

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7016289号

(P7016289)

(45)発行日 令和4年2月4日(2022.2.4)

(24)登録日 令和4年1月27日(2022.1.27)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 J 37/20 (2006.01)

H 0 1 J

37/20

D

H 0 1 L 21/68 (2006.01)

H 0 1 L

21/68

K

H 0 1 J

37/20

A

請求項の数 11 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-98995(P2018-98995)	(73)特許権者	000005108
(22)出願日	平成30年5月23日(2018.5.23)		株式会社日立製作所
(65)公開番号	特開2019-204673(P2019-204673 A)	(74)代理人	110002572
(43)公開日	令和1年11月28日(2019.11.28)		特許業務法人平木国際特許事務所
審査請求日	令和3年1月15日(2021.1.15)	(72)発明者	高橋 宗大
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	加藤 孝宜
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	渡部 成夫
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	小川 博紀
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステージ装置、荷電粒子線装置および真空装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

位置決めを行う対象物を支持する支持ステージと、該支持ステージを磁気により浮上させて位置決めする浮上機構と、該浮上機構を平面に支持して該平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージと、を備えたステージ装置であって、
前記移動ステージは、前記支持ステージに向けて突出する推力付与部を有し、
前記支持ステージは、前記推力付与部に対して前記移動方向に間隔をあけて対向する推力受部を有し、
前記移動ステージが前記移動方向に移動して前記推力付与部が前記推力受部に接触したときに、前記推力付与部が前記推力受部に前記移動方向の推力を加えるように構成されていることを特徴とするステージ装置。

【請求項2】

前記推力付与部は、前記移動方向に直交しかつ前記推力付与部の突出方向に沿う軸線を中心とする円筒状の推力付与面を有し、
前記推力受部は、少なくとも前記推力付与面に対向する部分の前記軸線に沿う断面の輪郭形状が前記推力付与面に向けて凸の円弧状である推力受面を有し、
前記推力付与部が前記推力受部に接触するときに、前記推力付与面が前記推力受面に接触するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

【請求項3】

前記推力付与面は、円柱状または円筒状の前記推力付与部の外周面であり、

前記推力受面は、前記推力付与部を囲む円環状の前記推力受部の内周面であることを特徴とする請求項 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】

前記推力付与面は、円筒状の前記推力付与部の内周面であり、
前記推力受面は、円筒状の前記推力付与部の内側に配置された前記推力受部の球状の先端部の外表面であることを特徴とする請求項 2 に記載のステージ装置。

【請求項 5】

前記推力付与部および前記推力受部は、前記推力付与部の突出方向に互いに反発する永久磁石を備えることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載のステージ装置。

【請求項 6】

前記移動ステージは、前記推力付与部を前記移動方向に移動させるアクチュエータを備えることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載のステージ装置。

【請求項 7】

前記推力付与部と前記推力受部との接触を検知する接触センサを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 8】

前記接触センサの出力信号に基づいて前記浮上機構を制御する制御部を備えることを特徴とする請求項 7 に記載のステージ装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記支持ステージの位置および姿勢の指令値および現在値が入力されるサーボ制御器と、前記指令値と前記現在値との偏差および前記接触センサの出力信号が入力される学習制御器とを備え、

前記学習制御器は、前記偏差を小さくするように前記サーボ制御器の出力値を補正する補正值を出力することを特徴とする請求項 8 に記載のステージ装置。

【請求項 10】

対象物の位置決めを行うステージ装置を備えた荷電粒子線装置であって、
前記ステージ装置は、位置決めを行う対象物を支持する支持ステージと、該支持ステージを磁気により浮上させて位置決めする浮上機構と、該浮上機構を平面に支持して該平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージと、を備え、

前記移動ステージは、前記支持ステージに向けて突出する推力付与部を有し、
前記支持ステージは、前記推力付与部に対して前記移動方向に間隔をあけて対向する推力受部を有し、

前記移動ステージが前記移動方向に移動して前記推力付与部が前記推力受部に接触したときに、前記推力付与部が前記推力受部に前記移動方向の推力を加えるように構成されていることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 11】

対象物の位置決めを行うステージ装置と、該ステージ装置を収容する真空チャンバとを備えた真空装置であって、

前記ステージ装置は、位置決めを行う対象物を支持する支持ステージと、該支持ステージを磁気により浮上させて位置決めする浮上機構と、該浮上機構を平面に支持して該平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージと、を備え、

前記移動ステージは、前記支持ステージに向けて突出する推力付与部を有し、
前記支持ステージは、前記推力付与部に対して前記移動方向に間隔をあけて対向する推力受部を有し、

前記移動ステージが前記移動方向に移動して前記推力付与部が前記推力受部に接触したときに、前記推力付与部が前記推力受部に前記移動方向の推力を加えるように構成されていることを特徴とする真空装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本開示は、ステージ装置、荷電粒子線装置および真空装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から露光装置のためのデバイスステージおよびウエハを正確に位置決めして支持するための多点支持アセンブリに関する発明が知られている（下記特許文献1を参照）。特許文献1には、デバイスを搭載ベースに対して移動させるデバイスステージアセンブリが記載されている。

【0003】

この従来のデバイスステージアセンブリは、デバイスステージと、可動子ハウジングと、支持アセンブリと、制御システムとを含む（同文献、請求項1等を参照）。デバイスステージは、デバイスを保持する。支持アセンブリは、デバイスステージに接続された少なくとも4つの離間したZデバイスステージ移動装置を含み、デバイスステージを可動子ハウジングに対して移動させる。制御システムは、Zデバイスステージ移動装置によってデバイスステージの移動中にデバイスステージの変形を抑制するようにZデバイスステージ移動装置を制御する。

【0004】

上記Zデバイスステージ移動装置は、磁石と導体を含み、導体を通る電流は、導体を磁石の磁場と相互作用させ、磁石と導体との間に力（ローレンツ力）を発生させる。このZデバイスステージ移動装置は、デバイスステージを、Z軸に沿って、X軸周りに、およびY軸周りに選択的に移動および支持する（同文献、第0058段落から第0061段落等を参照）。

【0005】

また、デバイスステージアセンブリは、ステージ移動アセンブリを含む（同文献、第0028段落等を参照）。ステージ移動アセンブリは、可動子ハウジング、ガイドアセンブリ、流体軸受、磁気ベアリングまたはローラーベアリングなどによって構成され、可動子ハウジングをX軸方向およびY軸方向に移動させる（同文献、第0035段落から第0040段落等を参照）。制御システムは、ステージ移動アセンブリおよび支持アセンブリを制御して、デバイスステージおよびデバイスを正確に位置決めする（同文献、第0078段落等を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】米国特許出願公開第2002/0137358号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

たとえば、半導体ウエハの製造、測定、検査などの工程では、半導体ウエハの正確な位置決めを行うために、前記従来のデバイスステージアセンブリのようなステージ装置が用いられる。このようなステージ装置においては、たとえば、半導体ウエハの位置決め時間の短縮のために、位置決め的高速化および高加速化が求められている。

【0008】

しかしながら、前記従来のデバイスステージアセンブリは、たとえば半導体ウエハの位置決め時間の短縮のために、デバイスステージの位置決め的高速化および高加速化を図ると、Zデバイスステージ移動装置が大型化して磁場の漏れが増大する。ステージ装置における磁場の漏れは、たとえば電子顕微鏡などの荷電粒子線装置において電子ビームの歪みを生じさせ、電子ビームの照射制度を低下させる。

【0009】

本開示は、位置決め的高速化および高加速化が可能であり、かつ磁場の漏れを抑制可能なステージ装置、荷電粒子線装置および真空装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本開示の一態様は、位置決めを行う対象物を支持する支持ステージと、該支持ステージを磁気により浮上させて位置決めする浮上機構と、該浮上機構を平面に支持して該平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージと、を備えたステージ装置であって、前記移動ステージは、前記支持ステージに向けて突出する推力付与部を有し、前記支持ステージは、前記推力付与部に対して前記移動方向に間隔をあけて対向する推力受部を有し、前記移動ステージが前記移動方向に移動して前記推力付与部が前記推力受部に接触または接近したときに、前記推力付与部が前記推力受部に前記移動方向の推力を加えるように構成されていることを特徴とするステージ装置である。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 1 1 】

本開示の上記一態様によれば、位置決め的高速化および高加速化が可能であり、かつ磁場の漏れを抑制可能なステージ装置、荷電粒子線装置および真空装置を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本開示の一実施形態に係るステージ装置の要部分解斜視図。

【 図 2 】 図 1 に示すステージ装置の模式的な断面図。

【 図 3 】 図 2 に示すステージ装置のIII - III線に沿う断面図。

【 図 4 】 図 2 に示すステージ装置の動作を示す模式的な断面図。

20

【 図 5 】 図 2 に示すステージ装置の変形例に係るステージ装置の模式的な断面図。

【 図 6 】 図 5 に示すステージ装置の動作を説明する模式的な断面図。

【 図 7 】 図 5 に示すステージ装置の変形例に係るステージ装置の模式的な断面図。

【 図 8 】 図 5 に示すステージ装置の変形例に係るステージ装置の模式的な断面図。

【 図 9 】 図 7 に示すステージ装置の変形例に係るステージ装置の模式的な断面図。

【 図 1 0 】 図 7 に示すステージ装置の変形例に係るステージ装置の模式的な断面図。

【 図 1 1 】 図 1 0 に示すステージ装置の制御部の一例を示すブロック図。

【 図 1 2 】 図 2 に示すステージ装置を備える半導体計測装置の模式的な断面図。

【 図 1 3 】 従来のステージ装置の一例を示す模式的な断面図。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 1 3 】

以下、図面を参照して本開示に係るステージ装置、荷電粒子線装置および真空装置の実施形態を説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本開示の一実施形態に係るステージ装置 1 0 0 の要部の分解斜視図である。図 2 は、図 1 に示すステージ装置 1 0 0 の模式的な断面図である。本実施形態のステージ装置 1 0 0 は、たとえば、半導体製造装置や検査装置においてウエハなどの対象物の位置決めを高精度かつ高速に行うための装置である。

【 0 0 1 5 】

詳細については後述するが、本実施形態のステージ装置 1 0 0 は、以下の構成を主な特徴としている。ステージ装置 1 0 0 は、位置決めを行う対象物を支持する支持ステージ 1 0 と、その支持ステージ 1 0 を磁気により浮上させて位置決めする浮上機構 2 0 と、その浮上機構 2 0 を平面に支持してその平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージ 3 0 と、を備えている。移動ステージ 3 0 は、支持ステージ 1 0 に向けて突出する推力付与部 3 6 を有している。支持ステージ 1 0 は、推力付与部 3 6 に対して移動ステージ 3 0 の移動方向に間隔をあけて対向する推力受部 1 1 を有している。ステージ装置 1 0 0 は、移動ステージ 3 0 が上記移動方向に移動して推力付与部 3 6 が推力受部 1 1 に接触または接近したときに、推力付与部 3 6 が推力受部 1 1 に上記移動方向の推力を加えるように構成されている。

40

【 0 0 1 6 】

50

以下、本実施形態のステージ装置 100 の各構成について詳細に説明する。以下では、支持ステージ 10 の移動方向に平行な平面を X Y 平面とする X Y Z 直交座標系を用いて各部を説明する場合がある。

【0017】

移動ステージ 30 は、たとえば、ベース 31 と、Y テーブル 32 と、X テーブル 33 と、を有している。ベース 31 は、たとえば、矩形平板状の金属部材であり、X Y 平面に平行な上面に、Y 軸方向に延びる一対の Y ガイド 34 を有している。

【0018】

Y テーブル 32 は、たとえば、長方形の板状の金属部材であり、長方形の長辺部分が X 軸方向に平行になり、長方形の短辺部分が Y 軸方向に平行になるように、ベース 31 の上面に対向して配置されている。Y テーブル 32 は、たとえば、ボールなどの転動体を介して Y ガイド 34 に係合し、図示を省略する Y 軸モータによって Y ガイド 34 に沿って Y 軸方向に移動可能に設けられている。Y テーブル 32 は、ベース 31 と反対側の上面に、X 軸方向に延びる一対の X ガイド 35 を有している。

10

【0019】

X テーブル 33 は、たとえば、矩形の板状の金属部材であり、ボールなどの転動体を介して X ガイド 35 に係合し、図示を省略する X 軸モータによって X ガイド 35 に沿って X 軸方向に移動可能に設けられている。X テーブル 33 は、Y テーブル 32 と反対側の上面が X Y 平面に平行な支持面 33a とされ、この支持面 33a に浮上機構 20 を支持している。また、X テーブル 33 は、支持面 33a の中央部に推力付与部 36 を有している。

20

【0020】

図 1 および図 2 に示す例において、推力付与部 36 は、移動ステージ 30 から支持ステージ 10 へ向けて突出する円柱状に設けられている。推力付与部 36 の外周面は、X Y 平面に沿う移動ステージ 30 の移動方向に直交しかつ推力付与部 36 の突出方向である Z 軸方向に沿う軸線 A を中心とする円筒状の推力付与面 36a である。すなわち、図 1 および図 2 に示す例において、推力付与面 36a は、円柱状または円筒状の推力付与部 36 の外周面である。

【0021】

移動ステージ 30 は、X テーブル 33 を X 軸方向に沿って移動させる X 軸モータと、Y テーブル 32 を Y 軸方向に沿って移動させる Y 軸モータとを個別に制御することができるように構成されている。これにより、移動ステージ 30 は、X Y 平面に支持された浮上機構 20 と、浮上機構 20 によって支持された支持ステージ 10 とを、X Y 平面に沿う任意の移動方向へ、高速かつ高加速度で移動させることができる。ステージ装置 100 において、移動ステージ 30 は、たとえば、浮上機構 20 よりも大きなストロークで支持ステージ 10 を移動させる粗動機構を構成している。

30

【0022】

浮上機構 20 は、たとえば、X コイル 21a および X 磁石 21b と、Y コイル 22a および Y 磁石 22b と、Z コイル 23a および Z 磁石 23b とを有している。より具体的には、浮上機構 20 は、たとえば、二組の X コイル 21a および X 磁石 21b と、二組の Y コイル 22a および Y 磁石 22b と、四組の Z コイル 23a および Z 磁石 23b とを有している。X 磁石 21b、Y 磁石 22b、および Z 磁石 23b は、たとえば、永久磁石である。

40

【0023】

X コイル 21a は、たとえば、X テーブル 33 の支持面 33a において、Y 軸方向の両端部で X 軸方向の中央部に固定されている。X 磁石 21b は、たとえば、X テーブル 33 の支持面 33a に対向する支持ステージ 10 の下面において、Y 軸方向の両端部で X 軸方向の中央部に固定され、Z 軸方向において X コイル 21a に対向している。

【0024】

Y コイル 22a は、たとえば、X テーブル 33 の支持面 33a において、X 軸方向の両端部で Y 軸方向の中央部に固定されている。Y 磁石 22b は、たとえば、X テーブル 33 の支持面 33a に対向する支持ステージ 10 の下面において、X 軸方向の両端部で Y 軸方向

50

の中央部に固定され、Z軸方向においてYコイル22aに対向している。

【0025】

Zコイル23aは、たとえば、矩形のXテーブル33の支持面33aの四隅に固定されている。Z磁石23bは、たとえば、矩形のXテーブル33の支持面33aに対向する支持ステージ10の下面において四隅に固定され、Z軸方向においてZコイル23aに対向している。

【0026】

浮上機構20は、各々のXコイル21a、各々のYコイル22a、および各々のZコイル23aに流れる電流を個別に制御することができるように構成されている。これにより、浮上機構20は、支持ステージ10を磁気により浮上させ、たとえば6自由度で支持ステージ10の位置P1(x, y, z)および姿勢P2(x, y, z)を制御して、支持ステージ10の位置決めをすることができる。

10

【0027】

支持ステージ10は、たとえば、推力受部11と、トップテーブル12と、試料台13と、バーミラー14とを有している。なお、図1において、試料台13とバーミラー14の図示は省略している。トップテーブル12は、たとえば、矩形板状の金属部材であり、Xテーブル33に対向する下面の周縁部にX磁石21b、Y磁石22b、Z磁石23bが固定され、中央部に推力受部11が設けられている。

【0028】

図3は、図2に示すステージ装置100のIII-III線に沿う断面図である。推力受部11は、たとえば、支持ステージ10の重心Gを通る軸線Aを中心とする円筒状に設けられ、内周面に接触部11aを有している。接触部11aは、たとえば、断面形状が円形である。接触部11aは、推力付与部36を囲む円環状に設けられ、外周側が推力受部11の内周面に埋め込まれ、内周側が推力受部11の内周面から推力付与部36に向けて突出している。接触部11aは、推力付与部36に向けて突出した半円筒状の部分の頂点が、支持ステージ10の重心Gを通る面F上に位置するように、推力受部11に固定されている。支持ステージ10の重心Gを通る面Fは、トップテーブル12の上面および下面に平行である。

20

【0029】

図2および図3に示す例において、推力受部11は、少なくとも推力付与部36の推力付与面36aに対向する部分の軸線Aに沿う断面の輪郭形状が推力付与面36aに向けて凸の円弧状である推力受面11bを有している。推力受面11bは、たとえば、推力付与部36を囲む円環状の推力受部11の内周面である。より詳細には、推力受面11bは、たとえば、断面形状が円形で推力付与部36を囲む円環状に設けられた推力受部11の接触部11aの内周面である。

30

【0030】

試料台13は、トップテーブル12の移動ステージ30と反対側の上面に固定され、たとえば、半導体ウエハなど、位置決めされる対象物を支持ステージ10に保持および固定する。試料台13の対象物を保持する面は、たとえば、トップテーブル12の上面に平行である。バーミラー14は、たとえば、レーザ干渉計によって支持ステージ10の位置および姿勢を測定するための構成であり、トップテーブル12の上面のX軸に平行な一側縁と、Y軸に平行な一側縁とに沿って延在させて設けられている。

40

【0031】

以下、本実施形態のステージ装置100の動作について、図3および図4を参照し、従来のステージ装置との対比に基づいて説明する。図4は、図2に示すステージ装置100の動作を示す模式的な断面図である。

【0032】

図13は、従来のステージ装置900の一例を示す模式的な断面図である。この従来のステージ装置900は、支持ステージ910が推力受部11を有しない点と、移動ステージ930が推力付与部36を有しない点で、本実施形態のステージ装置100と異なってい

50

る。なお、図 13 において、本実施形態のステージ装置 100 と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0033】

従来のステージ装置 900 において、支持ステージ 910 を X 軸方向に高加速度で移動させると、水平方向の反力 R が浮上機構 920 の X コイル 21a に作用する。また、支持ステージ 910 に Y 軸周りのモーメント M が作用し Z コイル 23a にも大きな負荷がかかる。すなわち、従来の粗微動方式の磁気浮上ステージであるステージ装置 900 では、高速化によって各軸モータ、すなわち、X コイル 21a、Y コイル 22a、Z コイル 23a の負荷が増大する。そのため、これら X コイル 21a、Y コイル 22a、Z コイル 23a を含む電磁アクチュエータの大型化が必要となる。電磁アクチュエータの大型化は、漏れ磁場の増大や発熱の増大、可動質量増大による応答性の低下、装置寸法や製造コストの増大を招く。

10

【0034】

これに対し、本実施形態のステージ装置 100 は、前述のように、位置決めを行う対象物を支持する支持ステージ 10 と、その支持ステージ 10 を磁気により浮上させて位置決めする浮上機構 20 と、その浮上機構 20 を X Y 平面に支持して X Y 平面に沿う移動方向に移動させる移動ステージ 30 と、を備えている。移動ステージ 30 は、支持ステージ 10 に向けて突出する推力付与部 36 を有し、支持ステージ 10 は、推力付与部 36 に対して移動ステージ 30 の移動方向に間隔をあけて対向する推力受部 11 を有している。そして、ステージ装置 100 は、移動ステージ 30 が上記移動方向に移動して推力付与部 36 が推力受部 11 に接触または接近したときに、推力付与部 36 が推力受部 11 に上記移動方向の推力を加えるように構成されている。

20

【0035】

より具体的には、移動ステージ 30 が X Y 平面に沿う移動方向に移動すると、図 3 に示すように、推力付与部 36 が推力受部 11 に接触し、推力付与部 36 が推力受部 11 に、移動ステージ 30 の移動方向の推力 T を加える。また、移動ステージ 30 が X 軸正方向に移動すると、図 4 に示すように、推力付与部 36 が推力受部 11 に接触し、推力付与部 36 が推力受部 11 に X 軸正方向の推力 T を加える。すなわち、本実施形態のステージ装置 100 は、推力付与部 36 が推力受部 11 に接触したときに、推力付与部 36 が推力受部 11 に推力 T を加えるように構成されている。

30

【0036】

これにより、本実施形態のステージ装置 100 は、支持ステージ 10 を高速および高加速度で移動させるときに、支持ステージ 10 の加減速のための推力を移動ステージ 30 から得ることができる。そのため、X コイル 21a、Y コイル 22a、Z コイル 23a の負荷の増大が抑制され、X コイル 21a、Y コイル 22a、Z コイル 23a の小型化が可能になる。X コイル 21a、Y コイル 22a、Z コイル 23a を含む電磁アクチュエータの小型化は、漏れ磁場の抑制や発熱の抑制、可動質量減少による応答性の向上、装置寸法や製造コストの低減を可能にする。

【0037】

また、本実施形態のステージ装置 100 は、支持ステージ 10 が磁気による浮上機構 20 によって浮上されて位置決めされる。このように、浮上機構 20 が支持ステージ 10 を磁気により浮上させて位置決めすることで、ガイドと転動体を用いて支持ステージ 10 を位置決めする場合と異なり、ガイドと転動体との間の摩擦に起因するスティックスリップなどの非線形特性を排除することができる。そのため、浮上機構 20 は、ガイドと転動体を用いて支持ステージ 10 を位置決めする場合と比較して、支持ステージ 10 の位置決め精度を向上させることができる。

40

【0038】

また、浮上機構 20 は、支持ステージ 10 を磁気により浮上させて位置決めすることで、ガイドと転動体を用いる場合と異なり、支持ステージ 10 が他の部材から熱変形に起因する外力や、ガイドと転動体との摩擦に起因する外力を受けない。そのため、浮上

50

機構 20 は、ガイドと転動体を用いて支持ステージ 10 を位置決めする場合と比較して、支持ステージ 10 の位置決め精度を向上させることができる。これにより、近年の半導体素子の微細化に伴うこれまで以上の位置決め精度の要求に対応することができる。

【0039】

さらに、浮上機構 20 は、支持ステージ 10 を磁気により浮上させて位置決めすることで、空気静圧案内とは異なり、真空環境への適用が容易である。本実施形態のステージ装置 100 において、浮上機構 20 は、たとえば、支持ステージ 10 を精密に位置決めするための微動機構を構成している。すなわち、本実施形態のステージ装置 100 は、精密な位置決めが可能な反面、ストロークが小さい浮上機構 20 と、ストロークが大きく高速および高加速の移動が可能な反面、位置決め誤差が生じやすい移動ステージ 30 によって粗微動機構が構成されている。なお、支持ステージ 10 が高速または高加速度で移動せず、低速で移動する場合には、移動ステージ 30 の推力付与部 36 と支持ステージ 10 の推力受部 11 とは間隔をあけて対向した非接触の状態が維持され、推力付与部 36 から推力受部 11 へ推力は加わらない。

10

【0040】

また、本実施形態のステージ装置 100 において、推力付与部 36 は、移動方向に直交しかつ推力付与部 36 の突出方向に沿う軸線 A を中心とする円筒状の推力付与面 36a を有している。推力受部 11 は、少なくとも推力付与面 36a に対向する部分の軸線 A に沿う断面の輪郭形状が推力付与面 36a に向けて凸の円弧状である推力受面 11b を有している。これにより、ステージ装置 100 は、推力付与部 36 が推力受部 11 に接触するとき、推力付与面 36a が推力受面 11b に接触するように構成されている。この構成により、ステージ装置 100 は、推力付与部 36 を推力受部 11 に点接触または線接触に近い状態で接触させ、支持ステージ 10 に対して移動ステージ 30 の移動方向の推力 T を効率よく加えることができる。

20

【0041】

また、本実施形態のステージ装置 100 において、推力付与面 36a は、円柱状または円筒状の推力付与部 36 の外周面であり、推力受面 11b は、推力付与部 36 を囲む円環状の推力受部 11 の内周面である。これにより、移動ステージ 30 が XY 平面に沿う任意の方向へ高速および高加速で移動したときに、円柱状または円筒状の推力付与部 36 の外周面である推力付与面 36a を、推力付与部 36 を囲む円環状の推力受部 11 の内周面である推力受面 11b に確実に接触させることができる。

30

【0042】

また、本実施形態のステージ装置 100 において、推力受部 11 は、推力付与部 36 に接触する接触部 11a を有している。接触部 11a は、推力付与部 36 を囲む円環状に設けられ、推力付与部 36 に向けて突出した半円筒状の部分の頂点が、支持ステージ 10 の重心 G を通る面 F 上に位置している。この構成により、図 3 および図 4 に示すように、支持ステージ 10 の重心 G と移動方向の推力 T を受ける接触部 11a の頂点とを通る直線を、推力 T の方向に一致させることができる。これにより、支持ステージ 10 に Y 軸周りや X 軸周りのモーメントが発生するのを抑制して、Z コイル 23a の負荷を低減し、Z コイル 23a を小型化することが可能になる。したがって、漏れ磁場の抑制や発熱の抑制、可動質量減少による応答性の向上、装置寸法や製造コストの低減が可能になる。

40

【0043】

以上説明したように、本実施形態によれば、位置決め的高速化および高加速化が可能であり、かつ磁場の漏れを抑制可能なステージ装置 100 を提供することができる。なお、本開示に係るステージ装置は、前述の実施形態に係るステージ装置 100 の構成に限定されない。

【0044】

たとえば、前述の実施形態では、ステージ装置 100 は、移動ステージ 30 が移動方向に移動して推力付与部 36 が推力受部 11 に接触したときに、推力付与部 36 が推力受部 11 に移動方向の推力 T を加えるように構成されていることを説明した。しかし、ステージ

50

装置 100 は、移動ステージ 30 が移動方向に移動して推力付与部 36 が推力受部 11 に接近したときに、推力付与部 36 が推力受部 11 に移動方向の推力 T を加えるように構成されていてもよい。

【0045】

より具体的には、ステージ装置 100 において、推力付与部 36 および推力受部 11 は、互いに反発する永久磁石を備えてもよい。これにより、推力付与部 36 が推力受部 11 に接近したときに、永久磁石の反発力によって推力付与部 36 が推力受部 11 に推力 T を加えるように構成することができる。以下、前述の実施形態に係るステージ装置 100 のいくつかの変形例について説明する。

【0046】

図 5 は、図 2 に示すステージ装置 100 の変形例に係るステージ装置 100 A の模式的な断面図である。図 6 は、図 5 に示すステージ装置 100 A の動作を説明する模式的な断面図である。

【0047】

本変形例に係るステージ装置 100 A は、推力付与面 36 a が円筒状の推力付与部 36 の内周面であり、推力受面 11 b が、円筒状の推力付与部 36 の内側に配置された推力受部 11 の球状の先端部の外表面である点で、前述の実施形態に係るステージ装置 100 と異なっている。本変形例のステージ装置 100 A のその他の点は、前述の実施形態のステージ装置 100 と同様であるので、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0048】

本変形例に係るステージ装置 100 A において、推力受部 11 は、たとえば、支持ステージ 10 の重心 G を通る軸線 A を中心とする円柱状に設けられ、トップテーブル 12 の下面に設けられた凹部の底面から、移動ステージ 30 へ向けて突出している。推力受部 11 は、先端部に球状の接触部 11 a を有している。推力受部 11 は、たとえば、接触部 11 a の球面上の推力受面 11 b の中心が、支持ステージ 10 の重心 G と一致するか、または、重心 G を通る推力受部 11 の軸線 a 上に位置するように設けられている。

【0049】

本変形例のステージ装置 100 A によれば、前述の実施形態に係るステージ装置 100 と同様の効果を奏することができる。さらに、図 6 に示すように、支持ステージ 10 が X Y 平面に対して傾斜した状態であっても、支持ステージ 10 に X 軸周りや Y 軸周りのモーメントが発生するのを抑制することができる。

【0050】

図 7 は、図 5 に示すステージ装置 100 A の変形例に係るステージ装置 100 B の模式的な断面図である。本変形例のステージ装置 100 B は、支持ステージ 10 および移動ステージ 30 が互いに反発する永久磁石を備えている点で、図 5 に示すステージ装置 100 A と異なっている。本変形例のステージ装置 100 B のその他の点は、前述の変形例のステージ装置 100 A と同様であるので、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0051】

前述のように、支持ステージ 10 は、永久磁石である X 磁石 21 b、Y 磁石 22 b、Z 磁石 23 b を有している。そして、移動ステージ 30 は、たとえば、X コイル 21 a、Y コイル 22 a、Z コイル 23 a の支持ステージ 10 と反対側に、永久磁石 24 を備えている。移動ステージ 30 に設けられた永久磁石 24 は、支持ステージ 10 に設けられた X 磁石 21 b、Y 磁石 22 b、Z 磁石 23 b と互いに反発し合い、支持ステージ 10 の重力を補償する重力補償用の磁石として機能する。

【0052】

この構成により、支持ステージ 10 の重量を、X 磁石 21 b、Y 磁石 22 b および Z 磁石 23 b と、各磁石に対向する永久磁石 24 との間の反発力によって支持することができ、Z コイル 23 a を小型化することが可能になる。したがって、漏れ磁場の抑制や発熱の抑制、可動質量減少による応答性の向上、装置寸法や製造コストの低減が可能になる。

【0053】

10

20

30

40

50

図 8 は、図 5 に示すステージ装置 1 0 0 A の変形例に係るステージ装置 1 0 0 C の模式的な断面図である。本変形例のステージ装置 1 0 0 C は、推力付与部 3 6 および推力受部 1 1 が、推力付与部 3 6 の突出方向に互いに反発する永久磁石 2 5 a , 2 5 b を備える点で、図 5 に示すステージ装置 1 0 0 A と異なっている。本変形例のステージ装置 1 0 0 C のその他の点は、前述の変形例のステージ装置 1 0 0 A と同様であるので、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

本変形例のステージ装置 1 0 0 C によれば、支持ステージ 1 0 の重量を、永久磁石 2 5 a , 2 5 b との間の反発力によって支持することができ、Z コイル 2 3 a を小型化することが可能になる。したがって、漏れ磁場の抑制や発熱の抑制、可動質量減少による応答性の向上、装置寸法や製造コストの低減が可能になる。

10

【 0 0 5 5 】

また、図 7 に示すステージ装置 1 0 0 B では、Z 軸方向に向かい合う永久磁石 2 4 と、X 磁石 2 1 b、Y 磁石 2 2 b および Z 磁石 2 3 b とが、X 軸方向、Y 軸方向にずれたときに、外乱となる X 軸方向、Y 軸方向の反発力が生じる。このような外乱は、永久磁石 2 4 を複数配置した場合に、永久磁石 2 4 の磁束密度の個体差や配置および形状の誤差からも生じ得る。

【 0 0 5 6 】

しかし、図 8 に示す本変形例のステージ装置 1 0 0 C では、推力付与部 3 6 および推力受部 1 1 が、それぞれ単一の永久磁石 2 5 a , 2 5 b を備えている。これにより、前述のような外乱を排除して、ステージ装置 1 0 0 C の位置決め精度を向上させることができる。なお、ステージ装置 1 0 0 C の位置決め精度向上の観点から、推力受部 1 1 の永久磁石 2 5 b に対向する推力付与部 3 6 の永久磁石 2 5 a の面積は、推力付与部 3 6 の永久磁石 2 5 a に対向する推力受部 1 1 の永久磁石 2 5 b の面積よりも大きいことが好ましい。これにより、前述のような外乱をより確実に抑制することができる。

20

【 0 0 5 7 】

図 9 は、図 7 に示すステージ装置 1 0 0 B の変形例に係るステージ装置 1 0 0 D の模式的な断面図である。本変形例のステージ装置 1 0 0 D は、移動ステージ 3 0 が、推力付与部 3 6 を移動ステージ 3 0 の移動方向に移動させるアクチュエータ 3 7 を備える点で、図 7 に示すステージ装置 1 0 0 B と異なっている。本変形例のステージ装置 1 0 0 D のその他の点は、前述の変形例のステージ装置 1 0 0 B と同様であるので、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

30

【 0 0 5 8 】

アクチュエータ 3 7 は、たとえば、ピエゾアクチュエータによって構成され、支持ステージ 1 0 を高速、高加速度で移動させるときに、移動ステージ 3 0 の移動方向に推力付与部 3 6 を移動させて、推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 とを短時間で接触させる。これにより、推力付与部 3 6 から推力 T を受けて移動する支持ステージ 1 0 の応答性を向上させることができる。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 は、図 7 に示すステージ装置 1 0 0 B の変形例に係るステージ装置 1 0 0 E の模式的な断面図である。本変形例のステージ装置 1 0 0 E は、推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 との接触を検知する接触センサ 3 8 を備える点で、図 7 に示すステージ装置 1 0 0 B と異なっている。本変形例のステージ装置 1 0 0 E のその他の点は、前述の変形例のステージ装置 1 0 0 B と同様であるので、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

40

【 0 0 6 0 】

本変形例のステージ装置 1 0 0 E は、接触センサ 3 8 によって、推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 との接触を検知することができる。そのため、推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 との接触時や分離時に支持ステージ 1 0 に加わる衝撃力を計測し、浮上機構 2 0 による支持ステージ 1 0 の浮上制御に利用することができる。これにより、支持ステージ 1 0 の移動後に支持ステージ 1 0 を瞬時に制振することが可能になる。なお、推力付与部 3 6 と推力受

50

部 1 1 との接触は、X テーブル 3 3 と支持ステージ 1 0 との相対変異を計測する変位センサによって検知してもよい。

【 0 0 6 1 】

図 1 1 は、図 1 0 に示すステージ装置 1 0 0 E の制御部 5 0 の一例を示すブロック図である。ステージ装置 1 0 0 E は、接触センサ 3 8 の出力信号に基づいて浮上機構 2 0 を制御する制御部 5 0 を備える。制御部 5 0 は、たとえば、サーボ制御器 5 1 と、制御対象 5 2 と、学習制御器 5 3 とを備える。サーボ制御器 5 1 は、支持ステージ 1 0 の位置および姿勢の指令値 V_1 および現在値 V_0 が入力され、制御対象 5 2 を制御する。制御対象 5 2 は、移動ステージ 3 0、浮上機構 2 0 および支持ステージ 1 0 を含む。

【 0 0 6 2 】

制御部 5 0 は、サーボ制御器 5 1 と制御対象 5 2 から形成されるフィードバックループに対して接触センサ 3 8 からの出力信号 S を利用する。制御部 5 0 は、学習制御器 5 3 に指令値 V_1 と現在値 V_0 との偏差 V および接触センサ 3 8 の出力信号 S を入力し、学習制御器 5 3 を自動調整する。学習制御器 5 3 は、偏差 V を小さくするようにサーボ制御器 5 1 の出力値 D を補正する補正值 d を出力する。学習制御器 5 3 は、適応フィルタを含むことができる。

【 0 0 6 3 】

この構成により、推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 の共振の影響を、装置機差や使用期間によらず常に最小化することが可能である。学習制御器 5 3 のパラメータを調整するためには、装置出荷前やメンテナンス時に多種の駆動パターンで動作を行い、その時の偏差 V と推力の補正值 d との関係を教師データとして用いる。これにより、装置出荷前やメンテナンス時のステージ制御系の調整時間およびコストを短縮することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

したがって、本変形例のステージ装置 1 0 0 E によれば、支持ステージ 1 0 の移動時に推力付与部 3 6 と推力受部 1 1 とが衝突することによる振動を抑制し、常に最適な駆動特性が得られる。また、上記の振動の挙動は、装置の個体差や経年変化によってある程度変化するが、学習制御を用いて制御系を自動調整することで常に最適な駆動特性が得られる。

【 0 0 6 5 】

最後に、図 1 2 を参照して、本開示に係る荷電粒子線装置および真空装置の実施形態について説明する。図 1 2 は、図 2 に示すステージ装置 1 0 0 を備える半導体計測装置 2 0 0 の模式的な断面図である。

【 0 0 6 6 】

本開示に係る荷電粒子線装置および真空装置の一実施形態である半導体計測装置 2 0 0 は、対象物の位置決めを行うステージ装置 1 0 0 と、そのステージ装置 1 0 0 を収容する真空チャンバ 2 0 1 を備えている。本実施形態の半導体計測装置 2 0 0 は、たとえば、走査型電子顕微鏡 (SEM) の応用装置としての測長 SEM である。

【 0 0 6 7 】

半導体計測装置 2 0 0 は、たとえば、ステージ装置 1 0 0 と、真空チャンバ 2 0 1 と、電子光学系鏡筒 2 0 2 と、制振マウント 2 0 3 と、レーザ干渉計 2 0 4 と、コントローラ 2 0 5 とを備えている。真空チャンバ 2 0 1 は、ステージ装置 1 0 0 を収容し、図示を省略する真空ポンプによって内部が減圧されて大気圧よりも低圧の真空状態になる。真空チャンバ 2 0 1 は、制振マウント 2 0 3 によって支持されている。

【 0 0 6 8 】

半導体計測装置 2 0 0 は、ステージ装置 1 0 0 によって半導体ウエハなどの対象物の位置決めを行い、電子光学系鏡筒 2 0 2 から電子ビームを対象物上に照射し、対象物上のパターンを撮像し、パターンの線幅の計測や形状精度の評価を行う。ステージ装置 1 0 0 は、レーザ干渉計 2 0 4 により、パーミラー 1 4 の位置が計測され、コントローラ 2 0 5 により、支持ステージ 1 0 の試料台 1 3 に保持された半導体ウエハなどの対象物が位置決め制御される。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る半導体計測装置 200 は、ステージ装置 100 を備えることで、ウエハなどの対象物の位置決め的高速化および高加速化が可能であり、かつ磁場の漏れを抑制することができる。したがって、荷電粒子線装置としての半導体計測装置 200 の測定精度を向上させることができる。また、ステージ装置 100 は、浮上機構 20 が磁気浮上式であるので、真空装置である半導体計測装置 200 への適用が容易であり、発熱の抑制等、優れた効果を発揮することができる。なお、本開示の荷電粒子線装置および真空装置は、半導体計測装置に限定されない。

【0070】

以上、図面を用いて本発明の実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

10

【符号の説明】

【0071】

10	支持ステージ
11	推力受部
11b	推力受面
20	浮上機構
21b	X磁石（永久磁石）
22b	Y磁石（永久磁石）
23b	Z磁石（永久磁石）
24	永久磁石
25a	永久磁石
25b	永久磁石
30	移動ステージ
36	推力付与部
36a	推力付与面
37	アクチュエータ
38	接触センサ
50	制御部
51	サーボ制御器
53	学習制御器
100	ステージ装置
100A	ステージ装置
100B	ステージ装置
100C	ステージ装置
100D	ステージ装置
100E	ステージ装置
200	半導体計測装置（荷電粒子線装置、真空装置）
201	真空チャンバ
A	軸線
D	出力値
d	補正值
S	出力信号
T	推力
V0	現在値
V1	指令値
V	偏差

20

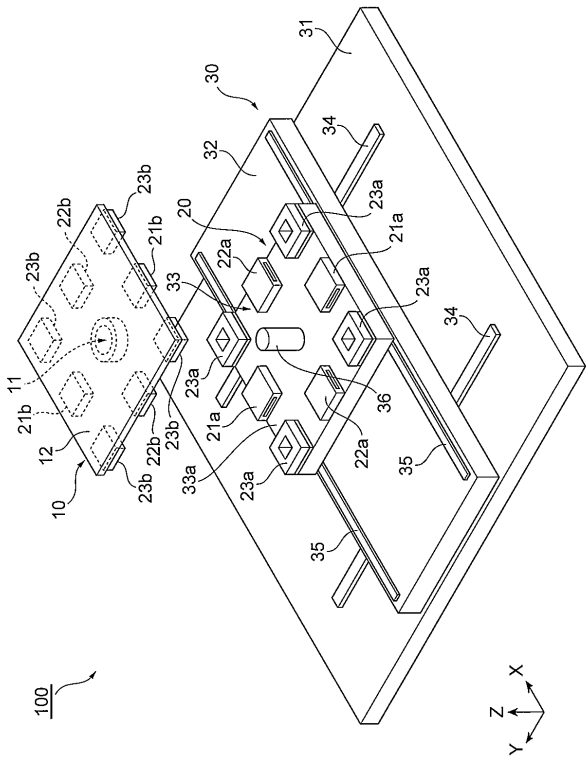
30

40

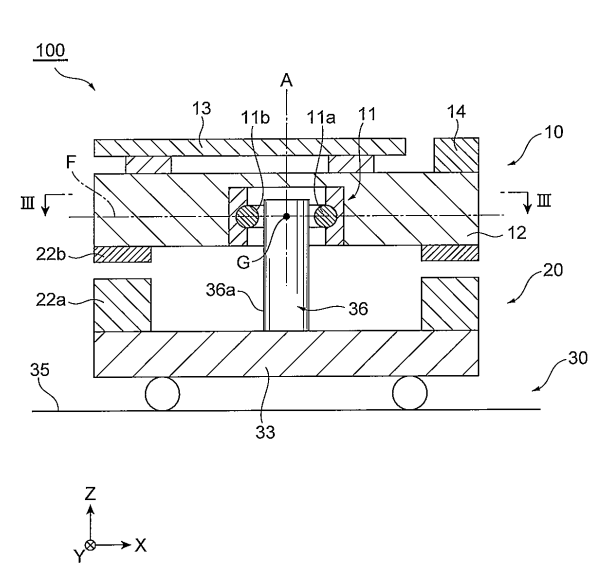
50

【図面】

【図 1】



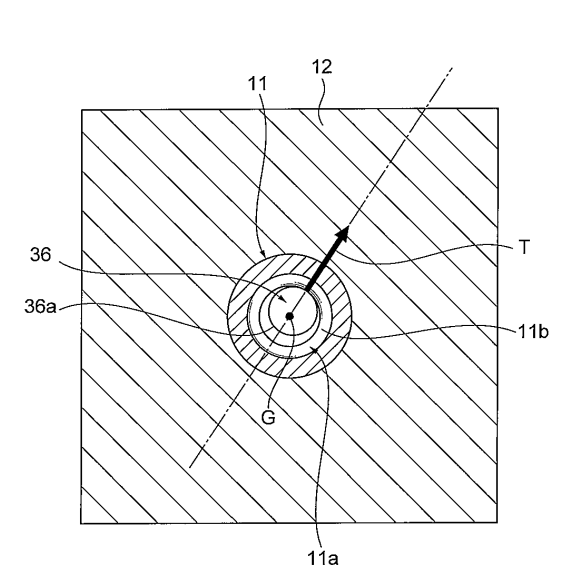
【図 2】



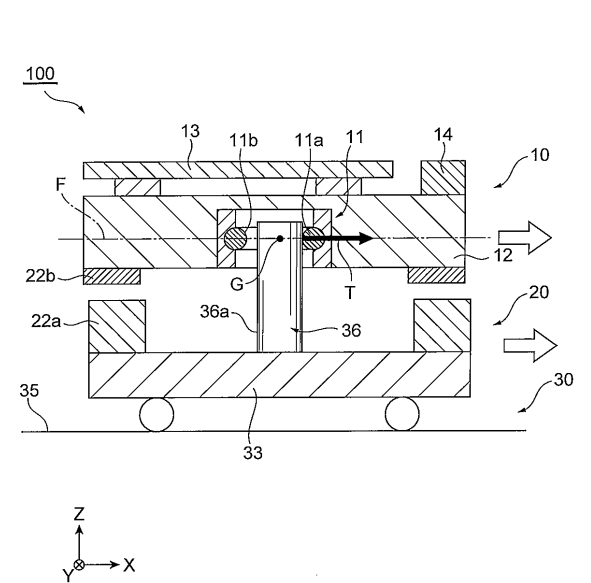
10

20

【図 3】



【図 4】

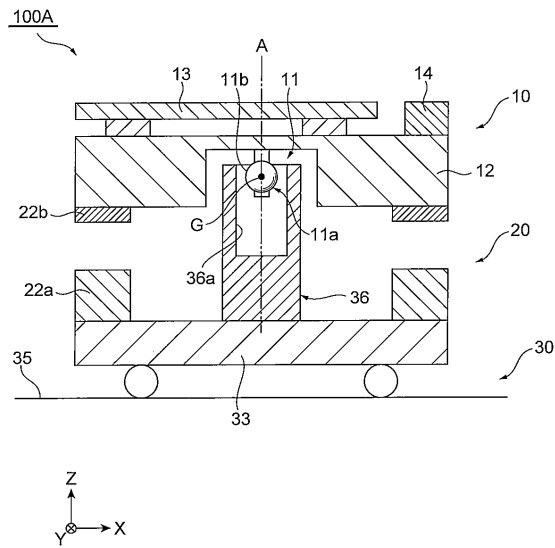


30

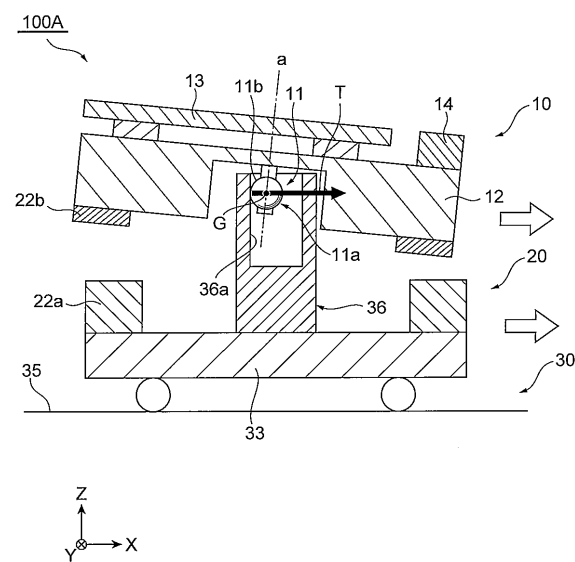
40

50

【図 5】



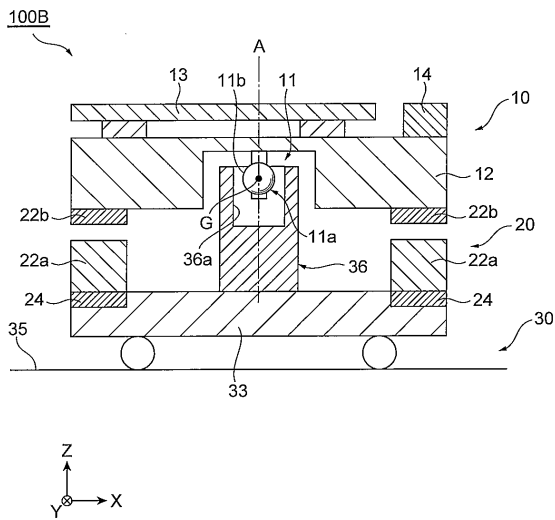
【図 6】



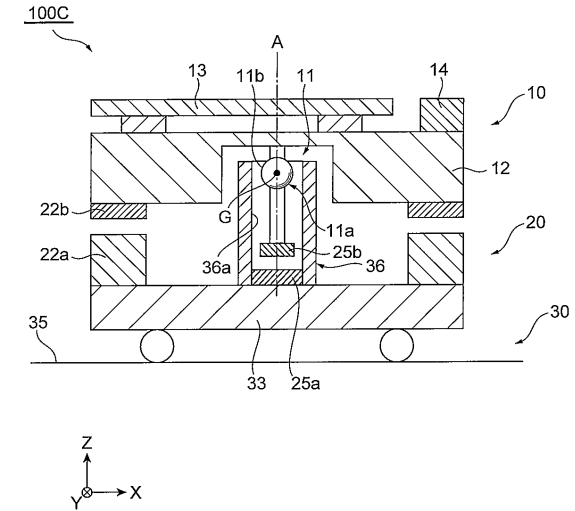
10

20

【図 7】



【図 8】

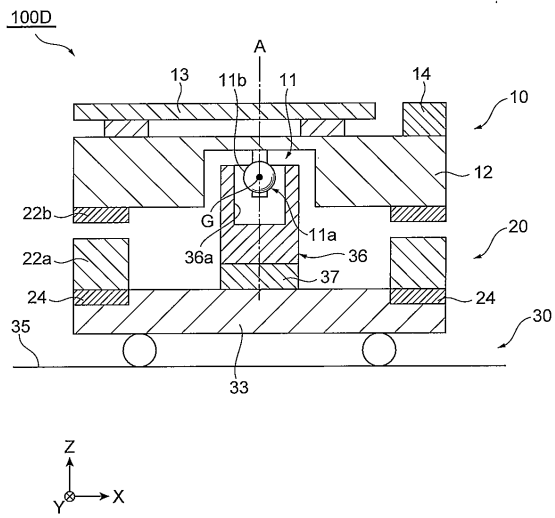


30

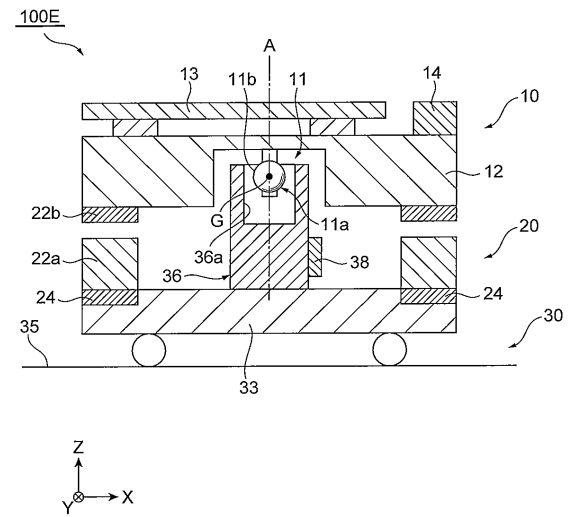
40

50

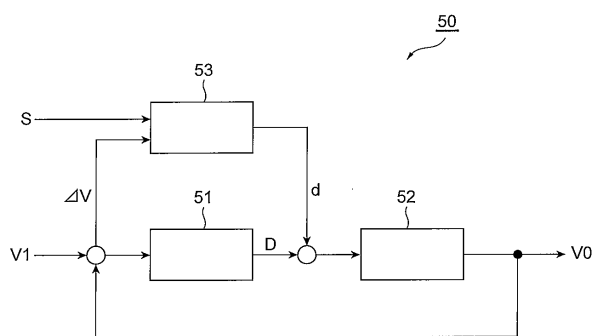
【 図 9 】



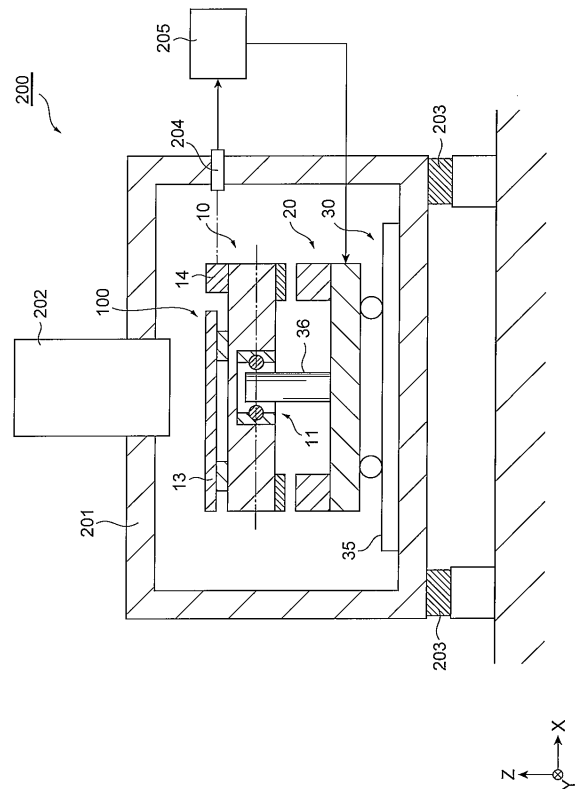
【 図 1 0 】



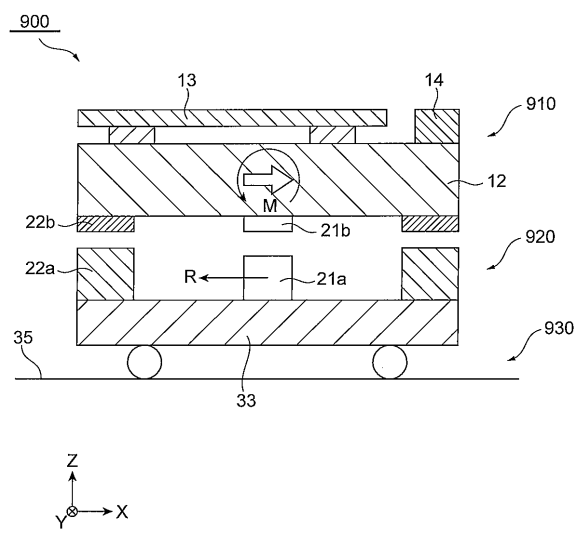
【 図 1 1 】



【圖 1 2】



【図 13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 1 0 6 3 4 4 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 0 9 6 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 J 3 7 / 2 0

H 0 1 L 2 1 / 6 8