

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6365243号
(P6365243)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14

請求項の数 15 (全 26 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-222474 (P2014-222474) (22) 出願日 平成26年10月31日(2014.10.31) (65) 公開番号 特開2016-86958 (P2016-86958A) (43) 公開日 平成28年5月23日(2016.5.23) 審査請求日 平成29年10月3日(2017.10.3)</p>	<p>(73) 特許権者 000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 (74) 代理人 100116665 弁理士 渡辺 和昭 (74) 代理人 100164633 弁理士 西田 圭介 (74) 代理人 100179475 弁理士 仲井 智至 (72) 発明者 新垣 匠 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 審査官 森口 正治</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物に対して超音波を送信する処理を行う送信処理部と、
 送信した前記超音波に対する超音波エコーの受信処理を行う受信処理部と、
 前記受信処理部からの受信信号に対して処理を行う処理部と、
 を含み、
 前記処理部は、
 前記送信処理部により送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、前記受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、
 前記結合係数特定処理により特定された複数の結合係数と、前記第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、前記受信信号から再構成信号への変換処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

10

【請求項2】

請求項1において、
 前記処理部は、
 前記受信信号に対応する高調波に対し、前記第1基底波の前記結合係数特定処理を行った後に、前記変換処理を行って、前記再構成信号として、前記第2基底波による再構成波を生成することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項3】

請求項1又は2において、

20

前記複数の第1基底波は、
M個（Mは2以上の整数）の第1基底波であり、
前記M個の第1基底波のうちの第 i （ i は、 $1 \leq i \leq M$ の整数）の第1基底波は、
第 i の測定点に配置された第 i の点散乱体からの前記超音波の受信信号に対応する高調波であり、

前記M個の第1基底波のうちの第 $(i+1)$ の第1基底波は、
前記超音波の送信点から、前記第 i の測定点よりも遠い位置である第 $(i+1)$ の測定点に配置された第 $(i+1)$ の点散乱体からの超音波の受信信号に対応する高調波であることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかにおいて、
前記第1基底波は、
前記受信信号から抽出可能な高調波であることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかにおいて、
前記送信処理部は、
互いに位相を反転させた2つのパルス信号を前記対象物に送信し、
前記処理部は、
送信された前記2つのパルス信号に対応する2つの受信信号に基づいて減算処理を行って、1つの差分信号を求め、

求めた前記差分信号に対して第1フィルター処理を行って、高調波成分を抽出し、
抽出された前記高調波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する高調波を、前記第1基底波として求めることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかにおいて、
前記複数の第1基底波は、
M個（Mは2以上の整数）の第1基底波であり、
前記M個の第1基底波のうちの第 i （ i は、 $1 \leq i \leq M$ の整数）の第1基底波は、
前記送信パルス信号のパルス幅又は前記受信信号のパルス幅に対応する位相差よりも短い位相差で、第 $(i+1)$ の第1基底波と相互に位相がずれていることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかにおいて、
前記処理部は、
複数の第2基底波に基づいて、前記変換処理を行い、
前記複数の第2基底波は、
N個（Nは2以上の整数）の第2基底波であり、
前記N個の第2基底波のうちの第 j （ j は、 $1 \leq j \leq N$ の整数）の第2基底波は、
第 j の測定点に配置された第 j の点散乱体からの前記超音波の受信信号に対応する高調波であり、

前記N個の第2基底波のうちの第 $(j+1)$ の第2基底波は、
前記超音波の送信点から、前記第 j の測定点よりも遠い位置である第 $(j+1)$ の測定点に配置された第 $(j+1)$ の点散乱体からの超音波の受信信号に対応する高調波であることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれかにおいて、
前記第2基底波は、
前記受信信号から抽出可能な基本波に対して、時間成分の圧縮処理を行って得られることを特徴とする超音波測定装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかにおいて、
 前記送信処理部は、
 互いに位相を反転させた 2 つのパルス信号を前記対象物に送信し、
 前記処理部は、
 送信された前記 2 つのパルス信号に対応する 2 つの受信信号に基づいて減算処理を行って、1 つの差分信号を求め、
 求めた前記差分信号に対して第 2 フィルター処理を行って、基本波成分を抽出し、
 抽出された前記基本波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する基本波を求め、
 求めた前記基本波に対して時間成分の圧縮処理を行って、前記第 2 基底波を求めることを特徴とする超音波測定装置。

10

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、
 前記第 2 基底波は、
 前記第 1 基底波と位相差が同じで、波数が少ないことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかにおいて、
 前記処理部は、
 前記変換処理後に得られた前記再構成信号に対して、包絡線検波処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

20

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれかにおいて、
 前記処理部は、
 前記結合係数特定処理として、前記受信信号のデコンボリューション処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれかにおいて、
 前記処理部は、
 前記再構成信号の前記変換処理として、前記第 2 基底波のコンボリューション処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

30

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波測定装置と、
 前記再構成信号に基づいて生成された表示用画像データを表示する表示部と、
 を含むことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 15】

対象物に対して超音波を送信する処理を行い、
 送信した前記超音波に対する超音波エコーの受信処理を行い、
 送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、前記受信信号を構成する複数の第 1 基底波の結合係数特定処理を行い、
 前記結合係数特定処理により特定された複数の結合係数と、前記第 1 基底波よりも波数が少ない第 2 基底波とに基づいて、前記受信信号から再構成信号への変換処理を行うことを特徴とする超音波測定方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

被検体である人体の内部を検査するために用いる装置として、対象物に向けて超音波を

50

出射し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信する超音波測定装置が注目されている。さらに、超音波測定装置は、内臓脂肪の測定や血流量の測定など、被検体の表層の画像診断にも応用されている。

【0003】

このような超音波測定装置を用いて画像診断を行う場合には、超音波エコーの画像処理の高分解能化を図る必要があり、例えばハーモニックイメージング（ハーモニックイメージング法）などが利用されている。

【0004】

ここで、ハーモニックイメージングにおいては、超音波エコーのハーモニック成分を抽出する必要があるが、そのためのハーモニック成分抽出方法としては、フィルター法や、10 特許文献1等に記載される位相反転法がある。特許文献1では、3次以上の高次の高調波を用いて位相反転法を行う超音波画像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-360569号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来のBモード画像生成処理では、距離分解能と方位分解能がほぼ同じであったため、20 距離分解能の向上は課題とはならなかった。しかし、ハーモニックイメージングや適応型ビームフォーミングを適応すると、距離分解能よりも方位分解能が高くなり、生成された画像における分解能の異方性が新たに生じることとなった。例えば、前述した特許文献1でも、方位分解能に対して距離分解能が相対的に低下している。そのため、距離分解能の向上が必要である。

【0007】

本発明の幾つかの態様によれば、超音波による対象物の測定結果の方位分解能だけでなく、距離分解能も向上させることができる超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法等を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様は、対象物に対して超音波を送信する処理を行う送信処理部と、送信した前記超音波に対する超音波エコーの受信処理を行う受信処理部と、前記受信処理部からの受信信号に対して処理を行う処理部と、を含み、前記処理部は、前記送信処理部により送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、前記受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、前記結合係数特定処理により特定された複数の結合係数と、前記第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、前記受信信号から再構成信号への変換処理を行う超音波測定装置に係する。

【0009】

本発明の一態様では、送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、40 受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、特定された複数の結合係数と、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、受信信号から再構成信号への変換処理を行う。よって、超音波による対象物の測定結果の方位分解能だけでなく、距離分解能も向上させることが可能となる。

【0010】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記受信信号に対応する高調波に対し、前記第1基底波の前記結合係数特定処理を行った後に、前記変換処理を行って、前記再構成信号として、前記第2基底波による再構成波を生成してもよい。

【0011】

これにより、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波から構成される再構成波に、50 受

信波を変換し、対象物の測定結果における距離分解能を向上させること等が可能になる。

【0012】

また、本発明の一態様では、前記複数の第1基底波は、M個（Mは2以上の整数）の第1基底波であり、前記M個の第1基底波のうちの第 i （ i は、 $1 \leq i \leq M$ の整数）の第1基底波は、第 i の測定点に配置された第 i の点散乱体からの前記超音波の受信信号に対応する高調波であり、前記M個の第1基底波のうちの第 $(i+1)$ の第1基底波は、前記超音波の送信点から、前記第 i の測定点よりも遠い位置である第 $(i+1)$ の測定点に配置された第 $(i+1)$ の点散乱体からの超音波の受信信号に対応する高調波であってもよい。

【0013】

これにより、設定した各測定点の間隔に対応する距離分解能で、受信波から第1基底波成分を抽出すること等が可能になる。

【0014】

また、本発明の一態様では、前記第1基底波は、前記受信信号から抽出可能な高調波であってもよい。

【0015】

これにより、受信信号を複数の第1基底波に分解すること等が可能になる。

【0016】

また、本発明の一態様では、前記送信処理部は、互いに位相を反転させた2つのパルス信号を前記対象物に送信し、前記処理部は、送信された前記2つのパルス信号に対応する2つの受信信号に基づいて減算処理を行って、1つの差分信号を求め、求めた前記差分信号に対して第1フィルター処理を行って、高調波成分を抽出し、抽出された前記高調波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する高調波を、前記第1基底波として求めてもよい。

【0017】

これにより、対象物内の所与の測定点の点散乱体からの反射波成分に対応する第1基底波を特定すること等が可能になる。

【0018】

また、本発明の一態様では、前記複数の第1基底波は、M個（Mは2以上の整数）の第1基底波であり、前記M個の第1基底波のうちの第 i （ i は、 $1 \leq i \leq M$ の整数）の第1基底波は、前記送信パルス信号のパルス幅又は前記受信信号のパルス幅に対応する位相差よりも短い位相差で、第 $(i+1)$ の第1基底波と相互に位相がずれていてもよい。

【0019】

これにより、送信パルス信号のパルス幅又は受信信号のパルス幅に対応する位相差よりも短い距離の距離分解能で、対象物を測定すること等が可能になる。

【0020】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、複数の第2基底波に基づいて、前記変換処理を行い、前記複数の第2基底波は、N個（Nは2以上の整数）の第2基底波であり、前記N個の第2基底波のうちの第 j （ j は、 $1 \leq j \leq N$ の整数）の第2基底波は、第 j の測定点に配置された第 j の点散乱体からの前記超音波の受信信号に対応する高調波であり、前記N個の第2基底波のうちの第 $(j+1)$ の第2基底波は、前記超音波の送信点から、前記第 j の測定点よりも遠い位置である第 $(j+1)$ の測定点に配置された第 $(j+1)$ の点散乱体からの超音波の受信信号に対応する高調波であってもよい。

【0021】

これにより、超音波による対象物の測定結果による距離分解能を、設定した各測定点の間隔まで向上させること等が可能になる。

【0022】

また、本発明の一態様では、前記第2基底波は、前記受信信号から抽出可能な基本波に対して、時間成分の圧縮処理を行って得られてもよい。

【0023】

10

20

30

40

50

これにより、減算処理、フィルター処理及び時間成分の圧縮処理等の簡易な処理で、第2基底波を特定すること等が可能になる。

【0024】

また、本発明の一態様では、前記送信処理部は、互いに位相を反転させた2つのパルス信号を前記対象物に送信し、前記処理部は、送信された前記2つのパルス信号に対応する2つの受信信号に基づいて減算処理を行って、1つの差分信号を求め、求めた前記差分信号に対して第2フィルター処理を行って、基本波成分を抽出し、抽出された前記基本波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する基本波を求め、求めた前記基本波に対して時間成分の圧縮処理を行って、前記第2基底波を求めてもよい。

10

【0025】

これにより、対象物内の所与の測定点の点散乱体からの反射波成分に対応する第1基底波の波長を短くした第2基底波を特定すること等が可能になる。

【0026】

また、本発明の一態様では、前記第2基底波は、前記第1基底波と位相差が同じで、波数が少なくてもよい。

【0027】

これにより、受信波を構成する基底波のパルス幅を短くすること等が可能になる。

【0028】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記変換処理後に得られた前記再構成信号に対して、包絡線検波処理を行ってもよい。

20

【0029】

これにより、ユーザーが測定結果を判別しやすい波形データを表示部に表示すること等が可能になる。

【0030】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記結合係数特定処理として、前記受信信号のデコンボリューション処理を行ってもよい。

【0031】

これにより、受信波を構成する第1基底波の結合係数を特定すること等が可能になる。

【0032】

また、本発明の一態様では、前記処理部は、前記再構成信号の前記変換処理として、前記第2基底波のコンボリューション処理を行ってもよい。

30

【0033】

これにより、受信波又は受信波から抽出可能な高調波を構成する第1基底波の波数を削減した第2基底波によって、再構成波を生成すること等が可能になる。

【0034】

また、本発明の他の態様は、超音波測定装置と、前記再構成信号に基づいて生成された表示用画像データを表示する表示部と、を含む超音波画像装置に関する。

【0035】

また、本発明の他の態様は、対象物に対して超音波を送信する処理を行い、送信した前記超音波に対する超音波エコーの受信処理を行い、送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、前記受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、前記結合係数特定処理により特定された複数の結合係数と、前記第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、前記受信信号から再構成信号への変換処理を行う超音波測定方法に関する。

40

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】フィルター法の説明図。

【図2】図2(A)～図2(C)は、位相反転法の説明図。

【図3】図3(A)、図3(B)は、位相反転法とフィルター処理を併用する処理の説明

50

図。

【図4】図4(A)、図4(B)は、距離分解能とパルス幅の関係についての説明図。

【図5】本実施形態のシステム構成例。

【図6】本実施形態の超音波画像装置の詳細なシステム構成例。

【図7】図7(A)～図7(C)は、超音波測定装置の具体的な機器構成の一例。

【図8】図8(A)～図8(D)は、再構成波の生成処理の説明図。

【図9】本実施形態の全体の処理の流れを説明するフローチャート。

【図10】再構成波の生成処理の流れを説明するフローチャート。

【図11】第1基底波及び第2基底波の生成処理の流れを説明するフローチャート。

【図12】図12(A)～図12(C)は、第2基底波の生成処理の詳細な説明図。

【図13】図13(A)～図13(C)は、点散乱体と第1基底波及び第2基底波の対応関係の説明図。

【図14】図14(A)、図14(B)は、測定結果の説明図。

【図15】図15(A)～図15(C)は、超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図16】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図17】図17(A)、図17(B)は、各チャンネルに対応して設けられる超音波トランスデューサー素子群の構成例。

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本実施形態について説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0038】

1. 概要

被検体である人体の内部を検査するために用いる装置として、対象物に向けて超音波を出射し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信する超音波測定装置が知られている。さらに、超音波測定装置の応用例としては、内臓脂肪の測定や血流量の測定など、被検体の表層の画像診断を行うポケット型超音波ビューアなどがあり、ヘルスケア分野への展開が期待されている。

【0039】

上記のように、超音波測定装置を用いて画像診断を行う場合には、超音波エコーの画像処理の高分解能化を図る必要がある。そして、高分解能化を実現する為の画像処理技術としては、ハーモニックイメージング(ハーモニックイメージング法)がある。

【0040】

ハーモニックイメージングとは、後述するハーモニック成分を映像化する手法のことをいう。ここで、媒質中を伝搬する超音波(粗密波)の速度は、音圧の高い部分は速く、低い部分では遅くなるという性質がある。したがって、単純な正弦波であっても伝搬過程で徐々に歪みが生じて波形が変化し、基本波には含まれなかった基本周波数の整数倍の高調波成分(これをハーモニック成分又は非線形成分とも言う)が含まれるようになる。このような非線形効果は、超音波の音圧の2乗に比例して大きくなり、また伝搬距離に比例して蓄積する。

【0041】

そして、ハーモニックイメージングは、超音波が組織を伝搬する時に組織自身から発生するハーモニック成分を映像化するティッシュハーモニックイメージングと、超音波造影剤の微小気泡が共振、崩壊する時に発生するハーモニック成分を映像化する造影ハーモニックイメージングの二つに大別される。本実施形態では、ティッシュハーモニックイメージングを用いる。

【0042】

また、ハーモニックイメージングには2つの利点がある。まず、ハーモニック成分の振幅は送信超音波の振幅の2乗に比例するという特徴があることから、ハーモニック成分の

10

20

30

40

50

振幅は、音圧の高い送信ビーム中央では強いが、ビーム中央から端になるほど急激に弱くなる。これにより、ハーモニックイメージングでは、非線形効果の生じる範囲はビーム中央に制限され、結果的に他の手法に比べて方位分解能が向上する。これが第1の利点である。

【0043】

また、超音波画像に乗る主なノイズとしては、多重反射によるノイズとサイドローブによるノイズがある。ここで、反射した超音波エコーは音圧が低く、ハーモニック成分自体が発生しない。そのため、多重反射によるノイズが低減される。さらに、サイドローブは音圧が低く、サイドローブでもハーモニック成分自体が発生しない。そのため、サイドローブによるノイズも低減される。このように、ハーモニックイメージングでは、多重反射によるノイズも、サイドローブによるノイズも低減することができる。これが第2の利点である。

10

【0044】

本実施形態では、ハーモニックイメージングの中でも、3次高調波成分を映像化する3次ハーモニックイメージングを行う。3次ハーモニックイメージングは、2次高調波成分を映像化する手法に対して、ビーム幅が細くなるため、更に方位分解能を向上することができる。

【0045】

ここで、3次ハーモニックイメージングにおいては、超音波エコーの3次高調波成分を抽出する必要があるが、そのための抽出方法としては、フィルター法と位相反転法とがある。

20

【0046】

まず、フィルター法とは、周波数フィルター（ハイパスフィルター）により基本波成分及び2次高調波成分と、3次高調波成分とを分離し、3次高調波成分だけを抽出し、映像化する手法である。例えば、フィルター法を説明する図として、基本波帯域の中心周波数が f_0 であり、2次高調波帯域の中心周波数が $2f_0$ であり、3次高調波帯域の中心周波数が $3f_0$ である受信信号を、縦軸を信号強度、横軸を周波数とした図1のグラフに示す。実際には図1に示すように、受信する基本波成分及び2次高調波成分と、3次高調波成分は、ある帯域幅を有しているため、2次高調波成分と3次高調波成分は重複し、両者を分離できなくなり、画像劣化の要因となる。この重複を少なくするためには、パルス幅を長くする必要性がある。しかし、パルス幅が長くなると距離分解能が低下する。

30

【0047】

一方で、位相反転法は、フィルター法の欠点を改善するために開発された手法である。この手法は、同一方向に続けて2回の超音波の送信を行う。図2(A)に示すように、2回目の送信波は、1回目の送信波に対して位相が 180 度異なる。

【0048】

そして、生体や造影剤から反射して戻ってくる受信波は、その非線形な伝播特性によりハーモニック成分を含むため、歪んだ波形となる。各回の送信波に対する受信波を、基本波、2次高調波及び3次高調波に分解して図示すると、図2(B)のようになる。図2(B)に示すように、この2回の受信波の間には、送信波を1回目と2回目で反転させているために基本波成分及び奇数次高調波成分（3次高調波成分）は反転しているが、偶数次高調波成分（2次高調波成分）は反転していないという関係がある。つまり、この2回の送信波に対する2回の受信波は、基本波成分及び奇数次高調波成分は互いに位相反転しているが、偶数次高調波成分は同相となる。

40

【0049】

そのため、2回の受信波を減算すると、図2(C)に示すように、2次高調波成分は除去され、基本波成分と3次高調波成分は振幅が2倍になって残る。従って、基本波成分と3次高調波成分を抽出することが可能となる。

【0050】

さらに、位相反転法により抽出した基本波成分、奇数次高調波成分、または、偶数次高

50

調波成分から、目的とするN次高調波成分のみを抽出する場合は(Nは2以上の整数)、前述したフィルター法と組合せる必要がある。本実施形態では、図3(A)に示す、位相反転法により抽出した基本波成分と3次高調波成分から、周波数フィルター(ハイパスフィルター又はバンドパスフィルター)により基本波成分と3次高調波成分とを分離し、図3(B)に示すように3次高調波成分だけを抽出して映像化する。

【0051】

このように、位相反転法とフィルター法を併用することにより、従来の基本波成分のみからBモード画像を生成する手法と比べて、サイドローブや多重反射によるアーチファクトが少なく、方位分解能を向上させた高品質なBモード画像を生成することができる。

【0052】

しかし、上記のような方法でBモード画像を生成した場合でも、距離分解能は向上しない。距離分解能 Δx は、パルス幅によって決まり、下式(1)により求められる。なお、下式(1)において、 n は波数であり、 λ は波長である。

【0053】

【数1】

$$\Delta x = \frac{n\lambda}{2} \quad \dots \quad (1)$$

【0054】

例えば、図4(A)に示す送信波に対する受信波では、基本波成分PS1の波長 λ_1 に比べて、3次高調波成分PS3の波長 λ_3 が $1/3$ になるが、3次高調波成分PS3の波数 n_3 が、基本波成分PS1の波数 n_1 の3倍となる。そのため、3次高調波成分を用いて画像を生成しても、距離分解能 Δx は基本波成分を用いる場合と変わらない。図4(B)に示すように、波長も波数も基本波成分よりも小さい波を用いることができれば、距離分解能を向上させることができる。

【0055】

そこで、以下で説明する本実施形態では、超音波の受信信号に対して、受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、特定された複数の結合係数と、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、受信信号から再構成信号への変換処理を行う。つまり、本実施形態では、後述する図8(A)に示すような受信波Xを再構成して、図8(D)に示す再構成波X'を生成する。この再構成波X'は、図8(C)に示す第2基底波により構成される。第2基底波は、元の受信波Xを構成する図8(B)の第1基底波と、波長が同じで、波数が少ない。そのため、距離分解能を向上させることができる。

【0056】

2. システム構成例

次に、本実施形態の超音波測定装置の構成例を図5に示す。超音波測定装置100は、送信処理部110と、受信処理部120と、処理部130とを含む。

【0057】

さらに、本実施形態の超音波画像装置の具体的な構成例を図6に示す。超音波画像装置は、超音波測定装置100と、超音波プローブ200と、表示部300と、を含む。また、図6に示す超音波測定装置100は、送信処理部110と、受信処理部120と、処理部130と、送受信切替スイッチ140と、DSC(Digital Scan Convertor)150と、制御回路160とを含む。

【0058】

なお、超音波測定装置100及びこれを含む超音波画像装置は、図5及び図6の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。また、本実施形態の超音波測定装置100及びこれを含む超音波画像装置の一部又は全部の機能は、通信により接続されたサーバーにより実現されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

次に各部で行われる処理について説明する。

【 0 0 6 0 】

超音波プローブ 2 0 0 は、超音波トランスデューサーデバイスを含む。

【 0 0 6 1 】

そして、超音波トランスデューサーデバイスは、走査面に沿って対象物をスキャンしながら、対象物に対して超音波ビームを送信すると共に、超音波ビームによる超音波エコーを受信する。圧電素子を用いるタイプを例にとれば、超音波トランスデューサーデバイスは、複数の超音波トランスデューサー素子（超音波素子アレイ）と、複数の開口がアレイ状に配置された基板とを有する。そして、超音波トランスデューサー素子としては、薄手の圧電素子と金属板（振動膜）を貼り合わせたモノモルフ（ユニモルフ）構造を用いたものを用いる。超音波トランスデューサー素子（振動素子）は、電気的な振動を機械的な振動に変換するものであるが、この場合には、圧電素子が面内で伸び縮みすると貼り合わせた金属板（振動膜）の寸法はそのままであるため反りが生じる。

10

【 0 0 6 2 】

また、超音波トランスデューサーデバイスでは、近隣に配置された数個の超音波トランスデューサー素子で一つのチャンネルを構成し、1回に複数のチャンネルを駆動しながら、超音波ビームを順次移動させるものであってもよい。

【 0 0 6 3 】

なお、超音波トランスデューサーデバイスとしては、圧電素子（薄膜圧電素子）を用いるタイプのトランスデューサーを採用できるが、本実施形態はこれに限定されない。例えば c M U T（Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers）などの容量性素子を用いるタイプのトランスデューサーを採用してもよいし、バルクタイプのトランスデューサーを採用してもよい。超音波トランスデューサー素子及び超音波トランスデューサーデバイスのさらに詳細な説明については、後述する。

20

【 0 0 6 4 】

次に、送信処理部 1 1 0 は、対象物に対して超音波を送信する処理を行う。また、例えば図 6 に示す送信処理部 1 1 0 は、送信パルス発生器 1 1 1 と、送信遅延回路 1 1 3 とを含む。

【 0 0 6 5 】

具体的に、送信パルス発生器 1 1 1 は、送信パルス電圧を印加させ、超音波プローブ 2 0 0 を駆動させる。

30

【 0 0 6 6 】

また、送信遅延回路 1 1 3 は、送波ビームをフォーカシングする。そのために、送信遅延回路 1 1 3 は、送信パルス電圧の印加タイミングに関して、チャンネル間で時間差を与え、複数の振動素子から発生した超音波を集束させる。このように、遅延時間を変化させることにより、焦点距離を任意に変化させることが可能である。

【 0 0 6 7 】

また、送受信切替スイッチ 1 4 0 は、超音波の送受信の切り替え処理を行う。送受信切替スイッチ 1 4 0 は、送信時の振幅パルスが受信回路に入力されないように保護し、受信時の信号を受信回路に通す。

40

【 0 0 6 8 】

一方で、受信処理部 1 2 0 は、送信した超音波に対する超音波エコーの受信処理を行う。また、例えば図 6 に示す受信処理部 1 2 0 は、受信遅延回路 1 2 1 と、フィルター回路 1 2 3 と、メモリー 1 2 5 とを含む。

【 0 0 6 9 】

受信遅延回路 1 2 1 は、受波ビームをフォーカシングする。ある反射体からの反射波は球面上に広がるため、受信遅延回路 1 2 1 は、各振動子に到達する時間が同じになるように遅延時間を与え、遅延時間を考慮して反射波を加算する。

【 0 0 7 0 】

50

そして、フィルター回路123は、受信信号に対して帯域通過フィルターによりフィルター処理を行い、雑音を除去する。

【0071】

また、メモリー125は、フィルター回路123から出力された受信信号を記憶するもので、その機能はRAM等のメモリーやHDDなどにより実現できる。

【0072】

また、処理部130は、受信処理部120からの受信信号に対して処理を行う。例えば図6に示す処理部130は、ハーモニック処理部131と、再構成波生成部132と、検波処理部133と、対数変換処理部135と、ゲイン・ダイナミックレンジ調整部137と、STC (Sensitivity Time Control) 139とを含む。

10

【0073】

具体的に、ハーモニック処理部131は、前述したように、ハーモニック成分（主に3次高調波成分）の抽出処理を行う。

【0074】

再構成波生成部132は、後に詳述するように、抽出されたハーモニック成分（主に3次高調波成分）に基づいて、受信信号を再構成信号へ変換する変換処理を行う。

【0075】

そして、検波処理部133は、絶対値（整流）処理後に、低域通過フィルターをかけて、非変調信号を抽出する。

【0076】

20

さらに、対数変換処理部135は、Log圧縮を行い、受信信号の信号強度の最大部分と最小部分を同時に確認しやすいように、表現形式を変換する。

【0077】

そして、ゲイン・ダイナミックレンジ調整部137は、信号強度及び関心領域を調整する。具体的に、ゲイン調整処理では、Log圧縮後の入力信号に対して、直流成分を加える。また、ダイナミックレンジ調整処理では、Log圧縮後の入力信号に対して、任意の数を乗算する。

【0078】

また、STC 139は、深さに応じて増幅度（明るさ）を補正し、画面全体で一様な明るさの画像を取得する。

30

【0079】

なお、処理部130の機能は、各種プロセッサ（CPU等）、ASIC（ゲートアレイ等）などのハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。

【0080】

そして、DSC 150は、Bモード画像データに走査変換処理を行う。例えば、DSC 150は、バイリニアなどの補間処理により、ライン信号を画像信号に変換する。

【0081】

また、制御回路160は、送信パルス発生器111と、送信遅延回路113と、受信遅延回路121と、送受信切替スイッチ140と、ハーモニック処理部131の制御を行う。

40

【0082】

また、表示部300は、再構成信号に基づいて生成された表示用画像データを表示する。表示部300は、例えば液晶ディスプレイや有機ELディスプレイ、電子ペーパーなどにより実現できる。

【0083】

ここで、本実施形態の超音波画像装置（広義には電子機器）の具体的な機器構成の例を図7(A)～図7(C)に示す。図7(A)はハンディタイプの超音波画像装置の例であり、図7(B)は据置タイプの超音波画像装置の例である。図7(C)は超音波プローブ200が本体に内蔵された一体型の超音波画像装置の例である。

【0084】

50

図7(A)、図7(B)の超音波画像装置は、超音波プローブ200と超音波測定装置100を含み、超音波プローブ200と超音波測定装置100はケーブル210により接続される。超音波プローブ200の先端部分には、プローブヘッド220が設けられており、超音波測定装置本体101には、画像を表示する表示部300が設けられている。図7(C)では、表示部300を有する超音波画像装置に超音波プローブ200が内蔵されている。図7(C)の場合、超音波画像装置は、例えばスマートフォンなどの汎用の携帯情報端末により実現できる。

【0085】

3. 処理の詳細

3.1. 再構成波の生成処理

本実施形態の処理部130は、送信処理部110により送信された送信パルス信号に対応する受信信号に対して、受信信号を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行い、結合係数特定処理により特定された複数の結合係数と、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波とに基づいて、受信信号から再構成信号への変換処理を行う。

【0086】

これにより、生成した再構成信号に基づいて、対象物内の測定を行うことができる。この再構成信号は、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波から構成されている。なお、第1基底波及び第2基底波の波数は、必ずしも自然数である必要はなく、例えば1.5波等であってもよい。

【0087】

ここで、再構成信号(再構成波)とは、受信信号(受信波)に含まれる対象物内の各点散乱体からの各反射信号成分(反射波成分)を、元の反射信号成分よりもパルス幅の短い信号(波形)にそれぞれ置き換えて、置き換えた後の信号(波形)を元の反射信号成分の受信タイミングと同じタイミングで重ね合わせ直した信号である。再構成信号は、例えば後述する図8(D)のような再構成波である。つまり、前述した第1基底波が、各点散乱体からの各反射信号成分(反射波成分)に対応し、第2基底波が、第1基底波を置換する、元の反射信号成分よりもパルス幅の短い信号(波形)に対応する。

【0088】

そして、第1基底波は、受信信号のうち、対象物内の所与の深さに存在する点散乱体からの反射波成分に対応する波であり、例えば後述する図8(B)に示すような波である。後述するように、受信信号に第1基底波成分が含まれているか否かを判断することにより、その第1基底波に対応する点散乱体が対象物に含まれているか否かを判断することができる。また、その第1基底波に対応する点散乱体が対象物に含まれていると判断できる場合には、受信信号に含まれる第1基底波成分の信号強度(反射強度)により、点散乱体の反射特性等を特定することができる。この反射強度を特定する処理が、結合係数特定処理である。なお、第2基底波については後述する。

【0089】

このように、本実施形態では、受信波の各反射波成分をパルス幅の短い第2基底波に置換して、受信波を再構成するため、再構成信号に基づく対象物の測定結果における距離分解能を向上させることができる。よって、超音波による対象物の測定結果の方位分解能だけでなく、距離分解能も向上させることが可能となる。

【0090】

具体的には、処理部130は、例えば図8(A)に示すように、受信信号に対応する高調波(受信波X)に対し、図8(B)に示すように第1基底波(S_i)の結合係数特定処理を行った後に、図8(C)に示すように受信波Xを構成する第1基底波(S_i)を第2基底波(S'_i)へ変換する変換処理を行って、図8(D)に示すように再構成信号として、第2基底波(S'_i)による再構成波X'を生成する。なお、図8(A)に示す高調波Xは、元の受信波に対してフィルター処理を行って抽出された高調波等であってもよい。

【0091】

10

20

30

40

50

これにより、第1基底波よりも波数が少ない第2基底波から構成される再構成波に、受信波を変換し、対象物の測定結果における距離分解能を向上させること等が可能になる。

【0092】

ここで、第1基底波は、受信信号から抽出可能な高調波である。これにより、受信信号を複数の第1基底波に分解すること等が可能になる。

【0093】

例えば、図8(B)の例では、第1基底波は、基底関数 S_i により表される波である。本実施形態では、第1基底波は1つではなく、複数の波である。例えば図8(B)の例では、複数の第1基底波は、M個の第1基底波であるものとし、Mは2以上の整数であり、 i は、 $1 \leq i \leq M$ の整数であるものとする。

10

【0094】

そして、M個の第1基底波のうちの第 i の第1基底波は、送信パルス信号のパルス幅又は受信信号のパルス幅に対応する位相差よりも短い位相差で、第 $(i+1)$ の第1基底波と相互に位相がずれている。

【0095】

これにより、送信パルス信号のパルス幅又は受信信号のパルス幅に対応する位相差よりも短い距離の距離分解能で、対象物を測定すること等が可能になる。

【0096】

さらに、受信波 X を構成する複数の第1基底波の結合係数特定処理を行うと、図8(B)に示すように、各第1基底波 S_i に対して各結合係数 a_i が求められる。この結合係数 a_i は、対応する第1基底波 S_i が受信波 X にどの程度の割合で含まれているかを決定付ける値である。つまり、受信波 X は下式(2)に示すように、各第1基底波と各結合係数の積の和により表される。

20

【0097】

【数2】

$$X = \sum_{i=1}^M (s_i \cdot a_i) \quad \dots \quad (2)$$

【0098】

また、第2基底波は、第1基底波と位相差が同じで、波数が少ない波である。なお、この位相差とは、第 i の第1基底波と第 $(i+1)$ の第1基底波の間の位相差のことである。

30

【0099】

そして、各第2基底波 S'_i に対しては、受信波 X を複数の第1基底波 S_i に分解する際(結合係数特定処理)に求めた各結合係数 a_i を対応付ける。よって、受信波 X は下式(3)により表される。

【0100】

【数3】

$$X' = \sum_{i=1}^M (s'_i \cdot a'_i) \quad \dots \quad (3)$$

40

【0101】

これにより、受信波を構成する基底波のパルス幅を短くすること等が可能になる。

【0102】

次に、図9のフローチャートを用いて、本実施形態の処理の流れについて説明する。

【0103】

まず、走査線番号 n の初期値を1に設定する(S101)。

【0104】

次に、送信パルス発生器111が、位相 0° のパルス電圧を生成する(S102)。

【0105】

50

そして、送信遅延回路 113 が送信フォーカス制御を行い (S103)、超音波プローブ 200 が、生成されたパルス電圧に対応する超音波ビームを対象物に対して出射する (S104)。さらに、超音波プローブ 200 は、出射した超音波ビームが対象物に反射し、返ってきた超音波エコーを受信する (S104)。

【0106】

これに対して、受信遅延回路 121 は受信フォーカス制御を行い (S105)、フィルター回路 123 が、受信フォーカス制御後の受信信号に対して BPF (バンドパスフィルター) 処理を行い (S106)、BPF 処理後の受信信号をメモリー 125 に保存する (S107)。

【0107】

次に、送信パルス発生器 111 が、位相 180° のパルス電圧を生成する (S108)。そして、この位相反転後のパルスについて、前述したステップ S102 ~ ステップ S107 の処理と同様の処理を行う (S109 ~ S113)。

【0108】

その後、全ての走査線についてステップ S102 ~ S113 の処理を行ったか否かを判断する (S114)。具体的には、現在の走査線番号 n が全走査線数 N よりも小さいか否かを判定する。

【0109】

全ての走査線についてステップ S102 ~ S113 の処理を行っていないと判断した場合、すなわち、現在の走査線番号 n が全走査線数 N よりも小さいと判定した場合には、現在の走査線番号 n に 1 を加算して (S115)、再度ステップ S102 ~ S114 の処理を行う。

【0110】

一方、ステップ S115 において、全ての走査線についてステップ S102 ~ S114 の処理を行ったと判断した場合、すなわち、現在の走査線番号 n が全走査線数 N と等しいと判定した場合には、ハーモニック処理部 131 が高調波成分 (ハーモニック成分) の抽出処理を行う (S116)。具体的に本抽出処理では、前述した図 2 (A) ~ 図 2 (C) に示すように、位相 0° の送信波に対応する受信波と、位相 180° の送信波に対応する受信波の減算処理を行って、基本波と 3 次高調波を抽出する。その後、図 3 (A) 及び図 3 (B) に示すように、抽出した基本波と 3 次高調波に対して、ハイパスフィルター処理を行って、3 次高調波のみを抽出する。

【0111】

次に、再構成波生成部 132 が、抽出された 3 次高調波に基づいて再構成波を生成する (S117)。ここで、本実施形態における再構成波の生成処理の流れを図 10 のフローチャートに示す。

【0112】

まず、再構成波生成部 132 が、不図示のメモリーから基底関数 (第 1 基底波及び第 2 基底波) を読み込む (S201)。次に、再構成波生成部 132 が、周波数フィルター処理 (BPF) を行い、メモリーから読み出した第 1 基底波に基づいて、前述した図 8 (B) に示すように、3 次高調波における第 1 基底波成分を抽出する (S202)。

【0113】

そして、再構成波生成部 132 は、抽出結果に基づいて、3 次高調波を構成する第 1 基底波の結合係数の特定処理を行う (S203)。

【0114】

具体的には、再構成波生成部 132 (処理部 130) は、結合係数特定処理として、受信信号のデコンボリューション (deconvolution) 処理を行う。

【0115】

これにより、受信波を構成する第 1 基底波の結合係数を特定すること等が可能になる。

【0116】

その後、再構成波生成部 132 は、各第 1 基底波を位相が同じ各第 2 基底波に置き換

10

20

30

40

50

えて、特定した結合係数と第2基底波に基づいて、再構成波を生成する(S204)。言い換えれば、受信信号を再構成信号へ変換する変換処理を行う。

【0117】

具体的に、処理部130は、再構成信号の変換処理として、第2基底波のコンボリューション(convolution)処理を行う。

【0118】

これにより、受信波又は受信波から抽出可能な高調波を構成する第1基底波の波数を削減した第2基底波によって、再構成波を生成すること等が可能になる。

【0119】

そして、検波処理部133が、生成した再構成波に対して、絶対値(整流)処理後に、低域通過フィルターをかけて、非変調信号を抽出し(S118)、対数変換処理部135が、対数変換処理を行う(S119)。

10

【0120】

そして、ゲイン・ダイナミックレンジ調整部137が、信号強度及び関心領域を調整し(S120)、STC139が、深さに応じて増幅度(明るさ)を補正する(S121)。

【0121】

さらに、DSC150が、走査変換処理を行って、Bモード画像データ(表示用画像データ)を生成し(S122)、表示部300が生成された表示用画像データを表示し(S123)、処理を終了する。

20

【0122】

3.2. 第1基底波及び第2基底波の生成処理

図9及び図10のフローチャートの処理で用いた第1基底波及び第2基底波は、これらの処理を行う前に(前処理で)予め生成して、不図示のメモリーに記憶しておく必要がある。以下では、第1基底波及び第2基底波の生成処理の流れについて、図11のフローチャートを用いて説明する。

【0123】

まず、超音波ファントムのワイヤー初期位置Pを設定する(S301)。ここでは、初期位置Pを、超音波測定装置の超音波プローブの測定面に最も近い位置 P_{min} に設定する。またワイヤー位置とは、点散乱体の位置のことである。

30

【0124】

そして、送信処理部110が、互いに位相を反転させた2つのパルス信号を対象物(超音波ファントム)に送信し、受信処理部120が、送信された2つのパルス信号に対応する2つの受信信号(RFデータ)をそれぞれ受信する(S302)。

【0125】

そして、処理部130は、前述した図2(B)及び図2(C)に示すように、送信された2つのパルス信号に対応する2つの受信信号に基づいて減算処理を行って、1つの差分信号を求め、前述した図3(A)及び図3(B)に示すように、求めた差分信号に対して第1フィルター処理を行って、高調波成分(3次高調波成分)を抽出する。ここで、第1フィルター処理とは、例えばハイパスフィルター処理やバンドパスフィルター処理等である。

40

【0126】

さらに、処理部130は、抽出された高調波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する高調波を、第1基底波として求める(S303)。

【0127】

前述した図8(A)及び図8(B)の例では、受信波(高調波)Xが、対象物内の様々な点散乱体からの反射波成分を含んでおり、予め特定されている第1基底波と比較しなければ、受信波Xに含まれる所与の測定点からの第1基底波成分を特定することができない。これに対して、本処理では第1フィルター処理後の高調波成分が、超音波ファントム内

50

の所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分だけを含んでいる。この高調波成分には、ノイズ等も含まれるが、容易にノイズ成分と切り分け可能である。

【0128】

そのため、対象物内の所与の測定点の点散乱体からの反射波成分に対応する第1基底波を特定すること等が可能になる。そして、処理部130は、特定した第1基底波をメモリーに保存する(S304)。

【0129】

さらに、処理部130は、図12(A)に示す減算処理により求めた差分信号に対して第2フィルター処理を行って、図12(B)に示すように基本波成分を抽出する(S305)。そして、処理部130は、抽出された基本波成分に基づいて、所与の測定点に配置された点散乱体からの反射波成分に対応する基本波を求め、求めた基本波に対して、図12(C)に示すように時間成分の圧縮処理を行って、第2基底波を求める(S306)。時間成分を $1/y$ に圧縮する処理を行った場合には、図12(C)の第2基底波の波長 λ_2 は、図12(B)の基本波の波長 λ_1 の $1/y$ (y は正の数)になる。

【0130】

このように、対象物内の所与の測定点の点散乱体からの反射波成分に対応する第1基底波の波長を短くした第2基底波を特定すること等が可能になる。

【0131】

また、第2基底波は、受信信号から抽出可能な基本波に対して、時間成分の圧縮処理を行って得られる。

【0132】

これにより、減算処理、フィルター処理及び時間成分の圧縮処理等の簡易な処理で、第2基底波を特定すること等が可能になる。そして、処理部130は、特定した第2基底波をメモリーに保存する(S307)。

【0133】

その後、処理部130は、ワイヤー位置 P が測定範囲の最大値 P_{max} よりも大きいかが否かを判断し(S308)、ワイヤー位置 P が測定範囲の最大値 P_{max} 以下であると判断した場合には、ワイヤー位置 P を下式(4)に基づいて更新して(S309)、ステップS302に戻る。なお、式(4)において、 K は所与の定数であり、 λ は波長である。

【0134】

【数4】

$$P = P_{min} + (1/K)\lambda \quad \dots \quad (4)$$

【0135】

一方、処理部130は、ワイヤー位置 P が測定範囲の最大値 P_{max} よりも大きいと判断した場合には、処理を終了する。

【0136】

以上をまとめると、例えば図13(A)及び図13(B)に示すように、 M 個の第1基底波のうち第 i の第1基底波 s_i は、第 i の測定点に配置された第 i の点散乱体 SP_i からの超音波の受信信号に対応する高調波である。なお、 M は2以上の整数であり、 i は $1 \leq i \leq M$ の整数である。

【0137】

さらに、 M 個の第1基底波のうち第 $(i+1)$ の第1基底波 $s_{(i+1)}$ は、超音波の送信点 TP から、第 i の測定点よりも遠い位置である第 $(i+1)$ の測定点に配置された第 $(i+1)$ の点散乱体 $SP_{(i+1)}$ からの超音波の受信信号に対応する高調波である。

【0138】

これにより、設定した各測定点の間隔に対応する距離分解能で、受信波から第1基底波成分を抽出すること等が可能になる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 9 】

そして、例えば図 1 3 (A) 及び図 1 3 (C) に示すように、N 個の第 2 基底波のうちの第 j の第 2 基底波 s'_j は、第 j の測定点に配置された第 j の点散乱体 SP_j からの超音波の受信信号に対応する高調波である。なお、N は 2 以上の整数であり、j は、 $1 \leq j \leq N$ の整数である。本例では、 $M = N$ であるが、 $M < N$ であってもよい。

【 0 1 4 0 】

さらに、N 個の第 2 基底波のうちの第 (j + 1) の第 2 基底波 $s'_{(j+1)}$ は、超音波の送信点 TP から、第 j の測定点よりも遠い位置である第 (j + 1) の測定点に配置された第 (j + 1) の点散乱体 $SP_{(j+1)}$ からの超音波の受信信号に対応する高調波である。

10

【 0 1 4 1 】

これにより、超音波による対象物の測定結果による距離分解能を、設定した各測定点の間隔まで向上させること等が可能になる。

【 0 1 4 2 】

ただし、本実施形態の第 1 基底波及び第 2 基底波の生成処理は、以上で説明した処理に限定されない。例えば、各第 2 基底波を、対応する各第 1 基底波の波数を削減することにより生成してもよい。さらに、第 1 基底波及び第 2 基底波の生成処理を行わずに、あらかじめメモリーに記憶された第 1 基底波及び第 2 基底波を用いても良い。なお、上記の超音波プローブ及び測定点は、シミュレーション上ののものであってもよい。

【 0 1 4 3 】

3.3. 測定結果

図 1 4 (A) 及び図 1 4 (B) に、本実施形態の測定結果の一例を示す。本例では、図 1 4 (A) に示すように、波長 $\lambda = 0.44$ mm で、波数 1、周波数 3.5 MHz の超音波パルスを対象物に送信する例を示す。

20

【 0 1 4 4 】

図 1 4 (A) の例では、図面の上方向を対象物の深さ方向とし、対象物内に 3 つの点散乱体 ($SP_1 \sim SP_3$) が存在するものとする。そして、超音波トランスデューサー素子と点散乱体 SP_1 は 30 mm 離れており、点散乱体 SP_1 と点散乱体 SP_2 は (4 / 10) 離れており、点散乱体 SP_2 と点散乱体 SP_3 は (5 / 10) 離れているものとする。さらに、点散乱体 SP_1 からの反射強度は 0.5、点散乱体 SP_2 からの反射強度は 1.0、点散乱体 SP_3 からの反射強度は 0.7 であるものとする。

30

【 0 1 4 5 】

この場合に、位相反転法とフィルター法のみを用いて B モード画像を生成すると、同図の画像 BIM 1 が生成される。この画像 BIM 1 では、各点散乱体からの反射波が互いに重複しているため、画像全体の色味の変化が少なく、3 つの点散乱体の詳細な位置を特定することは困難である。

【 0 1 4 6 】

一方、前述した本実施形態による再構成波に基づいて、B モード画像を生成すると、同図の画像 BIM 2 が生成される。この画像 BIM 2 では、色層 L 1 が点散乱体 SP_1 からの反射に対応しており、色層 L 2 が点散乱体 SP_2 からの反射に対応しており、色層 L 3 が点散乱体 SP_3 からの反射に対応していることがはっきりと分かる。つまり、位相反転法とフィルター法のみを用いる手法に比べて、距離分解能が向上している。

40

【 0 1 4 7 】

また、処理部 130 は、変換処理後に得られた再構成信号に対して、包絡線検波処理を行ってもよい。

【 0 1 4 8 】

例えば、図 1 4 (B) に示すように、位相反転法とフィルター法による処理を受信信号 RS に行った後の波形に対して、包絡線検波処理を行うと、波形 AS 1 が得られる。波形 AS 1 では、大きな 2 つの山が確認できるが、ここから対象物に 3 つの点散乱体が含まれていると判断することは困難である。

50

【0149】

これに対し、受信信号RSに本実施形態の処理を行って、波形ARSを得て、波形ARSに対して、包絡線検波処理を行うと、波形AS2が得られる。波形AS2では、3つの山が確認でき、これらが点散乱体からの反射に対応する山であると容易に判断することができる。また、波形AS1に比べて、波形AS2の山の位置が実際の対象物における点散乱体の分布と近くなっている。

【0150】

このように、ユーザーが測定結果を判別しやすい波形データを表示部300に表示すること等が可能になる。

【0151】

4. 超音波トランスデューサー素子

図15(A)~図15(C)に、超音波トランスデューサーデバイスの超音波トランスデューサー素子10の構成例を示す。この超音波トランスデューサー素子10は、振動膜(メンブレン、支持部材)50と圧電素子部とを有する。圧電素子部は、第1電極層(下部電極)21、圧電体層(圧電体膜)30、第2電極層(上部電極)22を有する。

【0152】

図15(A)は、基板(シリコン基板)60に形成された超音波トランスデューサー素子10の、素子形成面側の基板60に垂直な方向から見た平面図である。図15(B)は、図15(A)のA-A'に沿った断面を示す断面図である。図15(C)は、図15(A)のB-B'に沿った断面を示す断面図である。

【0153】

第1電極層21は、振動膜50の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第1電極層21は、図15(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

【0154】

圧電体層30は、例えばPZT(ジルコン酸チタン酸鉛)薄膜により形成され、第1電極層21の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層30の材料は、PZTに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛($PbTiO_3$)、ジルコン酸鉛($PbZrO_3$)、チタン酸鉛ランタン($(Pb, La)TiO_3$)などを用いてもよい。

【0155】

第2電極層22は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層30の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第2電極層22は、図15(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

【0156】

振動膜(メンブレン)50は、例えば SiO_2 薄膜と ZrO_2 薄膜との2層構造により開口40を塞ぐように設けられる。この振動膜50は、圧電体層30及び第1、第2電極層21、22を支持すると共に、圧電体層30の伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

【0157】

開口40は、基板60(シリコン基板)の裏面(素子が形成されない面)側から反応性イオンエッチング(RIE)等によりエッチングすることで形成される。この開口40の開口部45のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層30側(図15(A)において紙面奥から手前方向)に放射される。

【0158】

超音波トランスデューサー素子10の下部電極(第1電極)は、第1電極層21により形成され、上部電極(第2電極)は、第2電極層22により形成される。具体的には、第1電極層21のうちの圧電体層30に覆われた部分が下部電極を形成し、第2電極層22のうちの圧電体層30を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層30は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 9 】

5 . 超音波トランスデューサーデバイス

図 1 6 に、超音波トランスデューサーデバイス（素子チップ）の構成例を示す。本構成例の超音波トランスデューサーデバイスは、複数の超音波トランスデューサー素子群 U G 1 ~ U G 6 4、駆動電極線 D L 1 ~ D L 6 4（広義には第 1 ~ 第 n の駆動電極線。n は 2 以上の整数）、コモン電極線 C L 1 ~ C L 8（広義には第 1 ~ 第 m のコモン電極線。m は 2 以上の整数）を含む。なお、駆動電極線の本数（n）やコモン電極線の本数（m）は、図 1 6 に示す本数には限定されない。

【 0 1 6 0 】

複数の超音波トランスデューサー素子群 U G 1 ~ U G 6 4 は、第 2 の方向 D 2（スキャン方向）に沿って 6 4 列に配置される。U G 1 ~ U G 6 4 の各超音波トランスデューサー素子群は、第 1 の方向 D 1（スライス方向）に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する。

10

【 0 1 6 1 】

図 1 7（A）に、超音波トランスデューサー素子群 U G（U G 1 ~ U G 6 4）の例を示す。図 1 7（A）では、超音波トランスデューサー素子群 U G は第 1 ~ 第 4 の素子列により構成される。第 1 の素子列は、第 1 の方向 D 1 に沿って配置される超音波トランスデューサー素子 U E 1 1 ~ U E 1 8 により構成され、第 2 の素子列は、第 1 の方向 D 1 に沿って配置される超音波トランスデューサー素子 U E 2 1 ~ U E 2 8 により構成される。第 3 の素子列（U E 3 1 ~ U E 3 8）、第 4 の素子列（U E 4 1 ~ U E 4 8）も同様である。これらの第 1 ~ 第 4 の素子列には、駆動電極線 D L（D L 1 ~ D L 6 4）が共通接続される。また、第 1 ~ 第 4 の素子列の超音波トランスデューサー素子にはコモン電極線 C L 1 ~ C L 8 が接続される。

20

【 0 1 6 2 】

そして図 1 7（A）の超音波トランスデューサー素子群 U G が、超音波トランスデューサーデバイスの 1 チャンネルを構成する。即ち、駆動電極線 D L が 1 チャンネルの駆動電極線に相当し、送信回路からの 1 チャンネルの送信信号は駆動電極線 D L に入力される。また駆動電極線 D L からの 1 チャンネルの受信信号は駆動電極線 D L から出力される。なお、1 チャンネルを構成する素子列数は図 1 7（A）のような 4 列には限定されず、4 列よりも少なくてもよいし、4 列よりも多くてもよい。例えば図 1 7（B）に示すように、素子列数は 1 列であってもよい。

30

【 0 1 6 3 】

図 1 6 に示すように、駆動電極線 D L 1 ~ D L 6 4（第 1 ~ 第 n の駆動電極線）は、第 1 の方向 D 1 に沿って配線される。駆動電極線 D L 1 ~ D L 6 4 のうちの第 j（j は 1 ≤ j ≤ n である整数）の駆動電極線 D L j（第 j のチャンネル）は、第 j の超音波トランスデューサー素子群 U G j の超音波トランスデューサー素子が有する第 1 の電極（例えば下部電極）に接続される。

【 0 1 6 4 】

超音波を出射する送信期間には、送信信号 V T 1 ~ V T 6 4 が駆動電極線 D L 1 ~ D L 6 4 を介して超音波トランスデューサー素子に供給される。また、超音波エコー信号を受信する受信期間には、超音波トランスデューサー素子からの受信信号 V R 1 ~ V R 6 4 が駆動電極線 D L 1 ~ D L 6 4 を介して出力される。

40

【 0 1 6 5 】

コモン電極線 C L 1 ~ C L 8（第 1 ~ 第 m のコモン電極線）は、第 2 の方向 D 2 に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子が有する第 2 の電極は、コモン電極線 C L 1 ~ C L 8 のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図 1 6 に示すように、コモン電極線 C L 1 ~ C L 8 のうちの第 i（i は 1 ≤ i ≤ m である整数）のコモン電極線 C L i は、第 i 行に配置される超音波トランスデューサー素子が有する第 2 の電極（例えば上部電極）に接続される。

【 0 1 6 6 】

50

コモン電極線CL1～CL8には、コモン電圧VCOMが供給される。このコモン電圧VCOMは一定の直流電圧であればよく、0V、即ちグランド電位（接地電位）でなくてもよい。

【0167】

そして送信期間では、送信信号電圧とコモン電圧との差の電圧が超音波トランスデューサー素子に印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

【0168】

なお、超音波トランスデューサー素子の配置は、図16に示すマトリックス配置に限定されず、いわゆる千鳥配置等であってもよい。

【0169】

また図17(A)～図17(B)では、1つの超音波トランスデューサー素子が送信素子及び受信素子の両方に兼用される場合について示したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば送信素子用の超音波トランスデューサー素子、受信素子用の超音波トランスデューサー素子を別々に設けて、アレイ状に配置してもよい。

【0170】

なお、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等は、その処理の一部または大部分をプログラムにより実現してもよい。この場合には、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することで、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等が実現される。具体的には、非一時的な情報記憶装置に記憶されたプログラムが読み出され、読み出されたプログラムをCPU等のプロセッサが実行する。ここで、情報記憶装置（コンピューターにより読み取り可能な装置）は、プログラムやデータなどを格納するものであり、その機能は、光ディスク（DVD、CD等）、HDD（ハードディスクドライブ）、或いはメモリー（カード型メモリー、ROM等）などにより実現できる。そして、CPU等のプロセッサは、情報記憶装置に格納されるプログラム（データ）に基づいて本実施形態の種々の処理を行う。即ち、情報記憶装置には、本実施形態の各部としてコンピューター（操作部、処理部、記憶部、出力部を備える装置）を機能させるためのプログラム（各部の処理をコンピューターに実行させるためのプログラム）が記憶される。

【0171】

また、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等は、プロセッサとメモリーを含んでもよい。ここでのプロセッサは、例えばCPU（Central Processing Unit）であってもよい。ただし、プロセッサはCPUに限定されるものではなく、GPU（Graphics Processing Unit）、或いはDSP（Digital Signal Processor）等、各種プロセッサを用いることが可能である。また、プロセッサはASIC（Application Specific Integrated Circuit）によるハードウェア回路でもよい。また、メモリーはコンピューターにより読み取り可能な命令を格納するものであり、当該命令がプロセッサにより実行されることで、本実施形態に係る超音波測定装置及び超音波画像装置等の各部が実現されることになる。ここでのメモリーは、SRAM（Static Random Access Memory）、DRAM（Dynamic Random Access Memory）などの半導体メモリーであってもよいし、レジスタやハードディスク等でもよい。また、ここでの命令は、プログラムを構成する命令セットの命令でもよいし、プロセッサのハードウェア回路に対して操作を指示する命令であってもよい。

【0172】

以上のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

【符号の説明】

10

20

30

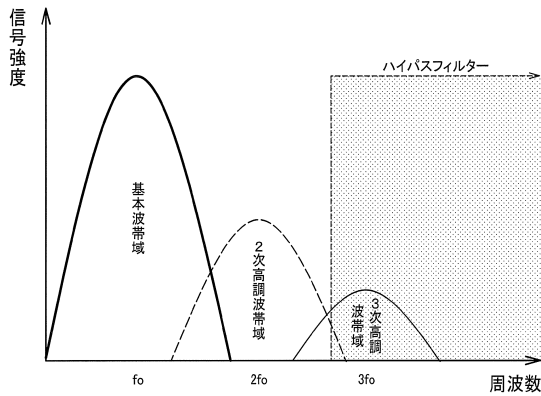
40

50

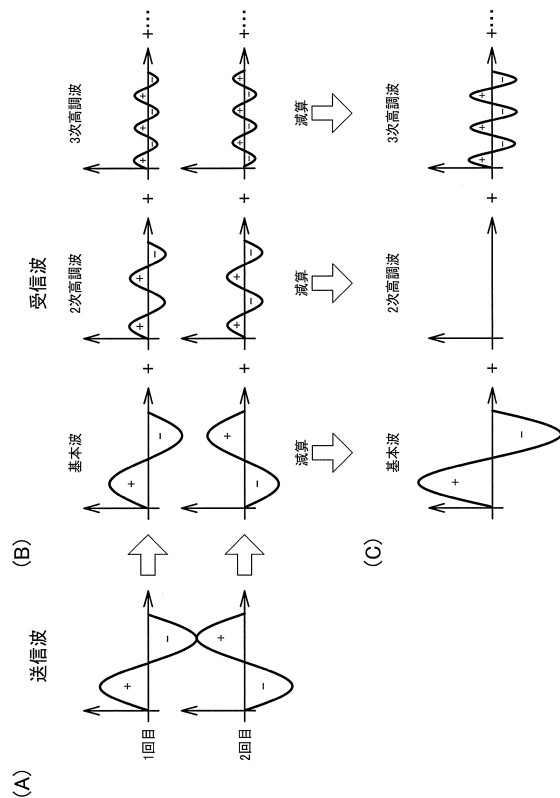
【 0 1 7 3 】

- 1 0 超音波トランスデューサー素子、 2 1 第 1 電極層、 2 2 第 2 電極層、
- 3 0 圧電体層、 4 0 開口、 4 5 開口部、 5 0 振動膜、 6 0 基板、
- 1 0 0 超音波測定装置、 1 0 1 超音波測定装置本体、 1 1 0 送信処理部、
- 1 1 1 送信パルス発生器、 1 1 3 送信遅延回路、 1 2 0 受信処理部、
- 1 2 1 受信遅延回路、 1 2 3 フィルター回路、 1 2 5 メモリー、 1 3 0 処理部、
- 1 3 1 ハーモニック処理部、 1 3 2 再構成波生成部、 1 3 3 検波処理部、
- 1 3 5 対数変換処理部、 1 3 7 ゲイン・ダイナミックレンジ調整部、
- 1 3 9 S T C、 1 4 0 送受信切替スイッチ、 1 5 0 D S C、 1 6 0 制御回路、
- 2 0 0 超音波プローブ、 2 1 0 ケーブル、 2 2 0 プローブヘッド、 3 0 0 表示部

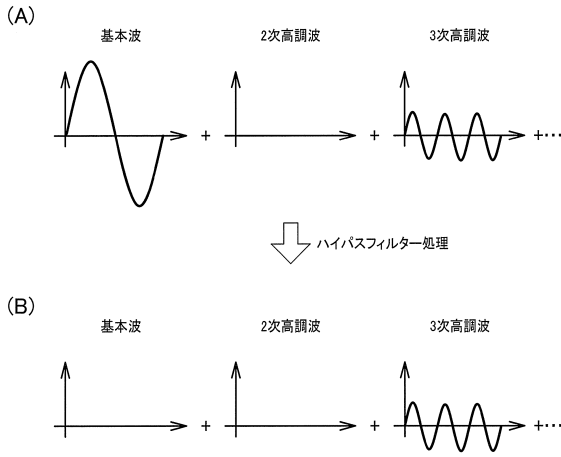
【 図 1 】



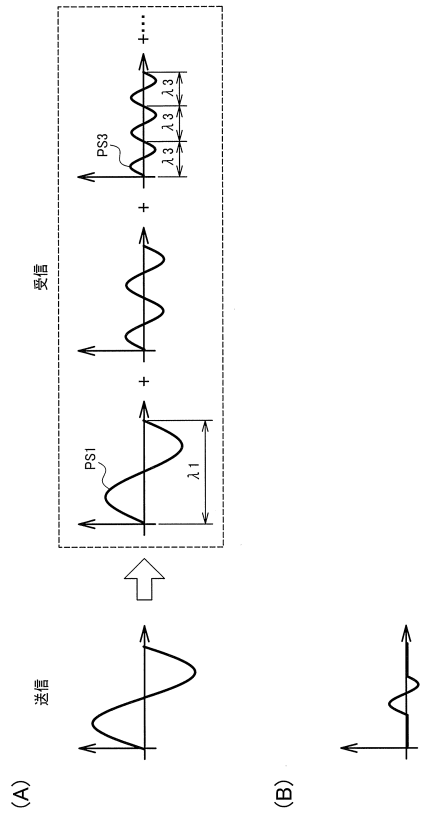
【 図 2 】



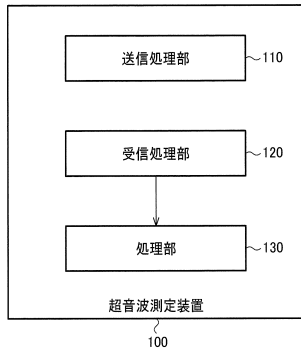
【図3】



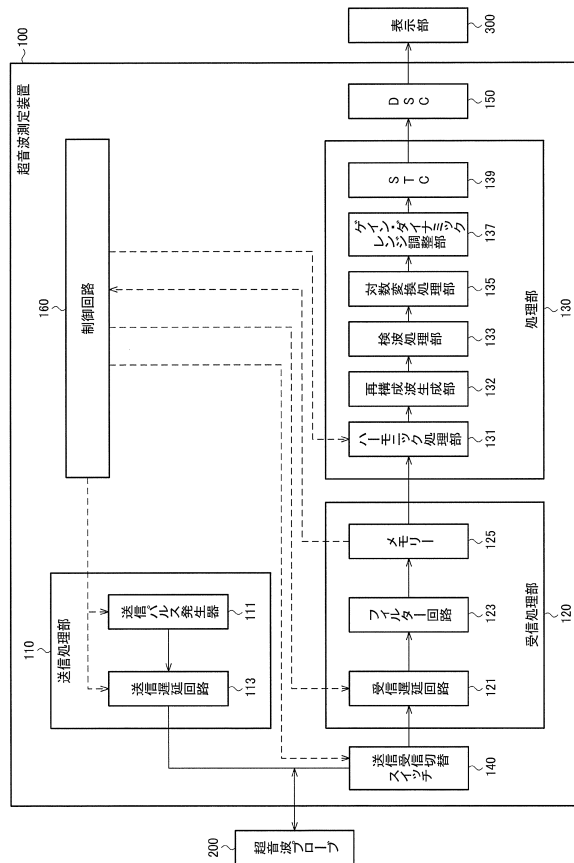
【図4】



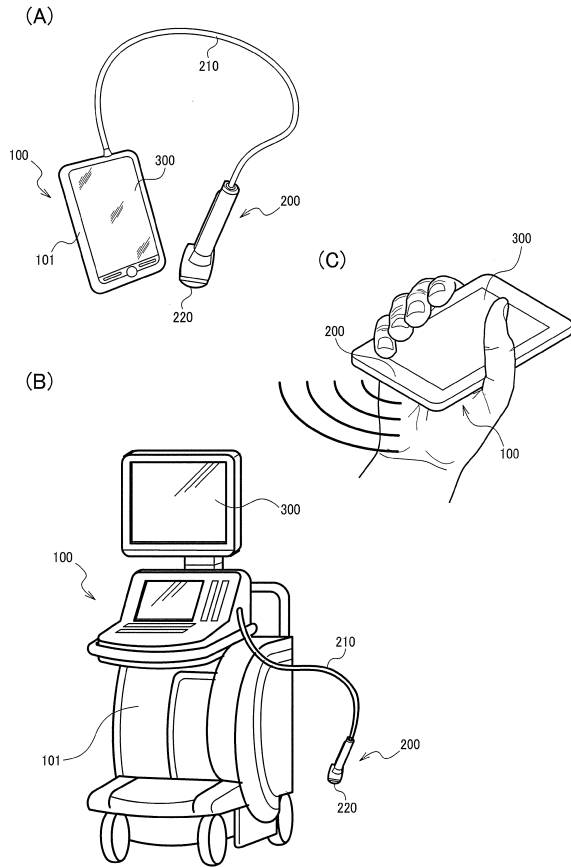
【図5】



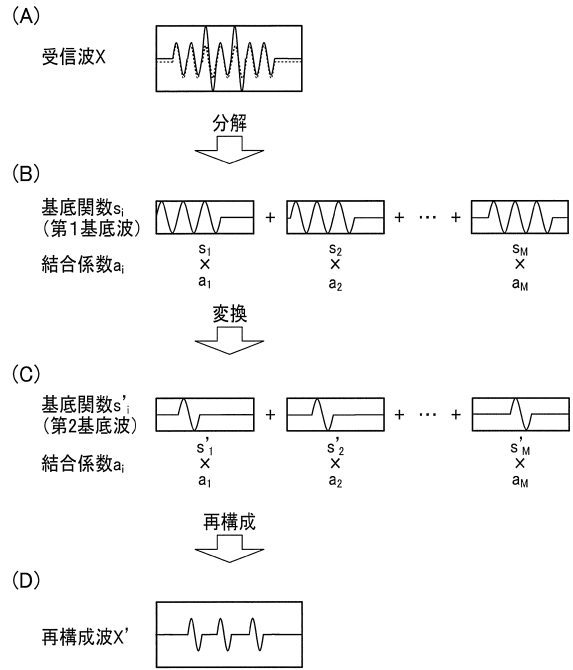
【図6】



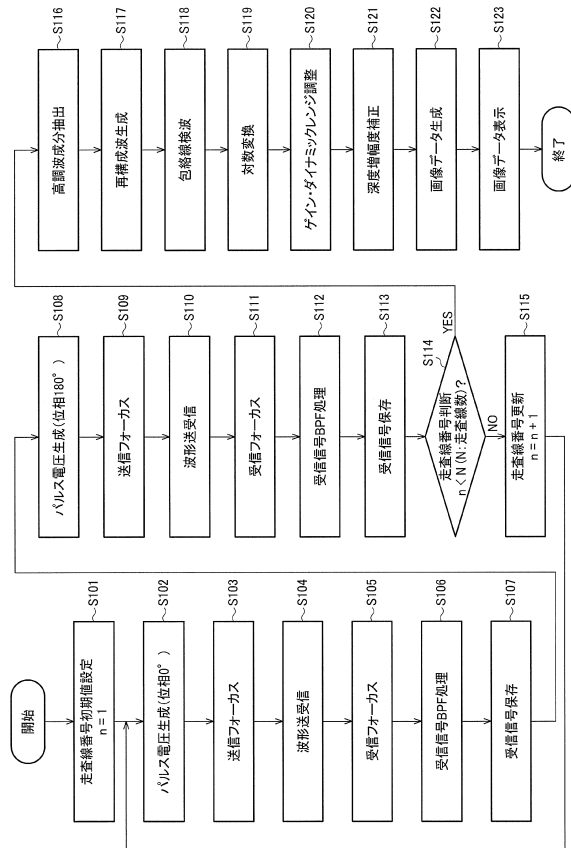
【図7】



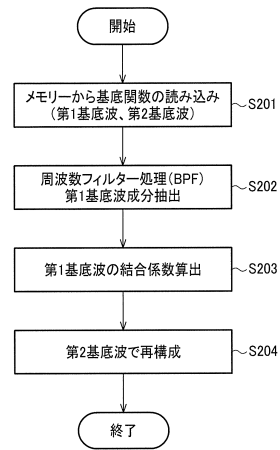
【図8】



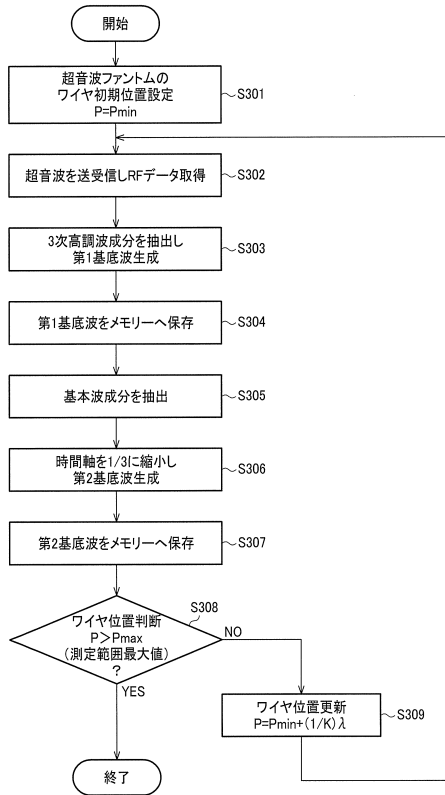
【図9】



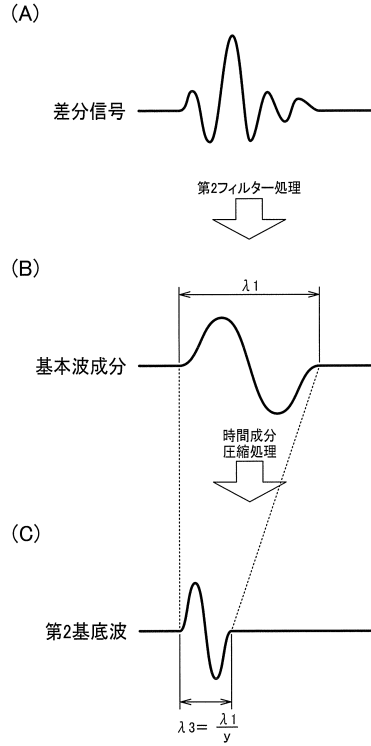
【図10】



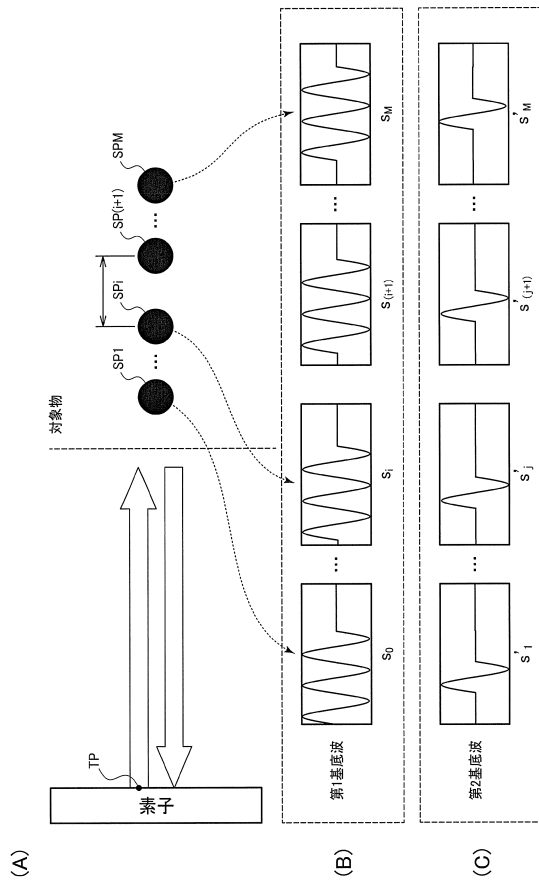
【図11】



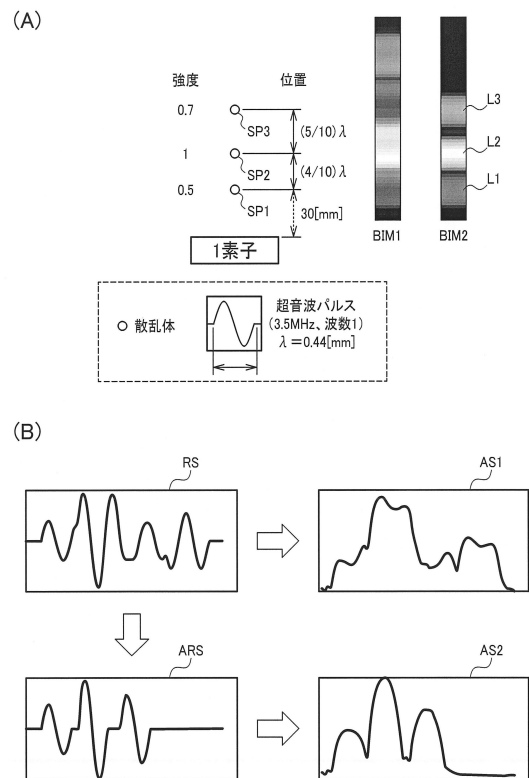
【図12】



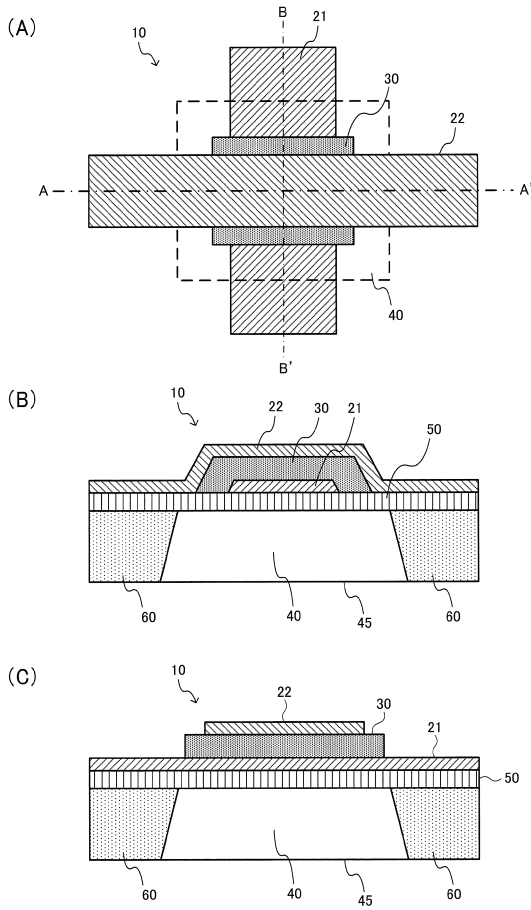
【図13】



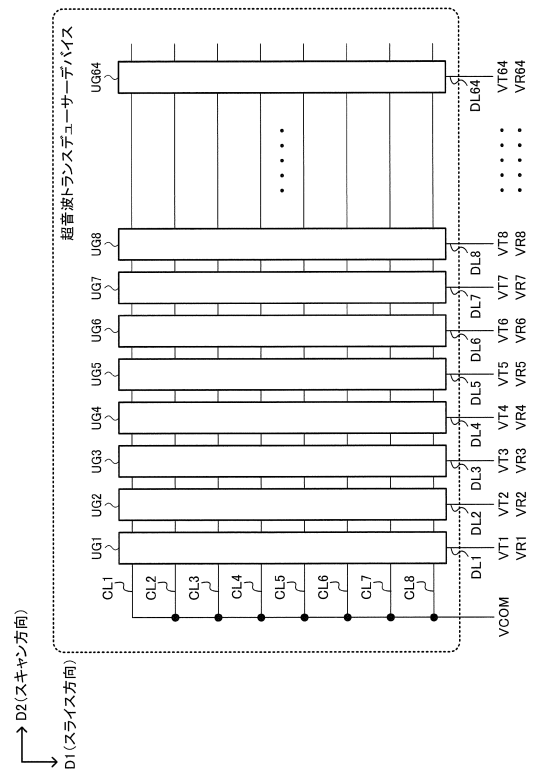
【図14】



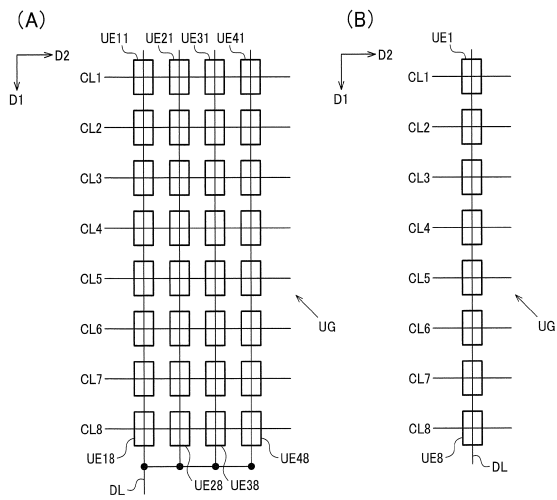
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006 - 166957 (J P , A)
特開平11 - 142378 (J P , A)
特開2010 - 42048 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 0 0 - 8 / 1 5

专利名称(译)	超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法		
公开(公告)号	JP6365243B2	公开(公告)日	2018-08-01
申请号	JP2014222474	申请日	2014-10-31
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
当前申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	新垣匠		
发明人	新垣 匠		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/4405 A61B8/4427 A61B8/461 A61B8/5215 A61B8/5269 G01S7/52038 G01S15/8963 G01S15/8977		
FI分类号	A61B8/14 G01N29/44		
F-TERM分类号	2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/EA03 2G047/GG27 2G047/GG34 4C601/DE09 4C601/DE13 4C601/DE14 4C601/EE01 4C601/JB31 4C601/JB34 4C601/JB45 4C601/JB47		
代理人(译)	渡边和明 西田圭介 仲井 智至		
其他公开文献	JP2016086958A		

摘要(译)

(经修改) 通过能够改善, 超声成像装置和超声波测量方法等的超声波范围内的分辨率超声波测量装置的物体的测量结果的一个公横向分辨率。一种超声波测量装置100包括用于发送超声波的对象进行处理的发送处理单元110, 接收处理单元120执行的超声回波的接收处理, 以将发送的超声波, 接收以及处理单元130, 其对来自处理单元120的接收信号执行处理。然后, 处理单元130, 对应于由发送处理单元110发送的发送脉冲信号的接收信号执行构成的接收信号的多个第一基波的耦合系数的特定处理, 耦合系数具体过程指定的多个耦合系数的, 波数小于基于第二基地波, 转换到从所执行的接收信号重构信号中的第一基础波。点域

6

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特許公報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6365243号 (P6365243)
(45) 発行日 平成30年8月1日 (2018.8.1)	(24) 登録日 平成30年7月13日 (2018.7.13)	
(51) Int. Cl. A61B 8/14 (2006.01)	F I A61B 8/14	
請求項の数 15 (全 26 頁)		
(21) 出願番号 特願2014-222474 (P2014-222474)	(73) 特許権者 000002369 セイコーエプソン株式会社	
(22) 出願日 平成26年10月31日 (2014.10.31)	東京都新宿区新宿四丁目1番6号	
(65) 公開番号 特開2016-86958 (P2016-86958A)	(74) 代理人 100116665 弁理士 渡辺 和昭	
(43) 公開日 平成28年5月23日 (2016.5.23)	(74) 代理人 100164633 弁理士 西田 圭介	
審査請求日 平成29年10月3日 (2017.10.3)	(74) 代理人 100178475 弁理士 仲井 智至	
	(72) 発明者 新垣 匠 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内	
	審査官 森口 正治	
	最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 超音波測定装置、超音波画像装置及び超音波測定方法