

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3696034号
(P3696034)

(45) 発行日 平成17年9月14日(2005.9.14)

(24) 登録日 平成17年7月8日(2005.7.8)

(51) Int.Cl.⁷H04R 3/00
A61B 17/22

F I

H04R 3/00 330
A61B 17/22 330

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-71159 (P2000-71159)
 (22) 出願日 平成12年3月14日(2000.3.14)
 (65) 公開番号 特開2001-258089 (P2001-258089A)
 (43) 公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)
 審査請求日 平成15年6月25日(2003.6.25)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (72) 発明者 櫻井 友尚
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内
 (72) 発明者 田中 一恵
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内

審査官 江嶋 清仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波駆動装置及び超音波手術装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波振動子を内蔵して超音波により生体組織を処置する複数種類のハンドピースと、
 前記複数種類のハンドピースのそれぞれを識別するための情報を格納した、該ハンドピ
 ースに設けられた情報格納手段と、

前記複数種類のハンドピースのうち少なくとも一つと接続するコネクタと、
 前記複数種類のハンドピースのうち前記コネクタに接続されたハンドピースの前記情報
 格納手段に格納された情報に基づき前記超音波振動子を超音波振動するためのデジタル周
 波数データを選択して送出する送出手段と、

前記送出手段からの前記デジタル周波数データに基づいて前記超音波振動子を駆動する
 ための超音波駆動信号を発振する超音波駆動信号発振手段と、
 を備えたことを特徴とする超音波手術装置。

【請求項2】

前記送出手段にて選択され送出される初期の周波数データを保持するデータ保持手段と
 、
 前記データ保持手段に保持された前記初期の周波数データと、前記超音波振動子の共振
 追尾制御により変化したデジタル周波数データとを比較する比較手段と、
 をさらに備え、

前記比較手段の比較結果から前記超音波駆動信号発振手段を停止制御することを特徴と
 する請求項1に記載の超音波手術装置。

10

20

【請求項 3】

前記送出手段にて選択され送出される初期の周波数データを保持するデータ保持手段と

、
前記データ保持手段に保持された前記初期の周波数データと、前記超音波振動子の共振
追尾制御により変化したデジタル周波数データとを比較して異常を判断する異常判断手段
と、

前記異常判断手段の判断結果に基づき、異常を告知する告知手段と、
をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波手術装置。

【請求項 4】

超音波振動子を内蔵して超音波により生体組織を処置する複数種類のハンドピースと、
前記複数種類のハンドピースのそれぞれに内蔵された超音波振動子の共振周波数を示す
デジタル周波数データを保持する、該ハンドピースに設けられたデータ保持部と、

前記複数種類のハンドピースのうち少なくとも一つと接続するコネクタと、
前記複数種類のハンドピースのうち前記コネクタに接続されたハンドピースの前記デー
タ保持部に保持されたデジタル周波数データを読み出して送出する送出手段と、

前記送出手段からの前記デジタル周波数データに基づいて超音波振動子を駆動するため
の超音波駆動信号を発振する超音波駆動信号発振手段と、

を備えたことを特徴とする超音波手術装置。

【請求項 5】

超音波振動を発生する超音波振動子と、該超音波振動子に接続されたプローブとを備え
たハンドピースを着脱自在なコネクタを有する超音波駆動装置において、

前記コネクタに接続されたハンドピースに設けられた情報格納手段の情報に基づき、周
波数初期データを送出するデータ送出手段と、

前記データ送出手段からの前記周波数初期データに対して加算或いは減算してデジタル
周波数データを算出可能な周波数データ算出手段と、

前記デジタル周波数データに基づいて、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を
前記コネクタを介して前記ハンドピースに供給可能な駆動信号発振手段と、

前記駆動信号発振手段で前記ハンドピースに供給される駆動信号に基づき、前記周波数
データ算出手段を制御し、前記周波数データ算出手段で算出される前記デジタル周波数デ
ータを変更可能な演算制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は超音波駆動装置及び超音波手術装置、更に詳しくは超音波振動子の共振周波数駆動での追尾制御部分に特徴のある超音波駆動装置及び超音波手術装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、外科用の超音波メスや超音波吸引装置などに使用されている超音波振動子は、その基本共振周波数もしくはその近傍において駆動することが望ましい。このような技術に
関し、たとえば超音波振動子への駆動電圧と電流との位相を比較して、超音波振動子の駆
動周波数を共振周波数と一致させるように制御する PLL (フェーズロックループ) 方式
による駆動装置が公知の技術として知られている。

【0003】

すなわちこの種の超音波振動子は、その基本共振点近傍において、図 9 に示すような等価
回路として表すことができる。この図に示すように、超音波振動子の制動容量 C_d をキャン
セルするために、 $L \times C = L_d \times C_d$ となるようなコイル L_d を超音波振動子に対して
並列に又は直列に接続する。この時、超音波振動子の特性は共振周波数 $f_r = 1 / 2$
($L \times C$) ($= 1 / 2 (L \times C)^{1/2}$) で純抵抗成分 R のみとなるから、電圧と電流の
位相差がゼロとなる。この周波数 f_r を中心とする超音波振動子のインピーダンス Z 特性

10

20

30

40

50

を図 10 に示す。

【0004】

しかして、PLL 動作によって電圧位相 v と電流位相 i とを比較した際の位相差がゼロに向かうように駆動周波数を上昇させたり下降させたりと制御することにより、装置は共振点 f_r を追尾するようになる。図 11 にその様子を示す。

【0005】

ここにおいて、起動時の周波数が共振点追尾可能な範囲である f_1 から f_2 の間に必ずあるようにすることが必要である。特許公報 2691011 号にて起動時の周波数が上記の範囲になるように改良した技術が示されている。

【0006】

図 12 はこの従来技術を説明するもので、 f_r の共振周波数をもつ超音波振動子 101 と、超音波振動子 101 の電圧位相と電流位相に基づいて共振点を追尾する為の PLL 回路 102 と、PLL 回路 102 の周波数信号を電力増幅して超音波振動子 101 を駆動するための駆動電力を生成するアンプ回路 (AMP) 103 と、前記電圧信号と電流信号を検出する検出回路 104 と、起動時の基準周波数信号を発生する発振回路 105 と、前記 PLL 回路 102 の一方の入力を電流信号と基準信号とで切りかえるスイッチと 106 とからなり、起動時は発振回路 105 からの基準周波数 ($= f_{ref}$) が PLL 回路 102 に入力されるのでこの周波数にロックした電圧信号が超音波振動子 101 に印可される。このあとスイッチ 106 を切り替えて PLL 回路 102 の入力を電流信号にすることで共振点追尾動作が行われる。

【0007】

発振回路 105 の発生する基準周波数を $f_1 \sim f_2$ の間に調整しておくことでスイッチ 106 を切りかえる時点で駆動周波数は追尾可能な範囲に必ず存在するので、確実に共振点追尾動作に入ることができるようになっている。

【0008】

さらに超音波メスなどの手術システムにおいては、超音波振動子に様々な形状のプロープが接続されて用途に応じて使い分けられるようになっている。また複数種類の周波数の異なる超音波振動子を - つの駆動装置で使えるようにする場合もある。この場合、振動子とプロープを組み合わせた各々のハンドピースは共振周波数が異なっており、結果的に共振点追尾範囲である $f_1 \sim f_2$ も異なってくる。そこで起動時の周波数を共振点を含んでス

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記に示した従来技術においては、起動時の周波数信号を生成する回路及び PLL 回路がアナログ方式であったため、ばらつきの影響を抑えたり、個々の調整が非常に大変であった。またプロープや超音波振動子を追加する場合それらの周波数が新規なものの場合は、駆動装置の内部の周波数設定回路を調整しなおす必要があるといった問題がある。

【0010】

また、上記アナログ方式の欠点を補うものとして、これまでにいくつかの CPU 制御方式によるデジタル式の共振点追尾回路が提案されているが、追尾動作がソフトウェアによる演算に頼っているため、制御が遅いと言う欠点があり、またそれを解決するために高速な CPU を用いると装置自体が高価なシステムになってしまうという問題がある。

【0011】

さらに、超音波手術装置に应用する場合は発振起動時のレスポンスが重要であり、レスポンスを早める必要がある。

【0012】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、デジタル信号処理により簡単且つ確実に、所望の周波数で超音波振動子を駆動することのできる超音波駆動装置及び超音波手術

10

20

30

40

50

装置を提供することを目的としている。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る超音波手術装置は、超音波振動子を内蔵して超音波により生体組織を処置する複数種類のハンドピースと、前記複数種類のハンドピースのそれぞれを識別するための情報を格納した、該ハンドピースに設けられた情報格納手段と、前記複数種類のハンドピースのうち少なくとも一つと接続するコネクタと、前記複数種類のハンドピースのうち前記コネクタに接続されたハンドピースの前記情報格納手段に格納された情報に基づき前記超音波振動子を超音波振動するためのデジタル周波数データを選択して送出する送出手段と、前記送出手段からの前記デジタル周波数データに基づいて前記超音波振動子を駆動するための超音波駆動信号を発振する超音波駆動信号発振手段と、を備えたことを特徴とするものであり、

10

また、本発明に係る超音波手術装置は、超音波振動子を内蔵して超音波により生体組織を処置する複数種類のハンドピースと、前記複数種類のハンドピースのそれぞれに内蔵された超音波振動子の共振周波数を示すデジタル周波数データを保持する、該ハンドピースに設けられたデータ保持部と、前記複数種類のハンドピースのうち少なくとも一つと接続するコネクタと、前記複数種類のハンドピースのうち前記コネクタに接続されたハンドピースの前記データ保持部に保持されたデジタル周波数データを読み出して送出する送出手段と、前記送出手段からの前記デジタル周波数データに基づいて超音波振動子を駆動するための超音波駆動信号を発振する超音波駆動信号発振手段と、を備えたことを特徴とするものであり、

20

また、本発明に係る超音波駆動装置は、超音波振動を発生する超音波振動子と、該超音波振動子に接続されたプローブとを備えたハンドピースを着脱自在なコネクタを有する超音波駆動装置において、前記コネクタに接続されたハンドピースに設けられた情報格納手段の情報に基づき、周波数初期データを送出するデータ送出手段と、前記データ送出手段からの前記周波数初期データに対して加算或いは減算してデジタル周波数データを算出可能な周波数データ算出手段と、前記デジタル周波数データに基づいて、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を前記コネクタを介して前記ハンドピースに供給可能な駆動信号発振手段と、前記駆動信号発振手段で前記ハンドピースに供給される駆動信号に基づき、前記周波数データ算出手段を制御し、前記周波数データ算出手段で算出される前記デジタル周波数データを変更可能な演算制御手段とを具備したことを特徴とするものである。

30

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

【 0 0 1 6 】

第 1 の実施の形態：

図 1 及び図 2 は本発明の第 1 の実施の形態に係わり、図 1 は超音波駆動装置の構成を示すブロック図、図 2 は図 1 の超音波駆動装置の作用を説明するフローチャートである。

【 0 0 1 7 】

(構成)

40

本実施の形態の超音波駆動装置 1 は、図 1 に示すように、超音波振動子 2 を共振点駆動するための駆動信号を発生するデジタル回路方式による例えばダイレクトデジタルシンセサイザからなるデジタル発振回路 3 と、このデジタル発振回路 3 からの駆動信号を増幅するアンプ回路 (AMP) 4 と、このアンプ回路 4 を介して前記超音波振動子 2 に供給される駆動信号からフィードバック信号として電圧信号位相 v と電流信号位相 i を検出する検出回路 5 と、この検出回路 5 からのフィードバック信号である電圧信号位相 v と電流信号位相 i との位相差を検出する位相差検出回路 6 と、前記デジタル発振回路 3 の発振周波数を決定するデジタル周波数データを保持し外部信号によってデジタル周波数データを変化させることができるレジスタ 7 と、前記超音波振動子 2 の共振周波数 f_r 又はその近傍の周波数を示すデジタル周波数データを前記レジスタ 7 に送出するデータ送出回路 8

50

と、前記位相差検出回路 6 と前記レジスタ 7 との間に設けられたスイッチ回路 9 と、このスイッチ回路 9 とデータ送出回路 8 の動作を制御する制御回路 10 によって構成されている。

【0018】

ここで、上記超音波振動子 2 は、超音波手術システムにおけるハンドピースに用いることができる。

【0019】

(作用)

このような構成において、制御回路 10 は、図 2 に示すような処理を行う。すなわち、ステップ S1 で発振起動時にはスイッチ回路 9 を切断状態のまま前記データ送出回路 8 のデジタル周波数データをレジスタ 7 に送出し、ステップ S2 でデジタル発振回路 3 の発振周波数を超音波振動子 2 の共振周波数 f_r とほぼ一致させるようにする。

【0020】

超音波振動子 2 にはその基本共振周波数 f_r あるいはそれに近い周波数の駆動信号が供給されるので、検出回路 5 からは超音波振動子 2 の基本共振点駆動時に得られるフィードバック信号にごく近い出力、すなわち電流位相信号と電圧位相信号が検出される。

【0021】

ここで図 9 ないし図 11 を用いて、上記フィードバック信号について説明する。図 9 は超音波振動子とそれに並列にマッチング用のコイルを接続したときの一般的な電氣的等価回路を示している。一般に、超音波振動子の共振周波数 f_r は、 $f_r = 1 / 2 (L \times C)$ ($= 1 / 2 (L \times C)^{1/2}$) で現される。

【0022】

そして超音波振動子を効率よく駆動するために、直列又は並列にコイル L_d を接続する。このコイル L_d は超音波振動子の制動容量 C_d と共振させるように設定する。すなわち、 $f_r = 1 / 2 (L_d \times C_d)$ となるように設定する。この時のインピーダンス特性を示したのが図 10 であり、周波数 f_1 と f_2 は、反共振点である。基本共振点 f_r でインピーダンスの大きさは最低値 R となり、電圧と電流の位相差はゼロとなる。このポイントで、超音波振動子に供給される電気エネルギーは全て抵抗成分 R にて消費され、すなわち振動エネルギーに変換される。

【0023】

図 11 に、共振点の前後での電圧と電流の位相関係について示す。図から分かるように、周波数 f_r を中心にして駆動周波数が低い場合は電流位相が遅れており、駆動周波数が高い場合は電流位相が進んでいる状態になる。よって電圧位相と電流位相との位相差を元に駆動周波数を調整することで、超音波振動子の共振周波数 f_r が負荷変動や温度変化により変動した場合でも周波数 f_1 と f_2 との間で追従して、常に共振周波数で駆動する追尾制御が可能となる。

【0024】

検出回路 5 によりこれらのフィードバック信号を得られる状態を維持した後、つまり超音波振動子 2 を起動した後、図 2 に戻り、ステップ S3 で制御回路 10 によってスイッチ回路 9 が導通状態となる。すると、ステップ S4 で位相差検出回路 6 に入力された電圧位相信号 v と電流位相信号 i の位相差に基づいてレジスタ 7 に保持されているデジタル周波数データを上昇または下降させるフィードバック信号 (U/D) がレジスタ 7 に入力されて、デジタル発振回路 3 の周波数が変化することになり、PLL 動作がデジタル的に行われる。

【0025】

(効果)

このように本実施の形態の超音波駆動装置 1 では、起動時には超音波振動子 2 の共振周波数 f_r 又はその近傍の周波数を示すデジタル周波数データによりデジタル発振回路 3 を発振させ、その後、位相差検出回路 6 に入力された電圧位相信号 v と電流位相信号 i の位相差に基づいてフィードバック信号 (U/D) によりレジスタ 7 に保持されているデジ

10

20

30

40

50

タル周波数データを上昇または下降させて、デジタル発振回路 3 の発振周波数を可変させるので、超音波振動子 2 に与えられる駆動信号が調整されて、確実に共振周波数 f_r で超音波振動子 2 を駆動することができる。

【0026】

なお、ここでもし、データ送出回路 8 から送り出される周波数データが f_1 以下又は f_2 以上の場合、起動時に得られるフィードバック信号を元にした上記構成手段からなる周波数調整機構による共振点 f_r の追尾制御は最初から不可能となる。その場合には、データ送出回路 8 から送り出す周波数データを改めて f_r 近傍に設定した上で、レジスタ 7 に送出し、デジタル発振回路 3 で発生させる駆動信号の周波数を f_r 近傍にすることで再び共振点の追尾動作が行われることになる。

10

【0027】

第 2 の実施の形態：

図 3 は本発明の第 2 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図である。

【0028】

第 2 の実施の形態は、第 1 の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0029】

(構成)

第 2 の実施の形態においては、異なる共振周波数 f_r を有する各種の超音波振動子 2 a、2 b、2 c の各共振周波数 f_r に応じたデジタル周波数データが得られるように構成されている。

20

【0030】

すなわち、図 3 に示すように、各種の超音波振動子 2 a、2 b、2 c には超音波駆動装置 1 に選択的に接続するためのプラグ 2 1 a、2 1 b、2 1 c が設けられ、これらプラグ 2 1 a、2 1 b、2 1 c の内部には超音波振動子を識別する識別部 (ID) 2 2 a、2 2 b、2 2 c が設けられている。

【0031】

一方、超音波駆動装置 1 にはプラグ 2 1 a、2 1 b、2 1 c が接続可能なコネクタ 2 3 と、前記識別部 (ID) 2 2 a、2 2 b、2 2 c を認識して接続された超音波振動子 2 a、2 b、2 c を判別する認識回路 2 4 とが設けられ、データ送出回路 8 は認識回路 2 4 による判別結果に基づいて、予め格納されている超音波振動子 2 a、2 b、2 c の共振周波数 f_r 又はその近傍の周波数を示すデジタル周波数データを選択的にレジスタ 7 に送出するように構成されている。

30

【0032】

(作用)

本実施の形態では、起動時に接続された超音波振動子 2 a、2 b、2 c に応じた共振周波数 f_r 又はその近傍の周波数を示すデジタル周波数データによりデジタル発振回路 3 を発振させる。

【0033】

ここで、上記超音波振動子 2 a、2 b、2 c は、超音波手術システムにおける用途に応じた複数種類のハンドピースに用いることができる。

40

【0034】

(効果)

このように本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態の効果に加え、超音波振動子 2 a、2 b、2 c の種類によって共振周波数 f_r が異なる場合、その超音波振動子に対応したデジタル周波数データを予めデータ送出回路 8 に持たせておき、認識回路 2 4 の結果を用いて、レジスタ 7 に選択的に送出し起動させることで、各超音波振動子にて確実に共振点追尾制御を行うことができる。

【0035】

第 3 の実施の形態：

50

図 4 は本発明の第 3 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 6 】

第 3 の実施の形態は、第 2 の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【 0 0 3 7 】

(構成)

第 3 の実施例においては、各種の超音波振動子 2 a、2 b、2 c の共振周波数 f_r に応じた周波数データが各超音波振動子から直接的に得られるように構成されている。

【 0 0 3 8 】

すなわち、図 4 に示すように、各種の超音波振動子 2 a、2 b、2 c には装置に選択的に接続するためのプラグ 2 1 a、2 1 b、2 1 c の内部に超音波振動子の共振周波数の値を示すデジタル周波数データを保持しているデータ保持部 (DATA) 3 1 a、3 1 b、3 1 c が設けられている。そして、超音波駆動装置 1 では、データ送出回路 8 がデータ保持部 (DATA) 3 1 a、3 1 b、3 1 c のデジタル周波数データを読み出して周波数データをレジスタ 7 に送出するように構成されている。

【 0 0 3 9 】

(作用)

超音波振動子 2 a、2 b、2 c の種類によって共振周波数 f_r が異なる場合、その超音波振動子に対応したデジタル周波数データを各超音波振動子が持っており、そのデジタル周波数データをデータ送出回路 8 に転送して持たせておき、レジスタ 7 に送出し起動させる。

【 0 0 4 0 】

(効果)

このように本実施の形態でも第 2 の実施の形態と同様な効果を得ることができる。

【 0 0 4 1 】

第 4 の実施の形態：

図 5 ないし図 7 は本発明の第 4 の実施の形態に係わり、図 5 は超音波駆動装置の構成を示すブロック図、図 6 は図 5 の超音波駆動装置の作用を説明するフローチャート、図 7 は図 6 の処理における周波数のスイープ (掃引) 動作を説明する説明図である。

【 0 0 4 2 】

第 4 の実施の形態は、第 1 の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【 0 0 4 3 】

(構成)

第 4 の実施の形態においては、図 5 に示すように、超音波手術システムでの手術を行う処置器具であるハンドピース 4 1 が、超音波振動子 2 と、超音波振動子 2 にネジ構造にて締結して使用するプローブ 4 2 からなっており、このプローブ 4 2 は用途によって複数種類を選択的に使用できる。たとえば一般的なストレート型のプローブ 4 2 a や屈曲型プローブ 4 2 b があり、超音波振動子 2 に各プローブ 4 2 を締結することにより、その際のハンドピース 4 1 の共振周波数が異なっている。

【 0 0 4 4 】

本実施の形態の超音波駆動装置 1 は、ハンドピース 4 1 の共振点を検出する共振点検出回路 5 1 と、レジスタ 7 に伝達してレジスタ 7 の保持しているデジタル周波数データを任意の割合で比例的に上昇または下降させるための信号を発生するパルス発生回路 5 2 と、共振点検出回路 5 1 の検出結果に基づいて位相差検出回路 6 の出力またはパルス発生回路 5 2 の出力を選択的に切り替えてレジスタ 7 に供給するスイッチ 5 3 と、ハンドピース 4 1 の共振周波数に対してある一定量だけ高いまたは低い周波数データをレジスタ 7 に送出するデータ送出回路 5 4 と、パルス発生回路 5 2 とデータ送出回路 5 4 の操作を制御する制御回路 5 5 とを備えて構成されている。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

(作用)

図6を用いて、上記構成の本実施の形態における動作を説明する。まず起動時には、ステップS11でデータ送出回路54からハンドピース41の共振周波数近傍の周波数 f_r に対してある一定の周波数 f 分だけ高い周波数データ $f_r + f$ をレジスタ7に送出する。するとステップS12で発振回路3はレジスタ7からのデータで示される周波数の駆動信号を発生しアンプ回路4を介して超音波振動子2に供給される。

【0046】

ここでは、図7に示すように、プローブ42aを超音波振動子2に締結した場合のハンドピースの共振周波数を f_{r1} 、同じくプローブ42bを超音波振動子2に締結した場合の共振周波数を f_{r2} とし、 $f_r + f > f_2 > f_1$ とすると、超音波振動子2には図7に示す「スタート」のポイントの周波数が印可されることになる。

10

【0047】

なお、この状態では、スイッチ53がパルス発生回路52の出力をレジスタ7に供給するように選択されており、検出回路5からのフィードバック信号がレジスタ7に入力されていないので、フィードバック信号による共振点追尾は行われない。

【0048】

図6に戻り、次に、ステップS13でパルス発生回路52からパルス信号を発生させてレジスタ7内のデジタル周波数データを順次低下させていく。例えば、1つの立ち上がりパルスでレジスタ内の周波数データを1Hz低下させるようにしておく。パルスを周期的に1000個送出すればレジスタ内の周波数データは滑らかに1kHz低下することになる。よってデジタル発振回路3の周波数すなわち超音波振動子2に供給される周波数が一定の変化の割合をもってスweep(掃引)することになる(図7参照)。

20

【0049】

このように超音波振動子2にはその共振点より高い周波数から順次、共振周波数に向かって変化する周波数信号が供給されるが、その間、ステップS14で検出回路5からの検出信号に基づいて供給されている周波数が共振周波数かどうかを共振点検出回路51で監視しておき、共振点でなければ上記スweep動作を続けて、共振点を検出したら、ステップS15でスイッチ53を切り替え、位相差検出回路6の出力をレジスタ7に供給するように選択する。

【0050】

するとステップS16でレジスタ7への制御信号は位相差検出回路6からの信号に切り替わり、それ以後は電圧信号位相 v と電流信号位相 i との位相差に基づくフィードバック信号(U/D)によってレジスタ7の周波数データを上昇または下降させて共振点を追尾する制御動作に入る。

30

【0051】

(効果)

このように本実施の形態によれば、第1の実施の形態の効果に加え、超音波振動子2に締結されるプローブの共振周波数が異なっても、プローブ毎にスweepの途中で共振点を見つけた時点でスイッチ53が切り替わり、共振点を追尾できる範囲(図11における $f_1 \sim f_2$)のフィードバック信号が得られているので、確実にPLLによる周波数追尾制御が可能になる。

40

【0052】

図8は本発明の第5の実施の形態に係る超音波手術システムの構成を示すブロック図である。

【0053】

第5の実施の形態は、第2の実施の形態及び第4の実施の形態の超音波駆動装置のそれぞれの構成を超音波手術システムに適用したものであって、第2の実施の形態及び第4の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0054】

50

(構成・作用)

図 8 に示すように、本実施の形態の超音波手術システム 6 1 は、出力をオンオフ操作するためのフットスイッチ 6 2 と、超音波駆動装置が含まれている装置本体 6 3 と、複数の種類からなり各々共振周波数をもつ用途に応じたハンドピース 6 4 とから構成されている。

【0055】

ハンドピース 6 4 は、それぞれ用途に応じて、プローブが交換可能なハンドピース 6 4 a や、屈曲型のプローブが取り付けられているハンドピース 6 4 b や、はさみ型のプローブをもつハンドピース 6 4 c などがある。それぞれには装置本体 6 3 に選択的に接続できるようにプラグ 2 1 が設けられており、そのプラグ 2 1 a、2 1 b、2 1 c の内部には、それぞれのハンドピースを識別するための識別部識別部 (I D) 2 2 a、2 2 b、2 2 c (10 以下、符号を 2 2 とする) が設けられている。

【0056】

装置本体 6 3 は、前記ハンドピース 6 4 のプラグ 2 2 を取り付けるためのコネクタ 2 3 と、各プラグ 2 1 内に設けられている識別部 2 2 を認識してコネクタ 2 3 にどのハンドピース 6 4 が接続されたかを認識する認識回路 2 4 と、認識回路 2 4 の判別結果によってあらかじめ保持させてあるデジタル周波数データを選択してレジスタ 7 に送出するデータ送出回路 8 と、データ送出回路 8 からのデジタル周波数データを受け取るもう一つのサブレジスタ 6 6 と、レジスタ 7 とサブレジスタ 6 6 のデータを比較する比較回路 6 7 とがあり、第 2 の実施の形態で説明したように、複数種類のハンドピースから認識回路 2 4 でコネクタ 2 3 に接続されたハンドピース 6 4 を判別し、判別結果に基づいてデータ送出回路 8 からデジタル周波数データがレジスタ 7 に伝送されて、その周波数の駆動信号がハンドピース 6 4 の超音波振動子に供給される。 20

【0057】

このとき、データ送出回路 8 から出力されるデジタル周波数データは、第 4 の実施の形態で説明したように、ハンドピース 6 4 の共振周波数 f_r に対してある一定の周波数 f 分だけ高い周波数データ $f_r + f$ である。

【0058】

そして、第 4 の実施の形態と同様に、パルス発生回路 5 2 からのパルス信号によってレジスタ 7 内のデジタル周波数データが順次変更され、デジタル発振回路 3 の周波数が変化して、ハンドピース 6 4 の超音波振動子に供給される駆動信号の周波数がスキャンされる。 30 その間、共振点検出回路 5 1 によってハンドピース 6 4 の共振点が監視され、見つかった時点でスイッチ 5 3 を切り替えて、位相差検出回路 6 からのフィードバック信号 (U / D) に基づいた PLL 動作による共振点追尾制御が行われる。

【0059】

装置本体 6 3 には、さらに、検出回路 5 からのハンドピース 6 4 の超音波振動子に流れる電流の大きさを示す信号を受けてそれを整流して直流電圧に変換する変換回路 7 1 と、制御回路 7 8 からのハンドピース 6 4 の超音波振動子に流れる電流の大きさを設定する信号をアナログ信号に変換する D / A 変換回路 7 2 と、変換回路 7 1 と D / A 変換回路 7 2 との信号を比較する差動増幅回路 7 3 と、差動増幅回路 7 3 の出力信号の大きさに比例してデジタル発振回路 3 からの周波数信号を増幅する乗算型の電圧制御増幅回路 7 4 とを備えており、すなわちハンドピース 6 4 の超音波振動子に流れる電流値が一定になるように定電流制御回路 7 5 を構成している。 40

【0060】

さらに、駆動装置 6 3 には、デジタル発振回路 3 が発生する周波数のデジタル周波数データを保持するレジスタ 7 の他に、上述したようにデータ送出回路 8 から受け取った周波数データをそのまま保持しているサブレジスタ 6 6 が設けられており、起動後の位相追尾制御により刻々と変化したデジタル周波数データを持っているレジスタ 7 のデジタル周波数データと、サブレジスタ 6 6 が持っている初期のデジタル周波数データとを比較回路 6 7 で比較監視するようにしている。

【0061】

また、装置本体 6 3 には、L E D バーグラフなどで構成されるインジケータ 7 7 が設けられており、超音波振動子に印可されている電圧または電流の大きさをバーグラフで示すことで超音波振動子の駆動状態を表示させることができるようになっている。

【 0 0 6 2 】

なお、制御回路 7 8 は装置本体 6 3 の全体の動作をつかさどる制御回路であり、操作パネル 7 9 とのデータのやり取りや、D / A 変換回路 7 2 にデータを送出して超音波振動子に流す電流値すなわち振幅の大きさを設定したりする。また、操作パネル 7 9 から各ハンドピースに対応したデジタル周波数データをマニュアルで入力することで、制御回路 7 8 からデータ送出回路 8 に初期値として入力したデジタル周波数データを設定するようにすることも可能である。

10

【 0 0 6 3 】

(効果)

このように本実施の形態によれば、第 2 の実施の形態及び第 4 の実施の形態の効果に加え、定電流制御回路 7 5 によって、超音波振動子の振動振幅が流れる電流の大きさに比例することを利用して、電流値を一定に制御することによって安定した振幅で超音波振動子を駆動することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

また、比較回路 6 7 で刻々と変化したデジタル周波数データを持っているレジスタ 7 のデジタル周波数データと、サブレジスタ 6 6 が持っている初期のデジタル周波数データとを比較監視しており、もしこれらのデータの差が所定の値より大幅に越えてしまった場合は、何らかの異常が発生したと判断できるので、その結果をデジタル発振回路 3 に送出して発振を停止したり、制御回路 7 8 に伝達して操作パネル 7 9 にて警告を発したり全体の動作を停止させたりすることができる。この動作によっては、たとえば超音波振動子やプローブに異常が発生して共振点が極端に大きく変動したり、断線や破壊によって共振点が存在しなくなったりした状態を検出することが可能となる。

20

【 0 0 6 5 】

[付記]

(付記項 1) 前記超音波駆動装置は、

前記超音波振動子に流れる電流値を検出する電流値検出手段と、

前記電流値が一定になるように前記超音波振動子に印可する電圧の大きさを制御する定電流制御手段と

30

を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波手術装置。

【 0 0 6 6 】

(付記項 2) 前記超音波駆動装置は、

前記周波数初期データを保持する保持手段と、

前記保持手段が保持した前記周波数初期データと前記デジタル周波数データを比較する比較手段を具備し、

前記比較手段の比較結果から前記超音波振動子の駆動を制御する

を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波手術装置。

【 0 0 6 7 】

(付記項 3) 前記超音波振動子を備えたハンドピースに予め付された情報を読み取る読み取り手段と、

前記読み取り手段が読み取った前記情報に基づき、前記演算手段に前記周波数初期データを送信する送信手段と

を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波駆動装置。

40

【 0 0 6 8 】

(付記項 4) 前記情報は、前記超音波振動子に応じた個別情報である

ことを特徴とする付記項 3 に記載の超音波駆動装置。

【 0 0 6 9 】

(付記項 5) 前記周波数初期データを前記演算手段に出力するデータ出力手段

50

を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波駆動装置。

【 0 0 7 0 】

【 発 明 の 効 果 】

以上説明したように本発明によれば、デジタル信号処理により簡単且つ確実に、所望の周波数で超音波振動子を駆動することができるという効果がある。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図

【 図 2 】 図 1 の超音波駆動装置の作用を説明するフローチャート

【 図 3 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図

【 図 4 】 本発明の第 3 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図

10

【 図 5 】 本発明の第 4 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図

【 図 6 】 図 5 の超音波駆動装置の作用を説明するフローチャート

【 図 7 】 図 6 の処理における周波数のスイープ（掃引）動作を説明する説明図

【 図 8 】 本発明の第 5 の実施の形態に係る超音波駆動装置の構成を示すブロック図

【 図 9 】 超音波振動子とそれに並列にマッチング用のコイルを接続したときの一般的な電気的等価回路を示す図

【 図 1 0 】 図 9 の等価回路のインピーダンス特性を示す図

【 図 1 1 】 超音波振動子の駆動時の共振点の前後での電圧と電流の位相関係を示す図

【 図 1 2 】 従来の超音波駆動装置の構成を示すブロック図

【 符 号 の 説 明 】

20

1 ... 超音波駆動装置

2 ... 超音波振動子

3 ... デジタル発振回路

4 ... アンプ回路（AMP）

5 ... 検出回路

6 ... 位相差検出回路

7 ... レジスタ

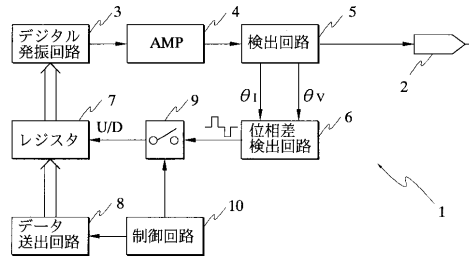
8 ... データ送出回路

9 ... スイッチ回路

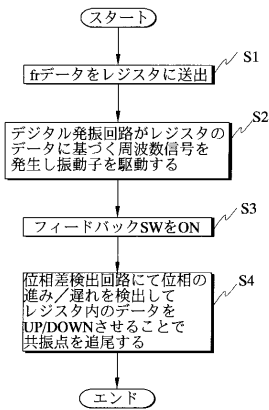
1 0 ... 制御回路

30

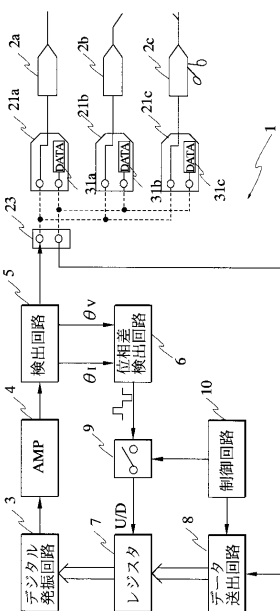
【図 1】



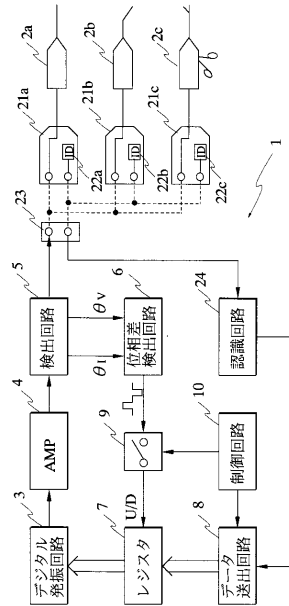
【図 2】



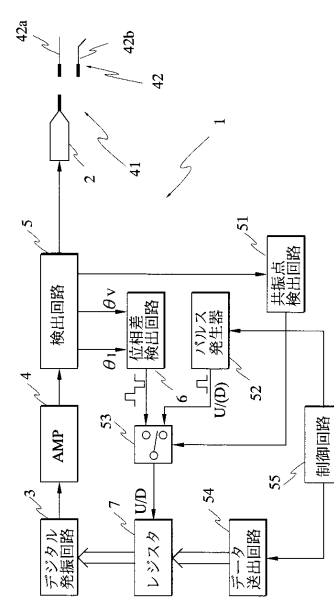
【図 4】



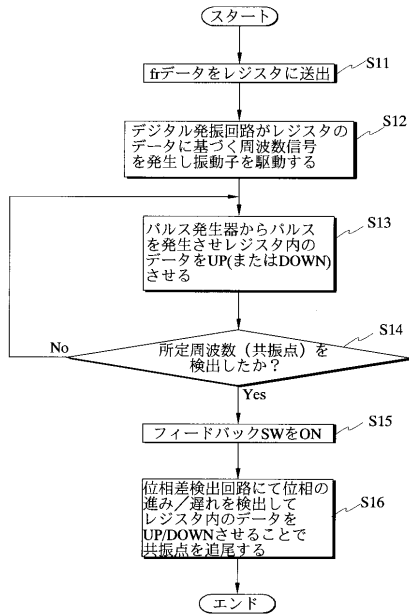
【図 3】



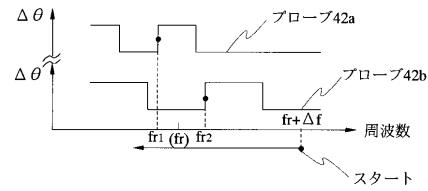
【図 5】



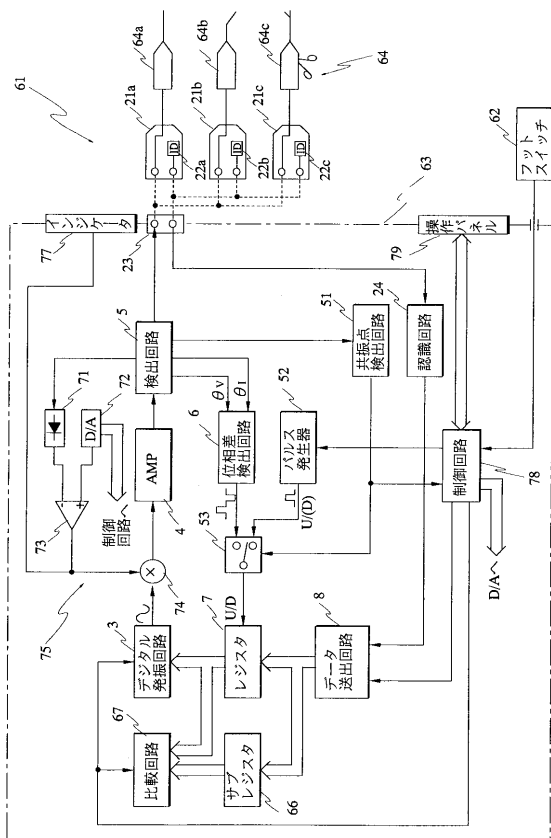
【図 6】



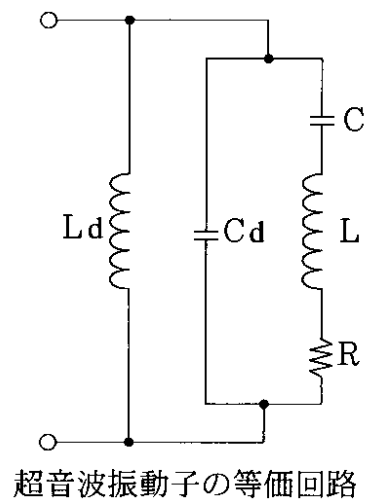
【図 7】



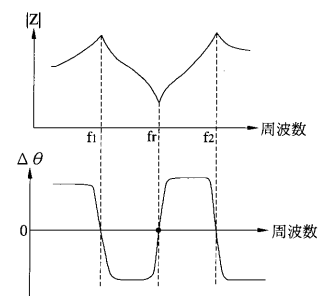
【図 8】



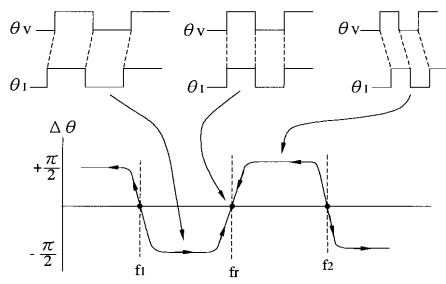
【図 9】



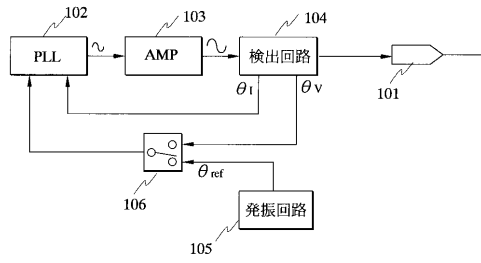
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07-313937(JP,A)
特開2000-035357(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04R 3/00

A61B 17/22