

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6672055号
(P6672055)

(45) 発行日 令和2年3月25日(2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月6日(2020.3.6)

(51) Int.Cl.

G O 1 C 15/00 (2006.01)

F 1

G O 1 C 15/00 1 O 3 E

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-85770 (P2016-85770)
 (22) 出願日 平成28年4月22日 (2016.4.22)
 (65) 公開番号 特開2017-194397 (P2017-194397A)
 (43) 公開日 平成29年10月26日 (2017.10.26)
 審査請求日 平成31年1月21日 (2019.1.21)

(73) 特許権者 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町 75 番 1 号
 (74) 代理人 100087826
 弁理士 八木 秀人
 (74) 代理人 100168088
 弁理士 太田 悠
 (72) 発明者 熊谷 薫
 東京都板橋区蓮沼町 75 - 1 株式会社
 トプコン内
 (72) 発明者 弥延 聰
 東京都板橋区蓮沼町 75 - 1 株式会社
 トプコン内

審査官 斎藤 卓司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波モータの制御方法及びそのための測量機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周波数可変の駆動信号を受けて測量機の回転軸を駆動する超音波モータの制御方法であつて、

前記回転軸の回転速度が零から第1回転速度までは、前記駆動信号を制御周期内で印加及び停止する矩形波を作る第1駆動信号で制御し、

前記第1回転速度から第2回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり又は立下りに勾配が付いた第2駆動信号で制御し、

前記第2回転速度から第3回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり及び立下りに勾配が付いた第3駆動信号で制御し、

前記第3回転速度からは、前記駆動信号を連続的に印加する第4駆動信号で制御し、
前記測量機が有する複数の動作モードに対し、前記動作モード毎に、前記第1～第4駆動信号の前記制御周期及び前記周波数と、前記第1～第3駆動信号の前記駆動信号を印加する時間である加速期間と、前記第2～第3駆動信号の前記勾配の値を設定することを特徴とする超音波モータの制御方法。

10

【請求項 2】

前記動作モードのうち少なくとも一の動作モードでは、前記第1～第4駆動信号による制御のうち少なくとも一の制御を省略することを特徴とする請求項1に記載の超音波モータの制御方法。

20

【請求項 3】回転軸と、周波数可変の駆動信号を受けて前記回転軸を駆動する超音波モータと、前記回転軸の回転速度を検出するエンコーダと、

前記回転速度が零から第1回転速度までは、前記駆動信号を制御周期内で印加及び停止する矩形波を作る第1駆動信号で制御し、前記第1回転速度から第2回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり又は立下りに勾配が付いた第2駆動信号で制御し、前記第2回転速度から第3回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり及び立下りに勾配が付いた第3駆動信号で制御し、前記第3回転速度からは、前記駆動信号を連続的に印加する第4駆動信号で制御し、前記測量機が有する複数の動作モードに対し、前記動作モード毎に、前記第1～第4駆動信号の前記制御周期及び前記周波数と、前記第1～第3駆動信号の前記駆動信号を印加する時間である加速期間と、前記第2～第3駆動信号の前記勾配の値を設定する制御部と、

を有することを特徴とする測量機。

10

【請求項 4】

前記制御部は、前記動作モードのうち少なくとも一の動作モードでは、前記第1～第4駆動信号による制御のうち少なくとも一の制御を省略することを特徴とする請求項3に記載の測量機。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、測量機の回転軸を駆動する超音波モータの制御方法及びそのための測量機に関する。

【背景技術】**【0002】**

測量機、例えばトータルステーションは、測定点を視準する望遠鏡と、上記望遠鏡を鉛直方向に回転可能に支持する托架部と、上記托架部を水平方向に回転可能に支持する基盤部とを備えている。上記望遠鏡は鉛直回転軸に設けられた鉛直回転モータによって、上記托架部は水平回転軸に設けられた水平回転モータによって駆動される。特許文献1には、上記鉛直回転モータ及び水平回転モータに超音波モータを採用した測量機が開示されている。

30

【0003】

また、測量機には、作業者が手動で視準を行うのに加えて、決められた測点位置まで自動で回転する自動視準モード、移動するターゲットを自動で追尾する自動追尾モードを備えるものも多い。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開2014-137299号公報

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

自動視準モードでは、決められた測点位置まで高速回転することが望まれる。一方、自動追尾モードでは、作業者が持ち運ぶターゲットを追尾するので、5[°/s]程度の低速回転を行う必要がある。手動視準モードでは、測点位置まで大きく回転させたのち細かく調整可能であることが望まれる。このように、測量機では、動作モードに応じて要求される制御が異なるという問題がある。

【0006】

50

また、超音波モータは連続駆動での低速回転が困難であり、低速回転の時は、駆動信号を印加／停止する間欠駆動で速度を制御する。しかし、間欠駆動を行うと、駆動信号の立ち上がりと立ち下がりの時に異音が生じてしまう。従って、低速回転の時は、回転のスムーズさを考慮して信号波形を大きくするか、音を下げるために信号波形を小さくするか、トレードオフの関係に悩まなければならないという問題がある。

【0007】

本発明は、前記問題を解決するため、回転軸に超音波モータを採用した測量機において、回転速度や複数の動作モードに応じて駆動信号を設定し、それぞれの要求を満たすための超音波モータの制御方法及びそのための測量機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】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の超音波モータの制御方法は、周波数可変の駆動信号を受けて測量機の回転軸を駆動する超音波モータの制御方法であって、前記回転軸の回転速度が零から第1回転速度までは、前記駆動信号を制御周期内で印加及び停止する矩形波を作る第1駆動信号で制御し、前記第1回転速度から第2回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり又は立下りに勾配が付いた第2駆動信号で制御し、前記第2回転速度から第3回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり及び立下りに勾配が付いた第3駆動信号で制御し、前記第3回転速度からは、前記駆動信号を連続的に印加する第4駆動信号で制御することを特徴とする。

【0009】

上記態様において、前記測量機が有する複数の動作モードに対し、前記動作モード毎に、前記第1～第4駆動信号の前記制御周期及び前記周波数と、前記第1～第3駆動信号の前記駆動信号を印加する時間である加速期間と、前記第2～第3駆動信号の前記勾配の値を設定することも好ましい。

【0010】

上記態様において、前記動作モードのうち少なくとも一の動作モードでは、前記第1～第4駆動信号による制御のうち少なくとも一の制御を省略することも好ましい。

【0011】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の測量機は、前記回転速度が零から第1回転速度までは、前記駆動信号を制御周期内で印加及び停止する矩形波を作る第1駆動信号で制御し、前記第1回転速度から第2回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり又は立下りに勾配が付いた第2駆動信号で制御し、前記第2回転速度から第3回転速度までは、前記矩形波の立ち上がり及び立下りに勾配が付いた第3駆動信号で制御し、前記第3回転速度からは、前記駆動信号を連続的に印加する第4駆動信号で制御する制御部と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、回転軸に超音波モータを採用した測量機において、回転速度や複数の動作モードに応じて駆動信号を設定することで、それぞれの要求を満たす超音波モータの制御方法及びそのための測量機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本形態に係る測量機の概略縦断面図である。

【図2】本形態に係る測量機の光学系の構成を示すブロック図である。

【図3】本形態に係る超音波モータを含む部分の断面斜視図である。

【図4】本形態に係る測量機の制御ブロック図である。

【図5】本形態に係る超音波モータの制御イメージ図である。

【図6】本形態に係る超音波モータの駆動信号の波形図であり、(a)は第1駆動信号の波形図、(b)は第2駆動信号の波形図、(c)は第3駆動信号の波形図、(d)は第4駆動信号の波形図である。

10

20

30

40

50

【図7】本形態に係る超音波モータの動作モード毎の値の設定例である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

次に、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0015】

図1は本形態に係る測量機の概略縦断面図である。符号1が測量機であり、測量機1は、整準部3の上に設けられた基盤部4と、基盤部4上を水平回転軸6周りに水平回転する托架部7と、托架部7に鉛直回転軸11周りに鉛直回転する望遠鏡9と、を有する。托架部7には、制御部23が収容されている。測量機1は、手動でターゲットを視準する手動視準モード、決められた測点位置まで自動で回転する自動視準モード、および移動するターゲットを自動で追尾する自動追尾モードの、三種類の動作モードを有する。
10

【0016】

望遠鏡9には、自動視準のための測距光学系、自動追尾のための追尾光学系、および手動視準のための望遠鏡光学系が収容されている。図2は測量機1の光学系の構成を示すブロック図であり、上記光学系の構成の一例である。光源112は、測距光または追尾光として、例えば赤外光を発光するレーザダイオードである。光源112からの発光は、送光レンズ114を透過して反射鏡116に入射し、送光プリズム118に入射した後、平行ガラス120を介してターゲット144に向けて送光され、ターゲット144で反射する。反射光は、平行ガラス120、対物レンズ122を介してダイクロイックプリズム124に入射する。その一部は視準光として合焦レンズ136、正立プリズム138を透過して焦点板140で結像し、接眼レンズ142を介して、作業者の網膜に結像する。反射光の残りは、ビームスプリッタ126に入射し分岐される。分岐された一方の光は第1撮像素子128に入射し、分岐された他方の光は赤外光を除去する波長フィルタ130を透過後、第2撮像素子132に入射する。
20

【0017】

第1撮像素子128および第2撮像素子132は、イメージセンサ、例えばCCDセンサ、CMOSセンサである。撮像素子128, 132で撮られた画像は、画像処理装置134に送られ画像処理される。第1撮像素子128では光源112の赤外光を含む風景画像が撮影され、第2撮像素子132では光源112の赤外光を除いた風景画像が撮影される。画像処理装置134は、点灯画像に相当する第1撮像素子128の画像と消灯画像に相当する第2撮像素子132の画像の差分を求める。差分を取ることにより、ターゲット144の像の中心が求められる。画像処理装置134の結果は制御部23に送られ、制御部23は、ターゲット144の像の中心と望遠鏡の視軸中心からの隔たりが一定値以内に収まる位置をターゲット位置として検出し、自動視準および自動追尾を行う。なお、上記光学系には他の従来公知の構成が採用されてよく、特に上記光学系の各要素は当業者の知識に基づく改変が行われてよい。
30

【0018】

図1に示すように、水平回転軸6の下端部には水平回転用の超音波モータ5が設けられ、上端部には水平角検出用のエンコーダ21が設けられている。鉛直回転軸11の一方の端部には鉛直回転用の超音波モータ12が設けられ、他方の端部には鉛直角検出用のエンコーダ22が設けられている。エンコーダ21, 22は、回転円盤、スリット、発光ダイオード、イメージセンサを有するアブソリュートエンコーダである。この他、インクリメンタルエンコーダが用いられてもよい。
40

【0019】

図3は図1の超音波モータ5を含む部分の断面斜視図である。超音波モータ5, 12の構成について、鉛直回転と水平回転の構成は同等であるので、主に水平回転の構成を用いて説明する。超音波モータ5は、ベース部39から順に、振動を発生する圧電セラミック42、振動を增幅させるステータ43、ステータ43と干渉するロータ46、ロータ46をステータ43側へ押圧するウェーブワッシャ48を、リング状に備える。圧電セラミック42にはSin電極とCos電極が付されており、交互に駆動電圧が掛かることで圧電
50

セラミック42が超音波振動する。圧電セラミック42が振動すると、ステータ43に波状の進行波が形成され、ウェーブワッシャ48の押圧による摩擦によってステータ43とロータ46が相対回転する。図1に示すように、水平側の超音波モータ5は、モータケース25が基盤部4に固定され、ロータ46はモータケース25に固定されているので、ステータ43が回転し、ベース部39を介して水平回転軸6がステータ43と一緒に回転する。鉛直側の超音波モータ12は、ステータ43がモータケース25に固定され、ロータ46が回転し、鉛直回転軸11がロータ46と一緒に回転する。

【0020】

図4は測量機1の制御ブロック図である。鉛直回転と水平回転のブロック図は同等であるので、水平回転に関して示し、鉛直回転に関しては説明を省略する。測量機1は、制御部23と、エンコーダ21と、測距部61と、追尾部62と、クロック信号発振部63と、駆動回路73と、超音波モータ5を有する。

10

【0021】

制御部23は、CPU, ROM, RAM等を集積回路に実装したマイクロコントローラによって構成されている。制御部23は、図示を略する外部パーソナルコンピュータからソフトウェアを変更可能である。制御部23は、エンコーダ21の角度信号から回転軸6の回転速度を逐次求める。また、超音波モータ5に対し駆動回路73を介して駆動信号を出力する。そして、回転軸6の回転速度に応じて、駆動信号の波形を変更する。この駆動信号の波形については後に詳述する。

【0022】

20

測距部61は、制御部23に制御されて、上記測距光学系を用いて測距光をターゲットに照射しその反射光からターゲットを捕捉して自動視準を行う。また、手動または自動視準が完了すると測距を行う。追尾部62は、制御部23に制御されて、上記追尾光学系を用いて追尾光をターゲットに照射してその反射光からターゲットを捕捉して、ターゲットが移動した場合は自動で追尾を行う。

【0023】

駆動回路73は、FPGA(Field Programmable Gate Array)731とアナログ回路732によって構成されている。FPGA731は制御部23もしくは図示を略する外部機器によって内部論理回路を定義変更可能である。FPGA731は、可変の駆動周波数(駆動信号の周波数)及び可変の振幅で制御信号を発生させることができ、上記駆動周波数及び上記振幅を動的に変化させることができる。アナログ回路732は、トランジスタ等で構成されており、上記制御信号を增幅させる。駆動回路73は、制御部23からの指令を受けて、FPGA731から上記制御信号を出力し、アナログ回路732で増幅して二種類の位相の異なる駆動信号を生成し、超音波モータ5の圧電セラミック42に付されているSin電極とCos電極に対して出力する。なお、駆動回路73は、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)などの他のPLD(Programmable Logic Device)が用いられてもよい。

30

【0024】

クロック信号発振部63は、クロック信号を制御部23及びFPGA731に出力する。制御部23は、クロック信号に基づき、エンコーダ21の発光周期を制御する。FPGA731は、クロック信号に基づき、駆動信号の振幅、駆動周波数、制御周期の制御と、低速回転域では制御周期内の加速期間(駆動信号を印加する時間)と減速期間(駆動信号を停止する時間)の比率を制御する。なお、本明細書にて、低速回転域とは超音波モータが連続駆動で回転しなくなる速度域のことを意味する。この低速回転域は、超音波モータの製造状態により個々に異なるため、採用する超音波モータの特性を調べることで予め制御部23に定義しておく。

40

【0025】

図5は本形態に係る超音波モータ5の制御イメージ図である。なお、以降も鉛直回転に関する記載を省略するが、水平回転と同様の制御が行われる。

【0026】

50

図 5 の横軸は回転軸 6 の回転速度 V である。回転速度零からしばらくは、ステータ 4 3 とロータ 4 6 間の静止摩擦に打ち勝つのに十分な動力が必要である。そのため、回転速度零 (V 0) からある第 1 回転速度 (V 1) までは、駆動信号の波形は矩形波としたほうが、動き出しがスムーズである。従って、この区間は助走区間と位置づけて、助走区間の駆動信号は矩形波とする (第 1 駆動信号 S 1)。

【0027】

次に、第 1 回転速度 V 1 以上となると、動き出しに成功したので、動き出しを維持しつつ、今度は音の問題に対処する必要がある。超音波モータ 5 は、駆動信号の立ち上がりと立ち下がりの時に異音が生じる。そのため、第 1 回転速度 V 1 から第 2 回転速度 V 2 までは、上記矩形波の立ち上がりか立ち下がりのどちらかに勾配を付けることで、動き出しの維持と音の問題の両方に対処する。この区間は微動区間と位置づけて、微動区間の駆動信号は片勾配の矩形波または三角波とする (第 2 駆動信号 S 2)。
10

【0028】

次に、第 2 回転速度 V 2 以上となると、既に動き出しているので、音の問題を重視するのが好ましい。そのため、第 2 回転速度 V 2 から第 3 回転速度 V 3 までは、上記矩形波の立ち上がりと立ち下がりの両方に勾配を付けて、音鳴りを低減させる。この区間は間欠区間と位置づけ、間欠区間の駆動信号は両勾配の矩形波又は三角波とする (第 3 駆動信号 S 3)。

【0029】

最後に、第 3 回転速度 V 3 以上となると、超音波モータ 5 は低速回転域を抜け出す。そのため、第 3 回転速度 V 3 以上では、間欠駆動を止め、駆動信号を連続で印加する。この区間は連続区間と呼び、連続区間の駆動信号は一定とする (第 4 駆動信号 S 4)。
20

【0030】

上記の第 1 回転速度 V 1、第 2 回転速度 V 2、および第 3 回転速度 V 3 の値は、採用する超音波モータの個体特性に応じて予め制御部 2 3 に設定しておく。なお、本明細書において「第 1 回転速度 V 1 から第 2 回転速度 V 2 まで」と言うときは、「第 1 回転速度 V 1 以上第 2 回転速度 V 2 未満」を意味するものとする。

【0031】

図 6 は、上記の各区間ににおける超音波モータ 5 の駆動信号の波形図であり、(a) は第 1 駆動信号 S 1 の波形図、(b) は第 2 駆動信号 S 2 の波形図、(c) は第 3 駆動信号 S 3 の波形図、(d) は第 4 駆動信号 S 4 の波形図である。いずれも、横軸が時間 (t)、縦軸は駆動信号の振幅である。図 6 における、符号 W T が制御周期、符号 R T が信号の立ち上がり勾配 (上り勾配) を付ける時間、符号 F T が信号の立ち下がり勾配 (下り勾配) を付ける時間、符号 O T が低速回転域において駆動信号を印加する加速時間 (加速期間) を示す。なお、上り勾配 R T 及び下り勾配 F T は、図示のような一次関数的な直線に限らず、曲線的な勾配であってもよい。
30

【0032】

このように、回転軸 6 の回転速度 V に応じて、駆動信号の波形を、第 1 駆動信号 S 1、第 2 駆動信号 S 2、第 3 駆動信号 S 3、または第 4 駆動信号 S 4 に変更することで、回転速度 V に応じて生じる要求を満たす制御を行うことができる。
40

【0033】

特に、本形態では、低速回転域 (第 3 回転速度 V 3 未満) を、助走区間、微動区間、間欠区間の三段階に分けたことで、超音波モータ 5 の回転のスムーズさと異音の低減の問題に対し、回転速度に応じた適切な対処を行うことができる。

【0034】

次に、図 7 は超音波モータ 5 の動作モード毎の値の設定例である。制御部 2 3 には、手動視準モード、自動視準モード、自動追尾モードの動作モード毎に、制御周期 W T、上り勾配 R T、下り勾配 F T、加速期間 O T の値を予め設定しておく。制御部 2 3 は、これら制御周期 W T、上り勾配 R T、下り勾配 F T、加速期間 O T と駆動信号の振幅を一定とした上で、視準または追尾中の速度調整は駆動周波数 f の増減によって行う。なお、駆動周
50

波数 f についても、動作モード毎に好適な値または好適な変化域（最小値、最大値）を設定するのも好ましい。

【0035】

図7に例示したように、例えば、自動視準モードは高速制御するのに対し、自動追尾モードでは低速制御するため、追尾モードの制御周期WT（ a [ms]）は自動視準モードの制御周期WT（ A [ms]）より短く設定するのも好ましい（ $a < A$ ）。これにより、自動視準モードでは音鳴りを低減でき、自動追尾モードではフィードバック応答を早めて追尾性能を上げることができる。また、手動視準モードは、自動視準モードよりも時間的な制約が多少緩和されるため、自動視準モードの制御周期WT（ A [ms]）よりも手動視準モードの制御周期WTを長く設定し（2.5A）、その分勾配を長く設定（1.25A）して音を緩和させるようにしてもよい。10

【0036】

また、手動視準モードは、測点位置まで大きく回転させた後細かく回転させるので、使用する速度域は、第1回転速度V1から第3回転速度V3までである。よって、低速回転用に第2駆動信号S2と高速回転用に第3駆動信号S3の波形を使用すれば好適な制御が行える。このように、動作モードによっては、全ての第1～第4駆動信号を使用することなく、使用する回転速度と合致する区間の駆動信号のみを設定し、その他の区間の駆動信号については設定を省略してもよい。

【0037】

このように、測量機1の備える動作モード毎に、駆動信号の制御周期WT、上り勾配RT、下り勾配FT、加速期間OT、駆動周波数fを設定することで、動作モードに応じて生じる要求を満たす制御を行うことができる。20

【0038】

次に、本形態の変形例について述べる。例えば、測量機1に、軸プレを解消する動作モードを追加してもよい。超音波モータ5は、ステータ43とロータ46間の摩擦力により無通電時に高い保持力を有するので、モータ動作が止まると、回転軸6が軸振れした位置から元の位置に戻らないという不具合が生じることがある。これを解消するために、ターゲット位置の回転角まで到達した後に、超音波モータ5に、同等の回転量を与える一組の順方向の駆動信号と逆方向の駆動信号を出力して、回転軸6を軸振れした位置から元の位置に戻す動作モードを、測量機1に設けてもよい。この軸プレ解消モードに対し、この動作モードに使用する速度域と合致する区間の駆動信号を設定し、その制御周期WT、上り勾配RT、下り勾配FT、加速期間OT、駆動周波数fを設定してもよい。30

【0039】

以上、本発明の好ましい実施の形態及び変形例を示したが、上記の実施の形態および変形例を当業者の知識に基づいて組み合わせることは可能であり、そのような改変は本発明の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0040】

1 測量機

5, 12 超音波モータ

6, 11 回転軸

21, 22 エンコーダ

23 制御部

S1 第1駆動信号

S2 第2駆動信号

S3 第3駆動信号

S4 第4駆動信号

WT 制御周期

RT, FT 勾配

OT 加速期間

10

20

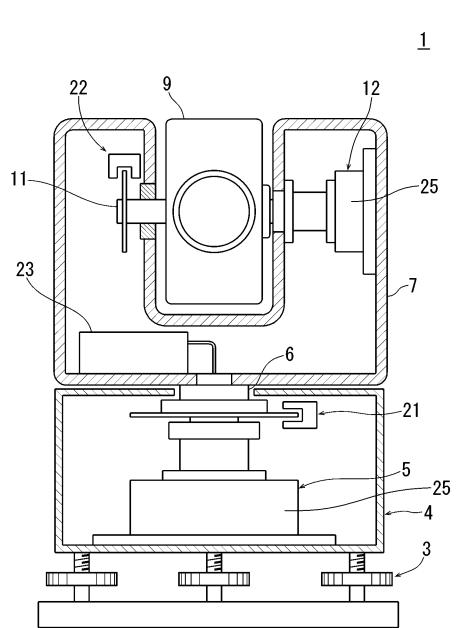
30

40

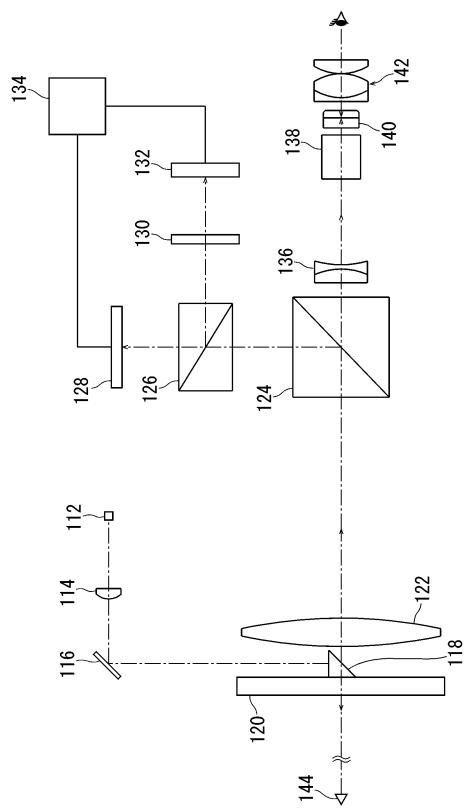
50

f 駆動周波数

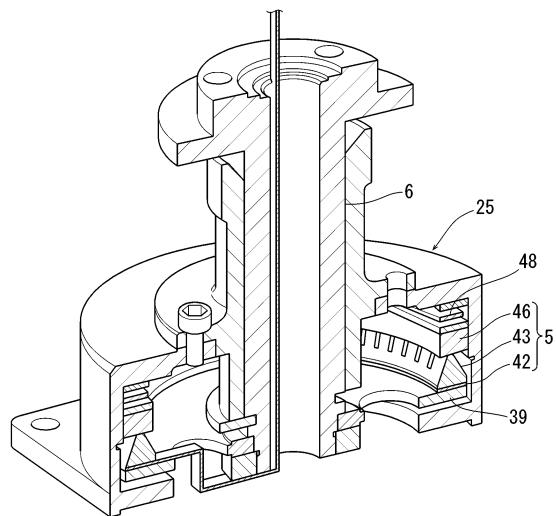
【図1】



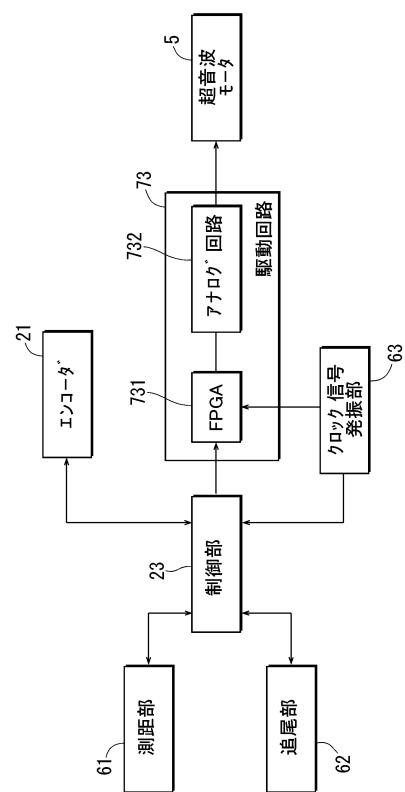
【図2】



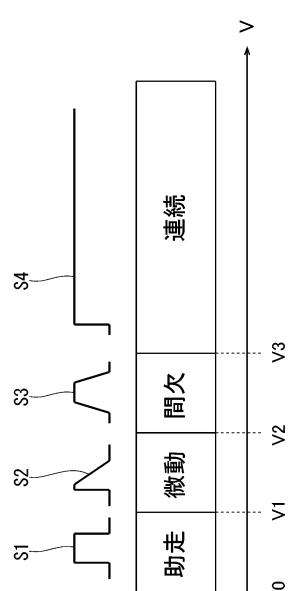
【図3】



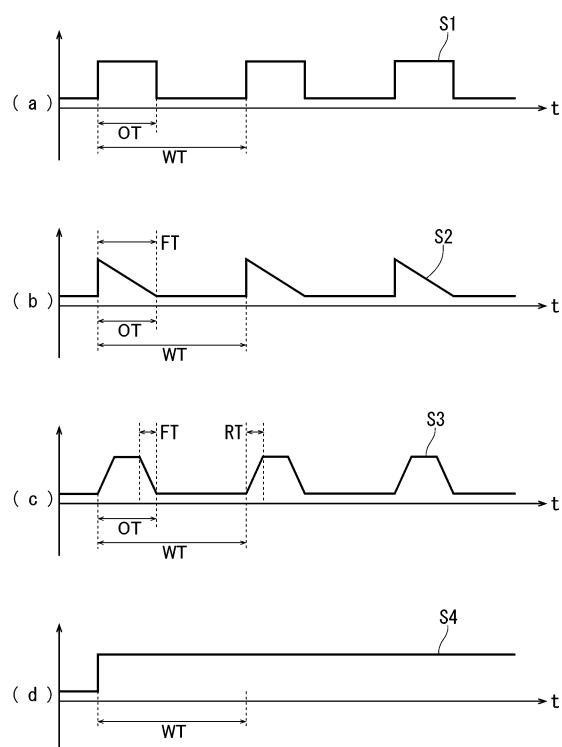
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

	連続(S4)	間欠(S3)	微動(S2)	助走(S1)
自動規準 モード	f : fmin~f WT : Ams OT : Ams	f : f WT : Ams RT : 0.5ams FT : 0.5ams OT : 0 超~Ams	f : fmin~fmax WT : Ams RT : 0.02Ams FT : 0.05ams OT : 0 超~Ams	f : fmin~fmax WT : Ams RT : 0ms FT : 0ms OT : 0 超~Ams
手動規準 モード	—	—	(High speed) f : fmax x α/ WT : Ams RT : 0.5ams FT : 0.5ams OT : 0 超~Ams	(Low speed) f : fmax WT : 2.5ams RT : 0.02Ams FT : 0.25ams OT : 0 超~Ams
自動規準 モード	f : fmin~fmax WT : ams OT : ams	—	f : fmax WT : ams RT : 0.5ams FT : 0.8ams OT : 0 超~ams	f : fmin~fmax WT : ams RT : 0.04ams FT : 0.5ams OT : 0 超~ams

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-137299(JP,A)
特開平07-046866(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0025670(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 15/00