

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7600070号
(P7600070)

(45)発行日 令和6年12月16日(2024.12.16)

(24)登録日 令和6年12月6日(2024.12.6)

(51)国際特許分類	F I
G 0 3 F 9/00 (2006.01)	G 0 3 F 9/00 H
G 0 3 F 7/20 (2006.01)	G 0 3 F 7/20 5 2 1
H 0 1 L 21/68 (2006.01)	H 0 1 L 21/68 F
G 0 2 B 7/00 (2021.01)	G 0 2 B 7/00 E

請求項の数 21 (全22頁)

(21)出願番号	特願2021-167573(P2021-167573)	(73)特許権者	000001007 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和3年10月12日(2021.10.12)	(74)代理人	110003281 弁理士法人大塚国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-57858(P2023-57858A)	(72)発明者	高井 亮 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノン株式会社内
(43)公開日	令和5年4月24日(2023.4.24)	審査官	植木 隆和
審査請求日	令和6年4月12日(2024.4.12)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マーク検出装置、露光装置および物品製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
マーク検出系を支持する支持部材と、
前記支持部材に対する、前記マーク検出系に含まれるスコープの位置を変更する駆動機構と、
前記支持部材に対する前記スコープの位置を固定する固定動作をそれぞれ行う複数の固定機構と、
予め設定された順序で前記複数の固定機構に前記固定動作を行わせる制御部と、
を備えることを特徴とするマーク検出装置。

【請求項2】
前記制御部は、前記複数の固定機構によって前記支持部材に対して前記スコープを固定する際に、前記複数の固定機構に予め設定された時間差で前記固定動作を開始させる、ことを特徴とする請求項1に記載のマーク検出装置。

【請求項3】
前記複数の固定機構は、前記スコープの互いに異なる位置に対して、前記スコープを固定するための力を作用させる、
ことを特徴とする請求項1又は2に記載のマーク検出装置。

【請求項4】
前記複数の固定機構の各々は、可動部材を含み、前記可動部材を前記スコープに押し付けることによって前記スコープを固定するための力を前記スコープに作用させる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のマーク検出装置。

【請求項 5】

前記複数の固定機構の各々は、真空圧によって前記スコープを吸引する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載のマーク検出装置。

【請求項 6】

前記可動部材は、真空パッドを含み、前記複数の固定機構の各々は、前記可動部材を支持するバネを含む、

ことを特徴とする請求項 5 に記載のマーク検出装置。

【請求項 7】

前記可動部材を前記スコープに押し付ける方向における前記バネの剛性は、前記方向に直交する方向における前記バネの剛性より低い、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のマーク検出装置。

【請求項 8】

前記複数の固定機構の各々は、前記可動部材を前記スコープに押し付けるアクチュエータを含む、

ことを特徴とする請求項 4 に記載のマーク検出装置。

【請求項 9】

前記複数の固定機構に前記順序で前記固定動作を行わせた場合の前記スコープの固定に伴う前記スコープの位置ずれは、前記複数の固定機構に同時に前記固定動作を行わせた場合の前記スコープの固定に伴う前記スコープの位置ずれより小さい、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記複数の固定機構に前記順序で前記固定動作を行わせた場合の前記スコープの固定に伴う前記スコープの位置ずれが許容範囲に収まるように前記順序を決定する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 11】

前記順序は、前記スコープの位置決めのための前記スコープの移動量、移動方向、目標位置、移動速度、移動加速度の少なくとも 1 つに応じた順序として決定されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 12】

前記駆動機構が前記スコープを位置決めするための動作における前記スコープの最後の駆動の方向は、予め定められた方向である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 13】

複数のマーク検出系を備え、

前記複数のマーク検出系の各々について、前記スコープ、前記駆動機構および前記複数の固定機構を含み、

前記複数のマーク検出系の各々について、前記順序が定められている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 14】

前記スコープをガイドするように平行に配置された 2 つのガイドを更に備え、

前記複数の固定機構は、前記 2 つのガイドの間に配置された 2 つの固定機構を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 15】

水平面に対する正射影において、前記 2 つの固定機構の間に前記スコープの重心が位置する、

ことを特徴とする請求項 14 に記載のマーク検出装置。

【請求項 16】

前記 2 つの固定機構は、前記スコープに押し付けられる水平面を有する、

ことを特徴とする請求項 1 4 又は 1 5 に記載のマーク検出装置。

【請求項 1 7】

前記複数の固定機構は、前記 2 つの固定機構とは異なる高さに配置された固定機構を含む、

ことを特徴とする請求項 1 4 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置。

【請求項 1 8】

マーク検出系を支持する支持部材と、

前記支持部材に対する、前記マーク検出系に含まれるスコープの位置を変更する駆動機構と、

前記支持部材に対する前記スコープの位置を固定する固定動作をそれぞれ行う複数の固定機構と、

互いに異なるタイミング、かつ、予め設定された順序で前記複数の固定機構に前記固定動作を行わせる制御部と、

を備えることを特徴とするマーク検出装置。

【請求項 1 9】

マーク検出系を支持する支持部材と、

前記支持部材に対する、前記マーク検出系に含まれるスコープの位置を変更する駆動機構と、

前記支持部材に対する前記スコープの位置を固定する固定動作をそれぞれ行う複数の固定機構と、

前記複数の固定機構のうち予め設定された 1 つの固定機構に前記固定動作を開始させた後に、前記複数の固定機構のうち他の固定機構に前記固定動作を開始させる制御部と、

をことを特徴とするマーク検出装置。

【請求項 2 0】

基板を露光する露光装置であって、

前記基板のマークを検出するように構成された請求項 1 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載のマーク検出装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の露光装置を用いて基板を露光する露光工程と、

前記露光工程を経た前記基板を現像する現像工程と、

前記現像工程を経た前記基板を処理して物品を得る処理工程と、

を含むことを特徴とする物品製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、マーク検出装置、露光装置および物品製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、半導体集積回路の高集積化および微細化により、基板上に形成されるパターンの線幅は非常に小さいものとなってきている。これに伴って、基板上にレジストパターンを形成するリソグラフィ工程では、更なる微細化が望まれている。ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置およびステップ・アンド・スキャン方式の露光装置では、投影光学系を介して露光光を基板上の所望の位置に結像させて、基板を載せたステージを相対移動させることにより、基板上に所望のパターンを形成する。このため、パターンの微細化の要求を満たすためには、基板と露光光の相対位置を高い精度で位置合わせすることが重要である。従来、パターン形成に先立って、基板上のショット領域付近に形成されているアライメントマークの位置を計測し、ショット領域の配列を求めて位置合わせをする方法（グローバル・アライメント）が実施されている。

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、複数のマーク検出系を移動可能に支持する支持装置が備える力発生装

10

20

30

40

50

置によって、検出系との間に鉛直方向に関して互いに逆向きの力を発生させることでクリアランスを維持しながら検出系を移動する方法について記載されている。特許文献 1 によれば、摩擦力の影響を受けずに検出系を移動させることができるため、検出系を高精度に位置決めできる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 5 5 3 4 2 6 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

マークを検出するスコープを目標位置に高精度で位置決めできたとしても、スコープを目標位置に静止させておくためにスコープを固定しようとする、その固定のための動作によってスコープの位置が変化する。

【0006】

本発明は、スコープを固定する際のスコープの位置の再現性を向上させるために有利な技術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】

本発明の 1 つの側面は、マーク検出装置に係り、前記マーク検出装置は、マーク検出系を支持する支持部材と、前記支持部材に対する、前記マーク検出系に含まれるスコープの位置を変更する駆動機構と、前記支持部材に対する前記スコープの位置を固定する固定動作をそれぞれ行う複数の固定機構と、予め設定された順序で前記複数の固定機構に前記固定動作を行わせる制御部と、を備える。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、スコープを固定する際のスコープの位置の再現性を向上させるために有利な技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

30

【図 1】一実施形態の露光装置の構成を示す模式図。

【図 2】第 1 実施形態のマーク検出装置の構成例を示す模式図。

【図 3】比較例のマーク検出系の構成を示す模式図。

【図 4】第 1 実施形態におけるマーク検出系を示す模式図。

【図 5】真空パッドあるいは可動部材の構成例を示す模式図。

【図 6】一実施形態の露光装置の動作を例示するフローチャート。

【図 7】第 2 実施形態のマーク検出系を示す模式図。

【図 8】第 3 実施形態のマーク検出系を示す模式図。

【図 9】第 4 実施形態のマーク検出系を示す模式図。

【図 10】3 つのマーク検出系を備えるマーク検出装置を例示する模式図。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。なお、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、添付図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

【0011】

[第 1 実施形態]

図 1 は、マーク検出装置 100 が組み込まれた露光装置 E X P の構成を示すブロック図

50

である。露光装置 E X P は、照明装置 I L と、原版 3 1 を保持し位置決めする原版ステージ R S と、投影光学系 2 と、基板 3 を保持し位置決めする基板ステージ W S と、マーク検出装置 1 0 0 と、制御部 1 1 0 0 と備えうる。基板ステージ W S 上には、基準プレート 3 9 が配置されうる。制御部 1 1 0 0 は、プロセッサおよびメモリを有し、照明装置 I L 、原版ステージ R S 、基板ステージ W S 、マーク検出装置 1 0 0 を制御しうる。制御部 1 1 0 0 は、マーク検出装置 1 0 0 から出力される信号を処理して基板 3 のマークの位置を検出する処理を実行しうる。

【 0 0 1 2 】

照明装置 I L は、基板 3 に転写するためのパターンを有する原版 3 1 を照明する。照明装置 I L は、光源部 8 0 0 と、照明光学系 8 0 1 とを含みうる。照明光学系 8 0 1 は、原版 3 1 を均一に照明する機能を有しうる。また、照明光学系 8 0 1 は、偏光照明機能を有しうる。

10

【 0 0 1 3 】

光源部 8 0 0 は、例えば、レーザーを含みうる。レーザーは、例えば、波長約 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザーまたは波長約 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザーを含みうるが、光源の種類はエキシマレーザーに限定されない。具体的には、波長約 1 5 7 n m の F 2 レーザー、または、波長 2 0 n m 以下の E U V (E x t r e m e u l t r a v i o l e t) 光源が使用されてもよい。

【 0 0 1 4 】

照明光学系 8 0 1 は、光源部 8 0 0 から射出した光束を用いて被照明面、即ち原版 3 1 を照明する光学系である。照明光学系 8 0 1 は、例えば、光束をスリット形状に成形し、スリット形状の光束で原版 3 1 を照明しうる。照明光学系 8 0 1 は、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレーター、絞り等を含みうる。これらは、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、結像光学系の順に配置されうる。

20

【 0 0 1 5 】

原版 3 1 は、例えば、石英製で、その上には基板 3 に転写されるパターンが設けられうる。原版 3 1 は、原版ステージ R S によって保持され、不図示のアクチュエータによって駆動されうる。原版 3 1 から発せられた回折光は、投影光学系 2 によって基板 3 上に投影される。原版 3 1 と基板 3 とは、光学的に共役の関係に配置されうる。原版 3 1 と基板 3 とを投影光学系 2 の縮小倍率比に従った速度比で走査することにより原版 3 1 のパターンを基板 3 に転写することができる。露光装置 E X P は、更に、光斜入射系の原版検出部を備えうる。原版 3 1 は、原版検出部によってその位置が検出され、所定の位置に配置されうる。

30

【 0 0 1 6 】

原版ステージ R S は、不図示の原版チャックによって原版 3 1 を保持し、不図示の駆動機構によって駆動されうる。該駆動機構は、リニアモータなどで構成され、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向および各軸の回転方向に原版ステージ R S を駆動することで原版 3 1 を駆動しうる。投影光学系 2 は、投影光学系 2 の物体面からの光束を投影光学系 2 の像面に結像させる機能を有する。換言すると、投影光学系 2 は、原版 3 1 のパターンからの回折光を基板 3 上に結像させる。投影光学系 2 は、例えば、複数のレンズ素子からなる光学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系（カタディオプトリック光学系）、又は、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系でありうる。

40

【 0 0 1 7 】

基板 3 は、被処理体であり、フォトリソグが基板 3 上に塗布されている。基板 3 はまた、マーク検出装置 1 0 0 を使って位置が検出されるマークを有する被検出体としても理解されうる。基板 3 は、例えば、半導体基板またはガラス基板でありうる。

【 0 0 1 8 】

基板ステージ W S は、不図示の基板チャックによって基板 3 を保持する。基板ステージ

50

WS は、リニアモータ等によって構成される不図示の駆動機構によって駆動され、これによって X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向及びそれらの各軸の回転方向に基板 3 を移動せうる。また、原版ステージ RS の位置と基板ステージ WS の位置は、例えば、6 軸のレーザー干渉計 8 1 などにより監視され、制御部 1 1 0 0 により一定の速度比率で駆動せうる。

【0019】

次に、図 2 (A) を参照しながらマーク検出装置 1 0 0 の構成例について説明する。マーク検出装置 1 0 0 は、X 軸方向に沿って互いに異なる位置に配置された検出領域を有する複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c を備えうる。マーク検出装置 1 0 0 はまた、複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c をそれぞれ保持する検出系フレーム 2 3 に対して駆動可能な複数の駆動機構 2 2 a ~ 2 2 c を備えうる。これにより、マーク検出装置 1 0 0 は、複数の駆動機構 2 2 a ~ 2 2 c を用いて、複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c のそれぞれの検出領域の X 軸方向における位置を個別に調整することができる。マーク検出装置 1 0 0 は、複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c のそれぞれの検出領域の相対位置を、複数の駆動機構 2 2 a ~ 2 2 c によって少なくとも X 軸方向について調整可能に構成せうる。複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c の駆動方向は、X 軸方向に限らず、例えば、X 軸方向に加えて Y 軸方向および / または Z 軸方向についても駆動可能に構成されてもよい。また、複数のマーク検出系 2 1 a ~ 2 1 c の少なくとも 1 つ、例えば、マーク検出系 2 1 a については駆動機構によって駆動されず、検出領域の位置が固定されていてもよい。また、検出領域の位置が固定されるマーク検出系は、マーク検出系 2 1 b および / またはマーク検出系 2 1 c であってもよい。なお、以下では、複数のマーク検出系 2 1 a、2 1 b、2 1 c を相互に区別することなく説明する際には、マーク検出系 2 1 と記載する。

【0020】

図 2 (B) は、マーク検出系 2 1 の構成例を示す図である。マーク検出系 2 1 は、スコープ SCP を含む。スコープ SCP は、光源 6 1 から射出された光で基板 3 を照明する照明系と、基板 3 上に設けられたマーク 7 2 の像を結像させる結像系とを含みうる。照明系は、照明光学系 6 2、6 3、6 6、照明開口絞り 6 4、ミラー M 2、リレーレンズ 6 7、偏光ビームスプリッタ 6 8、 / 4 板 7 0、対物光学系 7 1 を含みうる。結像系は、対物光学系 7 1、 / 4 板 7 0、検出開口絞り 6 9、偏光ビームスプリッタ 6 8、結像光学系 7 4 を含みうる。結像系は、マーク 7 2 からの反射光をセンサ 7 5 に結像させるように構成せうる。制御部 1 1 0 0 は、レーザー干渉計 8 1 を使って測定された基板ステージ WS の位置情報とマーク検出系 2 1 を使って検出された基板 3 のマークの信号波形とに基づいて、該マークの座標位置を求める。

【0021】

マーク検出系 2 1 において、光源 6 1 から射出された光は、照明光学系 6 2、6 3 を通り、基板 3 と共役な位置に配置された照明開口絞り 6 4 に到達する。このとき、照明開口絞り 6 4 での光束径は光源 6 1 での光束径よりも十分に小さいものとなる。照明開口絞り 6 4 を通過した光は、照明光学系 6 6、ミラー M 2、リレーレンズ 6 7 を通って偏光ビームスプリッタ 6 8 に導かれる。ここで、偏光ビームスプリッタ 6 8 においては、Y 方向に平行な P 偏光の光が透過され、X 方向に平行な S 偏光の光が反射される。このため、偏光ビームスプリッタ 6 8 を透過した P 偏光の光は、検出開口絞り 6 9 を介して / 4 板 7 0 を透過して円偏光に変換され、対物光学系 7 1 を通って基板 3 上のマーク 7 2 をケーラー照明する。

【0022】

マーク 7 2 で反射・回折・散乱された光は、再度、対物光学系 7 1 を通った後、 / 4 板 7 0 を通過して円偏光から S 偏光に変換され、検出開口絞り 6 9 に到達する。ここで、マーク 7 2 で反射された光の偏光状態は、マーク 7 2 に照射された円偏光の光とは逆回りの円偏光となる。すなわち、マーク 7 2 に照射された光の偏光状態が右回りの円偏光の場合、マーク 7 2 で反射された光の偏光状態は左回りの円偏光となる。また、検出開口絞り 6 9 は、制御部 1 1 0 0 からの命令に従って絞り量を変えることにより、マーク 7 2 からの反射光の開口数を変更することができる。検出開口絞り 6 9 を通過した光は、偏光ビー

ムスプリッタ68で反射された後、結像光学系74を介してセンサ75に導かれる。従って、偏光ビームスプリッタ68によって基板3への照明光の光路と基板3からの反射光の光路が分離され、基板3上に設けられたマーク72の像がセンサ75上に形成される。

【0023】

続いて、図2(C)~(F)を参照しながらマーク検出装置100を用いて基板3上のマーク(の位置)を検出する方法について説明する。図2(C)は、図2(A)に示すマーク検出装置100をZ軸方向から見た図であり、図2(D)、(E)は、基板3上のマーク32の検出動作中における互いに異なる時点におけるマーク検出装置100と基板3上のマーク32の位置関係を表す。マーク検出装置100は、生産性との兼ね合いから、図2(D)、(E)に示されるように、全ショット領域の内の一部のショット領域のマーク32のみを計測対象とするように制御されうる。一例において、基板ステージWSの位置を制御することにより、マーク検出装置100の複数のマーク検出系21のそれぞれの検出領域に対して基板3上の複数のマーク32を位置合わせして複数のマーク32の座標位置が検出されうる。このとき、制御部1100により、可能な限り短い時間で、検出対象である複数のマーク32を検出するように基板ステージWSの位置が制御されうる。

【0024】

例えば、マーク検出装置100の複数のマーク検出系21の内の少なくとも2つのマーク検出系21の検出領域かつ焦点深度内に、基板3上のマーク32をそれぞれ位置合わせして、同時に2つのマーク32の位置が検出されうる。例えば、図2(D)に示すように、マーク検出系21aと21bに対して、基板3上の2つのマーク32Fと32Gを位置合わせして、マークの位置の検出動作が同時に行われうる。また、図2(E)に示すように、基板3上のマーク32のレイアウトに応じて、マーク32の位置の検出に用いるマーク検出系21を変更してもよい。例えば、マーク検出系21bと21cに対して、基板3上のマーク32Lと32Mを位置合わせしてマークの位置の検出動作を行いうる。さらに、図2(F)に示すように、3つのマーク検出系21a~21cの検出領域かつ焦点深度内に、基板3上の3つのマーク32R、32S、32Tを同時に位置合わせしてマーク32R、32S、32Tの位置の検出動作を行うこともできる。これにより、1つのマーク検出系の検出領域に対して基板3上の複数のマーク32を順次に位置合わせして検出する場合に比べて、基板ステージWSの駆動時間とマーク検出装置100の計測時間を短縮することが可能となる。

【0025】

制御部1100は、複数のマーク検出系21の検出領域に対するマーク32の検出結果に基づくグローバルアライメントによって基板3上の複数のショット領域34の配列に関して、シフト(移動)、マグニフィケーション、ローテーションを計算しうる。これにより、基板3上の複数のショット領域34の配列の格子配列の規則性を決定することができる。制御部1100は、その後、基準ベースラインと決定された格子配列の規則性から補正係数を求め、その結果に基づいて原版31と基板3との位置合わせを行うことができる。

【0026】

ここで、実施形態のマーク検出装置におけるマーク検出系の固定動作を説明する前に、比較例のマーク検出装置におけるマーク検出系の固定動作およびその問題点を説明する。

【0027】

図3(A)は、比較例のマーク検出系の固定方法の一例を示したものである。なお、図3(A)では、駆動可能な複数のマーク検出系のうちの1つのみが示されている。その他の駆動可能なマーク検出系も同じ構成を有しうる。検出系フレーム23に対し、マーク検出系筐体12が1つのガイド10によってX軸方向に移動可能に支持されている。固定機構11とマーク検出系筐体12との間にギャップが設けられている。固定機構11は、内部に真空吸引のための不図示の流路を有し、その流路の途中には電磁弁15を備え、電磁弁15によって真空圧の供給、遮断を行うことができる。また、不図示の駆動機構によりマーク検出系筐体12が駆動され、不図示のエンコーダによって計測された情報に基づいて、制御部1100による制御によってマーク検出系筐体12が所定位置に位置決めされ

る。その後、電磁弁 15 により固定機構 11 に真空圧を供給することで、固定機構 11 とマーク検出系筐体 12 を接触させることができ、摩擦力によってマーク検出系筐体 12 の位置が固定される。

【0028】

ここで、固定機構 11 とマーク検出系筐体 12 との関係において、部品の製造誤差や組立誤差により、真空吸引前（固定前）のギャップ量や傾きには個体差があることが多い。例えば、図 3（B）のように右側の固定機構 11 に傾きがあり、かつ右側の固定機構 11 がマーク検出系筐体 12 に近い場合、まず、右側の固定機構 11 の一部がマーク検出系筐体 12 と接触しうる。そして、右側の固定機構 11 のその一部を支点として右側の固定機構 11 の他の部分および左側の固定機構 11 がマーク検出系筐体 12 に接触する際に、マーク検出系筐体 12 に対して水平方向の力が作用しうる。

10

【0029】

また、図 3（C）のように、2 つの固定機構 11 の間にギャップ量の差がある場合、2 つの固定機構 11 の間に吸引力の差が生じて、マーク検出系筐体 12 に X 軸回りの回転力が作用しうる。以上のような力がマーク検出系筐体 12 に作用すると、マーク検出系筐体 12 の位置がずれてしまうことがある。

【0030】

また、電磁弁 15 から 2 つの固定機構 11 までの流路の距離が製造誤差を有する場合には、真空吸引のタイミングが目標タイミングからずれる。これにより、2 つの固定機構 11 に真空圧が供給される順序が意図された順序と逆になると、真空吸引時の挙動が変化し、位置ずれが一定でなくなる場合がある。これらのずれ要因があると、検出対象であるマーク 32 がマーク検出系 21 の検出領域の中心から外れてしまい、マーク検出系筐体 12 の光学系の収差による検出誤差が発生しうる。また、マーク検出系筐体 12 の位置が目標位置から数 μm ずれると、マーク 32 が検出領域から外れてしまい、計測エラーとなることもある。

20

【0031】

以下、実施形態のマーク検出装置 100 におけるマーク検出系 21 の構成を説明する。図 4（A）、（B）には、実施形態における駆動可能な複数のマーク検出系 21 のうちの 1 つのマーク検出系が示されている。図 4（A）は平面図、図 4（B）は断面図である。なお、図 4（A）において、検出系フレーム 23 は省略されている。マーク検出系筐体 12 は、前述のスコープ SCP を収容する筐体であるので、以下の説明におけるマーク検出系筐体 12 は、スコープ SCP で読み替えられうる。マーク検出系 21 は、支持部材としての検出系フレーム 23、マーク検出系筐体 12（スコープ SCP）、駆動機構 DM、および、複数の固定機構としての水平固定機構 13a、13b を含みうる。マーク検出装置 100 は、マーク検出系筐体 12 をガイドする 1 又は複数のガイドを有してもよく、図 4 の例では、マーク検出装置 100 は、2 つのガイド 10 を有する。2 つのガイド 10 は、互いに平行に配置されうる。ガイド 10 は、例えば、転動体を用いた直動案内、または、静圧軸受け型の直動案内でありうる。

30

【0032】

2 つの水平固定機構 13a、13b は、検出系フレーム 23 によって支持されうる。2 つの水平固定機構 13a、13b は、水平面に対する正射影において、2 つのガイド 10 の間に配置されうる。2 つの水平固定機構 13a、13b は、水平面に対する正射影において、2 つの水平固定機構 13a、13b の間にマーク検出系筐体 12 の重心が位置するように配置されうる。2 つの水平固定機構 13a、13b は、マーク検出系筐体 12 に押し付けられる水平面を有しうる。マーク検出装置 100 は、追加の固定機構として、2 つの鉛直固定機構 14a、14b を備えてもよい。2 つの鉛直固定機構 14a、14b は、マーク検出系筐体 12 に押し付けられる垂直面を有しうる。以下では、水平固定機構 13a、13b および鉛直固定機構 14a、14b を固定機構 13a、13b、14a、14b とともに記載する。固定機構 13a、13b、14a、14b は、マーク検出系筐体 12 あるいはスコープ SCP の互いに異なる位置に対して、スコープ SCP を固定するための力

40

50

を作用させる。

【 0 0 3 3 】

2つの鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは、マーク検出系筐体 1 2を Y軸方向（Y軸周りの回転方向）について固定するための保持力を発生しうる。図 4の例では、各ガイド 1 0のX方向スパンが十分ではなく、Y軸方向（Y軸周り）の剛性が十分ではないので、2つの鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bが設けられうる。しかし、Y軸方向（Y軸周り）の剛性が要求仕様を満たす場合には、2つの鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは不要である。水平固定機構 1 3 a、1 3 bは、マーク検出系筐体 1 2を水平方向（XY平面に平行な方向）について固定するための保持力を発生しうる。水平固定機構 1 3 a、1 3 bはまた、マーク検出系筐体 1 2を Z軸方向（Z軸周りの回転方向）について固定するための保持力を発生しうる。

10

【 0 0 3 4 】

鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは、検出系フレーム 2 3によって支持されうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは、マーク検出系筐体 1 2を鉛直方向（Z軸方向）について固定するための保持力を発生しうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは、マーク検出系筐体 1 2をY軸方向について固定するための保持力を発生しうる。

【 0 0 3 5 】

水平固定機構 1 3 a、1 3 bには、それらに真空圧を個別に供給するための圧力ラインが接続されうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bは、それらに真空圧を供給するための共通の圧力ラインが接続されうる。

20

【 0 0 3 6 】

水平固定機構 1 3 a、1 3 bに真空圧を個別に供給するための圧力ラインは、それぞれノーマルオープンタイプのアオペレートバルブ 3 0 a、3 0 bを介して真空ラインに連通されうる。水平固定機構 1 3 a、1 3 bに真空圧を個別に供給するための圧力ラインは、更に、ノーマルクロースタイプのアオペレートバルブ 4 0 a、4 0 bを介して大気環境に連通されうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bに真空圧を供給するための共通の圧力ラインは、ノーマルオープンタイプのアオペレートバルブ 3 0 cを介して真空ラインに連通されうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bに真空圧を供給するための共通の圧力ラインは、更に、ノーマルクロースタイプのアオペレートバルブ 4 0 cを介して大気環境に連通されうる。

30

【 0 0 3 7 】

エアオペレートバルブ 3 0 a、3 0 b、3 0 cには、制御部 1 1 0 0によって制御される電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 cを介して圧縮空気が供給されうる。制御部 1 1 0 0が電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 cを開状態にすると、ノーマルオープンタイプのアオペレートバルブ 3 0 a、3 0 b、3 0 cが開状態になり、ノーマルクロースタイプのアオペレートバルブ 4 0 a、4 0 b、4 0 cが開状態になる。制御部 1 1 0 0が電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 cを閉状態にすると、ノーマルオープンタイプのアオペレートバルブ 3 0 a、3 0 b、3 0 cが開状態になり、ノーマルクロースタイプのアオペレートバルブ 4 0 a、4 0 b、4 0 cが閉状態になる。

【 0 0 3 8 】

40

マーク検出系筐体 1 2が固定されるように水平固定機構 1 3 a、1 3 b、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bに固定動作を行わせるときは、制御部 1 1 0 0は、電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 cを閉状態にする。これにより、ノーマルオープンタイプのアオペレートバルブ 3 0 a、3 0 b、3 0 cが開状態になり、ノーマルクロースタイプのアオペレートバルブ 4 0 a、4 0 b、4 0 cが閉状態になる。よって、水平固定機構 1 3 a、1 3 b、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bに真空圧が供給され、水平固定機構 1 3 a、1 3 b、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bが固定動作を行う。

【 0 0 3 9 】

マーク検出系筐体 1 2の固定が解除されるように水平固定機構 1 3 a、1 3 b、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 bに解除動作を行わせるときは、制御部 1 1 0 0は、電磁弁 1 5 a、

50

15b、15cを開状態にする。これにより、ノーマルオープンタイプのエアオペレートバルブ30a、30b、30cが閉状態になり、ノーマルクローズタイプのエアオペレートバルブ40a、40b、40cが開状態になる。よって、水平固定機構13a、13b、鉛直固定機構14a、14bに大気圧が供給され、鉛直固定機構14a、14bが解除動作を行う。

【0040】

図5(A)には、水平固定機構13a、13bおよび鉛直固定機構14a、14bをそれぞれ構成する真空チャックの構成例が示されている。図5(A)に例示された真空チャックは、マーク検出系筐体12を真空吸引する際に、マーク検出系筐体12と接触する真空パッド16と、真空パッド16を支持するバネ17とを含みうる。真空パッド16は、

10

【0041】

真空パッド16は、上記の真空ラインに連通する凹部が設けられうる。真空パッド16の凹部は、図5(B)に例示されるように矩形状を有しうる。あるいは、真空パッド16は、真空吸引時の真空パッド16の弾性変形量を低減するため、図5(C)に例示されるように、中央部に、縁部分とつながった島状部分を有しうる。島状部分は、図5(D)に例示されるように円形の形状を有してもよいし、図5(E)に例示されるように矩形状の形状を有してもよいし、図5(F)に例示されるような形状を有してもよい。

【0042】

20

真空パッド16の凹部の面積によって真空吸引力が決定されるので、島状部分の個数および面積は、必要な真空吸引力が得られる範囲で自由に設計されうる。島状部分の形状にもよるが、島状部分の面積が大きい方が真空吸引による変形を少なくできる。また、バネ17は、真空パッド16がマーク検出系筐体12を吸引する吸引方向(真空パッド16をマーク検出系筐体12に押し付ける方向)に可撓で、吸引方向と直交する方向には剛性が高い構造を有しうる。真空吸引によりマーク検出系筐体12を高剛性で固定するためには、真空吸引できる範囲で、吸引方向についてのバネ17の剛性に対する、吸引方向に直交する方向についてのバネ17の剛性を、例えば500倍以上にすることが望ましい。換言すると、吸引方向についてのバネ17の剛性は、吸引方向に直交する方向についてのバネ17の剛性より低いことが望ましい。

30

【0043】

前述の固定機構13a、13b、14a、14b、および、後述の駆動モータ、ボールねじなどは、検出系フレーム23、およびマーク検出系筐体12に取り付けられたカバー28によって覆われうる。可動部を覆う部分は、1mm程度の狭い隙間が設けられ、可動部とは非接触となっている。カバー28の内部の空気を排気口29から排出することで、駆動機構などから出るパーティクルがカバー28の外部空間に排出されるのを抑制するとともに、マーク検出系21が発生する熱の一部を放出することができる。

【0044】

以下、実施形態のマーク検出装置100におけるマーク検出系21の駆動動作および固定動作を説明する。まず、制御部1100は、マーク検出系筐体12(スコープSCP)の位置を計測するエンコーダ19の出力に基づいて、マーク検出系筐体12が目標位置に位置決めされるように駆動機構DMをフィードバック制御しうる。駆動機構DMは、例えば、ACサーボモータ26と、ACサーボモータ26によって回転駆動されるボールねじ27とを含みうる。駆動機構DMは、アクチュエータとしてパルスモータを含んでもよい。駆動機構DMは、モータと運動変換機構との組魔早生ではなく、リニアモータ等の直動機構で構成されてもよい。

40

【0045】

制御部1100は、マーク検出系筐体12が目標位置に到達したら整定判定を行い、制御偏差が閾値以下であれば、位置決め制御を完了する。このとき、制御部1100は、位置決め動作における最後の駆動において、必ず一定の方向(予め定められた方向)にマー

50

ク検出系筐体 1 2 を駆動して位置決め動作を完了する位置決め動作を制御するとよい。これにより、マーク検出系筐体 1 2 (スコープ S C P) の位置決め再現性が高まる。この時点ではまだフィードバック制御 (サーボ制御) は O N のままである。

【 0 0 4 6 】

次に、制御部 1 1 0 0 は、マーク検出系筐体 1 2 (スコープ S C P) を固定する固定シーケンスを実行する。この固定シーケンスでは、水平固定機構 1 3 a、1 3 b を動作させるタイミングが互いに異なり、また、水平固定機構 1 3 a、1 3 b をそれぞれ動作させる個々のタイミングは、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b を動作させるタイミングと異なる。

【 0 0 4 7 】

まず、制御部 1 1 0 0 は、水平固定機構 1 3 a に真空圧を供給するために、電磁弁 1 5 a を動作させうる。制御部 1 1 0 0 は、次いで、制御部 1 1 0 0 は、水平固定機構 1 3 b に真空圧を供給するために、電磁弁 1 5 b を動作させうる。制御部 1 1 0 0 は、電磁弁 1 5 b を動作させるタイミングに応じて、フィードバック制御を停止しうる。フィードバック制御の停止により、A C サーボモータ 2 6 の駆動が停止され、A C サーボモータ 2 6 による保持力が失われる。水平固定機構 1 3 b による真空吸引の開始には数百 m s e c 程度の時間がかかるため、実質的には、フィードバック制御の停止が先に完了し、A C サーボモータ 2 6 による駆動力と水平固定機構 1 3 a、1 3 b による摩擦力による保持とは干渉しない。あるいは、フィードバック制御のゲインを徐々に下げて、真空吸引の完了時まで

10

【 0 0 4 8 】

次に、制御部 1 1 0 0 は、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b に真空圧を供給するために電磁弁 1 5 c を動作させ、これによりマーク検出系筐体 1 2 (スコープ S C P) の位置の固定動作を完了する。

20

【 0 0 4 9 】

以上の例では、制御部 1 1 0 0 は、位置決め制御を実行した後、水平固定機構 1 3 a を動作させた後に水平固定機構 1 3 b を動作させる。あるいは、制御部 1 1 0 0 は、位置決め制御を実行した後、水平固定機構 1 3 a を動作させた後に水平固定機構 1 3 b を動作させ、その後、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b を動作させうる。このような動作に代えて、制御部 1 1 0 0 は、位置決め制御を実行した後、水平固定機構 1 3 b を動作させた後に水平固定機構 1 3 a を動作させてもよい。あるいは、制御部 1 1 0 0 は、位置決め制御を実行した後、水平固定機構 1 3 b を動作させた後に水平固定機構 1 3 a を動作させ、その後、鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b を動作させてもよい。ここで、水平固定機構 1 3 a、1 3 b を動作させる順序は、予め設定された順序とされうる。あるいは、水平固定機構 1 3 a、1 3 b および鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b を動作させる順序は、予め設定された順序とされうる。この順序は、後述のように、固定シーケンスによるスコープ S C P の位置の変動が許容範囲に収まるように、好ましくは、該変動が最小化されるように決定されるとよい。ただし、この順序が予め設定された順序であれば、複数回にわたる固定シーケンスの間における該変動の再現性が得られるので、該変動の量をオフセット値として管理し、スコープ S C P の位置決めのための目標位置を該オフセット値に基づいて補正すればよい。

30

【 0 0 5 0 】

水平固定機構 1 3 a、1 3 b を動作させる順序を予め設定された順序とすることは、スコープ S C P を固定する動作に伴うスコープ S C P の位置の変動を高い再現性で抑制するために有利である。あるいは、水平固定機構 1 3 a、1 3 b および鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b を動作させる順序を予め設定された順序とすることは、スコープ S C P を固定する動作に伴うスコープ S C P の位置の変動を高い再現性で抑制するために有利である。

40

【 0 0 5 1 】

以上を要約すれば、制御部 1 1 0 0 は、複数の固定機構によって支持部材に対してスコープ S C P を固定する際に、該複数の固定機構に予め設定された順序で固定動作を行わせる。更に、好ましくは、制御部 1 1 0 0 は、複数の固定機構によって支持部材に対してスコープ S C P を固定する際に、該複数の固定機構に予め設定された時間差で固定動作を開

50

始させる。あるいは、制御部 1100 は、複数の固定機構によって支持部材に対してスコープSCPを固定する際に、該複数の固定機構に、互いに異なるタイミング、かつ、予め設定された順序で定動作を行わせる。あるいは、制御部 1100 は、複数の固定機構によって支持部材に対してスコープSCPを固定する際に、該複数の固定機構のうち予め設定された 1 つの固定機構に固定動作を開始させた後に、該複数の固定機構のうち他の固定機構に固定動作を開始させる。典型的には、複数の固定機構に予め定められた順序で固定動作を行わせた場合のスコープSCPの固定に伴うスコープSCPの位置ずれは、複数の固定機構に同時に固定動作を行わせた場合のスコープSCPの固定に伴うスコープSCPの位置ずれより小さい。

【0052】

水平固定機構 13a、13b の間にマーク検出系筐体 12 (スコープSCP) の重心 G が配置された構成は、水平固定機構 13a、13b による真空吸引を開始した時のマーク検出系筐体 12 の位置ずれの発生を抑制するために有利である。2 つのガイド 10 の間にマーク検出系筐体 12 が配置された構成は、水平固定機構 13a、13b による真空吸引力に差がある場合においても、マーク検出系筐体 12 の X 軸方向の回転を抑制するために有利である。鉛直固定機構 14a、14b は、Y 軸方向および Z 軸方向に力を発生させる。しかし、ガイド 10 および水平固定機構 13a、13b による Y 方向への剛性が十分であれば、鉛直固定機構 14a、14b が発生させる力による位置ずれは許容可能である。本実施形態によれば、水平固定機構 13a、13b によるマーク検出系筐体 12 (スコープSCP) の固定動作によるマーク検出系筐体 12 の位置の変動を許容範囲内に抑えるために有利であり、これは、基板のマークの位置を高い精度で検出するために有利である。

【0053】

固定機構によってマーク検出系筐体 12 を真空吸引していない状態では、固定機構とマーク検出系筐体 12 との間に、例えば 0 ~ 20 μm 程度の狭い隙間ができるようにマーク検出装置 100 の組立、調整が実施されうる。しかし、部品の公差および組立誤差により、その隙間の量および傾きは、様々でありうる。複数の電磁弁 15a ~ 15c を順次に動作させる場合、複数のマーク検出系 21 を短時間で位置決めするためには、その動作の時間差はそれほど大きくとれず、数百 msec 以内となる可能性がある。その場合、その隙間の量およびその傾きの差、真空ラインの長さの差、エアオペレートバルブの反応速度の差などにより、意図した順序で真空吸引がなされない可能性がある。また、意図した順序どおりでも、真空吸引による固定後の位置ずれが許容範囲を超える可能性がある。こういった場合は、固定シーケンスの実行前のエンコーダ 19 による計測値と固定シーケンスの実行後のエンコーダ 19 による計測値との差が許容範囲に収まる順序、あるいは最小になる順序が選択されうる。このような選択は、制御部 1100 によって実行されてもよい。即ち、制御部 1100 は、複数の固定機構に予め設定された順序で固定動作を行わせた場合のスコープSCPの固定に伴うスコープSCPの位置ずれが許容範囲に収まるように当該順序を決定しうる。

【0054】

上記の順序を決定するための情報は、例えば、例えば、マーク検出系の移動量、移動速度、移動加速度、移動する方向 (X 軸方向の + 方向に進むか、- 方向に進むか)、目標位置等を含んでもよい。

【0055】

移動量に関しては、移動量が大きいことで移動前と移動後とにおいて、スコープSCPの周辺部材の温度分布が異なっていた場合に、熱膨張量の変化で、上記の隙間の量および傾きが変化しうる。移動速度に関しては、速度が大きいことで、マーク検出系に接続されている管などの実装物の経路や曲がり具合などが変化して、駆動時に抵抗となりうる。あるいは、駆動後の実装物の張力でマーク検出系が引っ張られるなどして、上記の隙間の量および傾きが変化しうる。さらに、加速度に関しては、加速度が大きいことで、スコープSCPの周辺部材への反力で周辺部材が振動するため、振動の量や振幅によっては前記隙

10

20

30

40

50

間の量や傾きが変化し続けることになる。

【 0 0 5 6 】

移動する方向に関しては、X軸方向の+方向に進むか、-方向に進むかによって、同じ駆動指令値であっても、ボールねじ等のバックラッシュなどにより、わずかに移動位置が異なり、重心位置が変わるため、上記の隙間の量および傾きの差が変化しうる。目標位置に関しては、目標位置によってマーク検出系の重心が移動してしまい、共通のベースフレームの変形具合が変化してしまため、上記の隙間の量および傾きの差や変化して、最適な吸着順序が変わってくる。

【 0 0 5 7 】

更に、複数のマーク検出系が備えられる場合、どのマーク検出系を移動させるかによってマーク検出装置の重心が変化し、共通のベースフレーム等の変形具合が変化するため、各マーク検出系の前記隙間の量や傾きの差や変化して、最適な吸着順序が変化しうる。

10

【 0 0 5 8 】

さらには、複数のマーク検出系を備える場合においては、マーク検出系ごとに部品公差や組立誤差を持つため、すべてのマーク検出系で各々の固定機構による固定順序を同じ順序とすることが固定後の位置ずれを最小にする順序ではないこともある。そのため、各々のマーク検出系ごとに最適な固定順序を規定することも有効である。

【 0 0 5 9 】

また、3つのマーク検出系21を備える場合の模式図を図10に示す。これによれば、3つのマーク検出系21を支えている共通のベース板41は、ベース板41の締結点42に対して、マーク検出系21の重量が加わった箇所が撓んでいる。この撓み量はベース板41の厚みや締結点42の配置場所によって変化する。そのため、固定後の位置ずれを最小にするという観点において、複数のマーク検出系21のための固定動作の順序は、互いに異なりうる。複数のマーク検出系21の各々最適な固定動作の順序は、固定シーケンス前におけるマーク検出系21のエンコーダ19の計測値と固定シーケンス後のエンコーダ19の計測値との差が許容範囲に収まる順序、あるいは最小になる順序とされうる。このような順序の決定は、制御部1100によって行われてもよい。

20

【 0 0 6 0 】

最適な固定動作の順序がスコープSCPの移動量、移動方向、目標位置等の要因で変わる場合は、制御部1100が所定の設定シーケンスを実行することによって順序を決定してもよい。また、上記の説明では、固定機構によってスコープを固定していないときは、マーク検出系筐体12と固定機構との間に隙間がある。しかし、マーク検出系筐体12に対して接触した状態、または予圧をかけた状態で組立、調整を行い、マーク検出系21を移動させる際は圧縮空気を供給することで隙間を作ってもよい。

30

【 0 0 6 1 】

以下では、露光装置EXPの動作を例示的に説明する。図6(A)は、露光装置EXPによる露光処理シーケンスを示すフローチャートである。図6(A)に示された露光シーケンスは、制御部1100によって制御される。まず、S101では、基板3(例えば、ウエハ)が露光装置EXP内に搬入される。S102では、制御部1100は、基板3に対してマーク検出装置100の複数のマーク検出系21のうち少なくとも1つのマーク検出系21を駆動させるか否かを判断する。制御部1100は、例えば、ユーザーが予め登録しておいた検出対象のマークのレイアウト情報、検出対象のマークの数、直前に実施した露光レシピ、生産性または精度のいずれかを優先するかを示す設定、等の情報に基づいて、この判断を実行しうる。

40

【 0 0 6 2 】

S102においてマーク検出系21の駆動が必要と判断された場合には、処理はS103に進む。S102において、制御部1100は、マーク検出装置100の複数のマーク検出系21のうち駆動すべきマーク検出系21を駆動および位置決めし、固定するようにマーク検出装置100を制御する。具体的には、制御部1100は、駆動機構DRにマーク検出系21を駆動および位置決めを実行させ、固定機構13a、13b、14a、14

50

bにマーク検出系21を固定させる。S102において、いずれのマーク検出系21の駆動も不要と判断された場合には、処理はS104に進む。S104では、制御部1100は、不図示の面位置検出装置に、基板3上の複数個所について面位置を検出させ、基板3の表面の形状を計測する。S103においてマーク検出装置100を駆動し固定する処理は、S104の処理と並行して行ってもよい。

【0063】

S105では、制御部1100は、ステージ座標系における基準部材に形成された基準マークSMの設計上の座標位置に基づいて、マーク検出装置100の複数のマーク検出系21の光軸上に、基準マークSMが配置されるように基板ステージWSを移動させる。そして、制御部1100は、複数のマーク検出系21の光軸に対する基準マークSMの位置ずれを計測し、その位置ずれに基づいて、ステージ座標系の原点が光軸と一致するように、ステージ座標系を再設定する。その後、制御部1100は、投影光学系2の光軸とマーク検出装置100の光軸との設計上の位置関係に基づいて、基準マークSMを露光光の光軸上に位置するように、基板ステージWSを移動させる。そして、制御部1100は、不図示のTTL検出系により、投影光学系2を介して露光光の光軸に対する基準マークの位置ずれを計測する。

10

【0064】

S106では、制御部1100は、S105における計測結果に基づいて、マーク検出装置100の複数のマーク検出系21のそれぞれの光軸と投影光学系2の光軸との基準ベースラインを決定する。S107では、制御部1100は、マーク検出装置100を使って基板3上のマークの位置を検出して、露光装置EXPに対する基板3のXY平面の位置合わせを行う。S108では、制御部1100は、S107の計測結果に基づいて、グローバルアライメント法により、基板3上の複数のショット領域の配列に関して、シフト（移動）、マグニフィケーション（倍率）、ローテーション（回転）を計算する。そして、制御部1100は、その計算結果に基づいて各項目の補正や台形補正を行い、その格子配列の規則性を決定する。その後、制御部1100が、基準ベースラインと決定された格子配列の規則性から補正係数を求め、その結果に基づいて露光光と基板3の位置合わせを行う。

20

【0065】

S109では、制御部1100は、露光および基板ステージWSのY方向へのスキャンを行う。なお、露光に際しては、面位置検出装置により検出した露光ショットの面形状データに基づいてZ方向および傾き（チルト）方向へのステージ駆動によりほぼ露光スリット単位で基板3の表面の高さ方向の形状に合わせこむ動作を併せて行う。S110では、制御部1100は、露光すべきショット領域（即ち、未露光ショット領域）がないかどうかを判断し、未露光ショット領域がなくなるまで、上述の動作を繰り返す。全てのショット領域の露光が終了したら、S111で基板3を搬出し、露光処理を終了する。

30

【0066】

次に、図6（B）を参照しながら説明する。前述のS105の処理は、複数のマーク検出系21のXY平面上の位置ずれに対してのキャリブレーション方法である。実際には複数のマーク検出系21のそれぞれの焦点位置（Z方向）が異なっている可能性がある。一般に、焦点位置からずれた位置でマーク検出を行うと、正しい位置からの誤差が生じる。そのため、焦点位置情報も考慮して、キャリブレーションを行った方が検出精度の向上に有利である。その方法について図6（B）を参照しながら説明する。なお、ここでは、マーク検出系21がフォーカス駆動機構を備えていない例を説明する。フォーカス調整は、この例では、基板3の位置および姿勢を制御することによってなされる。

40

【0067】

S151では、制御部1100は、各マーク検出系21に基準マークSMを計測させ、各マーク検出系21の焦点位置およびXY方向の検出位置情報を取得する。S152では、制御部1100は、各マーク検出系21を使って取得した情報から、最小二乗法などを用いて、各マーク検出系21の焦点位置から最もずれの少ない基板面の傾き姿勢を計算す

50

る。

【 0 0 6 8 】

S 1 5 3 では、制御部 1 1 0 0 は、S 1 5 1 で計算された傾きとなるように、基板ステージ W S の姿勢を制御する。S 1 5 4 では、制御部 1 1 0 0 は、複数のマーク検出系 2 1 でマークを観察することで、可能な限り焦点位置に近い位置で計測ができる。これにより、マーク検出の精度を高めている。S 1 5 5 では、制御部 1 1 0 0 は、マークの汚損や欠損などで計測結果に異常がないかを判別し、計測が正常に行われていれば S 1 5 6 に進み、異常があれば S 1 5 3 に戻り、代替のマークを使って再度計測を実施する。S 1 5 6 では、制御部 1 1 0 0 は、計測値より基板面内のマーク位置の設計値からのずれ量を補正值として算出する。

10

【 0 0 6 9 】

[第 2 実施形態]

図 7 を参照しながら第 2 実施形態を説明する。第 2 実施形態として言及しない事項は、第 1 実施形態に従いうる。第 2 実施形態では、第 1 実施形態における鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b の代わりに、水平固定機構 1 3 c が採用される。水平固定機構 1 3 c は、マーク検出系筐体 1 2 を Z 軸方向に吸引する。第 2 実施形態では、水平固定機構 1 3 a、1 3 b、1 3 c にそれぞれ接続された真空ラインに電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 c が配置されてもよい。電磁弁 1 5 a、1 5 b、1 5 c は、制御部 1 1 0 0 によって制御されうる。なお、第 1 実施形態のように、電磁弁を用いてエアオペレートバルブを動作させる方式が採用されてもよい。

20

【 0 0 7 0 】

水平固定機構 1 3 c は、検出系フレーム 2 3 によって支持されうる。水平固定機構 1 3 c は、マーク検出系筐体 1 2 を水平方向について固定するための保持力を発生しうる。また、水平固定機構 1 3 c は、水平固定機構 1 3 a、1 3 b とともに、マーク検出系筐体 1 2 を Z 軸方向（Z 軸周りの回転方向）について固定するための保持力を発生しうる。さらに、水平固定機構 1 3 c は、水平固定機構 1 3 a、1 3 b とともに、マーク検出系筐体 1 2 を Y 軸方向（Y 軸周りの回転方向）について固定するための保持力を発生しうる。図 7 の例では、各ガイド 1 0 の X 方向スパンが十分ではなく、Y 軸方向（Y 軸周り）の剛性が十分ではない。水平固定機構 1 3 c は、Y 軸方向（Y 軸周り）の剛性を向上させるために有用である。Y 軸方向（Y 軸周り）の剛性を向上させるために、水平固定機構 1 3 c は、水平固定機構 1 3 a、1 3 b とは異なる高さにおいて、マーク検出系筐体 1 2 を吸引する。

30

【 0 0 7 1 】

次に、第 2 実施形態においてマーク検出系 2 1 の位置を固定する手順について説明する。まず、制御部 1 1 0 0 は、水平固定機構 1 3 a に真空圧を供給するために、電磁弁 1 5 a を動作させうる。次いで、制御部 1 1 0 0 は、水平固定機構 1 3 c に真空圧を供給するために、電磁弁 1 5 c を動作させうる。制御部 1 1 0 0 は、電磁弁 1 5 c を動作させるタイミングに応じて、フィードバック制御を停止しうる。フィードバック制御の停止により、A C サーボモータ 2 6 の駆動が停止され、A C サーボモータ 2 6 による保持力が失われる。水平固定機構 1 3 c による真空吸引の開始には数百 m s e c 程度の時間がかかるため、実質的には、フィードバック制御の停止が先に完了し、A C サーボモータ 2 6 による駆動力と水平固定機構 1 3 a、1 3 c による摩擦力による保持とは干渉しない。あるいは、フィードバック制御のゲインを徐々に下げて、真空吸引の完了時までフィードバック制御が O F F となるようにしてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

次に、制御部 1 1 0 0 は、水平固定機構 1 3 b に真空圧を供給するために電磁弁 1 5 b を動作させ、これによりマーク検出系筐体 1 2（スコープ S C P）の位置の固定動作を完了する。

【 0 0 7 3 】

第 2 実施形態では、水平固定機構 1 3 a、1 3 c は、X Y 平面への正射影において、水

50

平固定機構 13 a、13 c の間にマーク検出系筐体 12 の重心 G が位置するように配置されうる。高さ方向に関しては、水平固定機構 13 c の吸引面の高さが重心 G の高さ近傍であることが好ましい。このような構成は、水平固定機構 13 a、13 c によるマーク検出系筐体 12 の吸引時におけるマーク検出系筐体 12 の位置ずれを抑制するために有利である。また、このような構成は、水平固定機構 13 a、13 c の吸引力に差が存在する場合であっても、X 軸方向の回転を抑えるために有利である。水平固定機構 13 c は、マーク検出系筐体 12 を水平方向について固定するように力を発生する他、水平固定機構 13 a、13 b の高さが互いに異なるので、とは吸着する高さが異なる構成となっており、マーク検出系筐体 12 を Y 軸方向についても固定しうる。最後に水平固定機構 13 b がマーク検出系筐体 12 を吸引することで、マーク検出系筐体 12 の固定に十分な保持力が得られる。ガイド 10 および水平固定機構 13 a、13 c によって、マーク検出系筐体 12 の固定に関して、6 自由度の剛性は十分に与えられうる。よって、水平固定機構 13 b によるマーク検出系筐体 12 の吸引による位置ずれは、十分に小さく抑えられうる。

10

【0074】

[第 3 実施形態]

図 8 を参照しながら第 3 実施形態を説明する。第 3 実施形態として言及しない事項は、第 2 実施形態、または、第 2 実施形態と通して第 1 実施形態に従いうる。第 3 実施形態は、第 2 実施形態において水平固定機構 13 a、13 b、13 c に真空圧を与えることによって保持力を発生する構成に代えてアクチュエータ 20 a、20 b、20 c によって保持力を発生させる構成が採用されている。アクチュエータ 20 a、20 b、20 c は、制御部 1100 によって制御される。

20

【0075】

水平固定機構 13 a、13 b は、アクチュエータ 20 a、20 b を介して検出系フレーム 23 によって支持されうる。水平固定機構 13 a、13 b は、制御部 1100 によって制御されるアクチュエータ 20 a、20 b により Z 方向に駆動され、マーク検出系筐体 12 に対して押し付けられる。アクチュエータ 20 a、20 b によってそれぞれ駆動される固定機構 13 a、13 b は、マーク検出系筐体 12 を水平方向および Z 軸方向に関して固定する保持力を発生する。水平固定機構 13 c は、アクチュエータ 20 c を介して検出系フレーム 23 によって支持されうる。水平固定機構 13 c は、制御部 1100 によって制御されるアクチュエータ 20 c により Z 方向に駆動され、マーク検出系筐体 12 に対して押し付けられる。アクチュエータ 20 c によって駆動される固定機構 13 c は、マーク検出系筐体 12 を水平方向および Z 軸方向に関して固定する保持力を発生する。水平固定機構 13 c は、Y 軸方向 (Y 軸周り) の剛性を向上させるために有用である。Y 軸方向 (Y 軸周り) の剛性を向上させるために、水平固定機構 13 c は、水平固定機構 13 a、13 b とは異なる高さにおいて、マーク検出系筐体 12 に押し付けられうる。

30

【0076】

アクチュエータ 20 a、20 b、20 c は、制御部 1100 によって個別に制御されうる。アクチュエータ 20 a、20 b、20 c は、例えば、圧電素子、エアシリンダ、または、電磁アクチュエータで構成されうる。第 3 実施形態では、真空ライン、および、真空吸引用の凹部が不要であり、これは構造の単純化に寄与しうる。

40

【0077】

次に、第 3 実施形態においてマーク検出系 21 の位置を固定する手順について説明する。まず、制御部 1100 は、水平固定機構 13 a をマーク検出系筐体 12 に押し付けるために、アクチュエータ 20 a を動作させうる。次いで、制御部 1100 は、水平固定機構 13 c をマーク検出系筐体 12 に押し付けるために、アクチュエータ 20 c を動作させうる。制御部 1100 は、アクチュエータ 20 c を動作させるタイミングに応じて、フィードバック制御を停止しうる。フィードバック制御の停止により、AC サーボモータ 26 の駆動が停止され、AC サーボモータ 26 による保持力が失われる。アクチュエータ 20 c を動作させて水平固定機構 13 c をマーク検出系筐体 12 に押し付けるために数百 msec 程度の時間がかかりうる。そのため、実質的には、フィードバック制御の停止が先に完

50

了し、ＡＣサーボモータ２６による駆動力と水平固定機構１３ａ、１３ｃによる摩擦力による保持とは干渉しない。あるいは、フィードバック制御のゲインを徐々に下げて、真空吸引の完了時までフィードバック制御がＯＦＦとなるようにしてもよい。次に、制御部１１００は、水平固定機構１３ｂをマーク検出系筐体１２に押し付けるために、アクチュエータ２０ａを動作させ、これによりマーク検出系筐体１２（スコープＳＣＰ）の位置の固定動作を完了する

水平固定機構１３ａ、１３ｂ、１３ｃがマーク検出系筐体１２に押し付けられていない状態では、水平固定機構１３ａ、１３ｂ、１３ｃとマーク検出系筐体１２との間に、隙間ができるようにマーク検出装置１００の組立、調整が実施されうる。しかし、これとは逆に、水平固定機構１３ａ、１３ｂ、１３ｃがマーク検出系筐体１２に押し付けられていない状態に組立、調整を行ってもよい。この場合、マーク検出系２１を移動させる際に、アクチュエータによって水平固定機構１３ａ、１３ｂ、１３ｃとマーク検出系筐体１２との間に隙間を形成すればよい。

【００７８】

[第４実施形態]

図９を参照しながら第４実施形態を説明する。第４実施形態は、第１実施形態の補足として提供される。第４実施形態として言及しない事項は、第１実施形態に従いうる。第４実施形態では、マーク検出装置１００は、第１実施形態において説明された検出系フレーム２３に固定された、メインのマーク検出系筐体１２ａを備えうる。また、マーク検出装置１００は、検出系フレーム２３に固定された２つのガイド１０ａ、１０ｂによって支持され、それぞれ独立にＸ方向に移動可能な２つのサブのマーク検出系筐体１２ｂ、１２ｃを備えうる。ガイド１０ａ、１０ｂ、マーク検出系筐体１２ａ、１２ｂで共用されうる。ガイド１０ａ、１０ｂは、例えば、レールを含みうる。

【００７９】

サブのマーク検出系筐体１２ｂのために、２つの水平固定機構１３ａ、１３ｂが設けられうる。２つの水平固定機構１３ａ、１３ｂは、ガイド１０ａ、１０ｂの間に配置されうる。また、２つの水平固定機構１３ａ、１３ｂは、２つの水平固定機構１３ａ、１３ｂの間にマーク検出系筐体１２ｂの重心が位置するように配置されうる。サブのマーク検出系筐体１２ｃのために、２つの水平固定機構１３ｃ、１３ｄが設けられうる。２つの水平固定機構１３ｃ、１３ｄは、ガイド１０ａ、１０ｂの間に配置されうる。また、２つの水平固定機構１３ｃ、１３ｄは、２つの水平固定機構１３ａ、１３ｂの間にマーク検出系筐体１２ｃの重心が位置するように配置されうる。

【００８０】

サブのマーク検出系筐体１２ｂのために、マーク検出系筐体１２ｂをＹ軸方向から吸引する各２つの鉛直固定機構１４ａ、１４ｂが設けられてもよい。また、サブのマーク検出系筐体１２ｂのために、マーク検出系筐体１２ｃをＹ軸方向から吸引する各２つの鉛直固定機構１４ｃ、１４ｄが設けられてもよい。図９の例では、各ガイド１０のＸ方向スパンが十分ではなく、Ｙ軸方向（Ｙ軸周り）の剛性が十分ではない。鉛直固定機構１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄは、Ｙ軸方向（Ｙ軸周り）の剛性を向上させるために有用である。

【００８１】

水平固定機構１３ａ、１３ｂは、マーク検出系筐体１２ｂを水平方向について固定する保持力を発生するとともに、２つの組合せによってＺ軸方向について固定する保持力を発生しうる。水平固定機構１３ｃ、１３ｄは、マーク検出系筐体１２ｃを水平方向について固定する保持力を発生するとともに、２つの組合せによってＺ軸方向について固定する保持力を発生しうる。鉛直固定機構１４ｃ、１４ｄは、検出系フレーム２３によって同一部材を介して支持されてよく、マーク検出系筐体１２ｃを鉛直方向について固定する保持力と、２つの組合せによってＹ軸方向について固定する保持力を発生しうる。

【００８２】

水平固定機構１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄには、互いに独立した真空ラインを介し

て真空圧が供給されうる。鉛直固定機構 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d には、共通の真空ラインを介して真空圧が供給されうる。

【 0 0 8 3 】

露光装置 E X P は、物品を製造する物品製造方法において使用されうる。該物品製造方法は、露光装置 E X P を用いて基板を露光する露光工程と、該露光工程を経た該基板を現像する現像工程と、該現像工程を経た該基板を処理して物品を得る処理工程とを含みうる。該処理工程は、例えば、該現像工程を経た該基板をエッチングする工程を含みうる。

【 0 0 8 4 】

発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

10

【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

2 3 : 検出系フレーム (支持部材)、S C P : スコープ、D M : 駆動機構、1 2 a、1 2 b、1 3 a、1 3 b : 固定機構、1 1 0 0 : 制御部

20

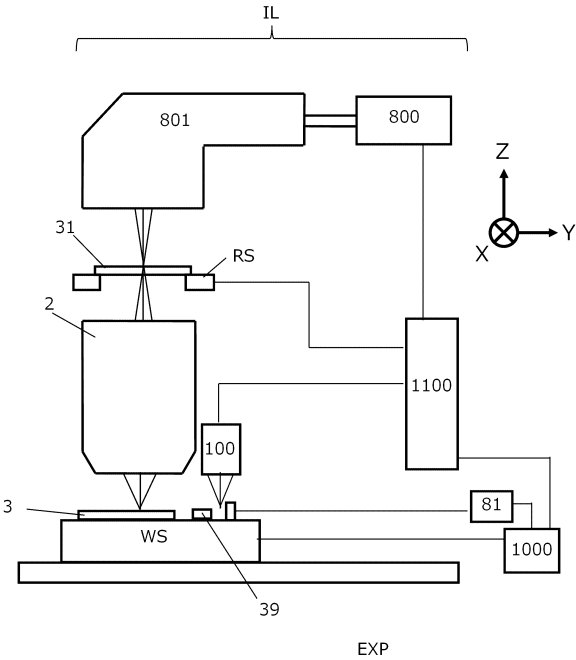
30

40

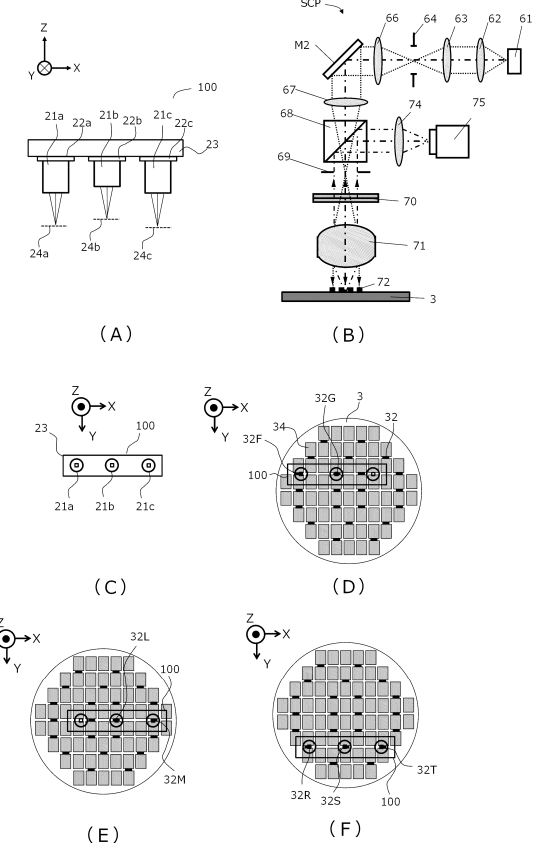
50

【図面】

【図 1】



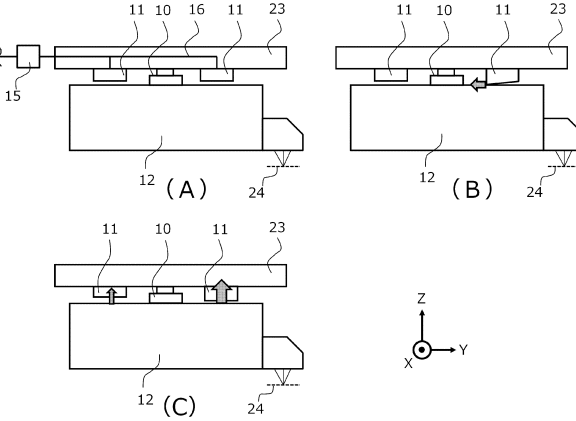
【図 2】



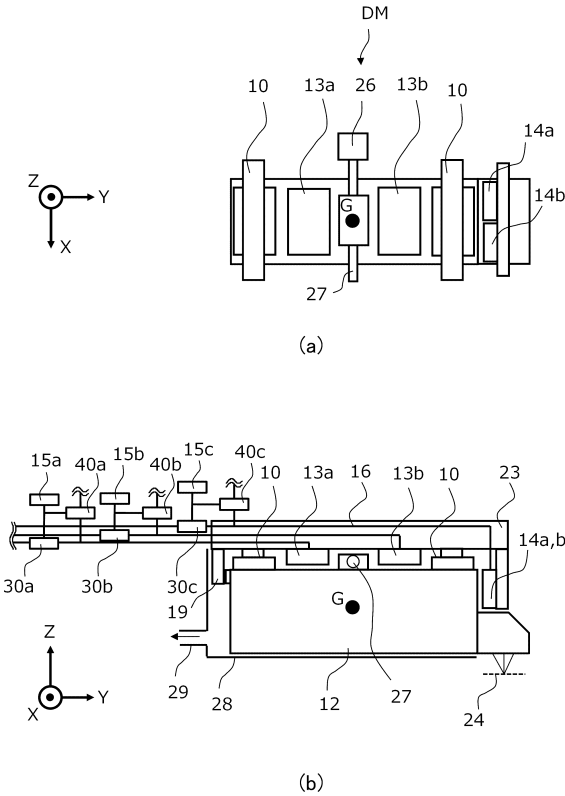
10

20

【図 3】



【図 4】

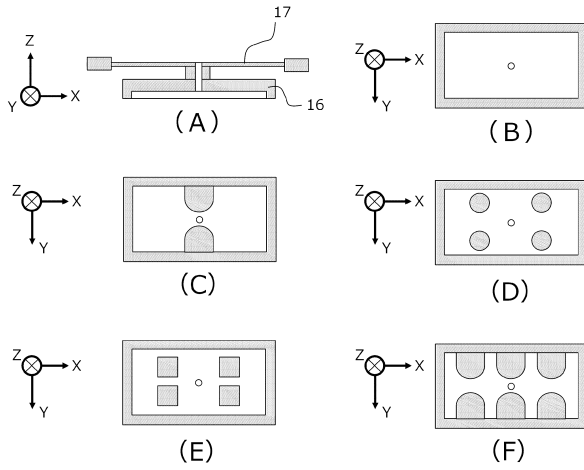


30

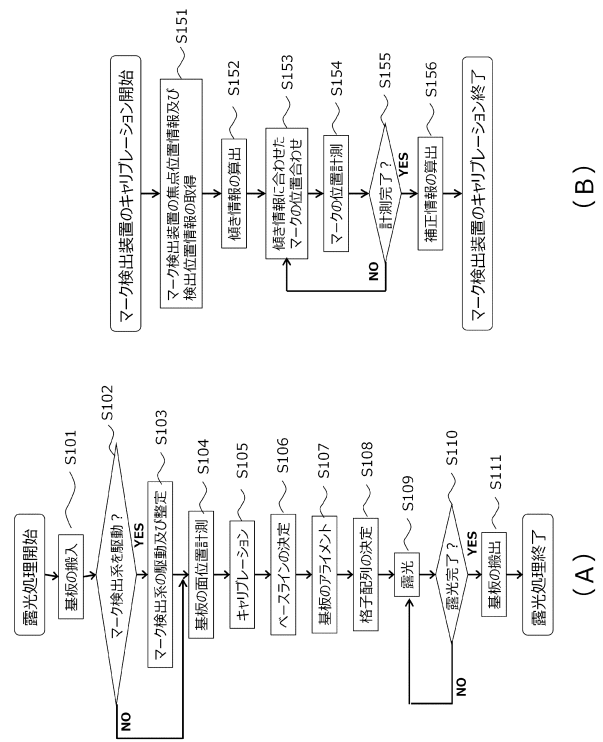
40

50

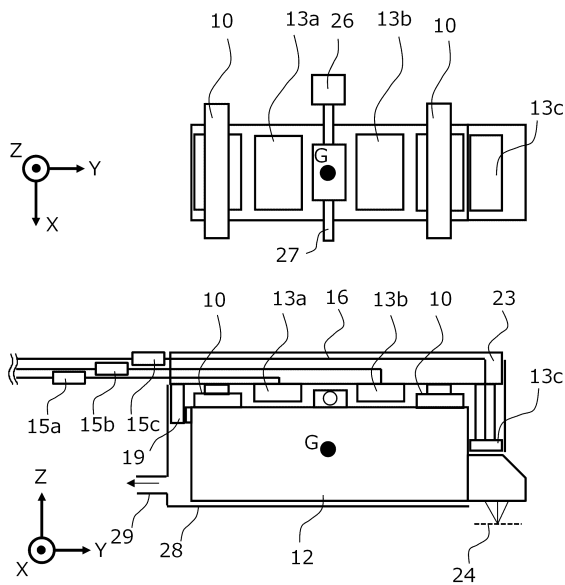
【図 5】



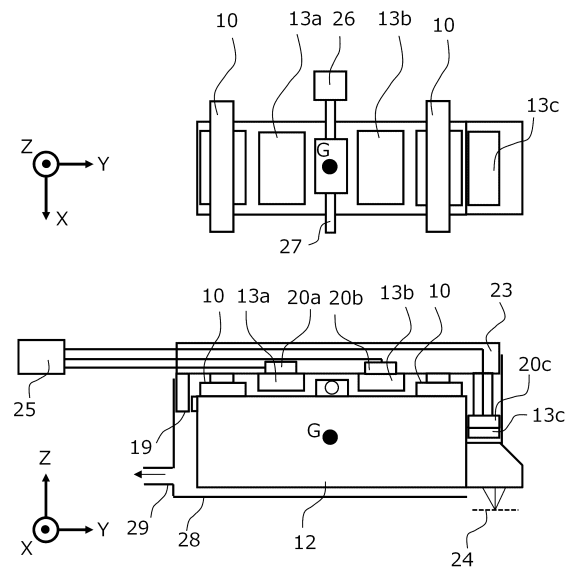
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

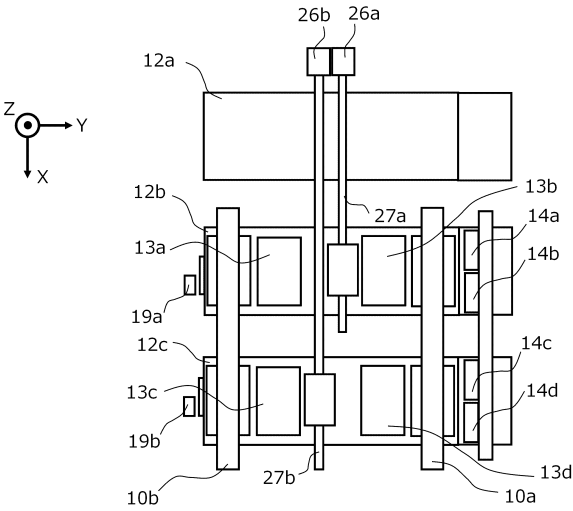
20

30

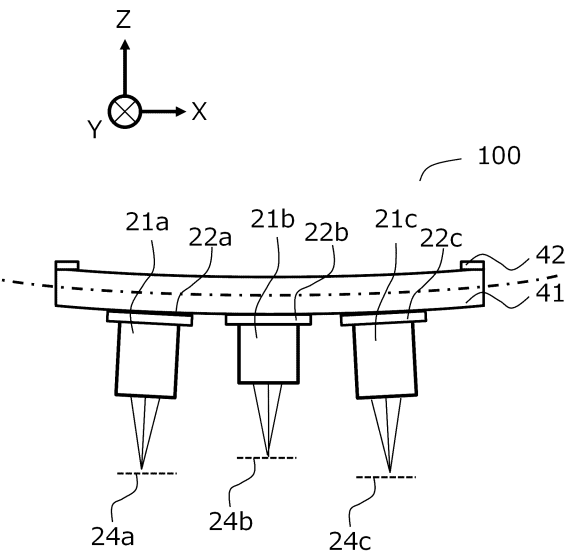
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 0 6 8 1 9 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 3 4 7 4 2 5 (J P , A)
 特表 2 0 0 9 - 5 3 3 7 0 2 (J P , A)
 特開 2 0 2 1 - 0 0 9 2 3 0 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 H 0 1 L 2 1 / 0 2 7
 G 0 3 F 9 / 0 0
 G 0 3 F 7 / 2 0
 G 0 2 B 7 / 0 0