

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6226525号
(P6226525)

(45) 発行日 平成29年11月8日(2017.11.8)

(24) 登録日 平成29年10月20日(2017.10.20)

(51) Int. Cl. F I
G03F 7/207 (2006.01) G O 3 F 7/207 H
G03F 7/20 (2006.01) G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 11 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-4899 (P2013-4899) (22) 出願日 平成25年1月15日 (2013.1.15) (65) 公開番号 特開2014-138038 (P2014-138038A) (43) 公開日 平成26年7月28日 (2014.7.28) 審査請求日 平成28年1月15日 (2016.1.15)</p>	<p>(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 100114775 弁理士 高岡 亮一 (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 今井 彰</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、それらを用いたデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原版に形成されたパターンを基板のアライメントマークが形成された面の上に積層された層の表面上に投影する投影光学系を有する露光装置であって、

前記アライメントマークを検出する検出系と、

該検出系による前記アライメントマークの検出結果から前記アライメントマークが形成された面の傾きを計測し、前記アライメントマークが形成された面の傾きを補正したときの、前記アライメントマークが形成された面と前記層の表面との間の厚みに基づいて前記投影光学系によって前記パターンを投影する制御部とを有する、ことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記検出系によるアライメントマークの検出結果から、前記アライメントマークが形成された面が前記投影光学系の光軸に垂直となるように、前記アライメントマークが形成された面の傾きを補正す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】

前記基板を保持して移動可能とする基板保持部を有し、

前記制御部は、前記アライメントマークが形成された面と前記層の表面の間の前記光軸方向の厚みを取得し、該厚みが前記投影光学系の焦点深度の範囲内に入るように、前記基板保持部を駆動させることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

露光時の前記投影光学系から投影されるパターン像のフォーカス位置は、前記厚みの範囲内で任意に設定される、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】

露光時の前記投影光学系から投影されるパターン像のフォーカス位置は、前記厚みの平均値に基づく位置である、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記検出系により検出された複数の前記アライメントマークの像のフォーカス位置を計測することで、複数の前記アライメントマークの高さを計測した結果から前記アライメントマークが形成された面の傾きを計測することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

10

【請求項 7】

前記検出系による前記アライメントマークの検出結果から計測される前記アライメントマークが形成された面の傾きは、前記基板の一部の領域を計測することで前記基板の全面における前記アライメントマークが形成された面の傾きを求めるグローバル計測、または、前記基板に形成されたショット領域ごと計測することで前記ショット領域ごとに前記アライメントマークが形成された面の傾きを求める計測を行うことによって求められることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

20

【請求項 8】

前記層は、レジスト層であることを特徴とする請求項 1 ないし 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形成された面の上に積層された前記層は複数の層が形成され

、前記複数の層は、シリコン基板、またはガラス基板からなる層を含み、

前記複数の層の最上層は、レジスト層であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 10】

原版に形成されたパターンを基板のアライメントマークが形成された面の上に積層された層の表面上に投影光学系によって投影する露光方法であって、

30

前記アライメントマークが形成された面の傾きを計測する工程と、

該計測した計測結果に応じて前記アライメントマークが形成された面の傾きを補正する工程と、

前記アライメントマークが形成された面の傾きを補正したときの、前記アライメントマークが形成された面と前記層の表面との間の厚みを求める工程と、

前記アライメントマークが形成された面の傾きと前記厚みに基づいて前記投影光学系によって前記パターンを投影する工程と、

を有することを特徴とする露光方法。

【請求項 11】

40

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の露光装置、または請求項 10 に記載の露光方法を用いて基板を露光する工程と、

その露光した基板を現像する工程と、

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置および露光方法、ならびにそれらを用いたデバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

近年、半導体デバイスの製造工程に適用される微細加工技術の進展が著しい。特に露光工程（リソグラフィ工程）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の使用が主流であり、さら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などが図られている。露光波長を短波長化とすると、投影光学系内で使用可能な硝材が限定されるため、投影光学系のアライメント波長に対する色収差の補正を好適に行うことが難しい。そこで、近年の縮小投影露光装置では、検出系として、投影光学系の色収差の影響を受けないオフアクシスアライメント検出系（OA検出系）が採用されている。

【 0 0 0 3 】

一方、被処理基板であるウエハ（シリコンウエハ）の裏面側にアライメントマークを予め形成しておき、このアライメントマークに合わせて表面側に所望のパターンを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。この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ものとして、特許文献1は、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実施するリソグラフィ装置を開示している。このリソグラフィ装置は、ウエハチャックの特定位置に形成された計測穴から、こ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を計測する。すなわち、ウエハ上の任意の位置に配置されたアライメントマークを計測することができない。

【 0 0 0 4 】

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、ウエハの裏面側に形成されているアライメントマークを表面側から計測する方法がある。しかしながら、このような裏面アライメントでは、ウエハ表面からアライメントマークまでの間にシリコン層が存在する。したがって、その層の厚みにばらつきが生じていたり、ウエハ表面と、ウエハステージやウエハチャックなどの表面との傾きが異なっていたりすると、重ね合わせ精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、露光前に、ウエハのチルトの状態（ウエハ表面に傾きが生じている状態）を補正し、ウエハ表面（例えばレジスト（感光剤）が塗布してある場合にはレジスト表面）が露光に適した状態、すなわち水平となるように、ウエハの姿勢を変化させる技術がある。特許文献2は、補正用のレーザー干渉計によりウエハを載置するテーブルに設置されたミラーの傾きを検出し、また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プの誤差を算出する位置決め装置を開示している。この位置決め装置は、ウエハの傾き分を、算出されたアップ誤差に基づいてテーブルの位置を変化させることで補正し、レーザー干渉計の測定精度を向上させる。さらに、特許文献3は、ステージに設置された平面鏡の誤差をステージの位置ごとに演算する演算部を有し、この演算部により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ステージの傾斜量を補正する位置決めステージを開示している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 2 8 0 2 9 9 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開平 5 - 3 1 5 2 2 1 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 3 - 2 0 3 8 4 2 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献2および3に示す装置によりウエハのチルトの状態を補正し、ウエハ表面を水平状態とすると、露光時に、ウエハ表面とアライメントマークが形成されている層面との傾き差に起因した誤差（シフト誤差）が発生する可能性がある。このシフト誤差は、ウエハ上に予め塗布されているレジスト層の厚みムラや、主に裏面アライメント

10

20

30

40

50

の際に使用される貼り合わせウエハのシリコン層の厚みムラなどに起因して発生し得る。そこで、このシフト誤差を低減するために、ウエハ表面と、計測対象のアライメントマークが形成されている回路層の面（パターン面）との傾きを、露光前に予め平行にしておくことが考えられる。しかしながら、表面研磨により平行化を実施したとしても、その過程でウエハ表面の測定と回路層の測定と繰り返す必要があるため、コストアップや、歩留まりに影響を及ぼす可能性がある。

【0007】

本発明は、このような状況を鑑みてなされたものであり、例えば、シフト誤差を簡易的に補正し、ウエハ上に形成されるパターンの重ね合わせ精度の向上に有利な露光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は、原版に形成されたパターンを基板のアライメントマークが形成された面の上に積層された層の表面上に投影する投影光学系を有する露光装置であって、アライメントマークを検出する検出系と、該検出系によるアライメントマークの検出結果からアライメントマークが形成された面の傾きを計測し、アライメントマークが形成された面の傾きを補正したときの、アライメントマークが形成された面と層の表面の間の厚みに基づいて投影光学系によってパターンを投影する制御部とを有する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、例えば、シフト誤差を簡易的に補正し、ウエハ上に形成されるパターンの重ね合わせ精度の向上に有利な露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1実施形態に係る露光装置の構成を示す図である。

【図2】ウエハおよびウエハステージ上に存在する各種マークを示す図である。

【図3】OA検出系の構成を示す図である。

【図4】TTL-AA検出系を採用した場合の露光装置の構成を示す図である。

【図5】第1実施形態に係る露光工程の流れを示すフローチャートである。

【図6】第1実施形態におけるウエハアライメント処理を説明する図である。

【図7】OA検出系の光軸が傾いた状態で計測している状態を示す図である。

【図8】第2実施形態におけるウエハアライメント処理を説明する図である。

【図9】第3実施形態において処理対象とするウエハの構成を示す図である。

【図10】第3実施形態におけるウエハアライメント処理を説明する図である。

【図11】シフト誤差を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を実施するための形態について図面などを参照して説明する。

【0012】

(第1実施形態)

まず、本発明の第1実施形態に係る露光装置（露光方法）について説明する。図1は、本実施形態の露光装置1の構成を示す概略図である。この露光装置1は、一例として半導体デバイスの製造工程に使用され得る縮小投影露光装置とする。さらに、露光装置1は、レチクル2とウエハ3とを走査方向に互いに同期して移動させつつ、レチクル2に形成されているレチクルパターンをウエハ3上（基板上）に露光する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置とする。なお、本発明は、レチクル2を固定し、ウエハ3のみを走査方向に移動させてレチクルパターンをウエハ3上に露光する、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（ステッパー）にも適用可能である。ここで、レチクル2は、ウエハ3上に転写されるべきレチクルパターン（例えば回路パターン）が形成された、例え

10

20

30

40

50

ば石英ガラス製の原版である。一方、ウエハ3は、例えば、表面上にレジスト（感光剤）が塗布された単結晶シリコンからなる基板である。なお、このウエハ3の構成（または状態）については、以下の説明と合わせて詳説する。また、以下の説明では、投影光学系6の光軸方向（本実施形態では鉛直方向）に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で露光時のレチクル2およびウエハ3の走査方向にY軸を取り、Y軸に直交する非走査方向にX軸を取っている。また、X、Y、Zの各軸回りの方向をそれぞれ、X、Y、およびZ方向としている。露光装置1は、まず、照明系4と、レチクルステージ5と、投影光学系6と、ウエハステージ7と、複数種の検出系と、制御部8とを備える。

【0013】

照明系4は、例えば、レンズ、ミラー、ライトインテグレーター、または絞りなどの光学素子を含み、不図示の光源から照射された光を調整し、均一な照度分布の露光光でレチクル2上の所定の照明領域を照明する。光源としては、水銀ランプの他に、例えば、KrFエキシマレーザーや、さらに短波長のArFエキシマレーザーやF2レーザーを照射する光源とし得る。さらに、より微細なデバイス製造のために、波長が数nm～百nmの極端紫外光（Extreme Ultra Violet：EUV光）を照射する光源を採用することも考えられる。

【0014】

レチクルステージ5は、レチクル2を保持し、X、Y軸方向へ移動可能、およびZ方向に微小回転可能とする。ただし、レチクルステージ5は、1軸駆動から6軸駆動までのいずれの駆動を行うものでもよい。レチクルステージ5は、リニアモーターなどの駆動装置（不図示）により駆動され、この駆動は、制御部8により制御される。さらに、レチクルステージ5は、その上面の側部にミラー10を有する。そして、レチクルステージ5（レチクル2）のXY軸方向の位置、およびZ方向の回転角は、ミラー10に対向する位置に設置され、ミラー10に向けてレーザービームを照射し、反射光を受光する第1レーザー干渉計11によりリアルタイムで計測される。制御部8は、この計測結果に基づいて駆動装置に駆動指令を送信することで、レチクル2の位置決めを実施させる。

【0015】

投影光学系6は、レチクル2のレチクルパターンを所定の投影倍率でウエハ3上に投影するものであり、複数の光学素子で構成されている。本実施形態において、投影光学系6は、投影倍率が例えば1/2～1/5の縮小投影系である。

【0016】

ウエハステージ（基板保持部）7は、ウエハ3を保持し、X、Y、Z軸方向へ移動可能とし、かつX、Y、Z方向に微小回転可能とする。ウエハステージ7は、不図示であるが、ウエハ3を保持するウエハチャックを支持するZ軸ステージと、Z軸ステージを支持するXY軸ステージと、XY軸ステージを支持するベースとを備える。このうち、Z軸ステージおよびXY軸ステージともに、リニアモーターなどの駆動装置（不図示）により駆動され、この駆動は、制御部8により制御される。また、Z軸ステージは、その一部にミラー12を有する。そして、Z軸ステージ（ウエハ3）のXY軸方向の位置およびZ方向の回転角は、ミラー12にXY軸方向で対向する位置に設置された第2レーザー干渉計13で、ミラー12に向けてレーザービームを照射し、反射光を受光することでリアルタイムで計測される。一方、Z軸ステージ（ウエハ3）のZ軸方向の位置およびX、Y方向の回転角は、ミラー12にZ軸方向で対向する位置に設置された第3レーザー干渉計14で、ミラー12に向けてレーザービームを照射し、反射光を受光することでリアルタイムで計測される。制御部8は、この計測結果に基づいて駆動装置に駆動指令を送信することで、ウエハ3の位置決めを実施させる。

【0017】

露光装置1は、以下の3つの検出系、すなわち、レチクルアライメント検出系（以下「RA検出系」と略記する）20と、フォーカス検出系（以下「AF検出系」と略記する）21と、アライメント検出系22とを備える。これらの検出系の説明に先立ち、まず、ウエハ3、およびウエハ3を保持するウエハステージ7（Z軸ステージ）に設置（形成）さ

10

20

30

40

50

れているマークについて説明する。図2は、ウエハ3およびウエハステージ7上に存在する各種マークを示す概略平面図である。ウエハ3は、その表面上に複数のショット領域（パターン転写領域）5を有し、さらに、それらのショット領域間に複数のアライメントマーク23を有する。ウエハ3を保持するウエハステージ7（Z軸ステージ）は、その表面上の端部に複数（本実施形態では3つ）のステージ基準プレート24を有する。ステージ基準プレート24は、RA検出系20が検出対象とするRA検出系用基準マーク25と、アライメント検出系22（後述のOA検出系22a）が検出対象とするOA検出系用基準マーク26とを有する。このRA検出系用基準マーク25とOA検出系用基準マーク26との位置関係（XY軸方向）は、既知である。また、ステージ基準プレート24は、ウエハ3の表面とほぼ同じ高さとなるように設置されている。なお、RA検出系用基準マーク25とOA検出系用基準マーク26とは、共通のマークであってもよい。また、ステージ基準プレート24は、ウエハステージ7上に1つのみ存在してもよく、さらに、1つのステージ基準プレート24には、RA検出系用基準マーク25とOA検出系用基準マーク26とをそれぞれ複数ずつ含んでいてもよい。

10

【0018】

RA検出系20は、レチクルステージ5の近傍に設置され、投影光学系6を介して、レチクル2に存在するレチクル基準マーク（不図示）と、ウエハステージ7上のRA検出系用基準マーク25（図2参照）とを同時に検出する。このとき、両基準マークを照明する光源は、実際の露光時に使用される光源と同一のものとする。このRA検出系20は、例えばCCDカメラなどの光電変換素子を搭載しており、レチクル基準マークとRA検出系用基準マーク25とからの反射光を検出する。制御部8は、この光電変換素子からの信号に基づいて、両基準マークの位置およびフォーカスが合うようにレチクルステージ5またはウエハステージ7を駆動させることで、レチクル2とウエハ3との相対位置関係（X、Y、Z）を合わせることができる。

20

【0019】

なお、ウエハステージ7上のRA検出系用基準マーク25を透過型とし、このRA検出系20に換えて、透過型RA検出系27を採用することも可能である。透過型RA検出系27は、例えば光量センサーを含み、この光量センサーが、実際の露光時に使用される光源から投影光学系6を介して、レチクル基準マークとRA検出系用基準マーク25とに照射された透過光を検出する。制御部8は、この光量センサーによる検出を、ウエハステージ7をX軸方向もしくはY軸方向、またはZ軸方向に駆動させながら実施させる。制御部8は、この光量センサーからの信号に基づいて、両基準マークの位置およびフォーカスが合う位置を特定し、レチクル2とウエハ3との相対位置関係（X、Y、Z）を合わせることができる。

30

【0020】

AF検出系21は、投影光学系6から投影されるパターン像のフォーカス位置を検出する。このフォーカス検出系21は、検出光をウエハ3の表面に照射する照射系28と、そのウエハ3からの反射光を受光する受光系29とを備える。制御部8は、AF検出系21からの信号に基づいてウエハステージ7のZ軸ステージを駆動させ、ウエハ3のZ軸方向における位置（フォーカス位置）、および傾斜角を調整することができる。

40

【0021】

アライメント検出系22は、採用可能な形態として、大きく2つの種類のものが存在する。まず1つ目は、投影光学系6を介さずにウエハ3上のアライメントマーク23を光学的に検出する、いわゆるオフアクシスアライメント検出系（Off-axis Autoalignment：以下「OA検出系」と略記する）である。なお、図1では、アライメント検出系22として、このOA検出系22aを図示し、以下、一例としてOA検出系22aを採用するものとする。2つ目は、特に光源にi線を用いた露光装置で採用され、投影光学系6を介して非露光光のアライメント波長を用いてアライメントマーク23を検出する、いわゆるTTL-AA検出系（Through The Lens Autoalignment）である。制御部8は、アライメント検出系22からの信号に基づいてウエ

50

ハステージ 7 を X Y 軸方向に駆動させることで、ウエハ 3 の X Y 軸方向における位置を調整することができる。以下、O A 検出系 2 2 a と T T L - A A 検出系 2 2 b (図 4 参照) とについて個別に説明する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、O A 検出系 2 2 a の構成を示す概略図である。O A 検出系 2 2 a は、照明光源 3 0 からの光を検出対象であるアライメントマーク 2 3 や O A 検出系用基準マーク 2 6 に照射する照射系と、これらのマークからの反射光を受光する受光系とを内部に備える。以下、O A 検出系 2 2 a の構成と作用とを合わせて説明する。照明光源 3 0 から導光された光 (ビーム) は、リレー光学系 3 1 と波長フィルター板 3 2 とを通過してファイバーにより導光され、O A 検出系 2 2 a の瞳面 (物体面に対する光学的なフーリエ変換面) に位置する開口絞り 3 3 に到達する。このとき、開口絞り 3 3 で絞られたビーム径は、照明光源 3 0 でのビーム径よりも十分に小さいものとなる。波長フィルター板 3 2 は、透過波長帯の異なるフィルターを複数種含み、それらのフィルターは、制御部 8 からの動作指令により切り替えられる。また、開口絞り 3 3 は、照明の異なる絞りを複数種含み、それらの絞りが制御部 8 からの動作指令により切り替えられることで所望の照明に変更される。照明光源 3 0 から開口絞り 3 3 まで到達した光は、照明光学系 3 4 を通過して偏光ビームスプリッター 3 5 に導光される。偏光ビームスプリッター 3 5 により反射された紙面に垂直な S 偏光は、 $\lambda/4$ 板 3 6 を透過して円偏光に変換され、対物レンズ 3 7 を通過して、ウエハ 3 上のアライメントマーク 2 3 をケラー照明する (図 3 中、照明光を実線で示す) 。アライメントマーク 2 3 からの反射光、回折光、または散乱光 (図 3 中、1 点波線で示す) は、再度対物レンズ 3 7、 $\lambda/4$ 板 3 6 を順に通過して紙面に平行な P 偏光に変換され、偏光ビームスプリッター 3 5 を透過する。次に、リレーレンズ 3 8、第 1 結像光学系 3 9、コマ収差調整用光学部材 4 0、および第 2 結像光学系 4 1 により、アライメントマーク 2 3 の像が、例えば C C D カメラなどの光電変換素子 4 2 上に形成される。制御部 8 は、この O A 検出系 2 2 a により検出 (観察) された、光電変換されたマーク像の位置に基づいて、ウエハ 3 の位置を特定することができる。

【 0 0 2 3 】

ここで、O A 検出系 2 2 a がウエハ 3 上のアライメントマーク 2 3 を精度良く検出するためには、マーク像が明確に検出されなければならない、すなわち、O A 検出系 2 2 a のピントがアライメントマーク 2 3 に合っていないなければならない。そこで、O A 検出系 2 2 a は、不図示の A F 検出系を含み (上記 A F 検出系 2 1 とは異なる)、制御部 8 は、この A F 検出系の検出結果に基づいてアライメントマーク 2 3 を O A 検出系 2 2 a のベストフォーカス面に移動させた上で、O A 検出系 2 2 a に検出させる。さらに、このような O A 検出系 2 2 a によりアライメントマーク 2 3 を観察してウエハ 3 の位置を検出する場合、アライメントマーク 2 3 の上部に塗布などにより形成された透明層に起因して、単色光では干渉縞が発生する。干渉縞が発生すると、O A 検出系 2 2 a は、アライメント信号を干渉縞の信号が加算された状態で検出してしまうため、高精度な検出が望めない。そこで、これに対処するために、照明光源 3 0 としては、広帯域の波長を持つものを使用することが望ましい。

【 0 0 2 4 】

図 4 は、図 1 に対応した、アライメント検出系 2 2 として、O A 検出系 2 2 a に加えて T T L - A A 検出系 2 2 b を採用した場合の露光装置 1 の構成を示す概略図である。この図 4 に示す例では、O A 検出系 2 2 a がプリアライメント計測を実施し、一方、T T L - A A 検出系 2 2 b がファインアライメント計測を実施する。O A 検出系 2 2 a は、X、Y 軸の両方向を計測可能とするのに対して、T T L - A A 検出系 2 2 b は、X 軸方向の計測を行う第 1 検出部 4 5 と、Y 軸方向の計測を行う第 2 検出部 4 6 とを含む。なお、第 1 検出部 4 5 および第 2 検出部 4 6 は、それぞれ光源を必要とするが、この光源は、O A 検出系 2 2 a の光源 (不図示) と共通化してもよい。

【 0 0 2 5 】

制御部 8 は、露光装置 1 の各構成要素の動作および調整などを制御し得る。この制御部

10

20

30

40

50

8は、例えばコンピュータなどで構成され、露光装置1の各構成要素に回線を介して接続され、プログラムなどにしたがって各構成要素の制御を実行し得る。なお、制御部8は、露光装置1の他の部分と一体で(共通の筐体内に)構成してもよいし、露光装置1の他の部分とは別体で(別の筐体内に)構成してもよい。

【0026】

次に、露光装置1におけるウエハアライメント処理について説明する。まず、参考として従来のウエハアライメント処理時に生じ得るシフト誤差について説明する。図11は、従来のウエハアライメント処理時のシフト誤差を説明するための概略図である。なお、図11では、便宜上、本実施形態に係る露光装置1の要素に対応するものには同一の符号を付す。ここで、ウエハチャック50に保持されたウエハ3の表面には、アライメントマーク23が形成されており、さらにレジスト51が塗布(レジスト層(この場合最上層)が積層)されている。しかしながら、ウエハ3の面形状、アライメントマーク23の形成状態、またはレジスト51の塗布条件などにより、実際にはレジスト51の厚みが均一となるように塗布することは難しい。そこで、この例では、レジスト51に厚みムラ(塗布ムラ)が発生している、すなわち、レジスト51の表面(全体で見た場合でいうウエハ表面)とアライメントマーク23が形成されているウエハ3のマーク面とに傾き差が生じていると想定する。まず、図11(a)は、OA検出系22aによりウエハアライメント処理を行う際の状態を示している。このとき、レジスト51の表面は傾いているが、ウエハ3上のアライメントマーク23が形成された面は、所望の状態(水平状態)にある。したがって、ウエハ3上のアライメントマーク23は、OA検出系22aの検出位置に合う。次に、図11(b)は、アライメントマーク23が図11(a)とXY平面方向で対応(一致)した状態で、露光位置でレジスト51の表面計測を行い、この結果に基づいてチルト補正を行った状態を示している。このとき、レチクルパターンの像は、投影光学系6を介してウエハ3上に露光されるが、ウエハ3(この場合回路層)上のパターン面は、重ね合わせる面に対して平行となる必要がある。具体的には、図11(b)においてレジスト層の露光光の進行方向に着目すると、アライメントマーク23の上方に位置するパターン52は、パターン面(アライメントマーク23が形成された面)に垂直になるように、軸53上に露光されることが望ましい。しかしながら、露光時にチルト補正を行い、図11(b)に示すようにレジスト51の表面を水平状態とすると、パターン面が角度傾いた分だけ、シフト誤差(Shift)が発生する場合がある。そこで、本実施形態では、OA検出系22aを使用し、レジスト51の表面からアライメントマーク23までの間隔と、レジスト51の表面傾きとを計測し、ウエハアライメント処理の際に補正值として反映させることで、シフト誤差による影響を低減させる。

【0027】

図5は、本実施形態に係る露光装置1によるウエハアライメント処理を含む露光工程の流れを示すフローチャートである。また、図6は、シフト誤差の説明で使用した図11に対応した、本実施形態におけるウエハアライメント処理を説明するための概略図である。ここで、図6(a)は、OA検出系22aによりウエハアライメント処理を行う際の状態を示している。また、図6(b)は、本実施形態のウエハアライメント処理後に露光を行う状態を示している。まず、制御部8は、OA検出系22aに対してウエハ3に対するフォーカス位置差の取得指示を送信し、フォーカス位置の計測を開始させる。このとき、OA検出系22aは、図6(a)に示すようにアライメントマーク23を検出対象とする。次に、制御部8は、ウエハステージ7を微小駆動させつつ、OA検出系用のAF検出系により駆動AF計測を実施させ、アライメントマーク23にフォーカスを合わせる(ベストフォーカス)。そして、OA検出系22aは、その状態でパターン面(パターン52が重ね合わされる面)またはアライメントマーク面のフォーカス位置の計測を実施し、制御部8は、第1フォーカス位置およびチルト情報(傾き)を取得する(ステップS101)。ここで、特にチルト情報は、例えば、複数点で計測したフォーカス位置の計測結果を参照することで算出される。次に、制御部8は、AF検出系21に対して、ステップS101で検出対象であったアライメントマーク23が形成された面に垂直な位置に対応するレジ

スト51の表面のフォーカス位置の計測を実施させ、第2フォーカス位置情報を取得する(ステップS102)。次に、制御部8は、ステップS101で得られた情報を記憶し、これらの情報に基づいてウエハステージ7を駆動させ、ウエハ3を露光位置に移動(XY軸移動)させる(ステップS103)。次に、制御部8は、ステップS101およびS102にて得られたフォーカス位置の計測結果を用いて、露光位置におけるZ軸方向のフォーカス位置差、すなわちレジスト51の厚みZを算出する(ステップS104)。なお、このステップS104の工程は、ステップS103の前であってもよい。次に、制御部8は、ステップS104にて得られた厚みZから求まるパターン面が、予め決められている焦点深度の範囲内にあるかどうかを判断する(ステップS105)。ここで、制御部8は、パターン面が焦点深度の範囲内ないと判定した場合(NO)、ウエハステージ7に対して、ウエハ3をZ軸方向に移動させることで、パターン面が焦点深度の範囲内に入るようにフォーカス駆動させる(ステップS106)。なお、露光時のフォーカス位置の設定は、パターン面が焦点深度の範囲内に入っているのならば、任意である。一方、制御部8は、ステップS105にて、パターン面が焦点深度の範囲内にあると判定した場合(YES)、そのままステップS107に移行する。そして、制御部8は、ステップS101にて得られた各情報に基づいて露光を実施させる(ステップS107)。このとき、露光されるパターン52を含む層は、図6(b)に示すように、ウエハ3上のパターン面またはアライメントマーク面に合う(平行になる)こととなる。ここで、露光時のフォーカス位置は、露光スリット、露光ショット内におけるレジスト51の厚みのおおよそ平均値の高さに合わせることが望ましい。これは、レジストの厚みは、露光スリット、露光ショット内の全域で平均値からの差が小さくなるため、露光時のパターン52のデフォーカス量を全域に渡り小さくできるためである。なお、ここまでの説明では、検出対象のアライメントマーク23を1つと想定した。ここで、ウエハ3のパターン面またはアライメントマーク面のグローバルな傾きを求めてウエハ3全面でチルトを補正するグローバル計測を採用する場合には、ステップS101にて、3点以上のアライメントマーク23を検出対象とすればよい。これに対して、ウエハ3内の各ショット領域Sの個々に対応した傾きを求めてチルトを補正するダイバイダイ計測を採用する場合には、ステップS101にて、あるショット領域S近傍の3点以上のアライメントマーク23を検出対象とすればよい。

【0028】

一方、レジスト51の厚みZが均一であったとしても、OA検出系22aの光軸が傾いている場合や処理工程の条件により、OA検出系22aの計測値に差異(ズレ)が生じる場合もある。この要因となるのは、例えば、OA検出系22aのテレセン傾きやレジスト51の屈折率が挙げられる。そこで、より精度良くシフト誤差の補正を行うためには、これらの要素も考慮する必要がある。図7は、OA検出系22aの光軸が θ_1 傾いた状態でアライメントマーク23を検出している状態を示す概略図である。この場合、レジスト51に入射した後の光軸の傾きを θ_2 とすると、計測値のズレSは、式(1)で表される。

$$S = Z \times \tan \theta_2 \quad (1)$$

ここで、レジスト51の屈折率をnとし、レジスト51の表面の傾きを θ_1 とすると、スネルの法則より、式(2)が成り立つ。

$$\sin(\theta_1 + \theta) = n \times \sin(\theta_2 + \theta) \quad (2)$$

ここで、式(1)中の θ_2 は、式(2)から算出できる。したがって、OA検出系22aの光軸が傾いている場合には、求められたズレSを補正值として、OA検出系22aの実際の計測値に反映すればよい。

【0029】

なお、上記説明では、レジスト51がウエハ3上に1層のみ塗布されているとしたが、ウエハ3上には複数種類のレジストで材質の異なった層が構成されてもよい。この場合、レジスト51の表面から複数層下の検出対象のアライメントマーク23までの間隔を計測して、または、複数層を任意に分割もしくは合わせて計測して、上記のウエハアライメント処理に適用してもよい。また、上記説明では、レジスト51の厚みZは、処理対象と

10

20

30

40

50

なるウエハ3ごとに算出するものとしたが、例えば、ロット内の平均値または平均値近傍の値を代表する固定値として使用してもよい。同様に、レジスト51の厚み Z は、1つのウエハ3に存在する全てのアライメントマークを計測せず、厚み Z が安定したプロセスであれば、代表点を計測し、そのときの値を固定値として使用してもよい。また、レジスト51の厚み Z は、露光装置1内でのプロセスとは別の標準的なプロセスで計測し、各工程やレジスト51に対する変化率情報を予め取得しておき、上記のウエハアライメント処理に適用してもよい。

【0030】

また、上記説明では、ある1つの軸方向（Y軸方向）でのアライメント補正值に着目したが、他の軸方向の補正についても同様である。また、例えば、1つのロットに含まれる複数のウエハ3に対して露光を行う場合、これらのウエハ3の形状状態が近似していると想定し、上記説明した露光工程の一部の工程を省略することもあり得る。例えば、ロットの1枚目のウエハ3に対しては、上記のとおり露光工程を実施し、2枚目以降のウエハ3に対しては、ステップS101を省略して、前に計測した位置情報を参考とすることもあり得る。また、上記説明では、ウエハアライメント処理シーケンス（ステップS101～S106）と、露光シーケンス（ステップS107）とを直列で行う動作（例えばシングルステージシステム）とした。しかしながら、本発明は、これに限定することなく、ウエハアライメント処理シーケンスと露光シーケンスとを並列で行う動作（例えばツインステージシステム）にも適用可能である。さらに、ステップS101やS102での各種計測は、上記説明のように、露光装置1内の各種検出系で計測するだけでなく、露光装置1外にて予め計測し、制御部8は、計測結果を外部から取得し利用するものとしてもよい。

【0031】

このように、露光装置1は、パターン面またはアライメントマーク面のチルト位置情報やレジスト51の厚み情報を参照することで、露光時に発生し得るシフト誤差を補正した状態で露光することができる。これにより、従来よりも高精度な重ね合わせ精度を達成することができる。特に、レチクル2やウエハ3などの物体の位置情報を、像観察により高精度に、かつ安定性を維持して検出し、この検出された情報に基づいて重ね合わせ露光を行う際には好適となる。

【0032】

以上のように、本実施形態によれば、シフト誤差を簡易的に補正し、ウエハ上に形成されるパターンの重ね合わせ精度の向上に有利な露光装置を提供することができる。

【0033】

（第2実施形態）

次に、本発明の第2実施形態に係る露光装置について説明する。本実施形態に係る露光装置の特徴は、ウエハ3上のレジスト51の表面が、第1実施形態とは異なり線形一次の傾きではない場合を想定している点にある。図8は、本実施形態におけるウエハアライメント処理を説明するための概略図である。ここで、ウエハ3は、ウエハチャック50に保持された状態にある。また、ウエハ3の表面には、一例として2つのアライメントマーク（第1マーク23a（ウエハステージ7の基準側面から距離 L_1 ）、第2マーク23b（同様に基準側面から距離 L_2 ））が形成されている。さらに、ウエハ3上にはレジスト51が塗布されている。特に本実施形態では、レジスト51には、断面で見ると中心部と周辺部との表面が凸となる（厚くなる）ような厚みムラが発生しているものと想定する。まず、図8中の（a）図は、OA検出系22a（不図示）によりウエハアライメント処理を行う際の状態を示している。第1マーク23aと第2マーク23bとの上方におけるレジスト51の表面傾きは、この（a）図に示すように、それぞれ異なる。また、図8中の（b）図は、（a）図とXY平面方向で対応し、本実施形態のウエハアライメント処理後に第1マーク23aの位置で露光を行う状態を示している。さらに、図8中の（c）図は、同様に（a）、（b）図とXY平面方向で対応し、本実施形態のウエハアライメント処理後に第2マーク23bの位置で露光を行う状態を示している。以下、第1実施形態での図5を用いた説明を参照し、第1実施形態の場合と異なる点を上げる。まず、ステップS1

01およびS102では、制御部8は、第1マーク23aと第2マーク23bとのそれぞれについて、同様に第1ベストフォーカス位置情報、チルト位置情報、および第2ベストフォーカス位置情報を取得する。次に、ステップS104では、露光位置における、第1マーク23aと第2マーク23bとのそれぞれに対応するレジスト51の厚み Z_1 、 Z_2 を算出する。次に、ステップS105では、制御部8は、厚み Z_1 、 Z_2 が、それぞれ予め決められている焦点深度の範囲内にあるかどうかを判断する。この場合も、制御部8は、厚み Z_1 、 Z_2 が焦点深度の範囲内ないと判定した場合には、ステップS106にて、厚み Z_1 、 Z_2 が焦点深度範囲内に入るようにフォーカス駆動させる。結果的に、露光されるパターン52a、52bを含む層は、(c)図に示すように、ウエハ3上のパターン面またはアライメントマーク面に合う(平行になる)こととなる。このように、本実施形態によれば、ウエハ3上のレジスト51の表面が線形一次の傾きではない場合でも、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0034】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る露光装置について説明する。上記各実施形態では、レジスト51に厚みムラがある場合について説明した。これに対して、本実施形態に係る露光装置の特徴は、Siウエハ(シリコン基板)の裏面側にアライメントマークが存在しており、Siウエハを表面側から透過してアライメントマークを検出(観察)する裏面アライメントに適用する点にある。図9は、本実施形態にて処理対象とするウエハ(貼り合わせウエハ)60の構成と、ウエハ60を例えば真空吸着により保持するウエハチャック61とを示す概略断面図である。ウエハ60は、Siウエハ62とガラスウエハ(ガラス基板、サポート基板)63とを含み、Siウエハ62とガラスウエハ63とは、接着剤やオプティカルコンタクトなどにより接着されている。Siウエハ62の表面には、レジスト64(この場合最上層)が塗布されている。一方、Siウエハ62の裏面には、金属などの材料からなるアライメントマーク65が形成されている。このように、アライメントマーク65は、Siウエハ62とガラスウエハ63との間に閉じ込められた状態にあるため、裏面アライメントの際には、OA検出系22Aは、赤外光を照射し、その反射光を捉えてその位置を計測することになる。ここで、ウエハチャック61は、その表面で赤外光を反射することがあり、反射した赤外光がノイズ光となり、結果的にアライメントマーク像の画質劣化を引き起こす原因となる場合がある。そこで、ウエハ60は、さらにガラスウエハ63の裏面に、赤外光を反射しない反射防止膜66を有する。なお、この反射防止膜66をウエハ60に設置しない代わりにウエハチャック61を最低2層構造とし、そのうちウエハ60と接する層を、赤外光を反射しない反射防止層とする構成としてもよい。さらに、ウエハチャック61は、赤外光による温度上昇を抑制するために冷却機構および温度センサーを備えることで、ウエハ3の形状収縮を制御してもよい。このようなウエハ60は、Siウエハ62とガラスウエハ63との間で、バイメタル効果により面形状が平坦とはならず、変形している場合がある。さらに、Siウエハ62とガラスウエハ63とを単体で見ても、それぞれ厚みムラが発生している。そこで、本実施形態では、OA検出系22aを使用して、レジスト64の表面からアライメントマーク65までの間隔と、アライメントマーク65が形成された面の傾きとを計測し、ウエハアライメント処理の際に補正值として反映させる。これにより、シフト誤差による影響を低減させる。

【0035】

図10は、本実施形態におけるウエハアライメント処理(裏面アライメント)を説明するための概略図である。まず、図10(a)は、OA検出系22aによりウエハアライメント処理を行う際の状態を示している。さらに、図10(b)は、本実施形態のウエハアライメント処理後に露光を行う状態を示している。以下、第1実施形態での図5を用いた説明を参照し、第1実施形態の場合と異なる点を上げる。特に、第1実施形態と異なる点は、ステップS101にて、制御部8は、同様に第1フォーカス位置およびチルト情報(傾き)を取得するが、Siウエハ62の表面とアライメントマーク65が存在するSiウエハ62の裏面との2面を対象として行う点にある。このとき、特にSiウエハ62の裏

10

20

30

40

50

面に対する計測の際は、OA検出系22aの計測波長を赤外波長として行う。そして、以下のステップにてレジストの厚みZを算出する際に、ここでのステップS101で得られた情報を反映させる。結果的に、露光されるパターン67を含む層は、図10(b)に示すように、Siウエハ62上のパターン面に合う(平行になる)こととなる。このように、本実施形態によれば、貼り合わせウエハを処理対象とし、裏面アライメントを実施する場合でも、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0036】

(デバイスの製造方法)

次に、本発明の一実施形態のデバイス(半導体デバイス、液晶表示デバイスなど)の製造方法について説明する。半導体デバイスは、ウエハに集積回路を作る前工程と、前工程で作られたウエハ上の集積回路チップを製品として完成させる後工程を経ることにより製造される。前工程は、前述の露光装置を使用して感光剤が塗布されたウエハを露光する工程と、ウエハを現像する工程を含む。後工程は、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)と、パッケージング工程(封入)を含む。液晶表示デバイスは、透明電極を形成する工程を経ることにより製造される。透明電極を形成する工程は、透明導電膜が蒸着されたガラス基板に感光剤を塗布する工程と、前述の露光装置を使用して感光剤が塗布されたガラス基板を露光する工程と、ガラス基板を現像する工程を含む。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

10

【0037】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

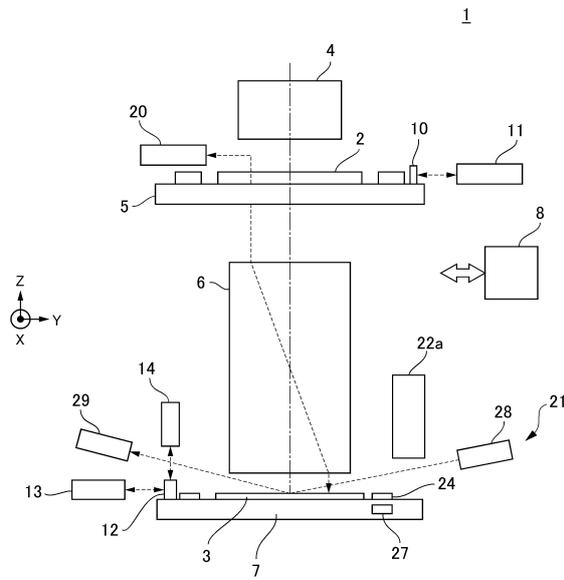
20

【符号の説明】

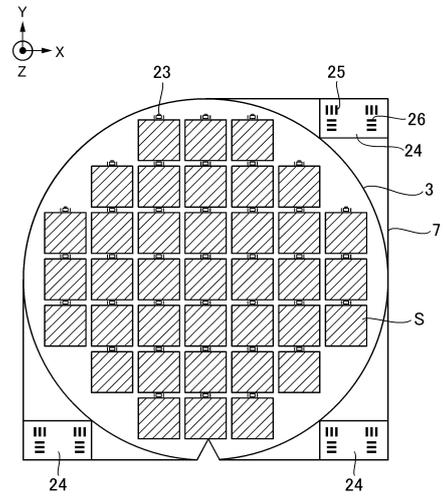
【0038】

- 1 露光装置
- 2 レチクル
- 3 ウエハ
- 23 アライメントマーク
- 51 レジスト
- 52 パターン

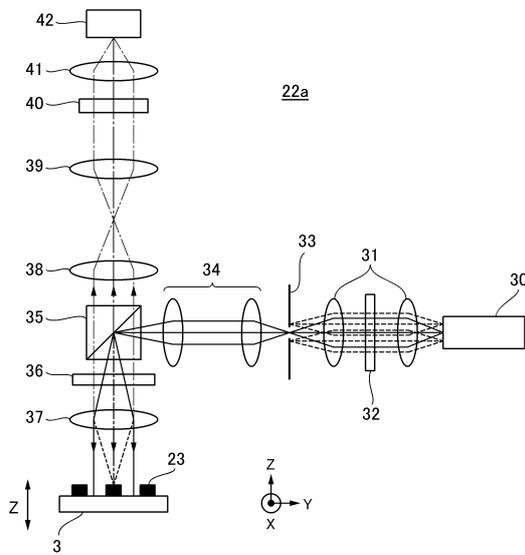
【図 1】



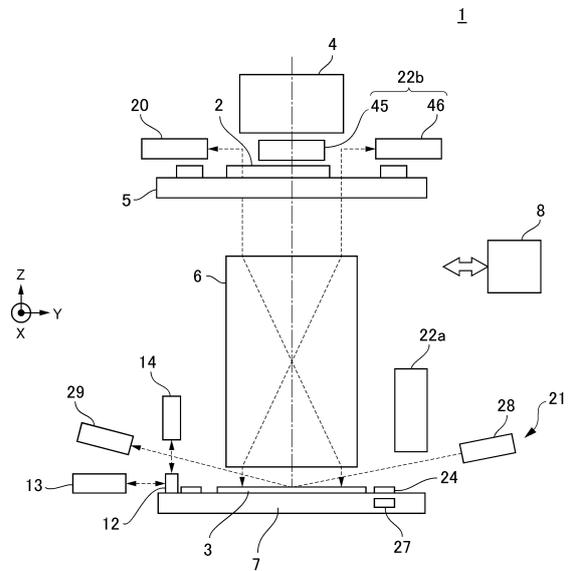
【図 2】



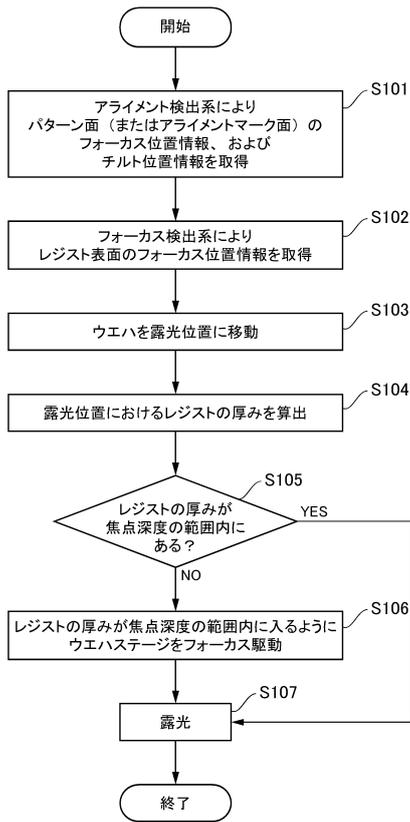
【図 3】



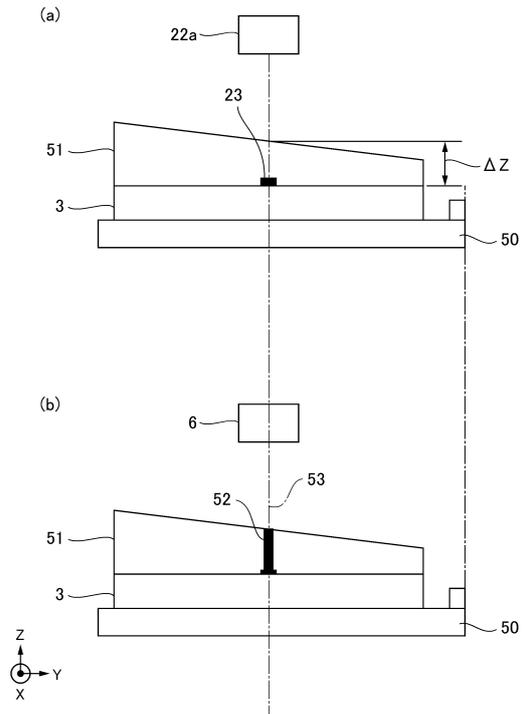
【図 4】



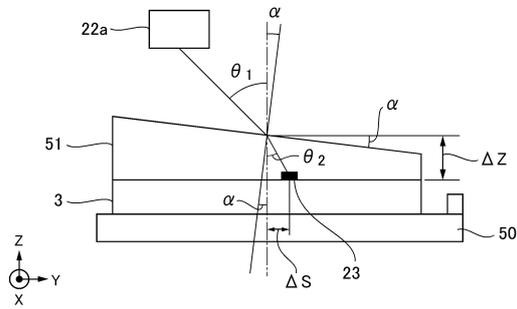
【図5】



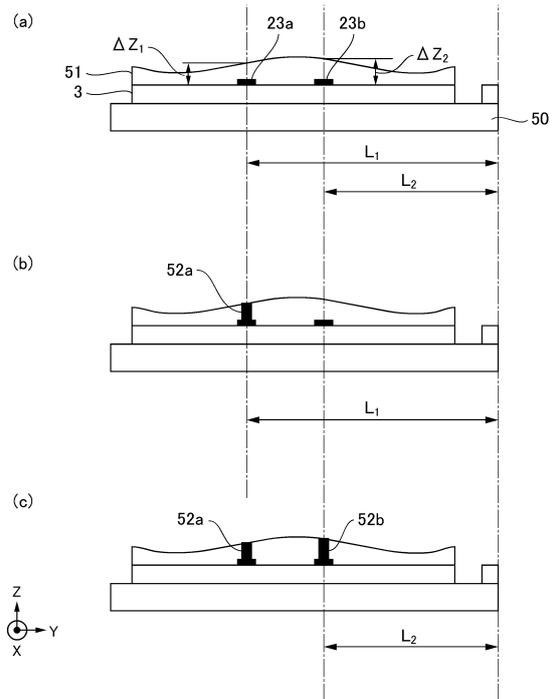
【図6】



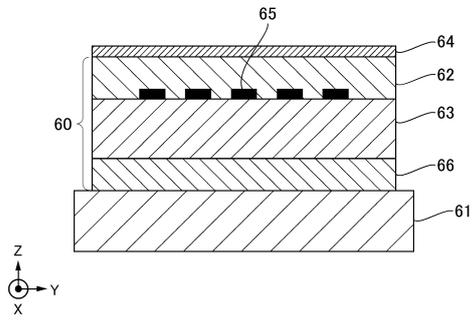
【図7】



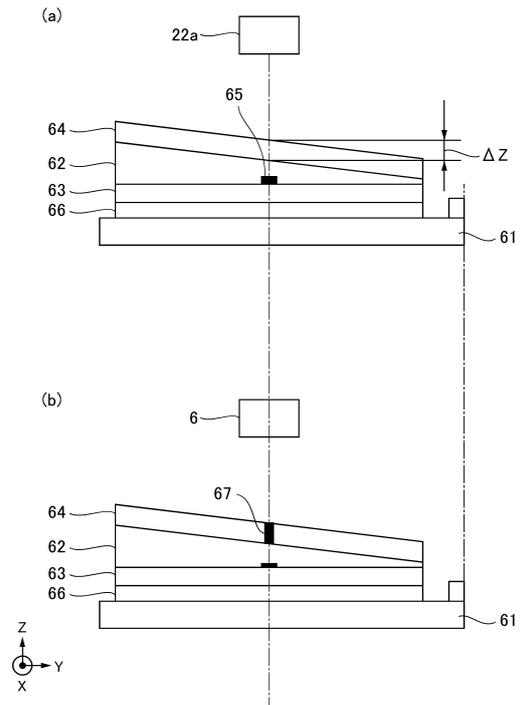
【図8】



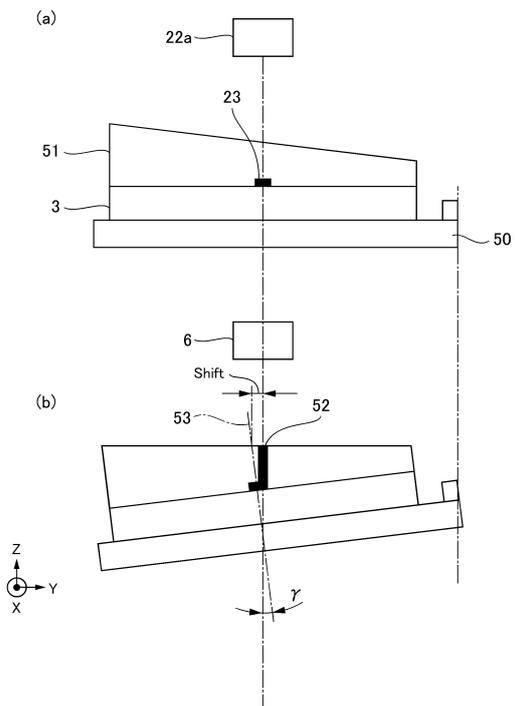
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-203773(JP,A)
特開2011-040549(JP,A)
特開2012-195380(JP,A)
特開2001-077012(JP,A)
特開平07-142346(JP,A)
特開平08-083758(JP,A)
特開平09-213602(JP,A)
特開2011-238788(JP,A)
特開2010-141063(JP,A)
特開2012-227551(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027、21/30
G03F 7/20-7/24、9/00-9/02