

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5641878号
(P5641878)

(45) 発行日 平成26年12月17日 (2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日 (2014.11.7)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 6 F 15/02 (2006.01)	F 1 6 F 15/02 A
F 1 6 F 15/04 (2006.01)	F 1 6 F 15/02 M
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	F 1 6 F 15/04 A
	H 0 1 L 21/30 5 0 3 F

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-244365 (P2010-244365)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成22年10月29日 (2010.10.29)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-97786 (P2012-97786A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成24年5月24日 (2012.5.24)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成25年10月25日 (2013.10.25)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(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
		(72) 発明者	浅田 克己
			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	竹村 秀康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動制御装置、リソグラフィー装置、および、物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1物体と、前記第1物体を支持する第1ばね機構と、前記第1物体の位置を検出する検出系と、前記第1物体に力を加える第1駆動手段と、前記検出系の出力に基づいて前記第1駆動手段に対する指令値を生成する第1演算器とを含み、前記第1物体の振動を制御する振動制御装置であって、

前記検出系は、第2物体と、前記第2物体を支持する第2ばね機構と、前記第2ばね機構を支持する第3物体と、前記第3物体を支持する第3ばね機構と、前記第2物体に対する前記第3物体の変位を検出する第1変位検出器と、前記第3物体に力を加える第2駆動手段と、前記第1変位検出器の出力に基づいて前記第2駆動手段に対する指令値を生成する第2演算器とを含み、前記第1物体と前記第1ばね機構とからなる第1系の有する第1固有振動数より前記第2物体と前記第2ばね機構とからなる第2系の有する第2固有振動数が高く、前記第1固有振動数より前記第3物体と前記第3ばね機構とからなる第3系の有する第3固有振動数が高く、かつ、前記第2物体および前記第3物体の少なくとも一方に対する前記第1物体の位置を検出する、ことを特徴とする振動制御装置。

【請求項 2】

前記第2物体と前記第2ばね機構と前記第3物体と前記第3ばね機構とからなる第4系の有する2つの固有振動数のうち一方が前記第1固有振動数より低く且つ他方が前記第1固有振動数より高い、ことを特徴とする請求項1に記載の振動制御装置。

【請求項 3】

前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構と前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構とからなる第 4 系の有する 2 つの固有振動数の双方が前記第 1 固有振動数より高い、ことを特徴とする請求項 1 に記載の振動制御装置。

【請求項 4】

前記第 2 演算器の交差周波数は、前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構と前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構とからなる第 4 系の有する 2 つの固有振動数より高い、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

【請求項 5】

前記第 2 物体の質量は前記第 3 物体の質量より大きい、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

10

【請求項 6】

前記第 1 ばね機構と前記第 1 駆動手段とは、床に支持され、前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構と前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構と前記第 1 変位検出器と前記第 2 駆動手段とは、前記第 1 ばね機構と前記第 1 駆動手段とを介さずに、前記床に支持されている、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

【請求項 7】

前記第 1 ばね機構と前記第 1 駆動手段とは、床に支持され、前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構と前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構と前記第 1 変位検出器と前記第 2 駆動手段とは、前記第 1 物体に支持されている、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

20

【請求項 8】

前記検出系は、前記第 2 物体および前記第 3 物体の少なくとも一方に対する前記第 1 物体の変位を検出する第 2 変位検出器を有する、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

【請求項 9】

前記第 2 変位検出器は、前記第 1 物体に配置されている、ことを特徴とする請求項 8 に記載の振動制御装置。

【請求項 10】

前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構と前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構と前記第 1 変位検出器と前記第 2 駆動手段とは、同軸上に配置されている、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

30

【請求項 11】

前記検出系は、前記第 2 物体および前記第 3 物体の少なくとも一方に対する前記第 1 物体の変位を検出する第 2 変位検出器を有し、さらに前記第 2 変位検出器が前記同軸上に配置されている、ことを特徴とする請求項 10 に記載の振動制御装置。

【請求項 12】

前記第 1 演算器は、前記第 1 物体の振動が低減されるように前記検出系の出力に基づいて前記第 1 駆動手段に対する指令値を生成する、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

40

【請求項 13】

前記第 1 演算器は、目標とする振動を前記第 1 物体が行うように前記検出系の出力に基づいて前記第 1 駆動手段に対する指令値を生成する、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

【請求項 14】

前記第 2 演算器は、前記第 1 変位検出器の出力に基づく成分に対するハイパスフィルタと、該ハイパスフィルタの出力を積分する積分器とを含む、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 13 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置。

【請求項 15】

パターンを基板に転写するリソグラフィー装置であって、

50

請求項 1 ないし請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動制御装置と、
前記振動制御装置に搭載されたユニットと、
を有することを特徴とするリソグラフィー装置。

【請求項 1 6】

基板上の未硬化層を型により成形し、その後に離型して、前記基板上にパターンを形成するインプリント装置を含み、

前記ユニットは、前記基板または前記型の少なくとも一方を保持する保持部を含む、
ことを特徴とする請求項 1 5 に記載のリソグラフィー装置。

【請求項 1 7】

荷電粒子線に対して感応する基板上の層に該荷電粒子線を投射して描画を行う描画装置
を含み、

前記ユニットは、前記荷電粒子線を投射する投射系および前記基板の少なくとも一方を
保持する保持部を含む、

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載のリソグラフィー装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 5 ないし請求項 1 7 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィー装置を用いてパタ
ーンを基板に転写する工程と、

前記工程で前記パターンを転写された前記基板を処理する工程と、
を含むことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動制御装置、リソグラフィー装置、および、物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

極微細パターンの転写または形成を目的とするリソグラフィー装置においては、当該装
置が設置された床から当該装置内に伝わる振動がオーバーレイ精度や解像（転写）性能を
劣化させる原因となる。そこで、従来のリソグラフィー装置においては、床振動の影響を
軽減するために、除振装置によって本体部分を支持している。

【0003】

従来の除振装置は、本体（除振台）を支持する気体ばねを有している。さらに、除振台
の加速度を検出する加速度センサと除振台に力を加えるアクチュエータとを用いて速度フ
ィードバック制御系を構成し、振動の減衰を行っている。しかし、速度フィードバック制
御系を構成して振動の減衰を行っても、気体ばねの固有振動数に依存する除振装置の固有
振動数は、低くても 3 ~ 5 Hz 程度となる。更に低周波の振動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。

【0004】

特許文献 1 の除振装置は、基準物体とそれを支持する支持部とを含み、気体ばねよりも
低い固有振動数を有する基準物体支持系を構成している。そして、当該基準物体支持系に
おける基準物体の位置を基準にして除振台の位置をフィードバック制御することにより、
気体ばねより低い固有振動数を有した除振装置を実現している。

【0005】

また、特許文献 2 に、従来技術としてアクティブ振動絶縁システムが記載されている。
天井は、高さ z_c にある。質量 1 は、バネ 1 により天井から懸架される。アクチュエータ
が、質量 1 が位置付けられる高さ z_2 を制御するよう天井と質量 1 との間に位置付けられ
る。質量 2 が、質量 1 からバネ 2 により懸架される。質量 2 は、高さ z_3 にある。センサ
が、質量 1 と質量 2 の間の距離 d を感知する。距離 d は、高さ z_2 と高さ z_3 との間の差
： $z_2 - z_3$ の尺度である。センサは、コントローラへのフィードバック信号を生成し、
コントローラは、このフィードバック信号に基づいて、アクチュエータ用の制御信号を生
成する。ここで、センサ、バネ 2、及び質量 2 は地震計を形成し、質量 2 は、地震計の基

10

20

30

40

50

準質量、又は、慣性質量である。コントローラに距離信号 d をフィードバックすることにより、 z_2 / z_c の伝達率が改善される。従って、この文書は、天井から懸架される質量の動作の天井の動作への依存性は、質量 1 と、もう 1 つの慣性基準質量 2 との間の距離に関連する距離信号をフィードバックすることにより減少可能であることを開示する。そして、この基準質量 2 に対して特定の質量の変位が測定されることになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特許第 4083708 号公報

【特許文献 2】特表 2007-522393 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献 1 では、基準物体支持系の固有振動数は、気体ばねの固有振動数より低い。そのように低い固有振動数とするためには、基準物体の質量を大きくするか、ばねの剛性を低くする必要がある。しかし、基準物体の質量を大きくするのは、それを配置するスペースの点で不利である。また、ばねの剛性を低くすることも、製造の難しさやコストの点で不利である。

【0008】

特許文献 2 の従来技術に記載のアクティブ振動絶縁システムは、地震計における基準物体に対して振動絶縁を行うシステムを開示しているに過ぎず、除振装置のように対象物の振動を制御する振動制御装置を開示するものではない。このため、そのような振動制御装置に適用するのに有利な当該アクティブ振動絶縁システムの構成は何ら示されていない。

20

【0009】

そこで、本発明は、低周波の振動の制御、および、製造に有利な振動制御装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一側面は、第 1 物体と、前記第 1 物体を支持する第 1 ばね機構と、前記第 1 物体の位置を検出する検出系と、前記第 1 物体に力を加える第 1 駆動手段と、前記検出系の出力に基づいて前記第 1 駆動手段に対する指令値を生成する第 1 演算器とを含み、前記第 1 物体の振動を制御する振動制御装置であって、

30

前記検出系は、第 2 物体と、前記第 2 物体を支持する第 2 ばね機構と、前記第 2 ばね機構を支持する第 3 物体と、前記第 3 物体を支持する第 3 ばね機構と、前記第 2 物体に対する前記第 3 物体の変位を検出する第 1 変位検出器と、前記第 3 物体に力を加える第 2 駆動手段と、前記第 1 変位検出器の出力に基づいて前記第 2 駆動手段に対する指令値を生成する第 2 演算器とを含み、前記第 1 物体と前記第 1 ばね機構とからなる第 1 系の有する第 1 固有振動数より前記第 2 物体と前記第 2 ばね機構とからなる第 2 系の有する第 2 固有振動数が高く、前記第 1 固有振動数より前記第 3 物体と前記第 3 ばね機構とからなる第 3 系の有する第 3 固有振動数が高く、かつ、前記第 2 物体および前記第 3 物体の少なくとも一方に対する前記第 1 物体の位置を検出する、ことを特徴とする振動制御装置である。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、例えば、低周波の振動の制御、および、製造に有利な振動制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】実施形態 1・3 に係る振動制御装置 50 の構成を示す図

【図 2】第 2 ベース 28 から第 2 物体 21 までの伝達関数を示す図

50

【図 3】第 2 アクチュエータ 3 3 から変位検出器 3 2 までの伝達関数を示す図

【図 4】フィードバック制御系 3 9 の伝達関数を示す図

【図 5】第 2 アクチュエータ 3 3 から変位検出器 3 2 までの伝達関数を示す図

【図 6】第 1 ベース 8 から制御対象 2 までの伝達関数を示す図

【図 7】制御対象 2 のコンプライアンスの伝達関数を示す図

【図 8】実施形態 2 に係る振動制御装置 5 0 H の構成を示す図

【図 9】第 2 ベース 2 8 から第 3 物体 2 2 までの伝達関数を示す図

【図 1 0】第 1 ベース 8 から制御対象 2 までの伝達関数を示す図

【図 1 1】制御対象 2 のコンプライアンスの伝達関数を示す図

【図 1 2】実施形態 4・5 に係る 6 自由度の振動制御装置の構成を示す図

【図 1 3】6 自由度における制御対象 2 の振動制御を示すブロック線図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の実施形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

[実施形態 1]

図 1 の (a) は、鉛直方向において制御対象 (第 1 物体) 2 の振動を制御する振動制御装置 5 0 V を含む装置 (例えばリソグラフィ装置) の構成を示す図である。なお、振動制御装置 5 0 V は、後述する振動制御装置 5 0 V 1 や 5 0 V 2、5 0 H と同様、振動制御装置 5 0 の構成例である。制御対象 2 は、第 1 ばね機構 3 によって、第 1 ベース 8 上に支持されている。第 1 ベース 8 は、床 1 に固定されている。第 1 ばね機構 3 は、例えば、気体ばね (空気ばね) を含みうる。制御対象 2 と第 1 ベース 8 との間には、第 1 ベース 8 に対して制御対象 2 を鉛直方向に変位させるための第 1 アクチュエータ (第 1 駆動手段) 4 がある。第 1 アクチュエータ 4、例えば、リニアモータを含みうる。なお、L は、パターンを基板に転写するリソグラフィ装置等の装置のユニット (本体またはその一部) を示し、制御対象 2 は、当該ユニットが搭載された台または定盤でありうる。当該装置が、基板上の未硬化層を型により成形し、その後に離型して、前記基板上にパターンを形成するインプリント装置である場合、当該ユニットは、基板または型の少なくとも一方を保持する保持部 (基板ホルダまたは型ホルダ、等) を含みうる。また、当該装置が、荷電粒子線に対して感応する基板上の層に荷電粒子線を投射して描画を行う描画装置である場合、当該ユニットは、荷電粒子線を投射する投射系および基板の少なくとも一方を保持する保持部 (投射系ハウジングまたは基板ホルダ、等) を含みうる。また、当該装置が、光に対して感応する基板上の層に光を投影して当該層を露光する露光装置である場合、当該ユニットは、光を投影する投影系、原版および基板の少なくとも一つを保持する保持部 (鏡筒、原版ホルダまたは基板ホルダ、等) を含みうる。

【 0 0 1 5 】

3 0 V は、鉛直方向における制御対象 2 の位置を検出する検出系である。なお、検出系 3 0 V は、後述する検出系 3 0 V 1 や 3 0 V 2、3 0 H と同様、検出系 3 0 X の構成例である。検出系 3 0 V において、第 2 物体 2 1 は、第 2 ばね機構 2 3 を介して第 3 物体 2 2 に支持されている。第 3 物体 2 2 は第 3 ばね機構 2 4 を介して第 2 ベース 2 8 に支持されている。第 2 ベース 2 8 は、床 1 に固定されている。ここで、制御対象 2 と第 1 ばね機構 3 とからなる系を第 1 系、第 2 物体 2 1 と第 2 ばね機構 2 3 とからなる系を第 2 系、第 3 物体 2 2 と第 3 ばね機構 2 4 とからなる系を第 3 系と呼ぶことにする。また、第 2 物体 2 1 と第 2 ばね機構 2 3 と第 3 物体 2 2 と第 3 ばね機構 2 4 とからなる系を第 4 系と呼ぶことにする。ここでは、第 1 ばね機構 3 は空気ばねを含み、第 1 系の有する固有振動数 (第 1 固有振動数) は 3 H z 乃至 5 H z 程度の値とする。この場合、第 2 系の有する固有振動数 (第 2 固有振動数) や第 3 系の有する固有振動数 (第 3 固有振動数) を第 1 系の有する固有振動数よりも低くするためには、つぎのことを要する。すなわち、第 2 物体 2 1 や第 3 物体 2 2 の質量を大きくするか、第 2 ばね機構 2 3 や第 3 ばね機構 2 4 の剛性を低くするか、その少なくとも一方が必要である。しかし、第 2 物体 2 1 や第 3 物体 2 2 の質量を

10

20

30

40

50

大きくすることは、それを配置するスペースの点で不利であり、第2ばね機構23や第3ばね機構24の剛性を低くすることは、製造上の限界があり、又は、製造コストの点で不利である。そこで、本実施形態では、第2系および第3系それぞれの固有振動数が第1系の固有振動数より高く（ここでは、5 Hz乃至10 Hz程度の値に）なるようにしている。ここで、第4系の有する2つの固有振動数のうち一方が第1固有振動数より低く且つ他方が第1固有振動数より高くなる場合と、第4系の2つの固有振動数の双方が第1系の固有振動数よりも高くなる場合とがありうる。前者の場合は、制御対象2の振動をより低周波のものまで制御可能となる。後者の場合は、第2ばね機構23および第3ばね機構24の剛性が前者の場合より高いため、製造上は有利となる。

【0016】

図1の(a)では、第2物体21の重量は第2ばね機構23で受け、第2物体21および第3物体22の重量は第3ばね機構24で受けている。また、第2ばね機構23や第3ばね機構24とは別に、自重（それぞれが負担すべき重量）を受けるためのばね機構を設けてもよい。これに対して、図1の(b)の振動制御装置50V1の検出系30V1におけるように構成してもよい。すなわち、第2物体21の重量を永久磁石26で受け（第2物体21への重力と永久磁石の反発力とをつり合わせ）、第2物体21および第3物体22の重量を永久磁石27で受けるようにしても構わない。また、永久磁石で重量を受ける代わりに、アクチュエータにより重量を受けても構わない。例えば、永久磁石27で重量を受ける代わりに、必要な電流（オフセット電流）を常時流して第2アクチュエータ（第2駆動手段）33により重量を受けてもよい。

【0017】

第2ベース28から第2物体21までの伝達関数を図2の破線で示す。第4系の2つの固有振動数（第2系の固有振動数および第3系の固有振動数）に対応して図2の破線のピークが現れている。図2の破線のピーク値を減衰することができれば、床1から第2物体21に伝達される振動をより低周波まで低減することができる。そこで、実施形態1では、第2物体21と第3物体22との相対変位（相対位置、または、第2物体21および第3物体22の一方に対する他方の位置または変位）を検出する変位センサ（第1変位検出器）32を配置する。図1の(a)では、変位センサ32は、第3物体22に取り付けられているが、第2物体21に取り付けられていてもよい。更に、第3物体22を鉛直方向に変位させるための第2アクチュエータ（第2駆動手段）33を第3物体22と第2ベース28との間に設けている。ここで、第2アクチュエータ33は、ボイスコイルモータを含みうる。図3は、第2アクチュエータ33から変位センサ32までの伝達関数を示している。図3より、変位センサ32の出力31を第2アクチュエータ33にフィードバックすれば、図3のピーク値を低減できることが分かる。

【0018】

そこで、実施形態1では、変位センサ32、演算器34、第2アクチュエータ33を含むフィードバック制御系39を構成している。演算器（第2演算器）34は、変位センサ32の出力31と目標値30とに基づいて、第2アクチュエータ33への制御信号（指令値）35を演算して生成し出力する。演算器34は、PID（比例・積分・微分）補償演算を行うPID補償器としうる。ここでは、PID補償器の交差周波数を100 Hz、積分器の折点周波数を17 Hz、微分器の折点周波数を33 Hzにしている。ここで、当該PID補償器の交差周波数は、第4系の2つの固有振動数より高くなるように設定するのがよい。図4は、フィードバック制御系39の開ループ伝達関数を破線で示し、閉ループ伝達関数を実線で示している。PID補償器の積分器は、開ループ伝達関数の2つの交差周波数のうち低周波側の交差周波数の位相を遅らせる補償を行っている。また、PID補償器の微分器は、開ループ伝達関数の2つの交差周波数のうち高周波側の交差周波数の位相を進ませる補償を行っている。更に、PID補償器の積分器に、出力31の低周波成分が積分されるのを抑制するハイパスフィルタを追加してもよい。図4の実線で示される閉ループ伝達関数を参照すると、第4系における2つのピークが認められないことが分かる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

図 2 の実線は、フィードバック制御系 3 9 を追加した場合の第 2 ベース 2 8 から第 2 物体 2 1 までの伝達関数を示している。フィードバック制御系 3 9 を追加することにより、第 4 系の固有振動数に対応するピークが認められなくなり、床 1 から第 2 物体 2 1 に伝達する 0 . 1 H z 以上の低周波の振動が大幅に低減されることが分かる。

【 0 0 2 0 】

ここで、第 2 物体 2 1 および第 3 物体 2 2 の質量の大小関係について述べる。第 2 物体 2 1 の質量は M_1 、第 3 物体 2 2 の質量は M_2 とし、第 2 ばね機構 2 3 および第 3 ばね機構 2 4 の剛性および減衰係数はそれぞれ所定の値とする。 $M_1 = M_2$ の場合における第 2 アクチュエータ 3 3 から変位センサ 3 2 までの伝達関数を図 5 に破線で示す。 $M_1 > M_2$ 10 とした場合における第 2 アクチュエータ 3 3 から変位センサ 3 2 までの伝達関数を図 5 に実線で示す。図 5 より、任意のゲインにおける 2 つの交差周波数のうち低周波側の交差周波数は、 $M_1 > M_2$ とした場合の方がより低周波側にできることが分かる。これは、フィードバック制御系 3 9 のゲインが同じ場合、 $M_1 > M_2$ とした場合の方が、床 1 から第 2 物体 2 1 に伝達する振動をより低周波側まで低減できることを意味している。よって、 $M_1 > M_2$ となるように第 2 物体 2 1 および第 3 物体 2 2 を設けるのが望ましい。そのためには、第 2 物体 2 1 の材質と第 3 物体 2 2 の材質とを異ならせてもよい。例えば、第 2 物体 2 1 の材質として、密度の大きいタングステンなどを採用することができる。

【 0 0 2 1 】

検出系 3 0 V において、変位センサ (第 2 変位検出器) 4 2 は、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との相対変位 (相対位置、または、制御対象 2 および第 2 物体 2 1 の一方に対する他方の位置または変位) を検出信号 4 1 として出力する。図 1 の (a) では、変位センサ 4 2 を制御対象 2 に取り付けているが、変位センサ 4 2 を第 2 物体 2 1 に取り付けても構わない。 20

【 0 0 2 2 】

次に、図 1 の (a) を参照して、制御対象 2 の制御方法について説明する。制御対象 2 は、検出信号 4 1 に基づいて、フィードバック制御系 9 により位置フィードバック制御されている。フィードバック制御系 9 における演算器 (第 1 演算器) 5 は、検出信号 4 1 と目標値 1 0 とに基づいて、第 1 アクチュエータ 4 への制御信号 (指令値) 6 を演算して生成し出力する。演算器 5 は、P I D 補償演算を行う P I D 補償器としうる。ここで、当該 30 P I D 補償器は、その交差周波数を 5 0 H z、その積分器の折点周波数を 8 H z、その微分器の折点周波数を 1 7 H z としうる。

【 0 0 2 3 】

以上の説明は、変位検出器 4 2 として位置センサを用いた例としたが、変位検出器 4 2 は、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との相対速度を検出する速度センサ、または、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との相対加速度を検出する加速度センサであっても構わない。その場合、フィードバック制御系 9 は、速度フィードバック制御系、または、加速度フィードバック制御系としうる。

【 0 0 2 4 】

図 6 および図 7 を参照して本実施形態の効果を説明する。図 6 の破線は、フィードバック制御系 9 がオフの場合の第 1 ベース 8 から制御対象 2 までの伝達関数を示し、図 6 の実線は、フィードバック制御系 6 がオンの場合の第 1 ベース 8 から制御対象 2 までの伝達関数を示す。図 6 の破線には、第 1 系の固有振動数に対応するピークが現れている。フィードバック制御系 9 をオンにすることにより、床 1 から制御対象 2 へ伝達するおよそ 0 . 1 H z 乃至 3 0 H z の振動を大幅に低減できることが分かる。 40

【 0 0 2 5 】

図 7 の破線は、フィードバック制御系 9 がオフの場合の制御対象 2 のコンプライアンス (変位 / 力、すなわち、剛性の逆数) の伝達関数を示す。また、図 7 の実線は、フィードバック制御系 9 がオンの場合の制御対象 2 のコンプライアンスの伝達関数を示す。フィードバック制御系 9 をオンにすることにより、制御対象 2 上で発生する約 3 0 H z 以下の振 50

動を大幅に低減できることが分かる。

【 0 0 2 6 】

以上に、フィードバック制御系 9 を用いることにより、床 1 および制御対象 2 に発生して制御対象 2 に伝達する低周波の振動を大幅に低減する振動制御装置が実現できることを示した。このような振動制御装置は、制御対象 2 を目標値 1 0 に追従させるのに有利である。

【 0 0 2 7 】

なお、所定の定数を目標値 1 0 として与えることにより、振動制御装置 5 0 V は、除振装置として機能する。また、時間とともに変化する目標値を目標値 1 0 として与えることにより、振動制御装置 5 0 V は、制御対象 2 を振動させる加振装置として機能する。

10

【 0 0 2 8 】

[実施形態 2]

実施形態 1 では、鉛直方向において制御対象 (第 1 物体) 2 の振動を制御する振動制御装置 5 0 V、5 0 V 1 の実施形態を示した。実施形態 2 は、水平方向において制御対象 (第 1 物体) 2 の振動を制御する振動制御装置 5 0 H の実施形態を示す。図 8 は、振動制御装置 5 0 H の構成を示す図である。

【 0 0 2 9 】

振動制御装置 5 0 H における検出系 3 0 H において、第 2 物体 2 1 は、第 2 ばね機構 (板ばね) 2 3 r を介して第 3 物体 2 2 に支持されている。第 3 物体 2 2 は、第 3 ばね機構 (板ばね) 2 4 r を介して第 2 ベース 2 8 に支持されている。第 2 ベース 2 8 は、床 1 に固定されている。第 1 ばね機構 2 3 r と第 2 ばね機構 2 4 r とは、第 2 物体 2 1 の重心と第 3 物体 2 2 の重心とを結ぶ直線に対して軸対象になるように構成されている。図 8 に示すように、第 2 物体 2 1 および第 3 物体 2 2 をそれぞれ板ばね (第 1 ばね機構 2 3 r および第 2 ばね機構 2 4 r) で支持することにより、高価なガイド機構を用いることなく第 2 物体 2 1 および第 2 基準物体 2 2 を水平方向に可動に支持することができる。

20

【 0 0 3 0 】

第 3 物体 2 2 および制御対象 2 の制御方法は、実施形態 1 と同様である。第 3 物体 2 2 をフィードバック制御する場合、第 2 物体 2 1 や第 3 物体 2 2 の回転モード (水平方向に対する倒れ) が励振されると、フィードバック制御系 3 9 が発振しうる。そこで、実施形態 2 では、図 8 に示すように、第 2 物体 2 1 の重心と第 3 物体 2 2 の重心とを結ぶ直線と第 2 アクチュエータ 3 3 の軸 (力の作用線) とが同軸となる (重なる) ように第 2 アクチュエータ 3 3 を配置している。これにより、第 2 アクチュエータ 3 3 による第 2 物体 2 1 や第 3 物体 2 2 の回転モードの励振を抑制できる。更に、実施形態 2 では、変位検出器 3 2 は、第 2 物体 2 1 の重心と第 3 物体 2 2 の重心とを結ぶ直線上に配置されている。これにより、第 2 物体 2 1 や第 3 物体 2 2 の回転モードが励振されたとしても、出力 3 1 における回転モードによる計測誤差を低減することができる。このように、第 2 物体 2 1 と第 2 バネ機構 2 3 r と第 3 物体 2 2 と第 3 バネ機構 2 4 r と変位検出器 3 2 と第 2 アクチュエータ 3 3 とは、同軸上に配置されているのが好ましい。

30

【 0 0 3 1 】

また、実施形態 2 では、変位検出器 4 2 も、第 2 物体 2 1 の重心と第 3 物体 2 2 の重心とを結ぶ直線上に配置されている。これにより、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との相対的な傾きによる検出信号 4 1 におけるアッペ誤差を低減することができる。このように、さらに、変位検出器 4 2 が上述の同軸上に配置されているのが好ましい。

40

【 0 0 3 2 】

[実施形態 3]

実施形態 1 や実施形態 2 の検出系 3 0 V、3 0 V 1、3 0 H における変位検出器 4 2 は、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との間の相対変位を検出する。これに対して実施形態 3 は、図 1 の (c) に示すように、検出系 3 0 V 2 における変位検出器 4 2 は、制御対象 2 と第 3 物体 2 2 との間の相対変位を検出するように構成されている。ここでは、鉛直方向において制御対象 2 と第 3 物体 2 2 との間の相対変位を検出する検出系 3 0 V 2 を例に説明す

50

る。しかしながら、第2実施形態を参照すれば、水平方向において制御対象2と第3物体22との間の相対変位を検出する検出系を構成できることは明らかである。

【0033】

図9を参照して本実施形態の効果を説明する。図9の破線は、第2ベース28から第3物体22までの伝達関数を示す。また、図9の実線は、フィードバック制御系39を構成した場合の第2ベース28から第3物体22までの伝達関数を示す。フィードバック制御系39を追加することにより、第4系の固有振動数に対応するピークが認められなくなり、床1から第3物体22に伝達する約0.1Hz以上の低周波の振動が大幅に低減することが分かる。

【0034】

図10の破線は、フィードバック制御系9がオフの場合の第1ベース8から制御対象2までの伝達関数を示し、図10の実線は、フィードバック制御系9がオンの場合の第1ベース8から制御対象2までの伝達関数を示す。フィードバック制御系9をオンにすることにより、床1から制御対象2に伝達する約0.1Hz乃至約20Hzの低周波の振動を大幅に低減できることが分かる。

【0035】

図11の破線は、フィードバック制御系9がオフの場合の制御対象2のコンプライアンスの伝達関数を示す。また、図11の実線は、フィードバック制御系9がオンの場合の制御対象2のコンプライアンスの伝達関数を示す。フィードバック制御系9をオンにすることにより、制御対象2上で発生する約30Hz以下の低周波の振動を大幅に低減できることが分かる。

【0036】

すなわち、制御対象2と第3物体22との間の相対変位を変位検出器42により検出し、その検出信号41に基づいて制御対象2をフィードバック制御するようにしても、制御対象2に伝達する低周波の振動を大幅に低減することができる。なお、変位検出器42は、第2物体21および第3物体22の少なくとも一方と制御対象2との間の相対変位を出力するように構成されうる。例えば、変位検出器42は、制御対象2と第2物体21との間の相対変位、または、制御対象2と第3物体22との間の相対変位を選択的に出力するように構成されてもよい。また、例えば、変位検出器42は、制御対象2と第2物体21との間の相対変位、および、制御対象2と第3物体22との間の相対変位を検出し、それらの平均値を出力するように構成されてもよい。

【0037】

[実施形態4]

実施形態4は、上述の検出系30Vや30Hのような検出系30Xを少なくとも6個（水平方向に関する検出系を3つ以上、鉛直方向に関する検出系を3つ以上）含み、制御対象2の6自由度の振動制御を行うものである。

【0038】

図12の(a)に示すように、3個の鉛直方向に関する検出系30V__1、30V__2（不図示）、30V__3、および、3個の水平方向に関する検出系30H__1、30H__2、30H__3（不図示）を床1に設置（配置）している。検出系30V__1、30V__2、30V__3、および、検出系30H__1、30H__2、30H__3のそれぞれの変位検出器42により検出信号41が得られる。第1アクチュエータ104は、制御対象2を6自由度において変位させるために、Z軸方向に関するアクチュエータを3個、X軸方向に関するアクチュエータを1個、Y軸方向に関するアクチュエータを2個含んで構成されている。図12(a)では、6個の第1アクチュエータ104のうち、X軸方向のアクチュエータ104__X、Y軸方向のアクチュエータ104__Y1、およびZ軸方向のアクチュエータ104__Z1、104__Z2のみを図示している。

【0039】

図13は、6自由度における制御対象2の振動制御を示すブロック線図である。図13に示すように、変位検出器42の検出信号41は、非干渉化マトリクス101により制御

10

20

30

40

50

対象 2 の重心を原点とした X - Y - Z 座標系における 6 自由度 (6 軸) の変位情報 1 1 1 に変換される。つづいて、変位情報 1 1 1 と制御対象 2 に対する目標値 1 0 0 との差分が演算されて、偏差 1 1 2 が求まる。演算器 1 0 5 は、偏差 1 1 2 に補償演算を施し、偏差を低減するための 6 自由度の補償信号 1 1 3 を出力する。6 つの補償信号 1 1 3 は、推力分配マトリクス 1 2 1 により、6 個の第 1 アクチュエータ 1 0 4 の駆動信号 1 0 6 にそれぞれ変換される。得られた駆動信号 1 0 6 は、第 1 アクチュエータ 1 0 4 に送信されて、制御対象 2 を 6 自由度 (6 軸方向) において変位させる。以上により、制御対象 2 の振動を 6 自由度において制御することができる。

【 0 0 4 0 】

なお、実施形態 4 における検出系 3 0 V および検出系 3 0 H には、実施形態 1 乃至実施形態 3 のいずれかに示した検出系 3 0 V および検出系 3 0 H をそれぞれ用いることができる。

【 0 0 4 1 】

[実施形態 5]

実施形態 4 では、3 個の鉛直方向に関する検出系 3 0 V __ 1、3 0 V __ 2、3 0 V __ 3、および、3 個の水平方向に関する検出系 3 0 H __ 1、3 0 H __ 2、3 0 H __ 3 を床 1 に設置 (配置) している。これに対して、実施形態 5 は、図 1 2 の (b) に示すように、検出系 3 0 V __ 1、3 0 V __ 2、3 0 V __ 3、および、検出系 3 0 H __ 1、3 0 H __ 2、3 0 H __ 3 を制御対象 2 に設置 (配置) している。すなわち、第 2 ベース 2 8 は、制御対象 2 に固定されている。そして、検出系 3 0 V __ 1、3 0 V __ 2、3 0 V __ 3、および、検出系 3 0 H __ 1、3 0 H __ 2、3 0 H __ 3 は、制御対象 2 と第 2 物体 2 1 との間の相対変位、または、制御対象 2 と第 3 物体 2 2 との間の相対変位をそれぞれ検出し、検出信号 4 1 を出力する。制御対象 2 の制御は、実施形態 4 に記載のものと同様に行うことができる。

【 0 0 4 2 】

なお、実施形態 5 における検出系 3 0 V および検出系 3 0 H には、実施形態 1 乃至実施形態 3 のいずれかに示した検出系 3 0 V および検出系 3 0 H をそれぞれ用いることができる。

【 0 0 4 3 】

[実施形態 6]

本発明の実施形態に係る物品の製造方法は、例えば、半導体デバイスや液晶表示素子等、微細構造を有する物品の製造に好適である。該製造方法は、感光剤が塗布された基板の該感光剤に上述の描画装置や露光装置を用いて潜像パターンを形成する工程と、当該工程で潜像パターンを形成された基板を現像する工程とを含みうる。さらに、該製造方法は、他の周知の工程 (酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等) を含みうる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態に係る物品の製造方法は、上述したインプリント装置を用いて基板 (ウエハ、ガラスプレートまたはフィルム状基板、等) 上にパターンを形成する工程を含む。更に、該製造方法は、パターンを形成された基板をエッチングする工程を含みうる。さらに、該製造方法は、他の周知の工程 (酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等) を含みうる。なお、パターンメディア (記録媒体) や光学素子等の物品を製造する場合には、該製造方法は、上述のエッチングの代わりに、パターンを形成された基板を加工する他の周知の工程を含みうる。

【 0 0 4 5 】

以上のように、本実施形態に係る物品の製造方法は、リソグラフィー装置を用いてパターンを基板に転写する工程と、当該工程でパターンを転写された基板を処理する工程とを含む。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも 1 つにおいて有利である。

【 0 0 4 6 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

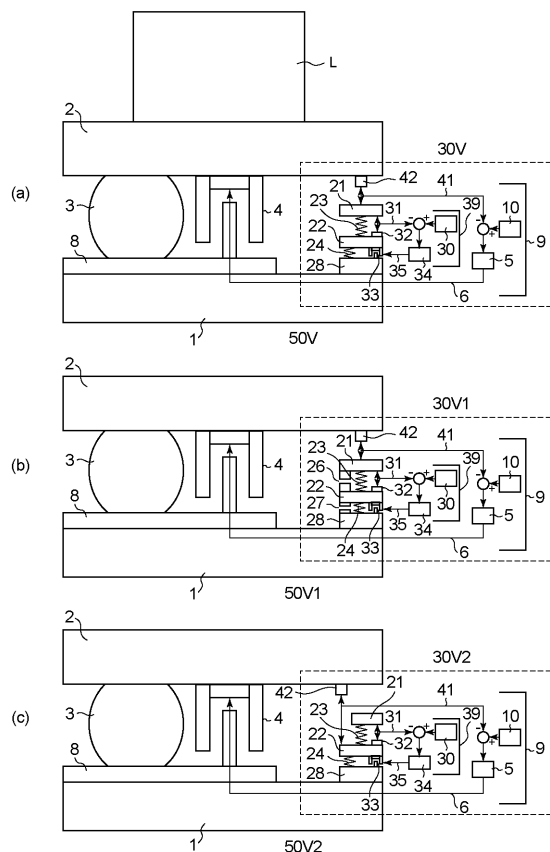
【符号の説明】

【 0 0 4 7 】

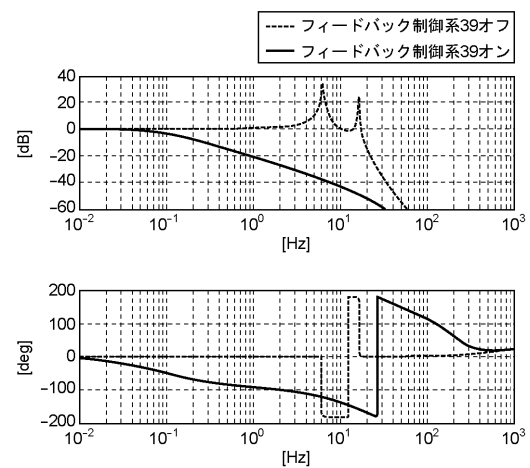
- 2 制御対象（第1物体）
- 3 第1ばね機構
- 4 第1アクチュエータ（第1駆動手段）
- 5 演算器（第1演算器）
- 2 1 第2物体
- 2 2 第3物体
- 2 3 第2ばね機構
- 2 4 第3ばね機構
- 3 0 X 検出系
- 3 2 変位検出器（第1変位検出器）
- 3 3 第2アクチュエータ（第2駆動手段）
- 3 4 演算器（第2演算器）
- 5 0 振動制御装置

10

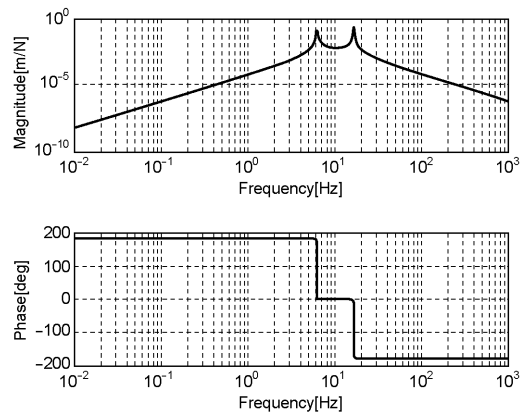
【図1】



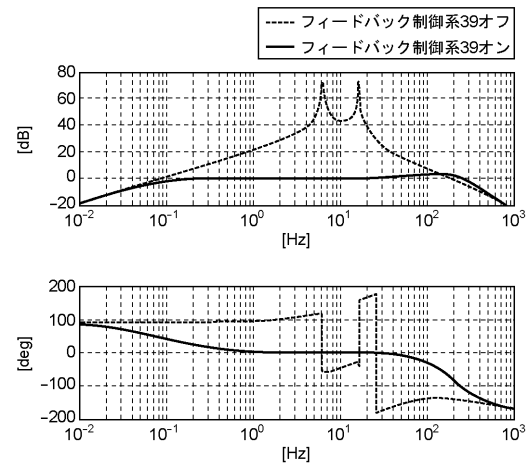
【図2】



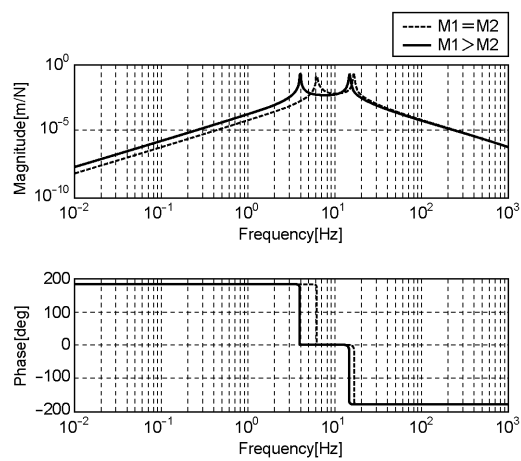
【図 3】



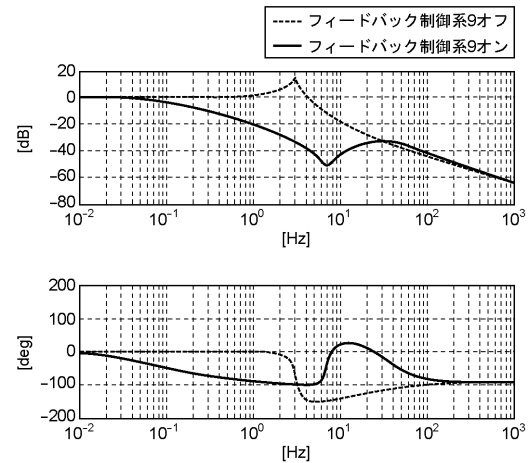
【図 4】



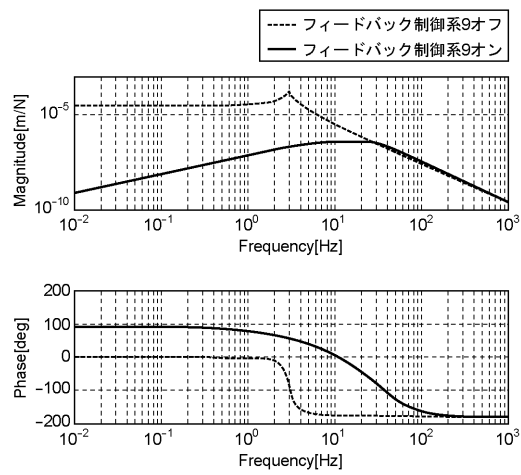
【図 5】



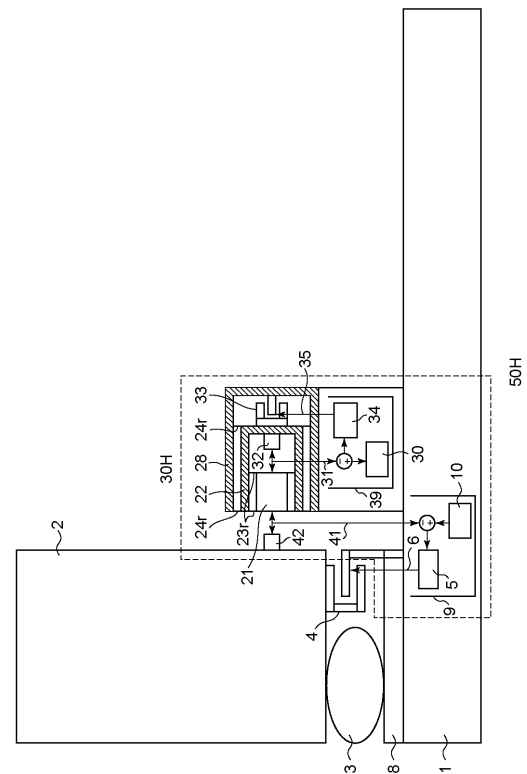
【図 6】



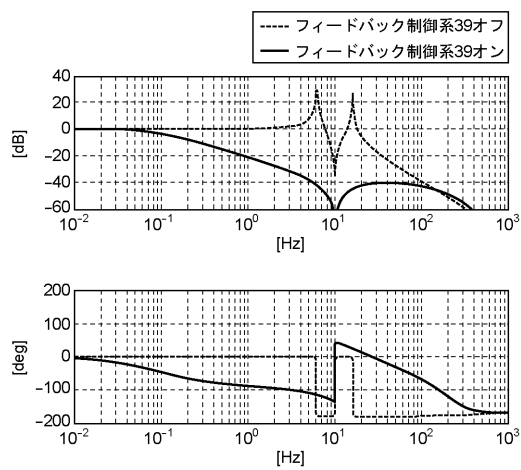
【図 7】



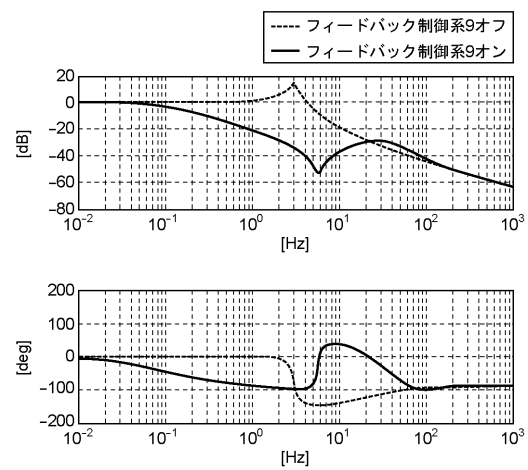
【図 8】



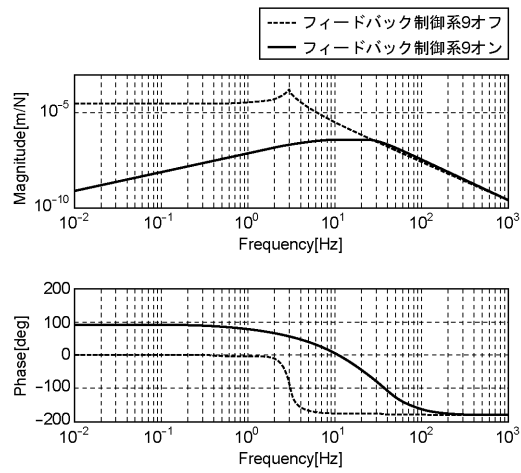
【図 9】



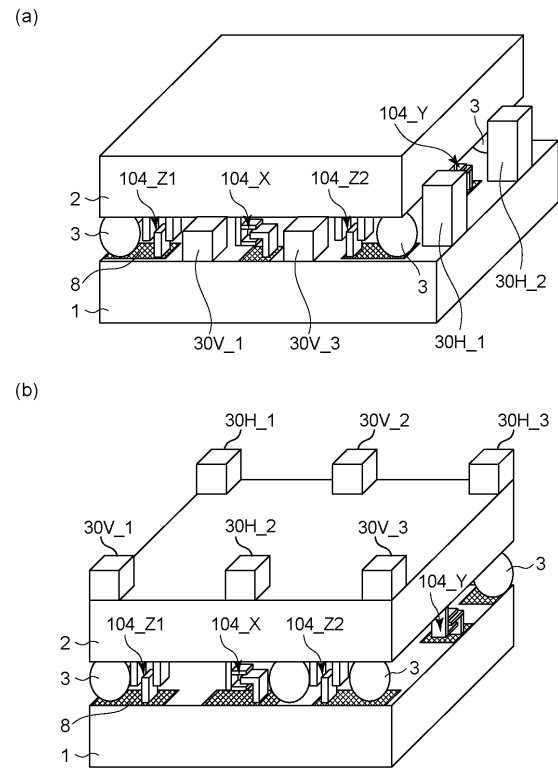
【図 10】



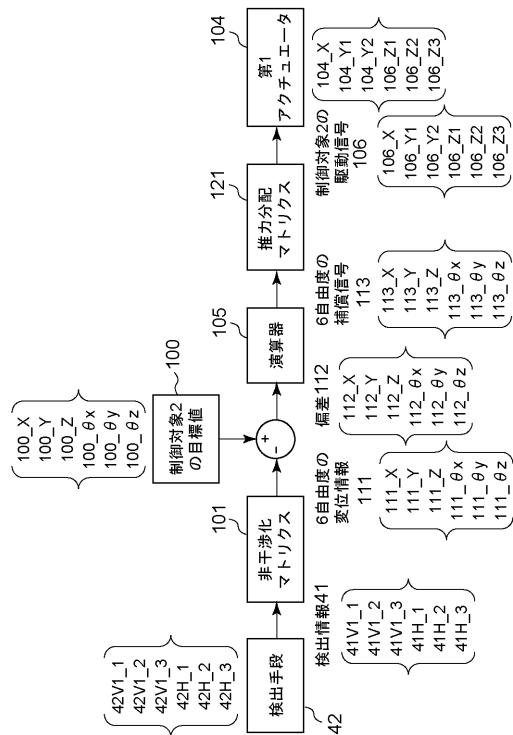
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2007-504415(JP,A)
特開2000-065128(JP,A)
特許第4083708(JP,B2)
特表2007-522393(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16F 15/00 - 15/08
H01L 21/027