

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3977827号
(P3977827)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年6月29日(2007.6.29)

(51) Int.C1.

F 1

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

請求項の数 19 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2004-185895 (P2004-185895)
 (22) 出願日 平成16年6月24日 (2004.6.24)
 (65) 公開番号 特開2005-34634 (P2005-34634A)
 (43) 公開日 平成17年2月10日 (2005.2.10)
 審査請求日 平成16年6月28日 (2004.6.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-181070 (P2003-181070)
 (32) 優先日 平成15年6月25日 (2003.6.25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-181104 (P2003-181104)
 (32) 優先日 平成15年6月25日 (2003.6.25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 竹内 秀樹
 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ株式会社内
 審査官 右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プローブヘッドを有するプローブユニット、及び、前記プローブユニットが着脱自在に接続される装置本体を含む超音波診断装置において、

複数の二次元のサブアレイに区分される複数の振動素子で構成される二次元のアレイ振動子と、

前記各サブアレイ内の複数の振動素子に対して、ビーム形成条件に応じて、複数のグループを設定する手段であって、前記各グループを構成する振動素子の個数を可変することが可能なグループ設定部と、

前記各サブアレイに設定された複数のグループに対して、複数の送信信号を供給する送信部と、

前記各サブアレイに設定された複数のグループに対応する複数のグループ受信信号を処理する受信部と、

を含み、

前記受信部は、

前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、それぞれが複数のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を行ってサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、

前記複数のサブ整相加算回路から出力された複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を行う少なくとも1つのメイン整相加算回路と、

10

20

を含み、

前記プローブヘッドには前記アレイ振動子及び前記グループ設定部が設けられ、

前記プローブユニットには前記複数のサブ整相加算回路及び前記送信部が設けられ、

前記装置本体には前記少なくとも1つのメイン整相加算回路が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記少なくとも1つのメイン整相加算回路の出力に基づいて三次元画像を形成する手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項3】

10

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記各グループを構成する複数の振動素子から出力された複数の受信信号を加算することによって前記グループ受信信号が生成されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項4】

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記各送信信号がそれに対応するグループを構成する複数の振動素子に対して並列的に供給されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項5】

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記グループ設定部はスイッチング回路を有し、

20

前記スイッチング回路は、受信時に、前記各グループごとに複数の受信信号を加算することによって、受信チャンネルリダクションを実行し、及び、送信時に、前記各グループごとに同じ送信信号を複数の振動素子へ並列的に出力することによって、送信チャンネルリダクションを実行する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項6】

請求項5記載の超音波診断装置において、

前記スイッチング回路は、前記サブアレイ内の複数の振動素子と、複数のグループ信号線と、を選択的に接続するスイッチングマトリクス回路であり、

前記スイッチングマトリクス回路は、前記サブアレイ内の各振動素子を前記複数のグループ信号線の中から選択されたグループ信号線へ接続し、

30

前記スイッチングマトリクス回路は、前記各グループ信号線に対して任意数の振動素子を接続することが可能であることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項7】

請求項6記載の超音波診断装置において、

前記スイッチングマトリクス回路は、前記ビーム形成条件に応じて、前記各グループ信号線に対して接続する振動素子の個数を可変することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項8】

請求項6記載の超音波診断装置において、

前記ビーム形成条件に応じて、前記各サブアレイを構成する複数の振動素子が、複数の有効振動素子と、1又は複数の無効振動素子と、に区分され、

40

前記複数の有効振動素子が前記複数のグループ信号線に接続されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項9】

請求項1記載の超音波診断装置において、

更に、前記各グループを構成する振動素子数に応じて、前記各グループ受信信号に対して重み付け処理を行う手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項10】

請求項1記載の超音波診断装置において、

前記各サブアレイにおけるグループ設定パターンを動的に切り換え可能であることを特

50

徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記プローブヘッド内には、更に、前記複数の整相加算回路が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記プローブヘッド内には、更に、前記送信部が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記プローブユニットにおけるケーブルコネクタ内には、更に、前記複数の整相加算回路が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記プローブヘッドにおけるケーブルコネクタ内には、更に、前記送信部が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記受信部は、更に、複数のメイン整相加算回路を有し、 20
1 回の受信で複数の受信ビームが同時形成されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記グループ設定部は、前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、それぞれが前記各サブアレイ内の m 個の振動素子を n (但し $1 < n < m$) 個のグループにグルーピングする複数のスイッチング回路を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、
前記グループ設定部は、前記ビーム形成条件としてのビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイについてのグループ設定パターンを動的に切り換えることを特徴とする超音波診断装置。 30

【請求項 1 8】

請求項 1 7 記載の超音波診断装置において、
前記グループ設定パターンの切り換えには、各グループを構成する振動素子数及び各グループの形状の切り換えが含まれることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 記載の超音波診断装置において、
前記グループ設定パターンの切り換えには、更に、前記各サブアレイに 1 又は複数の無効振動素子を含めるか否かの切り換えが含まれ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】

【0 0 0 1】

本発明は、医療の分野で用いられる超音波診断装置に関し、特に、チャンネルリダクション技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

超音波診断装置は、医療の分野において、生体（患者）の疾病を診断するために用いられる。詳しくは、超音波診断装置は、生体に対して超音波パルスを送波し、生体からの反射波を受波し、その受波によって得られた受信信号に基づいて超音波画像を形成する。超音波診断装置は、装置本体（メインユニット）と、それに接続されるプローブ（プローブ 50

ユニット)と、を有する。プローブは、一般に、プローブヘッド、ケーブル、及び、コネクタを有する。

【0003】

プローブヘッド内に設けられたアレイ振動子は、複数の振動素子によって構成される。近時、アレイ振動子については多素子化の傾向がみられる。超音波ビームを二次元走査して三次元空間を形成するための2Dアレイ振動子として、様々な2Dアレイ振動子が実用化されている。その中には、数千個の振動素子を有している2Dアレイ振動子がある。

【0004】

アレイ振動子を構成する各振動素子ごとに独立して信号線を設けると、アレイ振動子それ全体に対して、多数の信号線を接続しなければならない。そのような場合、プローブヘッドから引き出されるプローブケーブル(複数の信号線を収容するケーブル)の直径が非常に大きくなり、また、プローブケーブルの端部に設けられるコネクタにおける端子(ピン)数も多数となる。更に、各振動素子ごとに送信器及び受信器を設ける必要があるので、送信部及び受信部の回路規模が増大する。そこで、多素子化の進展に伴って、プローブケーブルの細径化、及び、チャンネル数(送信器数、受信器数)削減ということが要望されている。

【0005】

特開2001-276064号公報には、複数の振動素子を共通の1つの信号線に固定的に接続した構成が開示されている(同公報の図2、図4など)。特開2001-104303号公報には、段階的に2つの整相加算回路を設けた構成が開示されている。特開平9-322896号公報の図6には、2Dアレイ振動子に複数のグループを固定的に設定すること、複数のグループに対して複数の第1ビームフォーマーを接続すること、及び、複数の第1ビームフォーマーの後段に複数の第2ビームフォーマーを設けること、が示されている。しかしながら、それらの文献には、2Dアレイ振動子上に設定される各サブアレイ上に複数のグループを動的に設定すること、及び、各グループを用いてチャンネルリダクションを行うこと、については記載されていない。米国特許第5832923号には、2Dアレイ振動子上に複数の2Dサブアレイを設定すること、及び、各サブアレイ上に複数のグループを設定すること、が開示されている。しかし、各グループ間において、グループを構成する振動素子の個数は同一である。この文献には、ビーム方向に応じて、各グループを構成する振動素子の個数を可変することは記載されていない。

【0006】

【特許文献1】特開2001-276064号

【特許文献2】特開2001-104303号

【特許文献3】特開平9-322896号

【特許文献4】米国特許第5832923号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、チャンネルリダクションについての新しい方法が適用された超音波診断装置を提供することにある。

【0008】

本発明の他の目的は、超音波診断装置においてプローブケーブルを細くできるようにすることにある。

【0009】

本発明の更に他の目的は、超音波画像の画質を低下させるサイドローブを低減することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1) 本発明は、プローブヘッドを有するプローブユニット、及び、前記プローブユニットが着脱自在に接続される装置本体を含む超音波診断装置において、複数の二次元のサブ

10

20

30

40

50

アレイに区分される複数の振動素子で構成される二次元のアレイ振動子と、前記各サブアレイ内の複数の振動素子に対して、ビーム形成条件に応じて、複数のグループを設定する手段であって、前記各グループを構成する振動素子の個数を可変することが可能なグループ設定部と、前記各サブアレイに設定された複数のグループに対して、複数の送信信号を供給する送信部と、前記各サブアレイに設定された複数のグループに対応する複数のグループ受信信号を処理する受信部と、を含み、前記受信部は、前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、それぞれが複数のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を行ってサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、前記複数のサブ整相加算回路から出力された複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を行う少なくとも1つのメイン整相加算回路と、を含み、前記プローブヘッドには前記アレイ振動子及び前記グループ設定部が設けられ、前記プローブユニットには前記複数のサブ整相加算回路及び前記送信部が設けられ、前記装置本体には前記少なくとも1つのメイン整相加算回路が設けられたことを特徴とする超音波診断装置に関する。
10

【0011】

上記構成によれば、アレイ振動子に対して複数のサブアレイが設定され、各サブアレイに対して複数のグループが設定される。あるグループが複数の振動素子で構成される場合、それらの複数の振動素子には共通の送信信号が供給される。また、あるグループが複数の振動素子で構成される場合、それらの複数の振動素子から出力された複数の受信信号がグループ単位でまとめられてグループ受信信号を構成する。よって、送信部（送信手段）が生成すべき送信信号数及び受信部（受信手段）が処理すべき受信信号数を削減できる。
20つまり、チャンネルリダクションを簡便に達成できる。

【0012】

アレイ振動子上におけるサブアレイパターンは、固定的に設定され、あるいは、動的に可変設定される。各グループは、通常、複数の振動素子で構成される。ただし、複数のグループの中に、1つの振動素子からなるグループが存在してもよい。ビーム形成条件（例えば、ビーム走査方向、要求されるビームプロファイル）に応じて、複数のグループの様相（グループピングパターン）を適応的に変化させるのが望ましく、その場合に、各グループを構成する振動素子数を適応的に設定するのが望ましい。望ましくは、前記アレイ振動子は2Dアレイ振動子であり、前記各サブアレイは2Dサブアレイである。受信部は、サブセクション及びメインセクションで構成されてもよい。このことは送信部についても同様である。各サブアレイ内における全振動素子を有効振動素子（超音波の送波及び受波を行う振動素子）として利用してもよいし、全部又は一部のサブアレイ内に1又は複数の無効振動素子（超音波の送波及び受波を行わない振動素子）を設定してもよい。
30

【0013】

望ましくは、前記グループ設定部はスイッチング回路を有し、前記スイッチング回路は、受信時に、前記各グループごとに複数の受信信号を加算することによって、受信チャンネルリダクションを実行し、及び、送信時に、前記各グループごとに同じ送信信号を複数の振動素子へ並列的に出力することによって、送信チャンネルリダクションを実行する。

【0014】

望ましくは、前記スイッチング回路は、前記サブアレイ内の複数の振動素子と、複数のグループ信号線と、を選択的に接続するスイッチングマトリクス回路であり、前記スイッチングマトリクス回路は、前記サブアレイ内の各振動素子を前記複数のグループ信号線の中から選択されたグループ信号線へ接続し、前記スイッチングマトリクス回路は、前記各グループ信号線に対して任意数の振動素子を接続することが可能である。この構成において、複数のグループ信号線は、一般に、各サブアレイ上に設定されるグループの個数と同じ個数の信号線によって構成される。望ましくは、スイッチングマトリクス回路は、複数のグループ信号線と複数の振動素子から引き出された複数の信号線との交点に設けられた多数のスイッチを有する。それらのスイッチのオンオフ動作によってグループピングが行われる。

【0015】

50

望ましくは、前記スイッチングマトリクス回路は、前記ビーム形成条件に応じて、前記各グループ信号線に対して接続する振動素子の個数を可変する。望ましくは、前記ビーム形成条件に応じて、前記各サブアレイを構成する複数の振動素子が、複数の有効振動素子と、1又は複数の無効振動素子と、に区分され、前記複数の有効振動素子が前記複数のグループ信号線に接続される。望ましくは、更に、前記各グループを構成する振動素子数に応じて、前記各グループ受信信号に対して重み付け処理を行う手段を含む。

【0016】

望ましくは、前記アレイ振動子及び前記グループ設定部が、プローブヘッド内に設けられる。望ましくは、前記プローブヘッド内には、更に、前記送信部が設けられる。この構成によれば、プローブケーブルを構成する複数の信号線の本数を削減することができる。 10

【0017】

望ましくは、前記受信部は、前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、複数のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を行ってサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、前記複数のサブ整相加算回路から出力された複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を行う少なくも1つのメイン整相加算回路と、を含む。

【0018】

上記構成によれば、各サブアレイごとにサブ整相加算処理を行った上で、複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理が実行される。上記のグルーピング、サブ整相加算、及び、メイン整相加算という複数の段階を経ることによって、信号数が段階的に減少し、最終的には1つの受信ビーム当たり1つの信号（メイン整相加算信号）が得られる。整相加算処理（あるいはビームフォーミング処理）は、複数の信号をそれぞれ位相調整（遅延）した上で、複数の信号を加算する処理である。 20

【0019】

望ましくは、前記アレイ振動子、前記グループ設定部、及び、前記複数のサブ整相加算回路がプローブヘッド内に設けられる。この構成によれば、プローブケーブルを構成する信号線の本数をより削減できる。

【0020】

望ましくは、前記受信部は、更に、複数のメイン整相加算回路を有し、1回の受信で複数の受信ビームが同時形成される。複数の受信ビームを同時形成すればフレームレートあるいはボリュームレートを向上できる。複数の受信ビームを形成する場合でも、複数の受信ビーム間で個々のサブ整相加算回路などを共用できる。 30

【0021】

望ましくは、前記グループ設定部は、前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、それぞれが、前記各サブアレイ内のm個の振動素子をn（但し $1 < n < m$ ）個のグループにグルーピングする複数のスイッチング回路を有する。サブアレイ内の振動素子数（あるいはサブアレイ内の有効振動素子数）m、サブアレイごとのグループ数n、及び、後述のサブアレイ数kはそれぞれ整数であり、 $1 < n < m$ の関係を有し、kは2以上である。

【0022】

望ましくは、前記グループ設定部は、前記ビーム形成条件としてのビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイについてのグループ設定パターンを動的に切り換える。望ましくは、前記グループ設定パターンの切り換えには、各グループを構成する振動素子数及び各グループの形状の切り換えが含まれる。望ましくは、前記グループ設定パターンの切り換えには、更に、前記各サブアレイに1又は複数の無効振動素子を含めるか否かの切り換えが含まれる。 40

【0023】

グループ設定部（あるいはグループ設定手段）は、マルチプレクサ、スイッチングマトリクスといったスイッチング回路で構成されるのが望ましい。複数の振動子からの複数の受信信号は、グループ設定部上で、複数の信号線の電気的な接続により、グループ単位で 50

単純に加算される。但し、必要に応じて、重み付け加算などがなされるようにしてよい。

【0024】

(2) 望ましくは、超音波診断装置が、プローブヘッドと、前記プローブヘッド内に設けられ、 k (但し $1 < k$) 個のサブアレイに区分される複数の振動素子で構成されるアレイ振動子と、前記プローブヘッド内に設けられ、前記各サブアレイ内の m 個の振動素子に対して、ビーム形成条件に応じて、 n (但し $1 < n < m$) 個のグループを設定する手段であって、前記各グループを構成する振動素子の個数を可変することが可能なグループ設定部と、前記プローブヘッド内において、前記 k 個のサブアレイに対応して設けられた k 個の回路であって、それぞれが、それに対応するサブアレイに設定された n 個のグループに対して、 n 個の送信信号を供給する k 個の送信回路と、前記プローブヘッド内において、前記 k 個のサブアレイに対応して設けられた k 個の回路であって、それぞれが n 個のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を行ってサブ整相加算信号を出力する k 個のサブ整相加算回路と、を含む。10

【0025】

望ましくは、更に、前記 k 個のサブ整相加算回路から出力された k 個のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を行う 1 又は複数のメイン整相加算回路を含む。望ましくは、前記グループ設定部は、受信時に、グループを構成する複数の振動素子から出力された複数の受信信号を加算してグループ受信信号を生成し、送信時に、前記グループを構成する複数の振動素子に対して共通の送信信号を並列的に供給する。望ましくは、前記グループ設定部は、スイッチングマトリクス回路を含み、前記スイッチングマトリクス回路は、1 つのグループ信号線に対して任意数の振動素子を接続することが可能である。20

【0026】

(3) 望ましくは、超音波診断装置が、プローブヘッドとしての第 1 のユニット、及び、前記第 1 のユニットに対してプローブケーブルを介して接続された第 2 のユニットと、を含み、前記第 1 のユニットは、複数のサブアレイに区分される複数の振動素子で構成されるアレイ振動子と、前記各サブアレイ内の複数の振動素子に対して、ビーム形成条件に応じて、複数のグループを設定する手段であって、前記各グループを構成する振動素子の個数を可変することが可能なグループ設定部と、を含み、前記第 2 のユニットは、前記グループ設定部に対して前記プローブケーブルを介して複数の送信信号セットを供給する送信部と、前記グループ設定部から前記プローブケーブルを介して出力される複数のグループ受信信号セットを処理する受信部と、を含む。30

【0027】

上記構成によれば、アレイ振動子に対して複数のサブアレイが設定され、各サブアレイに対して複数のグループが設定される。あるグループが複数の振動素子で構成される場合、それらの複数の振動素子には共通の送信信号が供給される。また、あるグループが複数の振動素子で構成される場合、それらの複数の振動素子から出力された複数の受信信号がグループ単位でまとめられてグループ受信信号を構成する。よって、送信部が生成すべき送信信号数及び受信部が処理すべき受信信号数を削減できる。つまり、チャンネルリダクションを簡便に達成できる。ビーム形成条件に応じて各グループを構成する振動素子の個数を可変すれば、良好な超音波ビームを形成できる。ビーム形成条件に応じて、各サブアレイ内に、1 又は複数の無効振動素子を設定してもよい。40

【0028】

上記の第 2 のユニットは、例えば、プローブケーブルのコネクタ及び装置本体に相当し、又は、装置本体に相当する。前者の場合には、コネクタ内に、送信部の一部又は全部を設けてもよく、また、受信部の一部又は全部を設けてもよい。

【0029】

望ましくは、前記受信部は、前記複数のサブアレイに対応して設けられた複数の回路であって、それぞれが、それに入力されるグループ受信信号セットに対してサブ整相加算処理を行ってサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、前記複数のサブ整相

加算回路から出力された複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を行うメイン整相加算回路と、を含む。

【0030】

上記構成によれば、各サブアレイごとにサブ整相加算処理を行った上で、複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理が実行される。上記のグルーピング、サブ整相加算、及び、メイン整相加算という複数の段階を経ることによって、信号数が段階的に減少し、最終的には1つの受信ビーム当たり1つの信号（メイン整相加算信号）が得られる。

【0031】

望ましくは、前記第2のユニットは、ケーブルコネクタ及び装置本体で構成され、前記ケーブルコネクタ内に少なくとも前記複数のサブ整相加算回路が収容される。望ましくは、前記ケーブルコネクタ内に更に前記送信部が設けられる。ケーブルコネクタ内でサブ整相加算及び送信信号生成を行えば、従来の超音波診断装置における装置本体に設けられたプローブ接続部に対してケーブルコネクタを接続して、三次元超音波診断を行うことも可能である。

【0032】

望ましくは、前記第2のユニットは、装置本体で構成され、前記装置本体内に前記送信部及び前記受信部が設けられる。

【0033】

望ましくは、前記グループ設定部は、前記各サブアレイ内のm個の振動素子をn（但し $1 < n < m$ ）個のグループにグルーピングする複数のスイッチング回路を有する。ここで、サブアレイを構成する振動素子数m、サブアレイごとのグループ数n、及び、サブアレイ数kはそれぞれ整数であり、 $1 < n < m$ の関係を有し、kは2以上である。

【0034】

望ましくは、前記m個の振動素子はそれぞれ有効振動素子であり、前記ビーム形成条件に応じて、前記各サブアレイには、前記m個の有効振動素子の他に、1又は複数の無効振動素子が含まれる。

【0035】

望ましくは、前記第1のユニットと前記第2のユニットとの間で、送信信号が電圧信号として伝送され、且つ、受信信号が電流信号として伝送される。送信信号は100V程度の信号であってもよいが、数V～数十V程度の低電圧型の信号であってもよい。後者の場合には各振動素子を低インピーダンス型とするのが望ましい。このために、アレイ振動子の製造において例えば積層化法が用いられる。受信信号が電流信号であれば、信号線が有する容量による信号減衰及び周波数特性の劣化という問題を解消又は軽減できる。信号線の両端に、又は、信号線の本体側端に、伝送回路を設けるようにしてもよい。

【0036】

望ましくは、前記各サブ整相加算回路は、遅延線を含むアナログ整相加算回路である。望ましくは、前記各サブ整相加算回路は、デジタル整相加算回路である。望ましくは、前記各サブ整相加算回路は、CCD（charge-coupled device）を含む整相加算回路である。

【発明の効果】

【0038】

以上説明したように、本発明によれば、チャンネルリダクションについての新しい方法が適用された超音波診断装置を提供できる。本発明によれば、超音波診断装置においてプローブケーブルを細くできる。あるいは、本発明によれば、超音波画像の画質を低下させるサイドローブを低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、本発明に係る幾つかの実施形態を図面に基づいて説明する。

【0040】

図1-10及び図18-20は第1の実施形態を示しており、図11-17は第2の実

10

20

30

40

50

施形態及び参考例を示している。第2の実施形態及び参考例の理解に当たっても、図3-10、図19及び図20が参照される。すなわち、各実施形態及び参考例とも、同様のチャンネルリダクション方法が適用されている。

【0041】

まず図18を用いて、第1の実施形態に係る超音波診断装置の基本構成を説明する。超音波診断装置は、プローブ（プローブユニット）240と、装置本体242と、で構成される。プローブ240は、プローブヘッド244、プローブケーブル246、及び、図示されていないケーブルコネクタ、を有する。装置本体242は、送受信制御部248、受信部250、信号処理モジュール252、画像形成部254、及び、表示器256を有する。プローブヘッド244により、超音波の送波及び受波がなされる。それにより得られた受信信号は、受信部250及び信号処理モジュール252を経由して、画像形成部254に入力される。この画像形成部254において、受信信号に基づいて超音波画像が形成される。その超音波画像は表示器256の画面上に表示される。超音波画像としては、二次元断層画像、二次元血流画像、三次元画像などが知られている。本実施形態では、生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータをボリュームレンダリング処理することによって、三次元画像が形成される。三次元画像の形成方法としては、それ以外にも各種の方法が知られている。

【0042】

図1には、第1の実施形態における主要部の構成がブロック図として示されている。超音波診断装置は、図18を用いて説明したように、プローブユニット、及び、装置本体12、で構成される。プローブユニットは、プローブヘッド10、プローブケーブル14、及び、図示されていないケーブルコネクタ、によって構成される。ケーブルコネクタは、装置本体12に対し、着脱自在に接続される。装置本体12には、プローブコネクタが接続されるコネクタが設けられている。

【0043】

プローブヘッド10は、例えば、生体表面上に当接して用いられ、その当接状態において、超音波パルスを送波し、反射波を受波する。プローブヘッド10は、2Dアレイ振動子16を有している。この2Dアレイ振動子16は、複数の振動素子16aで構成される。それらの振動素子16aは二次元的に配列されている。この2Dアレイ振動子16によって超音波ビームが形成される。その超音波ビームは二次元的に電子走査される。その電子走査方式としては、例えば、電子セクタ走査方式、電子リニア走査方式、など、をあげることができる。超音波ビームの二次元的な電子走査により、三次元空間（三次元エコードデータ取込空間）が形成される。本実施形態において、2Dアレイ振動子16は、例えば、4000個程度の振動素子16aによって構成される。

【0044】

2Dアレイ振動子16に対して、複数の2Dサブアレイ18が設定される（後に図3に示す）。それらのサブアレイ18は、2Dアレイ振動子16上において、相互に密に連結するように設定されている。本実施形態において、複数のサブアレイ18は四角形の形態を有しており、各サブアレイ18の位置及び形状は固定的に設定されている。しかし、各サブアレイの位置及び形状を適応的に可変設定するようにしてもよい。

【0045】

プローブヘッド10には、複数のサブ送受信部20が収容されている。本実施形態において、1つのサブアレイ18に対して1つのサブ送受信部20が対応付けられている。本実施形態では、例えば、128個のサブアレイが設定され、これに対応して128個のサブ送受信部20が設けられている。各サブ送受信部20の構成については後に図2などを用いて詳述するが、各サブ送受信部20は、本実施形態において、グループ設定機能、サブ整相加算機能、及び、送信信号生成機能を有している。グループ設定機能により、サブアレイ18を構成する複数の（例えば16個の）振動素子16aが複数の（例えば4つの）グループにグルーピングされる。各グループは複数の振動素子（例外的に1つの振動素子）からなるものであり、本実施形態において、各グループを構成する振動素子の個数は

10

20

30

40

50

ビーム形成条件（特に、ビーム走査方向、ビーム偏向方向、あるいは、ビーム形状）に応じて可変設定されている。つまり、複数のサブアレイの設定パターンは固定的に設定されているが、各グループ内における複数のグループの設定パターンは可変設定される。ビーム形成条件に応じて、各グループを構成する振動素子の個数を可変すれば、サイドロープを低減でき、あるいは、ビームプロファイルを良好にできる。

【0046】

上記のグルーピングにより、送信時においては、グループ単位で供給される1つの送信信号が、その送信信号に対応する特定の1つのグループを構成する1又は複数の振動素子に対して供給される。通常は、2つ以上の振動素子によって1つのグループが構成されており、したがって、1つの送信信号は2つ以上の振動素子に並列的に供給される。その一方において、受信時においては、各グループごとに1つのグループ受信信号が得られる。通常は、2つ以上の振動素子によって1つのグループが構成されるため、後に図2に示すマルチプレクサから出力されるグループ受信信号は、2つ以上の振動素子から出力される2つ以上の受信信号を加算することによって得られる信号である。本実施形態においては、各グループごとに得られる複数の受信信号の加算はマルチプレクサにおける複数の信号線の接続（つまり結線）によってなされている。すなわち、複数の振動素子から引き出された複数の信号線の相互接続によって、複数の受信信号が加算され、これにより1つのグループ受信信号が得られている。もちろん、その場合において、複数の受信信号の重み付け加算などの処理を行うようにしてもよい。ビーム形成条件に応じて、サブアレイ内の1又は複数の振動素子を無効振動素子（グループ信号線が接続されない振動素子）としてもよい。その場合には、サブアレイ内における複数の有効振動素子（グループ信号線が接続される振動素子）を用いて複数のグループが構成される。

【0047】

以上の説明から理解されるように、各サブ送受信部20が有するグルーピングの機能により、各サブアレイごとにチャンネルリダクションが達成されており、例えば16個の振動素子が4つのグループにグルーピングされる結果、そのグルーピングでは1/4のチャンネルリダクション率を実現することができる。加えて、各サブ送受信部20は、上述したようにサブ整相加算機能を具備しており、それによるチャンネルリダクションも実行される。すなわち、各サブアレイ18ごとに得られた例えば4つのグループ受信信号がプローブヘッド10内において整相加算処理され、これにより、1つのサブアレイ18ごとに1つのサブ整相加算信号が得られている。つまり、受信信号処理について着目した場合、各サブアレイごとに、最初は、16個の振動素子で生成された16個の受信信号が得られるが、個々のサブ送受信部20からは1つの受信信号（サブ整相加算信号）だけが出力されることになる。その結果、プローブヘッド10における受信処理の面から見たチャンネルリダクション率は1/16である。ちなみに、後述するように各サブ送受信部20は、サブアレイを構成するグループ数に相当する個数の送信器を有しており、例えば4つの送信器を有している。したがって、送信時においては例えば4つの送信信号により例えば16個の振動素子が駆動されることになる。1つのグループ当たり、1つの送信信号が生成される。4つの送信信号が4つのグループ（つまり、サブアレイを構成する16個の振動素子）へ供給される。ここにおいては、チャンネルリダクション率が1/4となる。

【0048】

プローブヘッド10は、複数のサブ送受信部20における送信動作を制御するために、サブ送信制御部22を有している。また、プローブヘッド10は、複数のサブ送受信部20における受信信号処理を制御するために、サブ受信制御部24を有している。それらについての詳述する。プローブヘッド10と装置本体12との間にはプローブケーブル14が設けられ、そのプローブケーブル14は、複数の信号線100、及び、1又は複数の制御線102、を有している。各信号線100はそれぞれ特定のサブ送受信部20に接続されている。

【0049】

装置本体12が有する構成について説明する。複数（例えば128個）のA/D変換器

10

20

30

40

50

26には、後に説明するように、アナログ信号として出力された複数（例えば128個）のサブ整相加算信号が入力される。これによって、それらの信号がそれぞれデジタル信号に変換される。各A/D変換器26の出力信号は、並列配置された複数のFIFO(first-in first-out)メモリ28に並列的に格納される。本実施形態においては、各サブアレイ18ごとに16個のFIFOメモリ28が設けられている。これは1回の受信において16本の受信ビームを同時形成するためである。各FIFOメモリ28に対する読み出し制御は後述する送受信制御部32によってなされている。送受信制御部32は各FIFOメモリ28に対する読み出しタイミングの制御によってディレイ量を設定している。

【0050】

上述したように、本実施形態においては、1つのサブアレイ18ごとに並列配置された16個のFIFOメモリ28が設けられ、それらの後段には並列配置された16個の加算器30が設けられている。各加算器30は、それに対応する特定の16個のFIFOメモリ28から出力される16個の信号を加算し、これによって整相加算された受信信号（メイン整相加算信号）104を出力する。すなわち、装置本体12内には、本実施形態において16個のメインデジタルビームフォーマー（メイン整相加算回路）27が設けられている。ちなみに、図1に示したデジタルビームフォーミング技術によらずに、アナログビームフォーミング技術を適用するようにしてもよい。本実施形態においては、プローブヘッド10内においてサブ整相加算が実行され、装置本体12内においてメイン整相加算が実行されている。このような二段階の整相加算によって最終的に受信ビームが形成されている。ちなみに、図示されていないプローブコネクタ内にサブ整相加算回路などの電子回路を設けるようにしてもよい。これについては第2の実施形態（図11）を用いて説明する。また、装置本体12内に、サブ整相加算回路などの電子回路を設けるようにしてもよい。これについては参考例（図12）を用いて説明する。

【0051】

装置本体12内の送受信制御部32は、図示されていない主制御部からの制御信号106にしたがって動作し、図1に示される各構成の動作制御を行っている。すなわち、装置本体12内において、送受信制御部32は、複数のFIFOメモリ28に対する書き込み制御及び読み出し制御を行っており、そのような制御により受信ダイナミックフォーカスが実現されている。また、送受信制御部32は、制御線102を用いてコントロール信号をプローブヘッド10に対して供給している。そのようなコントロール信号にしたがって、サブ送信制御部22及びサブ受信制御部24が、プローブヘッド10内における複数のサブ送受信部20の動作を制御する。また、そのようなコントロール信号により、以下に図2に示すマルチブレクサが実行するグルーピング処理におけるパターンの選択が行われる。ちなみに、図1においては、装置本体12からプローブヘッド10に対して供給される電力ライン及びクロック信号などは図示省略されている。

【0052】

図2には、図1に示した構成の内で、特に、ある1つのサブ送受信部20について、その具体的な構成が例示されている。図1に示した複数のサブ送受信部20は、互いに同一の構成を有している。上述したように、1つのサブアレイ18は、本実施形態では、16個の振動素子16aで構成される。1つのサブアレイ18に対応して1つのマルチブレクサ38が設けられている。マルチブレクサ38はスイッチング手段としてのスイッチングマトリクスである。マルチブレクサ38は、上述したグルーピング機能を有している。マルチブレクサ38は、アレイ振動子16側に並んだ16個の端子（つまり、16個の素子信号線）と、サブ送受信部20側に並んだ4つの端子（つまり、4つのグループ信号線）と、の間で結線処理を行っている。このマルチブレクサ38により、後に図4-図6で説明するように、サブアレイ18上に様々なグループ設定パターン（グルーピングパターン）を構築することができる。符号102Cは、スイッチングパターンを選択するために、装置本体からマルチブレクサ38に供給される制御信号を表している。複数のマルチブレクサを1つのスイッチングマトリクス回路で構成することもできる。マルチブレクサ38は、上記の16個の素子信号線と上記の4つのグループ信号線との交点に設けられた複数

10

20

30

40

50

のスイッチ（図示せず）を有する。各スイッチのオンオフ動作によって、各グループ信号線に対して、1又は複数の素子信号線が接続される。

【0053】

サブ送受信部20は、本実施形態において、信号伝送用の4つの伝送回路（I/F回路あるいは出入力回路）42と、サブ整相加算回路34と、送信部36と、を有している。各伝送回路42は、本実施形態において、パルサー/ヘッドアンプ回路として機能している。すなわち、送信部36から供給される送信信号をマルチプレクサ38へ供給し、その一方において、マルチプレクサ38から出力される受信信号をサブ整相加算回路34へ出力している。この場合において、サブアレイ18と4つの伝送回路42との間において、受信信号の伝送を電流モードで行うことも好適であり、また、それらの間において、送信信号を電圧モードで行うことも好適である。10

【0054】

送信部36は、4つのメモリ（この例ではFIFOメモリ）56と、4つのD/A変換器48と、を有している。各FIFOメモリ56は、波形生成器として機能し、サブ送信制御部22によってその動作（特に出力タイミング）が制御されている。すなわち、送信信号波形をデジタル信号として生成する。各FIFOメモリ56から出力されるデジタル信号としての送信信号は、D/A変換器48に入力され、そこにおいてアナログ信号に変換される。アナログ信号としての送信信号は、上述した伝送回路42を経由してマルチプレクサ38に送られる。マルチプレクサ38によって、その送信信号に対応付けられた特定のグループを構成する1又は複数の振動素子が信号供給先として決定される。このように、送信部36によって生成された4つの送信信号が、特定のサブアレイ18を構成する4つのグループに個別的に供給される。20

【0055】

サブ整相加算回路34は、4つのA/D変換器46、4つのメモリ（この例ではFIFOメモリ）50、加算器52、及び、D/A変換器54を有している。各A/D変換器46は、入力される受信信号（グループ受信信号）をアナログ信号からデジタル信号へ変換する。そのデジタル信号に変換された受信信号は、それに対応するFIFOメモリ50に一旦格納され、位相調整用のタイミングでその受信信号が読み出されて加算器52へ送られる。加算器52は、入力される4つの受信信号を加算する。これによりサブ整相加算処理が達成される。その加算処理によって得られたサブ整相加算信号（デジタル信号）は、D/A変換器54においてアナログ信号に変換される。アナログ信号としてのサブ整相加算信号が信号線100に出力される。30

【0056】

以上のように、サブ整相加算回路34は、第1段階における整相加算処理すなわちサブ整相加算処理を実行しており、サブ整相加算回路34はサブデジタルビームフォーマーに相当する。4つの受信信号に対する読み出し制御などはサブ受信制御部24によってなされている。サブ受信制御部24には受信制御用のコントロール信号102Bが入力され、サブ送信制御部22には送信制御用のコントロール信号102Aが入力されている。40

【0057】

図2に示した送信部36の構成は一例であって、例えばアナログ回路によって送信部36を構成することもできる。いずれにしても、装置本体側から供給されるトリガ信号を基準として、2Dアレイ振動子16において送信ビームが形成されるように、各送信信号に対して遅延時間が設定される。

【0058】

例えば、FIFOメモリ56における送信信号の先頭の格納位置あるいは送信信号のデータ転送タイミングを適宜設定することにより、トリガパルスに同期して所望のディレイ量をもって送信信号を出力させることができる。なお、上記のサブ受信制御部24は、ディレイデータメモリとして構成することもできる。

【0059】

図3には、アレイ振動子16が示されている。アレイ振動子16は、例えば、X方向に50

50個の振動素子を有し、且つ、Y方向に50個の振動素子を有する2Dアレイ振動子である。上記のように、そのアレイ振動子16に対して複数のサブアレイが設定される。具体的には、複数のサブアレイは、それぞれ矩形（正方形）の形状を有し、それらは隙間無くアレイ振動子16の全体にわたって密に設定されている。図3においては、その内で1つのサブアレイ18が代表して示されている。上述したように、各サブアレイに対して複数のグループが設定される。各グループには、フォーカス及びビームステアリングに従った送信遅延量及びサブ受信遅延量が与えられる。なお、メイン受信遅延量は、各サブアレイ単位で付与され、つまり、各サブアレイを構成する複数の振動素子の全部に共通のメイン受信遅延量が与えられる。よって、個々の振動素子に対しては、全体として、サブ受信遅延量及びメイン受信遅延量を加算した遅延量が与えられる。

10

【0060】

図4-6には、サブアレイについてのグルーピングパターンの設定例が示されている。なお、本実施形態では、複数のサブアレイについて、互いに同一のグルーピングパターンが設定される。しかし、全部又は一部のサブアレイについて、他とは異なるグルーピングパターンを設定することも可能である。

【0061】

図4に示す例においては、ビーム走査方向（ビーム偏向方向）がX方向である。X方向に並んで4つのグループG1～G4が設定されている。各グループG1～G4はいずれもY方向に直線的に並んだ4つの振動素子によって構成される。図5に示す例においては、ビーム走査方向がY方向である。Y方向に並んで複数のグループG1～G4が設定され、各グループG1～G4はX方向に直線的に並んだ4つの振動素子によって構成される。図6に示す例においては、X方向及びY方向に交差する斜めの方向にビーム走査方向が設定されている。この場合にも、4つのグループG1～G4が設定されるが、各グループの形態（形状及び素子数）は、図4及び図5に示したものと異なっている。つまり、グループG1は、X方向に並んだ3つの振動素子によって構成され、グループG2は、L字形の配列をもった4つの振動素子とサブアレイ18の右上隅の1つの振動素子とによって構成されている。グループG3は、グループG2と同じ形状を有するが、その向きが180度異なっている。グループG4は、グループG1と同様に、X方向に並んだ3つの振動素子によって構成されている。ただし、グループG1がサブアレイ18の左上隅に設定されているのに対し、グループG4はサブアレイ18の右下隅に設定されている。本実施形態では、図4-6に示したように、ビーム走査方向に応じて、各グループを構成する振動素子の個数を可変に（非固定的に）設定できる。

20

【0062】

各グループの形態を定める場合には、できる限りサイドロープが生じないように配慮するのが望ましい。1つのサブアレイ当たり、より多くのグループを設定すれば、それだけグルーピングパターンの自由度が大きくなり、より良好なビームを形成できることになるが、その一方、チャンネルリダクションの利点が少なくなる。よって、ビームプロファイルに要求される精度などに応じて、1つのサブアレイを構成する振動素子数及びグループ数などを定めるのが望ましい。

30

【0063】

上述したように、本実施形態においては、各グループを構成する振動素子の個数を自在に設定することができる。図6に示した例では、ビーム走査方向に応じて良好なビームプロファイルを得るために、G1及びG4がそれぞれ3つの振動素子で構成され、G2及びG3がそれぞれ5つの振動素子で構成されている。このように、ビーム走査方向に応じてグルーピングパターンを動的に変更するのが望ましく、これについて、更に図19及び図20を用いて詳細に説明する。

40

【0064】

図19には、ビーム走査方向の変化に伴う、グルーピングパターンの変化についての一例が示されている。図19に示す例では、サブアレイ18を構成する全振動素子が有効振動子として機能している。（A）にはビーム走査方向が0°の場合のグルーピングパター

50

ンが示されており（これは図4に示したパターンと同一である）、（B）にはビーム走査方向が10°の場合のグルーピングパターンが示されており、（C）にはビーム走査方向が20°の場合のグルーピングパターンが示されており、（D）にはビーム走査方向が30°の場合のグルーピングパターンが示されている。ビーム走査方向に応じて、各グループの形状及び各グループを構成する振動素子数が変動している。これによって、良好な超音波ビームを形成することができる。

【0065】

図20には、ビーム走査方向の変化に伴う、グルーピングパターンの変化についての他の例が示されている。図20に示す例では、サブアレイ18を構成する全振動素子の内で一部の振動素子が無効素子260とされており、それ以外の振動素子が有効振動素子である。（A）にはビーム走査方向が10°の場合のグルーピングパターンが示されており、（B）にはビーム走査方向が20°の場合のグルーピングパターンが示されており、（C）にはビーム走査方向が34°の場合のグルーピングパターンが示されており、（D）にはビーム走査方向が45°の場合のグルーピングパターンが示されている。ビーム走査方向に応じて、各グループの形状及び各グループを構成する振動素子数が変動している。また、無効素子の個数も変動している。これによって、より良好な超音波ビームを形成することができる。

【0066】

図7には、サブ整相加算処理におけるサブ遅延量と、メイン整相加算処理におけるメイン遅延量、の関係が概念的に示されている。サブ遅延量は、各グループごとに設定される相対的な遅延量であり、メイン遅延量は各サブアレイの全体に対するオフセット遅延量に相当する。本実施形態では、二段階の整相加算処理に対応して、各グループごとの受信遅延量は、サブ遅延量とメイン遅延量とに分離される。一方、各グループごとの送信遅延量についてはそのような分離はなされない。

【0067】

符号206は、焦点Fから等距離のラインを示し、それは広がりをもった仮想音源として考えることができる。そのライン206上に各振動素子を並べれば、焦点Fにおいて各振動素子から送波される超音波の位相を完全に一致させることができ、且つ、各振動素子で受波される超音波（反射波）の位相を完全に一致させることができる。しかし、実際には、符号200で示される実振動子面上に複数の振動素子が並んでおり、また焦点Fも変動する。焦点Fに対して各振動素子からの超音波の位相を合わせ、また、各振動素子から出力される受信信号の位相を一致させるために、周知の電子フォーカス技術が適用される。本実施形態では、各サブアレイにおける各グループごとに、送信信号及び受信信号に対する電子的な遅延処理がなされる。

【0068】

図7において、符号202及び204は、それぞれ、サブアレイに相当する部分開口を示している。図7に示す幾何学的関係では、部分開口202、204の左端部（左端側のグループ）に対して最も大きな遅延時間が付与される。その一方、部分開口202、204の右端部（右端側のグループ）に対して最も小さな遅延時間が付与される。ライン208、210は、焦点Fからそれぞれ等距離の位置に描かれ、図7に示す例では、それぞれのライン208、210が部分開口202、204の右端を通過している。部分開口202に関しては、ライン208とライン206との間がメイン遅延量に相当し、それがT2で示されている。また、部分開口202の左端において、実振動子面200とライン208との間としてサブ遅延量T1が示されている。つまり、メイン遅延量は、部分開口202の全体にわたって共通であり、サブ遅延量は、部分開口202内におけるグループ位置（例えばグループ中心位置）によって異なる。このことは、部分開口204についても同様であり、それに関しては、メイン遅延量がT4で表され、左端におけるサブ遅延量がT3で示されている。なお、本実施形態では、各サブアレイにおける各グループごとに個別にサブ遅延時間を設定するようにしているが、複数のサブアレイにおいて、素子番号（素子位置あるいは素子アドレス）が同じ振動素子同士に対して、同じサブ遅延時間を与え

10

20

30

40

50

るようによることもできる。そのような構成によれば、ビーム集束性が低下するものの、制御を簡略化できる。

【0069】

図8には、プローブヘッド10と三次元エコーデータ取込空間の一部220との関係が示されている。符号224は送信ビームを表しており、本実施形態においては、1つの送信ビーム224に対して16個の受信ビーム228が同時に形成される。

【0070】

三次元エコー取込空間220の底面として模式的に表されているマトリクス222は、受信ビーム224のアドレスを示しており、図8においては、X方向に16アドレス、Y方向に16アドレスがそれぞれ示されている。つまり受信ビームのアドレス数は全部で256個である。符号226に示す円で概念的に示されるように、送信ビーム224は16本の受信ビーム228をカバーするブロードなビームプロファイルを有している。これに対して各受信ビーム228はシャープなビームプロファイルを有している。

【0071】

図9及び図10には送受信条件がテーブルとして示されている。図9に示されるように、送信ビームアドレスが定められると、各サブアレイごとにグルーピングパターン、送信遅延量セット、及び、受信サブ遅延量セット(符号229参照)が決定される。送信遅延量セットは、この例では、サブアレイを構成する4つのグループに与える4つの遅延量からなるものである。受信サブ遅延量セットは、この例では、サブアレイを構成する4つのグループに与える4つのサブ遅延量からなるものである。ちなみに、受信サブ遅延量セットを構成する各サブ遅延量の値を受信点深さに応じて動的に変更するようにしてもよい。

【0072】

図10には、送信ビームアドレスごとに設定される受信ビームごとの受信メイン遅延量セット230が示されている。この受信メイン遅延量セット230は本実施形態において128個のメイン遅延量で構成され、各メイン遅延量は受信ダイナミックフォーカスを実現するために受信点の深さに応じて動的に可変設定される。

【0073】

なお、図2に示した送信部36が各グループごとに低電圧の送信信号を生成するようにしてもよい。この場合における送信信号の電圧は、例えば $\pm 4.5V$ 、 $\pm 9V$ といった数V-十数V程度である。振動素子16aとして例えば積層型振動素子を用いれば、その電気的インピーダンスを数百Ω程度に下げることができる。そのような振動素子16aを用いれば、それを低電圧で駆動しても充分な音響パワーを得ることが可能となる。但し、従来同様に振動素子を高電圧で駆動してもよい。

【0074】

上記の実施形態によれば、プローブヘッド10内においてグルーピング及びサブ整相加算処理が実行され、16個の受信信号が1つのサブ整相加算信号に集約されるため、プローブケーブル14を構成する信号線の本数を著しく削減できるという利点がある。また、プローブヘッド10内に送信部を設けるようにしたので、各送信チャンネルごとにすなわち各グループごとに、送信信号を装置本体12側から供給する必要がなくなる。装置本体12においては、プローブヘッド10内における送信部をリモートコントロールするだけでよいという利点がある。また、上記実施形態においては、1つの送信ビーム当たり16個の受信ビームが同時に形成され、すなわち、1回の送受信で16個の受信情報を得ることが可能であるので、ボリュームレートを向上できるという利点がある。なお、以上のように得られたメイン整相加算後の複数の受信信号を用いて三次元超音波画像が形成され、あるいは、三次元データ取込空間を任意方向から観察した切断面に相当する断層画像などが形成される。

【0075】

上述した実施形態においては、プローブヘッド10と装置本体12との間において、アナログ信号の形式でサブ整相加算信号が伝送されていたが、もちろんデジタル信号の形式でサブ整相加算信号を伝送するようにしてもよい。

10

20

20

30

30

40

40

50

【0076】

次に、図11-17を用いて、第2の実施形態及び参考例について説明する。この第2の実施形態及び参考例においても、上記の第1実施形態と同様に、プローブヘッド内において、マルチブレクサを用いてグルーピング（つまり、チャンネルリダクション）が行われている。但し、サブ整相加算処理は、プローブヘッド内ではなく、コネクタ内（図11）あるいは装置本体内（図12）で行われる。第2の実施形態及び参考例においても、第1の実施形態と同様に、図4, 5, 6, 19, 20に示したグルーピングパターンを含む多様なグルーピングパターンを設定できる。

【0077】

図11には第2の実施形態が示されている。超音波診断装置は、大別して、プローブユニットと、装置本体312と、で構成される。プローブユニットは、プローブヘッド310、プローブケーブル314A、及び、ケーブルコネクタ314Bで構成される。プローブケーブル314Aは、後述する複数の信号線を有している。ケーブルコネクタ314Bは、装置本体312に対して着脱自在に接続される。ケーブルコネクタ314Bは箱型の形態を有する。図11に示す例において、ケーブルコネクタ314B内に以下に説明する電子回路が収容されている。ちなみに、後に図12に示すように、その電子回路については装置本体内に設けることもできる。

【0078】

プローブヘッド310は、例えば生体表面上に当接して用いられ、超音波の送受波を行う。プローブヘッド310は、2Dアレイ振動子316を有している。2Dアレイ振動子316は、多数の（例えば4000個程度の）振動素子316aで構成される。2Dアレイ振動子316によって超音波ビームが形成される。その超音波ビームが二次元的に電子走査される。

【0079】

2Dアレイ振動子316に対して、複数の2Dサブアレイ318が設定される（図3参照）。本実施形態において、128個のサブアレイ318が設定されている。各サブアレイ318は、本実施形態において、16個の振動素子316aによって構成される。2Dアレイ振動子316上においては、複数のサブアレイ318が互いに密に連結している。各サブアレイ318は矩形形状を有し、それらは固定的に設定されている。但し、例えば送受信条件（特にビーム走査方向）に応じて、各サブアレイの形態を適応的に可変設定することも可能である。

【0080】

本実施形態において、128個のサブアレイ318に対応して128個のチャンネルリダクションユニット320が設けられている。すなわち、1つのサブアレイ318に対して1つのチャンネルリダクションユニット320が対応付けられている。各チャンネルリダクションユニット320は、それに対応する特定のサブアレイを構成する16個の振動素子を4つのグループにグルーピングする機能を有している。これによって、1/4のチャンネルリダクション率が実現されている。ある1つのサブアレイ18に着目すると、装置本体12側から供給される4つの送信信号が4つのグループに対して供給される。通常、1つのグループが2以上の振動素子によって構成され、1つの送信信号は2以上の振動素子に対して並列的に供給される。受信に関しては、16個の受信信号が4つのグループ受信信号に集約されることになる。通常、1つのグループが2以上の振動素子で構成されるために、2以上の受信信号が加算されて1つのグループ受信信号が生成される。後に説明するように、本実施形態において、そのような複数の受信信号の加算はマルチブレクサにおける複数の信号線の接続によって達成されている。その場合において、複数の受信信号を重み付け加算するようにしてもよい。

【0081】

いずれにしても、各サブアレイ318ごとに、16個の振動素子が4つのグループにグルーピングされるため、プローブヘッド310内において、送信チャンネル及び受信チャンネルの個数をそれぞれ4分の1にすることができるという利点がある。また、後述する

10

20

30

40

50

ように、複数の送信部 324 がプローブヘッド 310 の外部に設けられているため、プローブヘッド 310 の内部に複数の送信部を設けることにより生じる電力消費の増大あるいは物理的な規模の増大といった問題が回避されている。すなわち、上記の第 1 の実施形態ではプローブヘッド内に複数の送信部が設けられていたが、この図 11 に示す構成では、以下に説明するように、複数の送信部 324 がコネクタ 314B 内に設けられている。

【0082】

プローブケーブル 314A には複数の信号線 400 が含まれる。具体的には、各サブアレイ 318 ごとに 4 つの信号線 400 が設けられ、2D アレイ振動子 316 全体としては 128×4 個の信号線 400 が設けられている。それらの信号線 400 とは別に、プローブケーブル 314A 内には 1 又は複数の制御線 402A が含まれる。その制御線 402A を用いてプローブヘッド 310 内における各構成の動作制御が行われている。ちなみに、装置本体 312 側からプローブヘッド 310 に対して供給される電源ラインなどは図示省略されている。

【0083】

図 11 に示す構成例において、ケーブルコネクタ 314B 内には、複数の送受信モジュール 322 が設けられている。1 つのサブアレイごとに 1 つの送受信モジュール 322 が設けられ、すなわちケーブルコネクタ 314B 内には本実施形態において 128 個の送受信モジュール 322 が設けられている。

【0084】

各送受信モジュール 322 は、送信部 324 及びサブ整相加算回路 326 を有している。送信部 324 は、後に説明するように、4 つの送信器を有しており、それらの 4 つの送信器から出力される 4 つの送信信号がプローブケーブルを介して対応するチャンネルリダクションユニット 320 へ供給される。そして、4 つの送信信号が 4 つのグループに対して供給される。

【0085】

サブ整相加算回路 326 は、入力される 4 つのグループ受信信号に対して、第 1 段階目の整相加算として、サブ整相加算処理を実行する。これによって 4 つの受信信号が 1 つのサブ整相加算信号に集約されることになる。その信号が符号 403 で示されている。装置本体 312 内にはメイン整相加算回路 328 及び送受信制御部 329 が設けられる。メイン整相加算回路 328 は 128 個のサブアレイに対応して得られた 128 個のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を実行する。すなわち、2 段階目の整相加算処理を実行し、これによってメイン整相加算信号 404 を得ている。このように、整相加算手段が複数のサブビームフォーマー及び 1 つのメインビームフォーマーによって構成されている。ケーブルコネクタ 314B と装置本体 312 との間においては基本的に 128 個の伝送ラインを利用して受信信号の伝送が行われている。よって、既存の超音波診断装置の信号伝送方式をそのまま利用できるという利点がある。また、メイン整相加算回路 328 についても既存の超音波診断装置に設けられているビームフォーマーをそのまま利用できるという利点がある。もちろん、専用のメイン整相加算回路 328 を設けるようにしてもよい。

【0086】

送受信制御部 329 は図示されていない主制御部によって動作制御され、図 11 に示される各構成の動作制御を行っている。特に、プローブコネクタ 314B 内における各構成に対してコントロール信号 402B を出力しており、また、プローブヘッド 310 内に含まれる各構成に対してコントロール信号 402A を出力している。

【0087】

図 11 に示す実施形態においては、装置本体 312 内に 1 つのメイン整相加算回路 328 が設けられていたが、上記第 1 実施形態と同様に、所望数のメイン整相加算回路 328 を並列的に設けて、1 送信あたり複数の受信ビームを同時形成するようにしてもよい。

【0088】

図 12 には、参考例が示されている。図 11 に示した構成と同様の構成には同一符号を

10

20

30

40

50

付し、その説明を省略する。図12に示す構成例では、図11に示した複数の送受信モジュール322が装置本体12内に設けられている。図12においては、ケーブルコネクタについては図示省略されている。このような構成によつても、プローブヘッド310においてチャンネルリダクションを行つて信号線400の本数を削減できるという利点がある。送受信制御部329は図12に示される各構成の動作制御を行つており、プローブヘッド310に対してはコントロール信号を与えている。

【0089】

なお、図11及び図12に示す構成において、プローブケーブル314における信号伝送に関しては、送信信号を電圧信号として伝送し、受信信号を電流信号として伝送するようにしてよい。また、送信信号については、例えば、数V-十数Vといった低電圧の信号とするようにしてよい。その例としては、例えば±4.5Vあるいは±9Vといった電圧をあげることができる。そのような低電圧の送信信号によって各振動素子を駆動する場合、各振動素子として積層化された素子を利用して、各振動素子を電気的に低インピーダンスとするのが望ましい。その構成によれば、低電圧駆動によつても充分な音響パワーを得ることが可能となる。もちろん、送信信号としては例えば100Vといった高電圧の信号を用いることもできる。

10

【0090】

この参考例においても、第1の実施形態（及び第2の実施形態）と同様に、アレイ振動子316が2Dアレイ振動子として構成される。そのアレイ振動子316上には、複数のサブアレイ318が設定される（図3参照）。各サブアレイ318は四角形の形状を有する。また、この参考例においても、第1実施形態と同様に、各サブアレイ318ごとに、送受信条件に従つてグルーピングパターンが設定される（図4-6参照）。また、この参考例においても、第1及び第2の実施形態と同様に、図7に示した条件に従つて、各グループごとにサブ遅延量が設定され、各サブアレイごとにメイン遅延量が設定される。

20

【0091】

次に、図13-16を用いて、第2の実施形態及び参考例におけるチャンネルリダクションユニット320及び送受信モジュール322の構成例を説明する。なお、各図において、同様の構成には同一符号を付してある。

【0092】

図13において、サブアレイ318にはマルチプレクサ330が接続されている。このマルチプレクサ330はスイッチングマトリクスであり、すなわちスイッチング手段あるいはグループ設定手段として機能する。マルチプレクサ330は、サブアレイ318側に16個の端子を有し、その一方、プローブケーブル側に4つの端子を有している。すなわち、それらの16個の端子及び4つの端子の間ににおいて任意の配線を行うことが可能であり、これによつて所望のグルーピングパターンを設定することが可能である。各グループを構成する振動素子の個数は本実施形態において可変設定されているが、それらの個数を各グループ間で同一にすることも可能である。なお、複数のサブアレイにおいて、グルーピングパターンをそれぞれ同一にすることもできるし、各サブアレイが配置されている位置あるいは送受信条件などに応じて、それぞれのサブアレイごとに所望のグルーピングパターンを設定するようにしてもよい。

30

【0093】

図13に示す構成例において、チャンネルリダクションユニット320には4つの伝送回路332が設けられる。この伝送回路332は、受信信号及び送信信号を伝送する機能を有する。伝送回路332は、例えば、電流-電圧変換回路として動作する。伝送回路332及び後述する伝送回路334としては各種の構成を採用できる。

40

【0094】

一方、送受信モジュール322には、送信部324を構成する複数の送信器336が設けられている。本実施形態においては4つの送信器336が設けられ、それらの4つの送信器336によつて4つの送信信号が生成されている。その送信信号は、送受信モジュール322内に設けられた4つの伝送回路334を介してプローブヘッド側へ供給される。

50

各伝送回路 334 は、受信信号を受け入れる終端回路として機能し、また送信信号を伝送する回路として機能する。

【0095】

送受信モジュール 322 は、サブビームフォーマーとして機能するサブ整相加算回路 326 を有する。図 13 に示す例では、サブ整相加算回路 326 がアナログ整相加算回路として構成されており、具体的には、サブ整相加算回路 326 がスイッチングマトリクス 330 と遅延線 341 とを有している。遅延線 341 は各遅延量ごとに對応付けられた多数のタップを有しており、スイッチングマトリクス 330 は、入力される 4 つの受信信号をそれぞれ受信サブディレイ量に対応したタップへ供給する。これによってアナログ的にサブ整相加算処理が達成される。この処理によりサブ整相加算信号 403 が生成される。スイッチングマトリクス 330 は、16 個の素子信号線と 4 つのグループ信号線との交点に設けられた複数のスイッチ（図示せず）を有する。各スイッチのオンオフ動作によって、各グループ信号線に対して、1 又は複数の素子信号線が接続される。

【0096】

図 14 に示す構成例では、送受信モジュール 322 内に複数の伝送回路 340 が設けられている。それらの伝送回路 340 とマルチプレクサ 330 とが直接的に接続されている。各伝送回路 340 は送信用パルサー及び受信用ヘッドアンプ回路として機能するものであってもよい。

【0097】

図 15 に示す構成例では、サブ整相加算回路 326 がデジタルビームフォーマーとして構成されている。すなわち、サブ整相加算回路 326 は、4 つの A / D 変換器 342、4 つのメモリ 346、加算器 350 及びタイミングコントローラ 348 を有している。各伝送回路 334 から出力される受信信号（グループ受信信号）は、それに対応して設けられた A / D 変換器 342 においてアナログ信号の形式からデジタル信号の形式へ変換され、その変換された信号がメモリ 346 上に一旦格納される。タイミングコントローラ 348 は、4 つのメモリ 346 に対する信号の読み出しタイミングを制御することにより、各信号に対して遅延時間を付与する。4 つのメモリ 346 から読み出される 4 つの信号が加算器 350 において加算される。その結果として、デジタル信号としてサブ整相加算信号 403 が得られる。

【0098】

図 16 に示す構成例では、送受信モジュール 322 がサブデジタルビームフォーマーを有する点で図 15 に示す構成例と同一であるが、送受信モジュール 322 側だけに 4 つの伝送回路 340 が設けられている点が図 15 に示した構成例と異なっている。すなわち、各伝送回路 340 は図 14 に示した各伝送回路 340 と同様にパルサー / ヘッドアンプ回路として機能し、それぞれの伝送回路 340 はマルチプレクサ 330 に対して直接的に接続されている。

【0099】

図 17 に示す構成例では、図 16（及び図 14）に示した構成例と同様に、送受信モジュール 322 が 4 つの伝送回路 340 を有しているが、サブ整相加算回路 326 が CCD デバイスを用いたアナログ整相加算回路として構成されている。すなわち、4 つの受信信号（4 つのグループ受信信号）に対応して 4 つの CCD 352 及びスイッチング回路 354 が設けられ、コントローラ 360 から CCD 352 に対してクロック信号が与えられ、スイッチング回路 354 に対して制御信号が与えられている。

【0100】

CCD 352 においては、クロックに同期して、入力される信号が順次伝送され、コントローラ 360 によって指定された位置から信号が取り出される。つまり、そのような信号の取り出し点を適宜設定することにより、信号に対して所望の遅延時間を与えることが可能となる。取り出された信号はアンプ 356 を介して加算器 358 に出力されている。加算器 358 においては遅延処理された 4 つの信号が加算されており、これによってアナログ信号としてのサブ整相加算信号 403 が生成されている。コントローラ 360 は複数

10

20

30

40

50

のサブ整相加算回路の全体を制御している。

【0101】

以上のように、上記の第1、第2の実施形態及び参考例においては、各サブアレイごとに例えれば16個の受信信号が例えれば4つにグルーピングされ、すなわちプローブヘッド内においてチャンネルリダクションが実現されているために、プローブケーブル内を伝送する信号線の本数を削減できる。また、上記の第1、第2の実施形態及び参考例においては、送受信条件に応じて、各サブアレイ上のグルーピングパターンが動的に変更されるので、良好なビームを形成できる。特に、各グループを構成する振動素子の個数を可変できるので、サイドロープを低減でき、あるいは、ビームプロファイルを良好にできる。

【図面の簡単な説明】

10

【0102】

【図1】本発明に係る超音波診断装置の第1の実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1に示すサブ送受信部の構成例を示す回路図である。

【図3】アレイ振動子とサブアレイとの関係を示す図である。

【図4】サブアレイ上でのグルーピングパターンの第1例を示す図である。

【図5】サブアレイ上でのグルーピングパターンの第2例を示す図である。

【図6】サブアレイ上でのグルーピングパターンの第3例を示す図である。

【図7】メインディレイ（メイン遅延量）とサブディレイ（サブ遅延量）の関係を説明するための図である。

【図8】1つの送信ビームに対して16個の受信ビームが同時に形成される状態を示す図である。

20

【図9】送信ビームアドレスと各サブアレイに定められる動作条件との関係を示す図である。

【図10】送信ビームアドレスと各受信ビームごとのメイン遅延量セットとの関係を示す図である。

【図11】本発明に係る超音波診断装置の第2の実施形態を示すブロック図である。

【図12】本発明に係る超音波診断装置の参考例を示すブロック図である。

【図13】チャンネルリダクションユニット及び送受信モジュールの第1構成例を示す図である。

【図14】チャンネルリダクションユニット及び送受信モジュールの第2構成例を示す図である。

30

【図15】チャンネルリダクションユニット及び送受信モジュールの第3構成例を示す図である。

【図16】チャンネルリダクションユニット及び送受信モジュールの第4構成例を示す図である。

【図17】チャンネルリダクションユニット及び送受信モジュールの第5構成例を示す図である。

【図18】本発明に係る超音波診断装置の全体的な構成を示すブロック図である。

【図19】サブアレイ上でのグルーピングパターンの他の例を示す図である。

【図20】サブアレイ上でのグルーピングパターンの更に他の例を示す図である。

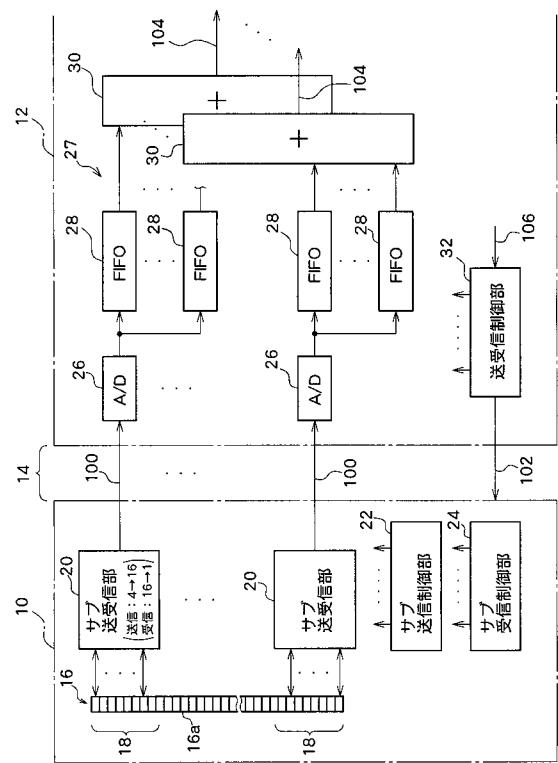
40

【符号の説明】

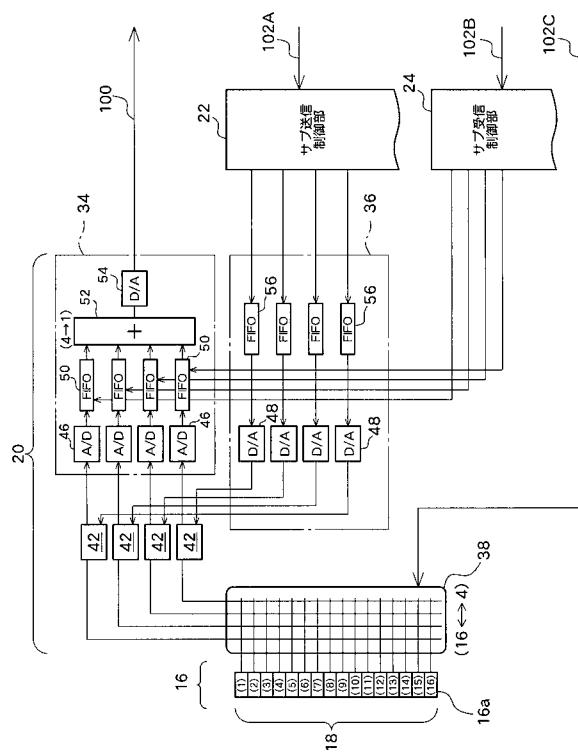
【0103】

10 プローブヘッド、12 装置本体、16 2Dアレイ振動子、18 サブアレイ、20 サブ送受信部、22 サブ送信制御部、24 サブ受信制御部、27 メイン整相加算部、32 送受信制御部。

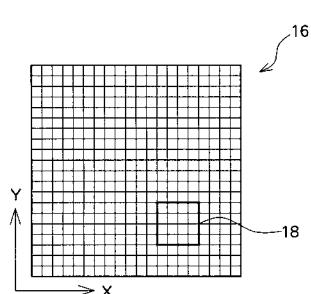
【図1】



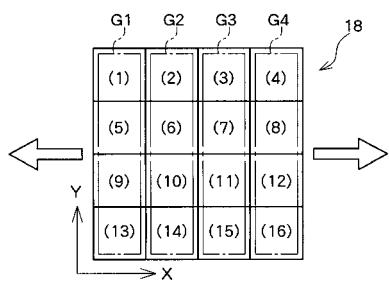
【図2】



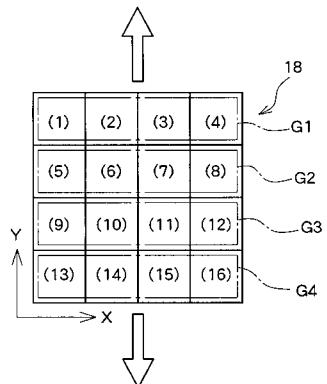
【図3】



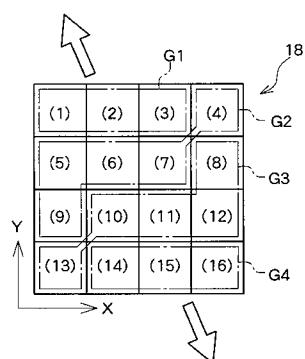
【図4】



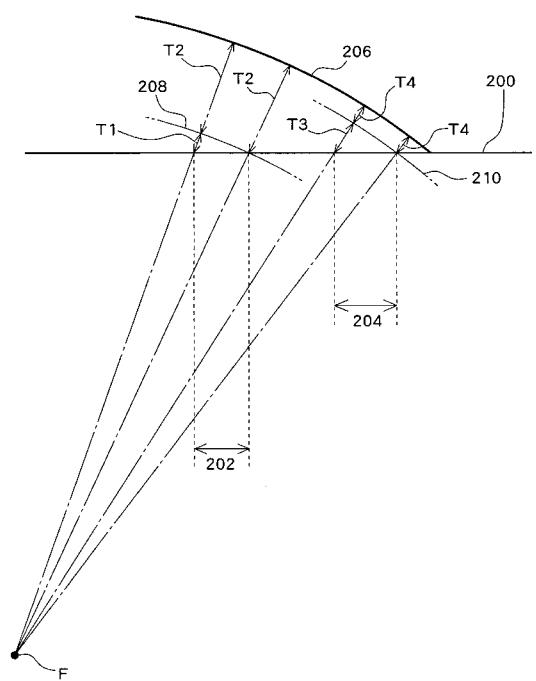
【図5】



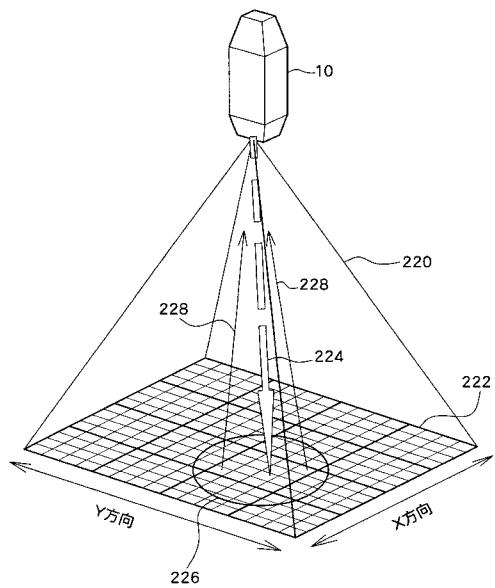
【図6】



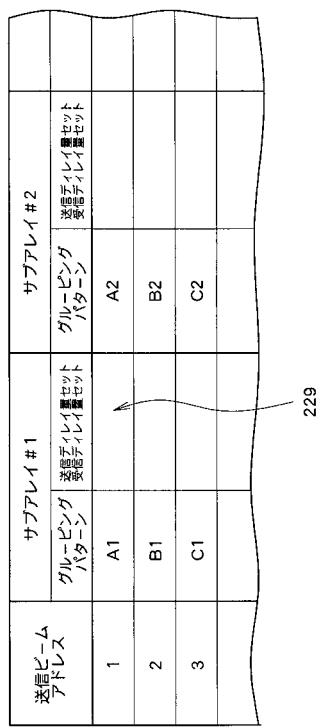
【図7】



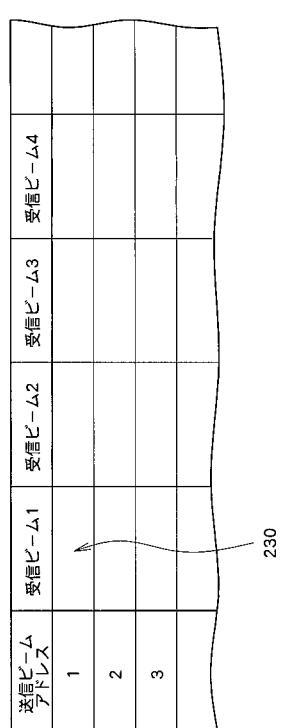
【図8】



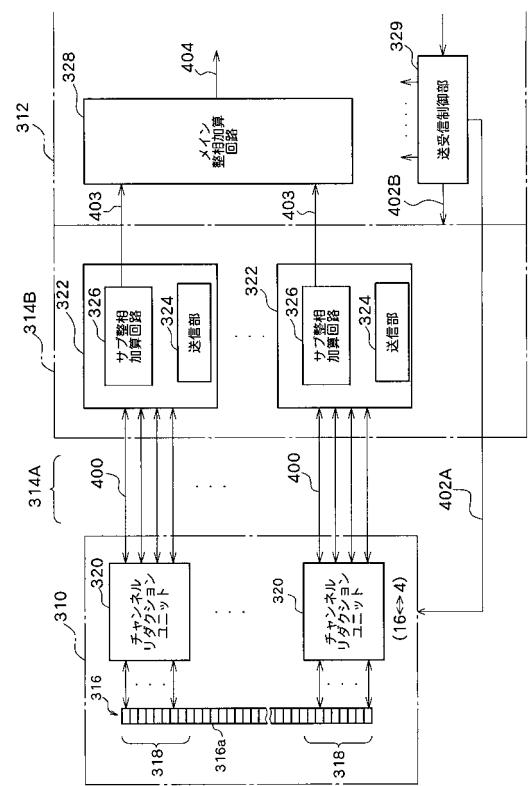
【図9】



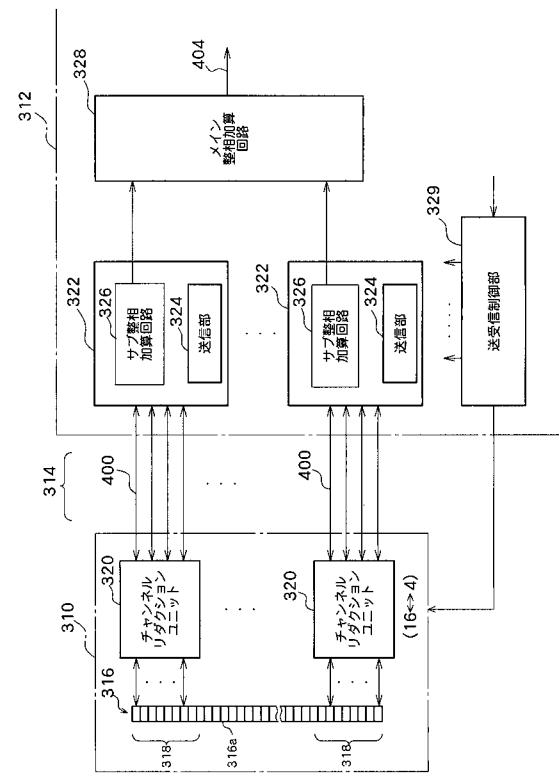
【図10】



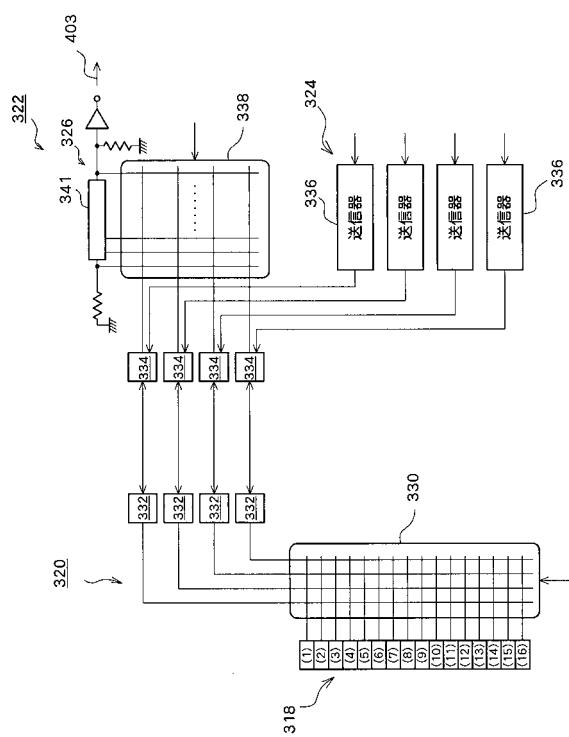
【図 1-1】



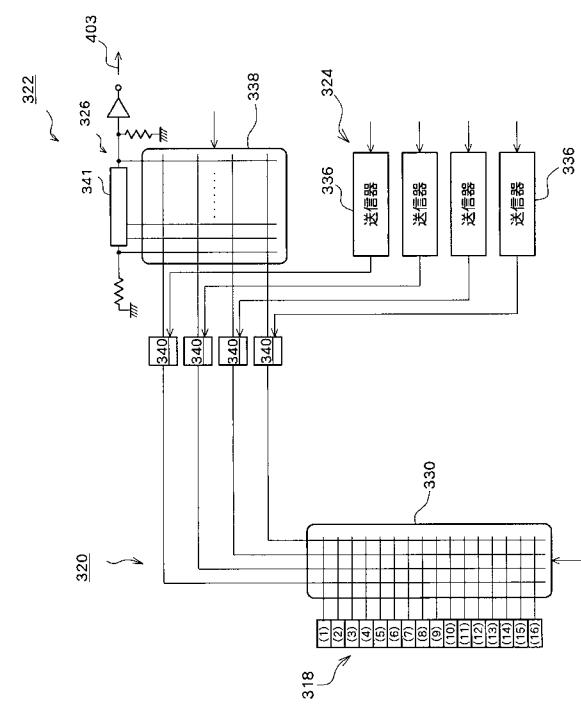
【図 1-2】



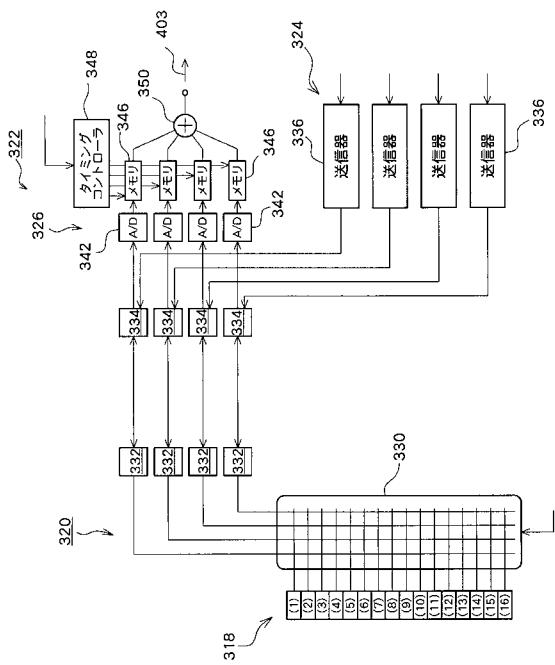
【図 1-3】



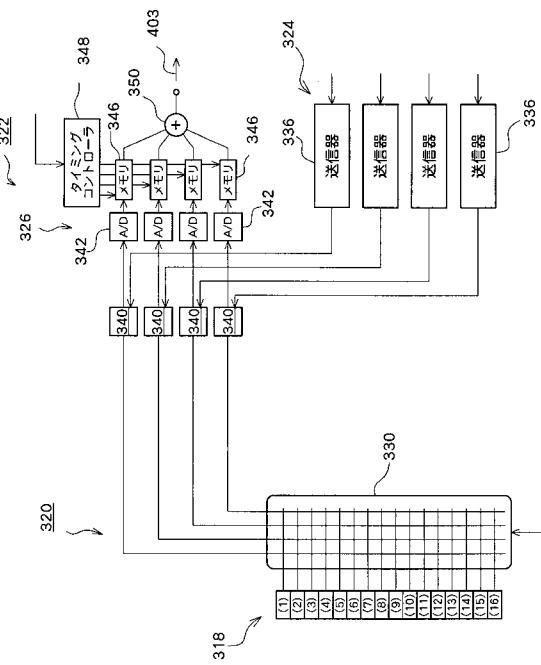
【図 1-4】



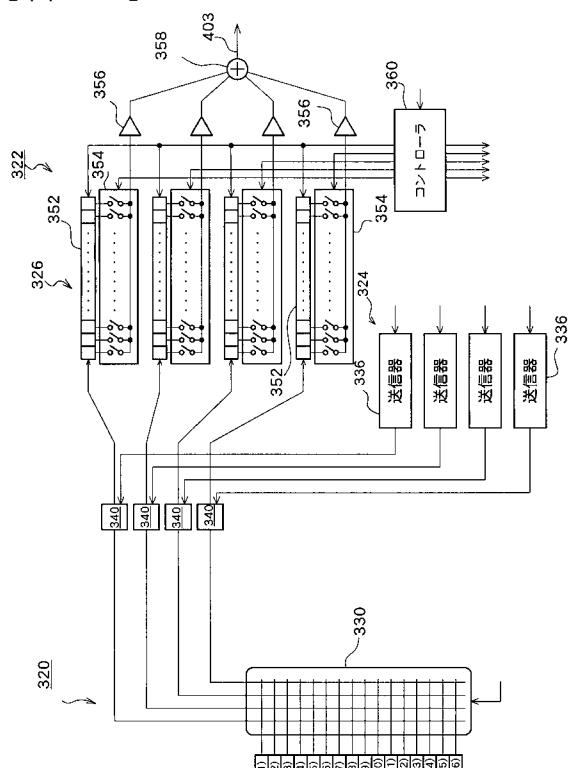
【 図 1 5 】



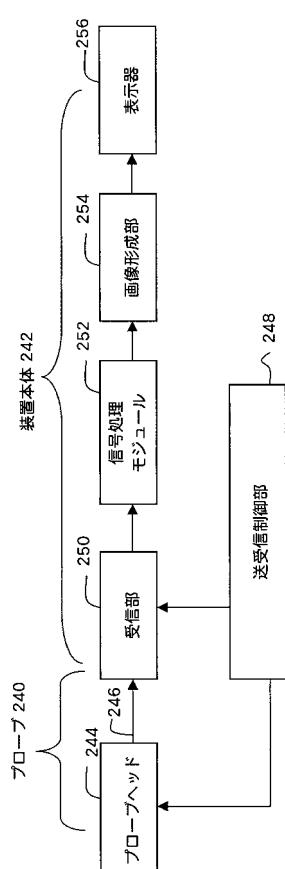
【図16】



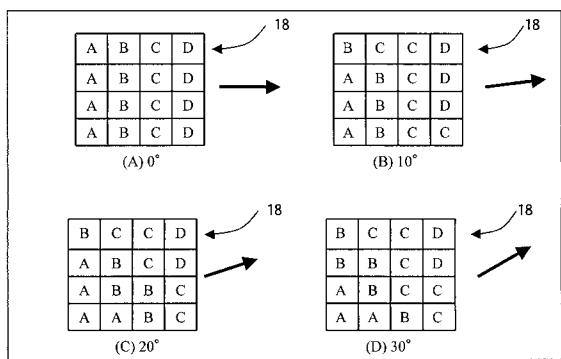
【図 17】



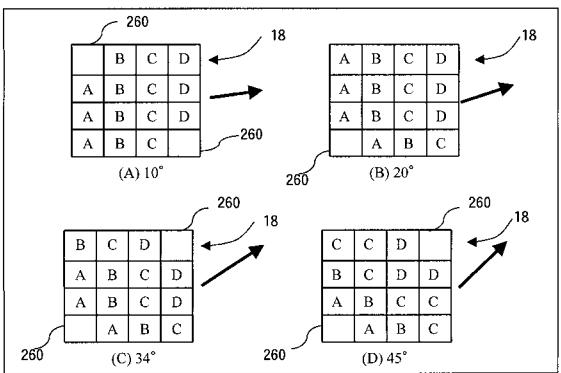
【 図 1 8 】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平3 - 181877 (J P , A)
特開平10 - 267904 (J P , A)
特開2000 - 254120 (J P , A)
特開2000 - 300553 (J P , A)
米国特許第5563346 (U S , A)
米国特許第6102863 (U S , A)
米国特許出願公開第2002 / 0045820 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2003 / 0018260 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 6 1 B 8 / 0 0

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP3977827B2	公开(公告)日	2007-09-19
申请号	JP2004185895	申请日	2004-06-24
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	竹内秀樹		
发明人	竹内秀樹		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/EE04 4C601/EE13 4C601/EE14 4C601/GB06 4C601/HH04 4C601/HH21 4C601/HH23 4C601/HH25 4C601/JB02 4C601/JB03 4C601/JB09		
代理人(译)	吉田健治 石田纯		
优先权	2003181070 2003-06-25 JP 2003181104 2003-06-25 JP		
其他公开文献	JP2005034634A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：减少超声波诊断设备中的通道减少和旁瓣。

ŽSOLUTION：在2D阵列振动器16上设置多个2D子阵列18，并且在每个子阵列18处设置多个组。具体地，用于构成每个子阵列的多个(例如，16个)振动元件。-阵列被分成多个(例如，4个)组。从多个振动元件输出的多个接收信号在多路复用器中的每个组处相加，以形成组接收信号。对多个组接收信号进行子相位相加处理以形成子相位相加信号100。对应于多个子阵列18的多个子相位相加信号100进行主相位相加。处理。在探头，电缆连接器或主机架中提供子相位添加部件。多路复用器在发送时将发送信号并行地馈送到构成组的多个振动元件。Ž

