

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4250637号
(P4250637)

(45) 発行日 平成21年4月8日(2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月23日(2009.1.23)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 2 6 B
GO 3 F 9/02 (2006.01)	GO 3 F 9/02 H
GO 1 B 11/00 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 4 E
	GO 1 B 11/00 H

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-165359 (P2006-165359)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年6月14日 (2006.6.14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-335611 (P2007-335611A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成19年12月27日 (2007.12.27)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成19年10月25日 (2007.10.25)		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】 走査露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査露光装置であって、
走査方向に移動可能にレチクルを保持するステージと、
前記走査方向と前記走査方向に直交する方向とに移動可能に基板を保持するステージと、
前記レチクルを照明する照明手段と、
前記レチクルのパターンを前記基板上に投影する投影光学系と、
複数の計測マークを前記基板上に斜め方向から結像し、その像を斜め方向から再結像することにより前記基板の面位置を検出する検出手段と、
前記検出手段を用いて、前記基板上の複数の計測箇所それぞれで第1の計測を行い、前記複数の計測箇所をずらす方向における前記計測マークの幅の2分の1以下の量だけ前記複数の計測箇所をずらした状態で、ずらされた前記複数の計測箇所それぞれで第2の計測を行い、前記第1の計測および前記第2の計測における各計測マークでの計測値の変化に基づいて前記複数の計測箇所それぞれで前記複数の計測マークから有効なものを選択する制御手段と、を有し、
前記ずらす方向は、前記走査方向、または、前記面位置を検出する方向および前記走査方向の双方に垂直な方向であることを特徴とする走査露光装置。

【請求項 2】

走査露光装置であって、

走査方向に移動可能にレチクルを保持するステージと、
前記走査方向と前記走査方向に直交する方向とに移動可能に基板を保持するステージと

、
前記レチクルを照明する照明手段と、

前記レチクルのパターンを前記基板上に投影する投影光学系と、

複数の計測マークを前記基板上に斜め方向から結像し、その像を斜め方向から再結像することにより前記基板の面位置を検出する検出手段と、

前記検出手段を用いて、前記基板上の複数の計測箇所それぞれで第1の計測を行い、前記複数の計測箇所をずらす方向における前記計測マークの幅の2分の1以下の量だけ前記複数の計測箇所をずらした状態で、ずらされた前記複数の計測箇所それぞれで第2の計測を行い、前記第1の計測および前記第2の計測における各計測マークでの計測値の変化に基づいて前記複数の計測箇所のうち有効なものを選択する制御手段と、を有し、

前記ずらす方向は、前記走査方向、または、前記面位置を検出する方向および前記走査方向の双方に垂直な方向であることを特徴とする走査露光装置。

【請求項3】

前記制御手段は、前記複数の計測マークのうち前記計測値の変化が閾値を超えないものを有効なものとして選択することを特徴とする請求項1に記載の走査露光装置。

【請求項4】

前記制御手段は、前記複数の計測箇所のうち、前記計測値の変化の平均値が閾値を超えないもの、または、前記計測値の変化のばらつきが閾値を超えるものを、有効なものとして選択することを特徴とする請求項2に記載の走査露光装置。

【請求項5】

前記閾値は前記基板に対する製造プロセスによって規定されることを特徴とする請求項3または4に記載の走査露光装置。

【請求項6】

前記制御手段は、ロット内の先頭基板のサンプルショットについて、前記第1の計測および前記第2の計測を行うことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の走査露光装置。

【請求項7】

前記制御手段は、ロット内の先頭基板の全ショットについて、前記第1の計測および前記第2の計測を行うことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の走査露光装置。

【請求項8】

前記制御手段は、ロット内の全基板の全ショットについて、前記第1の計測および前記第2の計測を行うことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の走査露光装置。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載の走査露光装置を用いて基板を露光するステップと、

露光された前記基板を現像するステップと、

現像された前記基板を加工するステップと、を有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の計測マークを基板上に斜め方向から結像し、その像を斜め方向から再結像することにより基板の面位置を計測する技術に関し、特に、基板の面位置を検出する手段を有する走査露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

半導体メモリや論理回路等の微細な半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、レチクル（マスク）に描画された回路パターンを投影光学系によってウエハ等に投影して転写する投影露光装置が使用されている。

【 0 0 0 3 】

投影露光装置においては、半導体素子の高集積化に伴い、より高い解像力でレチクルの回路パターンをウエ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小の寸法（解像度）は、露光光の波長に比例し、投影光学系の開口数（NA）に反比例する。従って、波長を短くするほど解像度は高くなる。このため、近年の光源は、超高圧水銀ランプ（g線（波長約436nm）、i線（波長約365nm））から波長の短いKrFエキシマレーザー（波長約248nm）やArFエキシマレーザー（波長約193nm）になり、F2レーザー（波長約157nm）の実用化も進んでいる。更に、露光領域の一層の拡大も要求されている。

10

【 0 0 0 4 】

これらの要求を達成するために、略正方形形状の露光領域をウエハに縮小して一括露光するステップ・アンド・リピート方式の露光装置（ステッパー）から、露光領域を矩形スリット形状としてレチクルとウエハを相対的に高速走査し、大画面を精度よく露光するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（スキャナー）が主流になりつつある。

【 0 0 0 5 】

上記スキャナーは、図1に示すように、照明装置10と、レチクル20を載置するレチクルステージ25と、投影光学系30と、ウエハ40を載置するウエハステージ45と、フォーカスチルト検出系50と、アライメント検出系70と、制御系60とを有する。制御系60は、CPUやメモリを有し、照明装置10、レチクルステージ25、ウエハステージ45、フォーカスチルト検出系50、アライメント検出系70に対して電氣的に接続され、装置全体の動作を統括して制御する。

20

【 0 0 0 6 】

アライメント光学系70は、ウエハ40のXY軸方向の位置ずれを検出するためのものであり、図1では投影光学系30の光軸からずれた別の光軸上に配置され、非露光光を用いる所謂オフアクシス方式の光学系である。

【 0 0 0 7 】

ウエハステージ45は、ウエハチャック46によってウエハ40を支持する。ウエハチャックには、少なくとも3つ以上のウエハチャックマークが配置されており、フォーカスチルト検出系50によってZ高さ情報を得、アライメント光学系50によってXY位置情報を得る。ウエハステージ45は、リニアモーター等を用いて、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向及び各軸の回転方向にウエハ40及びウエハチャック46を移動させる。また、レチクルステージ25とウエハステージ45の各位置は、例えば、レーザー干渉計等により監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

30

【 0 0 0 8 】

フォーカスチルト検出系50は、露光中のウエハ40の表面位置（Z軸方向）と表面の傾き（チルト）の位置情報を検出する。

【 0 0 0 9 】

スキャナーでは、露光中にウエハ40の所定位置が露光スリット領域に差し掛かる前に、フォーカスチルト検出系50により所定位置における面位置を計測し、その所定位置を露光する際にウエハ表面を最適な結像位置に合わせ込むような補正を行っている。

40

【 0 0 1 0 】

上記フォーカス及びチルトの計測方法が種々提案されている（例えば、特許文献1～4参照。）。

【特許文献1】特開平6-260391号公報

【特許文献2】特開平10-284366号公報

【特許文献3】特開2006-339438号公報

【特許文献4】特開平9-293655号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、近年では露光光の短波長化及び投影光学系の高NA化が進み、焦点深度が極めて小さくなり、露光すべきウエハ表面を最適な結像位置に合わせ込む精度、所謂フォーカス精度もますます厳しくなっている。特に、最近ではウエハ上のパターンの粗密やウエハに塗布されたレジストの厚さむらに起因する表面位置の計測誤差を無視できなくなっている。

【0012】

上記レジストの厚さむらに起因する計測誤差としては、周辺回路パターンやスクライブライン近傍には、焦点深度と比べれば小さいが、フォーカス計測にとっては大きな段差が発生している。このため、塗布されるレジスト表面の傾斜角度が大きくなり、フォーカスチルト検出系50で検出する反射光が反射や屈折によって正反射角度からずれを生じてしまう。

【0013】

また、ウエハ上のパターンの粗密に起因する計測誤差としては、図10に示すように、例えばパターンが粗な領域ではウエハの反射率が高く、パターンが密な領域では反射率が低いというように、ウエハの反射率に差が生じてしまう。このため、フォーカスチルト検出系50で検出する反射光の反射強度が変化し、パターンの粗密のない場合の本来の信号波形(A)に対して(B)のような非対称性が発生し、例えば重心処理等の信号処理では計測誤差(オフセット)が生じる。

【0014】

上記のような計測誤差が存在するとCD性能の劣化要因となる。即ち、図11に示すように、露光像面とウエハ面とを一致させるために、ウエハ内のある領域で近似平面を作成する際に、Cuによる反射率差により計測点mk3の計測誤差が大きいと、実際の平面からのずれZがデフォーカスとして生じてしまう。また、この計測誤差がウエハ内の単位領域(ショット)で安定して計測されていれば、オフセットとして管理することもできる。しかし、図中mk3のような場所では、計測値にばらつきがあり計測誤差の信頼性が低いことが多く、オフセットとしての信頼性も低いものとなる。

【0015】

本発明は、上記課題に鑑みてなされ、その目的は、基板の段差や反射率差等による面位置の計測精度の低下を低減することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記課題を解決し、目的を達成するために、本発明の走査露光装置は、走査方向に移動可能にレチクルを保持するステージと、前記走査方向と前記走査方向に直交する方向とに移動可能に基板を保持するステージと、前記レチクルを照明する照明手段と、前記レチクルのパターンを前記基板上に投影する投影光学系と、複数の計測マークを前記基板上に斜め方向から結像し、その像を斜め方向から再結像することにより前記基板の面位置を検出する検出手段と、前記検出手段を用いて、前記基板上の複数の計測箇所のそれぞれで第1の計測を行い、前記複数の計測箇所をずらす方向における前記計測マークの幅の2分の1以下の量だけ前記複数の計測箇所をずらした状態で、ずらされた前記複数の計測箇所のそれぞれで第2の計測を行い、前記第1の計測および前記第2の計測における各計測マークでの計測値の変化に基づいて前記複数の計測箇所のそれぞれで前記複数の計測マークから有効なものを選択する制御手段と、を有し、前記ずらす方向は、前記走査方向、または、前記面位置を検出する方向および前記走査方向の双方に垂直な方向である。

【0017】

また、本発明の走査露光装置は、走査方向に移動可能にレチクルを保持するステージと、前記走査方向と前記走査方向に直交する方向とに移動可能に基板を保持するステージと、前記レチクルを照明する照明手段と、前記レチクルのパターンを前記基板上に投影する

投影光学系と、複数の計測マークを前記基板上に斜め方向から結像し、その像を斜め方向から再結像することにより前記基板の面位置を検出する検出手段と、前記検出手段を用いて、前記基板上の複数の計測箇所のそれぞれで第１の計測を行い、前記複数の計測箇所をずらす方向における前記計測マークの幅の２分の１以下の量だけ前記複数の計測箇所をずらした状態で、ずらされた前記複数の計測箇所のそれぞれで第２の計測を行い、前記第１の計測および前記第２の計測における各計測マークでの計測値の変化に基づいて前記複数の計測箇所のうち有効なものを選択する制御手段と、を有し、前記ずらす方向は、前記走査方向、または、前記面位置を検出する方向および前記走査方向の双方に垂直な方向である。

【００１９】

10

また、本発明のデバイス製造方法は、上記走査露光装置を用いて基板を露光するステップと、露光された前記基板を現像するステップと、現像された前記基板を加工するステップと、を有する。

【発明の効果】

【００２０】

本発明によれば、基板の段差や反射率差等による面位置の計測精度の低下を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２１】

以下に、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

20

【００２２】

尚、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明が適用される装置の構成や各種条件によって適宜修正又は変更されるべきものである。

【００２３】

また、本発明は、以下に説明するデバイス製造の他に、各種精密加工装置や各種精密測定装置や、このようなデバイス製造装置を使って半導体デバイス等を製造する方法にも適用可能である。

【００２４】

また、本発明は、後述する実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を露光装置に供給し、そのコンピュータ（又はＣＰＵやＭＰＵ）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても達成される。

30

【００２５】

ここで、以下の実施形態で用いる「計測点」とは、特に計測箇所における複数の計測マークの１つ１つのエレメントと定義する。

【００２６】

[露光装置の説明]

図１は、本発明に係る実施形態の露光装置の全体構成を示す図である。

【００２７】

図１において、露光装置１は、ステップ・アンド・スキャン方式でレチクル２０に形成された回路パターンをウエハ４０に露光する投影露光装置（スキャナー）であり、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適である。露光装置１は、照明装置１０と、レチクル２０を載置するレチクルステージ２５と、投影光学系３０と、ウエハ４０を載置するウエハステージ４５と、フォーカスチルト検出系５０と、アライメント検出系７０と、制御系６０とを有する。制御系６０は、ＣＰＵやメモリを有し、照明装置１０、レチクルステージ２５、ウエハステージ４５、フォーカスチルト検出系５０、アライメント検出系７０に対して電氣的に接続され、装置全体の動作を統括して制御する。

40

【００２８】

照明装置１０は、光源部１２と照明光学系１４とを有し、転写用の回路パターンが形成されたレチクル２０を照明する。

【００２９】

50

光源部 1 2 は、レーザー光を使用し、例えば、波長約 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザー、波長約 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザー等を使用することができる。尚、光源の種類はエキシマレーザーに限定されず、波長約 1 5 7 n m の F 2 レーザーや波長 2 0 n m 以下の E U V (Extreme Ultra Violet) 光を使用してもよい。

【 0 0 3 0 】

照明光学系 1 4 は、光源部 1 2 から出射した光束を用いてレチクル 2 0 を照明する光学系であり、光束を露光に最適な所定のスリット光に成形してレチクル 2 0 を照明する。照明光学系 1 4 は、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレーター、絞り等を含み、例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で配置される。照明光学系 1 4 は、軸上光、軸外光を問わず使用することができ、オプティカルインテグレーターは、ハエの目レンズや 2 組のシリンドリカルレンズアレイ（又はレンチキュラーレンズ）板を重ねることによって構成されるインテグレーターを含むが、光学ロッドや回折素子に置換される場合もある。

10

【 0 0 3 1 】

レチクル 2 0 は、例えば石英製で、その上には転写されるべき回路パターンが形成され、レチクルステージ 2 5 に支持及び駆動されている。レチクル 2 0 を透過した回折光は、投影光学系 3 0 を通り、ウエハ 4 0 上に投影される。レチクル 2 0 とウエハ 4 0 とは、光学的に共役の関係に配置され、レチクル 2 0 とウエハ 4 0 を縮小倍率比の速度比で走査することによりレチクル 2 0 のパターンをウエハ 4 0 上に転写する。尚、露光装置 1 には、不図示の光斜入射系のレチクル検出系が設けられており、このレチクル検出系によってレチクル位置を検出し所定位置に配置する。

20

【 0 0 3 2 】

レチクルステージ 2 5 は、不図示のレチクルチャックを介してレチクル 2 0 を支持し、不図示の移動機構に接続されている。この移動機構はリニアモーター等で構成され、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向及び各軸の回転方向にレチクルステージ 2 5 を駆動制御することでレチクル 2 0 を移動させることができる。

【 0 0 3 3 】

投影光学系 3 0 は、物体面からの光束を像面に結像する機能を有し、レチクル 2 0 に形成されたパターンを経た回折光をウエハ 4 0 上に結像する。

【 0 0 3 4 】

ウエハ 4 0 は、フォトリジストが S i 基板上に塗布された被処理体である。尚、ウエハ 4 0 は、アライメント光学系 7 0 及びフォーカスチルト検出系 5 0 が位置検出を行うための被検出体でもある。

30

【 0 0 3 5 】

アライメント光学系 7 0 は、ウエハ 4 0 の X - Y 軸方向の位置ずれを検出するためのものであり、図 1 に示す構成では投影光学系 3 0 の光軸からずれた別の光軸上に配置され、非露光光を用いる所謂オフアクシス方式の光学系である。

【 0 0 3 6 】

ウエハステージ 4 5 は、ウエハチャック 4 6 によってウエハ 4 0 を支持する。ウエハチャックには、少なくとも 3 つ以上のウエハチャックマークが配置されており、フォーカスチルト検出系 5 0 によって Z 高さ情報を得、アライメント光学系によって X Y 位置情報を得る。ウエハステージ 4 5 は、レチクルステージ 2 5 と同様に、リニアモーターを利用して、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向及び各軸の回転方向にウエハ 4 0 及びウエハチャック 4 6 を移動させる。また、レチクルステージ 2 5 とウエハステージ 4 5 の各位置は、例えば、レーザー干渉計等により監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ウエハステージ 4 5 は、例えば、除振機能を有するダンパを介して床等の上に支持されるステージ定盤（不図示）上に設けられている。レチクルステージ 2 5 及び投影光学系 3 0 は、例えば、床等に載置されたベースフレーム上にダンパを介して支持される鏡筒定盤（不図示）上に設けられる。

40

【 0 0 3 7 】

50

次に、露光装置 1 におけるフォーカスチルト検出系 5 0 について説明する。

【 0 0 3 8 】

フォーカスチルト検出系 5 0 は、露光中のウエハ 4 0 の表面位置（Z 軸方向）の位置情報を光学的に検出する。具体的には、フォーカス検出用のスリット状の計測マークを、投影光学系 3 0 を介してウエハ 4 0 上に高入射角度で投影する。そして、その計測マークの投影像を投光光学系 5 2 及び受光光学系 5 4 を用いて CCD 等の光電変換素子に再結像させ、光電変換素子からの信号波形を用いて、ウエハ 4 0 の面位置を検出する。

【 0 0 3 9 】

本実施形態のようなスキャナーでは、走査露光中にウエハ 4 0 の所定位置が露光スリット領域に差し掛かる前に、フォーカスチルト検出系 5 0 により所定位置における面位置を計測し、その所定位置を露光する際にウエハ表面を最適な結像位置に合わせ込むような補正を行っている。

【 0 0 4 0 】

また、ウエハ 4 0 の面位置の高さ（フォーカス）だけではなく、表面の傾き（チルト）を計測するために、露光スリットの長手方向（即ち、走査方向と直交する方向）も含め、露光スリット領域内には複数の計測箇所（例えば、3 ～ 5 箇所）を有している。

【 0 0 4 1 】

次に、複数の計測箇所の各々には、上記スリット状の複数の計測マークが配置されており、各計測マークの投影像を個別の光電変換素子に再結像させフォーカス計測を行う。尚、上記複数の計測箇所における複数の計測マークは、任意の方向に配置することが可能であり、夫々の特徴については以下の実施形態中で詳細に説明する。

【 0 0 4 2 】

更に、ウエハ 4 0 上の複数のサンプルショットに対して走査方向に所定の間隔（例えば 1 mm）で上記複数の計測マークによるフォーカス計測を行い、これらの計測結果を統計的に処理してウエハ 4 0 の面位置（フォーカス及びチルト）を検出している。

【 0 0 4 3 】

〔フォーカス計測方法〕

図 2 は、本実施形態の露光装置によるフォーカス計測手順を示すフローチャートである。

【 0 0 4 4 】

図 2 において、制御系 6 0 は、フォーカスチルト検出系 5 0 を用いて、通常のフォーカス計測を行い（S 1 0 0 の第 1 の工程）、次にウエハステージ 4 5 によりウエハ 4 0 を所定方向に所定量だけずらしてフォーカス計測を行う（S 1 1 0 の第 2 の工程）。そして、計測値の変化がウエハプロセスに応じたトレランスを超えた計測点を異常として選択する（S 1 2 0）。ここで、トレランスはプロセスのデザインルールによって決まり、例えば、W-CMP プロセスの場合では 100nm、Cu のデュアルダマシンプロセス（以下 Cu-DD）の場合では 50nm というように規定できる。

【 0 0 4 5 】

< 第 1 の実施形態 >

図 3 は第 1 の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図であり、計測マークが、レチクルやウエハの走査方向と直交した方向（X 方向）に配置された場合に適用した例である。

【 0 0 4 6 】

図 3（a）において、S 1 1 0 におけるウエハを所定量ずらす所定方向はレチクルやウエハの走査方向と直交した方向である X 方向であり、この X 方向における計測マーク幅を L と定義し、ウエハをずらす所定量を $\pm L/4$ とした。

【 0 0 4 7 】

あるプロセスに対して、本実施形態によるフォーカス計測を実施した結果を図 3（b）に示す。図 2 の S 1 0 0 における通常のフォーカス計測結果は図中の shift 0 に相当し、S 1 1 0 における計測点近傍でウエハを $+L/4$ ずらしたフォーカス計測結果は図中 shift - に

10

20

30

40

50

相当し、 $-L/4$ ずらしたフォーカス計測結果はshift+に相当する。更に、図3(b)では、S100とS110との計測値の変化を高低線で示している。

【0048】

次に、S120における計測点を選択する工程を図3(b)を用いて説明すると、図3(b)のグラフがCu-DDの場合はトレランスTR1を超える計測点mk3, mk4, mk7を異常と判断する。また、図3(b)のグラフがW-CMPの場合はトレランスTR2を超える計測点mk3, mk7を異常と判断する。

【0049】

< 第2の実施形態 >

図4は第2の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図であり、計測マークが、レチクルやウエハの走査方向と直交した方向(Y方向)に配置された場合に適用した例である。

10

【0050】

図4(a)において、S110におけるウエハを所定量ずらす所定方向はレチクルやウエハの走査方向と直交した方向であるY方向であり、このY方向における計測マーク幅をLと定義し(図4(a)中のL)、ウエハをずらす所定量は $\pm L/4$ とした。

【0051】

W-CMPプロセスに対して、本実施形態によるフォーカス計測を実施した結果を図4(b)に示す。図4(b)によれば、mk4に計測値変化が大きく現れており、W-CMPのトレランスTR2を超える計測点mk4を異常と判断できる。

20

【0052】

尚、本実施形態では、ウエハの段差と反射率差がmk4付近で存在する場合である。図4(b)の通常のフォーカス計測(shift0に相当)のデータに着目すると、近似平面からの差分の大きなところを異常値とみなすアルゴリズムでは、mk4は除去できないこともわかる。

【0053】

< 第3の実施形態 >

図5は第3の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図であり、計測マークが斜め方向に配置された場合に適用した例である。

【0054】

30

図5(a)では計測点mk4及びmk5に反射率差が存在している。

【0055】

Cu-DDプロセスに対して、本実施形態によるフォーカス計測を実施した結果を図5(b)に示す。図5(b)によればmk4及びmk5に計測値変化が大きく現れており、トレランスTR1を超える計測点mk4及びmk5を異常と判断できる。

【0056】

< 第4の実施形態 >

図6は第4の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【0057】

第4の実施形態は、上記フォーカス計測方法をロット内先頭ウエハの第1サンプルショットのみに適用した例である。

40

【0058】

図6において、ウエハステージにロット先頭ウエハをロードした後(S200)、ロット内先頭ウエハの第1サンプルショットに対してフォーカス計測を実施し、ショット内で複数の計測点を選択しておく(S210)。

【0059】

次に、S210で決定された計測点で他のサンプルショットをフォーカス計測し、有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく(S220)。

【0060】

50

次に、S 2 3 0 で先頭ウエハの露光処理を行い (S 2 3 0)、S 2 4 0 で先頭ウエハが回収され、2 枚目のウエハをロードした後 (S 2 4 0)、S 2 1 0 で決定された計測点でサンプルショットについて通常のフォーカス計測を行う (S 2 5 0)。2 枚目のウエハは、S 2 5 0 のフォーカス計測結果と S 2 2 0 で求めたオフセットを用いて露光処理を行う (S 2 3 0)。

【 0 0 6 1 】

S 2 6 0 で全てのウエハを露光するまで、上記 S 2 3 0 から S 2 5 0 を繰り返し、最後のウエハが露光されると、S 2 7 0 でウエハが回収される。

【 0 0 6 2 】

< 第 5 の実施形態 >

図 7 は第 5 の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【 0 0 6 3 】

第 5 の実施形態は、上記フォーカス計測方法をロット内先頭ウエハの全サンプルショットのみに適用した例である。

【 0 0 6 4 】

図 7 において、ウエハステージにロット先頭ウエハをロードした後 (S 3 0 0)、ロット内先頭ウエハの全サンプルショットに対してフォーカス計測を実施し、ショット内で複数の計測点を選択する (S 3 1 0)。

【 0 0 6 5 】

尚、本実施形態では、サンプルショット内の同一位置における計測値変化がサンプルショット分だけ計測されるので、計測点を選択する際には、計測値変化をサンプルショットで平均した値から判断する。

【 0 0 6 6 】

更に 3 1 0 では、有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく。

【 0 0 6 7 】

次に、S 3 2 0 で先頭ウエハの露光処理を行い、S 3 3 0 で先頭ウエハが回収され、2 枚目のウエハをロードした後、S 3 4 0 では、S 3 1 0 で決定された計測点でサンプルショットについて通常のフォーカス計測を行う。2 枚目のウエハは、S 3 4 0 のフォーカス計測結果と S 3 1 0 で求めたオフセットを用いて S 3 2 0 で露光処理を行う。

【 0 0 6 8 】

S 3 5 0 で全てのウエハを露光するまで、上記 S 3 2 0 から S 3 4 0 を繰り返し、最後のウエハが露光されると、S 3 6 0 でウエハ回収される

< 第 6 の実施形態 >

図 8 は第 6 の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【 0 0 6 9 】

第 6 の実施形態は、上記フォーカス計測方法をツインステージに適用した例であり、更にフォーカス計測方法を計測ステーションでロット内先頭ウエハのみに適用した例である。

【 0 0 7 0 】

ツインステージの場合は、計測ステーションでのフォーカス計測と露光ステーションでの露光処理とを同時に行える利点がある。このため、計測ステーションでのウエハのフォーカス計測を、第 4 及び第 5 の実施形態のようにサンプルショットに限定しなくても、露光処理の裏であれば、全ショットフォーカス計測してもよい。

【 0 0 7 1 】

図 8 において、計測ステーションにロット内の先頭ウエハをロードする (S 4 0 0)。その後、計測ステーションでロット内の先頭ウエハに対して全面でフォーカス計測を実施し、ウエハ全面において複数の計測点を選択しておくと同時に、有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく (S 4 1 0)。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

次に、S 4 2 0 で先頭ウエハを計測ステーションから露光ステーションへ搬送し、露光ステーションではS 4 3 0 で露光処理を行い、その裏で2枚目のウエハをS 4 4 0 で搬入し、S 4 5 0 ではS 4 1 0 で決定された計測点で通常のフォーカス計測を行う。

【0073】

次に、S 4 6 0 では、露光ステーション上の露光済みのウエハと計測ステーション上の未露光のウエハとを交換し、未露光のウエハはS 4 5 0 のフォーカス計測結果とS 4 1 0 のオフセットとを用いて露光処理を行う(S 4 7 0)。一方で、露光済みのウエハはS 4 8 0 で回収され、3枚目のウエハが計測ステーション上にロードされる。3枚目のウエハはS 4 9 0 で計測ステーションにてS 4 1 0 で決定された計測点でフォーカス計測を行い、S 5 0 0 で全てのウエハを露光するまで、上記S 4 6 0 からS 4 9 0 を繰り返す。そして、最後のウエハが露光されると、S 5 1 0 でウエハは露光ステーションから計測ステーションへ搬送され、S 5 2 0 でウエハ回収される。

10

【0074】

< 第7の実施形態 >

図9は第7の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【0075】

第7の実施形態は、第6の実施形態と同様にツインステージに適用した例であり、上記フォーカス計測を計測ステーションでロット内の全ウエハに適用した例である。

【0076】

ここでは、ロットの途中で計測点の異常値が変動した場合に対応するために毎ウエハでフォーカス計測を行い、前のウエハと異常と判断された計測点異なる場合には選択された計測点を更新し、更新された計測点を用いて近似変面を求めることが特徴である。

20

【0077】

図9において、S 6 0 0 で、計測ステーションにロット内の先頭ウエハをロードする(S 6 0 0)。その後、S 6 1 0 では、計測ステーションでロット内の先頭ウエハに対して全面でフォーカス計測を実施し、ウエハ全面において複数の計測点を選択しておくと同時に、有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく(S 6 1 0)。

【0078】

次に、S 6 2 0 で先頭ウエハを計測ステーションから露光ステーションへ搬送し、露光ステーションではS 6 3 0 で露光処理を行い、その裏で2枚目のウエハをS 6 4 0 で搬入し、S 6 5 0 では計測ステーションにてフォーカス計測を行う。S 6 6 0 では、1枚目のウエハのS 6 1 0 で決定された計測点とS 6 5 0 で決定された計測点とを比較して、計測点の異常値が異なっていれば更新すると同時に、更新された有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく。

30

【0079】

次に、S 6 7 0 では、露光ステーション上の露光済みのウエハと計測ステーション上の未露光のウエハとを交換し、未露光のウエハはS 6 5 0 のフォーカス計測結果とS 6 6 0 のオフセットを用いて露光処理を行う(S 6 8 0)。一方で、露光済みのウエハはS 6 9 0 で回収され、3枚目のウエハが計測ステーション上にロードされる。3枚目のウエハはS 7 0 0 で計測ステーションにてフォーカス計測を行う。S 7 1 0 では、2枚目のウエハのS 6 5 0 で決定された計測点とS 7 0 0 で決定された計測点とを比較して、計測点の異常値が異なっていれば更新すると同時に、更新された有効な計測点について近似平面からのオフセットを算出し、装置に格納しておく。

40

【0080】

そして、全てのウエハを露光するまで、上記S 6 7 0 からS 7 1 0 を繰り返し、最後のウエハが露光されると、S 7 3 0 で、ウエハは露光ステーションから計測ステーションへ搬送され、S 7 4 0 でウエハ回収される。

【0081】

< 他の実施形態 >

50

上述した各実施形態は、複数の計測マークのエレメント毎に異常値を判断して、計測点を選択してきたが、これに限らず、計測箇所、即ち計測マークのエレメントをまとめて異常値判断してもよい。つまり、ある計測箇所における計測マークのピッチとウエハのパターン粗密のピッチとの関係で、フォーカス計測値の変化がエレメント全体で同じように発生しており、当該計測箇所の計測信頼性が低い場合には計測マーク全体で対応したほうが良い場合もある。

【0082】

本実施形態では、フォーカス計測値の変化を計測マークのエレメントで平均し、その平均値が別途設定したトレランスを超えており、かつ計測値の変化のばらつき（例えば、標準偏差）が設定値の範囲内にある場合に、当該計測箇所における計測マーク全体を（エレメントをまとめて）異常と判断することができる。

10

【0083】

< デバイス製造方法 >

次に、上述した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施形態を説明する。

【0084】

図12は微小デバイス（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）の製造のフローを示す。S1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。S2（レチクル製作）では設計した回路パターンに基づいてレチクルを作製する。一方、S3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。S4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記レチクルとウエハを用いて、上記の露光装置によりリソグラフィー技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。次のS5（組み立て）は後工程と呼ばれ、S4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。S6（検査）ではS5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（S7）される。

20

【0085】

図13は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。S11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。S12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。S13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。S14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。S15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。S16（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。S17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。S19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

30

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明に係る実施形態の露光装置の全体構成を示す図である。

【図2】本実施形態のフォーカス計測手順を示すフローチャートである。

40

【図3】第1の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図である。

【図4】第2の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図である。

【図5】第3の実施形態のフォーカス計測方法を説明する図である。

【図6】第4の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【図7】第5の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【図8】第6の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【図9】第7の実施形態のフォーカス計測方法を示すフローチャートである。

【図10】ウエハ上のパターンの反射率差による計測誤差を説明する図である。

【図11】近似平面の実際の平面からの誤差を説明する図である。

【図12】デバイス製造方法を示すフローチャートである。

50

【図 1 3】ウエハプロセスを示すフローチャートである。

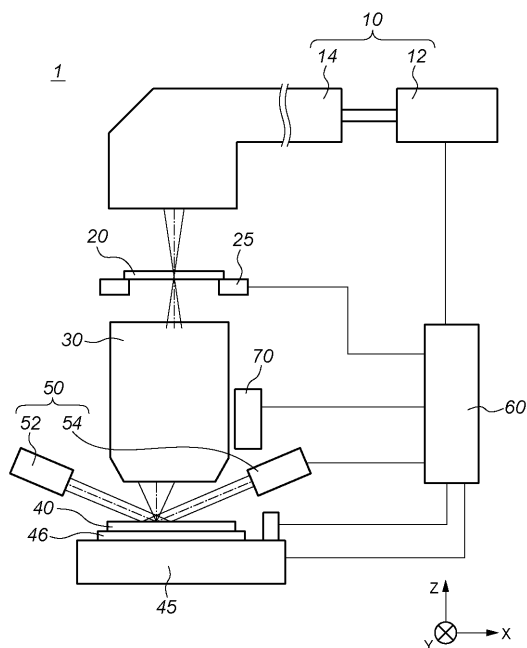
【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

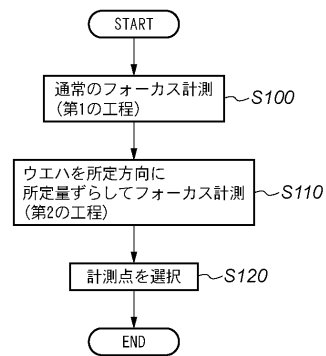
- 1 露光装置
- 1 0 照明装置
- 1 2 光源部
- 1 4 照明光学系
- 2 0 レチクル
- 2 5 レチクルステージ
- 3 0 投影光学系
- 4 0 ウエハ
- 4 5 ウエハステージ
- 4 6 ウエハチャック
- 5 0 フォーカスチルト検出系
- 5 2 投光光学系
- 5 4 受光光学系
- 6 0 制御系
- 7 0 アライメント検出系

10

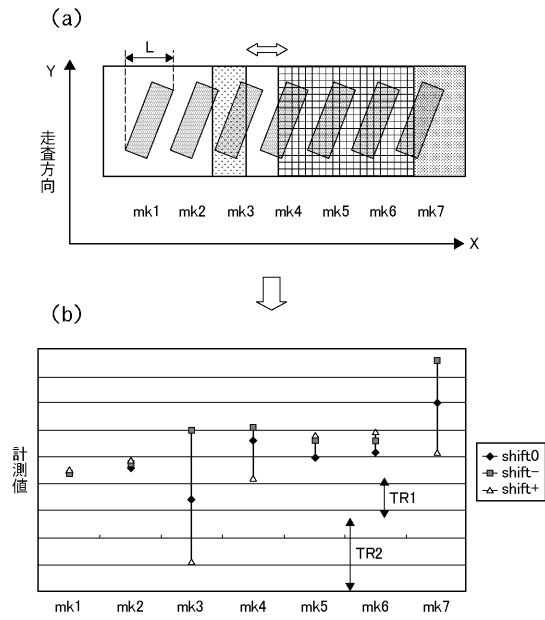
【図 1】



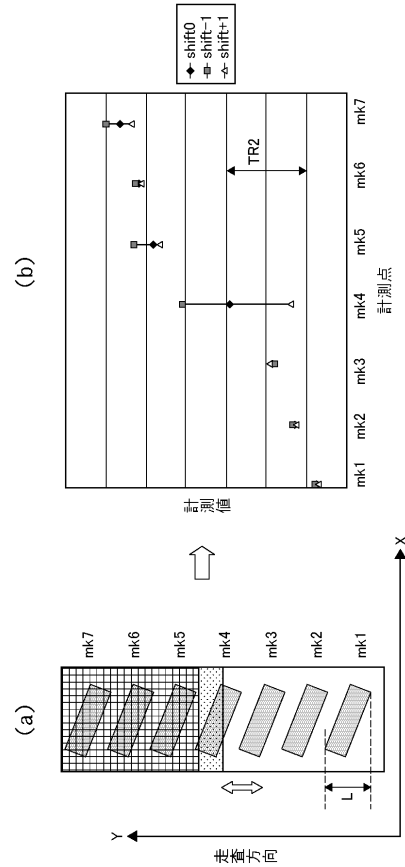
【図 2】



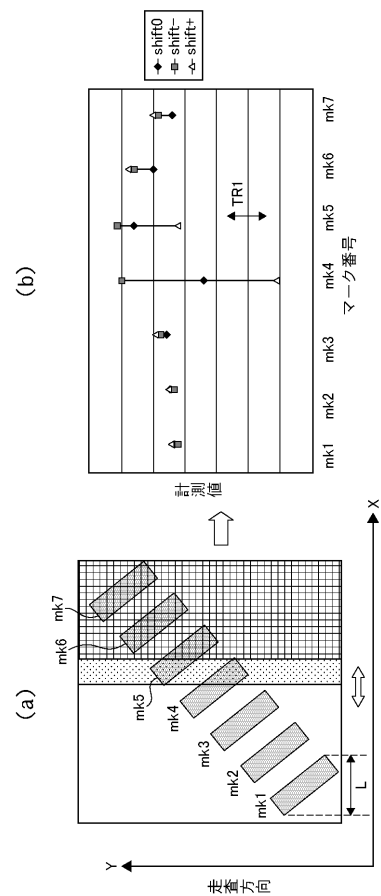
【図 3】



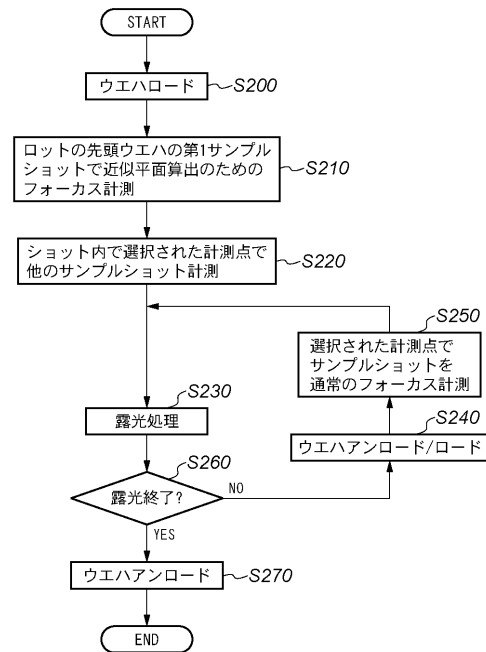
【図 4】



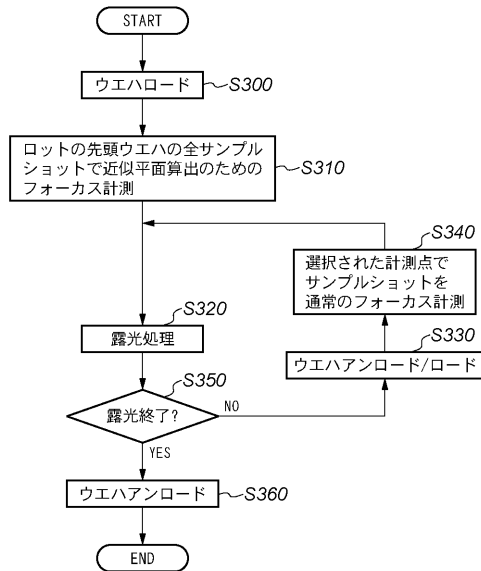
【図 5】



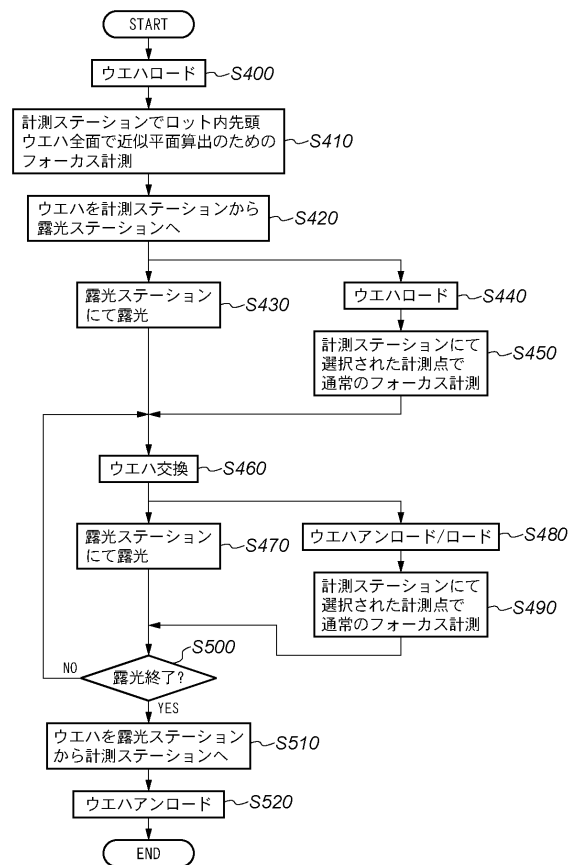
【図 6】



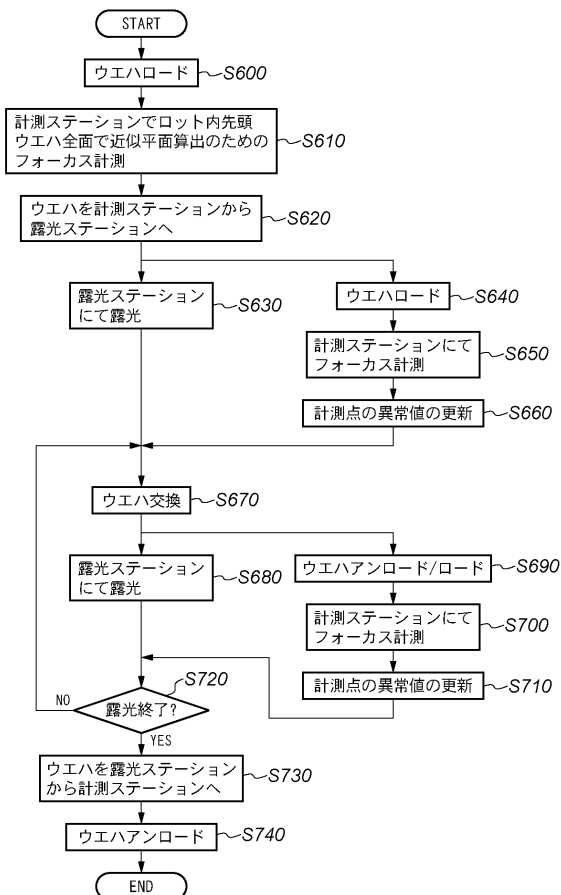
【図 7】



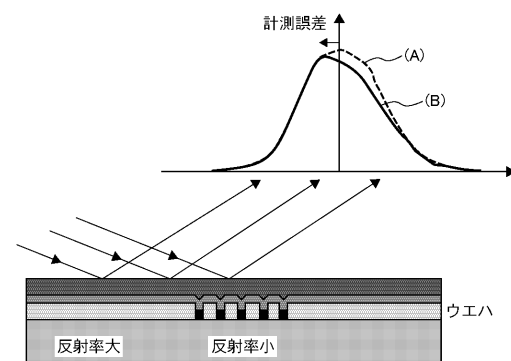
【図 8】



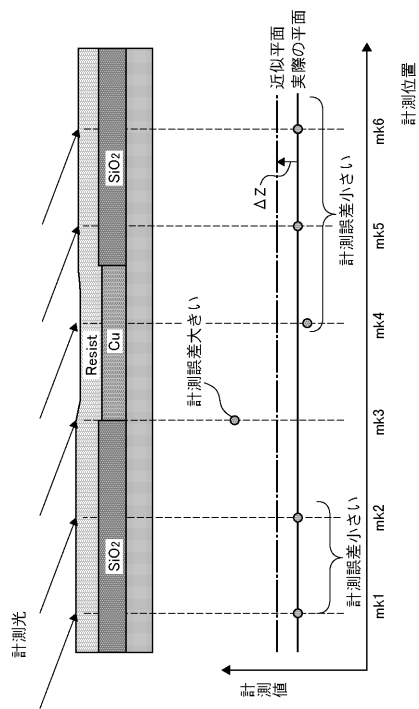
【図 9】



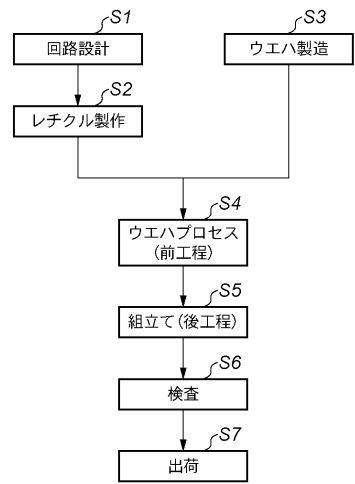
【図 10】



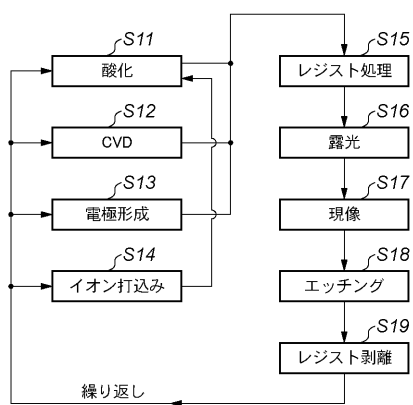
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 大石 哲
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 植木 隆和

(56)参考文献 特開2002-100552(JP,A)
特開2003-124113(JP,A)
特開2000-260840(JP,A)
特開2001-250768(JP,A)
特開2002-008963(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 9/00