

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-171084  
(P2015-171084A)

(43) 公開日 平成27年9月28日 (2015.9.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO3B</b> 5/30 (2006.01)	HO3B 5/30	D 5J079
<b>GO1S</b> 7/524 (2006.01)	GO1S 7/524	Q 5J083
<b>HO1L</b> 41/04 (2006.01)	HO1L 41/04	
	HO3B 5/30	G

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-46522 (P2014-46522)  
(22) 出願日 平成26年3月10日 (2014.3.10)

(71) 出願人 503027931  
学校法人同志社  
京都府京都市上京区今出川通烏丸東入玄武町601番地  
(74) 代理人 100076406  
弁理士 杉本 勝徳  
(74) 代理人 100117097  
弁理士 岡田 充浩  
(72) 発明者 眞野 功  
京都府京田辺市多々羅部谷1-3 同志社大学内  
Fターム(参考) 5J079 AA05 BA11 BA24 BA32 DA24  
EA11 EA18 FA02 FA11 FA14  
FA21 FB01 FB11 FB16 FB48  
JA02 JA06

最終頁に続く

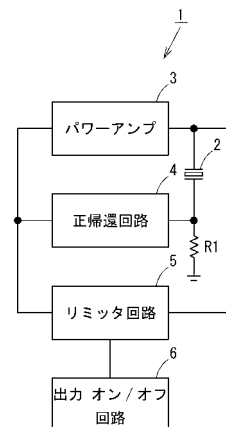
(54) 【発明の名称】 圧電振動子駆動回路

(57) 【要約】

【課題】 圧電振動子の共振周波数の変動に応じて駆動信号の周波数を変えることができ、しかも安定した振幅のバースト波を生成できる圧電振動子駆動回路を提供する。

【解決手段】 圧電振動子駆動回路 1 は、圧電振動子 2 の駆動信号を生成するパワーアンプ 3 と、前記駆動信号が印加された圧電振動子 2 に流れる電流を検出し、その検出信号をパワーアンプ 3 に正帰還させる正帰還回路 4 と、パワーアンプ 3 への正帰還の量を調節して駆動信号の振幅を制限するリミッタ回路 5 と、パワーアンプ 3 から出力されるバースト状駆動信号の時間幅を設定する出力オン/オフ回路 6 とを備えている。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電振動子の駆動信号を生成する第 1 のアンプと、  
前記駆動信号が印加された圧電振動子に流れる電流を検出し、その検出信号を前記第 1 のアンプに正帰還させる正帰還回路と、  
前記正帰還回路から前記第 1 のアンプへの正帰還の量を調節して前記駆動信号の振幅を制限するリミッタ回路と、  
前記第 1 のアンプから出力されるパースト状駆動信号の時間幅を設定する出力オン/オフ回路と、を備えたことを特徴とする圧電振動子駆動回路。

## 【請求項 2】

前記正帰還回路は、  
前記検出信号の高周波成分を除去するローパスフィルタと、  
当該ローパスフィルタの出力信号の前記第 1 のアンプへの正帰還の量を調節する抵抗とで構成される、請求項 1 に記載の圧電振動子駆動回路。

## 【請求項 3】

前記リミッタ回路は、  
前記第 1 のアンプから出力される駆動信号の振幅の閾値を設定するボリュームと、  
当該ボリュームから出力された信号を反転増幅する第 2 のアンプと、  
当該 2 のアンプの出力信号のうちプラスの信号が印加されたときに作動して、前記正帰還回路から前記第 1 のアンプへの正帰還の量を削減する第 1 のトランジスタと、  
前記第 2 のアンプの出力信号のうちマイナスの信号が印加されたときに作動して、前記正帰還回路から前記第 1 のアンプへの正帰還の量を削減する第 2 のトランジスタとで構成される、請求項 1 または 2 に記載の圧電振動子駆動回路。

## 【請求項 4】

前記出力オン/オフ回路は、  
前記リミッタ回路の第 1 のトランジスタのベースに直流電圧を印加する第 1 のスイッチと、  
前記リミッタ回路の第 2 のトランジスタのベースに直流電圧を印加する第 2 のスイッチと、で構成され、  
前記第 1 のスイッチと第 2 のスイッチは連動して動作させる、請求項 3 に記載の圧電振動子駆動回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波トランスデューサに用いられる圧電振動子の駆動回路に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

超音波トランスデューサに用いられる圧電振動子は、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）セラミック等の圧電効果を有する板状の材料の両面に電極を設けたもので、電極間に交流の電圧を印加することにより、圧電振動子を機械的に振動させて超音波を発生させる。

## 【0003】

上述の超音波トランスデューサは、距離センサ、医用超音波装置、探知ソナー、車用バックセンサ、交通量調査センサ等として広く用いられている。例えば、超音波トランスデューサを距離センサとして用いた場合、圧電振動子からパースト状の超音波を放射し、対象物で反射した超音波を同一の圧電振動子、もしくは近接した箇所に設置した別の圧電振動子で受信し、送信から受信までの時間によって対象物までの距離を測定する。

## 【0004】

ところで、超音波トランスデューサとして用いられる圧電振動子は、固有の周波数で共振させると、通常の高電圧印加では得られない大変形を起こし、強力な超音波を放射する。このため、通常は、圧電振動子の製造過程において共振周波数を測定し、その共振周波数

10

20

30

40

50

の交流電圧を発生する発信回路を圧電振動子に接続している（例えば特許文献1参照）。

【0005】

しかし、圧電振動子は、長時間の使用による経年変化や周囲の温度変動に起因して共振周波数が変動するため、超音波トランスデューサから放射される超音波の強度にバラツキが生じ、安定した強度の超音波を放射できなくなる。

【0006】

このような共振周波数の変動による超音波の強度のバラツキを防止するため、共振周波数を自動的に見出し、その周波数の駆動信号を発生させる圧電振動子の駆動回路が提案されている（特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2013-221755号公報

【特許文献2】特開2011-87455号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献2に記載の駆動回路は、正帰還回路にAGC（オートゲインコントロール）回路が組み込まれており（図6参照）、AGC回路の作用により安定した強度の超音波を発生させることができる。

【0009】

しかし、その反面、AGCがゆっくり作用するように設定されているため（明細書の段落0052参照）、パースト波を出力する場合、立ち上がりの正帰還量が大きすぎて、圧電振動子の駆動信号の振幅が設定した値より大きくなる。結果として、安定した振幅のパースト波が得られないという問題があった。

【0010】

本発明は上述の問題点に鑑みてなされたもので、圧電振動子の共振周波数の変動に応じて駆動信号の周波数を変えることができ、しかも安定した振幅のパースト波を生成できる圧電振動子駆動回路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】

【0011】

上記目的を達成するため、本発明にかかる圧電振動子駆動回路は、

圧電振動子の駆動信号を生成する第1のアンプと、

前記駆動信号が印加された圧電振動子に流れる電流を検出し、その検出信号を前記第1のアンプに正帰還させる正帰還回路と、

前記正帰還回路から前記第1のアンプへの正帰還の量を調節して前記駆動信号の振幅を制限するリミッタ回路と、

前記第1のアンプから出力されるパースト状駆動信号の時間幅を設定する出力オン/オフ回路と、を備えたことを特徴とする。

【0012】

ここで、前記正帰還回路は、前記検出信号の高周波成分を除去するローパスフィルタと、当該ローパスフィルタの出力信号の前記第1のアンプへの正帰還の量を調節する抵抗とで構成されることが好ましい。

【0013】

また前記リミッタ回路は、前記第1のアンプから出力される駆動信号の振幅の閾値を設定するボリュームと、当該ボリュームから出力された信号を反転増幅する第2のアンプと、当該第2のアンプの出力信号のうちプラスの信号が印加されたときに作動して、前記正帰還回路から前記第1のアンプへの正帰還の量を削減する第1のトランジスタと、前記第2のアンプの出力信号のうちマイナスの信号が印加されたときに作動して、前記正帰還回路から前記第1のアンプへの正帰還の量を削減する第2のトランジスタとで構成されるこ

10

20

30

40

50

とが好ましい。

【0014】

また前記出力オン/オフ回路は、前記リミッタ回路の第1のトランジスタのベースに直流電圧を印加する第1のスイッチと、前記リミッタ回路の第2のトランジスタのベースに直流電圧を印加する第2のスイッチと、で構成され、前記第1のスイッチと第2のスイッチは連動して動作させることが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明にかかる圧電振動子駆動回路を用いれば、圧電振動子の共振周波数の変動に応じて駆動信号の周波数を変えることができる。更に、安定した振幅のバースト波を生成できるため、距離センサや医療用超音波装置等の対象物からの反射波を解析する用途に用いられる超音波トランスデューサの駆動回路として優れている。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施の形態にかかる圧電振動子駆動回路の基本構成を示すブロック図である。

【図2】図1の圧電振動子、パワーアンプおよび正帰還回路の具体構成を示す回路図である。

【図3】図1のリミッタ回路および出力オン/オフ回路の具体構成を示す回路図である。

【図4】圧電振動子のインピーダンスカーブを示すグラフである。

20

【図5】パワーアンプの出力波形を示す図である（その1）。

【図6】パワーアンプの出力波形を示す図である（その2）。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態にかかる圧電振動子駆動回路について、図面を参照して説明する。

【0018】

< 圧電振動子駆動回路の基本構成 >

図1に、本実施の形態にかかる圧電振動子駆動回路の基本構成を示す。圧電振動子駆動回路1は、圧電振動子2、パワーアンプ3、正帰還回路4、リミッタ回路5および出力オン/オフ回路6で構成されている。

30

【0019】

圧電振動子2は、例えば、PZTで作製された板状の圧電体の両面にPt、Cu、Agのスパッタリング、メッキ、導電ペーストの焼付けなどにより電極を形成したものである。圧電振動子2の電極間に交流電圧を印加すると、圧電振動子2が振動して超音波が放射される。

【0020】

パワーアンプ3および正帰還回路4は、圧電振動子2と共に正帰還ループを構成している。パワーアンプ3からの駆動信号が印加された圧電振動子2に流れる電流の値を抵抗R1により検出し、検出した信号を、正帰還回路4を介してパワーアンプ3に正帰還させると、圧電振動子2の共振周波数で発振が起こり、パワーアンプ3より駆動信号として出力される。これにより圧電振動子2を最も効率よく振動させることができる。

40

【0021】

リミッタ回路5は、パワーアンプ3から出力される駆動信号の振幅を制限するものであり、出力が閾値を超えたときに正帰還回路4からパワーアンプ3への帰還量を減少させる。パワーアンプ3の出力波形を監視してリミッタ回路5を作動させることにより、パワーアンプ3から出力される駆動信号の振幅を一定の値に保持できる。

【0022】

後述するように、リミッタ回路5は高速で動作し、かつパワーアンプ3の出力信号がプラス、マイナスのいずれの場合でも作動するため、信号の立ち上がりから安定した振幅の

50

駆動信号が得られる。

【0023】

出力オン/オフ回路6は、パワーアンプ3から出力されるバースト状駆動信号の時間幅を設定するもので、リミッタ回路5に出力オン/オフ回路6を付加することにより、パワーアンプ3に入力される正帰還信号をオン/オフして任意の波数のバースト波（例えば10波）を生成できる。

【0024】

後述するように、出力オン/オフ回路6のスイッチをオンにすると、パワーアンプ3への正帰還信号がなくなるため、パワーアンプ3の出力はゼロになる。逆に、出力オン/オフ回路6のスイッチをオフにすると、パワーアンプ3の出力に共振周波数で発振する駆動信号が出現する。

10

【0025】

出力オン/オフ回路6のスイッチがオフとなる時間をあらかじめ決めておくか、パワーアンプ3から出力される波の数をカウントして、必要な波数の信号が生成される時間だけスイッチをオフにすることにより、任意の波数のバースト波を出力することができる。

【0026】

< 圧電振動子駆動回路の具体構成 >

次に、図2および図3を参照して、圧電振動子駆動回路1の具体的な構成と動作を説明する。図2は、図1のうち圧電振動子2、パワーアンプ3および正帰還回路4の回路図、図3は、同じくリミッタ回路5および出力オン/オフ回路6の回路図である。

20

【0027】

図中、「OP」「R」「C」「Q」「D」および「SW」の各符号は、それぞれオペアンプ、抵抗、コンデンサ、トランジスタ、ダイオードおよびスイッチを表している。またオペアンプのVCは+電源、VEは-電源を示している。

【0028】

最初に、正帰還ループを構成する圧電振動子2、パワーアンプ3および正帰還回路4について説明する。図2では圧電振動子2を等価回路図で表している。圧電振動子2は、誘導成分L21、容量成分C21、C22および抵抗成分R21を含み、これらの成分が直並列に接続された構成をしている。

【0029】

図4に、圧電振動子2の容量成分C21、C22、誘導成分L21および抵抗成分R21の値が変化したときの圧電振動子2のインピーダンスカーブを示す。図4(a)は共振周波数が100kHzのときのインピーダンスカーブ、図4(b)は共振周波数が120kHzのときのインピーダンスカーブ、図4(c)は共振周波数が80kHzのときのインピーダンスカーブである。

30

【0030】

前述したように、長時間の使用による経年変化や周囲の温度変動に起因して、圧電振動子2の容量成分C21、誘導成分L21および抵抗成分R21の値が変化することにより、共振周波数が変動する。また、製造時のロットによる特性バラツキ等に起因して、容量成分C21、誘導成分L21および抵抗成分R21の値が変化し、共振周波数が変動する。

40

【0031】

圧電振動子2に流れる電流を抵抗R1で検出し、その検出信号を、正帰還回路4を介してパワーアンプ3に正帰還させると、圧電振動子2の共振周波数で発振が起こり、パワーアンプ3から圧電振動子2の駆動信号として出力される。

【0032】

圧電振動子2の駆動信号を生成するパワーアンプ3はオペアンプOP31で構成されている。パワーアンプ3の抵抗R31およびR32は増幅率を決めるのに用いられる。

【0033】

正帰還回路4は、オペアンプOP41、ローパスフィルタLPF41、ならびに抵抗R

50

4 3 および R 4 4 で構成されている。

【 0 0 3 4 】

オペアンプ O P 4 1 はバッファアンプとして機能し、抵抗 R 1 の出力とローパスフィルタ L P F 4 1 の入力との間のインピーダンスマッチングを行う。抵抗 R 4 1、R 4 2、コンデンサ C 4 1、C 4 2 およびオペアンプ O P 4 2 で構成されるローパスフィルタ L P F 4 1 は、入力信号中の高周波成分を減衰させて共振周波数での安定した発振を実現する。

【 0 0 3 5 】

抵抗 R 4 3 および R 4 4 は、パワーアンプ 3 への正帰還の量を調節するために用いられる。抵抗 R 4 3 および R 4 4 の抵抗値は、安定した発振が得られるように調整された後、その値に固定した状態で使用される。

【 0 0 3 6 】

上述したように、正帰還ループを形成することにより、製造工程の違いや温度等の周囲環境の変化によって圧電振動子の共振周波数が変化しても、駆動信号の周波数を共振周波数に追従させることができる。結果として、圧電振動子 2 を最も効率良く駆動できる。

【 0 0 3 7 】

次に、リミッタ回路 5 および出力オン/オフ回路 6 について説明する。図 3 に示すように、リミッタ回路 5 は 2 つのオペアンプ O P 5 1、O P 5 2、ボリューム V R 5 1、N P N トランジスタ Q 5 1 および P N P トランジスタ Q 5 2 で構成されている。また出力オン/オフ回路 6 は 2 つのスイッチ S W 6 1、S W 6 2 および直流電源 V 6 1、V 6 2 で構成されている。

【 0 0 3 8 】

最初に、リミッタ回路 5 について説明する。図 3 において、可変抵抗 R 5 1 および R 5 2 で構成されるボリューム V R 5 1 は、パワーアンプ 3 から出力される駆動信号の電圧の閾値を設定するものである。

【 0 0 3 9 】

オペアンプ O P 5 1 はバッファアンプとして機能するもので、パワーアンプ 3 の出力と後段のオペアンプ O P 5 2 の入力との間のインピーダンスマッチングを行う。

【 0 0 4 0 】

反転増幅器を構成するオペアンプ O P 5 2 は、リミッタ回路 5 への入力信号を増幅するもので、増幅率は、( 抵抗 R 5 4 の抵抗値 ) ÷ ( 抵抗 R 5 3 の抵抗値 ) で与えられる。

【 0 0 4 1 】

リミッタ回路 5 への入力信号がマイナス、すなわちオペアンプ O P 5 2 の出力信号がプラスの場合には、オペアンプ O P 5 2 の出力信号がダイオード D 5 1 を介して N P N トランジスタ Q 5 1 のベースに印加され、リミッタ動作が行われる。

【 0 0 4 2 】

バッファアンプであるオペアンプ O P 5 1 の出力信号のマイナス側の振幅が所定値を超えると、N P N トランジスタ Q 5 1 のベースに所定値以上のプラスの電圧が作用して、N P N トランジスタ Q 5 1 がオン状態となる。ただし、完全なオン状態ではなく、ある程度エミッタ - コレクタ間にインピーダンスを持った状態となる。

【 0 0 4 3 】

そして、正帰還回路 4 の出力信号の一部が N P N トランジスタ Q 5 1 のコレクタからエミッタに流れ、出力信号のプラス側に対してリミッタ動作が行われ、パワーアンプ 3 の出力信号のプラス側の振幅が減衰される。

【 0 0 4 4 】

リミッタ回路 5 では、リミッタ動作のオンは瞬時に行われるが、リミッタ動作のオン状態をある程度持続させるために、抵抗 R 5 5、R 5 6 およびコンデンサ C 5 1 が設けられており、リミッタ動作のオフは、抵抗 R 5 5、R 5 6 の抵抗値とコンデンサ C 5 1 の容量によって定まる時定数により、ある程度時間がかかる。その間、N P N トランジスタ Q 5 1 のベース電圧はプラスに保持される。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

一方、リミッタ回路 5 への入力信号がプラス、すなわちオペアンプ OP 5 2 の出力信号がマイナスの場合には、オペアンプ OP 5 2 の出力信号がダイオード D 5 2 を介して PNP トランジスタ Q 5 2 のベースに印加され、リミッタ動作が行われる。具体的には、PNP トランジスタ Q 5 2 のエミッタ - コレクタ間に電流を流してパワーアンプ 3 の出力信号のマイナス側の振幅を制限する。

【 0 0 4 6 】

抵抗 R 5 7、R 5 8 およびコンデンサ C 5 2 は、抵抗 R 5 5、R 5 6 およびコンデンサ C 5 1 と同様の機能を発揮する。すなわち、リミッタ動作のオン状態をある程度持続されるために用いられ、抵抗 R 5 7、R 5 8 およびコンデンサ C 5 2 で定まる時間、PNP トランジスタ Q 5 2 のベース電圧はマイナスに保持される。

10

【 0 0 4 7 】

図 5 に、前述の図 4 に示したそれぞれのインピーダンスカーブに対応したパワーアンプ 3 の出力波形を示す。図 5 ( a ) は圧電振動子 2 の共振周波数が 1 0 0 k H z のときのパワーアンプ 3 の出力波形、図 5 ( b ) は共振周波数が 1 2 0 k H z のときの出力波形、図 5 ( c ) は共振周波数が 8 0 k H z のときの出力波形である。図中、オフの矢印は、出力オン/オフ回路 6 のスイッチ S W 6 1、S W 6 2 がオフとなる時刻、オンの矢印は、スイッチ S W 6 1、S W 6 2 がオンとなる時刻を示している。

【 0 0 4 8 】

図 5 に示すように、リミッタ回路 5 により、パワーアンプ 3 の出力電圧の絶対値が閾値 ( 図では 5 0 ボルト ) 以上になると正帰還回路 4 の帰還量を減少させるため、パワーアンプ 3 の出力を抑えるように作動し、出力信号の振幅を一定値に保つことができる。リミッタ回路 5 は高速で動作し、かつパワーアンプ 3 の出力がプラスでもマイナスでも作動する。

20

【 0 0 4 9 】

次に、出力オン/オフ回路 6 の動作を説明する。出力オン/オフ回路 6 のスイッチ S W 6 1 および S W 6 2 は連動して動作させる。スイッチ S W 6 1 および S W 6 2 がオフの ( 開いた ) 状態においては、NPN トランジスタ Q 5 1 のベースにプラスの電圧が印加され、一方、PNP トランジスタ Q 5 2 のベースにマイナスの電圧が印加されて、リミッタ動作が行われる。

【 0 0 5 0 】

これに対して、スイッチ S W 6 1 および S W 6 2 をオンにする ( 閉じる ) と、直流電源 V 6 1 の電圧 ( 1 ボルト程度 ) が抵抗 R 5 5、R 5 6 を介して NPN トランジスタ Q 5 1 のベースに印加されてエミッタ - コレクタ間がショート状態となり、一方、直流電源 V 6 2 の電圧 ( マイナス 1 ボルト程度 ) が抵抗 R 5 7、R 5 8 を介して PNP トランジスタ Q 5 2 のベースに印加されてエミッタ - コレクタ間がショート状態となる。

30

【 0 0 5 1 】

上述の一連の動作により、正帰還回路 4 からパワーアンプ 3 への正帰還量がなくなり、パワーアンプ 3 の出力が 0 になる。スイッチ S W 6 1 および S W 6 2 を再度オフにする ( 開く ) と、パワーアンプ 3 の出力に、共振周波数の駆動信号が出現する。

【 0 0 5 2 】

出力オン/オフ回路 6 の動作時間については、予めスイッチ S W 6 1 および S W 6 2 のオフとなる時間を決めておくか、パワーアンプ 3 から出力される信号の波の数をカウントし、必要な波数の時間だけスイッチ S W 6 1 および S W 6 2 をオフにすることにより、任意の波数のバースト波をパワーアンプ 3 から出力できる。図 5 では、1 0 波カウントしたときにスイッチ S W 6 1 および S W 6 2 をオンにしている。

40

【 0 0 5 3 】

このように、出力オン/オフ回路 6 のスイッチ S W 6 1 および S W 6 2 をオンにすると、リミッタ回路 5 がフルに作動してパワーアンプ 3 への正帰還信号がなくなり、パワーアンプ 3 の出力は 0 になる。逆に、スイッチ S W 6 1 および S W 6 2 をオフにすると、パワーアンプ 3 の出力に共振周波数の駆動信号が出現する。

50

## 【 0 0 5 4 】

図 5 に示すように、パワーアンプ 3 から出力される 10 波のバースト波の出現時間は、駆動信号の共振周波数に反比例して長くなる。またそれぞれの駆動信号の振幅は、リミッタ回路 5 の働きによって、共振周波数に関係なく一定の値 ( ± 5 0 V ) を保持している。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 に、リミッタ回路 5 のボリューム V R 5 1 の値を変えたときのパワーアンプ 3 の出力信号の波形を示す。図 5 と同様に 10 波のバースト波が出力される。なお、共振周波数は 1 0 0 k H z に設定されている。

## 【 0 0 5 6 】

出力信号の振幅は、下記式で示されるボリューム V R 5 1 の設定値 A によって変わる。設定値 A が小さいと図 6 ( b ) に示すように振幅が大きくなり、設定値 A が大きいと図 6 ( c ) に示すように振幅が小さくなる。図 6 ( a ) は設定値 A が中間のときの波形を示している。

10

$$A = ( \text{抵抗 } R 5 2 \text{ の抵抗値} ) / ( ( \text{抵抗 } R 5 1 \text{ の抵抗値} ) + ( \text{抵抗 } R 5 2 \text{ の抵抗値} ) )$$

## 【 0 0 5 7 】

図 5 および図 6 から明らかなように、本発明にかかる圧電振動子駆動回路を用いれば、圧電振動子 2 の共振周波数で発振し、しかも振幅が一定のバースト状駆動信号を生成できる。

## 【 0 0 5 8 】

更に、本実施の形態のリミッタ回路 5 は、パワーアンプ 3 のプラス/マイナスいずれの出力にも瞬時に働くため、バースト波の 1 波目から安定した出力電圧が得られる。

20

## 【 0 0 5 9 】

なお、本実施の形態では、パワーアンプ 3、正帰還回路 4 およびリミッタ回路 5 の増幅器をオペアンプで構成したが、必ずしもオペアンプに限定されず、F E T 等の他の素子を用いて増幅器を構成してもよい。

## 【 0 0 6 0 】

また本実施の形態では、電流検出用の抵抗 R 1 を圧電振動子 2 とアースの間に配置したが、圧電振動子 2 とパワーアンプ 3 の間に配置して抵抗 R 1 の端子間電圧を正帰還回路 4 に入力させるようにしてもよい。このような構成を採用した場合、圧電振動子 2 がアースに接続されるため、ノイズに対して強くなる。

30

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 1 】

- 1 圧電振動子駆動回路
- 2 圧電振動子
- 3 パワーアンプ
- 4 正帰還回路
- 5 リミッタ回路
- 6 出力オン/オフ回路

C 2 1、C 2 2 容量成分

C 4 1、C 4 2、C 5 1、C 5 2 コンデンサ

D 5 1、D 5 2 ダイオード

L 2 1 誘導成分

O P 3 1、O P 4 1、O P 4 2、O P 5 1、O P 5 2 オペアンプ

Q 5 1、Q 5 2 トランジスタ

R 1、R 3 1、R 3 2、R 4 1 ~ R 4 4、R 5 1 ~ R 5 8 抵抗

R 2 1 抵抗成分

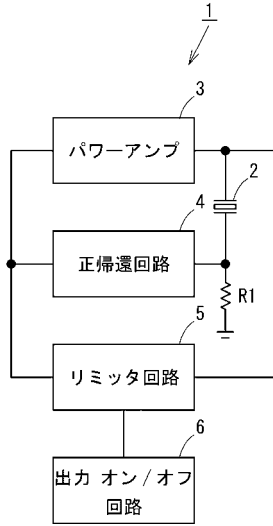
S W 6 1、S W 6 2 スイッチ

V 6 1、V 6 2 直流電源

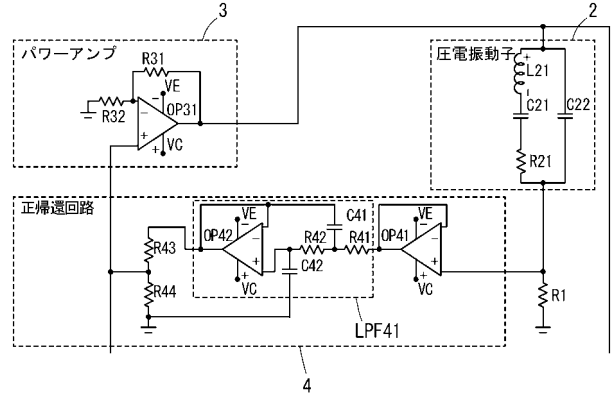
40



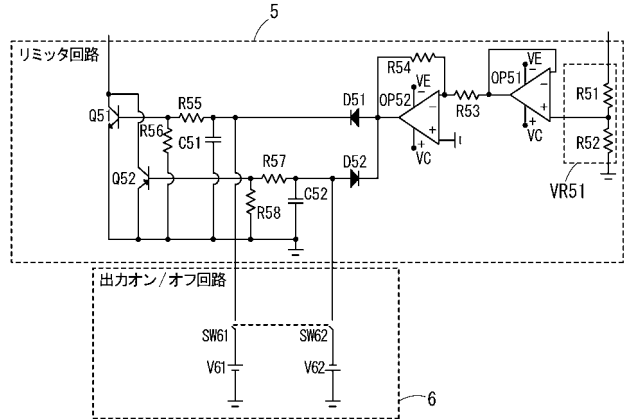
【 図 1 】



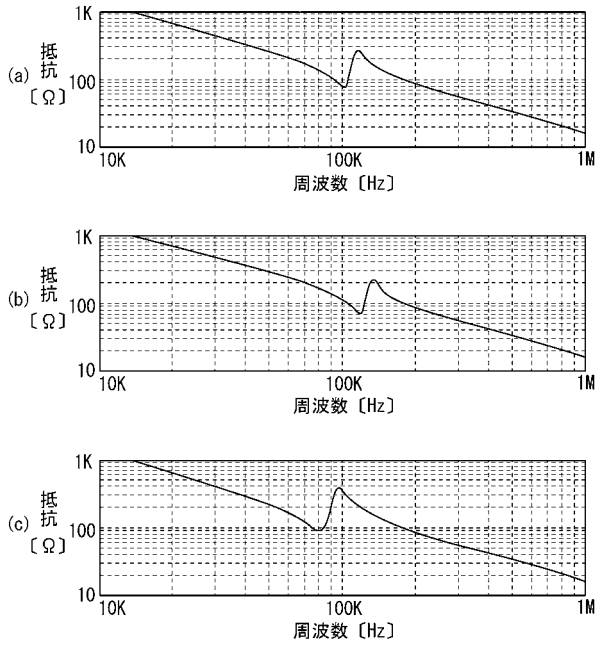
【 図 2 】



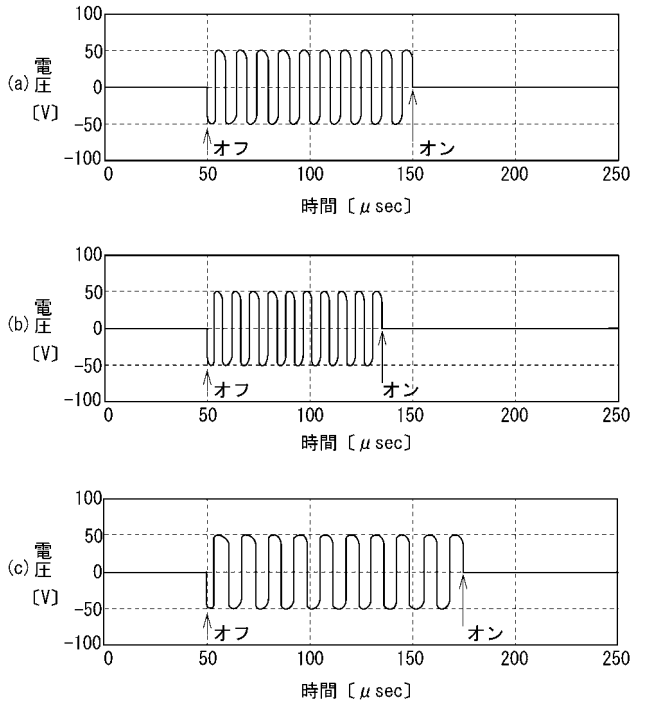
【 図 3 】



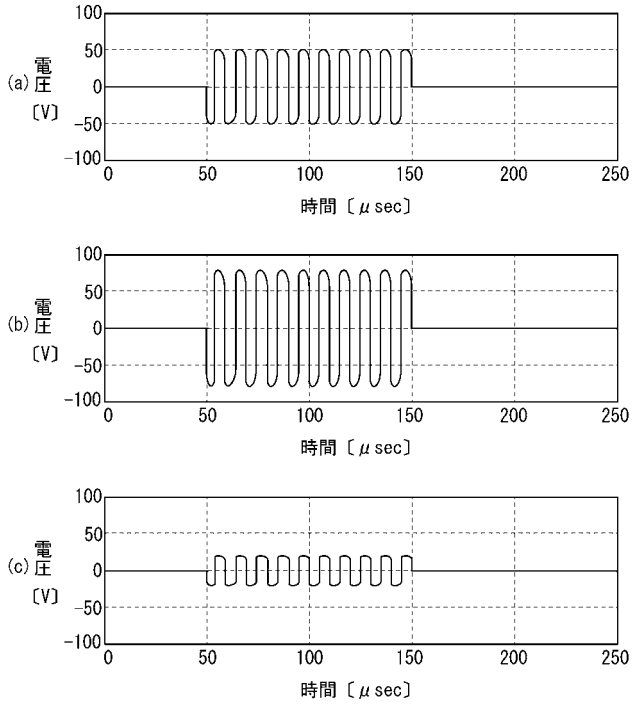
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5J083 AA02 AC22 AD04 AE01 BA02 BA05 BB01 CB03 CB11 CB19  
CC02 CC06