

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4110153号
(P4110153)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月11日(2008.4.11)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

F 1

H02N 2/00

C

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-143923 (P2005-143923)
 (22) 出願日 平成17年5月17日 (2005.5.17)
 (65) 公開番号 特開2006-34084 (P2006-34084A)
 (43) 公開日 平成18年2月2日 (2006.2.2)
 審査請求日 平成18年11月28日 (2006.11.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-177303 (P2004-177303)
 (32) 優先日 平成16年6月15日 (2004.6.15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100090538
 弁理士 西山 恵三
 (74) 代理人 100096965
 弁理士 内尾 裕一
 (72) 発明者 片岡 健一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

審査官 西村 泰英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動型アクチュエータの駆動装置および振動型アクチュエータの駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気 - 機械エネルギー変換素子により振動が励起される振動体と、該振動体に接触し該振動体に励起された振動によって移動する接触体とを有する振動型アクチュエータの駆動装置において、

電源に接続されたインダクタと、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子と並列に接続されたコンデンサと、

位相差をもつ第1のパルス信号と第2のパルス信号を生成するパルス生成回路と、

前記第1のパルス信号に応じて、前記インダクタに蓄積されたエネルギーの前記コンデンサへの供給動作を切り替える第1のスイッチング素子と、

前記第2のパルス信号に応じて、前記コンデンサに蓄積されたエネルギーの放電動作を切り替える第2のスイッチング素子とを有することを特徴とする振動型アクチュエータの駆動装置。

【請求項 2】

前記パルス生成回路は前記振動体の振動振幅、あるいは、前記振動型アクチュエータの駆動速度を制御するための指令に応じて、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号を生成することを特徴とする請求項1に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。

【請求項 3】

第2のスイッチング素子は前記インダクタと前記電気 - 機械エネルギー変換素子の間に配置されることを特徴とする請求項1または2に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。

10

20

【請求項 4】

前記第1のパルス信号の周期と前記第2のパルス信号の周期は等しいことを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の振動型アクチュエータの駆動装置。

【請求項 5】

前記第1のパルス信号は一周期に複数のパルス成分を含むことを特徴とする請求項4に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。

【請求項 6】

波形データを記憶する記憶回路を有し、前記パルス生成回路は、前記パルス成分のパルス幅を前記波形データに基づいて決定することを特徴とする請求項5に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。 10

【請求項 7】

前記振動体の振動振幅に関する指令信号を出力する指令回路を有し、

前記パルス生成回路は、振動検出素子によって検出された振動体の振動状態と前記指令信号とに基づいて前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号を生成することを特徴とする請求項2に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。

【請求項 8】

前記振動型アクチュエータの駆動速度に関する指令信号を出力する指令回路と、前記振動型アクチュエータの駆動速度を検出する振動検出回路とを有し、

前記パルス生成回路は、該検出された駆動速度と前記指令信号とに基づいて前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号を生成することを特徴とする請求項2に記載の振動型アクチュエータの駆動装置。 20

【請求項 9】

電気 - 機械エネルギー変換素子により振動が励起される振動体と、該振動体に接触し該振動体に励起された振動によって移動する接触体とを有する振動型アクチュエータの駆動方法において、

位相差をもつ第1のパルス信号と第2のパルス信号を生成するパルス生成工程と、

前記第1のパルス信号に応じて、電源に接続されたインダクタに蓄積されたエネルギーの前記電気 - 機械エネルギー変換素子と並列に接続されたコンデンサへの供給動作を切り替える工程と、

前記第2のパルス信号に応じて、前記コンデンサに蓄積されたエネルギーの放電動作を切り替える工程とを備えることを特徴とする振動型アクチュエータの駆動方法。 30

【請求項 10】

前記パルス生成工程では、前記振動体の振動振幅、あるいは、前記振動型アクチュエータの駆動速度を制御するための指令に応じて、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号を生成することを特徴とする請求項9に記載の振動型アクチュエータの駆動方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、相対移動する振動体および接触体を有する振動型アクチュエータの駆動制御に関するものである。 40

【背景技術】**【0002】**

振動型アクチュエータの駆動信号には、数10KHz以上の周波数で数10Vpp以上の交流駆動電圧が必要である。このため、電源として電池等の低電圧電源を用いるため、DC - DCコンバータで一旦直流高電圧を発生させ、これを電源として駆動回路に供給し、駆動電圧を発生させている。また、この駆動回路の出力は、インダクタを介して圧電素子に接続されており、インダクタの昇圧効果も加えて増幅した交流電圧を圧電素子に供給している（例えば、特許文献1参照）。また、電源電圧を昇圧させる構成として、トランジスタによる増幅回路を用いたものも一般的に多く用いられている。

【0003】

10

20

30

40

50

一方、上述した高電圧発生回路を利用する代わりに、圧電素子を積層化することで駆動電圧を低電圧化させた振動型アクチュエータもある。

【特許文献1】特開2002-159190号公報（段落番号0015、0016等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、積層圧電素子を用いる方法や、DC-DCコンバータやトランス等を用いて電源電圧を昇圧する方法は、高価であり、駆動回路が大型化してしまう。また、積層圧電素子を用いた場合には、単板の圧電素子に比べて駆動効率が若干低くなる傾向がある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

そこで、本発明は上記課題を解決するため、電気-機械エネルギー変換素子により振動が励起される振動体と、振動体に接触し振動体に励起された振動によって移動する接触体とを有する振動型アクチュエータの駆動装置において、電源に接続されたインダクタと、電気-機械エネルギー変換素子と並列に接続されたコンデンサと、位相差をもつ第1のパルス信号と第2のパルス信号を生成するパルス生成回路と、第1のパルス信号に応じて、インダクタに蓄積されたエネルギーのコンデンサへの供給動作を切り替える第1のスイッチング素子と、第2のパルス信号に応じて、コンデンサに蓄積されたエネルギーの放電動作を切り替える第2のスイッチング素子とを有することを特徴とするものである。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、振動体の駆動指令に応じて、インダクタに蓄積されたエネルギーの前記電気-機械エネルギー変換素子への供給動作を切り替える第1のスイッチング素子と、電気-機械エネルギー変換素子に蓄積されたエネルギーの放電動作を切り替える第2のスイッチング素子とを制御する。よって、単純な回路構成とることができ、低コスト化および小型化を図ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下、本発明の好適な実施例について説明する。

30

【実施例1】

【0009】

本発明の実施例1である振動型アクチュエータの駆動装置について説明する。図1は、本実施例の駆動装置における回路構成を示す図である。

【0010】

図1において、1は電源である。2は第1のインダクタであるインダクタ素子であり、電源1に接続されている。3は、インダクタ素子2とグランドの間をスイッチングする第1のスイッチング素子としてのMOSFETである。4は、MOSFET3をオン状態としたときにインダクタ素子2に蓄積されるエネルギーを後述する圧電素子5に転送するためのダイオードである。

40

【0011】

5は不図示の振動体の一部を成す圧電素子（電気-機械エネルギー変換素子）、6は圧電素子5に蓄えられた電荷（エネルギー）を後述するインダクタ素子7によって放電させるためのスイッチング回路、7はスイッチング回路6と電源1の間に設けられたインダクタ素子である。

【0012】

8はパルス生成回路であり、指回路（CPU等）100からの指令に従って、不図示の振動体の共振周波数近傍で且つ共振周波数よりも高い周波数を持つ複数のパルス信号（P1、P2）を生成し、このパルス信号をMOSFET3とスイッチング回路6に出力している。指回路100からの指令は、振動体5の振動振幅を制御するためのものである

50

。

【 0 0 1 3 】

図 2 は振動型アクチュエータの構成を示す図である。

【 0 0 1 4 】

図 2 において、200 は、円環形状の振動体である。201 はロータ（接触体）であり、振動体 200 に加圧接觸し、振動体 200 に形成される進行性振動波によって回転する。202 は、振動体 200 とロータ 201 との間に設けられ、振動体 200 の突起状接触部に接着された摩擦部材である。

【 0 0 1 5 】

圧電素子 5 は、振動体 200 に接着され、位相の異なる交番信号の入力を受けて振動体 200 に進行性振動波を形成させる。203 は、ロータ 201 に接続された回転軸である。ロータ 201 の回転によって回転軸 203 が回転し、この回転力は不図示の動力伝達機構を介して被駆動機構 205 に伝達される。10

【 0 0 1 6 】

これにより、被駆動機構 205 が駆動することになる。ここで、被駆動機構としては、レンズユニット、画像形成装置における感光ドラム又は搬送機構、その他の各種機構がある。なお、図 2 では、円環状の振動型アクチュエータを示したが、棒状の振動型アクチュエータやその他の振動型アクチュエータを用いることもできる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、一般的な振動型アクチュエータの駆動周波数と、振動体およびロータ間の相対速度との関係を示す図である。ここで、横軸は駆動周波数を示し、縦軸はロータ 201 の回転速度を示している。20

【 0 0 1 8 】

振動型アクチュエータは、通常図 3 に示す共振周波数 F_R よりも高い周波数領域で駆動制御される。すなわち、共振周波数 F_R よりも高い周波数 F_1 で駆動を開始し、駆動周波数を共振周波数 F_R に近づけることで、回転速度を増加させている。また、回転速度は振動体 200 の振幅にほぼ比例しており、図 3 は駆動周波数に対する振動振幅の特性も表していることになる。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、図 1 に示す回路の各部における信号波形を示している。図 3 および図 4 を用いて、本実施例の駆動装置の動作について説明する。30

【 0 0 2 0 】

信号 P1 は、パルス生成回路 8 から MOSFET 3 のゲートに入力されるパルス信号であり、振動体の共振周波数より高い周波数となっている。駆動装置の起動時には、信号 P1 として、例えば周波数 F_1 （図 3 参照）で、デューティ 28% のパルス信号が設定される。

【 0 0 2 1 】

V1 は MOSFET 3 のドレイン電圧を示している。信号 P1 が ON 状態の期間は MOSFET 3 がグランドにショートして、電圧 V1 がほぼ 0V となっている。また、信号 P1 が OFF 状態の期間では、MOSFET 3 が OFF 状態となり、電圧 V1 は電源 1 の電圧値 V0 よりも高い電圧値まで上昇する。40

【 0 0 2 2 】

V2 は圧電素子 5 に印加される電圧を示している。MOSFET 3 が ON 状態となっている間にインダクタ素子 2 に蓄積されたエネルギーは、MOSFET 3 を OFF 状態とすることによって、ダイオード 4 を介して圧電素子 5 に転送され、電圧 V2 を電源 1 の電圧値 V0 よりも高い電圧値まで上昇させる。

【 0 0 2 3 】

この電圧の增幅効果によって、振動体 200（圧電素子 5）に十分な電圧を印加することができ、小さな電源電圧でも大きな振動を発生させることが可能となる。本実施例の回路構成では、DC - DC コンバータ等の昇圧回路に比べて電圧制御部が不要となり簡単な50

構成することができ、低コスト化および小型化を図ることが可能となる。

【0024】

次に、圧電素子5に転送されたエネルギーを放電する動作について説明する。

【0025】

放電用の信号である信号P2は信号P1に同期して生成される。本実施例において、信号P2は信号P1に対して30度の位相ずれを持っており、信号P2のデューティは5%で、信号P1よりもON状態の期間（時間）が短くなっている。

【0026】

信号P2がON状態となっている期間にスイッチング回路6がON状態となり、圧電素子5に蓄えられた電荷エネルギーはインダクタ素子7に転送されてから、電源1に転送される。ここで、電源1に内蔵されたインダクタL0およびコンデンサC0から成るフィルタ回路は、振動型アクチュエータの振動周波数を十分遮断する構成となっており、振動周波数成分の電流のほとんどは、コンデンサC0に流れることになる。

【0027】

このように信号P1と信号P2は、ともにパルス生成回路8にて生成されたパルス信号によって生成されているため、その周期は等しくなる。そして信号P1と信号P2を交互にON状態とすることによって、圧電素子5にかかる電圧は、正弦波のように増減を周期的に繰り返す交番信号となる。また信号P1と信号P2の位相差を変化させて圧電素子5に転送されるエネルギー量を変化させることもでき、これによって振動体200の振動振幅を制御することもできる。

【0028】

上述したように、パルス生成回路8は指令回路100の周波数指令を受けて、信号P1および信号P2を生成している。つまり、圧電素子5に増幅させた電圧を印加するための昇圧回路（インダクタ素子2、MOSFET3）と、圧電素子5に転送されたエネルギーを放電する放電回路（スイッチング回路6）とを、同じ振動型アクチュエータの駆動指令を用いて制御していることになり、単純な回路構成とすることができる。

【実施例2】

【0029】

図5は、本発明の実施例2である振動型アクチュエータの駆動装置を構成する回路のうち各部の信号波形を示している。ここで、本実施例の駆動装置の回路構成は実施例1（図1）と同じであり、信号P1、P2および電圧V1、V2も、実施例1と同じである。

【0030】

実施例1（図4）では、振動体200の共振周波数の1周期内において、信号P1及び信号P2のそれぞれが1回、ON状態となっている。一方、本実施例では、図5に示すように、上記1周期の範囲内において、信号P1および信号P2のそれぞれが複数回、ON状態となっている。すなわち、信号P1は振動体200の共振周波数の半周期の間に3回ON状態となる期間があり、信号P2は上記半周期の間に2回ON状態となる期間がある。

【0031】

このように信号P1を複数回ON状態としたあとに、信号P2を複数回ON状態とした場合も、これらに位相差を持たせることで正弦波のように増減を周期的に繰り返す交番信号となる。

【0032】

信号P1、P2のON状態となっている時間を短縮し、複数回ON状態とさせることにより、インダクタ素子2、7のインダクタンス値を小さな値にすることができる、インダクタ素子2及びインダクタ素子7の小型化を図ることが可能となる。そして、インダクタ素子2、7の小型化によって、駆動装置を構成する回路の小型化を図ることができる。

【実施例3】

【0033】

図6は、本発明の実施例3である振動型アクチュエータの駆動装置を構成する回路図で

10

20

30

40

50

ある。ここで、実施例 1 で説明した部材と同じ部材については同一符号を用いている。

【0034】

本実施例の駆動装置では、MOSFET 3 のゲートに入力される信号 P1 や信号 P2 のパルス幅を変化させることにより、振動体 200 の振動振幅を制御する構成となっている。

【0035】

図 6において、9 は、振動体 200 の一部を構成し、振動体 200 の振動を検出して振動波形を出力する圧電素子（振動検出素子）である。10 はパルス幅制御回路（制御回路）であり、圧電素子 9 の出力信号と指令回路（CPU 等、指令回路）100 からの振幅指令を比較し、この比較結果に基づいて信号 P1 及び信号 P2 のパルス幅を決定する。そして、パルス幅制御回路 10 は、決定したパルス幅のパルス信号を生成する指令を、パルス生成回路 8 に対して出力する。10

【0036】

図 7 は、パルス幅制御回路からのパルス幅指令に応じて信号 P1 及び信号 P2 のパルス幅が変化する様子を表している。

【0037】

信号 P1 及び信号 P2 は、振動体 200 の主振動成分の周波数の 1 周期内（不図示）で、複数回 ON 状態となる。各信号 P1、P2 のパルス幅（ON 状態の期間）はパルス幅制御回路 10 のパルス幅指令に応じて設定され、圧電素子 5 に印加される交流電圧の振幅を制御する。20

【0038】

図 7 に示すように、信号 P1 および信号 P2 のパルス幅の変化に応じて、電圧 V2 の波形の振幅が変化している。

【0039】

本実施例では、振動振幅を制御するために、信号 P1 及び信号 P2 のパルス幅を変化させているが、信号 P1 および信号 P2 の周波数（振動体 200 の主振動成分の周波数）を変化させても振動振幅を制御することが可能である。このことは、図 3 の周波数および駆動速度の関係を示すグラフから明白である。

【0040】

また、本実施例では振動体 200 の振動振幅を制御する例を示したが、図 3 に示した駆動速度と振動振幅がほぼ比例関係にあることから、振動を検出する代わりに速度を検出するようすれば、振動型アクチュエータでの速度制御が可能となる。30

【実施例 4】

【0041】

図 8 は、本発明の実施例 4 である振動型アクチュエータの駆動装置の回路構成を示す図である。本実施例では、インダクタ 2 のみを用いて、実施例 1（図 1）におけるインダクタ 2 およびインダクタ 7 の機能を持たせるようにしている。これにより、インダクタの数を減らして、駆動装置を構成する回路の小型化を図ることができる。

【0042】

また、実施例 3 では、パルス幅制御回路 10 からのパルス幅指令によって、信号 P1 及び信号 P2 のパルス幅を制御しているが、本実施例では、後述する記憶回路に記憶された波形データに応じてパルス幅を設定するようにしている。40

【0043】

以下、本実施例の駆動装置について具体的に説明する。なお、図 4 において、実施例 1 で説明した部材と同じ部材については同一符号を用いている。

【0044】

11 は基準クロック信号を発生する基準クロック発生回路、12 は基準クロック発生回路 11 から出力された基準クロック信号をカウントするカウンタである。13 は記憶回路であり、複数の記憶データを有し、これらの記憶データのうちカウンタ 12 のカウント値に応じた記憶データを出力する。50

【0045】

記憶回路13には、正弦波の波形、三角波の波形、又はこれらの合成波形（正弦波同士の合成波形、三角波同士の合成波形、正弦波および三角波の合成波形）等に関する波形データ（上記記憶データ）が記憶されている。そして、記憶回路13は、カウンタ12の出力値（カウント値）に応じた波形データを出力する。

【0046】

14は乗算回路であり、記憶回路13からの波形データと、指回路100から出力された正弦波振幅指令値との乗算を行う。記憶回路13から出力された波形データは、乗算回路14において正弦波振幅指令値に応じた増幅処理が施された後、パルス生成回路8にパルス幅指令信号として入力される。パルス幅指令信号は正負の値を持っており、正の値の場合には信号P1に対するパルス幅指令となり、負の値の場合には信号P2に対するパルス幅指令となる。10

【0047】

15は第1のスイッチング素子としてのMOSFET、16は第2のスイッチング素子としてのMOSFETである。ここで、インダクタ2に蓄積されたエネルギーを圧電素子5に転送するためのダイオードとして、MOSFET16内のダイオードが用いられている。。20

【0048】

図9は、図1に示す回路内における各部の波形を示している。図9では、記憶回路13から正弦波データが出力された場合を示しており、この波形を信号Sで示している。20

【0049】

信号P1に関して、信号Sの正の周期でパルスが生成されており、1つの正の周期内で5回～6回ON状態となっている。信号P1のパルス幅は信号Sの変化に応じて増減しており、この結果、圧電素子5の印加電圧である電圧V2の波形は正弦的に電圧が変化（正弦波に沿って段階的に変化）する。また、電圧V2の波形の位相は信号Sに対して約90°位相が遅れている。

【0050】

信号P2に関して、信号Sの負の周期でパルスが生成されており、1つの負の周期内で3回～4回ON状態となっている。信号P2のパルス幅も、信号P1のパルス幅と同様に、信号Sの変化に応じてパルス幅が増減している。30

【0051】

ここでは、記憶回路13から正弦波データが出力された場合について説明したが、記憶回路13に記憶された他の波形データが出力されれば、この波形データに応じた任意の電圧（波形データに沿って段階的に変化する波形を持つ電圧）を圧電素子5に印加することができる。

【0052】

また、複数の記憶回路を設け、これらの記憶回路から出力される波形データを用いて複雑な形状の波形を形成することもできる。

【0053】

本実施例によれば、信号P1のパルス幅を信号Sの変化に応じて増減（変更）させることで、圧電素子5に印加される電圧V2の波形を自由に変更することができる。これにより、振動型アクチュエータにおいて駆動効率の良い波形を生成することができる。また、上述したように複数の波形を合成した波形データを用いれば、振動体200において複数の異なる振動を同時に励振させることができる。40

【実施例5】**【0054】**

図10は、本発明の実施例5である振動型アクチュエータの駆動装置の回路構成を示す図である。ここで、実施例1および実施例4で説明した部材と同じ部材については同一符号を用いている。

【0055】1020304050

実施例4では、圧電素子5をMOSFET16に接続しているが、本実施例では、コンデンサ18をMOSFET16に接続し、コンデンサ18と圧電素子5との間にインダクタ素子17を接続している。また、圧電素子5には、容量調整用のコンデンサ19が並列に接続されている。

【0056】

インダクタ素子17によるフィルタ効果と昇圧効果によって、圧電素子5に印加される交流電圧の波形を滑らかで歪の少ない波形にするとともに、振幅を増幅することができる。これにより、MOSFET15のドレイン-ソース間電圧を低下させることができ、MOSFET15として耐圧の低いMOSFETを用いることができる。

【0057】

10

ここで、インダクタ素子17のインダクタンス値は、コンデンサ18とインピーダンスマッチングがとられており、マッチングの周波数は振動体200(図2参照)の共振周波数より高い周波数となるように設定されている。

【0058】

図11は、図10に示す回路の各部の波形を示している。

【0059】

信号P1及び信号P2は1周期内で3回ON状態となるパルス列信号となっており、信号P1より信号P2のほうが短いパルス幅となっている。

【0060】

20

電圧V1はMOSFET15のドレイン電圧を示し、インダクタ素子17の昇圧効果等によって、比較的ピーク電圧が低く抑えられている。電圧V2はコンデンサ18の端子電圧を示し、この波形は、正弦波を複数の断片に切断し、これらの断片をつないだような波形となっている。電圧V3は圧電素子5に印加される電圧を示し、この波形は正弦波となっている。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明の実施例1である駆動装置の回路構成を示す図。

【図2】振動型アクチュエータの構成を示す図。

【図3】振動型アクチュエータの周波数 速度特性を示す図。

【図4】実施例1の駆動装置における各部の信号波形を示す図。

30

【図5】本発明の実施例2である駆動装置における各部の信号波形を示す図。

【図6】本発明の実施例3である駆動装置の回路構成を示す図。

【図7】実施例3の駆動装置における各部の信号波形を示す図。

【図8】本発明の実施例4である駆動装置の回路構成を示す図。

【図9】実施例4の駆動装置における各部の信号波形を示す図。

【図10】本発明の実施例5である駆動装置の回路構成を示す図。

【図11】実施例5の駆動装置における各部の信号波形を示す図。

【符号の説明】

【0062】

40

1 電源

2、7、17、20 インダクタ素子

3、15、16 MOSFET

4 ダイオード

5、104 圧電素子

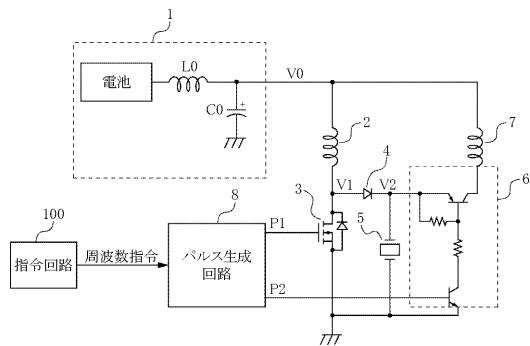
6 スイッチング回路

8 パルス生成回路

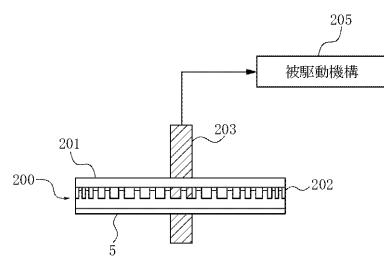
100 振動体

101 ロータ

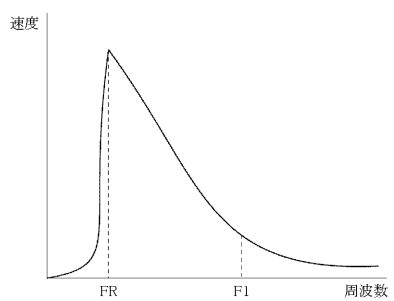
【図1】



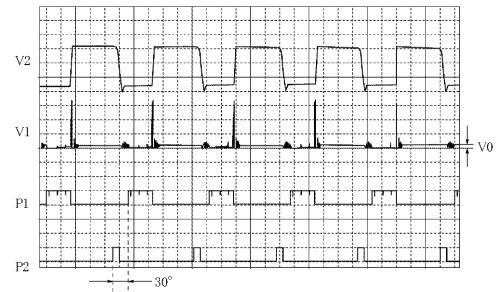
【図2】



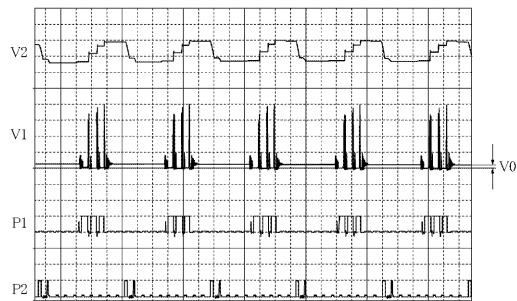
【図3】



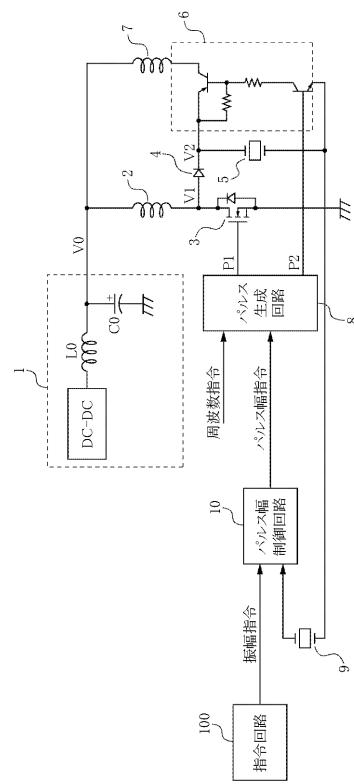
【図4】



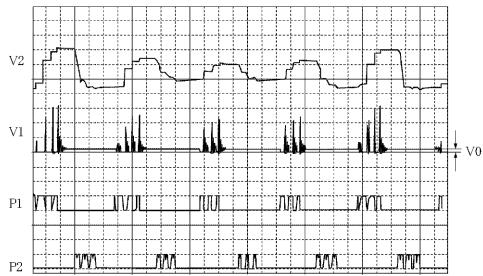
【図5】



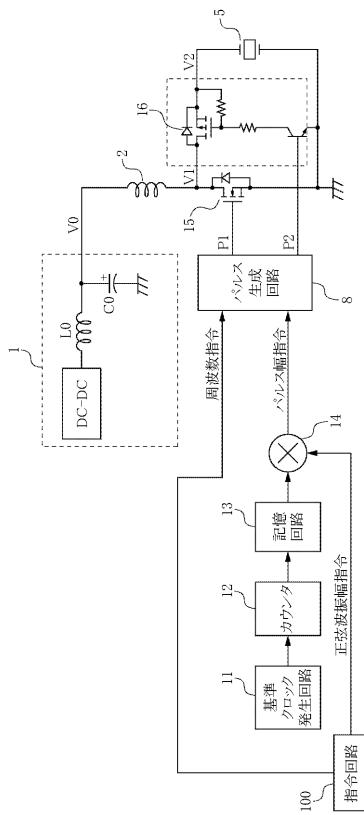
【図6】



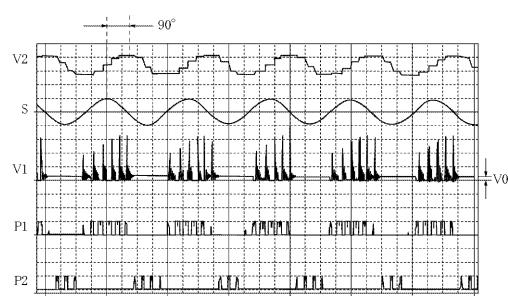
【図7】



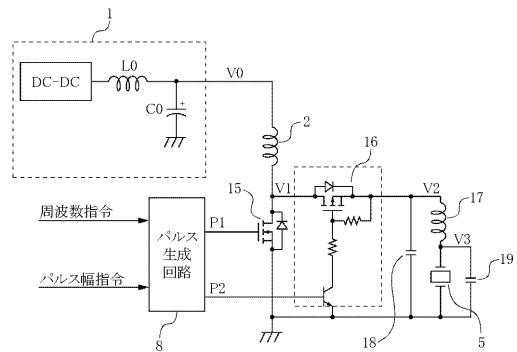
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-299369(JP,A)
特開昭63-130358(JP,A)
特開2003-289681(JP,A)
特開2001-157472(JP,A)
特開平04-125080(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00