

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-172135

(P2005-172135A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 1 6 F 15/02

F 1 6 F 9/04

F 1 6 F 15/027

F I

F 1 6 F 15/02

F 1 6 F 9/04

F 1 6 F 15/027

テーマコード (参考)

3 J 0 4 8

3 J 0 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-413148 (P2003-413148)

(22) 出願日 平成15年12月11日 (2003.12.11)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100086287

弁理士 伊東 哲也

(72) 発明者 柳澤 通雄

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 香川 利春

神奈川県川崎市高津区末長226-3-3

19

Fターム(参考) 3J048 AB07 AB08 AB13 AD01 BE02

DA01 EA13

3J069 AA21 AA31 EE63 EE74

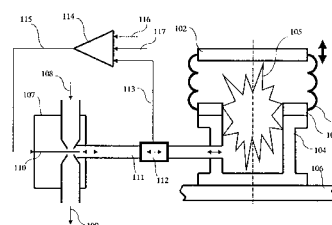
(54) 【発明の名称】 除振マウント装置

(57) 【要約】

【課題】 高速かつ高精度の制御が可能な、気体バネによる除振技術を提供すること。

【解決手段】 床振動などの外部振動の伝達低減や機器装置自身が搭載している可動部の動作の影響による振動の低減を行う気体バネの弾性膜101を有し、前記気体バネとタンク104およびこれらの給排気を制御する給排気制御回路114と、前記気体バネおよび前記タンクの少なくともいずれかの内部空間にある表面積の大きな蓄熱部材105と、前記給排気制御回路から前記気体バネまたは前記タンクへの気体制御流路111にあって両方向の流量計測が可能な非定常流量計測用の両方向流量センサ112とを有し、該両方向流量センサの出力信号を用いて前記給排気制御回路を制御する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

気体バネを有する除振装置であって、  
前記気体バネに対する吸気及び排気の少なくとも一方のための弁と、  
前記気体バネと前記弁との間の流路に設けた流量センサと、  
前記流量センサの出力に基づいて前記弁を制御する制御手段と  
を有することを特徴とする除振装置。

**【請求項 2】**

前記気体ばね内の温度変化を抑制するための蓄熱材を有することを特徴とする請求項 1 に記載の除振装置。

10

**【請求項 3】**

前記流量センサは前記流路に沿った双方向の流量を計測可能であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の除振装置。

**【請求項 4】**

前記流量センサは、ヒータと、前記流路に沿って前記ヒータをはさんで設けた 2 つの温度センサと、前記流路に沿って前記 2 つの温度センサをはさんで設けた 2 つの整流素子とを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項 5】**

前記流量センサは、整流素子と、前記流路に沿って前記整流素子をはさんで設けた 2 つの圧力センサとを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の除振装置。

20

**【請求項 6】**

前記弁は、サーボ弁、減圧弁、およびスプール弁のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項 7】**

前記制御手段は、除振対象物の位置を検出する位置センサの出力、除振対象物の振動を検出する第 1 振動センサの出力、床振動を検出する第 2 振動センサの出力、前記気体バネの内圧を検出する圧力センサの出力、および除振対象物に含まれる可動物体に対する駆動信号の少なくとも 1 つにも基づいて前記弁を制御することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の除振装置。

**【請求項 8】**

30

基板にパターンを投影する露光装置であって、  
請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の除振装置を有することを特徴とする露光装置。

**【請求項 9】**

請求項 8 に記載の露光装置を用いて基板にパターンを投影する露光工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

**【請求項 10】**

気体バネと、前記気体バネに対する吸気及び排気の少なくとも一方のための弁とを有する除振装置の制御方法であって、  
前記気体バネと前記弁との間の流路に設けた流量センサの出力に基づいて前記弁を制御する  
ことを特徴とする制御方法。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、精密機器や加工装置などに適用される除振技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体露光装置などの精密機器は、装置の振動による精度劣化を防ぐために、外部環境例えば床から装置への振動伝達を極力遮断しなくてはならない。よって、これら精密機器は精密な除振マウント装置に搭載することが必須となっている。特に半導体露光装置では

50

ウエハやレチクル用のステージが装置本体上で高速に移動するので、除振マウント装置には外部振動に対する除振性能とステージ動作により発生する内部振動に対する制振性能とをバランスよく実現することが求められる。

【 0 0 0 3 】

このような要求に対して近年ではアクティブ方式の除振マウント装置が実用化されており、振動センサの検出信号に応じてアクチュエータを駆動することによって効果的な除振制振が可能となっている。アクティブ方式の除振マウント装置は、機械的なバネおよびダンパなどの支持機構だけで構成された受動的な除振マウント装置では実現困難な、除振性能と制振性能のバランスよい支持を可能にする。

【 0 0 0 4 】

従来技術に見られる除振マウント装置の典型的な実施例は特開平 1 0 - 2 5 6 1 4 4 号公報（除振装置）に開示されている。同公報によると、除振台の振動を検出する振動センサとして加速度センサを、また、除振台を駆動するアクチュエータとして空気バネを採用している。加速度センサはその検出軸が水平方向および鉛直方向を向くように設置されており、それぞれ除振台の水平方向の加速度と鉛直方向の加速度を検出する。また、空気バネは推力発生軸が水平方向および鉛直方向と一致するように除振台を支持しており、それぞれ除振台に対して水平方向と鉛直方向の推力を作用させる。水平方向と鉛直方向のそれぞれにおいて、加速度センサの検出信号に適切な補償を施した補償値に応じて空気バネを駆動するという、いわゆる振動フィードバック制御を実施することによって、除振台の振動を好適に抑制している。

【特許文献 1】特開平 1 0 - 2 5 6 1 4 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

このような除振マウント装置では、除振台の振動を検出する目的で微小振動に対する分解能が優れたサーボ型などの加速度センサを使用することが一般的となっている。また、気体バネの内圧制御には、ノズルフラップ（N F）型サーボ弁などが用いられる。この N F 型サーボ弁は、精密な流量制御を高速に実現することが可能な流量制御弁であり、高性能なアクティブ方式の除振マウント装置に適している。アクティブ方式の除振マウント装置は、気体バネの内圧を高速かつ精確に制御することが必須であるが、気体バネやタンクに高圧で気体を給気すると気体温度変化が発生し、変化した気体温度が元に戻るまで継続する気体温度変化が気体バネの内圧変化要因となり、精確な圧力制御の妨げとなることがある。当然、排気時にも気体温度変化が発生する。この気体温度変化の影響を適切に処理して精確な圧力制御を実現し、良好な振動抑制を実現する除振マウント装置を実現することが重要な課題である。

【 0 0 0 6 】

具体的には、顕微鏡などの除振マウント装置では、床振動の影響を極力低減する目的で、床振動フィードフォワード（F F）除振制御を実施する場合があるが、大きな床振動に対してそれをキャンセルするための大量の給排気が行われ、それに伴う気体の温度変化が生じて圧力の安定までに時間がかかり、顕微鏡の姿勢安定までに長時間を要することがある。

【 0 0 0 7 】

高速に移動する大重量の可動部を搭載する除振対象を支持する除振マウント装置では、可動部の高速移動による除振対象の姿勢変化を抑えるために、可動部移動荷重 F F を実施する場合があるが、これにより発生する大量の給排気で気体の温度変化が生じ、圧力変動が発生し、適正な移動荷重 F F が機能せず、姿勢変化抑制が困難となることがある。

【 0 0 0 8 】

大型の機器装置では 4 個以上の除振マウント装置で支持を行う形態、いわゆる過剰拘束支持となる場合があるが、外乱の無い定常状態では各除振マウント装置の圧力を適正に制御することができても、外乱により気体バネやタンクへの給排気が行われ、このとき発生

10

20

30

40

50

する気体温度変化に伴う過渡的な各マウントの圧力アンバランスが除振対象への変形ストレスとなる。特に大型の機器の場合は、４個以上の除振マウント装置で支持することが避けられない場合もあり、過剰拘束による変形ストレスの悪影響をいかに避けるかが重要な課題である。

【 0 0 0 9 】

長時間繰り返し移動する可動部を搭載する除振対象の場合、除振マウント装置も長時間繰り返し給気排気を繰り返すため、それを構成する気体バネおよびタンク内の気体の温度ドリフト変化が生じる可能性があり、圧力ドリフトの発生があり得る。圧力ドリフトにより制御弁の動作点がドリフトし、制御弁の流量制御特性が変動して振動抑圧特性が変化することがある。

10

【 0 0 1 0 】

除振対象の浮上と着座を頻繁に繰り返す場合、温度変化の影響があると、浮上時の圧力安定（温度安定）までに長時間を要し問題となることもある。

【 0 0 1 1 】

このように気体バネを用いた除振マウント装置には気体温度変化の影響による圧力変化の問題がある。

【 0 0 1 2 】

特に除振対象が露光装置の場合は、床振動  $F F$  と移動荷重  $F F$  を実施し４個以上の除振マウント装置で支持する場合があり、可動部は高速で長時間繰り返し移動する（ステップ & スキャン、リピート）大重量のステージであるので、気体温度変化によって生じる圧力変化の影響をいかに低減するかが露光装置用の除振マウント装置の重要な課題である。

20

【 0 0 1 3 】

除振マウント装置の気体バネの内圧を高速かつ精確に制御するためには、気体の温度変化を少なくすることに加えて制御系の構成も重要である。従来、例えば気体バネやタンクまたは気体制御流路に圧力センサを設けて、この出力信号を制御弁にフィードバック（ $F B$ ）する構成などが知られている。小型の気体バネや小容量のタンクと単純形状の気体制御流路からなる除振マウント装置で床振動など外部振動や可動部の影響による内部振動が小さい場合は比較的効果があることも知られている。しかし、気体バネやタンクが大型化すると、圧力応答の遅れが大きくなり、圧力のみを検出して制御弁を制御する構成では高速で精確な制御が困難となる。また大きな時定数の  $F B$  制御系となるため、高速化を狙って  $F B$  ゲインを上げて行くと、圧力センサのオフセットドリフトやノイズの影響を強く受け、圧力制御偏差が低減できず、逆に制御偏差が増大することがある。圧力センサの出力が温度変化の影響を受けやすい場合は、さらに良くない。

30

【 0 0 1 4 】

圧力  $F B$  制御系においては圧力センサの実装形態に関しても十分な配慮が必要であり、気体制御流路に圧力センサを設ける場合は、極めて慎重に実装形態を管理しないと、配管共振の影響などで圧力変化を精度良く検出できる周波数帯域が極端に狭く制約されることがある。

【 0 0 1 5 】

上記したように、気体バネを用いた除振マウント装置において、その圧力制御を高速かつ精確に実現するためには、制御系の構成にも多くの課題がある。そして、さらに気体消費量に関しても課題がある。

40

【 0 0 1 6 】

先に記したように、 $N F$  型サーボ弁は良好な応答性を有するため、除振マウント装置の制御弁として使用される。しかし、 $N F$  型サーボ弁は常時排気量すなわち気体消費量が大で、例えば大型の除振マウント装置を制御する場合に大型の大流量  $N F$  型サーボ弁を使用すると、高圧の気体を大量に消費することで応答性の確保は実現できるが、ランニングコストが高くなってしまう。

【 0 0 1 7 】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、高速かつ高精度の制御が可能な、気

50

体バネによる除振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】

【0018】

上記目的を達成するために、本発明は、気体バネを有する除振装置であって、前記気体バネに対する吸気及び排気の少なくとも一方のための弁と、前記気体バネと前記弁との間の流路に設けた流量センサと、前記流量センサの出力に基づいて前記弁を制御する制御手段とを有することを特徴とする。本発明では、前記気体ばね内の温度変化を抑制するための蓄熱材を有することが望ましい。

【0019】

また、前記流量センサは前記流路に沿った双方向の流量を計測可能であることを特徴とすることができ、前記流量センサは、ヒータと、前記流路に沿って前記ヒータをはさんで設けた2つの温度センサと、前記流路に沿って前記2つの温度センサをはさんで設けた2つの整流素子とを含むこともでき、前記流量センサは、整流素子と、前記流路に沿って前記整流素子をはさんで設けた2つの圧力センサとを含むこともできる。

【0020】

また、前記弁は、例えば、サーボ弁、減圧弁、およびスプール弁のいずれかである。また、前記制御手段は、除振対象物の位置を検出する位置センサの出力、除振対象物の振動を検出する第1振動センサの出力、床振動を検出する第2振動センサの出力、前記気体バネの内圧を検出する圧力センサの出力、および除振対象物に含まれる可動物体に対する駆動信号の少なくとも1つにも基づいて前記弁を制御することを特徴としてもよい。

【0021】

また、本発明は、基板にパターンを投影する露光装置であって、上記のいずれかの除振装置を有することを特徴としてもよく、該露光装置を用いて基板にパターンを投影する露光工程を含むことを特徴とすることもでき、気体バネと、前記気体バネに対する吸気及び排気の少なくとも一方のための弁とを有する除振装置の制御方法であって、前記気体バネと前記弁との間の流路に設けた流量センサの出力に基づいて前記弁を制御することを特徴とすることもできる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、高速かつ高精度の制御が可能な、気体バネによる除振技術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】

【0023】

本発明を実施するための最良の形態について、以下、実施例を挙げて、図面とともに説明する。

【実施例1】

【0024】

図1は、本発明の実施例1に係る除振マウント装置の基本構成を示す図である。同図において、弾性膜101は薄いゴムなどを略円筒状、例えば段付きベローズとしたもので、その両端に端板102と103を固定して気体バネを構成する。タンク104は気体バネと通管構造とし、これらの内部には蓄熱部材105を充填する。106は設置床であり、通常はタンク104を堅固に一体化固定する。タンク104とサーボ弁107との間に設けた制御流路111には非定常流量計測手段として両方向流量センサ112を配し、その出力信号113は制御回路114に入力され、制御回路114の出力信号115で給排気制御手段であるサーボ弁107のフラップ110を駆動する。サーボ弁107への給気108に対し、フラップ110の位置によって排気109の量が制御され、その結果制御流路111を通じてタンク104と気体バネを構成する弾性膜101との内圧が制御される。

【0025】

除振マウント装置の一般的な構成としては、設置床106を基準として端板102の位

10

20

30

40

50

置を計測する位置センサと、端板 102 上に配置した振動センサとを設け、これらの出力信号 116 および 117 を出力信号 113 と併せて制御回路 114 へ入力し、制御回路 114 で適切なフィルタリングや加算処理を行って振動制御を実現する。通常このように構成された除振マウント装置を複数使用して除振対象となる機器を支持する場合が多く、3 箇所での支持が普通であるが、大型の機器では 4 箇所以上の場合もあり、1 箇所または 2 箇所のみ除振マウント装置を用いて機械バネや他の支持機構を併用することも出来る。機器の水平方向の除振制振支持に除振マウント装置を用いることもできる。

#### 【0026】

弾性膜 101 は、伸びにくくしなやかなものが良いので、布とゴムを積層一体化した膜などが使用でき、ペローズ形状が良好な除振性能を示す場合が多い。弾性膜 101 としてはゴムダイアフラムなども使用可能である。真空装置などのアウトガスを嫌う用途ではゴムからのアウトガスを避けるために、金属ペローズを用いて気体バネを構成することも出来る。

10

#### 【0027】

なお、位置センサ、振動センサおよびこれらの信号処理に関しては一般的な従来技術なので、以下の実施例においても詳細説明および図示を省略する。

#### 【0028】

図 2 は、両方向流量センサの一具体例を示す図である。制御流路 111 中にヒータ 10、温度センサ 11 と 12、および整流素子 13 と 14 を配置して、ヒータ 10 を加熱状態とし、制御流路 111 内部の流量は、温度センサ 11 と温度センサ 12 の位置における温度差から知ることが出来る。

20

#### 【実施例 2】

#### 【0029】

図 3 は床振動 FF (フィードフォワード) を行う本発明の実施例 2 に係る除振マウント装置の図である。図 3 において、図 1 と同一要素には同一の符号をつけて、それらの要素の重複説明を省略する。

#### 【0030】

この除振マウント装置は、設置床 106 に設けた振動センサ 301 の出力信号 302 を制御回路 114 で処理し、床振動が機器に伝わる量を低減するようサーボ弁 107 を制御するものである。例えば突発的に大きな振動が床 106 に発生した場合に、サーボ弁 107 が大量の給排気を行っても、弾性膜 101 による気体バネおよびタンク 104 の内部温度変化が生じにくく、圧力の制御が良好に行われ、さらに非定常流量計測手段を用いた流量 FB (フィードバック) により振動の抑制がより好適に実現出来る。

30

#### 【0031】

本実施例の非定常流量計測手段は、整流素子 201 とその両側に設けた圧力センサ 202, 204 から構成され、出力信号 203, 205 を制御回路 114 に入力する。整流素子 201 は、図 6 に示すように細いパイプ 601 を複数並列に並べたものとする。制御流路 111 内部の流量は、整流素子 201 両端部の圧力差すなわち出力信号 203 と 205 から算出することが出来る。図 3 に示したように整流素子 206 および 207 を圧力センサ 202 および 204 の両側にも設けることが流量計測精度の向上に寄与する場合がある

40

#### 【実施例 3】

#### 【0032】

図 4 は、可動ステージ (可動物体) を有する機器を支持する本発明の実施例 3 に係る除振マウント装置を示す図である。同図において、図 1 および図 3 と同一要素には同一の符号をつけて、それらの要素の重複説明を省略する。

#### 【0033】

この除振マウント装置が支持する可動ステージ 401 は、ステージ制御回路 402 からのステージ駆動信号 403 によって制御され、機器上すなわち除振マウント装置上で移動する。複数の除振マウント装置で機器を支持する場合は、ステージ 401 の移動によって各除振マウント装置の支持荷重が変化するので、ステージ駆動信号 403 を各除振マウン

50

ト装置の制御回路 114 に入力して、移動荷重 FF 制御を実現し移動による機器の姿勢変化や振動を低減する。なお、このようなステージ駆動信号 403 は、移動荷重だけではなく反力やモーメントの FF 制御による振動抑圧を併せて実現することも可能である。

【実施例 4】

【0034】

図 5 は、気体バネの内圧を計測する圧力センサを設けた本発明の実施例 4 に係る除振マウント装置の図である。同図において、図 1 および図 3 と同一要素には同一の符号をつけて、それらの要素の重複説明を省略する。

【0035】

この除振マウント装置は、圧力センサ 501 の出力信号 502 を制御回路 114 へ入力して、圧力 FB 制御を実施する。単に圧力センサ 501 のみを用いて圧力 FB 制御を実施する従来例に比べ、より精確な圧力制御が可能となり、高性能な除振マウント装置を実現出来る。本実施例では、両方向流量センサに差圧検出センサを使用する例を示している。この場合、制御流路 111 内部の流量は、整流素子 201 の両端の圧力差を差圧検出センサ 503 で検出し差圧信号 504 から算出する。

【0036】

ここまで説明した図 3, 4 および 5 の実施例 2 ~ 4 は、その内容を適宜組合せて実施することも可能である。例えば、床振動 FF とステージ駆動信号 FF の組合せや、ステージ駆動信号 FF と圧力 FB の組合せなどである。

【実施例 5】

【0037】

図 7 は、給排気制御手段として電空変換器（電気制御式の減圧弁）701 を用いた本発明の実施例 5 に係る除振マウント装置の図である。同図において、図 5 と同一要素には同一の符号をつけて、それらの要素の重複説明を省略する。

【0038】

この除振マウント装置における気体の圧力を制御する制御弁である電空変換器 701 は、負荷の圧力を低速で制御する場合は高精度な圧力制御が可能であり、少ない常時排気量で大きな制御流量が確保できるなどの NF 型サーボ弁とは異なる特徴を持っているが、圧力をダイナミックに制御する用途には向かないこともある。特に除振マウント装置に要求される圧力制御を実現するために電空変換器に駆動信号を与えて高速に給排気を試みても、給排気切替時の圧力制御の非直線性が問題となり精確な圧力制御が困難であって、良好な振動抑制が出来ないことが多い。しかし図 7 に示す実施例の構成によれば、流量 FB 制御により電空変換器 701 の非直線性の影響を低減することが出来て、精確な圧力制御が可能となる。また、本実施例の構成により、気体バネやタンク 104 内の温度変化が低減されているので、大きな制御流量が確保できる電空変換器 701 の利点を高速圧力制御に活用でき、良好な結果が得られる。

【実施例 6】

【0039】

図 8 は、給排気制御手段としてスプール弁 801 を用いた本発明の実施例 6 に係る除振マウント装置の図である。同図において、図 7 と同一要素には同一の符号をつけて、それらの要素の重複説明を省略する。

【0040】

この除振マウント装置におけるスプール弁 801 は、流路開度を制御する弁であって、直動型や回転型などがある。除振マウント装置の圧力制御に用いる場合は、図 8 の構成とすることが出来る。スプール弁 801 の構造上避けにくい特性として、給気 108 と排気 109 の切替付近での流量制御特性の非直線性が存在するが、本実施例では流量 FB 制御することで、高精度な圧力制御が可能となり、やはり良好な結果が得られる。

【0041】

上記した本発明の実施例 1 ~ 6 において、次のような変形または変更が可能である。給排気制御流路は、タンクではなく気体バネに接続することもできる。制御気体としては

10

20

30

40

50

空気を用いるのが一般的であるが、窒素などを用いることもできる。リニアモータなどのアクチュエータを併用して、設置床から除振対象の機器へ力を加えて気体バネを補助する構成の除振マウント装置とすることもできる。

【0042】

また、制御弁の給気流路に給気圧力安定化のためのタンクを設けることもでき、その内部空間に蓄熱部材を充填することもできる。この場合の蓄熱部材も細い線材とすることができる。制御弁は電気制御式以外に空圧制御式を用いることも出来る。本発明の除振マウント装置は、車両台車やエンジンマウントなどへの適用も考えられる。

【0043】

本発明の好ましい実施形態では、精密機器や加工装置などを設置する際に床振動などの外部振動の伝達低減や機器装置自身が搭載している可動部の動作の影響による振動の低減を行う気体バネを有する除振マウント装置において、前記気体バネとタンクおよびこれらの給排気を制御する給排気制御手段と、前記気体バネおよび前記タンクの少なくともいずれかの内部空間にある表面積の大きな蓄熱手段と、前記給排気制御手段から前記気体バネまたは前記タンクへの気体制御流路にあって両方向の流量計測が可能な非定常流量計測手段とを有し、該非定常流量計測手段の出力信号を用いて前記給排気制御手段を制御することとしてもよい。前記蓄熱手段としての蓄熱部材は気体バネやタンクの内部に偏り無く一様に充填し、その熱伝導度は  $0.05 \text{ W/mK}$  以上が好ましい。

【0044】

また、前記蓄熱手段としての蓄熱部材は、例えば細い線材を備えて成り、前記気体バネまたは前記タンク内の内部空間の気体との接触面積が大となるように該細い線材をランダムな充填形態とすること該細い線材をランダムな充填形態とすることが良い。線径は、細い方が、表面積/体積を大きくすることが出来るので  $50 \mu\text{m}$  以下が効果的であり、強度などを考慮すると  $10 \mu\text{m}$  以上が現実的である。

【0045】

前記非定常流量計測手段は、例えば細いパイプを複数個並列に並べた整流素子と、該整流素子の両端の開口部にそれぞれ配置されて気体の状態を検出するセンサとを備え、該センサの出力信号から流量を算出することができる。

【0046】

前記センサは、例えば圧力および温度のいずれかを検出するセンサであり、前記両端の開口部の圧力差および温度差のいずれかを検出し、該圧力差および温度差のいずれかに基づいて流量を算出することができる。

【0047】

また、本発明の好ましい実施形態では、前記気体バネ、前記タンクまたは前記気体制御流路内のいずれかに内圧計測手段を配し、その出力信号で前記給排気制御手段を制御することを特徴としてもよい。

【0048】

前記給排気制御手段は、流路開度または圧力を制御する機能を有する制御弁とすることができ、ノズルフラップ型サーボ弁、電空変換器およびスプール弁などが使用できる。

【0049】

本発明の除振マウント装置の好ましい実施形態では、気体バネにより除振対象を支持するものである。気体バネや連結したタンクの内部を高速に加圧または減圧すると、内部温度が大きく変化することがある。気体バネやタンクの中に蓄熱手段として適切な蓄熱部材を充填することで、内部温度の変化を低減することが可能となり、温度変化による圧力変化が生じにくくなるため、高速に精確な圧力制御を実現することが容易となる。気体バネやタンクを加減圧するために給排気を行う制御弁と、これを気体バネやタンクに連結する制御流路には両方向の流量を計測できる非定常流量計測手段を設け、この出力信号で制御弁を制御することで、さらに高速な圧力制御を精確に実現する。つまり、制御流路の流量履歴が気体バネやタンクの内圧を決定する要因であるので、流量を精確に計測し、結果を適正に用いて制御することが圧力を高速かつ精確に制御するために効果的な作用をする。



## 【 0 0 5 0 】

蓄熱手段の蓄熱部材は、気体との熱の授受を主目的としているので、表面積を大とすることで効果的な作用をする。気体バネまたはタンクの大型化すなわち装置の大型化を避けるために蓄熱部材は極力体積を小とすることが良い。つまり、表面積 / 体積を大とするのが良い。また、蓄熱部材の態様は気体バネやタンク内の圧力が一樣になるように金属や樹脂などの線材としてランダムに充填すると効果的な熱授受が行われ、気体バネやタンクの内部が圧縮および膨張時に等温化される。金属や樹脂などの線材を例えばスチールウール（金属製綿）のような態様で充填すれば、蓄熱部材が気体バネの伸縮に対する抵抗とならずに全体に充填でき、良好なものとなる。

## 【 0 0 5 1 】

非定常流量の計測手段としては、制御流路内に細径パイプを複数本並列に並べ、両端に圧力センサを配置しそれらの圧力を計測することで、圧力差から流量を精確に計測できる。

## 【 0 0 5 2 】

非定常流量計測の別の方法としては、制御流路に複数の温度センサとヒータを配し、温度センサの出力信号差から流量を知る方法などもある。

## 【 0 0 5 3 】

本発明の好ましい実施形態では、気体制御流路の非定常流量計測手段を設け、その出力信号で給排気制御手段を制御するので、単に気体バネやタンクの圧力を検出してフィードバック制御する手法では問題になってしまう気体バネやタンクの容量に起因する圧力応答の遅れの影響を受け難い広帯域な圧力制御が可能となる。また、従来技術では圧力検出手段の実装状況によっては配管共振の影響などにより広帯域に精確な圧力検出が実現できない場合があり、圧力フィードバック制御がその目的を達成できない場合もあるが、本発明の非定常流量フィードバックを前提として圧力フィードバック制御を併用すると、より良い結果が得られる。

## 【 0 0 5 4 】

本発明の好ましい実施形態に係る除振マウント装置は、制御流路に非定常流量計測手段を有し、この出力信号を用いての良好な流量フィードバック制御が可能な構成のため、給排気の切替時の直線性管理が容易でない制御弁、例えば電空変換器およびスプール弁などを用いても良好な圧力制御が可能で、比較的広範囲な制御弁の選択を許容する。

## 【 0 0 5 5 】

本発明の好ましい実施形態によれば、気体バネとタンクおよびこれらの給排気を制御する給排気制御手段を有する除振マウント装置において、気体バネやタンクの内部空間に表面積が大で体積が小な蓄熱部材などを充填することで、給気時および排気時に気体温度変化が発生しにくくなる等温化効果が得られるため、温度変化によって生じる圧力変化が発生しにくくなり、精確な圧力制御が可能となる。

## 【 0 0 5 6 】

例えば、床振動フィードフォワード除振制御を実施した場合などに、大きな床振動に対して発生する大量の給排気が行われても、それに伴う気体の温度変化を小とすることができ、過渡的な圧力変動の収束を短時間に抑えることが出来る。顕微鏡などの支持を行う除振マウントでは、極力振動レベルを低減するために床振動フィードフォワードを実施する場合があるが、本発明により振動レベル低減を安定して実現できる。

## 【 0 0 5 7 】

また、高速に移動する大重量の可動部を搭載する除振対象に適用する場合には、可動部の高速移動による除振対象の姿勢変化を抑えるために用いる可動部移動荷重フィードフォワードにより発生する大量の気体の給排気による気体の温度変化を抑えられるので、それに伴う圧力変動が発生しにくく、適正な移動荷重フィードフォワードによる姿勢変化抑制が可能となる。精密な加工を要求される工作機械などでは、床振動伝達の低減と、機械自体の姿勢変化の低減とを両立させることが求められ、さらに可動部の高速移動を可能とすることが必要となるが、本発明によりその要求に応えることができる。

10

20

30

40

50

## 【0058】

さらに4個以上の除振マウント装置で支持を行う過剰拘束形態の場合、気体温度変化に伴い発生する過渡的な各マウントの圧力アンバランスが少なくなり、除振対象への変形ストレスを抑えることが出来る。とくに大型の機械の場合は、4個以上の除振マウント装置で支持することが避けられない場合が多く、過剰拘束による変形ストレスの悪影響をいかに避けるかが重要な問題である。本発明により、従来は困難であった過渡的な変形ストレスの低減が可能となる。

## 【0059】

加えて、長時間繰り返し移動する可動部を搭載する除振対象の場合、除振マウント装置も長時間繰り返し給気排気を繰り返すため、それを構成する気体バネおよびタンク内の気体温度ドリフト変化が生じやすく、圧力ドリフトの発生が避けにくい。本発明の構成により、圧力ドリフトの発生を抑えることができる。浮上と着座を頻繁に繰り返す場合なども、浮上時の圧力安定時間が短時間で済む。

## 【0060】

特に除振対象が露光装置の場合などは、床振動フィードフォワードと移動荷重フィードフォワードを実施し4個以上の除振マウント装置で支持する場合があり、可動部は高速で長時間繰り返し移動(ステップ&スキャン、リピート)する大重量のステージであるので、気体温度変化によって生じる圧力変化の影響を低減できる本発明の除振マウント装置を用いることで、振動レベルの管理が極めて良好に行われ、高性能な露光装置とすることができる。

## 【0061】

蓄熱部材として細い線材を用い、気体バネやタンクの内部にランダムな充填をすることで、等温化の効果をより効率良く実現でき、さらに気体バネの内部空間に充填した場合には蓄熱部材が気体バネの変形抵抗となりにくく、除振マウント装置の形態として特に好適で効果が大きい。

## 【0062】

本発明では、気体制御流路の非定常流量計測手段を設け、その出力信号で給排気制御手段を制御するので、単に気体バネやタンクまたは制御流路の圧力を検出してフィードバック制御する手法では問題となってしまう気体バネやタンクの容量に起因する圧力応答の遅れの影響を受け難い圧力制御が可能となる。

## 【0063】

また、従来の圧力フィードバック手法では、圧力検出手段の実装位置の状況によっては配管共振の影響などにより広帯域に精確な圧力検出が実現できない場合があり、圧力フィードバック制御がその目的を達成できない場合もあるが、本発明の非定常流量フィードバックに併用することで、より良い結果が得られる。

## 【0064】

非定常流量計測手段の具体的構成としては、細いパイプを複数個並列に並べた整流素子と、この整流素子の両端にそれぞれ圧力センサを配し、これら圧力センサの出力信号から流量を算出することで、高速かつ精確な非定常流量の両方向計測が可能となり、除振マウント装置の性能向上効果が大きい。

## 【0065】

本発明では、気体消費量の少ない電空変換器およびスプール弁などを用いても高精度な給排気制御を実現できるので、除振マウント装置の低ランニングコストを実現することもできる。

## 【0066】

図9は、上述したロードロック装置が適用されるデバイス製造用の露光装置を示す。

この露光装置は、半導体集積回路等の半導体デバイスや、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド等の微細なパターンが形成されたデバイスの製造に利用され、原版であるレチクルRを介して基板としての半導体ウエハW上に光源961からの露光エネルギーとしての露光光(この用語は、可視光、紫外光、EUV光、X線、電子線、荷電粒子線等の総称である

10

20

30

40

50

）を投影系としての投影レンズ（この用語は、屈折レンズ、反射レンズ、反射屈折レンズシステム、荷電粒子レンズ等の総称である）９６２を介して照射することによって、基板上に所望のパターンを形成している。

#### 【００６７】

この露光装置は、定盤９５１上にガイド９５２とリニアモータ固定子９２１を固設している。前述と同様に、リニアモータ固定子９２１は多相電磁コイルを、リニアモータ可動子９１１は永久磁石群を有している。リニアモータ可動子９１１を可動部９５３として、ステージである可動ガイド９５４に接続し、リニアモータＭ１の駆動によって可動ガイド９５４を紙面法線方向に移動させる。可動部９５３は、定盤９５１の上面を基準に静圧軸受９５５で、ガイド９５２の側面を基準に静圧軸受９５６で支持される。

10

#### 【００６８】

可動ガイド９５４を跨ぐようにして配置したステージである移動ステージ９５７は静圧軸受９５８によって支持されている。この移動ステージ９５７は、上記と同様のリニアモータＭ２によって駆動され、可動ガイド９５４を基準に移動ステージ９５７が紙面左右方向に移動する。移動ステージ９５７の動きは、移動ステージ９５７に固設したミラー９５９および干渉計９６０を用いて計測する。

#### 【００６９】

移動ステージ９５７に搭載したチャック上に基板であるウエハＷを保持し、光源９６１、投影光学系９６２によって、原版であるレチクルＲのパターンをウエハＷ上の各領域にステップアンドリピートもしくはステップアンドスキャンで縮小転写する。

20

なお、本発明のリニアモータは、マスクを使用せずに半導体ウエハ上に回路パターンを直接描画してレジストを露光するタイプの露光装置にも、同様に適用できる。

#### 【００７０】

次に、この露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図１０は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ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２（マスク作製）では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。

#### 【００７１】

一方、ステップ３（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ４（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記の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。次のステップ５（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ５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６（検査）ではステップ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、ステップ７でこれを出荷する。

30

#### 【００７２】

上記ステップ４のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜するＣＶＤステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００７３】

【図１】本発明の実施例１に係る除振マウント装置の基本構成を示す図である。

【図２】本発明に係る非定常流量計測手段の一例を示す図である。

50

【図 3】床振動フィードフォワードを実施する本発明の実施例 2 に係る除振マウント装置を示す図である。

【図 4】ステージ駆動信号フィードフォワードを実施する本発明の実施例 3 に係る除振マウント装置を示す図である。

【図 5】圧力フィードバックを実施する本発明の実施例 4 に係る除振マウント装置を示す図である。

【図 6】本発明に係る非定常流量計測手段の整流素子例を示す図である。

【図 7】給排気制御手段に電空変換器を使用する本発明の実施例 5 に係る除振マウント装置を示す図である。

【図 8】給排気制御手段にスプール弁を使用する本発明の実施例 6 に係る除振マウント装置を示す図である。 10

【図 9】露光装置の一例を示す図である。

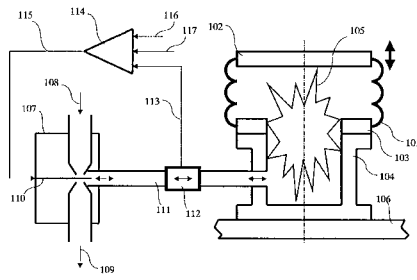
【図 10】デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

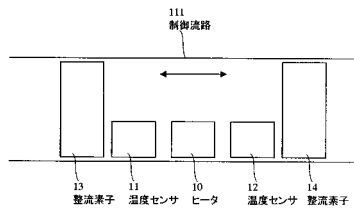
【0074】

10：ヒータ、11と12：温度センサ、13と14：整流素子、101：弾性膜、102と103：端板、104：タンク、105：蓄熱部材、106：設置床、107：サーボ弁、108：給気、109：排気、110：フラップ、111：制御流路、112：両方向流量センサ、113：両方向流量センサの出力信号、114：制御回路、115：制御回路の出力信号、116：位置センサの出力信号、117：振動センサの出力信号、201：整流素子、202と204：圧力センサ、203と205：圧力センサの出力信号、206と207：整流素子、301：設置床に設けた振動センサ、302：設置床に設けた振動センサの出力信号、401：ステージ、402：ステージ制御回路、403：ステージ駆動信号、501：圧力センサ、502：圧力センサの出力信号、503：差圧検出センサ、504：差圧信号、601：整流素子201構成要素の細いパイプ、701：電空変換器、801：スプール弁。 20

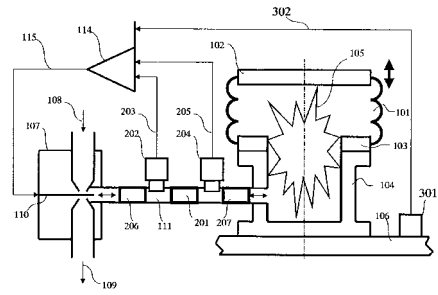
【圖 1】



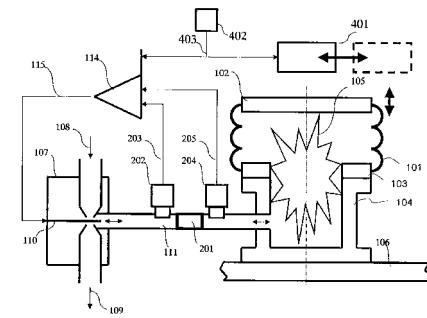
【 図 2 】



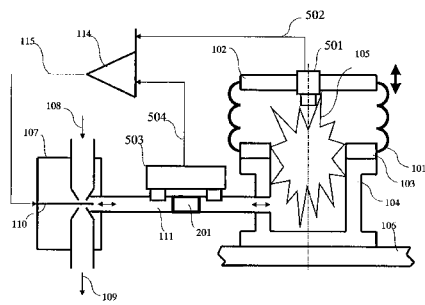
【 図 3 】



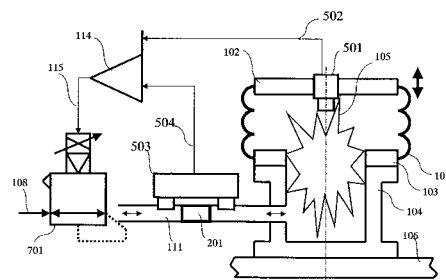
【 図 4 】



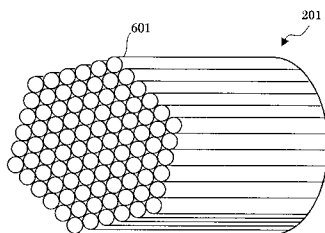
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



【圖 8】

