

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4320229号
(P4320229)

(45) 発行日 平成21年8月26日(2009.8.26)

(24) 登録日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

H 0 4 R 17/00 (2006.01)

H 0 4 R 17/00 3 3 0 L

H 0 4 R 17/00 3 3 2 A

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-298162 (P2003-298162)
 (22) 出願日 平成15年8月22日(2003.8.22)
 (65) 公開番号 特開2005-65884 (P2005-65884A)
 (43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)
 審査請求日 平成18年6月27日(2006.6.27)

(73) 特許権者 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目2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 佐藤 正平
 東京都三鷹市牟礼6丁目2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】 超音波探触子及び超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

×方向及びy方向に配列された振動素子群からなる振動層と、
 前記振動層の上側に積層され、前記×方向に配列された第1音速制御部アレイからなる
 第1音速制御層と、
 前記第1音速制御層の上側に積層され、前記y方向に配列された第2音速制御部アレイ
 からなる第2音速制御層と、
 を含み、

1つの振動素子に対して、×方向に配列された第1音速制御部サブアレイと、y方向に
 配列された第2音速制御部サブアレイと、が対応することを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 2】

請求項1記載の超音波探触子において、
 前記第1音速制御部アレイを構成する各第1音速制御部は、前記振動層におけるy方向
 の振動素子の並びに対応して、y方向に並んだ複数の第1音速制御素子に区分され、
 前記第2音速制御部アレイを構成する各第2音速制御部は、前記第1音速制御層におけ
 る×方向の第1音速制御部の並びに対応して、×方向に並んだ複数の第2音速制御素子に
 区分されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 3】

請求項2記載の超音波探触子において、
 前記各第1音速制御部には、前記×方向に並んだ複数の第1音速制御素子に共通の第1

20

音速制御電極が設けられ、

前記各第 2 音速制御部には、前記 y 方向に並んだ複数の第 2 音速制御素子に共通の第 2 音速制御電極が設けられたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 4】

請求項 2 記載の超音波探触子において、

前記振動層における各振動素子間にはそれぞれ第 1 の音響ギャップが形成され、

前記第 1 音速制御層における各第 1 音速制御素子間にはそれぞれ第 2 の音響ギャップが形成され、

前記第 2 音速制御層における各第 2 音速制御素子間にはそれぞれ第 3 の音響ギャップが形成されたことを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 5】

請求項 2 記載の超音波探触子において、

前記第 2 音速制御層の上側には整合層が形成され、

前記整合層は、前記第 2 音速制御層を構成する第 2 音速制御素子群と同じ配列をもった整合素子群で構成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 6】

請求項 5 記載の超音波探触子において、

前記整合層における各整合素子間にはそれぞれ第 4 の音響ギャップが形成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 7】

20

請求項 1 記載の超音波探触子において、

前記振動層と前記第 1 音速制御層との間には絶縁層が形成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 8】

請求項 7 記載の超音波探触子において、

前記絶縁層は、前記振動素子群に対応する絶縁素子群で構成され、

前記絶縁層における各絶縁素子間には第 5 の音響ギャップが形成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 9】

請求項 7 記載の超音波探触子において、

前記第 1 音速制御層と前記第 2 音速制御層との間に共通のグランド電極が設けられたことを特徴とする超音波探触子。

30

【請求項 10】

請求項 1 記載の超音波探触子において、

前記第 1 音速制御層と前記第 2 音速制御層との間には絶縁層が形成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 11】

請求項 10 記載の超音波探触子において、

前記絶縁層は、前記第 1 音速制御層を構成する第 1 音速制御素子群に対応する絶縁素子群で構成され、

40

前記絶縁層における各絶縁素子間には第 5 の音響ギャップが形成されたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 12】

請求項 1 記載の超音波探触子において、

前記第 1 音速制御層及び前記第 2 音速制御層の内の少なくとも一方は超音波伝搬方向に音響インピーダンスが変化する傾斜特性を有することを特徴とする超音波探触子。

【請求項 13】

請求項 12 記載の超音波探触子において、

前記傾斜特性は前記超音波伝搬方向における中央部から両端部にかけて音響インピーダンスが連続的に又は段階的に変化する特性であることを特徴とする超音波探触子。

50

【請求項 14】

請求項 13 記載の超音波探触子において、

前記超音波伝搬方向における中央部の音響インピーダンスは音速制御に応じて変動し、
前記超音波伝搬方向における両端部の音響インピーダンスは音速制御によらずに実質的に一定であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 15】

超音波の送受波を行う振動層と、

前記振動層の上側に階層的に積層された複数の音速制御層からなる音速制御層スタックと、

前記音速制御層スタックの上側に積層された整合層と、

前記振動層に対して供給される送信信号及び前記振動層からの受信信号について電子遅延制御を行う電子遅延制御手段と、

前記各音速制御層の内部を伝搬する超音波の速度を個別的に制御することにより音響遅延制御を行う音響遅延制御手段と、

を含み、

前記電子遅延制御及び前記音響遅延制御を用いてビーム走査及びビームフォーカスの少なくとも一方を行うことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 16】

超音波探触子及びそれが接続される装置本体とを含む超音波診断装置において、

前記超音波探触子は、

x 方向及び y 方向に整列した $i \times j$ (但し、 i は 1 以上の整数で、 j は 2 以上の整数) 個の振動素子からなる振動層と、

前記振動層の上側に設けられ、前記 x 方向に並んだ $i \times m$ (但し、 m は 2 以上の整数) 個の第 1 音速制御部からなる第 1 音速制御層と、

前記第 1 音速制御層の上側に積層され、前記 y 方向に並んだ $j \times n$ (但し、 n は 1 以上の整数) 個の第 2 音速制御部からなる第 2 音速制御層と、

を含み、

1 つの振動素子に対して、前記 x 方向に並んだ m 個の第 1 音速制御部と、前記 y 方向に並んだ n 個の第 2 音速制御部と、が対応し、

前記装置本体は、前記振動層に対する電子制御、並びに、前記第 1 音速制御層及び前記第 2 音速制御層に対する音速制御を併用して、二次元のビーム走査及びビームフォーカスの少なくとも一方を行うことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は超音波探触子及び超音波診断装置に関し、特に、超音波探触子の構造及び音速制御素子の利用に関する。

【背景技術】**【0002】**

一般に、2D アレイ振動子は極めて多数 (例えば数千個) の振動素子によって構成される。その 2D アレイ振動子を用いて超音波ビームを走査し、またフォーカスを行うためには、多数の送信回路 (送信チャンネル) 及び多数の受信回路 (受信チャンネル) を必要とする。それに加えて、プローブケーブル内の信号線の本数も増大する。

【0003】

下記の特許文献 1 には、音速制御素子を用いた超音波探触子が示されている。音速制御素子はそれ自身を通過する超音波の音速を変化させ、結果として、音響的にディレイを達成するものである。この特許文献 1 には、一方方向について電子遅延制御が適用され、他方方向について音速制御 (音響的遅延制御) が適用されたものが示されている。この構成によれば、電子遅延制御と音響的遅延制御が組み合わされるので、送信回路及び受信回路の個数を削減できるという利点がある。下記の特許文献 2 にも、複数の音速制御素子を備

10

20

30

40

50

えた超音波探触子が開示されている。なお、特許文献3には、行方向及び列方向のそれぞれについて独立して複数の信号の電子遅延加算処理を行う構成が開示されているが、音速制御素子との組合せについては開示されていない。

【0004】

【特許文献1】特開平11-123188号公報

【特許文献2】特開2000-342582号公報

【特許文献3】特開2000-254120号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、音速制御素子1個当たりの音響的な遅延量（遅延制御の範囲）には実際上限界があり、電子遅延制御との組合せを考慮しても、例えばビームスキャン及びビームフォーカスを行う場合に十分でない場合がある。あるいは、三次元エコーデータ取込空間を形成する場合には、x方向及びy方向の両方向についてビームスキャン及びビームフォーカスが行われるが、その場合に、特にチャンネルリダクションの必要性が高いために音速制御素子の活用が期待される。なお、上記特許文献1及び上記特許文献2に示される具体例は音速制御素子を1段だけ設けるものである。

【0006】

本発明の目的は、音速制御素子を用いる構成において十分な遅延時間を得られるようにすることにある。

【0007】

本発明の他の目的は、超音波ビームの二次元走査に当たってチャンネルリダクションを達成することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 本発明は、x方向及びy方向に配列された振動素子群からなる振動層と、前記振動層の上側に積層され、前記x方向に配列された第1音速制御部アレイからなる第1音速制御層と、前記第1音速制御層の上側に積層され、前記y方向に配列された第2音速制御部アレイからなる第2音速制御層と、を含み、1つの振動素子に対して、x方向に配列された第1音速制御部サブアレイと、y方向に配列された第2音速制御部サブアレイと、が対応することを特徴とする。

【0009】

上記構成によれば、振動層、第1音速制御層、及び、第2音速制御層が積層されて積層体が構築される。このように2つ（あるいは3つ以上）の音速制御層が積層される点が従来例との物的構成上の主要な相違点である。具体的には、振動層は二次元配列された複数の振動素子（振動素子群）によって構成され、第1音速制御層はx方向に並んだ複数の第1音速制御部（第1音速制御アレイ）によって構成される。第2音速制御層はy方向に並んだ複数の第2音速制御部（第2音速制御アレイ）によって構成される。1つの振動素子に対して、x方向に並んだ複数の第1音速制御部からなる第1音速制御部サブアレイが対応し、同様に、y方向に並んだ複数の第2音速制御部からなる第2音速制御サブアレイが対応する。

【0010】

よって、ある振動素子に注目すると、当該振動素子から放射された超音波はまず複数の第1音速制御部を通過し、その過程においてx方向における各領域（各第1音速制御部）で音響的な遅延操作が施され、次に超音波は複数の第2音速制御部を通過し、その過程においてy方向における各領域（各第2音速制御部）で音響的な遅延操作が施される。すなわち、振動素子を格子状に区分した場合における各升目（セル）ごとに音響的な遅延時間を個別的に設定することが可能となる。その場合に、必要に応じて当該振動素子に供給される送信信号について電子遅延制御を行えば、それによって振動素子を単位としたオフセット遅延量も設定できる。また、各振動素子ごとに適宜、電子遅延と音響的な遅延を組み合

10

20

30

40

50

わせて設定すれば、二次元のビームステアリングやビームフォーカスを行いうる。受信時には、基本的に上記と逆の過程を経て各振動子にて反射波が受波される。ちなみに、第1音速制御層及び第2音速制御層の構成如何によっては（後述する実施形態の構成などでは）、第2音速制御層で音響的に遅延処理された反射波が第1音速制御層で音響的につまり物理的に加算されることになる。受信時に音響的遅延制御を用いてあるいはそれと電子遅延制御を併用して受信ダイナミックフォーカスを行うことも可能である。上記構成において、x方向とy方向は基本的に直交関係にある。但し、本発明はコンベックス型探触子など送受波面が平面以外のものにも当然に適用できる。

【0011】

以上のように、電子遅延制御、x方向についての音響的遅延制御、y方向についての音響的制御をそれぞれ独立し行うことが可能であるので、大幅なチャンネルリダクションを達成しつつもビーム形成及びビーム走査を良好に行える。

【0012】

望ましくは、前記第1音速制御部アレイを構成する各第1音速制御部は、前記振動層におけるy方向の振動素子の並びに対応して、y方向に並んだ複数の第1音速制御素子に区分され、前記第2音速制御部アレイを構成する各第2音速制御部は、前記第1音速制御層におけるx方向の第1音速制御部の並びに対応して、x方向に並んだ複数の第2音速制御素子に区分される。なお、素子分離処理を行う場合、隣接する素子間を完全に分離してもよいし、一部を残しつつ分離を行ってもよい。

【0013】

例えば、振動層がx方向に*i*個且つy方向に*j*個の合計*i*×*j*個の振動素子で構成され、第1音速制御層がx方向に*i*×*m*個且つy方向に*j*個の合計*i*×*m*×*j*個の第1音速制御素子で構成され、第2音速制御層がx方向に*i*×*m*個且つy方向に*j*×*n*個の合成*i*×*m*×*j*×*n*個の第2音速制御素子で構成される場合には、1つの振動素子当たり、*m*個の第1音速制御素子が積層され、また*m*×*n*個の第2音速制御素子が積層される。なお、各係数*i*、*j*、*m*、*n*は例えば2以上の整数であるが、*i*及び*n*が1であってもよい。後述する実施形態では、発明説明のために、*i*及び*j*がいずれも2で、*m*及び*n*がいずれも3であるが、それらは単なる一例に過ぎない。

【0014】

望ましくは、前記各第1音速制御部には、前記y方向に並んだ複数の第1音速制御素子に共通の第1音速制御電極が設けられ、前記各第2音速制御部には、前記x方向に並んだ複数の第2音速制御素子に共通の第2音速制御電極が設けられる。

【0015】

上記構成によれば、各音速制御部ごとに単一の音速制御電極が設けられるので、各音速制御部を構成する複数の音速制御素子が同じ条件で動作する。よって、音速制御対象の個数を削減できるので制御が容易である。勿論、各音速制御素子に個別に電極を設けることも可能である。

【0016】

望ましくは、前記振動層における各振動素子間にはそれぞれ第1の音響ギャップが形成され、前記第1音速制御層における各第1音速制御素子間にはそれぞれ第2の音響ギャップが形成され、前記第2音速制御層における各第2音速制御素子間にはそれぞれ第3の音響ギャップが形成される。

【0017】

上記構成によれば、各音響ギャップによって超音波の回り込み、漏れ込みを軽減、解消することができるので、ビームパターンを良好にして超音波画像の画質を高められる。各音響ギャップは空気層であってもよいが、電氣的絶縁性及び音響的隔絶性ある材料などを充填するようにするのが望ましい。

【0018】

望ましくは、前記第2音速制御層の上側には整合層が形成され、前記整合層は、前記第2音速制御層を構成する第2音速制御素子群と同じ配列をもった整合素子群で構成される

10

20

30

40

50

。望ましくは、前記整合層における各整合素子間にはそれぞれ第4の音響ギャップが形成される。この構成によれば、整合層の内部での上記のような超音波のクロストークを軽減、解消できる。

【0019】

望ましくは、前記振動層と前記第1音速制御層との間には絶縁層が形成される。この構成によれば、振動層の上面側に形成される電極と第1音速制御層の下面側に形成される電極との間での絶縁性を確保できる。

【0020】

望ましくは、前記絶縁層は、前記振動素子群に対応する絶縁素子群で構成され、前記絶縁層における各絶縁素子間には第5の音響的ギャップが形成される。この構成によれば、絶縁層の内部で生じる音響的なクロストークを軽減、解消できる。

10

【0021】

望ましくは、前記第1音速制御層と前記第2音速制御層との間に共通のグランド電極が設けられる。電極を共用すれば部品点数を削減して構成を簡易にでき、またコストを削減できる。

【0022】

望ましくは、前記第1音速制御層と前記第2音速制御層との間には絶縁層が形成される。望ましくは、前記絶縁層は、前記第1音速制御層を構成する第1音速制御素子群に対応する絶縁素子群で構成され、前記絶縁層における各絶縁素子間には第5の音響ギャップが形成される。例えば、振動層と第1音速制御層との間に共通のグランド電極を設け、第1音速制御層と第2音速制御層との間に絶縁層を設けてもよい。このように、共通グランド電極を設ける位置及び絶縁層を設ける位置は、超音波探触子の構成に応じて適宜定めればよい。

20

【0023】

望ましくは、前記第1音速制御層及び前記第2音速制御層の内の少なくとも一方は超音波伝搬方向に音響インピーダンスが変化する傾斜特性を有する。音速制御素子の傾斜特性自体は公知であるが、上記構成との組合せによって、部材境界面での音響的なマッチングを良好にできる。

【0024】

望ましくは、前記傾斜特性は前記超音波伝搬方向における中央部から両端部にかけて音響インピーダンスが連続的に又は段階的に変化する特性である。望ましくは、前記超音波伝搬方向における中央部の音響インピーダンスは音速制御に応じて変動し、前記超音波伝搬方向における両端部の音響インピーダンスは音速制御によらずに実質的に一定である。

30

【0025】

この構成によれば、音速可変によって音速制御素子が有する音響インピーダンスが変化しても、その両端（上下端）の音響インピーダンスを維持できるので、音響的マッチングの変動あるいは低下という問題に対処できる。

【0026】

（2）また、本発明は、超音波の送受波を行う振動層と、前記振動層の上側に階層的に積層された複数の音速制御層からなる音速制御層スタックと、前記音速制御層スタックの上側に積層された整合層と、前記振動層に対して供給される送信信号及び前記振動層からの受信信号について電子遅延制御を行う電子遅延制御手段と、前記各音速制御層の内部を伝搬する超音波の速度を個別的に制御することにより音響遅延制御を行う音響遅延制御手段と、を含み、前記電子遅延制御及び前記音響遅延制御を用いてビーム走査及びビームフォーカスの少なくとも一方を行うことを特徴とする。

40

【0027】

上記構成において、振動層、第1音速制御層及び第2音速制御層はそれぞれアレイ構造を有しているのが望ましいが、いずれにしても複数の音速制御層の積層によって単一の音速制御層では実現が難しい大きな音響的遅延量を実現できる。

【0028】

50

(3) また、本発明は、超音波探触子及びそれが接続される装置本体とを含む超音波診断装置において、前記超音波探触子は、 x 方向及び y 方向に整列した $i \times j$ （但し、 i は1以上の整数で j は2以上の整数）個の振動素子からなる振動層と、前記振動層の上側に設けられ、前記 x 方向に並んだ $i \times m$ （但し、 m は2以上の整数）個の第1音速制御部からなる第1音速制御層と、前記第1音速制御層の上側に積層され、前記 y 方向に並んだ $j \times n$ （但し、 n は1以上の整数）個の第2音速制御部からなる第2音速制御層と、を含み、1つの振動素子に対して、前記 x 方向に並んだ m 個の第1音速制御部と、前記 y 方向に並んだ n 個の第2音速制御部と、が対応し、前記装置本体は、前記振動層に対する電子制御、並びに、前記第1音速制御層及び前記第2音速制御層に対する音速制御を併用して、二次元のビーム走査及びビームフォーカスの少なくとも一方を行うことを特徴とする。

10

【発明の効果】**【0029】**

以上説明したように、本発明によれば、音速制御を行う場合において十分な遅延時間を獲得できる。また、本発明によれば、超音波ビームの二次元走査に当たって高いチャンネルリダクション率を達成できる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0030】**

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0031】

図1には、本発明に係る超音波探触子の要部構成が斜視図として示されている。超音波診断装置は、図1に示される超音波探触子とそれが接続される装置本体（図示せず）とによって構成される。超音波探触子は周知のように例えば生体表面上に当接して用いられ、超音波を送受波する送受波器として機能する。

20

【0032】

超音波探触子は、振動層12、バッキング18、第1音速制御層40、第2音速制御層50及び整合層64などを積層した積層体10を有している。

【0033】

振動層12は、 x 方向に i 個、 y 方向に j 個の振動素子14で構成される。図1に示す例では、 i が2であり、 j が2である。すなわち、 2×2 個の合計4つの振動素子14が二次元的に配列されている。各振動素子14は平板状の形態を有しており、上方から見たその形状は四角形、望ましくは正方形である。振動層12において、振動素子間には音響的ギャップ16が形成され、その音響的ギャップ16により振動素子間における超音波の回り込みや振動伝達といった問題が回避されている。この音響的ギャップ16及び後述する音響的ギャップについては空気層として構成することも可能であるが、絶縁性や物理的強度を高めるために音響的隔絶性をもった充填剤などを充填するようにしてもよい。各振動素子14はPZTなどの材料で構成され、あるいは複合材料として構成することもできる。

30

【0034】

振動層12の下面側にはバッキング18が設けられている。このバッキング18は振動層12から下方側へ放射される超音波を吸収、散乱するものである。振動層12とバッキング18との間には電極アレイ20が設けられている。この電極アレイ20は複数の振動素子14に対応する複数の電極22で構成され、各電極22は面状電極であり、それらはシグナル電極として機能する。もちろん、バッキング18内に複数の振動素子14に対応付けて複数の信号線を埋設し、それらの信号線によってシグナルを各振動素子14へ供給するようにしてもよい。

40

【0035】

振動層12の上面側にはグランド電極24が設けられている。このグランド電極24は複数の振動素子14の全体を覆っており共通のグランド電極として機能する。このグランド電極24と各電極22との間に信号が印加され、これによって各振動素子14にて超音波が生成される。また、各振動素子14にて反射波が受波されると、グランド電極24と

50

各電極 2 2 との間に電圧信号が生成される。

【 0 0 3 6 】

グラウンド電極 2 4 の上面側には絶縁層 3 0 が形成されている。この絶縁層 3 0 は複数の振動素子 1 4 に対応して複数の絶縁素子 3 2 によって構成されており、絶縁素子間には音響的ギャップ 3 4 が形成されている。すなわち、図 1 に示す例において、振動層 1 2 は 4 つに分割されて、4 つの振動素子 1 4 が構成されているが、これと同様に、絶縁層 3 0 も 4 つに分割されて、4 つの絶縁素子 3 2 が構成されている。1 つの振動素子 1 4 の上方に 1 つの絶縁素子 3 2 が対応付けられている。音響的ギャップ 3 4 により、隣接する 2 つの絶縁素子間における音響的なクロストークが回避されている。

【 0 0 3 7 】

絶縁層 3 0 の上側には第 1 音速制御層 4 0 が設けられている。この第 1 音速制御層 4 0 は x 方向に並んだ $i \times m$ 個の第 1 音速制御部 4 4 によって構成される。図 1 に示す例において m は 3 であり、すなわち x 方向に 6 つの第 1 音速制御部 4 4 が並んでいる。それらの第 1 音速制御部 4 4 は、本実施形態において、振動層 1 2 が x 方向に 2 分割されていることに対応して 2 つのグループに区分されており、すなわち 2 つの第 1 音速制御部サブアレイ 4 6 が構成されている。各音速制御部サブアレイ 4 6 は x 方向に並んだ 3 つの第 1 音速制御部 4 4 によって構成される。

【 0 0 3 8 】

第 1 音速制御層 4 0 は、振動層 1 2 が y 方向に 2 分割されていることに対応して、y 方向に 2 つに分割されている。つまり、個々の第 1 音速制御部 4 4 は y 方向に 2 分割されており、1 つの第 1 音速制御部 4 4 は y 方向に並んだ 2 つの第 1 音速制御素子 4 2 によって構成される。したがって、第 1 音速制御層 4 0 は、y 方向に 2 つ、x 方向に 6 つの合計 12 個の第 1 音速制御素子 4 2 によって構成されている。すなわちそのような多数の第 1 音速制御素子 4 2 によって第 1 音速制御素子アレイが構成されている。

【 0 0 3 9 】

第 1 音速制御層 4 0 と絶縁層 3 0 との間には電極アレイ 3 6 が設けられている。この電極アレイ 3 6 は x 方向に並んだ複数のストリップ状の電極 3 8 によって構成され、各電極 3 8 は y 方向に伸張した形態を有している。1 つの第 1 音速制御部 4 4 に対して 1 つの電極 3 8 が対応付けられており、このような電極アレイ 3 6 を用いてそれぞれの第 1 音速制御部 4 4 について個別的に動作制御を行うことができる。本実施形態においては各第 1 音速制御部 4 4 ごとにすなわち y 方向に並んだ 2 つの振動素子 4 2 ごとに、1 つの電極 3 8 が設けられていたが、各振動素子ごとに電極を設けるようにしてもよい。本実施形態の構成によれば、超音波探触子全体としての信号線の本数をより削減できるという利点がある。

【 0 0 4 0 】

各振動素子間には音響的ギャップ 4 3 が形成されており、すなわち x 方向においてはそれぞれ隣接する 2 つの振動素子の間に音響的ギャップ 4 3 が形成され、y 方向においても隣接する 2 つの振動素子 4 2 の間に音響的ギャップ 4 3 が形成されている。それらの音響的ギャップ 4 3 によってクロストークすなわち音響的な回り込みを防止できるという利点がある。

【 0 0 4 1 】

ここで、音速制御素子（第 1 音速制御素子 4 2 及び後述する第 2 音速制御素子 5 2）の機能について説明する。従来技術でも述べたように、音速制御素子はその内部を通過する超音波の音速を可変する機能を有している。音速制御素子に対しては電気的な回路が接続され、当該回路の電気インピーダンスを変化させることにより、音速制御素子内における弾性的係数を可変し、その結果としてその内部を伝搬する超音波の音速を変化させることができる。このように超音波の音速が変化すると、超音波の伝搬時間が可変されることになり、あるいは超音波の位相が可変されることになり、その結果として物理的あるいは音響的なディレイを実現することができる。音速制御素子を構成する材料としては振動素子と同様の材料をあげることができ、例えばセラミックなどの材料である。ちなみに、音速

10

20

30

40

50

制御素子を構成する場合、その厚み方向すなわち超音波の伝搬方向に、音響インピーダンス特性を変化させるようにしてもよい。すなわち傾斜型の音速制御素子を用いるようにしてもよい。特に、音速制御素子の一方面及び他方面についてそれに接合させる部材との間における音響的なマッチングを良好とすることにより効率的に超音波を伝搬することが可能となる。これについては後に図5に示すモデルを用いて説明する。

【0042】

第1音速制御層40の上側には第2音速制御層50が設けられており、それらの間には共通のグラウンド電極48が設けられている。第2音速制御層50は、y方向に並んだ複数の第2音速制御部54によって構成される。この例においてはy方向に $j \times n$ 個の第2音速制御部54が設けられ、ここでnは3であり、すなわちy方向に6つの第2音速制御部54が配列されている。

10

【0043】

各第2音速制御部54は、x方向に $i \times m$ 個の第2音速制御素子52に分割されている。本実施形態においてiは2であり、mは3であるため、第1音速制御層40におけるx方向の第1音速制御素子42の配列と同様に、第2音速制御層50においてはy方向に6つの第2音速制御素子が配列されている。

【0044】

各第2音速制御素子間には音響的ギャップ55が形成されている。これによって音響的なクロストークが防止されている。上述したように、第2音速制御層50はx方向に $i \times m$ 個、i方向に $j \times n$ 個の第2音速制御素子52によって構成されており、本実施形態においては 6×6 個の第2音速制御素子52がアレイを構成している。ちなみに、第2音速制御部54を複数の第2音速制御素子52に分割することなく一体的に構成することも可能であるが、その場合においては音響的ギャップ54を形成できないために音響的な回り込みが生じ易くなる。このためビームステアリングやビームフォーカスの精度が劣化することになる。その一方において、本実施形態においては第1音速制御層40及び第2音速制御層50のいずれにおいてもできる限り超音波の回り込みを防止するための構成が採用されているためビームステアリング及びビームフォーカスを良好に行えるという利点がある。

20

【0045】

第2音速制御層50の上側には電極アレイ60が設けられている。この電極アレイ60はy方向に並んだ $j \times n$ 個の電極62によって構成され、本実施形態では6つの電極62によって構成されている。各電極62は各第2音速制御部54に対応づけられており、すなわち、各第2音速制御部54をそれぞれ独立して動作制御することができる。

30

【0046】

電極アレイ60の上側には整合層64が設けられている。この整合層64はx方向に $i \times m$ 個、y方向に $j \times n$ 個の整合素子66によって構成され、本実施形態においては 6×6 個の整合素子66によって構成されている。この整合素子66の配列は第2音速制御素子52の配列と同様である。隣接する整合素子間には音響的ギャップ67が形成されているため、この整合層64においてもチャンネル間における超音波の回り込みが効果的に防止されている。

40

【0047】

図1に示される積層体10は図示されていない探触子ケース内に收容され、これによって超音波探触子が構成される。振動層12においては各振動素子14ごとに個別的に電子遅延制御を行うことができ、第1音速制御層40においては各第1音速制御部44ごとに音響的な遅延制御を行うことができ、第2音速制御層50においては各第2音速制御部54ごとに音響的な遅延制御を行うことができる。すなわち、振動層12においてはx方向及びy方向についておおまかな遅延制御を行うことができ、換言すればそれぞれの振動素子単位で遅延量のオフセット分を決定することができ、その上で、x方向については第1音速制御層40の作用によって遅延量を制御でき、y方向については第2音速制御層50により遅延量を制御することができる。その結果、超音波ビームすなわち送信ビーム及び

50

受信ビームを二次元的に走査することが可能となり、また二次元的なビームフォーカスを実現することができる。たとえば、 6×6 個の振動素子からなる2Dアレイ振動子を用いて各振動素子を個別的に遅延制御した場合に比べて、図1に示した実施形態においては例えば電子フォーカスなどの面において若干の粗さが生じる可能性があるが、図1に示す実施形態によれば、必要な信号線の本数を著しく削減でき、また、装置本体内に設けられる送信回路（送信チャンネル）及び受信回路（受信チャンネル）の個数を大幅に削減できるという顕著な実用的効果がある。また、副次的効果として、超音波探触子に接続される超音波ケーブルを細くできるという利点があり、その結果として超音波探触子の操作性を極めて良好にできる。なお、図1に示す例ではx方向及びy方向の各方向別に2段の音速制御層を設けたが、そのような直交関係に限られず、1段では音速制御量が不足するような場合に、複数段の音速制御層を設けて十分な遅延量を確保してもよい。

10

【0048】

上記実施形態においては、絶縁層30が設けられているため、グランド電極24と電極アレイ36との間が絶縁されている。しかも、その絶縁層30が各振動素子14単位で分割されて複数の絶縁素子32が構成されているため、上述したように音響的なクロストークを効果的に防止できるという利点がある。これは、第1音速制御層40及び第2音速制御層50においても同様であり、音響的ギャップ43、55により水平方向における音響的な回り込みを防止できるという利点がある。

【0049】

図2には、振動素子14、第1音速制御素子42及び第2音速制御素子52の関係が示されている。1つの振動素子14に対しては、第1音速制御部サブアレイ46及び第2音速制御部サブアレイ56が対応づけられており、より具体的には、1つの振動素子14あたり3つの第1音速制御素子42及び3つの音速制御素子52が対応付けられている。その結果、遅延量に関しては、振動素子14で設定された遅延量に対してx方向に3つの遅延量を並列的に上積みすることができ、またy方向に3つの遅延量を並列的に上積みすることができる。その結果振動素子14が形成する波面を任意の方向へ傾けることが可能となる。これに関しては後に図4を用いて更に説明することとする。

20

【0050】

図3には、装置本体内の一部構成が示されている。送受信制御部70は、電子遅延制御及び音速可変制御を実行するものである。その送受信制御部70には図示されていない主制御部から制御信号が送られている。

30

【0051】

第1音速制御回路72は第1音速制御層40に接続され、各第1音速制御部44ごとに音速の制御を行っている。これと同様に、第2音速制御回路74は第2音速制御層50に接続されており、各第2音速制御部54ごとに音速の可変制御を行っている。

【0052】

送信部76は、複数の振動素子14ごとに設けられた送信回路によって構成され、受信部78は複数の振動素子14ごとに設けられた受信遅延回路及びそれらから出力される信号を加算する加算回路などによって構成されている。上述したように、本実施形態によれば第1音速制御層40及び第2音速制御層50を設けることにより送信部76及び受信部78の回路規模を極めて小さくできるという利点がある。

40

【0053】

図4には、1つの振動素子に着目した場合における超音波の偏向制御モデルが概念的に示されている。説明の便宜上、図4におけるx-y座標は、図1に示したx-y座標から両軸を転置させた関係にある。下段の振動素子が符号14Aで示され、中段のx方向に並ぶ3つの第1音速制御素子が符号42Aで示され、上段のy方向に並ぶ3つの第2音速制御素子が符号52Aで示されている（ここでは、各第2音速制御素子52Aはx方向に分割されていないものを示している）。

【0054】

まず（A）には正方形の振動素子14Aについての送信信号あるいは受信信号に対す

50

る電子遅延制御だけを行った場合における生体内での仮想的な波面（平面）が示されている。その波面は振動素子 14 の面の法線に対して直交する。

【0055】

次に（B）には、（A）の場合に加えて、3つの第1音速制御素子42Aについての音速を可変して、それぞれについて音響的な遅延量を与えた結果が示されている。上記の波面はx軸に対して角度 θ_x をもって傾斜する。この場合、隣接する第1音速制御素子間の時間差 ΔT_1 は以下のように計算される。

【0056】

（数1）

$$\Delta T_1 = (p_x \cdot \sin \theta_x) / V \quad \cdots (1)$$

10

【0057】

上記において、 p_x は第1音速制御素子間のピッチであり、 V は生体内の音速である。

【0058】

次に、（C）には、（B）の場合に加えて、3つの第2音速制御素子52Aについての音速を可変して、それぞれについて音響的な遅延量を与えた結果が示されている。上記の波面は更にy軸に対して角度 θ_y をもって傾斜する。この場合、隣接する第2音速制御素子間の時間差 ΔT_2 は以下のように計算される。

【0059】

（数2）

$$\Delta T_2 = (p_y \cdot \sin \theta_y) / V \quad \cdots (2)$$

20

【0060】

上記において、 p_y は第2音速制御素子間のピッチであり、 V は生体内の音速である。

【0061】

上記で示したモデルは1つの振動素子14Aについてのものであるが、各振動素子ごとに上記のようなx方向及びy方向の独立した音速制御を行うことにより、更に必要に応じて電子遅延制御を併用することにより、二次元のビームステアリング及びビームフォーカスを行える。その場合において、2Dアレイ振動子を用いる場合に比べて、音速制御が必要ではあるが、送信チャンネル数及び受信チャンネル数を大幅に削減できるので、装置構成上、極めて有利である。

30

【0062】

次に、図5を用いて傾斜型音速制御素子について説明する。（B）においては図1に示した積層体10における1区画すなわち1つのセルのみがモデルとして示されている。符号100はバッキングであり、符号102は振動素子に相当し、符号104は絶縁素子に相当し、符号105は第1音速制御素子に相当し、符号107は第2音速制御素子に相当し、符号109は整合素子に相当する。また符号101、103、111、106、108はそれぞれ電極を示している。電極101と103との間には送受信部112が接続され、電極111及び106の間には第1音速制御回路114が接続され、電極106及び電極108の間には第2音速制御回路116が接続されている。ちなみに符号110は生体を表している。

40

【0063】

（A）には、Z方向の各位置における音響インピーダンスが概略的に示されている。第1音速制御素子105及び第2音速制御素子107は図5に示す例において傾斜特性を有しており、特に中央部から両端部にかけてその内部特性が変化している。両端部においては音速の可変に関わらず一定の音響インピーダンスが実現されており、一方それらを除く中央部においては音速の可変によって音響インピーダンスが上下に変動する。これが符号120及び122で示されている。このような両端部固定型の傾斜特性を採用することにより、第1音速制御素子105と第2音速制御素子107との間における音響インピーダンス整合を常に図ることができ、また第1音速制御素子105とその下方側の部材との間における音響インピーダンス関係を常に一定にすることができ、これと同様に、第2音速

50

制御素子 107 とその上側に存在する部材との間における音響インピーダンス関係を常に一定にすることができる。ちなみに、さらに整合素子 109 についても傾斜特性を採用するようにしてもよい。このように、音速制御素子等において Z 方向すなわち超音波伝搬方向に沿って音速可変能力を変化させることにより超音波伝搬方向に均一な音速可変能力を設定した場合に比べてその性能を良好にできるという利点がある。

【0064】

上記の実施形態においては、 $i = 2$ 、 $j = 2$ 、 $m = 3$ 、 $n = 3$ であったが、それぞれの数値はいずれも一例であって、他の数値を採用することができる。特に、ビームステアリングやビームフォーカスをより精度良く行うためには x 方向における音速制御数及び Y 方向における音速制御数をより多くするようにしてもよい。また、本実施形態においては 2 10

【0065】

ちなみに、図 3 に示した第 1 音速制御回路 72 及び第 2 音速制御回路 74 を超音波探触子のケース内に収容するようにしてもよい。また、送信部 76 及び受信部 78 についても同様である。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】本発明に係る超音波探触子の要部構成を示す斜視図である。

【図 2】振動素子、第 1 音速制御素子及び第 2 音速制御素子の関係を示す図である。 20

【図 3】装置本体内の要部構成を示すブロック図である。

【図 4】波面の傾斜制御を説明するための図である。

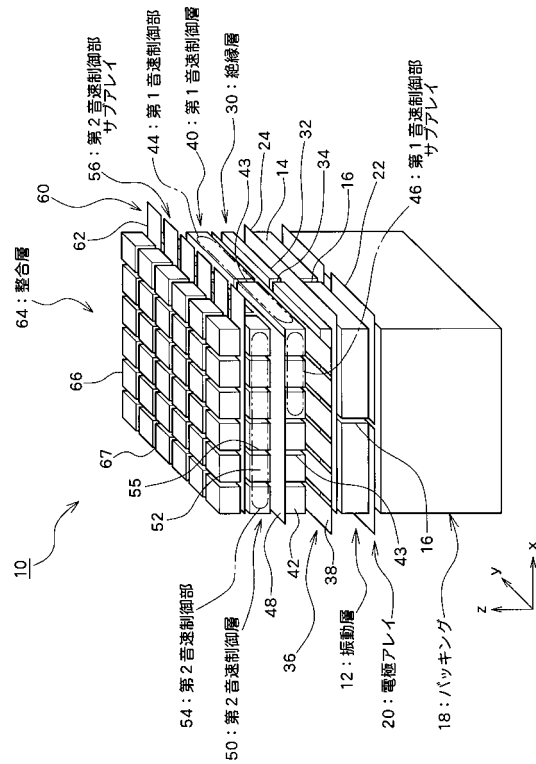
【図 5】傾斜型音速制御素子の特性を説明するための図である。

【符号の説明】

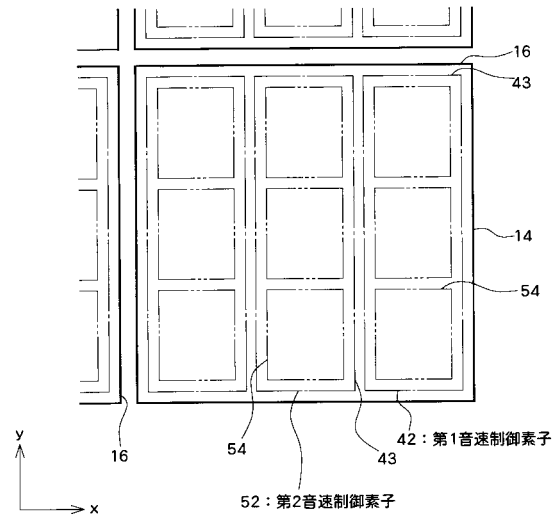
【0067】

10 積層体、12 振動層、14 振動素子、18 バッキング、40 第 1 音速制御層、42 第 1 音速制御素子、44 第 1 音速制御部、46 第 1 音速制御部サブアレイ、50 第 2 音速制御層、52 第 2 音速制御素子、54 第 2 音速制御部、56 第 2 音速制御部サブアレイ、64 整合層、66 整合素子、16, 34, 43, 55, 6 30
7 音響的ギャップ。

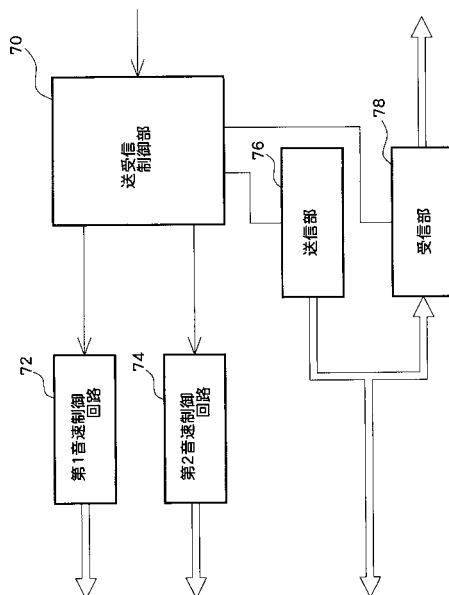
【図 1】



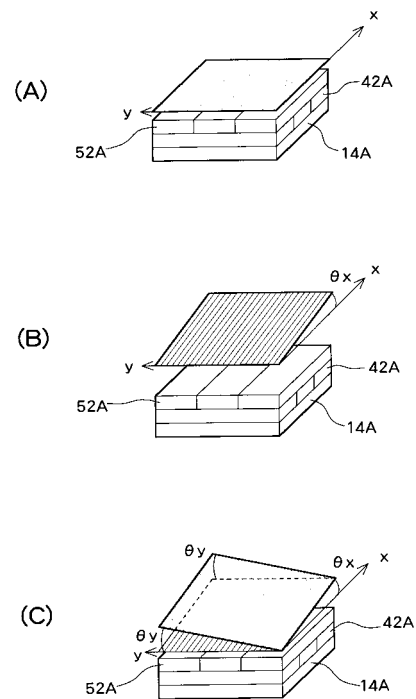
【図 2】



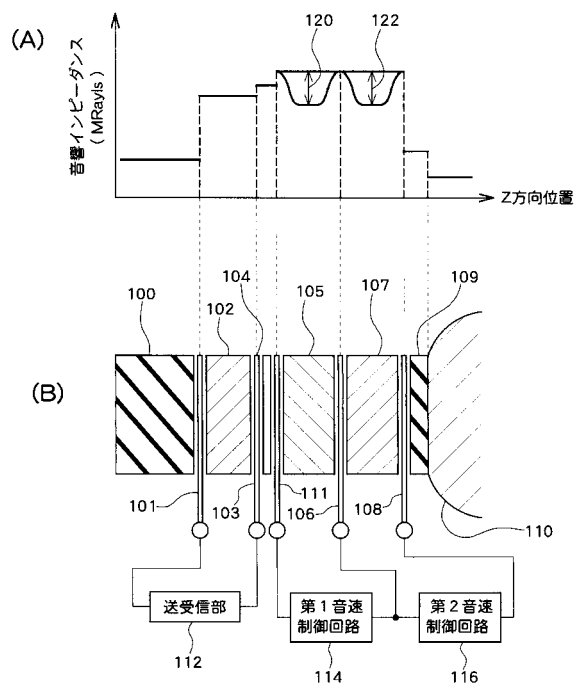
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平3 - 275000 (J P , A)
特開平5 - 68681 (J P , A)
特開平11 - 123188 (J P , A)
特開2000 - 254120 (J P , A)
特開2000 - 342582 (J P , A)
特開2002 - 112999 (J P , A)
特開2003 - 175036 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 0 0
H 0 4 R 1 7 / 0 0

专利名称(译)	超声波探头和超声波诊断仪		
公开(公告)号	JP4320229B2	公开(公告)日	2009-08-26
申请号	JP2003298162	申请日	2003-08-22
[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	佐藤正平		
发明人	佐藤 正平		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00 G01N29/24		
FI分类号	A61B8/00 H04R17/00.330.L H04R17/00.332.A G01N29/24.502		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/DB12 2G047/EA14 2G047/GA02 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB24 2G047/GB28 2G047/GF17 2G047/GF18 2G047/GF20 2G047/GF22 2G047/GG44 4C601/BB06 4C601/EE12 4C601/GB06 4C601/GB12 4C601/GB19 4C601/GB26 4C601/GB30 4C601/GB32 4C601/GB50 4C601/HH29 4C601/HH31 4C601/JB01 5D019/AA06 5D019/BB14 5D019/FF04 5D019/GG02 5D019/GG03		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
其他公开文献	JP2005065884A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在二维扫描超声波束时，使用声速控制元件减少发送通道和接收通道的数量。解决方案：层叠振动层12，第一声速控制层40和第二声速层50。振动层12具有四个振动元件14，第一声速控制层40具有沿x方向布置的6个第一声速控制构件44，第二声速控制层50具有沿一个方向布置的6个第二声速控制构件54。可以通过组合振动层12上的电子延迟控制，第一声速控制层40中的x方向上的声学延迟控制和对第一声速控制层40中的声学延迟控制来执行在任意方向上利用超声波束进行扫描和光束聚焦。第二声速控制层50中的方向y的优点是能够显著地最小化电路的规模，因为执行电子延迟控制的对象大大减少了。Z

【 図 1 】

