

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/138090

発行日 平成30年12月13日 (2018.12.13)

(43) 国際公開日 平成29年8月17日 (2017.8.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 17/00 (2006.01)	A 6 1 B 17/00 7 0 0	4 C 1 6 0
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14	4 C 6 0 1
A 6 1 N 7/00 (2006.01)	A 6 1 N 7/00	

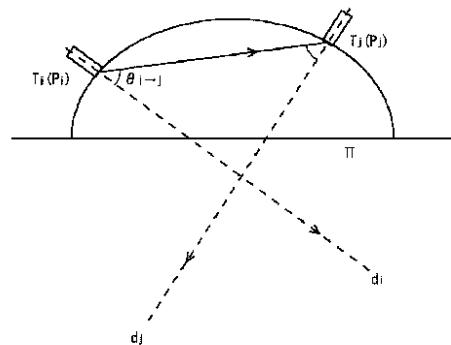
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁)

出願番号 特願2017-566445 (P2017-566445)	(71) 出願人 301014269 株式会社Murakumo 東京都目黒区中目黒一丁目1番45号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/053803	(74) 代理人 100145838 弁理士 畑添 隆人
(22) 国際出願日 平成28年2月9日 (2016.2.9)	(74) 代理人 100103137 弁理士 稲葉 滋
(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (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), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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	(72) 発明者 堤 洋平 東京都目黒区中目黒一丁目1番45号 株式会社Murakumo内
	Fターム(参考) 4C160 JJ22 JJ33 JJ35 4C601 BB03 EE09 EE19 FF15 GB09 KK31 LL26 LL38

(54) 【発明の名称】 超音波発振装置並びにこれと関連する方法及びプログラム

(57) 【要約】

超音波発振装置(1)はほぼ半球形状のメンブレン(11)を有する。メンブレン(11)の内側面は複数の超音波振動子(12)を保持している。アクチュエータ(14)によってメンブレン(11)を変形させることで、超音波振動子(12)が発振する超音波の焦点位置を調整することができる。焦点位置が超音波によって加熱される。一つの超音波振動子(Ti)が超音波を発振してから他の超音波振動子(Tj)がその直接波を感知するまでの時間が測定される。この時間に基づいて、両振動子(Ti, Tj)の間の距離が算出される。受信側振動子(Tj)が感知した直接波の高調波成分に基づいて、発振側振動子(Ti)の向き(di)に対して前記直接波の進行方向がなす角度(θij)が算出される。当該距離及び当該角度に基づいて、振動子(12)間の相対的



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を用いて対象を加熱する超音波発振装置であって、
超音波を発振および/または感知する複数の振動子と、
対象に対する凹面を形成する変形可能な凹部に、前記複数の振動子を保持することによ
って、該複数の振動子を、前記凹面に沿って配置された状態で該凹部の変形に応じて移動
するように保持する保持部と、

前記振動子を制御して超音波を発振させる制御部と、を備え、
前記制御部は、

前記複数の振動子の何れかから発振された超音波を感知した前記振動子から出力され
た感知信号を受信する受信手段と、

受信された感知信号に含まれる、直接波に係る感知信号を特定する直接波特定手段と

、
前記直接波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子と感知側振動子との
間の距離を算出する距離算出手段と、

前記直接波に係る感知信号に基づいて、前記発振側振動子から発振の中心軸および該
感知側振動子を見込む角を算出する角度算出手段と、

前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報を、前記距離および前記見込む
角を用いて補正する補正手段と、を有する、

超音波発振装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記発振側振動子から発振の中心軸および第一の感知側振動子を見込む
角と、前記発振側振動子から発振の中心軸および第二の感知側振動子を見込む角と、前記
発振側振動子の位置情報と、前記第一の感知側振動子の位置情報と、前記第二の感知側振
動子の位置情報とに基づいて、該発振側振動子の向きを算出する姿勢算出手段を更に備え
る、

請求項 1 に記載の超音波発振装置。

【請求項 3】

受信された感知信号に含まれる、反射波に係る感知信号を特定する反射波特定手段を
更に備え、

前記距離算出手段は、前記反射波の発振から感知までの時間に基づいて、前記発振側振
動子から前記感知側振動子までの反射波の経路長を更に算出し、

前記角度算出手段は、前記反射波に係る感知信号に基づいて、前記発振側振動子から発
振の中心軸および反射点を見込む角を更に算出し、前記反射波の強度に基づいて、該反射
点からの該感知側振動子への入射角を更に算出する、

請求項 2 に記載の超音波発振装置。

【請求項 4】

前記対象は、生体に含まれる対象であり、

前記保持部は、前記凹部および該凹部の開口を塞ぎ前記生体に接触する接触部を有する
中空の部材であり、

前記制御部は、前記接触部が前記生体に接触する接触面上にある前記反射点の位置を示
す反射点位置情報を、前記位置情報、前記振動子の向き、前記反射波の経路長、前記発振
側振動子から発振の中心軸および前記反射点を見込む角および前記入射角に基づいて算出
する、反射点算出手段を更に備える、

請求項 3 に記載の超音波発振装置。

【請求項 5】

前記接触部が前記生体に接触する接触面の形状を示す接触面形状情報を、複数の前記反
射点位置情報を用いて算出する接触面算出手段を更に備える、

請求項 4 に記載の超音波発振装置。

【請求項 6】

10

20

30

40

50

前記制御部は、前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報、向き、および前記接触面形状情報に基づいて、超音波が各振動子から該接触面を経て焦点位置に到達するまでの時間を算出し、算出結果に従って該複数の振動子の夫々による超音波の位相を調整することで、該複数の振動子から発振される超音波による焦点位置を制御する焦点制御手段を更に備える、

請求項 5 に記載の超音波発振装置。

【請求項 7】

前記保持部に接続され、駆動することで前記凹部を変形させる駆動部を更に備え、

前記制御部は、前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報および向きと、該複数の振動子の目標位置および目標向きとを比較した結果に基づいて、前記駆動部を制御して前記凹部を変形させ、前記複数の振動子の夫々による超音波の発振方向を調整することで、該複数の振動子から発振される超音波による焦点位置を制御する焦点制御手段を備える、

請求項 2 から 6 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 8】

前記距離算出手段は、発振から感知までの時間に伝搬速度を乗算することで距離を算出する、

請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 9】

前記角度算出手段は、予め保持されている発振角度とスペクトルとの対応関係に基づいて、感知信号のスペクトルに対応するスペクトルを有する発振角度を算出することで、前記見込む角を算出する、

請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 10】

前記角度算出手段は、前記感知側振動子が垂直に感知した場合の感知信号の推定強度と、実際に受信された感知信号の強度とを比較することで、前記入射角を算出する、

請求項 3 から 6 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 11】

前記制御部は、前記複数の振動子によって発振される超音波が一部の領域において打ち消し合うように、前記複数の振動子の夫々から発振される超音波の位相を制御することで、前記一部の領域における加熱をキャンセルする、

請求項 1 から 10 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 12】

前記保持部の前記中空を満たす液体またはゲルを更に備える、

請求項 1 から 11 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 13】

前記制御部は、受信された感知信号のうち、反射波に基づく感知信号に基づいて、前記対象を含む反射対象に係る画像データを生成し、出力する画像処理手段を更に備える、

請求項 1 から 12 の何れか一項に記載の超音波発振装置。

【請求項 14】

前記画像処理手段は、前記画像データにおける前記対象の位置と前記焦点位置とを照合し、該焦点位置を該対象の位置に誘導する指示情報を生成し、出力する、

請求項 13 に記載の超音波発振装置。

【請求項 15】

前記制御部は、前記画像データにおける前記対象の位置と前記焦点位置とを照合し、該対象の位置と該焦点位置とのズレが所定の基準よりも大きい場合、前記複数の振動子による超音波の発振を停止する、

請求項 13 または 14 に記載の超音波発振装置。

【請求項 16】

超音波を発振および / または感知する複数の振動子と、対象に対する凹面を形成する変

10

20

30

40

50

形可能な凹部に、前記複数の振動子を保持することによって、該複数の振動子を、前記凹面に沿って配置された状態で該凹部の変形に応じて移動するように保持する保持部と、前記振動子を制御して超音波を発振させる制御部と、を備える超音波発振装置が、

前記複数の振動子の何れかから発振された超音波を感知した前記振動子から出力された感知信号を受信する受信ステップと、

受信された感知信号に含まれる、直接波に係る感知信号を特定する直接波特定ステップと、

前記直接波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子と感知側振動子との間の距離を算出する距離算出ステップと、

前記直接波に係る感知信号に基づいて、前記発振側振動子から発振の中心軸および該感知側振動子を見込む角を算出する角度算出ステップと、

前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報を、前記距離および前記見込む角を用いて補正する補正ステップと、

を実行する方法。

【請求項 17】

超音波を発振および/または感知する複数の振動子と、対象に対する凹面を形成する変形可能な凹部に、前記複数の振動子を保持することによって、該複数の振動子を、前記凹面に沿って配置された状態で該凹部の変形に応じて移動するように保持する保持部と、前記振動子を制御して超音波を発振させるコンピューターと、を備える超音波発振装置の前記コンピューターに、

前記複数の振動子の何れかから発振された超音波を感知した前記振動子から出力された感知信号を受信する受信ステップと、

受信された感知信号に含まれる、直接波に係る感知信号を特定する直接波特定ステップと、

前記直接波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子と感知側振動子との間の距離を算出する距離算出ステップと、

前記直接波に係る感知信号に基づいて、前記発振側振動子から発振の中心軸および該感知側振動子を見込む角を算出する角度算出ステップと、

前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報を、前記距離および前記見込む角を用いて補正する補正ステップと、

を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を発振する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、配列された複数の第一の振動素子を含み、被検体に治療用超音波を射出する治療用振動子と、配列された複数の第二の振動素子を含み、前記被検体に診断用超音波を射出し、前記被検体で反射された前記診断用超音波を受信する診断用振動子とを備え、前記治療用振動子と前記診断用振動子とが積層されている超音波プローブが提案されている（特許文献1を参照）。

【0003】

また、治療用超音波を発生する超音波発生源と、超音波発生源から発生される治療用超音波の周波数が経時的に変化するよう超音波発生源を駆動する駆動手段とを具備する超音波治療装置が提案されている（特許文献2を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】国際公開第2004/066856号

【特許文献2】特開平8-131454号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来、超音波を発振することで、対象を加熱する装置が提案されている。しかし、従来の装置では、超音波による加熱位置を正確に調整するために、超音波振動子の位置を高精度で機械制御することが必要であり、このような装置を操作するためのユーザーの負担も大きいものであった。そして、このような加熱が治療のために用いられる場合には、加熱前の準備に時間が掛かることや、加熱中にも治療を受ける者が体を殆ど動かすことが出来ないこと等の理由により、治療を受ける者も、大きな負担を強いられていた。

10

【0006】

そこで、出願人は、上記問題に鑑み、従来に比べて簡便な装置構成およびユーザー操作で、対象を正確に加熱することが可能な超音波発振装置を発明した(PCT/JP2015/056750)。この超音波発振装置は、超音波を発振および/または感知する複数の振動子と、対象に対する凹面を形成する変形可能な凹部に、前記複数の振動子を保持することによって、該複数の振動子を、前記凹面に沿って配置された状態で該凹部の変形に応じて移動するように保持する保持部と、前記振動子を制御して超音波を発振させる制御部と、を備えるものである。

【0007】

20

但し、変形可能な凹部に振動子を保持し、凹部の変形に応じて振動子が移動する構成の場合、機械的な精密さをもって振動子の位置等が予め決定している従来の装置に比べて、振動子が保持される位置等の精密さにおいて不利である。一方、振動子を予め決定された精密な位置等に保持しようとした場合、装置構成が複雑化/高コスト化し、簡便な装置構成およびユーザー操作といった利点が没却されてしまう。

【0008】

本発明は、上記した問題に鑑み、変形可能な凹部に振動子を保持する超音波発振装置において、振動子の位置等を正確に把握することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

30

本発明は、上記した課題を解決するために、以下の手段を採用した。即ち、本開示の一例は、超音波を用いて対象を加熱する超音波発振装置であって、超音波を発振および/または感知する複数の振動子と、対象に対する凹面を形成する変形可能な凹部に、前記複数の振動子を保持することによって、該複数の振動子を、前記凹面に沿って配置された状態で該凹部の変形に応じて移動するように保持する保持部と、前記振動子を制御して超音波を発振させる制御部と、を備え、前記制御部は、前記複数の振動子の何れかから発振された超音波を感知した前記振動子から出力された感知信号を受信する受信手段と、受信された感知信号に含まれる、直接波に係る感知信号を特定する直接波特定手段と、前記直接波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子と感知側振動子との間の距離を算出する距離算出手段と、前記直接波に係る感知信号に基づいて、前記発振側振動子から発振の中心軸および該感知側振動子を見込む角を算出する角度算出手段と、前記複数の振動子の相対的な位置関係を示す位置情報を、前記距離および前記見込む角を用いて補正する補正手段と、を有する、超音波発振装置である。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、変形可能な凹部に振動子を保持する超音波発振装置において、振動子の位置等を正確に把握することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施形態に係る超音波発振装置の概略を示す図である。

50

【図 2】実施形態に係る超音波発振装置が備えるメンブレンの概略を示す図である。

【図 3】実施形態に係る制御部の機能構成の概略を示す図である。

【図 4】実施形態における起動・運転処理の流れを示すフローチャートである。

【図 5】実施形態における振動子の相対位置 / 姿勢およびメンブレン形状の決定処理（キャリアレーション処理）の流れを示すフローチャートである。

【図 6】実施形態における振動子の相対位置 / 姿勢の決定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 7】実施形態において発振側振動子および感知側振動子の向き（姿勢）と、発振側振動子から発振されて感知側振動子において感知された直接波との関係を示す図である。

【図 8】実施形態におけるメンブレン形状の決定処理の流れを示すフローチャートである。

10

【図 9】実施形態において発振側振動子および感知側振動子の向き（姿勢）と、発振側振動子から発振されて感知側振動子において感知された反射波との関係を示す図である。

【図 10】実施形態におけるスキャン・画像化処理の流れを示すフローチャートである。

【図 11】実施形態において位相制御による焦点合わせを行うための計算内容を示す模式図である。

【図 12】実施形態における加熱処理の流れ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】

【0012】

以下、本開示に係る超音波発振の実施の形態を、図面に基づいて説明する。但し、以下に説明する実施の形態は、実施形態を例示するものであって、本開示に係る超音波発振装置 1 を以下に説明する具体的構成に限定するものではない。実施にあたっては、実施形態に応じた具体的構成が適宜採用され、また、種々の改良や変形が行われてよい。

20

【0013】

<システム構成>

図 1 は、本実施形態に係る超音波発振装置 1 の概略を示す図である。本実施形態に係る超音波発振装置 1 は、超音波を用いて生体 8 内の対象 9 を加熱することによる治療および治療の状況確認を効率化することによって、治療者（ユーザー）の負担を軽減し、また、従来に比べて精度の高いスキャン・加熱を可能とするものである。

【0014】

本実施形態に係る超音波発振装置 1 は、略半球の形状を有するメンブレン 11 と、メンブレン 11 に設置された複数の超音波振動子 12（transducer）からなる超音波振動子アレイ 13 と、メンブレン 11 外面に設置されたアクチュエーター 14 と、メンブレン 11 等が設置される筐体 15 と、筐体 15 上端に設けられてユーザーに把持されるハンドル 16 と、ユーザーがハンドル 16 を把持した状態で操作可能なレバー 17 と、超音波振動子 12 およびアクチュエーター 14 等を制御する制御部 10 と、ハンドル 16 上端に設置されて制御部 10 から出力された画像データ等を表示する表示装置 18 と、外部装置と接続されるケーブル 19 と、を備える。ケーブル 19 には、通信ケーブル、電力ケーブル、超音波振動子 12 の冷却のための水冷パイプ、等が内包されてよい。但し、超音波発振装置 1 の具体的なハードウェア構成に関しては、実施の態様に依りて適宜省略や置換、追加が可能である。例えば、表示装置は、超音波発振装置 1 の構成に含まれず、有線または無線で外部に接続された表示装置が用いられることとしてもよい。また、制御部についても、有線または無線で外部に接続された制御部が用いられてよいことは同様である。

30

40

【0015】

ユーザーは、ハンドル 16 を把持して、超音波発振装置 1 を、加熱対象 9 を含む生体 8 の表面において自在に移動させることが出来る。また、ユーザーは、ハンドル 16 を把持した状態で、表示装置 18 による表示内容を確認しながら、レバー 17 を操作することで、加熱対象 9 への加熱（超音波振動子 12 からの発振）を、制御部 10 に対して指示することが出来る。

50

【 0 0 1 6 】

図 2 は、本実施形態に係る超音波発振装置 1 が備えるメンブレン 1 1 の概略を示す図である。メンブレン 1 1 は、超音波発振装置 1 を加熱対象 9 に向けた状態で加熱対象 9 に対して凹面を形成する凹部 1 1 1 と、凹部 1 1 1 の開口を塞ぎ加熱対象 9 を含む生体 8 に接触する接触部 1 1 2 と、を有することで、全体として略半球の形状を有する部材である。但し、本実施形態において、凹部 1 1 1 は略半球の形状を有しているが、凹部 1 1 1 の形状にはその他の形状が採用されてもよい。凹部 1 1 1 の形状には、例えば、円錐、円錐台、半回転楕円体およびこれらに近似する形状等が採用されてもよい。

【 0 0 1 7 】

メンブレン 1 1 の外殻は弾性素材によって形成されており、内部にはゲルが満たされている。このため、メンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 および接触部 1 1 2 は変形可能である。なお、内部を満たす物質はメンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 の変形に追従可能な物質であればよく、例えば液体であってもよい。また、メンブレン 1 1 およびメンブレン 1 1 の内部を満たす物質は、超音波の伝搬のために、超音波の吸収が少なく、伝搬速度が生体 8 と差が少なく、濃淡の生じにくい均一な媒質であることが好ましい。

10

【 0 0 1 8 】

また、メンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 の内側面には、複数の超音波振動子 1 2 が並べて保持されており、これによって、加熱対象 9 に対する凹面に沿って複数の超音波振動子 1 2 が配置され、凹状の超音波振動子アレイ 1 3 が構成される。即ち、本実施形態において、メンブレン 1 1 は、超音波振動子 1 2 を保持する保持部としても機能する。但し、複数の超音波振動子 1 2 は、メンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 の外側面に保持されてもよい。

20

【 0 0 1 9 】

アクチュエーター 1 4 (駆動部) は、メンブレン 1 1 に接続されて駆動することで、メンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 を変形させる。本実施形態では、複数のリニアアクチュエーター 1 4 が、メンブレン 1 1 を取り囲む筐体 1 5 とメンブレン 1 1 とを接続するように設置され、制御部 1 0 による指示に従って夫々のリニアアクチュエーター 1 4 が駆動することで、凹部 1 1 1 が変形する。但し、本実施形態において示された駆動部の構成は一例であり、駆動部を用いて凹部 1 1 1 を変形させる手段は、本実施形態における例に限定されない。例えば、傘を開閉するための機構と同様の機構をメンブレン 1 1 の凹部 1 1 1 を取り囲むように設置し、これを 1 のアクチュエーターによって開閉させることで、凹部 1 1 1 を変形させることとしてもよい。また、駆動部は、筐体 1 5 に接続されていなくても、凹部 1 1 1 を変形させることが出来る。

30

【 0 0 2 0 】

なお、本実施形態では、アクチュエーターを用いて凹部を変形させる例について説明しているが、凹部を変形させる方法には、その他の方法が採用されてもよい。例えば、メンブレン内部のゲル量を調整することによって凹部を変形させる方法が採用されてもよい。この場合、制御部 1 0 は、ゲル量と凹部の形状 (例えば曲率) との対応関係を示したマップや関数を予め保持しておくことで、ゲル量の調整による凹部の変形を行うことが出来る。

【 0 0 2 1 】

また、本実施形態において、複数の超音波振動子 1 2 は、他の超音波振動子 1 2 から発振された超音波の直接波または反射波を感知する感知手段としても用いられる。複数の超音波振動子 1 2 は、他の超音波振動子 1 2 から発振された超音波の直接波または反射波を感知すると、感知された超音波の振幅、周波数および位相等に応じた感知信号を、制御部 1 0 に対して出力する。制御部 1 0 は、感知信号を受信すると、受信された感知信号のうち、反射波に基づく感知信号を用いて、加熱対象 9 を含む反射対象に係る三次元画像データを生成する。

40

【 0 0 2 2 】

但し、本実施形態では、超音波の発振用の超音波振動子 1 2 を感知用のセンサーとしても用いたが、感知用のセンサーは発振側振動子とは別に設けられてもよい。また、加熱の

50

ための発振および感知と、撮像のための発振および感知とは、同一の超音波振動子アレイを用いて行われてもよいし、別々に設けられた加熱用超音波振動子アレイと撮像用超音波振動子アレイとを用いて行われてもよい。加熱用超音波振動子アレイと撮像用超音波振動子アレイとが別々に設けられる場合には、加熱用超音波振動子アレイと撮像用超音波振動子アレイとは凹部 1 1 1 に積層されて設置されてもよいし、同一の層に分散配置されてもよい。

【0023】

制御部 10 は、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、ストレージ (補助記憶装置)、通信インターフェース等 (図示は省略する) を備えるコンピューターであり、ストレージから読み出されて RAM に展開されたプログラムや ROM に格納されたプログラムを CPU が実行することで、後述する各種の制御を行う。但し、制御部 10 の具体的なハードウェア構成に関しては、実施の態様に応じて適宜省略や置換、追加が可能である。また、制御部 10 は、単一の装置に限定されない。制御部 10 は、所謂クラウドや分散コンピューティングの技術等を用いた、複数の装置によって実現されてよい。

10

【0024】

制御部 10 は、超音波振動子 12 を制御して、超音波を発振させる。より具体的には、制御部 10 は、複数の超音波振動子 12 から発振させる超音波の焦点が加熱対象 9 の位置となる状態で、これらの超音波振動子 12 の夫々を制御して超音波を発振させ、加熱対象 9 を加熱する。ここで、制御部 10 は、複数の超音波振動子 12 の夫々を制御して超音波振動子 12 の夫々から発振される超音波の位相を調整することで、超音波による加熱位置の制御や、加熱のキャンセル等を行う。なお、位相制御によって加熱位置 (焦点位置) を変える具体的な方法としては、夫々の超音波振動子 12 から出力される超音波の位相を異ならせることで、擬似的に発振点が異なるような状態とし、合成波の方向を制御する、超音波フェーズドアレイ技術を採用することが出来る。本実施形態において、制御部 10 は、夫々の超音波振動子 12 から出力される超音波の位相を制御することで、合成波の方向を制御し、加熱位置を調整する。

20

【0025】

また、制御部 10 は、アクチュエーター 14 を制御してアクチュエーター 14 に凹部 1 1 1 を押し / 引きさせることによって凹部 1 1 1 を変形させ、複数の超音波振動子 12 の夫々による超音波の発振方向を調整することで、複数の超音波振動子 12 から発振される超音波による加熱位置 (焦点位置) を制御する。上述の通り、超音波を発振する複数の超音波振動子 12 は、メンブレン 11 の凹部 1 1 1 に設けられることで、超音波振動子アレイ 13 を構成している。このため、アクチュエーター 14 によって凹部 1 1 1 が変形すると、これに応じて複数の超音波振動子 12 は移動し、夫々の超音波振動子 12 による超音波の発振方向は変化する。本実施形態に係る超音波発振装置 1 では、このようにして凹部 1 1 1 を変形させることで、超音波の発振方向および加熱位置を調整可能としている。

30

【0026】

図 3 は、本実施形態に係る制御部 10 の機能構成の概略を示す図である。制御部 10 は、ストレージから読み出されて RAM に展開されたプログラムや ROM に格納されたプログラムを CPU が実行することで、受信部 21、直接波特定部 22、反射波特定部 23、距離算出部 24、角度算出部 25、補正部 26、姿勢算出部 27、反射点算出部 28、接触面算出部 29、焦点制御部 30 および画像処理部 31 として機能する。

40

【0027】

受信部 21 は、他の超音波振動子 12 から発振された超音波を感知した超音波振動子 12 から出力された感知信号を受信する。

【0028】

直接波特定部 22 は、受信された感知信号に含まれる、直接波に係る感知信号を特定する。

50

【 0 0 2 9 】

反射波特定部 2 3 は、受信された感知信号に含まれる、反射波に係る感知信号を特定する。

【 0 0 3 0 】

距離算出部 2 4 は、直接波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子と感知側振動子との間の距離を算出し、また、反射波の発振から感知までの時間に基づいて、発振側振動子から感知側振動子までの反射波の経路長を更に算出する。ここで、距離算出部 2 4 は、発振から感知までの時間に伝搬速度を乗算することで距離を算出する。

【 0 0 3 1 】

角度算出部 2 5 は、直接波に係る感知信号に基づいて、発振側振動子から発振の中心軸（メインローブの発振軸）および当該感知側振動子を見込む角を算出する。また、角度算出部 2 5 は、反射波に係る感知信号に基づいて、発振側振動子から発振の中心軸および反射点を見込む角を更に算出し、反射波の強度に基づいて、当該反射点からの当該感知側振動子への入射角を更に算出する。ここで、角度算出部 2 5 は、予め保持されている発振角度とスペクトルとの対応関係に基づいて、感知信号のスペクトルに対応するスペクトルを有する発振角度を算出することで、見込む角を算出する。なお、「見込む角」とは、あるポイント（他の振動子や反射点等の対象）が振動子の向きに伸びる発振の中心軸から何度ずれているかを示す角度であり、例えば、発振側振動子が発振の中心軸および対象を見込む角は、「発振側振動子の発振面を通る中心軸の方向（発振側振動子から発振された超音波が指向する中心方向）」と、「発振側振動子の発振面の中心と対象とを結ぶ線」と、がなす角度である。換言すれば、「見込む角」は、発振側振動子の発振面の中心を原点に、発振面の中心軸を z 軸に選んだ球面座標系で対象を見たときの天頂角に等しい。また、角度算出部 2 5 は、感知側振動子が垂直に感知した場合の感知信号の推定強度と、実際に受信された感知信号の強度とを比較することで、入射角を算出する。

10

20

【 0 0 3 2 】

補正部 2 6 は、複数の超音波振動子 1 2 の相対的な位置関係を示す位置情報を、距離および見込む角を用いて補正する。

【 0 0 3 3 】

姿勢算出部 2 7 は、発振側振動子から発振の中心軸および第一の感知側振動子を見込む角と、発振側振動子から発振の中心軸および第二の感知側振動子を見込む角と、発振側振動子の位置情報と、第一の感知側振動子の位置情報と、第二の感知側振動子の位置情報とに基づいて、当該発振側振動子の向き（姿勢）を算出する。なお、ここでは第一の感知側振動子および第二の感知側振動子の 2 つの感知側振動子に係る情報（見込む角および位置情報）が姿勢の算出に用いられているが、姿勢の算出には、3 以上の感知側振動子に係る情報（見込む角および位置情報）が用いられてもよく、その数は限定されない。

30

【 0 0 3 4 】

反射点算出部 2 8 は、接触部 1 1 2 が生体 8 に接触する接触面上にある反射点の位置を示す反射点位置情報を、超音波振動子 1 2 の位置情報、超音波振動子 1 2 の向き、反射波の経路長、発振側振動子から発振の中心軸および反射点を見込む角および入射角に基づいて算出する。

40

【 0 0 3 5 】

接触面算出部 2 9 は、接触部 1 1 2 が生体 8 に接触する接触面の形状を示す接触面形状情報を、複数の反射点位置情報を用いて算出する。

【 0 0 3 6 】

焦点制御部 3 0 は、複数の超音波振動子 1 2 の相対的な位置関係を示す位置情報、超音波振動子 1 2 の向き、および接触面形状情報に基づいて、超音波が各超音波振動子 1 2 から当該接触面を経て焦点位置に到達するまでの時間を算出し、算出結果に従って当該複数の超音波振動子 1 2 の夫々による超音波の位相（発振時刻）を調整することで、当該複数の超音波振動子 1 2 から発振される超音波による焦点位置を制御する。

【 0 0 3 7 】

50

また、焦点制御部 30 は、複数の超音波振動子 12 の相対的な位置関係を示す位置情報および向きと、当該複数の超音波振動子 12 の目標位置および目標向きとを比較した結果に基づいて、アクチュエーター 14 を制御して凹部 111 を変形させ、複数の超音波振動子 12 の夫々による超音波の発振方向を調整することで、当該複数の超音波振動子 12 から発振される超音波による焦点位置を制御する。

【0038】

画像処理部 31 は、受信された感知信号のうち、反射波に基づく感知信号に基づいて、対象 9 を含む反射対象に係る画像データ（画像データの形式は限定されない。例えば、画像データは二次元画像データおよび三次元画像データの何れであってもよい）を生成し、出力する。また、画像処理部 31 は、画像データにおける対象 9 の位置と焦点位置とを照

10

【0039】

<装置の制御>

次に、本実施形態に係る超音波発振装置 1 において実行される制御を説明する。なお、本実施形態において説明される処理の具体的な内容および順序等は、実施する上での一例である。具体的な処理内容および順序等は、実施の態様に依りて適宜選択されてよい。

【0040】

図 4 は、本実施形態における起動・運転処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、超音波発振装置 1 の電源が投入されたことを契機として開始される。

20

【0041】

ステップ S101 では、初期化及び自己診断が行われる。制御部 10 は、機器の自己診断を行い、超音波発振装置 1 が正常に動作することを確認する。そして、制御部 10 は、超音波発振装置 1 の起動に伴い、初期化のために予め用意されている制御信号をアクチュエーター 14 に対して出力することで、メンブレン 11 の凹部 111 の曲率が所定の初期値となるようにアクチュエーター 14 を制御する。

【0042】

具体的には、制御部 10 は、アクチュエーター 14 を稼働させメンブレン 11 の凹部 111 の曲率変更を行い、また、超音波振動子 12 から発振される加熱用超音波の位相を設定することで、超音波振動子アレイ 13 によって超音波が発振された場合の焦点（加熱位置）を、初期位置に調整する。

30

【0043】

その後、超音波発振装置 1 はスキャンおよび加熱を行える運転状態に遷移し、処理はステップ S102 へ進む。運転状態の超音波発振装置 1 は、定期的に超音波振動子 12 の位置および姿勢、並びに接触面の形状を計測しながら、体内の構造を解析し、ユーザーに知らせる「検査・診断補助」と体内の臓器の動きに追従した加熱（焼灼）とを行う。

【0044】

ステップ S102 およびステップ S103 では、装置の異常チェックが行われ、異常が検出された場合、装置は縮退運転状態へ遷移するか、電源 OFF される。本実施形態では、スキャンと加熱を行える状態を「運転状態」と称し、全ての構成機器が正常に動作している場合を特に「通常運転状態」と称する。スキャン・加熱の対象や運用環境によっては、一部の機器（例えば、一部の超音波振動子 12 等）が不調であっても、スキャン・加熱に致命的不具合がない限り、スキャン・加熱を続けられることが望ましい場合もあり得る。この場合、超音波発振装置 1 は、一部の機能を停止してスキャン・加熱を行う縮退運転を行ってもよい。装置の異常チェックが完了すると、処理はステップ S104 へ進む。

40

【0045】

ステップ S104 からステップ S107 では、ユーザーによる操作に応じて、超音波発振装置 1 の動作モードが設定される。超音波発振装置 1 が運転状態（通常運転状態または縮退運転状態）にある間、ユーザーは、表示装置 18 に表示された画像を確認し、加熱を行って良い状態であると判断した場合には、レバー 17 を操作することで、加熱対象 9 へ

50

の加熱（超音波振動子12からの発振）を、制御部10に対して指示する。ユーザーがレバー17を操作すると、制御部10には、加熱指示が入力される。なお、本実施形態では、レバー17の操作による加熱指示が例示されているが、ユーザーによる指示は、その他のインターフェースを介して行われてもよい。例えば、加熱開始ボタンおよび加熱停止ボタンを備えることで、ユーザーが加熱の開始と停止を指示可能としてもよい。

【0046】

制御部10は、ユーザーのレバー操作による加熱指示の入力があるか否かを判定する。ユーザーがレバー17を離したことによる加熱停止指示、または、後述する加熱処理において加熱位置と加熱対象9とのズレが所定の基準を超えた場合に発行される加熱停止指示（ステップS609を参照）が入力されたと判定された場合（ステップS104の「YES」）、動作モードは「スキャンのみモード」に設定される（ステップS105）。一方、加熱指示が入力されている（または、加熱開始指示が入力された）と判定された場合（ステップS106の「YES」）、動作モードは「スキャン+加熱モード」に設定される（ステップS107）。その後、処理はステップS108へ進む。

10

【0047】

ステップS108およびステップS109では、曲率変更による加熱位置制御が行われる。後述する加熱処理で曲率変更指示が発行されている場合（ステップS108の「YES」）。曲率変更指示の発行処理については図12を用いて後述する）、制御部10は、撮像によって取得された最新の情報（画像データ、診断結果、加熱対象9の位置）に従って、超音波振動子アレイ13によって発振される超音波の焦点（加熱位置）が加熱対象9の位置またはその近傍となるように、加熱位置（焦点位置）を調整する（ステップS109）。

20

【0048】

ここで、加熱位置の調整は、アクチュエーター14の制御によるメンブレン11の凹部111の曲率変更によって行われる。具体的には、制御部10は、凹部111の曲率と、超音波振動子12の位置および向きと、焦点（加熱位置）と、の対応関係を定義した数式やテーブルを予め保持しており、算出された各超音波振動子12の位置および向きと、焦点に設定すべき位置（本実施形態では、加熱対象9を含む生体8の表面または内部）と、に基づいて、必要な曲率を取得する。更に、制御部10は、各アクチュエーター14の稼働量（押し/引きの量）と凹部111の曲率との関係を定義した数式やテーブルも予め保持しており、取得された曲率に基づいてアクチュエーター14の稼働量を取得し、アクチュエーター14を制御する。その後、処理はステップS110へ進む。

30

【0049】

ステップS110では、振動子の相対位置/姿勢およびメンブレン形状の決定処理（以下、「キャリブレーション処理」とも称する）が行われる。運転状態では、刻一刻変化し得る超音波振動子12の相対位置、姿勢、メンブレン11の接触部112（接触面）の形状を決定した上で、「検査・診断補助」および「加熱処理」を行う必要がある。そこで、制御部10は、超音波振動子アレイ13において超音波振動子12のうち所定数の超音波振動子12（発振側振動子）に対して駆動電圧の印加を行い、超音波を発振させる。発振された超音波は、発振に用いられていないその他の超音波振動子12によって、直接波および反射波として感知（受信）される。

40

【0050】

超音波を感知した超音波振動子12は感知信号を出力し、感知信号を受信した制御部10は、あるタイムスロットにおいて発振を行う超音波振動子12が1つである場合、感知された超音波が当該タイムスロットにおいて発振を行っていた超音波振動子12から発振されたものであると把握することが出来る。なお、複数の超音波振動子12から同時に発振が行われた場合であっても、感知信号を受信した制御部10は、感知信号から、感知された超音波の振幅、周波数および位相等を得ることで、超音波振動子12毎の振幅、周波数、位相、到達時刻の時間差等の特徴に基づいて、感知された超音波が何れの超音波振動子12から発振されたものであるかを把握することが出来る。

50

【 0 0 5 1 】

更に、制御部 1 0 は、同一の超音波振動子 1 2 から発振されて感知された超音波について、直接波が発振側振動子から感知側振動子に到達するまでにかかった時間（以下、「直接波伝搬時間」と称する）を算出し、また、反射波が発振側振動子から感知側振動子に到達するまでにかかった時間（以下、「反射波伝搬時間」と称する）を算出する。そして、制御部 1 0 は、複数の超音波振動子 1 2 の夫々について算出された直接波伝搬時間、反射波伝搬時間、受信波の波形および強度等の情報に基づいて、各超音波振動子 1 2 の位置および向き（姿勢）並びに反射面（接触部 1 1 2 の接触面）を算出する。その後、処理はステップ S 1 1 1 へ進む。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 1 1 では、スキャン・画像化処理が行われる。制御部 1 0 は、超音波振動子アレイ 1 3 の発振側振動子に対して撮像用超音波の発振用電圧を印加し、生体 8 に向けた超音波発振と、これに伴う反射波の感知、反射波に基づく画像データ生成、および画像データの記憶処理を実行する。その後、処理はステップ S 1 1 2 へ進む。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 1 2 およびステップ S 1 1 3 では、超音波発振装置 1 の動作モードが「スキャン+加熱モード」である場合に、加熱処理が行われる。超音波発振装置 1 の動作モードが「スキャン+加熱モード」である場合（ステップ S 1 1 2 の YES）、制御部 1 0 は、加熱対象 9 の領域内で加熱位置（焦点位置）を移動させながら、超音波振動子 1 2 に加熱用の超音波を発振させることで、加熱対象 9 に対する加熱を行う（ステップ S 1 1 3）。なお、この際、制御部 1 0 は、加熱対象 9 のうち、加熱が行われた領域における累積加熱量、および加熱が完了した領域（加熱完了領域）の情報を蓄積する。その後、処理はステップ S 1 0 2 へ進む。

【 0 0 5 4 】

即ち、運転状態にある超音波発振装置 1 は、ステップ S 1 0 2 からステップ S 1 1 3 に示された処理を、装置が縮退運転状態となるか、または装置の電源が落とされるまで、定期的（例えば、0.1 秒毎）に繰り返し実行する。このようにすることで、本実施形態に係る超音波発振装置 1 は、加熱位置を適切な位置に容易に調整しながら、加熱対象 9 への加熱を行うことを可能としている。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、本実施形態における振動子の相対位置 / 姿勢およびメンブレン形状の決定処理（キャリブレーション処理）の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、図 4 に示された起動・運転処理において、ステップ S 1 1 0 が開始されたことを契機として実行される。即ち、本フローチャートは、図 4 に示された起動・運転処理のうち、ステップ S 1 1 0 に示された処理をより詳細に説明するものである。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 2 0 1 では、超音波振動子 1 2 からのパルス発振、他の超音波振動子 1 2 による感知、および受信データの記録が行われる。制御部 1 0 は、超音波振動子アレイ 1 3 において超音波振動子 1 2 のうち所定数の超音波振動子 1 2（発振側振動子）に対して、1 つずつ順に駆動電圧の印加を行い、超音波を発振させる。発振された超音波は、発振に用いられていないその他の超音波振動子 1 2 によって、直接波および反射波として感知（受信）される。超音波を感知した超音波振動子 1 2 は感知信号を出力する。ここでは、あるタイムスロットにおいて発振を行う超音波振動子 1 2 が 1 つであるため、制御部 1 0 は、感知された超音波が当該タイムスロットにおいて発振を行っていた超音波振動子 1 2 から発振されたものであると把握することが出来る。なお、複数の超音波振動子 1 2 から同時に発振が行われた場合であっても、感知信号を受信した制御部 1 0 は、感知信号から、感知された超音波の振幅、周波数および位相等を得ることで、超音波振動子 1 2 毎の振幅、周波数、位相、到達時刻の時間差等の特徴に基づいて、感知された超音波が何れの超音波振動子 1 2 から発振されたものであるかを把握することが出来る。

【 0 0 5 7 】

制御部 10 は、発振に用いる超音波振動子 12 を変更しながら、所定数の超音波振動子 12 について発振および他の超音波振動子 12 による感知を行う。得られたデータは、発振された超音波振動子 12、感知した超音波振動子 12、発振時刻および感知時刻に関連付けて、制御部 10 の RAM またはストレージに記録される。その後、処理はステップ S 202 へ進む。

【0058】

ステップ S 202 では、各超音波振動子 12 の位置および向き（姿勢）が決定される。制御部 10 は、同一の超音波振動子 12 から発振されて感知された超音波について、受信データ群に基づいて、直接波が発振側振動子から感知側振動子に到達するまでにかかった時間（以下、「直接波伝搬時間」と称する）を算出し、また、反射波が発振側振動子から感知側振動子に到達するまでにかかった時間（以下、「反射波伝搬時間」と称する）を算出する。そして、制御部 10 は、複数の超音波振動子 12 の夫々について算出された直接波伝搬時間に基づいて、各超音波振動子 12 の位置および向き（姿勢）を算出する。その後、処理はステップ S 203 へ進む。

10

【0059】

ステップ S 203 では、反射面（接触部 112 の接触面）の形状が決定される。制御部 10 は、同一の超音波振動子 12 から発振されて感知された超音波について、1 回反射波が発振側振動子から感知側振動子に到達するまでにかかった時間（以下、「1 回反射波伝搬時間」と称する）を算出する。そして、制御部 10 は、複数の超音波振動子 12 の夫々についてステップ S 202 で算出された各超音波振動子 12 の位置及び向き（姿勢）、並びに反射波伝搬時間に基づいて、反射面（接触部 112 の接触面）の形状を算出する。その後、本フローチャートに示された処理は終了する。

20

【0060】

次に、図 6 から図 9 を用いて、図 5 で説明したキャリブレーション処理のより詳細な処理内容を説明する。ここで、図 6 および図 8 のフローチャートでは、N 個の超音波振動子 12 (transducer) を、それぞれ T_i (i は 1 から N の自然数) として示す。また、その他の記号の内容は以下の通りである。

P_i : T_i の座標

d_i : T_i の向き（姿勢）。超音波振動子 12 の発振面が向けられた方向を、大きさ 1 のベクトルとして表す。

30

t_{ij} : T_i から発振し T_j で感知された波のうち、直接波伝搬時間

t_{ij}^r : T_i から発振し T_j で感知された波のうち、接触面上の反射点 R_{ij} で 1 回反射した波の伝搬時間（1 回反射波伝搬時間）

b_{ij} : R_{ij} での法線

なお、ここで用いられる座標系は、適宜「特定の T_i を原点に、特定の T_j を ($j-i$) を z 平面の $x > 0$ 側に取る」等の規約を設けて固定される。

【0061】

なお、図 6 から図 9 に示された処理で振動子の相対位置 / 姿勢およびメンブレン形状を算出（推定）する場合、予め以下の内容を前提とする。

40

1. メンブレン 11 上に配置された振動子の総数 N は既知
2. 超音波振動子はメンブレン 11 の凹部 111 上にお椀状に並んでいる
3. メンブレン 11 内に充填されているゲルの体積は既知
4. メンブレン 11 は均等に膨張する
5. メンブレン 11 が「収縮している」状態での超音波振動子 12 の配置は、超音波振動子 12 付きメンブレン 11 製造時に既知

これによって、N 個の振動子の仮の位置（仮座標）を決めることが出来る。振動子の向きについては、全てある一点（焦点）を向いていると仮定しておく（仮方向）。具体的には、仮方向は、曲面を球面と近似したときの球面の中心 C に全ての振動子が向いていると仮定し、以下のように設定する。

【0062】

50

【数 1】

$$d_i = \frac{C - P_i}{|C - P_i|}$$

10

【0063】

図6は、本実施形態における、振動子の相対位置/姿勢の決定処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、図5に示されたキャリブレーション処理において、ステップS202が開始されたことを契機として実行される。即ち、本フローチャートは、図5に示されたキャリブレーション処理のうち、ステップS202に示された処理をより詳細に説明するものである。

20

【0064】

図7は、本実施形態において発振側振動子および感知側振動子の向き(姿勢)と、発振側振動子から発振されて感知側振動子において感知された直接波との関係を示す図である。図7に示した例では、発振側振動子 T_i (座標 P_i)から発振された超音波のうち、 T_i の向き d_i と i_j の角をなす方向へ伝搬した超音波が、受信側振動子 T_j (座標 P_j)によって受信されている。

【0065】

ステップS301では、 T_i と T_j との間の距離が算出される。制御部10は、ステップS201で取得された、 T_i から発振されて T_j によって感知されたパルスの受信データのうち、直接波の波形から i_j を特定する。なお、直接波は、仮座標 P_i, P_j から算出された直接波の仮経路長($l_{ij} = |P_j - P_i|$)と、メンブレン11内の音速 c (本実施形態では、ゲル内の音波の伝搬速度)とに基づいて算出可能な、 T_i から発振された超音波が直接 T_j へ到達するまでの予想伝搬時間($i_j, expected = l_{ij} / c$)近傍で T_j にて観測されたパルスを探すことで特定可能である。

30

【0066】

そして、制御部10は、算出された i_j と音速 c とから、 $T_i - T_j$ 間の距離 $|P_i - P_j|$ を算出する(距離は音速 c と伝搬時間 i_j の積として、 $|P_i - P_j| = c * i_j$ となる)。その後、処理はステップS302へ進む。

40

【0067】

ステップS302では、 T_i が発振の中心軸および T_j を見込む角 i_j が算出される。先述の通り、「見込む角」とは、あるポイント(他の振動子や反射点等)が振動子の向き d_i に伸びる発振の中心軸から何度ずれているかを示す角度であり、例えば、 T_i が発振の中心軸および T_j を見込む角 i_j は、「 T_i の発振面を通る中心軸の方向(T_i から発振された超音波が指向する中心方向)」と、「 T_i の発振面の中心と T_j の感知面の中心とを結ぶ線」と、がなす角度である(図7を参照)。

【0068】

制御部10は、 T_i から発振されて T_j によって感知されたパルスの受信データのうち、受信波の波形から直接波の波形を切り出し、周波数領域表現(例えば、高速フーリエ変

50

換や Wavelet 変換等)を用いてスペクトルを求め、 T_i が発振の中心軸および T_j を見込む角 θ_{ij} を算出する。 T_i から T_j へ送られた超音波パルス信号には、基本振動数以外に整数倍の高調波も含まれる。Fraunhofer 領域では波長により指向性が異なることから、 T_j で観測された T_i からの直接波パルスの高調波成分比は、 T_i の向き d_i と見込む角 θ_{ij} に依存する。このため、制御部 10 は、事前に計算或いは測定した成分比の依存性と T_j で観測された高調波成分比とを比較することで θ_{ij} を推定することができる。波が媒質を伝搬する際、媒質の粘性等に起因して振幅の減衰が起こるが、減衰率は波の振動数にも依存する。媒質が決まれば、減衰率の振動数依存性は既知であり、伝搬距離が分かれば媒質中を伝搬する間の減衰が振動数毎に計算し、媒質による減衰を補正することが出来る。その後、処理はステップ S303 へ進む。

10

【0069】

ステップ S303 では、制御部 10 により T_i から T_j へ至る直接波の到達時間または周波数表現が判定可能な i および j の組み合わせ (i および j は 1 から N の自然数) のうち角度を算出可能な組み合わせについて、ステップ S301 およびステップ S302 の処理が終了したか否かが判定される。超音波振動子 12 間の距離算出および見込む角の算出が完了していない超音波振動子 12 の組み合わせがある場合、制御部 10 は、 i および j を未完了の組み合わせに更新して、処理をステップ S301 へ戻す。一方、角度を算出可能な組み合わせについて超音波振動子 12 間の距離算出および見込む角の算出が完了したと判定された場合、処理はステップ S304 へ進む。

【0070】

20

ステップ S304 では、各超音波振動子 12 の位置 (T_i の座標 P_i) が算出される。制御部 10 は、上記した仮座標および仮方向に基づいて算出される超音波振動子 12 間の距離および超音波振動子 12 が発振の中心軸および他の超音波振動子 12 を見込む角と、実際のパルス発振 / 感知によって得られたデータに基づいてステップ S301 からステップ S303 の処理で算出された超音波振動子 12 間の距離 ($|P_i - P_j|$) および超音波振動子 12 が発振の中心軸および他の超音波振動子 12 を見込む角 (θ_{ij}) と、をパラメータとして、誤差を含むデータに対するフィッティングアルゴリズムを利用することで、 T_i の座標 P_i (i は 1 から N の自然数) を算出する。ここで用いられるフィッティングアルゴリズムは限定されず、例えば、最小二乗法 (Lovenberg - Marquardt 法など) や、kernel regression 等を用いることが出来る。なお、これらのアルゴリズムによれば、算出された座標 P_i (推定値) の誤差を見積もることも可能である。その後、処理はステップ S305 へ進む。

30

【0071】

ステップ S305 では、超音波振動子 T_i の向き (姿勢) d_i が算出される。制御部 10 は、 P_i, P_j, θ_{ij} の組から、 j について 2 組以上選び、 d_i を求める。ここまでの処理で、 T_i からみて遠方 (Fraunhofer 領域) にある、 T_j とは異なる超音波振動子 T_k, T_l, \dots についても $\theta_{kj}, \theta_{lj}, \dots$ が算出されている。このため、 T_i の向き d_i と $\theta_{ij}, \theta_{kj}, \theta_{lj}, \dots$ のなす角 $\phi_j, \phi_k, \phi_l, \dots$ が分かる。このとき、 $\cos \phi_j$ が以下の式によって求められるため、2 組以上の独立な条件 (例えば、 i, j の組と i, k の組) が与えられれば、振動子の向き d_i (自由度は 2) を決定することが出来る。その後、処理はステップ S306 へ進む。

40

【0072】

【数 2】

$$d_i \cdot \frac{P_j - P_i}{|P_j - P_i|} = \cos \theta_j$$

10

【0073】

ステップ S 3 0 6 では、向き d_i を算出可能な i (1 から N の自然数) の夫々について、ステップ S 3 0 5 の処理が終了したか否かが判定される。振動子の向き d_i の算出が完了していない超音波振動子 1 2 がある場合、制御部 1 0 は、 i を未完了の超音波振動子 1 2 番号に更新して、処理をステップ S 3 0 5 へ戻す。一方、超音波振動子 1 2 のうち算出可能なものについて向き d_i の算出が完了したと判定された場合、本フローチャートに示された処理は終了する。

【0074】

上記説明した振動子の相対位置 / 姿勢の決定処理によれば、位置と向きを算出可能な T_i について、位置と向き $\{ P_i, d_i \}$ (i は 1 から N の自然数) が算出される。その後、引き続きメンブレン形状の決定処理が実行される。

20

【0075】

図 8 は、本実施形態における、メンブレン形状の決定処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、図 5 に示されたキャリブレーション処理において、ステップ S 2 0 3 が開始されたことを契機として実行される。即ち、本フローチャートは、図 5 に示されたキャリブレーション処理のうち、ステップ S 2 0 3 に示された処理をより詳細に説明するものである。このため、本フローチャートに示された処理が実行される前に、 T_i のうち算出可能なものについて、位置と向き $\{ P_i, d_i \}$ (i は 1 から N の自然数) は算出済である。

30

【0076】

図 9 は、本実施形態において発振側振動子および感知側振動子の向き (姿勢) と、発振側振動子から発振されて感知側振動子において感知された反射波との関係を示す図である。図 9 に示した例では、発振側振動子 T_i (座標 P_i) から発振された超音波は、 T_i の向き d_i と $\angle R_{ij}$ の角をなす方向へ伝搬し、反射点 R_{ij} における反射を経て、受信側振動子 T_j (座標 P_j) の向き d_j と $\angle R_{ij}$ の角をなす方向から受信側振動子 T_j に入射し、受信側振動子 T_j に受信される。

【0077】

ステップ S 4 0 1 では、 T_i から T_j への 1 回反射波の経路の長さが算出される。制御部 1 0 は、ステップ S 2 0 1 で取得された、 T_i から発振されて T_j によって感知されたパルスの受信データのうち、1 回反射波の波形から $\angle R_{ij}$ を特定する。ここでは、振動子 T_i から発振された超音波パルス信号が接触面上の点 R_{ij} で反射し、振動子 T_j で観測された場合について、1 回反射波の経路の長さを算出する (図 9 を参照) 。 T_i から発振されたパルスは、 T_j で観測される際には $T_i - R_{ij} - T_j$ の経路長に依存した減衰に加えて、発振側の指向性、反射率、および感知側の指向性の影響を受けて、媒質中を伝搬し感知側の振動子に到達する間に減衰および波形の変形が起きる。なお、ここで、発振側の指向性はスペクトルに影響を与え、感知側の指向性は感知されたパルスの強度 (感度) に影響を与える (スペクトルへの影響は無いかまたは無視出来る) 。また、反射率は、媒質と接触部 1 1 2 (接触面) の音響インピーダンスから決まる。

40

50

【0078】

そして、 T_i から発振された超音波パルス信号（時刻 t_0 に発振）が T_j で観測された時、 T_j で感知されたパルス信号は、到達時刻の早い方から順に、以下のものが観測されるはずである。

- (1) T_i - T_j の直接波
- (2) T_i - R_{ij} - T_j の1回反射波
- (3) メンブレン11内の多重反射波、体内で反射した反射波

このため、一般的には、 T_j によって感知された波形のうち、直接波を除いて最も強い反射波が、1回反射波であると推定される。但し、実際には、凹部111の曲率と i, j の組み合わせによっては直接波または1回反射波が弱すぎて見えないか、重なって分離出来ない場合もあり得る。このようなケースについては、事前に実験・試運転した際に直接波または1回反射波の伝搬時間や強度、分離可能性について調べたものを参考にしてもよい。直接波については、 $T_i - T_j$ 間の直接波の予想伝搬時間に近い時間で感知された波形の有無を確認することで、直接波の有無を判定することができる（ステップS301を参照）。

10

【0079】

そして、制御部10は、特定された1回反射波のピークに基づいて i_j を求め、 i_j と音速 c とから、 T_i から T_j への1回反射波の経路（ T_i - R_{ij} - T_j ）の長さを算出する。算出方法は、直接波の経路の長さを算出したステップS301の処理と同様である。その後、処理はステップS402へ進む。

20

【0080】

ステップS402では、 T_i が発振の中心軸および反射点 R_{ij} を見込む角 $i_{R_{ij}}$ が算出される。制御部10は、 T_i から発振されて T_j によって感知されたパルスの受信データのうち、受信波の波形から1回反射波の波形を切り出し、周波数領域表現（例えば、高速フーリエ変換やWavelet変換等）を用いてスペクトルを求め、 T_i が発振の中心軸および反射点 R_{ij} を見込む角 $i_{R_{ij}}$ を算出する。算出方法は、ステップS302の処理と同様である。その後、処理はステップS403へ進む。

【0081】

ステップS403では、1回反射波の T_j への入射角 R_{ij}_j が算出される。制御部10は、 T_i から発振されて T_j によって感知されたパルスの受信データのうち、感知パルスの強度及び接触面での反射率に基づいて、 T_j への入射角 R_{ij}_j を算出する。同じ強度のパルスが感知側振動子に到達した場合、入射角が感知側振動子の感知面に対して垂直である場合に感知される信号の強度は高く、入射角が垂直から離れるほど強度は弱くなる。このため、制御部10は、感知側振動子がパルスを垂直に感知した場合の推定強度と、実際に受信された感知信号の強度とを比較し、その差に基づいて、入射角を算出する。推定強度は、発振側振動子からの発射角度、振動数、媒質の減衰率および伝搬距離等に基づいて算出される推定強度を、接触面における反射率を用いて補正することで算出可能である。その後、処理はステップS404へ進む。

30

【0082】

ステップS404では、 i および j の組み合わせ（ i および j は1から N の自然数）のうち $i_{R_{ij}}$ と R_{ij}_j の組が算出可能なものについて、ステップS401からステップS403の処理が終了したか否かが判定される。算出が完了していない超音波振動子12の組み合わせがある場合、制御部10は、 i および j を未完了の組み合わせに更新して、処理をステップS401へ戻す。算出可能な組み合わせ全てについて算出が完了したと判定された場合、処理はステップS405へ進む。

40

【0083】

ステップS405では、反射点 R_{ij} の座標が算出される。制御部10は、ステップS404までの処理で得られた、 $\{P_i, d_i\}$ 、 $\{P_j, d_j\}$ 、経路（ T_i - R_{ij} - T_j ）長、経路の見込み角 $\{i_{R_{ij}}, R_{ij}_j\}$ のデータに基づいて、 R_{ij} を算出する。具体的には、以下の式を用いて算出することが出来る。

50

【 0 0 8 4 】

【 数 3 】

$$\left| \overrightarrow{P_i R_{ij}} \right| + \left| \overrightarrow{R_{ij} P_j} \right| = l_{T_i \rightarrow R_{ij} \rightarrow T_j}$$

【 0 0 8 5 】

【 数 4 】

$$\frac{\overrightarrow{P_i R_{ij}}}{\left| \overrightarrow{P_i R_{ij}} \right|} \cdot d_i = \cos \phi_{i \rightarrow R_{ij}}$$

【 0 0 8 6 】

【 数 5 】

$$\frac{\overrightarrow{P_j R_{ij}}}{\left| \overrightarrow{P_j R_{ij}} \right|} \cdot d_j = \cos \theta_{R_{ij} \rightarrow j}$$

【 0 0 8 7 】

なお、 R_{ij} の算出に用いられる、観測値・観測値から推定される値は、何れも誤差を含むため、最小二乗法等のフィッティングアルゴリズムを用いて R_{ij} の位置を決め、誤差を評価してもよい。また、 T_i, R_{ij}, T_j の3点の位置が得られているため、 T_i, R_{ij}, T_j の3点に乗る平面上で、角 $T_i R_{ij} T_j$ を2等分するベクトルを得ることが出来る。このベクトルは、反射点 R_{ij} 近傍の曲面を特徴付ける「接平面」の法線 b_{ij} に相当するため、ここでは、反射点での接平面も得られる。 i, j を変えて上記の処理が繰り返されることで、最大 $(1/2)N(N-1)$ 個の反射点の座標、および反射点での接平面が得られる。その後、処理はステップ S 4 0 6 へ進む。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 4 0 6 では、接触面 の形状が算出される。上述の通り、ここまでの処理によって、最大 $(1/2)N(N-1)$ 個の反射点の座標および接平面が得られている。このため、制御部 10 は、これらの情報に基づいて、反射点近傍の曲面形状を多項式補間やスプライン補間等を用いて求め、接触面 の形状を得る。具体的には、制御部 10 は、例えば、以下の手順を用いて接触面 の形状を得る。

(1) 反射点 R を一つ選ぶ

10

20

30

40

50

(2) R近傍の反射点を、Rからの距離が小さい順に複数選ぶ

(3) R近傍で曲面は (x, y, z) の2 - 3次の多項式、スプライン関数等で近似できると仮定し、Rとその近傍点を通り、その点付近では、接平面上に乗るという条件を課すと、R近傍の曲面を再現する関数が決まる。

【0089】

なお、法線の情報を使わず、多くの点を使って補間関数を決めてもよいし、反射点の誤差情報から、補間関数の誤差を見積もってもよい。その後、本フローチャートに示された処理は終了する。

【0090】

図10は、本実施形態における、スキャン・画像化処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、図4に示された起動・運転処理において、ステップS111が開始されたことを契機として実行される。即ち、本フローチャートは、図4に示された起動・運転処理のうち、ステップS111に示された処理をより詳細に説明するものである。

【0091】

ステップS501では、画像化のために発振する超音波ビームの焦点が決定される。制御部10は、画像化したい領域に基づいて画像化の為の超音波ビーム収束方向を決定し、決定された方向にビームが収束するように焦点の位置(座標)を決定する。その後、処理はステップS502へ進む。

【0092】

ステップS502では、位相制御による焦点合わせのための計算が行われる。各振動子から伝搬した波を特定の一点で位相を合わせ、強め合うように制御するには、各振動子から伝搬する波が、ターゲット(焦点)を通過する時に振幅が大きくなる(特定の位相の)状態となるように、各振動子からターゲットに到達するまでの伝搬時間を見積もる。

【0093】

図11は、本実施形態において位相制御による焦点合わせを行うための計算内容を示す模式図である。ここで、既に得られている接触面上の点(反射点や反射点間を補間した点)の集合を $\{R_j : j = 1, \dots, m\}$ とする。また、 $T_i - R_j$ の経路は通常の指向性を有する伝搬とし、 $R_j - F$ は R_j を波源とする球面波とする。そして、制御部10は、 $T_i - R_j - F$ (i は1から n の自然数。 j は1から m の自然数)という経路の経路長 l 、 $T_i - R_j - F$ と指向性因子 $P(\theta_{ij})$ から導かれる $T_i - R_j - F$ という経路で伝搬した波を、全ての経路 R_j (j は1から m の自然数)について足しあげることによって、 T_i から発振し、接触面を通過してターゲット F を通過する波の波形(振幅・位相・伝搬時間)を求める(図11を参照)。このようにして、制御部10は、発振に用いられる超音波振動子12について、ターゲット F を通過する波の波形(振幅・位相・伝搬時間)を求める。

【0094】

その後、制御部10は、複数の発振側振動子から発振される波の振幅がターゲット F で最も大きくなるように、複数の発振側振動子間で、発振時刻(位相)を調整する。具体的には、制御部10は、 T_i から鋭いパルスを発した場合に、発振してから F を通過する波の振幅が最大になるまでの時間を t_i とし、 t_i が最大になる発振側振動子に対して他の振動子の発振時刻(位相)を遅らせ、 F で振幅が最大となるタイミングが一致するように設定する。このようにすることで、ターゲット F を通過する複数の振動子からの波は最も振幅が大きくなる通過時刻が一致し、ターゲットが焦点となる。

【0095】

なお、本実施形態では、媒質が変わる面が1面(媒質がゲルと生体8の2層)である場合について説明したが(図11を参照)、媒質が変わる面が2面以上である場合であっても、媒質が変わる面の形状を得ることが出来れば、同様の処理によって、位相制御による焦点合わせを行うことが出来る。また、この際上述した接触面の形状決定法を用いて2面目以降の面の形状を推定することも可能である。即ち、本開示によれば、多層構造で複雑

10

20

30

40

50

に屈折を繰り返すような対象であっても、焦点制御を行うことが可能である。その後、処理はステップ S 5 0 3 へ進む。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 5 0 3 では、スキャン用パルスの発振が行われる。制御部 1 0 は、ステップ S 5 0 2 で設定された通りに位相制御を行い、各超音波振動子 1 2 からスキャン用パルスを発振させる。また、発振されたパルスの反射波は、各超音波振動子 1 2 によって感知される。超音波を感知した超音波振動子 1 2 は感知信号を出力し、感知信号を受信した制御部 1 0 は、感知信号から、感知された超音波の振幅、周波数および位相等を得る。得られたデータは制御部 1 0 の R A M またはストレージに記録される。その後、処理はステップ S 5 0 4 へ進む。

10

【 0 0 9 7 】

ステップ S 5 0 4 では、画像化に必要な構造データが揃ったか否かが判定される。画像化の対象となっている領域のうち未スキャンの領域がある場合、処理はステップ S 5 0 1 へ戻る。一方、画像化の対象となっている範囲のスキャンが全て完了し、必要なデータが得られた場合、処理はステップ S 5 0 5 へ進む。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 5 0 5 では、画像処理が行われる。制御部 1 0 は、反射波を感知した超音波振動子 1 2 から出力された感知信号を増幅およびデジタル化処理し、反射波に基づいて加熱対象 9 を含む生体 8 内の三次元画像データおよび断面画像を生成する。反射波を用いた三次元画像データの生成には、エコー検査等に用いられている従来技術を採用することが出来る。また、制御部 1 0 は、現在のメンブレン 1 1 の曲率、加熱用超音波の位相の設定等から、加熱位置（焦点位置）の座標が、三次元画像データ中の何れの位置であるかを特定する。更に、制御部 1 0 は、生成された断面画像や特定されたターゲットのデータに基づいて、表示装置 1 8 の表示内容を更新する。

20

【 0 0 9 9 】

この際、血流情報や画像診断によるターゲット捕捉（加熱対象 9 の特定）および表示が行われてもよい。血流情報や画像診断によるターゲット捕捉についても、エコー検査等に用いられている従来技術を採用することが出来る。制御部 1 0 は、画像中から加熱対象 9 を特定し、画像中における加熱対象 9 の位置情報を画像データと合わせて記憶する。

【 0 1 0 0 】

また、制御部 1 0 は、得られた三次元画像データに基づいて二次元画像データを生成し、更に当該二次元画像データ上における加熱対象 9 の位置および加熱位置（焦点位置）を特定する。二次元画像データ上における加熱位置は、三次元画像データ中の加熱位置を、二次元画像データに投影することで特定することが出来る。そして、制御部 1 0 は、生成された二次元画像データを、当該二次元画像データ中における加熱対象 9 の位置および焦点位置を示す表示と共に出力し、表示装置 1 8 に表示させる。その後、本フローチャートに示された処理は終了する。

30

【 0 1 0 1 】

ここで、二次元画像データ中における加熱対象 9 の特定は、本フローチャートに示された処理が開始されてから 1 回目にステップ S 5 0 5 が実行された際には、ユーザーの入力に基づいて行われ、2 回目以降にステップ S 5 0 5 が実行された際には、以前にステップ S 5 0 5 が実行された際の画像データと今回ステップ S 5 0 5 が実行された際の画像データとの比較処理（マッチング処理）によって行われてもよい。

40

【 0 1 0 2 】

より具体的には、1 回目にステップ S 5 0 5 が実行された際には、制御部 1 0 は、二次元画像データを表示装置 1 8 に表示させ、表示された画像を確認したユーザーによる指定操作を受け付けることで、画像データにおける加熱対象 9 の位置を特定する。ここで、ユーザーによる指定操作とは、例えば、表示装置 1 8 がタッチパネル式ディスプレイである場合には、ディスプレイ上の加熱対象 9 が表示されている位置をユーザーがタッチする操作である。制御部 1 0 は、ユーザーによって指定された、画像データ上の加熱対象 9 の位

50

置および画像上の特徴を記憶する。但し、本実施形態では、ユーザー指定に基づいて加熱対象9が特定される仕様を採用した例について説明したが、加熱対象9の特定には、その他の技術が採用されてもよい。例えば、画像データ中の各画素の輝度や色調等に基づいて、加熱対象9が制御部10によって自動的に特定される仕様を採用されてもよい。

【0103】

2回目以降にステップS505が実行された際には、制御部10は、撮像によって新たに生成された画像データと、以前の画像データとを比較（マッチング）することで、新たに生成された画像データ中の何れの箇所が、以前の画像データにおいて特定された加熱対象9に対応する箇所であるのかを判断し、新たに生成された画像データ中において、以前の画像データにおいて特定された加熱対象9に対応する箇所であると判断された箇所を、加熱対象9として特定する。

10

【0104】

図12は、本実施形態における、加熱処理の流れを示すフローチャートである。本フローチャートに示された処理は、図4に示された起動・運転処理において、ステップS113が開始されたことを契機として実行される。即ち、本フローチャートは、図4に示された起動・運転処理のうち、ステップS113に示された処理をより詳細に説明するものである。

【0105】

ステップS601およびステップS602では、加熱未完了の領域がある場合に、加熱対象領域が選択される。制御部10は、保持している画像データにおける加熱対象9全体の領域と、これまでの処理において蓄積された加熱完了領域とを比較することで、加熱対象9において加熱が完了していない領域が有るか否かを判定する（ステップS601）。

20

【0106】

加熱未完了の領域が残っていない（加熱対象9の全体が加熱完了である）と判定された場合、本フローチャートに示された処理は終了する。一方、加熱未完了の領域が残っていると判定された場合、制御部10は、加熱未完了の領域から、次の加熱の対象となる加熱対象領域を選択する（ステップS602）。ここで、制御部10は、例えば、加熱対象9の領域内で加熱位置（焦点位置）が移動するように、加熱対象領域を選択する。その後、処理はステップS603へ進む。

【0107】

ステップS603では、加熱領域に焦点を合わせる為の超音波振動子12同士の位相差または波形が計算され、位相制御または位相共役法等を用いた焦点制御が行われる。処理の詳細は図10を用いて説明したステップS502と同様であるため、省略する。その後、処理はステップS604へ進む。

30

【0108】

ステップS604では、加熱対象領域が位相制御による焦点制御可能な範囲内であるかが判定される。制御部10は、加熱位置（焦点位置）を、ステップS603で計算された焦点制御によって加熱対象9の位置に合わせられるか否かを判定する。加熱対象領域が焦点制御可能な範囲内でない場合、換言すれば、加熱位置と加熱対象9とのズレが、超音波振動子12から発振される超音波の焦点制御によって解消可能な範囲の上限よりも大きいと判定された場合、処理はステップS607へ進む。一方、加熱対象領域が焦点制御可能な範囲内である場合、処理はステップS605へ進む。

40

【0109】

ステップS605では、加熱用超音波の発振が行われる。加熱指示の入力を受けた制御部10は、ステップS602からステップS604までの処理で設定された通りに焦点制御を行い、各超音波振動子12に加熱用の超音波を発振させることで、加熱対象9に対する加熱を行う。

【0110】

また、ステップS605において、制御部10は、複数の超音波振動子12の夫々を制御して、超音波振動子12の夫々から発振される超音波の位相を調整することで、発振さ

50

れる超音波の一部をキャンセルし、超音波によって加熱される領域を制限してもよい。より具体的には、加熱対象9のサイズが、焦点を中心とする加熱領域よりも小さい場合、制御部10は、一部の超音波振動子12に、他の超音波振動子12から発振される超音波と、加熱を行いたくない領域において逆位相となる超音波を発振させる。制御部10によってこのように位相が制御されることで、加熱を行いたくない領域において超音波が打ち消し合い、加熱がキャンセルされる。

【0111】

即ち、本実施形態に係る超音波発振装置1によれば、加熱対象9のサイズが、焦点を中心とした加熱領域よりも小さい場合であっても、一部の領域における加熱をキャンセルすることで、加熱対象9を加熱しつつ、加熱対象9以外の領域の加熱を行わないようにすることが出来る。その後、処理はステップS606へ進む。

10

【0112】

ステップS606では、加熱部位の累積加熱量が更新され、当該部位の加熱が完了したか否かが確認される。制御部10は、加熱対象9のうち、加熱が行われた領域について、累積加熱量を更新する。そして、当該部位の累積加熱量が所定の加熱量以上となった場合、当該部位を、「加熱完了領域」に設定する。その後、処理はステップS601へ戻る。

【0113】

ステップS607では、焦点合わせのための曲率変更指示、および装置移動のナビゲーション生成が行われる。位相制御による焦点制御可能な範囲内でないと判定された場合(ステップS604のNO)、制御部10は、メンブレン11の凹部111の曲率変更指示を発行する。なお、実際の曲率変更のための制御は、曲率変更指示を受けて、上述したステップS109で行われる。

20

【0114】

また、制御部10は、画像データにおける加熱対象9の位置と加熱位置(焦点位置)とを照合し、加熱位置を加熱対象9の位置に誘導する指示情報を生成し、出力する。より具体的には、制御部10は、画像データ中の加熱対象9と加熱位置とを座標照合し、焦点位置と加熱対象9とのズレを算出する。そして、焦点位置と加熱対象9とのズレがある場合、制御部10は、画像データにおける焦点位置と加熱対象9の領域に含まれる所定の位置(例えば、加熱対象9領域の重心位置)とを結ぶ矢印等の指示情報を描画して出力し、表示装置18に、画像データに基づく画像に重ねて表示させる。ユーザーは、表示装置18に表示された指示情報を見て、例えば、矢印の向きや長さ等から超音波発振装置1を動かすべき方向および移動量を把握し、ハンドル16を操作して、メンブレン11の凹面が、適切な位置および角度となるように移動させる。その後、処理はステップS608へ進む。

30

【0115】

ステップS608およびステップS609では、加熱位置と加熱対象9とのズレが所定の基準を超える場合に、加熱停止指示が発行される。制御部10は、画像データにおける加熱対象9の位置と加熱位置(焦点位置)とを照合し、加熱対象9の位置と加熱位置とのズレが所定の基準よりも大きいかが否かを判定する(ステップS608)。ここで、所定の基準とは、加熱位置と加熱対象9とのズレが、アクチュエーター14の制御によるメンブレン11の凹部111の曲率変更、および超音波振動子12から発振される超音波の位相制御によって解消可能な範囲の上限を定めたものである。

40

【0116】

ズレが所定の基準よりも大きいと判定された場合、制御部10は、加熱停止指示を発行する(ステップS609)。なお、加熱停止指示が発行されると、超音波発振装置1の動作モードは、「スキャン+加熱モード」から「スキャンのみモード」に変更される(図4のステップS105を参照)。即ち、加熱対象9の位置と加熱位置とのズレが所定の基準よりも大きいと判定された場合、制御部10は、複数の超音波振動子12による加熱用の超音波の発振を停止する。また、この際制御部10は、表示装置18に警告を表示させても良い。なお、本実施形態において、発振の停止は、超音波振動子12への電力供給の停

50

止によって行われる。一方、ズレが所定の基準以内であると判定された場合、本フローチャートに示された処理は終了する。

【0117】

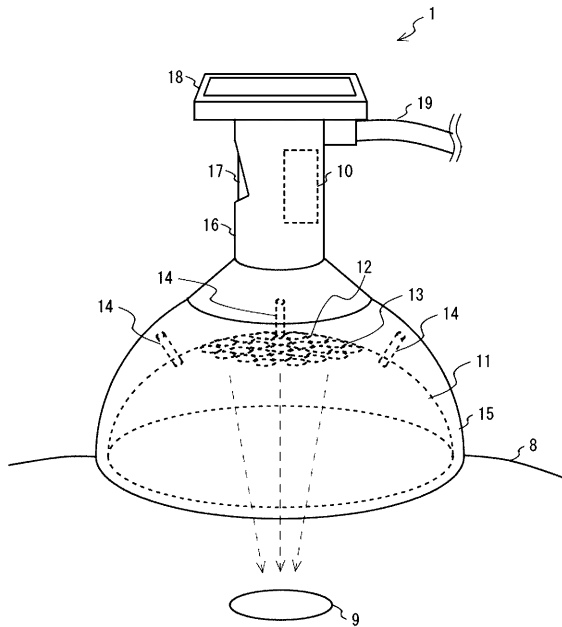
本実施形態に示された処理によれば、ユーザーがレバー操作を行った状態でハンドル16操作を行って、加熱位置が加熱対象9の領域内（または、自動調整可能な領域内）となるように調整すれば、加熱が自動的に再開される。但し、所定時間（例えば、数秒）が経過しても加熱位置が適切な位置に修正されない場合には、ユーザーによるレバー操作の有無に拘らず、本フローチャートに示された処理は自動的に終了されてよい。

【0118】

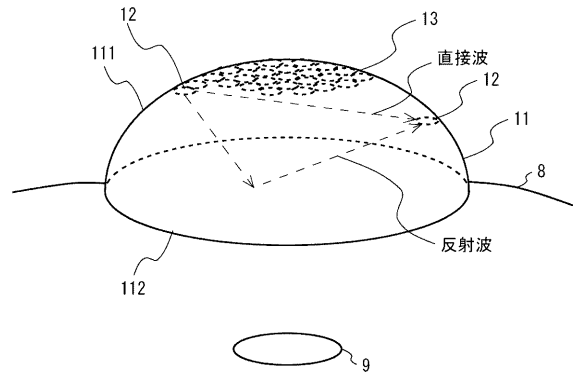
本実施形態に係る超音波発振装置1によれば、従来の装置のような、高精度での超音波振動子12の移動制御手段を備える必要がなく、ユーザーの手で行う調整を、メンブレン11の曲率変更および位相制御で補助することで、加熱対象9を正確かつ容易に加熱することが出来る。

10

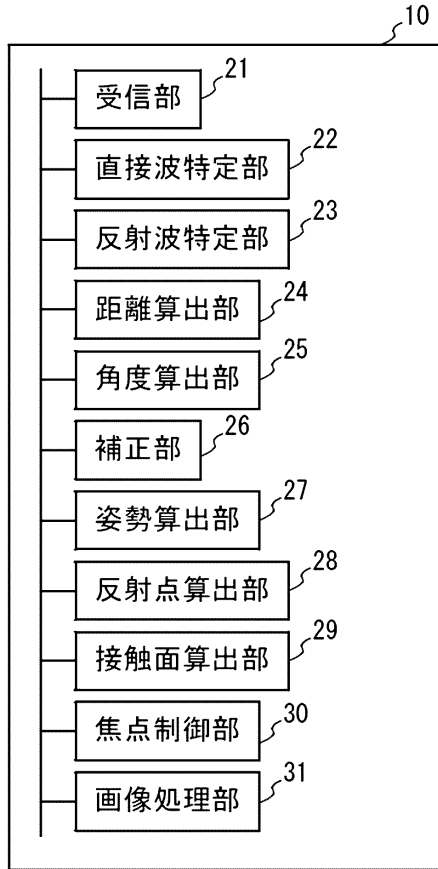
【図1】



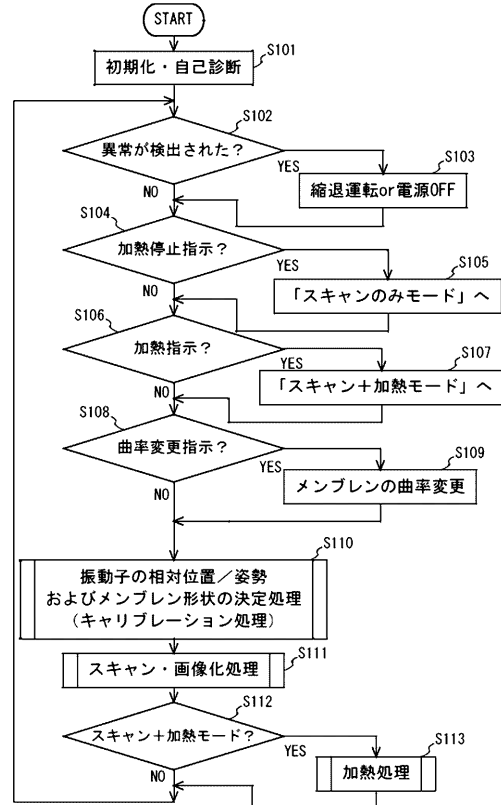
【図2】



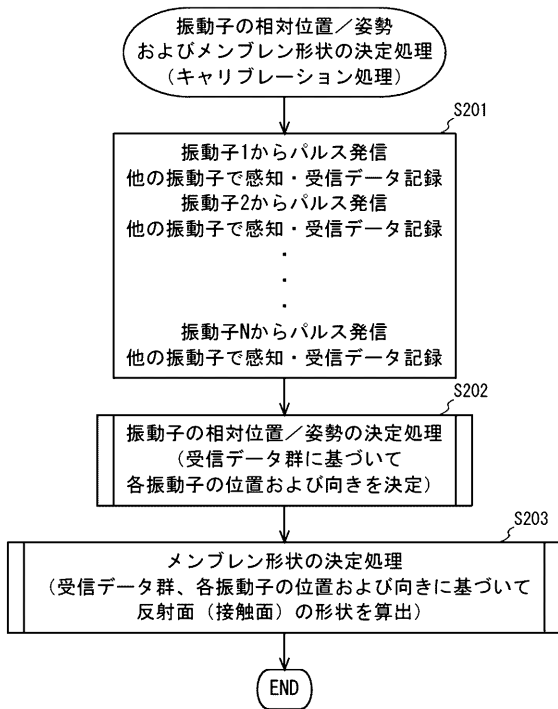
【 図 3 】



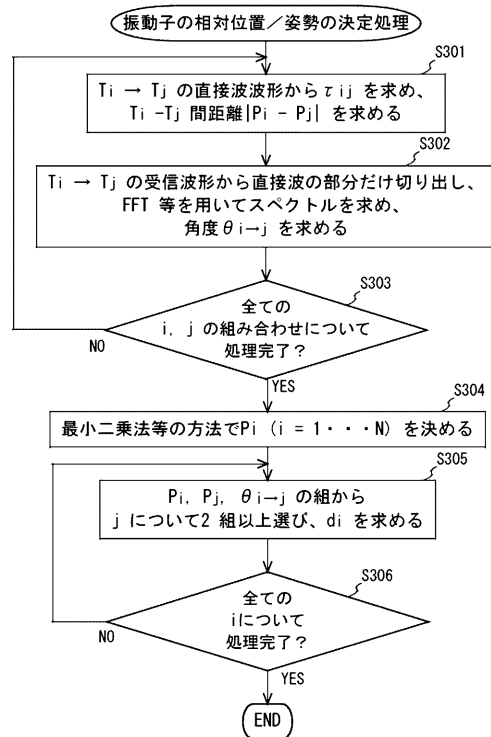
【 図 4 】



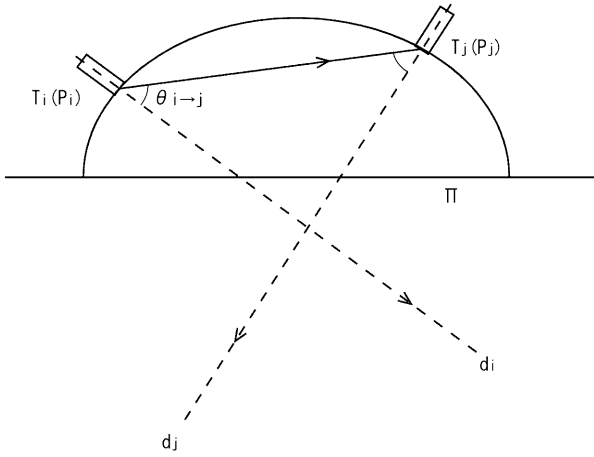
【 図 5 】



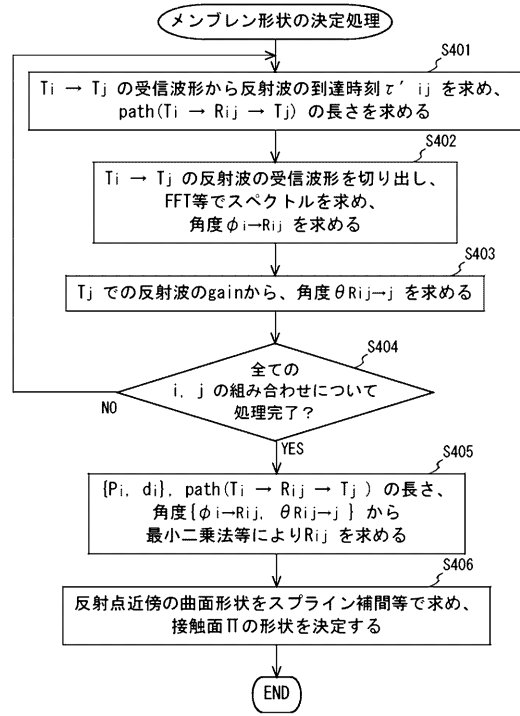
【 図 6 】



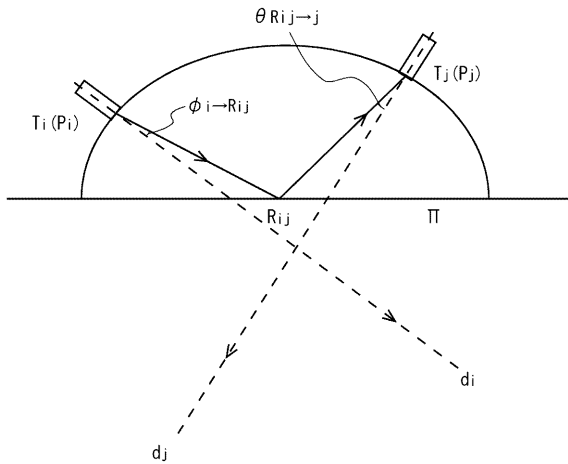
【 図 7 】



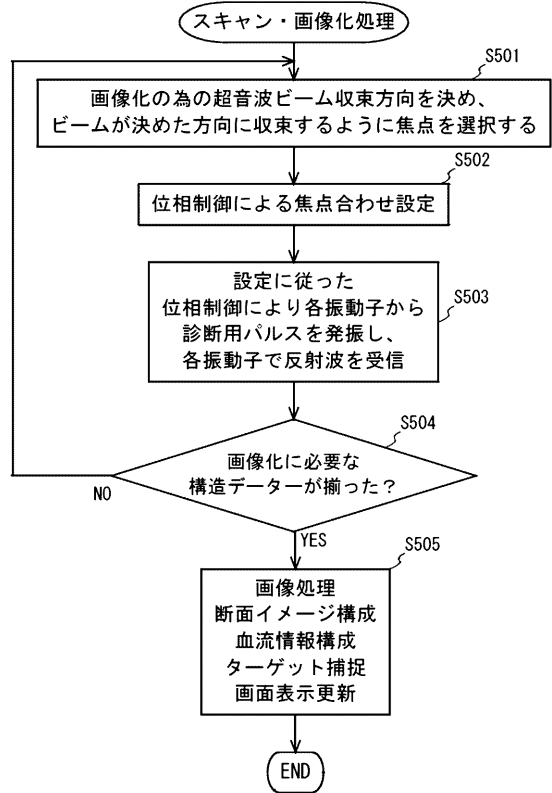
【 図 8 】



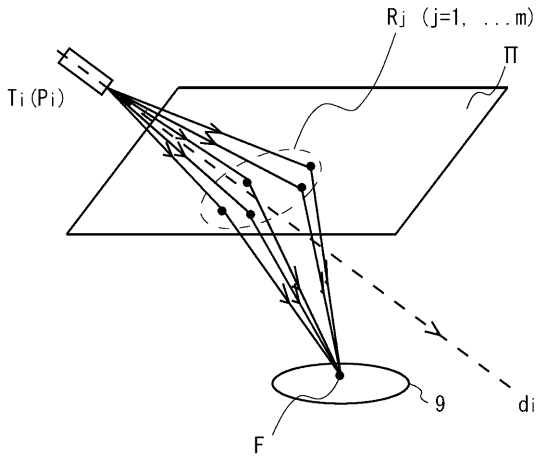
【 図 9 】



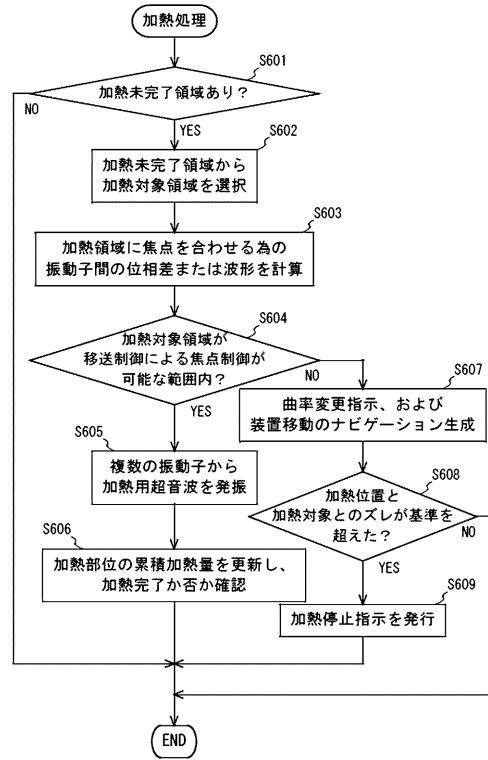
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/053803
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B18/00(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) A61B17/22, A61B17/225, A61B18/00, A61N7/00-7/02		
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	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 12972/1989(Laid-open No. 28212/1990) (Siemens AG.), 23 February 1990 (23.02.1990), specification, page 17, line 18 to page 18, line 1; page 20, line 14 to page 21, line 15; page 24, line 17 to page 26, line 16; fig. 3 & JP 2-28212 U & EP 0327917 A1 & EP 0327917 B1 & US 4957099 A column 5, lines 34 to 36; column 6, lines 32 to 51; column 7, line 51 to column 8, line 32; fig. 3	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"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 05 April 2016 (05.04.16)	Date of mailing of the international search report 26 April 2016 (26.04.16)	
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/JP2016/053803

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 2003-517856 A (Transurgical Inc.), 03 June 2003 (03.06.2003), paragraphs [0014], [0016]; fig. 1 & JP 3848572 B2 & AU 7362400 A & EP 1229820 A2 & EP 1229820 A4 & US 6599256 B1 column 5, lines 37 to 67; column 6, lines 30 to 43; fig. 1 & WO 2001/017455 A2 & WO 2001/017455 A3	1-17

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 5 3 8 0 3									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B18/00(2006.01)1											
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. A61B17/22, A61B17/225, A61B18/00, A61N7/00-7/02											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>				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
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	日本国実用新案登録出願 1-12972 号 (日本国実用新案登録出願公開 2-28212 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (シーメンス、アクチエンゲゼルシャフト) 1990.02.23, 明細書第 17 ページ第 18 行-第 18 ページ第 1 行, 第 20 ページ第 14 行-第 21 ページ第 15 行, 第 24 ページ第 17 行-第 26 ページ第 16 行, 第 3 図 & JP 2-28212 U & EP 0327917 A1 & EP 0327917 B1	1-17									
☑ 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 05.04.2016		国際調査報告の発送日 26.04.2016									
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) 木村 立人 電話番号 03-3581-1101 内線 3386	31 3616								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 5 3 8 0 3
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	& US 4957099 A, 第 5 欄第 34-36 行, 第 6 欄第 32-51 行, 第 7 欄第 51 行-第 8 欄第 32 行, 図 3 JP 2003-517856 A (トランサージカル, インコーポレイテッド) 2003.06.03, 段落 [0014], [0016], 図 1 & JP 3848572 B2 & AU 7362400 A & EP 1229820 A2 & EP 1229820 A4 & US 6599256 B1, 第 5 欄第 37-67 行, 第 6 欄第 30-43 行, 図 1 & WO 2001/017455 A2 & WO 2001/017455 A3	1-17

フロントページの続き

【要約の続き】
な位置関係を示す
情報が補正される。

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声波振荡装置以及与之相关的方法和程序		
公开(公告)号	JPWO2017138090A1	公开(公告)日	2018-12-13
申请号	JP2017566445	申请日	2016-02-09
[标]申请(专利权)人(译)	有限公司丛云		
申请(专利权)人(译)	有限公司丛云		
[标]发明人	堤洋平		
发明人	堤 洋平		
IPC分类号	A61B17/00 A61B8/14 A61N7/00		
CPC分类号	A61N7/02 A61N2007/0052 A61N2007/0065 A61N2007/0078 A61N2007/0091 A61N2007/0095		
FI分类号	A61B17/00.700 A61B8/14 A61N7/00		
F-TERM分类号	4C160/JJ22 4C160/JJ33 4C160/JJ35 4C601/BB03 4C601/EE09 4C601/EE19 4C601/FF15 4C601/GB09 4C601/KK31 4C601/LL26 4C601/LL38		
代理人(译)	稻叶繁		
其他公开文献	JP6650474B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波振荡器 (1) 具有大致半球形的膜 (11)。膜连接器 (11) 的内表面保持多个超声换能器 (12)。精算师通过使膜片 (11) 变形，超声波换能器 (12) 变形。可以调节振荡超声波的焦点位置。焦点位置是超声波，因此，它被加热。在一个超声换能器 (Ti) 振荡超声波之后，测量直到超声换能器 (Tj) 检测到直接波的时间。这个根据时间计算两个换能器之间的距离 (Ti, Tj)。接收器振动振荡器 (Ti) 基于子级 (Tj) 感应到的直接波的谐波分量。计算由直达波的传播方向相对于 (di) 形成的角度 (θij)。这个根据距离和角度显示换能器 (12) 之间的相对位置关系。该信息已更正。

