

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5329945号  
(P5329945)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

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

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2008-502718 (P2008-502718)  
 (86) (22) 出願日 平成19年2月21日(2007.2.21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/053149  
 (87) 国際公開番号 W02007/099824  
 (87) 国際公開日 平成19年9月7日(2007.9.7)  
 審査請求日 平成22年2月16日(2010.2.16)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-46080 (P2006-46080)  
 (32) 優先日 平成18年2月23日(2006.2.23)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-271489 (P2006-271489)  
 (32) 優先日 平成18年10月3日(2006.10.3)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000153498  
 株式会社日立メディコ  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (72) 発明者 押木 光博  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 株式会社日立メディコ内  
 審査官 右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波診断装置の超音波画像表示方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

二次元配列された振動子を用いて超音波を送受信する超音波探触子と、  
前記二次元配列された振動子をフレネル束ねの同心円において円形状振動子群と半径が異なる前記同心円に挟まれる複数のリング状振動子群とを選択するスイッチ制御部と、  
前記円形状振動子群とその外周に位置する前記リング状振動子群の組の第1の組とし、  
前記第1の組に属する振動子群と同じ遅延時間、第1のフォーカス深度に対応した周波数、  
同じ位相の超音波を送受信すると共に、前記第1の組の外周に位置する前記リング状振動子群とそのさらに外周に位置する前記リング状振動子群の組を第2の組とし、前記第2の組に属する振動子群に前記第1のフォーカス深度よりも深い第2のフォーカス深度に対応した周波数、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の位相と逆位相の超音波を送受信するものであって、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第1の組の振動子群への送受信と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第2の組の振動子群への送受信を同時に行う送受信部と、  
前記同時に受信された前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号をフィルタ処理を用いて分割し、分割された前記第2のフォーカス深度の受信信号の超音波の信号強度を前記第1のフォーカス深度の受信信号の信号強度と実質的に同じ信号レベルとなるように調整し、前記信号強度が調整された前記第2のフォーカス深度の受信信号と前記第1のフォーカス深度の受信信号を用いて超音波画像を取得する画像取得部と、

10

20

前記取得された超音波画像を表示する画像表示部と、を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記スイッチ制御部は、隣接する2以上の振動子群に纏めた一組とするように、前記円形状振動子群又は前記リング状振動子群の複数の振動子群の組を選択することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項3】

前記スイッチ制御部は、同一組に属して同じ周波数で送信する複数の振動子群において、中央部側の振動子群の径方向の幅よりも、端部側の振動子群の径方向の幅を狭くするように、前記円形状振動子群又は前記リング状振動子群の複数の振動子群の組を選択することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

10

【請求項4】

前記スイッチ制御部は、同一組に属して同じ周波数で送信する複数の振動子群においては、端部側の振動子群に束ねられる振動子の数を、中央部側の振動子群に束ねられる振動子の数よりも少なくするように、前記円形状振動子群又は前記リング状振動子群の複数の振動子群の組を選択することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項5】

前記送受信部の前記逆位相は、前記同じ位相を180°反転したものであることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項記載の超音波診断装置。

【請求項6】

前記送受信部の一組にする振動子群が3以上となる場合、隣り合う振動子群が逆位相となることを特徴とする請求項5に記載の超音波診断装置。

20

【請求項7】

超音波探触子によって二次元配列された振動子を用いて超音波を送受信するステップと、  
スイッチ制御部によって前記二次元配列された振動子をフレネル束ねの同心円において円形状振動子群と半径が異なる前記同心円に挟まれる複数のリング状振動子群とを選択するステップと、

送受信部によって前記円形状振動子群とその外周に位置する前記リング状振動子群の組の第1の組とし、前記第1の組に属する振動子群に同じ遅延時間、第1のフォーカス深度に対応した周波数、同じ位相の超音波を送受信すると共に、前記第1の組の外周に位置する前記リング状振動子群とそのさらに外周に位置する前記リング状振動子群の組を第2の組とし、前記第2の組に属する振動子群に前記第1のフォーカス深度よりも深い第2のフォーカス深度に対応した周波数、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の位相と逆位相の超音波を送受信するものであって、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第1の組の振動子群への送受信と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第2の組の振動子群への送受信を同時に行うステップと、

30

画像取得部によって前記同時に受信された前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号をフィルタ処理を用いて分割し、分割された前記第2のフォーカス深度の受信信号の超音波の信号強度を前記第1のフォーカス深度の受信信号の信号強度と実質的に同じ信号レベルとなるように調整し、前記信号強度が調整された前記第2のフォーカス深度の受信信号と前記第1のフォーカス深度の受信信号を用いて超音波画像を取得するステップと、

40

画像表示部に前記取得された超音波画像を表示するステップと、を含むことを特徴とする超音波診断装置の超音波画像表示方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波ビームを走査して被検体内部の診断部位の超音波画像をリアルタイムで取得する超音波診断装置に関し、特に画像の広域に渡ってボケの無いSNの良い画像を得

50

る技術に関する。

【背景技術】

【0002】

複数の振動子を配列してなる超音波探触子に超音波送受信の口径を形成して超音波ビームを多方向に走査する超音波診断装置がある。

一般的に超音波は被検体内で減衰するため、被検体の深部にまで超音波を到達させると共に、その深部からの反射超音波を受信して、深部でもSNの良い画像、所謂ペネトレーションの良い画像を得るために、超音波診断装置においては色々な工夫が行われている。

その一例として、特許文献1には、画像のフレームレートを低下させることなく、複数の視野深度に渡って均一な距離分解能を有する画像を得るために、送波フォーカス点をスキャンフレーム毎に変えて、フォーカス点の異なるフレームデータ間で相関処理を行って画像を取得している。

【0003】

【特許文献1】特開2006-130009号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1は、所望のフォーカス点にフォーカスさせるために振動子毎の遅延制御を行っている。また、1つのフレームデータを取得する際のフォーカス点は1点のみである。そのため、遅延制御を行うための遅延回路や遅延処理の導入が必要になり、装置構成が複雑になってコストアップの要因となる。また、各フレームデータにおいては、フォーカス点の近傍のみ距離分解能が向上し、フォーカス点から離れた領域ではボケてしまう。したがって、送波フォーカス点をスキャンフレーム毎に変え、フレームデータ間で相関処理を行っても、各フォーカス点においては、距離分解能が向上したデータとボケたデータとの相関となる。結果として取得される画像においては、複数の視野深度に渡って画像のボケを十分に解消できないという未解決の課題が残されていると考えられる。

【0005】

そこで本発明は、フォーカス深度の浅部から深部に渡る広域においてボケの無いSNの良い超音波画像を取得することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための本願発明の超音波診断装置は以下のように構成される。即ち、二次元配列された振動子を用いて超音波を送受信する超音波探触子と、前記二次元配列された振動子をフレネル束ねの同心円において円形状振動子群と半径が異なる前記同心円に挟まれる複数のリング状振動子群とを選択するスイッチ制御部と、前記円形状振動子群とその外周に位置する前記リング状振動子群の組の第1の組とし、前記第1の組に属する振動子群と同じ遅延時間、第1のフォーカス深度に対応した周波数、同じ位相の超音波を送受信すると共に、前記第1の組の外周に位置する前記リング状振動子群とそのさらに外周に位置する前記リング状振動子群の組を第2の組とし、前記第2の組に属する振動子群に前記第1のフォーカス深度よりも深い第2のフォーカス深度に対応した周波数、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の位相と逆位相の超音波を送受信するものであって、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第1の組の振動子群への送受信と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第2の組の振動子群への送受信を同時に行う送受信部と、前記同時に受信された前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号をフィルタ処理を用いて分割し、分割された前記第2のフォーカス深度の受信信号の超音波の信号強度を前記第1のフォーカス深度の受信信号の信号強度と実質的に同じ信号レベルとなるように調整し、前記信号強度が調整された前記第2のフォーカス深度の受信信号と前記第1のフォーカス深度の受信信号を用いて超音波画像を取得する画像取得部と、前記取得された超音波画像を表示する画像表示部と、を備えたことを特徴とす

10

20

30

40

50

る。

また、上記課題を解決するための本願発明の超音波診断装置の超音波画像表示方法は以下のように構成される。即ち、超音波探触子によって二次元配列された振動子を用いて超音波を送受信するステップと、スイッチ制御部によって前記二次元配列された振動子をフレネル束ねの同心円において円形状振動子群と半径が異なる前記同心円に挟まれる複数のリング状振動子群とを選択するステップと、送受信部によって前記円形状振動子群とその外周に位置する前記リング状振動子群の組の第1の組とし、前記第1の組に属する振動子群に同じ遅延時間、第1のフォーカス深度に対応した周波数、同じ位相の超音波を送受信すると共に、前記第1の組の外周に位置する前記リング状振動子群とそのさらに外周に位置する前記リング状振動子群の組を第2の組とし、前記第2の組に属する振動子群に前記第1のフォーカス深度よりも深い第2のフォーカス深度に対応した周波数、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の位相と逆位相の超音波を送受信するものであって、前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第1の組の振動子群への送受信と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波を前記第2の組の振動子群への送受信を同時に行うステップと、画像取得部によって前記同時に受信された前記第1のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号と、前記第2のフォーカス深度に対応した周波数の超音波の受信信号をフィルタ処理を用いて分割し、分割された前記第2のフォーカス深度の受信信号の超音波の信号強度を前記第1のフォーカス深度の受信信号の信号強度と実質的に同じ信号レベルとなるように調整し、前記信号強度が調整された前記第2のフォーカス深度の受信信号と前記第1のフォーカス深度の受信信号を用いて超音波画像を取得するステップと、画像表示部に前記取得された超音波画像を表示するステップと、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明の超音波診断装置及び超音波診断装置の超音波画像表示方法は、フォーカス深度の浅部から深部に渡る広域においてボケの無いSNの良い超音波画像を取得することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の超音波診断装置及び超音波診断方法の各実施形態を図面に基いて以下に説明する。

最初に、本発明に係る超音波診断装置の全体構成を図1を用いて説明する。図1は本発明の超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【0009】

本発明の超音波診断装置は、複数の振動子を備えた超音波探触子10と、超音波探触子10の振動子を選択するための振動子選択データ部11と、超音波探触子10に送信信号を送信する送波部12と、超音波探触子10で受信された受信信号を整相する受信整相部13と、超音波探触子10と送波部12と受信整相部13との間の信号の流れの切換えを行う送受分離回路14と、受信整相部13からの信号を処理する信号処理部15と、信号処理部15からの信号に対して超音波走査と表示走査との走査変換を行うスキャンコンバータ16と、スキャンコンバータ16からの画像データを表示するモニタ17と、それぞれの構成要素を制御する制御部18と、制御部18に制御信号を入力する入力部23とから構成される。

【0010】

超音波探触子10は、1次元又は2次元の配列振動子19を有した探触子である。特に2次元配列振動子の場合、直交する2方向のそれぞれの方向へ $m$ 個及び $n$ 個、すなわち $m \times n$ 個の振動子19が2次元に配列された構成となる。超音波ビームの送受信サイクル毎に、スイッチング回路21により、この2次元配列された振動子19の内の複数が選択されて超音波の送受信を行う。これら2次元配列振動子19とスイッチング回路21とがケース内部に収納されて2次元超音波探触子を構成する。以下、主に2次元配列振動子の場合を例にして本発明を説明するが、1次元配列振動子にも本発明を適用することができる。

スイッチ制御部22は、スイッチング回路21へ振動子選択のための信号を供給するものである。

【0011】

送波部12は、複数の周波数の送信波形が記憶されたデジタルメモリとパルス発生回路と増幅回路とを有して成る。この送波部12は、超音波を被検体内へ送信するために振動子へ駆動信号を供給するものである。デジタルメモリに記憶された送信波形に基づいてパルス発生回路により送信波を生成し、増幅回路で増幅して、送受分離回路14を介して探触子に駆動信号を供給する。

送受分離回路14は、送信時と受信時とで信号の通過方向を変更するものである。

【0012】

被検体内で反射した反射波(エコー)は、振動子毎に、検出されて電気信号(受信信号)に変換されて、図示を省略された増幅器によってそれぞれ増幅される。

受信整相部13は、増幅器によって増幅された複数の受信信号が入力されて、それらの複数の信号を所定方向からの超音波ビーム信号となるように整相加算して出力するものである。

【0013】

信号処理部15は、受信整相部13から出力された受信信号を画像化するための前処理として、検波処理、対数変換処理、フィルタ処理、補正等を行うものである。

スキャンコンバータ16は、信号処理部15から超音波ビームの送受信毎に出力されてくる受信信号が入力されて、その信号をデジタル化して蓄積し画像データを形成する。そしてスキャンコンバータ16は、蓄積した画像データを画像表示装置の走査に応じて出力する。すなわち、スキャンコンバータ16は、超音波走査と表示走査との走査変換を行う。

【0014】

モニタ17は、スキャンコンバータ16から出力された画像データを輝度信号へ変換し、画像として表示する表示装置である。

制御部18は、入力部23から入力されたスキャンパラメータにしたがって、上記の各部を直接的又は間接的に制御して、超音波の送受信と画像表示を行わせるものである。制御部18は、例えば、中央演算ユニット(CPU)である。

【0015】

次に、上記超音波診断装置の動作を説明する。本発明に係る2次元配列振動子を有して成る超音波探触子10を備えた超音波診断装置は、例えば特許文献2に開示されているフレネル束ねフォーカス技術を用いる。つまり、2次元配列振動子の内から、所定の一点(例えば中心)から同じ距離範囲内に含まれる振動子を選択して、互いに同心円の円形状又はリング状に束ねる。具体的には以下の通り。

操作者は、超音波探触子10を被検体の検査部位の体表に当接し、入力部23から送信フォーカス深度等のスキャンパラメータを入力した後、超音波スキャン開始指令を入力する。この指令に応じて制御部18が各ユニットを制御し超音波スキャンを開始する。先ず、制御部18はスイッチ制御部22及び送波部12に対し、最初の送信における振動子の選択指令と、駆動パルス出力指令及び前記送信フォーカス深度に対応し送波波形を設定する指令を出力する。これら指令が実行されると、送波部12から駆動パルスが超音波探触子10へ供給される。

超音波探触子10内のスイッチング回路21は、入力部23から操作者が入力した送波フォーカス深度に対応した制御部18の指令により、後述の円形状又はリング状の振動子群及びそれらの振動子群の組を形成するように、送波部12と振動子の駆動パルス入力ラインとを接続する。各振動子は、駆動パルスが入力されると、所定の周波数で振動し、超音波を被検体内へ送信する。

【特許文献2】特開2000-325344号公報

【0016】

被検体内へ送信された超音波は、生体内の組織や臓器の音響インピーダンスの異なる面でその一部が反射され、エコーとして超音波探触子10方向へ戻ってくる。このエコーを受

10

20

30

40

50

信するために、制御部18は受信系を制御する。まず、送信の終了と共に、制御部18は、スイッチング回路21へ受信のための振動子と受信整相部13とを接続するための切換え選択を行う。受信の際にも、制御部18は、送信時と同様に円形状又はリング状の振動子群及びそれらの振動子群の組を形成するように振動子切換え選択を行う。その詳細は後述する。

【0017】

各組の振動子群で受信された受信信号は受信整相部13で整相加算され、ビーム状に形成された受信信号となって信号処理部15へ出力される。信号処理部15は、入力された受信信号に対し前述の処理を行いスキャンコンバータ16へ処理後の信号を出力する。スキャンコンバータ16は、入力された信号をメモリへ記憶し、モニタ17への表示のための同期信号に対応して記憶内容を読み出して出力する。以上の動作が終了すると、制御部18は、超音波送受信の位置又は方向を順次変更して上記一連の動作を繰り返す。

10

【0018】

次に、フレネル束ねフォーカス技術の基本概念を図2を用いて説明する。図2は、フレネル束ねフォーカス技術の基本概念を表す模式図であり、2次元超音波探触子10において、選択された振動子群の中心軸上に送受信の超音波ビームを形成する模式図を示している。

【0019】

2次元配列振動子20の各振動子は、スイッチ制御部22によって、互いに同心円の円形状又はリング状に束ねられて、円形状振動子群と複数のリング状振動子群とを成形するように選択される。特にリング状振動子群は、半径の異なる2つの同心円に挟まれた領域(つまり、中心から同じ距離範囲内となる領域)に存在する振動子が束ねられる。そして同一振動子群に束ねられる複数の振動子は、同時に送受信される。図2(a)におけるF点から振動子面に伸びる複数の線分群は、各振動子群から放射された超音波がF点(フォーカス点)で収束する状態、及び、点Fから反射した超音波が各振動子群へ向かうことを示している。図2(b)は、例えば、2次元配列振動子を、直交するX方向とY方向とにそれぞれ7×7として、合計49個の振動子で示してある。

20

【0020】

実際の診断用の2次元配列振動子は、例えば、縦、横の両方向に $64 \times 64 = 4096$ 個程度の配列を成す。そのため、リング状に選択される振動子群はもっと微細になり、数多くの径の異なるリング状振動子群が構成されることになる。

なお、F点から一つのリングを形成する各振動子までの距離は、リングの内周側に位置する振動子までの距離と、リングの外周側に位置する振動子までの距離とで若干の相違が生じる。したがって、リングの内周側に位置する振動子とリングの外周側に位置する振動子とを同時に送受信させるためには、リングの内周と外周の径の差に上限を設けた方が好ましい。

30

【0021】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態を説明する。本実施形態の特徴は次の通りである。即ち、一つの振動子群として束ねられる複数の振動子は、異なる遅延時間を与えられることなく同時に同じ周波数と同じ位相で超音波を送受信する。さらに、周波数とフォーカス点の位置とに対応して複数の振動子群を区分して振動子群の組を形成する。同一組に属する複数の振動子群は同じ周波数で超音波を送受信する。また、同一組に属する複数の振動子群の内の少なくとも2つの振動子群は異なる位相で超音波を送受信する。複数の振動子群の区分に関しては、好ましくは位相の異なる隣接する一对の振動子群を纏めて一組とすれば、異なる位置のフォーカス点をより多く設定することが可能になる。ただし、これに限定されるわけではなく、フォーカス点の数を減らせる場合は、2以上の振動子群を纏めて一組としても良い。なお、異なる組で同じフォーカス点を有するように設定しても良い。以下、本実施形態を具体的に説明する。

40

【0022】

本実施形態の特徴部を図3を用いて説明する。図3は、スイッチ制御部22によって、2次元配列振動子の各振動子がフレネル束ねされている状態、つまり、互いに同心円状に円形

50

状又はリング状となるように各振動子が選択されて振動子群として束ねられている状態を示している。また、図3は、フレネル束ねされた振動子群の各々から、d1とd2の2点でフォーカスする様に超音波が送信され、d1とd2の2点から反射した超音波が各振動子群へ向かい、d1とd2の2点でフォーカスするように各振動子群が受信する状態を示している。

#### 【0023】

(フレネル束ねを用いた送信)

最初に、フレネル束ねを用いた送信に関して説明する。

スイッチ制御部22及び送波部12は、深度方向(d方向)の浅部のd2にフォーカスする送波周波数を高くしてフレネル束ねFP2を形成し、深度方向(d方向)の深部のd1にフォーカスする送波周波数を低くしてフレネル束ねFP1を形成する。つまり、深部ほど高周波超音波の減衰が激しいため、スイッチ制御部22及び送波部12は、より深部にフォーカスするほど浅部と比較してより低周波の超音波を用いるフレネル束ねを形成する。そして、フレネル束ねFP1とフレネル束ねFP2とで同時に送信する。

#### 【0024】

はじめに、フレネル束ねFP2により浅部のd2にフォーカスを行う場合を説明する。スイッチ制御部22は、中央部の円形振動子群30と円形振動子群30の外側に隣接するリング状振動子群31を選択して一組とする。そして送波部12は、選択された一組の振動子群30, 31を用いて高周波の超音波で浅部にフォーカスを行う。例えば、 $d2 = 10\text{mm}$ の深さにフォーカスを行う場合、送波部12は、一組の円形振動子群30とリング状振動子群31を用いて $f2 = 10\text{MHz}$ の周波数でそれぞれ超音波を同時に送信する。その際に送波部12は、円形振動子群30でフレネル束ねを行う振動子を同位相にして送信し、リング状振動子群31でフレネル束ねを行う振動子を、円形振動子群30の送信超音波と $180^\circ$  ( )だけ位相を異ならせて(以下、簡単に「逆位相」と表記する)送信する。

このように、振動子の束ねに関しては、フレネル束ねフォーカス技術(例えば、特許文献2)を用いて、フォーカス点と振動子との間の距離が(送受信信号波長/2)単位で規格されて、2次元配列振動子が束ねられる。そして、本発明に係る特徴は、同一組内の隣り合う振動子群において超音波の位相を互いに異ならせて送信する。これにより2次元配列振動子を構成する振動子毎に固有のフォーカスデータを付与することなく、同一組内の振動子群の各々から同時送信される各超音波を所望のフォーカス点でフォーカスさせることが可能となる。

#### 【0025】

なお、同一組に属して同じ周波数で送信する複数の振動子群においては、中央部側の振動子群の径方向の幅よりも、端部側の振動子群の径方向の幅を狭くする。具体的には、中央部側の円形振動子群30の径方向の幅(つまり半径)よりも、端部側のリング状振動子群31の径方向の幅を狭くする。つまり、探触子端部に近いリング状振動子群ほど、径方向の幅を狭くする。なぜなら、探触子端部ほど隣接振動子間でフォーカス点までの距離差が長くなるので、振動子群間でこの距離差を略同一にするためには、探触子端部のリング状振動子群ほど径方向の幅(つまりリング幅)を狭くする必要があるためである。このことを別の観点で言えば、同一組に属して同じ周波数で送信する複数の振動子群においては、端部側の振動子群に束ねられる振動子の数を、中央部側の振動子群に束ねられる振動子の数よりも少なくする。具体的には、端部側のリング状振動子群31に束ねられる振動子の数を、中央部側の円形振動子群30に束ねられる振動子の数よりも少なくする。なお、隣接する組間で周波数差が僅かであれば、この隣接する組に属する振動子群間においても上述のことが言える。即ち、探触子端部に近いリング状振動子群ほど、径方向の幅が狭くなり、振動子群に束ねられる振動子の数が少なくなる。

#### 【0026】

次に、フレネル束ねFP1により深部のd1にフォーカスを行う場合を説明する。スイッチ制御部22は、上述した円形振動子群30とリング状振動子群31の組で送信するタイミングと同時に、リング状振動子群31の外側に隣接するリング状振動子群32と、リング状振動子群32の外側に隣接するリング状振動子群33を選択して一組とする。その際、スイッチ制御部

22は、端部側のリング状振動子群33の径方向の幅を中央部側のリング状振動子群32の径方向の幅よりも狭くする(つまり、端部側のリング状振動子群33に束ねられる振動子数を中央部側のリング状振動子群32に束ねられる振動子数よりも少なくする)。そして、送波部12は、選択されたリング状振動子群32, 33の組を用いて、内側の円形振動子群30とリング状振動子群31の組よりも低周波の周波数で送信する。例えば、 $d1 = 50\text{mm}$ の深さの深部にフォーカスを行う場合、送波部12は、一組のリング状振動子群32とリング状振動子群33を用いて $f1 = 5\text{MHz}$ の周波数でそれぞれ送信する。その際に送波部12は、リング状振動子群32に束ねられる振動子を同位相にして送信し、リング状振動子群33に束ねられる振動子を、リング状振動子群32の送信超音波と逆位相にして送信する。

【0027】

このように、フレネル束ねFP1からの信号は周波数 $f1$ で深さ $d1$ にフォーカスされ、フレネル束ねFP2からの信号は周波数 $f2$ で深さ $d2$ にそれぞれフォーカスされる。よって、1回の送信で $d1, d2$ にフォーカスされた送信ビームの形成が可能となる。

【0028】

この超音波送信の詳細について図4を用いて説明する。なお、後述する受信に関しても同様である。図4はリング中心を通るY軸方向の断面を示す。なお、ここでは説明のため断面の振動子42を16素子として表現するが、実際はこの限りではない。また、図3のFP2の組に対応する領域は領域40とし、FP1の組に対応する領域は領域41として示している。領域40内の振動子42によって送信されたビーム形状は43であり、領域41内の振動子42によって送信されたビーム形状は44である。

【0029】

振動子42に対応した符号49は送波超音波の位相を表す記号である。破線45より上側にある場合の符号は“+”であり、破線45より下側にある場合の符号は“-”であり、“+”の符号の位相と逆位相である。また、この符号49は、振動子42に1対1に対応している。なお、この符号49は、説明上の便宜的な表記であり、同じ符号の振動子42は同じ位相で送信され、符号の異なる振動子42は逆位相で送信されることを表すためのものである。

例えば、領域40では、下側の中央部の4つに対応する円形状振動子群は“-”の位相にされて超音波を送信し、上側の両端部の1つに対応するリング状振動子群は“+”の位相にされて超音波を送信する。領域40内の“+”と“-”の位相に対応する複数の振動子42を一組として10MHzの高い周波数で浅部にフォーカスを行う。このように領域40内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は43となる。

【0030】

また、領域41では、下側の三つの符号に対応するリング状振動子群は“-”の位相にされて超音波を送信し、その外側に隣接する端部の二つの符号に対応するリング状振動子群は“+”の位相にされて超音波を送信する。領域41内の“+”と“-”の位相に対応する複数の振動子42を一組として5MHzの低い周波数で深部にフォーカスを行う。このように領域41内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は44となる。

これらのフォーカス43とフォーカス44への送信は同時に行われる。つまり、一回の送信で異なる二つの深度にフォーカスを持つ超音波ビームの形成が可能となる。

【0031】

なお、図4に示す例では、各組に属する振動子群の数を2つ(つまり互いに逆位相の関係となる一对の振動子群)にしているが、少なくとも2つの組で振動子群の数を異ならせても良い。さらに、互いに逆位相になる一对の振動子群とせずに、同位相の振動子群の数を異ならせても良い。例えば、“-”、“+”、“-”の位相を有する振動子群を一組にしても良いし、“+”、“-”、“+”の位相を有する振動子群を一組にしても良い。

また、同じ組に属する振動子群の内では、中央部側の振動子群の径方向の幅を、端部側の振動子群の径方向の幅よりも広くする(つまり端部側の方の振動子群に束ねる振動子数を少なくする)。

【0032】

(フレネル束ねを用いた受信)

10

20

30

40

50

次に、フレネル束ねを用いた受信に関して説明する。

受信時は、送信時と同じフレネル束ねパターンを用いても良いし、送信時と異なるフレネル束ねパターンを用いても良い。以下、送信時と同じフレネル束ねパターンを用いて受信を行う場合について詳細に説明する。即ち、送信時と同じように、振動子を束ねて振動子群を形成し、複数の振動子群を区分して複数の組を形成する。そして、同一組に属する複数の振動子群の受信周波数を同一にして受信する。また、同一組に属する複数の振動子群の内の少なくとも2つの振動子群は異なる位相で超音波を受信する。このようにして、組毎に受信フォーカス点を異ならせる。以下、具体的に説明する。

受信される超音波には、例えば送信時の10MHzと5MHzの様に、異なる周波数の超音波が含まれる。制御部18は、送信した振動子42と同様の振動子42を用いて受信を行う。例えば、フォーカス43に送信した超音波を受信する振動子42は領域40の組の振動子であり、フォーカス44に送信した超音波を受信する振動子42は領域41の組の振動子である。

【0033】

(フィルタ処理)

次に、受信信号のフィルタ処理について説明する。

フォーカス43とフォーカス44とでは深度が異なるため、受信する時刻も異なることになる。フォーカス43すなわち浅部での超音波は早く受信され、フォーカス44すなわち深部での超音波は遅く受信される。したがって、それぞれのフォーカス点により得られる超音波に対し、高周波或いは低周波に対応するフィルタを適用して各フォーカス点からの信号を選別する。そこで、本発明の超音波診断装置は、通過帯域の異なる複数のフィルタを受信整相部13内に設けてあり、受信信号をフィルタ処理して幾つかの周波数帯に分割する。

【0034】

ここで、図5を用いて送受タイミングのシーケンスを説明する。図5に示すシーケンス50において上に凸の矩形期間は受信タイミングを表し、下側に凸の矩形期間は送信タイミングを表す。また、フィルタ51では高周波の受信信号が通過し、低周波の受信信号が阻止される。フィルタ52では低周波の受信信号が通過し、高周波の受信信号が阻止される。各フィルタ処理のタイミングとフォーカス点深度との対応関係を図4に示す。

【0035】

受信期間では、受信整相部13において、浅部領域430でフォーカスされた高周波超音波に基づく反射超音波は、フォーカス位置が振動子からの距離が近いいため早いタイミングで受信される。したがって、送信から受信への切り換え時から早いタイミングにおいて、高周波の受信信号はフィルタ51によりフィルタ処理が行われ、低周波の受信信号は除去される。また、受信整相部13において、深部領域440でフォーカスされた低周波超音波に基づく反射超音波は、フォーカス位置が振動子からの距離が遠いため、遅いタイミングで受信される。したがって、フィルタ51によるフィルタ処理から所定の時間経過後、低周波の受信信号はフィルタ52によりフィルタ処理が行われ、高周波の受信信号は除去される。フィルタ52のフィルタ処理が終わり、所定の時間経過後、送信タイミングに切り替わり、超音波を送信する。この方式で送信と受信が交互に繰り返される。

なお、フィルタは周波数毎に複数用意しても良いし、一つのフィルタの通過帯域を受信タイミングに応じて高周波から低周波にダイナミックに変更できるものでも良い。例えば、FIRフィルタの係数を受信タイミングに応じてダイナミックに変更することにより通過帯域を変更することができる。

【0036】

(超音波強度制御)

次に、探触子面とフォーカス点との距離、つまり深度に応じた送信超音波の強度制御について説明する。探触子端部の領域で送信された超音波ビームは、探触子中央部の領域で送信された超音波ビームに比べてビーム強度が落ちるため、端部の領域の超音波ビームのビーム強度を上げるのが好ましい。なぜなら、生体内での超音波ビームのビーム強度に影響を及ぼす、送信に用いられる振動子数、フォーカス点の距離(深さ)、及びフォーカスの広がり、が深部と浅部とで異なるからである。

10

20

30

40

50

具体的には、フォーカス点の距離が深ければ深いほど超音波が減衰するのでビーム強度が弱くなる。また、超音波送信に用いる振動子数が少ないほどビーム強度が弱くなる。また、探触子の端部の領域であるほど、送信された超音波ビームのフォーカスが広がるのでビーム強度が弱くなる。そこで、これらフォーカス点の距離(深さ)、振動子数、及びフォーカスの広がりに応じて、送波部12は、送信する超音波ビーム強度を制御する。即ち、探触子の中央部側で送信された超音波ビームと端部側で送信された超音波ビームと、がフォーカス点において実質的に同じレベルとなるように、探触子端部側の超音波ビーム強度を中央部側の超音波ビーム強度よりも強くする。或いは、受信整相部13において、探触子の端部側で受信した受信信号を中央部側で受信した受信信号よりも大きく増幅しても良い。大きく増幅するためには、例えば、プリアンプの増幅率を上げたり、受信信号をデジタル

10

【0037】

(超音波波数制御)

次に、フォーカス点の深度に応じた送信超音波の波数制御について説明する。それぞれの深度に応じて波数を可変して送信することにより距離分解能を上げることができる。探触子10の中央部側の円形振動子群30とリング状振動子群31の組で浅部に向けて送信する高周波の超音波の波数を、探触子の端部側のリング状振動子群32とリング状振動子群33の組で深部に向けて送信する低周波の超音波の波数よりも多くする。逆に言えば、浅部にフォーカスさせる高周波の超音波の波数と比較して、深部にフォーカスさせる低周波の超音波の波数を少なく設定する。

20

例えば、浅部には4波の波数97、深部には2波の波数99が送信される。浅部にフォーカスする場合において、各振動子群とフォーカス点間の距離差が小さいため、波が重なる部分が多い。よって波数を多く設定して距離分解能を上げることができる。逆に深部にフォーカスする場合において、各振動子群とフォーカス点間の距離差が大きいため、波が重なる部分が少ない。よって距離分解能を上げるためには波数を少なく設定する必要がある。

【0038】

以上説明したように本実施形態では、フォーカス点が浅部になるほど高い周波数にしてフレネル束ねを形成する。また、フォーカス点が深部になるほど低い周波数にしてフレネル束ねを形成する。つまり、フォーカス点の深度方向の位置とその周波数との複数セットに対応して最適なフレネル束ねパターンを決定する。このように、フォーカス点の深度に応じた周波数の超音波を振動子群の組毎に印加することにより、1回の送受信で複数のフォーカス点にフォーカスされた超音波ビームを形成することができる。その結果、画像のフレームレートを低下させることなく、振動子毎の遅延制御を用いることなく、画像の浅部から深部に渡る広域においてボケの無いSNの良い画像を取得することができる。

30

【0039】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態を説明する。第1の実施形態と異なる点は、3つのフォーカス点に送受信する点である。それ以外は前述の第1の実施形態と同様であるので、同一部分についての詳細な説明は省略する。以下、本実施形態を具体的に説明する。

本実施形態の特徴部を図6を用いて説明する。領域60内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は66であり、領域61内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は67であり、領域62内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は68である。

40

【0040】

図6(a)に示すように、領域60では、下側の中央部の4つが“-”であり、上側の両端部の1つが“+”である。スイッチ制御部22は、このように、同一周波数で送受信する一つの領域(組)内で、中央部側で送信する振動子群の径方向の幅と比較して、端部側で送信する振動子群の径方向の幅が狭くなるように振動子42を選択する(つまり端部側の方の振動子群に束ねる振動子数を少なくする)。送信部12は、中央部側の“-”符号を有する振動子を束ねた円形振動子群を“-”の位相にして送信させ、円形振動子群に隣接し、端部側の“+”符号を有する振動子を束ねたリング状振動子群を“+”の位相にして送信させ

50

る。領域60内の“+”と“-”の振動子42の群が、一組として10MHzの高い周波数で送信されて浅部にフォーカスされる。このようにして、領域60内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は66となる。

【0041】

また、領域61では、下側の内側の2つが“-”であり、上側の端部の1つが“+”である。スイッチ制御部22は、領域60と同様に、中央部側で送信する振動子群の径方向の幅と比較して、端部側で送信する振動子群の径方向の幅が狭くなるように振動子42を選択する。送信部12は、下側の振動子42を束ねるリング状振動子群を“-”の位相にして送信させ、このリング状振動子群に隣接し、端部の振動子42を束ねるリング状振動子群を“+”の位相にして送信させる。領域61内の“+”と“-”の振動子42の群が、一組として5MHzの周波数で送信されて中間部にフォーカスされる。このように領域61内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は67となる。

10

【0042】

また、領域62では、下側の内側の1つが“-”であり、上側の端部の1つが“+”である。送信部12は、下側の振動子42を束ねるリング状振動子群を“-”の位相にして送信させ、このリング状振動子群に隣接し、端部の振動子42を束ねるリング状振動子群を“+”の位相にして送信させる。領域62内の“+”と“-”の振動子42の群が、一組として2.5MHzの周波数で送信されて深部にフォーカスされる。このように領域62内の振動子42の組によって送信されたビーム形状は68となる。

上述したフォーカス66とフォーカス67とフォーカス68へは同時に送信される。つまり、一回の送信で異なる三つの深度にフォーカスを持つ超音波ビームの送信が可能となる。

20

【0043】

なお、図6(a)に示す例では、スイッチ制御部22は、第1の実施形態と同様に、同一組に属する振動子群の数を2つ(つまり互いに逆位相の関係となる一对の振動子群)にしているが、少なくとも1つの組の振動子群の数を他の組の振動子群の数と異ならせても良い。さらに、同一組の中で、互いに逆位相になる一对の振動子群とせずに、同位相の振動子群の数を異ならせても良い。

【0044】

また、受信する際、フォーカス66とフォーカス67とフォーカス68とでは深度が異なるため、各フォーカス点からの反射波を受信する時刻も異なることになる。受信整相部13において、フォーカス66すなわち浅部での超音波は早く受信され、フォーカス67すなわち中間部での超音波は次に受信され、フォーカス68すなわち深部での超音波は最も遅く受信される。第1の実施形態と同様にして、図6(b)に示すように、それぞれのフォーカス点により得られる超音波に対し、それぞれの周波数に対応するフィルタが適用される。領域660のフォーカス66には10MHzの高周波を通過させるフィルタ70が適用され、領域670のフォーカス67には5MHzの中周波を通過させるフィルタ71が適用され、領域680のフォーカス68には2.5MHzの低周波を通過させるフィルタ72が適用される。

30

なお、第1の実施形態と同様に本実施形態でも、フィルタは周波数毎に複数用意しても良いし、一つのフィルタの通過帯域を受信タイミングに応じて高周波から低周波にダイナミックに変更できるものでも良い。

40

【0045】

次に、送信時と異なるフレネル束ねパターンを用いて受信を行う場合について詳細に説明する。

受信時は、送信時のフレネル束ねパターンと異なるフレネル束ねパターンを設定して受信する。例えば、スイッチ制御部22は、送信時の振動子群の区分又は組数と異なる区分又は組数とする。そして、受信整相部13は、各組の受信周波数又は各振動子群の受信位相を送信時と異ならせる。この様にして、フォーカス点の位置とフォーカス点の数のうちの少なくとも一方を送信時と異ならせて受信信号を整相処理する。

図6(c)に示すように、例えば、送信部12は、送信時にある1点にフォーカスして送信をした後に、スイッチ制御部22と受信整相部13は、複数のフォーカス点を設定して受信する

50

。具体的には、クロックC1において受信信号を受信する際は、浅部から反射してくる超音波を受信できるように、中央部である領域60の振動子群の組を用いて受信を行う。そして、クロックC2、クロックC3と経過するに従い、外側の領域のリング状振動子群の組を用いて受信を行う。最後に、クロックCmにおける受信信号を受信する際、端部である領域62のリング状振動子群の組を用いて受信を行う。

【0046】

各フォーカス点から反射される超音波を深度に応じた位相で受信できるように、スイッチ制御部22と受信整相部13は、振動子群の組及び組内の各振動子群の位相をそれぞれ設定する。例えば、クロックC1の場合、領域60の振動子群の組において振動子群毎に位相の設定を行う。領域60の振動子群の組は同位相又は逆位相で受信する一对の振動子群であり、この位相設定された一对の振動子群より成る組を用いて信号を受信する。

10

【0047】

このように、スイッチ制御部22は、フォーカス点に応じて、フレネル束ねを構成する振動子群を設定し、複数の振動子群を組分けする。そして、受信整相部13は、組毎に受信周波数を設定すると共に、組内の振動子群毎の同位相又は逆位相の位相を設定する。そして、フォーカス点を変えながら、そのフォーカス点毎に、振動子群の組、その組の周波数、及び、その組内の振動子群毎の位相、を対応させて信号を受信する。この様にして、超音波を送信する際には1点又は少数しかフォーカスを掛けなくても、超音波を受信する際には複数のフォーカス点を設定することができる。

なお、上記例は、送信時のフォーカス点より多いフォーカス点を設定して受信する例であるが、逆に、送信時のフォーカス点より少ないフォーカス点を設定して受信しても良い。この様にして、送信時と受信時とで、フォーカス点の数を異ならせることが可能である。或いは、送信時と受信時とで、フォーカス点の位置を異ならせることも可能である。

20

【0048】

また、本実施形態においても、第1の実施形態と同様に、フォーカス点の深度に応じた超音波強度制御と超音波波数制御を行うことができる。

超音波強度制御については、フォーカス点の深度によらず送信超音波ビーム又は受信信号が実質的に同じレベルになるようする。具体的には、送信部12において、浅部のフォーカス点に向けて送信される超音波ビームと比較して、中間部のフォーカス点に向けて送信される超音波ビームの強度を強くし、中間部のフォーカス点に向けて送信される超音波ビームと比較して、深部のフォーカス点に向けて送信される超音波ビームの強度を強くしても良い。或いは、受信整相部13において、浅部のフォーカス点からの受信信号と比較して、中間部のフォーカス点からの受信信号を大きく増幅し、中間部のフォーカス点からの受信信号と比較して、深部のフォーカス点からの受信信号を大きく増幅しても良い。

30

同様に超音波波数制御についても、深部のフォーカス点に向けて送信される超音波と比較して、中間部のフォーカス点に向けて送信される超音波の波数を多くし、中間部のフォーカス点に向けて送信される超音波と比較して、浅部のフォーカス点に向けて送信される超音波の波数を多くして送信することができる。

【0049】

以上説明したように、本実施形態によれば、第1の実施形態と同様に、3つのフォーカス点を設定する場合においても、1回の送受信で複数のフォーカス点にフォーカスされた超音波ビームを形成することができる。その結果、画像のフレームレートを低下させることなく、振動子毎の遅延制御を用いることなく、画像の浅部から深部に渡る広域においてボケの無いSNの良い画像を取得することができる。

40

【0050】

(振動子の組分けの説明)

次に、一回の送信で複数の深度にフォーカスを持つ送信ビームの形成、及びその受信に関する上記振動子の組分けの基本原理を、図7及び式を用いて説明する。図7(a)を参照して、浅部の焦点focus1にフォーカスを行う場合は、中心からn番目の振動子群迄の距離 $d_n$ は、

50

【 0 0 5 1 】

【数 1】

$$d_n = \sqrt{l_n^2 - (l_0)^2}$$

として表される。ここで、 $l_0$ は振動子42面の中心とフォーカス点focus1との間の距離であり、 $l_n$ はフォーカス点focus1とn番目の振動子群との間の距離である。そして、隣り合う振動子群との間には

10

【 0 0 5 2 】

【数 2】

$$l_n - l_{n-1} = \lambda_{fm} / 2$$

という関係式が成り立っている。また、波形の一般式は

【 0 0 5 3 】

【数 3】

$$\lambda_{fm} = v / f_m$$

20

として表される。そして、 $d_n$ の上限値は、

【 0 0 5 4 】

【数 4】

$$d_n \leq D_f$$

30

として表される。但し、 $D_f$ はfocus1に対して送受波するためのフレネル束ね形成可能な距離である。図7(b)において、符号と振動子の関係を示している。振動子の左右端部において、 $d_n > D_f$ では一つの振動子に複数の符号が割り当てられている。このように、二つ以上の符号が与えられている振動子は、超音波を送受信しないとして設定する。つまり、スイッチ制御部22は、二つ以上の符号が与えられている振動子を選択せず、この送受信しない振動子の内側の振動子群を選択して、超音波を送受信する。

同様に、深部の焦点focus2にフォーカスを行う場合は、中心から各振動子群の距離は、

【 0 0 5 5 】

【数 5】

$$q_n = \sqrt{k_n^2 - (k_0)^2}$$

40

として表される。ここで、 $k_0$ は振動子42面の中心とフォーカス点focus2との間の距離であり、 $k_n$ はフォーカス点focus2とn番目の振動子群との間の距離である。そして、隣り合う振動子群との間には

【 0 0 5 6 】

【数6】

$$k_n - k_{n-1} = \lambda_{fp} / 2$$

という関係式が成り立っている。また、波形の一般式は

【0057】

【数7】

$$\lambda_{fp} = v / f_p$$

10

として表される。そして、 $q_n$ の上限値は、

【0058】

【数8】

$$q_n \geq M_p$$

20

として表される。但し、 $M_p$ はfocus 2に対して送受信するためのフレネル束ね形成可能距離である。図7(b)において、符号と振動子の関係を示している。前述のフォーカス点focus 1の場合の $D_f$ と同様に、振動子の左右端部において、符号と振動子が一致しない箇所が出てくる。この箇所までの距離が $M_p$ である。このように、二つ以上の符号が与えられている振動子は、超音波を送受信しないとして設定する。つまり、スイッチ制御部22は、二つ以上の符号が与えられている振動子を選択せず、この送受信しない振動子の内側の振動子群を選択して、超音波を送受信する。

【0059】

ここで、上記式を用いた時、振動子選択(符号付)と深さの関係についてのシミュレーションを図8に示す。このシミュレーションは円形振動子群30とリング状振動子群31によるものである。

30

黒色で示す領域は、“-”の位相であり、円形振動子群30で送信する送信信号はこの位相に合わせられる。また、白色で示す領域は、“+”の位相であり、リング状振動子群31で送信する送信信号はこの位相に合わせられる。 $A_n$ で示す領域は、振動子群を選択しない領域である。

【0060】

例えば、深さ(depth)10mm付近の位置では、中心部の円形振動子群30は7つの振動子で形成され、端部のリング状振動子群31は二つの振動子で形成されている。このように定められる振動子群は、それぞれ上述した数1と数2に基づいて求められる。この際、 $A_n$ の領域ではフレネル束ね形成可能距離の上限値を超えるため、この領域の振動子群は使用しない。

40

深さ11mm~22mmでは、リング状振動子群31のさらに外側に“-”の位相のリング状振動子群を設定することができる。この“-”の位相のリング状振動子群は同じ深さにフレネル束ねフォーカスを行うために利用することができる。

【0061】

(第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態を説明する。第1の実施形態と異なる点は、振動子が複数の微小振動要素を有して成ることである。それ以外は前述の第1の実施形態と同様であるので、同一部分についての詳細な説明は省略する。以下、本実施形態を具体的に説明する。

。

微小振動要素を有して成る振動子の例を図9を用いて説明する。この振動子は、例えば

50

、複数の多角形の振動要素を有して形成されている。振動要素は、例えば数マイクロメートルの超微細加工超音波トランスデューサである。ここでの振動要素として、送波部12から供給される駆動信号に重畳して印加されるバイアス電圧の大きさに応じて超音波送受信感度つまり電気機械結合係数が変化する、例えばcMUT(Capative Micromachined Ultrasonic Transducer : IEEE Trans.Ultrasonic.Ferroelect.Freq.Contr.Vol145 pp.678-690 May 1998等)を適用できる。cMUTは、半導体微細加工プロセス(例えば、LPCVD : Low Pressure Chemical Vapor Deposition)により製造される超微細容量型超音波トランスデューサである。ただし、cMUTに限らず、超微細加工超音波トランスデューサを適用することができる。このような振動要素が長軸方向Xおよび短軸方向Yに均等間隔又は不均等間隔に並んで振動子が構成される。なお、他の振動子も同様に構成されている。

10

## 【 0 0 6 2 】

ここでは、図9は、説明のため、左側のフォーカスの例では、深部にフォーカスする例を示し、右側のフォーカスの例では、中間部にフォーカスする例を示しているが、実際は両側の振動子を用いて円形状又はリング状の振動子群及びそれらの組が形成されてフォーカスが行われる。

## 【 0 0 6 3 】

中間部のフォーカス点95にフォーカスする場合、それぞれ3つの振動子を振動子群として束ねて超音波を送信する。送信に用いる振動子群は、隣り合う毎にそれぞれ  $\lambda/2$  (  $\lambda$  : 超音波の波長)を基準にして位相が設定される。つまり、フォーカス点95との距離差  $L$ が  $\lambda/2$ 以下の範囲内である振動子群は超音波を同位相にして送信し、フォーカス点95との距離差  $L$ が  $\lambda/2$ を超える毎に振動子群は超音波の位相を  $\pi$ だけ回転させて送信する。図9に示す例では、左右両側の各3つの振動子群は、中央部側からそれぞれ  $\pi$ ,  $0$ ,  $+\pi$  (  $\pi$  は初期位相)の位相が設定される。同様にして、深部のフォーカス点96にフォーカスする場合、中央部側から4つ, 3つ, および2つの振動子を振動子群として束ねて、それぞれ  $\pi$ ,  $0$ ,  $+\pi$  (  $\pi$  は初期位相)の位相が設定されて超音波を送信する。なお、図9の例では、3つの振動子群の組でフォーカスする例を示しているが、前述の実施形態の例と同様に、2つの振動子群の組でフォーカスしても良い。

20

## 【 0 0 6 4 】

このように、フォーカス点との距離差  $L$ を  $\lambda/2$ 単位で規格化することにより、送受信の位相の種類を二つに制限する。即ち、隣り合う振動子群での距離差  $L$ が半波長以下のとき、その各振動子群で送受信する超音波を同位相とし、隣り合う振動子群での距離差  $L$ が半波長を超える毎に、その各振動子群で送受信する超音波の位相を  $\pi$ だけ回転させて逆位相とする。別の言い方をすれば、距離差に基づく位相差 ( $= L/\lambda$ )が「 $0 < \text{位相差} < 1$ 」の条件を満たす振動子群は、送受信する超音波を同位相とする。一方、位相差が「 $1 < \text{位相差} < 2$ 」の条件を満たす振動子群については、「 $0 < \text{位相差} < 1$ 」の条件を満たす振動子群に対して、送受信する超音波の位相を  $\pi$ だけ回転させて逆位相とする。このようにして複数の振動子群間で所望のフォーカス点にフォーカスする超音波ビームを形成する。

30

## 【 0 0 6 5 】

また、複数の振動要素のうち駆動振動要素(active element)と無効振動要素(non-active element)を選択する。ここでの無効振動要素とは、送波部12から駆動信号が供給されない振動要素、あるいは直流バイアスが印加されない振動要素である。無効振動要素の選択数を調整することにより、組間のピッチを微調整できる。また、無効振動要素を選択することにより、組間で生じる超音波のクロストークを低減できる。この無効振動要素により、組間のピッチである幅90と幅91を設定し、駆動振動要素を定め、振動子群を形成する。

40

## 【 0 0 6 6 】

また、本実施形態においても、前述の第1の実施形態と同様に、フォーカス点の深度に応じた超音波強度制御と超音波波数制御を行うことができる。つまり、浅いフォーカス点に向けて送信される超音波と比較して、深いフォーカス点に向けて送信される超音波を、強度を強くし、又は、波数を少なくして、送信することができる。

## 【 0 0 6 7 】

50

以上説明したように本実施形態によれば、微小振動要素の集合体により形成される振動子を用いることで、振動子ピッチの超音波波長に対する自由度が増し、結果として振動子を形成するための微小振動要素の組み合わせ自由度が増すことになる。即ち、振動子サイズを波長に対して可変にできるために、図7(b)に示すような一つの振動子に複数の符号が割り当てられることを無くすことができ、全振動子が有効に使用可能となる。その結果、形成されるビームの強度向上や方位分解能の向上が達成される。

【0068】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態を図10を用いて説明する。前述の実施形態では、図10(a)に示すような符号パターンを用いて、1回の送信で同時にd1、d2にフォーカスされた送信ビームを送波したが、本実施形態では、符号パターンを変えて作成した2つの送信信号を加算して送波する。

10

送波部12は、浅部にフォーカスするための第1の符号パターンでは、図10(b)上段に示す符号を用いて送波信号を形成する。具体的には、中央部に位置する振動子49より成る組を想定し、下側の中央部の4つの振動子を束ねる振動子群の位相を“-”にし、上側の両端部のそれぞれ1つずつの振動子を束ねる振動子群の位相を“+”にする。この両端部から外側に符号は存在しない。つまりこの両端部から外側の振動子を使用しない。一方、送波部12は、深部にフォーカスするための第2の符号パターンでは、図10(b)下段に示す符号を用いて送波信号を形成する。具体的には、中央部に位置するさらに多くの振動子49より成る組を想定し、下側の中央部の12個の振動子を束ねる振動子群の位相を“-”にし、上側の両端部のそれぞれ2つずつの振動子を束ねる振動子群の位相を“+”にする。

20

送波部12は、上記の様にそれぞれ作成した2つの送波信号を加算して加算送波信号を形成する。その加算送波信号により、一回の送信で異なる複数の深度にフォーカスを持つ送信ビームの形成が可能となる。

【0069】

なお、本実施形態の設定は、受信時にも可能であり、一回の受信で異なる複数の深度にフォーカスを持つように各振動子群の位相を設定することも可能である。

以上説明したように本実施形態によれば、予めフォーカス点を考慮して波形信号を作成するため、送受信毎に振動子群毎への符号の付与が不要となる。

【0070】

30

(第5実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態を説明する。前述の実施形態では、2次元配列振動子を用いて、フレネル束ねを行う形態を示したが、第5の実施形態は、前述の本発明に係るフレネル束ねの原理を1次元配列振動子に適用する。つまり、前述の第1～4の各実施形態に示した形態を、1次元配列振動子に適用する。例えば、図4、図6～図9に示す符号(位相)の割り当てを1次元配列振動子に適用する。

具体的には、図4の断面図を1次元配列振動子としてみなし、所定の一点(例えば中心)から同じ距離範囲内に含まれる振動子を選択して束ねる。つまり、1次元配列振動子42の各々に対して、位相符号“+”と位相符号“-”を付与して、同じ位相が付与される振動子を束ねて振動子群とする。そして、隣接して位相の異なる振動子群の一对を組み合わせ、超音波を送受信する組を複数設定し、複数組を用いて超音波の送信を行う。なお、詳細な説明は、前述の説明を繰り返すことになるため、ここでは省略する。このように1次元配列振動子においても、一回の送信で複数の異なる深度にフォーカス点を持つ超音波ビームの形成が可能になるとともに、受信時にはそれらのフォーカス点にフォーカスするように整相された受信信号を取得することが可能になる。

40

【0071】

以上説明したように本実施形態によれば、前述の2次元配列振動子の場合と同様に、1次元配列振動子の場合においても、フォーカスデータの削減と、一回の送受信で、複数の異なるフォーカス点毎に異なる周波数でフォーカスされた超音波ビームを形成することができる。その結果、1次元配列振動子の場合においても、画像のフレームレートを低下させ

50

ることなく、振動子毎の遅延制御を用いることなく、画像の浅部から深部に渡る広域においてボケの無いSNの良い画像を取得することができる。

【0072】

以上までの各実施形態の説明では、超音波の送受信において、異なる二つの深度、異なる三つの深度にフォーカスを形成する形態を示したが、本発明は上記実施形態の説明で開示された内容にとどまらず、本発明の趣旨を踏まえた上で他の形態を取り得る。例えば、スイッチ制御部22で振動子をより細かく選択することにより、異なる4つ以上の深度にフォーカスを形成させることもできる。

また、以上までの各実施形態の説明では、“+”、“-”の2種類の位相で異なる形態を説明したが、異なる位相はこの2種類に限定されることなく、更に3種類(例えば、0,  $1/3$ ,  $2/3$ )以上の異なる位相を割り当てても良い。

10

また、以上までの各実施形態の説明では、中央部側の組を浅部に端部側の組を深部にフォーカスさせる形態を説明したが、逆に中央部側の組を深部に端部側の組を浅部にフォーカスさせてもよい。

また、以上までの各実施形態の説明では、各組を同時に送受信する形態を説明したが、フォーカス点毎に各組を独立して送受信させても良い。例えば、探触子の中央部の組のみで浅部のフォーカス点に向けて送受信し、その後に、探触子の端部の組のみで深部のフォーカス点に向けて送受信し、それぞれの受信信号を用いて画像を形成しても良い。或いは、特許文献1のように、探触子の中央部の組のみで浅部のフォーカス点に向けて送受信して1フレームデータを取得し、探触子の端部の組のみで深部のフォーカス点に向けて送受信して次のフレームデータを取得して、これらを交互に繰り返しても良い。

20

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本願発明の全体構成を説明するブロック図である。

【図2】2次元配列振動子の中央部に送受信の超音波ビームを形成する模式図である。

【図3】本願発明の第1の実施形態の特徴部を示す図である。

【図4】2次元配列振動子で形成されるリング断面を示す図である。

【図5】送受タイミングのシーケンス図である。

【図6】本願発明の第2の実施形態の特徴部を示す図である。

【図7】振動子の領域区分を示す図である。

30

【図8】本願発明の全体構成を説明するブロック図である。

【図9】本願発明の第3の実施形態の特徴部を示す図である。

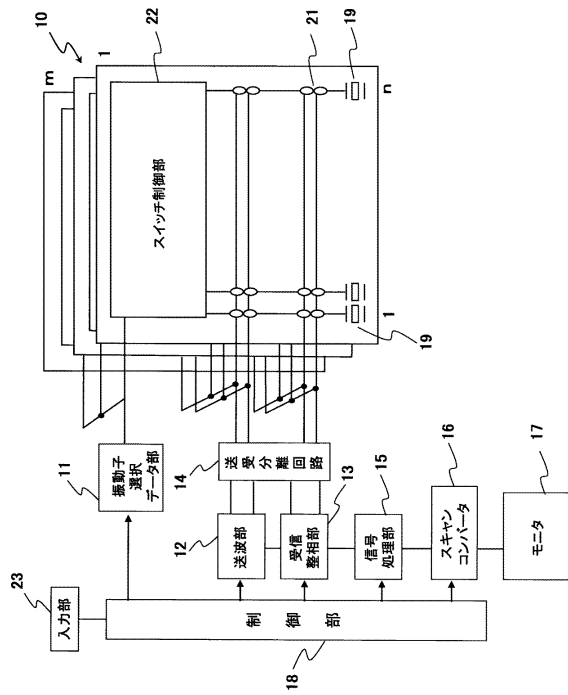
【図10】本願発明の第4の実施形態の特徴部を示す図である。

【符号の説明】

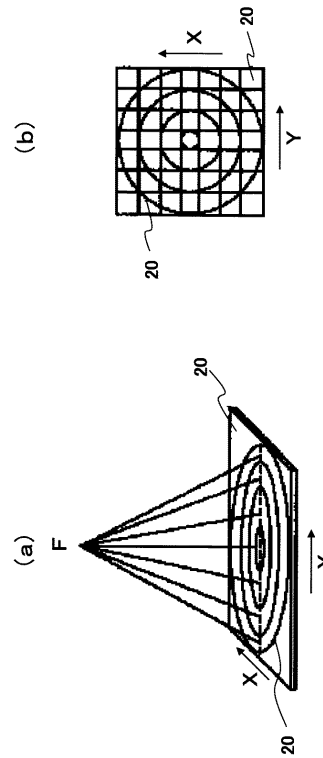
【0074】

10 超音波探触子、11 振動子選択データ部、12 送波部、13 受信整相部、14 送受分離回路、15 信号処理部、16 スキャンコンバータ、17 モニタ、18 制御部、23 入力部

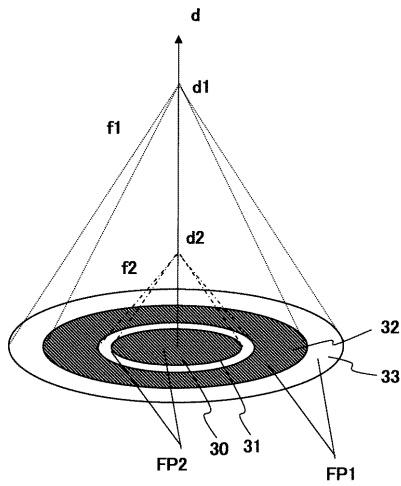
【図1】



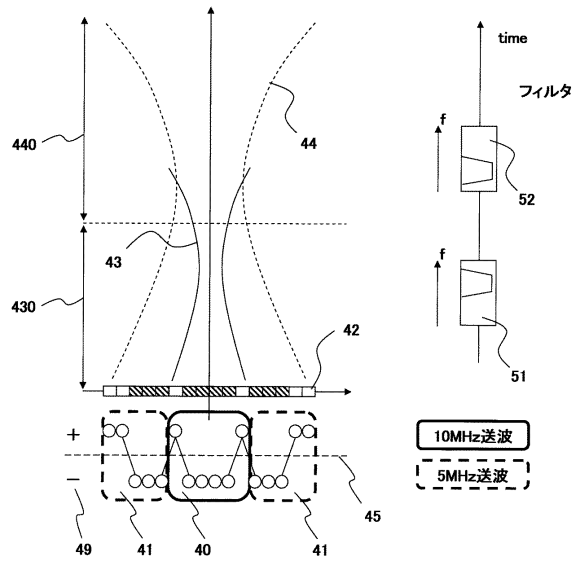
【図2】



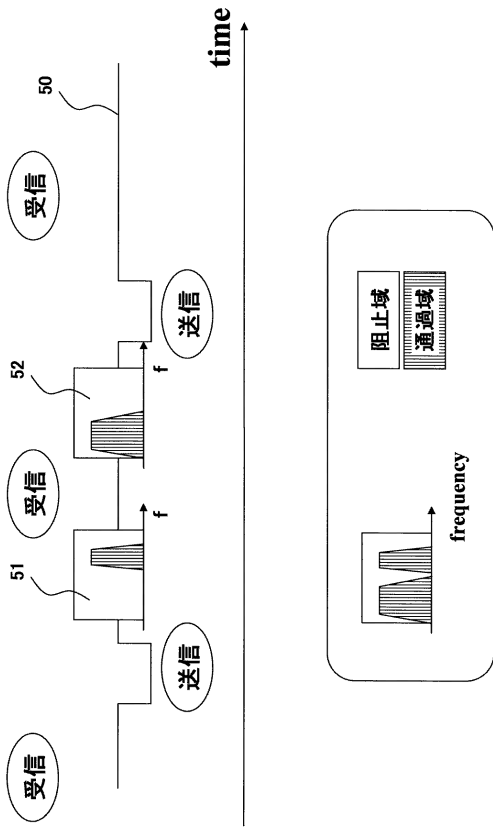
【図3】



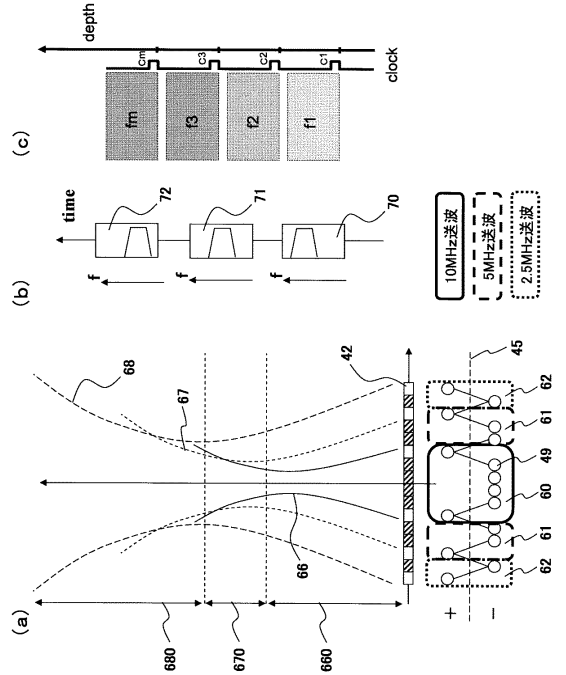
【図4】



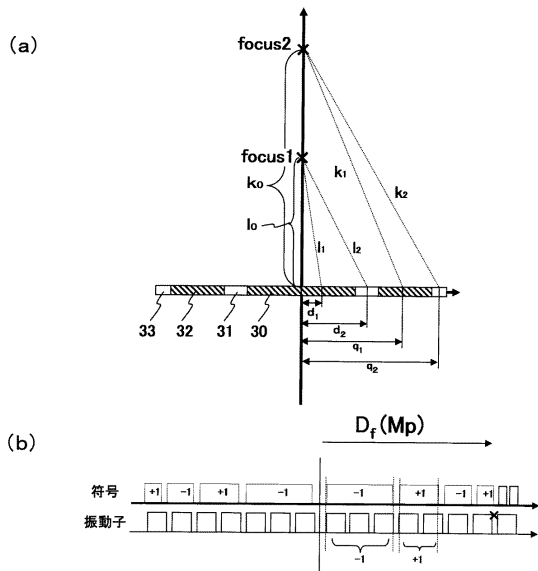
【 図 5 】



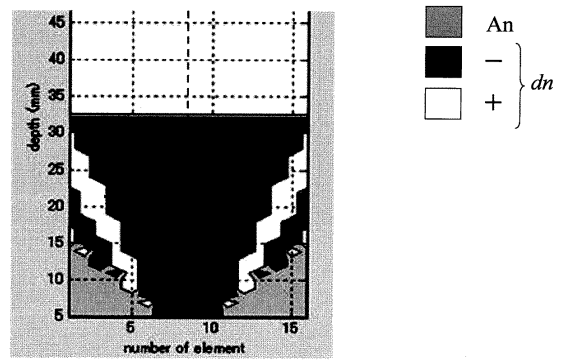
【 図 6 】



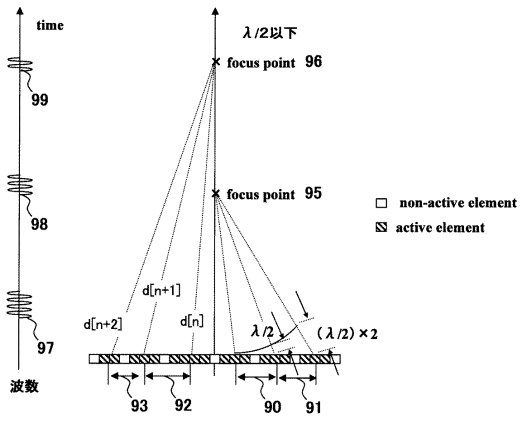
【 図 7 】



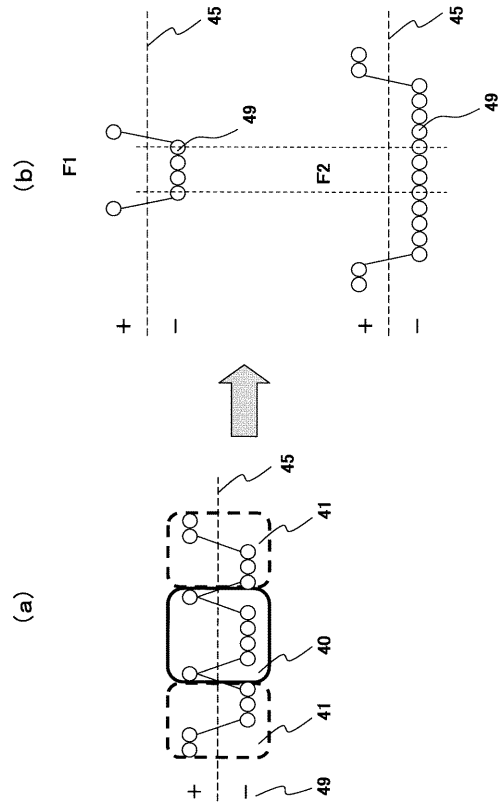
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-153146(JP,A)  
特開平06-114056(JP,A)  
特開2001-245889(JP,A)  
米国特許出願公開第2004/0160144(US,A1)  
Chris Daft et al, Elevation beam profile control with bias polarity patterns applied to microfabricated ultrasound transducers, Proceedings of 2003 IEEE Ultrasonics Symposium, 2003年10月, vol.2, pp.1578-1581

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

|                |  |         |            |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声波诊断装置和超声波诊断装置的超声波图像显示方法  |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP5329945B2</a>  | 公开(公告)日 | 2013-10-30 |
| 申请号            | JP2008502718   | 申请日     | 2007-02-21 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立医药   |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 株式会社日立メデイコ   |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 株式会社日立メデイコ   |         |            |
| [标]发明人         | 押木光博   |         |            |
| 发明人            | 押木 光博  |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/00   |         |            |
| CPC分类号         | G01S7/52085 G01S15/8922 G01S15/8925 G01S15/8927 G01S15/8952 G10K11/346 |         |            |
| FI分类号          | A61B8/00   |         |            |
| 优先权            | 2006046080 2006-02-23 JP<br>2006271489 2006-10-03 JP                   |         |            |
| 其他公开文献         | JPWO2007099824A1   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>  |         |            |

摘要(译)

在超声波诊断装置中，不对每个换能器使用延迟控制，在从图像的浅部到深部的广域内取得无模糊的SN的良好图像。发送和接收步骤，通过聚焦在多个聚焦点中的每个聚焦点来发送和接收超声波；图像获取步骤，通过使用来自每个聚焦点的接收信号来获取超声波图像；通过选择多个换能器以从内部以相同的发送/接收频率进行发送和接收来形成一组换能器的步骤在发送和接收步骤中，属于相同组的至少两个换能器以与各个关注点的位置对应的不同发送/接收相位被发送和接收。

$$q_n = \sqrt{k_n^2 - (k_0)^2}$$