

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4990272号  
(P4990272)

(45) 発行日 平成24年8月1日(2012.8.1)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>HO 4 R 17/00 (2006.01)</b>	HO 4 R 17/00 3 3 2 A
<b>A 6 1 B 8/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 8/00
	HO 4 R 17/00 3 3 0 J
	HO 4 R 17/00 3 3 0 H
	HO 4 R 17/00 3 3 0 K
請求項の数 11 (全 25 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2008-513299 (P2008-513299)  
 (86) (22) 出願日 平成19年4月27日 (2007.4.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/059221  
 (87) 国際公開番号 W02007/126069  
 (87) 国際公開日 平成19年11月8日 (2007.11.8)  
 審査請求日 平成22年3月3日 (2010.3.3)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-125536 (P2006-125536)  
 (32) 優先日 平成18年4月28日 (2006.4.28)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100105050  
 弁理士 鷺田 公一  
 (72) 発明者 斉藤 孝悦  
 愛媛県東温市南方2131番地1 パナソ  
 ニック四国エレクトロニクス株式会社内  
 審査官 富永 昌彦

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】

所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、  
 前記圧電素子の一方の面上に設けられた少なくとも2層以上の音響整合層と、  
 前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、  
 前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも第1の音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を前記圧電素子の配列方向に分離した超音波探触子であって、  
 前記音響整合層側と反対側から、前記圧電素子および前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも前記圧電素子上の前記第1の音響整合層の一部を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の溝と、  
 前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体は、  
 前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割した前記複数の溝を利用して曲面形状に変形させて形成する、  
 超音波探触子。

【請求項 2】

所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、  
 前記圧電素子の一方の面上に設けられた少なくとも2層以上の音響整合層と、  
 前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、

前記圧電素子のもう一方の面側に設けられた背面負荷材と、  
前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも第1の音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を前記圧電素子の配列方向に分離した超音波探触子であって、  
前記圧電素子の一方の面上に設けられた前記第1の音響整合層の面上に設けられた接地用導体と、  
前記接地用導体上に設けられた第2の音響整合層と、  
前記第1の音響整合層側と反対側から、前記圧電素子および前記第1の音響整合層の一部若しくは全部を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の溝と、  
前記2層以上の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体は、  
前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割した前記複数の溝を利用して前記背面負荷材に設けた曲面上に沿わせて曲面形状に変形させて形成する、  
 超音波探触子。

10

## 【請求項3】

前記2層以上の音響整合層が3層である、請求項1または2記載の超音波探触子。

## 【請求項4】

前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に前記分割した複数の溝は、前記第1の音響整合層に対して、前記圧電素子側の面と、前記圧電素子側と反対側の面との両方を貫通するように設けられている、請求項1記載の超音波探触子。

## 【請求項5】

前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を支持する背面負荷材、をさらに有し、

20

前記背面負荷材は、前記圧電素子側の表面が前記圧電素子の長さ方向に曲面形状に形成されている、請求項1記載の超音波探触子。

## 【請求項6】

前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に前記分割した複数の溝が設けられた前記圧電素子および前記音響整合層は、前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に厚さが変化している、請求項1または2記載の超音波探触子。

## 【請求項7】

前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体は、前記圧電素子の長さ方向に凹面形状に形成されている、請求項1記載の超音波探触子。

30

## 【請求項8】

前記第1の音響整合層は、導体または一部が導体である、請求項1記載の超音波探触子。

## 【請求項9】

前記第1の音響整合層を除く前記音響整合層は、曲面形状に対応できる柔軟性を有する材料で形成されている、請求項1記載の超音波探触子。

## 【請求項10】

前記音響整合層のうち少なくとも最上位に積層された音響整合層の材料は、ゴム弾性体で音速が $1650\text{ m/s}$ 以下の値を有する材料である、請求項1または2記載の超音波探触子。

40

## 【請求項11】

前記第3の音響整合層の材料は、ゴム弾性体で音速が $1650\text{ m/s}$ 以下の値を有する材料である、請求項3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、生体などの被検体に当てて超音波を発信することにより被検体の診断情報を得るために使用される超音波探触子に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

超音波診断装置は、超音波を人間や動物などの生体の被検体内に照射し、被検体内で反射されたエコーを検出して生体内組織の断層像などをモニタに表示することにより、被検体の診断に必要な情報を提供する。この際、超音波診断装置は、被検体内への超音波の送信と、被検体内からの反射エコーの受信のために超音波探触子を利用している。

【0003】

図1は、このような超音波探触子の一例を示している。図1において、超音波探触子10は、被検体(図示せず)との間で超音波を送受信するべく、一方向(X方向)に配列された複数個の圧電素子11と、圧電素子11の被検体側の前面(同図の上方)に設けられる1層以上(同図では2層)からなる音響整合層12(12a、12b)と、この音響整合層12の被検体側表面に設けられる伝搬媒体13と、圧電素子11に対して音響整合層12の反対側となる背面に設けられる背面負荷材14とから構成されている。圧電素子11の前面と背面には、それぞれ図示しない電極が配置されている。この電極および電気端子15を介して、圧電素子11に電気信号が与えられる。圧電素子11は、音響整合層12側から複数個の溝が形成され、配列方向(X方向)と直交する一方向(Y方向)に対して凹面形状に形成されている(例えば、特許文献1参照)。

10

【0004】

圧電素子11は、PZT系などの圧電セラミックスや、圧電単結晶などによって形成され、加えられた電圧を超音波に変換して被検体内に送信し、被検体内で反射したエコーを受信して電気信号に変換する。図示の例では、X方向に複数の圧電素子11が配列されている。このように圧電素子11を複数個配列することにより、超音波を電子的に走査して偏向または集束することができ、いわゆる電子走査が可能となる。

20

【0005】

音響整合層12は、超音波を効率良く被検体内に送受信するために設けられている。より具体的には、音響整合層12は、圧電素子11の音響インピーダンスを段階的に被検体の音響インピーダンスに近づける役割を果たす。

【0006】

図示の例では、圧電素子11および音響整合層12を被検体側に対して凹面形状に形成しているため、超音波ビームを絞る機能を有しているが、形状が凹面ということで被検体との密着性が不十分になるため、この不十分さを解消する役割も含めて伝搬媒体13を設けた構成にしている。伝搬媒体13はオプション要素であり、必要に応じて設けられる。

30

【0007】

背面負荷材14は、圧電素子11に結合されてこれを保持し、さらに不要な超音波を減衰させる役割を果たす。なお、本明細書では、図のX方向を「(圧電素子の)配列方向」、Y方向を「(圧電素子の)幅方向」、Z方向を「(圧電素子の)厚さ方向」とも呼ぶものとする。

【特許文献1】特表平8-506227号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

電子走査型の超音波診断装置は、複数個配列した圧電素子を任意の群にして個々の圧電素子に一定の遅延時間を与えて駆動し、圧電素子から被検体内に超音波の送信と受信を行う。このような遅延時間を与えることで、超音波ビームが収束または拡散され、広い視野幅または高分解能の超音波画像を得ることができる。この構成は、一般的なシステムとして既に知られている。近年、基本周波数に対して2次または3次の高調波周波数成分を利用して超音波診断装置の診断画像の分解能を高める方式が用いられているために、超音波探触子の高感度化と周波数の広帯域化が極めて重要である。周波数の広帯域化の一方法として、特許文献1に示すような圧電素子として、圧電セラミックスと高分子を複合した複合圧電体を用いる方法がある。また、高感度化の一方法として、シリコンゴムなどの音響レンズの減衰を低減する方法があり、この方法として、特許文献1に示すように、圧電素子を凹面の形状にして、その凹面部に減衰の小さいポリウレタンポリマーなどを設ける

40

50

方法がある。

【0009】

しかしながら、このような従来の構成においては、配列された圧電素子11の電極から引き出している電気端子15が圧電素子11の電極の一部とのみ接続されているため、圧電素子11が機械的な衝撃で割れたりすると、電気端子15との接続が断線する場合があります、信頼性(品質)に課題がある。また、上記従来の構成においては、圧電セラミックスと高分子の複合圧電体および2層の音響整合層を設けてそれぞれ凹面形状にした構成を採るため、使用可能な材料が柔軟な材料に限定され、周波数の広帯域化が制限されてくる。なお、この構成においてさらに広帯域化を図る場合には、複合圧電体において圧電セラミックスの占める割合を少なくして音響インピーダンスを下げる方法も考えられるが、この場合、複合圧電体の誘電率が小さくなり、結果として電気インピーダンスが大きくなるため、感度が低下するという課題が出てくる。

10

【0010】

本発明は、品質が高く、高感度でかつ広帯域の特性を得ることができ、高分解能の超音波画像を得ることができ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】

【0011】

本発明の超音波探触子は、所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた少なくとも2層以上の音響整合層と、前記圧電素子および前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも前記圧電素子上の第1の音響整合層に設けられ、少なくとも前記圧電素子を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の第1の溝と、前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも前記第1の音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を前記圧電素子の配列方向に分離する複数の第2の溝と、を有し、前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体は、前記圧電素子の長さ方向に曲面形状に形成されている、構成を採る。

20

【0012】

本発明の超音波探触子は、所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた少なくとも2層以上の音響整合層と、前記音響整合層の側と反対側から、前記圧電素子および前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも前記圧電素子上の第1の音響整合層に設けられ、少なくとも前記圧電素子を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の第1の溝と、前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を支持する背面負荷材と、前記2層以上の音響整合層のうち少なくとも前記第1の前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体を前記圧電素子の配列方向に分離する複数の第2の溝と、を有し、前記音響整合層、前記圧電素子および前記信号用導体は、前記圧電素子の長さ方向に曲面形状に形成されている、構成を採る。

30

【0013】

本発明の超音波探触子は、所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた第1の音響整合層と、前記第1の音響整合層上に設けられた接地用導体と、前記接地用導体上に設けられた第2の音響整合層と、前記圧電素子および少なくとも前記第1の音響整合層に設けられ、少なくとも前記圧電素子を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の第1の溝と、前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、前記2層の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体を支持する背面負荷材と、前記2層の音響整合層のうち少なくとも前記第1の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体を、前記圧電素子の配列方向に分離する複数の第2の溝と、を有し、前記2層の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体は、前記圧電素子の長さ方向に曲面形状に形成されている、構成を採る。

40

50

## 【 0 0 1 4 】

本発明の超音波探触子は、所定の方向に複数個配列され、超音波を送受信する両面に電極が設けられた圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた第1の音響整合層と、前記第1の音響整合層上に設けられた接地用導体と、前記接地用導体上に設けられた第2の音響整合層と、前記第2の音響整合層上に設けられた第3の音響整合層と、前記圧電素子および少なくとも前記第1の音響整合層に設けられ、少なくとも前記圧電素子を前記圧電素子の配列方向と直交する長さ方向に分割する複数の第1の溝と、前記圧電素子の前記一方の面と反対側の面上に設けられた信号用導体と、前記3層の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体を支持する背面負荷材と、前記3層の音響整合層のうち少なくとも前記第1の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体を、前記圧電素子の配列方向に分離する複数の第2の溝と、を有し、前記3層の音響整合層、前記接地用導体、前記圧電素子および前記信号用導体は、前記圧電素子の長さ方向に曲面形状に形成されている、構成を採る。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 5 】

本発明によれば、品質を向上することができ、高感度でかつ広帯域の特性を得ることができ、高分解能の超音波画像を得ることができる。

## 【 0 0 1 6 】

すなわち、圧電素子および第1の音響整合層に対して圧電素子の配列方向（X方向）と直交する長さ方向（Y方向）に複数の溝を設けるとともに、圧電素子の厚さ方向（Z方向）背面に信号用導体を設けて、音響整合層、圧電素子および信号用導体をY方向に曲面形状に形成するため、高信頼性、高感度化、広帯域化および高分解能を得ることができる。

20

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 1 7 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

## 【 0 0 1 8 】

（実施の形態1）

図2Aは、本発明の実施の形態1に係る超音波探触子の部分概略斜視図である。図2Bは、図2Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図である。

## 【 0 0 1 9 】

図2Aおよび図2Bに示す超音波探触子100は、一方向（X方向）に配列された複数の圧電素子110と、各圧電素子110に対して被検体側（同図の上方）となる厚さ方向（Z方向）前面に配置された2層の音響整合層120（121、122）と、必要に応じて圧電素子110に対して音響整合層120（121、122）側とは反対側となる厚さ方向（Z方向）背面（同図の下方）に配置された背面負荷材140と、必要に応じて音響整合層120（121、122）上に配置された伝搬媒体130とから構成されている。これら各構成要素のそれぞれの機能は、図1に示す従来技術で説明したものと同様である。

30

## 【 0 0 2 0 】

圧電素子110の厚さ方向（Z方向）の前面には接地電極（図示せず）が、背面には信号用電極（図示せず）がそれぞれ設けられている。両電極は、金や銀の蒸着もしくはスパッタリング、または銀の焼き付けなどにより、圧電素子110の前面および背面にそれぞれ形成される。

40

## 【 0 0 2 1 】

以下、超音波探触子100の構成について、さらに詳細に説明する。

## 【 0 0 2 2 】

圧電素子110は、PZT系のような圧電セラミックスや、PZN-PT、PMN-PT系のような圧電単結晶などの材料を用いて形成される。第1の音響整合層121および第2の音響整合層122は、このような材料の圧電素子110に設けられた接地電極（図示せず）側に設けられる。圧電素子110および第1の音響整合層121には、圧電素子1

50

10の、第1の音響整合層121を設けた側とは反対側の面から、X方向に沿って、本発明の第1の溝としての溝160が複数個設けられる。この溝160は、例えば、ダイシングマシンなどの装置を用いて設けられる。この溝160は、圧電素子110のZ方向の両面（前面と背面）を貫通して圧電素子110を完全に分割しているが、第1の音響整合層121についてはZ方向の両面のうち一方の面のみ貫通している。すなわち、溝160は、第1の音響整合層121については、圧電素子110側の面から、圧電素子110側とは反対側に位置する部分の一部を残すように設けられる。

#### 【0023】

ここで、第1の音響整合層121の一部を残す理由は、分割された圧電素子110の接地電極からの電気端子（図示せず）の取り出しをY方向の一端でのみ行うためである。この理由により、第1の音響整合層121は、電気的な導体であることが必要になる。したがって、第1の音響整合層121は、例えば、グラファイトや、高分子に金属の粉体を充填して導体（例えば、導電性接着剤など）にした材料を用いるとよい。もちろん、第1の音響整合層121は、音響インピーダンスの値が、圧電素子110と被検体（生体）の間の値を有することが必要である。

10

#### 【0024】

また、圧電素子110および第1の音響整合層121に設ける溝160の間隔は、等間隔でもランダムの間隔でもよい。しかし、圧電素子110の材料、例えば、PZT系の圧電セラミックスは、使用する厚み縦振動モード以外にも、不必要な幅振動モードが発生し、この幅振動モードは周波数特性などに悪影響を及ぼす。このため、幅振動モードの周波数が使用する周波数領域外になるように圧電セラミックスの幅は狭く、つまり溝160の間隔は狭くしておくことが必要である。

20

#### 【0025】

また、PZT系の圧電セラミックスを用いて圧電素子110を形成し、この圧電素子110に溝160を設け、この溝160にエポキシ樹脂やウレタン樹脂などの高分子材料を充填することにより、圧電素子110は、圧電セラミックスと高分子材料を複合した複合圧電体としての機能を有することになる。すなわち、圧電素子110は、溝160の部分に音響インピーダンスが小さい高分子材料を充填することにより、音響インピーダンスを圧電セラミックスよりも小さくすることができ、被検体の音響インピーダンスに近づけることができる。これにより、周波数の広帯域化が可能となる。この複合圧電体は、圧電セラミックスと高分子材料の体積比率を変えることで、音響インピーダンスの値を変えることができる。

30

#### 【0026】

一方、複合圧電体の誘電率は、高分子材料の誘電率が圧電セラミックスの誘電率よりも極めて小さいため、圧電セラミックスの体積比率が小さくなると、複合圧電体としての誘電率は小さくなって、電気的なインピーダンスは大きくなる。この結果、接続する超音波診断装置本体またはケーブルとの不整合が生じて、感度の低下に影響してくる。したがって、一般的には、複合圧電体の圧電セラミックスの体積比率は50～75%の範囲が用いられる。

#### 【0027】

また、第1の音響整合層121も、圧電素子110と同様に、溝160を設け、この溝160に高分子材料を充填しているため、複合体となり、音響インピーダンスが変化（低下）する。このため、この低下分を考慮して第1の音響整合層121の材料を選択する必要がある。

40

#### 【0028】

分割された圧電素子110および第1の音響整合層121の溝160に高分子材料（例えば、エポキシ樹脂）を充填する際には、信号用の電気端子（以下「信号用導体」という）150を、曲面形状に形成された背面負荷材140に押圧しながら、圧電素子110、第1の音響整合層121および第2の音響整合層122も含めて曲面形状に形成する。

#### 【0029】

50

なお、本実施の形態では、図 2 A および図 2 B に示すように、背面負荷材 1 4 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を被検体側に対して凹面の曲面形状に形成して超音波を収束させるように構成しているが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、超音波を拡散させるような凸面形状にしてもよい。

#### 【 0 0 3 0 】

ここで、圧電セラミックスの圧電素子 1 1 0 や、グラファイトまたはグラファイトなどに金属の粉体を充填した材料の第 1 の音響整合層 1 2 1 は、元来曲面形成可能な柔軟性がないため、曲面形成を行うためには、予め曲面形状に加工したものを用意しておく必要があり、精度良く形成することが難しい。このため、溝 1 6 0 を設けることによって曲面形成可能な構成にしたのが本実施の形態の一つのポイントである。また、第 2 の音響整合層 1 2 2 には、エポキシ樹脂やポリイミドなどの曲面形成可能な柔軟性を有する高分子フィルムを用いるとよい。

10

#### 【 0 0 3 1 】

また、信号用導体 1 5 0 は、圧電素子 1 1 0 を設ける領域をパターンニングしない全面導体で構成し、圧電素子 1 1 0 の Y 方向の両側に引き出した部分のみをパターンニングした構成にするとよい。また、信号用導体 1 5 0 は、銅のような金属材料を用い、厚さは 1 0 マイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) 前後でよい。また、銅などの金属導体単体では取り扱いで強度的に弱い場合には、1 0 ~ 2 5 マイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) 程度の厚さのポリイミドフィルムを設けた構成にしてもよい。このような信号用導体 1 5 0 は、柔軟性があるため、溝 1 6 0 を設けて分割した圧電素子 1 1 0 の信号用電極とは曲面形状であっても良好に密着して電気的な導通をとることができる。また、このような信号用導体 1 5 0 を用いることにより、圧電素子 1 1 0 が割れても、信号用導体 1 5 0 は柔軟性があるため断線することがなく、信頼性 (品質) が高くなる。これは、特許文献 1 に示すように電気端子を圧電素子の電極の一部とのみ接続した構成に比べて、外部からの機械的な衝撃により圧電素子が割れて電極が分割されて断線するなどの課題を解決することができる構成である。

20

#### 【 0 0 3 2 】

曲面形成の曲率は、超音波の焦点距離をどこに設定するかによって変更可能である。また、形成する曲面は、単一の曲率半径を有する曲面でもよいし、図 2 A および図 2 B の Y 方向に対して曲率半径を徐々に変化させた曲面にしてもよい。

#### 【 0 0 3 3 】

音響整合層 1 2 0 (第 1 の音響整合層 1 2 1、第 2 の音響整合層 1 2 2)、圧電素子 1 1 0 および信号用導体 1 5 0 は、本発明の第 2 の溝としての複数の分割溝 1 8 0 によって複数個の圧電素子列に分割されている。すなわち、本実施の形態では、曲面形状に形成された背面負荷材 1 4 0 に、信号用導体 1 5 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を押圧して、これらを曲面形状に形成した後、X 方向 (Y 方向と直交する方向) に、信号用導体 1 5 0 のパターンに沿って、第 2 の音響整合層 1 2 2、第 1 の音響整合層 1 2 1、圧電素子 1 1 0、信号用導体 1 5 0 および背面負荷材 1 4 0 の一部を上記複数の分割溝 1 8 0 によって複数個の圧電素子列に分割する。この方向が電子走査の方向である。複数の分割溝 1 8 0 には、溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂のような材料よりも硬度が低いシリコンゴムのような材料を充填する。

30

40

#### 【 0 0 3 4 】

溝 1 6 0 に充填する材料については、Y 方向に配列された複数の圧電体 (溝 1 6 0 によって分割された圧電素子 1 1 0 の各部分) は一体に同位相で振動させるため、Y 方向のそれぞれの圧電体は振動が溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂などの充填材を介して漏れても問題ないため、溝 1 6 0 の充填材は硬度的には高くてもよい。しかし、X 方向に分割した複数個の圧電素子 1 1 0 列については、各圧電素子 1 1 0 に信号用導体 1 5 0 を介して電気信号を与える際に、それぞれ遅延をかけて電気信号を位相制御して超音波を偏向または収束させるために、圧電素子 1 1 0 間における超音波振動の漏れを小さくすることが必要になってくる。そのため、信号用導体 1 5 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を X 方向に分割する分割溝 1 8 0 の充填材は、圧電素子 1

50

10をY方向に分割する溝160の充填材よりも硬度が低くて振動が伝達しにくい材料にすることが必要である。

【0035】

また、圧電素子110（より厳密には個々の圧電体）は、図2Aおよび図2BのX方向とY方向にそれぞれ分割されて柱状になっているが、これら両方向の分割間隔はほぼ同じにするとよい。前述したように、圧電素子110の圧電セラミックスは、不要な幅振動モードが発生し、圧電セラミックスの幅を幅振動モードが発生する幅にすると、使用する周波数特性に悪影響（例えば、周波数帯域が狭くなる）を及ぼすために、幅振動モードの周波数を使用周波数帯から外すようにすることが必要である。これはX方向でも同じである。したがって、Y方向と同じように圧電素子110のX方向の分割間隔を

10

【0036】

最後に、必要に応じて第2の音響整合層122上に伝搬媒体130が設けられる。伝搬媒体130としては、音響インピーダンスが生体に近い値を有しかつ超音波減衰係数が小さいウレタン樹脂やブタジエンゴム、シリコンゴムなどを用いるとよい。また、伝搬媒体130の音速が生体の音速と異なる場合には、境界で超音波が屈折するため、この屈折も考慮して、第2の音響整合層122の曲面形状を考慮して超音波の焦点距離を設定することが必要になる。

【0037】

このように、本実施の形態によれば、溝160を設けこれを利用して圧電素子110および第1の音響整合層121を曲面形状に形成して、音響レンズなしで超音波を収束可能な構成にするとともに、圧電素子110の信号用電極面に信号用導体150を設けた構成にしている。そのため、高感度でかつ広帯域の周波数特性が得られ、しかも信頼性が高い構成にすることができるため、品質の高い安定した超音波探触子を得ることができる。また、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、高感度で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

【0038】

なお、本実施の形態では、圧電素子110をX方向にリニアに（平面的に）配列した場合について説明したが、X方向の配列の形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子をX方向に凸面または凹面の曲面形状に配列した場合であっても同様の効果が得られる。

30

【0039】

また、本実施の形態では、第1の音響整合層121が導体の材料を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第1の音響整合層を絶縁体と導体の複合体で構成し、第1の音響整合層がY方向に第1の溝（溝160）により分割されても、分割された各部分がZ方向に電氣的に導通可能となるように第1の音響整合層の一部に導体を設けた場合であっても同様の効果が得られる。

【0040】

また、本実施の形態では、圧電素子110および音響整合層120をY方向に被検体側に対して凹面の曲面形状に形成した場合について説明したが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子および音響整合層をY方向に被検体側に対して凸面形状にした場合であっても、また、凹面や凸面を問わず、単一の曲率半径を有する曲面または曲率半径を徐々に変化した複数の曲率半径を有する曲面にした場合であっても同様の効果が得られる。

40

【0041】

また、本実施の形態では、圧電素子110および音響整合層120がY方向にほぼ均一の厚さを有する場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、Y方向に圧電素子および音響整合層の厚さを変化させた場合であっても同様の効果が得られる。

【0042】

（実施の形態2）

実施の形態2は、実施の形態1における接地用の電気端子（図示せず）に代えて、第1

50

の音響整合層上に接地用導体を設ける場合である。

【0043】

図3Aは、本発明の実施の形態2に係る超音波探触子の部分概略斜視図である。図3Bは、図3Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図である。なお、この超音波探触子は、図2Aおよび図2Bに示す実施の形態1に対応する超音波探触子と同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付す。

【0044】

図3Aおよび図3Bに示す超音波探触子200は、一方向(X方向)に配列された複数の圧電素子110と、各圧電素子110に対して被検体側(同図の上方)となる厚さ方向(Z方向)前面に配置された2層の音響整合層120a(121a、122)と、この2層の音響整合層120a(121a、122)の間に配置された接地導体210と、必要に応じて圧電素子110に対して音響整合層120a(121a、122)側とは反対側となる厚さ方向(Z方向)背面(同図の下方)に配置された背面負荷材140と、必要に応じて音響整合層120a(121a、122)上に配置された伝搬媒体130とから構成されている。これら各構成要素(接地導体210を除く)のそれぞれの機能は、図1に示す従来技術で説明したものと同様である。

【0045】

圧電素子110の厚さ方向(Z方向)の前面には接地電極(図示せず)が、背面には信号用電極(図示せず)がそれぞれ設けられている。両電極は、金や銀の蒸着もしくはスパッタリング、または銀の焼き付けなどにより、圧電素子110の前面および背面にそれぞれ形成される。

【0046】

以下、超音波探触子200の構成について、さらに詳細に説明する。

【0047】

圧電素子110は、PZT系のような圧電セラミックスや、PZN-PT、PMN-PT系のような圧電単結晶などの材料を用いて形成される。第1の音響整合層121a、接地導体210および第2の音響整合層122は、このような材料の圧電素子110に設けられた接地電極(図示せず)側に設けられる。圧電素子110および第1の音響整合層121aには、X方向に沿って、本発明の第1の溝としての溝160が複数個設けられる。溝160は、例えば、ダイシングマシンなどの装置を用いて設けられる。本実施の形態では、この溝160は、圧電素子110および第1の音響整合層121aのZ方向の両面を貫通して圧電素子110および第1の音響整合層121aをそれぞれ完全に分割している。したがって、溝160を設ける方向は、圧電素子110の、第1の音響整合層121aを設けた側とは反対側の面からでも、第1の音響整合層121aの、圧電素子110を設けた側とは反対側の面からでも、どちらの面側から設けてもよい。すなわち、溝160を設ける方向は、圧電素子110側からではなくとも第1の音響整合層121a側からでも本構成は成立するため、どちらの側から設けてもよい。

【0048】

なお、本実施の形態では、溝160は、圧電素子110および第1の音響整合層121aを完全に分割しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、実施の形態1と同様に、第1の音響整合層121aには、一部を残して溝を設けるようにしてもよい。この場合、溝160は、圧電素子110側から設けられる。

【0049】

また、本構成では、接地導体210を用いて、分割された圧電素子110の接地電極からの電気端子の取り出しを行う。このため、第1の音響整合層121aは、電気的な導体であることが必要になる。したがって、第1の音響整合層121aは、例えば、グラファイトや、高分子に金属の粉体を充填して導体(例えば、導電性接着剤など)にした材料を用いるとよい。もちろん、第1の音響整合層121aは、音響インピーダンスの値が、圧電素子110と被検体(生体)の間の値を有することが必要である。

【0050】

また、圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a に設ける溝 1 6 0 の間隔は、等間隔でもランダムの間隔でもよい。しかし、圧電素子 1 1 0 の材料、例えば、P Z T 系の圧電セラミックスは、使用する厚み縦振動モード以外にも、不必要な幅振動モードが発生し、この幅振動モードは周波数特性などに悪影響を及ぼす。このため、幅振動モードの周波数が使用する周波数領域外になるように圧電セラミックスの幅は狭く、つまり溝 1 6 0 の間隔は狭くしておくことが必要である。

【 0 0 5 1 】

また、P Z T 系の圧電セラミックスを用いて圧電素子 1 1 0 を形成し、この圧電素子 1 1 0 に溝 1 6 0 を設け、この溝 1 6 0 にエポキシ樹脂やウレタン樹脂などの高分子材料を充填することにより、圧電素子 1 1 0 は、圧電セラミックスと高分子材料を複合した複合圧電体としての機能を有することになる。すなわち、圧電素子 1 1 0 は、溝 1 6 0 の部分に音響インピーダンスが小さい高分子材料を充填することにより、音響インピーダンスを圧電セラミックスよりも小さくすることができ、被検体の音響インピーダンスに近づけることができる。これにより、周波数の広帯域化が可能となる。この複合圧電体は、圧電セラミックスと高分子材料の体積比率を変えることで、音響インピーダンスの値を変えることができる。

10

【 0 0 5 2 】

一方、複合圧電体の誘電率は、高分子材料の誘電率が圧電セラミックスの誘電率よりも極めて小さいため、圧電セラミックスの体積比率が小さくなると、複合圧電体としての誘電率は小さくなって、電気的なインピーダンスは大きくなる。この結果、接続する超音波診断装置本体またはケーブルとの不整合が生じて、感度の低下に影響してくる。したがって、一般的には、複合圧電体の圧電セラミックスの体積比率は 5 0 ~ 7 5 % の範囲が用いられる。

20

【 0 0 5 3 】

また、第 1 の音響整合層 1 2 1 a も、圧電素子 1 1 0 と同様に、溝 1 6 0 を設け、この溝 1 6 0 に高分子材料を充填しているため、複合体となり、音響インピーダンスが変化（低下）する。このため、この低下分を考慮して第 1 の音響整合層 1 2 1 a の材料を選択する必要がある。

【 0 0 5 4 】

上記のように、本実施の形態では、圧電素子 1 1 0 の接地電極および導体である第 1 の音響整合層 1 2 1 a を介して接地導体 2 1 0 から電気端子を取り出す構成にしているため、第 1 の音響整合層 1 2 1 a は、圧電素子 1 1 0 と同様に完全に分割してもよいし、一部を残して分割してもよい。

30

【 0 0 5 5 】

接地導体 2 1 0 は、銅などの金属のフィルム単体で構成しても、金属フィルムに補強のためにポリイミドなどのフィルムを設けて一体的に構成しても、柔軟性を有する構成であれば問題ない。後者の構成の場合、接地導体 2 1 0 の金属の導体（金属フィルム）側の面が第 1 の音響整合層 1 2 1 a と接するようになることが必要であることは当然である。接地導体 2 1 0 は、圧電素子 1 1 0 の接地電極（図示せず）および導体である第 1 の音響整合層 1 2 1 a に電気的に接続され、電気端子としての機能を有する。なお、本実施の形態では、接地導体 2 1 0 は、すべての圧電素子 1 1 0 の接地電極（導体）に電気的に接続される。

40

【 0 0 5 6 】

なお、金属フィルムに補強のために設けられるポリイミドなどのフィルムは、第 2 の音響整合層 1 2 2 を兼ねた構成であってもよい。

【 0 0 5 7 】

分割された圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a の溝 1 6 0 に高分子材料（例えば、エポキシ樹脂）を充填する際には、信号用導体 1 5 0 を、曲面形状に形成された背面負荷材 1 4 0 に押圧しながら、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 1 2 2 も含めて曲面形状に形成する。

50

## 【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では、図 3 A および図 3 B に示すように、背面負荷材 1 4 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を被検体側に対して凹面の曲面形状に形成して超音波を収束させるように構成しているが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、超音波を拡散させるような凸面形状にしてもよい。

## 【 0 0 5 9 】

ここで、圧電セラミックスの圧電素子 1 1 0 や、グラファイトまたはグラファイトなどに金属の粉体を充填した材料の第 1 の音響整合層 1 2 1 a は、元来曲面形成可能な柔軟性がないため、曲面形成を行うためには、予め曲面形状に加工したものを用意しておく必要があり、精度良く形成することが難しい。このため、本実施の形態では、溝 1 6 0 を設けることによって曲面形成可能な構成にしている。また、第 2 の音響整合層 1 2 2 には、エポキシ樹脂やポリイミドなどの曲面形成可能な柔軟性を有する高分子フィルムを用いるとよい。

10

## 【 0 0 6 0 】

また、信号用導体 1 5 0 は、実施の形態 1 と同様に形成される。信号用導体 1 5 0 は、銅のような金属材料を用い、厚さは 1 0 マイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) 前後でよい。また、銅などの金属導体単体では取り扱いで強度的に弱い場合には、1 0 ~ 2 5 マイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) 程度の厚さのポリイミドフィルムを設けた構成にしてもよい。このような信号用導体 1 5 0 は、十分に柔軟性があるため、溝 1 6 0 を設けて分割した圧電素子 1 1 0 の信号用電極とは曲面形状であっても良好に密着して電気的な導通をとることができる。また、このような信号用導体 1 5 0 および上記の接地導体 2 1 0 を用いることにより、圧電素子 1 1 0 が割れても、信号用導体 1 5 0 および接地導体 2 1 0 は柔軟性があるため断線することがなく、信頼性 (品質) が高くなる。これは、参考文献 1 に示すように電気端子を圧電素子の電極の一部とのみ接続した構成に比べて、外部からの機械的な衝撃により圧電素子が割れて電極が分割されて断線するなどの課題を解決することができる構成である。

20

## 【 0 0 6 1 】

曲面形成の曲率は、超音波の焦点距離をどこに設定するかによって変更可能である。また、形成する曲面は、単一の曲率半径を有する曲面でもよいし、図 3 A および図 3 B の Y 方向に対して曲率半径を徐々に変化させた複数の曲率半径を有する曲面にしてもよい。

30

## 【 0 0 6 2 】

音響整合層 1 2 0 a (第 1 の音響整合層 1 2 1 a、第 2 の音響整合層 1 2 2)、接地導体 2 1 0、圧電素子 1 1 0 および信号用導体 1 5 0 は、本発明の第 2 の溝としての複数の分割溝 1 8 0 によって複数個の圧電素子列に分割されている。すなわち、本実施の形態では、曲面形状に形成された背面負荷材 1 4 0 に、信号用導体 1 5 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を押圧して、これらを曲面形状に形成した後、X 方向 (Y 方向に直交する方向) に、信号用導体 1 5 0 のパターンに沿って、第 2 の音響整合層 1 2 2、接地導体 2 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、圧電素子 1 1 0、信号用導体 1 5 0 および背面負荷材 1 4 0 の一部を上記複数の分割溝 1 8 0 によって複数個の圧電素子列に分割する。この方向が電子走査の方向である。複数の分割溝 1 8 0 には、溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂のような材料よりも硬度が低いシリコンゴムのような材料を充填する。

40

## 【 0 0 6 3 】

溝 1 6 0 に充填する材料については、Y 方向に配列された複数の圧電体 (溝 1 6 0 によって分割された圧電素子 1 1 0 の各部分) は一体に同位相で振動させるため、Y 方向のそれぞれの圧電体は振動が溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂などの充填材を介して漏れても問題ないため、溝 1 6 0 の充填材は硬度的には高くても問題ない。しかし、X 方向に分割した複数個の圧電素子 1 1 0 列については、各圧電素子 1 1 0 に信号用導体 1 5 0 および接地導体 2 1 0 を介して電気信号を与える際に、それぞれ遅延をかけて電気信号を位相制御して超音波を偏向または収束させるために、圧電素子 1 1 0 間における超音波振動の漏

50

れを小さくすることが必要になってくる。そのため、信号用導体 1 5 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を X 方向に分割する分割溝 1 8 0 の充填材は、圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a を Y 方向に分割する溝 1 6 0 の充填材よりも硬度が低くて振動が伝達しにくい材料にすることが必要である。

【 0 0 6 4 】

また、圧電素子 1 1 0 (より厳密には個々の圧電体)は、図 3 A および図 3 B の X 方向と Y 方向にそれぞれ分割されて柱状になっているが、これら両方向の分割間隔はほぼ同じにするとよい。前述したように、圧電素子 1 1 0 の圧電セラミックスは、不要な幅振動モードが発生し、圧電セラミックスの幅を幅振動モードが使用周波数帯に発生する幅にする  
10

と、使用する周波数特性に悪影響(例えば、周波数帯域が狭くなる)を及ぼすために、幅振動モードの周波数を使用周波数帯から外すようにすることが必要である。これは X 方向でも同じである。したがって、Y 方向と同じように圧電素子 1 1 0 の X 方向の分割間隔をほぼ同じにすることにより、不要な幅振動モードの影響を低減することができる。

【 0 0 6 5 】

最後に、必要に応じて第 2 の音響整合層 1 2 2 上に伝搬媒体 1 3 0 が設けられる。伝搬媒体 1 3 0 としては、音響インピーダンスが生体に近い値を有しかつ超音波減衰係数が小さいウレタン樹脂やブタジエンゴム、シリコンゴムなどを用いるとよい。また、伝搬媒体 1 3 0 の音速が生体の音速と異なる場合には、境界で超音波が屈折するため、この屈折も考慮して、第 2 の音響整合層 1 2 2 の曲面形状を考慮して超音波の焦点距離を設定する  
20

ことが必要になる。

【 0 0 6 6 】

このように、本実施の形態によれば、溝 1 6 0 を設けこれを利用して圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a を曲面形状に形成して、音響レンズなしで超音波を収束可能な構成にするとともに、圧電素子 1 1 0 の信号用電極面に信号用導体 1 5 0 を設け、第 1 の音響整合層 1 2 1 a の圧電素子 1 1 0 側と反対側の面上に接地導体 2 1 0 を設けた構成にしている。そのため、高感度でかつ広帯域の特性が得られ、しかも信頼性が高い構成にすることができるため、品質の高い安定した超音波探触子を得ることができる。また、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、高感度で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。  
30

【 0 0 6 7 】

なお、本実施の形態では、圧電素子 1 1 0 を X 方向にリニアに(平面的に)配列した場合について説明したが、X 方向の配列形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子を X 方向に凸面または凹面の曲面形状に配列した場合であっても同様の効果が得られる。

【 0 0 6 8 】

また、本実施の形態では、第 1 の音響整合層 1 2 1 a が導体の材料を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第 1 の音響整合層を絶縁体と導体の複合体で構成し、第 1 の音響整合層が Y 方向に第 1 の溝(溝 1 6 0)により分割されても、分割された各部分が Z 方向に電氣的に導通可能となるように第 1 の音響整合層の一部に導体を設けた場合であっても同様の効果が得られる。  
40

【 0 0 6 9 】

また、本実施の形態では、圧電素子 1 1 0 および音響整合層 1 2 0 a を Y 方向に被検体側に対して凹面の曲面形状に形成した場合について説明したが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子および音響整合層を Y 方向に被検体側に対して凸面形状にした場合であっても、また、凹面や凸面を問わず、単一の曲率半径を有する曲面または曲率半径を徐々に変化させた複数の曲率半径を有する曲面にした場合であっても同様の効果が得られる。

【 0 0 7 0 】

また、本実施の形態では、接地導体 2 1 0 を導体である第 1 の音響整合層 1 2 1 a 上に設けた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第 1 および第 2  
50

の音響整合層が導体である場合は、接地導体を第2の音響整合層上に設けた場合であっても同様の効果が得られる。

【0071】

(実施の形態3)

実施の形態3は、実施の形態2における2層の音響整合層120aに代えて、3層の音響整合層を設ける場合である。

【0072】

図4Aは、本発明の実施の形態3に係る超音波探触子の部分概略斜視図である。図4Bは、図4Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図である。なお、この超音波探触子は、図3Aおよび図3Bに示す実施の形態2に対応する超音波探触子と同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付す。

10

【0073】

図4Aおよび図4Bに示す超音波探触子300は、一方向(X方向)に配列された複数の圧電素子110と、各圧電素子110に対して被検体側(同図の上方)となる厚さ方向(Z方向)前面に配置された3層の音響整合層310(121a、122、311)と、この3層の音響整合層310(121a、122、311)の間に配置された接地導体210と、必要に応じて圧電素子110に対して音響整合層310(121a、122、311)側とは反対側となる厚さ方向(Z方向)背面(同図の下方)に配置された背面負荷材140と、必要に応じて音響整合層310(121a、122、311)上に配置された伝搬媒体130とから構成されている。ここでは、接地導体210は、第1の音響整合層121aと第2の音響整合層122の間に配置されている。これら各構成要素(接地導体210を除く)のそれぞれの機能は、図1に示す従来技術で説明したものと同様である。

20

【0074】

圧電素子110の厚さ方向(Z方向)の前面には接地電極(図示せず)が、背面には信号用電極(図示せず)がそれぞれ設けられている。両電極は、金や銀の蒸着もしくはスパッタリング、または銀の焼き付けなどにより、圧電素子110の前面および背面にそれぞれ形成される。

【0075】

以下、超音波探触子300の構成について、さらに詳細に説明する。

30

【0076】

圧電素子300は、PZT系のような圧電セラミックスや、PZN-PT、PMN-PT系のような圧電単結晶などの材料を用いて形成される。第1の音響整合層121a、接地導体210、第2の音響整合層122および第3の音響整合層311は、このような材料の圧電素子110に設けられた接地電極(図示せず)側に設けられる。圧電素子110および第1の音響整合層121aには、X方向に沿って、本発明の第1の溝としての溝160が複数個設けられる。溝160は、例えば、ダイシングマシンなどの装置を用いて設けられる。本実施の形態では、この溝160は、圧電素子110および第1の音響整合層121aのZ方向の両面を貫通して圧電素子110および第1の音響整合層121aをそれぞれ完全に分割している。したがって、溝160を設ける方向は、圧電素子110の、第1の音響整合層121aを設けた側とは反対側の面からでも、第1の音響整合層121aの、圧電素子110を設けた側とは反対側の面からでも、どちらの面側から設けてもよい。すなわち、溝160を設ける方向は、圧電素子110側からではなくとも第1の音響整合層121a側からでも本構成は成立するため、どちらの側から設けてもよい。

40

【0077】

なお、本実施の形態でも、溝160は、圧電素子110および第1の音響整合層121aを完全に分割しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、実施の形態1と同様に、第1の音響整合層121aには、一部を残して溝を設けるようにしてもよい。この場合、溝160は、圧電素子110側から設けられる。

【0078】

50

また、本構成では、接地導体 210 を用いて、分割された圧電素子 110 の接地電極からの電気端子の取り出しを行う。このため、第 1 の音響整合層 121 a は、電気的な導体であることが必要になる。したがって、第 1 の音響整合層 121 a は、例えば、グラファイトや、高分子に金属の粉体を充填して導体（例えば、導電性接着剤など）にした材料を用いるとよい。もちろん、第 1 の音響整合層 121 a は、音響インピーダンスの値が、圧電素子 110 と被検体（生体）の間の値を有することが必要である。

【0079】

また、圧電素子 110 および第 1 の音響整合層 121 a に設ける溝 160 の間隔は、等間隔でもランダムの間隔でもよい。しかし、圧電素子 110 の材料、例えば、PZT 系の圧電セラミックスは、使用する厚み縦振動モード以外にも、不必要な幅振動モードが発生し、この幅振動モードは周波数特性などに悪影響を及ぼす。このため、幅振動モードの周波数が使用する周波数領域外になるように圧電セラミックスの幅は狭く、つまり溝 160 の間隔は狭くしておくことが必要である。

【0080】

また、PZT 系の圧電セラミックスを用いて圧電素子 110 を形成し、この圧電素子 110 に溝 160 を設け、この溝 160 にエポキシ樹脂やウレタン樹脂などの高分子材料を充填することにより、圧電素子 110 は、圧電セラミックスと高分子材料を複合した複合圧電体としての機能を有することになる。すなわち、圧電素子 110 は、溝 160 の部分に音響インピーダンスが小さい高分子材料を充填することにより、音響インピーダンスを圧電セラミックスよりも小さくすることができ、被検体の音響インピーダンスに近づけることができる。これにより、周波数の広帯域化が可能となる。この複合圧電体は、圧電セラミックスと高分子材料の体積比率を変えることで、音響インピーダンスの値を変えることができる。

【0081】

一方、複合圧電体の誘電率は、高分子材料の誘電率が圧電セラミックスの誘電率よりも極めて小さいため、圧電セラミックスの体積比率が小さくなると、複合圧電体としての誘電率は小さくなって、電気的なインピーダンスは大きくなる。この結果、接続する超音波診断装置本体またはケーブルとの不整合が生じて、感度の低下に影響してくる。したがって、一般的には、複合圧電体の圧電セラミックスの体積比率は 50 ~ 75 % の範囲が用いられる。

【0082】

また、第 1 の音響整合層 121 a も、圧電素子 110 と同様に、溝 160 を設け、この溝 160 に高分子材料を充填しているため、複合体となり、音響インピーダンスが変化（低下）する。このため、この低下分を考慮して第 1 の音響整合層 121 a の材料を選択する必要がある。

【0083】

上記のように、本実施の形態では、圧電素子 110 の接地電極および導体である第 1 の音響整合層 121 a を介して接地導体 210 から電気端子を取り出す構成にしているため、第 1 の音響整合層 121 a は、圧電素子 110 と同様に完全に分割してもよいし、一部を残して分割してもよい。

【0084】

接地導体 210 は、銅などの金属のフィルム単体で構成しても、金属フィルムに補強のためにポリイミドなどのフィルムを設けて一体的に構成しても、柔軟性を有する構成であれば問題ない。後者の構成の場合、接地導体 210 の金属の導体（金属フィルム）側の面が第 1 の音響整合層 121 a と接するようにすることが必要であることは当然である。接地導体 210 は、実施の形態 2 と同様に、圧電素子 110 の接地電極（図示せず）および導体である第 1 の音響整合層 121 a に電気的に接続され、電気端子としての機能を有する。なお、本実施の形態でも、接地導体 210 は、すべての圧電素子 110 の接地電極（導体）に電気的に接続される。

【0085】

なお、金属フィルムに補強のために設けられるポリイミドなどのフィルムは、第2の音響整合層122を兼ねた構成であってもよい。

【0086】

分割された圧電素子110および第1の音響整合層121aの溝160に高分子材料（例えば、エポキシ樹脂）を充填する際には、信号用導体150を、曲面形状に形成された背面負荷材140に押圧しながら、圧電素子110、第1の音響整合層121a、接地導体210、第2の音響整合層122および第3の音響整合層311も含めて曲面形状に形成する。

【0087】

なお、本実施の形態では、図4Aおよび図4Bに示すように、背面負荷材140、圧電素子110、第1の音響整合層121a、接地導体210、第2の音響整合層122および第3の音響整合層311を被検体側に対して凹面の曲面形状に形成して超音波を収束させるように構成しているが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、超音波を拡散させるような凸面形状にしてもよい。

10

【0088】

ここで、圧電セラミックスの圧電素子110や、グラファイトまたはグラファイトなどに金属の粉体を充填した材料の第1の音響整合層121aは、元来曲面形成可能な柔軟性がないため、曲面形成を行うためには、予め曲面形状に加工したものを用意しておく必要があり、精度良く形成することが難しい。このため、本実施の形態でも、溝160を設けることによって曲面形成可能な構成にしている。また、第2の音響整合層122には、金属や酸化物などの粉体を充填したエポキシ樹脂などの曲面形成可能な柔軟性を有する高分子フィルムを用いるとよい。

20

【0089】

また、信号用導体150は、実施の形態1と同様に形成される。信号用導体150は、銅のような金属材料を用い、厚さは10マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）前後でよい。また、銅などの金属導体単体では取り扱いで強度的に弱い場合には、10～25マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）程度の厚さのポリイミドフィルムを設けた構成にしてもよい。このような信号用導体150は、十分に柔軟性があるため、溝160を設けて分割した圧電素子110の信号用電極とは曲面形状であっても良好に密着して電気的な導通をとることができる。また、このような信号用導体150および上記の接地導体210を用いることにより、圧電素子110が割れても、信号用導体150および接地導体210は柔軟性があるため断線することがなく、信頼性（品質）が高くなる。これは、参考文献1に示すように電気端子を圧電素子の電極の一部とのみ接続した構成に比べて、外部からの機械的な衝撃により圧電素子が割れて電極が分割されて断線するなどの課題を解決することができる構成である。

30

【0090】

曲面形成の曲率は、超音波の焦点距離をどこに設定するかによって変更可能である。また、形成する曲面は、単一の曲率半径を有する曲面でもよいし、図4Aおよび図4BのY方向に対して曲率半径を徐々に変化させた複数の曲率半径を有する曲面にしてもよい。

【0091】

第2の音響整合層122、第1の音響整合層121a、接地導体210、圧電素子110および信号用導体150は、本発明の第2の溝としての複数の分割溝180によって複数個の圧電素子列に分割されている。すなわち、本実施の形態では、曲面形状に形成された背面負荷材140に、信号用導体150、圧電素子110、第1の音響整合層121a、接地導体210および第2の音響整合層122を押圧して、これらを曲面形状に形成した後、X方向（Y方向に直交する方向）に、信号用導体150のパターンに沿って、第2の音響整合層122、接地導体210、第1の音響整合層121a、圧電素子110、信号用導体150および背面負荷材140の一部を上記複数の分割溝180によって複数個の圧電素子列に分割する。この方向が電子走査の方向である。複数の分割溝180には、溝160に充填したエポキシ樹脂のような材料よりも硬度が低いシリコンゴムのような材料を充填する。

40

50

## 【 0 0 9 2 】

溝 1 6 0 に充填する材料については、Y 方向に配列された複数の圧電体（溝 1 6 0 によって分割された圧電素子 1 1 0 の各部分）は一体に同位相で振動させるため、Y 方向のそれぞれの圧電体は振動が溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂などの充填材を介して漏れても問題ないため、溝 1 6 0 の充填材は硬度的には高くても問題ない。しかし、X 方向に分割した複数の圧電素子 1 1 0 列については、各圧電素子 1 1 0 に信号用導体 1 5 0 および接地導体 1 7 0 を介して電気信号を与える際に、それぞれ遅延をかけて電気信号を位相制御して超音波を偏向または収束させるために、圧電素子 1 1 0 間における超音波振動の漏れを小さくすることが必要になってくる。そのため、信号用導体 1 5 0、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a、接地導体 1 7 0 および第 2 の音響整合層 1 2 2 を X 方向に分割する分割溝 1 8 0 の充填材は、圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a を Y 方向に分割する溝 1 6 0 の充填材よりも硬度が低くて振動が伝達しにくい材料にすることが必要である。

10

## 【 0 0 9 3 】

また、圧電素子 1 1 0（より厳密には個々の圧電体）は、図 4 A および図 4 B の X 方向と Y 方向にそれぞれ分割されて柱状になっているが、これら両方向の分割間隔はほぼ同じにするとよい。前述したように、圧電素子 1 1 0 の圧電セラミックスは、不要な幅振動モードが発生し、圧電セラミックスの幅を幅振動モードが発生する幅にすると、使用する周波数特性に悪影響（例えば、周波数帯域が狭くなる）を及ぼすために、幅振動モードの周波数を使用周波数帯から外すようにすることが必要である。これは X 方向でも同じである。したがって、Y 方向と同じように圧電素子 1 1 0 の X 方向の分割間隔をほぼ同じにすることにより、不要な幅振動モードの影響を低減することができる。

20

## 【 0 0 9 4 】

さらに、本実施の形態では、第 2 の音響整合層 1 2 2 上に第 3 の音響整合層 3 1 1 が設けられる。図 4 A および図 4 B に示すように、第 3 の音響整合層 3 1 1 は、X 方向に分割された第 2 の音響整合層 1 2 2 上に、どの方向にも分割しないで一面に設けられる。

## 【 0 0 9 5 】

しかし、X 方向の個々の圧電素子 1 1 0 を単独で振動させて隣接する圧電素子 1 1 0 に超音波振動が漏れないようにするためには、第 3 の音響整合層 3 1 1 も、第 1 および第 2 の音響整合層 1 2 1 a、1 2 2 と同様に分割するほうがよい。一つの圧電素子 1 1 0 が単独で超音波振動して被検体側に超音波を放射しているかどうかを評価する方法としては、X 方向において圧電素子 1 1 0 から各音響整合層 1 2 1 a、1 2 2、3 1 1 を介して超音波が被検体側に放射される指向性の度合いを測定する方法がある。指向性が広いほど、横に超音波の漏れが少なく、圧電素子 1 1 0 は単独で振動しているということになり、良好であるということになり、また、その逆で指向性が狭いということは、あまり良くないという結果となる。

30

## 【 0 0 9 6 】

一般に、一方向（X 方向）に複数の圧電素子 1 1 0 を配列したいいわゆる電子走査型の超音波探触子では、配列した圧電素子 1 1 0 の X 方向の指向性をいかに広くできるかが超音波画像の分解能を向上させる重要なポイントである。また、圧電素子 1 1 0 と同じように、分割する音響整合層の数を少なくすることによって、たとえ狭い間隔（例えば、0.1 mm）で分割しても、安定した加工を行うことができ、均一に精度良く超音波探触子を作成することができる。しかも、指向性を狭くすることがない構成にすることも可能となる。

40

## 【 0 0 9 7 】

例えば、中心周波数が 3.5 MHz の圧電素子 1 1 0 を、圧電素子 1 1 0 の X 方向の間隔を 0.38 mm（0.19 mm の間隔で分割した 2 つを電氣的に束ねた状態）にして分割したときの X 方向の指向性の角度は、-6 dB のレベルで定義すると、第 3 の音響整合層 3 1 1 を圧電素子 1 1 0 と同様に分割した構成の場合、約 23 度の指向角となる。なお、圧電素子 1 1 0、第 1 の音響整合層 1 2 1 a および第 2 の音響整合層 1 2 2 を分割した分

50

割溝 180 にはシリコーンゴム材を充填した。

【0098】

一方で、上記の圧電素子 110 を上記と同様の態様で分割し、かつ、3 層の音響整合層 310 のうち、圧電素子 110 側の第 1 および第 2 の音響整合層 121 a、122 については圧電素子 110 と同様に分割し、被検体側に位置する第 3 の音響整合層 311 については何ら分割しない構成の場合において、圧電素子 110 の配列方向 (X 方向) における超音波の指向特性を測定した。このとき、被検体側に位置する第 3 の音響整合層 311 の材料として、シリコーンゴム (硬さがショア - A 硬度で 76、音速 915 m/sec、音響インピーダンス 2.1 メガレールス)、クロロプレンゴム (硬さがショア - A 硬度で 70、音速 1630 m/sec、音響インピーダンス 2.16 メガレールス)、エチレン - プロピレン共重合ゴム (硬さがショア - A 硬度で 65、音速 1480 m/sec、音響インピーダンス 1.94 メガレールス)、アクリロニトリル - ブタジエン共重合ゴム (硬さがショア - A 硬度で 60、音速 1640 m/sec、音響インピーダンス 1.97 メガレールス)、およびウレタンゴム (硬さがショア - A 硬度で 78、音速 1850 m/sec、音響インピーダンス 1.98 メガレールス) をそれぞれ用いた。この結果、第 3 の音響整合層 311 の材料によって指向特性に違いがあることがわかった。なお、圧電素子 110、第 1 の音響整合層 121 a および第 2 の音響整合層 122 を分割した割溝 180 (このときの割溝 180 の幅は約 0.03 mm) には、第 2 の音響整合層 122 まで分割した構成と同様に、シリコーンゴムの材料を充填した。また、上記に挙げた材料のうちウレタンゴム以外の材料としては、音響インピーダンスを調整するためにアルミナやカーボン、炭酸カルシウムなどのフィラーを任意の量だけ充填した材料を用いた。

【0099】

上記した指向特性の違いは、材料の硬さや音響インピーダンスなどとの相関はなく、これらの項目は、指向特性にはあまり影響していなかった。指向特性に影響している、つまり、指向特性と相関があった項目は、第 3 の音響整合層 311 の材料の音速特性であり、これは指向特性との間に良好な相関が見られた。3.5 MHz の周波数で -6 dB のレベルで測定した指向性角度と、第 3 の音響整合層 311 の材料の音速との関係の結果を、図 5 に示す。図 5 に示すように、指向性角度には音速との良好な相関が見られ、相関係数は 0.86 となっている。このことから、被検体側に位置する第 3 の音響整合層 311 を分割しない構成において、指向性を広くするためには、第 3 の音響整合層 311 の材料の音速に注目する必要があることがわかった。

【0100】

例えば、上記の例で使用した第 3 の音響整合層 311 の各材料における指向性角度は、次の通りである。すなわち、シリコーンゴムを用いた場合は 25 度、クロロプレンゴムを用いた場合は 23.5 度、エチレン - プロピレン共重合ゴムを用いた場合は 23.5 度、アクリロニトリル - ブタジエン共重合ゴムを用いた場合は 22.9 度、ウレタンゴムを用いた場合は 20 度という結果であった。なお、この測定結果のばらつきは、±0.5 度程度あると考えられる。

【0101】

このことは、多層化した音響整合層のすべてを圧電素子 110 と同じように分割することはしない構成において、多層化した音響整合層のすべてを圧電素子 110 と同じように分割した構成と同等またはそれ以上の指向特性を得るためには、音響整合層の音速を限定すればよく、音速が 1650 m/sec またはそれ以下の値を有するゴム弾性体材料を使用すればよいといえる。もちろん、第 3 の音響整合層 311 はゴム弾性体であり、十分な柔軟性を有しているため、第 2 の音響整合層 122 の曲面上にその曲面形状にならって形成することが可能である。

【0102】

最後に、必要に応じて第 3 の音響整合層 311 上に伝搬媒体 130 が設けられる。伝搬媒体 130 としては、音響インピーダンスが生体に近い値を有しかつ超音波減衰係数が小さいウレタン樹脂やブタジエンゴム、シリコーンゴムなどを用いるとよい。また、伝搬媒

10

20

30

40

50

体 1 3 0 の音速が生体の音速と異なる場合には、境界で超音波が屈折するため、この屈折も考慮して、第 2 の音響整合層 1 2 2 の曲面形状を考慮して超音波の焦点距離を設定することが必要になる。

【 0 1 0 3 】

このように、本実施の形態によれば、溝 1 6 0 を設けこれを利用して圧電素子 1 1 0 および第 1 の音響整合層 1 2 1 a を曲面形状に形成して、音響レンズなしで超音波を収束可能な構成にするとともに、圧電素子 1 1 0 の信号用電極面に信号用導体 1 5 0 を設け、第 1 の音響整合層 1 2 1 a の圧電素子 1 1 0 側と反対側の面上に接地導体 2 1 0 を設け、さらに音響整合層 3 1 0 を 3 層設けた構成にしている。そのため、高感度でかつ広帯域の特性が得られ、しかも信頼性が高い構成にすることができるため、品質の高い安定した超音波探触子を得ることができる。また、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、高感度で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

【 0 1 0 4 】

なお、本実施の形態では、圧電素子 1 1 0 を X 方向にリニアに（平面的に）配列した場合について説明したが、X 方向の配列形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子を X 方向に凸面または凹面の曲面形状に配列した場合であっても同様の効果が得られる。

【 0 1 0 5 】

また、本実施の形態では、第 1 の音響整合層 1 2 1 a が導体の材料を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第 1 の音響整合層を絶縁体と導体の複合体で構成し、第 1 の音響整合層が Y 方向に第 1 の溝（溝 1 6 0）により分割されても、分割された各部分が Z 方向に電氣的に導通可能となるように第 1 の音響整合層の一部に導体を設けた場合であっても同様の効果が得られる。

20

【 0 1 0 6 】

また、本実施の形態では、圧電素子 1 1 0 および音響整合層 3 1 0 を Y 方向に被検体側に対して凹面の曲面形状に形成した場合について説明したが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子および音響整合層を Y 方向に被検体側に対して凸面形状にした場合であっても、また、凹面や凸面を問わず、単一の曲率半径を有する曲面または曲率半径を徐々に変化した複数の曲率半径を有する曲面にした場合であっても同様の効果が得られる。

30

【 0 1 0 7 】

また、本実施の形態では、接地導体 2 1 0 を導体である第 1 の音響整合層 1 2 1 a 上に設けた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第 1 および第 2 の音響整合層が導体である場合は、接地導体を第 2 の音響整合層上に設け、さらにその上面に第 3 の音響整合層を設けた場合であっても同様の効果が得られる。

【 0 1 0 8 】

（実施の形態 4）

実施の形態 4 は、実施の形態 2 において圧電素子および第 1 の音響整合層の厚さを変化させた場合である。

【 0 1 0 9 】

図 6 A は、本発明の実施の形態 4 に係る超音波探触子の部分概略斜視図である。図 6 B は、図 6 A に示す超音波探触子を X 方向から見た概略断面図である。なお、この超音波探触子は、図 3 A および図 3 B に示す実施の形態 2 に対応する超音波探触子と同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付す。

40

【 0 1 1 0 】

図 6 A および図 6 B に示す超音波探触子 4 0 0 は、一方向（X 方向）に配列された複数の圧電素子 4 1 0 と、各圧電素子 4 1 0 に対して被検体側（同図の上方）となる厚さ方向（Z 方向）前面に配置された 2 層の音響整合層 4 2 0（4 2 1、4 2 2）と、この 2 層の音響整合層 4 2 0（4 2 1、4 2 2）の間に配置された接地導体 2 1 0 と、必要に応じて圧電素子 4 1 0 に対して音響整合層 4 2 0（4 2 1、4 2 2）側とは反対側となる厚さ方

50

向（Z方向）背面（同図の下方）に配置された背面負荷材430と、必要に応じて音響整合層420（421、422）上に配置された伝搬媒体130とから構成されている。これら各構成要素（接地導体210を除く）のそれぞれの機能は、図1に示す従来技術で説明したものと同様である。

【0111】

圧電素子410の厚さ方向（Z方向）の前面には接地電極（図示せず）が、背面には信号用電極（図示せず）がそれぞれ設けられている。両電極は、金や銀の蒸着もしくはスパッタリング、または銀の焼き付けなどにより圧電素子410の前面および背面にそれぞれ形成される。

【0112】

以下、超音波探触子400の構成について、さらに詳細に説明する。

【0113】

本実施の形態では、圧電素子410は、PZT系のような圧電セラミックスや、PZN-PT、PMN-PT系のような圧電単結晶などの材料を用いてY方向に厚さを変化させて形成される。第1の音響整合層421、接地導体210および第2の音響整合層422は、このような材料を用いてY方向に厚さを変化させた圧電素子410に設けられた接地電極（図示せず）側に設けられる。第1の音響整合層421および第2の音響整合層422は、それぞれ、圧電素子410と同様にY方向に厚さが変化している。

【0114】

圧電素子410および第1の音響整合層421には、X方向に沿って、本発明の第1の溝としての溝160が複数個設けられる。溝160は、例えば、ダイシングマシンなどの装置を用いて設けられる。本実施の形態では、この溝160は、圧電素子410および第1の音響整合層421のZ方向の両面を貫通して圧電素子410および第1の音響整合層421をそれぞれ完全に分割している。したがって、溝160を設ける方向は、圧電素子410の、第1の音響整合層421を設けた側とは反対側の面からでも、第1の音響整合層421の、圧電素子410を設けた側とは反対側の面からでも、どちらの面側から設けてもよい。すなわち、溝160を設ける方向は、圧電素子410側からではなくとも第1の音響整合層421側からでも本構成は成立するため、どちらの側から設けてもよい。

【0115】

なお、本実施の形態では、溝160は、圧電素子410および第1の音響整合層421を完全に分割しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、実施の形態1と同様に、第1の音響整合層421には、一部を残して溝を設けるようにしてもよい。この場合、溝160は、圧電素子410側から設けられる。

【0116】

また、本構成では、接地導体210を用いて、分割された圧電素子410の接地電極からの電気端子の取り出しを行う。このため、第1の音響整合層421は、電気的な導体であることが必要になる。したがって、第1の音響整合層421は、例えば、グラファイトや、高分子に金属の粉体を充填して導体（例えば、導電性接着剤など）にした材料を用いるとよい。もちろん、第1の音響整合層421は、音響インピーダンスの値が、圧電素子410と被検体（生体）の間の値を有することが必要である。

【0117】

ここで、圧電素子410の配列方向（X方向）と直交する一方向（Y方向）における圧電素子410の厚さは、Y方向において中心付近では薄く端部に行くに従って厚くなるように不均一になっている。具体的には、圧電素子410は、図6Aおよび図6Bに示すように、被検体側の前面が平面形状で、背面負荷材430側の背面が曲面形状になっている。圧電素子410の厚さを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することができ、かつ、広帯域の周波数特性が得られて分解能を向上することができる。このように圧電素子をY方向に厚さを不均一にする構成は、既に、例えば、特開平7-107595号公報などで公知である。すなわち、圧電素子410のY方向の中心付近は、厚さが薄いため、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さが厚くなる

10

20

30

40

50

ため、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、音響整合層420(421、422)についても、圧電素子410の厚さに対応する周波数の変化に対応して、厚さを可変しており、基本の厚さは4分の1波長とする。したがって、図6Aおよび図6Bに示すように、音響整合層420(421、422)は、中心部の厚さが最も薄くなり、端部に行くに従って厚くなるため、被検体側に対して凹面の曲面形状になる。

【0118】

このように音響整合層420(421、422)が凹面形状になるということは、当然のことながら、凹面形状の曲率半径に基づいて超音波が被検体側に向かってある距離に収束されることを意味する。しかしながら、収束する距離が目的とする距離になるとは限らず、目的とする距離よりも近いところまたは遠いところに収束されるという課題が発生する。本実施の形態は、この課題を解決することができる構成を有することが特徴である。

10

【0119】

また、圧電素子410および第1の音響整合層421に設ける溝160の間隔は、等間隔でもランダムの間隔でもよい。しかし、圧電素子410の材料、例えば、PZT系の圧電セラミックスは、使用する厚み縦振動モード以外にも、不必要な幅振動モードが発生し、この幅振動モードは周波数特性などに悪影響を及ぼす。このため、幅振動モードの周波数が使用する周波数領域外になるように圧電セラミックスの幅は狭く、つまり溝160の間隔は狭くしておくことが必要である。

【0120】

また、PZT系の圧電セラミックスを用いて圧電素子410を形成し、この圧電素子410に溝160を設け、この溝160にエポキシ樹脂やウレタン樹脂などの高分子材料を充填することにより、圧電素子410は、圧電セラミックスと高分子材料を複合した複合圧電体としての機能を有することになる。すなわち、圧電素子410は、溝160の部分に音響インピーダンスが小さい高分子材料を充填することにより、音響インピーダンスを圧電セラミックスよりも小さくすることができ、被検体の音響インピーダンスに近づけることができる。これにより、周波数のさらなる広帯域化が可能となる。この複合圧電体は、圧電セラミックスと高分子材料の体積比率を変えることで、音響インピーダンスの値を変えることができる。

20

【0121】

一方、複合圧電体の誘電率は、高分子材料の誘電率が圧電セラミックスの誘電率よりも極めて小さいため、圧電セラミックスの体積比率が小さくなると、複合圧電体としての誘電率は小さくなって、電気的なインピーダンスは大きくなる。この結果、接続する超音波診断装置本体またはケーブルとの不整合が生じて、感度の低下に影響してくる。したがって、一般的には、複合圧電体の圧電セラミックスの体積比率は50~75%の範囲が用いられる。

30

【0122】

また、第1の音響整合層421も、圧電素子410と同様に、溝160を設け、この溝160に高分子材料を充填しているため、複合体となり、音響インピーダンスが変化(低下)する。このため、この低下分を考慮して第1の音響整合層421の材料を選択する必要がある。

40

【0123】

上記のように、本実施の形態では、圧電素子410の接地電極および導体である第1の音響整合層421を介して接地導体210から電気端子を取り出す構成にしているため、第1の音響整合層421は、圧電素子410と同様に完全に分割してもよいし、一部を残して分割してもよい。

【0124】

接地導体210は、銅などの金属のフィルム単体で構成しても、金属フィルムに補強のためにポリイミドなどのフィルムを設けて一体的に構成しても、柔軟性を有する構成であれば問題ない。後者の構成の場合、接地導体210の金属の導体(金属フィルム)側の面が第1の音響整合層421と接するようにする必要があることは当然である。接地

50

導体 2 1 0 は、圧電素子 4 1 0 の接地電極（図示せず）および導体である第 1 の音響整合層 4 2 1 に電氣的に接続され、電気端子としての機能を有する。なお、本実施の形態では、接地導体 2 1 0 は、すべての圧電素子 4 1 0 の接地電極（導体）に電氣的に接続される。

【 0 1 2 5 】

なお、金属フィルムに補強のために設けられるポリイミドなどのフィルムは、第 2 の音響整合層 4 2 2 を兼ねた構成であってもよい。

【 0 1 2 6 】

分割された圧電素子 4 1 0 および第 1 の音響整合層 4 2 1 の溝 1 6 0 に高分子材料（例えば、エポキシ樹脂）を充填する際には、信号用導体 1 5 0 を、曲面形状に形成された背面負荷材 1 4 0 に押圧しながら、圧電素子 4 1 0、第 1 の音響整合層 4 2 1、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 4 2 2 も含めて曲面形状に形成する。

【 0 1 2 7 】

ここで、圧電セラミックスの圧電素子 4 1 0 や、グラファイトまたはグラファイトなどに金属の粉体を充填した材料の第 1 の音響整合層 4 2 1 は、元来曲面形成可能な柔軟性がないため、曲面形成を行うためには、予め曲面形状に加工したものを用意しておく必要があり、精度良く形成することが難しい。このため、溝 1 6 0 を設けることによって曲面形成可能な構成にしている。また、第 2 の音響整合層 4 2 2 には、エポキシ樹脂やポリイミドなどの曲面形成可能な柔軟性を有する高分子フィルムを用いるとよい。

【 0 1 2 8 】

また、信号用導体 1 5 0 は、実施の形態 1 と同様に形成される。信号用導体 1 5 0 は、銅のような金属材料を用い、厚さは 1 0 マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）前後でよい。また、銅などの金属導体単体では取り扱いで強度的に弱い場合には、1 0 ~ 2 5 マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）程度の厚さのポリイミドフィルムを設けた構成にしてもよい。このような信号用導体 1 5 0 は、十分に柔軟性があるため、溝 1 6 0 を設けて分割した圧電素子 4 1 0 の信号用電極とは曲面形状であっても良好に密着して電氣的な導通をとることができる。また、このような信号用導体 1 5 0 および上記の接地導体 2 1 0 を用いることにより、圧電素子 4 1 0 が割れても、信号用導体 1 5 0 および接地導体 2 1 0 は柔軟性があるため断線することがなく、信頼性（品質）が高くなる。これは、参考文献 1 に示すように電気端子を圧電素子の電極の一部とのみ接続した構成に比べて、外部からの機械的な衝撃により圧電素子が割れて電極が分割されて断線するなどの課題を解決することができる構成である。

【 0 1 2 9 】

曲面形成の曲率は、超音波の焦点距離をどこに設定するかによって変更可能である。また、形成する曲面は、単一の曲率半径を有する曲面でもよいし、図 6 A および図 6 B の Y 方向に対して曲率半径を徐々に変化させた複数の曲率半径を有する曲面にしてもよい。

【 0 1 3 0 】

音響整合層 4 2 0（第 1 の音響整合層 4 2 1、第 2 の音響整合層 4 2 2）、接地導体 2 1 0、圧電素子 4 1 0 および信号用導体 1 5 0 は、本発明の第 2 の溝としての複数の分割溝 1 8 0 によって複数の圧電素子列に分割されている。すなわち、曲面形状に形成された背面負荷材 4 3 0 に、信号用導体 1 5 0、圧電素子 4 1 0、第 1 の音響整合層 4 2 1、接地導体 2 1 0 および第 2 の音響整合層 4 2 2 を押圧して、これらを曲面形状に形成した後、X 方向（Y 方向に直交する方向）に、信号用導体 1 5 0 のパターンに沿って、第 2 の音響整合層 4 2 2、接地導体 2 1 0、第 1 の音響整合層 4 2 1、圧電素子 4 1 0、信号用導体 1 5 0 および背面負荷材 4 3 0 の一部を上記複数の分割溝 1 8 0 によって複数の圧電素子列に分割する。この方向が電子走査の方向である。複数の分割溝 1 8 0 には、溝 1 6 0 に充填したエポキシ樹脂のような材料よりも硬度が低いシリコンゴムのような材料を充填する。

【 0 1 3 1 】

溝 1 6 0 に充填する材料については、Y 方向に配列された複数の圧電体（溝 1 6 0 によって分割された圧電素子 4 1 0 の各部分）は一体に同位相で振動させるため、Y 方向のそ

10

20

30

40

50

それぞれの圧電体は振動が溝160に充填したエポキシ樹脂などの充填材を介して漏れても問題ないため、溝160の充填材は硬度的には高くても問題ない。しかし、X方向に分割した複数個の圧電素子410列については、各圧電素子410に信号用導体150および接地導体210を介して電気信号を与える際に、それぞれ遅延をかけて電気信号を位相制御して超音波を偏向または収束させるために、圧電素子410間における超音波振動の漏れを小さくすることが必要になってくる。そのため、信号用導体150、圧電素子410、第1の音響整合層421、接地導体210および第2の音響整合層422をX方向に分割する分割溝180の充填材は、圧電素子410および第1の音響整合層421をY方向に分割する溝160の充填材よりも硬度が低くて振動が伝達しにくい材料にすることが必要である。

10

**【0132】**

最後に、必要に応じて第2の音響整合層422上に伝搬媒体130が設けられる。伝搬媒体130としては、音響インピーダンスが生体に近い値を有しかつ超音波減衰係数が小さいウレタン樹脂やブタジエンゴム、シリコンゴムなどを用いるとよい。また、伝搬媒体130の音速が生体の音速と異なる場合には、境界で超音波が屈折するため、この屈折も考慮して、第2の音響整合層422の曲面形状を考慮して超音波の焦点距離を設定することが必要になる。

**【0133】**

このように、本実施の形態によれば、溝160を設けこれを利用して、厚さを変化させた圧電素子410および第1の音響整合層421を曲面形状に形成して、音響レンズなしで超音波を収束可能な構成にするとともに、圧電素子410の信号用電極面に信号用導体150を設け、第1の音響整合層421の圧電素子410側と反対側の面上に接地導体210を設けた構成にしている。そのため、高感度かつ広帯域の特性が得られ、しかも信頼性が高い構成にすることができるため、品質の高い安定した超音波探触子を得ることができる。また、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、高感度で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

**【0134】**

なお、本実施の形態では、圧電素子410をX方向にリニアに（平面的に）配列した場合について説明したが、X方向の配列形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子をX方向に凸面または凹面の曲面形状に配列した場合であっても同様の効果が得られる。

30

**【0135】**

また、本実施の形態では、第1の音響整合層421が導体の材料を用いた構成の場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第1の音響整合層を絶縁体と導体の複合体で構成し、第1の音響整合層がY方向に第1の溝（溝160）により分割されても、分割された各部分がZ方向に電氣的に導通可能となるように第1の音響整合層の一部に導体を設けた場合であっても同様の効果が得られる。

**【0136】**

また、本実施の形態では、圧電素子410および音響整合層420をY方向に被検体側に対して凹面の曲面形状に形成した場合について説明したが、曲面形状はこれに限定されない。例えば、圧電素子および音響整合層をY方向に被検体側に対して凸面形状にした場合であっても、また、凹面や凸面を問わず、単一の曲率半径を有する曲面または曲率半径を徐々に変化した複数の曲率半径を有する曲面にした場合であっても同様の効果が得られる。

40

**【0137】**

また、本実施の形態では、音響整合層を2層に構成した場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。音響整合層を3層以上で構成した場合であっても同様の効果が得られる。

**【0138】**

また、本実施の形態では、接地導体210を導体である第1の音響整合層421上に設

50

けた場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第1および第2の音響整合層が導体である場合は、接地導体を第2の音響整合層上に設けた場合であっても同様の効果が得られる。

【0139】

2006年4月28日出願の特願2006-125536の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容は、すべて本願に援用される。

【産業上の利用可能性】

【0140】

本発明に係る超音波探触子は、人体などの被検体の超音波診断を行う各種医療分野、さらには材料や構造物の内部探傷を目的とした工業分野において利用が可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0141】

【図1】従来の超音波探触子の構成の一例を示す概略斜視図

【図2A】本発明の実施の形態1に係る超音波探触子の部分概略斜視図

【図2B】図2Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図

【図3A】本発明の実施の形態2に係る超音波探触子の部分概略斜視図

【図3B】図3Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図

【図4A】本発明の実施の形態3に係る超音波探触子の部分概略斜視図

【図4B】図4Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図

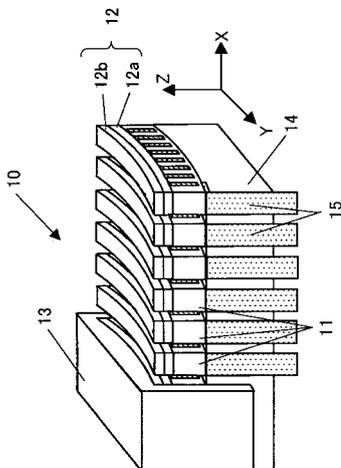
【図5】実施の形態3における第3の音響整合層材料の音速と指向性角度との関係を示す図

20

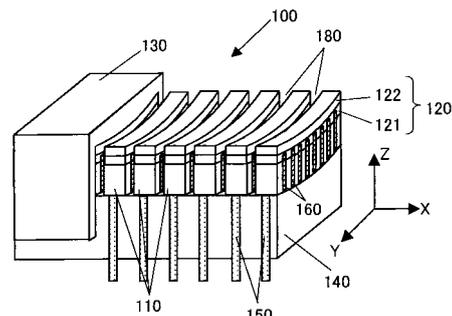
【図6A】本発明の実施の形態4に係る超音波探触子の部分概略斜視図

【図6B】図6Aに示す超音波探触子をX方向から見た概略断面図

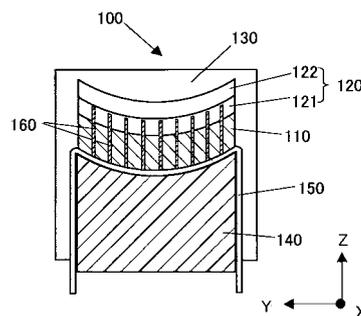
【図1】



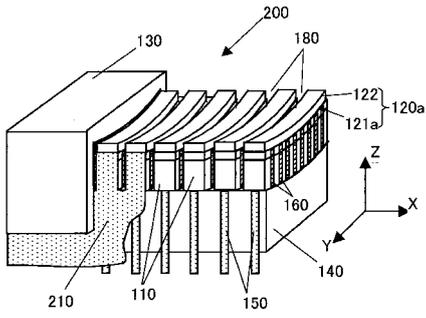
【図2A】



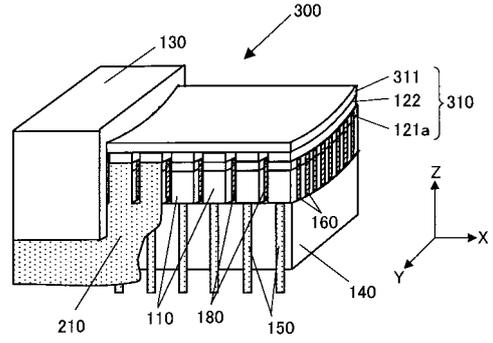
【図2B】



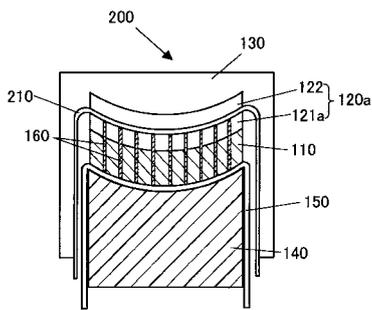
【図3A】



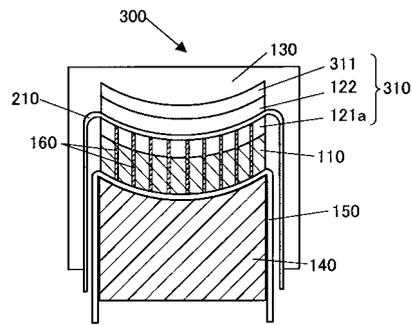
【図4A】



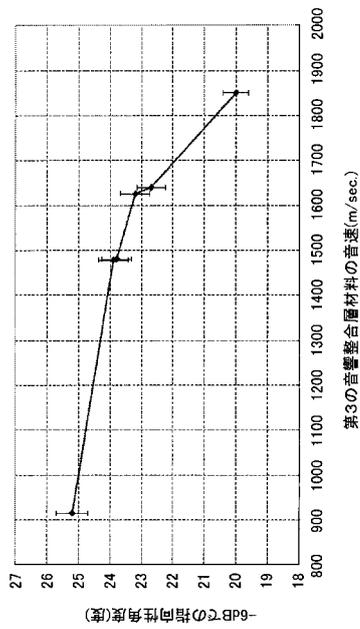
【図3B】



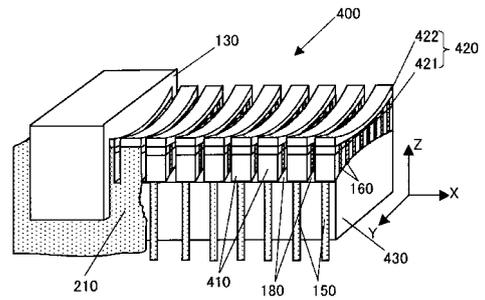
【図4B】



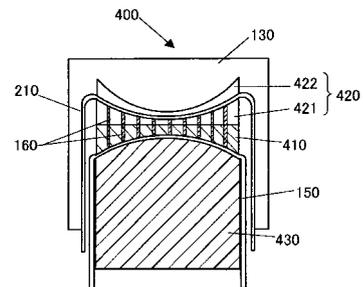
【図5】



【図6A】



【図6B】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 4 R 17/00 3 3 0 L

(56)参考文献 特開平 7 - 3 0 3 6 3 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 9 8 7 9 5 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 1 0 7 5 9 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 1 4 6 7 2 ( J P , A )  
特開昭 6 1 - 1 7 0 1 9 9 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 1 3 9 0 7 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 8 4 1 9 4 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04R 17/00

A61B 8/00