

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6197505号
(P6197505)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00 Z DM

請求項の数 9 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2013-183799 (P2013-183799)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年9月5日(2013.9.5)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-51037 (P2015-51037A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年3月19日(2015.3.19)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年8月29日(2016.8.29)		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	林 正樹
			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	加納 一幸
			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、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】

超音波トランスデューサーデバイスと、

前記超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信する送信処理部と、

通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するチャンネル選択部と、

前記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーを受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力する受信処理部と、

前記通常モードを示す情報が取得されたときは、前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う画像処理部と、

を備えたことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の超音波測定装置であって、

前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第一の個数のチャンネルの中央部に位置する前記第二の個数のチャンネルを選択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 に記載の超音波測定装置であって、

前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第二の個数のチャンネルにおける隣接するチャンネル間の間隔が前記送信した超音波の波長の半分より小さいという条件を満たす最大の間隔となるように、前記第二の個数のチャンネルを選択する

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の超音波測定装置であって、

前記チャンネル選択部は、前記送信した超音波の周波数と前記第二の個数のチャンネルとの関係を示す情報を取得し、当該取得した情報に基づいて前記第二の個数のチャンネルを選択する

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の超音波測定装置であって、

前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第一の個数のチャンネルのうちの複数のチャンネルを加算して 1 つのチャンネルとすることで前記第二の個数のチャンネルを選択する

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の超音波測定装置であって、

前記画像処理部は、前記第 2 の個数のチャンネルにおける前記各チャンネルの受信信号に応じた重みを、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みと、前記対象物から前記各チャンネルまでの直線距離に応じた遅延時間後における前記第 2 の個数のチャンネルにおける前記各チャンネルの出力信号と、を乗算した結果の分散が最小となるように求める

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の超音波測定装置であって、

前記画像処理部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第二の個数のチャンネルで構成される開口から、複数のサブ開口を取り出し、それぞれ平均をとる処理を行ってから、前記各チャンネルの重みを求める

ことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 8】

超音波トランスデューサーデバイスと、

前記超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信する送信処理部と、

通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するチャンネル選択部と、

前記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーを受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力する受信処理部と、

前記通常モードを示す情報が取得されたときは、前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が

10

20

30

40

50

取得されたときは前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う画像処理部と

、
前記生成された画像を表示する表示部と、
を備えたことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 9】

超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信するステップと、

通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するステップと、

前記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーを受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力するステップと、

前記通常モードを示す情報が取得されたときは、前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うステップと、
を有することを特徴とする超音波測定方法。

【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に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、制御部から通知される装置の動作条件に応じて動作停止可能な又は動作制限可能なユニットを判定し、その判定されたユニットの特質に基づいて、電源のオフ、クロックのオフ、クロック周波数のダウン、スリープモードへの切り換えなどを含む複数のパワーセーブ方式の中からパワーセーブ方式を選択し、その選択されたパワーセーブ方式でパワーセーブのための動作制限制御を実行する超音波診断装置が記載されている。

【0003】

特許文献 2 には、超音波を送受信する超音波探触子と、超音波探触子に信号を与えて超音波ビームを形成させる送信部と、超音波ビームの被検体への送信によって得られる受信信号を受信する受信部と、受信信号に基づいて超音波画像を形成する信号処理部と、超音波画像を表示する表示部と、送信部、受信部、信号処理部、及び表示部を制御する制御部を備え、送信部の動作モードを低消費電力動作モード又は高空間分解能動作モードに設定する超音波診断装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 175035 号公報

【特許文献 2】国際公開第 2010 / 53008 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載の発明では、送信部、受信部等の回路モジュール単位で電源、クロックをオフすることで超音波診断装置の低消費電力化を行っている。例えば、受信タイミングにおいて動作の必要がない送信モジュールは、受信期間中に電源供給を止めている。し

10

20

30

40

50

たがって、特許文献1に記載の発明では、画像生成時の消費電力を低減することはできないという問題がある。

【0006】

特許文献2に記載の発明では、低消費電力モードでは、線形送波増幅回路の線形動作を犠牲にして消費電力を少なくするため、低消費電力モードにおいて空間分解能が悪化するという問題がある。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、低消費電力と高分解能とを両立す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を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するための本発明の第一の態様は、超音波測定装置であって、超音波トランスデューサーデバイスと、前記超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信する送信処理部と、通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するチャンネル選択部と、前記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力する受信処理部と、前記通常モードを示す情報が取得されたときは、前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う画像処理部と、を備えたことを特徴とする。

【0009】

第一の態様によれば、超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信し、通常モードを示す情報が取得されたときは、送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を第一の個数のチャンネルから取得し、低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得する。第一の個数のチャンネル又は第二の個数のチャンネルから取得された送信した超音波に対する超音波エコーの受信波を受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力する。通常モードを示す情報が取得されたときは、受信信号を予め算出していた重みで加算し、低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う。これにより、低消費電力モードを示す情報が取得されたときには、チャンネル数を減らし、低消費電力化することができる。また、低消費電力モードを示す情報が取得されたときには、受信信号を受信信号に応じた重みで加算することで高分解能化することができる。すなわち、低消費電力と高分解能とを両立することができる。

【0010】

ここで、前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第一の個数のチャンネルの中央部に位置する前記第二の個数のチャンネルを選択してもよい。これにより、特に周波数が高い場合に、グレーティングローブの発生を抑えることができる。

【0011】

ここで、前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第二の個数のチャンネルにおける隣接するチャンネル間の間隔が前記送信した超

10

20

30

40

50

音波の波長の半分より小さいという条件を満たす最大の間隔となるように、前記第二の個数のチャンネルを選択してもよい。これにより、特に周波数が低い場合に、グレーティングローブの発生を抑えることができる。

【0012】

ここで、前記チャンネル選択部は、前記送信した超音波の周波数と前記第二の個数のチャンネルとの関係を示す情報を取得し、当該取得した情報に基づいて前記第二の個数のチャンネルを選択してもよい。これにより、周波数に応じて第二の個数のチャンネルを適切に選択することができる。

【0013】

ここで、前記チャンネル選択部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第一の個数のチャンネルのうちの複数のチャンネルを加算して1つのチャンネルとすることで前記第二の個数のチャンネルを選択してもよい。これにより、信号の音圧を保ったまま、チャンネル数を減らすことができる。

【0014】

ここで、前記画像処理部は、前記第二の個数のチャンネルにおける前記各チャンネルの受信信号に応じた重みを、当該各チャンネルの受信信号に応じた重みと、前記対象物から前記各チャンネルまでの直線距離に応じた遅延時間後における前記第二の個数のチャンネルにおける前記各チャンネルの出力信号と、を乗算した結果の分散が最小となるように求めてもよい。これにより、各チャンネルの重み（ウェイト）を到来波に応じて変えることができる。

【0015】

ここで、前記画像処理部は、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、前記第二の個数のチャンネルで構成される開口から、複数のサブ開口を取り出し、それぞれ平均をとる処理を行ってから、前記各チャンネルの重みを求めてもよい。これにより、相関性のある干渉波の影響により方位推定精度が悪くなることを防止することができる。

【0016】

上記の課題を解決するための本発明の第二の態様は、超音波画像装置であって、超音波トランスデューサーデバイスと、前記超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信する送信処理部と、通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するチャンネル選択部と、前記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーを受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力する受信処理部と、前記通常モードを示す情報が取得されたときは、前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記受信処理部から出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行う画像処理部と、前記生成された画像を表示する表示部と、を備えたことを特徴とする。これにより、低消費電力と高分解能とを両立することができる。

【0017】

上記の課題を解決するための本発明の第三の態様は、超音波測定方法であって、超音波トランスデューサーデバイスのうちの第一の個数のチャンネルから対象物に対して所定の波長の超音波を送信するステップと、通常モードか、低消費電力モードかを示す情報を取得し、前記通常モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数のチャンネルから取得し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは前記送信した超音波に対する超音波エコーを前記第一の個数より少ない第二の個数のチャンネルから取得するように使用するチャンネルを選択するステップと、前

10

20

30

40

50

記第一の個数のチャンネル又は前記第二の個数のチャンネルから取得された前記送信した超音波に対する超音波エコーを受信処理し、当該受信処理した各チャンネルの受信信号を出力するステップと、前記通常モードを示す情報が取得されたときは、出力された各チャンネルの受信信号を予め算出していた重みで加算し、前記低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、出力された各チャンネルの受信信号を当該受信信号に応じた重みで加算し、当該加算された受信信号に基づいて画像生成を行うステップと、を有することを特徴とする。これにより、低消費電力と高分解能とを両立することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波測定装置1の概略構成を示す斜視図である

10

【図2】超音波トランスデューサー素子の概略構成の一例を示す図である。

【図3】超音波トランスデューサーデバイス(素子チップ)の構成例を示す図である。

【図4】超音波トランスデューサー素子群UG(UG1~UG64)の例を示す図であり、(A)は素子列数が4列の場合を示し、(B)は素子列数が1列の場合を示す。

【図5】制御部の機能構成の一例を示すブロック図である。

【図6】各チャンネルに届く信号の遅延を説明する図である。

【図7】空間平均法におけるサブ開口を説明する図である。

【図8】制御部22の概略構成の一例を示す図である。

【図9】超音波測定装置1の全体の処理の流れを示すフローチャートである。

20

【図10】超音波測定装置1の通常モードにおける処理の流れを示すフローチャートである。

【図11】超音波測定装置1の低消費電力モードにおける処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】各チャンネルの使用形態を説明する図であり、(A)は通常モードの場合を示し、(B)は低消費電力モードの場合を示す。

【図13】各チャンネルの使用形態を説明する図であり、(A)は通常モードの場合を示し、(B)は低消費電力モードの場合を示す。

【図14】周波数と、使用するチャンネルとの関係を示すチャンネル選択テーブルの一例を示す図である。

30

【図15】本発明の第2の実施形態に係る超音波測定装置2における制御部の機能構成の一例を示すブロック図である。

【図16】超音波測定装置2の低消費電力モードにおける処理の流れを示すフローチャートである。

【図17】各チャンネルの使用形態を説明する図であり、(A)は通常モードの場合を示し、(B)は低消費電力モードの場合を示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の各実施形態について、図面を参照して説明する。

【0020】

40

<第1の実施の形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波測定装置1の概観を示す図である。超音波測定装置1は、例えばハンディタイプの超音波測定装置である。超音波測定装置1は、主として、超音波プローブ10と、超音波測定装置本体20とを有し、超音波プローブ10と超音波測定装置本体20とはケーブル15により接続される。なお、超音波測定装置1は、ハンディタイプには限定されず、例えば据え置きタイプでもよいし、超音波プローブが本体に内蔵された一体型でもよい。

【0021】

また、超音波測定装置1は、リニアスキャン及びセクタスキャンが可能な超音波素子アレイを使用しており、電子フォーカスを採用している。リニアスキャンの場合には、開口

50

を分割し、分割した開口で送受信を行い、ラインを生成していく。また、セクタスキャンの場合は、全開口における各チャンネルの送信タイミング（遅延時間）を変え、ビームの方向を変えながらラインを生成していく。以下、超音波測定装置 1 がリニアスキャンを行う場合を例に説明する。

【 0 0 2 2 】

超音波プローブ 1 0 は、超音波トランスデューサーデバイス 1 1 を有する。超音波トランスデューサーデバイス 1 1 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。

【 0 0 2 3 】

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 1 1 は、複数の超音波トランスデューサー素子 1 2（超音波素子アレイ、図 2 等参照）と、複数の開口がアレイ状に配置された基板とを有する。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、超音波トランスデューサーデバイス 1 1 の超音波トランスデューサー素子 1 2 の構成例を示す。本実施の形態では、超音波トランスデューサー素子 1 2 として、薄手の圧電素子と金属板（振動膜）とを張り合わせたモノモルフ（ユニモルフ）構造を採用する。

【 0 0 2 5 】

図 2（A）～（C）に、超音波トランスデューサーデバイス 1 1 の超音波トランスデューサー素子 1 2 の構成例を示す。図 2（A）は、基板（シリコン基板）6 0 に形成された超音波トランスデューサー素子 1 2 の、素子形成面側の基板 6 0 に垂直な方向から見た平面図である。図 2（B）は、図 2（A）の A - A' に沿った断面を示す断面図である。図 2（C）は、図 2（A）の B - B' に沿った断面を示す断面図である。

【 0 0 2 6 】

超音波トランスデューサー素子 1 2 は、圧電素子部と、振動膜（メンブレン、支持部材）5 0 とを有する。圧電素子部は、主として、圧電体層（圧電体膜）3 0 と、第 1 電極層（下部電極）3 1 と、第 2 電極層（上部電極）3 2 とを有する。

【 0 0 2 7 】

圧電体層 3 0 は、例えば P Z T（ジルコン酸チタン酸鉛）薄膜により形成され、第 1 電極層 3 1 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 3 0 の材料は、P Z T に限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛（ $P b T i O_3$ ）、ジルコン酸鉛（ $P b Z r O_3$ ）、チタン酸鉛ランタン（ $(P b, L a) T i O_3$ ）などを用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

第 1 電極層 3 1 は、振動膜 5 0 の上層に、例えば金属薄膜で形成される。この第 1 電極層 3 1 は、図 2（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 1 2 に接続される配線であってもよい。

【 0 0 2 9 】

第 2 電極層 3 2 は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層 3 0 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 3 2 は、図 2（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 1 2 に接続される配線であってもよい。

【 0 0 3 0 】

超音波トランスデューサー素子 1 2 の下部電極は、第 1 電極層 3 1 により形成され、上部電極は、第 2 電極層 3 2 により形成される。具体的には、第 1 電極層 3 1 のうちの圧電体層 3 0 に覆われた部分が下部電極を形成し、第 2 電極層 3 2 のうちの圧電体層 3 0 を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層 3 0 は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

【 0 0 3 1 】

開口 4 0 は、基板 6 0 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（R I E）等によりエッチングすることで形成される。この開口 4 0 のサイズによって超

10

20

30

40

50

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 2（A）において紙面奥から手前方向）に放射される。

【0032】

振動膜 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 31、32 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。

【0033】

図 3 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 UG1 ~ UG64、駆動電極線 DL1 ~ DL64（広義には第 1 ~ 第 m の駆動電極線。m は 2 以上の整数）、コモン電極線 CL1 ~ CL8（広義には第 1 ~ 第 n のコモン電極線。n は 2 以上の整数）を含む。なお、駆動電極線の本数（m）やコモン電極線の本数（n）は、図 3 に示す本数には限定されない。

10

【0034】

複数の超音波トランスデューサー素子群 UG1 ~ UG64 は、第 2 の方向 D2（スキャン方向）に沿って 64 列に配置される。UG1 ~ UG64 の各超音波トランスデューサー素子群は、第 1 の方向 D1（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。

【0035】

図 4（A）に、超音波トランスデューサー素子群 UG（UG1 ~ UG64）の例を示す。図 4（A）では、超音波トランスデューサー素子群 UG 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 D1 に沿って配置される超音波トランスデューサー素子 UE11 ~ UE18 により構成され、第 2 の素子列は、第 1 の方向 D1 に沿って配置される超音波トランスデューサー素子 UE21 ~ UE28 により構成される。第 3 の素子列（UE31 ~ UE38）、第 4 の素子列（UE41 ~ UE48）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 DL（DL1 ~ DL64）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 CL1 ~ CL8 が接続される。

20

【0036】

そして図 4（A）の超音波トランスデューサー素子群 UG 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 DL 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 DL に入力される。また超音波トランスデューサー素子群 UG の 1 チャンネルの受信信号は駆動電極線 DL 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 4（A）に示すような 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 4（B）に示すように、素子列数は 1 列であってもよい。

30

【0037】

図 3 の説明に戻る。駆動電極線 DL1 ~ DL64（第 1 ~ 第 m の駆動電極線）は、第 1 の方向 D1 に沿って配線される。駆動電極線 DL1 ~ DL64 のうちの第 i（i は 1 ~ m である整数）の駆動電極線 DLi は、第 i の超音波トランスデューサー素子群 UGi の超音波トランスデューサー素子 UE が有する下部電極に接続される。

40

【0038】

超音波を出射する送信期間には、送信信号 VT1 ~ VT64 が駆動電極線 DL1 ~ DL64 を介して超音波トランスデューサー素子 UE 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 UE からの受信信号 VR1 ~ VR64 が駆動電極線 DL1 ~ DL64 を介して出力される。

【0039】

コモン電極線 CL1 ~ CL8（第 1 ~ 第 n のコモン電極線）は、第 2 の方向 D2 に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子 UE が有する第 2 の電極は、コモン電極線 CL1 ~ CL8 のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図 3 に示すように、

50

コモン電極線 C L 1 ~ C L 8 のうちの第 j (j は 1 ~ j ~ m である整数) のコモン電極線 C L j は、第 j 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上部電極に接続される。

【 0 0 4 0 】

コモン電極線 C L 1 ~ C L 8 には、コモン電圧 V C O M が供給される。このコモン電圧 V C O M は一定の直流電圧であればよく、0 V、即ちグランド電位 (接地電位) でなくてもよい。

【 0 0 4 1 】

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 U E に印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

10

【 0 0 4 2 】

なお、超音波トランスデューサー素子 U E の配置は、図 3 に示すマトリックス配置に限定されず、隣接する 2 列の素子が互い違いにジグザグに配置されるいわゆる千鳥配置等であってもよい。また図 4 (A)、(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。

【 0 0 4 3 】

また、超音波トランスデューサー素子 1 2 は、圧電素子を用いる形態に限定されない。例えば、c - M U T (C a p a c i t i v e M i c r o - m a c h i n e d U l t r a s o n i c T r a n s d u c e r s) 等の容量性素子を用いる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。

20

【 0 0 4 4 】

図 1 の説明に戻る。超音波測定装置本体 2 0 には、表示部 2 1 が設けられる。表示部 2 1 は、制御部 2 2 (図 5 参照) により生成された表示用画像データを表示する。表示部 2 1 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 E L ディスプレイ、電子ペーパー等を用いることができる。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、超音波測定装置本体 2 0 内に設けられた制御部 2 2 の機能構成の一例を示すブロック図である。制御部 2 2 は、送信処理部 1 1 0 と、受信処理部 1 2 0 と、画像処理部 1 3 0 と、送信受信切り替えスイッチ 1 4 0 と、D S C (D i g i t a l S c a n C o n v e r t e r) 1 5 0 と、制御回路 1 6 0 と、チャンネル選択部 1 7 0 と、を含む。なお、本実施の形態では、制御部 2 2 は超音波測定装置本体 2 0 に設けられているが、超音波プローブ 1 0 内に設けられていてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

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。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 4 7 】

送信パルス発生器 1 1 1 は、送信パルス電圧を印加して超音波プローブ 1 0 を駆動させる。

40

【 0 0 4 8 】

送信遅延回路 1 1 3 は、送波フォーカシング制御を行い、超音波プローブ 1 0 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。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 4 9 】

リニアスキャンの場合、全開口 (図 3 に示す例では、6 4 チャンネル) を分割し、分割した開口 (使用開口) で送受信を行い、ラインを生成していく。全開口の 6 4 個のチャンネルのうちの使用開口の 8 個の素子は、図示しないマルチプレクサ (M U X) により切り

50

替えられる。具体的には、マルチプレクサ (M U X) により、 1 ~ 8 番目、 2 ~ 9 番目、 3 ~ 1 0 番目 . . . 5 7 ~ 6 4 番目のチャンネルが、送信処理部 1 1 0 と順次接続される。そして、 1 ~ 8 番目、 2 ~ 9 番目、 3 ~ 1 0 番目 . . . 5 7 ~ 6 4 番目のチャンネルにより、それぞれ 1 ラインが形成される。本実施の形態では、 6 4 (全チャンネル数) - 8 (使用開口のチャンネル数) + 1 = 5 7 個のラインが形成される。

【 0 0 5 0 】

本実施の形態では、送信処理部 1 1 0 は、使用開口の全チャンネル (例えば、 8 個) を使用して超音波を送信する。使用開口が大きいほど、ビーム幅が狭くなり、方位分解能が上がるためである。使用開口の全チャンネルは、本発明の第一の個数のチャンネルに相当する。(なお、送信時と異なり、受信時においては、使用開口の 8 個のチャンネルのうち

10

【 0 0 5 1 】

送信受信切り替えスイッチ 1 4 0 は、超音波の送受信の切り替え処理を行う。送信受信切り替えスイッチ 1 4 0 は、送信時の振幅パルスが受信処理部 1 2 0 に入力されないように保護し、受信時の信号を受信処理部 1 2 0 に通す。

【 0 0 5 2 】

受信処理部 1 2 0 は、超音波プローブ 1 0 で受信された送信した超音波に対する超音波エコーの受信波 (以下、受信波という) を取得して受信処理を行う。受信処理部 1 2 0 は、受信回路 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。

20

【 0 0 5 3 】

受信回路 1 2 1 は、チャンネル毎の受信波 (アナログ信号) を、デジタルの受信信号に変換し、フィルター回路 1 2 3 に出力する。なお、受信波のフォーカシング処理は、後述の画像処理部 1 3 0 にて行われる。

【 0 0 5 4 】

フィルター回路 1 2 3 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。

【 0 0 5 5 】

メモリー 1 2 5 は、フィルター回路 1 2 3 から出力された受信信号を記憶するもので、その機能は R A M 等のメモリーや H D D 等により実現できる。

【 0 0 5 6 】

受信処理部 1 2 0 の機能は、例えば、 L N A (低雑音増幅器)、 P G A (プログラムアンプ)、フィルター部、 A / D 変換器 (アナログ / デジタルコンバーター) 等により構成される A F E (アナログフロントエンド) により実現できる。

30

【 0 0 5 7 】

なお、受信処理部 1 2 0 の構成は、図示した例に限られない。例えば、フィルター回路 1 2 3 を、画像処理部 1 3 0 (後に詳述) の内部かつ M V B 処理部 1 3 1 (後に詳述) の直前に設けるようにしてもよい。また、フィルターの機能は、ソフトウェアで実現するようにしてもよい。

【 0 0 5 8 】

画像処理部 1 3 0 は、受信処理部 1 2 0 から出力された受信信号に対して処理を行う。画像処理部 1 3 0 は、主として、 M V B (M i n i m u m V a r i a n c e B e a m f o r m i n g) 処理部 1 3 1 と、検波処理部 1 3 6 と、対数変換処理部 1 3 7 と、ゲイン・ダイナミックレンジ調整部 1 3 8 と、 S T C (S e n s i t i v i t y T i m e C o n t r o l) 1 3 9 とを含む。

40

【 0 0 5 9 】

M V B 処理部 1 3 1 は、方向に拘束を付けた適応型ビームフォーミングである M V B 処理を行う。適応型ビームフォーミングとは、各チャンネルのウェイト (重み) を到来波に応じて変えることで、動的に感度特性を変化させ、不要波に関して感度を持たないようにする処理である。正面の音圧が強くなるような超音波ビームを送信しても、超音波は球面状に広がる特性を持つため、正面以外にある反射体にも超音波が届いてしまう。ターゲッ

50

ト以外の反射体で反射した不要波を受信してしまうと、不要波の影響により方位分解能が悪化してしまう。それに対し、適応型ビームフォーミングは、方向に拘束をつけ、不要波に関して感度を持たないようにするため、不要波による方位分解能の低下という問題を改善することができる。

【 0 0 6 0 】

MVB処理部131は、主として、受信フォーカス処理部132と、空間平均法処理部133と、ウェイト計算部134と、重みづけ加算部135と、を含む。

【 0 0 6 1 】

受信フォーカス処理部132は、受信波のフォーカシング処理を行う。具体的には、受信フォーカス処理部132は、各チャンネルで受信した信号の位相がそろうように、各チャンネルで受信した信号にディレイ時間（遅延時間） D_m を与え、ディレイ時間後における各チャンネルの出力信号を算出する。ある反射体からの反射波は球面状に広がるため、受信回路121、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 6 2 】

チャンネルの総数がM個である場合に、m番目のチャンネルの出力信号 X_m は数式(1)で求められる。また、各チャンネルの出力信号をベクトル表記で表すと、式(2)のようになる。ここで、 x_m はm番目のチャンネルの受信信号であり、nはサンプル番号（すなわち、画像における深さ）を示す。

$$X_m = x_m[n - D_m[n]] \quad \dots (1)$$

$$\mathbf{X}[n] = \begin{bmatrix} x_1[n - D_1[n]] \\ x_2[n - D_2[n]] \\ \vdots \\ x_M[n - D_M[n]] \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

【 0 0 6 3 】

図6に示すように、超音波トランスデューサデバイス11から深さ方向Zにある反射物（対象物）から反射した超音波は、球面波となって各チャンネルに到達する。従って、反射信号が各チャンネルの素子に到達する時間は、反射物から各チャンネルまでの直線距離 q_m で決まり、反射物から遠い素子ほど超音波が遅延して届く。ディレイ時間 D_m は、対象物から使用開口の各チャンネルまでの直線距離に応じた値であり、式(3)に示すように幾何学的に決定される。 p_m は超音波トランスデューサ素子12の位置であり、Zは深さ距離であり、cは音速（固定値）である。

$$q_m = \sqrt{p_m^2 + Z^2}$$

$$D_m = q_m / c \quad \dots (3)$$

【 0 0 6 4 】

なお、受信フォーカス処理は、通常モードの場合も、低消費電力モードの場合も同一である（通常モード、低消費電力モードについてはのちに詳述）。受信フォーカス処理部132で算出された出力信号は、空間平均法処理部133に出力される。

【 0 0 6 5 】

空間平均法処理部133は、M個のチャンネルで構成される開口から、複数のサブ開口を取り出し、それぞれ平均をとる処理である空間平均法という処理を行う。空間平均法は、各チャンネルの値をそのまま用いたときに、相関性のある干渉波の影響により方位推定精度が悪くなることを防止するために行う処理である。

【 0 0 6 6 】

例えば、図7に示すように、チャンネルの総数がMの開口から、チャンネルの数がSの

10

20

30

40

50

サブ開口を K 個 ($K = M - S + 1$) 取り出す場合を考える。この場合、各サブ開口の入力ベクトルは、数式 (4) のように表せる。

$$\tilde{\mathbf{x}}_s[n] = \begin{bmatrix} x_s[n - D_s[n]] \\ x_{s+1}[n - D_{s+1}[n]] \\ \vdots \\ x_{s+S-1}[n - D_s[n]] \end{bmatrix} \dots (4)$$

【 0 0 6 7 】

なお、空間平均法に変えて、各チャンネルの時間方向に平均をとる時間平均法という処理を行うようにしてもよい。空間平均法処理部 1 3 3 により処理が行われた信号は、ウェイト計算部 1 3 4 又は重みづけ加算部 1 3 5 に出力される。

10

【 0 0 6 8 】

なお、空間平均法処理部 1 3 3 は必須の構成ではない。空間平均法という処理を行わない場合には、受信フォーカス処理部 1 3 2 により処理が行われた信号を、ウェイト計算部 1 3 4 又は重みづけ加算部 1 3 5 に出力するようにすればよい。

【 0 0 6 9 】

ウェイト計算部 1 3 4 は、MVB 処理を適用する場合に、各チャンネルの出力にかけるウェイト (重み) を算出する。ここで、ウェイトの算出について説明する。

【 0 0 7 0 】

20

まず、空間平均法を用いない場合について説明する。重みづけ加算部 1 3 5 により出力される出力 z は、各チャンネルのウェイト w_m と、受信フォーカス処理部 1 3 2 から出力される各チャンネルのディレイ処理後の信号 x_m とを乗算して足し合わせた結果であり、式 (5) で表わされる。

$$z[n] = \sum_{m=1}^M w_m[n] x_m[n - D_m[n]] \dots (5)$$

【 0 0 7 1 】

これをベクトル表記で表すと、数式 (6)、(7) のようになる。H は複素共役転値であり、* は複素共役である。

30

$$z[n] = \mathbf{w}[n]^H \mathbf{X}[n] \dots (6)$$

$$\mathbf{w}[n] = \begin{bmatrix} w_1^*[n] \\ w_2^*[n] \\ \vdots \\ w_M^*[n] \end{bmatrix} \dots (7)$$

40

【 0 0 7 2 】

相関行列 \mathbf{R} は数式 (8)、(9) で与えられる。

$$\mathbf{R}[n] = E[\mathbf{X}[n]\mathbf{X}[n]^T] \dots (8)$$

$$E[z[n]^2] = \mathbf{w}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{w}[n] \dots (9)$$

【 0 0 7 3 】

数式 (8)、(9) において $z[n]$ の分散を最小化するようなウェイトを算出するため、数式 (10)、(11) に示すような条件付き最小化問題を解くと、数式 (12) に示すようにウェイトが求められる。

50

【 0 0 7 4 】

ここで、 \mathbf{a} はステアリングベクトルである。本実施の形態では、すでに整相されているため、方向は 0 度である。したがって、 \mathbf{a} を 1 とすればよい。

【 0 0 7 5 】

次に、空間平均法を用いる場合について説明する。相関行列は、数式 (1 3) のように表せる。

【 0 0 7 6 】

$$\tilde{\mathbf{R}}[n] = \frac{1}{M-S+1} \sum_{s=1}^{M-S+1} \tilde{\mathbf{x}}_s[n] \tilde{\mathbf{x}}_s^H[n] \cdots (13)$$

10

【 0 0 7 7 】

このとき、最適なウェイトは、式 (1 4) で求められる。

$$\tilde{\mathbf{w}}[n] = \frac{\tilde{\mathbf{R}}[n]^{-1} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^H \tilde{\mathbf{R}}[n]^{-1} \mathbf{a}} \cdots (14)$$

【 0 0 7 8 】

重みづけ加算部 1 3 5 は、ウェイト計算部 1 3 4 でウェイトが算出された場合には算出されたウェイトを用いて、ウェイト計算部 1 3 4 でウェイトが算出されなかった場合にはあらかじめ算出していたウェイトを用いて、各チャンネルの信号を加算する。すなわち、式 (1 5) による演算を行って、出力 z を得る。重みづけ加算部 1 3 5 で加算された信号は、検波処理部 1 3 6 に出力される。なお、予め算出していたウェイトは、固定値でもよいし、走査線数や対象物からチャンネルまでの距離等に応じた重みでもよい。ただし、このウェイトは、受信信号の大きさによって変わるものではない。

20

$$z[n] = \frac{1}{M-S+1} \sum_{s=1}^{M-S+1} \tilde{\mathbf{w}}[n]^H \tilde{\mathbf{X}}_s[n] \cdots (15)$$

検波処理部 1 3 6 は、絶対値 (整流) 処理を行い、その後低域通過フィルターをかけて、非変調信号を抽出する。

【 0 0 7 9 】

対数変換処理部 1 3 7 は、抽出された非変調信号に対し 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。

30

【 0 0 8 0 】

ゲイン・ダイナミックレンジ調整部 1 3 8 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。

【 0 0 8 1 】

STC 1 3 9 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。

【 0 0 8 2 】

なお、画像処理部 1 3 0 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。

40

【 0 0 8 3 】

DSC 1 5 0 は、Bモード画像データに走査変換処理を行う。例えば、DSC 1 5 0 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。そして、DSC 1 5 0 は、Bモード画像データに走査変換処理を行う。DSC 1 5 0 は、画像信号を表示部 2 1 に出力する。これにより、画像が表示部 2 1 に表示される。

【 0 0 8 4 】

制御回路 1 6 0 は、送信パルス発生器 1 1 1 と、送信遅延回路 1 1 3 と、受信遅延回路 1 2 1 と、送信受信切り替えスイッチ 1 4 0 と、MVB 処理部 1 3 1 との制御を行う。

50

【 0 0 8 5 】

また、超音波測定装置本体 20 には、モード切替部 23 (図 5 参照) が設けられる。モード切替部 23 は、例えば図示しない入力手段を介して、超音波測定装置 1 の動作モード (通常モード又は低消費電力モード、後に詳述) を示す情報が入力されると、これを受け付けて、動作モードを示す情報を制御回路 160 に入力する。ここで、動作モードを示す情報とは、通常モードか、低消費電力モードかを示す情報である。

【 0 0 8 6 】

チャンネル選択部 170 は、制御回路 160 から動作モードを示す情報を取得し、これに基づいて超音波エコーの受信に使用するチャンネルを選択する。チャンネル選択部 170 は、通常モードを示す情報が取得されたときは、受信波を使用開口の全チャンネルから取得し、低消費電力モードを示す情報が取得されたときは、受信波を使用開口の全チャンネルのうちの少なくとも一部から取得するように、使用するチャンネルを選択する。チャンネル選択部 170 については、後に詳述する。

10

【 0 0 8 7 】

以上の超音波測定装置 1 の構成は、本実施形態の特徴を説明するにあたって主要構成を説明したのであって、上記の構成に限られない。構成要素の分類の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。超音波測定装置 1 の構成は、処理内容に応じて、さらに多くの構成要素に分類することもできる。また、1つの構成要素がさらに多くの処理を実行するように分類することもできる。また、各構成要素の処理は、1つのハードウェアで実行されてもよいし、複数のハードウェアで実行されてもよい。

20

【 0 0 8 8 】

図 8 は、制御部 22 の少なくとも一部の概略構成の一例を示すブロック図である。図示するように、制御部 22 は、演算装置である CPU (Central Processing Unit) 221 と、揮発性の記憶装置である RAM (Random Access Memory) 222 と、不揮発性の記憶装置である ROM (Read Only Memory) 223 と、ハードディスクドライブ (HDD) 224 と、制御部 22 と他のユニットを接続するインターフェイス (I / F) 回路 225 と、外部の装置と通信を行う通信装置 226 と、これらを互いに接続するバス 227 と、を備える。

【 0 0 8 9 】

上記の各機能部は、例えば、CPU 221 が ROM 223 に格納された所定のプログラムを RAM 222 に読み出して実行することにより実現される。なお、所定のプログラムは、例えば、予め ROM 223 にインストールされてもよいし、通信装置 226 を介してネットワークからダウンロードされてインストール又は更新されてもよい。

30

【 0 0 9 0 】

次に、本実施形態における、上記構成からなる超音波測定装置 1 の処理について説明する。超音波測定装置 1 は、モードに応じて使用するチャンネル数や、ビームフォーミング処理を異ならせる点に特徴がある。

【 0 0 9 1 】

図 9 は、現在の超音波測定装置 1 を判断する処理を示すフローチャートである。制御回路 160 は、モード切替部 23 から入力された動作モードを示す情報に基づいて、低消費電力モードが有効かどうかを判断する (ステップ S100) 。

40

【 0 0 9 2 】

ここで、本実施の形態における動作モードについて説明する。本実施の形態では、使用開口のチャンネル全てを用いる通常の処理を行う通常モード (図 12、13 (A) 参照、後に詳述) と、使用開口のチャンネルのうちの少なくとも一部を用いて処理を行う低消費電力モード (図 12、13 (B) 参照、後に詳述) とが設定可能である。

【 0 0 9 3 】

デジタル処理による超音波診断装置の場合には、アナログ信号をデジタル信号へと処理する AFE (受信処理部 120 に相当) の消費電力が高いという課題がある。したがって、低消費電力モードにおいては、AFE に入力される信号数を減らすことにより、消費電

50

力を減らす。

【0094】

しかしながら、単にAFEに入力される信号数、すなわちチャンネル数を減らすだけでは、画質が低下するという問題がある。したがって、本実施の形態では、低消費電力モードにおいては、MVB処理をおこなうことにより、画質を向上させる。

【0095】

低消費電力モードが有効でない場合（ステップS100でNO）、すなわちモード切替部23から入力された動作モードを示す情報が通常モードを示す情報である場合は、制御回路160は、使用開口の全てのチャンネルの信号を用いて受信フォーカスを行う通常モードで処理を行う（ステップS102）。

10

【0096】

低消費電力モードが有効である場合（ステップS100でYES）、すなわちモード切替部23から入力された動作モードを示す情報が低消費電力モードを示す情報である場合には、制御回路160は、使用開口の少なくとも一部のチャンネルの信号を用いて受信フォーカスを行い、MVB処理を行う低消費電力モードで処理を行う（ステップS104）。

【0097】

制御回路160は、図示しない入力部等を介して処理の終了指示が入力されたか否かを判断する（ステップS106）。処理の終了指示が入力されていない場合（ステップS106でNO）にはステップS100に戻り、処理の終了指示が入力された場合（ステップS106でYES）には処理を終了する。

20

【0098】

次に、通常モード、低消費電力モードのそれぞれの場合における画像生成処理について説明する。図10は、通常モードにおける画像生成処理の流れを示すフローチャートである。

【0099】

制御回路160は、画像を生成するラインを示す番号である走査線番号1を1に初期設定（ $1 = 1$ ）する（ステップS110）。走査線番号1は、図3に示すような超音波トランスデューサーデバイスを構成する超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64のうちどの素子群であるかを示す番号である。例えば、任意の端に設けられた素子群、ここでは超音波トランスデューサー素子群UG1の走査線番号1を1とする。また、走査線番号1の素子群に隣接する素子群、ここでは超音波トランスデューサー素子群UG2の走査線番号1を2とする。このようにして、全ての素子群に走査線番号1を付与する。超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64と走査線番号1との関係は、ROM等のメモリーに記憶しておけばよい。

30

【0100】

制御回路160は、ステップS110で初期設定された走査線番号1又は後述するステップS148で更新された走査線番号1のチャンネルに対応する使用開口の全チャンネルから超音波パルスの送信を行う（ステップS112～ステップS116）。例えば、走査線番号1のときのチャンネルは、超音波トランスデューサー素子群UG1～UG8であり、走査線番号2のときのチャンネルは、超音波トランスデューサー素子群UG2～UG9である。

40

【0101】

具体的には、送信パルス発生器111は、周波数 f （ f は任意の値をとり得る）の超音波パルスを送信するためのパルス電圧を生成する（ステップS112）。送信遅延回路113は、送波フォーカシング制御を行い（ステップS114）、超音波プローブ10は、ステップS112で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（ステップS116）。

【0102】

次に、制御回路160は、送信受信切り替えスイッチ140を介して送受信の切り替え

50

処理を行う。超音波プローブ10は、出射した超音波ビームが対象物で反射し、帰ってきた受信波を使用開口の全チャンネルで受信して、受信した信号を受信処理部120に通す。そして、受信回路121は、チャンネル毎の受信波(アナログ信号)を、デジタルの受信信号に変換し、フィルター回路123に出力する(ステップS118)。

【0103】

フィルター回路123は、受信信号に対してバンドパスフィルター処理を行う(ステップS120)。制御回路160は、フィルター回路123から出力された信号をメモリー125に保存する(ステップS122)。

【0104】

MVB処理部131は、メモリー125に保存された信号に対して整流加算処理を行う(ステップS124)。具体的には、受信フォーカス処理部132は、対象物から使用開口の各チャンネルまでの直線距離に応じたディレイ時間後における各チャンネルの出力信号を求め、空間平均法処理部133は、受信フォーカス処理部132が求めた各チャンネルの出力信号に対して空間平均法という処理を行う。そして、重みづけ加算部135は、あらかじめ設定されたウェイトを用いて、各超音波トランスデューサー素子12の信号を加算する。

10

【0105】

対数変換処理部137は、使用開口の各チャンネルの信号を加算した結果に対して対数変換処理を行う(ステップS140)。ゲイン・ダイナミックレンジ調整部138は、信号強度及び関心領域を調整する(ステップS142)。STC139は、深さに応じて増幅度(明るさ)を補正する(ステップS144)。

20

【0106】

制御回路160は、画像を生成するラインを示す走査線番号Lが、走査線数Lより小さいか否かを判断する(ステップS146)。走査線数Lは、図3に示すような超音波トランスデューサーデバイス11を構成する超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64の数であり、図3に示す例ではLは64である。

【0107】

走査線番号Lが、走査線数Lより小さい場合(ステップS146でYES)は、制御回路160は、現在の走査線番号Lに1を追加して、走査線番号Lを更新し、ステップS112に処理を戻す(ステップS148)。

30

【0108】

走査線番号Lが、走査線数Lより小さくない場合(ステップS146でNO)は、走査線番号Lが走査線数Lと一致する場合、すなわちすべてのラインにおいて超音波パルスの送受信が終了した場合である。この場合には、DSC150は、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)を生成して表示部21に出力する(ステップS150)。表示部21は、生成された表示用画像データを表示する(ステップS152)。これにより、図10に示す処理を終了する。

【0109】

図11は、低消費電力モードにおける画像生成処理の流れを示すフローチャートである。なお、図10に示す処理と同一の部分については、同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

40

【0110】

制御回路160は、走査線番号Lを1に初期設定(L=1)する(ステップS110)。

制御回路160は、ステップS110で初期設定された走査線番号L又は後述するステップS148で更新された走査線番号Lのチャンネルに対応する使用開口の全チャンネルから超音波パルスの送信を行う(ステップS112~ステップS116)。

【0111】

次に、チャンネル選択部170は、ステップS112~ステップS116で超音波パルスを送信した使用開口の全チャンネルのなかから、対象物で反射した超音波エコーの受信

50

に使用するチャンネルを選択する（ステップS130）。なお、チャンネル選択部170により選択されたチャンネルは、本発明の第二の個数のチャンネルに相当する。以下、チャンネルの選択について、詳細に説明する。

【0112】

図12、13は、使用開口に含まれる各チャンネルの使用形態を説明する図であり、（A）は通常モードの場合を示し、（B）は低消費電力モードの場合を示す。通常モードの場合は、全てのチャンネルを用いる。それに対し、低消費電力モードの場合は、消費電力を減らすため、AFEに入力される信号数、すなわちチャンネル数を減らす。

【0113】

図14は、隣接するチャンネル間の距離（素子ピッチ）の間隔が $300\mu\text{m}$ であるときの周波数と、使用するチャンネルとの関係を示すチャンネル選択テーブルである。このテーブルは、例えばROM223に記憶されている。チャンネル選択部170は、送信する超音波の波長と、ROM223に記憶されたチャンネル選択テーブルとに基づいて、使用するチャンネルを選択する。

【0114】

超音波測定装置1においては、送信周波数を変えて使用する事が多い。周波数が高いほど、分解能は高くなるが、観察深度は浅くなる。したがって、超音波測定装置1のユーザーは、観察したい部位の深度によって最適な周波数を選んで使用している。しかしながら、周波数によって、画質悪化の原因となるグレーティングローブが発生しないようにするための適切な方法は異なる。したがって、チャンネル選択部170は、周波数と使用するチャンネルとの関係を示す情報を記憶しておき、これに基づいて使用するチャンネルを選択するようにしている。

【0115】

なお、周波数と、使用するチャンネルとの関係を示す情報は、図14に示すチャンネル選択テーブルに限定されない。

【0116】

図12（B）は、図14における周波数が 2.5MHz 以上の場合を示す図である。周波数が高い場合は、素子ピッチが変わらないように、一部のチャンネルを選択する。図12（B）においては、チャンネル選択部170は、使用開口の中央部に位置する一部のチャンネル（例えば4個）を使用するチャンネルとして選択する。なお、使用開口の中央部に位置する素子を選択することは必須ではなく、使用開口の端に位置するチャンネルを選択してもよい。

【0117】

図13（B）は、図14における周波数が 2.5MHz 未満の場合を示す図である。グレーティングローブの出現は、送信波の波長（音速/周波数）と素子ピッチで決まる。一般的に、 180 度の範囲に超音波を送受信した場合には、素子ピッチが $\lambda/2$ より小さければグレーティングローブは抑えられる。したがって、チャンネル選択部170は、周波数が低い場合は、選択されたチャンネル間の間隔が $\lambda/2$ より小さいという条件を満たす最大の値となるように使用するチャンネルを選択する。図13（B）においては、使用するチャンネルが1個おきに選択されている。

【0118】

このように、使用するチャンネルの数を減らすことで、受信処理部120に入力される信号の数、すなわち消費電力の高いAFEの駆動数を減らし、低消費電力化することができる。なお、本実施の形態では、チャンネル選択テーブルに基づいて使用するチャンネルを選択するようにしたが、使用するチャンネルを選択する方法はこれに限られない。なお、使用開口の少なくとも一部のチャンネルの信号をAFEに通しても、全てのチャンネルを用いる場合と同様に、1ラインが形成されることに変わりはない。

【0119】

図11の説明に戻る。制御回路160は、送信受信切り替えスイッチ140を介して送受信の切り替え処理を行う。超音波プローブ10は、出射した超音波ビームが対象物で反

10

20

30

40

50

射し、帰ってきた受信波を受信する。送信受信切り替えスイッチ 140 は、ステップ S 130 で選択されたチャンネルで受信された信号のみを受信処理部 120 に通す。そして、受信回路 121 は、チャンネル毎の受信波（アナログ信号）を、デジタルの受信信号に変換し、フィルター回路 123 に出力する（ステップ S 131）。

【0120】

フィルター回路 123 は、受信信号に対してバンドパスフィルター処理を行う（ステップ S 136）。制御回路 160 は、フィルター回路 123 から出力された信号をメモリー 125 に保存する（ステップ S 137）。これらの処理は、ステップ S 120、S 122 の処理と同一である。

【0121】

MVB 処理部 131 は、メモリー 125 に保存された信号に対して、チャンネル毎に異なるウェイトを算出して、算出したウェイトを用いて重みづけ加算処理を行う、いわゆる MVB 処理を行う（ステップ S 138 ~ S 139）。具体的には、受信フォーカス処理部 132 は、各チャンネルで受信した信号の位相がそろるように、各チャンネルで受信した信号にディレイ時間（遅延時間）を与え、ディレイ時間後における各チャンネルの出力信号を算出する。空間平均法処理部 133 は、受信フォーカス処理部 132 が算出した出力信号に対して空間平均法という処理を行う。そして、ウェイト計算部 134 は、各超音波トランスデューサー素子 12 の出力にかけるウェイトを算出する（ステップ S 138）。

【0122】

そして、重みづけ加算部 135 は、ステップ S 138 で算出されたウェイトを用いて、各チャンネルの信号を加算する（ステップ S 139）。これにより、MVB 処理を終了する。

【0123】

対数変換処理部 137 は、各チャンネルの信号を加算した結果に対して対数変換処理を行う（ステップ S 140）。ゲイン・ダイナミックレンジ調整部 138 は、信号強度及び関心領域を調整する（ステップ S 142）。STC 139 は、深さに応じて増幅度（明るさ）を補正する（ステップ S 144）。

【0124】

制御回路 160 は、ステップ S 112 ~ S 144 において処理の対象となった超音波トランスデューサー素子群の走査線番号 l が、走査線数 L より小さいか否かを判断する（ステップ S 146）。走査線数 L は、図 3 に示すような超音波トランスデューサーデバイスを構成する超音波トランスデューサー素子群 $UG1 \sim UG64$ の数であり、図 3 に示す例では N は 64 である。

【0125】

走査線番号 l が、走査線数 L より小さい場合（ステップ S 146 で YES）は、制御回路 160 は、現在の走査線番号 l に 1 を追加して、走査線番号 l を更新し、ステップ S 112 に処理を戻す（ステップ S 148）。

【0126】

走査線番号 l が、走査線数 L より小さくない場合（ステップ S 146 で NO）は、走査線番号 l が走査線数 L と一致する場合、すなわちすべての超音波トランスデューサー素子群 UG において超音波パルスの送受信が終了した場合である。この場合には、DSC 150 は、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）を生成して表示部 21 に出力する（ステップ S 150）。表示部 21 は、生成された表示用画像データを表示する（ステップ S 152）。これにより、図 10 に示す処理を終了する。

【0127】

本実施の形態によれば、低消費電力モードでは受信処理部、すなわち AFE の駆動数を減らすことで、消費電力を抑えることができる。また、低消費電力モードにおいては、MVB 処理を行うため、チャンネル数を減らすことによる画像の品質劣化を抑えることができる。

【0128】

10

20

30

40

50

また、本実施の形態によれば、通常モードにおいてBモードの画像を表示させることができるため、従来の超音波測定装置との互換性を維持することができる。

【0129】

また、本実施の形態によれば、低消費電力モードにおいて周波数によって適切なチャンネルを選択するため、効果的にグレーティングローブの発生を抑えることができる。

【0130】

なお、本実施の形態では、リニアスキャンを例に説明したため、低消費電力モードにおいて使用開口の8チャンネルの中から使用するチャンネルを選択した。それに対し、セクタスキャンの場合は、全開口を使用（使用開口は64チャンネル）し、ビームの方向を変えながらラインを生成していく。したがって、全開口（例えば64チャンネル）の中から使用するチャンネルを選択するようにすれば、本実施の形態をセクタスキャンに適用することができる。

10

【0131】

<第2の実施の形態>

第1の実施形態に係る超音波測定装置1は、低消費電力モードにおいて一部のチャンネルを使用することでチャンネル数を減らして受信処理部に入力したが、受信処理部に入力する信号の数を減らす方法はこれに限られない。

【0132】

第2の実施形態に係る超音波測定装置2は、複数のチャンネルの信号を加算して受信処理部に入力することで、受信処理部に入力する信号の数を減らすものである。以下、超音波測定装置2について説明する。

20

【0133】

図15は、超音波測定装置2において、超音波測定装置本体20内に設けられた制御部22の機能構成の一例を示すブロック図である。超音波測定装置2の構成と超音波測定装置1の構成との差異は、超音波測定装置2は加算回路142を有しているが、超音波測定装置1は加算回路を有していない点であるため、ここでは加算回路142について説明する。超音波測定装置1の構成と同一の部分については、同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0134】

加算回路142は、送信受信切り替えスイッチ140と、受信処理部120との間に設けられる。加算回路142は、複数チャンネルで受信された受信信号を加算し、1つのチャンネルの受信信号として受信処理部120に入力する。加算回路142に入力するチャンネルは、チャンネル選択部170により選択される。加算回路142の詳細については、後に詳述する。

30

【0135】

以下、超音波測定装置2が行う処理について説明する。超音波測定装置1が行う処理と、超音波測定装置2が行う処理とは、低消費電力モードの場合の処理が異なるため、超音波測定装置2が行う低消費電力モードの場合の処理について説明する。なお、超音波測定装置1の処理と同一の部分については、同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0136】

図16は、低消費電力モードにおける画像生成処理の流れを示すフローチャートである。

40

【0137】

制御回路160は、走査線番号1を1に初期設定（ $l = 1$ ）する（ステップS110）。

制御回路160は、ステップS110で初期設定された走査線番号1又は後述するステップS148で更新された走査線番号1のチャンネルに対応する使用開口の全チャンネルから超音波パルスの送信を行う（ステップS112～ステップS116）。

【0138】

次に、受信処理を行う（ステップS134）。以下、ステップS134の処理について

50

説明する。

【 0 1 3 9 】

制御回路 1 6 0 は、送信受信切り替えスイッチ 1 4 0 を介して送受信の切り替え処理を行う。超音波プローブ 1 0 は、出射した超音波ビームが対象物で反射し、帰ってきた受信波を受信する。チャンネル選択部 1 7 0 は、選択したチャンネル（ここでは全てのチャンネル）で受信した信号を 2 つずつ 1 つの加算回路 1 4 2 に通し、加算回路 1 4 2 は、複数（ここでは 2 つ）のチャンネルの信号を加算して受信処理部 1 2 0 に通す。

【 0 1 4 0 】

図 1 7 は、加算回路 1 4 2 が複数のチャンネルの受信信号を加算することを説明する図であり、（ A ）は加算回路 1 4 2 が加算しない場合、すなわち通常モードの場合を示し、（ B ）は加算回路 1 4 2 が 2 つのチャンネルの受信信号を加算する場合を、すなわち低消費電力モードの場合を示す。

10

【 0 1 4 1 】

図 1 7 （ A ）に示す場合では、各チャンネルの受信信号は、加算回路 1 4 2 を通過しないで、そのまま受信処理部 1 2 0 に入力される。これは、図 1 2、1 3 （ A ）に示す場合と同一である。

【 0 1 4 2 】

図 1 7 （ B ）に示す場合では、加算回路 1 4 2 は隣接する 2 つのチャンネルの信号を加算し、加算された信号は 1 つのチャンネルの信号として受信処理部 1 2 0 に入力される。したがって、8 個のチャンネルで受信した受信信号は、4 つのチャンネルで受信した受信信号として受信処理部 1 2 0 に入力される。これにより、チャンネルの数が疑似的に減らされ、受信処理部 1 2 0 に入力される信号の数が減らされる。

20

【 0 1 4 3 】

また、図 1 7 （ B ）に示す場合では、加算回路 1 4 2 により加算された信号は、加算された信号の基となる信号を受信した 2 つのチャンネルのうち的一方（図 1 7 （ B ）においては右側のチャンネル）で受信したものとして受信処理部 1 2 0 に入力される。これにより、チャンネルが選択される。

【 0 1 4 4 】

このように、受信処理部 1 2 0 に入力される信号の数を減らすことで、消費電力の高い A F E の駆動数を減らし、低消費電力化することができる。また、信号を加算することで、入力される信号の音圧が維持できるため、受信感度を維持することができる。

30

【 0 1 4 5 】

なお、図 1 7 （ B ）では、全てのチャンネルの受信信号を加算回路 1 4 2 に入力したが、必ずしも全てのチャンネルの信号を加算する必要はなく、少なくとも一部のチャンネルの受信信号を加算回路 1 4 2 に入力するようにしてもよい。例えば、使用開口の中央側にある 4 個のチャンネルの信号は、そのまま受信処理部 1 2 0 に入力し、使用開口の両端側にある 2 個ずつ、計 4 個のチャンネルの信号は、それぞれ加算回路 1 4 2 によりそれぞれ 1 個のチャンネルの信号として受信処理部 1 2 0 に入力してもよい。

【 0 1 4 6 】

また、図 1 7 （ B ）では、2 つのチャンネルの信号を 1 個の加算回路 1 4 2 に入力したが、3 個以上のチャンネルの信号を 1 個の加算回路 1 4 2 に入力するようにしてもよい。

40

【 0 1 4 7 】

また、図 1 7 （ B ）では、複数のチャンネルの信号を加算することで、素子ピッチが広がっている。送信する超音波の周波数に応じて、グレーティングローブが発生しないように、1 つの加算回路 1 4 2 に入力するチャンネルの数を設定するようにしてもよい。

【 0 1 4 8 】

そして、受信回路 1 2 1 は、チャンネル毎の受信波（アナログ信号）を、デジタルの受信信号に変換し、フィルター回路 1 2 3 へ出力する。

【 0 1 4 9 】

フィルター回路 1 2 3 は、受信信号に対してバンドパスフィルター処理を行う（ステッ

50

プ S 1 3 6)。制御回路 1 6 0 は、フィルター回路 1 2 3 から出力された信号をメモリー 1 2 5 に保存する (ステップ S 1 3 7)。これらの処理は、ステップ S 1 2 0、S 1 2 2 の処理と同一である。

【 0 1 5 0 】

M V B 処理部 1 3 1 は、メモリー 1 2 5 に保存された信号に対して、超音波トランスデューサー素子 1 2 毎に異なるウェイトを算出して、算出したウェイトを用いて重みづけ加算処理を行う、いわゆる M V B 処理を行う (ステップ S 1 3 8 ~ S 1 3 9)。

【 0 1 5 1 】

対数変換処理部 1 3 7 は、各超音波トランスデューサー素子 1 2 の信号を加算した結果に対して対数変換処理を行う (ステップ S 1 4 0)。ゲイン・ダイナミックレンジ調整部 1 3 8 は、信号強度及び関心領域を調整する (ステップ S 1 4 2)。S T C 1 3 9 は、深さに応じて増幅度 (明るさ) を補正する (ステップ S 1 4 4)。

【 0 1 5 2 】

制御回路 1 6 0 は、ステップ S 1 1 2 ~ S 1 4 4 において処理の対象となった超音波トランスデューサー素子群の走査線番号 l が、走査線数 L より小さいか否かを判断する (ステップ S 1 4 6)。

【 0 1 5 3 】

走査線番号 l が、走査線数 L より小さい場合 (ステップ S 1 4 6 で Y E S) は、制御回路 1 6 0 は、現在の走査線番号 l に 1 を追加して、走査線番号 l を更新し、ステップ S 1 1 2 に処理を戻す (ステップ S 1 4 8)。

【 0 1 5 4 】

走査線番号 l が、走査線数 L より小さくない場合 (ステップ S 1 4 6 で N O) は、走査線番号 l が走査線数 L と一致する場合、すなわちすべての超音波トランスデューサー素子群 U G において超音波パルスの送受信が終了した場合である。この場合には、D S C 1 5 0 は、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) を生成して表示部 2 1 に出力する (ステップ S 1 5 0)。表示部 2 1 は、生成された表示用画像データを表示する (ステップ S 1 5 2)。これにより、図 1 0 に示す処理を終了する。

【 0 1 5 5 】

本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態と同様、低消費電力モードでは受信処理部 1 2 0、すなわち A F E の駆動数を減らすことで、消費電力を抑えることができる。また、低消費電力モードにおいては、M V B 処理を行うため、超音波トランスデューサー素子 1 2 数を減らすことによる画像の品質劣化を抑えることができる。

【 0 1 5 6 】

また、本実施の形態によれば、加算処理を行って受信処理部に入力される信号の数を減らすため、信号の音圧が維持でき、したがって受信感度を維持することができる。

【 0 1 5 7 】

以上、本発明を実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。また、本発明は、超音波測定装置に限らず、超音波測定装置において行う画像処理方法、超音波測定装置に画像処理方法を行わせるプログラム、プログラムが格納された記憶媒体等として提供することもできる。

【 符号の説明 】

【 0 1 5 8 】

1、2 : 超音波測定装置、1 0 : 超音波プローブ、1 1 : 超音波トランスデューサーデバイス、1 2 : 超音波トランスデューサー素子、1 5 : ケーブル、2 0 : 超音波測定装置本体、2 1 : 表示部、2 2 : 制御部、3 0 : 圧電体層、3 1 : 第 1 電極層、3 2 : 第 2 電極層、4 0 : 開口、5 0 : 振動膜、6 0 : 基板、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 :

10

20

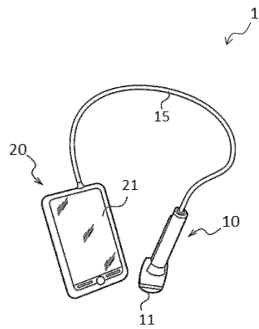
30

40

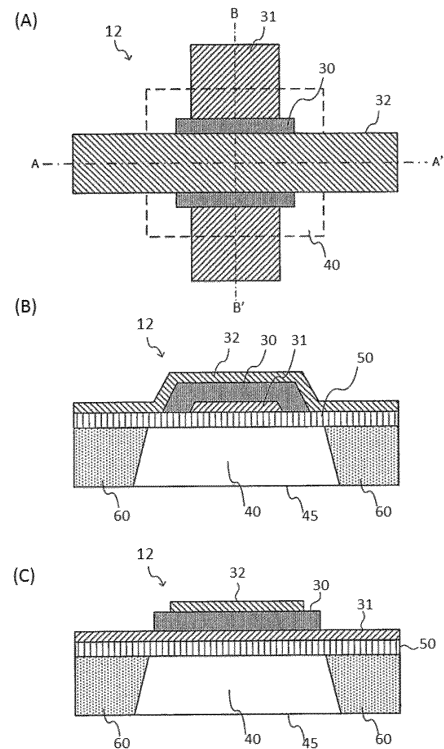
50

フィルター回路、125：メモリー、130：画像処理部、131：MVB処理部、132：受信フォーカス処理部、133：空間平均法処理部、134：ウェイト計算部、135：重みづけ加算部、136：検波処理部、137：対数変換処理部、138：ゲイン・ダイナミックレンジ調整部、139：STC、140：送信受信切り替えスイッチ、142：加算回路、150：DSC、160：制御回路、170：チャンネル選択部、221：CPU、222：RAM、223：ROM、225：I/F回路、226：通信装置、227：バス、CLi：コモン電極線、DL：駆動電極線、UE：超音波トランスデューサー素子、UG：超音波トランスデューサー素子群

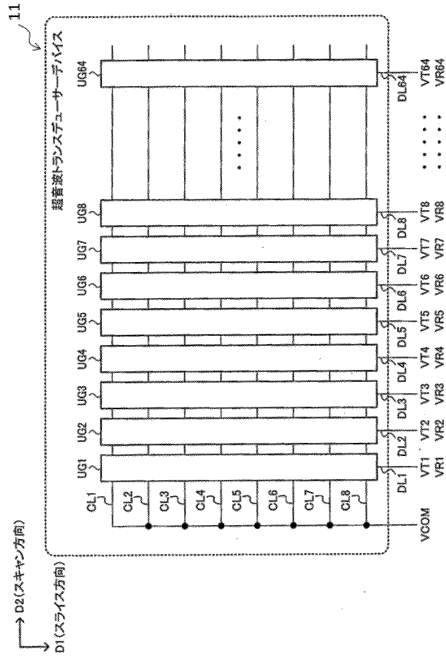
【図1】



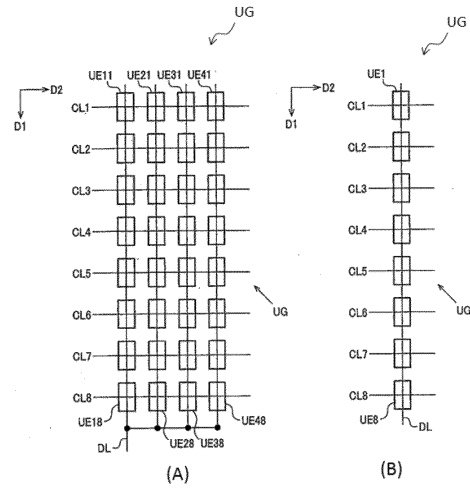
【図2】



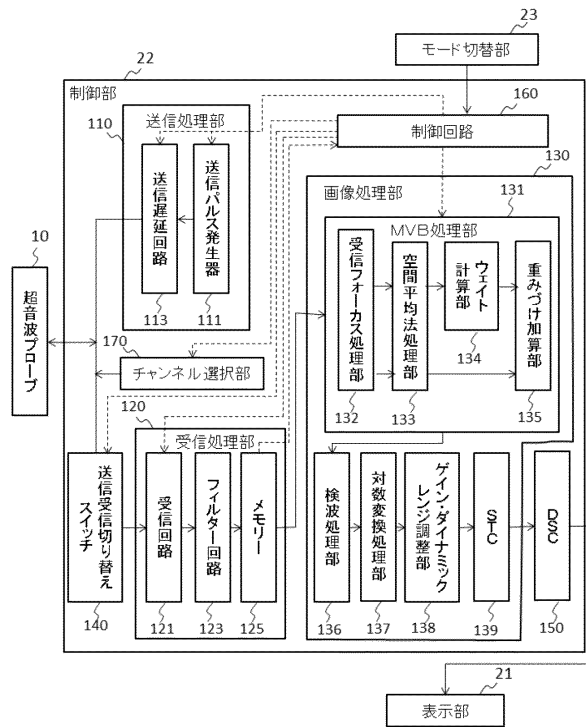
【図3】



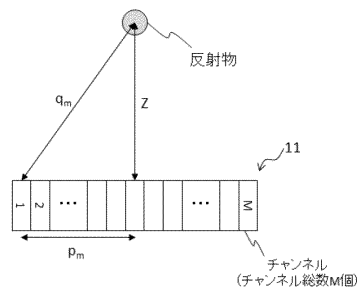
【図4】



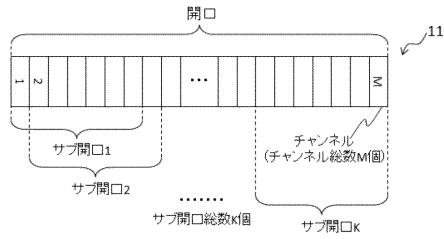
【図5】



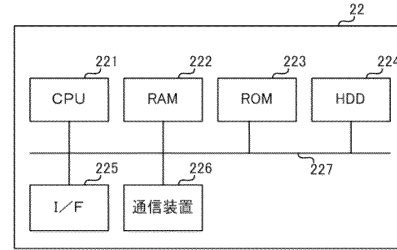
【図6】



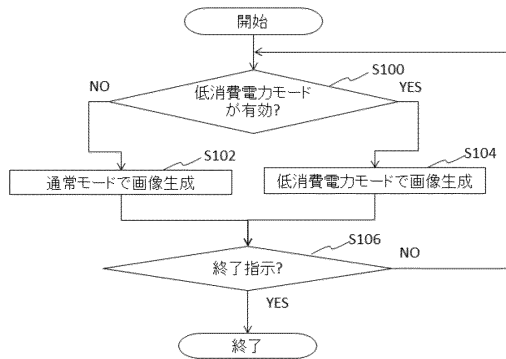
【図7】



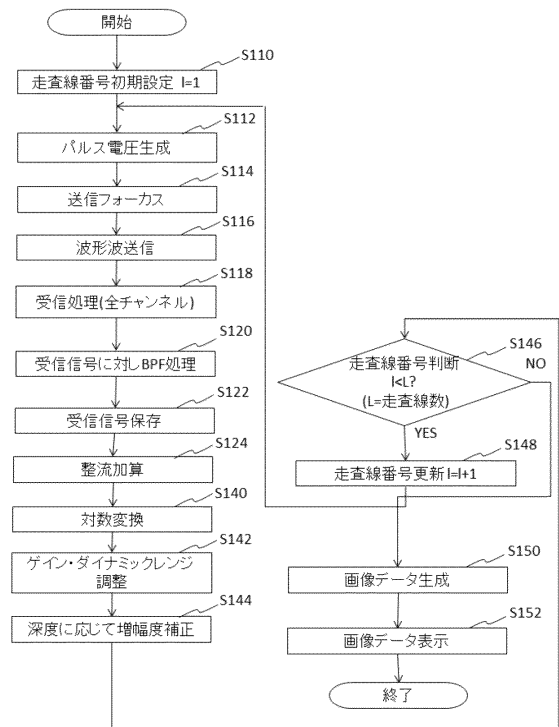
【図8】



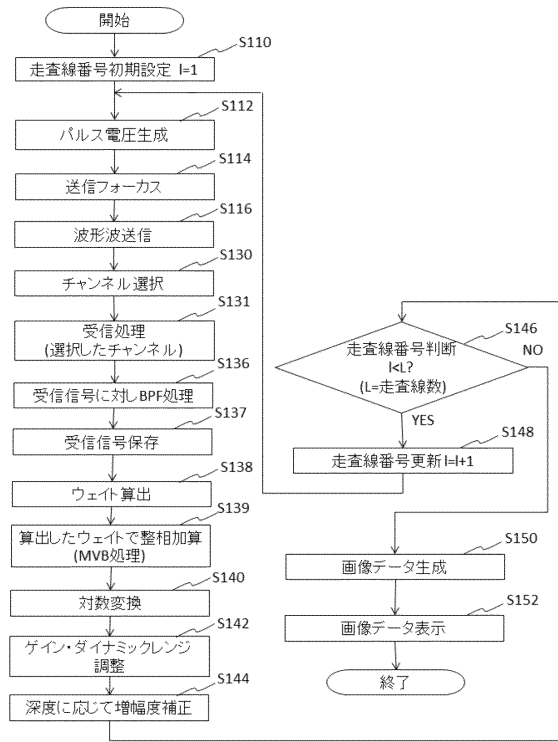
【図9】



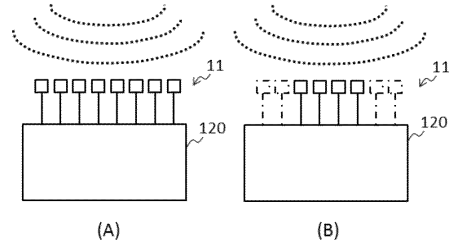
【図10】



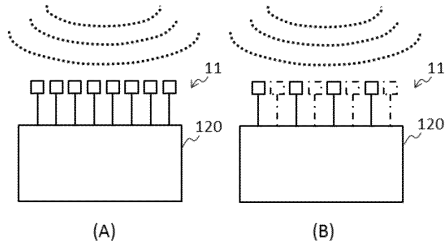
【図 1 1】



【図 1 2】



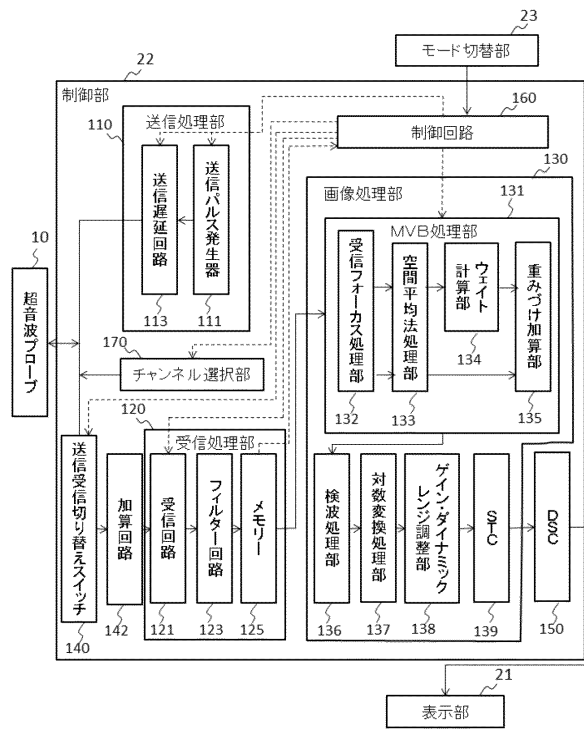
【図 1 3】



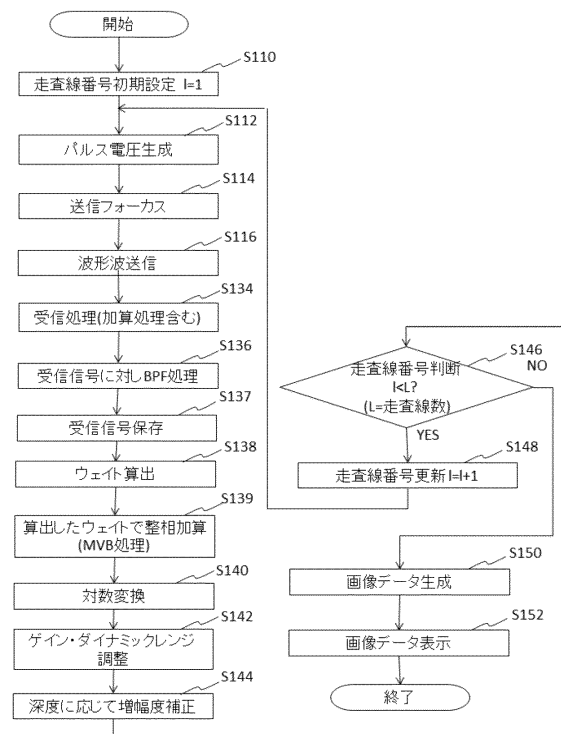
【図 1 4】

		使用ch							
		1	2	3	4	5	6	7	8
周波数	2.5MHz未満	○	×	○	×	○	×	○	×
	2.5MHz以上	×	×	○	○	○	○	×	×
chピッチ		300 μm							
音速		1540 m/s							

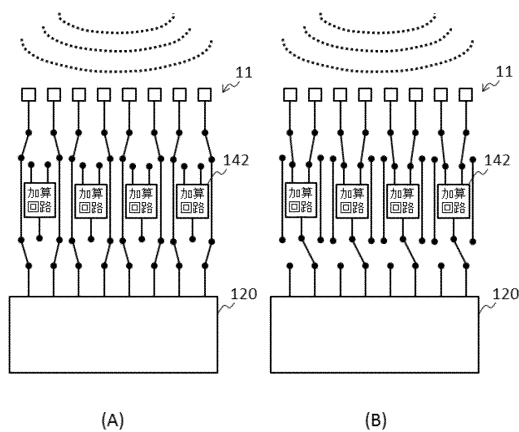
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

審査官 宮川 哲伸

- (56)参考文献 特開2012-179328(JP,A)
特開2012-161555(JP,A)
国際公開第2013/038847(WO,A1)
特開平3-90137(JP,A)
特開2008-22887(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0161904(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15