

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4950342号  
(P4950342)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月16日(2012.3.16)

(51) Int.Cl. F 1  
A 6 1 B 18/00 (2006.01) A 6 1 B 17/36 3 3 0

請求項の数 18 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2010-546140 (P2010-546140)	(73) 特許権者	304050923
(86) (22) 出願日	平成22年5月17日(2010.5.17)		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/058275		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(87) 国際公開番号	W02010/140462	(74) 代理人	100076233
(87) 国際公開日	平成22年12月9日(2010.12.9)		弁理士 伊藤 進
審査請求日	平成22年11月18日(2010.11.18)	(72) 発明者	田中 一恵
(31) 優先権主張番号	12/477661		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内
(32) 優先日	平成21年6月3日(2009.6.3)	(72) 発明者	沢田 之彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	本間 聡
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波手術装置、超音波手術システム及びキャピテーション抑制方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波振動を発生可能な超音波振動子と、  
前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部とを有し、前記超音波振動子が発生する超音波振動を前記基端部から前記先端部に伝達するプローブと

、  
駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を、検出する電流電圧検出回路と、

前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波数を追尾するように前記駆動信号の周波数を調整する共振周波数追尾部と、

前記先端部の振動によって生じるキャピテーションの発生レベルに対応した、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャピテーションレベル信号として検出する検出部と、

前記キャピテーションレベル信号に応じて、キャピテーションを抑制または消滅させるように前記駆動信号を変更する制御を行う制御部と、  
を具備することを特徴とする超音波手術装置。

【請求項2】

前記検出部は、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分における電圧値、電流値、インピーダンス値の少なくとも1つを前記キャピテーションレベル信号として検出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 3】

前記検出部は、前記駆動信号の、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分を抽出するフィルタ回路を備え、前記フィルタ回路の出力信号を前記キャピテーションレベル信号として検出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】

前記キャピテーションレベル信号は、前記共振周波数より大きく、前記共振周波数の第 2 高調波より小さい周波数の周波数成分の積分からなる信号であ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 5】

前記キャピテーションレベル信号は、前記共振周波数の 5% から 95% までの周波数帯域または、前記共振周波数の 105% から 195% までの周波数帯域の少なくとも一方の積分からなる信号であ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

## 【請求項 6】

前記検出部が検出する前記キャピテーションの発生レベルを告知する告知部を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 7】

前記制御部は、前記キャピテーションレベル信号が第 1 の所定レベルに達していることを検出すると、前記駆動信号を減少させ、前記キャピテーションレベル信号が前記第 1 の所定レベルより低い第 2 の所定レベルまで低下していることを検出すると、前記駆動信号を前記第 1 の所定レベルよりも低い所定レベルまで上昇させる制御を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波手術装置。

20

## 【請求項 8】

前記制御部は、前記検出部によりキャピテーションが発生していることを検出すると、前記駆動信号を、第 1 の所定レベルまで減少させて、所定時間経過後、または前記検出部によるキャピテーションの発生停止の検出後に、キャピテーション発生が検出されたレベルより低い第 2 のレベルまで上昇させる制御を行う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 9】

前記第 1 の所定レベルは、キャピテーションが発生 / 消滅する境界値未満のレベルであることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波手術装置。

30

## 【請求項 10】

前記制御部は、制御内容が異なる複数の制御モードを切り換え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 11】

前記制御部は、前記複数の制御モードにおける 1 つの制御モードを選択的に設定する設定部を備えることを特徴とする請求項 10 に記載の超音波手術装置。

## 【請求項 12】

前記制御部は、前記プローブもしくは前記超音波振動子の種類、または前記先端部の形状もしくは使用状態を識別し、その識別結果に応じて前記制御モードを切り換えることを特徴とする請求項 10 に記載の超音波手術装置。

40

## 【請求項 13】

前記先端部は凹凸形状を備え、

前記制御部は、前記制御モードとして、前記凹凸形状により発生するキャピテーションを利用した切開を行う組織切開モードと、キャピテーションを抑制した超音波振動による摩擦熱を利用した凝固を行う組織凝固モードと、を選択的に切り換えることを特徴とする請求項 10 に記載の超音波手術装置。

## 【請求項 14】

前記制御部は、前記キャピテーションレベル信号のレベルが大きい程、前記駆動信号の出力レベルを低減する制御により、キャピテーションを抑制または消滅させることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波手術装置。

50

## 【請求項 15】

超音波振動を発生可能な超音波振動子と、  
 前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部と、を有し、  
 前記超音波振動子が発生する超音波振動を前記基端部から前記先端部に伝達するプローブと、  
 駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を検出する電流電圧  
 検出回路と、  
 前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波  
 数を追尾するように前記駆動信号の周波数を調整する共振周波数追尾部と、  
 前記先端部の振動によって生じるキャピテーションの発生レベルに対応した、前記共振  
 周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャピテーションレベル信号とし  
 て検出する検出部と、  
 前記先端部の周囲の液体を吸引する吸引駆動部と、  
 吸引量を設定する設定部と、  
 前記設定部の設定に従って前記吸引駆動部を制御する吸引制御部と、  
 前記キャピテーションレベル信号および吸引量に応じて、キャピテーションを抑制また  
 は消滅させるように前記駆動信号を変更する制御を行う制御部と、  
 を備えることを特徴とする超音波手術システム。

10

## 【請求項 16】

超音波振動子が超音波振動を発生させるステップと、  
 前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部と、を有する  
 プローブの前記先端部に、前記超音波振動子が発生する超音波振動を伝達するステップと、  
 駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を電流電圧検出回路  
 が検出するステップと、  
 前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波  
 数を追尾するように前記駆動信号の周波数共振周波数追尾部が調整するステップと、  
 前記先端部の振動によって生じるキャピテーションの発生レベルに対応した、前記共振  
 周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャピテーションレベル信号とし  
 て、検出部が検出するステップと、  
 前記キャピテーションレベル信号に応じて、キャピテーションを抑制または消滅するよ  
 うに、前記駆動信号を変更する制御を制御部が行うステップと、  
 を具備することを特徴とするキャピテーション抑制方法。

20

30

## 【請求項 17】

前記制御部は、前記検出部が検出するステップによりキャピテーションが発生している  
 ことを検出すると、前記駆動信号を所定時間、所定レベルまで減少させ、所定時間経過後  
 に、キャピテーション発生時の前記駆動信号に応じて決定される所定レベルまで上昇させ  
 る制御を行うことを特徴とする請求項 16 に記載のキャピテーション抑制方法。

## 【請求項 18】

前記制御部は、前記検出部が検出するステップによりキャピテーションが第 1 の所定レ  
 ベルに達していることを検出すると、前記駆動信号を減少させ、キャピテーションが第 2  
 の所定レベルまで低下していることを検出すると、前記駆動信号を所定レベルまで上昇さ  
 せる制御を行うことを特徴とする請求項 16 に記載のキャピテーション抑制方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波振動を利用して手術を行うと共に超音波振動に伴って発生するキャピ  
 テーションを抑制する超音波手術装置、超音波手術システム及びキャピテーション抑制方  
 法に関する。

## 【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

近年、超音波振動子による超音波振動を利用して、生体組織に対する手術を行う超音波手術装置が広く用いられるようになってきている。また、生体組織を超音波振動させた場合、生体組織は液体を含むためキャビテーションが発生する場合がある。このキャビテーションは、液体の圧力が、その液体の温度によって決まる蒸気圧よりも低くなると、液体が蒸発して蒸気の気泡が発生することを指す。

## 【 0 0 0 3 】

従って、超音波振動により粗密波を発生する場合には、負圧の発生に伴いキャビテーションが発生する。

## 【 0 0 0 4 】

このため、例えば特表 2 0 0 2 - 5 3 7 9 5 5 号公報には、治療のための超音波を体内の位置に照射し、その際ハイドロフォンを用いてキャビテーションのレベルを監視する装置が開示されている。

## 【 0 0 0 5 】

また、W O 2 0 0 5 / 0 9 4 7 0 1 号公報には、超音波照射用圧電素子に、音圧信号受信プローブを設け、この音圧信号受信プローブによりキャビテーション気泡から放出される音圧信号により、超音波照射条件を制御する装置が開示されている。

## 【 0 0 0 6 】

本発明は、キャビテーションの発生有無および発生したキャビテーションのレベル、の高精度検出が可能な超音波手術装置、および前記超音波手術装置を具備する超音波手術システム、およびキャビテーションの発生有無および発生したキャビテーションのレベル、の高精度検出が可能なキャビテーション抑制方法を提供することを目的とする。

## 【 発明の開示 】

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 7 】

本発明の 1 形態に係る超音波手術装置は、超音波振動を発生可能な超音波振動子と、前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部とを有し、前記超音波振動子が発生する超音波振動を前記基端部から前記先端部に伝達するプローブと、駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を、検出する電流電圧検出回路と、前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波数を追尾するように前記駆動信号の周波数を調整する共振周波数追尾部と、前記先端部の振動によって生じるキャビテーションの発生レベルに対応した、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャビテーションレベル信号として検出する検出部と、前記キャビテーションレベル信号に応じて、キャビテーションを抑制または消滅させるように前記駆動信号を変更する制御を行う制御部と、を具備する。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の 1 形態に係る超音波手術システムは、超音波振動を発生可能な超音波振動子と、前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部と、を有し、前記超音波振動子が発生する超音波振動を前記基端部から前記先端部に伝達するプローブと、駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を検出する電流電圧検出回路と、前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波数を追尾するように前記駆動信号の周波数を調整する共振周波数追尾部と、前記先端部の振動によって生じるキャビテーションの発生レベルに対応した、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャビテーションレベル信号として検出する検出部と、前記先端部の周囲の液体を吸引する吸引駆動部と、吸引量を設定する設定部と、前記設定部の設定に従って前記吸引駆動部を制御する吸引制御部と、前記キャビテーションレベル信号および吸引量に応じて、キャビテーションを抑制または消滅させるように前記駆動信号を変更する制御を行う制御部と、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の 1 形態に係るキャビテーション抑制方法は、超音波振動子が超音波振動を発生

10

20

30

40

50

させるステップと、前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と、超音波振動する先端部と、を有するプローブの前記先端部に、前記超音波振動子が発生する超音波振動を伝達するステップと、駆動信号に基づいて振動する前記超音波振動子に生じる振動の状態を電流電圧検出回路が検出するステップと、前記電流電圧検出回路で検出された前記振動の状態から、前記超音波振動子の共振周波数を追尾するように前記駆動信号の周波数共振周波数追尾部が調整するステップと、前記先端部の振動によって生じるキャピテーションの発生レベルに対応した、前記共振周波数以外の周波数の周波数成分の積分からなる信号をキャピテーションレベル信号として、検出部が検出するステップと、前記キャピテーションレベル信号に応じて、キャピテーションを抑制または消滅するように、前記駆動信号を変更する制御を制御部が行うステップと、を具備する。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1の実施形態を備えた超音波手術システムの構成を示す構成図である。

【図2】第1の実施形態の超音波手術装置の構成図である。

【図3】超音波手術装置における超音波駆動装置の構成を示すブロック図である。

【図4A】キャピテーション発生時及びキャピテーション非発生時における駆動信号から検出される電流信号の周波数分布を示す図である。

【図4B】フィルタ回路が通す周波数帯域を示す特性例を示す図である。

【図4C】フィルタ回路が通す周波数帯域を示す特性例を示す図である。

20

【図4D】フィルタ回路が通す周波数帯域を示す特性例を示す図である。

【図5】フィルタ回路の構成例を示すブロック図である。

【図6】超音波手術装置による超音波手術の手順を示すフローチャートである。

【図7】図6におけるキャピテーションの発生を抑制する制御方法を含むフローチャートである。

【図8】本発明の第2の実施形態の超音波手術装置の構成図である。

【図9】複数の制御モードを選択的に設定する設定部を示す図である。

【図10】本発明の第3の実施形態の超音波手術装置の構成図である。

【図11】キャピテーション発生状態から超音波出力を下げる抑制方法を示すフローチャートである。

30

【図12】キャピテーション発生状態から超音波出力を下げる他の抑制方法を示すフローチャートである。

【図13】第2の実施形態の第1変形例の超音波手術装置の構成図である。

【図14】第1変形例の制御方法を示すフローチャートである。

【図15】第2変形例の超音波手術装置の構成図である。

【図16】第3変形例の超音波手術装置の主要部の概略を示す図である。

【図17】第3変形例の制御方法を示すフローチャート。

【図18】本発明の第4の実施形態を備えた超音波手術システムの構成を示すブロック図である。

【図19】第4の実施形態によるキャピテーション抑制を含む制御方法の1例を示すフローチャートである。

40

【図20A】本発明の第5の実施形態に用いられるプローブの先端部の形状を示す図である。

【図20B】凹凸部の超音波振動によりキャピテーションが発生する様子を示す図である。

【図20C】先端部の変形例を示す図である。

【図20D】先端部の変形例を示す図である。

【図20E】先端部の変形例を示す図である。

【図21】第5の実施形態の超音波手術装置の構成を示すブロック図である。

【図22A】第5の実施形態により超音波による処置を行う場合の制御モードを切り換え

50

て駆動するシーケンスを示す図である。

【図 2 2 B】第 5 の実施形態により超音波による処置を行う場合の制御モードを切り換えて駆動するシーケンスを示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0012】

(第 1 の実施形態)

図 1 から図 7 は本発明の第 1 の実施形態に係り、図 1 は本発明の第 1 の実施形態を備えた超音波手術システムの構成を示し、図 2 は第 1 の実施形態の超音波手術装置の構成を示し、図 3 は超音波駆動装置の構成を示し、図 4 A はキャピテーション発生時及びキャピテーション非発生時における駆動信号から検出される電流信号の周波数分布を示す。ここでは、電流信号の周波数分布を示したが、電圧信号でも同じ傾向となる。

10

【0013】

図 4 B から図 4 D はフィルタ回路のフィルタ特性例を示し、図 5 はフィルタ回路の構成例を示し、図 6 は超音波手術装置による処置の方法を示し、図 7 は図 6 におけるキャピテーションの発生レベルを抑制する抑制方法を示す。

【0014】

図 1 に示すように本発明の第 1 の実施形態を備えた超音波手術システム 1 は、超音波による凝固及び切開と、剥離等の処置を行う超音波凝固切開処置具としての第 1 のハンドピース 2 と、超音波による切開、剥離、破碎等の処置と共に吸引を行う超音波吸引処置具としての第 2 のハンドピース 3 と、超音波による穿刺等の処置を行う超音波穿刺処置具としての第 3 のハンドピース 4 とを有する。

20

【0015】

また、この超音波手術システム 1 は、第 1 ~ 第 3 のハンドピースにおける実際に接続されたいずれかのハンドピースに対して超音波駆動信号を印加(出力)する駆動部を備えた超音波駆動装置 5 と、第 1 のハンドピース 2 及び第 2 のハンドピース 3 における実際に接続されたハンドピースに対して高周波出力信号を印加する高周波出力装置 6 と、第 2 のハンドピース 3 の場合において送水及び吸引を行う送水吸引装置 7 とを備えている。

【0016】

また、超音波駆動装置 5、高周波出力装置 6 及び送水吸引装置 7 には、それぞれ出力の ON/OFF を行うフットスイッチ 8、9 及び 10 が接続されている。

30

【0017】

また、超音波駆動装置 5 及び高周波出力装置 6 は、通信を行う通信ケーブル 11 で、超音波駆動装置 5 及び送水吸引装置 7 は、通信ケーブル 12 で、高周波出力装置 6 及び送水吸引装置 7 は、通信ケーブル 13 で、それぞれ接続されている。

【0018】

第 1 のハンドピース 2 ~ 第 3 のハンドピース 4 における各ハンドピース I (I = 2、3、4) は、それぞれ細長のプローブ 2 a、3 a、4 a を有し、各プローブ I a の基端部が配置される把持部内には、超音波振動を発生可能とする超音波振動子(以下、単に振動子) I b が内蔵されている。そして、振動子 I b による超音波振動は、プローブ I a の基端部における例えば拡径にされたホーンと動作的に結合(つまり超音波振動が基端部に伝達できるように結合)されている。

40

【0019】

各ハンドピース I の基端には、振動子 I b と電氣的に接続された超音波コネクタ I c が設けられており、超音波コネクタ I c は、着脱自在の超音波ケーブル 14 を介して超音波駆動装置 5 に接続される。

【0020】

そして、術者はフットスイッチ 8 を ON にすると、超音波駆動装置 5 は超音波駆動信号(駆動信号と略記)を超音波ケーブル 14 を介して振動子 I b に出力する。振動子 I b は

50

駆動信号の印加により超音波振動する。

【 0 0 2 1 】

振動子 I b は、プローブ I a 内部の超音波伝達部材 I d を介して、プローブ I a の先端部としての先端部材 I e に超音波振動を伝達し、先端部材 I e は超音波振動する。

【 0 0 2 2 】

術者は、ハンドピース I の基端側の把持部を把持し、超音波振動する先端部材 I e を処置対象の生体組織に接触させる等して超音波振動による処置を行うことができる。

【 0 0 2 3 】

また、ハンドピース 2 の基端側に設けられた高周波コネクタ 2 f またはハンドピース 3 の高周波コネクタ 3 f は、着脱自在の高周波ケーブル 1 5 を介して高周波出力装置 6 に接続される。そして、術者はフットスイッチ 9 を ON にすると、高周波出力装置 6 は、高周波出力信号を高周波ケーブル 1 5 を介してハンドピース内部の導体部に出力する。この導体部は、超音波伝達部材 I d により形成され、超音波振動の場合と同様に高周波出力信号は、プローブ I a の先端部の先端部材 I e に伝達される。

10

【 0 0 2 4 】

術者は、先端部材 I e を生体組織に接触させることにより、生体組織側に高周波出力信号の電流（高周波電流）が流れる。術者は、この高周波電流により、接触する生体組織部分に対する高周波焼灼の処置を行う。

【 0 0 2 5 】

この場合、患者には対極板（図示なし）が広い面積で接触するように配置され、生体組織を流れた高周波電流は、対極板を経てこの対極板に接続されたリターン用ケーブルを介して高周波出力装置 6 に戻される。

20

【 0 0 2 6 】

また、ハンドピース 3 は、超音波伝達部材 3 d が管路で形成され、その管路の中空部が吸引の通路となる（送水は、超音波伝達部材 3 d の管路と外シース（図示なし）の間で行われる）。そして、管路の先端となる先端部材 3 e は開口している。

【 0 0 2 7 】

このハンドピース 3 の基端側には、送水吸引コネクタ 3 g が設けられており、このハンドピース 3 に着脱自在で接続される送水吸引チューブ 1 6 は、送水吸引装置 7 に接続される。

30

【 0 0 2 8 】

この送水吸引チューブ 1 6 は、例えば送水吸引装置 7 内部において、送水管路と吸引管路に分岐し、送水管路は送水装置に、吸引管路は吸引装置にそれぞれ接続される。

【 0 0 2 9 】

術者がフットスイッチ 1 0 の送水スイッチを ON する操作を行うことにより、送水装置を構成する送水ポンプが動作して送水する。送水された水は、超音波伝達部材 3 d を形成する中空部を通り、先端部材 3 e の開口から噴出される。

【 0 0 3 0 】

また、術者がフットスイッチ 1 0 の吸引スイッチを ON する操作を行うことにより、吸引装置を構成する吸引ポンプが動作して吸引動作する。そして、先端部材 3 e の開口から処置（超音波振動で破砕）された際の組織片等が吸引されて吸引装置に排出される。

40

【 0 0 3 1 】

図 1 においては超音波振動以外の機能も併用して処置を行う場合の構成例を示しているが、図 2 に示すように超音波振動のみを利用して処置を行う超音波手術装置 2 1 を構成しても良い。

【 0 0 3 2 】

図 2 の超音波手術装置 2 1 は、超音波振動による凝固切開の処置を行う例えばハンドピース 2 と、このハンドピース 2 に対して、駆動信号を出力する超音波駆動装置 5 と、この超音波駆動装置 5 に接続され、駆動信号の出力の ON / OFF を行うフットスイッチ 8 とを備える。ハンドピース 2 は、超音波ケーブル 1 4 を介して超音波駆動装置 5 のコネクタ

50

22に接続される。

【0033】

なお、ハンドピース2の代わりにハンドピース3を超音波駆動装置5に接続したり、ハンドピース4を接続しても良い。また、後述する実施形態で説明するように、高周波出力装置6を併用して処置を行うようにしても良い。

【0034】

図2に示すようにハンドピース2は、その基端側に術者が把持して開閉操作を行うハンドル18が設けられている。

【0035】

このハンドル18は、可動ハンドル19aの上端側が枢支部において回動自在に支持されている。

10

【0036】

そして、この可動ハンドル19aを固定ハンドル19b側に閉じたり、離間する側に開いたりする開閉操作を行うことにより、プローブ2a内を挿通された図示しないワイヤを介して、先端部材2eに隣接して回動自在に支持された可動先端部材2gを先端部材2eに対して開閉することができる。

【0037】

このようにハンドピース2は、固定先端部材としての先端部材2eと、可動先端部材2gとにより生体組織を把持するように閉じたり、開いたりすることができる。

【0038】

20

つまり、このハンドピース2は、先端部材2e、2gにより生体組織を把持した状態で生体組織に超音波振動を与えることにより、生体組織に摩擦熱を発生させて把持された生体組織を凝固や切開の処置を行うことができる。また、先端側を開いた開状態に設定して、突出する先端部材2eにより破碎などの処置を行うこともできる。

【0039】

生体組織を把持した状態で処置を行う場合には、通常、術者は、キャビテーションの発生を抑制して処置することを望む場合が多い。

【0040】

超音波駆動装置5のフロントパネルには、表示を行う表示部23と、超音波の駆動信号として出力しようとする設定値の設定等を行う設定部24とが設けられている。

30

【0041】

図3は本実施形態の超音波手術装置21を構成する超音波駆動装置5の構成を示す。なお、図3においては、超音波駆動装置5に接続されたハンドピース2の基本的な構成(ハンドピース3、4もほぼ同様)部分を示している。以下においては、ハンドピースIとしてI=2の場合で説明するが、この説明はそのハンドピース2に特有な構造を除いてI=3、4に適用できる。

【0042】

この超音波駆動装置5は、発振回路31と、この発振回路31により発生された発振信号が一方の入力端から入力される乗算器32と、この乗算器32により乗算された信号を増幅し、し、超音波振動子Ibを駆動信号により駆動する駆動部であるアンプ33と、このアンプ33で増幅された駆動信号を絶縁して出力する出力回路34とを有する。

40

【0043】

出力回路34は、例えばトランス34aにより構成され、このトランス34aの1次巻線にはアンプ33で増幅された駆動信号が入力され、この1次巻線と電磁結合した2次巻線から1次巻線側の駆動信号と絶縁された駆動信号を出力する。なお、トランス34aの1次巻線側は2次回路、2次巻線側は患者回路を形成する。

【0044】

患者回路側の駆動信号が出力される出力端子のコネクタ22には、着脱自在に接続される超音波ケーブル14を介して超音波振動するハンドピース2に内蔵された振動子2bと接続される。

50

## 【 0 0 4 5 】

また、トランス 3 4 a の 1 次巻線は、1 次巻線に流れる駆動信号の電流及びその両端の電圧を検出すると共に、電流の位相及び電圧の位相を検出する電流電圧検出回路 3 5 と接続される。

## 【 0 0 4 6 】

この電流電圧検出回路 3 5 により検出された電流位相信号  $i$  と電圧位相信号  $v$  は、PLL (位相ロックループ) 回路 3 6 に出力される。

## 【 0 0 4 7 】

PLL 回路 3 6 は、入力される電流位相信号  $i$  と電圧位相信号  $v$  との位相差に応じて出力する信号レベルが変化する制御信号を発振回路 3 1 に印加する。発振回路 3 1 は、制御入力端に印加される信号レベルで発振周波数に変化する。つまり、この発振回路 3 1 は、例えば電圧制御発振回路 (VCO) で形成される。

10

## 【 0 0 4 8 】

PLL 回路 3 6 は、電流位相信号  $i$  と電圧位相信号  $v$  との位相差を小さくするように制御する制御信号、つまり以下に説明する発振周波数の調整信号を発振回路 3 1 の制御入力端に印加する。従って、発振回路 3 1 は、PLL 回路 3 6 を用いた閉ループにより、電流位相信号  $i$  と電圧位相信号  $v$  との位相差が 0 となるように発振周波数が自動調整される。

## 【 0 0 4 9 】

電流位相信号  $i$  と電圧位相信号  $v$  との位相差が 0 となる状態は、振動子 2 b の共振周波数に対応する駆動周波数となる。このため、PLL 回路 3 6 は、振動子 2 b を、その振動子 2 b の共振周波数の駆動信号で駆動するように発振周波数を自動調整 (制御) する。

20

## 【 0 0 5 0 】

換言すると、発振回路 3 1 ~ PLL 回路 3 6 の閉ループの回路系は、振動子 2 b を駆動信号で駆動する場合、駆動信号の周波数を、振動子 2 b の共振周波数を追尾するように自動調整する共振周波数追尾部 3 7 を形成する。この共振周波数追尾部 3 7 は、共振周波数の駆動信号を出力する。

## 【 0 0 5 1 】

また、本実施形態においては、上記出力回路 3 4 の 1 次巻線側の駆動信号から以下に説明するように、(振動子 2 b の超音波振動が伝達された) プローブ 2 a の先端部材 2 e で発生するキャピテーションを、このキャピテーションに起因して変化する物理量として駆動信号から検出するフィルタ部 3 9 の機能を有する検出部 3 8 を設けている。

30

## 【 0 0 5 2 】

駆動信号におけるキャピテーションに起因して変化する物理量としての例えば電圧信号  $S_v$  は、所定の周波数成分を抽出するための周波数透過特性 (フィルタ特性) を有するフィルタ回路 3 9 に入力される。なお、後述するように駆動信号における電流は、所定の時定数で定電流となるように制御される。このため、電圧信号  $S_v$  における (フィルタ回路 3 9 を通した) 電圧値検出は、インピーダンス値を検出することとほぼ等価となる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、検出部 3 8 は、上記物理量として、電圧値またはインピーダンス値を検出する他に、電流信号の電流値を検出するようにしても良い。この場合には、例えば電圧信号  $S_v$  を所定の時定数で定電圧となるように制御した状態で行うようにしても良い。

40

## 【 0 0 5 4 】

このフィルタ回路 3 9 は、駆動信号により駆動される振動子 2 b の少なくとも共振周波数 (つまり、駆動周波数) 以外となる所定の周波数成分を通過する特性を有する。

## 【 0 0 5 5 】

そして、このフィルタ回路 3 9 から出力される所定の周波数成分の周波数成分信号としての電圧信号は、この振動子 2 b で発生したキャピテーションの発生レベルに対応した検出信号、つまりキャピテーションレベル信号  $S_c$  となる。

50

## 【0056】

上記検出部38は、キャピテーションレベル信号Scを生成するフィルタ回路39を用いて構成される。なお、検出部38は、キャピテーションレベル信号Scからキャピテーションの有無の判定と、キャピテーションの発生レベルを判定するCPU40を含めた構成と見なすこともできる。

## 【0057】

このフィルタ回路39から出力されるキャピテーションレベル信号Scは、この超音波駆動装置5の各部の制御を行う制御部としての中央処理装置(CPU)40に入力される。

## 【0058】

また、このCPU40は、検出部38により検出される物理量からプローブ2aの先端部材2eでの超音波振動の振幅を決定する駆動信号の出力値を可変制御する。

## 【0059】

CPU40は、入力されるキャピテーションレベル信号Scのレベルからキャピテーションの発生レベルを判定すると共に、キャピテーションの発生を抑制するキャピテーション抑制制御部(図3においてCAV抑制制御部と略記)40aの機能を有する。

## 【0060】

図4Aは、超音波駆動装置5の駆動信号により駆動される振動子2bにより、キャピテーションを発生させない時(キャピテーション非発生時)とキャピテーションを発生させた時(キャピテーション発生時)の電圧信号Svの周波数スペクトル分布を示す。なお、図4Aにおいては、共振周波数fresは47kHzである。

## 【0061】

キャピテーションの発生の有無によらずに、共振周波数fres(47kHz)においては、電圧信号Svは、最も大きいピークを持つ。そして、キャピテーション非発生時には、共振周波数fres以外の周波数においては、顕著なピークを持たない。

## 【0062】

これに対して、キャピテーション発生時には、共振周波数fres以外の周波数において、キャピテーション非発生時よりも電圧信号Svのレベルが高くなっている。

## 【0063】

具体的には、キャピテーション発生時には、キャピテーション非発生時よりも共振周波数fresの1/2または1/4などの約数、又はこれらの差分の周波数となるサブハーモニックのレベルがかなり高くなっていると共に、サブハーモニック以外の周波数成分のレベルも、キャピテーション非発生時よりも高くなっている。

## 【0064】

このため、上記のように電圧信号Svにおけるその共振周波数fres近傍を除く信号レベルを検出することにより、キャピテーションの発生レベルを検出することができる。

## 【0065】

フィルタ回路39の出力信号としてのキャピテーションレベル信号Scは、振動子2bの駆動(換言すると、先端部材2eの超音波振動)を制御する出力制御部の機能を有するCPU40に入力される。この出力制御部は、上述したキャピテーション抑制制御部40aの機能を含む。

## 【0066】

CPU40には、設定部24から術者により設定される出力電流設定値が入力される。

## 【0067】

また、この設定部24には、例えば第1の制御モードとしての定電流制御モードで動作させる場合と、第2の制御モードとしてキャピテーションの発生を抑制した状態での定電流制御モード(以下、キャピテーションレス制御モード)で動作させる場合とを切り換える切換ボタン49が設けてある。

## 【0068】

換言すると、設定部24は、キャピテーションの発生を抑制または消滅させる制御モー

10

20

30

40

50

ドとしてのキャピテーションレス制御モードで出力制御を行う設定手段を有する。

【 0 0 6 9 】

設定部 2 4 は、出力電流設定値（図 3 では設定値と略記）と、切換ボタン 4 9 による制御モード信号とを CPU 4 0 に出力する。

【 0 0 7 0 】

本実施形態においては、第 1 の制御モードの定電流制御モードにおいては、CPU 4 0 は、キャピテーションの発生の有無に関係なく、設定部 2 4 により設定された出力電流値を維持するように、駆動信号の出力制御を行う。

【 0 0 7 1 】

これに対して、第 2 の制御モードとしてキャピテーションレス制御モードにおいては、CPU 4 0 は、キャピテーション抑制制御部 4 0 a の機能により、キャピテーションの発生を抑制する、そして、CPU 4 0 は、設定部 2 4 により設定された出力電流値を維持するように、駆動信号の出力制御を行う。

10

【 0 0 7 2 】

定電流制御モードの場合には、CPU 4 0 は、設定部 2 4 からの出力電流設定値に対応した出力電流設定信号を差動アンプ 4 1 に出力する。

【 0 0 7 3 】

これに対して、キャピテーションレス制御モードの場合には、CPU 4 0 は、設定部 2 4 からの出力電流設定値からキャピテーションレベル信号 S c に相当する値を減算した出力電流設定信号を差動アンプ 4 1 に出力する。

20

【 0 0 7 4 】

この差動アンプ 4 1 には、駆動信号における電流信号 S i も入力される。なお、この電流信号 S i は、実際には電流電圧検出回路 3 5 内に設けられた駆動信号の電流を検出する、例えば電流センサ等により検出されるが、図 3 では検出される電流信号 S i を簡略的に示している。

【 0 0 7 5 】

差動アンプ 4 1 は、出力電流設定信号から電流信号 S i を減算した差分値の信号を乗算器 3 2 に出力する。

【 0 0 7 6 】

乗算器 3 2 は、差動アンプ 4 1 からの信号が入力される他方の入力端側の値と、発振回路 3 1 からの発振信号とを乗算してアンプ 3 3 に出力する。この場合、他方の入力端側の値は、基準値 1 に差動アンプ 4 1 の出力信号が加算（差動アンプ 4 1 の出力信号が負の場合には減算）されたものとなる。

30

【 0 0 7 7 】

従って、駆動信号における電流信号 S i は、CPU 4 0 から出力される出力電流設定信号の値を、平均とした定電流値として維持するように閉ループ系により制御される。このようにして振動子 2 b に供給される駆動信号の出力値が制御される。

【 0 0 7 8 】

例えば、キャピテーションレス制御モードの場合には、上記のようにキャピテーションレベル信号 S c が発生すると、そのレベル量だけ、CPU 4 0 から出力される出力電流設定信号の値が小さくされて閉ループによる定電流制御が行われる。

40

【 0 0 7 9 】

このため、キャピテーションレベル信号 S c がなくなる状態を維持するように定電流制御が行われることになる。

【 0 0 8 0 】

なお、駆動信号の電流信号 S i に基づく制御系の時定数は、例えば 8 m s 程度であり、この時定数の範囲内において電流信号 S i が変化している。

【 0 0 8 1 】

CPU 4 0 には、フットスイッチ 8 からの駆動信号の出力の ON / OFF を行う操作信号が入力され、操作信号に対応して駆動信号の出力の ON / OFF の制御を行う。

50

## 【 0 0 8 2 】

また、このCPU40は、フロントパネル等に設けられた表示部23と接続され、この表示部23には超音波の出力値等が表示される。図4B、図4Cは、フィルタ回路39のフィルタ特性例を示し、図5はその構成例を示す。

## 【 0 0 8 3 】

図4Bは、低周波側の一部の周波数帯域を通す特性に設定した場合を示す。より、具体的には、共振周波数 $f_{res}$ の $1/2$ のサブハーモニック(約数)を含む周波数帯域を通す特性に設定した場合を示す。

## 【 0 0 8 4 】

図4Cは、共振周波数 $f_{res}$ の5%程度の周波数から共振周波数 $f_{res}$ より5%低い周波数(つまり共振周波数 $f_{res}$ の95%の周波数)までを通す帯域に設定したものを示す。

10

## 【 0 0 8 5 】

図4Dは、図4Cの帯域特性と、さらに共振周波数 $f_{res}$ より5%高い周波数から共振周波数 $f_{res}$ の2次高調波の周波数( $2f_{res}$ )よりも5%低い周波数までを通す帯域特性に設定したものを示す。

## 【 0 0 8 6 】

図5のフィルタ回路39は、例えば複数のバンドパスフィルタ(図5ではBPFと略記)43a、43b、...、43nと、スイッチ44a、44b、...、44nと、検波器45a、45b、...、45nと、積分器46とから構成される。

## 【 0 0 8 7 】

なお、バンドパスフィルタ43a、43b、...、43nの通過周波数帯域を $f_a$ 、 $f_b$ 、...、 $f_n$ で簡略的に示している。この場合の、通過周波数帯域は、例えば $f_a < f_b < \dots < f_n$ の関係にある。

20

## 【 0 0 8 8 】

スイッチ44a、44b、...、44nのON/OFFは、例えば設定部24からの設定によりCPU40を介して選択することができる。この場合、設定部24から直接選択できるようにしても良い。

## 【 0 0 8 9 】

スイッチ44a、44b、...、44nのON/OFFを選択することにより、任意の通過周波数帯域を設定することができる。そして、ONにされたスイッチ44a、44b、...、44nを経た周波数成分は、検波器45a、45b、...、45nにより検波された後、さらに積分器46で積分される。

30

## 【 0 0 9 0 】

積分器46で積分された積分信号は、CPU40に、キャピテーションレベル信号Scとして出力される。積分器46の代わりに積算器でも良い。

## 【 0 0 9 1 】

なお、フィルタ回路39において積分する代わりに、CPU40側で積分する構成にしても良い。

## 【 0 0 9 2 】

このような構成の超音波駆動装置5における動作を図6を参照して説明する。図6は超音波駆動装置5によるキャピテーション抑制を含む超音波手術の手順を示す。

40

## 【 0 0 9 3 】

例えば図2に示すように、術者は処置に使用するハンドピース(図2では主に凝固切開を行うためのハンドピース2)を超音波ケーブルを介して超音波駆動装置5に接続する。

## 【 0 0 9 4 】

また、術者は、処置する生体組織(つまり処置する部位)に応じて、ステップS1に示すように設定部24により、電流設定値と、制御モードを設定する等、初期設定を行う。

## 【 0 0 9 5 】

そして、図示しないトラカールを用いて、患者の腹部等に内視鏡と、ハンドピース2のプロブ2aとを刺入する。そして、術者はステップS2に示すように内視鏡による観察

50

下で、体内でのプローブ 2 a の先端側を処置対象部位付近に設定する。

【 0 0 9 6 】

次のステップ S 3 において術者は、フットスイッチ 8 を ON にして、超音波による処置を開始する。超音波駆動装置 5 からハンドピース 2 の振動子 2 b に駆動信号が印加され、振動子 2 b は超音波振動する。

【 0 0 9 7 】

この超音波振動は、プローブ 2 a の先端側の先端部材 2 e に伝達され、ステップ S 4 に示すように先端部材 2 e が振動子 2 b の共振周波数  $f_{res}$  で超音波振動する。

【 0 0 9 8 】

この場合、超音波駆動装置 5 は、PLL 回路 3 6 を用いた共振周波数追尾部 3 7 により、振動子 2 b をその共振周波数  $f_{res}$  で駆動する状態を追尾するように制御する。従って、振動子 2 b は、共振周波数  $f_{res}$  で超音波振動し、また、先端部の先端部材 2 e も共振周波数  $f_{res}$  で超音波振動する。

10

【 0 0 9 9 】

また、この場合、先端部材 2 e の超音波振動によりキャピテーションが発生すると、この先端部材 2 e はそのキャピテーション発生による小さな気泡の崩壊の力を受け、その力は先端部材 2 e から振動子 2 b の超音波振動に影響を及ぼす。そして、図 4 A に示すように本来の駆動信号にキャピテーションによる周波数成分が重畳する。上述したように、本来の駆動信号の周波数スペクトルは、キャピテーションの発生により、歪んだ周波数スペクトルを持つ状態となる。

20

【 0 1 0 0 】

そして、ステップ S 5 に示すように駆動信号からフィルタ回路 3 9 により検出されるキャピテーションレベル信号 S c から CPU 4 0 は、キャピテーション発生レベルを検出する。

【 0 1 0 1 】

次のステップ S 6 において CPU 4 0 は、検出されたキャピテーション発生レベルに応じて予め設定部 2 4 により設定された制御モードに対応した駆動信号の出力制御をする。つまり、CPU 4 0 は、通常の定電流制御モードまたはキャピテーションレス制御モードに対応した駆動信号の出力制御を行う。

【 0 1 0 2 】

そして、このような制御下でステップ S 7 に示すように術者は、超音波振動による凝固切開等の処置を行う。

30

【 0 1 0 3 】

図 7 は、図 6 におけるステップ S 5 及び S 6 によりキャピテーションレベル検出と、検出結果により設定された制御モードに対応した制御の動作を示す。ステップ S 1 1 においてフィルタ回路 3 9 は駆動信号の周波数を除く所定の周波数成分を、キャピテーションレベル信号 S c として出力する。

【 0 1 0 4 】

ステップ S 1 2 に示すように CPU 4 0 は、そのキャピテーションレベル信号 S c からキャピテーションの発生レベルを検出する。

40

【 0 1 0 5 】

ステップ S 1 3 に示すように CPU 4 0 は、制御モードが例えばキャピテーションレス制御モード（図 7 中では CAV レス制御モードと略記）か否かの判定を行う。

【 0 1 0 6 】

キャピテーションレス制御モードに該当しない場合には、ステップ S 1 4 に示すように CPU 4 0 は、設定部 2 4 により設定された出力電流設定値を維持するように出力制御を行う。具体的には、CPU 4 0 は、出力電流設定値に対応した出力電流設定信号を差動アンプ 4 1 に出力する。そして、CPU 4 0 はステップ S 1 1 に戻る。

【 0 1 0 7 】

この出力制御により、駆動信号の出力値は、通常の定電流制御モードに対応した動作と

50

なる。

【0108】

一方、ステップS13の判定がキャピテーションレス制御モードの場合にはCPU40は、ステップS15、S16によるキャピテーションを抑制(消滅)させるように出力制御を行う。

【0109】

ステップS15においてCPU40は、キャピテーションレベル信号Scの有無からキャピテーションが有りか否かを判定する。キャピテーションが有りの場合には、ステップS16に示すようにCPU40は出力電流設定値からキャピテーションレベル信号Scのレベルに対応した分だけ減算した減算値に対応した出力電流設定信号を差動アンプ41に出力する。そして、CPU40はステップS11に戻る。

10

【0110】

この出力制御により、駆動信号の出力値は、キャピテーションが発生していると、そのレベルに応じて減少するように制御されるため、速やかにキャピテーションが発生しない状態の出力値を維持する状態になる。

【0111】

なお、ステップS15においてキャピテーションが発生していないと、ステップS14に移る。この場合には、キャピテーションが発生していない状態であり、CPU40は設定部24により設定された出力電流設定値を維持するように出力制御を行う。

【0112】

このような制御により処置対象の生体組織に対して処置を行う本実施形態によれば、簡単な構成により、キャピテーションの発生の有無と、キャピテーションが発生レベルを精度良く検出できる。

20

【0113】

つまり、本実施形態によれば、振動子2bを駆動する駆動信号におけるフィルタ回路39に基づく駆動周波数または共振周波数 $f_{res}$ を除く周波数成分の電圧信号等からキャピテーションの発生レベル等を精度良く検出することができる。

【0114】

また、本実施形態は、検出されたキャピテーションのレベルに応じて駆動信号の出力を低減するように制御するので、キャピテーションの発生を速やかに消滅させることができる。

30

【0115】

そして、本実施形態によれば、キャピテーションレスの状態、治療のための処置を行う選択ができる。

【0116】

なお、術者は、キャピテーションの有無に関係なく、定電流制御モードで駆動信号の出力を制御するモードで処置を行うこともできる。

【0117】

上述したように、本実施形態によれば、簡単な構成により振動子2bを駆動する駆動信号におけるフィルタ回路39に基づく駆動周波数または共振周波数 $f_{res}$ の近傍を除く周波数成分の電圧信号等からキャピテーションの発生及び発生レベルを精度良く検出することができる。

40

【0118】

なお、関連技術例としての特開2008-188160号公報には、ハンドピースを交流電流に応じた周波数及び振幅で駆動する駆動回路を備えた超音波手術装置において、駆動回路の出力端電圧を、直流電圧に変換する変換手段と、変換手段による直流電圧を予め定められた閾値と比較する比較手段と、比較手段による比較結果が、閾値を超える場合には、交流電流の電圧値を下げる電圧制御手段とからなるキャピテーション抑制回路を備えた構成が開示されている。

【0119】

50

この関連技術例においては、キャピテーションの発生により、振動発生部を構成するピエゾ素子の負荷状態が変化した場合、（駆動回路を備えた）出力回路が出力する交流電圧値は殆ど変化しないが、出力電圧値は負荷状態に比例して変動することを応用したものであると記載されている。

【0120】

関連技術例に対して、本実施形態は、駆動信号における少なくとも駆動に用いた周波数近傍を除いた周波数成分の電圧値、インピーダンス値、電流値を用いてキャピテーションを検出するようにしている。

【0121】

従って、本実施形態は、駆動信号の影響を十分に低減して精度の高いキャピテーションの発生の有無と、発生レベルの検出が可能である。

10

【0122】

つまり、本実施形態においては、駆動信号の周波数近傍を除いた周波数成分を検出することにより、殆ど駆動信号の出力レベルに影響されることなく、例えばキャピテーションレベル信号  $S_c$  のレベルからキャピテーションの発生レベルを検出することができる。

【0123】

この場合、キャピテーションの発生の有無は、キャピテーションレベル信号  $S_c$  のレベルが0に近い閾値以上であるか否かにより判定できる。また、術者が、手術中において、設定部24から駆動信号の出力レベルを変化させるように設定値を変更した場合にも、キャピテーションの発生レベルを精度良く検出することができる。

20

【0124】

これに対して、関連技術例は、キャピテーションの発生を検出するために予め閾値を設定することが必要であり、この閾値は駆動回路の出力を変更した場合には変更することが必要であると考えられる。

【0125】

また、この関連技術例は、さらにキャピテーションの際に発生する周波数の連続音を検出するマイクを設け、このマイクが出力する音声信号でキャピテーション抑制を行う構成を開示している。

【0126】

しかし、この場合には、マイクを体内に挿入可能な細長のプローブ2aの先端側に設けることが必要になる。

30

【0127】

これに対して、本実施形態によれば、体外に配置される超音波駆動装置5側において、キャピテーションの発生の有無及び発生レベルを検出することができる。また、プローブ自体の構成としては、既存のプローブ及びハンドピースを採用することができる。

【0128】

従って、本実施形態は、振動子を備えた既存のハンドピースの場合にも、適用し易いメリットを有する。

【0129】

なお、キャピテーションを検出する検出部として、共振周波数  $f_{res}$  を除く例えばサブハーモニック成分の信号を検出したりしても良い。

40

【0130】

図8は変形例の超音波手術装置21Bの構成を示す。この超音波手術装置21Bは、図3の超音波手術装置21における超音波駆動装置5において、フィルタ回路39とCPU40との間に、切換制御信号により切り換えられるリレー装置61が設けられた超音波駆動装置5Bを備えている。

【0131】

このリレー装置61は、CPU40からの切換制御信号により、ON/OFFが切り換えられて、制御モードを切り換える。つまり、CPU40は、さらに制御モードを切り換える制御切換部40bを備える。

50

また、超音波駆動装置 5 B は、例えば図 9 に示す設定部 2 4 C を備えている。

【 0 1 3 2 】

この設定部 2 4 C には、術者が定電流制御モードを選択的に指示する定電流制御スイッチ 6 2 a と、キャピテーションレス制御モードを選択的に指示するキャピテーションレス制御スイッチ 6 2 b とが設けられている。

【 0 1 3 3 】

また、この設定部 2 4 C には、両制御モードの場合における出力レベルを、複数段階に設定するレベルスイッチ 6 3 a、6 3 b、6 3 c が設けられている。例えば、レベルスイッチ 6 3 a、6 3 b、6 3 c は、出力レベルをそれぞれ L V 1、L V 2、L V 3 に、それぞれ設定する。

10

【 0 1 3 4 】

従って、この設定部 2 4 C は、定電流制御モードまたはキャピテーションレス制御モードを指示する制御モード信号と、出力レベルを設定する設定値とを C P U 4 0 に出力する。

【 0 1 3 5 】

なお、図 9 においては、レベルスイッチ 6 3 j ( j = a ~ c ) は、両制御モードにおいて、レベル設定の際に共通に使用する構成として示しているが、各制御モードに専用の 2 組で、各組が例えば複数からなるレベルスイッチを設けるようにしても良い。

【 0 1 3 6 】

図 8 の構成において C P U 4 0 は、術者による設定部 2 4 C からの制御モードの設定に応じた出力制御を行う。

20

【 0 1 3 7 】

具体的には、定電流制御モードが選択された場合には、C P U 4 0 はリレー装置 6 1 のスイッチを O F F に切り換える切換制御信号を出力する。そして、C P U 4 0 は、設定部 2 4 C におけるレベルスイッチ 6 3 j ( j = a ~ c ) による出力レベルを維持するように出力電流設定信号を差動アンプ 4 1 に出力する。

【 0 1 3 8 】

これに対して、キャピテーションレス制御モードが選択された場合には、C P U 4 0 はリレー装置 6 1 のスイッチを O N に切り換える切換制御信号を出力する。従って、C P U 4 0 には、フィルタ回路 3 9 からのキャピテーションレベル信号 S c が O N にされたリレー装置 6 1 を経て入力される。

30

【 0 1 3 9 】

そして、C P U 4 0 は、このキャピテーションレベル信号 S c が 0 となる状態を維持する状態でレベルスイッチ 6 3 j の出力レベルを維持するように制御する。

【 0 1 4 0 】

その他の構成は、図 3 に示す第 1 の実施形態と同様の構成である。また、本変形例の動作は図 6 及び図 7 にて説明した場合と殆ど同じであるのでその説明を省略する。

【 0 1 4 1 】

( 第 2 の実施形態 )

次に図 1 0 を参照して本発明の第 2 の実施形態を説明する。図 1 0 は本発明の第 2 の実施形態の超音波手術装置 2 1 C の構成を示す。第 1 の実施形態においては、キャピテーションレス制御モードにおいては、キャピテーションの発生を消滅させるように自動制御する装置及び方法を説明した。

40

【 0 1 4 2 】

これに対して、本実施形態は、キャピテーションの発生レベルを、使用者としての術者に定量的に表示により告知する告知部を備えた構成にし、術者は表示された発生レベルから設定部 2 4 の設定値を手動設定して所望とするキャピテーションレベルに設定することができるようにしたものである。

【 0 1 4 3 】

この超音波手術装置 2 1 C は、図 3 の構成の超音波駆動装置 5 において、フィルタ回路

50

39の出力信号を、A/D変換するA/D変換回路51と、このA/D変換回路51の出力信号によりキャピテーションの発生レベルを定量的に示す告知部としてのインジケータ52とを備えた超音波駆動装置5Cにした構成となっている。

【0144】

なお、本実施形態においては、CPU40は、キャピテーション抑制制御部40aを有しない。本実施形態の変形例として、2点鎖線で示すようにキャピテーションレベル信号ScをCPU40に入力する構成にして、第1の実施形態のようにキャピテーションを抑制する制御モードも選択できるようにしても良い。このため、図8においてキャピテーション抑制制御部40aを2点鎖線で示している。

【0145】

フィルタ回路39から出力されるキャピテーションレベル信号Scは、A/D変換回路51によりA/D変換される。このA/D変換されたデジタル信号は、キャピテーションの発生レベルに対応する。

【0146】

そして、このデジタル信号により、インジケータ52を構成する例えば複数のLED53が発光する。例えば、キャピテーションの発生レベルにほぼ比例して、発光するLED53の数が変化する。図10においては、例えば斜線で示す2つのLED53が発光している。さらにキャピテーションの発生レベルが増大すると、より多くのLED53が発光する。

【0147】

なお、本実施形態においては、CPU40には、設定部24から術者が設定した出力電流設定値が入力され、CPU40は設定部24からの出力電流設定値を維持するように出力電流設定値に相当する出力電流設定信号を差動アンプ41に出力する。

【0148】

そして、本実施形態においては、振動子2b(より一般的には振動子Ib)に供給される駆動信号は、出力電流設定値を維持するように出力制御される。

【0149】

つまり、CPU40は、第1の実施形態における定電流制御モードによる出力制御を行う。その他の構成は、第1の実施形態と同様である。

【0150】

本実施形態においては、術者は、インジケータ52のLED53の発光数による表示によりキャピテーション発生レベルを確認することができる。そして、術者は、キャピテーション発生レベルを確認して、そのキャピテーション発生レベルをより低減したいと望む場合には、出力電流設定値を下げるようにすれば良い。また、キャピテーションを発生させないようにすることを望む場合には、さらに出力電流設定値を下げるようにすれば良い。このようにして、術者は、処置し易い出力電流設定値に設定して処置することができる。

【0151】

本実施形態によれば、術者はキャピテーションの発生レベルを表示により告知するインジケータ52を参考にして、術者が所望とする設定値で処置を行うことができる。なお、告知部として、表示装置による術者への告知の他に、例えば音声等で術者に告知する構成にしても良い。

【0152】

また、インジケータ52の告知部の機能を表示部23に設けるようにしても良い。例えば、図11以降の実施形態等においては、インジケータ52を示していないが、その機能を表示部23で行うようにしても良い。また、第1の実施形態においても、表示部23がこの告知部の機能を備えたものにしても良い。

【0153】

なお、図10に示す第2の実施形態において、2点鎖線で示すようにフィルタ回路39のキャピテーションレベル信号ScをCPU40にも入力する構成にして、キャピテーシ

10

20

30

40

50

ヨンの発生の有無をモニタしてキャピテーションが発生した状態からキャピテーションが発生しないレベルに、より速やかに設定するようにしても良い。

【0154】

キャピテーションはヒステリシス特性を示し、一旦、キャピテーションが発生すると、キャピテーションが発生する直前の出力レベルまで駆動信号の設定レベルを下げてキャピテーションが停止しない特性を示す場合がある。

【0155】

このため、図11に示すようなキャピテーション抑制方法を採用することによって、より良好な応答性、または短時間にキャピテーションが発生しない出力レベルに設定することができる。

【0156】

最初のステップS21において、ハンドピース2の振動子2b及び先端部材2eは超音波振動を開始し、次のステップS22において超音波振動が、例えば最大設定値の70%（70%の設定値と略記）で継続しているとする。

【0157】

この場合、ステップS23に示すようにCPU40は、フィルタ回路39の出力信号からキャピテーションの発生の有無を判定する。

【0158】

ステップS23の判定において、キャピテーションが発生していないと判定した場合にはステップS24に進み、CPU40は術者による設定部24での設定値に対応した出力制御を行う。そして、CPU40はステップS23に戻る。つまり、キャピテーションが発生していない場合には、術者が手動で設定した設定値に対応した設定値を維持するようにCPU40は出力制御を行う。

【0159】

一方、キャピテーションが発生していると判定した場合にはCPU40はステップS25の処理に進む。ステップS25においてCPU40は、術者がキャピテーション発生境界値以下の設定値（例えば60%の設定値とする）まで、設定値を下げたか否かを判定する。

【0160】

術者がキャピテーション発生を停止させない範囲内での設定値の変更（つまりキャピテーションを発生させた状態のままの設定値の変更）の場合には、CPU40はステップS24を経てステップS23の処理に戻る。

【0161】

これに対して、術者がキャピテーション発生境界値以下の設定値（上記60%の設定値）で、設定値を下げる設定が行われた場合には、ステップS26に示すようにCPU40は、その設定値よりも十分に低い設定値（例えば、20%の設定値）まで強制的に下げる。

【0162】

つまり、キャピテーションがヒステリシス特性を示す場合においても、キャピテーションの発生が速やかに停止する設定値まで強制的（一時的）に下げる。

【0163】

この状態でステップS27に示すようにCPU40は、フィルタ回路39の出力信号をモニタし、キャピテーションが停止するまで待つ（CPU40がフィルタ回路39の出力信号をモニタできる場合）。

【0164】

そして、キャピテーションが停止した後、ステップS28に示すようにCPU40は、強制的に下げた設定値から術者により設定された設定値（上記60%の設定値）に戻る。

【0165】

このような制御を行うことにより、キャピテーションが発生した状態において術者がキャピテーションを停止させる設定値に変更設定した場合、ヒステリシス特性を示す場合に

10

20

30

40

50

においても、キャピテーションを短時間に消滅させて、術者が設定した設定値の出力状態となるように設定できる。

【0166】

上記の実施形態では、ステップS25における術者による処置の後、ステップS26が処理される流れとなっているが、ステップS25の処置なしにキャピテーションの発生を検知したら自動的にステップS26に移る自動制御を行うようにしても良い。

【0167】

なお、図11のステップS27によりキャピテーションが停止するまで待つような判定を行う代わりに、CPU40が一定時間の経過を待つようにしても良い。この場合の一定時間としては、例えばキャピテーションが停止するのに要する時間にマージンを含めた時間とすれば良い。この場合は、フィルタ回路39の出力信号をモニタしない構成の場合に適用できる。

【0168】

キャピテーションがヒステリシス特性を考慮して、第2の実施形態の超音波手術装置21Cにより、図12に示すフローチャートに示すような制御方法を採用しても良い。

【0169】

図12は、ステップS21からステップS26までは図11と同様の制御手順である。ステップS26の後、ステップS29に示すようにCPU40はキャピテーションが停止するのに要する所定時間が経過するのを待つ。なお、ステップS29の代わりに、図11のステップS27を採用しても良い。

【0170】

その後、ステップS30に示すようにCPU40は、上記設定値(60%の設定値)よりも所定量(例えば5%の設定値)だけ小さい設定値(55%の設定値)に戻す(上げる)。

【0171】

この場合の所定量は、ヒステリシス特性に対応して設定される値である。この所定量は、実際にヒステリシスが発生した状態での設定値の状態からキャピテーションの発生を停止させる設定値に変更した場合の変更量や、最初に発生していたキャピテーションのレベル等に応じて適切に設定しても良い。また、実際に使用して、その結果から設定値を設定するようにしても良い。

【0172】

図12による制御方法によれば、キャピテーションが発生し、キャピテーションがヒステリシス特性を示す場合にも、術者が望む出力状態に速やかに設定できる。

【0173】

上述したように図11、図12に示した制御方法は、キャピテーションを発生した状態から、そのキャピテーションの発生を停止(又は消滅)させる場合に広く用いることができる。また、短時間にキャピテーションの発生を抑制する場合に利用できる。

【0174】

また、図12の変形例の制御方法として、ステップS25の代わりにCPU40は、キャピテーションを抑止する設定に切り換えられたか否かの判定を行うようにしても良い。そして、CPU40は、設定部24Cによりキャピテーションを抑止する設定に切り換えられたような場合には、ステップS26に移り、これに該当しない場合にはステップS24に移るようにしても良い。

【0175】

また、キャピテーションが発生した後、上記キャピテーションが発生する境界値(この値は幅がある場合もある)以下となる設定値に下げられていない場合において、図12またはこれを変形した制御方法を採用しても良い。

【0176】

例えば、キャピテーションが発生している状態において、キャピテーションレス制御スイッチ62bが操作された場合のキャピテーションの検出信号レベルが例えば第1の所定

10

20

30

40

50

レベルの場合、CPU40は、ステップS26のように第1の所定レベルよりも低い第2のレベルとなるように出力制御を行うようにしても良い。

【0177】

(第3の実施形態)

次に図13を参照して本発明の第3の実施形態を説明する。本実施形態においては、実際に使用するハンドピースIまたはプローブIaに応じて、制御モードを自動的に設定することができるようにしたものである。

【0178】

図13は、第3の実施形態の超音波手術装置21Dの構成を示す。本実施形態例は、以下に説明するようにハンドピースIを識別する識別部を設け、識別結果に応じて制御モードを切り換えることができるようにしたものである。

【0179】

この超音波手術装置21Dは、例えば図8の超音波手術装置21Bにおいて各ハンドピースI(図13ではI=2)は、ハンドピース種別情報(単に種別信号ともいう)を発生する識別子を形成する例えばROMIhを、例えばプローブIaの基端部に内蔵する。

【0180】

また、超音波駆動装置5Dは、この超音波駆動装置5Dに超音波ケーブル14を介して接続されたハンドピースIからROMIhに格納されているハンドピース種別信号を読み出す通信回路を有する識別部66を備える。この識別部66は、読み出したハンドピース種別信号をCPU40に送る。

【0181】

CPU40は、識別部66によるハンドピース種別信号によりハンドピースIの種類、ハンドピースIに搭載されている振動子Ibの種類、ハンドピースIのプローブIaの先端部の形状もしくは状態等を識別することができる。

【0182】

そして、CPU40は、そのハンドピース種別信号に応じて、例えばフラッシュメモリ67に格納された情報を参照して、定電流制御モードと、キャピテーションレス制御モードとの一方を自動的に選択設定する。なお、識別部66の識別機能部はCPU40の一部であってもよい。

【0183】

このフラッシュメモリ67には、ハンドピース種別信号に対応して予めいずれの制御モードを用いるかの情報が格納されている。なお、フラッシュメモリ67に格納する情報は、例えば設定部24CからCPU40を介して変更または更新することができる。

【0184】

例えば、この超音波駆動装置5Dに、ハンドピース2が接続された場合には、CPU40は、対応する情報を参照することにより、キャピテーションレス制御モードを選択する。これに対して、この超音波駆動装置5Dにハンドピース3が接続された場合には、CPU40は、対応する情報を参照することにより、定電流制御モードを選択する。

【0185】

また、フラッシュメモリ67に設定部24Cから制御モードを手動で設定(選択)する情報が格納されている場合には、CPU40は、術者により設定部24Cから手動で選択される制御モードを優先的に設定する。

【0186】

なお、本実施形態は、ROMIhに各ハンドピース種別信号を格納する例に限定されるものでない。ROMIhにハンドピースの製造番号を格納し、CPU40は、フラッシュメモリ67に格納された製造番号を参照して、対応するハンドピースの種別等を識別するようにしても良い。

【0187】

また、ROMIhの場合に限定されるものでなく、例えば抵抗値により識別を行ったり、複数のスイッチ素子からなる例えばディップスイッチのON/OFFの配列から種類な

10

20

30

40

50

どを識別できるようにしても良い。

【0188】

次に本実施形態の動作を図14のフローチャートを参照して説明する。

【0189】

ステップS41に示すように術者は、実際に使用するハンドピースIを超音波駆動装置5Dに接続し、超音波駆動装置5Dの電源を投入する。

【0190】

すると、ステップS42に示すようにCPU40は、ハンドピースIのROMIhから識別部66を介してハンドピースIの種別信号を取得する。つまり、CPU40はハンドピースIの種類を識別する。

10

【0191】

次のステップS43に示すようにCPU40は、フラッシュメモリ67に格納された情報を参照して、例えば種別信号から手動設定するかの判定を行う。

【0192】

そして、ステップS44に示すように手動設定が行われず、つまり自動設定の場合にはCPU40は、種別信号によって制御モードを自動設定する。換言すると、CPU40は、識別部による識別結果により、複数の制御モードにおける1つの制御モードを自動選択または自動切替する。

【0193】

これに対してステップS45に示すように手動設定の場合にはCPU40は、設定部24Cからの手動選択による制御モードを設定する。このようにして制御モードの設定動作が終了する。この制御モードの設定動作以後は、例えば初期設定の後、図6のステップS2に類似した動作となる。

20

【0194】

本実施形態によれば、術者はフラッシュメモリ67にハンドピースの種別に応じて採用することを望む制御モードの情報を予め登録しておくこと、以後はその情報に従って複数の制御モードから1つの制御モードが自動的に設定される。このため、術者による処置の操作性を向上することができる。

【0195】

また、設定部24Cから術者が手動で定電流制御モードまたはキャピテーションレス制御モードを優先的に選択して処置を行うこともできる。

30

【0196】

図15は第1変形例の超音波手術装置21Eの構成を示す。

【0197】

この超音波手術装置21Eは、図13の超音波手術装置21Dの超音波駆動装置5Dにおいてリレー装置61を有しない超音波駆動装置5Eを採用している。この場合、フィルタ回路39のキャピテーションレベル信号ScはCPU40に入力される。

【0198】

CPU40は、ハンドピース種別信号により設定される制御モードまたは設定部24Cから選択(設定)された制御モードに応じてキャピテーションレベル信号Scを参照する。

40

【0199】

本変形例の動作は、図13の構成の場合の動作とほぼ同様である。図13の構成の場合と異なる動作としては、定電流制御モードに設定された状態においても、表示部23においてキャピテーションの発生レベルを表示できる。

【0200】

また、例えば図11で説明した制御を採用する場合、キャピテーションレベル信号Scをモニタすることにより、応答性が良い状態でキャピテーションの発生を停止した出力レベルに設定することができる。

【0201】

50

図16は、第2変形例の超音波手術装置21Fの主要部の概略の構成を示す。本変形例は、特定の処置具における使用状態の変化を検出して、制御モードを自動的に切り換えることができるようにしている。

【0202】

術者は、通常は先端部材2e、2gを閉状態にして凝固切開の処置を行う。その時、キャビテーションを抑止して行うことを望む場合が多い。また、先端部材2e、2gを開状態にして凝固切開の処置を行う場合、剥離の処置を行う。その時、キャビテーションの発生を望む場合が多い。

【0203】

この超音波手術装置21Fは、例えば図15の超音波手術装置21Eの超音波駆動装置5Eにおいて識別部66を有しない構成で、かつ特定のハンドピース2に設けられたセンサ2jからの検出信号がCPU40に入力される超音波駆動装置5Fを採用している。

【0204】

図16に示すようにハンドピース2における例えば固定ハンドル19bにおける可動ハンドル19aに対向する位置には、押圧によりOFFからONするセンサ2jが取り付けられている。

【0205】

このセンサ2jは、ハンドル18の開閉状態を検出するもので、例えばハンドル18が閉状態であるとON、開状態であるとOFFの検出信号をそれぞれ出力する。

【0206】

なお、ハンドル18の開閉状態に応じて、プローブ2aの先端側の先端部材2e、2gは開閉する。従って、センサ2jは、先端部(先端部材2e、2g)の開閉状態を検出した信号を出力する。

【0207】

CPU40は、ハンドル18の開閉により先端部の開閉状態を検出するセンサ2jの検出信号に応じて制御モードを切り換える。なお、センサ2jの検出信号に応じて制御モードを切り換える情報は、例えばフラッシュメモリ67に格納されている。

【0208】

図17は本変形例における動作のフローチャートを示す。超音波駆動装置5Fの電源が投入された後、フットスイッチ8がONされると、ステップS51に示すように超音波が出力される。

【0209】

つまり、駆動信号が振動子2bに印加されることにより振動子2bが超音波振動し、その超音波振動が先端部材2eに伝達されて、先端部材2eが超音波振動する(超音波の出力と略記)。

【0210】

ステップS52に示すようにCPU40は、センサ2jの検出信号からハンドル18の開閉と、フィルタ回路39の出力信号からキャビテーション発生状態を検出する。

【0211】

そして、ステップS53においてCPU40は、ハンドル18が開であるか否かの判定を行う。術者は、例えば剥離の処置を行うためにハンドル18を開(先端部も開)にし、一方、凝固切開の処置を行うためにハンドル18を閉にする。

【0212】

CPU40は、ハンドル18が開であると、ステップS54に進み、ハンドル18が開であるとステップS55に移る。

【0213】

ステップS54においてCPU40は、さらにキャビテーション発生有り(キャビテーション有りと略記)かの判定を行う。キャビテーションなしの判定結果の場合にはステップS55に進む。

【0214】

10

20

30

40

50

ステップS55においては、その直前の超音波出力の状態を維持する。そして、術者は、その超音波出力の状態ですべての処置を継続して行う。

【0215】

一方、ステップS54の判定結果がキャビテーション有りの場合には、ステップS56に示すように、CPU40は、キャビテーション抑制制御部40aの機能によりキャビテーションを消滅させるように超音波出力を制御する。つまり、CPU40は、キャビテーションレスの状態に設定する制御を行う。

【0216】

このように本変形例においては、先端部が閉にされた場合において、キャビテーションが発生している場合には、キャビテーションを抑制（出力低減と停止を含む）し、キャビテーションが発生していない場合にはその同じ出力状態で超音波出力を維持するように制御する。

10

【0217】

換言すると、CPU40は、ハンドル18が閉でかつキャビテーション有りの場合には、キャビテーション発生を消滅させるように制御モードを切り換える。

【0218】

なお、ステップS54においてキャビテーション有りの場合、CPU40は一定時間後、にキャビテーション発生を消滅させるように制御するようにしても良い。また、ハンドピース2をFIG.1のように超音波駆動装置5と高周波出力装置6とを併用させる場合には、超音波による摩擦により処置される生体組織がある程度、炭化変性した場合には、高周波インピーダンスが変化する。

20

【0219】

この高周波インピーダンス変化の状態をモニタリングして、ある程度炭化変性が進んで凝固の処置が行われたならば、超音波出力を低減して、停止するようにしても良い。

【0220】

なお、ステップS53の判定においてハンドル18が閉でない、つまりハンドル18が開であると、ステップS55に示すように超音波出力を維持する。

【0221】

図17による制御方法は、そのような処置を行いやすくし、術者の処置に対する操作性を向上できる。

30

【0222】

本変形例によれば、ハンドピース2の使用状態の変化に応じて、駆動信号の出力制御を変更するようにしているので、術者が処置の最中に出力変更の操作を行う手間を軽減できる。つまり、本変形例は、超音波手術の操作性を向上することができる。

【0223】

（第4の実施形態）

次に図18を参照して本発明の第4の実施形態を説明する。図18は、第4の実施形態を備えた超音波手術システム1Bの構成を示す。本実施形態は、超音波振動により処置を行う際に、送水及び吸引を連動させ、予め設定された吸引量に対して、実際に吸引される吸引量をモニタする。そして、実際の吸引量が設定された吸引量未満の場合には、キャビテーションを消滅（停止）させたり、キャビテーションを低減させたりするように制御する。

40

この超音波手術システム1Bは、第4の実施形態の超音波手術装置21Hと、この超音波手術装置21Hと同時に使用される送水吸引装置7とから構成される。

【0224】

超音波手術装置21Hは、超音波駆動装置5Hと、この超音波駆動装置5H及び送水吸引装置7に接続されるハンドピース3とから構成される。

【0225】

また、超音波駆動装置5Hを構成するCPU40は、通信ケーブル12を介して送水吸引装置7の制御部を構成するCPU86と接続される。両CPU40、86は双方向の通

50

信を行うことができる。

【0226】

この超音波駆動装置5Hは、例えば図15の超音波駆動装置5Eにおいて、例えばハンドピースIの識別手段(ROMIh、識別部66、フラッシュメモリ67)を有しない構成である。なお、識別手段を備えた構成に適用することもできる。

【0227】

図18においては発振回路31~PLL回路36を、これらにより構成される共振周波数追尾部37で示している。

【0228】

また、本実施形態の超音波駆動装置5Hにおいては、その設定部24C及び送水吸引装置7の設定部91において設定された設定値の情報を記憶する設定記憶部68が例えばフラッシュメモリにより構成されている。

10

【0229】

また、設定部24Cには、設定値の情報を設定記憶部68に記憶させる指示操作を行う記憶ボタン(または記憶スイッチ)70が設けられている。

【0230】

また、送水吸引装置7は、送水(この場合の水は、例えば生理的食塩水である)を行う送水部87及び吸引を行う吸引部88と、送水部87及び吸引部88の動作をそれぞれ制御する送水制御部89及び吸引制御部90と、送水吸引装置全体の制御を行う制御部としてのCPU86と、送水量及び吸引量の設定(つまり、送水量設定及び吸引量設定)等を行う設定部91と、送水量と吸引量等を表示する表示部92と、送水及び吸引の指示操作を行うフットスイッチ10とを有する。

20

【0231】

なお、図18において、CPU86が送水制御部89及び吸引制御部90の機能を兼ねる構成にしても良い。

【0232】

送水部87及び吸引部88は、その内部に送水を行う送水駆動部を構成する送水ポンプ87aと、吸引を行う吸引駆動部を構成する吸引ポンプ88aを内蔵している。また、送水部87(の送水ポンプ87a)及び吸引部88(の吸引ポンプ88a)は、送水コネクタ及び吸引コネクタにそれぞれ接続される送水チューブ及び吸引チューブからなる送水吸引チューブ16を介してハンドピース3の送水吸引コネクタ3gに接続される。

30

【0233】

術者がフットスイッチ10により送水の指示操作を行うことにより、CPU86は、送水制御部89を介して送水ポンプ87aを駆動する。そして、送水ポンプ87aは、送水チューブを介してハンドピース3内の管路を介して先端部材3eの開口から生理的食塩水を処置対象の生体組織付近に注入する。

【0234】

また、術者がフットスイッチ10により吸引の指示操作を行うことにより、CPU86は、吸引制御部90を介して吸引ポンプ88aを駆動する。そして、吸引ポンプ88aは、先端部材3eの開口から送水された液体と先端部材3eにより破碎や切除された組織片などが混ざった液体または流体を吸引チューブを介して吸引する。

40

【0235】

送水部87による送水量及び吸引部88による吸引量は、送水部87及び吸引部88内部の流量センサ等により測定により検出される。CPU86は、設定部91からの設定値に応じて送水ポンプ87a及び吸引ポンプ88aの送水量及び吸引量を定める送水駆動信号と吸引駆動信号のレベルを設定する。

【0236】

そして、以下に説明するようにキャピテーションを抑制して処置を行う場合、設定部91により設定された吸引量(設定吸引量という)が実際の吸引量を超えて検出された場合には、CPU40は、そのキャピテーション出力低減またはキャピテーションを停止(消

50

減)する制御を行う。

【0237】

次にこの超音波手術システム1Bによるキャビテーションを抑制する制御を含む動作を図19を参照して説明する。

【0238】

術者は、図18に示すようにハンドピース3を超音波駆動装置5Hと送水吸引装置7とに接続し、超音波駆動装置5Hと送水吸引装置7の電源を投入する。そして、図19のステップS91に示すように手術開始前に超音波出力と吸引量等の事前設定を行う。

【0239】

また、次のステップS92に示すように術者は、手術開始直後に超音波出力と吸引量の再設定を行う。このステップS92は、処置を行う患部の生体組織の状態や、実際に手術を行う術者の好み等により、その症例に適した適正值の超音波出力と吸引量に設定する。

【0240】

次のステップS93に示すように術者は、ステップS92において再設定した状態の情報を記憶するように記憶ボタン70を操作する。記憶ボタン70の操作により、再設定された超音波出力と吸引量の情報がCPU40を介して設定記憶部68に記憶される。

【0241】

そして、ステップS94に示すように術者はフットスイッチ8、10を操作して超音波駆動装置5Hと送水吸引装置7とを動作させる。

【0242】

また、CPU40は、ステップS95に示すようにフィルタ回路39からのキャビテーションレベル信号Scによりキャビテーションの発生レベルを検出する。なお、ここではキャビテーションが発生されているとする。

【0243】

また、ステップS96に示すように送水吸引装置7のCPU86は、実際の吸引量を検出する。そして、検出した吸引量を通信ケーブル12を介してCPU40に送信する。

【0244】

ステップS97に示すようにCPU40は、設定記憶部68に記憶された再設定の設定吸引量と、実際の吸引量を比較し、ステップS98に示すように設定吸引量>実際の吸引量かの判定を行う。そして、その判定結果に応じて、キャビテーション抑制制御を行うCPU40は、キャビテーションを抑制する。

【0245】

ステップS98の判定結果に該当する場合には、術者はその状態のキャビテーション出力レベルを低減又は停止することを望む場合がある。従って、この場合には、ステップS99に示すようにCPU40は、キャビテーション出力を低減または停止するように制御する。

【0246】

一方、ステップS98の判定結果に該当しない場合、つまり設定吸引量=実際の吸引量の場合には、術者はその状態のキャビテーション出力レベルを維持することを望む場合がある。従って、この場合には、ステップS100に示すようにCPU40は、現在のキャビテーション出力を維持するように制御する。

【0247】

本実施形態によれば、設定吸引量が実際の吸引量の超える場合には、そのキャビテーション出力を低減または消滅するように制御することができる。

【0248】

(第5の実施形態)

次に本発明の第5の実施形態を図20A等を参照して説明する。図20Aは、本発明の第5の実施形態におけるハンドピース2の先端部の形状を示す。このハンドピース2の先端部は、ハンドル18(図2参照)の開閉操作に連動して開閉する可動先端部材2g及び固定先端部材2eからなる。

10

20

30

40

50

## 【0249】

本実施形態においては、可動先端部材2gと固定先端部材2eとは、対向する面にそれぞれ鋸歯状の凹凸部94a、94bが設けられており、両凹凸部94a、94b間に処置対象の生体組織95を把持して凝固切開の処置を行う。

## 【0250】

図20Aの状態からハンドル18を閉じる操作を行うことにより、生体組織95は、可動先端部材2gの凹凸部94aと固定先端部材2eの凹凸部94bとの間に把持されて両凹凸部94a、94bの表面に密着する状態となる。

## 【0251】

図20Bは、実際に超音波振動する固定先端部材2eの鋸歯状の凹凸部94bの表面に生体組織95が密着した状態を示す。この状態で、固定先端部材2eを超音波振動させることにより、この凹凸部94bにおける（特に長手方向に関して段差面となっている）表面近傍の生体組織95にキャピテーション96が発生し易い。

10

## 【0252】

そして、本実施形態においては、後述する図22A等に応じたような駆動シーケンスを採用することにより、処置対象の生体組織95に対する凝固切開の処置を円滑に行うことができる。

## 【0253】

なお、この場合の先端部の形状は、図20Aに示す形状のものに限定されるものでなく、図20Cのように矩形状の凹凸部94c、94dを設けた構造でも良い。

20

## 【0254】

また、図20D及び図20Eに示すように固定先端部材2eのみに凹凸部94b、94dを設け、可動先端部材2gには、凹凸部94b、94dに対向する面が平面ないしは平滑面94e、94eとした構造にしても良い。

## 【0255】

図21は、本実施形態の超音波手術装置21Jを示す。この超音波手術装置21Jは、超音波駆動装置5Jを有する。この超音波駆動装置5Jは、例えば図3の超音波駆動装置5において、設定部24に、術者が駆動シーケンスを設定する駆動シーケンス設定ボタン97が設けられている。

## 【0256】

30

術者は、この駆動シーケンス設定ボタン97をONにすることにより、超音波による生体組織を凝固させる組織凝固モード（凝固モードと略記）の処置を行う時間（周期）と、生体組織を切開する組織切開モード（切開モードと略記）で行う時間とを設定することができ、かつ両モードを切り換えて動作させる設定を行うことができる。

## 【0257】

CPU40は、この駆動シーケンス設定ボタン97の設定に応じて、駆動信号の出力を凝固モードと切開モードを設定された周期で切り換える。

## 【0258】

また、この場合CPU40は、切開モードにおいてはキャピテーションの発生を維持するように制御するキャピテーション発生制御部（図21ではCAV発生制御部と略記）40cの機能を有する。これに対して、CPU40は、凝固モードの場合には第1の実施形態等で説明したようにキャピテーション抑制制御部40aにより、キャピテーションを抑制したキャピテーションレスとなるように駆動信号の出力制御をする。

40

## 【0259】

なお、設定部24に駆動シーケンス設定ボタン97を設ける他に、さらに凝固モードと切開モードを術者が手動で選択できるように例えば凝固モードボタンと、切開モードボタンを設けるようにしても良い。

## 【0260】

この超音波駆動装置5Jにおけるその他の構成は、図3の超音波駆動装置5と同様の構成である。

50

## 【 0 2 6 1 】

図 2 2 A は、本実施形態による超音波処置における駆動シーケンスを示す。超音波の処置が例えば時間  $t_0$  で開始すると、CPU 40 は、凝固モードに設定して、設定部 24 により設定された時間 ( $t_1 - t_0$ )、駆動部を構成するアンプ 33 から駆動信号を振動子 2b に出力させる。

## 【 0 2 6 2 】

振動子 2b による超音波振動は、プローブ 2a の先端部から生体組織 95 に印加され、超音波振動による摩擦熱を利用した凝固の処置が行われる。この場合、CPU 40 はフィルタ回路 39 の出力信号をモニタして、キャピテーションの発生を抑止するように超音波出力を制御する。つまり、CPU 40 は、凝固モード時にはキャピテーション抑制制御部 40a の機能を動作させ (図 2 2 A において ON で示す)、キャピテーションレスとなるように超音波出力を制御する。

10

## 【 0 2 6 3 】

凝固モードの処置の時間 ( $t_1 - t_0$ ) 経過すると、CPU 40 は時間  $t_1$  に、切開モードに切り換えて、設定部 24 により設定された時間 ( $t_2 - t_1$ )、アンプ 33 から駆動信号を振動子 2b に出力させる。

## 【 0 2 6 4 】

振動子 2b による超音波振動は、プローブ 2a の先端部から生体組織 95 に印加され、切開の処置が行われる。この場合、CPU 40 は、フィルタ回路 39 の出力信号をモニタして、キャピテーションを発生させた状態を維持するように超音波の出力制御をする。つまり、キャピテーションを利用して切開する機能を大きくして切開の処置を行う。図 2 2 A において CAV 発生制御を ON として示している。

20

## 【 0 2 6 5 】

この切開モードでの処置の時間 ( $t_2 - t_1$ ) が経過すると、CPU 40 は時間  $t_2$  に凝固モードに切り換えて、設定部 24 により設定された時間 ( $t_3 - t_2$ )、同様の制御を行う。このように凝固モード及び切開モードをさらに交互に繰り返して、時間  $t_4$ 、 $t_5$  まで繰り返す。そして時間  $t_5$  から時間  $t_6$  までの切開モードでの処置を行うことにより、処置対象の生体組織に対する凝固切開の処置を終了する。

## 【 0 2 6 6 】

図 2 2 A においては、凝固モードと切開モードを複数回切り換えて行う例で説明したが、図 2 2 B に示すように凝固モードと切開モードとを行う時間をそれぞれ  $t_0$  から  $t_a$  までと  $t_a$  から  $t_b$  までと長くして、例えば両モードを 1 回づつ行うことにより処置対象の生体組織 95 に対する凝固切開の処置を行うようにしても良い。また、図 2 2 A、図 2 2 B の場合に限定されるものでなく、これらの中間的な駆動シーケンスにより処置を行うようにしても良い。

30

## 【 0 2 6 7 】

本実施形態によれば、凝固モードにおけるキャピテーションの発生を抑止して凝固の処置を行うことができる。また、切開モードでは、キャピテーションを発生させて、切開の機能を大きくして処置を行うことができる。

## 【 0 2 6 8 】

このため、本実施形態によれば、術者が凝固切開の処置を行う場合の操作性を向上することができる。

40

## 【 0 2 6 9 】

なお、切開モードの場合には、定電流制御モードにより出力制御を行うようにしても良い。

## 【 0 2 7 0 】

以上の説明のように、超音波手術装置は以下の構成を具備する。

## 【 0 2 7 1 】

1. 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信号により駆動する駆動部と、

50

前記超音波振動子と動作的に結合された基端部と生体組織を処置するための超音波振動を発生する先端部とを有し、前記超音波振動子が発生する前記超音波振動を前記基端部から前記先端部に伝達するためのプローブと、

前記超音波振動子の共振周波数を追尾するように前記駆動信号の周波数を自動調整して、前記先端部を前記共振周波数で超音波振動させる共振周波数追尾部と、

前記駆動信号の共振周波数以外の周波数成分の周波数成分信号をキャピテーションの検出信号として検出する検出部と、

前記検出部による検出結果に従い、キャピテーションを抑制または消滅させるように前記駆動信号を制御するキャピテーション抑制制御部と、を具備する超音波手術装置。

【0272】

12. 上記1の超音波手術装置であって、

キャピテーション抑制制御部は、さらに、

制御内容が異なる複数の制御モードを切り換える制御切換部を有する。

【0273】

15. 上記12の超音波手術装置であって、

前記先端部はキャピテーションを発生させる凹凸形状を備え、

前記制御切換部は、前記複数の制御モードとしての前記凹凸形状により発生するキャピテーションを利用した切開を行う組織切開モードと、キャピテーションを抑制した超音波振動による摩擦熱を利用した凝固を行う組織凝固モードとを選択的に切り換える切換部を備える。

【0274】

16. 上記1の超音波手術装置であって、

前記キャピテーション抑制制御部は、前記検出部により検出されたキャピテーションの検出信号のレベルが大きい程、前記駆動信号の出力レベルを低減する制御により、キャピテーションを抑制又は消滅させる。

【0275】

そして、本発明の超音波手術装置は、キャピテーションの発生有無および発生したキャピテーションのレベル、の高精度検出が可能である。また、本発明の超音波手術システムはキャピテーションの発生有無および発生したキャピテーションのレベル、の高精度検出が可能である。さらに、本発明のキャピテーション抑制方法はキャピテーションの発生有無および発生したキャピテーションのレベル、の高精度検出が可能である。

【0276】

以上のように本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等ができる。

【0277】

本出願は、2009年6月3日にアメリカ合衆国に出願された12/477661を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

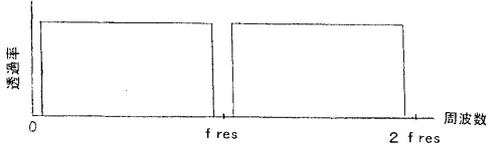
10

20

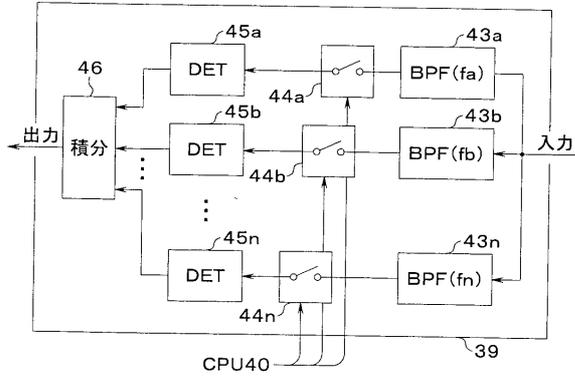
30



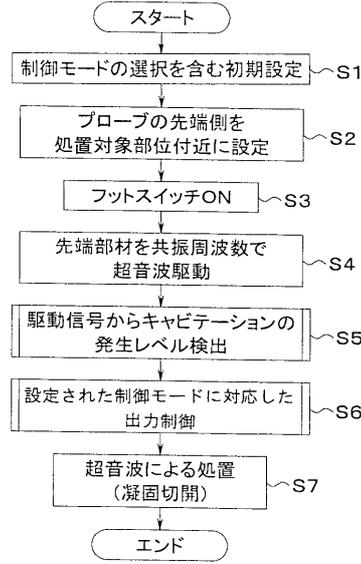
【図4D】



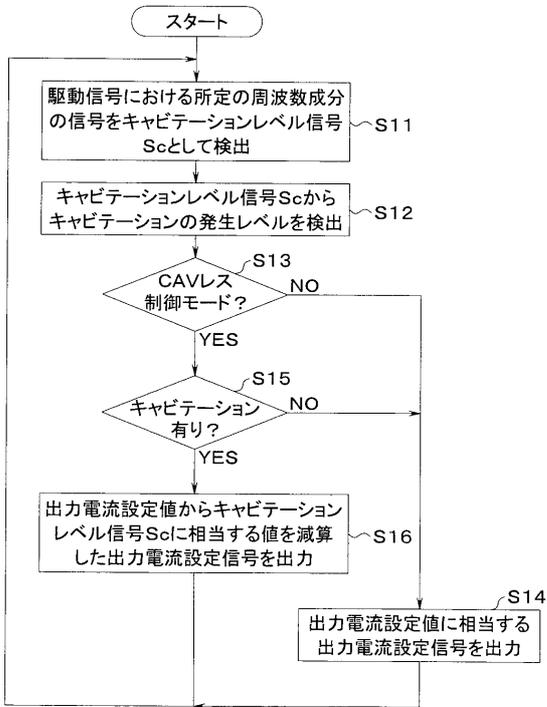
【図5】



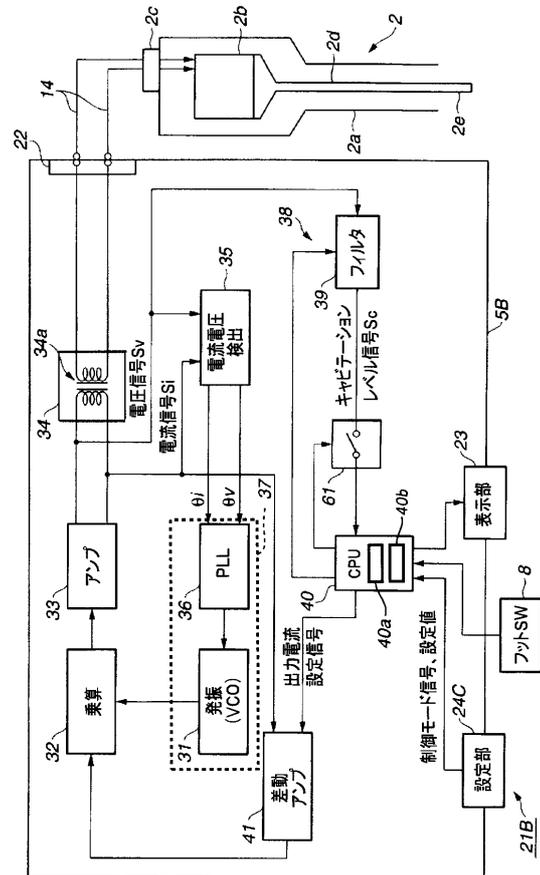
【図6】



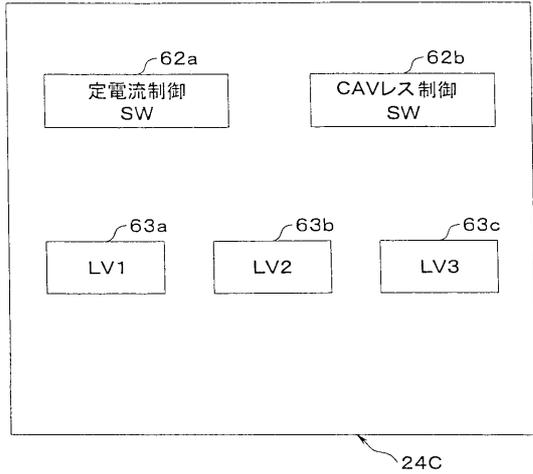
【図7】



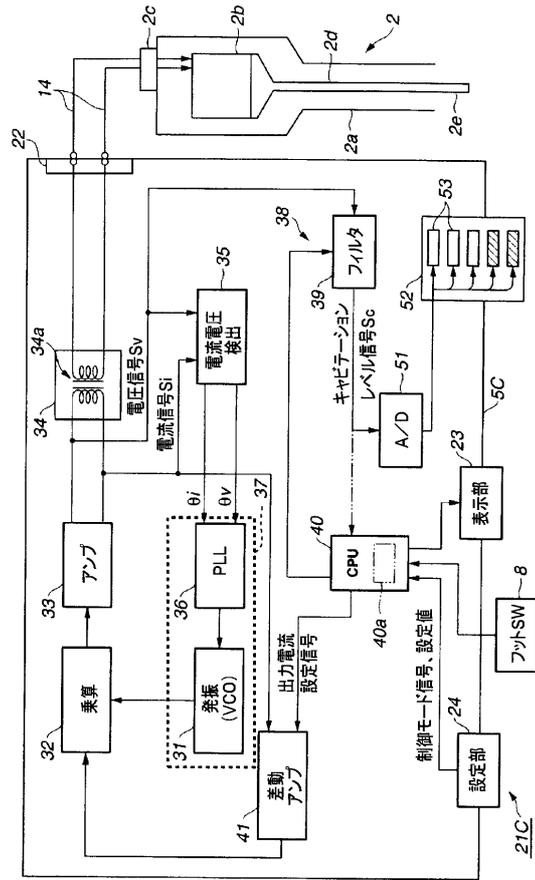
【図8】



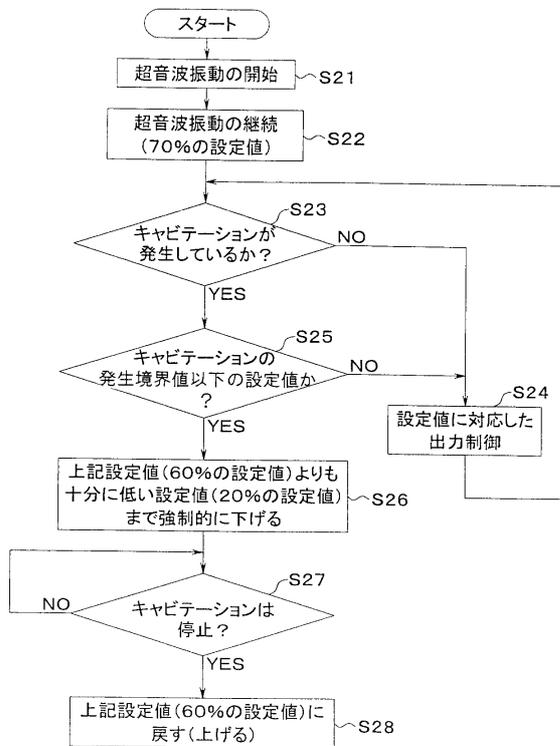
【図9】



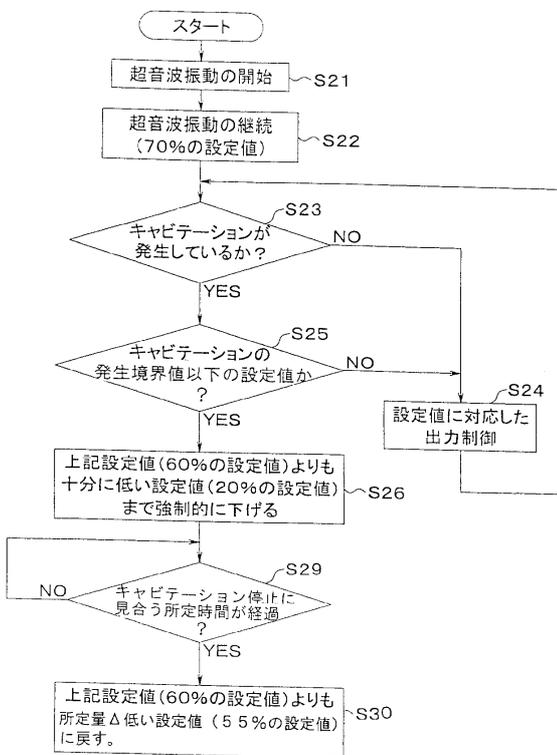
【図10】



【図11】

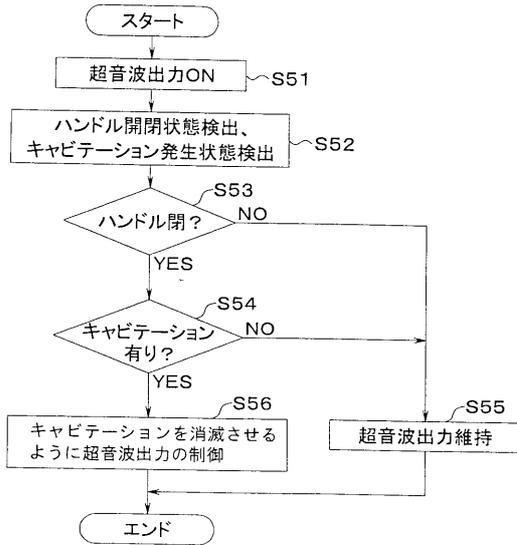


【図12】

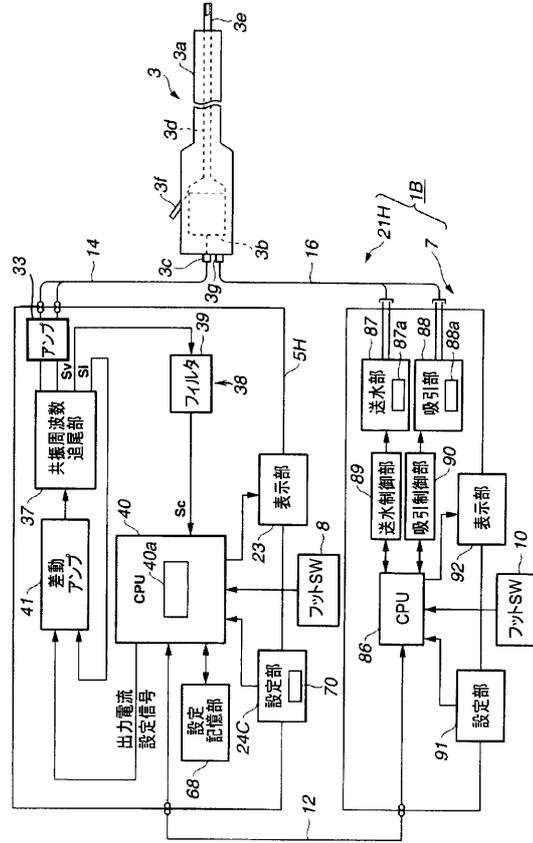




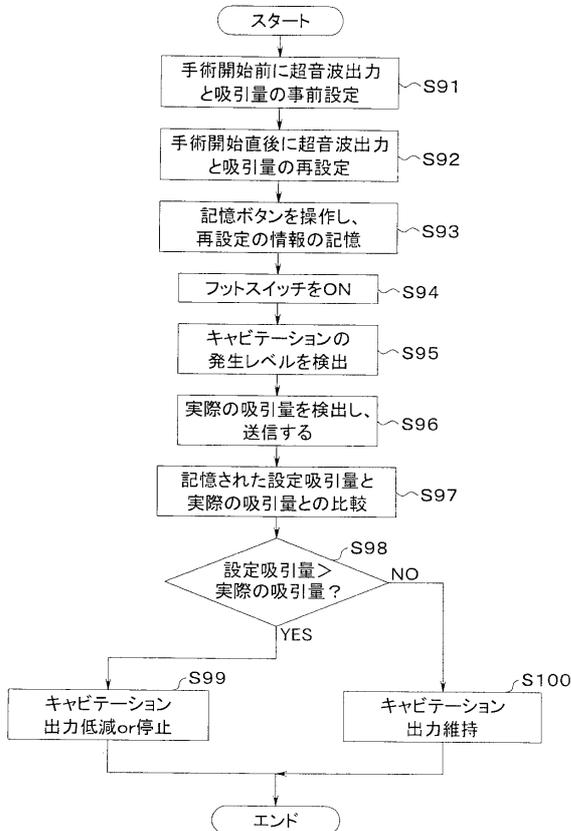
【図17】



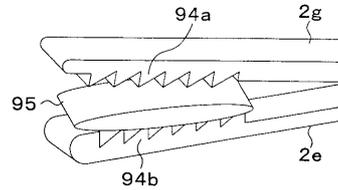
【図18】



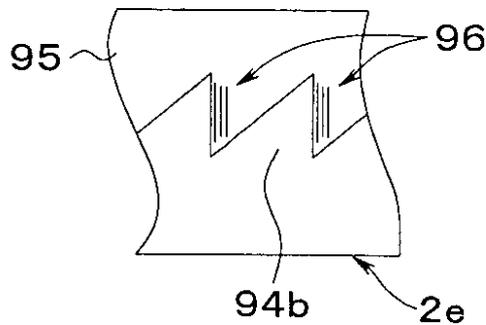
【図19】



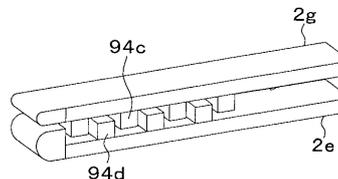
【図20A】



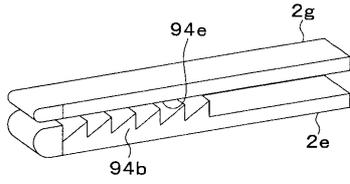
【図20B】



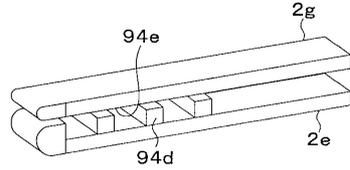
【図20C】



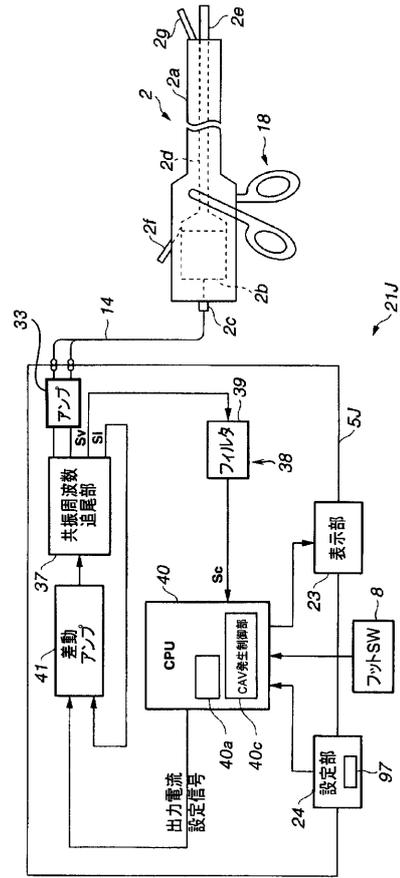
【図20D】



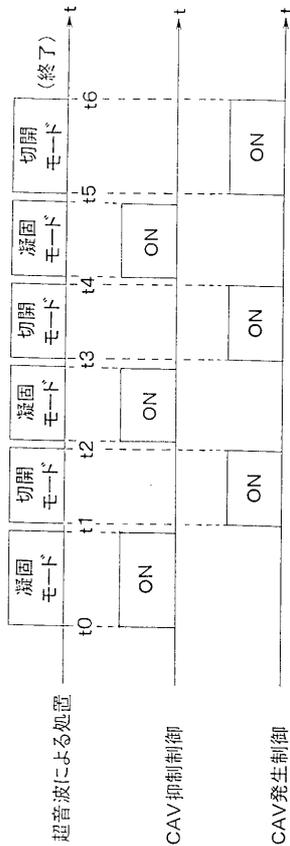
【図20E】



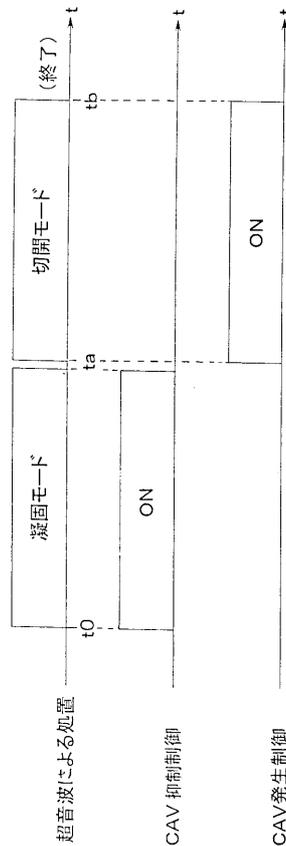
【図21】



【図22A】



【図22B】



---

フロントページの続き

審査官 井上 哲男

- (56)参考文献 特表2008-506527(JP,A)  
特開2001-212514(JP,A)  
特開2001-346805(JP,A)  
特開2008-136845(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 18/00  
B08B 1/02  
B08B 1/06

专利名称(译)	超声波手术器械，超声波手术系统和空化抑制方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP4950342B2</a>	公开(公告)日	2012-06-13
申请号	JP2010546140	申请日	2010-05-17
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	田中一惠 沢田之彦 本間聡		
发明人	田中 一惠 沢田 之彦 本間 聡		
IPC分类号	A61B18/00		
CPC分类号	A61B17/320092 A61B18/1402 A61B2017/00154 A61B2017/22008 A61B2017/22009 A61B2017/320093 A61B2017/320095 A61B2018/00595		
FI分类号	A61B17/36.330		
代理人(译)	伊藤 进		
审查员(译)	井上哲夫		
优先权	12/477661 2009-06-03 US		
其他公开文献	JPWO2010140462A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

超声波手术装置21发送超声波换能器1b，用于通过驱动信号驱动超声波换能器1b的超声波驱动装置5，设置有超声波换能器1b的近端和超声波振动。用于通过尖端处的超声波振动对活组织进行处理的探针2，被驱动以在共振频率下引起超声波振动的共振频率跟踪单元37，以及驱动信号的共振频率并且，根据检测结果控制空化的空化抑制控制单元40a被抑制或熄灭。

