

(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
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/044513 A1

(51) 国際特許分類:

A61B 17/32 (2006.01) *B06B 1/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/032216

(22) 国際出願日: 2018年8月30日(30.08.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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).

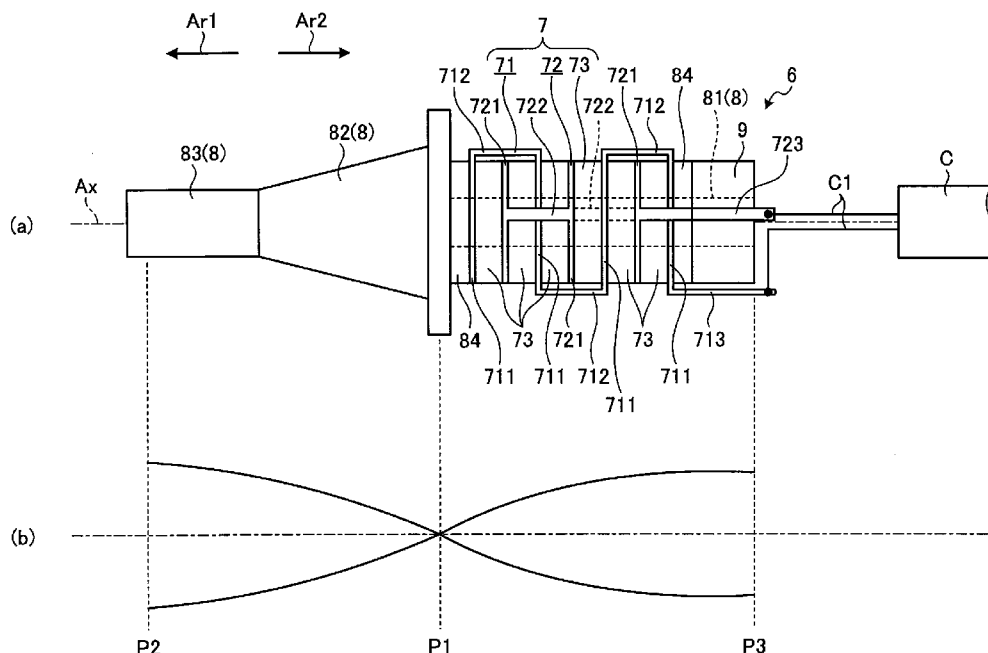
(72) 発明者: 銅 庸 高 (**AKAGANE, Tsunetaka**); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** ULTRASONIC TRANSDUCER, ULTRASONIC TREATMENT INSTRUMENT, AND PRODUCTION METHOD FOR ULTRASONIC TRANSDUCER

(54) 発明の名称: 超音波振動子、超音波処置具、及び超音波振動子の製造方法



(57) **Abstract:** An ultrasonic transducer 6 that comprises a transducer body 7 that generates ultrasonic vibration that is for making a treatment part that treats biological tissue vibrate. The transducer body 7 has a plurality of piezoelectric elements 73 that alternately and repeatedly expand and contract in accordance with a supplied drive signal. The plurality of piezoelectric elements 73 are stacked in the expansion/contraction direction and integrally fastened. The plurality of piezoelectric elements 73 comprise: first piezoelectric elements that expand at first timing and contract at second timing;

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).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

and second piezoelectric elements that have expansion and contraction timing that is different from the first piezoelectric elements.

(57) 要約: 超音波振動子6は、生体組織を処置する処置部を振動させるための超音波振動を発生する振動子本体7を備える。振動子本体7は、供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子73を有し、膨張及び収縮の方向に沿って複数の圧電素子73が積層された状態で一体に締結して構成される。複数の圧電素子73は、第1のタイミングで膨張し、第2のタイミングで収縮する第1の圧電素子と、膨張及び収縮のタイミングが第1の圧電素子とは異なる第2の圧電素子と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

超音波振動子、超音波処置具、及び超音波振動子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、超音波振動子、超音波処置具、及び超音波振動子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、供給された駆動信号に応じて超音波振動を発生させる超音波振動子を有し、当該超音波振動を生体組織に対して付与することによって当該生体組織を処置する超音波処置具が知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の超音波振動子は、積層された状態で積層方向に沿って貫通したボルトによって一体化され、駆動信号に応じて積層方向に沿って膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有する。すなわち、当該超音波振動子は、BLT（ボルト締めランジュバン型振動子）によって構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6261833号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、超音波振動子には、個体差、及びロット間バラつきがある。例えば、同様に製造された2つの超音波振動子のうち、一方の超音波振動子では発生させた超音波振動の振幅が所望の振幅となるが、他方の超音波振動子では発生させた超音波振動の振幅が所望の振幅とならない場合がある。

特許文献1に記載の超音波振動子のように、複数の圧電素子の厚み寸法を調整すれば、当該超音波振動の振幅を所望の振幅に調整することができる。しかしながら、超音波振動子毎に複数の圧電素子の厚み寸法を調整した場合

には、超音波振動子によっては、圧電素子全体の静電容量が設計上の静電容量とは大きく異なるものになってしまう場合がある。このように静電容量が設計上の静電容量とは大きく異なるものとなってしまった場合には、当該超音波振動子を制御するにあたって、制御構造を設計上の製造構造から大幅に変更する必要がある。すなわち、大幅な設計変更を行う必要がある。

そこで、大幅な設計変更を行うことなく、所望の振幅を容易に得ることができる技術が要望されている。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、所望の振幅を容易に得ることができる超音波振動子、超音波処置具、及び超音波振動子の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る超音波振動子は、生体組織を処置する処置部を振動させるための超音波振動を発生する振動子本体を備え、前記振動子本体は、供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結して構成され、前記複数の圧電素子は、第1のタイミングで膨張し、第2のタイミングで収縮する第1の圧電素子と、膨張及び収縮のタイミングが前記第1の圧電素子とは異なる第2の圧電素子と、を備える。

[0007] 本発明に係る超音波処置具は、生体組織を処置する処置部と、前記処置部を振動させるための超音波振動を発生する振動子本体を有する超音波振動子と、を備え、前記振動子本体は、供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結して構成され、前記複数の圧電素子は、第1のタイミングで膨張し、第2のタイミングで収縮する第1の圧電素子と、膨張及び収縮のタイミングが前記第1の圧電素子とは異なる第2の圧電素子と、を備える。

[0008] 本発明に係る超音波振動子の製造方法は、供給された駆動信号に応じて膨

張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結され、定電流制御における前記複数の圧電素子の膨張及び収縮によって超音波振動を発生させる超音波振動子の製造方法であって、前記複数の圧電素子の分極方向が特定の方向に沿う姿勢で配置された通常状態に対して、前記複数の圧電素子毎に、分極方向を反転させた姿勢で配置した状態での前記超音波振動子の振幅を測定し、前記振幅に基づいて、分極方向を反転させる前記圧電素子を決定する。

発明の効果

[0009] 本発明に係る超音波振動子、超音波処置具、及び超音波振動子の製造方法によれば、所望の振幅を容易に得ることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施の形態に係る処置システムを示す図である。
[図2]図2は、超音波振動子を示す図である。
[図3]図3は、第1の電極板を示す図である。
[図4]図4は、第2の電極板を示す図である。
[図5]図5は、超音波振動子の製造方法を示すフローチャートである。
[図6]図6は、超音波振動子の製造方法を説明する図である。
[図7]図7は、超音波振動子の製造方法を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0011] [処置システムの概略構成]

図1は、本実施の形態に係る処置システム1の概略構成を示す図である。

処置システム1は、生体組織における処置の対象となる部位（以下、対象部位と記載）に対して超音波エネルギーを付与することによって、当該対象部位を処置する。ここで、当該処置とは、例えば、対象部位の凝固及び切開を意味する。この処置システム1は、図1に示すように、超音波処置具2と、制御装置3とを備える。

[0012] [超音波処置具の構成]

超音波処置具 2 は、例えば、腹壁を通した状態で対象部位を処置する医療用処置具である。この超音波処置具 2 は、図 1 に示すように、ハンドピース 4 と、超音波トランスデューサ 5 とを備える。

ハンドピース 4 は、図 1 に示すように、保持ケース 4 1 と、操作ノブ 4 2 と、スイッチ 4 3 と、シース 4 4 と、ジョー 4 5 と、超音波プローブ 4 6 とを備える。

保持ケース 4 1 は、超音波処置具 2 全体を支持する。

操作ノブ 4 2 は、保持ケース 4 1 に対して移動可能に取り付けられ、術者による開閉操作を受け付ける。

[0013] スイッチ 4 3 は、保持ケース 4 1 の外部に露出した状態で設けられ、術者による出力開始操作を受け付ける。そして、スイッチ 4 3 は、制御装置 3 に対して当該出力開始操作に応じた操作信号を出力する。

シース 4 4 は、円筒形状を有する。なお、以下では、シース 4 4 の中心軸を中心軸 A x (図 1) と記載する。また、以下では、中心軸 A x に沿う一方側を先端側 A r 1 (図 1) と記載し、他方側を基端側 A r 2 (図 1) と記載する。そして、シース 4 4 は、基端側 A r 2 の一部が保持ケース 4 1 の先端側 A r 1 から当該保持ケース 4 1 の内部に挿入されることによって、当該保持ケース 4 1 に対して取り付けられる。

[0014] ジョー 4 5 は、シース 4 4 における先端側 A r 1 の端部に回転可能に取り付けられ、超音波プローブ 4 6 における先端側 A r 1 の部分との間において対象部位を把持する。なお、上述した保持ケース 4 1 及びシース 4 4 の内部には、術者による操作ノブ 4 2 への開閉操作に応じて、超音波プローブ 4 6 における先端側 A r 1 の部分に対してジョー 4 5 を開閉させる開閉機構 (図示略) が設けられている。

[0015] 超音波プローブ 4 6 は、本発明に係る処置部に相当する。この超音波プローブ 4 6 は、中心軸 A x に沿って直線状に延在する長尺形状を有し、図 1 に示すように、先端側 A r 1 の部分が外部に突出した状態でシース 4 4 の内部に挿通される。また、超音波プローブ 4 6 の基端側 A r 2 の端部は、超音波

トランスデューサ5を構成する超音波振動子6（図2（a）参照）と接続する。そして、超音波プローブ46は、超音波振動子6が発生させた超音波振動を基端側Ar2の端部から先端側Ar1の端部まで伝達する。

[0016] 超音波トランスデューサ5は、図1に示すように、超音波トランスデューサケース51と、超音波振動子6（図2（a）参照）とを備える。

超音波トランスデューサケース51は、超音波振動子6を支持するとともに、保持ケース41に対して着脱自在に接続する。

[0017] 図2は、超音波振動子6を示す図である。

超音波振動子6は、制御装置3による制御の下、超音波振動を発生させる。本実施の形態では、超音波振動子6は、BLT（ボルト締めランジュバン型振動子）によって構成されている。この超音波振動子6は、図2（a）に示すように、振動子本体7と、フロントマス8と、バックマス9とを備える。

振動子本体7は、図2（a）に示すように、第1、第2の電極板71、72と、複数（本実施の形態では6枚）の圧電素子73とを備える。

[0018] 図3は、第1の電極板71を示す図である。

第1の電極板71は、制御装置3から駆動信号が供給される部分である。この第1の電極板71は、図2（a）または図3に示すように、複数（本実施の形態では4枚）の負電極板711と、複数（本実施の形態では3つ）の負電極配線部712と、リード線接続端子713とを備える。

[0019] 複数の負電極板711は、図3に示すように、中央に開口711aを有する円板形状をそれぞれ有し、中心軸Axに沿って並設されている。

複数の負電極配線部712は、互いに隣り合う負電極板711の外縁部同士を電氣的に接続する部分である。

リード線接続端子713は、電気ケーブルC（図1，図2（a））を構成するリード線C1（図2（a））が接続される部分である。このリード線接続端子713は、複数の負電極板711のうち、最も基端側Ar2に位置する負電極板711の外縁から基端側Ar2に向けて延在する。

[0020] 図4は、第2の電極板72を示す図である。

第2の電極板72は、制御装置3から駆動信号が供給される部分である。
この第2の電極板72は、図2(a)または図4に示すように、複数（本実施の形態では3枚）の正電極板721と、複数（本実施の形態では2つ）の正電極配線部722と、リード線接続端子723とを備える。

[0021] 複数の正電極板721は、図4に示すように、中央に開口721aを有する円板形状をそれぞれ有し、中心軸Axに沿って並設されている。なお、正電極板721は、負電極板711と略同一の形状を有する。

複数の正電極配線部722は、互いに隣り合う正電極板721の外縁部同士を電氣的に接続する部分である。

そして、負電極板711及び正電極板721は、図2(a)に示すように、中心軸Axに沿って交互に配設されている。

リード線接続端子723は、電気ケーブルCを構成するリード線C1が接続される部分である。このリード線接続端子723は、複数の正電極板721のうち、最も基端側Ar2に位置する正電極板721の外縁から基端側Ar2に向けて延在する。

[0022] 複数の圧電素子73は、中央に開口（図示略）を有する円板形状をそれぞれ有し、負電極板711と正電極板721との間にそれぞれ配設されている。すなわち、複数の圧電素子73は、中心軸Axに沿って積層されている。そして、複数の圧電素子73は、第1、第2の電極板71、72に供給された駆動信号に応じて、中心軸Axに沿う積層方向に電位差が生じることによって、当該積層方向に沿って膨張及び収縮を交互に繰り返す。これによって、超音波振動子6は、当該積層方向を振動方向とする縦振動の超音波振動を発生させる。

[0023] フロントマス8は、中心軸Axに沿って直線状に延在する長尺形状を有する。このフロントマス8は、図2(a)に示すように、素子装着部81と、断面積変化部82と、プローブ装着部83とを備える。

素子装着部81は、中心軸Axに沿って直線状に延在するボルトであり、

複数の負電極板 7 1 1 の各開口 7 1 1 a、複数の正電極板 7 2 1 の各開口 7 2 1 a、及び複数の圧電素子 7 3 の各開口（図示略）にそれぞれ挿通される。そして、素子装着部 8 1 における基端側 A r 2 の端部には、図 2（a）に示すように、ナットによって構成されたバックマス 9 が取り付けられる。

[0024] 断面積変化部 8 2 は、本発明に係るホーンに相当する。この断面積変化部 8 2 は、素子装着部 8 1 における先端側 A r 1 の端部に設けられ、超音波振動の振幅を増幅する部分である。また、断面積変化部 8 2 は、図 2（a）に示すように、基端側 A r 2 の端部が素子装着部 8 1 よりも径寸法が大きく設定され、先端側 A r 1 に向かうにしたがって断面積が減少する円錐台形状を有する。すなわち、複数の負電極板 7 1 1、複数の正電極板 7 2 1、及び複数の圧電素子 7 3 は、素子装着部 8 1 が中心軸 A x に沿って貫通し、断面積変化部 8 2 とバックマス 9 との間に挟持されることにより、略円柱形状を有した状態で一体に締結されている。なお、本実施の形態では、断面積変化部 8 2 と圧電素子 7 3 との間、及びバックマス 9 と圧電素子 7 3 との間には、それぞれ絶縁板 8 4（図 2（a））が介装されている。

プローブ装着部 8 3 は、図 2（a）に示すように、断面積変化部 8 2 における先端側 A r 1 の端部に設けられ、中心軸 A x に沿って直線状に延在している。そして、プローブ装着部 8 3 における先端側 A r 1 の端部には、ハンドピース 4 に対して超音波トランスデューサ 5 が接続された状態で、超音波プローブ 4 6 における基端側 A r 2 の端部が接続される。

[0025] 〔制御装置の構成〕

制御装置 3 には、電気ケーブル C（図 1）によって、超音波処置具 2 が着脱自在に接続される。そして、制御装置 3 は、電気ケーブル C を経由することによって、超音波処置具 2 の動作を統括的に制御する。この制御装置 3 は、図 1 に示すように、エネルギー源 3 1 と、検出回路 3 2 と、プロセッサ 3 3 とを備える。

エネルギー源 3 1 は、プロセッサ 3 3 による制御の下、電気ケーブル C（一対のリード線 C 1）を経由することによって、超音波振動子 6 に対して交流

電力である駆動信号を出力する。

[0026] 検出回路 32 は、エネルギー源 31 から超音波振動子 6 に対して出力されている駆動信号に基づいて US 信号を検出する。そして、検出回路 32 は、検出した US 信号をプロセッサ 33 に対して出力する。

ここで、当該 US 信号としては、駆動信号における電圧の位相信号（以下、US 電圧位相信号と記載）、当該駆動信号における電流の位相信号（以下、US 電流位相信号と記載）、当該駆動信号における電流値（以下、US 電流と記載）、当該駆動信号における電圧値（以下、US 電圧と記載）、当該 US 電流及び当該 US 電圧から算出されるインピーダンス値（以下、US インピーダンスと記載）等を例示することができる。

プロセッサ 33 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) や FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等であり、メモリ（図示略）に記憶されたプログラムにしたがって、処置システム 1 全体の動作を制御する。

なお、プロセッサ 33 の機能については、以下の「処置システムの動作」において、説明する。

[0027] [処置システムの動作]

次に、上述した処置システム 1 の動作について説明する。

術者は、超音波処置具 2 を手で持ち、当該超音波処置具 2 における先端側 Ar1 の部分を、例えば、トロッカ等を用いて腹壁を通してから腹腔内に挿入する。そして、術者は、操作ノブ 42 を開閉操作し、ジョー 45 と超音波プローブ 46 における先端側 Ar1 の部分とによって対象部位を把持する。この後、術者は、スイッチ 43 を押下する。そして、プロセッサ 33 は、スイッチ 43 からの操作信号に応じて、以下に示す制御を実行する。

[0028] プロセッサ 33 は、エネルギー源 31 の動作を制御し、当該エネルギー源 31 から出力される駆動信号における周波数を掃引し、検出回路 32 から出力される US 信号（例えば、US 電流、US 電流位相信号及び US 電圧位相信号の位相差等）に基づいて、超音波振動子 6 の共振周波数を探索する。そして、プロセッサ 33 は、エネルギー源 31 の動作を制御し、US 信号（例えば、

US 電流、US 電流位相信号及びUS 電圧位相信号の位相差等)に基づいて、当該エネルギー源 31 から出力される駆動信号における周波数を当該探索した共振周波数にロックする PLL 制御を実行する。本実施の形態では、プロセッサ 33 は、PLL 制御を実行する際、US 電流を一定に保つ定電流制御を実行する。これにより、超音波振動子 6 は、超音波振動(縦振動)を発生させる。ここで、断面積変化部 82 における基端側 Ar2 の端部は、縦振動の節 P1 (図 2 (b))となる。また、プローブ装着部 83 における先端側 Ar1 の端部、及びバックマス 9 における基端側 Ar2 の端部は、それぞれ縦振動の腹 P2, P3 (図 2 (b))となる。すなわち、超音波振動子 6 の全長は、縦振動の波長の約 $1/2$ である。

[0029] そして、超音波振動子 6 に発生させた縦振動は、超音波プローブ 46 に伝達される。これによって、超音波プローブ 46 における先端側 Ar1 の部分は、当該縦振動によって、所望の振幅で振動する。すなわち、ジョー 45 と超音波プローブ 46 における先端側 Ar1 の部分との間に把持された対象部位には、当該先端側 Ar1 の部分から超音波振動が付与される。言い換えれば、対象部位には、当該先端側 Ar1 の部分から超音波エネルギーが付与される。これによって、当該先端側 Ar1 の部分と対象部位との間に摩擦熱が発生する。そして、当該対象部位は、凝固しつつ切開される。

[0030] [超音波振動子の製造方法]

次に、超音波振動子 6 の製造方法について説明する。

図 5 は、超音波振動子 6 の製造方法を示すフローチャートである。図 6 及び図 7 は、超音波振動子 6 の製造方法を説明する図である。具体的に、図 6 (a) は、複数の圧電素子 73 を通常状態で配置した構成を示している。図 6 (b) は、複数の圧電素子 73 のうち 1 枚の圧電素子 73e の分極方向を通常状態から反転させた姿勢で配置した構成を示している。

なお、図 6 では、複数の圧電素子 73 の実装位置を、断面積変化部 82 (節 P1) に近接する側から基端側 Ar2 に向けて順に、実装位置「1」～「6」としている。また、各実装位置「1」～「6」の圧電素子 73 をそれぞれ

れ圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f としている。さらに、圧電素子 7 3 内部における正電荷を「+」によって表現し、負電荷を「-」によって表現し、分極方向を矢印によって表現している。また、負電極板 7 1 1 及び正電極板 7 2 1 の位置を一点鎖線によって表現している。

[0031] ここで、図 6 (a) に示した通常状態とは、複数の圧電素子 7 3 を負電荷「-」側が負電極板 7 1 1 に対向し、正電荷「+」側が正電極板 7 2 1 に対向する姿勢でそれぞれ配置した状態を意味する。

[0032] 先ず、作業者は、以下に示す工程 S 1 を実行する。

作業者は、複数の圧電素子 7 3 を図 6 (a) に示した通常状態に設定する。また、作業者は、制御装置 3 を操作し、当該制御装置 3 によって超音波振動子 6 の定電流制御を実行させる。これによって、超音波振動子 6 は、超音波振動（縦振動）を発生する。この場合、複数の圧電素子 7 3 は、通常状態に設定されているため、同一の第 1 のタイミングで膨張するとともに、同一の第 2 のタイミングで収縮することとなる。そして、作業者は、振動計等を用いることによって、当該縦振動の振幅を測定する。

[0033] 工程 S 1 の後、作業者は、工程 S 1 において測定した振幅が所望の振幅であるか否かを判断する（工程 S 2 ）。

所望の振幅であると判断した場合（工程 S 2 : Y e s ）には、作業者は、超音波振動子 6 を通常状態で用いることを決定する（工程 S 3 ）。工程 S 3 の後、作業者は、超音波振動子 6 の製造方法を終了する。

[0034] 一方、所望の振幅ではないと判断した場合（工程 S 2 : N o ）には、作業者は、以下に示す工程 S 4 を実行する。

作業者は、例えば図 6 (b) に示すように、実装位置「1」～「6」のいずれか一つの圧電素子 7 3 （図 6 (b) の例では圧電素子 7 3 e ）の分極方向を通常状態から反転させた姿勢で配置する。また、作業者は、工程 S 1 と同様に、制御装置 3 を操作し、当該制御装置 3 によって超音波振動子 6 の定電流制御を実行させる。これによって、超音波振動子 6 は、超音波振動（縦振動）を発生する。この場合、例えば図 6 (b) の状態では、複数の圧電素

子 7 3 のうち、圧電素子 7 3 a ~ 7 3 d, 7 3 f は、同一の第 1 のタイミングで膨張するとともに、同一の第 2 のタイミングで収縮することとなる。すなわち、圧電素子 7 3 a ~ 7 3 d, 7 3 f は、本発明に係る第 1 の圧電素子に相当する。一方、圧電素子 7 3 e は、分極方向が通常状態から反転しているため、圧電素子 7 3 a ~ 7 3 d, 7 3 f とは逆に、第 1 のタイミングで収縮するとともに、第 2 のタイミングで膨張することとなる。すなわち、圧電素子 7 3 e は、本発明に係る第 2 の圧電素子に相当する。そして、作業者は、振動計等を用いることによって、当該縦振動の振幅を測定する。

[0035] 工程 S 4 の後、作業者は、実装位置「1」～「6」の全ての圧電素子 7 3 について工程 S 4 を実行したか否かを判断する（工程 S 5）。

全ての圧電素子 7 3 について実行していないと判断した場合（工程 S 5 : No）には、作業者は、工程 S 4 に戻る。

[0036] 一方、全ての圧電素子 7 3 について実行したと判断した場合（工程 S 5 : Yes）には、作業者は、以下に示す工程 S 6 を実行する。

作業者は、工程 S 4 において測定した振幅を参照し、実装位置「1」～「6」のうち、分極方向を反転させることによって所望の振幅に近い振幅となる実装位置を決定する。そして、作業者は、当該決定した実装位置の圧電素子 7 3 の分極方向を通常状態から反転させた姿勢で超音波振動子 6 を用いることを決定する。なお、本実施の形態では、図 6（b）に示すように、分極方向を反転させる実装位置として実装位置「5」を決定している。

[0037] 工程 S 1 において測定した通常状態での振幅に対する工程 S 4 においてそれぞれ測定した各振幅の増加率（以下、振幅増加率と記載）と分極方向を反転させた圧電素子 7 3 の実装位置「1」～「6」との関係は、図 7 に示す通りである。

実装位置「1」～「6」の圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f のいずれの分極方向を通常状態から反転させた場合であっても、振幅増加率は、正の値となっている。言い換えれば、通常状態の振幅よりも高い振幅となっている。これは、以下の理由が考えられる。

圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f のいずれかの分極方向を通常状態から反転させた場合には、超音波振動子 6 は、通常状態に対して振動効率が悪くなる。そして、振動効率が悪くなると、定電流制御において、圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f 毎に印加される電圧値は、通常状態よりも高くなる。すなわち、圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f のいずれかの分極方向を通常状態から反転させた場合には、印加される電圧値が通常状態よりも高くなるため、通常状態の振幅よりも高い振幅となる。

[0038] また、振幅増加率は、実装位置「1」の圧電素子 7 3 a の分極方向を通常状態から反転させた場合に最も高いものとなり、分極方向を反転させる圧電素子 7 3 の実装位置が実装位置「2」から「6」に向かうにしたがって（節 P 1 から離間するにしたがって）、少なくなっている。これは、以下の理由が考えられる。

複数の圧電素子 7 3 のうち、超音波振動子 6 の振動に寄与する振動寄与率は、節 P 1 に近い位置に実装される圧電素子 7 3 a が最も高く、実装位置「1」～「6」に実装される圧電素子 7 3 a ~ 7 3 f の順に小さくなる。すなわち、振動寄与率の高い圧電素子 7 3 の分極方向を通常状態から反転させれば振幅増加率が高くなり、振動寄与率の低い圧電素子 7 3 の分極方向を通常状態から反転させれば振幅増加率が低くなる。

[0039] 以上説明した本実施の形態によれば、以下の効果を奏する。

本実施の形態に係る超音波振動子 6 では、複数の圧電素子 7 3 は、第 1 のタイミングで膨張し、第 2 のタイミングで収縮する圧電素子 7 3 a ~ 7 3 d , 7 3 f と、第 1 のタイミングで収縮し、第 2 のタイミングで膨張する圧電素子 7 3 e とを備える。すなわち、複数の圧電素子 7 3 のうち、圧電素子 7 3 e の分極方向を通常状態から反転させるだけで、所望の振幅を得ることができる。この際、圧電素子 7 3 e の分極方向を通常状態から反転させた場合であっても、圧電素子 7 3 全体の静電容量は、通常状態での圧電素子 7 3 全体の静電容量から変化しない。このため、圧電素子 7 3 e の分極方向を通常状態から反転させた場合であっても、超音波振動子 6 を制御するにあたって

、制御構造を設計上の製造構造から変更する必要がない。すなわち、大幅な設計変更を行う必要がない。

以上のことから、本実施の形態に係る超音波振動子 6 によれば、大幅な設計変更を行うことなく、所望の振幅を容易に得ることができる。

[0040] また、本実施の形態に係る超音波振動子 6 では、複数の圧電素子 7 3 は、節 P 1 よりも基端側 A r 2 において、中心軸 A x に沿って積層されている。言い換えれば、超音波振動子 6 は、縦振動の節 P 1 が 1 つのみ存在し、その全長が縦振動の波長の約 $1/2$ となる。このため、超音波振動子 6 の小型化、ひいては、超音波処置具 2 の小型化を図ることができる。

[0041] (その他の実施形態)

ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態によってのみ限定されるべきものではない。

上述した実施の形態では、複数の圧電素子 7 3 は、6 枚によって構成されていたが、その他の数によって構成しても構わない。また、6 枚の圧電素子 7 3 のうち、節 P 1 から 5 番目の圧電素子 7 3 e を本発明に係る第 2 の圧電素子としていたが、これに限らず、その他の位置の圧電素子 7 3 を本発明に係る第 2 の圧電素子としても構わない。さらに、本発明に係る第 2 の圧電素子の数は、1 枚に限らず、その他の数としても構わない。

[0042] 上述した実施の形態では、本発明に係る第 2 の圧電素子である圧電素子 7 3 e は、本発明に係る第 1 の圧電素子である圧電素子 7 3 a ~ 7 3 d, 7 3 f とは逆に、第 1 のタイミングで収縮し、第 2 のタイミングで膨張していたが、これに限らない。本発明に係る第 2 の圧電素子としては、膨張及び収縮のタイミングが本発明に係る第 1 の圧電素子とは異なっていれば、膨張及び収縮のタイミングをその他のタイミングとしても構わない。すなわち、本発明に係る第 2 の圧電素子の膨張及び収縮のタイミングを本発明に係る第 1 の圧電素子とは異なるものとすれば、超音波振動子 6 は、通常状態に対して振動効率が悪くなるため、通常状態の振幅よりも高い振幅となると考えられる。

[0043] 上述した実施の形態では、超音波振動子 6 は、超音波振動の波長の約 $1/2$ の全長を有していたが、これに限らず、その他の全長、例えば当該波長と略同一の全長を有する構成としても構わない。

[0044] 上述した実施の形態では、超音波処置具 2 として、対象部位に対して超音波エネルギーを付与する構成を採用していたが、これに限らず、対象部位に対して、超音波エネルギーと、高周波エネルギー及び熱エネルギーの少なくとも一方のエネルギーとを付与する構成を採用しても構わない。ここで、「対象部位に対して高周波エネルギーを付与する」とは、対象部位に対して高周波電流を流すことを意味する。また、「対象部位に対して熱エネルギーを付与する」とは、ヒータ等の熱を対象部位に伝達することを意味する。

符号の説明

- [0045]
- 1 処置システム
 - 2 超音波処置具
 - 3 制御装置
 - 4 ハンドピース
 - 5 超音波トランスデューサ
 - 6 超音波振動子
 - 7 振動子本体
 - 8 フロントマス
 - 9 バックマス
 - 3 1 エネルギー源
 - 3 2 検出回路
 - 3 3 プロセッサ
 - 4 1 保持ケース
 - 4 2 操作ノブ
 - 4 3 スイッチ
 - 4 4 シース
 - 4 5 ジョー

4 6 超音波プローブ
5 1 超音波トランスデューサケース
7 1 第 1 の電極板
7 2 第 2 の電極板
7 3, 7 3 a ~ 7 3 f 圧電素子
8 1 素子装着部
8 2 断面積変化部
8 3 プローブ装着部
8 4 絶縁板
7 1 1 負電極板
7 1 1 a 開口
7 1 2 負電極配線部
7 1 3 リード線接続端子
7 2 1 正電極板
7 2 1 a 開口
7 2 2 正電極配線部
7 2 3 リード線接続端子
A r 1 先端側
A r 2 基端側
A x 中心軸
C 電気ケーブル
C 1 リード線
P 1 節
P 2, P 3 腹

請求の範囲

- [請求項1] 生体組織を処置する処置部を振動させるための超音波振動を発生する振動子本体を備え、
前記振動子本体は、
供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結して構成され、
前記複数の圧電素子は、
第1のタイミングで膨張し、第2のタイミングで収縮する第1の圧電素子と、
膨張及び収縮のタイミングが前記第1の圧電素子とは異なる第2の圧電素子と、を備える超音波振動子。
- [請求項2] 前記第2の圧電素子は、
前記第1のタイミングで収縮し、前記第2のタイミングで膨張する請求項1に記載の超音波振動子。
- [請求項3] 前記振動子本体と接続され、前記振動子本体が発生させた前記超音波振動を増幅するとともに前記処置部に対して伝達するホーンをさらに備える請求項1に記載の超音波振動子。
- [請求項4] 前記超音波振動子には、
前記超音波振動の節が一つ設けられ、
前記複数の圧電素子は、
前記節と前記超音波振動子の長手方向における前記ホーンから離間した端部との間において、前記節から前記端部に向けて積層されている請求項3に記載の超音波振動子。
- [請求項5] 前記複数の圧電素子は、
6個で構成され、
前記第2の圧電素子は、
1個以上で構成され、

前記第2の圧電素子の少なくとも一つは、

前記節から5番目の位置に配置されている請求項4に記載の超音波振動子。

[請求項6] 前記振動子本体は、

定電流制御によって前記超音波振動を発生させる請求項1に記載の超音波振動子。

[請求項7] 生体組織を処置する処置部と、

前記処置部を振動させるための超音波振動を発生する振動子本体を有する超音波振動子と、を備え、

前記振動子本体は、

供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結して構成され、

前記複数の圧電素子は、

第1のタイミングで膨張し、第2のタイミングで収縮する第1の圧電素子と、

膨張及び収縮のタイミングが前記第1の圧電素子とは異なる第2の圧電素子と、を備える超音波処置具。

[請求項8] 前記第2の圧電素子は、

前記第1のタイミングで収縮し、前記第2のタイミングで膨張する請求項7に記載の超音波処置具。

[請求項9] 前記超音波振動子は、

前記振動子本体と接続され、前記振動子本体が発生させた前記超音波振動を増幅するとともに前記処置部に対して伝達するホーンをさらに備える請求項7に記載の超音波処置具。

[請求項10] 前記超音波振動子には、

前記超音波振動の節が一つ設けられ、

前記複数の圧電素子は、

前記節と前記超音波振動の長手方向における前記ホーンから離間した端部との間において、前記節から前記端部に向けて積層されている請求項 9 に記載の超音波処置具。

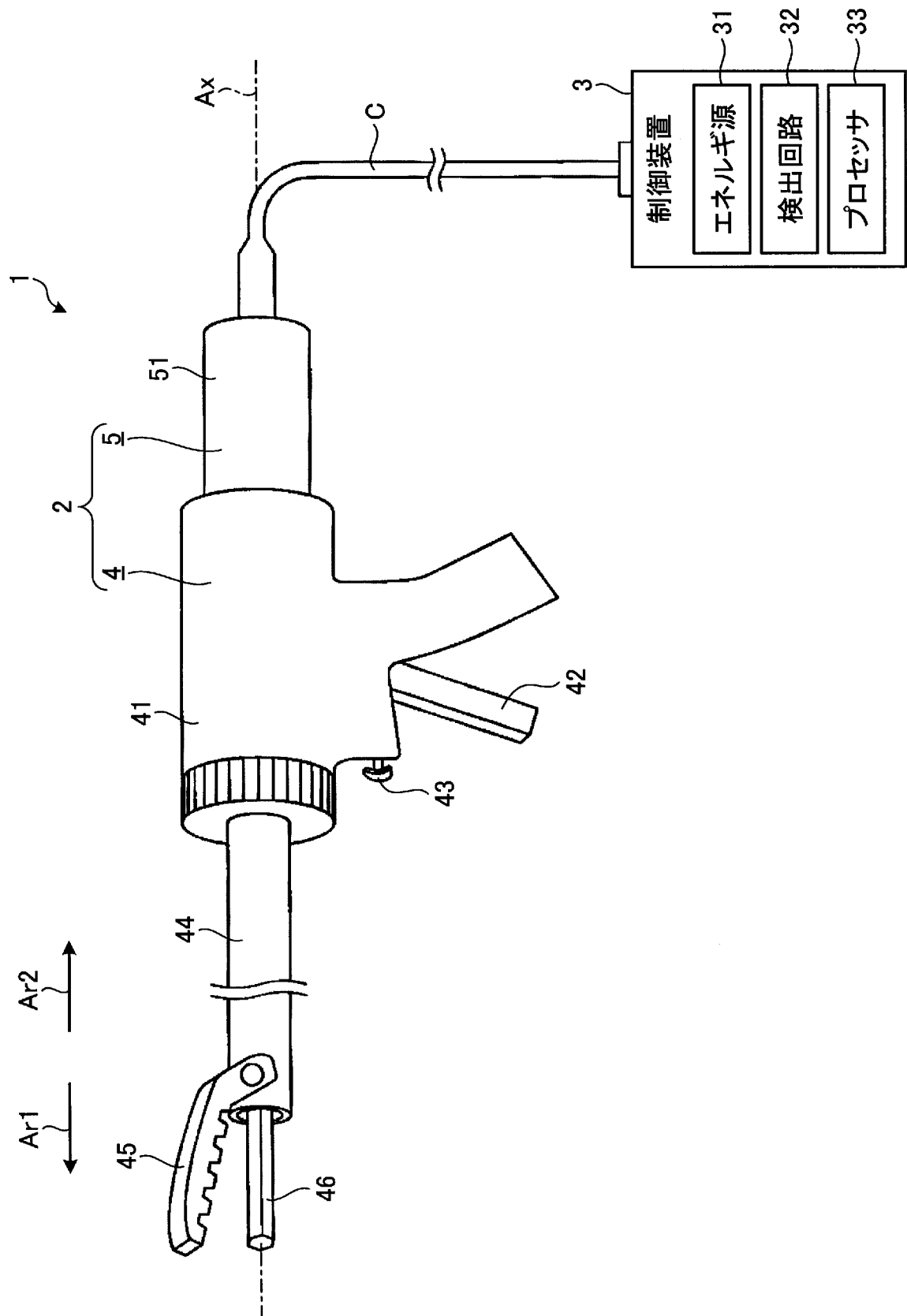
[請求項11] 前記複数の圧電素子は、
6 個で構成され、
前記第 2 の圧電素子は、
1 個以上で構成され、
前記第 2 の圧電素子の少なくとも一つは、
前記節から 5 番目の位置に配置されている請求項 10 に記載の超音波処置具。

[請求項12] 前記振動子本体は、
定電流制御によって前記超音波振動を発生させる請求項 7 に記載の超音波処置具。

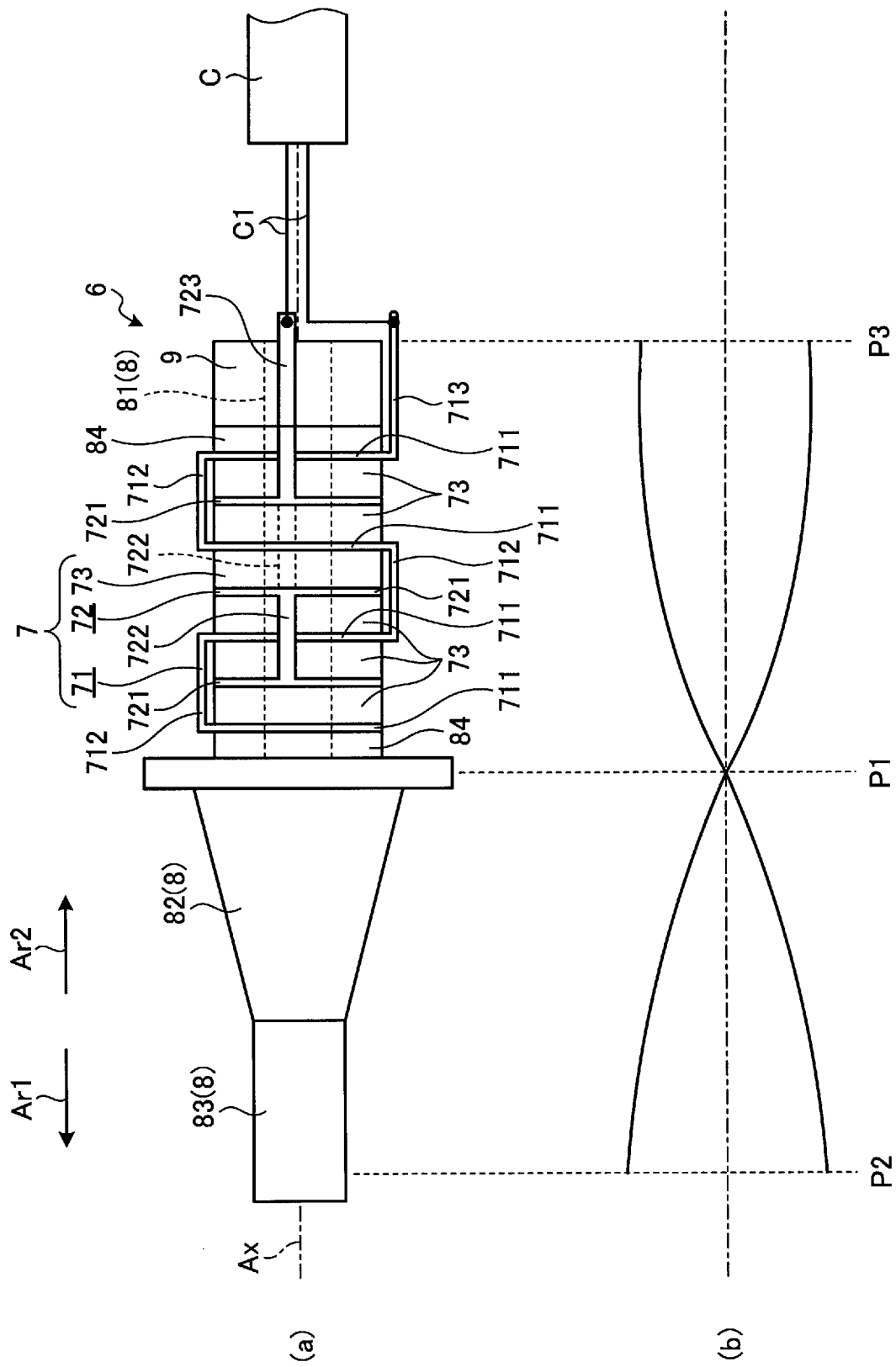
[請求項13] 供給された駆動信号に応じて膨張と収縮とを交互に繰り返す複数の圧電素子を有し、膨張及び収縮の方向に沿って前記複数の圧電素子が積層された状態で一体に締結され、定電流制御における前記複数の圧電素子の膨張及び収縮によって超音波振動を発生させる超音波振動子の製造方法であって、
前記複数の圧電素子の分極方向が特定の方向に沿う姿勢で配置された通常状態に対して、前記複数の圧電素子毎に、分極方向を反転させた姿勢で配置した状態での前記超音波振動子の振幅を測定し、
前記振幅に基づいて、分極方向を反転させる前記圧電素子を決定する超音波振動子の製造方法。

[請求項14] 所望の振幅で駆動する前記超音波振動子を製造するために、前記振幅に基づいて、分極方向を反転させる前記圧電素子を決定する請求項 13 に記載の超音波振動子の製造方法。

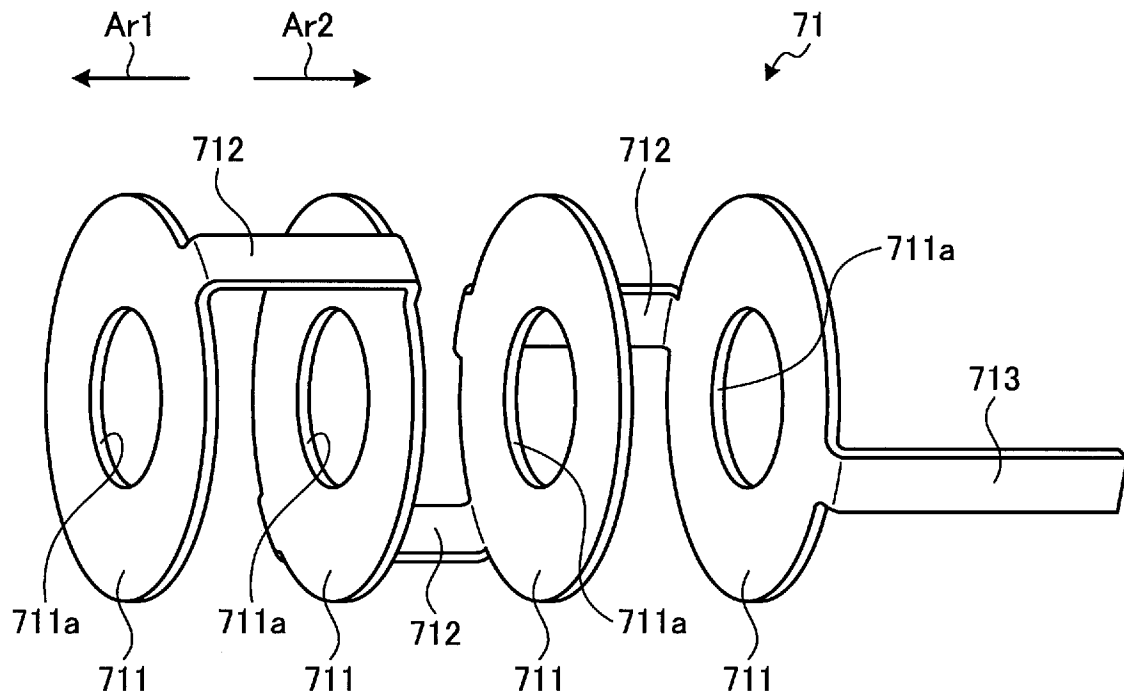
[図1]



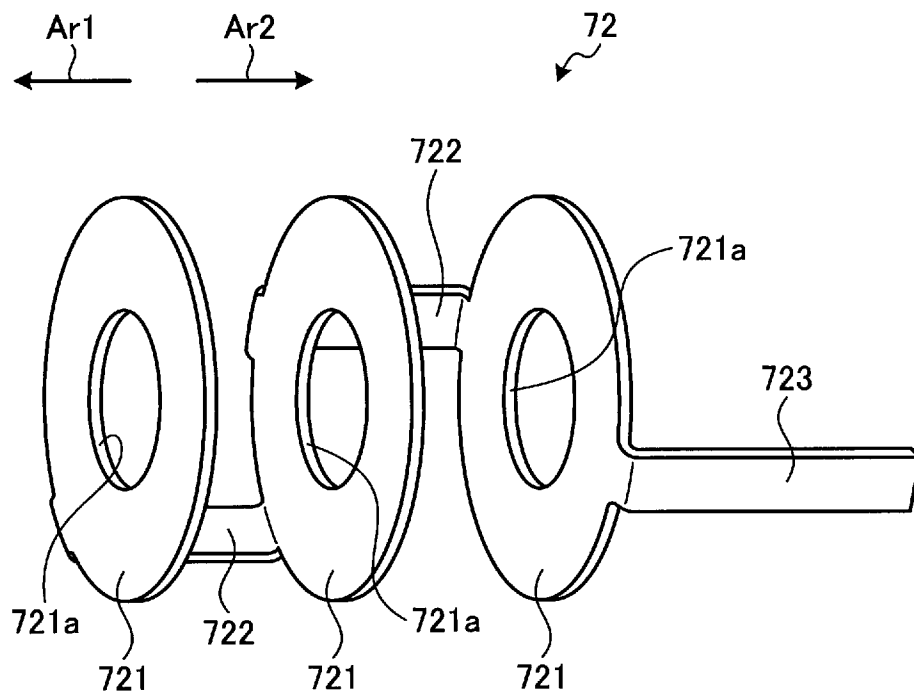
[図2]



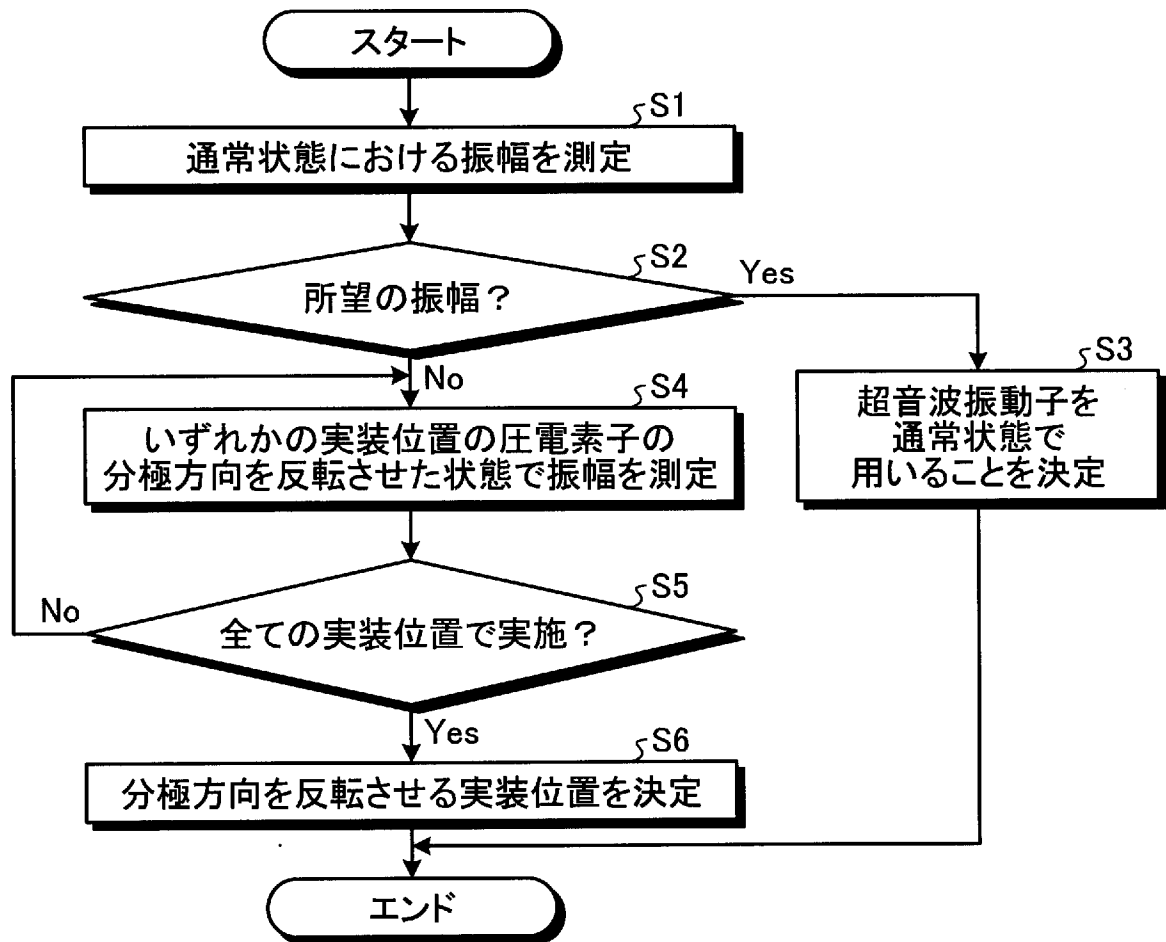
[図3]



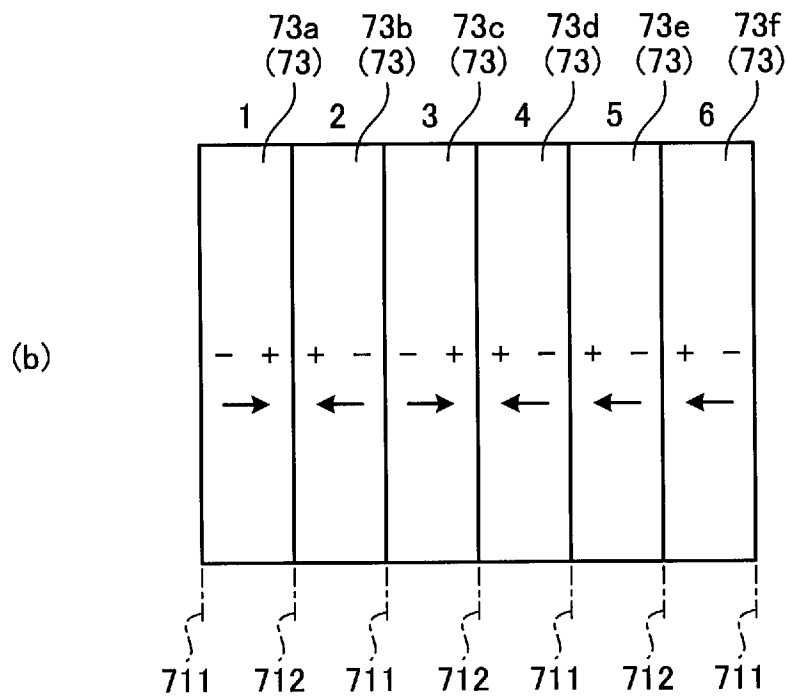
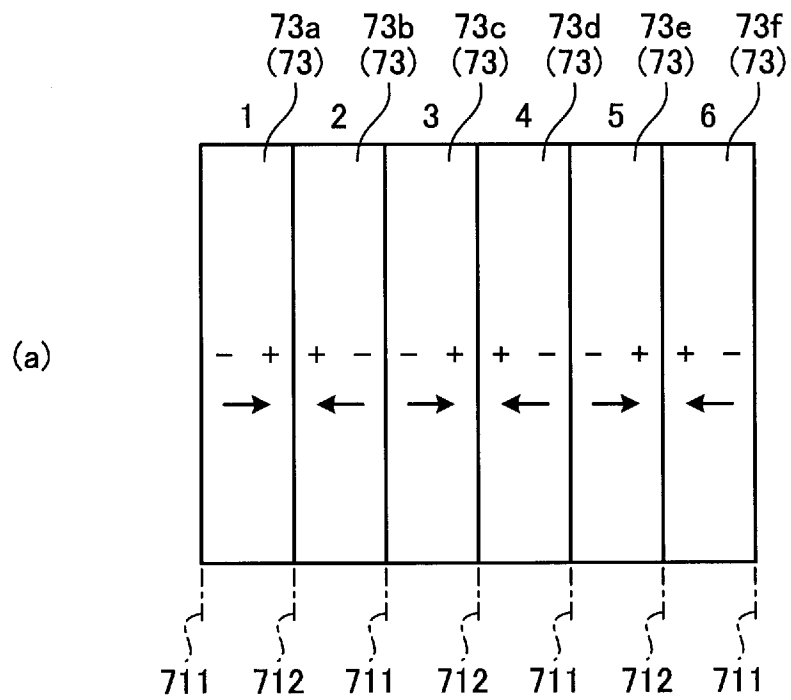
[図4]



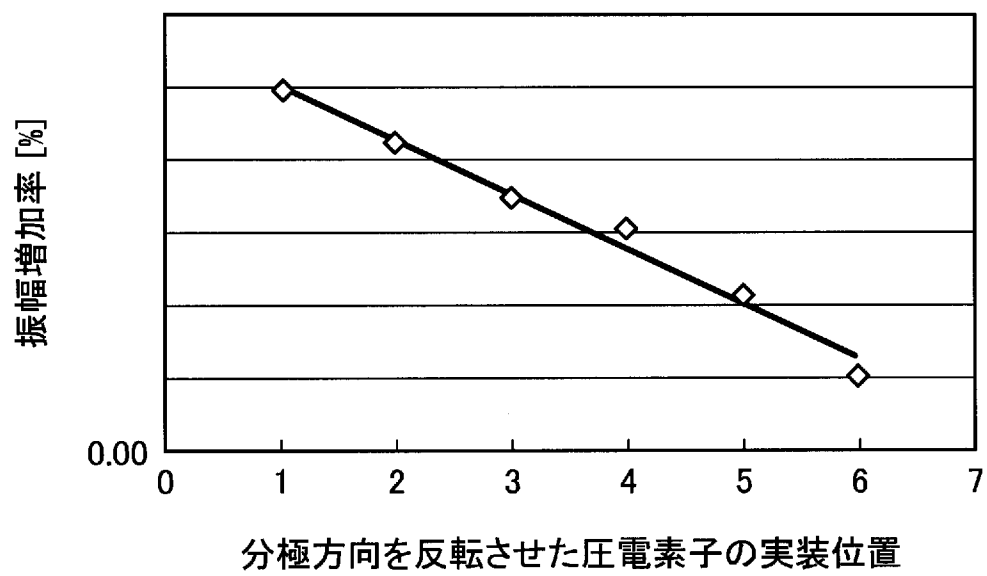
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. A61B17/32 (2006.01) i, B06B1/06 (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)

Int. Cl. A61B17/32, B06B1/06

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	US 2015/0088154 A1 (VAITEKUNAS, Jeffrey J.) 26	1-5, 7-11
Y	March 2015, paragraphs [0025], [0044], [0064]-	6, 12
A	[0081], fig. 5-10 & WO 2015/047628 A1	13-14
X	WO 2017/109917 A1 (OLYMPUS CORP.) 29 June 2017,	1, 3-4, 7, 9-
Y	paragraphs [0016]-[0039], fig. 2, 3 & CN 108430653	10
Y	A	6, 12
Y	JP 2001-179179 A (TAGA ELECTRIC CO., LTD.) 03 July	1-12
Y	2001, paragraphs [0046]-[0069], [0110]-[0112],	
	fig. 1, 2 (Family: none)	
Y	WO 2016/046887 A1 (OLYMPUS CORP.) 31 March 2016,	1-12
	paragraphs [0026]-[0046] & US 2017/0143399 A1,	
	paragraphs [0042]-[0062] & CN 106687226 A	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08.11.2018

Date of mailing of the international search report
20.11.2018

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/JP2018/032216

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-155288 A (SUMITOMO BAKELITE CO.) 17 June 1997, paragraphs [0010], [0011], fig. 5, 6 (Family: none)	4-5, 10-11
Y	JP 2-86874 A (OLYMPUS CORP.) 27 March 1990, page 1, lower left column, line 6 to lower right column, line 9 (Family: none)	6, 12
A	JP 2002-533152 A (PHARMASONICS, INC.) 08 October 2002, paragraphs [0056]-[0060], fig. 8 & US 2001/0041880 A1, paragraphs [0093]-[0097], fig. 8 & WO 2000/038580 A1	1-14
A	US 2012/0293044 A1 (BROMFIELD, George) 22 November 2012, paragraphs [0047]-[0055], fig. 6-11 & US 2009/0236938 A1 & WO 2009/154658 A1	1-14

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, B06B1/06(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, B06B1/06

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X Y A	US 2015/0088154 A1 (VAITEKUNAS, Jeffrey J.) 2015.03.26, 段落 [0025], [0044], [0064]-[0081], 図 5-10 & WO 2015/047628 A1	1-5, 7-11 6, 12 13-14
X Y	WO 2017/109917 A1 (オリンパス株式会社) 2017.06.29, 段落 [0016]-[0039], 図 2-3 & CN 108430653 A	1, 3-4, 7, 9-10 6, 12

☒ 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

「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

「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

「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）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.11.2018

国際調査報告の発送日

20.11.2018

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）

大屋 静男

31

3333

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
Y	JP 2001-179179 A (多賀電気株式会社) 2001.07.03, 段落 [0046]-[0069], [0110]-[0112], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-12
Y	WO 2016/046887 A1 (オリンパス株式会社) 2016.03.31, 段落 [0026]-[0046] & US 2017/0143399 A1, 段落[0042]-[0062] & CN 106687226 A	1-12
Y	JP 9-155288 A (住友ベークライト株式会社) 1997.06.17, 段落 [0010]-[0011], 図 5-6 (ファミリーなし)	4-5, 10-11
Y	JP 2-86874 A (オリンパス株式会社) 1990.03.27, 第 1 頁左下欄第 6 行-右下欄第 9 行 (ファミリーなし)	6, 12
A	JP 2002-533152 A (ファーマソニックス, インコーポレイテッド) 2002.10.08, 段落[0056]-[0060], 図 8 & US 2001/0041880 A1, 段落 [0093]-[0097], 図 8 & WO 2000/038580 A1	1-14
A	US 2012/0293044 A1 (BROMFIELD, George) 2012.11.22, 段落 [0047]-[0055], 図 6-11 & US 2009/0236938 A1 & WO 2009/154658 A1	1-14