

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7045237号  
(P7045237)

(45)発行日 令和4年3月31日(2022.3.31)

(24)登録日 令和4年3月23日(2022.3.23)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 5 D	3/12 (2006.01)	G 0 5 D	3/12	3 0 5 Z	
F 1 6 C	32/06 (2006.01)	F 1 6 C	32/06	A	
G 0 5 B	11/36 (2006.01)	G 0 5 B	11/36	D	

請求項の数 4 (全10頁)

(21)出願番号	特願2018-64834(P2018-64834)	(73)特許権者	000002107 住友重機械工業株式会社 東京都品川区大崎二丁目1番1号
(22)出願日	平成30年3月29日(2018.3.29)	(74)代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65)公開番号	特開2019-175280(P2019-175280 A)	(74)代理人	100116274 弁理士 富所 輝観夫
(43)公開日	令和1年10月10日(2019.10.10)	(72)発明者	濱田 慎哉 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友 重機械工業株式会社横須賀製造所内
審査請求日	令和2年12月16日(2020.12.16)	(72)発明者	吉田 達矢 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友 重機械工業株式会社横須賀製造所内
		審査官	堀内 亮吾

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エアステージ装置、サーボ装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ステージテーブルと、  
前記ステージテーブルを位置決めする流体圧アクチュエータと、  
前記流体圧アクチュエータを駆動する駆動部と、  
を備え、  
前記流体圧アクチュエータは、  
固定ガイドと、  
前記固定ガイドに沿って移動可能なスライダと、  
を含み、  
前記固定ガイドは、前記スライダに形成される圧力室を2つの空間に区画する隔壁を有し、  
前記駆動部は、阻止周波数が変化するノッチフィルタを含み、前記ノッチフィルタの前記阻止周波数は、前記流体圧アクチュエータの共振周波数の変化に追従するように、前記隔壁と前記スライダの相対的な位置関係を示す変位量に応じて決定され、  
前記駆動部は、前記ノッチフィルタを通過した制御指令に基づいて圧縮空気源を制御することを特徴とするエアステージ装置。

## 【請求項2】

前記固定ガイドには、前記圧力室と通ずる少なくともひとつの給排ポートが設けられており、

前記駆動部は、

前記少なくともひとつの給排ポートと接続される少なくともひとつのサーボ弁と、  
前記少なくともひとつのサーボ弁を制御するコントローラと、  
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のエアステージ装置。

【請求項 3】

固定ガイドと、

前記固定ガイドに沿って移動可能なスライダと、  
を備え、

前記固定ガイドには、前記スライダとの間に形成される圧力室を、2つの空間に区画する  
隔壁と、前記圧力室と通ずる少なくともひとつの給排ポートと、が設けられており、  
前記少なくともひとつの給排ポートと接続される少なくともひとつのサーボ弁と、  
前記少なくともひとつのサーボ弁に対する制御指令を生成するコントローラと、  
をさらに備え、

前記コントローラは、阻止周波数が変化するノッチフィルタを含み、前記ノッチフィルタ  
の阻止周波数は、前記固定ガイドと前記スライダにより構成される流体圧アクチュエータ  
の共振周波数の変化に追従するように、前記隔壁と前記スライダの相対的な位置関係を示  
す変位量に応じて決定され、

前記サーボ弁は、前記ノッチフィルタを通過した制御指令に基づいて制御されることを  
特徴とするサーボ装置。

【請求項 4】

内部に圧力室を有する第 1 部材と、前記圧力室を 2つの空間に区画する隔壁を有する第 2  
部材と、を有し、前記第 1 部材は、前記第 2 部材に沿って移動可能である流体圧アクチュ  
エータと、

前記 2つの空間に流入および/または流出する流体を操作することにより、前記第 1 部材  
と前記第 2 部材との相対的な位置関係を示す変位量を制御する駆動部と、  
を備え、

前記駆動部は、

前記変位量が目標値に近づくように制御指令を生成するフィードバックコントローラと、  
前記制御指令の経路上に設けられ、阻止周波数が可変であるノッチフィルタと、  
を含み、

前記ノッチフィルタの前記阻止周波数は、前記流体圧アクチュエータの共振周波数の変  
化に追従するように、前記隔壁と前記第 1 部材の相対的な位置関係を示す前記変位量に  
応じて決定されることを特徴とするサーボ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エアステージ装置やサーボ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

対象物の位置決めにステージ装置が用いられる。ステージ装置は、ガイドと、ガイドに沿  
って可動するスライダと、スライダを駆動するリニアアクチュエータを備える。電子ビー  
ムを用いた露光装置において、リニアアクチュエータとしてリニアモータを使用すると、  
リニアモータが発生する磁場が電子ビームに作用するため、パターンの描画精度が低下す  
るといった問題が知られている。測定対象の微弱な磁場を測定する磁場測定装置において  
も、リニアモータの発生する磁場は測定精度を低下させる。このような装置においては、空  
気圧アクチュエータを利用したエアステージ装置を使用する場合がある（たとえば特許文  
献 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2010 - 198315 号公報  
特開 2011 - 145726 号公報  
国際公開 WO 2016 - 158381 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ステージ装置を高速化するためには、広帯域な応答特性が求められる。ところが、ステージ装置の周波数特性をフラットなまま広帯域化することは難しく、制御が不安定となるという問題があった。

【0005】

本発明は、こうした状況に鑑みてなされたものであり、そのある態様の例示的な目的のひとつは、安定性と高速応答性を両立したサーボ装置あるいはエアステージ装置の提供にある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある態様は、エアステージ装置に関する。エアステージ装置は、ステージテーブルと、ステージテーブルを位置決めする流体圧アクチュエータと、流体圧アクチュエータを駆動する駆動部と、を備える。駆動部は、その制御ループに設けられ、ステージテーブルの位置に応じて阻止周波数が変化するノッチフィルタを含む。

【0007】

本発明の別の態様は、サーボ装置である。このサーボ装置は、固定ガイドと、固定ガイドに沿って移動可能なスライダと、を備える。固定ガイドには、スライダとの間に形成される圧力室を2つの空間に区画する隔壁と、圧力室と通ずる少なくともひとつの給排ポートと、が設けられている。サーボ装置は、少なくともひとつの給排ポートと接続される少なくともひとつのサーボ弁と、少なくともひとつのサーボ弁に対する制御指令を生成するコントローラと、をさらに備える。コントローラは、その制御ループに設けられ、スライダの位置に応じて阻止周波数が変化するノッチフィルタを含む。

【0008】

本発明のさらに別の態様もまた、サーボ装置である。このサーボ装置は、内部に圧力室を有する第1部材と、圧力室を2つの空間に区画する隔壁を有する第2部材と、を有する流体圧アクチュエータと、2つの空間に流入および/または流出する流体を操作することにより、第1部材と第2部材とを相対的な変位量を制御する駆動部と、を備える。駆動部は、変位量が目標値に近づくように制御指令を生成するフィードバックコントローラと、制御指令の経路上に設けられ、変位量に応じて阻止周波数が変化するノッチフィルタと、を含む。

【0009】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや、本発明の構成要素や表現を方法、装置、などの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、安定性と高速応答性を両立できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態に係るサーボ装置のブロック図である。

【図2】図2(a)、(b)は、流体圧アクチュエータの動作を説明する図である。

【図3】図3(a)~(c)は、第1、第2の比較技術を説明する図である。

【図4】実施の形態に係るエアステージ装置の外観斜視図である。

【図5】図5は、流体圧アクチュエータの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

10

20

30

40

50

以下、各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、工程には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、各図面における部材の寸法は、理解を容易にするために適宜拡大、縮小して示される。また、各図面において実施の形態を説明する上で重要ではない部材の一部は省略して表示する。

#### 【0013】

図1は、実施の形態に係るサーボ装置100のブロック図である。サーボ装置100は、その可動部が直線的に移動可能なりニアアクチュエータのひとつである。サーボ装置100は、流体圧アクチュエータ110および駆動部130を備える。流体圧アクチュエータ110は、第1部材112および第2部材120を備える。第1部材112は内部に圧力室114を有する。第2部材120は、圧力室114を2つの空間116A, 116Bに区画する隔壁122を有する。

10

#### 【0014】

駆動部130は、2つの空間116A, 116Bの圧力 $P_A$ ,  $P_B$ の圧力差を制御することにより、第1部材112と第2部材120とを相対的な位置関係(変位量)を制御する。より詳しくは駆動部130は、2つの空間に流入する、あるいはそれらから流出する流体を操作することにより圧力差を制御する。駆動部130は、流体の流量を制御してもよいし、流体の圧力を制御してもよい。第1部材112と第2部材120の一方が固定子、他方が可動子として機能する。

#### 【0015】

駆動部130は、圧縮空気源132A, 132B、ノッチフィルタ136、出力部138を備える。圧縮空気源132A, 132Bは、空間116A, 116Bの圧縮された気体を給気/排気することにより、それぞれの圧力 $P_A$ ,  $P_B$ を制御可能に構成される。圧縮気体としては、空気、窒素、ヘリウム酸素やアルゴンなどを用いることができる。圧縮空気源132A, 132Bはそれぞれ、サーボバルブを含み、サーボバルブの開閉に応じて、流れ込む/流れ出る流体を操作、より詳しくは流体の量あるいはその圧力を制御し、その結果、圧力 $P_A$ ,  $P_B$ の差を調節する。

20

#### 【0016】

フィードバックコントローラ134には、第1部材112と第2部材120の相対的な位置関係を示す変位量 $P_{FB}$ がフィードバックされる。変位量 $P_{FB}$ は、図示しない位置センサによって生成される。フィードバックコントローラ134は、変位量 $P_{FB}$ が目標となる相対位置を示す目標値 $P_{REF}$ に近づくように、制御指令 $CNT_1$ を生成する。フィードバックコントローラ134は、サーボバルブを積分器となして、 $PDD^2$ (Proportional-Differential-2nd Derivative)制御を行ってもよい。制御指令 $CNT_1$ は、圧縮空気源132A, 132Bのサーボバルブの開閉の程度(および向き)を指示する。

30

#### 【0017】

ノッチフィルタ136は、制御指令 $CNT_1$ の経路上に設けられたバンドストップフィルタであり、阻止周波数 $f_N$ が制御可能に構成される。ノッチフィルタ136の阻止周波数 $f_N$ は、変位量 $P_{FB}$ (あるいは $P_{REF}$ )に応じて設定される。阻止周波数 $f_N$ は、変位量 $P_{FB}$ (あるいは $P_{REF}$ )にもとづいて、所定の演算式にもとづいて計算してもよい。あるいは、阻止周波数 $f_N$ と変位量 $P_{FB}$ (あるいは $P_{REF}$ )の関係を規定するルックアップテーブルを用意しておき、テーブル参照によって阻止周波数 $f_N$ を決定してもよい。

40

#### 【0018】

出力部138は、ノッチフィルタ136を通過した制御指令 $CNT_2$ にもとづいて、圧縮空気源132A, 132Bを制御する。

#### 【0019】

なお、ノッチフィルタ136については公知技術を用いればよく、デジタルフィルタで構成してもよいし、アナログフィルタで構成してもよい。デジタルフィルタで構成する場合、ハードウェアで実装してもよいし、ソフトウェアで実装してもよい。デジタルフィルタで構成されたノッチフィルタの阻止周波数 $f_N$ は、フィルタの係数を変更することで実現

50

できる。一例として、フィードバックコントローラ 134 とノッチフィルタ 136 を、CPU (Central Processing Unit) を含むマイコンと、ソフトウェアの組み合わせで実装してもよい。

【0020】

以上がサーボ装置 100 の構成である。続いてその動作を説明する。

【0021】

図 2 (a)、(b) は、流体圧アクチュエータ 110 の動作を説明する図である。具体的には図 2 (a) は流体圧アクチュエータ 110 の応答特性を示すボード線図であり、図 2 (b) は、ノッチフィルタ 136 の周波数特性を示す図である。横軸は周波数を、縦軸はゲインを示す。図 2 (a) を参照すると、流体圧アクチュエータ 110 の周波数特性は、ローパスフィルタとして捉えることができるが、カットオフ周波数  $f_c$  よりわずかに高い周波数帯域に共振周波数  $f_R$  を有する。

10

【0022】

ゲインを上げていくと共振周波数部分にてゲイン余裕が不足して制御系が不安定となり、アクチュエータの可動子が振動したりする。そこでノッチフィルタ 136 を設け、制御指令 CNT1 から共振周波数  $f_R$  の成分を除去することとしている。

【0023】

本発明者らが検討したところ、流体圧アクチュエータ 110 の共振周波数  $f_R$  は、流体圧アクチュエータ 110 の動作中に動的に変化することを認識するに至った。この認識にもとづいて、本実施の形態では、流体圧アクチュエータ 110 の共振周波数  $f_R$  の変動に、ノッチフィルタ 136 の阻止周波数  $f_N$  を追従させることとしている。このためには、共振周波数  $f_R$  を推定する必要があるが、従来において、サーボ装置 100 の動作中に共振周波数  $f_R$  を推定する手法は存在しない。

20

【0024】

本発明者らは、共振周波数  $f_R$  の変動が、可動子と固定子の相対的な位置 (変位量) と相関を有することを独自に見いだした。これは、相対的な位置に応じて、2つの空間 116A, 116B の可動方向の長さ  $L_1$ ,  $L_2$ 、ひいてはそれらの体積が変化し、気体の共振点が移動することに起因するものと考えられる。なお、この認識を当業者の技術常識と捉えてはならない。

【0025】

そこで、本実施の形態では、流体圧アクチュエータ 110 の変位量に応じて、ノッチフィルタ 136 の阻止周波数  $f_N$  を変化させることにより、共振周波数  $f_R$  を直接測定することなく、適切な阻止周波数  $f_N$  を決定することができる。なお、阻止周波数  $f_N$  は、変位量に応じて連続的に変化させてもよいし、離散的に変化させてもよい。

30

【0026】

以上がサーボ装置 100 の動作である。続いてその利点を説明する。サーボ装置 100 の利点は、比較技術との対比によって明確となる。図 3 (a) ~ (c) は、第 1、第 2 の比較技術を説明する図である。図 3 (a) は、流体圧アクチュエータ 110 の周波数特性であり、図 2 (a) と同様である。

【0027】

流体圧アクチュエータ 110 の共振周波数  $f_R$  の変動の影響を抑制する方法としては、実施の形態で説明したアプローチの他に、2つのアプローチが取り得る。

40

【0028】

第 1 比較技術では、共振周波数  $f_R$  の変動帯域  $f$  をカバーするように、ノッチフィルタの Q 値を低く、すなわち、阻止帯域を広く設計するというアプローチが採られる。図 3 (b) は、第 1 比較技術を説明する図である。

【0029】

第 2 比較技術では、流体圧アクチュエータ 110 および駆動部 230 を含む制御ループのカットオフ周波数  $f_c'$  を共振周波数  $f_R$  の帯域よりも十分に低く設計するというアプローチが採られる。図 3 (c) は、第 2 比較技術を説明する図である。第 2 比較技術によれば

50

、系の応答帯域が、流体圧アクチュエータ 110 の共振周波数  $f_R$  より十分に低いため、共振周波数  $f_R$  の影響を受けない制御が可能となる。

【0030】

しかしながら、第1比較技術における阻止帯域の広いノッチフィルタは、阻止周波数  $f_N$  より低い周波領域で位相遅れ量が大きくなる。したがってノッチフィルタの阻止帯域を広くとると、制御帯域での位相特性が悪化し、位相余裕が減少しゲインをあまり上げられない状態が発生する。

【0031】

また第2比較技術における低いカットオフ周波数  $f_C'$  は、サーボ装置 100 のフィードバックループの狭帯域化を意味するから、応答特性を悪化させ、動作速度が遅くなる。

【0032】

これに対して、実施の形態に係るサーボ装置 100 によれば、狭い阻止帯域と、高いカットオフ周波数を維持できるため、安定性と高速応答性を両立することができる。

【0033】

本発明は、図1のブロック図として把握され、あるいは上述の説明から導かれるさまざまな装置、方法及びものであり、特定の構成に限定されるものではない。以下、本発明の範囲を狭めるためではなく、発明の本質や動作の理解を助け、またそれらを明確化するために、より具体的な構成例や実施例を説明する。

【0034】

図4は、実施の形態に係るエアステージ装置 200 の外観斜視図である。ここでは説明の簡潔化のため1軸のステージを説明する。エアステージ装置 200 は、ステージテーブル 202、流体圧アクチュエータ 210 および駆動部 230 を備える。流体圧アクチュエータ 210 は、ステージテーブル 202 を X 方向に位置決めする。流体圧アクチュエータ 210 には、給排ポート 222A, 222B が設けられており、駆動部 230 は、給排ポート 222A, 222B への気体の流量、給気/排気の向きを制御することにより、流体圧アクチュエータ 210 を駆動する。

【0035】

駆動部 230 は、その制御ループに設けられたノッチフィルタ 236 を含む。ノッチフィルタ 236 の阻止周波数は、ステージテーブル 202 の位置（すなわちスライダ 214 の位置）に応じて可変である。

【0036】

より詳しくは、流体圧アクチュエータ 210 は、X 方向に向かって伸びる固定ガイド 212 と、スライダ 214 を備える。筒状のスライダ 214 は、固定ガイド 212 を取り囲んでおり、固定ガイド 212 に沿って移動可能な可動子である。スライダ 214 には、ステージテーブル 202 が取り付けられる。

【0037】

スライダ 214 が固定ガイド 212 に対して滑らかに移動できるように、スライダ 214 と固定ガイド 212 は静圧気体軸受を形成している。具体的には、スライダ 214 の内側に設けられたエアパッドから圧縮気体を噴出することにより、スライダ 214 は、固定ガイド 212 に対して非接触の状態を維持している。静圧気体軸受については公知技術を用いればよい。磁場が問題とならない用途では、静圧気体軸受に代えて、磁気軸受を用いてもよい。

【0038】

駆動部 230 は、サーボ弁 232A, 232B と、コントローラ 234 を備える。サーボ弁 232A, 232B はそれぞれ、給排ポート 222A, 222B と接続されている。またサーボ弁 232A は、図示しない圧縮気体源および排気経路と接続されている。サーボ弁 232B も同様である。

【0039】

コントローラ 234 は、サーボ弁 232A, 232B を制御することにより、流体圧アクチュエータ 210 を制御する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 0 】

図 5 は、流体圧アクチュエータ 2 1 0 の断面図である。スライダ 2 1 4 と固定ガイド 2 1 2 との間には、圧力室 2 1 6 が形成される。固定ガイド 2 1 2 には、この圧力室 2 1 6 を、2 つの空間 2 1 8 A , 2 1 8 B に区画する隔壁 2 2 0 が設けられる。また固定ガイド 2 1 2 には、圧力室 2 1 6 と通ずる少なくともひとつの給排ポート 2 2 2 A , 2 2 2 B が設けられる。給排ポート 2 2 2 A は、流路 2 2 4 A を介して空間 2 1 8 A と通じており、給排ポート 2 2 2 B は、流路 2 2 4 B を介して空間 2 1 8 B と通じている。

## 【 0 0 4 1 】

給排ポート 2 2 2 A から給気し、給排ポート 2 2 2 B から排気することにより、空間 2 1 8 A の体積が大きく、空間 2 1 8 B の体積が小さくなるため、スライダ 2 1 4 は図中、左側に移動する。反対に、給排ポート 2 2 2 A から排気し、給排ポート 2 2 2 B から給気することにより、スライダ 2 1 4 は図中、右側に移動する。

10

## 【 0 0 4 2 】

図 5 の流体圧アクチュエータ 2 1 0 は、図 1 の流体圧アクチュエータ 1 1 0 の一形態と把握することができる。具体的には、図 5 のスライダ 2 1 4 は、図 1 の第 1 部材 1 1 2 に対応付けることができ、図 5 の固定ガイド 2 1 2 および隔壁 2 2 0 は、図 1 の第 2 部材 1 2 0 および隔壁 1 2 2 に対応付けることができる。

## 【 0 0 4 3 】

なお図 4 や図 5 に示すように、サーボ弁 2 3 2 A , 2 3 2 B が空間 2 1 8 A , 2 1 8 B に近いほど、スライダ 2 1 4 の変位に対する共振周波数の変動が顕著となる。反対に、サーボ弁 2 3 2 A , 2 3 2 B を、空間 2 1 8 A , 2 1 8 B から遠ざけるほど、スライダ 2 1 4 の変位による共振周波数の変動は小さくなる。したがって、上述したノッチフィルタの周波数制御は、サーボ弁 2 3 2 A , 2 3 2 B が空間 2 1 8 A , 2 1 8 B に近い構造においてより効果的である。

20

## 【 0 0 4 4 】

実施の形態にもとづき、具体的な語句を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用の一側面を示しているにすぎず、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が認められる。

## 【 0 0 4 5 】

ノッチフィルタ 1 3 6 は、阻止周波数  $f_N$  に加えて、減衰量および / または  $Q$  値 (バンド幅) が可変であってもよい。この場合において、ステージの位置に応じて、阻止周波数  $f_N$  に加えて、減衰量および / または  $Q$  値を変化させてもよい。

30

## 【 0 0 4 6 】

実施の形態では、圧力室に形成される 2 つの空間それぞれへ流入し、それぞれから流出する流体を制御可能であったが、その限りでなく、一方の空間に対する流体のみを操作してもよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 4 7 】

- 1 0 0 サーボ装置
- 1 1 0 流体圧アクチュエータ
- 1 1 2 第 1 部材
- 1 1 4 圧力室
- 1 1 6 空間
- 1 2 0 第 2 部材
- 1 2 2 隔壁
- 1 3 0 駆動部
- 1 3 2 圧縮空気源
- 1 3 4 フィードバックコントローラ
- 1 3 6 ノッチフィルタ
- 1 3 8 出力部

40

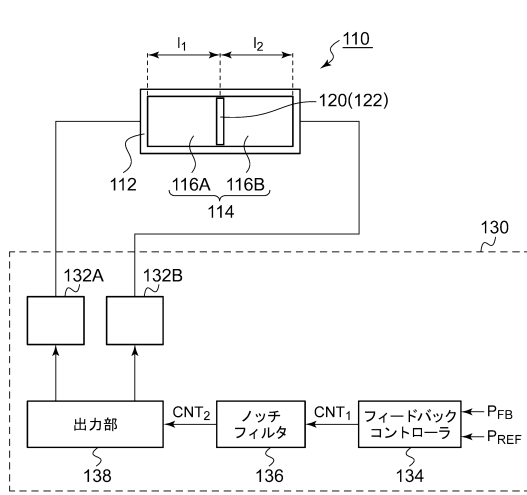
50

- 2 0 0 エアステージ装置
- 2 0 2 ステージテーブル
- 2 1 0 流体圧アクチュエータ
- 2 1 2 固定ガイド
- 2 1 4 スライダ
- 2 1 6 圧力室
- 2 1 8 空間
- 2 2 0 隔壁
- 2 2 2 給排ポート
- 2 3 0 駆動部
- 2 3 2 サーボ弁
- 2 3 4 コントローラ
- 2 3 6 ノッチフィルタ

10

【図面】

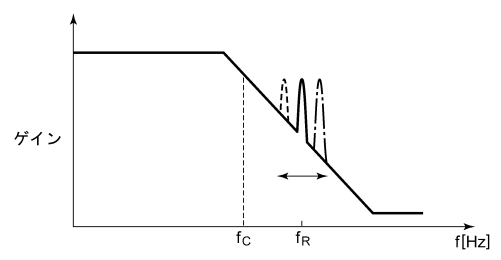
【図 1】



【図 2】

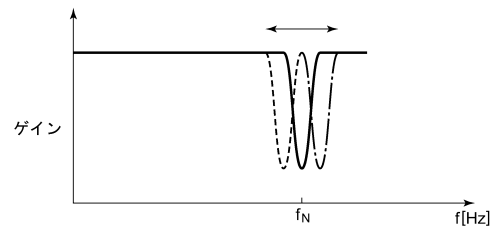
100

(a)



20

(b)

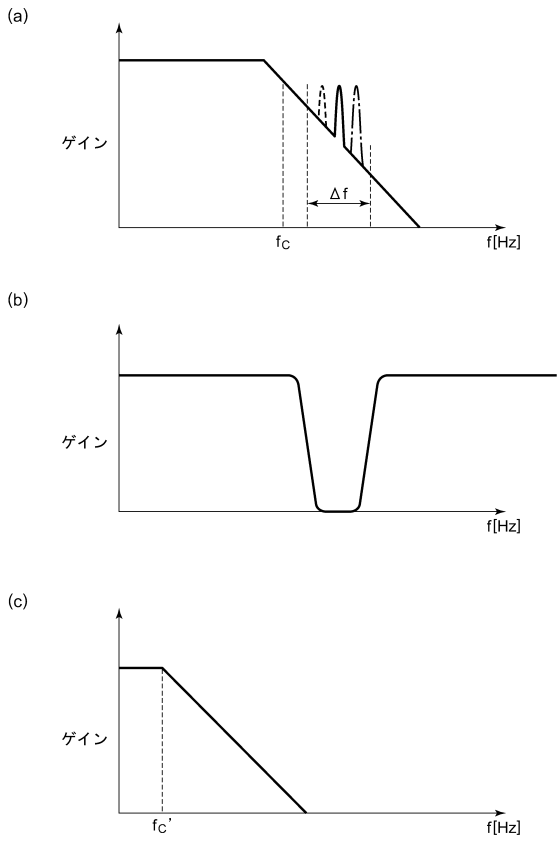


30

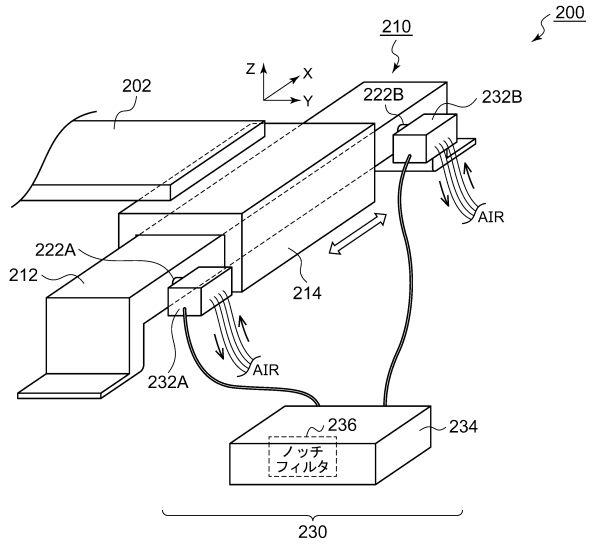
40

50

【図3】



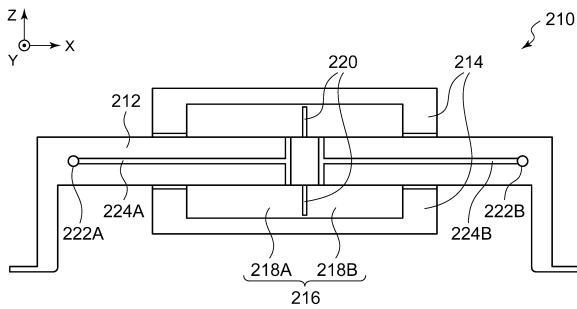
【図4】



10

20

【図5】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-126402(JP,A)  
特開2004-031978(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G05D | 3/12  |
| F16C | 32/06 |
| G05B | 11/36 |