

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年11月10日(10.11.2016)



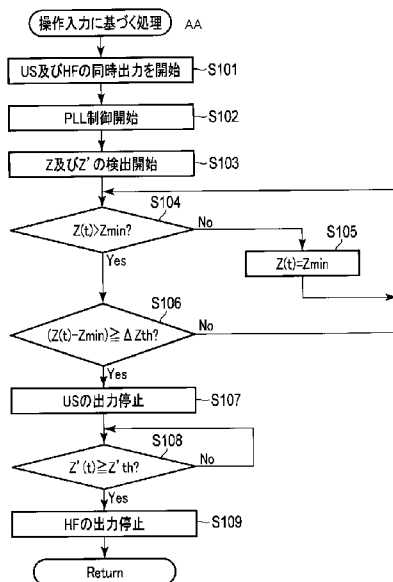
(10) 国際公開番号  
WO 2016/178359 A1

- (51) 国際特許分類:  
A61B 17/32 (2006.01) A61B 18/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062129
- (22) 国際出願日: 2016年4月15日(15.04.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2015-094910 2015年5月7日(07.05.2015) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 津布久 佳宏 (TSUBUKU, Yoshihiro); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050014 東京都港区芝3丁目23番1号 セレスティン芝三井ビルディング11階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ENERGY TREATMENT DEVICE AND ENERGY CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: エネルギー処置装置及びエネルギー制御装置



S101 Start simultaneous output of US and HF  
 S102 Start PLL control  
 S103 Start sensing of Z and Z'  
 S107 Halt output of US  
 S109 Halt output of HF  
 AA Treatment based on operation input

(57) Abstract: A switch sensing unit of this energy treatment device detects switching from gradual decrease to gradual increase of acoustic impedance based on the result of sensing the acoustic impedance. In a state where ultrasonic electric energy and high frequency electric energy are simultaneously outputted from an energy source, a control unit halts output of the ultrasonic electric energy on the basis of sensing of switching from gradual decrease to gradual increase of the acoustic impedance, and halts output of the high frequency electric energy on the basis of a high frequency impedance reaching a set threshold.

(57) 要約: エネルギー処置装置の切替わり検出部は、音響インピーダンスの検出結果に基づいて前記音響インピーダンスが漸減状態から漸増状態への切替わったことを検出する。制御部は、エネルギー源から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記音響インピーダンスの前記漸減状態から前記漸増状態への切替わりが検出されたことに基づいて前記超音波電気エネルギーの出力を停止させ、高周波インピーダンスが設定された閾値に到達したことに基づいて前記高周波電気エネルギーの出力を停止させる。

WO 2016/178359 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：エネルギー処置装置及びエネルギー制御装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、超音波振動及び高周波電気エネルギーを同時に用いて処置を行うエネルギー処置装置及びエネルギー制御装置に関する。

### 背景技術

[0002] 米国特許第5540684号明細書には、供給される高周波電気エネルギーを用いてエンドエフェクタが処置対象を凝固する等して、処置対象を処置するエネルギー処置装置が開示されている。このエネルギー処置装置では、高周波電気エネルギーの供給が開始されると、高周波インピーダンス（組織インピーダンス）が経時的に検出される。そして、高周波インピーダンスが設定された閾値まで上昇したことに基づいて、エンドエフェクタへの高周波電気エネルギーの出力が停止される。これにより、凝固される処置対象の炭化が防止されるとともに、処置対象（生体組織）の電極への付着が防止される。

### 発明の概要

[0003] 米国特許第5540684号明細書のように高周波電気エネルギーのみを用いて処置対象を凝固する場合、処置対象の厚さ、エンドエフェクタへの血液の付着状態等によっては、高周波電気エネルギーに起因する熱によって処置対象の温度がある程度上昇するまで、長い時間を要してしまう。この場合、高周波インピーダンスが閾値に到達するまで、長い時間を要し、処置対象の凝固（血管の封止）が迅速に行われない。

[0004] 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、エネルギーの出力が開始されてから迅速かつ適切に処置対象が凝固される（封止される）エネルギー処置装置及びエネルギー制御装置を提供することにある。

[0005] 前記目的を達成するために、本発明のある態様のエネルギー処置装置は、

超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを出力可能なエネルギー源と、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが供給されることにより、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及び前記エネルギー源から供給される前記高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能なエンドエフェクタと、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが出力されている状態において音響インピーダンスを経時的に検出し、前記エネルギー源から前記高周波電気エネルギーが出力されている状態において高周波インピーダンス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前記音響インピーダンスの検出結果に基づいて、前記音響インピーダンスが経時的に漸減する漸減状態から前記音響インピーダンスが経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する切替わり検出部と、前記エネルギー源からの前記超音波電気エネルギーの出力状態及び前記高周波電気エネルギーの出力状態を制御し、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記切替わり検出部によって前記音響インピーダンスの前記漸減状態から前記漸増状態への切替わりが検出されたことに基づいて前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるとともに、前記インピーダンス検出部によって検出される前記高周波インピーダンスが設定された閾値に到達したことに基づいて前記高周波電気エネルギーの出力を停止させる制御部と、を備える。

[0006] また、本発明のある態様は、超音波振動及び高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能なエンドエフェクタと、超音波電気エネルギーが供給されることにより、前記エンドエフェクタに伝達される超音波振動を発生する振動発生部と、を備えるエネルギー処置具へのエネルギーの供給を制御するエネルギー制御装置であって、前記振動発生部に供給される超音波電気エネルギー及び前記エンドエフェクタに供給される前記高周波電気エネルギーを出力可能なエネルギー源と、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが出力されている状態において音響インピーダンスを経時的に検出し

、前記エネルギー源から前記高周波電気エネルギーが出力されている状態において高周波インピーダンス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前記音響インピーダンスの検出結果に基づいて、前記音響インピーダンスが経時的に漸減する漸減状態から前記音響インピーダンスが経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する切替わり検出部と、前記エネルギー源からの前記超音波電気エネルギーの出力状態及び前記高周波電気エネルギーの出力状態を制御し、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記切替わり検出部によって前記音響インピーダンスの前記漸減状態から前記漸増状態への切替わりが検出されたことに基づいて前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるとともに、前記インピーダンス検出部によって検出される前記高周波インピーダンスが設定された閾値に到達したに基づいて前記高周波電気エネルギーの出力を停止させる制御部と、を備える。

### 図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、第1の実施形態に係るエネルギー処置装置を示す概略図である。

[図2]図2は、第1の実施形態に係るエネルギー処置具とエネルギー制御装置との間の電気的な接続状態、及び、エンドエフェクタへエネルギーを供給する構成を示す概略図である。

[図3]図3は、第1の実施形態に係るエネルギー源からのエネルギーの出力を制御する構成を示す概略図である。

[図4]図4は、第1の実施形態に係るエンドエフェクタを長手軸に垂直な断面で概略的に示す断面図である。

[図5]図5は、第1の実施形態に係る操作ボタンでの操作入力に基づくエネルギー制御装置での処理を示すフローチャートである。

[図6]図6は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンスの経時的な変化の一例を示す概略図であ

る。

[図7]図7は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の高周波インピーダンスの経時的な変化の一例を示す概略図である。

[図8]図8は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンスの経時的な変化の図6とは別の一例を示す概略図である。

[図9]図9は、第1の変形例に係る操作ボタンでの操作入力に基づくエネルギー制御装置での処理を示すフローチャートである。

[図10]図10は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンスの経時的な変化の図6及び図8とは別の一例を示す概略図である。

[図11]図11は、第2の変形例に係る操作ボタンでの操作入力に基づくエネルギー制御装置での処理を示すフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

### [0008] (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8を参照して説明する。図1は、エネルギー処置装置（エネルギー処置システム）1を示す図である。図1に示すように、エネルギー処置装置（医療処置装置）1は、エネルギー処置具（ハンドピース）2と、エネルギー制御装置（エネルギー制御ユニット）3と、を備える。エネルギー処置具2は、長手軸Cを有する。ここで、長手軸Cに沿う方向について一方側が先端側（図1の矢印C1側）であり、先端側とは反対側が基端側（図1の矢印C2側）である。エネルギー処置具2は、ケーブル5を介してエネルギー制御装置3に、分離可能に接続されている。エネルギー制御装置3によって、エネルギー処置具2へのエネルギー（超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギー）の供給が制御される。

[0009] 図1に示すように、エネルギー処置具2は、ハウジング6を備える。ハウジング6は、長手軸Cに沿って延設されるハウジング本体7と、長手軸Cに

対して交差する方向へ向かってハウジング本体 7 から延設されるグリップ（固定ハンドル） 8 と、を備える。ハウジング 6 には、ハンドル（可動ハンドル） 11 が回転可能に取付けられている。ハンドル 11 がハウジング 6 に対して回転することにより、ハンドル 11 がグリップ 8 に対して開く又は閉じる。また、ハウジング本体 7 の先端側には回転ノブ 12 が、ハウジング 6 に対して長手軸 C 回りに回転可能に連結されている。そして、ハウジング 6 には、エネルギー制御装置 3 からエネルギー処置具 2 にエネルギー（処置エネルギー）を供給させる操作入力が行われる操作ボタン（操作部材） 13 が、取付けられている。

[0010] ハウジング 6 には、ハウジング本体 7 の内部に基端側から挿入される状態で、振動子ケース 15 が連結されている。振動子ケース 15 の基端部に、ケーブル 5 の一端が接続されている。また、ハウジング 6 には、回転ノブ 12 の内部及びハウジング本体 7 の内部に先端側から挿入される状態で、シース 16 が連結されている。シース 16 は、長手軸 C に沿って延設されている。また、エネルギー処置具 2 では、ハウジング本体 7 の内部からはシース 16 の内部を通して、振動伝達部材（プローブ） 17 が先端側に向かって延設されている。振動伝達部材 17 は、長手軸 C に沿って延設され、振動伝達部材 17 の先端部に第 1 の把持部（プローブ処置部） 21 が設けられている。振動伝達部材 17 は、シース 16 の先端から第 1 の把持部 21 が先端側へ向かって突出する状態で、シース 16 に挿通されている。

[0011] また、シース 16 の先端部には、第 2 の把持部（ジョー） 22 が回転可能に取り付けられている。ハンドル 11 をグリップ 8 に対して開く又は閉じることにより、シース 16 の内部に延設される可動シャフト（図示しない）が長手軸 C に沿って移動する。これにより、第 2 の把持部 22 がシース 16 に対して回転し、第 2 の把持部 22 と第 1 の把持部 21 との間が開く又は閉じる。本実施形態では、第 1 の把持部 21 及び第 2 の把持部 22 によって、供給されるエネルギーを用いて処置を行うエンドエフェクタ 20 が構成されている。エンドエフェクタ 20 では、第 1 の把持部 21 と第 2 の把持部 22 と

の間で把持される生体組織等の処置対象が供給されるエネルギーによって処置される。また、回転ノブ12を回転させることにより、シース16、振動伝達部材17（第1の把持部21）及び第2の把持部22が回転ノブ12と一緒にハウジング6に対して長手軸C回りに回転する。これにより、エンドエフェクタ20の長手軸C回りの角度位置が調整される。

[0012] 図2は、エネルギー処置具2とエネルギー制御装置3との間の電氣的な接続状態、及び、エンドエフェクタ20へエネルギーを供給する構成を示す図である。図2に示すように、エネルギー制御装置3は、制御部25と、エネルギー源26と、メモリ等の記憶媒体27と、を備える。エネルギー源26は、超音波電気エネルギー（後述する振動発生部40で超音波振動を発生させるための電気エネルギー）及び高周波電気エネルギー（第1把持部21と後述する電極部材46との間の処置対象に高周波電流を流すための電気エネルギー）を出力可能である。制御部25は、例えばCPU（Central Processing Unit）又はASIC（application specific integrated circuit）等を備えるプロセッサ等を備え、バス等のインターフェースを介してエネルギー源26及び記憶媒体28と信号及び情報を授受可能である。このため、制御部25は、エネルギー源26からのエネルギーの出力状態を検出可能であるとともに、エネルギー源26からのエネルギーの出力状態を制御可能である。そして、制御部25は、記憶媒体27から情報を読み取り可能であるとともに、記憶媒体27に情報を書込み可能である。

[0013] ハウジング6の内部には、スイッチ31が設けられている。スイッチ31は、ハウジング6の内部及びケーブル5の内部を通して延設される信号経路32A、32Bを介して、制御部25に電氣的に接続されている。スイッチ31は、操作ボタン13によって押圧可能な位置に設けられ、操作ボタン13での操作入力に基づいて開閉が変化する。制御部25は、信号経路32A、32Bを介してスイッチ31の開閉を検知することにより、操作ボタン13で操作入力が行われているか否かを検出する。そして、制御部25は、操作ボタン13での操作入力の有無の検出結果に基づいて、エネルギー源26

からのエネルギーの出力状態を制御する。なお、本実施形態では、制御部 25 は、操作ボタン 13 での操作入力が行われていることを検出することにより、エネルギー源 26 から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力させる。

[0014] 図 3 は、エネルギー源 26 からのエネルギーの出力を制御する構成を示す図である。図 3 に示すように、エネルギー源 26 は、超音波電気エネルギー源（超音波電力源）35 及び高周波電気エネルギー源（高周波電力源）36 を備える。超音波電気エネルギー源 35 は、例えばバッテリーからの電力又はコンセントからの電力を超音波電気エネルギー（超音波電力 P）に変換する変換回路（駆動回路）等を備える。制御部 25 は、超音波電気エネルギー源 35 の駆動を制御することにより、超音波電気エネルギー源 35 からの超音波電気エネルギーの出力を制御している。また、高周波電気エネルギー源 36 は、例えばバッテリーからの電力又はコンセントからの電力を高周波電気エネルギー（高周波電力 P'）に変換する変換回路（駆動回路）等を備える。制御部 25 は、高周波電気エネルギー源 36 の駆動を制御することにより、高周波電気エネルギー源 36 からの高周波電気エネルギーの出力を制御している。

[0015] 振動子ケース 15 の内部には、振動発生部（超音波トランスデューサ）40 が設けられている。振動発生部 40 は、ハウジング本体 7 の内部において、基端側から振動伝達部材 17 に接続されている。振動発生部 40 は、（本実施形態では 4 つの）圧電素子 41 と、超音波電極 42 A, 42 B と、を備える。圧電素子 41 のそれぞれは、超音波電極（第 1 の超音波電極）42 A と超音波電極（第 2 の超音波電極）42 B との間で挟まれている。超音波電極 42 A は、ケーブル 5 の内部を通して延設される超音波電気経路（第 1 の超音波電気経路）43 A を介して、エネルギー源 26 の超音波電気エネルギー源 35 に接続されている。また、超音波電極 42 B は、ケーブル 5 の内部を通して延設される超音波電気経路（第 2 の超音波電気経路）43 B を介して、超音波電気エネルギー源 35 に接続されている。

[0016] 制御部25の制御によって超音波電気エネルギー源35から超音波電気エネルギーが出力されることにより、超音波電気経路43A、43Bを介して超音波電気エネルギーが振動発生部40に供給される。これにより、超音波電極（第1の超音波電極）42Aと超音波電極（第2の超音波電極）42Bとの間に超音波電圧Vが印加され、超音波電気経路43A、43Bに超音波電流Iが流れる。そして、圧電素子41によって、超音波電流Iが超音波振動に変換され、振動発生部40で超音波振動が発生する。振動発生部40で発生した超音波振動は、振動伝達部材17において基端側から先端側に向かって伝達される。そして、エンドエフェクタ20の第1の把持部21に超音波振動が伝達されることにより、第1の把持部21が例えば長手軸Cに沿う方向について振動する。これにより、エンドエフェクタ20は、超音波振動を用いて処置を行うことが可能となる。なお、超音波電流Iは、流れる向きが周期的に変化する交流電流である。

[0017] 図4は、エンドエフェクタ20を長手軸Cに垂直な断面で示している。図4は、第1の把持部21と第2の把持部22との間が閉じた状態を示している。図4に示すように、第2の把持部22は、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）等の電氣的に絶縁材料から形成されるパッド部材（当接部材）45と、電氣的に導電材料から形成される電極部材46と、を備える。第1の把持部21と第2の把持部22との間を閉じることにより、パッド部材45は第1の把持部21に当接可能である。すなわち、第1の把持部21と第2の把持部22との間に処置対象が配置されていない状態で第2の把持部22を第1の把持部21に対して閉じることにより、パッド部材45が、第1の把持部21に当接する。また、パッド部材45が第1の把持部21に当接した状態では、電極部材46は、第1の把持部21から離間し、第1の把持部21と接触しない。

[0018] 図2及び図3に示すように、第1の把持部（第1の高周波電極）21は、ハウジング6の内部及びケーブル5の内部を通して延設される高周波電気経路（第1の高周波電気経路）47Aを介して、高周波電気エネルギー源36

に接続されている。また、第2の把持部22の電極部材（第2の高周波電極）46は、ハウジング6の内部及びケーブル5の内部を通して延設される高周波電気経路（第2の高周波電気経路）47Bを介して、高周波電気エネルギー源36に接続されている。

[0019] 制御部25の制御によって高周波電気エネルギー源36から高周波電気エネルギーが出力されることにより、高周波電気経路47A、47Bを介して高周波電気エネルギーが第1の把持部21及び電極部材46（第2の把持部22）に供給される。これにより、第1の把持部21と電極部材46との間に高周波電圧 $V'$ が印加され、高周波電気経路47A、47Bに高周波電流 $I'$ が流れる。この際、第1の把持部21及び電極部材46は、互いに対して電位が異なる高周波電気エネルギー（高周波電力 $P'$ ）の高周波電極として機能する。これにより、エンドエフェクタ20は、高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能となる。なお、高周波電流 $I'$ は、流れる向きが周期的に変化する交流電流である。

[0020] 図3に示すように、制御部25は、インピーダンス検出部51と、切替わり検出部52と、判断部53と、を備える。インピーダンス検出部51、切替わり検出部52及び判断部53のそれぞれは、例えばプロセッサの一部を構成する電子回路から形成され、プロセッサの処理の一部を行う。インピーダンス検出部51は、超音波電気エネルギー源35からの超音波電気エネルギーの出力状態を経時的に検出することにより、超音波電流 $I$ の経時的な変化及び超音波電圧 $V$ の経時的な変化を検出する。この際、超音波電力 $P$ の経時的な変化を検出してもよい。そして、式(1)を用いて、インピーダンス検出部51は、超音波電気エネルギーの経路におけるインピーダンス（振動発生部40でのインピーダンス）として、音響インピーダンス（超音波インピーダンス） $Z$ を経時的に検出する（算出する）。

[0021] [数1]

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

[0022] また、インピーダンス検出部 5 1 は、高周波電気エネルギー源 3 6 からの高周波電気エネルギーの出力状態を経時的に検出することにより、高周波電流  $I'$  の経時的な変化及び高周波電圧  $V'$  の経時的な変化を検出する。この際、高周波電力  $P'$  の経時的な変化を検出してもよい。そして、式 (2) を用いて、インピーダンス検出部 5 1 は、高周波電気エネルギーの経路におけるインピーダンス (第 1 の把持部 2 1 と電極部材 4 6 との間のインピーダンス) として、高周波インピーダンス (組織インピーダンス)  $Z'$  を経時的に検出する (算出する)。

[0023] [数2]

$$Z' = V' / I' = V'^2 / P' \quad (2)$$

[0024] 切替わり検出部 5 2 は、インピーダンス検出部 5 1 での音響インピーダンス  $Z$  の検出結果に基づいて、音響インピーダンス  $Z$  が経時的に漸減する漸減状態から音響インピーダンス  $Z$  が経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する。ここで、音響インピーダンス  $Z$  の漸減状態は、音響インピーダンス  $Z$  が経時的に徐々に減少する状態であり、数十  $\Omega$  以下の微小な増減を含みながら音響インピーダンス  $Z$  が徐々に減少する状態も含まれる。同様に、音響インピーダンス  $Z$  の漸増状態は、音響インピーダンス  $Z$  が経時的に徐々に増加する状態であり、数十  $\Omega$  以下の微小な増減を含みながら音響インピーダンス  $Z$  が徐々に増加する状態も含まれる。

[0025] 判断部 5 3 は、エネルギー源 2 6 から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、インピーダンス検出部 5 1 での検出結果及び切替わり検出部 5 2 での検出結果に基づいて、超音波電気エネルギーの出力及び高周波電気エネルギーの出力に関する判断を行う。例えば、判断部 5 3 は、インピーダンス検出部 5 1 での検出結果及び切替わり検出部 5 2 での検出結果に基づいて、超音波電気エネルギーの出力を停止するか否かを判断するとともに、インピーダンス検出部 5 1 での検出結果に基づいて、高周波電気エネルギーの出力を停止するか否かを判断する。な

お、エネルギー源 26 から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態でのインピーダンス検出部 51、切替わり検出部 52 及び判断部 53 を含む制御部 25 による処理については、詳細に後述する。

[0026] 次に、本実施形態のエネルギー処置装置 1 の作用及び効果について説明する。エネルギー処置装置 1 を用いて生体組織を処置する際には、術者はハウジング 6 及びハンドル 11 を保持し、シース 16 の先端部及びエンドエフェクタ 20 を腹腔等の体腔に挿入する。そして、回転ノブ 12 によってエンドエフェクタ 20 の長手軸 C 回りについての角度位置を調整し、生体組織（血管）等の処置対象を第 1 の把持部 21 と第 2 の把持部 22 との間に配置する。そして、ハンドル 11 をグリップ 8 に対して閉じることにより、第 1 の把持部 21 と第 2 の把持部 22 との間を閉じ、第 1 の把持部 21 と第 2 の把持部 22 との間で処置対象を把持する。

[0027] エンドエフェクタ 20 において処置対象が把持された状態で、操作ボタン（操作部材）13 で操作入力が行われると、制御部 25 は、エネルギー源 26 を制御することにより、エネルギー源 26 から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力される。これにより、振動発生部 40 で超音波振動が発生し、発生した超音波振動がエンドエフェクタ 20（第 1 の把持部 21）に伝達されると同時に、エンドエフェクタ 20（第 1 の把持部 21 及び電極部材 46）に高周波電気エネルギーが供給される。なお、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーは同時に出力開始されることが好ましいが、完全に同時でなくても良く、略同時であれば多少の時間のズレが生じてもよい。すなわち、ここでの「同時」は、完全に同時である場合だけでなく、略同時も含まれる。

[0028] 本実施形態では、エンドエフェクタ 20 は、超音波振動及び高周波電気エネルギーを同時に用いて処置対象を凝固し、例えば血管を封止する。この際、超音波振動によって振動する第 1 の把持部 21 とパッド部材 45 によって第 1 の把持部 21 に向かって押圧されている処置対象と第 1 の把持部 21 と

の間に摩擦熱が発生し、摩擦熱によって処置対象が凝固される。そして、第1の把持部21と電極部材46との間で処置対象を通して高周波電流 $I'$ が流れることにより、処置対象が変性され、凝固される。

[0029] 図5は、操作ボタン13での操作入力に基づくエネルギー制御装置3での処理を示すフローチャートである。図5に示すように、操作ボタン13での操作入力が発見されると、制御部25は、エネルギー源26からの超音波電気エネルギー（図5ではUSと示す）及び高周波電気エネルギー（図5ではHFと示す）の同時出力を開始させる（ステップS101）。そして、制御部25は、超音波電気エネルギーについてPLL（Phase Locked Loop）制御を開始する（ステップS102）。PLL制御によって、超音波電流 $I$ の周波数が調整され、超音波振動の共振周波数 $F_r$ が調整される。この際、例えば、所定の周波数領域において音響インピーダンス $Z$ を最小にする周波数に超音波振動の共振周波数 $F_r$ が調整される。

[0030] PLL制御が開始されると、インピーダンス検出部51（制御部25）は、音響インピーダンス $Z$ 及び高周波インピーダンス $Z'$ の検出を開始する（ステップS103）。これにより、音響インピーダンス $Z$ の経時的な変化及び高周波インピーダンス $Z'$ の経時的な変化が発見される。この際、超音波電流 $I$ 及び超音波電圧 $V$ （超音波電力 $P$ ）を経時的に検出し、式（1）を用いて音響インピーダンス $Z$ が算出される。そして、高周波電流 $I'$ 及び高周波電圧 $V'$ （高周波電力 $P'$ ）を経時的に検出し、式（2）を用いて高周波インピーダンス $Z'$ が算出される。

[0031] ここで、PLL制御の開始時をゼロとする時間 $t$ を変数として設定し、時間 $t$ における音響インピーダンス $Z(t)$ 及び高周波インピーダンス $Z'(t)$ を規定する。また、PLL制御の開始時以後で時間 $t$ より前における音響インピーダンス $Z$ の最小値として、最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を規定する。音響インピーダンス $Z$ の検出が開始されると、音響インピーダンス（超音波インピーダンス） $Z$ の検出結果に基づいて、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が最小インピーダン

ス値  $Z_{min}$  より大きいかなかを、判断する（ステップ S104）。時間  $t$  での音響インピーダンス  $Z(t)$  が最小インピーダンス値  $Z_{min}$  以下の場合（ステップ S104-No）、制御部 25（切替わり検出部 52）は、時間  $t$  での音響インピーダンス  $Z(t)$  を最小インピーダンス値  $Z_{min}$  として更新する（ステップ S105）。ステップ S105 の処理が行われると、処理は、ステップ S104 に戻る。そして、制御部 25 は、音響インピーダンス  $Z$  がステップ S105 で更新された最小インピーダンス値  $Z_{min}$  になった時点より後について、更新された最小インピーダンス値  $Z_{min}$  を用いて、再びステップ S104 の判断を行う。

[0032] ステップ S104 において、時間  $t$  での音響インピーダンス  $Z(t)$  が最小インピーダンス値  $Z_{min}$  より大きい場合は（ステップ S104-Yes）、制御部 25（判断部 53）は、音響インピーダンス  $Z(t)$  から最小インピーダンス値  $Z_{min}$  を減算した値が、基準差分値  $\Delta Z_{th}$  以上であるかなかを、判断する（ステップ S106）。すなわち、最小インピーダンス値  $Z_{min}$  と基準差分値  $\Delta Z$  との和を基準インピーダンス値  $Z_{th}$  とすると、制御部 25 は、時間  $t$  での音響インピーダンス  $Z(t)$  が基準インピーダンス値  $Z_{th}$  以上であるかなかを、判断する。したがって、ステップ S106 の判断が行われることにより、式（3）が成立するか否かが、判断される。なお、基準差分値  $\Delta Z_{th}$  及び基準インピーダンス値  $Z_{th}$  は、最小インピーダンス値  $Z_{min}$  の値、音響インピーダンス  $Z$  の変化の態様等に基づいて設定され、ある実施例では、基準差分値  $\Delta Z_{th}$  は、 $50\ \Omega$  以上  $60\ \Omega$  以下の範囲で設定される。

[0033] [数3]

$$Z(t) \geq Z_{th} \quad (3)$$

[0034] 音響インピーダンス  $Z(t)$  から最小インピーダンス値  $Z_{min}$  を減算した値が基準差分値  $\Delta Z_{th}$  より小さい場合は（ステップ S106-No）、処理はステップ S104 に戻る。そして、制御部 25 は、ステップ S106

の判断対象となった時点より後について、再びステップS104の判断を行う。一方、音響インピーダンス $Z(t)$ から最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を減算した値が基準差分値 $\Delta Z_{th}$ 以上の場合は（ステップS106-Yes）、制御部25は、エネルギー源26（超音波電気エネルギー源35）からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる（ステップS107）。これにより、エンドエフェクタ20（第1の把持部21）に超音波振動が伝達されなくなる。

[0035] 超音波電気エネルギーの出力が停止されると、制御部25（判断部53）は、高周波インピーダンス $Z'$ の検出結果に基づいて、時間 $t$ での高周波インピーダンス $Z'(t)$ が設定された閾値（高周波閾値） $Z'_{th}$ 以上であるか否かを、判断する（ステップS108）。高周波インピーダンス $Z'(t)$ が閾値 $Z'_{th}$ より小さい場合は（ステップS108-No）、処理はステップS108に戻る。そして、制御部25は、ステップS108の判断対象となった時点より後について、再びステップS108の判断を行う。一方、高周波インピーダンス $Z'(t)$ が閾値 $Z'_{th}$ 以上の場合は（ステップS108-Yes）、制御部25は、エネルギー源26（高周波電気エネルギー源36）からの高周波電気エネルギー（HF）の出力を停止させる（ステップS109）。これにより、エンドエフェクタ20（第1の把持部21及び電極部材46）に高周波電気エネルギーが供給されなくなる。なお、閾値 $Z'_{th}$ は、高周波インピーダンス $Z$ の変化の態様等に基づいて設定される。

[0036] 図6は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンス $Z$ の経時的な変化の一例を示し、図7は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の高周波インピーダンス $Z'$ の経時的な変化の一例を示す図である。図6及び図7では、PLL制御の開始時をゼロとする時間 $t$ を横軸に示している。そして、図6では音響インピーダンス $Z$ を縦軸に示し、図7では高周波インピーダンス $Z'$ を縦軸に示している。ある一例では、超音波電気エネルギー

及び高周波電気エネルギーが同時に出力開始された後、図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化し、図7の実線で示すように高周波インピーダンス $Z'$ が変化する。

[0037] 図6に示すように、PLL制御の開始からしばらく経過すると、PLL制御によって超音波振動の共振周波数 $F_r$ が調整され、音響インピーダンス $Z$ が経時的に漸減し始める。そして、音響インピーダンス $Z$ が経時的に漸減する漸減状態が、しばらくの間継続する。そして、超音波振動によって第1の把持部21がしばらくの間振動すると、第1の把持部21と処置対象との間で発生する摩擦熱によって処置対象の温度がある程度まで上昇し、処置対象の状態が変化する（すなわち、処置対象が硬くなる）。処置対象の状態が変化することに起因して、音響インピーダンス $Z$ が経時的に漸減する漸減状態から音響インピーダンス $Z$ が経時的に漸増する漸増状態へ切替わる。そして、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態がしばらくの間継続する。図6の一例では、時間 $t_1$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わる。

[0038] また、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーの出力が開始されると、超音波振動によって発生する摩擦熱及び高周波電気エネルギーによって発生する熱が処置対象に作用し、処置対象の水分が蒸散する。このため、図7に示すように、高周波電気エネルギーの出力が開始されると、高周波インピーダンス $Z'$ は、僅かに減少した後、継続して漸増する。そして、高周波インピーダンス $Z'$ がある程度の値（例えば閾値 $Z'_{th}$ ）まで上昇すると、処置対象が適切に凝固された状態になる。

[0039] 本実施形態では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図5に示す処理を行う。このため、図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、時間 $t_1$ より前の音響インピーダンス $Z$ の漸減状態では、制御部25（切替わり検出部52）によって、ステップS104、S105の処理が経時的に繰返し行われる。すなわち、時間 $t_1$ より前の音響インピーダンス $Z$ の漸減状態では、時間 $t$ での音響インピーダン

ス $Z(t)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新される（設定される）処理が継続して行われる。そして、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定される。

[0040] 時間 $t_1$ より後の音響インピーダンス $Z$ の漸増状態では、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が、最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された音響インピーダンス $Z(t_1)$ より大きくなる。このため、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として継続して保持される。制御部25（切替わり検出部52）は、音響インピーダンス $Z(t_1)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として保持されていることに基づいて、時間 $t_1$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。

[0041] 時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わりが検出されると、制御部25（判断部53）は、基準差分値 $\Delta Z_{th}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th}$ を設定する。図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ が設定される。ここで、基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ は、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ と基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ との和であり、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ より大きい。そして、時間 $t_1$ より後の音響インピーダンスの漸増状態では、ステップS104の処理、及び、設定された基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ を用いたステップS106の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0042] そして、ステップS106での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_2$ での音響インピーダンス $Z(t_2)$ が基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ と同一であることを検出する。すなわち、時間 $t_2$ での音響インピーダンス $Z(t_2)$ から最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ を減算した値が、基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ と同一であることを検出する。これにより、制御部25（判断部53）は、時間 $t_2$ において音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{th}$

1 に到達したと判断する。

[0043] そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_2$ 又は時間 $t_2$ の直後の時間 $t_3$ においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。したがって、本実施形態では、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z$ の漸減状態から漸増状態への切替わりが検出されたこと、及び、漸増状態への切替わり以後の時間 $t_2$ に音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ に到達したことに基づいて、制御部25は、超音波電気エネルギーの出力を停止させている。すなわち、漸増状態への切替わった時間 $t_1$ 以後での音響インピーダンス $Z$ の最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定されたインピーダンス値 $Z(t_1)$ からの経時的な変化に基づいて、超音波電気エネルギーの出力を停止させている。そして、制御部25は、漸増状態への切替わり時である時間 $t_1$ 以後で、かつ、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態である間に超音波電気エネルギーの出力を停止させている。

[0044] 時間 $t_2$ 又は $t_3$ で超音波電気エネルギーの出力が停止された後においても、高周波電気エネルギーは継続して出力されている。時間 $t_3$ より後では、制御部25（判断部53）は、設定された閾値 $Z'_{th}$ を用いて、ステップS108の処理を経時的に繰り返し行う。図7の実線で示すように高周波インピーダンス $Z'$ が変化した場合、閾値（高周波閾値） $Z'_{1th}$ が設定される。したがって、時間 $t_3$ より後では、時間 $t$ での高周波インピーダンス $Z'(t)$ が閾値 $Z'_{th1}$ 以上であるか否かが継続して判断される。

[0045] そして、ステップS108での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_4$ での高周波インピーダンス $Z'(t_4)$ が閾値 $Z'_{th1}$ と同一であることを検出する。これにより、制御部25（判断部53）は、時間 $t_4$ において高周波インピーダンス $Z'$ が閾値 $Z'_{th1}$ に到達したと判断する。

[0046] そして、ステップS109での処理によって、制御部25は、時間 $t_4$ 又は時間 $t_4$ の直後の時間 $t_5$ においてエネルギー源26からの高周波電気エ

エネルギー（HF）の出力を停止させる。したがって、本実施形態では、時間  $t_4$  に高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th1}$  に到達したことに基づいて、制御部 25 は、高周波電気エネルギーの出力を停止させている。

[0047] ここで、超音波電気エネルギーが出力されず、かつ、高周波電気エネルギーのみが出力される場合での、高周波インピーダンス  $Z'$  の経時的な変化を、図 7 において一点鎖線で示す。この場合、超音波振動による摩擦熱が発生しないため、処置対象の温度がある程度上昇するまで長い時間を要し、高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th}$  ( $Z'_{th1}$ ) に到達するまで長い時間を要する。

[0048] これに対し、本実施形態では、高周波電気エネルギーと同時に超音波電気エネルギーの出力が開始されるため、高周波電気エネルギーによって発生する熱に加えて超音波振動によって発生する摩擦熱が処置対象に作用する。このため、処置対象の温度が迅速に上昇し、高周波インピーダンス  $Z'$  が迅速に閾値  $Z'_{th}$  に到達する。実際に、図 7 に示すように、高周波電気エネルギーのみが出力される場合は、時間  $t_6$  で高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th1}$  に到達するのに対し、本実施形態のように超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力開始された場合は、時間  $t_6$  より前の時間  $t_4$  で高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th1}$  に到達する。処置対象の温度が迅速に上昇することにより、高周波電気エネルギーの出力が開始されてから処置対象が迅速に凝固され、血管等を迅速に封止することができる。なお、高周波電気エネルギーのみが出力される場合は、高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th}$  に到達するまでエネルギーの出力開始から 5 秒程度要するが、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力開始された場合は、エネルギーの出力開始から 3 秒程度で高周波インピーダンス  $Z'$  が閾値  $Z'_{th}$  に到達する。

[0049] また、時間  $t_2$  又は  $t_3$  で超音波電気エネルギーの出力が停止されず、かつ、時間  $t_3$  の後も超音波電気エネルギーの出力が継続されている場合の音響インピーダンス  $Z$  の変化を、図 6 において一点鎖線で示す。時間  $t_3$  より

後において超音波電気エネルギーの出力が継続されると、超音波振動に起因する摩擦熱によって、処置対象が部分的に切分かれ始める。処置対象が部分的に切れ分かれることにより、第2の把持部22のパッド部材45が超音波振動によって振動する第1の把持部21に接触し、摩擦熱によってパッド部材45が変性する。パッド部材45が変性することに起因して、音響インピーダンスZが漸増状態から漸減状態へ切替わり、音響インピーダンスZの経時的なピーク（極大）が発生する。実際に、図6に示すように、時間t3より後において超音波電気エネルギーの出力が継続されると、時間t7において音響インピーダンスZが漸増状態から漸減状態に切替わり、音響インピーダンスZのピークが発生する。すなわち、時間t7での音響インピーダンスZ(t7)が、音響インピーダンスZのピーク値になる。そして、音響インピーダンスZのピークが発生してからしばらく経過すると、処置対象が完全に切分かれる。

[0050] 本実施形態では、音響インピーダンスZの漸減状態から漸増状態への切替わりが検出され、音響インピーダンスZの経時的な変化において極小（谷）が発生したことが検出される。そして、音響インピーダンスZの経時的な変化における極小（谷）の発生が検出されたことに少なくとも基づいて、エネルギー源26からの超音波電気エネルギーの出力を迅速に停止している。このため、音響インピーダンスZの漸増状態の切替わり以後において音響インピーダンスZの漸増状態の間に、超音波電気エネルギーの出力を停止され、音響インピーダンスZの経時的なピークが発生する前（例えば時間t7の前）に、超音波電気エネルギーの出力が停止される。これにより、高周波電気エネルギーと同時に超音波振動を用いて処置対象を凝固する場合も、超音波振動に起因する摩擦熱によって処置対象を切分かれさせることなく、適切に処置対象を凝固（封止）することができる。

[0051] また、本実施形態では、漸増状態への切替わり以後に音響インピーダンスZが基準インピーダンス値Z<sub>th</sub>に到達したことに基づいて、超音波電気エネルギーの出力が停止される。ここで、ある一例では、音響インピーダンス

Zが漸減状態から漸増状態へ切替わる極小時（例えば $t_1$ ）において音響インピーダンス（例えば $Z(t_1)$ ）は、 $1300\Omega$ 程度であり、極小時より後に音響インピーダンスZが漸増状態から漸減状態に切替わるピーク時（例えば $t_7$ ）において音響インピーダンス（例えば $Z(t_7)$ ）は、 $1450\Omega$ 程度である。この場合、ピーク時の音響インピーダンス（例えば $Z(t_7)$ ）は、極小時の音響インピーダンス（例えば $Z(t_1)$ ）より $150\Omega$ 程度大きくなる。実際に、ピーク時の音響インピーダンス（例えば $Z(t_7)$ ）と極小時の音響インピーダンス（例えば $Z(t_1)$ ）との差は、最小でも $135\Omega$ 程度である。本実施形態では、基準差分値 $\Delta Z_{th}$ が $50\Omega$ 以上 $135\Omega$ 以下の範囲に設定され、基準インピーダンス値 $Z_{th}$ は、極小時（漸増状態への切替わり時）の音響インピーダンス（例えば $Z(t_1)$ ）に基準差分値 $\Delta Z_{th}$ を加算した値である。このため、音響インピーダンスZが基準インピーダンス値 $Z_{th}$ に到達したことに基づいて超音波電気エネルギーの出力が停止されることにより、音響インピーダンスZのピークが発生する前に、確実に超音波電気エネルギーの出力が停止される。これにより、摩擦熱による処置対象の切分かれも確実に防止することができる。

[0052] 図8は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンスZの経時的な変化の図6とは別の一例を示す図である。図8では、PLL制御の開始時をゼロとする時間tを横軸に示し、音響インピーダンスZを縦軸に示している。図8の一例においても、処置対象の温度がある程度まで上昇することによって処置対象の状態が変化する。このため、時間 $t_{10}$ において、音響インピーダンスZが漸減状態から漸増状態に切替わり、音響インピーダンスZの極小が発生する。ただし、処置の状況等によっては、図8の一例に示すように、時間 $t_{10}$ より前の時間 $t_8$ において、音響インピーダンスZが漸減状態から漸増状態へ切替わり、音響インピーダンスZの極小が発生する。すなわち、処置対象の温度の上昇によって処置対象の状態が変化することに起因して音響インピーダンスZの極小が発生する時点（例えば $t_{10}$ ）より前において、音響インピーダンス

Zの極小（漸減状態から漸増状態への切替わり）が発生することがある。なお、図8の一例では、時間t8で音響インピーダンスZが極小になった後、音響インピーダンスZは再び漸減し始め、時間t10まで音響インピーダンスZは継続して漸減する。

[0053] 本実施形態では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図5に示す処理を行う。このため、図8に示すように音響インピーダンスZが変化した場合、時間t8より前の音響インピーダンスZの漸減状態では、制御部25（切替わり検出部52）によって、ステップS104、S105の処理が経時的に繰返し行われる。そして、制御部25（切替わり検出部52）は、時間t8での音響インピーダンスZ(t8)を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間t8において音響インピーダンスZが漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、制御部25（判断部53）は、基準差分値 $\Delta Z_{th2}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th2}$ を設定する。そして、時間t8より後においては、ステップS104の処理、及び、設定された基準差分値 $\Delta Z_{th2}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th2}$ を用いたステップS106の処理が経時的に繰返し行われる。

[0054] 図8で示すように音響インピーダンスZが変化した場合、制御部25は、ステップS104の処理によって、時間t9での音響インピーダンスZ(t9)が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された音響インピーダンスZ(t8)以下になったと判断する。そして、ステップS105の処理によって、時間t9での音響インピーダンスZ(t9)を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新する。音響インピーダンスZ(t9)に最小インピーダンス値 $Z_{min}$ が更新されると、時間t9から時間t10までの音響インピーダンスZの漸減状態において、ステップS104、S105の処理が経時的に繰返し行われる。そして、制御部25（切替わり検出部52）は、時間t10での音響インピーダンスZ(t10)を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新し、時間t10において音響インピーダンスZが漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、制御部25（判断部53）

は、基準差分値 $\Delta Z_{t h 3}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ を設定する。そして、時間 $t_{10}$ より後においては、ステップ $S_{104}$ の処理、及び、設定された基準差分値 $\Delta Z_{t h 3}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ を用いたステップ $S_{106}$ の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0055] そして、ステップ $S_{106}$ での処理によって、制御部 $25$ （判断部 $53$ ）は、時間 $t_{11}$ での音響インピーダンス $Z(t_{11})$ が基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ と同一であることを検出し、時間 $t_{11}$ において音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ に到達したと判断する。そして、ステップ $S_{107}$ での処理によって、制御部 $25$ は、時間 $t_{11}$ 又は時間 $t_{11}$ の直後の時間 $t_{12}$ においてエネルギー源 $26$ からの超音波電気エネルギー（ $US$ ）の出力を停止させる。

[0056] 前述のように本実施形態では、制御部 $25$ （判断部 $53$ ）は、漸増状態への切替わり以後での音響インピーダンス $Z$ の最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された第 $1$ のインピーダンス値（例えば $Z(t_8)$ ）からの経時的な変化に基づいて、超音波電気エネルギーの出力を停止させるか否かを判断する。そして、制御部 $25$ （切替わり検出部 $52$ ）は、漸増状態への切替わり以後において音響インピーダンス $Z$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された第 $1$ のインピーダンス値（例えば $Z(t_8)$ ）以下の第 $2$ のインピーダンス値（例えば $Z(t_{10})$ ）になったことを検出した場合に、第 $2$ のインピーダンス値（例えば $Z(t_{10})$ ）に最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を更新する。そして、制御部 $25$ （判断部 $53$ ）は、音響インピーダンス $Z$ が第 $2$ のインピーダンス値（ $Z(t_{10})$ ）になった時点（ $t_{10}$ ）以後での音響インピーダンス $Z$ の最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新された第 $2$ のインピーダンス値（ $Z(t_{10})$ ）からの経時的な変化に基づいて、超音波電気エネルギーの出力を停止させるか否かを判断する。

[0057] したがって、本実施形態では、図 $8$ に示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合でも、処置対象の温度の上昇によって処置対象の状態が変化する前の時点（例えば $t_8$ ）で発生する音響インピーダンス $Z$ の極小（漸減状

態から漸増状態への切替わり)に基づいて、超音波電気エネルギーの出力が停止されない。このため、図8に示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合でも、処置対象の温度の上昇によって処置対象の状態が変化することに起因する音響インピーダンス $Z$ の極小(漸減状態から漸増状態への切替わり)が適切に検出され、処置対象の状態が変化することに起因する極小時でのインピーダンス値(例えば $Z(t_{10})$ )からの音響インピーダンス $Z$ の経時的な変化に基づいて、超音波電気エネルギーの出力が停止される。したがって、処置対象の温度の上昇によって処置対象の状態が変化した後の適切なタイミングで、超音波電気エネルギーの出力を停止することができる。

[0058] (変形例)

また、第1の変形例では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図9に示す処理を行う。本変形例では、第1の実施形態で行われる処理(ステップS101~S109)に加えて、ステップS111~S113の処理が行われる。ここで、音響インピーダンス $Z$ の漸減状態から漸増状態への切替わり時を検出した場合において、切替わり時をゼロとするカウント時間 $T$ を規定する。本変形例では、ステップS104において時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ 以下の場合(ステップS104-No)、制御部25(切替わり検出部52)は、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新するとともに(ステップS105)、カウント時間 $T$ をゼロで保持する又はカウント時間 $T$ をゼロにリセットする(ステップS111)。ステップS111の処理が行われると、処理はステップS104に戻る。そして、制御部25は、音響インピーダンス $Z$ がステップS105で更新された最小インピーダンス値 $Z_{min}$ になった時点より後について、更新された最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を用いて、再びステップS104の判断を行う。

[0059] ステップS104において、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ より大きい場合は(ステップS104-Yes

）、制御部25（判断部53）は、カウント時間Tのカウントを開始又はカウントを継続する（ステップS112）。なお、ステップS104、S105及びS111の処理が経時的に繰返し行われている状態では、カウント時間Tはカウントされない。そして、ステップS112の処理が行われると、制御部25（判断部53）は、第1の実施形態で前述したステップS106の処理を行う。すなわち、音響インピーダンス $Z(t)$ から最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を減算した値が基準差分値 $\Delta Z_{th}$ 以上であるか否か（時間tでの音響インピーダンス $Z(t)$ が基準インピーダンス値 $Z_{th}$ 以上であるか否か）を、判断する（ステップS106）。

[0060] 音響インピーダンス $Z(t)$ から最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を減算した値が基準差分値 $\Delta Z_{th}$ より小さい場合は（ステップS106-No）、制御部25（判断部53）は、カウント時間Tが所定の設定時間 $T_{th}$ 以上であるか否かを、判断する（ステップS113）。すなわち、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態に切替わってから、所定の設定時間 $T_{th}$ だけ経過したか否かが、判断される。なお、所定の設定時間 $T_{th}$ は、最小インピーダンス値 $Z_{min}$ の値、音響インピーダンス $Z$ の変化の態様等に基づいて設定される。

[0061] 時間tにおけるカウント時間Tが所定の設定時間 $T_{th}$ より小さい場合は（ステップS113-No）、ステップS104に戻る。そして、制御部25は、ステップS106、ステップS113の判断対象となった時点より後について、再びステップS104の判断を行う。一方、時間tにおけるカウント時間Tが所定の設定時間 $T_{th}$ 以上の場合は（ステップS113-Yes）、制御部25は、エネルギー源26（超音波電気エネルギー源35）からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる（ステップS107）。また、ステップS106において、音響インピーダンス $Z(t)$ から最小インピーダンス値 $Z_{min}$ を減算した値が基準差分値 $\Delta Z_{th}$ 以上の場合も（ステップS106-Yes）、制御部25は、エネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる（ステップS107）。

なお、本変形例でも、超音波電気エネルギーの出力が停止された後において、高周波インピーダンス $Z'(t)$ が閾値 $Z'_{th}$ 以上になったことに基づいて、高周波電気エネルギー（HF）の出力が停止される。

[0062] 本変形例では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図9に示す処理を行う。このため、図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、第1の実施形態と同様に、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間 $t_1$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、本変形例では、制御部25（判断部53）は、基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ を設定するとともに、所定の設定時間 $T_{th1}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_1$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_1$ より後においては、ステップS104、S112の処理、設定された基準差分値 $\Delta Z_{th1}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ を用いたステップS106の処理、及び、所定の設定時間 $T_{th1}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0063] そして、ステップS106での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_2$ での音響インピーダンス $Z(t_2)$ が基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ と同一であることを検出し、時間 $t_2$ において音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ に到達したと判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_2$ 又は時間 $t_2$ の直後の時間 $t_3$ においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。なお、図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、音響インピーダンス $Z$ の切替わり時（すなわち時間 $t_1$ ）から所定の設定時間 $T_{th1}$ だけ経過した時間 $t_{13}$ より前に、超音波電気エネルギーの出力が停止される。

[0064] また、図8で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、第1の実

施形態と同様に、制御部 25（切替わり検出部 52）は、時間  $t_8$  での音響インピーダンス  $Z(t_8)$  を最小インピーダンス値  $Z_{min}$  として設定し、時間  $t_8$  において音響インピーダンス  $Z$  が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、本変形例では、制御部 25（判断部 53）は、基準差分値  $\Delta Z_{th2}$  及び基準インピーダンス値  $Z_{th2}$  を設定するとともに、所定の設定時間  $T_{th2}$  を設定する。また、ステップ S112 の処理によって、音響インピーダンス  $Z$  の漸増状態への切替わり時である時間  $t_8$  をゼロとするカウント時間  $T$  がカウントされる。そして、時間  $t_8$  より後においては、ステップ S104、S112 の処理、設定された基準差分値  $\Delta Z_{th2}$  及び基準インピーダンス値  $Z_{th2}$  を用いたステップ S106 の処理、及び、所定の設定時間  $T_{th2}$  を用いたステップ S113 の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0065] 図 8 で示すように音響インピーダンス  $Z$  が変化した場合、制御部 25 は、ステップ S104、S112、S106 及び S113 の処理を繰り返し行うことによって、音響インピーダンス  $Z$  が漸増状態に切替わった時間  $t_8$  から所定の設定時間  $T_{th2}$  経過するまで音響インピーダンス  $Z$  が基準インピーダンス値  $Z_{th2}$  に到達しなかったと判断する。また、制御部 25 は、時間  $t_8$  から所定の設定時間  $T_{th2}$  経過した時点である時間  $t_{14}$  より前において、音響インピーダンス  $Z(t_9)$  が最小インピーダンス値  $Z_{min}$  として設定された音響インピーダンス  $Z(t_8)$  以下になったと判断する。そして、ステップ S105 の処理によって、時間  $t_9$  での音響インピーダンス  $Z(t_9)$  を最小インピーダンス値  $Z_{min}$  として更新するとともに、ステップ S111 の処理によって、カウント時間  $T$  をゼロにリセットする。そして、時間  $t_9$  から時間  $t_{10}$  までの音響インピーダンス  $Z$  の漸減状態において、ステップ S104、S105、S111 の処理が経時的に繰り返し行われる。そして、制御部 25（切替わり検出部 52）は、時間  $t_{10}$  での音響インピーダンス  $Z(t_{10})$  を最小インピーダンス値  $Z_{min}$  として更新し、時間  $t_{10}$  において音響インピーダンス  $Z$  が漸減状態から漸増状態に切替わっ

たことを検出する。この際、制御部25（判断部53）は、基準差分値 $\Delta Z_{t h 3}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ を設定するとともに、所定の設定時間 $T_{t h 3}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_{10}$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_{10}$ より後においては、ステップS104、S112の処理、設定された基準差分値 $\Delta Z_{t h 3}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ を用いたステップS106の処理、及び、所定の設定時間 $T_{t h 3}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0066] そして、ステップS106での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_{11}$ での音響インピーダンス $Z(t_{11})$ が基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ と同一であることを検出し、時間 $t_{11}$ において音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{t h 3}$ に到達したと判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_{11}$ 又は時間 $t_{11}$ の直後の時間 $t_{12}$ においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。なお、図8で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、音響インピーダンス $Z$ の切替わり時（すなわち時間 $t_{10}$ ）から所定の設定時間 $T_{t h 3}$ だけ経過した時間 $t_{15}$ より前に、超音波電気エネルギーの出力が停止される。

[0067] 図10は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを同時に出力開始された後の音響インピーダンス $Z$ の経時的な変化の図6及び図8とは別の一例を示す図である。図10では、PLL制御の開始時をゼロとする時間 $t$ を横軸に示し、音響インピーダンス $Z$ を縦軸に示している。図10の一例においても、処置対象の温度がある程度まで上昇することによって処置対象の状態が変化する。このため、時間 $t_{16}$ において、音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わり、音響インピーダンス $Z$ の極小が発生する。ただし、処置の状況等によっては、図10の一例に示すように、時間 $t_{16}$ で極小が発生した後に、音響インピーダンス $Z$ がほとんど増加しない場

合がある。

[0068] 本変形例では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図9に示す処理を行う。このため、図10で示すように音響インピーダンスZが変化した場合、時間t16より前の音響インピーダンスZの漸減状態では、制御部25（切替わり検出部52）によって、ステップS104、S105、S111の処理が経時的に繰返し行われる。そして、制御部25（切替わり検出部52）は、時間t16での音響インピーダンスZ（t16）を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間t16において音響インピーダンスZが漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、制御部25（判断部53）は、基準差分値 $\Delta Z_{th4}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th4}$ を設定するとともに、所定の設定時間 $T_{th4}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンスZの漸増状態への切替わり時である時間t16をゼロとするカウント時間Tがカウントされる。そして、時間t16より後においては、ステップS104、S112の処理、設定された基準差分値 $\Delta Z_{th4}$ 及び基準インピーダンス値 $Z_{th4}$ を用いたステップS106の処理、及び、所定の設定時間 $T_{th4}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰返し行われる。

[0069] ここで、図10で示すように音響インピーダンスZが変化した場合、漸増状態への切替わり時である時間t16から音響インピーダンスZがほとんど増加しないため、音響インピーダンスZは基準インピーダンス値 $Z_{th4}$ に到達しない。ただし、時間t16から所定の設定時間 $T_{th4}$ 経過するまでの間（すなわち時間t16から時間t17までの間）、音響インピーダンスZは最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定されたインピーダンス値Z（t16）以下にはならない。このため、制御部25（判断部53）は、ステップS104、S113の処理によって、音響インピーダンスZが漸増状態へ切替わった時点（すなわち時間t16）から所定の設定時間 $T_{th4}$ だけ経過するまで、音響インピーダンスZが最小インピーダンス値 $Z_{min}$ （すなわち、インピーダンス値Z（t16））より大きい値で継続して維持され

たと、判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_{17}$ 又は時間 $t_{17}$ の直後の時間 $t_{18}$ においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。

[0070] 前述のように、本変形例では第1の実施形態と同様に、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z$ の漸減状態から漸増状態への切替わりが検出されたこと、及び、漸増状態への切替わり以後の時間 $t_2$ に音響インピーダンス $Z$ が基準インピーダンス値 $Z_{th1}$ に到達したことに基づいて、制御部25は、超音波電気エネルギーの出力を停止させている。このため、本変形例でも第1の実施形態と同様の作用及び効果を奏する。

[0071] また、本変形例では、時間 $t_{16}$ での音響インピーダンス $Z$ の漸減状態から漸増状態への切替わりが検出されたこと、及び、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態へ切替わった時点（すなわち時間 $t_{16}$ ）から所定の設定時間 $T_{th4}$ だけ経過するまで音響インピーダンス $Z$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ より大きい値で継続して維持されたことに基づいて、制御部25は、超音波電気エネルギーの出力を停止させている。すなわち、本変形例では、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態へ切替わった時点（すなわち時間 $t_{16}$ ）から所定の設定時間 $T_{th4}$ だけ経過したことに少なくとも基づいて、超音波電気エネルギーの出力が停止される。

[0072] したがって、本変形例では、図10に示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合でも、処置対象の温度の上昇によって処置対象の状態が変化した以後の適切なタイミングで、超音波電気エネルギーの出力を停止することができる。すなわち、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態へ切替わった後から音響インピーダンス $Z$ がほとんど増加しない場合でも、摩擦熱による処置対象の切分かれも確実に防止することができる。

[0073] また、第2の変形例では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御装置3が図11に示す処理を行う。本変形例は、第1の変形例と同様に、ステップS104において時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ 以下の場合には（ステップS104-No）

、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新するとともに（ステップS105）、カウント時間 $T$ をゼロで保持する又はカウント時間 $T$ をゼロにリセットする（ステップS111）。ステップS111の処理が行われると、ステップS104に戻る。

[0074] また、ステップS104において、時間 $t$ での音響インピーダンス $Z(t)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ より大きい場合は（ステップS104-Yes）、制御部25（判断部53）は、第1の変形例と同様に、カウント時間 $T$ のカウントを開始又はカウントを継続する（ステップS112）。なお、ステップS104、S105及びS111の処理が経時的に繰返し行われている状態では、カウント時間 $T$ はカウントされない。ただし、本変形例では、第1の変形例で行われるステップS106の処理（判断）は行われぬ。このため、ステップS112の処理が行われると、制御部25（判断部53）は、カウント時間 $T$ が所定の設定時間 $T_{th}$ 以上であるか否かを、判断する（ステップS113）。すなわち、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態に切替わってから、所定の設定時間 $T_{th}$ だけ経過したか否かが、判断される。

[0075] 時間 $t$ におけるカウント時間 $T$ が所定の設定時間 $T_{th}$ より小さい場合は（ステップS113-No）、処理はステップS104に戻る。そして、制御部25は、ステップS113の判断対象となった時点より後について、再びステップS104の判断を行う。一方、時間 $t$ におけるカウント時間 $T$ が所定の設定時間 $T_{th}$ 以上の場合は（ステップS113-Yes）、制御部25は、エネルギー源26（超音波電気エネルギー源35）からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる（ステップS107）。なお、本変形例でも、超音波電気エネルギーの出力が停止された後において、高周波インピーダンス $Z'(t)$ が閾値 $Z'_{th}$ 以上になったことに基づいて、高周波電気エネルギー（HF）の出力が停止される。

[0076] 本変形例では、操作ボタン13での操作入力に基づいて、エネルギー制御

装置3が図11に示す処理を行う。このため、図6の実線で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、前述の実施形態等と同様に、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t_1$ での音響インピーダンス $Z(t_1)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間 $t_1$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、本変形例では、制御部25（判断部53）は、所定の設定時間 $T_{th1}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_1$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_1$ より後においては、ステップS104、S112の処理、及び、所定の設定時間 $T_{th1}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0077] そして、ステップS104、S113での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_1$ から所定の設定時間 $T_{th1}$ だけ経過するまで（時間 $t_1$ と時間 $t_{13}$ との間において）、音響インピーダンス $Z$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ （インピーダンス値 $Z(t_1)$ ）より大きい値で継続して維持されたと、判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_{13}$ 又は時間 $t_{13}$ の直後においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。

[0078] 図8に示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、前述の実施形態等と同様に、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t_8$ での音響インピーダンス $Z(t_8)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間 $t_8$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、本変形例では、制御部25（判断部53）は、所定の設定時間 $T_{th2}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_8$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_8$ より後においては、ステップS104、S112の処理、及び、所定の設定時間 $T_{th2}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0079] 図8で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、制御部25は、ステップS104、S112及びS113の処理を繰り返し行うことによって、音響インピーダンス $Z$ が漸増状態に切替わった時間 $t_8$ から所定の設定時間 $T_{th2}$ 経過した時点である時間 $t_{14}$ より前において、音響インピーダンス $Z(t_9)$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定された音響インピーダンス $Z(t_8)$ 以下になったと判断する。そして、ステップS105の処理によって、時間 $t_9$ での音響インピーダンス $Z(t_9)$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新するとともに、ステップS111の処理によって、カウント時間 $T$ をゼロにリセットする。そして、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t_{10}$ での音響インピーダンス $Z(t_{10})$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として更新し、時間 $t_{10}$ において音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、制御部25（判断部53）は、所定の設定時間 $T_{th3}$ を設定する。また、ステップ112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_{10}$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_{10}$ より後においては、ステップS104、S112の処理、所定の設定時間 $T_{th3}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0080] そして、ステップS104、S113での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_{10}$ から所定の設定時間 $T_{th3}$ だけ経過するまで（時間 $t_{10}$ と時間 $t_{15}$ との間において）、音響インピーダンス $Z$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ （インピーダンス値 $Z(t_{10})$ ）より大きい値で継続して維持されたと、判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_{15}$ 又は時間 $t_{15}$ の直後においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。

[0081] また、図10で示すように音響インピーダンス $Z$ が変化した場合、制御部25（切替わり検出部52）は、時間 $t_{16}$ での音響インピーダンス $Z(t_{16})$ を最小インピーダンス値 $Z_{min}$ として設定し、時間 $t_{16}$ において

音響インピーダンス $Z$ が漸減状態から漸増状態に切替わったことを検出する。この際、制御部25（判断部53）は、所定の設定時間 $T_{th4}$ を設定する。また、ステップS112の処理によって、音響インピーダンス $Z$ の漸増状態への切替わり時である時間 $t_{16}$ をゼロとするカウント時間 $T$ がカウントされる。そして、時間 $t_{16}$ より後においては、ステップS104、S112の処理、及び、所定の設定時間 $T_{th4}$ を用いたステップS113の処理が経時的に繰り返し行われる。

[0082] そして、ステップS104、S113での処理によって、制御部25（判断部53）は、時間 $t_{16}$ から所定の設定時間 $T_{th4}$ だけ経過するまで（時間 $t_{16}$ と時間 $t_{17}$ との間において）、音響インピーダンス $Z$ が最小インピーダンス値 $Z_{min}$ （インピーダンス値 $Z(t_{16})$ ）より大きい値で継続して維持されたと、判断する。そして、ステップS107での処理によって、制御部25は、時間 $t_{17}$ 又は時間 $t_{17}$ の直後の時間 $t_{18}$ においてエネルギー源26からの超音波電気エネルギー（US）の出力を停止させる。

[0083] 本変形例でも、前述の実施形態等と同様の作用及び効果を奏する。

[0084] 前述の実施形態等では、エネルギー処置装置（1）は、超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを出力可能なエネルギー源（26）と、エネルギー源（26）から超音波電気エネルギーが供給されることにより、超音波振動を発生する振動発生部（40）と、振動発生部（40）で発生した超音波振動及びエネルギー源（26）から供給される高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能なエンドエフェクタ（20）と、を備える。インピーダンス検出部（51）は、エネルギー源（26）から超音波電気エネルギーが出力されている状態において音響インピーダンス（ $Z$ ）を経時的に検出し、エネルギー源（26）から高周波電気エネルギーが出力されている状態において高周波インピーダンス（ $Z'$ ）を経時的に検出する。切替わり検出部（52）は、インピーダンス検出部（51）での音響インピーダンス（ $Z$ ）の検出結果に基づいて、音響インピーダンス（ $Z$ ）が経時的に漸減

する漸減状態から音響インピーダンス（ $Z$ ）が経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する。制御部（25）は、エネルギー源（26）からの超音波電気エネルギーの出力状態及び高周波電気エネルギーの出力状態を制御する。そして、制御部（25）は、エネルギー源（26）から超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、切替わり検出部（52）によって音響インピーダンス（ $Z$ ）の漸減状態から漸増状態への切替わりが検出されたことに少なくとも基づいて超音波電気エネルギーの出力を停止させるとともに、インピーダンス検出部（51）によって検出される前記高周波インピーダンス（ $Z'$ ）が設定された閾値（ $Z'_{th}$ ）に到達したことに基づいて高周波電気エネルギーの出力を停止させる。

[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。

## 請求の範囲

[請求項1]

超音波電気エネルギー及び高周波電気エネルギーを出力可能なエネルギー源と、

前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが供給されることにより、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及び前記エネルギー源から供給される前記高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能なエンドエフェクタと、

前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが出力されている状態において音響インピーダンスを経時的に検出し、前記エネルギー源から前記高周波電気エネルギーが出力されている状態において高周波インピーダンス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前記音響インピーダンスの検出結果に基づいて、前記音響インピーダンスが経時的に漸減する漸減状態から前記音響インピーダンスが経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する切替わり検出部と、

前記エネルギー源からの前記超音波電気エネルギーの出力状態及び前記高周波電気エネルギーの出力状態を制御し、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記切替わり検出部によって前記音響インピーダンスの前記漸減状態から前記漸増状態への切替わりが検出されたことに基づいて前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるとともに、前記インピーダンス検出部によって検出される前記高周波インピーダンスが設定された閾値に到達したことに基づいて前記高周波電気エネルギーの出力を停止させる制御部と、

を具備するエネルギー処置装置。

[請求項2]

前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、

前記漸増状態への前記切替わり以後で、かつ、前記音響インピーダンスが前記漸増状態である間に、前記超音波電気エネルギーの前記出力を停止させる、請求項1のエネルギー処置装置。

[請求項3] 前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記漸増状態へ切替わった時点での前記音響インピーダンスのインピーダンス値より大きい基準インピーダンス値を設定するとともに、前記漸増状態への前記切替わり以後に前記音響インピーダンスが前記基準インピーダンス値に到達したことに基づいて、前記超音波電気エネルギーの前記出力を停止させる、請求項1のエネルギー処置装置。

[請求項4] 前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記音響インピーダンスが前記漸増状態へ切替わった時点から所定の設定時間だけ経過したことに基づいて、前記超音波電気エネルギーの前記出力を停止させる、請求項1のエネルギー処置装置。

[請求項5] 前記切替わり検出部は、前記漸増状態へ切替わった時点での前記音響インピーダンスである第1のインピーダンス値を最小インピーダンス値として設定し、

前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記漸増状態への前記切替わり以後での前記音響インピーダンスの前記最小インピーダンス値として設定された前記第1のインピーダンス値からの経時的な変化に基づいて、前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるか否かを判断する、

請求項1のエネルギー処置装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記漸増状態へ切替わった前記時点から所定の設定時間だけ経過する

まで前記音響インピーダンスが前記最小インピーダンス値より大きい値で継続して維持されたことに基づいて、前記超音波電気エネルギーの前記出力を停止させる、請求項5のエネルギー処置装置。

[請求項7]

前記切替わり検出部は、前記漸増状態への前記切替わり以後において、前記音響インピーダンスが前記最小インピーダンス値として設定された前記第1のインピーダンス値以下の第2のインピーダンス値になったことを検出した場合に、前記第2のインピーダンス値に前記最小インピーダンス値を更新し、

前記制御部は、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記音響インピーダンスが前記第2のインピーダンス値になった時点以後での前記音響インピーダンスの前記最小インピーダンス値として更新された前記第2のインピーダンス値からの経時的な変化に基づいて、前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるか否かを判断する、

請求項5のエネルギー処置装置。

[請求項8]

超音波振動及び高周波電気エネルギーを用いて処置を行うことが可能なエンドエフェクタと、超音波電気エネルギーが供給されることにより、前記エンドエフェクタに伝達される超音波振動を発生する振動発生部と、を備えるエネルギー処置具へのエネルギーの供給を制御するエネルギー制御装置であって、

前記振動発生部に供給される超音波電気エネルギー及び前記エンドエフェクタに供給される前記高周波電気エネルギーを出力可能なエネルギー源と、

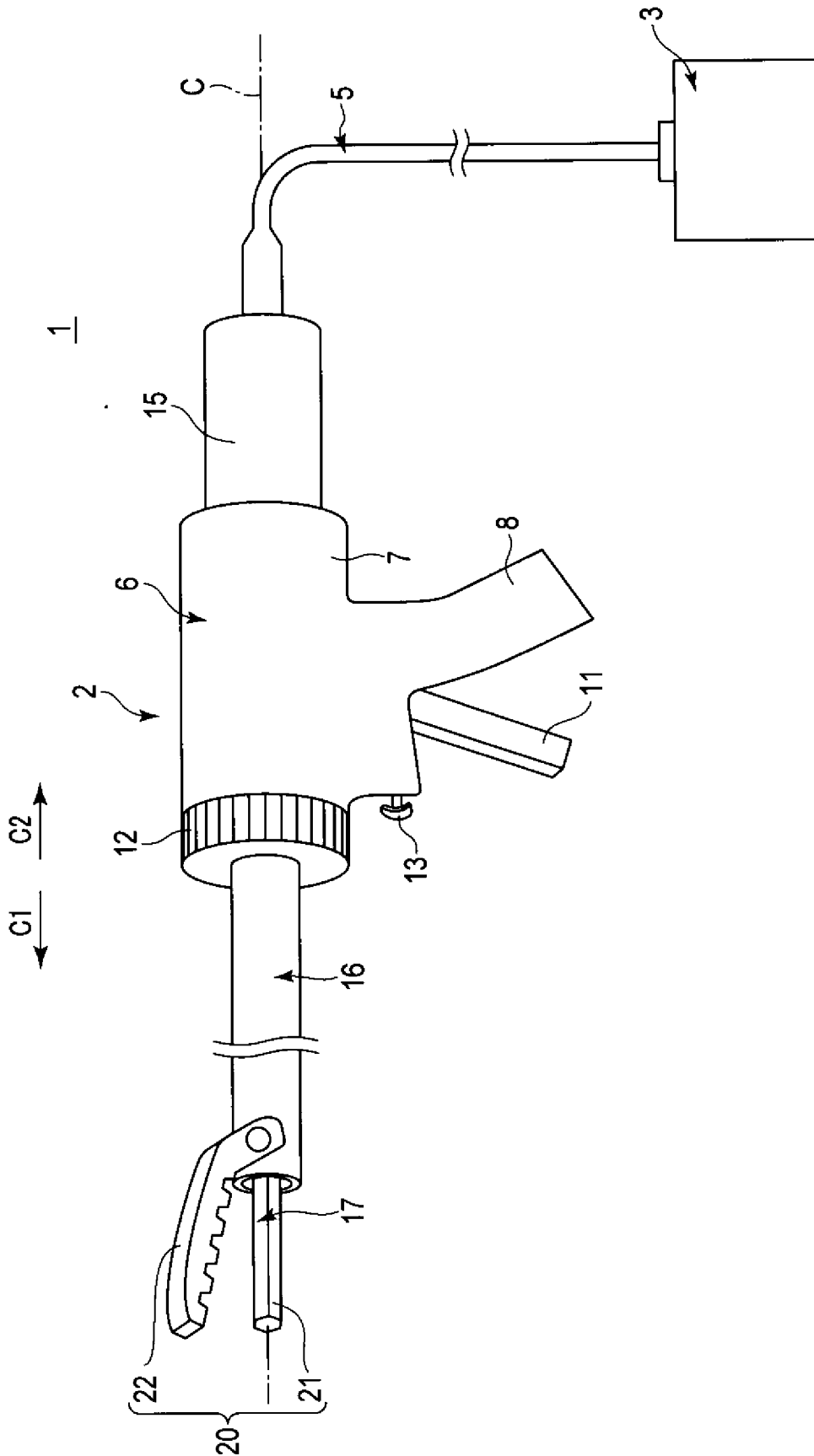
前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギーが出力されている状態において音響インピーダンスを経時的に検出し、前記エネルギー源から前記高周波電気エネルギーが出力されている状態において高周波インピーダンスを経時的に検出するインピーダンス検出部と、

前記インピーダンス検出部での前記音響インピーダンスの検出結果に基づいて、前記音響インピーダンスが経時的に漸減する漸減状態から前記音響インピーダンスが経時的に漸増する漸増状態への切替わったことを検出する切替わり検出部と、

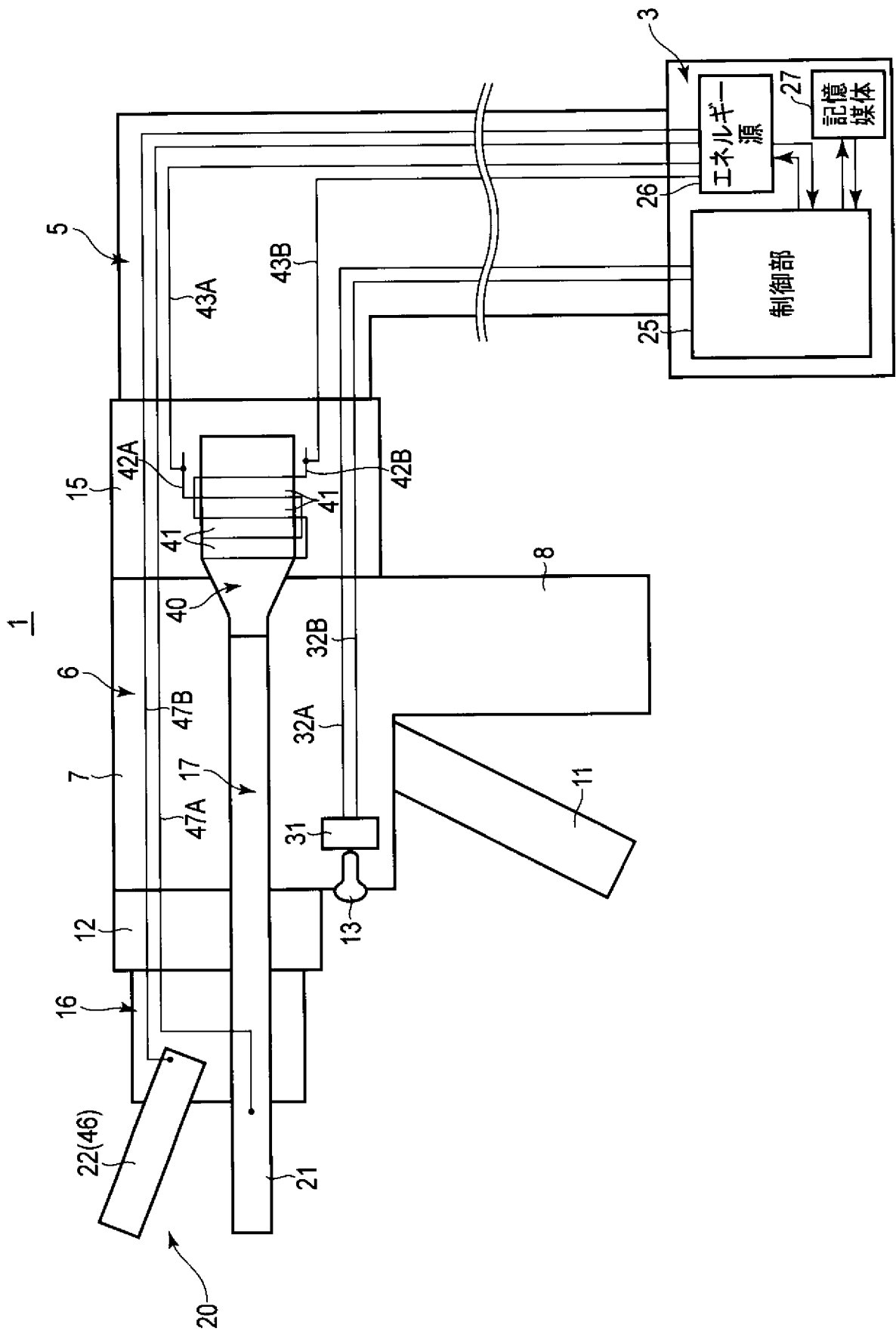
前記エネルギー源からの前記超音波電気エネルギーの出力状態及び前記高周波電気エネルギーの出力状態を制御し、前記エネルギー源から前記超音波電気エネルギー及び前記高周波電気エネルギーが同時に出力されている状態において、前記切替わり検出部によって前記音響インピーダンスの前記漸減状態から前記漸増状態への切替わりが検出されたことに基づいて前記超音波電気エネルギーの出力を停止させるとともに、前記インピーダンス検出部によって検出される前記高周波インピーダンスが設定された閾値に到達したことに基づいて前記高周波電気エネルギーの出力を停止させる制御部と、

を具備するエネルギー制御装置。

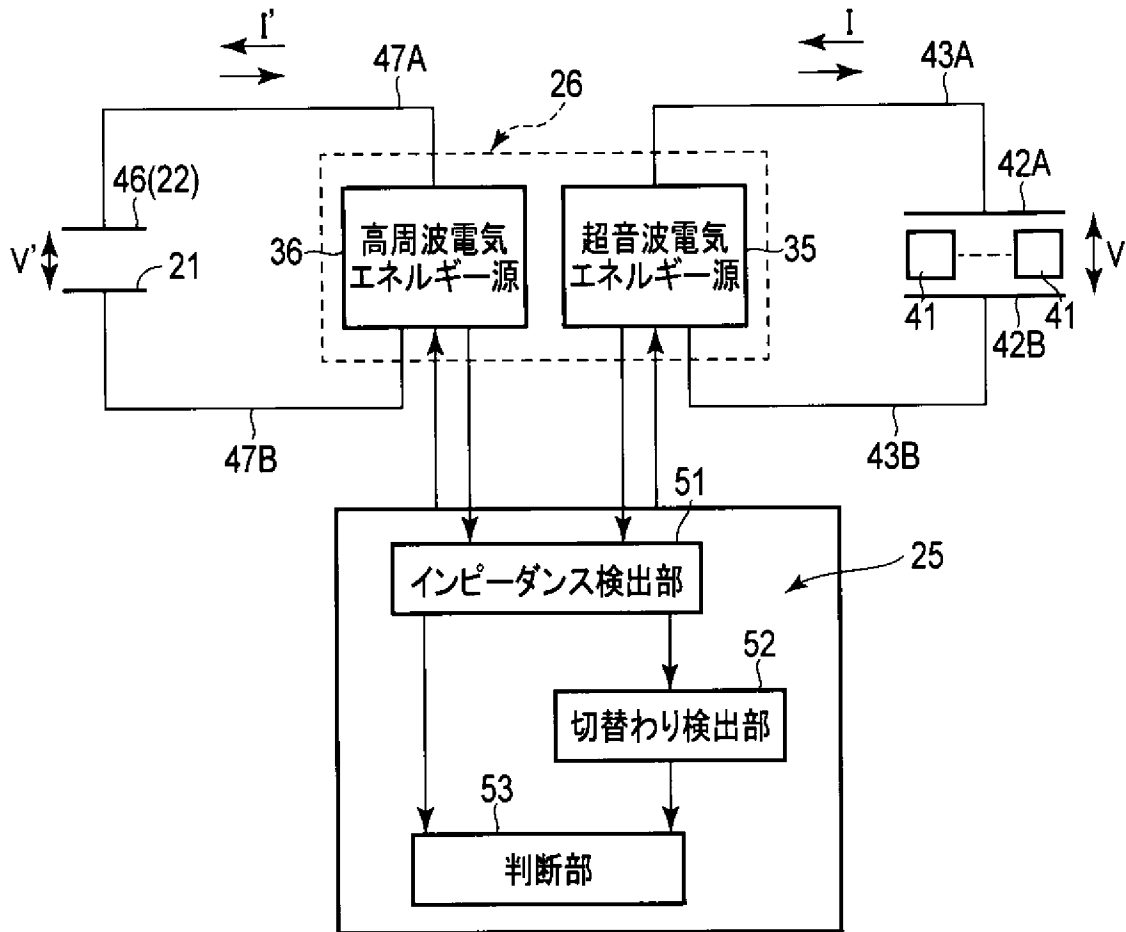
[図1]



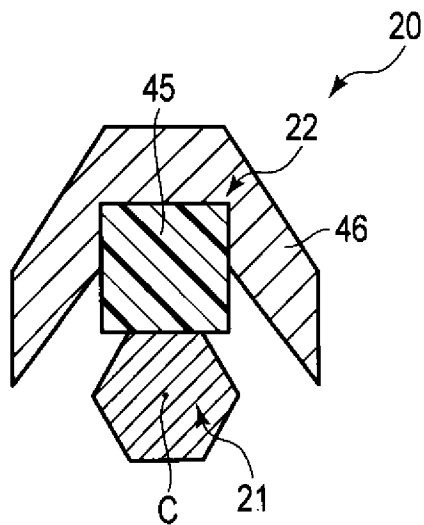
[図2]



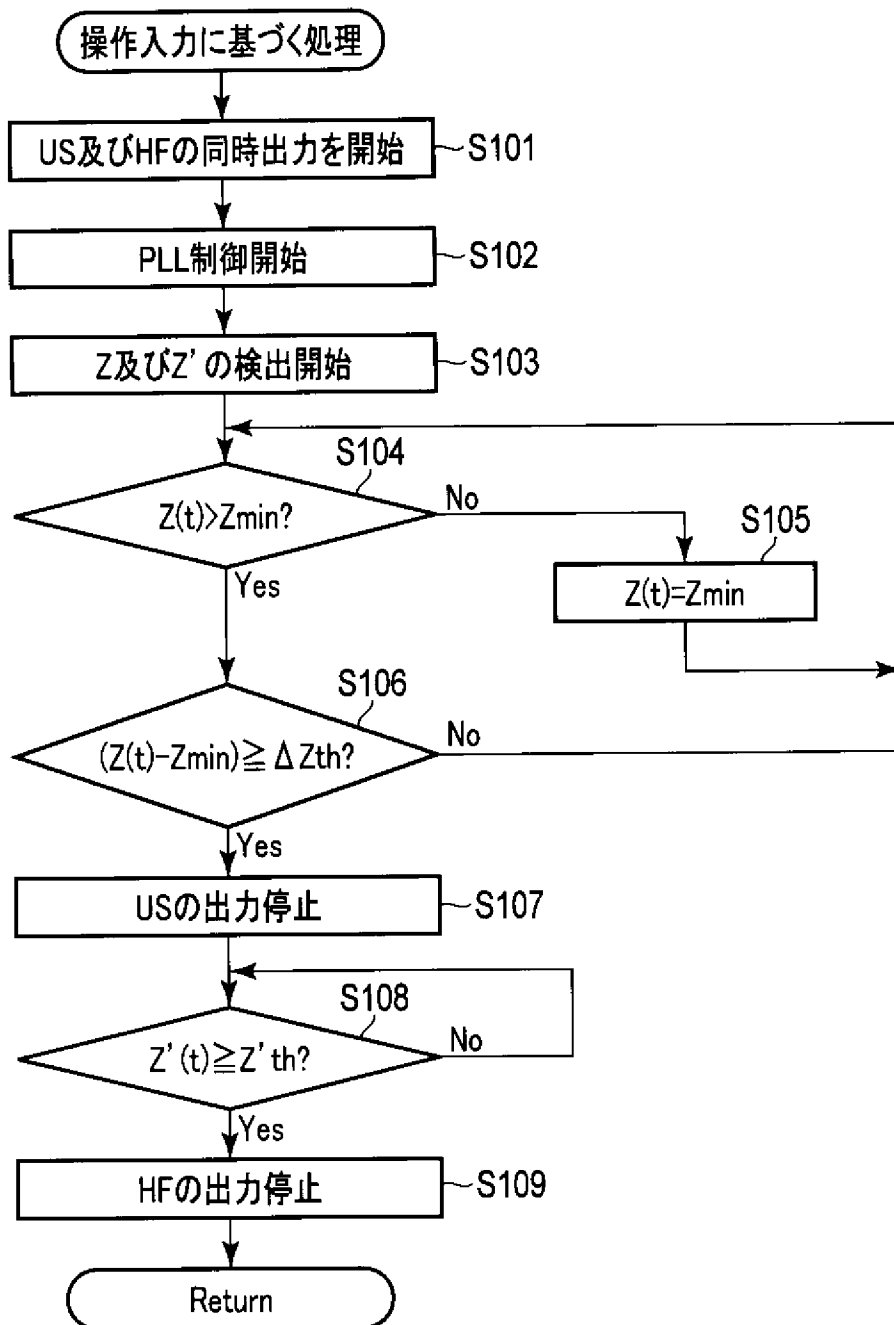
[図3]



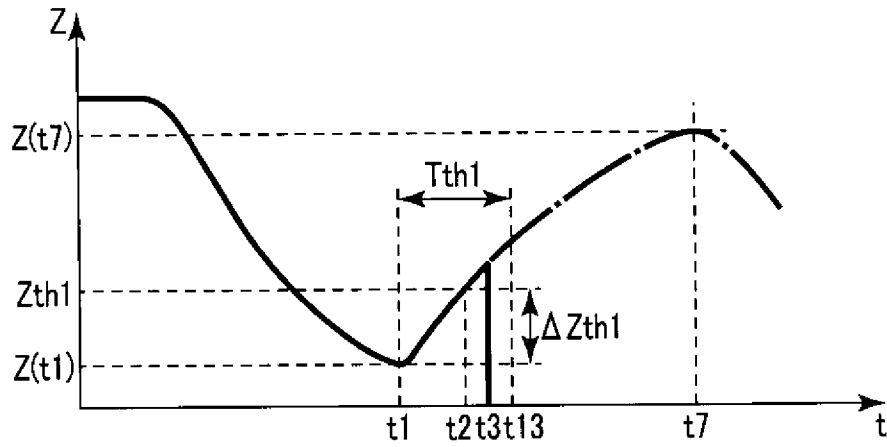
[図4]



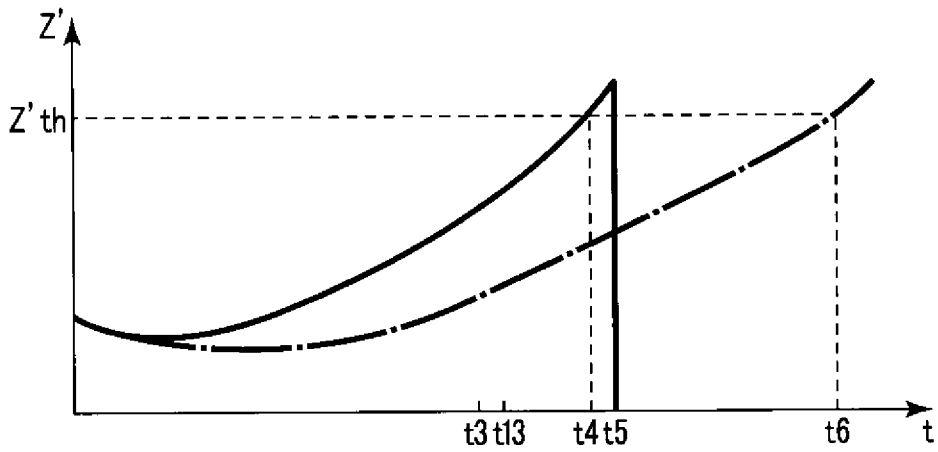
[図5]



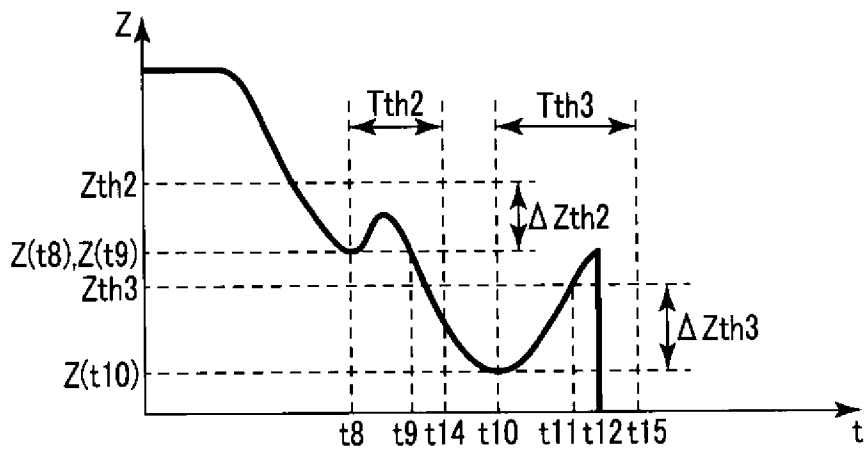
[図6]



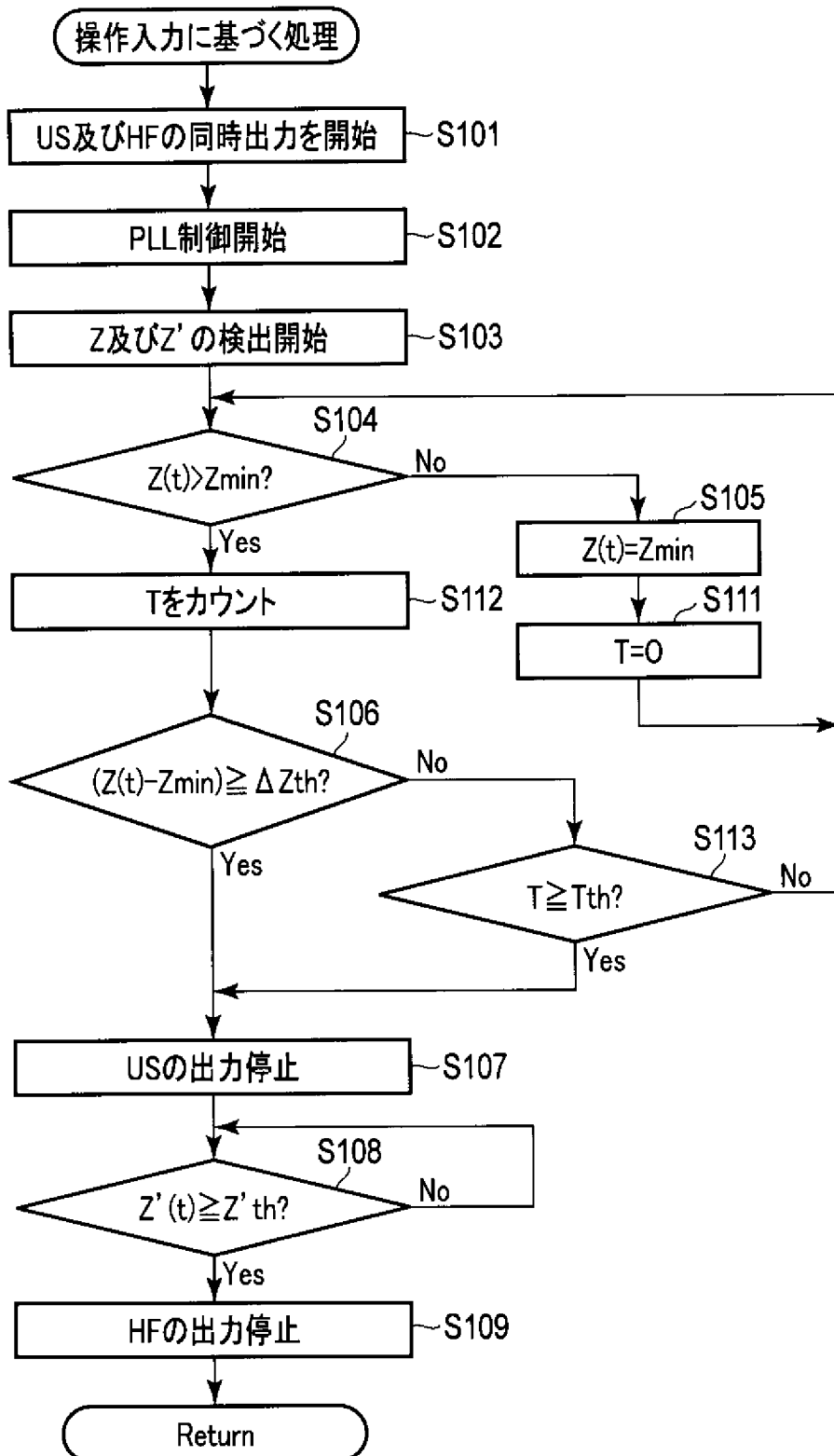
[図7]



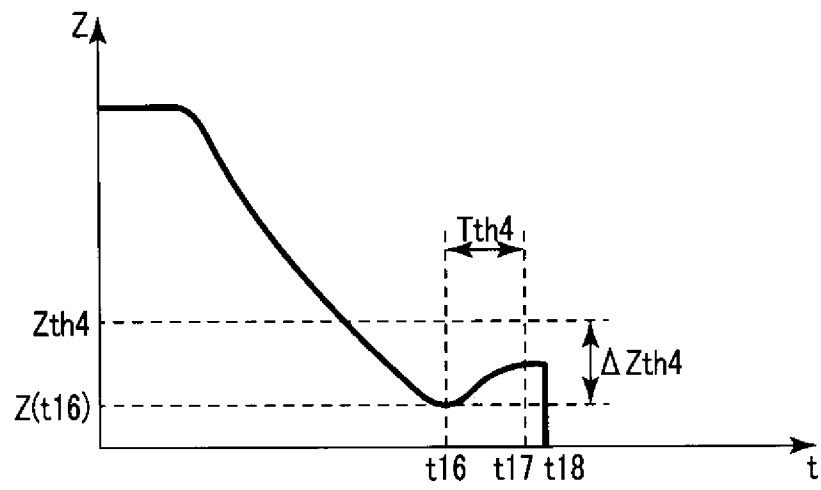
[図8]



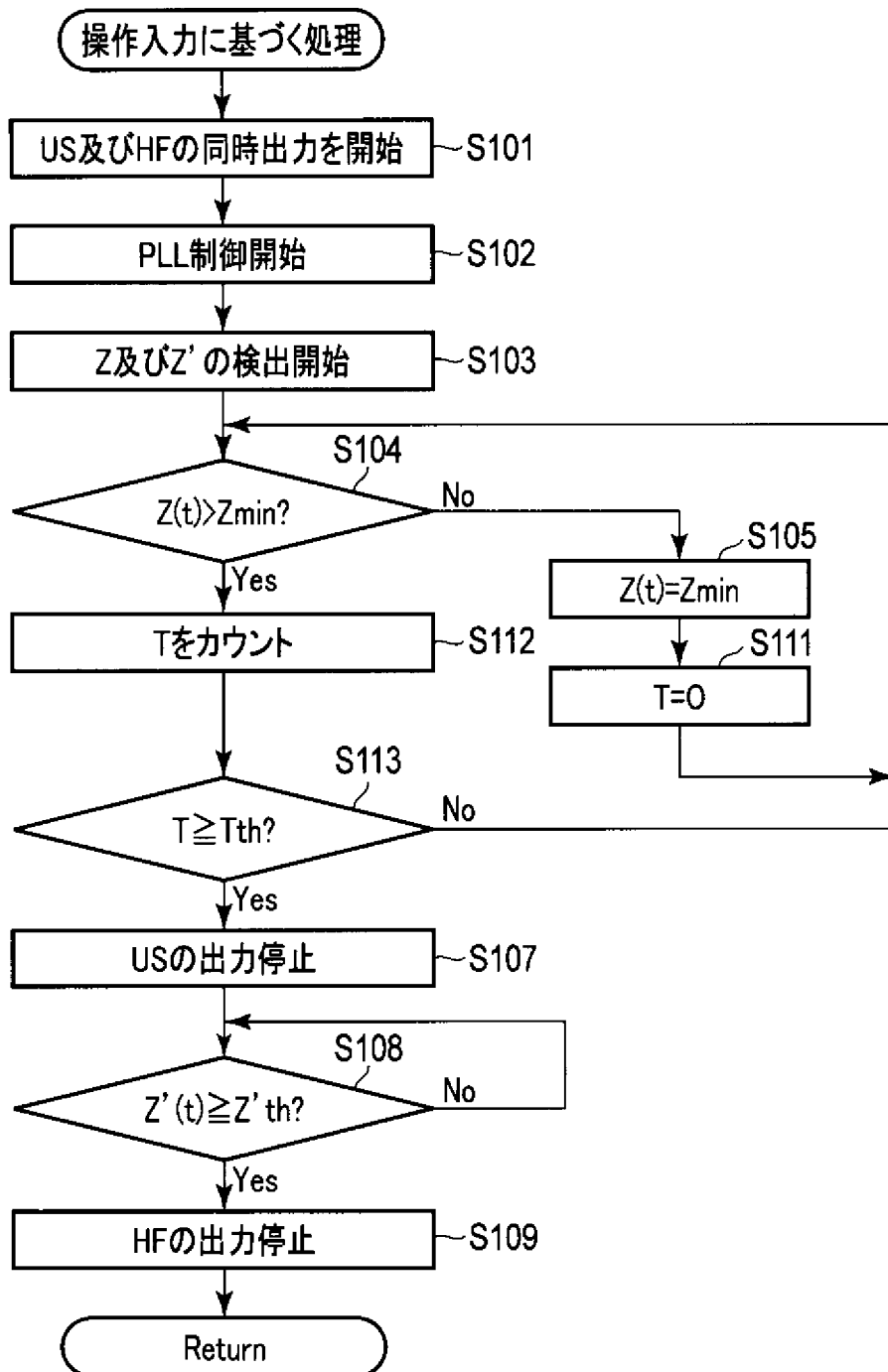
[図9]



[図10]



[図11]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2016/062129

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
A61B17/32(2006.01) i, A61B18/12(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
A61B17/32, A61B18/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/108295 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 16 August 2012 (16.08.2012), paragraphs [0108] to [0162]; fig. 8 to 14 & US 2013/0066238 A1 paragraphs [0128] to [0183]; fig. 8 to 14 & EP 2662045 A1 & CN 103260539 A	1-8
A	JP 2009-247887 A (Olympus Medical Systems Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), entire text; all drawings & US 2009/0254080 A1	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 June 2016 (27.06.16)	Date of mailing of the international search report 12 July 2016 (12.07.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2016/062129

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-533346 A (Ethicon Endo-Surgery, Inc.), 27 December 2012 (27.12.2012), entire text; all drawings & US 2011/0015627 A1 & WO 2011/008672 A2 & CN 102497827 A	1-8
A	JP 2011-125714 A (Tyco Healthcare Group LP), 30 June 2011 (30.06.2011), entire text; all drawings & US 2011/0144635 A1 & EP 2335630 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B17/32(2006.01)i, A61B18/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B17/32, A61B18/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2012/108295 A1（オリンパスメディカルシステムズ株式会社） 2012.08.16, 段落 [0108] - [0162], 図8-14 & US 2013/0066238 A1 段落 [0128] - [0183], 図8-14 & EP 2662045 A1 & CN 103260539 A	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 27.06.2016	国際調査報告の発送日 12.07.2016
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 毛利 大輔	31	4137
	電話番号 03-3581-1101 内線 3386		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-247887 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2009. 10. 29, 全文, 全図 & US 2009/0254080 A1	1 - 8
A	JP 2012-533346 A (エシコン・エンドーサージェリィ・インコーポ レイテッド) 2012. 12. 27, 全文, 全図 & US 2011/0015627 A1 & WO 2011/008672 A2 & CN 102497827 A	1 - 8
A	JP 2011-125714 A (タイコ ヘルスケア グループ リミテッド パ ートナーシップ) 2011. 06. 30, 全文, 全図 & US 2011/0144635 A1 & EP 2335630 A1	1 - 8