(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3629810号
(P3629810)
(45)発行日　平成17年3月16日(2005.3.16)　(24)登録日　平成16年12月24日(2004.12.24)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 21/027　H01L 21/30　526A
G03F 7/207　G03F 7/207　H

請求項の数 5　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願平8-111991
(22)出願日　平成8年4月9日(1996.4.9)
(65)公開番号　特開平9-283421
(43)公開日　平成9年10月31日(1997.10.31)
審査請求日　平成15年4月8日(2003.4.8)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(72)発明者　西　健爾
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

審査官　岩本　勉

(56)参考文献　特開平０４－３４８０１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０９７０３６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０８４７５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０３６９８７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０２０９１２（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影露光装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

露光用の光を所定パターンが形成されたマスクに照明する照明系と、前記マスク上のパターンの像をステージ上に配置された感光基板に投影転写する投影光学系とを有する投影露光装置において、

前記マスク上に形成されたフォーカス計測用のマークと；前記ステージ上に形成され、前記投影光学系を介して照明される前記露光光を透過する開口部と；前記開口部と前記マークの前記投影光学系を介した像とを相対走査する走査手段と；前記ステージの前記相対走査方向への移動によって生じる、前記開口部を透過する光の光量変化に基づいて前記投影光学系の焦点位置を検出する検出手段とを備え；前記マークは、前記相対走査の方向に対して所定角度だけ傾斜して配置され、前記開口部は前記所定角度だけ傾斜したエッジ部分を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項２】

前記投影露光装置は、前記感光基板の前記光軸方向の位置に応じて変化する信号を出力する焦点位置検出手段を更に有し、

前記検出手段により検出された焦点位置と前記焦点位置検出手段の出力信号との対応付を行う校正手段とを有することを特徴とする請求項１に記載の投影露光装置。

【請求項３】

前記マークは、格子状のＬ／Ｓ（ライン・アンド・スペース）マークを複数含み、前記相対走査の方向と平行に配置され、各Ｌ／Ｓマークの像の間隔は前記開口部よりも広く設定

されていることを特徴とする請求項１又は２に記載の投影露光装置。
【請求項４】
前記検出手段は、前記マークと前記開口部との相対走査と前記ステージの前記光軸方向の移動を行っている間に、前記各Ｌ／Ｓマークに対する焦点位置をそれぞれ検出し、
前記各Ｌ／Ｓマークに対する実際の焦点位置に基づいて、前記対応付を行うことを特徴とする請求項３に記載の投影露光装置。
【請求項５】
前記検出手段は、前記マークの像と前記開口部とを１方向に相対走査することによって、当該走査の方向及びこれと直交する方向のマーク像に関する焦点位置をそれぞれ求めることを特徴とする請求項１～４の何れか一項に記載の投影露光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、ＩＣ、ＬＳＩ、液晶基板等の製造に使用される投影露光装置に関し、特に、マスク上のパターンを感光基板上に転写する際のマスクと感光基板の合焦位置の計測技術に関するものである。
【０００２】
【背景技術】
近年、半導体デバイスの高集積化に伴い、投影露光装置においてはマスクパターンの更なる微細化が要求されてきている。マスクパターンの微細化を図るためには、投影光学系を介したマスクパターンの像の合焦精度の更なる向上が必須である。すなわち、感光基板の露光面を投影光学系の結像面の焦点深度内に正確に位置決めする必要がある。このような要求に応えるべく、従来より種々の方法が提案されている。例えば、投影光学系に対するステージ（感光基板）の高さを計測する計測手段を設け、この計測手段の原点を基準に感光基板の露光面の位置合わせを行う。この場合、基板ステージ上に設けた基準プレート面（基準面）におけるマスクパターンの像の合焦点を予め計測しておき、この合焦点に計測手段の原点を合わせておく。
【０００３】
上記のような方法においては、露光装置の環境の変化、使用するマスクの種類、又は経時変化に起因する投影光学系の結像特性の変化等により計測手段の原点と、投影光学系の実際の合焦点との間にずれが生じる。そこで、ある一定のタイミング毎に、計測手段の原点の再調整、即ちキャリブレーションを行う必要がある。このような計測手段の原点のキャリブレーションを行う方法の１つが、特開平５－１６０００３号公報に開示されている。この発明においては、基板ステージ上の基準プレートから発光した光を投影光学系を介してマスク面に導き、そこで反射した戻り光を発光部にて受光した時の透過光量を検出する。そして、検出された透過光量に基づいて、基準プレート（基板）の合焦状態を計測するようになっている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
上記のような従来の技術においては、露光用とアライメント用（焦点位置計測用）とで照明系が異なり、露光と異なる条件でフォーカス計測をすることとなり、計測誤差が生じてしまう。また、基準プレート上に配置されるマークの幅には製造限界があり、マスク上での最小線幅を用いた計測は殆ど不可能であった。このため、例えば、マークとして基準プレート状に形成されたＬ／Ｓ（ライン・アンド・スペース）マークを使用した場合に、マスク上での最小線幅のマーク（Ｌ／Ｓマーク）と基準板上のＬ／Ｓマークとの間のＬ／Ｓ線幅差によるフォーカス・オフセットが生じてしまう。
【０００５】
本発明は上記のような状況に鑑みてなされたものであり、マスクと感光基板の焦点位置の計測を高精度で行い得る投影露光装置を提供することを目的とする。
【０００６】

【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するために、本発明は、露光用の光を所定パターンが形成されたマスクに照明する照明系と、マスク上のパターンの像をステージ上に配置された感光基板に投影転写する投影光学系とを有する投影露光装置において、マスク上に形成されたフォーカス計測用のマークと；ステージ上に形成され、投影光学系を介して照明される露光光を透過する開口部と；開口部とマークの投影光学系を介した像とを相対走査する走査手段と；ステージの前記相対走査方向への移動によって生じる、開口部を透過する光の光量変化に基づいて投影光学系の焦点位置を検出する検出手段とを備え；マークは、相対走査の方向に対して所定角度だけ傾斜して配置され、開口部は前記所定角度だけ傾斜したエッジ部分を有している。
【０００７】マスク上に形成されるフォーカス計測用のマークとしては、格子状の複数のＬ／Ｓ（ライン・アンド・スペース）マークを使用することができる。この時、これらのマークは相対走査の方向と平行に１列に配置され、各Ｌ／Ｓマークの像の間隔は開口部よりも広く設定することが望ましい。
【０００８】
検出手段としては、マークの像と開口部とを１方向に相対走査することによって、当該走査の方向及びこれと直交する方向の焦点位置をそれぞれ求め、これら直交する両方向の焦点位置から適正焦点位置を求めるような構成とすることができる。
【０００９】
【作用及び効果】
上述したように、本発明においては、フォーカス計測用のマークを相対走査の方向（例えば、Ｘ方向）に対して所定角度だけ傾斜させ、開口部は所定角度だけ傾斜したエッジ部分を有するように構成したので、Ｘ又はＹ何れかの方向に１回走査する事で計測を行うことができ、ＸＹの非点収差の影響でＸＹ別々にフォーカス計測を行う場合に比べて、処理時間の短縮化を図ることができる。
【００１１】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態を実施例に従って説明する。なお、本実施例は、半導体集積回路製造用の投影露光装置に本発明を適用したものである。
【００１２】
【実施例】
図１は、本実施例にかかる投影露光装置の全体的な構成を示す。図１において、ＫｒＦエキシマレーザ、またはＡｒＦエキシマレーザ等のようなレーザ光源３５より射出した光は、ビームエキスパンダー系（３４，３３）によって一定の径に形成された後、ミラー３２により偏向されてシャッタ２９に達する。光源としては、レーザ光源の他に、水銀ランプ等の照明光源を使用することも可能である。シャッタ２９を透過した光は、レンズ２８の作用により、第１フライアイレンズ２７の入射面とほぼ同じ大きさに成形される。レンズ２８を透過した光は、第１フライアイレンズ２７、スペックル除去用の振動ミラー２６、レンズ２５、第２フライアイレンズ２２によって、照明フィールドとほぼ同じ形状である均一な照明光に形成される。第２フライアイレンズ２２を透過した光は、投影光学系１１の瞳面と共役な位置に設けられた瞳照明アパーチャ（ターレット板）１９、ハーフミラー１８を透過し、リレーレンズ、結像ブラインド、コンデンサーレンズ等の光学素子を有する照明光学系４９によってレチクル１２に照射される。瞳照明アパーチャ１９には、開口径の互いに異なる複数の開口絞り、輪帯状の開口を有する輪帯絞り、照明光学系の光軸から偏心した位置に開口部を有する傾斜照明用の開口絞り（特開平４－２２５３５７参照）が設けられている。照明条件切換部２１の制御によりモータ２０によって瞳照明アパーチャ１９を回転し、所望の開口絞りを照明光の光路中に配置することができる。照明条件切換部２１は、制御装置１１０により制御される。
【００１３】
２次元移動可能なレチクルステージ５０上に載置されたレチクル１２上には、露光用の回

路パターンＰＡ（図２（Ｄ）参照）の他にレチクルアライメント用のアライメントマーク４３と、フォーカス計測用のパターンマーク１００が形成されている。パターンマーク１００は複数のＬ／Ｓ（ライン・アンド・スペース）マークで構成され、回路パターンとともに、投影レンズ１１を介してウェハ７上に転写されるように構成されている。ウエハ７は、投影レンズ１１の光軸方向（Ｚ方向）への移動及びチルト駆動が可能なＺチルトステージ３上に配置されたウエハホルダ６に保持されている。Ｚチルトステージ３は、エアガイド及びリニアモータによって定盤１上をＸＹ２次元方向に自由に移動可能なＸＹステージ２上に配置されている。Ｚチルトステージ３上には、干渉計用の移動鏡４が配置されており、ウエハ干渉計５によってウエハ７のＸＹ平面内の位置（ＸＹステージ２の位置）をモニターするようになっている。すなわち、制御装置１１０の制御により、ＸＹステージ２が２次元方向に移動することによってウエハ７は任意の座標に移動でき、レチクル１２上のパターンをステップ・アンド・リピート方式またはステップ・アンド・スキャン方式のいずれかの方法で繰返し露光を行うようになっている。

【００１４】

ここで、レチクル１２のアライメント機構について説明する。上述したシャッタ２９は、露光とアライメントの照明切り換え手段であり、シャッタ制御装置３１及びシャッタ駆動装置３０の制御により、レーザ光源３５から出力された照明光を偏向し、レンズ３６を介して光ファイバ１０に導く。光ファイバ１０に入射した光は、ミラー４０、レンズ３９、拡散板４２を介して基準プレート８をステージ側（下方）から上方に向かって照明することで基準プレート８の開口部３８（図２参照）を発光させる。開口部３８を下方から上方に向かって透過した光は、投影レンズ１１を介してレチクル１２上のアライメントマーク４３を照明する。アライメントマーク４３を照明した光は、レチクル１２を透過し、ミラー１３，アライメント受光系１４を経てＣＣＤアレイセンサ１５上に、開口部３８の像と共にアライメントマーク４３の像を再結像する。ＣＣＤアレイセンサ１５によって得られた情報は、アライメント制御装置１６に転送され、Ａ／Ｄ変換の後に画像処理されて、その結果により基準プレート８の開口部３８とレチクルアライメントマーク４３の位置を算出する。これによって、レチクル１２の座標とウェハステージ座標の相対位置が計測される。

【００１５】

レチクル１２上のパターンをウェハ７の被露光面上に露光する際には、レチクル１２上のパターンの投影レンズ１１を介した像がウェハ７の被露光面と一致するように制御する必要がある。以下、本実施例のフォーカス計測手段について説明する。本実施例のフォーカス計測手段においては、露光時と同じ照明系を用いて投影光学系１１の合焦位置を計測する。すなわち、照明光学系４９から射出された光によってレチクル１２上のパターンマーク１００を照明し、投影レンズ１１を介してウェハステージ３上の基準プレート８にレチクル上のパターンマーク１００を投影し、その投影像を基準プレート８上の開口部３８で相対走査するようになっている。

【００１６】

開口部３８を透過した光は、受光系９、光ファイバ１０，１０Ａを介してセンサ１７に受光される。そして、センサ１７に達する光の光量変化を、開口部３８による走査に同期してサンプリングする（走査型計測法）。このようなレチクル１２のパターンマーク１００と開口部３８との相対的な走査を行うには、ウェハステージ３とレチクルステージ５０の何れを駆動しても良い。

【００１７】

なお、光源３５としてＫｒＦエキシマレーザやＡｒＦエキシマレーザのパルス発光の光源を利用した場合には、センサ１７における光量変化のサンプリング時にパルス発光のタイミングを合わせる必要がある。また、パルス毎のバラツキを補正するために、照明光学系４９の手前のハーフミラー１８で偏向された１％以下の光をレンズ２３で集光後、インテグレータセンサ２４で受光し、この受光された光の光量でセンサ１７で受光した光量を逐次割算する。本実施例においては、センサ１７によって得られた波形信号のコントラスト

がフォーカス位置でどの様に変化するかを調べ、これによって投影光学系１１の焦点位置の検出を行う。

【００１８】

図１において、符号１１７は投影光学系１１の光軸に対して斜めに検出光を射出する光源（投光系）を示し、この光源１１７からの検出光を図示しない斜入射光学系を介して投影光学系１１のイメージフィールドの中央部に集束する。図１の状態では、イメージフィールドには基準プレート８が配置されているので、検出光は基準プレート８の表面に集束される。基準プレート８からの反射光を図示しない受光光学系を介して、例えば位置検出型受光素子（ＰＳＤ）等よりなる光電センサ１１８の受光面に入射する。基準プレート８が投影光学系１１の光軸方向に移動すると、光電センサ１１８の受光面での光束の重心位置が変化する。そして、この重心位置より基準プレート８の光軸方向の位置を検出することができる。例えば、光電センサ１１８の出力が常にゼロになるときに、基準プレート８が投影レンズ１１のベストフォーカス位置となるように、平行平板５１の傾きを調整する。そして、露光時は、光電センサ１１８の出力が常にゼロとなるようにウエハ７の高さ位置を調整する。なお、以上説明した斜入射光方式の焦点位置検出光学系の詳細については、例えば、特開昭６０－１６８１１２号公報に開示されている。

【００１９】

次に、基準プレート８に形成された開口部３８について詳細に説明する。図２は、基準プレート８の拡大した側面を示しており、Ｚチルトステージ３上の基準プレート８の表面が低反射クロム部３７と開口部（透過部）３８の２か所に分かれている。そして、照明光学系４９から射出される光のうち、開口部３８を透過する光のみを拡散板４２，レンズ３９，ミラー４０を有する受光系９に導くようになっている。受光系９のミラー４０で反射した光は、支持部４１でＺチルトステージ３上に固定された光ファイバー１０に導かれるようになっている。Ｚチルトステージ３の上面に拡散板４２を配置している理由は、ウェハ７を露光する際の照明系ＮＡ（開口数）が０．６程度と大きいため、レンズ３９から外れる光が多くなってしまうことを防ぐためであり、また、開口部３８で散乱した光をすべての方向に対して均等に受光するためである。仮に、開口部３８下のレンズ３９が前記散乱光をすべて受光できるような球率（大きさ）を持ち、光ファイバの径を十分に大きくできる場合には、拡散板４２を用いる必要はないが、装置の小型化等を考えると拡散板４２を用いた方が有利である。また、光ファイバ１０の代わりに、光学レンズをリレーすることによって、開口部３８を透過した光をステージ３の外部に導き出すようにしても良い。以上のような構成により、開口部３８を透過した光は、光ファイバ１０を通って略全てセンサー１７で受光されることになる。

【００２０】

次に、図３、図４、図５及び図６を参照して本実施例の焦点位置計測のための基本原理について説明する。図３は、レチクル１２上のパターンマーク１００を構成する複数のＬ／Ｓマーク（１００ａ１，１００ｂ１，１００ｃ１）の内の１つの像１００ａと開口部３８との関係を示す。照明光学系４９より照明されたＬ／Ｓマーク（図３（Ｄ））は、投影レンズ１１を介して基準プレート８上に投影像１００ａとして再結像する。この投影像１００ａは、本露光装置の最小パターンである０．１５～０．２５μｍ のＬ／Ｓ（ライン・アンド・スペース）マークであり、開口部３８は走査方向（図３のＸ方向）に対して投影像１００ａよりも大きく設計されている。但し、非走査方向（図３のＹ方向）に対しては、必ずしも開口部３８は投影像１００ａよりも大きく設計する必要はない。

【００２１】

本実施例においては、Ｌ／Ｓパターン像１００ａに対し、開口部３８を図３の（Ａ）→（Ｂ）→（Ｃ）のようにＸ方向に沿って相対走査する。このような走査により、センサ１７に受光される光量は徐々に増加し、図３（Ｂ）の状態（開口部３８とパターン像１００ａが一致した状態）で最大となり、その後徐々に減少することになる。この時にセンサ１７から得られる出力値を、インテグレータセンサ２４の出力値で割算した後に、Ａ／Ｄ変換すると、図４（Ａ）に示すような段階的に変化し、且つ、所定の傾きの立ち上がり部と立

ち下がり部とを有する波形信号Ｓ１００が得られる。更に、図４（Ａ）の波形信号を微分信号に変換すると、図４（Ｂ）のような微分信号が得られる。そして、Ｚチルトステージ３の高さ位置を変えて、同様にして、図４（Ｂ）のような微分信号を得ることを複数回繰り返す。例えば、投影光学系１１のベストフォーカス位置と思われる高さ位置に対してマイナス方向からプラス方向に高さ位置を変える。そして、最も微分値の大きくなるＺチルトステージ３の位置が投影光学系１１の焦点位置（ベストフォーカス位置）として求まる。

【００２２】

また、図４（Ａ）に示すように、一般に、開口部３８の両側エッヂ部に対してダウンスロープとアップスロープが得られる。しかし、それぞれの結像収差が異なる場合があるため、両方のデータよりマーク位置計測（アップスロープにおける微分信号を示す＋マークと、ダウンスロープにおける微分信号を示す－マークのそれぞれの位置の平均値）を求めたり、Ｌ／Ｓ幅（＋マークと－マークの幅の平均）を求めることで精度向上を図ることができる。但し、この＋マークと－マークの差異を調べることで収差特性を求める時は、別々に取扱いデータ処理する。

【００２３】

図５は、本実施例のパターンマーク１００を構成する複数のＬ／Ｓマーク（１００ａ１，１００ｂ１，１００ｃ１）の複数の像１００ａ，１００ｂ，１００ｃと開口部３８との関係を示す。本実施例においては、像１００ａ，１００ｂ，１００ｃに対応する複数のＬ／Ｓマークをレチクル１２上に一列に配置し、各Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃをＺチルトステージ３上の基準プレート８に形成された開口部３８で相対走査し、図６（Ａ）に示すような所定の傾斜を有する立ち上がり部と立ち下がり部とを有する波形信号（Ｓ１００ａ，Ｓ１００ｂ，Ｓ１００ｃ）を得る。図５において、Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃの少なくとも走査方向の各間隔は、開口部３８よりも大きく形成されている（同図（Ｃ）参照）。

【００２４】

図６（Ａ）には、Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃを図５の（Ａ）→（Ｂ）→（Ｃ）…→（Ｄ）のように、開口部３８に対して相対走査した時の各Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃに対する波形信号（順にＳ１００ａ，Ｓ１００ｂ，ｓ１００ｃ）が示されている。また、図６（Ｂ）は、同図（Ａ）の波形を微分したものである。なお、基本的な原理は図３及び図４に示したものと同一であるため、重複する説明は省略する。

【００２５】

上記のように、本実施例においては、Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃの走査方向の各間隔を開口部３８よりも大きくしているため、Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃが（Ａ）→（Ｂ）→（Ｃ）…→（Ｄ）のように、開口部３８に対して相対走査した時に、波形信号がそれぞれ独立に求められることになる（図６参照）。また、一般に、センサー１７として光量の非常に小さなホトマル（フォトマルチプライヤ）を使用した場合には、ダイナミックレンジがとれず、長いＬ／Ｓマークを長い開口部で走査すると、Ｓ／Ｎ比が悪くなるが、本実施例のように、複数のＬ／Ｓマークを用いると、このような問題が生じない。また、１つのＬ／Ｓマークをフォーカス位置を変えて繰り返し計測する方法に比べてスループットが向上し、時間差による影響も解消される。以上のような計測法方を用いて、更に、複数Ｌ／Ｓマークの間隔と開口部３８の大きさを最適に設計し、それぞれを同一ラインに配置し、Ｌ／Ｓマーク像１００ａ，１００ｂ，１００ｃと開口部３８とを一度に走査しながら同時に、Ｚチルトステージ３（開口部３８）をＺ方向に移動すること（フォーカスを同時に調整すること）により、高速度の焦点位置計測が行えることになる。

【００２６】

次に、本実施例のフォーカス計測の動作（シーケンス）について説明する。図７は、５つのＬ／Ｓマーク１００ａ，１００ｂ，１００ｃ，１００ｄ，１００ｅでパターンマーク１

００を構成した場合の例を示す。図において、開口部３８がＬ／Ｓマークの像１００ａ，１００ｂ，１００ｃ，１００ｄ，１００ｅの順で走査するのと同時に、パターンマーク１００の投影レンズ１１による合焦状態を一定速度で変化させていく。この時に、センサ１７で検出される波形データを同図（Ｂ）に示す。パターンマーク１００の合焦状態の変化は、Ｚチルトステージ３を所定の位置から徐々に上昇させ、又は降下させることによって行う。なお、パターンマーク１００の合焦状態を変化させるためのＺチルトステージ３の駆動は、必ずしもリニアな変化率で行う必要はなく、段階的に行っても良く、また、フォーカス状態を固定して、基準プレート８を所定の角度チルトさせて行っても良い。

【００２７】

図７（Ｃ）は、同図（Ｂ）の波形を微分した値を示す。図７（Ｃ）の微分値から、各Ｌ／Ｓマーク像１００ａ～１００ｅのスロープ信号Ｓ１～Ｓ５の微分信号のコントラストW_1～W_5（１００ａ：W_1^+とW_1^-，１００ｂ：W_2^+とW_2^-，１００ｃ：W_3^+とW_3^-，１００ｄ：W_4^+とW_4^-，１００ｅ：W_5^+とW_5^-）を算出し、Ｗｎ＝（W_n^+＋W_n^-）／２（ｎ＝１～５）として各位置における各マークのコントラストW_1～W_5を算出する。この様に求めたコントラスト値Ｗを図８のようにプロットし、２次曲線でフィッティングした後、その頂点の位置ΔＦを求める。今、斜入射フォーカス系１１７、１１８のゼロ点が擬似的に投影レンズ１１のベストフォーカス位置（焦点位置）を示しているものとすると、斜入射フォーカス系１１７，１１８のゼロ点がΔＦだけ、実際のレチクル投影面に対してずれていることが分る。そして、このΔＦをフォーカスオフセットとして斜入射フォーカス系１１７，１１８を校正することでフォーカスキャリブレーションが完了する。この動作をレチクル１２上全面に対して実行することにより、特開平６－２８３４０３に示されているような、斜入射フォーカス及びレベリング機構の双方についてのキャリブレーションを行うことが可能となる。フォーカス系１１７，１１８のキャリブレーションの方法としては、例えば、光源１１７の位置を微調整する方法、或いは、基準プレート１８のクロム部３７をフォーカス系１１７、１１８の出力が△Ｆとなるような位置に持ってきた状態で、平行平板ガラス５１の傾きを変えることによって、検出光と光電センサ１１８との相対位置をずらすことにより、信号をゼロとしたり、電気的に△Ｆのオフセットを加える方法がある。

【００２８】

図９は本発明の他の実施例を示し、基準プレート８上の開口部（１３８，２３８）とレチクル１２上のＬ／Ｓマーク（２００ａ，３００ａ）との位置関係を示す。本実施例における開口部（１３８，２３８）としては、図３等に示した開口部３８をＸＹ水平面内で４５°傾斜させたものを使用する。これに対応して、レチクル１２上のＬ／Ｓマーク（２００ａ，３００ａ）もＸＹ水平面内で４５°傾斜させる。なお、開口部及びＬ／Ｓマークの傾斜角度は±４５°に限定されるものではなく、±３０°や±６０°に設定しても良い。図９において、（Ａ）はＸ方向走査型開口部１３８であり、Ｌ／Ｓマーク２００ａに対してＸ方向（紙面の左右方向）に走査し、（Ｂ）はＹ方向走査型開口部２３８であり、Ｌ／Ｓマーク３００ａに対してＹ方向（紙面の上下方向）に走査するようになっている。

【００２９】

本実施例によれば、一度のスキャンでＸ方向のエッジに関する像情報とＹ方向のエッジに関する像情報との平均的な像を計測できることになる。すなわち、図９（Ａ），（Ｂ）共に、Ｘ，Ｙ何れか一方向の走査により、それぞれＸ，Ｙ方向のフォーカス情報を別々に計測し、後で平均化することによりＬ／Ｓマーク（２００ａ，３００ａ）の像を計測する。なお、Ｌ／Ｓマーク２００ａ（同図（Ａ）参照）は、開口部１３８に対して傾斜方向に短く、また、Ｌ／Ｓマーク３００ａ（同図（Ｂ）参照）は、開口部２３８に対して傾斜方向に長く設定されている。また、デバイス工程の中には±２０°や±３０°のＬ／Ｓマークに対て微細パターンが必要な場合もあるため、基準プレート８上には０°，±４５°，９０°以外の開口部（パターン）を形成しておいてもよい。

【００３０】

以上説明したように、本発明によれば、特開平５－１６０００３号のような高再現性、高

速処理の機能を保持したまま、変形照明や線幅の差異によるオフセットを補正した高精度・高速フォーカスキャリブレーションが行える。また、開口部の形状やレチクルマークとの配置を最適化した結果、特開平６－２８３４０３に示すようなレベリングキャリブレーションも高速、高精度で行うことが可能となる。更に、図８のコントラスト形状を調べることで、投影レンズの結像特性（特に焦点深度や非点収差）を計測することもできる。例えば、像面湾曲、像面傾斜を計測し、この結果に基づいて焦点深度や非点収差を計測できる。

【００３１】

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された技術的思想としての要旨を逸脱しない範囲で改良、変更可能である。例えば、図１に示したセンサ１７をステージ３内に収納し、その分の光ファイバーを省略しても良い。また、上記実施例においては、１つの開口３８に対して複数のＬ／Ｓマークを対応させているが、逆に１つのＬ／Ｓマーク（１００ａ）に対して複数の開口３８ａ～３８ｄを基準プレート８上に形成しても良い（図１０）。

【図面の簡単な説明】

【図１】図１は、本発明の実施例にかかる投影露光装置を示す構成図である。

【図２】図２は、実施例の要部の構成を示す説明図（一部断面）である。

【図３】図３（Ａ），（Ｂ），（Ｃ）は、それぞれ本発明の基本的な動作を示す説明図である。

【図４】図４（Ａ），（Ｂ）は、それぞれ本発明の基本的な作用を示すグラフである。

【図５】図５（Ａ），（Ｂ），（Ｃ），（Ｄ）は、それぞれ本実施例の動作を示す説明図である。

【図６】図６（Ａ），（Ｂ）は、それぞれ本実施例の作用を示すグラフである。

【図７】図７（Ａ）は、本発明の他の実施例の動作を示す説明図であり、同図（Ｂ），（Ｃ）は、それぞれ本実施例の作用を示すグラフである。

【図８】図８は、上記他の実施例の作用を示すグラフである。

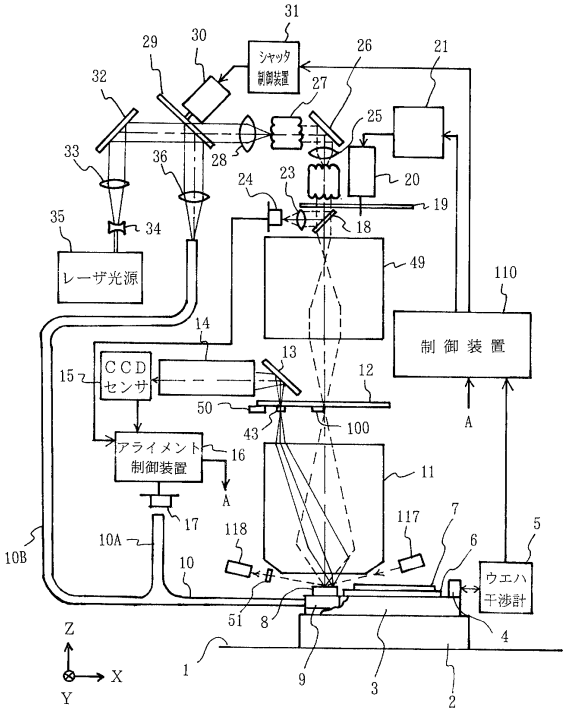
【図９】図９（Ａ），（Ｂ）は、それぞれ本発明の更に他の実施例の動作を示す説明図である。

【図１０】図１０は、本発明の他の実施例の配置を示す図である。

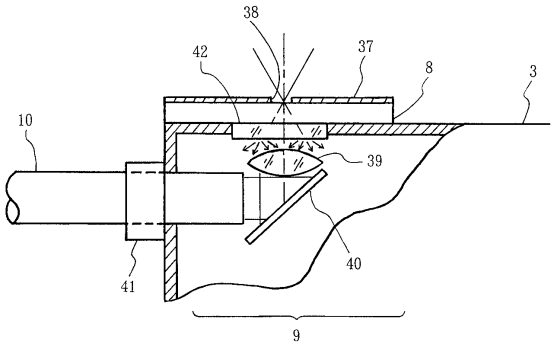
【符号の説明】

３・・・Ｚチルトステージ
７・・・ウエハ
８・・・基準プレート
１１・・・投影レンズ
１２・・・レチクル
１６・・・アライメント制御装置
３５・・・レーザ光源
３８・・・開口部
４９・・・照明系
１００・・・パターンマーク
１００ａ～１００ｅ，２００ａ，３００ａ・・・Ｌ／Ｓマーク像
１１０・・・制御装置
１１７，１１８・・・オートフォーカス系

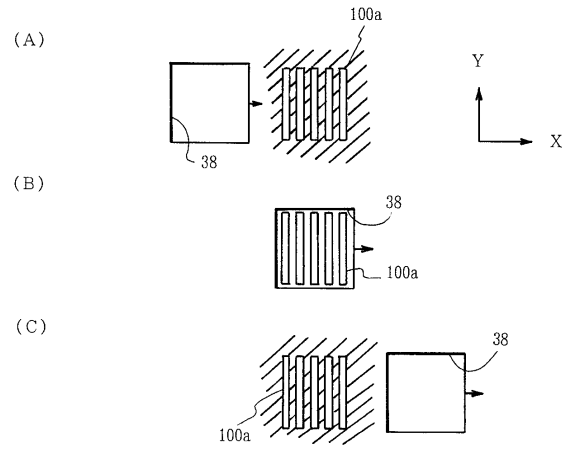
【図１】


31
シャッタ制御装置
29
30
26
21
32
27
25
33
36
28
24
23
20
19
35
34
18
レーザ光源
49
110
制御装置
14
13
CCDセンサ
15
12
50
43
100
A
アライメント制御装置
16
11
A
17
117
7
118
6
5
10A
10B
10
ウエハ干渉計
51
8
4
Z
X
Y
1
9
3
2

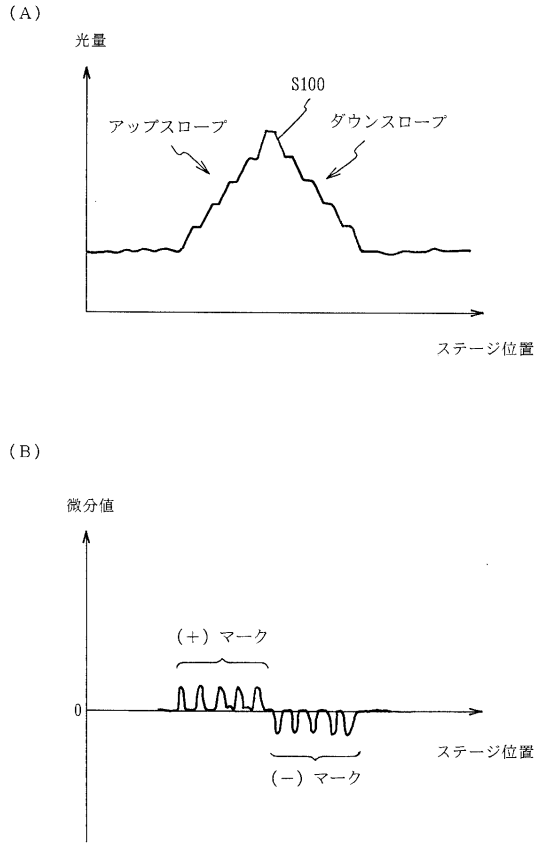
【図２】


38
42
37
8
3
10
39
40
41
9

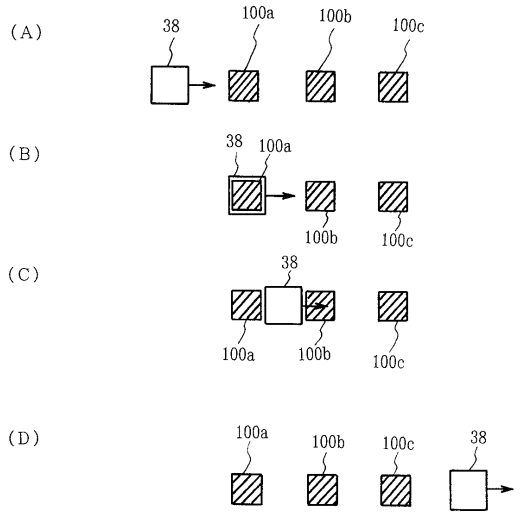
【図３】


(A)
100a
Y
X
38
(B)
38
100a
(C)
38
100a

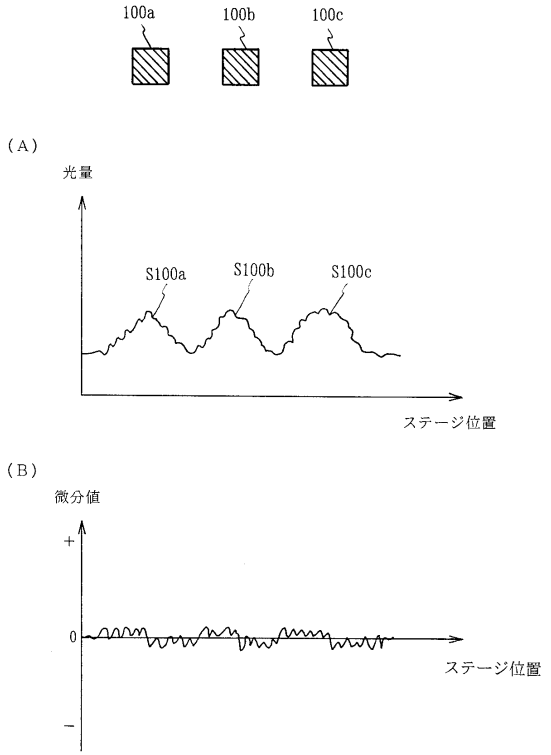
【図４】


(A)
光量
S100
アップスロープ
ダウンスロープ
ステージ位置
(B)
微分値
(+) マーク
0
ステージ位置
(−) マーク

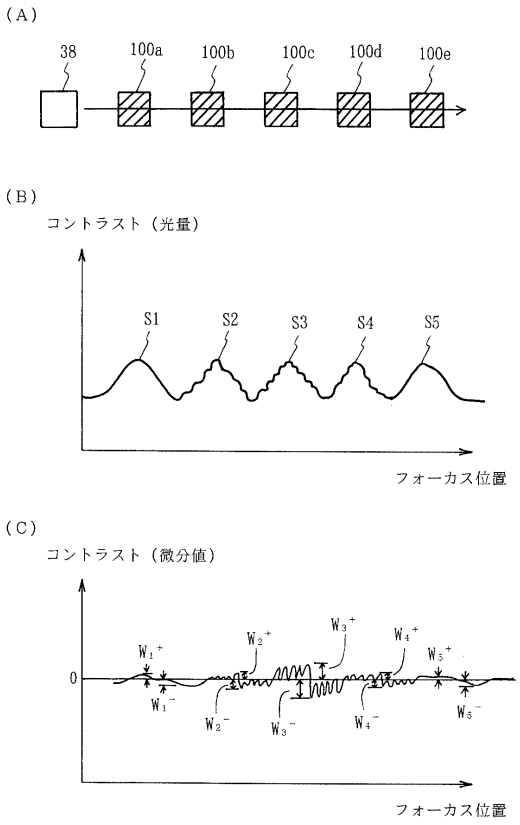
【図５】


(A)
38
100a
100b
100c
(B)
38
100a
100b
100c
(C)
38
100a
100b
100c
(D)
100a
100b
100c
38

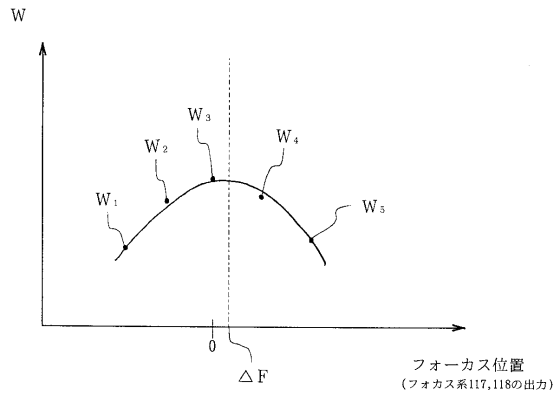
【図６】


100a
100b
100c
(A)
光量
S100a
S100b
S100c
ステージ位置
(B)
微分値
+
0
−
ステージ位置

【図７】

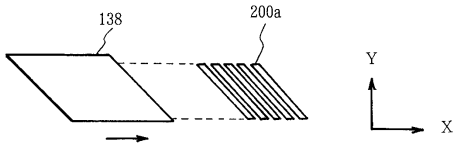

(A)
38
100a
100b
100c
100d
100e
(B)
コントラスト（光量）
S1
S2
S3
S4
S5
フォーカス位置
(C)
コントラスト（微分値）
0
フォーカス位置

【図８】

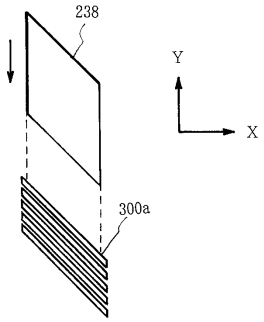

W
W1
W2
W3
W4
W5
0
△F
フォーカス位置
（フォカス系117,118の出力）

【図９】

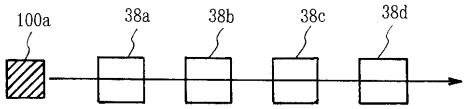
(A)



(B)



【図１０】



フロントページの続き

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