

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-106961

(P2016-106961A)

(43) 公開日 平成28年6月20日(2016.6.20)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/13

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-249436 (P2014-249436)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成26年12月9日 (2014.12.9)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100126240
			弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	長尾 大輔
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
			ノン株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 紘一
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
			ノン株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 DD08 DE16 EE04 EE11 JB36

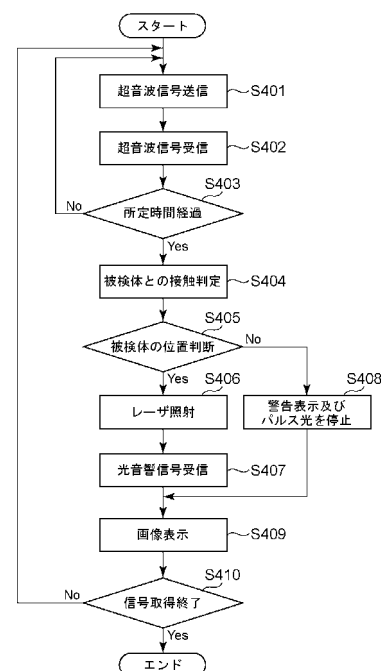
(54) 【発明の名称】 被検体情報取得装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被検体と探触子との接触状態の判定及び被検体が光路上にあるか否かの判定を精度良く行うことが可能な光音響画像生成装置を提供する。

【解決手段】光音響画像の生成に先立って、プローブから送信された超音波に対してプローブで受信された超音波による超音波エコー信号に基づいて、プローブと被検体との接触状態及び被検体が光路上に位置しているかを判断する判断手段と、判断手段での判断結果に基づいて、光照射手段から被検体に対して光を照射させる制御手段とを備え、判断手段は、プローブの複数の振動子から送信された超音波を複数の振動子で受信して得た複数の超音波エコー信号のうちの、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号の情報に基づいて、プローブと被検体との接触状態を判断する被検体情報取得装置。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、

前記光源からの光を被検体に照射する手段と、

被検体に対する超音波の送受信を行う複数の振動子を備えるプローブと、

少なくとも、前記照射手段から被検体に対して照射された光に対して前記プローブで受信された超音波による光音響信号に基づいて光音響画像を生成する画像生成手段と、

前記光音響画像の生成に先立って、前記プローブから送信された超音波に対して前記プローブで受信された超音波による超音波エコー信号に基づいて、前記プローブと被検体との接触状態及び被検体が光路上に位置しているかを判断する判断手段と、

前記判断手段での判断結果に基づいて、前記光照射手段から被検体に対して光を照射させる制御手段とを備え、

前記判断手段は、前記プローブの複数の振動子から送信された超音波を複数の振動子で受信して得た複数の超音波エコー信号のうちの、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号の情報に基づいて、前記プローブと被検体との接触状態を判断することを特徴とする被検体情報取得装置。

【請求項 2】

前記判断手段は、前記超音波エコー信号の電圧が所定の閾値を超えたか否かに基づいて前記プローブと被検体との接触状態を判断する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 3】

前記画像生成手段は、前記超音波エコー信号を用いて前記被検体内部の画像データも生成することを特徴とする請求項 2 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 4】

前記画像生成手段は、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号のうち、前記電圧が所定の閾値を超えた超音波エコー信号の情報を使用せずに前記被検体内部の画像データを生成することを特徴とする請求項 3 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 5】

前記プローブから送信された超音波が、平面波であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 6】

前記プローブから送信された超音波が、収束超音波であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 7】

前記プローブは、前記収束超音波をリニアスキャンさせることを特徴とする請求項 6 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 8】

前記光を被検体に照射する手段は、前記プローブに取り付けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 9】

前記光を被検体に照射する手段の前記プローブに対する取り付け角度を記憶する記憶手段を更に有することを特徴とする請求項 8 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 10】

前記判断手段は、前記記憶手段に記憶された前記光を被検体に照射する手段の前記プローブに対する取り付け角度の情報に基づいて、前記被検体が光路上に位置しているかを判断することを特徴とする請求項 9 に記載の被検体情報取得装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体情報取得装置に関するものである。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

従来、パルス光を被検体に照射し、被検体内部から発生する光音響波を探触子（プローブ）で受信して被検体内部の形態や機能を画像化する光音響画像生成装置等の被検体情報取得装置が医療分野で多く研究されている。

【0003】

このような光音響画像生成装置において、被検体内部から光音響波を発生させプローブで正しく取得するには、被検体と光路およびプローブの位置関係が正しいことが必要である。すなわち、被検体が光路上にあり、かつプローブに密着していることが好ましい。なぜなら、被検体が光路から外れていると弱い光音響波しか発生しなかったり、光音響波が発生しない場合もある。また、被検体と探触子が密着していないと光音響波が探触子と被検体との間で反射してしまい探触子まで届かない場合があるためである。

10

【0004】

そこで、それらの位置関係を把握するための方法として、被検体とプローブとの接触状態を検出するセンサを備えた光音響画像生成装置が提案されている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-187389

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の問題に対応するため、従来の光音響画像生成装置においては、センサで被検体と探触子の接触状態を検出していた。しかしこの方法では、接触センサを設けた箇所での接触状態しか検出できず、被検体が光路上にあるか否かの判定及び、被検体と探触子が接触しているか否かの判定に要する時間の短縮等に改善が必要であった。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するための本発明は以下の構成を採用する。すなわち、光源と、前記光源からの光を被検体に照射する手段と、
被検体に対する超音波の送受信を行う複数の振動子を備えるプローブと、
少なくとも、前記照射手段から被検体に対して照射された光に対して前記プローブで受信された超音波による光音響信号に基づいて光音響画像を生成する画像生成手段と、
前記光音響画像の生成に先立って、前記プローブから送信された超音波に対して前記プローブで受信された超音波による超音波エコー信号に基づいて、前記プローブと被検体との接触状態及び被検体が光路上に位置しているかを判断する判断手段と、
前記判断手段での判断結果に基づいて、前記光照射手段から被検体に対して光を照射させる制御手段とを備え、

30

前記判断手段は、前記プローブの複数の振動子から送信された超音波を複数の振動子で受信して得た複数の超音波エコー信号のうちの、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号の情報に基づいて、前記プローブと被検体との接触状態を判断することを特徴とする被検体情報取得装置である。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、被検体が光路上にあるか否かの判定及び、被検体と探触子との接触状態の判定を精度よく短時間で行うことが可能な被検体情報取得装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第一実施形態におけるブロック構成図

50

- 【図 2】本発明の第一実施形態におけるコントローラの内部構成図
【図 3】本発明の第一実施形態における被検体と探触子近傍の位置関係を示す図
【図 4】本発明の第一実施形態における動作フローチャート
【図 5】本発明の第一実施形態における受信信号の一例を示す図
【図 6】本発明の第一実施形態における接触状態判定処理のフローチャート
【図 7】本発明の第一実施形態における被検体と光路の位置関係を示す図
【図 8】本発明の第一実施形態における被検体近傍の位置関係を示す図
【図 9】本発明の第二実施形態における接触状態判定処理のフローチャート
【図 10】本発明の第二実施形態における超音波ビームの送受信を示す図
【発明を実施するための形態】

10

【0010】

（実施形態 1）

以下に図 1 から図 8 を参照しつつ、本発明の好適な実施の形態を説明する。まず、図 1 及び図 2 を用いて、本実施形態の基本構成について説明する。

【0011】

本実施形態においては、光源 107 と、光ファイバ 112 によって光源 107 から導かれた光を被検体 101 に照射する手段である光照射口 104 と、被検体に対する超音波の送受信を行う複数の振動子 103 を備えるプローブ 102 とを有する。また、少なくとも、照射手段である光照射口 104 から被検体 101 に対して照射された光に対してプローブ 102 で受信された超音波による光音響信号に基づいて光音響画像を生成する画像生成手段である画像処理回路 205 を有する。また、光音響画像の生成に先立って、プローブ 102 から送信された超音波に対してプローブで受信された超音波による超音波エコー信号に基づいて、プローブ 102 と被検体 101 との接触状態及び被検体 101 が光路上に位置しているかを判断する判断手段であるコントローラ 108 を有する。また、判断手段であるコントローラ 108 での判断結果に基づいて、光照射手段である光照射口 104 から被検体 101 に対して光を照射させる制御手段である光照射制御回路 204 を有する。そして、判断手段であるコントローラ 108 は、プローブ 102 の複数の振動子 103 から送信された超音波を複数の振動子 103 で受信して得た複数の超音波エコー信号のうちの、互いに離間する複数の振動子 103 が受信した複数の超音波エコー信号の情報に基づいて、プローブ 102 と被検体 101 との接触状態を判断する。これによって、被検体が光路上にあるか否かの判定及び、被検体と探触子との接触状態の判定を精度よく短時間に行うことが可能となる。以下、この理由を説明する。

20

30

【0012】

被検体とプローブとが接触しているか否かは、特許文献 1 に記載のように、プローブから超音波を送信し、この送信超音波が反射した反射超音波による信号である超音波エコー信号に基づいて接触の有無を確認することが出来る。具体的には、プローブが被検体と接触していない場合には、プローブ前面の空気によって反射超音波が発生するため、送信直後の極めて短い時間に、超音波エコー信号が受信される。そしてこの超音波エコー信号は、超音波の伝搬経路が極めて短いため（ほぼプローブ表面で反射しているため）、減衰が少なく、極めて強い超音波エコー信号として受信される。この特性に基づき、送信後極めて短時間で強い信号として超音波エコー信号が受信された場合、プローブは被検体と接触していないと考えられる。しかし、被検体とプローブとの間に被検体によって周囲が囲まれた空気の層が存在する場合、具体的には気泡等が存在する場合等は、その気泡の大きさにもよるが、そのような非接触部分があっても被検体の測定に問題がない場合がある。また、プローブの端部等の一部分が被検体と接触していない場合においても、プローブの向きによっては被検体の測定に問題がない場合がある。具体的には、プローブの一部分が被検体に接触していない場合でも、プローブの向きが被検体に向いている場合には、測定に問題ない場合がある。つまり特許文献 1 に記載の技術のように、光源からの光を被検体に照射するか否かの判断を、被検体とプローブとの接触有無の判定のみに基づくのでは、不十分である。また、接触判定においても、全体的な接触状態と部分的な接触状態とを考慮し

40

50

たうえて、光源からの光を被検体に照射するか否かの判断を速やかに行うべきである。

【0013】

そこで本発明の実施形態においては、被検体への光の照射の可否を、被検体とプローブとの接触状態の情報と共に、被検体が光路上に位置しているか否かの情報にも基づいて決定する。そしてプローブと被検体の接触状態については、プローブの複数の振動子から送信された超音波を複数の振動子で受信して得た複数の超音波エコー信号のうちの、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号の情報に基づいて判定する。

【0014】

これによって、被検体とプローブとの接触状態を、部分的且つ全体的に短時間に把握することが出来る。よって、測定には問題のない、部分的な非接触、例えば気泡等に起因する被検体とプローブとの部分的な非接触等や、プローブの向きをも考慮した、短時間での精度の高い測定可否判定と光照射制御が可能となる。

【0015】

以下、本実施の形態を更に説明する。尚、以下説明する本実施形態においては、好ましい形態として、上述の基本構成要素以外の様々な構成を備えており、それらについても説明する。また上述した基本構成要素についても、発明の理解のため、再度説明する場合もある。

【0016】

図1は本実施形態に係る被検体情報取得装置である光音響画像生成装置を示すブロック構成図である。図1において、101は上述のとおり、光音響画像生成装置の測定対象となる被検体であり、被検者の体の一部である。ここでは乳房を例として説明する。102はプローブ（探触子という場合もあり）であり、被検体に超音波を送受信するための振動子103および、パルス光を照射するための手段である光照射口104を備えている。振動子103はPZT、CMUTなどの超音波センサ素子をアレイ状に並べたものである。光照射口104は光ファイバの射出口であり、ミラーや拡散板などの光学部品を備えてもよい。

【0017】

105は被検体内部に存在する光吸収の大きな部位（光吸収体）を表したものであり、例えば乳がん等に起因する新生血管などがこれにあたる。光吸収体105にパルス光などの光が照射されると、光音響効果により光音響波106が生じる。光音響波106は探触子102内部の振動子103により電気信号に変換される。この電気信号を光音響信号と呼ぶ。

【0018】

107はパルス光を発生させるための光源であり、YAGレーザ、チタンサファイアレーザなどで構成される。パルスレーザ光源は内部のレーザ媒質を励起するための手段としてフラッシュランプをもち、外部から電氣的に制御可能な構成になっている。また、パルスレーザ光源はQスイッチを持ち、外部から電氣的に制御可能な構成になっている。外部から一定周期でフラッシュランプを点灯させ、レーザ媒質に励起エネルギーを蓄積した後にQスイッチをONにするとジャイアントパルスと呼ばれる高いエネルギーをもつパルス光が出力される。

【0019】

108は探触子102から出力された光音響信号を受信するとともに、パルスレーザ光源107および、探触子102の超音波送受信動作を制御するコントローラである。109は使用者が光音響画像生成装置で測定開始の指示をしたり、装置の設定を入力したりするためのキーボードである。110は使用者が被検体内部の画像を見るためのディスプレイである。なお、使用者とのインターフェースとしてキーボードとディスプレイ以外の適宜の手段を用いても構わない。

【0020】

111はコントローラ108と振動子103を電氣的に接続するためのケーブルである。112はパルス光源107からのパルス光を光照射口104へ導くための光ファイバで

10

20

30

40

50

ある。また、振動子103はコントローラ108からの信号に基づいて、被検体101に超音波を照射するとともに、被検体101から反射した超音波を受信し、電気信号に変換し出力する。この電気信号は上述の光音響信号と区別するため、超音波エコー信号と呼ぶ。

【0021】

光源107と光照射口104の間は、光ファイバ112のほかにも様々な光学部材で接続できる。光学部材としては、例えば、光を反射するミラーや、光を集光したり拡大したり形状を変化させるレンズ、光を分散・屈折・反射するプリズム、光を伝搬させる光ファイバ、拡散板等が挙げられる。このような光学部材は、光源から発せられた光が被検体に所望の形状で照射されれば、どのようなものを用いてもかまわない。

10

【0022】

図2にコントローラ108の内部の構成を示す。201は光音響画像生成装置の全体の動作を制御するCPUであり、組み込みマイコンおよびソフトウェアで構成される。また、CPU201は使用者の指示をキーボード109経由で受け付け、装置の動作に反映させる。202は振動子に対して高電圧のパルス信号を送信するための送信回路であり、パルスおよび送信メモリを備えている。次に、超音波の送信について説明する。CPU201は、送信条件を設定し送信開始指示を行う。そして、複数の振動子103に同時あるいは時間差を設けたパルス信号が加えられ、振動子103より超音波が発生する。この時に発生する超音波のうち、振動子103に同時にパルス信号を加えた際に送信された超音波を平面波（平面超音波）といい、時間差を設けたパルス信号を加えた際に送信された超音波を収束超音波という。以下においては収束超音波については超音波ビームと呼ぶ場合もある。尚、本実施形態においては、1度の送信で例えば32個の振動子を使用し、駆動する素子群を1素子ずつずらして収束超音波である超音波ビームをリニアスキャンさせる。

20

【0023】

203は振動子103からの超音波エコー信号および光音響信号を受信する受信回路であり、プリアンプ、A/Dコンバータ、受信メモリ、FPGA等を備える。超音波エコー信号および光音響信号はプリアンプで増幅される。この際に信号の入力時刻に応じてプリアンプのゲインを変化させ、被検体内部の奥深くから発生する微弱な信号も取得することができる。増幅された信号はA/Dコンバータにてデジタル値に変換され、FPGAへ入力される。FPGAでは受信メモリへのデータの読み書きおよびノイズ除去処理や整相加算などの信号処理を行う。整相加算の際に振動子103ごとに位相をずらして加算することにより、任意の方向の超音波エコー信号データを生成する。受信回路で信号処理を施された超音波エコー信号および光音響信号はコントローラ108内部のメモリ206へ保存される。メモリ206に保存されているデータをそれぞれ超音波エコー信号データおよび光音響信号データと呼ぶ。

30

【0024】

204は光源107のフラッシュランプやQスイッチの制御信号を発生させる光照射制御回路である。CPU201からパルス光の照射指示を行うと、一定の周波数でフラッシュランプおよびQスイッチの制御パルスを発生させ、光源107にてパルス光を発生させる。CPU201からパルス光の停止指示を受け付けると、フラッシュランプおよびQスイッチの制御パルスを停止しパルス光を停止させる。

40

【0025】

205は画像生成手段である画像処理回路であり、光音響信号データから画像再構成処理を行い、被検体101のパルス光に対する吸収係数分布を示す画像を生成する。また、画像生成手段（画像処理回路）は、超音波エコー信号データを用いてBモード画像等の被検体内部の画像データも生成する。これらの画像をそれぞれ、超音波エコー画像、光音響画像と呼ぶ。これらの画像を例えば重畳し、ディスプレイ110へ表示させる。なお、画像処理回路205で行う処理は使用者に表示するための画像の前段階の画像データを生成することにとどめても良い。

【0026】

50

206は受信回路203から出力された信号データおよび画像処理回路205から出力されたデータを一時的に保存するメモリである。207はそれぞれの回路を接続し、CPU201からの指示や、各回路からのデータをやり取りするためのバスである。

【0027】

図3は、被検体101と探触子102近傍の位置関係を示す図である。301、302は探触子の各振動子を表していて、本実施例においては、1(301)からN(302)個までの振動子が順番に並んでいるものとする。303、304は振動子から送受信される超音波ビームである。コントローラ108は超音波ビーム送受信のたびに送信回路202および受信回路203内部の送信メモリおよび受信メモリの値を変え、超音波ビームをリニアスキャンさせる。例えば、初めに振動子301から連続した32個の振動子を使用して超音波ビーム303を生成する。この超音波ビームは、被検体101の深さ306に届く強度になるように、送信回路の電圧を設定する。次に、振動子301の隣の振動子から連続した32個の振動子を使用して超音波ビームを生成する。それを1振動子ずつずらして繰り返し、超音波ビームを生成する。そして、(N-32)個目の振動子からN個目の振動子302を使用して超音波ビーム304を生成し、送受信を行うことでリニアスキャンを行う。これを被検体101の全体にわたって繰り返すことにより、広い範囲の超音波エコー信号を取得する。305は光照射口104から照射されるパルス光の光路である。図示の通り、光を被検体101に照射する手段である光照射口104はプローブである探触子に取り付けられており、光照射口104から照射される光の光路の向きは光照射口104の位置とプローブ本体への取り付け角度によって定まる。

【0028】

図4にコントローラ108で実行される光音響画像生成装置の動作フローを示す。

【0029】

ステップS401においてCPU201は送信回路202へ送信指示を行い、超音波ビーム303を送信する。

【0030】

続いてステップS402において、発生した超音波エコー信号を探触子102および受信回路203で受信し、増幅、デジタル化、整相加算などの処理を行いメモリ206へ保存する。

【0031】

ステップS403において、その前にパルス光を発光させてから所定の時間が経過している場合にはステップS404に進む。まだ所定の時間が経過していない場合にはステップS401に戻り、再び超音波ビームを送信する。ステップS403における所定時間は光源107がパルス光を発光させる周期であり、本実施形態では100ミリ秒とする。ステップS403で、前回パルス光を発光させてから100ミリ秒経過している場合には、光源107では次のパルス光を照射する準備ができていますのでステップS404へ進む。

【0032】

ステップS404においてCPU201はメモリ206に保存された超音波エコー信号データを解析し、被検体101と探触子102の接触状態を判定する。また、被検体101が光路305上にあるか否かを判定する。この判定処理の詳細は後述する。

【0033】

次にステップS405において、被検体101と探触子102とが良好に接触しており、且つ被検体101が光路305上にあると判定された場合には、ステップS406に進む。一方、被検体101が光路305上に無いと判定された場合には、ステップS408に進む。

【0034】

ステップS406では、CPU201は光照射制御回路204に光照射指示を行い、光源107にパルス光を発光させる。パルス光は光照射口104から被検体101に向けて照射される。

【0035】

10

20

30

40

50

続いてステップS407において受信回路203は光音響信号を受信し、増幅、デジタル化、ノイズ除去などの処理を行い、メモリ206へ保存する。

【0036】

一方ステップS405において被検体101と探触子102との接触状態が良好でない、または、被検体101が光路305上にないと判定した場合には、ステップS408にて使用者への警告を表示すると共に、光源のQスイッチを停止することによりパルス光の照射を停止し、ステップS409に進む。警告の表示方法はディスプレイ110に警告メッセージを表示してもよいし、ディスプレイとは別にLEDなどの表示手段をもち点灯させてもよい。

【0037】

ステップS409では、画像処理回路205はそれぞれ、ステップS402およびステップS407においてメモリ206に保存された超音波エコー信号および光音響信号をもとに画像再構成処理、スキャン変換処理などの画像処理を行う。尚、この時ステップS404において、被検体101と接触していないと判定した振動子103（プローブと被検体との部分的な非接触箇所に該当する振動子）から受信した超音波エコー信号及び光音響信号は、アーティファクトの原因になるため使用しない。そして、超音波エコー画像および光音響画像を生成し、ディスプレイ110に超音波エコー画像および光音響画像を表示する。この際に使用者の設定により、どちらか一方の画像のみを生成し、ディスプレイ110に表示してもよい。ただし、ステップS405で光音響信号を正しく取得可能な位置に被検体101がセットされていないと判定し、光音響信号データがメモリ206に保存されていない場合には、超音波エコー画像のみを表示する。

【0038】

続いてステップS410において使用者からの信号取得終了指示があるか否かを判定する。信号取得終了の指示がある場合には処理を終了する。信号取得終了の指示がない場合にはステップS401に戻り、超音波エコー信号および光音響信号の取得を繰り返す。

【0039】

続いて、ステップS404における被検体101と探触子102との接触状態、及び、被検体101が光路305上に位置するか否かの判定処理（以下、被検体の位置の判定処理という場合もある）について詳細を説明する。本実施形態においては、メモリ206から読み出した超音波信号データに基づく判定処理について説明するが、メモリ保存前の信号（超音波信号）に基づく判定も可能である。図5は、被検体101と探触子102が接触している場合としていない場合に対応する超音波エコー信号データを表している。図6は判定処理の詳細を示したフローチャートである。図7は、被検体101と光路305の関係を示した図である。図8は被検体101と探触子102の位置関係の例を示す図である。

【0040】

図5は、被検体101と特定の振動子103が接触している場合としていない場合について、この特定の振動子103で受信した超音波エコー信号データを、グラフ化した物である。図において縦軸が超音波エコー信号の電圧Vを表し、横軸が時刻を表している。この時刻は、超音波ビームを送信開始した時刻を0としている。次に時刻t501について説明する。被検体101と探触子102が接触していない場合、探触子と空気の間でほとんどの超音波が反射され大きな超音波エコー信号が受信される。時刻t501は、この大きな超音波エコー信号の受信が完了した時の時刻とする。ここで、時刻t501は、探触子の構造と音速を元に予め計算され、メモリ206に保存されているものとする。図5（a）は、被検体101と特定の振動子103とが接触している場合の図である。被検体101と特定の振動子103とが接触している場合、時刻t501までの期間において、超音波エコー信号は、非常に小さい値となる。図5（b）は、被検体101と特定の振動子103とが接触していない場合の図である。接触していない場合、時刻t501までの期間において、振動子と空気の間でほとんどの超音波が反射され大きな超音波エコー信号が受信されるため、超音波エコー信号は、非常に大きな値となる。

【0041】

図6は、被検体101と探触子102との接触状態及び、被検体101が光路305上にあるか否かの判定フローを示したフローチャートである。

【0042】

ステップS601において、 t_{501} を読み出す。次に、被検体101と探触子102との接触状態を判定するための時刻の範囲を求める。この時刻の範囲を判定時刻範囲と呼ぶ。本実施形態では、判定時刻範囲を0から t_{501} とする。また、判定時刻範囲の超音波データを判定用超音波エコー信号データと呼ぶ。

【0043】

続いて、ステップS602においてCPU201はメモリ206より1番目の振動子301の判定用超音波エコー信号データを読み出す。

【0044】

続いて、ステップS603において、判定用超音波エコー信号データを予め設定された閾値と比較する。そして、判定時刻範囲内に閾値V1を超えるデータがM個未満の場合は、被検体101とこの振動子が接触していると判定しステップS604に進む。そして、この振動子103から取得した超音波エコー信号データは、利用可能として保存しておくと共に、接触情報を1としてメモリに保存しておく。また、判定時刻範囲内に閾値V1を超えるデータがM個以上ある場合は、被検体101とこの振動子が接触していないと判定されステップS605に進む。そして、この振動子から取得した超音波エコー信号データは、利用不可能データとして保存しておくか、もしくは、この利用不可能データは削除してもよい。また、接触情報を0としてメモリに保存しておく。ここで、Mは予め設定された自然数であり、閾値V1は被検体内部からの超音波エコー信号よりも大きな値である。

【0045】

続いて、ステップS606において、探触子102の振動子がN番目である振動子302まですべて接触判定が完了したかを判定し、完了した場合はステップS607に進み、完了していない場合はステップS601に戻り、引き続き次の振動子に対しても同様に接触判定を行う。そして、互いに離間した振動子のデータに基づいて、プローブ（探触子）102と被検体101の接触状態を判定する。尚、振動子の離間状態は、注目する被検体の大きさに基づき設定された、問題とする気泡等の大きさによって、適宜設定すればよい。そして、超音波画像生成に際しては、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の超音波エコー信号のうち、電圧が所定の閾値V1を超えた超音波エコー信号の情報を使用せずに被検体内部の画像データを生成するのが良い。

【0046】

続いて、ステップS607において、光路305上に被検体101があるか否かを判定する。この判定方法は、図7を用いて説明する。図7は、被検体101と光路305の関係を表している。図7(a)は、被検体101の測定しようとしている深さに対応する被検体表面の位置で被検体101と光路305が交わっている場合を表している。図7(b)は、被検体101が光路305上にある場合を表している。図7(c)は、被検体101が光路305上に無い場合を表している。701は、被検体101の深さ（測定したい深さ）を表していて、以下Dと記載する。ここでDは、予め計測して記憶手段であるメモリ206に保存しておく。702は、光照射口104のプローブである探触子に対する取付け角度を表していて、以下 θ と記載する。ここで θ は、予め計測してメモリ206に記憶（保存）しておく。703は、探触子面に沿った光照射口104から被検体101までの距離を表していて、以下、光照射接触距離W1として記載する。704は、探触子面に沿った光照射口104から最も近い振動子302までの距離を表していて、以下W2と記載する。ここでW2は、予め計測してメモリ206に保存しておく。705は、探触子面に沿った振動子302から被検体101までの距離を表していて、以下W3と記載する。ここで、W3の算出方法について説明する。初めに、振動子302から接触情報が1の振動子との間の振動子の個数を数える。その振動子の個数に振動子間距離を掛けてやることで、W3は算出される。振動子間距離は、予め計測してメモリ206に保存しておく。W

1 は、W 2 と W 3 を足すことで算出される。図 7 (a) の振動子 7 0 6 と 7 0 7 は、被検体 1 0 1 と接触している振動子と接触していない振動子の境目の振動子を表している。振動子 7 0 6 は、被検体 1 0 1 と接触していない側の境目の振動子を表している。振動子 7 0 7 は、被検体 1 0 1 と接触している側の境目の振動子を表している。

【0047】

また、図 7 (a) における W 1 (7 0 3) を光照射接触距離閾値と呼び、以下 T と記載する。T は、図 7 (a) から以下の式で算出できる。また、T は予め算出されメモリ 2 0 6 に保存しておく。尚、このことは、振動子 7 0 6 または 7 0 7 の振動子番号をメモリに保存することと同じことを意味する。

【0048】

【数 1】

$$T = \frac{D}{\tan \theta}$$

【0049】

被検体 1 0 1 と光照射口 1 0 4 までの距離である W 1 が、T より小さい場合、被検体 1 0 1 と光照射口 1 0 4 の距離が、被検体 1 0 1 の最も奥で光路 3 0 5 と交わっていた時よりも、近いということになる。即ち、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上にあると判定できる。逆に、被検体 1 0 1 と光照射口 1 0 4 までの距離である W 1 が、T より大きい場合、被検体 1 0 1 と光照射口 1 0 4 の距離が、被検体 1 0 1 の最も奥で光路 3 0 5 と交わっていた時よりも、遠いということになる。即ち、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上に無いと判定できる。よって、W 1 の長さを T と比較することで、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上にあるか否かを判定できる。

【0050】

次に、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上にある場合について、図 7 (b) を用いて説明する。図 7 (b) において、振動子 7 0 8 は、被検体 1 0 1 と探触子 1 0 2 との間で、接触している振動子と接触していない振動子との境目の、接触していない側の振動子を表している。また振動子 7 0 8 は、上述の被検体の測定したい深さに該当する被検体上の表面と光路とが交わる際の境界であった振動子 7 0 6 と、振動子 3 0 2 との間の振動子となる。このことは、図 7 (a) の W 3 (7 0 5) よりも、図 7 (b) の W 3 (7 0 9) の方が小さくなることを意味し、図 7 (b) の W 1 (7 1 0) と T は、以下の関係式 (1) になる。

$$W 1 < T \cdot \cdot (1)$$

この場合、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上にあると判定され、ステップ S 6 0 8 に進み、処理を終了する。

【0051】

次に、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上に無い場合について、図 7 (c) を用いて説明する。図 7 (c) において、接触と非接触の境目となる振動子の、非接触側の振動子 7 1 1 は、上述の被検体の測定したい深さに該当する被検体上の表面と光路とが交わる際の境界であった振動子 7 0 6 と振動子 3 0 1 の間の振動子となる。よって、図 7 (a) の W 3 (7 0 5) よりも、図 7 (c) の W 3 (7 1 2) の方が大きくなるので、図 7 (c) の W 1 (7 1 3) と T は、以下の関係式 (2) になる。

$$W 1 > T \cdot \cdot (2)$$

この場合、被検体 1 0 1 が光路 3 0 5 上に無いと判定され、ステップ S 6 0 9 に進み、処理を終了する。このように、W 1 と T との関係、つまり、記憶手段であるメモリに記憶された、光を被検体に照射する手段である光照射口のプローブに対する取り付け角度の情報に基づいて、被検体が光路上に位置しているかを判断する。尚、接触と非接触との境界になる振動子である振動子 7 0 8 や振動子 7 1 1 の特定は、互いに離間する振動子が受信した超音波エコー信号のうち、接触と非接触に該当した振動子間に位置する振動子の超音

10

20

30

40

50

波エコー信号のみを順次確認することで特定できる。

【0052】

次に、図8を用いて、被検体101と探触子102の位置関係によって、被検体101と探触子102の接触状態判定及び被検体101が光路305上にあるか否かの判定が、どのようなになるかを詳細に説明する。

【0053】

図8(a)は被検体101が探触子102の全面に接触しており、光が被検体101に入射している場合の一例である。図8(b)は被検体101が探触子102の正面にない場合の一例である。図8(c)は被検体101が探触子102の正面にあるが、位置がずれており光が被検体101に照射されない場合の一例である。図8(d)は被検体101が探触子102の正面にあり、一部が接触していないが光は被検体に入射している場合である。図8(e)は、被検体101と探触子102の間に気泡608が入り込んでいる場合である。

10

【0054】

図8(a)では、被検体101と探触子102の間に空気がなく、被検体101と探触子102が接触している。そのため、超音波ビームの大部分は被検体内部へ伝播し、徐々に減衰していく。よって、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値V1を超えるデータは、互いに離間する振動子の全てにおいてM個以下である。その結果、ステップS603において、探触子102の受信面全面が被検体101に接触していると判定される。また、ステップS607において、振動子302が被検体101に接触しているため、図8(a)のW3は0になる。よって、図8(a)のW1(801)とTの関係は、 $W1 < T$ が成り立つため、被検体101が光路305上にあり、光音響信号取得可能と判定される。

20

【0055】

図8(b)では、被検体101がないため、被検体101と探触子102は接触していない。そのため、超音波ビーム303から304のほとんどが探触子表面と空気との境界で反射される。そのため、図5(b)が示すように、超音波エコー信号は、受信開始直後の時刻t501付近に大きな電圧の信号が現れる。その結果、ステップ603において、互いに離間する振動子の全てにおいて被検体101に接触していないと判定され、探触子102は被検体101に接触していないと判定される。また、ステップS607において、すべての振動子が非接触となっているため、図8(b)のW3(802)は、探触子の幅全体であり、本実施例において最大値となる。よって、図8(b)のW1(803)も本実施形態において最大値となるため、 $W1 > T$ が成り立つ。よって、被検体101が光路305上になく、光音響取得不可能と判定される。

30

【0056】

図8(c)では、被検体101と探触子102が一部接触している。そのため、探触子の振動子301から振動子804までの互いに離間する振動子において、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値V1を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれM個未満となる。よってステップS603において、振動子301から振動子804までの振動子は、被検体101と接触していると判定される。一方、探触子102の振動子805から振動子302までの互いに離間する振動子においては、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値V1を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれM個以上である。よってステップ603において、探触子の振動子805から振動子302までの振動子は、被検体101に接触していないと判定され、探触子は振動子805から振動子302までの部分で被検体と接触していないと判定される。そしてここで、接触と非接触の境目となる非接触側の振動子805は、振動子301と上述の振動子706の間にあり、振動子302も接触していないことから、探触子と被検体との接触状態は好ましくないと判定される。また、接触と非接触の境目となる非接触側の振動子805は、振動子301と上述の振動子706の間にあるので、ステップS607において、図8(c)のW3(806)は図7(a)のW3(705)よりも大きくなる。従っ

40

50

て、図 8 (c) の W 1 (807) と T は、 $W 1 > T$ が成り立つので被検体 101 が光路 305 上に無く、超音響取得不可能と判定される。

【0057】

図 8 (d) では、被検体 101 と探触子 102 が一部接触している。そのため、探触子 102 の振動子 301 から振動子 808 までの互いに離間する振動子において、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値 V 1 を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれ M 個未満となる。よってステップ S 603 において、振動子 301 から振動子 808 までの振動子は、被検体 101 と接触していると判定される。一方、探触子 102 の振動子 809 から振動子 302 までの互いに離間する振動子においては、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値 V 1 を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれ M 個以上である。よってステップ 603 において、探触子 102 は、振動子 809 から振動子 302 までの部分では、被検体 101 に接触していないと判定される。しかし、接触と非接触の境目となる非接触側の振動子 809 は、上述の振動子 706 と振動子 302 の間にあるので、非接触部分は問題ない（十分に小さい）と判断し、被検体と探触子との接触状態は良好と判定される。また、接触と非接触の境目となる非接触側の振動子 809 は、上述の振動子 706 と振動子 302 の間にあるので、ステップ S 607 において、図 8 (d) の W 3 (810) は図 7 (a) の W 3 (705) よりも小さくなる。したがって、図 8 (d) の W 1 (811) と T は、 $W 1 < T$ が成り立つので、被検体 101 が光路 305 上にあり、超音響取得可能と判定される。

【0058】

図 8 (e) では、被検体 101 と探触子 102 が気泡 812 を除いて接触している。そのため、探触子 102 の振動子 301 から振動子 813 及び振動子 814 から振動子 302 までの互いに離間する振動子において、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値 V 1 を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれ M 個未満となる。よって、ステップ S 503 において、振動子 301 から振動子 813 及び振動子 814 から振動子 302 までの振動子は、被検体 101 と接触していると判定される。一方、探触子 102 の振動子 815 から振動子 816 までの互いに離間する振動子において、判定用超音波エコー信号が判定時刻範囲内に閾値 V 1 を超えるデータは、互いに離間する各振動子においてそれぞれ M 個以上となる。よって、ステップ 503 において、探触子 102 の振動子 815 から振動子 816 までの部分では、被検体 101 に接触していないと判定される。しかし、振動子 302 が接触と判定しているため、非接触部は被検体によって囲まれている（気泡等である）と判断し、探触子と被検体とは接触状態が良好であると判定される。このように、ある程度の大きさの非接触部が存在しても、光照射に問題のない場合は、接触良好と判断することが出来る。勿論、被検体で囲まれた非接触部（例えば気泡）であっても、その大きさによっては、測定不能と判断する場合もあり、測定したい対象物の大きさ等によって、適宜設定を変えればよい。また、ステップ S 607 において、振動子 302 が接触と判定しているため、図 8 (e) における W 3 は 0 になる。したがって、図 8 (e) の W 1 (817) と T は、 $W 1 < T$ が成り立つので、被検体 101 が光路 305 上にあり、超音響取得可能と判定される。

【0059】

このように、互いに離間する複数の振動子が受信した複数の判定用超音波エコー信号データを用いて、被検体 101 と探触子 102 の接触状態を判定することにより、例えば乳房の辺縁部や腕などの細かい部分などのように被検体を探触子全面に接触させることが難しい場合にも、部分的な接触状態と全体的な接触状態とを判定することが出来るため、被検体と探触子との接触状態が良好であるか否かを判定できる。具体的には、被検体 101 と探触子 102 の間に気泡 812 等が入り込んでいたとしても、探触子 102 の接触状態を判定することで、気泡部分の振動子是非接触として判定でき、気泡以外の部分の振動子は接触として判定できる。また、被検体 101 が光路 305 上にあるか否かも判定でき、これらに基づいて、被検体への光照射を制御できる。尚、超音波画像及び光超音波画像を生成する際、接触していない振動子の超音波エコー信号データ及び超音響信号データを未

使用とすることで、アーチファクトの少ない画像を提供することができる。

【0060】

また、本実施形態では先に受信回路203で超音波エコー信号データをメモリ206へ書き込み、CPU201はメモリに保存された超音波エコー信号データを読み出してから被検体の位置の判定処理を行っている。しかし、本発明の判定処理のタイミングはこれに限るものではない。例えばメモリ読み書きの時間を削減するために受信回路203がメモリ206に書き込む際に被検体の位置の判定処理を行うようにしてもよい。

【0061】

また、本実施形態では、説明の簡略化のため1次元アレイの探触子について説明したが、2次元アレイの探触子についても、被検体と探触子の接触状態を判定し、接触と非接触の情報を元に被検体が光路上にあるか否かを判定することができる。

10

【0062】

また、本実施形態では光音響信号取得不可能と判定された場合に光源のQスイッチを停止することによりパルス光の照射を停止したが、本発明のパルス光の照射方法はこれに限定されるものではない。例えば、光源外部にシャッターを設け、シャッターを閉じることにより被検体へのパルス光の照射を停止する構成にしても良い。

【0063】

また、本実施形態では、光照射口は振動子の横に一つ設置されている例を用いて説明したが、本発明における光音響装置の光照射口の位置および個数はこれに限定されるものではない。例えば、探触子の両側に光照射口がある場合である。この場合は、被検体と探触子の接触判定において本実施形態と同様の方法で判定できる。また、被検体が光路上にあるか否かの判定は、探触子の両側端の振動子の接触状態を用いることで、被検体が両側の光路上にあるか否かの判定をすることができる。

20

【0064】

以上説明してきたように、本実施形態の光音響装置では超音波ビームを用いて被検体と探触子の部分的かつ全体的な接触関係および光路の位置関係を判定し、正しく光音響信号を取得できる状態にあるか否かを事前に判定することができる。その結果、取得した光音響信号の精度を高めることができ診断精度の向上につながる。また、正しく光音響信号が取得できない状況ではパルス光を照射しないことにより、装置の長寿命化が可能になる。このような効果は、ハンドヘルド型の探触子に光照射口と探触子が設置されている場合でも、ベッド型の光音響装置の場合でも同様に得られる。また、被検体と探触子との接触状態の判定に、互いに離間する一部の振動子が受信した信号の情報をを使用することで、すべての振動子を使用する場合よりも、光音響信号の取得までに要する時間を短縮できる。この結果、被検体の動き等による、被検体101と探触子102の相対位置の変化の発生を抑制出来、良好な診断画像を得ることが出来る。

30

【0065】

(実施形態2)

続いて本発明の実施形態2を説明する。実施形態2が実施形態1と異なる点は、被検体101の位置を判定する際に、それまでに受信した超音波エコー信号データを読み出して解析するのではなく、新たに超音波を送受信して取得された超音波エコー信号データに基づいて判定を行う点である。すなわち、光音響波を受信するための光の照射に先立って、判定用の超音波ビームの送受信が行われる。

40

【0066】

本発明の実施形態2のブロック構成および動作フローは実施形態1と同じであるため説明を省略する。図9に本実施形態の被検体101と探触子102の接触状態判定及び被検体101が光路305上にあるか否かの判定を行うフローを示す。

【0067】

ステップS901においてCPU201は実施形態1と同様にt501の時刻を読み出す。

【0068】

50

続いてステップS902においてCPU201は送信回路202に指示を送り、被検体101へ向けて超音波ビームを送信する。この際に超音波ビームは被検体の表面まで届くだけの強さで十分なので、送信回路の電圧を低くすることで超音波ビームの送受信にかかる時間を短縮することができる。

【0069】

続いてステップS903において受信回路203において超音波ビームの超音波エコー信号を受信し、デジタル化する。超音波ビームの送受信の詳細は後述する。

【0070】

続いてステップS904において受信された超音波エコー信号データのうち、ステップS901で計算された判定時刻範囲内の超音波エコー信号データを、実施形態1と同様に予め設定された閾値V1と比較する。

【0071】

続いてステップS905からステップS910にかけて、実施形態1のステップS604からステップS609までの処理と同様の処理を行い、光路305上に被検体101があるか否かを判定する。

【0072】

次に、図10を用いて、本実施形態における被検体と探触子の接触状態判定を行う際の超音波ビームの送受信について説明する。1001、1002、1003、1004、は探触子の振動子を表している。1005、1006、1007、1008は、超音波ビームを表している。

【0073】

本実施形態においては、1回目の送受信に使用する振動子を、振動子301から振動子1001のうちの互いに離間した振動子とする。この時に生成する超音波ビームが1005である。そして、次の送受信に使用する振動子は振動子1001の隣の振動子1002から振動子1003のうちの互いに離間した振動子とする。この時に生成される超音波ビームが1006となる。これを繰り返して、振動子1004から振動子302までのすべての振動子のうちの互いに離間した振動子に対して1回の送受信のみを行い接触状態判定を行うことで、判定処理の高速化を図っている。ここで、1007から1008は超音波ビームであり、振動子1004から振動子302の間の振動子により生成されたものである。ただし、発明の範囲は、上記の送受信の方法に限定されず、例えば、1度にすべての振動子のうちの互いに離間した振動子を使用して送受信を行い接触状態判定しても良い。また、互いに離間する各振動子のそれぞれについて、複数回の送受信を行い接触状態判定をしても良いし、一部の振動子のみ複数回の送受信を行い接触状態判定しても良い。

【0074】

本実施形態では、パルス光照射直前に超音波ビームを照射し取得した超音波エコー信号データを用いて判定を行う。これにより、ステップS401からS403で行っていた超音波の送受信からステップS407での超音波信号の取得までに時間がかかり、被検体101と探触子102の相対位置が変化してしまった場合にも、被検体101と探触子102の位置関係を精度よく判定することができる。

【0075】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

【0076】

- 101 被検体
- 102 探触子
- 103 振動子
- 104 光照射口
- 107 光源
- 201 CPU

10

20

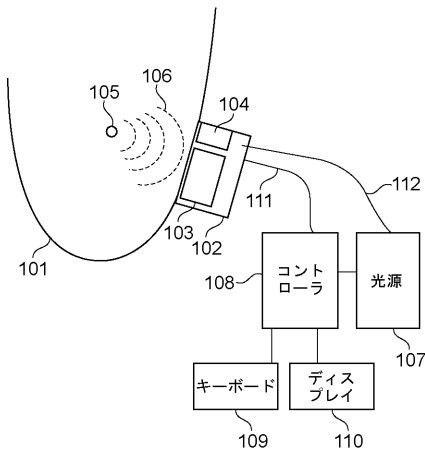
30

40

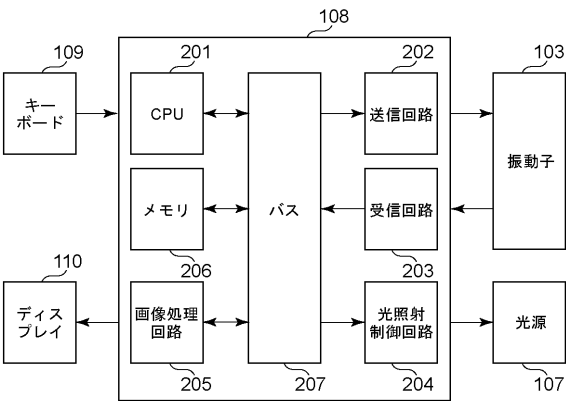
50

- 2 0 4 光照射制御回路
- 2 0 5 画像処理回路

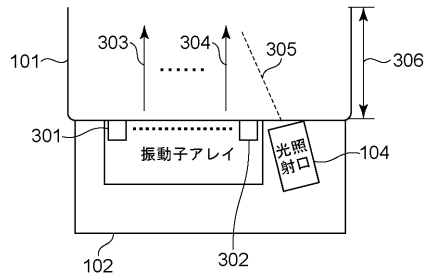
【 図 1 】



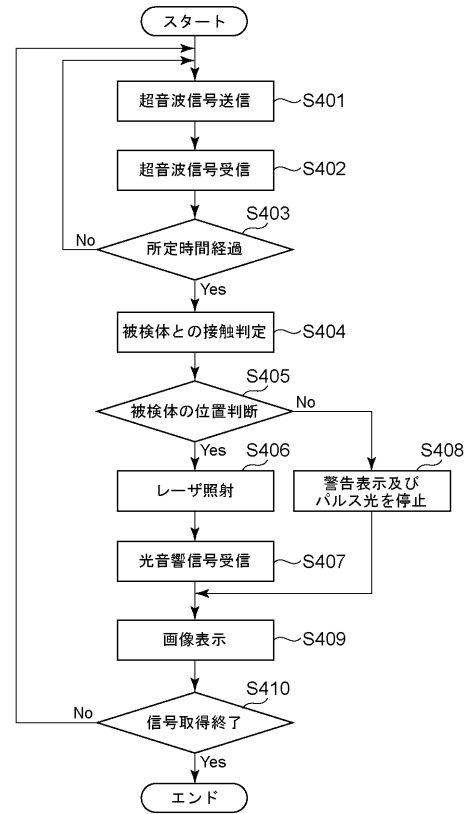
【 図 2 】



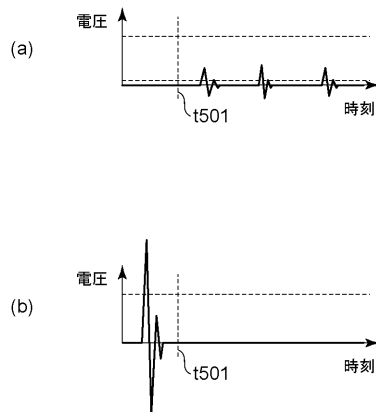
【図 3】



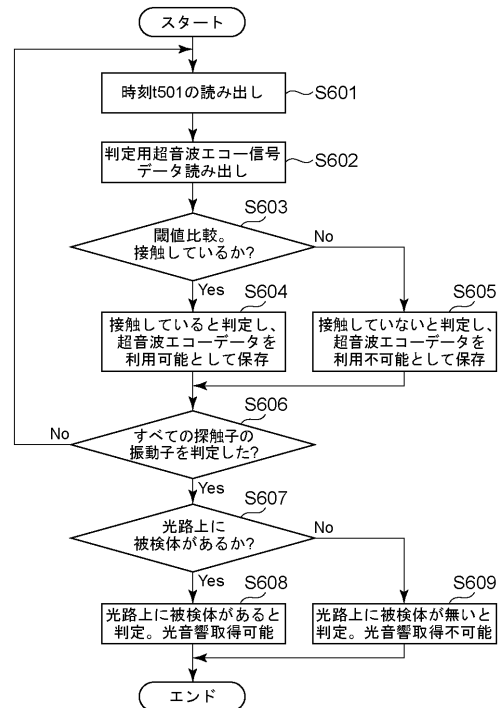
【図 4】



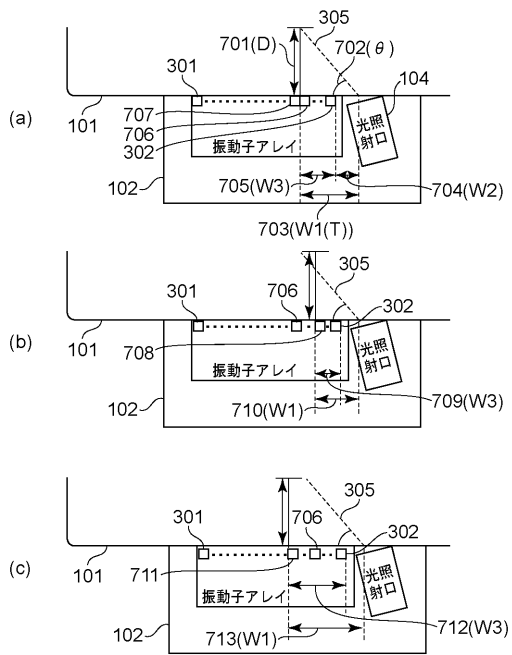
【図 5】



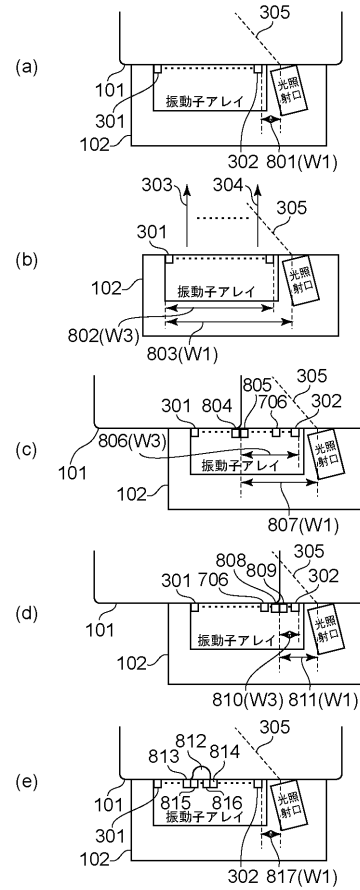
【図 6】



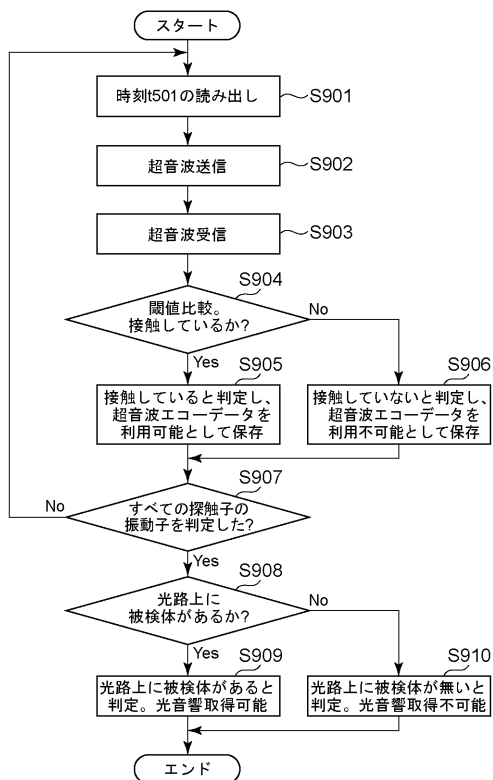
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

