

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3814453号

(P3814453)

(45) 発行日 平成18年8月30日(2006.8.30)

(24) 登録日 平成18年6月9日(2006.6.9)

(51) Int. Cl.		F I			
G05D	3/00	(2006.01)	G05D	3/00	Q
H01L	21/68	(2006.01)	H01L	21/68	K

請求項の数 16 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-2495 (P2000-2495)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成12年1月11日 (2000.1.11)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-195130 (P2001-195130A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成13年7月19日 (2001.7.19)	(74) 代理人	100086287
審査請求日	平成16年4月1日 (2004.4.1)		弁理士 伊東 哲也
		(72) 発明者	浅野 俊哉
			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
		(72) 発明者	宇梶 隆夫
			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	槻木澤 昌司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置決め装置、半導体露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基準面に沿って移動自在に支持された第1および第2の移動体と、前記第1および第2移動体間で所定の方向の力を発生させる第1の駆動機構と、前記基準面と第2移動体との間で前記所定方向と平行な方向の力を発生させる第2の駆動機構と、前記第1駆動機構を用いて前記第1移動体を位置決め制御する第1移動体制御系と、前記第2駆動機構を用いて、前記第1移動体制御系による制御に同期して前記第1移動体と逆方向に移動するように前記第2移動体を位置決め制御する第2移動体制御系とを具備することを特徴とする位置決め装置。

【請求項2】

前記第1移動体の質量を m 、前記第1移動体制御系による制御における目標位置指令値を Y_s 、前記第2移動体の質量を M 、前記第2移動体の位置制御における目標位置指令値を Y_b とすれば、これらの間には次式の関係があることを特徴とする請求項1に記載の位置決め装置。

【数1】

$$Y_b = -m/M \cdot Y_s$$

【請求項3】

前記関係を満足する初期位置に前記第1および第2移動体を移動させる初期位置駆動手段を備え、前期第1移動体を初期位置へ移動する際に前記第2移動体を位置固定機構によって前記基準面に対して固定させることを特徴とする請求項2に記載の位置決め装置。

10

20

【請求項 4】

前記所定方向における前記第 1 移動体の位置を計測する第 1 移動体位置計測系と、前記所定方向における前記第 2 移動体の位置を計測する第 2 移動体位置計測系とを備え、前記第 1 移動体制御系は前記第 1 移動体位置計測系の計測結果および目標位置指令値に基づいて前記第 1 駆動機構を駆動制御することにより前記第 1 移動体の位置制御を行うものであり、前記第 2 移動体制御系は前記第 2 移動体位置計測系の計測結果および前記位置指令値に応じた位置指令値に基づいて前記第 2 駆動機構を駆動制御することにより前記第 2 移動体の位置制御を行うものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 5】

前記第 1 移動体位置計測系による位置計測の基準は前記基準面から振動絶縁された構造体に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の位置決め装置。

【請求項 6】

前記第 1 移動体位置計測系による位置計測の基準は前記基準面に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の位置決め装置。

【請求項 7】

前記第 2 移動体位置計測系による位置計測の基準は前記基準面から振動絶縁された構造体に設けられていることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 8】

前記第 2 移動体位置計測系による位置計測の基準は前記基準面に設けられていることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 9】

前記第 1 および第 2 移動体はいずれも前記基準面上に支持されていることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 10】

前記第 2 移動体は前記基準面上に支持されており、前記第 1 移動体は前記第 2 移動体上に支持されていることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 11】

前記所定方向は、相互に直交する 2 軸方向であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 12】

前記第 1 移動体は移動ステージであり、前記第 2 移動体はステージ定盤または前記第 1 駆動機構を構成するリニアモータの固定子であることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の位置決め装置。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれかの位置決め装置を搭載したことを特徴とする半導体露光装置。

【請求項 14】

前記位置決め装置は露光されるウエハを位置決めするために使用されるものであることを特徴とする請求項 13 に記載の半導体露光装置。

【請求項 15】

前記位置決め装置は露光に使用するレチクルを位置決めするために使用されるものであることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の半導体露光装置。

【請求項 16】

請求項 13 ~ 15 のいずれかの露光装置を用い、その位置決め装置における第 1 移動体の移動による反力を第 2 移動体によって吸収しながらウエハに露光を行う工程と、露光されたウエハを現像する工程とを具備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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

20

30

40

50

本発明は、半導体露光装置、検査装置等に使用され、露光原版、被露光物、被検査物等を所定の位置に位置決めする位置決め装置およびこれを用いた半導体露光装置ならびにこれを用いたデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、半導体素子製造に用いられる露光装置として、ステッパと呼ばれる装置とスキャナと呼ばれる装置が知られている。ステッパは、ステージ装置上の半導体ウエハを投影レンズ下でステップ移動させながら、レチクル上に形成されているパターン像を投影レンズでウエハ上に縮小投影し、1枚のウエハ上の複数箇所に順次露光していくものである。スキャナは、ウエハステージ上の半導体ウエハとレチクルステージ上のレチクルとを投影レンズに対して相対移動させ、走査移動中にスリット状の露光光を照射し、レチクルパターンをウエハに投影するものである。ステッパおよびスキャナは、解像度および重ね合せ精度の性能面から露光装置の主流とみられている。

10

【0003】

図5は、従来の露光装置の一例を示す。この露光装置は、工場の床に設置されるベースフレーム1上に構成される。ベースフレーム1によって支持された鏡筒定盤2には縮小露光系3および露光原版であるレチクルを搭載するレチクルステージ4、不図示のアライメント光学系等が設けられている。鏡筒定盤2は、装置が設置される床の振動の影響を排除するため、空気ばねなどを用いた除振機構5上に載せられている。レチクルステージ4は、露光装置がステッパ型の場合は微少駆動されるのみであるが、走査型の場合は後述するウエハステージ6と同期をとりながら走査駆動される。

20

【0004】

ベースフレーム1上にはウエハステージ定盤7が置かれ、ウエハステージ定盤7はウエハステージ6の水平方向のガイドの役割をする。ウエハステージ6は水平面内でウエハを移動するべく、直交する2方向(XおよびY方向とする)に運動可能な2つのステージ、すなわちY方向に運動可能なYステージおよびその上のX方向に運動可能なXステージで構成されている。XおよびYステージとウエハステージ定盤7の間ならびにXステージとYステージの間には静圧軸受けが構成されており、運動方向には非常に低摩擦かつ運動平面の直角方向には高剛性に支持されている。よって、Yステージを駆動すると、XステージはYステージと一体となって運動する。Yステージには磁石で構成されたりニアモータの可動子が設けられており、この可動子と、ステージ定盤7に設けられたリニアモータ固定子(コイルが構成されている)との間で推力が発生することによりYステージが駆動する。Xステージには、同様にリニアモータ可動子が設けられており、この可動子と、Yステージに構成されたりニアモータ固定子との間で推力が発生する。Yステージに加わるXステージの駆動反力はステージ定盤7に構成されたガイドで受けられるので、結果的にXステージは定盤7に対してX方向に駆動される。

30

【0005】

Xステージ上には、XY平面内の回転方向およびXY平面の法線方向ならびにX軸周りの回転およびY軸周りの回転の各方向に微少位置決め可能な微動ステージ8が構成されている(ここでは詳細は省く)。露光されるウエハは微動ステージ8上の不図示のウエハチャックに載せられる。ウエハステージ6の位置計測には高分解能のレーザ干渉計が用いられる。ウエハステージ6の高精度の位置決めを行うために、不図示のステージ制御系が構成されている。ステージ制御系は不図示の主制御器から生成されるステージ位置目標値と前記レーザ干渉計のウエハステージ位置計測値とに基づいて、ウエハステージ6のアクチュエータに駆動指令信号を送る。この駆動指令信号に基づき、ウエハステージ6の各リニアモータは不図示のリニアモータ駆動アンプにより所定の方向に推力を発生する。

40

【0006】

露光装置の性能の指標の1つとして、単位時間当りのウエハ処理枚数(スループット)がある。ウエハステージ6の移動は、ウエハを交換する際、アライメント(ウエハと露光系の位置合せ)を行う際、ウエハの各ショット位置(露光される部位)を露光位置に移動す

50

る際に行われ、1枚のウエハ処理においてウエハステージ6の移動時間は大きな部分を占める。したがって、スループット向上のためにはウエハステージ6のX Y方向移動に要する時間を短くすることが要求される。ウエハステージの高速移動を行うには、移動速度を上げるとともに加減速も大きくする必要がある。ウエハステージ6の駆動力はウエハステージ6の質量と加速度の積で定まり、その反力であるYステージ駆動反力はステージ定盤7を介してベースフレーム1および床に伝わる。Xステージ駆動反力はYステージおよびステージ定盤7を介してベースフレーム1および床に伝わる。ステージ駆動反力が大きくなるとベースフレーム1や床が加振されてしまい、ウエハステージ6自体の位置決め精度を悪化させるばかりでなく、除振機構の性能に限度があるので鏡筒定盤2にも振動が伝わり、露光精度に影響を与えてしまう。また、露光装置に隣接して設置される他の装置へも振動の影響を及ぼしてしまう。

10

【0007】

ベースフレーム1および床にステージ駆動反力を与えない方法として、図6のような従来技術が知られている。定盤9が床上に水平方向に運動自由に支持されており、ステージ10が定盤9上に水平方向に運動自由に支持されている。定盤9とステージ10の間にfなる駆動力が作用したとする。このときステージ10の質量をm、定盤9の質量をMとすると、ステージ10には加速度 $= f / m$ が作用し、定盤9にはステージ10とは反対方向に加速度 $= f / M$ が作用する。すなわち、質量の逆比でステージ10と定盤9が運動する。この場合、駆動反力は各々の加速度となって相殺された形となり、床には伝わらない。

20

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

図6の構成の場合、ステージ10は定盤9と常に相対的に動くので、系の外から見たステージ10の位置、例えば床を計測基準とした際のステージ10の位置と、ステージ10と定盤9との相対的位置は常にある決まった関係にななければならない。すなわち、図7に示すように、計測系基準11を基準とするステージ10のY方向変位 Y_s と定盤9のY方向変位 Y_b には、数3式の関係が常に成立していなければならない。

【0009】

【数3】

$$Y_b = -m/M \cdot Y_s$$

30

しかし、数3式の関係は理想状態においてのみ成立するものであり、容易に崩れ得る。ステージ10は、計測系の位置測定信号に基づいてフィードバック制御を行えば、所望の位置に位置決めすることができる。これに対して定盤9は完全に受動的であり、ステージ10の駆動反力によって運動するのみである。

【0010】

定盤系には、数3式の関係崩壊要因として、次のような外乱が考えられる。まず、定盤9を床上に水平方向に移動自由に支持するガイドには摩擦が存在するが、この摩擦が移動方向により異なることが考えられる。また、駆動コイルの配線などがばね系として作用する。さらに、定盤9を支持する床面が完全な水平面とは限らない。ステージ10の静止時に定盤9が床の低い方へ変位してしまうほどの傾斜は無いとしても、ステージ10の運動方向により定盤9の移動する距離が異なってくる。さらに、ステージ10が加速の小さな低速移動をした場合、ステージ10の駆動反力が定盤9の静止摩擦よりも小さいときには定盤9は全く動かない。よって、ステージ10の低速移動を繰り返し行うことによって、ステージ10と定盤9との数3式による位置関係はずれてしまう。極端な場合、図8のような状態となり、ステージ10は、+Y方向にはそれ以上移動できなくなってしまう。

40

【0011】

そこで本発明は、上記問題点を克服して数3式を常に成立させ、駆動反力を床等に及ぼさないステージ装置等の位置決め装置およびこれを用いた半導体露光装置ならびにこれを用いたデバイス製造方法を提供することを課題としている。また、移動ステージとステージ

50

定盤が所定の相対位置関係を維持し、移動ステージの可動範囲を所定の値に維持できるようにすることを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するため、本発明の位置決め装置は、基準面に沿って移動自在に支持された第1および第2の移動体と、前記第1および第2移動体間で所定の方向の力を発生させる第1の駆動機構と、前記基準面と第2移動体との間で前記所定方向と平行な方向の力を発生させる第2の駆動機構と、前記第1駆動機構を用いて前記第1移動体を位置決め制御する第1移動体制御系と、前記第2駆動機構を用いて、前記第1移動体制御系による制御に同期して前記第1移動体と逆方向に移動するように前記第2移動体を位置決め制御する第2移動体制御系とを具備することを特徴とする。

10

【0029】

本発明の第1の半導体露光装置は、前記いずれかの位置決め装置を搭載したことを特徴とする。

【0030】

第2の半導体露光装置は、第1の半導体露光装置において、前記位置決め装置は露光されるウエハを位置決めするために使用されるものであることを特徴とする。

【0031】

第3の半導体露光装置は、第1または第2の半導体露光装置において、前記位置決め装置は露光に使用するレチクルを位置決めするために使用されるものであることを特徴とする。

20

【0032】

そして、本発明のデバイス製造方法は、前記いずれかの露光装置を用い、その位置決め装置における第1移動体の移動による反力を第2移動体によって吸収しながらウエハに露光を行う工程と、露光されたウエハを現像する工程とを具備することを特徴とする。

【0033】

これら本発明の構成において、第1移動体を位置決め制御する際、第1移動体からの反力は、第2移動体が第1移動体の移動位置に対して一定の位置関係となるように第2移動体を移動させようとする。その際、従来は、第2移動体とガイド間の摩擦等の外乱の影響により、必ずしも前記一定の位置関係とはならなかった。これに対し、本発明の第1の位置決め装置およびその構成を含むものにおいては、第2移動体を第1移動体の位置決め制御に同期して位置決め制御する第2移動体制御系を具備しているため、この第2移動体制御系により、前記一定の位置関係が確保されるように第2移動体の位置が制御される。その際、特に上記数4式が成立するような制御が行われると、前記摩擦等の外乱がまったくない場合に反力によって第1移動体が位置する理想的な位置に第2移動体の位置が制御され、これによって、第1移動体からの反力が第2移動体により完全に吸収されることになる。

30

【0034】

本発明の第5の位置決め装置およびその構成を含むものにおいては、第1移動体および第2移動体が所定の位置関係、たとえば数5式を満足するような位置関係にある場合は、従来と同様に、第1移動体からの反力は、第2移動体が第1移動体の移動位置に対してそのような位置関係を満足するように第2移動体を移動させることにより吸収される。しかし、このような位置関係が崩れ、第2移動体の移動範囲が第2移動体の移動ストロークの範囲内に収まらなくなると、第1移動体からの反力を吸収できなくなる。そのような事態に陥る可能性は、第2移動体位置計測系により第2移動体の前記所定方向の位置を計測することにより未然に検出される。そして、これが検出された場合には、第2移動体位置固定機構により第2移動体を固定しながら、第1移動体の位置をたとえば前記数5式のような位置関係となるように調整することにより、前記事態に陥る可能性が排除される。

40

【0035】

【実施例】

50

図 1 は本発明の一実施例に係るウエハステージの上面図、図 2 はその正面図である。図 3 はこのウエハステージを搭載した露光装置の正面図である。これらの図に示すように、ウエハステージ 6 を支持するステージ定盤 7 は、静圧軸受けを介して床上に剛に設置された露光装置のベースフレーム 1 上に設けられている。ベースフレーム 1 の上面は鏡面加工されており、ステージ定盤 7 の底の静圧軸受け 1 2 によりステージ定盤 7 は水平方向にほとんど摩擦が無く移動自由に案内されている。ステージ定盤 7 上にはウエハステージ 6 を構成する Y ステージ 1 3 が設けられている。Y ステージ 1 3 の底面およびヨー方向ガイド面には与圧磁石と静圧軸受け 1 2 で構成された高剛性の静圧案内が設けられている。ステージ定盤 7 の上面およびステージ定盤 7 に固着されたヨー方向ガイド 1 4 のステージ側面は鏡面加工されており、Y ステージ 1 3 はステージ定盤 7 に対して Y 方向に移動自由に案内されている。

10

【 0 0 3 6 】

ステージ定盤 7 には Y 方向に 2 本の Y リニアモータ固定子 (コイルからなる) 1 5 が設置されている。Y ステージ 1 3 は Y リニアモータ可動子 (磁石よりなる) 1 6 との間を連結板で固定されており、リニアモータによる推力で Y 方向に駆動力を得る。この Y 方向駆動力の反力は、リニアモータ固定子 1 5 を介してステージ定盤 7 に伝わる。Y ステージ 1 3 を囲むように X ステージ 1 7 が設置されており、X ステージ 1 7 の底には Y ステージ 1 3 と同様に静圧案内が構成されている。また、X ステージ 1 7 と Y ステージ 1 3 との間には静圧軸受けからなる静圧案内が構成されており、X ステージ 1 7 は Y ステージ 1 3 に沿って X 方向に移動し、Y ステージ 1 3 が Y 方向に移動すると X ステージ 1 7 は Y ステージ 1 3 に追従して移動する。Y ステージ 1 3 上には X 方向に設けられた X リニアモータ固定子 (コイルよりなる) があり、X ステージ 1 7 に設けられた X リニアモータ可動子 (磁石よりなる) とにより X 方向に推力を発生する X リニアモータが構成されている。X リニアモータの駆動力は X ステージ 1 7 を駆動するとともに、その反力は、Y ステージ 1 3 およびヨー方向ガイド 1 4 を介してステージ定盤 7 に伝わる。

20

【 0 0 3 7 】

X ステージ 1 7 上には X Y 平面内の回転である z 方向、Z 方向、および X Y 軸の各々の軸周りの回転方向である x と y 方向に微少移動可能な微動ステージ 8 が構成されている。この微動ステージ 8 の構成は例えば特開平 8 - 2 2 9 7 5 9 号公報に記載のような構成となっている。微動ステージ 8 の X Y 方向は X ステージ 1 7 と高剛性に結合された構成である。微動ステージ 8 上には微動ステージ 8 の X Y 方向変位を測定するための X 干渉計ミラー 1 9 および Y 干渉計ミラー 2 0 が設置されている。これらのミラーを用いて鏡筒定盤 2 すなわちウエハステージ X レーザ干渉計基準 2 2 等を計測基準とするレーザ干渉計により微動ステージ 8 の X Y 方向変位が計測される。これらの干渉計により z、x および y 方向の計測も行えるが、ここでは詳細な説明は省略する。

30

【 0 0 3 8 】

ステージ定盤 7 の X 方向のおよそ重心位置の延長線上には、Y 方向のステージ定盤 7 駆動用の Y 定盤リニアモータ可動子 (コイルからなる) 2 3 が設けられ、X 方向にはステージ定盤 7 の Y 方向の重心位置を挟む形に配置された 2 つの X 定盤リニアモータ可動子 (コイルからなる) 2 4 が設けられている。これらはベースフレーム 1 に設置された Y 定盤リニアモータ固定子 (磁石) 2 5 および X 定盤リニアモータ固定子 (磁石) 2 6 とともに、ステージ定盤 7 をそれぞれ Y および X 方向に駆動する推力を発生する。また、X 定盤リニアモータ可動子 2 4 および X 定盤リニアモータ固定子 2 6 で構成される 2 つの X 定盤リニアモータの差分値により、X Y 平面の回転方向に対してモーメントを発生させることができる。ステージ定盤 7 の X Y 方向および X Y 平面の回転方向の変位は 2 つの X ステージ定盤レーザ干渉計 2 7 および Y ステージ定盤レーザ干渉計 2 8 で計測される。これらのステージ定盤レーザ干渉計の計測基準はステージ計測と同様に鏡筒定盤 2、すなわちこれに固定されたステージ定盤 X 干渉計基準 5 1 およびステージ定盤 Y 干渉計基準 5 2 である。ステージ定盤 7 には X および Y ステージ定盤レーザ干渉計 2 7 および 2 8 用の X 定盤レーザ干渉計ミラー 2 9 および Y 定盤レーザ干渉計ミラー 3 0 が設置されている。

40

50

【0039】

なお、各定盤リニアモータは推力方向と直角方向には定盤の動きに対して十分に余裕を持って設置されている。すなわち、ステージ定盤7がX方向に移動してもY定盤リニアモータの固定子25と可動子23が接触することはなく、ステージ定盤7がY方向に移動してもX定盤リニアモータの固定子26と可動子24が接触することはない。

【0040】

図4はウエハステージ6の制御系の構成図である。微動ステージ8の部分は省略してある。図中の主制御器31は装置全体の動作を制御する部分である。図4の点線内がウエハステージ6の制御系の構成である。このウエハステージ制御系は主制御器31との間でウエハステージ位置指令やウエハステージ位置計測値などの通信を行うが、ここではその説明は省略する。図中のウエハステージX制御系32は、主制御器31より得たウエハステージ駆動指令、ウエハステージX位置指令器33から得た位置目標値、およびウエハステージXレーザ干渉計信号34より、適宜ステージ加速力のフィードフォワード制御および位置目標に対するフィードバック制御を行い、Xリニアモータ35を駆動してXステージ17の位置決めを行う。ウエハステージY制御系36もウエハステージX制御系32と同様にして、ウエハステージ駆動指令、ウエハステージY位置指令器37から得た位置目標値、およびウエハステージYレーザ干渉計信号38により2つのYリニアモータ39を駆動してYステージ13の位置決め制御を行う。この際、Xステージ17の移動により、Yステージ13、Xステージ17および微動ステージ8の全体、すなわちY方向に移動する移動体質量の重心が移動する。ウエハステージY制御系36はXステージ17の位置情報に基づいて、2つのYリニアモータ39の合力がY方向移動体質量の重心位置に推力を及ぼすように各Yリニアモータ39の出力の制御も行う。

【0041】

ステージ定盤Y制御系40はステージ定盤Y位置指令器41より得たステージ定盤7のY位置目標値とステージ定盤7のY変位信号42に基づいてフィードバック制御を行い、ステージ定盤Yリニアモータ43を駆動してステージ定盤7のY方向の位置決めを行う。ステージ定盤X制御系44も同様に、ステージ定盤X位置指令器45からのX位置目標値と、ステージ定盤7の2つのX変位信号46に基づいてステージ定盤7のX方向の位置決めを行う。この際、2つのステージ定盤X変位信号46の差分値と2つの変位計27間の間隔とによりステージ定盤7のXY平面内での回転方向(z)の変位が計測される。ステージ定盤X制御系44は、2つのステージ定盤Xリニアモータ21への制御入力により、この回転方向の変位を零に位置決めすることも行う。このステージ定盤のz方向の運動を生じさせるモーメントは、ウエハステージ6の移動により生じる。すなわちウエハステージ6とステージ定盤7が相対的に動くことにより、ウエハステージ6のリニアモータの推力の作用点がステージ定盤7の重心位置とずれてモーメントが発生する。ステージ定盤X制御系44は、ウエハステージ6の位置情報とウエハステージ6の駆動情報に基づいてこのモーメントを算出し、2つのステージ定盤Xリニアモータ21にモーメントを打ち消すべくフィードフォワード制御を行う。このモーメント打ち消し力は各ステージ定盤Xリニアモータの固定子26を介してベースフレーム1に伝わるが、さほど大きくないため、ベースフレーム1や床を加振するには至らないので問題は無い。

【0042】

次に、本発明の主眼であるステージ定盤7のXY方向の位置決め制御について説明する。ステージ定盤X位置指令器45およびステージ定盤Y位置指令器41で生成される各方向のステージ定盤7の位置目標値XbおよびYbは、次なる関係を満たしている。

【0043】

【数6】

10

20

30

40

$$Y_b = -m_y / M \cdot Y_s$$

$$X_b = -m_x / M \cdot X_s$$

Y_b : ステージ定盤7のY方向目標値

X_b : ステージ定盤7のX方向目標値

Y_s : Yステージ13の目標値

X_s : Xステージ17の目標値

m_y : ステージY方向移動質量 (Yステージ13 + Xステージ17 + 微動ステージ8)

m_x : ステージX方向移動質量 (Xステージ13 + 微動ステージ8)

M : ステージ定盤7の質量

10

この数6式の意味することは、ウエハステージ6のリニアモータに推力が発生した場合、ウエハステージ6とステージ定盤7が、ウエハステージ6への作用力とステージ定盤7への反力によって各々の質量の逆比で運動するようにステージ定盤7を位置決めすることである。ステージ定盤7とウエハステージ6との間およびベースフレーム1とステージ定盤7との間に全く摩擦が無く、完全な水平面状にベースフレーム1面およびステージ定盤7面が構成されている理想的な状態であれば、数6式は自動的に成立する。しかし、静圧軸受けを用いてもわずかではあるが摩擦があり、案内面が完全に水平であるとは限らない。また、リニアモータ駆動用の配線などが移動体に対してバネとして作用する。そこで、本実施例ではこれらの外乱を打ち消すべく、数6式に従ってステージ定盤7を能動的に位置決めするようにしているのである。これらの外乱を抑制する力はわずかであるので、ステージ定盤リニアモータ43および21が発生する力も小さくて済み、その反力も小さいので、ベースフレーム1や床を加振してしまうことはない。

20

【0044】

次に、本実施例の装置における電源投入時からの装置立上げの流れを図13のフローチャートを基に説明する。装置の電源を投入し、干渉計のリセットを行う(ステップ1)。この時点で干渉計の信号(位置変化)は得ることはできるが、干渉計は相対センサであるため、ステージ定盤7やステージ6の絶対位置は不明である。

30

【0045】

まず、ステージ定盤7の原点位置駆動を行う(ステップ2)。ステージ定盤7の駆動用のリニアモータは単相コイルを用いているので、可動子と固定子が如何なる位置関係にあっても、コイルに一定電流を流すことで一定の推力を発生させることができる。干渉計によりステージ定盤7の速度を監視しながら低速の一定速度で、X定盤リニアモータ24, 26およびY定盤リニアモータ23, 25によってステージ定盤7を+Xおよび+Y方向に送る。X定盤リニアモータ24, 26およびY定盤リニアモータ23, 25の近傍には不図示のリミットスイッチ(フォトスイッチ)があり、ステージ定盤7の動きによってこれらのリミットスイッチを切った時点で干渉計のリセットを行い、ステージ定盤7を停止する。ステージ定盤7の位置を計測する全てのレーザ干渉計のリセットを行った時点で、ステージ定盤7の位置サーボをかける(ステップ3)。

40

【0046】

次にステージ定盤7を初期位置へ駆動する(ステップ4)。ステージ定盤7の初期位置としてZ軸周りの回転方向は零位置とする。XY方向位置はXYステージ13, 17のストローク範囲内で数6式を満たす位置であれば任意で良い。ステージ定盤7を初期位置へ移動した後は、この初期位置を目標値とした位置サーボをかけて固定しておく。

【0047】

次にウエハステージ6の初期化を行う。この初期化動作は公知の手法を用いて行う(ステップ5)。ウエハステージ6の初期化が完了すれば、計測基準に対するウエハステージ6の絶対値が計測でき、位置サーボを構成して任意の位置にウエハステージ6を移動するこ

50

とができる。

【0048】

次に数6式を満たす位置へウエハステージ6を移動する(ステップ6)。この際、ステージ定盤7は初期位置に固定されているので、ウエハステージ6の駆動反力は、ステージ定盤7およびステージ定盤7駆動用のリニアモータを介してベースフレーム1に伝わる。しかし、ウエハステージ6の初期位置駆動は頻繁には行われず、また加速度もさほど必要とされない。よって、ウエハステージ6の初期位置駆動の反力がベースフレーム1や床に伝わっても問題となることはない。

【0049】

このウエハステージ6の初期位置駆動の完了以降は、ウエハステージ6を駆動する場合は、ウエハステージX位置指令、ウエハステージY位置指令、ステージ定盤X位置指令、およびステージ定盤Y位置指令の値を目標値として、ウエハステージ6およびステージ定盤7の位置決めを行う(ステップ7)。以上のステージ系の初期化動作が完了した後は常に数6式が満たされるので、この初期化動作は装置立上げ時に1回だけ行えばよい。

【0050】

数6式を満たす位置に駆動する初期位置駆動の際、ウエハステージ6の位置を固定しておいてステージ定盤7を動かすことも考えられる。しかし、この方法は前述した方法に比べて不利である。ステージ定盤7の計測系の初期化とウエハステージ6との同期駆動を行う際は、ステージ定盤7の駆動用のリニアモータにはさほど大きな力は必要とされない。ステージ定盤7の計測系の初期化の際は低速で駆動し、ウエハステージ6との同期駆動を行う際はステージ定盤7系の摩擦等力を補正するだけだからである。したがって、小さなリニアモータですみ、コストを抑えることができる。初期位置駆動を、ステージ定盤7を高速に動かして行うにはそれなりの大きさのリニアモータが必要とされ、前述した利点を打ち消してしまう。これに対してウエハステージ6のリニアモータは本来、高速でウエハステージ6を駆動するためのものなので、大出力の仕様となっている。よって、初期位置駆動の際はステージ定盤7の位置を固定しておき、ウエハステージ6を移動することが望ましい。

【0051】

なお、本発明は上述実施例に限らず適宜変形して実施することができる。たとえば、上述においてはステージ定盤7の位置計測基準を鏡筒定盤2としたが、この代わりに、ベースフレーム1としてもよい。この場合、ウエハステージ6の位置計測基準は鏡筒定盤2であり、ステージ定盤7の計測基準とは異なっている。鏡筒定盤2はベースフレーム1上に除振機構5を介して保持されている。鏡筒定盤2とベースフレーム1の相対位置は除振機構5に設けられている位置決め機構により管理されているが、その精度は数~数十 μm のオーダーである。したがってステージ定盤7が数6式を満たすように位置決めされていても、厳密にはステージ6との相対位置には鏡筒定盤2の位置決め誤差が含まれている。本発明の趣旨はステージ6とステージ定盤7の位置関係を常に所定の関係に保ち、ステージ6の可動範囲を所望の値にすることであるから、ステージ6とステージ定盤7の位置関係の誤差は、数十~数百 μm に入っていれば十分である。よって、前述したベースフレーム1と鏡筒定盤2の相対位置の位置決め誤差は問題にならない。

【0052】

また、上述実施例ではステージ6として、XYの2軸ステージの構成を示したが、1軸のステージでも構わない。また、ステージ6およびステージ定盤7のアクチュエータとしてリニアモータを用いたが、他のアクチュエータでもよい。例えば、ACモータとボールネジの組み合わせが考えられる。その際、回転軸部にエンコーダを設け、ボールネジのリードと回転数からステージ定盤7の位置を測定してもよい。また、上述においてはステージ6およびステージ定盤7の位置計測系にはレーザ干渉計を用いたが、前述したように他の計測器を用いてもよい。また、上述実施例ではウエハステージ6について本発明を適用した場合の構成を示したが、全く同様にしてレチクルステージにも適用することができる。

【0053】

また、上述実施例ではステージ定盤 7 はベースフレーム 1 上に水平面内において回転自由に支持されていたが、水平方向の直動ガイド上に設けても構わない。上述実施例ではステージ定盤 7 に作用するモーメントはステージ定盤リニアモータを介してベースフレーム 1 に作用したが、直動ガイドを設ける場合は直動ガイドを介して直接ベースフレームに作用する。

【 0 0 5 4 】

図 9 および 10 は本発明の他の実施例を示す上面図および正面図である。Y ステージ 13、X ステージ 17、および微動ステージ 8 は図 1 のものと全く同様である。ステージ定盤 7 は定盤 Y 方向ガイド 55 によりステージ定盤支持盤 56 上で Y 方向に移動自由に案内されている。ステージ定盤支持盤 56 は定盤 X 方向ガイド 57 によりベースフレーム上で X 方向に移動自由に案内されている。定盤 Y 方向ガイド 55 および定盤 X 方向ガイド 57 は各々 2 本のリニアガイドで構成されており、所定方向には移動自由に、案内方向と直行する方向には高剛性に支持されている。定盤 X 方向ガイド 57 および定盤 Y 方向ガイド 55 の近傍には不図示のアブソリュートエンコーダが設けられており、ベースフレームに対するステージ定盤支持盤 56 の X 方向位置、およびステージ定盤 7 のステージ定盤支持盤 56 に対する Y 方向位置が測定される。ベースフレームに対してステージ定盤支持盤 56 は前述したように定盤 X 方向ガイド 57 により案内されているので、ステージ定盤支持盤 56 は Y 方向にはほとんど変位せず、前述した Y 方向のアブソリュートエンコーダによる計測値はベースフレームに対するステージ定盤 7 の Y 方向位置とみなすことができる。

【 0 0 5 5 】

ステージ定盤 7 は位置固定機構 62 で固定できるようになっており、位置固定機構 62 は図 11 のような構成を有する。すなわち、本体 58 がベースフレーム上に設置されており、ステージ定盤 7 の上方にアーム 59 が張り出している。アーム 59 の先端には電磁石 60 が設けられている。電磁石 60 のステージ定盤 7 面に相対する面は高精度に仕上げられており、電磁石 60 を励磁しない場合の電磁石 60 面はステージ定盤 7 面に対して数 μm の間隙を保持している。この状態において、ステージ定盤 7 のストロークの範囲では、ステージ定盤 7 面と電磁石 60 面が接触することはない。また、アーム 59 および電磁石 60 は、ステージの如何なる位置においても物理的に干渉しない位置に設けられている。電磁石 60 を励磁すると、アーム 59 に設けられたヒンジ 61 により電磁石 60 が下方に移動してステージ定盤 7 面を吸着する。アーム 59 には Z 方向をかわす前述のヒンジ 61 が設けられているが、ヒンジ 61 は X Y 方向には剛に構成されている。よって、電磁石 60 を励磁すると、ステージ定盤 7 はベースフレームに剛に構成された状態となる。

【 0 0 5 6 】

この構成のステージ系の動きを、図 12 のフローチャートを基に説明する。装置に電源を投入する以前には、X、Y および微動ステージ 17、13、8 ならびにステージ定盤 7 の X Y 方向位置は不明である。電源を投入すると（ステップ 11）、ステージ定盤 7 のアブソリュートエンコーダにより、ベースフレームに対するステージ定盤 7 の絶対位置が計測できる（ステップ 12）。この時点でステージ定盤位置固定機構 62 の電磁石 60 を励磁し、ステージ定盤 7 をベースフレームに対して固定しておく（ステップ 13）。X、Y ステージ 17、13 および微動ステージ 8 は公知の手法により適宜初期化されて駆動可能となる（ステップ 14）。ステージ定盤 7 をベースフレームに対して固定したまま、X、Y ステージ 17、13 を駆動し、次の数 7 式が成立する状態にする（ステップ 15）。

【 0 0 5 7 】**【 数 7 】**

$$Y_b = -m_y / M_y \cdot Y_s$$

$$X_b = -m_x / M_y \cdot X_s$$

Y_b : ステージ定盤7のY方向位置

X_b : ステージ定盤7のX方向位置

Y_s : Yステージ13の位置

X_s : Xステージ17の位置

m_y : ステージY方向移動質量 (Yステージ13 + Xステージ17 + 微動ステージ8)

m_x : ステージX方向移動質量 (Xステージ13 + 微動ステージ8)

M_y : ステージ定盤7の質量

10

ただし、ステージ定盤7の計測値(アブソリュートエンコーダの値)とX、Yステージ17、13の計測値(干渉計の値)の原点、方向および次元は統一しておく。数7式が成立した状態となった時点で、ステージ定盤位置固定機構62の電磁石60の励磁を解消する(ステップ16)。以降、ステージ定盤7はベースフレームに対してXY方向に移動自由になるので、X、Yステージ17、13を駆動する際は、その反力によりステージ定盤7はステージとは逆方向に、およそ質量の逆比の割合で運動する。したがってベースフレームにはステージの駆動反力が伝わらず、ベースフレームや床を加振してしまうことはない。ステージの位置や駆動パターンによっては、ステージ定盤7にZ軸周りのモーメント力が作用する。このモーメント力はステージ定盤X方向ガイド57およびステージ定盤Y方向ガイド55によりベースフレームに伝わるが、この力は小さいので、ベースフレームや床を問題となるほど加振してしまうことはない。この状態において所望のウエハ処理などの装置オペレーションを行う(ステップ17および18)。

20

【0058】

ステージ駆動を続けていくと、ステージ定盤7のガイドに存在するわずかな摩擦により、ステージ位置とステージ定盤7の位置が、数7式からずれてくる。このずれが大きくなると、ステージ定盤7がステージ定盤7のガイドのストロークリミットに接触し、ステージ反力がベースフレームに伝わってしまう。そこで、ステージ定盤7の位置を常に監視しておき、数7式から大きく外れてきたと判断した場合は(ステップ19)次の動作を行う。すなわち、ステージ定盤位置固定機構62の電磁石60を励磁してステージ定盤7をその位置で固定し(ステップ21)、そしてX、Yステージ17、13を適宜駆動して数7式を満たす位置に動かす(ステップ22)。この復帰動作を終えた後、ステージ定盤位置固定機構62の電磁石60を開放し、通常ステージ駆動を行う(ステップ23)。復帰動作時にはステージ定盤7がベースフレームに固着されるので、ステージ反力がベースフレームに伝わる。ただし、この動作はさほど頻繁に行うものではないので、ステージの加速度は小さくてもよい。よって、床を加振してしまうことはない。この復帰動作はウエハ露光中の一連の動作中ではなく、ウエハのロット間等で行うのが望ましい。したがって、ステージ定盤7のストロークは余裕を大きくしておく。以降、ウエハオペレーション終了の判断をし(ステップ20)、適宜装置オペレーションを再開または終了する(ステップ24)。

30

40

【0059】

この構成のステージ系を用いれば、ステージ定盤7にアクチュエータを用いることなく、簡易な方法で床に振動を与えないステージ駆動を達成することができる。なお、ここでは、ステージ定盤X方向ガイド57およびステージ定盤Y方向ガイド55に安価なりニアガイドを用いたが、静圧案内などの他のガイド構成を用いてもよい。

【0060】

<デバイス製造方法の実施例>

次に上記説明した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図14は微

50

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。ステップ３１（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行う。ステップ３２（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ３３（ウエハ製造）ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ３４（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ３５（組立て）は後工程と呼ばれ、ステップ３４におい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。ステップ３６（検査）ではステップ３５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（ステップ３７）される。

10

【００６１】

図１５は上記ウエハプロセス（ステップ３４）の詳細なフローを示す。ステップ４１（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ４２（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ４３（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ４４（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ４５（レジスト処理）ではウエハにレジストを塗布する。ステップ４６（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハの複数のショット領域に並べて焼付露光する。ステップ４７（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ４８（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。ステップ４９（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。

20

本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった大型のデバイスを低コストで製造することができる。

【００６２】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、第２移動体を第１移動体の位置決め制御に同期して位置決め制御する第２移動体制御系を設けるようにしたため、位置決め装置が設置されている床等へ第１移動体の駆動反力がかからないように第２移動体の位置を制御して、床を加振して第１移動体の位置決め制御を悪化させたり他の装置へ振動の影響を与えるのを防止することができる。また、第１移動体と第２移動体の相対位置関係が常に所望の状態を満たすように第２移動体の位置を制御して、いかなる第１移動体の動きに対しても第１移動体の可動範囲を所望の値にすることができる。また、第２移動体を固定する第２移動体位置固定機構および第２移動体の位置を計測する第２移動体位置計測系を備えているため、第１および第２移動体間の位置関係が崩れ、第１移動体からの反力を吸収できなくなるような事態に陥る可能性を未然に検出し、回避することができる。したがって常に第１移動体の移動による反力を第２移動体によって吸収できるようにすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明の一実施例に係るウエハステージの上面図である。

【図２】 図１のウエハステージの正面図である。

40

【図３】 図１のウエハステージを搭載した露光装置の正面図である。

【図４】 図１のウエハステージの制御系の構成図である。

【図５】 従来の露光装置の一例を示す図である。

【図６】 従来の位置決めステージの一例を示す図である。

【図７】 従来の位置決めステージの説明図である。

【図８】 従来の位置決めステージの問題点を示す図である。

【図９】 本発明の他の実施例を示す上面図である。

【図１０】 図９の装置の正面図である。

【図１１】 図９の装置の位置固定機構の構成を示す図である。

【図１２】 図９の装置の動作を示すフローチャートである。

50

【図13】 図1の装置における電源投入時からの装置立上げの流れを示すフローチャートである。

【図14】 本発明の露光装置を利用できるデバイス製造方法を示すフローチャートである。

【図15】 図14中のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

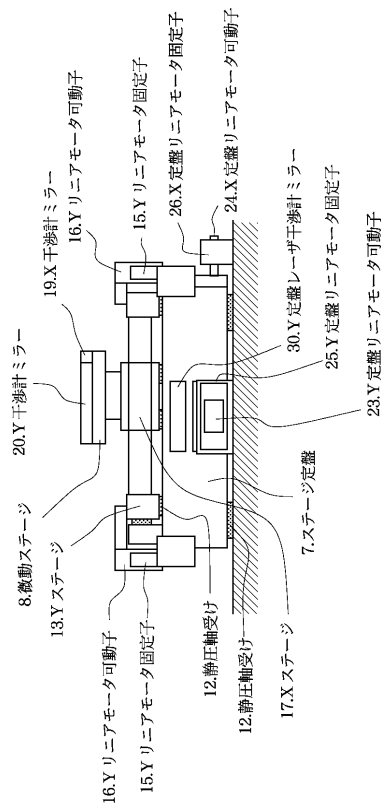
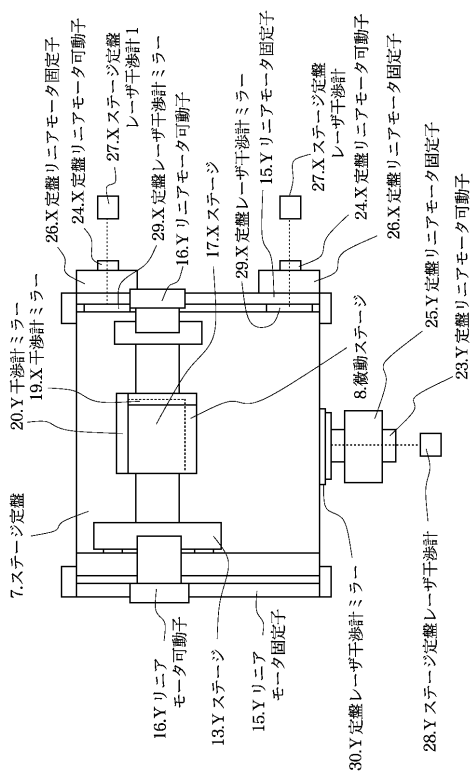
1：ベースフレーム、2：鏡筒定盤、3：縮小露光系、4：レチクルステージ、5：除振機構、6：ウエハステージ、7：ウエハステージ定盤、8：微動ステージ、9：定盤、10：ステージ、11：計測系基準、12：静圧軸受け、13：Yステージ、14：ヨー方向ガイド、15：Yリニアモータ固定子、16：Yリニアモータ可動子、17：Xステージ、19：X干渉計ミラー、20：Y干渉計ミラー、21：ステージ定盤リニアモータ、22：ウエハステージXレーザ干渉計基準、23：Y定盤リニアモータ可動子、24：X定盤リニアモータ可動子、25：Y定盤リニアモータ固定子、26：X定盤リニアモータ固定子、27：Xステージ定盤レーザ干渉計、28：Yステージ定盤レーザ干渉計、29：X定盤レーザ干渉計ミラー、30：Y定盤レーザ干渉計ミラー、31：主制御器、32：ウエハステージX制御系、33：ウエハステージX位置指令器、34：ウエハステージXレーザ干渉計信号、35：Xリニアモータ、36：ウエハステージY制御系、37：ウエハステージY位置指令器、38：ウエハステージYレーザ干渉計信号、39：Yリニアモータ、40：ステージ定盤Y制御系、41：ステージ定盤Y位置指令器、42：Y変位信号、43：ステージ定盤Yリニアモータ、44：ステージ定盤X制御系、45：ステージ定盤X位置指令器、46：ステージ定盤X変位信号、51：ステージ定盤X干渉計基準、52：ステージ定盤Y干渉計基準、53：ウエハステージレーザ干渉計光軸、54：ステージ定盤Xレーザ干渉計光軸、55：定盤Y方向ガイド、56：ステージ定盤支持盤、57：定盤X方向ガイド、58：本体、59：アーム、60：電磁石、61：ヒンジ、62：ステージ定盤位置固定機構。

10

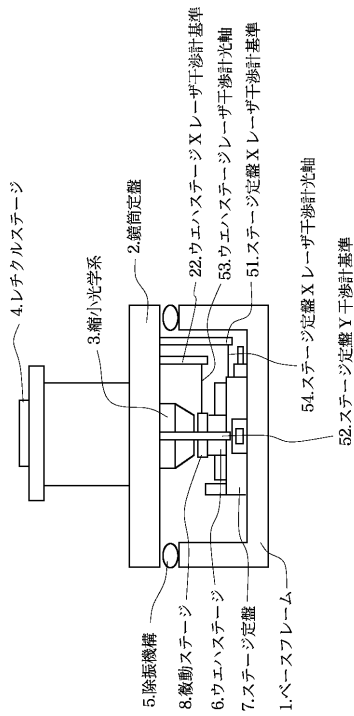
20

【図1】

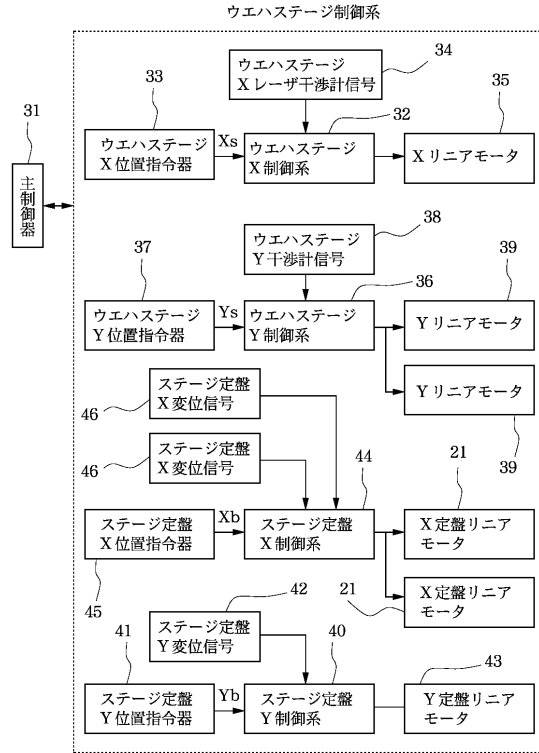
【図2】



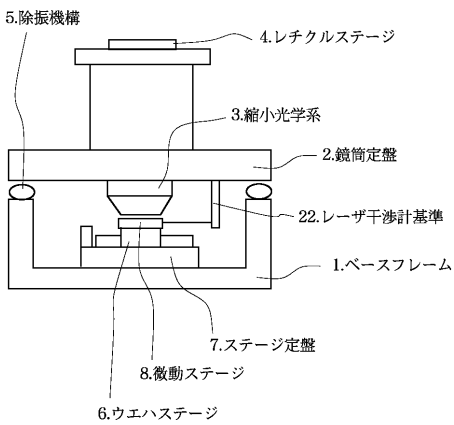
【 図 3 】



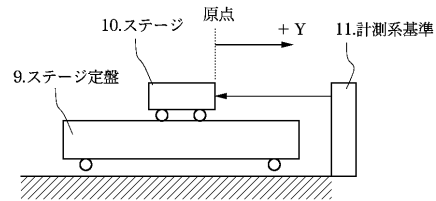
【 図 4 】



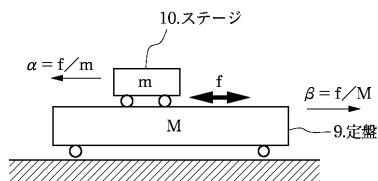
【 図 5 】



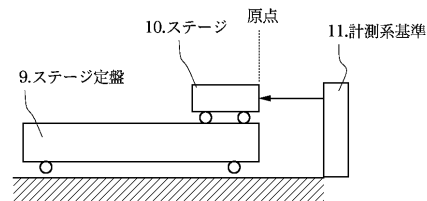
【 図 7 】



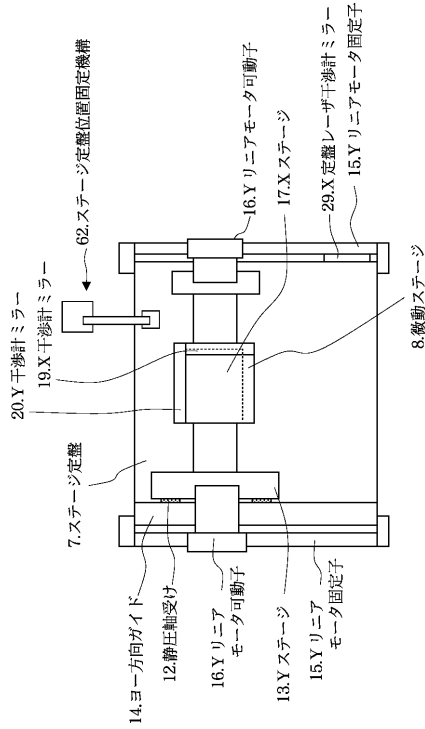
【 図 6 】



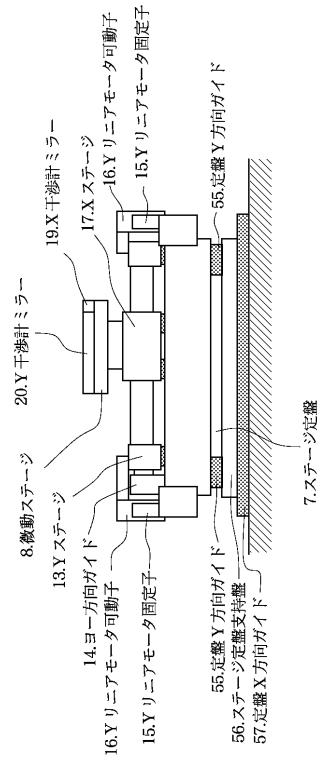
【 図 8 】



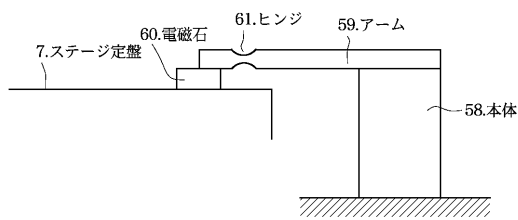
【 図 9 】



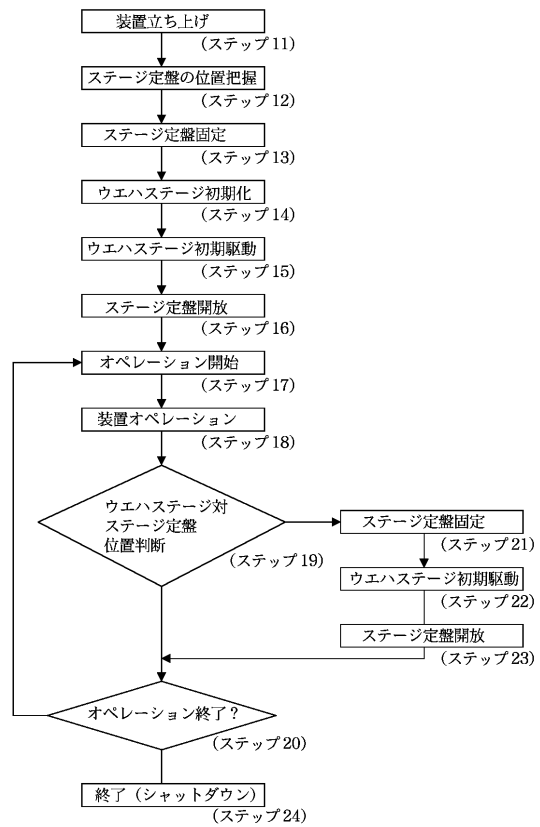
【 図 10 】



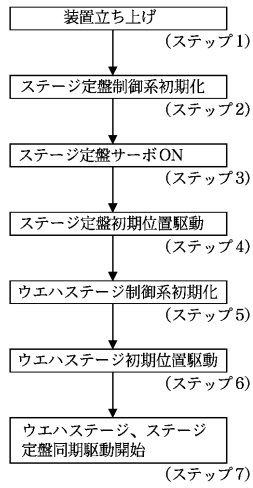
【 図 11 】



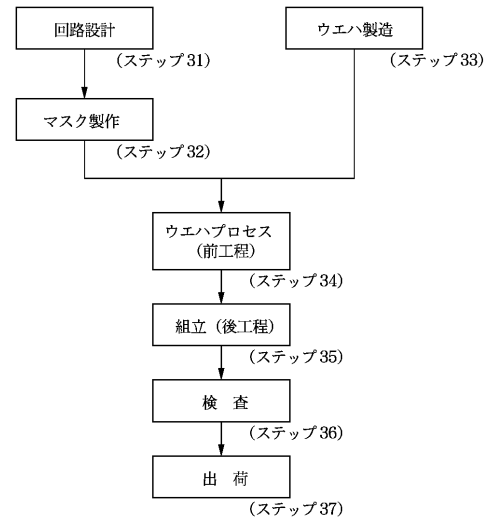
【 図 12 】



【 図 1 3 】

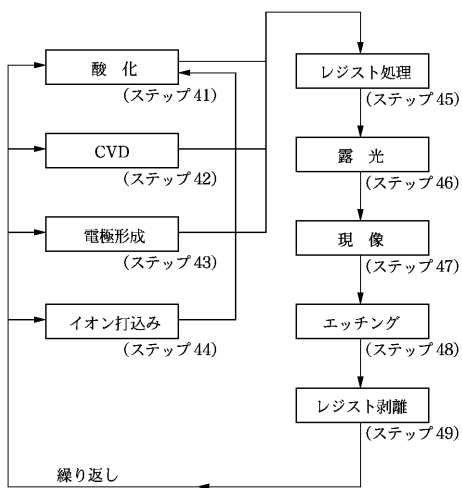


【 図 1 4 】



半導体デバイス製造フロー

【 図 1 5 】



ウエハプロセス

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 088167 (JP, A)
特開平01 - 259405 (JP, A)
特開平10 - 149974 (JP, A)
特開平07 - 307279 (JP, A)
特開平08 - 023690 (JP, A)
特開平08 - 063231 (JP, A)
特開平05 - 029442 (JP, A)
特開2001 - 238485 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 3/00-3/12

H01L 21/68