

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号

特開2003-260055

(P2003-260055A)

(43)公開日 平成15年9月16日(2003.9.16)

(51) Int.Cl⁷

A 6 1 B 8/00

識別記号

F I

A 6 1 B 8/00

テマコード (参考)

4 C 3 0 1

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11数)

(21)出願番号 特願2002-66591(P2002-66591)

(22)出願日 平成14年3月12日(2002.3.12)

(71)出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72)発明者 篠村 隆一

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内

(72)発明者 神田 浩

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内

(74)代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

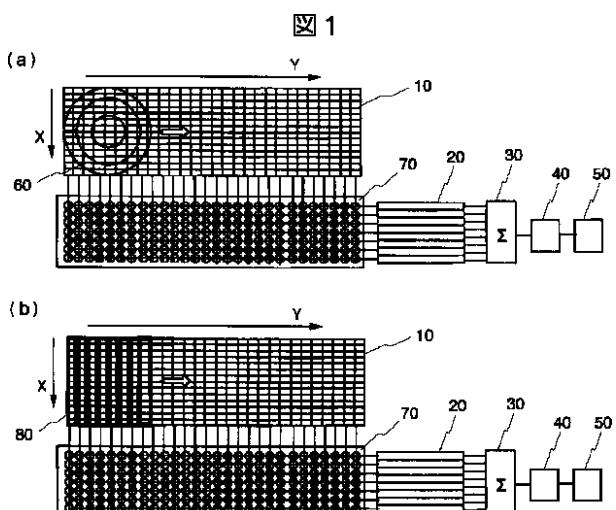
最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波診断装置

(57)【要約】

【課題】 2次元配列の超音波探触子を用いて高解像の断層像を収集することができる技術を提供することである。

【解決手段】 超音波を送受波する複数の振動子素子を2次元配列してなる超音波探触子と、前記振動子素子からの受波信号に遅延時間を与える整相手段とを有する超音波診断装置において、前記振動子素子と前記整相手段との間に配置され、前記振動子素子と前記整相手段との接続を切り替え前記複数の単位素子で形成される送受波面形状を維持し超音波ビームを走査する切り替え手段と、前記切り替え手段を制御し前記単位素子を複数束ねた第1の配列で第1の超音波ビームを形成する手段と、前記切り替え手段を制御し前記第1の配列と異なる送受波面形状で前記単位素子を束ねる第2の配列で前記第1の超音波ビーム方向に交差する方向の第2の超音波ビームを形成する手段とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波を送受波する複数の振動子素子を2次元配列してなる超音波探触子と、前記振動子素子からの受波信号に遅延時間を与える整相手段とを有し、前記2次元配列される振動子素子を複数束ねた単位素子を複数形成し、各単位素子毎に前記遅延時間を設定し超音波ビームを形成する超音波診断装置において、前記振動子素子と前記整相手段との間に配置され、前記振動子素子と前記整相手段との接続を切り替え前記複数の単位素子で形成される送受波面形状を維持し超音波ビームを走査する切り替え手段と、前記切り替え手段を制御し前記単位素子を複数束ねた第1の配列で第1の超音波ビームを形成する手段と、前記切り替え手段を制御し前記第1の配列と異なる送受波面形状で前記単位素子を束ねる第2の配列で前記第1の超音波ビーム方向に交差する方向の第2の超音波ビームを形成する手段とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波診断装置に20関し、特に、超音波を送受波する複数の振動子素子を面状に2次元配列してなる2次元配列探触子を用いた3次元走査に適用して有効な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】超音波診断装置の性能向上及び超音波診断技術の進展に伴い、様々な診断領域に超音波診断装置が使用されることとなり、超音波を用いた診断に対しても3次元的な画像表示が要望されていた。通常、3次元的な画像表示を可能とするためには、被検体に対し所定間隔毎に複数枚の断層像を収集し、この得られた複数枚の断層像から抽出された撮像対象（観察対象）となる臓器等の輪郭をつなぎ合わせる等の方法によって3次元画像を再構成する必要があった。次に、この3次元像に基づいて周知の陰影法等によって、画像を三次元的に見せるための処理を行い、得られた二次元像（以下、三次元的二次元像あるいは三次元的超音波像と記す）を表示装置に表示させる構成となっていた。

【0003】しかしながら、3次元像の生成には断面の正確な位置情報が必要となるので、1次元配列の探触子を用いた従来の超音波診断装置では、3次元的な画像表示を行うことが困難であった。この問題を解決する方法として、近年、振動子素子を平面状に2次元配列した2次元探触子を用いた超音波診断装置が提案されている。

【0004】この2次元探触子を用いた超音波診断装置としては、2次元配列探触子で1つのみの口径を有し、超音波ビームを任意方向にセクタ走査する超音波診断装置が知られている。この超音波診断装置では、例えば64個×64個の振動子素子を2次元配列してなる探触子の場合、振動子素子数は4096個となり、各々の振動子素子を独自に遅延制御することによって、超音波走査

する構成となっていた。

【0005】一方、4096個の振動子素子からの信号を各々制御するためには、振動子素子数と同数の4096チャンネル（ch）の整相回路が必要となるので、装置本体が非常に大きなものとなってしまい、実現が非常に困難であった。このために、例えば、送波256個、受波256個のように、4096個の振動子素子から1度の超音波の送受波に使用する振動子素子を間引き選択することによって、整相回路のチャンネル数を低減した超音波診断装置が提案されている。しかしながら、超音波の送受波に使用する振動子素子を単純に間引いた場合、S/Nが低下してしまうので、できる限り多くの整相チャンネル数としていた。

【0006】また、1次元配列の探触子で多用されるリニア走査やコンベックス走査を2次元配列の探触子の走査に応用した超音波診断装置もあった。しかしながら、この超音波診断装置では、セクタ走査の超音波診断装置に比較してさらに多くの振動子素子が配列される2次元配列探触子を使用することとなっていた。

【0007】このために、従来の超音波診断装置では、同心円状の多重リングを形成して口径とし、この多重リングを維持した状態で口径を2次元配列面内で移動させることによって、2次元配列探触子でのリニア走査やコンベックス走査を実現する構成が提案されていた。特に、この方式の超音波診断装置では、同心円状の多重リングの中心軸上の位置を焦点位置とし、この焦点からの距離が等しい振動子素子を束ねることによって多重リングを形成すると共に、整相回路のチャンネル数を低減させていた。

【0008】さらには、2次元配列された超音波振動子の内で、一部の振動子素子を送波に使用すると共に、他の位置の振動子素子を受波に使用するスパースアレーと称される技術を用いた超音波診断装置があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明者は、前記従来技術を検討した結果、以下の問題点を見いだした。従来の超音波診断装置は、造影剤等を用いることなく無侵襲かつ手軽に軟部組織を描写できるという特徴がある一方で、X線CT装置やMRI装置に比較して十分な解像度の断層像及び三次元像が得られないという問題があった。

【0010】一方、超音波断層像の解像度及び画質向上させる技術として、1次元配列の超音波探触子を用い、送受波方向の異なるビームで得られた受波信号から断層像を生成する技術があった。この方式を用いた超音波診断装置では、従来の超音波の送受波と同様に、まず探触子面の法線方向に超音波ビームを形成し、この超音波ビームを走査して所望の断層面内の情報を得る。次に、探触子面の法線方向とは異なる斜め方向の超音波ビームを形成し、この超音波ビームを走査して法線方向と

同一断面の情報を得る。この後に、法線方向と斜め方向との超音波ビームが交差した情報から断層像を生成することによって、解像度及び画質を向上させた断層像を得るものであった。

【0011】しかしながら、2次元配列の超音波探触子を用い同心円状の多重リングを形成して口径とする超音波診断装置では、超音波ビームの形成方向は探触子面の法線方向に限定されてしまうので、前述した超音波ビームの合成を利用した断層像の生成法を適用することはできなかった。

【0012】また、スパースアレー技術を用いた超音波診断装置は、口径を走査せずに超音波ビームをセクタ走査する構成となっており、超音波ビームを交差させた超音波計測を行うことができないので、前述した超音波ビームの合成を利用した断層像の生成法を適用することはできなかった。

【0013】本発明の目的は、2次元配列の超音波探触子を用いて高解像の断層像を収集することが可能な技術を提供することにある。

【0014】本発明の他の目的は、装置規模を増大させることなく、2次元配列の超音波探触子を用いて診断画像の画質を向上させることができた技術を提供することにある。

【0015】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0017】(1)超音波を送受波する複数の振動子素子を2次元配列してなる超音波探触子と、前記振動子素子からの受波信号に遅延時間を与える整相手段とを有し、前記2次元配列される振動子素子を複数束ねた単位素子を複数形成し、各単位素子毎に前記遅延時間を設定し超音波ビームを形成する超音波診断装置において、前記振動子素子と前記整相手段との間に配置され、前記振動子素子と前記整相手段との接続を切り替え前記複数の単位素子で形成される送受波面形状を維持し超音波ビームを走査する切り替え手段と、前記切り替え手段を制御し前記単位素子を複数束ねた第1の配列で第1の超音波ビームを形成する手段と、前記切り替え手段を制御し前記第1の配列と異なる送受波面形状で前記単位素子を束ねる第2の配列で前記第1の超音波ビーム方向に交差する方向の第2の超音波ビームを形成する手段とを備えた。

【0018】(2)前述した(1)に記載の超音波診断装置において、前記第1の超音波ビームと前記第2の超音波ビームとがそれぞれ同一断面を走査するように制御する手段を備えた。

【0019】(3)前述した(1)もしくは(2)に記載の超音波診断装置において、前記第1の超音波ビームは、前記振動子素子をリング状に選択し該選択された振動子素子で超音波の送受波を行うと共に、前記第2の超音波ビームは、前記振動子素子を一列に複数選択し該選択された振動子素子で超音波の送受波を行う。

【0020】(4)前述した(1)乃至(3)の内の何れかに記載の超音波診断装置において、前記第1の超音波ビームで収集された断層像情報と、前記第2の超音波

10 ビームで収集された断層像情報と、前記第1の超音波ビームと前記第2の超音波ビームとの交差する位置での断層像情報とに基づいて断層像を生成する手段を備えた。

【0021】(5)前述した(1)乃至(4)の内の何れかに記載の超音波診断装置において、前記選択手段は、超音波の送受波を行う振動子素子を前記超音波探触子の2次元面内に移動させて前記第1及び第2の超音波ビームを走査し、複数枚の断層像を収集する。

【0022】前述した手段によれば、振動子素子と整相手段との接続を切り替え複数の単位素子で形成される送受波面形状を維持し超音波ビームを走査する切り替え手段が振動子素子と整相手段との間に配置されており、第1の超音波ビームの形成手段が切り替え手段を制御して、単位素子を複数束ねた第1の配列で第1の超音波ビームを形成し測定対象部位を走査し、第2の超音波ビームの形成手段が切り替え手段を制御して、第1の配列と異なる送受波面形状で単位素子を束ねる第2の配列で第1の超音波ビーム方向に交差する方向の第2の超音波ビームを形成し測定対象部位を走査するので、装置規模を増大させることなくすなわち振動子素子の数よりも少ないチャンネル数の整相手段で、第1の超音波ビームで収集した断層像での超音波ビームと、第2の超音波ビームで収集した断層像での超音波ビームとが交差した断層像を得ることができる。

【0023】ここで、第1の超音波ビームで収集された断層像情報と、第2の超音波ビームで収集された断層像情報と、第1の超音波ビームと第2の超音波ビームとの交差する位置での断層像情報とに基づいて、生成手段が断層像を生成することによって、断層像の画質を向上させることができる。

【0024】さらには、従来と同様の構造の超音波探触子である二次元配列の超音波探触子を用いて、切り替え手段に入力する切り替え情報や各振動子素子に入力するデータ等のシーケンス等を変更するのみで、本願発明を適用することができるので、比較的小さな変更で従来の超音波診断装置への適用も可能である。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明について、発明の実施の形態(実施例)とともに図面を参照して詳細に説明する。なお、発明の実施の形態を説明するための全図に50 おいて、同一機能を有するものは同一符号を付け、その

繰り返しの説明は省略する。

【0026】(実施の形態1)図1は本発明の実施の形態1の超音波診断装置の概略構成を説明するための図であり、特に、図1の(a)は同心円状の多重リングを口径として断層像を収集する場合の構成を説明するための図であり、図1の(b)は振動子素子を短冊状に束ねて断層像を収集する場合の構成を説明するための図である。ただし、図1において、10は振動子素子、20は整相回路、30は加算器、40は画像処理部、50はモニタ、60は振動子素子のリング状束ねによる口径、70はスイッチアレー、80は振動子素子の短冊状束ねによる口径を示す。また、実施の形態1の超音波診断装置では、Y軸方向への一次元走査の場合について説明する。

【0027】図1の(a)、(b)に示すように、実施の形態1の超音波診断装置は、振動子素子10が2次元配列される超音波探触子と、この超音波探触子側に配置され超音波の送受波に係わる振動子素子を選択するスイッチアレー70と、超音波探触子からの受波信号に受波整相のための遅延を与える整相回路20と、受波整相後の受波信号を加算し超音波ビームを形成する加算器30と、多重リング状振動子によって得られた超音波ビームと短冊状振動子によって得られた超音波ビームとの交点の情報から断層像を生成する画像処理部40と、生成された断層像を表示するモニタ50とを備える。実施の形態1では、スイッチアレー70は超音波探触子側に配設される構成の場合について説明するが、装置本体側に配設する構成としてもよいことはいうまでもない。ただし、スイッチアレー70を超音波探触子側に配設することによって、超音波探触子と装置本体とを接続する信号線数を減らすことができる。なお、図1においては、送波系の構成は省略されている。

【0028】実施の形態1の超音波診断装置は、スイッチアレー70を制御して、2次元に配列された振動子素子10の内からリング状に振動子を選択することによって、超音波の送受波を行うリング状の口径を形成すると共に、このリング状束ねで形成される口径60を矢印で示すY軸方向に走査させる制御手段を有する構成となっている。また、この制御手段はスイッチアレー70を制御して、2次元に配列された振動子素子10の内から短冊状に振動子を選択することによって、探触子面の法線方向とは異なった斜め方向の超音波ビームを形成するための口径80を形成する。ただし、制御手段は何れの口径を形成する場合であっても、口径の形状及びビーム方向に対応した整相回路20を制御する。

【0029】図1において、実施の形態1の超音波探触子は、図示しない被検体内に超音波を送受波する複数の振動子素子10を2次元方向に配列してなり、この振動子素子10で超音波信号を収集するものである。この振動子素子10は、当該振動子素子10の2次元配列の一

方向である長軸方向(図1の(a)中のY軸方向)と、この長軸方向に直交する他の方向である短軸方向(図1の(a)中のX軸方向)とのそれについて平面状に並ぶ配列とされている。

【0030】この振動子素子10の並びは、例えば、Y軸方向に28個の振動子素子10が配列されており、各振動子素子10の送受波面が超音波の送波方向に対して平面とされている。なお、振動子素子10のY軸方向の配列は平面型に限定されることはなく、例えば、各振動子素子10の配列面が、超音波の送波方向に対して凸形となる円弧状の軌跡を描くように位置決めされた配列でもよい。

【0031】また、短軸方向(図1の(a)中のX軸方向)における複数の振動子素子10は、例えば、14個の振動子素子10が配列されており、各振動子素子10の送受波面が超音波の送波方向に対して平面配列とされている。なお、X軸方向についても上記Y軸方向と同様に、送波方向に凸型の円弧状をなすように振動子素子10を配列しても良い。

【0032】スイッチアレー70は、整相回路20のチャンネル数×Y軸方向(超音波ビームの走査方向)の振動子素子数×X軸方向の振動子素子数、すなわち $8 \times 28 \times 14 = 3136$ 個の素子選択スイッチからなる。特に、実施の形態1では、図1の(a)、(b)に示すように、X軸方向の1行分毎に $8 \times 28 = 224$ 個の素子選択スイッチがマトリックス状に配置され、各素子選択スイッチの切り換えにより、整相回路20の任意のチャンネルを1行分の振動子素子10の内の何れにも接続できる構成となっている。従って、このスイッチアレー70を構成する素子選択スイッチの切り換えにより、多重リング状例えばフレネルリングからなる口径60、及び短冊状の口径80を探触子面上の矢印で示すX、Y方向に連続的に走査移動させて超音波ビームを送受波し、3次元データを取り込むことができる。ただし、実際の超音波診断装置では、口径を構成する振動子素子数は数十個～数百個が必要となる。

【0033】整相回路20は、同心円状に形成されたリングの数または短冊状の素子配列数の何れかの多い方の数に対応した複数の整相回路、例えば8チャンネルの整相回路を有している。ただし、各整相回路は従来の整相回路と同じ構成で良い。また、実施の形態1では、フレネルリングによる口径60と短冊状の口径80により、順次超音波ビームを形成する構成となっているので、整相回路群は図示しない制御手段からの口径指示信号に応じて、口径に応じた整相データを図示しないテーブルから読み出して設定する。

【0034】加算器30は、整相回路20を構成する8チャンネルの受波整相手段から出力される受波整相後の受波信号を加算し、超音波ビームを形成する周知の加算器である。

【0035】画像処理部40は、フレネルリングによる口径60から超音波を送受波し探触子面の法線方向に一致する超音波ビームで生成される第1の超音波像と、短冊状の口径80から超音波を送受波し探触子の法線方向に対して斜め方向の超音波ビームで生成される第2の超音波像とを、一時的に格納する図示しない格納手段を有する構成となっている。また、画像処理部40は、異なるビーム方向の超音波ビームの走査で得られた超音波断層像に基づいて、超音波ビームが交差する位置の断層像情報から断層像を生成する、すなわち超音波ビームが交差する位置からの整相された受波信号の情報を使用した周知のコンパウンドスキャンと称される画像形成法によって、1つの超音波断層像又は/及び3次元像を生成する図示しない画像演算手段を有する。さらには、画像処理部40は、得られた3次元像を表示用の2次元像(三次元的超音波像)に変換するための周知のボリュームレンダリング処理やサーフェイスレンダリング処理等を行なう変換手段を備える構成となっている。なお、コンパウンドスキャンの詳細については、「Robert R. Entrekiken, "Real-Time spatial compound imaging-Technical performance in vascular applications", Acoustical Imaging, Vol25, 2000」に記載される。

【0036】次に、図1の(a), (b)に基づいて、実施の形態1のフレネルリングによる口径60と、短冊状の口径80による超音波断層像の収集動作について説明する。ただし、以下の説明では、フレネルリングによる口径60は3つのリング形状に振動子素子10を束ねて形成し、短冊状の口径80はX軸方向に配列される1列の振動子素子10の短冊を8列束ねて形成した場合について説明するが、リング数及び短冊の束ね数はこれに限定されない。

【0037】図1の(a)に示すように、制御手段がスイッチアレー70を切り換えて2次元配列された振動子素子10を同心円の3つのリング形状に束ねることにより、フレネルリングによる口径60が形成される。このとき、制御手段は、整相回路20に対して、この3つのリングの中心位置から延びる法線方向に焦点を形成するように、整相回路20の各チャンネルに整相データを設定する。すなわち、同一のリングを形成する振動子素子10から焦点位置に至るまでの距離がほぼ同じ距離となるように振動子素子10を選択すると共に、この選択された振動子素子群に接続される整相回路へ所定の整相データを供給する。

【0038】ここで、口径60から超音波の送受波を行うことにより、加算部から出力される信号は、等方的などの方向にも均一な超音波ビームすなわち口径60の中心位置から法線方向に延びる超音波ビームとなる。このときの各振動子素子10で受波される超音波と焦点Fとの位置関係を示したのが図2である。この図2から明らかなように、口径60による焦点位置はフレネルリング

の法線方向となる。

【0039】次に、制御手段が超音波の1送受波毎にスイッチアレー70の各素子選択スイッチを切り換えて制御し、フレネルリングの口径60を維持した状態で、図1の(a)に示す矢印方向に口径60を移動させることによって、超音波ビーム方向を法線方向に維持した状態でリニア走査ができる。

【0040】フレネルリングによる口径60での走査が終了すると、次に、図1の(b)に示すように、制御手段はスイッチアレー70を切り換えて振動子素子10をY軸方向に複数列の配列を有した振動子素子列からなる短冊状の口径80を形成する。このとき、制御手段は、整相回路20に対して、8列の振動子素子列で形成される口径80からの超音波ビームが、この口径80の中心位置における法線方向と一致しない斜め方向の超音波ビームとなるように、各振動子素子列で受信した信号に付与する整相データを調整する。

【0041】ここで、口径80から超音波の送受波を行うことにより、加算部から出力される信号は、口径60の超音波ビームに対して所定の角度を有する超音波ビームとなる。つまり、口径60と口径80との中心位置が同じ場合の焦点F, F'の位置は、図2に示すように異なる位置に配置されることとなる。ただし、フレネルリングによる口径60からの超音波ビームと異なり、短冊状の口径80からの超音波ビームは振動子素子列毎の整相データを調整することにより、口径80の振動子素子の配列面に対する超音波ビームの傾斜角度を任意に設定できる。

【0042】このとき、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70の各素子選択スイッチを切り換えて制御し、短冊状の口径80を維持した状態で、図1の(b)に示す矢印方向に口径80を移動させることによって、超音波ビーム方向を斜め方向に維持した状態でのリニア走査、すなわちオブリーク走査ができる。ただし、実施の形態1では、後述するように、短冊状の口径80で異なる2方向の傾斜された超音波ビームでの走査を行う構成となっている。従って、制御手段は図2に示す焦点F'での走査が終了すると、次に、他の傾斜(例えば、図3に示す(-))での走査を行う。ただし、この他の傾斜での走査は必須ではなく、一の傾斜でのオブリーク走査のみでもよい。しかしながら、二以上の異なる傾斜で走査することにより、得られる断層像の画質を向上させることができる。

【0043】フレネルリングによる口径60と短冊状の口径80による超音波走査で断層像データが得られると、制御手段の制御により、図3に示すように画像処理部40が異なるビーム方向の超音波ビームの走査で得られた超音波断層像から超音波ビームが交差する位置における断層像情報より、1つの超音波断層像を演算する。次に、画像処理部40は得られた超音波断層像をモニタ

50に出力し、このモニタ50の表示面に断層像を表示させる。

【0044】このように、実施の形態1の超音波診断装置では、探触子面の法線方向での超音波ビームによる走査はフレネルリングによる口径60で行い、探触子面の法線方向と異なる傾斜方向での超音波ビームによる走査は短冊状の口径80で行い、それぞれの口径で得られた超音波データから超音波断層像を演算する構成となっているので、装置規模を増大させることなくすなわち振動子素子10の数よりも少ないチャンネル数の整相回路20を構成しつつ、2次元配列の超音波探触子を用いた場合であっても高解像の超音波断層像を得ることができる。従って、装置規模を大きくすることなくすなわち振動子素子10の数よりも少ないチャンネル数の整相回路20によって、超音波診断装置の画質を向上させることができる。

【0045】なお、実施の形態1の超音波診断装置では、同数の振動子素子数で囲まれる領域すなわちX軸方向が14個及びY軸方向が8個の振動子素子10で囲まれる領域に、それぞれフレネルリングの口径60と短冊状の口径80とを形成する構成としたが、先にも述べたように、実際の装置構成においては、これに限定されることではなく、他の振動子素子数の領域で口径60と口径80を形成してもよいことはいうまでもない。さらには、口径60と口径80とを異なる個数の振動子素子10の領域で形成してもよいことはいうまでもない。

【0046】また、実施の形態1の超音波診断装置では、口径60による超音波走査と口径80による超音波走査とを順次行い、この収集された断層像から高画質の断層像を生成する構成としたが、例えば、実施の形態1の超音波診断装置本体や探触子部分に、口径60あるいは口径80の何れか一方の口径による超音波走査で得られる断層像を表示させるモードと、口径60及び口径80での超音波走査を行うことで得られるそれぞれの断層像からコンパウンドスキャン画像形成法により合成された断層像を生成し表示させるモードとを設ける。このような構成とすることにより、口径60あるいは口径80の何れか一方の口径による超音波走査のモードで得られる断層像に基づいて関心部位を探査し、関心部位の高画質断層像が必要な領域は口径60と口径80とにより超音波走査し、得られた断層像から合成された断層像を生成し表示させるモードに切り換えることによって、画質よりもリアルタイム処理(表示)が要求される関心部位の探索と、高画質表示が要求される確定診断用の画像表示とでそれぞれの用途に適した超音波計測ができるので、診断効率及び診断能を向上させることができる。

【0047】なお、実施の形態1において、短冊状振動子の一つの列振動子の信号には全て同一の整相データを与えることとしたが、これによると列方向のフォーカシングが行われないので、画質が良くないことが懸念され

る。従って、列の長さが長い場合には、例えば14個の振動子を端から2個、3個、4個、3個、2個のように、5つの群に分け、それぞれの群振動子へ列方向のフォーカシングを行う整相回路を設けても良い。

【0048】(実施の形態2)図4は本発明の実施の形態2の超音波診断装置の概略構成を説明するための図であり、特に、図4の(a)は同心円状の多重リングを口径として断層像を収集する場合の構成を説明するための図であり、図4の(b)は振動子素子を短冊状に束ねて断層像を収集する場合の構成を説明するための図である。ただし、実施の形態2の超音波診断装置は、実施の形態1の2次元配列探触子よりも多くの振動子素子10を配列し、Y軸方向と共にX軸方向にも口径60, 80を走査させて複数枚の超音波断層像を収集すると共に、この複数枚の超音波断層像から3次元超音波像を生成する構成が異なるのみで、他の構成は実施の形態1と同様となる。従って、以下の説明では、口径60, 80を探触子面に沿って二次元に走査することによって得られる3次元超音波像について詳細に説明する。

【0049】図4の(a), (b)に示すように、実施の形態2の2次元配列探触子では、実施の形態1の2次元配列探触子よりもX軸方向の振動子素子数を多くした構成となっている。すなわち、実施の形態2の2次元配列探触子では、 $27 \times 28 = 756$ 個の振動子素子10により構成される。ただし、フレネルリングによる口径60と短冊状の口径80とは実施の形態1と同様に、それぞれ $14 \times 8 = 112$ 個の振動子素子10で囲まれる領域を形成する。

【0050】実施の形態2の超音波診断装置では、図4の(a)に示すように、 14×8 個の振動子素子領域にフレネルリングによる口径60を形成する場合には、探触子面の一部領域に口径60が形成されることとなる。従って、口径60は図4の(a)中に示す矢印方向(Y軸方向)への走査の他に、X軸方向への走査も可能となる。従って、口径60のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径60をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径60をX軸方向に所定数の振動子素子分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集(撮像)動作を、口径60がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、フレネルリングによる口径60により形成される超音波ビームは探触子面の法線方向となるので、前述する実施の形態1と同様に、口径60の走査によって得られる断層像は探触子面に対して垂直な超音波ビームによって収集されたものとなる。また、口径60のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイ

ツチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径60を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査させるものである。

【0051】一方、図4の(b)に示すように、14×8個の振動子素子10による短冊状の口径80を形成する場合にも、探触子面の一部領域に口径80が形成されることとなる。従って、口径60と同様に、口径80も図4の(b)中に示す矢印方向(Y軸方向)への走査の他に、X軸方向への走査が可能となる。従って、口径80のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径80をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径80をX軸方向に所定数の振動子素子の分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集動作を、口径80がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、前述する実施の形態1と同様に、実施の形態2においても口径80による超音波ビームの方向は、探触子面の法線方向とは異なる方向とする。また、口径80の超音波ビーム方向は、口径80の走査方向すなわちY軸方向と一致する方向に傾斜させる。このように、口径80からの超音波ビームを傾斜させることによって、口径60で収集した断層面と同じ断層面の超音波像を傾斜した超音波ビームで収集する。また、口径80のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径80を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査せるものであり、さらには、超音波ビームの傾斜角や傾斜方向を変えて、再度、同じ断層面の超音波像を収集する構成としてもよい。

【0052】次に、口径60と口径80で収集された超音波像は、画像処理部40により実施の形態1と同様に、口径60による法線方向の超音波ビームと、口径80による傾斜された超音波ビームとからコンパウンドスキャン画像形成法によりその交点の受信信号が演算され、Y軸方向に平行な断層像が生成される。このとき、実施の形態2では、X軸方向に口径60, 80を移動する毎にこの口径60, 80をY軸方向に走査する構成となっているので、探触子面の法線方向とY軸方向との2次元の断層像がX軸方向に複数枚生成される。

【0053】ここで、例えば、実施の形態2の超音波診断装置が有する図示しない操作パネルを検者が操作して3次元像表示を指定したならば、画像処理部40は、まず複数枚の断層像から三次元像を生成する。次に、画像処理部40は三次元像からボリュームレンダリング等の周知の画像処理により、3次元像を表示用の2次元像(三次元的超音波像)に変換し、この表示用の三次元的

10 10のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径80をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径80をX軸方向に所定数の振動子素子の分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集動作を、口径80がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、前述する実施の形態1と同様に、実施の形態2においても口径80による超音波ビームの方向は、探触子面の法線方向とは異なる方向とする。また、口径80の超音波ビーム方向は、口径80の走査方向すなわちY軸方向と一致する方向に傾斜させる。このように、口径80からの超音波ビームを傾斜させることによって、口径60で収集した断層面と同じ断層面の超音波像を傾斜した超音波ビームで収集する。また、口径80のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径80を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査せるものであり、さらには、超音波ビームの傾斜角や傾斜方向を変えて、再度、同じ断層面の超音波像を収集する構成としてもよい。

20 20のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径80をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径80をX軸方向に所定数の振動子素子の分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集動作を、口径80がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、前述する実施の形態1と同様に、実施の形態2においても口径80による超音波ビームの方向は、探触子面の法線方向とは異なる方向とする。また、口径80の超音波ビーム方向は、口径80の走査方向すなわちY軸方向と一致する方向に傾斜させる。このように、口径80からの超音波ビームを傾斜させることによって、口径60で収集した断層面と同じ断層面の超音波像を傾斜した超音波ビームで収集する。また、口径80のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径80を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査せるものであり、さらには、超音波ビームの傾斜角や傾斜方向を変えて、再度、同じ断層面の超音波像を収集する構成としてもよい。

30 30のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径80をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径80をX軸方向に所定数の振動子素子の分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集動作を、口径80がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、前述する実施の形態1と同様に、実施の形態2においても口径80による超音波ビームの方向は、探触子面の法線方向とは異なる方向とする。また、口径80の超音波ビーム方向は、口径80の走査方向すなわちY軸方向と一致する方向に傾斜させる。このように、口径80からの超音波ビームを傾斜させることによって、口径60で収集した断層面と同じ断層面の超音波像を傾斜した超音波ビームで収集する。また、口径80のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径80を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査せるものであり、さらには、超音波ビームの傾斜角や傾斜方向を変えて、再度、同じ断層面の超音波像を収集する構成としてもよい。

40 40のX軸方向の位置を固定しておき、この状態で口径80をY軸方向に移動させて断層像を収集した後に、口径80をX軸方向に所定数の振動子素子の分だけ移動させた後に、X軸方向への走査は行わずにY軸方向に移動させて断層像を収集するという断層像の収集動作を、口径80がX軸方向の一端側から他端側に至るまで繰り返すことによって、X軸方向への移動間隔が振動子素子10のX軸方向分となるY軸方向の断層像を複数枚、2次元配列探触子を移動させることなく収集することができる。ただし、前述する実施の形態1と同様に、実施の形態2においても口径80による超音波ビームの方向は、探触子面の法線方向とは異なる方向とする。また、口径80の超音波ビーム方向は、口径80の走査方向すなわちY軸方向と一致する方向に傾斜させる。このように、口径80からの超音波ビームを傾斜させることによって、口径60で収集した断層面と同じ断層面の超音波像を傾斜した超音波ビームで収集する。また、口径80のX軸方向及びY軸方向への走査は、制御手段が超音波の送受波サイクルに同期してスイッチアレー70を構成する各素子選択スイッチの切り換えを制御し、口径80を維持した状態で、X軸方向及びY軸方向へ走査せるものであり、さらには、超音波ビームの傾斜角や傾斜方向を変えて、再度、同じ断層面の超音波像を収集する構成としてもよい。

【0058】また、実施の形態2の超音波診断装置で

は、口径60による超音波走査と口径80による超音波走査とを順次行い、この収集された断層像から高画質の断層像あるいは三次元像を生成する構成としたが、例えば、実施の形態2の超音波診断装置本体や探触子部分に、口径60あるいは口径80の何れか一方の口径による超音波走査で得られる断層像を表示させるあるいは三次元像を生成するモードと、口径60及び口径80での超音波走査で得られるそれぞれの断層像からコンパウンドスキャンにより合成された断層像を生成するあるいはこの生成された断層像から三次元像を生成し表示させるモードとを設ける。このような構成とすることにより、口径60あるいは口径80の何れか一方の口径による超音波走査のモードで得られる断層像あるいは三次元像に基づいて関心部位に探索し、関心部位の高画質断層像が必要な場合に、合成された断層像あるいは三次元像を生成し表示させるモードに切り換えることによって、関心部位の速やかな探索と関心部位の高画質の観察（確定診断）とが可能となる。その結果、診断効率を向上させることができるとなる。

【0059】さらには、実施の形態2の超音波診断装置では、Y軸方向に超音波ビームをY軸方向に振るのみとしたが、これに限定されることはなく、X軸方向にも振るようにすることによって、生成される三次元像の画質をさらに向上できることはいうまでもない。

【0060】また、口径80の一つの振動子列の列方向へのフォーカシングを、前述の実施の形態1と同様に行うことが可能である。

【0061】（実施の形態3）図5及び図6は本願発明の実施の形態3の超音波診断装置の概略構成を説明するための図であり、特に、図5はスパースアレー60'を口径として断層像を収集する構成を説明するための図であり、図6は短冊状に束ねた振動子素子を口径として断層像を収集する構成を説明するための図である。ただし、実施の形態3では、振動子素子10が $64 \times 64 = 4096$ 個の2次元配列探触子の場合について説明するが、振動子素子数は4096個に限定されるものではない。また、従来のスパースアレーでは、複数の素子選択スイッチをアレー状に配置したアレースイッチ70は不要であるが、実施の形態3では、アレースイッチ70を介して振動子素子10と整相回路20とを接続する構成となっている。このような構成とすることによって、実施の形態3では、素子選択スイッチの切り換えにより、スパースアレー60'による超音波の送受波と、振動子素子10を短冊状に束ねた超音波の送受波とを同一の2次元配列探触子で行う構成となっている。すなわち図示しない被検体に探触子を当接したままの状態で、スパースアレーによる超音波計測と短冊状の口径80'による超音波計測とを切り換えて行うことが可能な構成となっている。

【0062】実施の形態3の超音波診断装置では、図5

10 に示すように、 $64 \times 64 = 4096$ 個の振動子素子10の内で、128個の振動子素子を超音波の送受波に使用するいわゆるスパースアレーを形成する構成となっている。ただし、スパースアレー60'による超音波計測では、送波に用いる振動子素子と、受波に用いる振動子素子とを固定して送受波を行う。従って、実施の形態3ではスパースアレーによる超音波計測時には、図示しない制御手段はアレースイッチ70を構成する素子選択スイッチの内で、予め設定された素子選択スイッチをオンさせることによって、送波に用いる振動子素子と、受波に用いる振動子素子とを固定する。このような構成によって、スパースアレーによる超音波計測を可能としている。このスパースアレーによる超音波ビームの走査は、各振動子へ所定の整相データを与え、配列面の一点を頂点とした円錐形の内部を3次元走査するものである。

【0063】一方、図6に示すように、短冊状に振動子素子10を束ねた超音波計測では、まず、 64×64 の振動子素子10をX軸方向に複数列の例えば64列に短冊状に束ねる。これによって、 $64 \times 64 = 4096$ 個の全ての振動子素子10を使用した短冊状の口径80'を形成する。このとき、口径80'を形成する各振動子素子に供給する送波信号及び各振動子素子から出力される受波信号に与える遅延データ又は整相データを調整することによって、口径80'の超音波ビームの中心位置を口径80'の中心からずれた位置（スパースアレー60'の走査中心と異なる位置）に形成する。次に、この口径80'の中心位置からずれた位置を基準として、セクタ走査により図示しない被検体の断層像を収集する。すなわち、口径80'からの超音波の送受波で形成される超音波ビームと探触子面との交差位置が、口径80'の中心位置からY軸方向に所定量ずれた位置としたセクタ走査によって被検体の断層像を収集する。ただし、超音波ビームの形成は、各振動子素子から出力される受波信号に整相回路20でそれぞれに遅延を与え、加算器30により遅延後の受波信号を加算することによって形成される。

【0064】また、スパースアレーでは整相回路20のチャンネル数が通常の4倍程度である。よって、実施の形態3では、口径80'を形成する際に、アレースイッチ70の接続を切り換え、短冊の長手方向（X軸方向）をさらに分割して整相回路20に接続する構成とすることによって、スパースアレーよりも分解能及びS/Nを向上した断層像を収集することが可能となる。

【0065】次に、画像処理部40が口径60'で収集された断層像と口径80'で収集された断層像との超音波ビームの交点位置での情報を演算し、この演算された交点位置の画像データから断層像及び/又は三次元像を生成する。ここで、図示しない操作卓から断層像の表示が指定されている場合には、画像処理部40は生成断層像を表示用のデータに変換してモニタ50に出力して、

表示面上に表示させる。一方、三次元像の表示が指示されている場合には、画像処理部40は三次元像から表示用の二次元像（三次元的超音波像）を生成し、この三次元的超音波像をモニタ50の入力形式のデータに変換した後に出力して、モニタ50の表示面に三次元的超音波像を表示させる。

【0066】以上説明したように、実施の形態3の超音波診断装置では、2次元配列探触子の探触子面の全体を口径とするスパースアレーによる口径60' と短冊状の口径80' による超音波ビームのセクタ走査で所望の断層面の走査する際に、短冊状の口径80' の超音波ビームの中心位置を口径60' の中心位置から所定量ずらした位置に設定しセクタ走査で走査することによって、装置規模を増大させることなくすなわち振動子素子10の数よりも少ないチャンネル数の遅延回路で整相回路20を構成しつつ、口径60' による超音波ビームと口径80' による超音波ビームとが交差するようにした、所望の断面の超音波像を収集することが可能となるので、コンパウンドスキャンによってそれぞれの断層像よりも画質の向上した断層像を生成することが可能となる。従って、コンパウンド走査によって複数枚の断層像を収集し三次元像を構成した場合であっても、画質の向上した三次元像を生成でき、この三次元像から生成した表示用の超音波像である三次元的超音波像の画質も向上できる。

【0067】なお、実施の形態1、2の超音波診断装置では、口径60' の形状は、同心円状に素子束ねしたフレネルリングとしたが、これに限定されることはなく、素子選択スイッチの切り換えにより、例えば橜円、矩形状、その他の任意形状にしてもよいことはいうまでもない。この場合、その口径60' からは任意形状に収束した超音波ビームが送受波されることとなる。ただし、口径60' の形状をフレネルリングとする場合が最も少ないチャンネル数で整相回路を構成できると共に、S/Nの良好な超音波画像を取得できることはいうまでもない。

【0068】また、実施の形態1～3では、3次元像の超音波像を生成する場合について説明したが、これに限定されることはなく、例えば、フレネルリングによる口径60で収集した断層像から3次元像を再構成し、得られた3次元像をモニタ50に表示させて、このモニタ50に表示される断層像に基づいて指定された断面位置の断層像を得る際に、口径60と口径80とによる断層像から生成された断層像を表示させる構成としてもよいことはいうまでもない。このような構成とすることによって、比較的に時間を要する口径60と口径80との断層像の計測を、一般的に確定診断を行う場合に必要となる断層像の収集に対してのみ行うことが可能となるので、確定診断に必要となる断層像の収集に要する時間を低減させることができ。その結果として、被検体にかかる負担を低減できると共に、診断効率を向上できる。

【0069】また、実施の形態1～3では、3次元表示は、スキャンしたボリュームのデータを用いて、ボリュームレンダリングで表示させる場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、視点位置を決め、この視点位置から見た2次元像を視線に沿った音響強度に応じて光の透過するが如く、透過度をボクセル毎に決定して表示させる方法でもよい。

【0070】また、操作卓に配置した画像の切り替え鍵の操作に応じて、収集した複数の断層像を順次表示させるようにしてもよいことはいうまでもない。すなわち、実施の形態2、3では、画像表示用の三次元的2次元像をボリュームレンダリングで生成することとしたが、3次元像から表示用の三次元的2次元像を生成する方式はボリュームレンダリングに限定されるものではなく他の方式でもよく、さらには、表示形式は2次元像に限定されることではなく、周知の三次元像の表示形式でもよい。

【0071】また、フレーム単位で走査方法を変更したが、ラスタ毎に変更してラスタ毎にコンパウンドデータを作成して走査しても良い。

【0072】以上、本発明者によってなされた発明を、前記発明の実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記発明の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0073】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

（1）、装置規模を増大させることなく第1の超音波ビームと、第2の超音波ビームとが交差した断層像を得ることができる。

（2）、第1の超音波ビームで収集された断層像情報と、第2の超音波ビームで収集された断層像情報と、第1の超音波ビームと第2の超音波ビームとの交差する位置での断層像情報に基づいて、生成手段が断層像を生成するので、断層像の画質を向上させることができる。

（3）、断層像の画質を向上させることができるので、複数枚の断層像から生成する3次元像及び表示用の三次元的二次元像の画質を向上させることができる。

（4）、表示用の画像の画質を向上させることができるので、検者の診断効率を向上させることができる。

（5）、検者の診断効率を向上した結果、検査に要する時間を短縮することができるので、検者及び被検体の負担を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。

【図2】実施の形態1の各振動子素子で受波される超音

波と焦点Fとの位置関係を説明するための図である。

【図3】実施の形態1における異なるビーム方向の超音波ビームの走査で得られた超音波断層像を説明するための図である。

【図4】本発明の実施の形態2の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。

【図5】本願発明の実施の形態3の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。

【図6】本願発明の実施の形態3の超音波診断装置の概略構成を説明するための図である。

*【符号の説明】

10...振動子素子

20...整相回路

30...加算器

40...画像処理

部

50...モニタ

70...スイッチ

アレー

60...振動子素子のリング状束ねによる口径

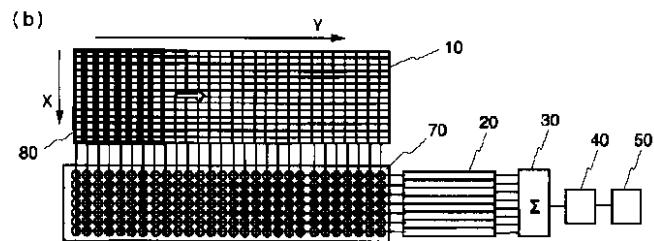
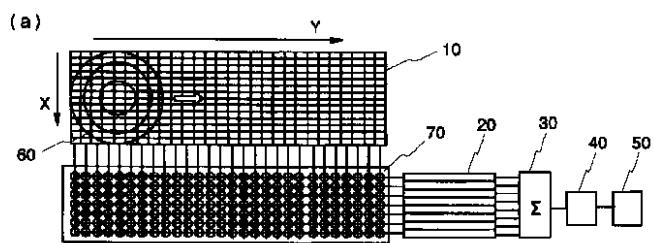
60'...振動子素子のスパースアレー束ねによる口径

80, 80'...振動子素子の短冊状束ねによる口径

*10

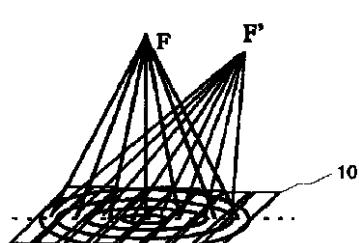
【図1】

図1



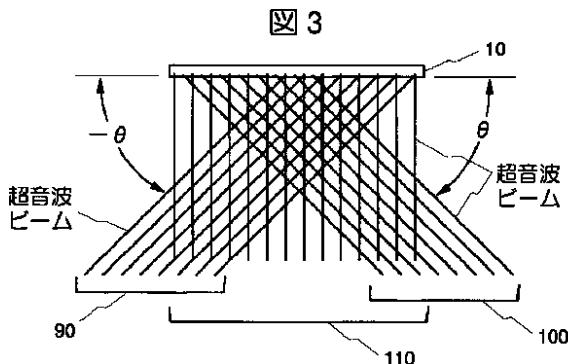
【図2】

図2



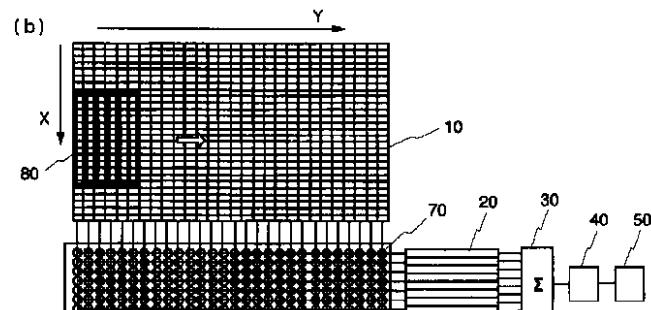
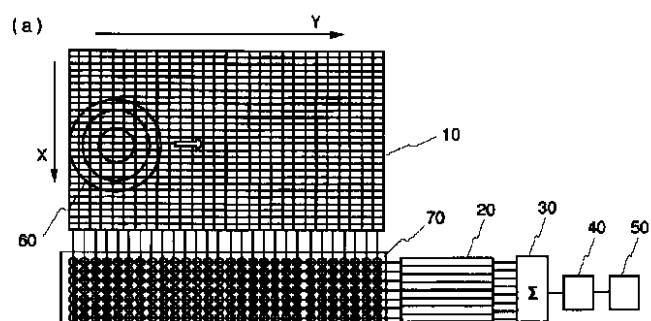
【図3】

図3



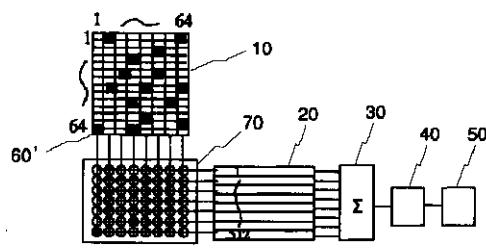
【図4】

図4



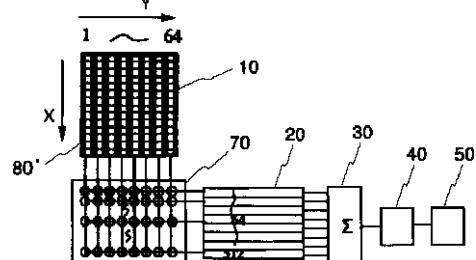
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 玉野 聰

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株
式会社日立メディコ内

Fターム(参考) 4C301 BB13 BB14 BB22 EE07 EE11
EE15 GB10 HH11 HH26 HH27
HH37 HH38 JC14 KK16 LL02
4C601 BB03 BB05 BB06 BB27 EE04
EE09 EE12 GB01 GB03 GB06
HH14 HH31 JB01 JC15 JC20
JC21 JC25 KK21 LL01 LL02

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	JP2003260055A5	公开(公告)日	2005-06-23
申请号	JP2002066591	申请日	2002-03-12
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ		
[标]发明人	篠村 隆一 神田 浩 玉野 聰		
发明人	篠村 隆一 神田 浩 玉野 聰		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/13		
CPC分类号	G01S15/8927 A61B8/13 G10K11/345 G01S15/8922 G01S7/52065 G01S7/52085 Y10S128/922 G01S15/8925 A61B8/4494 A61B8/483		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C301/BB13 4C301/BB14 4C301/BB22 4C301/EE07 4C301/EE11 4C301/EE15 4C301/GB10 4C301/ /HH11 4C301/HH26 4C301/HH27 4C301/HH37 4C301/HH38 4C301/JC14 4C301/KK16 4C301/LL02 4C601/BB03 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/BB27 4C601/EE04 4C601/EE09 4C601/EE12 4C601/ /GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/HH14 4C601/HH31 4C601/JB01 4C601/JC15 4C601/JC20 4C601/JC21 4C601/JC25 4C601/KK21 4C601/LL01 4C601/LL02 4C601/BB22 4C601/GB11 4C601/ /GB21		
其他公开文献	JP4201311B2 JP2003260055A		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够通过使用二维阵列超声探头来收集高分辨率的断层图像的技术。一种超声波探头，具有：超声波探头，在该超声波探头中二维地布置有多个用于发送和接收超声波的换能器元件；以及定相装置，其用于对从该换能器元件接收的信号给予延迟时间。在声波诊断装置中，布置在换能器元件和定相装置之间的波发送/接收表面形状切换换能器元件和定相装置之间的连接，以维持由多个单元元件形成的波发送/接收表面形状。用于扫描超声波束的切换装置，用于在第一阵列中形成第一超声波束的装置以及用于控制切换装置的第一装置，该第一阵列控制切换装置并捆束多个单元元件。以及在第二阵列中用于在与第一超声波束方向相交的方向上形成第二超声波束的装置，该第二阵列以与阵列不同的波发送/接收表面形状来捆束单元元件。