

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3832396号

(P3832396)

(45) 発行日 平成18年10月11日(2006.10.11)

(24) 登録日 平成18年7月28日(2006.7.28)

| | | | | | |
|---------------|-------------|------------------|------|------|---|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | |
| HO2N | 2/00 | (2006.01) | HO2N | 2/00 | C |
| GO3B | 5/00 | (2006.01) | GO3B | 5/00 | J |

請求項の数 7 (全 28 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2002-208854 (P2002-208854) | (73) 特許権者 | 303050159 |
| (22) 出願日 | 平成14年7月17日(2002.7.17) | | コニカミノルタフォトイメージング株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2004-56878 (P2004-56878A) | | 東京都新宿区西新宿一丁目26番2号 |
| (43) 公開日 | 平成16年2月19日(2004.2.19) | (74) 代理人 | 100067828 |
| 審査請求日 | 平成14年7月17日(2002.7.17) | | 弁理士 小谷 悦司 |
| 前置審査 | | (74) 代理人 | 100096150 |
| | | | 弁理士 伊藤 孝夫 |
| | | (74) 代理人 | 100099955 |
| | | | 弁理士 樋口 次郎 |
| | | (72) 発明者 | 原 吉宏 |
| | | | 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内 |
| | | 審査官 | 牧 初 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 駆動装置、位置制御装置およびカメラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動部材を位置サーボ制御で駆動する超音波アクチュエータの駆動装置において、前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、

前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティ比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えること

を特徴とする駆動装置。

【請求項2】

前記超音波アクチュエータは、矩形波の駆動電圧が印加されることにより伸縮する電気機械変換素子と、前記電気機械変換素子の伸縮方向における一方端に固着された支持部材と、前記移動部材と所定の摩擦力で係合され、前記電気機械変換素子の伸縮方向における他方端に固着された駆動部材とを備え、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させることで前記支持部材と前記移動部材とが相対移動するものであること

を特徴とする請求項1に記載の駆動装置。

【請求項3】

前記駆動電圧の所定の基本駆動周波数において、前記デューティ比の変化に対して移

10

20

動部材の速度が略直線的に変化すること

を特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記駆動手段は、前記超音波アクチュエータの完全共振周波数よりも低い周波数を基本駆動周波数として前記駆動電圧を生成すること

を特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 5】

超音波アクチュエータで駆動される移動部材の位置を位置サーボ制御する位置制御装置において、

前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、

前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、

前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、

前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティ比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えること

を特徴とする位置制御装置。

【請求項 6】

撮像光学系に配置された手ぶれ補正用レンズを備えるカメラにおいて、

前記手ぶれ補正レンズを駆動する超音波アクチュエータと、

前記手ぶれ補正レンズの現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、

前記手ぶれ補正レンズの制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と

、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、

前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティ比を調整することにより前記手ぶれ補正レンズの位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えること

を特徴とするカメラ。

【請求項 7】

撮像光学系に位置サーボ制御で駆動される移動部材を備えるカメラにおいて、

矩形波の駆動電圧が印加されることにより伸縮する電気機械変換素子と、前記電気機械変換素子の伸縮方向における一方端に固着された支持部材と、前記移動部材と所定の摩擦力で係合され、前記電気機械変換素子の伸縮方向における他方端に固着された駆動部材とを備え、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させることで前記支持部材と前記移動部材とが相対移動する超音波アクチュエータと、

前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、

前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、

前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように前記駆動電圧を生成する駆動手段と、

前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティ比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えること

を特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波アクチュエータの駆動装置に関し、特に、所定の共振状態で駆動する超音波アクチュエータにおいて位置サーボ制御を行うことができる駆動装置に関する。そして、この駆動装置を用いた位置制御装置およびカメラに関する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

【 従来 の 技 術 】

近年、スチルカメラ、デジタルカメラ、カメラ一体型VTRなどのカメラは、携帯性や機動性を確保するために、小型化および省電力化が要求されている。そのため、フォーカスレンズ、ズームレンズ、手ぶれ補正用レンズなどを駆動する駆動装置も小型化および省電力化が要求される。この要求を満たすために、駆動装置に電気機械変換素子を用いた超音波アクチュエータが研究・開発されている。

【 0 0 0 3 】

この超音波アクチュエータの一つに、レンズなどの駆動対象物が取り付けられた移動部材を棒状の駆動部材に所定の摩擦力を有するように係合させると共に、その移動部材の一方端に圧電素子を固着して構成される圧電アクチュエータがある。この構成の圧電アクチュエータをフォーカスレンズ、ズームレンズ、手ぶれ補正用レンズなどの駆動に用いる場合には、ピント合わせ、倍率合わせ、手ぶれ補正などを正確に行うために、移動部材の位置および速度や加速度などの運動状態を制御する必要がある。特に、手ぶれ補正用レンズを駆動する場合には、所定の時間内に、例えば、リリース釦が全押しされてからシャッターが切れるまでの期間手ぶれを補正し続ける必要があることから、連続的に変化する目標位置になるべく少ない偏差で追従することができるように移動部材を位置サーボ制御することが特に重要である。

10

【 0 0 0 4 】

ここで、超音波アクチュエータの一つである超音波モータを制御する駆動装置として、特開2001-078472号公報がある。しかしながら、同公報に開示された駆動装置は、円板型の超音波モータを機械共振周波数で常に駆動することができるように、位相差を検出しながら周波数を制御する装置であり、振動体（移動部材に相当）の位置を制御することを目的としたものではない。

20

【 0 0 0 5 】

また、プローブの駆動に圧電アクチュエータを用い、プローブの位置を制御する走査型プローブ顕微鏡の位置制御システムが特開平8-201402号公報に開示されている。しかしながら、同公報に開示された圧電アクチュエータは、同公報で引用された特開平6-229753号公報に拠れば、チューブ状に形成された圧電体の内周面に単一の共通電極を設けると共に外周面にはその周方向に4つの駆動電極を設けて、4つの駆動電極への電圧印加を適宜制御することにより、屈曲や伸縮などにより圧電体の自由端部を3次元的に変位させるものである。そして、この圧電体の自由端部にステージを固着し、このステージに試料を支持することにより、圧電体の端部の変位によってプローブにより試料を走査させるものである。したがって、同公報に開示の圧電アクチュエータの位置制御システムは、プローブを所望の位置に制御する位置制御システムであって、プローブを位置サーボ制御するシステムではなく、また、共振状態を使用して位置を制御するシステムでもない。

30

【 0 0 0 6 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

ところで、所定の共振状態で超音波アクチュエータを駆動した状態で位置サーボを行う上で、速度や加速度などを適切に制御する駆動回路は、上述のように知られていなかった。そのため、連続的に変化する制御目標位置に駆動対象物の位置を制御する必要がある場合に、位置サーボ制御を可能とする駆動装置が要望されていた。

40

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明では、位置サーボ制御を行うことができる超音波アクチュエータの駆動装置を提供することを目的とする。そして、この駆動装置を用いた位置制御装置およびカメラを提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

上記の課題を解決するために、本発明では、移動部材を位置サーボ制御で駆動する超音

50

波アクチュエータの駆動装置は、前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティー比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えて構成される。

【0009】

そして、上記の課題を解決するために、さらに本発明では、超音波アクチュエータで駆動される移動部材の位置を位置サーボ制御する位置制御装置は、前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティー比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えて構成される。

10

【0010】

また、上記の課題を解決するために、さらに本発明では、撮像光学系に配置された手ぶれ補正用レンズを備えるカメラは、前記手ぶれ補正レンズを駆動する超音波アクチュエータと、前記手ぶれ補正レンズの現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、前記手ぶれ補正レンズの制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように矩形波の駆動電圧を生成する駆動手段と、前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティー比を調整することにより前記手ぶれ補正レンズの位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えて構成される。

20

【0011】

さらに、上記の課題を解決するために、さらに本発明では、撮像光学系に位置サーボ制御で駆動される移動部材を備えるカメラは、矩形波の駆動電圧が印加されることにより伸縮する電気機械変換素子と、前記電気機械変換素子の伸縮方向における一方端に固着された支持部材と、前記移動部材と所定の摩擦力で係合され、前記電気機械変換素子の伸縮方向における他方端に固着された駆動部材とを備え、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させることで前記支持部材と前記移動部材とが相対移動する超音波アクチュエータと、前記移動部材の現在位置を所定の時間間隔で繰り返し検出する検出手段と、前記移動部材の制御目標位置を所定の時間間隔で繰り返し演算する演算手段と、前記超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するように前記駆動電圧を生成する駆動手段と、前記移動部材が連続的に変化する前記制御目標位置に追従するように、前記現在位置と前記制御目標位置との差に応じて前記駆動電圧のデューティー比を調整することにより前記移動部材の位置を位置サーボ制御する位置サーボ制御手段とを備えて構成される。

30

【0012】

このように本発明に係る駆動装置、位置制御装置およびカメラは、超音波アクチュエータを所定の共振状態で駆動するので、効率よく駆動することができる。そして、本発明に係る駆動装置、位置制御装置およびカメラは、矩形波の駆動電圧におけるデューティー比を調整するので、共振状態を維持しつつ移動部材の速度や加速度などの運動状態を最適に調整することができるため、連続的に位置サーボ制御を行うことができる。

40

【0013】

なお、本明細書において、駆動周波数と変位量との関係で、定常状態とは、或る駆動周波数で駆動している状態で、入力電圧の変化量に対する変位量が線形となる駆動状態をいい、共振状態とは、機械共振状態を含めて、定常状態以外の駆動状態をいう。

【0014】

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る実施形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

(第1の実施形態)

第1の実施形態における駆動装置の構成について説明する。

【0015】

図1は、第1の実施形態における駆動装置の構成を概略的に示すブロック図である。図2は、駆動装置に用いたインパクト型圧電アクチュエータの構成を示す斜視図である。

【0016】

図1および図2において、駆動装置10は、電気機械変換素子21、支持部材22、駆動部材23、移動部材24、駆動回路25、制御回路26、移動部材センサ27、基端センサ28および先端センサ29を備えて構成される。インパクト型圧電アクチュエータ11は、電気機械変換素子21、支持部材22、駆動部材23および移動部材24を備えて構成される。

10

【0017】

支持部材22は、電気機械変換素子21と駆動部材23とを保持する部品であり、円柱体の軸方向両端部221、222と略中央に位置する仕切壁223とを残して内部を削り貫くことにより形成された第1收容空間224および第2收容空間225を有している。この第1收容空間224には、電気機械変換素子21がその分極方向である伸縮方向を支持部材22の軸方向と一致させた状態で收容されている。第2收容空間225には、移動部材24の一部と駆動部材23とが收容されている。

20

【0018】

電気機械変換素子21は、例えば、所定の厚みを有する複数枚の圧電基板を各圧電基板間に電極を介して積層した圧電素子であり、積層方向に伸縮する。このような積層型圧電素子は、バイモルフと比較すると弾性スチフネスが大きいために共振周波数が高く、そのため応答速度が速いという有利な効果がある。さらに、積層型圧電素子は、バイモルフと比較すると発生力も桁違いに大きいという有利な効果がある。圧電基板の厚みは、仕様から必要とされる伸縮量、積層数および印加電圧などにより決定される。

【0019】

電気機械変換素子21は、その伸縮方向である長手方向の一方端面が第1收容空間224の一方端面(端部221側端面)に固着されている。支持部材22の他方端部222および仕切壁223には、中心位置に駆動部材23の断面形状に合わせた形状の孔が穿設されると共に、この両孔を貫通して棒状の駆動部材23が第2收容空間245に軸方向に沿って移動可能に收容されている。電気機械変換素子21の他方端面は、駆動部材23の第1收容空間224内に突出した端部が固着される。

30

【0020】

第2收容空間225の外部に突出した駆動部材23の端部は、板ばね32により所定のばね圧で電気機械変換素子21側に付勢されている。この板ばね32の付勢は、電気機械変換素子21の伸縮動作に基づく駆動部材23の軸方向変位を安定化させるためである。

【0021】

駆動部材23は、電気機械変換素子21の伸縮を移動部材24の移動に変換すると共に、移動部材24を支えるガイドである。駆動部材23の断面形状は、円形、楕円および矩形などの形状を適用することができるが、移動部材24を安定的に支えスムーズに移動させることができるようにする観点から第1の実施形態では、円形である。

40

【0022】

移動部材24は、駆動部材23の軸方向の両側に取付部241を有する基部242と、両取付部241の間に着装される挟込み部材243とを備える。基部242は、駆動部材23に遊嵌される。挟込み部材243は、両取付部241に取り付けられた板ばね244によって駆動部材23の方向に押圧され、駆動部材23に接触する。この接触によって、移動部材24は、所定の摩擦力で駆動部材23と結合される。また、駆動対象物30は、

50

この移動部材 2 4 の取付部 2 4 1 を用いて取り付けられる。駆動対象物 3 0 が取付部 2 4 1 に取り付けられている部分と対向する部分に、駆動対象物 3 0 を支持する補助支持部材 3 1 が取り付けられる。この補助支持部材 3 1 によって駆動対象物 3 0 は、駆動部材 2 3 の軸方向と略垂直に移動可能となる。

【 0 0 2 3 】

駆動対象物 3 0 は、第 1 の実施形態における駆動装置が搭載される機器による。例えば、機器がカメラの場合にはフォーカスレンズ、ズームレンズ、手ぶれ補正用レンズなどが駆動対象物 3 0 となり、オーバヘッドプロジェクタの場合には投影レンズが駆動対象物 3 0 となり、双眼鏡の場合にはフォーカスレンズが駆動対象物 3 0 となり、X Y 移動ステージの場合には移動ステージが駆動対象物 3 0 となる。なお、手ぶれ補正用レンズや X Y 移動ステージなどのように X Y の 2 方向に移動させることが必要な場合には、方向ごとに駆動装置が配置される。第 1 の実施形態における駆動装置が搭載される機器は、これらに限定されないが、駆動装置 1 0 の特性から、駆動対象物 3 0 を所定の時間内で連続的に移動位置に移動させることが必要な場合に好適である。

10

【 0 0 2 4 】

駆動回路 2 5 は、電気機械変換素子 2 1 に印加される駆動電圧を生成する回路であり、制御回路 2 6 の制御によって駆動電圧の振幅、周波数および駆動電圧が矩形波である場合にはデューティ比 D が調整される。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、駆動回路 2 5 の一構成例を示す回路図である。

20

【 0 0 2 6 】

この駆動回路 2 5 は、Hブリッジ回路で構成され、第 1 の駆動回路 2 5 7 と第 2 の駆動回路 2 5 8 とから構成される。第 1 の駆動回路 2 5 7 は、スイッチ素子 T r 1 からなる第 1 スイッチ回路 2 5 1 と、スイッチ素子 T r 2 からなる第 2 スイッチ回路 2 5 2 と、電源（不図示）からの直流電源電圧 V 1 と、所定波形の電圧を発生する波形発生器 2 5 5 とを備えて構成される。第 2 の駆動回路 2 5 8 は、スイッチ素子 T r 3 からなる第 3 スイッチ回路 2 5 3 と、スイッチ素子 T r 4 からなる第 4 スイッチ回路 2 5 2 と、電源（不図示）からの直流電源電圧 V 2 と、所定波形の電圧を発生する波形発生器 2 5 6 とを備えて構成される。各スイッチ素子 T r 1 ~ T r 4 は、エンハンスメント型の M O S (Metal Oxide Semiconductor) 型 F E T (Field Effect Transistor) である。

30

【 0 0 2 7 】

第 1 の駆動回路 2 5 7 は、直流電源電圧 V 1 がスイッチ素子 T r 1 のソース電極に供給され、接地される接続点 a との間に第 1 スイッチ回路 2 5 1 および第 2 スイッチ回路 2 5 2 の直列回路が接続される。第 2 の駆動回路 2 5 8 は、直流電源電圧 V 2 がスイッチ素子 T r 3 のソース電極に供給され、接地される接続点 a との間に第 3 スイッチ回路 2 5 3 および第 4 スイッチ回路 2 5 4 の直列回路が接続される。

【 0 0 2 8 】

第 1 スイッチ回路 2 5 1 のスイッチ素子 T r 1 と第 3 スイッチ回路 2 5 3 のスイッチ素子 T r 3 とは、Pチャネル F E T である。このため、スイッチ素子 T r 1 とスイッチ素子 T r 3 とは、駆動制御信号がローレベル（Lレベル）の場合にオン（閉）になる。また、第 2 スイッチ回路 2 5 2 のスイッチ素子 T r 2 と第 4 スイッチ回路 2 5 4 のスイッチ素子 T r 4 とは、Nチャネル F E T である。このため、スイッチ素子 T r 2 とスイッチ素子 T r 4 とは、駆動制御信号がハイレベル（Hレベル）の場合にオンになる。

40

【 0 0 2 9 】

そして、第 1 スイッチ回路 2 5 1 および第 2 スイッチ回路 2 5 2 の接続点 c と、第 3 スイッチ回路 2 5 3 および第 4 スイッチ回路 2 5 4 の接続点 d との間に電気機械変換素子 2 1 が接続され、Hブリッジ回路が構成される。

【 0 0 3 0 】

波形発生器 2 5 5 から出力される第 1 駆動信号 S d 1 は、第 1 スイッチ素子 T r 1 および第 2 スイッチ素子 T r 2 のゲート電極に印加され、波形発生器 2 5 6 から出力される第

50

2 駆動信号 $S d 2$ は、第 3 スイッチ素子 $T r 3$ および第 4 スイッチ素子 $T r 4$ のゲート電極に印加される。第 1 駆動信号 $S d 1$ および第 2 駆動信号 $S d 2$ は、所定のデューティ比 D の矩形波電圧である。

【0031】

直流電源電圧 $V 1$ 、 $V 2$ は、電気機械変換素子 21 に印加される矩形波の駆動電圧における大きさ（振幅）を決める値である。直流電源電圧 $V 1$ は、第 1 駆動信号 $S d 1$ に対応する第 1 駆動電圧 $V d 1$ となり、直流電源電圧 $V 2$ は、第 2 駆動信号 $S d 2$ に対応する第 2 駆動電圧 $V d 2$ となる。第 1 駆動電圧 $V d 1$ および第 2 駆動電圧 $V d 2$ は、第 1 駆動信号 $S d 1$ および第 2 駆動信号 $S d 2$ とは逆位相の電圧で、それぞれ電気機械変換素子 21 に印加される。

10

【0032】

ここで、駆動回路 25 を低コスト化、小型化を図る観点から、直流電源電圧 $V 1$ 、 $V 2$ を $V 1 = V 2 = V p$ と同一にすることによって電源を統一してもよい。

【0033】

図 1 に戻って、部材センサ 27 は、移動部材 24 の移動可能範囲内に配設されており、 $M R E$ (Magneto Resistive Effect) 素子や $P S D$ (Position Sensitive Device) 素子などのセンサにより構成されている。移動部材 24 の現在位置が部材センサ 27 により検出されることで移動部材 24 を制御目標位置に移動させる制御が可能となる。基端センサ 28 および先端センサ 29 は、フォトインタラプタなどのセンサにより構成され、移動部材 24 が移動可能範囲内を越えて移動することを防止可能な位置に配設される。

20

【0034】

制御回路 26 は、駆動装置 10 の全体の制御を行う回路であり、演算処理を行う中央処理装置 (Central Processing Unit、以下、「 $C P U$ 」と略記する。)、処理プログラムとデータとが格納された $R O M$ (Read-Only Memory) およびデータを一時的に記憶する $R A M$ (Random Access Memory) を備えて構成される。特に、 $R O M$ には、駆動電圧の基本駆動周波数および移動部材 24 の移動速度と駆動電圧を特定する物理量のうち操作量となる操作物理量との関係を示すルックアップテーブル (以下、「 $L U$ テーブル」と略記する。) が記憶される。 $L U$ テーブルは、駆動電圧の物理量のうち操作量として制御される物理量ごとに後述する方法によって作成され、例えば、操作量が電圧値である場合には移動部材 24 の移動速度と駆動電圧の電圧値との関係を示す電圧 $L U$ テーブル、操作量が周波数である場合には移動部材 24 の移動速度と駆動電圧の周波数との関係を示す周波数 $L U$ テーブル、および、駆動電圧が矩形波の場合であって操作量がデューティ比 D である場合には移動部材 24 の移動速度と駆動電圧のデューティ比 D との関係を示す $D L U$ テーブルである。 $R O M$ には、これらのうち少なくとも 1 つの $L U$ テーブルが記憶される。複数の $L U$ テーブルを記憶して適宜に切り換えてもよい。

30

【0035】

制御回路 26 は、移動部材 24 を所望の速度状態で所望の位置に移動させるために駆動回路 25 の動作を指示する外部信号、部材センサ 27、基端センサ 28 および先端センサ 29 の検出出力が入力され、これら入力に基づいて $L U$ テーブルを参照して移動速度を決定し、移動部材 24 が決定された移動速度で指示された移動位置となるように、駆動回路 25 の波形発生器 255、256 に制御信号を出力する。

40

【0036】

(駆動原理)

基本駆動周波数の決定方法および $L U$ テーブルの作成方法を説明する前に、まず、駆動装置 10 の駆動原理を説明する。

【0037】

図 4 は、駆動装置の駆動原理を説明するための図である。図 4 (A) は、移動部材 24 を正方向に移動させる場合において、駆動回路 25 から電気機械変換素子 21 に出力される駆動電圧の電圧波形を示す図であり、図 4 (B) は、これに対応する電気機械変換素子 21 の伸縮による変位を示す図である。また、図 4 (C) は、移動部材 24 を逆方向に移

50

動かせる場合において、駆動回路 2 5 から電気機械変換素子 2 1 に出力される駆動電圧の電圧波形を示す図であり、図 4 (D) は、これに対応する電気機械変換素子 2 1 の伸縮による変位を示す図である。

【 0 0 3 8 】

ここで、正方向とは、移動部材 2 4 が電気機械変換素子 2 1 から駆動部材 2 3 の先端部（板ばね 3 2 によって付勢される端部）に向う方向であり、逆方向とは、逆に、移動部材 2 4 が駆動部材 2 3 のこの先端部から電気機械変換素子 2 1 に向う方向である。また、電気機械変換素子 2 1 の伸縮による変位は、レーザドップラー振動計により測定した。

【 0 0 3 9 】

図 4 (A) に示すようなデューティ比 D 3 : 7 の矩形波状の駆動電圧が電気機械変換素子 2 1 に印加された場合には、電気機械変換素子 2 1 の変位は、図 4 (B) に示すように緩慢な立ち上がり部 T a と急峻な立下り部 T b とを有する鋸歯形状となることが確認された。一方、図 4 (C) に示すようなデューティ比 D 7 : 3 の矩形波状の駆動電圧が電気機械変換素子 2 1 に印加された場合には、図 4 (D) に示すような電気機械変換素子 2 1 の変位は、急峻な立ち上がり部 T c と緩慢な立下り部 T d とを有する鋸歯形状となることが確認された。

【 0 0 4 0 】

すなわち、電気機械変換素子 2 1 の変位が図 4 (B) に示すような緩慢な立ち上がり部 T a では、電気機械変換素子 2 1 が緩やかに伸長し、移動部材 2 4 が駆動部材 2 3 と共に正方向に移動する。そして、電気機械変換素子 2 1 の変位が図 4 (B) に示すような急峻な立ち下がり部 T b では、電気機械変換素子 2 1 が急激に縮小し、駆動部材 2 3 が逆方向に移動しても移動部材 2 4 は、駆動部材 2 3 上をスリップして略同位置に留まることになる。その結果、移動部材 2 4 は、正方向に移動したことになる。したがって、図 4 (A) に示す矩形波の駆動電圧が電気機械変換素子 2 1 に繰り返し印加されることで、移動部材 2 4 は、正方向に間欠的に移動することになる。逆方向の移動原理も同様である。

【 0 0 4 1 】

ここで、緩慢な立ち上がり部 T a においても移動部材 2 4 と駆動部材 2 3 とが必ずスリップしない状態である必要はなく、緩慢な立ち上がり部 T a において移動部材 2 4 が正方向に移動する正移動量から、急峻な立ち下がり部 T b において移動部材 2 4 が逆方向に移動する逆移動量を差し引いた値が 0 より大きければ結果的に正方向に移動する。駆動電圧のデューティ比 D の変化に従って緩慢な立ち上がり部 T a の傾きと急峻な立ち下がり部 T b の傾きとは変化するので、正移動量と逆移動量とは、駆動電圧のデューティ比 D の変化に因ることになる。したがって、移動部材 2 4 を正方向に移動させるためには、駆動電圧のデューティ比 D は、 $(\text{正移動量}) - (\text{逆移動量}) > 0$ となるように設定すればよいことになる。また、駆動電圧が矩形波である場合だけでなく、正弦波である場合でも上述した鋸歯形状を実現できることが確認されている。

【 0 0 4 2 】

なお、デューティ比 D は、矩形波のハイレベルの時間を T 1、ローレベルの時間を T 2 とすると、 $T 1 : T 2$ である。

【 0 0 4 3 】

また、例えば、図 4 (A) に示す駆動電圧が電気機械変換素子 2 1 に印加された場合、電気機械変換素子 2 1 の変位が鋸歯形状となるのは次のような理由による。矩形波は、基本波である正弦波と複数次の高調波とからなるものであるが、駆動電圧の駆動周波数 $f d$ が電気機械変換素子 2 1 の共振周波数 $f r$ に対して $0.3 \times f r < f d < 1.5 \times f r$ 、系における電気機械変換素子 2 1 の共振周波数 $f r$ の影響を受けて矩形波を形成している高調波成分のうち 3 次以上の高次高調波におけるゲインが大きく減衰し、電気機械変換素子 2 1 に印加される駆動電圧が実質的に基本波と 2 次高調波とからなる波形（鋸歯形状の波形）を有するものとなるからである。基本波成分および 2 次高調波成分を有する電気機械変換素子 2 1 の変位は、フーリエ逆変換することにより求めることができ、鋸歯形状を呈することがわかる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

一方、駆動電圧のデューティ比Dの或る値を境にして移動部材24の移動方向が正方向と逆方向間で反転するのは、そのデューティ比Dに対応して基本波に対する2次高調波の位相がずれ、基本波と2次高調波とからなる鋸歯形状における立ち上がり部Ta(Tc)の傾斜と立ち下り部Tb(Td)の傾斜が変化するためである。すなわち、より具体的にはデューティ比Dが $0.05 < D < 0.45$ にある場合には移動部材24は正方向に移動し、 $0.55 < D < 0.95$ にある場合には移動部材24は逆方向に移動する。

【 0 0 4 5 】

ここで、支持部材22および駆動部材23が固着された状態での電気機械変換素子21の共振周波数 f_r は、次の数1により求めた。

10

【 0 0 4 6 】

【 数 1 】

$$f_r = \frac{f_{r0}}{2} \sqrt{\frac{m_p}{m_p + 2m_f}}$$

【 0 0 4 7 】

この数1における f_{r0} は電気機械変換素子21の両電極間におけるフリー共振周波数(電気機械変換素子21自体の電極間方向における共振周波数)、 m_p は、電気機械変換素子21の質量、 m_f は駆動部材23の質量をそれぞれ表している。なお、支持部材22の質量は、共振系における電気機械変換素子21の共振周波数 f_r に関係するが、支持部材22の質量は、電気機械変換素子21および駆動部材23の各質量を加算したものに比べて十分大きな値であり、共振周波数 f_r に与える影響は小さいので演算パラメータとして考慮する必要がない。また、移動部材24は、電気機械変換素子21の共振時には駆動部材23に対して滑りを生じて実質的に共振系の要素として考慮する必要はないので、数1の演算パラメータとしては含まれない。

20

【 0 0 4 8 】

以上、移動部材24が移動することができる共振周波数 f_r と駆動周波数 f_d との関係($0.3 \times f_r < f_d < 1.5 \times f_r$)および移動方向の関係は、実験によって確認された事項であり、駆動装置10の駆動原理と共に、本特許出願の出願人と同一の出願人である特開2001-211669号公報に開示した。

30

【 0 0 4 9 】

このような基礎的な見地の基にさらに以下の解析を行い、基本駆動周波数および各LUテーブルを得た。

【 0 0 5 0 】

(基本駆動周波数の決定)

まず、駆動周波数の変化に対する速度の変化の特性を調べた。

【 0 0 5 1 】

図5は、駆動周波数 - 速度特性を示す図である。図5の横軸はkHz単位で示す駆動電圧の駆動周波数であり、横軸はmm/s単位で示す移動部材24の移動速度である。

40

【 0 0 5 2 】

本解析は、駆動周波数を50kHzから100kHzまで変化させた場合において正方向および逆方向について移動部材24の速度を調べた。正方向の場合には駆動電圧は、デューティ比D3:7の矩形波とし、逆方向の場合には駆動電圧は、デューティ比D7:3の矩形波とした。速度は、所定距離間を移動する時間を計測することによって平均速度を求めた。図5において、正方向の場合における速度を波線で示し、逆方向の場合における速度を実線で示す。

【 0 0 5 3 】

50

図5から分かるように、本解析に使用した駆動装置10は、少なくとも駆動周波数50kHzから約97kHzの間で移動部材24を駆動することができる。移動部材24の速度は、駆動周波数が50kHzから100kHzへ変化するに従って概略的には略台形状に変化し、その間に共振状態および反共振状態がある。すなわち、移動部材24は、駆動周波数50kHzにおいて約3.5mm/sの速度であり、駆動周波数約55kHzで共振状態となって約11.0mm/sの速度となる。続いて、駆動周波数約57kHzで反共振状態となって約9.5mm/sまで速度が遅くなる。続いて、駆動周波数約62.5kHzで共振状態となって約19.3mm/sまで速度が速くなる。続いて、駆動周波数約65kHzから約69kHzの間に約14.0mm/sの速度がほぼ一定の状態の後に駆動周波数略70kHzの小さなピークが見られるものの、駆動周波数約72kHzで反共振状態となって約11.4mm/sまで速度が遅くなる。続いて、駆動周波数約75kHzで約16.0mm/sまで速度が速くなり、その後、駆動周波数約85kHzまで小さな変動があるものの約16.0mm/sの速度で一定状態となる。そして、駆動周波数約89.8kHzで反共振状態となって約10kHzmm/sまで遅くなる。続いて、駆動周波数約93.5kHzで共振状態となって約17.5mm/sまで速度が速くなり、駆動周波数約98kHzで速度が0mm/sとなる。また、駆動周波数に対する速度の変化は、逆方向の場合の方が正方向の場合に比べて速度が速いものの、正方向と逆方向とでほぼ同様である。

10

【0054】

図5に示すように、移動部材24の速度は、駆動周波数約65kHzから約69kHzの間および駆動周波数約75kHzから約85kHzの間では、それぞれ約14.0mm/sおよび約16.0mm/sでほぼ一定の状態となっている。したがって、駆動周波数約65kHzから約69kHzの間や駆動周波数約75kHzから約85kHzの間のような駆動周波数範囲で駆動装置10を動作させれば、駆動装置10は、駆動周波数の変動に対して安定的な速度で移動部材24を移動させることができる。

20

【0055】

一方、図5から分かるように、共振状態の駆動周波数と反共振状態の駆動周波数との間では、速度は、駆動周波数に対して略直線的に変化することも分かる。特に、駆動周波数約57kHzから約62.5kHzの間では、正方向と逆方向とがほぼ完全に一致して略直線的に変化している。

30

【0056】

図5から分かるように、第1の実施形態における駆動装置10は、基本駆動周波数を共振周波数に設定して共振周波数で駆動させるようにすると、駆動周波数の僅かな変動に対して大きく速度が変化してしまう。特に、共振周波数である約93.5kHzで駆動装置10を駆動するとすると、駆動周波数が約92.5kHzに変動すると速度は約25mm/sから約20mm/sに大きく変動し、駆動周波数が約94.5kHzに変動すると速度は約25mm/sから約15mm/sに大きく変動してしまう。

【0057】

したがって、本発明に係る第1の実施形態では、完全共振周波数を外した周波数で駆動するように基本駆動周波数を設定する。例えば、基本駆動周波数を60kHzや68kHzや80kHzなどに設定する。特に、図5から分かるように、基本駆動周波数を約65kHzから約69kHzの間および約75kHzから約85kHzの間に設定すると、駆動周波数の変動に対して安定的な速度で(速度の変動が少なく)移動部材24を移動させることができるので、好適である。

40

【0058】

ここで、基本駆動周波数とは、特定の駆動対象物、特定の温度、特定の駆動電圧値および矩形波の場合には特定の駆動電圧のデューティ比の条件下において、駆動装置10が搭載される機器の仕様から決定される移動部材24の速度を達成するために必要とされる駆動電圧の周波数である。

【0059】

50

(電圧LUテーブルの作成)

次に、可動部負荷の変化に対する速度の変化の特性を駆動電圧の電圧値を変化させて調べた。この場合も駆動電圧は、正方向の場合にはデューティ比D 3 : 7の矩形波であり、逆方向の場合にはデューティ比7 : 3の矩形波である。

【0060】

図6は、可動部負荷 - 速度特性を示す図である。図6Aは、横軸がmN単位で示す負荷、縦軸がmm/s単位で示す速度のグラフであり、図6Bは、測定数値である。可動部負荷は、移動部材24に駆動対象物、例えば、手ぶれ補正用レンズを取り付けるなどした場合における、駆動装置10にかかる全体負荷である。ここで、図6は、逆方向の測定結果であるが、正方向においても同様な結果が得られる。

10

【0061】

図6から分かるように、移動部材24の速度は、4V、4.5Vおよび5Vの各駆動電圧において、可動部負荷に対して略直線的に変化する。すなわち、駆動電圧4Vにおいて、速度は、可動部負荷が0mNから約200mNに変化するに従って約19.4mm/sから約6.86mm/sに略直線的に変化する。駆動電圧4.5Vにおいて、速度は、可動部負荷が0mNから約250mNに変化するに従って約24.0mm/sから6.23mm/sに略直線的に変化する。駆動電圧5Vにおいて、速度は、可動部負荷が0mNから250mNに変化するに従って約28.9mm/sから約10.4mm/sに略直線的に変化する。そして、各電圧における可動部負荷 - 速度特性は、略平行となっている。すなわち、移動部材24に駆動対象物30が設置され所定の負荷状態となった場合において

20

【0062】

したがって、電圧LUテーブルの作成は、移動部材24に駆動対象物30を設置して所定の負荷状態とし、移動部材24の移動速度と駆動電圧の電圧値との関係を実測すればよい。例えば、負荷が約101.1mNである場合には、電圧LUテーブルは、(速度、電圧値)と表記すれば、(14.0mm/s、4V)、(18.5mm/s、4.5V)および(23.2mm/s、5V)と作成される。

【0063】

(DLUテーブルの作成)

次に、可動部負荷を一定にした場合において、駆動周波数の変化に対する速度の変化の

30

【0064】

図7は、駆動周波数 - 速度特性を示す図である。図7の横軸はkHz単位で示す駆動電圧の駆動周波数であり、横軸はmm/s単位で示す移動部材24の移動速度である。また正方向の結果を波線で示し、逆方向の結果を実線で示す。駆動周波数の変化に対する速度の変化の特性は、駆動電圧のデューティ比Dが、3 : 7(図7 1)、2.5 : 7.5(図7 2)および2 : 8(図7 3)の各場合について調べた。

【0065】

図7において、デューティ比Dが3 : 7の場合における移動部材24の速度変化は、図5で説明した通りであるので、その説明を省略する。

40

【0066】

デューティ比2.5 : 7.5の場合について説明する。図7から分かるように、デューティ比2.5 : 7.5における駆動周波数 - 速度特性は、デューティ比3 : 7における駆動周波数 - 速度特性とほぼ同様のプロファイルを示すが、この場合は、共振状態と反共振状態とは、デューティ比3 : 7に比べて不明瞭となっている。すなわち、本解析に使用した駆動装置10は、少なくとも駆動周波数50kHzから約97kHzの間で移動部材24を駆動することができる。移動部材24の速度は、駆動周波数が50kHzから100kHzへ変化するに従って概略的には略台形状に変化し、その間に共振状態および反共振状態がある。移動部材24は、駆動周波数50kHzにおいて約5.0mm/sの速度であり、駆動周波数約55kHzで共振状態となつて約8.4mm/sの速度とな

50

る。続いて、駆動周波数約57kHzで反共振状態となって約7.0mm/sまで速度が遅くなる。続いて、駆動周波数約62.5kHzで共振状態となって約15.2mm/sまで速度が速くなる。続いて、駆動周波数約65kHzから約69kHzの間に約11.4mm/sの速度がほぼ一定の状態が見られるものの、駆動周波数約70kHzの約9.1mm/sまで速度が遅くなる。ここから駆動周波数約89.8kHzでまで小さな変動があるものの約11.0mm/sの速度で一定状態となる。続いて、駆動周波数約93.5kHzで共振状態となって約11.8mm/sまで速度が速くなり、駆動周波数約98kHzで速度が0mm/sとなる。また、駆動周波数に対する速度の変化は、逆方向の場合の方が正方向の場合に比べて速度が速いものの、正方向と逆方向とでほぼ同様である。

【0067】

一方、デューティ比2:8の場合について説明すると、図7から分かるように、本解析に使用した駆動装置10は、少なくとも駆動周波数50kHzから約74kHzの間と駆動周波数約86kHzから約90kHzの間とで移動部材24を駆動することができる。この場合は、共振状態と反共振状態とは、デューティ比3:7に比べてさらに不明瞭となっている。すなわち、移動部材24の速度は、駆動周波数が50kHzから約71kHzへ変化するに従って多少の変動を伴いながら概略的には略逆U形状に変化し、ピークは、駆動周波数約61kHzで約10.7mm/sの速度である。駆動周波数約71で0mm/sの速度となり、駆動周波数約72.5kHzで約5mm/sの速度のピークとなり、駆動周波数約74kHzで再び0mm/sの速度となる。その後、駆動周波数約86kHzまで0mm/sの速度状態が続き、駆動周波数約88kHzで約4.3mm/sの速度のピークとなり、駆動周波数約90kHzで再び0mm/sの速度となる。また、駆動周波数に対する速度の変化は、逆方向の場合の方が正方向の場合に比べて速度が速いものの、正方向と逆方向とでほぼ同様である。

【0068】

図7から分かるように、駆動周波数約60kHzから約65kHzの間では、移動部材24の速度は、デューティ比Dの変化に対して略直線的に変化している。例えば、駆動周波数が62kHzにおいて、速度は、デューティ比が2:8、2.5:7.5、3:7に変化するに従って、約10mm/s、約15mm/s、約19.0mm/sに略直線的に変化している。

【0069】

したがって、DLUテーブルの作成は、移動部材24に駆動対象物30を設置して所定の負荷状態とし、移動部材24の移動速度と駆動電圧のデューティ比との関係を実測する。そして、移動部材24の速度がデューティ比Dの変化に対して略直線的に変化している駆動周波数を調べ、該駆動周波数を基本駆動周波数に決定し、該駆動周波数における移動部材24の移動速度と駆動電圧のデューティ比との関係を採用する。例えば、基本駆動周波数を62kHzとすれば、DLUテーブルは、(速度、デューティ比D)と表記して、(10mm/s、2:8)、(15mm/s、2.5:7.5)および(19.0mm/s、3:7)と作成される。

【0070】

(周波数LUテーブルの作成)

図5および図7に戻って、これらの図を見ると分かるように、移動部材24の移動速度は、駆動周波数の関数となっている。よって、基本駆動周波数から周波数をシフト(変更)することで、速度を制御することができる。そして、フィードバックサーボを行うことを考慮すれば、周波数の変動に対して速度の変動が少ないことが望ましい。したがって、例えば、駆動電圧のデューティ比を正方向3:7で逆方向7:3とし基本駆動周波数を58kHzとすれば、周波数LUテーブルは、(速度、周波数)と表記して、(3.5mm/s、50kHz)および(17mm/s、60kHz)と作成される。なお、基本駆動周波数との差分として周波数LUテーブルを作成して、(3.5mm/s、-8kHz)および(17mm/s、+2kHz)と作成してもよい。

【0071】

10

20

30

40

50

(第1の実施形態の動作)

次に、第1の実施形態における駆動装置10の動作について説明する。

【0072】

移動部材24の移動速度を駆動電圧の電圧値によって制御する場合には、基本駆動周波数および電圧LUテーブルを制御回路26のROMに記憶させる。

【0073】

制御回路26は、外部信号から目標速度と目標位置とが指示されると、部材センサ27より入力される信号から現在位置を判断する。次に、制御回路26は、現在位置と目標位置とを比較することによって、移動部材24を正方向に移動させるか逆方向に移動させるかを判断する。判断の結果、制御回路26は、移動部材24を正方向に移動させる場合には駆動電圧のデューティ比Dを3:7に設定し、移動部材24を逆方向に移動させる場合には駆動電圧のデューティ比Dを7:3に設定する。次に、制御回路26は、電圧LUテーブルを参照して目標速度に対応する電圧値を判断する。次に、制御回路26は、基本駆動周波数、設定したデューティ比Dおよび判断した電圧値となるように駆動回路25を制御すべく制御信号を駆動回路25に出力する。その結果、駆動回路25は、制御信号に基づいて電気機械変換素子21に制御された駆動電圧を印加し、移動部材24が目標速度で目標位置に向かって移動する。そして、制御回路26は、再び部材センサ27から信号を受信して移動部材24の現在位置を取得する。次に、制御回路26は、現在位置が目標位置に一致した場合には駆動回路25を停止させるべく駆動回路25に制御信号を出力し、現在位置が目標位置に一致しない場合には再び上述の制御を行う。このように電圧LUテーブルを参照することによって目標速度で移動部材24を移動させると共に、フィードバック制御を行うことによって移動部材24を目標位置に移動させる。

【0074】

そして、移動部材24の移動速度を駆動電圧のデューティ比Dによって制御する場合には、基本駆動周波数、駆動電圧の電圧値およびDLUテーブルを制御回路26のROMに記憶させる。

【0075】

制御回路26は、外部信号から目標速度と目標位置とが指示されると、DLUテーブルを参照して目標速度に対応するデューティ比Dを判断する。次に、制御回路26は、部材センサ27より入力される信号から現在位置を判断する。次に、制御回路26は、現在位置と目標位置とを比較することによって、移動部材24を正方向に移動させるか逆方向に移動させるかを判断する。制御回路26は、判断したデューティ比Dと方向に基づいてデューティ比Dを決定する。例えば、デューティ比Dが2:8に判断された場合、制御回路26は、移動部材24を正方向に移動させる場合には駆動電圧のデューティ比Dを2:8に設定し、移動部材24を逆方向に移動させる場合には駆動電圧のデューティ比Dを8:2に設定する。次に、制御回路26は、基本駆動周波数、電圧値、設定したデューティ比Dとなるように駆動回路25を制御すべく制御信号を駆動回路25に出力する。その結果、駆動回路25は、制御信号に基づいて電気機械変換素子21に制御された駆動電圧を印加し、移動部材24が目標速度で目標位置に向かって移動する。そして、制御回路26は、再び部材センサ27から信号を受信して移動部材24の現在位置を取得する。次に、制御回路26は、現在位置が目標位置に一致した場合には駆動回路25を停止させるべく駆動回路25に制御信号を出力し、現在位置が目標位置に一致しない場合には再び上述の制御を行う。このようにDLUテーブルを参照することによって目標速度で移動部材24を移動させると共に、フィードバック制御を行うことによって移動部材24を目標位置に移動させる。

【0076】

さらに、移動部材24の移動速度を駆動電圧の周波数によって制御する場合には、基本駆動周波数、デューティ比D、電圧値および周波数LUテーブルを制御回路26のROMに記憶させる。

【0077】

10

20

30

40

50

制御回路 26 は、外部信号から目標速度と目標位置とが指示されると、部材センサ 27 より入力される信号から現在位置を判断する。次に、制御回路 26 は、現在位置と目標位置とを比較することによって、移動部材 24 を正方向に移動させるか逆方向に移動させるかを判断する。制御回路 26 は、判断結果に応じてデューティ比 D を設定する。次に、制御回路 26 は、周波数 LU テーブルを参照して目標速度に対応する駆動周波数を判断する。次に、制御回路 26 は、駆動周波数、設定したデューティ比 D および判断した電圧値となるように駆動回路 25 を制御すべく制御信号を駆動回路 25 に出力する。なお、周波数 LU テーブルが基本駆動周波数と駆動周波数との差分で作成されている場合には、制御回路 26 は、基本駆動周波数を差分だけ変更させ、設定したデューティ比 D および判断した電圧値となるように駆動回路 25 を制御すべく制御信号を駆動回路 25 に出力する。その結果、駆動回路 25 は、制御信号に基づいて電気機械変換素子 21 に制御された駆動電圧を印加し、移動部材 24 が目標速度で目標位置に向かって移動する。そして、制御回路 26 は、再び部材センサ 27 から信号を受信して移動部材 24 の現在位置を取得する。次に、制御回路 26 は、現在位置が目標位置に一致した場合には駆動回路 25 を停止させるべく駆動回路 25 に制御信号を出力し、現在位置が目標位置に一致しない場合には再び上述の制御を行う。このように周波数 LU テーブルを参照することによって目標速度で移動部材 24 を移動させると共に、フィードバック制御を行うことによって移動部材 24 を目標位置に移動させる。

10

【 0078 】

このように第 1 の実施形態に係る駆動装置 10 は、駆動電圧の周波数が基本駆動周波数に設定されるので、共振状態が維持され効率よく駆動される。そして、第 1 の実施形態に係る駆動装置 10 は、駆動電圧を特定する電圧値、デューティ比 D および駆動周波数のうち 1 つを操作物理量として調整するので、移動部材 24 を所定の速度に設定することができる。さらに、第 1 の実施形態に係る駆動装置 10 は、フィードバック制御によって移動部材 24 の位置も制御することができる。

20

【 0079 】

なお、実験に用いた駆動装置 10 は、駆動対象物 30 に応じて解析した結果に基づいて作成した LU テーブルを制御回路 26 の ROM に格納し、処理プログラムを駆動装置 10 が搭載される機器に合わせることで、そのまま機器に採用可能である。

【 0080 】

(第 2 の実施形態)

次に、第 2 の実施形態について説明する。第 2 の実施形態は、手ぶれ補正用レンズを駆動する駆動装置として本発明に係る駆動装置を用いた実施形態であり、操作物理量として駆動電圧の電圧値を用いた実施形態である。

30

【 0081 】

図 8 は、第 2 の実施形態における手ぶれ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【 0082 】

図 8 において、第 2 の実施形態における手ぶれ補正機能付きカメラは、カメラ本体 13 および撮影レンズ 14 を備えて構成される。カメラ本体 13 は、X 振れ検出ジャイロ 41、Y 振れ検出ジャイロ 42、振れ検出回路 43、振れ量検出回路 44、係数変換回路 45、リリース釦 46、シーケンスコントロール回路 47 および制御回路 48 を備える。撮影レンズ 14 は、Y 方向位置センサ 51、Y 方向駆動アクチュエータ 52、X 方向駆動アクチュエータ 53、X 方向位置センサ 54、駆動回路 55、温度センサ 56、手ぶれ補正レンズ 57 および撮影光学系 58 を備えて構成される。

40

【 0083 】

まず、カメラ本体 13 について説明する。X 振れ検出ジャイロ 41 は、カメラの X 方向の振れを検出するジャイロセンサであり、Y 振れ検出ジャイロ 42 は、カメラの Y 方向の振れを検出するジャイロセンサである。ジャイロセンサは、測定対象物 (本実施形態ではカメラ) が振れによって回転した場合における振れの角速度を検出する。X 方向と Y 方向

50

は互いに直交する方向である。

【0084】

X 振れ検出ジャイロ 4 1 が検出した X 振れ角速度信号および Y 振れ検出ジャイロ 4 1 が検出した Y 振れ角速度信号は、振れ検出回路 4 3 に入力される。振れ検出回路 4 3 は、各角速度信号からノイズおよびドリフトを低減するためのフィルタ回路（ローパスフィルタおよびハイパスフィルタ）および各角速度信号を角度信号にそれぞれ変換するための積分回路などを備えて構成される。

【0085】

振れ検出回路 4 3 から出力される各角度信号は、振れ量検出回路 4 4 に入力される。振れ量検出回路 4 4 は、各角度信号を所定の時間間隔で取り込み、カメラの X 方向の振れ量を $d e t x$ 、Y 方向の振れ量を $d e t y$ として係数変換回路 4 5 に出力する。

【0086】

係数変換回路 4 5 は、手ぶれ補正用レンズ 5 7 の固体ばらつきや周囲温度に応じて補正しつつ、各方向の振れ量 ($d e t x$, $d e t y$) を各方向の目標位置 ($p x$, $p y$) に変換する。手ぶれ補正用レンズ 5 7 の固体ばらつきは、例えば、カメラ本体の出荷時の検査において、実測値をカメラ本体に搭載されているメモリ（不図示）に記憶させる。温度特性も実測するなどして該メモリに記憶させる。

【0087】

係数変換回路 4 5 から出力された各方向の目標位置 ($p x$, $p y$) および駆動周波数を示す各信号は、制御回路 4 8 に入力される。制御回路 4 8 は、所定の時間間隔で更新される各方向の目標位置 ($p x$, $p y$) に手ぶれ補正用レンズ 5 7 を移動させることができるように、移動速度を制御すべく後述の電圧 L U テーブルを参照して電圧値を演算する。電圧 L U テーブルは、上述のメモリに記憶される。そして、制御回路 4 8 は、後述するように駆動周波数およびデューティ比 D を演算し、演算した電圧値と共に制御信号として撮影レンズ 1 4 の駆動回路 5 5 に出力する。

【0088】

これら振れ量検出回路 4 4、係数変換回路 4 5 および制御回路 4 8 の動作は、シーケンスコントロール回路 4 7 によって制御される。すなわち、シーケンスコントロール回路 4 7 は、リリース釦 4 6 が全押しされると、振れ量検出回路 4 4 を制御することによって、各方向の振れ量 ($d e t x$, $d e t y$) を取り込む (S 1 1)。次に、シーケンスコントロール回路 4 7 は、係数変換回路 4 5 を制御することによって、各方向の振れ量を各方向の目標位置 ($p x$, $p y$) に変換させる (S 1 2)。次に、シーケンスコントロール回路 4 7 は、制御回路 4 8 を制御することにより、各方向の目標位置および駆動周波数に基づいて操作値を演算させる (S 1 3)。このような S 1 1 ないし S 1 3 の動作を手ぶれを補正するために、リリース釦 4 6 が全押しされ露光が終了するまでの期間中、所定間隔で繰り返し行われる。ここで、カメラの振れ、いわゆる手ぶれは、約 1 0 H z の小振幅である筋肉の振動、3 H z 以下の大振幅である体の揺れ、および、5 H z 程度の大振幅であるリリース釦 4 6 を操作する際に生じる振れが合成された振動であると言われている。このことから、本実施形態では例えば 0 . 0 0 0 5 秒間隔 (2 k H z) で手ぶれ補正を行う。

【0089】

なお、シーケンスコントロール回路 4 7 は、リリース釦 4 6 が半押しされると不図示の回路を用いて測光や被写体距離検出などの撮影の準備を行い、リリース釦 4 6 が全押しされるとフォーカス調整用のレンズを駆動するなどして撮影を行う動作も行う。

【0090】

次に、撮影レンズ 1 4 について説明する。

【0091】

温度センサ 5 6 は、例えば、サーミスタなどであり、周囲温度を検出してカメラ本体 1 3 の係数変換回路 4 5 および制御回路 4 8 に検出結果を出力する。検出結果は、温度による特性の変化を補正するために利用される。例えば、手ぶれ補正レンズ 5 7 や各方向の位置センサ 5 1、5 4 の温度変化に対する補正、各方向のアクチュエータ 5 2、5 3 の基本

10

20

30

40

50

駆動周波数、駆動電圧などの補正である。これらは、カメラ本体 1 3 内の前述のメモリ (不図示) に各特性ごとに温度に対する補正値を示す L U テーブルを予め記憶させることで行う。

【 0 0 9 2 】

撮影光学系 5 8 は、被写体からの被写体光を撮像面に結像させる。手ぶれ補正用レンズ 5 7 は、手ぶれを補正するためのレンズである。

【 0 0 9 3 】

Y 方向位置センサ 5 1 は、手ぶれ補正レンズ 5 7 の Y 方向の位置を検出し、検出結果を駆動回路 5 5 に出力する。Y 方向駆動アクチュエータ 5 2 は、インパクト型圧電アクチュエータであり、駆動回路 5 5 から出力される駆動電圧に従って手ぶれ補正レンズ 5 7 を Y 方向に移動する。X 方向位置センサ 5 4 は、手ぶれ補正レンズ 5 7 の X 方向の位置を検出し、検出結果を駆動回路 5 5 に出力する。X 方向駆動アクチュエータ 5 3 は、インパクト型圧電アクチュエータであり、駆動回路 5 5 から出力される駆動電圧に従って手ぶれ補正レンズ 5 7 を X 方向に移動する。

【 0 0 9 4 】

Y 方向位置センサ 5 1 および X 方向位置センサ 5 4 は、例えば、赤外発光ダイオード (I R L E D) とスリットとを可動側に搭載させ、固定側にポジションセンサ (P S D , P o s i t i o n S e n s i t i v e D e v i c e s) を搭載させて構成される。Y 方向位置センサ 5 1 および X 方向位置センサ 5 4 の各出力は、制御回路 4 8 に入力される。駆動回路 5 5 は、カメラ本体 1 3 の制御回路 4 8 から出力された制御信号に基づいて後述するように Y 方向駆動アクチュエータ 5 2 および X 方向駆動アクチュエータ 5 3 にそれぞれ駆動電圧を供給する。ここで、第 2 の実施形態では、駆動回路 5 5 は、例えば、第 1 の実施形態で説明した図 3 や後述の図 1 3 に示す駆動回路が利用される。

【 0 0 9 5 】

次に、手ぶれ補正レンズユニット 1 5 の構成について説明する。

【 0 0 9 6 】

図 9 は、手ぶれ補正用レンズユニットの構成を概略的に示す図である。

【 0 0 9 7 】

図 9 において、手ぶれ補正レンズユニット 1 5 は、Y 方向駆動アクチュエータ 5 2 、 X 方向駆動アクチュエータ 5 3 、手ぶれ補正レンズ 5 7 、土台 6 0 、台板 6 1 、レンズ枠 6 2 、 Y 方向スライド軸 6 4 y 、 X 方向スライド軸 6 4 x 、 Y 方向スライドガイド 6 5 y 、 X 方向スライドガイド 6 5 x 、 Y 方向サブガイド 6 6 y および X 方向サブガイド 6 6 x を備えて構成される。

【 0 0 9 8 】

土台 6 0 は、手ぶれ補正用レンズユニット 1 5 の各部を搭載する部材である。土台 6 0 は、撮影レンズ 1 4 の鏡胴に固定される。X 方向駆動アクチュエータ 5 3 は、例えば、図 2 に示す素子固定式構造のインパクト型圧電アクチュエータ 1 1 であり、土台 6 0 の一方に固定されて搭載される。X 方向駆動アクチュエータ 5 3 の移動部材 5 3 4 x (図 2 における移動部材 2 4 に相当する。) が移動する方向を X 方向とする。

【 0 0 9 9 】

X 方向スライドガイド 6 5 x は、基部の両端に一对の凸形状のスライダを備えた略コ字形状をした動力伝達部材である。この X 方向スライドガイド 6 5 x の基部は、移動部材 5 3 4 x に固着され、一对のスライダの端部は、それぞれにおいて、一方の端部が基部に固着し、他方の端部が台板 6 1 に固着している。そして、一对のスライダには、X 方向スライド軸 6 5 x が貫通する孔を有し、X 方向スライド軸 6 5 x に沿って移動可能となっている。X 方向スライド軸 6 5 x は、X 方向スライドガイドが X 方向スライド軸に沿って移動可能となるように土台 6 0 と間隔を空けて、その両端部が土台 6 0 に固着されている。一方、台板 6 1 には、X 方向スライドガイド 6 4 x が固着されている側と対向する側に X 方向サブガイド 6 6 x のスライダが固着されている。X 方向サブガイド 6 6 x は、スライダとスライダ軸とからなる。X 方向サブガイド 6 6 x のスライダは、スライダ軸を貫通する

10

20

30

40

50

孔を有し、このスライダ軸は、該スライダがスライダ軸に沿って移動可能となるように土台 60 と間隔を空けて、その両端部が土台 60 に固着されている。これによって X 方向サブガイド 66 x は、台板 61 が X 方向にスムーズに移動するように X 方向スライドガイド 65 x を補助すると共に、光軸方向に台板 61 が傾かないように支えている。

【 0 1 0 0 】

Y 方向駆動アクチュエータ 52 は、例えば、図 2 に示す素子固定式構造のインパクト型圧電アクチュエータ 11 であり、X 方向と直交するように台板 61 に固定されて搭載される。

【 0 1 0 1 】

Y 方向スライドガイド 65 y は、基部の両端に一对の凸形状のスライダを備えた略コ字形状をした動力伝達部材である。この Y 方向スライドガイド 65 y の基部は、移動部材 524 y (図 2 における移動部材 24 に相当する。) に固着され、一对のスライダの端部は、それぞれにおいて、一方の端部が基部に固着し、他方の端部がレンズ枠 62 に固着している。そして、一对のスライダには、Y 方向スライド軸 65 y が貫通する孔を有し、Y 方向スライド軸 65 y に沿って移動可能となっている。Y 方向スライド軸 65 y は、Y 方向スライドガイドが Y 方向スライド軸に沿って移動可能となるように台板 61 と間隔を空けて、その両端部が台板 61 に固着されている。一方、レンズ枠 62 には、Y 方向スライドガイド 64 y が固着されている側と対向する側に Y 方向サブガイド 66 y のスライダが固着されている。Y 方向サブガイド 66 y は、スライダとスライダ軸とからなる。Y 方向サブガイド 66 y のスライダは、スライダ軸を貫通する孔を有し、このスライダ軸は、該スライダがスライダ軸に沿って移動可能となるように台板 61 と間隔を空けて、その両端部が台板 61 に固着されている。これによって Y 方向サブガイド 66 y は、レンズ枠 62 が Y 方向にスムーズに移動するように Y 方向スライドガイド 65 y を補助すると共に、光軸方向にレンズ枠 62 が傾かないように支えている。レンズ枠 62 は、手ぶれ補正用レンズ 57 を保持する保持部材である。

【 0 1 0 2 】

このような構成によって、手ぶれ補正用レンズ 57 は、制御回路 48 による位置サーボ制御の基で、最適な制御(速度)状態で、X 方向、Y 方向に連続的に追従制御しながら被写体光をそれぞれの方向に屈折する。その結果、手ぶれ補正が可能となる。

【 0 1 0 3 】

次に、制御回路 48 およびその周辺回路についてさらに説明する。

【 0 1 0 4 】

図 10 は、制御回路およびその周辺回路の構成を示すブロック図である。なお、手ぶれ補正は、X 方向および Y 方向について補正するので、X 方向駆動アクチュエータ 53 を制御する構成および Y 方向駆動アクチュエータ 52 を制御する構成が必要である。これら両構成は同一であるので、図 10 は、X 方向駆動アクチュエータ 53 を制御する構成を示し、Y 方向駆動アクチュエータ 52 を制御する構成については省略してある。以下の説明も Y 方向駆動アクチュエータ 52 を制御する構成については省略する。

【 0 1 0 5 】

図 10 において、制御回路 48 は、減算回路 480、PID 481、LU テーブル回路 482、DAC 483、PWM コントローラ 484、PWM 回路 485、駆動周波数決定回路 486、単位変換回路 487 および ADC 488 を備えて構成される。駆動回路 55 は、電圧変更回路 551 および Hブリッジ回路 552 を備えて構成され、X 方向位置センサ 54 は、IRED 541、PSD 542 および PSD 信号処理回路 543 を備えて構成される。

【 0 1 0 6 】

X 方向駆動アクチュエータ 53 の移動部材に取り付けられた IRED 541 の赤外線は、スリットを介して PSD 542 に入射される。PSD 542 は、この赤外線を検出し、検出結果を PSD 信号処理回路 543 に出力する。PSD 信号処理回路 543 は、検出結果を移動部材の現在位置 $p \times n$ 、すなわち、手ぶれ補正用レンズ 57 の現在位置 $p \times n$ を

10

20

30

40

50

示すアナログ電圧になるように処理して、該アナログ電圧を制御回路48のADC488に出力する。

【0107】

ADC488は、アナログ・デジタル変換回路であり、手ぶれ補正用レンズ57の現在位置 $p \times n$ を示すアナログ電圧を10ビット(bit)のデジタル信号に変換し、単位変換回路487に出力する。単位変換回路487は、係数変換回路45から入力された目標位置 $p \times$ と同じ単位になるように、デジタル信号に変換された現在位置を示す信号を定倍(Kps倍)する。Kps倍された現在位置を示す信号は、駆動周波数決定回路486と目標位置 $p \times$ を示す信号が入力される減算回路480とに入力される。

【0108】

駆動周波数決定回路486は、特定の条件下における駆動周波数であるアクチュエータの基本駆動周波数を基に、手ぶれ補正用レンズ57の固体ばらつきおよび温度特性を考慮して、駆動周波数を演算する。すなわち、駆動周波数決定回路486は、手ぶれ補正用レンズ57の固体ばらつきおよび周囲温度に応じて基本駆動周波数を補正して駆動周波数を演算する。駆動周波数における手ぶれ補正用レンズ57の固体ばらつきは、例えば、カメラ本体の出荷時の検査において補正値を実測するなどして補正値をカメラ本体に搭載されている前述のメモリ(不図示)に記憶させる。駆動周波数の温度特性も実測などすることによって温度補正テーブルとして基本駆動周波数の補正値を温度ごとに該メモリに記憶させる。駆動周波数決定回路486で演算された駆動周波数を示す信号は、PWMコントローラ484に入力される。このように駆動周波数決定回路486によって基本駆動周波数が補正されるので、手ぶれ補正用レンズ57の固体ばらつきや温度変化があった場合でも、適切な基本駆動周波数となる。

【0109】

一方、係数変換回路45から制御回路48に入力された目標位置 $p \times$ を示す信号は、減算回路480で現在位置 $p \times n$ を示す信号で減算される。減算された制御偏差信号は、PID481に入力される。PID481は、目標位置 $p \times$ と現在位置 $p \times n$ との差に対して最適な操作値となるように、比例、微分、積分のゲインを決定する。このゲインで増幅された制御偏差信号は、PID481からLUテーブル回路482とPWMコントローラ484に入力される。

【0110】

LUテーブル回路482は、メモリ内の電圧LUテーブルを参照して、制御偏差信号に応じて駆動電圧の直流電源電圧 V_p の電圧値を決定する。決定された駆動電圧の電圧値は、DAC483に入力される。ここで、LUテーブル回路482は、比例ゲイン、微分ゲイン(高周波成分のゲイン)などでは設定が困難な、非線形部分のゲインを設定する。例えば、本駆動装置の場合では、0~1.5Vを印加しても摩擦によって動作しない不感帯に対応する観点から、その値の制御値が入力されても1.5Vを出力すると共に、駆動装置の耐久性を確保する観点から駆動装置の不要な高温化を避けるため、印加電圧の最大値を制限する。このLUテーブルは、例えば、図11に示す特性を実現するようにテーブル化される。すなわち、入力電圧が-5.5V以下の場合では出力電圧が-5.5で一定となるように、入力電圧が-5.5V以上0V未満では(出力電圧) = (4/5.5) × (入力電圧) - 1.5の比例関係になるように、入力電圧が0V以上5.5V以下では(出力電圧) = (4/5.5) × (入力電圧) + 1.5の比例関係になるように、そして、入力電圧が5.5V以上では出力電圧が5.5Vで一定となるように、テーブル化される。

【0111】

DAC483は、デジタル・アナログ変換回路であり、この駆動電圧の電圧値を8ビットでアナログ電圧に変換し、駆動回路55に入力する。これによって、駆動回路が図13に示す回路である場合に、直流電源電圧 V_p がLUテーブル回路482で決定された駆動電圧の電圧値に変更される。これによって、シャッターが開いて被写体像を撮像(露光)している間、手ぶれ補正が実施されるように、移動部材、すなわち、手ぶれ補正用レンズ57は所定の時間間隔で連続的に移動し続ける。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 2 】

また、PWMコントローラ484は、PID481からの制御偏差信号の符号に応じて手ぶれ補正用レンズ57の移動方向を決定し、これに応じてデューティ比Dを正方向の場合は3:7に、逆方向の場合は7:3に設定する。PWMコントロール484は、駆動周波数決定回路486で演算された駆動周波数で、かつ、設定したデューティ比Dで矩形波電圧を発生させるように制御信号をPWM回路485に出力する。PWM回路485は、この状態の矩形波の駆動電圧を発生させ、駆動回路55のHブリッジ回路552に供給する。Hブリッジ回路552は、例えば、図3または図13に示す回路が利用される。

【 0 1 1 3 】

X方向駆動アクチュエータ53の電気機械変換素子は、このHブリッジ回路552によって駆動され、X方向駆動アクチュエータ53は、手ぶれ補正用レンズ57を所定の速度で目標位置に向かって移動させる。そして、制御回路48は、最新の目標位置 x_p 、現在位置 x_{pn} の差に対してPID回路481、LUT482およびDAC484で最適な印加電圧をHブリッジ回路552に印加すると共に、駆動周波数決定回路486、PWMコントローラ484およびPWM回路485からHブリッジ回路552に最適な駆動パルス信号を供給し続けることで、手ぶれ補正レンズ57を連続的に駆動し、シャッターが開いている間は、手ぶれ補正を連続的に行うことが可能となる。

【 0 1 1 4 】

次に、第2の実施形態における手ぶれ補正機能付きカメラの動作について説明する。

【 0 1 1 5 】

撮影者によってリリース釦46が全押しされると、手ぶれを補正するために、シーケンスコントロール回路47は、X振れ検出ジャイロ41およびY振れ検出ジャイロ42がそれぞれ検出した各方向の角速度を振れ量検出回路44および係数変換回路45を用いて、手ぶれ補正用レンズ57を移動させるべき各方向の目標位置(p_x 、 p_y)を示す信号に変換させ、制御回路48に入力させる。

【 0 1 1 6 】

X方向駆動アクチュエータ53とY方向駆動アクチュエータ52との動作は、同様なので、以下、X方向駆動アクチュエータ53の動作を説明する。

【 0 1 1 7 】

制御回路48は、X方向位置センサ54から手ぶれ補正用レンズ57の現在位置 p_{xn} を示す信号を取得する。現在位置 p_{xn} を示す信号は、ADC488でデジタル信号に変換され、そして、単位変換回路487で目標位置 p_x を示す信号と同じ単位に変換される。変換された現在位置 p_{xn} を示す信号は、駆動周波数決定回路486および目標位置 p_x を示す信号と減算する減算回路480に入力される。

【 0 1 1 8 】

減算回路480は、目標位置 p_x から現在位置 p_{xn} を減算することによって制御偏差信号を演算し、制御偏差信号は、PID481で上記の処理がなされた後に、LUTテーブル回路482およびPWMコントローラ484に出力される。LUTテーブル回路482は、制御偏差信号に基づいて、電圧LUTテーブルを参照することによって駆動電圧の電圧値 V_{px} を決定する。決定された電圧値 V_{px} は、DAC483でアナログ信号に変換された後に、駆動回路55の電圧変更回路551に入力され、駆動回路55の直流電源電圧の値が電圧値 V_{px} に設定される。

【 0 1 1 9 】

一方、駆動周波数決定回路486は、現在位置 p_{xn} を示す信号が入力されたことをトリガーに、温度センサ56で検出された周囲温度に基づいて、不図示のメモリに記憶された温度補正テーブルを参照することによって検出周囲温度に対応する補正值を判断する。駆動周波数決定回路486は、該メモリに記憶された固体ばらつきによる補正值および周囲温度による補正值によって、該メモリに記憶された基本駆動周波数を修正することで、駆動周波数を決定する。なお、この駆動周波数の決定は、手ぶれ補正のフィードバックの位置サーボ制御ごとに必ずしも行われる必要はなく、起動時のみに、または、数回に1回

10

20

30

40

50

の割合でもよい。

【 0 1 2 0 】

決定された駆動周波数を示す信号は、P W Mコントローラ 4 8 4 に P I D 4 8 1 の出力と共に入力される。P W Mコントローラ 4 8 4 は、P I D 4 8 1 の出力の符号から移動部材 2 4、すなわち手ぶれ補正用レンズ 5 7 の移動方向を判断し、この判断結果に基づいて、デューティ比 D を決定する。つまり、正方向に移動する場合にはデューティ比 D を 3 : 7 に決定し、逆方向に移動する場合にはデューティ比 D を 7 : 3 に決定する。そして、P W Mコントローラ 4 8 4 は、P W M回路 4 8 5 を制御することによって、修正された駆動周波数および決定したデューティ比 D である P W M信号を駆動回路 5 5 の Hブリッジ回路 5 5 2 に供給する。Hブリッジ回路 5 5 2 は、直流電源電圧が電圧値 $V_{p x}$ で供給された P W M信号に従って X 方向駆動アクチュエータ 5 3 の電気機械変換素子 2 1 を駆動することによって、移動部材 2 4 を所定の速度で移動させる。すなわち、手ぶれ補正用レンズ 5 7 を所定の速度で移動させる。

10

【 0 1 2 1 】

制御回路 4 8 は、このような手ぶれ補正用レンズ 5 7 の位置制御をシャッターが開いて被写体像を撮像（露光）している間、所定の時間間隔で連続的に続ける。すなわち、制御回路 4 8 は、最新の目標位置 $p x$ と最新の現在位置 $p x n$ とから最適な制御電圧を決定し、その電圧値に応じた速度で X 方向駆動アクチュエータ 5 3 を繰り返し駆動する。ここで、最新の目標位置 $p x$ は、X 振れ検出ジャイロ 4 1 の出力信号に基づいて算出され、最新の現在位置 $p x n$ は、X 方向位置センサ 5 4 の出力信号から取得する。この位置サーボ制御は、基本的には、位置偏差（ $x p$ と $x p n$ との差）、速度偏差が大きい場合に、X 方向駆動アクチュエータ 5 3 の電気機械変換素子の印加電圧値が大きくなって駆動速度が速くなるように最適化される。その結果、目標位置 $p x$ との偏差が小さい状態で手ぶれ補正レンズ 5 7 を駆動し続けることができる。

20

【 0 1 2 2 】

このように第 2 の実施形態では、駆動電圧の周波数が基本駆動周波数に設定されるので、手ぶれ補正用レンズ 5 7 の速度および位置を制御する場合に駆動周波数を制御する必要がない。そして、第 2 の実施形態では、駆動電圧の電圧値を調整することによって手ぶれ補正用レンズ 5 7 の駆動状態を最適化し、高性能な手ぶれ補正を行うことができる。さらに、第 2 の実施形態では、インパクト型圧電アクチュエータを手ぶれ補正用レンズ 5 7 の駆動装置に利用するので、撮影レンズ 1 4 の小型化、省電力化を図ることができる。そのため、カメラの小型化、省電力化を図ることができる。

30

【 0 1 2 3 】

最後に、図 1 2 に駆動回路 5 5 の一実施例を示す。

【 0 1 2 4 】

図 1 2 は、駆動回路の一実施例を示す回路図である。図 1 3 は、N チャネル Hブリッジ回路と電気機械変換素子の印加電圧との関係を示す回路制御状態図である。図 1 3 (A) は、制御端子 I N 1、I N 2、I N C に印加する電圧値と電気機械変換素子への印加電圧方向との関係を示し、図 1 3 (B) ~ (D) は、Hブリッジ回路の各スイッチ素子におけるオン・オフ状態と移動部材 2 4 の移動方向との関係を示す。図 1 4 (A) は、X 方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 $V_{p x}$ (X 方向駆動用の V_p) であり、図 1 4 (B) は、X 方向駆動アクチュエータ駆動用の P W Mパルス $X_{p w m}$ と、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧と関係を示す図である。図 1 4 (B) (a) は、X 方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 $V_{p x}$ を示し、図 1 4 (B) (b) は、X 方向駆動アクチュエータ駆動用の P W Mパルス $X_{p w m}$ を示し、そして、図 1 4 (B) (c) は、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧を示す。

40

【 0 1 2 5 】

図 1 2 において、ドライバ回路 9 0 は、2 チャネル (c h) 分として 2 個の Hブリッジ回路 9 6、9 9 を内蔵し、その 1 c h は、図 1 3 に示すように、Hブリッジを構成するスイッチ素子が N チャネル M O S 型 F E T の回路である。Hブリッジ回路 9 6 は、ドライ

50

バ回路 90 の制御端子 IN1 に入力される X p w m の H レベル / L レベルによって駆動方向 F / R が制御され、Hブリッジ回路 99 は、ドライバ回路 90 の制御端子 IN2 に入力される Y p w m の H レベル / L レベルによって駆動方向 F / R が制御される。ここで、F は Forward すなわち正方向を示し、R は Reverse すなわち逆方向を示す。

【 0 1 2 6 】

そして、ドライバ回路 90 の制御端子 INC を L レベルにすることによって印加電圧をオフ状態とすることが可能である。ドライバ回路 90 の制御端子 PS は、マイクロコンピュータ (以下、「マイコン」と略記する。) 101 のパワーセーブ制御端子に接続され、手ぶれ補正を使用しないタイミングにおいて回路をオフ状態にする。

【 0 1 2 7 】

また、ドライバ回路 90 には、Hブリッジ回路 96、99 の N チャネル MOS 型 FET のオン / オフを制御可能とするように MOS 型 FET における制御端子の電圧を昇圧してレベルシフトを行う機能ブロック (発振回路 91、チャージポンプ回路 92、レベルコントロール回路 94 およびレベルシフト回路 98 など) や制御端子 IN1、IN2、INC の出力信号から MOS 型 FET のオン / オフを制御するための SW コントロール機能ブロック (スイッチ回路 95 およびコントロール回路 97 など) が内蔵されており、マイコン 101 からの電圧値が低く、制御信号のための端子数が少ない場合でも、X 方向駆動アクチュエータ 53 や Y 方向駆動アクチュエータ 52 における印加電圧が制御可能なように構成されている。

【 0 1 2 8 】

なお、ドライバ回路 90 は、これら発振回路 91、チャージポンプ回路 92、レベルコントロール回路 94 およびコントロール回路 97 に基準電圧を供給するために、バンドギャップレファレンス回路 93 を内蔵している。

【 0 1 2 9 】

ドライバ回路 90 に対して、実際に X 方向駆動アクチュエータ 53 の電気機械変換素子および Y 方向駆動アクチュエータ 52 の電気機械変換素子に印加される電圧は、それぞれ V_{px} および V_{py} として外部から供給される。その制御方法は、マイコン 101 の D/A 変換部である DAC A70、DAC B80 から Xch 用、Ych 用として別々に供給される電圧値 $C_{V_{px}}$ 、 $C_{V_{py}}$ をバッファ回路 71、81 を介して、差動増幅器 72 ~ 74、82 ~ 84 でレベルシフトおよび増幅率変換を行い最適な印加電圧となつて、印加電圧 V_{px} 、 V_{py} が X 方向駆動アクチュエータ 53 の電気機械変換素子および Y 方向駆動アクチュエータ 52 の電気機械変換素子にそれぞれ供給される。また、電源電圧 V_{pi} は、X 方向駆動アクチュエータ 53 や Y 方向駆動アクチュエータ 52 に使用される電気機械変換素子の容量 (大きさ) によって一定値として、電池や DC / DC コンバータなどから供給される。なお、カメラのレンズを駆動する場合などでは、電源電圧 V_{pi} は、6 V ないし 8 V 程度が好ましい。コンデンサ 75、85 は、電気機械変換素子に例えば約 60 kHz の高周波の方形波電圧が印加されても印加電圧が大きく変化しないようにするための電荷蓄積用コンデンサである。本実施形態の場合では、マイコン 101 から制御する印加電圧の変化サイクル (例えば 1 kHz)、最大電圧変化量および電気機械変換素子の容量を考慮して 1 μ F 程度が好ましい。

【 0 1 3 0 】

一方、図 14 (A) において、印加電圧制御値が V_{px} で固定されている場合、制御端子 IN1 の H レベル (V_{cc}) / L レベル (GND) に応答して Hブリッジ回路 96 の駆動方向 F / R が変化するために、実際の電気機械変換素子への印加電圧は、 $V_{px} / -V_{px}$ として変化する。

【 0 1 3 1 】

図 14 (B) に時間分解能を粗くして V_{px} の変化も同時に示す。約 60 kHz の Hブリッジ回路 96 の方向反転制御に対して、印加電圧を約 1 kHz で変化させて (最適印加電圧を更新して) 実際の電気機械変換素子への印加電圧を制御している。この制御によって、電気機械変換素子は、常に最適な共振周波数 (例えば約 60 kHz) で共振しながら

10

20

30

40

50

、その平均速度は、1 kHz サイクルで制御可能となる。手ぶれ補正レンズ57の駆動中は、繰り返しこの制御を行う。

【0132】

ここで、第1および第2の実施形態では、本発明に係る駆動装置が素子固定式構造である場合について説明したが、本発明は、駆動装置が自走式構造である場合についても適用することができる。自走構造式の駆動装置は、例えば、特開2001-211669号公報や特開2001-268951号公報などに詳細に開示されている。

【0133】

また、第2の実施形態では、カメラ本体13にY方向駆動アクチュエータ52およびX方向駆動アクチュエータ54を制御する制御回路48を設けたが、制御回路48を撮影レンズ14側に備えるようにしてもよい。これにより、手ぶれ補正用レンズ57を制御する各回路をカメラ本体13より除去することができるので、カメラ本体13をより小型化、低コスト化を図ることができる。

【0134】

【発明の効果】

以上のように、本発明に係る駆動装置は、駆動電圧の周波数を基本周波数に設定するので、操作物理量が周波数ではない場合に周波数制御を行う必要がない。そして、本発明に係る駆動装置は、矩形波の駆動電圧におけるデューティ比Dを調整するので、移動部材を所定の速度に設定することができる。特に、矩形波の駆動電圧におけるデューティ比Dを駆動周波数とは独立に制御することができるため、速度制御を行う場合に容易に駆動電圧を制御することができる。また、本発明に係る駆動装置は、電気機械変換素子を基本周波数で共振状態とするので、電気機械変換素子を効率的に使用できると共に、最適な基本周波数とは別の駆動電圧におけるデューティ比Dを制御することによって速度や加速度などの移動状態を位置サーボ制御することができる。このため、本発明に係る駆動装置は、共振状態を維持した状態で位置のサーボ制御が可能となり、手ぶれ補正などの連続的に変化する位置のサーボ制御を行うことができる。

【0135】

さらに、かかる構成の電気機械変換素子を用いた駆動装置が速度制御可能となるので、駆動対象物が速度制御を必要とする場合がある機器にも、本発明に係る駆動装置を利用することができるから、該機器の小型化および省電力化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態における駆動装置の構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】 駆動装置に用いたインパクト型圧電アクチュエータの構成を示す斜視図である。

【図3】 駆動回路の一構成例を示す回路図である。

【図4】 駆動装置の駆動原理を説明するための図である。

【図5】 駆動周波数 - 速度特性を示す図である。

【図6】 可動部負荷 - 速度特性を示す図である。

【図7】 駆動周波数 - 速度特性を示す図である。

【図8】 第2の実施形態における手ぶれ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【図9】 手ぶれ補正用レンズユニットの構成を概略的に示す図である。

【図10】 制御回路およびその周辺回路の構成を示すブロック図である。

【図11】 ルックアップテーブル化される特性の一例を示す図である。

【図12】 駆動回路の一実施例を示す回路図である。

【図13】 NチャンネルHブリッジ回路と電気機械変換素子の印加電圧との関係を示す回路制御状態図である。

【図14】 X方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 V_{px} (X方向駆動用の V_p)と、X方向駆動アクチュエータ駆動用のPWMパルス X_{pwm} と、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧と関係を示す図である。

10

20

30

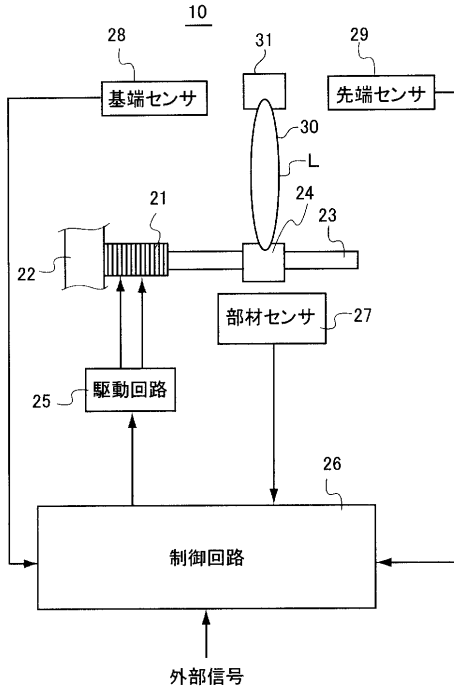
40

50

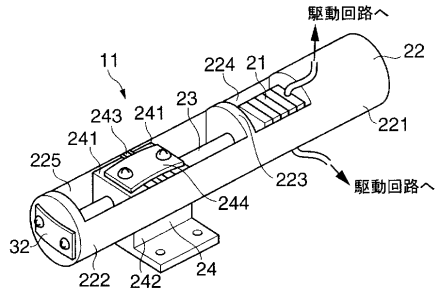
【符号の説明】

| | | |
|-------------------------|-----------------|----|
| 1 0 | 駆動装置 | |
| 1 1 | インパクト型圧電アクチュエータ | |
| 1 3 | カメラ本体 | |
| 1 4 | 撮影レンズ | |
| 2 1 | 電気機械変換素子 | |
| 2 2 | 支持部材 | |
| 2 3 | 移動部材 | |
| 2 4 | 移動部材 | |
| 2 5、5 5 | 駆動回路 | 10 |
| 2 6、4 8 | 制御回路 | |
| 2 7 | 部材センサ | |
| 5 1 | Y方向位置センサ | |
| 5 2 | Y方向駆動アクチュエータ | |
| 5 3 | X方向位置センサ | |
| 5 4 | X方向駆動アクチュエータ | |
| 5 6 | 温度センサ | |
| 5 7 | 手ぶれ補正用レンズ | |
| 5 8 | 撮影光学系 | |
| 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 | スイッチ回路 | 20 |
| 2 5 5、2 5 6 | 波形発生器 | |
| 4 8 0 | 減算回路 | |
| 4 8 1 | P I D | |
| 4 8 2 | ルックアップテーブル回路 | |
| 4 8 3 | デジタル・アナログ変換回路 | |
| 4 8 4 | P W Mコントローラ | |
| 4 8 5 | P W M回路 | |
| 4 8 6 | 駆動周波数決定回路 | |
| 4 8 7 | 単位変換回路 | |
| 4 8 8 | アナログ・デジタル変換回路 | 30 |
| 5 5 1 | 電圧変更回路 | |
| 5 5 2 | Hブリッジ回路 | |

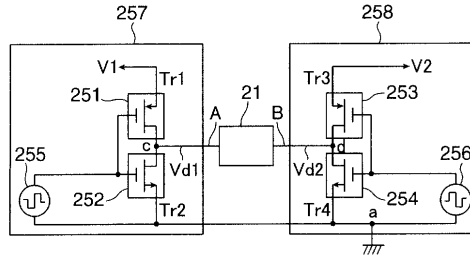
【 図 1 】



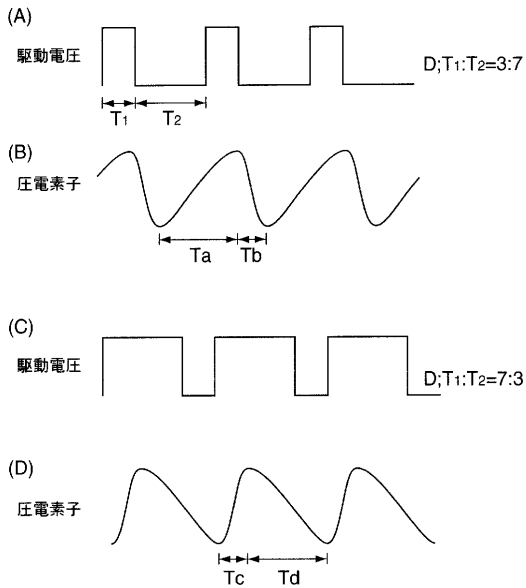
【 図 2 】



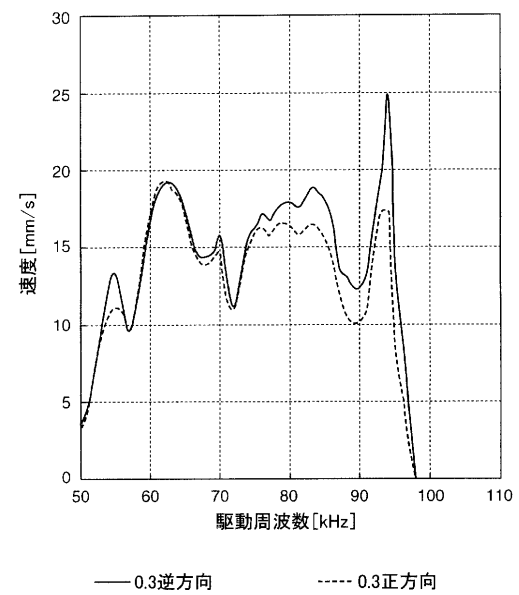
【 図 3 】



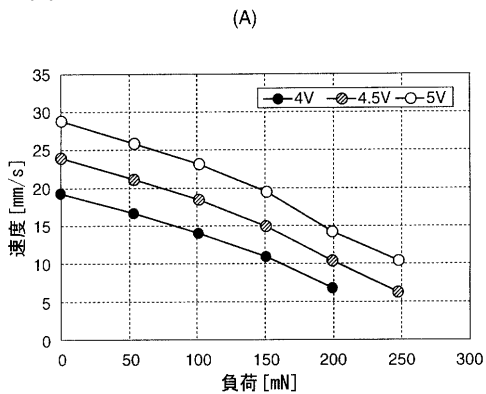
【 図 4 】



【 図 5 】



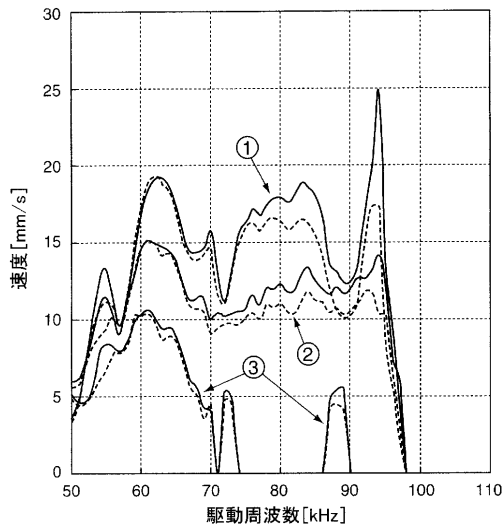
【 図 6 】



(B)

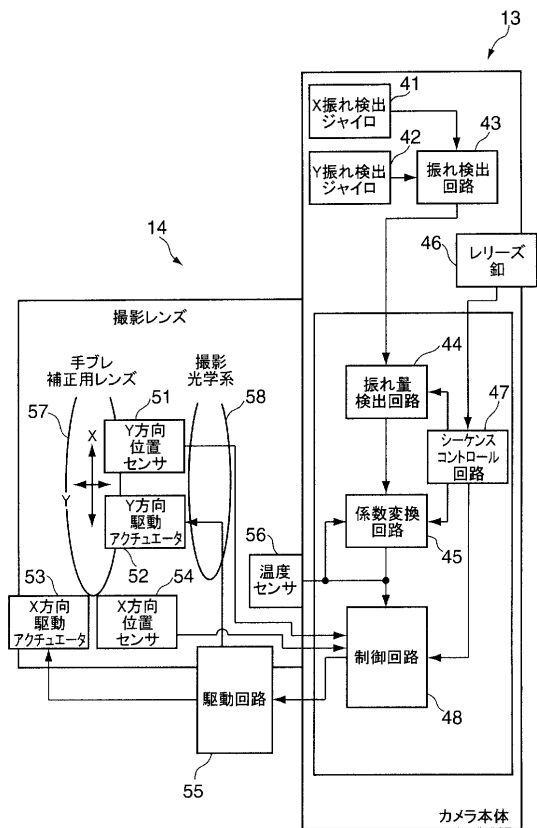
| 負荷 [gf] | 負荷 [mN] | 4V | | 4.5V | | 5V | |
|---------|---------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| | | 逆方向 | 逆方向 | 逆方向 | 逆方向 | 逆方向 | 逆方向 |
| 0 | 0 | 19.43 | 24.05 | 28.91 | | | |
| 5.32 | 52.136 | 16.63 | 21.3 | 25.95 | | | |
| 10.32 | 101.136 | 14.02 | 18.54 | 23.16 | | | |
| 15.32 | 150.136 | 10.82 | 14.81 | 19.66 | | | |
| 20.32 | 199.136 | 6.86 | 10.42 | 14.27 | | | |
| 25.32 | 248.136 | 6.23 | 10.37 | 10.37 | | | |

【 図 7 】

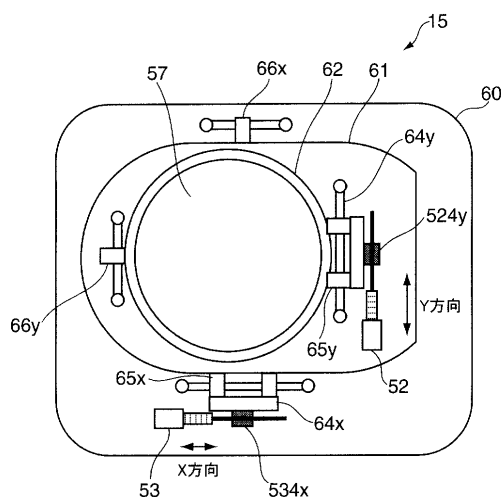


① — 0.3逆 ② — 0.25逆 ③ — 0.2逆
 0.3正 0.25正 0.2正

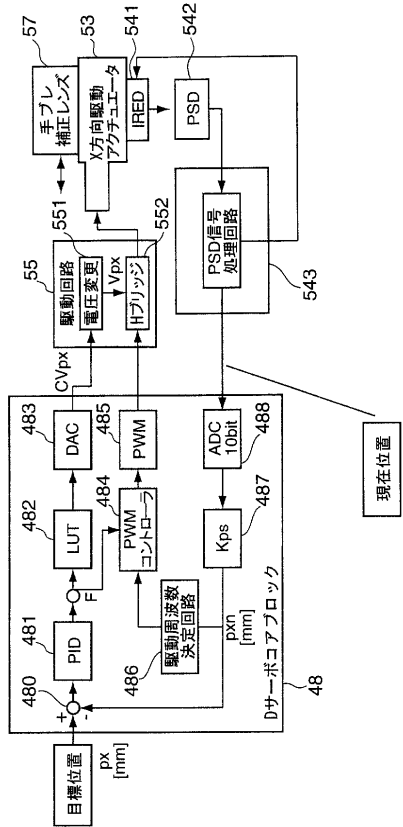
【 図 8 】



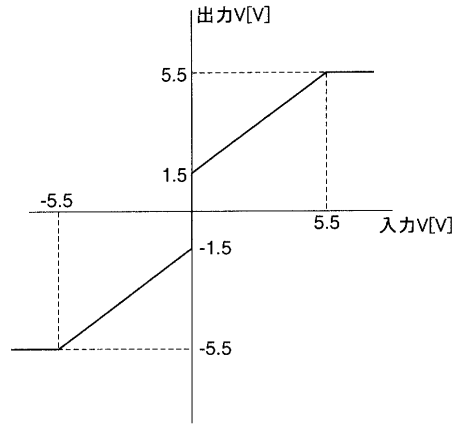
【 図 9 】



【図10】

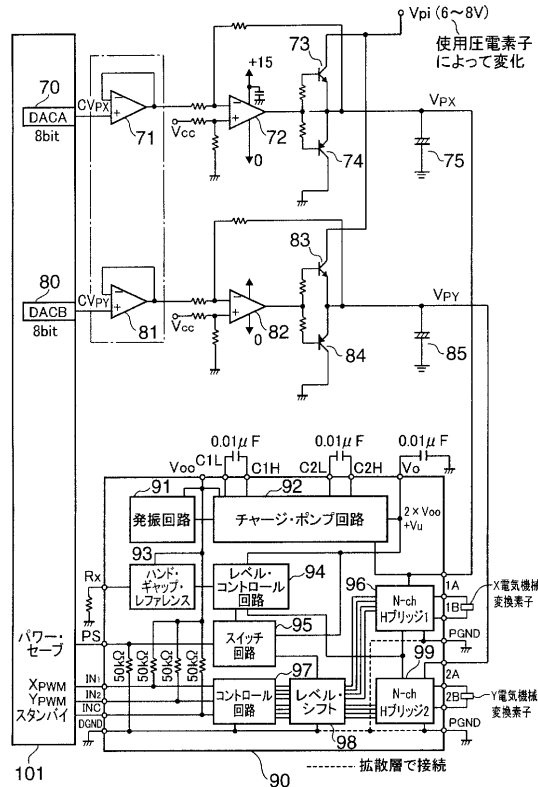


【図11】



電圧LUTテーブル(482)

【図12】

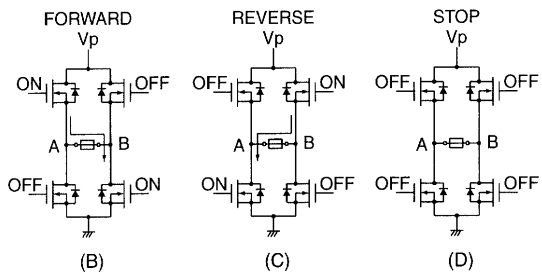


【図13】

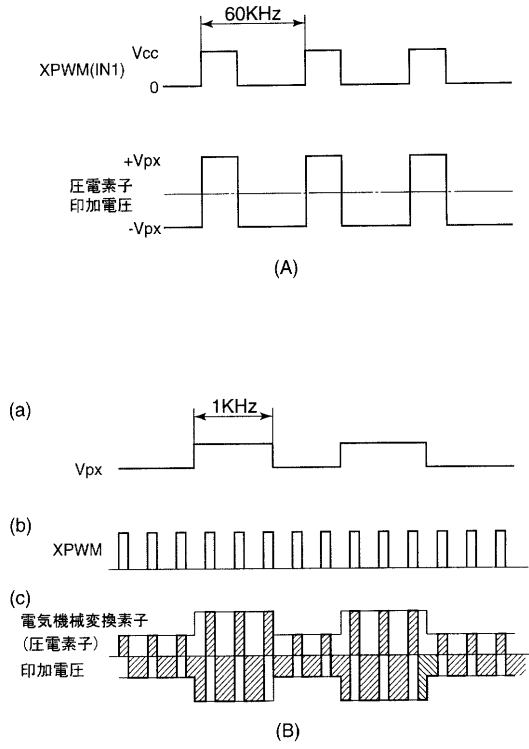
| INC | IN1 | IN2 | H1 | H2 |
|-----|-----|-----|------|----|
| H | H | H | F | F |
| H | L | H | R | F |
| H | L | L | R | R |
| H | H | L | F | R |
| L | x | x | STOP | |

F : FORWARD
R : REVERSE

(A)



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 328757 (JP, A)
特開2001 - 268951 (JP, A)
特開2001 - 211669 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
H02N 2/00-2/16