

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036259号  
(P5036259)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 1 6 F</b>	<b>15/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>F 1 6 F</b> 15/02 A
<b>F 1 6 F</b>	<b>15/04</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>F 1 6 F</b> 15/04 A
<b>H O 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b> 21/30 5 O 3 F
<b>G O 3 F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G O 3 F</b> 7/20 5 2 1

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-249957 (P2006-249957)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年9月14日 (2006.9.14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-69890 (P2008-69890A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成20年3月27日 (2008.3.27)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成21年9月14日 (2009.9.14)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(72) 発明者	縄田 亮
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 除振装置、露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

除振対象物体と、  
基準物体と、  
前記基準物体をローレンツ力によって支持するローレンツ力アクチュエータと、  
前記基準物体の位置によらない一定の電流をローレンツ力アクチュエータに供給することによって、前記基準物体に働く重力と釣り合う一定のローレンツ力を発生させる電源装置と、

前記基準物体に対する前記除振対象物体の位置を計測する第1計測器と、  
前記第1計測器による計測結果に基づいて、前記基準物体に対する前記除振対象物体の位置を一定にするように前記除振対象物体に駆動力を作用させる駆動機構と、  
を備えること特徴とする除振装置。

10

【請求項2】

前記基準物体の速度を計測する第2計測器をさらに備え、  
前記ローレンツ力アクチュエータは、前記第2計測器によって前記基準物体の速度の変化が検出されたならば前記基準物体に前記速度の変化を減少させる力を付与することを特徴とする請求項1に記載の除振装置。

【請求項3】

前記第2計測器は、床に対する前記基準物体の速度を計測することを特徴とする請求項2に記載の除振装置。

20

## 【請求項 4】

前記基準物体の少なくとも 1 軸がエアガイド又は電磁ガイドにより拘束されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の除振装置。

## 【請求項 5】

原版ステージ、投影光学系の鏡筒及び基板ステージを備える露光装置であって、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の除振装置を備え、

前記除振装置は、前記原版ステージ、前記投影光学系の鏡筒及び前記基板ステージのいずれか一つを前記除振対象物体で支持するように構成されていることを特徴とする露光装置。

## 【請求項 6】

請求項 5 に記載される露光装置を用いて基板を露光する工程と、

前記基板を現像する工程とを備えることを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、除振装置、露光装置及びデバイス製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、LSI や超 LSI などの極微細パターンで形成される半導体素子の製造工程において、レチクル等の原版に形成されたパターンを感光材が塗布された基板上に縮小投影して転写する縮小投影露光装置が使用されている。半導体素子の集積度の向上に伴ってパターンをより一層微細化することが要求され、レジストプロセスの発展と同時に露光装置についても微細化への対応がなされてきた。

## 【0003】

露光装置の解像力を向上させる方法としては、露光波長を短波長にする方法と、投影光学系の開口数 (NA) を大きくしていく方法とがある。一般に解像力は露光波長に比例し、NA に反比例することが知られている。

## 【0004】

また、こうした微細化への対応を図る一方で、半導体素子の製造コストの観点から、露光装置における一層のスループット向上が図られてきている。例えば、露光光源の大出力化により、1 ショット当りの露光時間を短縮する方法、あるいは露光面積の拡大により、1 ショット当りの素子数を増やす方法などが挙げられる。

## 【0005】

しかし、極微細パターンの露光を目的とする露光装置においては、装置が設置された床から装置に伝わる振動が、重ね露光 (オーバーレイ) 精度や露光像の精度を劣化させる原因となる。また、このような振動が収束するまで待ってから露光を行うのでは、スループットを低下させてしまうことになる。そこで、従来の露光装置においては、床振動の影響を軽減させるために除振装置によって本体部分を支持する方法が採られている。

## 【0006】

従来の除振装置では、除振面と床との間に気体バネを用い、更に除振装置の減衰性を高めるために、除振面に設けた加速度センサと、除振面と床の間に設けたアクチュエータを用いて、速度フィードバック制御系を構築している。しかし、速度フィードバック制御系を構築して除振装置の減衰性を高めても、除振装置の固有振動数は、気体バネの固有振動数で決定されてしまうので、除振装置の固有振動数は低くても 3 ~ 5 Hz 程度になってしまう。更に、低周波まで除振するためには、除振装置の固有振動数を下げる必要がある。

## 【0007】

気体バネよりも低い固有振動数の支持バネで支持された基準物体に対して除振面を位置フィードバック制御することにより、固有振動数を気体バネよりも低くした除振装置は、特許文献 1 に記載されている。

## 【特許文献 1】特開 2005 - 294790 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

特許文献1に示される除振装置は、支持バネで支持された基準物体に対して除振面を位置フィードバック制御している。したがって、除振装置の固有振動数を支持バネの固有振動数(0.5Hz程度)以下に下げることはいできない。今後の半導体素子の更なる微細化の要求に応えるためには、露光性能に悪影響を及ぼす床振動のうち、特に像ズレを引き起こす低周波成分を除去する必要がある。

## 【0009】

本発明の目的は、原理的には固有振動数が存在しない、低周波成分の除振性能を向上させた除振装置を提供することにある。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明は、除振装置が、前記基準物体をローレンツ力によって支持するローレンツ力アクチュエータと、前記基準物体の位置によらない一定の電流をローレンツ力アクチュエータに供給することによって、前記基準物体に働く重力と釣り合う一定のローレンツ力を発生させる電源装置と、前記基準物体に対する前記除振対象物体の位置を計測する第1計測器と、前記第1計測器による計測結果に基づいて、前記基準物体に対する前記除振対象物体の位置を一定にするように前記除振対象物体に駆動力を作用させる駆動機構と、を備えること特徴とする。

20

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明によれば、原理的には固有振動数が存在しない、低周波成分の除振性能に優れた除振装置を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0017】

以下に、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

## 【0018】

## [実施形態1]

30

実施形態1では、ローレンツ力アクチュエータ23を用いて基準物体21を一定の力で支持する。そして、一定の力で支持された基準物体21に対して基板ステージの定盤2を位置フィードバック制御することで、低周波成分の除振性能に優れた除振装置を提供する。この実施形態では、基板ステージの定盤2が除振対象物体である。

## 【0019】

まず、除振台について説明する。除振台は、定盤2を例えば気体バネからなるパッシブダンパ10a~10cによって、床1から支持することにより構成されている。図1では、簡略的にパッシブダンパ10a~10cのZ軸方向へのバネ及びダッシュポットのみを記載しているが、パッシブダンパ10a~10cは、X軸、Y軸方向への剛性及び減衰率も有している。

40

## 【0020】

定盤2と床1の間に、Z軸方向へ駆動力を発生するZアクチュエータ11z1~11z3とX軸方向へ駆動力を発生するXアクチュエータ11x1,とY軸方向へ駆動力を発生するYアクチュエータ11y1、11y2が配置される。ここでは、アクチュエータ11としてリニアモータを用いる。以上6個のアクチュエータ11により、定盤2を6軸方向へ駆動することができる。

## 【0021】

基準物体21は、ローレンツ力アクチュエータ23が出力する一定の力によって支持されている。ローレンツ力アクチュエータとして、リニアモータやボイスコイルモータ等を使用することができる。

50

## 【 0 0 2 2 】

図 1 に示すように、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 は、ヨーク（磁石を含む）2 4 と中空コイル 2 5 からなる。ヨーク 2 4 が作る磁場内を通る中空コイル 2 5 に電流を流すことにより、ローレンツ力が発生する。中空コイル 2 5 に一定の電流を流すことにより、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 は一定の力を発生する。ローレンツ力アクチュエータが発生する一定の力と、基準物体 2 1 に作用する重力とを釣り合わせることで、基準物体 2 1 は、空中に完全に浮上し、床の振動による変位の影響を受けなくなる。

## 【 0 0 2 3 】

中空コイル 2 5 は電源装置 2 6 に接続されている。電源装置 2 6 の内部には、中空コイルに一定の電流を供給するための電流マイナーループが内蔵されている。電流マイナーループのループゲインを調整することにより、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 に発生する逆起電力を調整することができる。逆起電力量を大きくすることにより、基準物体 2 1 に発生した振動を減衰する効果が大きくなる。しかし、逆起電力量を大きくし過ぎると、床 1 に速度が生じた場合、基準物体 2 1 が床 1 の速度の影響を受け易くなる。

## 【 0 0 2 4 】

また、基準物体の外乱特性を向上させるためには、電流マイナーループ内部に積分器を用いれば良い。

## 【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、基準物体 2 1 には、計測ミラー 2 2 が取り付けられている。定盤 2 に取り付けられた非接触計測器 1 2 により、基準物体 2 1 上の計測ミラー 2 2 を計測することで、定盤 2 と基準物体 2 1 の相対変位を計測できる。ここでは非接触計測手段 1 2 としてレーザー干渉計を用いる。

## 【 0 0 2 6 】

非接触計測器 1 2 x 1 , 1 2 x 2 により、定盤 2 と基準物体 2 1 の X 軸方向の相対変位及び、Z 軸周りの相対角度を計測することができる。非接触計測器 1 2 y 1 により、定盤 2 と基準物体 2 1 の Y 軸方向の相対変位を計測することができる。非接触計測器 1 2 z 1 , 1 2 z 2 , 1 2 z 3 により、定盤 2 と基準物体 2 1 の Z 軸方向の相対変位及び、X 軸周り、Y 軸周りの相対角度を計測することができる。以上 6 個の非接触計測器（除振対象物体の位置を検出する第 1 計測器）1 2 により、基準物体 2 1 と定盤 2 の 6 軸方向の相対位置を計測することができる。

## 【 0 0 2 7 】

非接触計測器 1 2 の計測情報 1 3 は、補償器 1 4 により、アクチュエータ 1 1 への指令値に変換される。補償器 1 4 は、非干渉化マトリクス、P I D 補償器、出力分配マトリクスなどを含む。

## 【 0 0 2 8 】

以上により、基準物体 2 1 に対して定盤 2 を位置フィードバック制御することができる。基準物体 2 1 は、空中に完全に浮上し、床の振動による変位の影響を受けないので、基準物体 2 1 に対して位置フィードバック制御している定盤 2 も、床 1 の振動による変位の影響を受けなくなる。更に、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して速度フィードバック制御しても構わない。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 0 に従来の除振装置と本発明を用いた除振装置の性能の違いを示す。図 1 0 は、床から定盤への伝達特性を示している。図 1 0 において、従来技術では 2 Hz 程度までしか除振されておらず、更に、基準物体を支持している支持バネの固有振動数（0.5Hz 前後）で除振装置が共振していることが分かる。

## 【 0 0 3 0 】

一方、本発明の除振装置では 2 Hz 以下の低周波成分まで除振していることが分かる。また、従来技術のように基準物体を支える支持バネを用いていないため、除振装置が固有振動数で共振するようなこともない。

## 【 0 0 3 1 】

基準物体 2 1 には、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 により重力と釣り合う一定の力が与えられ、空中に浮上している。基準物体 2 1 に気圧の変動が加わると、基準物体 2 1 の位置が移動してしまう。また、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 に磁場の影響が加わると、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が発生する力が、基準物体の重力と釣り合わなくなり、基準物体 2 1 の位置が移動してしまう。このようなことを防ぐために、図 1 に示すように、シール部材 2 7 を用いて、基準物体 2 1 及びローレンツ力アクチュエータ 2 3 を覆っても良い。

#### 【0032】

ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が、基準物体 2 1 の重力と釣り合う力を発生し、基準物体 2 1 が空中に完全に浮上すると、基準物体 2 1 は、コリオリ力の影響を受けて、地球の自転と反対方向への変位を生じる。基準物体 2 1 は、コリオリ力以外にも、何らかの外的な要因によって力を受け、変位を生じる可能性がある。定期的もしくは、不定期に、基準物体 2 1 の位置を補正する必要がある。図 1 に示すように、位置補正を行うための位置補正センサ 2 8 (基準物体の位置を計測する第 3 計測器) を別途設けても良い。

#### 【0033】

##### [実施形態 2]

実施形態 1 と実施形態 2 の違いは、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が、床 1 に取り付けられているか、或いは定盤 2 に取り付けられているかである。本発明の特徴は、基準物体 2 1 をローレンツ力アクチュエータ 2 3 により一定の力で支持するところにあるので、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が床 1、定盤 2、又はその他の部材に取り付けられていても構わない。実施形態 2 では、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 は基板ステージの定盤 2 上に設けられる。

#### 【0034】

実施例形態 1 と同様に基準物体 2 1 の位置を非接触計測器 1 2 で計測することにより、基準物体 2 1 に対する定盤 2 の相対変位を求めることができる。計測された相対変位をもとに定盤 2 を位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床 1 の振動による変位の影響を一切受けなくなる。更に、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して速度フィードバック制御しても構わない。実施形態 2 においても、原理的には固有振動数が存在しない、低周波の除振性能に優れた除振装置を提供することができる。

#### 【0035】

##### [実施形態 3]

実施形態 3 では、6 個のローレンツ力アクチュエータを用いて、基準物体 2 1 を支持している。ローレンツ力アクチュエータ  $23 \times 1$ 、 $23 \times 2$  は、基準物体 2 1 を X 軸方向及び Z 軸周りへの駆動する力を発生する。ローレンツ力アクチュエータ  $23y1$  は、基準物体 2 1 を Y 軸方向へ駆動する力を発生する。ローレンツ力アクチュエータ  $23z1$ 、 $23z2$ 、 $23z3$  は、基準物体 2 1 を Z 軸方向へ駆動する力を発生する。

#### 【0036】

ローレンツ力アクチュエータには、駆動したい方向以外にも力を発生してしまう性質がある。ここではその力を「他成分力」と名づける。そこで、図 3 に示すように、基準物体を 6 軸方向へ駆動できるようにローレンツ力アクチュエータを配置する。そうすると、それぞれのローレンツ力アクチュエータが、他のローレンツ力アクチュエータが発生した他成分力を相殺することができる。その結果、基準物体 2 1 に重力と釣り合う力のみを供給することができ、実施形態 4 においても、ローレンツ力アクチュエータ  $23 \times 1 \sim 2$ 、 $23y1$ 、 $23z1 \sim 3$  は、基準物体 2 1 を位置に依存しない一定の力で支持することができる。

#### 【0037】

基準物体 2 1 を非接触計測器 1 2 で計測することにより、基準物体 2 1 に対する定盤 2 の相対変位を求めることができる。計測された相対変位に基づいて定盤 2 を位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床の振動による変位の影響を一切受けなくなる。更に、基準物体 2 1 に対して定盤 2 の速度をフィードバック制御しても構わない。

## 【 0 0 3 8 】

したがって、原理的には固有振動数が存在しない、低周波の除振性能に優れる除振装置を提供することができる。実施形態 3 では、6 個のローレンツ力アクチュエータを用いているが、ローレンツ力アクチュエータの数は 6 個に限定される必要はない。

## 【 0 0 3 9 】

## [ 実施形態 4 ]

実施形態 4 では、実施形態 3 のローレンツ力アクチュエータ  $23x1$ 、 $23x2$ 、 $23y1$  を省略している。その代わりに、基準物体  $21a$  が X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸周りへ運動しないように、基準物体  $21a$  の運動を拘束するためのガイド  $30x1$ 、 $30x2$ 、 $30y1$ 、 $30y2$  を設けている。

10

## 【 0 0 4 0 】

基準物体  $21a$  は、Z 軸方向、X 軸周り、Y 軸周りに関しては、ローレンツ力アクチュエータ  $22z1$ 、 $22z2$ 、 $22z3$  によって、位置に依存しない一定の力で支持されている。したがって、基準物体  $21a$  を定盤 2 の位置フィードバック制御系の計測基準にすることができる。

## 【 0 0 4 1 】

しかし、ガイド  $30x1$ 、 $30x2$ 、 $30y1$ 、 $30y2$  を用いることで、基準物体  $21a$  は、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸周りに関してバネ性を持つ。そのため、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸周りについては、基準物体  $21a$  を定盤 2 の位置フィードバック制御系の計測基準として用いることができない。そこで、図 4 に示すように、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸周りに関して定盤 2 を位置フィードバック制御するための計測基準として、基準物体  $21b$  を用いる。

20

## 【 0 0 4 2 】

基準物体  $21b$  は、図 5 に示すように、エアガイドもしくは、電磁ガイド等  $41$  により Z 軸方向、X 軸周り及び Y 軸周りの運動を拘束されているが、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸周りに関しては、位置に依存する力を一切受けない。

## 【 0 0 4 3 】

したがって、Z 軸方向、X 軸周り、Y 軸周りに関しては、基準物体  $21a$  を計測基準とすることができる。X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸周りに関しては、基準物体  $21b$  を計測基準とすることで、6 軸方向に関して位置に依存する力を一切受けない計測基準を提供することができる。

30

## 【 0 0 4 4 】

非接触計測器  $12z1$ 、 $12z2$ 、 $12z3$  を用いて、基準物体  $21a$  を計測することにより、定盤 2 の基準物体  $21a$  に対する Z 軸方向の相対変位、X 軸周り、Y 軸周りの相対角度を計測することができる。更に、非接触計測器  $12x1$ 、 $12x2$ 、 $12y1$  を用いて、基準物体  $21b$  を計測する。それにより、定盤 2 の基準物体  $21b$  に対する X 軸方向、Y 軸方向の相対変位及び Z 軸周りの相対角度を計測することができる。

## 【 0 0 4 5 】

計測された相対変位及び相対角度をもとにして、定盤 2 を位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床の振動による変位の影響を一切受けなくなる。更に、定盤 2 を基準物体  $21$  に対して速度フィードバック制御しても構わない。

40

## 【 0 0 4 6 】

以上により、実施形態 4 においても、原理的には固有振動数が存在しない、低周波の除振性能に優れる除振装置を提供することができる。

## 【 0 0 4 7 】

## [ 実施形態 5 ]

実施形態 5 は、実施形態 4 の基準物体  $21a$  の X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸周りの運動をガイドで拘束する代わりに、非接触計測器  $50$  とアクチュエータ  $51$  を用いて、位置フィードバック制御系している。基準物体  $21a$  の位置フィードバック制御系について次に述べる。

50

## 【 0 0 4 8 】

非接触計測器 5 0 x 1、5 0 x 2 は、基準物体 2 1 a の X 軸方向への変位及び Z 軸周りの回転角度を計測することができ、非接触計測器 5 1 y 1 は、基準物体 2 1 a の Y 軸方向への変位を計測することができる。アクチュエータ 5 1 x 1、5 1 x 2 は、基準物体 2 1 a を X 軸方向及び Z 軸周りに駆動することができ、アクチュエータ 5 1 y 1 は、基準物体 2 1 a を Y 軸方向へ駆動することができる。非接触計測器 5 0 x 1、5 0 x 2、5 0 y 1 の計測情報をもとにして、アクチュエータ 5 1 x 1、5 1 x 2、5 1 y 1 を駆動する。それにより、基準物体 2 1 a を X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸周りに関して位置フィードバック制御することができる。

## 【 0 0 4 9 】

10

基準物体 2 1 a は、Z 軸方向、X 軸周り、Y 軸周りに関しては、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 z 1、2 3 z 2、2 3 z 3 によって、位置に依存しない一定の力で支持されている。したがって、基準物体 2 1 a を定盤 2 の位置フィードバック制御系の計測基準にすることができる。

## 【 0 0 5 0 】

しかし、基準物体 2 1 a は、非接触計測器 5 0 及びアクチュエータ 5 1 によって位置フィードバック制御されている。そのため、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸周りに関しては、定盤 2 の位置フィードバック制御系の計測基準として用いることができない。

## 【 0 0 5 1 】

そこで、実施形態 4 と同様に、第 2 の基準物体として、基準物体 2 1 b を用いれば良い。すなわち、Z 軸方向、X 軸周り、Y 軸周りに関しては、基準物体 2 1 a を計測基準とし、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸周りに関しては、基準物体 2 1 b を計測基準とする。そうすることで、6 軸方向に関して位置に依存する力を一切受けない計測基準を提供することができる。

20

## 【 0 0 5 2 】

非接触計測器 1 2 z 1、1 2 z 2、1 2 z 3 を用いて、基準物体 2 1 a を計測することにより、定盤 2 の基準物体 2 1 a に対する Z 軸方向の相対変位、X 軸周り、Y 軸周りの相対角度を計測することができる。更に、非接触計測器 1 2 x 1、1 2 x 2、1 2 y 1 を用いて、基準物体 2 1 b を計測することにより、定盤 2 の基準物体 2 1 b に対する X 軸方向、Y 軸方向の相対変位及び Z 軸周りの相対角度を計測することができる。

30

## 【 0 0 5 3 】

計測された相対変位及び相対角度をもとにして、定盤 2 を位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床の振動による変位の影響を一切受けなくなる。更に、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して速度フィードバック制御しても構わない。

## 【 0 0 5 4 】

以上により、実施形態 5 においても、原理的には固有振動数が存在しない、低周波の除振性能に優れた除振装置を提供することができる。

## 【 0 0 5 5 】

## 〔 実施形態 6 〕

図 7 に示される実施形態 6 は、基準物体 2 1 に加わる重力と釣り合う力を基準物体 2 1 に与えるように、気体の圧力を一定に保っている。これにより基準物体 2 1 を基準物体 2 1 の位置によらず一定の力で支持することができる。

40

## 【 0 0 5 6 】

基準物体を気体の圧力で支持するアクチュエータ 2 0 は、気体の圧力を測定する圧力センサ 6 1、圧力センサ 6 1 の計測情報をもとにサーボバルブ 6 3 の開放具合を調整するコントローラ 6 2、及び気体を供給する圧力源 6 4 から構成される。圧力センサ 6 1 の計測情報をもとにして、サーボバルブ 6 3 の開放具合を調整することにより、基準物体 2 1 に重力と釣り合う一定圧力の気体を供給することができる。

## 【 0 0 5 7 】

その上で、非接触計測器 1 2 を用いて、基準物体 2 1 の位置を計測することにより、一

50

定の力で支持された基準物体 2 1 に対する定盤 2 の相対変位及び相対角度を求めることができる。計測された相対変位及び相対角度をもとにして、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床の振動による変位の影響を一切受けなくなる。更に、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して速度フィードバック制御しても構わない。

#### 【 0 0 5 8 】

以上により、実施形態 6 においても、原理的には固有振動数が存在しない、低周波の除振性能に優れる除振装置を提供することができる。

#### 【 0 0 5 9 】

##### [ 実施形態 7 ]

実施形態例 7 は、基準物体 2 1 に速度変化が発生した場合に、速度変化を抑えるための速度フィードバック制御系をローレンツ力アクチュエータ 2 3 に設けている。次に基準物体 2 1 の速度フィードバック制御系について説明する。

#### 【 0 0 6 0 】

図 8 に示すように、基準物体 2 1 の速度変化を計測するための非接触計測器 2 9 ( 第 2 計測器 ) を設けている。補償器 1 4 は、非接触計測器 2 9 の計測結果をもとにローレンツ力アクチュエータ 2 3 への出力を演算する。以上により、基準物体 2 1 に速度変化が発生した場合、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が、基準物体 2 1 速度変化を減少させる力を発生するので、基準物体 2 1 の速度安定性を増すことができる。

#### 【 0 0 6 1 】

その上で、非接触計測器 1 2 を用いて、基準物体 2 1 の位置を計測することにより、速度安定性の増した基準物体 2 1 に対する定盤 2 の相対変位及び相対角度を求めることができる。計測された相対変位及び相対角度をもとにして、定盤 2 を基準物体 2 1 に対して位置フィードバック制御することにより、定盤 2 が床の振動による速度の影響を受けにくくなる。したがって、速度安定性に優れる除振装置を提供することができる。

#### 【 0 0 6 2 】

##### [ 実施形態 8 ]

実施形態 8 は、図 9 に示すように、本発明の除振装置を露光装置の鏡筒定盤に適用した例を示している。この実施形態では鏡筒定盤が除振対象物体である。露光装置 1 0 0 は、ステップアンドスキャン方式により基板の露光 ( パターン転写 ) を行う投影露光装置として構成されている。露光装置 1 0 0 は、原版としてのレチクル R からの露光光を基板としてのウエハ W 上に垂直に投射する投影光学系 P0 を有する。この露光光には、レチクル R に形成されたパターン情報が含まれる。

#### 【 0 0 6 3 】

以下、投影光学系 P0 からウエハ W への露光光の投射方向を投影光学系 P0 の光軸とし、この光軸方向を Z 軸方向、これに直行する面内で図 1 における紙面内の方向を Y 軸方向、紙面に直交する方向を X 軸方向として説明する。

#### 【 0 0 6 4 】

露光装置 1 0 0 は、レチクル R に描画されたデバイスパターンの一部の像を投影光学系 P0 を介してウエハ W 上に投影しつつ、レチクル R とウエハ W とを投影光学系 P0 に対して 1 次元方向 ( ここでは Y 軸方向 ) に相対走査する。これによって、レチクル R のデバイスパターンの全体がウエハ W 上の複数のショット領域の各々にステップアンドスキャン方式で転写される。

#### 【 0 0 6 5 】

投影光学系 P0 は、鏡筒定盤 2 から支持されている。鏡筒定盤 2 は、パッシブダンパ 1 0 を介して床 1 から支持されている。鏡筒定盤 2 と床 1 の間には、アクチュエータ 1 1 が設けられている。アクチュエータ 1 1 として、ここではリニアモータを用いる。

#### 【 0 0 6 6 】

基準物体 2 1 は、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 を介して床から支持されている。ローレンツ力アクチュエータ 2 3 に一定電流を供給することにより、ローレンツ力アクチュ

10

20

30

40

50



エータは一定の力を出力する。ローレンツ力アクチュエータ 2 3 が出力する力と、基準物体 2 1 に加わる重力とを完全に釣り合うようにすれば、基準物体 2 1 は空中に完全に浮上し、床の振動による変位の影響を一切受けなくなる。

【 0 0 6 7 】

計測器 1 2 を用いて、基準物体 2 1 を計測することにより、位置に依存しない一定の力で支持された基準物体 2 1 に対する鏡筒定盤 2 の相対変位を計測することができる。

【 0 0 6 8 】

非接触計測器 1 2 の計測情報 1 3 は、補償器 1 4 により、アクチュエータ 1 1 への指令値に変換される。補償器 1 4 は、非干渉化マトリクス、P I D 補償器、出力分配マトリクスなどを含む。

10

【 0 0 6 9 】

以上により、基準物体 2 1 に対して鏡筒定盤 2 を 6 軸方向に関して位置決め制御することができる。基準物体 2 1 は、空中に完全に浮上し、床 1 の振動による変位の影響を受けないので、基準物体 2 1 に対して位置フィードバック制御されている鏡筒定盤 2 も、床 1 の振動による変位の影響を一切受けなくなる。

【 0 0 7 0 】

基準物体 2 1 は、ローレンツ力アクチュエータ 2 3 から重力と釣り合う力を受けて、空中に完全に浮上しているため、コリオリ力の影響を受けて、地球の自転と反対方向への変位を生じる。基準物体 2 1 は、コリオリ力以外にも、何らかの外的な要因によって力を受け、変位を生じる可能性があるため、定期的もしくは、不定期に、基準物体 2 1 の位置を補正する必要がある。基準物体 2 1 の位置補正は、露光装置 1 0 0 がステップアンドスキャン方式で、レチクル R 上のパターンをウエハ W 上に転写していない時に行われる必要がある。

20

【 0 0 7 1 】

[ デバイス製造の実施形態 ]

次に、図 1 1 及び図 1 2 を参照して、上述の露光装置を利用したデバイス製造方法の実施形態を説明する。図 1 1 は、デバイス ( I C や L S I などの半導体チップ、L C D、C C D 等 ) の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造方法を例に説明する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 ( 回路設計 ) では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ S 2 ( マスク製作 ) では設計した回路パターンに基づいてマスクを製作する。ステップ S 3 ( ウエハ製造 ) ではシリコン等の材料を用いてウエハ ( 基板 ) を製造する。ステップ S 4 ( ウエハプロセス ) は前工程と呼ばれ、マスクとウエハを用いて、上記の露光装置によりリソグラフィ技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。ステップ S 5 ( 組み立て ) は、後工程と呼ばれ、ステップ S 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程 ( ダイシング、ボンディング )、パッケージング工程 ( チップ封入 ) 等の組み立て工程を含む。ステップ S 6 ( 検査 ) では、ステップ S 5 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、それが出荷 ( ステップ S 7 ) される。

30

40

【 0 0 7 3 】

図 1 2 は、ステップ 4 のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ S 1 1 ( 酸化 ) では、ウエハの表面を酸化させる。ステップ S 1 2 ( C V D ) では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ S 1 3 ( 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 S 1 4 ( 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 S 1 5 ( レジスト処理 ) では、ウエハに感光剤を塗布する。ステップ S 1 6 ( 露光 ) では、露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに露光する。ステップ S 1 7 ( 現像 ) では、露光したウエハを現像する。ステップ S 1 8 ( 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 S 1 9 ( 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

50

ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【 0 0 7 4 】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 5 】

【図 1】ローレンツ力アクチュエータにより基準物体を床から支持する実施形態を示す図。

【図 2】ローレンツ力アクチュエータにより基準物体を定盤から支持する実施形態を示す図。

10

【図 3】6 個のローレンツ力アクチュエータにより基準物体を支持する実施形態を示す図。

【図 4】ガイドを用いて、基準物体の X 軸、Y 軸、Z 軸周りの自由度を拘束する実施形態を示す図。

【図 5】ガイドを用いて、基準物体の Z 軸、X 軸周り、Y 軸周りの自由度を拘束する基準物体を示す図。

【図 6】位置フィードバック制御系を用いて、基準物体の X 軸、Y 軸、Z 軸周りの自由度を拘束する実施形態を示す図。

【図 7】気体の圧力で基準物体を支持する実施形態を示す図。

【図 8】ローレンツ力アクチュエータに速度フィードバック制御系を用いた実施形態を示す図。

20

【図 9】除振対象物体が露光装置の鏡筒定盤である実施形態を示す図。

【図 10】従来の除振装置と本発明の除振装置との性能の違いを示す図。

【図 11】露光装置を使用したデバイスの製造を説明するためのフローチャート。

【図 12】図 11 に示すフローチャートのステップ 4 のウエハプロセスの詳細なフローチャート。

【符号の説明】

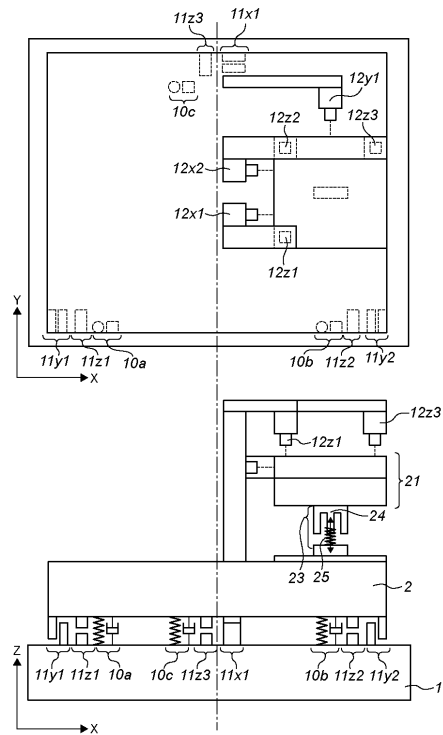
【 0 0 7 6 】

- |        |                   |  |
|--------|-------------------|--|
| 1      | 床                 |  |
| 2      | 定盤（鏡筒定盤）          |  |
| 3      | 原版ステージ定盤          |  |
| 4      | 基板ステージ定盤          |  |
| 10     | パッシブダンパ           |  |
| 11     | アクチュエータ           |  |
| 12, 29 | 非接触計測器            |  |
| 13     | 計測情報              |  |
| 14     | 補償器               |  |
| 15     | 指令値               |  |
| 20     | 気体の圧力で支持するアクチュエータ |  |
| 21     | 基準物体              |  |
| 22     | 計測ミラー             |  |
| 23     | ローレンツ力アクチュエータ     |  |
| 24     | ヨーク（磁石含む）         |  |
| 25     | コイル               |  |
| 26     | 電源装置              |  |
| 27     | シール部材             |  |
| 28     | 位置補正センサ           |  |
| 30, 41 | ガイド               |  |

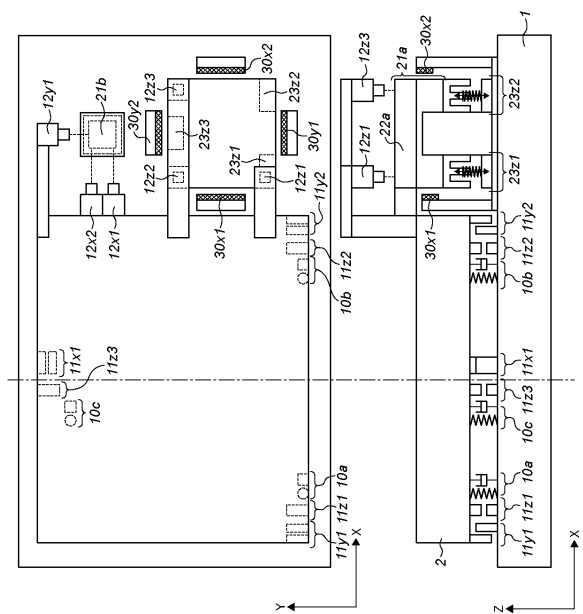
30

40

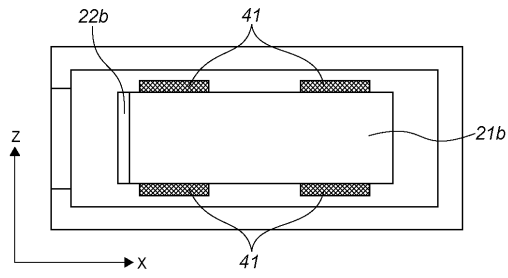
【 図 2 】



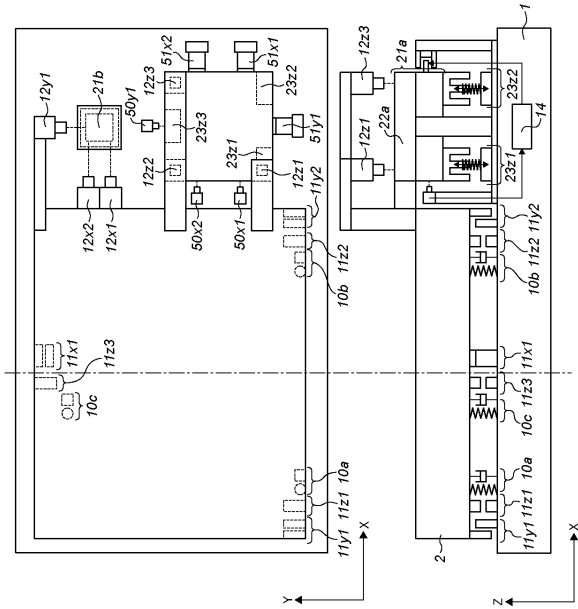
【圖 4】



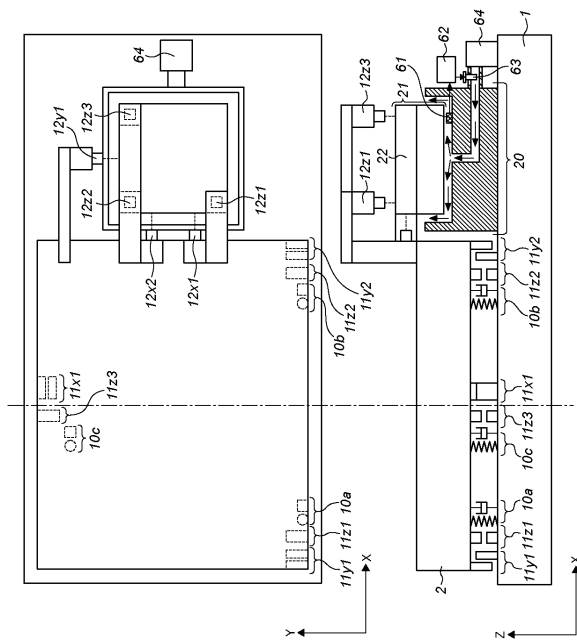
【 図 5 】



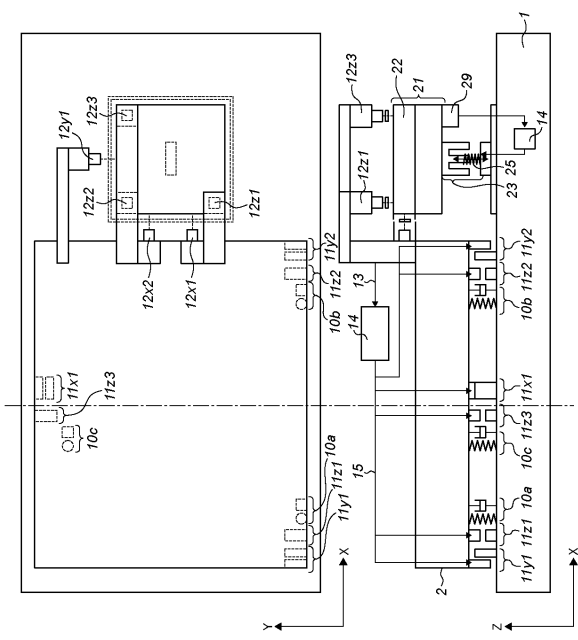
【圖 6】



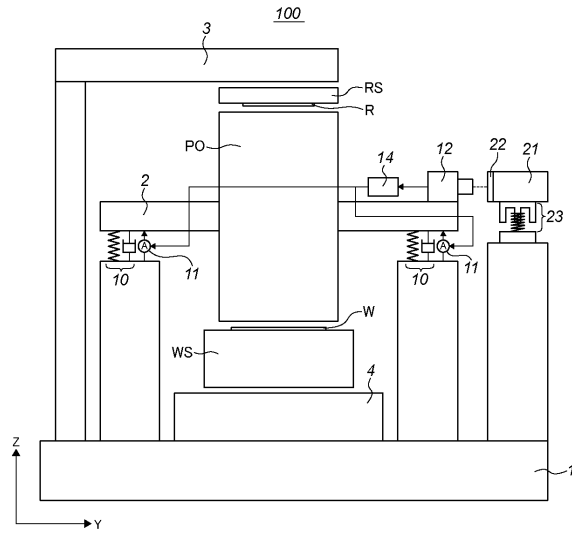
【圖 7】



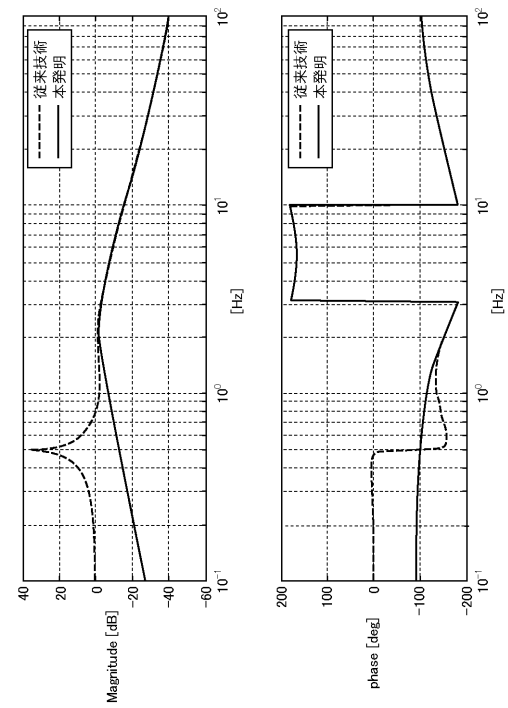
【 図 8 】



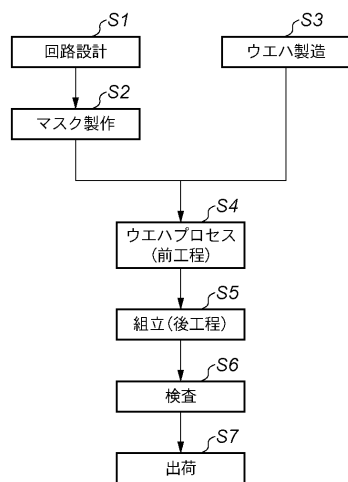
【図 9】



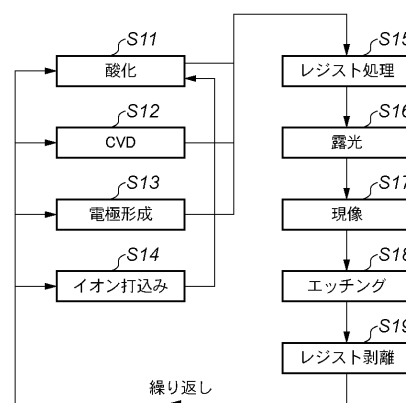
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 井上 充  
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 伊藤 浩司  
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 水野 誠  
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 岩田 健一

- (56)参考文献 特開2005-294790(JP, A)  
国際公開第2005/024266(WO, A1)  
特開2002-048184(JP, A)  
特開平09-330975(JP, A)  
特開2005-079368(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| F16F | 15/02  |
| F16F | 15/04  |
| G03F | 7/20   |
| H01L | 21/027 |