

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4848853号
(P4848853)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月28日(2011.10.28)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

F I

H02N 2/00

C

請求項の数 11 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2006-167864 (P2006-167864)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成18年6月16日(2006.6.16)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-336752 (P2007-336752A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成21年5月22日(2009.5.22)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	松▲崎▼ 淳
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	長▲濱▼ 玲子
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータの駆動方法、圧電アクチュエータの駆動装置、電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を備えた圧電アクチュエータの駆動方法であって、

前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数を予め設定された初期周波数から所定方向にスweepさせるとともに、前記振動体の振動状態を表す検出信号を検出し、

前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、その閾値以上となる範囲内で、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスweepさせることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項2】

請求項1に記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する毎に、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数のスweep方向を反転させることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項3】

請求項1に記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する際の駆動信号の周波数に基づいて所定の周波数範囲を設定し、その周波数範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスweepさせることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、

駆動信号の周波数を周波数が小さくなるダウン方向または周波数が大きくなるアップ方向にスイープさせている場合に、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数を下限または上限の周波数とし、

この下限または上限の周波数から前記スイープ方向とは反対方向にスイープさせた際に、前記下限または上限の周波数から所定の周波数分だけ離れた周波数を上限または下限の周波数とし、

前記下限周波数および上限周波数間の範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

10

【請求項 5】

請求項 3 に記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、

駆動信号の周波数を周波数が小さくなるダウン方向または周波数が大きくなるアップ方向にスイープさせている場合に、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数から前記スイープ方向とは反対側に所定の周波数分だけ離れた周波数を下限または上限の周波数とし、

この下限または上限の周波数から前記スイープ方向とは反対方向にスイープさせた際に、前記下限または上限の周波数から所定の周波数分だけ離れた周波数を上限または下限の周波数とし、

20

前記下限周波数および上限周波数間の範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項 6】

請求項 3 から請求項 5 のいずれかに記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

圧電素子の駆動が継続されるに伴い、前記駆動信号の周波数をスイープさせる範囲を狭めることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、

前記検出信号が前記閾値未満の場合には、前記駆動信号の周波数のスイープ速度を第 1 設定速度に設定し、

30

前記検出信号が前記閾値以上の場合には、前記駆動信号の周波数のスイープ速度を前記第 1 設定速度よりも低速な第 2 設定速度に設定することを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項 8】

所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を備えた圧電アクチュエータにおける前記圧電素子へ駆動信号を供給する圧電アクチュエータの駆動装置であって、

前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせる周波数制御手段を備え、

前記周波数制御手段は、振動体の振動状態を表す検出信号を検出し、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、その閾値以上となる範囲内で、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

40

【請求項 9】

請求項 8 に記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、

前記周波数制御手段は、

前記検出信号の振幅を検出するための閾値となる振幅検出用基準電圧を出力する定電圧回路と、

この定電圧回路で出力される振幅検出用基準電圧と前記検出信号の振幅とを比較して比較結果信号を出力する振幅検出回路と、

前記比較結果信号に基づいて出力電圧の変化方向を切り替える電圧調整回路と、

50

電圧調整回路から出力される電圧によって出力信号の周波数を可変可能な可変周波数発振器とを備えて構成されることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、

前記電圧調整回路は、周波数の異なる複数のクロック信号を出力可能なクロック回路と、アップダウンカウンタと、このアップダウンカウンタのカウント値に基づいて出力電圧の電圧値を設定するデジタル/アナログ変換器と、前記クロック信号に基づいて前記アップダウンカウンタのカウント値を制御するスweep制御回路とを備え、

前記スweep制御回路は、前記アップダウンカウンタに入力するクロック信号の周波数を高低 2 段階に切り替える第 1 のクロックセレクトと、前記クロック信号の入力先をアップダウンカウンタのカウントアップ用入力またはカウントダウン用入力のいずれかに切り替える第 2 のクロックセレクトと、前記振幅検出回路からの比較結果信号に基づいて前記各セレクトを制御する調整回路とを備えることを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

10

【請求項 11】

所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を有する圧電アクチュエータと、請求項 8 から請求項 10 のいずれかに記載の圧電アクチュエータの駆動装置と、を備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、圧電アクチュエータの駆動方法、圧電アクチュエータの駆動装置、電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

圧電素子は、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換効率や、応答性に優れている。このため、近年、圧電素子の圧電効果を利用した各種の圧電アクチュエータが開発されている。この圧電アクチュエータは、圧電ブザー、プリンタのインクジェットヘッド、超音波モータ、電子時計、携帯機器等の各種電子機器の分野に応用されている。

【0003】

30

ところで、圧電アクチュエータは、周囲の温度や負荷等の影響で共振周波数が変動するため、圧電アクチュエータを駆動可能な駆動信号の周波数も、周囲温度や負荷等に応じて変動する。

そのため、圧電アクチュエータを効率的に駆動するために、主に次に 2 種類の駆動制御が行われている。

第 1 の制御方法は、圧電アクチュエータの駆動信号および検出信号などの位相差を、予め設定された目標位相差に近づけるように制御する方法である。この制御方法は、目標位相差近辺で駆動制御することで、駆動効率を非常に高めることができる利点がある。しかしながら、この制御方法は、制御対象の圧電素子における位相差と駆動状態との相関関係を予め把握しておく必要があり、このような相関関係が認められない圧電素子に対しては適用できないという問題があった。

40

【0004】

そのため、駆動信号の周波数を広い範囲でスweep（変化）させ、確実にモータを駆動させる第 2 の制御方法も広く利用されている（例えば、特許文献 1，2 参照）。

【0005】

特許文献 1 では、電圧制御発振器に三角波またはのこぎり波のスweep電圧を出力し、電圧制御発振器の発振周波数を f_L から f_H までの範囲で常時変化させ、圧電振動子を駆動可能な周波数を必ず与えることができるようにして、圧電振動子（圧電アクチュエータ）の確実な駆動を可能としている。

【0006】

50

また、特許文献 2 は、図 18 に示すように、圧電素子の振動状態に応じて変化する検出電圧を所定の比較電圧（閾値）と比較し、比較電圧以上であればスweep速度を低速にし、比較電圧未満であればスweep速度を高速にすることで、圧電素子が駆動していない時間を短くしたものであり、特許文献 1 に比べて駆動効率を向上させることができる利点がある。

【0007】

【特許文献 1】特公平 5 - 16272 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 20445 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

ところで、特許文献 1、2 のように、発振周波数をスweepさせた場合、実際に、圧電振動子を駆動できる周波数領域は、前記周波数 f_L から f_H の範囲の一部であり、かつ、この駆動周波数領域は周囲温度や負荷の変動等によって変化する。このため、圧電振動子が駆動していない周波数領域においても、電圧制御発振器からの駆動信号出力は継続するため、不要な消費電流が発生する。

また、周囲温度や負荷の変動等により、圧電振動子を駆動できる周波数領域が変動するため、発振周波数を f_L から f_H までスweepさせる間、実際に圧電振動子が駆動される区間（時間）も変動し、圧電振動子が駆動していない区間が生じる。このため、特に特許文献 1 において顕著であるが、圧電振動子で被駆動体を回転あるいは移動している場合、被駆動体の単位時間あたりの駆動量、つまり駆動速度にバラツキが生じ、駆動効率を向上することもできない。

20

【0009】

本発明の目的は、圧電アクチュエータを確実に駆動でき、かつ、消費電力を低減でき、圧電アクチュエータで駆動される被駆動体の駆動速度のバラツキを低減できる圧電アクチュエータの駆動方法、圧電アクチュエータの駆動装置、この圧電アクチュエータを備えた電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

30

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法は、所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を備えた圧電アクチュエータの駆動方法であって、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数を予め設定された初期周波数から所定方向にスweepさせるとともに、前記振動体の振動状態を表す検出信号を検出し、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、その閾値以上となる範囲内で、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスweepさせることを特徴とする。

【0011】

ここで、前記検出信号は、駆動信号の周波数およびこの圧電アクチュエータで駆動される駆動対象の駆動状態（例えば駆動対象がロータであれば回転数等）と相関のある振動振幅電圧、消費電流、位相差等の圧電アクチュエータで検出可能な信号であればよい。また、所定の閾値は、前記圧電素子が駆動している際に、検出信号の値（例えば検出電圧であればその振幅）が閾値以上となるように設定すればよい。

40

また、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となるとは、圧電素子に最初に供給される駆動信号の周波数が圧電素子の駆動範囲外の周波数であった場合には、周波数をスweepさせて圧電素子が駆動し、その検出信号が閾値以上になることを意味し、圧電素子に最初に供給される駆動信号の周波数が圧電素子の駆動範囲内の周波数であった場合には、その周波数で圧電素子が駆動して検出信号が閾値以上になることを意味する。

さらに、検出信号が閾値以上となる範囲とは、周波数をアップ方向（周波数が高くなる方向）にスweepした際に、前記検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する周波数を上限とし、周波数をダウン方向（周波数が低くなる方向）にスweepした際に、前記検出信

50

号が閾値以上から閾値未満に変化する周波数を下限とし、これらの上限および下限間の範囲を意味する。そして、検出信号が閾値以上となる範囲内とは、前記上限および下限間の範囲全体でもよいし、その範囲に含まれる一部の範囲でもよく、要するに本発明では駆動信号の周波数をスイープさせた際に、少なくとも前記範囲を超えることがないように制御すればよい。

【 0 0 1 2 】

本発明では、駆動信号の周波数を、検出信号が所定の閾値以上となる範囲内で変化（スイープ）させているので、前記閾値を圧電素子が駆動している際の検出信号に基づいて設定しておくことで、圧電素子を確実に駆動することができる。

また、駆動信号を前記範囲内で常時スイープさせているので、周囲温度、外乱、負荷の変動などで圧電素子の駆動周波数がばらついていても、そのバラツキに無調整で対応できる。このため、駆動装置に、周囲温度、外乱、負荷の変動などを検出する検出回路や、その検出データに基づいて駆動信号の周波数を調整する調整回路を設ける必要が無く、駆動装置の構成も簡易化できる。

さらに、振動体の振動状態を表す検出信号に基づいて前記駆動信号の周波数のスイープ範囲を制御しているため、駆動開始後、一旦、検出信号が閾値以上となれば、検出信号が閾値以上の範囲つまり圧電素子が駆動状態となる範囲内でスイープ制御することになるため、圧電素子を常時駆動し続けることができる。これにより、駆動対象を駆動できない無駄な駆動信号出力時間を無くすことができ、無駄な消費電流を低減できるとともに、効率を向上できる。また、非駆動状態の時間を無くすことができるので、負荷などの変動があっても、所定時間（例えば1分間）における駆動時間のばらつきを低減でき、振動体で駆動される駆動対象（被駆動体）の駆動速度の偏り（ばらつき）も低減でき、高速駆動も実現できる。

その上、圧電素子の駆動を常時継続できるので、圧電素子が停止→駆動→停止を繰り返す場合に比べて、駆動対象および圧電アクチュエータの摩耗も低減でき、圧電アクチュエータの長寿命化を図ることもできる。

【 0 0 1 3 】

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する毎に、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数のスイープ方向を反転させることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

このような構成によれば、周波数をアップ方向（周波数が高くなる方向）にスイープした際に、前記検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する周波数を上限周波数とし、周波数をダウン方向（周波数が低くなる方向）にスイープした際に、前記検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する周波数を下限周波数とし、これらの上限周波数および下限周波数間の全範囲でスイープさせることになるため、比較的広い範囲で駆動信号の周波数をスイープさせることができる。このため、周囲温度などが変動した場合でも、圧電素子を確実に駆動し続けることができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する際の駆動信号の周波数に基づいて所定の周波数範囲を設定し、その周波数範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

ここで、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化する際の駆動信号の周波数に基づいて所定の周波数範囲を設定するとは、例えば、周波数をダウン方向あるいはアップ方向のいずれかにスイープして前記検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の周波数を基準周波数とし、この基準周波数を下限あるいは上限の周波数とし、その基準周波数から所定の周波数分、例えば4 kHz分だけ移動した周波数を上下周波数あるいは下限周波数として周波数範囲を設定する場合だけでなく、前記検出信号が閾値以上から閾値未満に変化し

10

20

30

40

50

た際の周波数から所定の周波数分だけ移動した周波数を基準周波数とし、この基準周波数を下限あるいは上限の周波数とし、その基準周波数からさらに所定の周波数分だけ移動した周波数を上下周波数あるいは下限周波数として周波数範囲を設定したものも含むものである。

【 0 0 1 7 】

このように周波数範囲を設定すれば、周波数スイープ範囲を駆動効率が高い部分のみに限定することもでき、圧電素子の効率的な駆動制御を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、駆動信号の周波数を周波数が小さくなるダウン方向または周波数が大きくなるアップ方向にスイープさせている場合に、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数を下限または上限の周波数とし、この下限または上限の周波数から前記スイープ方向とは反対方向にスイープさせた際に、前記下限または上限の周波数から所定の周波数分だけ離れた周波数を上限または下限の周波数とし、前記下限周波数および上限周波数間の範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることが好ましい。

10

【 0 0 1 9 】

すなわち、ダウン方向にスイープさせた際に検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数を下限の周波数とした場合、この下限の周波数から所定周波数分（例えば、4 k H z 分）だけ大きな周波数を上限の周波数とし、これらの下限および上限の周波数間でスイープさせればよい。

20

同様に、アップ方向にスイープさせた際に検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数を上限の周波数とした場合、この上限の周波数から所定周波数分（例えば、6 k H z 分）だけ小さな周波数を下限の周波数とし、これらの上限および下限の周波数間でスイープさせればよい。

【 0 0 2 0 】

このように周波数のスイープ範囲を設定すれば、周波数スイープ範囲を駆動効率が高い部分のみに限定することができ、圧電素子の効率的な駆動制御を行うことができるとともに、そのスイープ範囲の下端または上端を検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した周波数に設定できるので、周囲温度などが変動して圧電素子が駆動される範囲が変動した場合でも、圧電素子を確実に駆動し続けることができる。

30

例えば、圧電素子として、板状に構成された圧電素子の駆動電極の位置や、重量バランスを調整することで、板状の圧電素子の長手方向に振動する縦振動および幅方向に振動する屈曲振動を起こさせて圧電素子の端部に設けた突起先端を楕円軌道で移動させる圧電素子を用いた場合、前記検出信号が閾値以上となる範囲の下限となる縦振動の共振周波数から屈曲共振周波数側の数 k H z の領域が駆動力や回転数の点で好ましいスイープ範囲となる。そして、本発明では、このスイープ範囲で圧電素子を容易に駆動することができるため、前記検出信号が閾値以上となる範囲全体で周波数をスイープさせる場合に比べて駆動効率を向上できる。

【 0 0 2 1 】

40

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、駆動信号の周波数を周波数が小さくなるダウン方向または周波数が大きくなるアップ方向にスイープさせている場合に、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際の駆動信号の周波数から前記スイープ方向とは反対側に所定の周波数分だけ離れた周波数を下限または上限の周波数とし、この下限または上限の周波数から前記スイープ方向とは反対方向にスイープさせた際に、前記下限または上限の周波数から所定の周波数分だけ離れた周波数を上限または下限の周波数とし、前記下限周波数および上限周波数間の範囲内で前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

このような構成によれば、検出信号が閾値以上となる範囲の下限および上限から離れた

50

部分に周波数のスイープ範囲を設定できるため、圧電素子によっては駆動効率が最も高い範囲でスイープさせることができ、駆動効率をより一層向上することができる。

【0023】

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、圧電素子の駆動が継続されるに伴い、前記駆動信号の周波数をスイープさせる範囲を狭めることが好ましい。

【0024】

このような構成によれば、スイープ範囲を駆動効率が高い部分に徐々に狭めることができるため、駆動効率をより一層向上することができる。

【0025】

本発明の圧電アクチュエータの駆動方法においては、前記検出信号が前記閾値未満の場合には、前記駆動信号の周波数のスイープ速度を第1設定速度に設定し、前記検出信号が前記閾値以上の場合には、前記駆動信号の周波数のスイープ速度を前記第1設定速度よりも低速な第2設定速度に設定することが好ましい。

10

【0026】

本発明では、振動体の振動状態を表す検出信号に基づいて前記駆動信号の周波数のスイープ速度を制御しているので、振動体の振動量が小さくて駆動対象が非駆動状態の時には前記駆動信号の周波数のスイープ速度を高速にし、振動体の振動量が大きくなって駆動対象が駆動状態の時には低速にすることができる。これにより、駆動対象を駆動できない無駄な駆動信号出力時間を短くでき、無駄な消費電流を低減できるとともに、効率を向上できる。また、非駆動状態の時間を短くできるので、負荷などの変動があっても、所定時間（例えば1分間）における駆動時間のばらつきを低減でき、振動体で駆動される駆動対象（被駆動体）の駆動速度の偏り（ばらつき）も低減でき、高速駆動も実現できる。

20

【0027】

本発明の圧電アクチュエータの駆動装置は、所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を備えた圧電アクチュエータにおける前記圧電素子へ駆動信号を供給する圧電アクチュエータの駆動装置であって、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせる周波数制御手段を備え、前記周波数制御手段は、振動体の振動状態を表す検出信号を検出し、前記検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、その閾値以上となる範囲内で、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせることを特徴とする。

30

【0028】

このような本発明では、駆動信号の周波数を所定範囲で変化（スイープ）させているので、この周波数範囲内で駆動する圧電素子であれば確実に駆動することができる。

また、駆動信号を所定周波数範囲で常時スイープさせているので、周囲温度、外乱、負荷の変動などで圧電素子の駆動周波数がばらついても、そのバラツキに無調整で対応できる。このため、駆動装置に、周囲温度、外乱、負荷の変動などを検出する検出回路や、その検出データに基づいて駆動信号の周波数を調整する調整回路を設ける必要が無く、駆動装置の構成も簡易化できる。

さらに、振動体の振動状態を表す検出信号に基づいて前記駆動信号の周波数のスイープ速度を制御する場合には、圧電アクチュエータで駆動される駆動対象が非駆動状態時には前記駆動信号の周波数のスイープ速度を高速にし、駆動状態時には低速にすることができる。これにより、駆動対象を駆動できない無駄な駆動信号出力時間を短くでき、無駄な消費電流を低減できるとともに、効率を向上できる。また、非駆動状態の時間を短くできるので、負荷などの変動があっても、所定時間（例えば1分間）における駆動時間のばらつきを低減でき、振動体で駆動される駆動対象の駆動速度の偏り（ばらつき）も低減でき、高速駆動も実現できる。

40

その上、圧電素子の駆動を常時継続できるので、圧電素子が停止→駆動→停止を繰り返す場合に比べて、駆動対象および圧電アクチュエータの摩耗も低減でき、圧電アクチュエータの長寿命化を図ることもできる。

【0029】

50

本発明の圧電アクチュエータの駆動装置においては、前記周波数制御手段は、前記検出信号の振幅を検出するための閾値となる振幅検出用基準電圧を出力する定電圧回路と、この定電圧回路で出力される振幅検出用基準電圧と前記検出信号の振幅とを比較して比較結果信号を出力する振幅検出回路と、前記比較結果信号に基づいて出力電圧の変化方向を切り替える電圧調整回路と、電圧調整回路から出力される電圧によって出力信号の周波数を可変可能な可変周波数発振器とを備えて構成されることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

この構成の発明では、定電圧回路から出力される振幅検出用基準電圧と、検出信号の振幅（電圧）とを比較することで、駆動対象が駆動状態または非駆動状態であるかを検出でき、比較結果信号として出力できる。そして、比較結果信号に基づいて、電圧調整回路から出力される電圧値を制御することで駆動信号の周波数を設定でき、かつ電圧調整回路から出力される電圧の変化方向を制御することで駆動信号の周波数スイープ方向を設定できるので、駆動信号の周波数スイープの範囲を前記比較結果信号が所定の閾値以上となる範囲内に容易に設定することができる。

10

【 0 0 3 1 】

本発明の圧電アクチュエータの駆動装置においては、前記電圧調整回路は、周波数の異なる複数のクロック信号を出力可能なクロック回路と、アップダウンカウンタと、このアップダウンカウンタのカウント値に基づいて出力電圧の電圧値を設定するデジタル／アナログ変換器と、前記クロック信号に基づいて前記アップダウンカウンタのカウント値を制御するスイープ制御回路とを備え、前記スイープ制御回路は、前記アップダウンカウンタに入力するクロック信号の周波数を高低２段階に切り替える第１のクロックセクタと、前記クロック信号の入力先をアップダウンカウンタのカウントアップ用入力またはカウンタダウン用入力のいずれかに切り替える第２のクロックセクタと、前記振幅検出回路からの比較結果信号に基づいて前記各セクタを制御する調整回路とを備えることが好ましい。

20

【 0 0 3 2 】

この構成の発明によれば、スイープ制御回路によって、アップダウンカウンタのカウント値を制御すれば、駆動信号の周波数を制御できるので、様々な増減パターンを容易に制御できる。例えば、駆動信号の周波数を設定された範囲内で往復させる場合には、カウント値が予め設定された範囲の最小値に達したら、第２のクロックセクタを制御してアップ方向にカウント値を変化させれば良く、最大値に達したら再度第２のクロックセクタを制御してダウン方向にカウント値を変化させるだけでよく、簡単な構成で制御できる。また、駆動信号の周波数スイープ速度は、カウント値の変化速度に比例するため、スイープ制御回路の第１のクロックセクタによってカウンタに入力する信号の周波数を切り替えるだけで容易に実現できる。

30

【 0 0 3 3 】

本発明の電子機器は、所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を有する圧電アクチュエータと、この圧電アクチュエータの駆動装置と、を備えたことを特徴とする。

この構成の発明では、消費電力が少なく、駆動速度のバラツキが小さくて安定した駆動を実現できる圧電アクチュエータを備えているので、特に腕時計などの小型で携帯に適した電子機器を提供することができる。

40

【 0 0 3 4 】

本発明の圧電アクチュエータの駆動装置の制御プログラムは、所定の周波数の駆動信号が圧電素子に与えられることで振動する振動体を備えた圧電アクチュエータにおける前記圧電素子へ駆動信号を供給する圧電アクチュエータの駆動装置の制御プログラムであって、前記駆動装置に組み込まれたコンピュータを、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせるとともに、前記振動体の振動状態を表す検出信号を検出し、この検出信号が最初に所定の閾値以上となった後は、その閾値以上となる範囲内で、前記圧電素子へ供給する駆動信号の周波数をスイープさせる周波数制御手段として機能させることを特

50

徴とする。

また、本発明の記憶媒体は、前記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であることを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

このような本発明によれば、駆動装置に組み込まれたコンピュータを前記周波数制御手段として機能させることで、前述と同様に、圧電アクチュエータの消費電力を低減でき、かつ駆動速度のバラツキが小さくて高効率駆動を実現できる。そして、各手段をコンピュータで構成すれば、プログラムを変更するだけで、容易に条件を変更できるため、駆動対象等に応じた適切な制御を容易に行うことができる。

【発明の効果】

10

【 0 0 3 6 】

本発明によれば、圧電アクチュエータを確実に駆動でき、かつ、消費電力を低減でき、圧電アクチュエータで駆動される被駆動体の駆動速度のバラツキを低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 7 】

[第 1 実施形態]

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

まず、電子機器の実施形態として、圧電アクチュエータによって駆動される日付表示装置を備えた電子時計を例示する。

【 0 0 3 8 】

20

[1 . 全体構成]

図 1 は、本実施形態に係る電子時計 1 の外觀図である。電子時計 1 は、ムーブメント 2、文字板 3、時針 4、分針 5、秒針 6 のほか、文字板 3 に設けられた窓部 3 A から日付を表示する日付表示装置 1 0 を備えた腕時計（ウォッチ）である。

【 0 0 3 9 】

[2 . 日付表示装置の構成]

図 2 は、底板 1 A に支持された日付表示装置 1 0 を示す平面図である。日付表示装置 1 0 は、圧電アクチュエータ 2 0 と、この圧電アクチュエータ 2 0 によって回転駆動される被駆動体としてのロータ 3 0 と、ロータ 3 0 の回転を減速しつつ伝達する減速輪列 4 0 と、減速輪列 4 0 を介して伝達される駆動力により回転する日車 5 0 とを備えて大略構成されている。

30

ロータ 3 0 は、日の変わり目、あるいは日付補正時に圧電アクチュエータ 2 0 により回転駆動される。減速輪列 4 0 は、ロータ 3 0 と同軸に配置されてロータ 3 0 と一体的に回転する歯車 4 1 と、歯車 4 1 に噛合する日回し中間車 4 2 と、日回し車 4 3 とで構成されている。

【 0 0 4 0 】

なお、底板 1 A の下方（裏側）には、水晶振動子が発振するパルス信号で動作するステッピングモータや（図示せず）、ステッピングモータに接続されて時針 4、分針 5、秒針 6 を駆動する運針輪列（図示せず）や、電池 1 B 等が設けられている。電池 1 B は、ステッピングモータや圧電アクチュエータ 2 0、圧電アクチュエータ 2 0 に交流電圧を印加する駆動回路（図示せず）などの各回路に電力を供給する。

40

【 0 0 4 1 】

日回し中間車 4 2 は、大径部 4 2 1 と小径部 4 2 2 とから構成されている。小径部 4 2 2 は、大径部 4 2 1 よりも若干小径の円筒形であり、その外周面には、略正形状の切欠部 4 2 3 が形成されている。この小径部 4 2 2 は、大径部 4 2 1 に対し、同心をなすように固着されている。大径部 4 2 1 には、ロータ 3 0 の上部の歯車 4 1 が噛合していることにより、日回し中間車 4 2 は、ロータ 3 0 の回転に連動して回転する。

【 0 0 4 2 】

日回し中間車 4 2 の側方の底板 1 A には、板バネ 4 2 4 が設けられており、この板バネ 4 2 4 の基端部が底板 1 A に固定され、先端部が略 V 字状に折り曲げられて形成されてい

50

る。板バネ 4 2 4 の先端部は、日回し中間車 4 2 の切欠部 4 2 3 に出入可能に設けられている。板バネ 4 2 4 に近接した位置には、接触子 4 2 5 が配置されており、この接触子 4 2 5 は、日回し中間車 4 2 が回転し板バネ 4 2 4 の先端部が切欠部 4 2 3 に入り込んだときに、板バネ 4 2 4 と接触するようになっている。そして、板バネ 4 2 4 には、所定の電圧が印加されており、板バネ 4 2 4 が接触子 4 2 5 に接触すると、その電圧が接触子 4 2 5 にも印加される。従って、接触子 4 2 5 の電圧を検出することによって、日送り状態を検出でき、日車 5 0 の 1 日分の回転量が検出できる。

【 0 0 4 3 】

なお、日車 5 0 の回転量は、板バネ 4 2 4 や接触子 4 2 5 を用いたものに限らず、ロータ 3 0 や日回し中間車 4 2 の回転状態を検出して所定のパルス信号を出力するものなどを利用でき、具体的には、公知のフトリフレクタ、フォトインタラプタ、MR センサ等の各種の回転エンコーダ等が利用できる。

【 0 0 4 4 】

日車 5 0 は、リング状であり、その内周面に内歯車 5 1 が形成されている。日回し車 4 3 は、五歯の歯車を有しており、日車 5 0 の内歯車 5 1 に噛合している。また、日回し車 4 3 の中心には、シャフト 4 3 1 が設けられており、このシャフト 4 3 1 は、底板 1 A に形成された貫通孔 1 C に遊挿されている。貫通孔 1 C は、日車 5 0 の周回方向に沿って長く形成されている。そして、日回し車 4 3 およびシャフト 4 3 1 は、底板 1 A に固定された板バネ 4 3 2 によって図 2 の右上方向に付勢されている。この板バネ 4 3 2 の付勢作用によって日車 5 0 の揺動も防止される。

【 0 0 4 5 】

[3 . 圧電アクチュエータの構成]

次に、図 2 の部分拡大図である図 3 も参照して圧電アクチュエータ 2 0 について説明する。

圧電アクチュエータ 2 0 は、矩形板状である 2 つの圧電素子 2 1 と、各圧電素子 2 1 の間に介装された導電性の補強板 6 0 とを有する積層構造の圧電振動体 2 0 A と、駆動回路が実装された図示しない回路基板とを備え、取付対象である底板 1 A (図 2) にスライダ 7 0 によってスライド可能に取付固定されている。

以下、圧電アクチュエータ 2 0 を構成する圧電振動体 2 0 A の構成について詳細に説明する。

【 0 0 4 6 】

[圧電素子の構成]

圧電素子 2 1 は、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T (登録商標))、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等から選択した任意の材料で形成されている。

これらの圧電素子 2 1 の表面には、ニッケルあるいは金などによるめっき、スパッタ、蒸着等による電極が設けられ、この電極がエッチング等による溝で分割されることにより、5 つの駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 が設けられている。具体的に、圧電素子 2 1 の長手方向に沿って延びる 2 本の溝により電極は 3 等分され、さらに圧電素子 2 1 の幅方向両端側の電極が圧電素子 2 1 の幅方向に沿って延びる溝により 2 等分されることで、5 つの駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 が設けられている。

なお、スライダ 7 0 と対向する裏面側の圧電素子 2 1 にも、表面側の圧電素子 2 1 と同様に駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 が設けられており、例えば駆動電極 2 6 1 の裏面側に駆動電極 2 6 1 が配置されている。

【 0 0 4 7 】

これらの駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 と補強板 6 0 とは、図示しないリード線および回路基板を通じて駆動回路に接続され、各駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 と補強板 6 0 との間で圧電素子 2 1 にそれぞれ電圧が印加される。なお、これらの駆動電極 2 6 1 ~ 2 6 5 は、圧電素子 2 1 の平面中心に対して点対称に設けられている。

【 0 0 4 8 】

[補強板の構成]

補強板 60 は、ステンレス鋼、その他の導電性材料から形成され、圧電素子 21 が配置される矩形状の本体と、本体の幅方向両側にそれぞれ突出する一対の支持部 62 と、支持部 62 の端部に設けられ、スライダ 70 に固定される固定部 63 とを一体に有する。

本体は、各圧電素子 21 への電圧印加により振動し、各圧電素子 21 と共に、略矩形状の振動部を構成する。振動部は、各圧電素子 21 への電圧印加によって縦一次振動と屈曲二次振動とを励振する。

本体の両側の短辺略中央には、長手方向に沿って突出する突起 611, 612 がそれぞれ形成され、一方の突起 611 がロータ 30 の側面に当接される。なお、圧電アクチュエータ 20 は、ロータ 30 の側面に対して略垂直に配置されており、突起 611 の向きがロータ 30 の径方向に沿っている。また、振動部の平面はロータ 30 の軸に対して直交するように配置されている。なお、突起 611 がロータ 30 に当接されても、もう一方の突起 612 が励振に寄与するため、振幅を大きくでき、始動性が良好である。

支持部 62 は、振動部を挟んで設けられ、振動部を振動可能に支持する。

【 0049 】

スライダ 70 には、圧電振動体 20A における各固定部 63 がネジ 712 でそれぞれ固定されている。なお、固定部 63 以外の圧電振動体 20A とスライダ 70 との間には隙間があり、振動時に圧電振動体 20A がスライダ 70 に接触しないように構成されている。

スライダ 70 は、底板 1A に対して長穴などを介してスライド可能に取り付けられている。

【 0050 】

このように一体に組み付けられた圧電振動体 20A およびスライダ 70 は、図 2 および図 3 に示すように、底板 1A に設けられた 2 つの圧縮コイルバネ 11 によって圧電振動体 20A の長手方向に付勢されている。バネ 11 は、底板 1A に形成されたバネ取付部 12 と、圧電振動体 20A の固定部 63 に形成された突起 633 との間に係止される。このバネ 11 による加圧により、圧電振動体 20A の突起 611 とロータ 30 との間に適切な摩擦力が生じ、圧電アクチュエータ 20 のロータ 30 への振動の伝達効率が良好となっている。

【 0051 】

[4 . 圧電アクチュエータの動作]

次に、圧電アクチュエータ 20 の動作について説明する。図示しない駆動回路を通じて、各圧電素子 21 における駆動電極 261 ~ 265 への電圧印加が振動部 20B の各突起 611, 612 を結ぶ中心線に対して線対称に切り替えられることにより、突起 611 の振動軌跡が変更される。

つまり、駆動電極 261, 263, 265 のみに電圧を印加すると、振動部 20B は、縦振動と屈曲振動との混合モードで振動し、これら縦振動と屈曲振動との位相差に基づきリサージュ図形として、突起 611 は楕円状の振動軌跡を描く。この振動軌跡との接線方向にロータ 30 が間欠駆動され、突起 611 が所定の駆動周波数で楕円運動を続けることにより、ロータ 30 は正方向 R1 (図 3) に所定の速度で回転する。このとき圧電アクチュエータ 20 は、計時による日付変更を行う正転モードであり、ロータ 30 の正回転により、減速輪列 40 を介して日車 50 (図 2) が正方向 R1 に送られる。

【 0052 】

一方、駆動電極 262, 264, 265 のみに電圧を印加した場合は、振動部 20B の振動挙動が前記駆動電極 261, 263, 265 に電圧を印加した場合とは振動部 20B の長手方向に対して線対称となり、ロータ 30 は逆方向 R2 に回転する。このとき圧電アクチュエータ 20 は、日付補正時の日付変更を行う逆転モードであり、ロータ 30 の逆回転により、減速輪列 40 を介して日車 50 (図 2) が逆方向に送られる。

【 0053 】

[5 . 圧電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法]

次に、圧電アクチュエータ 20 の駆動装置 80 の構成を図 4 に基づいて説明する。

図4において、駆動装置80は、圧電アクチュエータ20の圧電素子21に対して駆動信号を出力する駆動回路81と、振幅検出用基準電圧を出力する定電圧回路82と、定電圧回路82から出力される振幅検出用基準電圧と圧電アクチュエータ20から出力される検出信号の振幅(電圧)とを比較して比較結果信号を出力する振幅検出回路83と、振幅検出回路83からの比較結果信号に基づいて出力電圧を調整する電圧調整回路84と、この電圧調整回路84で出力された電圧に対応して駆動回路81に出力する信号の周波数を調整する可変周波数発振器(VCO)85と、を備えている。そして、駆動回路81は、可変周波数発振器85から入力される信号の周波数に応じた駆動信号を圧電素子21に対して出力している。

【0054】

10

ここで、本実施形態では、駆動回路81、可変周波数発振器85及び電圧調整回路84を備えて圧電アクチュエータ20に供給する駆動信号の周波数を制御する駆動制御部が構成される。そして、この駆動制御部と、定電圧回路82と、振幅検出回路83とを備えて周波数制御手段が構成される。

なお、振幅検出回路83は、検出信号の振幅が振幅検出用基準電圧以上である場合にはHレベルの比較結果信号を出力し、検出信号の振幅が振幅検出用基準電圧未満である場合にはLレベルの比較結果信号を出力するように設定されている。

また、圧電素子21から出力される検出信号は、圧電素子21において駆動電圧が入力されていない電極261~264から出力される信号が利用されている。

【0055】

20

電圧調整回路84は、出力する電圧を所定範囲内で増減させるとともに、振幅検出回路83からの比較結果信号に基づいてその調整速度(変化速度)を切り換えるように構成されている。この電圧調整回路84の構成の一例を図5に示す。

電圧調整回路84は、高クロック(例えば1MHz)および低クロック(前記高クロックよりも低い周波数であり例えば1kHz)の少なくとも2つの周波数のクロック信号(基準信号)を出力可能な基準信号発振器としてのクロック回路841と、このクロック回路841から出力されるクロック信号に基づいてスweep制御を行うスweep制御回路842と、スweep制御回路842からの信号が入力されるアップダウンカウンタ(UDカウンタ)843と、このUDカウンタ843から出力されたデジタル信号をアナログ信号に変換するデジタル/アナログ変換器(D/A変換器)844とを備えている。

30

【0056】

スweep制御回路842は、図6に示すように、振幅検出結果に基づいてスweep速度およびスweep方向を調整する調整回路90と、調整回路90からの制御信号に基づいてスweep速度を選択する第1のクロックセレクタ91と、調整回路90からの制御信号に基づいてスweep方向を選択する第2のクロックセレクタ92とを備えている。

【0057】

第1のクロックセレクタ91は、クロック回路841からの低クロックの信号および高クロックの信号がそれぞれ入力されるAND回路911、912と、各AND回路911、912の出力が入力されるOR回路913と、調整回路90からのスweep速度選択信号を反転してAND回路912に入力するNOT回路914とを備えている。

40

従って、スweep速度選択信号がHレベル信号の場合、AND回路911からは低クロック信号がそのまま出力されるが、AND回路912にはNOT回路914からLレベル信号が入力されるため、AND回路912からの出力もLレベルのままに維持される。このため、OR回路913からはAND回路911から出力される低クロック信号がそのまま出力される。

一方、スweep速度選択信号がLレベル信号の場合、AND回路911からの出力はLレベルのままに維持されるが、AND回路912にはNOT回路914からHレベル信号が入力されるため、AND回路912からは高クロック信号がそのまま出力される。このため、OR回路913からはAND回路912から出力される高クロック信号がそのまま出力される。

50

従って、スイープ制御回路 8 4 2 は、振幅検出回路 8 3 から入力される振幅検出結果信号に応じて、前記 U D カウンタ 8 4 3 の計数速度（カウンタ値の変化速度）を切り換えるように構成されている。例えば、スイープ制御回路 8 4 2 は、前記検出結果信号が H レベルであれば、クロック回路 8 4 1 から出力されるクロック信号のうち、低クロック信号（例えば、1 kHz）を利用して U D カウンタ 8 4 3 のカウンタ値を変化し、検出結果信号が L レベルであれば、高クロック信号（例えば、1 MHz）を利用してカウンタ値を変化する。これにより、U D カウンタ 8 4 3 のカウンタ値の変化速度が切り換えられる。

【 0 0 5 8 】

第 2 のクロックセクタ 9 2 は、第 1 のクロックセクタ 9 1 から出力される信号がそれぞれ入力される AND 回路 9 2 1、9 2 2 と、調整回路 9 0 からスイープ方向選択信号を反転して AND 回路 9 2 2 に入力する NOT 回路 9 2 3 とを備えている。AND 回路 9 2 1 から出力された信号は、U D カウンタ 8 4 3 のカウンタ UP 用入力に入力され、AND 回路 9 2 2 から出力された信号は、U D カウンタ 8 4 3 のカウンタ DOWN 用入力に入力される。

【 0 0 5 9 】

従って、スイープ方向選択信号が H レベル信号の場合、AND 回路 9 2 1 からは第 1 のクロックセクタ 9 1 からの信号がそのまま出力されるが、AND 回路 9 2 2 からの出力は L レベルのままに維持される。このため、U D カウンタ 8 4 3 は、クロックセクタ 9 1 で選択されたクロック信号の入力により徐々にカウントアップされる。

一方、スイープ方向選択信号が L レベル信号の場合、AND 回路 9 2 2 からは第 1 のクロックセクタ 9 1 からの信号がそのまま出力されるが、AND 回路 9 2 1 からの出力は L レベルのままに維持される。このため、U D カウンタ 8 4 3 は、クロックセクタ 9 1 で選択されたクロック信号の入力により徐々にカウントダウンされる。

【 0 0 6 0 】

調整回路 9 0 は、本実施形態では、図 7 に示すように、D ラッチ 9 0 1 と、T フリップフロップ 9 0 2 とを備えている。

D ラッチ 9 0 1 のデータ入力には、実駆動の ON / OFF 信号が入力され、クロック入力には、振幅検出回路 8 3 からの検出結果信号が入力される。このため、日付が変更される時刻になって圧電素子 2 1 の駆動が指示されて実駆動が ON（H レベル）に変化されても、最初に検出結果信号が H レベルになるまでは、D ラッチ 9 0 1 つまり調整回路 9 0 はスイープ速度選択信号として L レベルの信号を出力し、クロックセクタ 9 1 では高クロック信号が選択される。一方、最初に検出結果信号が L レベルから H レベルになると D ラッチ 9 0 1 の出力は H レベル信号となり、その後はデータ入力である実駆動信号が ON（H レベル）である限り、D ラッチ 9 0 1 の出力は H レベルに維持され、クロックセクタ 9 1 では常時低クロック信号が選択される。

なお、調整回路 9 0 としては、図 7 に 2 点鎖線で記載したように、D ラッチ 9 0 1 を無くして、検出結果信号を直接スイープ速度選択信号とし、検出結果に応じてスイープ速度を選択するようにしてもよい。

【 0 0 6 1 】

また、T フリップフロップ 9 0 2 の入力には振幅検出回路 8 3 からの検出結果信号が入力され、リセット入力には実駆動の ON / OFF 信号が入力される。このため、実駆動が ON 信号とされている状態で、検出結果信号が検出（H レベル）から非検出（L レベル）に変化するたびに T フリップフロップ 9 0 2 から出力される信号が H レベルおよび L レベルに切り替わり、スイープ方向が選択される。

【 0 0 6 2 】

U D カウンタ 8 4 3 は、10 ビットあるいは 12 ビット程度のカウンタが利用でき、U D カウンタ 8 4 3 のダウン用入力あるいはアップ用入力にスイープ制御回路 8 4 2 からパルス信号を入力することで、その信号を計数してカウンタ値を変更するものである。なお、U D カウンタ 8 4 3 のビット数はスイープする周波数幅に応じて選択すればよい。すなわち、分解能（カウンタ値が 1 変化した際の周波数の変化量）を 0.01 ~ 0.25 kHz

10

20

30

40

50

程度にし、スイープ周波数幅を50～100kHz程度にした場合には、10～12ビット程度のカウンタを用いる必要があるが、スイープ周波数幅がより小さければ、よりビット数の小さなカウンタ、例えば8～9ビットのカウンタを利用することもできる。

【0063】

D/A変換器844は、内部にUDカウンタ843のカウンタ値に応じた周波数制御電圧値が設定されている。そして、このD/A変換器844は、UDカウンタ843から出力されるカウンタ値を入力すると、このカウンタ値に応じた周波数制御電圧値に相当する周波数制御電圧を可変周波数発振器85に出力する。

可変周波数発振器85は、D/A変換器844から出力される電圧に応じた周波数信号を駆動回路81に出力し、駆動回路81は入力された信号の周波数に応じた周波数の駆動信号を圧電素子21に出力する。このため、UDカウンタ843のカウンタ値によって駆動信号の周波数が設定され、かつ、UDカウンタ843のカウンタ値の変化速度つまりはスイープ制御回路842が利用するクロック信号の周波数によって駆動信号の周波数のスイープ速度が設定されることになる。

10

【0064】

従って、電圧調整回路84は、可変周波数発振器85、駆動回路81を介して圧電素子21に供給する駆動信号の周波数をスイープ（増減）させる周波数スイープ（増減）制御機能と、振幅検出回路83から出力された比較結果信号に基づいて前記駆動信号の周波数のスイープ速度を制御する周波数スイープ速度制御機能とを備えている。従って、本実施形態では、周波数制御手段のうち、主に電圧調整回路84により、駆動信号の周波数の増減を制御する周波数増減制御手段および駆動信号の周波数の増減割合（スイープ速度）を制御する周波数増減割合制御手段が構成される。

20

【0065】

次に、駆動装置80を用いた圧電アクチュエータの駆動方法について、図8のフローチャートに基づいて説明する。

図8に示すように、駆動装置80の電源を投入あるいは駆動開始を指示すると、駆動装置80は、圧電素子21に出力する駆動信号の周波数スイープを開始する（ステップ1、以下ステップを「S」と略す）。

なお、本実施形態では、周波数スイープの方向、速度、駆動開始時の駆動信号周波数は、電圧調整回路84に予め設定されている。例えば、スイープ方向はDOWN（駆動信号の周波数をダウンさせる方向）、スイープ速度は高速度（高クロック： $A \times 1 \text{ MHz/sec}$ ）、駆動開始時の駆動信号周波数は初期周波数 f_{max} とされている。従って、駆動信号の周波数は、周波数範囲の f_{max} から前記スイープ速度に応じて周波数が順次減少することになる。

30

【0066】

この駆動信号の周波数制御は、具体的には、次のようにして行われる。すなわち、スイープ制御回路842は、UDカウンタ843のカウンタ値を駆動信号周波数 f_{max} に対応する値に設定し、その後、クロック回路841からのクロック信号に基づいて、UDカウンタ843のダウン入力にパルス信号を入力してUDカウンタ843のカウンタ値をダウンさせる。

40

D/A変換器844からはUDカウンタ843のカウント値に応じた電圧が出力されるので、UDカウンタ843のカウンタ値が減少すれば、D/A変換器844から出力される電圧も順次減少する。

そして、その電圧値に対応した周波数の信号が可変周波数発振器85から出力され、この周波数に応じた駆動信号が駆動回路81から出力されて圧電素子21が駆動（励振）される（S2）。

【0067】

圧電素子21が駆動されると、振幅検出回路83および電圧調整回路84は圧電素子21の検出電極から出力される検出信号に基づくスイープ速度切替処理を実行する（S3）。

50

スweep速度切替処理（S3）では、図9に示すように、振幅検出回路83が、圧電素子21から出力される検出信号をモニタし（S31）、その検出信号の振幅（電圧）を定電圧回路82から出力される振幅検出用基準電圧と比較する（S32）。

【0068】

S32において、振幅検出回路83は、検出信号振幅が基準電圧以上であれば、Hレベルの比較結果信号を出力する（S33）。一方、振幅検出回路83は、検出信号振幅が基準電圧未満であれば、Lレベルの比較結果信号を出力する（S34）。

電圧調整回路84は、Hレベルの比較結果信号を受信すると、スweep速度を低速にする（S35）。すなわち、スweep速度が低速に設定されている場合にはその状態を維持し、高速に設定されていた場合には低速に切り替える。そして、一旦低速に設定されると、スweep制御回路842の調整回路90におけるDラッチ901により、比較結果信号がLレベルとなっても低速が維持される（S36）。

なお、本実施形態では、図9にも示すように、低速スweepはA kHz/secであり、高速スweepは低速の1000倍のA × 1 MHz/secである。また、Aは例えば「1」などであり、適宜設定すればよい。

このように、本実施形態のスweep速度切替処理S3では、スweep速度を高速または低速の2種類に切り替えている。

【0069】

スweep速度切替処理S3が終了すると、図8に示すように、スweep方向切替処理S4が実行される。

スweep方向切替処理S4では、図10に示すように、振幅検出回路83から出力される振幅検出結果信号がHレベルからLレベルに変化したか否かを検出する（S41）。振幅検出結果信号がHレベルからLレベルに変化した際には、スweep方向を反転して切り替える（S42）。つまり、スweep方向がDOWN方向であればUP方向に切り替え、UP方向であればDOWN方向に切り替える。

一方、S41で「No」と判断された場合には、スweep方向は切り替えずにそのまゝの方向を維持する。

【0070】

スweep方向切替処理S4が終了すると、図8に示すように、電源切断または駆動停止が指示されたか否かを判断する（S5）。S5で「No」と判断されれば、S2～S4の処理を繰り返す。一方、S5で「Yes」と判断されれば、駆動制御を終了する。

【0071】

このような制御を行った場合の被駆動体の回転数（rps）と、駆動信号の周波数との関係を図11に示す。なお、図11において、Z（Ω）は、振動体20Aにおける駆動周波数とインピーダンスとの関係を示す。ここで、インピーダンス（Z）が最も小さくなる周波数が縦一次振動の共振点である。また、縦一次振動の共振点から駆動周波数が高くなるにしたがって、インピーダンスは徐々に高くなり、その後、僅かに低くなった後、再度高くなって最大値となる。そして、前記インピーダンスが僅かに低くなる部分が、屈曲二次振動の共振点である。

そして、縦振動の縦共振周波数と屈曲振動の屈曲共振周波数との間で振動体20Aを駆動すると、縦振動および屈曲振動双方の振幅が確保され、圧電アクチュエータ20は高効率で駆動する。このため、本実施形態においても、向上するように、各共振周波数の間でスweep駆動制御するように構成されている。

【0072】

最初、駆動信号の周波数はfmaxからfminにDOWN方向にスweepされている（図11の矢印A）。ここで、圧電素子21は周囲温度や被駆動体の負荷等に応じて励振（駆動）する周波数範囲が変動する。そして、圧電素子21が励振（駆動）すると、検出信号の振幅（検出電圧VANP）が高くなる。従って、検出電圧VANPが比較電圧（振幅検出用基準電圧）Vref以上であるか否かで、圧電アクチュエータ20の振動が、駆動対象であるロータ30を駆動可能な振動に達しているか否かが判断できる。

このため、前述の通り、検出電圧VANPが比較電圧Vref未満の場合つまりロータ30が駆動していないと判断される場合には、スweep速度が高速度に設定され、検出電圧VANPが比較電圧Vref以上の場合つまりロータ30が駆動していると判断される場合にはスweep速度は低速度に設定される。

【0073】

そして、駆動信号の周波数が、検出電圧VANPが比較電圧Vref以下に低下する時点（図11の点B）まで変化すると、つまり振幅検出結果信号がHからLレベルに変化すると、スweep制御回路842によってスweep方向が切り替わり、駆動信号の周波数はUP方向にスweepされる（図11の矢印C）。

そして、駆動信号の周波数が、検出電圧VANPが比較電圧Vref以下に低下する時点（図11の点D）まで変化すると、つまり振幅検出結果信号がHからLレベルに変化すると、スweep制御回路842によってスweep方向が再度切り替わり、駆動信号の周波数はDOWN方向にスweepされる（図11の矢印E）。

以下、同じ動作を繰り返すことで、駆動信号の周波数は、検出電圧VANPが比較電圧Vref以上となる範囲で往復しながら変化される。また、スweep速度は、Dラッチ901によって低クロックの状態に維持されている。

【0074】

[3.実施形態の効果]

従って、本実施形態によれば、次の作用効果を奏することができる。

(1) 本実施形態の圧電アクチュエータの駆動装置80は、圧電素子21を駆動する駆動信号を、振幅検出信号が比較電圧Vref以上となる範囲内でスweepさせているので、圧電素子21を常に駆動することができる。このため、圧電素子21を用いた超音波モータであれば、被駆動体であるロータ30を確実に回転させることができる。

従って、ロータ30を駆動できない無駄な駆動信号出力時間がほとんど無いため、無駄な消費電流を低減でき、駆動効率を向上できる。また、非駆動状態の時間が殆どないため、負荷などの変動があっても、例えば1分間などの所定時間における駆動時間のばらつきを低減でき、圧電素子21で回転駆動されるロータ30の回転速度の偏り（ばらつき）も低減でき、高速駆動も可能にできる。

このため、例えば、fmaxからfminのスweepを繰り返す従来の制御方法に比べて、1桁以上の効率改善を図ることができる。すなわち、特許文献1、2、本実施形態および位相差に基づく制御の4つの方式で駆動した際の駆動力とロータ回転速度との関係を実験によって確認すると、図12に示すように、実線121で示される本実施形態による結果は、二点鎖線122で示される位相差によって制御した場合の結果よりは低くなるが、点線123で示される特許文献1による結果や一点鎖線124で示される特許文献2による結果よりは駆動効率を向上することができる。従って、特に位相差と駆動状態とに相関関係が認められない圧電素子を制御する場合には、本発明による制御を行えば最も効率的な駆動を実現することができる。

【0075】

(2) また、振幅検出信号が比較電圧Vref未満になればスweep方向を切り替えることで、振幅検出信号が常に比較電圧Vref以上となる範囲で常時スweepさせているので、周囲温度、外乱、負荷の変動などで圧電素子21の駆動周波数がばらついていても、そのバラツキに無調整で対応できる。このため、駆動装置80に、周囲温度、外乱、負荷の変動などを検出する検出回路や、その検出データに基づいて駆動信号の周波数を調整する調整回路を設ける必要が無く、駆動装置80の構成も簡易化できる。

【0076】

(3) さらに、圧電素子21からの検出信号の振幅（電圧）を振幅検出用基準電圧と比較してロータ30の駆動状態を検出し、検出振幅が基準電圧以上つまりロータ30が駆動している場合にはスweep速度を低速度にし、検出振幅が基準電圧未満つまりロータ30が非駆動状態では、スweep速度を高速度にしている。

このため、例えば、fmaxからfminに向かって周波数をスweepさせる最初のスweep処

10

20

30

40

50

理時間においても、ロータ 30 が非駆動状態となっている時間を短くできる。さらに、その後は、常に検出振幅が基準電圧以上つまりロータ 30 が駆動されている状態に維持できる。

【0077】

(4) 本実施形態では、振幅検出回路 83 において、検出信号の振幅を基準電圧と比較し、電圧調整回路 84 では、その比較結果信号に基づいて駆動信号の周波数スイープ速度を高速または低速の 2 段階で切り替えているので、駆動装置 80 の回路構成を簡易にでき、制御処理も容易に実行できる。

【0078】

(5) 電圧調整回路 84 を、クロック回路 841、スイープ制御回路 842、UD カウンタ 843、D/A 変換器 844 を備えて構成し、周波数速度変化をクロック回路 841 から出力されるクロック信号の周波数で制御できるので、速度変化の幅を広くでき、スイープ速度を複数段階に容易に調整できる。

また、電圧調整回路 84 は UD カウンタ 843 を備えた構成としたので、外付け部品が不要とされ、スイープ速度を容易に可変することができるので、IC 化が有利となる。

【0079】

(6) 電子時計を、圧電素子 21 を有する振動体及びこの振動体に設けられるとともに駆動対象に当接される突起 611 を有する圧電アクチュエータ 20 と、前述の構成の駆動装置 80 と、圧電アクチュエータ 20 によって駆動される日付表示装置 10 と、を備えて構成したので、消費電力が少なく、安定した駆動制御を短時間で達成できる電子時計を提供することができる。

【0080】

(7) 駆動信号の周波数を $f_{\max}$ から $f_{\min}$ にスイープさせる処理を繰り返す制御方法の場合、圧電素子 21 は停止→駆動→停止→駆動を繰り返すことになるが、本実施形態では、圧電素子 21 を常に駆動させ続けることができるので、ロータ 30 およびこのロータ 30 に当接する突起 611 の摩耗を低減でき、摩耗による圧電アクチュエータ 20 の効率低下を防止できて圧電アクチュエータ 20 の長寿命化を実現できる。

【0081】

[第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態について説明する。第2実施形態は、第1実施形態とはスイープ制御回路 842 の調整回路 90 の構成のみが相違するため、その他の構成の説明は省略する。

第2実施形態の調整回路 90A は、図13に示すように、第1実施形態の調整回路 90 と同じく D ラッチ 901、T フリップフロップ 902 を備える他、クロックカウンタ 903 を備えている。

クロックカウンタ 903 は、クロック回路 841 からのクロック信号が入力され、駆動信号の周波数が DOWN 方向から UP 方向に変化した後、駆動信号の周波数が予め設定されている周波数分変化する分に相当するクロック信号をカウントしたら、再度、DOWN 方向に切り替える信号を T フリップフロップ 902 に出力するものである。すると、T フリップフロップ 902 は、第2のクロックセクタ 92 に対して DOWN 方向を選択するスイープ方向選択信号を出力する。

また、T フリップフロップ 902 は、DOWN 方向にスイープした際に、検出信号が閾値以上から閾値未満に変化した際には、スイープ方向を DOWN 方向から UP 方向に反転させるスイープ方向選択信号を第2のクロックセクタ 92 に出力するように構成されている。

【0082】

このような本実施形態によれば、図14、15に示すように、最初、駆動信号の周波数は $f_{\max}$ から $f_{\min}$ に DOWN 方向にスイープされている(図14、15の矢印 A)。この際、スイープ速度は高速度に設定されているため、クロックカウンタ 903 に入力されるスイープクロックは高速度(高周波数)に設定されている。そして、圧電素子 21 が励振(駆動

）して検出信号の振幅（検出電圧VANP）が比較電圧Vref以上になって振幅検出結果信号がLからHレベルに変化すると、スイープ速度が低速に切り替えられ、スイープクロックも前記高速度用の周波数よりも低い低周波数に切り替えられる。

【0083】

さらに、駆動信号の周波数が、検出電圧VANPが比較電圧Vref以下に低下する時点（図14，15の点B）まで変化すると、つまり振幅検出結果信号がHからLレベルに変化すると、スイープ制御回路842によってスイープ方向が切り替わり、駆動信号の周波数はUP方向にスイープされる（図14，15の矢印C）。

すなわち、検出結果入力HからLに立ち下がると、クロックカウンタ903は単パルスをつリップフロップ902に出力する。つリップフロップ902は、入力された単パルスの立ち下がりて出力を反転し、スイープ方向を切り替える。

また、クロックカウンタ903は、検出結果入力のHからLの立ち下がりて、クロックカウンタ903に入力されるスイープクロックのカウント処理をスタートする。なお、検出結果がHからLになると、スイープクロックも高速度に切り替えられるが、スイープ方向が切り替えられるため、検出電圧VANPはすぐに基準電圧以上となって検出結果もHに立ち上がり、スイープクロックも即座に低速度に切り替えられる。

【0084】

図14，15の矢印Cの期間のように、UP方向にスイープしている際に、クロックカウンタ903のカウント数が予め設定された設定値に達したら、クロックカウンタ903からつリップフロップ902に信号（単パルス）が出力され、スイープ方向がDOWN方向に反転される（図14，15の矢印D）。なお、クロックカウンタ903に設定されるカウント数は、スイープさせたい周波数範囲、例えば幅4kHzの範囲でスイープさせたい場合には、周波数が4kHz変化するのに相当するクロック数に設定される。すなわち、クロックカウンタ903に設定されるカウント数によって、スイープ幅が設定される。

図15に示す例では、クロックカウンタ903は、スイープクロックの立ち上がりが8回カウントされると、次のクロックの立ち上がり時に、単パルスをつリップフロップ902に出力し、かつ、カウンタをリセットするように構成されている。

【0085】

以下、同じ動作を繰り返すことで、駆動信号の周波数は、検出電圧VANPが比較電圧Vref以上となる範囲内において、クロックカウンタ903に設定されるカウント数で規定される周波数範囲内を往復しながら変化される。また、スイープ速度は、検出電圧VANPが比較電圧Vref以上であるため、スイープ方向がDOWN方向からUP方向に切り替わる一瞬を除いて低クロックの状態に維持されている。

なお、検出結果が入力されるクロックカウンタ903やつリップフロップ902は、検出結果信号を直接受けてもよいが、チャタリング防止回路を介して受けるようにしたほうが、安定した制御を行える点で好ましい。

すなわち、実際の検出電圧信号（振幅電圧）VANPは、駆動周波数と同等の周波数で出力される。なお、図11等示される検出電圧VANPは出力波形の最大値をプロットしたものである。そして、検出電圧VANPを比較電圧Vrefと比較する場合、所定の検出信号数（例えば4パルス）のうち、比較電圧（閾値）Vrefを超えている検出信号数が例えば3パルス以上あれば比較電圧以上であることを検出したものとして結果を「H」で出力し、2パルス以下しか越えなければ「L」を出力し判別している。この際、実際のアクチュエータ駆動では、検出電圧が比較電圧以上となっている周波数範囲でも、個体差や負荷等の変動により、稀に振幅が閾値以下になることがあり、制御結果として「L」になってしまうこと、つまり一般的なチャタリング（信号がON/OFFを繰り返す現象）のような状態になってしまう可能性がある。そこで、ラッチ回路などを用いた公知のチャタリング防止回路を設けることで、アクチュエータ駆動が行われていて検出電圧が比較電圧以上となるはずの周波数領域において、検出結果が「L」になって高速度スイープ処理を行ってしまうことを防止でき、安定した制御を行うことができる。

10

20

30

40

50

【0086】

このような第2実施形態においても、前記第1実施形態と同じ作用効果を奏することができる。

さらに、スイープさせる周波数範囲を狭めているので、回転数およびトルクが高い領域のみをスイープさせることもでき、駆動効率をより一層向上することができる。特に、本実施形態の圧電素子21は、前記検出電圧VANPが閾値以上となる範囲の下限(図14の点B)となる縦振動の共振周波数から屈曲共振周波数側の数kHzの領域が駆動力や回転数の点で好ましいスイープ範囲となるため、第2実施形態では、このスイープ範囲で圧電素子21を容易に駆動することができ、前記第1実施形態に比べても駆動効率を向上できる。

10

【0087】

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記第2実施形態では、検出信号が閾値以上の範囲のうち、下限の周波数を基準にした所定(例えば4kHz)の範囲でスイープさせるように設定していたが、上限の周波数を基準にした所定範囲でスイープさせるように設定してもよい。

【0088】

また、図16の矢印Aに示すように、検出信号が閾値以上となる範囲の下限あるいは上限の周波数から所定周波数分だけ離れた周波数を基準とし、この周波数から所定範囲内で周波数をスイープさせるように設定してもよい。

20

さらに、駆動信号の周波数を所定範囲でスイープさせる場合には、その範囲を駆動が継続することによって狭めるように制御してもよい。例えば、駆動周波数の1往復のスイープ制御が所定回数継続したら、図16の矢印Bのように、そのスイープ範囲を狭める(例えば、4kHz分スイープしていたのを2kHz分のスイープに半減させる)制御を行ってもよい。

この場合、継続回数に比例して徐々にスイープ範囲を狭めるように制御してもよい。例えば、スイープ範囲を4→3→2→1kHzに徐々に狭めるように制御してもよい。

【0089】

前記実施形態では、圧電素子21から出力される検出信号の振幅を振幅検出用基準電圧と比較して圧電素子21の駆動を制御したが、本発明では、例えば、圧電アクチュエータを駆動するドライバに抵抗を設け、圧電アクチュエータを流れる電流値の変化を、電圧値として検出することなどで、圧電アクチュエータを流れる電流値に基づいて駆動信号の周波数のスイープ方向の切替処理を制御してもよい。

30

【0090】

また、複数の検出信号を検出している場合、予め決められた1つの検出信号の振幅を検出して駆動信号の周波数スイープ方向の制御を行ってもよいが、駆動直後の一定期間、各検出信号の振幅を検出して記憶し、振幅の変化が大きいほうの検出信号の振幅に基づいて周波数制御を行うようにしてもよい。この場合には、振幅の変化が大きい検出信号に基づいて制御できるので、その変化を確実に検出できて効率的な制御を行うことができる。

【0091】

40

また、スイープ速度の切替は、前記実施形態のように2段階に切り替えるものに限らず、3段階あるいは4段階以上に切り替える構成としてもよい。なお、スイープ速度を切り替える際には、例えば、定電圧回路52から複数の基準電圧を出力し、検出信号の電圧と各基準電圧とを比較して制御すればよい。

さらに、本発明では、最初にスイープし始めてから圧電素子21が駆動開始した後は、常時圧電素子が駆動する範囲で周波数スイープを行うため、スイープ速度が高速に制御される期間も殆どない。このため、本発明において、スイープ速度の切替は必須ではなく、例えば、第1のクロックセレクタ91を無くし、第2のクロックセレクタ92に常時低クロック信号が入力されるように構成し、スイープ速度を常時、低クロックのままに維持しても良い。

50

【 0 0 9 2 】

駆動信号の周波数のスイープパターンは、前記実施形態のように、ダウン方向およびアップ方向の交互に切り替える往復パターンに限らず、設定された周波数範囲で常にアップ方向にスイープするアップパターンや、常にダウン方向にスイープするダウンパターンを採用しても良い。いずれのパターンにおいても、少なくとも検出信号の値（振幅など）が閾値以上となる範囲内でスイープさせればよい。

また、これらのスイープパターンを、圧電素子 2 1 の駆動状態に基づいて選択するように構成してもよい。

【 0 0 9 3 】

前記実施形態では、駆動信号の周波数の初期設定を所定の周波数 f_{max} に固定していたが、前回の駆動オン時に検出信号が閾値を超えた周波数範囲を記憶しておき、この周波数範囲に基づいて前記初期設定の周波数を設定するように制御してもよい。

10

【 0 0 9 4 】

駆動装置 8 0 としては、前記 U D カウンタ 8 4 3 を有する電圧調整回路 8 4 を用いたものに限らず、異なる時定数を有する複数のループフィルタを用いた電圧調整回路を有するものなどでもよく、要するに、駆動回路 8 1 から圧電素子 2 1 に出力される駆動信号の周波数をスイープ可能であり、かつそのスイープ範囲を検出信号に基づいて設定可能なものであればよい。

【 0 0 9 5 】

振幅検出回路 8 3 は、振幅を検出するものであれば具体的な構成を問うものではなく、例えば、一定時間内で一定振幅の数を検出するものでもよく、あるいは、単純に振幅レベルを検出するものや、振幅のピークレベルを検出するものでもよい。

20

【 0 0 9 6 】

さらに、本発明では、制御部内の各手段等は、各種論理素子等のハードウェアで構成されたものや、C P U（中央処理装置）、メモリ（記憶装置）等を備えたコンピュータを時計や携帯機器内に設け、このコンピュータに所定のプログラムやデータ（各記憶部に記憶されたデータ）を組み込んで各手段を実現させるように構成したものでもよい。

ここで、前記プログラムやデータは、時計や携帯機器等の電子機器内に組み込まれた R A M や R O M 等のメモリに予め記憶しておけばよい。また、例えば、時計や携帯機器内のメモリに所定の制御プログラムやデータをインターネット等の通信手段や、C D - R O M、メモ리카ード等の記録媒体を介してインストールしてもよい。そして、メモリに記憶されたプログラムで C P U 等を動作させて、各手段を実現させればよい。なお、時計や携帯機器に所定のプログラム等をインストールするには、その時計や携帯機器にメモ리카ードや C D - R O M 等を直接差し込んで行ってもよいし、これらの記憶媒体を読み取る機器を外付けで時計や携帯機器に接続してもよい。さらには、L A N ケーブル、電話線等を時計や携帯機器に接続して通信によってプログラム等を供給しインストールしてもよいし、無線によってプログラムを供給してインストールしてもよい。

30

【 0 0 9 7 】

このような記録媒体やインターネット等の通信手段で提供される制御プログラム等を時計や携帯機器に組み込めば、プログラムの変更のみで前記各発明の機能を実現できるため、工場出荷時あるいは利用者が希望する制御プログラムを選択して組み込むこともできる。この場合、プログラムの変更のみで制御形式の異なる各種の時計や携帯機器を製造するため、部品の共通化等が図れ、バリエーション展開時の製造コストを大幅に低減できる。

40

【 0 0 9 8 】

また、前記実施形態では、圧電アクチュエータを電子時計 1 の日付表示装置の駆動に用いていたが、これに限らず、電子時計 1 の時刻表示針（指針）の駆動に用いてもよい。このようにすれば、通常、指針を駆動するステッピングモータを圧電アクチュエータに置き換えることで、電子時計 1 の一層の薄型化が実現できるとともに、圧電アクチュエータがステッピングモータよりも磁性の影響を受けにくいことから、電子時計の高耐磁化をも図

50

ることができる。

【 0 0 9 9 】

さらに、本発明は、前記実施形態の電子時計に適用されるものに限らない。すなわち、本発明の圧電アクチュエータの駆動方法や、駆動装置を採用した電子機器としては、腕時計、置時計、柱時計等の電子時計に限らず、各種の電子機器に本発明が適用可能であり、特に小型化が要求される携帯用の電子機器に好適である。ここで、各種の電子機器としては、時計機能を備えた電話、携帯電話、非接触ＩＣカード、パソコン、携帯情報端末（ＰＤＡ）、カメラ等が例示できる。また、時計機能を備えないカメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、カメラ機能付き携帯電話等の電子機器にも適用可能である。これらカメラ機能を備えた電子機器に適用する場合には、レンズの合焦機構や、ズーム機構、絞り調整機構等の駆動に本発明の駆動手段を用いることができる。

10

さらに、計測機器のメータ指針の駆動機構や、可動玩具の駆動機構、自動車等のインパネ（instrumental panel）のメータ指針の駆動機構、圧電ブザー、プリンタのインクジェットヘッド、プリンタ等の紙送り機構、超音波モータ等に本発明の駆動手段を用いてもよい。

例えば、図１７に示すように、プリンタ１００において、紙送り用のローラ１０１を回転駆動させる駆動源として本発明の圧電アクチュエータ２０を利用してもよい。

また、圧電アクチュエータの構成も前記実施形態のものに限定されず、例えば、超音波の進行波でロータを回転させるいわゆる超音波モータなどでもよく、要するに本発明は圧電素子を備えた各種の圧電アクチュエータに広く利用できる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 0 】

【図１】本発明の実施形態における電子時計の外観図。

【図２】前記実施形態における日表示装置の平面図。

【図３】図２の部分拡大図。

【図４】圧電アクチュエータの駆動装置の内部構成を示すブロック図。

【図５】電圧調整回路の内部構成を示すブロック図。

【図６】スweep制御回路の内部構成を示すブロック図。

【図７】スweep制御回路における調整回路の構成を示すブロック図。

【図８】圧電アクチュエータを駆動する方法を説明するフローチャート。

30

【図９】図８のフローチャートにおけるスweep速度切替処理を説明するフローチャート。

【図１０】図８のフローチャートにおけるスweep方向切替処理を説明するフローチャート。

【図１１】本実施形態における駆動信号の周波数と被駆動体の回転数、検出電圧、インピーダンスとの関係を示すグラフ。

【図１２】本実施形態および比較例の駆動力およびロータ回転速度の関係を示すグラフ。

【図１３】本発明の第２実施形態における調整回路の構成を示すブロック図。

【図１４】第２実施形態における駆動信号の周波数と被駆動体の回転数、検出電圧、インピーダンスとの関係を示すグラフ。

40

【図１５】第２実施形態における検出結果、カウンタクロック出力、スweepクロック、Ｔフリップフロップ出力の動作関係を示すタイミングチャート。

【図１６】変形例における駆動信号の周波数と被駆動体の回転数、検出電圧、インピーダンスとの関係を示すグラフ。

【図１７】本発明の変形例を示す概略斜視図。

【図１８】特許文献２の駆動制御方法を説明するグラフ。

【符号の説明】

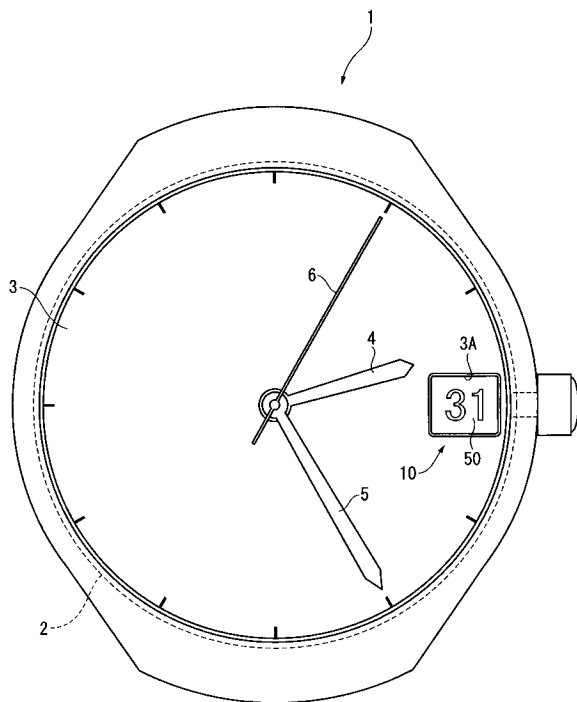
【 0 1 0 1 】

１…電子時計、２…ムーブメント、１０…日付表示装置、２０…圧電アクチュエータ、
２１…圧電素子、３０…ロータ、５０…日車、８０…駆動装置、８１…駆動回路、８２…

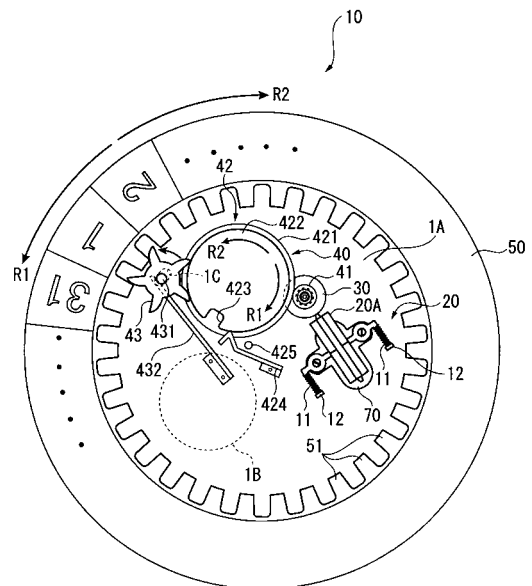
50

定電圧回路、83...振幅検出回路、84...電圧調整回路、85...発振器、90...調整回路、91...第1のクロックセクタ、92...第2のクロックセクタ、100...プリンタ、101...ローラ、261~265...駆動電極、841...クロック回路、842...スイープ制御回路、843...UDカウンタ、844...D/A変換器、901...Dラッチ、902...Tフリップフロップ、903...クロックカウンタ。

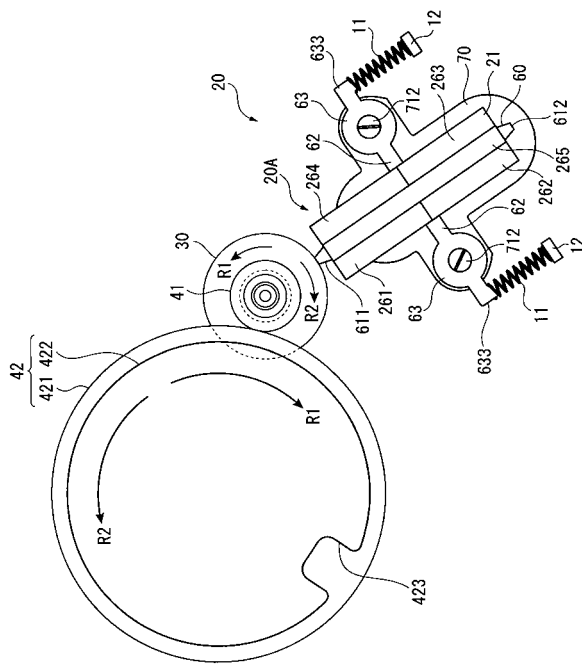
【図1】



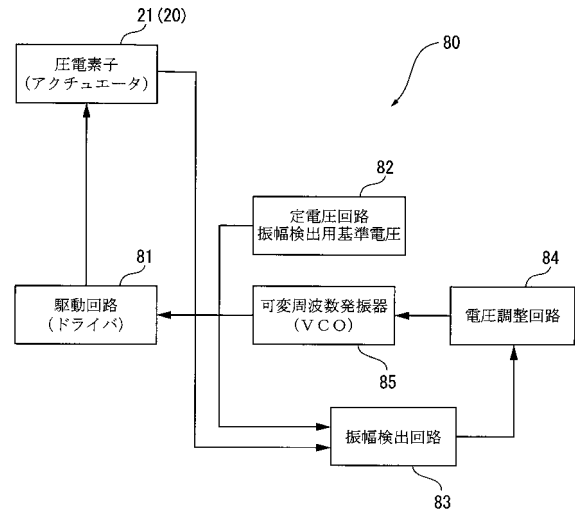
【図2】



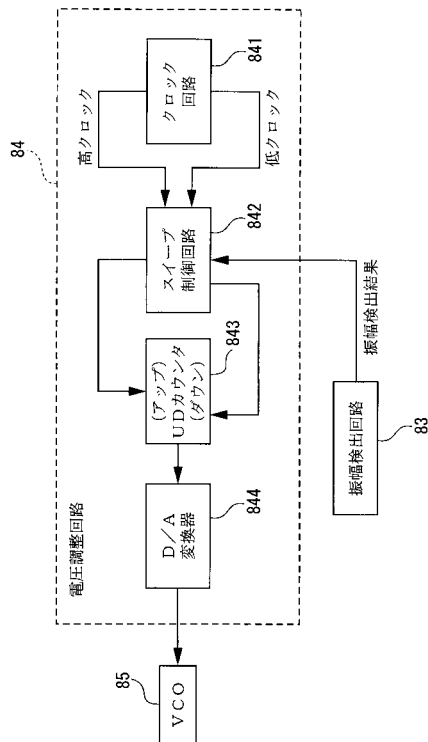
【図 3】



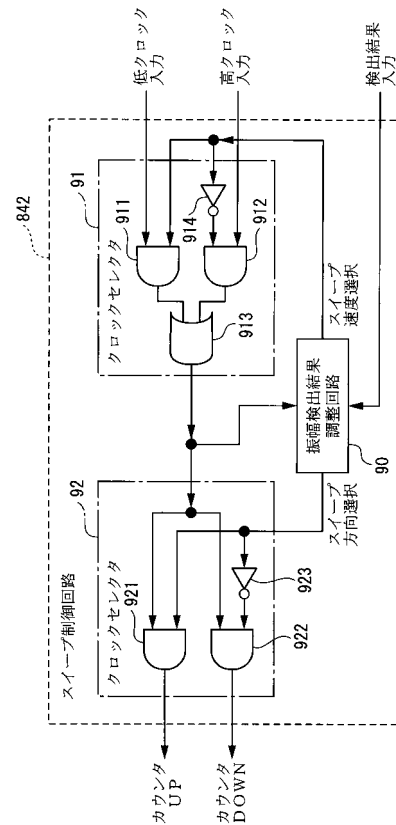
【図 4】



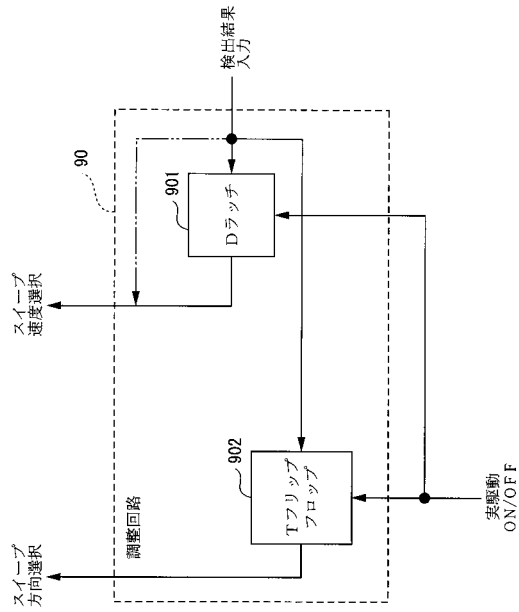
【図 5】



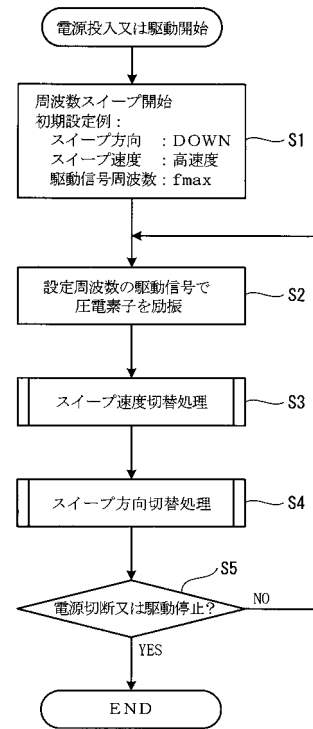
【図 6】



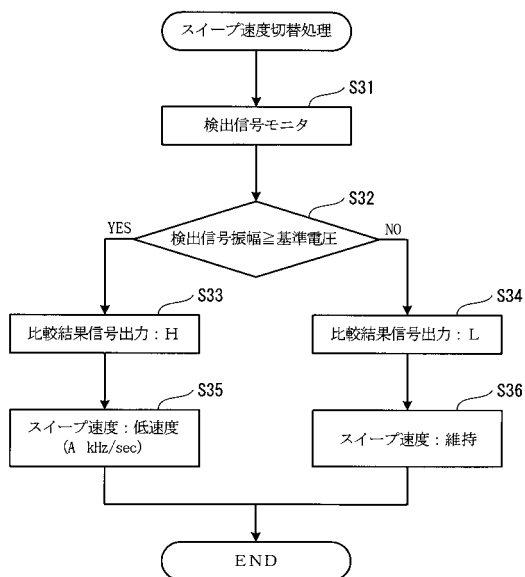
【図 7】



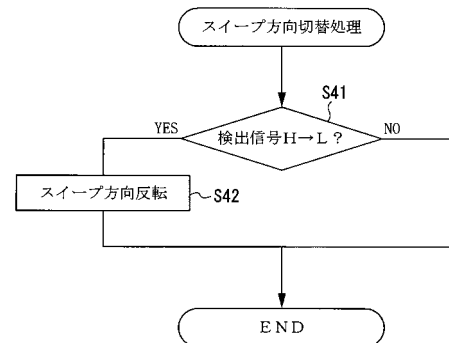
【図 8】



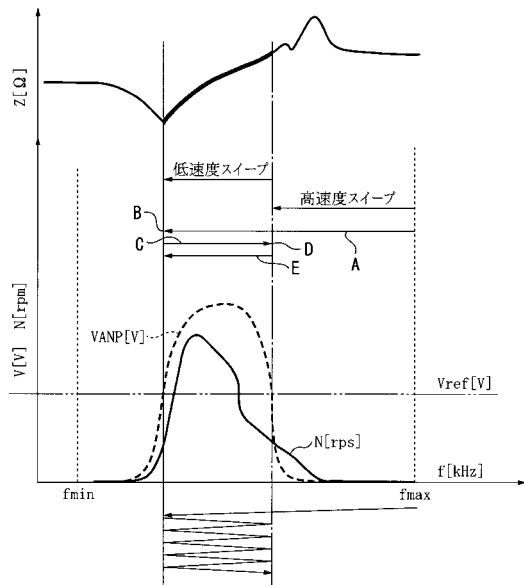
【図 9】



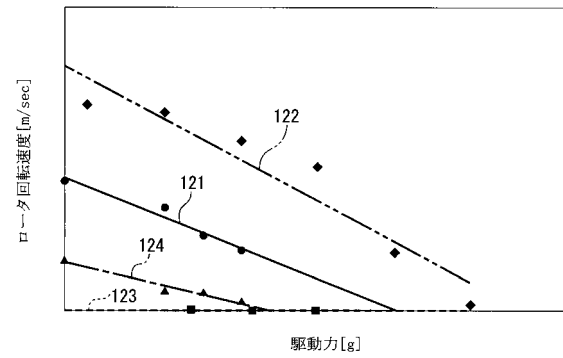
【図 10】



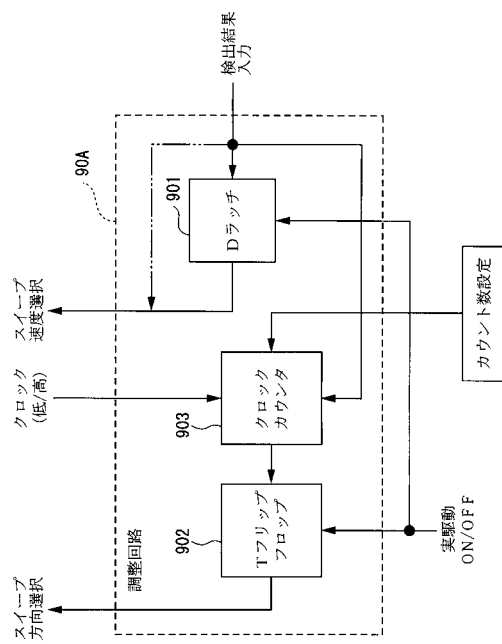
【図 1 1】



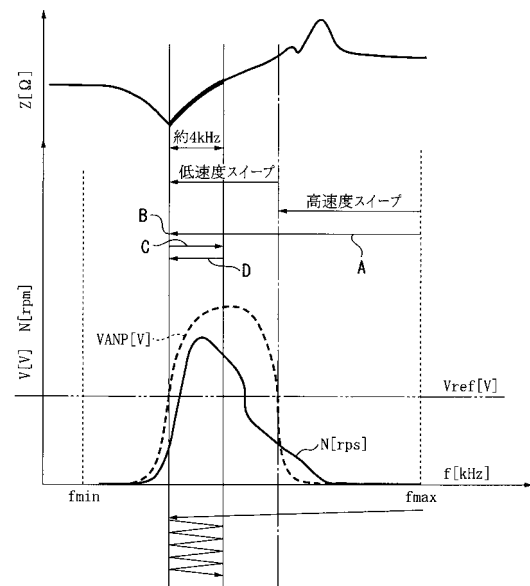
【図 1 2】



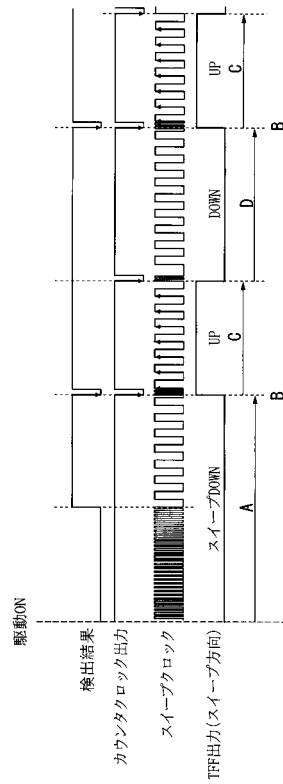
【図 1 3】



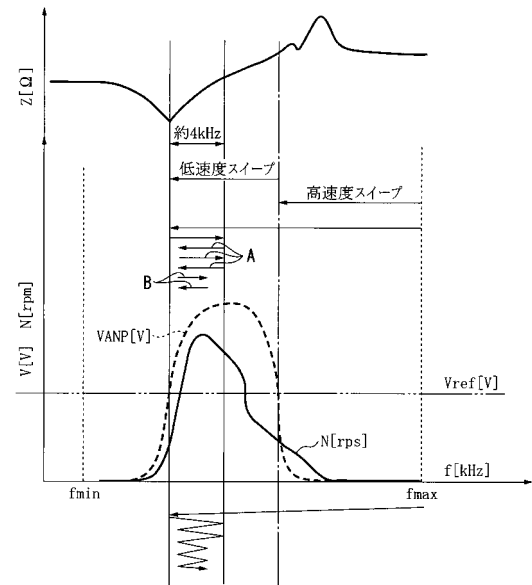
【図 1 4】



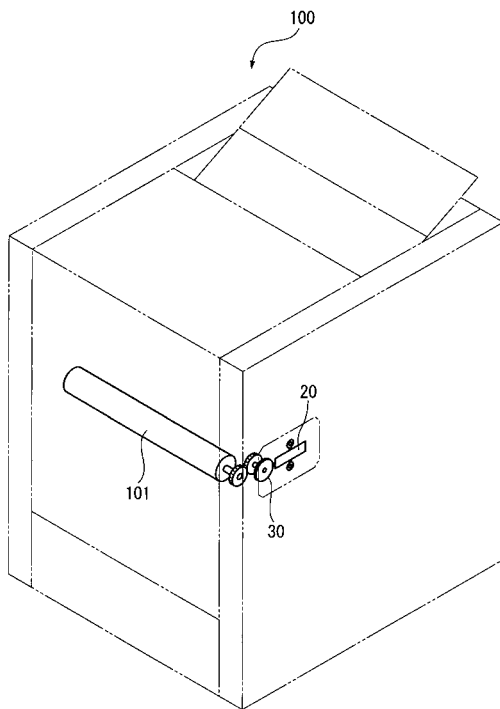
【図15】



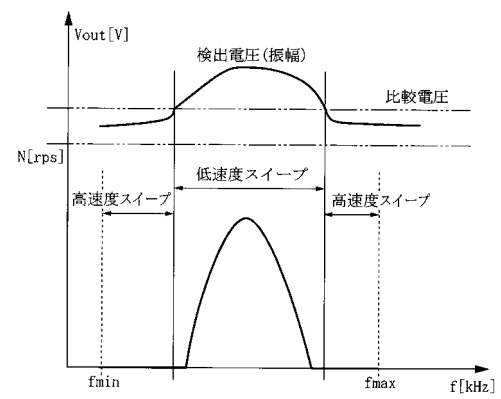
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

審査官 安池 一貴

- (56)参考文献 特開2006-020445(JP,A)
特開平01-114379(JP,A)
特開昭63-262072(JP,A)
特開平02-299478(JP,A)
特開2005-057890(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02N 2/00