

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5984459号
(P5984459)

(45) 発行日 平成28年9月6日(2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl.

G03F 9/00 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

G03F 9/00
G03F 7/20H
501

請求項の数 15 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-82090 (P2012-82090)
 (22) 出願日 平成24年3月30日 (2012.3.30)
 (65) 公開番号 特開2013-211488 (P2013-211488A)
 (43) 公開日 平成25年10月10日 (2013.10.10)
 審査請求日 平成27年3月30日 (2015.3.30)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光装置、露光装置の制御方法及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上のレジストを光学系を介して露光する露光装置であって、
 前記基板を保持して、露光位置に前記基板を位置決めするテーブルと、
 前記基板に形成されたアライメントマークから前記アライメントマークの位置における
 レジスト表面までの距離と所定の面に対する前記レジスト表面の傾きとを取得する取得部
 と、

前記テーブルのチルト駆動を行う際に生じる露光位置のずれを補正するための補正值を
 、前記取得部で取得された前記距離および前記傾きを用いて算出し、前記補正值に従って
 前記テーブルの位置を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記所定の面は、前記アライメントマークが形成されている面であることを特徴とする
 請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記距離を Z、前記傾きを 、前記補正值を L とした場合、

前記制御部は、前記補正值を

$$L = Z \times \sin$$

により求めることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

10

20

前記距離を Z、前記傾きを 、前記取得部が検出する検出信号の特性値を C、前記補正値を Lとした場合、

前記制御部は、前記補正値を

$$L = C \times Z \times \sin$$

により求めることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記所定の面が前記テーブルの面に対して傾いている場合であって、前記距離を Z、前記テーブルの面に対する前記レジスト表面の傾きを 1 とし、前記テーブルの面に対する前記所定の面の傾きを 2 とし、前記補正値を Lとした場合、

前記制御部は、前記補正値を

$$1 > 2 \text{ のとき, } L = Z \times \sin(1 - 2)$$

により求め、

$$1 < 2 \text{ のとき, } L = Z \times \sin(-1 - 2)$$

により求めることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記距離を Z、前記傾きを 、前記基板の面の法線に対する前記取得部が前記アライメントマークの位置を検出するための光の光軸の傾きを 1、前記光が前記レジストに入射した後の光軸の傾きを 2、前記レジストの屈折率を N、前記補正値を L、前記取得部の光軸の傾きにより生じる計測値のずれの補正値を Sとした場合、

前記制御部は、前記取得部からの光の前記レジストに入射後の光軸の傾き 2 を

$$\sin(1+) = N \times \sin(2+)$$

から求め、前記取得部の光軸の傾きにより生じる計測値のずれの補正値 S を、

$$S = Z \times \tan 2$$

から求め、L - S を新たな補正値とし、前記新たな補正値に従って前記テーブルの位置を制御する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記取得部は、前記アライメントマークにフォーカスが合うベストフォーカスの第 1 位置情報と、前記アライメントマークの位置における前記レジスト表面にフォーカスが合うベストフォーカスの第 2 位置情報とを取得し、

前記制御部は、前記第 1 位置情報と前記第 2 位置情報とに基づき前記距離を求めるこ
とを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記レジストが材質の異なる複数の層で構成されている場合、前記距離は、前記アライメントマークから前記レジスト表面までにおける各層の厚さであり、前記取得部は、前記所定の面に対する各層表面の傾き、および各層の材質の特性値を取得し、前記制御部は、

前記各層の厚さ、前記各層表面の傾き、および前記各層の材質の特性値を用いて前記補正値を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記アライメントマークが前記基板の裏面に形成されている場合、前記取得部は、前記アライメントマークから前記レジスト表面までにおける前記基板および前記レジストの各層の厚さ、前記所定の面に対する各層表面の傾き、および各層の材質の特性値を取得し、

前記制御部は、前記各層の厚さ、前記各層表面の傾き、および前記各層の材質の特性値を用いて前記補正値を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記基板は、シリコン基板により構成される層およびガラス基板により構成される層のうち少なくとも一つの層を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】

前記各層の厚さを Z k、前記各層表面の傾きを k、前記各層の材質の特性値を係数

10

20

30

40

50

C_k (k は 1 以上 n 以下の整数、 n は層数)、前記補正値を L とした場合、
前記制御部は、前記補正値を

【数 2】

$$\Delta L = \sum_{k=1}^n (C_k \times \Delta Z_k \times \sin \alpha_k)$$

(k は 1 以上 n 以下の整数、 n は層数)

により求めることを特徴とする請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 1 2】

基準となるアライメントマークからレジスト表面までの距離およびレジスト表面の傾きを基板全体の代表値として計測するグローバル計測、または、基板内の異なる位置に形成されたアライメントマークに対して、当該アライメントマークからレジスト表面までの距離および前記レジスト表面の傾きを計測するダイバイダイ計測を行う計測部を更に備え、

前記取得部は、前記計測部の計測結果を取得することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 1 3】

前記アライメントマークが前記基板の裏面に形成されている場合、前記取得部は、前記アライメントマークから前記レジスト表面までにおける前記基板および前記レジストの各層の厚さ、前記所定の面に対する各層表面の傾きを取得し、前記制御部は、前記各層の厚さ、前記各層表面の傾きを用いて前記補正値を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 1 4】

基板を保持して、露光位置に前記基板を位置決めするテーブルを有し、基板上のレジストを光学系を介して露光する露光装置の制御方法であって、

前記基板に形成されたアライメントマークから前記アライメントマークの位置におけるレジスト表面までの距離と所定の面に対する前記レジスト表面の傾きとを取得する取得工程と、

前記テーブルのチルト駆動を行う際に生じる露光位置のずれを補正するための補正値を、前記取得工程で取得された前記距離および前記傾きを用いて算出する算出工程と、

前記算出工程で算出された前記補正値に従って、前記テーブルの位置を制御する制御工程と、

を有することを特徴とする露光装置の制御方法。

【請求項 1 5】

デバイス製造方法であって、

請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板上のレジストを露光する工程と、

前記露光されたレジストを現像する工程と、

を有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、露光装置の制御方法及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体デバイスの製造技術である微細加工技術の進展が著しい。特に光加工技術では、サブミクロンオーダーの解像力を有する縮小投影露光装置(ステッパー)が主流となり、更なる解像力の向上に向けて、光学系の開口数(NA)の拡大や、露光波長の短波長化等が図られている。例えば、露光光源は、露光波長の短波長化に伴い、g線、i線の高压水銀ランプから KrF エキシマレーザや ArF エキシマレーザへ変移している。しかしながら、露光光が KrF エキシマレーザのような短波長光に移行すると、使用硝材が限

10

20

30

40

50

定されるため、投影露光光学系のアライメント波長に対する色収差の補正が困難となる。そこで、近年の縮小投影露光装置では、投影露光光学系の色収差の影響を受けないオファクシスアライメント検出系（OA検出系）を採用することが要求される。

【0003】

一方、メモリやロジック等の従来のICチップ以外に、MEMSやCMOS等の近年の特殊なデバイスも、従来からの半導体露光装置を用いて応用的に製造されている。ところが、MEMS等のデバイスは、ICチップとは幾つか異なる点がある。例えば、MEMS等のデバイスでは、ICチップに対して、要求される線幅解像度や重ね合わせ精度が緩いこと、一方、要求される焦点深度が深いこと等が挙げられる。

【0004】

更に、シリコンウエハの裏面側にアライメントマークを形成し、このアライメントマークに合わせて表面側に露光する特殊な露光工程がある。この工程は、例えば、ウエハの表面側から貫通ビアを形成し、裏面側の回路パターンと導通させる場合に実施される。ウエハの裏面側に形成されたアライメントマークを検出する方法として、例えば、特許文献1は、裏面側（ウエハチャック側）に配置された検出系によりアライメントを行うリソグラフィ装置を開示している。しかしながら、ウエハチャック側に検出系を配置する方法では、ウエハチャックの特定位置に対向する位置にあるアライメントマークのみが計測の対象となる。即ち、計測位置が限定されることになり、ウエハ裏面側の任意の位置に形成されたアライメントマークを計測することができない。

【0005】

これに対して、シリコンが赤外光（波長1000nm以上）に対して透過性を有する性質を利用し、赤外光を光源としたOA検出系により、シリコンウエハの表面側からアライメントマークを計測する方法がある。基板表面とアライメントマークまでのシリコン厚みが存在する裏面アライメントにおいては、シリコンウエハの厚さのばらつきや、重ね合わせ精度のばらつきにより、ウエハ表面に対してウエハテーブルやチャック等の傾きにもばらつきが生じ得る。従来例では、ウエハテーブルやチャック等が傾くことで、検出精度が低下することが指摘されている。

【0006】

具体的には、ウエハが傾いた状態で露光した場合に、露光すべき位置にずれが発生することは従来から干渉計等の計測技術において報告されている。例えば、特許文献2には、干渉計ミラーの傾きを検出し、傾斜測定器によりウエハの傾きを検出し、さらにテーブルの自重によるたわみ量を算出してアッベの誤差を算出する方法が示されている。ウエハの傾き分をアッベ誤差の補正項目に追加して精度良く計測する方法である。更に、特許文献3には、ステージの位置毎に対応した平面鏡の誤差を演算する演算部と、その演算部によって予め求められた誤差に基づき、ステージが移動する位置に応じて傾斜量を補正してステージを駆動させる方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-280299号公報（図1）

【特許文献2】特開平5-315221号公報（図7）

【特許文献3】特開2003-203842号公報（図3）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

基板表面からアライメントマークまでのシリコン厚みが存在する裏面アライメントや、厚膜レジストではアライメント時と露光時との間でウエハ表面の傾きが変化してしまうと露光時において、露光すべき位置にずれが生じ得る。すなわち、露光の際にレジスト表面の傾きが低減されるようにチルト補正をすると、真に露光すべき位置と実際に露光される位置との間にずれ（シフト誤差）が生じ得る。より高精度の露光を実現するためには、シ

10

20

30

40

50

フト誤差を補正することが課題となるが、従来の方法には、シフト誤差を補正する方法は記載されていない。

【0009】

図12はアライメント時と露光時との間で発生するシフト誤差を説明する図であり、図12(a)はアライメントを行う状態、図12(b)は露光を行う状態を示している。図12(a)では、オファクシスアライメント検出系24(OA検出系)により、アライメントマークWMを検出する。図12(b)では、不図示のマスクの回路パターン像が投影光学系22を介してウエハW上に転写される。アライメントを行う状態(図12(a))と露光状態(図12(b))とではウエハ表面の傾きが異なっている。

【0010】

ウエハWは、図12(a)に示すように、ウエハチャック51に載置され、ウエハWの表面には、アライメントマークWMが形成されている。更に、ウエハWの表面には、レジスト50が塗布されている。基板上のレジスト50の厚みは均一ではなく、ウエハWの表面に沿ってばらついている。例えば、ウエハWの表面の右端側のレジスト50の厚みはT1、ウエハWの表面の左端側のレジスト50の厚みはT2(T2>T1)である。図12(a)では、ウエハアライメント時に位置検出系の光軸1201に対し、レジスト50の表面が傾いている場合(アライメントの光軸に対し垂直でない場合)を想定している。尚、図12(a)では、レジスト50の表面の傾きが直線的に変化する状態を例示的に示しているが、シフト誤差の考え方がこの例に限定されるものではない。

【0011】

一方、図12(b)は、露光位置でウエハ表面計測を行い、ウエハ表面のチルトを補正して露光する状態を示している。チルト補正の結果により、レジスト50の表面が投影光学系22の光軸に対し垂直になるように補正されている。図12(b)に示すように、ウエハ表面の傾きがアライメント時の状態と異なることにより、図12(a)のアライメント時に位置合わせされたアライメント位置は、図12(b)の露光時にずれることがわかる。このときのアライメント時の位置と露光時の位置とのずれ(Shift)がシフト誤差となる。

【0012】

図13は、シフト誤差補正を行わない方法で露光した場合を説明する図である。図13(a)は、アライメント前の状態、図13(b)はウエハ表面のチルトを補正してアライメントを行い、その状態を保ち露光を行う際の状態、図13(c)は露光後の状態を示している。図13の例では、アライメント基準となるアライメントマーク(WM1)が構成されているウエハ表面に対してレジスト50の表面が傾いている場合を想定している。図13(b)に示すように、チルト補正をして、更に、投影光学系22(図12(b))の光軸をWM1に合わせるようにアライメントしたとしても、露光すべき位置RPに対して実際に露光される位置WM2はずれる。すなわち、図13(c)のようにシフト誤差(Shift)が発生してしまう。つまり、アライメントマーク(WM1)が構成されているアライメント基準となる層に対して露光する表面層が傾いている場合には、図13(b)のようにウエハ表面の傾きを補正してもシフト誤差が発生してしまうという課題がある。

【0013】

以上の課題に対する解決方法としては、計測対象のアライメントマークが構成されている回路パターン層とウエハ表面の傾きとが平行になるようにして、アライメント計測時と露光する間でウエハ表面の傾きが変化しない様にする方法もある。しかし裏面アライメント等で主に使用されている、貼り合わせウエハだと、サポート基板と回路パターン層が構成されている基板とを接着する必要があり、基板の平面度が崩れたりする課題も発生し得る。

【0014】

また、回路パターン層とウエハ表面の傾きが平行になるように、基板を研磨するには、回路パターン層の測定とウエハ表面を測定しながら研磨する必要があり、コストアップや

10

20

30

40

50

、製造工程が増えてしまい歩留まりが低下するといった課題も生じ得る。

【0015】

上記の課題を解決するべく、本発明はレジスト表面の傾きが低減されるようにテーブルのチルト補正を行う際に生じる露光位置のずれを補正して、高精度な露光が可能な技術の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記の目的を達成する本発明の一つの側面に係る露光装置は、基板上のレジストを光学系を介して露光する露光装置であって、

前記基板を保持して、露光位置に前記基板を位置決めするテーブルと、

10

前記基板に形成されたアライメントマークから前記アライメントマークの位置におけるレジスト表面までの距離と所定の面に対する前記レジスト表面の傾きとを取得する取得部と、

前記テーブルのチルト駆動を行う際に生じる露光位置のずれを補正するための補正值を、前記取得部で取得された前記距離および前記傾きを用いて算出し、前記補正值に従って前記テーブルの位置を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、レジスト表面の傾きが低減されるようにテーブルのチルト補正を行う際に生じる露光位置のずれを補正して、高精度な露光が可能になる。

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図。

【図2】図1の露光装置におけるマスクステージ近傍を示す概略図。

【図3】第1実施形態に係る露光装置の位置検出部を示す概略図。

【図4】第1実施形態に係るシフト補正を説明する図。

【図5】第1実施形態に係るシフト補正の流れを説明する図。

【図6】第1実施形態に係るシフト補正をして露光を行った状態を説明する図。

【図7】第2実施形態に係るシフト補正を説明する図。

30

【図8】第3実施形態に係るシフト補正に用いるウエハを説明する図。

【図9】第3実施形態に係るシフト補正を説明する図。

【図10】第3実施形態に係るシフト補正の流れを説明する図。

【図11】倍率補正を説明する図。

【図12】シフト誤差を説明する図。

【図13】シフト誤差補正を行わない方法で露光した場合を説明する図。

【図14】アライメント検出系の光軸の傾きを考慮した場合のシフト補正を説明する図。

【図15】アライメントマークWMが構成されている面の傾き角度を補正值に加味する第4実施形態に係るシフト補正を説明する図。

【図16】アライメントマークWMが構成されている面の傾き角度を補正值に加味する第4実施形態に係るシフト補正を説明する図。

40

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施形態に記載されている構成要素はあくまで例示であり、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によって確定されるのであって、以下の個別の実施形態によって限定されるわけではない。

【0020】

(第1実施形態)

本発明の実施形態としてオファクシスマライメント検出系24(OA検出系)を有する

50

露光装置について説明する。図1は、OA検出系を有する露光装置の構成を示す概略構成図である。光源34は所定の波長域の照明光を射出する。光源34から射出された照明光は、マスク17を照明する照明光学系に入射する。照明光学系は、照明光整形光学系35、フライアイレンズ36、コンデンサレンズ37、固定の視野絞り38、可変視野絞り39(39A、39B)およびリレーレンズ40から構成される。露光装置は、投影光学系22を介して、マスク17のパターンをウエハW上に投影し結像させる。これにより、スリット状の照明領域内においてマスク17の回路パターン像が投影光学系22を介してウエハW上に転写される。

【0021】

光源34としてはArFエキシマレーザ、KrFエキシマレーザ等のエキシマレーザ光源、金属蒸気レーザ光源、YAGレーザの高周波発生装置等のパルス光源、水銀ランプと橜円反射鏡とを組み合わせた連続光源等が使用できる。ウエハWは不図示のウエハ搬送装置によりウエハテーブル20上に配置されてあるウエハチャック51に載置される。ウエハテーブル20は、投影光学系22の光軸方向(Z軸方向)に対して位置決めを行うテーブルと、投影光学系22の光軸に対して垂直な面内(XY平面)でウエハWの位置決めを行うテーブルを有する。ウエハテーブル20の位置は、干渉計28、反射鏡27により測定される。

【0022】

ウエハWに対して露光する際に、投影光学系22が形成する像のフォーカス位置に対して、ウエハWのフォーカス方向の位置合わせを行う必要がある。投影光学系22に設けられているフォーカス検出部5はウエハWのフォーカス方向の位置を検出する。

【0023】

照明光学系、マスク、投影光学系を介した照明光によって、スリットパターンがウエハW上に斜め方向から投影される。ウエハW上に投影されたスリットパターンはウエハWの表面で反射し、光電変換素子によって得られたスリット像の位置からフォーカス検出部5はウエハWのフォーカス方向の測定が可能である。ウエハWの上方には、オフアクシスアライメント検出系24(OA検出系)が構成されている。

【0024】

次に、図2を参照してベースライン計測を行う方法を説明する。図2は、図1で説明した露光装置におけるステージ近傍の概略構成を示す図である。マスクステージ18は、マスク17を保持して移動可能なステージである。マスクステージ18の位置は、干渉計26、反射鏡25により測定される。マスクステージ18上にはマスク17が構成され、マスクステージ18上にはマスク17とマスクステージ18の位置決めのための基準マークであるマスク基準マーク330が形成されている。マスク17は、不図示のマスクアライメント顕微鏡を用いて、マスク基準マーク330と位置決めが行われる。

【0025】

アライメント顕微鏡23を用いて、マスク基準プレート19上に構成されるベースライン計測用マークとウエハテーブル20上のステージ基準マーク210上のマークとの相対位置を、投影光学系22を通して検出する(第1工程)。

【0026】

第1工程完了後、ウエハテーブル20を移動させて、ステージ基準マーク210をOA検出系24の観察領域に移動させる。ステージ基準マーク210上に構成されたマークとOA検出系24内の基準マークとの相対位置を検出する(第2工程)。

【0027】

第1工程と第2工程の検出結果によりベースライン量の算出を行なう。これにより、露光描画中心に対するOA検出系24の検出位置が求められる。そして、ウエハW上にあるマークの位置をOA検出系24により計測することにより、描画中心に対してウエハWの位置決めを行って露光を開始することが可能になる。

【0028】

次に、図3の概略図を参照して露光装置のOA検出系24(位置検出部)について説明

10

20

30

40

50

する。図3に於いて、照明光源4（ファイバ等）から導光された光は、照明光学系6により、偏光ビームスプリッタ7に導かれ、リレーレンズ8、対物レンズ9を通ってウエハW上に形成されたアライメントマークAMをケーラ照明する。

【0029】

アライメントマークAMから発生した反射光、回折光、散乱光は、結像光学系11によって、アライメントマークAMの像を光電変換素子12（例えばCCDカメラ）上に形成する。この時、ウエハW上のアライメントマークAMを精度良く検出する為には、アライメントマークAMの像が明確に検出されなければならない。通常、投影光学系22に構成されているフォーカス検出部5（図1）をOA検出系24自体に、フォーカス検出部5に相当するフォーカス検出系301（以下「AF系」という。）を構成させることも可能である。図3では、図1で示したフォーカス検出部5を省略している。

10

【0030】

AF系301のAF照明光源16から出射した光は、照明レンズ29により、スリット部材31上を均一に照明する。次に、第1開口部である検出光スリット45を通過した光FIL（実線）は、AF照明光学系30、ミラー33、第2リレーレンズ15によって、スリット像を中間結像面上に結像している。中間結像面上には、部分的に反射する部分反射部材44が構成されている。検出光スリット45を通過した光は、この部分反射部材44の透過部を透過し、第1リレーレンズ14側にそのまま導光される。第1リレーレンズ14を通過した後、ダイクロイックミラー13で反射され、対物レンズ瞳面10で偏心した位置を通過する。対物レンズ9を通過した光は、瞳面上で偏心しているため、ウエハW面上に斜め方向から照射されて検出光FILとなり、検出光スリット45の像をウエハW上に結像させる。ウエハWからの反射光FMLは、対物レンズ瞳面10で入射光とは光軸の反対側を通過し、再度、ダイクロイックミラー13、第1リレーレンズ14、部分反射部材44を通過し、開口絞り43を通過する。開口絞り43を通過した光FMLは、結像レンズ42によって、ウエハW上に結像した検出光スリット45の像を光電変換素子41上に結像している。従って、ウエハWのフォーカス方向の位置変化を光電変換素子41でのスリット位置として検出することができる。

20

【0031】

尚、照明光源4は、可視光、赤外光の少なくとも一方で構成されており、ウエハWの表面上のアライメントマークを計測する場合には、可視光波長の光源を使い、裏面側のアライメントマークを計測する場合には、赤外光波長の光源を使う。特に、Siウエハの波長に対する透過率は、波長1000nm程度から透過性が増す特性を持っている。従って、1000nm以上を裏面検出用、1000nm以下の波長で、表面側を観察できるように区別して使用すればよい。このような波長特性を得るためにには、ファイバの入射側（不図示）に配置したり、光源自体を切り替える方法でも良い。いずれにしても、可視光と赤外光を切り替えて、OA検出系24に導光できる構成であればよい。

30

【0032】

次に、OA検出系24を使用して、ウエハ表面からアライメントマークまでの間隔とウエハ表面傾きとを計測して、アライメント補正（シフト補正）に反映させる方法について説明する。図4は、第1実施形態に係るアライメントの補正（シフト補正）を説明する図である。ウエハWは、図4（a）に示すように、ウエハテーブル20上のウエハチャック51に載置され、ウエハWの表面には、アライメントマークWMが形成されている。更に、ウエハWの表面には、レジスト50が塗布されている。ウエハWの面形状、アライメントマークWMの状態、若しくはレジスト50の塗布条件等により、実際には基板上のレジスト50の膜厚が均一となるように塗布することは難しい。そこで、本実施形態では、より実際の条件に近くなるように、図4に示すように、基板上のレジスト50に塗布ムラが発生していると仮定する。図4（a）において、レジスト50の下側のアライメントマークWMに対して、真に露光すべき位置は、アライメントマークWMの直上となる。図4（a）において、真に露光すべき位置をRPで示す。露光の際にレジスト表面の傾きが低減されるようにチルト補正をすると、真に露光すべき位置（RP）と実際に露光される位

40

50

置 (TP) との間にずれ (シフト誤差) が生じ得る。このずれの補正を以下、シフト補正という。

【0033】

本実施形態に係るシフト補正の流れを図5のフローチャートを参照して説明する。ステップS501において、OA検出系24(計測部)は、制御系91(制御部)からのウエハWに対するフォーカス位置差の取得指示に基づいて、フォーカス位置の計測を開始する。OA検出系24(計測部)は、図4(a)に示すように、ウエハW上に形成されたアライメントマークWMを計測対象とする。このとき、制御系91(制御部)がウエハテーブル20をZ方向に微小駆動させて、OA検出系24(計測部)のAF系301がAF計測を実施して、フォーカスがアライメントマークWMに合う状態(ベストフォーカス)とする。AF系301は、フォーカスがアライメントマークWMに合った状態のフォーカス位置情報(ベストフォーカス位置情報)を取得する。

【0034】

次に、ステップS502において、制御系91(制御部)がウエハテーブル20をZ方向に微小駆動させる。AF系301はAF計測を実施して、フォーカスがアライメントマークWMの形成位置に対応するレジスト表面に合う状態(ベストフォーカス)とする。AF系301は、フォーカスがアライメントマークWMの形成位置に対応するレジスト表面に合った状態のフォーカス位置情報(ベストフォーカス位置情報)を取得する。

【0035】

ステップS503において、制御系91(制御部)はウエハテーブル20の傾きを維持(アライメントマークWM上のレジスト表面の傾きを維持)してウエハテーブル20を露光位置に移動させる(S503)。そして、ステップS504において、OA検出系24(計測部)は、露光位置でレジスト表面の傾きを計測する。

【0036】

ステップS505において、制御系91(制御部)は、ステップS501、S502で取得したフォーカス位置情報に基づき、レジスト表面(RP)からアライメントマークWMまでの距離(間隔)を算出する。また、制御系91(制御部)は、S504で取得したレジスト表面の傾きに基づき、レジスト表面とアライメントマークWM位置との傾き差(アライメントマークWM位置に対するレジスト表面の傾き)を算出する。

【0037】

ステップS506において、制御系91(制御部)はアライメントマークWMからレジスト表面までの距離(間隔)と、レジスト表面とアライメントマークWM位置との傾き差とから、補正值Lを算出する。補正值Lの算出方法は後に詳細に説明する。

【0038】

そして、ステップS507において、制御系91(制御部)は、ウエハテーブル20をXY平面内に駆動させて、ウエハテーブル20のチルト駆動時に生じ得る露光すべき位置のずれを補正值Lにて補正(シフト補正)して露光する。以上がウエハテーブル20のチルト駆動時における基本的なシフト補正方法である。本実施形態では、単一のアライメントマークWMのみを想定したが、アライメントマークが複数ある場合には、各アライメントマークに対応してステップS501～S502を行い、レジスト表面からアライメントマークまでの間隔を測定すれば良い。特に、本実施形態では、ウエハの傾きが、線形一次の傾きを想定したため、レジスト表面の傾きは各マークとも共通の値を使用できる。

【0039】

次に補正值Lの算出方法について説明する。アライメントマークWMの位置におけるレジスト表面からアライメントマークWMまでの距離(間隔)をZとする。アライメントマークWM位置と露光位置のレジスト50の表面の傾き差(アライメントマークWM位置に対するレジスト50の表面の傾き)をLとする。制御系91は(1)式に従って補正值Lを算出することができる。

【0040】

$$L = Z \times \sin \dots (1)$$

10

20

30

40

50

ウエハテーブル 20 のチルト駆動時に生じ得る露光すべき位置 (R P) のずれは (1) により算出される補正值 L にて補正 (シフト補正) することができる。

【0041】

次に、図 6 を参照して、(1) 式で算出された補正值を用いてシフト補正をして露光を行った状態を説明する。図 6 (a) は、アライメントを行う際の状態、図 6 (b) は露光を行う際の状態、図 6 (c) は露光後の状態を示している。図 6 (b) において (1) 式で算出された補正值に基づき、制御系 91 は、ウエハテーブル 20 の位置を補正して、アライメントマーク WM1 に対して、真に露光すべき R P の位置を WM2 の位置に合わせる。位置合わせ後に露光すれば、レジスト表面の傾きの影響によるシフト誤差 (Shift) は発生しなくなる。(1) 式により算出された補正值が求まれば、露光時に制御系 91 はウエハテーブル 20 を補正值分駆動させてシフト誤差を補正すれば良い。

10

【0042】

また、実際にレジスト 50 の表面からアライメントマーク WM1 までの間隔が同じであっても、OA 検出系 24 の光軸が傾いている場合や、プロセスの条件により計測値が異なる場合がある。その要因となるのは、OA 検出系 24 のテレセン傾きやレジストの屈折率が挙げられる。より精度良く補正するためにはこれらの値も考慮する必要がある。

【0043】

アライメント検出系の光軸の傾きを考慮した場合のシフト補正に関して、図 14 を用いて説明する。図 14 では、OA 検出系 24 の光軸がウエハ W の表面に対する法線に対して傾斜角 α 傾いた状態で、アライメントマーク WM を計測している状態を示している。図 14 において、レジスト 50 に入射後の光軸の傾きを β 、計測値のズレを S とすると、(2) 式となる。

20

【0044】

$$S = Z \times \tan \alpha \quad \dots \quad (2)$$

ここで、レジスト 50 の屈折率を N とすると、スネルの法則より、(3) 式が成立する。

【0045】

$$\sin \beta = N \times \sin \alpha \quad \dots \quad (3)$$

ここで、(2) 式の α は (3) 式の関係式から算出できる。したがって、OA 検出系 24 の光軸が傾いている場合、ウエハテーブル 20 のチルト駆動の補正值 L ((1) 式) と OA 検出系 24 の傾きにより生じる計測値のズレの補正值 S ((2) 式) とに分けて補正值を算出すれば良い。補正值 S の算出では、アライメントマーク WM に対するレジスト 50 の表面の傾きを考慮していない。アライメントマーク WM に対するレジスト 50 の表面の傾きを γ とし、レジスト表面からアライメントマーク WM までの距離 (間隔) を Z とした場合、ウエハテーブル 20 のチルト駆動の補正值 L は (1) 式により算出することができる。レジスト 50 の表面の傾き γ を考慮した場合、 $L - S$ を補正值として露光時に反映すれば良い。

30

【0046】

尚、補正值 L は、OA 検出系 24 が検出する検出信号の特性値は、フォーカス位置、ウエハ、ウエハ表面とアライメントマーク間の材質の少なくとも 1 つ以上の組合せにより特性値が異なる。検出信号の特性値 C を加味すると、(1) 式の補正值 L は、以下の (4) 式で求めることができる。

40

【0047】

$$L = C \times Z \times \sin \gamma \quad \dots \quad (4)$$

本実施形態ではウエハ W 上に塗布されたレジスト 50 の層が一層の場合の例を説明したが、レジスト 50 の表面とアライメントマーク WM の間の材質は一種類 (一層) のレジストに限定されず、材質の異なる複数の層で構成されていても良い。その場合には、複数の層を任意に分割、あるいはまとめて計測してアライメント補正值を算出しても良い。あるいは、レジスト表面から複数層下の計測対象のアライメントマークまでの距離 (間隔) を各層ごとに測定し、ウエハテーブル 20 のチルト駆動の補正值 L を算出しても良い。

50

【0048】

例えば、アライメントマークWMからレジスト表面までにおける各層の厚さを Z_k (k は 1 以上 n 以下の整数、 n は層数)、アライメントマークWMに対する各層表面の傾きを k (k は 1 以上 n 以下の整数、 n は層数) とする。また、各層の材質に応じた特性値(例えば、各層の屈折率、光の透過率などの特性を示す値)を係数 C_k (k は 1 以上 n 以下の整数、 n は層数) とすると、補正值 L は、以下の(5)式で求めることができる。

【0049】

【数1】

$$\Delta L = \sum_{k=1}^n (C_k \times \Delta Z_k \times \sin \alpha_k) \quad \dots \quad (5)$$

10

【0050】

Z は、ロット内の平均、平均値近傍等で代表する固定値であっても良い。また、レジストの厚みは、標準的なプロセスで測定しておき、各プロセスやレジストに対しする変化率を事前に取得しておき、補正係数として補正值 L を算出する(4)、(5)式に反映しても良い。

【0051】

(第2実施形態)

第1実施形態では、レジスト表面の傾きが線形一次の傾きであることを想定したが、本実施形態では、レジスト表面の傾きが線形一次とならない場合の補正值の算出方法を説明する。図7は、第2実施形態に係るシフト補正を説明する図である。ウエハWは、図7(a)に示すように、ウエハテーブル20上のウエハチャック51に載置され、ウエハWの表面には、複数のアライメントマークとして、アライメントマークWM1、WM2が形成されている。更に、ウエハWの表面には、レジスト50が塗布されている。本実施形態では、より実際の条件に近くなるように、レジスト50がウエハWの中心部、周辺部で厚くなっている場合を想定している。

20

【0052】

第1実施形態では、図4(a)に示すようにレジスト表面の傾きが線形一次の場合を想定していた。本実施形態では、図7(a)に示すように、アライメントマークWM1上の表面の傾きとアライメントマークWM2上の表面の傾きとがそれぞれ異なっている場合を想定する。アライメントマークWM1、WM2に対して、真に露光すべき位置は、それぞれアライメントマークWM1、WM2の直上の位置RP1、RP2で示す。

30

【0053】

補正值の算出方法と補正処理の流れを、図5を参照して説明する。アライメントマークWM1、WM2に対して、図5の工程S501～S502の処理を行いレジスト表面の位置RP1、RP2からそれに対応するアライメントマークWM1、WM2までの距離(間隔)を測定する。レジスト表面の位置RP1からアライメントマークWM1までの距離(間隔)を Z_1 とし、レジスト表面の位置RP2からアライメントマークWM2までの距離(間隔)を Z_2 とする。

40

【0054】

次に、制御系91はウエハテーブル20の傾きを維持して、ウエハテーブル20を露光位置に移動させ(S503)、露光位置でレジスト表面の傾きを計測する(S504)。

【0055】

ステップS505で、制御系91は、ステップS501、S502で取得したフォーカス位置情報に基づき、レジスト表面(RP1、RP2)からアライメントマーク(WM1、WM2)までの間隔(Z_1 、 Z_2)を算出する。図7(b)は Z_1 を算出する場合を示し、図7(c)は Z_2 を算出する場合を示している。 L_1 はウエハチャック51の右端部からアライメントマークWM1までの距離を示し、 L_2 はウエハチャック51の右端部からアライメントマークWM2までの距離を示している。

50

【0056】

また、制御系91は、S504で取得したレジスト表面の傾きに基づき、露光位置におけるレジスト表面とアライメントマーク位置との傾き差(、)(アライメントマークWM1、WM2位置に対するレジスト表面の傾き)を算出する。

【0057】

ステップS506において、制御系91はアライメントマークWMからレジスト表面までの距離(間隔)と、露光位置におけるレジスト表面とアライメントマーク位置との傾き差とから、(1)式を用いて補正值L1、L2を算出する。

【0058】

制御系91はウエハテーブル20のチルト駆動時に生じ得る露光位置のずれを、アライメントマークWM1位置に対応するショットで、補正值L1とチルト補正とによりウエハテーブル20の位置を補正し、露光する。制御系91はアライメントマークWM2に対応するショットで、補正值L2とチルト補正とによりウエハテーブル20の位置を補正し、露光する。これにより、各アライメントマーク位置に対応した各ショットでウエハテーブル20のチルト駆動時に生じ得る露光すべき位置のずれを補正することが可能になる。

【0059】

尚、第1実施形態においてウエハの傾きはウエハWの全面でチルトを補正するグローバルチルトの方法を説明し、上述の第2実施形態では、ショットごとにチルトを補正する方法を示した。尚、本実施形態でも第1実施形態と同様に、ウエハWの全面でチルトを補正するグローバルチルト補正を行うことも可能である。複数のアライメントマークがある場合は、複数のアライメントマークの中から代表アライメントマークを選択し、選択したアライメントマークの位置を基準として、選択したアライメントマーク位置におけるチルト量を代表値として設定しても良い。

【0060】

更に、第1、第2実施形態ではアライメントマークそれぞれでレジスト表面からアライメントマークまでの厚みを計測する方法を示した。本発明の趣旨はこの例に限定されることなく、レジスト膜厚が安定したプロセスであれば、代表点で厚みを計測し、その厚みを代表値として使用しても良い。

【0061】

OA検出系24は、基準となるアライメントマークからレジスト表面までの距離およびアライメントマークに対するレジスト表面の傾きを基板全体の代表値として計測するグローバル計測を行うことができる。あるいは、OA検出系24は基板内の異なる位置に形成されたアライメントマークに対してショット毎に、アライメントマークからレジスト表面までの距離およびレジスト表面の傾きを計測するダイバイダイ計測を行う。グローバルチルト、ダイバイダイチルト計測やマークの厚みの選択は必要精度から本内容を逸脱しない範囲で様々な形態を取ることができる。

【0062】

更に、第1、2実施形態共に、一軸方向のシフト補正に関して説明したが、他軸方向についても同様に補正することが可能である。

【0063】

(第3実施形態)

第1、2実施形態では、レジストの厚みムラが有る場合について説明してきたが、本実施形態では、Siウエハを透過してSiウエハWの裏面側に構成されたアライメントマークを観察する裏面アライメントに適用した実施形態を説明する。本実施形態において、ウエハWは少なくとも1つの層で構成されているものとする。ウエハWは、シリコン基板により構成される層およびガラス基板により構成される層のうち少なくとも一つの層を含むものとする。図8は、第3実施形態に係るシフト補正に用いるウエハWを説明する図であり、例えば、ウエハWはSiウエハ52(シリコン基板)とガラスウエハ53(ガラス基板)とによって構成されている。Siウエハ52(シリコン基板)とガラスウエハ53(ガラス基板)とによって構成されている。

10

20

30

40

50

ガラス基板)とは接着剤やオプティカルコンタクト等によって接着されている。S i ウエハ 5 2 (シリコン基板)の表面には露光する為のレジスト 5 0 が塗布されている。レジスト 5 0 が塗布されている S i ウエハ 5 2 の面を表面とすると、レジスト 5 0 が塗布されていない S i ウエハ 5 2 の面(裏面側)にはアライメントマーク WM が形成されている。S i ウエハ 5 2 の面(裏面側)に形成されているアライメントマーク WM は金属等の材料で形成されている。S i ウエハ 5 2 の裏面に対してガラスウエハ 5 3 が接着されているため、S i ウエハ 5 2 とガラスウエハ 5 3 との間にアライメントマーク WM が閉じ込められた状態になっている。この様に構成されたアライメントマークに対して、OA 検出系 2 4 において、赤外光を照射し、その反射光を捉えてアライメントマークの位置を計測する。

【0064】

10

ウエハ W はウエハチャック 5 1 で真空吸着されている。ウエハチャック 5 1 の表面から赤外光を反射する場合があり、反射した赤外光がノイズ光となって、アライメントマーク画像の画質劣化を発生してしまう場合がある。このため、ウエハチャック 5 1 は、複数の層からなる積層構造(図 8 の例では 2 層構造)になっており、ウエハ W と接するウエハチャック 5 1 の上面部分には、赤外光を反射しない反射防止膜 5 4 が構成されている。尚、ウエハチャック 5 1 には赤外光による温度上昇を抑制する為、冷却機構及び温度センサが設けられている。冷却機構及び温度センサによりウエハチャック 5 1 の温度が一定になるように制御され、ウエハチャック 5 1 の温度上昇がウエハ W に伝わることによって生じ得るウエハ W の収縮を抑制することができる。S i ウエハ 5 2 の裏面側にアライメントマークが構成されているウエハ W では、S i ウエハ 5 2 とガラスウエハ 5 3 間でバイメタル効果により張り合わせウエハの面形状が平坦ではなく、変形している場合が生じ得る。また、S i ウエハ 5 2 とガラスウエハ 5 3 においても、単体で少なからず厚みムラが発生する場合も生じ得る。本実施形態では、OA 検出系 2 4 を使用して、上述のウエハ W のレジスト表面からアライメントマークまでの間隔とレジスト表面の傾きを計測してアライメントの補正に反映する方法について説明する。

20

【0065】

図 9 は、第 3 実施形態に係るアライメントの補正(シフト補正)を説明する図である。ウエハ W は、図 9 (a) に示すように、ウエハテーブル 2 0 上のウエハチャック 5 1 に載置され、図 8 で説明したウエハ W (S i ウエハ 5 2、ガラスウエハ 5 3) が構成されている。S i ウエハ 5 2 の裏面には、アライメントマーク WM が形成されている。更に、S i ウエハ 5 2 の表面には、不図示のレジストが塗布されている。本実施形態では、より実際の条件に近くなるように、図 9 に示すように、S i ウエハ 5 2 に厚みムラが発生していると仮定する。尚、本実施形態ではレジストの厚みは、S i ウエハ 5 2 に対し十分小さいものと想定し、レジストの厚みムラもない状態を想定している。

30

【0066】

次に、本実施形態に係るシフト補正の流れを図 10 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S 1 0 0 1 において、OA 検出系 2 4 は、制御系 9 1 からのウエハ W に対するフォーカス位置差の取得指示に基づいて、フォーカス位置の計測を開始する。OA 検出系 2 4 は、図 9 (a) に示すように、アライメントマーク WM を計測対象とする。このとき、制御系 9 1 がウエハテーブル 2 0 を Z 方向に微小駆動させて、OA 検出系 2 4 の AF 系 3 0 1 が AF 計測を実施して、フォーカスがアライメントマーク WM に合う状態(ベストフォーカス)とする。AF 系 3 0 1 は、フォーカスがアライメントマーク WM に合った状態のフォーカス位置情報(ベストフォーカス位置情報)を取得する。

40

【0067】

次に、ステップ S 1 0 0 2 において、制御系 9 1 がウエハテーブル 2 0 を Z 方向に微小駆動させる。AF 系 3 0 1 は AF 計測を実施して、フォーカスがアライメントマークの形成位置に対応する S i ウエハ 5 2 表面に合う状態(ベストフォーカス)とする。AF 系 3 0 1 は、フォーカスがアライメントマーク WM の形成位置に対応するレジスト表面に合った状態のフォーカス位置情報(ベストフォーカス位置情報)を取得する。

【0068】

50

次に、ステップ S 1 0 0 3において、OA検出系 2 4は、図 9 (b)に示すように、アライメントマーク位置で基板表面の傾きを計測する。ステップ S 1 0 0 4において、制御系 9 1はウエハテーブル 2 0の傾きを維持(アライメントマーク WMにおけるウエハ表面の傾きを維持)してウエハテーブル 2 0を露光位置に移動させる。

【 0 0 6 9 】

次に、ステップ S 1 0 0 5において、制御系 9 1は、ステップ S 1 0 0 1、S 1 0 0 2で取得したフォーカス位置情報に基づき、Siウエハ 5 2表面からアライメントマーク WMまでの距離(間隔)を算出する。また、制御系 9 1は、ステップ S 1 0 0 3で取得した基板表面の傾きに基づき、露光位置におけるウエハ表面とアライメントマーク WM位置との傾き差(アライメントマーク WM位置に対する基板表面の傾き)を算出する。

10

【 0 0 7 0 】

ステップ S 1 0 0 6において、制御系 9 1は先のステップ S 1 0 0 5で算出されたアライメントマーク WMから基板表面までの距離(間隔)と、露光位置における基板表面とアライメントマーク WM位置との傾き差とから、補正值 Lを算出する。

【 0 0 7 1 】

そして、ステップ S 1 0 0 7において、制御系 9 1は、図 9 (c)に示すように、ウエハテーブル 2 0を X Y 平面内に駆動させる。制御系 9 1は、ウエハテーブル 2 0のチルト駆動時に生じ得る露光すべき位置のずれを補正值 Lにて補正(シフト補正)して露光する。

20

【 0 0 7 2 】

尚、本実施形態において、「ウエハ」と表記しているものは、ウエハ Wとレジストとを組み合わせたものを示しており、レジストの膜厚はウエハ Wの厚さに比べて薄いため「ウエハ表面」とは、実質的には不図示のレジストの表面でもある。

【 0 0 7 3 】

アライメントマーク WMの位置におけるウエハ表面からアライメントマークまでの距離(間隔)を Zとする。アライメントマーク WM位置と露光位置のウエハ表面の傾き差(アライメントマーク WM位置に対するウエハ表面の傾き)を Lとする。制御系 9 1は、(1)式に従って補正值 Lを算出することができる。

【 0 0 7 4 】

尚、本実施形態では、ウエハのアライメント、フォーカス、チルト計測といった計測シーケンスと露光シーケンスを直列で行うシステム(例えば、シングルステージシステム)の補正方法に関して説明した。しかし、これに限定することではなく、計測シーケンスと露光シーケンスを並列で行うシステム(例えば、ツインステージシステム)にも適用することができる。

30

【 0 0 7 5 】

ツインステージシステムに適用する第一の方法としては、例えば、計測シーケンスで、ウエハ表面からアライメントマークまでの間隔を算出しておく。そして、計測シーケンス時と露光シーケンス時のウエハ表面の傾き差を計測して補正值を算出して補正すれば良い。

【 0 0 7 6 】

40

また、第二の方法としては、計測シーケンスで、ウエハ表面からアライメントマークまでの間隔、ウエハ表面の傾きを計測して、補正值を算出してその傾きを保ったまま、露光シーケンスに移り補正すれば良い。

【 0 0 7 7 】

ウエハの傾きを計測する際、傾きの基準としては、ウエハテーブル上の基準マークに対するウエハの傾きを計測しておく。そして、露光シーケンス時に基準マークの傾きを計測して、計測シーケンス、露光シーケンス間のウエハ傾きを算出する方法をとれば良い。

【 0 0 7 8 】

また、本実施形態のように、露光する表面層重ね合わせ精度を向上させるためには倍率補正を行った方が良い。図 1 1は、倍率補正を説明する図であり、ウエハテーブル 2 0上

50

のウエハチャック 5 1 には Si ウエハ 5 2 とガラスウエハ 5 3 によって構成されるウエハ W が載置されている。図 8 に示すように Si ウエハ 5 2 下には、アライメントマーク WM が形成されている。さらに、ウエハチャック 5 1 は水平軸 (X 軸) に対して角度 傾いている。この図において、アライメントマークが構成されている Si ウエハ 5 2 の断面長は L であるが、露光を行う表面層の断面長は $L / \cos \theta$ となる。つまり露光時には $1 / \cos \theta$ を倍率補正して露光すれば良い。

【0079】

尚、第 1 ~ 第 3 実施形態では、露光装置内に構成されている OA 検出系 2 4 を用いて、フォーカス位置情報を計測したが、これに限定されることなく、アライメントマークのベストフォーカスを求める際には、 TTL 検出系のスコープで計測しても良い。また、ウエハ表面の計測においては、露光装置内のフォーカス、位置検出系で計測することに限定されることなく、露光装置外で予め計測して、計測結果を取得してアライメント結果に反映させても良い。この場合、制御系 9 1 は、外部の位置検出系で計測されたアライメントマークからレジスト表面までの距離とレジスト表面の傾きを取得する取得部として機能する。この際、制御系 9 1 は、レジストを構成する材質の特性値を、予め保持する保持部から取得する。この保持部は、露光装置の内部に設けてもよいし、露光装置の外部に構成することも可能である。

【0080】

上述の各実施形態によれば、真に露光すべき位置と実際に露光される位置との間にずれを補正して、高精度な位置合わせにより露光を行うことが可能になる。

【0081】

(第 4 実施形態)

これまでの実施形態では、アライメントマーク WM が構成されるウエハ W の上面、ガラスウエハ 5 3 の上面はウエハチャック 5 1 の面に対し傾いていない場合を説明した。しかし、実際には、アライメントマークの構成面が傾いている場合も生じ得る。例えば、ウエハの研磨ムラ等でウエハ W の上面やガラスウエハ 5 3 の上面が傾く場合も発生し得る。

【0082】

図 15 は、アライメントマークの構成面が傾いている場合を説明する概略図である。なお、図 15 では、これまでと同一構成のものには同一の符号を付し、説明を省略する。本実施形態においても、図 15 に示すように、ガラスウエハ 5 3 はウエハチャック 5 1 に載置 (保持) されている。図 15 (a) は不図示のレジスト表面の傾きを補正していない状態を示し、図 15 (b) は不図示のレジスト表面の傾きを補正した状態を示している。更に、本実施形態では、ガラスウエハ 5 3 の表面 (アライメントマーク WM が構成されている面) は、不図示のウエハステージの走査面 (ウエハチャック 5 1 面と同等とする) に対して角度 θ_2 だけ傾きを有すると仮定する。Si ウエハ 5 2 (シリコン基板) の表面には露光する為のレジストが塗布されている。レジストが塗布されている Si ウエハ 5 2 の表面 (レジスト表面) は不図示のウエハステージの走査面 (ウエハチャック 5 1 面と同等とする) に対して傾き角度 θ_1 を有すると仮定する。

【0083】

これまでの実施形態で示した方法を用いる場合は、アライメントマーク WM が構成されている面の傾き角度 θ_2 を補正值に加味する必要がある。ここで、傾き角度 θ_2 を補正值に加味する方法としては、補正值 L を算出するための式 (1)、(4)、(5) 式における傾きの項 () を傾き角度差 $\theta_1 - \theta_2$ として算出すれば良い。例えば、補正值 L を算出する (1) 式は、以下の (6) 式とすれば良い。

【0084】

$$L = Z \times \sin(\theta_1 - \theta_2) \dots (6)$$

図 15 に示す例では、傾き角度の関係が $\theta_1 > \theta_2$ の場合を例示的に説明したが、この場合に限定されることなく、例えば、傾き角度の関係が $\theta_1 < \theta_2$ の場合であっても良い。図 16 は、Si ウエハ 5 2 の表面 (塗布されているレジスト表面) の傾き角度 θ_1 とアライメントマークが構成されている面の傾き角度 θ_2 との関係が $\theta_1 < \theta_2$ となる場合で

10

20

30

40

50

、 γ_1 が負の値となる場合を示す。図 16 (a) は不図示のレジスト表面の傾きを補正していない状態を示し、図 16 (b) は不図示のレジスト表面の傾きを補正した状態を示している。例えば、補正值 L を算出する (1) 式は、この場合以下の (7) 式とすれば良い。

【 0 0 8 5 】

$$\begin{aligned} L &= Z \times \sin(-\gamma_1 - \gamma_2) \\ &= -Z \times \sin(\gamma_1 + \gamma_2) \dots (7) \end{aligned}$$

符号の向きは、補正する方向を示している。本実施形態では、Siウエハ52の表面（塗布されているレジスト表面）やアライメントマークWMが構成されている面（ガラスウエハ53の上面）が傾く場合を示したが、この構成に限定されるものではない。例えば、ウエハチャック51面が傾いている場合であっても良い。また、ステージの走査面とウエハチャック51面との間に角度差があっても、上記の角度 (γ_1, γ_2) が取得できれば良い。

【 0 0 8 6 】

また、Siウエハ52の表面（塗布されているレジスト表面）やアライメントマークWMが構成されている面（ガラスウエハ53の上面）の傾きは、3点以上のアライメントマークWMの位置で、OA検出系24によりアライメントマークWMのベストフォーカス位置情報を取得すれば、面の傾きを求めることができる。

【 0 0 8 7 】

また、本実施形態では、XZ平面におけるシフト補正を例示して説明したが、YZ平面でも同様の手法により補正值を求めることができる。また、アライメントマークが構成されている面が傾いている場合として、ウエハWがSiウエハ52とガラスウエハ53によって構成されている例を用いて説明しているが、例えば、図4、図6のような構成にも適用可能である。この場合、アライメントマークが構成されている面（ウエハWの表面）の傾き角度を γ_2 、塗布されているレジスト表面の傾き角度 γ_1 とすればよい。Siウエハ52の表面（レジスト表面）やアライメントマークWMが構成されている面（ガラスウエハ53の上面）の傾きは、グローバルで計測しても良いし、領域を選択してダイバイダイにより計測しても良い。

【 0 0 8 8 】

また、上記の実施形態に係る補正方法の適用は半導体製造装置に限定されない。投影光学システムの露光装置だけでなく、例えば、ミラー反射型の液晶露光装置においても同様に適用可能である。

【 0 0 8 9 】

（第5実施形態）

次に、上述の露光装置を利用したデバイス製造方法は、例えば、半導体デバイス、液晶デバイス等のデバイスの製造に好適である。前記方法は、感光剤が塗布された基板を、上記の露光装置を用いて露光する工程と、前記露光された基板を現像する工程とを含みうる。さらに、前記デバイス製造方法は、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。

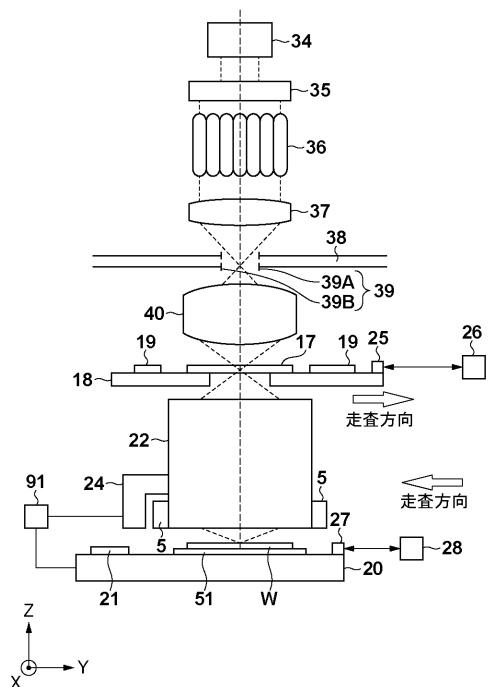
10

20

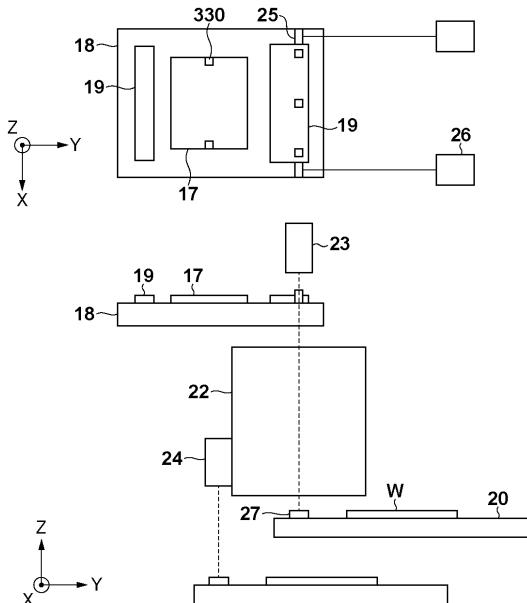
30

40

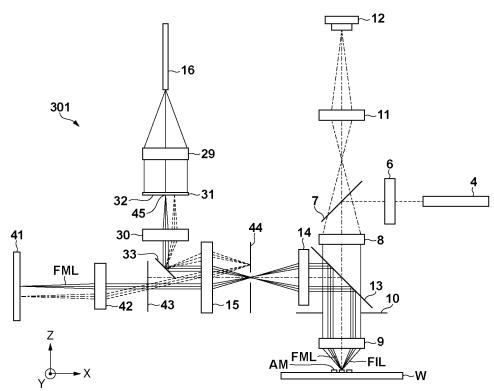
【 図 1 】



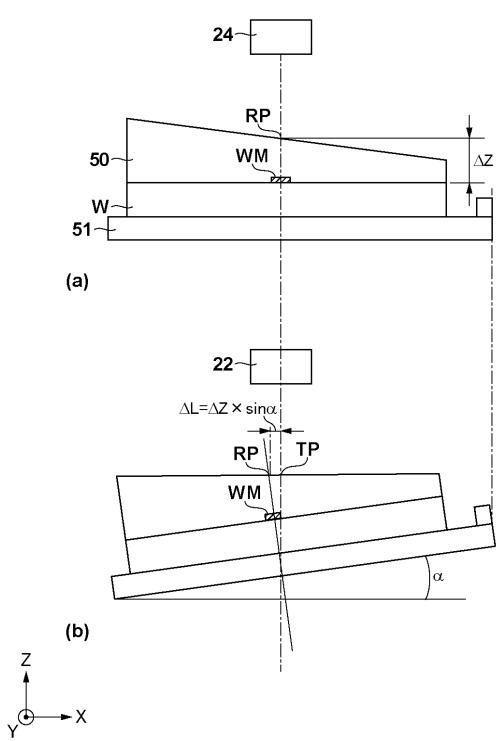
【 四 2 】



【図3】



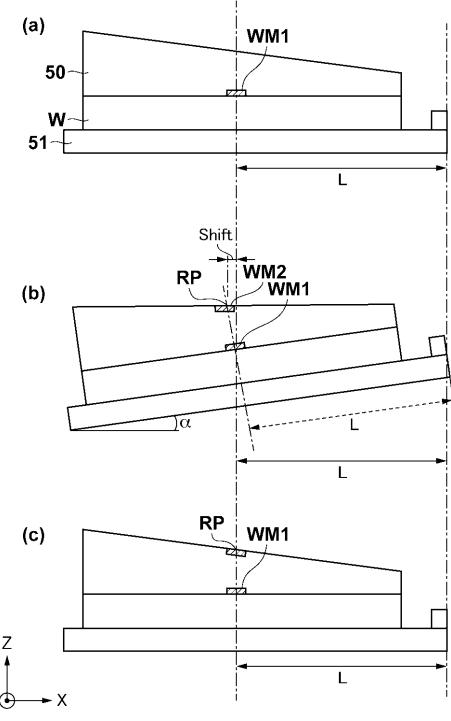
【 四 4 】



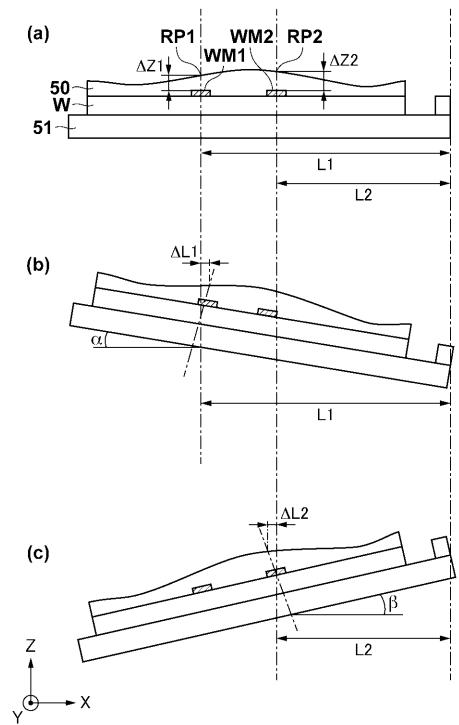
【図5】



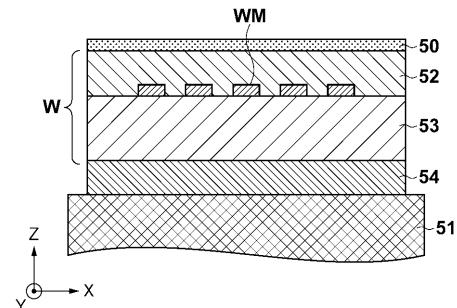
【図6】



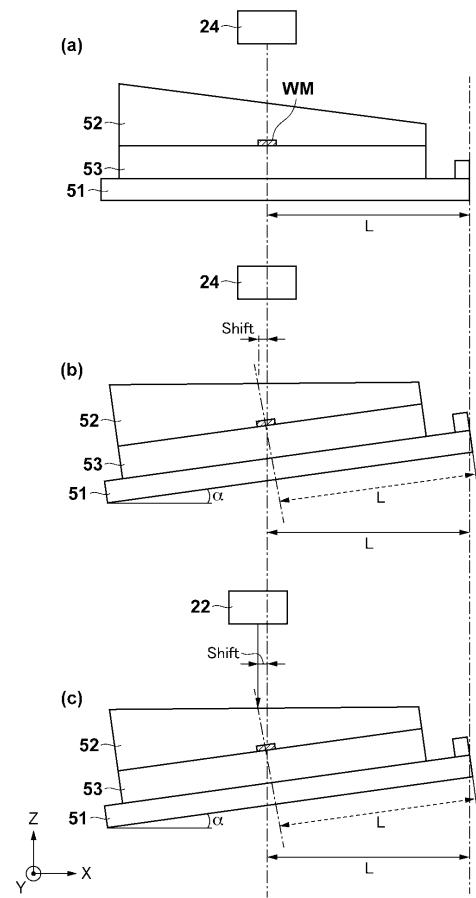
【図7】



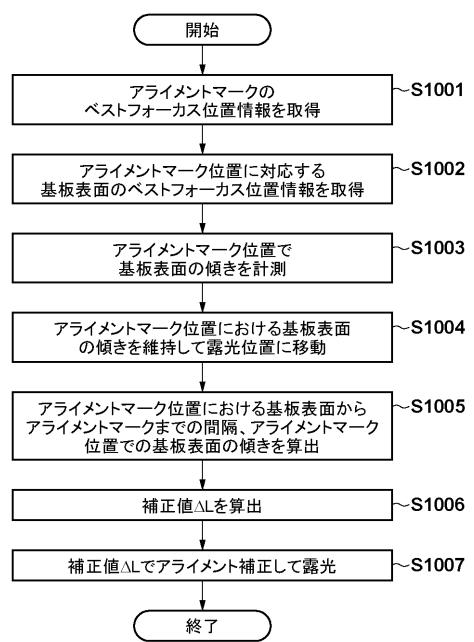
【図8】



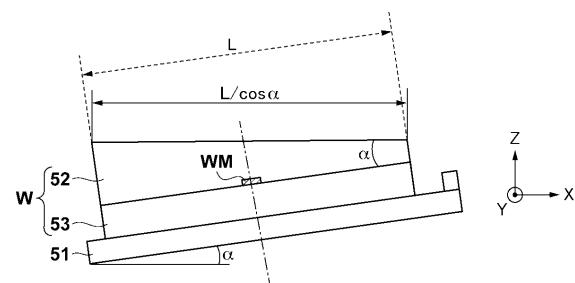
【図9】



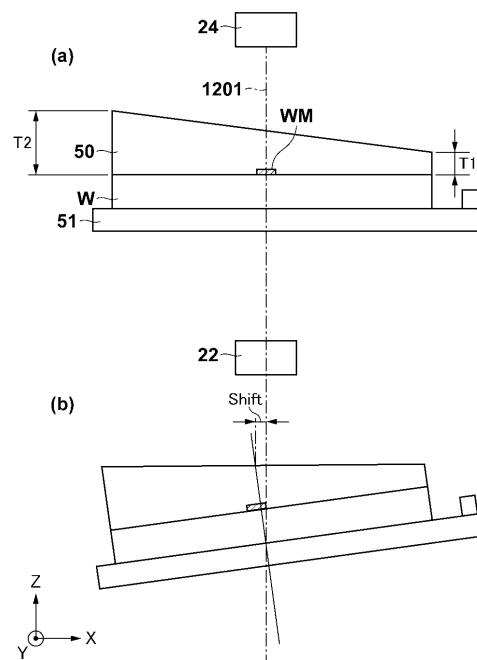
【図10】



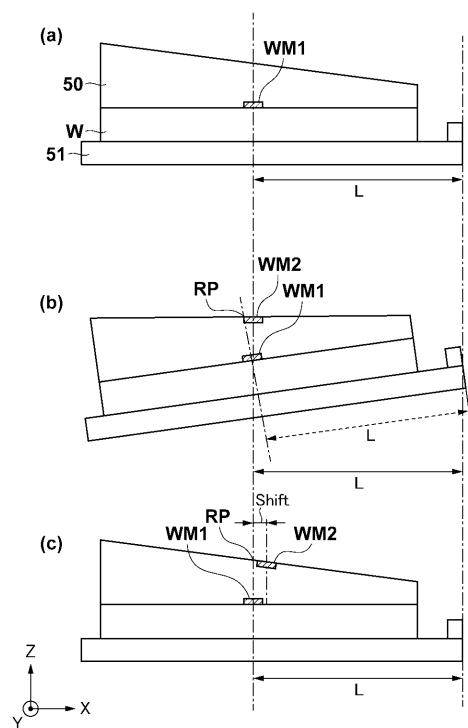
【図11】



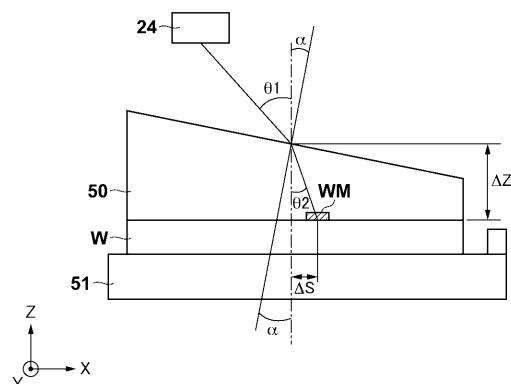
【図12】



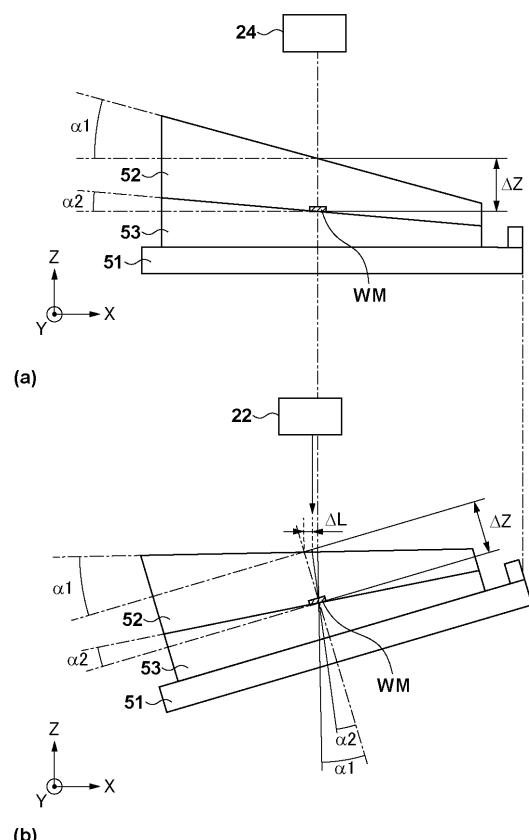
【図13】



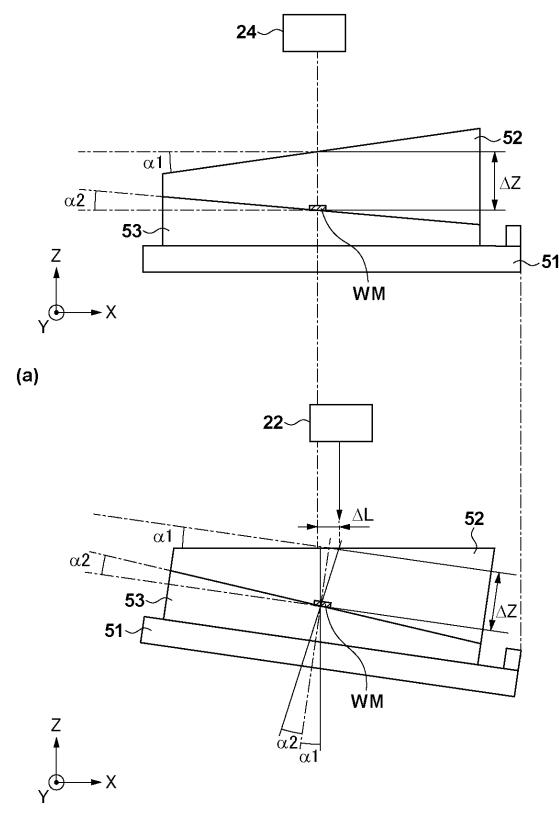
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 坂本 憲稔

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 松岡 智也

(56)参考文献 特開2001-077012 (JP, A)

特開2002-203773 (JP, A)

特開2003-224057 (JP, A)

特開2006-269669 (JP, A)

特開2011-238788 (JP, A)

国際公開第2003/043064 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24、9/00 - 9/02

H01L 21/027