

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-188121

(P2015-188121A)

(43) 公開日 平成27年10月29日 (2015. 10. 29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04R 17/00 (2006.01)</b>	H04R 17/00 330J	4C601
<b>A61B 8/00 (2006.01)</b>	A61B 8/00	5D019

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-158347 (P2012-158347)	(71) 出願人	000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成24年7月17日 (2012. 7. 17)	(74) 代理人	100109667 弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151 弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156 弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	斉藤 孝悦 愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内
		(72) 発明者	小澤 仁 愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内

最終頁に続く

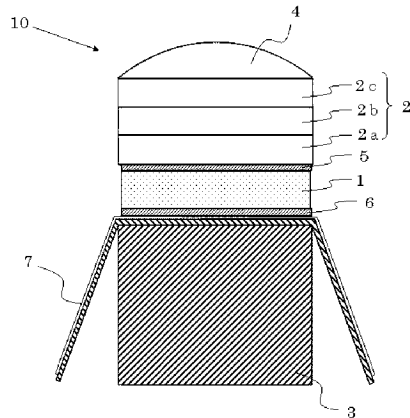
(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【要約】

【課題】 広帯域でスムーズな形の周波数特性とパルス長が短い特性にするための音響マッチング層の最適化をはかる構成にし、これによって、高分解能の診断画像を得ることができる超音波探触子を提供する。

【解決手段】 圧電素子の一方の面に設けた複数の音響マッチング層の少なくとも1層が音響マッチング層が樹脂材料とエラストマー材料の混合物である構成にすることにより、広帯域でスムーズな形の周波数特性とパルス長が短い特性を得る。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 の面と第 2 の面とを有する圧電素子と、  
前記第 1 の面及び前記第 2 の面にそれぞれ接続された第 1 の電極及び第 2 の電極と、  
前記第 1 の面上に設けられた音響マッチング層とを備え、  
前記音響マッチング層のうち少なくとも一層の音響マッチング層は、樹脂とエラストマーの混合物であることを特徴とする超音波探触子。

## 【請求項 2】

前記音響マッチング層は複数の層からなり、  
前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記複数の層からなる音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在する層であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

10

## 【請求項 3】

前記複数の層からなる音響マッチング層のうち前記圧電素子から最も離間した位置に存在する層のみが前記混合物からなる層であることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

## 【請求項 4】

前記樹脂はスチレン若しくはスチレン-メチルメタクリレート共重合体であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

## 【請求項 5】

前記エラストマーは合成ゴム若しくは天然ゴムであることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

20

## 【請求項 6】

前記合成ゴムはブタジエンであることを特徴とする請求項 5 に記載の超音波探触子。

## 【請求項 7】

前記音響マッチング層は複数の層からなり、  
前記複数の層からなる音響マッチング層は、前記圧電素子に近い層から遠い層にむかって順次音響インピーダンスが小さくなることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

## 【請求項 8】

前記音響マッチング層は 3 層であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

30

## 【請求項 9】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

前記少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは 1 . 9 から 2 . 3 メガヘルズの範囲の値であることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波探触子。

## 【請求項 10】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

40

前記樹脂はスチレンであり、

前記エラストマーはブタジエンであり、

前記スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が 3 から 29 % の範囲であることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の超音波探触子。

## 【請求項 11】

前記音響マッチング層は 4 層であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

## 【請求項 12】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

50

前記少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは1.8から2.28メガレールの範囲の値であることを特徴とする請求項11に記載の超音波探触子。

【請求項13】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

前記樹脂はスチレンであり、

前記エラストマーはブタジエンであり、

前記スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が4から40%の範囲であることを特徴とする請求項11又は12に記載の超音波探触子。

【請求項14】

前記音響マッチング層は5層であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の超音波探触子。

【請求項15】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

前記少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは1.6から1.8メガレールの範囲の値であることを特徴とする請求項14に記載の超音波探触子。

【請求項16】

前記少なくとも一層の音響マッチング層は、前記音響マッチング層のうち、前記圧電素子から最も離間した位置に存在し、

前記樹脂はスチレンであり、

前記エラストマーはブタジエンであり、

前記スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が40から68%の範囲であることを特徴とする請求項14又は15に記載の超音波探触子。

【請求項17】

前記第1の電極と電氣的に接続される導体箔が、前記圧電素子と前記音響マッチング層の間に形成されていることを特徴とする請求項1～16のいずれか1項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、生体等の被検体に当てて超音波を送受信することにより、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】

超音波診断装置は、超音波を人間や動物等の生体の被検体内に送信し、生体内で反射される反射信号を検出して生体内組織の断層像等をモニタに表示し、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信号を受信するためのセンサとして超音波探触子を利用している。

【0003】

図10は、このような超音波探触子の一例を示している。図10において、超音波探触子100は、被検体(図示せず)との間で超音波を送受信するべく、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(図10のZ方向)に設けられる1層以上(図10は3層)からなる音響マッチング層12(12a、12b、12c)と、音響マッチング層12の被検体側表面に設けられた音響レンズ13と、圧電素子11に対して音響マッチング層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。

【0004】

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、前記電極に電圧を印加して圧電素子11を振動させて超音波の送信および受信をおこない、それを電気信

10

20

30

40

50

号で送受信を行う。

【0005】

圧電素子11は、PZT系等の圧電セラミック、PMN-PTなどの単結晶、また前記材料と高分子を複合した複合圧電体、あるいはPVDf等に代表される高分子の圧電体等によって形成され、電圧を超音波に変換して被検体内に送信し、あるいは被検体内で反射したエコーを電気信号に変換して受信する。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。このような圧電素子11の複数個の配列は、電子的に超音波を走査する所謂電子走査型といわれるタイプであり、位相制御により超音波ビームを偏向あるいは集束することができ、更に電子的に複数の圧電素子11を順次切換えて走査して実時間で超音波断層を画像化する。このほかに単一の圧電素子を機械的に走査させてほぼ時間差なく超音波断層を画像化する方法もある。

10

【0006】

音響レンズ13は、診断画像の分解能を高めるために超音波ビームを絞る役割を果たす。図示の例では、音響レンズ13は図のY方向（圧電素子11の配列方向Xに直交する方向）に沿って延びると共に、Z方向になめらかな凸状に形成され、超音波ビームをY方向に絞ることができる。音響レンズ13はオプション要素であり、必要に応じて設けられる。

【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。背面負荷材14はオプション要素であり、必要に応じて設けられる。

20

【0008】

音響マッチング層は、圧電素子と被検体の音響インピーダンスの差が大きいため、その不整合により生じる感度と分解能の低下を防止するために設けられている。近年、更なる高分解能化を実現するために、周波数の広帯域化の検討が進められており、その方法の一つとして圧電素子の被検体側に設ける音響マッチング層の3層以上の多層化がある（例えば、特許文献1、2参照）。

【0009】

音響マッチング層のうち被検体側の層の材料は、特許文献1に示されるように音響インピーダンスが2.44メガレールの値を有するジビニルベンゼンとの橋架けポリスチレンによって生成される熱硬化性材料を用いているものや、特許文献2に示されるように音響インピーダンスが約1.97メガレールである低密度ポリエチレン(LDPE)を用いたものがある。

30

【0010】

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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2003-125494号公報

40

【特許文献2】特表2009-505468号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

音響マッチング層を多層の構成にすると被検体側に設ける音響マッチング層の音響インピーダンスの値をどのように選択するかにより、周波数特性の広帯域化だけではなく、周波数特性の形も大きく変わり、これが超音波画像の分解能に大きく影響してくる。そのために、音響マッチング層のそれぞれの層の音響インピーダンスの値をどのように選択し、その値に適合する材料を用いるかが重要となってくる。

前述の特許文献1に示されるように、音響マッチング層のうち被検体側の層の材料として

50

ジビニルベンゼンとの橋架けポリスチレンによって生成される熱硬化性材料を用いた場合、被検体側に設ける音響マッチング層の音響インピーダンスが大きいため、低周波数域がもちあがり、かつリップルのある周波数特性となり、またパルス長も長くなり、広帯域化ができたとしても周波数依存減衰のある被検体の生体では深さが浅い領域から分解能の低下が著しくなる。更に深さが深くなるにつれ更に低下し、高分解能の画像を得ることが難しくなる。

また、前述の特許文献2に示されるように、音響マッチング層のうち被検体側の音響マッチング層の材料として、低密度ポリエチレン(LDPE)を用いた場合、ジビニルベンゼンとの橋架けポリスチレンによって生成される熱硬化性材料よりも生体に近い音響インピーダンスが得られる反面、この材料は接着性が弱いため、超音波探触子を使用する環境、あるいは運搬、保存する環境の温度変化により剥れが発生しやすいなどで品質に課題がある。

10

**【0013】**

そこで本発明は、高分解能の診断画像を得ることができ、且つ品質の高い超音波探触子を提供することを目的としている。

**【課題を解決するための手段】****【0014】**

そしてこの目的を達成するために本発明は、第1の面と第2の面とを有する圧電素子と、第1の面及び第2の面にそれぞれ接続された第1の電極及び第2の電極と、第1の面上に設けられた音響マッチング層とを備え、音響マッチング層のうち少なくとも一層の音響マッチング層は、樹脂とエラストマーの混合物である構成の超音波探触子であり、これにより所期の目的を達成するものである。

20

**【0015】**

また、本発明は、音響マッチング層は複数の層からなり、少なくとも一層の音響マッチング層が、複数の層からなる音響マッチング層のうち前記圧電素子から最も離間した位置に存在する層であることを特徴としてもよい。

**【0016】**

また、本発明は、複数の層からなる音響マッチング層のうち圧電素子から最も離間した位置に存在する層のみが混合物からなる層であることを特徴としてもよい。

**【0017】**

また、本発明は、樹脂がスチレン若しくはスチレン-メチルメタクリレート共重合体であることを特徴としてもよい。

30

**【0018】**

また、本発明は、エラストマーが合成ゴム若しくは天然ゴムであることを特徴としてもよい。

**【0019】**

また、本発明は、合成ゴムがブタジエンであることを特徴としてもよい。

**【0020】**

また、本発明は、音響マッチング層は複数の層からなり、複数の層からなる音響マッチング層が、圧電素子に近い層から遠い層にむかって順次音響インピーダンスが小さくなることを特徴としてもよい。

40

**【0021】**

また、本発明は、複数の音響マッチング層が3層であることを特徴としてもよい。

**【0022】**

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは1.9から2.3メガレールの範囲の値であることを特徴としてもよい。

**【0023】**

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、樹脂はスチレンであり、エラストマーはブタジエ

50

ンであり、スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が3から29%の範囲であることを特徴としてもよい。

【0024】

また、本発明は、音響マッチング層が4層であることを特徴としてもよい。

【0025】

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは1.8から2.28メガレールスの範囲の値であることを特徴としてもよい。

【0026】

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、樹脂はスチレンであり、エラストマーはブタジエンであり、スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が4から40%の範囲であることを特徴としてもよい。

10

【0027】

また、本発明は、音響マッチング層は5層であることを特徴としてもよい。

【0028】

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、少なくとも一層の音響マッチング層の音響インピーダンスは1.6から1.8メガレールスの範囲の値であることを特徴としてもよい。

【0029】

また、本発明は、少なくとも一層の音響マッチング層が、音響マッチング層のうち、圧電素子から最も離間した位置に存在し、樹脂はスチレンであり、エラストマーはブタジエンであり、スチレンに混合するブタジエンの配合重量比が40から68%の範囲であることを特徴としてもよい。

20

【0030】

また、本発明は、第1の電極と電氣的に接続される導体箔が、圧電素子と音響マッチング層の間に形成されていることを特徴としてもよい。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、圧電素子の一方の面に複数の音響マッチング層を備え、その音響マッチング層のうち少なくとも一層が樹脂とエラストマーの混合物を用いた構成にすることにより、広帯域でスムーズな形の周波数特性とパルス長が短い特性を得ることができ、高分解能な診断画像が得られ、且つ接着性も良好な高品質の超音波探触子を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明に係る第1実施形態の超音波探触子を示す概略断面図

【図2】本発明に係る第1実施形態の超音波探触子を示す概略斜視図

【図3】第3の音響マッチング層の音響インピーダンスと比帯域及びパルス長の関係を示す図

40

【図4】スチレンとブタジエンの配合比と音響インピーダンスの関係を示す図

【図5】本発明に係る第2実施形態の超音波探触子を示す概略斜視図

【図6】第4の音響マッチング層の音響インピーダンスと比帯域及びパルス長の関係を示す図

【図7】本発明に係る第3実施形態の超音波探触子を示す概略斜視図

【図8】第5の音響マッチング層の音響インピーダンスと比帯域及びパルス長の関係を示す図

【図9】本発明に係る第4実施形態の超音波探触子を示す概略斜視図

【図10】従来技術に係る超音波探触子の構成を示す概略斜視図

【発明を実施するための形態】

50

## 【0033】

(第1実施形態)

図1は、本実施の形態に係る超音波探触子の一例を示す概略断面図であり、図3は本実施の形態に係る超音波探触子の一例を示す概略斜視図である。

## 【0034】

超音波探触子は、超音波診断装置を構成する際に、ケーブルを介して超音波診断装置本体と電氣的に接続されて使用され得るものであり、超音波探触子で超音波を送受信し、その受信波を電気信号に変換して超音波診断装置本体に送信し、超音波診断装置内にある信号処理部で画像を生成して表示部でその画像を表示する。

## 【0035】

超音波探触子10は、PZT系などの圧電セラミック、PZN-PT、PMN-PT系のような圧電単結晶、あるいは前記材料と高分子を複合した複合圧電体等が用いられる超音波を送受信する圧電素子1、金や銀を蒸着、スパッタリング、あるいは銀の焼き付け等で圧電素子1の一方の面に設けている接地電極5、接地電極5と同じように金や銀を蒸着、スパッタリング、あるいは銀の焼き付け等で、圧電素子1の一方の面に対向するもう一方の面に設けている信号電極6、信号電極6から取り出す信号用電気端子7、圧電素子1を機械的に保持し、且つ、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3、圧電素子1の接地電極5上に設けた音響マッチング層2を有した構成である。接地電極5は圧電素子1の一方の面と電氣的に接続され、信号電極6は圧電素子1のもう一方の面と電氣的に接続されている。圧電素子1の一方の面上に、接地電極5を介して音響マッチング層2が3層(それぞれ圧電素子1側から2a、2b、2c)設けられている。また、必要に応じて音響マッチング層2上に配置された音響レンズ4から構成されている。また、図示の例では、圧電素子1と、音響マッチング層2は、個々に分割されており、これら分割された溝の部分には音響的な結合が小さいシリコンゴムやウレタンゴム等のような材料が充填されている。更に、第3の音響マッチング層2cの上面には必要に応じてシリコンゴムなどの材料を用いて音響レンズ4を設けた構成にする。

## 【0036】

この超音波探触子は、超音波診断装置などの本体から接地電極5と信号電極6に電圧を印加することにより、圧電素子1が機械的に振動して発生する超音波が音響マッチング層2を伝播して被検体に送信され、また、被検体からの反射波を受信するものである。生体を被検体とする超音波診断装置用超音波探触子は、生体に直接接触また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上に診断画像を表示して診断するのに用いられるいわゆるセンサである。

## 【0037】

第1の音響マッチング層2aには、音響インピーダンスが8から20メガレールの範囲の値を有する材料、例えばシリコン、水晶、熔融石英などのガラス、快削性セラミックス、または金属粉を充填したグラファイトなどの材料が用いられ、また、第2の音響マッチング層2bには、音響インピーダンスが3から8メガレールの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂を用いる。また、被検体側に設ける第3の音響マッチング層2c、すなわち、音響マッチング層2のうち最も圧電素子から離間した位置に存在する層は、エラストマー材料を含む少なくとも2種類の材料の混合物、例えば、樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料が用いられ、音響インピーダンスが1.9から2.3メガレールの範囲の値を有することが好ましい。樹脂材料にエラストマー材料を混合した混合物は、樹脂材料とエラストマーの共重合体からなる。

## 【0038】

それぞれの音響マッチング層の音響インピーダンスは、圧電素子に近い層から被検体に近い層に向かって順に音響インピーダンスが小さくなる。

第3の音響マッチング層2cは、エラストマー材料を含む混合物からなるため、接着性が

10

20

30

40

50

高くなっている。また、少なくとも2種類の混合物からなるため、その配合比率によって音響インピーダンスを適宜調整することができる。

【0039】

図3を用いて、第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスが1.9から2.3メガレールスであることが好適である理由について説明する。図3は、第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスと、比帯域パルス長及び周波数比帯域の関係を示す図である。図3において、横軸は第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンス(単位はメガレールス)、また左側の縦軸はパルス長(単位は $\mu\text{s}$ )、右側の縦軸は周波数比帯域(帯域幅/中心周波数)(単位はパーセント)の値を表している。

【0040】

なお、ここでは、周波数を7.5MHzの中心周波数に設定して、背面負荷材3の音響インピーダンスが7メガレールス、圧電素子1にPZT系の圧電セラミックスでPZT-5H相当の材料を用い、第1の音響マッチング層2aは音響インピーダンスが13メガレールスの快削性セラミックスを用い、第2の音響マッチング層2bは音響インピーダンスが4メガレールスの金属粉を充填したエポキシ樹脂を用いて、被検体側に位置する第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスを1.6から2.6メガレールスの範囲で変動させた構成において周波数比帯域及びパルス長を計算した。第1から第3の音響マッチング層2a、2b、2cの厚みはそれぞれ0.25波長とした。また、周波数特性の比帯域は-6dBでの値、またパルス長は-6dB、-20dB、-40dBのレベルでの値をそれぞれ図中に示している。図中の実線が周波数比帯域、破線が下からそれぞれ-6dB、-20dB、-40dBのレベルでのパルス長を示している。

【0041】

図3において、パルス長は-6dBのレベルでは第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスが変化してもほとんど大きな数値変動がないが、-20dBでは音響インピーダンスが1.9メガレールスより小さい値になったとき及び2.3メガレールスより大きい値になったときにその値が比較的大きくなり、-40dBのレベルでは音響インピーダンスが1.7メガレールスより小さい値になったときにその値が比較的大きくなる。このパルス長は、小さい値になるほど分解能が高くなり良好であるので小さい値にすることが分解能を向上させることで重要である。

【0042】

一方、図3の周波数比帯域について見ると、比帯域の値が大きいほど分解能、被検深度が深くなる。3層の音響マッチング層の場合、比帯域は90パーセント以上であることが望ましい。比帯域が90パーセント以上となるのは、第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスが1.75メガレールス以上2.4メガレールス以下である。

高分解能化のためには比帯域は大きく、且つパルス長が短いことが望ましく、これは即ち周波数特性の形がスムーズになり正規分布の形に近くなることを示しており、図3のパルス長および比帯域の両特性の結果から、第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスは1.9メガレールス以上かつ2.3メガレールス以下の範囲が望ましいことがわかる。

【0043】

ここで、第3の音響マッチング層2cの材料として樹脂材料であるスチレンと、合成ゴム材料の一つであるブタジエンの混合物を用いた場合のその混合比について図4を用いて算出する。図4は、スチレンに対するブタジエンの充填重量比と音響インピーダンスの関係を示す。図4において、横軸はスチレンに対してブタジエンを配合した混合充填重量比(単位はパーセント)を示す。つまり横軸の0の値はスチレン100%を示し、100の値はブタジエン100%を示す。また、縦軸は音響インピーダンス(単位はメガレールス)で表している。

【0044】

図4から確認できるように、スチレン100%(横軸が0の値)の音響インピーダンスは2.42メガレールスであり、またブタジエン100%(横軸が100の値)の音響イ

10

20

30

40

50

ンピーダンスは1.37メガレールスである。スチレンに対してブタジエンの混合比を変えることによりスチレン単体とブタジエン単体の音響インピーダンスの間で任意の値を得ることができることがわかる。ブタジエンの混合比を例えば5%、10%、20%、30%にしたときの混合物の音響インピーダンスは、それぞれ2.25(音速は2165m/sec.)、2.17(音速は2107m/sec.)、2.07(音速は2028m/sec.)、及び1.87(音速は1853m/sec.)メガレールスである。なお、音響インピーダンスは作成した材料の密度と音速を25で測定して、密度×音速から算出した値を示している。

【0045】

第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスの好ましい範囲である1.9から2.3メガレールスの範囲となるスチレンとブタジエンの混合充填重量比を求めると、第3の音響マッチング層2cに使用する場合のスチレンに混合するブタジエンの充填重量比は3から29%の範囲となり、この範囲でスチレンにブタジエンを混合することが好ましい。

10

【0046】

スチレンとブタジエンの混合物は、樹脂材料をフィルム化するのと同じような方法で任意の厚みのフィルム化が容易にでき、極めて大量に精度良く作製することができるという利点があり、コストも下げることができる。また、ブタジエンが混合されていることでスチレン単体に比べて接着性もよく、高品質の超音波探触子とすることができる。

【0047】

以上のように、3層の音響マッチング層2を設けた構成において、被検体側に設ける第3の音響マッチング層2cとして、スチレンにブタジエンを任意の混合比を選択した混合物を用いることによって、周波数の広帯域化とパルス長の短い特性つまり周波数特性の形が正規分布に近い特性を得ることができるため、超音波画像の高分解能化が実現可能な超音波探触子を得ることができる。

20

【0048】

なお、本実施の形態では、第1、第2の音響マッチング層2a、2bの音響インピーダンスがそれぞれ13メガレールスと4メガレールスの場合について説明しているが、第1の音響マッチング層2aの音響インピーダンスが8から20メガレールス、第2の音響マッチング層2bの音響インピーダンスが3から8メガレールスの範囲で変動した場合には、それぞれの組合せにおいて、第3の音響マッチング層2cの音響インピーダンスの最適な値が算出されるが、基本的には第3の音響マッチング層2cの好ましい音響インピーダンスの値は1.9から2.3メガレールスの範囲から大きく逸脱することはない。

30

【0049】

なお、本実施の形態では、図3で示したように圧電素子を1次元に配列した構成について説明したが、このほか2次元に、x軸方向に複数個配列したいわゆる電子走査型のアレイ状の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。このとき、圧電素子と対応させて3層の音響マッチング層もx軸方向に複数個に分割しても、第1、第2の音響マッチング層は分割して第3の音響マッチング層は分割しないで作製しても良い。また、単一の圧電素子の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。

40

【0050】

なお、本実施の形態では樹脂材料としてスチレンを用いた場合について説明したが、このほかスチレン-メチルメタクリレート共重合体を用いても同様の効果が得られる。樹脂材料は合成樹脂であることが好ましいが、前述した樹脂材料のほかに、エラストマー材料と混合できる材料であれば、これらの樹脂材料に限定するものではない。

【0051】

また、本実施の形態ではエラストマー材料としてブタジエンを用いた場合について説明したが、このほか天然ゴムや合成ゴム材料でも樹脂材料との混合物を作成できるエラストマー材料であれば、これらに限定するものではない。なお、エラストマー材料は、ブタジエンのように超音波減衰の小さいエラストマー材料を選択するとなお好ましい。なぜなら

50

、混合物にしたときの材料の超音波減衰も小さくできるためである。音響マッチング層の超音波減衰が超音波探触子の感度に影響し、感度の高いことが望まれる超音波探触子では、音響マッチング層の材料の減衰も考慮する必要がある。特に高周波数領域で使用する超音波探触子の場合には影響が大きくなるため、音響マッチング層は、超音波減衰の小さな材料であることが好ましい。

#### 【0052】

なお、本実施の形態では第3の音響マッチング層2cとして、スチレンとブタジエンの2種類の混合物の場合について説明したが、このほか前記2種類を基本にして、そこに他の材料、例えば強度を高める必要がある場合には繊維状の材料を、硬さを高める場合には酸化物などの粉体などを配合しても、前記の範囲の音響インピーダンスが得られることができれば同様の効果が得られる。

10

#### 【0053】

また、本実施の形態では音響マッチング層2が3層の場合を説明したが、圧電素子1の音響インピーダンスが小さい材料、例えばPZTの圧電セラミックスとエポキシ樹脂の複合圧電体で音響インピーダンスを約15メガレールス以下の値にしたものを用いる場合、音響マッチング層2は1層や2層からなる構成にすることができ、且つ広帯域化が可能となる。その1層又は2層の音響マッチング層に対して樹脂材料とエラストマー材料の混合物からなる層を用いてもよい。

#### 【0054】

(第2実施形態)

20

次に、本発明に係る第2実施形態の超音波探触子について、図面を参照して説明する。第2実施形態は、第1実施形態で3層設けていた音響マッチング層の代わりに、4層の音響マッチング層を設けている場合である。図5は、第2実施形態に係る超音波探触子20の一部概略斜視図を示している。この超音波探触子20は、図1及び図3に示す第1実施形態に対応する超音波探触子と音響マッチング層の構成以外は同様の構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

#### 【0055】

この超音波探触子20は、配列された複数の圧電素子1と、各圧電素子1に対応して被検体側となる厚さ方向前面に、接地電極5を介して配置された4層の音響マッチング層202(それぞれ圧電素子1側から202a、202b、202c、202d)と、必要に応じて圧電素子1に対して音響マッチング層2(2a、2b、2c、2d)の反対側となる厚さ方向背面に配置された背面負荷材3と、必要に応じて音響マッチング層202(202a、202b、202c、202d)上に配置された音響レンズ4から構成されている。

30

#### 【0056】

また、図示の例では、圧電素子1と、音響マッチング層202は、個々に分割されており、これら分割された溝の部分には音響的な結合が小さいシリコンゴムやウレタンゴム等のような材料が充填されている。更に、第4の音響マッチング層202dの上には必要に応じてシリコンゴムなどの材料を用いて音響レンズ4を設けた構成にする。

#### 【0057】

40

第1の音響マッチング層202aには、音響インピーダンスが15から25メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばシリコン単結晶、水晶、熔融石英などのガラス、快削性セラミックスなどの材料が用いられ、また、第2の音響マッチング層202bとしては、音響インピーダンスが6から12メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。また、第3の音響マッチング層202cとしては、音響インピーダンスが3から5メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、樹脂材料、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。また、被検体側に設ける第4の音響マッチング層202dすなわち、音響マッチング層202のうち最も圧電素子から離間した位置に存在する層は、エラストマー材料を含む少な

50

くとも2種類の材料の混合物、例えば、樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料が用いられ、音響インピーダンスが1.8から2.28メガレールの範囲の値を有することが好ましい。樹脂材料にエラストマー材料を混合した混合物は、樹脂材料とエラストマーの共重合体からなる。

【0058】

それぞれの音響マッチング層の音響インピーダンスは、圧電素子に近い層から被検体に近い層に向かって順に音響インピーダンスが小さくなる。

第4の音響マッチング層202dは、エラストマー材料を含む混合物からなるため、接着性が高くなっている。また、少なくとも2種類の混合物からなるため、その配合比率によって音響インピーダンスを適宜調整することができる。

10

【0059】

図6を用いて、第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスが1.8から2.28メガレールスであることが好適である理由説明する。図6は、第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスと、比帯域パルス長及び周波数比帯域の関係を示す図である。図6において、横軸は第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンス(単位はメガレールス)、また左側の縦軸はパルス長(単位は $\mu s$ )、右側の縦軸は周波数比帯域(帯域幅/中心周波数)(単位はパーセント)の値を表している。

【0060】

なお、ここでは例えば、周波数を7.5MHzの中心周波数に設定して、背面負荷材3の音響インピーダンスが7メガレールス、圧電素子1にPZT系の圧電セラミックスでPZT-5H相当の材料を用い、第1の音響マッチング層202aは音響インピーダンスが17メガレールスの快削性セラミックスを用い、第2の音響マッチング層202bは音響インピーダンスが8メガレールスの金属粉を充填したエポキシ樹脂を用いて、第3の音響マッチング層202cは音響インピーダンスが3.8メガレールスの金属粉を充填したエポキシ樹脂を用いて、被検体側に位置する第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスを1.6から2.6メガレールスの範囲で変動させた構成において計算した。各音響マッチング層の厚みは、第1の音響マッチング層202aは0.27波長、第2~第4の音響マッチング層202b、202c、202dはそれぞれ0.25波長とした。また、周波数特性の比帯域は-6dBでの値、またパルス長は-6dB、-20dB、-40dBのレベルでの値をそれぞれ図中に示している。図中の実線が周波数比帯域、破線が下からそれぞれ-6dB、-20dB、-40dBのレベルでのパルス長を示している。

20

30

【0061】

図6において、パルス長は-6dBのレベルでは第4の音響マッチング層2dの音響インピーダンスが変化してもほとんど大きな数値変動がないが、-20dBでは音響インピーダンスが1.8メガレールスより小さい値になったとき及び2.3メガレールスより大きい値になったときにその値が比較的大きくなり、-40dBのレベルでは音響インピーダンスが1.8メガレールスより小さい値になったときその値が比較的大きくなる。このパルス長は、小さい値になるほど分解能が高くなり良好であるので小さい値にすることが分解能を向上させることで重要である。

【0062】

一方、図6の周波数比帯域について見ると、比帯域の値が大きいほど分解能、被検深度が深くなる。4層の音響マッチング層の場合、比帯域は90パーセント以上であることが望ましい。比帯域が90パーセント以上となるのは、第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスが1.6メガレールス以上2.28メガレールス以下である。なお、比帯域は95パーセント以上であるとより好ましく、この場合の第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスは1.65メガレールス以上2.07メガレールス以下である。

40

【0063】

高分解能化のためには比帯域は大きく、且つパルス長が短いことが望ましく、これは即ち周波数特性の形がスムーズになり正規分布の形に近くなることを示しており、図6のバ

50

ルス長および比帯域の両特性の結果から、第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスは1.8メガヘルズ以上2.28メガヘルズ以下の範囲が望ましいことがわかる。更に、1.8メガヘルズ以上2.07メガヘルズ以下であるとより好ましい。

【0064】

ここで、第4の音響マッチング層202dの材料として樹脂材料であるスチレンと、合成ゴム材料の一つであるブタジエンの混合物を用いた場合のその混合比について図4を用いて算出する。第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスの好ましい範囲である1.8から2.28メガヘルズの範囲となるスチレンとブタジエンの混合充填重量比を求めると、第4の音響マッチング層202dに使用する場合のスチレンに混合するブタジエンの充填重量比は4から40%の範囲となり、この範囲でスチレンにブタジエンを混合することが好ましい。更に、5から40%の範囲であればより好ましい。

10

【0065】

スチレンとブタジエンの混合物は、樹脂材料をフィルム化するのと同じような方法で任意の厚みのフィルム化が容易にでき、極めて大量に精度良く作製することができるという利点があり、コストも下げることができる。また、ブタジエンが混合されていることでスチレン単体に比べて接着性もよく、高品質の超音波探触子とすることができる。

図6と図3を対比するとわかるように、3層の音響マッチング層の場合と4層の音響マッチング層の場合を比較すると、4層のほうが周波数の比帯域が大きくなっており、4層では比帯域は100%以上の領域もあり、音響マッチング層の層数が多くなるにしたがい周波数の広帯域化を図ることができ、高分解能化には望ましい特性となってくるという傾向にある。

20

【0066】

以上のように、4層の音響マッチング層202を設けた構成において、被検体側に設ける第4の音響マッチング層202dとして、スチレンにブタジエンを任意の混合比を選択した混合物を用いることによって、周波数の広帯域化とパルス長の短い特性つまり周波数特性の形が正規分布に近い特性を得ることができるため、超音波画像の高分解能化が実現可能な超音波探触子を得ることができる。

【0067】

なお、本実施の形態では、第1の音響マッチング層202a、第2の音響マッチング層202b、第3の音響マッチング層202cの音響インピーダンスがそれぞれ17メガヘルズ、8メガヘルズ、3.8メガヘルズの場合について説明しているが、第1の音響マッチング層202aの音響インピーダンスが15から25メガヘルズ、第2の音響マッチング層202bの音響インピーダンスが6から12メガヘルズ、第3の音響マッチング層202cの音響インピーダンスが3から5メガヘルズの範囲で変動した場合には、それぞれの組合せにおいて、第4の音響マッチング層202dの音響インピーダンスの最適な値が算出されるが、基本的には第4の音響マッチング層202dの好ましい音響インピーダンスの値は1.8から2.28メガヘルズの範囲から大きく逸脱することはない。

30

【0068】

なお、本実施の形態では、図5で示したように圧電素子を1次元に配列した構成について説明したが、このほか2次元に、x軸方向に複数個配列したいわゆる電子走査型のアレイ状の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。このとき、圧電素子と対応させて4層の音響マッチング層もx軸方向に複数個に分割しても、第1、第2、第3の音響マッチング層は分割して第4の音響マッチング層は分割しないで作製しても良い。また、単一の圧電素子の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。

40

【0069】

なお、本実施の形態では樹脂材料としてスチレンを用いた場合について説明したが、このほかスチレン-メチルメタクリレート共重合体を用いても同様の効果が得られる。樹脂材料は合成樹脂であることが好ましいが、前述した樹脂材料のほかに、エラストマー材料と混合できる材料であれば、これらの樹脂材料に限定するものではない。

50

## 【0070】

また、本実施の形態ではエラストマー材料としてブタジエンを用いた場合について説明したが、このほか天然ゴムや合成ゴム材料でも樹脂材料との混合物を作成できるエラストマー材料であれば、これらに限定するものではない。なお、エラストマー材料は、ブタジエンのように超音波減衰の小さいエラストマー材料を選択するとなお好ましい。なぜなら、混合物にしたときの材料の超音波減衰も小さくできるためである。音響マッチング層の超音波減衰が超音波探触子の感度に影響し、感度の高いことが望まれる超音波探触子では、音響マッチング層の材料の減衰も考慮する必要がある。特に高周波数領域で使用する超音波探触子の場合には影響が大きくなるため、音響マッチング層は、超音波減衰の小さな材料であることが好ましい。

10

## 【0071】

なお、本実施の形態では第4の音響マッチング層202dとして、スチレンとブタジエンの2種類の混合物の場合について説明したが、このほか前記2種類を基本にして、そこに他の材料、例えば強度を高める必要がある場合には繊維状の材料を、硬さを高める場合には酸化物などの粉体などを配合しても、前記の範囲の音響インピーダンスが得られることができれば同様の効果が得られる。

## 【0072】

## (第3実施形態)

次に、本発明に係る第3実施形態の超音波探触子について、図面を参照して説明する。第3実施形態は、第1実施形態で3層設けていた音響マッチング層の代わりに、5層の音響マッチング層を設けている場合である。図7は、第2実施形態に係る超音波探触子30の一部概略斜視図を示している。この超音波探触子30は、図1に示す第1実施形態に対応する超音波探触子と音響マッチング層の構成以外は同様の構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

20

## 【0073】

この超音波探触子30は、配列された複数の圧電素子1と、各圧電素子1に対応して被検体となる厚さ方向前面に、接地電極5を介して配置された5層の音響マッチング層302(それぞれ圧電素子1側から302a、302b、302c、302d、302e)と、必要に応じて圧電素子1に対して音響マッチング層302(302a、302b、302c、302d、302e)の反対側となる厚さ方向背面に配置された背面負荷材3と、必要に応じて音響マッチング層302(302a、302b、302c、302d、302e)上に配置された音響レンズ4から構成されている。

30

## 【0074】

また、図示の例では、圧電素子1と、音響マッチング層302は、個々に分割されており、これら分割された溝の部分には音響的な結合が小さいシリコンゴムやウレタンゴム等のような材料が充填されている。更に、第5の音響マッチング層302eの上面上には必要に応じてシリコンゴムなどの材料を用いて音響レンズ4を設けた構成にする。

## 【0075】

第1の音響マッチング層302aには、音響インピーダンスが15から25メガレールの範囲の値を有する材料、例えばシリコン単結晶、水晶、熔融石英などのガラス、快削性セラミックスなどの材料が用いられ、また、第2の音響マッチング層302bとしては、音響インピーダンスが8から14メガレールの範囲の値を有する材料、例えば金属や酸化物などを充填したグラファイト、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。また、第3の音響マッチング層302cとしては、音響インピーダンスが3から6メガレールの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、樹脂材料、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。第4の音響マッチング層302dとしては、音響インピーダンスが2から3メガレールの範囲の値を有する材料、例えば樹脂材料や樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料を用いる。また、被検体側に設ける第5の音響マッチング層302eすなわち、音響マッチング層302のうち最も圧電素子から離間した位置に存在

40

50

する層は、エラストマー材料を含む少なくとも2種類の材料の混合物、例えば、樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料が用いられ、音響インピーダンスが1.6から1.8メガレールスの範囲の値を有することが好ましい。樹脂材料にエラストマー材料を混合した混合物は、樹脂材料とエラストマーの共重合体からなる。

【0076】

それぞれの音響マッチング層の音響インピーダンスは、圧電素子に近い層から被検体に近い層に向かって順に音響インピーダンスが小さくなる。

【0077】

第5の音響マッチング層302eは、エラストマー材料を含む混合物からなるため、接着性が高くなっている。また、少なくとも2種類の混合物からなるため、その配合比率によって音響インピーダンスを適宜調整することができる。

10

【0078】

図8を用いて、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスが1.6から1.8メガレールスであることが好適である理由説明する。図8は、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスと、比帯域パルス長及び周波数比帯域の関係を示す図である。図8において、横軸は第5の音響マッチング層2eの音響インピーダンス(単位はメガレールス)、また左側の縦軸はパルス長(単位は $\mu s$ )、右側の縦軸は周波数比帯域(帯域幅/中心周波数)(単位はパーセント)の値を表している。

【0079】

なお、ここでは例えば、周波数を7.5MHzの中心周波数に設定して、背面負荷材3の音響インピーダンスが7メガレールス、圧電素子1にPZT系の圧電セラミックスでPZT-5H相当の材料を用い、第1の音響マッチング層302aは音響インピーダンスが23メガレールスの快削性セラミックスを用い、第2の音響マッチング層302bは音響インピーダンスが10メガレールスの、金属粉を充填したエポキシ樹脂を用いて、第3の音響マッチング層302cは音響インピーダンスが4.4メガレールスの、金属粉を充填したエポキシ樹脂を用いて、第4の音響マッチング層302dは音響インピーダンスが2.3メガレールスの、樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料を用いて、被検体側に位置する第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスを1.5から2.3メガレールスの範囲で変動させた構成において計算した。各音響マッチング層の厚みは、第1の音響マッチング層302aは0.28波長、第2から第5の音響マッチング層302b、302c、302d、302eはそれぞれ0.25波長とした。また、周波数特性の比帯域は-6dBでの値、またパルス長は-6dB、-20dB、-40dBのレベルでの値をそれぞれ図中に示している。図中の実線が周波数比帯域、破線が下からそれぞれ-6dB、-20dB、-40dBのレベルでのパルス長を示している。

20

30

【0080】

図8において、パルス長は-6dBのレベルでは第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスが変化してもほとんど大きな数値変動がないが、-20dBでは音響インピーダンスが1.8メガレールスより大きい値になったときにその値が比較的大きくなり、-40dBのレベルでは音響インピーダンスが1.6メガレールスより小さい値になったとき及び1.9メガレールスより大きい値になったときその値が比較的大きくなる。このパルス長は、小さい値になるほど分解能が高くなり良好であるので小さい値にすることが分解能を向上させることで重要である。

40

【0081】

一方、図8の周波数比帯域について見ると、比帯域の値が大きいほど分解能、被検深度が深くなる。5層の音響マッチング層の場合、比帯域は100パーセント以上であることが望ましい。比帯域が100パーセント以上となるのは、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスが2.07メガレールス以下である。

【0082】

高分解能化のためには比帯域は大きく、且つパルス長が短いことが望ましく、これは即ち周波数特性の形がスムーズになり正規分布の形に近くなることを示しており、図8のバ

50

ルス長および比帯域の両特性の結果から、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスは1.6メガレールス以上1.8メガレールス以下の範囲が望ましいことがわかる。更に、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスは1.7メガレールス以上1.8メガレールス以下の範囲であるとより好ましい。

#### 【0083】

ここで、第5の音響マッチング層302eの材料として樹脂材料であるスチレンと、合成ゴム材料の一つであるブタジエンの混合物を用いた場合のその混合比について図4を用いて算出する。第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスの好ましい範囲である1.6から1.8メガレールスの範囲となるスチレンとブタジエンの混合充填重量比を求めると、第5の音響マッチング層302eに使用する場合のスチレンに混合するブタジエンの充填重量比は40から68%の範囲となり、この範囲でスチレンにブタジエンを混合することが好ましい。更に、40から55%の範囲であればより好ましい。

10

#### 【0084】

スチレンとブタジエンの混合物は、樹脂材料をフィルム化するのと同じような方法で任意の厚みのフィルム化が容易にでき、極めて大量に精度良く作製することができるという利点があり、コストも下げることができる。また、ブタジエンが混合されていることでスチレン単体に比べて接着性もよく、高品質の超音波探触子とすることができる。

#### 【0085】

図8と図6を対比するとわかるように、4層の音響マッチング層の場合と5層の音響マッチング層の場合を比較すると、5層のほうが周波数の比帯域が大きくなっており、5層では比帯域が100%以上の領域が広範囲で得ることができ、音響マッチング層の層数が多くなるにしたがい周波数の広帯域化を図ることができ、高分解能化には望ましい特性となってくるという傾向にある。

20

#### 【0086】

以上のように、5層の音響マッチング層302を設けた構成において、被検体側に設ける第5の音響マッチング層302eとして、スチレンにブタジエンを任意の混合比を選択した混合物を用いることによって、周波数の広帯域化とパルス長の短い特性つまり周波数特性の形が正規分布に近い特性を得ることができるため、超音波画像の高分解能化が実現可能な超音波探触子を得ることができる。

#### 【0087】

なお、本実施の形態では、第1の音響マッチング層302a、第2の音響マッチング層302b、第3の音響マッチング層302c、第4の音響マッチング層302dの音響インピーダンスがそれぞれ23メガレールス、10メガレールス、4.4メガレールス、2.3メガレールスの場合について説明しているが、第1の音響マッチング層302aの音響インピーダンスが15から25、第2の音響マッチング層302bの音響インピーダンスが8から14メガレールス、第3の音響マッチング層302cの音響インピーダンスが3から6メガレールス、第4の音響マッチング層302dの音響インピーダンスが2から3の範囲で変動した場合には、それぞれの組合せにおいて、第5の音響マッチング層302eの音響インピーダンスの最適な値が算出されるが、基本的には第5の音響マッチング層302eの好ましい音響インピーダンスの値は1.6から1.8メガレールスの範囲から大きく逸脱することはない。

30

40

#### 【0088】

なお、本実施の形態では、図7で示したように圧電素子を1次元に配列した構成について説明したが、このほか2次元に、x軸方向に複数個配列したいわゆる電子走査型のアレイ状の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。このとき、圧電素子と対応させて5層の音響マッチング層もx軸方向に複数個に分割しても、第1、第2、第3、第4の音響マッチング層は分割して第5の音響マッチング層は分割しないで作製しても良い。また、単一の圧電素子の超音波探触子に適用しても同様の効果が得られる。

#### 【0089】

なお、本実施の形態では樹脂材料としてスチレンを用いた場合について説明したが、こ

50

のほかスチレン-メチルメタクリレート共重合体を用いても同様の効果が得られる。樹脂材料は合成樹脂であることが好ましいが、前述した樹脂材料のほかに、エラストマー材料と混合できる材料であれば、これらの樹脂材料に限定するものではない。

【0090】

また、本実施の形態ではエラストマー材料としてブタジエンを用いた場合について説明したが、このほか天然ゴムや合成ゴム材料でも樹脂材料との混合物を作成できるエラストマー材料であれば、これらに限定するものではない。なお、エラストマー材料は、ブタジエンのように超音波減衰の小さいエラストマー材料を選択するとなお好ましい。なぜなら、混合物にしたときの材料の超音波減衰も小さくできるためである。音響マッチング層の超音波減衰が超音波探触子の感度に影響し、感度の高いことが望まれる超音波探触子では、音響マッチング層の材料の減衰も考慮する必要がある。特に高周波数領域で使用する超音波探触子の場合には影響が大きくなるため、音響マッチング層は、超音波減衰の小さな材料であることが好ましい。

10

【0091】

なお、本実施の形態では第5の音響マッチング層302eとして、スチレンとブタジエンの2種類の混合物の場合について説明したが、このほか前記2種類を基本にして、そこに他の材料、例えば強度を高める必要がある場合には繊維状の材料を、硬さを高める場合には酸化物などの粉体などを配合しても、前記の範囲の音響インピーダンスが得られることができれば同様の効果が得られる。

【0092】

また、第1実施形態、第2実施形態、第3実施形態より、音響マッチング層の層数が増加するにしたがって、被検体側に設ける音響マッチング層の音響インピーダンスは被検体の音響インピーダンスの1.54メガレールの値に近づいていることがわかる。

20

【0093】

(第4実施形態)

次に、本発明に係る第4実施形態の超音波探触子について、図面を参照して説明する。第4実施形態は、接地電極5に電気的に接続される導体箔8を備える点で第2実施形態と異なる。図9は、第4実施形態に係る超音波探触子40の一部概略斜視図を示している。この超音波探触子40は、図5に示す第2実施形態に対応する超音波探触子と導体箔8の構成以外は同様の構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

30

【0094】

圧電素子1の一方の面上に設けた接地電極5の面上には、導体箔8が形成され、これらは電気的に接続させている。更に導体箔8の面上には音響マッチング層202(それぞれ圧電素子1側から202a、202b、202c、202d)を設ける。背面負荷材3の面上に設ける信号用電気端子7、圧電素子1、導体箔8、音響マッチング層2(202a、202b、202c、202d)はエポキシ樹脂などの接着剤と一緒に接着して積層させてもよい。

【0095】

背面負荷材3の一部と信号用電気端子7、圧電素子1、導体箔8及び音響マッチング層202(202a、202b、202c、202d)をダイシングソーなどで複数個に分割して図9に示すようにアレイ状に形成する。分割した溝にはシリコンゴムやウレタン樹脂などを充填し、その上に音響レンズ4を必要に応じて設けてもよい。

40

【0096】

導体箔8としては銅箔、アルミ箔などの金属を用いることが好ましいが、導体であればよく、これらの材料に限定するものではない。導体箔8として、銅箔を用いる場合は銅の音響インピーダンスは圧電素子1と第1の音響マッチング層202aの音響インピーダンスより大きい値の約44.6メガレールスであるため、音響的には不整合となり、周波数特性と感度に影響するので銅箔の厚みは可能な限り薄いことが望ましく、約40分の1波長以下の厚みであれば影響が少く好ましい。また導体箔8としてアルミ箔を用いる場合に

50

は、音響インピーダンスが約 1.7 メガレールスであり、第 1 の音響マッチング層 202 a に近い値であるため、アルミ箔を第 1 の音響マッチング層の一部として機能させることができる。但し、アルミ箔そのものを第 1 の音響マッチング層単体として使用するにはダイニングソーなどで加工分割することが難しくなるため、加工分割できるレベルの厚み以下にして導体箔 8 として使用することが望ましい。

【0097】

また、導体箔 8 は圧電素子 1 及び音響マッチング層 202 より大きな形状にして延伸させることにより、半田付けなどにより容易に配線することができる。

【0098】

このように、音響マッチング層を介さずに圧電素子 1 の上面に導体箔 8 を設け、全ての音響マッチング層が導体箔 8 よりも上に積層された構成にすることにより、信号用電気端子 7 と導体箔 8 に電圧を印加することにより圧電素子 1 は超音波の送受信できるので、音響マッチング層は電氣的な接続を全く考慮する必要がなくなるため、音響的な観点に特化してそれぞれの層に適合した材料を自由に選択できるという大きな利点がある。つまり、音響マッチング層 202 (202 a、202 b、202 c、202 d) の材料は導体、半導体、絶縁体のどの材料であっても構わないので選択の範囲が広がる。

10

【0099】

すなわち、本実施形態によると、第 2 実施形態で説明したような音響インピーダンスを満たす各音響マッチング層の材料を選択する際、その材料の導電性には留意する必要がなくなる。なお、第 1 の音響マッチング層 202 a には、音響インピーダンスが 1.5 から 2.5 メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばシリコン単結晶、水晶、熔融石英などのガラス、快削性セラミックスなどの材料が用いられ、また、第 2 の音響マッチング層 202 b としては、音響インピーダンスが 6 から 12 メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。また、第 3 の音響マッチング層 202 c としては、音響インピーダンスが 3 から 5 メガレールスの範囲の値を有する材料、例えばグラファイト、樹脂材料、またはエポキシ樹脂に金属または酸化物などのフィラーを充填したエポキシ樹脂などを用いる。また、被検体側に設ける第 4 の音響マッチング層 202 d は、エラストマー材料を含む少なくとも 2 種類の材料の混合物、例えば、樹脂材料にエラストマー材料を混合した材料が用いられ、音響インピーダンスが 1.8 から 2.28 メガレールスの範囲の値を有することが好ましい。

20

30

【0100】

なお、本実施の形態では、4 層の音響マッチング層を設けた場合について説明したが、このほか 3 層若しくは 5 層以上の音響マッチング層を設けた場合においても同様の効果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【0101】

本発明に係る超音波探触子は、人体等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。

【符号の説明】

40

【0102】

- 1 圧電素子
- 2 音響マッチング層
- 2 a 第 1 の音響マッチング層
- 2 b 第 2 の音響マッチング層
- 2 c 第 3 の音響マッチング層
- 3 背面負荷材
- 4 音響レンズ
- 5 接地電極
- 6 信号電極

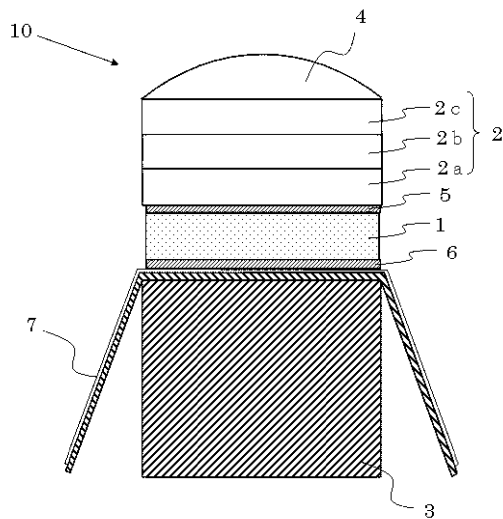
50

- 7 信号用電気端子
- 8 導体箔
- 10 超音波探触子
- 11 圧電素子
- 12 音響マッチング層
- 13 音響レンズ
- 14 背面負荷材
- 20 超音波探触子
- 30 超音波探触子
- 40 超音波探触子
- 100 超音波探触子
- 202 音響マッチング層
- 202 a 第1の音響マッチング層
- 202 b 第2の音響マッチング層
- 202 c 第3の音響マッチング層
- 202 d 第4の音響マッチング層
- 302 a 第1の音響マッチング層
- 302 b 第2の音響マッチング層
- 302 c 第3の音響マッチング層
- 302 d 第4の音響マッチング層
- 302 e 第5の音響マッチング層

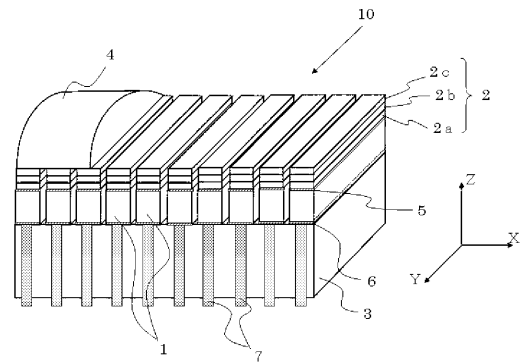
10

20

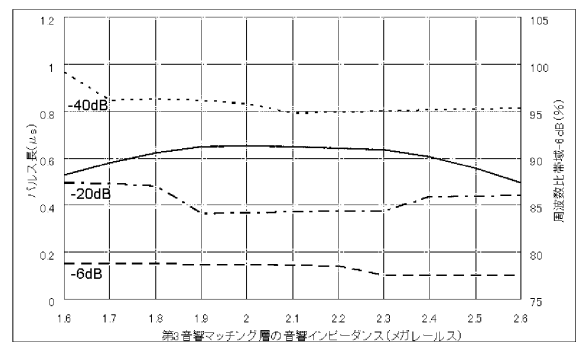
【図1】



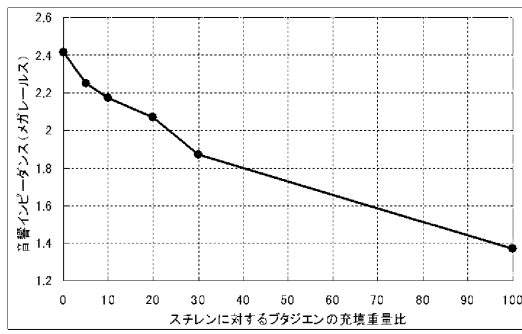
【図2】



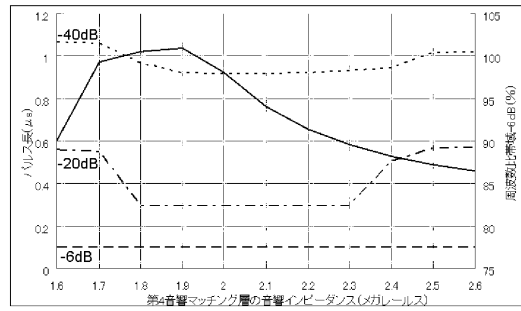
【図3】



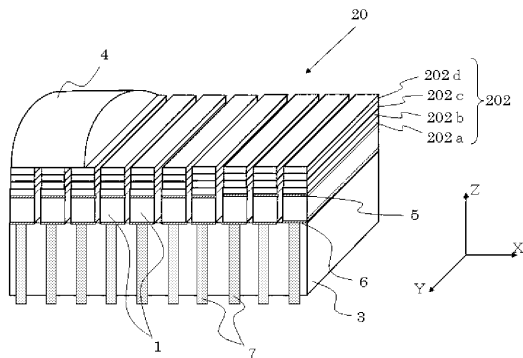
【 図 4 】



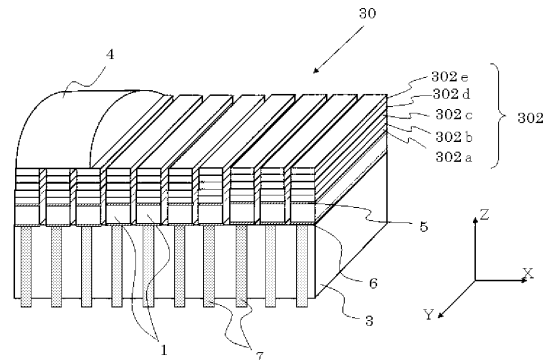
【 図 6 】



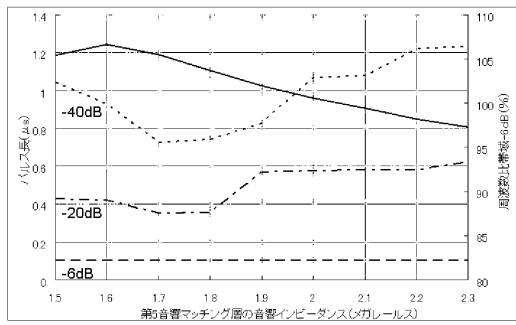
【 図 5 】



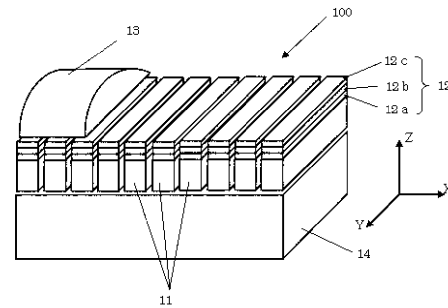
【 図 7 】



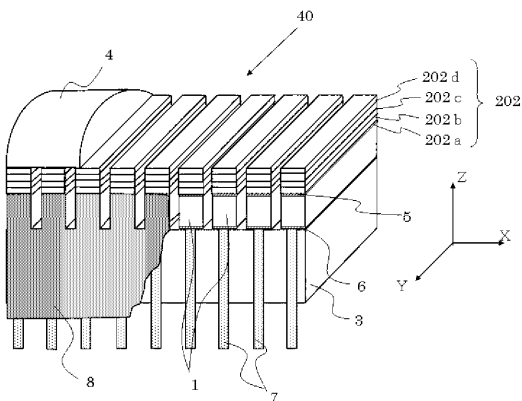
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小西 美有紀

愛媛県東温市南方2 1 3 1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内

Fターム(参考) 4C601 EE01 EE10 GB25 GB26 GB28

5D019 AA22 BB18 FF04 GG02

专利名称(译)	超音波探触子		
公开(公告)号	<a href="#">JP2015188121A</a>	公开(公告)日	2015-10-29
申请号	JP2012158347	申请日	2012-07-17
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 小澤仁 小西美有紀		
发明人	齐藤 孝悦 小澤 仁 小西 美有紀		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/067 A61B8/4494 G10K11/02		
FI分类号	H04R17/00.330.J A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/EE10 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB28 5D019/AA22 5D019/BB18 5D019/FF04 5D019/GG02		
代理人(译)	内藤裕树 长野大辅 藤井 兼太郎		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波探头，该超声波探头通过采用针对宽带和平滑频率特性以及短脉冲长度特性优化声学匹配层的结构，能够获得高分辨率的诊断图像。提供。解决方案：通过配置设置在压电元件一个表面上的多个声匹配层中的至少一个来获得具有宽带且平滑形状的频率特性，其中，声匹配层是树脂材料和弹性体材料的混合物。并且获得了脉冲长度短的特性。[选型图]图1

(21) 出願番号	特願2012-158347 (P2012-158347)	(71) 出願人	000006821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成24年7月17日 (2012.7.17)	(74) 代理人	100109687 弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151 弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156 弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	斉藤 孝悦 愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内
		(72) 発明者	小澤 仁 愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内