

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-294450

(P2005-294450A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H O 1 L 21/027

G O 1 B 11/00

G O 3 F 7/20

F I

H O 1 L 21/30

G O 1 B 11/00

G O 3 F 7/20

5 2 5 E

H

5 2 1

テーマコード (参考)

2 F O 6 5

5 F O 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2004-105914 (P2004-105914)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 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

(74) 代理人 100097180

弁理士 前田 均

(74) 代理人 100099900

弁理士 西出 眞吾

(74) 代理人 100111419

弁理士 大倉 宏一郎

(74) 代理人 100117927

弁理士 佐藤 美樹

(72) 発明者 小林 満

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

最終頁に続く

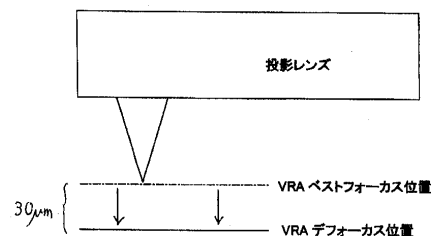
(54) 【発明の名称】 位置計測方法、露光方法とその装置及びデバイス製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 下地表面にゴミが存在しても影響を受けることなく適切に下地波形の光量依存成分を検出し、下地波形による補正を適切に行い、レチクル等の位置を高精度に計測する位置計測方法を提供することにある。

【解決手段】 下地波形の光量依存成分を検出する方法として、その下地のマークが形成されていない領域（非マーク領域）に光ビームを照射し、その反射ビームを観察系を介して撮像し、その撮像信号に基づいて光量依存成分を検出する。光ビームを非マーク領域に照射して計測する際には、照射対象の領域の表面に対してデフォーカスした状態で表面検出を行う。表面にゴミの付着や欠陥の発生があったとしても、デフォーカスした状態なので、下地波形にノイズとして取り込まれることも防ぐことができ、ゴミや欠陥の影響のない適切な光量依存成分を検出することができる。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体上に形成されたマークに光ビームを照射して該マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得たマーク信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、

前記マークが形成されている前記物体上のパターン形成面上であって、且つ該マークの存在しない領域である下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第 1 工程と、

前記下地領域上の前記光ビームの入射側に該光ビームを透過する物質層が存在する場合には、前記物質層の前記光ビーム入射側の表面に対して前記観察系がデフォーカスした状態下で前記下地領域を検出し、前記下地領域上に前記物質層が存在しない場合には、該下地領域の表面に対して該観察系がデフォーカスした状態下で該下地領域を検出する第 2 工程と、

10

前記第 2 工程での検出結果に基づいて、前記光量依存成分を検出する第 3 工程とを有することを特徴とする位置計測方法。

## 【請求項 2】

物体上に形成されたマークに光ビームを照射して該マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得たマーク信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、

20

前記マークが形成されている前記物体上のパターン形成面上であって、且つ該マークの存在しない領域である下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第 1 工程と、

前記下地領域に対して前記光ビームを照射した状態で、前記パターン形成面と平行な面に沿って該下地領域と該光ビームとを相対的に移動させながら、前記下地領域からの反射ビームを前記観察系を介して受光する第 2 工程と、

前記第 2 工程で受光した信号に基づいて、前記光量依存成分を検出する第 3 工程とを有することを特徴とする位置計測方法。

## 【請求項 3】

前記第 2 工程では、前記物体の位置を規定する X 軸及び Y 軸の両方に対して交差する方向に、前記下地領域と前記光ビームとを相対的に移動させることを特徴とする請求項 2 に記載の位置計測方法。

30

## 【請求項 4】

基板を載置する基板ステージ上に固設された第 1 基準部材上に形成された第 1 基準マーク、及びマスクステージ上に載置されたマスク上に形成されたマスクマークに光ビームを照射し、前記各マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得た信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、

前記マスク上のパターン形成面上であり且つ前記マスクマーク又はパターンの存在しない領域である第 1 下地領域、あるいは前記マスクステージ上に固設され第 2 基準マークを備えた第 2 基準部材上の基準パターン形成面上の該第 2 基準マークの存在しない領域である第 2 下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第 1 工程と、

40

前記第 1 下地領域又は前記第 2 下地領域からの反射ビームを前記観察系を介して受光する第 2 工程と、

前記第 2 工程で受光した信号に基づいて、前記光量依存成分を検出する第 3 工程とを有することを特徴とする位置計測方法。

## 【請求項 5】

マスク上に形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、

請求項 1 に記載の位置計測方法を使用するとともに、

前記物体は前記基板を載置する基板ステージ上に固設され、前記マークとしての基準マ

50

ークが形成される基準パターン面を備えた基準部材であり、

前記デフォーカスした状態とは、前記観察系が前記マスク上のパターン形成面に対してはフォーカスした状態でありながら、前記投影光学系を介した前記物質層の表面、又は前記基準パターン面に対してはデフォーカスした状態であること、を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 6】

マスク上に形成されたパターンを基板上に転写する露光方法であって、

前記マスク又は前記基板の少なくとも何れか一方について、請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の位置計測方法により位置を計測し、当該計測結果に基づいて前記マスク又は前記基板の位置決めを行うことを特徴とする露光方法。

10

【請求項 7】

マスク上に形成されたパターンを基板上に転写する露光装置であって、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の位置計測方法により前記マスク又は前記基板の少なくとも何れか一方の位置を計測する位置計測手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の露光方法を用いて、マスク上に形成されたデバイスパターンを基板上に転写する工程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】

20

本発明は、半導体素子等の電子デバイスを製造する際のリソグラフィ工程で用いる露光装置に適用して好適な、基板あるいはマスクの位置を計測する位置計測方法、その位置計測方法を用いる露光方法とその装置、及び、その露光方法を用いたデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子、液晶表示素子、CCD等の撮像素子、プラズマディスプレイ素子、薄膜磁気ヘッド等の電子デバイス（以下、電子デバイスと総称する）の製造にあたっては、露光装置を用いて、フォトマスクやレチクル（以下、レチクルと総称する）に形成された微細なパターンの像を、フォトレジスト等の感光剤を塗布した半導体ウエハやガラスプレート等の基板（以下、ウエハと称する）上に投影露光する。その際、レチクルとウエハとを高精度に位置合わせ（アライメント）し、レチクルのパターンをウエハ上のパターンに高精度に重ね合わせる必要がある。近年、パターンの微細化や高集積度化が急速に進んでおり、このような露光装置には以前に増して高い露光精度が要求されている。そのため、アライメントに対する精度の要求も一層厳しくなっており、より高精度なアライメントが要望されている。

30

【0003】

ウエハの位置計測は、ウエハ上に形成された位置合わせマーク（アライメントマーク）の位置を計測することにより行われる。このアライメントマークの位置を計測するアライメント系として、例えばハロゲンランプ等を光源とする波長帯域幅の広い光でマークを照射し、反射光をCCDカメラなどで撮像し、得られたアライメントマークの画像データを画像処理してマーク位置を計測するFIA（Field Image Alignment）系のオフアクシス・アライメントセンサなどが知られている。このFIA系のアライメントセンサによると、レジスト層による薄膜干渉の影響を受けにくくなり、アルミマークや非対称マーク等についても高精度な位置検出が可能である。

40

【0004】

レチクルの位置検出も、ウエハの位置検出と同様にレチクルに形成された位置合わせマーク（アライメントマーク）を検出することにより行われるが、この場合には、検出光束として露光光を用いるものが一般的である。例えば、露光光をレチクル上に形成されたアライメントマークに照射し、反射光をCCDカメラなどで撮像し、得られたアライメント

50

マークの画像データを画像処理してマーク位置を計測するVRA (VisualReticle Alignment) 方式のセンサなどが知られている。このようなレチクルアライメント系においては、ウエハステージにある(固設された)基準板上にパターンニングされているウエハ基準マーク(ウエハフィデュシャルマーク)と、レチクル上にパターンニングされたレチクルアライメントマークをカメラで撮像し、得られた信号に基づいてウエハ基準マークとレチクルアライメントマークの相対位置を求め、これに基づいてレチクルの位置合わせを行っている。

#### 【0005】

ところで、上述したようなアライメント系においては、カメラの暗電流むら及びピクセル間の感度ばらつき、あるいは、センサのカバーガラス及び光学系等で発生する干渉縞等により、計測結果にいわゆるだまされ(すなわち誤差)が生じる場合がある。このだまされを解消するために、通常、下地補正と称する処理を施すことが提案されている。下地補正とは、暗電流むら等の光量非依存成分、及び、干渉縞等の光量依存成分を各々予め計測して下地波形(下地信号)として記憶しておき、ウエハ基準マークやレチクルアライメントマークの信号波形(マーク信号)を検出した時に、得られた信号波形を下地波形を参照して補正する処理である。具体的には、例えば、得られた信号波形から光量非依存成分を減じ、その結果を実質的な光量依存成分で除する等の処理により、計測結果の信号波形を補正する(例えば、特許文献1参照)。

10

【特許文献1】特願2002-159660号の明細書

#### 【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

上述したような下地補正を行う場合、その光量依存成分の計測は、レチクル及びウエハステージの基準板等のマークが形成されていない非マーク領域(下地領域)を照明し、その反射戻り光を通常のマーク検出時と同様にアライメント系の光学系及び撮像系を通過させ、その時に観察される信号波形を検出することにより行う。

#### 【0007】

この時、例えば基準板上の下地領域の表面にゴミや欠陥が存在すると、これがアライメント系により観察され、ノイズを含む不適切な光量依存成分を計測してしまうという問題が生じる。観察した信号波形を、そのようなノイズを含む光量依存成分に基づいて補正すると、補正結果の信号波形にノイズに対応する波形が出現することになる。そして、特にそのノイズによる波形が本来のマークパターンに対応する波形の近傍に出現した場合には、位置計測結果は誤差を含んだ、いわゆるだまされが生じた結果となる可能性が高く、位置合わせ精度を低下させる可能性がある。

30

#### 【0008】

また、レチクルアライメント系においては、アライメントの際、照明ビームを投影光学系に入射させるために、投影光学系130の上部(レチクルアライメント系の光路上)に落射ミラー214が投入される。この落射ミラーは、露光光が投影光学系に供給される時には、露光光の光路外の退避位置に移動される。この落射ミラーの投入精度により、レチクルアライメント系においては、カメラ視野に対してアライメントマークがずれて計測される場合がある。そして、このような状況で、さらに上述したような光量依存成分の検出処理の際の下地領域のゴミや欠陥に基づくノイズが本来のマークパターンの波形の近傍に出現した場合には、位置計測結果は、いわゆるだまされが生じた結果、すなわち誤差を含んだ結果となる可能性が高くなり、位置合わせ精度を低下させる可能性が一層高くなる。

40

#### 【0009】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、下地表面にノイズや欠陥が生じた場合でも影響を受けることなく適切に下地波形の光量依存成分を検出することができ、下地波形による補正を適切に行い、レチクルやウエハ等に形成されたマークの位置を高精度に計測することのできる位置計測方法を提供することにある。

#### 【0010】

50

また、本発明の他の目的は、そのような位置計測方法を用いてレチクル（マスク）上に形成されたパターンを高精度に位置合わせして基板上に転写することのできる露光方法及び露光装置を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の目的は、そのような露光方法を用いることにより、高性能なデバイスを製造することのできるデバイス製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

前記課題を解決するために、本発明に係る位置計測方法は、物体上に形成されたマークに光ビームを照射して該マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得たマーク信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、前記マークが形成されている前記物体上のパターン形成面上であって、且つ該マークの存在しない領域である下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第1工程と、前記下地領域上の前記光ビームの入射側に該光ビームを透過する物質層が存在する場合には、前記物質層の前記光ビーム入射側の表面に対して前記観察系がデフォーカスした状態下で前記下地領域を検出し、前記下地領域上に前記物質層が存在しない場合には、該下地領域の表面に対して該観察系がデフォーカスした状態下で該下地領域を検出する第2工程と、前記第2工程での検出結果に基づいて、前記光量依存成分を検出する第3工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

このような位置検出方法においては、予め下地波形の光量依存成分を検出する方法として、その下地のマークが形成されていない領域（下地領域、非マーク領域）に光ビームを照射し、その反射ビームを観察系を介して撮像し、その撮像信号に基づいて光量依存成分を検出することとしている。そして、特に、下地領域上の光ビームの入射側に光ビームを透過する物質層が存在する場合には、その物質層の光ビーム入射側の表面に対してデフォーカスした状態で観察系が下地領域を検出し、下地領域上に物質層が存在しない場合には下地領域の表面に対してデフォーカスした状態で観察系が下地領域を検出するようにしている。従って、仮に非マーク領域を含む部材の表面にゴミの付着や欠陥の発生があったとしても、それらはデフォーカスした状態なので、ゴミや欠陥を識別できる形で取り込むことを回避することができ、これが下地波形にノイズとして取り込まれることを防ぐことができる。すなわち、ゴミや欠陥の影響のない適切な光量依存成分を検出することができる。

【 0 0 1 4 】

また本発明に係る他の位置計測方法は、物体上に形成されたマークに光ビームを照射して該マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得たマーク信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、前記マークが形成されている前記物体上のパターン形成面上であって、且つ該マークの存在しない領域である下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第1工程と、前記下地領域に対して前記光ビームを照射した状態で、前記パターン形成面と平行な面に沿って該下地領域と該光ビームとを相対的に移動させながら、前記下地領域からの反射ビームを前記観察系を介して受光する第2工程と、前記第2工程で受光した信号に基づいて、前記光量依存成分を検出する第3工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

好適には、前記第2工程では、前記物体の位置を規定するX軸及びY軸の両方に対して交差する方向に、前記下地領域と前記光ビームとを相対的に移動させることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明に係る他の位置計測方法は、基板を載置する基板ステージ上に固設された

第 1 基準部材上に形成された第 1 基準マーク、及びマスクステージ上に載置されたマスク上に形成されたマスクマークに光ビームを照射し、前記各マークからの反射ビームを観察系を介して受光し、予め検出した光量依存成分を含む下地信号に基づいて前記受光して得た信号を補正して補正マーク信号を求め、該補正マーク信号に基づいて前記マークの位置を計測する位置計測方法であって、前記マスク上のパターン形成面上であり且つ前記マスクマーク又はパターンの存在しない領域である第 1 下地領域、あるいは前記マスクステージ上に固設され第 2 基準マークを備えた第 2 基準部材上の基準パターン形成面上の該第 2 基準マークの存在しない領域である第 2 下地領域を、前記観察系の観察視野内に配置する第 1 工程と、前記第 1 下地領域又は前記第 2 下地領域からの反射ビームを前記観察系を介して受光する第 2 工程と、前記第 2 工程で受光した信号に基づいて、前記光量依存成分を検出する第 3 工程とを有することを特徴とする。

10

【0017】

また、本発明に係る露光方法は、マスク上に形成されたパターンを基板上に転写する露光方法であって、前記マスク又は前記基板の少なくとも何れか一方について、上述の何れかの位置計測方法により位置を計測し、当該計測結果に基づいて前記マスク又は前記基板の位置決めを行うことを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係る露光装置は、マスク上に形成されたパターンを基板上に転写する露光装置であって、上述の何れかの位置計測方法により前記マスク又は前記基板の少なくとも何れか一方の位置を計測する位置計測手段を有することを特徴とする。

20

【0019】

また、本発明に係るデバイス製造方法は、上述の露光方法を用いて、マスク上に形成されたデバイスパターンを基板上に転写する工程を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、下地表面にノイズや欠陥が生じた場合でも影響を受けることなく適切に下地波形の光量依存成分を検出することができ、下地波形による補正を適切に行い、レチクルやウエハ等に形成されたマークの位置を高精度に計測することのできる位置計測方法を提供することができる。

【0021】

30

また、そのような位置計測方法を用いてレチクル（マスク）上に形成されたパターンを高精度に位置合わせして基板上に転写することのできる露光方法及び露光装置を提供することができる。

【0022】

また、そのような露光方法を用いることにより、高性能なデバイスを製造することのできるデバイス製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

第 1 実施形態

本発明の第 1 実施形態について、図 1 ～ 図 9 を参照して説明する。

40

【0024】

図 1 は、本実施形態に係る電子デバイス製造用の投影露光装置の概略構成を示す図である。図 1 に示す露光装置 100 は、マスクとしてのレチクル R と基板としてのウエハ W とを 1 次元方向（図 1 では Y 方向）に同期移動させつつレチクル R に形成された回路パターンをウエハ W 上に規定される各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニング・ステッパ）である。

【0025】

まず、露光装置 100 の全体構成について説明する。

【0026】

露光装置 100 は、照明系 110、レチクルステージ 120、投影光学系 130、ウエ

50

ハステージ部 140、レチクルアライメント系 180、ウエハアライメントセンサ 170、メインフォーカス系 150 及び主制御装置 160 を有する。

【0027】

照明系 110 は、例えばエキシマレーザからなる光源 111、ビーム整形用レンズ及びオブチカルインテグレータ（フライアイレンズ）等を含む照度均一化光学系 112、照明系開口絞り板 113（レボルバ）113、レボルバ駆動系 114、リレー光学系 116、図示しないレチクルブラインド、折り曲げミラー 117、及び、図示しないコンデンサレンズ等を有する。

【0028】

照明系 110 において、光源 111 から、例えば KrF エキシマレーザ光あるいは ArF エキシマレーザ光等の照明ビーム IL が射出される。光源 111 におけるレーザパルスの発光は、主制御装置 160 により制御される。なお、光源 111 としては、超高圧水銀ランプを用いてもよい。その場合は、g 線、i 線等の紫外域の輝線が照明ビーム IL として用いられる。

【0029】

光源 111 から射出された照明ビーム IL は、照度均一化光学系 112 により光束が一様化され、スペックルの低減化等が行われる。

【0030】

照度均一化光学系 112 の出口部分には、円板状部材からなる照明系開口絞り板 113 が配置されている。

【0031】

照明系開口絞り板 113 には、ほぼ等角度間隔で、例えば、通常の円形開口の開口絞り、コヒーレンスファクタである値を小さくするための小さな円形開口の開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び、変形光源法用の複数の開口を偏心させて配置した変形開口絞り等の複数の開口絞りが配置されている。照明系開口絞り板 113 は、主制御装置 160 により制御されるモータ等のレボルバ駆動系 114 により回転駆動されるようになっており、これにより、何れかの開口絞りが照明ビーム IL の光路上に選択的に配置される。

【0032】

照明系開口絞り板 113 の後段には、図示しないレチクルブラインドを介在してリレー光学系 116 が配置されている。レチクルブラインドの設置面は、レチクル R と共役関係にあり、このレチクルブラインドによりレチクル R 上の照明ビーム IL により照明される領域が規定される。

【0033】

リレー光学系 116 の後段には、リレー光学系 116 を通過した照明ビーム IL をレチクル R に向けて反射する折り曲げミラー 117 が配置され、この折り曲げミラー 117 のさらに後段（反射された照明ビーム IL の光路上の後段）に、図示しないコンデンサレンズが配置される。

【0034】

照明系開口絞り板 113 を通過した照明ビーム IL は、リレー光学系 116 を通過する際に、図示しないレチクルブラインドでレチクル R の照明領域を規定され、折り曲げミラー 117 により垂直下方に反射され、図示しないコンデンサレンズを介してレチクル R の所定の領域を均一な照度で照明する。

【0035】

レチクルステージ 120 は、載置されるレチクル R を、図示しないバキュームチャック等を介して吸着保持する。レチクルステージ 120 は、水平面（XY 平面）内を 2 次元移動可能に構成されており、レチクル R がレチクルステージ 120 に載置された後、レチクル R のパターン領域 PA の中心点が光軸 AX と一致するように位置決めされる。このようなレチクルステージ 120 の位置決め動作は、主制御装置 160 により図示しないレチクルステージ 120 の駆動系が制御されて実行される。なお、レチクル R の初期設定のため

10

20

30

40

50

のレチクルアライメントについては、後に詳述する。また、レチクル R は図示しないレチクル交換装置により適宜交換されて使用される。

【 0 0 3 6 】

投影光学系 1 3 0 は、Z 軸方向の共通の光軸 A X を有し、両側テレセントリックな光学配置となるように配置された複数枚のレンズエレメントから構成されている。また、投影光学系 1 3 0 としては、投影倍率が 1 / 4 又は 1 / 5 のものが使用されている。照明ビーム I L によってレチクル R 上の照明領域が照明されると、そのレチクル R のパターン面に形成されたパターンが、投影光学系 1 3 0 によって表面にレジスト R が塗布されたウエハ W 上に縮小投影され、ウエハ W 上の 1 つのショット領域に、レチクル R のパターンの縮小像が転写される。

10

【 0 0 3 7 】

ウエハステージ部 1 4 0 において、ウエハステージ 1 4 2 は、投影光学系 1 3 0 の下方に配置された定盤（ステージ定盤）1 4 1 上に載置される。ウエハステージ 1 4 2 は、実際には、水平面（X Y 面）内を 2 次元移動可能な X Y ステージと、この X Y ステージ上に搭載され光軸方向（Z 方向）に微動可能な Z ステージ等から構成されるが、図 1 においては、これらを単にウエハステージ 1 4 2 として示している。ウエハステージ 1 4 2 は、駆動系 1 4 7 によって定盤 1 4 1 の上面に沿って X Y 2 次元方向に駆動されるとともに、例えば 1 0 0  $\mu$  m 程度の微小範囲内で光軸 A X 方向にも駆動されるようになっている。なお、定盤 1 4 1 の表面は平坦に加工されており、黒クロム等の低反射率の物質により一様にめっき加工が施されているものとする。

20

【 0 0 3 8 】

ウエハステージ 1 4 2 上には、ウエハホルダー 1 4 3 を介してウエハ W が真空吸着等により保持されている。ウエハステージ 1 4 2 の 2 次元的位置は、ウエハステージ 1 4 2 上に固定された移動ミラー 1 4 4 を介して、レーザ干渉計 1 4 5 により、例えば 1 n m 程度の分解能で常時検出される。レーザ干渉計 1 4 5 によるウエハステージ 1 4 2 の位置検出結果は、主制御装置 1 6 0 に出力され、主制御装置 1 6 0 は、その情報に基づいて駆動系 1 4 7 を制御する。このような閉ループ制御系により、例えば、ウエハステージ 1 4 2 は、ウエハ W 上の 1 つのショット領域に対するレチクル R のパターンの転写露光（スキャン露光）が終了すると、次のショットの露光位置までステッピングされる。また、全てのショット位置に対する露光が終了すると、ウエハ W は図示しないウエハ交換装置により他のウエハ W と交換される。なお、ウエハ交換装置は、ウエハステージ 1 4 2 から外れた位置に配置され、ウエハロード等のウエハ搬送系を介してウエハ W の受け渡しを行うように構成されている。

30

【 0 0 3 9 】

ウエハステージ 1 4 2 上には、後述するレチクルアライメント及びベースライン計測のための 1 つ以上のウエハ基準マーク（ウエハフィデュシャルマーク（W F M））が形成された基準板 1 4 6 が設けられている。この基準板 1 4 6 の表面位置（Z 方向の位置 / 基準マーク形成面）は、ウエハ W の表面位置と同じとなるように設定されている。本実施形態においては、基準板 1 4 6 上には、図 3 に示すようなレチクル上に形成されたレチクルマーク R A M（又はレチクルステージに形成された基準マーク）と位置合わせを行うための例えば図 4 に示すようなウエハ基準マークが形成されている。このマークの使用形態を含むレチクルとウエハステージのアライメント処理については、後に詳細に説明する。

40

【 0 0 4 0 】

また、ウエハ W 面の Z 方向の位置は、メインフォーカス系 1 5 0 により測定される。

【 0 0 4 1 】

メインフォーカス系 1 5 0 は、ウエハ W 表面又は基準板 1 4 6 表面に斜め方向より光を照射する照射光学系 1 5 1 と、その光の反射光を受光する受光光学系 1 5 2 とを有する斜入射光式の焦点検出系である。照射光学系 1 5 1 は、投影光学系 1 3 0 の結像面に向けて、ピンホール又はスリットの像を形成するための結像光束もしくは平行光束を、ウエハ W 表面に垂直な光軸 A X に対して斜め方向より照射する。また、受光光学系 1 5 2 は、照射

50



光学系 151 により照射された結像光束もしくは平行光束のウエハ W 表面又は基準板 146 表面での反射光束を受光し、得られた検出信号を主制御装置 160 に出力する。

【0042】

この信号に基づいて、主制御装置 160 は、投影光学系 130 の最良結像面に対するウエハ W の Z 方向の位置を駆動系 147 を介して制御する。具体的には、ウエハ W 上のショット領域に対する転写露光（スキャン露光）時や、次の露光対象のショット領域までステッピング時等の通常動作時には、主制御装置 160 は、投影光学系 130 の最良結像面がウエハ W の面が来るように、駆動系 147 を介してウエハ W の Z 方向の位置を制御する。一方、本発明に係る動作であって、後述するレチクルアライメント顕微鏡 180 の撮像信号に含まれるノイズ（下地信号）の光量依存成分を計測する際には、主制御装置 160 は、投影光学系 130 の最良結像面が基準板 146 の面にならないように、すなわち、投影光学系を介して撮像するレチクルアライメント顕微鏡の結像面に対して基準板 146 の表面がデフォーカスした状態で基準板 146 の表面を検出するように、駆動系 147 を介してウエハ W の Z 方向の位置を制御する。この、光量依存成分の計測に係る処理については後に詳細に説明する。

10

【0043】

主制御装置 160 は、各構成部が協働して露光装置 100 全体として所望の露光処理が行われるように、露光装置 100 の各部を制御する。具体的には、例えば、レチクル R とウエハ W の位置合わせ（アライメント）、露光光量、ウエハ W のステッピング、露光タイミング等の制御や調整等を行う。また、特に本発明に係る処理として、主制御装置 160 は下地波形の光量依存成分を検出する際に、駆動系 147 を制御してウエハステージ 142 の位置をデフォーカス状態となる位置に設定する処理等を行う。なお、主制御装置 160 は、例えばマイクロコンピュータ等により構成される。

20

【0044】

ウエハアライメントセンサ 170 は、ウエハステージ 142 に設けられた基準板 146 上に形成されたウエハ基準マーク（WFM）、あるいは、ウエハ W 上のウエハアライメントマークの位置を検出し、検出結果を主制御装置 160 に出力する。本実施形態においては、ウエハアライメントセンサ 170 として、検出基準となる指標を備え、その指標を基準としてマークの位置を検出する例えば特開平 4 - 65603 号公報等で開示されている画像処理方式の結像式センサを用いるが、例えば特開平 10 - 141915 号公報等で公知のレーザスキャン式センサや、レーザ干渉式センサ等の他の方式のものを用いてもよい。

30

【0045】

レチクルアライメント系 180 は、例えばロット先頭ごとに、レチクルの位置合わせ（レチクルアライメント）を行う。レチクルアライメント系 180 は、各々が VRA 方式のアライメントセンサである 2 つのレチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 を有する。なお、これらの 2 つのレチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 の構成及び機能は同一なので、以下、レチクルアライメント顕微鏡 181 を代表して説明する。

【0046】

なお、レチクルアライメント系 180 がレチクルアライメントを行うタイミングは、任意に設定してよい。例えば、ロットごと等予め定めたタイミングで行うように、露光装置側で設定するようにしてもよいし、使用者に入力される動作プログラム（レチクルオペレーション）で指示される構成でもよい。

40

【0047】

また、その何れの場合においても、例えば、（１）既にレチクルアライメントされたレチクル R であること、及び、（２）そのレチクル R を最後にレチクルアライメント又はベースラインチェック（BCHK）してから、所定時間経過していないことの 2 つの条件を満たした場合には、レチクルアライメントを実行しないような機能を具備しておくようにしておいてもよい。なお、条件（２）における所定時間は、例えば、予め使用者がパラメータで設定しておくものとする。

50

## 【 0 0 4 8 】

また、レチクルオペレーションを用いる場合においては、例えば上述の条件（ 2 ）を満足しない場合、すなわち、所定時間を経過していた場合には、そのレチクルオペレーションの指示に従った動作をするような設定をしてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

また、レチクルオペレーションを用いる場合において、レチクルアライメント時に、例えばフォーカスキャリブレーションやベースラインチェック等の他の動作を行うように設定されている場合であって、上述した 2 つの条件（ 1 ）,（ 2 ）を満たした場合には、それらの動作についても動作を省略するようにしてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

図 2 は、レチクルアライメント顕微鏡 1 8 1 の概略構成及びレチクルアライメント顕微鏡 1 8 1 を用いたウエハ基準マーク W F M とレチクルアライメントマーク R A M との位置合わせ方法を説明するための図である。なお、不図示ではあるが、レチクルアライメント顕微鏡は内焦式の焦点調節機構（ A F レンズ）を備えている。

## 【 0 0 5 1 】

図 2 に示すように、レチクルアライメント顕微鏡 1 8 1 は、検出用照明をレチクル R に導く照明系 2 0 1、比較的粗い検出を行う（観察倍率が低倍の第 1 倍率で検出する）図示しないサーチ観察系、及び、比較的精密な検出を行う（観察倍率が高倍の第 2 倍率で検出する）ファイン観察系 2 0 3 を有する。なお、サーチ観察系は、基本的な構成がファイン観察系 2 0 3 と同じなので図示を省略し、以下の説明においては、ファイン観察系 2 0 3

## 【 0 0 5 2 】

照明系 2 0 1 は、検出用照明として露光光（照明ビーム I L（図 1））を用いる構成となっている。すなわち、照明系 2 0 1 においては、露光光（照明ビーム I L）の一部の光束をミラー等で分岐させ、光ファイバ 2 1 1 を用いてレチクルアライメント顕微鏡 1 8 1 内に導いている。レチクルアライメント顕微鏡 1 8 1 に導かれた照明ビームは、ハーフミラー 2 1 2、第 1 対物レンズ 2 1 3 及び落射ミラー 2 1 4 を介してレチクルアライメントマーク R A M を照明するとともに、レチクル R 及び投影光学系 1 3 0 を介して基準板 1 4 6 上のウエハ基準マーク W F M を照明する。

## 【 0 0 5 3 】

レチクルアライメントマーク R A M 及びウエハ基準マーク W F M からの反射ビームは、落射ミラー 2 1 4 で各々反射され、レチクルアライメント顕微鏡 1 8 0 の図示しないサーチ観察系及びファイン観察系 2 0 3 に入射する。

## 【 0 0 5 4 】

なお、照明系 2 0 1 は、図示しないが、集光レンズ、結像レンズ、偏向フィルタ及び照明ビームのオン／オフ機構等を有する。照明ビームのオン／オフ機構は、例えば主制御装置 1 6 0 により制御される可動ミラー等で構成され、その反射面の方向を変えることにより、光ファイバ 2 1 1 を介して入射される照明ビーム I L をアライメント用の照明光として投影光学系 1 3 0 方向に入射させるか否かを制御する。

## 【 0 0 5 5 】

サーチ観察系及びファイン観察系 2 0 3 について、図示しているファイン観察系 2 0 3 を中心に説明する。

## 【 0 0 5 6 】

ファイン観察系 2 0 3（サーチ観察系）に入射された反射ビームは、第 1 対物レンズ 2 1 3、ハーフミラー 2 1 2、及び、第 2 対物レンズ 2 1 5 等の光学素子を含むファイン光学系を介して、ファイン観察用カメラ 2 1 6 に入射され、ファイン観察用カメラ 2 1 6 において、レチクルアライメントマーク R A M 及びウエハ基準マーク W F M の重なり合った画像が撮像される。

## 【 0 0 5 7 】

本実施形態において、ファイン観察用カメラ 2 1 6 は各計測方向（ X , Y ）ごとにそれ

10

20

30

40

50

ぞれＣＣＤ等の一次元の撮像素子を用いる。

【００５８】

図示しないサーチ観察系の構成も、上述したファイン観察系２０３の構成とほぼ同じである。但し、本実施形態においては、ファイン観察用カメラ２１６は、これに対応するサーチ観察系のサーチ観察用カメラよりも高感度のものを用いる。また、ファイン光学系は、これに対応するサーチ観察系のサーチ光学系よりも拡大倍率が高く、また、開口数（ $N.A.$ ）も大きくなるように設定されている。

【００５９】

なお、これらサーチ観察系及びファイン観察系２０３には、落射ミラー２１４及び第１の対物レンズ２１３を介して入射された反射ビームが、図示しないハーフミラー等で分光されて各々入射される。 10

【００６０】

図示しないサーチ観察用カメラ及び及びファイン観察用カメラ２１６で撮像された撮像信号（光電変換信号）は、主制御装置１６０に入力される。

【００６１】

次に、露光装置１００におけるレチクルアライメントの基本的な動作について説明する。

【００６２】

露光装置１００において、レチクルＲの位置決め（アライメント）を行う際には、落射ミラー２１４がレチクルアライメント顕微鏡１８１の光路内に挿入され、主制御装置１６ 20  
０によりレチクルアライメント顕微鏡１８１の照明系２０１の照明ビームのオン／オフ機構が制御されて、光ファイバ２１１を介して入射される照明ビームＩＬがアライメント用の照明ビームとして用いられ、落射ミラー２１４を介してレチクルＲのレチクルアライメントマークＲＡＭ、及び、ウエハステージ１４２の基準板１４６に形成されたウエハ基準マークＷＦＭを照明する。

【００６３】

レチクルＲ及び基準板１４６での反射ビームは、サーチ観察系のサーチ観察用カメラに入射され、レチクルアライメントマークＲＡＭ及びウエハ基準マークＷＦＭの像が、同時に、サーチ観察用カメラの受光面に結像される。また、レチクルＲ及び基準板１４６での反射ビームは、ファイン観察系２０３のファイン観察用カメラ２１６に入射され、レチ 30  
クルアライメントマークＲＡＭ及びウエハ基準マークＷＦＭの像が、同時に、ファイン観察用カメラ２１６の受光面に結像される。

【００６４】

ここで、レチクルアライメントマークＲＡＭ及びウエハ基準マークＷＦＭ、及び、これらを同時に観察した場合の像について、図３～図５を参照し具体例を挙げて説明する。

【００６５】

図３は、レチクルアライメントマークＲＡＭの例を示す図であり、図４は、ウエハ基準マークＷＦＭの例を示す図である。

【００６６】

レチクルアライメントマークＲＡＭは、レチクルＲの下方に配される面におけるパターン領域の外側に形成されており、例えばパターンジェネレータやＥＢ路光装置といった装置により、設計データに基づいてレチクルＲの母材であるガラス板上に転写され、クロムからなる遮光部として所定の形状に形成されている。図３に示す例においては、レチクルアライメントマークＲＡＭは、十字状のマーク要素と矩形状のマーク要素とを組み合わせ 40  
た構成である。なお、このレチクルアライメントマークＲＡＭと同形状のマークは、レチクルステージ１２０上に固設された不図示のレチクル基準板上にも、レチクル基準マークとして形成されている。

【００６７】

ウエハ基準マークＷＦＭは、ガラスで形成された下地領域上にクロムでマーク要素が形成されている。図４に示す例では、ウエハ基準マークＷＦＭは、Ｙ軸方向に延びた直線状 50

のラインパターンがX軸方向に周期的に配列されたマーク要素と、X軸方向に延びた直線状のラインパターンがY軸方向に周期的に配列されたマーク要素とを組み合わせた構成である。

【0068】

なお、ウエハ基準マークWFMとして、クロムで形成された下地領域上にガラスでマーク要素を形成してもよい。また、本実施形態では、基準板146をウエハステージ142上に設けているが、基準板146は、定盤141上であれば、例えばウエハホルダー143上や移動ミラー144上等の任意の位置に設けてよい。

【0069】

これらのレチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMの像が、図示しないサーチ観察用カメラ及びファイン観察用カメラ216の受光面に同時に結像された際の像の例を、図5に示す。

10

【0070】

図5は、レチクルアライメントマークRAMの中心とウエハ基準マークWFMの中心が一致しており、レチクルRとウエハステージ142との位置合わせが適切に行われた場合の像の例である。レチクルRとウエハステージ142との位置がずれるに連れて、サーチ観察用カメラ及びファイン観察用カメラ216の受光面に結像される像は、レチクルアライメントマークRAMの像の中心とウエハ基準マークWFMの像の中心が、そのずれに応じた方向及び量でずれた像となり、バランスの悪い像となる。

【0071】

20

レチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMの具体的な形状は、図3及び図4に示す例には限定されないが、例示したように、2次元方向に位置ずれ量を検出することができるような2次元マークであることが望ましい。

【0072】

サーチ観察用カメラ及びファイン観察用カメラ216の各受光面に、このようなレチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMの重なった像が結像されると、各カメラは、この像の信号をXY各方向に光電変換して光電変換信号（信号波形データ）を生成し、撮像信号として主制御装置160に供給する。

【0073】

なお、ファイン観察用カメラ216は、図2に示すように、X軸用のカメラ（センサ）217及びY軸用のカメラ（センサ）218を別個に具備している。X軸用カメラ（一次元ラインCCD）217は、図5（A）に示す予め規定された撮像領域Px内の像を撮像し、これをY方向に光電変換信号を検出することにより、X方向の信号波形データを生成する。また、Y軸用カメラ（一次元ラインCCD）218は、図5（A）に示す予め規定された撮像領域Py内の像を撮像し、これをX方向に光電変換信号を検出することにより、Y方向の信号波形データを生成する。

30

【0074】

なお、本実施形態では、上述したように、レチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMの各マーク要素がクロムで形成されていることから、例えばカメラ217の信号は図5（B）に示すように、そのマーク要素で反射したビームの強度が強く、そのマーク要素に対応する部分で信号強度が強くなっているような信号波形データが生成される。

40

【0075】

主制御装置160は、入力される信号波形データに基づいて、所定のアルゴリズムに従って、レチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMとの相対的な位置関係を算出する。そして、その算出結果に基づいて、レチクルRの位置及び姿勢を調整する。

【0076】

なお、このレチクルアライメントでは、まず、サーチ観察系の観察結果に基づいて、比較的粗くレチクルアライメントマークRAMを位置決めした後に、ファイン観察系203

50

の観察結果に基づいて、精密なレチクルRの位置決めを行う。

【0077】

次に、本発明にレチクルレチクルアライメントに伴うマークの位置計測動作について説明する。

【0078】

図6は、レチクルアライメントに伴うマークの位置計測動作、特に、上述したファイン観察系203を用いたレチクルの位置決め処理（ファインアライメント処理）に伴うマークの位置計測動作の手順を示すフローチャートである。

【0079】

本実施形態の位置計測動作では、マークを実際に撮像した信号を信号処理する前に、その信号に含まれるノイズを予め計測し、その計測結果を信号処理に用いる。以下、ファインアライメント処理に伴うマークの位置計測動作について、図6を参照して説明する。

【0080】

まず、主制御装置160は、レチクルアライメント顕微鏡181及び182の撮像信号に含まれるノイズの光量非依存成分を計測する（ステップS100）。レチクルアライメント顕微鏡181について代表して説明する。主制御装置160は、レチクルアライメント顕微鏡181の照明系201の照明ビームのオン/オフ機構を制御して、光ファイバ211を介して入射される照明ビームILがアライメント用の照明ビームとして用いられないようにし、この状態でファイン観察用カメラ216の信号を取得する。照明ビームがレチクルアライメント顕微鏡181のファイン観察用カメラ216に観察されない状態でファイン観察用カメラ216の信号を取得することにより、ノイズの光量非依存成分の計測を行うことができる。このノイズ成分は、ファイン観察用カメラ216の暗電流成分である。主制御装置160は、計測したノイズの光量非依存成分の情報を記憶する。

【0081】

次に、主制御装置160は、レチクルアライメント顕微鏡181及び182の撮像信号に含まれるノイズの光量依存成分を計測する（ステップS101）。ノイズの光量依存成分は、レチクルR及び基準板146上でそれぞれレチクルアライメントマークRAM及びウエハ基準マークWFMが形成されたマーク領域とは異なる非マーク領域（マークの存在しない領域：下地領域）を照明ビームで照明し、この非マーク領域（下地領域、又は無地領域）を、レチクルアライメント顕微鏡181及び182を介して撮像することにより行う。その際、本発明に係る方法においては、その非マーク領域の表面について、光学系の条件により決定される最適結像条件（ベストフォーカス状態）に対して十分にデフォーカスした状態となるように、その光学系の条件を設定する。

【0082】

具体的に説明すると、ノイズの光量依存成分を計測する場合、主制御装置160は、予め定められた設計値に基づいて、例えば基準板146のウエハ基準マークWFMが形成されていない非マーク領域がレチクルアライメント顕微鏡181の観察位置に配置されるように、駆動系147を介してウエハステージ142をXY2次元方向に移動させる。次に、主制御装置160は、レチクルアライメント顕微鏡181内の前述（不図示）の内焦式の焦点調節機構を用いて、レチクル又はレチクル基準板のパターン形成面上に対してレチクルアライメント系181をフォーカスさせる（レチクルパターン面とレチクルアライメント系のベストフォーカス位置とを一致させる）。次に、主制御装置160は、基準板146の表面のZ方向の位置が、投影光学系130を介して検出するレチクルアライメント系のベストフォーカス位置から十分にずれるように（デフォーカスするように）、駆動系147を介してウエハステージ142をZ方向に移動させる。例えば、図7に示すように、ウエハステージ142の位置を（投影光学系の）ベストフォーカス位置から約30μm下げる。（これにより、レチクルパターン面と基準板146との共役関係はくずされる。）そして、この状態で、基準板146の非マーク領域を観察する。その結果、基準板146等の表面に付着したゴミや欠陥は、この時撮像されない。仮に撮像されたとしても、十分に低周波な成分となり、マークパターンから得られた適正な信号波形データに対する影

10

20

30

40

50

響は少なくなる。なお、観察した光量依存成分の計測値は、主制御装置 160 に記憶される。

#### 【0083】

非マーク領域は、レチクルアライメントマーク RAM 及びウエハ基準マーク WFM の各マークパターンが形成された下地領域と同じ材質からなる。従って、この非マーク領域からの反射ビームを観察した信号を取得することにより、レチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 におけるノイズの光量依存成分を計測することができる。

#### 【0084】

なお、このノイズ成分は、レチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 を照明ビームが通過することにより生じるものであり、その原因は、ファイン観察用カメラ 216 (X 軸用カメラ 217 及び Y 軸用カメラ 218) のカバーガラスやハーフミラー等の光学系の干渉縞や、あるいはファイン観察用カメラ 216 の画素間の感度ばらつき等がある。こうしたノイズは、レチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 を通過する照明ビームの光量に対してほぼ比例的に変化し、照明ビームの光量が大きいほど大きく生じる傾向にある。

#### 【0085】

これらの光量非依存成分及び光量依存成分を計測するタイミングは、マークの撮像信号を信号処理する前であれば任意のタイミングで実施可能である。例えば、所定の期間ごとに実施してもよいし、装置の立ち上げごとに実施してもよい。あるいは、ノイズに影響を及ぼす温度、気圧等の環境因子を計測し、その計測結果に基づいてノイズの計測タイミングを決定してもよい。

#### 【0086】

次に、主制御装置 160 は、実際にマークを観察し、その撮像信号を得る (ステップ S102)。すなわち、主制御装置 160 は、予め定められた設計値に基づいて、基準板 146 上のウエハ基準マーク WFM の中心点が投影光学系 130 の光軸 AX 上に位置するように、レーザ干渉計 145 の出力をモニタしつつ、ウエハステージ 142 を移動させる。続いて、主制御装置 160 は、レチクルアライメント顕微鏡 181 及び 182 を用いて、照明ビームをレチクル R に導くとともに、レチクル R 上のレチクルアライメントマーク RAM 及び基準板 146 上のウエハ基準マーク WFM を同時に観察する。

#### 【0087】

次に、主制御装置 160 は、レチクルアライメントマーク RAM 及びウエハ基準マーク WFM を同時に観察した結果と、上述したノイズの計測結果 (ステップ S100 とステップ S101 の計測結果) とに基づいて、所定のアルゴリズムで信号処理を行い、レチクルアライメントマーク RAM 及びウエハ基準マーク WFM の相対的な位置関係を計測する (ステップ S103)。

#### 【0088】

以上説明した一連の位置計測動作により、撮像信号にノイズが含まれる場合においても、そのノイズの影響が補正され、レチクルアライメントマーク RAM とウエハ基準マーク WFM との相対的な位置関係を精度よく計測することができる。

#### 【0089】

なお、このようにして計測されたレチクルアライメントマーク RAM とウエハ基準マーク WFM の相対的な位置関係は、例えばレチクル R の初期設定としての投影光学系 130 に対する位置決め、すなわちレチクルアライメントに使用される。

#### 【0090】

また、この相対位置計測と同時に、ウエハアライメントセンサ 170 を用いて基準板 146 上の他の基準マークを観察することにより、ウエハアライメントセンサ 170 の指標との相対位置関係が計測され、いわゆるベースライン量が算出される。

#### 【0091】

また、このようなレチクルアライメント及びベースライン計測の後、主制御装置 160 は、ウエハ W 上の複数ショット領域に設けられたウエハアライメントマークの位置を、ウ

10

20

30

40

50

エハアライメントセンサ 170 を用いて順次計測し、いわゆる EGA (エンハスト・グローバル・アライメント) の手法により、ウエハ W 上の全てのショット配列データを求める。そして、この配列データに従って、ウエハ W 上のショット領域を順次投影光学系 130 の真下の露光位置に移動させ、光源 111 を制御し、いわゆるステップ・アンド・リピート方式で順次露光を行う。

【0092】

次に、実際のマークに対する信号波形データを具体的に示す。

【0093】

まず、ステップ S100 によりノイズの光量非依存成分を計測することにより、例えば図 8 (A) に示すような光量非依存成分の信号波形データが得られる。

10

【0094】

次に、ステップ S101 によりノイズの光量依存成分を計測することにより、例えば図 8 (B) に示すような光量依存成分の信号波形データが得られる。

【0095】

次に、ステップ S102 においてレチクルアライメントマーク RAM 及びウエハ基準マーク WFM をファイン観察用カメラ 216 で撮像した結果、例えばその X 方向の信号波形データとして、図 9 (A) に示す信号が得られる。

【0096】

得られた図 9 (A) に示す信号に対して、図 8 (A) に示したノイズの光量非依存成分の情報、及び、図 8 (B) に示すノイズの光量依存成分の情報に基づいて、次式 (1) により補正を行うことにより、図 9 (B) に示すような信号波形データが得られる。

20

【0097】

但し、式 (1) において、D は補正後のマーク信号波形データ、Dm は補正前の観測されたマーク信号波形データ、Dna はノイズの光量依存成分の信号波形データ、及び、Dnb はノイズの光量非依存成分の信号波形データである。

【0098】

$$D = (Dm - Dnb) / (Dna - Dnb) \quad \dots (1)$$

このアルゴリズムでは、ノイズ補正前のマーク信号波形データ Dm からノイズの光量非依存成分 Dnb を減算した結果に対して、ノイズの光量依存成分からノイズの光量非依存成分 Dnb を減じた結果で除算処理している。そしてその結果、図 9 (B) より明らかな通り、マーク信号波形データに対するノイズの影響が適切に補正されている。

30

【0099】

このように、本発明の第 1 実施形態によれば、基準板 146 の非マーク領域にデフォーカス状態で照明ビームを照射し、その反射光から光量依存成分の下地波形を検出することにより、基準板 146 の表面のゴミや欠陥がノイズとして下地波形に現れることを回避している。従って、ゴミや欠陥の影響を受けない適切な光量依存成分を有する下地波形を検出することができ、下地補正を適切に行うことができ、高精度にレチクルのパターンとウエハ (及びウエハ上の既存のパターン) とを位置合わせすることができる。その結果、高

40

【0100】

## 第 2 実施形態

本発明の第 2 実施形態について、図 10 を参照して説明する。

【0101】

第 2 実施形態においては、レチクルアライメントの下地補正を行う際に使用する光量依存成分を検出する方法が第 1 実施形態と異なり、露光装置 100 の構成、レチクルアライメントの方法、そのための位置計測処理の流れ等は、何れも上述した第 1 実施形態と同じである。

【0102】

50

本実施形態においては、下地波形の光量依存成分を検出する際に、基準板 146 を移動させながらその表面の非マーク領域を撮像する。具体的には、図 10 に示すように、レチクルアライメント顕微鏡 181 からの照明ビームを、基準板 146 の非マーク領域 301 に照射する。この時、フォーカスは基準板 146 の表面に合っていてよい。

#### 【0103】

この状態で、主制御装置 160 が駆動系 147 を制御して、基準板 146 を水平方向の任意の方向に移動させる。図 10 に示す例においては、基準板 146 は X Y 軸と各々 45 度をなす方向で紙面左下方向に移動する。その結果、照明ビームの照射領域（非マーク領域 / 下地領域）301 は、図示のごとく、相対的に基準板 146 上を右上方向に移動する。この間の所定時間の反射ビームをレチクルアライメント顕微鏡 181 のファイン観察系 203 で検出し、その撮像信号から下地波形を検出する。

10

#### 【0104】

このような動作をすると、例えば基準板 146 の照明領域にゴミ 302 が存在していた場合、このゴミ 302 の信号は、レチクルアライメント顕微鏡 181 のファイン観察用カメラ 216 により明確に観察される。しかしながら、基準板 146 が移動することによりゴミ 302 の位置もファイン観察用カメラ 216 の視野内を移動する。しかも、その移動方向は X Y 軸と各々 45 度をなす方向なので、ゴミ 302 に起因する信号変形分は、X Y 方向の各位置に対して連続的に観察されることとなる。従って、ゴミ 302 の信号は、観察される下地波形において、直流成分、あるいは、非常に低周波の信号成分として観察されることとなり、実質的にノイズと言われるようなパターン波形と類似した高周波な信号

20

#### 【0105】

従って、これに起因していわゆるだまされが発生するような状況は回避することができる。

#### 【0106】

このように、本発明の第 2 実施形態によれば、基準板 146 を移動させながら非マーク領域に照明ビームを照射し、その反射光から光量依存成分の下地波形（下地信号）を検出することにより、基準板 146 の表面のゴミや欠陥が高周波のノイズとして下地波形に現れることを回避した。従って、ゴミや欠陥の影響を受けない適切な光量依存成分を有する下地波形を検出することができ、下地補正を適切に行うことができ、高精度にレチクルの

30

#### 【0107】

なお、基準板 146 の移動方向は、任意の方向でよいが、ゴミや欠陥の成分が、X Y 各軸方向に平均化した状態で均一に現れるようにするためには、本実施形態のように、X Y 各軸に対して交差する方向（特に好ましくは 45 度をなす方向）に移動させるのが好適である。

#### 【0108】

### 第 3 実施形態

本発明の第 3 実施形態について、図 11 を参照して説明する。

40

#### 【0109】

第 3 実施形態においても、レチクルアライメントの下地補正を行う際に使用する光量依存成分を検出する方法が、第 1 実施形態及び第 2 実施形態と異なる。その他の露光装置 100 の構成、レチクルアライメントの方法、そのための位置計測処理の流れ等は、何れも上述した第 1 実施形態と同じである。

#### 【0110】

本実施形態においては、図 11 (A) に示すように、基準板 146 の表面に透明な層 401 を積層し、このような基準板 146 を用いて下地波形の光量依存成分を検出する。すなわち、基準板 146 の表面の非マーク領域に対して、透明層 401 を介して照明ビームを照射し、その反射光を撮像して下地波形を検出する。照明ビームのフォーカスは、ウエ

50



八基準マークWFMが形成されている基準板146と透明層401との接合面に対して合わせればよい。なお、本実施形態において、透明層401は石英や蛍石等を素材として形成し、その透明層401の厚さは、約100 $\mu$ mである。

【0111】

このような構成とすれば、ゴミや欠陥が発生する場合、これは、透明層401の表面（透明層401と周囲雰囲気との境界表面）に発生する可能性が非常に高い。光量依存成分を検出するための光ビームは、基準板146と透明層401との間の接合面にフォーカスが合わされているので、透明層401の表面はデフォーカスされた状態である。従って、この面にゴミや欠陥が生じたとしても、第1実施形態の場合と同様に、これが下地波形（下地信号）に現れることはない。

10

【0112】

従って、これに起因していわゆるだまされが発生するような状況は回避することができる。

【0113】

このように、第3実施形態によれば、基準板146の表面に透明層401を形成することにより、ゴミや欠陥が発生する表面を実質的にデフォーカスした位置に移動させている。従って、通常通りに基準板146の表面の非マーク領域に照明ビームを照射し、その反射光から光量依存成分の下地波形を検出することにより、ゴミや欠陥の影響を受けない適切な光量依存成分を有する下地波形を検出することができ、下地補正を適切に行うことができ、高精度にレチクルのパターンとウエハ（及びウエハ上の既存のパターン）とを位置合わせすることができる。その結果、高精細で高性能な電子デバイスを製造することができる。

20

【0114】

なお、基準板146上に形成する透明層401は、図11（B）に示すように、下地波形を検出するための照明ビームを照射する領域にのみ部分的に形成するようにしてもよい。

【0115】

変形例

本実施の形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって本発明を何ら限定するものではない。本実施の形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含み、また任意好適な種々の改変が可能である。

30

【0116】

例えば、光量依存成分の下地波形を検出する際に、レチクルや、レチクルステージ上に搭載されているレチクル基板のパターン面上におけるクロム（Cr）部分（パターンが形成されていない領域）を用いて計測をするようにしてもよい。レチクル又はRFM上にゴミや欠陥が発生しても、ガラス基板の厚み分デフォーカスされるため、ゴミや欠陥が像を結ぶことは回避でき、第1実施形態あるいは第3実施形態と同様に、適正な光量依存成分を検出することができる。なお、この場合においてウエハステージ側は、どのようなパターンが下地としてしようと構わない（なぜなら、レチクル又はレチクル基準板のクロム部材により透明光は透過されずに全反射されるため）。しかしながら、レチクルとしてハーフトーンレチクルを用いる場合には、ウエハステージ側の下地としては、パターンの無い領域を配置しておくことが望ましい。

40

【0117】

また、露光システムの全体構成は、図1に示した構成に限られるものではない。

【0118】

また、本発明はステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に限らず、ステップ・アンド・リピート方式、又はプロキシミティ方式の露光装置（X線露光装置等）や、液浸露光装置等、各種方式の露光装置にも適用が可能である。

【0119】

また、露光装置で用いる露光用照明光（エネルギービーム）は紫外光に限られるものでは

50

なく、X線（EUV光を含む）、電子線やイオンビーム等の荷電粒子線等でもよい。また、DNAチップ、マスク又はレチクル等の製造用に用いられる露光装置でもよい。

#### 【0120】

##### デバイス製造工程

次に、上述した露光装置100をリソグラフィー工程において使用したデバイスの製造方法について図12を参照して説明する。

#### 【0121】

図12は、例えばICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等の電子デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

#### 【0122】

図12に示すように、電子デバイスの製造工程においては、まず、電子デバイスの回路設計等のデバイスの機能・性能設計を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行い（工程S810）、次に、設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する（工程S820）。

#### 【0123】

一方、シリコン等の材料を用いてウエハ（シリコン基板）を製造する（工程S830）。

#### 【0124】

次に、工程S820で製作したレチクル及び工程S830で製造したウエハを使用して、リソグラフィー技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する（工程S840）。

#### 【0125】

具体的には、まず、ウエハ表面に、絶縁膜、電極配線膜あるいは半導体膜との薄膜を成膜し（工程S841）、次に、この薄膜の全面にレジスト塗布装置（コータ）を用いて感光剤（レジスト）を塗布する（工程S842）。

#### 【0126】

次に、このレジスト塗布後の基板をウエハホルダー上にロードするとともに、工程S830において製造したレチクルをレチクルステージ上にロードして、そのレチクルに形成されたパターンをウエハ上に縮小転写する（工程S843）。この時、露光装置においては、上述した本発明に係る位置合わせ方法によりウエハの各ショット領域を順次位置合わせし、各ショット領域にレチクルのパターンを順次転写する。

#### 【0127】

露光が終了したら、ウエハをウエハホルダーからアンロードし、現像装置（デベロッパ）を用いて現像する（工程S844）。これにより、ウエハ表面にレチクルパターンのレジスト像が形成される。

#### 【0128】

そして、現像処理が終了したウエハに、エッチング装置を用いてエッチング処理を施し（工程S845）、ウエハ表面に残存するレジストを、例えばプラズマアッシング装置等を用いて除去する（工程S846）。

#### 【0129】

これにより、ウエハの各ショット領域に、絶縁層や電極配線等のパターンが形成される。そして、この処理をレチクルを変えて順次繰り返すことにより、ウエハ上に実際の回路等が形成される。

#### 【0130】

ウエハ上に回路等が形成されたら、次に、デバイスとしての組み立てを行う（工程S850）。具体的には、ウエハをダイシングして個々のチップに分割し、各チップをリードフレームやパッケージに装着し電極を接続するボンディングを行い、樹脂封止等パッケージング処理を行う。

#### 【0131】

そして、製造したデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行い（工程S860）、デバイス完成品として出荷する。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0132】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る電子デバイス製造用の投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図2は、図1に示した露光装置のレチクルアライメント顕微鏡の概略構成及びレチクルアライメント顕微鏡を用いたウエハ基準マークとレチクルアライメントマークとの位置合わせ方法を説明するための図である。

【図3】図3は、レチクルアライメントマークのパターン形状の一例を示す図である。

【図4】図4は、ウエハ基準マークのパターン形状の一例を示す図である。

【図5】図5(A)は、レチクルアライメントマークとウエハ基準マークが重ね合わさった状態で観察されている状態を示す図であり、図5(B)は、その時に得られた波形信号を示す図である。 10

【図6】図6は、レチクルアライメント顕微鏡のファイン観察系を用いたレチクルの位置決め処理(ファインアライメント処理)に伴うマークの位置計測動作の手順を示すフローチャートである。

【図7】図7は、ノイズの光量依存成分を計測する場合、のフォーカス状態を説明するための図である。

【図8】図8(A)は、下地波形の光量非依存成分を示す図であり、図8(B)は、下地波形の光量依存成分を示す図である。

【図9】図9(A)は、VRA信号波形であり、図9(B)は、図9(A)に示す信号波形に対して下地補正を行って得られた信号波形である。 20

【図10】図10は、本発明の第2実施形態に係り、基準板を移動させながら下地波形の光量依存成分を検出する処理を説明するための図である。

【図11】図11(A)及び図11(B)は、本発明の第3実施形態に係り、表面に透明層を形成した基準板を説明するための図である。

【図12】図12は、本発明に係るデバイスの製造方法を説明するためのフローチャートである。

## 【符号の説明】

## 【0133】

100...露光装置 30

110...照明系

111...光源

112...照度均一化光学系

113...照明系開口絞り板

114...レボルバ駆動系

116...リレー光学系

117...折り曲げミラー

120...レチクルステージ

130...投影光学系

140...ウエハステージ部 40

141...定盤

142...ウエハステージ

143...ウエハホルダー

144...移動ミラー

145...レーザ干渉計

146...基準板

147...駆動系

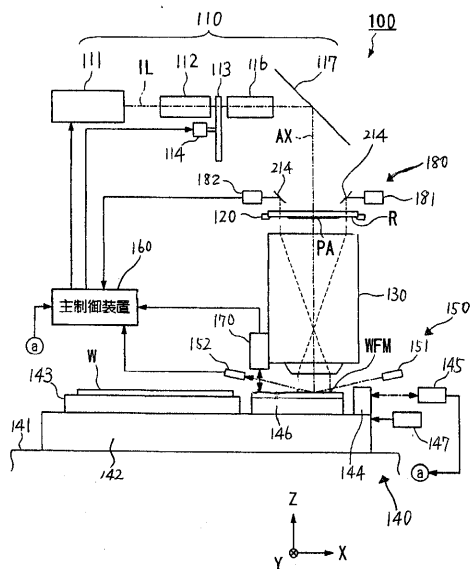
150...メインフォーカス系

151...照射光学系

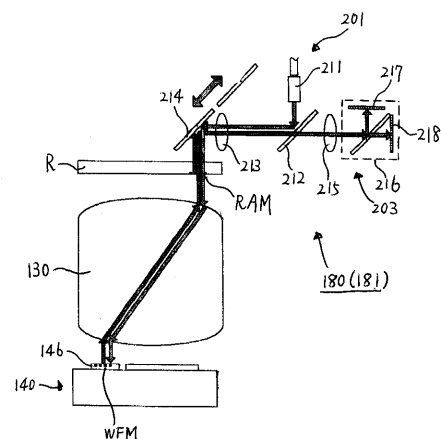
152...受光光学系 50

- 1 6 0 ... 主制御装置
- 1 7 0 ... ウエハアライメントセンサ
- 1 8 0 ... レチクルアライメント顕微鏡部
  - 1 8 1 , 1 8 2 ... レチクルアライメント顕微鏡
    - 2 0 1 ... 照明系
    - 2 0 3 ... ファイン観察系
    - 2 1 1 ... 光ファイバ
    - 2 1 2 ... ハーフミラー
    - 2 1 3 ... 第 1 の対物レンズ
    - 2 1 4 ... 落射ミラー
    - 2 1 5 ... 第 2 の対物レンズ
    - 2 1 6 ... ファイン観察用カメラ
    - 2 1 7 ... X 軸用カメラ
    - 2 1 8 ... Y 軸用カメラ
- 3 0 1 ... 照明領域 ( 非マーク領域 )
- 3 0 2 , 4 0 2 ... ゴミ
- 4 0 1 ... 透明層

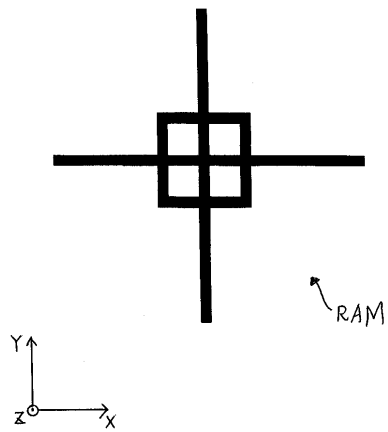
【 図 1 】



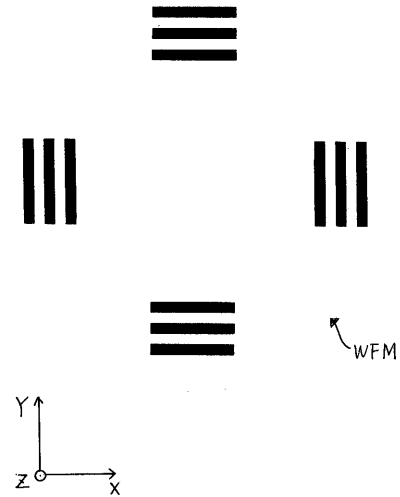
【 図 2 】



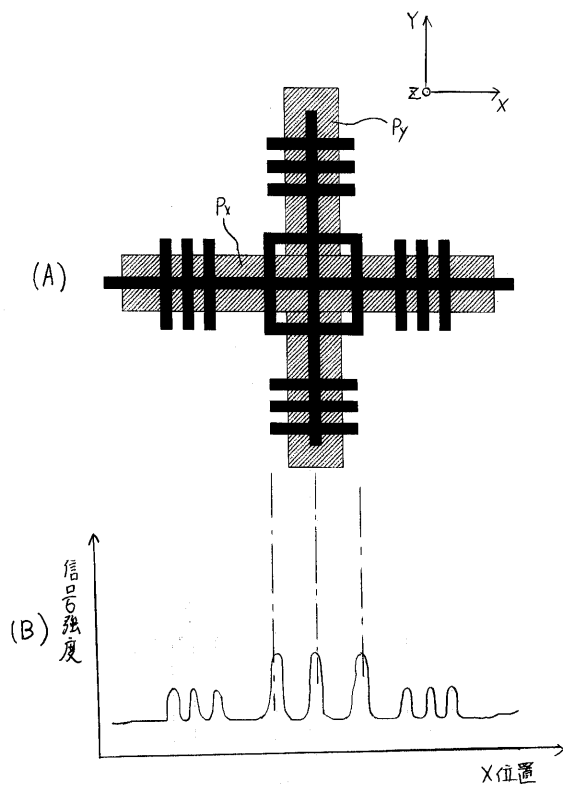
【図 3】



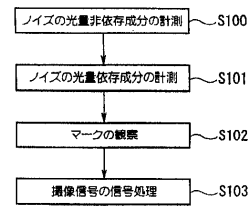
【図 4】



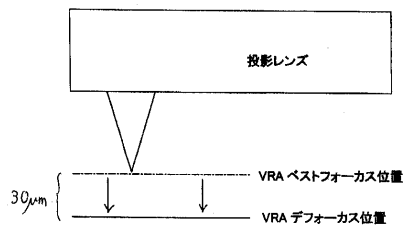
【図 5】



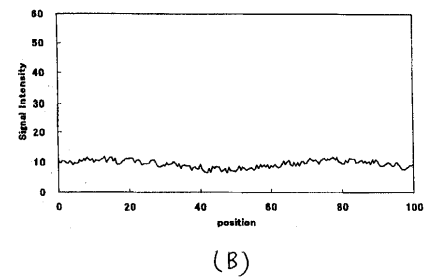
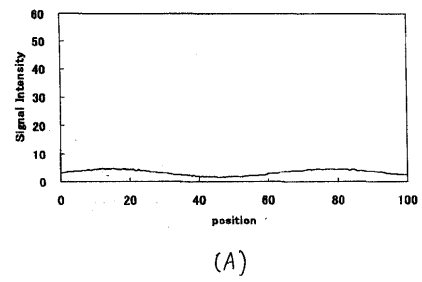
【図 6】



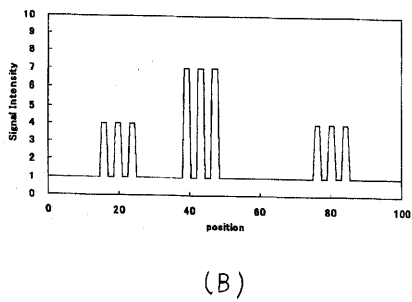
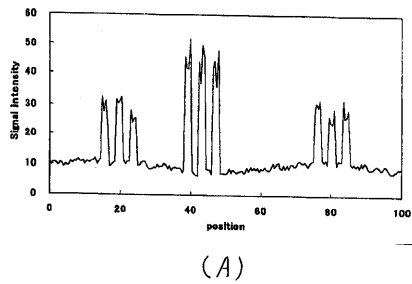
【図 7】



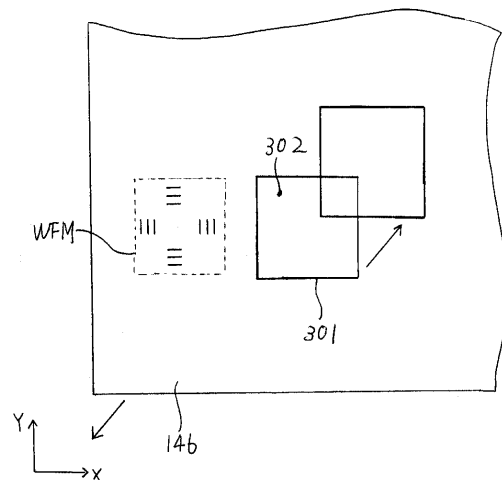
【図 8】



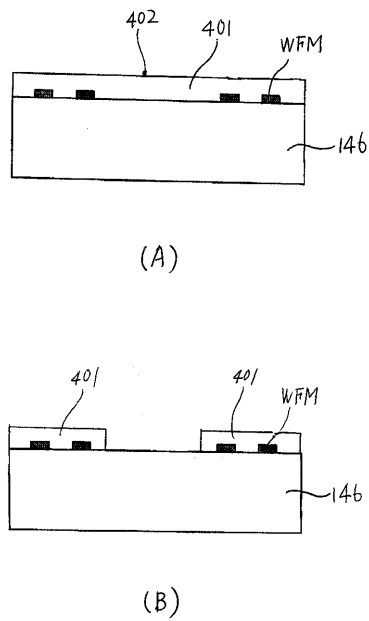
【図 9】



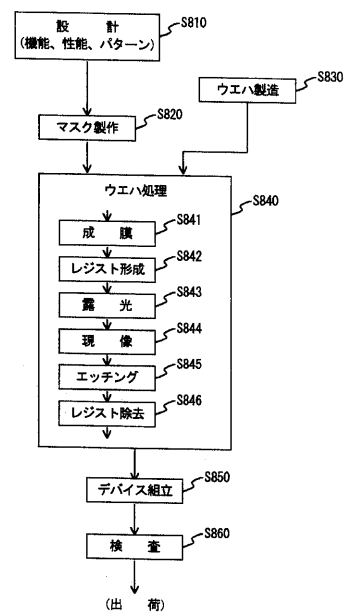
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【手続補正書】

【提出日】平成16年4月6日(2004.4.6)

【手続補正1】

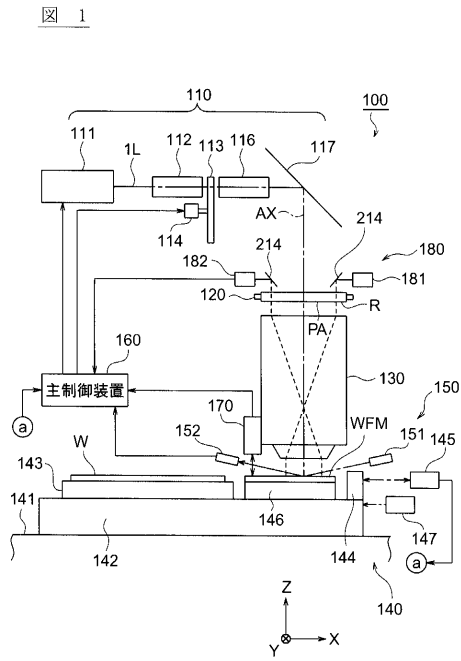
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

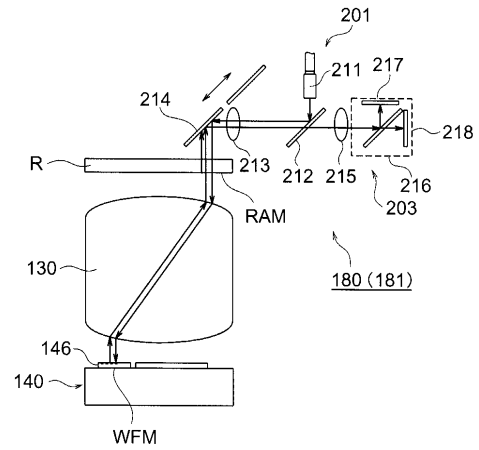
【補正方法】変更

【補正の内容】

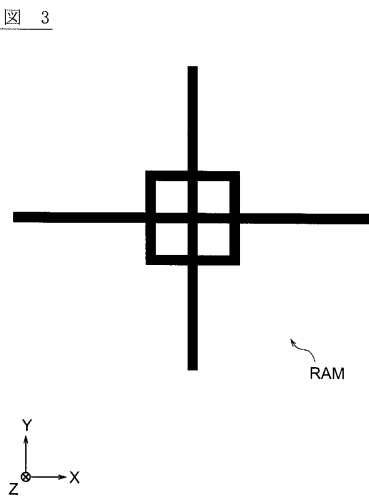
【 図 1 】



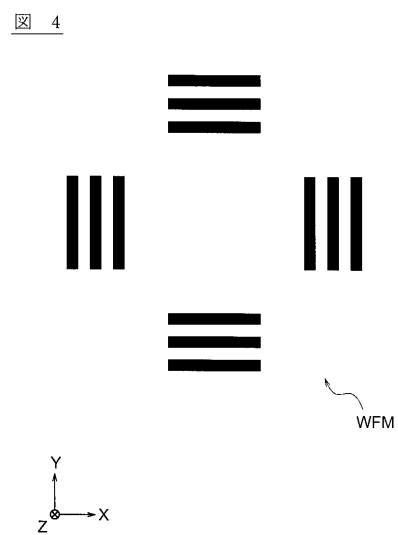
【 図 2 】



【 図 3 】

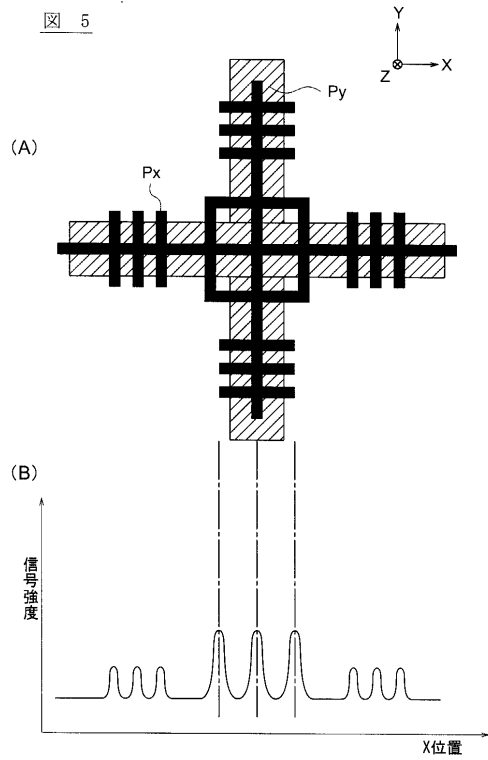


【 図 4 】

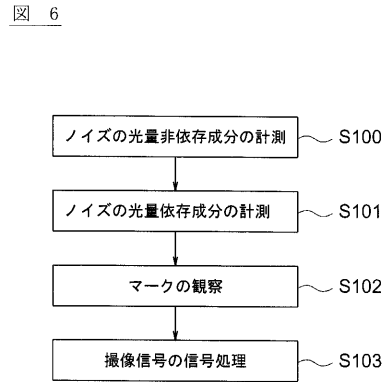




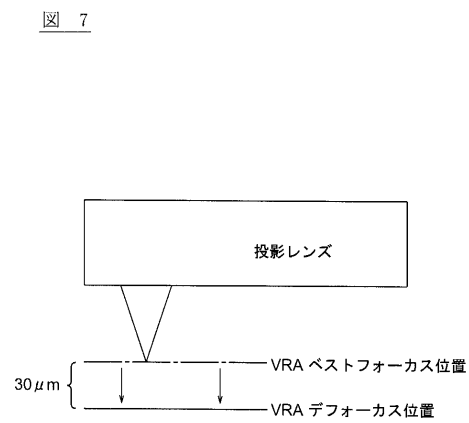
【図 5】



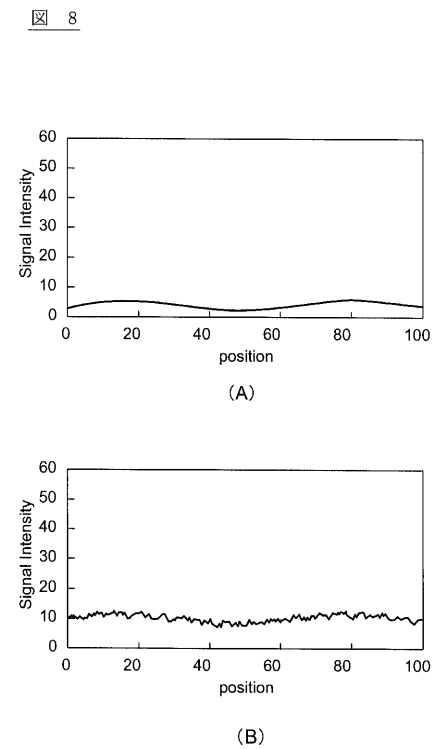
【図 6】



【図 7】

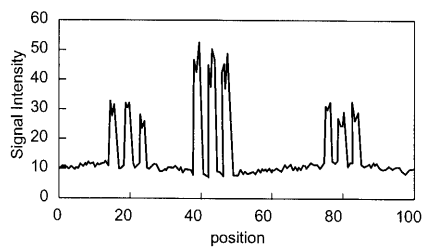


【図 8】

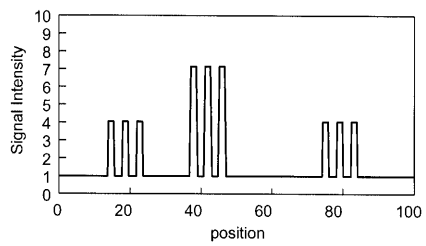


【図 9】

図 9



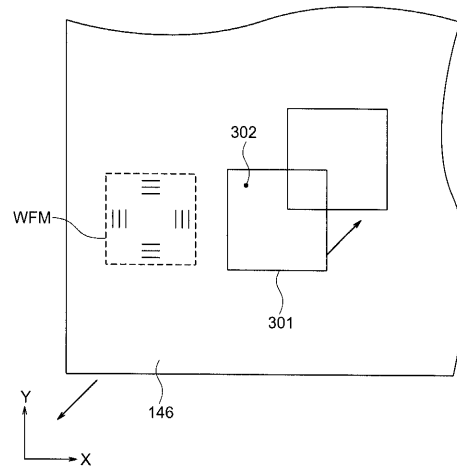
(A)



(B)

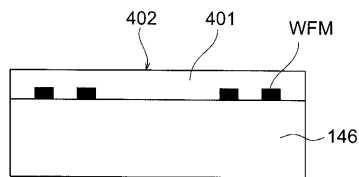
【図 10】

図 10

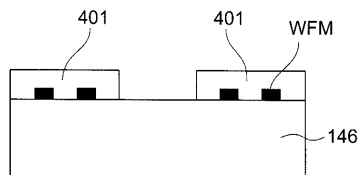


【図 11】

図 11



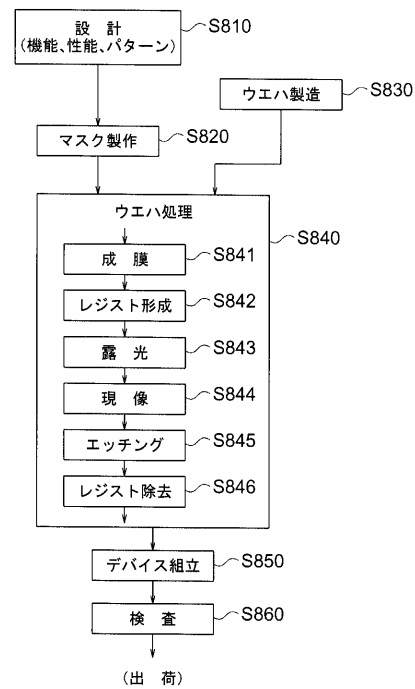
(A)



(B)

【図 12】

図 12



---

フロントページの続き

(72)発明者 中島 伸一

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

F ターム(参考) 2F065 AA20 BB02 BB27 CC20 DD04 DD12 EE00 FF41 GG04 HH04  
JJ02 JJ05 JJ25 LL00 LL02 LL12 PP12 PP24 QQ23 QQ26  
5F046 BA03 DB04 EB02 EB03 ED03 FA16 FC04