

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5942045号  
(P5942045)

(45) 発行日 平成28年6月29日 (2016. 6. 29)

(24) 登録日 平成28年5月27日 (2016. 5. 27)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 17/32 (2006.01)

A 6 1 B 17/32 5 1 0

請求項の数 12 (全 24 頁)

|               |                              |           |                  |
|---------------|------------------------------|-----------|------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2015-542890 (P2015-542890) | (73) 特許権者 | 000000376        |
| (86) (22) 出願日 | 平成27年2月2日 (2015. 2. 2)       |           | オリンパス株式会社        |
| (86) 国際出願番号   | PCT/JP2015/052865            |           | 東京都八王子市石川町2951番地 |
| (87) 国際公開番号   | W02015/122306                | (74) 代理人  | 100108855        |
| (87) 国際公開日    | 平成27年8月20日 (2015. 8. 20)     |           | 弁理士 蔵田 昌俊        |
| 審査請求日         | 平成27年8月27日 (2015. 8. 27)     | (74) 代理人  | 100103034        |
| (31) 優先権主張番号  | 特願2014-27988 (P2014-27988)   |           | 弁理士 野河 信久        |
| (32) 優先日      | 平成26年2月17日 (2014. 2. 17)     | (74) 代理人  | 100075672        |
| (33) 優先権主張国   | 日本国 (JP)                     |           | 弁理士 峰 隆司         |
| 早期審査対象出願      |                              | (74) 代理人  | 100153051        |
|               |                              |           | 弁理士 河野 直樹        |
|               |                              | (74) 代理人  | 100140176        |
|               |                              |           | 弁理士 砂川 克         |
|               |                              | (74) 代理人  | 100179062        |
|               |                              |           | 弁理士 井上 正         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波処置装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動発生電力を出力可能な電源と、

前記電源から前記振動発生電力が伝達されることにより、超音波振動を発生する超音波振動子と、

前記超音波振動子で発生した前記超音波振動を用いて処置を行う処置部と、

前記処置部に対して開閉可能なジョーであって、前記処置部に対して前記ジョーが閉じた状態において前記処置部に当接可能な当接部を備えるジョーと、

前記電源から前記振動発生電力が出力されている状態において、前記超音波振動子の超音波インピーダンス値を経時的に検出するインピーダンス検出部と、

前記インピーダンス検出部での検出結果に基づいて、前記超音波インピーダンス値が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部と、

検出された前記漸減開始時での前記超音波インピーダンス値を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部と、

保持された前記仮ピーク値に対して前記漸減開始時以後の前記超音波インピーダンス値の経時的な変化を比較することにより、保持された前記仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部と、

前記電源からの前記振動発生電力の出力状態を制御する超音波制御部であって、前記ピーク判定部での判定に基づいて、前記対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間だけ経過した時点において、前記ピーク検出時以前の第1の超音波出力モード

10

20

に比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が小さくなる第２の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させる超音波制御部と、  
を具備する超音波処置装置。

【請求項２】

前記超音波制御部は、前記第２の超音波出力モードにおいて、所定の単位時間での前記超音波振動による前記処置部の平均振動速度が前記第１の超音波出力モードに比べて小さくなる状態に、前記電源からの前記振動発生電力の前記出力状態を制御する、請求項１の超音波処置装置。

【請求項３】

前記超音波制御部は、前記第１の超音波出力モードにおいて一定の第１の振幅で前記処置部を振動させ、かつ、前記第２の超音波出力モードにおいて前記第１の振幅より小さい一定の第２の振幅で前記処置部を振動させる状態に、前記電源からの前記振動発生電力の前記出力状態を制御する、請求項１の超音波処置装置。

【請求項４】

前記超音波制御部は、前記振動発生電力の電力値、及び、前記振動発生電力の出力に基づいて前記電源から前記超音波振動子に供給される振動発生電流の電流値の少なくとも一方を調整することにより、前記第１の超音波出力モードと前記第２の超音波出力モードとの間で、前記処置部での前記超音波振動の振幅を変化させる、請求項１の超音波処置装置。

【請求項５】

前記処置部が一定の第１の振幅で振動する第１の振動ステージ、及び、前記処置部が前記第１の振幅より小さい一定の第２の振幅で振動する第２の振動ステージを規定した場合に、前記超音波制御部は、前記第２の超音波出力モードにおいて、前記第２の振動ステージに対する前記第１の振動ステージの時間比率が前記第１の超音波出力モードに比べて小さくなる状態に、前記電源からの前記振動発生電力の前記出力状態を制御する、請求項１の超音波処置装置。

【請求項６】

前記超音波制御部は、前記第２の超音波出力モードにおいて、前記第１の振動ステージと前記第２の振動ステージとの間で、前記処置部の前記超音波振動による振動状態を周期的に変化させ、

前記超音波制御部は、前記第１の超音波出力モードにおいて、

前記第１の振動ステージと前記第２の振動ステージとの間で、前記処置部の前記超音波振動による前記振動状態を前記第２の超音波出力モードと同一の変調周期で周期的に変化させるとともに、前記変調周期における前記第１の振動ステージが占める割合を前記第２の超音波出力モードより大きくする、又は、

前記処置部の前記超音波振動による前記振動状態を、前記第１の振動ステージに連続的に保つ、

請求項５の超音波処置装置。

【請求項７】

前記超音波制御部は、前記第２の超音波出力モードにおいて、前記超音波振動の共振周波数が前記第１の超音波出力モードに比べて小さくなる状態に、前記電源からの前記振動発生電力の前記出力状態を制御する、請求項１の超音波処置装置。

【請求項８】

前記超音波制御部は、前記ピーク検出時から前記規定時間より短い設定時間の間だけ、前記第１の超音波出力モードに比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が大きくなる第３の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させ、前記第３の超音波出力モードでの出力後に前記第２の超音波出力モードに切り替える、請求項１の超音波処置装置。

【請求項９】

前記超音波制御部は、前記第３の超音波出力モードにおいて、所定の単位時間での前記

10

20

30

40

50

超音波振動による前記処置部の平均振動速度が前記第 1 の超音波出力モードに比べて大きくなる状態に、前記電源からの前記振動発生電力の前記出力状態を制御する、請求項 8 の超音波処置装置。

【請求項 10】

前記インピーダンス検出部は、前記超音波振動子での振動発生電流及び振動発生電圧を経時的に検出し、検出した前記振動発生電流及び前記振動発生電圧に基づいて前記超音波インピーダンス値を検出する、請求項 1 の超音波処置装置。

【請求項 11】

前記第 1 の超音波出力モードから前記第 2 の超音波出力モードに切り替わった後に、前記電源からの前記振動発生電力の出力状態が切り替わったことを告知する告知部をさらに具備する、請求項 1 の超音波処置装置。

10

【請求項 12】

超音波振動子で発生させた超音波振動を用いて処置対象を処置する処置部を備える超音波処置具と電気的に接続される制御ユニットであって、

前記超音波振動子を作動させる振動発生電力を出力する電源と、

前記電源から出力された前記振動発生電力に基づいて、前記超音波振動子の超音波インピーダンス値を経時的に検出するインピーダンス検出部と、

前記インピーダンス検出部での検出結果に基づいて、前記超音波インピーダンス値が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部と、

検出された前記漸減開始時での前記超音波インピーダンス値を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部と、

20

保持された前記仮ピーク値に対して前記漸減開始時以後の前記超音波インピーダンス値の経時的な変化を比較することにより、保持された前記仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部と、

前記電源からの前記振動発生電力の出力状態を制御する超音波制御部であって、前記ピーク判定部での判定に基づいて、前記対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間だけ経過した時点において、前記ピーク検出時以前の第 1 の超音波出力モードに比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が小さくなる第 2 の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させる超音波制御部と、

を具備する制御ユニット。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波振動が伝達される処置部と処置部に対して開閉可能なジョーとの間で処置対象を把持して、超音波振動を用いて把持された処置対象を処置する超音波処置装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば特許文献 1 には、超音波振動が伝達される処置部と、処置部に対して開閉可能なジョーと、を備える超音波処置装置が開示されている。この超音波処置装置では、電源から振動発生部に振動発生電力が伝達されることにより、振動発生部である超音波振動子で超音波振動が発生する。そして、発生した超音波振動が処置部に伝達され、伝達された超音波振動を用いて処置部は生体組織等の処置対象を処置する。ここで、ジョーの開閉方向は、超音波振動の伝達方向に対して垂直である（交差する）。処置部とジョーとの間で処置対象が把持された状態で処置部に超音波振動が伝達されることにより、処置対象と処置部との間に摩擦熱が発生する。摩擦熱によって、処置対象が凝固と同時に切開される。また、超音波処置装置では、振動発生電力の超音波インピーダンス値が経時的に検出され、超音波インピーダンス値が既定の第 1 の閾値以上でかつ第 1 の閾値より大きい既定の第 2 の閾値以下の範囲であるか否かを判定している。

40

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2012/0310264号明細書

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

前記特許文献1のような超音波処置装置では、超音波振動を用いて処置部とジョーとの間で把持された処置対象を凝固させながら切開することにより、超音波振動の伝達方向について処置対象の少なくとも一部の範囲において、超音波振動の伝達方向に平行でかつジョーの開閉方向に平行な分断面で、処置対象が分断される。この現象を、切れ分かれと称する。生体組織が切れ分かれることにより、処置対象が分断された範囲では、ジョーの当接部が処置部に当接する。ジョーの当接部が処置部に当接している状態で処置部に超音波振動が伝達されると、振動によって、ジョーの当接部が摩耗又は熱変形等によって破壊してしまう。このため、処置対象が切れ分かれたか否かを適切に判断することが、重要となる。

10

## 【0005】

ここで、処置対象が切れ分かれた時点の近傍では、ジョーの当接部と処置部との間に位置する処置対象の状態変化等に起因して、超音波インピーダンス値の経時的な変化において、ピークが発生する。前記特許文献1では、超音波インピーダンス値が既定の第1の閾値以上でかつ既定の第2の閾値以下の範囲であるか否かは、判定される。しかし、切れ分かれによって発生するピークでの超音波インピーダンス値は、超音波処置具（ハンドピース）の種類、処置対象の種類、処置対象の濡れ具合等に対応して、変化する。このため、切れ分かれによって発生するピークでの超音波インピーダンス値は、第1の閾値より小さくなる場合もあれば、第2の閾値より大きくなる場合もある。したがって、前記特許文献1では、切れ分かれによって発生する超音波インピーダンス値のピークが適切に検出されず、術者は、処置対象が切れ分かれたか否かを適切に判断できない。このため、処置部とジョーの当接部とが接触し、過剰な摩擦熱が発生する。

20

## 【0006】

また、切れ分かれに起因するピークが検出された場合でも、ピーク検出時において、超音波振動の伝達方向について処置対象の一部の範囲においてのみ処置対象が分断されることがある。この場合、超音波振動の伝達方向について処置対象の残りの一部の範囲では、ピーク検出時において、処置対象が分断されていない。このため、ピーク検出直後に電源からの振動発生電力の出力を停止した場合、超音波振動の伝達方向に平行でかつジョーの開閉方向に平行な分断面で処置対象が分断されない切れ残りが、発生してしまうおそれがある。したがって、過剰な摩擦熱を発生させることなく、処置対象の切れ残りを切開することが重要となる。

30

## 【0007】

本発明は前記課題に着目してなされたものであり、その目的とするところは、超音波振動を用いた処置において処置部とジョーとの間で把持された処置対象が切れ分かれたか否かを適切に判断され、処置部とジョーの当接部との接触によって過剰な摩擦熱が発生することを有効に防止する超音波処置装置を提供することにある。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

前記目的を達成するために、本発明のある態様の超音波処置装置は、振動発生電力を出力可能な電源と、前記電源から前記振動発生電力が伝達されることにより、超音波振動を発生する超音波振動子と、前記超音波振動子で発生した前記超音波振動を用いて処置を行う処置部と、前記処置部に対して開閉可能なジョーであって、前記処置部に対して前記ジョーが閉じた状態において前記処置部に当接可能な当接部を備えるジョーと、前記電源から前記振動発生電力が出力されている状態において、前記超音波振動子の超音波インピーダンス値を経時的に検出するインピーダンス検出部と、前記インピーダンス検出部での検

50

出結果に基づいて、前記超音波インピーダンス値が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部と、検出された前記漸減開始時での前記超音波インピーダンス値を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部と、保持された前記仮ピーク値に対して前記漸減開始時以後の前記超音波インピーダンス値の経時的な変化を比較することにより、保持された前記仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部と、前記電源からの前記振動発生電力の出力状態を制御する超音波制御部であって、前記ピーク判定部での判定に基づいて、前記対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間だけ経過した時点において、前記ピーク検出時以前の第1の超音波出力モードに比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が小さくなる第2の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させる超音波制御部と、を備える。

10

本発明の別のある態様は、超音波振動子で発生させた超音波振動を用いて処置対象を処置する処置部を備える超音波処置具と電氣的に接続される制御ユニットであって、前記超音波振動子を作動させる振動発生電力を出力する電源と、前記電源から出力された前記振動発生電力に基づいて、前記超音波振動子の超音波インピーダンス値を経時的に検出するインピーダンス検出部と、前記インピーダンス検出部での検出結果に基づいて、前記超音波インピーダンス値が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部と、検出された前記漸減開始時での前記超音波インピーダンス値を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部と、保持された前記仮ピーク値に対して前記漸減開始時以後の前記超音波インピーダンス値の経時的な変化を比較することにより、保持された前記仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部と、前記電源からの前記振動発生電力の出力状態を制御する超音波制御部であって、前記ピーク判定部での判定に基づいて、前記対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間だけ経過した時点において、前記ピーク検出時以前の第1の超音波出力モードに比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が小さくなる第2の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させる超音波制御部と、を備える。

20

#### 【発明の効果】

#### 【0009】

本発明によれば、超音波振動を用いた処置において処置部とジョーとの間で把持された処置対象が切れ分かれたか否かを適切に判断され、処置部とジョーの当接部との接触によって過剰な摩擦熱が発生することを有効に防止する超音波処置装置を提供することができる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0010】

【図1】第1の実施形態に係る超音波処置装置を示す概略図である。

【図2】第1の実施形態に係る振動子ユニットの構成を概略的に示す縦断面図である。

【図3】第1の実施形態に係る振動子ユニット及び制御ユニットでの電氣的な接続状態を示す概略図である。

【図4】第1の実施形態に係るホーン部材及び超音波振動子を部材ごとに分解して概略的に示す斜視図である。

【図5】第1の実施形態に係る超音波振動子と電源との間の電氣的な接続状態を示す概略図である。

40

【図6】第1の実施形態に係る処置部及びジョーを概略的に示す側面図である。

【図7】第1の実施形態に係る処置部及びジョーを長手軸に垂直な断面で概略的に示す横断面図である。

【図8】第1の実施形態に係る処置部とジョーとの間で把持された処置対象の切れ分かれを説明するための概略図である。

【図9】第1の実施形態に係る電源から振動発生電力の出力が開始されてからの超音波インピーダンス値の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【図10】第1の実施形態に係る制御ユニットの振動発生電力の出力が開始されてからの作動状態を示すフローチャートである。

50

【図 1 1】第 1 の実施形態に係る処置部での超音波振動の振幅の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【図 1 2】第 1 の実施形態に係るピーク検出部によって行われる対象ピークの検出処理を示すフローチャートである。

【図 1 3】第 1 の変形例に係る処置部での超音波振動の振幅の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【図 1 4】第 2 の変形例に係る処置部での超音波振動の振幅の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【図 1 5】第 3 の変形例に係る振動伝達部での超音波振動の共振周波数の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【図 1 6】第 4 の変形例に係る制御ユニットの振動発生電力の出力が開始されてからの作動状態を示すフローチャートである。

【図 1 7】第 4 の変形例に係る処置部での超音波振動の振幅の経時的な変化の一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

(第 1 の実施形態)

本発明の第 1 の実施形態について、図 1 乃至図 1 2 を参照して説明する。図 1 は、超音波処置装置 1 を示す図である。図 1 に示すように、超音波処置装置 1 は、超音波処置具（ハンドピース）2 と、制御ユニット 3 と、を備える。超音波処置具 2 は、長手軸 C を有する。長手軸 C に平行な 2 方向の一方が先端方向（図 1 の矢印 C 1 の方向）であり、先端方向とは反対方向が基端方向（図 1 の矢印 C 2 の方向）である。超音波処置具 2 は、振動子ユニット 5 と、ハンドルユニット 6 とを備える。振動子ユニット 5 は、ハンドルユニット 6 の基端方向側に着脱可能に連結される。振動子ユニット 5 の基端部には、ケーブル 7 の一端が接続されている。ケーブル 7 の他端は、制御ユニット 3 に接続されている。

【0012】

ハンドルユニット 6 は、長手軸 C に沿って延設される筒状ケース部 1 1 と、筒状ケース部 1 1 と一体に形成される固定ハンドル 1 2 と、筒状ケース部 1 1 に対して回動可能に取付けられる可動ハンドル 1 3 と、を備える。固定ハンドル 1 2 は、筒状ケース部 1 1 から長手軸 C に対して離れる状態で、延設されている。筒状ケース部 1 1 への取付け位置を中心として可動ハンドル 1 3 が回動することにより、可動ハンドル 1 3 が固定ハンドル 1 2 に対して開動作又は閉動作を行う。また、ハンドルユニット 6 は、筒状ケース部 1 1 の先端方向側に取付けられる回転操作ノブ 1 5 を備える。回転操作ノブ 1 5 は、筒状ケース部 1 1 に対して長手軸 C を中心として回転可能である。また、固定ハンドル 1 2 には、エネルギー操作入力部であるエネルギー操作入力ボタン 1 6 が設けられている。

【0013】

超音波処置具 2 は、長手軸 C に沿って延設されるシース 8 を備える。シース 8 が先端方向側から回転操作ノブ 1 5 の内部及び筒状ケース部 1 1 の内部に挿入されることにより、シース 8 がハンドルユニット 6 に取付けられる。また、超音波処置具 2 は、超音波プローブ 9 を備える。超音波プローブ 9 は、筒状ケース部 1 1 の内部からシース 8 の内部を通して、長手軸 C に沿って延設されている。超音波プローブ 9 は、シース 8 に挿通されている。また、超音波プローブ 9 の先端部には、シース 8 の先端から先端方向に向かって突出する処置部 1 7 が、設けられている。

【0014】

シース 8 の先端部には、ジョー 1 8 が回動可能に取付けられている。可動ハンドル 1 3 は、筒状ケース部 1 1 の内部でシース 8 の内周方向側の部位に配設される可動筒状部（図示しない）に接続されている。可動筒状部の先端は、ジョー 1 8 に接続されている。固定ハンドル 1 2 に対して可動ハンドル 1 3 を開動作又は閉動作することにより、可動筒状部が長手軸 C に沿って移動する。これにより、ジョー 1 8 が、シース 8 への取付け位置を中心として回動する。ジョー 1 8 がシース 8 に対して回動することにより、ジョー 1 8 が処

10

20

30

40

50

置部 17 に対して開動作又は閉動作を行う。シース 8、超音波プローブ 9 及びジョー 18 は、回転操作ノブ 15 と一体に、筒状ケース部 11 に対して長手軸 C を中心として、回転可能である。

【0015】

また、振動子ユニット 5 は、振動子ケース 21 を備える。振動子ケース 21 が基端方向側から筒状ケース部 11 の内部に挿入されることにより、振動子ユニット 5 がハンドルユニット 6 に取付けられる。筒状ケース部 11 の内部では、振動子ケース 21 は、シース 8 に連結されている。振動子ケース 21 は、回転操作ノブ 15 と一体に、筒状ケース部 11 に対して長手軸 C を中心として、回転可能である。

【0016】

図 2 は、振動子ユニット 5 の構成を示す図である。図 2 に示すように、振動子ユニット 5 は、前述の振動子ケース 21 と、振動子ケース 21 の内部に設けられる振動発生部である超音波振動子 22 と、超音波振動子 22 が取付けられるホーン部材 23 と、を備える。図 3 は、振動子ユニット 5 及び制御ユニット 3 での電気的な接続状態を示す図である。図 2 及び図 3 に示すように、超音波振動子 22 には、電気配線部 25A, 25B の一端が、接続されている。制御ユニット 3 は、振動発生電力 P を出力可能な電源 26 を備える。電源 26 では、例えば、コンセント等の電力を変換回路等で振動発生電力 P に変換し、振動発生電力 P を出力する。電気配線部 25A, 25B の他端は、電源 26 に接続されている。電源 26 から出力された振動発生電力 P は、電気配線部 25A, 25B を介して、超音波振動子 22 に伝達される。振動発生電力 P が伝達されることにより、超音波振動子 22 で超音波振動が発生する。

【0017】

ホーン部材 23 には、超音波振動子 22 が装着される振動子装着部 27 が、設けられている。超音波振動子 22 で発生した超音波振動は、ホーン部材 23 に伝達される。また、ホーン部材 23 には、振動子装着部 27 より先端方向側に断面積変化部 28 が設けられている。断面積変化部 28 では、先端方向に向かうにつれて長手軸 C に垂直な断面積が減少する。断面積変化部 28 によって、超音波振動の振幅が拡大される。ホーン部材 23 の先端部には、雌ネジ部 29A が設けられている。また、超音波プローブ 9 の基端部には、雄ネジ部 29B が設けられている。雄ネジ部 29B が雌ネジ部 29A に螺合することにより、ホーン部材 23 の先端方向側に超音波プローブ 9 が接続される。超音波プローブ 9 は、筒状ケース部 11 の内部で、ホーン部材 23 に接続される。

【0018】

ホーン部材 23 に伝達された超音波振動は、ホーン部材 23 及び超音波プローブ 9 において、基端方向から先端方向へ長手軸 C に沿って伝達される。すなわち、ホーン部材 23 及び超音波プローブ 9 は、発生した超音波振動を伝達する振動伝達部である。超音波振動は、処置部 17 まで、先端方向へ向かって伝達される。処置部 17 は、伝達された超音波振動を用いて、生体組織等の処置対象を処置する。なお、振動伝達部（ホーン部材 23 及び超音波プローブ 9）では、基端（ホーン部材 23 の基端）及び先端（超音波プローブ 9 の先端）が、超音波振動の腹位置となる。また、超音波振動は、振動方向及び伝達方向が長手軸 C（長手軸方向）に平行な縦振動である。したがって、長手軸 C に平行な先端方向が、超音波振動の伝達方向となる。また、振動伝達部が超音波振動を伝達している状態では、処置部 17 を含む振動伝達部は、ある共振周波数 F で振動している。

【0019】

図 4 は、ホーン部材 23 及び超音波振動子 22 を部材ごとに分解して示す図である。図 4 に示すように、超音波振動子 22 は、（本実施形態では 4 つの）リング状の圧電素子 31A ~ 31D を備える。それぞれの圧電素子 31A ~ 31D には、ホーン部材 23 の振動子装着部 27 が挿通されている。また、それぞれの圧電素子 31A ~ 31D は、厚み方向が超音波振動の伝達方向（すなわち、長手軸 C）に平行で、かつ、径方向が超音波振動の伝達方向（すなわち、先端方向）に垂直な状態で、振動子装着部 27 に取付けられている。

。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 0 】

超音波振動子 2 2 は、第 1 の電極部 3 2 と、第 2 の電極部 3 3 と、を備える。第 1 の電極部 3 2 に、電気配線部 2 5 A の一端が接続され、第 2 の電極部 3 3 に、電気配線部 2 5 B の一端が接続されている。第 1 の電極部 3 2 は、第 1 の電極リング部 3 5 A ~ 3 5 C を備える。第 1 の電極リング部 3 5 A は、圧電素子 3 1 A の先端方向側に位置し、第 1 の電極リング部 3 5 B は、長手軸 C に平行な長手軸方向について圧電素子 3 1 B と圧電素子 3 1 C との間に位置している。また、第 1 の電極リング部 3 5 C は、圧電素子 3 1 D の基端方向側に位置している。それぞれの第 1 の電極リング部 3 5 A ~ 3 5 C には、振動子装着部 2 7 が挿通されている。

## 【 0 0 2 1 】

10

第 2 の電極部 3 3 は、第 2 の電極リング部 3 7 A , 3 7 B を備える。第 2 の電極リング部 3 7 A は、長手軸 C に平行な長手軸方向について圧電素子 3 1 A と圧電素子 3 1 B との間に位置している。また、第 2 の電極リング部 3 7 B は、長手軸方向について圧電素子 3 1 C と圧電素子 3 1 D との間に位置している。それぞれの第 2 の電極リング部 3 7 A , 3 7 B には、振動子装着部 2 7 が挿通されている。

## 【 0 0 2 2 】

前述のような構成にすることにより、圧電素子 3 1 A は、第 1 の電極リング部 3 5 A と第 2 の電極リング部 3 7 A との間に挟まれ、圧電素子 3 1 B は、第 2 の電極リング部 3 7 A と第 1 の電極リング部 3 5 B との間に挟まれる。また、圧電素子 3 1 C は、第 1 の電極リング部 3 5 B と第 2 の電極リング部 3 7 B との間に挟まれ、圧電素子 3 1 D は、第 2 の電極リング部 3 7 B と第 1 の電極リング部 3 5 C との間に挟まれる。したがって、それぞれの圧電素子 3 1 A ~ 3 1 D は、第 1 の電極部 3 2 と第 2 の電極部 3 3 との間に挟まれている。

20

## 【 0 0 2 3 】

また、超音波振動子 2 2 は、絶縁リング 3 8 A , 3 8 B を備える。絶縁リング 3 8 A は、第 1 の電極部 3 2 の第 1 の電極リング部 3 5 A の先端方向側に位置している。絶縁リング 3 8 B は、第 1 の電極部 3 2 の第 1 の電極リング部 3 5 C の基端方向側に位置している。それぞれの絶縁リング 3 8 A , 3 8 B には、振動子装着部 2 7 が挿通されている。また、超音波振動子 2 2 は、バックマス 3 6 を備える。バックマス 3 6 は、絶縁リング 3 8 B の基端方向側に位置している。バックマス 3 6 により、圧電素子 3 1 A ~ 3 1 D 、第 1 の電極部 3 2 、第 2 の電極部 3 3 及び絶縁リング 3 8 A , 3 8 B は、先端方向に押圧されている。これにより、圧電素子 3 1 A ~ 3 1 D 、第 1 の電極部 3 2 、第 2 の電極部 3 3 及び絶縁リング 3 8 A , 3 8 B は、ホーン部材 2 3 とバックマス 3 6 との間で挟持される。

30

## 【 0 0 2 4 】

図 5 は、振動発生部である超音波振動子 2 2 と電源 2 6 との間の電氣的な接続状態を示す図である。図 5 に示すように、電源 2 6 と第 1 の電極部 3 2 との間は、電気配線部 2 5 A によって、電氣的に接続されている。また、電源 2 6 と第 2 の電極部 3 3 との間は、電気配線部 2 5 B によって、電氣的に接続されている。電源 2 6 から振動発生電力 P が出力されることにより、第 1 の電極部 3 2 と第 2 の電極部 3 3 との間に、振動発生電圧 V が印加される。振動発生電圧 V が印加されることにより、第 1 の電極部 3 2 と第 2 の電極部 3 3 との間に挟まれる圧電素子 3 1 A ~ 3 1 D に、振動発生電流 I が流れる。すなわち、電源 2 6 からの振動発生電力 P に基づいて、電源 2 6 から超音波振動子 2 2 に振動発生電流 I が供給される。振動発生電流 I は、電流の方向が周期的に変化する交流電流である。また、振動発生電力 P のインピーダンス値である超音波インピーダンス値 Z は、式 ( 1 ) のようになる。

40

## 【 0 0 2 5 】

【数 1】

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{P} \quad (1)$$

【0026】

図6及び図7は、処置部17及びジョー18の構成を示す図である。ここで、図6は、ジョー18が処置部17に対して開いた状態を示しており、図7は、ジョー18と処置部17との間に処置対象が存在せず、かつ、ジョー18を処置部17に対して閉じた状態を示している。また、図7は、長手軸Cに垂直な断面を示している。図6及び図7に示すように、ジョー18は、シース8に基端部が取り付けられるジョー本体41と、ジョー本体41に取付けられる把持部材42と、を備える。ジョー本体41及び把持部材42は、例えば導電性を有する金属から形成されている。また、ジョー18は、把持部材42に取付けられるパッド部材43を備える。パッド部材43は、例えば電気絶縁性を有するPTFEから形成されている。

10

【0027】

パッド部材43には、処置部17に対してジョー18が閉じた状態において処置部17に当接可能な当接部(当接面)45が、形成されている。ジョー18と処置部17との間に処置対象が存在しない状態でジョー18を処置部17に対して閉じることにより、パッド部材43の当接部45が処置部17に当接する。当接部45は、処置部17に対向している。また、本実施形態では、当接部45は、ジョー18の開方向(図6及び図7の矢印A1の方向)及び閉方向(図6及び図7の矢印A2の方向)に対して垂直である。

20

【0028】

ここで、長手軸Cに垂直で(交差し)、かつ、ジョー18の開閉方向に垂直な2方向を第1の幅方向(図7の矢印B1の方向)及び第2の幅方向(図7の矢印B2の方向)とする。当接部45の第1の幅方向側には、当接部45に対して傾斜する状態で処置部17に対向する傾斜対向部46Aが把持部材42によって、形成されている。また、当接部45の第2の幅方向側には、当接部45に対して傾斜する状態で処置部17に対向する傾斜対向部46Bが把持部材42によって、形成されている。当接部45が処置部17に当接した状態において、傾斜対向部46A、46Bは処置部17から離間している。したがって、当接部45が処置部17に当接した状態においても、把持部材42は処置部17に接触しない。

30

【0029】

図3に示すように、制御ユニット3は、電源26に電氣的に接続される制御部51を備える。固定ハンドル12の内部には、スイッチ部47が設けられる。エネルギー操作入力ボタン16でエネルギー操作の入力に基づいて、スイッチ部47の開閉状態が切替えられる。スイッチ部47は、振動子ケース21及びケーブル7の内部を通して延設される信号経路部48を介して、制御部51に接続されている。スイッチ部47が閉じられることにより、信号経路部48を介して、操作信号が制御部51に伝達される。制御部51は、超音波制御部58を備える。超音波制御部58は、伝達された操作信号に基づいて、電源26からの振動発生電力Pの出力状態を制御している。

40

【0030】

また、制御ユニット3は、電源26及び制御部51に電氣的に接続されるインピーダンス検出部52と、インピーダンス検出部52及び制御部51に電氣的に接続されるピーク検出部53と、を備える。インピーダンス検出部52は、電源26から振動発生電力Pが出力されている状態において、振動発生電力Pの超音波インピーダンス値Zを経時的に検出する。ピーク検出部53は、検出された超音波インピーダンス値Zの経時的な変化に基づいて、超音波インピーダンス値Zのピーク(対象ピーク)を検出する。ピーク検出部53は、漸減検出部55と、仮ピーク値保持部56と、ピーク判定部57と、を備える。漸減検出部55、仮ピーク値保持部56及びピーク判定部57の詳細については、後述する

50

。また、制御ユニット 3 は、ブザー、ランプ等の告知部 5 9 を備える。告知部 5 9 は、制御部 5 1 に電氣的に接続されている。告知部 5 9 の詳細については、後述する。また、対象ピークの説明、及び、対象ピークの検出方法についても、後述する。なお、インピーダンス検出部 5 2 は、例えば検出回路である。また、制御部 5 1 及びピーク検出部 5 3 は、例えば CPU (Central Processing Unit)、ASIC (application specific integrated circuit) 等を備えるプロセッサ又は FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の論理回路、及び、メモリ (記憶部) から形成されている。

#### 【 0 0 3 1 】

次に、超音波処置装置 1 の作用及び効果について説明する。超音波処置装置 1 を用いて生体組織等の処置対象を処置する際には、シース 8、超音波プローブ 9 及びジョー 1 8 を、処置対象が位置する体内等に挿入する。そして、処置部 1 7 に対して開いたジョー 1 8 と処置部 1 7 との間に処置対象が位置する状態まで、処置部 1 7 及びジョー 1 8 を移動させる。そして、可動ハンドル 1 3 を固定ハンドル 1 2 に対して閉じることにより、処置部 1 7 とジョー 1 8 との間で処置対象が保持される。

#### 【 0 0 3 2 】

この状態でエネルギー操作入力ボタン 1 6 によってエネルギー操作を入力することにより、操作信号が制御部 5 1 に伝達され、電源 2 6 からの振動発生電力 P の出力が開始される。振動発生電力 P が伝達されることにより、圧電素子 3 1 A ~ 3 1 D によって振動発生電流 I が超音波振動に変換される。超音波振動子 2 2 で発生した超音波振動は、ホーン部材 2 3 及び超音波プローブ 9 を介して、処置部 1 7 に伝達され、処置部 1 7 は縦振動することにより、処置対象と処置部 1 7 の間に摩擦熱が発生する。摩擦熱によって、処置対象を凝固すると同時に切開する処置が行われる。

#### 【 0 0 3 3 】

処置部 1 7 とジョー 1 8 との間で把持された処置対象を処置することにより、超音波振動の伝達方向について処置対象の少なくとも一部の範囲で、処置対象の切れ分かれが発生する。図 8 は、処置部 1 7 とジョー 1 8 との間で把持された処置対象 H の切れ分かれを説明する図である。なお、切れ分かれは、超音波振動の伝達方向 (長手軸方向) について処置対象の全範囲に渡って発生することもあり、超音波振動の伝達方向 (長手軸方向) について処置対象の一部の範囲にのみ発生することもある。切れ分かれが発生した部位では、超音波振動の伝達方向に平行でかつジョーの開閉方向 (図 8 の矢印 A 1 の方向及び図 8 の矢印 A 2 の方向) に平行な分断面 D で、処置対象 H が分断される。分断面 D は、第 1 の幅方向 (図 8 の矢印 B 1 の方向) 及び第 2 の幅方向 (図 8 の矢印 B 2 の方向) に対して垂直である。したがって、切れ分かれが発生した範囲では、処置対象 H が、分断面 D より第 1 の幅方向側の部位 H 1 と、分断面 D より第 2 の幅方向側の部位 H 2 と、に分断される。

#### 【 0 0 3 4 】

切れ分かれによって処置対象 H が分断された範囲では、ジョー 1 8 の当接部 4 5 が処置部 1 7 に当接する。ジョー 1 8 の当接部 4 5 が処置部 1 7 に当接する状態で処置部 1 7 が超音波振動によって振動 (縦振動) することにより、ジョー 1 8 の当接部 4 5 が摩耗してしまう。このため、処置対象 H が切れ分かれたか否かを適切に判断することが、重要となる。なお、超音波振動の伝達方向 (長手軸方向) について処置対象 H の一部の範囲においてのみ処置対象が分断される場合は、超音波振動の伝達方向について処置対象 H の残りの一部の範囲では、処置対象 H が分断されていない。

#### 【 0 0 3 5 】

ここで、振動発生電力 P の超音波インピーダンス値 Z は、超音波プローブ 9 に対する負荷、すなわち超音波プローブ 9 に接続された超音波振動子 2 2 への負荷に対応して、変化する。図 9 は、電源 2 6 から振動発生電力 P の出力が開始されてからの超音波インピーダンス値 Z の経時的な変化の一例を示している。図 9 では、縦軸に超音波インピーダンス値 Z を示し、横軸に振動発生電力 P の出力開始からの経過時間 t を示している。処置対象 H が切れ分かれた時点の近傍までは、ジョー 1 8 の当接部 4 5 と処置部 1 7 との間の処置対

象 H の状態変化等によって、ジョー 18 から処置部 17 への押圧力が徐々に大きくなる。このため、超音波プローブ 9 に対する負荷が徐々に大きくなる。したがって、処置対象 H の切れ分かれるまでは、超音波インピーダンス値 Z は経時的に漸増する。ここで、経時的に漸増するとは、経過時間 t が進むにつれて超音波インピーダンス値 Z が徐々に増加することを意味し、数十  $\Omega$  以下の微小な増減を含みながら超音波インピーダンス値 Z が徐々に増加することにも含まれる。

【 0036 】

処置対象 H の切れ分かれると、ジョー 18 の当接部 45 が処置部 17 の近傍に位置するため、処置部 17 の超音波振動によって発生する摩擦熱に起因して、パッド部材 43 が溶解し始める。このため、超音波プローブ 9 に対する負荷が徐々に小さくなっていると考えられる。したがって、処置対象 H の切れ分かれた時点の近傍より後では、超音波インピーダンス値 Z は経時的に漸減する。ここで、経時的に漸減するとは、経過時間 t が進むにつれて超音波インピーダンス値 Z が徐々に減少することを意味し、数十  $\Omega$  以下の微小な増減を含みながら超音波インピーダンス値 Z が徐々に減少することにも含まれる。

【 0037 】

切れ分かれによって前述のように超音波インピーダンス値 Z が変化するため、処置対象 H の切れ分かれた時点の近傍（例えば、ジョー 18 の当接部 45 が処置部 17 に当接し始めた時点の近傍）において、超音波インピーダンス値 Z が経時的にピーク（極大値）となる。超音波インピーダンス値 Z の経時的なピークが検出されることにより、処置対象 H が切れ分かれたか否かを、適切に判断可能となる。ここで、図 9 に示す一例では、超音波インピーダンス値 Z 1 が、処置対象 H の切れ分かれに起因するピーク（ピーク値）である対象ピークとなる。また、経過時間 t 1 が、対象ピークが発生する対象ピーク時となる。

【 0038 】

図 10 は、振動発生電力 P の出力が開始されてからの制御ユニット 3 の作動状態を示す図（フロー）である。また、図 11 は、図 9 に示すように超音波インピーダンス値 Z が経時的に変化する一例での、処置部 17（例えば、超音波プローブ 9 の先端）での超音波振動の振幅 U の経時的な変化を示している。図 11 では、縦軸に超音波振動の振幅 U を示し、横軸に振動発生電力 P の出力開始からの経過時間 t を示している。図 10 に示すように、第 1 の超音波出力モードで電源 26 から振動発生電力 P の出力が開始される（ステップ S101）。本実施形態では、第 1 の超音波出力モードにおいて、超音波制御部 58 によって、振動発生電流 I の電流値（交流電流の実効値）が一定の第 1 の電流値 I 1 に保たれる定電流制御で、振動発生電力 P の出力状態が制御される。したがって、振動発生電流 I が一定の第 1 の電流値 I 1 となる状態に、超音波インピーダンス値 Z の変化に対応させて振動発生電力 P（振動発生電圧 V）を調整している。

【 0039 】

ここで、処置部 17 での超音波振動の振幅 U は、振動発生電流 I の電流値に比例する。第 1 の超音波出力モードでは、振動発生電流 I が第 1 の電流値 I 1 に保たれるため、図 11 に示すように、処置部 17 は一定の第 1 の振幅 U 1 で振動する。なお、処置部 17 以外の部位（例えば、超音波プローブ 9 の基端、ホーン部材 23）においても、超音波振動の振幅は、振動発生電流 I の電流値に比例する。

【 0040 】

第 1 の超音波出力モードで振動発生電力 P の出力が開始されると、インピーダンス検出部 52 によって、振動発生電力 P の超音波インピーダンス値 Z の経時的な検出が開始される（ステップ S102）。これにより、超音波インピーダンス値 Z が経時的に検出される。本実施形態では、第 1 の超音波出力モードにおいて、処置部 17 での超音波振動の振幅を一定の第 1 の振幅 U 1 にするために、振動発生電流 I が一定の第 1 の電流値 I 1 となる定電流制御が行われる。このため、振動発生電力 P 及び振動発生電圧 V の少なくとも一方の経時的な変化を検出し、検出した振動発生電力 P 及び / 又は振動発生電圧 V に基づいて、式（1）を用いて、超音波インピーダンス値 Z を算出する。これにより、超音波インピーダンス値 Z が経時的に検出される。また、ある実施例では、インピーダンス検出部 52 は

、振動発生電圧 $V$ 及び振動発生電流 $I$ を経時的に検出し、式(1)を用いて、超音波インピーダンス値 $Z$ を算出する。

【0041】

そして、ピーク検出部53によって、超音波インピーダンス値 $Z$ の経時的な変化に基づいて、処置対象 $H$ の切れ分かれに起因する超音波インピーダンス値 $Z$ の対象ピークの検出処理が行われる(ステップS103)。この際、超音波インピーダンス値 $Z$ が対象ピーク(対象ピーク値)となる対象ピーク時が検出されてもよい。

【0042】

図12は、ピーク検出部53によって行われる対象ピークの検出処理(図10のステップS103)を示す図である。すなわち、図12では、ピーク検出部53によって対象ピークを検出する方法が示されている。図12に示すように、対象ピークの検出処理においては、まず、漸減検出部55が、インピーダンス検出部52での超音波インピーダンス値 $Z$ の検出結果に基づいて、超音波インピーダンス値 $Z$ が漸減を開始する漸減開始時を検出する(ステップS111)。図9に示す一例では、経過時間 $t_1$ が漸減開始時として検出される。漸減開始時が検出されると(ステップS111-Yes)、仮ピーク値保持部56が、検出された漸減開始時の超音波インピーダンス値 $Z$ を仮ピーク値として保持する(ステップS112)。図9に示す一例では、経過時間 $t_1$ での超音波インピーダンス値 $Z_1$ が、仮ピーク値として保持される。

【0043】

そして、ピーク判定部57によって、保持された仮ピーク値に対して漸減開始時以後の超音波インピーダンス値 $Z$ の経時的な変化が比較される(ステップS113)。図9に示す一例では、仮ピーク値として保持された超音波インピーダンス値 $Z_1$ に対して、経過時間 $t_1$ 以後の超音波インピーダンス値 $Z$ の経時的な変化が比較される。そして、仮ピーク値に対する超音波インピーダンス値 $Z$ の経時的な変化の比較に基づいて、ピーク判定部57が、仮ピーク値が処置対象 $H$ の切れ分かれに起因する対象ピークであったか否かを判定する(ステップS114)。図9に示す一例では、仮ピーク値として保持された超音波インピーダンス値 $Z_1$ が、対象ピーク(対象ピーク値)であったか否かが、判定される。この際、検出された漸減開始時が対象ピーク時であったか否かを、判定してもよい。図9に示す一例では、漸減開始時である経過時間 $t_1$ が対象ピーク時であったと経過時間 $t_1 + \Delta T_1$ の時点で判定される。

【0044】

ある実施例では、図12のステップS113(比較処理)で、漸減開始時から基準時間 $\Delta T$ だけ経過した後において仮ピーク値からの超音波インピーダンス値 $Z$ の減少量 $\varepsilon_{real}$ が基準減少量 $\varepsilon$ 以上であったか否かが、比較される。そして、ステップS113で、漸減開始時以後において連続的に超音波インピーダンス値 $Z$ が仮ピーク値より小さくなったか否かが、比較される。この実施例では、漸減開始時から基準時間 $\Delta T$ だけ経過した後において仮ピーク値からの超音波インピーダンス値 $Z$ の減少量 $\varepsilon_{real}$ が基準減少量 $\varepsilon$ 以上で、かつ、超音波インピーダンス値 $Z$ が連続的に仮ピーク値より小さくなった場合に、仮ピーク値が対象ピークであったと判定される。図9に示す一例では、漸減開始時 $t_1$ 以後において、仮ピーク値 $Z_1$ より連続的に超音波インピーダンス値 $Z$ が小さくなる。そして、漸減開始時である経過時間 $t_1$ から基準時間 $\Delta T_1$ 経過する間での超音波インピーダンス値 $Z$ の減少量 $\varepsilon_{1real}$ は、基準減少量 $\varepsilon_1$ 以上となっている。このため、図9に示す一例では、ピーク判定部57により仮ピーク値 $Z_1$ が対象ピークであったと判断される。したがって、経過時間 $t_1$ の時点(仮ピーク値 $Z_1$ が検出された時点)で処置対象 $H$ の少なくとも一部が分断されていたと判断される。

【0045】

また、別のある実施例では、ステップS113で、漸減開始時以後において超音波インピーダンス値 $Z$ が漸増したか否かが、判定されてもよい。そして、漸減開始時以後に超音波インピーダンス値 $Z$ が漸増した場合は、ステップS113で、漸増し始めた漸増開始時からの超音波インピーダンス値 $Z$ の増加量 $\xi_{real}$ が基準増加量 $\xi$ 以上となったか否か

10

20

30

40

50

が、判断される。この実施例では、漸減開始時から基準時間  $\Delta T$  だけ経過した後において仮ピーク値からの超音波インピーダンス値  $Z$  の減少量  $\varepsilon_{real}$  が基準減少量  $\varepsilon$  以上で、かつ、超音波インピーダンス値  $Z$  が漸増開始時から増加量  $\xi_{real}$  が基準増加量  $\xi$  以上にならない場合に、仮ピーク値が対象ピークであったと判定される。図 9 に示す一例では、漸減開始時  $t_1$  以後において、超音波インピーダンス値  $Z$  が漸増しない。そして、漸減開始時である経過時間  $t_1$  から基準増加量  $\xi$  以上増加することではなく、かつ、基準時間  $\Delta T_1$  経過する間での超音波インピーダンス値  $Z$  の減少量  $\varepsilon_{1real}$  は、基準減少量  $\varepsilon_1$  以上となっている。このため、図 9 に示す一例では、仮ピーク値  $Z_1$  が対象ピークであったと判断される。

【 0 0 4 6 】

10

なお、前述の実施例では、基準時間  $\Delta T$  の長さ、基準減少量  $\varepsilon$  の大きさ及び基準増加量  $\xi$  の大きさは、既定の値に定まったものでなく、超音波インピーダンス値  $Z$  の経時的な変化等に対応させて設定されてもよい。したがって、状況に応じて、基準時間  $\Delta T$ 、基準減少量  $\varepsilon$  及び基準増加量  $\xi$  の値が変化する。また、仮ピーク値に対する漸減開始時以後の超音波インピーダンス値  $Z$  の経時的な変化の比較（ステップ S 1 1 3）、及び、仮ピーク値が対象ピークであったか否かの判定（ステップ S 1 1 4）は、前述の実施例に限るものではない。

【 0 0 4 7 】

前述のように、仮ピーク値に対する漸減開始時以後の超音波インピーダンス値  $Z$  の経時的な変化の比較（ステップ S 1 1 3）、及び、仮ピーク値が対象ピークであったか否かの判定（ステップ S 1 1 4）が行われることにより、処置対象 H の切れ分かれに起因する対象ピークが検出される。対象ピークは、対象ピーク時から基準時間  $\Delta T$  だけ経過した後には検出される。したがって、対象ピークが検出されるピーク検出時は、対象ピーク時より後の時点であり、超音波インピーダンス値  $Z$  が対象ピークとなる対象ピーク時に対象ピークが検出されるわけではない。図 9 に示す一例では、経過時間  $t_1 + \Delta T_1$  が、対象ピークが検出されるピーク検出時となる。

20

【 0 0 4 8 】

また、例えば、処置対象 H が厚い（処置対象 H のジョー 1 8 の開閉方向についての寸法が大きい）場合は、ジョー 1 8 の当接部 4 5 が処置対象 H に当接し、処置対象 H のジョー 1 8 との接触表面が切開され始めた瞬間に、超音波インピーダンス値  $Z$  のピークが発生する。本実施形態では、前述のように対象ピークの検出が行われるため、当接部 4 5 の処置対象 H への当接に起因するピークが対象ピークではなかったと、判定される。このため、対象ピークとは異なるピークが対象ピークより前に発生した場合でも、適切に対象ピークが検出される。

30

【 0 0 4 9 】

図 10 に示すフローにしたがって、処置対象 H の切れ分かれに起因するピークが検出される（ステップ S 1 0 1 - S 1 0 3）と、超音波制御部 5 8 によって、第 1 の超音波出力モードから第 2 の超音波出力モードに電源 2 6 からの超音波電力  $P$  の出力状態が切替えられる（ステップ S 1 0 4）。したがって、第 2 の超音波出力モードで、振動発生電力  $P$  が出力される。本実施形態では、対象ピークが検出されたピーク検出時に、第 1 の超音波出力モードから第 2 の超音波出力モードに切替えられる。したがって、ピーク検出時から少なくとも規定時間  $\Delta T'$  だけ経過した時点では、第 2 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力されている。図 11（図 9）に示す一例では、ピーク検出時  $t_1 + \Delta T_1$  に第 1 の超音波出力モードから第 2 の超音波出力モードに切替えられるため、ピーク検出時  $t_1 + \Delta T_1$  から規定時間  $\Delta T'_1$  だけ経過した時点では、第 2 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力される。

40

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、第 2 の超音波出力モードにおいて、超音波制御部 5 8 によって、振動発生電流  $I$  の電流値（交流電流の実効値）が第 1 の電流値  $I_1$  より小さい一定の第 2 の電流値  $I_2$  に保たれる定電流制御で、振動発生電力  $P$  の出力状態が制御される。したがって

50

、振動発生電流  $I$  が一定の第 2 の電流値  $I_2$  となる状態に、超音波インピーダンス値  $Z$  の変化に対応させて振動発生電力  $P$  (振動発生電圧  $V$ ) を調整している。前述のように、処置部 17 での超音波振動の振幅  $U$  は、振動発生電流  $I$  の電流値に比例する。第 2 の超音波出力モードでは、振動発生電流  $I$  が第 2 の電流値  $I_2$  に保たれるため、図 11 に示すように、処置部 17 は第 1 の振幅  $U_1$  より小さい一定の第 2 の振幅  $U_2$  で振動する。第 2 の振幅  $U_2$  の第 1 の振幅  $U_1$  に対する比率は、例えば 20% ~ 80% である。第 1 の超音波出力モード及び第 2 の超音波出力モードにおいて前述のように処置部 17 の振幅が調整されるため、所定の単位時間の間での超音波振動による処置部 17 の振幅  $U$  の平均を平均振幅  $U_{ave}$  とした場合、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部 17 の平均振幅  $U_{ave}$  が小さくなる。

10

【0051】

なお、超音波制御部 58 は、第 1 の超音波出力モードと第 2 の超音波出力モードとの間で、振動発生電流  $I$  の電流値を直接的に調整してもよく、振動発生電力  $P$  の電力値を調整することにより振動発生電流  $I$  の電流値を変化させてもよい。したがって、超音波制御部 58 は、振動発生電力  $P$  の電力値、及び、振動発生電流  $I$  の電流値の少なくとも一方を調整することにより、第 1 の超音波出力モードと第 2 の超音波出力モードとの間で、処置部 17 での超音波振動の振幅  $U$  を変化させている。

【0052】

ここで、超音波振動による処置部 17 の振動速度を  $v$  とし、超音波振動の共振周波数を  $F$  とすると、式 (2) が成立する。

20

【0053】

【数 2】

$$v \propto U \cdot F \quad (2)$$

【0054】

すなわち、振動速度  $v$  は、振幅  $U$  と共振周波数  $F$  との積に比例する。前述のように、第 2 の超音波出力モードでの処置部 17 の第 2 の振幅  $U_2$  は、第 1 の超音波出力モードでの処置部 17 の第 1 の振幅  $U_1$  より小さい。このため、所定の単位時間の間での超音波振動による処置部 17 の振動速度  $v$  の平均を平均振動速度  $v_{ave}$  とした場合、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなる。

30

【0055】

所定の単位時間の間での処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなると、処置対象  $H$  の処置において処置部 17 の振動によって発生する摩擦熱の熱量が小さくなる。摩擦熱の熱量が小さくなることにより、処置対象  $H$  の処置において処置部 17 での超音波振動による切開性能が小さくなる。したがって、第 2 の超音波出力モードでは、ピーク検出時以前の第 1 の超音波出力モードに比べて、処置部 17 での超音波振動による切開性能が小さくなる。ただし、第 2 の超音波出力モードにおいても、処置部 17 は振動しているため、摩擦熱によって処置対象  $H$  は凝固と同時に切開される。

40

【0056】

ここで、超音波振動の伝達方向 (長手軸方向) について処置対象  $H$  の一部の範囲においてのみ処置対象  $H$  が分断される (切れ分かれる) 場合でも、処置対象  $H$  が分断された範囲においてジョー 18 の当接部 45 が処置部 17 に当接する。このため、長手軸方向について処置対象  $H$  の一部の範囲においてのみ処置対象  $H$  が分断されて切れ分かれる場合でも、切れ分かれに起因する対象ピークが発生する。この場合、超音波振動の伝達方向について処置対象  $H$  の残りの一部の範囲では、ピーク検出時において、処置対象  $H$  が分断されていない。このため、ピーク検出時に電源 26 からの振動発生電力  $P$  の出力が停止された場合、超音波振動の伝達方向 (長手軸方向) に平行でかつジョー 18 の開閉方向に平行な分断面  $D$  で処置対象  $H$  が分断されない切れ残りが、処置対象  $H$  の残りの一部の範囲に発生する

50

。

## 【 0 0 5 7 】

そこで、本実施形態では、ピーク検出時以後においても、第 2 の超音波出力モードで電源 2 6 から振動発生電力 P が出力される。このため、ピーク検出時以後においても、処置部 1 7 は振動（縦振動）し、処置部 1 7 において摩擦熱が発生する。したがって、ピーク検出時において一部の範囲で処置対象 H が分断されていない場合でも、摩擦熱によって、分断されていない一部の範囲において処置対象 H が凝固と同時に切開される。これにより、ピーク検出時において分断されていない一部の範囲においても、処置対象 H が分断面 D で分断される。前述のようにして、処置対象 H に切れ残りが発生することが、有効に防止される。

10

## 【 0 0 5 8 】

また、第 2 の超音波出力モードでは、処置部 1 7 が小さい第 2 の振幅  $U_2$  で振動するため、前述したように、所定の単位時間の間での処置部 1 7 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなり、処置部 1 7 の振動によって発生する摩擦熱の熱量が小さくなる。このため、ピーク検出時以後において第 2 の超音波出力モードで処置部 1 7 が振動しても、当接部 4 5 が処置部 1 7 に当接する部位において、パッド部材 4 3（当接部 4 5）の摩耗及び熱変形が低減される。

## 【 0 0 5 9 】

図 1 0 に示すように、第 2 の超音波出力モードに電源 2 6 からの振動発生電力 P の出力状態が切替わる（ステップ S 1 0 4）と、告知部 5 9 によって、電源 2 6 からの振動発生電力 P の出力状態が第 1 の超音波出力モードから第 2 の超音波出力モードに切替わったことが、告知される（ステップ S 1 0 5）。ここで、告知部 5 9 がブザーである場合は、音を発信し、告知部 5 9 がランプである場合は、点灯する。告知部 5 9 によって、術者は、処置対象 H が切れ分かれたか否かを判断するとともに、第 2 の超音波出力モードに切替わったことを認識する。そして、電源 2 6 からの振動発生電力 P の出力が停止される（ステップ S 1 0 6）。振動発生電力 P の出力は、術者によって手動で停止されてもよく、ピーク検出時（第 2 の超音波出力モードでの振動発生電力 P の出力開始）から所定の出力時間  $\Delta Y$  だけ経過した後に自動的に停止されてもよい。図 1 1 に示す一例では、ピーク検出時  $t_1 + \Delta T_1$  から所定の出力時間  $\Delta Y_1$  だけ経過した後に、振動発生電力 P の出力が自動的に停止される。

20

30

## 【 0 0 6 0 】

本実施形態の超音波処置装置 1 では、超音波インピーダンス値 Z の漸減開始時を検出し、漸減開始時での超音波インピーダンス値 Z を仮ピーク値として保持している。そして、仮ピーク値に対して漸減開始時以後の超音波インピーダンス値 Z の経時的な変化を比較することにより、保持された仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定している。このため、切れ分かれに起因して発生する対象ピーク（対象ピーク値）の大きさに関係なく、対象ピークを適切に検出することができる。したがって、超音波振動を用いた処置部 1 7 とジョー 1 8 との間で把持された処置対象 H の処置において、処置対象 H が切れ分かれたか否かを、適切に判断することができる。

## 【 0 0 6 1 】

また、本実施形態ではピーク検出時以後においても、第 2 の超音波出力モードで電源 2 6 から振動発生電力 P が出力される。このため、ピーク検出時以後においても、処置部 1 7 は振動（縦振動）し、処置部 1 7 において摩擦熱が発生する。したがって、ピーク検出時において一部の範囲で処置対象 H が分断されていない場合でも、摩擦熱によって、分断されていない一部の範囲において処置対象 H が凝固と同時に切開される。これにより、処置対象 H に切れ残りが発生することを、有効に防止することができる。

40

## 【 0 0 6 2 】

また、第 2 の超音波出力モードでは、処置部 1 7 が小さい第 2 の振幅  $U_2$  で振動するため、処置部 1 7 の振動によって発生する摩擦熱の熱量が小さくなる。このため、ピーク検出時以後において第 2 の超音波出力モードで処置部 1 7 が振動しても、当接部 4 5 が処置

50

部 17 に当接する部位において、パッド部材 43 ( 当接部 45 ) の摩耗及び熱変形を低減させることができる。

【 0063 】

( 変形例 )

なお、第 1 の実施形態では、第 2 の超音波出力モードにおいて、処置部 17 の振幅は第 2 の振幅  $U_2$  で一定に保たれるが、これに限るものではない。例えば、第 1 の変形例として図 13 に示すように、第 2 の超音波出力モードにおいて処置部 17 ( 例えば、超音波プローブ 9 の先端 ) での超音波振動の振幅  $U$  が経時的に変化してもよい。図 13 は、図 9 に示すように超音波インピーダンス値  $Z$  が経時的に変化する一例での、処置部 17 ( 例えば、超音波プローブ 9 の先端 ) での超音波振動の振幅  $U$  の経時的な変化を示している。図 13 では、縦軸に超音波振動の振幅  $U$  を示し、横軸に振動発生電力  $P$  の出力開始からの経過時間  $t$  を示している。

10

【 0064 】

ここで、処置部 17 が一定の第 1 の振幅  $U_1$  で振動する振動状態を第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  と規定し、処置部 17 が第 1 の振幅  $U_1$  より小さい一定の第 2 の振幅  $U_2$  で振動する振動状態を第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  と規定する。本変形例では、第 1 の超音波出力モードにおいて、処置部 17 の振動状態が、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  に連続的に保たれている。したがって、第 1 の超音波出力モードでは、一定の第 1 の振幅  $U_1$  で処置部 17 が振動する。超音波制御部 58 は、振動発生電力  $P$  の電力値、及び、振動発生電流  $I$  の電流値の少なくとも一方を調整することにより、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  と第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  との間で、処置部 17 での超音波振動の振幅  $U$  を変化させている。

20

【 0065 】

また、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  と第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  との間で、処置部 17 の超音波振動による振動状態が周期的に変化する。すなわち、第 2 の超音波出力モードでは、変調周期 ( 周期 )  $\Delta W$  で処置部 17 の振動状態が変調される ( 変化する。 ) 。なお、変調周期 ( 超音波変調周期 )  $\Delta W$  は、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  の開始から次の第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  の開始まで ( 第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  の開始から次の第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  の開始まで ) の経過時間と、一致する。図 13 に示す一例では、第 2 の超音波出力モードにおいて、変調周期  $\Delta W_1$  で処置部 17 の振動状態が変化する。ここで、変調周期 ( 一周期 )  $\Delta W$  において第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  が占める割合を第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  のデューティ比 ( duty rate )  $\gamma$  とする。第 2 の超音波出力モードでは、第 2 の振幅  $U_2$  の第 1 の振幅  $U_1$  に対する比率は、例えば 20 % ~ 80 % であり、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  のデューティ比  $\gamma$  は、例えば 25 % ~ 75 % となる。なお、第 1 の超音波出力モードでは、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  が連続的に保たれるため、第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  のデューティ比  $\gamma$  は 100 % となる。

30

【 0066 】

前述のように、第 1 の超音波出力モードと第 2 の超音波出力モードとの間で第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  のデューティ比  $\gamma$  が変化する。このため、第 2 の超音波出力モードでは、第 2 の振動ステージ  $\Delta S_2$  に対する第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  の時間比率  $\tau$  が第 1 の超音波出力モードに比べて小さくなる。処置部 17 の振幅  $U$  が大きくなる第 1 の振動ステージ  $\Delta S_1$  の時間比率  $\tau$  が小さくなることにより、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部 17 の平均振幅  $U_{ave}$  が小さくなる。このため、第 1 の実施形態で前述した式 ( 2 ) 等から、本変形例でも、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間での処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなる。

40

【 0067 】

所定の単位時間での処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなることにより、本変形例でも、第 2 の超音波出力モードでは、処置対象 H の処置において処置部 17 の振動によって発生する摩擦熱の熱量が小さくなる。摩擦熱の熱量が小さくなることにより、処置対象 H の処置において処置部 17 での超音波振動による切開性能が小さくなる。したがっ

50

て、第2の超音波出力モードでは、ピーク検出時以前の第1の超音波出力モードに比べて、処置部17での超音波振動による切開性能が小さくなる。ただし、本変形例でも第1の実施形態と同様に、第2の超音波出力モードにおいても、処置部17は振動しているため、摩擦熱によって処置対象Hは凝固と同時に切開される。

#### 【0068】

また、例えば、第2の変形例として図14に示すように、第1の超音波出力モードにおいて処置部17（例えば、超音波プローブ9の先端）での超音波振動の振幅Uが経時的に変化してもよい。図14は、図9に示すように超音波インピーダンス値Zが経時的に変化する一例での、処置部17（例えば、超音波プローブ9の先端）での超音波振動の振幅Uの経時的な変化を示している。図14では、縦軸に超音波振動の振幅Uを示し、横軸に振動発生電力Pの出力開始からの経過時間tを示している。

10

#### 【0069】

本変形例では、第2の超音波出力モードに加えて第1の超音波出力モードにおいても、第1の振動ステージΔS1と第2の振動ステージΔS2との間で処置部17の超音波振動による振動状態が周期的に変化する。第1の超音波出力モードでは、第2の超音波出力モードと同一の変調周期（周期）ΔWで処置部17の振動状態が変調される（変化する。）。

図14に示す一例では、第1の超音波出力モード及び第2の超音波出力モードの両方において、第1の振動ステージΔS1と第2の振動ステージΔS2との間での処置部17の振動状態の変化の変調周期がΔW1となる。本変形例でも、第1の超音波出力モードにおいて、変調周期ΔWにおける第1の振動ステージΔS1が占める割合（すなわち、第1の振動ステージΔS1のデューティ比）γが、第2の超音波出力モードに比べて、大きくなる。第1の超音波出力モードでは、第1の振動ステージΔS1のデューティ比γが例えば80～90%となり、第2の超音波出力モードでは、第1の振動ステージΔS1のデューティ比γが例えば30～40%となる。

20

#### 【0070】

前述のように、第1の超音波出力モードと第2の超音波出力モードとの間で第1の振動ステージΔS1のデューティ比γが変化するため、本変形例でも第1の変形例と同様に、第2の超音波出力モードにおいて、第2の振動ステージΔS2に対する第1の振動ステージΔS1の時間比率τが第1の超音波出力モードに比べて小さくなる。このため、第2の超音波出力モードでは、第1の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部17の平均振幅U<sub>ave</sub>が小さくなり、第1の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部17の平均振動速度v<sub>ave</sub>が小さくなる。したがって、第2の超音波出力モードでは、ピーク検出時以前の第1の超音波出力モードに比べて、処置部17での超音波振動による切開性能が小さくなる。ただし、本変形例でも第1の実施形態と同様に、第2の超音波出力モードにおいても、処置部17は振動しているため、摩擦熱によって処置対象Hは凝固と同時に切開される。

30

#### 【0071】

また、第3の変形例として図15に示すように、第1の超音波出力モードと第2の超音波出力モードとの間で、処置部17の振幅Uが変化しなくてもよい。代わりに、本変形例では、第1の超音波出力モードと第2の超音波出力モードとの間で、超音波振動の共振周波数Fが変化する。図15は、図9に示すように超音波インピーダンス値Zが経時的に変化する一例での、超音波振動の共振周波数Fの経時的な変化を示している。図15では、縦軸に超音波振動の共振周波数Fを示し、横軸に振動発生電力Pの出力開始からの経過時間tを示している。

40

#### 【0072】

図15に示すように、本変形例では、第1の超音波出力モードにおいて超音波プローブ9（処置部17）は第1の共振周波数F<sub>1</sub>で振動し、第2の超音波出力において超音波プローブ9（処置部17）は第1の共振周波数F<sub>1</sub>より小さい第2の共振周波数F<sub>2</sub>で振動する。第1の超音波出力モードでは超音波振動の第1の共振周波数F<sub>1</sub>は、例えば47kHzとなり、第2の超音波出力モードでは超音波振動の第2の共振周波数F<sub>2</sub>は、第1の

50

共振周波数  $F_1$  の  $1/2$  の  $23.5 \text{ kHz}$  となる。第 2 の共振周波数  $F_2$  を第 1 の共振周波数  $F_1$  の  $1/2$  にすることにより、第 1 の超音波出力モード及び第 2 の超音波出力モードの両方において、振動伝達部の基端（ホーン部材 23 の基端）及び振動伝達部の先端（超音波プローブ 9 の先端）が超音波振動の腹位置となる状態で、振動伝達部（ホーン部材 23 及び超音波プローブ 9）を振動させることが可能となる。なお、超音波振動の共振周波数は、振動発生電流  $I$  の周波数を変化させることにより、変化する。

#### 【0073】

本変形例では、第 2 の超音波出力モードにおいて、第 1 の超音波出力モードに比べて、超音波振動の共振周波数  $F$  が小さくなる。第 1 の実施形態で前述した式 (2) から、処置部 17 の振動速度  $v$  は、振幅  $U$  と共振周波数  $F$  との積に比例する。共振周波数  $F$  が小さくなることにより、第 2 の超音波出力モードでは、第 1 の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$  が小さくなる。したがって、第 2 の超音波出力モードでは、ピーク検出時以前の第 1 の超音波出力モードに比べて、処置部 17 での超音波振動による切開性能が小さくなる。ただし、本変形例でも第 1 の実施形態と同様に、第 2 の超音波出力モードにおいても、処置部 17 は振動しているため、摩擦熱によって処置対象  $H$  は凝固と同時に切開される。

#### 【0074】

また、前述の実施形態及び変形例では、ピーク検出時に切開性能が小さい第 2 の超音波出力モードに切替えられるが、これに限るものではない。例えば、第 4 の変形例として図 16 及び図 17 に示すように、ピーク検出時から設定時間  $\Delta Y'$  だけ経過した時点で、切開性能が小さい第 2 の超音波出力モードに切替えられてもよい。図 16 は、本変形例において、振動発生電力  $P$  の出力が開始されてからの制御ユニット 3 の作動状態（フロー）を示す図である。また、図 17 は、図 9 に示すように超音波インピーダンス値  $Z$  が経時的に変化する一例での、処置部 17（例えば、超音波プローブ 9 の先端）での超音波振動の振幅  $U$  の経時的な変化を示している。図 17 では、縦軸に超音波振動の振幅  $U$  を示し、横軸に振動発生電力  $P$  の出力開始からの経過時間  $t$  を示している。

#### 【0075】

図 16 及び図 17 に示すように、本変形例では、超音波インピーダンス値  $Z$  の対象ピークの検出処理（ステップ  $S103$ ）によって対象ピークが検出されると、第 3 の超音波出力モードへ振動発生電力  $P$  の電源 26 からの出力状態が切替えられる（ステップ  $S121$ ）。すなわち、ピーク検出時に、第 3 の超音波出力モードでの振動発生電力  $P$  の出力が開始される。そして、ピーク検出時から設定時間  $\Delta Y'$  の間だけ、第 3 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力される。そして、第 3 の超音波出力モードへの振動発生電力  $P$  の出力状態の切替え時から設定時間  $\Delta Y'$  経過すると（ステップ  $S122 - Yes$ ）、切開性能（処置部 17 の平均振動速度  $v_{ave}$ ）の小さい第 2 の超音波出力モードへ振動発生電力  $P$  の出力状態が切替えられる。すなわち、第 3 の超音波出力モードでの出力開始（ピーク検出時）から設定時間  $\Delta Y'$  経過した時点で、第 2 の出力モードでの振動発生電力  $P$  の出力が開始される。

#### 【0076】

ここで、設定時間  $\Delta Y'$  は、規定時間  $\Delta T'$  より小さく、微小時間である。すなわち、第 3 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力される時間は、短い。このため、本変形例でも第 1 の実施形態と同様に、ピーク検出時から少なくとも規定時間  $\Delta T'$  だけ経過した時点では、第 2 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力されている。図 17 に示す一例では、ピーク検出時  $t_1 + \Delta T_1$  から規定時間  $\Delta T'_1$  より短い設定時間  $\Delta Y'_1$  の間だけ、第 3 の超音波出力モードで振動発生電力  $P$  が出力される。そして、ピーク検出時  $t_1 + \Delta T_1$  から設定時間  $\Delta Y'_1$  経過した時点で、第 2 の超音波出力モードに切替えられる。なお、設定時間  $\Delta Y'$  は、例えば 1 ~ 2 秒である。

#### 【0077】

本変形例では、第 1 の超音波出力モードにおいて、処置部 17 が一定の第 1 の振幅  $U_1$  で振動し、第 2 の超音波出力モードにおいて、処置部 17 が第 1 の振幅  $U_1$  より小さい一

10

20

30

40

50

定の第2の振幅 $U_2$ で振動する。そして、第3の超音波出力モードでは、処置部17が第1の振幅 $U_1$ より大きい第3の振幅 $U_3$ で振動する。前述のように処置部17の振幅 $U$ が変化することにより、第3の超音波出力モードでは、第1の超音波出力モード及び第2の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部17の平均振幅 $U_{ave}$ が大きくなる。したがって、第1の実施形態で前述した式(2)から、第3の超音波出力モードでは、第1の超音波出力モードに比べて、所定の単位時間の間での処置部17の平均振動速度 $v_{ave}$ が大きくなる。このため、第3の超音波出力モードでは、ピーク検出時以前の第1の超音波出力モードに比べて、処置部17での超音波振動による切開性能が大きくなる。

#### 【0078】

10

本変形例では、ピーク検出時から微小の設定時間 $\Delta Y'$ だけ、切開性能が高い(平均振動速度 $v_{ave}$ が大きい)第3の超音波出力モードで電源26から振動発生電力 $P$ が出力される。このため、ピーク検出時において一部の範囲で処置対象 $H$ が分断されていない場合でも、分断されていない一部の範囲において、ピーク検出時以後に瞬時に処置対象 $H$ が凝固と同時に切開される。これにより、処置対象 $H$ に切れ残りが発生することを、さらに有効に防止することができる。

#### 【0079】

また、第3の超音波出力モードで振動発生電力 $P$ が出力される設定時間 $\Delta Y'$ は、微小であり、ピーク検出時から少なくとも規定時間 $\Delta T'$ だけ経過した時点では、切開性能の小さい第2の超音波出力モードで振動発生電力 $P$ が出力されている。このため、第3の超音波出力モードで出力が行われる本変形例においても、当接部45が処置部17に当接する部位で、パッド部材43(当接部45)の摩耗及び熱変形を低減させることができる。

20

#### 【0080】

また、ある変形例では、超音波電力 $P$ の出力が開始されてから、超音波振動の周波数 $f$ の調整が、PLL(Phase Locked Loop)制御によって、行われてもよい。この場合、超音波振動の周波数 $f$ の調整が開始された調整開始以後において、超音波インピーダンス値 $Z$ の極小値の検出処理が行われる。ここで、周波数 $f$ の調整開始以後において最初に極小値 $Z$ を検出した時点を極小検出時とすると、この変形例では、制御部51によって極小検出時に、対象ピークの検出が行われない検出不可状態から対象ピークの検出が行われる検出許可状態へ、切替えられる。すなわち、極小検出時まで対象ピークの検出が行われない状態に、ピーク検出部53が、制御されている。

30

#### 【0081】

また、PLL制御によって周波数 $f$ が調整される別の変形例では、周波数 $f$ の調整開始時から所定の設定時間だけ経過した時点である起動時に、制御部51によって、対象ピークの検出が行われない検出不可状態から対象ピークの検出が行われる検出許可状態へ、切替えられてもよい。すなわち、この変形例では、起動時まで対象ピークの検出が行われない状態に、ピーク検出部53が、制御されている。

#### 【0082】

また、ある変形例では、ピーク検出部53が対象ピークの検出及び判定(決定)を行わない検出不可状態(非検出状態)とピーク検出部53が対象ピークの検出を行う検出許可状態との間の切替え操作を入力する切替操作部が、制御ユニット3等に設けられてもよい。

40

#### 【0083】

また、超音波振動に加えて、高周波電力が処置対象 $H$ の処置に用いられてもよい。この場合、処置部17及びジョー18に高周波電力が伝達され、処置部17及びジョー18は電極として機能する。そして、処置部17とジョー18との間で把持された処置対象 $H$ に高周波電流が流れることにより、処置対象(生体組織) $H$ が変成され、処置対象 $H$ の凝固が促進される。

#### 【0084】

前述の実施形態及び変形例では、超音波処置装置(1)は、電源(26)から振動発生

50

電力（ $P$ ）が出力されている状態において、振動発生電力（ $P$ ）の超音波インピーダンス値（ $Z$ ）を経時的に検出するインピーダンス検出部（ $52$ ）と、インピーダンス検出部（ $52$ ）での検出結果に基づいて、超音波インピーダンス値（ $Z$ ）が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部（ $55$ ）と、を備える。そして、超音波処置装置（ $1$ ）は、検出された漸減開始時での超音波インピーダンス値（ $Z$ ）を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部（ $56$ ）と、保持された仮ピーク値に対して漸減開始時以後の超音波インピーダンス値（ $Z$ ）の経時的な変化を比較することにより、保持された仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部（ $57$ ）と、を備える。そして、超音波処置装置（ $1$ ）は、ピーク判定部（ $57$ ）での判定に基づいて、対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間（ $\Delta T'$ ）だけ経過した時点において、ピーク検出時以前の第１の超音波出力モードに比べて処置部（ $17$ ）での超音波振動による切開性能が小さくなる第２の超音波出力モードで、電源（ $26$ ）から振動発生電力（ $P$ ）を出力させる超音波制御部（ $58$ ）を備える。

10

【 $0085$ 】

以上、本発明の実施形態等について説明したが、本発明は前述の実施形態等に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形ができることは勿論である。

【 $0086$ 】

以下、特徴的事項を付記する。

記

20

（付記項１）

振動発生電力が伝達されることにより超音波振動を発生する振動発生部と、前記振動発生部で発生した前記超音波振動が伝達され、伝達された前記超音波振動を用いて処置を行う処置部と、前記処置部に対して開閉可能なジョーであって、前記処置部に対して前記ジョーが閉じた状態において前記処置部に当接可能な当接部を備えるジョーと、を備える超音波処置装置において、前記振動発生部への前記振動発生電力の供給を制御する制御ユニットであって、

前記振動発生電力を出力可能な電源と、

前記電源から前記振動発生電力が出力されている状態において、前記振動発生電力の超音波インピーダンス値を経時的に検出するインピーダンス検出部と、

30

前記インピーダンス検出部での検出結果に基づいて、前記超音波インピーダンス値が漸減を開始する漸減開始時を検出する漸減検出部と、

検出された前記漸減開始時での前記超音波インピーダンス値を仮ピーク値として保持する仮ピーク値保持部と、

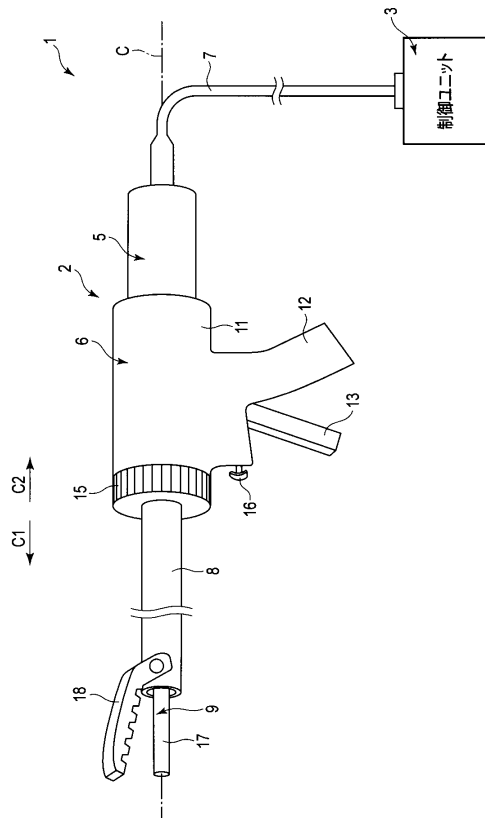
保持された前記仮ピーク値に対して前記漸減開始時以後の前記超音波インピーダンス値の経時的な変化を比較することにより、保持された前記仮ピーク値が検出対象である対象ピークであったか否かを判定するピーク判定部と、

前記電源からの前記振動発生電力の出力状態を制御する超音波制御部であって、前記ピーク判定部での判定に基づいて、前記対象ピークが検出されたピーク検出時から少なくとも規定時間だけ経過した時点において、前記ピーク検出時以前の第１の超音波出力モードに比べて前記処置部での前記超音波振動による切開性能が小さくなる第２の超音波出力モードで、前記電源から前記振動発生電力を出力させる超音波制御部と、

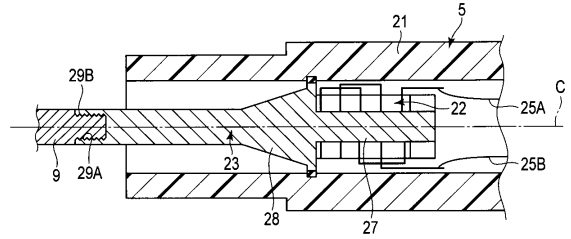
40

を具備する制御ユニット。

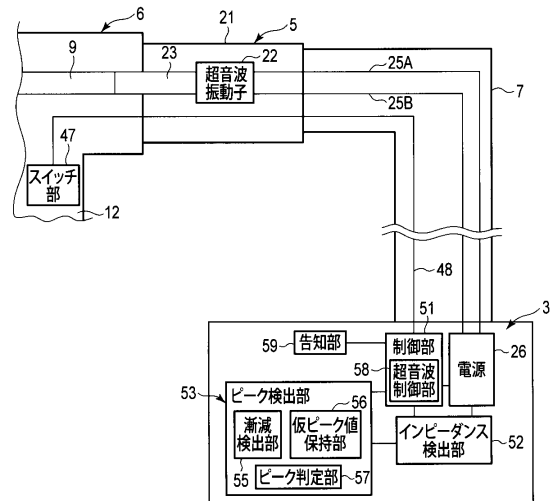
【 図 1 】



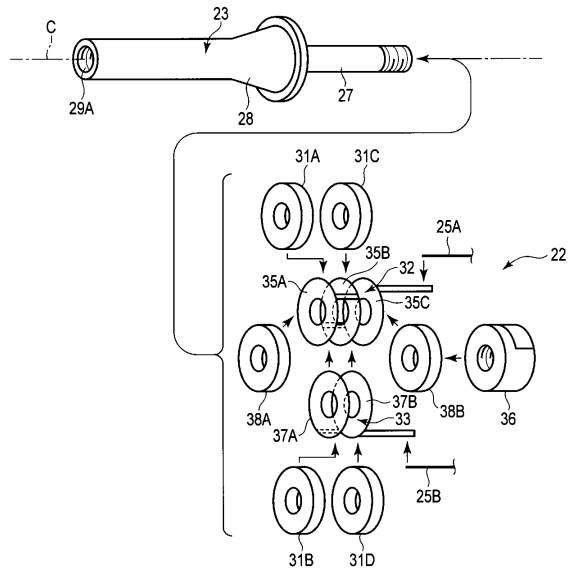
【 図 2 】



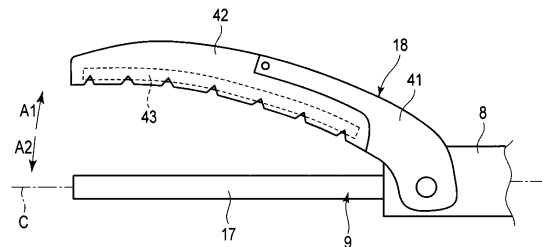
【 図 3 】



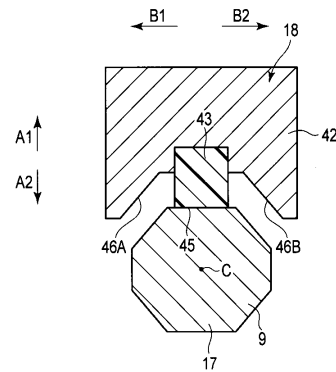
【 図 4 】



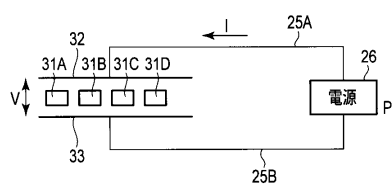
【 図 6 】



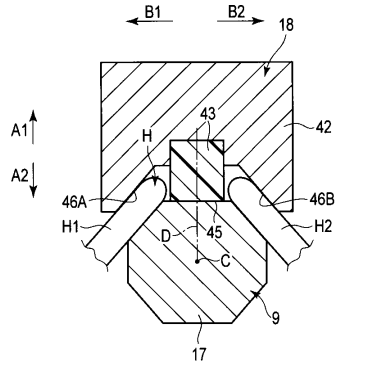
【圖 7】



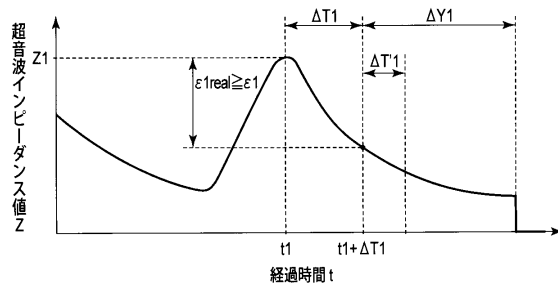
【 図 5 】



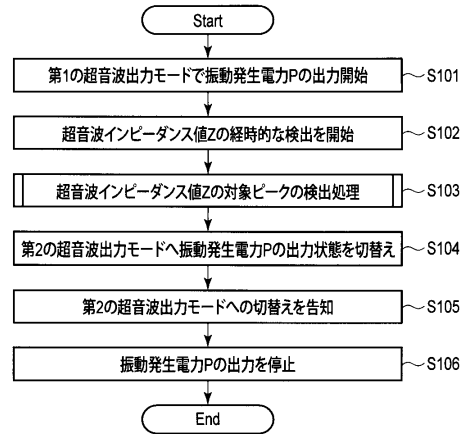
【図 8】



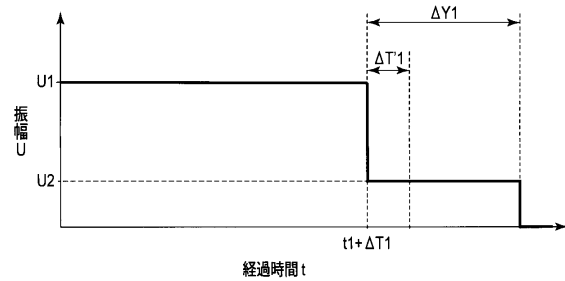
【図 9】



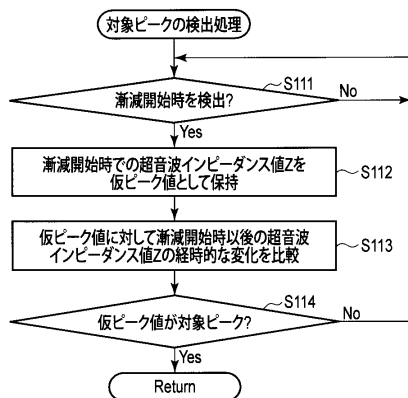
【図 10】



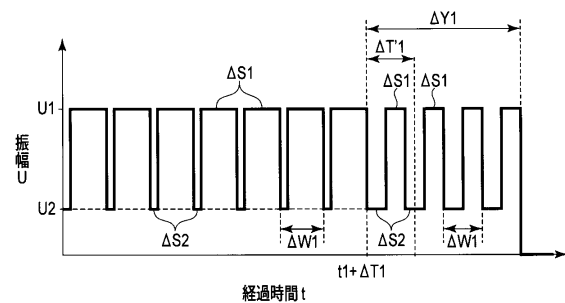
【図 11】



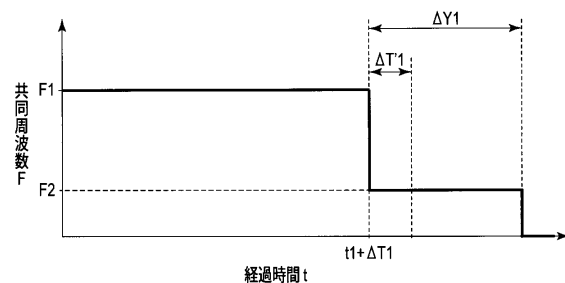
【図 12】



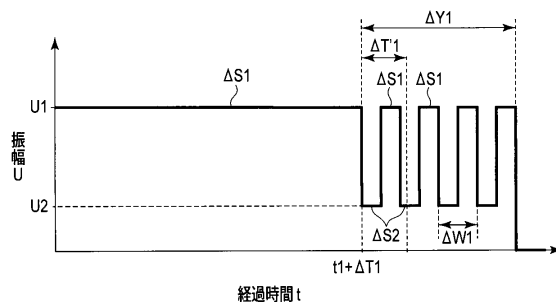
【図 14】



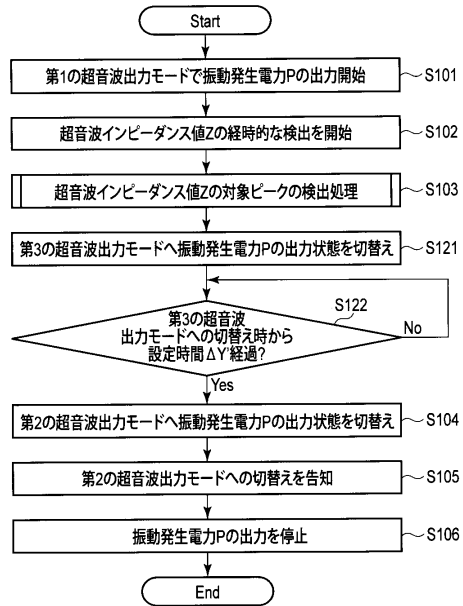
【図 15】



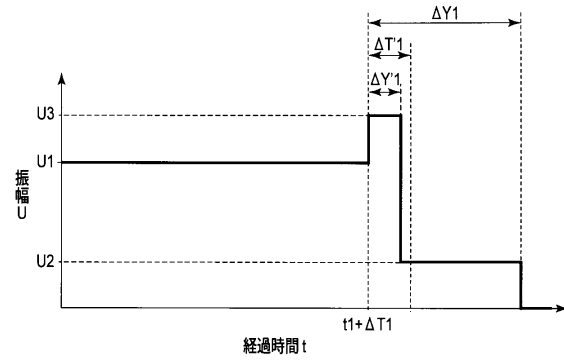
【図 13】



【図 16】



【図 17】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100124394

弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807

弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073

弁理士 堀内 美保子

(72)発明者 津布久 佳宏

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 木村 立人

(56)参考文献 特開2009-254818(JP,A)

特開昭63-212342(JP,A)

国際公開第2010/076869(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

A61B 17/32 — 17/326

A61B 18/00

G01R 27/00 — 27/32

|                |                                                                                                                                                          |         |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声波治疗仪                                                                                                                                                   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP5942045B2</a>                                                                                                                              | 公开(公告)日 | 2016-06-29 |
| 申请号            | JP2015542890                                                                                                                                             | 申请日     | 2015-02-02 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 奥林巴斯株式会社                                                                                                                                                 |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 奥林巴斯公司                                                                                                                                                   |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 奥林巴斯公司                                                                                                                                                   |         |            |
| [标]发明人         | 津布久佳宏                                                                                                                                                    |         |            |
| 发明人            | 津布久 佳宏                                                                                                                                                   |         |            |
| IPC分类号         | A61B17/32                                                                                                                                                |         |            |
| CPC分类号         | H01L41/042 A61B17/320092 A61B18/1445 A61B2017/00026 A61B2017/00115 A61B2017/00132 A61B2017/00137 A61B2017/320093 A61B2017/320095 A61B2018/00994 B06B1/06 |         |            |
| FI分类号          | A61B17/32.510                                                                                                                                            |         |            |
| 代理人(译)         | 河野直树<br>井上 正<br>冈田隆                                                                                                                                      |         |            |
| 优先权            | 2014027988 2014-02-17 JP                                                                                                                                 |         |            |
| 其他公开文献         | JPWO2015122306A1                                                                                                                                         |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                |         |            |

# 摘要(译)

超声波处理装置 ( 2 ) 具有压电元件 ( 31A-31D ) 。当AC电压V施加到元件 ( 31A-31D ) 时, 交流电流I流过元件 ( 31A-31D ) , 并且元件 ( 31A-31D ) 产生超声波振动。振动传递到治疗部分 ( 17 ) 。处理部分 ( 17 ) 以振幅U 1振动并在处理部分 ( 17 ) 和活组织 ( H ) 之间产生摩擦热。该热凝固并切割活组织 ( H ) 。随着切口的进行, 超声波阻抗 $Z = V / I$ 逐渐增加。Z在时间t1取Z1并开始逐渐减小。由于Z开始减小, Z在时间 $\Delta T1$ 期间减小 $\varepsilon 1real$ 。如果1 real大于或等于预定标准 $\varepsilon$ , 则Z被确定为在时间t1处的峰值。在这种情况下, V减小, 使得处理部分 ( 17 ) 的幅度U减小到U 2。结果, 由处理部分 ( 17 ) 产生的摩擦热减少。此时, 完成了活组织 ( H ) 的切开。以这种方式, 防止了过量摩擦热的产生。

|               |                              |           |                  |
|---------------|------------------------------|-----------|------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2015-542890 (P2015-542890) | (73) 特許権者 | 000000376        |
| (86) (22) 出願日 | 平成27年2月2日 (2015. 2. 2)       |           | オリンパス株式会社        |
| (86) 国際出願番号   | PCT/JP2015/052865            |           | 東京都八王子市石川町2951番地 |
| (87) 国際公開番号   | W02015/122306                | (74) 代理人  | 100108855        |
| (87) 国際公開日    | 平成27年8月20日 (2015. 8. 20)     |           | 弁理士 蔵田 昌俊        |
| 審査請求日         | 平成27年8月27日 (2015. 8. 27)     | (74) 代理人  | 100103034        |
| (31) 優先権主張番号  | 特願2014-27988 (P2014-27988)   |           | 弁理士 野河 信久        |
| (32) 優先日      | 平成26年2月17日 (2014. 2. 17)     | (74) 代理人  | 100075672        |
| (33) 優先権主張国   | 日本国 (JP)                     |           | 弁理士 峰 隆司         |
| 早期審査対象出願      |                              | (74) 代理人  | 100153051        |
|               |                              |           | 弁理士 河野 直樹        |
|               |                              | (74) 代理人  | 100140176        |
|               |                              |           | 弁理士 砂川 克         |
|               |                              | (74) 代理人  | 100179062        |
|               |                              |           | 弁理士 井上 正         |

最終頁に続く