

(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2014-18470

(P2014-18470A)

(43) 公開日 平成26年2月3日(2014.2.3)

(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 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-160709 (P2012-160709)
(22) 出願日 平成24年7月19日 (2012.7.19)

(71) 出願人 000233044
株式会社日立パワーソリューションズ
茨城県日立市幸町三丁目2番2号
(74) 代理人 100064414
弁理士 磯野 道造
(74) 代理人 100111545
弁理士 多田 悦夫
(72) 発明者 梅田 雅通
茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会
社日立エンジニアリング・アンド・サービ
ス内
(72) 発明者 北見 薫
茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会
社日立エンジニアリング・アンド・サービ
ス内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定周波数可変超音波映像装置

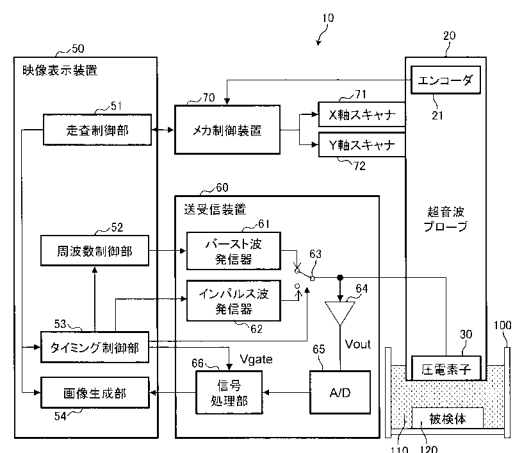
(57) 【要約】

【課題】被検体の内部構造を超音波によって可視化する場合に、最適な周波数を選択できる。

【解決手段】超音波映像装置10は、被検体120に超音波を送信してエコー波を受信して受信信号とする圧電素子30を備えた超音波プローブ20と、超音波プローブ20を所定の走査位置に走査するX軸スキャナ71およびY軸スキャナ72と、受信信号の周波数を走査位置に応じた所定周波数に制御する周波数制御部52と、受信信号を信号処理する信号処理部66と、信号処理部66の出力信号に基づいて、所定周波数の超音波画像を生成する画像生成部54とを備える。周波数制御部52は、パースト波発信器61によって所定周波数のパースト信号を発生し、超音波プローブ20の圧電素子30に出力することによって、所定周波数の超音波を発生させる。

【選択図】 図1

第1の実施形態に於ける超音波映像装置の構成



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に超音波を送信し、前記被検体から反射、散乱、屈折された超音波を受信して受信信号を出力する圧電素子を備えた超音波プローブと、
前記超音波プローブを所定の走査位置に走査するスキャナと、
前記受信信号の周波数を、前記走査位置に応じた所定周波数に制御する周波数制御部と、
前記受信信号を信号処理する信号処理部と、
前記信号処理部の出力信号に基づいて、前記所定周波数の超音波画像を生成する画像生成部と、

10

を備えることを特徴とする測定周波数可変超音波映像装置。

【請求項 2】

前記周波数制御部は、前記圧電素子が送信する超音波の周波数を制御することによって、前記受信信号の周波数を制御する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

【請求項 3】

前記周波数制御部は、前記圧電素子に前記所定周波数のパースト信号を出力するパースト波発信器を備えている、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

【請求項 4】

前記周波数制御部は、前記受信信号の通過帯域を制御することによって、前記受信信号の周波数を制御する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

20

【請求項 5】

前記周波数制御部は、前記超音波の前記所定周波数を前記走査位置に応じて制御し、
前記画像生成部は、生成した前記超音波画像上に、前記走査位置に応じた前記所定周波数を表示する、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

【請求項 6】

前記被検体の超音波画像を評価して、前記超音波の周波数を最適化する最適周波数調整処理部を更に備えている、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

30

【請求項 7】

前記最適周波数調整処理部は、前記被検体の超音波画像のコントラストを算出するコントラスト算出部を備え、当該コントラストを最大化するように前記超音波の周波数を最適化する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

【請求項 8】

前記最適周波数調整処理部は、前記被検体の超音波画像の高周波成分を算出する高周波成分算出部を備え、当該高周波成分を最大化するように前記超音波の周波数を最適化する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の測定周波数可変超音波映像装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体の内部を、超音波測定により可視化する超音波映像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波によって半導体や集積回路などの欠陥（剥離やボイド）の有無を調べるには、単一焦点型の超音波センサを機械的に二次元で走査する方法が用いられていた。この

50

検査方法は、単一焦点型の超音波センサにより、検査対象物である前記構造物内の検査対象部位を焦点とする超音波の送受信を行い、検査対象部位から反射されたエコー波（超音波）をゲート処理することによって、そのエコー波の強度情報や時間情報を求めるものである。求められた前記エコー波の情報を二次元空間にマッピングすることにより、検査画像情報を生成することができ、この検査画像情報を基に、欠陥の有無を調べることができる。

【0003】

特許文献1の目的には、「被検物体内の欠陥を容易かつ正確に検出する。」と記載され、構成には、「被検物体Mにパルスを送信しエコーを受信するトランスデューサ1には、パルスを発生しエコーを増幅するための送受信器2が接続され、その後方にはエコーの中から任意の間のエコーを取り出すためのゲート回路3が接続されている。また、ゲート回路3には正のコンパレータ4、負のコンパレータ5、正のピークホルダ6、負のピークホルダ7が接続され、これらの出力は制御装置9に入力する。正のコンパレータ4と負のコンパレータ5では、予め設定した基準値を初めて越えるエコーの中の早い方のタイミングが遅延回路8に入力し、略1周期分の時間の後にゲート回路3を閉じる。」と記載されている。

10

【0004】

また近年では、アレイ型の超音波センサを用いた超音波検査手法も用いられている。アレイ型の超音波センサは、複数の圧電振動素子を一行に配列したものである。所定の走査位置に応じた圧電振動素子に、素子駆動の時間遅延を与えて超音波を送信および受信することで、検査対象部位に送信された超音波を集束させて焦点を結ぶことができる。各圧電振動素子の配列の法線方向にレンズを配置するか、または、圧電振動素子の配列を曲面上に配置することにより、単一焦点型超音波センサと同様に、超音波を一点に集束させて送受信することができる。

20

【0005】

特許文献2の課題には、「被検体中の異なる深さ位置に発生する欠陥を1回の検査で高精度に検出可能な超音波検査方法を提供する。」と記載され、解決手段には、「音響レンズ2上に複数の振動素子3aからなるアレイ振動子3が設けられた超音波プローブ1を被検体10と対向に配置する。音響レンズの焦点 F_A とアレイ振動子を電子集束することによって作られる焦点 F_B とを異なる深さ位置に設定して被検体中の各検査面に個別に合致させ、各検査面について同時に欠陥検査を実行する。欠陥が存在すると判定された場合、前記2つの焦点を合致させ、欠陥が存在すると判定された検査面に合致させて再度の欠陥検査を行う。」と記載されている。

30

【0006】

アレイ型超音波センサでは、複数の圧電振動素子を電子的に走査できるので、単一焦点型超音波センサによる機械走査よりも迅速に、超音波検査を行うことができる。

【0007】

特許文献3の課題には、「発振器構成を簡略し、送信波をパルス信号からバースト波信号へ滑らかに変化させ、測定時に必要に応じて干渉が生じない範囲でバースト波信号を利用できる超音波映像装置とその測定方法を提供する。」と記載され、解決手段には、「超音波探触子14を送信波信号で駆動して超音波16を発生させかつこの超音波を被検体18に照射し、被検体から戻ってくる反射波を超音波探触子で検出して受信波信号に変換し、受信波信号に基づいて像表示処理を行い被検体の所定の検査箇所の像を表示装置に表示する超音波映像装置である。送信波信号を出力する手段としてバースト波信号を出力するバースト波発振器12のみを備え、このバースト波発振器が出力するバースト波信号の最少波数は1以下である。バースト波発振器から出力される信号の波数は制御部15で制御される。」と記載されている。

40

【0008】

特許文献3の段落0017には、発明の目的として、「送信波を発生する発振器の回路部分の構成を簡略し、送信波をパルス信号からバースト波信号へ滑らかに変化させること

50

ができ、測定時に必要に応じて干渉が生じない範囲でパースト波信号を利用できるようにして、周波数帯域を狭くし、減衰の影響を低減し、高分解能の測定および映像作成を行うことのできる超音波映像装置を提供することにある。」と記載されている。しかし、特許文献3には、測定対象に合わせた最適な周波数の選定については、何ら記載されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平5-232092号公報

【特許文献2】特開平11-304769号公報

【特許文献3】特開2003-107059号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

被検体内部の可視化に最適な超音波の周波数は、被検体を構成する材質によって異なる。そのため、単一焦点型の超音波センサとアレイ型の超音波センサとのいずれを用いる場合に於いても、材質に応じた最適な超音波の周波数を設定しなければならない。

しかし、従来では、超音波センサ（超音波プローブ）ごとに測定可能な超音波の周波数が固定されていた。そのため、超音波の周波数を変更するには、幾つもの超音波センサ（超音波プローブ）を交換しなければならなかった。更に、従来の超音波センサ（超音波プローブ）では、超音波の周波数を連続的に変更して測定し、これら超音波画像の品質を比較することができなかった。

【0011】

本発明は、被検体の内部構造を超音波によって可視化する場合に、最適な周波数を選択できる超音波映像装置に関するものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

前記した課題を解決するため、本発明の請求項1に記載の発明では、被検体に超音波を送信し、前記被検体から反射、散乱、屈折された超音波を受信して受信信号を出力する圧電素子を備えた超音波プローブと、前記超音波プローブを所定の走査位置に走査するスキャナと、前記受信信号の周波数を、前記走査位置に応じた所定周波数に制御する周波数制御部と、前記受信信号を信号処理する信号処理部と、前記信号処理部の出力信号に基づいて、前記所定周波数の超音波画像を生成する画像生成部と、を備えることを特徴とする測定周波数可変超音波映像装置とした。

その他の手段については、発明を実施するための形態のなかで説明する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、被検体の内部構造を超音波によって可視化する場合に、最適な周波数を選択できる超音波映像装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

【図2】第1の実施形態に於ける超音波映像装置の走査方法を示す図である。

【図3】第1の実施形態に於ける送信周波数の変更方法を示す図である。

【図4】第1の実施形態に於ける超音波映像装置の動作例を示す図である。

【図5】第1の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理を示す図である。

【図6】第1の実施形態に於ける周波数可変画像の例を示す図である。

【図7】第2の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

【図8】第2の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理を示す図である。

【図9】第3の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

【図 10】第 3 の実施形態に於ける最適周波数調整処理を示す図である。

【図 11】第 3 の実施形態に於ける画像化処理を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以降、本発明を実施するための形態を、各図を参照して詳細に説明する。

【0016】

(第 1 の実施形態の構成)

【0017】

図 1 は、第 1 の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

第 1 の実施形態の超音波映像装置 10 (測定周波数可変超音波映像装置) は、送信する超音波の周波数を制御することにより、エコー波である受信波の周波数を制御するものである。第 1 の実施形態では、送受信装置 60 にパースト波発信器 61 とスイッチ 63 とを備え、このパースト信号を圧電素子 30 に出力することにより、圧電素子 30 が送信する超音波の周波数 f_x を変化させることができる。

10

【0018】

超音波映像装置 10 は、超音波の送受信を行う超音波プローブ 20 と、当該超音波映像装置 10 を統括制御して超音波映像を表示する映像表示装置 50 と、超音波プローブ 20 との間で電気信号を入出力する送受信装置 60 と、超音波プローブ 20 を機械的に走査する X 軸スキャナ 71 および Y 軸スキャナ 72 と、X 軸スキャナ 71 および Y 軸スキャナ 72 を制御するメカ制御装置 70 とを備えている。超音波プローブ 20 は、X 軸スキャナ 71 および Y 軸スキャナ 72 に支えられて、水槽 100 に満たされた水 110 に浸漬され、圧電素子 30 が被検体 120 に対向するように配置される。

20

【0019】

超音波プローブ 20 は、当該超音波プローブ 20 の走査位置を検知するエンコーダ 21 と、電気信号と超音波信号とを相互に変換する圧電素子 30 とを備えている。圧電素子 30 は、単一焦点型の超音波センサである。

映像表示装置 50 は、超音波プローブ 20 の走査位置を制御する走査制御部 51 と、超音波の周波数を制御する周波数制御部 52 と、超音波の送受信タイミングを制御するタイミング制御部 53 と、超音波画像を生成する画像生成部 54 とを備えている。

送受信装置 60 は、パースト波の電気信号を生成するパースト波発信器 61 と、インパルス波の電気信号を生成するインパルス波発信器 62 と、スイッチ 63 と、超音波プローブ 20 が受信した受信信号を増幅するアンプ 64 と、当該受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する A/D 変換器 65 と、当該受信信号を信号処理する信号処理部 66 とを備えている。

30

【0020】

走査制御部 51 は、メカ制御装置 70 (スキャナ) と入出力可能に接続されている。走査制御部 51 は、メカ制御装置 70 と X 軸スキャナ 71 と Y 軸スキャナ 72 (スキャナ) によって超音波プローブ 20 の走査位置を制御すると共に、メカ制御装置 70 から超音波プローブ 20 の現在の走査位置情報を受信する。

メカ制御装置 70 の出力側は、X 軸スキャナ 71 および Y 軸スキャナ 72 に接続されている。メカ制御装置 70 には、超音波プローブ 20 のエンコーダ 21 の出力側が接続されている。メカ制御装置 70 は、エンコーダ 21 の出力信号によって、超音波プローブ 20 の走査位置を検知し、X 軸スキャナ 71 および Y 軸スキャナ 72 によって、超音波プローブ 20 が指示された走査位置になるように制御する。メカ制御装置 70 は、走査制御部 51 から超音波プローブ 20 の制御指示を受けると共に、超音波プローブ 20 の走査位置情報を応答する。

40

【0021】

タイミング制御部 53 は、走査制御部 51 から取得した超音波プローブ 20 の走査位置情報に基づいて、送受信装置 60 に超音波の送受信タイミング信号 (情報) を出力し、周波数制御部 52 に超音波の周波数情報を出力する。

50

【 0 0 2 2 】

周波数制御部 5 2 は、タイミング制御部 5 3 が出力した超音波の周波数情報に基づいて、バースト波発信器 6 1 に所定の周波数のバースト波を所定パルス数だけ出力するように指示する。

バースト波発信器 6 1 は、周波数制御部 5 2 が出力した信号に基づいて、圧電素子 3 0 に所定の周波数のバースト波を所定パルス数だけ出力するものである。

インパルス波発信器 6 2 は、タイミング制御部 5 3 が出力したタイミング信号に基づいて、圧電素子 3 0 にインパルス波を出力するものである。

スイッチ 6 3 は、タイミング制御部 5 3 の出力信号に基づいて、バースト波とインパルス波のいずれを圧電素子 3 0 に出力するかを切り替えるものである。

10

【 0 0 2 3 】

圧電素子 3 0 は、圧電膜の両面にそれぞれ電極が取り付けられているものであり、ZnO、セラミックス、フッ素系共重合体などで構成される。圧電素子 3 0 は、両電極間に電圧が印加されることにより、当該圧電膜から超音波を送信する。更に圧電素子 3 0 は、当該圧電膜が受信したエコー波（受信波）を、前記両電極間に発生する電圧である受信信号に変換する。アンプ 6 4 は、当該受信信号を増幅して出力信号 V o u t として出力するものである。A / D 変換器 6 5 は、増幅された当該受信信号を、アナログ信号からデジタル信号に変換するものである。

【 0 0 2 4 】

信号処理部 6 6 は、受信信号を信号処理するものである。信号処理部 6 6 は、タイミング制御部 5 3 が出力するゲートパルス V g a t e によって、受信信号の所定期間のみを切り出す。信号処理部 6 6 は、所定期間の受信信号の振幅情報、または、所定期間の受信信号の時間情報を、画像生成部 5 4 に出力する。

20

画像生成部 5 4 は、信号処理部 6 6 の出力信号に基づいて、所定周波数に於ける超音波画像を生成するものである。

【 0 0 2 5 】

（超音波映像装置の動作）

図 1 を参照しつつ、超音波映像装置 1 0 の一連の動作について説明する。

走査制御部 5 1 は、超音波プローブ 2 0 を + X 方向にスキャンして 1 ライン分の画素を取得する。走査制御部 5 1 は、超音波プローブ 2 0 が X 方向の端に位置していることを検知したならば、超音波プローブ 2 0 を + Y 方向に所定ピッチだけ移動させたのち、- X 方向にスキャンして、1 ライン分の画像を取得する。これを繰り返して、走査制御部 5 1 は、所定範囲の走査を行う。

30

【 0 0 2 6 】

映像表示装置 5 0 のタイミング制御部 5 3 は、走査制御部 5 1 から超音波プローブ 2 0 の X 方向と Y 方向の走査位置情報を受け取り、Y 方向の走査位置情報に基づいて周波数制御部 5 2 に周波数を指示し、X 方向の走査位置情報に基づいて送受信装置 6 0 に超音波の送信を指示すると共に、受信信号を信号処理するためのゲートパルス V g a t e を出力する。

【 0 0 2 7 】

40

送受信装置 6 0 は、バースト波発信器 6 1 が出力したバースト信号とインパルス波発信器 6 2 が出力したインパルス信号のいずれかをスイッチ 6 3 により切り替えて、超音波プローブ 2 0 に信号を出力する。更に送受信装置 6 0 は、超音波プローブ 2 0 が受信したエコー波（受信波）の受信信号を、アンプ 6 4 で増幅したのち、A / D 変換器 6 5 によってデジタル信号に変換する。信号処理部 6 6 は、タイミング制御部 5 3 から入力されたゲートパルス V g a t e に基づいて、受信信号（デジタル信号）を信号処理し、映像表示装置 5 0 に出力する。

映像表示装置 5 0 は、走査制御部 5 1 が取得した走査位置の情報を画素位置とし、送受信装置 6 0 が信号処理した受信信号の情報を画素の輝度情報として、被検体 1 2 0 の内部構造を画像化して表示する。被検体 1 2 0 の内部を示す超音波画像は、受信信号の振幅情

50

報によるものでも、受信信号が所定振幅以上になる時間の情報によるものでもよい。

【0028】

図2は、第1の実施形態に於ける超音波映像装置の走査方法を示す図である。

ここでは、超音波映像装置10の一部として、X軸スキャナ71と、Y軸スキャナ72と、超音波プローブ20のみが示されている。

X軸スキャナ71は、Y軸スキャナ72を±X方向に移動させるものである。Y軸スキャナ72は、超音波プローブ20を±Y方向に移動させるものである。

超音波プローブ20は、円筒形であり、先端部に圧電素子30(図1)を備え、更にエンコーダ21(図1)を備えている。超音波プローブ20は、水槽100に満たされた水110に浸漬され、被検体120の上部Z方向に所定の距離を於いて対向するように配置されている。

10

【0029】

(第1の実施形態の動作)

【0030】

図3(a), (b)は、第1の実施形態に於ける送信周波数の変更方法を示す図である。

【0031】

図3(a)は、周波数 f_1 [Hz]のバースト信号の例である。

送受信装置60は、周波数 f_1 [Hz]でパルス数が3のバースト信号(電気信号)を出力する。圧電素子30は、当該電気信号によって、周波数 f_1 [Hz]でパルス数が3の超音波信号を出力する。これにより、送受信装置60は、超音波の周波数を制御し、よって超音波を電気信号に変換した受信信号の周波数を制御することができる。

20

【0032】

図3(b)は、周波数 f_2 [Hz]のバースト信号の例である。

送受信装置60は、周波数 f_2 [Hz]でパルス数が6のバースト信号(電気信号)を出力する。圧電素子30は、当該電気信号によって、周波数 f_2 [Hz]でパルス数が6の超音波信号を出力する。これにより、送受信装置60は、超音波の周波数を制御し、よって超音波を電気信号に変換した受信信号の周波数を制御することができる。

【0033】

図4(a)~(c)は、第1の実施形態に於ける超音波映像装置の動作例を示す図である。

30

【0034】

図4(a)は、超音波映像装置10の超音波プローブ20と被検体120とを示す図である。

被検体120は、表面120sと測定境界面120fとを備えている。超音波は、超音波プローブ20から発信されると、表面120sと測定境界面120fとで反射してエコー波を生成し、再び超音波プローブ20の圧電素子30で受信される。

【0035】

図4(b)は、圧電素子30の出力電圧に於ける超音波とエコー波との関係を示す図である。図の横軸は、共通する時刻を示している。図の縦軸は、圧電素子30のセンサ信号をアンプ64で増幅した出力信号 V_{out} の電圧を示している。

40

時刻0に於ける3つのパルスは、超音波プローブ20に超音波を発信させるためのバースト波である。

時刻 t_s に於ける3つのパルスは、超音波プローブ20が受信したエコー波に対応した受信信号である。このエコー波は、前記した表面120sで反射されたものである。

時刻 t_f に於ける3つのパルスは、超音波プローブ20が受信したエコー波に対応した受信信号である。このエコー波は、前記した測定境界面120fで反射されたものである。

【0036】

図4(c)は、エコー波を抽出するためのゲートパルス V_{gate} を示す図である。図

50

の横軸は、共通する時刻を示している。図の縦軸は、ゲートパルス V_{gate} の電圧を示している。

ゲートパルス V_{gate} は、時刻 $t_1 \sim t_2$ に於いてオンし、時刻 t_1 以前と、時刻 t_2 以降に於いてオフしている。図 4 (b) に示す圧電素子 30 の出力信号 V_{out} のうち、ゲートパルス V_{gate} がオンになっているときの信号を取り出し、当該信号の振幅を取り出すことによって、測定境界面 120f の状態を可視化することができる。

【0037】

(超音波画像による検査方法)

図 1 を適宜参照して、第 2 の実施形態の映像表示装置の動作を説明する。

被検体 120 の超音波検査を行うにあたり、オペレータは、被検体 120 を水槽 100 の底部に設置する。

オペレータは、被検体 120 の目的とする測定境界面 120f を明確化するため、インパルス信号による超音波画像を取得する。

オペレータは、インパルス信号による被検体 120 の超音波画像を参照して測定境界面 120f のエコー間隔を確認し、バースト信号の波数 n と周波数 f_x 、および、ゲートパルス V_{gate} をオンにするタイミングとを設定する。バースト信号の波数 n が多すぎると Z 方向の解像度が低下する虞があり、波数 n が小さすぎると超音波の周波数成分が所望の周波数成分以外のものを含んでしまう虞がある。バースト信号の周波数 f_x が高いほど、超音波の焦点を小さくして画像の解像度を向上させることができるが、水 110 および被検体 120 の内部に於ける減衰により、画像の信号対雑音比が悪化してしまう虞がある。

オペレータは更に、超音波プローブ 20 に出力する信号を、インパルス信号からバースト信号に切り替え、図 5 に示す周波数可変画像 130 の生成処理を行い、当該周波数可変画像 130 に基づいて最適な周波数 f_o を決定する。

オペレータは、決定した最適な周波数 f_o のバースト信号による超音波画像を取得し、被検体 120 の測定境界面 120f の最適な超音波画像とし、この被検体 120 の内部の欠陥などを評価する。

【0038】

図 5 は、第 1 の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理を示す図である。

周波数可変画像 130 の生成処理を開始すると、ステップ S10 ~ S22 に於いて、映像表示装置 50 は、全ての周波数 $f_1 \sim f_6$ について処理を繰り返す。

ステップ S11 に於いて、映像表示装置 50 の走査制御部 51 は、所定の Y 方向の走査範囲 (ライン) について繰り返す。この所定の Y 方向の走査範囲とは、各周波数ごとの Y 方向のライン数である。

ステップ S12 に於いて、映像表示装置 50 の走査制御部 51 は、Y 方向の奇数ラインであるか否かを判断する。走査制御部 51 は、当該判断条件が成立したならば (Yes)、ステップ S13 の処理を行い、判断条件が成立しなかったならば (No)、ステップ S14 の処理を行う。

【0039】

ステップ S13 に於いて、映像表示装置 50 の走査制御部 51 は、+ X 方向に超音波プローブ 20 を走査し、ステップ S15 の処理を行う。

ステップ S14 に於いて、映像表示装置 50 の走査制御部 51 は、- X 方向に超音波プローブ 20 を走査する。

ステップ S15 に於いて、映像表示装置 50 の走査制御部 51 は、X 方向位置を判断する。走査制御部 51 は、X 方向位置が所定位置に達する前ならば、ステップ S15 の判断を繰り返し、X 方向位置が所定の画素位置ならば、ステップ S16 の処理を行い、X 方向位置が X 方向の終端ならば、ステップ S19 の処理を行う。

【0040】

ステップ S16 に於いて、映像表示装置 50 のタイミング制御部 53 は、当該周波数の超音波を送受信するよう制御する。すなわち、タイミング制御部 53 は、周波数制御部 5

10

20

30

40

50

2とバースト波発信器61を介して、当該周波数のバースト信号を出力し、スイッチ63をバースト波発信器61の出力側に切り替えて、当該バースト信号を圧電素子30に出力するように制御する。これにより、圧電素子30は、当該周波数の超音波を送信し、当該周波数のエコー波（反射波）を受信し、受信信号に変換する。受信信号は、アンプ64によって増幅され、A/D変換器65によってデジタル信号に変換されて、信号処理部66に入力される。

ステップS17に於いて、送受信装置60の信号処理部66は、受信信号を信号処理する。信号処理部66は、ゲートパルスVgateに基づいて受信信号を取り出し、その受信信号の振幅情報、または、その受信信号が所定値の振動を開始したときの時間情報を画像生成部54に出力する。

ステップS18に於いて、映像表示装置50の画像生成部54は、当該位置の画素を算出し、ステップS12の処理に戻る。

【0041】

ステップS19に於いて、映像表示装置50の走査制御部51は、+Y方向に所定ピッチだけ超音波プローブ20を移動する。

ステップS20に於いて、映像表示装置50の走査制御部51は、所定のY方向の走査範囲（ライン）について繰り返したか否かを判断する。走査制御部51は、当該判断条件が成立しなかったならば、ステップS11の処理に戻る。

ステップS21に於いて、映像表示装置50は、全ての周波数 $f_1 \sim f_6$ について繰り返したか否かを判断する。映像表示装置50は、当該判断条件が成立しなかったならば、ステップS10の処理に戻る。

ステップS22に於いて、映像表示装置50は、超音波の各周波数と、各周波数でスキャンした画像ラインとを対比可能に周波数可変画像130に表示する。

【0042】

図6は、第1の実施形態に於ける周波数可変画像の例を示す図である。図の右方向は、+X方向を示している。図の下方は、+Y方向を示している。

超音波映像装置10は、圧電素子30に出力する信号を、周波数 f_1 のバースト波に設定する。更に超音波映像装置10は、超音波プローブ20を右上部に移動させたのち、+X方向である図の右方向に走査する。超音波映像装置10は、超音波プローブ20の位置が+X方向の終端であることを検出したならば、超音波プローブ20をY方向に所定ピッチだけ移動させたのち、-X方向である図の左方向に走査する。超音波映像装置10は、これを所定回数だけ繰り返して、所定のYラインの画素を取得することにより、周波数 f_1 の画像部分を取得する。

超音波映像装置10は、圧電素子30に出力する信号を、周波数 f_2 のバースト波に設定し、所定のYラインの画素を取得することにより、周波数 f_2 の画像部分を取得する。以下、超音波映像装置10は、これを周波数 $f_3 \sim f_6$ について繰り返す。

周波数可変画像130は、上から順に、周波数 f_1 で検査した領域と、周波数 f_2 で検査した領域と、周波数 f_3 で検査した領域と、周波数 f_4 で検査した領域と、周波数 f_5 で検査した領域と、周波数 f_6 で検査した領域とを備えている。各周波数で検査した領域の右側には、検査した周波数が記号で表示されている。

図6によれば、これらの領域のうち、周波数 f_3 で検査した領域が最も良好な画像が得られていることがわかる。図6の場合には、周波数 f_3 を設定して、当該被検体120を再び画像化することにより、最も良好な画像を短時間に生成することができる。

【0043】

（第1の実施形態の効果）

以上説明した第1の実施形態では、次の（A）～（C）のような効果がある。

【0044】

（A） 超音波映像装置10は、単一の超音波プローブ20を用いた1回の測定により、超音波の周波数を可変させた画像を取得することができる。

【0045】

10

20

30

40

50

(B) 超音波映像装置 10 は、段階的に周波数を変えて 1 枚の画像として可視化できる。これにより、オペレータは、検査に最適な周波数 f_0 を視覚的に判断することができる。

【0046】

(C) オペレータは、最適な周波数 f_0 を容易に判断できる。よって、超音波映像装置 10 は、この最適な周波数 f_0 を用いた分解能の高い画像を短時間に生成することができる。

【0047】

(第 2 の実施形態の構成)

【0048】

図 7 は、第 2 の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

第 2 の実施形態の超音波映像装置 10 A は、受信信号にバンドパスフィルタ 67 を掛けて、所定の周波数成分を取り出すものである。

第 2 の実施形態の超音波映像装置 10 A は、第 1 の実施形態の超音波映像装置 10 (図 1) とは異なる映像表示装置 50 A と、送受信装置 60 A とを備えており、それ以外は同様に構成されている。

第 2 の実施形態の映像表示装置 50 A は、第 1 の実施形態の映像表示装置 50 (図 1) とは異なる周波数制御部 52 A を備えている。周波数制御部 52 A には走査制御部 51 の出力側が接続されている。周波数制御部 52 A の出力側には、後記する送受信装置 60 A のバンドパスフィルタ 67 が接続されている。

【0049】

周波数制御部 52 A は、受信信号の周波数を、超音波プローブ 20 の走査位置に応じた所定周波数に制御するものである。

第 2 の実施形態の送受信装置 60 A は、第 1 の実施形態の送受信装置 60 とは異なり、バースト波発信器 61 とスイッチ 63 とを備えておらず、代わりにバンドパスフィルタ 67 を備えている。バンドパスフィルタ 67 には、A/D 変換器 65 の出力側が接続されている。バンドパスフィルタ 67 の出力側には、信号処理部 66 が接続されている。バンドパスフィルタ 67 には更に、周波数制御部 52 A の出力側が接続されている。バンドパスフィルタ 67 は、受信信号の通過帯域を、超音波プローブ 20 の走査位置に応じた所定帯域に制御し、よって受信信号の周波数を所定周波数に制御するものである。

【0050】

(第 2 の実施形態の動作)

図 7 を適宜参照して、第 2 の実施形態の映像表示装置の動作を説明する。

被検体 120 の超音波検査を行うにあたり、オペレータは、第 1 の実施形態と同様に、被検体 120 を水槽 100 の底部に設置する。

オペレータは、第 1 の実施形態と同様に、被検体 120 の目的とする測定境界面 120 f を明確化するため、インパルス信号による超音波画像を取得する。このとき、バンドパスフィルタ 67 は、全ての周波数を通過させるように設定する。

オペレータは、インパルス信号による被検体 120 の超音波画像を参照して測定境界面 120 f のエコー間隔を確認し、ゲートパルス *Gate* をオンにするタイミングを設定し、更に受信信号の通過帯域の周波数 $f_1 \sim f_6$ を設定する。

オペレータは更に、図 8 に示す周波数可変画像 130 の生成処理を行い、当該周波数可変画像 130 に基づいて最適な周波数 f_0 を決定する。

オペレータは、決定した最適な周波数 f_0 による超音波画像を取得し、被検体 120 の測定境界面 120 f の最適な超音波画像とし、この被検体 120 の内部の欠陥などを評価する。

【0051】

図 8 は、第 2 の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理を示す図である。

周波数可変画像 130 の生成処理を開始したのち、ステップ S10 ~ S15 の処理は、図 5 に示すステップ S10 ~ S15 の処理と同様である。

10

20

30

40

50

ステップ S 1 6 A に於いて、映像表示装置 5 0 のタイミング制御部 5 3 は、インパルス波の超音波を送受信するよう制御する。すなわち、タイミング制御部 5 3 は、インパルス波発信器 6 2 を介して、インパルス信号を圧電素子 3 0 に出力するように制御する。これにより、圧電素子 3 0 は、広帯域の周波数を有する超音波を送信し、当該超音波のエコー波を受信し、受信信号に変換する。受信信号は、アンプ 6 4 によって増幅され、A / D 変換器 6 5 によってデジタル信号に変換されて、バンドパスフィルタ 6 7 に入力される。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 7 A に於いて、送受信装置 6 0 のバンドパスフィルタ 6 7 は、周波数制御部 5 2 A の出力信号に基づいて、受信信号に、当該周波数を通過帯域とするバンドパスフィルタ処理を掛ける。信号処理部 6 6 は、ゲートパルス V g a t e に基づいて、バンドパスフィルタ 6 7 が処理した受信信号を信号処理する。これにより、映像表示装置 5 0 は、受信信号の周波数を制御することができる。

ステップ S 1 8 ~ S 2 2 の処理は、第 1 の実施形態のステップ S 1 8 ~ S 2 2 の処理 (図 5) と同様である。

【 0 0 5 3 】

(第 2 の実施形態の効果)

以上説明した第 2 の実施形態では、次の (D) のような効果がある。

【 0 0 5 4 】

(D) バンドパスフィルタ 6 7 によって、受信信号の通過帯域を制御しているので、パースト波発信器 6 1 などの新たなハードウェアを設けることなく、周波数可変画像 1 3 0 を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

(第 3 の実施形態の構成)

【 0 0 5 6 】

図 9 は、第 3 の実施形態に於ける超音波映像装置を示す概略の構成図である。

第 3 の実施形態の超音波映像装置 1 0 B は、自動で最適な超音波の周波数 f_0 を判断し、当該周波数 f_0 による超音波画像を取得するものである。

第 3 の実施形態の超音波映像装置 1 0 B は、第 1 の実施形態の超音波映像装置 1 0 (図 1) とは異なる映像表示装置 5 0 B を備えており、それ以外は同様に構成されている。

第 3 の実施形態の映像表示装置 5 0 B は、第 1 の実施形態の映像表示装置 5 0 (図 1) に加えて更に、超音波画像のコントラスト値を算出するコントラスト算出部 5 6 と、最適周波数調整処理部 5 5 とを備えており、それ以外は同様に構成されている。

最適周波数調整処理部 5 5 は、走査制御部 5 1 などを制御して、被検体 1 2 0 の超音波画像を評価し、超音波の最適な周波数 f_0 を自動で検出し、当該検出した周波数 f_0 の超音波画像を取得するものである。

コントラスト算出部 5 6 は、取得した超音波画像のコントラスト値を算出するものである。コントラスト値とは、最大の白色輝度値を黒色輝度値で除算して得られた値のことをいう。最適周波数調整処理部 5 5 は、各超音波画像のコントラスト値が最も高い画像を最適な画像と判断し、その場合に於ける超音波の周波数 f_0 を自動で検出している。

【 0 0 5 7 】

(第 3 の実施形態の動作)

【 0 0 5 8 】

図 7 を適宜参照して、第 3 の実施形態の映像表示装置の動作を説明する。

被検体 1 2 0 の超音波検査を行うにあたり、オペレータは、被検体 1 2 0 を水槽 1 0 0 の底部に設置する。

オペレータは、被検体 1 2 0 の目的とする測定境界面 1 2 0 f を明確化するため、第 1 の実施形態と同様に、インパルス信号による超音波画像を取得する。

オペレータは、第 1 の実施形態と同様に、インパルス信号による被検体 1 2 0 の超音波画像を参照して測定境界面 1 2 0 f のエコー間隔を確認し、ゲートパルス V g a t e をオンにするタイミングを設定し、更にパースト信号の波数 n と周波数 $f_1 \sim f_6$ を設定する

10

20

30

40

50

。バースト信号の波数 n が多すぎると Z 方向の解像度が低下する虞があり、波数 n が小さすぎると超音波の周波数成分が所望の周波数成分以外のものを含んでしまう虞がある。バースト信号の周波数 $f_1 \sim f_6$ が高いほど、超音波の焦点を小さくして画像の解像度を向上させることができるが、被検体 120 の内部に於ける減衰により、画像の信号対雑音比が悪化してしまう虞がある。

オペレータは更に、超音波プローブ 20 に出力する信号を、インパルス信号からバースト信号に切り替え、図 10 に示す最適周波数調整処理を行い、被検体 120 の測定境界面 120 f の最適な超音波画像を取得して、この被検体 120 の内部の欠陥などを評価する。

【0059】

10

図 10 は、第 3 の実施形態に於ける最適周波数調整処理を示す図である。

最適周波数調整処理を開始すると、ステップ S30 ~ S33 に於いて、超音波映像装置 10B の最適周波数調整処理部 55 は、全ての周波数について繰り返す。ここで、全ての周波数とは、当該処理に於いて調整範囲とする周波数の全てのことをいう。

ステップ S31 に於いて、超音波映像装置 10B は、当該周波数による一部領域の画像化処理（図 11）を行う。これにより、超音波映像装置 10B は、当該周波数による超音波画像を生成することができる。この一部領域とは、例えば、画像中央部の幅 1/4 かつ高さ 1/4 の領域である。超音波映像装置 10B は、一部領域のみを画像化して最適な周波数 f_0 を検出するので、短時間で最適な周波数 f_0 を判断することができる。

ステップ S32 に於いて、超音波映像装置 10B のコントラスト算出部 56 は、当該周波数による超音波画像のコントラスト値を算出する。

20

ステップ S33 に於いて、超音波映像装置 10B の最適周波数調整処理部 55 は、全ての周波数について繰り返したか否かを判断する。最適周波数調整処理部 55 は、当該判断条件が成立しなかったならば、ステップ S30 の処理に戻る。

ステップ S34 に於いて、超音波映像装置 10B の最適周波数調整処理部 55 は、最もコントラスト値が高い画像が得られた周波数を特定する。最適周波数調整処理部 55 は、コントラスト算出部 56 によって各超音波画像のコントラスト値を評価し、コントラスト値を最大化するように超音波の周波数を最適化している。

ステップ S35 に於いて、超音波映像装置 10B の最適周波数調整処理部 55 は、特定した周波数による全領域の画像化処理（図 11）を行い、図 10 の処理を終了する。

30

【0060】

図 11 は、第 3 の実施形態に於ける画像化処理を示す図である。

第 3 の実施形態の画像化処理は、ステップ S31 とステップ S35 とに於いて、超音波映像装置 10B の最適周波数調整処理部 55 によって呼び出される処理である。ステップ S31 に於いて、最適周波数調整処理部 55 は、全画像の一部領域を画像化対象として指定し、当該画像化処理を行う。ステップ S35 に於いて、最適周波数調整処理部 55 は、全画像を画像化対象として指定し、当該画像化処理を行う。

画像化処理を開始すると、ステップ S11B ~ ステップ S20B に於いて、超音波映像装置 10B は、指定された Y 方向の走査範囲（ライン）について処理を繰り返す。ここで指定された Y 方向とは、上位処理（ステップ S31, S35）によって指定された範囲のことをいう。

40

ステップ S12 ~ S19 の処理は、第 1 の実施形態に於けるステップ S12 ~ S19 の処理と同様である。

ステップ S20B に於いて、超音波映像装置 10B は、指定された Y 方向の走査範囲（ライン）について処理を繰り返したか否かを判断する。超音波映像装置 10B は、当該判断条件が成立しなかったならば、ステップ S11B の処理に戻る。

ステップ S23 に於いて、超音波映像装置 10B の画像生成部 54 は、算出した全ての画素に基づき、超音波画像を生成し、図 11 の処理を終了する。ここで全ての画素とは、当該画像化処理の上位処理によって指定された全ての画素のことをいう。

【0061】

50

(第3の実施形態の効果)

以上説明した第3の実施形態では、次の(E)、(F)のような効果がある。

【0062】

(E) 超音波映像装置10Bは、超音波画像のコントラスト値によって、最適な検査画像であるか否かを自動で判断している。これにより、オペレータの処理と判断の手間を省くことができる。

【0063】

(F) オペレータの熟練度に依らない客観的な定量指標によって、最適な超音波の周波数を機械的に判断することができる。

【0064】

(変形例)

本発明は、上記実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、変更実施が可能であり、例えば、次の(a)~(g)のようなものがある。

【0065】

(a) 上記実施形態は、本発明を、単一焦点型の超音波センサ(超音波プローブ20)を備えた超音波映像装置10、10A、10Bに適用した例である。しかし、これに限られず、本発明は、アレイ型の超音波センサ(超音波プローブ20)を備えた超音波映像装置に適用してもよい。

【0066】

(b) 上記実施形態は、超音波プローブ20によって、超音波を送信し、被検体120で反射したエコー波(超音波)を受信して受信信号に変換している。しかし、これに限られず、送信用の超音波プローブと受信用の超音波プローブとを設け、その中央部に被検体を配置してもよい。これにより、被検体によって反射、散乱、屈折された超音波を受信して受信信号に変換して、超音波画像を生成することができる。

【0067】

(c) 第3の実施形態は、コントラスト値によって最適な画像を判断している。しかし、これに限られず、超音波映像装置10は、画像の高周波成分を評価する高周波成分評価部を備え、当該高周波成分を最大化するように超音波の周波数を最適化してもよい。

【0068】

(d) 上記実施形態の超音波映像装置10が対象とする被検体120は、例えば半導体や集積回路などである。しかし、これに限られず、本発明は、非破壊試験を行う一般的な超音波映像装置や、医療用の超音波診断装置などに適用してもよい。

【0069】

(e) 上記実施形態に於ける周波数可変画像130は、段階的に周波数を変化させて取得した超音波画像である。しかし、これに限られず、超音波映像装置は、連続的に周波数を変化させて取得した超音波画像を周波数可変画像としてもよい。

【0070】

(f) 上記実施形態に於ける周波数可変画像130は、右側に周波数を記号で表示している。しかし、これに限られず、周波数可変画像は、周波数を数値で表示してもよい。

【0071】

(g) 上記実施形態に於ける周波数の可変方法に限られず、パルス数を固定して、パルスごとに周波数を変更してゆく方法や、パルス数と周波数との組み合わせを登録し、その組み合わせを順次選択して変更していく方法でもよい。これにより、被検体の材質や構造に合った最適な周波数の変更方法や、パルスと周波数との組み合わせを選択することができる。

【符号の説明】

【0072】

10、10A、10B 超音波映像装置 (測定周波数可変超音波映像装置)

20 超音波プローブ

21 エンコーダ

30 圧電素子

10

20

30

40

50

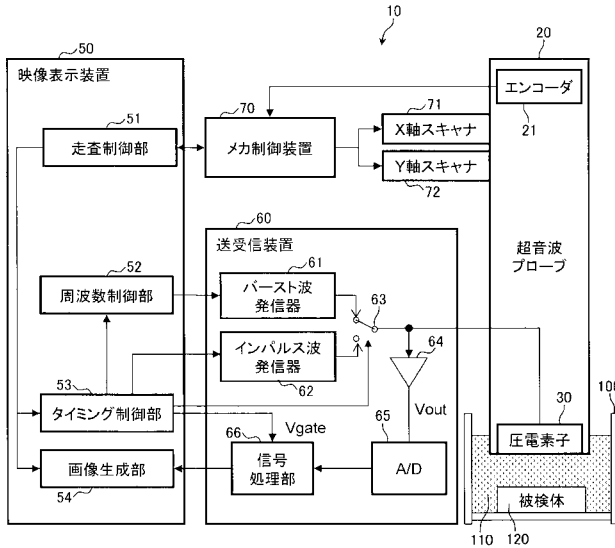
- 50, 50A, 50B 映像表示装置
- 51 走査制御部
- 52, 52A 周波数制御部
- 53 タイミング制御部
- 54 画像生成部
- 55 最適周波数調整処理部 (周波数最適化部)
- 56 コントラスト算出部 (周波数最適化部)
- 60, 60A 送受信装置
- 61 パースト波発信器
- 62 インパルス波発信器
- 63 スイッチ
- 64 アンプ
- 65 A/D変換器
- 66 信号処理部
- 67 バンドパスフィルタ (周波数制御部)
- 70 メカ制御装置 (スキャナ)
- 71 X軸スキャナ (スキャナ)
- 72 Y軸スキャナ (スキャナ)
- 100 水槽
- 110 水
- 120 被検体
- 120s 表面
- 120f 測定境界面
- 130 周波数可変画像

10

20

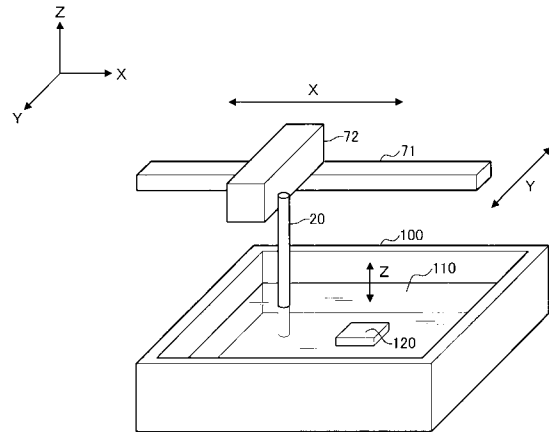
【図1】

第1の実施形態に於ける超音波映像装置の構成



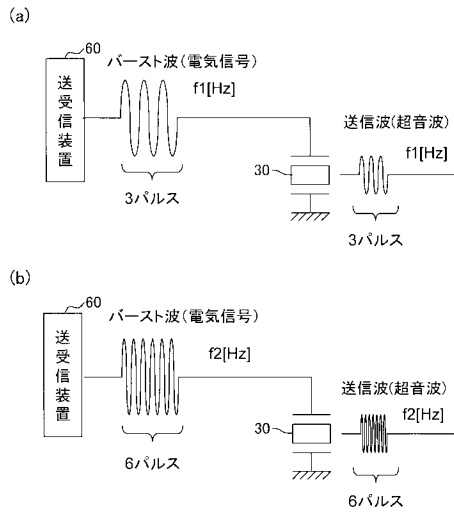
【図2】

第1の実施形態に於ける超音波映像装置の走査方法



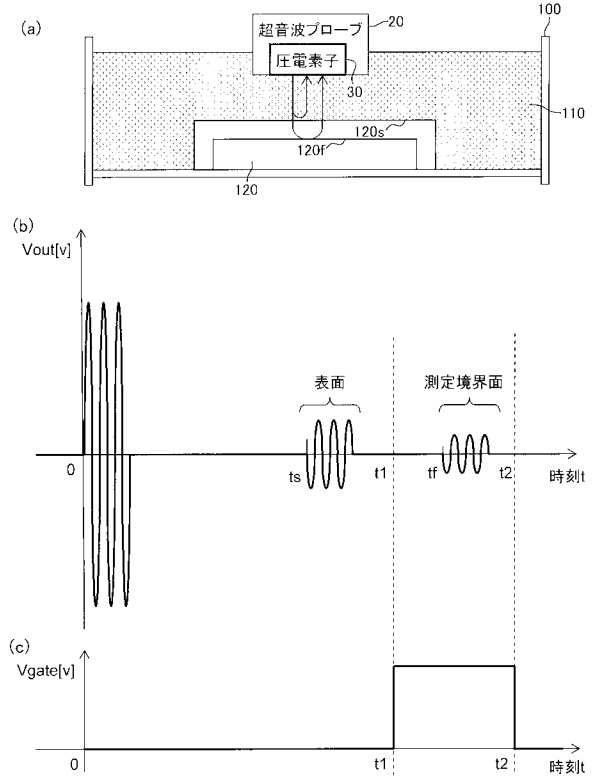
【 図 3 】

第1の実施形態に於ける送信周波数の変更方法



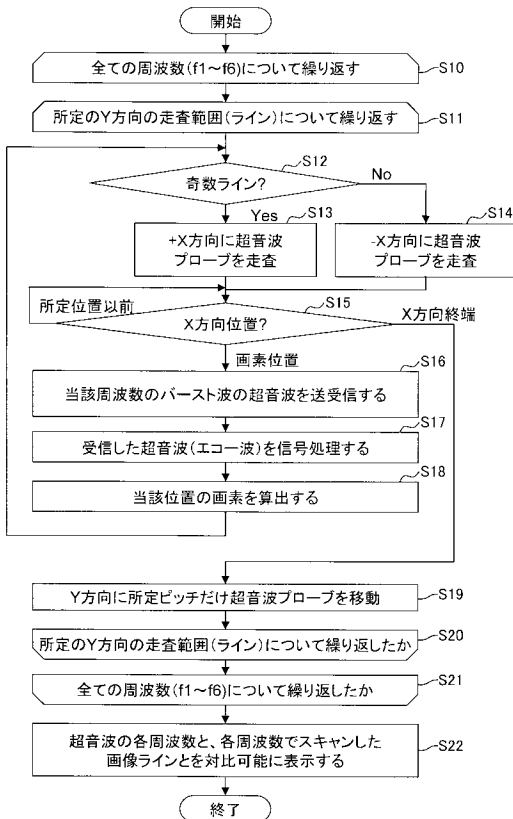
【 図 4 】

第1の実施形態に於ける超音波映像装置の動作例



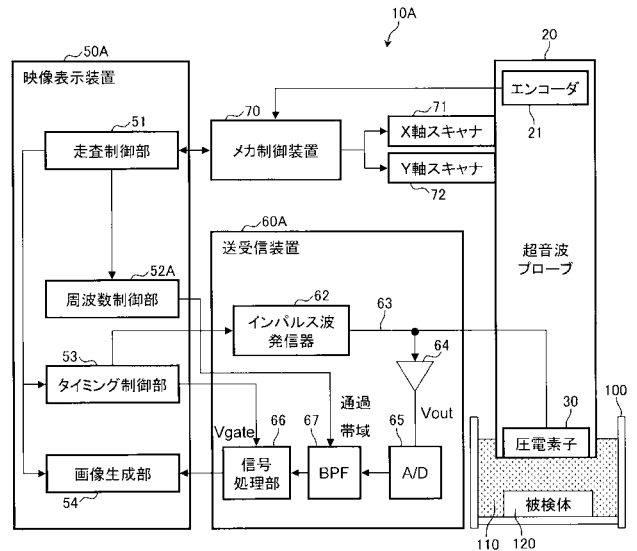
【 図 5 】

第1の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理



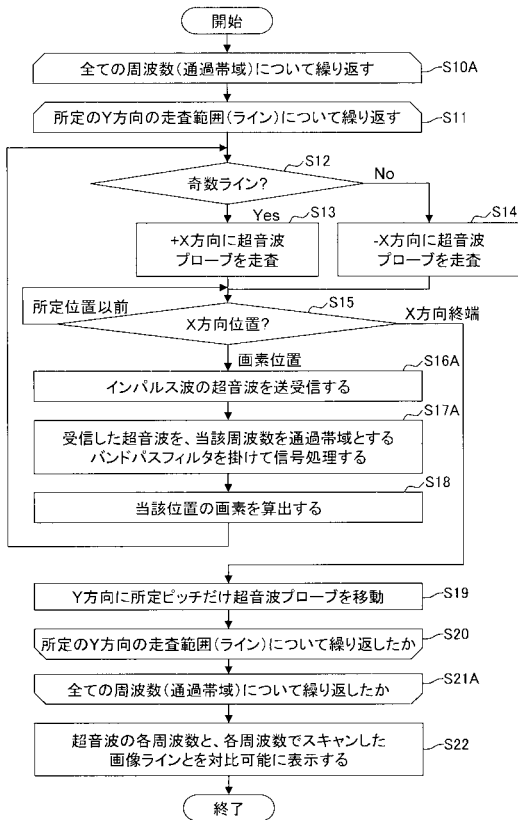
【 図 7 】

第2の実施形態に於ける超音波映像装置の構成



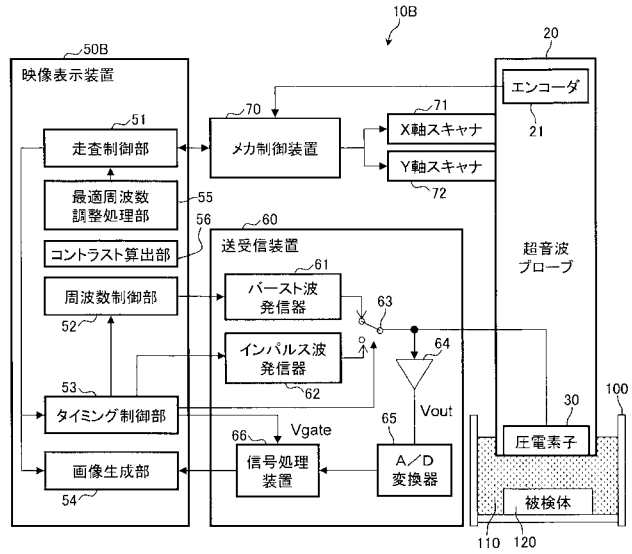
【 図 8 】

第2の実施形態に於ける周波数可変画像の生成処理



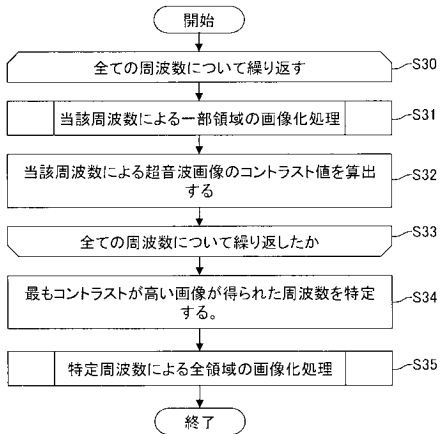
【 図 9 】

第3の実施形態に於ける超音波映像装置の構成



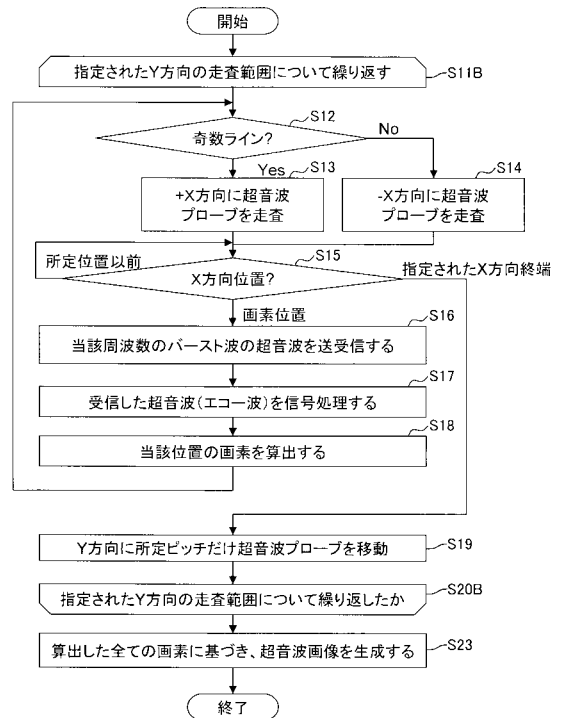
【 図 1 0 】

第3の実施形態に於ける最適周波数調整処理



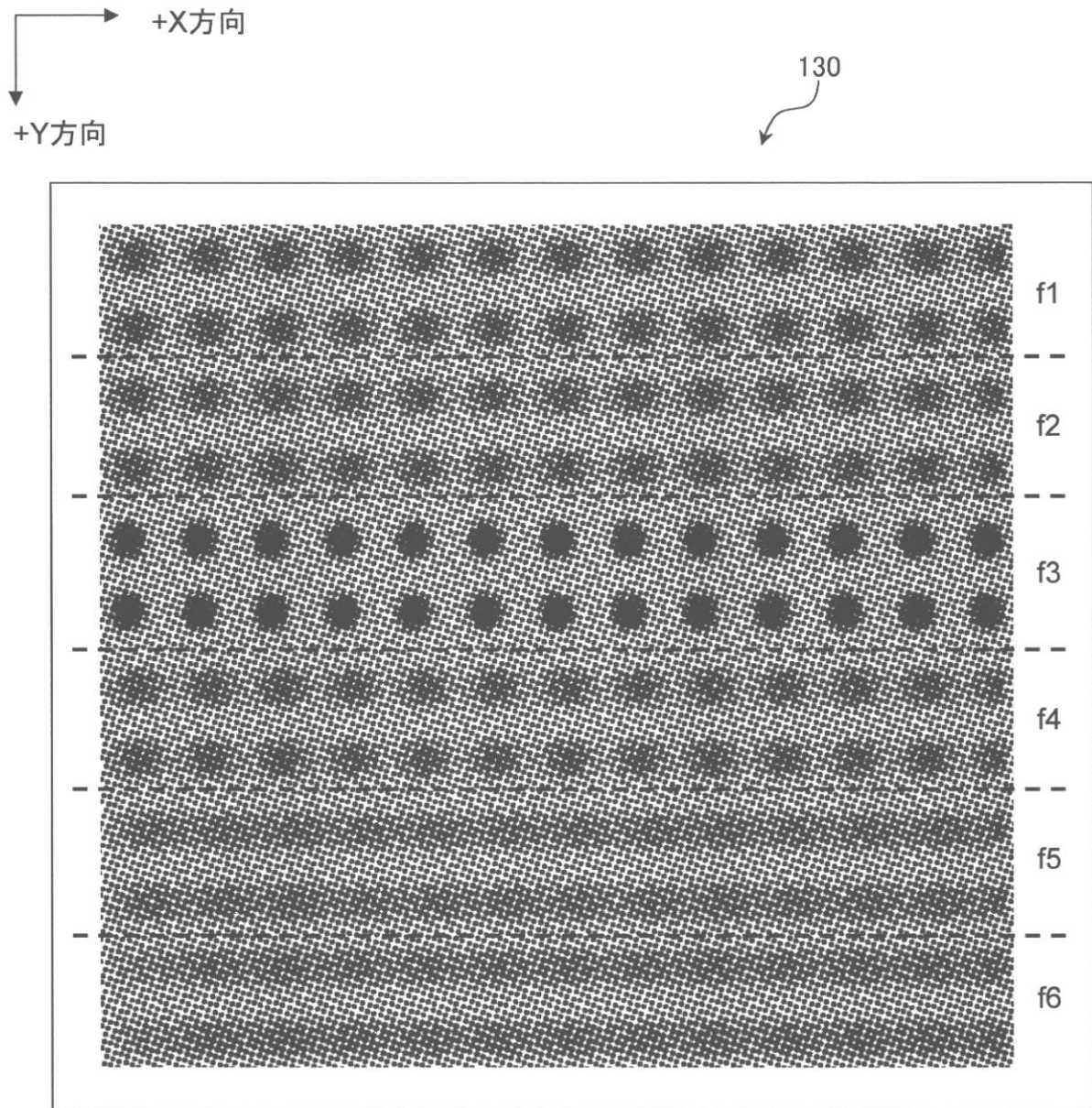
【 図 1 1 】

第3の実施形態に於ける画像化処理



【図6】

第1の実施形態に於ける周波数可変画像の例



フロントページの続き

(72)発明者 菅谷 夏樹

茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス内

(72)発明者 高田 雅文

茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス内

Fターム(参考) 4C601 BB09 EE22 HH06 HH08 HH14 HH36

专利名称(译)	测量频率可变超声成像装置		
公开(公告)号	JP2014018470A	公开(公告)日	2014-02-03
申请号	JP2012160709	申请日	2012-07-19
申请(专利权)人(译)	日立电源解决方案		
[标]发明人	梅田雅通 北見薫 菅谷夏樹 高田雅文		
发明人	梅田 雅通 北見 薫 菅谷 夏樹 高田 雅文		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/14 A61B8/4209 A61B8/4461 A61B8/54 A61B8/585		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/06 G01N29/12 G01N29/265		
F-TERM分类号	4C601/BB09 4C601/EE22 4C601/HH06 4C601/HH08 4C601/HH14 4C601/HH36 2G047/AA05 2G047/AC10 2G047/BA03 2G047/BB06 2G047/BC04 2G047/BC09 2G047/CA01 2G047/DA03 2G047/DB12 2G047/EA07 2G047/GF08 2G047/GF11 2G047/GF21 2G047/GG02 2G047/GG17 2G047/GG21 2G047/GG32 2G047/GG35 2G047/GH06		
代理人(译)	悦生田田		
其他公开文献	JP5873773B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波成像装置包括超声波探头，该超声波探头包括向样本发送超声波并接收回波的压电装置，X轴扫描器和Y轴扫描器扫描样本并将探头定位在扫描位置，频率控制器控制频率根据扫描位置的位置接收信号，信号处理单元处理接收信号，图像生成器基于信号处理单元的输出产生频率的超声波图像。频率控制器通过突发波振荡器产生并将具有预定频率的突发信号提供给超声探头的压电装置，以产生具有预定频率的超声波。

