

(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2015-104500

(P2015-104500A)

(43) 公開日 平成27年6月8日(2015.6.8)

(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 11 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2013-247768 (P2013-247768)
(22) 出願日 平成25年11月29日 (2013.11.29)(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 100104710
弁理士 竹腰 昇
(74) 代理人 100090479
弁理士 井上 一
(74) 代理人 100124682
弁理士 黒田 泰
(72) 発明者 鶴野 次郎
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
(72) 発明者 中村 友亮
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

最終頁に続く

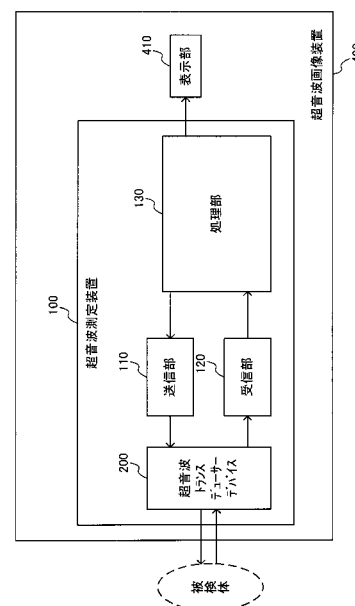
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置及び超音波画像装置

(57) 【要約】

【課題】 方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能な超音波測定装置及び超音波画像装置等を提供すること。

【解決手段】 超音波測定装置100は、超音波トランスデューサデバイス200と、処理部130と、を含む。超音波トランスデューサデバイス200は、第1の指向性で超音波を受信する第1の超音波トランスデューサ素子と、第2の指向性で超音波を受信する第2の超音波トランスデューサ素子と、を有する。処理部130は、第1の超音波トランスデューサ素子が受信した第1の受信信号及び第1の受信信号から得られる第1の受信データのいずれか一方である第1の受信情報により、第2の超音波トランスデューサ素子が受信した第2の受信信号及び第2の受信信号から得られる第2の受信データのいずれか一方である第2の受信情報を補正処理する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の指向性で超音波を受信する第 1 の超音波トランスデューサー素子と、前記第 1 の指向性とは異なる第 2 の指向性で超音波を受信する第 2 の超音波トランスデューサー素子と、を有する超音波トランスデューサーデバイスと、

前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号及び前記第 1 の受信信号から得られる第 1 の受信データのいずれか一方である第 1 の受信情報により、前記第 2 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 2 の受信信号及び前記第 2 の受信信号から得られる第 2 の受信データのいずれか一方である第 2 の受信情報を補正処理する処理部と、

10

を含むことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記超音波トランスデューサーデバイスは、前記第 1 の指向性及び前記第 2 の指向性とは異なる第 3 の指向性で超音波を受信する第 3 の超音波トランスデューサー素子を含み、前記処理部は、

前記第 1 の受信情報及び、前記第 3 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 3 の受信信号及び前記第 3 の受信信号から得られる第 3 の受信データのいずれか一方である第 3 の受信情報により、前記第 2 の受信情報を補正処理することを特徴とする超音波測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記処理部は、

前記第 1 の受信信号及び前記第 2 の受信信号を検出した場合に、当該検出した前記第 2 の受信信号の振幅を減衰する処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 において、

前記処理部は、

前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データを検出した場合に、当該検出した前記第 2 の受信データの輝度値を減少する処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 において、

前記処理部は、

前記第 1 の受信情報及び前記第 2 の受信情報に基づいて超音波画像の補正処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記超音波トランスデューサーデバイスは、

各ユニットが前記第 1 の超音波トランスデューサー素子及び前記第 2 の超音波トランスデューサー素子を含む第 1 ～第 n のユニット (n は 3 以上の自然数) を有し、

40

前記処理部は、

前記第 1 ～第 n のユニットのうちの第 1 ～第 k のユニットにより第 1 の送受信を行い、前記第 1 ～第 n のユニットのうちの第 2 ～第 $k + 1$ のユニット (k は $n - 1$ 以下の自然数) により第 2 の送受信を行い、

前記第 1 の送受信に対応する第 1 の画素ラインと前記第 2 の送受信に対応する第 2 の画素ラインとの間の画素ラインである中間画素ラインの生成処理を、前記第 1 の送受信で得られる前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データに基づいて行うことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 7】

請求項 6 において、

50

前記処理部は、

前記第 1 の送受信で得られた前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データを検出した場合に、前記第 2 の受信データの輝度値を減少する処理を行って第 1 の画素ラインを生成処理し、前記第 1 の受信データの輝度値を維持又は増加する処理を行って前記中間画素ラインの生成処理を行うことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 において、

前記第 2 の指向性は、基準方向の指向性であり、

前記第 1 の指向性は、前記基準方向に対して、スキャン方向に対応する第 1 の方向側に傾いた方向の指向性であることを特徴とする超音波測定装置。

10

【請求項 9】

請求項 2 において、

前記第 2 の指向性は、基準方向の指向性であり、

前記第 3 の指向性は、前記基準方向に対して、超音波ビームのスキャン方向に対応する第 1 の方向と反対の第 2 の方向側に傾いた方向の指向性であることを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、

前記超音波トランスデューサーデバイスは、

第 1 の開口と第 2 の開口が設けられ、前記第 1 の開口に対応して前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が形成され、前記第 2 の開口に対応して前記第 2 の超音波トランスデューサー素子が形成される基板を有し、

20

前記第 1 のトランスデューサー素子は、

前記基板の厚み方向からの平面視において、前記第 1 の開口のスキャン方向に対応する第 1 の方向側の第 1 の縁部及び前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向側の第 2 の縁部のうち、前記第 1 の縁部を覆わずに前記第 2 の縁部を覆うカバー部を有する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 のいずれかに記載された超音波測定装置と、

前記処理部が生成した超音波画像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。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波測定装置及び超音波画像装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波を用いた画像装置では、被検体に超音波ビームを送信し、被検体から反射されてきた超音波エコーを受信し、その受信信号から画像を構成する。例えばリニアスキャンでは、1 本の超音波ビームで 1 本の画素ライン（走査線）を構成する。そして、超音波ビームの出射位置を移動していくことで被検体をスキャンし、それによって得られた複数の画素ラインから 1 つの画像を構成する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 523920 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

理想的に超音波ビームが非常に狭い幅のビームであれば、超音波ビームの真の出射方向

50

のみからエコーがかえってくるため、高い方位分解能の画像が得られる。しかしながら、実際には超音波ビームはある程度の広がりをもっているため、方位分解能が低下するという課題がある。また、超音波ビームにサイドローブがある場合には、画像にアーティファクト（実際には存在しない虚像が表示されてしまう現象）が表示され、診断の妨げとなるという課題がある。

【 0 0 0 5 】

例えば、特許文献 1 には、方位分解能を向上する手法として、中央アレイに対して 2 つの外側アレイを傾斜させて配置し、その 3 つのアレイの受信信号を処理する手法が開示されている。しかしながら、この手法では、アレイ単位で傾斜を変えているため、アレイに近接した領域では方位分解能の向上が期待できない。

10

【 0 0 0 6 】

そして、方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能な超音波測定装置及び超音波画像装置が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様は、第 1 の指向性で超音波を受信する第 1 の超音波トランスデューサー素子と、前記第 1 の指向性とは異なる第 2 の指向性で超音波を受信する第 2 の超音波トランスデューサー素子と、を有する超音波トランスデューサーデバイスと、前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号及び前記第 1 の受信信号から得られる第 1 の受信データのいずれか一方である第 1 の受信情報により、前記第 2 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 2 の受信信号及び前記第 2 の受信信号から得られる第 2 の受信データのいずれか一方である第 2 の受信情報を補正処理する処理部と、を含む超音波測定装置に係る。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様によれば、第 1 の指向性で超音波を受信する第 1 の超音波トランスデューサー素子により得られた第 1 の受信情報により、第 2 の指向性で超音波を受信する第 2 の超音波トランスデューサー素子により得られた第 2 の受信情報が補正処理される。これにより、方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能になる。

【 0 0 0 9 】

また本発明の一態様では、前記超音波トランスデューサーデバイスは、前記第 1 の指向性及び前記第 2 の指向性とは異なる第 3 の指向性で超音波を受信する第 3 の超音波トランスデューサー素子を含み、前記処理部は、前記第 1 の受信情報及び、前記第 3 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 3 の受信信号及び前記第 3 の受信信号から得られる第 3 の受信データのいずれか一方である第 3 の受信情報により、前記第 2 の受信情報を補正処理してもよい。

30

【 0 0 1 0 】

このようにすれば、第 2 の受信情報を、それとは指向性が異なる第 1 の受信情報及び第 2 の受信情報で補正処理できるので、方位分解能を効果的に向上させること、又はアーティファクトを効果的に低減させることができる。例えば、後述のように第 2 の指向性を第 1 の指向性と第 3 の指向性の間にすれば、第 2 の指向性の両側で方位分解能或はアーティファクトを改善できる。

40

【 0 0 1 1 】

また本発明の一態様では、前記処理部は、前記第 1 の受信信号及び前記第 2 の受信信号を検出した場合に、当該検出した前記第 2 の受信信号の振幅を減衰する処理を行ってもよい。

【 0 0 1 2 】

第 1 の受信信号と第 2 の受信信号の双方が検出されるということは、そのエコーを反射した反射体が第 2 の指向性の正面ではなく、第 1 の指向性の方向側に存在することを意味する。このような受信信号の振幅を減衰させることにより、ビーム正面のエコーだけを残し、不要なエコーを抑制することが可能となる。

50

【 0 0 1 3 】

また本発明の一態様では、前記処理部は、前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データを検出した場合に、当該検出した前記第 2 の受信データの輝度値を減少する処理を行ってもよい。

【 0 0 1 4 】

このようにすれば、受信信号上で振幅を減衰することに相当する処理を受信データ上で行うことができる。デジタル処理により補正処理できるため、補正処理や処理部の回路構成を簡素化することが可能となる。

【 0 0 1 5 】

また本発明の一態様では、前記処理部は、前記第 1 の受信情報及び前記第 2 の受信情報に基づいて超音波画像の補正処理を行ってもよい。

10

【 0 0 1 6 】

このようにすれば、第 1 の受信情報及び第 2 の受信情報から生成した超音波画像に対して、指向性が異なる受信情報を用いた補正処理を行うことができ、その補正処理によって方位分解能の向上又はアーティファクトの低減を行うことができる。

【 0 0 1 7 】

また本発明の一態様では、前記超音波トランスデューサーデバイスは、各ユニットが前記第 1 の超音波トランスデューサー素子及び前記第 2 の超音波トランスデューサー素子を含む第 1 ～ 第 n のユニット (n は 3 以上の自然数) を有し、前記処理部は、前記第 1 ～ 第 n のユニットのうちの第 1 ～ 第 k のユニットにより第 1 の送受信を行い、前記第 1 ～ 第 n のユニットのうちの第 2 ～ 第 $k + 1$ のユニット (k は $n - 1$ 以下の自然数) により第 2 の送受信を行い、前記第 1 の送受信に対応する第 1 の画素ラインと前記第 2 の送受信に対応する第 2 の画素ラインとの間の画素ラインである中間画素ラインの生成処理を、前記第 1 の送受信で得られる前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データに基づいて行ってもよい。

20

【 0 0 1 8 】

このように画素ラインの間に更に画素ラインを挿入することは、仮想的に、超音波トランスデューサー素子アレイのスキャン方向におけるチャンネル数を増やす、或はチャンネルピッチを狭くすることに相当する。これにより、より狭いピッチの超音波トランスデューサー素子アレイで被検体をスキャンしたかのような超音波画像を得ることができ、方位分解能が向上する。

30

【 0 0 1 9 】

また本発明の一態様では、前記処理部は、前記第 1 の送受信で得られた前記第 1 の受信データ及び前記第 2 の受信データを検出した場合に、前記第 2 の受信データの輝度値を減少する処理を行って第 1 の画素ラインを生成処理し、前記第 1 の受信データの輝度値を維持又は増加する処理を行って前記中間画素ラインの生成処理を行ってもよい。

【 0 0 2 0 】

このようにすれば、反射体が第 2 の指向性の正面に無い場合に、その正面に対応する第 2 の画素ラインの輝度値を減少させ、反射体の位置に対応する中間画素ラインの輝度値を維持又は増加できる。これにより、反射体の現実の位置をより正確に反映した超音波画像を生成でき、方位分解能を向上できる。

40

【 0 0 2 1 】

また本発明の一態様では、前記第 2 の指向性は、基準方向の指向性であり、前記第 1 の指向性は、前記基準方向に対して、スキャン方向に対応する第 1 の方向側に傾いた方向の指向性であってもよい。

【 0 0 2 2 】

また本発明の一態様では、前記第 2 の指向性は、基準方向の指向性であり、前記第 3 の指向性は、前記基準方向に対して、超音波ビームのスキャン方向に対応する第 1 の方向と反対の第 2 の方向側に傾いた方向の指向性であってもよい。

【 0 0 2 3 】

50

これらの本発明の一態様によれば、第2の指向性の方向は、第1の指向性の方向と第3の指向性の方向の間の方向となる。このような指向性において、第2の受信情報を第1の受信情報と第3の受信情報で補正処理することで、第2の指向性の両側で方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能となる。

【0024】

また本発明の一態様では、前記超音波トランスデューサーデバイスは、第1の開口と第2の開口が設けられ、前記第1の開口に対応して前記第1の超音波トランスデューサー素子が形成され、前記第2の開口に対応して前記第2の超音波トランスデューサー素子が形成される基板を有し、前記第1のトランスデューサー素子は、前記基板の厚み方向からの平面視において、前記第1の開口のスキャン方向に対応する第1の方向側の第1の縁部及び前記第1の方向とは反対の第2の方向側の第2の縁部のうち、前記第1の縁部を覆わずに前記第2の縁部を覆うカバー部を有してもよい。

【0025】

このようにすれば、第2の方向側から入射する超音波をカバー部により物理的に遮蔽できるので、カバー部に覆われない第1の方向側に傾いた指向性を超音波トランスデューサー素子にもたせることができる。

【0026】

本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載された超音波測定装置と、前記処理部が生成した超音波画像を表示する表示部と、を含む超音波画像装置に係る。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1(A)、図1(B)は、リニアスキャンについての説明図。

【図2】本実施形態の比較例。

【図3】本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置の構成例。

【図4】図4(A)は、第1の手法における補正処理の例。図4(B)は、第1の手法の変形例における補正処理の例。

【図5】第2の手法における補正処理の例。

【図6】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図7】チャンネルの構成例。

【図8】第1の超音波トランスデューサー素子の第1の構成例。

【図9】第2の超音波トランスデューサー素子の第1の構成例。

【図10】第3の超音波トランスデューサー素子の第1の構成例。

【図11】図11(A)～図11(C)は、受信指向性の測定条件の説明図。

【図12】図12(A)、図12(B)は、受信指向性の測定結果。

【図13】図13(A)～図13(F)は、指向性が生じる原理についての説明図。

【図14】第1の超音波トランスデューサー素子の第2の構成例。

【図15】カバー部の第1の変形例。

【図16】図16(A)は、カバー部の第2の変形例。図16(B)は、カバー部の第2の変形例。

【図17】図17(A)～図17(C)は、カバー部の製造方法についての説明図。

【図18】図18(A)～図18(C)は、カバー部の製造方法についての説明図。

【図19】図19(A)、図19(B)は、超音波画像装置の具体的な構成例。図19(C)は、超音波プローブの具体的な構成例。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。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く、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0029】

1. 本実施形態の概要

まず、図 1 (A)、図 1 (B) に示す模式的な説明図を用いて、リニアスキャンについて説明する。

【 0 0 3 0 】

図 1 (A) は、超音波トランスデューサー素子アレイ 2 1 0 をスライス方向 D L 側から見た図である。スキャン方向 D S にはチャンネル C H 1 ~ C H 1 3 が配列されている。1 本の超音波ビームを 8 チャンネルで送信する場合を例にとると、まずチャンネル C H 1 ~ C H 8 が超音波ビーム B M 1 を送信する。その反射波をチャンネル C H 1 ~ C H 8 が受信し、その受信信号から B モード画像の画素ライン L 1 (走査線) を生成する。これを、チャンネル C H 2 ~ C H 9、C H 3 ~ C H 1 0、・・・と繰り返し、B モード画像の画素ライン L 2、L 3、・・・を生成する。1 チャンネルずつずらしてスキャンするので、1 画素ラインは 1 チャンネルの幅に対応する。

10

【 0 0 3 1 】

図 1 (B) には、反射体が存在する場合の受信信号と B モード画像の例を示す。受信信号 R S 1 ~ R S 9 は、超音波ビーム B M 1 ~ B M 9 により得られたものである。図 1 (B) では、各受信信号におけるエコーの受信開始をタイミング t_0 とし、受信信号の時間変化を示している。反射体 R B 1 ~ R B 4 は、被検体において周囲と音響インピーダンスが異なり、超音波を反射する部分である。この反射体 R B 1 ~ R B 4 からのエコーは、受信信号 R S 1 ~ R S 9 の振幅として現れる。超音波トランスデューサー素子アレイ 2 1 0 から反射体 R B 1 ~ R B 4 までの距離を $D_1 \sim D_5$ ($D_1 < D_2 < D_3 < D_4 < D_5$) で表すと、距離 $D_1 \sim D_5$ からのエコーは、受信信号のタイミング $t_1 \sim t_5$ ($t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5$) に現れる。

20

【 0 0 3 2 】

B モード画像は、受信信号 R S 1 ~ R S 9 の振幅を画素ライン L 1 ~ L 9 の輝度値に変換したものである。具体的には、紙面横方向での画素位置を V 1 ~ V 5 とした場合、受信信号のタイミング $t_1 \sim t_5$ での振幅を、それぞれ画素位置 V 1 ~ V 5 での画素の輝度値に変換する。即ち、画素位置 V 1 ~ V 5 は、超音波トランスデューサー素子アレイ 2 1 0 からの距離 $D_1 \sim D_5$ に対応している。このようにして、リニアスキャンにより反射体 R B 1 ~ R B 4 の位置に対応した B モード画像が得られる。

【 0 0 3 3 】

さて、図 2 に本実施形態の比較例を示す。図 2 に示すように、小さな反射体 R B 5 ~ R B 7 が、それぞれ超音波ビーム B M 1 ~ B M 3 の照射範囲内にあったとする。理想的には、超音波ビーム B M 1 ~ B M 3 を送信したとき、それぞれ反射体 R B 5 ~ R B 7 からのエコーのみが受信されるはずである。

30

【 0 0 3 4 】

しかしながら、実際には超音波ビームはスキャン方向 D S において幅をもっており、この幅がチャンネルのピッチよりも広い場合、隣の超音波ビームと重なりをもつ。反射体 R B 5、R B 7 は超音波ビームが重なる領域にあるため、超音波ビーム B M 1、B M 3 だけでなく超音波ビーム B M 2 に対してもエコーが観測され、受信信号 R S 2 には A 1 や A 2 に示す信号が乗る。このエコーは、画素ライン L 2 の A 3 や A 4 に示す画素に像として現れる。理想的には、反射体 R B 5、R B 7 の像は A 5、A 6 に示す画素に現れることが望ましいが、ビームの幅によって像が 2 つの画素ラインにまたがってしまう。これは、スキャン方向 D S において、実際の反射体よりも大きい反射体があるように見えるということである。このように、ビームの広がりにより画像として方位分解能が低下するという課題がある。

40

【 0 0 3 5 】

上記課題を解決できる本実施形態の超音波測定装置 1 0 0 について説明する。詳細な構成や動作は後述するものとし、ここでは概要を説明する。

【 0 0 3 6 】

図 3 に示すように、超音波測定装置 1 0 0 は超音波トランスデューサーデバイス 2 0 0 と処理部 1 3 0 とを含む。

50

【 0 0 3 7 】

超音波トランスデューサーデバイス 2 0 0 は、第 1 の指向性で超音波を受信する第 1 の超音波トランスデューサー素子と、第 2 の指向性で超音波を受信する第 2 の超音波トランスデューサー素子と、を有する。第 1 の超音波トランスデューサー素子は、例えば図 8 又は図 1 4 に示す素子である。第 2 の超音波トランスデューサー素子は、例えば図 9 に示す素子である。

【 0 0 3 8 】

ここで、指向性とは、超音波の入射方向に応じて受信感度が異なる性質のことである。即ち、図 1 2 (A)、図 1 2 (B) に示すように、指向性が異なる超音波トランスデューサー素子では、超音波の入射方向に対する受信感度の分布が異なるということである。例えば、第 1 の超音波トランスデューサー素子の第 1 の指向性は、図 1 2 (A) に対応し、正面方向での受信感度が最大となっている。一方、第 2 の超音波トランスデューサー素子の第 2 の指向性は、図 1 2 (B) に対応し、正面よりも右側方向での受信感度が最大となっている。

【 0 0 3 9 】

処理部 1 3 0 は、第 1 の受信情報により第 2 の受信情報を補正処理する。第 1 の受信情報は、第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号又は、その第 1 の受信信号から得られる第 1 の受信データである。第 2 の受信情報は、第 2 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 2 の受信信号又は、その第 2 の受信信号から得られる第 2 の受信データである。

【 0 0 4 0 】

第 1 の受信情報と第 2 の受信情報は、リニアスキャンにおいて 1 回の超音波ビームの送信で得られる受信情報である。図 4 (A) に示すように、超音波ビームの送信は、単一指向性 (例えば正面のみ) の超音波トランスデューサー素子で行う (超音波ビーム B M 2) 。エコーの受信は、指向性が異なる超音波トランスデューサー素子を混在させて行い (指向性 D R 2 A ~ D R 2 C) 、指向性が異なる第 1 の受信情報と第 2 の受信情報を取得する。

【 0 0 4 1 】

例えば図 4 (A) で後述する第 1 の補正手法では、第 1 の受信信号 R S 2 A により第 2 の受信信号 R S 2 B を補正処理することで、ビームの広がりによる不要なエコーが抑制された受信信号 R S 2 が得られ、方位分解能が向上する。また、図 4 (B) で後述するように、アナログ信号である第 1 の受信信号 R S 2 A 及び第 2 の受信信号 R S 2 B をデジタル信号に変換し、その第 1 の受信データ R D 2 A で第 2 の受信データ R D 2 B を補正処理してもよい。或は、図 5 で後述する第 2 の補正処理では、第 1 の受信データ R D 2 A と第 2 の受信データ R D 2 B を用いて超音波画像を生成する際に補正処理を行うことで、不要なエコーが抑制された超音波画像 (画素ライン L 2 A ~ L 2 C) が得られ、方位分解能が向上する。

【 0 0 4 2 】

また、これらの手法は、サイドローブによるアーティファクトを低減できる。サイドローブは、メインのビームとは異なる方向に音圧ピークが発生する現象であり、そのサイドローブの方向からのエコーにより B モード画像にアーティファクトが生じる。上記の手法は、ビーム正面以外の方向から来たエコーの影響を低減できるので、アーティファクトを低減する効果がある。

【 0 0 4 3 】

本実施形態の比較例として、上述した特許文献 1 のように、アレイ単位で傾斜を変えることで指向性を変える手法が考えられる。しかしながら、アレイの直近にある被検体は、その近くにあるアレイでしか観測されないため、アレイの直近では方位分解能は向上しないという課題がある。

【 0 0 4 4 】

この点、本実施形態では、アレイ単位ではなく、超音波トランスデューサー素子単位或

10

20

30

40

50

いは超音波トランスデューサー素子列単位で指向性を変える。そのため、超音波トランスデューサー素子アレイ 210 に近接した領域であっても、指向性の異なる受信信号を得ることができ、方位分解能を向上できる。

【0045】

より具体的には、図4(A)の第1の補正手法では、処理部130は、第1の受信信号RS2A及び第2の受信信号RS2Bを検出した場合に、当該検出したタイミングにおける第2の受信信号RS2Bの振幅を減衰する処理を行う。即ち、第1の受信信号RS2Aと第2の受信信号RS2Bは、タイミング t_4 において共に振幅が大きくなっている。処理部130は、それを検出し、第2の受信信号RS2Bのタイミング t_4 の振幅を減衰させ、受信信号RS2を生成する。

10

【0046】

第1の受信信号RS2Aと第2の受信信号RS2Bの双方にエコーが存在するということは、そのエコーを反射した反射体RB7は、超音波ビームBM2の正面ではなく、第1の指向性DR2Aの方向側に存在することを意味する。このようなエコーを減衰させることにより、ビーム正面のエコー(タイミング t_2 の受信信号RS2B)だけを残すことが可能となる。このようにして、第1の超音波トランスデューサー素子と第2の超音波トランスデューサー素子の指向性の違いを使って、第2の受信信号RS2Bに含まれた不要なエコーを直接的に抑制できる。

【0047】

図5の第2の補正処理では、処理部130は、第1の受信情報及び第2の受信情報に基づいて超音波画像の補正処理を行う。即ち、第1の受信信号RS2A及び第2の受信信号RS2B或は、それらをデータ化した第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bに基づいて、Bモード画像の画素ラインL2A、L2Bを生成する。この際、これらの画素ラインL2A、L2Bの画素値を補正する。

20

【0048】

図5の例では、E1に示す画素の輝度値が減少されている。これにより、E2、E3に示す反射体RB7の像は、画素ラインL2Aの紙面下側に存在することとなり、図2の比較例(A3、A6)に比べて、反射体RB7の実際の位置を反映した像となっている。このようにして、第1の超音波トランスデューサー素子と第2の超音波トランスデューサー素子の指向性の違いを使って、方位分解能を向上させたBモード画像を生成できる。

30

【0049】

図3の超音波トランスデューサーデバイス200は、更に、第3の指向性で超音波を受信する第3の超音波トランスデューサー素子を含む。第3の超音波トランスデューサー素子は、例えば図10に示す素子又は、図14の紙面左右を反転した素子である。

【0050】

処理部130は、第1の受信情報及び第3の受信情報により、第2の受信情報を補正処理する。第3の受信情報は、第3の超音波トランスデューサー素子が受信した第3の受信信号又は、第3の受信信号から得られる第3の受信データである。

【0051】

図4(A)に示すように、第1～第3の超音波トランスデューサー素子は、第1～第3の受信指向性DR2A～DR2Cを有する。ビームの出射方向は第2の指向性DR2Bの方向であり、その両側に第1の指向性DR2Aの方向と第3の指向性DR2Cの方向がある。このような指向性をもった第1の受信情報及び第3の受信情報により第2の受信情報を補正処理することで、ビームの出射方向に対して両側に存在する反射体RB5、RB7からのエコーを抑制でき、方位分解能を更に向上できる。また、サイドローブによるアーティファクトについても、メインのビームの両側のサイドローブについてアーティファクトを低減できる。

40

【0052】

2. 超音波測定装置、超音波画像装置

次に、本実施形態の詳細について説明する。図3に、本実施形態の超音波測定装置10

50

0 及び超音波画像装置 400 の構成例を示す。超音波測定装置 100 は、超音波トランスデューサーデバイス 200、送信部 110、受信部 120、処理部 130 を含む。また、超音波画像装置 400 は、超音波測定装置 100、表示部 410 を含む。

【0053】

超音波トランスデューサーデバイス 200 は、超音波トランスデューサー素子を有する。超音波トランスデューサー素子は、電気信号である送信信号を超音波に変換し、また被検体（対象物）からの超音波エコーを電気信号に変換する。超音波トランスデューサー素子は、例えば薄膜圧電型超音波トランスデューサー素子であってもよいし、或いは容量性微細加工超音波トランスデューサー素子（CMUT：Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer）であってもよい。

10

【0054】

送信部 110 は、超音波ビームの送信処理を行う。具体的には、送信部 110 が処理部 130 の制御に基づいて超音波トランスデューサーデバイス 200 に対して電気信号である送信信号（駆動信号）を出力し、超音波トランスデューサーデバイス 200 が電気信号である送信信号を超音波に変換して、超音波を送信する。

【0055】

受信部 120 は、超音波エコーの受信処理を行う。超音波エコーは、超音波ビームが被検体により反射されたものである。具体的には、超音波トランスデューサーデバイス 200 が対象物からの超音波エコーを電気信号に変換して、受信部 120 に対して出力する。受信部 120 は、超音波トランスデューサーデバイス 200 からの電気信号である受信信号（アナログ信号）に対して増幅、検波、A/D変換、位相合わせなどの受信処理を行い、受信処理後の信号である受信データ（デジタル信号）を処理部 130 に対して出力する。或は、受信部 120 は、A/D変換を行わず、受信処理後の受信信号（アナログ信号）を処理部 130 に対して出力してもよい。

20

【0056】

処理部 130 は、送信部 110 及び受信部 120 の制御処理や、受信部 120 からの受信信号又は受信データに基づいて超音波画像を生成する処理を行う。具体的には、受信部 120 から受信データが入力される場合には、その受信データに対して補正処理を行い、その補正処理後の受信データから超音波画像を生成する。或は、受信部 120 から受信信号が入力される場合には、その受信信号に対して補正処理を行い、その補正処理後の受信信号を A/D変換し、そのデジタル信号を超音波画像に変換する。

30

【0057】

処理部 130 は、例えば専用のデジタルシグナルプロセッサ（DSP）で構成してもよいし、汎用のマイクロプロセッサ（MPU）で構成してもよい。或いは、処理部 130 が実行する処理の一部又は全部をパーソナルコンピュータ（PC）で実行させてもよい。処理部 130 がアナログ信号処理も行う場合には、信号の増幅や A/D変換を行う集積回路装置を更に含んでもよい。

【0058】

表示部 410 は、例えば液晶ディスプレイ等の表示デバイスであって、処理部 130 により生成された超音波画像（例えば B モード画像）を表示する。

40

【0059】

3. 第 1 の補正手法

次に、処理部 130 が行う補正処理の第 1 の手法について説明する。図 4（A）に、超音波ビーム BM2 を送信した場合の補正処理の例を示す。

【0060】

第 1 ～ 第 3 の指向性 DR2A ～ DR2C は、エコー受信における第 1 ～ 第 3 の超音波トランスデューサー素子の指向性を模式的に表したものである。各指向性において受信感度が最大となる方向を、その指向性の方向（又は指向方向）と呼ぶこととする。スライス方向 DL 側から見た断面、即ちスキャン方向 DS と深度方向 Z が成す平面での断面において、第 1 の指向性 DR2A の方向と第 3 の指向性 DR2C の方向の間に、第 2 の指向性 DR

50

2 B の方向がある。第 2 の指向性 D R 2 B の方向は、例えば深度方向 Z である。

【 0 0 6 1 】

超音波ビーム B M 2 は、第 2 の指向性 D R 2 B と同じ深度方向 Z に送信される。超音波ビーム B M 2 の正面には反射体 R B 6 があり、反射体 R B 5、R B 7 は正面から外れているとする。反射体 R B 7 は、第 1 の指向性 D R 2 A 及び第 2 の指向性 D R 2 B の範囲内にあるため、第 1 の受信信号 R S 2 A 及び第 2 の受信信号 R S 2 B はタイミング t_4 において振幅が大きくなる。双方の受信信号で振幅が大きくなったことを検出した場合、そのタイミング t_4 において第 2 の受信信号 R S 2 B の振幅を減衰させる。

【 0 0 6 2 】

振幅の検出及び減衰は、例えば以下のように行う。まず、第 1 の受信信号 R S 2 A と第 2 の受信信号 R S 2 B に検波処理等を行って振幅を表す信号を取り出し、その信号をリファレンス電圧（閾値電圧）とコンパレータで比較する。第 1 の受信信号 R S 2 A と第 2 の受信信号 R S 2 B の双方で比較結果がアクティブとなっている期間において、増幅回路（ゲイン < 1 ）により第 2 の受信信号 R S 2 B の振幅を小さくする。

【 0 0 6 3 】

第 3 の指向性 D R 2 C についても同様の処理を行う。即ち、反射体 R B 5 は、第 2 の指向性 D R 2 B 及び第 3 の指向性 D R 2 C の範囲内にあるため、第 2 の受信信号 R S 2 B 及び第 3 の受信信号 R S 2 C はタイミング t_5 において振幅が大きくなる。双方の受信信号で振幅が大きくなったことを検出した場合、そのタイミング t_5 において第 2 の受信信号 R S 2 B の振幅を減衰させる。

【 0 0 6 4 】

以上のようにして振幅を減衰させた第 2 の受信信号 R S 2 B を、超音波ビーム B M 2 に対応する受信信号 R S 2 とし、その受信信号 R S 2 を B モード画像の画素ライン L 2 に変換する。例えば、受信信号 R S 2 の振幅が大きいほど画素の輝度値を大きくする。図 4（A）では、高輝度の画素を白抜きで表し、低輝度の画素をハッチングで表している。

【 0 0 6 5 】

画素ライン L 2 では、C 1 と C 2 に示す画素において反射体 R B 5、R B 7 の像が抑制されているので、B モード画像は、反射体 R B 5 ~ R B 7 の実際の配置を正しく反映した画像となっている。図 2 の比較例では、仮に反射体 R B 5、R B 7 が同一距離（例えば D_4 ）に有ったとすると B モード画像において像が分離しないが、図 4（A）の補正処理を行うことで、反射体 R B 5、R B 7 の像を分離できる。即ち、図 2 のように本来は超音波ビーム B M 2 の幅によって方位分解能が制限されているが、図 4（A）の補正処理を行うことで、超音波ビーム B M 2 の幅よりも狭い幅のビームを送信したかのような方位分解能を得ることができる。

【 0 0 6 6 】

以上に説明したように、超音波の送信は第 2 の超音波トランスデューサー素子が行い、超音波の受信は第 1 ~ 第 3 の超音波トランスデューサー素子が行う。即ち、送信は、第 1、第 3 の指向方向の間の第 2 の指向方向（基準方向）の指向性 D R 2 B で行い、受信は、第 1 ~ 第 3 の指向方向の指向性 D R 2 A ~ D R 2 C で行う。

【 0 0 6 7 】

本実施形態の比較例として、例えば複数の異なる指向性で超音波を送信し、その受信信号を用いて各指向方向の情報を得る手法が考えられる。しかしながら、その手法を本実施形態の超音波トランスデューサー素子で実現しようとする、図 8 のように基板 2 2 0 に圧電体層 6 0 a が乗上げた素子で送信を行う必要がある。送信時には圧電体層 6 0 a が大きく伸縮するため、振動膜 7 0 a の開口 1 0 a と基板 2 2 0 の境界 F T 部分に大きな応力が掛かり、振動膜 7 0 a が割れる可能性がある。

【 0 0 6 8 】

この点、本実施形態によれば、基板 2 2 0 に圧電体層 6 0 a が乗上げた素子を受信専用にする。受信時には送信時ほど振動膜 7 0 a が大きく振動しないため、境界 F T 部分に掛かる応力も小さい。これにより、素子を破壊することなく異なる指向性の情報を得る

10

20

30

40

50

ことができ、その情報を用いて補正処理を行うことができる。

【0069】

4. 第1の補正手法の変形例

なお、図4(B)に示すように、第1～第3の受信信号RS2A～RS2Cをデジタルデータに変換してから、上記と同様な補正処理を行ってもよい。

【0070】

具体的には、処理部130は、第1～第3の受信信号RS2A～RS2Cの振幅を輝度値に変換し、その輝度値のデータを第1～第3の受信データRD2A～RD2Cとして生成する。例えば、Bモード画像と同様に、タイミング $t_1 \sim t_5$ の振幅を、それぞれ画素位置V1～V5の輝度値に変換する。そして、処理部130は、第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bを検出した場合に、その検出したデータ位置での第2の受信データRD2Bの輝度値を減少する処理を行う。また、処理部130は、第2の受信データRD2B及び第3の受信データRD2Cを検出した場合に、その検出したデータ位置での第2の受信データRD2Bの輝度値を減少する処理を行う。以上のようにして減少する処理を行った第2の受信データRD2Bを、Bモード画像の画素ラインL2のデータとする。

10

【0071】

受信データの検出及び輝度値の減少処理は、例えば以下のように行う。即ち、第1～第3の受信データRD2A～RD2Cの各画素の輝度値をリファレンス値(閾値)と比較する。第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bの双方、又は第2の受信データRD2B及び第3の受信データRD2Cの双方で輝度値がリファレンス値を超えた場合には、その画素位置(V4又はV5)では第2の受信データRD2Bの輝度値を減少させる。

20

【0072】

以上の変形例によっても、アナログ信号を補正する場合と同様に、方位分解能を向上させることができる。また、デジタル信号処理によって補正処理を行うため、処理を簡素にできる。処理部130は、増幅回路やA/D変換回路等のアナログ信号を処理する回路が不要となるため、デジタル信号処理を行う回路のみで構成でき、回路構成を簡素化できる。

【0073】

30

5. 第2の補正手法

次に、処理部130が行う補正処理の第2の手法について説明する。図5に、超音波ビームBM1、BM2を送信した場合の補正処理の例を示す。反射体の配置は図4(A)と同様である。

【0074】

図6で後述のように、超音波トランスデューサデバイス200は第1～第nのユニットとして例えば第1～第64のユニット(チャンネルCH1～CH64)を含む。各ユニットは、第1の超音波トランスデューサ素子(図7のUE11～UE18)と第2の超音波トランスデューサ素子(図7のUE21～UE48)と第3の超音波トランスデューサ素子(図7のUE51～UE58)を含む。

40

【0075】

図1(A)で説明したように、リニアスキャンでは第1～第kのチャンネルとして例えば第1～第8のチャンネルCH1～CH8により第1の送受信を行い、第2～第k+1のチャンネルとして例えば第2～第9のチャンネルCH2～CH9により第2の送受信を行う。第1の送受信に対応して第1の画素ラインL1が得られ、第2の送受信に対応して第2の画素ラインL2が得られる。

【0076】

第2の手法では、処理部130は、第1の画素ラインL1A(L1)と第2の画素ラインL2A(L2)との間に中間画素ラインL1Bを生成処理する。中間画素ラインL1Bは、第1の送受信で得られた第1～第3の受信データRD1A～RD1Cに基づいて生成

50

する。

【 0 0 7 7 】

このように画素ラインの間に更に画素ラインを挿入することは、仮想的に、超音波トランスデューサ素子アレイ 2 1 0 のスキャン方向 D S におけるチャンネル数を増やした（チャンネルピッチを狭くした）ことに相当する。これにより、より狭いピッチで被検体を画像化することが可能となる。

【 0 0 7 8 】

具体的には、処理部 1 3 0 は、第 1 ～ 第 3 の受信信号 R S 1 A ～ R S 1 C の振幅を輝度値に変換し、第 1 ～ 第 3 の受信データ R D 1 A ～ R D 1 C を生成する。処理部 1 3 0 は、第 1 の受信データ R D 1 A 及び第 2 の受信データ R D 1 B を検出した場合に、第 2 の受信データ R D 1 B の輝度値を減少する処理を行う。また、第 1 の受信データ R D 1 A の輝度値を維持又は増加する処理を行う。

10

【 0 0 7 9 】

図 5 の例では、反射体 R B 5 に対応して、第 1 の受信信号 R S 1 A と第 2 の受信信号 R S 1 B の双方の振幅がタイミング t_5 で大きく、第 1 の受信データ R D 1 A と第 2 の受信データ R D 1 B の双方の輝度値が画素位置 V 5 で高い。処理部 1 3 0 は、それを検出し、第 2 の受信データ R D 1 B の画素位置 V 5 の輝度値を減少させ、その第 2 の受信データ R D 1 B を第 1 の画素ライン L 1 A とする。また、第 1 の受信データ R D 1 A の画素位置 V 5 の輝度値を維持又は増加させ、その第 1 の受信データ R D 1 A を中間画素ライン L 1 B とする。なお、輝度値の検出等は、第 1 の補正手法の変形例と同様の手法で実現できる。

20

【 0 0 8 0 】

このようにして、B モード画像では、E 4 に示す画素の輝度が抑制され、E 5 に示す画素の輝度が維持又は増加される。

【 0 0 8 1 】

また、処理部 1 3 0 は、第 1 の画素ライン L 1 A と第 2 の画素ライン L 2 A との間に、中間画素ライン L 2 C を生成処理する。中間画素ライン L 2 C は、第 2 の送受信で得られた第 1 ～ 第 3 の受信データ R D 2 A ～ R D 2 C に基づいて生成する。

【 0 0 8 2 】

具体的には、処理部 1 3 0 は、第 1 の受信データ R D 2 A 及び第 3 の受信データ R D 2 C を検出した場合に、第 2 の受信データ R D 2 B の輝度値を減少する処理を行って、第 2 の画素ライン L 2 A を生成する。また、第 3 の受信データ R D 2 C の輝度値を維持又は増加する処理を行って、中間画素ライン L 2 C を生成する。

30

【 0 0 8 3 】

第 2 の受信データ R D 2 B と第 3 の受信データ R D 2 C では画素位置 V 5 で輝度値が高いので、B モード画像では、E 6 に示す画素の輝度が抑制され、E 7 に示す画素の輝度が維持又は増加されることになる。

【 0 0 8 4 】

図 2 の比較例を図 5 に当てはめると、反射体 R B 5 の像は、B モード画像の画素位置 V 5 において画素ライン L 1 C ～ L 2 A に現れることになる。即ち、超音波ビームの幅によりスキャン方向に像が広がっている（ぼけている）。この点、第 2 の補正手法を用いた場合、反射体 R B 5 の像は画素ライン L 1 A 、L 2 C に現れるので、スキャン方向の像の幅が比較例よりも狭くなっている。即ち、超音波ビームの広がりの影響が低減され、方位分解能が向上している。

40

【 0 0 8 5 】

なお、上述した第 1 の補正手法と第 2 の補正手法は、いずれか一方を用いてもよいし、組み合わせて用いてもよい。組み合わせる場合、例えば超音波トランスデューサ素子アレイ 2 1 0 から深度方向 Z に近い領域では第 1 の補正手法を用い、遠い領域では第 2 の補正手法を用いて超音波画像を生成してもよい。

【 0 0 8 6 】

第 1 の補正手法は、ビーム正面でない反射体からのエコーを直接的に抑制するので、サ

50

イドローブによるアーティファクトを低減する効果が高いと考えられる。サイドローブは、メインのビームよりも到達距離が短いので、超音波トランスデューサー素子アレイ 210 に近い領域では第 1 の補正手法を用いることでアーティファクトを効果的に低減できる。また、超音波ビームは焦点を過ぎると幅が広がる傾向があるので、超音波トランスデューサー素子アレイ 210 から遠い領域では第 2 の補正手法を用いることで方位分解能を効果的に向上できる。

【0087】

6. 超音波トランスデューサーデバイス

図 6 に、上述した補正手法に用いる超音波トランスデューサーデバイス 200 の構成例を示す。

10

【0088】

なお以下では、64 チャンネルの場合を例に説明するが、超音波トランスデューサーデバイス 200 は、 $n = 64$ 以外の第 1 ~ 第 n のチャンネルを含んでもよい。また以下では、信号端子を超音波トランスデューサーデバイス 200 の一方の端部に配置する場合を例に説明するが、信号端子を超音波トランスデューサーデバイス 200 の両側の端部に配置し、両側から信号の入出力を行ってもよい。

【0089】

超音波トランスデューサーデバイス 200 は、基板 220 と、基板 220 に形成された超音波トランスデューサー素子アレイ 210 と、基板 220 に形成された信号端子 $XA1 \sim XA64$ 、 $XB1 \sim XB64$ 、 $XC1 \sim XC64$ と、基板 220 に形成された信号電極線 $LA1 \sim LA64$ 、 $LB1 \sim LB64$ 、 $LC1 \sim LC64$ と、を含む。

20

【0090】

信号端子 XAi 、 XBi 、 XCi (i は $1 \leq i \leq n = 64$ の自然数) は、スライス方向 DL における超音波トランスデューサー素子アレイ 210 の一方の端部に配置される。信号端子 XAi 、 XBi 、 XCi は、それぞれ信号電極線 LAi 、 LBi 、 LCi の一端に接続される。例えば、基板 220 は、スキャン方向 DS を長辺方向とする矩形であり、その矩形の一方の長辺に沿って信号端子 XAi 、 XBi 、 XCi が配置される。

【0091】

ここで、スライス方向 DL 及びスキャン方向 DS は、基板 220 を厚み方向 (深度方向 Z) から見た平面における方向を表す。スキャン方向 DS とは、例えばリニアスキャンやセクタスキャン等のスキャン動作において超音波ビームをスキャンする方向に対応する。スライス方向 DL とは、スキャン方向 DS に交差 (例えば直交) する方向であり、例えば超音波ビームをスキャンして断層画像を得る場合、その断層に直交する方向に対応する。

30

【0092】

超音波トランスデューサー素子アレイ 210 は、スキャン方向 DS に沿って配置されるチャンネル $CH1 \sim CH64$ を含む。各チャンネル CHi は、信号電極線 LAi 、 LBi 、 LCi のいずれかと電氣的に接続された複数の超音波トランスデューサー素子で構成される。

【0093】

7. チャンネル

図 7 に、チャンネル CHi の詳細な構成例を示す。チャンネル CHi は、スライス方向 DL に沿って 8 行及びスキャン方向 DS に沿って 5 列のマトリックス状に配置される超音波トランスデューサー素子 $UE11 \sim UE58$ を含む。

40

【0094】

第 1 列の超音波トランスデューサー素子 $UE11 \sim UE18$ は、第 1 の指向性を有する。また、第 2 列 ~ 第 4 列の超音波トランスデューサー素子 $UE21 \sim UE48$ は、第 2 の指向性を有する。第 5 列の超音波トランスデューサー素子 $UE51 \sim UE58$ は、第 3 の指向性を有する。なお、第 1 列の超音波トランスデューサー素子 $UE11 \sim UE18$ が、第 3 の指向性を有し、第 5 列の超音波トランスデューサー素子 $UE51 \sim UE58$ が、第

50

1の指向性を有してもよい。

【0095】

第1列～第5列の超音波トランスデューサー素子の一方の電極（例えば図8～図10の第1の電極層40a～40c）は、それぞれ、信号電極線LAi、LB1i、LB2i、LB3i、LCiに接続される。信号電極線LB1i、LB2i、LB3iは、スライス方向DLに沿って配線され、信号電極線LBiに接続される。

【0096】

第1行～第8行の超音波トランスデューサー素子の他方の電極（例えば図8～図10の第2の電極層50）は、それぞれ、コモン電極線LY1～LY8に接続される。コモン電極線LY1～LY8は、スキャン方向DSに沿って配線され、コモン電極線LMiに接続される。コモン電極線LMiはスライス方向DLに沿って配線され、コモン端子XMiに接続される。コモン端子XMiは、基板220上に形成され、例えば信号端子XAi等が配置された辺と同一の辺に配置される。

10

【0097】

上記のチャンネルCHiにおいて、超音波の送受信は次のように行われる。送信部110が信号端子XB iに送信信号（例えば電圧パルス）を供給し、その送信信号を超音波トランスデューサー素子UE21～UE48が超音波に変換する。そして、対象物が反射した超音波エコーを超音波トランスデューサー素子UE11～UE58が受信信号（例えば電圧信号）に変換し、その受信信号を信号端子XAi～XCiから出力する。受信部120は、信号端子XAi～XCiからの受信信号を受けて、その受信信号に対して受信処理を行う。なお、コモン端子XMiには、送信部110又は受信部120がコモン電圧（例えば一定の電圧）を供給する。

20

【0098】

なお、上記では8行5列のマトリックス状に超音波トランスデューサー素子を配置する場合を例に説明したが、これに限定されず、8行5列以外のM行N列（M、Nは2以上の自然数）のマトリックス状に超音波トランスデューサー素子を配置してもよい。この場合、超音波トランスデューサー素子アレイ210は、M行（ $n \times N$ ）列のマトリックス状となる。

【0099】

また、超音波トランスデューサー素子アレイ210は、マトリックス状の配置に限定されない。例えばスライス方向DLの素子数が異なるチャンネルが混在してもよいし、或は、スキャン方向DSやスライス方向DLにおいて素子が一直線上に配置されなくてもよい（例えば千鳥格子状の配置）。

30

【0100】

また、上記では第1の指向性、第2の指向性、第3の指向性を有する超音波トランスデューサー素子を、それぞれ、1列、3列、1列に配置したが、これに限定されず、それぞれ、2以上の複数列、3列以外の1又は複数列、2以上の複数列に配置してもよい。

【0101】

8．超音波トランスデューサー素子の第1の構成例

次に、指向性を有する超音波トランスデューサー素子の第1の構成例について説明する。図8～図10に、それぞれ第1～第3の指向性を有する第1～第3の超音波トランスデューサー素子の構成例を示す。図8～図10は、スキャン方向DSと深度方向Zが成す平面での断面図である。

40

【0102】

まず、第1の超音波トランスデューサー素子を例に、第1～第3の超音波トランスデューサー素子に共通する構成について説明する。

【0103】

超音波トランスデューサー素子は、振動膜70a（メンブレン）、第1の電極層40a（下部電極層、第1の電極）、圧電体層60a（圧電体膜、圧電素子部）、第2の電極層50a（上部電極層、第2の電極）を含む。

50

【 0 1 0 4 】

超音波トランスデューサー素子は、深度方向 Z 側の基板 2 2 0 上に形成される。深度方向 Z は、超音波を送信する方向であり、基板 2 2 0 の平面に垂直な方向である。基板 2 2 0 は例えば Si (シリコン) 基板である。

【 0 1 0 5 】

開口 1 0 a は、基板 2 2 0 の、素子が形成されない裏面側から反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) 等によりエッチングすることで形成される。この開口 1 0 a の形成によって振動可能になった振動膜 7 0 a (ダイヤフラム) のサイズによって超音波の共振周波数が決定される。

【 0 1 0 6 】

振動膜 7 0 a は、SiO₂ 膜 2 0 と ZrO_x 膜 3 0 との 2 層構造により開口 1 0 a を閉塞するように設けられる。この振動膜 7 0 a は、圧電体層 6 0 a 及び第 1 の電極層 4 0 a、第 2 の電極層 5 0 a を支持すると共に、圧電体層 6 0 a 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。

【 0 1 0 7 】

第 1 の電極層 4 0 a は、振動膜 7 0 a の上層に例えば金属薄膜で形成される。金属薄膜は、例えば白金 (Pt) やイリジウム (Ir) 等の金属を積層した薄膜である。第 1 の電極層 4 0 a を素子形成領域の外側へ延長形成し、信号電極線等の配線を形成してもよい。

【 0 1 0 8 】

圧電体層 6 0 a 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 の電極層 4 0 a 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 6 0 a 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 (PbTiO₃)、ジルコン酸鉛 (PbZrO₃)、チタン酸鉛ランタン ((Pb、La)TiO₃) などを用いてもよい。

【 0 1 0 9 】

圧電体層 6 0 a は、第 1 の電極層 4 0 a と第 2 の電極層 5 0 a との間に電圧が印加されることで、面内方向に伸縮する。超音波トランスデューサー素子は、薄手の圧電素子 (圧電体層 6 0 a) と金属板 (振動膜 7 0 a) を貼り合わせたモノモルフ (ユニモルフ) 構造を用いており、圧電体層 6 0 a が面内で伸び縮みすると貼り合わせた振動膜 7 0 a の寸法はそのままであるため反りが生じる。圧電体層 6 0 a に交流電圧を印加することで、振動膜 7 0 a が膜厚方向に対して振動し、この振動膜 7 0 a の振動により超音波が放射される。

【 0 1 1 0 】

第 2 の電極層 5 0 a は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層 6 0 a の少なくとも一部を覆うように設けられる。金属薄膜は、例えばイリジウム (Ir) 等の金属を用いた薄膜である。第 2 の電極層 5 0 a を素子形成領域の外側へ延長形成し、コモン電極線等の配線を形成してもよい。

【 0 1 1 1 】

上記のように圧電体層 6 0 a で超音波トランスデューサー素子を構成することで、バルク型の超音波トランスデューサー素子に比べて素子を小型化できる。これにより、素子ピッチを狭くできるので、グレーティングローブの発生を抑制できる。また、バルク型の超音波トランスデューサー素子に比べて小さい電圧振幅で駆動できるため、低耐圧の回路素子で駆動回路を構成できる。

【 0 1 1 2 】

次に、第 1 ~ 第 3 の超音波トランスデューサー素子の構成の違いについて説明する。

【 0 1 1 3 】

図 8 の第 1 の超音波トランスデューサー素子では、圧電体層 6 0 a は、基板 2 2 0 の厚み方向 Z からの平面視において、開口 1 0 a の第 1 の縁部 E D A 及び第 2 の縁部 E D B のうち第 1 の縁部 E D A を覆うように振動膜 7 0 a 上に設けられる。第 1 の縁部 E D A は、第 1 の方向 D 1 側の縁部であり、第 2 の縁部 E D B は、第 1 の方向 D 1 とは反対の第 2 の

10

20

30

40

50

方向 D 2 側の縁部である。第 1 の方向 D 1 は、基板 2 2 0 上においてスキャン方向 D S に対応する方向である。

【 0 1 1 4 】

ここで、縁部とは、開口 1 0 a と基板 2 2 0 の境界である。より具体的には、基板 2 2 0 と振動膜 7 0 a が接する面における開口 1 0 a と基板 2 2 0 の境界 F T である。第 1 の縁部 E D A 及び第 2 の縁部 E D B は、スキャン方向 D S と深度方向 Z が成す平面での断面における境界 F T である。

【 0 1 1 5 】

このように、開口 1 0 a の中央から第 1 の方向 D 1 側に圧電体層 6 0 a をずらし、圧電体層 6 0 a を開口 1 0 a の肩（境界 F T）に乗せることで、基板 2 2 0 の厚み方向 Z（基準方向）に対して第 1 の方向 D 1 側に傾いた方向の第 1 の指向性（図 4（A）の D R 2 A）をもたせることができる。第 1 の方向 D 1 側に傾いた指向性とは、スライス方向 D L 側から見て深度方向 Z を時計回りに回転した方向である。なお、指向性が発生する詳細な理由については後述する。

10

【 0 1 1 6 】

図 8 に示すように、圧電体層 6 0 a が開口 1 0 a に重なる部分の幅 W 1 は、圧電体層 6 0 a が基板 2 2 0 に重なる部分の幅 W 2 よりも大きい。幅 W 1 は、第 2 の方向 D 2 において、第 1 の縁部 E D A から圧電体層 6 0 a の端までの距離であり、幅 W 2 は、第 1 の方向 D 1 において、第 1 の縁部 E D A から圧電体層 6 0 a の端までの距離である。基板 2 2 0 の厚み方向 Z から見た平面視では、基板 2 2 0 上の圧電体層 6 0 a の面積よりも開口 1 0 a 上の圧電体層 6 0 a の面積の方が大きいことになる。

20

【 0 1 1 7 】

超音波トランスデューサー素子アレイ 2 1 0 は、超音波の周波数に応じて素子ピッチが設定され、また、素子ピッチはグレーティングローブ等の性能に関わるので、素子ピッチを自由に設定できることが望ましい。この点、本実施形態では、基板 2 2 0 への乗り上げ幅 W 2 が大きい場合に比べて、隣の素子との間のピッチを狭くすることが可能であり、素子に指向性をもたせつつ所望の素子ピッチを実現することが可能となる。

【 0 1 1 8 】

図 9 の第 2 の超音波トランスデューサー素子では、圧電体層 6 0 b は、基板 2 2 0 の厚み方向 Z からの平面視において、開口 1 0 b の第 3 の縁部 E D C 及び第 4 の縁部 E D D のいずれにも重ならず振動膜 7 0 b 上に設けられる。即ち、スキャン方向 D S において、圧電体層 6 0 b の幅は、開口 1 0 b の幅よりも小さい。第 3 の縁部 E D C は、第 1 の方向 D 1 側の縁部であり、第 4 の縁部 E D D は、第 2 の方向 D 2 側の縁部である。

30

【 0 1 1 9 】

このように、開口 1 0 b の中央に圧電体層 6 0 b を設け、圧電体層 6 0 b を開口 1 0 b の肩（境界 F T）に乗せないことで、基板 2 2 0 の厚み方向 Z に第 2 の指向性をもたせることができる。なお、圧電体層 6 0 b は、必ずしも開口 1 0 b の中央に設ける必要はなく、開口 1 0 b の縁部と重ならなければよい。

【 0 1 2 0 】

図 1 0 の第 3 の超音波トランスデューサー素子では、圧電体層 6 0 c は、基板 2 2 0 の厚み方向 Z からの平面視において、開口 1 0 c の第 5 の縁部 E D E 及び第 6 の縁部 E D F のうち第 6 の縁部 E D F を覆うように振動膜 7 0 c 上に設けられる。第 5 の縁部 E D E は、第 1 の方向 D 1 側の縁部であり、第 6 の縁部 E D F は、第 2 の方向 D 2 側の縁部である。

40

【 0 1 2 1 】

このように、開口 1 0 c の中央から第 2 の方向 D 2 側に圧電体層 6 0 c をずらし、圧電体層 6 0 c を開口 1 0 c の肩（境界 F T）に乗せることで、基板 2 2 0 の厚み方向 Z に対して第 2 の方向 D 2 側に傾いた方向の第 3 の指向性（図 4（A）の D R 2 C）をもたせることができる。第 2 の方向 D 2 側に傾いた方向とは、スライス方向 D L 側から見て深度方向 Z を反時計回りに回転した方向である。回転角度は、第 1 の指向性と同一（略同一を含

50

む)である。

【0122】

上記の第1～第3の超音波トランスデューサー素子の振動膜70a～70cは、同一(略同一を含む)平面に形成される。同一平面は、基板220の平面であり、スキャン方向DSとスライス方向DLが成す平面である。上述のように、振動膜70a～70cは例えば基板220上に積層された共通のSiO₂膜20及びZrO_x膜30で構成される。この共通の振動膜のうち、各素子の形成領域における振動膜が振動膜70a～70cである。

【0123】

比較例として、例えば素子形成面を傾けることによって送信指向性又は受信指向性をもたせる手法が考えられる。しかしながら、複数の指向方向を作るためには、それに応じて素子形成面の傾きを変える必要がある。本実施形態の超音波トランスデューサー素子に当てはめれば、異なる傾きの振動膜を複数形成することになり、素子アレイの製造工程が複雑になる。

10

【0124】

この点、本実施形態によれば、開口10a～10cに対して圧電体層60a～60cの形成位置をずらすだけで指向性を変えることができるため、指向性の異なる超音波トランスデューサー素子を同一平面に形成することができる。これにより、素子アレイの製造工程を簡素化できる。例えば、圧電体層60a～60cの形成工程においてマスクを変更することで、形成位置を変えることができるので、単一指向性の素子アレイと同様の工程で、指向性が混在した素子アレイを製造可能である。

20

【0125】

9. 超音波トランスデューサー素子の受信指向性

次に、上記超音波トランスデューサー素子の受信指向性を測定した結果について説明する。

【0126】

図11(A)、図11(B)に、測定条件の説明図を示す。図11(A)に示すように、水槽を上から見たとき、超音波トランスデューサーデバイス200は水槽の壁に設置されている。深度方向Z側に超音波の発生源UWSを設置し、超音波トランスデューサーデバイス200に超音波を照射する。超音波の入射角度は、深度方向Zを0度として+10度～-10度である。受信は1列(又は1つ)の超音波トランスデューサー素子で行う。

30

【0127】

図11(B)に示すように、開口の幅WCと、開口に重なる圧電体層の幅WPとの比を $PCR = WP / WC$ と定義する。幅WC、WPは、基板の厚み方向Zから見たときの、スキャン方向DSにおける開口と圧電体層の幅である。

【0128】

図12(A)に、圧電体層を基板に重ねていない超音波トランスデューサー素子(図9)の受信指向性の測定結果を示す。縦軸は、最大値で正規化した受信電圧である。受信電圧は、入射角度0度を最大として、入射角度0度を中心にほぼ対称に分布しており、基板の厚み方向Zに指向性をもつことが分る。

40

【0129】

図12(B)に、圧電体層を基板に重ねた超音波トランスデューサー素子(図8)の受信指向性の測定結果を示す。受信電圧は、入射角度+5度を最大値として分布しており、基板の厚み方向Zからスキャン方向DS側に傾いた方向の指向性をもつことが分る。PCRが変わっても指向性には余り影響はないが、敢えて言えば、PCRが大きい場合(PCR=60%)の方が指向性のピークが鋭くなっており、指向性が強い。

【0130】

次に、図13(A)～図13(F)を用いて、指向性が生じる原理について説明する。なお、ここでは深度方向Zの反対方向を「垂直方向」と呼び、スキャン方向DSを「水平方向」と呼ぶ。

50

【 0 1 3 1 】

図 1 3 (A) に示すように、素子に超音波が入射すると振動膜 7 0 がたわみ、圧電体層 6 0 が横に引き伸ばされる。そして、その圧電体層 6 0 の歪み S_P が圧電効果により受信電圧に変換される。これが、基本的な受信の原理である。

【 0 1 3 2 】

圧電体層 6 0 が基板 2 2 0 に乗っていない素子に、斜め方向 DI から超音波が入射したとする。この場合、振動膜 7 0 には方向 DI に力 F が加わる。入射角度を θ とすると、力 F は水平方向の力 $F_x = F \sin \theta$ と垂直方向の力 $F_y = F \cos \theta$ に分解できる。この力 F によって振動膜 7 0 がたわんだとき、圧電体層 6 0 が乗った部分よりも圧電体層 6 0 が乗っていない腕部 AS の方が伸びやすい。そのため、水平方向の力 F_x は両側の腕部 AS の伸びによってキャンセルされ、圧電体層 6 0 には力 F_x による歪みが発生せず、垂直方向の力 F_y だけが受信電圧に変換される。力 $F_y = F \cos \theta$ は $\theta = 0$ 度において最大であり、角度が付くほど小さくなるので、垂直方向に指向性をもつことになる。

【 0 1 3 3 】

図 1 3 (B) に示すように、圧電体層 6 0 が基板 2 2 0 に乗っている素子に、斜め方向 DI から超音波が入射したとする。この場合、腕部 AS は圧電体層 6 0 の片方にしかないため、水平方向の力 F_x はキャンセルされず、入射角度 θ に対して受信電圧の依存性が表れる。

【 0 1 3 4 】

具体的には、圧電体層 6 0 が乗っていない振動膜 7 0 の腕部 AS は十分に柔らかく、湾曲が相殺されるため、振動膜 7 0 を模式的には図 1 3 (C) のように表すことができる。この振動膜 7 0 の全体に均一に、振幅 A_u の超音波が入射角度 θ で入射している状態を考える。

【 0 1 3 5 】

図 1 3 (B) に示すように、振動膜 7 0 の振動によって圧電体層 6 0 の端部の点 PA にかかる力をベクトル V_A とする。ベクトル V_A の方向は、湾曲した圧電体層 6 0 の端部における接線の方向に等しい。圧電体層 6 0 の内部に発生する歪み S_P は、ベクトル V_A に直交する垂直方向 (図 1 3 (D)) の歪みと、ベクトル V_A の方向でベクトル V_A の大きさに比例する歪みである。

【 0 1 3 6 】

ベクトル V_A の方向と垂線との成す角度を α とすると、圧電体層 6 0 の垂直方向に発生する応力 σ_{PZT} は近似的に下式 (1) となる。

$$\sigma_{PZT} = A_u \cdot \sin(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (1)$$

【 0 1 3 7 】

また、腕部 AS に掛かるベクトル V_A の方向の応力 σ_{arm} は、近似的に下式 (2) となる。

$$\sigma_{arm} = A_u \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (2)$$

【 0 1 3 8 】

圧電体層 6 0 に発生する電荷 C_{PZT} は下式 (3) となる。 g_{31} は、応力 σ_{PZT} によって圧電体層 6 0 の垂直方向に発生する歪みに対する圧電定数である。 g_{33} は、腕部 AS に掛かる応力 σ_{arm} によって圧電体層 6 0 のベクトル V_A の方向に発生する歪みに対する圧電定数である。

$$\begin{aligned} C_{PZT} &= g_{31} \cdot \sigma_{PZT} \cdot WP + g_{33} \cdot \sigma_{arm} \cdot WC \\ &= g_{31} \cdot WP \cdot A_u \cdot \sin(90^\circ - \alpha + \theta) + \\ &\quad g_{33} \cdot WC \cdot A_u \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (3) \end{aligned}$$

【 0 1 3 9 】

図 1 3 (E) に示すように、上式 (3) を感度特性として示すと、入射角度 θ が負の場合に感度が極大となる。即ち、図 1 3 (F) に示すように、圧電体層 6 0 が基板 2 2 0 に重なっている側から超音波が入射したときに感度のピークがあり、圧電体層 6 0 が基板 2 2 0 に重ならない場合とは異なる受信指向性となっている。

【 0 1 4 0 】

10 ．超音波トランスデューサー素子の第2の構成例

図14に、指向性を有する超音波トランスデューサー素子の第2の構成例を示す。図14は、スキャン方向DSと深度方向Zが成す平面での断面図である。以下では第1の超音波トランスデューサー素子を例に説明する。

【 0 1 4 1 】

第1の超音波トランスデューサー素子は、第1の開口10aに対応して設けられている。圧電体層60aは図9と同様に第1の開口10aの縁部に重ならない構成である。図示及び説明を省略するが、振動膜や電極層についても図9と同様に構成できる。

【 0 1 4 2 】

第1のトランスデューサー素子は、更にカバー部80aを有する。カバー部80aは、基板220の厚さ方向Zの平面視において、第1の開口10aの第1の縁部EDAを覆わずに第2の縁部EDBを覆う。具体的には、平面視における第1の開口10aを、第1の縁部EDA側の第1の領域R1と第2の縁部EDB側の第2の領域R2に分割したとする。この場合、カバー部80aは、平面視において第1領域R1を覆わずに第2の領域R2を覆う。

【 0 1 4 3 】

カバー部80aの構成について詳細に説明する。以下では便宜的に、スキャン方向DS（第1の方向）を右、スキャン方向DSの反対方向（第2の方向）を左、深度方向Z（第2の方向）を上、深度方向Zの反対方向（第4の方向）を下と呼ぶ。

【 0 1 4 4 】

カバー部80aは、第1の開口10aの左側に設けられた壁状の第1の部分KBと、第1の部分から右に突出して第1の開口10aを覆う第2の部分TBと、を含む。第1の部分KBと第2の部分TBは、説明のために分けたものであり、後述のように一体形成される。

【 0 1 4 5 】

第1の部分KBの下面saと上面scは基板220の平面に平行（略平行を含む）であり、第1の部分KBの左面sbと右面seは基板220の平面に交差（例えば直交）する。右面seと振動膜が接する位置は、第1の開口10aの第2の縁部EDBよりも左側である。第2の部分TBの下面sfは基板220の平面に平行（略平行を含む）であり、第2の部分TBの右面sfは基板220の平面に交差（例えば直交）する。下面sfは、圧電体層60aや第2の電極層よりも上側に設けられ、素子の振動部分とカバー部80aとの間に空洞を設けている。なお、第2の部分TBの上面scと左面seは、第1の部分KBの上面scと右面seに共通である。各部の寸法da～dd、dgは、例えば図14に示す通りである。

【 0 1 4 6 】

上記の断面構造は、スライス方向DLに沿って同一である。例えば、図7で説明した素子列（UE11～UE18）に沿って同一の断面構造でカバー部80aを構成する。或は、1又は複数の素子毎に個別にカバー部80aを設けてもよい。この場合、その個別のカバー部80a内では同一の断面構造にする。なお、これに限定されず、カバー部80aが開口10aの一部を覆っていればよいので、スライス方向DLに沿って断面構造を変えてもよい。

【 0 1 4 7 】

以上のようなカバー部80aを設けることで、カバー部80aが覆う第2の縁部EDB側で超音波を物理的に遮蔽できるので、カバー部80aに覆われない第1の縁部EDA側に傾いた指向性をもたせることができる。本実施形態では、カバー部80aが設けられた第1の超音波トランスデューサー素子を受信専用に使っているが、図14の構成例は受信でも送信でも指向性をもつので、送信に用いることもできる。

【 0 1 4 8 】

なお、深度方向Zに第2の指向性をもつ第2の超音波トランスデューサー素子は、カバ

10

20

30

40

50

一部を設けずに構成する。また、深度方向 Z から左側に傾いた第 3 の指向性をもつ第 3 の超音波トランスデューサー素子は、図 1 4 のカバー部 8 0 a を左右反転したカバー部を設けることで構成する。ここで、左右反転とは、スライス方向 D L と深度方向 Z が成す平面に対して対称に反転することである。

【 0 1 4 9 】

1 1 . カバー部の変形例

図 1 5 に、カバー部の第 1 の変形例を示す。この変形例では、スライス方向 D L に隣り合う超音波トランスデューサー素子 U E a と U E b (又は U E f と U E g) の間にカバー部 8 0 を設ける。カバー部 8 0 は、図 1 4 のカバー部 8 0 a を 2 つ、面 s b で結合したような形状である。超音波トランスデューサー素子 U E b (U E g) は第 1 の指向性をもち、超音波トランスデューサー素子 U E a (U E f) は第 3 の指向性をもつ。カバー部 8 0 を設けない超音波トランスデューサー素子 U E c ~ U E e は第 2 の指向性である。

10

【 0 1 5 0 】

例えば、1 つのチャンネル C H i は、超音波トランスデューサー素子 U E b ~ U E f で構成する。なお、これに限定されず、チャンネル内に第 1 ~ 第 3 の指向性が含まれればよいので、例えば超音波トランスデューサー素子 U E a ~ U E e で 1 つのチャンネル C H i を構成してもよい。

【 0 1 5 1 】

図 1 6 (A) に、カバー部の第 2 の変形例を示す。カバー部 8 0 の構造は第 1 の変形例と同様である。第 2 の変形例では、カバー部 8 0 を保護層 2 3 0 の内部に設ける。この構成は、保護層 2 3 0 の厚さがカバー部 8 0 の高さよりも厚い場合に有効である。保護層 2 3 0 は例えばシリコン樹脂で形成される。例えば、カバー部 8 0 の T 字の柄の部分 (横棒の手前まで) を基板に接着し、シリコン樹脂を塗布して保護層 2 3 0 の第 1 層 2 3 0 a を形成し、カバー部 8 0 の残りの部分を接着し、シリコン樹脂を塗布して保護層 2 3 0 の第 2 層 2 3 0 b を形成する。

20

【 0 1 5 2 】

図 1 6 (B) に、カバー部の第 3 の変形例を示す。カバー部 8 0 の構造は第 1 の変形例と同様である。第 3 の変形例では、保護層 2 3 0 を形成し、その上にカバー部 8 0 を接着し、更にその上から音響レンズ 2 4 0 を被せる。音響レンズ 2 4 0 は、例えばシリコン樹脂で形成される。音響レンズ 2 4 0 にカバー部 8 0 が当たる部分には、予めカバー部 8 0 が嵌まるように凹部を形成しておく。第 3 の変形例は、保護層 2 3 0 の厚さがカバー部 8 0 の高さよりも薄い場合に有効である。

30

【 0 1 5 3 】

1 2 . カバー部の製造方法

図 1 7 (A) ~ 図 1 8 (C) に、カバー部の製造方法についての説明図を示す。図 1 7 (A) に示すように、カバー部を除く超音波トランスデューサー素子 U E がアレイ状に基板 2 2 0 に形成されているとする。

【 0 1 5 4 】

図 1 7 (B) に示すように、金属板 8 2 にエッチングにより開口を設ける。金属板 8 2 は、例えば 4 2 アロイの板であり、例えば厚さは 0 . 1 mm である。4 2 アロイは鉄にニッケルを 4 2 % 配合した合金である。基板 2 2 0 のシリコンよりも耐破壊性 (じん性) が高いため、基板 2 2 0 から突出したカバー部に適すると考えられる。金属板 8 2 に開ける開口のスキャン方向 D S における幅 d h は、基板 2 2 0 の開口 1 0 よりも大きくする。

40

【 0 1 5 5 】

次に図 1 7 (C) に示すように、金属板 8 4 にエッチングにより、金属板 8 2 とは異なる大きさの開口を設ける。開口の大きさ以外は金属板 8 2 と同一である。金属板 8 4 には、基板 2 2 0 の開口 1 0 が半分程度隠れる大きさの開口を設ける。即ち、スライス方向 D L から見た断面において、開口の一方の端 p a は基板 2 2 0 の上にあり、開口の他方の端 p b は圧電体層 6 0 (又は振動膜 7 0) の上にある。以上、2 種類の開口を設けた金属板 8 2 、8 4 を、それぞれ複数枚ずつ用意する。

50

【 0 1 5 6 】

次に、図 1 8 (A) に示すように、接着剤を用いて素子アレイの上に金属板 8 2 を接着し、更にその上に金属板 8 2 を接着し、複数枚の金属板 8 2 を積層する。次に、図 1 8 (B) に示すように、接着剤を用いて金属板 8 2 の上に複数枚の金属板 8 4 を積層する。例えば、金属板 8 2 の開口の右端と金属板 8 4 の開口の右端を合わせる。

【 0 1 5 7 】

このようにして、図 1 8 (C) に示すように、カバー部 8 0 が形成される。金属板 8 2 、 8 4 の開口により、左右非対称な空洞部 C V が形成され、この空洞部 C V の形状により超音波の指向性が生じる。

【 0 1 5 8 】

10

1 3 . 超音波画像装置、超音波プローブ

図 1 9 (A)、図 1 9 (B) に、超音波画像装置 4 0 0 の具体的な構成例を示す。図 1 9 (A) は携帯型の超音波画像装置 4 0 0 を示し、図 1 9 (B) は据置型の超音波画像装置 4 0 0 を示す。

【 0 1 5 9 】

携帯型及び据置型の超音波画像装置 4 0 0 は共に、超音波測定装置 1 0 0、超音波プローブ 3 0 0、ケーブル 3 5 0 及び表示部 4 1 0 を含む。超音波プローブ 3 0 0 は、超音波トランスデューサデバイス 2 0 0 を含み、ケーブル 3 5 0 により超音波測定装置 1 0 0 に接続される。表示部 4 1 0 は、表示用画像データを表示する。

【 0 1 6 0 】

20

超音波測定装置 1 0 0 が有する送信部 1 1 0、受信部 1 2 0 及び処理部 1 3 0 の少なくとも一部を超音波プローブ 3 0 0 に設けることもできる。

【 0 1 6 1 】

図 1 9 (C) に、超音波プローブ 3 0 0 の具体的な構成例を示す。超音波プローブ 3 0 0 はプローブヘッド 3 1 5 及びプローブ本体 3 2 0 を含み、図 1 9 (C) に示すように、プローブヘッド 3 1 5 はプローブ本体 3 2 0 と脱着可能である。

【 0 1 6 2 】

プローブヘッド 3 1 5 は、超音波トランスデューサデバイス 2 0 0、プローブ基体 3 1 1、プローブ筐体 3 1 2、プローブヘッド側コネクタ 3 1 3 を含む。

【 0 1 6 3 】

30

プローブ本体 3 2 0 は、プローブ本体側コネクタ 3 2 3 を含む。プローブ本体側コネクタ 3 2 3 は、プローブヘッド側コネクタ 3 1 3 と接続される。プローブ本体 3 2 0 は、ケーブル 3 5 0 により超音波測定装置 1 0 0 に接続される。なお、超音波測定装置 1 0 0 が有する送信部 1 1 0、受信部 1 2 0 の少なくとも一部をプローブ本体 3 2 0 に設けることもできる。

【 0 1 6 4 】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項及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。また本実施形態及び変形例の全ての組み合わせも、本発明の範囲に含まれる。また超音波測定装置、超音波画像装置の構成、動作及び超音波画像の処理方法等も、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。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 6 5 】

1 0 , 1 0 a ~ 1 0 c 開口、2 0 SiO_2 膜、3 0 ZrOx 膜、
4 0 a ~ 4 0 c 第 1 の電極層、5 0 a ~ 5 0 c 第 2 の電極層、
6 0 , 6 0 a ~ 6 0 c 圧電体層、7 0 , 7 0 a ~ 7 0 c 振動膜、
8 0 , 8 0 a カバー部、8 2 , 8 4 金属板、1 0 0 超音波測定装置、

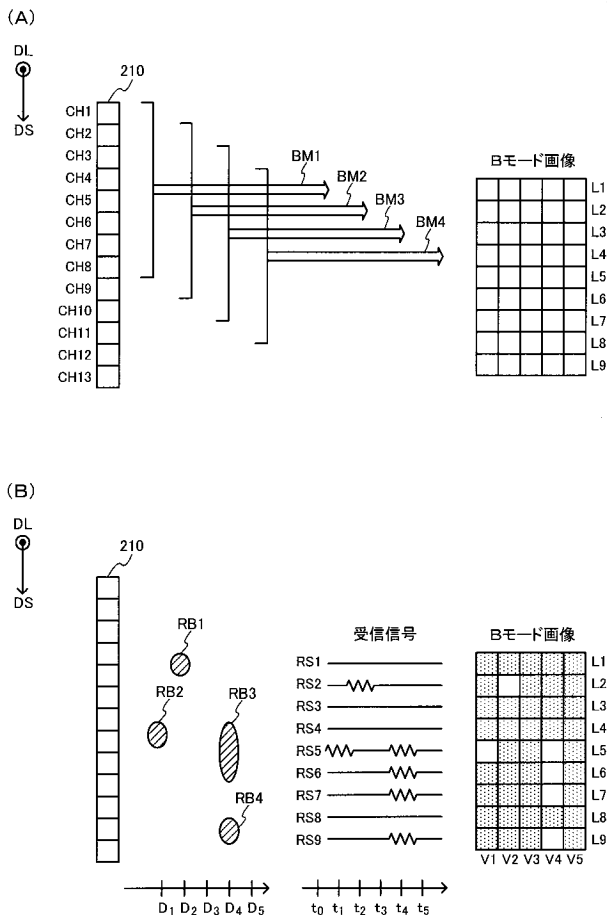
50

1 1 0 送信部、1 2 0 受信部、1 3 0 処理部、
 2 0 0 超音波トランスデューサーデバイス、
 2 1 0 超音波トランスデューサー素子アレイ、
 2 2 0 基板、2 3 0 保護層、2 4 0 音響レンズ、
 3 0 0 超音波プローブ、3 1 1 プローブ基体、3 1 2 プローブ筐体、
 3 1 3 プローブヘッド側コネクタ、3 1 5 プローブヘッド、
 3 2 0 プローブ本体、3 2 3 プローブ本体側コネクタ、
 3 5 0 ケーブル、4 0 0 超音波画像装置、4 1 0 表示部、
 A S 腕部、B M 1 ~ B M 9 超音波ビーム、
 C H 1 ~ C H 6 4 チャンネル、D 1 第 1 の方向、D 2 第 2 の方向、
 D L スライス方向、D R 2 A ~ D R 2 C 第 1 ~ 第 3 の指向性、
 D S スキャン方向、E D A ~ E D F 第 1 ~ 第 6 の縁部、
 F T 境界、L 1 ~ L 9 , L 1 A ~ L 3 C 画素ライン、
 L A 1 ~ L A 6 4 , L B 1 ~ L B 6 4 , L C 1 ~ L C 6 4 信号電極線、
 L B 1 i ~ L B 3 i 信号電極線、L M i , L Y 1 ~ L Y 8 コモン電極線、
 R B 1 ~ R B 7 反射体、
 R D 1 A ~ R D 1 C , R D 2 A ~ R D 2 C 受信データ、
 R S 1 ~ R S 9 , R S 1 A ~ R S 1 C , R S 2 A ~ R S 2 C 受信信号、
 U E , U E 1 1 ~ U E 5 8 , U E a ~ U E g 超音波トランスデューサー素子、
 V 1 ~ V 5 画素位置、
 X A 1 ~ X A 6 4 , X B 1 ~ X B 6 4 , X C 1 ~ X C 6 4 信号端子、
 X M i コモン端子、Z 深度方向、 $t_0 \sim t_5$ タイミング

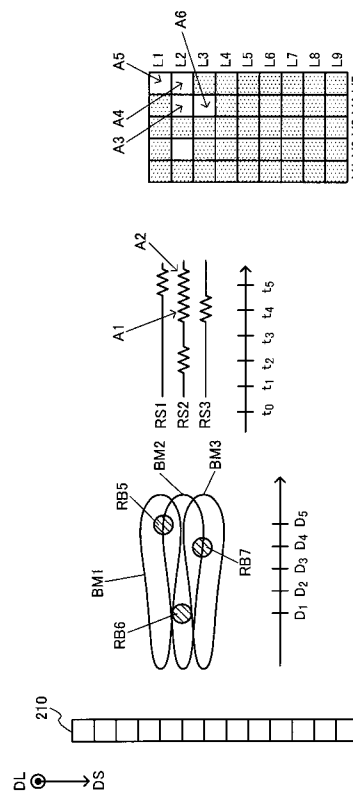
10

20

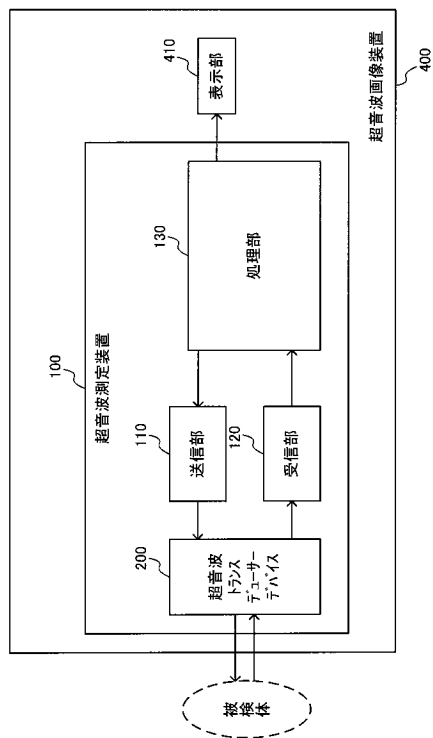
【図 1】



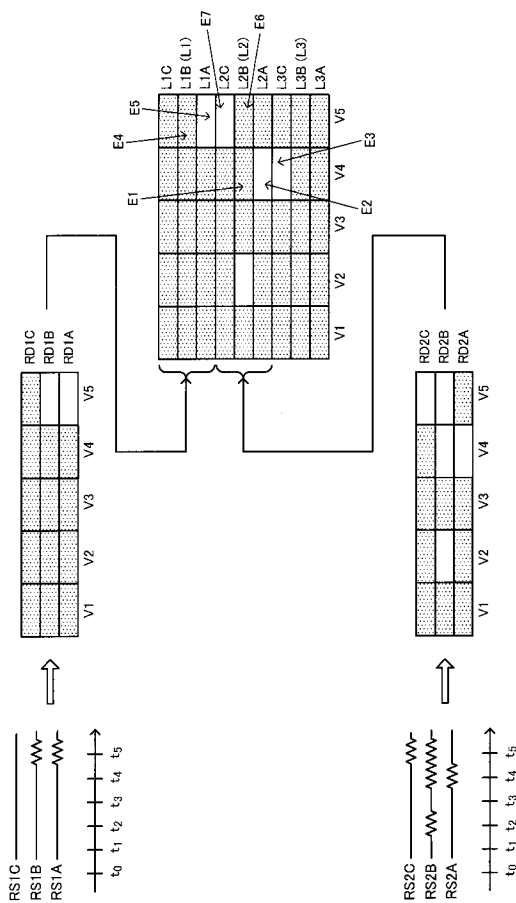
【図 2】



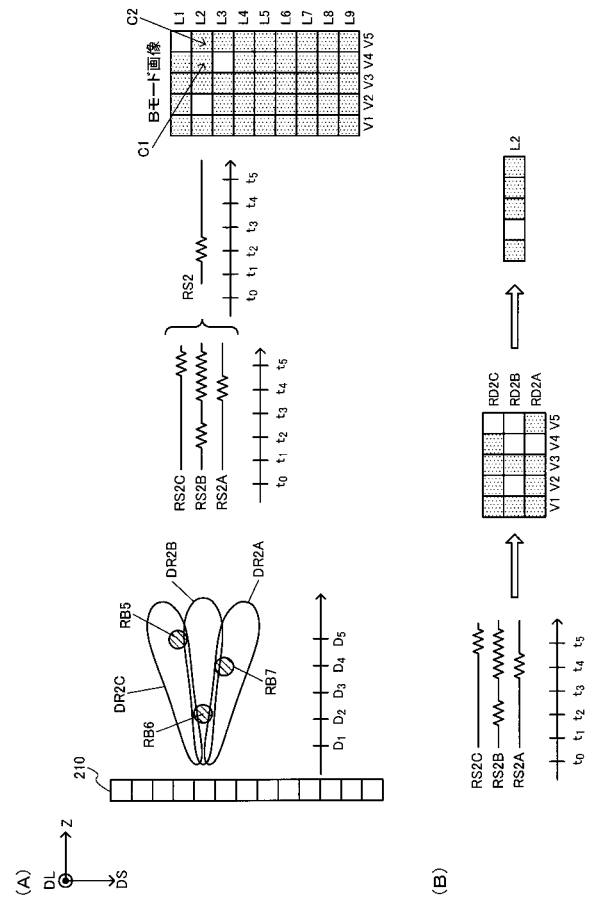
【図 3】



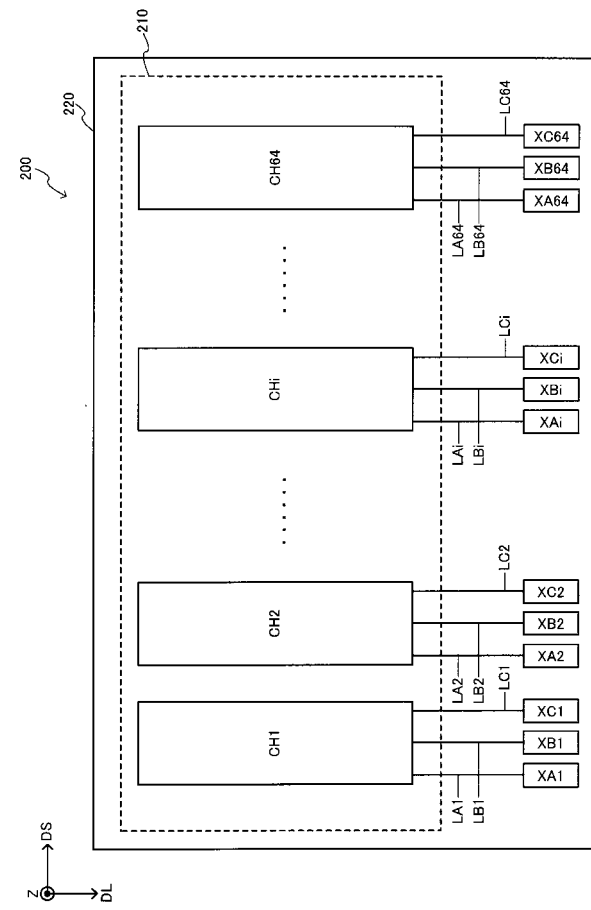
【図 5】



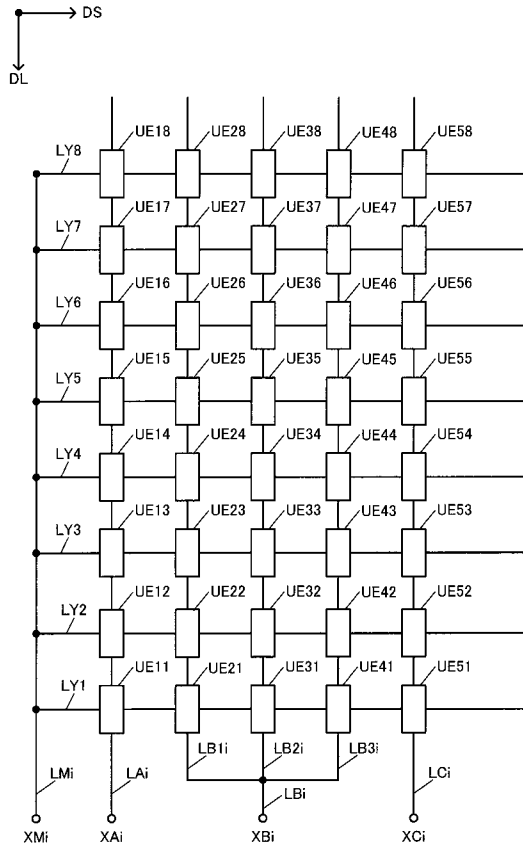
【図 4】



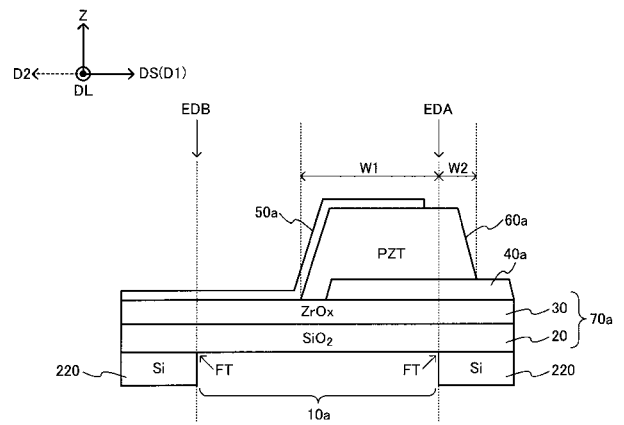
【図 6】



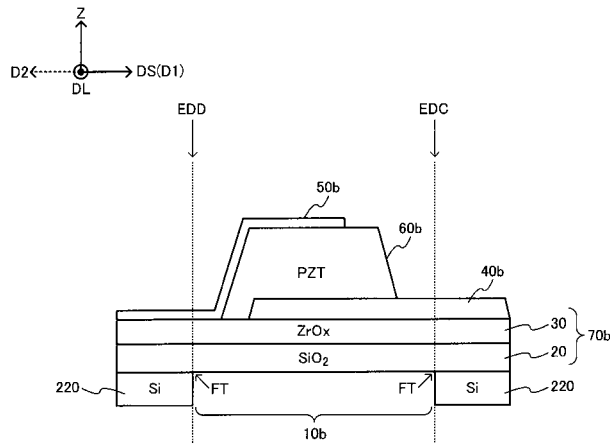
【図 7】



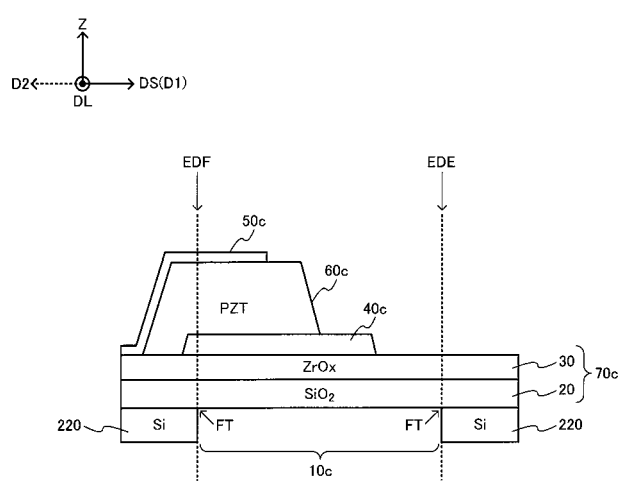
【図 8】



【図 9】

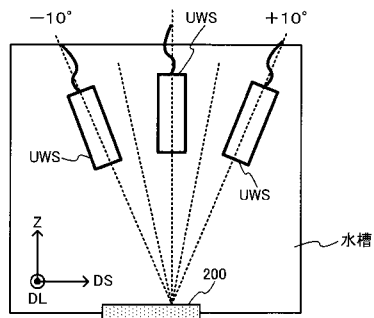


【図 10】

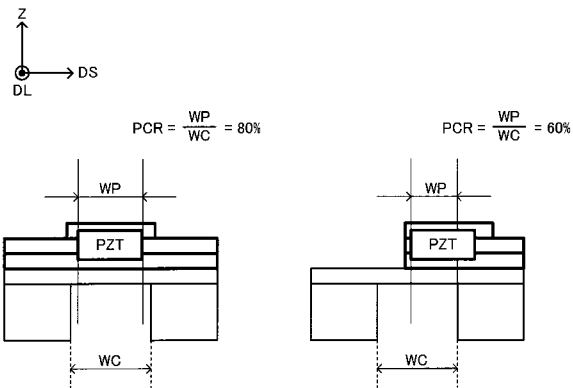


【図 1 1】

(A)

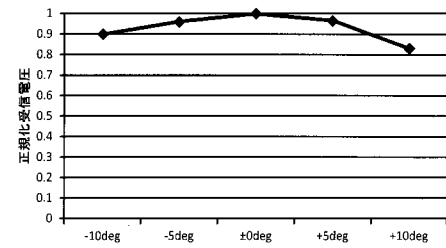


(B)

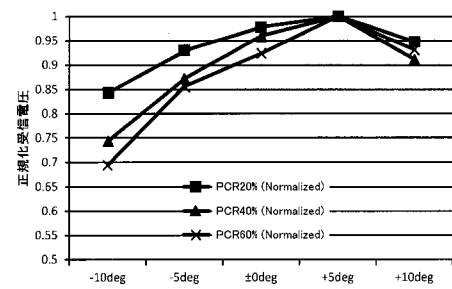


【図 1 2】

(A)

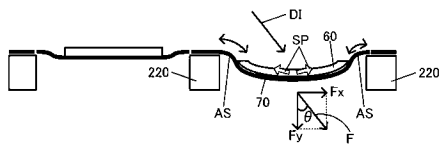


(B)

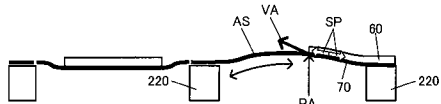


【図 1 3】

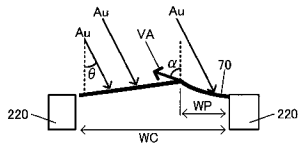
(A)



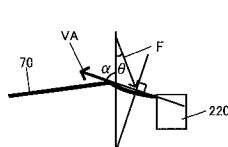
(B)



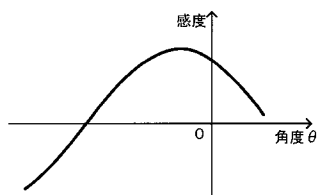
(C)



(D)



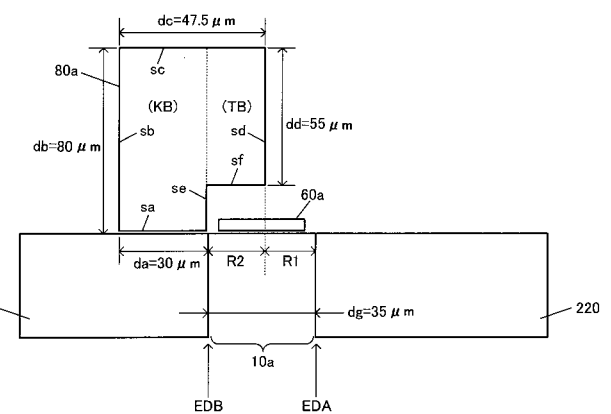
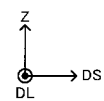
(E)



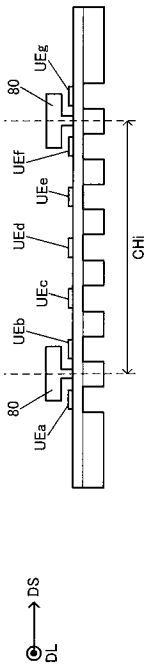
(F)



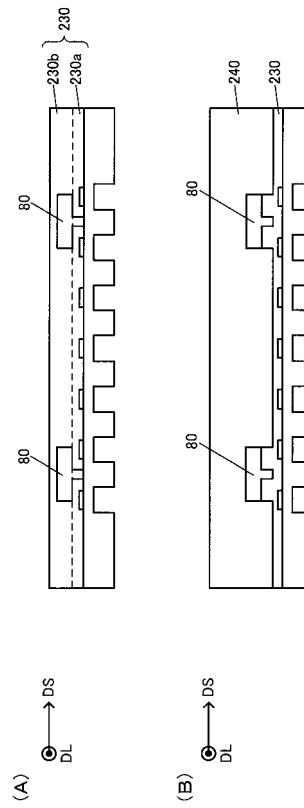
【図 1 4】



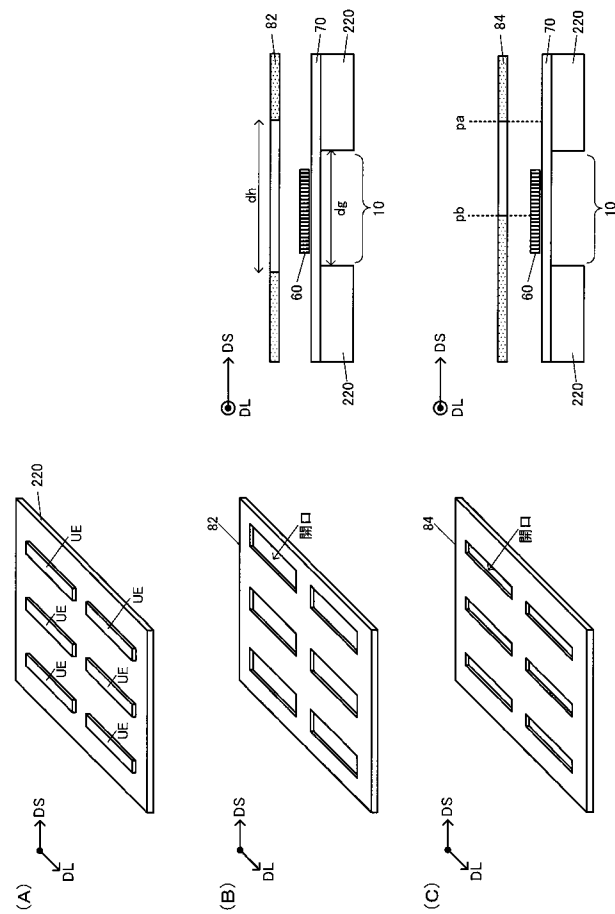
【図 15】



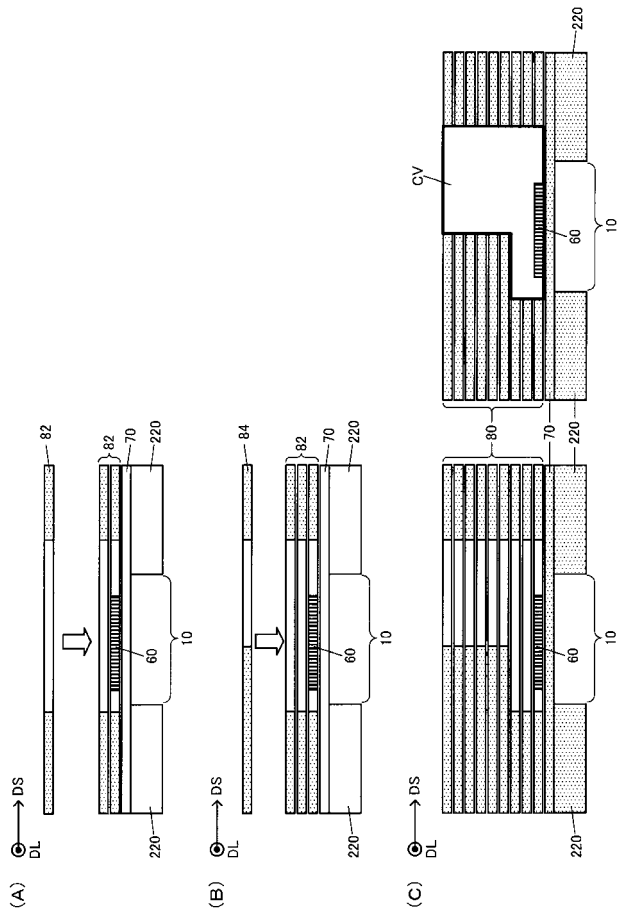
【図 16】



【図 17】

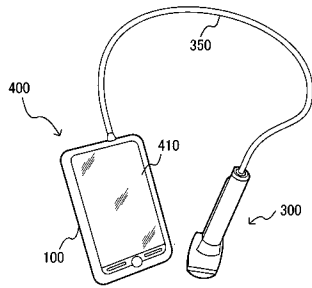


【図 18】

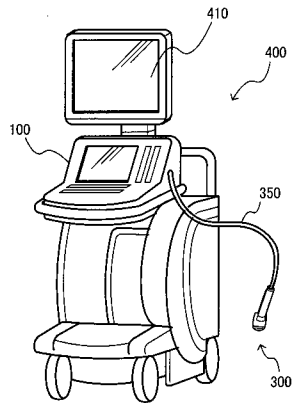


【図 19】

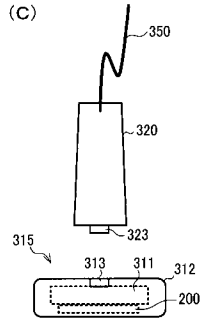
(A)



(B)



(C)



フロントページの続き

F ターム(参考) 4C601 BB08 BB21 EE01 EE04 HH29 JB03 JB51 JC02 KK03

专利名称(译)	超音波测定装置及び超音波画像装置		
公开(公告)号	JP2015104500A	公开(公告)日	2015-06-08
申请号	JP2013247768	申请日	2013-11-29
[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		
[标]发明人	鶴野次郎 中村友亮		
发明人	鶴野 次郎 中村 友亮		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB08 4C601/BB21 4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/HH29 4C601/JB03 4C601/JB51 4C601/JC02 4C601/KK03		
代理人(译)	井上 一 黑田靖		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够提高方位分辨率或减少伪影的超声测量装置，超声图像装置等。超声测量装置100包括超声换能器装置200和处理单元130。超声换能器装置200具有接收具有第一方向性的超声波的第一超声换能器元件和接收具有第二方向性的超声波的第二超声换能器元件，有。处理单元130使用第一接收信息（其是由第一超声换能器元件接收的第一接收信号和从第一接收信号获得的第一接收数据之一）来获得第二接收信号。校正第二接收信息，该第二接收信息是由超声换能器元件接收的第二接收信号和从第二接收信号获得的第二接收数据之一。

[选择图]图3

