

(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2009-283795

(P2009-283795A)

(43) 公開日 平成21年12月3日(2009.12.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 2 5 R	5 F 0 4 6
G O 3 F 9/00 (2006.01)	G O 3 F 9/00 H	
	H O 1 L 21/30 5 2 5 F	
	H O 1 L 21/30 5 2 5 N	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-136098 (P2008-136098)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成20年5月23日 (2008. 5. 23)		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	100090538
			弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	前田 普教
			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
		Fターム(参考)	5F046 EB01 FA07 FB01 FB06 FB20

(54) 【発明の名称】 アライメント検出系、露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

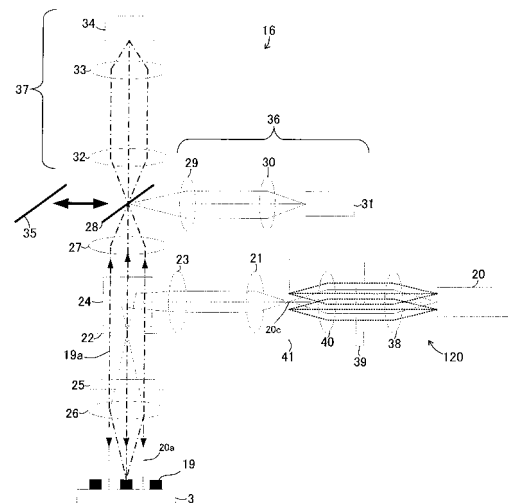
【課題】

原版または基板のファインアライメントでの先行確認計測が不要で高スループットなアライメント検出系およびそのアライメント検出系を有する露光装置を提供する。

【解決手段】

被検物体への照明光を照射する照明光学系と、前記被検物体から反射される前記反射光を集光して、前記被検物体の第1の結像倍率の像を形成する第1の光学系、前記第1の結像倍率よりも高い前記被検物体の第2の結像倍率の像を形成する第2の光学系、前記第1の光学系と前記第2の光学系とを切替える切替え手段、前記第1の結像倍率の像を光電変換する第1の像検出手段および前記第2の結像倍率の像を光電変換する第2の像検出手段から成る結像光学系と、を有し、前記第1の結像倍率の像の視野での第1の計測の情報を基に前記第2の結像倍率の像の視野での第2の計測を行うことを特徴とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検物体への照明光を照射する照明光学系と、

前記被検物体から反射される反射光を集光して、前記被検物体の第 1 の結像倍率の像を形成する第 1 の光学系、前記第 1 の結像倍率よりも高い前記被検物体の第 2 の結像倍率の像を形成する第 2 の光学系、前記第 1 の光学系と前記第 2 の光学系とを切替える切替え手段、前記第 1 の結像倍率の像を光電変換する第 1 の像検出手段および前記第 2 の結像倍率の像を光電変換する第 2 の像検出手段から成る結像光学系と、を有し、

前記第 1 の結像倍率の像の視野での第 1 の計測の情報を基に前記第 2 の結像倍率の像の視野での第 2 の計測を行うことを特徴とするアライメント検出系。

10

【請求項 2】

前記照明光学系から照射される前記照明光の波長域を切り替える波長切換手段を有し、

前記第 1 の計測の情報を基に前記第 2 の計測の前記照明光の波長域を決定することを特徴とする請求項 1 記載のアライメント検出系。

【請求項 3】

前記照明光学系から照射される前記照明光の N A を切り替える照明 N A 切換手段を有し、

前記第 1 の計測の情報を基に前記第 2 の計測の前記照明光の N A を決定することを特徴とする請求項 1 記載のアライメント検出系。

【請求項 4】

前記被検物体に照射される検出光の N A を切り替える検出 N A 切換手段を有し、

前記第 1 の計測の情報を基に前記第 2 の計測の前記検出光の N A を決定することを特徴とする請求項 1 記載のアライメント検出系。

20

【請求項 5】

前記第 1 の計測において第 1 計測用マークを計測する視野内に第 2 の計測の前記照明光の波長域、前記照明光の N A および前記検出光の N A の 1 つ以上を決定するための第 2 計測条件決定用マークを入れ、

前記第 1 の計測において前記第 2 計測条件決定用マークを計測し、前記計測結果から第 2 の計測の前記照明光の波長域、前記照明光の N A および前記検出光の N A の 1 つ以上を決定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のアライメント検出系。

30

【請求項 6】

前記第 1 計測用マークと、前記第 2 計測条件決定マークとは異なることを特徴とする請求項 5 記載のアライメント検出系。

【請求項 7】

前記第 1 の計測は、複数の前記照明光の波長域、複数の前記照明光の N A および複数の前記検出光の N A のいずれか 1 以上で計測することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のアライメント検出系。

【請求項 8】

前記被検物体の膜厚および屈折率を測定する測定手段と、

前記被検物体の構成情報を入力する入力手段と、

測定された前記被検物体の前記膜厚および屈折率および入力された前記被検物体の構成情報を基に反射率および検出信号の計算を行う計算手段と、を有し、

前記計算手段で計算された前記反射率および検出信号に基づいて前記照明光の波長域、前記照明光の N A および前記検出光の N A の 1 つ以上を決定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のアライメント検出系。

40

【請求項 9】

前記被検物体の高さ情報を測定するフォーカス検出系を有し、

前記フォーカス検出系で測定された前記高さ情報を、さらに加えて前記計算を行い、

前記アライメント検出系での第 1 の計測および第 2 の計測の前記波長域、前記照明光の N A および前記検出光の N A の 1 つ以上を決定することを特徴とする請求項 8 に記載のア

50

ライメント検出系。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のアライメント検出系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

前記アライメント検出系は、ウェハアライメント検出系またはレチクルアライメント検出系であることを特徴とする請求項 10 露光装置。

【請求項 12】

請求項 10 または 11 記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、
前記基板を現像する工程と、
前記現像された基板を用いて、デバイスを形成する工程と、を備えることを特徴とするデバイス製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レチクル上に描画されたレチクルパターンを投影光学系を介してウェハに露光する露光装置に搭載されるアライメント検出系、および、そのアライメント検出系を有する露光装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

フォトリソグラフィ技術を用いて半導体素子等のデバイスを製造する際には、レチクル等の原版に描画されたパターンを投影光学系によってウェハ等の基板に投影してパターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。この際、ウェハ上に既に形成されたパターンに対して、投影光学系を介して形成されるマスクパターンの投影像を、投影露光装置に搭載されたアライメント検出系によって位置合わせを行った後に、露光を行う。

投影露光装置においては、集積回路の微細化及び高密度化に伴い、より高い解像力でレチクルのパターンをウェハに投影露光することが要求されている。投影露光装置で転写できる最少の線幅（解像度）は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（ NA ）に反比例する。従って、波長を短くすればするほど解像度はよくなる。このため、近年の光源は、超高圧水銀ランプ g 線（波長約 436 nm ）、 i 線（波長約 365 nm ）から波長の短い KrF エキシマレーザ（波長約 248 nm ）や ArF エキシマレーザ（波長約 193 nm ）から成る。さらに $F2$ レーザ（波長約 157 nm ）の実用化も進んでおり、将来的には波長が数 nm ～ 百 nm の極端紫外光（Extreme Ultra Violet：EUV 光）の採用も見込まれている。

30

【0003】

また、露光装置の解像度のさらなる向上の為に、投影光学系とウェハとの間の少なくとも一部に屈折率が 1 よりも大きい液体を浸して NA の増大を図ることにより解像度の向上を図る液浸露光装置も登場している。この液浸露光装置においては、ウェハと投影光学系のウェハに最も近い最終光学素子との間の空間に、フォトレジスト層の屈折率に近い屈折率を有する液体が充填されている。これにより、ウェハ側から見た投影光学系の有効開口数が増加し、解像度を向上させることができる。

40

近年の半導体素子の生産は少品種大量生産型から多品種少量生産型へとシフトしており、あらゆるウェハプロセス（材質・膜厚・線幅など、以下プロセス）に対して精度良くアライメントできる露光装置が求められている。その為に各プロセス毎に最もコントラストの高いアライメント条件（照明光の波長域、照明光の NA 、検出光の NA 、アライメントマークの種類など）を調べ、プロセスごとにアライメント条件を変更する必要がある。

【0004】

従来例のウェハアライメントのシーケンスでは、アライメントマークの位置を高倍率で計測する精密なファインアライメントの前に、比較的精度の低いアライメントであるブ

50

リアライメントを行っていた。プリアライメントは、ファインアライメントに使うファインアライメント用マークよりも大きなプリアライメント用マークを低倍率で計測し、アライメントマークをファインアライメントが可能となる計測範囲に追い込む計測である。このプリアライメントにより、ファインアライメントの前にウェハの大まかな位置合わせを行う。ファインアライメント用センサは高倍率であるために視野を広く取ることが難しく、ウェハ搬送後すぐに小さなファインアライメント用マークをファインアライメントすることは、ファインアライメント用センサの視野が狭いために難しい。そこでウェハ搬送後には、比較的 low 倍率で広い視野を有するプリアライメントによりウェハの大まかな位置合わせを行う。その後、より小さなファインアライメント用マークを正確かつ精密な計測ができるファインアライメントすることにより、ウェハの位置合わせを精度的・速度的に有利に行うことができる。

10

つまり、ウェハのアライメントシーケンスでは低倍率でのプリアライメントを行い、ウェハのおおまかな位置合わせを行った後にファインアライメントを行う。しかし、このファインアライメントには精度が要求されるため、最もコントラストが得られるアライメント条件で計測することが要求される。そこで特許文献 1 の従来例においては、アライメント条件を変えてウェハのファインアライメントを行い、ファインアライメントの最もコントラストの高いアライメント条件を調べるシーケンスが必要であった。このシーケンスは、ウェハのファインアライメントを行う前にファインアライメントでのアライメント条件を決定するために必要であった。

また、特許文献 1 にては、レチクルを短時間で精度よくアライメントできる EUV 露光方法及び EUV 露光装置が提案されている。

20

【特許文献 1】特開 2005 - 32889 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来例におけるコントラストの高いアライメント条件を調べるために全てのアライメント条件でファインアライメントを行う先行確認計測のシーケンスの時間が露光装置の高スループット化の妨げとなっていた。特に近年の多品種少量生産型の半導体素子の製造では先行確認計測を行うプロセスの種類が増えているため、この先行確認計測の時間の短縮が露光装置の高スループット化において重要な課題となっていた。

30

また、従来例のコントラストのみに着目したアライメント条件決定の手法では、ファインアライメントの検出信号のコントラストは高いものの検出信号の傾きが大きく、ウェハ間での計測精度が安定しないという課題があった。

また、本発明を利用すると、ウェハのファインアライメントを行う前に行うプリアライメントの情報から、ファインアライメント計測での検出信号の傾きが小さく、ウェハ間でより安定した信号を選択することが可能となる。

そこで、本発明は、原版または基板のファインアライメントでの先行確認計測が不要で高スループットなアライメント検出系およびそのアライメント検出系を有する露光装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための本発明のアライメント検出系は、被検物体への照明光を照射する照明光学系と、前記被検物体から反射される反射光を集光して、前記被検物体の第 1 の結像倍率の像を形成する第 1 の光学系、前記第 1 の結像倍率よりも高い前記被検物体の第 2 の結像倍率の像を形成する第 2 の光学系、前記第 1 の光学系と前記第 2 の光学系とを切替える切替え手段、前記第 1 の結像倍率の像を光電変換する第 1 の像検出手段および前記第 2 の結像倍率の像を光電変換する第 2 の像検出手段から成る結像光学系と、を有し、前記第 1 の結像倍率の像の視野での第 1 の計測の情報を基に前記第 2 の結像倍率の像の視野での第 2 の計測を行うことを特徴とする。

50

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、原版または基板のファインアライメントでの先行確認計測が不要で高スループットである。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 8 】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施例を説明する。

まず、図 1 を参照して、本実施例の露光装置を説明する。

ウェハステージ 4 は基板であるウェハ 3 を支持するステージである。レチクルステージ 2 は原版であるレチクル 1 を支持するステージである。照明光学系 5 は、レチクルステージ 2 に支持されているレチクル 1 を露光光で照明する光学系である。投影光学系 6 は、露光光で照明されたレチクル 1 のレチクルパターン像をウェハステージ 4 に支持されたウェハ 3 に投影露光する光学系である。制御装置（不図示）は、露光装置全体の動作を統括制御する装置である。入力器 60 は、プロセスの構成と情報を入力し、測定器 61 は、ウェハ 3 のプロセス情報を測定し、計算機 62 は、プロセスの構成や情報を基にアライメントシミュレーションを行う。

【 0 0 0 9 】

本実施例の露光装置として、レチクル 1 とウェハ 3 とを走査方向に互いに同期移動しつつレチクル 1 に形成されたレチクルパターンをウェハ 3 に露光する走査型露光装置（スキヤニングステッパ）を説明する。

本実施例は、レチクル 1 を固定しレチクルパターンをウェハ 3 に露光するタイプの露光装置（ステッパ）にも適用することができる。

以下の説明において、投影光学系 6 の光軸と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でレチクル 1 とウェハ 3 との同期移動方向（走査方向）を Y 軸方向、Z 軸方向及び Y 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を X 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわり方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。

レチクル 1 上の所定の照明領域は照明光学系 5 により均一な照度分布の露光光で照明される。照明光学系 5 から射出される露光光としては、これまで主流だった水銀ランプに代わって、KrF エキシマレーザが用いられるようになり、さらに短波長の ArF エキシマレーザや F2 レーザの実用化が進められている。今後は、より微細な半導体素子等を製造するために、露光光として波長が数 nm ~ 百 nm の極端紫外光（Extreme Ultra Violet : EUV 光）を使用した露光装置の開発も行われつつある。

【 0 0 1 0 】

レチクルステージ 2 は、レチクル 1 を支持するステージで、投影光学系 6 の光軸に垂直な平面内、すなわち XY 平面内で 2 次元移動可能及び θZ 方向に微小回転可能である。レチクルステージ 2 は、最低 1 軸駆動であるが、6 軸駆動でもよく、リニアモータ等のレチクルステージ駆動装置（不図示）により駆動され、レチクルステージ駆動装置（不図示）は制御装置（不図示）により制御される。レチクルステージ 2 上にはレチクルステージ上ミラー 7 が設けられ、ミラー 7 に対向する位置にはレチクルステージ上ミラー計測用 XY 方向用レーザ干渉計 9 が設けられている。レチクルステージ 2 上のレチクル 1 の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 9 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置（不図示）に出力される。制御装置（不図示）はレーザ干渉計 9 の計測結果に基づいてレチクルステージ駆動装置（不図示）を駆動することでレチクルステージ 2 に支持されているレチクル 1 の位置決めを行う。

投影光学系 6 は、レチクル 1 のレチクルパターンを所定の投影倍率 β でウェハ 3 に投影露光する光学系で、複数の光学素子により構成される。本実施例において投影光学系 6 は、投影倍率 β が、例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小投影光学系である。

【 0 0 1 1 】

ウェハステージ 4 は、ウェハ 3 を支持するステージで、ウェハ 3 をウェハチャックを通して保持する Z ステージと、Z ステージを支持する XY ステージと、XY ステージを支持するベースとを備えている。ウェハステージ 4 は、リニアモータ等のウェハステージ駆動

装置（不図示）により駆動され、ウェハステージ駆動装置（不図示）は制御装置（不図示）により制御される。

ウェハステージ４上には、ウェハステージ４と共に移動するウェハステージ上ミラー８が設けられ、ミラー８に対向する位置にはウェハステージ上ミラー計測用ＸＹ方向用レーザ干渉計１０とウェハステージ上ミラー計測用Ｚ方向用レーザ干渉計１２が設けられる。ウェハステージ４のＸＹ方向の位置、及び θ Ｚはレーザ干渉計１０によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置（不図示）に出力される。ウェハステージ４のＺ方向の位置、及び θ Ｘ、 θ Ｙについてはレーザ干渉計１２によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置（不図示）に出力される。レーザ干渉計１０、１２の計測結果に基づいてウェハステージ駆動装置（不図示）によりＸＹＺステージであるウェハステージ４を駆動してウェハ３のＸＹＺ方向における位置を調整し、ウェハステージ４に支持されているウェハ３の位置決めを行う。

10

レチクルステージ２の近傍には、レチクルアライメント検出系１３が設けられている。レチクルアライメント検出系１３は、レチクルステージ２上に配置されるレチクル１上のレチクル基準マーク（不図示）と投影光学系６を通して、ウェハステージ４上のステージ基準プレート１１にある図２に示されるレチクルアライメント検出系用基準マーク１７を検出する。ウェハ３のショット領域３ｄを露光する光源と同一の光源を用い、投影光学系６を通してレチクル１上のレチクル基準マーク（不図示）と図２に示されるレチクルアライメント検出系用基準マーク１７を照射し、レチクルアライメント検出系１３は、その反射光を検出するＣＣＤカメラなどの光電変換素子を搭載する。この光電変換素子の信号を基にレチクル１とウェハ３の位置合わせを行う。この時、レチクル１上のレチクル基準マーク（不図示）とステージ基準プレート１１上のレチクルアライメント検出系用基準マーク１７の位置およびフォーカスを合わせて、レチクル１とウェハ３の相対位置関係（Ｘ，Ｙ，Ｚ）を合わせる。

20

【００１２】

レチクルアライメント検出系１３により検出するレチクルアライメント検出系用基準マーク１７は反射型のマークでもよく、透過型レチクルアライメント検出系１４を用いて透過型のレチクルアライメント検出系用基準マーク１７を検出することもできる。

ウェハ３のショット領域３ｄを露光する光源と同一の光源と照明光学系５を用い、レチクル１上のレチクル基準マーク（不図示）と投影光学系６を通してレチクルアライメント検出系用基準マーク１７を照射し、透過型レチクルアライメント検出系１４に搭載された光量センサで、その透過光を検出する。この時、ウェハステージ４をＸ方向（もしくはＹ方向）およびＺ方向に駆動させながら透過光の光量を測定し、レチクル１上のレチクル基準マーク（不図示）とレチクルアライメント検出系用基準マーク１７の位置およびフォーカスを合わせることができる。

30

以上のようにレチクルアライメント検出系１３あるいは透過型レチクルアライメント検出系１４のどちらを用いても、レチクル１とウェハ３の相対位置関係（Ｘ，Ｙ，Ｚ）を合わせることができる。

図２に示されるウェハステージ４の１つのコーナーにあるステージ基準プレート１１は、ウェハ３の表面とほぼ同じ高さに設置される。ステージ基準プレート１１は、ウェハアライメント検出系１６が検出するウェハアライメント検出形用基準マーク１８と、レチクルアライメント検出系１３または透過型レチクルアライメント検出系１４が検出するレチクルアライメント検出系用基準マーク１７とを備える。ステージ基準プレート１１は、ウェハステージ４の複数のコーナーに配置されていてもよく、１つのステージ基準プレート１１が複数のレチクルアライメント検出系用基準マーク１７、ウェハアライメント検出系用基準マーク１８を含んでもよい。レチクルアライメント検出系用基準マーク１７とウェハアライメント検出系用基準マーク１８との位置関係（ＸＹ方向）は既知であるとする。なお、ウェハアライメント検出系用基準マーク１８とレチクルアライメント検出系用基準マーク１７は共通のマークであってもよい。

40

フォーカス検出系１５は、検出光１５ａをウェハ３表面に投射する投射系１５ｂ、その

50

ウェハ 3 からの反射光 15 c を受光する受光系 15 d を備え、フォーカス検出系 15 の検出結果は制御装置（不図示）に出力される。制御装置（不図示）は、フォーカス検出系 15 の検出結果に基づいて Z ステージであるウェハステージ 4 を駆動し、ウェハステージ 4 に保持されているウェハ 3 の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）及び傾斜角を調整する。

【0013】

図 1、図 3 に示される本実施例 1 のウェハアライメント検出系 16 は、検出光 20 a をウェハ 3 上のウェハアライメントマーク 19 あるいは図 2 に示されるステージ基準プレート 11 上のウェハアライメント検出系用基準マーク 18 に投射する投射系である照明光学系 120 を有する。照明光学系 120 は、被検物体であるウェハ 3 への照明光 20 c を照

10

射する光学系である。ウェハアライメント検出系 16 は、さらに、結像光学系を有する。この結像光学系は、被検物体であるウェハ 3 から反射される反射光 19 a を集光して、ウェハ 3 の第 1 の結像倍率の像を形成する第 1 の光学系である低倍用光学系 36 および前記第 1 の結像倍率よりも高いウェハ 3 の第 2 の結像倍率の像を形成する第 2 の光学系である高倍用光学系 37 を有する。結像光学系は、さらに、

、低倍用光学系 36 と高倍用光学系 37 とを切替える切替え手段である切換えミラー 28、35、前記第 1 の結像倍率の像を光電変換する第 1 の像検出手段である CCD カメラ等の低倍用光電変換素子 31 および前記第 2 の結像倍率の像を光電変換する第 2 の像検出手段である CCD カメラ等の高倍用光電変換素子 34 を有する。ウェハアライメント検出系 16 は、第 1 の結像倍率の像の視野での第 1 の計測の情報を基に第 2 の結像倍率の像の視野での第 2 の計測を行う。

20

低倍用光学系 36、高倍用光学系 37 は、ウェハアライメント検出系用基準マーク 18、ウェハアライメントマーク 19 からの反射光 19 a を受光する受光系で、ウェハアライメント検出系 16 の検出結果は制御装置（不図示）に出力される。制御装置（不図示）は、ウェハアライメント検出系 16 の検出結果に基づいてウェハステージ 4 を X Y 方向に駆動することで、ウェハステージ 4 に保持されるウェハ 3 の X Y 方向における位置を調整する。

本実施例 1 は、半導体露光装置あるいは液晶露光装置内に搭載されるウェハアライメント検出系 16 のみならず、レチクルアライメント検出系 13 に対しても適用することができる。

30

【0014】

次に、図 3 を参照して、本実施例 1 において、プリアライメント時の画像データを用いてファインアライメントでの高コントラストなアライメント条件、あるいは、ファインアライメント計測で傾きの小さい検出信号を選択するアライメント計測手法について説明する。

ウェハアライメント検出系 16 としては、大きく 2 つの構成が提案、使用され、1 つは投影光学系 6 を介さず個別に構成され、ウェハ 3 上のアライメントマークを光学的に検出するオフアクシスアライメント検出系（Off-axis AA、以下 OA 検出系）である。

もう 1 つは特に i 線露光装置でのアライメント方式として TTL-AA（Through the Lens アライメント）方式と呼ばれる投影光学系 6 を介して非露光光のアライメント波長を用いてウェハ 3 上のアライメントマークを検出する方法がある。

40

本実施例 1 では、OA 検出系のウェハアライメント検出系 16 を用いて説明するが、OA 検出系のウェハアライメント検出系に限定されるものではない。

ファイバ等のウェハアライメント検出系用照明光源 20 から導光された光は第一リレー光学系 38、波長フィルタ板 39、第二リレー光学系 40 を通り、ウェハアライメント検出系 16 の瞳面（物体面に対する光学的なフーリエ変換面）に当たる位置の開口絞り 41 に到達する。このとき開口絞り 41 でのビーム径はウェハアライメント検出系用照明光源 20 でのビーム径よりも十分に小さいものとなる。波長フィルタ板 39 には透過波長帯の異なるフィルタが複数種挿入されており、制御装置（不図示）からの命令でフィルタの切

50

換を行う。開口絞り 41 は、照明 σ の異なる絞りを複数種有し、制御装置（不図示）からの命令で絞りの切換を行い、照明 σ を変更することで照明 NA を切り替えることができる。

【0015】

開口絞り 41 まで到達した光 20c は、第一照明光学系 21、第二照明光学系 23 を通って偏光ビームスプリッター 24 に導かれる。

波長切換手段である波長フィルタ板 39 は、照明光学系 120 から照射される照明光 20c の波長域を切り替え、第 1 の計測の情報を基に第 2 の計測の照明光 20c の波長域を決定する。

照明 NA 切換手段である開口絞り 41 は、照明 σ の異なる絞りを切り替えることで照明光学系 120 から照射される照明光 20c の NA を切り替え、第 1 の計測の情報を基に第 2 の計測の照明光 20c の NA を決定する。

検出 NA 切換手段である NA 絞り 22 は、被検物体であるウェハ 3 に照射される検出光 20a の NA を切り替え、第 1 の計測の情報を基に第 2 の計測の検出光 20a の NA を決定する。NA 絞り 22 は絞り量を変えることで NA を変え、NA 絞り 22 の絞り量は制御装置（不図示）からの命令で変更する。

偏光ビームスプリッター 24 により反射された紙面に垂直な S 偏光光は、NA 絞り 22 を通り $\lambda/4$ 板 25 を透過して円偏光に変換され、対物レンズ 26 を通って検出光 20a として、ウェハ 3 上に形成されたウェハアライメントマーク 19 をケーラー照明する。

ウェハアライメントマーク 19 から発生した反射光 19a、回折光、散乱光は、再度、対物レンズ 26 を通り $\lambda/4$ 板 25 を通って P 偏光に変換され、NA 切換 22、偏光ビームスプリッター 24 を透過し、リレーレンズ 27 を透過する。ここでウェハアライメント検出系 16 が低倍率でウェハ 3 を計測するとき、すなわち、プリアライメント時に、反射光 19a は切換ミラー 28 で反射され低倍用光学系 36 に導かれる。切換ミラー 28 で反射された光線は、低倍用第一結像光学系 29、低倍用第二結像光学系 30 によって、ウェハアライメントマーク 19 の像を CCD カメラ等の低倍用光電変換素子 31 上に形成する。

ウェハアライメント検出系 16 が、ウェハ 3 を高倍率で計測するとき、すなわち、ファインアライメント時には、切換ミラー 28 を切換ミラー 35 のように光路から外れた位置に動かすことで、リレーレンズ 27 を透過した光線が高倍用光学系 37 に導かれるようにする。リレーレンズ 27 を透過した光線は、高倍用第一結像光学系 32、高倍用第二結像光学系 33 によって、ウェハアライメントマーク 19 の像を CCD カメラ等の高倍用光電変換素子 34 上に形成する。

【0016】

通常、上記の本実施例 1 のウェハアライメント検出系 16 により、ウェハ 3 上のウェハアライメントマーク 19 を観察、位置検出する場合、ウェハアライメントマーク 19 上部に塗布または形成された透明層のため、単色光では干渉縞が発生する。そのため、アライメント信号に干渉縞の信号が加算された状態で検出され、高精度に検出できなくなる。従って、ウェハアライメント検出系 16 の照明光源 20 としては、広帯域の波長を持つものが使用され、干渉縞の少ない信号として検出する。

ウェハ 3 上のウェハアライメントマーク 19 を精度良く検出するためには、ウェハアライメントマーク 19 の像が明確に検出されなければならない。すなわち、ウェハアライメント検出系 16 のピントがウェハアライメントマーク 19 に合っていないなければならない。そのため、不図示の AF 検出系が構成されており、その検出結果に基づいて、ウェハアライメントマーク 19 をウェハアライメント検出系 16 のベストフォーカス面に駆動して、ウェハアライメントマーク 19 の検出を行う。

なお、TTL-AA 方式のウェハアライメント検出系の場合には、OA 方式の検出系を投影光学系 6 を介して、ウェハ 3 上を観察する構成をしている点が異なる。

【0017】

従来例のアライメントシーケンスでは、図 4 に示されるプリアライメント用マーク T を

10

20

30

40

50

低倍用光学系 36 で観察し、おおまかな位置合わせを行った後に、ファインアライメントのための先行確認計測を行っていた。さらに、ファインアライメントにとって最もコントラストの高いアライメント条件を決めた後に、ファインアライメントを行いウェハの精密な位置合わせを行っていた。このプリアライメントでは照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA などの照明条件を切り替えてプリアライメント用マーク T を計測し、最もコントラストの高いアライメント条件でプリアライメントを行っていた。ファインアライメントのアライメント条件を決める先行確認計測では、図 4 に示される mark1、mark2、mark3、mark4 に示される各々のファインアライメントマークを照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA などの照明条件を切り替えてファインアライメントし、最もコントラストの高いアライメント条件（マークも含む）を決めていた。例えば、図 4 に示されるファインアライメント計測用アライメントマーク mark1、mark2、mark3、mark4 の先行確認計測の結果が、図 5 に示されるようになったとすると、最もコントラストの高いアライメント条件としてマーク種 mark2 と照明条件 2 の組み合わせが選ばれる。次に行われるウェハのファインアライメントでは、先行確認計測で最もコントラストが高かった上記のアライメント条件であるマーク種 mark2 および照明条件 2 で行われる。

10

【0018】

上記の従来例のアライメント計測シーケンスが図 6 のフローチャートに示される。

まず、ウェハのおおまかな位置合わせを行うために、プリアライメント用マークでウェハ 3 のプリアライメントを本実施例 1 のウェハアライメント検出系 16 を構成する低倍用光学系 36 で行う。プリアライメントマークをプリアライメントし（ステップ 101）、コントラストを計算し（ステップ 102）、このシーケンスをアライメント条件（照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA）分繰り返す。ステップ 101 とステップ 102 をアライメント条件分繰り返すことで、プリアライメントにとって最もコントラストの高いプリアライメント条件を求める（ステップ 103）。プリアライメントにとって最もコントラストの高いプリアライメント条件を求め、この条件を使ってプリアライメント計測をし、ウェハのおおまかな位置合わせを行う（ステップ 104）。プリアライメントでウェハのおおまかな位置合わせを行った後、精密なファインアライメントを本実施例 1 のウェハアライメント検出系 16 を構成する高倍用光学系 37 で行うためのアライメント条件決定のため、ウェハの先行確認計測を行う（ステップ 105）。先行確認計測はまず、あるアライメントマークをある照明条件（照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA）で計測し、その計測データからコントラスト計算を行う（ステップ 106）。次に、アライメントマーク若しくは照明条件（照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA）を変えて、再度ファインアライメントでの先行確認計測を行い、コントラストを求める（ステップ 105、ステップ 106）。これをアライメントマークや照明条件といった全アライメント条件で行い、図 5 に示される全てのアライメント条件でのコントラスト表を作る。全アライメント条件の中で最もコントラストの高いアライメント条件を求め（ステップ 107）、このアライメント条件でウェハのファインアライメント計測を行う（ステップ 108）。

20

30

上述の実施例では、アライメントマーク種を 4 種、アライメント条件を 5 つとしたが、より良いアライメント条件を求めるためには、アライメントマークの種類およびアライメント条件ともに多い方が良い。しかし、従来例ではアライメント条件が増えれば増えるほど、ファインアライメント前の先行確認計測の時間が増えるので、露光装置のスループットが劣化した。

40

【0019】

本実施例 1 では、第 1 の計測において第 1 計測用マークであるプリアライメント用マーク T を計測する視野内である図 7 に示される低倍画像領域 100 内に第 2 の計測の照明光 20c の波長域、照明光 20c の NA および検出光 20a の NA の 1 つ以上を決定するための第 2 計測条件決定用マークであるファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を入れる。さらに、第 1 の計測において第 2 計測条件決定用マークであるファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を計測し、計測結果から第 2 の計測

50

の照明光 20c の波長域、照明光 20c の NA および検出光 20a の NA の 1 つ以上を決定する。ここで、第 1 計測用マークであるプリアライメント用マーク T と、第 2 計測条件決定マークであるファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 とは異なる。

すなわち、図 7 に示される低倍画像領域 100 内に構成されたプリアライメント用マーク T とファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を同時に、プリアライメント検出系で測定することで、プリアライメント計測時にファインアライメント計測において最もコントラストが高い照明条件を決定することができる。

本実施例 1 でのアライメントシーケンスでは、低倍用光学系 36 で図 7 に示すようなプリアライメント用マーク T を計測し、おおまかな位置合わせをすると同時に、低倍画像領域 100 内に存在するファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 のコントラスト計測ができる。従来例は図 4 に示したようにプリアライメント用マーク T を測定した後に、ファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を順に測定していたシーケンスであった。しかし、本実施例 1 においてはプリアライメント用マーク T とファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を同時に計測する。OA 検出系の照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA などの照明条件を変えて、低倍画像領域 100 内の全てのアライメントマークを計測し、これらの条件の中で最もコントラストの高いアライメント条件を決定する。すなわち、第 1 の計測は、複数の照明光 20c の波長域、複数の照明光 20c の NA および複数の検出光 20a の NA のいずれか 1 以上で計測する。

図 7 に示されるファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 をプリアライメント計測した結果が、図 8 に示されるが、最もコントラストの高いアライメント条件としてマーク種 mark2 および照明条件 2 の組み合わせが選ばれる。このアライメント条件でウェハ 3 のファインアライメントが行われる。

【0020】

上述の本実施例 1 におけるアライメント計測シーケンスのフローチャートを図 9 に示す。

まずウェハ 3 のおおまかな位置合わせを行うために、プリアライメント用マークでウェハのプリアライメントを行う。プリアライメントマークをプリアライメント計測し（ステップ 201）コントラストを求め（ステップ 202）、このシーケンスをアライメント条件（照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA）分繰り返す。ステップ 201 とステップ 202 をアライメント条件分繰り返すことで、プリアライメントにとって最もコントラストの高いプリアライメント条件を求める（ステップ 203）。ステップ 201 のプリアライメントマーク計測時に、図 7 に示される低倍画像領域の視野内にファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 を入れておくことで、同時にファインアライメントにとって最もコントラストの高いファインアライメント条件を求めることもできる（ステップ 203）。ステップ 203 でプリアライメントにとって最もコントラストの高いプリアライメント条件が求められるので、この条件を使ってプリアライメント計測をし、ウェハ 3 のおおまかな位置合わせを行う（ステップ 204）。ステップ 204 でウェハ 3 のおおまかな位置合わせが終わったら、ステップ 203 で求めたファインアライメントにとって最もコントラストの高いファインアライメント条件でウェハ 3 のファインアライメントを行う（ステップ 205）。

【0021】

図 9 に示したような本実施例 1 によるアライメント計測シーケンスによると、図 6 に示される従来例の計測シーケンスと比べて、ファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 をアライメント条件分だけ先行確認計測する必要がなくなる。このため、より短時間でファインアライメント計測の条件を決定することができ、露光装置のスループットが向上する。

また上述の説明ではプリアライメント計測時に測定したファインアライメント用マーク mark1、mark2、mark3、mark4 のコントラスト評価によって、ファインアライメント計測の

条件の決定を行ったが、プリアライメント計測時に測定したファインアライメント用マークmark1、mark2、mark3、mark4の画像の評価によって、ファインアライメント計測の条件の決定を行っても良い。通常のプロセスウェハではウェハには様々なプロセスが積まれ、多層膜構造となっている。アライメントマークは多層のプロセスの下にある時もあり、アライメント検出信号はマーク上層のプロセスの影響を受ける場合もある。アライメントマーク上層のプロセスが均一に分布していれば問題はないが、マークの付近でプロセスが傾斜を持つと、アライメント検出信号もプロセスの傾斜の影響で傾いてしまう。

【0022】

図20は、プロセスの傾斜の影響を受けたアライメントマークmark1と、マーク上層のプロセスが均一なアライメントマークmark2でのプリアライメント計測時の画像と、それぞれのマークでのファインアライメント波形を示した図である。

10

プロセスの傾斜の影響を受けたアライメントマークmark1ではファインアライメント波形も傾いており、プロセスが均一なアライメントマークmark2ではファインアライメント波形に傾きは見られない。

この場合、mark1の方がmark2よりもプロセスの傾斜の影響を受け易いマークであり、ファインアライメント計測ではmark2を使う方が好適である。

本実施例1のプリアライメント時の画像データを利用してファインアライメント計測のアライメント条件を求める手法では、プリアライメント画像からプロセスの傾斜の影響が最も少ないアライメントマークを求め、前記マークでファインアライメント計測を行うことができる。

20

【0023】

図21は、図20に示したファインアライメント用マークmark1、mark2のプリアライメント画像でのマーク近傍のプリアライメントでの検出強度を示したものである。

図21に示される各々のグラフはプリアライメント画像を線63部分で見たときの検出強度を示したもので、同じサンプル領域に対してmark1ではmark2よりも検出強度の傾斜の割合： $(\max - \min) / (\max + \min)$ が大きい。この場合、mark1はmark2に比べてファインアライメント波形の傾きも大きいため、ファインアライメント計測ではmark2を使うことが好適である。

上述の説明では、プロセスの傾斜の影響を受け難いアライメントマークについて説明したが、本実施例はアライメントマークの選択のみに限らない。照明光の波長域、照明光のNA、検出光のNAに対しても同様の処理は可能であり、本実施例によれば、プロセスの傾斜の影響を受け難いアライメント条件を求めることができる。

30

上記のように本実施例1によれば、プリアライメントの後に行っていたファインアライメントでの先行確認計測を行う必要がない。さらに、プリアライメントの情報を基に、ファインアライメントで最もコントラストが得られるアライメント条件を決定することが出来、露光装置のスループットが向上する。

さらに、プリアライメント時の画像データから最もプロセスの傾斜の影響を受けないアライメント条件を決定することもできる。プリアライメントでの計測データを基に、ファインアライメントで傾きの小さい検出信号を選択できるため、ウェハ間でより安定した信号を選択し、より高精度なアライメントを達成できる。

40

【0024】

次に、本発明の実施例2であるプリアライメント時に取得したプロセス情報を利用したシミュレーションにより、ファインアライメントでの高コントラストなアライメント条件を求めるアライメント計測手法について説明する。

図10に示されるウェハ3上にアライメントマークと複数種のレジスト3aが構成されているプロセスをアライメントする場合を説明する。

従来例は図10のようなレジスト3aが塗布されたウェハ3をアライメントする前に照明光の波長域、照明光のNA、検出光のNAなどのアライメント条件を変えてウェハ3の先行確認計測を行うことで、このプロセスにとって最も高コントラストなアライメント条件を求めてからアライメントを開始していた。

50

本実施例 2 では、図 10 に示される複雑なプロセスをアライメントする際には、露光装置に備え付けられている入力器 60 に前記プロセス構成を入力する。

測定手段である測定器 61 は、被検物体であるウェハ 3 の膜厚および屈折率を測定する。計算手段である計算機 62 は、測定されたウェハ 3 の膜厚および屈折率および入力されたウェハ 3 の構成情報を基に反射率および検出信号の計算を行う。さらに、本実施例 2 では、計算機 62 で計算された反射率および検出信号に基づいて照明光 20c の波長域、照明光 20c の NA および検出光 20a の NA の 1 つ以上を決定する。フォーカス検出系 15 は、ウェハ 3 の高さ情報を測定し、フォーカス検出系 15 で測定された高さ情報を、さらに加えて前記計算を行い、アライメント検出系 16 での第 1 の計測および第 2 の計測の前記照明光 20c の波長域、照明光 20c の NA および検出光 20a の NA の 1 つ以上を決定する。

10

露光装置に備え付けられた計算機 62 は入力器 60 に入力された前記プロセス構成と測定器 61 で測定された前記プロセスのプロセス情報とフォーカス検出系 15 で測定されたプロセスの表面形状情報に基づいて、前記プロセスの反射率計算を行う。

反射率計算とは図 10 に示されるウェハ 3 のマーク 3b の反射率 A とマーク 3b が無い部分の反射率 B をシミュレーションにより求めることで、この反射率 A と反射率 B の差分が前記プロセスのコントラストとなる。

フォーカス検出系 15 は、ウェハ 3 の搬送時若しくはウェハ 3 のプリアライメント時にウェハ表面層 42 の凹凸情報を測定することで、プロセスの表面形状についての詳細な情報を得る。図 10 に示したようなプロセスウェハのウェハ表面層 42 は図 10 に示される完全に平坦ではなく、実際には凹凸形状を持っている。このようなウェハ 3 を図 10 に示したようにウェハ表面層 42 が平坦なものとしてシミュレーションすると、ウェハ表面層 42 に存在する凹凸が原因でシミュレーションの正確性を欠く。そこで、フォーカス検出系 15 で計測されるプロセスの表面形状を用いてシミュレーションを行うことで、前記プロセスのシミュレーションの精度を高める。

20

【0025】

図 11 は、図 10 のプロセスの反射率計算を行うことで求めた照明光の波長域に対するコントラスト C のグラフである。

まず、簡単に説明するために単波長とする。図 11 のグラフのコントラスト C が 0 % 以上の波長であれば波形は、図 12 に示される凸型波形 43 となり、コントラスト C が 0 % 以下の波長であれば波形は図 12 に示される凹型波形 44 となる。また同じコントラスト C が 0 % 以上の波長でも図 11 に示される波長 D と波長 F とで得られる波形は、図 12 に示される波形 43、45 のようにコントラストが異なったものとなる。つまりコントラストの高い波形を得るには図 11 に示されるコントラスト C の絶対値が大きい波長であれば良い。

30

上述のコントラスト C と波形の説明では簡単に説明するために単波長で説明したが、以下、本実施例 2 における広い波長域を持つ光源の光から最適な波長域を選択する手法について説明する。ここでは広い波長域を持つ光源 20 から光を、波長フィルタ板 39 で光源 20 が持つ波長域よりも狭い波長域の光に分割して照射する場合を説明する。波長フィルタ板 39 が持つ波長フィルタとしては、 $\lambda(G) \sim \lambda(H)$ までの波長域 G と $\lambda(H) \sim \lambda(I)$ までの波長域 H と $\lambda(I) \sim \lambda(J)$ までの波長域 I の 3 つの波長域を持つフィルタの場合を説明する。これらの 3 つの波長域から、図 10 に示されるプロセスにとってコントラストが高くプロセスのロット間バラツキの影響を受け難い波長域を選択する手順について以下に説明する。

40

図 13 は、上述と同様のプロセスのコントラスト C と波長域 G・H・I の関係を示したものであり、ここでは波長に対するコントラスト C の変化を関数 $C(\lambda)$ で表す。図 13 の斜線部分 3c に示した波長域 G におけるコントラスト C の積分値の波長平均を $I(G)$ とすると $I(G)$ は

【0026】

【数 1】

$$I(G) = \frac{\int_{\lambda(G)}^{\lambda(H)} C(\lambda) d\lambda}{\lambda(H) - \lambda(G)}$$

10

と表され、波長域 G の全波長域においてコントラスト C が 0 % 以上であることから I (G) は 0 以上となり、波長域 G で計測される波形は図 1 2 に示される波形 4 3 のような凸型波形となる。

それに対して図 1 3 の点部分に示した波長域 I におけるコントラスト C の積分値の波長平均 I (I) は

【 0 0 2 7 】

【数 2】

20

$$I(I) = \frac{\int_{\lambda(I)}^{\lambda(J)} C(\lambda) d\lambda}{\lambda(J) - \lambda(I)}$$

と表され、波長域 I の全波長域においてコントラスト C が 0 % 以下であることから I (I) は 0 以下となり、波長域 I で計測される波形は図 1 2 の波形 4 4 のような凹型波形となる。

30

また図 1 3 の横線部分に示した波長域 H でのコントラスト C の積分値の波長平均 I (H) は

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$I(H) = \frac{\int_{\lambda(H)}^{\lambda(I)} C(\lambda) d\lambda}{\lambda(I) - \lambda(H)}$$

40

で表され、波長域 H にはコントラスト C が 0 % 以上の領域と 0 % 以下の領域が混在しているが、コントラスト C が 0 % 以上の領域の積分値の方が多いため、積分値 I (H) は 0 以上となる。 I (H) > 0 より波長域 H で計測される波形は凸型波形となるが、波長域 G の積分値 I (G) と比べると I (G) > I (H) であるため、波長域 G の凸型波形と比べると波長域 H の波形のコントラストは低くなる。従って波長域 H で計測される波形は図 1 2 の波形 4 5 のように波長域 G で計測される波形と比べるとコントラストの低い波形となる。つまりコントラスト

50

の高い波形を得るには、ある波長域でのコントラストCの積分値の絶対値がより大きくなるような波長域を持つフィルタを波長フィルタ板39から選択すればよい。上記プロセスの場合だと反射率計算よりコントラストCの積分値の波長平均の絶対値の大きい、波長域Gと波長域Iが選択する波長域の候補にまずは選ばれる。

【0029】

上記説明では反射率計算により高コントラストな波長域を選択する手法について説明したが、本実施例2ではさらにロット間バラツキの影響を受け難い波長域を求めることが可能である。例えば図10に示したプロセスのレジスト部分がロット間バラツキを持つ場合を考える。図14は図10に示したプロセスのレジスト部分がロット間バラツキによって厚くなっている場合と薄くなっている場合と標準膜厚の場合での波長に対するコントラストCを示したグラフである。図14の実線47は図10のレジスト3aが標準膜厚の時、点線48はレジスト3aが標準よりも厚くなっている時、波線49はレジスト3aが標準よりも薄くなっている時の波長に対するコントラストCを示している。図14のようにレジスト3aの膜厚によって、前記プロセスの波長に対するコントラストCは変化する。

10

【0030】

図15はレジスト3aが標準よりも厚くなっている場合での波長に対するコントラストCと波長域G・H・Iの関係を示している。図15の波長に対するコントラストCを関数C48(λ)と表すと、波長域Gで得られるコントラストCの積分値の波長平均I48(G)は

【0031】

【数4】

20

$$I48(G) = \frac{\int_{\lambda(G)}^{\lambda(H)} C48(\lambda) d\lambda}{\lambda(H) - \lambda(G)}$$

30

と表される。波長域GでC48(λ)は全て0%以上で、I48(G)はレジスト3aが標準である図13のI(G)とほぼ同等の値を取り、波長域Gはレジスト3aの膜厚が厚くなってもコントラスト変化が少ない。

次に、図10のレジスト3aの膜厚が厚くなっている時に、図15に示される波長域Iで得られるコントラストCの積分値の波長平均I48(I)は

【0032】

【数5】

$$I48(I) = \frac{\int_{\lambda(I)}^{\lambda(J)} C48(\lambda) d\lambda}{\lambda(J) - \lambda(I)}$$

40

と表される。波長域IでC48(λ)は全て0%以下で、I48(I)はレジスト3aが標準である図13のI(I)よりやや小さいもののほぼ同等の値であり、波長域Iはレジスト3aの膜厚が厚くなってもコントラスト変化が比較的少ない。つまりロット間バラツキによりレジ

50

スト 3 a の膜厚が標準よりも厚くなったとしても、波長域 G と波長域 I で計測される波形のコントラストは大きく変化しない。

【 0 0 3 3 】

図 1 6 は、図 1 0 のレジスト 3 a が標準よりも薄くなっている場合での波長に対するコントラスト C と波長域 G ・ H ・ I の関係を示している。図 1 6 の波長に対するコントラスト C を関数 C 4 9 (λ) と表すと、波長域 G で得られるコントラスト C の積分値の波長平均 I 4 9 (G) は

【 0 0 3 4 】

【 数 6 】

$$I_{49}(G) = \frac{\int_{\lambda(G)}^{\lambda(H)} C_{49}(\lambda) d\lambda}{\lambda(H) - \lambda(G)}$$

10

と表される。波長域 G で C 4 9 (λ) は全て 0 % 以上で、I 4 9 (G) はレジスト 3 a が標準である図 1 3 の I (G) やレジスト 3 a の膜厚が標準よりも厚くなっている図 1 5 に示される I 4 8 (G) とほぼ同等の値であり、波長域 G はレジスト 3 a の膜厚が薄くなってもコントラスト変化が少ない。波長域 G ではレジスト 3 a の膜厚が標準膜厚でも標準から厚くなっても薄くなっても全て同程度のコントラストが得られ、波長域 G はレジスト 3 a の膜厚変化の影響を受け難い波長域である。

20

【 0 0 3 5 】

次に、図 1 0 のレジスト 3 a の膜厚が薄くなっている時に、図 1 6 に示される波長域 I で得られるコントラスト C の積分値の波長平均 I 4 9 (I) は

【 0 0 3 6 】

【 数 7 】

$$I_{49}(I) = \frac{\int_{\lambda(I)}^{\lambda(J)} C_{49}(\lambda) d\lambda}{\lambda(J) - \lambda(I)}$$

30

と表される。波長域 I で C 4 9 (λ) は全て 0 % 以下であるものの、I 4 9 (I) はレジスト 3 a が標準である図 1 3 の I (I) より小さい値となっており (I (I) > I 4 9 (I))、波長域 I はレジスト 3 a の膜厚が薄くなることで標準膜厚の時と比べてコントラストの低下が起こることになる。波長域 I では前記レジストの膜厚が標準膜厚でも標準から厚くなってもコントラストは同程度であったが、標準膜厚よりも薄い膜厚の時にはコントラストの低下が起こることが分かった。このことより、波長域 I は波長域 G と比べると前記プロセスの膜厚変化の影響を受ける波長域であると言える。

40

前記レジスト部の膜厚が変化した際のコントラストの積分値の波長平均を、各波長域ごとにグラフにしたものが図 1 7 である。5 0 は波長域 G でのコントラストの積分値の波長平均で 5 2 は波長域 H でのコントラストの積分値の波長平均 I で 5 1 は波長域 I でのコント

50

ラストの積分値の波長平均である。図 17 より前記レジスト部の膜厚が変化しても波長域 G ではコントラストはほとんど変化しないことが分かる。この結果より、標準膜厚では波長域 G と波長域 I のコントラストは同程度であったが、前記レジスト部の膜厚変化の影響を受け難い波長域 G の方が前記プロセスをアライメントする際の波長域としては良いと判断できる。よって前記プロセスをアライメントする際には波長域 G・H・I の 3 つの波長域の内、波長域 G が最も良いと判断され、制御装置は波長フィルタ板 39 の内、波長域 G を持つフィルタを選択してアライメントを開始する。

【0037】

図 18 に本実施例 2 の流れをフローチャートで示す。

まず、これから流すプロセスの構成を入力器 60 に入力する（ステップ 301）。次にウェハの搬送時にプロセスの情報が測定器 61 によって測定される（ステップ 302）。次に、ウェハ 3 がウェハステージ 4 に搭載されプリアライメント中にウェハ 3 表面の凹凸情報をフォーカス検出系 15 が検出する（ステップ 303）。このステップ 301・302・303 の順序は不問であり、順序が逆転していても良い。ステップ 301・302・303 を全て済ますと、次はステップ 301、302、303 で得たプロセスの構成やプロセスの情報を基に露光装置に備え付けられた計算機 62 がコントラストが高く、プロセスのロット間バラツキの影響を最も受け難い波長域を計算で求める（ステップ 304）。計算機 62 が前記波長域の選定を行ったら、制御装置（不図示）はステップ 304 で選定された波長域に相当する波長フィルタに変更を行う（ステップ 305）。最後にステップ 305 で変更された前記波長フィルタでアライメントを開始する（ステップ 306）。

上述のフローチャートに示したように、入力されたプロセス構成と測定されたプロセス情報を基に高コントラストな波長域を計算で求めることで、従来行っていた波長域を選択する為の先行確認計測時間を省略することが可能となる。結果、装置のスループットアップに貢献できる。さらに本実施例 2 で求められる波長域は高コントラストであるだけでなく、プロセスのロット間バラツキの影響を受け難い波長域でもあるため、本実施例 2 を有する露光装置はロット間バラツキの影響を受け難い。

【0038】

上述の本実施例 2 の説明では、複数の波長域の中から高コントラストかつロット間バラツキの影響を受け難い波長域を計算で求めることで、露光装置のスループットを向上させる手法について説明したが、本実施例 2 は波長域の選択のみに限定するものではない。アライメント照明条件としては波長域の他に照明光の NA、検出光の NA などがあるが、本実施例は照明光の波長域の選択のみならず高コントラストな照明光の NA、検出光の NA を計算で求めることも可能である。これら計算によって求められた照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA などのアライメント照明条件を基に照明光の波長域、照明光の NA、検出光の NA を選択しアライメントを開始することによって、従来例においてはアライメント照明条件の決定のために行っていた先行確認計測を省略することが可能となる。

上述までの説明では、OA 検出系での画像処理方式のアライメントシステムを用いて本実施例 2 について説明したが、本実施例 2 はもちろん画像処理方式に限定するものではなく、レーザグレーティング方式にも適用可能である。レーザグレーティング方式のアライメント検出系は通常、波長の異なる複数個のレーザを備えており、プロセスによってレーザの切換を行う手法が一般的である。従来のレーザグレーティング方式のアライメントのシーケンスでは、プロセスに対して波長の異なる複数個のレーザ全てを用いて先行確認計測を行い、最も高いコントラストが得られる波長のレーザを調べた後に前記レーザで本計測を行う、といったシーケンスが一般的であった。本実施例 2 によると、レーザグレーティング方式のアライメント検出系でも先行確認計測を行わずに、高コントラストかつロット間バラツキの影響を受け難いレーザでアライメントを開始することが可能である。

【0039】

本実施例 2 によるレーザグレーティング方式のアライメント検出系について図 19 のフローチャートを用いて以下に説明する。

まず、これから流すプロセスの構成を入力器 60 に入力する（ステップ 401）。次に

ウェハ 3 の搬送時にプロセスの情報は測定器 6 1 によって測定される (ステップ 4 0 2) 。次にはウェハ 3 がウェハステージ 4 に搭載されプリアライメント中にウェハ表面の凹凸情報をフォーカス検出系が検出する (ステップ 4 0 3) 。なおこのステップ 4 0 1、4 0 2、4 0 3 の順序は不問であり、順序が逆転していても良い。ステップ 4 0 1、4 0 2、4 0 3 を全て済ますと、次はステップ 4 0 1、4 0 2、4 0 3 で得たプロセスの構成やプロセスの情報を基に露光装置に備え付けられた計算機 6 2 がコントラストが高く、プロセスのロット間バラツキの影響を最も受け難い波長を計算で求める (ステップ 4 0 4) 。計算機 6 2 が波長の選定を行うと、制御装置 (不図示) はステップ 4 0 4 で選定された波長に相当する光源 (レーザ) に切換を行う (ステップ 4 0 5) 。最後にステップ 4 0 5 で切換られた光源 (レーザ) でアライメントを開始する (4 0 6) 。

10

上述のフローチャートに示したように、入力されたプロセス構成と測定されたプロセス情報を基に高コントラストな波長を計算で求めることで、従来例において行っていたレーザを選択するための先行確認計測を省略することが可能となる。このため、露光装置のスループットが向上する。

また上述までの説明ではロット間バラツキとして、プロセスの膜厚のみを可変パラメータとしてコントラスト変化の説明を行ったが、ロット間バラツキの可変パラメータとしてマーク部の段差やプロセスの物性値を利用することも可能である。

【0 0 4 0】

(デバイス製造方法の実施例)

デバイス (半導体集積回路素子、液晶表示素子等) は、前述のいずれかの実施例の露光装置を使用して、感光剤を塗布した基板 (ウェハ、ガラスプレート等) を露光する工程と、その基板を現像する工程と、他の周知の工程と、を経ることにより形成、製造される。他の周知の工程には、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等を含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0 0 4 1】

【図 1】本発明の実施例の露光装置の概略構成図である。

【図 2】本発明の実施例の露光装置におけるウェハとウェハアライメントマークなどの説明図である。

30

【図 3】本発明の実施例 1 のウェハアライメント検出系の構成図である。

【図 4】従来例の低倍と高倍のアライメントマークを示す図である。

【図 5】図 4 のアライメントマークを高倍で観測した結果を示した図である。

【図 6】従来例のアライメント条件決定のシーケンスを示す図である。

【図 7】本発明の実施例 1 の低倍視野内に高倍のアライメントマークも含まれている説明図である。

【図 8】本発明の実施例 1 において図 7 のアライメントマークを低倍で観測した結果を示した図である。

【図 9】本発明の実施例 1 におけるアライメント計測シーケンスのフローチャートである。

40

【図 1 0】本発明の実施例 2 におけるプロセス構成を示した断面図である。

【図 1 1】本発明の実施例 2 における波長に対するコントラスト C の変化を示したグラフである。

【図 1 2】本発明の実施例 2 における各種条件での波形を示した図である。

【図 1 3】本発明の実施例 2 における波長に対するコントラスト C の変化と波長域の関係を示したグラフである。

【図 1 4】本発明の実施例 2 におけるプロセスのレジストの膜厚が変化した時の波長に対するコントラスト C の変化を示したグラフである。

【図 1 5】本発明の実施例 2 におけるプロセスのレジストの膜厚が標準よりも厚い時の、波長に対するコントラスト C の変化を示したグラフである。

50

【図 1 6】本発明の実施例 2 におけるプロセスのレジストの膜厚が標準よりも薄い時の、

波長に対するコントラストCの変化を示したグラフである。

【図 1 7】本発明の実施例 2 における各波長域でのレジスト膜厚に対するコントラストの積分値の波長平均を示したグラフである。

【図 1 8】本発明の実施例 2 における画像処理方式のフローチャートである。

【図 1 9】本発明の実施例 2 におけるレーザグレーティング方式のフローチャートである。

【図 2 0】本発明の実施例 2 におけるプロセスの傾斜の影響を受けたアライメントマーク mark1 と、マーク上層のプロセスが均一なアライメントマーク mark2 でのプリアライメント計測時の画像と、それぞれのマークでのファインアライメント波形を示した図である。

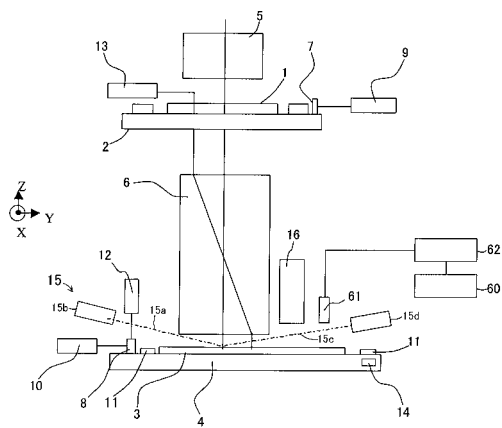
【図 2 1】図 2 0 に示したアライメントマーク mark1・mark2 のプリアライメント画像でのマーク近傍のプリアライメントでの検出強度を示した図である。

【符号の説明】

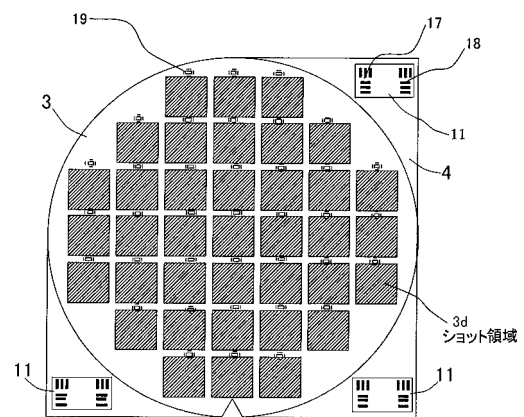
【0 0 4 2】

- | | | | | | | |
|----|------------------------------------|---------|-----------------|----|---------|----|
| 1 | レチクル | 2 | レチクルステージ | 3 | ウェハ | |
| 4 | ウェハステージ | 5 | 照明光学系 | 6 | 投影光学系 | |
| 7 | レチクルステージ上ミラー | 8 | ウェハステージ上ミラー | | | |
| 9 | レチクルステージ上ミラー計測用XY方向用レーザ干渉計 | | | | | |
| 10 | ウェハステージ上ミラー計測用XY方向用レーザ干渉計 | | | | | |
| 11 | ステージ基準プレート | | | | | |
| 12 | ウェハステージ上ミラー計測用Z方向用レーザ干渉計 | | | | | 20 |
| 13 | レチクルアライメント検出系 | | | | | |
| 14 | 透過型レチクルアライメント検出系 | | | | | |
| 15 | フォーカス検出系 | 16 | ウェハアライメント検出系 | | | |
| 17 | レチクルアライメント検出形用基準マーク | | | | | |
| 18 | ウェハアライメント検出系用基準マーク | | | | | |
| 19 | ウェハアライメントマーク | | | | | |
| 20 | ウェハアライメント検出系用照明光源 | | | | | |
| 21 | 第一照明光学系 | 22 | NA 絞り | 23 | 第二照明光学系 | |
| 24 | 偏光ビームスプリッター | 25 | $\lambda / 4$ 板 | | | |
| 26 | 対物レンズ | 27 | リレーレンズ | | | 30 |
| 28 | 切換ミラー | 29 | 低倍用第一結像光学系 | | | |
| 30 | 低倍用第二結像光学系 | 31 | 低倍用光電変換素子 | | | |
| 32 | 高倍用第一結像光学系 | 33 | 高倍用第二結像光学系 | | | |
| 34 | 高倍用光電変換素子 | 35 | 切換ミラー | | | |
| 36 | 低倍用光学系 | 37 | 高倍用光学系 | | | |
| 38 | 第一リレー光学系 | 39 | 波長フィルタ板 | | | |
| 40 | 第二リレー光学系 | 41 | 開口絞り | | | |
| 42 | プロセスの表面層 | 43 ~ 46 | 波形 | | | |
| 47 | レジスト膜厚が標準時の波長に対するコントラストCの変化 | | | | | |
| 48 | レジスト膜厚が標準時よりも厚い場合の波長に対するコントラストCの変化 | | | | | 40 |
| 49 | レジスト膜厚が標準時よりも薄い場合の波長に対するコントラストCの変化 | | | | | |
| 50 | 波長域Gでのレジスト膜厚に対するコントラストの積分値の波長平均の変化 | | | | | |
| 51 | 波長域Iでのレジスト膜厚に対するコントラストの積分値の波長平均の変化 | | | | | |
| 52 | 波長域Hでのレジスト膜厚に対するコントラストの積分値の波長平均の変化 | | | | | |
| 60 | 入力器 | 61 | 測定器 | 62 | 計算機 | |
| 63 | サンプル部分 | | | | | |
| 64 | プロセスに傾斜があるときの強度変化 | | | | | |
| 65 | プロセスに傾斜がないときの強度変化 | | | | | |

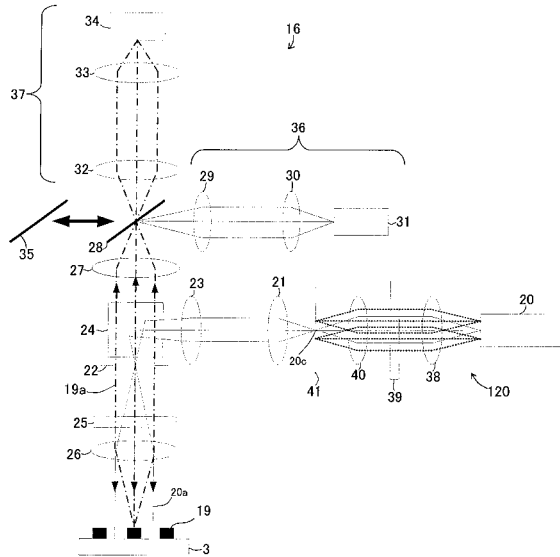
【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】



【図 5】

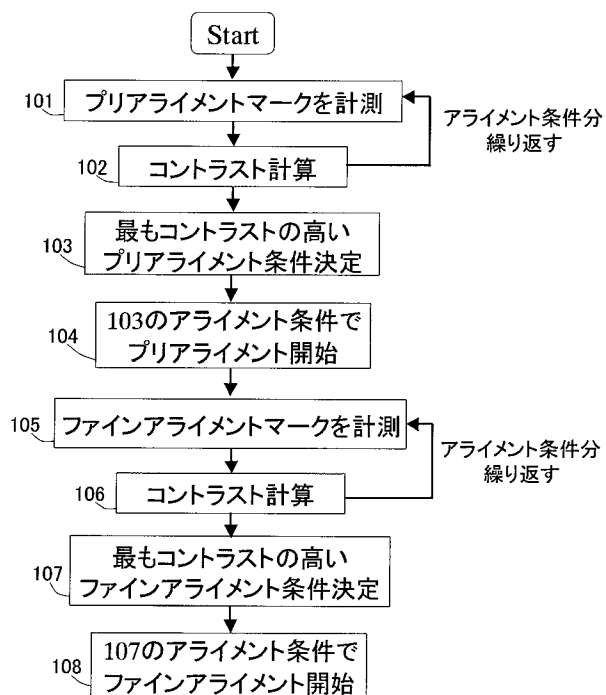
	マーク種			
	mark1	mark2	mark3	mark4
照明条件1	20	50	30	5
照明条件2	40	100	50	10
照明条件3	10	20	15	0
照明条件4	30	50	30	10
照明条件5	20	35	20	5

(数値はコントラスト値)

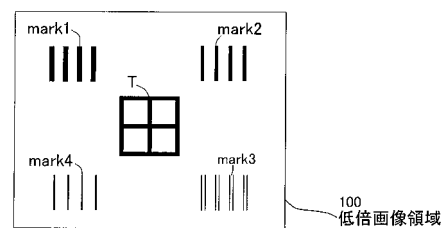
【図 4】



【図 6】



【図 7】

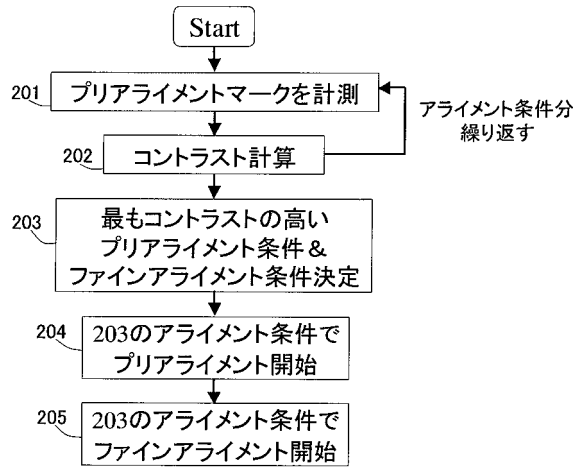


【図 8】

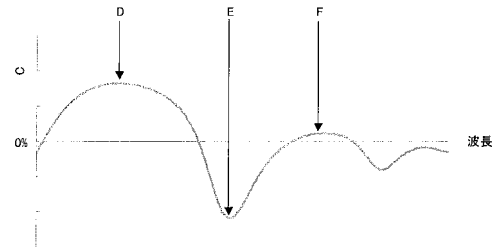
	マーク種			
	mark1	mark2	mark3	mark4
照明条件1	6	15	9	2
照明条件2	12	30	15	3
照明条件3	3	6	5	0
照明条件4	9	15	9	3
照明条件5	6	11	6	2

(数値はコントラスト値)

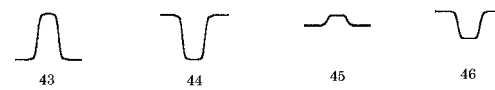
【図 9】



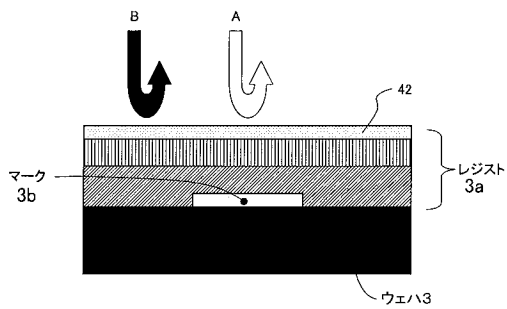
【図 1 1】



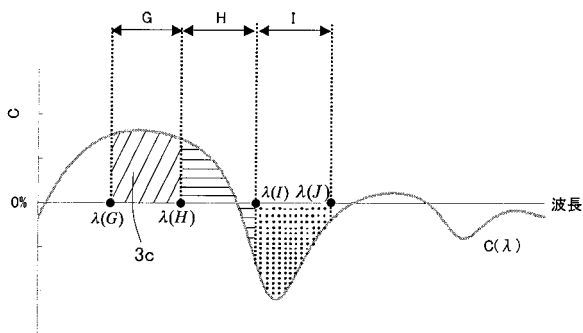
【図 1 2】



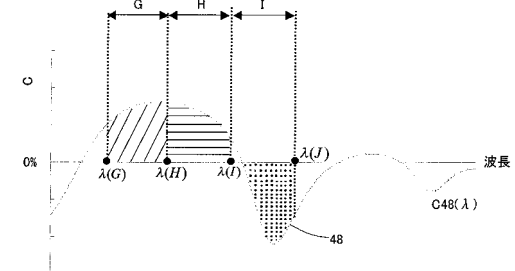
【図 1 0】



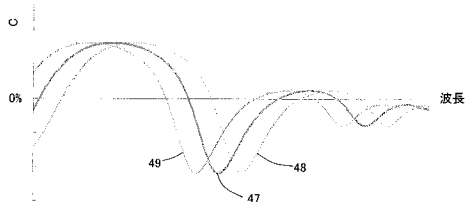
【図 1 3】



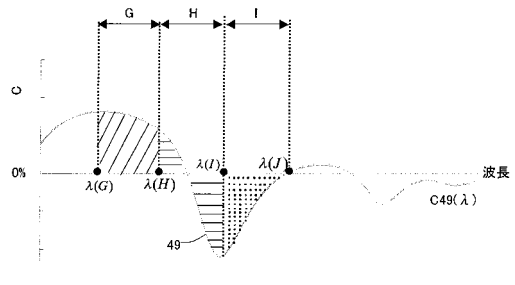
【図 1 5】



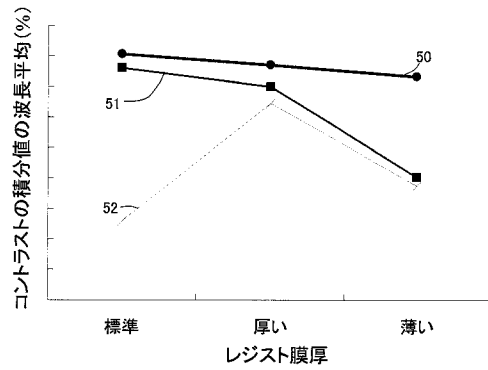
【図 1 4】



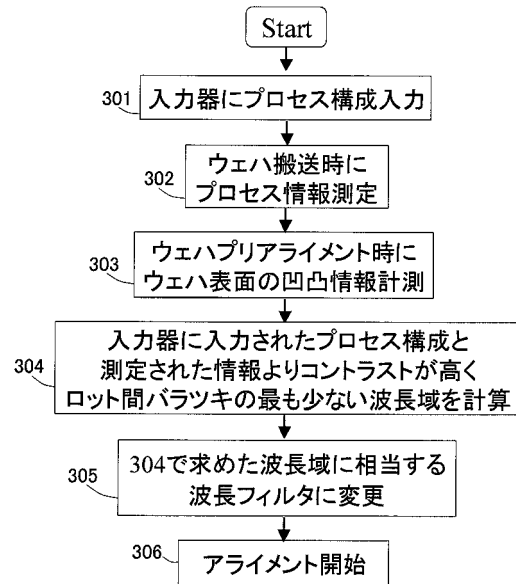
【図 1 6】



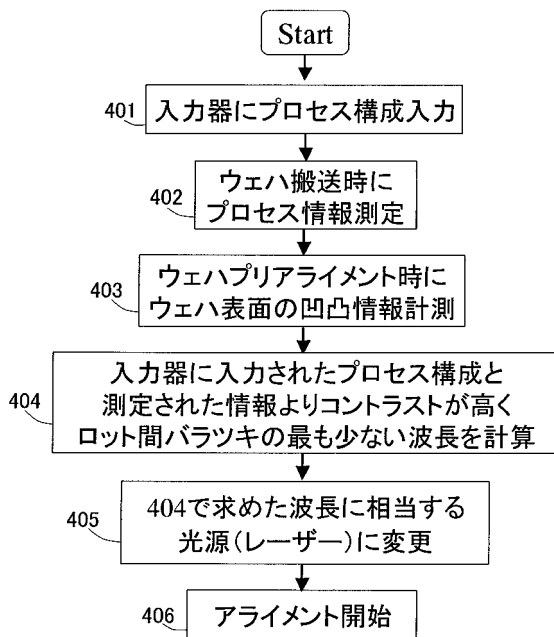
【図 17】



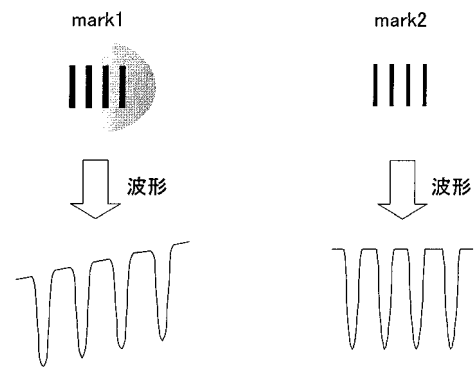
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【図 21】

