

(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2016-107080

(P2016-107080A)

(43) 公開日 平成28年6月20日(2016.6.20)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/08 (2006.01)	A 6 1 B 8/08	4 C 6 0 1
A 6 1 B 8/12 (2006.01)	A 6 1 B 8/12	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-226812 (P2015-226812)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成27年11月19日 (2015.11.19)		株式会社東芝
(31) 優先権主張番号	特願2014-238641 (P2014-238641)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(32) 優先日	平成26年11月26日 (2014.11.26)	(71) 出願人	594164542
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東芝メディカルシステムズ株式会社
			栃木県大田原市下石上1385番地
		(74) 代理人	110001380
			特許業務法人東京国際特許事務所
		(72) 発明者	四方 浩之
			栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
			メディカルシステムズ株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 DD19 DD20 DD23 FE01 GA03
			GB03 GB14

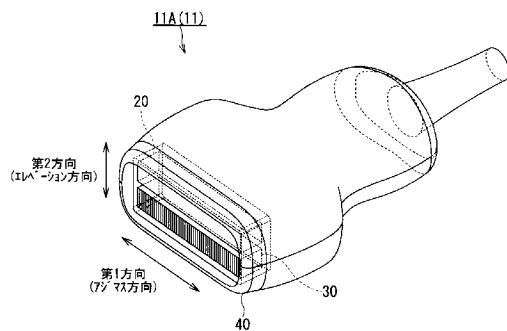
(54) 【発明の名称】 超音波プローブ及び超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波プローブ及び超音波診断装置において、最小回数 of 送信シーケンスに要する時間でエラストグラフィ画像を生成するための情報を発生すること。

【解決手段】本実施形態に係る超音波プローブは、エラストグラフィモードで音響放射圧による加振を実行する加振専用の振動子として機能する少なくとも1つの第1振動子と、前記エラストグラフィモードで前記加振によって発生したせん断波を検出する検出専用の振動子として機能する複数の第2振動子と、を備えた。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エラストグラフィモードで音響放射圧による加振を実行する加振専用の振動子として機能する少なくとも 1 つの第 1 振動子と、

前記エラストグラフィモードで前記加振によって発生したせん断波を検出する検出専用の振動子として機能する複数の第 2 振動子と、

を備えた超音波プローブ。

【請求項 2】

被検体に対して、音響放射圧による加振を実行する加振専用の少なくとも 1 つの第 1 振動子と、

被検体に対して、前記加振によって発生するせん断波を超音波の送受信によって検出する複数の第 2 振動子と、

を備えた超音波プローブ。

【請求項 3】

被検体に対して、音響放射圧による加振を実行する少なくとも 1 つの第 1 振動子と、

前記第 1 振動子とは異なる大きさを有し、前記加振による発生するせん断波を超音波の送受信によって検出する複数の第 2 振動子と、

を備えた超音波プローブ。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの第 1 振動子及び前記複数の第 2 振動子を有し、被検体内部に挿入される挿入部を備えた請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

【請求項 5】

前記複数の第 2 振動子は、少なくともアジマス方向に沿って配置され、

前記少なくとも 1 つの第 1 振動子としての複数の第 1 振動子と前記複数の第 2 振動子とは、前記アジマス方向と直交するエレベーション方向に並んで配置された請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの第 1 振動子を備え、アジマス方向に沿って幅を有し前記アジマス方向に直交するエレベーション方向に沿って前記加振用の超音波を集束させる加振専用の超音波振動子ユニットと、

前記複数の第 2 振動子を備え、前記加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った側に設けられた検出専用の超音波振動子ユニットと、

を設けた請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載の超音波プローブ。

【請求項 7】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての 1 個の加振専用の超音波振動子ユニットは、1 個の第 1 振動子と、前記 1 個の第 1 振動子から送信される前記加振用の超音波を前記エレベーション方向に沿って集束させる音響レンズと、を設け、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記 1 個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項 6 に記載の超音波プローブに

。

【請求項 8】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての 1 個の加振専用の超音波振動子ユニットは、前記アジマス方向に沿って分割された複数の領域の各領域に配置される 1 個の第 1 振動子と、前記各領域の前記 1 個の第 1 振動子から送信される前記加振用の超音波を前記エレベーション方向に沿って集束させる音響レンズと、を設け、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記 1 個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項 6 に記載の超音波プローブ。

【請求項 9】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての、前記エレベーション方向に沿う 2 個の加振専用の超音波振動子ユニットのそれぞれは、1 個の振動子と、前記 1 個の振動子から

10

20

30

40

50

送信される前記加振用の超音波を前記エレベーション方向に沿って集束させる音響レンズと、を設け、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記２個の加振専用の超音波振動子ユニットに挟まれるように設けられた請求項６に記載の超音波プローブ。

【請求項１０】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての１個の加振専用の超音波振動子ユニットは、前記エレベーション方向に沿う複数の第１振動子を備え、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記１個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項６に記載の超音波プローブ。

【請求項１１】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての１個の加振専用の超音波振動子ユニットは、前記アジマス方向に沿って分割された複数の領域の各領域に、前記エレベーション方向に沿う複数の第１振動子を備え、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記１個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項６に記載の超音波プローブ。

【請求項１２】

前記加振用の超音波の送信と前記検出用の超音波の送受信とのタイミングを切り替えるために、前記加振専用の超音波振動子ユニットと前記検出専用の超音波振動子ユニットとがON/OFF制御を選択的に行なう高圧スイッチを介して並列接続された請求項６に記載の超音波プローブ。

【請求項１３】

請求項１乃至１２のうちいずれか一項に記載の超音波プローブと、

前記少なくとも１つの第１振動子における加振用の超音波の送信を制御し、前記複数の第２振動子における検出用の超音波の送受信を制御し、前記検出用の超音波に係る受信信号に基づいてせん断波の音速を算出し、前記音速に基づいて前記加振領域に存在する組織の硬さを推定するように制御する制御部と、
を有する超音波診断装置。

【請求項１４】

前記超音波プローブは、

前記少なくとも１つの第１振動子を備え、アジマス方向に沿って幅を有し前記アジマス方向に直交するエレベーション方向に沿って前記加振用の超音波を集束させる加振専用の超音波振動子ユニットと、

前記複数の第２振動子を備え、前記加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った側に設けられた検出専用の超音波振動子ユニットと、

を設けた請求項１３に記載の超音波診断装置。

【請求項１５】

前記加振専用の超音波振動子ユニットとしての１個の加振専用の超音波振動子ユニットは、前記アジマス方向に沿って分割された複数の領域の各領域に配置される１個の第１振動子と、前記各領域の前記１個の第１振動子から送信される前記加振用の超音波を前記エレベーション方向に沿って集束させる音響レンズと、を設け、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記１個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項１４に記載の超音波診断装置。

【請求項１６】

前記制御部は、前記加振専用の超音波振動子ユニットの前記複数の領域のうち、前記加振用の超音波を送信する所要の領域を選択するように制御し、

前記加振専用の超音波振動子ユニットは、前記所要の領域に備えられる１個の第１振動子から前記加振用の超音波を送信する請求項１５に記載の超音波診断装置。

【請求項１７】

前記１個の加振専用の超音波振動子ユニットは、前記アジマス方向に沿って分割された

10

20

30

40

50

複数の領域の各領域に、前記エレベーション方向に沿う複数の第1振動子を備え、

前記検出専用の超音波振動子ユニットは、前記1個の加振専用の超音波振動子ユニットの前記エレベーション方向に沿った片側に設けられた請求項14に記載の超音波診断装置。

【請求項18】

前記制御部は、前記加振専用の超音波振動子ユニットの前記複数の領域のうち、前記加振用の超音波を送信する所要の領域を選択するように制御し、

前記加振専用の超音波振動子ユニットは、前記所要の領域に備えられる複数の第1振動子から前記加振用の超音波を送信する請求項17に記載の超音波診断装置。

【請求項19】

前記制御部は、

前記アジマス方向に沿う複数の検出位置に対して並行して前記検出用の超音波をそれぞれ集束させるように前記超音波プローブを制御し、

前記超音波プローブからの前記複数の検出位置に対応する前記検出用の超音波に係る受信信号に基づいて、前記複数の検出位置における前記せん断波の音速を並行して算出するように制御する請求項14に記載の超音波診断装置。

【請求項20】

前記制御部は、前記検出専用の超音波振動子ユニットの前記複数の第2振動子からの超音波の送信に基づいて生成されるBモード画像上に、前記組織の硬さを示す情報を重畳してディスプレイに表示させる請求項14に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様としての本実施形態は、超音波を送受信する超音波プローブ及び超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

乳癌、肝硬変、及び血管障害等の診断方法として、医者の触診の代わりとして、超音波のエコー信号から生体内の臓器等の組織の硬さを定量化して映像化する方法（エラストグラフィ）がある。エラストグラフィは、大きくは、歪検出型エラストグラフィと、音響照射型エラストグラフィとに分類される。歪検出型エラストグラフィは、体外から体表を圧迫及び解放し、自発的に動作する心臓等の臓器の動きに起因する臓器の変形（歪み）から、周囲の組織との相対的な硬さを定量化して映像化するものである。

【0003】

音響照射型エラストグラフィは、音響放射圧を生じる比較的大きなエネルギーをもつ加振用の超音波を体外から生体内の臓器等の組織に送信するものである。そして、音響照射型エラストグラフィは、組織の変位（振動）により組織周囲に横波として生じるせん断波の音速を算出することで、組織の硬さ（弾性率）を定量化して映像化するものである。

【0004】

これらのうち、音響照射型エラストグラフィでは、まず、超音波プローブのBモード用の超音波振動子ユニットを用いて加振用の超音波ビーム（加振ビーム）が形成されることで加振位置に存在する組織が変位する。続いて、同一の超音波振動子ユニットを用いて検出用の超音波ビーム（検出ビーム）が加振位置の周囲の検出位置に形成されることで、組織の変位によって生じるせん断波の波頭が組織ドップラ法等により検出される。

【0005】

そして、音響照射型エラストグラフィでは、加振ビームの送信時刻から、せん断波の波頭の検出位置への到着時刻までの到達時間が計測されることで、加振位置から検出位置までのせん断波の音速が算出される。また、加振位置から複数の検出位置までのせん断波の平均音速が算出され、各音速の平均音速に対する相対値が組織の硬さを示す情報として算出される。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-44231号公報

【特許文献2】特開2014-260号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

生体には粘性があるため、せん断波の波頭は加振位置から離れるに従って鈍ってくる。これにより、従来技術によると、加振位置から離れた検出位置において、せん断波の波頭の検出精度が低下してしまうので、エラストグラフィ画像全体の画質の均一性が低下する。

10

【0008】

そこで、従来技術では表示範囲を複数のブロックに分割し、せん断波の検出精度の高い複数の検出位置（ブロック）をつなぎ合わせて1枚のエラストグラフィ画像を生成する処理が行なわれる。このためには、複数の検出位置に対応して複数の送信シーケンス（一連の加振パルスの送信と一連の検出パルスの送信との組み合わせ）を行なう必要があるので、複数の送信シーケンスに要する時間分だけエラストグラフィ画像等のフレームレートが低下する。一方で、フレームレートを維持しようとして検出位置の数を減らすと、エラストグラフィ画像の画質の均一性が低下する。

20

【0009】

さらに、エラストグラフィ画像等のフレームレートが低下するとリアルタイム性が損なわれ、また、生体内の組織の動きにより画像にアーチファクトが生じるという弊害も発生する。

【0010】

本発明が解決しようとする課題は、最小回数の送信シーケンスに要する時間でエラストグラフィ画像を生成するための情報を発生できる超音波プローブ及び超音波診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本実施形態に係る超音波プローブは、エラストグラフィモードで音響放射圧による加振を実行する加振専用の振動子として機能する少なくとも1つの第1振動子と、前記エラストグラフィモードで前記加振によって発生したせん断波を検出する検出専用の振動子として機能する複数の第2振動子と、を備えた。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施形態に係る超音波プローブ及び超音波診断装置の構成を示す概略図。

【図2】従来の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

【図3】従来の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図4】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第1の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

40

【図5】第1の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図6】本実施形態に係る超音波プローブの制御系を示すブロック図。

【図7】本実施形態に係る超音波プローブの制御系を示す構造図。

【図8】図2及び図3に示す従来の超音波プローブを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図。

【図9】検出位置におけるせん断波の時間波形の一例を示す図。

【図10】図4及び図5に示す第1の超音波プローブを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図。

【図11】ヘッド部の構造を示す外観図。

50

【図 1 2】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第 2 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

【図 1 3】第 2 の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図 1 4】図 1 2 及び図 1 3 に示す第 2 の超音波プローブを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図。

【図 1 5】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第 3 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

【図 1 6】第 3 の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図 1 7】図 1 5 及び図 1 6 に示す第 3 の超音波プローブを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図。

10

【図 1 8】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第 4 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

【図 1 9】第 4 の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図 2 0】図 1 8 及び図 1 9 に示す第 4 の超音波プローブを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図。

【図 2 1】第 5 の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図 2 2】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第 6 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

【図 2 3】第 6 の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図。

【図 2 4】本実施形態に係る超音波プローブのうち、第 7 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図。

20

【発明を実施するための形態】

【0013】

本実施形態に係る超音波プローブ及び超音波診断装置について、添付図面を参照して説明する。

【0014】

図 1 は、本実施形態に係る超音波プローブ及び超音波診断装置の構成を示す概略図である。

【0015】

図 1 は、本実施形態に係る超音波診断装置 10 を示す。超音波診断装置 10 は、超音波プローブ 11 及び装置本体 12 を備える。

30

【0016】

超音波プローブ 11 は、装置本体 12 と着脱自在に接続される。超音波プローブ 11 は、エラストグラフィ（音響照射型エラストグラフィ）モードにおける加振（プッシュ）用の超音波振動子ユニット（以下、「加振専用の振動子ユニット」という。）20 と、エラストグラフィモードの検出（トラック）用の超音波振動子ユニット（以下、「検出専用の振動子ユニット」という。）30 と、を設ける。なお、検出専用の振動子ユニット 30 は、B モード及びドプラモードにおける超音波の送受信にも兼用される。

【0017】

ここで、超音波プローブ 11 が 1 個の加振専用の振動子ユニット 20 を設ける場合の構造例を、図 4 及び図 5 と、図 1 2 及び図 1 3 と、図 1 8 及び図 1 9 と、図 2 1 とに示す。また、超音波プローブ 11 が 2 個の加振専用の振動子ユニット 20（201, 202）を設ける場合の構造例を、図 1 5 及び図 1 6 に示す。超音波プローブ 11 の音響放射面の一方向を第 1 方向（アジマス方向）と定義し、他方向を第 2 方向（エレベーション方向）と定義すると、検出専用の振動子ユニット 30 は、加振専用の振動子ユニット 20 の第 2 方向に沿った側に設けられる。

40

【0018】

図 2 は、従来の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図 3 は、従来の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0019】

50

図2は、従来の超音波プローブ911の外観構造を示す。従来の超音波プローブ911は、エラストグラフィモードにおける加振及び検出用に兼用される1個の超音波振動子ユニット(以下、「加振及び検出兼用の振動子ユニット」という。)930と、装置本体との間の信号を伝達するケーブル(図示しない)と、を設ける。なお、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、Bモード及びドプラモードにおける超音波の送受信にも兼用される。

【0020】

図3に示すように、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、第1方向(アジマス方向)に沿う複数の振動子931sを備える。なお、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、音響整合層、パッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図2及び図3ではその図示を省略する。

10

【0021】

複数の振動子931sはそれぞれ、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギー(音圧)の加振用の超音波を送信するとともに、加振用の超音波より比較的小さいエネルギーの検出用の超音波を送受信する。

【0022】

また、複数の振動子931sは、エラストグラフィモードの他に、Bモード等でも用いられる。Bモードにおいては、第1方向に順次、Bモード用の超音波ビーム(走査線)の位置を切り替えることで静止画像を得ることもできる。また、複数の振動子931sは、Bモードにおいて複数フレームで静止画像を得ることで動画像を得ることもできる。

20

【0023】

図4は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第1の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図5は、第1の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0024】

図4は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第1の超音波プローブ11Aの外観構造を示す。第1の超音波プローブ11Aは、1個の加振専用の振動子ユニット20と、1個の検出専用の振動子ユニット30と、ヘッド部(外装部品)40と、装置本体12(図1に図示)との間の信号を伝達するケーブル(図示しない)と、を設ける。検出専用の振動子ユニット30は、加振専用の振動子ユニット20の第2方向に沿った片側に設けられる。

30

【0025】

加振専用の振動子ユニット20は、エラストグラフィモードにおいて、音響放射圧による加振を実行する加振専用の振動子として機能する少なくとも1つの第1振動子を備える。図5に示す例では、加振専用の振動子ユニット20は、1個の大径の第1振動子21を備える。以下、大径の第1振動子を「大径振動子」という。大径振動子21は、検出専用の振動子ユニット30に備えられる各振動子よりも第1方向における幅が長いものであり、第2方向の幅は問わない。

【0026】

大径振動子21は、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。大径振動子21は、大径振動子21から送信される加振用の超音波が、第2方向に集束させる音響レンズ(図示しない)を介して第1方向に幅を有する平面波Fp(図10に図示)となるように、第1方向に一定程度の幅を有する。なお、加振専用の振動子ユニット20は、音響整合層、パッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図4及び図5ではその図示を省略する。

40

【0027】

一方、検出専用の振動子ユニット30は、エラストグラフィモードにおいて、加振によって発生したせん断波を検出する検出専用の振動子として機能する複数の第2振動子を備える。図5に示す例では、検出専用の振動子ユニット30は、第1方向に沿う複数の第2振動子31sを備える。複数の第2振動子31sのそれぞれは、加振用の超音波より比較

50

的小さいエネルギーの検出用の超音波を送受信する。なお、検出専用の振動子ユニット 30 は、音響整合層、バッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図 4 及び図 5 ではその図示を省略する。

【0028】

また、複数の第 2 振動子 31 s は、エラストグラフィモードの他に、B モード等においても用いられる。B モードにおいては、第 1 方向に順次、B モード用の超音波ビーム（走査線）の位置を第 1 方向に切り替えることで静止画像を得ることができる。また、複数の第 2 振動子 31 s は、B モードにおいて複数フレームで静止画像を得ることで動画画像を得ることもできる。

【0029】

図 1 の説明に戻って、装置本体 12 は、処理回路 51、記憶回路 52、入力回路 53、ディスプレイ 54、送受信部（送受信回路）55、波形解析部（波形解析回路）56、及び硬さ推定部（硬さ推定回路）57 を備える。なお、図 1 に示す装置本体 12 には、音響照射型エラストグラフィを行なうのに必要な構成のみを示すが、一般的な超音波診断装置に備えられる機能、例えば、B モード画像やドブラ画像を生成して表示させるための構成が併せて備えられるものであってもよい。また、硬さ推定部 57 は、処理回路 51 がプログラムを実行して機能として実現されるものであってもよい。

【0030】

処理回路 51 は、CPU (central processing unit) 及びメモリを備える。処理回路 51 は、装置本体 12 の各ユニットを統括的に制御する。処理回路 51 は、送受信部 55 の出力を受け、その波形解析を行なう波形解析部 56 及び硬さ推定部 57 を制御して生体内の臓器等の組織の硬さを示す情報を生成させることができる。

【0031】

処理回路 51 は、専用又は汎用の CPU (central processing unit) 又は MPU (micro processor unit) の他、特定用途向け集積回路 (ASIC: application specific integrated circuit)、及び、プログラマブル論理デバイスなどの処理回路を意味する。プログラマブル論理デバイスとしては、例えば、単純プログラマブル論理デバイス (SPLD: simple programmable logic device)、複合プログラマブル論理デバイス (CPLD: complex programmable logic device)、及び、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA: field programmable gate array) などの回路が挙げられる。処理回路 51 は記憶回路 52 に記憶された、又は、処理回路 51 内に直接組み込まれたプログラムを読み出し実行する。

【0032】

また、処理回路 51 は、単一の回路によって構成されてもよいし、複数の独立した回路を組み合わせによって構成されてもよい。後者の場合、プログラムを記憶する記憶回路 52 は回路ごとに個別に設けられてもよいし、1 個の記憶回路 52 が複数の回路の機能に対応するプログラムを記憶するものであってもよい。

【0033】

記憶回路 52 は、磁気ディスク（ハードディスク等）、光ディスク（CD-ROM, DVD 等）、半導体メモリ等の記録媒体、及びこれらの媒体に記録された情報を読み出す装置である。記憶回路 52 には、送受信条件、所定のスキャンシーケンス、画像生成、表示処理を実行するための制御プログラム、各種信号データや画像データ、その他のデータが保管される。記憶回路 52 内のデータは、外部装置（図示しない）に転送することも可能である。

【0034】

入力回路 53 は、操作者からの各種指示、条件、関心領域 (ROI) の設定指示、種々の画質条件設定指示等を装置本体 12 に取り込むための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、及びキーボード等からの信号を入力する回路である。ここでは、入力デ

10

20

30

40

50

バイス自体も入力回路 5 3 に含まれるものとする。操作者により入力デバイスが操作されると、入力回路 5 3 はその操作に応じた入力信号を生成して処理回路 5 1 に出力する。なお、装置本体 1 2 は、入力デバイスがディスプレイ 5 4 と一体に構成されたタッチパネルを備えてもよい。

【 0 0 3 5 】

ディスプレイ 5 4 は、処理回路 5 1 からの制御信号に従って、硬さ推定部 5 7 によって生成されたエラストグラフィ画像を表示する。ディスプレイ 5 4 は、液晶ディスプレイパネル、プラズマディスプレイパネル、及び有機 E L パネル等の表示デバイスである。

【 0 0 3 6 】

送受信部 5 5 は、超音波プローブ 1 1 における加振用の超音波の送信を制御する。送受信部 5 5 は、加振用波形生成部 5 5 1、加振用送信部 5 5 2、及び周波数設定部 5 5 3 を備える。加振用送信部 5 5 2 は、処理回路 5 1 の制御下で、加振用波形生成部 5 5 1 によって生成された波形に基づく送波信号を加振専用の振動子ユニット 2 0 に送信する。

10

【 0 0 3 7 】

加振用送信部 5 5 2 からの送波信号は、加振専用の振動子ユニット 2 0 の大径振動子 2 1 (図 5 に図示) において超音波信号に変換されて送信される。これにより、加振専用の振動子ユニット 2 0 から組織に向かって加振面 F p (図 1 0 に図示) が形成される。なお、加振用の超音波の送信開始時刻及び送信終了時刻は周波数設定部 5 5 3 によって設定される。ここで、周波数とは、加振用の超音波の送波の繰り返し周波数のことを示す。

【 0 0 3 8 】

また、送受信部 5 5 は、超音波プローブ 1 1 における検出用の超音波の送受信を制御する。送受信部 5 5 は、検出用波形生成部 5 5 4、検出用送信部 5 5 5、検出ビーム算出部 5 5 6、及び検波部 5 5 7 を備える。検出用送信部 5 5 5 は、処理回路 5 1 の制御下で、加振用の超音波の送信後、検出用波形生成部 5 5 4 によって生成された波形に基づく検出ビーム F t 1 , F t 2 (図 1 0 に図示) を形成するように第 1 方向に電子フォーカス (送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間) された送波信号を、検出専用の振動子ユニット 3 0 に送信する。

20

【 0 0 3 9 】

検出用送信部 5 5 5 からの送波信号は、検出専用の振動子ユニット 3 0 の複数の第 2 振動子 3 1 s (図 5 に図示) において超音波信号に変換されて送信される。これにより、検出専用の振動子ユニット 3 0 から、音響レンズ 2 3 で第 2 方向に集束された検出ビーム F t 1 , F t 2 (図 1 0 に図示) が送受信される。

30

【 0 0 4 0 】

また、検出専用の振動子ユニット 3 0 の複数の第 2 振動子 3 1 s は、組織の変位により第 2 方向に伝搬するせん断波 W (図 1 0 に図示) に起因するエコー信号を受信し、電気信号に変換する。検出専用の振動子ユニット 3 0 は、電気信号を検出ビーム算出部 5 5 6 に送る。検出ビーム算出部 5 5 6 の出力は、検波部 5 5 7 において包絡線検波、log 圧縮、バンドパスフィルタ処理、及びゲインコントロール等の信号処理の後、波形解析部 5 6 に、せん断波の伝搬に伴う組織の変化を示す信号として出力される。

【 0 0 4 1 】

波形解析部 5 6 は、送受信部 5 5 の検波部 5 5 7 から入力された信号に基づき、せん断波に関する解析を行なう。せん断波に関する解析としては、例えば、せん断波の時間波形 (図 9 に示すグラフに相当) からピークを検出し、ピークとなる時刻 (図 9 に示す「 t 」に相当) を計測する演算が挙げられる。波形解析部 5 6 の出力は、せん断波の検出位置及び解析結果を示す信号として硬さ推定部 5 7 に出力される。この解析結果は、例えば、せん断波による組織の変位のピークとなる時刻を示す信号である。

40

【 0 0 4 2 】

硬さ推定部 5 7 は、波形解析部 5 6 から入力された信号に基づいて検出位置毎のせん断波の音速を算出し、複数の検出位置における複数の音速における平均音速を算出する。硬さ推定部 5 7 は、各音速の平均音速に対する相対値を組織の硬さ (弾性率) として推定す

50

る。硬さ推定部 57 は、組織の硬さを示す信号を画像信号に変換し、組織の硬さを示す数値や、組織の硬さを示す数値の程度に従った色の属性情報（色相情報、明度情報、及び彩度情報の少なくとも 1 の情報を含む）の分布を示すエラストグラフィ画像をディスプレイ 54 に表示させる。

【0043】

また、硬さ推定部 57 は、エラストグラフィモードと交互に行なわれる B モードによる B モード画像上に、エラストグラフィ画像を重畳してディスプレイ 54 に表示させることもできる。さらに、硬さ推定部 57 は、複数フレームのエラストグラフィ画像をディスプレイ 54 に表示させることもできる。

【0044】

図 6 は、本実施形態に係る超音波プローブの制御系を示すブロック図である。図 7 は、本実施形態に係る超音波プローブの制御系を示す構造図である。

【0045】

図 6 及び図 7 は、超音波診断装置 10 の第 1 の超音波プローブ 11A と、装置本体 12 とを示す。加振用の超音波の送信と検出用の超音波の送受信とのタイミングを切り替えるために、超音波プローブ 11A の振動子ユニット 20, 30 は、高圧スイッチ（HV-SW）回路を介して並列に接続される。HV-SW 回路は、装置本体 12 の送受信部 55 によって駆動される。装置本体 12 の処理回路 51 は、HV-SW 回路を択一的に ON/OFF 制御する。HV-SW 回路は、図 7 に示すように、超音波プローブ 11A のハンドル部に内蔵される。

【0046】

続いて、従来の超音波プローブ 911（図 2 及び図 3 に図示）を用いたせん断波の音速の算出方法と、第 1 の超音波プローブ 11A（図 4 及び図 5 に図示）を用いたせん断波の音速の算出方法との違いについて説明する。

【0047】

図 8 は、図 2 及び図 3 に示す従来の超音波プローブ 911 を用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図である。

【0048】

図 8 は、従来の超音波プローブ 911 の直交する 2 方向の断面図を示す。従来の超音波プローブ 911 は、加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 を設ける。加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 は、第 1 方向に沿う複数の振動子 931s、バッキング 932、及び音響レンズ 933 を備える。

【0049】

図 8 を用いて、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 H1, H2 でせん断波の波頭を検出する場合を説明する。

【0050】

まず、加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 の複数の振動子 931s は、加振位置 G1 に集束するように第 1 方向に電子フォーカスされた加振用の超音波パルス（加振パルス）を送信する。加振パルスは、第 2 方向に集束する音響レンズ 933 で加振位置 G1 に集束される。これにより、加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 は、加振位置 G1 に対して加振用の超音波ビーム（加振ビーム）Bp1 を形成する。また、複数の振動子 931s から一連の加振パルスが繰り返し送信されることで、加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 は、加振位置 G1 に対して加振ビーム Bp1 を繰り返し形成する。

【0051】

加振位置 G1 に対して加振ビーム Bp1 が繰り返し形成されると、加振位置 G1 に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振ビーム Bp1 に起因して第 1 方向に伝搬するせん断波を V1 とする。

【0052】

続いて、加振位置 G1 に対する加振ビーム Bp1 の繰り返し形成後に、加振及び検出兼用の振動子ユニット 930 の複数の振動子 931s は、予め設定された検出位置 H1（第

10

20

30

40

50

1方向における加振位置G1の周囲)に集束するように第1方向に電子フォーカスされた検出用の超音波パルス(検出パルス)を送受信する。検出パルスは、第2方向に集束する音響レンズ933で検出位置H1に集束される。これにより、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、検出位置H1に対して検出用の超音波ビーム(検出ビーム)Bt1を形成する。また、複数の振動子931sから一連の検出パルスが繰り返し送受信されることで、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、検出位置H1に対して検出ビームBt1を繰り返し形成する。

【0053】

検出位置H1に検出ビームBt1が繰り返し形成されると、第1方向に伝搬するせん断波V1が検出される。なお、検出ビームBt1を形成するための第1方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び/又は受信遅延時間に基づく。

10

【0054】

続いて、検出位置H1に対する検出ビームBt1の繰り返し形成後に、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、加振位置G2に対して加振ビームBp2を繰り返し形成する。加振位置G2に対して加振ビームBp2が繰り返し形成されると、加振位置G2に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振ビームBp2に起因して第1方向に伝搬するせん断波をV2とする。

【0055】

続いて、加振位置G2に対する加振ビームBp2の繰り返し形成後に、加振及び検出兼用の振動子ユニット930は、検出位置H2に検出ビームBt2を繰り返し形成する。検出位置H2に対して検出ビームBt2が繰り返し形成されると、第1方向に伝搬するせん断波V2が検出される。なお、検出ビームBt2を形成するための第1方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び/又は受信遅延時間に基づく。

20

【0056】

検出位置H1において加振ビームBp1により発生したせん断波V1の波頭が検出されてせん断波V1の到達時間が計測されると、組織ドップラ法等により検出位置H1におけるせん断波V1の音速が、「t/d」から算出される。ここで、「t」は、加振ビームBp1の送信時刻から、せん断波V1の波頭の検出位置H1への到達時刻までの到達時間(時刻差)である。また、「d」は、加振位置G1から検出位置H1までの距離である。なお、検出位置H1におけるせん断波の時間波形の一例を図9に示す。また、検出位置H1におけるせん断波V1の音速の算出の後に、検出位置H2における、加振ビームBp2により発生したせん断波V2の音速についても同様に算出される。また、2個の検出位置H1, H2における平均音速が算出される。

30

【0057】

以上のように、従来の超音波プローブ911では、第1方向に沿う2個の検出位置H1, H2で第1方向に伝搬するせん断波V1, V2の波頭がそれぞれ検出される。よって、従来の超音波プローブ911を用いて第1方向に沿う2個の検出位置H1, H2でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合には、一連の加振パルスの送信(繰り返し送信)と一連の検出パルスの送信(繰り返し送信)とを組み合わせた送信シーケンスを2回行なうための時間が必要である。

40

【0058】

そして、第1方向に沿う3個以上の検出位置H1, H2, ...でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合には、検出位置の数だけ送信シーケンスを行なうための時間が必要である。

【0059】

図10は、図4及び図5に示す第1の超音波プローブ11Aを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図である。

【0060】

図10は、第1の超音波プローブ11Aの直交する2方向の断面図を示す。第1の超音波プローブ11Aは、振動子ユニット20, 30と、ヘッド部40とを設ける。加振専用

50

の振動子ユニット 20 は、大径振動子 21、バックング 22、及び音響レンズ 23 を備える。検出専用の振動子ユニット 30 は、第 1 方向に沿う複数の第 2 振動子 31 s、バックング 32、及び音響レンズ 33 を備える。

【0061】

音響レンズ 23、33 の素材としては、一般的に、ヘッド部 40 と音響インピーダンスが近く、音速が異なる樹脂、例えばシリコンゴムが選ばれる。しかしながら、音響レンズ 23、33 は、ヘッド部 40 の内面に形成した凹部に密着する形状のゴム部材で形成することもできるし、振動子ユニット 20、30 をヘッド部 40 に接着するための接着剤で形成することもできる。

【0062】

ヘッド部 40 は、振動子ユニット 20、30 を第 1 の超音波プローブ 11A の本体に固定するために、振動子ユニット 20、30 の形状に合った形状を有する。ヘッド部 40 は、図 11 に示すような構造を有し、生体の体表との接触面は平滑である。ヘッド部 40 の素材としては、体表との音響整合が良好な樹脂、例えば、ポリメチルペンテンが選択される。

【0063】

図 10 を用いて、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J1、J2 でせん断波の波頭を検出する場合を説明する。

【0064】

まず、加振専用の振動子ユニット 20 の大径振動子 21 は、加振パルスを送信する。加振パルスは、第 2 方向に集束する音響レンズ 23 で加振領域 I (第 1 方向に延びる複数の加振位置の集合) に集束される。これにより、加振専用の振動子ユニット 20 は、加振領域 I に対して加振用の超音波面 (加振面) Fp を形成する。また、大径振動子 21 から一連の加振パルスが繰り返し送信されることで、加振専用の振動子ユニット 20 は、加振領域 I に対して加振面 Fp を繰り返し形成する。

【0065】

加振領域 I に対して加振面 Fp が繰り返し形成されると、加振領域 I に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面 Fp に起因して第 2 方向に伝搬するせん断波を W とする。

【0066】

加振専用の振動子ユニット 20 によって形成される加振面 Fp は、第 2 方向には音響レンズ 23 によって集束されるが、第 1 方向には集束効果がないので、略平面状の波面を保つ。一定深さにおいて第 1 方向に延びる線状の加振領域 I が形成され、加振領域 I に存在する組織の変位により発生したせん断波 W が第 2 方向に伝播する。

【0067】

続いて、加振領域 I に対する加振面 Fp の繰り返し形成後に、検出専用の振動子ユニット 30 の複数の第 2 振動子 31 s は、検出位置 J1 (第 2 方向における加振領域 I の周囲) に集束するように第 1 方向に電子フォーカスされた検出パルスを送受信する。検出パルスは、第 2 方向に集束する音響レンズ 33 で検出位置 J1 に集束される。これにより、検出専用の振動子ユニット 30 は、検出位置 J1 に対して検出ビーム Ft1 を形成する。また、複数の第 2 振動子 31 s から一連の検出パルスが繰り返し送受信されることで、検出専用の振動子ユニット 30 は、検出位置 J1 に対して検出ビーム Ft1 を繰り返し形成する。

【0068】

検出位置 J1 に対して検出ビーム Ft1 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W が検出される。なお、検出ビーム Ft1 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

【0069】

また、加振領域 I に対する加振面 Fp の繰り返し形成後に、検出位置 J1 に対する検出ビーム Ft1 の繰り返し形成に並行して (同時に)、検出専用の振動子ユニット 30 は、

10

20

30

40

50

検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 を繰り返し形成する。検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W が検出される。なお、検出ビーム F t 2 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

【 0 0 7 0 】

検出位置 J 1 において加振面 F p により発生したせん断波 W の波頭が検出されてせん断波 W の到達時間が計測されると、組織ドップラ法等により検出位置 J 1 におけるせん断波 W の音速が算出される。また、検出位置 J 1 におけるせん断波 W の音速の算出に並行して、検出位置 J 2 における、加振面 F p により発生したせん断波 W の音速についても同様に算出される。また、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における平均音速が算出される。

10

【 0 0 7 1 】

以上のように、第 1 の超音波プローブ 1 1 A では、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 で、直交する第 2 方向に伝搬するせん断波 W の波頭がそれぞれ検出される。よって、第 1 の超音波プローブ 1 1 A を用いて第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合には、一連の加振パルスの送信が 1 回で済み、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における検出動作が並行して行なわれる。したがって、第 1 の超音波プローブ 1 1 A では、2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。

【 0 0 7 2 】

そして、第 1 の超音波プローブ 1 1 A では、第 1 方向に沿う 3 個以上の検出位置 J 1 , J 2 , ... でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。よって、第 1 の超音波プローブ 1 1 A によると、エラストグラフィ画像のフレームレートや、エラストグラフィモードと交互に行なわれる B モードによる B モード画像のフレームレートが向上する。

20

【 0 0 7 3 】

さらに、図 8 に示すように、従来の超音波プローブ 9 1 1 を用いる場合、加振位置 G と検出位置 H 1 との間隔と、加振位置 G と検出位置 H 2 との間隔とが異なる。間隔が大きい検出位置 H 2 では、伝播によりせん断波 V が鈍るという問題がある。その場合、せん断波 V の波頭の検出精度が低下してしまうので、エラストグラフィ画像全体の画質の均一性が低下する。一方で、図 10 に示すように、第 1 の超音波プローブ 1 1 A を用いる場合、加振領域 I と複数の検出位置 J 1 , J 2 との間隔 (最短距離) D が一定値である。よって、第 1 の超音波プローブ 1 1 A を用いる場合、エラストグラフィ画像全体の画質の均一性が向上する。

30

【 0 0 7 4 】

ここで、B モード画像は、加振面 F p の形成と検出ビーム F t 1 , F t 2 の形成とのセットに前後して、検出専用の振動子ユニット 3 0 の複数の第 2 振動子 3 1 s から送信される B モード用の超音波に基づいて生成される。

【 0 0 7 5 】

また、図 8 に示す従来の超音波プローブ 9 1 1 によると、一連の加振パルスの繰り返し周波数は加振及び検出兼用の振動子ユニット 9 3 0 の周波数特性によって制約される。一方で、図 10 に示す第 1 の超音波プローブ 1 1 A によると、検出専用の振動子ユニット 3 0 から独立して加振パルスを送信する加振専用の振動子ユニット 2 0 を設ける。よって、加振専用の振動子ユニット 2 0 に備える大径振動子 2 1 として、音響放射圧を有効に生じさせるための最適な周波数特性をもつものや、最適な音響を出力可能なものを選択することが可能である。

40

【 0 0 7 6 】

なお、超音波プローブ 1 1 では、検出専用の振動子ユニット 3 0 が、第 1 方向に沿う複数の第 2 振動子 3 1 s を備える 1 D 構造である場合を例にとって説明する。しかしながら、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、第 1 方向及び第 2 方向に沿う複数の振動子を備えた

50

2D構造であってもよい。その場合、検出専用の振動子ユニット30に音響レンズ33は不要であり、第1方向のみならず第2方向についても電子フォーカスが行なわれる。

【0077】

(第2の超音波プローブ)

図12は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第2の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図13は、第2の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0078】

図12は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第2の超音波プローブ11Bの外観構造を示す。第2の超音波プローブ11Bは、1個の加振専用の振動子ユニット20と、1個の検出専用の振動子ユニット30と、ヘッド部40と、装置本体12(図1に図示)との間の信号を伝達するケーブル(図示しない)と、を設ける。検出専用の振動子ユニット30は、加振専用の振動子ユニット20の第2方向に沿った片側に設けられる。

10

【0079】

図13に示すように、加振専用の振動子ユニット20は、第1方向に沿って分割された複数の領域の各領域に1個の大径振動子(複数の領域にそれぞれ対応する複数の大径振動子21s)を備える。大径振動子21sの各振動子は、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。大径振動子21sの各振動子は、各振動子から送信される加振用の超音波が、第2方向に集束させる音響レンズ(図示しない)を介して第1方向に幅を有する平面波Fp1, Fp2(図14に図示)となるように、第1方向に一定程度の幅を有する。なお、加振専用の振動子ユニット20は、音響整合層、バッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図12及び図13ではその図示を省略する。

20

【0080】

なお、図12及び図13に示す検出専用の振動子ユニット30の構造及び機能は、図4及び図5に示すそれらと同等であるので説明を省略する。

【0081】

図14は、図12及び図13に示す第2の超音波プローブ11Bを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図である。

【0082】

図14は、第2の超音波プローブ11Bの直交する2方向の断面図を示す。第2の超音波プローブ11Bは、振動子ユニット20, 30と、ヘッド部40とを設ける。加振専用の振動子ユニット20は、大径振動子21s、バッキング22、及び音響レンズ23を備える。検出専用の振動子ユニット30は、第1方向に沿う複数の第2振動子31s、バッキング32、及び音響レンズ33を備える。

30

【0083】

図14を用いて、第1方向に沿う2個の検出位置J1, J2でせん断波の波頭を検出する場合を説明する。

【0084】

まず、加振専用の振動子ユニット20の複数の大径振動子21sのうち1個の振動子は、加振パルスを送信する。加振パルスは、第2方向に集束する音響レンズ23で加振領域I1に集束される。これにより、加振専用の振動子ユニット20は、加振領域I1に対して加振面Fp1を形成する。また、当該振動子から一連の加振パルスが繰り返し送信されることで、加振専用の振動子ユニット20は、加振領域I1に対して加振面Fp1を繰り返し形成する。

40

【0085】

加振領域I1に対して加振面Fp1が繰り返し形成されると、加振領域I1に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面Fp1に起因して第2方向に伝搬するせん断波をW1とする。

【0086】

また、加振領域I1に対する加振面Fp1の繰り返し形成に並行して(同時に)、加振

50

専用の振動子ユニット 20 は、加振領域 I 2 に対して加振面 F p 2 を繰り返し形成する。

【0087】

加振領域 I 2 に対して加振面 F p 2 が繰り返し形成されると、加振領域 I 2 に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面 F p 2 に起因して第 2 方向に伝搬するせん断波を W 2 とする。

【0088】

加振専用の振動子ユニット 20 によって形成される加振面 F p 1 , F p 2 は、第 2 方向には音響レンズ 23 によって集束されるが、第 1 方向には集束効果が無いので、略平面状の波面を保つ。一定深さにおいて第 1 方向に延びる線状の加振領域 I 1 , I 2 が形成され、加振領域 I 1 , I 2 に存在する組織の変位により発生したせん断波 W 1 , W 2 が第 2 方向に伝播する。

10

【0089】

続いて、加振領域 I 1 に対する加振面 F p 1 の形成後に、検出専用の振動子ユニット 30 の複数の第 2 振動子 31 s は、検出位置 J 1 (第 2 方向における加振領域 I 1 の周囲) に集束するように第 1 方向に電子フォーカスされた検出パルスを送受信する。検出パルスは、第 2 方向に集束する音響レンズ 33 で検出位置 J 1 に集束される。これにより、検出専用の振動子ユニット 30 は、検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 を形成する。また、複数の第 2 振動子 31 s から一連の検出パルスが繰り返し送受信されることで、検出専用の振動子ユニット 30 は、検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 を繰り返し形成する。

20

【0090】

検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W 1 が検出される。なお、検出ビーム F t 1 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

【0091】

また、加振領域 I 2 に対する加振面 F p 2 の繰り返し形成後に、検出位置 J 1 に対する検出ビーム F t 1 の繰り返し形成に並行して (同時に)、検出専用の振動子ユニット 30 は、検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 を繰り返し形成する。検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W 2 が検出される。なお、検出ビーム F t 2 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

30

【0092】

検出位置 J 1 において加振面 F p 1 により発生したせん断波 W 1 の波頭が検出されてせん断波 W 1 の到達時間が計測されると、組織ドップラ法等により検出位置 J 1 におけるせん断波 W 1 の音速が算出される。また、検出位置 J 1 におけるせん断波 W 1 の音速の算出に並行して、検出位置 J 2 における、加振面 F p 2 により発生したせん断波 W 2 の音速についても同様に算出される。また、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における平均音速が算出される。

【0093】

以上のように、第 2 の超音波プローブ 11 B では、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 で、直交する第 2 方向に伝搬するせん断波 W 1 , W 2 の波頭がそれぞれ検出される。よって、第 2 の超音波プローブ 11 B を用いて第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W 1 , W 2 の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合には、2 個の加振領域 I 1 , I 2 に対する加振動作が並行して行なわれ、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における検出動作が並行して行なわれる。したがって、第 2 の超音波プローブ 11 B では、2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W 1 , W 2 の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。

40

【0094】

そして、第 2 の超音波プローブ 11 B では、第 1 方向に沿う 3 個以上の検出位置 J 1 , J 2 , ... でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケン

50

スを行なうだけの時間があれば十分である。よって、第2の超音波プローブ11Bによると、エラストグラフィ画像のフレームレートや、エラストグラフィモードと交互に行なわれるBモードによるBモード画像のフレームレートが向上する。

【0095】

さらに、第2の超音波プローブ11Bを用いる場合、加振領域I1と検出位置J1との間隔Dと、加振領域I2と検出位置J2との間隔Dとが一定値である。よって、第2の超音波プローブ11Bを用いる場合、エラストグラフィ画像の画質の均一性が向上する。

【0096】

また、第2の超音波プローブ11Bによると、検出専用の振動子ユニット30から独立して加振パルスを送信する加振専用の振動子ユニット20を設ける。よって、加振専用の振動子ユニット20に備える複数の大径振動子21sとして、音響放射圧を有効に生じさせるための最適な周波数特性をもつものや、最適な音響を出力可能なものを選択することが可能である。

10

【0097】

加えて、第2の超音波プローブ11Bの場合、第1方向に沿う複数の領域から所要の領域が選択されることにより、第1方向に沿った全体範囲ではなく、第1方向に沿った限定範囲に加振面Fp1(Fp2)を形成することが可能になり、加振パルスの送信に無駄なエネルギー消費を少なくすることが可能である。その場合、処理回路51(図1に図示)は、加振専用の振動子ユニット20の複数の領域のうち、加振用の超音波を送信する所要の領域を選択する。そして、加振専用の振動子ユニット20は、処理回路51による制御の下、大径振動子21sのうち所要の領域に備えられる大径振動子から加振パルスを送信する。

20

【0098】

(第3の超音波プローブ)

図15は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第3の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図16は、第3の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0099】

図15は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第3の超音波プローブ11Cの外観構造を示す。第3の超音波プローブ11Cは、第2方向に沿う2個の加振専用の振動子ユニット20(201, 202)と、1個の検出専用の振動子ユニット30と、ヘッド部40と、装置本体12(図1に図示)との間の信号を伝達するケーブル(図示しない)と、を設ける。検出専用の振動子ユニット30は、加振専用の振動子ユニット201, 202に挟まれるように設けられる。

30

【0100】

図16に示すように、加振専用の振動子ユニット201, 202はそれぞれ、大径振動子211, 212を備える。大径振動子211, 212はそれぞれ、音響放射圧を生じる比較的大きなエネルギーの加振用の超音波を送信する。大径振動子211, 212は、各大径振動子から送信される加振用の超音波が、第2方向に集束させる音響レンズ(図示しない)を介して第1方向に幅を有する平面波Fp1, Fp2(図17に図示)となるように、第1方向に一定程度の幅を有する。なお、加振専用の振動子ユニット201, 202のそれぞれは、音響整合層、パッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図15及び図16ではその図示を省略する。

40

【0101】

なお、図15及び図16に示す検出専用の振動子ユニット30の構造及び機能は、図4及び図5に示すそれらと同等であるので説明を省略する。

【0102】

図17は、図15及び図16に示す第3の超音波プローブ11Cを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図である。

【0103】

50

図17は、第3の超音波プローブ11Cの直交する2方向の断面図を示す。第3の超音波プローブ11Cは、振動子ユニット201, 202, 30と、ヘッド部40とを設ける。加振専用の振動子ユニット201は、大径振動子211、バックリング221、及び音響レンズ231を備える。加振専用の振動子ユニット202は、大径振動子212、バックリング222、及び音響レンズ232を備える。検出専用の振動子ユニット30は、第1方向に沿う複数の第2振動子31s、バックリング32、及び音響レンズ33を備える。

【0104】

図17を用いて、第1方向に沿う2個の検出位置J1, J2でせん断波の波頭を検出する場合を説明する。

【0105】

まず、加振専用の振動子ユニット201の大径振動子211は、加振パルスを送信する。加振パルスは、第2方向に集束する音響レンズ231で加振領域I1に集束される。これにより、加振専用の振動子ユニット201は、加振領域I1に対して加振面Fp1を形成する。また、大径振動子211から一連の加振パルスが繰り返し送信されることで、加振専用の振動子ユニット201は、加振領域I1に対して加振面Fp1を繰り返し形成する。

【0106】

加振領域I1に対して加振面Fp1が繰り返し形成されると、加振領域I1に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面Fp1に起因して第2方向に伝搬するせん断波をW1とする。

【0107】

また、加振領域I1に対する加振面Fp1の繰り返し形成に並行して(同時に)、加振専用の振動子ユニット202は、加振領域I2に対して加振面Fp2を繰り返し形成する。加振領域I2に対して加振面Fp2が繰り返し形成されると、加振領域I2に存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面Fp2に起因して第2方向に伝搬するせん断波をW2とする。

【0108】

加振専用の振動子ユニット201, 202によって形成される加振面Fp1, Fp2は、第2方向には音響レンズ231, 232によって集束されるが、第1方向には集束効果がないので、略平面状の波面を保つ。一定深さにおいて第1方向に延びる線状の加振領域I1, I2が形成され、加振領域I1, I2に存在する組織の変位により発生したせん断波W1, W2が第2方向に伝播する。

【0109】

なお、深さ方向における加振領域I1, I2の位置は同等であるが、図17では、便宜上、深さ方向において異なる位置に図示する。

【0110】

続いて、加振領域I1, I2に対する加振面Fp1, Fp2の繰り返し形成後に、検出専用の振動子ユニット30の複数の第2振動子31sは、検出位置J1(第2方向における加振領域I1, I2の周囲)に集束するように第1方向に電子フォーカスされた検出パルスを送受信する。検出パルスは、第2方向に集束する音響レンズ33で検出位置J1に集束される。これにより、検出専用の振動子ユニット30は、検出位置J1に対して検出ビームFt1を形成する。また、複数の第2振動子31sから一連の検出パルスが繰り返し送受信されることで、検出専用の振動子ユニット30は、検出位置J1に対して検出ビームFt1を繰り返し形成する。

【0111】

検出位置J1に対して検出ビームFt1が繰り返し形成されると、第2方向に伝搬するせん断波W1, W2が検出される。なお、検出ビームFt1を形成するための第1方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び/又は受信遅延時間に基づく。

【0112】

また、加振領域I1, I2に対する加振面Fp1, Fp2の繰り返し形成後に、検出位

10

20

30

40

50

置 J 1 に対する検出ビーム F t 1 の繰り返し形成に並行して（同時に）、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 を繰り返し形成する。検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W 1 , W 2 が検出される。なお、検出ビーム F t 2 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

【 0 1 1 3 】

検出位置 J 1 において加振面 F p 1 , F p 2 により発生したせん断波 W 1 , W 2 の波頭がそれぞれ検出されてせん断波 W 1 , W 2 の到達時間（平均値）が計測されると、組織ドップラ法等により検出位置 J 1 におけるせん断波 W 1 , W 2 の音速（平均値）が算出される。また、検出位置 J 1 におけるせん断波 W 1 , W 2 の音速の算出に並行して、検出位置 J 2 における、加振面 F p 1 , F p 2 により発生したせん断波 W 1 , W 2 の音速についても同様に算出される。また、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における平均音速が算出される。

10

【 0 1 1 4 】

以上のように、第 3 の超音波プローブ 1 1 C では、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 のそれぞれで、直交する第 2 方向に伝搬するせん断波 W 1 , W 2 の波頭が検出される。よって、第 3 の超音波プローブ 1 1 C を用いて第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 でそれぞれせん断波 W 1 , W 2 の波頭の到達時間を計測するためには、2 個の加振領域 I 1 , I 2 に対する加振動作が並行して行なわれ、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における検出動作が並行して行なわれる。したがって、第 3 の超音波プローブ 1 1 C では、2 個の検出位置 J 1 , J 2 でそれぞれせん断波 W 1 , W 2 の波頭の到達時間を計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。

20

【 0 1 1 5 】

そして、第 3 の超音波プローブ 1 1 C では、第 1 方向に沿う 3 個以上の検出位置 J 1 , J 2 , ... でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。よって、第 3 の超音波プローブ 1 1 C によると、エラストグラフィ画像のフレームレートや、エラストグラフィモードと交互に行なわれる B モードによる B モード画像のフレームレートが向上する。

【 0 1 1 6 】

さらに、第 3 の超音波プローブ 1 1 C を用いる場合、加振領域 I 1 と検出位置 J 1 との間隔 D と、加振領域 I 1 と検出位置 J 2 との間隔 D と、加振領域 I 2 と検出位置 J 1 との間隔 D と、加振領域 I 2 と検出位置 J 2 との間隔 D とが一定値である。よって、第 3 の超音波プローブ 1 1 C を用いる場合、エラストグラフィ画像の画質の均一性が向上する。

30

【 0 1 1 7 】

また、第 3 の超音波プローブ 1 1 C によると、検出専用の振動子ユニット 3 0 から独立して加振パルスを送信する加振専用の振動子ユニット 2 0 1 , 2 0 2 を設ける。よって、加振専用の振動子ユニット 2 0 1 , 2 0 2 に備える大径振動子 2 1 1 , 2 1 2 として、音響放射圧を有効に生じさせるための最適な周波数特性のものを選択することが可能である。

【 0 1 1 8 】

加えて、エラストグラフィ画像を、検出専用の振動子ユニット 3 0 を用いて得られる通常の B モード画像に重畳して表示する場合、第 1 の超音波プローブ 1 1 A（図 4 及び図 5 に図示）や第 2 の超音波プローブ 1 1 B（図 1 2 及び図 1 3 に図示）では、B モード画像の断面と、エラストグラフィ画像の断面が僅かに異なることになる。しかしながら、第 3 の超音波プローブ 1 1 C では、検出専用の振動子ユニット 3 0 の第 2 方向に沿った両側に加振専用の振動子ユニット 2 0 1 , 2 0 2 が配置されることで、検出専用の振動子ユニット 3 0 の中心軸をエラストグラフィ画像の断面の中心と一致させることが可能になる。

40

【 0 1 1 9 】

なお、第 3 の超音波プローブ 1 1 C に、第 2 の超音波プローブ 1 1 B の構造を組み合わせてもよい。すなわち、第 3 の超音波プローブ 1 1 C の加振専用の振動子ユニット 2 0 1 , 2 0 2 のそれぞれは、第 1 方向に沿って分割された複数の領域の各領域に 1 個の大径振

50

動子（複数の領域にそれぞれ対応する複数の大径振動子）を備えてもよい。

【0120】

（第4の超音波プローブ）

図18は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第4の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図19は、第4の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0121】

図18は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第4の超音波プローブ11Dの外観構造を示す。第4の超音波プローブ11Dは、1個の加振専用の振動子ユニット20と、1個の検出専用の振動子ユニット30と、ヘッド部40と、装置本体12（図1に

10

【0122】

図19に示すように、加振専用の振動子ユニット20の第2方向における幅は、検出専用の振動子ユニット30の第2方向における幅より大きい。また、加振専用の振動子ユニット20は、第2方向に沿う複数の第1振動子21sを備える。図19に示す複数の第1振動子21sの各振動子は、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。なお、加振専用の振動子ユニット20は、音響整合層及びバッキング等も備えるが、図15及び図16ではその図示を省略する。

【0123】

なお、図18及び図19に示す検出専用の振動子ユニット30の構造及び機能は、図4及び図5に示すそれらと同等であるので説明を省略する。

20

【0124】

図20は、図18及び図19に示す第4の超音波プローブ11Dを用いる場合のせん断波の音速の算出方法を説明するための図である。

【0125】

図20は、第4の超音波プローブ11Dの直交する2方向の断面図を示す。第4の超音波プローブ11Dは、振動子ユニット20、30と、ヘッド部40とを設ける。加振専用の振動子ユニット20は、第2方向に沿う複数の第1振動子21s及びバッキング22を備え、音響レンズを備える必要はない。検出専用の振動子ユニット30は、第1方向に沿

30

【0126】

図20を用いて、第1方向に沿う2個の検出位置J1、J2でせん断波の波頭を検出する場合を説明する。

【0127】

まず、加振専用の振動子ユニット20の複数の第1振動子21sは、加振領域Iに集束するように第2方向に電子フォーカスされた加振面Fpを送信する。これにより、加振専用の振動子ユニット20は、加振領域Iに対して加振面Fpを形成する。また、複数の第1振動子21sから一連の加振パルスが繰り返し送信されることで、加振専用の振動子ユニット20は、加振領域Iに対して加振面Fpを繰り返し形成する。

40

【0128】

加振領域Iに対して加振面Fpが繰り返し形成されると、加振領域Iに存在する組織の変位によりせん断波が発生する。ここで、加振面Fpに起因して第2方向に伝搬するせん断波をWとする。

【0129】

加振専用の振動子ユニット20によって形成される加振面Fpは、第2方向には電子フォーカスによって集束されるが、第1方向には集束効果がないので、略平面状の波面を保つ。一定深さにおいて第1方向に延びる線状の加振領域Iが形成され、加振領域Iに存在する組織の変位により発生したせん断波Wが第2方向に伝播する。

【0130】

50

続いて、加振領域 I に対する加振面 F p の繰り返し形成後に、検出専用の振動子ユニット 3 0 の複数の第 2 振動子 3 1 s は、検出位置 J 1 (第 2 方向における加振領域 I の周囲) に集束するように第 1 方向に電子フォーカスされた検出パルスを送受信する。検出パルスは、第 2 方向に集束する音響レンズ 3 3 で検出位置 J 1 に集束される。これにより、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 を形成する。また、複数の第 2 振動子 3 1 s から検出パルスが繰り返し送受信されることで、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 を繰り返し形成する。

【 0 1 3 1 】

検出位置 J 1 に対して検出ビーム F t 1 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W が検出される。なお、検出ビーム F t 1 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

10

【 0 1 3 2 】

また、加振領域 I に対する加振面 F p の繰り返し形成後に、検出位置 J 1 に対する検出ビーム F t 1 の繰り返し形成に並行して (同時に)、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 を繰り返し形成する。検出位置 J 2 に対して検出ビーム F t 2 が繰り返し形成されると、第 2 方向に伝搬するせん断波 W が検出される。なお、検出ビーム F t 2 を形成するための第 1 方向の電子フォーカスは、送信遅延時間及び / 又は受信遅延時間に基づく。

【 0 1 3 3 】

検出位置 J 1 において加振面 F p により発生したせん断波 W の波頭が検出されてせん断波 W の到達時間が計測されると、組織ドップラ法等により検出位置 J 1 におけるせん断波 W の音速が算出される。また、検出位置 J 1 におけるせん断波 W の音速の算出に並行して、検出位置 J 2 における、加振面 F p により発生したせん断波 W の音速についても同様に算出される。また、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における平均音速が算出される。

20

【 0 1 3 4 】

以上のように、第 4 の超音波プローブ 1 1 D では、第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 で、直交する第 2 方向に伝搬するせん断波 W の波頭がそれぞれ検出される。よって、第 4 の超音波プローブ 1 1 D を用いて第 1 方向に沿う 2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合には、一連の加振パルスの送信が 1 回で済み、2 個の検出位置 J 1 , J 2 における検出動作が並行して行なわれる。したがって、第 4 の超音波プローブ 1 1 D では、2 個の検出位置 J 1 , J 2 でせん断波 W の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。

30

【 0 1 3 5 】

そして、第 4 の超音波プローブ 1 1 D では、第 1 方向に沿う 3 個以上の検出位置 J 1 , J 2 , ... でせん断波の波頭の到達時間をそれぞれ計測する場合にも、1 回の送信シーケンスを行なうだけの時間があれば十分である。よって、第 4 の超音波プローブ 1 1 D によると、エラストグラフィ画像のフレームレートや、エラストグラフィモードと交互に行なわれる B モードによる B モード画像のフレームレートが向上する。

【 0 1 3 6 】

さらに、第 4 の超音波プローブ 1 1 D を用いる場合、加振領域 I と複数の検出位置 J 1 , J 2 との間隔 D が一定値である。よって、第 4 の超音波プローブ 1 1 D を用いる場合、エラストグラフィ画像の画質の均一性が向上する。

40

【 0 1 3 7 】

また、第 4 の超音波プローブ 1 1 D によると、検出専用の振動子ユニット 3 0 から独立して加振パルスを送信する加振専用の振動子ユニット 2 0 を設ける。よって、加振専用の振動子ユニット 2 0 に備える複数の第 1 振動子 2 1 s として、音響放射圧を有効に生じさせるための最適な周波数特性をもつものや、最適な音響を出力可能なものを選択することが可能である。

【 0 1 3 8 】

50

加えて、第4の超音波プローブ11Dを用いる場合、所望の加振領域Iに加振面Fpが集束するように第2方向に電子フォーカスされている（送信遅延時間が与えられている）。そして、第4の超音波プローブ11Dを用いる場合、第1の超音波プローブ11A（図4及び図5に図示）を用いる場合に比べて大口径で加振面Fpの形成が可能である。また、第1の超音波プローブ11Aでは加振面Fpは固定的に音響レンズ23（図10に図示）によって決定される音場に従って形成されるが、第4の超音波プローブ11Dでは第2方向の電子フォーカスを制御し、エラストグラフィ画像を得たい深さに対して最適な音場を形成することが可能になる。

【0139】

（第5の超音波プローブ）

図21は、第5の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

10

【0140】

図21は、図12及び図13に示す第2の超音波プローブ11Bと、図18及び図19に示す第4の超音波プローブ11Dの構造を組み合わせた構造をもつ第5の超音波プローブ11Eを示す。

【0141】

図21に示すように、加振専用の振動子ユニット20は、第1方向に沿って分割された複数の領域の各領域に、第2方向に沿う複数の第1振動子21sを備える。図21に示す複数の第1振動子21sの各振動子は、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。

20

【0142】

第5の超音波プローブ11Eの場合、図14の第2の超音波プローブ11Bを用いて説明したように、第1方向に沿った限定範囲に加振面Fpを形成することが可能になり、加振パルスの送信に無駄なエネルギー消費を少なくすることが可能である。その場合、処理回路51（図1に図示）は、加振専用の振動子ユニット20の複数の領域のうち、加振パルスを送信する所要の領域を選択する。そして、加振専用の振動子ユニット20は、処理回路51による制御の下、所要の領域に備えられる複数の第1振動子21sから加振パルスを送信する。

【0143】

さらに、第5の超音波プローブ11Eの場合、図20に示す第4の超音波プローブ11Dの場合と同様の効果が得られる。

30

【0144】

（第6の超音波プローブ）

図22は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第6の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。図23は、第6の超音波プローブにおける音響放射面側の構造を示す図である。

【0145】

図22は、本実施形態に係る超音波プローブ11のうち、第6の超音波プローブ11Fの外観構造を示す。第6の超音波プローブ11Fは、1個の加振専用の振動子ユニット20と、1個の検出専用の振動子ユニット30と、ヘッド部（外装部品）40と、装置本体12（図1に図示）との間の信号を伝達するケーブル（図示しない）と、を設ける。検出専用の振動子ユニット30は、加振専用の振動子ユニット20の第2方向に沿った片側に設けられる。

40

【0146】

図23に示すように、加振専用の振動子ユニット20は、第1方向に沿う複数の第1振動子21sを備える。複数の第1振動子21sのそれぞれは、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。複数の第1振動子21sは、複数の第1振動子21sから送信される加振用の超音波が、第2方向に集束させる音響レンズ（図示しない）を介して第1方向に幅を有する平面波Fp（図10に図示）となるように、第1方向に一定程度の幅を有する。なお、加振専用の振動子ユニット20は、音響整合層、パ

50

ッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図 2 2 及び図 2 3 ではその図示を省略する。

【 0 1 4 7 】

なお、図 2 2 及び図 2 3 に示す検出専用の振動子ユニット 3 0 の構造及び機能は、図 4 及び図 5 に示すそれらと同等であるので説明を省略する。

【 0 1 4 8 】

複数の第 1 振動子 2 1 s の全てから加振用の超音波を送信することで、図 1 0 に示す第 1 の超音波プローブ 1 1 A の場合と同様に平面波 F p が形成され、平面波 F p に係るせん断波の音速が算出される。また、複数の第 1 振動子 2 1 s の一部から加振用の超音波を送信することで、図 1 0 に示す第 1 の超音波プローブ 1 1 A の場合の平面波 F p より幅が制限された平面波が形成され、当該平面波に係るせん断波の音速が算出される。

10

【 0 1 4 9 】

第 6 の超音波プローブ 1 1 F の場合、第 1 方向に沿った限定範囲に加振面を形成することが可能になり、加振パルスの送信に無駄なエネルギー消費を少なくすることが可能である。その場合、加振専用の振動子ユニット 2 0 は、処理回路 5 1 による制御の下、複数の第 1 振動子 2 1 s の一部から加振パルスを送信する。

【 0 1 5 0 】

さらに、第 6 の超音波プローブ 1 1 F の場合、図 1 0 に示す第 1 の超音波プローブ 1 1 A の場合と同様の効果が得られる。その場合、加振専用の振動子ユニット 2 0 は、処理回路 5 1 による制御の下、複数の第 1 振動子 2 1 s の全部から加振パルスを送信する。

【 0 1 5 1 】

20

(第 7 の超音波プローブ)

図 2 4 は、本実施形態に係る超音波プローブ 1 1 のうち、第 7 の超音波プローブにおける外観構造を示す斜視図である。

【 0 1 5 2 】

図 2 4 は、本実施形態に係る超音波プローブ 1 1 のうち、第 7 の超音波プローブ 1 1 G の外観構造を示す。前述した第 1 ~ 第 6 の超音波プローブは体外式超音波プローブであるのに対し、第 7 の超音波プローブ 1 1 G は、体内式超音波プローブである。第 7 の超音波プローブ 1 1 G は、図 2 2 に示す第 6 の超音波プローブ 1 1 F の構造が体外式超音波プローブに応用された構造を有するが、第 1 ~ 第 5 の超音波プローブ 1 1 A ~ 1 1 E の構造が体外式超音波プローブに応用された構造を有してもよい。

30

【 0 1 5 3 】

第 7 の超音波プローブ 1 1 G は、被検体内部に挿入可能な挿入部 1 1 1 を備える。挿入部 1 1 1 は、第 2 方向に沿う 1 個の加振専用の振動子ユニット 2 0 と、1 個の検出専用の振動子ユニット 3 0 と、を設ける。検出専用の振動子ユニット 3 0 は、加振専用の振動子ユニット 2 0 の第 2 方向に沿った片側に設けられる。第 2 方向は、第 6 の超音波プローブ 1 1 F の軸 R に沿っている。

【 0 1 5 4 】

図 2 4 に示すように、加振専用の振動子ユニット 2 0 は、第 6 の超音波プローブ 1 1 F の軸 R を中心とする第 3 方向 (円周方向) に沿う複数の第 1 振動子 2 1 s を備える。複数の第 1 振動子 2 1 s は、コンベックスアレイである。

40

【 0 1 5 5 】

複数の第 1 振動子 2 1 s のそれぞれは、音響放射圧を生じる比較的大きいエネルギーの加振用の超音波を送信する。なお、加振専用の振動子ユニット 2 0 は、音響整合層、パッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図 2 4 ではその図示を省略する。

【 0 1 5 6 】

一方、検出専用の振動子ユニット 3 0 は、第 3 方向に沿う複数の第 2 振動子 3 1 s を備える。複数の第 2 振動子 3 1 s は、コンベックスアレイである。検出専用の振動子ユニット 3 0 は、加振専用の振動子ユニット 2 0 よりも先端側に設けられる例を示すが、その場合に限定されるものではない。

【 0 1 5 7 】

50

複数の第2振動子31sのそれぞれは、加振用の超音波より比較的小さいエネルギーの検出用の超音波を送受信する。なお、検出専用の振動子ユニット30は、音響整合層、パッキング、及び音響レンズ等も備えるが、図24ではその図示を省略する。

【0158】

また、複数の第2振動子31sは、エラストグラフィモードの他に、Bモード等においても用いられる。Bモードにおいては、第3方向に順次、Bモード用の超音波ビーム（走査線）の位置を第3方向に切り替えることで静止画像を得ることができる。また、複数の第2振動子31sは、Bモードにおいて複数フレームで静止画像を得ることで動画画像を得ることもできる。

【0159】

複数の第1振動子21sの全てから加振用の超音波を送信することで、図10に示す第1の超音波プローブ11Aの場合と同様に平面波Fpが形成され、平面波Fpに係るせん断波の音速が算出される。また、複数の第1振動子21sの一部から加振用の超音波を送信することで、図10に示す第1の超音波プローブ11Aの場合の平面波Fpより幅が制限された平面波が形成され、当該平面波に係るせん断波の音速が算出される。

【0160】

第7の超音波プローブ11Gの場合、第1方向に沿った限定範囲に加振面を形成することが可能になり、加振パルスの送信に無駄なエネルギー消費を少なくすることが可能である。その場合、加振専用の振動子ユニット20は、処理回路51による制御の下、複数の第1振動子21sの一部から加振パルスを送信する。

【0161】

さらに、第7の超音波プローブ11Gの場合、図10に示す第1の超音波プローブ11Aの場合と同様の効果が得られる。その場合、加振専用の振動子ユニット20は、処理回路51による制御の下、複数の第1振動子21sの全部から加振パルスを送信する。

【0162】

以上述べた少なくとも1つの実施形態に係る超音波プローブによると、最小回数の送信シーケンスに要する時間でエラストグラフィ画像を生成するための情報を発生できる。以上述べた少なくとも1つの実施形態に係る超音波診断装置によると、最小回数の送信シーケンスに要する時間でエラストグラフィ画像を生成することができ、また、エラストグラフィ画像全体の画質の均一性を向上させながら高フレームレートでエラストグラフィ画像を得ることができる。

【0163】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行なうことができる。これらの実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0164】

- 10 ... 超音波診断装置
- 11, 11A, 11B, 11C, 11D, 11E, 11F, 11G ... 超音波プローブ
- 12 ... 装置本体
- 20, 201, 202 ... 加振専用の振動子ユニット
- 21, 211, 212 ... 大径振動子
- 21s ... 複数の第1振動子, 複数の大径振動子
- 23, 231, 232 ... 音響レンズ
- 30 ... 検出専用の振動子ユニット
- 31s ... 複数の第2振動子
- 51 ... 制御部

10

20

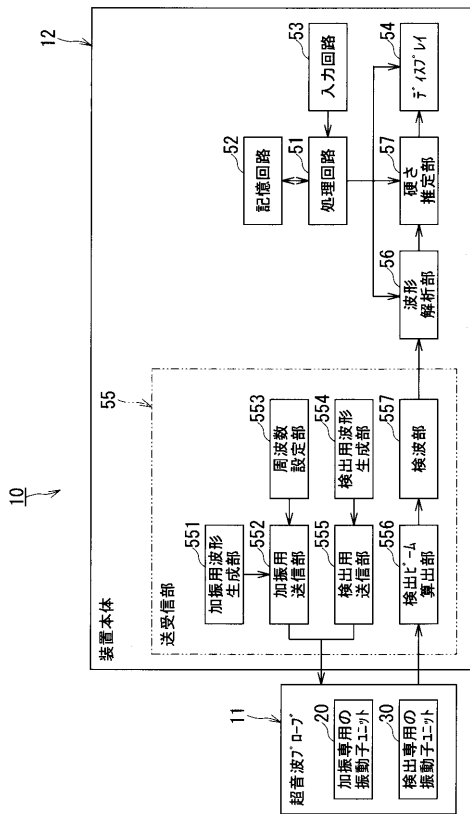
30

40

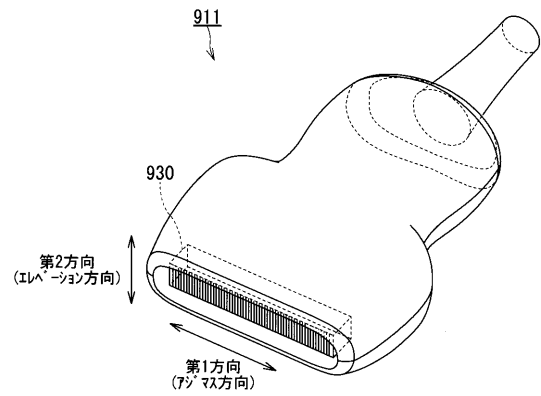
50

56 ... 波形解析部
57 ... 硬さ推定部

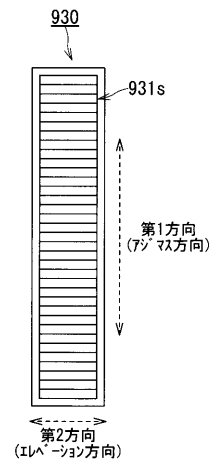
【 図 1 】



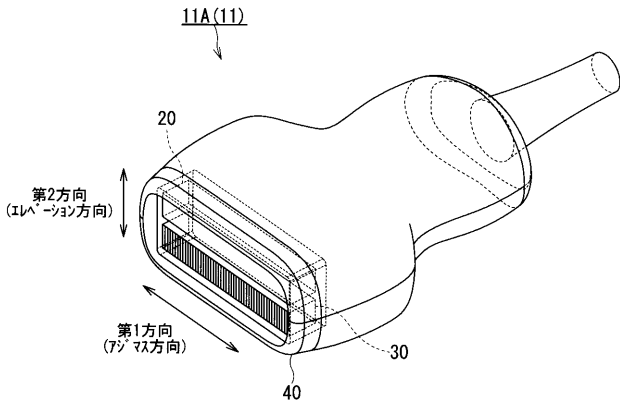
【 図 2 】



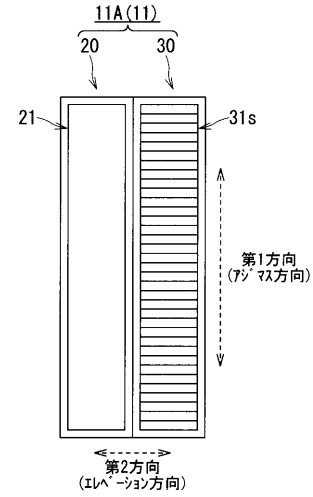
【 図 3 】



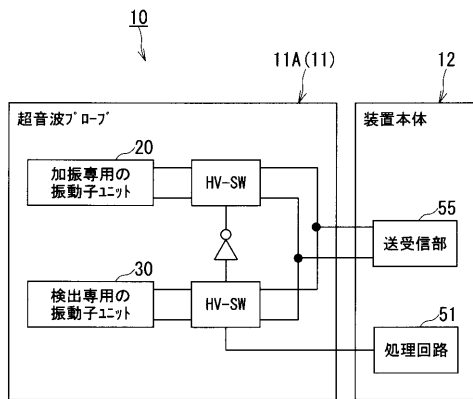
【 図 4 】



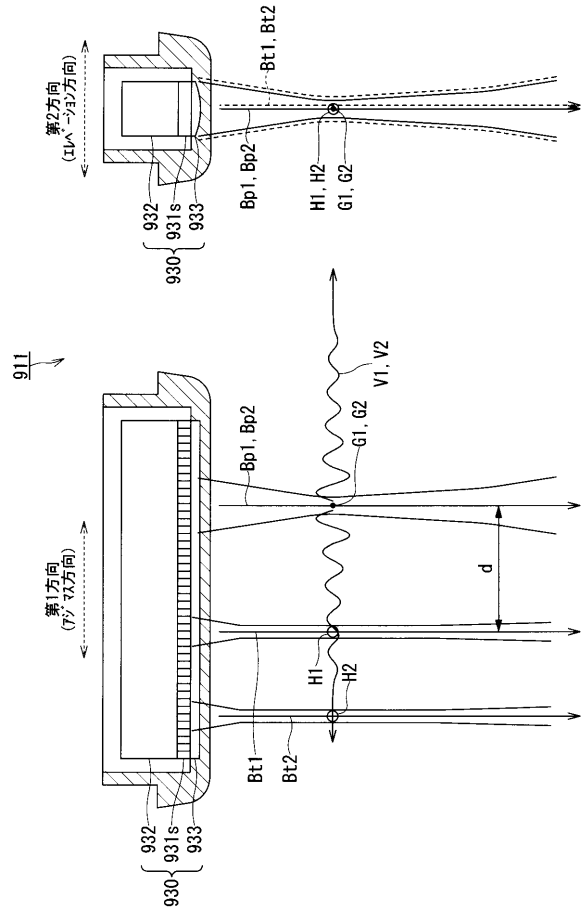
【 図 5 】



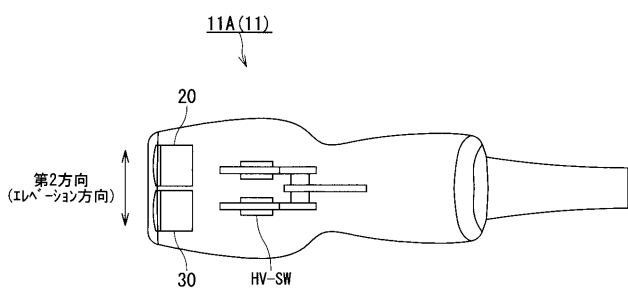
【 図 6 】



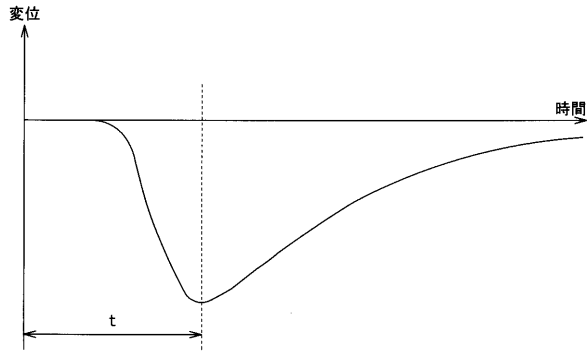
【 図 8 】



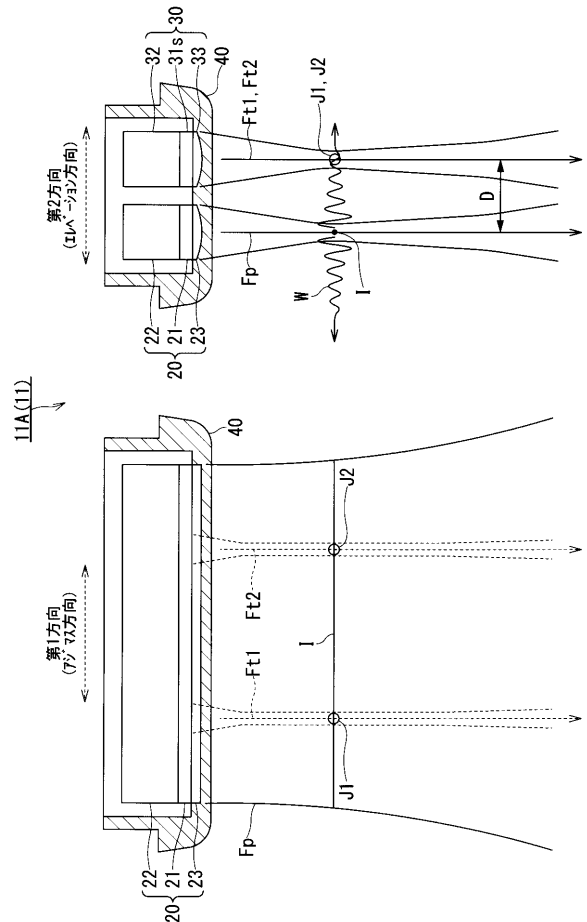
【 図 7 】



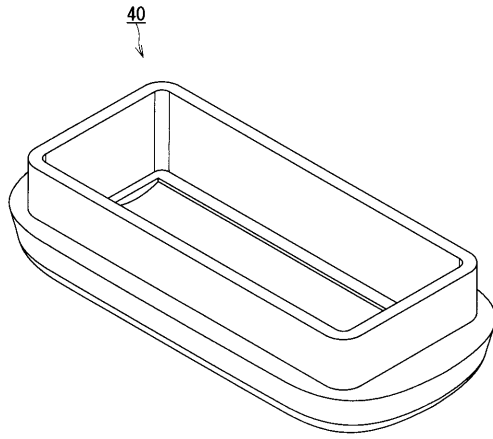
【 図 9 】



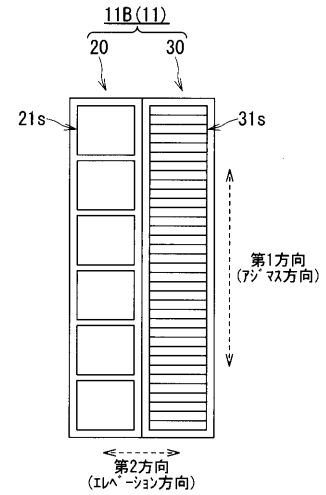
【 図 10 】



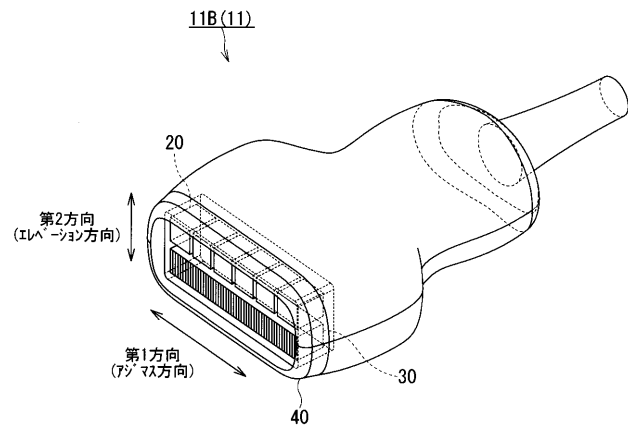
【 図 11 】



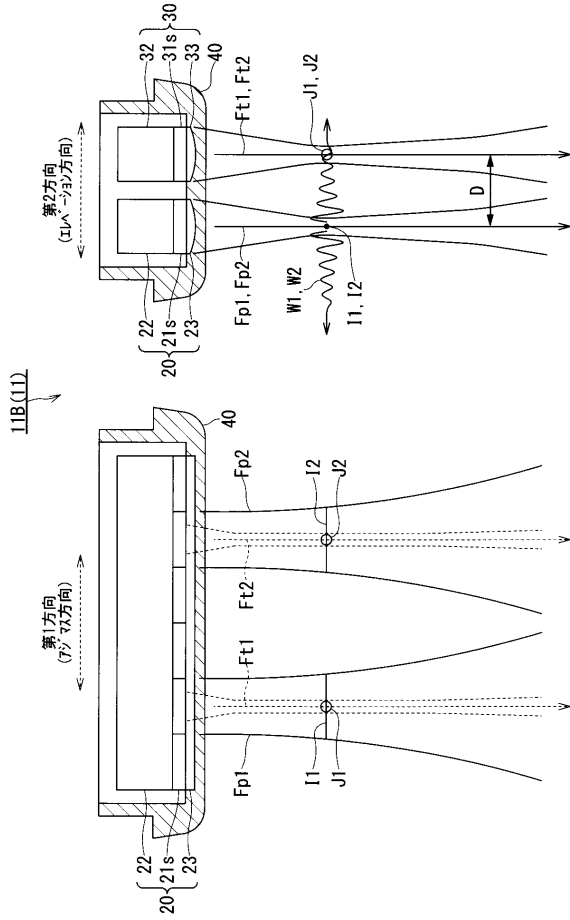
【 図 13 】



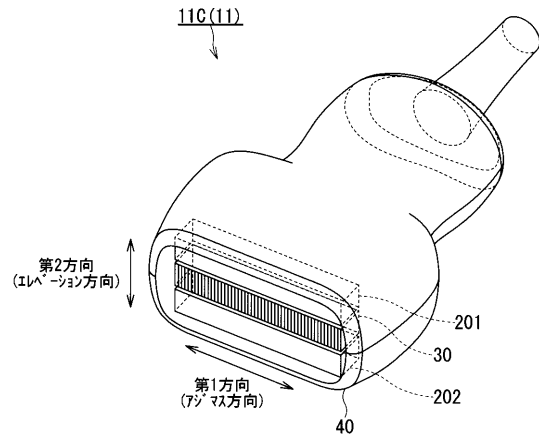
【 図 12 】



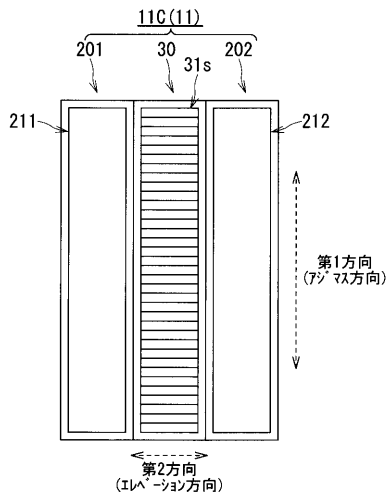
【 図 1 4 】



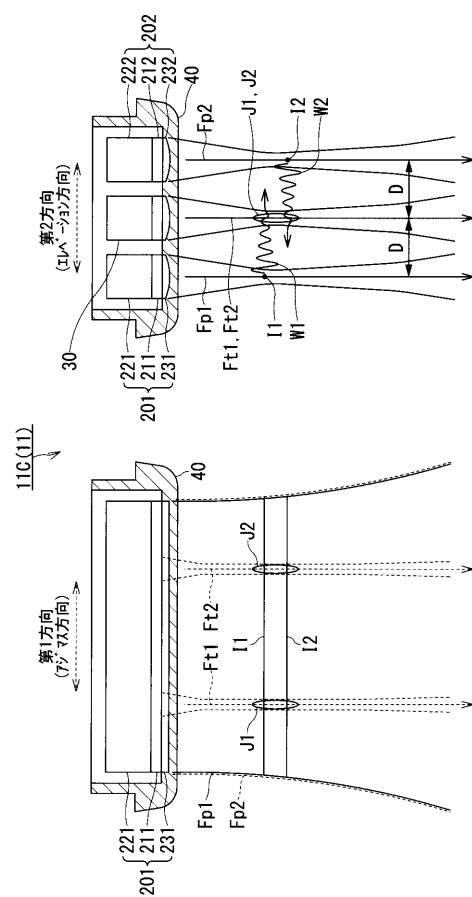
【 図 1 5 】



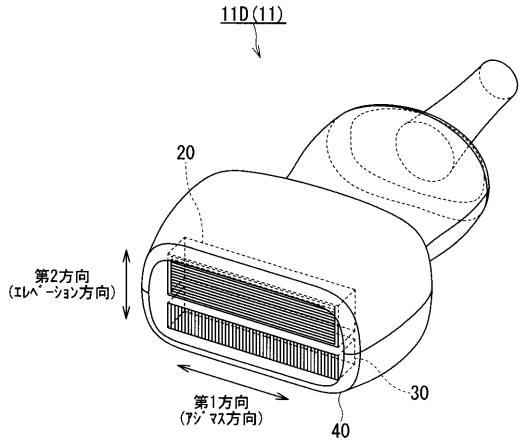
【 図 1 6 】



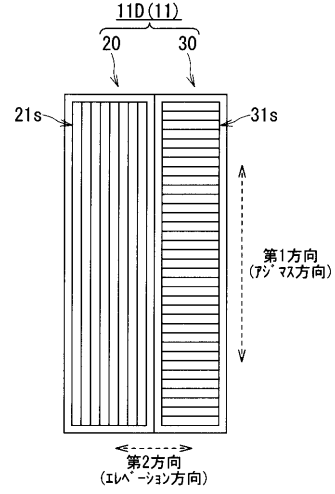
【 図 1 7 】



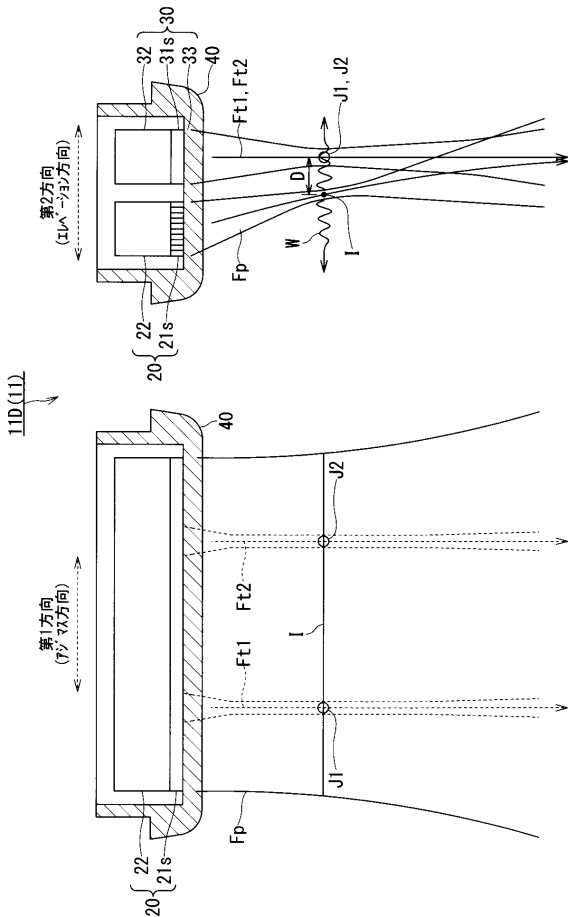
【 図 1 8 】



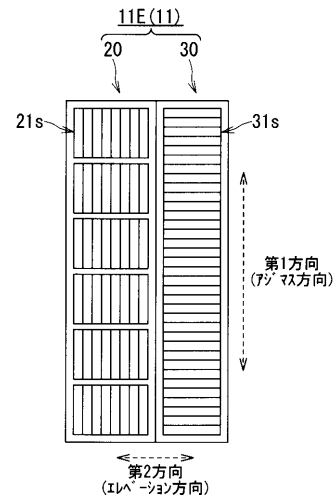
【 図 1 9 】



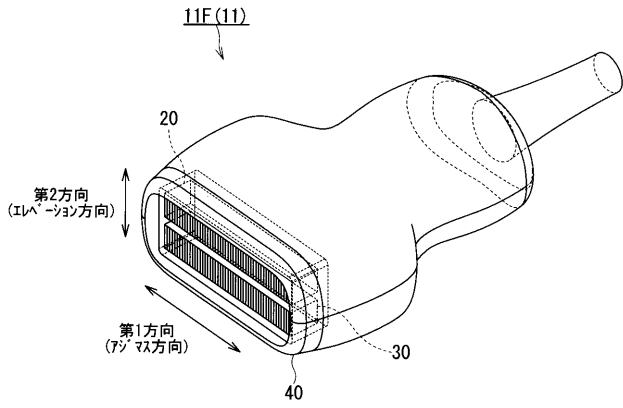
【 図 2 0 】



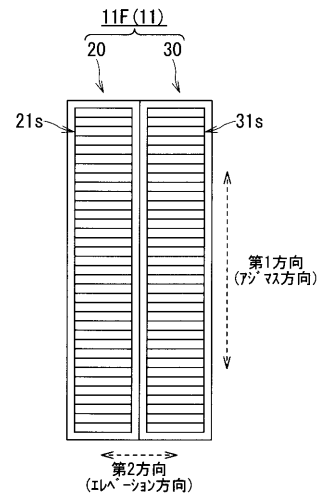
【 図 2 1 】



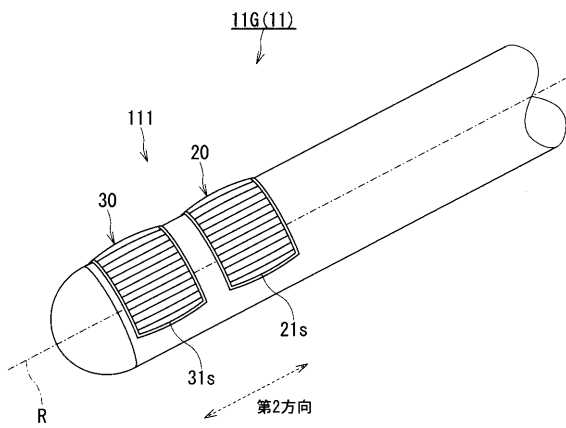
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



专利名称(译)	超声波探头和超声波诊断仪		
公开(公告)号	JP2016107080A	公开(公告)日	2016-06-20
申请号	JP2015226812	申请日	2015-11-19
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	四方浩之		
发明人	四方 浩之		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/12		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/12		
F-TERM分类号	4C601/DD19 4C601/DD20 4C601/DD23 4C601/FE01 4C601/GA03 4C601/GB03 4C601/GB14		
优先权	2014238641 2014-11-26 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在超声探头和超声诊断设备中，在最少的传输序列所需的时间内生用于生成弹性成像图像的信息。 解决方案：根据本实施例的超声探头具有至少一个第一换能器，其至少用作在弹性成像模式下通过声辐射压力进行激励的激励换能器，以及在弹性成像模式下的超声探头。 多个第二换能器专门用于检测由振动产生的剪切波的换能器。

[选择图]图4

