

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4325981号
(P4325981)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月19日(2009.6.19)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

請求項の数 34 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-81697(P2003-81697)
 (22) 出願日 平成15年3月25日(2003.3.25)
 (65) 公開番号 特開2003-305043(P2003-305043A)
 (43) 公開日 平成15年10月28日(2003.10.28)
 審査請求日 平成18年3月22日(2006.3.22)
 (31) 優先権主張番号 10/063, 154
 (32) 優先日 平成14年3月26日(2002.3.26)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
 エルシー
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53
 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
 ユー・ブルバード・ダブリュー・710
 ・3000
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高調波変換器素子構造及び特性

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波の送信及び受信のための変換器素子(65)において、第1の受信器及び第1の送信器に接続された第1の活性変換器層と、前記第1の活性変換器層に積層され且つ第2の受信器及び第2の送信器に接続された第2の活性変換器層とを具備し、
前記第1の活性変換器層が複合層の第1の対を有しており、前記第2の活性変換器層が複合層の第2の対を有している、変換器素子(65)。

【請求項 2】

第1のパルス及び第2のパルスをそれぞれ処理する受動回路を具備する請求項1記載の変換器素子(65)。

【請求項 3】

前記受動回路は、1つのパルスとして組み合わせられる前に第1のパルスに第2のパルスの振幅とは異なる振幅を与える請求項2記載の変換器素子(65)。

【請求項 4】

前記受動回路は、1つのパルスとして組み合わせられる前に第1及び第2のパルスに異なる時間遅延を与える請求項2記載の変換器素子(65)。

【請求項 5】

前記受動回路は、1つのパルスとして組み合わせられる前に第1のパルスに第2のパルスの形状とは異なる形状を与える請求項2記載の変換器素子(65)。

【請求項 6】

10

20

前記変換器素子が送信モードにあるとき、各々の活性層は別個の電圧源に接続される請求項 1 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 7】

送信モードにあるとき、前記受動回路は等式 $M_{11} = D_{11}(f) T_{11}(f)$ に従って実行する請求項 2 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 8】

受信モードにあるとき、前記受動回路は等式 $G_{11} = \frac{1}{g_{11}}$ に従って実行する請求項 2 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 9】

前記変換器素子 (6 5) を送信モードから受信モードに切り替えるスイッチ (8 2、8 4) を具備する請求項 1 記載の変換器素子 (6 5)。

10

【請求項 10】

前記第 1 及び第 2 の受信器はそれぞれ少なくとも 1 つのフィルタリング装置と関連している請求項 1 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 11】

信号が前記少なくとも 1 つのフィルタリング装置を通過する前及び後の少なくとも一方でアナログ / デジタル変換が実行される請求項 10 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 12】

フィルタリングは前記受信器の一方により信号の増幅に先立って実行される請求項 10 記載の変換器素子 (6 5)。

20

【請求項 13】

フィルタリングは前記受信器の一方により信号の増幅の後に実行される請求項 10 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 14】

フィルタリングは前記受信器の一方により信号の増幅の前後に実行される請求項 13 記載の変換器素子 (6 5)。

【請求項 15】

前記第 1 の受信器は第 1 の電気フィルタリング装置を具備し且つ前記第 2 の受信器は第 2 の電気フィルタリング装置を具備し、前記第 1 及び第 2 の電気フィルタリング装置は画像符号化に先立って組み合わせ受信パルスを最適化する請求項 1 記載の変換器素子 (6 5)。

30

【請求項 16】

請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の変換器素子 (2 0 5) を複数具備し、少なくとも 2 つの変換器素子 (2 0 5) は、それぞれ、第 1 の受信器に接続された第 1 の活性変換器層 (2 1 0) と、前記第 1 の活性変換器層に積層され且つ第 2 の送信器に接続された第 2 の活性変換器層 (2 2 0) とを具備する変換器アレイ (2 0 0)。

【請求項 17】

第 1 の変換器素子 (2 0 5) の第 1 の活性変換器層 (2 1 0) は第 2 の変換器素子 (2 0 5) の第 1 の活性変換器層 (2 1 0) とは異なる材料から形成されており、第 1 の変換器素子 (2 0 5) の第 2 の活性変換器層 (2 2 0) は第 2 の変換器素子 (2 0 5) の第 2 の活性変換器層 (2 2 0) とは異なる材料から形成されている請求項 16 記載の変換器アレイ (2 0 0)。

40

【請求項 18】

前記第 1 の受信器の電気的特性は前記第 2 の受信器の電気的特性とは異なり、前記第 1 の活性変換器層 (2 1 0) は前記第 2 の活性変換器層 (2 2 0) の電気的特性とは異なる電気的特性を有する回路に接続されている請求項 16 記載の変換器アレイ (2 0 0)。

【請求項 19】

第 1 の変換器素子 (2 0 5) の第 1 の活性変換器層 (2 1 0) は第 2 の変換器素子 (2 0 5) の第 1 の活性変換器層 (2 1 0) に接続された回路とは異なる特性を有する回路に

50

接続されており、

前記第1の変換器素子(205)の第2の活性変換器層(220)は前記第1の変換器素子(205)の前記第1の活性変換器層(210)に接続された回路とは異なる特性を有する回路に接続されている請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項20】

変換器素子(205)のうちの少なくとも2つの第1の活性変換器層(210)は、独立した集束を実行するために、同じ少なくとも2つの変換器素子の第2の活性変換器層(220)に接続された集束電子回路とは別個であり且つそれとは異なる集束電子回路に接続されている請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項21】

1つの変換器素子(205)内の全ての活性層は独立した集束を実行するために別個の集束電子回路に接続されている請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項22】

各変換器素子(205)の前記第1及び第2の受信器は、それぞれ、画像符号化に先立って組み合わせ受信パルス最適化するための電気的フィルタリング能力を有する請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項23】

第1及び第2の送信器を具備する請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項24】

受動回路を具備し、第1のパルス及び第2のパルスは、1つの超音波パルスとして組み合わせられる前に前記受動回路により異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも1つを有するように処理される請求項23記載の変換器アレイ(200)。

【請求項25】

前記第1及び第2の送信器からの信号を組み合わせることにより発生される超音波パルスの非基本周波数を減少させるための受動回路を具備する請求項23記載の変換器アレイ(200)。

【請求項26】

前記変換器アレイは、異なる受信ビームの整形及びフィルタリングによって1つの領域の同時表示を実行するために各々の活性変換器層(210、220)からの信号を別個に処理する請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項27】

前記変換器アレイ(200)は、画質を向上させるために、各々の活性変換器層(210、220)からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせる請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項28】

前記変換器アレイ(200)は、特定の信号特徴を表示するために、各々の活性変換器層(210、220)からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせる請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項29】

前記変換器アレイ(200)は、組織内部の造影剤の高調波周波数発生及び撮影を表示するために、各々の活性変換器層(210、220)からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせる請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項30】

第1のパルス及び第2のパルスが前記第1及び第2の受信器により受信された後に異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも1つを有するように第1のパルス及び第2のパルスを処理する回路を具備する請求項16記載の変換器アレイ(200)。

【請求項31】

第1のパルス及び第2のパルスが前記第1及び第2の受信器で増幅される前に異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも1つを有するように第1のパルス

10

20

30

40

50

及び第 2 のパルス进行处理する回路を具備する請求項 1 6 記載の変換器アレイ (2 0 0) 。

【請求項 3 2】

第 1 のパルス及び第 2 のパルスが前記第 1 及び第 2 の受信器で増幅される前後に異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも 1 つを有するように第 1 のパルス及び第 2 のパルス进行处理する回路を具備する請求項 1 6 記載の変換器アレイ (2 0 0) 。

【請求項 3 3】

第 1 のパルス及び第 2 のパルスが前記第 1 及び第 2 の受信器で増幅された後に異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも 1 つを有するように第 1 のパルス及び第 2 のパルス进行处理する回路を具備する請求項 1 6 記載の変換器アレイ (2 0 0) 。

10

【請求項 3 4】

前記変換器アレイは直線アレイ又は 2 次元アレイである請求項 1 6 記載の変換器アレイ (2 0 0) 。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】

医療の分野における撮影用超音波プローブは、通常、相対帯域幅の 90 % までを支援する。超音波撮影の場合、帯域幅は絶対的な意味で実現可能な距離分解能に正比例するが、超音波中心周波数は実現可能な撮影距離に反比例する。従って、適切な撮影距離で高い距離分解能を得るためには高い相対帯域幅が望ましい。例えば、成人、小児及び乳児の心臓を撮影する場合、典型的な中心周波数が 2.5 MHz、5 MHz 及び 9 MHz の 3 種類のプローブを有することが必要になることが多い。帯域が広いプローブでは、それらの用途に必要とされる距離を 2 つのプローブでカバーでき、更に、各々の撮影状況で課される必要条件に合わせて送信信号及び受信フィルタリングを最適化するためにより大きな融通性を有することができるであろう。

20

【0002】

血流速度及び / 又は組織の運動を測定する場合にドップラーを使用するときの限界は多くの場合に検出感度であるが、適切な組織撮影を行うために要求される空間分解能の重要性は低い。例えば、2 MHz を中心周波数とするドップラーを使用することを望む場合でも、撮影は 5 MHz までの範囲にわたる周波数に成る可能性があり、これは今日の規格を越えるプローブ帯域幅を有していなければ、あるいはドップラー測定に使用される通過帯域と、撮影に使用される別の通過帯域という 2 つの通過帯域を示すプローブでなければ実現することは不可能である。

30

【0003】

今日市場に出ている超音波スキャナの多くで、組織で発生される第 2 高調波信号の検出が使用されている。第 2 高調波超音波ビームは、基本周波数ビームと比較してサイドローブが抑制されている。第 2 高調波信号を改善し且つ受信器の基本波を抑制することにより、画質は著しく向上する。最良の性能を得るためには、超音波変換器は基本周波数及び第 2 高調波周波数を共に高い帯域幅をもってカバーすることができなければならない。

【0004】

40

研究者により、超音波造影剤からの反射超音波の強力な非線形発生を使用することにより、造影剤の検出を著しく改善できることが提案されている。基本超音波周波数の第 3 高調波及び第 4 高調波を検出することにより、組織からの造影剤の識別は著しく改善されるであろう。

【0005】

上述のような超音波の適用には、極めて広帯域であるか、又は送信モードと受信モードで異なる周波数を管理できるかのいずれかである変換器技術が要求される。

【0006】

現在のプローブ技術は約 70 % から 90 % の範囲の帯域幅に制限されている。例えば、高調波撮影の場合、送信パルスの中心周波数は変換器の通過帯域の低周波数側に位置してい

50

る。そこで、第2高調波はプローブ通過帯域の高周波数側に位置する。その結果、送信パルスと受信高調波パルスが共に変換器でひずみを生じることになる。このひずみはパルス持続時間の延長につながり、それに伴って画像の距離分解能が低下する。更に、ひずみは撮影感度を回復不可能なほど損なわせる。プローブの中心周波数及び帯域幅の製造時のばらつきは画質のばらつきをもたらすと共に、第2高調波検出の挿入損失のばらつきをもたらす。今日、第3高調波及び第4高調波を検出する技術を有する市販のプローブは存在していない。

【0007】

高調波による画質向上におけるもう1つの重要な問題点は、送信信号で高調波周波数を抑制しなければならないことである。画質の利点はほぼ組織内で発生される高調波からのみ得られる。送信される高調波信号は基本周波数とほぼ同じサイドローブを有し、狭いビームの画質の優越は失われる。従って、共に高調波撮影に最適である送信パルスを得られるように設計されている変換器及び送信器が必要である。

10

【0008】

組織からの反射信号は基本波からの周波数と、高調波からの周波数とを含む。プローブの付近では、高調波は展開することができなかつたため、エネルギーの大半は基本周波数にある。身体に深く入るにつれて（通常は1cmを越える程度）、高調波信号は展開して、受信器で基本波から取り出すことができ、画質向上をもたらすような強力なエコーを発生する。更に深くなると、第2高調波は基本波より更に大きく減衰され、反射エネルギーの大半は基本周波数にある。高調波パワーと基本波パワーとの比は出力送信パワーに伴って増加するため、高調波が撮影に有効である距離も出力送信パワーに伴って増加する。従って、異なる周波数帯域におけるエネルギーの混合は基本周波数、送信パルスパワー、組織内の減衰及び撮影深さ距離に伴って変化する。そのため、戻って受信される信号は非常に大きく変化されるので、単純な素子設計では、通常、あらゆる深さにおける送信にも受信にも共に最適ではない。

20

【0009】

高調波撮影の1つの方法はDe Jong他（2000 IEEE Ultrasonics Symposium 1869～1876）により説明されている。De Jong他は2重周波数アレイ変換器を作製した。変換器は2種類の変換器素子から構成されており、2種類の素子は異なる中心周波数を有する。変換器はそれぞれの種類の素子を48個有し、素子は交互に重ね合わされ、隣接して並んだ素子は異なる中心周波数を有する。De Jong他の構成は大きな変換器フットプリントをもたらしたが、それは多くの用途で欠点となった。

30

【0010】

もう1つの従来の装置は互いに上下に重ね合わされた2つの変換器のスタックから構成される。変換器はサンドイッチ構造として積層されているため、音響的に密接に結合される。各変換器は計器用送信器又は受信器のいずれか一方に接続されるが、送信器と受信器の双方には接続されない。

【特許文献1】

米国特許第6467140号

【0011】

40

【発明の概要】

本発明の一実施例は、超音波の送信及び受信のための変換器素子を具備する。第1の活性変換器層は第1の受信器及び第1の送信器に接続されている。第2の活性変換器層は第1の活性変換器層に積層され且つ第2の受信器及び第2の送信器に接続されている。変換器素子は受動回路を具備していても良く、第1のパルス及び第2のパルスは、1つの超音波パルスとして組み合わせられる前に、受動回路により異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの1つ以上の特性を有するように処理される。変換器素子が送信モードにあるとき、各々の活性変換器層は別個の電圧源に接続されても良い。変換器素子は、変換器素子を送信モードから受信モードに切り替えるスイッチを具備していても良い。送信時に変換器層に適用される同調回路は動作モードに従属し、例えば、撮影、ドップラー及びカ

50

ラフローに対して異なっても良い。同様に、受信中に変換器層に適用される同調回路は送信時に適用される同調回路とは異なっても良く、また、同調回路は異なる動作モードで異なっても良い。適切な同調回路への接続を容易にするためにスイッチを使用しても良い。

【0012】

本発明の別の実施例は、電子ビームのステアリング及び集束を実行するために1つのアレイとして構成された複数の変換器素子を具備する。様々な素子を互いに関して任意に配置することができる。しかし、最も一般的な構造では、1つの平面で扇形の中で任意の方向にビームステアリング及び集束を容易に実行するために変換器素子は一列に編成されるか、又はビームステアリング及び1つのボリュームへの集束を容易に行列として編成されても良い。様々な素子は異なる表面積及び/又は異なる第1及び第2の活性積層変換器層材料及び/又は異なる厚さを有していても良い。各素子の第1及び第2の活性積層変換器層は、別個の切り替え可能同調回路を伴う互いに独立してプログラム可能な送信器及び受信器に接続しても良い。完璧な撮影シナリオに沿った撮影のためにより良く最適化される1つの音響送信信号として組み合わせられるのに先立って、異なる振幅、異なる時間遅延及び異なるエンベロープを有する信号を供給するために、様々な送信器をプログラムすることができる。変換器アレイは、第1及び第2の送信器からの信号を組み合わせることにより発生される超音波パルスの非基本周波数を減少させるために受動回路を具備していても良い。変換器アレイは、異なる受信ビーム整形及びフィルタリングによって1つの領域の同時表示を実行するために、各活性変換器層からの信号を別個に処理しても良い。変換器アレイは、画質を向上させるために、各活性変換器層からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。変換器アレイは、特定の信号特徴を表示するために、各活性変換器層からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。変換器アレイは、組織中の造影剤の高調波周波数発生及び撮影を表示するために、各活性変換器層からのフィルタリング及び増幅済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。

【0013】

本発明の更に別の面は、超音波パルスを送信する方法であって、第1の送信器に接続された第1の活性変換器層と、第1の活性変換器層に積層され且つ第2の送信器に接続された第2の活性変換器層とを有する変換器素子を設ける過程から成る方法を含む。その他の過程は、第1の活性変換器層へ第1の信号を送信することと、第2の活性変換器層へ第2の信号を送信することを含む。

【0014】

本発明の別の面は、超音波パルスを送信し且つ受信する方法である。方法は複数の変換器素子を具備する変換器アレイを設ける過程を含み、少なくとも2つの変換器素子は、第1の受信器に接続された第1の活性変換器層と、第1の活性変換器層に積層され且つ第2の受信器に接続された第2の活性変換器層とを具備する。その他の過程は、少なくとも2つの変換器素子の第1の活性変換器層へ第1の信号を送信することと、少なくとも2つの変換器素子の第2の活性変換器層へ第2の信号を送信することと、変換器素子の第1及び第2の活性変換器層は超音波パルスを送信することと、少なくとも2つの変換器素子の第1の受信器で第1の信号をフィルタリングし且つ増幅することと、信号をフィルタリングし且つ組み合わせて第1の集束信号を形成することと、少なくとも2つの変換器素子の第2の受信器で第2の信号をフィルタリングし且つ増幅することと、信号をフィルタリングし且つ組み合わせて第2の集束信号を形成することと、次に、信号を最終集束信号として組み合わせる前に2つの集束信号を任意に追加フィルタリングすることを含む。

【0015】

以上の概要、並びに以下の本発明の好ましい実施例の詳細な説明は、添付の図面と関連させて読むと更に良く理解されるであろう。本発明の好ましい実施例を例示する目的で、図面には現時点で好ましい実施例が示されている。しかし、本発明が添付の図面に示される配列及び手段に限定されないことを理解すべきである。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の一実施例を図 1 に示す。この実施例は第 2 高調波撮影又は「オクターブ」撮影、あるいはその他の用途に使用できるであろう。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の実施例の 1 つによる素子 2 0 の縦断面を概略的に示す。図 1 の素子 2 0 は第 1 及び第 2 の変換器層 2 3、2 5 を含む。あるいは、素子 2 0 においては 1 つの変換器層が使用されても良い。変換器層 2 3、2 5 の後に第 1 の金属層 2 7、第 1 の P Z T - B 複合層 2 9、第 2 の金属層 3 1 及び第 2 の P Z T - B 層 3 が続いている。第 1 及び第 2 の P Z T - B 複合層 2 9、3 3 である活性層のポーリング方向は矢印により示されており、図 1 に示す方向とは異なっても良いが、互いに逆でなければならない。第 3 の金属層 3 5 は第 2 の P Z T - B 層 3 3 と第 1 の P Z T - A 層 3 7 との間に配置されている。第 4 の金属層 3 9 は第 1 の P Z T - A 層 3 7 と第 2 の P Z T - A 層 4 1 との間に配置されている。第 1 及び第 2 の P Z T - A 層である活性層 3 7、4 1 のポーリング方向は矢印により示されており、図 1 に示す方向とは異なっても良いが、互いに逆でなければならない。P Z T 層の A 層及び B 層としての指定は互いに異なる 2 対の活性層を表すためであるが、特定の相違を意味してはいない。第 5 の金属層 4 3 は第 2 の P Z T - A 層 4 1 とバッキング層 4 5 との間に配置されている。バッキング層 4 5 はそれに対して放出される全てのエネルギーを吸収すると想定される。

【 0 0 1 8 】

同調回路 4 7 及び変換器素子 2 0 に対する電氣的接続 4 9 の構造も図 1 に示されている。この構造における様々な層の適切な音響電気特性を図 2 の表に示す。抵抗 R_{1sa51} 及び R_{1sb53} は (a) 変換器素子 2 0 が受信モードにある時の増幅器の入力インピーダンス又は (b) 変換器素子 2 0 が送信モードにある時の出力インピーダンスである。 L_{sa55} 及び L_{sb57} はプローブ中のインダクタを表す。 C_{cb59} 及び C_{ca61} はプローブに接続されるケーブルのキャパシタンスを表す。図 1 の構成に類似する構成を有する他の変換器素子における音響電気特性は、特性の単なる一例である図 2 に示す特性とは著しく異なる場合がある。

【 0 0 1 9 】

受信モードでは、図 1 の各 A 層 3 7、4 1 及び各 B 層 2 9、3 3 からの信号は、フィルタリングされて組み合わせられる前に個別の集束電子回路で集束されるのが好ましい。A、B にそれぞれ 1 つの層を含むのではなく、A には 2 つの層 (3 7、4 1)、B にも 2 つの層 (2 9、3 3) がそれぞれあり、2 つの A 層 3 7、4 1 は平行であり且つ 2 つの B 層 2 9、3 3 は平行であるので、各活性変換器層の電氣的インピーダンスは低下する。2 つの A 層と 2 つの B 層を含むこの構成は用途によっては整合回路の実現を簡単にできるであろう。

【 0 0 2 0 】

信号が組み合わせられる前に信号を集束することにより、集束された信号は加算される前に重み付け、遅延、移相及びフィルタリングのうちの 1 つ以上の処理を受けることになる。信号を組み合わせるのに先立って少なくともいくつかの処理が実行されるように処理を構成することは、組み合わせ信号の最適の振幅応答及び雑音応答を実現するのに有用である。所望の特性に合わせて出力信号を整形することに加えて、オプションであるフィルタリングも、有効信号への寄与が小さい 1 つの層からの信号の周波数領域から雑音寄与を除去するのに役立つであろう。

【 0 0 2 1 】

送信周波数の第 3 高調波における受信などの他の目的のために、あるいは 1 . 5 D 撮影システム及び 2 D 撮影システムで頻繁に見られる高い素子インピーダンスと大きなケーブルキャパシタンスとの不整合に対処するために、図 1 の実施例に類似する構造を最適化しても良い。

【 0 0 2 2 】

図 1 の実施例の周波数応答及びその他の性能特徴を図 3 から図 8 に示す。図 3 は、図 1 の変換器素子 20 の励起パルスの形状のグラフである。図 4 は、変換器素子 20 の周波数応答とフィルタ応答のグラフである。A 1 1 及び B 1 1 は、公称 100 負荷を有する二重素子 A 3 7、4 1 及び B 2 9、3 3 の応答である。0.25 * A 1 1 + B 1 1 と表示された曲線は以下の等式 (1) に示すような応答 $t_r(\quad)$ の形状を示す。「フィルタ応答」と表示された曲線は第 2 高調波応答の受信のシミュレーションにおいて使用される線形位相フィルタの振幅応答を示す (図 8 を参照)。

【0023】

図 5 は、応答 $t_r(\quad)$ 及び図 3 に示すパルス形状が送信時に使用される場合の水 / 組織における音圧のグラフである。図 6 は、等式 (2) により示される手続きを使用して図 5 に示す音圧形状から取り出される組織中の第 2 高調波信号の形状のグラフである。図 7 は、受信時に応答 B 1 1 を使用する場合に図 5 の音圧から取り出される受信第 1 高調波信号のグラフである。

【0024】

図 8 は、2 つの場合に図 6 に示す信号から取り出される受信第 2 高調波信号のグラフである。第 1 の場合、受信時に応答 A 1 1 を使用し、受信信号は「フィルタリングなし」と表示されている。第 2 の場合には、受信時に図 4 に示され且つ「フィルタ応答」と表示されているフィルタ応答と組み合わせられた応答 A 1 1 を使用し、結果として得られる受信信号は「フィルタリング済み」と表示されている。

【0025】

図 3 から図 8 は、送信パルス、システムの周波数応答、及び図 8 に示すように組織内で発生される第 2 高調波信号からのみ構成される出力信号と、図 7 の第 2 高調波発生を全く伴わないエコーとを発生するように使用されるシステム内の様々に異なるパルス形状とを示す。第 2 高調波出力信号における第 1 高調波信号成分を更に抑制するためにフィルタを追加すること (図 4 を参照) が受信パルス形状に及ぼす効果も示されている (図 8)。この場合、送信パルスは双方の層に印加されるが、その重みは異なり且つ時間遅延に相違はない。活性層 B 2 9、3 3 と比較した場合の活性層 A 3 7、4 1 に与えられる相対重みは $A_{tr} = 0.25$ であり、これは下記の等式により求められる送信時の周波数応答 $t_r(\quad)$ を生じさせる。

$$t_r(\quad) = A_{tr} a(\quad) + b(\quad) \quad (1)$$

式中、 $a(\quad)$ は活性層 B 2 9、3 3 が R 1 s b に接続されているときの活性層 A 3 7、4 1 の応答 (A 1 1) であり、 $b(\quad)$ は活性層 A 3 7、4 1 が R 1 s a に接続されているときの活性層 B 2 9、3 3 の応答 (B 1 1) である。尚、図 4 の曲線はこの応答の挿入損失のレベルを示しているのではなく、その形状のみを示す。

【0026】

距離に応じて、最適の画質を与えるために、図 7 及び図 8 に示す受信パルスの様々に異なる組み合わせを使用できるであろう。これには、2 つの応答の距離に応じた組み合わせが要求される。

【0027】

計算時、第 2 高調波信号の発生は次のように実行される。 $t < 0$ のときに 0 である圧力 $p(t)$ を想定し、スペクトル $P(\quad)$ を求めるためにフーリエ変換を実行した。 t が正であるときのスペクトルのみの逆フーリエ変換として信号のプレエンベロープ $P_{pr}(t)$ を計算した。次に、プレエンベロープの二乗の実数部として圧力信号の第 2 高調波 $p_2(t)$ を求めた。(下記の等式を参照) ここで挙げるように手続きは第 2 高調波信号の正確な大きさを表してはいない。

【数 1】

$$P(\omega) = \int_0^{\infty} p(t) \exp(i\omega t) dt$$

$$p_{pr}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} P(\omega) \exp(-i\omega t) d\omega \quad (2)$$

$$p_2(t) = \text{Re} \left[\left(p_{pr}(t) \right)^2 \right]$$

10

【 0 0 2 8 】

本発明の実施例においては、活性変換器層はそれぞれ異なる特性を有していても良い。例えば、活性A層37は活性A層41とは異なる特性を有していても良い。活性B層29は活性B層33とは異なる特性を有していても良い。活性A層37、41の一方又は双方は活性B層29、33の一方又は双方とは異なる特性を有していても良い。異なる特性は音響特性、厚さ、PZT材料のうちの1つ以上を含むが、それらには限定されない。あるいは、A活性層及びB活性層29、33、37、41は全く同じ特性を有していても良い。B活性層29、33は送信器及び受信器に接続され、A活性層37、41は送信器及び受信器に接続される。活性A層37、41の送信器及び受信器のフィルタは活性B層29、33の送信器及び受信器のフィルタとは異なっても良い。変換器スタックの様々な活性層に異なる送信信号を印加することにより、多くの用途に対してより最適である組み合わせ出力超音波信号を合成できるであろう。

20

【 0 0 2 9 】

本発明のいくつかの実施例は、高調波撮影では希望されるような大きな帯域幅を実現する。本発明のいくつかの実施例は、別個の同調回路を有する別個の送信器又は別個の同調回路を有する受信器に接続されるいくつかの層に分割される変換器素子を具備する。2つの例を有する例を以下に挙げる。これは、約1.67MHzの第1高調波で送信し且つ第2高調波で受信して、高調波撮影を指向している。

【 0 0 3 0 】

電気同調回路 $D_i(f)$ を介して変換器層「i」に印加される電気信号 $E_i(f)$ からの音響出力 $O_i(f)$ は、

30

$$O_i(f) = D_i(f) \times T_i(f) \times E_i(f) \quad (3)$$

式中、 $T_i(f)$ は変換器送信伝達関数であり、総合応答は次のようになる。

$$O(f) = \{ D_i(f) \times T_i(f) \times E_i(f) \} \text{の全ての } i \text{ についての和} \quad (4)$$

【 0 0 3 1 】

実施例によっては、送信時に異なる特性を有する出力信号を得るために異なる同調回路の間で切り替えることが可能である。同様に、所望の出力信号を得るために受信器出力がコヒーレントに組み合わせられる前に、スタック中の様々な層が異なるフィルタ関数及び利得を有する別個の受信器に接続されても良い。受信変換器に対する入力音響信号を $U(f)$ とすると、変換器層「i」の伝達関数は $R_i(f)$ であり、層信号に適用されるフィルタ及び利得関数は $G_i(f)$ であり、組み合わせ受信器出力 $M(f)$ は次のようになる。

40

$$M(f) = \{ G_i(f) \times R_i(f) \times U(f) \} \text{の全ての } i \text{ についての和} \quad (5)$$

【 0 0 3 2 】

実施例によっては、異なる特性を有する出力信号を得るために異なる G_i を有する並列出力チャネルを使用しても良い。

【 0 0 3 3 】

本発明のいくつかの実施例においては、2つの変換器層が別個の送信器及び受信器に接続される。2つの送信器と2つの受信器は、結果としてあらゆる組み合わせ超音波送信パルス及び組み合わせ電気受信パルスが高調波周波数撮影のために最適化されるように同期されても良い。

50

【 0 0 3 4 】

2つの変換器層の各々が $T_1(f)$ 及び $T_2(f)$ の送信インパルス応答を有し、同様に受信インパルス応答 $R_1(f)$ 及び $R_2(f)$ を有すると仮定する。総合性能を最適化するためには、出力超音波パルスは次のようになるであろう。

$$O(f) = T_1(f) \times D_1(f) \times E_1(f) + T_2(f) \times D_2(f) \times E_2(f) \quad (6)$$

式中、 $D_1(f)$ 及び $D_2(f)$ は電気同調応答であり、 $E_1(f)$ 及び $E_2(f)$ は $O(f)$ を最適化するために選択されたそれぞれ別個の送信器からの入力信号である。一般に、 $E_1(f)$ 及び $E_2(f)$ は、異なる振幅及び位相を有する複素信号である。

10

【 0 0 3 5 】

2つの送信器からの受信信号の複素和である受信信号 $M(f)$ は次のように形成されるであろう。

$$M(f) = [G_1(f) \times R_1(f) + G_2(f) \times R_2(f)] \times U(f) \quad (7)$$

式中、 $G_1(f)$ 及び $G_2(f)$ は信号が加算される前に各変換器層からの信号に与えられる複素重み付け関数である。

【 0 0 3 6 】

現実の撮影状況においては、高調波周波数成分を含まない優れた距離分解能を得るための短い超音波パルスである $O(f)$ を発生するように $E_1(f)$ 及び $E_2(f)$ を選択しても良い。 $G_1(f)$ 及び $G_2(f)$ は高調波信号を最適化するように選択される。しかし、近接音場又は遠距離音場におけるようないくつかの状況の下では、基本周波数の反射信号の成分を含めることが望ましいであろう。その場合、最終画像を得るためにその後に関与される基本波成分と第2高調波成分をそれぞれ表す2つの別個の受信関数 M_1 及び M_2 が形成される。

20

【 0 0 3 7 】

この原理を3つ以上の変換器層に拡張しても良い。 N 個の層がある場合、その合計は次のようになるであろう。

$$O(f) = n \text{ 個の } [T_n(f) \times D_n(f) \times E_n(f)] \text{ の和} \quad (8)$$

及び

$$M(f) = n \text{ 個の } \{G_n(f) \times R_n(f)\} \text{ の和} \times U(f) \quad (9)$$

30

【 0 0 3 8 】

図9は、本発明の別の実施例を示す。図9の変換器素子65は第1の / 4変換器層67と、第2の / 4変換器層69と、第1の金属層71と、PZT-B層73と、第2の金属層75と、PZT-A層77と、第3の金属層79と、バッキング81とを含む。第1及び第2の変換器層67、69の代わりに1つの変換器層を使用しても良い。活性層である2つのPZT層73、77のポーリング方向はいずれか一方の方向であれば良い。第1の金属層71はインダクタ、コンデンサ及び / 又は抵抗器などの受動回路₂₈₃に接続されている。₂₈₃は整合回路を具備する。第3の金属層79は、₂₈₃とは異なっても良く、あるいは同じであっても良い受動回路₁₈₅に接続されている。送信モードでは、図9に示すように₁₈₅及び₂₈₃はそれぞれ対応する整合回路 M_1 87及び M_2 89に接続されている。電源 E_1 91及び、 E_2 93はそれぞれ対応する整合回路(M_1 87及び₁₈₅)又は(M_2 89及び₂₈₃)に交番信号複素パルス形態を供給し、その結果、 $O(f)$ 上向き矢印により指示するように、変換器素子65を介して超音波パルスが送信される。

40

【 0 0 3 9 】

金属層71、75、79は主に活性層73、77と整合回路との間の電気接点である。また、金属層71、75、79は変換器素子65の周波数応答に対し何らかの効果をも有している。図1の実施例の場合の図2の表に挙げた材料パラメータは概して図9の実施例にも適切である。しかし、1つの相違点は活性層73、77の厚さであろう。図1の実施例の場合、各々の活性PZT-A層37、41は約140 μm の厚さ(1)を有してい

50

たが、図9の実施例における活性PZT-A層77の厚さ(1)は約2倍の厚さ、すなわち、約280 μ mになるであろう。図2の表に示すパラメータ以外のパラメータも図9の実施例には適切であろう。

【0040】

そこで、図9の実施例の場合の送信時の周波数伝達関数は次のように書き表せるであろう。

$$M_{1-1} = D_1(f) \times T_1(f) \text{ 及び } M_{2-2} = D_2(f) \times T_2(f) \quad (10)$$

式中、 f は周波数であり、 D_1 及び D_2 は電子同調回路応答であり、 T_1 及び T_2 は活性変換器層1及び2の送信伝達関数である。

【0041】

整合回路素子 M_{187} 、 $_{185}$ 、 g_{195} 、 M_{289} 、 $_{283}$ 及び g_{297} は周波数に依存している。第1の活性変換器層73の整合回路は第2の活性変換器層77の整合回路とは別であるので、信号が加算される前に、別個の集束、重み付け、遅延、移相及びフィルタリングのうちの1つ以上が実行されても良い。

【0042】

プローブ(図示せず)内又はケーブルの計器側にスイッチ82又は84があっても良い。スイッチ82が計器側にある場合、 $_{283}$ 及び $_{185}$ はケーブルを含み、プローブ内のケーブルの両側に電子回路を含む。スイッチ82又は84がプローブの前にある場合には、ケーブルは g_{297} 及び M_{289} の一部(並びに g_{195} 及び M_{187})にある。

【0043】

図11は、送信モードではなく受信モードにある図9に示す変換器素子と同じ変換器素子65を示す。超音波パルスが送信された後、スイッチ82及び84はエコーが受信されるように切り替えられる。理解を容易にするため、図11の整合回路は図9の整合回路と同じ一般整合回路素子(すなわち、 M_1 、 M_2 、 g_1 、 g_2 、 $_{185}$ 、 $_{283}$)を有するものとして示されている。しかし、素子 $_{185}$ 及び $_{283}$ により表される応答は一般に送信時(図9)と、受信時(図11)では異なる。その相違は1つには送信と受信の負荷インピーダンス M_2 対 g_2 の変化に起因するが、送信/受信スイッチを切り替えるときに $_{283}$ の構成要素を切り替えるために他の理由によることが望ましいであろう。受信モードでは、整合回路は

$$G_i = \frac{1}{g_i} \text{ 又は } \frac{1}{g_i} \text{ はプローブケーブルを含む} \quad (11)$$

により定義される。 G は総合受信伝達関数である。

【0044】

受信モードでは、超音波エコー $U(f)$ は変換器素子65により受信される。変換器接点79及び71で発生される電気信号 R_{1108} 及び R_{2110} は変換器の伝達関数、並びに回路 $_{185}$ 、 g_{1104} 及び $_{283}$ 、 g_{2106} によりそれぞれ表される電気的インピーダンスによって決まる。 g_{1104} 及び g_{2106} はフィルタリング及び増幅を含んでいても良く、更にA/D変換を含んでいても良いが、その場合、合計はデジタル合計となり、出力 $M(f)$ はデジタル信号である。

【0045】

図10は、変換器素子の別の構成を示す。図10の変換器素子120は送信モードにあり、第1の/4変換器層123と、第2の/4変換器層125と、第1の金属層127と、PZT-B層129と、第2の金属層131と、PZT-A層133と、第3の金属層135と、パッキング層137とを具備する。2つの変換器層の代わりに1つの変換器層を使用しても良い。活性層である2つのPZT層129、133のポーリング方向はいずれか一方の方向であれば良い。第1の金属層127及び第3の金属層135はそれぞれ対応する第1のケーブル140と、第2のケーブル142に接続されている。送信モードにあるとき、第1のケーブル140及び第2のケーブル142はそれぞれ対応する電圧源 E_{2144} 及び E_{1146} に接続されるように切り替えられる。電圧源 E_{1146} 及び E_{2144} は交番信号又はパルスを供給する。電圧源 E_{1146} 及び E_{2144} はそれぞれ対応する第3の金属層135と、第1の金属層127に電力を供給し、その結果、 $O(f)$ 上向き矢印により指示するように、変換器素子120を介して超音波パルスが送信される。超

10

20

30

40

50

音波パルスは独立した電圧源 E_1 1 4 6 及び E_2 1 4 4 により発生されるパルスの合計である。図 1 の実施例に関して図 2 の表に挙げた材料パラメータは図 1 0 の実施例にも概して適切である。しかし、1 つの変更点は活性層 1 2 9、1 3 3 の厚さ (1) であろう。図 1 の実施例の場合、各々の活性 P Z T - A 層 3 7、4 1 は約 $140\text{ }\mu\text{m}$ の厚さ (1) を有していたが、図 1 0 の実施例における活性 P A T - A 層 1 3 3 の厚さは約 2 倍の厚さ、すなわち、約 $280\text{ }\mu\text{m}$ になるであろう。図 2 の表に示されるこのパラメータ以外のパラメータは図 1 0 の実施例にも適切であろう。

【0046】

図 1 2 は、図 1 0 に示す実施例と同じであるが、図 1 2 は受信モードを示す。超音波パルスが送信された直後に、スイッチ 1 5 0 及び 1 5 4 はエコーが受信されるように切り替えられる。受信モードでは、第 1 及び第 2 のケーブル 1 4 0、1 4 2 は第 1 の増幅器 1 6 4 と、第 2 の増幅器 1 6 6 とに接続される。増幅器は演算増幅器であっても良い。受信モードにおいては、変換器素子 1 2 0 は第 1 の金属層 1 2 7 及び第 3 の金属層 1 3 5 を通過し、第 1 のケーブル 1 4 0 及び第 2 のケーブル 1 4 2 を通過し、第 1 の増幅器 1 6 4 及び第 2 の増幅器 1 6 6 を通過して送信される超音波パルス $U(f)$ を受信する。第 1 の増幅器 1 6 4 及び第 2 の増幅器 1 6 6 を励起する信号が合計されて、出力を発生する。集束に続いて、また、デジタル符号化を有する実施例ではデジタル符号化に続いて、信号は合計されて出力 $M(f)$ を発生する。合計の過程は、信号の種類に応じて電圧加算又はデジタル加算であれば良い。

【0047】

理解を容易にするため、図 1 1 の整合回路は図 9 の整合回路と同じ一般整合回路素子 (すなわち、 M_1 、 M_2 、 g_1 、 g_2 、 γ_1 、 γ_2) を有するものとして示されている。しかし、素子 γ_1 及び γ_2 により表される応答は一般に送信時 (図 9) と、受信時 (図 1 1) では異なる。その相違は 1 つには送信と受信の負荷インピーダンス M_2 対 g_2 の変化に起因するが、送信 / 受信スイッチを切り替えるときに γ_2 の構成要素を切り替えるために他の理由によることが望ましいであろう。受信モードでは、整合回路は

$G_i = \gamma_i g_i$ 、 g_i 又は γ_i はプローブケーブルを含む (12) により定義される。G は総合受信伝達関数である。

【0048】

図 1 1 及び図 1 2 の実施例に関して、第 1 及び第 2 の受信器はフィルタリング装置と関連していても良い。信号がこのフィルタリング装置を通過する前、又は通過した後、あるいは通過する前後にアナログ / デジタル変換が実行されても良い。第 1 の受信器 1 6 4 及び第 2 の受信器 1 6 6 は、画像符号化に先立って組み合わせ受信パルスを最適化するために電気フィルタリング装置をそれぞれ具備していても良い。

【0049】

図 9 の実施例に関して、第 1 の活性変換器層 7 3 からのパルスと、第 2 の活性変換器層 7 7 からのパルスとを 1 つの超音波パルスに組み合わせても良い。図 1 0 の実施例に関して、第 1 の活性変換器層 1 2 9 からのパルスと、第 2 の活性変換器層 1 3 3 からのパルスとを 1 つの超音波パルスに組み合わせても良い。変換器素子 6 5、1 2 0 は受動回路を具備していても良く、その場合、第 1 のパルス及び第 2 のパルスは、1 つのパルスとして組み合わせられる前に、異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも 1 つがパルスに与えられるように受動回路により処理される。第 1 の送信器 1 4 4 及び第 2 の送信器 1 4 6 は、送信パルスの中の基本周波数帯域を越える周波数成分を減少させることにより、高調波周波数撮影のために組み合わせ超音波送信パルスを最適化しても良く、あるいは第 1 の送信器 1 4 4 及び第 2 の送信器 1 4 6 は他の用途のために組み合わせ出力パルスを最適化しても良い。

【0050】

図 9 から図 1 2 の実施例は活性層を 2 つしか有していなかったが、変換器素子に 3 つ以上の活性層が含まれていても良い。図 9 から図 1 2 の実施例の基本的な特徴がわかりにくくなるのを避けるために、活性層を 2 つしか示さなかった。3 つ以上の活性層を具備する変

10

20

30

40

50

換器素子の場合、2つ以上の活性層にそれぞれ整合回路が接続されているため、図9から図12の実施例に関連して先に説明した利点を実現することができる。

【0051】

図13は、N個の変換器素子205を具備する本発明の一実施例のアレイ構成200を示す。N個の変換器素子205は、図1及び図9から図12の変換器素子に装着されるとして示された整合回路のような回路にそれぞれ接続されていても良い。図13に示す変換器素子は図9及び図11の回路に最も類似する回路に接続されるが、他の整合回路も望ましいであろう。図13の変換器素子205は詳細には示されていないが、変換器素子205は第1の活性層210と、第2の活性層220とを具備し、2つの活性層は別個の同調回路に接続されている。

10

【0052】

変換器アレイ200は、第2の変換器素子205の第1の活性層210とは異なる材料から成る第1の活性層210を有する第1の変換器素子205を具備する。変換器アレイ200は、第2の変換器素子205の第2の活性層220とは異なる材料から成る第2の活性層220を有する第1の変換器素子205を具備する。変換器アレイ200は、第1の変換器素子205の第2の活性層220とは異なる材料から成る第1の活性層210を有する第1の変換器素子205を具備する。

【0053】

第1の受信器と第2の受信器はアレイ200中で互いに異なる電気的特性を有していても良い。変換器アレイ200は、異なる電気的特性を有する回路に接続された第1の活性変換器層210と、第2の活性変換器層220とを具備する。変換器アレイ200は、第2の変換器素子205の第1の活性変換器層210に接続された回路とは異なる特性を有する回路に接続された第1の変換器素子205の第1の活性変換器層210を有していても良い。変換器アレイ200の変換器素子205のうちの少なくとも2つは、層ごとに独立した集束を実行するために、別個の集束電子回路に接続される。1つの活性変換器層の中の素子は、活性層ごとに独立した集束を実行するために、次の活性層とは別の集束電子回路に接続される。(各活性変換器層における独立した集束は図示されていない。)各活性変換器層で独立した集束を実行することにより、同じ活性層の素子からの信号に共通している、遅延、フィルタリング、スケーリング及び/又は移相などの効率の良い処理が可能になる。

20

30

【0054】

第1及び第2の受信器は、画像符号化に先立って組み合わせ受信パルスを最適化するために、それぞれ電気的フィルタリング能力を有していても良い。第1及び第2の送信器と、受動回路は、高調波周波数撮影に使用される組み合わせ超音波送信パルスにおける非基本周波数を減少させるために第1の信号と第2の信号をそれぞれ修正するように設計されても良い。

【0055】

変換器素子205の第1の活性変換器層210及び第2の活性変換器層220は、アレイ200の対称位置に配置された変換器素子205の対応する活性変換器層210、220と同じ周波数応答を有していても良い。そのような構成は、送信中にアレイ200に沿って周波数可変アポダイゼーションを得ることができるであろう。例えば、線形変換器アレイが位置1～Nにそれぞれ配置されたN個の変換器素子205を具備しているとする。位置1にある変換器素子205の活性変換器層が位置Nにある変換器素子の対応する活性変換器層と同じ周波数応答を有すると仮定する。更に、位置2にある変換器素子205の活性層の周波数応答と、位置N-1にある変換器層の活性層の周波数応答とが同じであると仮定する。1からNまでの位置に配置された全ての変換器素子205について等しい周波数応答のそのパターンが当てはまるとすれば、送信中、アレイ200に沿って周波数可変対称アポダイゼーションが得られる。

40

【0056】

変換器アレイ200の変換器素子205は、変換器アレイ200が様々な異なる活性変換

50

器層からの信号に対して受信増幅、受信フィルタリング、受信集束のうちの少なくとも1つを実行するような回路を具備していても良い。集束のための遅延はデジタルに実行されても良いが、他の方法によっても良い。変換器アレイ200は、同じ領域を異なる受信ビーム整形及びフィルタリングによって同時に表示するために、各層からの信号を別個に表示しても良い。

【0057】

変換器アレイ200は、画質を向上させるために、増幅及びフィルタリング済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。変換器アレイ200は、他の特定の信号特徴を改善するために、増幅及びフィルタリング済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。従って、変換器アレイは、例えば、組織内の造影剤の高調波周波数発生及び撮影を表示するために、増幅及びフィルタリング済み受信信号を表示前に組み合わせても良い。

10

【0058】

変換器アレイ200は、送信時と受信時の双方で、第1のパルス及び第2のパルスが1つのパルスとして組み合わせられる前に異なる振幅、異なる時間遅延及び異なる形状のうちの少なくとも1つを有するように2つのパルス进行处理するために受動回路を具備していても良い。

【0059】

変換器アレイ200は線形アレイであっても良い。あるいは、変換器アレイ200は2次元アレイであっても良い。

【0060】

20

本発明を好ましい一実施例を参照しながら説明したが、本発明の範囲から逸脱せずに様々な変更を実施でき且つ等価の構成を代用しても差し支えないことは当業者には理解されるであろう。更に、本発明の範囲から逸脱することなく特定の状況又は材料を本発明の教示に適用させるために多くの変形を実施できるであろう。従って、本発明は以上開示された特定の実施例に限定されず、本発明は特許請求の範囲の範囲内に入るあらゆる実施例を含む。

【図面の簡単な説明】

【図1】 同調回路を概略的に示す、本発明の一実施例に従って形成された変換器素子の断面図。

【図2】 図1の変換器素子を構成する部品の特性の表。

30

【図3】 図1の変換器素子の励起パルスの形状のグラフ。

【図4】 図1の変換器素子の周波数応答及びフィルタ応答のグラフ。

【図5】 応答 t_r 及び図3に示すパルス形状が送信時に使用されたときの水/組織における音圧のグラフ。

【図6】 等式(2)により求められる手続きを使用して図5に示す音圧から取り出される、組織内の第2高調波信号の形状のグラフ。

【図7】 応答 B11 を受信時に使用するときの、図5の音圧からの受信第1高調波信号のグラフ。

【図8】 2つの場合における図6に示す信号からの受信第2高調波信号のグラフ。

【図9】 送信モードにある同調回路を概略的に示す、本発明の別の実施例に従って形成された変換器素子の断面図。

40

【図10】 送信モードにある同調回路を概略的に示す、本発明の別の実施例に従って形成された変換器素子の断面図。

【図11】 受信モードで示される図9の変換器素子及び同調回路の断面図。

【図12】 受信モードで示される図10の変換器素子及び同調回路の断面図。

【図13】 本発明の一実施例に従って形成された変換器アレイの概略図。

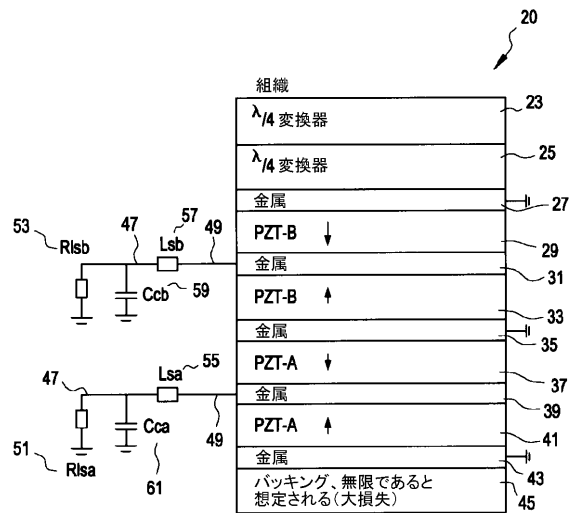
【符号の説明】

65...変換器素子、67...第1の / 4変換器層、69...第2の / 4変換器層、71...第1の金属層、73...PZT-B層、75...第2の金属層、77...PZT-A層、79...第3の金属層、81...パッキング層、82、84...スイッチ、83、85...受動回路、2

50

0 0 ...変換器アレイ、 2 0 5 ...変換器素子、 2 1 0 ...第1の活性変換器層、 2 2 0 ...第2の活性変換器層

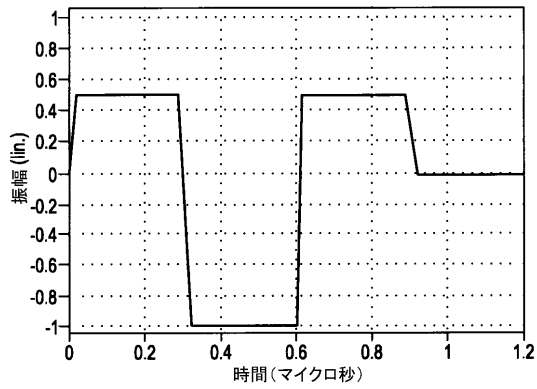
【 図 1 】



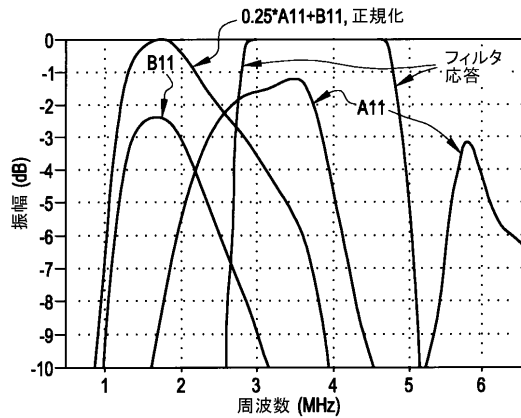
【 図 2 】

変換器	パラメータ	4*(1-3) 100 Ω
バックキング:	Z (MRayl)	2
バックキングに向かう金属:	Z (MRayl) c (m/s) l (μm)	30 3750 15
素子a:	Lsa(μH) Cca(pF) Rlsa(Ω) Z ^D (MRayl) c (m/s) h (10 ⁹ V/m) ε _r l (μm) Area (mm ²)	6 100 100 14.06 3569 1.626 888 140 3.0 (2 stk.)
部分素子間の金属:	Z (MRayl) c (m/s) l (μm)	20 3750 15 (3 stk.)
素子b:	Lsb(μH) Ccb(pF) Rlsb(Ω) Z ^D (MRayl) c (m/s) h (10 ⁹ V/m) ε _r l (μm) Area (mm ²)	16 100 100 14.06 3569 1.626 888 116 3.0 (2 stk.)
前面に向かう金属:	Z (MRayl) c (m/s) l (μm)	30 3750 15
変換1:	Z (MRayl) l/λ v/2.5MHz	8.04 0.25
変換2:	Z (MRayl) l/λ v/2.5MHz	2.63 0.25

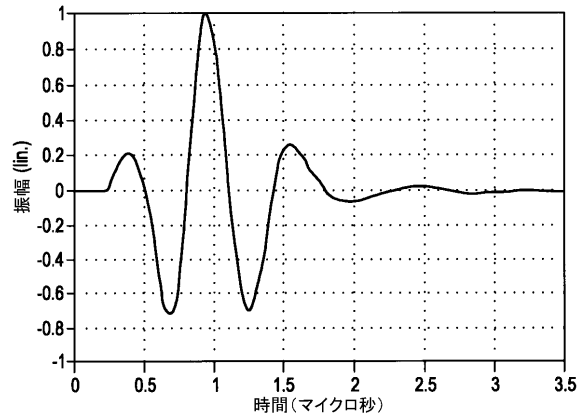
【図 3】



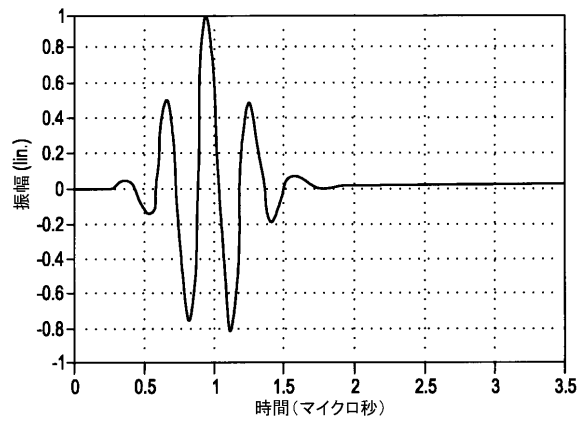
【図 4】



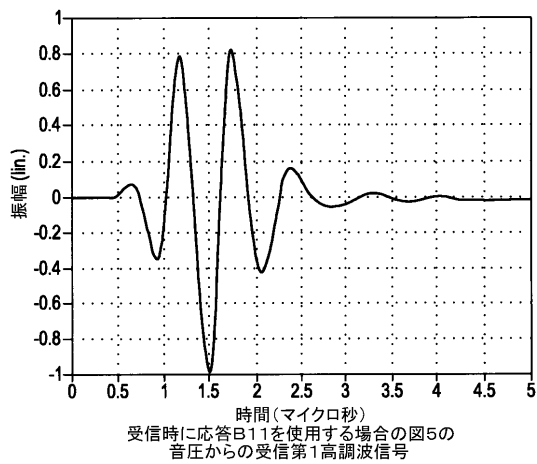
【図 5】



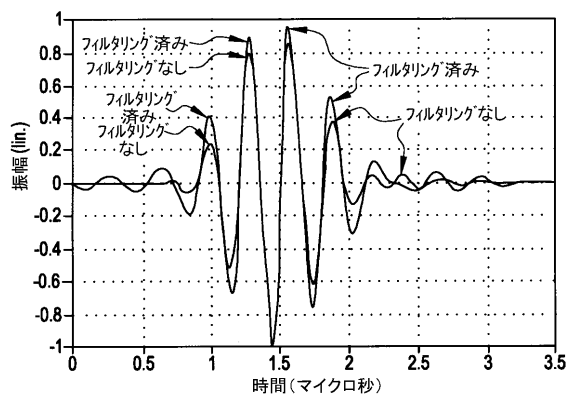
【図 6】



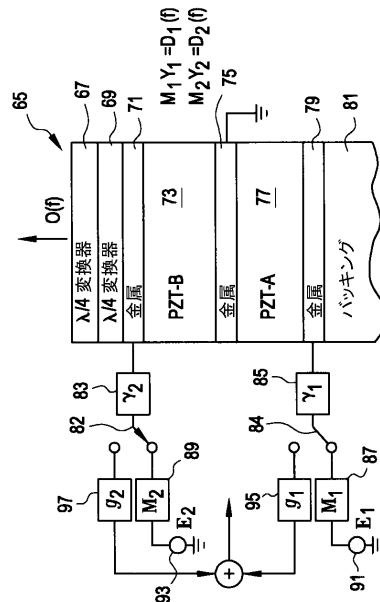
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 チェル・アルネ・インゲブリッグツェン
ノルウェー、7033・トロンヘイム、エイナー・オフスティス・ヴェイ・27番
- (72)発明者 アルネ・ロンネクレイヴ
ノルウェー、エヌ・7049・トロンヘイム、シュタイナセン・39番

審査官 川上 則明

- (56)参考文献 国際公開第01/062154(WO, A1)
特開平08-187245(JP, A)
米国特許出願公開第2001/0050514(US, A1)

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