

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4310586号
(P4310586)

(45) 発行日 平成21年8月12日(2009.8.12)

(24) 登録日 平成21年5月22日(2009.5.22)

(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 J

H 0 4 R 17/00 3 3 2 A

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-508127 (P2005-508127)
 (86) (22) 出願日 平成16年1月23日(2004.1.23)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2004/000610
 (87) 国際公開番号 W02004/064643
 (87) 国際公開日 平成16年8月5日(2004.8.5)
 審査請求日 平成18年1月5日(2006.1.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-14586 (P2003-14586)
 (32) 優先日 平成15年1月23日(2003.1.23)
 (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
 (74) 代理人 100098017
 弁理士 吉岡 宏嗣
 (72) 発明者 岡崎 英樹
 日本国千葉県柏市大室257-27
 (72) 発明者 泉 美喜雄
 日本国埼玉県草加市瀬崎町740-12

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】

複数の振動子を有してなる超音波探触子と、該超音波探触子の前記振動子を駆動する超音波信号を供給する送信手段と、前記超音波探触子により受信される反射エコー信号を受信処理する受信処理手段と、該受信処理手段により処理された前記反射エコー信号に基づいて超音波画像を再構成する画像処理手段と、該画像処理手段により再構成された超音波画像を表示する画像表示手段とを備えた超音波診断装置において、

前記超音波探触子は、超音波振動子を複数配列して形成され、

前記各超音波振動子の圧電層は、一方の面が超音波射出面となる第1圧電層と、該第1圧電層の前記超音波射出面の反対面に積層された第2圧電層と、前記第1圧電層と前記第2圧電層の積層境界面に設けられ、前記超音波信号が供給される共通電極と、前記第1圧電層の前記超音波射出面に設けられた第1の接地電極と、前記第2圧電層の積層境界面の反対側の背面に設けられた第2の接地電極を備えてなり、

前記第1圧電層と前記第2圧電層が積層されてなる前記圧電層は、前記超音波射出面と前記背面とが前記各超音波振動子の長軸方向に直交する短軸方向に沿って平行な平面又は前記短軸方向に沿って前記超音波射出方向に平行な凹面となるように形成され、かつ前記第1圧電層は前記短軸方向に沿う厚みが中心部で最も厚く両端部に向かって薄くなるように形成され、前記第2圧電層は前記短軸方向に沿う厚みが中心部で最も薄く両端部に向かって厚くなるように形成されてなることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

10

20

前記各超音波振動子は、前記短軸方向に均等な低周波応答分布を有し、前記短軸方向の中心部において高い高周波応答分布を有してなる請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項3】

前記第2圧電層の前記背面側に、前記圧電層を構成する圧電材に近い音響インピーダンスを有する材料からなる調整層が設けられ、該調整層は前記短軸方向の厚みが中心部から端部に向かうにつれて徐々に厚く形成されてなることを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項4】

前記第1圧電層の前記接地電極側に配設された音響整合層と、前記第2圧電層の前記接地電極側に配設されたバッキング層とを備えてなる請求項1に記載の超音波診断装置。

10

【請求項5】

前記第1圧電層と前記第2圧電層の前記第1と第2の接地電極に接する面がそれぞれ平面に形成され、前記第1圧電層と前記第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成されてなることを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項6】

前記第1圧電層と前記第2圧電層の前記第1と第2の接地接する面がそれぞれ平面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部において第2圧電層側に突出させた平坦部と、両端部において第1圧電層側に突出させて形成された平坦部とを有してなることを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項7】

20

前記第1圧電層の前記超音波射出面が凹面に形成され、前記第2圧電層の前記背面が凸面に形成され、前記第1圧電層と前記第2圧電層との境界面が第1圧電層の超音波射出面の曲率よりも大きな曲率で前記第2圧電層側に凹ませて形成されてなることを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項8】

前記第1圧電層の前記超音波射出面が凹面に形成され、前記第2圧電層の前記背面が凸面に形成され、前記第1圧電層と前記第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成されてなることを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項9】

複数の振動子を有してなる超音波探触子と、該超音波探触子の前記振動子を駆動する超音波信号を供給する送信手段と、前記超音波探触子により受信される反射エコー信号を受信処理する受信処理手段と、該受信処理手段により処理された前記反射エコー信号に基づいて超音波画像を再構成する画像処理手段と、該画像処理手段により再構成された超音波画像を表示する画像表示手段とを備えた超音波診断装置において、

30

前記超音波探触子は、圧電層と該圧電層を挟んで設けられた一対の電極を含んでなる超音波振動子を複数配列して形成され、

前記圧電層は共通電極を挟んで超音波の射出側に配設された第1圧電層と反対側に配設された第2圧電層とを有し、

前記第1圧電層と前記第2圧電層の前記一対の電極に接する面がそれぞれ平面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面は、前記超音波振動子の配列方向に直交する短軸方向の中心部において第2圧電層側に突出させた平坦部と、両端部において第1圧電層側に突出させて形成された平坦部とを有してなることを特徴とする超音波診断装置。

40

【請求項10】

複数の振動子を有してなる超音波探触子と、該超音波探触子の前記振動子を駆動する超音波信号を供給する送信手段と、前記超音波探触子により受信される反射エコー信号を受信処理する受信処理手段と、該受信処理手段により処理された前記反射エコー信号に基づいて超音波画像を再構成する画像処理手段と、該画像処理手段により再構成された超音波画像を表示する画像表示手段とを備えた超音波診断装置において、

前記超音波探触子は、圧電層と該圧電層を挟んで設けられた一対の電極を含んでなる超音波振動子を複数配列して形成され、

50

前記圧電層は共通電極を挟んで超音波の射出側に配設された第1圧電層と反対側に配設された第2圧電層とを有し、

前記第1圧電層の超音波の射出側の面が凹面に形成され、前記第2圧電層の超音波の反射射出側の面が凸面に形成され、前記第1圧電層と前記第2圧電層との境界面が第1圧電層の超音波の射出側の面の曲率よりも大きな曲率で前記第2圧電層側に凹ませて形成されてなることを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子及びその探触子を備えた超音波診断装置に係り、具体的には、短軸方向の口径を変えることができる超音波探触子に関する。

10

【背景技術】

一般に、超音波の振動子は圧電材からなる層（以下、圧電層という。）を挟んで一對の電極を配設して構成され、複数の振動子を例えば1次元配列して超音波探触子が構成される。そして、複数の振動子が配列された長軸方向の所定数の振動子を口径として設定し、その口径に属する複数の振動子を駆動して被検体内の計測部位に超音波ビームを収束させて照射すると共に、その口径に属する複数の振動子により被検体から発する超音波の反射エコー等を受信して電気信号に変換する機能を有している。

一方、上記の長軸方向に直交する短軸方向についても超音波の周波数を変えることにより、開口径を変えて超音波ビームのビーム径を細くして解像度を改善する試みが行なわれている（特許文献1：特開平7-107595号公報）。この特許文献1の超音波探触子は、短軸方向に沿って中心部の圧電層の厚みを薄く、端部に向かうにつれて圧電層を厚く形成することにより、中心部で高周波に対する高い応答が得られ、短軸方向の端部で低周波に対する高い応答が得られることから、広帯域の周波数特性が得られる。その結果、超音波探触子の短軸方向の開口径が周波数に反比例して変化するため、浅い深度から深い深度まで細かいビーム径を形成することができる。

20

しかしながら、特許文献1に記載された超音波探触子によれば、短軸方向の両端部における低周波応答が中心部の低周波応答よりも高くなり、両端部の音圧が中心部よりも高い不均一な音圧分布となるため、分解能が低下してしまう問題がある。

【発明の開示】

30

本発明は、超音波探触子の短軸方向の低周波に対する周波数応答を均等化することを課題とする。

本発明は、次に述べる手段により、上記課題を解決するものである。

本発明は、圧電層と該圧電層を挟んで設けられた一對の電極を含んでなる超音波振動子を複数配列して形成された超音波探触子において、前記圧電層を共通電極を挟んで超音波の射出側に配設された第1圧電層と反対側に配設された第2圧電層とを有して構成し、前記超音波振動子の配列方向に直交する短軸方向の全口径で均等な低周波応答分布を有し、前記短軸方向の中心部において高い高周波応答分布を有してなるものとする。

このような周波数応答分布は、具体的には、以下の（1）乃至（9）の手段により実現できる。

40

（1）第1圧電層は前記短軸方向の端部の厚みが中心部の厚みよりも薄く形成され、第2圧電層は前記端部の厚みが前記中心部よりも厚く形成されてなるもの、

（2）第1圧電層と第2圧電層の前記一對の電極に接する面がそれぞれ平面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面が第2圧電層側に凹ませた曲面に形成されてなるもの、

（3）第1圧電層と第2圧電層の前記一對の電極に接する面がそれぞれ平面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成されてなるもの、

（4）第1圧電層と第2圧電層の前記一對の電極に接する面がそれぞれ平面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部において第2圧電層側に突

50

出させた平坦部と、両端部において第1圧電層側に突出させて形成された平坦部とを有してなるもの、

(5) 第1圧電層の超音波の射出側の面が凹面に形成され、第2圧電層の超音波の反射出側の面が凸面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面が第1圧電層の超音波の射出側の面の曲率よりも大きな曲率で第2圧電層側に凹ませて形成されてなるもの、

(6) 第1圧電層の超音波の射出側の面が凹面に形成され、第2圧電層の超音波の反射出側の面が凸面に形成され、第1圧電層と第2圧電層との境界面は、前記短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成されてなるもの、

(7) 第1圧電層と第2圧電層がそれぞれ一定の厚みに形成され、第1圧電層は前記短軸方向の中心部から端部に向かうにつれて該圧電層を構成する圧電材の密度が小さくなるように形成され、第2圧電層は前記短軸方向の中心部から端部に向かうにつれて該圧電層を構成する圧電材の密度が大きくなるように形成されてなるもの、

(8) 上記の(1)乃至(7)の構成に加えて、第2圧電層の超音波の反射出側に、前記圧電層を構成する圧電材に近い音響インピーダンスを有する調整層が設けられ、該調整層は前記短軸方向の厚みが中心部から端部に向かうにつれて徐々に厚く形成されてなるもの。

上記の(1)乃至(7)は、圧電層を2層構造とし、第1圧電層と第2圧電層の短軸方向の周波数と音圧との特性を互いに補うように構成することにより、短軸方向の低周波に対する周波数応答を均等化することの特徴とする。つまり、第2圧電層の厚みは、超音波振動子の配列方向に直交する方向(以下、短軸方向という。)の中心部から端部に向かうにつれて厚くなるように形成されるから、中心部において高周波の応答に優れたものとなる。一方、第1圧電層の厚みは短軸方向の中心部から端部に向かうにつれて薄く形成されるから、中心部における低周波の応答に優れたものとなる。これら第1圧電層と第2圧電層の周波数応答特性が合成されることにより、低周波に対する短軸方向の応答特性を均等化することができる。したがって、本発明の超音波探触子によれば、振動子の短軸方向中心部で高周波の高応答を得ることができ、全口径で低周波の均一な応答を得ることができるから、深度の浅い位置から深い位置まで超音波ビーム径を細く形成でき、高い分解能を実現することができる。

また、(8)の構成の調整層は、圧電材に近い音響インピーダンスを有するから、通常、調整層の反圧電層側に設けられるバッキング層と音響インピーダンスの差が大きい。したがって、調整層で超音波が効果的に反射するとともに、その反射の周波数特性が厚みに依存することになる。その結果、振動子の低周波に対する短軸方向の応答特性を一層均等化することができる。また、振動子から背面側に射出される超音波のうち高周波成分は、振動子中心部の薄い調整層により反射されて超音波射出面側に戻される。これにより、超音波探触子の短軸方向中心部から被検体に射出される高周波の音圧が高くなって、振動子の短軸方向中心で高周波の応答を得ることができる。

ここで、バッキング層は音響インピーダンスが圧電層の音響インピーダンスに比べて非常に小さく、かつ、減衰率の高い素材とする。これにより、短軸方向に周波数特性を変化させることができ、周波数に応じた口径可変機能を実現できる。なお、調整層の短軸方向の厚み分布は、所望の高周波の応答分布を得るような周波数特性に定める。

また、上記(1)乃至(8)に代えて、(9)第1圧電層と第2圧電層がそれぞれ一定の厚みに形成され、第2圧電層に接する電極の背面に、圧電層を構成する圧電材に近い音響インピーダンスを有する材料からなる調整層を設け、該調整層の厚みを、前記超音波振動子の端軸方向の中心部から端部に向かうにつれて徐々に厚く形成されてなるものとすることができる。

このように形成された調整層を設けることにより、上述したように、振動子の低周波に対する短軸方向の応答特性を均等化することができ、かつ振動子の短軸方向中心部で高周波の高応答を得ることができる。

また、本発明の超音波診断装置は、本発明の超音波探触子を用いるとともに、超音波探触子の前記振動子を駆動する超音波信号を供給する送信手段は、制御指令に応じた周波数

10

20

30

40

50

の超音波信号を前記超音波探触子に供給する機能を有し、超音波探触子により受信される反射エコー信号を受信処理する受信処理手段は、前記制御指令に応じた周波数の反射エコー信号を選択して受信処理する機能を有してなるものとすることにより、振動子の短軸方向中心で高周波の応答を得ることができるとともに、低周波に対する短軸方向の周波数特性を均等化できるから、深度の浅い位置から深い位置まで超音波ビーム径を細くでき、高い分解能を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る超音波探触子の主要部の斜視図である。

図 2 は、本発明の一実施形態の超音波診断装置の全体構成図である。

図 3 は、図 1 の実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 4 は、図 1 実施形態の周波数特性を示すグラフである。

図 5 は、図 1 実施形態の周波数と焦点深度との関係を説明する線図である。

図 6 は、図 1 実施形態の周波数と相対音圧の関係を説明する線図である。

図 7 は、本発明の第 2 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 8 は、本発明の第 3 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 9 は、本発明の第 4 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 10 は、本発明の第 5 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 11 は、本発明の第 6 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 12 は、本発明の第 7 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 13 は、本発明の第 8 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 14 は、本発明の第 9 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 15 は、本発明の第 10 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 16 は、本発明の第 11 実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明の実施の形態について図を用いて説明する。

(第 1 の実施形態)

本発明の一実施形態を図 1 ～ 図 3 を用いて説明する。図 1 は本発明の一実施形態に係る超音波探触子の主要部の斜視図、図 2 は本発明の一実施形態の超音波診断装置の全体構成図、図 3 は本実施形態の圧電層に係る部分の断面図である。

図 2 において、超音波パルス発生回路 31 から出力される超音波パルスは送信手段 32 に入力され、ここにおいて送信フォーカス処理及び増幅処理などの送信処理が施され、送受分離部 33 を介して超音波探触子 1 に供給される。超音波探触子 1 により受信された反射エコー信号は、送受分離部 33 を介して受信処理手段 35 に入力され、ここにおいて増幅処理及び受信整相処理などの受信処理が施される。受信処理手段 35 から出力される反射エコー信号は画像処理手段 36 に入力され、ここにおいて所定の画像再構成処理が行なわれる。画像処理手段 36 により再構成された超音波画像は、モニタ 37 に表示されるようになっている。上述した超音波パルス発生回路 31、送信手段 32、受信処理手段 35、画像処理手段 36 は、コンピュータなどにより構成される制御手段 38 からの制御指令に基づいて制御されるようになっている。また、制御手段 38 は、入力手段 39 から入力される指令に基づいて各種の設定、制御を実行するようになっている。なお、制御手段 38 は、図示していない口径選択スイッチを制御して、超音波ビームを走査する構成を選択するようになっている。また、受信処理手段 35 の一部及び画像処理手段 36 は、コンピュータなどによって構成することができる。

本実施形態の超音波探触子 1 は、図 1 に示すように、圧電層 2 と、圧電層 2 の超音波射出面側に配設された音響整合層 3 と、圧電層 2 の背面側に配設されたバッキング層 4 と、音響整合層 3 の超音波射出面側に配設された音響レンズ 5 とを有して構成される。圧電層 2 と音響整合層 3 は、超音波探触子 1 の長軸方向にわたって配列された複数の分離層 6 によって複数の分離され、それぞれが振動子として機能するように構成されている。また、バッキング層 4 の圧電層 2 に接する側の一部も複数の分離層 6 によって複数の区分されている。

10

20

30

40

50

ここで、音響レンズ 5 は、短軸方向のフォーカスを行うためのものであり、シリコンゴムなど音響インピーダンスが生体に近く、音速が生体より遅いものを材料として形成されている。音響整合層 3 は、2 層構造であり、それぞれ中心周波数に対する $1/4$ 波長板としての役割を果たしている。また、音響整合層 3 の下層の材料は、音響インピーダンスが圧電層 2 よりも小さいセラミックスなどが用いられる。また、音響整合層 3 の上層は下層よりも音響インピーダンスがより生体に近い樹脂などを材料として形成される。圧電層 2 は、圧電セラミックス PZT、PZLT、圧電単結晶 PZN-PT、PMN-PT、あるいは有機圧電材料 PVDf など、又はそれらと樹脂とで構成される複合圧電層などを用いて形成される。バッキング層 4 は、超音波の減衰率が大きく、圧電層 2 の背面方向に射出される超音波を減衰させる素材を用いて形成される。分離層 6 は、超音波の減衰の大きい材料（例えば、真空相当の材料）により形成される。

10

図 3 は、本実施形態の圧電層 2 とバッキング層 4 の部分の断面図を示している。同図は、圧電層 2 を長軸方向に直交する短軸方向の断面図である。圧電層 2 は、第 1 圧電層 2-1 と第 2 圧電層 2-2 が積層された 2 層構造になっている。第 1 圧電層 2-1 の超音波射出面と、第 2 圧電層 2-2 の背面側の面とに一对の電極 7-1、7-2 が配設されている。また、第 1 圧電層 2-1 と第 2 圧電層 2-2 の境界に共通電極 8 が配設されている。これらの電極 7-1、7-2、8 は、銀、白金、金、銅、ニッケルなどの金属により $10\ \mu\text{m}$ 以下の厚みに形成される。

ここで、第 1 圧電層 2-1 は、超音波の射出面が平面で背面が凸面の平-凸型に形成されている。そして、中心部が最も厚い厚み $T1_{\text{max}}$ に形成され、両端部に向かって厚みが薄くなるように形成され、端部で最小の厚み $T1_{\text{min}}$ に形成されている。一方、第 2 圧電層 2-2 は、超音波の射出面が凹面で、背面が平面の凹-平型に形成されている。そして、中心部が最も薄い厚み $T2_{\text{min}}$ に形成され、両端部に向かって厚みが厚くなるように形成され、端部で最大の厚み $T2_{\text{max}}$ に形成されている。したがって、圧電層 2 の電極 7-1、7-2 に接する面は互いに平行な平面に形成され、第 1 圧電層 2-1 と第 2 圧電層 2-2 との境界面は第 2 圧電層 2-2 側に凹ませて形成されている。なお、例えば、 $T1_{\text{max}} = T2_{\text{min}}$ に形成し、 $T1_{\text{min}} / T2_{\text{max}} = 1/4$ に形成することができる。

20

このように構成される本実施形態の超音波探触子を用いた超音波診断の動作について説明する。まず、電極 7-1 と電極 7-2 を接地し、共通電極 8 に送信手段 32 から超音波の送信信号を印加する。ここで、超音波探触子を駆動する送信信号の周波数は、超音波パルス発生回路 31 により制御される。また、超音波ビームの焦点位置（フォーカス位置）は、計測部位の深度に応じて制御手段 38 により演算される。計測部位は、入力手段 39 を介して、操作者により入力設定することができる。このようにして、設定される計測部位の深度に応じて、制御手段 38 から超音波パルス発生回路 31 と送信手段 32 に指令を送って、送信信号の周波数及びフォーカス位置が設定される。また、制御手段 38 は、受信処理手段 35 に指令を送って、受信処理対象の反射エコー信号の周波数及びフォーカス位置を送信信号のそれらに合せて設定する。

30

このようにして超音波探触子を駆動することにより、圧電層 2 において超音波が発生し、電極 7-1 側の面から超音波が放射される。このとき、圧電層 2-2 は凹-平型であることから、従来技術と同様に低周波では端部において共振して低周波の音圧が強くなる。一方、圧電層 2-1 は平-凸型で端部付近で厚さが薄いため、端部における低周波の音圧が小さい。その結果、圧電層 2-1 と圧電層 2-2 を積層させることにより、低周波における端部音圧の強調を抑制できる。

40

ここで、本実施形態の超音波探触子の周波数特性に関する効果を、図 4 ~ 図 6 を参照して説明する。図 4 は、本実施形態の周波数特性のグラフを示し、図 5 は本実施形態の周波数と焦点深度との関係を示す線図、図 6 は本実施形態の周波数と相対音圧の関係を示す線図である。図 4 において、横軸は周波数、縦軸は相対音圧を示し、実線 11 は短軸方向の中心部における周波数特性曲線を、一点鎖線 12 は中心と端部との中間位置における周波数特性曲線を、点線 13 は端部における周波数特性曲線を示している。また、同図

50

において、 f_{center} は高周波 f_{high} と低周波 f_{low} の中心周波数である。同図から明らかなように、本実施形態によれば、高周波 f_{high} は中心部において、低周波 f_{low} は端部から中心にかけて共振する。これにより、高周波 f_{high} では口径が小さくなり、探触子の近傍で細いビームを形成することができる。一方、減衰の小さい低周波 f_{low} では口径が大きくなり、深部で細いビームを得ることができる。

その結果、図 5 に示すように、周波数に応じた口径可変機能を持つことになる。なお、図 5 は、横軸が圧電層 2 の短軸方向、縦軸が深度を表している。したがって、図 6 に示すように、低周波 f_{low} においても、端部の音圧が中心に比べて高くなり、音圧分布が均一化されていることから S/N 比が低下せず、近傍から深部にかけて分解能の高い画像が得られる。これに対して、圧電層 2 - 1 を備えていない従来技術によれば、超音波探触子の短軸方向の両端部で低周波成分が強く共振する。そのため、図 6 の低周波 f_{low} の特性図に、破線で示すように、端軸方向の端部の音圧が高くなり、中心部の音圧が低くなる相対音圧分布になることから、 S/N 比が低下してしまうのである。

(第 2 実施形態)

図 7 に、本発明に係る超音波探触子の第 2 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、圧電層 2 の 2 層構造の構成と、圧電層 2 の背面に調整層 9 を設けたことにある。まず、圧電層 2 を、同一に形成された 2 つの平板状の圧電層 2 - 3、2 - 4 を積層して形成している。この圧電層 2 - 4 の背面に配設される調整層 9 は、音響インピーダンスが圧電層 2 に近い材料であって、セラミックスやアルミや銅などの金属などの材料を用いて形成する。なお、バッキング層 4 は、調整層 9 よりも非常に小さい音響インピーダンスを持ち、かつ減衰率の大きい材料を用いる。例えば、ゴムや樹脂と金属粒子（例えばタングステン粒子）などの混合物、又はゴムや樹脂などにガスを含むビーズやマイクロバルーンなどを混合した材料を用いる。

本実施形態の調整層 9 は、図 7 に示すように、圧電層 2 - 4 と接する面が平面に、反対側の面が凹面状に形成されている。つまり、短軸方向の中心で厚みが最も薄く、端部に向かって徐々に厚くなるように形成されていることを特徴とする。このように、本実施形態によれば、調整層 9 とバッキング層 4 と音響インピーダンスの差が大きいことから、調整層 9 において超音波が効果的に反射するとともに、その反射の周波数特性が厚みに依存することになる。これにより、本実施形態の超音波探触子は、短軸方向の調整層 9 の厚みに依存した周波数特性が得られ、第 1 実施形態と同様に、図 4 ~ 図 6 に示した周波数特性の効果を得ることができる。つまり、高周波 f_{high} では中心部からの応答が大きく口径を小さくして近傍で細いビームを形成でき、低周波 f_{low} では全口径でビームが短軸方向に均等な音圧をもち、深部にフォーカスされる。その結果、近傍から深部にかけて分解能の高い画像が得られる。

(第 3 の実施形態)

図 8 に、本発明に係る超音波探触子の第 3 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、圧電層 2 の背面に調整層 9 を設けたことにある。言い換えれば、第 1 と第 2 の実施形態の特徴部を組み合わせたものであり、本実施形態によれば第 1 と第 2 の実施形態の効果を含ませた効果が得られる。つまり、低周波で短軸方向に均等な音圧をもち、各周波数でよりビームの細い口径可変機能を実現することができる。

(第 4 の実施形態)

図 9 に、本発明に係る超音波探触子の第 4 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、圧電層 2 の断面形状を図のように凹状とし、それに沿って音響整合層 3 の断面を凹状にしたことにある。つまり、圧電層 2 は、超音波の射出面と背面とが平行な凹面となるように形成し、射出側の圧電層 2 - 1 は中心部で最も厚く、両端部に向かって薄くなり、端部で最も薄い構造に形成している。一方、背面側の圧電層 2 - 2 は、中心部で最も薄く両端部に向かって厚くなり、端部で最も厚くなる構造に形成している。また、バッキング層 4 は圧電層 2 - 2 の背面の凹面に沿った形状にされている。また、音響レンズを取り除き、カバー材 10 としては、音響インピーダンスと音速

が被検体である生体に近い材料、例えばポリウレタンやフラックス、ブタジエンゴム、ポリエーテルブロックアミドなどの材料を用いて形成されている。また、この形状は凸型とし、生体との接触をよくすることができる。この構造により、短軸可変フォーカス機能を備えるとともに、凹面の圧電層 2 によりビームをフォーカスすることができる。その結果、音響レンズを使用しなくてもビームをフォーカスできるため、超音波の減衰を減らし、高感度な画像を得ることができる。

(第 5 の実施形態)

図 10 に、本発明に係る超音波探触子の第 5 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態が第 2 の実施形態と異なる点は、圧電層 2 の断面形状を図のように凹状とし、それに沿って音響整合層 3 の断面を凹状にしたことにある。つまり、圧電層 2 は超音波の射出面と背面とが平行な凹面となるように形成し、さらに圧電層 2 の背面に調整層 9 を配設し、調整層 9 の厚みを中心部で最も薄く、両端部に向かって厚くし、端部で最も厚くなる構造に形成している。これにより、厚みに依存した周波数特性が得られる。また、音響レンズに代えてカバー材 10 を設けた構造にしている。調整層 9 とカバー材 10 の材料は、第 4 実施形態と同様である。この第 5 実施形態によれば、短軸可変フォーカス機能を備えるとともに、凹面の圧電層 2 によりビームをフォーカスすることができる。その結果、音響レンズを使用しなくてもビームをフォーカスできるため、超音波の減衰を減らし、高感度な画像を得ることができる。

(第 6 の実施形態)

図 11 に、本発明に係る超音波探触子の第 6 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、第 4 と第 5 の実施形態を組み合わせたもので、それら 2 つの実施形態の効果を合わせた効果が得られる。つまり、低周波で短軸方向に均等な音圧をもち、各周波数においてビームの一層細い可変口径機能を実現することができる。また、レンズを使用しないため減衰を減らすことができ高感度な画像が得られる。

(第 7 の実施形態)

図 12 に、本発明に係る超音波探触子の第 7 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、図 3 の実施形態と同様に、第 1 圧電層 2 - 1 は、超音波の射出面が平面で、背面が凸面の平 - 凸型に形成されている。また、第 2 圧電層 2 - 2 は、超音波の射出面が凹面で、背面が平面の凹 - 平型に形成されている。それら第 1 圧電層 2 - 1 と第 2 圧電層 2 - 2 との境界面は、短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成され、この境界面に共有電極 8 が設けられている。

この実施形態によれば、図 3 の実施形態と同様に、低周波においても、端部の音圧が中心に比べて高くならず、音圧分布が均一化されていることから S / N 比が低下せず、近傍から深部にかけて分解能の高い画像が得られる。

なお、本実施形態においても、第 2 圧電層 2 - 2 の背面側に、図 7 の調整層 9 を設けることができる。

(第 8 の実施形態)

図 13 に、本発明に係る超音波探触子の第 8 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、図 11 の実施形態の第 1 圧電層 2 - 1 と第 2 圧電層 2 - 2 の構造を、図 12 と同様に、それらの境界面が短軸方向の中心部に稜線を有する山形に形成されたものである。これによっても、図 11 の実施形態と同様に、低周波で短軸方向に均等な音圧をもち、各周波数においてビームの一層細い可変口径機能を実現することができる。また、レンズを使用しないため減衰を減らすことができ高感度な画像が得られる。

なお、本実施形態においても、第 2 圧電層 2 - 2 の背面側に、図 7 の調整層 9 を設けることができる。

(第 9 の実施形態)

図 14 に、本発明に係る超音波探触子の第 9 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、図 12 の実施形態の圧電層 2 の超音波の射出側に音響整合層 3 を設け、音響レンズ 5 の形状を凹面の音響レンズ 11 に代えたものである。この凹面の音響レンズ 11 によれば、レンズの薄い部分と厚い部分で音圧の差ができる。これにより、超音波ビーム

が短軸方向に一層細くなり、圧電層 2 の構造との結合により、低周波の超音波ビームも細くなるから、各周波数で一層細いビームの可変項形機能を実現することができる。

この凹面の音響レンズ 11 は、他の実施形態にも適用することができる。また、本実施形態においても、第 2 圧電層 2 - 2 の背面側に図 7 の調整層 9 を設けることができる。

(第 10 の実施形態)

図 15 に、本発明に係る超音波探触子の第 10 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、図 3 の実施形態と同様に、第 1 圧電層 12 - 1 は、超音波の射出面が平面で、背面が凸面の平 - 凸型に形成されている。また、第 2 圧電層 12 - 2 は、超音波の射出面が凹面で、背面が平面の凹 - 平型に形成されている。それら第 1 圧電層 12 - 1 と第 2 圧電層 12 - 2 との境界面は、短軸方向の中心部において第 2 圧電層側に突出させた平坦部と、両端部において第 1 圧電層側に突出させて形成された平坦部とを有して形成され、この境界面に共有電極 8 が設けられている。

10

この実施形態によれば、図 3 の実施形態と同様に、低周波においても、端部の音圧が中心に比べて高くならず、音圧分布が均一化されていることから S / N 比が低下せず、近傍から深部にかけて分解能の高い画像が得られる。また、本実施形態においても、第 2 圧電層 12 - 2 の背面側に図 7 の調整層 9 を設けることができる。

(第 11 の実施形態)

図 16 に、本発明に係る超音波探触子の第 11 実施形態の圧電層部分の断面図を示す。本実施形態は、圧電層 13 を、それぞれ一定の厚みに形成された第 1 圧電層 13 - 1 と第 2 圧電層 13 - 2 とで構成し、第 1 圧電層 13 - 1 は短軸方向の中心部から端部に向かうにつれて圧電材の密度が小さくなるように形成され、第 2 圧電層は短軸方向の中心部から端部に向かうにつれて圧電材の密度が大きくなるように形成されている。これにより、第 1 圧電層 13 - 1 は中心から両端に向かって周波数定数が大きく、第 2 圧電層 13 - 2 は中心から両端に向かって周波数定数が小さくなり、短軸方向の周波数応答特性を調整することができる。圧電材の密度は、前述した圧電セラミックスなどの圧電材の気孔率を変えることにより調整できる。また、樹脂などを混入することにより、調整できる。

20

本実施形態によれば、低周波で短軸方向に均等な音圧を有する分布を形成することができる。また、本実施形態においても、第 2 圧電層 13 - 2 の背面側に図 7 の調整層 9 を設けたり、図 9 のように圧電層を凹面状に形成したり、図 14 の凹面音響レンズ 11 を設けたりするなど、適宜、他の実施形態の特徴技術を採用することができる。

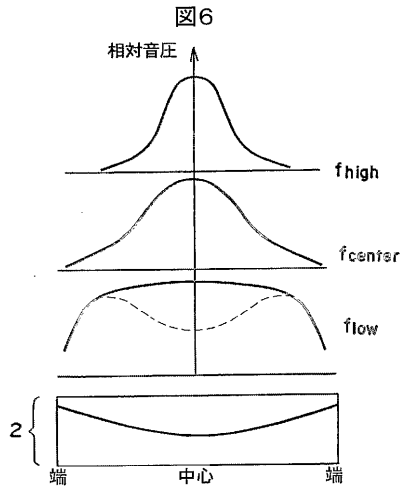
30

また、本実施形態における圧電材の密度を調整することに代えて、圧電材の弾性定数を調整することによっても、同様の効果を得ることができる。つまり、第 1 圧電層 13 - 1 は短軸方向の中心部で弾性定数が小さく、端部に向かうにつれて弾性定数が大きくなるように形成され、第 2 圧電層は短軸方向の中心部で弾性定数が大きく、端部に向かうにつれて弾性定数が小さくなるように形成する。

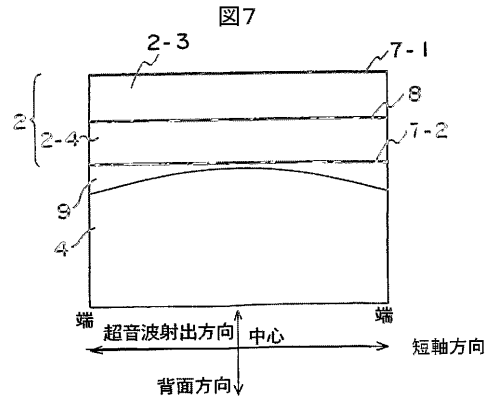
以上述べたように、本発明の各実施形態によれば、短軸方向の中心から端部にかけて周波数の応答特性が変化し、中心部では低周波から高周波までの広い帯域をもち、端部では高周波の応答が小さくなる狭い帯域を有する特性を持たせることができる。また、低周波の場合も両端の音圧が高くならず、中心から端にかけて均等な音圧を得ることができる。さらに、高周波では中心部からの応答が大きくなり、プローブ近傍にフォーカスされ、低周波では全口径の応答により深部にフォーカスされ、分解能の高い画像が得られる。

40

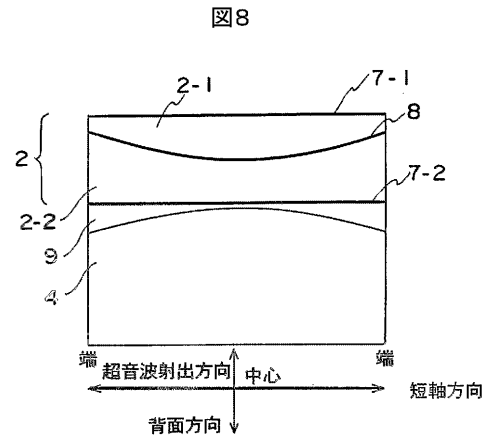
【图 6】



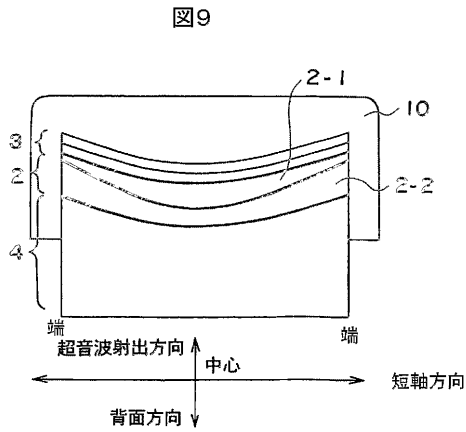
【图 7】



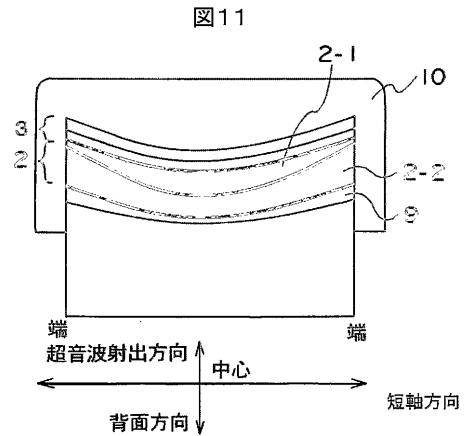
【图 8】



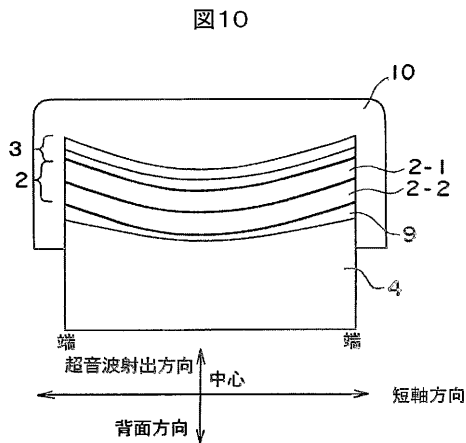
【图 9】



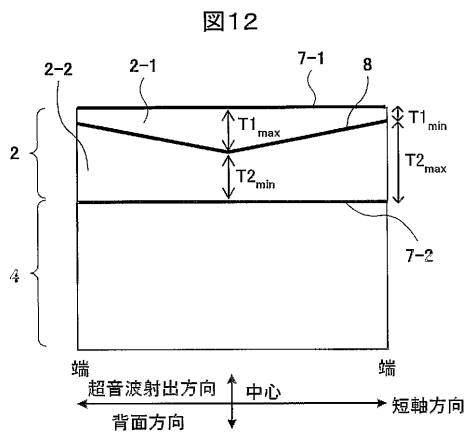
【图 11】



【图 10】

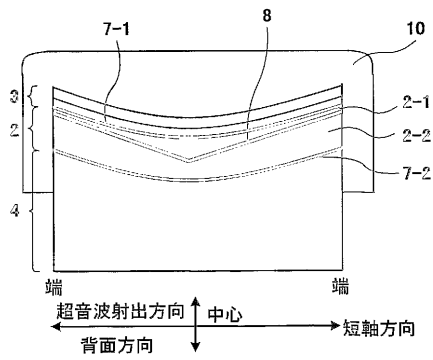


【图 12】



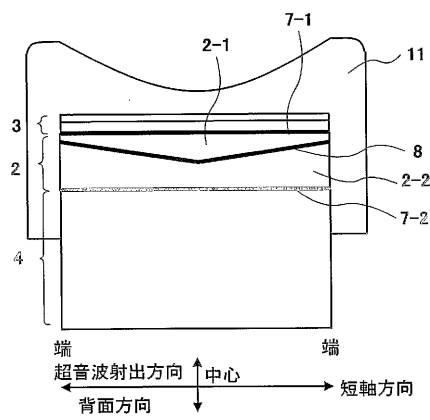
【図 1 3】

図13



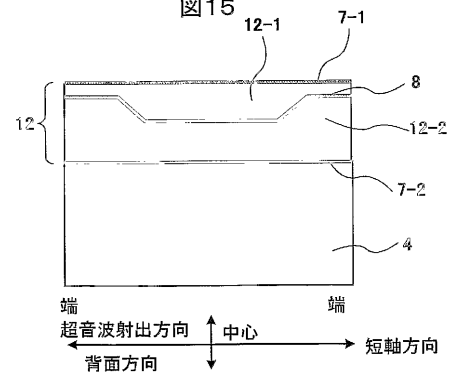
【図 1 4】

図14



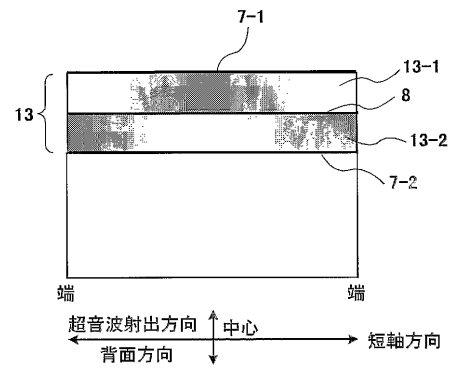
【図 1 5】

図15



【図 1 6】

図16



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭58 - 45551 (J P , A)
特開平3 - 151948 (J P , A)
特開平7 - 107595 (J P , A)
特開2001 - 25094 (J P , A)
特開2001 - 161689 (J P , A)
特開2002 - 45357 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 8/00

H04R 17/00

```

graph LR
    31[入力手段] --> 33[記憶手段]
    33 --> 34[出力手段]
    34 --> 35[入力手段]
    35 --> 36[記憶手段]
    36 --> 37[出力手段]
    34 -. feedback .-> 33
    37 -. feedback .-> 36
  
```