

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5385652号
(P5385652)

(45) 発行日 平成26年1月8日 (2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日 (2013.10.11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 2 5 R
GO 3 F 9/00 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 2 5 W
GO 1 B 11/00 (2006.01)	GO 3 F 9/00 H
	GO 1 B 11/00 H

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-72863 (P2009-72863)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成21年3月24日 (2009.3.24)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-225940 (P2010-225940A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成22年10月7日 (2010.10.7)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成24年3月26日 (2012.3.26)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出装置、露光装置、位置検出方法、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検物体に設けられたマークの像を結像する結像系と、前記結像系の一部を介して光源から射出された照明光でマークを照明する照明系と、前記結像系により結像された前記マークの像を検出する第1像検出素子とを備え、前記第1像検出素子により検出されたマークの像の位置に基づいて前記被検物体の位置を検出する位置検出装置であって、

前記照明系は、その回転によって照明光の光路上で且つ前記結像系の結像開口絞りと前記光源との間の前記照明系の瞳面にそれぞれ配置することができる第1照明開口絞りと第2照明開口絞りとを有する回転盤を含み、前記第1照明開口絞りおよび前記第2照明開口絞りの開口径を結像倍率を考慮して前記結像開口絞りに開口径に換算した値を σ とすると、前記第1照明開口絞りは1未満の σ を有し、前記第2照明開口絞りは1より大きい σ を有し、

前記位置検出装置は、
前記結像開口絞りの像と前記第1照明開口絞りの像とを撮像する第2像検出素子と、
制御部と、
を備え、
前記制御部は、
前記瞳面に配置させた第2照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記結像系の結像開口絞りの像を前記第2像検出素子に撮像させ、
次に、前記回転盤を回転させて前記瞳面に前記第1照明開口絞りを配置させ、前記第1

照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記第 1 照明開口絞りの像を前記第 2 像検出素子に撮像させ、

前記撮像された前記結像開口絞りの像と前記第 1 照明開口絞りの像とに基づいて、前記結像開口絞りに対する前記第 1 照明開口絞りの位置ずれの影響を低減するように前記第 1 照明開口絞りの補正処理を行い、

前記位置検出装置において、前記被検物体の位置は、前記補正処理が行われた前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を用いて検出されることを特徴とする位置検出装置。

【請求項 2】

前記照明系は、照明光の光軸に垂直な軸の回りに回転可能で、且つ前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を透過させる平行平板をさらに含み、

前記制御部は、前記回転盤の回転と前記平行平板の回転とを制御して前記補正処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 3】

前記照明系は、照明光の光軸に垂直な平面において互いに直交する 2 つの軸の回りにそれぞれ回転可能で、且つ前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光をそれぞれ透過させる 2 つの平行平板をさらに含み、

前記制御部は、前記 2 つの平行平板の回転を制御して前記補正処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 4】

前記回転盤は、前記第 1 照明開口絞りを複数有し、前記制御部は、前記複数の中から選択された前記第 1 照明開口絞りに応じて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

【請求項 5】

レチクルに対する基板の位置合わせを行った後に、前記レチクルを介して前記基板を露光する露光装置であって、

前記位置合わせのための位置検出装置として請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、

前記工程で露光され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。

【請求項 7】

被検物体に設けられたマークの像を結像する結像系と、前記結像系の一部を介して光源から射出された照明光でマークを照明する照明系と、前記結像系により結像された前記マークの像を検出する第 1 像検出素子とを備え、前記第 1 像検出素子により検出されたマークの像の位置に基づいて前記被検物体の位置を検出する位置検出装置を用いた位置検出方法であって、

前記照明系は、その回転によって照明光の光路上で且つ前記結像系の結像開口絞りと前記光源との間の前記照明系の瞳面にそれぞれ配置することができる第 1 照明開口絞りと第 2 照明開口絞りとを有する回転盤を含み、前記第 1 照明開口絞りおよび前記第 2 照明開口絞りの開口径を結像倍率を考慮して前記結像開口絞りに開口径に換算した値を σ とするとき、前記第 1 照明開口絞りは 1 未満の σ を有し、前記第 2 照明開口絞りは 1 より大きい σ を有し、

前記位置検出方法は、

前記結像開口絞りの像と前記第 1 照明開口絞りの像とを撮像可能な第 2 像検出素子を用意する工程と、

前記瞳面に配置させた第 2 照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記結像系の結像開口絞りの像を前記第 2 撮像素子に撮像させる工程と、

前記回転盤を回転させて前記瞳面に前記第 1 照明開口絞りを配置し、前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記第 1 照明開口絞りの像を前記第 2 撮像素子に撮像させ

10

20

30

40

50

る工程と、

前記撮像された前記結像開口絞りの像と前記第1照明開口絞りの像とに基づいて、前記結像開口絞りに対する前記第1照明開口絞りの位置ずれの影響を低減するように前記第1照明開口絞りの補正処理を行う工程と、

を含み、

前記位置検出装置において、前記補正処理が行われた前記第1照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記被検物体の位置を検出することを特徴とする位置検出方法。

【請求項8】

前記照明系は、照明光の光軸に垂直な軸の回りに回転可能で、且つ前記第1照明開口絞りを通過した照明光を透過させる平行平板をさらに含み、

10

前記回転盤の回転と前記平行平板を回転させて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項7に記載の位置検出方法。

【請求項9】

前記照明系は、照明光の光軸に垂直な平面において互いに直交する2つの軸の回りにそれぞれ回転可能で、且つ前記第1照明開口絞りを通過した照明光をそれぞれ透過させる2つの平行平板をさらに含み、

前記2つの平行平板を回転させて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項7に記載の位置検出方法。

【請求項10】

前記回転盤は、前記第1照明開口絞りを複数有し、

20

前記複数の中から選択された前記第1照明開口絞りに応じて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項7乃至請求項9のいずれか1項に記載の位置検出方法。

【請求項11】

レチクルに対する基板の位置合わせを行った後に、前記レチクルを介して前記基板を露光する露光方法であって、

前記位置合わせのための位置検出方法として請求項7乃至請求項10のいずれか1項に記載の位置検出方法を含むことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、位置検出装置、露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体装置や液晶表示装置等の製造におけるフォトリソグラフィ工程では、レチクルやマスク（以下、マスクという。）に形成された回路パターンを、投影光学系を介して半導体ウエハやガラス基板（以下、ウエハという。）上に露光する。露光装置には、複数の露光領域にマスクのパターンを、投影光学系を介して順次露光をするステップ・アンド・リピート型の露光装置（ステッパと称することもある）がある。また、ステップ移動と走査露光とを繰り返すことにより、基板上の複数の領域に露光転写を繰り返すステップ・アンド・スキャン型の露光装置（スキャナまたは走査露光装置と称することもある）が

40

【0003】

近年、半導体素子等は益々パターンが微細化している。これを実現するためには、投影光学系の解像力を高める必要がある。露光装置の解像力を向上させる方法には、露光波長を短くする方法と、投影光学系の開口数（NA）を大きくする方法とがある。露光波長を短くする方法に関して、様々な光源が開発されている。例えば、365nmのi線から248nm付近の発振波長を有するKrFエキシマレーザ光に移行しつつあり、更に193nm付近の発振波長を有するArFエキシマレーザの開発が進んでいる。更に、157nm付近の発振波長を有するフッ素（F₂）エキシマレーザの開発も行なわれている。

【0004】

50

一方、投影光学系の開口数（NA）を大きくする方法に関して、液浸法を用いた投影露光方法が注目されつつある。液浸法では、投影光学系の最終面と基板（例えばウェハ）表面との間の従来気体で満たされていた空間を液体で満たして投影露光する。液浸法の利点は、従来と同一波長の光源を用いても、解像力が従来よりも向上することである。例えば、投影光学系とウェハとの間の間隙に提供される液体を純水（屈折率1.33）とし、ウェハに結像する光線の最大入射角が液浸法と従来法とで等しいと仮定する。このとき、投影光学系のNAが1.33倍になるので、液浸法の解像力は従来法の1.33倍に向上する。このように、液浸法によれば、従来法では不可能な $NA \geq 1$ とした場合の解像力を得ることが可能である。この液浸法を実現するために、様々な露光装置が提案されている。

【0005】

10

一方、投影パターンの解像力の向上に伴って、投影露光装置におけるウェハとマスクを相対的に位置合わせするアライメントについても高精度化が必要とされている。投影露光装置は高解像度の露光装置であると同時に高精度な位置検出装置としての機能も要求されている。こうした背景の下、ウェハのアライメント方式として多く用いられている方式に、オフアクシスアライメント検出系（Off-Axis AutoAlignment、以下「OA検出系」と呼ぶ）がある。OA検出系は、投影光学系と異なる位置に配置され、投影光学系を介さずにウェハ上のアライメントマークの位置を検出する。その検出結果に基づいてウェハの位置合わせが行なわれる。

【0006】

20

一方、従来のアライメント方式として、TTL-AA（Through The Lens AutoAlignment）と呼ばれる方法がある。投影光学系を介して非露光光のアライメント波長の光を用いてウェハ上のアライメントマークを検出する方法である。TTL-AAのメリットは、投影光学系の光軸とTTL-AAの光軸（いわゆる、ベースライン）が非常に短く配置出来るため、アライメント計測時と露光時のウェハステージの駆動量が少ないことである。従って、ウェハステージ回りの環境変化による投影光学系の光軸とTTL-AAの光軸との距離の変動で発生する測定誤差を小さく抑えることが出来る。つまり、ベースラインの変動が少ないと言うメリットがある。

【0007】

ところが、露光光がKrFレーザやArFレーザと言った短波長光に移行すると、使用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が困難になる。従って、投影光学系の色収差の影響を受けないOA検出系が重要になって来ている。

30

【0008】

従来のOA検出系を備えたアライメント方式の一例(特許文献1)について説明する。図1は、従来のOA検出系を示す概略構成図である。OA検出系において、光源1から導光された光は、照明リレー光学系2及び3を通過し、回転盤4に形成された開口絞りに結像する。開口絞りを通過した特定の光は、更に照明光学系5を通過した後、偏光ビームスプリッタ6に導かれる。偏光ビームスプリッタ6によって反射されたS偏光は、リレーレンズ7、 $\lambda/4$ 板8を通過した後、円偏光に変換され、対物レンズ9を通過してウェハW上に形成されたウェハマークWMをケーラー照明する。ウェハマークWMから発生した反射光、回折光及び散乱光は、対物レンズ9、 $\lambda/4$ 板8、リレーレンズ7を戻る。その後今度はP偏光に変換され、偏光ビームスプリッタ6を通過し、結像光学系10によって、ウェハマークWMの像をセンサ（像検出素子）11上に形成する。光電変換されたウェハマークWMの像の位置に基づいて、ウェハWの位置を検出する。

40

【0009】

一方、基準板の光源12から射出した光は、基準板の照明光学系13により、基準板14を様な光量分布となるようケーラー照明している。基準板14には、基準マークSMが構成されており、基準マークSMを透過した光のみがハーフミラー15側に導光される。アライメント光を射出する光源1と基準光を射出する基準板の光源12を別光源とすることで、ウェハマークWMを照明するときは基準光を射出しない。また、基準マークSMを照明するときはアライメント光を射出しないことで、同一視野内にウェハマークWM及

50

び基準マークSMを形成することができる。一方、ウエハステージ上に構成されたマークとレチクル上に構成されたマークの相対位置を図示しない露光光スコープにより検出する。その後、ウエハステージ上のマークと基準マークSMとの相対位置をOA検出系で検出することで、所謂、ベースラインが計測される。ベースラインが計測される際のOA検出系の基準となるものが基準マークSMである。ベースラインが計測された後は、基準マークSMを基準にウエハマークWMの位置が検出される。

【0010】

ところで、このOA検出系等のアライメント計測誤差成分として、アライメントマークの計測値が検出系の光軸方向の位置であるフォーカスZ位置に依存して、光軸から水平方向に検出位置が変動すると言う現象がある。以下、この光軸から水平方向に検出位置が変動する特性を、「デフォーカス特性」と呼ぶ。以下、図2を用いデフォーカス特性について説明する。図2の(a)に示すように、ウエハに対して照明光の入射角が傾くと、+側に $D + [\mu m]$ のデフォーカスで $\Delta 1$ 、-側に $D - [\mu m]$ のデフォーカスで $\Delta 2$ というようにアライメントマーク位置の計測値がずれる。このため、アライメントマークの計測値がデフォーカス量に対し、以下の量だけ依存性を持ってしまう。

+側： $1 \mu m$ デフォーカスあたり、 $\Delta 1 / D +$

-側： $1 \mu m$ デフォーカスあたり、 $\Delta 2 / D -$

このデフォーカス特性を抑えるためには、図2の(b)に示すように、ウエハWに対して照明光の入射角を垂直に近づける必要がある。こうしたデフォーカス特性を持った状態でアライメントマークを計測すると、アライメントマークのZ方向における位置のばらつきが計測方向のばらつきになってしまい、計測再現性の劣化を発生させてしまう。その為に、特許文献2に示す如く、従来では検出光の光軸の調整や照明光の光軸の調整などを行い、極力デフォーカス特性が発生しないようにしている。

【0011】

特許文献2では、基準となる調整マークに対し、デフォーカス特性の調整を行い、実際に位置合わせをするマークに対しては、調整マークと同等のデフォーカス特性を有するという前提で位置検出を行っている。

【0012】

また、ウエハ上のアライメントマークの計測を行う場合、ウエハ上に塗布されるレジストの種類やレジストの膜厚等、製造プロセスの条件に合わせて好適な計測を行うために複数の照明条件の中から好適な条件を選択して計測を行っている。更に、アライメント検出系として、それら様々なアライメントマークに対しても、高精度な検出が可能なように、検出波長やNAといった照明条件（以下「照明条件」）を可変にする事が出来る形態を取っている。照明条件としては、具体的には照明光の波長帯域が挙げられ、複数種類の長帯域の中から条件に合った波長を選択して計測する方法が取られている。

【0013】

これら従来の方法では照明条件を変更するために複数の開口絞りと複数の光源を構成している。その組合せで照明条件は複数種類となり、全ての照明条件に対して、光軸傾きによるデフォーカス時の測定誤差（デフォーカス特性）を抑えることが必要であることが指摘されている。（特許文献3、4）

そのためには、検出系の開口絞り（結像開口絞りに相当）に対する照明系の開口絞り（照明開口絞り）の位置ずれ（偏心）を調整する必要がある。調整方法としては、複数の照明開口絞りを切替える機構とその照明開口絞りを位置調整のために直交する2方向に対して駆動して調整を行なう方法が提案されている。

【0014】

ここで、複数の照明開口絞りを切替える際には、駆動系による切替えを行なっている。具体的な一例としては、複数の照明開口絞りパターンをガラス円板に構成して、その円板をモータで回転駆動させ、光軸上に絞りを配置する構成をとっている。モータは、パルスモータを使用し、絞りパターンが構成されたガラス円板の原点検知手段にはフォトスイッチを使用している。複数の照明開口絞りを駆動系を用いて切替えあるいは、調整している

ため駆動誤差が少なからず発生してくる。その為、実際の検出系を考えた場合、これらの原因により、どうしても多少のデフォーカス特性が残存してしまう場合が発生する。

【0015】

また、照明条件によってデフォーカス特性が変化してしまい、全てのウエハに対して、常にデフォーカス特性を小さくする事が出来ない事が課題として挙げられる。その為、あるウエハ（特に、プロセスが異なるウエハ）に対しては、残存のデフォーカス特性とアライメントマークのZ方向位置のばらつきにより、アライメント計測精度の劣化が発生し、結果としてオーバーレイ精度が悪化するという問題点が発生している。

【0016】

また、上記このデフォーカス特性を調整する方法としては、特許文献5にその調整方法が提案されている。位置検出装置内に構成されている照明開口絞りと結像開口絞りの双方を観察し、結像開口絞りに対する照明開口絞りの偏芯を調整する方法である。特許文献5の実施例1では、 $\sigma < 1$ の照明開口絞りを $\sigma \geq 1$ の照明開口絞りに切換えて照明開口絞りと結像開口絞りの双方を同時に観察し、結像開口絞りに対する照明開口絞りの偏芯を調整している。ここで、 σ は、位置検出装置において、結像開口絞り位置上で、結像倍率を考慮した結像開口絞りにおける照明開口絞りの径の比（照明開口絞り径/結像開口絞り径）である。従って、 $\sigma \geq 1$ の照明開口絞りの調整後、マーク計測用の $\sigma < 1$ の照明開口絞りに再度切換える必要があり、この切換えにより生じる誤差を保証することはできない。更に、特許文献5の実施例2では、「 $\sigma \geq 1$ 」とするために拡散板を光路に配置しているが、そのため装置の複雑化を招いている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】特開2004-279166号公報

【特許文献2】特開平10-022211号公報

【特許文献3】特開2003-142375号公報

【特許文献4】特開2004-356193号公報

【特許文献5】特開2005-026461号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

本発明は、例えば、照明開口絞りと結像開口絞りとの位置ずれの影響を低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の第1の側面は、被検物体に設けられたマークの像を結像する結像系と、前記結像系の一部を介して光源から射出された照明光でマークを照明する照明系と、前記結像系により結像された前記マークの像を検出する第1像検出素子とを備え、前記第1像検出素子により検出されたマークの像の位置に基づいて前記被検物体の位置を検出する位置検出装置であって、前記照明系は、その回転によって照明光の光路上で且つ前記結像系の結像開口絞りと前記光源との間の前記照明系の瞳面にそれぞれ配置することができる第1照明開口絞りと第2照明開口絞りとを有する回転盤を含み、前記第1照明開口絞りおよび前記第2照明開口絞りの開口径を結像倍率を考慮して前記結像開口絞りに開口径に換算した値を σ とするとき、前記第1照明開口絞りは1未満の σ を有し、前記第2照明開口絞りは1より大きい σ を有し、前記位置検出装置は、前記結像開口絞りの像と前記第1照明開口絞りの像とを撮像する第2像検出素子と、制御部と、を備え、前記制御部は、前記瞳面に配置させた第2照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記結像系の結像開口絞りの像を前記第2像検出素子に撮像させ、次に、前記回転盤を回転させて前記瞳面に前記第1照明開口絞りを配置させ、前記第1照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記第1照明開口絞りの像を前記第2像検出素子に撮像させ、前記撮像された前記結像開口絞りの像と前記第

1 照明開口絞りの像とに基づいて、前記結像開口絞りに対する前記第 1 照明開口絞りの位置ずれの影響を低減するように前記第 1 照明開口絞りの補正処理を行い、前記位置検出装置において、前記被検物体の位置は、前記補正処理が行われた前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を用いて検出されることを特徴とする。

本発明の第 2 の側面は、被検物体に設けられたマークの像を結像する結像系と、前記結像系の一部を介して光源から射出された照明光でマークを照明する照明系と、前記結像系により結像された前記マークの像を検出する第 1 像検出素子とを備え、前記第 1 像検出素子により検出されたマークの像の位置に基づいて前記被検物体の位置を検出する位置検出装置を用いた位置検出方法であって、前記照明系は、その回転によって照明光の光路上で且つ前記結像系の結像開口絞りと前記光源との間の前記照明系の瞳面にそれぞれ配置することができる第 1 照明開口絞りと第 2 照明開口絞りとを有する回転盤を含み、前記第 1 照明開口絞りおよび前記第 2 照明開口絞りの開口径を結像倍率を考慮して前記結像開口絞りに開口径に換算した値を σ とするとき、前記第 1 照明開口絞りは 1 未満の σ を有し、前記第 2 照明開口絞りは 1 より大きい σ を有し、前記位置検出方法は、前記結像開口絞りの像と前記第 1 照明開口絞りの像とを撮像可能な第 2 像検出素子を用意する工程と、前記瞳面に配置させた第 2 照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記結像系の結像開口絞りの像を前記第 2 撮像素子に撮像させる工程と、前記回転盤を回転させて前記瞳面に前記第 1 照明開口絞りを配置し、前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記第 1 照明開口絞りの像を前記第 2 撮像素子に撮像させる工程と、前記撮像された前記結像開口絞りの像と前記第 1 照明開口絞りの像とに基づいて、前記結像開口絞りに対する前記第 1 照明開口絞りの位置ずれの影響を低減するように前記第 1 照明開口絞りの補正処理を行う工程と、を含み、前記位置検出装置において、前記補正処理が行われた前記第 1 照明開口絞りを通過した照明光を用いて前記被検物体の位置を検出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、例えば、照明開口絞りと結像開口絞りととの位置ずれの影響を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】従来のオフアクシスアライメント検出系を示す図

【図 2】デフォーカス特性の説明図

【図 3】本発明の位置検出装置を搭載した露光装置を示す図

【図 4】図 3 におけるマスクステージ近傍を示す図

【図 5】位置検出装置と第 2 像検出素子を示す図

【図 6】回転盤を示す図

【図 7】瞳面での照明開口絞りと結像絞りの位置関係を示す図

【図 8】本発明の第 2 の実施例に係る露光装置内に構成した位置検出装置を示す図

【図 9】本発明の第 2 の実施例に係る照明開口絞りの補正処理を行う方法を示す図

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面としてのオフアクシスアライメント検出系（OA 検出系）を有する露光装置について説明する。なお、各図において同一の部材については同一の参照番号を付す。

【0023】

図 3 は、本発明の一側面としての OA 検出系を有する露光装置の例示的な一形態を示す概略構成図である。露光装置は、マスク（レチクル）17 のパターンを、投影光学系 22 を介して基板であるウエハ W 上に結像し投影させる。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し照明される。照明光学系は、照明光を整形する光学系 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 及びリレーレンズ系 40 を含

む。スリット状の照明領域内におけるマスク 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。

【0024】

光源 34 としては A r F エキシマレーザや K r F 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、Y A G レーザの高周波発生装置等のパルス光源、水銀ランプと楕円反射鏡とを組合せた構成等の連続光源等が使用できる。露光のオン・オフは、パルス光源の場合はパルス光源用の電源装置からの供給電力の制御により切り換えられ、連続光源の場合は照明光を整形する光学系内のシャッタにより切り換えられる。本実施例では可動ブラインドである可変視野絞り 39 が設けられているため、可動ブラインドの開閉によって露光のオン・オフを切り換えてもよい。光源 34 からの照明光は、照明光を整形する光学系により光束径が所定の大きさに設定されてフライアイレンズ 36 に達する。フライアイレンズ 36 の射出面には多数の 2 次光源が形成され、これら 2 次光源からの照明光は、コンデンサレンズ 37 によって集光され、固定の視野絞り 38 を経て可変視野絞り 39 に達する。

10

【0025】

本実施例では、固定の視野絞り 38 は可変視野絞り 39 よりもコンデンサレンズ 37 側に配置されているが、その逆に、リレーレンズ系 40 側へ配置してもよい。固定の視野絞り 38 には、長方形のスリット状の開口部が形成されており、固定の視野絞り 38 を通過した光は、長方形のスリット状の断面を有する光となり、リレーレンズ系 40 に入射する。スリットの長手方向は図の紙面に対して垂直な方向である。リレーレンズ系 40 は可変視野絞り 39 とマスク 17 のパターン形成面とを共役にするレンズ系である。ウエハ W は不図示のウエハ搬送装置によりウエハステージ 20 に載置される。

20

【0026】

ウエハステージ 20 は、投影光学系 22 の光軸に垂直な面内でウエハ W の位置決めを行うと共にウエハ W を土 Y 方向に走査する X Y ステージ、Z 方向にウエハ W の位置決めを行う Z ステージ等により構成されている。ウエハ W の上方には、オフ・アクシス方式のオフアクシスアライメント検出系（O A 検出系）24 が構成されている。

【0027】

次に、図 4 を参照してベースライン計測を行う方法を説明する。マスクステージ 18 は、マスク 17 を保持し移動可能なステージである。マスクステージ 18 上にはマスク 17 が載置され、マスクステージ 18 上にはマスク 17 とマスクステージ 18 の位置決めするための基準マークであるマスク基準マーク 33 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 33 との位置決めが行われる。

30

【0028】

図 4 に示されるように、アライメント顕微鏡 23 を用いてマスク 17 上に形成されるベースライン計測用マークを、投影光学系 22 を通して、ウエハステージ 20 上に固定されたステージ基準マーク 21 上のマークとの相対位置を検出する。(第 1 工程)

第 1 工程完了後、ウエハステージ 20 を移動させ、ステージ基準マーク 21 を O A 検出系 24 の観察領域に移動させる。ステージ基準マーク 21 上に構成されたマークと O A 検出系 24 の基準マーク S M の相対位置を検出する。(第 2 工程)

40

第 1 工程と第 2 工程との検出結果に基づいて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 O A 検出系 24 の検出位置が求められる。そして、基板であるウエハ W の位置決めを行った後に露光を開始することが可能となる。

【0029】

O A 検出系 24 は、被検物体であるウエハステージ 20 に設けられたマークの像を第 1 像検出素子によって検出し、検出されたマークの像の位置に基づいてウエハステージ 20 の位置を検出する位置検出装置を構成している。

【0030】

[実施例 1]

次に、位置検出装置の照明開口絞りと結像開口絞りとの測定方法に関して説明する。図

50

5は、本発明の一実施例に係る位置検出装置の概略図である。光源1から導光された光は、照明リレー光学系2及び3を通過し、回転盤4に形成された照明開口絞りに結像する。照明開口絞りを通過した特定の光は、更に照明光学系5を通過した後、偏光ビームスプリッタ6に導かれる。偏光ビームスプリッタ6によって反射されたS偏光は、リレーレンズ7、 $\lambda/4$ 板8を通過した後、円偏光に変換され、対物レンズ9を通過してセンサ41の位置に配置されたウエハW上に形成されたウエハマークWMをケラー照明する。ウエハマークWMから発生した反射光、回折光及び散乱光は、対物レンズ9、 $\lambda/4$ 板8、リレーレンズ7を戻す。その後今度はP偏光に変換され、偏光ビームスプリッタ6を通過し、結像光学系10によって、ウエハマークWMの像をセンサ(第1像検出素子)11上に形成する。

10

【0031】

光源1、照明リレー光学系2、3、照明開口絞りの回転盤4、照明光学系5、偏光ビームスプリッタ6、リレーレンズ7、 $\lambda/4$ 板8、対物レンズ9は、光源から射出された照明光を照明する照明系を構成する。また、対物レンズ9、 $\lambda/4$ 板8、リレーレンズ7、偏光ビームスプリッタ6、結像光学系10は、マークの像を結像する結像系を構成する。照明系は、リレーレンズ7、 $\lambda/4$ 板8、対物レンズ9等、結像系の一部を使ってマークを照明している。図中、ASは対物レンズの結像開口絞り(対物開口絞り)である。41は照明系の開口絞り(照明開口絞り)と結像開口絞りASの像を撮像するセンサである。センサ41は被検物体側に配置されている。センサ41の配置は照明開口絞りと結像開口絞りの瞳面が撮像できる場所であれば良い。センサ41は、結像開口絞りの像と第1照明開口絞りの像を撮像し、撮像した像に基づいて、結像開口絞りに対する第1照明開口絞りの位置ずれ量を検出する第2像検出素子を構成している。

20

【0032】

次に照明開口絞りの回転盤4の詳細を図6に示す。前述した様に回転盤4には、複数の開口絞り4A~4Cが配置されている。光源1から射出された照明光は、照明リレー光学系2、3を介して、回転盤4上に配置された複数種類の照明開口絞り4A~4Cの何れかを通過する。これらの照明開口絞り4A~4Cは、回転盤4をモータ等によって駆動することにより、回転方式(ターレット方式)で切換え可能になっている。

【0033】

モータの回転の原点は、前もって原点検出駆動としてモータの回転が行なわれ求められる。原点検出の方法は、回転盤4に設けられたスリット4DがフォトスイッチPS1の検出部を通過した位置を回転の原点としている。照明開口絞りの開口径を、結像倍率を考慮して結像開口絞りに換算した値を σ とした場合、照明開口絞り4A、4Bは $\sigma < 1$ であり、照明開口絞り4Cは $\sigma > 1$ の絞りである。実際に被検物体を計測する絞りは $\sigma < 1$ の照明開口絞り4A、4Bであり、 $\sigma > 1$ の照明開口絞り4Cは調整用の絞りである。 $\sigma < 1$ の照明開口絞り4A、4Bは、回転盤4が複数有する第1照明開口絞りを、 $\sigma > 1$ の調整用の照明開口絞り4Cは、第2照明開口絞りを、それぞれ構成している。照明開口絞り4A、4B、4Cは、回転盤4の回転によって照明光の光路上で且つ結像開口絞りASと光源との間の照明系の瞳面にそれぞれ配置することができる。

30

【0034】

次に、これらの絞りを使用して、結像開口絞りASと照明開口絞りの位置を測定する方法を説明する。まず照明系の瞳面に配置させた結像開口絞りASを通過した照明光を用いて結像開口絞りASの像をセンサ41によって撮像する。次に、回転盤4を回転させて被検物体を測定する照明開口絞り4Bを照明系の瞳面に配置させ、照明開口絞り4Bの像をセンサ41によって撮像する。前述した様に結像開口絞りASを測定する場合、 $\sigma > 1$ の照明開口絞り4Cを使用する。

40

【0035】

図7に上記方法にて結像開口絞りASと照明開口絞り4Cをセンサ41で撮像した結果を示す。図7(a)に結像開口絞りASを撮像した結果を示す。次に図7(b)に実際の被検物体を測定する際に使用する照明開口絞り4Bを撮像した結果を示す。42は結像開口

50

絞り A S のセンサ上での像であり、4 3 は照明開口絞り 4 B のセンサ上での像である。図 7 (a) において、4 2 の中心部から図に示す様に位置検出装置の計測方向と同様に X Y 座標を取っている。

【0036】

この場合、図 7 (b) に示す様に結像開口絞り 4 2 と照明開口絞り 4 3 との位置関係は、結像開口絞り A S の中心に対して、照明開口絞り 4 B の中心が ΔX 、 ΔY だけ位置ずれしていることが撮像結果より分かる。この量を元に、結像開口絞り A S、照明開口絞り 4 B の各絞りを調整することが可能となる。図 7 (b) において、結像開口絞り A S の像も記載しているが、実際に撮像できるのは照明開口絞り 4 B に対応した 4 3 の像となる。つまり、 $\sigma < 1$ の場合には、結像開口絞り A S の像は撮像できず、照明開口絞り 4 B の像 4 3 が撮像できる。一方、 $\sigma > 1$ の場合には結像開口絞り A S の像が撮像できる構成となっている。

10

【0037】

[実施例 2]

図 8 は本発明の一実施例に係る位置検出装置を有する投影露光装置の要部概略図である。同図は位置検出装置の O A 検出系 2 4 を中心に示している。2 2 は投影光学系である。また、本実施例の O A 検出系 2 4 内には、前記結像開口絞り A S に対する照明開口絞り 4 B の位置ずれの影響を低減するように照明開口絞り 4 B の補正処理を自動的に行う機構を具備している。

【0038】

光源部 L S は、HeNe レーザ L S 1 やハロゲンランプ L S 2 の発熱体が配設されているため、温度安定性が求められる O A 検出系 2 4 から離れて配置されている。光源部 L S には、光源切換ミラー L S 3、及び光源からの光をファイバ F B 入射端に集光する光学系 L S 4 が配設されている。

20

【0039】

コンピュータ 5 0 が主制御系 5 1 に、HeNe レーザ L S 1 とハロゲンランプ L S 2 の何れの光源を使用するかを指示するのに応じて、主制御系 5 1 が光源切換ミラー L S 3 の駆動を行う。すなわち、光源として HeNe レーザ L S 1 が選択された場合、光源切換ミラー L S 3 は図中破線で示されるように光路から退避して、HeNe レーザ L S 1 からの光は、光学系 L S 4 を介してファイバ F B 入射端に集光される。光源としてハロゲンランプ L S 2 が選択された場合、ハロゲンランプ L S 2 からの光は、光源切換ミラー L S 3 で反射され、光学系 L S 4 を介してファイバ F B 入射端に集光される。もちろん、HeNe レーザ L S 1 とハロゲンランプ L S 2 の配置を逆にした構成も可能である。

30

【0040】

O A 検出系 2 4 の照明光 I L は、光源部 L S から O A 検出系の照明系 O A I L に接続されているファイバ F B により導光される。ファイバ F B 出射端からの照明光 I L は、照明リレー光学系 2、3 を介して、照明開口絞りの回転盤 4 上に配置された複数種類の照明開口絞り 4 A、4 B、4 C の何れかを通過する。コンピュータ 5 0 は、光源の種類 (HeNe レーザ L S 1、またはハロゲンランプ L S 2) と照明開口絞りとの組合せによる照明条件が設定されると、主制御系 5 1 にモータ 4 4 の回転の原点からの回転量を指示する。モータ 4 4 の回転の原点は、前もって原点検出駆動としてモータ 4 4 の回転が行なわれ求められる。

40

【0041】

主制御系 5 1 は、指示された回転量に応じて、モータ 4 4 を駆動し、照明開口絞り 4 A、4 B、4 C の何れかが照明光 I L に設定される。照明開口絞りを通過した照明光 I L は、瞳面近傍つまり照明開口絞り近くに配置され、モータ 4 8 によって駆動されることにより照明光 I L に対する傾きを調整可能な、光路シフト用の透明な平行平板 4 7 を透過する。

【0042】

コンピュータ 5 0 は、照明条件が設定されると、主制御系 5 1 にモータ 4 8 の回転の原

50

点からの回転量を指示する。モータ48の回転の原点は、前もって原点検出駆動としてモータ48の回転が行なわれ求められる。主制御系51は、指示された回転量に応じてモータ48を駆動し、平行平板47は、照明光ILの光軸に対して傾きを持つことで照明光ILをW方向に平行シフトさせる。

【0043】

次に、照明光ILは、照明コンデンサレンズ3を介して照明視野絞り45を照射する。照明視野絞り45を射出した照明光ILは、照明光学系5を透過した後、偏光ビームスプリッタ6に入射する。照明光ILは、偏光ビームスプリッタ6に対してP偏光成分（紙面に平行な成分（V方向成分））が透過する。なお、偏光ビームスプリッタ6は、検出光を高効率で検出するために使用しており、光量に問題がなければ、通常のハーフミラーで構成してもよい。偏光ビームスプリッタ6を透過した照明光ILは、反射プリズム46で反射し、ウエハWに対して下向きに向かう。反射プリズム46の下には、 $\lambda/4$ 板8が配置され、ここを透過した照明光ILは円偏光に変換され、その後、結像開口絞りAS、及び対物レンズ9を介して、ウエハW上の検出対象のウエハマークWMを照明する。

【0044】

ウエハWは、X、Y、Z方向及びそれら軸の回転方向に駆動可能なウエハステージ20上に保持されている。ウエハステージ20はコンピュータ50の指示に応じてステージ制御系49により駆動することができる。

【0045】

ウエハマークWMからの反射、回折、散乱によって発生した結像光MLは、対物レンズ9、結像開口絞りAS、及び $\lambda/4$ 板8を透過する。 $\lambda/4$ 板8を透過した結像光MLは、円偏光から紙面垂直方向（W方向）の直線偏光（S偏光）に変換される。次に結像光MLは、反射プリズム46を介して、偏光ビームスプリッタ6に導かれ、今度は反射し、リレーレンズ7に導光される。リレーレンズ7は、ウエハマークWMの像を一旦結像する。その後、検出光学10によってセンサ（第1像検出素子）11の受光面上に再度結像する。センサ11によって検出されたウエハマーク信号は、主制御系51を介してコンピュータ50に入力される。コンピュータ50は、このウエハマーク信号及びウエハステージ20の位置に基づいてウエハWの位置を算出する。ステージ制御系49は、その算出結果を基にウエハステージ20を駆動し、ウエハWの位置合わせを行なっている。

【0046】

続いて、照明開口絞りの回転盤4と平行平板47の調整を行なうために、コンピュータ50が指示する調整量の算出方法を説明する。コンピュータ50は、この調整量をOA検出系24のデフォーカス特性が最小となるように決定している。そのため、前もって各照明条件のデフォーカス特性の計測を行なっている。

デフォーカス特性を計測する手順は以下のとおりである。

1. ベストピント面から $-a$ だけウエハステージ20をZ方向（投影光学系ULの光軸方向）に駆動する。
 2. ウエハマークWMの計測を行い、その値を $f(-a)$ とする。
 3. ベストピント面から $+a$ だけウエハステージ20をZ方向に駆動する。
 4. ウエハマークWMの計測を行い、その値を $f(+a)$ とする。
 5. デフォーカス特性 $\Delta = \{f(+a) - f(-a)\} / 2a$ を算出する。
- なお、上述の手順では2点でウエハマークWMを計測するとしたが、それ以上のポイントでウエハマークWMを計測してもかまわない。

【0047】

コンピュータ50は、 Δ の絶対値が最小となるような、OA検出系24の照明開口絞りの回転盤4の回転量と平行平板47の傾け量を求めて記憶する。そして、各照明条件が選択された際に主制御系51に記憶された回転盤4の回転量と平行平板47の傾け量を指示し、ウエハW面における照明光ILの光軸の傾きを制御する。

また、各照明条件においては、上記のデフォーカス特性が最少になるように調整された際に、実施例1で示した結像開口絞りASと照明開口絞りとの位置を測定し記憶しておく

10

20

30

40

50

ことが望ましい。前述した様に、主制御系 5 1 に記憶された回転盤 4 の回転量と平行平面板 4 7 の傾け量を指示し駆動させたとしても、駆動誤差等の影響により、結像開口絞り A S と照明開口絞りの位置関係が再現しない場合が存在する。その場合、デフォーカス特性が悪化してしまうことになる。照明条件を変更する為に上記デフォーカス特性を取り直しても良いが、計測にはある程度時間がかかってしまい、スループットの上で不利になる。それを防止するために、調整後の開口絞りの位置関係を記憶しておけば、照明条件を変更した場合にも、直接開口絞りを測定し調整を行なうことで、デフォーカス特性を最少にすることが可能となる。

【0048】

回転盤 4 と平行平面板 4 7 そして、結像開口絞り A S が配置されているのは、結像面のフーリエ変換面である瞳面近傍であるので、結像開口絞り A S に対する照明開口絞りの偏心調整は、ウエハ W 面における照明光 I L の光軸の傾き調整となる。このため、照明開口絞りの偏心調整方向は、ウエハ W のウエハマーク W M の計測方向であるウエハステージ 2 0 の X 方向または Y 方向（不図示）と一致させる必要がある。つまり、回転盤 4 の回転量の調整（又は、平行平面板 4 7 の傾け量の調整）によるデフォーカス特性の調整は、X または Y の一方向にのみ効果があるようにする。これにより、デフォーカス特性が最小となる回転盤 4 の回転量（又は、平行平面板 4 7 の傾け量）を求めることが容易となる。

【0049】

次に実際に対物絞り A S に対する照明開口絞り 4 B の位置ずれの影響を低減するように照明開口絞り 4 B の補正処理を行う方法を、図 9 を用いて説明する。図 9 は、照明開口絞りの回転盤 4 と平行平面板 4 7 の機能を説明するための概略図である。図 9（a）に示されるように、回転盤 4 の回転中心を中心とする同一円周上に照明開口絞り 4 A ～ 4 C が構成され、照明光 I L が、その円周の接線が垂直（または水平）となる位置を透過するように回転盤 4 は、配置されている。照明開口絞り 4 B が配置されている同一円周の半径を R、回転盤 4 の調整量を $\Delta \theta$ 、 $\Delta \theta$ に対する瞳面上の V 軸方向の照明開口絞りの偏心量を ΔV 、W 軸方向の偏心量を ΔW とする。そうすると、 ΔV 、 ΔW は以下のように表される。

$$\Delta V = R \cdot \sin \Delta \theta$$

$$\Delta W = R (1 - \cos \Delta \theta)$$

$\Delta \theta$ が微小な領域では、 ΔW の偏心量は無視できる。したがって、回転盤 4 を照明光 I L の光軸に平行な軸の回りに微小角回転させたとき、照明開口絞り 4 B は、照明光 I L の光軸に垂直な V 軸方向にのみ移動するとみなすことができる。

【0050】

また、平行平面板 4 7 を照明光 I L の光軸に垂直な V 軸の回りに回転させると、照明光 I L は、照明開口絞りが移動する V 軸方向と直交する W 軸方向に光軸がシフトされる。結像開口絞りと照明開口絞りは結像面のフーリエ変換面である瞳面では、図 9（b）のように示される。円形状の結像開口絞り A S に対して照明開口絞り 4 B は、回転盤 4 の回転調整により V 軸方向に位置調整され、平行平面板 4 7 の傾き調整により W 軸方向に位置調整される。

モータ 4 4 は、照明光の光軸に平行な軸の回りに回転盤 4 を回転させる。また、モータ 4 8 は、平行平面板 4 7 を照明光の光軸に垂直な軸の回りに回転させる。そして、モータ 4 4 とモータ 4 8 とを介し、回転盤 4 の回転と平行平面板 4 7 の回転を制御することによって、照明開口絞りの補正処理が行われている。図 5 の制御部 1 6 及び図 8 の主制御系 5 1 は、センサ 4 1 に照明開口絞り 4 B 及び結像開口絞り A S の像を撮像させ、照明開口絞り 4 B の補正処理を行う制御部として機能している。

【0051】

実施例 2 では、回転盤 4 の回転と平行平面板 4 7 の回転を制御することによって、照明開口絞りの補正処理が行われている。しかし、平行平面板 4 7 の回転軸と互いに直交し、照明光の光軸とも直交する軸の回りに回転可能な平行平面板をさらに設け、複数の平行平面板の回転を制御することによっても、第 1 照明開口絞りの補正処理を行うことができる。

回転盤 4 の回転及び平行平面板 4 7 の回転を制御、又は、複数の平行平面板の回転を制

10

20

30

40

50

御することによる補正処理は、照明条件の変更に応じて行われる。

【0052】

また、ファイバFB出射端も瞳面となる。光源LSがHeNeレーザLS1とハロゲンランプLS2で切換えられた際にファイバFB出射端の照度分布が異なること（HeNeレーザによるスペックルが生じる）による瞳面照度分布成分も加味されることになる。これによりデフォーカス特性が最小となるように、最適な照明開口絞りの位置調整が行なわれることとなる。

【0053】

〔デバイス製造方法の実施形態〕

つぎに、本発明の一実施形態のデバイス（半導体デバイス、液晶表示デバイス等）の製造方法について説明する。当該方法において、本発明を適用した露光装置を使用し得る。

10

【0054】

半導体デバイスは、ウエハ（半導体基板）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とを経ることにより製造される。前工程は、前述の露光装置を用いて、感光剤が塗布されたウエハを露光する工程と、その工程で露光されたウエハを現像する工程とを含みうる。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）とを含みうる。また、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、前述の露光装置を用いて、感光剤が塗布されたガラス基板を露光する工程と、その工程で露光されたガラス基板を現像する工程とを含みうる。

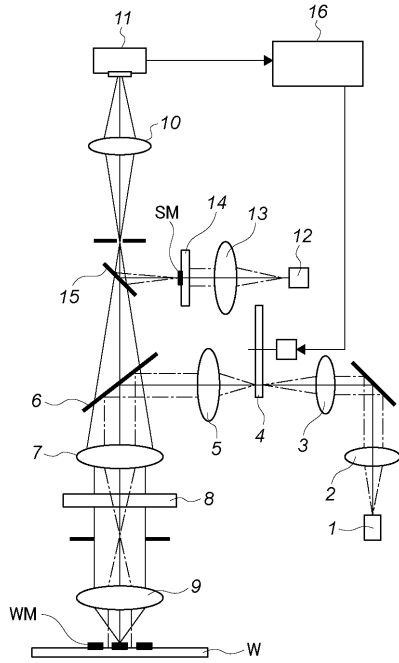
20

本実施形態のデバイス製造方法は、デバイスの生産性、品質および生産コストの少なくとも一つにおいて従来よりも有利である。

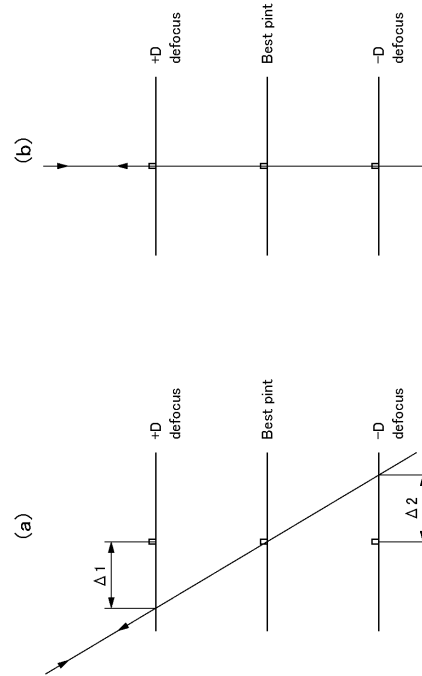
【0055】

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。

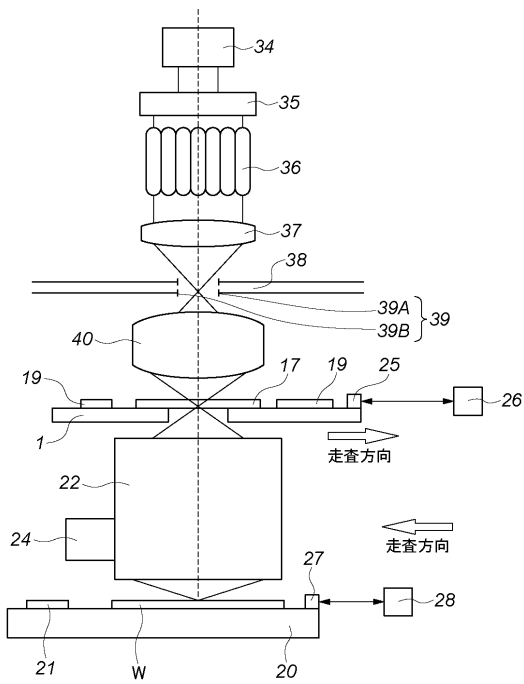
【図 1】



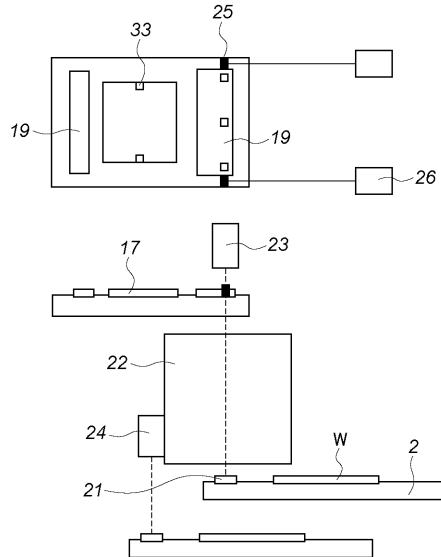
【図 2】



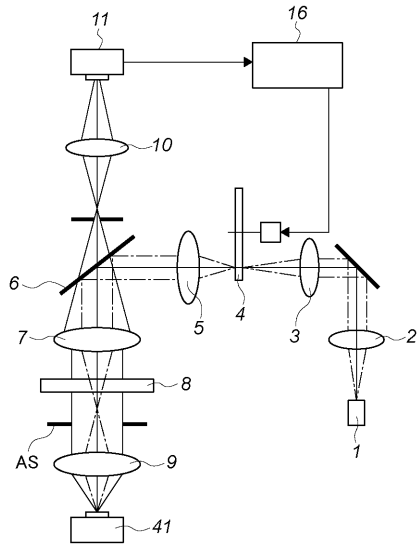
【図 3】



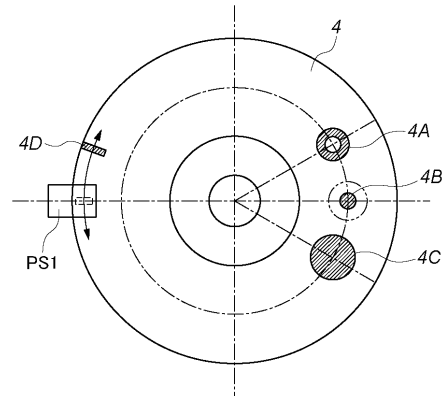
【図 4】



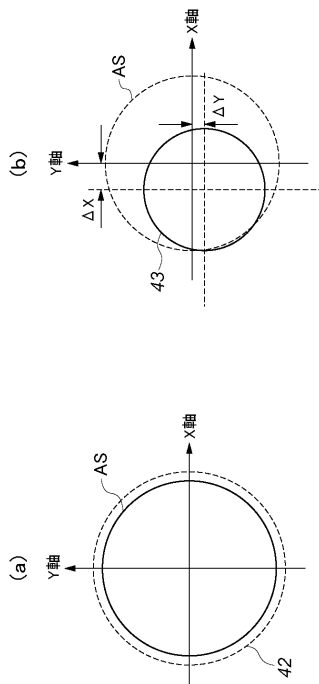
【図 5】



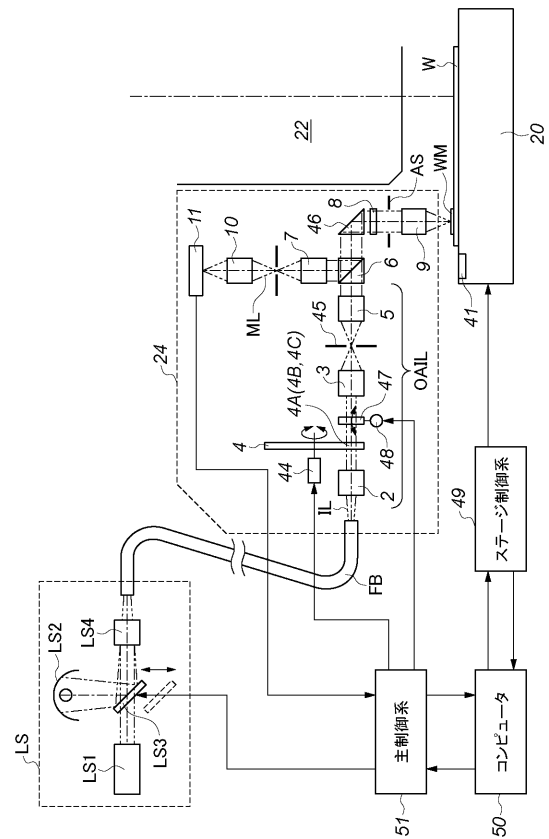
【図 6】



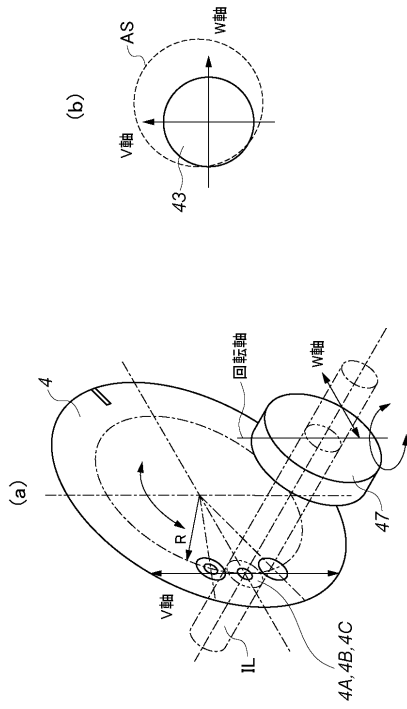
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 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 宮川 数正

(56)参考文献 特開2003-142375 (JP, A)
特開2005-026461 (JP, A)
特開2004-335864 (JP, A)
特開2006-041389 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20-7/24, 9/00-9/02
G01B 11/00-11/30