

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6085614号
(P6085614)

(45) 発行日 平成29年2月22日(2017.2.22)

(24) 登録日 平成29年2月3日(2017.2.3)

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

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-550871 (P2014-550871)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成24年12月7日(2012.12.7)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/081737		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02014/087532	(74) 代理人	100091096
(87) 国際公開日	平成26年6月12日(2014.6.12)		弁理士 平木 祐輔
審査請求日	平成27年5月18日(2015.5.18)	(74) 代理人	100105463
			弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100102576
			弁理士 渡辺 敏章
		(72) 発明者	田中 宏樹
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	鱒沢 裕
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の超音波振動子を有し、

前記複数の超音波振動子のうち所定の数をもつサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を前記サブアレイ単位で遅延処理及び加算処理する少なくとも1つの第1の遅延加算回路と、前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を遅延処理及び加算処理する第2の遅延加算回路と、を含む受信系回路に接続される超音波探触子であって、

前記複数の超音波振動子は、

前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介して前記第2の遅延加算回路に送信する第1のグループと、

前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介さずに前記第2の遅延加算回路に直接送信する第2のグループと、

を含むことを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

請求項1の超音波探触子において、

前記第1のグループは、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子の数が異なる複数のサブアレイを含むことを特徴とする超音波探触子。

【請求項3】

請求項1の超音波探触子において、

前記第 2 のグループの前記超音波振動子は、超音波ビームを形成する口径の中心付近に連続的に配置されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 4】

請求項 1 の超音波探触子において、

前記第 1 のグループの前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子と、前記第 2 のグループに含まれる前記超音波振動子とが、交互に配置されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 5】

請求項 1 の超音波探触子において、

前記超音波探触子は、長軸及び短軸において分割されたマトリクスアレイを形成していることを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 6】

請求項 1 の超音波探触子において、

前記第 1 のグループに含まれる前記超音波振動子と前記第 2 のグループに含まれる前記超音波振動子とを任意に選択することが可能な超音波振動子選択スイッチを更に備えることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 7】

複数の超音波振動子を有し、

前記超音波振動子から超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号を送信する送信回路と、前記複数の超音波振動子のうち所定の数を 1 つのサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から超音波を発生させるために前記駆動電圧信号を前記サブアレイ単位で分配処理する少なくとも 1 つの送信分配回路と、を含む送信系回路に接続される超音波探触子であって、

20

前記複数の超音波振動子は、

前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介して前記送信回路から入力される第 1 のグループと、

前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介さずに前記送信回路から直接入力される第 2 のグループと、

を含むことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 8】

30

請求項 7 の超音波探触子において、

前記第 1 のグループは、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子の数が異なる複数のサブアレイを含むことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 9】

請求項 7 の超音波探触子において、

前記第 2 のグループの前記超音波振動子は、超音波ビームを形成する口径の中心付近に連続的に配置されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 10】

請求項 7 の超音波探触子において、

前記第 1 のグループの前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子と、前記第 2 のグループに含まれる前記超音波振動子とが、交互に配置されていることを特徴とする超音波探触子。

40

【請求項 11】

請求項 7 の超音波探触子において、

前記超音波探触子は、長軸及び短軸において分割されたマトリクスアレイを形成していることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 12】

請求項 7 の超音波探触子において、

前記第 1 のグループに含まれる前記超音波振動子と前記第 2 のグループに含まれる前記超音波振動子とを任意に選択することが可能な超音波振動子選択スイッチを更に備えるこ

50

とを特徴とする超音波探触子。

【請求項 1 3】

複数の超音波振動子を有する超音波探触子と、

前記複数の超音波振動子のうち所定の数をもつサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を前記サブアレイ単位で遅延処理及び加算処理する少なくとも1つの第1の遅延加算回路と、

前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を遅延処理及び加算処理する第2の遅延加算回路と、

前記第2の遅延加算回路から得られた信号に基づいて画像を形成する画像処理部と、
を備え、

前記複数の超音波振動子は、

前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介して前記第2の遅延加算回路に送信する第1のグループと、

前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介さずに前記第2の遅延加算回路に直接送信する第2のグループと、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 3 の超音波診断装置において、

前記第1のグループに含まれる前記超音波振動子と前記第2のグループに含まれる前記超音波振動子とを任意に選択することが可能な超音波振動子選択スイッチを更に備えることを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 1 5】

複数の超音波振動子を有する超音波探触子と、

前記超音波振動子から超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号を送信する送信回路と、

前記複数の超音波振動子のうち所定の数をもつサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から超音波を発生させるために前記駆動電圧信号を前記サブアレイ単位で分配処理する少なくとも1つの送信分配回路と、

を備え、

前記複数の超音波振動子は、

前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介して前記送信回路から入力される第1のグループと、

前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介さずに前記送信回路から直接入力される第2のグループと、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 1 6】

請求項 1 5 の超音波診断装置において、

前記第1のグループに含まれる前記超音波振動子と前記第2のグループに含まれる前記超音波振動子とを任意に選択することが可能な超音波振動子選択スイッチを更に備えることを特徴とする超音波診断装置。

40

【請求項 1 7】

請求項 1 5 の超音波診断装置において、

前記送信分配回路は、分配された前記駆動電圧信号に遅延時間を与える遅延回路を更に備えることを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波探触子及び超音波診断装置に関する技術である。

【背景技術】

【0002】

50

超音波診断装置は、探触子と装置本体から構成され、超音波を用いて生体等の内部構造の画像化を行うものである。超音波探触子（プローブ）には、複数の超音波振動子（電気音響変換素子）が内蔵されており、超音波信号の送受信を行う。超音波振動子デバイスとしては、圧電セラミック、単結晶、圧電ポリマー、あるいは静電容量型トランスデューサが用いられる。これらのデバイスは、電圧を印加することにより超音波を発生させ、その超音波を送信する。また、これらのデバイスは、音波を受信すると電気信号を生成する。

【0003】

超音波探触子は、通常、振動子が無数のチャンネルに区切られており、アレイ化されている。撮像する際には、これらの各チャンネルの送受信信号に適宜遅延時間を与えることで、ある点にフォーカスされた超音波ビームを作り出す。

10

【0004】

図1は、超音波探触子における送信ビームフォーミングを示す。図1では、送信時において各々異なる遅延時間を付与した入力信号を一次元アレイ探触子の各チャンネルに印加している様子が示されている。図1の超音波探触子は、複数の超音波振動子1を備える。超音波探触子内もしくは本体装置内の遅延回路が、超音波振動子1の各チャンネルに異なる遅延時間3を付与することにより、フォーカス点2に集束した超音波ビームを形成する。

【0005】

図2は、超音波探触子における受信ビームフォーミングを示す。図2では、一次元アレイ探触子の各チャンネルにおいてエコー信号を受信している様子が示されている。超音波探触子は、複数の超音波振動子1に接続された加算器4を備える。受信時において、超音波振動子1の各チャンネルで受信するエコー信号は、フォーカス点2からの距離によって受信時間が異なる。超音波探触子内もしくは本体装置内の遅延回路が、各チャンネルの受信信号に、伝搬時間差に応じた遅延時間3を与えて位相をそろえる。位相をそろえた各々の信号を、超音波探触子内もしくは装置内の加算器4が加算することにより、受信信号は一点にフォーカスされた信号として取り出せる。このような処理を行う回路を整相回路あるいはビームフォーマなどと呼ぶ。この回路は、加算処理まで含めた場合、整相加算回路と呼ばれる。

20

【0006】

超音波探触子は、遅延時間を変えることでフォーカス点を移動させ、撮像領域全体の信号を取得する。得られた信号は、重み付け処理、検波処理、フィルター処理等を経て、超音波診断装置のディスプレイ上に画像として表示される。

30

【0007】

超音波診断装置の画質の指標の一つに空間分解能がある。特に横方向（方位方向）の空間分解能は、超音波ビームのフォーカス性能に依存する。フォーカス点の空間的な幅は、周波数と口径で決まる。従って、超音波探触子における一つのチャンネルの幅（ピッチ）が固定される場合、使用できるチャンネルが多いほど空間分解能が向上することになる。

【0008】

図1に示したように、口径 W_1 は口径 W_2 よりも大きく、フォーカス点2ではビームがより絞られる。また、口径が大きいほど送受信できる超音波エネルギーが増加するため、 S/N も向上する。しかしながら、超音波診断装置の装置本体の送信ビームフォーマおよび受信ビームフォーマのチャンネル数には限りがある（通常、数10チャンネル（ ch ）～200チャンネル（ ch ）のオーダ）。チャンネルのピッチは使用する周波数によってアーチファクトを出さないように設計されるため、設計自由度は小さい。したがって、その口径にも限界がある。一方で、チャンネルを2次元的に配列したマトリクスアレイになると、超音波探触子で扱うべきチャンネル数が数千チャンネルオーダと増加する場合がある。したがって、探触子のチャンネル数に対して、本体ビームフォーマのチャンネル数が圧倒的に不足するという事態となる。

40

【0009】

そこで、超音波探触子内の複数のチャンネルを一つにまとめ、サブアレイ化することが

50

考えられている（特許文献1）。これにより、受信時における本体ビームフォーマ（メインビームフォーマ）へ接続する信号線数を減らすことが可能となる（チャンネルリダクション）。本手法では、メインビームフォーマでの主遅延時間とは別に、前段回路で各チャンネルに微小遅延時間を加えたのち、複数のチャンネル信号を加算する。したがって、これを実現する回路は「微小遅延加算回路」や「マイクロビームフォーマ」と呼ばれる。あるいは本体回路をメインビームフォーマと呼ぶのに対し、「サブビームフォーマ」などと呼ばれる。

【0010】

一方、本手法の送信時においては、一つの送信線から複数の超音波振動子のチャンネルに電圧信号を分配することにより、限られた本体チャンネル数でより多くのチャンネルを取り扱うことが可能になる。このような回路を「微小遅延分配回路」などと呼ぶ。これらの送受信のサブビームフォーマ回路によって、本体装置が限られたチャンネル数であっても、より多くの探触子チャンネルを扱えるようになる。また、2次元マトリクスアレイのように、1000個以上のチャンネル数を取り扱えるようになり、3次元ボリューム撮像が可能になる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2005-270423号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、一般に微小遅延加算回路や遅延分配回路などのサブビームフォーマの性能は、メインビームフォーマと比較して劣る場合が多い。何故ならば、これらの回路は、探触子内部に挿入する場合には、本体装置に搭載する場合と比較して消費電力やサイズ的设计条件が厳しい。仮に、これらの回路を本体装置に挿入する場合であっても、コストメリットを得るために、メインビームフォーマより性能が劣化したものになる。

【0013】

現在、本体ビームフォーマ（メインビームフォーマ）はデジタル化されたものが主流となっており、その遅延時間精度は十分高い。また、本体ビームフォーマはデジタル化されているため、S/N劣化が無い。更に、一度に複数のフォーカス点を持つ複ビームを生成可能である。一方、微小遅延回路（サブビームフォーマ）は、通常、アナログ遅延回路であり、その遅延時間の精度やノイズレベルが本体ビームフォーマより劣る。また、複ビームを生成するためには、複数の微小遅延回路を持つ必要があり、回路規模が大きくなる。また、微小遅延回路の場合、消費電力等の制限により本体ビームフォーマのように潤沢な複ビーム数を実現できない。

30

【0014】

サブアレイ化のために、メインビームフォーマよりもビームフォーミング性能として劣った何らかの回路、例えば微小遅延加算回路や微小遅延分配回路などのサブビームフォーマに信号を通すことは、すなわち画質劣化に直結する。遅延時間の精度が不足すれば、撮像空間内の特定の点にフォーカスできず、分解能が劣化する。また、S/Nが不足すれば、微弱な信号がノイズに埋もれ、画像描出能が劣化することになる。また、一度に複数の超音波ビームを作ることによって、フレームレートが増加する、あるいは高密度な画像を得ることができるが、微小遅延加算回路は、メインビームフォーマほど同時に多くのビームを作ることが難しい。

40

【0015】

遅延時間精度については、例えば10MHzの周波数の信号の位相を合わせる場合、標準的な本体整相の遅延時間精度を1/64波長精度(6bit)とすれば、 $1/10\text{MHz}/64 = 1.5625\text{ns}$ の遅延時間精度が必要である。用途や浅部領域の撮像によっては20MHzまでの周波数の信号が使われる場合があり、その場合はさらに倍

50

の遅延時間精度が必要となる。このため、現在の超音波診断装置が持つデジタルビームフォーマの遅延精度は1 n s e c 前後の時間分解能を有する。一方、微小遅延加算回路に用いられるアナログ遅延方式では、様々な制約条件から1 / 1 6 から1 / 3 2 波長精度(4 ~ 5 b i t)程度となることが多い。この場合、6 . 2 5 ~ 1 2 . 5 n s e c となり、従来の1 / 6 4 波長精度の装置からすれば、1 / 4 ~ 1 / 2 の周波数、つまり2 . 5 ~ 5 M H z 相当までの周波数しか十分な精度で扱えないことになる。したがって、このような微小遅延加算回路を通過した信号はフォーカス精度が悪いため、画像上では従来の装置よりも分解能やS / N 劣化を引き起こす。送信の微小遅延分配回路においても同様の理由でメインビームフォーマと比較して精度が劣る。

【0016】

10

また、通常は超音波探触子の超音波振動子からの信号をL N A (L o w N o i s e A m p l i f i e r) で増幅、もしくはバッファ回路でインピーダンス変換し、信号のS / N を増加し、必要なダイナミックレンジを確保する。微小遅延回路の前段にそのようなアンプやバッファ回路を挿入する場合、所望のダイナミックレンジを確保するためにはある程度の増幅率を得る必要がある。しかしながら、増幅率を増加すると回路の消費電力が増加する。その結果、回路が発熱する。仮に探触子内部にこれらの回路を搭載する場合は、探触子の温度の規格を満たせなくなるという別の課題が生じる。したがって、本来必要なダイナミックレンジより小さくなってしまふのが常である。

以上のように、従来の本体装置内蔵のメインビームフォーマより劣化した回路、すなわち、微小遅延加算回路や微小遅延分配回路などを信号が通過することは、画像全体の画質劣化につながる。

20

【0017】

したがって、本発明は、チャンネルを増やして口径を広げつつ、本体メインビームフォーマよりも性能の劣るサブアレイ用回路(サブビームフォーマ)による画質の劣化を低減する技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記課題を解決するために、本発明では、本体装置の送信または受信のメインビームフォーマのチャンネルを、微小遅延加算回路や微小遅延分配回路等のサブビームフォーマを通すチャンネルグループと、探触子チャンネルから本体装置のメインビームフォーマに直接接続するチャンネルグループに分ける。より整相精度やS / N が必要な探触子のチャンネルグループは、メインビームフォーマに直接接続し、相対的に性能が要求されない探触子のチャンネルグループは、サブビームフォーマを通してメインビームフォーマに接続する。

30

【0019】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、複数の超音波振動子を有し、前記複数の超音波振動子のうち所定の数を1つのサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を前記サブアレイ単位で遅延処理及び加算処理する少なくとも1つの第1の遅延加算回路と、前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を遅延処理及び加算処理する第2の遅延加算回路と、を含む受信系回路に接続される超音波探触子が提供される。当該超音波探触子において、前記複数の超音波振動子は、前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介して前記第2の遅延加算回路に送信する第1のグループと、前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介さずに前記第2の遅延加算回路に直接送信する第2のグループと、を含む。

40

【0020】

また、別の例によれば、複数の超音波振動子を有し、前記超音波振動子から超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号を送信する送信回路と、前記複数の超音波振動子のうち所定の数を1つのサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から超音波を発生させるために前記駆動電圧信号を前記サブアレイ単位で分配処

50

理する少なくとも1つの送信分配回路と、を含む送信系回路に接続される超音波探触子が提供される。当該超音波探触子において、前記複数の超音波振動子は、前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介して前記送信回路から入力される第1のグループと、前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介さずに前記送信回路から直接入力される第2のグループと、を含む。

【0021】

また、別の例によれば、複数の超音波振動子を有する超音波探触子と、前記複数の超音波振動子のうち所定の数を1つのサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を前記サブアレイ単位で遅延処理及び加算処理する少なくとも1つの第1の遅延加算回路と、前記超音波振動子から得られる超音波の受信信号を遅延処理及び加算処理する第2の遅延加算回路と、前記第2の遅延加算回路から得られた信号に基づいて画像を形成する画像処理部と、を備える超音波診断装置が提供される。当該超音波診断装置において、前記複数の超音波振動子は、前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介して前記第2の遅延加算回路に送信する第1のグループと、前記受信信号を前記第1の遅延加算回路を介さずに前記第2の遅延加算回路に直接送信する第2のグループと、を含む。

10

【0022】

また、別の例によれば、複数の超音波振動子を有する超音波探触子と、前記超音波振動子から超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号を送信する送信回路と、前記複数の超音波振動子のうち所定の数を1つのサブアレイとして構成し、前記サブアレイに含まれる前記超音波振動子から超音波を発生させるために前記駆動電圧信号を前記サブアレイ単位で分配処理する少なくとも1つの送信分配回路と、を備える超音波診断装置が提供される。当該超音波診断装置において、前記複数の超音波振動子は、前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介して前記送信回路から入力される第1のグループと、前記駆動電圧信号が前記送信分配回路を介さずに前記送信回路から直接入力される第2のグループと、を含む。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、本体メインビームフォーマよりも性能の劣るサブアレイ用回路（サブビームフォーマ）を使用しながらも、画質劣化を引き起こさない。

30

【0024】

本発明に関連する更なる特徴は、本明細書の記述、添付図面から明らかになるものである。また、上記した以外の、課題、構成および効果は、以下の実施例の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】超音波探触子における送信ビームフォーミングを示す図である。

【図2】超音波探触子における受信ビームフォーミングを示す図である。

【図3】超音波診断装置の構成例である。

【図4】サブアレイ回路の構成例である。

40

【図5】探触子チャンネル方向の受信信号振幅の分布を示す図である。

【図6】フォーカス深度と口径幅との関係を示す図である。

【図7】フォーカス深度と受信信号スペクトラムとの関係を示す図である。

【図8】探触子チャンネルの送受信信号に付与する重みの分布を示す図である。

【図9】第1実施例に係る超音波診断装置における受信系回路を示す図である。

【図10】4：1リダクションと9：1リダクションとを併用した受信系回路を示す図である。

【図11】第1実施例に係る超音波診断装置における送信系回路を示す図である。

【図12】送信系回路と受信系回路とが同じサブアレイに接続していない例を示す図である。

50

【図13】チャンネル選択スイッチを用いて探触子チャンネルを選択する構成を示す図である。

【図14】チャンネル選択スイッチを用いて探触子チャンネルを選択する構成の別の例を示す図である。

【図15】第2実施例に係る超音波診断装置における受信系回路を示す図である。

【図16】第3実施例に係る超音波診断装置における超音波探触子を示す図であり、1.25D、1.5Dマトリクスアレイへの適用例を示す図である。

【図17】第3実施例に係る超音波診断装置における超音波探触子を示す図であり、2Dマトリクスアレイへの適用例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0026】

以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。なお、添付図面は本発明の原理に則った具体的な実施例を示しているが、これらは本発明の理解のためのものであり、決して本発明を限定的に解釈するために用いられるものではない。

【0027】

<第1実施例>

はじめに、超音波診断装置の装置構成と画像化までの信号の流れについて説明する。図3は、代表的な超音波診断装置の装置構成を示す。

【0028】

超音波診断装置は、超音波探触子100と、送受切替スイッチ40と、送信系及び受信系回路400と、電圧リミッター41と、電源42と、直流電源45と、D/Aコンバータ46と、A/Dコンバータ47と、送信ビームフォーマ48と、受信ビームフォーマ49と、制御部50と、信号処理部51と、スキャンコンバータ52と、表示部53と、ユーザインタフェース54と、を備える。後述するように、直流電源45は直流電圧を必要としない超音波探触子を接続する場合は必ずしも備えている必要はない。

20

【0029】

図3の超音波探触子100は、図1及び図2に示した複数のチャンネルを持つ超音波振動子1に相当する。超音波探触子100の個々のチャンネルは、送受切替スイッチ40を介して、送信系回路と受信系回路とに切り替えられる。超音波探触子100は、電源42によって駆動する送信アンプ43及び受信アンプ44により超音波ビームを形成するアレイとして動作し、超音波の送受信のために利用される。

30

【0030】

なお、超音波探触子100が、CMUT(Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer)のようなバイアス電源を必要とするものである場合は、超音波探触子100が直流電源45に接続されている。

【0031】

超音波探触子100の複数のチャンネルは、超音波撮像装置の送信ビームフォーマ48及び受信ビームフォーマ49に接続されている。送受信の信号は、ユーザインタフェース54による操作に応じて制御部50によって制御される。信号を送信する場合、送信信号は、制御部50で制御され、個々のチャンネルに波形、振幅及び遅延時間が設定される。また、制御部50では、図8で説明するような重みの制御を行ってもよい。送信信号は、送信ビームフォーマ48、D/Aコンバータ46、送信アンプ43を介して超音波探触子100に送信される。ここで、送信アンプ43には、制御部50による制御により波形形成された電圧が入力され、送信アンプ43で電圧が増幅されて出力される。これにより、超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号が超音波探触子100の複数のチャンネルに入力される。なお、電圧リミッター41は、超音波探触子100に過大な電圧印加しないよう、あるいは送信波形制御の目的で設けられている。

40

【0032】

超音波探触子100において超音波の信号を受信した場合は、複数のチャンネルにおける受信信号が整相(遅延)加算処理される。受信信号は、受信アンプ44、A/Dコンバ

50

ータ47や受信ビームフォーマ49を介した後、信号処理部(画像処理部)51に送信される。信号処理部51は、Bモード断層像処理や血流カラーモードあるいはドップラー等の機能に応じた処理を実行し、受信信号をビデオ信号に変換する。その後、ビデオ信号は、スキャンコンバータ52を介して表示部53に送信され、表示部53には画像や数値が表示される。なお、受信アンプ44は、LNAや可変ゲインアンプなどによって構成される。

【0033】

次に、一般的なサブアレイ化による回路構成について、図4を用いて説明する。図4は、超音波診断装置におけるサブアレイ回路の構成例を示す。超音波診断装置は、サブアレイ回路として、サブアレイ受信回路13とサブアレイ送信回路16とを備える。

10

【0034】

図4の探触子チャンネル6は、図1及び図2に示した超音波振動子1の探触子チャンネルに相当する。図4では、4つの超音波振動子の探触子チャンネル6を1つのサブアレイ5として構成している。

【0035】

サブアレイ受信回路13は、LNA(Low Noise Amplifier)8と、VGA9(Variable Gain Amplifier)と、微小遅延回路10と、加算回路11と、バッファアンプ12とを備える。サブアレイ化されたいくつかの探触子チャンネル6(図4では4チャンネル分)で得られた受信信号は、それぞれ送受分離回路(もしくは保護回路)7、LNA8、VGA9、微小遅延回路10を通過後、加算回路11で足し合わされ一つの電気信号となる。その後、加算回路11からの電気信号は、バッファアンプ12を通してメインビームフォーマへと送られる。図4に示すように、このようなサブアレイ回路は複数あり、それぞれのサブアレイ回路からメインビームフォーマへ電気信号(サブアレイ信号)が送られる。メインビームフォーマでは、これらの複数のサブアレイ信号を遅延処理及び加算処理する。ここで、LNA8、VGA9、バッファアンプ12は、適宜使用され、その配置箇所も変わり得る。

20

【0036】

また、サブアレイ送信回路16は、微小遅延回路14と、分配回路15とを備える。送信については、送信アンプもしくは送信パルサーなどの送信回路からの高電圧信号を分配回路15によって複数のチャンネルに分け、分けられた信号は微小遅延回路14で遅延時間を与えられる。その後、信号は探触子チャンネル6に送られる。送信の場合は、受信の場合ほどフォーカスを絞らないことが多いため、微小遅延回路14を挿入しないこともある。また、サブアレイ化に際しては、必ずしもサブアレイ受信回路13とサブアレイ送信回路16を同時に搭載する必要はなく、どちらか一方だけ搭載することもあり得る。

30

【0037】

このように、サブアレイ化することで、メインビームフォーマのチャンネル数よりも多くの探触子チャンネルを扱うことが可能となる。例えば、1つのサブアレイが含む探触子チャンネル数を4とすると、本体メインビームフォーマが48chであっても、 $48 \times 4 = 192$ chの探触子チャンネルの信号を扱うことができる。

【0038】

しかしながら、上述したように、このようなサブアレイ化するための回路の性能(遅延時間精度、S/N等)が、従来の本体装置内蔵のメインビームフォーマと比較して劣化する場合、その影響は画像全体に及ぶ。微小遅延回路における微小遅延精度が悪い状態で加算された信号は、本体装置において加算前の信号状態に復元することができない。したがって、仮に本体装置のメインビームフォーマが高い遅延時間精度を有していても、結局は微小遅延加算回路の精度で遅延時間精度が決まってしまうことになる。あるいは、LNAやVGAの性能によってはS/Nやダイナミックレンジの低下を招く場合がある。また、図4の回路では、VGA9を探触子チャンネル6毎に挿入しているが、消費電力等の理由で全チャンネルにVGA9が挿入できない場合もある。また、加算後にVGAを挿入するような場合、サブアレイ信号毎の不連続な(粗い)重みしか与えることができない。この

40

50

ような場合、画像上ではブロックノイズを引き起こすこともある。

【0039】

そこで、本発明では、超音波診断機による撮像を行う上で現れる3つの特性に注目する。第一の特性について図5を用いて説明する。図5は、一次元リニアアレイ探触子において、あるフォーカス点2からの反射エコー信号を受信したときの探触子チャンネル方向の受信信号振幅の分布20を示す。

【0040】

口径中心（フォーカス点軸）付近のチャンネルは、反射体へ向けて送信したビームの正面に位置し、また距離も最も近いので、音響エネルギーが集中し、最も信号振幅が高くなる。したがって、画像化においては、口径中心（フォーカス点軸）付近にあるチャンネルの受信信号の画質に与える影響度は高く、口径中心から離れたチャンネルの受信信号の影響度は低い。つまり、口径中心ほど遅延時間精度やS/Nの高い信号を有することが望ましい。

【0041】

第二の特性について図6および図7を用いて説明する。図6は、フォーカス深度と口径幅との関係を示す図であり、図7は、フォーカス深度と受信信号スペクトラムとの関係を示す図である。

【0042】

一般的に、超音波診断装置においては、撮像する深さに応じて、使用する口径幅を変える。実際には口径比（Fナンバー＝フォーカス距離／口径）をほぼ固定して使用する。これは、深さ方向の焦点領域をある程度制限するためである。したがって、例えば図6において、浅部のフォーカス点21の口径はW1となり、深部のフォーカス点22では口径をW2とする。つまり、フォーカス点が浅部になるほど、口径中心付近のチャンネルの信号しか使わず、深い位置を撮像するときほど口径中心から離れたチャンネルの信号を利用する。口径中心付近チャンネルは常に使用されるが、口径中心から離れたチャンネルほど使用頻度は下がる。

【0043】

ところで、超音波の特性の一つに距離減衰がある。伝搬距離が長くなるほど超音波が減衰し、周波数が高いほど減衰量が大きくなるという特性がある。図7は、浅部のフォーカス点における信号スペクトラム23と、深部のフォーカス点における信号スペクトラム24とを示す。

【0044】

図7に示したように、浅部の信号スペクトラム23は減衰が小さく、より高周波信号まで含んでいる。一方、深部の信号スペクトラム24は全ての周波数で減衰するが、相対的に高周波側がより大きく減衰し、中心周波数（帯域幅／2）が低周波化する。つまり、浅部では口径が狭く、高周波側まで信号を扱う必要があり、深部では口径を広げるが、低周波の信号が支配的となる。前述したように、高周波になるほど遅延時間精度が求められ、低周波ほど精度が粗くてもよい。したがって、画像化においては、口径中心付近にあるチャンネルほど高精度な遅延時間精度が求められ、口径中心から離れたチャンネルは相対的に低い遅延時間精度でよい。

【0045】

次に、第三の特性について図8を用いて説明する。図8は、探触子がある口径を開いたとき、探触子における各チャンネルの送受信信号に与える重み（Apodization）の分布25を示す。

【0046】

超音波診断機では、超音波ビームの特性向上の目的で口径の端部で不連続に信号強度が変化しないよう、チャンネル方向に重みを加える。口径中心チャンネルの重みは大きく、口径中心から離れたチャンネルの重みは小さい。したがって、口径中心から離れたチャンネルの信号の影響度は相対的に低くなり、その分画像に与える影響も小さい。

【0047】

10

20

30

40

50

以上三つの特性を考慮し、本発明では以下のような構成を考える。本体装置の送信または受信のメインビームフォーマのチャンネルを、微小遅延加算回路や微小遅延分配回路等のサブビームフォーマを通すチャンネルグループと、探触子チャンネルから本体装置のメインビームフォーマに直接接続するチャンネルグループに分ける。

【0048】

一例として二次元アレイの場合について、図9にその構成例を示す。図9は、第1実施例に係る超音波診断装置における受信系回路を示す。図9では、4つの超音波振動子1の探触子チャンネルを1つのサブアレイ5として構成している。図9のサブアレイ受信回路13は、図4のサブアレイ受信回路13に相当する。すなわち、サブアレイ受信回路13は、4つの超音波振動子1の探触子チャンネルを1つのサブアレイとして構成し、サブアレイ5に含まれる超音波振動子1から得られる超音波の受信信号をサブアレイ単位で遅延処理及び加算処理する遅延加算回路である。

10

【0049】

本体ビームフォーマ31は、超音波振動子1から得られる超音波の受信信号を遅延処理及び加算処理する遅延加算回路であり、受信用のメインビームフォーマに相当する。図9の例では、本体ビームフォーマ31が持つチャンネルを二つのグループに分ける。本体ビームフォーマ31のチャンネルは、第1の本体ビームフォーマチャンネル32と、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に分けられる。

【0050】

本実施例において、複数の超音波振動子1は、第1のグループと第2のグループとを含む。第1のグループは、超音波振動子1の探触子チャンネル内でサブアレイ5を形成し、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に接続するグループである。第2のグループは、超音波振動子1の探触子チャンネル30から直接第2の本体ビームフォーマチャンネル33に接続するグループである。

20

【0051】

上述の例において、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に接続する探触子チャンネル30は口径中心付近に集中させ、サブアレイ化したグループは口径中心から離れた領域に配置することが望ましい。図9の例では、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される探触子チャンネル30を口径中心付近に連続的に配置する。一方、口径中心から離れた両端の探触子チャンネルは、サブアレイ5として構成され、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に接続される。

30

【0052】

したがって、口径W1の場合、受信信号は、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接送信される。また、口径W2の場合、口径中心付近の受信信号は、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接送信され、口径中心から離れた位置での受信信号は、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に送信される。これにより、常に使用され、かつ遅延時間精度やS/Nが求められる口径中心付近の信号は、本体ビームフォーマ31（メインビームフォーマ）で高精度・高感度に直接処理されるため、従来装置並みの高精細な画像となる信号を生成する。一方、口径中心から離れたチャンネルの信号は相対的に使用される頻度が低い。あるいは使用される場合であっても相対的に信号の重みは小さいため、画像への影響度が小さい。また、サブアレイ受信回路13の遅延時間精度が低くても、口径を大きく開いた状態では、使用する周波数帯域が低くなるため、画像に与える影響が小さい。つまり、本実施例によれば、サブアレイ受信回路13によって劣化した信号が発生しても画像上の劣化を防ぐことができる。

40

【0053】

従来のサブアレイ化においては、口径内のすべてのチャンネルを全てサブアレイ化し、全ての信号が劣化していたため、画像全体の画質劣化をもたらしていた。しかし、本実施例では、全てのチャンネル信号が均一な特性を持っていないことに注目し、本体ビームフォーマ31のチャンネル数を複数に分割し、より重みが高く・精度の求められる探触子チャンネルは、本体ビームフォーマ31に直接接続し、これとは相対的に低い性能でも許容

50

される探触子チャンネルをサブアレイ化する。これにより画質の劣化を防ぐことができる。

【 0 0 5 4 】

本実施例によれば、メインビームフォーマのチャンネル数が 6 4 c h で、4 c h を 1 c h にチャンネルを低減する (4 : 1 リダクション) 微小遅延加算回路を用いる場合、例えば 6 4 c h うちの 4 4 c h の探触子チャンネルをメインビームフォーマと直接接続し、口径中心に配置する。残りの 2 0 c h をサブアレイ用とし、 $2 0 c h \times 4 = 8 0 c h$ のチャンネルを 4 0 c h ずつ口径中心から離れた両端に配置する。これにより、等価的には 1 2 4 c h の口径を持つ探触子となる。このような構成にすることで、性能の劣る微小遅延加算回路等を用いながらも、画質劣化することなく口径を広げることが可能となる。

10

【 0 0 5 5 】

当然ながら、リダクションの比率が 4 : 1 ではなく、9 : 1、1 6 : 1 等のリダクション比率を有する回路を用いれば、より少ない本体チャンネル数で等価的に扱える探触子チャンネル数を増加することができる。尚、リダクションの比率は特に制限はなく、設計条件に応じていかなる比率であってもよい。

【 0 0 5 6 】

また、上記の例では、サブアレイのリダクションの比率は固定であったが、複数のリダクション比率を同時に有してもよい。例えば、図 1 0 は、4 : 1 リダクションと 9 : 1 リダクションとを併用した例を示す。図 1 0 では、4 つの探触子チャンネルを第 1 のサブアレイ 3 4 として構成し、9 つの探触子チャンネルを第 2 のサブアレイ 3 5 として構成している。第 1 のサブアレイ 3 4 の探触子チャンネルは、第 1 のサブアレイ用回路 3 6 を介して第 1 の本体ビームフォーマチャンネル 3 2 に接続する。また、第 2 のサブアレイ 3 5 の探触子チャンネルは、第 2 のサブアレイ用回路 3 7 を介して第 1 の本体ビームフォーマチャンネル 3 2 に接続する。第 1 及び第 2 のサブアレイ用回路 3 6、3 7 は、図 4 のサブアレイ受信回路 1 3 に相当する。なお、図 9 及び 1 0 では、サブアレイのパターンは口径中心に対して左右対称としているが、サブアレイのパターンは必ずしも口径中心に対して左右対称である必要はない。

20

【 0 0 5 7 】

上記の例では、メインビームフォーマの持つチャンネル数 6 4 c h のうち 4 4 c h を探触子チャンネル直結用としてメインビームフォーマに直接接続しているが、その配分は必ずしも一定である必要はなく、状況に応じて変化させてもよい。例えば、設計によっては 6 4 c h のうち 3 2 c h を探触子直結用として、残り 3 2 c h をサブアレイ用を使用してよい。

30

【 0 0 5 8 】

送信の場合についても同様の構成となる。図 1 1 は、第 1 実施例に係る超音波診断装置における送信系回路を示す。図 1 1 では、4 つの超音波振動子 1 の探触子チャンネルを 1 つのサブアレイ 5 として構成している。図 1 1 のサブアレイ送信回路 1 6 は、図 4 のサブアレイ送信回路 1 6 に相当する。すなわち、サブアレイ送信回路 1 6 は、4 つの超音波振動子 1 を 1 つのサブアレイ 5 として構成し、サブアレイ 5 に含まれる超音波振動子 1 から超音波を発生させるために駆動電圧信号をサブアレイ単位で分配処理する送信分配回路と、分配された信号に遅延時間を与える微小遅延回路とを含む。なお、上述したように、サブアレイ送信回路 1 6 は、微小遅延回路を含まなくてもよい。

40

【 0 0 5 9 】

送信回路 6 0 は、超音波振動子 1 から超音波を発生させるための複数の独立な駆動電圧信号を送信する送信回路であり、送信用のメインビームフォーマに相当する。図 1 1 の例では、高精度の送信回路 6 0 が持つチャンネルを二つのグループに分ける。送信回路 6 0 のチャンネルは、第 1 の本体ビームフォーマチャンネル 6 1 と、第 2 の本体ビームフォーマチャンネル 6 2 に分けられる。

【 0 0 6 0 】

本実施例において、複数の超音波振動子 1 は、第 1 のグループと第 2 のグループとを含

50

む。

第1のグループは、駆動電圧信号が、遅延分配を行うサブアレイ送信回路16を介して、第1の本体ビームフォーマチャンネル61から探触子チャンネルに入力されるグループである。第2のグループは、駆動電圧信号が第2の本体ビームフォーマチャンネル62から探触子チャンネルに直接入力されるグループである。

【0061】

このように、送信回路60のチャンネル数を複数に分割し、より重みが高く・精度の求められる探触子チャンネル（口径中心付近の探触子チャンネル）は、第2の本体ビームフォーマチャンネル62と直接接続され、これとは相対的に低い性能でも許容される探触子チャンネル（口径中心から離れた探触子チャンネル）をサブアレイ化する。このような構成にすることで、性能の劣る微小遅延分配回路等を用いながらも、画質劣化することなく口径を広げることが可能となる。

10

【0062】

図3で示したように、送受切替スイッチ40等のスイッチを用いて、探触子チャンネルを選択する方法があるため、送信系回路と受信系回路が必ずしも同じサブアレイに接続している必要はない。図12は、送信系回路と受信系回路とが同じサブアレイに接続していない例を示す。図12の例では、口径中心付近の探触子チャンネル30のうち所定数を直接第2の本体ビームフォーマチャンネル33に接続し、一方、口径中心から離れた一方の端部の探触子チャンネルをサブアレイ5として構成し、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に接続する。また、口径中心付近の探触子チャンネル30のうちの残りのチャンネルが、第2の本体ビームフォーマチャンネル62と直接接続され、一方、口径中心から離れた他方の端部の探触子チャンネルが、サブアレイ送信回路16を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル61と接続される。

20

【0063】

図13は、チャンネル選択スイッチを用いて探触子チャンネルを選択する構成を示す。図13では一例として受信系回路について説明するが、送信系回路についても同様の構成が可能である。

【0064】

図13において、受信系回路（サブアレイ受信回路13及び本体ビームフォーマ31）と超音波振動子1との間には、チャンネル選択スイッチ70が設けられている。チャンネル選択スイッチ70は、使用する口径を移動するためのものであり、図3の制御部50等によって制御することが可能である。チャンネル選択スイッチ70により、サブアレイ5として選択される超音波振動子1と、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される探触子チャンネル30として選択される超音波振動子1とを任意に選択することが可能になる。

30

【0065】

チャンネル選択スイッチ70を用いれば、所謂リニアスキャンのように、適宜口径を移動して使うことができる。例えば画像上の、あるラスタのデータを取得する際に用いる口径を W_{n1} とすると、次のラスタでは W_{n2} の口径を用い、さらに次のラスタでは W_{n3} を用いるなどとする。チャンネルの選択は自由であるため、口径移動の際には必ずしもチャンネルを一つずつ移動する必要はなく、また本体ビームフォーマ31（メインビームフォーマ）に直接接続する探触子チャンネルと、サブアレイ受信回路13（サブビームフォーマ）に接続する探触子チャンネルのパターンは適宜変更してもよい。

40

【0066】

チャンネル選択スイッチ70を用いることにより、例えば、メインビームフォーマのチャンネルのほとんど全てを超音波振動子1に直結したパターンを作ってもよい。サブアレイを用いない場合と比べると、口径は制限されるが、より高画質で撮像した場合などに適している。逆に、サブアレイ化する割合を多くして、口径優先の撮像を行うことも可能である。

【0067】

50

図14は、チャンネル選択スイッチを用いて探触子チャンネルを選択する構成の別の例を示す。図14では、チャンネル選択スイッチ71が、受信系回路(サブアレイ受信回路13及び本体ビームフォーマ31)及び送信系回路(サブアレイ送信回路16及び送信回路60)と、超音波振動子1との間に設けられている。チャンネル選択スイッチ71は、探触子チャンネルの選択を行うとともに、送受信の切替えも行うものである。

【0068】

チャンネル選択スイッチ71を用いることにより、図14に示したように、送信と受信で使用する探触子チャンネルを自由に選択することも可能となる。これにより、送信時に使用する口径と受信時に使用する口径を任意に変え、送受信のそれぞれにおいて最適なチャンネル選択と口径の設定が可能になる。

10

【0069】

メインビームフォーマのチャンネル数が極めて少ない場合等は、メインビームフォーマに割ける口径が小さくなり、一見すると本発明の有効性が失われるように考えられる。しかしながら、合成開口などの撮像技術を使用すれば、本発明の有効性が得られる。合成開口では、一度に扱える口径幅が限られていても、開口位置を変えて複数回の送受信を行う。そして、得られた複数の情報を後で一つにまとめることで、あたかも大口径でデータを取得したかのごとく撮像画像を構成することができる。使用する口径はチャンネル選択スイッチ70、71などにより実現できる。なお、チャンネル選択スイッチ70、71は、超音波探触子100が備えていてもよい。

【0070】

20

<第2実施例>

第1実施例では、メインビームフォーマに接続する探触子チャンネルを口径中心付近に連続的に配置し、サブアレイを口径から離れた位置に連続的に配置する。しかしながら、メインビームフォーマとサブビームフォーマの性能差が極端に大きい場合、撮像中に口径がサブアレイ領域に入った途端に不連続に画質に悪影響が出る可能性がある。図15は、このような課題を解決するための第2実施例に係る超音波診断装置における受信系回路を示す。なお、図15では一例として受信系回路について説明するが、送信系回路についても同様の構成が可能である。

【0071】

図15において、本体ビームフォーマ31のチャンネルは、複数の第1の本体ビームフォーマチャンネル32と、複数の第2の本体ビームフォーマチャンネル33とに分けられる。超音波振動子1の探触子チャンネルのうち口径の中心付近に配置されるグループは、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される。また、そのチャンネルの隣の2つの探触子チャンネルは、1つのサブアレイ5Aとして構成され、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に接続される。さらに、サブアレイ5Aの隣の探触子チャンネルのグループは、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される。

30

【0072】

このように、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される探触子チャンネルのグループと、サブアレイ化された探触子チャンネルのグループとが、交互に配置されている。図15の例では、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続される探触子チャンネルのグループと、サブアレイ化された探触子チャンネルのグループとが、不連続に配置されるため、撮像中に口径がサブアレイ領域に入った途端に画質に影響がでるのを回避することができる。

40

【0073】

なお、口径中心から離れるに従い、本体ビームフォーマ31に直接接続するチャンネル数(口径幅)を徐々に減らし、逆に、サブアレイの領域を徐々に拡大するのが望ましい。図15の例では、口径中心から離れるに従い、第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続するチャンネル数(口径幅)を徐々に減らし、サブアレイ5A、5B、5Cの領域を徐々に拡大している。このような構成とすることで、滑らかにサブビームフォーマ

50

を使った領域へ接続させ、画質の不連続性を回避することができる。

【0074】

<第3実施例>

上記の第1、第2の実施形態では、一次元アレイを想定している。しかし、本発明はマトリクスアレイにも適用することができる。図16は1.25Dあるいは1.5Dアレイの構成例である。1.25Dとは、探触子の短軸口径が可変であるマトリクスアレイであり、1.5Dとは、短軸口径の中心軸上において、短軸側のフォーカス点を任意に設定できるマトリクスアレイである。

【0075】

図16は、超音波探触子の音響放射面上からみたアレイ構造を示す。図16の超音波探触子では、長軸方向だけでなく、短軸方向にも探触子のチャンネルが分割されている。1.25Dや1.5Dの短軸断面の超音波ビームは短軸口径中心に対して対称であるため、通常、両側のチャンネルは短絡、または同じ遅延時間や重みが付与される。

【0076】

撮像においては、短軸口径中心付近に最も音響エネルギーが集中する。また、短軸口径中心から離れたチャンネルの送受信に対する重みを小さくする、あるいは近傍撮像では短軸口径を狭めて使う。したがって、長軸口径同様、短軸口径においても、口径中心付近のチャンネルは遅延時間精度が高く、S/Nの高い信号であることが望ましい。

【0077】

本実施例においても、本体ビームフォーマ31のチャンネルは、第1の本体ビームフォーマチャンネル32と、第2の本体ビームフォーマチャンネル33とを備える。本実施例のマトリクスアレイでは、短軸口径中心付近のチャンネルが第2の本体ビームフォーマチャンネル33に直接接続され、短軸口径中心の周囲のチャンネルグループが、サブアレイ受信回路13を介して第1の本体ビームフォーマチャンネル32に接続される。

【0078】

なお、図示しないが1.75Dでは短軸方向にもビームを傾けるため、短軸チャンネルの両側を短絡はせず、異なる遅延時間を与える。そのため、短軸口径中心の両側の探触子チャンネルには独立なサブビームフォーマを接続する。また、メインビームフォーマのチャンネル数の配分によっては、短軸口径中心のチャンネルであってもサブアレイ領域を設け、一次元アレイと同様の構成を適用してもよい。また、図16では、受信系回路のみ説明したが、送信系回路についても同様にマトリクスアレイに適用することができる。

【0079】

図17は、さらに短軸分割数を増やした2Dマトリクスアレイの構成例である。2Dマトリクスアレイは、長軸方向にも短軸方向にも任意のフォーカス点を形成する構造である。通常、2Dマトリクスアレイでは、短軸と長軸の口径比が近づくため、口径中心の形状は円形や正方形に近いものになることが多い。

【0080】

本実施例では、図17に示すように、超音波振動子の探触子チャンネルを、メインビームフォーマに直接接続するチャンネルグループ80と、1つのサブアレイを形成し、且つサブビームフォーマを介してメインビームフォーマに接続するチャンネルグループ81に分ける。図15では、メインビームフォーマに直接接続するグループおよびサブアレイグループが連続的に配置されているが、図15において説明した一次元アレイの場合の如く、必ずしも連続的である必要はなく、チャンネル選択スイッチ等を用いて、その配置パターンを任意に設定してよい。

【0081】

なお、2Dマトリクスアレイになると、超音波探触子が物理的に持つチャンネル数(数千チャンネルオーダー)に対して、メインビームフォーマのチャンネル数が極めて少なくなる。このため、メインビームフォーマに直接接続するチャンネルで形成される口径面積は、充分大きくできない場合がある。しかしながら、上述したように、開口合成等の手法を用いれば、複数回の送受信によって等価的に大きな口径を有する超音波ビームによる撮像

10

20

30

40

50

画像が得られる。したがって、2Dマトリクスアレイにおいても本発明の有効性は全く損なわれない。

【0082】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。例えば、超音波診断装置は、サブアレイ化に際して、必ずしもサブアレイ受信回路13とサブアレイ送信回路16を同時に搭載する必要はなく、どちらか一方だけ搭載することもあり得る。

10

【符号の説明】

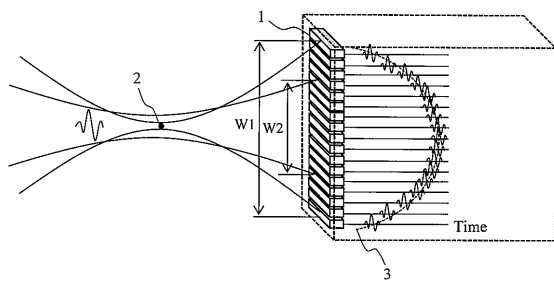
【0083】

- | | | |
|----|--|----|
| 1 | 超音波振動子 (Ultrasonic transducers) | |
| 2 | フォーカス点 (Focus point) | |
| 3 | 遅延時間 (Delay time) | |
| 4 | 加算器 | |
| 5 | サブアレイ | |
| 6 | 探触子チャンネル | |
| 7 | 送受分離回路もしくは保護回路 | 20 |
| 8 | LNA (Low Noise Amplifier) | |
| 9 | VGA (Variable Gain Amplifier) | |
| 10 | 微小遅延回路 (受信用) | |
| 11 | 加算回路 | |
| 12 | バッファアンプ | |
| 13 | サブアレイ受信回路 (受信用サブビームフォーマ) | |
| 14 | 微小遅延回路 (送信用) | |
| 15 | 分配回路 | |
| 16 | サブアレイ送信回路 (送信用サブビームフォーマ) | |
| 20 | 受信信号の振幅分布 (チャンネル方向分布) | 30 |
| 21 | 浅部のフォーカス点 | |
| 22 | 深部のフォーカス点 | |
| 23 | 浅部の信号スペクトラム | |
| 24 | 深部の信号スペクトラム | |
| 30 | 本体ビームフォーマへ直接接続するグループ | |
| 31 | 本体ビームフォーマ (メインビームフォーマ) | |
| 32 | 受信用メインビームフォーマチャンネルの第1の本体ビームフォーマチャンネル | |
| 33 | 受信用メインビームフォーマチャンネルの第2の本体ビームフォーマチャンネル | |
| 34 | 第1のサブアレイ (4chサブアレイ) | |
| 35 | 第2のサブアレイ (9chサブアレイ) | 40 |
| 36 | 第1のサブアレイ用回路 (4:1リダクション回路) | |
| 37 | 第2のサブアレイ用回路 (9:1リダクション回路) | |
| 60 | 送信回路 (メイン送信ビームフォーマ (アンプ)) | |
| 61 | 送信用メインビームフォーマの第1の本体ビームフォーマチャンネル | |
| 62 | 送信用メインビームフォーマの第2の本体ビームフォーマチャンネル | |
| 70 | チャンネル選択スイッチ | |
| 71 | チャンネル選択スイッチ | |
| 80 | 2Dアレイにおいてメインビームフォーマへ直接接続するチャンネルグループ | |
| 81 | 2Dアレイにおけるサブビームフォーマを介するチャンネルグループ (4ch x 4ch = 16chのサブアレイ) | 50 |

100 超音波探触子
400 送信系及び受信系回路

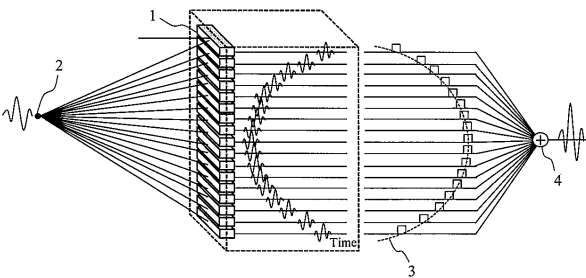
【図1】

図1



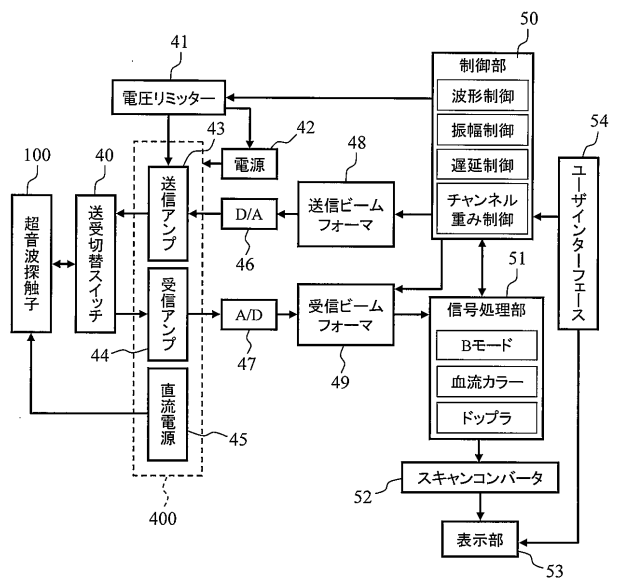
【図2】

図2



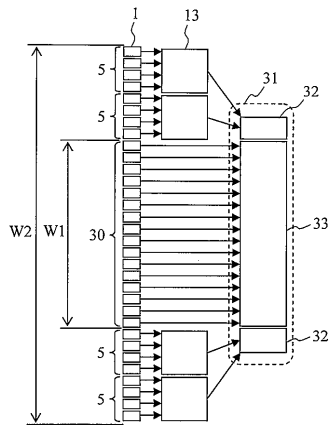
【図3】

図3



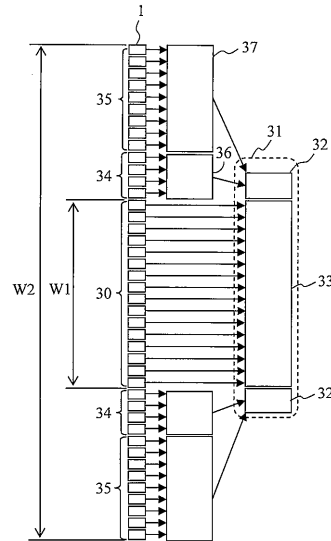
【図9】

図9



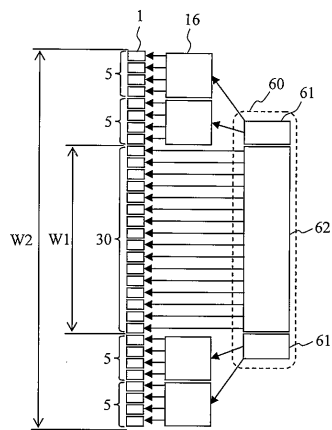
【図10】

図10



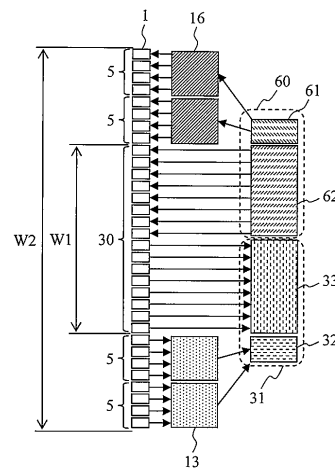
【図11】

図11

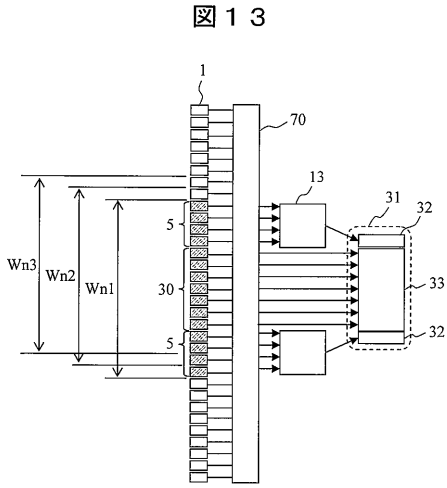


【図12】

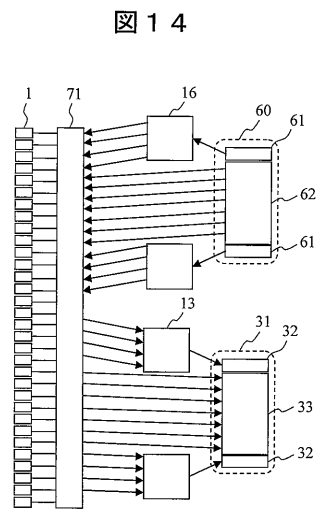
図12



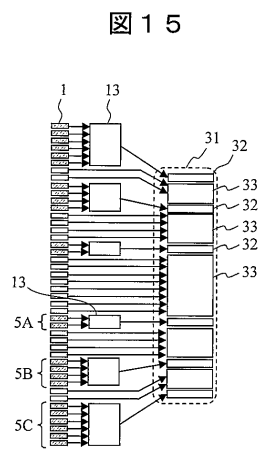
【 図 1 3 】



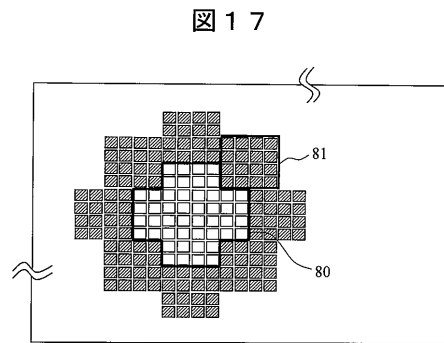
【 図 1 4 】



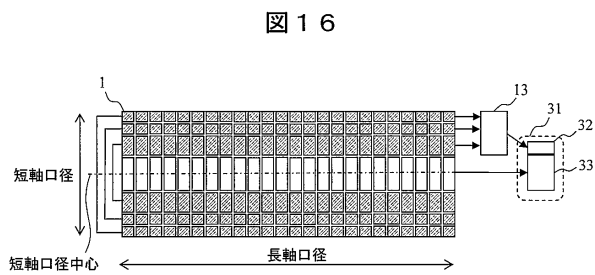
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

審査官 樋熊 政一

- (56)参考文献 特表2009-502400(JP,A)
特開2006-167207(JP,A)
特開平09-084795(JP,A)
特開昭62-083656(JP,A)
特開昭54-096286(JP,A)
特開平01-214347(JP,A)
特開昭62-084748(JP,A)
特開2011-050490(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	8/00 - 8/15
G01S	1/72 - 1/82
G01S	3/80 - 3/86
G01S	5/18 - 5/30
G01S	7/52 - 7/64
G01S	15/00 - 15/96
G01N	29/00 - 29/52