

(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2009-88018

(P2009-88018A)

(43) 公開日 平成21年4月23日(2009.4.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 G	5 F 0 3 1
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	5 F 0 4 6
HO 1 L 21/68 (2006.01)	HO 1 L 21/68 K	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-252347 (P2007-252347)	(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
(22) 出願日	平成19年9月27日 (2007.9.27)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100107836 弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	小野 貴史 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)	5F031 CA02 CA05 HA53 JA06 JA27 JA32 LA08 MA27 5F046 BA04 CC01 CC04 CC13 CC16 DB05 DC12

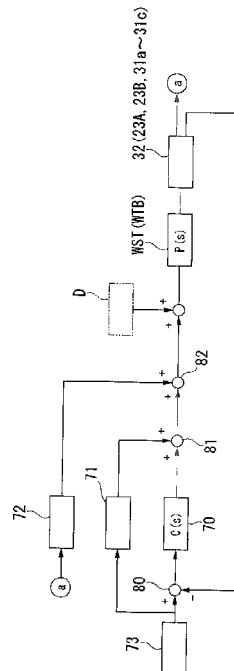
(54) 【発明の名称】 ステージ制御方法、ステージ制御装置、露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板の表面位置及び姿勢の制御を高精度に維持する。

【解決手段】 第1駆動信号により第1方向に駆動されるとともに、第2駆動信号により第1方向と交差する第2方向に駆動されるステージW T Bを制御する。第2駆動信号に基づいて、第1駆動信号を補正する補正ステップを有する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 駆動信号により第 1 方向に駆動されるとともに、第 2 駆動信号により前記第 1 方向と交差する第 2 方向に駆動されるステージを制御するステージ制御方法であって、
前記第 2 駆動信号に基づいて、前記第 1 駆動信号を補正する補正ステップを有するステージ制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のステージ制御方法において、
前記ステージの前記第 1 方向の位置に対応する補正量を用いて、前記第 1 駆動信号を補正するステージ制御方法。

10

【請求項 3】

請求項 2 記載のステージ制御方法において、
前記補正量と前記ステージの前記第 1 方向の位置とは 1 次の関数で表せるステージ制御方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のステージ制御方法において、
前記第 2 駆動信号に含まれる前記ステージの加速度情報を用いて、前記第 1 駆動信号を補正するステージ制御方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のステージ制御方法において、
前記第 2 駆動信号に基づく情報を前記第 1 駆動信号にフィードフォワードして前記ステージを前記第 1 方向へ駆動するステップを含むステージ制御方法。

20

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のステージ制御方法において、
前記ステージが前記第 1 方向へ駆動されたことで得られる情報に基づいて該ステージに加わる外乱を推定する外乱推定ステップと、
前記外乱推定ステップで求められた推定外乱に基づいて前記第 1 駆動信号を補償した外乱補償信号を生成する外乱補償信号生成ステップと、
を含み、前記外乱補償信号と前記第 2 駆動信号とに基づいてステージの駆動が行なわれるステージ制御方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のステージ制御方法において、
前記ステージは、前記第 2 方向を含むガイド面に沿って移動し、
前記第 1 方向は、前記ガイド面と略直交する方向であるステージ制御方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載のステージ制御方法において、
前記ステージは、前記ガイド面内で前記第 2 方向と交差する第 3 方向に第 3 駆動信号により駆動され、
前記第 3 駆動信号に基づいて、前記第 1 駆動信号を補正するステップを有するステージ制御方法。

40

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のステージ制御方法を用いる露光方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のステージ制御方法を用いるデバイス製造方法。

【請求項 11】

第 1 駆動信号により第 1 方向に駆動されるとともに、第 2 駆動信号により前記第 1 方向と交差する第 2 方向に駆動されるステージを制御するステージ制御装置であって、
前記第 2 駆動信号に基づいて、前記第 1 駆動信号を補正する補正部を有するステージ制御装置。

【請求項 12】

50

請求項 1 1 記載のステージ制御装置において、
前記補正部は、前記ステージの前記第 1 方向の位置に対応する補正量を用いて、前記第 1 駆動信号を補正するステージ制御装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載のステージ制御装置において、
前記補正量と前記ステージの前記第 1 方向の位置とは、1 次の関数で表せるステージ制御装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載のステージ制御装置において、
前記補正部は、前記第 2 駆動信号に含まれる前記ステージの加速度情報を用いて、前記第 1 駆動信号を補正するステージ制御装置。

10

【請求項 1 5】

請求項 1 1 から 1 4 のいずれか一項に記載のステージ制御装置において、
前記第 2 駆動信号に基づく情報を前記第 1 駆動信号にフィードフォワードして前記ステージを前記第 1 方向へ駆動するステージ制御装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 1 から 1 5 のいずれか一項に記載のステージ制御装置において、
前記ステージが前記第 1 方向へ駆動されたことで得られる情報に基づいて該ステージに加わる外乱を推定する外乱推定部と、

前記外乱推定部で求められた推定外乱に基づいて前記第 1 駆動信号を補償した外乱補償信号を生成する外乱補償信号生成部とを含み、

前記外乱補償信号と前記第 2 駆動信号とに基づいて前記ステージの駆動を行なうステージ制御装置。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 1 から 1 6 のいずれか一項に記載のステージ制御装置において、

前記ステージは、前記第 2 方向を含むガイド面に沿って移動し、

前記第 1 方向は、前記ガイド面と略直交する方向であるステージ制御装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 記載のステージ制御装置において、

前記ステージは、前記ガイド面内で前記第 2 方向と交差する第 3 方向に第 3 駆動信号により駆動され、

前記補正部は、前記第 3 駆動信号に基づいて、前記第 1 駆動信号を補正するステージ制御装置。

30

【請求項 1 9】

請求項 1 1 から 1 8 のいずれか一項に記載のステージ制御装置を備えることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステージ制御方法、ステージ制御装置、露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

半導体素子、液晶表示素子、CCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子、薄膜磁気ヘッド、その他の各種デバイスの製造工程の 1 つとして設けられるフォトリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル (以下、これらを総称する場合にはマスクという) に形成されたパターンを、投影光学系を介してフォトレジストが塗布されたガラスプレート又はウエハ等の基板に転写する露光装置が用いられている。

【0003】

この種の露光装置では、基板を保持するホルダを基板ステージが支持した状態で移動す

50

ることにより、基板を予め設定された露光位置へ移動させた後で、移動による振動が収まった（整定した）状態になった後でマスクに露光光を照射してマスクのパターンの転写を行っている。

【0004】

リニアモータ等の駆動装置を用いて基板ステージを移動させると、基板ステージの機械的な特性により基板の表面方向の位置又は基板の姿勢（傾き）の変化が生ずることがある。このような変化が生ずると、基板内の位置に応じて投影光学系の像面に対する基板表面の位置関係が変化するため、パターンを忠実に転写することができなくなることがある。そこで、特許文献1には、基板ステージに対してホルダ（すなわち基板）を6自由度で駆動することにより、基板の表面位置及び姿勢を制御する技術が開示されている。

10

【特許文献1】特開平2-35709号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述したような従来技術には、以下のような問題が存在する。

駆動装置を用いて基板ステージを移動させる際には、モータの漏れ推力により投影光学系の光軸方向にも力が生じることがある。

この場合、漏れ推力による力が外乱として加わることにより、上述した基板の表面位置及び姿勢に誤差が生じ、パターンの転写精度が低下する可能性がある。

【0006】

20

本発明は、以上のような点を考慮してなされたもので、基板の表面位置及び姿勢の制御を高精度に維持できるステージ制御方法、ステージ制御装置、露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するために本発明は、実施の形態を示す図1ないし図7に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明のステージ制御方法は、第1駆動信号により第1方向に駆動されるとともに、第2駆動信号により前記第1方向と交差する第2方向に駆動されるステージ（WST）を制御するステージ制御方法であって、第2駆動信号に基づいて、第1駆動信号を補正する補正ステップを有することを特徴とするものである。

30

【0008】

また、本発明のステージ制御装置は、第1駆動信号により第1方向に駆動されるとともに、第2駆動信号により前記第1方向と交差する第2方向に駆動されるステージ（WST）を制御するステージ制御装置であって、第2駆動信号に基づいて、第1駆動信号を補正する補正部（72）を有することを特徴とするものである。

従って、本発明のステージ制御方法及びステージ制御装置では、ステージ（WST）を第2方向に駆動する際に、当該ステージに加わる第1方向の力を第2駆動信号に基づいて算出し、算出した結果に応じて第1駆動信号を補正することにより、漏れ推力等の外乱による力が加わる際にも、この外乱を相殺するようにステージ（WST）を第1方向に駆動することが可能になる。

40

【0009】

また、本発明の露光方法は、先に記載のステージ制御方法を用いることを特徴とするものである。

さらに、本発明の露光装置は、先に記載のステージ制御装置を備えることを特徴とするものである。

従って、本発明の露光方法及び露光装置では、ステージ（WST）に保持された基板（W）の表面を所定の位置及び姿勢に制御することが可能になり、パターンの転写精度を高精度に維持することができる。

【0010】

50

そして、本発明のデバイス製造方法は、先に記載のステージ制御方法を用いることを特徴とするものである。

従って、本発明のデバイス製造では、パターンが基板に高精度で転写された高品質のデバイスを製造することが可能になる。

【0011】

なお、本発明をわかりやすく説明するために、一実施例を示す図面の符号に対応付けて説明したが、本発明が実施例に限定されるものではないことは言うまでもない。

【発明の効果】

【0012】

本発明では、基板の表面位置及び姿勢の制御を高精度に維持でき、パターンの転写精度を向上させることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明のステージ制御方法、ステージ制御装置、露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法の実施の形態を、図1ないし図9を参照して説明する。

ここでは、例えば、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置に本発明を適用したものと説明する。なお、以下の説明に用いる各図面では、各部材を認識可能な大きさとするため、各部材の縮尺を適宜変更している。

【0014】

(露光装置の概略)

図1は、本例の投影露光装置を構成する各機能ユニットをブロック化して表した図であり、この図1において、投影露光装置を収納するチャンバーは省略されている。

図1において、露光用の光源としてKrFエキシマレーザ(波長248nm)又はArFエキシマレーザ(波長193nm)よりなるレーザ光源1が使用されている。その露光用の光源としては、その他のF2レーザ(波長157nm)のような発振段階で紫外域のレーザ光を放射するもの、固体レーザ光源(YAG又は半導体レーザ等)からの近赤外域のレーザ光を波長変換して得られる真空紫外域の高調波レーザ光を放射するもの、或いはこの種の露光装置でよく使われている水銀放電ランプ等も使用できる。

【0015】

レーザ光源1からの露光光源としての露光用の照明光(露光光)ILは、レンズ系とフライアイレンズ系とで構成される均一化光学系2、ビームスプリッタ3、光量調整用の可変減光器4、ミラー5、及びリレーレンズ系6を介してレチクルブラインド7を均一な照度分布で照射する。レチクルブラインド7で所定形状(一括露光型では例えば四角形、走査露光型では例えばスリット状)に制限された照明光ILは、結像レンズ系8を介してマスクとしてのレチクルR上に照射され、レチクルR上にはレチクルブラインド7の開口の像が結像される。均一化光学系2、ビームスプリッタ3、光量調整用の可変減光器4、ミラー5、リレーレンズ系6、レチクルブラインド7、及び結像レンズ系8を含んで照明光学系9が構成されている。

【0016】

レチクルRに形成された回路パターン領域(パターン)のうち、照明光によって照射される部分の像は、両側テレセントリックで投影倍率が縮小倍率の投影光学系PLを介して基板(感応基板又は感光体)としてのフォトレジストが塗布されたウエハ(基板)W上に結像投影される。投影光学系PLは屈折系であるが、その他に反射屈折系等も使用できる。ウエハW以外にも液晶用のガラス基板、磁気ヘッド用のセラミック基板などが適用できる。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に平行な方向にX軸を、図1の紙面に垂直な方向にY軸を取って説明する。本実施形態における投影露光装置は一括型であるが、走査露光型の場合には、Y軸に沿った方向(Y方向)が、走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向であり、レチクルR上の照明領域は、非走査方向であるX軸に沿った方向(X方向)に細長い形状となる。

【0017】

10

20

30

40

50

そして、投影光学系 P L の物体面側に配置されるレチクル R は、レチクルステージ R S T (マスクステージ) に真空吸着等によって保持されている。レチクルステージ R S T の移動座標位置 (X 方向、 Y 方向の位置、及び Z 軸の周りの回転角) は、レチクルステージ R S T に固定されたレチクル用移動鏡 M r と、投影光学系 P L の上部側面に固定された参照鏡 (不図示) と、これらに対向して配置されたレチクル用レーザ干渉計システム 1 0 とで逐次計測される。なお、レチクル用レーザ干渉計システム 1 0 は、実際には少なくとも X 方向に 1 軸及び Y 方向に 2 軸の 3 軸のレーザ干渉計を構成している。

【 0 0 1 8 】

また、レチクルステージ R S T の移動は、リニアモータや微動アクチュエータ等で構成されるレチクル用駆動系 1 1 によって行われる。レチクル用レーザ干渉計システム 1 0 の計測情報はステージ制御ユニット 1 4 に供給され、ステージ制御ユニット 1 4 はその計測情報及び装置全体の動作を統轄制御するコンピュータよりなる主制御系 2 0 からの制御情報 (入力情報) に基づいて、レチクル用駆動系 1 1 の動作を制御する。

10

【 0 0 1 9 】

一方、投影光学系 P L の像面側に配置されるウエハ W は、ウエハステージ (ステージ) W S T 上に真空吸着等によって保持されている。ウエハステージ W S T は、ウエハ W を吸着保持するウエハテーブル W T B (詳細後述) と、ウエハ W のフォーカス位置 (Z 方向の位置) 及び X 軸、 Y 軸の周りの傾斜角を制御するための Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c (詳細後述) とを含んでいる (図 1 では、ウエハステージ W S T を簡略的に図示している) 。

【 0 0 2 0 】

20

一括露光型の場合には、ウエハステージ W S T は、定盤 J のガイド面 J a 上を X 方向、 Y 方向にステップ移動する。走査露光型の場合には、ウエハステージ W S T は、走査露光時に少なくとも Y 方向に定速移動できるとともに、 X 方向及び Y 方向にステップ移動できるように、ガイド面 J a 上に載置される。ウエハステージ W S T の移動座標位置 (X 方向、 Y 方向の位置、及び Z 軸の周りの回転角) は、投影光学系 P L の下部に固定された参照鏡 M f と、ウエハステージ W S T の反射面 M w と、これに対向して配置されたレーザ干渉計システム 1 2 とで逐次計測される。反射面 M w、参照鏡 M f、及びレーザ干渉計システム 1 2 は、実際には少なくとも X 方向に 2 軸及び Y 方向に 1 軸の 3 軸のレーザ干渉計を構成している。また、レーザ干渉計システム 1 2 は、実際にはさらに X 軸及び Y 軸の周りの回転角 (ヨーイング、ピッチング) 計測用の 2 軸のレーザ干渉計も備えている。

30

【 0 0 2 1 】

また、投影光学系 P L の下部側面に、斜入射方式の多点のオートフォーカスセンサ 2 3 A, 2 3 B が固定されている。ステージ制御ユニット 1 4 は、そのスリット像の横ずれ量の情報を用いてそれら複数の計測点における投影光学系 P L の像面からのデフォーカス量を算出し、露光時にはこれらのデフォーカス量が所定の制御精度内に収まるように、オートフォーカス方式でウエハステージ W S T 内の Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c を駆動する。

【 0 0 2 2 】

また、ステージ制御ユニット 1 4 は、レチクル用レーザ干渉計システム 1 0 による計測情報に基づいてレチクル用駆動系 1 1 を最適に制御するレチクル側のコントロール回路と、レーザ干渉計システム 1 2 による計測情報に基づいてウエハ用の駆動系 1 3 (詳細は後述する) を最適に制御するウエハ側のコントロール回路とを含んでいる。また、主制御系 2 0 は、ステージ制御ユニット 1 4 内の各コントロール回路と相互にコマンドやパラメータをやり取りして、オペレータが指定したプログラムに従って最適な露光処理を実行する。そのために、オペレータと主制御系 2 0 とのインターフェイスを成す不図示の操作パネルユニット (入力デバイスと表示デバイスを含む) が設けられている。

40

【 0 0 2 3 】

さらに、露光に際しては、予めレチクル R とウエハ W とのアライメントを行っておく必要がある。そこで、図 1 の投影露光装置には、レチクル R を所定位置に設定するためのレチクルアライメント系 (R A 系) 2 1 と、ウエハ W 上のマークを検出するためのオフアクシス方式のアライメント系 2 2 とが設けられている。

50

【 0 0 2 4 】

図 1 において、一括露光型の場合には、照明光 I L のもとでレチクル R のパターンを投影光学系 P L を介してウエハ W 上の一つのショット領域に投影する動作と、ウエハステージ W S T を介してウエハ W を X 方向、Y 方向にステップ移動する動作とがステップ・アンド・リピート方式で繰り返されて、ウエハ W 上の全部のショット領域にレチクル R のパターン像が転写される。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、ウエハステージ W S T の概略構成を示す平面図であり、図 3 はウエハステージ W S T の正面図である。図 2 及び図 3 に示すように、ウエハステージ W S T は、Y 粗動ステージとしての移動ステージ 4 1 と、ウエハ W を保持し移動ステージ 4 1 に Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c を介して支持される微動ステージとしてのウエハテーブル W T B とを備えている。移動ステージ 4 1 は、底面に設けられたエアベアリング 4 2 を介してガイド面 J a 上を X 方向、Y 方向に移動自在に載置される。

10

【 0 0 2 6 】

Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c は、移動ステージ 4 1 とウエハテーブル W T B との間に、図 2 に示すように、三角形の頂点をなす位置に 3 箇所配置されており、それぞれが移動ステージ 4 1 に設けられた固定子 4 3 a と、ウエハテーブル W T B に設けられ固定子 4 3 a に対して Z 方向に駆動される可動子 4 3 b とからなるボイスコイルモータで構成される。また、各可動子 4 3 b は、ステージ制御ユニット 1 4 の制御の下、それぞれ独立して駆動される。従って、Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c における可動子 4 3 b を同一量で駆動することにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を Z 方向に移動させることができ、Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c における可動子 4 3 b の駆動量を異ならせることにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を X 方向 (X 軸周りの回転方向) 及び Y 方向 (Y 軸周りの回転方向) に移動させることができる。

20

【 0 0 2 7 】

各 Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c の近傍にはそれぞれ、各 Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c のフォーカス方向 (Z 方向) の変位量を例えば 0 . 0 1 μ m 程度の分解能で計測できる高さセンサ 3 1 a ~ 3 1 c がそれぞれ取り付けられている。高さセンサ 3 1 a ~ 3 1 c の計測結果は、ステージ制御ユニット 1 4 に出力される。

【 0 0 2 8 】

また、ウエハステージ W S T には、ウエハテーブル W T B を移動ステージ 4 1 に対して X 方向に駆動する X 駆動装置 4 4 X と、ウエハテーブル W T B を移動ステージ 4 1 に対して Y 方向に駆動する Y 駆動装置 4 4 Y、4 4 Y とが設けられている (図 3 では、Y 駆動装置 4 4 Y は不図示)。X 駆動装置 4 4 X は、移動ステージ 4 1 に設けられた固定子 4 5 a と、ウエハテーブル W T B の + X 側の側面に突設され固定子 4 5 a に対して X 方向に駆動される可動子 4 5 b とからなるボイスコイルモータで構成される。同様に、各 Y 駆動装置 4 4 Y は、移動ステージ 4 1 に設けられた固定子 4 6 a と、ウエハテーブル W T B の - Y 側の側面に突設され (図 2 参照)、固定子 4 6 a に対して Y 方向に駆動される可動子 4 6 b とからなるボイスコイルモータで構成され、X 方向に間隔をあけて配置されている。

30

【 0 0 2 9 】

従って、X 駆動装置 4 4 X における可動子 4 5 b を駆動することにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を X 方向に移動させることができ、Y 駆動装置 4 4 Y、4 4 Y における可動子 4 6 b を同一量で駆動することにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を Y 方向に移動させることができる。さらに、Y 駆動装置 4 4 Y、4 4 Y における可動子 4 6 b の駆動量または駆動方向を異ならせることにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を Z 方向 (Z 軸周りの回転方向) に移動させることができる。

40

【 0 0 3 0 】

つまり、Z 駆動装置 3 0 a ~ 3 0 c、X 駆動装置 4 4 X、Y 駆動装置 4 4 Y の駆動を制御することにより、ウエハテーブル W T B (すなわちウエハ W) を移動ステージ 4 1 に対

50

して、Z方向、X方向、Y方向、 X方向、 Y方向、 Z方向の6自由度で微小駆動することが可能となっている。

【0031】

また、ウエハステージWSTは、ウエハテーブルWTBと移動ステージ41との間をY軸方向に貫通するY軸ガイド47に沿ってY軸方向に移動自在に設けられている。そして、ウエハステージWSTは、Y軸ガイド47に設けられた固定子と、当該ウエハステージWSTに設けられた可動子とから構成される、例えばムービングマグネット型のY軸リニアモータ48によりY軸方向に長ストロークで移動する。また、ウエハステージWSTは、X軸方向に延在する固定子49aと、Y軸ガイド47の両端部に設けられた可動子49bとから構成される、例えばムービングコイル型のX軸リニアモータ50により、Y軸ガイド47を介してX軸方向に長ストロークで移動する。このとき、可動子49b、49bの移動量及び移動方向を同一とすることで、ウエハテーブルWTB（すなわちウエハW）をX軸方向に移動させることができ、可動子49b、49bの移動量または移動方向を異ならせることにより、ウエハテーブルWTB（すなわちウエハW）をZ方向に移動させることができる。

10

【0032】

これらY軸リニアモータ48及びX軸リニアモータ50の駆動もステージ制御ユニット14により制御される。

また、上記Z駆動装置30a~30c、X駆動装置44X、Y駆動装置44Y、Y軸リニアモータ48及びX軸リニアモータ50により駆動系13が構成される。

20

【0033】

ウエハテーブルWTBの-X方向の鏡面加工された側面MwXには、レーザ干渉計12XからY方向に離れた2本のレーザビームが照射され、ウエハテーブルWTBの+Y方向の鏡面加工された側面MwYには、レーザ干渉計12Yからレーザビームが照射され、レーザ干渉計12X及び12Yによって、ウエハテーブルWTBのX方向、Y方向の座標、及びZ軸の周りの回転角が計測されている。レーザ干渉計12X、12Yが図1のレーザ干渉計システム12に対応している。

【0034】

レーザ干渉計12X、12Yの計測情報等に基づいて、図1に示すステージ制御ユニット14が粗動機構（Y軸リニアモータ48、X軸リニアモータ50）及び微動機構（Z駆動装置30a~30c、X駆動装置44X、Y駆動装置44Y）からなる駆動系13を駆動する。前者の粗動機構は、一括露光型及び走査露光型ではウエハテーブルWTBのステップ移動のために使用できるとともに、走査露光型ではさらに同期走査時のウエハテーブルWTBの定速移動のために使用できる。後者の微動機構は、一括露光型及び走査露光型ではウエハテーブルWTBの位置決め誤差を補正するために使用でき、走査露光型ではさらに走査露光時のウエハテーブルWTBの同期誤差を補正するために使用することもできる。

30

【0035】

図4は、ウエハステージWSTに係るZ方向への駆動に関する制御系のブロック線図である。図4に示すように、ウエハテーブルWTBのZ方向の位置及び姿勢を制御する制御系は、フィードバック制御部70、フィードフォワード制御部71、XY駆動補正部（補正部）72、目標位置発生器73、演算部80~82に大別される。フィードバック制御部70は、ローパスフィルタ、演算部、PI（Proportional Integral：比例積分）コントローラ等を含んで構成される。なお、本実施形態では、オートフォーカスセンサ23A、23B及び高さセンサ31（31a~31c）の検出結果を用いてフィードバック制御及びフィードフォワード制御を行うものとして説明するが、何れか一方の検出結果のみを用いてフィードバック制御を行ってもよい。

40

【0036】

目標位置発生器73は、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のZ方向（Z1方向）の位置及び姿勢の目標値を与える基準信号を出力する。この目標位置発生器73

50

は、主制御系 20 内に設けられる構成である。演算部 80 は、目標位置発生器 73 から出力された上記基準信号と、センサ（以下、オートフォーカスセンサ 23 A、23 B 及び高さセンサ 31（31 a ~ 31 c）を「センサ 32」と称する）からの帰還信号との差分に応じた誤差信号を演算する。

【0037】

フィードバック制御部 70 は、演算部 80 から出力される制御信号に基づいて、Z 駆動装置 30 a ~ 30 c を駆動するための制御信号（第 1 駆動信号）を生成するとともに、例えばウエハ W の表面形状の急激な変化が生じている場合に、過剰な制御が行われて制御不能となるのを防止するために、演算部 80 から出力される信号の高周波成分をカットするフィルタリング処理を行う。

10

【0038】

演算部 81 は、フィードバック制御部 70 から出力された制御信号に対してフィードフォワード制御部 71 から出力される制御信号を加算した制御信号を演算する。

フィードフォワード制御部 71 は、1つのショット領域に対する露光処理を終えてから次のショット領域に対する露光処理を行う際に行われるウエハステージ W S T の X 方向へのステップ移動によって生ずる露光中のウエハステージ W S T の Z 方向の位置を補正する補正量を発生する。これは、ステップ移動に伴って生ずる振動によってウエハ W の Z 方向の位置が変動してオートフォーカスエラーが生じる可能性があるためである。

この補正量は、ステップ長に応じて設定されるが、その詳細については、特願 2004 - 200317 等に記載されている。

20

【0039】

演算部 82 は、演算部 81 から出力された制御信号（第 1 駆動信号）に対して、X Y 駆動補正部 72 から出力される制御信号を加算した制御信号を演算する。X Y 駆動補正部 72 は、X 駆動装置 44 X、Y 駆動装置 44 Y（適宜、駆動装置 44 と総称する）により、移動ステージ 41 に対してウエハテーブル W T B を X 方向、Y 方向に駆動した際に生じる Z 方向への推力（いわゆる漏れ推力）を補正する制御信号（第 2 駆動信号）を出力する。

【0040】

この漏れ推力は、駆動装置 44 がウエハテーブル W T B を駆動する際の加速度プロファイル（加速度の時間変化）に対して、1 次の関数で表される関係で生じるものである。

【0041】

30

図 5 は、X 駆動装置 44 X によりウエハテーブル W T B を X 軸方向に駆動する際の推力プロファイル（すなわち加速度プロファイル）である。

また、図 6 は、X 駆動装置 44 X によりウエハテーブル W T B を X 軸方向に駆動した際にウエハテーブル W T B に加わる Z 方向への推力プロファイル（すなわち加速度プロファイル）である。

【0042】

図 5 及び図 6 に示されるように、X 軸方向への駆動の際のプロファイルと、Z 軸方向へのプロファイルとは 1 次の相関関係を有している。

また、図 6 に示すプロファイルは、ウエハテーブル W T B の Z 方向の位置に応じた異なるものとなっている。

40

従って、X 駆動装置 44 X の駆動に伴うウエハテーブル W T B の Z 方向への加速度プロファイル F_z は、X 軸方向への加速度プロファイル F_x 、ウエハテーブル W T B の Z 方向の位置 T_z を用いて、次式で表される。

$$F_z = a \times F_x \times T_z + b \quad \dots (1)$$

a、b は定数

【0043】

上記の定数 a、b は、予め X 駆動装置 44 X によりウエハテーブル W T B を X 軸方向に駆動した際に生じる Z 軸方向の推力（加速度）を、ウエハテーブル W T B の Z 位置を変えて計測することにより設定され記憶される。

そして、X Y 駆動補正部 72 は、センサ 32 で計測されたウエハテーブル W T B の Z 位

50

置、及び式(1)に基づいて求められる加速度プロファイル F_z に応じて、この加速度(推力)を相殺するための制御信号を演算部82に出力する。

【0044】

演算部82で演算された制御信号は、ウエハステージWST(ウエハテーブルWTB、Z駆動装置30a~30c)に出力され、ウエハテーブルWTBのZ位置及び姿勢が制御される。

なお、上記の説明では、X駆動装置44Xの駆動に伴ってウエハテーブルWTBに生じるZ方向への推力について説明したが、実際には、XY駆動補正部72では、Y駆動装置44Yの駆動に伴ってウエハテーブルWTBに生じるZ方向への推力についても同様に求め、この推力を相殺する制御信号を出力する。

10

【0045】

以上、ウエハステージ37のZ方向の位置を補正する制御系の構成について説明したが、次に露光時の動作について簡単に説明する。

まず、露光処理を開始するにあたって、主制御系20は駆動系13を制御してウエハステージWSTをXY平面内でステップ移動させ、露光すべきショット領域を投影光学系PL(の投影領域)の直下に配置するとともに、ウエハWの表面を投影光学系PLの像面に一致させる。実際には、本実施形態では、上記ウエハステージWSTのステップ移動は、主にX軸リニアモータ50の駆動によるX軸方向に行われ、さらに、X軸方向のウエハテーブルWTBの高精度位置決め(ファインアライメント)は、X駆動装置44Xの駆動より行われる。

20

【0046】

このウエハステージWSTのステップ移動に際しては、目標位置発生器73はウエハWのZ方向の位置及び姿勢の目標値を与える基準信号を出力する。目標位置発生器73から出力された基準信号は演算部80に inputs し、演算部80において、センサからの帰還信号との差分に応じた誤差信号が演算され、フィードバック制御部70に出力される。

【0047】

フィードバック制御部70に制御信号が入力すると、この制御信号に基づいてZ駆動装置30a~30cを駆動するための制御信号が生成され、ローパスのフィルタリング処理が行われた後に演算部81に出力される。

【0048】

このとき、フィードフォワード制御部71は、ステップ移動(例えばX方向へのステップ移動)に伴うウエハステージWST(ウエハテーブルWTB)のZ方向の位置を補正する補正量を発生し、演算部81に inputs させる。そして、演算部81においては、フィードバック制御部70から出力されたZ駆動装置30a~30cを駆動するための制御信号に、フィードフォワード制御部71が出力する制御信号(補正量)を加算(補正)し、演算部82に出力する。

30

【0049】

演算部82に inputs した制御信号に対しては、XY駆動補正部72から出力される制御信号が加算される。このXY駆動補正部72から出力される制御信号としては、センサ32で計測されたウエハWのZ方向の位置、及びX駆動装置44Xの駆動時の加速度プロファイルに応じて、上記式(1)で求められるZ方向への加速度プロファイルを補正する信号として、フィードフォワードで演算部82に出力される。

40

【0050】

演算部82で演算・補正された制御信号は、ウエハステージWSTのステップ移動に伴って生じるX駆動装置44Xの駆動時に加わるZ方向への推力等の外乱要因が予めフィードフォワードで補正されているため、実際に外乱D(図4参照)が加わった後でも、これらの外乱要因による悪影響を排除(相殺)する駆動信号でZ駆動装置30a~30cを駆動してウエハテーブルWTB(すなわちウエハW)のZ方向の位置及び姿勢が制御される。

【0051】

50

以上の制御は、ウエハW上のショット領域にステップ移動する毎に行われ、また、ステップ移動がX方向のみならず、Y方向や、X方向及びY方向の双方に移動する場合にも行われ、ステップ移動に伴って生ずる振動がオートフォーカスに悪影響を与えるのを防止することができる。

【0052】

以上説明したように、本実施形態では、ウエハステージWSTをステップ移動させる際に生じる漏れ推力等の外乱要因を、ウエハステージWSTの加速度情報に基づいてフィードフォワードで補正した駆動信号でZ駆動装置30a~30c(ウエハテーブルWTB)を駆動するため、外乱に起因した誤差を排除した状態でウエハWの位置決めを実施でき、ウエハWの表面位置及び姿勢の制御を高精度に維持することが可能である。そのため、本実施形態では、ウエハWへのパターンの転写精度を高精度に維持することができる。

10

【0053】

また、本実施形態では、ウエハテーブルWTBのZ方向の位置に対応する補正量を用いてZ駆動装置30a~30cを駆動するため、ウエハテーブルWTBのZ位置毎に異なる誤差を精度よく補正することができる。

特に、本実施形態では、上記補正量がウエハテーブルWTBのZ位置に対して、1次の関数で表されることから、容易に補正量を設定できるとともに、精度よく補正量を設定することが可能である。

【0054】

続いて、ステージ制御方法の第2実施形態について、図7を参照して説明する。

20

第2実施形態では、図4に示した制御ブロック図に対して、外乱オブザーバを用いた外乱補償器を付加し、リニアベアリングガイドの摩擦特性の変動等の外乱要因をキャンセルする構成としている。

なお、この図において、図4に示す第1実施形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明を省略する。

【0055】

図7に示す外乱補償器90においては、まず、フィードバック制御部70から出力され、フィードフォワード制御部71が出力する制御信号が加算されたZ駆動装置30a~30cを駆動するための制御信号を、2次低域通過型フィルタからなるフィルタ91により伝達関数 $Q(s)$ を用いてフィルタリングする。

30

一方、フィルタ92には、計測誤差 n が加算されたセンサ32の計測結果が入力する。フィルタ92は、制御対象であるウエハステージWST(ウエハテーブルWTB)に対する伝達関数 $P(s)$ の逆モデル(伝達関数 $P_n(s)$)及び2次低域通過型フィルタ($Q(s)$)からなり、計測誤差 n が加算されたセンサ32の計測結果より制御対象に印加されている実推力値指令値を推定する。

【0056】

そして、演算部93は、フィルタ91、92の差分をとることにより、外乱推定部として、制御対象であるウエハテーブルWTBに印加されている外乱力を推定し(外乱推定ステップ)、外乱補償信号生成部としての演算部94に出力する。演算部94は、この推定外乱力を演算部81が出力した制御信号に加算して、Z駆動装置30a~30cを駆動するための制御信号を補償した外乱補償信号を生成する(外乱補償信号生成ステップ)。

40

【0057】

このように、本実施形態では、上記第1実施形態と同様の作用・効果が得られることに加えて、制御ブロックに外乱オブザーバを付加することにより、ウエハステージWSTの駆動に伴う外乱要因(エアベアリング42の案内摩擦等)を推定して補償することが可能になり、特に低域での外乱要因を抑制することができる。この外乱オブザーバは、フィルタ91への入力が、XY駆動補正部72による補正前の信号であるため、XY駆動補正部72による補正が外乱として補償されてしまうことなく、確実に真の外乱要因による悪影響を抑制できる。

そのため、本実施形態では、ウエハテーブルWTBに保持されたウエハWの表面位置及

50

び姿勢の制御をより高精度に維持することが可能である。

【0058】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。上述した例において示した各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

【0059】

例えば、上記実施形態では、ウエハテーブルW T BをX軸方向に移動させる際に生じるZ軸方向の推力を、X軸方向の加速度情報に基づいて補正するものとして説明したが、上述したように、Y軸方向（第3方向）に第3駆動信号により移動させる際の加速度情報に基づいて補正する方式や、X軸方向及びY軸方向の双方に移動させる際には、X軸方向及びY軸方向の双方の加速度情報に基づいて補正する方式としてもよい。さらに、上記実施形態では、Z軸方向に加わる推力を補正するものとして説明したが、これに限定されるものではなく、例えばウエハテーブルW T BをX軸方向に移動させる際の加速度情報に基づいて、Y軸方向に生じる推力を補正する構成や、Z軸方向に移動させる際の加速度情報に基づいて、Y軸方向に生じる推力やX軸方向に生じる推力を補正する構成としてもよい。すなわち、本発明は、3軸方向に移動可能なステージに対して、この中の第1軸と第2軸との少なくとも一つに移動する際の駆動信号（の加速度情報）に基づいて、第3軸に沿って生じる推力を補正することが可能である。

【0060】

なお、上記各実施形態の基板（物体）としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

【0061】

露光装置としては、レチクルRとウエハWとを静止した状態でレチクルRのパターンを一括露光し、ウエハWを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）の他に、レチクルRとウエハWとを同期移動してレチクルRのパターンを走査露光するステップ・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）にも適用することができる。また、本発明はウエハW上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

【0062】

露光装置の種類としては、ウエハWに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【0063】

また、本発明が適用される露光装置の光源には、KrFエキシマレーザ（248nm）、ArFエキシマレーザ（193nm）、F₂レーザ（157nm）等のみならず、g線（436nm）及びi線（365nm）を用いることができる。さらに、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでもよい。また、上記実施形態では、反射屈折型の投影光学系を例示したが、これに限定されるものではなく、投影光学系の光軸（レチクル中心）と投影領域の中心とが異なる位置に設定される屈折型の投影光学系にも適用可能である。

【0064】

また、本発明は、投影光学系と基板との間に局所的に液体を満たし、該液体を介して基板を露光する、所謂液浸露光装置に適用したが、液浸露光装置については、国際公開第99/49504号パンフレットに開示されている。さらに、本発明は、特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号など

10

20

30

40

50

に開示されているような露光対象の基板の表面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。

【0065】

また、本発明は、基板ステージ（ウエハステージ）が複数設けられるツインステージ型の露光装置にも適用できる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報（対応米国特許6,341,007号、6,400,441号、6,549,269号及び6,590,634号）、特表2000-505958号（対応米国特許5,969,441号）或いは米国特許6,208,407号に開示されている。更に、本発明を本願出願人が先に出願した特願2004-168481号のウエハステージに適用してもよい。

10

【0066】

また、本発明が適用される露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

20

【0067】

次に、本発明の実施形態による露光装置及び露光方法をリソグラフィ工程で使用したマイクロデバイスの製造方法の実施形態について説明する。図8は、マイクロデバイス（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）の製造例のフローチャートを示す図である。

まず、ステップS10（設計ステップ）において、マイクロデバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS11（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップS12（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

30

次に、ステップS13（ウエハ処理ステップ）において、ステップS10～ステップS12で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS14（デバイス組立ステップ）において、ステップS13で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップS14には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。最後に、ステップS15（検査ステップ）において、ステップS14で作製されたマイクロ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。こうした工程を経た後にマイクロデバイスが完成し、これが出荷される。

40

【0068】

図9は、半導体デバイスの場合におけるステップS13の詳細工程の一例を示す図である。

ステップS21（酸化ステップ）においては、ウエハの表面を酸化させる。ステップS22（CVDステップ）においては、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS23（電極形成ステップ）においては、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS24（イオン打込みステップ）においては、ウエハにイオンを打ち込む。以上のステップS21～ステップS24のそれぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして

50

後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ S 2 5 (レジスト形成ステップ)において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ S 2 6 (露光ステップ)において、上で説明したリソグラフィシステム (露光装置) 及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ S 2 7 (現像ステップ)においては露光されたウエハを現像し、ステップ S 2 8 (エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ S 2 9 (レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらの前処理工程と後処理工程と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。

【0069】

また、半導体素子等のマイクロデバイスだけではなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置等で使用されるレチクル又はマスクを製造するために、マザーレチクルからガラス基板やシリコンウエハ等へ回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV (深紫外) やVUV (真空紫外) 光等を用いる露光装置では、一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーブされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶等が用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置や電子線露光装置等では、透過型マスク (ステンシルマスク、メンブレンマスク) が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハ等が用いられる。なお、このような露光装置は、WO99/34255号、WO99/50712号、WO99/66370号、特開平11-194479号、特開2000-12453号、特開2000-29202号等に関示されている。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】実施形態の投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】ウエハステージWSTの概略構成を示す平面図である。

【図3】ウエハステージWSTの正面図である。

【図4】第1実施形態のZ方向への駆動に関する制御系のブロック線図である。

【図5】ウエハテーブルをX軸方向に駆動する際の推力プロファイルである。

【図6】ウエハテーブルをX軸方向に駆動した際にウエハテーブルに加わるZ方向への推力プロファイルである。

【図7】第2実施形態のZ方向への駆動に関する制御系のブロック線図である。

【図8】本発明のマイクロデバイスの製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図9】図8におけるステップS13の詳細工程の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0071】

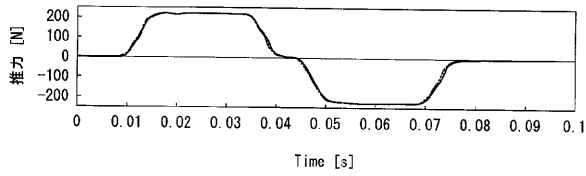
J a ... ガイド面、 R ... レチクル (マスク)、 W ... ウエハ (基板)、 W S T ... ウエハステージ (ステージ)、 7 2 ... X Y 駆動補正部 (補正部)、 9 3 ... 演算部 (外乱推定部)、 9 4 ... 演算部 (外乱補償信号生成部)

10

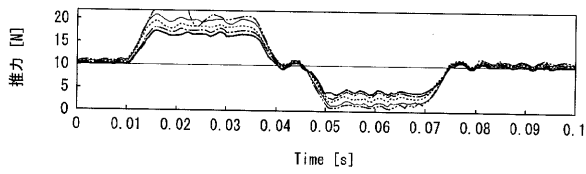
20

30

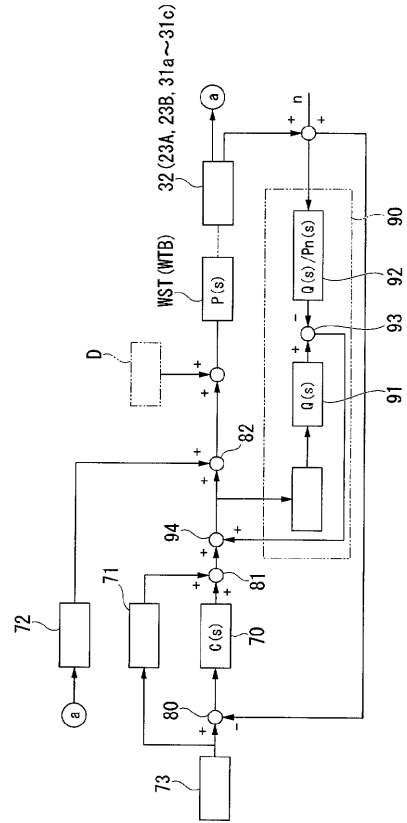
【 図 5 】



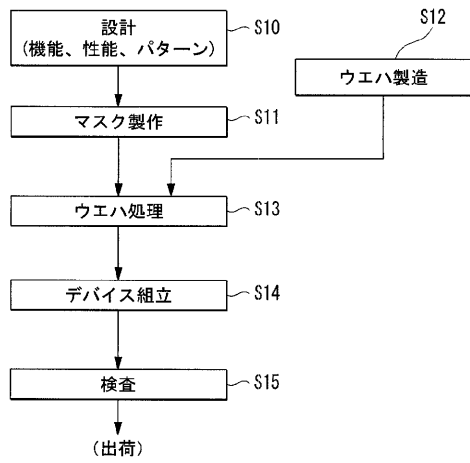
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

