

(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2004-41324

(P2004-41324A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 8/08

F I

A61B 8/08

テーマコード (参考)

4C301

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-200378 (P2002-200378)
(22) 出願日 平成14年7月9日(2002.7.9)(71) 出願人 390029791
アロカ株式会社
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(74) 代理人 100075258
弁理士 吉田 研二
(74) 代理人 100096976
弁理士 石田 純
(72) 発明者 望月 剛
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
カ株式会社内
Fターム(参考) 4C301 DD17 EE11 EE20 HH60 JB26
4C601 DD18 DD23 EE09 EE30 HH40
JB34 JB35 JB39

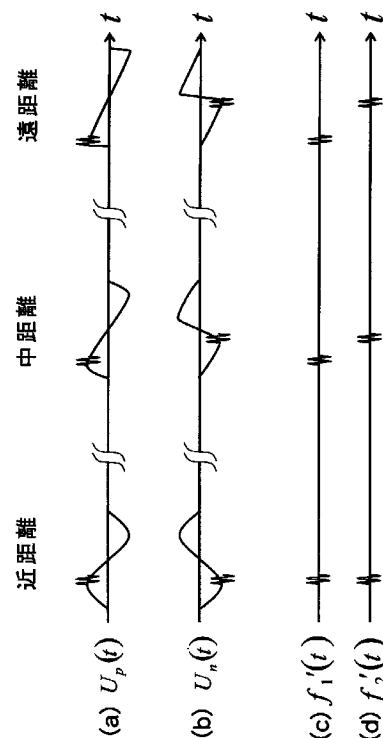
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波診断において、生体組織の非線形特性を高精度に計測する。

【解決手段】(a)に示す第1合成波は搬送波の正振幅部分に重畳波を合成してなるものである。(b)に示す第2合成波は搬送波の負振幅部分に重畳波を合成してなるものである。それぞれの合成波を生体に放射すると、伝搬距離に従って搬送波の波形が歪む。その歪み量を重畳波の時間軸上の位置の違いをもって計測する。その場合においては例えば位相差検出が実行される。重畳波がマーカとして利用できるので、搬送波の歪みを高精度に検出することが可能となる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低周波数をもった搬送波に高周波数をもった重畳波を合成してなる合成波を生体へ送波し、生体からの反射波を受波し、これにより受信信号を出力する送受波手段と、前記受信信号から前記重畳波に相当する重畳信号成分を抽出する成分抽出手段と、前記重畳信号成分を解析する解析手段と、を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記解析手段は、

前記重畳信号成分の変化に基づいて、前記搬送波に生じた波形歪みの度合いを表す第 1 情報を求める第 1 情報演算手段と、

前記第 1 情報に基づいて、前記生体組織の性状に関する第 2 情報を求める第 2 情報演算手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、

前記第 1 情報演算手段は、前記重畳信号成分の時間軸上での位置変化に基づいて、前記第 1 情報を求めることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 2 記載の装置において、

前記第 2 情報演算手段は、超音波ビーム上における各深さごとに前記第 2 情報を求めることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の装置において、

前記搬送波の振幅の方が前記重畳波の振幅よりも大きいことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載の装置において、

前記搬送波の正振幅部分又は負振幅部分の極大付近に前記重畳波が合成されたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

低周波数をもった搬送波における正振幅部分に高周波数をもった重畳波を合成してなる第 1 合成波を生体へ送波し、生体からの第 1 反射波を受波し、これにより第 1 受信信号を出力し、且つ、前記搬送波における負振幅部分に前記重畳波を合成してなる第 2 合成波を生体へ送波し、生体からの第 2 反射波を受波し、これにより第 2 受信信号を出力する送受波手段と、

前記第 1 受信信号から前記重畳波に相当する第 1 重畳信号成分を抽出し、前記第 2 受信信号から前記重畳波に相当する第 2 重畳信号成分を抽出する成分抽出手段と、

前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号成分とに基づいて解析を実行する解析手段と、を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の装置において、

前記第 1 合成波の送波と前記第 2 合成波の送波とを時分割で交互に行わせる制御手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 9】

請求項 7 記載の装置において、

前記第 1 合成波に含まれる搬送波と前記第 2 合成波に含まれる搬送波は、位相反転関係にあることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

請求項 7 記載の装置において、
前記搬送波の波形と前記重畳波の波形とを個別的に制御する制御手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 1】

請求項 7 記載の装置において、
前記解析手段は、
前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号の時間軸上の位置の相違に基づいて、前記搬送波に生じた波形歪みの度合いを表す第 1 情報を求める第 1 情報演算手段と、
前記第 1 情報に基づいて、前記生体組織の性状に関する第 2 情報を求める第 2 情報演算手段と、
を含むことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の装置において、
前記第 1 情報演算手段は、前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号成分との間で位相差を求めることにより前記第 1 情報を演算する位相差演算手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 記載の装置において、
前記第 1 情報演算手段は、前記第 1 重畳信号成分の検波後の波形と前記第 2 重畳信号成分の検波後の波形とを比較することにより前記第 1 情報を演算する波形比較手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 1 4】

請求項 1 1 記載の装置において、
前記第 2 情報演算手段は、前記第 1 情報を超音波ビーム上の深さ方向に沿って微分演算することにより前記第 2 情報を演算する微分演算手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 5】

請求項 7 記載の装置において、
前記送受波手段は、前記搬送波と前記重畳波とを音響的に合成することを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 1 6】

請求項 7 記載の装置において、
前記送受波手段は、前記搬送波に対応した周波数帯域をもった第 1 超音波振動子と、前記重畳波に対応した周波数帯域をもった第 2 超音波振動子と、を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載の装置において、
前記第 1 超音波振動子と前記第 2 超音波振動子は積層関係にあることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 8】

40

請求項 1 6 記載の装置において、
前記第 1 超音波振動子及び前記第 2 超音波振動子は、一方が他方へ対向した配置関係を有することを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は超音波診断装置に関し、特に生体組織の非線形特性に関する計測を行う装置に関する。

【0002】

【従来の技術及びその課題】

50

生体組織は非線形特性を有することが知られている。生体組織中を超音波が伝搬すると、その非線形特性により、超音波の波形が歪む。生体組織からの反射波には、その歪み成分が含まれており、その歪み成分は、例えば、反射波中の第二高調波を抽出することによって観測することができる。ハーモニクイメーシング法は、その第二高調波を断層画像として画像化する技術である。

【 0 0 0 3 】

しかし、一般のハーモニクイメーシング法では、反射波中の第二高調波の振幅が輝度に対応付けられて断層画像が構成されるために、画像の輝度は反射波の大小にも依存し、生体組織の性状（非線形特性）それ自体を表示するものではない。また、満足のいく感度を必ずしも得られないという問題がある。

10

【 0 0 0 4 】

なお、生体組織に対して外力を加えた時の反射波と加えない時の反射波とを比較し、これにより生体組織の変位を検出する技術も知られている。その変位の画像化により、例えば、生体組織の弾性特性を表示することができる。しかし、そのためには外力を発生するための大掛かりな機構が必要となる。

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、生体組織の性状を精度良く計測できるようにすることにある。

【 0 0 0 6 】

本発明の他の目的は、生体組織の非線形特性に基づく新しい計測方式を提供することにある。

20

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明は、低周波数をもった搬送波に高周波数をもった重畳波を合成してなる合成波を生体へ送波し、生体からの反射波を受波し、これにより受信信号を出力する送受波手段と、前記受信信号から前記重畳波に相当する重畳信号成分を抽出する成分抽出手段と、前記重畳信号成分を解析する解析手段と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

上記構成によれば、合成波（送信超音波）が生体へ送波されると、その合成波は、生体組織の非線形特性による影響を受けて、その波形が歪む。望ましい条件の下では、特に、低周波数を有する搬送波の歪みが顕著となる。この歪みの影響を受けて、搬送波に重畳された重畳波が変位する。その変位は生体組織の非線形特性に依存したものとなるので、その変位を計測すれば、結果として、生体組織の非線形特性を評価することができる。つまり、重畳波は搬送波の歪みを観測するためのマーカーとして機能する。

30

【 0 0 0 9 】

合成波（特に搬送波）に歪みが生じる場合、その正振幅部分の歪みと負振幅部分の歪みは互いに逆向きとなる。そこで、搬送波の正振幅部分に重畳波を重ねた第1合成波と、搬送波の負振幅部分に重畳波を重ねた第2合成波と、を用いて、両者に生じる歪みを相対的に比較するようにしてもよい。但し、第1合成波及び第2合成波のいずれにも歪みが生じているため、それらの一方を利用して、生体組織の非線形特性を観測することも可能である。

40

【 0 0 1 0 】

上記解析手段の解析結果は、数値表示されるようにしてもよいし、断層画像として画像化されてもよい。なお、本発明は生体に対する三次元計測を行う場合にも適用できる。

【 0 0 1 1 】

望ましくは、前記解析手段は、前記重畳信号成分の変化に基づいて、前記搬送波に生じた波形歪みの度合いを表す第1情報を求める第1情報演算手段と、前記第1情報に基づいて、前記生体組織の性状に関する第2情報を求める第2情報演算手段と、を含む。生体組織の性状に関する情報は、非線形特性自体であってもよいし、組織の弾性特性を表す情報などであってもよい。

【 0 0 1 2 】

50

望ましくは、前記第 1 情報演算手段は、前記重畳信号成分の時間軸上での位置変化に基づいて、前記第 1 情報を求める。望ましくは、前記第 2 情報演算手段は、超音波ビーム上における各深さごとに前記第 2 情報を求める。望ましくは、前記搬送波の振幅の方が前記重畳波の振幅よりも大きい。望ましくは、前記搬送波の正振幅部分又は負振幅部分の極大付近に前記重畳波が合成される。

【0013】

(2) 本発明は、低周波数をもった搬送波における正振幅部分に高周波数をもった重畳波を合成してなる第 1 合成波を生体へ送波し、生体からの第 1 反射波を受波し、これにより第 1 受信信号を出力し、且つ、前記搬送波における負振幅部分に前記重畳波を合成してなる第 2 合成波を生体へ送波し、生体からの第 2 反射波を受波し、これにより第 2 受信信号を出力する送受波手段と、前記第 1 受信信号から前記重畳波に相当する第 1 重畳信号成分を抽出し、前記第 2 受信信号から前記重畳波に相当する第 2 重畳信号成分を抽出する成分抽出手段と、前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号成分とに基づいて解析を実行する解析手段と、を含むことを特徴とする。

10

【0014】

上記構成によれば、正振幅部分の歪みの向きと負振幅部分の歪みの向きとが互いに異なることを利用して、搬送波に生じる歪みを高精度に計測できる。

【0015】

望ましくは、前記第 1 合成波の送波と前記第 2 合成波の送波とを時分割で交互に行わせる制御手段を含む。例えば、複数回の第 1 合成波の送波と複数回の第 2 合成波の送波とを交互に行ってもよいし、1 回の第 1 合成波の送波と 1 回の第 2 合成波の送波とを交互に行ってもよい。その送波シーケンスについては計測の条件、目的等に応じて適宜設定することが可能である。

20

【0016】

望ましくは、前記第 1 搬送波に含まれる搬送波と前記第 2 搬送波に含まれる搬送波は、位相反転関係にある。2 つの受信信号の相互比較を行う場合には同期をとる必要があり、上記構成によれば、送信トリガからの重畳波が重畳された位置を揃えることができる。それぞれ重畳される搬送波の位相は同一であるのが望ましい。

【0017】

望ましくは、前記搬送波の波形と前記重畳波の波形とを個別的に制御する制御手段を含む。この波形の制御には振幅制御、周波数制御、波形形状制御が含まれる。

30

【0018】

望ましくは、前記解析手段は、前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号の時間軸上の位置の相違に基づいて、前記搬送波に生じた波形歪みの度合いを表す第 1 情報を求める第 1 情報演算手段と、前記第 1 情報に基づいて、前記生体組織の性状に関する第 2 情報を求める第 2 情報演算手段と、を含む。

【0019】

望ましくは、前記第 1 情報演算手段は、前記第 1 重畳信号成分と前記第 2 重畳信号成分との間で位相差を求めることにより前記第 1 情報を演算する位相差演算手段を含む。位相差を利用すれば高精度の歪み観測を行える。

40

【0020】

望ましくは、前記第 1 情報演算手段は、前記第 1 重畳信号成分の検波後の波形と前記第 2 重畳信号成分の検波後の波形とを比較することにより前記第 1 情報を演算する波形比較手段を含む。検波後の波形比較によれば、位相差を利用する場合に問題となる折り返しに対処できる。検波の概念には、例えば、エンベロープ検出やパワー演算が含まれる。

【0021】

望ましくは、前記第 2 情報演算手段は、前記第 1 情報を超音波ビーム上の深さ方向に沿って微分演算することにより前記第 2 情報を演算する微分演算手段を含む。反射波に含まれる歪みは、超音波（特にパワーの大きい送信超音波）の経路の全体からの影響によるものであり、非線形特性による影響が積算されたものに相当する。そこで、微分演算を行えば

50

、各深さごとの非線形特性を求めることができる。

【0022】

望ましくは、前記送受波手段は、前記搬送波と前記重畳波とを音響的に合成する。音響的合成によれば、広帯域の超音波振動子を用いる必要がなくなる。なお、搬送波と重畳波とを電氣的に合成して合成信号（送信信号）を生成し（あるいはそのような合成信号を発生させ）、その合成信号を広帯域の超音波振動子へ供給するようにしてもよい。

【0023】

望ましくは、前記送受波手段は、前記搬送波に対応した周波数帯域をもった第1超音波振動子と、前記重畳波に対応した周波数帯域をもった第2超音波振動子と、を含む。望ましくは、前記第1超音波振動子と前記第2超音波振動子は積層関係にある。望ましくは、前記第1超音波振動子及び前記第2超音波振動子は、一方が他方へ対向した配置関係を有する。

10

【0024】

【発明の実施の形態】

まず、実施形態の原理について、図1～図3に示される各波形の概念図を参照しながら、数式を用いて説明する。

【0025】

図1の(a)には、高周波数をもった超音波パルス波（重畳波） $f_1(t)$ の波形が示されている。この重畳波 $f_1(t)$ は、以下の(1)式によって表される。

【0026】

【数1】

$$f_1(t) = A_1(t) \cos \omega_1 t \quad (1)$$

また、図1の(b)には、低周波数をもった超音波パルス波（搬送波） $f_2(t)$ の波形が示されている。この搬送波 $f_2(t)$ は、以下の(2)式によって表される。

【0027】

【数2】

$$f_2(t) = A_2(t) \cos \omega_2 t \quad (2)$$

ただし、 $\omega_2 < \omega_1$

30

生体内には、搬送波と重畳波と合成した合成波 $U(t)$ が送波される。図1の(c)には、合成波 $U(t)$ の波形が示されている。この合成波 $U(t)$ は、以下の(3)式によって表される。

【0028】

【数3】

$$U(t) = A_1(t) \cos \omega_1 t + A_2(t) \cos \omega_2(t) \quad (3)$$

40

合成波 $U(t)$ において、搬送波 $f_2(t)$ は大きな振幅を有し、伝搬媒質（生体組織）の非線形特性の影響を十分に受ける。一方、重畳波 $f_1(t)$ は小さな振幅を有し、伝搬媒質の非線形特性の影響をあまり受けない。

【0029】

ここで、合成波 $U(t)$ の生体組織中の伝搬に伴って、搬送波 $f_2(t)$ における正振幅部分は、音速が大きくなり、負振幅部分は、音速が小さくなる。つまり、波形が歪む。その際、重畳波 $f_1(t)$ は、搬送波 $f_2(t)$ の波形の歪みの影響を受け、その重畳波 $f_1(t)$ についても、上記同様に、その伝搬速度が変化する。

【0030】

50

線形領域での音の伝搬速度を c とすると、上記の負振幅部分については、その音速が c よりも v_n だけ小さくなり、 $c_n = c - v_n$ となる。一方、上記の正振幅部分については、その音速が c よりも v_p だけ速くなり、 $c_p = c + v_p$ となる。

【0031】

図2の(a)には、第1合成波 $U_p(t)$ の波形が示され、図2の(b)には、第2合成波 $U_n(t)$ の波形が示されている。第1合成波 $U_p(t)$ は、搬送波の正振幅部分の(山の)頂点に重畳波が合成されてなる波形である。第2合成波 $U_n(t)$ は、搬送波の負振幅部分の(谷の)頂点に重畳波が合成されてなる波形である。

【0032】

まず、第1合成波 $U_p(t)$ について見ると、それが非線形媒体中を進行するのに伴って、搬送波の波形が正弦波から三角波に近づくように歪む(N字形に近づく)。この際、重畳波の位置も、搬送波の歪みの影響を受けて、搬送波の歪み方向へ移動する。つまり、重畳波の伝搬速度が大きくなり、時間軸上では、重畳波の観測時間が早まる。なお、図2の(c)には、第1合成波 $U_p(t)$ から搬送波成分を除外し、重畳波成分のみを表した波形が示されている。図2の(d)には、第2合成波 $U_n(t)$ から搬送波成分を除外し、重畳波成分のみを表した波形が示されている。

【0033】

ここで、第1合成波 $U_p(t)$ について、超音波振動子より距離 l だけ離れた位置にある反射体へそれが到着する時間 t_{pf} は、以下のとおりである。

【0034】

【数4】

$$t_{pf} = l/c_p \quad \text{ただし、} c_p = c + v_p$$

その位置で反射した反射波は小振幅であるので、反射波についての非線形効果を事実上無理できるとすると、超音波の往復について、観測時間は以下ようになる。

【0035】

【数5】

$$t_{pf} + t_b = l/c_p + l/c$$

上記に基づき、受信された反射波(受信信号)から、低周波数を有する搬送波の成分を除いた重畳波の成分 $e_p(t)$ は、次の(4)式のように表される。なお、図3の(a)には、その $e_p(t)$ の波形が示されている。ここで、R1はピークを示している。

【0036】

【数6】

$$e_p(t) = kA_2(t - t_{pf} - t_b) \cos \omega_2(t - t_{pf} - t_b) \quad (4)$$

但し、 k は、生体の反射係数である。また、反射時における波形歪み、及び、反射時における音響インピーダンス条件に従った波形の極性反転は考慮していない。

【0037】

次に、上記と同様に、第2合成波 $U_n(t)$ について、受波された反射波(受信信号)から、低周波数を有する成分を除いた重畳波の成分 $e_n(t)$ は、以下のように表される。なお、図3の(b)には、その $e_n(t)$ の波形が示されている。ここで、R1はピークを示している。

【0038】

10

20

30

40

50

【数 7】

$$e_n(t) = kA_2(t - t_{rf} - t_b) \cos \omega_2(t - t_{rf} - t_b) \quad (5)$$

ただし、 $t_{rf} = l/c_n$ また、 $c_n = c - v_n$

上記(4)式を直交検波すると、複素信号

【数 8】

$$\dot{Z}_p$$

10

が得られる。その実数部は、以下の(6)式のように表される。

【0039】

【数 9】

$$\begin{aligned} R(\dot{Z}_p) &= \{e_p \times \cos \omega_2 t\}_{LP} \\ &= \frac{k}{2} A_2(t - t_{rf} - t_b) \cos \omega_2(t_{rf} + t_b) \end{aligned} \quad (6)$$

20

また、その虚数部は、以下の(7)式のように表される。結局、実数部及び虚数部からなる複素信号は、以下の(8)式のように表される。

【0040】

【数 10】

$$\begin{aligned} I(\dot{Z}_p) &= \{e_p \times \sin \omega_2 t\}_{LP} \\ &= \frac{k}{2} A_2(t - t_{rf} - t_b) \sin \omega_2(t_{rf} + t_b) \end{aligned} \quad (7)$$

30

$$\dot{Z}_p = \frac{k}{2} A_2(t - t_{rf} - t_b) [\cos \omega_2(t_{rf} + t_b) + j \sin \omega_2(t_{rf} + t_b)] \quad (8)$$

上記と同様な方法で、上記(5)式を直交検波すると、複素信号

【数 11】

$$\dot{Z}_n$$

が得られる。それは以下の(9)式で表される。

【0041】

40

【数 12】

$$\dot{Z}_n = \frac{k}{2} A_2(t - t_{rf} - t_b) [\cos \omega_2(t_{rf} + t_b) + j \sin \omega_2(t_{rf} + t_b)] \quad (9)$$

よって、両者の複素位相角度は、次の(10)式で表される。

【0042】

【数 13】

$$\begin{aligned}\angle \frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_n} &= \omega_2 (t_{pf} - t_{nf}) \\ &= \omega_2 l \left(\frac{1}{c + v_p} - \frac{1}{c - v_n} \right)\end{aligned}\quad (10)$$

ここで、

【数 1 4】

$$v_p \ll c, \quad v_n \ll c$$

10

の条件が満たされるので、次の (11) 式が得られる。

【0 0 4 3】

【数 1 5】

$$\theta \equiv \angle \frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_n} \equiv \frac{-\omega_2 l}{c^2} (v_p + v_n) \quad (11)$$

上記 (11) 式において、位相角 θ は、距離 l の関数であるので、各深さでの位相角の変化を求めるには、距離方向に沿って微分演算を行えばよい。非線形効果によるパルスの蓄積変位速度を v で表すと、以下ようになる。

20

【0 0 4 4】

【数 1 6】

$$\frac{d\theta}{dl} = \frac{-\omega_2}{c^2} (v_p + v_n) = -\frac{2}{\lambda_2} \frac{v}{c} \propto v \quad (12)$$

$$\text{ただし、} v \equiv v_p \cong v_n$$

30

すなわち、各距離での位相角 θ の微分値は v に比例する。したがって、距離 l のところでの局所非線形効果によるパルスの変位速度 v_l は、次のように、 θ の二階微分で表せる。

【0 0 4 5】

【数 1 7】

$$v_l = \frac{d^2\theta}{dl^2} = -\frac{2}{\lambda_2 c} \frac{dv}{dl} \quad (13)$$

この変位速度 v_l は、組織の音響的な非線形性による音速を表し、生体組織の性状を反映している。この値を知ることにより、組織診断が可能となる。

40

【0 0 4 6】

以上から理解されるように、搬送波に重畳波を重ねさせて、その重畳波の時間軸上の位置の変化あるいは位相の変化を観測することにより、搬送波に生じた歪みを計測でき、ひいては、生体組織の性状を診断できる。よって、上記のように2つの合成波を利用し、それらと比較するのが特に望ましいが、いずれかの合成波を利用して、歪みの計測を行うことも可能である。また、2つの合成波の比較方法としては、位相差を求める方法、ピーク位置間の時間差（例えば図3のR1間）を計測する方法など各種の手法を採用しうる。

【0 0 4 7】

上記の搬送波については、生体組織の非線形効果を十分に受ける周波数に設定する必要が

50

ある。例えば、 $1\text{ KHz} \sim 1\text{ MHz}$ の範囲内に設定してもよい。重畳波については、搬送波と容易に分離できる周波数に設定するのが望ましく、特に搬送波よりも高い周波数に設定される。例えば、 $1 \sim 20\text{ MHz}$ の範囲内に設定してもよい。その波数は、任意に定められるが、そのマーカとしての機能から最適な数値に定めるのが望ましい。

【0048】

生体組織の非線形効果による超音波の歪みは、その超音波の振幅に大きく依存する。一般に、送波された超音波の二乗に比例する。そこで、搬送波の振幅についてはそれが非生体組織の線形効果を十分に受けるように設定し、一方、重畳波の振幅については、精度よく観測可能で、かつ、生体組織の非線形効果をあまり受けない（事実上無視し得る）程度に設定するのが望ましい。

10

【0049】

但し、搬送波が受ける非線特性の効果が非常に大きく、重畳波の1波長（あるいは $1/2$ 波長）以上にその重畳波の位置が変位すると、いわゆるエイリアシングにより、正確な変位計測を行えなくなる。そこで、搬送波の振幅を制御し、非線形特性による効果を制御するようにしてもよい。

【0050】

搬送波上における重畳波の位置は、振幅の頂点又はその付近であるのが望ましい。また、2つの合成波を用いることなく、1つの搬送波に対して、その正振幅部分に第1重畳波を合成し、その負振幅部分について第2重畳波を合成することも可能である。その場合には、第1重畳波及び第2重畳波を弁別できるように、その周波数を変える、互いに異なる符号を与える、などの処理を施すのが望ましい。また、高帯域の超音波振動子を利用し、搬送波と重畳波とを同じ超音波振動子で生成することも可能であるが、帯域の異なる2つの超音波振動子を用いて、音響的に合成波を生成することも可能である。受信時においては、それぞれの超音波振動子からの受信信号が加算され、あるいは別々に処理され、いずれにしても重畳波に相当する成分が抽出される。

20

【0051】

図4には、本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態が概念的に示されている。

【0052】

プローブ10は、体表面上に当接して用いられ、あるいは体腔内に挿入して用いられる超音波探触子である。プローブ10は例えば複数の振動素子からなるアレイ振動子を有している。

30

【0053】

このアレイ振動子によって超音波ビームが形成され、その超音波ビームは電子走査される。その場合の走査方式としては電子セクタ走査や電子リニア走査などを挙げることができる。

【0054】

本実施形態においては、上述した合成波の送受信を行うために、上記アレイ振動子として、広帯域を持ったアレイ振動子あるいは二つのアレイ振動子が用いられる。前者のアレイ振動子を用いる場合には、それぞれの素子が少なくとも搬送波及び重畳波の両者をカバーする周波数特性をもっている必要がある。この場合には搬送波と重畳波の合成は電氣的になされる。一方、後者の場合、すなわち搬送波と重畳波とで異なるアレイ振動子（超音波振動子）を用いる場合には、それぞれのアレイ振動子は、それに対応する超音波の帯域に対応した周波数特性を有する。この場合においては、一般に、搬送波と重畳波とが音響的に合成され、また搬送波の受波においても、それぞれのアレイ振動子が異なる周波数特性を有することから、それぞれのアレイ振動子においては、対応する周波数の反射波が観測されることになる。それにより得られた各周波数に対応する受信信号は必要に応じて加算される。

40

【0055】

送信部12は、送信ビームフォーマーとして機能する。この送信部12は周波数 f_1 の信号を搬送波用信号として生成する送信器14と、周波数 f_2 の信号を重畳波用信号として

50

生成する送信器 16 とを有している。上記のように、搬送波と重畳波との合成が電氣的に行われる場合には、それぞれの信号が電氣的に合成され、その合成された信号がプローブ 10 へ供給される。もちろん、あらかじめ合成された信号を出力するようにしてもよい。一方、音響的な超音波の合成が行われる場合には、それぞれの信号が対応するアレイ振動子に供給される。

【0056】

受信部 22 は、複数の振動素子から出力される受信信号に対して整相加算処理を実行する受信ビームフォーマーとして機能する。本実施形態においてはその受信部 22 がバンドパスフィルタ (BPF) 23 を有している。この BPF 23 は重畳波に相当する信号成分のみを抽出する回路である。この BPF 23 は、整相加算前の段階において各チャンネルごと成分抽出を行うものであってもよいし、整相加算後において信号成分の抽出を行うものであってもよい。また、重畳波に相当する信号成分を抽出する代わりに、搬送波の周波数を遮断・除外する回路など設けるようにしてもよい。また後述する直交検波部 24 において直交検波条件を調整することにより、上記の BPF 23 と同等の機能を発揮させるようにしてもよい。いずれにしても受信信号中から重畳波に相当する信号成分が抽出されることになる。

10

【0057】

制御部 18 は送信部 12 及び受信部 22 の他、装置内における各構成の動作制御を行っている。この制御部 18 は特に送受信制御を行っており、定められた送受信シーケンスに従って送信ビームの形成及び受信ビームの形成を行っている。例えば、走査面を構成する各ビーム方位ごとに第 1 合成波の送受信と第 2 合成波の送受信とが時分割で実行されるように送受信制御を行っている。もちろん、各ビーム方位ごとに複数回の第 1 合成波の送受信を行った後、複数回の第 2 合成波の送受信を行い、それを繰り返すようにしてもよい。

20

【0058】

制御部 18 は第 1 合成波が送受信される場合には、送信部 12 に対して搬送波の正振幅部分に重畳波が合成されるように制御命令を出し、第 2 合成波が送受信される場合には搬送波の負振幅部分に重畳波が合成されるように送受信指令を出している。

【0059】

本実施形態においては制御部 18 に対して操作パネル 20 が接続されている。操作パネル 20 は例えばキーボードやトラックボールなどを有する。その操作パネル 20 を利用して、ユーザーは搬送波の振幅及び重畳波の振幅を独立して調整することができ、また搬送波及び重畳波のそれぞれについて独立して周波数を可変することができる。それらの周波数が可変された場合、制御部 18 は送信部 12 及び受信部 22 に対して必要な制御指令を出力する。

30

【0060】

直交検波部 24 は、整相加算後の受信信号に対して直交検波を実行する。この場合においては、直交検波で用いられる参照信号として重畳波の生成において用いられた送信信号と同一の周波数をもった信号が直交検波部 24 に出力されている。直交検波部 24 はその信号及びそれを 90 度だけ位相をずらした信号を用いて直交検波を実行する。これにより、受信信号は実数部 R 及び虚数部 I からなる複素信号に変換される。

40

【0061】

直交検波部 24 においては、第 1 合成波に対応する第 1 受信信号と、第 2 合成波に対応する第 2 受信信号の両者に対して、時分割で直交検波処理が実行される。最初に現れる第 1 受信信号は遅延回路部 26 に出力され、その複素信号における実数部及び虚数部のそれぞれの信号成分がディレイライン 28, 30 に一旦格納される。それぞれのディレイライン 28, 30 は、送受信シーケンスに対応した遅延量を有し、具体的には第 2 受信信号が得られるまで、先に得られた第 1 受信信号を格納している。したがって、ディレイライン 28, 30 は送信パルス繰り返し周期の正数倍の中から上記の条件を満たす遅延時間でのその処理を実行している。

【0062】

50

複素乗算器 32 は、第 1 の複素信号及び第 2 の複素信号の両者間において自己相関演算を実行し、これにより位相差に相当する情報を得る回路である。そのために、この分野において周知の自己相関器を用いることができる。

【0063】

複素乗算器 32 の出力信号は複素信号として与えられ、その複素信号は位相演算器 34 に入力される。この位相演算器 34 はいわゆる逆正接を演算する回路であり、これによって第 1 情報としての位相差あるいは速度情報が得られることになる。

【0064】

位相演算器 34 から出力される位相に関する情報は微分演算器 36 に入力され、そこで 2 階微分を実行することにより、第 2 情報として、各深さごとの非線形特性を表す情報あるいは各深さごとの生体組織の性状を表す情報が取得される。その情報は表示処理部 38 に入力される。 10

【0065】

表示処理部 38 は例えばデジタルスキャンコンバータ (DSC) によって構成され、座標変換機能や補間機能などを有している。それが有するフレームメモリ上には上述した生体組織の性状を表す情報がマッピングされる。これによって二次元断層画像が構成され、その二次元断層画像が表示器 40 に表示される。

【0066】

もちろん、本実施形態に係る装置は、三次元画像を形成する場合においても用いることができ、また M モード画像などを形成する場合にも用いることができる。 20

【0067】

いずれにしても、搬送波にマーカとしての重畳波を合成し、そのマーカの時間軸上のシフトをもって搬送波に生じた歪みを高精度に特定可能であるので、生体組織の非線形性を従来よりも高感度に検出することが可能となる。

【0068】

上記実施形態においては複素乗算を用いて位相差の検出を行ったが、例えばいわゆる折り返し現象などのために正確に位相差が検出できないような場合には、例えば搬送波の振幅を小さくしてその問題に対処するようにしてもよい。また、生体組織によっては搬送波及び重畳波のそれぞれの周波数を適宜異ならせた方が望ましい場合があるため、その場合には操作パネル 20 を利用して実際の画像を見ながら最適な周波数の選択を行うようにしてもよい。 30

【0069】

また、上記の位相差の検出に代えて、例えば各重畳波についてエンベロープの差を利用し、つまり、そのエンベロープに生じるピークを特定してピーク間の時間差を求めることにより歪み量の計測を行うことも可能である。いずれにしても、図 2 (c) 及び (d) に示したような 2 つの重畳波の時間差を検知する方法として各種の方法を採用しうる。

【0070】

上記の生体組織の性状に関する情報は、生体組織の堅さあるいは弾性率を表す情報として用いることもでき、そのような情報を体内から圧力を加えた場合と同等の情報として疾病診断を行うようにしてもよい。 40

【0071】

次に、図 5 及び図 6 を用いて図 4 に示したプローブ 10 における構成例について説明する。なお、図 5 及び図 6 には音響的に 2 つの超音波の合成を行う場合における概念図が示されている。

【0072】

図 5 に示す例では、搬送波を送受信する超音波振動子 50 と重畳波を送受信する超音波振動子 52 が互いに積層関係で配置されている。すなわち後側にある超音波振動子 50 にて発生した超音波はその前側にある超音波振動子 52 を伝搬して生体側へ放射される。これと同時に、超音波振動子 52 にて生じた超音波も生体側へ放射される。よって、それらにより音響的な合成がなされた超音波が生体内に放射される。なお、図 5 においてはバッキ 50

ングや整合層あるいは探触子ケースなどといった部材については図示省略されている。これは図 6 についても同様である。

【0073】

図 6 に示す例では、例えば搬送波を生成する超音波振動子 5 4 に対して重畳波を生成する超音波振動子 5 6 が斜めに対向して配置されている。すなわち超音波振動子 5 6 から放射された超音波は超音波振動子 5 4 の表面上で反射され生体側へ放射される。一方、超音波振動子 5 4 にて発生した超音波はそのまま生体側へ放射される。このように音響的に合成された超音波が生体に放射されることになる。

【0074】

ちなみに、図 5 及び図 6 のいずれの実施形態においても 2 つの振動子の幾何学的な配置関係が異なることに起因してそれぞれの超音波の位相を調整し、第 1 合成波及び第 2 合成波が正確に生成されるようにするのが望ましい。また、図 5 及び図 6 に示す実施形態において、各超音波振動子はいわゆるアレイ振動子であってもよい。

10

【0075】

また、第 1 アレイ振動子を構成する複数の振動素子と第 2 アレイ振動子を構成する複数の振動素子とを互い違いに配置して 1 つの大きなアレイ振動子を構成してもよい。この場合においては第 1 アレイ振動子に相当する複数の振動素子によって搬送波が送受波され、第 2 アレイ振動子を構成する複数の振動素子によって重畳波が送受波されることになる。さらに、第 1 アレイ振動子と第 2 アレイ振動子を互いに平行に並べて配置するようにしてもよい。プローブ 10 の構成については各種のものを採用でき、いずれにしても第 1 合成波と第 2 合成波との送受信を行えるようにする。

20

【0076】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、生体組織の性状を計測するための新しい方式を提供できる。また、本発明によれば生体組織の非線形特性を高精度に計測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】合成波の生成原理を説明するための図である。

【図 2】搬送波の歪みと重畳波の発生位置のずれを示す図である。

【図 3】第 1 合成波と第 2 合成波における重畳波の位置の差を説明するための図である。

30

【図 4】本発明に係る超音波診断装置の好適な実施形態を示すブロック図である。

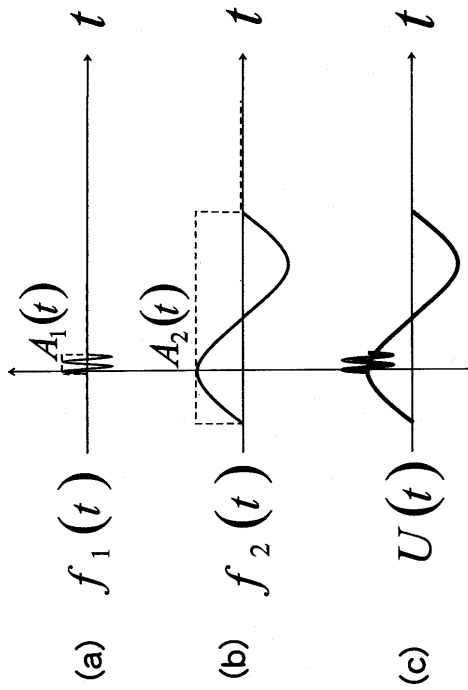
【図 5】図 4 に示すプローブの一例を示す図である。

【図 6】図 4 に示すプローブの他の例を示す図である。

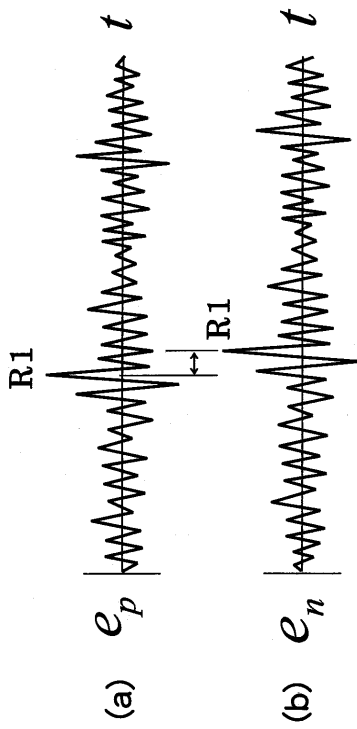
【符号の説明】

10 プローブ、12 送信部、18 制御部、22 受信部、24 直交検波部、32 複素乗算器、34 位相演算器、36 微分演算器、38 表示処理部。

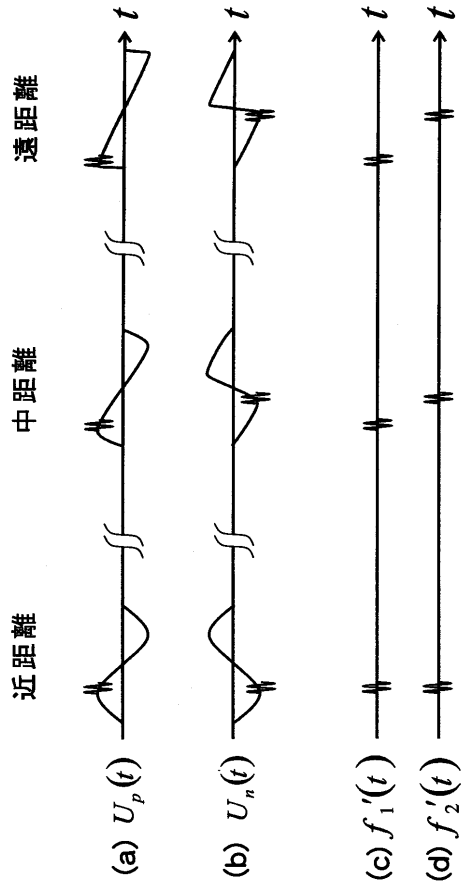
【図 1】



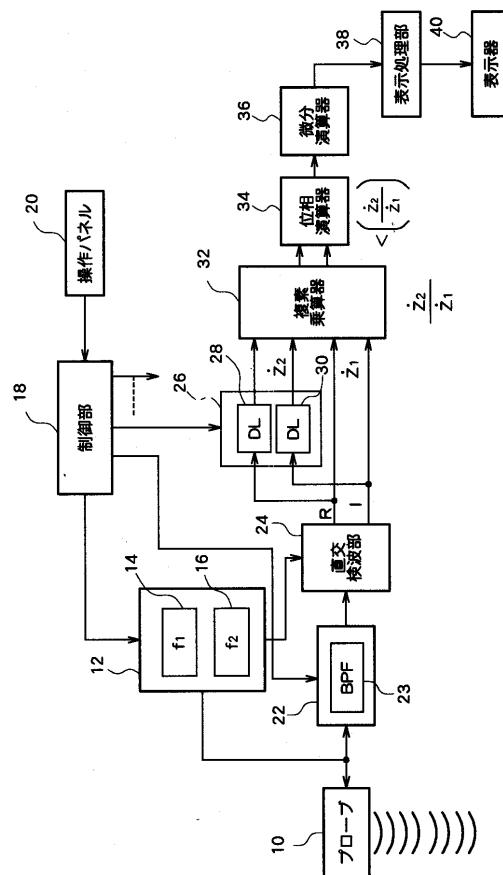
【図 3】



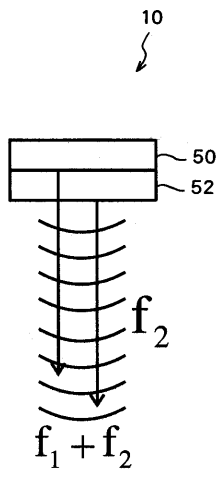
【図 2】



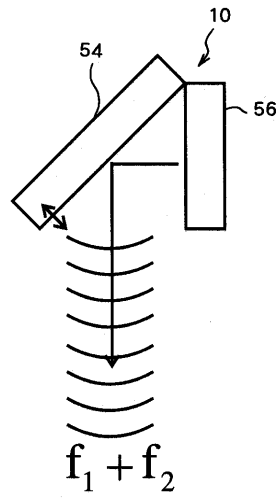
【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】



专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2004041324A	公开(公告)日	2004-02-12
申请号	JP2002200378	申请日	2002-07-09
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	望月 剛		
发明人	望月 剛		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C301/DD17 4C301/EE11 4C301/EE20 4C301/HH60 4C301/JB26 4C601/DD18 4C601/DD23 4C601/EE09 4C601/EE30 4C601/HH40 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB39		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在超声诊断中准确测量活组织的非线性特征。(a)中所示的第一合成波是通过将叠加波与载波的正振幅部分合成而形成的。(b)所示的第二合成波是通过将叠加波与载波的负振幅部分合成而形成的。当每个合成波发射到活体时，载波的波形会根据传播距离而失真。失真量通过时间轴上的叠加波位置的差异来衡量。在这种情况下，例如执行相位差检测。由于可以将叠加波用作标记，因此可以高精度地检测载波失真。[选择图]图2

