設定部 51 は、記憶部 52 に記憶されているオーバーレイ要求精度から、ユーザの入力に応じて、1 つのオーバーレイ要求精度を選択して設定する。換言すれば、設定部 51 は、計測精度に係る許容条件に関する情報であるオーバーレイ要求精度を入力する入力部として機能する。なお、記憶部 52 には、画像処理部 40 に設定可能な複数のオーバーレイ要求精度が予め記憶されている。

【 0024 】

S 102 において、レチクル搬送系は、レチクルステージ 11 にレチクル R を搬入し、かかるレチクル R を、レチクルマーク RM と基準マーク SM とが重ね合わさるように、レチクルステージ 11 に保持させる。

【 0025 】

S 103 において、アライメントスコープ 30 は、レチクルマーク RM と基準マーク SM とを撮像して画像（2次元画像）を取得する。アライメントスコープ 30 で撮像された画像 IMG は、画像記憶部 41 に記憶される。

【 0026 】

S 104 において、領域分割部 42 は、レチクルマーク RM が形成されたマーク領域を複数の領域に分割し、かかる複数の領域のそれぞれに計測窓を設定する（即ち、レチクルマーク RM に対して複数の計測窓を設定する）。例えば、領域分割部 42 は、Y マークや X マークを構成する複数のマーク要素が配列される方向（第 1 方向）に直交する方向に沿って、マーク領域を複数の領域に分割する。本実施形態では、図 6 に示すように、レチクルマーク RM の Y マークに対して、3 つの計測窓 WIN - Y 1、WIN - Y 2 及び WIN - Y 3 を設定する。但し、レチクルマーク RM の Y マークに対して設定する計測窓の数は、3 つに限定されるものではない。また、レチクルマーク RM の X マークに対しても同様に、複数の計測窓を設定する。

【 0027 】

S 105 において、位置特定部 43 は、S 103 で取得された画像において、S 104 で設定された複数の計測窓のそれぞれにおける光量を非計測方向に積算して、複数の計測窓のそれぞれについて、図 4 に示すような 1 次元の積算波形を生成する。

【 0028 】

S 106 において、位置特定部 43 は、複数の計測窓のそれぞれについて、S 105 で生成された積算波形から、例えば、重心計算処理やテンプレートマッチング処理などを用いて、レチクルマーク RM の中心位置を求める。換言すれば、位置特定部 43 は、複数の計測窓のそれぞれについて、S 105 で生成された積算波形のうちの各計測窓に対応する部分に基づいて、各計測窓に形成されたレチクルマーク RM の一部の中心位置を求める。

【 0029 】

S 107 において、誤差量推定部 44 は、複数の計測窓のそれぞれについて、S 106 でレチクルマーク RM の中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部 44 は、S 105 で生成された積算波形（検出信号）の複数の部分（各計測窓に対応する部分）のそれぞれに関して、位置計測誤差を評価する。具体的には、誤差量推定部 44 は、例えば、特許第 5132277 号公報に開示されているように、積算波形の左右対称度、凹凸形状、コントラストなどの特徴量に関する値を用いて、誤差量を推

10

20

30

40

50

定する。また、誤差量推定部 4 4 は、積算波形の S / N などの別の指標を用いて、誤差量を推定してもよい。

【 0 0 3 0 】

S 1 0 8 において、領域分割部 4 2 は、S 1 0 4 と同様に、基準マーク S M が形成されたマーク領域を複数の領域に分割し、かかる複数の領域のそれぞれに計測窓を設定する（即ち、基準マーク S M に対して複数の計測窓を設定する）。

【 0 0 3 1 】

S 1 0 9 において、位置特定部 4 3 は、S 1 0 5 と同様に、S 1 0 3 で取得された画像において、S 1 0 8 で設定された複数の計測窓のそれぞれにおける光量を非計測方向に積算して、複数の計測窓のそれぞれについて、1次元の積算波形を生成する。

10

【 0 0 3 2 】

S 1 1 0 において、位置特定部 4 3 は、S 1 0 6 と同様に、複数の計測窓のそれぞれについて、S 1 0 9 で生成された積算波形から、例えば、重心計算処理などを用いて、基準マーク S M の中心位置を求める。換言すれば、位置特定部 4 3 は、複数の計測窓のそれぞれについて、S 1 0 9 で生成された積算波形のうちの各計測窓に対応する部分に基づいて、各計測窓に形成された基準マーク S M の一部の中心位置を求める。

【 0 0 3 3 】

S 1 1 1 において、誤差量推定部 4 4 は、S 1 0 7 と同様に、複数の計測窓のそれぞれについて、S 1 1 0 で基準マーク S M の中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部 4 4 は、S 1 0 9 で生成された積算波形（検出信号）の複数の部分（各計測窓に対応する部分）のそれぞれに関して、位置計測誤差を評価する。

20

【 0 0 3 4 】

S 1 1 2 において、選択部 4 5 は、S 1 0 7 及び S 1 1 1 で推定された誤差量に基づいて、オーバーレイ要求精度を満たす計測窓を選択する。具体的には、選択部 4 5 は、S 1 0 1 で設定されたオーバーレイ要求精度と、S 1 0 7 及び S 1 1 1 のそれぞれで推定された誤差量とを比較する。そして、選択部 4 5 は、S 1 0 4 及び S 1 0 8 のそれぞれで設定された複数の計測窓のうち、オーバーレイ要求精度を満たす計測窓（即ち、検出信号における複数の部分のうちの位置計測誤差が許容条件を満たす部分）を選択する。

【 0 0 3 5 】

S 1 1 3 において、位置特定部 4 3 は、S 1 1 2 で計測窓が選択されたかどうかを判定する。S 1 1 2 で計測窓が選択されていない場合、即ち、全ての計測窓における誤差量がオーバーレイ要求精度を満たさない場合には、レチクルアライメントをエラーとして、処理を終了する。S 1 1 2 で計測窓が選択されている場合、即ち、オーバーレイ要求精度を満たす計測窓がある場合には、S 1 1 4 に移行する。

30

【 0 0 3 6 】

S 1 1 4 において、位置特定部 4 3 は、レチクルマーク R M の中心位置及び基準マーク S M の中心位置を求める。具体的には、位置特定部 4 3 は、S 1 1 2 で選択された計測窓から求まるレチクルマーク R M の中心位置を平均化して、最終的なレチクルマーク R M の中心位置を求める。同様に、位置特定部 4 3 は、S 1 1 2 で選択された計測窓から求まる基準マーク S M の中心位置を平均化して、最終的な基準マーク S M の中心位置を求める。

40

【 0 0 3 7 】

S 1 1 5 において、位置特定部 4 3 は、S 1 1 4 で求められたレチクルマーク R M の中心位置及び基準マーク S M の中心位置に基づいて、レチクルマーク R M の位置と基準マーク S M の位置との差を求める。ここで、レチクルマーク R M の位置と基準マーク S M の位置との差とは、レチクルステージ 1 1 におけるレチクル R の位置（ずれ量）である。このように、本実施形態では、S 1 0 6 や S 1 1 0 で求められるマークの一部の位置のうち、S 1 0 1 で設定されるオーバーレイ要求精度を満たすマークの一部の位置に基づいて、レチクルステージ 1 1 におけるレチクル R の位置を求める。

【 0 0 3 8 】

S 1 1 6 において、通知部 6 0 は、ユーザに対して、S 1 0 4 及び S 1 0 8 のそれぞれ

50

で設定された複数の計測窓のうち、S 1 1 2で選択された計測窓の割合（即ち、検出信号に占める位置計測誤差が許容条件を満たす部分の割合）を通知する。例えば、図6に示すように、3つの計測窓WIN - Y 1、WIN - Y 2及びWIN - Y 3のうち、パーティクルPTの付着によって、計測窓WIN - Y 1における誤差量がオーバーレイ要求精度を満たさない場合を考える。この場合、S 1 1 2では、計測窓WIN - Y 1を除いて、2つの計測窓WIN - Y 2及びWIN - Y 3が選択されるため、通知部60は、計測窓の選択率として、 $2/3 = 66.67\%$ を通知する。また、通知部60は、S 1 1 2で選択されなかった計測窓の割合（計測窓の除去量）として、 $1/3 = 33.33\%$ を通知してもよい。このように、レチクルマークRMや基準マークSMにおけるパーティクルの付着や欠陥などに関する情報をユーザに通知することで、その後の工程において、レチクルマークRMや基準マークSMに対して計画的なクリーニングを行うことが可能となる。

10

【0039】

このように、本実施形態では、検出信号における複数の部分のうち、位置計測誤差が許容条件を満たす部分を選択し、かかる部分に基づいて、レチクルRの位置を得ている。換言すれば、計測精度に係る許容条件に関する情報に基づいて限定された検出信号のうち部分に基づいてレチクルRの位置を得ている。従って、本実施形態では、レチクルマークRMや基準マークSMにパーティクルの付着や欠陥などがあっても、オーバーレイ要求精度を満たす場合には、レチクルアライメントをエラーとすることなく、レチクルRの位置（ずれ量）を計測することができる。これにより、露光装置1を停止させる頻度を低下させて、スループットを向上させることができる。

20

【0040】

<第2の実施形態>

図7を参照して、第2の実施形態における計測処理について説明する。S 2 0 1乃至S 2 0 5のそれぞれは、第1の実施形態で説明したS 1 0 1乃至S 1 0 5のそれぞれと同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

【0041】

S 2 0 6において、位置特定部43は、S 2 0 5で生成された積算波形から、例えば、重心計算処理やテンプレートマッチング処理などを用いて、レチクルマークRMのYマーク及びXマークのそれぞれを構成する各バーマークの中心位置を求める。本実施形態では、位置特定部43は、レチクルマークRMのYマークを構成するYバーマークRMBY 1乃至RMBY 8のそれぞれの中心位置やレチクルマークRMのXマークを構成するXバーマークRMBX 1乃至RMBX 10のそれぞれの中心位置を求める。

30

【0042】

S 2 0 7において、誤差量推定部44は、レチクルマークRMのYマーク及びXマークを構成するバーマークのそれぞれについて、S 2 0 6で各バーマークの中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部44は、S 2 0 5で生成された積算波形（検出信号）の複数の部分（各バーマークに対応する部分）のそれぞれに関して、位置計測誤差を評価する。

【0043】

S 2 0 8及びS 2 0 9のそれぞれは、第1の実施形態で説明したS 1 0 8及びS 1 0 9のそれぞれと同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

40

【0044】

S 2 1 0において、位置特定部43は、S 2 0 9で生成された積算波形から、例えば、重心計算処理やテンプレートマッチング処理などを用いて、基準マークSMのYマーク及びXマークのそれぞれを構成する各バーマークの中心位置を求める。本実施形態では、位置特定部43は、基準マークSMのYマークを構成するYバーマークSMBYL 1乃至SMBYL 8、及び、YバーマークSMBYR 1乃至SMBYR 8のそれぞれの中心位置を求める。同様に、位置特定部43は、基準マークSMのXマークを構成するXバーマークSMBXL 1乃至SMBXL 6、及び、XバーマークSMBXR 1乃至SMBXR 6のそれぞれの中心位置を求める。

50

【 0 0 4 5 】

S 2 1 1において、誤差量推定部 4 4は、基準マーク S Mの Yマーク及び Xマークを構成するバーマークのそれぞれについて、S 2 1 0で各バーマークの中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部 4 4は、S 2 0 9で生成された積算波形（検出信号）の複数の部分（各バーマークに対応する部分）のそれぞれに関して、位置計測誤差を評価する。

【 0 0 4 6 】

S 2 1 2において、選択部 4 5は、S 2 0 7及び S 2 1 1で推定された誤差量に基づいて、オーバーレイ要求精度を満たすバーマークを選択する。具体的には、選択部 4 5は、S 2 0 1で設定されたオーバーレイ要求精度と、S 2 0 7及び S 2 1 1のそれぞれで推定された誤差量とを比較する。そして、選択部 4 5は、レチクルマーク R Mや基準マーク S Mを構成する複数のバーマークのうち、オーバーレイ要求精度を満たすバーマーク（即ち、一部のバーマークに対応する、位置計測誤差が許容条件を満たす検出信号の部分）を選択する。

10

【 0 0 4 7 】

S 2 1 3において、位置特定部 4 3は、S 2 1 2でバーマークが選択されたかどうかを判定する。S 2 1 2で計測窓が選択されていない場合、即ち、全てのバーマークの誤差量がオーバーレイ要求精度を満たさない場合には、レチクルアライメントをエラーとして、処理を終了する。S 2 1 2で計測窓が選択されている場合、即ち、オーバーレイ要求精度を満たすバーマークがある場合には、S 2 1 4に移行する。

20

【 0 0 4 8 】

S 2 1 4において、位置特定部 4 3は、レチクルマーク R Mの中心位置及び基準マーク S Mの中心位置を求める。具体的には、位置特定部 4 3は、S 2 1 2で選択されたレチクルマーク R Mを構成するバーマークの中心位置を平均化して、最終的なレチクルマーク R Mの中心位置を求める。同様に、位置特定部 4 3は、S 2 1 2で選択された基準マーク S Mを構成するバーマークの中心位置を平均化して、最終的な基準マーク S Mの中心位置を求める。

【 0 0 4 9 】

S 2 1 5において、位置特定部 4 3は、S 2 1 4で求められたレチクルマーク R Mの中心位置及び基準マーク S Mの中心位置に基づいて、レチクルマーク R Mの位置と基準マーク S Mの位置との差を求める。ここで、レチクルマーク R Mの位置と基準マーク S Mの位置との差とは、レチクルステージ 1 1におけるレチクル R の位置（ずれ量）である。このように、本実施形態では、レチクルマーク R Mや基準マーク S Mを構成する複数のバーマークのうち、S 1 0 1で設定されるオーバーレイ要求精度を満たすバーマークの位置に基づいて、レチクルステージ 1 1におけるレチクル R の位置を求める。

30

【 0 0 5 0 】

S 2 1 6において、通知部 6 0は、ユーザに対して、レチクルマーク R Mや基準マーク S Mを構成する複数のバーマークのうち、S 2 1 2で選択されたバーマークの割合を通知する。換言すれば、通知部 6 0は、複数のバーマークに占める一部のバーマーク、即ち、位置計測誤差が許容条件を満たすバーマークの割合を通知する。また、通知部 6 0は、S 2 1 2で選択されなかったバーマークの割合（バーマークの除去量）を通知してもよい。

40

【 0 0 5 1 】

例えば、図 8 に示すように、レチクルマーク R Mの非計測方向の全域にパーティクル P Tが付着している場合がある。このような場合であっても、本実施形態では、レチクルアライメントをエラーとすることなく、オーバーレイ要求精度を満たすバーマークの位置からレチクル R の位置（ずれ量）を計測することができる。従って、露光装置 1 を停止させる頻度を低下させて、スループットを向上させることができる。

【 0 0 5 2 】

< 第 3 の実施形態 >

図 9 を参照して、第 3 の実施形態における計測処理について説明する。本実施形態では

50

、検出信号における複数の部分のそれぞれに関して、位置計測精度を評価し、検出信号における複数の部分のうち、位置計測精度が許容条件を満たす部分を選択し、かかる部分に基づいて、レチクルRの位置を得る。S301乃至S314のそれぞれは、第1の実施形態で説明したS101乃至S114のそれぞれと同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

【0053】

S315において、誤差量推定部44は、S312で選択されていない計測窓、即ち、オーバーレイ要求精度を満たしていない計測窓の割合に基づいて、計測窓の減少に起因する計測再現性(の変化)Aを求める。本実施形態では、上述したように、レチクルマークRM及び基準マークSMのそれぞれを複数のパーマークで構成することで、平均化効果によって計測精度(計測再現性)を向上させている。但し、オーバーレイ要求精度を満たしていない計測窓を選択しないことで、その分の平均化効果が低減してしまう。例えば、全ての計測窓を選択したときの計測再現性が $3 = 5 \text{ nm}$ である場合、半分の計測窓を選択したときの計測再現性Aは、 $A = 5 / (50 / 100) = 7.1 \text{ nm}$ となる。なお、全ての計測窓を選択したときの計測再現性は、画像処理部40に予め記憶させておく必要がある。

10

【0054】

S316において、誤差量推定部44は、S312で選択された計測窓におけるレチクルマークRMや基準マークSMの誤差量の平均値Bを求める。これは、レチクルマークRMや基準マークSMの中心位置を求める際に発生しうる誤差量の平均値である。

20

【0055】

S317において、誤差量推定部44は、S315で求めた計測再現性Aと、S316で求めた平均値Bとに基づいて、レチクルアライメントにおけるトータルの誤差量Cを求める。例えば、誤差量推定部44は、計測再現性Aと平均値Bとの二乗和加算平方根、即ち、 $C = (A^2 + B^2)$ から、トータルの誤差量Cを求める。

【0056】

S318において、誤差量推定部44は、S317で求めたトータルの誤差量CがS301で設定されたオーバーレイ要求精度を満たしているかどうかを判定する。トータルの誤差量Cがオーバーレイ要求精度を満たしていない場合には、レチクルアライメントをエラーとして、処理を終了する。トータルの誤差量Cがオーバーレイ要求精度を満たしている場合には、S319に移行する。

30

【0057】

S319及びS320のそれぞれは、第1の実施形態で説明したS115及びS116のそれぞれと同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。但し、S320におけるS312で選択された計測窓の割合の通知は、検出信号に占める、位置計測精度が許容条件を満たす部分の割合を通知しているともいえる。

【0058】

本実施形態では、S307やS311で推定される誤差量の統計値(トータルの誤差量C)がオーバーレイ要求精度を満たす場合には、レチクルアライメントをエラーとすることなく、レチクルRの位置(ずれ量)を計測する。従って、計測再現性が低く、計測窓の割合がレチクルアライメントの精度(計測精度)に大きく寄与する場合であっても、オーバーレイ要求精度に応じて、レチクルアライメントを行うことができる。但し、計測再現性が十分に良好な場合には、本実施形態で得られる結果は、第1の実施形態で得られる結果とほぼ一致するため、処理時間の観点では、第3の実施形態よりも第1の実施形態の方が有利である。また、第3の実施形態は、第2の実施形態に適用することも可能である。

40

【0059】

<第4の実施形態>

図10を参照して、第4の実施形態における計測処理について説明する。S401乃至S403のそれぞれは、第1の実施形態で説明したS101乃至S103のそれぞれと同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

50

【 0 0 6 0 】

S 4 0 4 において、位置特定部 4 3 は、レチクルマーク R M について、S 4 0 3 で取得された画像における光量を非計測方向に積算して、図 4 に示すような 1 次元の積算波形を生成する。

【 0 0 6 1 】

S 4 0 5 において、位置特定部 4 3 は、S 4 0 4 で生成された積算波形に基づいて、例えば、重心計算処理やテンプレートマッチング処理などを用いて、レチクルマーク R M の中心位置を求める。

【 0 0 6 2 】

S 4 0 6 において、誤差量推定部 4 4 は、S 4 0 5 でレチクルマーク R M の中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部 4 4 は、S 4 0 4 で生成された積算波形（検出信号）に関して、位置計測誤差を評価する。

10

【 0 0 6 3 】

S 4 0 7 において、位置特定部 4 3 は、S 4 0 4 と同様に、基準マーク S M について、S 4 0 3 で取得された画像における光量を非計測方向に積算して、1 次元の積算波形を生成する。

【 0 0 6 4 】

S 4 0 8 において、位置特定部 4 3 は、S 4 0 5 と同様に、S 4 0 7 で生成された積算波形に基づいて、例えば、重心計算処理やテンプレートマッチング処理などを用いて、基準マーク S M の中心位置を求める。

20

【 0 0 6 5 】

S 4 0 9 において、誤差量推定部 4 4 は、S 4 0 6 と同様に、S 4 0 8 で基準マーク S M の中心位置を求める際に発生しうる誤差量を推定する。換言すれば、誤差量推定部 4 4 は、S 4 0 7 で生成された積算波形（検出信号）に関して、位置計測誤差を評価する。

【 0 0 6 6 】

S 4 1 0 において、誤差量推定部 4 4 は、レチクルマーク R M 及び基準マーク S M のそれぞれについて、S 4 0 6 及び S 4 0 9 のそれぞれで推定された誤差量が S 4 0 1 で設定されたオーバーレイ要求精度を満たしているかどうかを判定する。本実施形態において、誤差量推定部 4 4 は、レチクルマーク R M 及び基準マーク S M のそれぞれの中心位置を求める際に発生しうる誤差量が計測精度に係る許容範囲内（オーバーレイ要求精度）を満たすかどうかを判定する。S 4 0 6 及び S 4 0 9 のそれぞれで推定された誤差量がオーバーレイ要求精度を満たしていない場合には、レチクルアライメントをエラーとして、処理を終了する。S 4 0 6 及び S 4 0 9 のそれぞれで推定された誤差量がオーバーレイ要求精度を満たしている場合には、S 4 1 1 に移行する。

30

【 0 0 6 7 】

S 4 1 1 において、位置特定部 4 3 は、S 4 0 5 で求められたレチクルマーク R M の中心位置及び S 4 0 8 で求められた基準マーク S M の中心位置に基づいて、レチクルマーク R M の位置と基準マーク S M の位置との差を求める。ここで、レチクルマーク R M の位置と基準マーク S M の位置との差とは、上述したように、レチクルステージ 1 1 におけるレチクル R の位置（ずれ量）である。このように、本実施形態では、S 4 0 6 及び S 4 0 9 のそれぞれで推定された誤差量が S 4 0 1 で設定されるオーバーレイ要求精度を満たしている場合には、レチクルステージ 1 1 におけるレチクル R の位置を求める。

40

【 0 0 6 8 】

S 4 1 2 において、通知部 6 0 は、ユーザに対して、S 4 0 6 及び S 4 0 9 のそれぞれで推定された誤差量（即ち、レチクルマーク R M 及び基準マーク S M のそれぞれについての誤差量）を通知する。

【 0 0 6 9 】

このように、本実施形態では、レチクルマーク R M や基準マーク S M が形成されたマーク領域を複数の領域に分割することなく（即ち、複数の計測窓を設定することなく）、1 次元の積算波形を生成してレチクルマーク R M や基準マーク S M の中心位置を求めている

50

。具体的には、計測精度に係る許容条件（オーバーレイ要求精度）を検出信号が満たす場合、かかる検出信号に基づいてレチクルRの位置を得ている。従って、レチクルマークR Mや基準マークSMへのパーティクルの付着などの頻度が低いプロセスにおいて、処理時間（レチクルアライメントに要する時間）を遅延させることなく、レチクルRの位置（ずれ量）を計測することができる。従って、露光装置1を停止させる頻度を低下させて、スループットを向上させることができる。

【0070】

露光装置1は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。物品の製造方法は、基板に塗布された感光剤に露光装置1を用いて潜像パターンを形成する工程（パターン形成を基板に行う工程）と、かかる工程で潜像パターンを形成された基板を加工する工程（パターン形成を行われた基板を現像する工程）とを含む。更に、かかる製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を含みうる。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

10

【0071】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態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。例えば、本発明では、対象物の位置としてレチクルステージにおけるレチクルの位置を例に説明したが、基板ステージにおける基板の位置を被計測物の位置としてもよい。

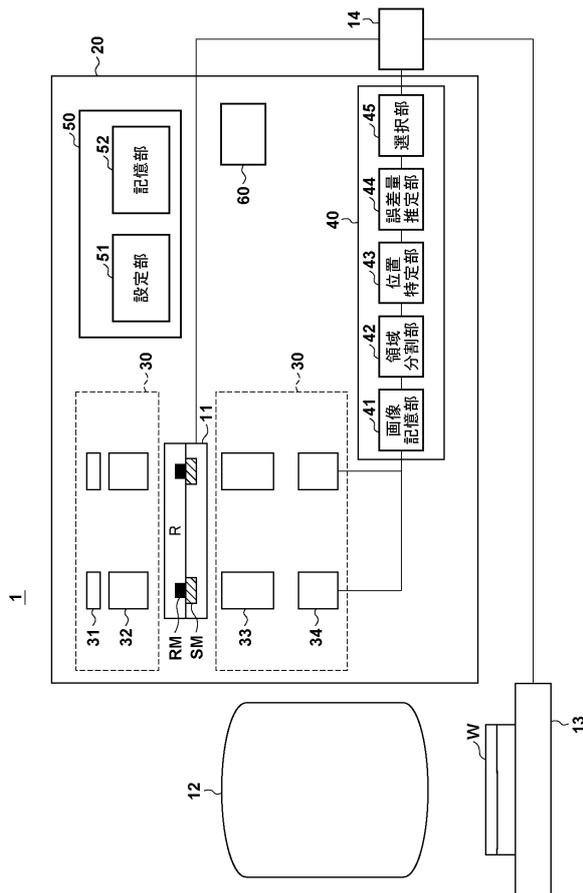
20

【符号の説明】

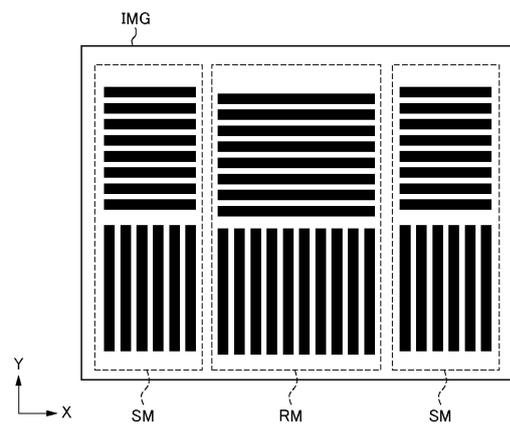
【0072】

- 1：露光装置
- 14：制御部
- 20：計測装置
- 30：アライメントスコープ
- 40：画像処理部
- 42：領域分割部
- 43：位置特定部
- 44：誤差量推定部
- 45：選択部
- R：レチクル
- W：基板

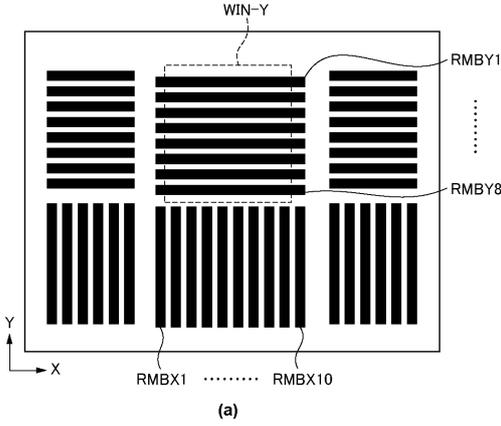
【図1】



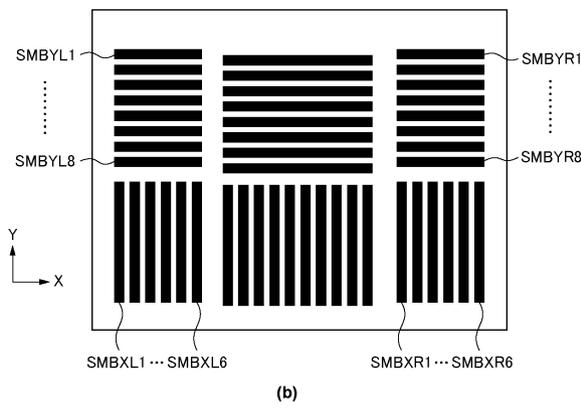
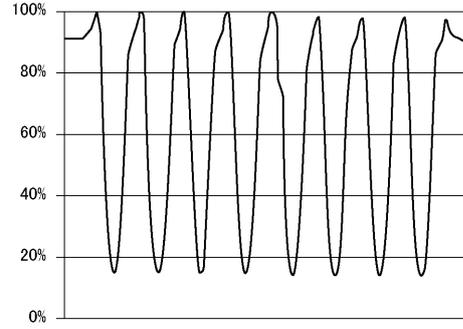
【図2】



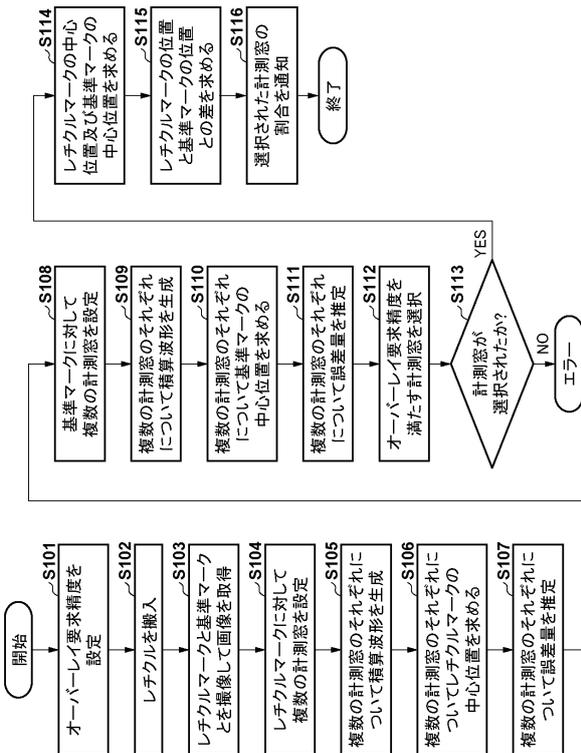
【 図 3 】



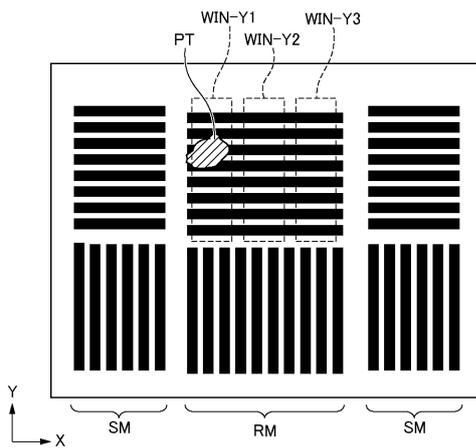
【 図 4 】



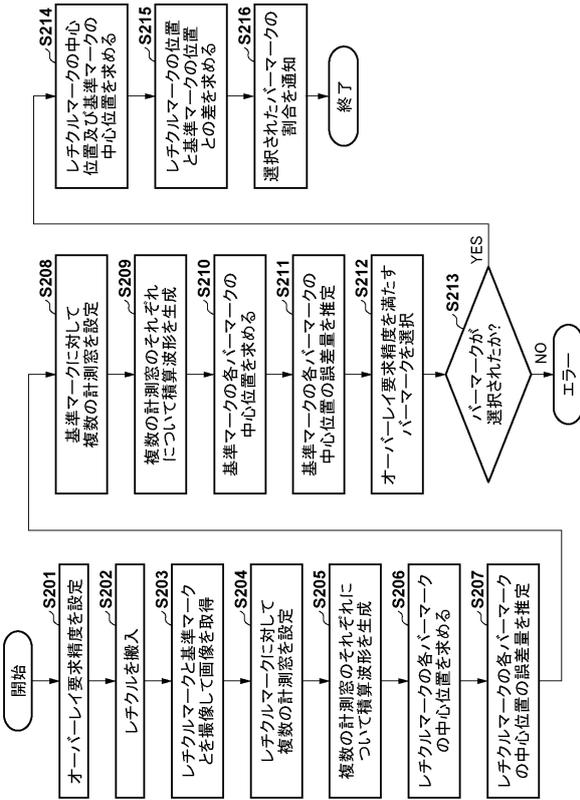
【 図 5 】



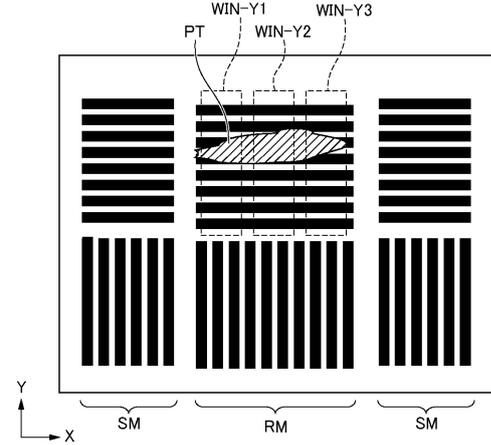
【 図 6 】



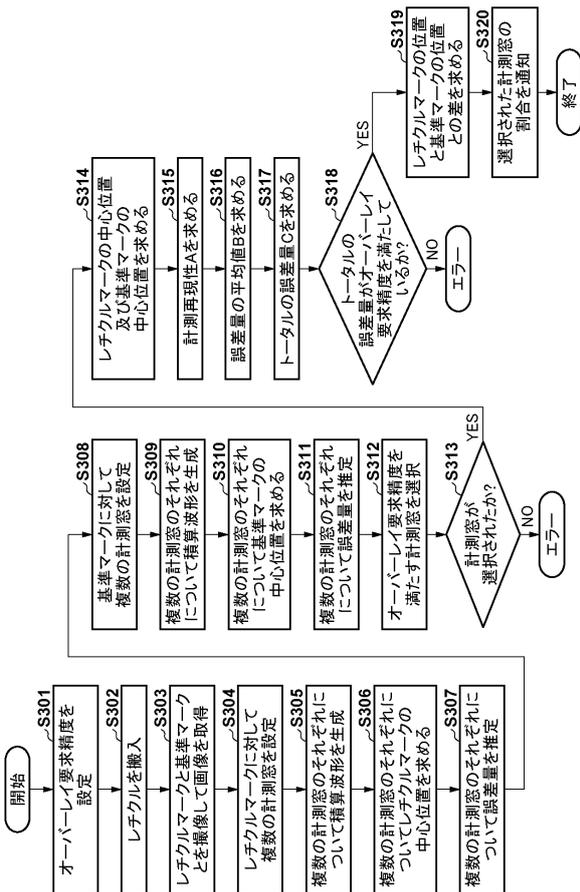
【 図 7 】



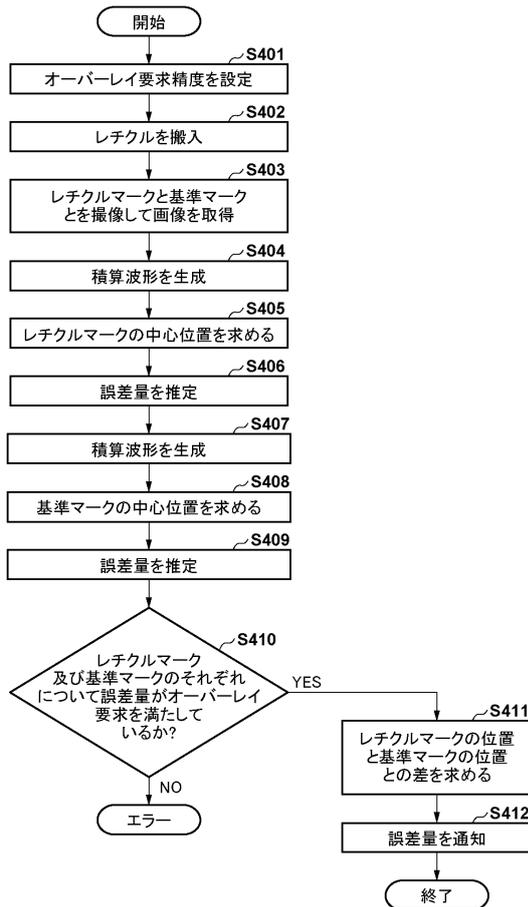
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 江頭 信一
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 植木 隆和

(56)参考文献 特開2001-267206(JP,A)
特開2005-057222(JP,A)
特開2000-173921(JP,A)
特開2001-319858(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 9/00