

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4424958号
(P4424958)

(45) 発行日 平成22年3月3日 (2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日 (2009.12.18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 R 17/00 (2006.01)

H O 4 R 17/00 3 3 2 Y

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

H O 4 R 17/00 3 3 2

G O 1 N 29/24 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

G O 1 N 29/24 5 0 2

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-344197 (P2003-344197)
 (22) 出願日 平成15年10月2日 (2003.10.2)
 (65) 公開番号 特開2005-110171 (P2005-110171A)
 (43) 公開日 平成17年4月21日 (2005.4.21)
 審査請求日 平成18年9月29日 (2006.9.29)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100093067
 弁理士 二瓶 正敬
 (72) 発明者 斉藤 孝悦
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

審査官 日下 善之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を送受信する複数の圧電素子を一つの方向に配列した超音波探触子であって、
 前記圧電素子の配列方向に対して直交する方向の位置に応じて異なる超音波指向性を設定する指向性設定手段と、

前記指向性設定手段は、配列方向の前記圧電素子の各々の幅を変更するものであって、
 前記指向性設定手段により、前記圧電素子の配列方向の各々の前記幅が前記直交方向中心部で最も狭く、両端部に行くに従って広くなるように構成され、それぞれの前記圧電素子を複数個に分割し前記直交する方向に列形状に並んで配置するための分割溝とを、
 備えた超音波探触子。

【請求項 2】

前記圧電素子の各々の前記幅が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って連続的に広くなるように構成されている請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 3】

前記圧電素子の各々の前記幅が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って段階的に広くなるように構成されている請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 4】

一方向に配列されて超音波を送受信する複数個の圧電素子と、前記圧電素子の配列方向に対して直交する方向の位置に応じて異なる超音波指向性を設定する指向性設定手段とを備え、それぞれの前記圧電素子を複数個に分割し前記直交する方向に列形状に並んで配置

10

20

するための分割溝とを備え、

前記圧電素子上に形成された 1 層以上の音響整合層を有し、

前記指向性設定手段は、前記音響整合層の前記直交方向中心部における前記配列方向の分割数が最も多く、両端部に行くに従って前記配列方向の分割数が少なくなるように構成されている超音波探触子。

【請求項 5】

前記圧電素子の各々の厚み T が前記直交方向の位置によって異なり、

前記指向性設定手段は、前記圧電素子の各々の幅 W と厚み T の比 W/T が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って所定の範囲の値になるように構成されている請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 6】

前記幅 W と厚み T の比 W/T が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って連続的又は段階的に所定の範囲の値になるように構成されている請求項 5 に記載の超音波探触子。

【請求項 7】

前記複数の圧電素子の各々の厚みが前記直交方向に同じに形成されている請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の超音波探触子。

【請求項 8】

前記指向性設定手段は、超音波探触子の指向性が前記直交方向中心部で最も低く、両端部に行くに従って高くなるように構成されている請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載の超音波探触子。

【請求項 9】

前記圧電素子の送受信周波数は、前記直交方向中心部で最も高く、両端部に行くに従って低くなるように構成されている請求項 1 から 8 のいずれか 1 つに記載の超音波探触子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置などに用いる超音波探触子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の超音波探触子は、図 11 に示すように超音波を送受信するために複数の圧電素子 51 が Y 方向に配列され、圧電素子 51 の背面には圧電素子 51 から送信した不要な超音波を減衰させ、かつ圧電素子 51 を機械的に保持する背面負荷材 52 が設けられている。そして、配列方向 Y と直交する方向 X の圧電素子 51 の厚みは、中心付近では薄く、両端部に行くに従って厚くなるように不均一な曲面形状にしている。このように圧電素子 51 の厚みを X 方向に不均一にすることにより、超音波ビームの焦点深度を長くし、かつ広帯域の周波数特性が得られて分解能を向上させるという特徴がある（例えば下記の特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 7 - 107595 号公報（図 7、図 18）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記従来の超音波探触子の構成においては、以下のような問題がある。圧電素子 51 の X 方向中心付近は厚みが薄いため高い周波数成分の超音波が送受信され、両端部に行くに従って厚くなるので低い周波数成分の超音波が送受信されることになる。一方、圧電素子 51 の配列方向 Y の幅は、X 方向では同じである。

【0004】

このため、圧電素子 51 の X 方向中心部の厚みが薄くて周波数が高く、両端部に行くに従い厚くなって周波数は低くなっている構成では、圧電素子 51 の超音波の指向性は、周波数の高い中心部が高くなり、周波数が低い両端部が低くなっている。圧電素子 51 の配列方向 Y においては、複数の圧電素子 51 を電子的に遅延をかけて位相制御し超音波ビ

10

20

30

40

50

ームを絞るか、あるいは偏向させるため、超音波の指向性は低いことが高分解能の超音波画像を得るために望ましい。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、従来の構成では、圧電素子 5 1 の X 方向の中心部は指向性が高いため位相制御できる範囲は狭くなり、結果として高分解能の超音波画像を得ることが難しくなるという問題があった。また、周波数の高い X 方向中心部付近の指向性を低く（所定感度角度範囲を広く）するためには、圧電素子 5 1 の配列を中心部の高い周波数に合わせて狭くすることも可能であるが、この構成にすると両端部の厚みが厚い圧電素子 5 1 の柱が高くなり、製作することが極めて困難になるという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記従来の問題を解決するためになされたもので、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置のそれぞれにおいて所望の超音波指向性を実現することができ、ひいては超音波指向性を低くすることができ、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができ、分解能の高い超音波画像が得られる超音波探触子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の超音波探触子は上記目的を達成するために、超音波を送受信する複数の圧電素子の一つの方向に配列した超音波探触子であって、

前記圧電素子の配列方向に対して直交する方向の位置に応じて異なる超音波指向性を設定する指向性設定手段と、

前記指向性設定手段は、配列方向の前記圧電素子の各々の幅を変更するものであって、前記指向性設定手段により、前記圧電素子の配列方向の各々の前記幅が前記直交方向中心部で最も狭く、両端部に行くに従って広くなるように構成され、それぞれの前記圧電素子を複数個に分割し前記直交する方向に列形状に並んで配置するための分割溝とを備えた構成とした。

【 0 0 0 8 】

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低く（所定感度角度範囲を広く）することができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記圧電素子の各々の前記幅が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って連続的に広くなるように構成されていることを特徴とする。

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記圧電素子の各々の前記幅が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って段階的に広くなるように構成されていることを特徴とする。

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【 0 0 1 1 】

さらに、本発明の超音波探触子は、一方向に配列されて超音波を送受信する複数の圧電素子と、前記圧電素子の配列方向に対して直交する方向の位置に応じて異なる超音波指

10

20

30

40

50

向性を設定する指向性設定手段とを備え、それぞれの前記圧電素子を複数個に分割し前記直交する方向に列形状に並んで配置するための分割溝とを備え、

前記圧電素子上に形成された１層以上の音響整合層を有し、

前記指向性設定手段は、前記音響整合層の前記直交方向中心部における前記配列方向の分割数が最も多く、両端部に行くに従って前記配列方向の分割数が少なくなるように構成されていることを特徴とする。

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

10

【００１２】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記圧電素子の各々の厚み T が前記直交方向の位置によって異なり、

前記指向性設定手段は、前記圧電素子の各々の幅 W と厚み T の比 W / T が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って所定の範囲の値になるように構成されていることを特徴とする。

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

20

【００１３】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記幅 W と厚み T の比 W / T が前記直交方向中心部から両端部に行くに従って連続的又は段階的に所定の範囲の値になるように構成されていることを特徴とする。

この構成により、広帯域の周波数特性にでき、かつ高感度にでき、更には超音波の指向性は低くすることができるため、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【００１４】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記複数個の圧電素子の各々の厚み が前記直交方向の位置にかかわらず均一に形成されていることを特徴とする。

30

この構成により、複数個の圧電素子が、一方向に配列されるとともに前記配列方向と直交する方向に分割され、厚みが前記直交方向の位置にかかわらず均一に形成されている場合にも、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【００１５】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記指向性設定手段が、超音波探触子の指向性が前記直交方向中心部で最も低く、両端部に行くに従って高くなるように構成されていることを特徴とする。

40

【００１６】

この構成により、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【００１７】

さらに、本発明の超音波探触子は、前記圧電素子の送受信周波数が、前記直交方向中心部で最も高く、両端部に行くに従って低くなるように構成されていることを特徴とする。

50

【 0 0 1 8 】

この構成により、圧電素子の直交方向の中心部の周波数が最も高く、両端部に行くに従って低い場合にも、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を低くすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、圧電素子の配列方向と直交する方向の位置に応じて超音波指向性を所望の特性にすることができるので、多くの圧電素子の配列を使用して自由に位相制御できになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

< 第 1 の実施の形態 >

以下、本発明の実施の形態の超音波探触子について、図面を用いて説明する。本発明の第 1 の実施の形態の超音波探触子を図 1、図 2 に示す。図 1 は上面図、図 2 は図 1 の線 A - A ' に沿った側面断面図である。

【 0 0 2 1 】

図 1、図 2 において、この超音波探触子は、Z 方向に超音波を送受信するために Y 方向に複数配列され、Y 方向にほぼ平行な分割溝 7 b で X 方向に複数に配置されるように分割された圧電素子 1 と、圧電素子 1 の上面に設けられた共通の接地電極 2 と、個々の圧電素子 1 の背面にそれぞれ設けられた複数の信号用電極 3 と、個々の信号用電極 3 からそれぞれ信号を取り出す複数の信号用電気端子 4 と、圧電素子 1 の背面を機械的に保持し、かつ必要に応じて不要な超音波信号を減衰させる機能を有する背面負荷材 5 とを有する。圧電素子 1 は P Z T 系などの圧電セラミック、単結晶などが用いられる。接地電極 2 と信号用電極 3 は、金や銀を蒸着、スパッタリングしたり、銀を焼き付けるなどで圧電素子 1 の上面、背面にそれぞれ形成される。

【 0 0 2 2 】

図 1 において、配列方向 Y に隣接する圧電素子 1 のピッチ 6 は必要に応じて決める。例えば電子的に超音波ビームを位相制御して偏向する、いわゆる電子セクタタイプでは、圧電素子 1 の配列数は 6 4 ~ 1 2 8 個であり、グレーティングローブの発生角度の関係から、隣接する圧電素子 1 のピッチ 6 は 2 分の 1 波長が一般的であり、周波数が 2 . 5 M H z で、生体のような媒体の音速が 1 . 5 4 k m / s である場合、0 . 3 0 8 m m となる。

【 0 0 2 3 】

また個々の圧電素子 1 の配列方向 Y の幅 W は、X 方向中心付近が最も狭い幅 W min として 両端部に行くに従って徐々に広くなり、両端部で最大幅 W max となるように形成され、隣接する圧電素子 1 の間に溝 7 が形成されている。このように圧電素子 1 の配列方向 Y の幅 W が X 方向の位置によって異なる構成にする（指向性設定手段）ことにより、容易に指向性を変化させることが可能になる。

【 0 0 2 4 】

このため、隣接する圧電素子 1 の間に形成される溝 7 の幅は、圧電素子 1 の幅 W とは逆に中心部付近では広くなり、両端部に行くに従い狭くなっている。この溝 7 には、隣り合う圧電素子 1 が音響的に独立して振動するようにするため、圧電素子 1 との音響インピーダンスの差が大きいものが望ましく、理想的には気体（空気）が良好であるが、圧電素子 1 が安定し、また機械的な衝撃に対して保持するということから、実際にはシリコンゴム、ウレタンゴムなどの材料及びそれらの材料に無機若しくは無機物の粉体を混入した材料が充填される。このように圧電素子 1 の幅 W が X 方向の位置によって異なる構成にする方法としては、レーザーと化学エッチングを組み合わせた加工法や圧電素子 1 をパターンニングしたマスクをした状態にしてサンドブラストなどで加工する方法などにより行うこと

10

20

30

40

50

が可能である。

【 0 0 2 5 】

さらに、圧電素子 1 には、圧電素子 1 の配列方向 Y と直交する方向 X に配列方向 Y に平行な複数の分割溝 7 b を設け、圧電素子 1 を直交方向 X (以下、短軸方向ともいう) に分割する。図 1 では 5 分割している状態を示すが、目的に応じて分割数を設定すればよい。なお接地電極 2 は、圧電素子 1 に分割溝 7 b を設け、分割溝 7 b に充填材を充填した後に設けてもよい。また、信号用電極 3 は圧電素子 1 と共に分割溝 7 b によって分割され、また、図 2 に示すように背面負荷材 5 の一部の深さまで分割されており、前記分割された信号用電極 3 からはそれぞれに信号用電気端子 4 を取り出す構成としている。信号用電気端子 4 を取り出したあとの端子の接続については目的によって変わってくるが、ここでは、中心の信号用電気端子 4 を対象にした接続の構成を示している。このような構成は、圧電素子 1 が 2 次元的に複数個配列したタイプでありいわゆる 2 次元アレイといわれるものである。

10

【 0 0 2 6 】

図 2 は図 1 中の線 A—A' の断面を示した図であり、圧電素子 1 の Z 方向の厚み T が X 方向の位置によって異なるように形成され、この例では中心部付近の圧電素子 1 の厚み T を最小値 (Tmin) として、両端部に行くに従って厚みが厚くなり両端部では最大値 (Tmax) となる曲面形状にしている。このように Y 方向に複数配列した圧電素子 1 の短軸方向 X に対しては、圧電素子 1 の厚み T が最も薄い中心部は、高い周波数成分で送受信でき、両端部に行くに従って圧電素子 1 が厚くなるので周波数が低い成分で送受信ができることにより、超音波ビームの焦点深度を長くし、かつ広帯域の周波数特性が得られる。

20

【 0 0 2 7 】

一方、Y 方向に複数個配列した圧電素子 1 に対して、個々の圧電素子 1 に電子的に遅延させて位相制御し超音波ビームを偏向させるときは、圧電素子 1 の指向性が大きく性能に影響する。すなわち位相制御する場合、個々の圧電素子 1 の指向性は低い方が位相制御する自由度が広がり、望ましい。この指向性を示す指向係数は一般的によく知られているような以下の式で計算される。

$$\text{Re}(\theta) = \sin(\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda) / (\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda)$$

ここで、a は圧電素子 1 の幅 W、λ は波長 (媒体の音速 / 周波数) である。上式からわかるように、指向係数 Re(θ) は圧電素子 1 の幅 a が狭くなるに従い小さくなる傾向になり、また周波数が高くなるに従い大きくなる傾向となる。

30

【 0 0 2 8 】

この超音波探触子は、超音波診断装置などの本体から信号用電気端子 4、接地電極 2 から引き出した接地用電気端子 (図示せず) を介して電気信号を印加することにより、圧電素子 1 が機械振動して超音波を送信及び受信するものであり、生体を被検体とする超音波診断装置用超音波探触子は、生体に直接接触又は超音波伝播媒体を介して間接的に接触して生体に超音波を送信し、生体から反射してきた反射波を再び超音波探触子で受信してその信号を本体で処理してモニター上に診断画像を表示して診断するものに用いられるいわゆるセンサである。

40

【 0 0 2 9 】

この方式としては、Y 方向に配列した複数の圧電素子 1 のそれぞれに送受信する時間の遅延をかけて位相制御して超音波ビームを所望の位置に絞り高分解能化したり、あるいは超音波ビームを偏向したりして扇形状に走査する方式が一般的になっている。例えば、図 1、図 2 に示すような構成において、圧電素子 1 として PZT-5H 相当の圧電セラミックスを用いて両端部の中心周波数を 2.5 MHz に、中心部を 5 MHz に設定した場合の圧電素子 1 の厚み T は、中心部は Tmin = 約 0.3 mm となり、両端部に行くに従い徐々に厚くなり、両端部での厚みは Tmax = 約 0.6 mm となる。

【 0 0 3 0 】

一方、配列方向 Y については前述のように、ピッチ 6 を 2 分の 1 波長を基本に設定すると、圧電素子 1 の中心部の幅 Wmin は、周波数 = 5 MHz であるから 1 波長 (0.308

50

mm) の 2 分の 1 で $W_{\min} = 0.154 \text{ mm}$ となる。この幅 $W_{\min}$ から両端部に行くに従って徐々に連続的に圧電素子 1 の幅は広くなり (曲面形状)、両端部になると周波数 = 2.5 MHz であるから幅 $W_{\max}$ は 0.308 mm となる。このような構成にすると、中心部から両端部に行くに従って周波数が変化しても、圧電素子 1 の X 方向の指向性は、圧電素子 1 の配列方向 Y の幅 W が X 方向の位置によって異なるため、ほぼ同一の指向特性を確保することができる。

【0031】

また、目的によって圧電素子 1 の配列方向 Y の幅 W を X 方向に適時変えることによって X 方向の位置に応じて指向特性を変えることができる。また、X 方向中心付近の圧電素子 1 の高い周波数は、超音波画像では近い距離 (深さが浅い位置) を表示する傾向であり、指向性はより低いことが望ましいので、中心部の幅 $W_{\min}$ を更に狭くして両端部より指向性を低くする構成にできる。したがって、圧電素子 1 の中心付近の高い周波数成分を持つところも指向性を低くすることができるため、多くの圧電素子 1 の配列数を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【0032】

なお、第 1 の実施の形態では、圧電素子 1 の上面側に位置する接地電極 2 の上には何も設けていない構成について説明したが、接地電極 2 の上面に 1 層以上の音響整合層を形成した超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。また、第 1 の実施の形態では、圧電素子 1 として PZT などの圧電セラミックや単結晶を用いた構成について説明したが、このほか、圧電素子 1 として圧電セラミックと有機高分子を複合した、いわゆる複合圧電体を用いた超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。

【0033】

< 第 2 の実施の形態 >

次に、本発明の第 2 の実施の形態の超音波探触子を図 3、図 4 に示す。図 3、図 4 において、この超音波探触子は、Z 方向に超音波を送受信するために Y 方向に複数配列され、X 方向に複数分割された圧電素子 11 と、圧電素子 11 の上面に設けられた共通の接地電極 12 と、個々の圧電素子 11 の背面にそれぞれ設けられた複数の信号用電極 13 と、個々の信号用電極 13 からそれぞれ信号を取り出す複数の信号用電気端子 14 と、圧電素子 11 の背面を機械的に保持し、かつ必要に応じて不要な超音波信号を減衰させる機能を有する背面負荷材 15 とを有する。圧電素子 11 は PZT 系などの圧電セラミック、単結晶などが用いられる。接地電極 12 と信号用電極 13 は、金や銀を蒸着、スパッタリングしたり、銀を焼き付けるなどで圧電素子 11 の上面、背面にそれぞれ形成される。

【0034】

また図 3 において、Y 方向に隣接する圧電素子 11 のピッチ 16 は、第 1 の実施の形態と同様に必要に応じて決める。例えば電子的に超音波ビームを位相制御して偏向するいわゆる電子セクタタイプでは、圧電素子 11 の配列数は $64 \sim 128$ 個が一般的であり、ピッチ 16 は 2 分の 1 波長となり、周波数を 2.5 MHz で媒体の音速を 1.54 km/s とした場合 0.308 mm となる。また、圧電素子 11 の幅 W は、X 方向中心付近が最も狭い幅 $W_{\min}$ として両端部に行くに従って段階的に広くなり両端部での幅 W は最大値 $W_{\max}$ となる構成にしている。

【0035】

また、圧電素子 11 の短軸方向 X に複数の分割溝 17b を設け、個々の圧電素子 11 を短軸方向 X に分割する。圧電素子 11 の短軸方向 X の幅 W は、段階的に幅 $W_{\min}$ から $W_{\max}$ まで異なり、さらに圧電素子 11 の幅 W が変わるとに分割溝 17b で分割している。この点が第 1 の実施の形態と違う点である。図 3、図 4 では 11 分割している状態を示すが、目的に応じて分割数を設定すればよい。なお接地電極 12 については、圧電素子 11 に分割溝 17b を設け、分割溝 17b に充填材を充填した後に設けてもよい。また、信号用電極 13 は圧電素子 11 と共に分割溝 17b によって分割され、また、図 4 に示すように

背面負荷材 15 の一部の深さまで分割されており、前記分割された信号用電極 13 からは、それぞれに信号用電気端子 14 を取り出す構成としている。信号用電気端子 14 を取り出したあとの端子の接続については目的によって変わってくるが、ここでは、中心の信号用電気端子 14 を対称にした接続の構成を示している。このような構成は、圧電素子 11 が 2 次元的に複数個配列したタイプであり、いわゆる 2 次元アレイといわれるものである。

【0036】

また、図 4 は図 3 中の線 B - B' の断面を示した図であり、圧電素子 11 の Z 方向の厚み T が X 方向の位置によって異なり、この例では圧電素子 11 の中心部付近の厚み T を最小値 T_{min} として両端部に行くに従って厚み T が厚くなり両端部では最大値 T_{max} となる形状にしている。この圧電素子 11 の厚み T は、連続的に変えてもよく、また段階的に変えてもよい。このように圧電素子 11 の短軸方向 X に対しては、圧電素子 11 の厚み T が最も薄い中心部は高い周波数成分を送受信でき、両端部に行くに従って圧電素子が厚くなるので周波数が低い成分での送受信ができることにより、超音波ビームの焦点深度を長くし、かつ広帯域の周波数特性が得られる。

【0037】

一方、Y 方向に配列した圧電素子 11 に対して、個々の圧電素子 11 に電子的に遅延させて位相制御し超音波ビームを偏向させるときは、圧電素子 11 の指向性が大きく性能に影響することは第 1 の実施の形態で前述したのと同じである。すなわち位相制御する場合、個々の圧電素子 11 の指向性は低い方が位相制御する自由度が広がり望ましい。これらの超音波探触子の動作については、第 1 の実施の形態で説明したものと同一であるのでここでは割愛する。

【0038】

例えば図 3、図 4 に示すような構成において、圧電素子 11 を PZT - 5H 相当の圧電セラミックを用いて、両端部の中心周波数が 2.5 MHz に、中心部を 5 MHz に設定した場合の圧電素子 11 の厚み T は、中心部は T_{min} = 約 0.3 mm となり、両端部に行くに従い徐々に厚くなり、両端部での厚み T_{max} は約 0.6 mm となる。一方、配列方向 Y では、前述のように配列のピッチ 16 を 2 分の 1 波長を基本に設定すると、中心部の最も狭い圧電素子 11 の幅 W_{min} は、5 MHz であるから 1 波長 = 0.308 mm の 2 分の 1 で、 W_{min} = 0.154 mm となる。

【0039】

この幅 W_{min} から両端部に行くに従って、例えば周波数の段階を中心から対称に、片側で 6 分割（両側合わせて 11 分割）して圧電素子 11 の幅 W が段階的に広がる。したがって、中心部の高い周波数は 5 MHz、次は 4.5 MHz、4 MHz、3.5 MHz、3 MHz、そして両端部は 2.5 MHz に設定し、また、それぞれの幅 W を 2 分の 1 波長に設定すると、幅 W は 5 MHz では 0.154 mm、4.5 MHz では 0.171 mm、4 MHz では 0.193 mm、3.5 MHz では 0.22 mm、3 MHz では 0.257 mm、そして両端部は 2.5 MHz では最も幅が広く W_{max} = 0.308 mm となる。

【0040】

このような構成にすると、X 方向の中心部から両端部に行くに従って、周波数が段階的に変化しても、圧電素子 11 の配列方向 Y の指向性は、圧電素子 11 の幅 W を変化しているため、ほぼ同じ指向性を確保することができる。したがって、圧電素子 11 の中心付近の高い周波数成分を持つところも指向性を低くすることができるため、圧電素子 11 の多くの配列数を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【0041】

また、第 2 の実施の形態では、接地電極 12 の上面には何も設けていない構成について説明したが、接地電極 12 の上面に 1 層以上の音響整合層を形成した超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。また、第 2 の実施の形態では、圧電素子 11 として PZ

10

20

30

40

50

Tなどの圧電セラミックや単結晶を用いた構成について説明したが、このほか、圧電素子11として圧電セラミックと有機高分子を複合したいわゆる複合圧電体を用いた超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。

なお、圧電素子11の幅Wを段階的に変えることは、連続的に幅Wを変えるよりも、加工面、コスト面で有利である。理想的にはこの段階をさらに細密に加工し、性能的により優れた連続的に変えるタイプにすることが望ましい。

【0042】

<第3の実施の形態>

次に、本発明の第3の実施の形態の超音波探触子を図5～図8に示す。この超音波探触子は、Z方向に超音波を送受信するためにY方向に複数配列され、X方向に複数分割された圧電素子21と、圧電素子21の上面に設けられた共通の接地電極22と、接地電極22の上面に設けられた1層以上の音響整合層28（ここでは1層の音響整合層）と、個々の圧電素子21の背面にそれぞれ設けられた複数の信号用電極23と、個々の信号用電極23からそれぞれ信号を取り出す複数の信号用電気端子24と、圧電素子21の背面を機械的に保持し、かつ必要に応じて不要な超音波信号を減衰させる機能を有する背面負荷材25とを有する。圧電素子21はPZT系などの圧電セラミック、単結晶などが用いられる。接地電極22と信号用電極23は、金や銀を蒸着、スパッタリングしたり、銀を焼き付けるなどで圧電素子21の上面、背面にそれぞれ形成される。

【0043】

図5に示すように、圧電素子21及び音響整合層28の短軸方向Xでは、第1、第2の実施の形態と違って幅Wを変えていないが、短軸方向Xの構造が第1、第2の実施の形態と異なる。すなわち、圧電素子21と音響整合層28は短軸方向Xに複数の分割溝27bで分割される。分割数は11個であるが目的に応じて分割数が適時決められる。圧電素子21と同じに分割された信号用電極23からはそれぞれ信号用電気端子24で取り出されることになる。一方、図5に示すように音響整合層28は、短軸方向Xの中心部を配列方向Yに溝27で6分割しており、これが両端部に行くに従って段階的に分割数を減らしていく構成としている。

【0044】

図7、図8は音響整合層28の溝27の構成を説明するために、それぞれ図5中の線C-C'と線D-D'の断面図を示している。図7は音響整合層28の6分割した中央部を示し、図8はこの中央部から2つ隣の4分割した部分を示している。これらの音響整合層28の溝27の内部は、空気の状態が最も望ましいが、超音波探触子を構成する上で困難な場合には、柔らかい樹脂、例えばシリコンゴムやウレタンゴムあるいはこれらの樹脂に無機物などの粉体を充填したものをを用いてもよい。ここで音響整合層28に設けた溝27は圧電素子21の一部まで設けてもよい。

【0045】

以上のような構成にすることにより、圧電素子21がX方向中心部では高い周波数、そして両端部に行くに従って低い周波数を有する超音波の送受信を行うときに、圧電素子21の短軸方向Xにおける幅は同じであるが、音響整合層28の分割数を周波数が高い部分ほど多くしているため指向性は低くなる。これは圧電素子21を分割しなくとも音響整合層28を分割することで指向性を低くできることを利用したものである。したがって、X方向の中心部と両端部の指向特性が違って、中心部が高くなるという問題を解決することができる。

【0046】

つまり、この超音波探触子の指向特性は、圧電素子21の幅と共に音響整合層28の幅、若しくは分割数にも関係することに注目し、音響整合層28のY方向の分割数をX方向中心に向かって増やすことにより、より点音源に近づけ、指向性を低くするようにしている。本実施の形態では、中心部は高い周波数であるため指向性が高いので、これを低くするために音響整合層28のX方向の中心部の分割数を最も多くし、両端部に行くに従って段階的に音響整合層28の分割数を減らしていく構成にすることにより、ほぼ同一の指向

特性を得ることが可能となる。さらに、短軸方向 X に圧電素子 2 1 と音響整合層 2 8 を分割し、それぞれから信号用電気端子 2 4 を取り出しているため、電氣的な切り替えあるいは位相制御によって超音波ビームを制御することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

したがって、圧電素子 2 1 の X 方向の中心付近の高い周波数成分を持つところも指向性を低くすることができるため、多くの圧電素子 2 1 の配列数を使用して自由に位相制御できることになり、超音波ビームを細く絞ることができ、また、超音波ビームを偏向することができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

また、第 3 の実施の形態では、圧電素子 2 1 として P Z T などの圧電セラミックや単結晶を用いた構成について説明したが、圧電素子 2 1 として圧電セラミックと有機高分子を複合したいわゆる複合圧電体を用いた超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。また、第 3 の実施の形態では、圧電素子 2 1 の配列方向 Y の幅 W は、X 方向にほぼ同一にした場合について説明したが、このほか、X 方向中心部が狭く両端部に行くに従って広くしたり、圧電素子 1 1 として圧電セラミックと有機高分子を複合したいわゆる複合圧電体を用いた超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。

【 0 0 4 9 】

< 第 4 の実施の形態 >

次に、本発明の第 4 の実施の形態の超音波探触子を図 1、図 2 を参照して説明する。第 4 の実施の形態の構成は、第 1 の実施の形態と同じ構成であるので説明は割愛し、ここでは第 4 の実施の形態の機能、作用を主に説明する。一方、圧電素子 1 の短軸方向 X に複数の分割溝 7 b を設け分割する。図 1 では 5 分割している状態を示すが目的に応じて分割数を設定すればよい。圧電素子 1 の分割溝 7 b はダイシングマシンなどの機械加工により容易に形成することができる。なお、接地電極 2 は圧電素子 1 に分割溝 7 b を設け、分割溝 7 b に充填材を充填した後に設けてもよい。

【 0 0 5 0 】

また、信号用電極 3 は圧電素子 1 と共に分割溝 7 b によって分割され、また図 2 に示すように背面負荷材 5 の一部の深さまで分割されており、前記分割された信号用電極 3 からはそれぞれに信号用電気端子 4 を取り出す構成としている。信号用電気端子 4 を取り出したあとの端子の接続については目的によって変わってくるが、ここでは、中心の信号用電気端子 4 を対称にした接続の構成を示している。このような構成は、圧電素子 1 が 2 次元的に複数個配列したタイプでありいわゆる 2 次元アレイといわれるものである。

【 0 0 5 1 】

また、図 2 に示すように圧電素子 1 の厚み T が X 方向の位置によって異なり、中心部付近の圧電素子 1 の厚み T は最も薄く T min として、両端部に行くに従って厚みが厚くなり両端部では T max となる形状にしている。このように複数個に配列した圧電素子 1 の短軸方向 X に対しては、圧電素子 1 の厚み T が最も薄い中心部は高い周波数成分が送受信でき、両端部に行くに従って圧電素子が厚くなるので周波数が低い成分での送受信ができることにより、超音波ビームの焦点深度を長くし、かつ広帯域の周波数特性が得られる。一方、それぞれの周波数に対応して圧電素子 1 の幅 W が X 方向に W min から W max まで異なるので、X 方向の位置に応じて指向性を変えることができたり、あるいは同じような特性を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

第 4 の実施の形態では、圧電素子 1 の厚み T min ~ T max と幅 W min ~ W max が連続的に異なるものについて、圧電素子 1 の幅 W と厚み T の比 W / T を変えている。一方、この圧電素子 1 の W / T は既に公知であるように、圧電素子 1 の電気機械結合係数 k は高い値ほど感度が高く、また周波数の比帯域も広くすることができる。これは W / T と大きく関係しており、P Z T - 5 H 相当の圧電セラミック材料では W / T が 0 . 5 ~ 0 . 6 付近で最も電気機械結合係数 k が高くなる。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

したがって、圧電素子 1 の X 方向中心部付近で最も厚み T が薄いので、この厚み T に対応して W/T が 0.5 ~ 0.6 になるような幅 W に設定し、さらに両端部に行くに従って圧電素子 1 の厚み T が厚くなるので、所定の範囲の値として W/T が 0.5 ~ 0.6 の幅の値になるように徐々に広く変化していくようにすることが望ましい。このことにより、電気機械結合係数 k がどの領域においても同一になるので良好な特性（周波数特性感度）を得ることができる。さらに配列方向 Y に対して直交する方向 X で圧電素子 1 の厚み T を変えて周波数を変化させているものでは、中心部から両端部まで同じ圧電素子 1 の幅 W にすると、圧電素子 1 の中心部の薄いところでの W/T は大きくなる。 W/T が 0.6 を超えてくると、幅方向 Y でも振動するのでこの周波数が厚み方向 Z の振動周波数に近くなると周波数特性に悪影響する。本実施の形態はこのような幅方向 Y の振動周波数の悪影響も低減できる構成となっている。

10

【0054】

以上のような構成にすると、圧電素子 1 の X 方向中心付近の高い周波数成分を持つところも指向性を低く、かつ圧電素子 1 の電気機械結合係数 k として高い値を有することができる、さらには幅振動の周波数の影響も低減できるため、高い感度で広い周波数帯域を持ち、さらには超音波ビームを細く絞ることができるため、分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。さらに、圧電素子 1 を短軸方向 X に分割し、それぞれの圧電素子 1 から信号用電気端子 4 を取り出しているため、電氣的に切り替えて圧電素子 1 からの超音波の送受信を変えることもでき、更に分解能の高い超音波画像を提供する超音波探触子を得ることができる。

20

【0055】

なお、第 4 の実施の形態では、圧電素子 1 の厚み $T_{min} \sim T_{max}$ と幅 $W_{min} \sim W_{max}$ が連続的に変化しているものについて説明したが、このほか圧電素子 1 の厚み $T_{min} \sim T_{max}$ と幅 $W_{min} \sim W_{max}$ の両方を段階的に変化させたり、若しくは厚み T のみ、あるいは幅 W のみを段階的に変化させても同様の効果が得られる。

【0056】

< 第 5 の実施の形態 >

本発明の第 5 の実施の形態の超音波探触子を図 9、図 10 に示す。図 9、図 10 において、この超音波探触子は、Z 方向に超音波を送受信するために Y 方向に複数配列され、X 方向に複数分割された圧電素子 31 と、圧電素子 31 の上面に設けられた共通の接地電極 32 と、個々の圧電素子 31 の背面にそれぞれ設けられた複数の信号用電極 33 と、複数の信号用電極 33 からそれぞれ信号を取り出す複数の信号用電気端子 34 と、圧電素子 31 の背面を機械的に保持し、かつ必要に応じて不要な超音波信号を減衰させる機能を有する背面負荷材 35 とを有する。圧電素子 31 は PZT 系などの圧電セラミック、単結晶などが用いられる。接地電極 32 と信号用電極 33 は、金や銀を蒸着、スパッタリングしたり、銀を焼き付けるなどで圧電素子 31 の上面、背面にそれぞれ形成される。

30

【0057】

また図 9 において、圧電素子 31 のピッチ 36 は必要に応じて決め、配列した圧電素子 31 の溝 37 には第 1 の実施の状態と同様にシリコンゴム、ウレタンゴムなどの材料及びそれらの材料に無機若しくは無機物の粉体を混入した材料を充填する。また圧電素子 31 は、短軸方向 X に分割溝 37b で分割（ここでは 5 分割）しており、圧電素子 31 と同一に信号用電極 33 も X 方向に分割されており、前記分割された信号用電極 33 からはそれぞれ信号用電気端子 34 で取り出されている構成となっている。

40

【0058】

また、本実施の形態と第 1 の実施の形態との違いは、図 10 に示すように圧電素子 31 が短軸方向 X に対してほぼ均一の厚み T を有している点である。圧電素子 31 の厚み T が均一であるということは、短軸方向 X でほぼ同じ周波数の超音波が送受信することになるが、同じ周波数を有しても圧電素子 31 の幅 W を変えることによって圧電素子 31 の X 方向の位置に応じて指向性を変えることができる。図 10 では圧電素子 31 の幅 W は、X 方向中心部では最小の幅 W_{min} にし、両端部に行くに従って幅 W は広がっていくように構

50

成し、両端部で圧電素子 3 1 の幅 W は最大値 W_{max}にしている。

【 0 0 5 9 】

このような構成にすることにより、圧電素子 3 1 の短軸方向 X の指向性は、中心部は最も指向性が低くなり、両端部に行くに従い徐々に高くなっていくという特性を有することになる。一方、圧電素子 3 1 の配列方向 Y での電子的な遅延制御による超音波ビームは、任意の距離（深さ）で絞ることができるが、圧電素子 3 1 から距離が遠い（深い）領域ではそれほど指向性が低くなくとも超音波ビームを絞ることができるが、近い距離では指向性が大きく影響して超音波ビームの絞り度合いも変わってくるので、指向性が低い特性のものが要望される。本実施例では、圧電素子 3 1 の短軸方向 X の中心部付近が最も指向性が低くなっているため近い距離に電子制御で超音波ビームを絞るときに寄与するのが最も大きく、両端部に行くに従って寄与度は少なくなる。したがって、圧電素子 3 1 の短軸方向 X では中心部の領域付近の小さい開口での超音波ビームの制御となるため、近距離領域は分解能の高い超音波画像を得ることができる。

10

【 0 0 6 0 】

また、第 5 の実施の形態では、接地電極 3 2 の上面には何も設けていない構成について説明したが、接地電極 3 2 の上面に 1 層以上の音響整合層を形成した超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。また、第 5 の実施の形態では、圧電素子 3 1 として P Z T などの圧電セラミックや単結晶を用いた構成について説明したが、このほか、圧電素子 3 1 として圧電セラミックと有機高分子を複合したいわゆる複合圧電体を用いた超音波探触子の構成にしても同様の効果が得られる。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 1 】

本発明の超音波探触子は、分解能の高い超音波画像を得ることができるので、医療などの超音波診断や検査に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 2 】

【図 1】本発明の第 1 及び第 4 の実施の形態における超音波探触子の概略を示す上面図

【図 2】図 1 中の線 A - A ' に沿った側面断面図

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態における超音波探触子の概略を示す上面図

30

【図 4】図 3 中の線 B - B ' に沿った側面断面図

【図 5】本発明の第 3 の実施の形態における超音波探触子の概略を示す上面図

【図 6】図 5 の側面断面図

【図 7】図 5 中の線 C - C ' に沿った側面断面図

【図 8】図 5 中の線 D - D ' に沿った側面断面図

【図 9】本発明の第 5 の実施の形態における超音波探触子の概略を示す上面図

【図 10】図 9 中の線 E - E ' に沿った側面断面図

【図 11】従来の超音波探触子の概略を示す斜視図

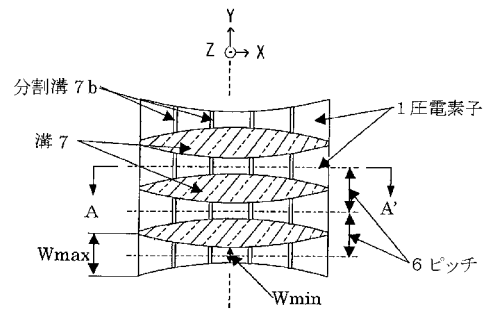
【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

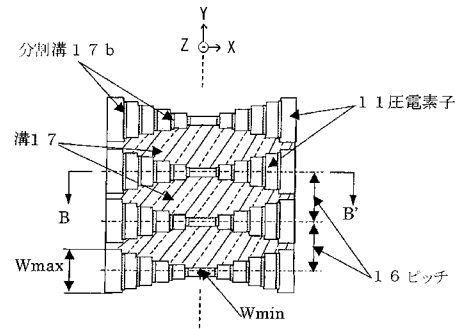
40

- 1、1 1、2 1、3 1 圧電素子
- 2、1 2、2 2、3 2 接地電極
- 3、1 3、2 3、3 3 信号用電極
- 4、1 4、2 4、3 4 信号用電気端子
- 5、1 5、2 5、3 5 背面負荷材
- 6、1 6、2 6、3 6 ピッチ
- 7、1 7、2 7、3 7 溝
- 7 b、1 7 b、2 7 b、3 7 b 分割溝
- 2 8 音響整合層

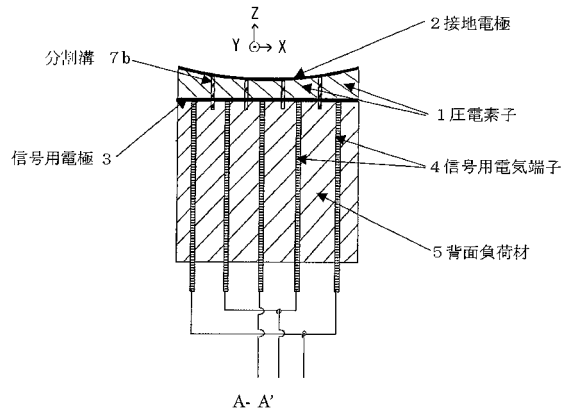
【図 1】



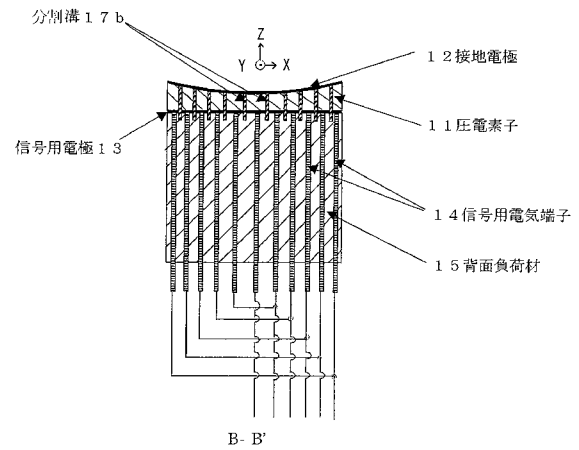
【図 3】



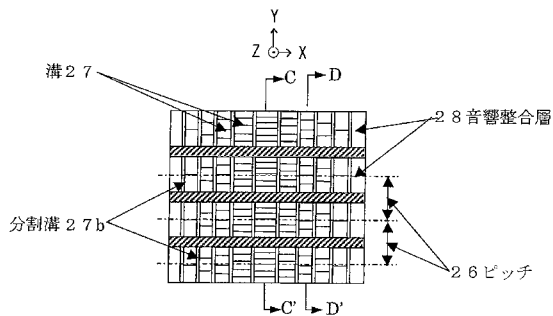
【図 2】



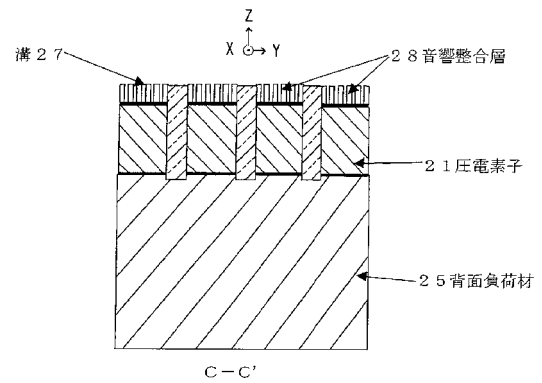
【図 4】



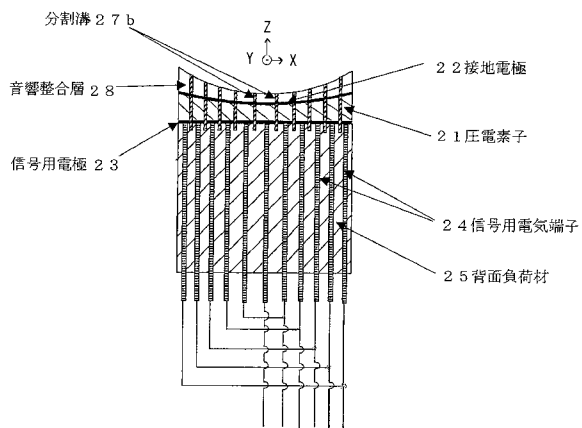
【図 5】



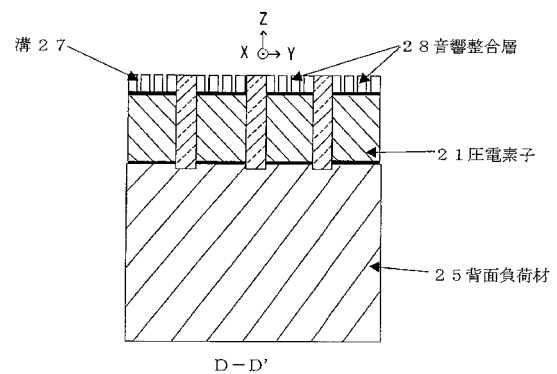
【図 7】



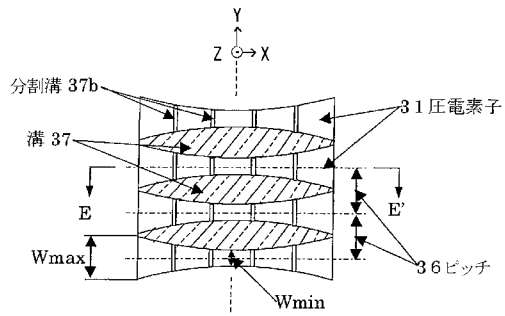
【図 6】



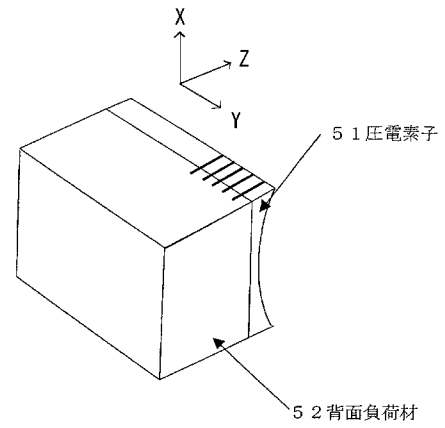
【図 8】



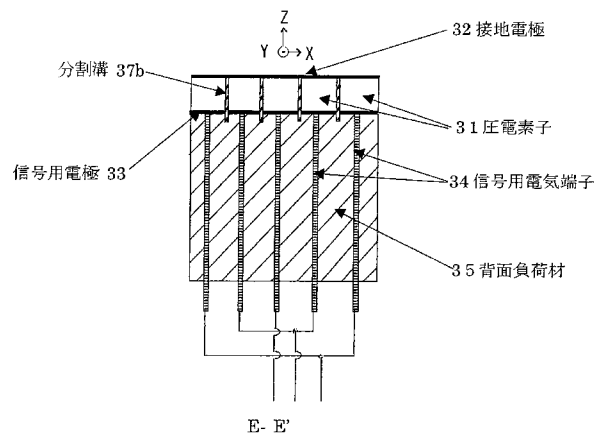
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07-107595(JP,A)
特開平11-155857(JP,A)
特表2005-502437(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 17/00
A61B 8/00
G01N 29/24

专利名称(译)	超音波探触子		
公开(公告)号	JP4424958B2	公开(公告)日	2010-03-03
申请号	JP2003344197	申请日	2003-10-02
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
[标]发明人	齐藤孝悦		
发明人	齐藤 孝悦		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	H04R17/00.332.Y H04R17/00.332 A61B8/00 G01N29/24.502		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/EA01 2G047/EA10 2G047/GB02 2G047/GB13 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB24 2G047/GB29 2G047/GB30 4C601/EE01 4C601/EE09 4C601/GB06 4C601/GB07 4C601/GB19 4C601/GB26 4C601/GB30 4C601/GB32 5D019/AA01 5D019/BB14 5D019/FF04		
其他公开文献	JP2005110171A5 JP2005110171A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：使超声波方向性在与压电器件的排列方向正交的方向上成为期望的特性。
 SOLUTION：在压电器件1沿Y方向排列并沿与阵列方向Y正交的方向X分开的配置中，配置超声波探头，使得压电器件的阵列方向Y的宽度W最窄。与阵列方向Y正交的方向X的中心部分和宽度W朝向两端变宽，使得X方向上的超声方向性表现出期望的特性。

【图 2】

