

(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2010-213965

(P2010-213965A)

(43) 公開日 平成22年9月30日(2010.9.30)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

F I
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-65799(P2009-65799)
(22) 出願日 平成21年3月18日(2009.3.18)

(71) 出願人 303000420
コニカミノルタエムジー株式会社
東京都日野市さくら町1番地
(74) 代理人 100067828
弁理士 小谷 悦司
(74) 代理人 100115381
弁理士 小谷 昌崇
(74) 代理人 100111453
弁理士 櫻井 智
(72) 発明者 佐々木 頂之
東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
ルタエムジー株式会社内
(72) 発明者 中原 雅文
東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
ルタエムジー株式会社内

最終頁に続く

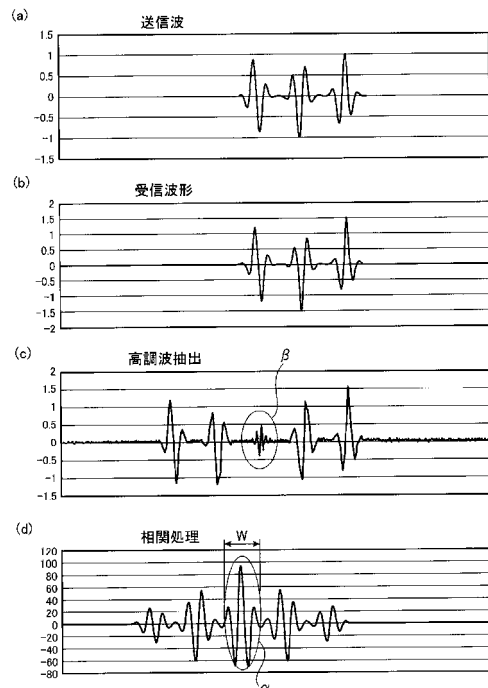
(54) 【発明の名称】 超音波画像診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置において、距離分解能を向上する。

【解決手段】送信部は、(a)のように同じ包絡線で $360^\circ/N$ (図では3) ずつ相互に位相をずらしたパルスを一定間隔で連続して被検体内へ送信し、それによる(b)のような反射波を受信部で受信し、相関部が、N個分のパルス成分をPSK符号として、(d)のように送信信号(基本波)との間で順次相関処理を行い、のように最も相関値が高くなる期間Wを判定する。一方、高調波を抽出するために、(d)のように別の参照信号との相関値を求めており、のような期間Wの相関値から、高調波成分を抽出する。したがって、相関処理による符号検出を用いることで、非線形歪み成分が戻ってきたタイミングを正確に検出でき、距離分解能を向上できるとともに、そのタイミングで成分抽出を行うことで、非線形歪み成分も高精度に抽出し、方位分解能も向上できる。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信部から、同じ包絡線で $360^\circ / N$ (N は 2 以上の整数) ずつ相互に位相をずらしたパルスを送信し、それによる被検体からの第 2 の超音波信号を受信部で受信し、信号処理部が予め定める信号処理によって非線形歪み成分を抽出し、その抽出結果から、画像処理部が前記被検体内の断層画像を作成し、表示部に表示させる超音波画像診断装置において、

前記送信部は、前記パルスを連続して送信し、

前記信号処理部は、

前記受信部で受信された第 2 の超音波信号から、 N 個分のパルス成分を PSK 符号として、順次予め定める参照信号との相関処理を行い、最も相関値が高くなる期間を判定する相関部と、

前記相関部で判定された期間における前記第 2 の超音波信号と参照信号との相関値から、前記非線形歪み成分を抽出する抽出部とを含むことを特徴とする超音波画像診断装置

。

【請求項 2】

前記送信部は、前記パルスとしてチャープ波を用いることを特徴とする請求項 1 記載の超音波画像診断装置。

【請求項 3】

前記相関部は、CCD 原理に基づくアナログ積和演算装置を備えて構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の超音波画像診断装置。

【請求項 4】

前記送信部における超音波振動子は、送信用の無機圧電素子上に、受信用の有機圧電素子を積層して成ることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波画像診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波画像診断装置に関し、特に造影剤を用いた診断を行うようにしたものに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、X 線撮像装置や磁気共鳴撮像装置 (MRI) では、造影剤を用いた診断が行われている。一方、前記超音波画像診断装置でも、マイクロオーダーの微小気泡 (マイクロバブル) を安定化できる造影剤が登場したことで、従来の生体組織の画像とともに、造影剤を用いた診断も行われるようになってきている。この造影剤による超音波診断の原理は、直径が $1 \mu\text{m}$ 程度の前記マイクロバブルが、超音波診断に用いられる数 MHz の超音波に良く共振し、その周波数域の超音波を散乱することを利用するものである。そして、前記マイクロバブル系の造影剤は前記超音波の散乱特性に強い非線形を有し、前記マイクロバブルで散乱された反射超音波 (エコー) 信号は、送信超音波の第 2 高調波成分を多く含むという特徴を有している。したがって、反射超音波 (エコー) 信号から、この第 2 高調波成分を抽出することで、前記造影剤による造影を行うことができる。

【0003】

一方、生体組織、特に軟部組織は、入力音圧に対して伝搬速度が異なる非線形性 (音圧が高くなる程、速くなる) を有している。このため特許文献 1 では、 $360^\circ / N$ (N は 3 以上) ずつ位相をずらしたパルスを発生し、生体から来た超音波信号を整相加算し、フィルタリングし、さらに包絡線検波を行うことで、伝搬途中の前記軟部組織による非線形歪み (高調波) を除去し、造影剤の所で発生した非線形歪み (高調波) だけを取り出すことができるようにしている。また、非加算の信号から、軟部組織に基づく高調波信号を得ている。

10

20

30

40

50

【0004】

そして、フレームレートが低下するので、 $N = 3$ として、その3パルス法を用いる一方、従来のいわゆるパルスインバージョン法(2パルス法)を用いても分解能に大差が無い場合はそちらを用いることで、少しでもフレームレートの低下を抑えている。また、共通の包絡線信号で振幅変調された超音波の搬送波の位相を 60° ずつ回転させた相互に位相が異なる6種類の送信パルスを繰返し送信し、それによる6種類のエコー信号を受信波形メモリに順次更新して保持し、その内 120° ずつ位相が異なる3種類のエコー信号を读出して加算処理することで、前記3パルス法による造影画像を得ている。これによって、通常のBモード画像のフレームレートで、3パルス法による造影画像を得ている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-271791号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の従来技術では、 $360^\circ / N$ 個のパルスによって基本波および $N - 2$ 次以下の高調波を効率良く取り除き、 $N - 1$ 次以上の高調波を抽出し、方位分解能を向上できるものの、距離分解能に関しては、向上しないという問題がある。

【0007】

本発明の目的は、 $360^\circ / N$ 個のパルスを用いて、距離分解能を向上することができる超音波画像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】

【0008】

本発明の超音波画像診断装置は、送信部から、同じ包絡線で $360^\circ / N$ (N は2以上)ずつ相互に位相をずらしたパルスを第1の超音波信号として予め定める一定間隔で被検体内へ送信し、それによる被検体からの第2の超音波信号を受信部で受信し、信号処理部が予め定める信号処理によって非線形歪み(高調波)成分を抽出し、その抽出結果から、画像処理部が前記被検体内の断層画像を作成し、表示部に表示させる超音波画像診断装置において、前記送信部は、前記パルスを連続して送信し、前記信号処理部は、前記受信部で受信された第2の超音波信号から、 N 個分のパルス成分をPSK符号として、順次予め定める参照信号との相関処理を行い、最も相関値が高くなる期間を判定する相関部と、前記相関部で判定された期間における前記第2の超音波信号と参照信号との相関値から、前記第2の超音波信号中に含まれる前記非線形歪み(所望周波数)成分を抽出する抽出部とを含むことを特徴とする。

【0009】

上記の構成によれば、送信部から、同じ包絡線で $360^\circ / N$ (N は2以上の整数)ずつ相互に位相をずらしたパルスを第1の超音波信号として予め定める一定間隔で被検体内へ送信し、それによる反射波などの被検体から来た第2の超音波信号を受信部で受信し、信号処理部が予め定める信号処理によって基本波(前記第1の超音波信号)成分を効率良く除去し、非線形歪み(高調波)成分を抽出して、その抽出結果から、画像処理部が前記被検体内の断層画像を作成し、表示部に表示させるようにした超音波画像診断装置において、前記送信部は、前記パルスを連続して送信し、前記信号処理部は、前記受信部で受信された第2の超音波信号から、 N 個分のパルス成分をPSK(Phase Sift Keying)符号として、相関処理によって前記非線形歪み(所望周波数)成分を抽出する。このため、前記信号処理部に、相関部と、抽出部とを設け、前記相関部は、前記 N 個のパルス成分を予め定める参照信号との間で順次相関処理を行い、最も相関値が高くなる期間を判定し、抽出部は、その最も相関値が高くなる期間における相関値から、前記第2の超音波信号中に含まれる前記非線形歪み(所望周波数)成分を抽出する。

【0010】

したがって、相関処理による符号検出を用いることで、非線形歪み（高調波）成分が戻ってきたタイミングを正確に検出することができ、距離分解能を向上することができる。また、そのタイミングで成分抽出を行うことで、前記非線形歪み（高調波）成分も高精度に抽出し、方位分解能も向上することができる。また、送信部は、パルスを連続して送信するので、フレームレートを落とすことはない。

【0011】

また、本発明の超音波画像診断装置では、前記送信部は、前記パルスとして（周波数が増加または減少する）チャープ波を用いることを特徴とする。

【0012】

上記の構成によれば、単純な $360^\circ/N$ ずらしのガウシアンエンベロープ波形ではなく、それを中心周波数として、周波数が増加または減少するチャープ波を用いることで、レンジサイドローブ（時間的サイドローブ）を抑制することができる。

【0013】

さらにまた、本発明の超音波画像診断装置では、前記相関部は、CCD原理に基づくアナログ積和演算装置を備えて構成されることを特徴とする。

【0014】

上記の構成によれば、微弱な信号レベルである高調波成分でもより適切に相関処理を行うことが可能となる。

【0015】

また、本発明の超音波画像診断装置では、前記送信部における超音波振動子は、送信用の無機圧電素子上に、受信用の有機圧電素子を積層して成ることを特徴とする。

【0016】

上記の構成によれば、前記送信部における超音波振動子に、送信用として大パワー送信可能な無機圧電素子を用い、受信用として比較的広帯域で超音波を受信することができる有機圧電素子を用いることで、高調波成分を高感度に受信可能となり、前記のような分解能を一層向上することができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明の超音波画像診断装置は、以上のように、送信部は、同じ包絡線で $360^\circ/N$ （ N は2以上）ずつ相互に位相をずらしたパルスを第1の超音波信号として予め定める一定間隔で連続して被検体内へ送信し、それによる反射波などの被検体から来た第2の超音波信号を受信部で受信し、信号処理部が、前記受信部で受信された第2の超音波信号から、 N 個分のパルス成分をPSK符号として、相関処理によって前記 N 個のパルス成分を予め定める参照信号との間で順次相関処理を行って最も相関値が高くなる期間を判定し、その最も相関値が高くなる期間における相関値から、前記第2の超音波信号中に含まれる非線形歪み（所望周波数）成分を抽出する。

【0018】

それゆえ、相関処理による符号検出を用いることで、非線形歪み（高調波）成分が戻ってきたタイミングを正確に検出することができ、距離分解能を向上することができる。また、そのタイミングで成分抽出を行うことで、前記非線形歪み（高調波）成分も高精度に抽出し、方位分解能も向上することができる。また、送信部は、パルスを連続して送信するので、フレームレートを落とすことはない。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施形態における超音波診断装置の外観構成を示す図である。

【図2】実施形態における超音波診断装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【図3】実施形態の超音波診断装置における超音波探触子の構成を示す図である。

【図4】相関処理および画像処理の説明に当たって、実施形態にかかる超音波診断装置のより具体的な構成を示す図である。

【図5】電荷を転送する動作を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 6】 1 個の電荷を 2 個の電荷に 2 等分する動作を説明するための図である。

【図 7】 2 個の電荷を 1 個の電荷に統合する動作を説明するための図である。

【図 8】 相関演算を説明するための波形図である。

【図 9】 相関演算から高調波成分の抽出方法を説明するための波形図である。

【図 10】 相関演算から高調波成分の抽出方法を説明するための波形図である。

【図 11】 高調波成分を検出する動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明に係る実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その説明を省略する。また、本明細書において、適宜、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

10

【0021】

図 1 は実施形態における超音波診断装置の外観構成を示す図であり、図 2 は実施形態における超音波診断装置の電気的な構成を示すブロック図である。

【0022】

超音波診断装置 5 は、図 1 および図 2 に示すように、図略の生体等の被検体に対して超音波（第 1 超音波信号）を送信すると共に、この被検体や造影剤で反射（エコー）もしくは発生した超音波（第 2 超音波信号）を受信する超音波探触子 2 と、超音波探触子 2 とケーブル 3 を介して接続され、超音波探触子 2 へケーブル 3 を介して電気信号の送信信号を送信することによって超音波探触子 2 に被検体に対して第 1 超音波信号を送信させると共に、超音波探触子 2 で受信された被検体内から来た第 2 超音波信号に応じて超音波探触子 2 で生成された電気信号の受信信号に基づいて被検体内の内部状態を超音波画像として画像化する超音波診断装置本体 1 とを備えて構成される。

20

【0023】

超音波診断装置本体 1 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、相関部 14 と、画像処理部 15 と、表示部 16 と、制御部 17 と、参照信号記憶部 18 と、タイミング発生部 19 と、高調波成分抽出部 10 とを備えて構成されている。

【0024】

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を受け付ける装置であり、例えば、複数の入力スイッチを備えた操作パネルやキーボード等である。

30

【0025】

送信部 12 は、制御部 17 の制御に従って、超音波探触子 2 へケーブル 3 を介して電気信号の送信信号を供給して超音波探触子 2 に第 1 超音波信号を発生させる回路である。第 1 超音波信号には、通常自然界に存在することなく相関処理によって検出することが容易である観点から、例えば、周波数を時間経過に伴って予め設定された所定割合で変化させるチャープ波の後述するような連続パルスが用いられる。チャープ波の前記所定割合は、周波数が時間経過に従って徐々に高くなるチャープ波であってもよく、また、周波数が時間経過に従って徐々に低くなるチャープ波であってもよい。送信部 12 は、例えば、制御部 17 からの送信信号に応じて送信ビームを形成する送信ビームフォーマ回路 122（図 4 参照）およびその送信ビームに応じて超音波探触子 2 の各無機圧電素子 22 を実際に駆動するための駆動信号を生成する駆動信号生成回路 121（図 4 参照）等を備えて構成される。各送信信号には、フォーカルポイント（フォーカス点）および/またはステアリング角度（方位）に対応した時間差が付与されている。受信部 13 は、制御部 17 の制御に従って、超音波探触子 2 の各有機圧電素子 21 からケーブル 3 を介して電気信号の受信信号を受信する回路であり、この受信信号を相関部 14 へ出力する。受信部 13 は、例えば、受信信号を予め設定された所定の増幅率で増幅する増幅器等を備えて構成される。

40

【0026】

50

前記音響制動部材 2 3 は、超音波を吸収する材料から構成され、無機圧電素子 2 2 から背面側へ放射された超音波を吸収するものである。音響吸収材 2 4 には、ポリイミド樹脂やエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂等が用いられ、前記音響制動部材 2 3 と同様に超音波を吸収し、複数の各無機圧電素子 2 2 間におけるクロストークを低減する。

【 0 0 3 4 】

各無機圧電素子 2 2 は、無機圧電材料から構成される圧電体（素圧電体）2 2 1 の両表面にそれぞれ電極（素電極）2 2 2 , 2 2 3 を備えて構成される。前記無機圧電材料は、例えば、いわゆる P Z T、水晶、ニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）、ニオブ酸タンタル酸カリウム（ $\text{K}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3$ ）、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）、タンタル酸リチウム（ LiTaO_3 ）およびチタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 ）等である。

10

【 0 0 3 5 】

これらの無機圧電素子 2 2 は、音響制動部材 2 3 に、それを貫通して信号電極 2 2 4 が形成された上に、シート状の圧電体 2 2 1 の両表面に電極 2 2 2 , 2 2 3 が積層されたものが積層された後、各無機圧電素子 2 2 に切出され、各無機圧電素子 2 2 間に音響吸収材 2 4 が充填されて成り、或いは各無機圧電素子 2 2 が切出され、音響吸収材 2 4 が充填されて成るシート状の部材が音響制動部材 2 3 上に積層されて成る。電極 2 2 3 は共通接地電極層 2 5 を介して接地され、信号電極 2 2 4 から電極 2 2 2 には前記送信部 1 2 の駆動信号生成回路からケーブル 3 を介して個別の駆動信号が入力される。

【 0 0 3 6 】

中間層 2 6 は、無機圧電素子 2 2 上に有機圧電素子 2 1 を積層するための部材であり、それらの音響インピーダンスを整合させるものである。

20

【 0 0 3 7 】

有機圧電素子 2 1 は、所定の厚さを持った平板状の有機圧電材料から成る圧電体 2 1 1 と、この圧電体 2 1 1 の一方の面に形成された個別電極 2 1 2 と、圧電体 2 1 1 の他方の面に略全面に亘って一様に形成された共通電極 2 1 3 とを備えて構成されたシート状の圧電素子である。このように構成することで、一体的なシート状に形成しても、各有機圧電素子 2 1 を個別に動作させることができ、有機圧電素子 2 2 のように素子の切出しや隙間の充填といった作業が不要になり、製造工程を簡略化することができる。個別電極 2 1 2 は、受信部 1 3 の受信ビームフォーマに受信信号を出力する。

【 0 0 3 8 】

なお、有機圧電素子 2 1 の素子数などによっては、幾つかの素子でグループを構成し、前記共通電極 2 3 1 は、それらのグループ毎に設けられてもよい。また、図 3 に示す例では、有機圧電素子 2 1 は無機圧電素子 2 2 の全体に亘って積層されているけれども、一部に亘って積層されるだけでもよい。また、有機圧電素子 2 1 と無機圧電素子 2 2 との素子数は、同一でもよいが、異なってもよく、それぞれの占有面積はそれぞれの素子に要求される仕様に依じて設計されればよい。この図 3 のように、有機圧電素子 2 1 の素子数を無機圧電素子 2 2 の素子数より多く形成する場合、無機圧電素子 2 2 の 1 個当りのサイズ（大きさ）を大きくすることが可能となり、該無機圧電素子 2 2 を送信に用いるにあたって、送信パワーを大きくすることができると共に、有機圧電素子 2 1 の素子数を多くでき、該有機圧電素子 2 1 を受信に用いるにあたって、受信分解能を向上することができる。

30

40

【 0 0 3 9 】

前記有機圧電材料には、例えば、フッ化ビニリデン（VDF）の重合体を用いることができる。また例えば、前記有機圧電材料には、フッ化ビニリデン系コポリマを用いることができる。このフッ化ビニリデン系コポリマは、フッ化ビニリデンと他の単量体との共重合体（コポリマ）であり、他の単量体としては、3フッ化エチレン、テトラフルオロエチレン、パーフルオロアルキルビニルエーテル（PFA）、パーフルオロアルコキシエチレン（PAE）およびパーフルオロヘキサエチレン等を用いることができる。フッ化ビニリデン系コポリマは、その共重合比によって厚み方向の電気機械結合定数（圧電効果）が変

50

化するので、例えば、超音波探触子の仕様等に応じて適宜な共重合比が採用される。例えば、フッ化ビニリデン / 3フッ化エチレンのコポリマの場合では、フッ化ビニリデンの共重合比が60mol% ~ 99mol%が好ましく、有機圧電素子が無機圧電素子に積層する複合素子の場合では、フッ化ビニリデンの共重合比が85mol% ~ 99mol%がより好ましい。また、このような複合素子の場合では、他の単量体は、パーフルオロアルキルビニルエーテル(PFA)、パーフルオロアルコキシエチレン(PAE)およびパーフルオロヘキサエチレンが好ましい。また例えば、有機圧電材料は、ポリ尿素を用いることができる。このポリ尿素の場合では、蒸着重合で圧電体を作成することが好ましい。ポリ尿素用のモノマとして、一般式、 $H_2N-R-NH_2$ 構造を挙げることができる。ここで、Rは、任意の置換基で置換されてもよいアルキレン基、フェニレン基、2価のヘテロ環基、ヘテロ環基を含んでもよい。ポリ尿素は、尿素誘導体と他の単量体との共重合体であってもよい。好ましいポリ尿素として、4,4'-ジアミノジフェニルメタン(MDA)と4,4'-ジフェニルメタンジイソシアナート(MDI)を用いる芳香族ポリ尿素を挙げることができる。

10

【0040】

音響整合層27は、無機圧電素子22の音響インピーダンスと被検体の音響インピーダンスとの整合をとると共に、有機圧電素子21の音響インピーダンスと被検体の音響インピーダンスとの整合をとる部材である。そして、音響整合層27は、円弧状に膨出した形状とされ、被検体に向けて送信される超音波を収束する音響レンズとしての機能も備えている。

20

【0041】

このような構成の超音波診断装置Sでは、例えば、操作入力部11から診断開始の指示が入力されると、制御部17の制御によって送信部12では、ROI(注目領域)を基に指定するステアリング角度(方位)とフォーカルポイントの深度とからビームフォーマの遅延が付与されるとともにPCMによって形成された上記チャープ波の送信信号が生成される。この送信信号は、ケーブル3を介して超音波探触子2の無機圧電素子22の内、ビームフォーミングすべき素子へ供給され、その素子が厚さ方向に伸縮し、共振することで、大きな振幅の超音波振動を発生することができる。この超音波振動は、第1超音波信号として、中間層26から有機圧電素子21および音響整合層27を通して、被検体内に入射される。なお、超音波探触子2は、被検体(生体)の体表面上に接触して用いられてもよいし、被検体の内部、例えば、生体の体腔内に挿入して用いられてもよい。

30

【0042】

この被検体に対して送信された超音波は、前記ステアリング角度(方位)のフォーカルポイントで収束され、被検体内部における音響インピーダンスが異なる1または複数の境界面で反射され、超音波の反射波(第2超音波信号)となる。この第2超音波信号には、送信された第1超音波信号の周波数成分だけでなく、この第1超音波信号の周波数を基本周波数とした場合に、その整数倍の高調波の周波数成分も含まれる。このため、受信には広帯域の超音波信号を受信可能なように、前記有機圧電素子21が用いられる。本実施の形態は、有機圧電素子21での受信信号から、以下に詳述するように、この高調波成分を高調波成分抽出部10で抽出し、画像処理部15での断層画像の作成に用いる。

40

【0043】

次に、関連処理に関し、より具体的に説明する。図4は、前記関連部14の具体的な一構成例を示す図である。ここで、高調波成分が受信信号全体に占めるエネルギー量は微弱であるので、受信したアナログ信号(第2の超音波信号)をデジタル変換してから関連処理を行ったのでは、良質な超音波画像の形成に必要なダイナミックレンジが取れない。そのため、注目すべきは、本実施形態における関連部14は、関連処理自体をアナログ処理で行うものである。

【0044】

そのため、関連部14は、m個の有機圧電素子21毎に設けられ、対応する有機圧電素子21の各出力がそれぞれ入力される関連処理部30-1, 30-2, 30-3, ...

50

、30-m（総称するときは、以下参照符号30で示す）を備えて構成される。各相関処理部30は、対応する有機圧電素子21からの受信信号（第2の超音波信号）と、係数設定部33で予め設定された参照信号との相関処理を行うことによって、相関値のピークタイミングを検出する回路であり、同様に構成されている。本実施形態では、上述したように、参照信号は送信信号と同一であり、参照信号記憶部18に記憶されている係数列が制御部17によって読出され、前記送信信号として送信部12の送信ビームフォーマ122に与えられるとともに、テンプレートデータ列として前記係数設定部33に設定される。

【0045】

前記相関処理部30は、CCD原理に基づくアナログ積和演算を行うことによって受信部13の出力と参照信号との相関を演算する回路であり、例えば、サンプルホールド部31と、電荷転送部32と、前記係数設定部33と、デジタルアナログ乗算部34と、加算部35とを備えて構成される。

10

【0046】

サンプルホールド部31は、タイミング発生部19からの動作タイミングに応じたサンプリング周期で、受信部13の出力（当該サンプルホールド部31に接続されている有機圧電素子21の出力）を保持する回路である。サンプルホールド部31は、動作タイミングに応じたタイミングで、この保持した受信部13の出力に対応する電荷Qを電荷転送部32へ出力する。

【0047】

電荷転送部32は、前記電荷Qを保持する複数の電荷保持部321-1, 321-2, 321-3, …, 321-n（総称するときは、以下参照符号321で示す）を備えて構成され、これら各電荷保持部321は、直列に接続されている。そして、前記サンプルホールド部31のサンプリングタイミングで、保持している電荷Qを後段の電荷保持部321へ出力し、前段の電荷保持部の電荷Qを取込み、こうしてシフトレジスタのように保持電荷Qを順次転送してゆく。

20

【0048】

このような電荷転送部32は、例えば、図5に示すように、半導体41と、該半導体41上に形成された絶縁体層42と、連続的に配置されるように絶縁体層42上に形成された複数の電極（ゲート電極）43とを備えて構成され、これら各電極43に電荷Qを転送するような所定パターンの駆動電圧を印加することによって、或る電極下のポテンシャル井戸に蓄積された電荷Qを順次に後段の電極下のポテンシャル井戸へ転送する電荷転送素子（電荷結合素子、Charge-Coupled Devices、CCD）TDによって構成することができる。図5に示す例では、6個の電極43-1~43-6を備える電荷転送素子TDが示されている。また、各電極43（43-1~43-6）には、電極43に電圧を印加するための信号線P41~P43が接続されている。例えば、時刻t1において、第1電極43-1に電圧が印加されることによって形成された第1ポテンシャル井戸PW1に電荷Qが保持されている。次の動作タイミングの時刻t2（t21、t22）において、まず、第1および第2電極43-1, 43-2のそれぞれに電圧が印加されることによって、第1ポテンシャル井戸PW1が第1電極43-1下だけでなく第2電極43-2下にも拡がり、電荷Qがこれら各電極43-1, 43-2下に形成されたポテンシャル井戸PW12に保持され（時刻t21）、続いて、第2電極43-2の電圧がそのまま、第1電極43-1の電圧が時間経過に従って徐々に0へ変化されることによって、第1ポテンシャル井戸PW1の電荷Qが徐々に第1ポテンシャル井戸PW2へ移動する（時刻t22）。そして、次の動作タイミングの時刻t3において、第1電極43-1に印加されていた電圧が解消されることで、前記の電荷Qが第2電極43-2下に形成されたポテンシャル井戸PW2に完全に移動する。このような動作を繰返すことで、第1電極43-1下のポテンシャル井戸PW1に蓄積されていた電荷Qが、隣接する第2電極43-2下のポテンシャル井戸PW2へ転送されて保持される。このような動作をサンプリング周期内で順次下流側の電荷保持部321-nから上流側の電荷保持部321-1に向かって行われることで、上述のように各電荷保持部321内の電荷が順次後段側へ転送されてゆく。

30

40

50

【 0 0 4 9 】

デジタルアナログ乗算部 3 4 は、電荷転送部 3 2 の各電荷保持部 3 2 1 (3 2 1 - 1 ~ 3 2 1 - n) に対応して設けられた複数のデジタルアナログ乗算器 (D A 乗算器) 3 4 1 - 1 ~ 3 4 1 - n (総称するときは、以下参照符号 3 4 1 で示す) を備えて構成されている。D A 乗算器 3 4 1 は、係数設定部 3 3 によって予め設定されている係数 $g(1)$ ($0 < g(1) < 1$) に対応する電荷保持部 3 2 1 の電荷 Q を乗算し、その乗算結果を加算部 3 5 へ出力する回路である。より具体的には、 $g(1) \times Q = g_1(1) \times 2^{-1} Q + g_2(1) \times 2^{-2} Q + g_3(1) \times 2^{-3} Q + \dots + g_n(1) \times 2^{-n} Q$ と表現することができることから、D A 乗算器 3 4 1 では、電荷保持部 3 2 1 に保持されている電荷 (アナログ信号) Q が 2 等分され、一方がさらに 2 等分され、これが繰り返されることで、 $2^{-1} Q$ 、 $2^{-2} Q$ 、 $2^{-3} Q$ 、 \dots 、 $2^{-n} Q$ の複数の電荷が生成され、これら各電荷が、乗数である係数 $g(1)$ の 2 進表現 $g_1(1)$ 、 $g_2(1)$ 、 $g_3(1)$ 、 \dots 、 $g_n(1)$ に従って取捨され、そのうちの取り上げられた電荷が 1 個に統合されることで、前記 $g(1) \times Q$ の乗算をアナログ処理で行うものである。

10

【 0 0 5 0 】

このような D A 乗算器 3 4 1 も、電荷転送素子 (電荷結合素子) を用いて構成することができる。例えば、電荷分割部 C D と、電荷統合部 S D とを備えて構成することができる。例えば、1 個の電荷 Q を 2 個の電荷に 2 等分する電荷分割部 C D は、図 6 に示すように、半導体 5 1 と、該半導体 5 1 上に形成された絶縁体層 5 2 と、絶縁体層 5 2 上に連続的に形成された複数の電極 (ゲート電極) 5 3 (5 3 - 1 ~ 5 3 - 6) とを備えて構成され、3 個 1 組の電極 5 3 を含んで 1 個の分割部 C D k が構成され、図 6 には、電極 5 3 - 1 ~ 5 3 - 3 を含む第 1 分割部 C D 1 と、電極 5 3 - 4 ~ 5 3 - 6 を含む第 2 分割部 C D 2 とが図示されている。また、各電極 5 3 (5 3 - 1 ~ 5 3 - 6) には、電極 5 3 に電圧を印加するための信号線 P 5 1 ~ P 5 3 が接続されている。このような電荷分割部 C D では、電極 5 3 に外部から電圧を印加することによって電極 5 3 下の半導体 3 1 内にポテンシャル井戸 P W が形成される。ポテンシャル井戸 P W は、その対応する電極 5 3 に外部から印加される電位によってその深さが制御される。このような電荷分割部 C D では、第 1 および第 2 分割部 C D 1、C D 2 における各電極 5 3 - 1 ~ 5 3 - 3 ; 5 3 - 4 ~ 5 3 - 6 に、電荷 Q を分割するような所定パターンの駆動電圧を印加することによって、第 1 分割部 C D 1 に保持されている電荷 Q が 2 個の電荷 Q_1 、 Q_2 ($Q_1 = Q_2 = Q / 2$) に等分され、各電荷 Q_1 、 Q_2 がそれぞれ第 1 および第 2 分割部 C D 1、C D 2 に保持される。例えば、時刻 t_{11} において、初期状態 (2 等分前、分割前) として、第 1 分割部 C D 1 の第 3 電極 5 3 - 3 に電圧が印加されることによって形成された第 1 分割部 C D 1 の第 1 ポテンシャル井戸 P W 3 に電荷 Q が保持されているとする。そして、次の動作タイミングの時刻 t_{12} において、第 1 分割部 C D 1 の第 2 および第 3 電極 5 3 - 2、5 3 - 3 ならびに第 2 分割部 C D 2 の第 1 電極 5 3 - 4 のそれぞれに電圧が印加されることによって、第 1 分割部 C D 1 の第 1 ポテンシャル井戸 P W 3 が第 3 電極 5 3 - 3 下だけでなく第 1 分割部 C D 1 の第 2 電極 5 3 - 2 下および第 2 分割部 C D 2 の第 1 電極 5 3 - 4 下にも拡がり、電荷 Q がこれら各電極 5 3 - 2 ~ 5 3 - 4 下に形成されたポテンシャル井戸 P W 2 3 4 に保持される。次の動作タイミングの時刻 t_{13} において、第 1 分割部 C D 1 の第 3 電極 5 3 - 3 に印加されていた電圧が解消され、そして、第 1 分割部 C D 1 の第 2 電極 5 3 - 2 および第 2 分割部 C D 2 の第 1 電極 5 3 - 4 に電圧が印加されることによって、電荷 Q が第 1 分割部 C D 1 の第 2 電極 5 3 - 2 下に形成されたポテンシャル井戸 P W 2 および第 2 分割部 C D 2 の第 1 電極 5 3 - 4 下に形成されたポテンシャル井戸 P W 4 にそれぞれ分割されて保持される。このように 1 個のポテンシャル井戸 P W 3 に蓄積されていた電荷 Q が、電極 5 3 に所定パターンの駆動電圧を印加することによって、このポテンシャル井戸 P W 3 に隣接するポテンシャル井戸 P W 2、P W 4 へ 2 等分されて保持される。続いて、図 6 では、次の動作タイミングの時刻 t_{14} において、第 1 分割部 C D 1 では、第 1 および第 2 電極 5 3 - 1、5 3 - 2 に電圧が印加されることによって、第 1 分割部 C D 1 の第 2 ポテンシャル井戸 P W 2 が第 2 電極 5 3 - 2 下だけでなく第 1 電極 5 3 - 1 下にも拡が

20

30

40

50

り、電荷 $Q_1 (= Q/2)$ がこの第1および第2電極 53-1、53-2下に形成されたポテンシャル井戸 PW12に保持される。そして、第2分割部 CD2では、第1および第2電極 53-4、53-5に電圧が印加されることによって、第2分割部 CD2の第1ポテンシャル井戸 PW4が第1電極 53-4下だけでなく第2電極 53-5下にも拡がり、電荷 $Q_2 (= Q/2)$ がこの第1および第2電極 53-4、53-5下に形成されたポテンシャル井戸 PW45に保持される。次の動作タイミングの時刻 t_{15} において、第1分割部 CD1では、第1分割部 CD1の第2電極 53-2に印加されていた電圧が解消されるとともに、第1分割部 CD1の第1電極 33-1に電圧が印加されることによって、2等分された電荷 Q_1 が第1分割部 CD1の第1電極 53-1下に形成された第1分割部 CD1の第1ポテンシャル井戸 PW1に保持される。そして、第2分割部 CD2では、第2分割部 CD2の第1電極 53-4に印加されていた電圧が解消されるとともに、第2分割部 CD2の第2電極 53-5に電圧が印加されることによって、2等分された電荷 Q_2 が第2分割部 CD2の第2電極 53-5下に形成された第2分割部 CD2の第2ポテンシャル井戸 PW5に保持される。このように電荷分割部 Dは、電荷 Q を2等分に分割するような所定パターンの駆動電圧を各電極 53に印加することによって、第1分割部 CD1の第3ポテンシャル井戸 PW3に保持されている電荷 Q を2等分し、第1分割部 CD1の第2ポテンシャル井戸 PW2（第1ポテンシャル井戸 PW1）および第2分割部 CD2の第2ポテンシャル井戸 PW5（第3ポテンシャル井戸 PW6）のそれぞれへ導き保持することによって、電荷 Q を2個の電荷に2等分することができる。

10

【0051】

20

そして、複数の電荷を1個の電荷に統合する電荷統合部 SDも、例えば、図7に示すように、半導体 61と、半導体 61上に形成された絶縁体層 62と、絶縁体層 62上に連続的に形成された複数の電極（ゲート電極）63（63-1～63-6）とを備えて構成され、3個1組の電極 63を含んで1個の統合部 SDkが構成され、図7には、電極 63-1～63-3を含む第1統合部 SD1と、電極 63-4～63-6を含む第2統合部 SD2とが図示されている。また、各電極 63（63-1～63-6）には、電極 63に電圧を印加するための信号線 P61～P63が接続されている。このような電荷統合部 SDでは、電極 63に外部から電圧を印加することによって電極 63下の半導体 61内にポテンシャル井戸 PWが形成される。ポテンシャル井戸 PWは、その対応する電極 63に外部から印加される電位によってその深さが制御される。このような電荷統合部 SDでは、第1および第2統合部 SD1、SD2における各電極 63-1～63-3；63-4～63-6に電荷を統合するような所定パターンの駆動電圧を印加することによって、第1統合部 SD1に保持されている第1電荷 Q_1 と第2統合部 SD2に保持されている第2電荷 Q_2 とが合わせられて1個の電荷 $Q (Q = Q_1 + Q_2)$ に統合され、この電荷 Q が第1統合部 SD1（第2統合部 SD2）に保持される。例えば、時刻 t_{21} において、初期状態（加算処理前）として、第1統合部 SD1の第1電極 63-1に電圧が印加されることによって形成された第1統合部 SD1の第1ポテンシャル井戸 PW1に第1電荷 Q_1 が保持され、第2統合部 SD2の第2電極 63-5に電圧が印加されることによって形成された第2統合部 SD2の第2ポテンシャル井戸 PW5に第2電荷 Q_2 が保持されている。次の動作タイミングの時刻 t_{22} において、第1統合部 SD1では、第1統合部 SD1の第1および第2電極 63-1、63-2に電圧が印加されることによって、第1統合部 SD1の第1ポテンシャル井戸 PW1が第1電極 63-1下だけでなく第2電極 63-2下にも拡がり、第1電荷 Q_1 がこの第1および第2電極 63-1、63-2下に形成されたポテンシャル井戸 PW12に保持される。そして、第2統合部 SD2では、第2統合部 SD2の第1および第2電極 63-4、63-5に電圧が印加されることによって、第2統合部 SD2の第2ポテンシャル井戸 PW5が第2電極 63-5下だけでなく第1電極 63-4下にも拡がり、第2電荷 Q_2 がこの第1および第2電極 63-4、63-5下に形成されたポテンシャル井戸 PW45に保持される。次の動作タイミングの時刻 t_{23} において、第1統合部 SD1では、第1統合部 SD1の第1電極 63-1に印加されていた電圧が解消され、そして、第2電極 63-2に電圧が印加されることによって、第1および第2電極 6

30

40

50

3 - 1, 63 - 2 下に形成されたポテンシャル井戸 PW 1 2 に保持されていた第 1 電荷 Q₁ が第 2 電極 63 - 2 下に形成された第 1 統合部 SD 1 の第 2 ポテンシャル井戸 PW 2 に移動して保持される。そして、第 2 統合部 SD 2 では、第 2 統合部 SD 2 の第 2 電極 63 - 5 に印加されていた電圧が解消され、そして、第 1 電極 63 - 4 に電圧が印加されることによって、第 1 および第 2 電極 63 - 4, 63 - 5 下に形成されたポテンシャル井戸 PW 4 5 に保持されていた第 2 電荷 Q₂ が第 1 電極 63 - 4 下に形成された第 2 統合部の第 1 ポテンシャル井戸 PW 4 に移動して保持される。このような動作によって第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ が第 2 統合部 SD 2 へ寄るとともに、第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ が第 1 統合部 SD 1 へ寄り、第 1 統合部 SD 1 の第 2 電極 63 - 2 と第 2 統合部 SD 2 の第 1 電極 63 - 4 とが 1 個の電極 (第 1 統合部の第 3 電極 63 - 3) 63 を隔てて配置される。そして、次の動作タイミングの時刻 t₂₄ において、第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ とを隔てているこの第 1 統合部 SD 1 の第 3 電極 63 - 3 に、第 1 統合部 SD 1 の第 2 電極 63 - 2 および第 2 統合部 SD 2 の第 1 電極 63 - 4 にそれぞれ印加されている電圧と同じ電圧が印加されることによって、第 1 統合部 SD 1 の第 2 ポテンシャル井戸 PW 2 が第 2 電極 63 - 2 下だけでなく第 3 電極 63 - 3 下にも広がるとともに、第 2 統合部 SD 2 の第 1 ポテンシャル井戸 PW 4 が第 1 電極 63 - 4 下だけでなく第 1 統合部 SD 1 の第 3 電極 63 - 3 下にも広がる結果、第 1 統合部 SD 1 の第 2 および第 3 電極 63 - 2, 63 - 3 下ならびに第 2 統合部 SD の第 1 電極 63 - 4 下に亘るポテンシャル井戸 PW 2 3 4 が形成され、第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ とが統合される。そして、次の動作タイミングの時刻 t₂₅ において、第 1 統合部 SD 1 の第 2 電極 63 - 2 に印加されていた電圧が解消されるとともに第 2 統合部 SD 2 の第 1 電極 63 - 4 に印加されていた電圧が解消され、そして、第 1 統合部 SD 1 の第 3 電極 63 - 3 に電圧が印加されることによって、この統合された第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ とが第 1 統合部 SD 1 の第 3 電極 63 - 3 下に形成された第 1 統合部 SD 1 の第 3 ポテンシャル井戸 PW 3 に保持され、加算結果 Q (= Q₁ + Q₂) となる。このように電荷統合部 SD は、所定パターンの駆動電圧を各電極に印加することによって、第 1 統合部 SD 1 のポテンシャル井戸 PW に保持されている第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 のポテンシャル井戸 PW に保持されている第 2 電荷 Q₂ とを 1 個のポテンシャル井戸 PW へ導き統合することによって、第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ とを電荷のまま加算することができるものである。すなわち、電荷統合部 SD は、第 1 統合部 SD 1 の第 1 電荷 Q₁ と第 2 統合部 SD 2 の第 2 電荷 Q₂ とをアナログで加算することができる。

【0052】

DA 乗算器 341 は、例えば、係数 g (1) の 2 進表現に従ったビット数個の直列に接続された複数の前記電荷分割部 CD と、前記電荷統合部 SD とを備え、電荷保持部 321 の出力値に対応する電荷量 Q を、前述のように電荷分割部 CD で 2 等分し、その一方を、この 2 等分した電荷分割部 CD における後段の電荷分割部 CD で 2 等分し、これを繰り返すことで、2 - 1 Q、2 - 2 Q、2 - 3 Q、・・・、2 - n Q の複数の電荷を生成し、これら各電荷を、係数 g (1) の 2 進表現 g₁ (1)、g₂ (1)、g₃ (1)、・・・、g_n (1) に従って取捨し、そのうち取り上げた電荷を電荷統合部 SD で統合することで、G (1) × Q の乗算をアナログで行うことができるものである。そのため、係数 g (1) の 2 進表現 g₁ (1)、g₂ (1)、g₃ (1)、・・・、g_n (1) に従った取捨では、ビットが 0 の場合には捨て、ビットが 1 の場合には残す。例えば、Q × 0 . 36827 (10 進数) の乗算を行う場合は、Q × 0 . 01011110 (2 進数) となって、Q × (0 + 0 / 2 + 1 / 4 + 0 / 8 + 1 / 16 + 1 / 32 + 1 / 64 + 1 / 128 + 0 / 256) となる。なお、DA 乗算器 341 では、電荷保持部 321 の電荷量 Q をセンシングフロートイングゲートを介して転写し、電荷保持部 321 の出力値 (電荷量 Q) と等しい電荷量 Q が保持される。

【0053】

このように関連処理部 30 は、アナログ信号である電荷 Q を用い、上述したように、遅

延（転送）、乗算および加算が可能な、CCD原理に基づくアナログ積和演算装置を備えて構成されたデバイスであり、これを用いることで、高分解能、高速かつ低消費電力に、相関処理演算が可能となる。

【0054】

なお、このような構成の相関処理部30では、扱われる電荷Qが正の値であることから、受信部13の正負いずれの出力にも対応すべく、例えば、受信部13とサンプルホールド部31との間に、入力信号の絶対値を出力するとともに入力信号における正負の符号（符号ビット列）を出力する絶対値化回路が介挿されてもよく、この場合では、この符号（符号ビット列）は、以後、絶対値化された信号の各処理に伴って、サンプルホールド部31、電荷転送部32、デジタルアナログ乗算部34および加算部35の各部を伝播するように、これら各部が構成される。

10

【0055】

このようなDA乗算器341は、例えば、特開平06-237173号公報（特許第2599679号公報）、特開平06-350453号公報（特許第2955734号公報）、特開平07-335866号公報（特許第2665726号公報）および特開平08-050546号公報も参照することができる。

【0056】

係数設定部33は、参照信号記憶部18に記憶されている参照信号に基づいて、デジタルアナログ乗算部34の各DA乗算器341に対し、係数 $g(1)$ を設定する回路である。

20

【0057】

このような構成の相関処理部30は、次のように動作する。相関部14における相関処理とは、2つの波形がどの程度似ているかを判定する処理であり、例えば、2つの数列 x_n と z_n とがあった場合、次の式1で示される相関値Yが大きい程、2つの数列が似通っていることになる。

【0058】

$$Y = \sum_{k=1}^n x_k z_k \quad \dots (1)$$

ただし、 \sum は、 $k=1$ から $k=n$ までの和を求める。

【0059】

ここで、送信信号（参照信号）を $s(t)$ とし、該送信信号 $s(t)$ に雑音を含ませたものを受信信号 $x(t)$ とし、上記の式1からなる相関値（判定基準）をYとすると、図8に波線で示すように、参照信号 $s(t)$ と受信信号 $x(t)$ とが重なる瞬間に急峻なピークが検出されることになる。このピークが大きければ大きいほど、参照信号 $s(t)$ とよく類似した信号が受信されたことになる。なお、図8では、送信信号 $s(t)$ は、太い実線で示され、受信信号 $x(t)$ は、細かい実線で示されている。また、図8では、相関のピークがずれているように見えるけれども、参照信号 $s(t)$ と受信信号 $x(t)$ との相関演算後、相関結果を信号の開始タイミングに合わせて出力しており、デジタル演算で相対的な時間遅延が生じ、このような波形となる。

30

【0060】

また、ノイズ耐性を高める観点から、可能な限り冗長な、自然界に無い信号を送信信号 $s(t)$ に用いることが望ましい。実際には、図4のように、受信部13で受信される連続的な受信信号 $x(t)$ が時間 t でサンプルホールドされ、離散量 $f(t)$ 、 $f(t-1)$ 、 $f(t-2)$ 、 $f(t-3)$ 、 $f(t-4)$ 、 \dots とされる。図4に示す例では、 $f(t) = x a(1)$ 、 $f(t-1) = x a(2)$ 、 $f(t-2) = x a(3)$ 、 $f(t-3) = x a(4)$ 、 $f(t-4) = x a(5)$ 、 \dots である。相関値Yは、式2に示すように、これら各々に相当する係数 $g(1) \sim g(1)$ を掛けて総和を取ることによって、得られる。

40

【0061】

$$Y = \sum_{k=1}^n f(t-k) g(k) \quad \dots (2)$$

ただし、 \sum は、 $k=1$ から $k=n$ までの和を求める。

50

【 0 0 6 2 】

このように電荷転送部 3 2 の電荷保持部 3 2 1 の各ステージに蓄えられている電荷量 Q_k に参照信号 (テンプレート) の対応する係数 $g (1)$ を乗じ、和をとることで、ノイズの中に信号が存在するか否かを高い S / N 比で計算することができる。

【 0 0 6 3 】

この相関値 Y の値を各相関処理部 3 0 - 1 , 3 0 - 2 , \dots , 3 0 - n からの出力 y_1 , y_2 , \dots , y_n としてモニタするタイミング判定部 3 6 が相関部 1 4 に設けられており、このタイミング判定部 3 6 は、前記出力 y_1 , y_2 , \dots , y_n がある閾値より大きい場合に、第 2 超音波信号における基本波成分を相関値 Y に比例する強度で受信したのものとして、高調波成分抽出部 1 0 にトリガを与える。高調波成分抽出部 1 0 にはまた、前記受信部 1 3 からの信号が入力されており、その信号から基本波成分を減算することで、高調波成分を求めており、そのトリガ期間における第 2 の超音波信号中から、前記非線形歪み (所望周波数) 成分を抽出し、画像処理部 1 5 へ出力する。

10

【 0 0 6 4 】

ここで、前記参照信号記憶部 1 8 からは、各無機圧電素子 2 2 に対して、前記のようにステアリング角度 (方位) やフォーカルポイントに応じた相互間の遅延時間を有し、同じ包絡線で $360^\circ / N$ (N は 2 以上) ずつ相互に位相をずらした一定間隔のパルスが、送信信号および参照信号として出力される。送信部 1 2 は、その送信信号を前記第 1 の超音波信号として、各無機圧電素子 2 2 に被検体内へ連続して送信させる。例えば、 $N = 2$ の場合、図 9 (a) で示すように位相が 180° ずれた (逆相の) 2 つのパルスが送信されることになり、 $N = 3$ の場合、図 1 0 (a) で示すように位相が 120° ずつずれた 3 つのパルスが送信されることになる。なお、図 9 および図 1 0 では、縦軸が振幅で横軸は時間を表し、時間経過は図に向かって右から左となっている。

20

【 0 0 6 5 】

これに対して、各有機圧電素子 2 1 から受信部 1 3 で受信される信号は、図 9 (b) および図 1 0 (b) で示すようになる。これを前記相関部 1 4 において、 N 個分のパルス成分を PSK 符号として、順次前記参照信号と相関演算を行うと、図 9 (c) および図 1 0 (c) で示すようになる。前記タイミング判定部 3 6 は、この相関演算結果から、参照符号 で示すようなピークの期間 W の期間だけ、高調波成分抽出部 1 0 にトリガを与え、参照符号 で示す高調波成分を抽出させる。なお、上述のように位相をずらした同一信号を連続送信する場合 1 音線で位相をずらした複数の信号を送波するので、フレームレートは変化しない。すなわち、音線毎に位相をずらした信号送波ではない。

30

【 0 0 6 6 】

高調波成分抽出部 1 0 は、上述の相関部 1 4 と同様な構成を有し、参照信号としては、前記被検体の診断部位および被検体の診断深度に応じた複数の参照信号が前記参照信号記憶部 1 8 に記憶されており、その参照信号の 1 つが制御部 1 7 によって選択される。その参照信号を用いて、高調波成分抽出部 1 0 は高次調波を抽出しており、前記のようにタイミング判定部 3 6 からトリガが与えられた期間 W の相関演算結果を、出力 y_1' , y_2' , \dots , y_n' として画像処理部 1 5 へ出力する。ただし、前記タイミング判定部 3 6 にてトリガタイミングが判定される時点は、電荷転送部 3 2 から信号が出力された時点と時間差があり、このため該高調波成分抽出部 1 0 には、その信号をトリガタイミングの幅だけ保持しておく遅延回路が設けられている。

40

【 0 0 6 7 】

ここで、例えば、 $3 \text{ MHz} \sim 5 \text{ MHz}$ のチャープ波を送信信号に用いた場合には、高調波成分抽出部 1 0 が使用する参照信号は、以下ようになる。

【 0 0 6 8 】

$$s(t) = A \cdot \sin\{2\pi[(f_c - Bw/2)t + (Bw/(2Tw))t^2]\} \cdot W(t) \quad \dots (3)$$

ただし、 $W(t)$ は、窓関数 (本実施形態では例えばハミング窓を使用) であり、 f_c は、チャープ波の中心周波数であり、 Bw は、チャープ波の掃引周波数であり、 Tw は、チャープ波の時間幅である。本実施形態においては、 $f_c = 4 \text{ MHz}$ 、 $Bw = 2 \text{ MHz}$ とし

50

、 T_w は、診断領域の面積により設定される。

【0069】

相関処理によって検出する高調波の次数を m とすると、 m が偶数の場合の参照信号の波形 $r(t)$ は、下式となる。

【0070】

$$r(t) = f(d,m) \cdot (s(t)/|s(t)|) \cdot \{s(t)\}^m \quad \dots (4)$$

一方、 m が奇数の場合の波形 $r(t)$ は、下式となる。

【0071】

$$r(t) = f(d,m) \cdot \{s(t)\}^m \quad \dots (5)$$

ただし、 $f(d,m)$ は、前記のように診断深度、診断対象および次数によって決定される項である。この $f(d,m)$ は、フォーカルポイント毎に用意された係数 $g(1)$ を操作入力部11等によって、ユーザが出力画像を見つつ最適な値を選択してもよい。この関数 $r(t)$ を規定のサンプリング周波数でデジタル化したものが参照信号の $g(1) \sim g(n)$ に書き込まれる値として、診断深度、診断対象および検出次数毎に参照信号記憶部18に記憶される。

【0072】

画像処理部15は、例えば、位相ばらつき検出部151と、遅延補正部152と、整相加算部153とを備えて構成される。位相ばらつき検出部151は、相関処理部30-1, 30-2, ..., 30-nの各出力 y_1, y_2, \dots, y_n から位相のばらつきを検出する回路である。フォーカルポイントと超音波探触子2の圧電素子21, 22との間における平均音速は、圧電素子21, 22毎に異なっているため、位相がずれてしまうことが知られている。位相ばらつき検出部151は、この位相のずれを検出するものである。

【0073】

遅延補正部152は、高調波成分抽出部10からの各出力 y_1', y_2', \dots, y_n' に対し、前述のような音速補正を行うとともに、フォーカルポイント(フォーカス点)および/またはステアリング角度(方位)に対応した時間差を付与することによって遅延(位相)を調整する。整相加算部153は、遅延補正部152で音速補正および遅延補正された高調波成分抽出部10からの各出力 y_1', y_2', \dots, y_n' を整相加算する回路である。そして、画像処理部15は、その加算値 $Y(t)$ に基づいて超音波画像を生成する。

【0074】

このような構成の相関部14、高調波成分抽出部10および画像処理部15の動作を示すと、図11で示すようになる。すなわち、相関部14および高調波成分抽出部10では、受信部13からの出力を各有機圧電素子21毎に、一定の動作タイミングの制御クロックによって、サンプルホールド部31によって時間方向に離散化し、順次電荷転送部32に入力される。電荷転送部32の電荷保持部321の段数 n は、基本波に対する前記360°/Nの期間に対応している。そして、前述のように基本波の相関部14側の相関処理部30での相関処理結果から、タイミング判定部36が高調波の抽出タイミングを判定し、高調波成分抽出部10側の相関処理部30へトリガを与える。こうして最も相関の高い期間 W だけ、高調波の相関処理結果が抽出され、その結果には、画像処理部15において、位相ばらつき検出部151で検出された基本波の位相ばらつきの検知結果に対応して、遅延補正部152で位相ばらつきが補正され、整相加算部153で、前記フォーカルポイントやステアリング角度に応じた遅延時間が調整されて相互に加算される。

【0075】

以上のように、本実施の形態の超音波画像診断装置Sは、送信部12から、同じ包絡線で360°/N(Nは2以上の整数)ずつ相互に位相をずらしたパルスを実1の超音波信号として予め定める一定間隔で被検体内へ送信し、それによる反射波などの被検体から来た実2の超音波信号を受信部13で受信し、信号処理部が所定の信号処理を行うことで基本波(前記実1の超音波信号)成分を効率良く除去し、非線形歪み(高調波)成分を抽出

10

20

30

40

50

して、その抽出結果から、画像処理部 15 が前記被検体内の断層画像を作成し、表示部 16 に表示させるようにした超音波画像診断装置において、前記送信部 12 が前記パルスを連続して送信する一方、前記信号処理部として、前記受信部 13 で受信された第 2 の超音波信号から、N 個分のパルス成分を P S K (Phase Sift Keying) 符号として所定の参照信号との間で順次相関処理を行い、最も相関値が高くなる期間 W を判定する相関部 14 と、前記期間 W における相関値から、前記第 2 の超音波信号中に含まれる前記非線形歪み (所望周波数) 成分を抽出する高調波成分抽出部 10 とを設ける。

【0076】

したがって、相関処理による符号検出を用いることで、非線形歪み (高調波) 成分が戻ってきたタイミングを正確に検出することができ、距離分解能を向上することができる。また、そのタイミングで成分抽出を行うことで、前記非線形歪み (高調波) 成分も高精度に抽出し、方位分解能も向上することができる。また、送信部 12 は、パルスを連続して送信するので、フレームレートを落とすことはない。

10

【0077】

また、前記送信部 12 は、前記パルスとして、単純な $360^\circ / N$ ずらしのガウシアンエンベロープ波形ではなく、それを中心周波数として、周波数が増加または減少するチャープ波を用いるので、レンジサイドローブ (時間的サイドローブ) を抑制することができる。

【0078】

さらにまた、前記相関部 14 は、CCD 原理に基づくアナログ積和演算装置を備えて構成されるので、微弱な信号レベルである高調波成分でもより適切に相関処理を行うことが可能となる。

20

【0079】

本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および/または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。特に、上述の実施形態では、画像処理部 15 は、高調波信号から断層画像を作成するようにしたけれども、基本波の反射波も併用して、断層画像を作成するようによい。

30

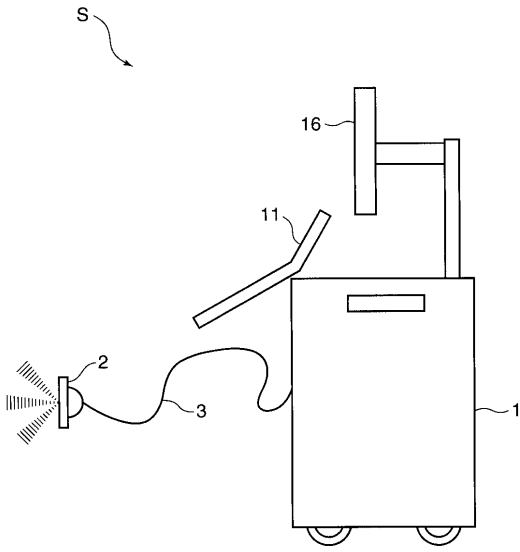
【符号の説明】

【0080】

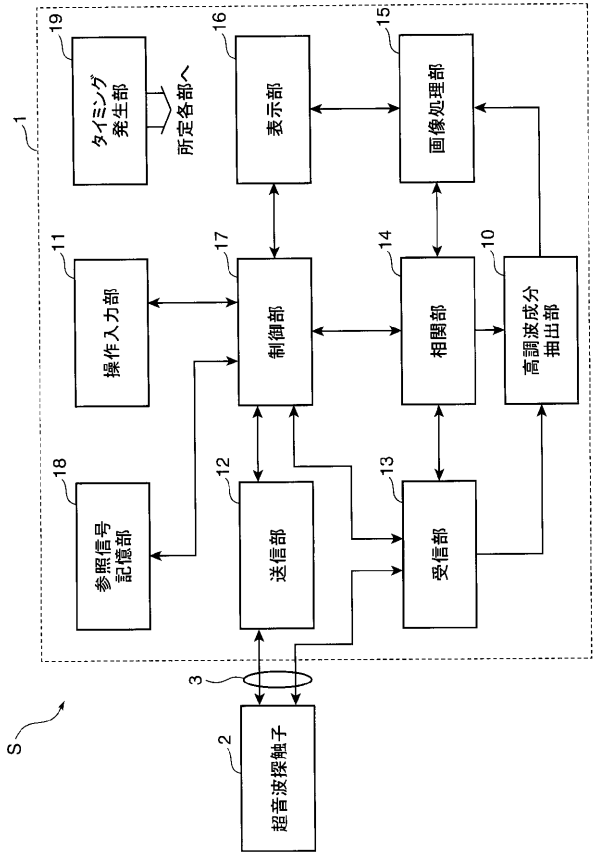
- S 超音波診断装置
- 1 超音波診断装置本体
- 10 高調波成分抽出部
- 14 相関部
- 15 画像処理部
- 18 参照信号記憶部
- 30 相関処理部
- 31 サンプルホールド部
- 32 電荷転送部
- 33 係数設定部
- 34 デジタルアナログ乗算器
- 35 加算部
- 36 タイミング判定部

40

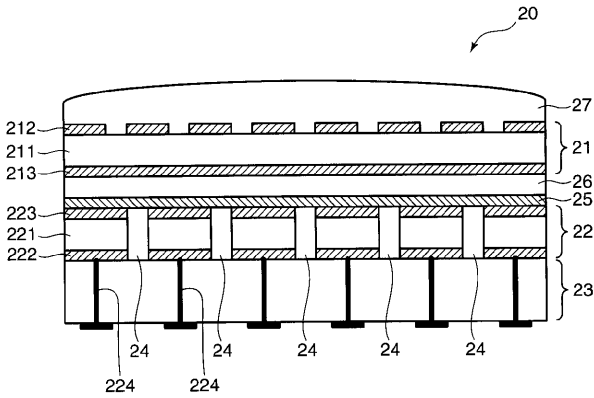
【図1】



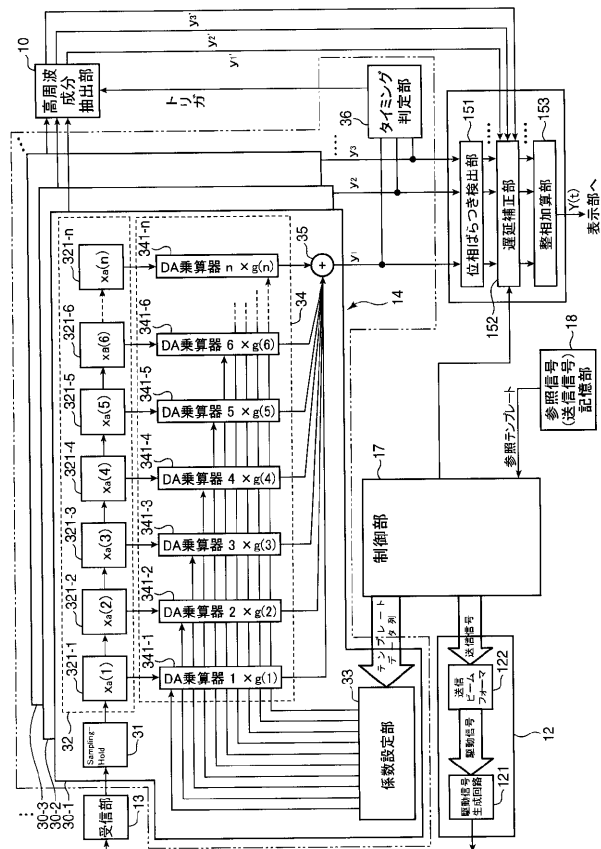
【図2】



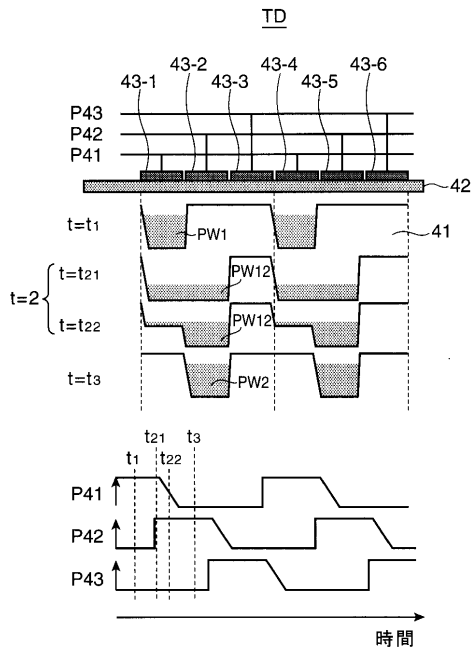
【図3】



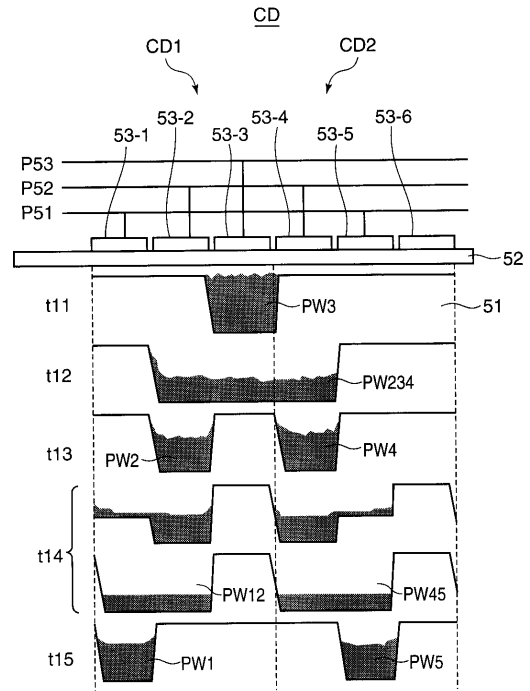
【図4】



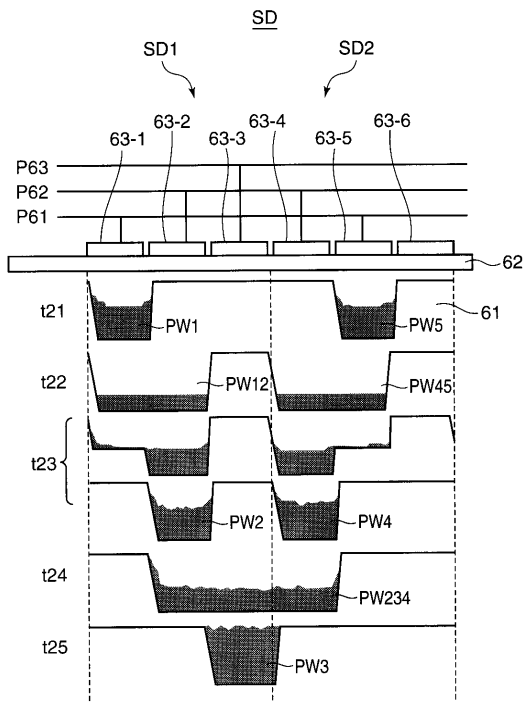
【 図 5 】



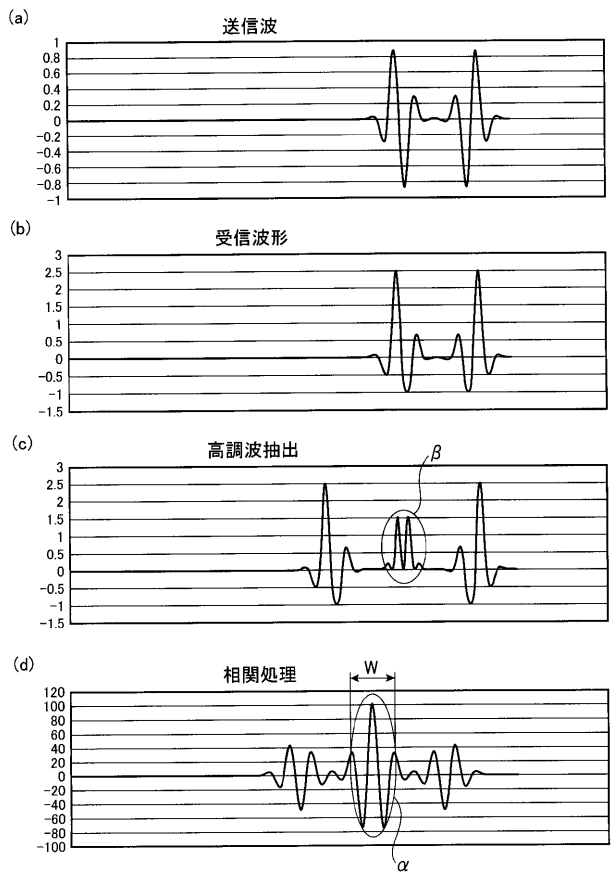
【 図 6 】



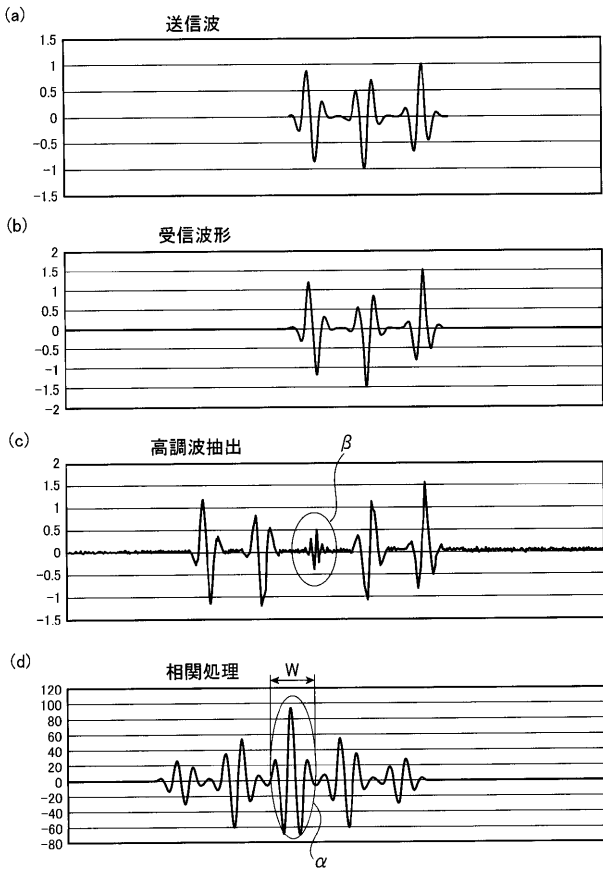
【 図 7 】



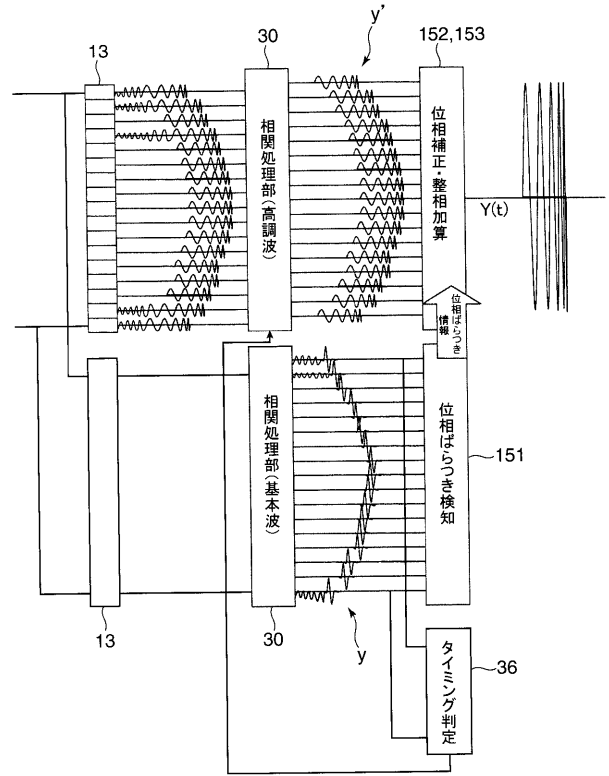
【 図 9 】



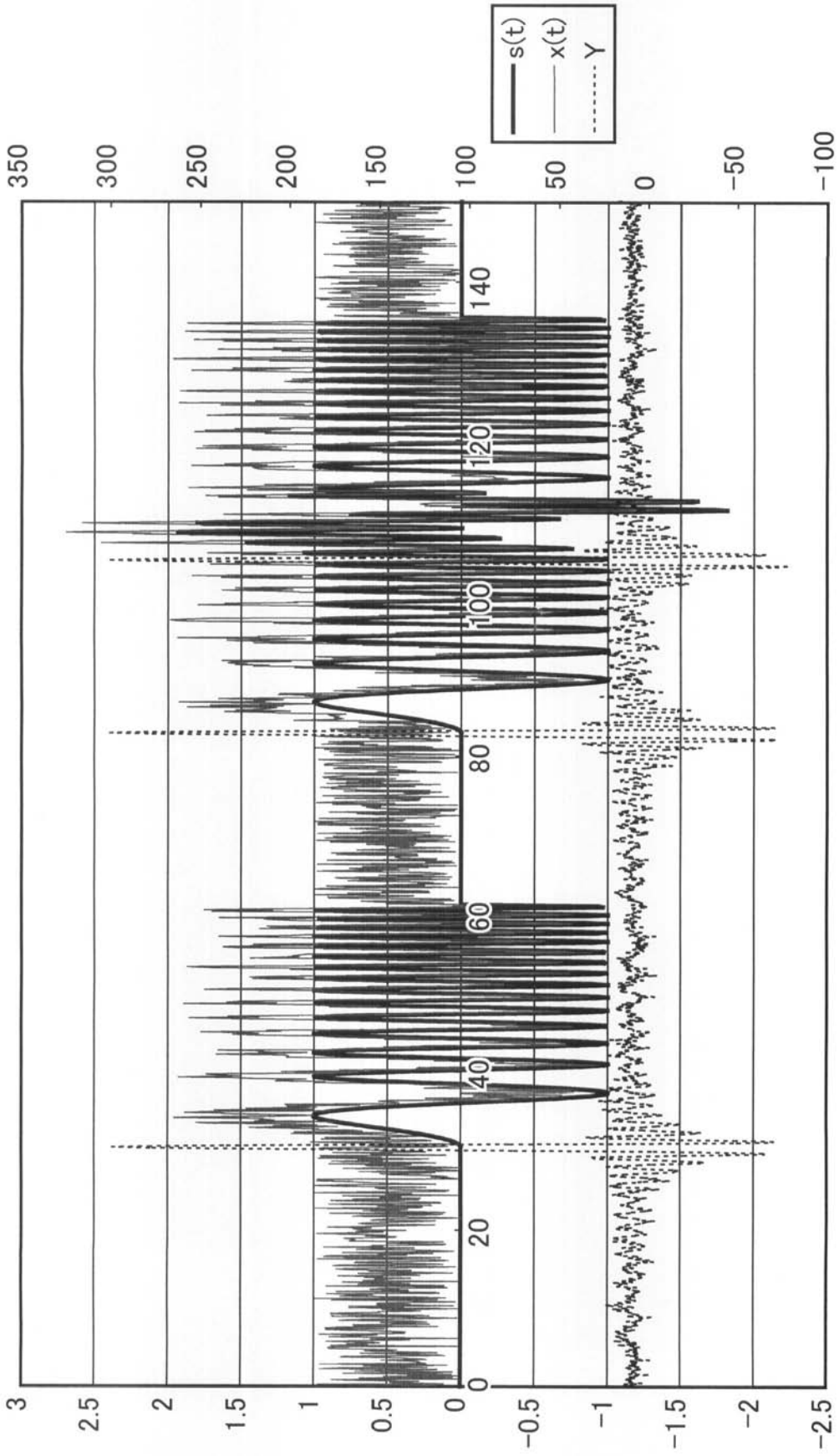
【図 10】



【図 11】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 根本 喜久郎

東京都日野市さくら町 1 番地 コニカミノルタエムジー株式会社内

Fターム(参考) 4C601 BB02 BB06 DE08 EE01 GB02 GB15 GB44 GB45 HH10 JB41
JB45 JB47

专利名称(译)	超声波成像诊断仪		
公开(公告)号	JP2010213965A	公开(公告)日	2010-09-30
申请号	JP2009065799	申请日	2009-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达医疗印刷器材有限公司		
[标]发明人	佐々木頂之 中原雅文 根本喜久郎		
发明人	佐々木 頂之 中原 雅文 根本 喜久郎		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB06 4C601/DE08 4C601/EE01 4C601/GB02 4C601/GB15 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/HH10 4C601/JB41 4C601/JB45 4C601/JB47		
代理人(译)	櫻井 智		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提高超声诊断设备的距离分辨率。 解决方案：发射器以规则的间隔连续发射相位相差 $360^\circ/N$ (图中为3) 的脉冲，并且与 (a) 中相同的包络连续发送给受试者，如 (b) 中的 (b) 所示的反射波由接收单元接收，相关单元使用N个脉冲分量作为PSK码，如 (d) 所示顺序地执行与发送信号 (基波) 的相关处理。并且确定相关值最高的周期 W ，如 α 。另一方面，为了提取谐波，如 (d) 所示，获得与另一参考信号的相关值，并且从诸如 β 的时段 W 中的相关值中提取谐波分量。因此，通过使用相关处理的代码检测，可以准确地检测非线性失真分量返回的定时，提高距离分辨率，并在该定时执行分量提取，使得非线性失真分量也可以准确它可以提取和改善方向分辨率。 .The 10

