

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3895709号
(P3895709)**

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 18/00 (2006.01)

F I

A 6 1 B 17/36 3 3 0

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-195261 (P2003-195261)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成15年7月10日(2003.7.10)		オリンパス株式会社
(62) 分割の表示	特願2000-234697 (P2000-234697) の分割		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
原出願日	平成12年8月2日(2000.8.2)	(74) 代理人	100076233 弁理士 伊藤 進
(65) 公開番号	特開2003-339730 (P2003-339730A)	(72) 発明者	田中 一恵
(43) 公開日	平成15年12月2日(2003.12.2)		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
審査請求日	平成15年7月10日(2003.7.10)		
		審査官	今村 亘
		(56) 参考文献	特開平4-344429 (JP, A) 特開平2-290281 (JP, A) 特開昭62-110784 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波凝固切開装置及び超音波凝固切開装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波振動を伝達可能なプローブを締結し、超音波振動を発生可能な超音波振動子と、
前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、
前記駆動信号発生手段から出力される前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調
整手段と、

前記駆動信号の周波数を掃引可能な掃引手段と、

前記掃引手段によって掃引された駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記
超音波振動子の共振周波数を検出するための共振周波数検出手段と、

前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出された場合に、前記共振周波数を追尾可能
に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段と、

前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出されない場合に、前記レベル調整手段の設
定値を上げる制御を実行可能なレベル調整制御手段と、

を具備したことを特徴とした超音波凝固切開装置。

【請求項2】

超音波振動子を伝達可能なプローブを締結し、前記超音波振動を発生可能な超音波振動
子と、

前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から出力される前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調
整手段と、

前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引制御手段と、
前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能な PLL 制御手段と、

前記掃引制御手段で周波数掃引された掃引駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記超音波振動子の共振周波数を検知可能な共振周波数検出手段と、

前記レベル調整手段及び前記共振周波数検出手段によって第 1 の駆動信号レベルで周波数掃引されたときに共振周波数が検出されない場合に、前記第 1 の駆動信号レベルより大きい第 2 の駆動信号レベルに前記レベル調整手段を制御するレベル制御手段と、

前記共振周波数検出手段によって前記第 1 のまたは第 2 の駆動信号レベルで周波数掃引されたときに共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記 PLL 制御手段の制御に切換える制御切換え手段と、

を具備したことを特徴とする超音波凝固切開装置。

【請求項 3】

超音波振動を伝達可能なプローブを締結し、超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、

前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、

前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引手段と、

前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能な PLL 制御手段と、

前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって第 1 の駆動信号レベルで周波数掃引されて前記超音波振動子に供給される掃引駆動信号の電流実効値を所定の基準値と比較する比較手段と、

前記比較手段で比較された前記電流実効値が基準値に達した場合に、前記掃引駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出手段と、

前記共振周波数検知手段で共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記 PLL 制御手段の制御に切換える制御切換え手段と、

前記比較手段で比較された前記電流実効値が基準値に達していない場合に、前記第 1 の駆動信号レベルより大きい第 2 の駆動信号レベルの掃引駆動信号になるように前記レベル調整手段を制御する掃引レベル制御手段と、

を具備したことを特徴とする超音波凝固切開装置。

【請求項 4】

プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、

前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引制御手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能な PLL 制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法において、

前記掃引制御手段によって前記駆動信号発生手段から出力される掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出ステップと、

前記共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記 PLL 制御手段の制御に切換える制御切換えステップと、

前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出されない場合に、前記レベル調整手段で前記駆動信号の信号レベルを増幅制御される駆動信号増幅ステップと、

を具備したことを特徴とした超音波凝固切開装置の制御方法。

【請求項 5】

プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能な PLL 制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法にお

10

20

30

40

50

いて、

前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって、第1の駆動信号レベルで周波数掃引された第1の掃引駆動信号を前記超音波振動子に供給する第1の駆動信号供給ステップと、

前記第1の駆動信号供給ステップで供給された前記第1の掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する第1の共振周波数検出ステップと、

前記第1の共振周波数検出ステップで共振周波数が検出されない場合に、前記駆動信号発生手段を前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって前記第1の駆動信号レベルより大きい第2の駆動信号レベルで掃引された第2の掃引駆動信号を前記超音波振動子に供給する第2の駆動信号供給ステップと、

10

前記第2の駆動信号供給ステップで供給された前記第2の掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する第2の共振周波数検出ステップと、

前記第2の共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切換える制御切換えステップと、

を具備したことを特徴とした超音波凝固切開装置の制御方法。

【請求項6】

プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な制御手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法において、

20

前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引手段とによって第1の駆動信号レベルで掃引された駆動信号を前記超音波振動子に供給する第1の駆動信号供給ステップと、

前記第1の駆動信号供給ステップで供給された第1の掃引駆動信号の電流実効値を所定の基準値と比較する比較ステップと、

前記比較ステップで前記電流実効値が基準値に達していない場合に、前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引手段とによって前記第1の駆動信号レベルより大きい第2の駆動信号レベルで掃引された駆動信号を前記超音波振動子に供給する第2の駆動信号供給ステップと、

30

前記比較ステップで前記電流実効値が基準値に達した場合に、前記超音波振動子供給ステップで供給された掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出ステップと、

前記共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切換える制御切換えステップと、

を具備したことを特徴とした超音波凝固切開装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波凝固切開装置、さらに詳しくは共振周波数の検出制御部分に特徴のある超音波凝固切開装置及び超音波凝固切開装置の制御方法に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

超音波変換器としての超音波振動子を用いる超音波装置は種々提案されており、これには例えば外科用超音波メスや超音波加工装置等が知られている。

【0003】

このような外科用超音波メスや超音波加工装置に使用される超音波振動子は、その変換効率を高めるため、従来から、その超音波振動子の機械的共振点で駆動することが知られている。

【0004】

50

機械的共振点に於いて共振させる手段として最も一般的なのは、超音波振動子に加わる電圧と流れる電流の位相を検出し、その位相差が零になるように制御する、いわゆるフェーズ・ロック・ループ（PLL）方式の共振点追尾回路である。

【0005】

これは、共振点で確実に駆動出来るため、超音波振動子に加わる負荷の変化に追従する方法として優れている。

【0006】

しかし、PLLを用いた共振点追尾を行う場合、追尾動作に入る前に、図5に示すように、振動子に接続され、振動子と共にはハンドピースを形成するプローブに応じた初期共振周波数（Fr0）を確実に検出する必要がある。

10

【0007】

初期共振周波数（Fr0）は、振動子に接続するプローブの種類、製造上のばらつき、周囲温度等によって異なる。

【0008】

初期共振周波数（Fr0）の検出方法としては、例えば特開平2-290281号公報に示されるように、動作中に変動する共振点でのPLL方式の追尾動作に入る前に、オープンループで出力周波数を掃引し、その途中で、初期共振周波数（Fr0）を検出したら、クローズループに移行し、PLL動作にスムーズに入るといふものがある。

【0009】

また、前述の特開平2-290281号公報では、共振点追尾の手段として、VCOを用いたアナログ式PLLを適用しているが、近年、DDS（ダイレクト・デジタル・シンセサイザ）を用いたデジタル式のPLLが、回路定数の調整不要、使用回路素子の定数温度変動による出力周波数変動がないことにより、共振周波数追尾回路として用いられるようになっている。

20

【0010】

デジタル式PLLを用いた従来の超音波凝固切開装置では、図6に示すように、術者により、フットスイッチ101がONされると、CPU102より8ビットの初期設定周波数信号Foが掃引回路103へ送信された後、掃引開始信号（/SWEEP_ON）が送信され、Fr0を検知するための出力周波数の掃引が開始される。このとき、Foは、周波数掃引を開始する周波数である。

30

【0011】

また、Fr0検出時の出力設定は、CPU102より4ビットの出力電流信号（最大出力の30%）がD/A変換器104へ出力される。D/A変換器104に於いて、D/A変換され、乗算器105へ出力される。

【0012】

また、掃引回路103は、Foを一定の間隔でダウンカウントすることにより、掃引信号Fo'を生成する。Fr0検知時は、Foは、UP/DOWNカウンタ106をスルーし、駆動周波数設定信号Fsとなって、DDS107へ入力される。

【0013】

UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108は、PLL追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路であるため、Fr0検知後ONとなる入力信号PLL_ON信号がONの間のみ動作するように設計されている。

40

【0014】

DDS107は、Fsに対応したSIN波形の出力を行い、DDS107から出力されたSIN波は、乗算器105へ入力され、CPU102からの出力電流信号を、D/A変換器104においてD/A変換した信号DA1との掛け算を行う。

【0015】

乗算器105から出力されたSIN波形は、電力増幅器109にて増幅され、検出回路110を経て、ハンドピース111の振動子112へ出力され、プローブ123を超音波振動させる。

50

【 0 0 1 6 】

検出回路 1 1 0 において、超音波出力（電圧、電流）の位相信号 θv （電圧位相信号）、 θi （電流位相信号）、出力電流の実効値 $|I|$ を検出し、共振周波数検出回路 1 1 3 へ出力している。

【 0 0 1 7 】

共振周波数検出回路 1 1 3 では、出力電流の実効値 $|I|$ を検知し、インピーダンスの変化をモニタしている。

【 0 0 1 8 】

共振周波数検出回路 1 1 3 は、フットスイッチ 1 0 1 により、超音波出力が ON されたのを CPU 1 0 2 から受けて（ / S W E E P _ O N ）、F r 0 検出処理を行う。

10

【 0 0 1 9 】

共振周波数検出回路 1 1 3 は、電流比較回路 1 2 1 と位相検知回路 1 2 2 からなり、電流比較回路 1 2 1 にて出力電流の実効値 $|I|$ が、基準値 $|I|_{ref}$ を越えた場合、位相検知回路 1 2 2 へイネーブル信号 / P H A _ E N を ON とし、位相検知回路 1 2 2 の動作を開始させる。

【 0 0 2 0 】

位相検知回路 1 2 2 では、電圧位相信号 θv 、電流位相信号 θi の位相差を検知し、図 1 0 に示すように、前述の 2 信号の位相差が " 0 " となることを F r 0 として検知し、P L L _ O N を ON とする。また、一回の出力周波数掃引時に F r 0 が検出できなかった場合、前述の F r 0 検出を再度行う（最大 2 回迄）。

20

【 0 0 2 1 】

P L L _ O N が ON となると掃引回路 1 0 3 は、周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の変化はしない。

【 0 0 2 2 】

また、P L L _ O N が ON となることにより、U P / D O W N カウンタ 1 0 6 と位相比較器 1 0 8 の動作が開始され、P L L 1 1 4 による共振周波数追尾が動作する。

【 0 0 2 3 】

位相比較器 1 0 8 では、電圧位相信号 θv 、電流位相信号 θi の位相差を検出し、周波数追尾のために、D D S 1 0 7 からの出力（S I N 波形）の出力周波数を上下させる制御信号（以下、U P / D O W N 信号）を出力し、U P / D O W N カウンタ 1 0 6 への入力とする。

30

【 0 0 2 4 】

U P / D O W N カウンタ 1 0 6 では、共振周波数検出時に検出した F r 0 と位相比較器 1 0 8 からの U P / D O W N 信号に基づき、実際に D D S 1 0 7 から出力する周波数の設定信号である、駆動周波数設定信号 F s を出力する。

【 0 0 2 5 】

次に、このように構成された従来の超音波凝固切開装置での P L L 引き込みまでの処理の流れを説明する。

【 0 0 2 6 】

図 7 に示すように、ステップ S 1 0 1 で術者によりフットスイッチ 1 0 1 が ON されると、ステップ S 1 0 2 で F r 0 検出時の出力設定のため CPU 1 0 2 より 4 ビットの出力電流信号が D / A 変換器 1 0 4 へ出力される。D / A 変換器 1 0 4 に於いて、D / A 変換され、乗算器 1 0 5 へ出力される。

40

【 0 0 2 7 】

そして、ステップ S 1 0 3 で CPU 1 0 2 より 8 ビットの初期設定周波数信号 F o が掃引回路 1 0 3 へ送信された後、掃引開始信号（ / S W E E P _ O N ）が送信され、F r 0 を検知するための出力周波数の掃引が開始される。

【 0 0 2 8 】

ステップ S 1 0 4 で掃引回数をカウントし、ステップ S 1 0 5 で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えたかどうか判断し、出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えた場

50

合はステップS106で電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_I の位相差が"0"かどうか判断し、電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_I の位相差が"0"ならばFr0として検知し、ステップS107で周波数掃引を停止し、UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108の動作が開始され、PLL114による共振周波数追尾が動作する。

【0029】

ステップS105で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えていないと判断すると、ステップS108で掃引回数が2回かどうか判断し、1回目の掃引ならばステップS103に戻り処理を繰り返し、2回目の掃引ならばステップS109で警告を発し出力を停止する。

【0030】

【特許文献1】

特開平2-290281号公報

【0031】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、超音波振動子11に締結され、超音波振動するプローブ123が多種にわたり、プローブ123の負荷状況、特性が様々な場合、次の様な問題があることが判明した。

すなわち、従来では、回路上において、設定値($|I|_{ref}$)を決めて、 $|I|$ が、その設定値以上となった場合、位相差検出を行い、位相差が零となった場合を共振点としている。

【0032】

このため、 $|I|$ 検知時、設定値($|I|_{ref}$)の決定は一意的であり、プローブ123が多種にわたり、負荷のかかり易いプローブの場合、また、発振時術者がプローブに重めの負荷を掛けていた場合、図8に示すように、 $|I|$ が $|I|_{ref}$ 以上にならず、位相差検出へ移行できずFr0が検出できないという問題がある。

【0033】

また、 $|I|_{ref}$ を下げすぎると、インピーダンスが高い時点で、位相差検出を行ってしまうために、電流信号が小さすぎて、検出回路10からの出力信号(θ_I)のデューティが50%とならず、位相差検出が正常に行えなくなり、Fr0検出時の誤検知の原因となる。

【0034】

また、反共振点(F2)より高い周波数では、F2よりインピーダンスが低くなるため、 $|I|$ も大きくなる。そのため、F2より高い周波数領域の出力周波数掃引時、 $|I|$ が $|I|_{ref}$ よりもおおきくなり、/PHA_ENがONしてしまい、 θ_I と θ_v の位相差が零となるF2をFr0として誤検知してしまったり、 θ_I と θ_v の信号線にノイズがのり、位相差を零と誤検知し、Fr0以外の周波数でPLL追尾を開始してしまう問題がある。

【0035】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、種々の特性、使用状態のプローブにおいても、正確に共振点を検出し、PLL移動へ移行することのできる超音波凝固切開装置及び超音波凝固切開装置の制御方法を提供することを目的としている。

【0036】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様による超音波凝固切開装置は、超音波振動を伝達可能なプローブを締結し、超音波振動を発生可能な超音波振動子と、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号発生手段から出力される前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引可能な掃引手段と、前記掃引手段によって掃引された駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記超音波振動子の共振周波数を検出するための共振周波数検出手段と、前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出された場合に、前記共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段と、前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出されない場合に、前記レベル調整手段の設定値を上げる制御を実行可能なレベル調整制御手段と、を具備している。

10

20

30

40

50

本発明の他の態様による超音波凝固切開装置は、超音波振動子を伝達可能なプローブを締結し、前記超音波振動を発生可能な超音波振動子と、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号発生手段から出力される前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引制御手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段と、前記掃引制御手段で周波数掃引された掃引駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記超音波振動子の共振周波数を検知可能な共振周波数検出手段と、前記レベル調整手段及び前記共振周波数検出手段によって第1の駆動信号レベルで周波数掃引されたときに共振周波数が検出されない場合に、前記第1の駆動信号レベルより大きい第2の駆動信号レベルに前記レベル調整手段を制御するレベル制御手段と、前記共振周波数検出手段によって前記第1のまたは第2の駆動信号レベルで周波数掃引されたときに共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切り換える制御切り換え手段と、を具備している。

10

本発明のさらに他の態様による超音波凝固切開装置は、超音波振動を伝達可能なプローブを締結し、超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段と、前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって第1の駆動信号レベルで周波数掃引されて前記超音波振動子に供給される掃引駆動信号の電流実効値を所定の基準値と比較する比較手段と、前記比較手段で比較された前記電流実効値が基準値に達した場合に、前記掃引駆動信号に基づいて、前記プローブが締結された前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出手段と、

20

前記共振周波数検知手段で共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切り換える制御切り換え手段と、前記比較手段で比較された前記電流実効値が基準値に達していない場合に、前記第1の駆動信号レベルより大きい第2の駆動信号レベルの掃引駆動信号になるように前記レベル調整手段を制御する掃引レベル制御手段と、を具備している。

本発明の一態様による超音波凝固切開装置の制御方法は、プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引制御手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法において、前記掃引制御手段によって前記駆動信号発生手段から出力される掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出ステップと、前記共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切り換える制御切り換えステップと、前記共振周波数検出手段で共振周波数が検出されない場合に、前記レベル調整手段で前記駆動信号の信号レベルを増幅制御される駆動信号増幅ステップと、を具備している。

30

本発明の他の態様による超音波凝固切開装置の制御方法は、プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な掃引手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法において、前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって、第1の駆動信号レベルで周波数掃引された第1の掃引駆動信号を前記超音波振動子に供給する第1の駆動信号供給ステップと、前記第1の駆動信号供給ステップで供給された前記第1の掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する第1の共振周波数検出ステップと、前記第1の共振周波数検出ステップで共振周波数が検出されない場合に、前記駆動信号発生手段を前記レベル調整手段と前記掃引制御手段とによって前記第1の駆動信号レベルより大きい第

40

50

2の駆動信号レベルで掃引された第2の掃引駆動信号を前記超音波振動子に供給する第2の駆動信号供給ステップと、前記第2の駆動信号供給ステップで供給された前記第2の掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する第2の共振周波数検出ステップと、前記第2の共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引制御手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切換える制御切換えステップと、を具備している。

本発明のさらに他の態様による超音波凝固切開装置の制御方法は、プローブが締結された超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段と、前記駆動信号の信号レベルを調整可能なレベル調整手段と、前記駆動信号の周波数を掃引制御可能な制御手段と、前記超音波振動子の共振周波数を追尾可能に前記駆動信号発生手段を制御可能なPLL制御手段とを有する超音波凝固切開装置の制御方法において、前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引手段とによって第1の駆動信号レベルで掃引された駆動信号を前記超音波振動子に供給する第1の駆動信号供給ステップと、前記第1の駆動信号供給ステップで供給された第1の掃引駆動信号の電流実効値を所定の基準値と比較する比較ステップと、前記比較ステップで前記電流実効値が基準値に達していない場合に、前記駆動信号発生手段と前記レベル調整手段と前記掃引手段とによって前記第1の駆動信号レベルより大きい第2の駆動信号レベルで掃引された駆動信号を前記超音波振動子に供給する第2の駆動信号供給ステップと、前記比較ステップで前記電流実効値が基準値に達した場合に、前記超音波振動子供給ステップで供給された掃引駆動信号に基づいて、前記超音波振動子の共振周波数を検知する共振周波数検出ステップと、前記共振周波数検出ステップで共振周波数が検出された場合に、前記掃引手段の制御から前記PLL制御手段の制御に切換える制御切換えステップと、を具備している。

【0037】

【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。

【0038】

図1ないし図4は本発明の一実施の形態に係わり、図1は超音波手術装置の構成を示す構成図、図2は図1の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図、図3は図2の共振周波数検出回路の構成を示すブロック図、図4は図2の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャートである。

【0039】

本実施の形態の超音波手術装置は、図1に示すように、超音波出力を行う超音波凝固切開装置1と、処置を行うハンドピース2と、超音波凝固切開装置1の超音波出力を制御するフットスイッチ3とから構成される。

【0040】

ハンドピース2は、図2に示すように、振動子2aと種々の形態のプローブ2bからなり、一体型となっており、ハンドピース2は超音波凝固切開装置1に着脱できるようになっている。そして、超音波凝固切開装置1より供給された電気信号を振動子2aにて機械振動へ変換し、振動子2aに接続されたプローブ2bの機械振動によって処置を行っている。

【0041】

ハンドピース2には、そのハンドピース2の種類を判別する判別抵抗2cが設けられている。判別抵抗2cは、ハンドピース2の種類によって、定数が異なっている。HP(ハンドピース)判別回路11において、判別抵抗2cの抵抗値を検出し、その検出した結果(ハンドピース種)をCPU12へ送信する。CPU12では、この結果を基とし、どの種類のハンドピースが接続されているかを判断する。

【0042】

超音波凝固切開装置1では、図2に示すように、術者により、フットスイッチ3がONされると、ハンドピース2の種類判別の結果によってCPU12より8ビットの初期設定周波数信号F0が設定され、この初期設定周波数信号F0が掃引回路13へ送信された後、

10

20

30

40

50

掃引開始信号 (/ S W E E P _ O N) が送信され、F r 0を検知するための出力周波数の掃引が開始される。このとき、F o は、周波数掃引を開始する周波数である。

【 0 0 4 3 】

また、F r 0検出時の出力設定は、C P U 1 2 より4ビットの初期出力電流信号 (最大出力の30%) がD / A変換器14へ出力される。D / A変換器14に於いて、D / A変換され、乗算器15へ出力される。

【 0 0 4 4 】

また、掃引回路13は、F oを一定の間隔でダウンカウントすることにより、掃引信号F o'を生成する。F r 0検出時は、F oは、U P / D O W Nカウンタ16をスルーし、駆動周波数設定信号F sとなって、D D S 17へ入力される。

10

【 0 0 4 5 】

U P / D O W Nカウンタ16と位相比較器18は、P L L追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路であるため、F r 0検出後O Nとなる入力信号P L L _ O N信号がO Nの間のみ動作するように設計されている。

【 0 0 4 6 】

D D S 17は、F sに対応したS I N波形の出力を行い、D D S 17から出力されたS I N波は、乗算器15へ入力され、C P U 12からの出力電流信号を、D / A変換器14においてD / A変換した信号D A 1との掛け算を行う。

【 0 0 4 7 】

乗算器15から出力されたS I N波形は、電力増幅器19にて増幅され、検出回路20を経て、ハンドピース2の振動子2aへ出力される。

20

【 0 0 4 8 】

検出回路20において、超音波出力 (電圧、電流) の位相信号 θv (電圧位相信号)、 θi (電流位相信号)、出力電流の実効値 $|i|$ を検出し、位相信号 θv (電圧位相信号)、 θi (電流位相信号) は共振周波数検出回路21へ出力され、出力電流の実効値 $|i|$ はA / D変換器22によって、8ビットのデジタル信号に変換され、C P U 12へ送信される。

【 0 0 4 9 】

C P U 12では、前述のハンドピース2の種類判別の結果によって、基準値 $|i|_{ref}$ の設定を変化させる。例えば負荷が大きくかかり易いような長さの長いプローブの場合は $|i|_{ref}$ の設定を低くし、また負荷があまりかからないような短い長さのプローブの場合は $|i|_{ref}$ の設定を高くする。

30

【 0 0 5 0 】

C P U 12にて、F r 0検出中 (周波数掃引中) に、 $|i|$ と $|i|_{ref}$ を比較し、 $|i| > |i|_{ref}$ となった場合、C P U 12にて / P H A _ E NをO Nとし、共振周波数検出回路21へ / P H A _ E N信号を送信する。

【 0 0 5 1 】

共振周波数検出回路21は、図3に示すように、 θi 周波数検知31、 $\theta i / \theta v$ 位相差 (+) 検出回路32、 $\theta i / \theta v$ 位相差 (-) 検出回路33からなる。

【 0 0 5 2 】

θi 周波数検知31は、 / P H A _ E NがO Nとなったことを受けて検知を開始する。 θi 周波数検知31は、振動子11の破損や、振動子に接続されたプローブの破損により、出力電流波形のデューティが50%にならなかつたり、波形に歪みが生じた場合を想定して設けた検知であり、 θi の周波数が、 θv の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っているかどうかを検知する。検知した後、e n a b l e 1がO Nとなり、 $\theta i / \theta v$ 位相差 (+) 検出回路32へ送信する。

40

【 0 0 5 3 】

$\theta i / \theta v$ 位相差 (+) 検出回路32では、e n a b l e 1がO Nとなったことを受けて、検知を開始する。 $\theta i / \theta v$ 位相差 (+) 検出回路32は、次で説明する $\theta i / \theta v$ 位相差 (-) 検出回路33とあわせて、 θi と θv の位相差が+から-へ切り替わったことによってF r 0を検知する (図5に示した通り、F r 0は、位相差が+から-へ切り替わるところに存在す

50

るため)。

【0054】

$\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32では、掃引周波数が F_{r0} と F_2 の間(位相差が+の周波数区間)にあることの検知を行う。つまり、ある一定時間、連続して位相差が+である出力波形が出力されることの検知を行っている。

【0055】

掃引周波数が位相差+である周波数区間にあったことを、検知したら $enable2$ をONとし、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33へ送信する。

【0056】

$\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33では、 $enable2$ がONとなったことを受けて、検知を開始する。前述の様に F_{r0} を検知するため、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33は、掃引周波数が F_1 と F_{r0} の間(位相差が-の周波数区間)にあることの検知を行う。つまり、ある一定時間、連続して位相差が-である出力波形が出力されることの検知を行っている。 10

【0057】

掃引周波数が位相差-である周波数区間にあったことを、検知した場合、前述の様に、位相差が+から-へ切り替わったことを示すため、 F_{r0} を検知したこととし、PLL追尾を開始するため、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33は、PLL_ON信号をONとする。

【0058】

PLL_ONがONとなると掃引回路13は、周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の変化はしない。 20

【0059】

また、PLL_ONがONとなることにより、UP/DOWNカウンタ16と位相比較器18の動作が開始され、PLL41による共振周波数追尾が動作する。

【0060】

位相比較器18では、電圧位相信号 θv 、電流位相信号 θI の位相差を検出し、周波数追尾のために、DDS17からの出力(SIN波形)の出力周波数を上下させる制御信号(以下、UP/DOWN信号)を出力し、UP/DOWNカウンタ16への入力とする。

【0061】

UP/DOWNカウンタ16では、共振周波数検出時に検出した F_{r0} と位相比較器18からのUP/DOWN信号に基づき、実際にDDS17から出力する周波数の設定信号である、駆動周波数設定信号 F_s を出力する。 30

【0062】

また、ハンドピース2に大きな負荷がかかることにより、周波数 F_{r0} 時のインピーダンスが高くなった場合 $|I|$ の最大値が $|I|_{ref}$ よりも小さくなってしまい、 F_{r0} の検知が出来ない可能性がある。

【0063】

そのため、一回の周波数掃引時に、 F_{r0} の検出が行えなかった場合、 F_{r0} 検出用の出力電流の設定値を、10%刻みで上げる(例えば、最大70%まで)。

【0064】

前述の動作は、CPU4から4ビットの出力電流設定信号をD/A変換回路15へ送信する。D/A変換回路15は、その信号をD/A変換し乗算器8へ出力する。 40

【0065】

出力電流を大きくすることにより、 F_{r0} のインピーダンスが低くなるため、出力電流波形が検知を行い易くする。

【0066】

次に、このように構成された本実施の形態の超音波凝固切開装置1でのPLL引き込みまでの処理の流れを説明する。

【0067】

図4に示すように、ステップS1でハンドピース2の接続を待ち、ステップS2で接続さ 50

れたハンドピース 2 の種類を判別して、ステップ S 3 でハンドピース 2 の種類に応じて初期設定周波数信号 F_0 及び基準値 $|I|_{ref}$ を設定する。

【0068】

ステップ S 4 で術者によりフットスイッチ 3 が ON されると、ステップ S 5 で CPU 12 にて F_0 検出時の出力設定にため CPU 102 より 4 ビットの出力電流信号が D/A 変換器 104 へ出力される。D/A 変換器 104 に於いて、D/A 変換され、乗算器 105 へ出力される。

【0069】

そして、ステップ S 5 で CPU 12 より 8 ビットの初期設定周波数信号 F_0 が掃引回路 13 へ送信された後、掃引開始信号 (/ S W E E P _ O N) が送信され、掃引回路 13 にて F_0 を検知するための出力周波数の掃引が開始される。

10

【0070】

ステップ S 6 で掃引回数をカウントし、ステップ S 7 で CPU 12 にて出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えたかどうか判断し、出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えた場合は、ステップ S 8 で共振周波数検出回路 21 にて θ_I の周波数が θ_v の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っているかどうか判断し、 θ_v の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っている場合はステップ S 9 に進む。

【0071】

ステップ S 9 では、共振周波数検出回路 21 にて電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_I の位相差が + から - に切り替わったかどうか判断し、電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_I の位相差が + から - に切り替わったならば F_0 として検知し、ステップ S 10 で周波数掃引を停止し、UP/DOWN カウンタ 106 と位相比較器 108 の動作が開始され、PLL 114 による共振周波数追尾が動作する。

20

【0072】

ステップ S 7 で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えていないと判断すると、ステップ S 11 で CPU 12 にて出力電流信号が最大出力の 60% 以下かどうか判断し、出力電流信号が最大出力の 60% 以下の場合は、ステップ S 12 で CPU 12 にて出力電流信号を 10% 上げステップ S 5 に戻り処理を終了する。

【0073】

ステップ S 8 で θ_I の周波数が θ_v の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っていないと判断した場合、またステップ S 9 で電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_I の位相差が + から - に切り替わっていないと判断した場合、さらにステップ S 11 で出力電流信号が最大出力の 60% を越えたと判断した場合は、ステップ S 13 で警告を発し出力を停止する。

30

【0074】

このように本実施の形態では、 $|I|_{ref}$ をハンドピース 2 の種類により CPU 12 にて、設定値を変更することにより、多種のハンドピース 2 において、また、ハンドピース 2 に大きな負荷がかかっている場合でも、 F_0 を検知することができ、種々のハンドピースが接続された状態、振動子に締結されたプローブに重い負荷がかかった状態でも、確実に初期共振周波数を検出することができる。

【0075】

また、位相差 + から位相差 - への切り替えを検知することによって F_0 検出を行うことにより、 θ_v 、 θ_I 信号線に、ノイズが乗った場合でも、誤検知を起こさないような検出を行うことができる。

40

【0076】

なお、一回目の周波数掃引時は図 4 と同一のフローを実施し、一回目の周波数掃引時に $|I|$ の最大値 ($|I|_{max}$) を検出し、最大値が、振動子 2 の許容できる入力電流値 ($|I|_{per}$) より小さかった場合、 10% 刻みで出力電流設定値を上昇させるのではなく、CPU 12 にて $|I|_{per}$ に見合う電流値を $|I|_{per}$ と $|I|_{max}$ の比によって計算し、出力電流設定を行うようにしても良く、図 4 のフローの場合、 F_0 の検知に失敗した場合、徐々に出力電流設定をあげていくが、2 回目の出力周波数掃引時に出力可能な最大の電流を振動子 2 へ供給す

50

ることにより、F_{r0}検知の可能性を高めることができる。

【0077】

また、電流|I|を基準値|I|_{ref}と比較する際の|I|_{ref}の決定を、以下のように行っても良い。

【0078】

すなわち、出力周波数掃引時、|I|をモニターし、|I|の最小値|I|_{min}を検出する。そして、|I|_{min}にオフセット|I|_{offset}を加え、|I|_{ref}とする。

【0079】

このように|I|_{ref}の決定を行うこととすると、F₂の時に|I|_{min}となるため、F₂よりも高い周波数領域では、/PHA_ENがONしないため、必ずF₂よりも低い周波数領域に

10

て位相差が+から-への切り替え検知を行うことができる。

【0080】

以上説明したように、この発明によれば、種々のハンドピースが接続された状態、振動子に締結されたプローブに重い負荷がかかった状態でも、確実に初期共振周波数を検出することができる。

【0081】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、種々の特性、使用状態のプローブに於いても、正確に共振点を検出し、PLL動作へ移行することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

20

【図1】本発明の一実施の形態に係る超音波凝固切開装置の構成を示す構成図

【図2】図1の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図

【図3】図2の共振周波数検出回路の構成を示すブロック図

【図4】図2の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャート

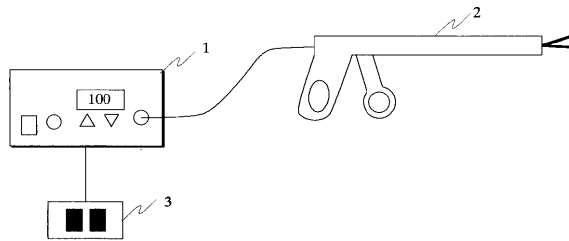
【図5】従来の超音波凝固切開装置の作用を示すタイミングチャート

【図6】従来の超音波凝固切開装置の構成を説明するブロック図

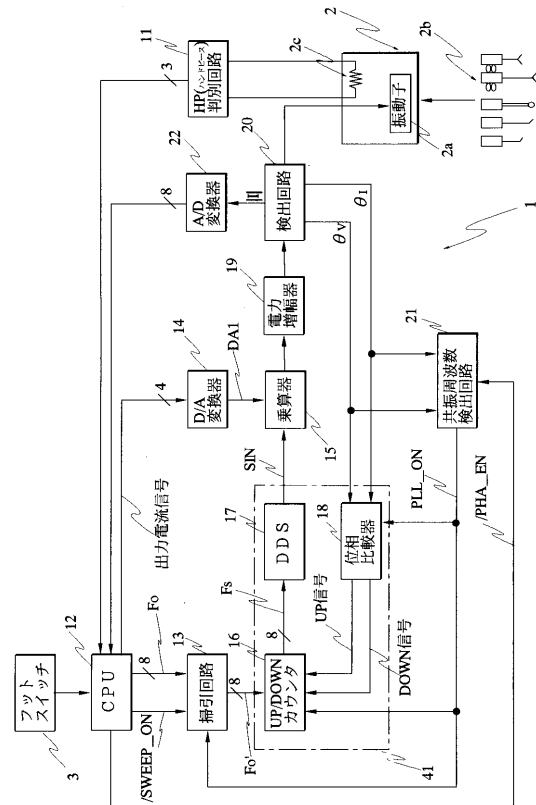
【図7】図6の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャート

【図8】共振周波数の検出を説明する第1及び第2の図

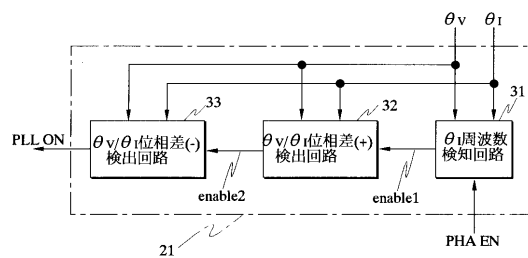
【 図 1 】



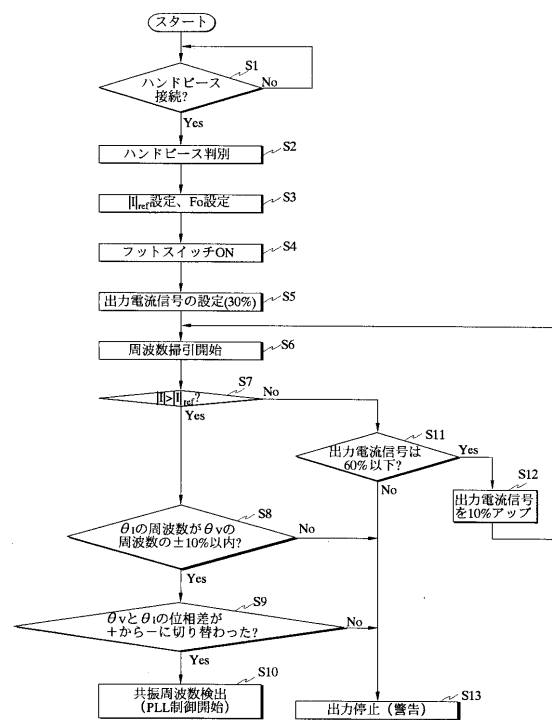
【 図 2 】



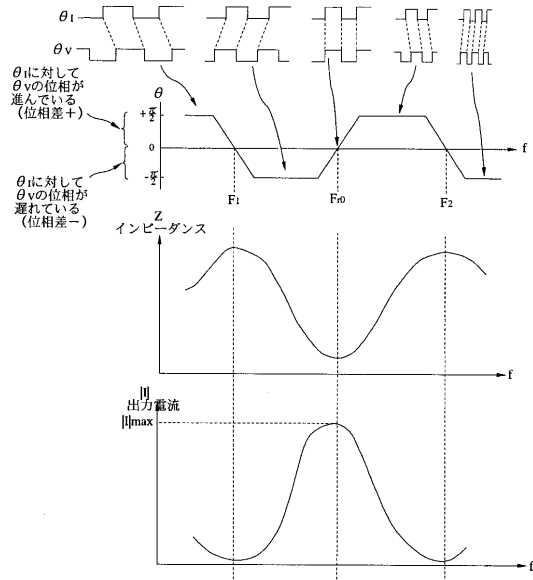
【 図 3 】



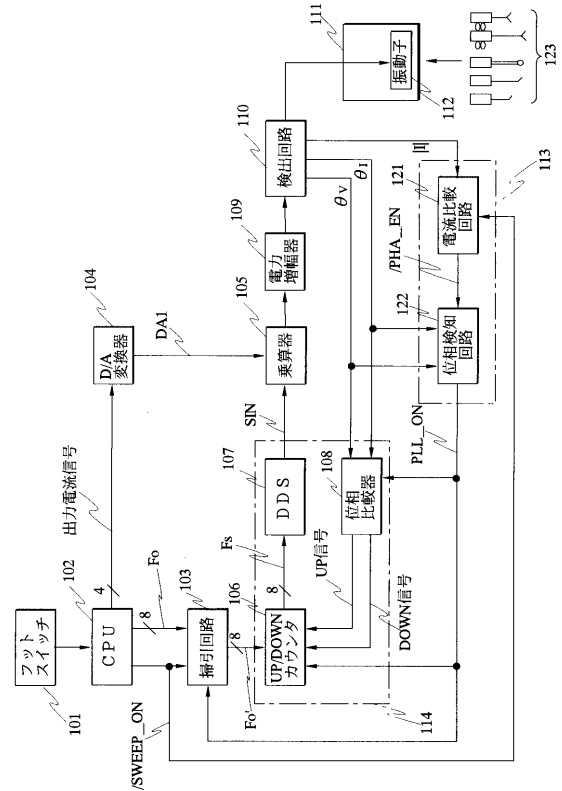
【 図 4 】



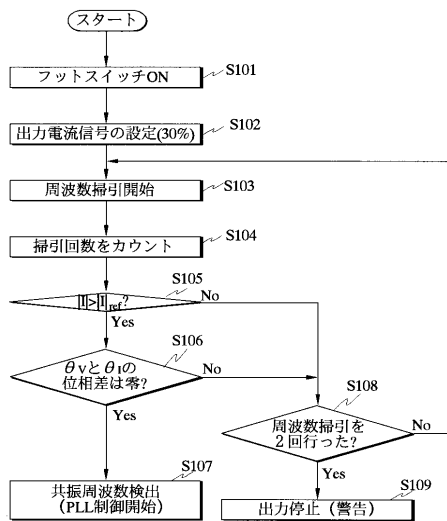
【図5】



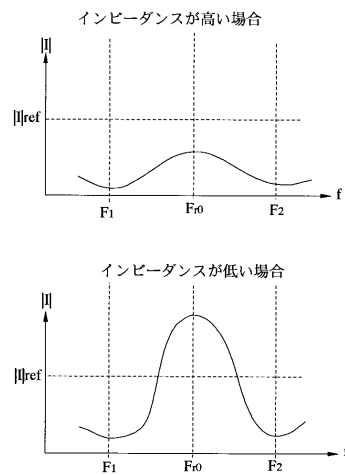
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 17/00 - 19/08

A61F 9/00

B06B 1/00 - 3/04

专利名称(译)	超声凝固和解剖装置及超声凝固和解剖装置的控制方法		
公开(公告)号	JP3895709B2	公开(公告)日	2007-03-22
申请号	JP2003195261	申请日	2003-07-10
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパス光学工業株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	田中一恵		
发明人	田中 一恵		
IPC分类号	A61B18/00		
FI分类号	A61B17/36.330 A61B17/32.510		
F-TERM分类号	4C060/JJ17 4C060/JJ25 4C160/JJ17 4C160/JJ25 4C160/MM32		
代理人(译)	伊藤 进		
审查员(译)	今村 亘		
其他公开文献	JP2003339730A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波固化切口装置，可以检测探针的任何属性和状态的正确共振点，以进入PPL工作。ŽSOLUTION：如果设备判断CPU 12上的输出电流[i]的有效值小于参考值[i] ref，则判断输出电流信号是否为最大输出的60%或更小，或者如果输出电流信号是最大输出的60%或更小，则在CPU 12处将输出电流信号增加10%。Ž

【图 2】

