

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7020505号

(P7020505)

(45)発行日 令和4年2月16日(2022.2.16)

(24)登録日 令和4年2月7日(2022.2.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 F 7/20 (2006.01)

G 0 3 F 7/20 5 2 1

H 0 1 L 21/68 (2006.01)

G 0 3 F 7/20 5 0 1

H 0 1 L 21/68 F

請求項の数 40 (全49頁)

(21)出願番号	特願2020-69928(P2020-69928)	(73)特許権者	000004112
(22)出願日	令和2年4月8日(2020.4.8)		株式会社ニコン
(62)分割の表示	特願2017-502363(P2017-502363)		東京都港区港南二丁目15番3号
)の分割	(74)代理人	100161207
原出願日	平成28年2月23日(2016.2.23)		弁理士 西澤 和純
(65)公開番号	特開2020-118984(P2020-118984)	(74)代理人	100140774
	A)		弁理士 大浪 一徳
(43)公開日	令和2年8月6日(2020.8.6)	(74)代理人	100175824
審査請求日	令和2年4月8日(2020.4.8)		弁理士 小林 淳一
(31)優先権主張番号	特願2015-32910(P2015-32910)	(72)発明者	柴崎 祐一
(32)優先日	平成27年2月23日(2015.2.23)		東京都港区港南二丁目15番3号 株式
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審査官	山口 敦司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 計測装置、露光装置及びリソグラフィシステム、並びに計測方法及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、
前記基板に形成されたマークを検出する第1検出系と、
前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、
前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、
前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて取得した前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、
前記制御装置は、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域それぞれの設計位置からの補正量を表す二変数の多次元多項式を統計演算により求める計測装置。

【請求項2】

前記第1検出系で検出した前記マークの信号を処理する信号処理装置を備え、
前記信号処理装置は前記信号の良否を判断し、前記信号が良と判断された前記マークの検出結果のみを前記制御装置に提供する請求項1に記載の計測装置。

【請求項3】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記多次元多項式の少なくとも一部を出力する請求項1または2に記載の計

測装置。

【請求項 4】

前記制御装置は、前記多次元多項式の 2 次以上の項の係数を出力する請求項 3 に記載の計測装置。

【請求項 5】

前記基板表面の高さを検出する第 2 検出系を更に備え、

前記制御装置は、前記第 2 検出系の検出結果と、前記位置計測系によって取得した前記ステージの位置とに基づいて、前記基板表面の高さ分布情報を取得する請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の計測装置。

【請求項 6】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記高さ分布情報を出力する請求項 5 に記載の計測装置。

【請求項 7】

基板ホルダ上に基板を保持して移動可能な基板ステージと、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の計測装置によって取得された前記多次元多項式を用いて求められた補正量に基づいて前記基板ステージを制御する制御装置と、を備え、前記補正量が取得され前記基板ホルダに保持された前記基板を、エネルギービームで露光する露光装置。

【請求項 8】

基板ホルダ上に基板を保持して移動可能な基板ステージと、

請求項 6 に記載の計測装置によって取得された前記多次元多項式を用いて求められた補正量と前記高さ分布情報とに基づいて前記基板ステージを制御する制御装置と、を備え、前記補正量が取得され前記基板ホルダに保持された前記基板を、エネルギービームで露光する露光装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載された計測装置と、

前記基板ホルダに保持した前記基板に対し、前記補正量に基づいて露光処理を行う露光装置と、を備えるリソグラフィシステム。

【請求項 10】

請求項 6 に記載された計測装置と、

前記基板ホルダに保持した前記基板に対し、前記高さ分布情報と前記補正量とに基づいて露光処理を行う露光装置と、を備えるリソグラフィシステム。

【請求項 11】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、

前記基板に形成された複数の区画領域のそれぞれに設けられたマークを検出する第 1 検出系と、

前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、

前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、

前記第 1 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、前記制御装置は、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域の非線形な配列情報を含む配列情報を統計演算により求める計測装置。

【請求項 12】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記配列情報を出力する請求項 11 に記載の計測装置。

【請求項 13】

前記基板表面の高さを検出する第 2 検出系を更に備え、

前記制御装置は、前記第 2 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板表面の高さ分布情報を求める請求項 11 または

10

20

30

40

50

12に記載の計測装置。

【請求項14】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記高さ分布情報を出力する請求項13に記載の計測装置。

【請求項15】

基板ホルダ上に基板を保持して移動可能な基板ステージと、
請求項11から14のいずれか一項に記載の計測装置によって取得された基板に関する情報に基づいて前記基板ステージを制御する露光制御装置と、を備え、
前記情報が取得された前記基板を、前記基板ホルダに保持してエネルギービームで露光する露光装置。

10

【請求項16】

請求項11から14のいずれか一項に記載された計測装置と、
前記基板を前記基板ホルダに保持して、前記計測装置が取得した基板に関する情報に基づいて露光処理を行う露光装置と、を備えるリソグラフィシステム。

【請求項17】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、
前記基板に形成されたマークを検出する第1検出系と、
前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、
前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、
前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られる前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、
前記制御装置は、統計演算によって前記区画領域の非線形な配列情報を算出可能な前記複数のマークの位置情報を出力する計測装置。

20

【請求項18】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記複数のマークの位置情報を出力する請求項17に記載の計測装置。

【請求項19】

前記基板表面の高さを検出する第2検出系を更に備え、
前記制御装置は、前記第2検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて取得した前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板表面の高さ分布情報を取得する請求項17または18に記載の計測装置。

30

【請求項20】

前記制御装置は、前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記高さ分布情報を出力する請求項19に記載の計測装置。

【請求項21】

基板ホルダ上に基板を保持して移動可能な基板ステージと、
請求項17から20のいずれか一項に記載の計測装置によって取得された基板に関する情報に基づいて前記基板ステージを制御する露光制御装置と、を備え、
前記情報が取得された前記基板を、前記基板ホルダ上に保持してエネルギービームで露光する露光装置。

40

【請求項22】

請求項17から20のいずれか一項に記載された計測装置と、
前記基板を前記基板ホルダに保持して、前記計測装置が取得した基板に関する情報に基づいて露光処理を行う露光装置と、を備えるリソグラフィシステム。

【請求項23】

前記基板に形成された前記複数のマークの位置情報の取得は、感応剤が塗布される前の前記基板に対して行われる請求項1から6、11から14、および17から20のいずれか一項に記載の計測装置。

50

【請求項 2 4】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、
 前記基板に形成されたマークを第 1 検出系によって検出し、
 前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、
 前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、
 前記第 1 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求め、
 求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域それぞれの設計位置からの補正量を表す二変数の多次元多項式を統計演算により求める計測方法。

10

【請求項 2 5】

前記第 1 検出系で検出した前記マークの信号の良否を判断し、前記信号が良と判断された前記マークの計測結果のみを前記位置情報の導出に用いる請求項 2 4 に記載の計測方法。

【請求項 2 6】

前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記多次元多項式の少なくとも一部を出力する請求項 2 4 または 2 5 に記載の計測方法。

【請求項 2 7】

前記多次元多項式の 2 次以上の項の係数を出力する請求項 2 6 に記載の計測方法。

20

【請求項 2 8】

前記基板に形成された前記複数のマークの位置情報の取得は、感応剤が塗布される前の前記基板に対して行われる請求項 2 4 から 2 7 のいずれか一項に記載の計測方法。

【請求項 2 9】

請求項 2 4 から 2 8 のいずれか一項に記載の計測方法によって前記多次元多項式の少なくとも一部を前記露光装置に出力し、
 出力された前記多次元多項式の少なくとも一部を使用して、前記露光装置によって前記基板ホルダ上に保持した基板に露光処理を行う露光方法。

【請求項 3 0】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、
 前記基板に形成されたマークを第 1 検出系によって検出し、
 前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、
 前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、
 前記第 1 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの前記位置情報を求め、
 求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域の非線形な配列情報を含む配列情報を統計演算により取得する計測方法。

30

40

【請求項 3 1】

前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記配列情報を出力する請求項 3 0 に記載の計測方法。

【請求項 3 2】

前記基板に形成された前記複数のマークの位置情報の取得は、感応剤が塗布される前の前記基板に対して行われる請求項 3 0 または 3 1 に記載の計測方法。

【請求項 3 3】

請求項 3 0 から 3 2 のいずれか一項に記載の計測方法によって前記配列情報を算出し、
 前記配列情報を使用して、前記露光装置によって前記基板ホルダ上に保持した基板に露光処理を行う露光方法。

50

【請求項 3 4】

露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、
前記基板に形成されたマークを第 1 検出系によって検出し、
前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、
前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、
前記第 1 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求め、
統計演算によって前記区画領域の非線形な配列情報を取得可能な前記複数のマークの位置情報を出力する計測方法。

10

【請求項 3 5】

前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記マークの位置情報を出力する請求項 3 4 に記載の計測方法。

【請求項 3 6】

前記基板に形成された前記複数のマークの位置情報の取得は、感応剤が塗布される前の前記基板に対して行われる請求項 3 4 または 3 5 に記載の計測方法。

【請求項 3 7】

請求項 3 4 から 3 6 のいずれか一項に記載の計測方法によって前記複数のマークの位置情報を取得し、
前記複数のマークの位置情報を使用して、前記露光装置によって前記基板ホルダ上に保持した基板に露光処理を行う露光方法。

20

【請求項 3 8】

前記基板表面の高さを第 2 検出系によって検出し、
前記第 2 検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて取得した前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板表面の高さ分布情報を取得する請求項 2 4 から 2 8、3 0 から 3 2、および 3 4 から 3 6 のいずれか一項に記載の計測方法。

【請求項 3 9】

前記露光装置による前記基板の露光処理で利用するために、前記露光処理に先立って前記高さ分布情報を出力する請求項 3 8 に記載の計測方法。

30

【請求項 4 0】

請求項 3 8 または 3 9 に記載の計測方法によって前記高さ分布情報を出力し、
出力された前記高さ分布情報を使用して、前記露光装置によって前記基板ホルダ上に保持した基板に露光処理を行う露光方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、計測装置、露光装置及びリソグラフィシステム、並びに計測方法及び露光方法に係り、特に露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、露光処理に先立って取得する計測装置、該計測装置による複数のマークの位置情報の計測が終了した基板が載置される基板ステージを有する露光装置、及び該露光装置と前記計測装置とを備えるリソグラフィシステム、並びに露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法、及び取得された複数のマークの位置情報を使用して、露光装置によって基板に露光処理を行う露光方法に関する。

40

【背景技術】**【0 0 0 2】**

半導体素子等を製造するリソグラフィ工程では、ウエハあるいはガラスプレート等の基板（以下、ウエハと総称する）上に多層の回路パターンを重ね合わせて形成するが、各層間

50

での重ね合わせ精度が悪いと、半導体素子等は所定の回路特性を発揮することができず、場合によっては不良品ともなる。このため、通常、ウエハ上の複数のショット領域の各々に予めマーク（アライメントマーク）を形成しておき、露光装置のステージ座標系におけるそのマークの位置（座標値）を検出する。しかる後、このマーク位置情報と新たに形成されるパターン（例えばレチクルパターン）の既知の位置情報とに基づいて、ウエハ上の1つのショット領域をそのパターンに対して位置合わせするウエハアライメントが行われる。

【0003】

ウエハアライメントの方式として、スルーショットとの兼ね合いから、ウエハ上のいくつかのショット領域（サンプルショット領域又はアライメントショット領域とも呼ばれる）のみのアライメントマークを検出し、ウエハ上のショット領域の配列を統計的手法で算出するエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）が主流となっている。

10

【0004】

しかるに、リソグラフィ工程において、ウエハ上に重ね合わせ露光を行う場合、レジスト塗布、現像、エッチング、CVD（ケミカル・ベイパー・デポジション）、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング）などのプロセス処理工程を経たウエハには、そのプロセス起因で前層のショット領域の配列に歪みが生じることがあり、その歪みが重ね合わせ精度の低下の要因となり得る。かかる点に鑑み、近時の露光装置は、ウエハ変形の1次成分のみならず、プロセス起因で生じるショット配列の非線形成分等を補正するグリッド補正機能等を有している（例えば、特許文献1参照）。

20

【0005】

従来、例えば装置起因のウエハグリッドの変動の管理は、マークの刻まれた基準ウエハに対して、グリッド（Grid）管理用の専用レチクルを用いて重ね合せ露光をすることで行われている。ここで、ウエハグリッドとは、ショットマップ（ウエハ上に形成されるショット領域の配列に関するデータ）に従って配列されたウエハ上のショット領域の中心を結んで形成される格子を意味する。本明細書では、ウエハグリッドを「グリッド」と略記し、あるいは「ショット領域（又はショット）の配列」とも記述している。

【0006】

本来、全てのショットマップについて、ショットマップ毎にグリッド管理をするのが理想であるが、そのためには無数のレチクルと無数のウエハが必要になるため、基準ウエハ及び上記専用レチクルを用いている。

30

【0007】

しかるに、基準ウエハに刻むことが出来るマークはどんなに細かくつけても有限、離散的なので、露光装置のユーザの製品ショットマップそのものでウエハグリッドを管理することは困難である。また、基準ウエハを用いるグリッド管理は、通常、次のような前提（仮定）に基づいており、一種の妥協を伴っている。

a. グリッドの誤差とは座標依存であり、場所が同じなら同じ誤差を持つ。マークの位置を計測し、グリッド誤差の補正を行ったポイントの近くなら、誤差も小さいものと考えられる。

b. スキャン速度あるいはスキャン加速度などの誤差は、グリッド誤差を生じさせない。仮に、グリッド誤差を生じさせるとしても、その誤差は、スキャンの都度変化するものではないので、一度の調整で足り、定期的にメンテナンスする必要は無い。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】米国出願公開第2002/0042664号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行わ

50

れる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、前記基板に形成されたマークを検出する第1検出系と、前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて取得した前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上的複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、前記制御装置は、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域それぞれの設計位置からの補正量を表す多次元多項式を統計演算により求める計測装置が、提供される。

【0010】

本発明の第2の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、前記基板に形成された複数の区画領域のそれぞれに設けられたマークを検出する第1検出系と、前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、前記制御装置は、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域の非線形な配列情報を含む配列情報を統計演算により求める計測装置が、提供される。

10

【0011】

本発明の第3の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測装置であって、前記基板に形成されたマークを検出する第1検出系と、前記基板ホルダとは異なる保持部材上に前記基板を保持して移動可能なステージと、前記ステージの位置情報を取得可能な位置計測系と、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られる前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上的複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求める制御装置と、を備え、前記制御装置は、統計演算によって前記区画領域の非線形な配列情報を算出可能な前記複数のマークの位置情報を出力する計測装置が、提供される。

20

【0012】

本発明の第4の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、前記基板に形成されたマークを第1検出系によって検出し、前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上的複数の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求め、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域それぞれの設計位置からの補正量を表す多次元多項式を統計演算により求める計測方法が、提供される。

30

【0013】

本発明の第5の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行われる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、前記基板に形成されたマークを第1検出系によって検出し、前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記複数のマークそれぞれの前記位置情報を求め、求められた前記複数のマークそれぞれの位置情報を用いて、前記区画領域の非線形な配列情報を含む配列情報を統計演算により取得する計測方法が、提供される。

40

【0014】

本発明の第6の態様によれば、露光装置が備える基板ホルダ上に保持され露光処理が行わ

50

れる基板に形成されたマークの位置情報を、前記露光処理に先立って取得する計測方法であって、前記基板に形成されたマークを第1検出系によって検出し、前記基板ホルダとは異なる保持部材を備えるステージによって、前記基板を前記保持部材上に保持して移動し、前記ステージの位置情報を位置計測系によって取得し、前記第1検出系の検出結果と、前記位置計測系を用いて得られた前記ステージの位置情報とに基づいて、前記基板上の区画領域のそれぞれに設けられた複数のマークそれぞれの位置情報を求め、統計演算によって前記区画領域の非線形な配列情報を取得可能な前記複数のマークの位置情報を出力する計測方法が、提供される。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態に係る計測装置の構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】図2(A)は、図1の計測装置の一部省略した正面図(-Y方向から見た図)、図2(B)は、マーク検出系の光軸AX1を通るXZ平面で断面した計測装置の一部省略した断面図である。

【図3】マーク検出系の光軸AX1を通るYZ平面で断面した計測装置の一部省略した断面図である。

【図4】図4(A)は、第1位置計測システムのヘッド部を示す斜視図、図4(B)は、第1位置計測システムのヘッド部の平面図(+Z方向から見た図)である。

【図5】第2位置計測システムの構成を説明するための図である。

【図6】第1の実施形態に係る計測装置の制御系を中心的に構成する制御装置の入出力関係を示すブロック図である。

【図7】1ロットのウエハを処理する際の制御装置の処理アルゴリズムに対応するフローチャートである。

【図8】第2の実施形態に係るリソグラフィシステムの全体構成を概略的に示す図である。

【図9】図8に示される露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図10】露光装置が備える露光制御装置の入出力関係を示すブロック図である。

【図11】計測装置100を用いる露光装置起因のウエハグリッドの管理方法を、リソグラフィシステム1000に適用した場合の処理の流れを概略的に示す図である。

【図12】計測装置100を用いる重ね合わせ計測方法を、リソグラフィシステム1000に適用した場合の処理の流れを概略的に示す図である。

【図13】変形例に係るリソグラフィシステムの全体構成を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

《第1の実施形態》

以下、第1の実施形態について図1～図7に基づいて説明する。図1には、第1の実施形態に係る計測装置100の構成が斜視図にて概略的に示されている。なお、図1に示される計測装置100は、実際には、チャンバと、該チャンバの内部に収容された構成部分とで構成されるが、本実施形態では、チャンバに関する説明は省略する。本実施形態では、後述するようにマーク検出系MDSが設けられており、以下では、マーク検出系MDSの光軸AX1の方向をZ軸方向とし、これに直交する面内で、後述する可動ステージが長ストロークで移動する方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向をX軸方向とし、X軸、Y軸、Z軸回りの回転(傾斜)方向を、それぞれx、y及びz方向として、説明を行う。ここで、マーク検出系MDSは、側面視(例えば+X方向から見て)L字状の外形を有し、その下端(先端)には円筒状の鏡筒部41が設けられ、鏡筒部41の内部には、Z軸方向の光軸AX1を有する複数のレンズエレメントから成る光学系(屈折光学系)が収納されている。本明細書では、説明の便宜上から鏡筒部41の内部の屈折光学系の光軸AX1を、マーク検出系MDSの光軸AX1と称している。

【0017】

図2(A)には、図1の計測装置100の正面図(-Y方向から見た図)が一部省略して示され、図2(B)には、光軸AX1を通るXZ平面で断面した計測装置100の断面図

10

20

30

40

50

が一部省略して示されている。また、図3には、光軸AX1を通るYZ平面で断面した計測装置100の断面図が一部省略して示されている。

【0018】

計測装置100は、図1に示されるように、光軸AX1に直交するXY平面にほぼ平行な上面を有する定盤12と、定盤12上に配置され、ウエハWを保持して定盤12に対してX軸及びY軸方向に所定ストロークで可動し、かつZ軸、x、y及びz方向に微小移動（微小変位）が可能なウエハスライダ（以下、スライダと略記する）10と、スライダ10を駆動する駆動システム20（図1では不図示、図6参照）と、スライダ10の定盤12に対するX軸、Y軸、Z軸、x、y及びzの各方向（以下、6自由度方向と表記する）の位置情報を計測する第1位置計測システム30（図1では不図示、図3、図6参照）と、スライダ10に搭載された（保持された）ウエハW上のマークを検出するマーク検出系MDSを有する計測ユニット40と、マーク検出系MDS（計測ユニット40）と定盤12との相対的な位置情報を計測する第2位置計測システム50（図1では不図示、図6参照）と、駆動システム20によるスライダ10の駆動を制御しつつ、第1位置計測システム30による計測情報及び第2位置計測システム50による計測情報を取得し、マーク検出系MDSを用いてスライダ10に保持されたウエハW上の複数のマークの位置情報を求める制御装置60（図1では不図示、図6参照）と、を備えている。

10

【0019】

定盤12は、平面視矩形（又は正方形）の直方体部材から成り、その上面は平坦度が非常に高くなるように仕上げられて、スライダ10の移動の際のガイド面が形成されている。定盤12の素材としては、ゼロ膨張材料とも呼ばれる低熱膨張率の材料、例えばインバー型合金、極低膨張鋳鋼、あるいは極低膨張ガラスセラミックスなどが用いられている。

20

【0020】

定盤12には、-Y側の面のX軸方向の中央部に1箇所、+Y側の面のX軸方向の両端部に各1箇所、合計で3箇所に底部が開口した切り欠き状の空所12aが形成されている。図1では、その3箇所の空所12aのうち、-Y側の面に形成された空所12aが示されている。それぞれの空所12aの内部には、除振装置14が配置されている。定盤12は、床F上に設置された平面視矩形のベースフレーム16のXY平面に平行な上面上で3つの除振装置14によって、上面がXY平面にほぼ平行となるように3点支持されている。なお、除振装置14の数は、3つに限られない。

30

【0021】

スライダ10は、図3に示されるように、底面の四隅に空気静圧軸受（エアベアリング）18が各1つ、合計4つ、それぞれの軸受面が、スライダ10の下面とほぼ同一面となる状態で取付けられており、これら4つのエアベアリング18から定盤12に向けて噴出される加圧空気の軸受面と定盤12の上面（ガイド面）との間の静圧（隙間内圧力）によって、スライダ10が、定盤12の上面上で所定のクリアランス（空隙、ギャップ）、例えば数 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持されている。本実施形態では、スライダ10は、ゼロ膨張材料の一種であるゼロ膨張ガラス（例えば、ショット社のゼロデュアなど）がその素材として用いられている。

【0022】

スライダ10の上部には、ウエハWの直径より僅かに大きな内径の平面視円形の所定深さの凹部10aが形成され、凹部10aの内部にウエハWの直径とほぼ同じ直径のウエハホルダWHが配置されている。ウエハホルダWHとしては、バキュームチャック、静電チャック、あるいはメカニカルチャックなどを用いることができるが、一例として、ピンチャック方式のバキュームチャックが、用いられるものとする。ウエハWは、その上面が、スライダ10の上面とほぼ同一面となる状態で、ウエハホルダWHによって吸着保持されている。ウエハホルダWHには、複数の吸引口が形成されており、この複数の吸引口が不図示の真空配管系を介してバキュームポンプ11（図6参照）に接続されている。そして、バキュームポンプ11のオン・オフ等が、制御装置60によって制御される。なお、スライダ10とウエハホルダWHのいずれか一方、又は両方を「第1基板保持部材」と呼ん

40

50

でも良い。

【 0 0 2 3 】

また、スライダ 1 0 には、ウエハホルダ W H に形成された例えば 3 つの円形開口を介して上下動し、ウエハ搬送系 7 0 (図 1 では不図示、図 6 参照) と協働してウエハをウエハホルダ W H 上にロードするとともにウエハをウエハホルダ W H 上からアンロードする上下動部材 (不図示) が設けられている。上下動部材を駆動する駆動装置 1 3 が制御装置 6 0 によって制御される (図 6 参照) 。

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、ウエハホルダ W H として、一例として、直径 3 0 0 m m の 3 0 0 ミリウエハを吸着保持可能なサイズのものが用いられているものとする。なお、ウエハ搬送系 7 0 がウエハホルダ W H 上のウエハを、上方から非接触で吸引保持する非接触保持部材、例えばベルヌーイチャックなどを有している場合には、スライダ 1 0 に上下動部材を設ける必要はなく、ウエハホルダ W H に上下動部材のための円形開口を形成する必要もない。

【 0 0 2 5 】

図 2 (B) 及び図 3 に示されるように、スライダ 1 0 の下面のウエハ W よりも一回り大きい領域には、2 次元グレーティング (以下、単にグレーティングと呼ぶ) R G 1 が水平 (ウエハ W 表面と平行) に配置されている。グレーティング R G 1 は、X 軸方向を周期方向とする反射型の回折格子 (X 回折格子) と、Y 軸方向を周期方向とする反射型回折格子 (Y 回折格子) と、を含む。X 回折格子及び Y 回折格子の格子線のピッチは、例えば 1 μ m と設定されている。

【 0 0 2 6 】

除振装置 1 4 は、能動型振動分離システム (いわゆる A V I S (Active Vibration Isolation System)) であり、加速度計、変位センサ (例えば静電容量センサなど) 、及びアクチュエータ (例えばボイスコイルモータなど) 、並びにエアダンパとして機能するエアマウント等を備えている。除振装置 1 4 は、比較的高周波の振動を、エアマウント (エアダンパ) によって減衰させることができるとともに、アクチュエータにより除振 (制振) することができる。したがって、除振装置 1 4 は、定盤 1 2 とベースフレーム 1 6 との間で振動が伝達するのを回避することができる。なお、エアマウント (エアダンパ) に代えて、油圧式のダンパを用いても良い。

【 0 0 2 7 】

ここで、エアマウントに加えてアクチュエータを設けているのは、エアマウントの気体室内の気体の内圧は高いため、制御応答が 2 0 H z 程度しか確保できないので、高応答の制御が必要な場合には、不図示の加速度計などの出力に応じてアクチュエータを制御する必要があるからである。但し、床振動などの微振動は、エアマウントによって除振される。

【 0 0 2 8 】

除振装置 1 4 の上端面は、定盤 1 2 に接続されている。エアマウントには、不図示の気体供給口を介して気体 (例えば圧縮空気) を供給することが可能であり、エアマウントは、内部に充填された気体量 (圧縮空気の圧力変化) に応じて Z 軸方向に所定のストローク (例えば、1 m m 程度) で伸縮する。このため、3 つの除振装置 1 4 それぞれが有するエアマウントを用いて定盤 1 2 の 3 箇所を下方から個別に上下動させることにより、定盤 1 2 及びこの上に浮上支持されたスライダ 1 0 を、Z 軸方向、x 方向、及び y 方向それぞれの位置を任意に調整できるようになっている。また、除振装置 1 4 のアクチュエータは、定盤 1 2 を、Z 軸方向に駆動するのみならず、X 軸方向及び Y 軸方向にも駆動可能である。なお、X 軸方向及び Y 軸方向への駆動量は、Z 軸方向への駆動量に比べて小さい。3 つの除振装置 1 4 は、制御装置 6 0 に接続されている (図 6 参照) 。なお、3 つの除振装置 1 4 のそれぞれが、X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向に限らず、例えば 6 自由度方向に定盤 1 2 を移動できるアクチュエータを備えていても良い。制御装置 6 0 は、第 2 位置計測システム 5 0 によって計測されるマーク検出系 M D S (計測ユニット 4 0) と定盤 1 2 との相対的な位置情報に基づいて、後述する第 1 位置計測システム 3 0 のヘッド部 3 2 が固定される定盤 1 2 の 6 自由度方向の位置が、マーク検出系 M D S に対して所望の位置

10

20

30

40

50

関係を維持するように、3つの除振装置14のアクチュエータを常時リアルタイムで制御している。なお、3つの除振装置14の各々をフィード・フォワード制御しても良い。例えば、制御装置60は、第1位置計測システム30の計測情報に基づいて、3つの除振装置14の各々をフィード・フォワード制御するようにしても良い。なお、制御装置60による除振装置14の制御についてはさらに後述する。

【0029】

駆動システム20は、図6に示されるように、スライダ10をX軸方向に駆動する第1駆動装置20Aと、スライダ10を第1駆動装置20Aと一体でY軸方向に駆動する第2駆動装置20Bとを含む。

【0030】

図1及び図3からわかるように、スライダ10の-Y側の側面には、磁石ユニット(又はコイルユニット)から成り、側面視逆L字状の一对の可動子22aが、X軸方向に所定間隔で固定されている。スライダ10の+Y側の側面には、図3に示されるように、磁石ユニット(又はコイルユニット)から成る一对の可動子22b(ただし、+X側の可動子22bは不図示)が、X軸方向に所定間隔で固定されている。一对の可動子22aと一对の可動子22bとは、左右対称に配置されているが、互いに同様に構成されている。

【0031】

可動子22a、22bは、図1~図3に示されるように、平面視矩形棒状の可動ステージ24の一部を構成するY軸方向に所定距離離れて配置され、それぞれX軸方向に延びる一对の板部材24a、24bのXY平面に実質的に平行な上面上に非接触で支持されている。すなわち、可動子22a、22bの下面(板部材24a、24bにそれぞれ対向する面)には、エアベアリング(不図示)がそれぞれ設けられ、これらのエアベアリングが板部材24a、24bに対して発生する浮上力(加圧空気の静圧)により、可動子22a、22bは、可動ステージ24によって、下方から非接触で支持されている。なお、各一对の可動子22a、22bが固定されたスライダ10の自重は、前述したように、4つのエアベアリング18が定盤12に対して発生する浮上力によって支持されている。

【0032】

一对の板部材24a、24bそれぞれの上面上には、図1~図3に示されるように、コイルユニット(又は磁石ユニット)から成る固定子26a、26bが、X軸方向の両端部を除く領域に配置されている。

【0033】

一对の可動子22aと固定子26aとの間の電磁相互作用により、一对の可動子22aを、X軸方向に駆動する駆動力(電磁力)及びY軸方向に駆動する駆動力(電磁力)が発生し、一对の可動子22bと固定子26bとの間の電磁相互作用により、一对の可動子22bを、X軸方向に駆動する駆動力(電磁力)及びY軸方向に駆動する駆動力(電磁力)が発生する。すなわち、一对の可動子22aと固定子26aとによって、X軸方向及びY軸方向の駆動力を発生するXYリニアモータ28Aが構成され、一对の可動子22bと固定子26bとによって、X軸方向及びY軸方向の駆動力を発生するXYリニアモータ28Bが構成され、XYリニアモータ28AとXYリニアモータ28Bとによって、スライダ10を、X軸方向に所定ストロークで駆動するとともに、Y軸方向に微小駆動する第1駆動装置20Aが構成されている(図6参照)。第1駆動装置20Aは、XYリニアモータ28AとXYリニアモータ28Bとがそれぞれ発生するX軸方向の駆動力の大きさを異ならせることにより、スライダ10を、z方向に駆動することができる。第1駆動装置20Aは、制御装置60によって制御される(図6参照)。本実施形態では、後述する第2駆動装置とともに第1駆動装置20Aにより、スライダ10をY軸方向に駆動する粗微動駆動系を構成する関係から第1駆動装置20Aは、X軸方向の駆動力のみならず、Y軸方向の駆動力も発生するが、第1駆動装置20Aは、Y軸方向の駆動力を必ずしも発生する必要はない。

【0034】

可動ステージ24は、一对の板部材24a、24bと、X軸方向に所定距離離れて配置さ

10

20

30

40

50

れ、それぞれ Y 軸方向に延びる一对の連結部材 24c、24d と、を有している。連結部材 24c、24d の Y 軸方向の両端部には、段部がそれぞれ形成されている。そして、連結部材 24c、24d それぞれの - Y 側の段部の上に板部材 24a の長手方向の一端部と他端部が載置された状態で、連結部材 24c、24d と板部材 24a とが一体化されている。また、連結部材 24c、24d それぞれの + Y 側の段部の上に板部材 24b の長手方向の一端部と他端部が載置された状態で、連結部材 24c、24d と板部材 24b とが一体化されている（図 2（B）参照）。すなわち、このようにして、一对の板部材 24a、24b が一对の連結部材 24c、24d により連結され、矩形棒状の可動ステージ 24 が構成されている。

【0035】

図 1 及び図 2（A）に示されるように、ベースフレーム 16 上面の X 軸方向の両端部近傍には、Y 軸方向に延びる一对のリニアガイド 27a、27b が、固定されている。+ X 側に位置する一方のリニアガイド 27a の内部には、上面及び - X 側の面の近傍に Y 軸方向のほぼ全長に渡るコイルユニット（又は磁石ユニット）から成る Y 軸リニアモータ 29A の固定子 25a（図 2（B）参照）が収納されている。リニアガイド 27a の上面及び - X 側の面に対向して、断面 L 字状の磁石ユニット（又はコイルユニット）から成り、固定子 25a とともに、Y 軸リニアモータ 29A を構成する可動子 23a が配置されている。リニアガイド 27a の上面及び - X 側の面にそれぞれ対向する、可動子 23a の下面及び + X 側の面には、対向する面に対して加圧空気を噴出するエアベアリングがそれぞれ固定されている。そのうち、特に、可動子 23a の + X 側の面に固定されたエアベアリングとしては、真空予圧型のエアベアリングが用いられている。この真空予圧型のエアベアリングは、軸受面とリニアガイド 27a の - X 側の面との間の加圧空気の静圧と真空予圧力とのバランスにより、可動子 23a とリニアガイド 27a との間の X 軸方向のクリアランス（隙間、ギャップ）を一定の値に維持する。

【0036】

可動子 23a の上面上には、複数、例えば 2 つの直方体部材から成る X ガイド 19 が Y 軸方向に所定間隔を隔てて固定されている。2 つの X ガイド 19 のそれぞれには、X ガイド 19 とともに一軸ガイド装置を構成する断面逆 U 字状のスライド部材 21 が、非接触で係合している。スライド部材 21 の X ガイド 19 に対向する 3 つの面には、エアベアリングがそれぞれ設けられている。

【0037】

2 つのスライド部材 21 は、図 1 に示されるように、連結部材 24c の下面（- Z 側の面）にそれぞれ固定されている。

【0038】

- X 側に位置する他方のリニアガイド 27b は、内部にコイルユニット（又は磁石ユニット）から成る Y 軸リニアモータ 29B の固定子 25b を収納し、左右対称であるが、リニアガイド 27a と同様に構成されている（図 2（B）参照）。リニアガイド 27b の上面及び + X 側の面に対向して、左右対称であるが可動子 23a と同様の断面 L 字状の磁石ユニット（又はコイルユニット）から成り、固定子 25b とともに、Y 軸リニアモータ 29B を構成する可動子 23b が配置されている。リニアガイド 27b の上面及び + X 側の面にそれぞれ対向して、可動子 23b の下面及び - X 側の面には、エアベアリングがそれぞれ固定され、特に、可動子 23b の - X 側の面に固定されたエアベアリングとして、真空予圧型のエアベアリングが用いられている。この真空予圧型のエアベアリングによって、可動子 23b とリニアガイド 27b との間の X 軸方向のクリアランス（隙間、ギャップ）が一定の値に維持される。

【0039】

可動子 23b の上面と、連結部材 24d の底面との間には、前述と同様、X ガイド 19 と該 X ガイド 19 に非接触で係合するスライド部材 21 とによって構成される一軸ガイド装置が 2 つ設けられている。

【0040】

10

20

30

40

50

可動ステージ 24 は、+ X 側と - X 側の各 2 つ（合計 4 つ）の一軸ガイド装置を介して、可動子 23 a、23 b によって下方から支持され、可動子 23 a、23 b 上で X 軸方向に移動可能である。このため、前述した第 1 駆動装置 20 A により、スライダ 10 が X 軸方向に駆動された際に、その駆動力の反力が固定子 26 a、26 b が設けられた可動ステージ 24 に作用し、可動ステージ 24 はスライダ 10 とは反対方向に運動量保存則に従って移動する。すなわち、スライダ 10 に対する X 軸方向の駆動力の反力に起因する振動の発生が、可動ステージ 24 の移動によって防止（あるいは効果的に抑制）される。すなわち、可動ステージ 24 が、スライダ 10 の X 軸方向の移動に際し、カウンタマスとして機能する。ただし、可動ステージ 24 を、必ずしもカウンタマスとして機能させる必要はない。なお、スライダ 10 は、可動ステージ 24 に対して Y 軸方向に微小移動するのみなので特に設けていないが、可動ステージ 24 に対してスライダ 10 を Y 軸方向に駆動する駆動力に起因する振動の発生を防止（あるいは効果的に抑制）するためのカウンタマスを設けても良い。

10

【0041】

Y 軸リニアモータ 29 A は、可動子 23 a と固定子 25 a との間の電磁相互作用により可動子 23 a を Y 軸方向に駆動する駆動力（電磁力）を発生し、Y 軸リニアモータ 29 B は、可動子 23 b と固定子 25 b との間の電磁相互作用により可動子 23 b を Y 軸方向に駆動する駆動力（電磁力）を発生する。

【0042】

Y 軸リニアモータ 29 A、29 B が発生する Y 軸方向の駆動力は、+ X 側と - X 側の各 2 つの一軸ガイド装置を介して、可動ステージ 24 に作用する。これにより、可動ステージ 24 と一体的に、スライダ 10 が、Y 軸方向に駆動される。すなわち、本実施形態では、可動ステージ 24 と、4 つの一軸ガイド装置と、一对の Y 軸リニアモータ 29 A、29 B とによって、スライダ 10 を Y 軸方向に駆動する第 2 駆動装置 20 B（図 6 参照）が構成されている。

20

【0043】

本実施形態では、一对の Y 軸リニアモータ 29 A、29 B は、定盤 12 とは物理的に分離されているとともに、3 つの除振装置 14 によって振動的にも分離されている。なお、一对の Y 軸リニアモータ 29 A、29 B の固定子 25 a、25 b がそれぞれ設けられたリニアガイド 27 a、27 b を、ベースフレーム 16 に対して Y 軸方向に移動可能な構成にして、スライダ 10 の Y 軸方向の駆動時におけるカウンタマスとして機能させても良い。

30

【0044】

計測ユニット 40 は、図 1 に示されるように、- Y 側の面に底部が開口した切り欠き状の空所 42 a が形成されたユニット本体 42 と、その空所 42 a 内に基端部が挿入された状態でユニット本体 42 に接続された前述のマーク検出系 MDS と、マーク検出系 MDS の先端の鏡筒部 41 をユニット本体 42 に接続する接続機構 43 とを有している。

【0045】

接続機構 43 は、鏡筒部 41 を不図示の取付部材を介して背面側（+ Y 側）で支持する支持プレート 44 と、支持プレート 44 をそれぞれ的一端部で支持し他端部がユニット本体 42 の底面に固定された一对の支持アーム 45 a、45 b とを含む。

40

【0046】

本実施形態では、スライダ 10 上に保持されているウエハ上面には、感応剤（レジスト）が塗布されているのに対応して、マーク検出系 MDS として、レジストを感光させない波長の検出ビームを用いるものが用いられる。マーク検出系 MDS として、例えばウエハ上に塗布されているレジストを感光させないブロードバンドな検出光束を対象マークに照射し、その対象マークからの反射光により受光面に結像された対象マークの像と不図示の指標（内部に設けられた指標板上の指標パターン）の像とを撮像素子（CCD 等）を用いて撮像し、それらの撮像信号を出力する画像処理方式の FIA（Field Image Alignment）系が用いられている。マーク検出系 MDS からの撮像信号は、信号処理装置 49（図 1 では不図示、図 6 参照）を介して制御装置 60 に供給されるようになっている（図 6 参照）

50

。マーク検出系MDSは、光学系の焦点位置を調整するアライメントオートフォーカス機能を有している。

【0047】

鏡筒部41と支持プレート44との間に、図1に示されるように、概略二等辺三角形形状のヘッド取付部材51が配置されている。ヘッド取付部材51には、図1のY軸方向に貫通する開口部が形成され、この開口部内に挿入された取付部材（不図示）を介して、鏡筒部41が、支持プレート44に取付けられている（固定されている）。また、ヘッド取付部材51も、その裏面が支持プレート44に固定されている。このようにして、鏡筒部41（マーク検出系MDS）とヘッド取付部材51と支持プレート44とが、一对の支持アーム45a、45bを介してユニット本体42と一体化されている。

10

【0048】

ユニット本体42の内部には、マーク検出系MDSから検出信号として出力される撮像信号を処理して検出中心に対する対象マークの位置情報を算出し、制御装置60に出力する前述の信号処理装置49などが配置されている。ユニット本体42は、ベースフレーム16上に設置された-Y側から見て門型の支持フレーム46上に、複数、例えば3つの除振装置48を介して下方から3点支持されている。各除振装置48は、能動型振動分離システム（いわゆるAVIS(Active Vibration Isolation System)）であり、加速度計、変位センサ（例えば静電容量センサなど）、及びアクチュエータ（例えばボイスコイルモータなど）、並びにエアダンパ又は油圧式のダンパなどの機械式のダンパ等を備え、除振装置48は、比較的高周波の振動を、機械式のダンパによって減衰させることができるとともに、アクチュエータにより除振（制振）することができる。したがって、各除振装置48は、比較的高周波の振動が、支持フレーム46とユニット本体42との間で伝達するのを回避することができる。

20

【0049】

なお、マーク検出系MDSとしては、FIA系に限らず、例えばコヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）を干渉させて検出して検出信号を出力する回折光干渉型のアライメント検出系を、FIA系に代えて用いても良い。あるいは、回折光干渉型のアライメント系をFIA系とともに用い、2つの対象マークを同時に検出しても良い。さらに、マーク検出系MDSとして、スライダ10を所定方向に移動している間、対象マークに対して、計測光を所定方向に走査させるビームスキャン型のアライメント系を用いても良い。また、本実施形態では、マーク検出系MDSが、アライメントオートフォーカス機能を有しているものとしたが、これに代えて、あるいはこれに加えて、計測ユニット40が、焦点位置検出系、例えば米国特許第5,448,332号明細書等に関示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点焦点位置検出系を、備えていても良い。

30

【0050】

第1位置計測システム30は、図2(B)及び図3に示されるように、定盤12の上面に形成された凹部内に配置され、定盤12に固定されたヘッド部32を有する。ヘッド部32は、上面がスライダ10の下面（グレーティングRG1の形成面）に対向している。ヘッド部32の上面とスライダ10の下面との間に所定のクリアランス（隙間、ギャップ）、例えば数mm程度のクリアランスが形成されている。

40

【0051】

第1位置計測システム30は、図6に示されるように、エンコーダシステム33と、レーザ干渉計システム35とを備えている。エンコーダシステム33は、ヘッド部32からスライダ10の下面の計測部（グレーティングRG1の形成面）に複数のビームを照射するとともに、スライダ10の下面の計測部からの複数の戻りビーム（例えば、グレーティングRG1からの複数の回折ビーム）を受光して、スライダ10の位置情報を取得可能である。エンコーダシステム33は、スライダ10のX軸方向の位置を計測するXリニアエンコーダ33x、スライダ10のY軸方向の位置を計測する一对のYリニアエンコーダ33ya、33ybを含む。エンコーダシステム33では、例えば米国特許第7,238,9

50

31号明細書、及び米国特許出願公開第2007/288,121号明細書などに開示されるエンコーダヘッド（以下、適宜ヘッドと略述する）と同様の構成の回折干渉型のヘッドが用いられている。なお、ヘッドは、光源及び受光系（光検出器を含む）、並びに光学系を含むが、本実施形態では、これらのうち、少なくとも光学系がグレーティングRG1に対向してヘッド部32の筐体内部に配置されていれば良く、光源及び受光系の少なくとも一方は、ヘッド部32の筐体外部に配置されていても良い。

【0052】

図4(A)には、ヘッド部32が斜視図にて示されており、図4(B)には、ヘッド部32の上面を+Z方向から見た平面図が示されている。エンコーダシステム33は、スライダ10のX軸方向の位置を1つのXヘッド37xで計測し、Y軸方向の位置を一对のYヘッド37ya、37ybで計測する（図4(B)参照）。すなわち、グレーティングRG1のX回折格子を用いてスライダ10のX軸方向の位置を計測するXヘッド37xによって、前述のXリニアエンコーダ33xが構成され、グレーティングRG1のY回折格子を用いてスライダ10のY軸方向の位置を計測する一对のYヘッド37ya、37ybによって、一对のYリニアエンコーダ33ya、33ybが構成されている。

10

【0053】

図4(A)及び図4(B)に示されるように、Xヘッド37xは、ヘッド部32の中心を通るX軸に平行な直線LX上で、ヘッド部32の中心を通るY軸に平行な直線CLから等距離にある2点（図4(B)の白丸参照）から、計測ビームLBx1、LBx2（図4(A)中に実線で示されている）を、グレーティングRG1上の同一の照射点に照射する。計測ビームLBx1、LBx2の照射点、すなわちXヘッド37xの検出点（図4(B)中の符号DP参照）は、マーク検出系MDSの検出中心にX軸方向及びY軸方向の位置が一致している。

20

【0054】

ここで、計測ビームLBx1、LBx2は、光源からのビームが不図示の偏光ビームスプリッタによって偏光分離されたもので、計測ビームLBx1、LBx2がグレーティングRG1に照射されると、これらの計測ビームLBx1、LBx2のX回折格子で回折された所定次数、例えば1次回折ビーム（第1回折ビーム）が、それぞれ、不図示のレンズ、四分の一波長板を介して反射ミラーで折り返され、四分の一波長板を2回通過することで偏光方向が90度回転され、元の光路を通過して偏光ビームスプリッタに再度入射し、同軸に合成された後、計測ビームLBx1、LBx2の1次回折ビーム同士の干渉光が、不図示の光検出器によって受光されることで、スライダ10のX軸方向の位置が計測される。

30

【0055】

図4(B)に示されるように、一对のYヘッド37ya、37ybそれぞれは、直線CLの+X側、-X側に配置されている。Yヘッド37yaは、図4(A)及び図4(B)に示されるように、直線LYa上で直線LXからの距離が等しい2点（図4(B)の白丸参照）から、グレーティングRG1上の共通の照射点に図4(A)においてそれぞれ破線で示される計測ビームLBya1、LBya2を照射する。計測ビームLBya1、LBya2の照射点、すなわちYヘッド37yaの検出点が、図4(B)に符号DPyaで示されている。

40

【0056】

Yヘッド37ybは、直線CLに関して、Yヘッド37yaの計測ビームLBya1、LBya2の射出点に対称な2点（図4(B)の白丸参照）から、計測ビームLByb1、LByb2を、グレーティングRG1上の共通の照射点DPybに照射する。図4(B)に示されるように、Yヘッド37ya、37ybそれぞれの検出点DPya、DPybは、X軸に平行な直線LX上に配置される。

【0057】

計測ビームLBya1、LBya2も、同一のビームが偏光ビームスプリッタによって偏光分離されたもので、これらの計測ビームLBya1、LBya2のY回折格子による所定次数、例えば1次回折ビーム（第2回折ビーム）同士の干渉光が、上述と同様にして、

50

不図示の光検出器で光電検出されることで、スライダ10のY軸方向の位置が計測される。計測ビーム $LB y b_1$ 、 $LB y b_2$ についても、計測ビーム $LB y a_1$ 、 $LB y a_2$ と同様に、1次回折ビーム（第2回折ビーム）同士の干渉光が、不図示の光検出器で光電検出されることで、スライダ10のY軸方向の位置が計測される。

【0058】

ここで、制御装置60は、スライダ10のY軸方向の位置を、2つのYヘッド $37 y a$ 、 $37 y b$ の計測値の平均に基づいて決定する。したがって、本実施形態では、スライダ10のY軸方向の位置は、検出点 $DP y a$ 、 $DP y b$ の中点 DP を実質的な計測点として計測される。中点 DP は、計測ビーム $LB x_1$ 、 $LB x_2$ のグレーティング $RG 1$ 上の照射点と一致する。

10

【0059】

すなわち、本実施形態では、スライダ10のX軸方向及びY軸方向の位置情報の計測に関して、共通の検出点を有し、この検出点は、マーク検出系 MDS の検出中心に XY 平面内の位置が一致するように、制御装置60によって、第2位置計測システム50によって計測されるマーク検出系 MDS （計測ユニット40）と定盤12との相対的な位置情報に基づいて、3つの除振装置14のアクチュエータが常時リアルタイムで制御される。したがって、本実施形態では、制御装置60は、エンコーダシステム33を用いることで、スライダ10上に載置されたウエハ W 上のアライメントマークを計測する際、スライダ10の XY 平面内の位置情報の計測を、常にマーク検出系 MDS の検出中心の直下（スライダ10の裏面側）で行うことができる。また、制御装置60は、一对のYヘッド $37 y a$ 、 $37 y b$ の計測値の差に基づいて、スライダ10の z 方向の回転量を計測する。

20

【0060】

レーザ干渉計35は、スライダ10の下面の計測部（グレーティング $RG 1$ の形成された面）に測長ビームを入射させるとともに、その戻りビーム（例えば、グレーティング $RG 1$ の形成された面からの反射光）を受光して、スライダ10の位置情報を取得可能である。レーザ干渉計システム35は、図4（A）に示されるように、4本の測長ビーム $LB z_1$ 、 $LB z_2$ 、 $LB z_3$ 、 $LB z_4$ を、スライダ10の下面（グレーティング $RG 1$ の形成された面）に入射させる。レーザ干渉計システム35は、これら4本の測長ビーム $LB z_1$ 、 $LB z_2$ 、 $LB z_3$ 、 $LB z_4$ それぞれを照射するレーザ干渉計35a～35d（図6参照）を備えている。本実施形態では、レーザ干渉計35a～35dにより、4つのZヘッドが構成されている。

30

【0061】

レーザ干渉計システム35では、図4（A）及び図4（B）に示されるように、4本の測長ビーム $LB z_1$ 、 $LB z_2$ 、 $LB z_3$ 、 $LB z_4$ が、検出点 DP を中心とし、X軸に平行な2辺とY軸に平行な2辺とを有する正方形の各頂点に相当する4点からZ軸に平行に射出される。この場合、測長ビーム $LB z_1$ 、 $LB z_4$ の射出点（照射点）は直線 $LY a$ 上で直線 LX から等距離にあり、残りの測長ビーム $LB z_2$ 、 $LB z_3$ の射出点（照射点）は、直線 $LY b$ 上で直線 LX から等距離にある。本実施形態では、グレーティング $RG 1$ の形成された面は、レーザ干渉計システム35からの各測長ビームの反射面をも兼ねる。制御装置60は、レーザ干渉計システム35を用いて、スライダ10のZ軸方向の位置、 x 方向及び y 方向の回転量の情報を計測する。なお、上述した説明から明らかなように、スライダ10は、Z軸、 x 及び y の各方向に関しては、定盤12に対して前述した駆動システム20によって積極的に駆動されることはないが、底面の4隅に配置された4つのエアベアリング18によって定盤12上に浮上指示されているため、実際には、スライダ10は、Z軸、 x 及び y の各方向に関して定盤12上でその位置が変化する。すなわち、スライダ10は、実際には、Z軸、 x 及び y の各方向に関して定盤12に対して可動である。特に、スライダ10の x 及び y の各方向の変位は、エンコーダシステム33の計測誤差（アップ誤差）を生じさせる。かかる点を考慮して、第1位置計測システム30（レーザ干渉計システム35）により、スライダ10のZ軸、 x 及び y の各方向の位置情報を計測することとしている。

40

50

【 0 0 6 2 】

なお、スライダ 1 0 の Z 軸方向の位置、 x 方向及び y 方向の回転量の情報の計測のためには、グレーティング R G 1 の形成された面上の異なる 3 点にビームを入射させることができれば足りるので、Z ヘッド、例えばレーザ干渉計は、3 つあれば良い。なお、スライダ 1 0 の下面にグレーティング R G 1 を保護するための保護ガラスを設け、保護ガラスの表面にエンコーダシステム 3 3 からの各計測ビームを透過させ、レーザ干渉計システム 3 5 からの各測長ビームの透過を阻止する、波長選択フィルタを設けても良い。

【 0 0 6 3 】

以上の説明からわかるように、制御装置 6 0 は、第 1 位置計測システム 3 0 のエンコーダシステム 3 3 及びレーザ干渉計システム 3 5 を用いることで、スライダ 1 0 の 6 自由度方向の位置を計測することができる。この場合、エンコーダシステム 3 3 では、計測ビームの空気中での光路長が極短くかつほぼ等しいため、空気揺らぎの影響が殆ど無視できる。したがって、エンコーダシステム 3 3 により、スライダ 1 0 の X Y 平面内 (z 方向も含む) の位置情報を高精度に計測できる。また、エンコーダシステム 3 3 による X 軸方向、及び Y 軸方向の実質的なグレーティング R G 1 上の検出点、及びレーザ干渉計システム 3 5 による Z 軸方向のスライダ 1 0 下面上の検出点は、それぞれマーク検出系 M D S の検出中心に X Y 平面内で一致するので、検出点とマーク検出系 M D S の検出中心との X Y 平面内のずれに起因するいわゆるアッペ誤差の発生が実質的に無視できる程度に抑制される。したがって、制御装置 6 0 は、第 1 位置計測システム 3 0 を用いることで、検出点とマーク検出系 M D S の検出中心との X Y 平面内のずれに起因するアッペ誤差なく、スライダ 1 0 の X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の位置を高精度に計測できる。

【 0 0 6 4 】

しかし、マーク検出系 M D S の光軸 A X 1 に平行な Z 軸方向に関しては、ウエハ W の表面の位置で、エンコーダシステム 3 3 によってスライダ 1 0 の X Y 平面内の位置情報を計測しているわけではない、すなわちグレーティング R G 1 の配置面とウエハ W の表面との Z 位置が一致しているわけではない。したがって、グレーティング R G 1 (すなわち、スライダ 1 0) が X Y 平面に対して傾斜している場合、エンコーダシステム 3 3 の各エンコーダの計測値に基づいて、スライダ 1 0 を位置決めすると、結果的に、グレーティング R G 1 の配置面とウエハ W の表面との Z 位置の差 Z (すなわちエンコーダシステム 3 3 による検出点とマーク検出系 M D S による検出中心 (検出点) との Z 軸方向の位置ずれ) に起因して、グレーティング R G 1 の X Y 平面に対する傾斜に応じた位置決め誤差 (一種のアッペ誤差) が生じてしまう。しかるに、この位置決め誤差 (位置制御誤差) は、差 Z と、ピッチング量 x 、ローリング量 y とを用いて、簡単な演算で求めることができ、これをオフセットとし、そのオフセット分だけエンコーダシステム 3 3 (の各エンコーダ) の計測値を補正した補正後の位置情報に基づいて、スライダ 1 0 を位置決めすることで、上記の一種のアッペ誤差の影響を受けることがなくなる。あるいは、エンコーダシステム 3 3 (の各エンコーダ) の計測値を補正する代わりに、上記のオフセットに基づいて、スライダ 1 0 を位置決めすべき目標位置などのスライダを動かすための 1 つ、又は複数の情報を補正しても良い。

【 0 0 6 5 】

なお、グレーティング R G 1 (すなわち、スライダ 1 0) が X Y 平面に対して傾斜している場合、その傾斜に起因する位置決め誤差が生じないように、ヘッド部 3 2 を動かしても良い。すなわち、第 1 位置計測システム 3 0 (例えば、干渉計システム 3 5) によりグレーティング R G 1 (すなわち、スライダ 1 0) が X Y 平面に対して傾斜していることが計測された場合には、第 1 位置計測システム 3 0 を用いて取得される位置情報に基づいて、ヘッド部 3 2 を保持している定盤 1 2 を動かしても良い。定盤 1 2 は、上述したように、除振装置 1 4 を用いて移動することができる。

【 0 0 6 6 】

また、グレーティング R G 1 (すなわち、スライダ 1 0) が X Y 平面に対して傾斜している場合、その傾斜に起因する位置決め誤差に基づき、マーク検出系 M D S を用いて取得さ

れるマークの位置情報を補正しても良い。

【0067】

第2位置計測システム50は、図1、図2(A)及び図2(B)に示されるように、前述のヘッド取付部材51の長手方向の一端部と他端部の下面にそれぞれ設けられた一対のヘッド部52A、52Bと、ヘッド部52A、52Bに対向して配置されたスケール部材54A、54Bとを有する。スケール部材54A、54Bの上面は、ウエハホルダWHに保持されたウエハWの表面と同一高さとされている。スケール部材54A、54Bそれぞれの上面上には、反射型の2次元グレーティングRG2a、RG2bが形成されている。2次元グレーティング(以下、グレーティングと略記する)RG2a、RG2bは、ともに、X軸方向を周期方向とする反射型回折格子(X回折格子)と、Y軸方向を周期方向とする反射型回折格子(Y回折格子)と、を含む。X回折格子及びY回折格子の格子線のピッチは、例えば1 μ mと設定されている。

10

【0068】

スケール部材54A、54Bは、熱膨張率が低い材料、例えば前述したゼロ膨張材料から成り、図2(A)及び図2(B)に示されるように、支持部材56をそれぞれ介して定盤12上に固定されている。本実施形態では、グレーティングRG2a、RG2bと、ヘッド部52A、52Bとが、数mm程度のギャップを隔てて対向するように、スケール部材54A、54B及び支持部材56の寸法が定められている。

【0069】

図5に示されるように、ヘッド取付部材51の+X側の端部の下面に固定された一方のヘッド部52Aは、同一の筐体の内部に収容された、X軸及びZ軸方向を計測方向とするXZヘッド58X₁と、Y軸及びZ軸方向を計測方向とするYZヘッド58Y₁とを含む。XZヘッド58X₁(より正確には、XZヘッド58X₁が発する計測ビームのグレーティングRG2a上の照射点)と、YZヘッド58Y₁(より正確には、YZヘッド58Y₁が発する計測ビームの2次元グレーティングRG2a上の照射点)とは、同一のY軸に平行な直線上に配置されている。

20

【0070】

他方のヘッド部52Bは、マーク検出系MDSの光軸AX₁を通るY軸に平行な直線(以下、基準軸と呼ぶ)LVに関してヘッド部52Aと対称に配置されているが、ヘッド部52Aと同様に構成されている。すなわち、ヘッド部52Bは、基準軸LVに関してXZヘッド58X₁、YZヘッド58Y₁と対称に配置されたXZヘッド58X₂、YZヘッド58Y₂とを有し、XZヘッド58X₂、YZヘッド58Y₂のそれぞれからグレーティングRG2b上に照射される計測ビームの照射点は、同一のY軸に平行な直線上に設定される。ここで、基準軸LVは、前述した直線CLに一致する。

30

【0071】

XZヘッド58X₁及び58X₂、並びにYZヘッド58Y₁及び58Y₂のそれぞれとしては、例えば米国特許第7,561,280号明細書に開示される変位計測センサヘッドと同様の構成のエンコーダヘッドを用いることができる。

【0072】

ヘッド部52A、52Bは、それぞれスケール部材54A、54Bを用いて、グレーティングRG2a、RG2bのX軸方向の位置(X位置)及びZ軸方向の位置(Z位置)を計測するXZリニアエンコーダ、及びY軸方向の位置(Y位置)及びZ位置を計測するYZリニアエンコーダを構成する。ここで、グレーティングRG2a、RG2bは、定盤12上に支持部材56をそれぞれ介して固定されたスケール部材54A、54Bの上面に形成されており、ヘッド部52A、52Bは、マーク検出系MDSと一体のヘッド取付部材51に設けられている。この結果、ヘッド部52A、52Bは、マーク検出系MDSに対する定盤12の位置(マーク検出系MDSと定盤12との位置関係)を計測する。以下では、便宜上、XZリニアエンコーダ、YZリニアエンコーダを、XZヘッド58X₁、58X₂、YZヘッド58Y₁、58Y₂とそれぞれ同一の符号を用いて、XZリニアエンコーダ58X₁、58X₂、及びYZリニアエンコーダ58Y₁、58Y₂と表記する(図6参

40

50

照)。

【0073】

本実施形態では、XZリニアエンコーダ58X₁とYZリニアエンコーダ58Y₁とによって、定盤12のマーク検出系MDSに対するX軸、Y軸、Z軸、及びxの各方向に関する位置情報を計測する4軸エンコーダ58₁が構成される(図6参照)。同様に、XZリニアエンコーダ58X₂とYZリニアエンコーダ58Y₂とによって、定盤12のマーク検出系MDSに対するX軸、Y軸、Z軸、及びxの各方向に関する位置情報を計測する4軸エンコーダ58₂が構成される(図6参照)。この場合、4軸エンコーダ58₁、58₂でそれぞれ計測される定盤12のマーク検出系MDSに対するZ軸方向に関する位置情報に基づいて、定盤12のマーク検出系MDSに対するy方向に関する位置情報が求められ(計測され)、4軸エンコーダ58₁、58₂でそれぞれ計測される定盤12のマーク検出系MDSに対するY軸方向に関する位置情報に基づいて、定盤12のマーク検出系MDSに対するz方向に関する位置情報が求められる(計測される)。

10

【0074】

したがって、4軸エンコーダ58₁と4軸エンコーダ58₂とによって、定盤12のマーク検出系MDSに対する6自由度方向の位置情報、すなわちマーク検出系MDSと定盤12との6自由度方向に関する相対位置の情報を計測する第2位置計測システム50が構成される。第2位置計測システム50によって計測されるマーク検出系MDSと定盤12との6自由度方向に関する相対位置の情報は、制御装置60に常時供給されており、制御装置60は、この相対位置の情報に基づいて、第1位置計測システム30の検出点が、マーク検出系MDSの検出中心に対して、所望の位置関係になるように、具体的には、第1位置計測システム30の検出点が、マーク検出系MDSの検出中心とXY平面内の位置が例えばnmレベルで一致し、かつスライダ10上のウエハWの表面がマーク検出系MDSの検出位置に一致するように、3つの除振装置14のアクチュエータをリアルタイムで制御している。このとき、例えば基準軸LVに、前述した直線CLが一致する。なお、第1位置計測システム30の検出点が、マーク検出系MDSの検出中心に対して、所望の位置関係になるように制御可能であれば、第2位置計測システム50は、6自由度のすべての方向で相対位置の情報を計測できなくとも良い。

20

【0075】

図6には、本実施形態に係る計測装置100の制御系を中心的に構成する制御装置60の入出力関係を示すブロック図が示されている。制御装置60は、ワークステーション(又はマイクロコンピュータ)等を含み、計測装置100の構成各部を統括制御する。図6に示されるように、計測装置100は、図1に示される構成部分とともにチャンバ内に配置されたウエハ搬送系70を備えている。ウエハ搬送系70は、例えば水平多関節型ロボットから成る。

30

【0076】

次に、上述のようにして構成された本実施形態に係る計測装置100において、1ロットのウエハを処理する際の一連の動作について、制御装置60の処理アルゴリズムに対応する図7のフローチャートに基づいて説明する。

【0077】

前提として、計測装置100の計測対象であるウエハWは300ミリウエハであり、ウエハW上には、前層以前の露光により、複数、例えばI個(一例としてI=98)のショット領域と呼ばれる区画領域(以下、ショットと呼ぶ)がマトリクス状の配置で形成され、各ショットを取り囲むストリートライン又は各ショット内部のストリートライン(1ショット複数チップ取りの場合)の上には、複数種類のマーク、例えばサーチアライメント用のサーチアライメントマーク(サーチマーク)、ファインアライメント用のウエハアライメントマーク(ウエハマーク)などが設けられているものとする。この複数種類のマークは区画領域とともに形成される。本実施形態では、サーチマーク及びウエハマークとして、2次元マークが用いられるものとする。

40

【0078】

50

また、計測装置100は、マーク検出系MDSによるマーク検出条件が互いに異なる複数の計測モードを設定可能であるものとする。複数の計測モードとして、一例として、全ウエハに対し全ショットについて各1つのウエハマークを検出するAモード、及びロット内の最初の所定枚数のウエハについては全てのショットについて複数のウエハマークを検出し、そのウエハマークの検出結果に応じて、ロット内の残りのウエハについて、ショット毎に検出対象となるウエハマーク決定し、その決定したウエハマークを検出するBモードと、を設定可能であるものとする。

【0079】

また、計測装置100のオペレータにより、予めウエハWに対するアライメント計測に必要な情報が不図示の入力装置を介して入力され、制御装置60のメモリ内に記憶されているものとする。ここで、アライメント計測に必要な情報としては、ウエハWの厚さ情報、ウエハホルダWHのフラットネス情報、ウエハW上のショット領域及びアライメントマークの配置の設計情報などの各種情報が含まれる。なお、計測モードの設定情報は、例えば、オペレータにより、不図示の入力装置を介して予め入力されているものとする。

10

【0080】

図7のフローチャートに対応する処理アルゴリズムがスタートするのは、例えばオペレータによって計測開始が指示されたときである。このとき、1ロットのウエハは、所定位置にあるウエハキャリア内に収納されているものとする。これに限らず、例えば計測装置100がインラインにて基板処理装置（例えばコータ・デベロッパ等）に接続されている場合などには、その基板処理装置の制御系から1ロットのウエハの搬送開始の許可要求があり、その要求に対して応答し、1枚目のウエハが所定の受け渡し位置に搬入されたときに、スタートすることとしても良い。なお、インラインにて接続されるとは、ウエハ（基板）の搬送経路がつながっている状態で、異なる装置同士が接続されることを意味し、本明細書では、かかる意味で、「インラインにて接続」あるいは「インライン接続」なる用語を用いる。

20

【0081】

まず、ステップS102でロット内のウエハの番号を示すカウンタのカウント値*i*を1に初期化する（*i* = 1）。

【0082】

次のステップS104で、ウエハWを、スライダ10上にロードする。このウエハWのロードは、制御装置60の管理の下、ウエハ搬送系70とスライダ10上の上下動部材とによって行われる。具体的には、ウエハ搬送系70によりウエハWがウエハキャリア（又は受け渡し位置）からローディングポジションにあるスライダ10の上方に搬送され、駆動装置13により上下動部材が所定量上昇駆動されることで、ウエハWが上下動部材に渡される。そして、ウエハ搬送系70がスライダ10の上方から退避した後、駆動装置13により上下動部材が下降駆動されることで、ウエハWがスライダ10上のウエハホルダWH上に載置される。そして、パキュームポンプ11がオンにされ、スライダ10上にロードされたウエハWがウエハホルダWHで真空吸着される。なお、計測装置100がインラインにて基板処理装置に接続されている場合には、基板処理装置側のウエハ搬送系から順次ウエハが搬入され、受け渡し位置に載置される。

30

40

【0083】

次のステップS106では、ウエハWのZ軸方向の位置（Z位置）を調整する。このZ位置の調整に先立って、制御装置60により、第2位置計測システム50によって計測されるマーク検出系MDSと定盤12とのZ軸方向、*y*方向、*x*方向に関する相対的な位置情報に基づいて、3つの除振装置14のエアマウントの内圧（除振装置14が発生するZ軸方向の駆動力）が制御され、定盤12は、その上面が、XY平面に平行になり、Z位置が所定の基準位置となるように設定されている。ウエハWは厚さが一様であると考えられる。したがって、ステップS106では、制御装置60は、メモリ内のウエハWの厚さ情報に基づいて、マーク検出系MDSによるオートフォーカス機能により光学系の焦点位置を調整可能な範囲にウエハW表面が設定されるように、3つの除振装置14が発生する

50

Z軸方向の駆動力、例えばエアマウントの内圧（圧縮空気の量）を調整して、定盤12をZ軸方向に駆動し、ウエハW表面のZ位置を調整する。なお、計測ユニット40が焦点位置検出系を備えている場合には、制御装置60は、焦点位置検出系の検出結果（出力）に基づいてウエハ表面のZ位置調整を行うこととしても良い。例えば、マーク検出系MDSが、先端部の光学素子（対物光学素子）を介してウエハW表面のZ軸方向の位置を検出する焦点位置検出系を備えていても良い。また、焦点位置検出系の検出結果に基づくウエハWの表面のZ位置の調整は、除振装置14を使って定盤12を動かして、定盤12とともにスライダ10を動かすことによって行なうことができる。なお、スライダ10を、XY平面内の方向のみならず、Z軸方向、x方向及びy方向にも駆動可能な構成の駆動システム20を採用し、その駆動システム20を使ってスライダ10を動かしても良い。なお、ウエハ表面のZ位置調整は、ウエハ表面の傾斜調整を含んでいても良い。ウエハ表面の傾斜を調整するために駆動システム20を用いることによって、グレーティングRG1の配置面とウエハWの表面とのZ位置の差Zに起因する誤差（一種のアッペ誤差）が生じる可能性がある場合には、上述したような対策の少なくとも1つを実行すれば良い。

【0084】

次のステップS108では、ウエハWのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、ウエハW中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチマークをマーク検出系MDSを用いて検出する。制御装置60は、駆動システム20によるスライダ10の駆動を制御して、それぞれのサーチマークをマーク検出系MDSの検出領域（検出視野）内に位置決めしつつ、第1位置計測システム30による計測情報及び第2位置計測システム50による計測情報を取得し、マーク検出系MDSを用いてウエハWに形成されたサーチマークを検出した時の検出信号と、第1位置計測システム30による計測情報（及び第2位置計測システム50による計測情報）とに基づいて、各サーチマークの位置情報を求める。

【0085】

より具体的には、制御装置60は、信号処理装置49から出力されるマーク検出系MDSの検出結果（検出信号から求まるマーク検出系MDSの検出中心（指標中心）と各サーチマークとの相対位置関係）と、各サーチマーク検出時の第1位置計測システム30の計測値及び第2位置計測システム50の計測値とに基づいて、2つのサーチマークの基準座標系上の位置座標を求める。ここで、基準座標系は、第1位置計測システム30の測長軸によって規定される直交座標系である。

【0086】

しかる後、2つのサーチマークの位置座標からウエハWの残留回転誤差を算出し、この回転誤差がほぼ零となるようにスライダ10を微小回転させる。これにより、ウエハWのサーチアライメントが終了する。なお、ウエハWは、実際にはプリアライメントが行われた状態でスライダ10上にロードされるので、ウエハWの中心位置ずれは無視できるほど小さく、残留回転誤差は非常に小さい。

【0087】

次のステップS110では、設定された計測モードがAモードであるか否かを判断する。そして、このステップS110における判断が肯定された場合、すなわちAモードが設定されている場合には、ステップS112に進む。

【0088】

ステップS112では、全ウエハに対するアライメント計測（全ショット1点計測、言い換えれば、全ショットEGA計測）、すなわち98個のショットのそれぞれについて、1つのウエハマークを計測する。具体的には、制御装置60は、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様にして、ウエハW上のウエハマークの基準座標系上における位置座標、すなわち、ショットの位置座標を求める。ただし、この場合、サーチアライメント時とは異なり、ショットの位置座標の算出に際しては、第2位置計測システム50の計測情報を、必ず用いる。その理由は、前述したように、制御装置60により、第2位置計測システム50の計測情報に基づいて、第1位置計測システム

10

20

30

40

50

30の検出点が、マーク検出系MDSの検出中心とXY平面内の位置が例えばnmレベルで一致し、かつスライダ10上のウエハWの表面がマーク検出系MDSの検出位置に一致するように、3つの除振装置14のアクチュエータがリアルタイムで制御されている。しかし、ウエハマークの検出時において、第1位置計測システム30の検出点が、マーク検出系MDSの検出中心とXY平面内の位置が例えばnmレベルで一致している補償はないので、両者の位置ずれ量をオフセットとして考慮して、ショットの位置座標を算出する必要があるからである。例えば、上記オフセットを用いて、マーク検出系MDSの検出結果又は第1位置計測システム30の計測値を補正することで、算出されるウエハW上のウエハマークの基準座標系上における位置座標を補正することができる。

【0089】

ここで、この全ショット1点計測に際して、制御装置60は、スライダ10(ウエハW)を、駆動システム20を介してX軸方向及びY軸方向の少なくとも一方の方向に移動してウエハマークを、マーク検出系MDSの検出領域内に位置決めする。すなわち、ステップ・アンド・リピート方式でスライダ10をXY平面内でマーク検出系MDSに対して移動して、全ショット1点計測が行われる。

【0090】

なお、計測ユニット40が焦点位置検出系を備えている場合には、ステップS106での説明と同様に、制御装置60は、焦点位置検出系の検出結果(出力)に基づいてウエハ表面のZ位置の調整を行っても良い。

【0091】

ステップS112の全ウエハに対するアライメント計測(全ショット1点計測)に際して、スライダ10がXY平面内で移動されると、その移動に伴い、定盤12に偏荷重が作用するが、本実施形態では、制御装置60が、第1位置計測システム30の計測情報に含まれるスライダのX、Y座標位置に応じて、偏荷重の影響が相殺されるように3つの除振装置14を個別にフィード・フォワード制御し、それぞれの除振装置14が発生するZ軸方向の駆動力を個別に制御する。なお、制御装置60は、第1位置計測システム30の計測情報を用いることなく、スライダ10の既知の移動経路の情報に基づいて、定盤12に作用する偏荷重を予測し、偏荷重の影響が相殺されるように3つの除振装置14を個別にフィード・フォワード制御しても良い。また、本実施形態では、ウエハホルダWHのウエハ保持面(ピンチャックの多数のピンの上端面で規定される面)の凹凸の情報(以下、ホルダフラットネス情報と呼ばれる)は、予め実験等で求められているので、アライメント計測(例えば全ショット1点計測)に際して、スライダ10を移動する際に、制御装置60は、そのホルダフラットネス情報に基づいて、ウエハW表面の計測対象のウエハマークを含む領域が、マーク検出系MDSの光学系の焦点深度の範囲内に迅速に位置するように、3つの除振装置14をフィード・フォワード制御することで、定盤12のZ位置を微調整する。なお、上述の定盤12に作用する偏荷重の影響を相殺するためのフィード・フォワード制御及びホルダフラットネス情報に基づくフィード・フォワード制御のいずれか一方、または両方は実行しなくても良い。

【0092】

なお、マーク検出系MDSの倍率の調整が可能である場合には、サーチアライメントに際しては、低倍率に設定し、アライメント計測に際しては、高倍率に設定することにしても良い。また、スライダ10上にロードされたウエハWの中心位置ずれ、および残留回転誤差が無視できるほど小さい場合には、ステップS108を省いても良い。

【0093】

ステップS112における全ショット1点計測において、後述するEGA演算で用いられる、基準座標系におけるサンプルショット領域(サンプルショット)の位置座標の実測値が検出されることとなる。サンプルショットとは、ウエハW上の全てのショットのうち、後述するEGA演算で用いられるものとして、予め定められた特定の複数(少なくとも3つ)のショットを指す。なお、全ショット1点計測では、ウエハW上の全ショットがサンプルショットとなる。ステップS112の後、ステップS124に進む。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

この一方、ステップ S 1 1 0 における判断が否定された場合、すなわち B モードが設定されている場合には、ステップ S 1 1 4 に移行し、カウント値 i が所定数 K (K は、 $1 < K < I$ を満足する自然数で、予め定められた数、例えば 4 である) より小さいか否かを判断する。なお、カウント値 i は、後述するステップ S 1 2 8 でインクリメントされる。そして、このステップ S 1 1 4 における判断が肯定された場合には、ステップ S 1 2 0 に移行し、全ショット多点計測を行う。ここで、全ショット多点計測とは、ウエハ W 上の全てのショットについて、それぞれ複数のウエハマークを計測することを意味する。計測対象となる複数のウエハマークは、予め定められている。例えば、ショットの形状 (理想格子からの形状誤差) を統計演算により求めることができる配置の複数のウエハマークを計測対象としても良い。計測の手順は、計測対象のマークの数が異なる点を除いて、ステップ S 1 1 2 における全ショット 1 点計測の場合と同様であるので、詳細説明は省略する。ステップ S 1 2 0 の後、ステップ S 1 2 4 に移行する。

10

【 0 0 9 5 】

一方、ステップ S 1 1 4 における判断が否定された場合には、ステップ S 1 1 6 に移行し、カウント値 i が $K + 1$ より小さいか否かを判断する。ここで、このステップ S 1 1 6 における判断が肯定されるのは、カウント値 i が $i = K$ かつ $i < k + 1$ の場合であるから、 $i = K$ の場合となる。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 1 1 6 の判断が肯定された場合には、ステップ S 1 1 8 に進み、それまでに計測が行われた $K - 1$ 枚 (例えば $K = 4$ の場合は 3 枚) のウエハ W に対するウエハマークの検出結果に基づいて、ショット毎に計測対象とすべきウエハマークを決定する。具体的には、ショット毎に、1 つのウエハマークの検出で十分か、複数のウエハマークを検出すべきかを決定する。後者の場合、どのウエハマークを検出対象とするかも決定する。例えば、ショット毎に複数のウエハマークそれぞれの実測位置と設計位置との差 (絶対値) を求め、その差の最大値と最小値との差が、ある閾値を超えるか否かで、ショット毎に、複数のウエハマークを検出すべきか、1 つのウエハマークの検出で十分か、を決定する。前者の場合、例えば実測位置と設計位置との差 (絶対値) が最大となるウエハマークと最小となるウエハマークが含まれるように、検出すべきウエハマークが決定される。ステップ S 1 1 8 の後、ステップ S 1 2 2 に進む。

20

30

【 0 0 9 7 】

一方、ステップ S 1 1 6 における判断が否定された場合には、ステップ S 1 2 2 に移行する。ここで、ステップ S 1 1 6 における判断が否定されるのは、カウント値 i が、 $K + 1 < i$ を満たす場合であり、必ず、その前に、カウント値 $i = K$ となってステップ S 1 1 8 でショット毎に計測対象とすべきウエハマークが決定されている。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 1 2 2 では、ステップ S 1 1 8 でショット毎に決定された計測対象とすべきウエハマークを計測する。計測の手順は、計測対象のマークの数が異なる点を除いて、ステップ S 1 1 2 における全ショット 1 点計測の場合と同様であるので、詳細説明は省略する。ステップ S 1 2 2 の後、ステップ S 1 2 4 に移行する。

40

【 0 0 9 9 】

これまでの説明からわかるように、B モードの場合、ロット内の第 1 枚目から第 $K - 1$ 枚目 (例えば第 3 枚目) までのウエハに対しては、全ショット多点計測が行われ、 K 枚目 (例えば第 4 枚目) から第 I 枚目 (例えば第 2 5 枚目) までのウエハに対しては、最初の $K - 1$ 枚 (例えば 3 枚) のウエハの全ショット多点計測の結果に基づいて、ショット毎に決定されたウエハマークの計測が行われることとなる。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 2 4 では、ステップ S 1 1 2、ステップ S 1 2 0 及びステップ S 1 2 2 のいずれかのステップで計測したウエハマークの位置情報を用いて、E G A 演算を行う。E G A 演算とは、上述のウエハマークの計測 (E G A 計測) の後、サンプルショットの位置座

50

標の設計値と実測値との差のデータに基づいて、最小二乗法等の統計演算を用いて、ショットの位置座標と、そのショットの位置座標の補正量との関係を表現するモデル式の係数を求める統計演算を意味する。

【 0 1 0 1 】

本実施形態では、一例として、次のモデル式が、ショットの位置座標の設計値からの補正量の算出に用いられる。

【 0 1 0 2 】

【 数 1 】

$$\left. \begin{aligned} dx &= a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot Y + a_3 \cdot X^2 + a_4 \cdot X \cdot Y + a_5 \cdot Y^2 \\ &+ a_6 \cdot X^3 + a_7 \cdot X^2 Y + a_8 \cdot X \cdot Y^2 + a_9 \cdot Y^3 \dots \\ dy &= b_0 + b_1 \cdot X + b_2 \cdot Y + b_3 \cdot X^2 + b_4 \cdot X \cdot Y + b_5 \cdot Y^2 + \\ &b_6 \cdot X^3 + b_7 \cdot X^2 \cdot Y + b_8 \cdot X \cdot Y^2 + b_9 \cdot Y^3 \dots \end{aligned} \right\} \dots(1) \quad 10$$

【 0 1 0 3 】

ここで、d x、d y は、ショットの位置座標の設計値からの X 軸方向，Y 軸方向の補正量であり、X、Y は、ウエハWの中心を原点とするウエハ座標系におけるショットの設計上の位置座標である。すなわち、上記式（ 1 ）は、ウエハの中心を原点とするウエハ座標系における各ショットの設計上の位置座標 X、Y に関する多項式であり、その位置座標 X、Y と、そのショットの位置座標の補正量（アライメント補正成分）d x、d y との関係を表現するモデル式となっている。なお、本実施形態では、前述したサーチアライメントにより、基準座標系とウエハ座標系との回転がキャンセルされるため、以下では、基準座標系と、ウエハ座標系を特に区別せず、すべて基準座標系であるものとして説明する。

【 0 1 0 4 】

モデル式（ 1 ）を用いれば、ウエハWのショットの位置座標 X，Y から、そのショットの位置座標の補正量を求めることができる。ただし、この補正量を算出するためには、係数 a 0、a 1、...、b 0、b 1、...を求める必要がある。E G A 計測の後、そのサンプルショットの位置座標の設計値と実測値との差のデータに基づいて、最小二乗法等の統計演算を用いて、上記式（ 1 ）の係数 a 0、a 1、...、b 0、b 1、...を求める。

【 0 1 0 5 】

モデル式（ 1 ）の係数 a 0、a 1、...、b 0、b 1、...を決定後、係数決定後のモデル式（ 1 ）にウエハ座標系における各ショット（区画領域）の設計上の位置座標 X、Y を代入して、各ショットの位置座標の補正量 d x、d y を求めることで、ウエハW上の複数のショット（区画領域）の真の配列（変形成分として、線形成分のみならず、非線形成分まで含む）を求めることができる。

【 0 1 0 6 】

ところで、既に露光が行われたウエハWの場合、それまでのプロセスの影響により、計測結果として得られる検出信号の波形が、全てのウエハマークについて良好であるとは限らない。かかる計測結果（検出信号の波形）が不良なウエハマークの位置を、上記の E G A 演算に含めると、その計測結果（検出信号の波形）が不良なウエハマークの位置誤差が、係数 a 0、a 1、...、b 0、b 1、...の算出結果に悪影響を与える。

【 0 1 0 7 】

そこで、本実施形態では、信号処理装置 4 9 が、計測結果が良好なウエハマークの計測結果のみを、制御装置 6 0 に送り、制御装置 6 0 は、計測結果を受信した全てのウエハマークの位置を用いて、上述の E G A 演算を実行するようになっている。なお、上記式（ 1 ）の多項式の次数に特に制限はない。制御装置 6 0 は、E G A 演算の結果を、その演算に用いられたマークに関する情報とともに、ウエハの識別情報（例えばウエハ番号、ロット番号）に対応づけて、アライメント履歴データファイルとして作成し、内部又は外部の記憶装置に記憶する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

ステップ S 1 2 4 の E G A 演算が終了すると、ステップ S 1 2 6 に進み、ウエハ W をスライダ 1 0 上からアンロードする。このアンロードは、制御装置 6 0 の管理の下、ステップ S 1 0 4 におけるロードの手順と逆の手順で、ウエハ搬送系 7 0 とスライダ 1 0 上の上下動部材とによって行われる。

【 0 1 0 9 】

次のステップ S 1 2 8 では、カウンタのカウント値 i を 1 インクリメント ($i \rightarrow i + 1$) した後、ステップ S 1 3 0 に進んで、カウント値 i がロット内のウエハの総数 I より大きいか否かを判断する。そして、このステップ S 1 3 0 における判断が否定された場合には、ロット内の全てのウエハに対する処理が終了していないと判断して、ステップ S 1 0 4 10
に戻り、以降ステップ S 1 3 0 における判断が肯定されるまで、ステップ S 1 0 4 ~ ステップ S 1 3 0 までの処理 (判断を含む) を繰り返す。

【 0 1 1 0 】

そして、ステップ S 1 3 0 における判断が肯定されると、ロット内の全てのウエハに対して処理が終了したと判断して、本ルーチンの一連の処理を終了する。

【 0 1 1 1 】

以上詳細に説明したように、本実施形態に係る計測装置 1 0 0 によると、本実施形態に係る計測装置 1 0 0 によると、ウエハ W が載置され保持されるスライダ 1 0 の 6 自由度方向の位置情報を計測する第 1 位置計測システム 3 0 は、少なくともウエハ W 上のウエハマークを、マーク検出系 M D S で検出するため、スライダ 1 0 が移動する範囲では、ヘッド部 20
3 2 から計測ビームをグレーティング R G 1 に照射し続けることができる。したがって、第 1 位置計測システム 3 0 は、マーク検出のためにスライダ 1 0 が移動する X Y 平面内の全範囲で、連続して、その位置情報の計測が可能である。したがって、例えば計測装置 1 0 0 の製造段階 (半導体製造工場の内での装置の立ち上げ段階を含む) において、第 1 位置計測システム 3 0 の測長軸によって、すなわちグレーティング R G 1 の格子によって規定される直交座標系 (基準座標系) の原点出しを行うことで、X Y 平面内ではスライダ 1 0 の絶対座標位置の取得が可能になり、ひいては第 1 位置計測システム 3 0 によって計測されるスライダ 1 0 の位置情報とマーク検出系 M D S の検出結果とから求められる、スライダ 1 0 上に保持されたウエハ W 上のマーク (サーチマーク、ウエハマークに限らず、その他のマーク、例えば重ね合わせ計測マーク (レジストレーションマーク) などを含む) 30
の X Y 平面内の絶対位置を求めることが可能になる。なお、本明細書で「絶対位置座標」とは、上記の基準座標系上における位置座標を意味する。

【 0 1 1 2 】

また、本実施形態に係る計測装置 1 0 0 によると、ウエハ上のマークの X Y 平面内の位置座標を計測することができるので、例えばスキャナ又はステッパ等の露光装置により、矩形のパターン領域とともにパターン領域との位置関係が既知のアライメントマークが形成された製品レチクルを用いて、ベアウエハに対してステップ・アンド・スキャン方式又はステップ・アンド・リピート方式で、露光を行い、その露光後のウエハ上のアライメントマーク像の絶対座標を、計測装置 1 0 0 で計測することにより、基準ウエハを用いること無く、ウエハグリッドの変動 (例えば、設計上のウエハグリッドからの変動) を管理することが可能になる。なお、装置起因のウエハグリッドの変動の管理については、後に、詳述する。 40

【 0 1 1 3 】

また、本実施形態に係る計測装置 1 0 0 によると、制御装置 6 0 は、駆動システム 2 0 によるスライダ 1 0 の移動を制御しつつ、第 1 位置計測システム 3 0、及び第 2 位置計測システム 5 0 を用いて、定盤 1 2 に対するスライダ 1 0 の位置情報、及びマーク検出系 M D S と定盤 1 2 との相対的な位置情報を取得するとともに、マーク検出系 M D S を用いてウエハ W に形成された複数のマークの位置情報を求めている。したがって、計測装置 1 0 0 によると、ウエハ W に形成された複数のマークの位置情報を、精度良く求めることができる。 50

【 0 1 1 4 】

また、本実施形態に係る計測装置 100 によると、制御装置 60 は、第 2 位置計測システム 50 による計測情報（定盤 12 とマーク検出系 MDS との相対的な位置情報）を常時取得し、マーク検出系 MDS の検出中心と定盤 12 に対するスライダ 10 の 6 自由度方向の位置情報を検出する第 1 位置計測システムの計測点との位置関係が nm レベルで所望の関係に維持されるように、3 つの除振装置 14（のアクチュエータ）を介して定盤 12 の 6 自由度方向の位置をリアルタイムで制御している。また、制御装置 60 は、駆動システム 20 によるスライダ 10 の駆動を制御しつつ、第 1 位置計測システム 30 による計測情報（定盤 12 に対するスライダ 10 の位置情報）及び第 2 位置計測システム 50 による計測情報（定盤 12 とマーク検出系 MDS との相対的な位置情報）を取得し、マーク検出系 MDS を用いてウエハ W に形成されたマークを検出した時の検出信号と、マーク検出系 MDS を用いてウエハ W に形成されたマークを検出した時に得られる第 1 位置計測システム 30 による計測情報と、マーク検出系 MDS を用いてウエハ W に形成されたマークを検出した時に得られる第 2 位置計測システム 50 による計測情報とに基づいて、複数のウエハマークの位置情報を求める。したがって、計測装置 100 によると、ウエハ W に形成された複数のマークの位置情報を、精度良く求めることができる。

10

【 0 1 1 5 】

なお、例えば、計測されたマークの位置情報を用いて EGA 演算を行なうことなく、計測されたマークの位置情報に基づいて、後述する露光の際のウエハ W（ウエハステージ WST）の位置制御を行なう場合などには、例えば上記の第 2 位置計測システム 50 による計測情報を、マークの位置情報の算出には用いなくても良い。ただし、この場合には、マーク検出系 MDS を用いてウエハ W に形成されたマークを検出した時に得られる第 2 位置計測システム 50 による計測情報を、オフセットして用いて、例えばウエハ W（ウエハステージ WST）の位置決め目標値などウエハ W を移動させるための情報を補正することとすれば良い。あるいは、上記のオフセットを考慮して、露光時における後述するレチクル R（レチクルステージ RST）の移動を制御することとしても良い。

20

【 0 1 1 6 】

また、本実施形態に係る計測装置 100 によると、アライメント計測に際し、ウエハ W 上の I 個（例えば 98 個）のショットのそれぞれについて、少なくとも各 1 つのウエハマークの位置情報が計測され、この位置情報を用い、最小二乗法等の統計演算により、上記式（1）の係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、... が求められる。したがって、ウエハグリッドの変形成分を、線形成分のみならず、非線形成分まで、正確に求めることが可能になる。

30

【 0 1 1 7 】

計測装置 100 により求められたウエハ W のショットの位置座標の補正量（上記式（1）の係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、...）は、例えば露光装置によりウエハ W を露光する際の露光位置に対するウエハの位置合わせに用いられるものと考えられる。しかるに、露光装置により計測装置 100 で位置座標の補正量が計測されたウエハ W を露光するためには、そのウエハ W を、スライダ 10 からアンロードした後、露光装置のウエハステージ上にロードする必要がある。スライダ 10 上のウエハホルダ WH と、露光装置のウエハステージ上のウエハホルダとは、仮に同一タイプのウエハホルダが用いられていたとしても、ウエハホルダの個体差によりウエハ W の保持状態が異なる。このため、せっかく、計測装置 100 でウエハ W のショットの位置座標の補正量（上記式（1）の係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、...）を求めていても、その係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、... の全てをそのまま用いることはできない。しかるに、ウエハホルダ毎にウエハ W の保持状態が異なることで影響を受けるのは、ショットの位置座標の補正量の 1 次以下の低次成分（線形成分）であり、2 次以上の高次成分は殆ど影響を受けないものと考えられる。その理由は、2 次以上の高次成分は、主としてプロセスに起因するウエハ W の変形に起因して生じる成分であると考えられ、ウエハホルダによるウエハの保持状態とは無関係な成分であると考えて差し支えないからである。

40

【 0 1 1 8 】

50

かかる考えに基づけば、計測装置 100 により、時間を掛けてウエハ W について求めた高次成分の係数 a_3 、 a_4 、……、 a_9 、……、及び b_3 、 b_4 、……、 b_9 、……は、露光装置でのウエハ W の位置座標の補正量の高次成分の係数としてもそのまま用いることが可能である。したがって、露光装置のウエハステージ上では、ウエハ W の位置座標の補正量の線形成分を求めるための簡易な EGA 計測（例えば 3 ~ 16 個程度のウエハマークの計測）を行うだけで良くなる。計測装置 100 は、露光装置とは別の装置であるから、基板の露光処理におけるスループットの低下を招くことなく、基板上のより多くのマークの位置情報を求めることが可能になる。

【0119】

また、露光装置による、前述した簡易な EGA 計測及び露光を含む露光装置によるウエハの処理と並行して、計測装置 100 で別のウエハについてアライメント計測を行うようにすれば、ウエハ処理のスループットを殆ど低下させることがない、効率的な処理が可能になる。

10

【0120】

なお、上記実施形態では、説明の簡略化のため、計測モードとして A モードと B モードとのいずれかが設定されるものとしたが、これに限らず、ロット内の全てのウエハ上の全ショットについて 2 以上の第 1 の数のウエハマークを検出する C モード、及びロット内の全てのウエハについて、一部のショット、例えばウエハの周辺部に位置する予め定められたショットについては 2 以上の第 2 の数のウエハマークを検出し、残りのショットについては各 1 つのウエハマークを検出するモード（D モードと呼ぶ）などを設けても良い。さらに、ロット内の最初の所定枚数のウエハについてのウエハマークの検出結果に応じて、ロット内の残りのウエハについては、A モード、C モード、D モードのいずれかを選択する E モードを設けても良い。

20

【0121】

また、計測装置 100 の計測モードとして、ロット内の全てのウエハについて、一部のショット、例えば、9 割又は 8 割の数のショットの 1 つ以上のウエハマークを計測したり、ウエハの中央部に位置するショットについては、一つ間隔をあけたショットの 1 つ以上のウエハマークを計測しても良い。

【0122】

なお、上記実施形態では、グレーティング RG1、RG2a、RG2b それぞれが、X 軸方向及び Y 軸方向を周期方向とする場合について説明したが、これに限らず、第 1 位置計測システム 30、第 2 位置計測システム 50 のそれぞれが備える格子部（2 次元グレーティング）は、XY 平面内で互いに交差する 2 方向を周期方向としていれば良い。

30

【0123】

また、上記実施形態で説明した第 1 位置計測システム 30 のヘッド部 32 の構成、及び検出点の配置などは一例に過ぎないことは勿論である。例えば、マーク検出系 MDS の検出点と、ヘッド部 32 の検出中心とは、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方で、位置が一致していなくても良い。また、第 1 計測システム 30 のヘッド部とグレーティング RG1（格子部）との配置は反対でも良い。すなわち、スライダ 10 にヘッド部が設けられ、定盤 12 に格子部が設けられていても良い。また、第 1 位置計測システム 30 は、エンコーダシステム 33 とレーザ干渉計システム 35 とを必ずしも備えている必要はなく、エンコーダシステムのみによって第 1 位置計測システム 30 を構成しても良い。ヘッド部からスライダ 10 のグレーティング RG1 にビームを照射し、グレーティングからの戻りビーム（回折ビーム）を受光して定盤 12 に対するスライダ 10 の 6 自由度方向の位置情報を計測するエンコーダシステムにより、第 1 位置計測システムを構成しても良い。この場合において、ヘッド部のヘッドの構成は特に問わない。例えば、グレーティング RG1 上の所定点に対して X 軸方向に同一距離離れた 2 点に検出ビームを照射する一対の XZ ヘッドと、所定点に対して Y 軸方向に同一距離離れた 2 点に検出ビームを照射する一対の YZ ヘッドとを設けても良いし、あるいは、グレーティング RG1 の X 軸方向に離れた 2 つの点にそれぞれ検出ビームを照射する一対の 3 次元ヘッドと、上記 2 つの点とは、Y 軸方向の

40

50

位置が異なる点に検出ビームを照射するXZヘッド又はYZヘッドとを設けても良い。第1位置計測システム30は、定盤12に対するスライダ10の6自由度方向の位置情報を必ずしも計測できる必要はなく、例えばX、Y、z方向の位置情報を計測できるのみであっても良い。また、定盤12に対するスライダ10の位置情報を計測する第1位置計測システムが、定盤12とスライダ10との間に配置されていても良い。

【0124】

同様に、上記実施形態で説明した第2位置計測システム50の構成は、一例に過ぎない。例えば、ヘッド部52A、52Bが、定盤12側に固定され、スケール54A、54Bがマーク検出系MDSと一体的に設けられていても良い。また、第2計測システム50が、一対のヘッド部52A、52Bを備えている場合について例示したが、これに限らず、第2計測システム50は、ヘッド部を1つのみ備えていても良いし、3つ以上備えていても良い。いずれにしても、第2位置計測システム50によって、定盤12とマーク検出系MDSとの、6自由度方向の位置関係を計測できることが望ましい。ただし、第2計測システム50は、必ずしも、6自由度方向全ての位置関係を計測できなくても良い。

10

【0125】

なお、上記実施形態では、スライダ10が、複数のエアベアリング18によって定盤12上に浮上支持され、スライダ10をX軸方向に駆動する第1駆動装置20Aと、スライダ10を第1駆動装置20Aと一体でY軸方向に駆動する第2駆動装置20Bとを含んで、スライダ10を定盤12に対して非接触状態で駆動する駆動システム20が構成された場合について説明した。しかし、これに限らず、駆動システム20として、スライダ10を、定盤12上で6自由度方向に駆動する構成の駆動システムを採用しても良い。かかる駆動システムを、一例として磁気浮上型の平面モータによって構成しても良い。かかる場合には、エアベアリング18は不要になる。なお、計測装置100は、除振装置14とは別に、定盤12を駆動する駆動システムを備えていても良い。

20

【0126】

この他、磁気浮上型又はエア浮上型の平面モータによって、スライダ10を、定盤12に対して例えばX、Y、z方向に駆動可能な構成を採用しても良く、その場合、前述した第2位置計測システム50は、必ずしも設けなくても良くなる。

【0127】

《第2の実施形態》

次に、上述した計測装置100を含むリソグラフィシステムに関する第2の実施形態について、図8～図10に基づいて説明する。

30

【0128】

本第2の実施形態に係るリソグラフィシステム1000は、図8に示されるように、互いにインライン接続された露光装置200、計測装置100及び基板処理装置300を、備えている。ここで、基板処理装置300として、コータ・デベロッパ(C/D)が用いられているので、以下では、適宜、C/D300とも表記する。リソグラフィシステム1000は、クリーンルーム内に設置されている。

【0129】

通常のリソグラフィシステムでは、例えば米国特許第6,698,944号明細書などに開示されるように、露光装置と基板処理装置(C/D)との間に両者をインラインにて接続するためのウエハ搬送系をチャンバの内部に有するインラインインタフェース部が配置される。一方、図8を見るとわかるように、本第2の実施形態に係るリソグラフィシステム1000では、インラインインタフェース部に代えて、計測装置100が、露光装置200とC/D300との間に配置されている。

40

【0130】

リソグラフィシステム1000が備える、露光装置200、C/D300及び計測装置100は、いずれもチャンバを有し、チャンバ同士が隣接して配置されている。露光装置200が有する露光制御装置220と、C/D300が有する塗布現像制御装置320と、計測装置100が有する制御装置60とは、ローカルエリアネットワーク(LAN)50

50

0を介して互いに接続されており、三者間で通信を行う。LAN500には、記憶装置400も接続されている。

【0131】

露光装置200は、一例としてステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（スキャナ）である。図9には、露光装置200のチャンバ内の構成部分が一部省略して示されている。

【0132】

露光装置200は、図9に示されるように、照明系IOP、レチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRに形成されたパターンの像を感応剤（レジスト）が塗布されたウエハW上に投影する投影ユニットPU、ウエハWを保持してXY平面内を移動するウエハステージWST、及びこれらの制御系等を備えている。露光装置200は、前述のマーク検出系MDSの光軸AX1と平行なZ軸方向の光軸AXを有する投影光学系PLを備えている。

10

【0133】

照明系IOPは、光源、及び光源に送光光学系を介して接続された照明光学系を含み、レチクルブラインド（マスキングシステム）で設定（制限）されたレチクルR上でX軸方向（図9における紙面直交方向）に細長く伸びるスリット状の照明領域IARを、照明光（露光光）ILによりほぼ均一な照度で照明する。照明系IOPの構成は、例えば米国特許出願公開第2003/0025890号明細書などに開示されている。ここで、照明光ILとして、一例として、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）が用いられる。

20

【0134】

レチクルステージRSTは、照明系IOPの図9における下方に配置されている。レチクルステージRSTは、例えばリニアモータ等を含むレチクルステージ駆動系211（図9では不図示、図10参照）によって、不図示のレチクルステージ定盤上を、水平面（XY平面）内で微小駆動可能であるとともに、走査方向（図9における紙面内左右方向であるY軸方向）に所定ストローク範囲で駆動可能となっている。

【0135】

レチクルステージRST上には、-Z側の面（パターン面）にパターン領域と、該パターン領域との位置関係が既知の複数のマークと、が形成されたレチクルRが載置されている。レチクルステージRSTのXY平面内の位置情報（z方向の回転情報を含む）は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）214によって、移動鏡212（又はレチクルステージRSTの端面に形成された反射面）を介して、例えば0.25nm程度の分解能で常時検出されている。レチクル干渉計214の計測情報は、露光制御装置220（図10参照）に供給される。なお、上述したレチクルステージRSTのXY平面内の位置情報は、レチクルレーザ干渉計214に代えて、エンコーダにより計測を行っても良い。

30

【0136】

投影ユニットPUは、レチクルステージRSTの図9における下方に配置されている。投影ユニットPUは、鏡筒240と、鏡筒240内に保持された投影光学系PLとを含む。投影光学系PLは、例えば両側テレセントリックで、所定の投影倍率（例えば1/4倍、1/5倍又は1/8倍など）を有する。レチクルRは、投影光学系PLの第1面（物体面）とパターン面がほぼ一致するように配置され、表面にレジスト（感応剤）が塗布されたウエハWは、投影光学系PLの第2面（像面）側に配置される。このため、照明系IOPからの照明光ILによってレチクルR上の照明領域IARが照明されると、レチクルRを通過した照明光ILにより、その照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、投影光学系PLを介して、照明領域IARに共役なウエハW上の領域（以下、露光領域とも呼ぶ）IAに形成される。そして、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとの同期駆動によって、照明領域IAR（照明光IL）に対してレチクルRを走査方向（Y軸方向）に相対移動させるとともに、露光領域IA（照明光IL）に対してウエハWを走査方向（Y軸方向）に相対移動させることで、ウエ

40

50

ハW上の1つのショット領域(区画領域)の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。

【0137】

投影光学系PLとしては、一例としてZ軸方向と平行な光軸AXに沿って配列される複数枚、例えば10~20枚程度の屈折光学素子(レンズ素子)のみから成る屈折系が用いられている。この投影光学系PLを構成する複数枚のレンズ素子のうち、物体面側(レチクルR側)の複数枚のレンズ素子は、不図示の駆動素子、例えばピエゾ素子などによって、Z軸方向(投影光学系PLの光軸方向)にシフト駆動、及びXY面に対する傾斜方向(すなわちx方向及びy方向)に駆動可能な可動レンズとなっている。そして、結像特性補正コントローラ248(図9では不図示、図10参照)が、露光制御装置220からの指示に基づき、各駆動素子に対する印加電圧を独立して調整することにより、各可動レンズが個別に駆動され、投影光学系PLの種々の結像特性(倍率、歪曲収差、非点収差、コマ収差、像面湾曲など)が調整されるようになっている。なお、可動レンズの移動に代えて、あるいはこれに加えて、鏡筒240の内部の隣接する特定のレンズ素子間に気密室を設け、該気密室内の気体の圧力を結像特性補正コントローラ248が制御する構成にしても良いし、照明光ILの中心波長を結像特性補正コントローラ248がシフトできる構成を採用しても良い。これらの構成によっても、投影光学系PLの結像特性の調整が可能である。

10

【0138】

ウエハステージWSTは、平面モータ又はリニアモータ等を含むステージ駆動系224(図9では、便宜上ブロックにて示されている)によって、ウエハステージ定盤222上をX軸方向、Y軸方向に所定ストロークで駆動されるとともに、Z軸方向、x方向、y方向、及びz方向に微小駆動される。ウエハステージWST上に、ウエハWが、ウエハホルダ(不図示)を介して真空吸着等によって保持されている。本第2の実施形態では、ウエハホルダは、300mmウエハを吸着保持することができるものとする。なお、ウエハステージWSTに代えて、X軸方向、Y軸方向及びz方向に移動する第1ステージと、該第1ステージ上でZ軸方向、x方向及びy方向に微動する第2ステージとを備える、ステージ装置を用いることもできる。なお、ウエハステージWSTとウエハステージWSTのウエハホルダのいずれか一方、又は両方を、「第2基板保持部材」と呼んでも良い。

20

【0139】

ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報(回転情報(ヨーイング量(z方向の回転量z)、ピッチング量(x方向の回転量x)、ローリング量(y方向の回転量y))を含む)は、レーザ干渉計システム(以下、干渉計システムと略記する)218によって、移動鏡216(又はウエハステージWSTの端面に形成された反射面)を介して、例えば0.25nm程度の分解能で常時検出される。なお、ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報は、干渉計システム218に代えて、エンコーダシステムにより計測を行っても良い。

30

【0140】

干渉計システム218の計測情報は、露光制御装置220に供給される(図10参照)。露光制御装置220は、干渉計システム218の計測情報に基づいて、ステージ駆動系224を介してウエハステージWSTのXY平面内の位置(z方向の回転を含む)を制御する。

40

【0141】

また、図9では図示が省略されているが、ウエハWの表面のZ軸方向の位置及び傾斜量は、例えば米国特許第5,448,332号明細書等が開示される斜入射方式の多点焦点位置検出系から成るフォーカスセンサAFS(図10参照)によって計測される。このフォーカスセンサAFSの計測情報も露光制御装置220に供給される(図10参照)。

【0142】

また、ウエハステージWST上には、その表面がウエハWの表面と同じ高さである基準板

50

F Pが固定されている。この基準板F Pの表面には、アライメント検出系A Sのベースライン計測等に用いられる第1基準マーク、及び後述するレチクルアライメント検出系で検出される一対の第2基準マークなどが形成されている。

【0143】

投影ユニットP Uの鏡筒2 4 0の側面には、ウエハWに形成されたアライメントマーク又は第1基準マークを検出するアライメント検出系A Sが設けられている。アライメント検出系A Sとして、一例としてハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明し、このマークの画像を画像処理することによってマーク位置を計測する画像処理方式の結像式アライメントセンサの一種であるF I A（Field Image Alignment）系が用いられている。なお、画像処理方式のアライメント検出系A Sに代えて、あるいはアライメント検出系A Sとともに、回折光干渉型のアライメント系を用いても良い。

10

【0144】

露光装置2 0 0では、さらに、レチクルステージR S Tの上方に、レチクルステージR S Tに載置されたレチクルR上の同一Y位置にある一対のレチクルマークを同時に検出可能な一対のレチクルアライメント検出系2 1 3（図9では不図示、図10参照）がX軸方向に所定距離隔てて設けられている。レチクルアライメント検出系2 1 3によるマークの検出結果は、露光制御装置2 2 0に供給されている。

【0145】

図10には、露光制御装置2 2 0の入出力関係がブロック図にて示されている。図10に示されるように、露光装置2 0 0は、上記構成各部の他、露光制御装置2 2 0に接続された、ウエハを搬送するウエハ搬送系2 7 0等を備えている。露光制御装置2 2 0は、マイクロコンピュータ又はワークステーション等を含み、上記構成各部を含む装置全体を統括的に制御する。ウエハ搬送系2 7 0は、例えば水平多関節型ロボットから成る。

20

【0146】

図8に戻り、C / D 3 0 0は、図示は省略されているが、例えばウエハに対する感応剤（レジスト）の塗布を行う塗布部と、ウエハの現像が可能な現像部と、プリベーク（P B）及び現像前ベーク（post-exposure bake：P E B）を行うベーク部と、ウエハ搬送系（以下、便宜上、C / D内搬送系と呼ぶ）と、を備えている。C / D 3 0 0は、さらに、ウエハを温調できる温調部3 3 0と、を備えている。温調部3 3 0は、通常、冷却部であり、例えばクールプレートと呼ばれる平坦なプレート（温調装置）を備えている。クールプレートは、例えば冷却水の循環等により冷却される。この他、ペルチェ効果による電子冷却を利用する場合もある。

30

【0147】

記憶装置4 0 0は、L A N 5 0 0に接続された管理装置と、該管理装置にスカジー（S C S I）等の通信路を介して接続されたストレージデバイスとを含む。

【0148】

本第2の実施形態に係るリソグラフィシステム1 0 0 0では、計測装置1 0 0、露光装置2 0 0及びC / D 3 0 0は、いずれもバーコードリーダ（不図示）を備えており、ウエハ搬送系7 0（図6参照）、ウエハ搬送系2 7 0（図10参照）及びC / D内搬送系（不図示）のそれぞれによるウエハの搬送中に、バーコードリーダにより、各ウエハの識別情報、例えばウエハ番号、ロット番号などの読み取りが適宜行われる。以下では、説明の簡略化のため、バーコードリーダを用いた各ウエハの識別情報の読み取りに関する説明は省略する。

40

【0149】

リソグラフィシステム1 0 0 0では、露光装置2 0 0、C / D 3 0 0及び計測装置1 0 0（以下、適宜、3つの装置1 0 0、2 0 0、3 0 0とも呼ぶ）のそれぞれにより、多数のウエハが連続して処理される。リソグラフィシステム1 0 0 0では、システム全体としてのスループットが最大となるように、すなわち、例えば処理に最も時間を要する装置の処理時間に、他の装置の処理時間が完全にオーバーラップするように、全体の処理シーケンスが定められている。

50

【 0 1 5 0 】

以下、リソグラフィシステム 1 0 0 0 により、多数のウエハを連続的に処理する場合の動作の流れについて説明する。

【 0 1 5 1 】

まず、C / D 内搬送系（例えばスカラロボット）により、C / D 3 0 0 のチャンバ内に配置されたウエハキャリアから第 1 枚目のウエハ（ W_1 とする）が取り出され、塗布部に搬入される。これにより、塗布部によりレジストの塗布が開始される。レジストの塗布が終了すると、C / D 内搬送系は、ウエハ W_1 を塗布部から取り出してベーク部に搬入する。これにより、ベーク部でウエハ W_1 の加熱処理（PB）が開始される。そして、ウエハの PB が終了すると、C / D 内搬送系により、ウエハ W_1 がベーク部から取り出され温調部 3 3 0 内に搬入される。これにより、温調部 3 3 0 内部のクールプレートでウエハ W_1 の冷却が開始される。この冷却は、露光装置 2 0 0 内で影響のない温度、一般的には、例えば 2 0 ~ 2 5 の範囲で定められる露光装置 2 0 0 の空調系の目標温度を目標温度として行われる。通常、温調部 3 3 0 内に搬入された時点では、ウエハの温度は目標温度に対して ± 0.3 [] の範囲内にあるが、温調部 3 3 0 により目標温度 ± 1.0 [mK] の範囲に温調される。

10

【 0 1 5 2 】

そして、温調部 3 3 0 内で冷却（温調）が終了すると、そのウエハ W_1 は、C / D 内搬送系により、C / D 3 0 0 と計測装置 1 0 0 との間に設けられた第 1 基板受け渡し部上に載置される。

20

【 0 1 5 3 】

C / D 3 0 0 内では、上記と同様の一連のウエハに対するレジスト塗布、PB、冷却、及びこれらの一連の処理に伴う上記のウエハの搬送動作が順次繰り返し行われ、ウエハが順次第 1 基板受け渡し部上に載置される。なお、実際には、C / D 3 0 0 のチャンバ内に、塗布部及び C / D 内搬送系をそれぞれ 2 つ以上設けることにより、複数枚のウエハに対する並行処理が可能であり、露光前処理に要する時間の短縮が可能になる。

【 0 1 5 4 】

計測装置 1 0 0 では、C / D 内搬送系により第 1 基板受け渡し部上に順次載置される露光前のウエハ W_1 を、ウエハ搬送系 7 0 とスライダ 1 0 上の上下動部材との共同作業により先に第 1 の実施形態で説明した手順でスライダ 1 0 上にロードする。ロード後、計測装置 1 0 0 により、設定された計測モードでのウエハのアライメント計測が行われ、制御装置 6 0 により、ウエハ W のショットの位置座標の補正量（上記式（1）の係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、...）が求められる。

30

【 0 1 5 5 】

制御装置 6 0 は、求めた位置座標の補正量（上記式（1）の係数 a_0 、 a_1 、...、 b_0 、 b_1 、...）、その補正量の算出にマークの位置情報が用いられたウエハマークの情報、計測モードの情報、及び検出信号が良好であった全てのウエハマークの情報などの履歴情報とウエハ W_1 の識別情報（ウエハ番号、ロット番号）とを関連付けてアライメント履歴データ（ファイル）を作成し、記憶装置 4 0 0 内に格納する。

【 0 1 5 6 】

しかる後、アライメント計測が終了したウエハ W_1 を、ウエハ搬送系 7 0 が、露光装置 2 0 0 のチャンバ内部の、計測装置 1 0 0 の近くに設けられた第 2 基板受け渡し部のロード側基板載置部に載置する。ここで、第 2 基板受け渡し部には、ロード側基板載置部とアンロード側基板載置部とが設けられている。

40

【 0 1 5 7 】

以降、計測装置 1 0 0 では、第 2 枚目以降のウエハに対して、ウエハ W_1 と同様の手順で、アライメント計測、アライメント履歴データ（ファイル）の作成、ウエハの搬送が繰り返し行われることとなる。

【 0 1 5 8 】

前述のロード側基板載置部に載置されたウエハ W_1 は、ウエハ搬送系 2 7 0 により、露光

50

装置 200 内部の所定の待機位置まで搬送される。ただし、第 1 枚目のウエハ W₁ は、待機位置で待機すること無く、直ちに露光制御装置 220 によって、ウエハステージ W S T 上にロードされる。このウエハのロードは、露光制御装置 220 により、前述した計測装置 100 で行われたと同様に、ウエハステージ W S T 上の不図示の上下動部材とウエハ搬送系 270 とを用いて行われる。ロード後、ウエハステージ W S T 上のウエハに対して、アライメント検出系 A S を用いて前述と同様のサーチアライメント、及び例えば 3 ~ 16 程度のショットをアライメントショットとする E G A 方式のウエハラライメントが行われる。この E G A 方式のウエハラライメントに際し、露光装置 200 の露光制御装置 220 は、記憶装置 400 内に格納されたアライメント履歴データファイルを、ウエハラライメント及び露光の対象となるウエハ（対象ウエハ）の識別情報（例えばウエハ番号、ロット番号）をキーとして検索し、その対象ウエハのアライメント履歴データを取得する。そして、露光制御装置 220 は、所定の準備作業の後、取得したアライメント履歴データに含まれる計測モードの情報に応じて、次のようなウエハラライメントを行う。

10

【0159】

まず、モード A の情報が含まれている場合について説明する。この場合には、アライメント履歴データに含まれる、計測装置 100 によって位置情報が計測された（補正量の算出にマークの位置情報が用いられた）ウエハマークの中からアライメントショット数に対応する数のウエハマークを選択して、検出対象とし、その検出対象のウエハマークをアライメント検出系 A S を用いて検出し、その検出結果と検出時のウエハステージ W S T の位置（干渉計システム 218 による計測情報）とに基づいて、検出対象の各ウエハマークの位置情報を求め、その位置情報を用いて、E G A 演算を行い、次式（2）の各係数を求める。

20

【0160】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} dx &= c_0 + c_1 \cdot X + c_2 \cdot Y \\ dy &= d_0 + d_1 \cdot X + d_2 \cdot Y \end{aligned} \right\} \dots(2)$$

【0161】

そして、露光制御装置 220 は、ここで求めた係数（c₀、c₁、c₂、d₀、d₁、d₂）を、アライメント履歴データに含まれる係数（a₀、a₁、a₂、b₀、b₁、b₂）と置き換え、置き換え後の係数を含む次式（3）で表されるウエハの中心を原点とするウエハ座標系における各ショットの設計上の位置座標 X、Y に関する多項式を用いて、各ショットの位置座標の補正量（アライメント補正成分）d x、d y を求め、この補正量に基づいて、ウエハグリッドを補正するための、各ショットの露光に際しての露光位置（レチクルパターンの投影位置）に対する位置合わせのための目標位置（以下、便宜上、位置決め目標位置と呼ぶ）を決定する。なお、本実施形態では、静止露光方式ではなく、走査露光方式で露光が行われるが、便宜上、位置決め目標位置と称している。

30

【0162】

【数 3】

$$\left. \begin{aligned} dx &= c_0 + c_1 \cdot X + c_2 \cdot Y + a_3 \cdot X^2 + a_4 \cdot X \cdot Y + a_5 \cdot Y^2 \\ &+ a_6 \cdot X^3 + a_7 \cdot X^2 Y + a_8 \cdot X \cdot Y^2 + a_9 \cdot Y^3 \dots \\ dy &= d_0 + d_1 \cdot X + d_2 \cdot Y + b_3 \cdot X^2 + b_4 \cdot X \cdot Y + b_5 \cdot Y^2 + \\ &b_6 \cdot X^3 + b_7 \cdot X^2 \cdot Y + b_8 \cdot X \cdot Y^2 + b_9 \cdot Y^3 \dots \end{aligned} \right\} \dots(3)$$

40

【0163】

なお、露光装置 200 でも、サーチアライメントにより、ウエハステージ W S T の移動を

50

規定する基準座標系（ステージ座標系）とウエハ座標系との回転がキャンセルされるため、基準座標系とウエハ座標系を特に区別する必要はない。

【0164】

次に、Bモードが設定されている場合について説明する。この場合は、露光制御装置220は、上述のAモードの場合と同様の手順に従ってウエハグリッドを補正するための、各ショットの位置決め目標位置を決定する。ただし、この場合、アライメント履歴データには、いくつかのショットについての複数のウエハマークと、残りのショットについて各1つのウエハマークとのうち、検出信号が良好であったウエハマークが、補正量の算出にマークの位置情報が用いられたウエハマークとして含まれている。

【0165】

そこで、露光制御装置220は、上述の各ショットの位置決め目標位置の決定に加え、上記のいくつかのショットについての複数のウエハマークの中からショット形状を求めるのに必要な数のウエハマークを選択し、それらのウエハマークの位置情報（実測値）を用いて、例えば米国特許第6,876,946号明細書に開示されている[数7]のモデル式に最小自乗法を適用する統計演算（ショット内多点EGA演算とも呼ばれる）を行い、ショット形状を求める。具体的には、上記米国特許第6,876,946号明細書に開示されている[数7]のモデル式中の10個のパラメータのうち、チップローテーション（ θ ）、チップの直交度誤差（ w ）、並びにx方向のチップスケールリング（ r_x ）及びy方向のチップスケールリング（ r_y ）を求める。なお、ショット内多点EGA演算に関しては、上記米国特許に詳細に開示されているので、詳細説明は省略する。

【0166】

そして、露光制御装置220は、その位置決め目標位置に従ってウエハステージWSTを位置制御しつつ、ウエハW₁上の各ショットに対してステップ・アンド・スキャン方式で露光を行う。ここで、ショット内多点EGA計測によりショット形状も求めていた場合には、走査露光中に、求めたショット形状に合わせてレチクルRのパターンの投影光学系PLによる投影像が変形するように、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとの相対走査角度、走査速度比、レチクルステージRST及びウエハステージWSTの少なくとも一方の投影光学系に対する相対位置、投影光学系PLの結像特性（収差）、及び照明光（露光光）ILの波長の少なくとも1つを、調整する。ここで、投影光学系PLの結像特性（収差）の調整及び照明光ILの中心波長の調整は、露光制御装置220により結像特性補正コントローラ248を介して行われる。

【0167】

上記のウエハステージWST上のウエハ（この場合ウエハW₁）に対するEGAウエハアライメント及び露光が行われているのと並行して、計測装置100により第2枚目のウエハ（ウエハW₂とする）に対し、設定されたモードでのウエハアライメント計測、アライメント履歴データの作成等が前述した手順で実行されている。

【0168】

そして、ウエハステージWST上のウエハ（この場合ウエハW₁）に対する露光が終了する前に、計測装置100の計測処理が終了し、その2枚目のウエハW₂が、ウエハ搬送系70によりロード側基板載置部に載置され、ウエハ搬送系270により露光装置200内部の所定の待機位置まで搬送され、その待機位置で待機することになる。

【0169】

そして、ウエハW₁の露光が終了すると、ウエハステージ上でウエハW₁とウエハW₂とが交換され、交換後のウエハW₂に対して、前述と同様のウエハアライメント及び露光が行われる。なお、ウエハW₂の待機位置までの搬送が、ウエハステージ上のウエハ（この場合ウエハW₁）に対する露光が終了するまでに終わらない場合には、ウエハステージが露光済みのウエハを保持したまま待機位置の近傍で待機することになる。

【0170】

上記の交換後のウエハW₂に対するウエハアライメントと並行してウエハ搬送系270により露光済みのウエハW₁が第2基板受け渡し部のアンロード側基板載置部に搬送される。

10

20

30

40

50

【0171】

これ以後、ウエハ搬送系70は、前述の如く、計測装置100によりウエハのアライメント計測が行われるのと並行して、露光済みのウエハをアンロード側基板載置部から第1基板受け渡し部上に搬送し載置する動作、及び計測終了後の露光前のウエハをスライダ10上から取り出し及びロード側基板載置部へ搬送する動作を、所定の順序で繰り返し行うこととなる。

【0172】

前述の如くして、ウエハ搬送系70により、第1基板受け渡し部上に搬送され載置された露光済みのウエハは、C/D内搬送系によりベーク部内に搬入され、該ベーク部内のベーク装置によりPEBが行われる。ベーク部内には、複数枚のウエハを同時に収容可能である。

10

【0173】

一方、PEBが終了したウエハは、C/D内搬送系によりベーク部から取り出され、現像部内に搬入され、該現像部内の現像装置により現像が開始される。

【0174】

そして、ウエハの現像が終了すると、そのウエハは、C/D内搬送系により現像部から取り出されウエハキャリア内の所定の収納段に搬入される。以降、C/D300内では、露光済みの第2枚目以降のウエハに対して、ウエハW₁と同様の手順で、PEB、現像、及びウエハの搬送が繰り返し行われることとなる。

【0175】

以上説明したように、本第2の実施形態に係るリソグラフィシステム1000によると、露光装置200の動作と並行して、計測装置100によりウエハのアライメント計測を行うことができ、しかも、全ショットをサンプルショットとする全ショットEGAを、露光装置200のウエハアライメント及び露光の動作と並行して行うことができる。また、全ショットEGAで得られたモデル式における高次成分の係数は、露光装置200においてもそのまま採用することができるので、露光装置200では、数ショットをアライメントショットとするアライメント計測を行って上記モデル式の低次成分の係数を求めるのみで、この低次成分の係数と、計測装置100で取得された高次成分の係数とを用いることで、露光装置200でモデル式(1)の低次及び高次成分の係数を求めた場合と同様の精度の良い各ショットの露光の際の位置決め目標位置の算出が可能になる。したがって、露光装置200のスループットを低下させることなく、露光の際のレチクルのパターンの像とウエハ上の各ショット領域に形成されたパターンとの重ね合わせ精度の向上が可能になる。

20

30

【0176】

なお、上記第2の実施形態に係るリソグラフィシステム1000では、露光装置200では上記モデル式の1次以下の低次成分の係数を求め、この低次成分の係数と、計測装置100で取得された上記モデル式の2次以上の高次成分の係数とを用いる場合について説明した。しかしながら、これに限らず、例えば上記モデル式の2次以下の成分の係数を露光装置200内でのアライメントマークの検出結果から求め、この2次以下の成分の係数と、計測装置100で取得された上記モデル式の3次以上の高次成分の係数とを用いても良い。あるいは、例えば上記モデル式の3次以下の成分の係数を露光装置200内でのアライメントマークの検出結果から求め、この3次以下の成分の係数と、計測装置100で取得された上記モデル式の4次以上の高次成分の係数とを用いても良い。すなわち、上記モデル式の(N-1)次(Nは2以上の整数)以下の成分の係数を露光装置200内でのアライメントマークの検出結果から求め、この(N-1)次以下の成分の係数と、計測装置100で取得された上記モデル式のN次以上の高次成分の係数とを用いても良い。

40

【0177】

なお、リソグラフィシステム1000において、計測装置100の計測ユニット40が、前述の多点焦点位置検出系を備えている場合には、計測装置100により、ウエハアライメント計測とともにウエハWのフラットネス計測(フォーカスマッピングとも呼ばれる)を行うこととしても良い。この場合、そのフラットネス計測の結果を用いることで、露光

50

装置 200 によりフラットネス計測を行うこと無く、露光時のウエハ W のフォーカス・レベリング制御が可能となる。

【0178】

なお、上記第 2 の実施形態では、対象が 300 mm ウエハであるものとしたが、これに限らず、直径 450 mm の 450 mm ウエハであっても良い。露光装置 200 とは別に、計測装置 100 によってウエハアライメントを行うことができるので、450 mm ウエハであっても、露光処理のスループットの低下を招くこと無く、例えば全点 EGA 計測などが可能になる。

【0179】

なお、図示は省略したが、リソグラフィシステム 1000 において、露光装置 200 と C/D300 とをインラインにて接続し、計測装置 100 を、C/D300 の露光装置 200 と反対側に配置しても良い。この場合、計測装置 100 は、例えばレジスト塗布前のウエハを対象とする前述と同様のアライメント計測（以下、事前計測と称する）に用いることができる。あるいは、計測装置 100 を、現像終了後のウエハに対する重ね合わせずれ計測マークの位置ずれ計測（重ね合わせずれ計測）に用いることもできるし、事前計測及び重ね合わせずれ計測に用いることもできる。

【0180】

《ウエハグリッドの変動管理》

次に、計測装置 100 を用いる露光装置起因のウエハグリッドの管理方法を、リソグラフィシステム 1000 に適用した場合を例として説明する。図 11 には、この場合のウエハグリッドの管理方法における処理の流れが概略的に示されている。

【0181】

まず、ステップ S202 において、露光装置 200 により、ベアウエハ（便宜上、ウエハ W₀ とする）に対して、製品レチクル R を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式で露光が行われる。ここで、レチクル R には、そのパターン面に矩形のパターン領域とともに、その周囲の領域又はパターン領域内部（1 ショット複数チップ取りの場合）に、マーク（ウエハ上に転写されるとウエハマークとなる）などが形成されているものとする。ここで、ウエハ W₀ は、未露光のウエハであり、その表面には C/D300 によってレジストが塗布されている。したがって、ウエハ W₀ の露光に際しては、アライメントは行われず、設計値に基づいて、レチクルステージ RST とウエハステージ WST とが、露光制御装置 220 によって駆動制御される。このステップ S202 の露光により、ウエハ W₀ 表面のレジスト層には、マトリクス状に配置された I 個（例えば 98 個）の矩形のパターン領域と各ショットとの位置関係が設計上既知の各ショットに対応するマークとの転写像（潜像）が形成される。

【0182】

次に、ステップ S204 において、その露光済みのウエハ W₀ は、ウエハステージ WST からアンロードされ、C/D300 の現像部内に搬入される。具体的には、ウエハ W₀ は、ウエハ搬送系 270 及びウエハ搬送系 70 により搬送され、C/D300 と計測装置 100 との間に設けられた第 1 基板受け渡し部上に載置される。そして、ウエハ W₀ は、C/D 内搬送系により、C/D300 の現像部内に搬入される。

【0183】

次に、ステップ S206 において、ウエハ W₀ は、C/D300 の現像部の現像装置により現像される。この現像後、ウエハ W₀ 上には、マトリクス状に配置された I 個（例えば 98 個）の矩形のショットと各ショットとの位置関係が設計上既知の各ショットに対応するウエハマークのレジスト像（以下、適宜ウエハマークと略記する）が形成される。

【0184】

次に、ステップ S208 において、現像済みのウエハ W₀ が、C/D300 から取り出され、計測装置 100 のスライダ 10 上にロードされる。具体的には、ウエハ W₀ は、C/D 内搬送系により現像部から取り出され、第 1 基板受け渡し部上に載置される。そして、ウエハ W₀ は、計測装置 100 のウエハ搬送系 70 によって第 1 基板受け渡し部からロー

10

20

30

40

50

ディングポジションにあるスライダ 10 の上方に搬送され、スライダ 10 上にロードされる。

【0185】

次に、ステップ S 2 1 0 において、制御装置 60 により、現像済みのウエハ W₀ に対して前述した全ショット 1 点計測が行われ、各ウエハマークの絶対位置座標が求められる。すなわち、制御装置 60 は、スライダ 10 の位置情報を、第 1 位置計測システム 30（及び第 2 位置計測システム 50）を用いて計測しつつ、マーク検出系 MDS を用いて I 個（例えば 98 個）のショットそれぞれに対応する I 個のウエハマークをそれぞれ検出し、I 個のウエハマークそれぞれの検出結果と I 個のウエハマークそれぞれの検出時のスライダ 10 の絶対位置座標（X, Y）とに基づいて、ウエハ W₀ 上の I 個のショットそれぞれに対応する I 個のウエハマークの絶対位置座標（X, Y）を、求める。このとき、制御装置 60 は、第 1 計測システムの 30 によって計測されるスライダ 10 の x 方向及び y 方向の計測値に基づいて、第 1 位置計測システム 30 の X 軸方向及び Y 軸方向アッペ誤差、及び第 2 位置計測システム 50 の X 軸方向及び Y 軸方向の計測値を、オフセットとして、I 個のウエハマークの絶対位置座標（X, Y）を求める。

10

【0186】

次に、ステップ S 2 1 2 において、制御装置 60 により、求めた I 個のマークの絶対位置座標を用いて、ウエハ W₀ 上の I 個のショットの配列（ウエハグリッド）の変動情報が求められる。例えば、制御装置 60 は、ウエハマークとショット中心との既知の位置関係に基づいて、I 個のウエハマークの絶対位置座標から I 個のショットそれぞれの絶対位置座標（X, Y）の実測値を求め、この I 個のショットそれぞれの絶対位置座標（X, Y）の実測値と各ショットの位置座標（X, Y）の設計値との差のデータに基づいて、最小二乗法等の統計演算を用いて、前述した式（1）の係数 a₀、a₁、...、b₀、b₁、... を求める。ここで、求めた係数 a₀、a₁、...、b₀、b₁、... を式（1）に代入して、係数確定後の式（1）を、ウエハグリッドの変動情報として、内部のメモリ（又は記憶装置 400）に記憶する。

20

【0187】

あるいは、制御装置 60 は、ウエハマークとショット中心との既知の位置関係に基づいて、I 個のウエハマークの絶対位置座標から I 個のショットそれぞれの絶対位置座標（X, Y）の実測値を求め、この I 個のショットそれぞれの絶対位置座標（X, Y）の実測値と各ショットの位置座標（X, Y）の設計値との差のデータから成るマップを作成し、このマップをウエハグリッドの変動情報として、メモリ（又は記憶装置 400）に記憶しても良い。

30

【0188】

これにより、いつでも、ウエハグリッドの設計値からの変動量を求めて、その変動量を管理することが可能になる。

【0189】

次のステップ S 2 1 4 は、必要に応じてなされる。ステップ S 2 1 4 において、制御装置 60 は、ステップ S 2 1 0 で求めたウエハグリッドの設計値からの変動情報を、メモリ（又は記憶装置 400）内に事前に記憶されている、基準となるウエハグリッドの変動情報と比較して、その基準となるウエハグリッドの変動からの、ウエハグリッドの変動量を求める。このステップ S 2 1 4 の処理により、異なる露光装置間でのステージグリッドの誤差に起因して生じるショット配列の誤差、又は同一の露光装置の異なる時点間のステージグリッドの誤差に起因して生じるショット配列の誤差を管理することが可能になる。

40

【0190】

前者の場合、ステップ S 2 1 4 の処理に先立って、露光装置 200 とは異なるスキャニング・ステッパでレチクル R を用いてウエハ W₀ とは別のペアウエハ上に対して、前述のステップ S 2 0 2 と同様にして露光が行われ、その露光済みのウエハに対して、ステップ S 2 0 4 ~ S 2 1 2 と同様の処理が行われることで、基準となるウエハグリッドの変動情報が求められ、メモリ（又は記憶装置 400）内に記憶されている。

50

【 0 1 9 1 】

後者の場合、ステップ S 2 1 4 の処理に先立って、ウエハ W₀ とは別のウエハに対して、ステップ S 2 0 2 ~ S 2 0 8 と同様の処理が行われることで、基準となるウエハグリッドの変動情報が求められ、メモリ（又は記憶装置 4 0 0）内に記憶されている。

【 0 1 9 2 】

上述の説明から明らかなように、本実施形態に係る管理方法では、基準ウエハを用いること無く、装置起因のウエハグリッドの変動を管理することができる。このため、基準ウエハを用いる場合の以下の様な不都合が生じるのを回避できる。

【 0 1 9 3 】

すなわち、基準ウエハによる運用は、基準ウエハを複数の露光装置で使いまわすこととなるため、取り合いになる。基準ウエハは、通常 1 枚だけでなく複数枚作製されるため、基準ウエハ同士の個体差を保証する必要がある。また、基準ウエハは破損することもあるし、使っているうちに劣化することもある。さらに、基準ウエハを用いるウエハグリッドの管理方法では、基準ウエハ表面にレジストを塗布して露光し、その後必要な処理が済んだらレジストを剥離して基準ウエハを洗浄する。このプロセスを繰り返すことで表面が傷んでくることもある。また、基準ウエハの裏面にもウエハホルダが有するチャック部材（ピンチャックなど）の痕がつき、これが基準ウエハの吸着歪を発生させ、ウエハグリッドを歪ませてしまう。

10

【 0 1 9 4 】

一方、基準ウエハを用いないことにより、次のようなメリットがある。

20

- a . 基準ウエハの空きやシリアル番号を気にすることなく、ウエハグリッドの変動を計測したい（補正を行いたい）時に計測（補正）を実効可能となる。
- b . 基準ウエハの代わりにベアウエハを使えるため、品質管理を手軽に実行可能となる。
- c . 製品ショットマップ・製品レチクルでウエハグリッドの管理が可能となる。すなわち、製品レチクルについている重ね計測用マークやアライメントマークを使ってウエハグリッドの管理をすることが可能となる。この結果、品質管理用の専用レチクルが不要となる。また、製品ショットマップそのもので品質管理が可能となり、さらには、場所依存誤差のみならず、スキャン速度や加速度、その他製品露光動作で生じる全ての誤差要因によって生じるウエハグリッドの変動量を計測できるので、この計測結果に基づいて、補正を行うことで、先に説明したある種の妥協を一切排除することが可能になる。

30

【 0 1 9 5 】

第 2 の実施形態に係るリソグラフィシステム 1 0 0 0 において、例えばリソグラフィシステム 1 0 0 0 全体のウエハ処理のスループットを必要以上に低下させない場合には、現像済みのウエハを、前述した P B 後の露光前のウエハと同様の手順で再度計測装置 1 0 0 のスライダ 1 0 上にロードし、ウエハ上に形成されている重ね合わせずれ計測マーク（例えばボックス・イン・ボックスマークなど）の位置ずれの計測を行っても良い。すなわち、計測装置 1 0 0 は、ウエハ上のマークの絶対値計測（第 1 位置計測システム 3 0 による基準座標系上で）ができるので、ウエハアライメント計測のみならず、相対位置計測の一種である重ね合わせずれ計測マークの位置ずれ計測を行うための計測装置としても好適である。

40

【 0 1 9 6 】

《重ね合わせ計測》

次に、計測装置 1 0 0 を用いる重ね合わせ計測方法を、リソグラフィシステム 1 0 0 0 に適用した場合を例として説明する。図 1 2 には、この場合の重ね計測方法における処理の流れが概略的に示されている。

【 0 1 9 7 】

まず、ステップ S 3 0 2 において、C / D 3 0 0 の塗布部において、露光装置 2 0 0 とは異なる露光装置、例えばスキャナ又はステッパにより第 1 の層（下地層）の露光が行われたウエハ（ウエハ W_{1 1} とする）にレジストの塗布が行われる。レジスト塗布前のウエハ W_{1 1} には、下地層の露光により、複数、例えば I 個（I は例えば 9 8）のショットとと

50

もに、ショットとの設計上の位置関係が既知のウエハマーク及び重ね合わせずれ計測用の第1マーク（正確には、第1マークのレジスト像（適宜、第1マーク像とも称する））が、それぞれのショットに対応して形成されている。この場合、I個の第1マーク像それぞれの設計上の位置関係も既知である。

【0198】

次に、ステップS304において、レジストが塗布されたウエハ W_{11} が、前述したウエハ W_1 と同様の所定の処理過程を経て、露光装置200のウエハステージ WST 上にロードされる。具体的には、ウエハ W_{11} は、ベーク部で加熱処理（PB）、温調部330での温調、並びに計測装置100によるアライメント計測（ここでは、Aモードの計測とする）が行われた後、ウエハステージ WST 上にロードされる。

10

【0199】

次に、ステップS306において、露光装置200の露光制御装置220により、ウエハステージ WST 上のウエハ W_{11} に対して、アライメント検出系ASを用いて前述と同様のサーチアライメント、及び例えば3～16程度のショットをアライメントショットとするEGA方式のウエハラライメントが行われる。

【0200】

次に、ステップS308において、露光制御装置220により、ウエハラライメントの結果に基づき、前述の式（3）で表される各ショットの位置座標の補正量（アライメント補正成分） d_x 、 d_y が求められ、この補正量に基づいて、ウエハグリッドを補正するための、各ショットの露光に際しての位置決め目標位置が決定される。

20

【0201】

次に、ステップS310において、露光装置200により、その位置決め目標位置に従ってウエハステージ WST を位置制御しつつ、ウエハ W_{11} 上の各ショットに対してステップ・アンド・スキャン方式で第2の層（第1の層を下地層とする上地層）の露光が行われる。このとき、露光装置200は、ウエハ W_{11} 上の第1マーク像に対応して第2マークが形成されたレチクル（便宜上、レチクル R_{11} とする）を用いて露光を行う。したがって、この第2の層の露光により、ウエハ W_{11} 上のI個のショットに対してレチクル R_{11} のパターン領域が重ね合わせて転写されるとともに、I個の第1マークの位置関係に対応する位置関係で配置されたI個の第2マークの転写像が形成される。

【0202】

30

次に、ステップS312において、第2の層の露光が終了したウエハ W_{11} は、前述の露光済みのウエハ W_1 と同様の処理過程を経て、C/D300の現像部内に搬入される。具体的には、ウエハ W_{11} は、ウエハ搬送系270により第2基板受け渡し部のアンロード側基板載置部に搬送され、ウエハ搬送系70により、アンロード側基板載置部から第1基板受け渡し部上に搬送され、C/D内搬送系によりC/D300のベーク部内に搬入され、該ベーク部内のベッキング装置によりPEBが行われる。PEBが終了したウエハ W_{11} は、C/D内搬送系によりベーク部から取り出され、現像部内に搬入される。

【0203】

次に、ステップS314において、現像部内の現像装置により、複数の第2マークの転写像が形成されたウエハ W_{11} が、現像される。この現像により、ウエハ W_{11} 上には、I個のショットとともに、第1マーク像と対応する第2マーク像との組が、I個、所定の位置関係で形成され、重ね合わせ計測に際しての計測対象の基板となる。すなわち、このようにして重ね合わせ計測に際しての計測対象となる基板（重ね合わせ計測対象基板）が作製される。ここで、第1マーク像と対応する第2マーク像との組として、例えば外ボックスマークとこの内側に配置された内ボックスマークとから成るボックス・イン・ボックスマークのレジスト像などを用いることができる。

40

【0204】

次に、ステップS316において、現像済みのウエハ W_{11} （重ね合わせ計測対象の基板）が、C/D内搬送系により現像部から取り出され、第1基板受け渡し部上に載置される。

【0205】

50

次にステップ S 3 1 8 において、計測装置 1 0 0 の制御装置 6 0 により、第 1 基板受け渡し部上に載置されている現像済みのウエハ W_{1 1}（重ね合わせ計測対象基板）が、前述した手順でスライダ 1 0 上にロードされ、I 組の第 1 マーク像と第 2 マーク像それぞれの X Y 平面内の絶対位置座標が次のようにして求められる。すなわち、制御装置 6 0 は、スライダ 1 0 の位置情報を、第 1 位置計測システム 3 0（及び第 2 位置計測システム 5 0）を用いて計測しつつ、マーク検出系 M D S を用いてウエハ W_{1 1} 上の I 組の第 1 マーク像と第 2 マーク像をそれぞれ検出し、I 組の第 1 マーク像と第 2 マーク像それぞれの検出結果とそれぞれのマーク像の検出時のスライダ 1 0 の絶対位置座標（X, Y）とに基づいて、ウエハ W_{1 1} 上の I 組の第 1 マーク像と第 2 マーク像それぞれの X Y 平面内の絶対位置座標を求める。このとき、制御装置 6 0 は、第 1 計測システム 3 0 によって計測されるスライダ 1 0 の x 方向及び y 方向の計測値に基づいて、第 1 位置計測システム 3 0 の X 軸方向及び Y 軸方向アッペ誤差、及び第 2 位置計測システム 5 0 の X 軸方向及び Y 軸方向の計測値を、オフセットとして、I 組の第 1 マーク像と第 2 マーク像それぞれの X Y 平面内の絶対位置座標を求める。

10

【 0 2 0 6 】

次にステップ S 3 2 0 において、制御装置 6 0 により、相互に組を成す第 1 マーク像の絶対位置座標と第 2 マーク像の絶対位置座標とに基づいて、第 1 の層と第 2 の層との重ね合わせ誤差（重ね合わせずれ）が求められる。

【 0 2 0 7 】

次にステップ S 3 2 2 において、制御装置 6 0 により、I 個の第 1 マーク像の絶対位置座標と I 個の第 2 マーク像の絶対位置座標とに基づいて、重ね合わせ誤差が、第 1 の層の露光と、第 2 の層の露光とのいずれに主として起因するかが、例えば次のようにして判断される。すなわち、制御装置 6 0 は、第 1 マーク像の絶対位置座標の設計上の位置座標からのずれ量（ $X_{1 i}$, $Y_{1 i}$ ）（ $i = 1 \sim I$ ）と、第 2 マーク像の絶対位置座標の設計上の位置座標からのずれ量（ $X_{2 i}$, $Y_{2 i}$ ）（ $i = 1 \sim I$ ）とを求め、 $X_{1 i}$ 、 $X_{2 i}$ 、 $Y_{1 i}$ 、 $Y_{2 i}$ それぞれについて $i = 1 \sim I$ の総和 $X_{1 i}$ 、 $X_{2 i}$ 、 $Y_{1 i}$ 、 $Y_{2 i}$ を求める。そして、制御装置 6 0 は、 $X_{1 i} > X_{2 i}$ かつ $Y_{1 i} > Y_{2 i}$ の場合、重ね合わせ誤差は、X 軸方向及び Y 軸方向のいずれについても第 1 の層の露光に主として起因すると判断し、 $X_{1 i} < X_{2 i}$ かつ $Y_{1 i} < Y_{2 i}$ の場合、重ね合わせ誤差は、X 軸方向及び Y 軸方向のいずれについても第 2 の層の露光に主として起因すると判断する。また、制御装置 6 0 は、 $X_{1 i} > X_{2 i}$ かつ $Y_{1 i} < Y_{2 i}$ の場合、重ね合わせ誤差は、X 軸方向については第 1 の層の露光に主として起因し、かつ Y 軸方向については第 2 の層の露光に主として起因すると判断し、 $X_{1 i} < X_{2 i}$ かつ $Y_{1 i} > Y_{2 i}$ の場合、重ね合わせ誤差は、X 軸方向については第 2 の層の露光に主として起因し、かつ Y 軸方向については第 1 の層の露光に主として起因すると判断する。

20

30

【 0 2 0 8 】

なお、上記の判断方法は一例であり、要は、制御装置 6 0 は、I 個の第 1 マーク像の絶対位置座標と I 個の第 2 マーク像の絶対位置座標とに基づいて、重ね合わせ誤差が、第 1 の層の露光と、第 2 の層の露光とのいずれに主として起因するかを判断するのであれば、その具体的な判断方法は特に問わない。

40

【 0 2 0 9 】

上述の説明から明らかなように、本実施形態に係る重ね合わせ計測方法によると、計測装置 1 0 0 の制御装置 6 0 は、第 1 マーク像の絶対位置座標と第 2 マーク像の絶対位置座標とをそれぞれ計測することができ、これらの絶対位置座標に基づいて、重ね合わせ誤差が、下地層の露光に主として起因するのか、上地層の露光に主として起因するのを、特定することができるという、従来にない優れた効果を得ることができる。

【 0 2 1 0 】

なお、上では、下地層の露光に用いられる露光装置と、上地層の露光に用いられる露光装置とが異なる場合について説明したが、これに限らず、例えば露光装置 2 0 0 によって、

50

下地層と上地層の露光が行われた場合であっても、上述のステップS 3 0 2 ~ S 3 2 2の一連の処理によって、重ね合わせ精度を高精度で管理できる。

【0 2 1 1】

なお、上記ステップS 3 2 0において、第1の層と第2の層との重ね合わせ誤差（重ね合わせずれ）が求められているので、ステップS 3 2 2は、必要に応じて実行すれば良い。

【0 2 1 2】

なお、図8のリソグラフィシステム1 0 0 0では、計測装置1 0 0が1台のみ設けられていたが、次の変形例のように、計測装置を複数台、例えば2台設けても良い。

【0 2 1 3】

《変形例》

図1 3には、変形例に係るリソグラフィシステム2 0 0 0の構成が、概略的に示されている。リソグラフィシステム2 0 0 0は、露光装置2 0 0と、C / D 3 0 0と、前述の計測装置1 0 0と同様の構成された2台の計測装置1 0 0 a、1 0 0 bと、を備えている。リソグラフィシステム2 0 0 0は、クリーンルーム内に設置されている。

【0 2 1 4】

リソグラフィシステム2 0 0 0では、2台の計測装置1 0 0 a、1 0 0 bが、露光装置2 0 0とC / D 3 0 0との間に並列に配置されている。

【0 2 1 5】

リソグラフィシステム2 0 0 0が備える、露光装置2 0 0、C / D 3 0 0及び計測装置1 0 0 a、1 0 0 bは、チャンバ同士が隣接して配置されている。露光装置2 0 0の露光制御装置2 2 0と、C / D 3 0 0の塗布現像制御装置3 2 0と、計測装置1 0 0 a、1 0 0 bそれぞれが有する制御装置6 0とは、LAN 5 0 0を介して互いに接続されており、相互に通信を行う。LANには、記憶装置4 0 0も接続されている。

【0 2 1 6】

この変形例に係るリソグラフィシステム2 0 0 0では、前述したリソグラフィシステム1 0 0 0と同様の動作シーケンスの設定が可能なので、リソグラフィシステム1 0 0 0と同等の効果を得ることができる。

【0 2 1 7】

これに加え、リソグラフィシステム2 0 0 0では、計測装置1 0 0 a、1 0 0 bを、ともに、前述のPB後のウエハを対象とするアライメント計測（以下、事後計測と称する）、及びレジスト塗布前のウエハを対象とする前述と同様のアライメント計測（事前計測）に用いるようなシーケンスの採用も可能である。この場合、あるウエハを対象とする事前計測は、そのウエハとは異なるウエハを対象とする前述した一連のウエハ処理と並行して行われるので、システム全体のスループットを殆ど低下させることがない。ただし、最初のウエハについては、事前計測の時間を、一連のウエハ処理の時間にオーバーラップさせることはできない。

【0 2 1 8】

同一のウエハ上の同一のウエハマークについて事前計測で実測された位置と、事後計測で実測された位置とを比較することで、レジスト塗布に起因するウエハマークの位置計測誤差を求めることができる。したがって、露光装置2 0 0による同一ウエハを対象とするウエハアライメントに際して実測された同一のウエハマークの位置を、上で求めたレジスト塗布に起因するウエハマークの位置計測誤差分だけ補正することで、レジスト塗布に起因するウエハマークの位置の計測誤差をキャンセルした高精度なEGA計測が可能になる。

【0 2 1 9】

この場合において、事前計測と事後計測のいずれにおいても、ウエハマークの位置の計測結果は、ウエハホルダの保持状態によって影響を受けるので、同一ウエハは、事前計測及び事後計測を、同一の計測装置1 0 0 a又は1 0 0 bにより行われるシーケンスを採用することが望ましい。

【0 2 2 0】

ただし、計測装置1 0 0 a及び1 0 0 bの一方を、事前計測専用とし、他方を事後計測専

10

20

30

40

50

用としても良い。この場合、計測装置 100 a 及び 100 b それぞれの立ち上げ時に、基準ウエハをそれぞれのスライダ 10 に搭載し、第 1 位置計測システム 30 でスライダ 10 の位置を計測しつつ、基準ウエハ上のマークをマーク検出系 MDS で検出し、その検出結果に基づいて、前述のウエハ W0 の場合と同様にして、基準ウエハのグリッドを、計測装置 100 a 及び 100 b それぞれで求める。この場合、基準ウエハとしては、例えばマーク検出系 MDS の解像度で計測できるようなマーク（ラインアンドスペースマーク、2次元井桁マーク、及びボックスマークのいずれでも良い）が、特定のピッチ、例えば 1 mm ピッチで、全面にエッチングなどで形成されているようなウエハを用いることができる。

【0221】

そして、求めた基準ウエハのグリッド同士の差がなくなるように、それぞれの第 1 位置計測システム 30 の座標系同士を、そろえる。この理由は、同一の基準ウエハのグリッドは、本来同一であるから、求めた基準ウエハのグリッド間に誤差があるとすれば、計測装置 100 a、100 b それぞれのスライダ 10 の移動を規定する基準座標系相互間に誤差あることが要因だからである。

10

【0222】

この場合、基準ウエハは、計測装置のスライダの移動を規定する座標系相互間のキャリブレーションのために必要なものであるから、必要な場面はそれぞれの計測装置の立ち上げ時だけであり、必要な枚数、頻度が従来技術に比べて圧倒的に少なく、かつそれぞれの計測装置で基準ウエハ上のマークを計測するのみで良く、基準ウエハに対して露光を行う必要もない。すなわち、レジストを塗ったり剥離したりしないので基準ウエハが損傷することもない。基準ウエハは、原器として大切に保管していれば良い。なお、それぞれの計測装置が立ち上がった後は、基準ウエハは原則不要である。

20

【0223】

リソグラフィシステム 2000 では、上で説明した事前計測に代えて、現像終了後のウエハに対する前述した重ね合わせずれ計測を行うようにしても良い。この場合において、計測装置 100 a 及び 100 b の所定の一方を、前述した事後計測専用とし、他方を、重ね合わせずれ計測専用としても良い。あるいは、同一ウエハについては、事後計測及び重ね合わせずれ計測が、同一の計測装置 100 a 又は 100 b により行われるシーケンスを採用しても良い。後者の場合、同一のウエハについて、同一の計測装置により、さらに事前計測を行うようにしても良い。

30

【0224】

図示は省略したが、リソグラフィシステム 2000 において、計測装置 100 a 及び 100 b の所定の一方、例えば計測装置 100 a を、C/D 300 の露光装置 200 と反対側に配置しても良い。この場合、計測装置 100 a は、ウエハの搬送の流れを考えれば、現像終了後のウエハに対する前述した重ね合わせずれ計測を行うのに適している。なお、計測装置 100 a、100 b 間のホルダの保持状態の個体差が殆ど問題にならないのであれば、計測装置 100 a は、重ね合わせずれ計測の代わりに、事前計測に用いても良いし、重ね合わせずれ計測及び事前計測に用いても良い。

【0225】

この他、露光装置 200、C/D 300 に加えて、計測装置 100 を、3つ以上設け、全ての装置を、インライン接続し、3つの計測装置 100 のうちの2つを、事前計測及び事後計測用とし、残り1つの計測装置を重ね合わせずれ計測専用としても良い。前者の2つをそれぞれ、事前計測専用、事後計測専用としても良い。

40

【0226】

なお、上記第 2 の実施形態及び上記変形例では、計測装置 100、100 a、100 b が、備えるマーク検出系 MDS の検出信号を処理する信号処理装置 49 が、マーク検出系 MDS の検出結果として得られる検出信号の波形が良好なウエハマークの計測結果のみを、制御装置 60 に送ることで、制御装置 60 によりそれらのウエハマークの計測結果を用いて EGA 演算が行われる結果、露光制御装置に 220 によりマーク検出系 MDS による検出結果として得られる検出信号の波形が良好な複数のウエハマークの中から選択したウエ

50

ハマークの位置情報の一部の位置情報を用いてE G A演算が行われる場合について説明した。しかしながら、これに限らず、信号処理装置49は、マーク検出系MDSの検出結果として得られる検出信号の波形が不良なウエハマークを除いた残りのウエハマークの計測結果を、制御装置60に送ることとしても良い。また、マーク検出系MDSによる検出結果として得られる検出信号が良好か否かの判断を、信号処理装置に代わりに制御装置60が行っても良く、この場合も、制御装置60は、その検出信号が良好と判断したウエハマークあるいはその検出信号が不良と判断したウエハマークを除く残りのウエハマークの計測結果のみを用いて、前述のE G A演算を行う。そして、露光制御装置220が、制御装置60によるE G A演算に用いられたウエハマークの計測結果から選択した一部のウエハマークの計測結果を用いて前述のE G A演算を行うことが望ましい。

10

【0227】

なお、上記第2の実施形態及び変形例では、計測装置100、100a、100bが、インラインインタフェース部に代えて、露光装置200とC/D300との間に配置された場合について例示したが、これに限らず、計測装置(100, 100a, 100b)は、露光装置の一部であっても良い。例えば、露光装置200内の、露光前のウエハが搬入される搬入部に設置することとしても良い。また、計測装置(100, 100a, 100b)が露光装置200の一部として、露光装置200のチャンバ内に設置される場合、計測装置はチャンバを備えていても良いし、備えていなくても良い。また、計測装置(100, 100a, 100b)を露光装置の一部とする場合、計測装置は、制御装置を備えていても良いし、制御装置を備えずに、露光装置の制御装置で制御されても良い。いずれにしても、計測装置は、露光装置にインライン接続される。

20

【0228】

なお、上記実施形態では、基板処理装置がC/Dである場合について説明したが、基板処理装置は、露光装置及び計測装置にインライン接続される装置であれば足り、基板(ウエハ)上に感応剤(レジスト)を塗布する塗布装置(コータ)、あるいは露光後の基板(ウエハ)を現像する現像装置(デベロッパ)であっても良いし、露光装置及び計測装置にそれぞれインライン接続された塗布装置(コータ)及び現像装置(デベロッパ)であっても良い。

【0229】

基板処理装置が塗布装置(コータ)である場合には、計測装置は、前述した事後計測のみあるいは事前計測及び事後計測に用いることができる。この場合、露光後のウエハは、露光装置に対してインライン接続されていない現像装置に搬入されることになる。

30

【0230】

基板処理装置が現像装置(デベロッパ)である場合には、計測装置は、前述した事後計測のみあるいは事後計測及び重ね合わせずれ計測に用いることができる。この場合、別の場所で予めレジストが塗布されたウエハが、露光装置に搬入されることになる。

【0231】

上記第2の実施形態及び上記変形例(以下、第2の実施形態等と称する)では、露光装置が、スキャニング・ステッパである場合について説明したが、これに限らず、露光装置は、ステッパなどの静止型露光装置であっても良いし、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の縮小投影露光装置であっても良い。さらに、例えば米国特許第6,590,634号明細書、米国特許第5,969,441号明細書、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されているように、複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置にも第2の実施形態等を適用できる。また、露光装置は、前述した液体(水)を介さずにウエハWの露光を行うドライタイプの露光装置に限らず、例えば、欧州特許出願公開第1420298号明細書、国際公開第2004/055803号、国際公開第2004/057590号、米国特許出願公開第2006/0231206号明細書、米国特許出願公開第2005/0280791号明細書、米国特許第6,952,253号明細書などに記載されている液体を介して基板を露光する液浸型の露光装置であっても良い。また、露光装置は半導体製造用の露光装置に限定される

40

50

ことなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する露光用の露光装置などであっても良い。

【0232】

なお、上記実施形態で引用した露光装置などに関する全ての公報、国際公開、米国特許出願公開明細書及び米国特許明細書の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

【0233】

半導体デバイスは、上記実施形態に係るリソグラフィシステムを構成する露光装置で、パターンが形成されたレチクル（マスク）を用いて感光物体を露光するとともに、露光された感光物体を現像するリソグラフィステップを経て製造される。この場合、高集積度のデバイスを歩留り良く製造することができる。

10

【0234】

なお、半導体デバイスの製造プロセスが、リソグラフィステップの他に、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、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、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、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を含んでも良い。

【符号の説明】

【0235】

10 ... スライダ、12 ... 定盤、14 ... 除振装置、16 ... ベースフレーム、18 ... エアベアリング、20 ... 駆動システム、20A ... 第1駆動装置、20B ... 第2駆動装置、22a, 22b ... 可動子、23a, 23b ... 可動子、24 ... 可動ステージ、25a, 25b ... 固定子、26a, 26b ... 固定子、28A, 28B ... X軸リニアモータ、29A, 29B ... Y軸リニアモータ、30 ... 第1位置計測システム、32 ... ヘッド部、33 ... エンコーダシステム、35a ~ 35d ... レーザ干渉計、37x ... Xヘッド、37ya, 37yb ... Yヘッド、40 ... 計測ユニット、48 ... 除振装置、50 ... 第2位置計測システム、52A, 52B ... ヘッド部、58X₁, 58X₂ ... XZヘッド、58Y₁, 58Y₂ ... YZヘッド、60 ... 制御装置、100 ... 計測装置、100a, 100b ... 計測装置、200 ... 露光装置、300 ... C/D、330 ... 温調部、1000 ... リソグラフィシステム、MDS ... マーク検出系、RG1 ... グレーティング、RG2a, RG2b ... グレーティング、W ... ウエハ、WST ... ウエハステージ。

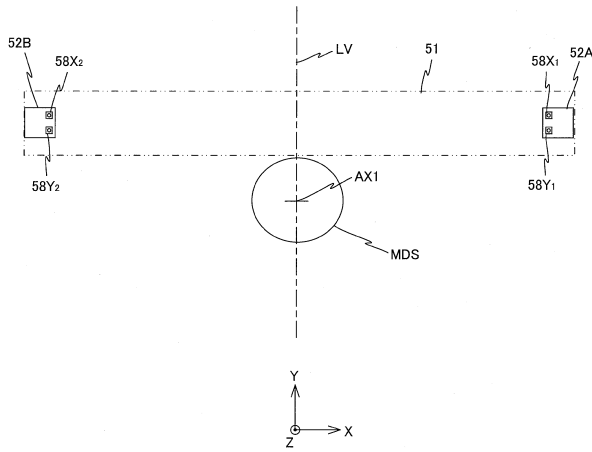
20

30

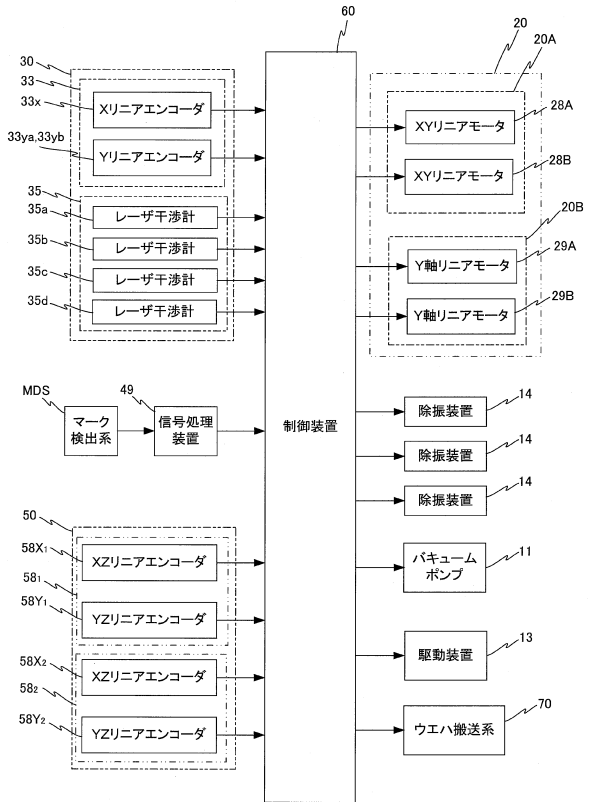
40

50

【図5】



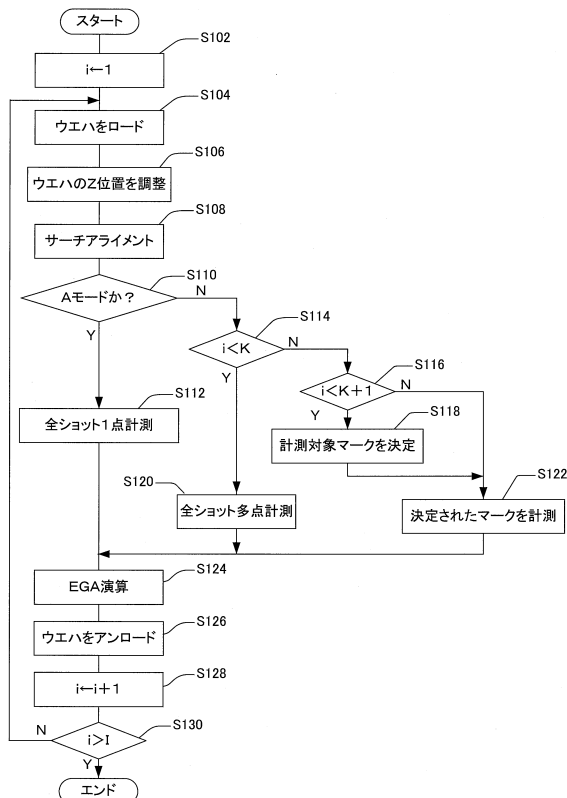
【図6】



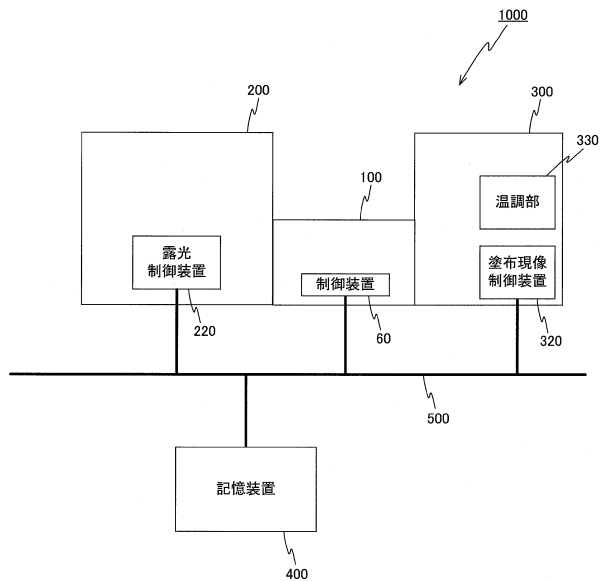
10

20

【図7】



【図8】

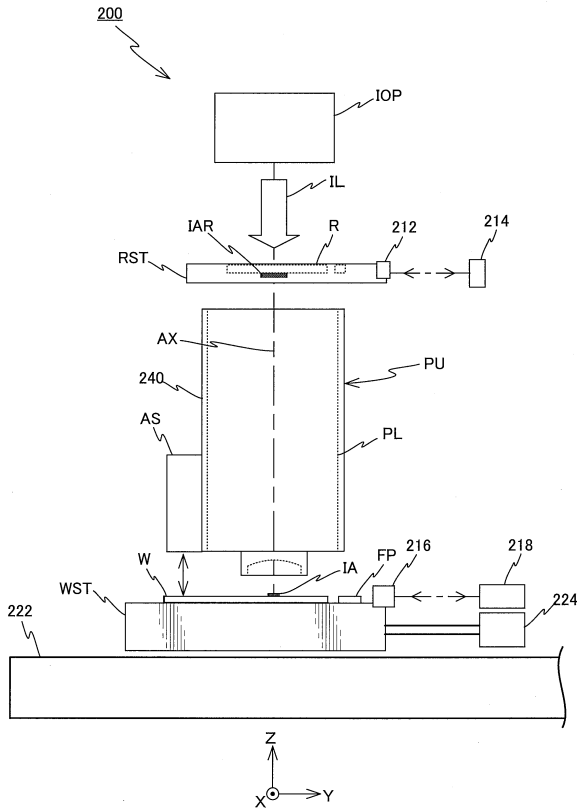


30

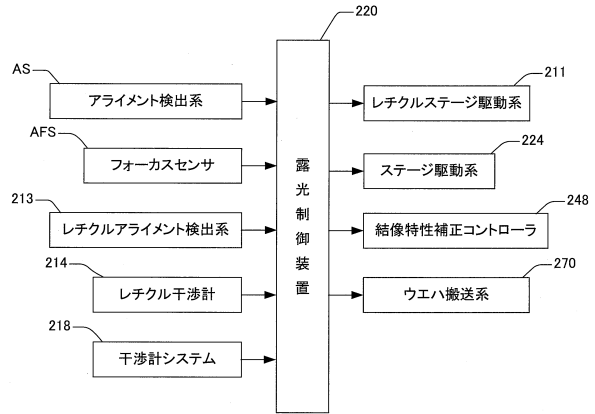
40

50

【図 9】



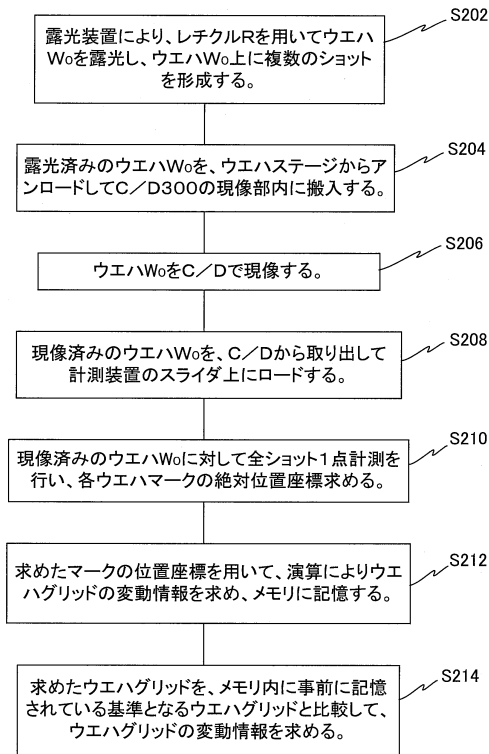
【図 10】



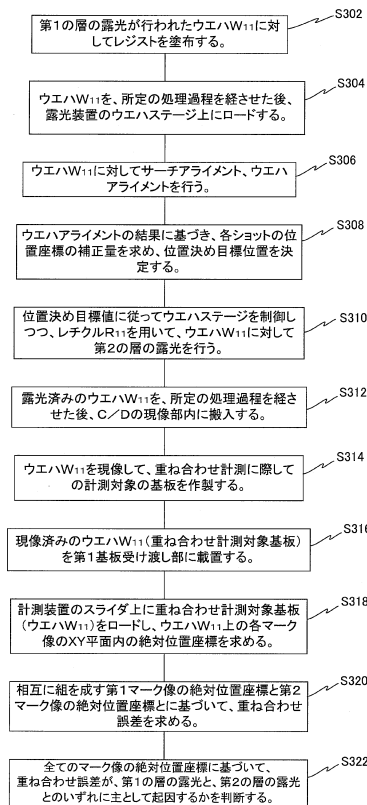
10

20

【図 11】



【図 12】

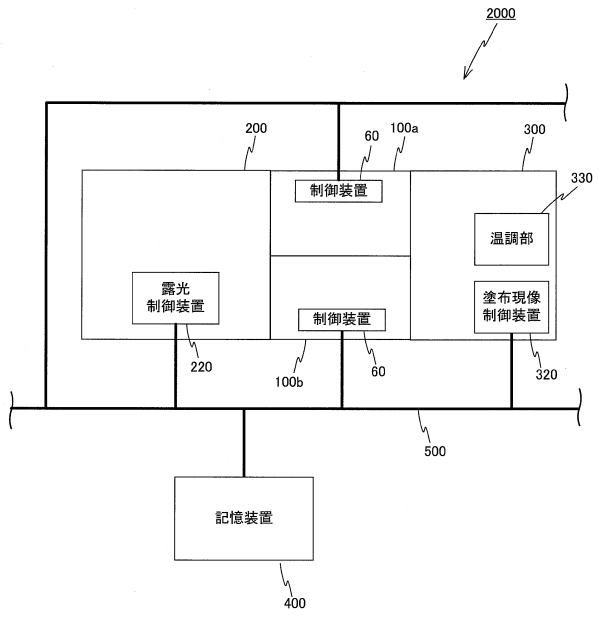


30

40

50

【図 13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-204079(JP,A)
特開2009-135166(JP,A)
特開2011-119457(JP,A)
特開2005-086030(JP,A)
特開2010-114347(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G03F 7/20
H01L 21/68
H01L 21/027
G03F 9/00