

(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2020-81322
(P2020-81322A)

(43) 公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)

F1
A61B 8/14

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2018-219264 (P2018-219264)
(22) 出願日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 110002952
特許業務法人鷲田国際特許事務所
(74) 代理人 100155620
弁理士 木曾 孝
(72) 発明者 谷口 哲哉
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内
Fターム(参考) 4C601 DE09 EE04 EE14 GB04 GB06
HH01 HH04 HH24 JB05 JB31

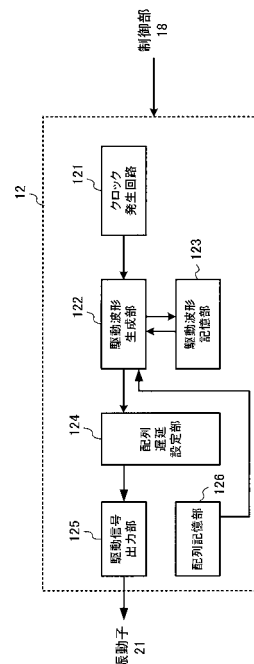
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置および超音波画像生成方法

(57) 【要約】

【課題】高度な正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、鮮明な超音波画像を得ることができる超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供する。

【解決手段】本発明に係る超音波診断装置1(1a)は、それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子20(20a)の振動子21(21a)に送信させるための複数の駆動信号であって、振動子21(21a)から送信される複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成し、振動子21(21a)に対して出力する送信部12(12a)と、送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を超音波探触子20(20a)から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部14と、を有する。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子の振動子に送信させるための複数の駆動信号であって、前記振動子から送信される前記複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成し、前記振動子に対して出力する送信部と、

前記送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、

を有する、超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記送信部は、前記超音波探触子が有する複数の前記振動子のうち、互いに隣接する所定数の前記振動子のそれぞれに対して、前記送信音圧波形の非対称性を補償する少なくとも 1 つの相殺用駆動信号と前記複数の駆動信号のうちの 1 つの第 1 駆動信号のいずれを出力するかを示す駆動信号配列データに基づいて、前記所定数の振動子のそれぞれに対して前記第 1 駆動信号と前記相殺用駆動信号のいずれかを出力する、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記送信部は、

前記駆動信号として、立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なるパルス信号を出力する駆動波形生成部と、

20

複数の異なる立ち上がり開始時間と、複数の異なる立ち下がり開始時間と、の組み合わせにより構成される複数の異なる駆動信号をそれぞれ含む複数の駆動信号群を前記駆動波形生成部に生成させるパルス制御信号を生成して前記駆動波形生成部に出力するパルス制御信号出力部と、

を有し、

複数の駆動信号群に含まれる全ての駆動信号の波形の可算平均は 0 である、

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える駆動信号の波形の種類を示す駆動信号配列データを記憶する配列記憶部と、

30

前記駆動信号配列データに基づき前記複数の振動子の各振動子を駆動し、超音波を送信させる送信部と、

前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、

を有し、

前記駆動信号配列データは、前記複数の振動子の配列方向において、前記波形の種類が離散的に配列されている、

超音波診断装置。

40

【請求項 5】

前記送信部は、第 1 の超音波と前記第 1 の超音波とは異なる第 2 の超音波とを送信し、

前記画像生成部は、前記第 1 の超音波が被検体内で反射した第 1 の反射超音波に基づく受信信号と前記第 2 の超音波が被検体内で反射した第 2 の反射超音波に基づく受信信号とを合成することにより高調波成分を抽出し、

前記第 1 の超音波は、前記駆動信号配列データに基づき送信される、

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記駆動信号配列データは、前記第 2 の超音波を送信するための第 2 の駆動信号と波形が正負対称性を有する第 1 の駆動信号の波形の種類を示す情報および、前記第 1 の駆動信

50

号の波形とは異なる波形の種類を示す情報を含む、

請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記駆動信号配列データは、前記第 1 の駆動信号に基づき送信される超音波と前記第 2 の超音波とを合成しても相殺されない超音波を相殺するための超音波を送信するための相殺用駆動信号の波形の種類を示す情報を含む、

請求項 6 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記駆動信号配列データは、前記複数の振動子の配列方向において、前記波形の種類が対称となるように配列されており、前記振動子は、互に対称な複数の駆動信号の入力に基づいて、非対称な送信音圧波形を有する複数の送信超音波を出力する、

請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記相殺用駆動信号は、前記非対称な送信音圧波形同士を加算した加算音圧波形を、前記振動子の伝達関数の逆関数に基づいて逆変換して生成された信号に基づき設定される、

請求項 8 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記第 1 駆動信号と前記相殺用駆動信号との振幅比に基づいて、前記所定数の振動子に対して出力する前記第 1 駆動信号と前記相殺用駆動信号の割合が決定される、

請求項 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記駆動信号配列データにおいて、前記第 1 駆動信号と前記相殺用駆動信号は、それぞれ離散性が最大となるように配置される、

請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記振動子は、静電容量型トランスデューサにより形成されている、

請求項 4 から 11 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える複数の駆動信号群の波形を示す波形データを記憶する波形記憶部と、

前記波形データに基づき前記複数の振動子の各振動子を駆動し、超音波を送信させる送信部と、

前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、

を有し、

前記波形データが示す複数の駆動信号群に含まれる全ての駆動信号の波形の可算平均は 0 である、

超音波診断装置。

【請求項 14】

前記送信部は、

立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なるパルス信号を出力するパルス発生回路と、

複数の異なる立ち上がり開始時間と、複数の異なる立ち下がり開始時間と、の組み合わせにより構成される複数の異なる駆動信号をそれぞれ含む前記複数の駆動信号群を前記パルス発生回路に生成させるパルス制御信号を生成して前記パルス発生回路に出力するパルス制御信号出力部と、

を有する、

請求項 13 に記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

前記立ち上がり開始時間の数と、前記立ち下がり開始時間の数は、前記パルス発生回路

10

20

30

40

50

の前記立ち上がり時間と前記立ち下がり時間との比に基づいて決定される、
請求項 14 に記載の超音波診断装置。

【請求項 16】

それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子の振動子に送信させるための複数の駆動信号であって、前記振動子から送信される前記複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成して前記振動子に対して出力し、前記送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する、
超音波画像生成方法。

10

【請求項 17】

超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える駆動信号の波形の種類を示す駆動信号配列データであって、前記複数の振動子の配列方向において、前記波形の種類が離散的に配列されている前記駆動信号配列データに基づき、前記複数の振動子の各振動子を駆動して超音波を送信させ、
前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する、
超音波画像生成方法。

20

【請求項 18】

超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える複数の駆動信号群の波形を示す波形データであって、前記波形データが示す前記複数の駆動信号群に含まれる全ての駆動信号の波形の可算平均は 0 である前記波形データに基づき、前記複数の振動子の各振動子を駆動して超音波を送信させ、
前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する、
超音波画像生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、超音波を利用した超音波診断装置および超音波画像生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波探触子を体表に当てるだけの簡単な操作で心臓の拍動や胎児の動きの様子をリアルタイム表示で得ることができ、かつ安全性が高いため、繰り返して検査を行う際に有用である。

【0003】

このような超音波診断装置において、送信超音波の基本波成分（周波数 f_0 ）に対する反射超音波（受信信号）の高調波成分（例えば、周波数 $2f_0$ 、 $3f_0$ 等）を画像化する撮像法が用いられることがある。このような撮像法は、ティッシュ・ハーモニック・イメージング（Tissue Harmonic Imaging）と呼ばれ、コントラストのよい画像が得られることが知られている。

40

【0004】

上述した高調波成分は、主に超音波が被検体内を伝播する際に生ずる非線形歪みに起因して発生する。具体的には、超音波が生体内に照射されると、組織の非線形応答により組織伝播中に超音波信号が歪み、高調波成分が増大する。その結果、組織からの反射信号には、基本波 f_0 の整数倍の周波数成分を有する高調波が含まれることになる。高調波の例として、基本波 f_0 の 2 倍の周波数成分 $2f_0$ を含むものが第 2 次高調波、3 倍の周波数成分 $3f_0$ を含むものが第 3 次高調波と呼ばれる。

50

【0005】

ティッシュ・ハーモニック・イメージングによって鮮明な画像を得るためには、受信信号から基本波成分を除去し、高調波成分のみを抽出することが重要である。受信信号から高調波成分のみを抽出する方法としては、例えばパルスインバージョン法が知られている。パルスインバージョン法は、極性を相互に反転させた第1および第2の送信波形を、時間間隔をおいて送信し、それぞれの受信信号を整相加算して基本波成分を打ち消すことによって2次の高調波成分を強調するものである。例えば特許文献1から3には、パルスインバージョン法によりティッシュ・ハーモニック・イメージングを実現する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-300554号公報

【特許文献2】特開2002-301068号公報

【特許文献3】特開2003-310609号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記したように、ティッシュ・ハーモニック・イメージングにおいて鮮明な超音波画像を得るためには、基本波成分の減殺を十分に行うことが必要である。そのためには、送信超音波における高度な正負駆動対称性が要求される。上記特許文献1から3に記載された技術では、高度な正負駆動対称性を有するパルス信号を出力するため、高精度且つ高価な送信駆動装置を備えている。

【0008】

しかしながら、医療の現場では、小型かつ低価格で取り扱いやすい超音波診断装置が必要になることもある。小型で低価格の超音波診断装置では、特許文献1から3で用いられている高価な送信駆動装置を採用できないため、分解能やペネトレーション等の画質面で妥協を余儀なくされていた。

【0009】

このような事情に鑑み、本発明は、安価な構成で、鮮明な超音波画像を得ることができる超音波診断装置および超音波画像生成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の超音波診断装置は、それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子の振動子に送信させるための複数の駆動信号であって、前記振動子から送信される前記複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成し、前記振動子に対して出力する送信部と、前記送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、を有する。

【0011】

本発明の超音波診断装置は、超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える駆動信号の波形の種類を示す駆動信号配列データを記憶する配列記憶部と、前記駆動信号配列データに基づき前記複数の振動子の各振動子を駆動し、超音波を送信させる送信部と、前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、を有し、前記駆動信号配列データは、前記複数の振動子の配列方向において、前記波形の種類が離散的に配列されている。

【0012】

10

20

30

40

50

本発明の超音波診断装置は、超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える複数の駆動信号群の波形を示す波形データを記憶する波形記憶部と、前記波形データに基づき前記複数の振動子の各振動子を駆動し、超音波を送信させる送信部と、前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部と、を有し、前記波形データが示す複数の駆動信号群に含まれる全ての駆動信号の波形の可算平均は0である。

【0013】

本発明の超音波画像生成方法は、それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子の振動子に送信させるための複数の駆動信号であって、前記振動子から送信される前記複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成して前記振動子に対して出力し、前記送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する。

10

【0014】

本発明の超音波画像生成方法は、超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える駆動信号の波形の種類を示す駆動信号配列データであって、前記複数の振動子の配列方向において、前記波形の種類が離散的に配列されている前記駆動信号配列データに基づき、前記複数の振動子の各振動子を駆動して超音波を送信させ、前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する。

20

【0015】

本発明の超音波画像生成方法は、超音波探触子が有する複数の振動子の各振動子に与える複数の駆動信号群の波形を示す波形データであって、前記波形データが示す複数の駆動信号群に含まれる全ての駆動信号の波形の可算平均は0である前記波形データに基づき、前記複数の振動子の各振動子を駆動して超音波を送信させ、前記超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を前記超音波探触子から取得し、前記複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、安価な構成で、高画質の超音波画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】超音波診断装置の外観構成を例示した図

【図2】第1の実施の形態における超音波診断装置の機能構成を例示したブロック図

【図3】第1の実施の形態における送信部の構成について例示した図

【図4】駆動信号配列データの一例を示す図

40

【図5A】振動子に入力された第1駆動信号の波形の例を示す図

【図5B】振動子に入力された第2駆動信号の波形の例を示す図

【図5C】振動子から出力された第1送信音圧波形および第2送信音圧波形の例を示す図

【図5D】第1送信音圧波形と第2送信音圧波形とが加算された結果である加算送信音圧波形の例を示す図

【図5E】振動子の伝達関数の逆関数を用いて算出された、加算波形を相殺（キャンセル）するための駆動信号の波形（相殺用駆動波形）の例を示す図

【図5F】近似駆動波形の例を示す図

【図6A】送信開口のチャンネル数（送信開口に含まれる振動子の数）が44である場合の、駆動信号出力部が出力する駆動信号の配列を示す図

50

【図 6 B】送信開口のチャンネル数が 30 である場合の、駆動信号出力部が出力する駆動信号の配列を示す図

【図 6 C】送信開口のチャンネル数が 14 である場合の、駆動信号出力部が出力する駆動信号の配列を示す図

【図 7】第 2 の実施の形態に係る超音波診断装置の機能構成を例示したブロック図

【図 8 A】駆動波形生成部に第 1 駆動信号を発生させるための第 1 パルス制御信号の波形を例示した図

【図 8 B】駆動波形生成部に第 2 駆動信号を発生させるための第 2 パルス制御信号の波形を例示した図

【図 8 C】駆動波形生成部が出力する第 1 駆動信号と第 2 駆動信号のパルス波形の例を示す図

【図 8 D】図 8 C に示す第 1 駆動信号と第 2 駆動信号とを加算した加算駆動信号を示す図

【図 9】第 2 の実施の形態における送信部の構成について例示した図

【図 10】パルス制御信号出力部が出力するパルス制御信号を例示した図

【図 11】パルス発生回路が出力する駆動信号を例示した図

【図 12 A】図 11 に示す第 1 駆動信号群を時間的に重ねて示した図

【図 12 B】図 11 に示す第 2 駆動信号群を時間的に重ねて示した図

【図 12 C】第 1 駆動信号群の平均（第 1 駆動信号平均）、および第 2 駆動信号群の平均（第 2 駆動信号平均）を示す図

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の各実施の形態について、図面を参照して説明する。ただし、発明の範囲は図示した例に限定されない。なお、以下の説明において、同一の機能および構成を有するものについては、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0019】

< 第 1 の実施の形態 >

以下では、本発明の第 1 の実施の形態について説明する。

【0020】

[各構成の概要]

第 1 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 は、図 1 および図 2 に示すように、超音波診断装置本体 10 と超音波探触子 20 とを備えている。図 1 は、超音波診断装置 1 の外観構成を例示した図である。また、図 2 は、第 1 の実施の形態における超音波診断装置 1 の機能構成を例示したブロック図である。

【0021】

超音波探触子 20 は、図示しない生体等の被検体に対して超音波を送信するとともに、この被検体で反射した反射波（反射超音波：エコー）を受信する。

【0022】

超音波診断装置本体 10 は、超音波探触子 20 とケーブル 30 を介して接続され、超音波探触子 20 に電気信号の駆動信号を送信することによって、被検体に対して送信超音波を送信させる。また、超音波診断装置本体 10 は、超音波探触子 20 にて受信された被検体内からの反射超音波に基づいて超音波探触子 20 で生成された電気信号の受信信号を受信し、受信信号を用いて被検体内の内部状態を超音波診断画像として画像化する。

【0023】

超音波探触子 20 は、複数の振動子 21 を備える。この振動子 21 は、例えば方位方向に一次元アレイ状に複数配列されている。本実施の形態では、超音波探触子 20 は、例えば、数十個～数百個の振動子 21 を備える。なお、振動子 21 は、二次元アレイ状に配列されたものであってもよい。

【0024】

なお、本第 1 の実施の形態では、超音波探触子 20 の備える複数の振動子 21 として、c M U T（Capacitive Micromachining Ultrasound Transducer：静電容量型トランスデ

10

20

30

40

50

ューサ)素子が使用されている。c M U T素子は、半導体製造技術(M E M S)を用いて形成されており、各素子への配線が容易であるため、多次元アレイへの好適性や回路の集積化の容易性等の長所を有する。

【0025】

しかしながら、c M U T素子は、基板上に設けられたダイヤフラムが上下に振動することで音波を出力する構造を有しており、振動特性が上下非対称であるため、対称な駆動信号の入力に対して非対称な超音波を送信してしまう、という課題を有する。非対称な送信超音波からは基本波成分を十分に相殺することができず、鮮明な高調波超音波診断画像を生成することが困難であるため、本第1の実施の形態に係る超音波診断装置1では、超音波診断装置本体10の動作によってこの課題に対応している。

10

【0026】

超音波診断装置本体10は、例えば、図2に示すように、操作入力部11と、送信部12と、受信部13と、画像生成部14と、画像処理部15と、D S C 16と、表示部17と、制御部18とを備える。

【0027】

操作入力部11は、例えば、診断開始を指示するコマンドや被検体の個人情報等のデータの入力等を行うための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボード等を備えており、操作信号を制御部18に出力する。

【0028】

送信部12は、制御部18の制御に従って、送信超音波を発生させるための電気信号である駆動信号を、ケーブル30を介して超音波探触子20に供給する。送信部12は、例えば、超音波探触子20に配列された全ての振動子のうちの連続する一部に対して駆動信号を出力して送信超音波を発生させる。そして、送信部12は、送信超音波を発生させる毎に、駆動信号を出力する振動子を方位方向にずらしていく。これにより、超音波診断装置1は、走査線を移動させながら広範囲の走査(スキャン)を行うことができる。

20

【0029】

また、送信部12は、ティッシュ・ハーモニック・イメージングのため、パルスインバージョン法に基づく駆動信号を超音波探触子20に出力する。より具体的には、送信部12は、第1駆動信号と、この第1駆動信号とは異なる波形を有する第2駆動信号とを同一走査線上に時間間隔をおいて送信する。送信部12の詳細については後述する。

30

【0030】

受信部13は、制御部18の制御に従って、超音波探触子20からケーブル30を介して電気信号の受信信号を受信する回路である。また、受信部13は、振動子21毎の受信信号を、予め設定された所定の増幅率で増幅させ、アナログ-デジタル変換(A/D変換)した後、整相加算して音線データを生成する。

【0031】

画像生成部14は、受信部13からの音線データに対して包絡線検波処理や対数増幅等の各処理を実施し、ゲインの調整等を行って輝度変換することにより、Bモード画像データを生成する。Bモード画像データは、受信信号の強さを輝度によって表した画像データである。画像生成部14にて生成されたBモード画像データは、画像処理部15に送信される。また、画像生成部14は、高調波成分抽出部141を備え、高調波成分抽出部141の抽出した高調波成分を用いてBモード画像データを生成する。

40

【0032】

高調波成分抽出部141は、ティッシュ・ハーモニック・イメージングのため、受信部13から出力された受信信号に基づいて高調波成分を抽出する。本実施の形態では、高調波成分抽出部141は、2次高調波に代表される偶数次高調波を主体とした信号成分を抽出する。偶数次高調波成分は、2種類の異なるパルス信号に基づいて送信された2つの送信超音波にそれぞれ対応する反射超音波から得られる受信信号を合成(例えば、加算)し、受信信号に含まれる基本波成分を除去した上でフィルタ処理を行うこと等により抽出される。上記と併せて他の受信信号合成(例えば、減算)を行って他の次数(例えば、3次

50

高調波に代表される奇数次高調波成分)を抽出し、これを偶数次高調波成分と合成してBモード画像データを生成してもよい。

【0033】

画像処理部15は、DRAM(Dynamic Random Access Memory)などの半導体メモリによって構成された画像メモリ部151を備えている。画像処理部15は、画像生成部14から出力されたBモード画像データをフレーム単位で画像メモリ部151に記憶する。フレーム単位での画像データを超音波画像データ、あるいはフレーム画像データということがある。画像処理部15は、画像メモリ部151に記憶した超音波画像データを適宜読み出してDSC16に出力する。

【0034】

DSC16は、画像処理部15より受信した超音波画像データをテレビジョン信号の走査方式による画像信号に変換し、表示部17に出力する。

【0035】

表示部17は、LCD(Liquid Crystal Display)、CRT(Cathode-Ray Tube)ディスプレイ、有機EL(Electronic Luminescence)ディスプレイ、無機ELディスプレイ及びプラズマディスプレイ等の表示装置が適用可能である。表示部17は、DSC16から出力された画像信号に従って表示画面上に超音波画像の表示を行う。

【0036】

制御部18は、例えば、CPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)を備えて構成され、ROMに記憶されているシステムプログラム等の各種処理プログラムを読み出してRAMに展開し、展開したプログラムに従って超音波診断装置1の各部の動作を集中制御する。

【0037】

ROMは、半導体等の不揮発メモリ等により構成され、超音波診断装置1に対応するシステムプログラム及び該システムプログラム上で実行可能な各種処理プログラムや、各種データ等を記憶する。これらのプログラムは、コンピューターが読み取り可能なプログラムコードの形態で格納され、CPUは、当該プログラムコードに従った動作を逐次実行する。RAMは、CPUにより実行される各種プログラム及びこれらプログラムに係るデータを一時的に記憶するワークエリアを形成する。

【0038】

[送信部12の構成]

以下では、第1の実施の形態における送信部12の構成と、その動作について詳細に説明する。図3は、第1の実施の形態における送信部12の構成について例示した図である。図3に示すように、送信部12は、クロック発生回路121と、駆動波形生成部122と、駆動波形記憶部123と、配列遅延設定部124と、駆動信号出力部125と、配列記憶部126と、を有する。

【0039】

クロック発生回路121は、駆動信号の送信タイミングや送信周波数を決定するクロック信号を発生させる回路である。

【0040】

駆動波形生成部122は、所定の周期で駆動波形信号を発生させるための回路である。駆動波形生成部122は、後述の配列記憶部126に格納された波形配列情報に基づき、駆動波形記憶部123に格納された駆動波形情報を読み出して複数段階の電圧を切り替えて出力することにより、矩形の駆動波形信号を発生させることができる。複数段階の電圧とは、例えば+HV、0(GND)、-HVの3段階や、+HV、+MV、0(GND)、-MV、-HVの5段階等である。本明細書では、駆動波形生成部122として、3段階の電圧を出力できる駆動波形生成部(本明細書では、これを3値パルサーと称する)を採用した場合について説明する。このような3値パルサーは、例えば無段階で任意に電圧を変化させることができるパルサーと比較して安価であるため、超音波診断装置1の製造コストを抑えるためには好適である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

また、駆動波形生成部 1 2 2 は、制御部 1 8 の制御に基づいて、パルスインバージョン法のための第 1 駆動波形信号と第 2 駆動波形信号とを発生させる。

【 0 0 4 2 】

なお、本第 1 の実施の形態において、駆動波形生成部 1 2 2 が発生させる駆動波形信号は、正極性および負極性で同一である。すなわち、駆動波形生成部 1 2 2 が発生させる第 1 駆動波形信号と第 2 駆動波形信号とは、同一波形選択においては互いに正負反転した駆動波形信号となる。

【 0 0 4 3 】

駆動波形記憶部 1 2 3 には、予め設計された駆動波形の情報が複数記憶されている。駆動波形記憶部 1 2 3 は駆動波形生成部 1 2 2 の要求に応じた駆動波形情報を駆動波形生成部 1 2 2 に出力する。

10

【 0 0 4 4 】

配列遅延設定部 1 2 4 は、超音波探触子 2 0 が有する複数の振動子 2 1 のそれぞれに対して、配列記憶部の情報に基づいて駆動波形信号を割り当て、更に送信焦点深度に応じた遅延時間を設定する。これにより、複数の振動子 2 1 のそれぞれの駆動タイミングを制御することができる。

【 0 0 4 5 】

駆動信号出力部 1 2 5 は、配列遅延設定部 1 2 4 で生成された各振動子 2 1 に対する駆動制御信号に基づいて、超音波探触子 2 0 が有する複数の振動子 2 1 のそれぞれに対して、設定電圧に応じた駆動信号を出力する。

20

【 0 0 4 6 】

配列記憶部 1 2 6 には、駆動信号配列データが記憶されている。配列記憶部 1 2 6 は、例えば不揮発性メモリ等の記憶媒体である。

【 0 0 4 7 】

駆動信号配列データとは、超音波探触子 2 0 が有する複数の振動子 2 1 のうち、互いに隣接する所定数の振動子 2 1 に対して出力する駆動信号の波形の配列を示すデータである。図 4 は、駆動信号配列データの一例を示す図である。図 4 は、互いに隣接する 1 1 個の振動子 2 1 に対して出力する駆動信号の波形配列の例を示したものである。波形配列とは、ここでは、互いに隣接する振動子 2 1 へ出力する駆動信号の波形の選択情報（種類）を示す。

30

【 0 0 4 8 】

なお、図 4 では隣接する 1 1 個の振動子 2 1 に対する駆動信号の波形配列のみを示しているが、それ以外の振動子 2 1 に対しては、図 4 に示す駆動信号の波形配列を繰り返して使用する。複数の振動子 2 1 のそれぞれに対して出力する駆動信号の波形配列の詳細については後述する。

【 0 0 4 9 】

図 4 において、上段の「 1 」～「 1 1 」は隣接する振動子 2 1 のそれぞれを示す番号であり、下段の「 W 1 」、「 W 1 a 」、「 W 1 b 」はそれぞれ異なる波形の駆動信号を示している。駆動信号 W 1 a および W 1 b は、振動子 2 1 (c M U T) の非対称性を補償するための波形を有する駆動信号である。

40

【 0 0 5 0 】

[駆動信号配列データの生成方法]

次に、駆動信号配列データの生成方法について説明する。以下説明する駆動信号配列データの生成処理は、超音波診断装置 1 が実際に超音波診断に使用されるより前に行われる処理である。図 5 A ~ 図 5 F は、駆動信号配列データ生成の流れについて説明するための図である。なお、以下の駆動信号配列データの生成処理は、例えば超音波診断装置 1 の外部のコンピューター等が行ってもよいし、超音波診断装置本体 1 0 の構成の一部（制御部 1 8 等）を用いて行ってもよいが、人体に用いる超音波診断装置においては、その音響安全性を確保するため、設計段階で有限の組み合わせに限定することが好ましい。生成され

50

た駆動信号配列データは、超音波診断装置本体 10 に記憶され、超音波画像を生成する際の各振動子 21 の駆動条件として設定される。

【0051】

以下では、各駆動波形および駆動信号配列を生成する方法について具体的に説明する。まず、超音波探触子 20 を用いて、各振動子 21 が駆動信号の入力に対して出力する送信超音波の波形（送信音圧波形）を計測する。より詳細には、あらかじめ波形が決定された第 1 駆動信号と、この第 1 駆動信号を正負反転させた波形を有する仮の第 2 駆動信号とを実際に各振動子 21 に入力し、各振動子 21 から出力された送信音圧波形を測定する。この測定は、例えば水中に設置されたハイドロフォンに向けて送信超音波を送出し、ハイドロフォンからの電気信号を外部のオシロスコープ等で計測することにより可能となる。測定に用いるハイドロフォンやオシロスコープは、送出する超音波の周波数帯域に対して十分に広い帯域を有するものを用いて行うことが好ましい。

10

【0052】

図 5 A は、振動子 21 に入力された第 1 駆動信号の波形の例を示す図である。図 5 B は、振動子 21 に入力された第 2 駆動信号の波形の例を示す図である。図 5 C は、振動子 21 から出力された第 1 送信音圧波形および第 2 送信音圧波形の例を示す図である。上記したように、本第 1 の実施の形態では、振動子 21 として、入力に対する出力応答が非対称な特性を有する c M U T が用いられている。このため、図 5 C に示すように、正負対称な第 1 駆動信号と第 2 駆動信号の入力に対して、振動子 21 から出力される送信音圧波形は正負非対称となっている。図 5 A から図 5 C において、第 1 駆動信号の波形および第 1 送信音圧波形は実線で、第 2 駆動信号の波形および第 2 送信音圧波形は点線で、それぞれ示されている。なお、第 1 送信音圧波形とは、第 1 駆動信号の入力に基づいて振動子 21 が出力した送信超音波の波形であり、第 2 送信音圧波形とは、第 2 駆動信号の入力に基づいて振動子 21 が出力した送信超音波の波形である。

20

【0053】

以下の説明において、第 1 駆動信号の波形を W 1、第 2 駆動信号の波形を W 2 と記載する。簡単のため、第 1 駆動信号の波形 W 1 を、単に第 1 駆動信号 W 1 と記載することもある。第 2 駆動信号の波形 W 2 についても同様に、単に第 2 駆動信号 W 2 と記載することもある。

【0054】

第 1 送信音圧波形 T X 1 と第 2 送信音圧波形 T X 2 とが取得されると、次に第 1 送信音圧波形 T X 1 と第 2 送信音圧波形 T X 2 とが加算される。図 5 D は、第 1 送信音圧波形 T X 1 と第 2 送信音圧波形 T X 2 とが加算された結果である加算送信音圧波形 T X _ a d d の例を示す図である。図 5 D に示すように、振動子 21 の非対称性に起因して、第 1 送信音圧波形 T X 1 と第 2 送信音圧波形 T X 2 とを加算しても 0 とはならない。

30

【0055】

次に、上記加算送信音圧波形 T X _ a d d が正負反転され、振動子 21 の伝達関数 $G(s)$ の逆関数 $G^{-1}(s)$ を用いて、加算送信音圧波形 T X _ a d d を相殺（キャンセル）するための駆動信号の波形が生成される。なお、本明細書において、振動子 21 の伝達関数とは、駆動信号の入力波形を、振動子 21 が出力する送信音圧波形に変換するための関数を意味している。図 5 E は、振動子 21 の伝達関数 $G(s)$ の逆関数 $G^{-1}(s)$ を用いて算出された、加算波形を相殺（キャンセル）するための駆動信号の波形（相殺用駆動波形）の例を示す図である。

40

【0056】

次に、図 5 E に示す相殺用駆動波形を、3 値パルサーである駆動波形生成部 122 の取り得る 3 段階の電圧比にフィッティングした近似駆動波形 W 1 a が生成される。すなわち、相殺用駆動波形にできるだけ近くなるように、3 値パルサーの取り得る 3 段階の電圧値と同じ比となるように、その電圧値の持続時間を設定することで図 5 F に例示する近似駆動波形 W 1 a が生成される。つまり、W 1 や W 2 のように + H V と - H V の比が 1 : 1 であれば W 1 a をフィッティングする際には + H V (W 1 a) と - H V (W 1 a) が 1 : 1

50

の条件でフィッティングを行い、比が1:1でなければW1aのフィッティング時この比を維持した条件でフィッティングを行う。すなわち、W1とW1aでは+HVと-HVの比は同一とする。これにより、後述のW1とW1aの電圧値の違いを振動子21への波形割り当て比率で制御することが可能となる。相殺用駆動波形の生成を複数回繰り返し、W1a、W1b、W1c・・・と多段階で行う場合も同様にその比は維持することが必要となる。

【0057】

図5Fは、近似駆動波形W1aの例を示す図である。なお、本第1の実施の形態では駆動波形生成部122が3値パルサーであることから3つの電圧値へのフィッティングが行われているが、駆動波形生成部122が例えば5つの電圧値を取りうる5値パルサーであった場合、5つの電圧値へのフィッティングが行われてもよい。この場合、相殺用駆動波形生成においては+HV、+MV、-MV、-HVの比を維持することが必要となる。

10

【0058】

次に、第1駆動信号の波形W1と近似駆動波形W1aとの振幅の比($|HV(W1)| : |HV(W1a)|$)を算出する。この比に従って、超音波探触子20の全振動子21のうち、第1駆動信号W1が入力される振動子21と近似駆動波形W1aが入力される振動子21との割合が決定される。例えばW1とW1aとの振幅の比が3:1であった場合、全振動子21のうちの75%の振動子21に対して第1駆動信号W1が入力され、25%の振動子21に対して近似駆動波形W1aが入力される。振幅比が整数比ではない場合、各値が整数となるように近似してもよい。

20

【0059】

そして、上記決定された割合で、各振動子21に対して第1駆動信号W1または近似駆動波形W1aが入力され、各振動子21が送信した第1送信音圧波形TX1aが計測される。そして、第1送信音圧波形TX1aと第2送信音圧波形TX2とが加算されて加算送信音圧波形TX__addaが算出される。近似駆動波形W1aは、上記したように加算波形を相殺するための波形、換言すれば、振動子21の非対称性に起因する、第1送信音圧波形TX1と第2送信音圧波形TX2との非対称性を補償するための波形である。このため、加算送信音圧波形TX__addaは、近似駆動波形W1aが用いられない場合の加算送信音圧波形TX__addと比較して、より0に近い波形となっているはずである。

30

【0060】

ここで、加算送信音圧波形TX__addaの振幅値(例えば振幅平均)が所定の閾値未満であるか否かの判定が行われる。加算送信音圧波形TX__addaの振幅値が所定の閾値未満ではなかった場合、加算送信音圧波形TX__addaを相殺するための近似駆動波形W1bを算出する処理が新たに行われる。すなわち、加算送信音圧波形TX__addaを反転して駆動波形生成部122の取りうる3値へのフィッティングを行い、近似駆動波形W1bが新たに算出される。加算送信音圧波形の振幅値が所定の閾値未満となるまで、上記処理は繰り返し行われる。なお、閾値の設定はその送信周波数に期待される特性(解像度優先、ペネトレーション優先等)に応じて適宜設定される。

【0061】

このようにして、加算送信音圧波形を相殺するための近似駆動波形が少なくとも1つ生成される。以下では、近似駆動波形W1aと近似駆動波形W1bとが生成された時点で加算送信音圧波形が所定の閾値未満となった場合について説明する。なお、第1駆動信号W1と、近似駆動波形W1a、W1bとの振幅比は、 $W1 : W1a : W1b = 6 : 3 : 2$ であったとする。

40

【0062】

次に、互いに隣接する複数の振動子21のそれぞれに対して、以上のように生成した近似駆動波形W1a、W1bと、第1駆動信号の波形W1のいずれを出力するかが決定される。具体的には、 $W1 : W1a : W1b = 6 : 3 : 2$ である場合、隣接する11(=6+3+2)個の振動子21に対して、W1、W1a、W1bが出力される振動子の数が、それぞれ、6個、3個、2個となるように、且つW1、W1a、W1bのそれぞれが出力さ

50

れる各振動子が最も離散的に配置されるように、W 1、W 1 a、W 1 bの配列が決定される。このように決定された結果である、11個の振動子21のそれぞれに対して出力される駆動信号の配列の例が、図4に示されている。すなわち、図4は、近似駆動波形W 1 aおよびW 1 bを用いて、加算送信音圧波形を相殺するために生成された駆動信号配列データの例を示している。

【0063】

以上のようにして生成された近似駆動波形W 1 a、W 1 b・・・は、あらかじめ駆動波形記憶部123に記憶される。また、駆動信号配列データは、配列記憶部126にあらかじめ記憶される。

【0064】

[駆動信号出力部125による駆動信号の出力処理]

次に、上記のようにあらかじめ生成され、配列記憶部126に記憶されている駆動信号配列データを用いた、駆動信号出力部125による振動子21への駆動信号の出力処理について詳細に説明する。駆動信号出力部125は、まず第1駆動信号として、駆動信号配列データに基づく配列で各振動子21に対して駆動信号の出力を行う。

【0065】

図4に例示した駆動信号配列データでは、上記したように、互いに隣接した11個の振動子21に対して、駆動信号の波形W 1、W 1 a、W 1 bのそれぞれが最も離散的となるように配列されている。駆動信号出力部125は、このようにあらかじめ決定された配列を用いて、超音波探触子20が有する複数の振動子21のそれぞれに対して駆動信号を出力する。

【0066】

より具体的には、配列遅延設定部124は、複数の振動子21で構成される送信開口の中心から、左右対称に駆動信号配列データに示される配列を適用してこれに応じた駆動波形信号を選択し、更に送信焦点深度に応じた遅延時間を加えた駆動制御信号を駆動信号出力部に出力する。また、振動子21の数が配列に含まれる数(図4の例では11個)より多い場合、配列を繰り返して適用する。

【0067】

図6Aは、送信開口のチャンネル数(送信開口に含まれる振動子21の数)が44である場合の、駆動信号出力部125が出力する駆動信号の配列を示す図である。また、図6Bは、送信開口のチャンネル数(送信開口に含まれる振動子21の数)が30である場合の、駆動信号出力部125が出力する駆動信号の配列を示す図である。また、図6Cは、送信開口のチャンネル数(送信開口に含まれる振動子21の数)が14である場合の、駆動信号出力部125が出力する駆動信号の配列を示す図である。

【0068】

図6Aに示すように、配列遅延設定部124は、送信開口の中心から右側22チャンネルに対して、図4に示す配列を2セット分適用し、それぞれ駆動信号W 1、W 1 a、W 1 bのいずれかの出力を行う。送信開口の中心から左側に対しては、図4に示す配列を左右対称にして(送信開口の中心を軸として配列を左右反転して)、右側と同様に2セット分適用している。ただし、図4においては、1セットにおける配列自体が左右対称であるため、図6Aに示す例では、送信開口から右側と左側とが同じ配列になっている。

【0069】

図6Bに示すように送信開口の全チャンネル数が30チャンネルである場合、配列遅延設定部124は、送信開口の右側15チャンネルに対して、右側2セット(22チャンネル)分の配列を適用したもののうち、送信開口中心に近い15チャンネル分を抽出する。同様に、配列遅延設定部124は、送信開口の左側15チャンネルに対して、図4に示す配列を左右反転した2セット(22チャンネル)分の配列を適用したもののうち、送信開口中心に近い15チャンネル分を抽出する。

【0070】

さらに図6Cに示すように送信開口の全チャンネル数が14チャンネルである場合、配

10

20

30

40

50

列遅延設定部 1 2 4 は、送信開口の右側 7 チャンネルに対して、右側 1 セット (1 1 チャンネル) 分の配列を適用したもののうち、送信開口中心に近い 7 チャンネル分を抽出する。同様に、配列遅延設定部 1 2 4 は、送信開口の左側 7 チャンネルに対して、図 4 に示す配列を左右反転した 1 セット (1 1 チャンネル) 分の配列を適用したもののうち、送信開口中心に近い 7 チャンネル分を抽出する。

【 0 0 7 1 】

配列遅延設定部 1 2 4 は、各振動子 2 1 に対して、上記のように第 1 駆動信号の出力を行った後、時間をずらして第 2 駆動信号を出力する。本第 1 の実施の形態では、第 2 駆動信号に対しては、第 1 駆動信号のように振動子毎に異なる波形の出力を行わず、全振動子 2 1 に対して同じ波形の第 2 駆動信号を出力する。しかしながら本発明はこの態様に限定されず、第 1、第 2 の双方において複数の波形を配列して送信する方法をとってもよい。

10

【 0 0 7 2 】

このように、あらかじめ設定された駆動信号配列データを用いて、駆動信号出力部 1 2 5 は、互いに隣接した所定数の振動子 2 1 に対して所定の割合で異なる波形の駆動信号を出力する。これにより、第 1 駆動信号の入力に対して各振動子 2 1 が出力した第 1 送信音圧波形と、第 2 駆動信号の入力に対して各振動子 2 1 が出力した第 2 送信音圧波形とが、加算されたときにほぼ相殺される波形となる。このため、本第 1 の実施の形態にかかる超音波診断装置 1 では、受信超音波における基本波の減殺を好適に行うことができ、高調波成分を用いて明瞭な超音波画像を得ることができるようになる。

20

【 0 0 7 3 】

< 第 2 の実施の形態 >

以下では、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。

【 0 0 7 4 】

[各構成の概要]

図 7 は、第 2 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 a の機能構成を例示したブロック図である。

【 0 0 7 5 】

以下の説明において、第 2 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 a と、上記説明した、第 1 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 との相違点について主に説明し、同様の構成については説明を省略する。なお、図 7 および後出の図 8 において、第 1 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 と動作が異なる構成については、符号に「 a 」を付して記載する。

30

【 0 0 7 6 】

第 2 の実施の形態では、超音波診断装置 1 a が有する超音波探触子 2 0 a の振動子 2 1 a として、c M U T ではなく、例えば圧電素子等、正負対称な波形の駆動信号の入力に対して正負対称な送信音圧波形を出力する振動子が採用される。このため、第 2 の実施の形態に係る超音波診断装置 1 a では、振動子 2 1 a の非対称性を考慮する必要はない。

【 0 0 7 7 】

第 1 の実施の形態では、駆動波形生成部 1 2 2 の立ち上がり時と立ち下がり時のスルーレートがほぼ同じ、すなわち立ち上がりに要する時間 (以下、立ち上がり時間) と立ち下がりに要する時間 (以下、立ち下がり時間) が同じ (立ち上がり時間と立ち下がり時間の差がほぼ 0) であった。このため、第 1 の実施の形態において、第 1 駆動信号と第 2 駆動信号とは正負対称な波形の信号であった。

40

【 0 0 7 8 】

小型で安価な超音波診断装置を製造することを目的として、駆動信号としてのパルス信号を発生させるため、安価なパルス発生回路が採用されることがある。このような安価なパルス発生回路では、立ち上がり時と立ち下がり時のスルーレートが異なることがある。本第 2 の実施の形態では、駆動波形生成部 1 2 2 a が発生させるパルス信号 (駆動信号) の立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なる場合を考慮し、このような場合でもティッシュ・ハーモニック・イメージングにおける基本波成分の減殺を好適に行うことができる超音波診断装置 1 a を提供する。

50

【 0 0 7 9 】

本第2の実施の形態では、このように非対称性を有する駆動波形生成部122aが、第1駆動信号DS1と、第1駆動信号DS1を正負反転させた第2駆動信号DS2とを、時間をずらして出力する場合について考える。

【 0 0 8 0 】

図8Aは、駆動波形生成部122aに第1駆動信号を発生させるための第1パルス制御信号の波形を例示した図である。また、図8Bは、駆動波形生成部122aに第2駆動信号を発生させるための第2パルス制御信号の波形を例示した図である。第1パルス制御信号および第2パルス制御信号の詳細については後述する。また、図8Cは、第1パルス制御信号および第2パルス制御信号に基づき、駆動信号出力部125aが出力する第1駆動信号DS1と第2駆動信号DS2の実駆動波形の例を示す図である。図8Cに示す例では、立ち上がり、すなわち-HVから+HVまでにかかる時間(立ち上がり時間)が T_r 、立ち下がり、すなわち+HVから-HVまでにかかる時間(立ち下がり時間)が T_f であると、 $T_r : T_f = 2 : 3$ であるとする。

10

【 0 0 8 1 】

図8Dは、図8Cに示す第1駆動信号DS1と第2駆動信号DS2とを加算した加算駆動信号DS_{add}を示す図である。駆動信号出力部125aが発生させるパルス信号は立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なるため、図8Dに示すように、第1駆動信号DS1と第2駆動信号DS2とを加算しても、互いに相殺されず、差分が残ってしまう。このような第1駆動信号DS1および第2駆動信号DS2が振動子21aに対して出力されると、第1駆動信号DS1に基づいて振動子21aが出力する超音波の波形(第1送信音圧波形)と、第2駆動信号DS2に基づいて振動子21aが出力する超音波の波形(第2送信超音波)とが正負非対称となる。このため、パルスインバージョン法を用いたティッシュ・ハーモニック・イメージングにおいて、受信超音波の基本波成分を好適に相殺させることができないため高調波成分の抽出が不十分となり、画質のよい超音波画像を得ることが困難となってしまう。

20

【 0 0 8 2 】

以下では、立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なる駆動信号出力部125aを用いても、受信超音波の基本波成分を好適に相殺することができる駆動信号の生成処理について説明する。

30

【 0 0 8 3 】

図9は、第2の実施の形態における送信部12aの構成について例示した図である。図9に示すように、本第2実施の形態において、送信部12aは、駆動波形記憶部123および配列記憶部126を有しておらず、代わりに、パルス制御信号出力部127および波形記憶部128を有する点で第1の実施の形態における送信部12の構成と異なっている。

【 0 0 8 4 】

パルス制御信号出力部127は、所定の周期で駆動信号としてのパルス信号を発生させるためのパルス制御信号PSを出力する。この際、パルス制御信号出力部127は、あらかじめ波形記憶部128に記憶された波形データに基づいて、パルス制御信号PSを生成して出力する。波形記憶部128は、例えば不揮発性メモリ等の記憶媒体である。

40

【 0 0 8 5 】

図10は、パルス制御信号出力部127が出力するパルス制御信号を例示した図である。図10において、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12は、パルスインバージョン法のための第1駆動信号を出力させるための制御信号である。また、図10において、第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12は、パルスインバージョン法のための第2駆動信号を出力させるための制御信号である。以下の説明において、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12と第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12とをまとめてパルス制御信号PSと記載することがある。

【 0 0 8 6 】

50

図10に示すように、パルス制御信号出力部127が出力するパルス制御信号PSは、立ち下がり開始時間を4種類(Tfs1~Tfs4)、立ち上がり開始時間を6種類(Trs1~Trs6)有する。なお、立ち上がり開始時間とは、信号が立ち上がり始める時間を意味し、立ち下がり開始時間とは、信号が立ち下がり始める時間を意味するものとする。このような複数の波形は、駆動波形生成部122aの立ち上がり時間Trおよび立ち下がり時間Tfに基づいて、あらかじめ設計され、波形データとして波形記憶部128に記憶されている。

【0087】

図10に示すように、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12には、第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12の各信号と正負非対称である信号が含まれる。より詳細には、PS1-1とPS2-1およびPS2-7、PS1-2とPS2-2およびPS2-8、PS1-7とPS2-3およびPS2-9、並びにPS1-8とPS2-4およびPS2-10は、それぞれ対称の関係にある信号である。一方、PS1-3、PS1-4、PS1-5、PS1-6、PS1-9、PS1-10、PS1-11、およびPS1-12と正負対称の関係にある信号は第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12には含まれない。そして、PS2-5、PS2-6、PS2-11、PS2-12と正負対称の関係にある信号は第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12には含まれない。このように、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12は、第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12とどのように組み合わせても少なくとも一部は対称とならない、正負非対称な信号群であると言える。

10

20

【0088】

パルス制御信号出力部127は、それぞれ異なる12種類の第1パルス制御信号を出力する。また、パルス制御信号出力部127は、それぞれ異なる12種類の第2パルス制御信号を出力する。なお、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12および第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12の順番は図10に示す例に限定されず、互いに入れ替わってもよい。

【0089】

配列遅延設定部124aは、互いに異なる12種類の第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12に基づいて、互いに異なる12種類の第1駆動信号DS1を送信開口に応じて配列し、更に送信焦点深度に応じた遅延時間を加えた駆動信号を発生させる。また、配列遅延設定部124aは、互いに異なる12種類の第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12に基づいて、互いに異なる12種類の第2駆動信号DS2を送信開口に応じて配列し、更に送信焦点深度に応じた遅延時間を加えた駆動信号を発生させる。

30

【0090】

図11は、駆動信号出力部125aが出力する駆動信号から遅延時間を除いて例示した図である。図11において、第1駆動信号DS1-1~DS1-12は、それぞれ、第1パルス制御信号PS1-1~PS1-12に基づいて駆動信号出力部125aが発生させた駆動信号である。また、第2駆動信号DS2-1~DS2-12は、それぞれ、第2パルス制御信号PS2-1~PS2-12に基づいて駆動信号出力部125aが発生させた駆動信号である。図11に示すように、駆動信号出力部125aが出力する駆動信号DSは、パルス制御信号PSと同様に、立ち下がり開始時間を4種類(Tfs1~Tfs4)、立ち上がり開始時間を6種類(Trs1~Trs6)有する。

40

【0091】

また、図11に示すように、パルス制御信号PSに基づいて駆動信号出力部125aが発生させた第1駆動信号DS1および第2駆動信号DS2は、立ち上がり時間と立ち下がり時間が異なる信号である。なお、図11に示す例では、図8Aと同様に、立ち上がり時間と立ち下がり時間の比が2:3である。

【0092】

このように駆動信号出力部125aが発生させた第1駆動信号DS1および第2駆動信号DS2は、各振動子21aに出力される。超音波診断装置1は、第1駆動信号DS1に

50

基づいて各振動子 2 1 a が出力した第 1 送信超音波に対する被検体からの反射超音波と、第 2 駆動信号 D S 2 に基づいて各振動子 2 1 a が出力した第 2 送信超音波に対する被検体からの反射超音波と、に基づいて、基本波成分を相殺させ、高調波成分のみを抽出するティッシュ・ハーモニック・イメージングにより超音波診断画像を生成する。

【 0 0 9 3 】

この際、基本波成分を好適に減殺させるためには、上記したように第 1 駆動信号 D S 1 と第 2 駆動信号 D S 2 との正負対称性が重要である。以下では、図 1 1 に示す第 1 駆動信号 D S 1 - 1 ~ D S 1 - 1 2 と、第 2 駆動信号 D S 2 - 1 ~ D S 2 - 1 2 との正負対称性について説明する。

【 0 0 9 4 】

図 1 2 A は、図 1 1 に示す第 1 駆動信号 D S 1 - 1 ~ D S 1 - 1 2 を時間的に重ねて示した図である。また、図 1 2 B は、図 1 1 に示す第 2 駆動信号 D S 2 - 1 ~ D S 2 - 1 2 を時間的に重ねて示した図である。

【 0 0 9 5 】

上記したように、また図 1 2 A および図 1 2 B に示すように、駆動波形生成部 1 2 2 a が発生させる駆動信号 D S は、立ち下がり開始時間を 4 種類 (T f s 1 ~ T f s 4)、立ち上がり開始時間を 6 種類 (T r s 1 ~ T r s 6) 備える。これらの駆動信号 D S を平均したものを図 1 2 C に示す。

【 0 0 9 6 】

図 1 2 C は、第 1 駆動信号 D S 1 - 1 ~ D S 1 - 1 2 の平均 (第 1 駆動信号平均) D S 1 __ a v e、および第 2 駆動信号 D S 2 - 1 ~ D S 2 - 1 2 の平均 (第 2 駆動信号平均) D S 2 __ a v e を示す図である。図 1 2 C において、第 1 駆動信号平均 D S 1 __ a v e は実線で、第 2 駆動信号平均 D S 2 __ a v e は点線で、それぞれ示されている。

【 0 0 9 7 】

図 1 2 C に示すように、第 1 駆動信号平均 D S 1 __ a v e と、第 2 駆動信号平均 D S 2 __ a v e とは、互いに正負対称な波形を有する。従って、図 1 1 に示すような第 1 駆動信号 D S 1 - 1 ~ D S 1 - 1 2 および第 2 駆動信号 D S 2 - 1 ~ D S 2 - 1 2 が振動子 2 1 a に出力されることで、反射超音波における基本波成分が好適に相殺され、除去されうる。従って、パルス制御信号出力部 1 2 7 が図 1 0 に示すようなパルス制御信号を駆動波形生成部 1 2 2 a に出力することで、超音波診断装置 1 は、ティッシュ・ハーモニック・イメージングによる高画質な超音波診断画像を得ることができる。

【 0 0 9 8 】

[波形データの生成方法]

以下、波形記憶部 1 2 8 が記憶する波形データの生成方法について説明する。波形データに含まれる複数の波形は、駆動波形生成部 1 2 2 a の立ち上がり時間 T r と立ち下がり時間 T f とが異なることに起因する、第 1 駆動信号と第 2 駆動信号との正負非対称性を補償できるような波形に設計される。

【 0 0 9 9 】

このような波形は、例えば以下のような方法で設計される。以下説明する波形データの設計処理は、例えば超音波診断装置 1 の外部のコンピューター等が行ってもよいし、超音波診断装置本体 1 0 の構成の一部 (制御部 1 8 等) が行ってもよい。

【 0 1 0 0 】

まず、立ち上がり時間および立ち下がり時間が同じ (T r + T f)、かつ正負対称の 2 つの波形を生成する。次に、生成した 2 つの波形のうちの 1 つに基づいて、平均がその波形となり、かつ、2 n 種類の立ち下がり開始時間 T f s を有する 2 n m 個の第 1 波形群を生成するとともに、生成した 2 つの波形のうちの他の 1 つに基づいて、平均がその波形となり、かつ、2 m 種類の立ち上がり開始時間 T r s を有する 2 n m 個の第 2 波形群を生成する。なお、n および m は正の整数であり、立ち上がり時間 T r と立ち下がり時間 T f との比 n : m に基づく数である。

【 0 1 0 1 】

10

20

30

40

50

上記説明した例では、立ち上がり時間 T_r と立ち下がり時間 T_f との比が2:3であったため、図10に示すように、4種類の立ち下がり開始時間 T_{fs} を有する12個の第1駆動信号 $DS1-1 \sim DS1-12$ および6種類の立ち上がり開始時間 T_{rs} を有する12個の第2駆動信号 $DS2-1 \sim DS2-12$ が生成されていた。

【0102】

このような方法により、駆動信号出力部125aの立ち上がり時間 T_r と立ち下がり時間 T_f とが異なることに起因する、第1駆動信号と第2駆動信号との正負非対称性を補償する波形を設計することができる。

【0103】

<作用・効果>

以上説明したように、本発明に係る超音波診断装置1(1a)は、それぞれ波形が異なる複数の送信超音波を、時間をずらして超音波探触子20(20a)の振動子21(21a)に送信させるための複数の駆動信号であって、振動子21(21a)から送信される複数の送信超音波の送信音圧波形の非対称性を補償した駆動信号を生成し、振動子21(21a)に対して出力する送信部12(12a)と、送信超音波が被検体内で反射した反射超音波に基づく受信信号を超音波探触子20(20a)から取得し、複数の送信超音波に対応する複数の受信信号に基づいて高調波成分を抽出し、抽出した高調波成分に基づいて超音波画像を生成する画像生成部14と、を有する。

【0104】

このような構成により、入力信号に対する出力応答に非対称性を有する構成を備えた超音波診断装置1においても、受信信号における基本波成分を好適に減殺し、高調波成分による鮮明な超音波診断画像を生成することができる。

【0105】

また、本発明の第1の実施の形態に係る超音波診断装置1は、超音波探触子20が有する複数の振動子21のうち、互いに隣接する所定数の振動子21のそれぞれに対して、送信音圧波形の非対称性を補償する少なくとも1つの相殺用駆動信号と複数の駆動信号のうちの1つの第1駆動信号のいずれを出力するかがあらかじめ設定された駆動信号配列データに基づいて、所定数の振動子21のそれぞれに対して第1駆動信号と差分相殺用駆動信号のいずれかを出力する送信部12を有する。

【0106】

このような構成により、例えば振動子21として、互いに対称な複数の駆動信号の入力に基づいて、非対称な送信音圧波形を有する複数の送信超音波を出力する、例えばcMUT素子を用いた場合でも、受信信号における基本波成分を好適に減殺し、高調波成分による鮮明な超音波診断画像を生成することができる。

【0107】

さらに、本発明の第2の実施の形態に係る超音波診断装置1aにおいて、送信部12aは、駆動信号として、立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なるパルス信号を出力する駆動信号出力部125aと、複数の異なる立ち上がり開始時間と、複数の異なる立ち下がり開始時間と、の組み合わせにより構成される複数の異なる駆動信号をそれぞれ含む複数の駆動信号群を駆動信号出力部125aに生成させるパルス制御信号を生成して駆動波形生成部122aに出力するパルス制御信号出力部127と、を有し、複数の駆動信号群のそれぞれに含まれる駆動信号の平均は、全ての駆動信号群分加算すると0になる。

【0108】

このような構成により、立ち上がり時間と立ち下がり時間とが異なるパルス信号を出力する駆動波形生成部122aを採用した場合でも、受信信号における基本波成分を好適に減殺し、高調波成分による鮮明な超音波診断画像を生成することができる。

【0109】

以上、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲内において、各種の変更例または修正例に想到しうることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属する

10

20

30

40

50

ものと了解される。また、発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上記実施形態における各構成要素は任意に組み合わせられてもよい。

【0110】

上記各実施の形態では、ティッシュ・ハーモニック・イメージングを実現するため、パルスインバージョン法を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、互いの異なる波形の送信超音波を、時間をずらして送信し、これらの反射超音波に基づく受信信号から基本波成分を減殺して高調波成分を好適に抽出することができる手法であれば、パルスインバージョン法には限定されない。具体的には、例えば位相を120°ずらした3回の送信超音波に対する受信信号に基づいて、これらを合成し、3次高調波成分の抽出を行う方法等に適用してもよい。

10

【0111】

上記第1の実施の形態では、駆動信号配列データをあらかじめ生成して配列記憶部126に記憶しておき、これを用いて隣接する所定数の振動子に出力する駆動信号を決定していた。しかしながら、本発明はこれに限定されず、駆動信号配列データの生成処理を、超音波診断画像の生成処理と平行してリアルタイムで行うようにしてもよい。

【0112】

また、上記第2の実施の形態では、波形データをあらかじめ生成して波形記憶部128に記憶しておき、これを用いて駆動波形生成部122aに出力するパルス制御信号を決定していた。しかしながら、本発明はこれに限定されず、波形データの生成処理を、超音波診断画像の生成処理と平行してリアルタイムで行うようにしてもよい。

20

【産業上の利用可能性】

【0113】

本発明は、入力信号に対する出力応答に非対称性を有する構成を備えた超音波診断装置に好適である。

【符号の説明】

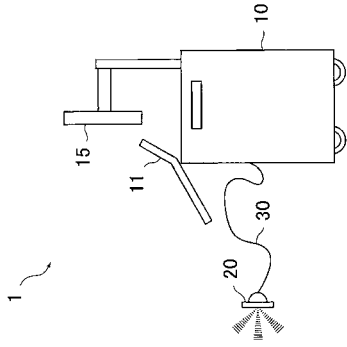
【0114】

- 1, 1a 超音波診断装置
- 10 超音波診断装置本体
- 11 操作入力部
- 12, 12a 送信部
- 121 クロック発生回路
- 122, 122a 駆動波形生成部
- 123 駆動波形記憶部
- 124, 124a 配列遅延設定部
- 125, 125a 駆動信号出力部
- 126 配列記憶部
- 127 パルス制御信号出力部
- 128 波形記憶部
- 13 受信部
- 14 画像生成部
- 141 高調波成分抽出部
- 15 画像処理部
- 151 画像メモリ部
- 16 DSC
- 17 表示部
- 18 制御部
- 20, 20a 超音波探触子
- 21, 21a 振動子
- 30 ケーブル

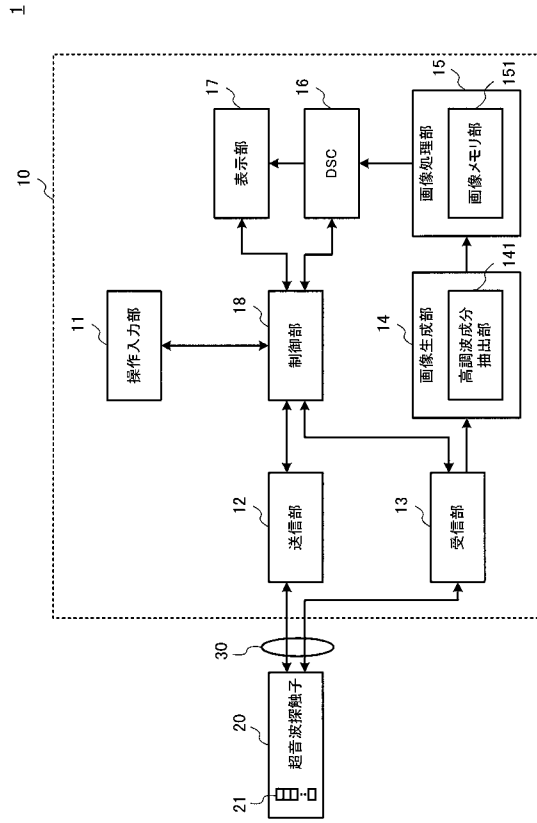
30

40

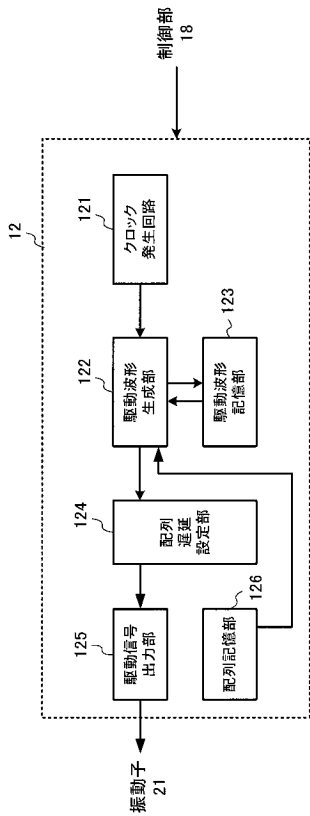
【図 1】



【図 2】



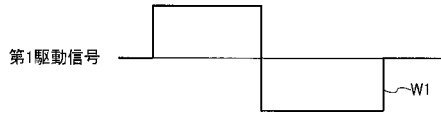
【図 3】



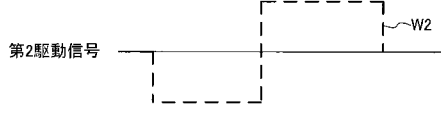
【図 4】

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
W1	W1a	W1	W1b	W1	W1a	W1	W1b	W1	W1a	W1

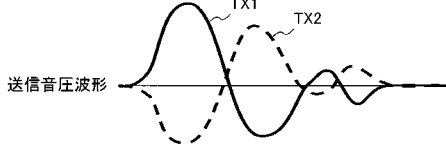
【図 5 A】



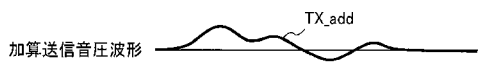
【図 5 B】



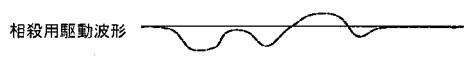
【図 5 C】



【図 5 D】



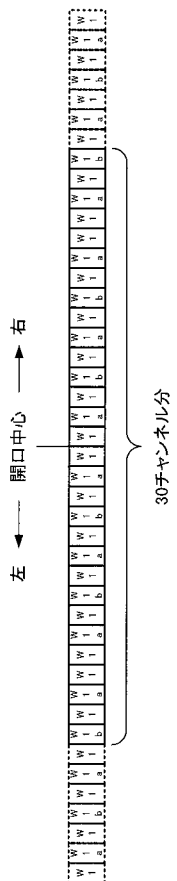
【図 5 E】



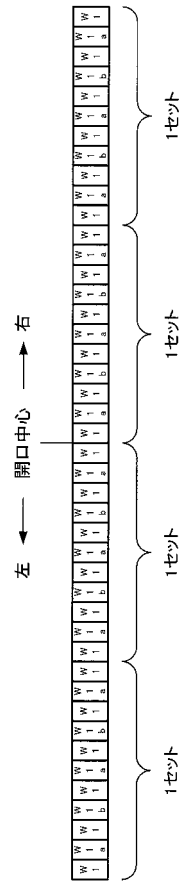
【図 5 F】



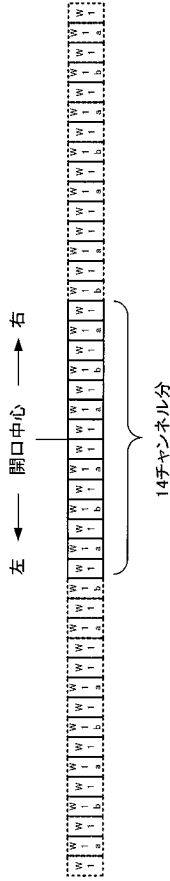
【図 6 B】



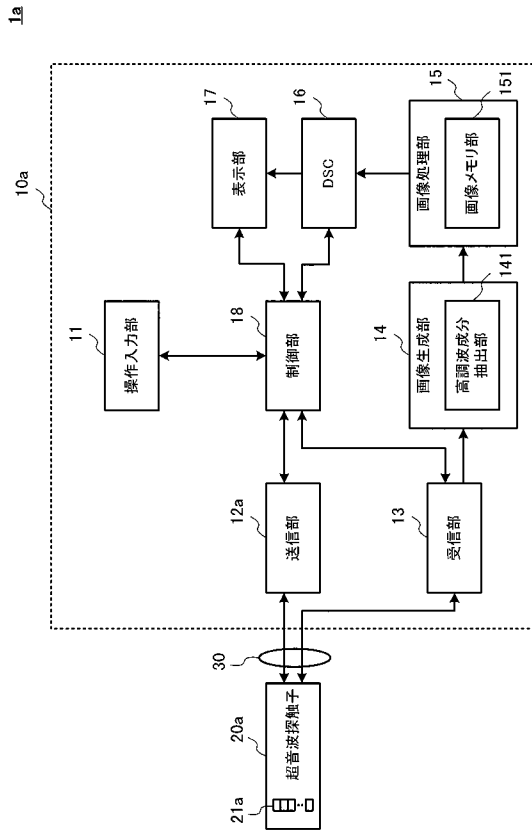
【図 6 A】



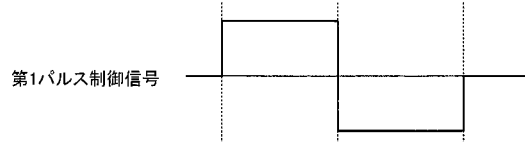
【図 6 C】



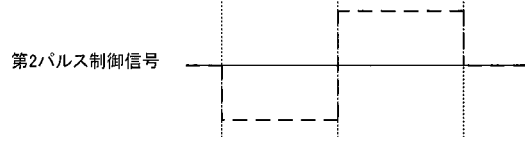
【図7】



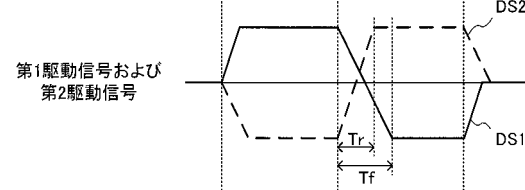
【図8A】



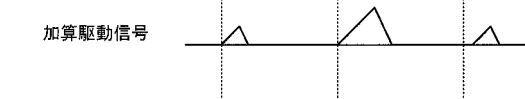
【図8B】



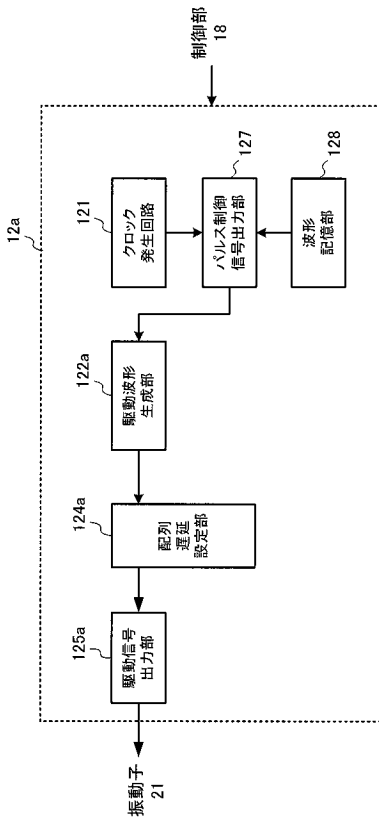
【図8C】



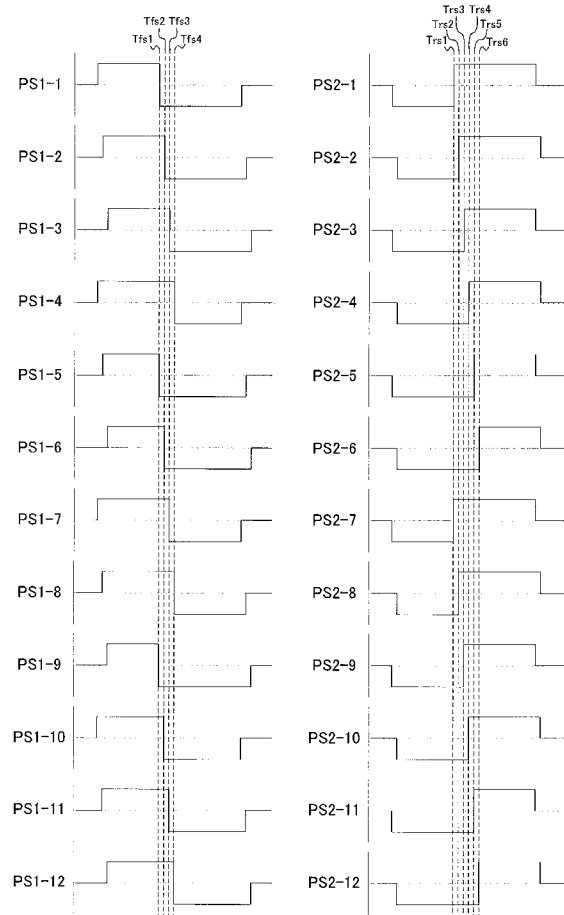
【図8D】



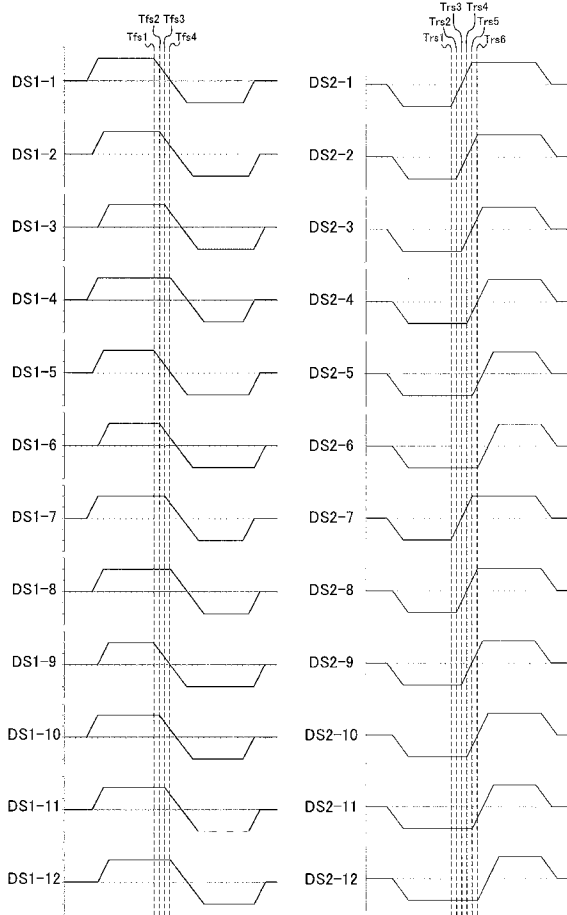
【図9】



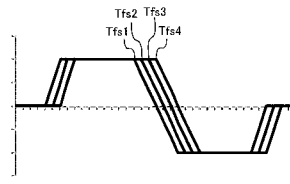
【図10】



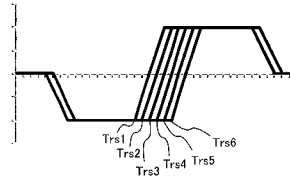
【 図 1 1 】



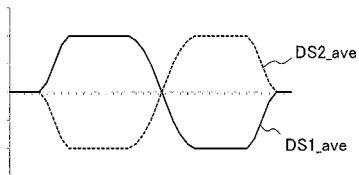
【 図 1 2 A 】



【 図 1 2 B 】



【 図 1 2 C 】



专利名称(译)	超声波诊断装置及超声波图像生成方法		
公开(公告)号	JP2020081322A	公开(公告)日	2020-06-04
申请号	JP2018219264	申请日	2018-11-22
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	谷口哲哉		
发明人	谷口 哲哉		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4488 A61B8/5207 A61B8/5269 A61B8/54 B06B1/0215 B06B1/0292 B06B2201/76 G01S7/52077 A61B8/14		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DE09 4C601/EE04 4C601/EE14 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/HH01 4C601/HH04 4C601/HH24 4C601/JB05 4C601/JB31		
代理人(译)	木曾隆		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波诊断装置和超声波图像生成方法，该超声波诊断装置和超声波图像生成方法能够在不提供具有高的正/负驱动对称性的变速器驱动装置的情况下获得清晰的超声波图像。 解决方案：根据本发明的超声诊断设备1 (1a)，具有不同波形的多个发射超声波在不同的时间传输到超声探头20 (20a) 的换能器21 (21a)。 多个要发送的驱动信号，通过补偿从振子21 (21a)，振子21 (21a) 发送的多个发送超声波的发送声压波形的不对称来生成驱动信号。 对于输出到的发送单元12 (12a)，从超声波探头20 (20a) 获取基于被检体内的被发送的超声波反射的反射超声波的接收信号，从而获得多个发送的超声波。 图像生成单元 (14)，其基于多个相应的接收信号来提取谐波分量，并且基于所提取的谐波分量来生成超声图像。 [选择图]图3

