

(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2009-72349

(P2009-72349A)

(43) 公開日 平成21年4月9日 (2009.4.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	2 G 0 4 7
G 0 1 N 29/24 (2006.01)	G 0 1 N 29/24 5 0 2	4 C 6 0 1
H 0 4 R 31/00 (2006.01)	H 0 4 R 31/00 3 3 0	5 D 0 1 9
H 0 4 R 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 0 K	
	H 0 4 R 17/00 3 3 2 A	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-243601 (P2007-243601)
 (22) 出願日 平成19年9月20日 (2007.9.20)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100110777
 弁理士 宇都宮 正明
 (74) 代理人 100100413
 弁理士 渡部 温
 (72) 発明者 大澤 敦
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
 富士フイルム株式会社内
 Fターム (参考) 2G047 AC13 BA03 BC13 CA01 EA01
 EA05 GB02 GB21 GB25 GB28
 GB32 GB35 GB36

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサ及びその製造方法、並びに、超音波探触子

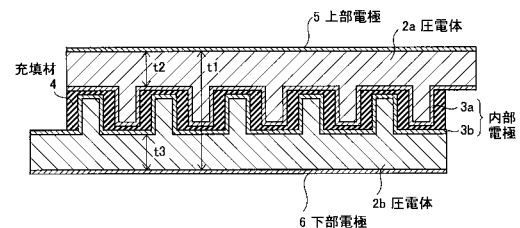
(57) 【要約】

【課題】高感度及び広帯域を達成すると共に、人体との音響整合性が良く超音波の伝播特性に優れた超音波トランスデューサを提供する。

【解決手段】超音波トランスデューサは、第1の表面に凹部及び凸部が形成された第1の圧電体と、第1の表面に凹部及び凸部が形成された第2の圧電体と、第1の圧電体の凹部及び凸部に沿って形成された第1の内部電極と、第2の圧電体の凹部及び凸部に沿って形成された第2の内部電極と、第1及び第2の圧電体の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材とを具備し、第1及び第2の圧電体の凹部の長さが凸部の長さよりも大きく、第1の内部電極と第2の内部電極との間に充填材が充填されるように第1の圧電体の凹部及び凸部と第2の圧電体の凸部及び凹部とが所定の間隔を伴って嵌合されて、積層圧電複合体が形成されている。

。

【選択図】図4B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部が形成された第 1 の圧電体と、
第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部が形成された第 2 の圧電体と、
前記第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された第 1 の内部電極と、
前記第 2 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された第 2 の内部電極と、
前記第 1 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された第 1 の電極と、
前記第 2 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された第 2 の電極と、
前記第 1 及び第 2 の圧電体の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材と、

10

を具備し、前記第 1 及び第 2 の圧電体の凹部の長さが凸部の長さよりも大きく、前記第 1 の内部電極と前記第 2 の内部電極との間に前記充填材が充填されるように、前記第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部と前記第 2 の圧電体の複数の凸部及び複数の凹部とが所定の間隔を伴って嵌合されて、積層圧電複合体が形成されている、超音波トランスデューサ。

【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 の内部電極が露出する前記積層圧電複合体の第 1 の側面に形成され、前記第 1 及び第 2 の内部電極を被覆する絶縁膜と、

前記積層圧電複合体の第 1 の側面に形成され、前記絶縁膜上を橋絡して前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とに接続された第 1 の側面電極と、

20

前記積層圧電複合体の第 2 の側面に形成され、前記第 1 の内部電極と前記第 2 の内部電極とに接続された第 2 の側面電極と、

をさらに具備する、請求項 1 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 3】

前記充填材が、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、メラミン樹脂の内の少なくとも 1 つを含む樹脂系材料と、銀ペーストと、ポリイミドと、半田と、グリセリンと、ガラスと、有機ガラスと、ポリスチロールと、硬質ゴムと、軟質ゴムとの内の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 又は 2 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 4】

前記充填材に対する前記圧電体の体積比率が、前記積層圧電複合体の長手方向において中心部から端部に行くに従って減少する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の超音波トランスデューサ。

30

【請求項 5】

前記第 1 の圧電体及び / 又は前記第 2 の圧電体に形成された複数の凹部及び / 又は複数の凸部が、少なくともコーナー部において曲面を有する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の超音波トランスデューサが複数配列されて形成されたトランスデューサアレイと、

前記トランスデューサアレイの背面に設けられたバッキング材と、

40

前記トランスデューサアレイの前面に設けられた少なくとも 1 層の音響整合層と、を具備する超音波探触子。

【請求項 7】

超音波を送信及び / 又は受信するための超音波トランスデューサを製造する方法であって、

第 1 の圧電体の第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を形成すると共に、第 2 の圧電体の第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を形成して、前記第 1 及び第 2 の圧電体の凹部の長さを凸部の長さよりも大きくする工程 (a) と、

前記第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って第 1 の内部電極を形成すると共に、前記第 2 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って第 2 の内部電極を形成する工

50

程 (b) と、

前記第 1 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に第 1 の電極を形成すると共に、前記第 2 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に第 2 の電極を形成する工程 (c) と、

前記第 1 及び第 2 の圧電体の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材が前記第 1 の内部電極と前記第 2 の内部電極との間に充填されるように、前記第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部と前記第 2 の圧電体の複数の凸部及び複数の凹部とを所定の間隔を伴って嵌合して、積層圧電複合体を形成する工程 (d) と、
を具備する超音波トランスデューサの製造方法。

【請求項 8】

前記積層圧電複合体の両端を除去する工程 (e) をさらに具備する、請求項 7 記載の超音波トランスデューサの製造方法。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 の内部電極が露出する前記積層圧電複合体の第 1 の側面に、前記第 1 及び第 2 の内部電極を被覆する絶縁膜を形成する工程 (f) と、

前記積層圧電複合体の第 1 の側面に、前記絶縁膜上を橋絡して前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とに接続される第 1 の側面電極を形成すると共に、前記積層圧電複合体の第 2 の側面に、前記第 1 の内部電極と前記第 2 の内部電極とに接続される第 2 の側面電極を形成する工程 (g) と、

をさらに具備する、請求項 8 記載の超音波トランスデューサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置において超音波を送受信するために用いられる超音波トランスデューサ (圧電振動子) 、及び、その製造方法に関する。さらに、本発明は、そのような超音波トランスデューサを用いる超音波探触子に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波探触子においては、超音波を送信及び / 又は受信するための超音波トランスデューサとして、一般的に、PZT (チタン酸ジルコン酸鉛 : Pb(lead) zirconate titanate) に代表される圧電セラミックや、PVDf (ポリフッ化ビニリデン : polyvinyliden difluoride) に代表される高分子圧電材料等の圧電体の両端に電極を形成した振動子 (圧電振動子) が用いられている。

【0003】

そのような振動子の電極に電圧を印加すると、圧電効果により圧電体が伸縮して弾性波が発生する。特に、広帯域な信号電圧を振動子の電極に印加することにより、圧電体の厚さに応じた波長を有する共振弾性波が生成される。特に、セラミック圧電体の厚さが数 mm 以下の場合には、圧電体から超音波が発生する。さらに、複数の振動子を 1 次元又は 2 次元状に配列し、所定の遅延を与えた複数の駆動信号によって駆動することにより、超音波ビームを所望の方向に向けて形成することができる。一方、振動子は、伝播する超音波を受信することによって伸縮し、電気信号を発生する。この電気信号は、超音波の検出信号として用いられる。

【0004】

超音波診断装置は、超音波探触子を用いて、人体等の被検体に超音波を送信し、被検体から反射される超音波エコーを受信することにより、超音波の検出信号に基づいて画像を表示する。これにより、体内の臓器や血管の検査が行われる。しかしながら、振動子において圧電セラミックを用いる場合には、振動子の音響インピーダンスと人体等の音響インピーダンスとの間に大きな差があり、そのような音響インピーダンスの差がある境界面においては、超音波の反射が生じて伝播損失となってしまう。

【0005】

10

20

30

40

50

ここで、音響インピーダンスとは、音響媒質密度と音速との積で表される物質固有の定数であり、その単位としては、一般に、 MRayl （メガ・レイル）が用いられ、 $1 \text{ MRayl} = 1 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ である。一般的な圧電セラミックの音響インピーダンスは、約 25 MRayl ~ 約 35 MRayl であり、人体の音響インピーダンスは、約 1.5 MRayl である。

【0006】

振動子の音響インピーダンスを Z_0 とし、人体の音響インピーダンスを Z_M とすると、接触界面における超音波の反射率 R は、次式（1）で与えられる。

$$R = |Z_0 - Z_M| / (Z_0 + Z_M) \cdots (1)$$

式（1）において、 $Z_0 = 35 \text{ MRayl}$ 、 $Z_M = 1.5 \text{ MRayl}$ とすると、 $R = 0.92$ となるので、ほとんどの超音波は接触界面で反射してしまい、超音波は1割も伝播しないことが分る。

10

【0007】

この問題を解決するために、振動子と被検体との間に音響整合層を挿入して、音響インピーダンスの整合を図ることが行われている。さらに、音響整合層を多層構造とすれば超音波の伝播効率が改善されるが、製造上の都合により、音響整合層を2層~3層とするのが限界である。

【0008】

そこで、超音波の伝播効率をさらに改善するために、振動子自体の音響インピーダンスを低減することが考えられる。例えば、圧電体に格子状の溝を形成してアレイ化し、溝の内部に音響インピーダンスが 2 MRayl ~ 4 MRayl 程度の素材を充填することが有効である。その際に、溝の間隔は、溝によって分離される各々の振動子内を伝播する超音波の波長と比較して十分小さくする。一般的には、溝の間隔を、超音波の波長の $1/8$ ~ $1/10$ 以下とすることが望ましい。そのようなアレイ振動子としては、例えば、1つの方向に長い棒状のPZTを樹脂中に配置した複合圧電体を用いられており、この複合圧電体は、1-3コンポジットと呼ばれている。

20

【0009】

1-3コンポジットの場合には、各々の振動子が棒状となることから、その振動モードは、33振動モードとなる。33振動モードとは、第3の方向（Z軸方向）に分極処理（ポーリング処理）が施された圧電体を、同じ第3の方向に電界を印加して振動させた場合の振動モードをいう。一般に、振動子においては、33振動モードにおける電気機械結合係数 k_{33} が、板状における電気機械結合係数 k_t や、バー状における電気機械結合係数 k_{33}' よりも大きいので、各々の振動子を棒状とすることにより、高い変換効率が期待できる。

30

【0010】

また、電気機械結合係数 k_{33} が大きいことは、振動子の帯域拡大にも寄与する。さらに、1-3コンポジットを採用することにより、音響インピーダンスの高い圧電体の一部が、音響インピーダンスの低い樹脂に置き換わるので、振動子の音響インピーダンスが低下して、超音波の伝播効率が改善される。ただし、誘電率が大きい圧電体の有効面積が減少することから、電気的には、振動子の静電容量が低下して、電気インピーダンスが上昇してしまう。

40

【0011】

一方、近年においては、超音波探触子が、口から体内に挿入される内視鏡（経口内視鏡）や、鼻から体内に挿入される内視鏡（経鼻内視鏡）や、血管カテーテル等において用いられていることから、超音波探触子の微細化が求められている。経口内視鏡の直径は 8 mm ~ 11 mm 程度であり、経鼻内視鏡の直径は 4 mm ~ 5 mm 程度であるから、振動子のサイズも小さくする必要がある。

【0012】

しかしながら、振動子の微細化に伴って、振動子の電気インピーダンスが上昇してしまう。送受信される超音波の周波数帯域における振動子の電気インピーダンスが、超音波診

50

断装置本体の受信回路の電気インピーダンス又は接続ケーブルの特性インピーダンスと比較して大きくなると、検出信号の伝送特性が低下する。また、振動子のサイズが小さくなることも相乗して、感度が低下する。

【 0 0 1 3 】

そのような感度の低下を補うために、振動子（圧電体及び電極）を積層構造として、各層の振動子を並列に接続することにより、振動子の静電容量を増加させて電気インピーダンスを低下させることが行われている。しかしながら、振動子の 1 - 3 コンポジット化と振動子の積層化とを両立させる試みは行われていないようである。その理由は、積層化において必要となる超音波放射方向と直交する内部電極構造と、1 - 3 コンポジット化において必要となる超音波放射方向と平行な溝の形成とは、構造上及び加工上矛盾するので、両立し難いからである。

10

【 0 0 1 4 】

また、33 振動モードで振動する四角柱の振動子を積層化し、これをアレイ状に並べて 1 つの振動子として動作するように電極を形成し、さらに、このような振動子を複数並べて 1 次元振動子アレイとすることもできるが、これを製造するプロセスは、積層型の 2 次元振動子アレイを製造するプロセスと似たものとなり、大変な労力を必要とする。

【 0 0 1 5 】

関連する技術として、下記の特許文献 1 及び特許文献 2 には、複合圧電体の製造方法が開示されている。この複合圧電体の製造方法においては、表面に複数の凹部及び複数の凸部を有する 2 つの圧電体を、樹脂を挟んで嵌合させて貼り合わせ、貼り合わされた圧電体を直線に沿って切り出すことにより、複数の圧電体と複数の樹脂とが交互に並んだ複合圧電体が形成される。しかしながら、特許文献 1 及び特許文献 2 には、振動子の 1 - 3 コンポジット化と振動子の積層化とを両立させることは開示されていない。

20

【特許文献 1】米国特許第 5 2 3 9 7 3 6 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6 9 8 4 2 8 4 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 6 】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、高感度及び広帯域を達成すると共に、人体との音響整合性が良く超音波の伝播特性に優れた超音波トランスデューサ、及び、そのような超音波トランスデューサを用いる超音波探触子を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するため、本発明の 1 つの観点に係る超音波トランスデューサは、第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部が形成された第 1 の圧電体と、第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部が形成された第 2 の圧電体と、第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された第 1 の内部電極と、第 2 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された第 2 の内部電極と、第 1 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された第 1 の電極と、第 2 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された第 2 の電極と、第 1 及び第 2 の圧電体の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材とを具備し、第 1 及び第 2 の圧電体の凹部の長さが凸部の長さよりも大きく、第 1 の内部電極と第 2 の内部電極との間に充填材が充填されるように、第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部と第 2 の圧電体の複数の凸部及び複数の凹部とが所定の間隔を伴って嵌合されて、積層圧電複合体が形成されている。

40

【 0 0 1 8 】

また、本発明の 1 つの観点に係る超音波トランスデューサの製造方法は、超音波を送信及び / 又は受信するための超音波トランスデューサを製造する方法であって、第 1 の圧電体の第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を形成すると共に、第 2 の圧電体の第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を形成して、第 1 及び第 2 の圧電体の凹部の長さを凸部の長さよりも大きくする工程（a）と、第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って

50

第 1 の内部電極を形成すると共に、第 2 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部に沿って第 2 の内部電極を形成する工程 (b) と、第 1 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に第 1 の電極を形成すると共に、第 2 の圧電体の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に第 2 の電極を形成する工程 (c) と、第 1 及び第 2 の圧電体の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材が第 1 の内部電極と第 2 の内部電極との間に充填されるように、第 1 の圧電体の複数の凹部及び複数の凸部と第 2 の圧電体の複数の凸部及び複数の凹部とを所定の間隔を伴って嵌合して、積層圧電複合体を形成する工程 (d) とを具備する。

【 0 0 1 9 】

さらに、本発明の 1 つの観点に係る超音波探触子は、本発明に係る超音波トランスデューサが複数配列されて形成されたトランスデューサアレイと、トランスデューサアレイの背面に設けられたバッキング材と、トランスデューサアレイの前面に設けられた少なくとも 1 層の音響整合層とを具備する。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、1 - 3 コンポジット化と積層化とを両立させることにより、電気機械結合係数を向上させて電気インピーダンスを低下させ、高感度及び広帯域を達成すると共に、音響インピーダンスを低下させて、人体との音響整合性が良く超音波の伝播特性に優れた超音波トランスデューサを提供することができる。さらに、そのような超音波トランスデューサを用いる超音波探触子を提供することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を模式的に示す斜視図であり、図 2 は、図 1 に示す超音波探触子において用いられる超音波トランスデューサアレイ (振動子アレイ) を X Y 平面と平行な面で切断したときの断面図である。この振動子アレイは、駆動信号が供給されることにより伸縮して超音波を被検体に向けて送信すると共に、被検体によって反射された超音波を受信することにより電気信号 (検出信号) を出力する複数の超音波トランスデューサ (振動子) 1 を有している。

【 0 0 2 2 】

各々の振動子 1 は、第 1 の表面 (下面) に複数の凹部及び複数の凸部が形成された圧電体 2 a と、第 1 の表面 (上面) に複数の凹部及び複数の凸部が形成された圧電体 2 b と、圧電体 2 a の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された内部電極 3 a と、圧電体 2 b の複数の凹部及び複数の凸部に沿って形成された内部電極 3 b と、圧電体 2 a の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された上部電極 5 と、圧電体 2 b の第 1 の表面に対向する第 2 の表面上に形成された下部電極 6 と、圧電体 2 a 及び 2 b の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材 4 とによって構成された積層圧電複合体を有している。

【 0 0 2 3 】

ここで、圧電体 2 a 及び 2 b の凹部の長さが凸部の長さよりも大きく、内部電極 3 a と内部電極 3 b との間に充填材 4 が充填されるように、圧電体 2 a の複数の凹部及び複数の凸部と圧電体 2 b の複数の凸部及び複数の凹部とが所定の間隔を伴って嵌合されている。さらに、複数の振動子 1 が、振動子アレイ 8 を構成している。

【 0 0 2 4 】

図 1 に示すように、超音波探触子は、バッキング材 1 1 を有しており、振動子アレイ 8 は、このバッキング材 1 1 上に設けられている。振動子アレイ 8 上には、1 つ又は複数の音響整合層 (図 1 においては、2 つの音響整合層 1 2 a 及び 1 2 b を示す) と、必要に応じて音響整合層上に音響レンズ 1 3 とが設けられる。音響整合層 1 2 a 及び 1 2 b は、例えば、超音波を伝播し易いパイレックス (登録商標) ガラスや金属粉入りエポキシ樹脂等

10

20

30

40

50

によって形成されており、生体等の被検体と振動子 1 との間の音響インピーダンスのマッチングを改善する。それにより、振動子 1 から送信される超音波が、効率良く被検体中に伝播する。音響レンズ 1 3 は、例えば、シリコンゴムによって形成されており、複数の振動子 1 から送信され、音響整合層 1 2 a 及び 1 2 b を伝播した超音波を、被検体内の所定の深度において集束させる。これらの部分は、筐体に収納され、複数の振動子 1 から引き出された配線が、ケーブルを介して、超音波診断装置本体内の電子回路に接続される。

【0025】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波トランスデューサが 1 - 3 コンポジットを構成することを概念的に説明するための断面図である。図 3 (a) に示されるように、2 個の圧電体 2 a 及び 2 b の各々は、互いに向き合っている第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を有している。それらの凹部及び凸部に沿って、内部電極 3 a 及び 3 b が形成されている。また、圧電体 2 a の第 2 の表面上には、上部電極 5 が形成され、圧電体 2 b の第 2 の表面上には、下部電極 6 が形成されている。図 3 (b) に示されるように、電極が形成された圧電体 2 a と圧電体 2 b とを積層することにより、積層圧電複合体が形成される。

10

【0026】

ここで、圧電体 2 a 及び 2 b の複数の凸部が、1 つの方向 (図 1 に示す X 軸方向) に並べられて同時に動作する 1 列の振動子群を形成していると見ることができる。これにより、1 列の振動子群が、1 - 3 コンポジットの特徴を有することになり、1 列の振動子群を構成する個々の振動子 (凸部) が、3 3 振動モードで振動する。一般に、圧電振動子においては、3 3 モードにおける電気機械結合定数 k_{33} が、板状における電気機械結合定数 k_t やバー状における電気機械結合定数 k_{33}' よりも大きいので、高い変換効率を実現することができる。また、電気機械結合定数 k_{33} が大きいことは、振動子の帯域拡大にもつながる。従って、1 - 3 コンポジット化を採用することは、圧電振動子の高感度及び広帯域をもたらす。さらに、圧電体及び電極を積層化することによって、静電容量が増加して電気インピーダンスが低下するので、検出信号の伝送効率が改善される。

20

【0027】

図 4 A 及び 4 B は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波トランスデューサを示す図である。図 4 A に示されるように、2 個の圧電体 2 a 及び 2 b の各々は、互いに向き合っている第 1 の表面に複数の凹部及び複数の凸部を有している。図 4 A に示されるように、圧電体 2 a 及び 2 b の凸部の長さを L_1 、凹部の長さを L_2 とし、内部電極 3 a 及び 3 b の厚さが十分に小さいとすると、凹部及び凸部は、 $L_1 < L_2$ の関係が成立するように、かつ、圧電体 2 a と圧電体 2 b とにおいて同一のピッチで形成される。 L_1 及び L_2 の具体的な値としては、例えば、 $L_1 = 150 \mu\text{m}$ 、 $L_2 = 300 \mu\text{m}$ である。

30

【0028】

圧電体 2 a の凹部及び凸部に沿って、内部電極 3 a が形成され、圧電体 2 b の凹部及び凸部に沿って、内部電極 3 b が形成されている。また、圧電体 2 a の第 2 の表面上には、上部電極 5 が形成され、圧電体 2 b の第 2 の表面上には、下部電極 6 が形成されている。各々の電極は、例えば、下地接着層をクロム (Cr) とし表面導電層を金 (Au) とするクロム / 金 (Cr / Au) 電極として形成され、電極の厚さは、例えば、 300 nm である。

40

【0029】

図 4 B に示されるように、圧電体 2 a の複数の凹部及び複数の凸部と圧電体 2 b の複数の凸部及び複数の凹部とを、圧電体 2 a 及び 2 b の音響インピーダンスよりも小さい音響インピーダンスを有する充填材 4 を挟んで嵌合することにより、積層圧電複合体が形成される。ここで、圧電体 2 a 及び 2 b の凸部の長さ L_1 と凹部の長さ L_2 との間には、 $L_1 < L_2$ の関係が成立しているため、積層圧電複合体の長手方向において、内部電極 3 a と内部電極 3 b との間には隙間が形成され、この隙間にも充填材 4 が充填される。

【0030】

圧電体 2 a 及び 2 b は、例えば、リラクサ系圧電体である富士セラミックスの C - 9 1

50

Hにより形成される。充填材4の材料は、音響インピーダンスが圧電セラミックスの音響インピーダンス25 Mrayl ~ 35 Mraylよりも低く、かつ、接着能力を有する材料の中から選択される。

【0031】

そのような材料としては、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、メラミン樹脂等の音響インピーダンス2.0 Mrayl ~ 3.5 Mrayl程度の樹脂系材料、音響インピーダンス11.7 Mraylの銀ペースト（銀30%、エポキシ樹脂70%）、音響インピーダンス2.61 Mraylのポリイミド、音響インピーダンス18 Mrayl程度の半田、音響インピーダンス2.38 Mraylのグリセリン、音響インピーダンス13.0 Mrayl ~ 15.0 Mrayl程度のガラス、音響インピーダンス3.21 Mraylの有機ガラス、音響インピーダンス2.5 Mraylのポリスチロール、音響インピーダンス2.80 Mraylの硬質ゴム、音響インピーダンス1.46 Mraylの軟質ゴム等が挙げられる。

10

【0032】

例えば、樹脂として、エポキシテクノロジー社のエポテック301-2FLが使用される。また、樹脂に放熱効果を持たせる場合には、ケミテック（株）製のケシミールS-8586、又は、出光興産製のXE11-C2148が使用される。

【0033】

図4Bにおいて、上部電極5及び下部電極6を接地電位に接続し、内部電極3a及び3bに駆動電圧を印加することにより、振動子1を駆動しても良い。あるいは、内部電極3a及び3bを接地電位に接続し、上部電極5及び下部電極6に駆動電圧を印加することにより、振動子1を駆動しても良い。このようにして形成された振動子1を1つの方向（図1に示すY方向）に並べることにより、1次元振動子アレイが形成される。振動子アレイの全体の大きさは、例えば、長さ5mm、幅5mm、厚さ600μmである。

20

【0034】

本実施形態においては、圧電体2aと圧電体2bとの間に、圧電体よりも音響インピーダンスの小さい樹脂が充填されるので、振動子1の音響インピーダンスが低くなり、界面における超音波の反射を低減することができる。これにより、被検体に効率的に超音波を伝播することができる。また、振動子1の間に、樹脂を充填することにより、静電容量が減少し、電気インピーダンスが増加するが、圧電体及び電極を積層することにより静電容量の増加を実現し、電気インピーダンスを低減している。さらに、振動子の厚さt1（電極を除く）、及び、圧電体2a及び2bの凹部における圧電体の厚さt2及びt3の値を適切に決めることによって、所望の複数の共振周波数を得ることができ、また、それらの領域の面積比を適切に決めることによって、周波数感度特性のバランスを取ることができる。従って、振動子の広帯域化を実現することが可能であり、特に、ハーモニックイメージングやコントラストドップラーイメージングを行う際に有利である。

30

【0035】

本実施形態において、積層圧電複合体の厚さt1と、圧電体2a及び2bの凹部における圧電体の厚さt2及びt3を、それぞれt1 = 600μm、t2 = t3 = 150μmとした場合の、電気インピーダンスと位相の実測値について説明する。図5(a)は、電気インピーダンスの実測値の周波数依存性を示す図であり、図5(b)は、位相の実測値の周波数依存性を示す図である。電気インピーダンス及び位相の実測値から、t1 = 600μmに対応するピーク値が2.5 MHz付近に存在し、t2 = t3 = 150μmに対応するピーク値が10.5 MHz付近に存在することが読み取れる。

40

【0036】

図6は、本実施形態の振動子において、積層圧電複合体の厚さt1と、圧電体2aの凹部の厚さt2と、圧電体2bの凹部の厚さt3を、それぞれt1 = 200μm、t2 = t3 = 135μmとし、平均音響インピーダンスZaveを、Zave = 15 Mraylとした場合に実測した送受信利得の周波数依存性を示す図である。

【0037】

50

積層圧電複合体の厚さ $t_1 = 200 \mu m$ に対応する送受信利得は、中心周波数 $8.0 MHz$ をピークとして、比較的低い周波数帯域において大きな送受信利得値を示す。一方、圧電体 2 a 及び 2 b の凹部の厚さ $t_2 = t_3 = 135 \mu m$ に対応する送受信利得は、中心周波数 $11.0 MHz$ をピークとして、比較的高い周波数帯域において大きな送受信利得値を示す。圧電体 2 a と圧電体 2 b とを積層して形成された積層圧電複合体の送受信利得は、厚さ t_1 に対応する送受信利得と厚さ t_2 に対応する送受信利得とが重畳されることにより、広い周波数帯域において平坦な送受信利得値を示す。

【0038】

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

図 7 及び図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波トランスデューサ及び超音波探触子、及び、それらの製造工程を示す図である。図 8 (d) に示されるように、本実施形態に係る超音波トランスデューサは、積層圧電複合体の左右の側面に、内部電極 3 a 及び 3 b に接続される側面電極 10 a と、上部電極 5 及び下部電極 6 に接続される側面電極 10 b とを有する。

10

【0039】

本実施形態に係る超音波トランスデューサ及び超音波探触子の製造工程を説明する。まず、図 7 (a) に示されるように、振動子形成のための素材となる圧電体 2 a 及び 2 b を準備する。圧電体 2 a 及び 2 b としては、例えば、PZT が使用される。次に、図 7 (b) に示されるように、圧電体 2 a 及び 2 b の第 1 の表面に、ダイサー等により複数の溝を形成することにより、複数の凹部及び複数の凸部を形成する。

20

【0040】

図 7 (c) に示されるように、メッキ、スパッタリング、又は、蒸着等の方法により、圧電体 2 a の表面に内部電極 3 a 及び上部電極 5 を一体的に形成し、圧電体 2 b の表面に内部電極 3 b 及び下部電極 6 を一体的に形成する。これらの電極としては、下地接着層をクロム (Cr) とし表面導電層を金 (Au) とするクロム / 金 (Cr / Au) 電極を形成することが好ましい。クロム / 金電極の厚さは、例えば、 $300 nm$ とする。なお、上部電極 5 及び下部電極 6 は、後の工程において形成するようにしても良い。

【0041】

図 7 (d) に示されるように、圧電体 2 a 及び 2 b の第 1 の表面に充填材 4 を充填する。充填材 4 としては、例えば、エポキシテクノロジー社のエポテック 301 - 2 FL が使用される。次に、図 7 (e) に示されるように、充填材 4 を挟んで圧電体 2 a と圧電体 2 b とを貼り合わせて、圧電体 2 a 及び 2 b を加圧しながら充填材 4 を硬化させる。これにより、積層圧電複合体が形成される。接着樹脂が硬化した後に、図 7 (f) に示されるように、切断等の方法を用いて、積層圧電複合体の側面の不要部分を除去する。このとき、内部電極 3 a と上部電極 5 とが分離され、内部電極 3 b と下部電極 6 とが分離される。

30

【0042】

図 8 (a) に示されるように、積層圧電複合体の右側面の内部電極 3 a 及び 3 b が露出する箇所に絶縁膜 9 を形成する。この絶縁膜 9 は、後の工程で、内部電極 3 a 及び 3 b を側面電極 10 b から絶縁するために使用される。次に、図 8 (b) に示されるように、メッキ、スパッタリング、又は、蒸着等の方法により、積層圧電複合体の左側面に側面電極 10 a を形成し、積層圧電複合体の右側面に側面電極 10 b を形成する。側面電極 10 a は、内部電極 3 a 及び 3 b に接続される。側面電極 10 b は、絶縁膜 9 の上を橋絡するように形成されて、上部電極 5 及び下部電極 6 に接続されると共に、絶縁膜 9 によって内部電極 3 a 及び 3 b から分離される。これらの側面電極としては、下地接着層をクロム (Cr) とし、表面導電層を金 (Au) とするクロム / 金 (Cr / Au) 電極を形成することが好ましい。クロム / 金電極の厚さは、例えば、 $300 nm$ とする。

40

【0043】

次に、図 8 (c) に示されるように、積層圧電複合体の左上コーナー部と左下コーナー部において電極が除去される。これにより、上部電極 5 及び下部電極 6 が、側面電極 10 a から絶縁される。内部電極 3 a 及び 3 b は、側面電極 10 a に接続されて、側面電極

50

10 aを介して外部に接続される。また、上部電極 5 及び下部電極 6 は、側面電極 10 b に接続されて、側面電極 10 bを介して外部に接続される。この工程で、圧電振動子 1 が完成する。

【0044】

次に、図 8 (d) に示されるように、バッキング材 11 上に、圧電振動子 1 が配置される。圧電振動子 1 上には、音響整合層 12 a 及び 12 b と、音響レンズ 13 とが設けられる。超音波探触子の左側面には、グランド引出しペースト 14 とグランド線 15 とが設けられ、振動子 1 の内部電極 3 a 及び 3 b は、側面電極 10 a、グランド引出しペースト 14、グランド線 15 を介して接地電位に接続される。

【0045】

10

超音波探触子の右側面には、引出しペースト 16、アドレス引出し線 17、半田 18、及び、アドレス引出し FPC (可撓性回路基板) 19 が設けられ、上部電極 5 及び下部電極 6 は、引出しペースト 16、アドレス引出し線 17、及び、半田 18 を介してアドレス引出し FPC 19 に接続される。グランド引出しペースト 14 と引出しペースト 16 は、例えば、銀 (Ag) を主な成分とする。アドレス引出し線 17 は、例えば、銅 (Cu) によって形成される。この工程で、超音波探触子の組み立てが完成する。

【0046】

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。

図 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波トランスデューサにおける積層圧電複合体を示す断面図である。第 3 の実施形態においては、充填材 4 を挟んで、台形の側面形状を有する複数の凹部及び複数の凸部が形成された圧電体 2 a 及び 2 b を嵌合することにより、積層圧電複合体が形成される。圧電体 2 a 及び 2 b の側面形状を台形とすることにより、複数の凹部及び複数の凸部のコーナー部において発生する不要振動が抑制される。このように、圧電体の第 1 の表面に形成される複数の凹部及び複数の凸部の側面形状は、矩形に限定されるものではない。

20

【0047】

次に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。

第 4 の実施形態においては、圧電体 2 a 及び 2 b の互いに向き合う第 1 の表面の形状を、互いに異なるようにしている。例えば、図 10 (a) は、格子形状に形成された凹部と、そのような凹部に囲まれた凸部とによって構成される第 1 の表面を有する圧電体を示しており、図 10 (b) は、1 つの方向に長い溝形状に形成された複数の凹部と、そのような凹部に挟まれた山形状に形成された複数の凸部とによって構成される第 1 の表面を有する圧電体を示している。図 10 (a) に示される圧電体の凹部及び凸部と、図 10 (b) に示される圧電体の凸部及び凹部とを互いに嵌合することにより、積層圧電複合体が形成される。

30

【0048】

圧電体 2 a 及び 2 b の第 1 の表面に形成される複数の凹部及び / 又は複数の凸部は、直方体に限らず、少なくともコーナー部において丸みを持たせるようにしても良い。図 11 (a) は、格子形状に配置された円柱形状の複数の凸部が第 1 の表面に形成された圧電体を示しており、図 11 (b) は、溝形状に配置されコーナー部に丸みを有する複数の凹部が第 1 の表面に形成された圧電体を示している。凹部及び / 又は凸部のコーナー部に丸みを持たせることにより、横方向の不要共振を低減することができる。

40

【0049】

次に、本発明の第 5 の実施形態について説明する。

図 12 (a) は、本発明の第 5 の実施形態に係る超音波トランスデューサのアポタイゼーション構造の一例を XY 平面 (図 1 参照) に平行な断面で示す断面図である。図 12 (b) は、本発明の第 5 の実施形態に係る超音波トランスデューサのアポタイゼーション構造の一例を XZ 平面 (図 1 参照) に平行な断面で示す断面図である。図 12 においては、説明を簡単にするために、電極が省略されている。

【0050】

50

振動子の端部においては、不要振動が発生する。本実施形態においては、この不要振動を低減するために、アポタイゼーション構造を採用することにより、振動子の端部に近付くに従って徐々に音響インピーダンス及び音圧出力が小さくなるように振動子が構成されている。即ち、振動子の端部に近付くに従って、圧電体の凸部の長さを小さくすると共に、充填材の長さを大きくすることにより、アポタイゼーション構造が実現されている。この他に、電極を小さくしたり、圧電体の分極量を減らしたり、ピッチの長さを変えることにより、アポタイゼーション構造を実現しても良い。

【0051】

次に、本発明の第5の実施形態の変形例について説明する。図13(a)は、本発明の第5の実施形態の変形例に係る超音波トランスデューサのアポタイゼーション構造の一例をXY平面(図1参照)に平行な断面で示す断面図である。図13(b)は、本発明の第5の実施形態の変形例に係る超音波トランスデューサの長手方向における位置と、樹脂に対する圧電体の体積比率との関係を示す図である。図13(a)においては、説明を簡単にするために、電極が省略されている。

10

【0052】

本実施形態の振動子においては、振動子の長手方向(図1におけるX軸方向)について、振動子の中心において圧電体の体積比率が最大となるようにし、振動子の端部に近付くに従って圧電体の体積比率をガウス分布に従って減少させることによって、アポタイゼーション構造を実現している。ガウス分布 $f(x)$ は、平均を m 、標準偏差を σ とすると、次式で表される。

20

$$f(x) = 1 / \sqrt{2\pi} \sigma \times \exp(- (x - m)^2 / 2\sigma^2)$$

本実施形態においては、このガウス分布 $f(x)$ を離散化することによって、圧電体の体積比率が定められている。

【0053】

図13(b)は、振動子の長手方向における長さを11等分して複数のセクションに分け、各セクションにおける樹脂に対する圧電体の体積比率の分布を示している。圧電体としては、PZTが用いられる。図13(b)に示す分布は、標準正規分布となっている。この場合に、振動子のエレベーション方向の長さを5.00mmとすると、1セクションの長さは0.45mm程度となる。本実施形態に係る超音波トランスデューサは、均一な駆動信号が印加された場合に、振動子の長手方向の中心において最大となり、端部に近付くに従って減少するガウス分布(正規分布)に近い音圧分布を有する。これにより、虚像を少なくすることが可能となる。また、サイドローブによるアーチファクトを減少し、コントラスト分解能を向上させることができる。

30

【0054】

以上述べたように、本発明の実施形態によれば、1-3コンポジット化を採用することによって、圧電振動子の高感度及び広帯域が実現されると共に、振動子を積層化することによって、電気インピーダンスが低下して検出信号の伝送効率が改善される。また、圧電体の間に充填した充填材を利用して筐体に放熱することができるので、振動子の積層化による発熱の増大に伴う振動子の温度上昇を低減することが可能となる。

40

【0055】

グリーンシート法等による同時焼成によれば積層圧電体を作ることが困難な素材もあるが、本発明の実施形態によれば、個々の圧電体を積層することにより、積層圧電体を形成することができる。また、本発明の実施形態に係る超音波トランスデューサ及び超音波探触子においては、従来の側面絶縁方式と比較して、初期信頼性及び経時信頼性が向上する。さらに、本発明の実施形態に係る超音波トランスデューサの製造方法は、電着法、印刷法、及び、ディスペンス法を用いる場合と比較して、簡易で再現性に優れている。

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明は、超音波診断装置において超音波を送受信するために用いられる超音波トランスデューサアレイ及び超音波探触子において利用することが可能である。

50

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の内部構造を示す断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスデューサが1 - 3コンポジットを構成することを概念的に説明するための断面図である。

【図4A】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスデューサを示す断面図である。

【図4B】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスデューサを示す断面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る超音波トランスデューサのインピーダンスを示す図である。

10

【図6】積層圧電体の各部の厚さによる送受信利得の周波数依存性の変化を示す図である。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスデューサ及び超音波探触子の製造工程を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る超音波トランスデューサ及び超音波探触子の製造工程を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る超音波トランスデューサにおける積層圧電複合体を示す断面図である。

【図10】本発明の第4の実施形態に係る超音波トランスデューサにおける圧電体を示す断面図である。

20

【図11】本発明の第4の実施形態に係る超音波トランスデューサにおける圧電体の変形例を示す断面図である。

【図12】本発明の第5の実施形態に係る超音波トランスデューサにおける積層複合圧電体を示す断面図である。

【図13】本発明の第5の実施形態の変形例に係る超音波トランスデューサにおける積層圧電複合体とその構成を示す図である。

【符号の説明】

【0058】

1 振動子

2 a、2 b 圧電体

30

3 a、3 b 内部電極

4 充填材

5 上部電極

6 下部電極

8 振動子アレイ

9 絶縁膜

10 a、10 b 側面電極

11 バッキング材

12 a、12 b 音響整合層

13 音響レンズ

40

14 グランド引出しペースト

15 グランド線

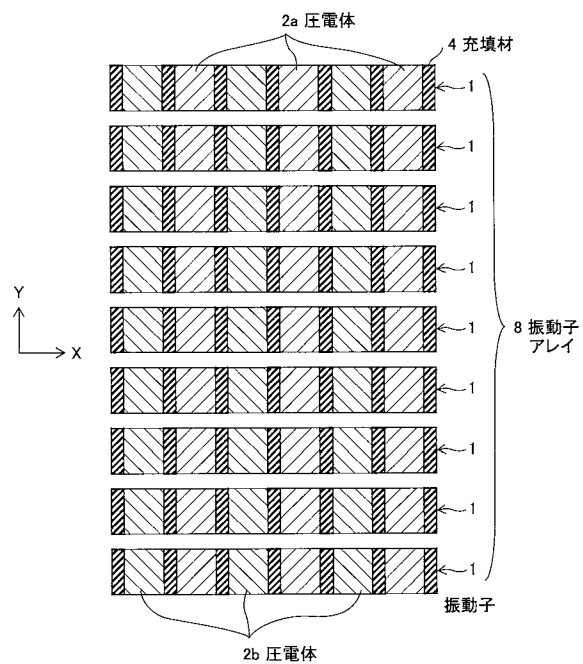
16 引出しペースト

17 アドレス引出し線

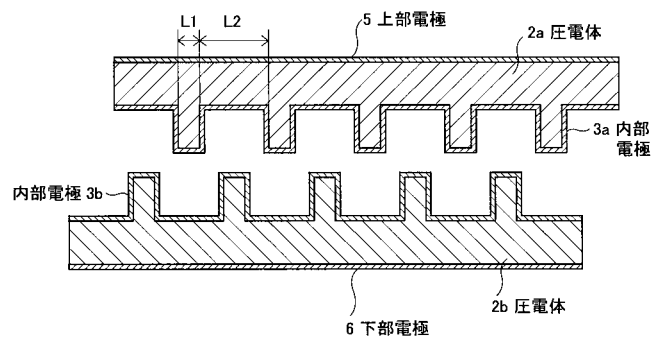
18 半田

19 アドレス引出し F P C

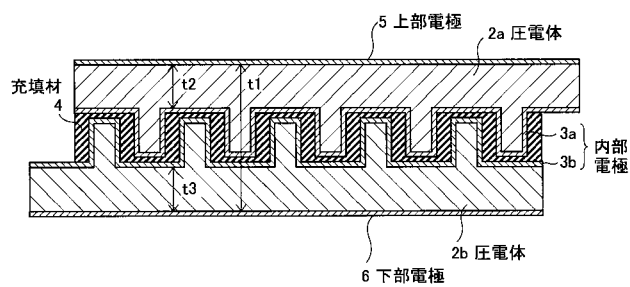
【圖 2】



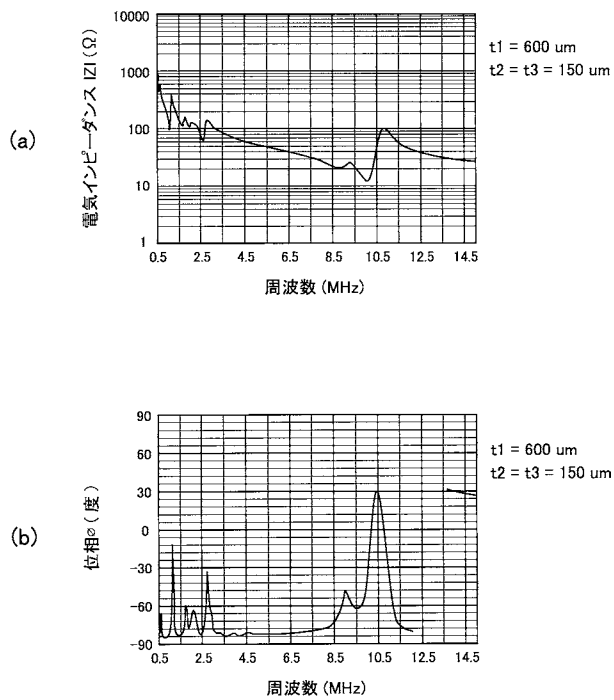
【 図 4 A 】



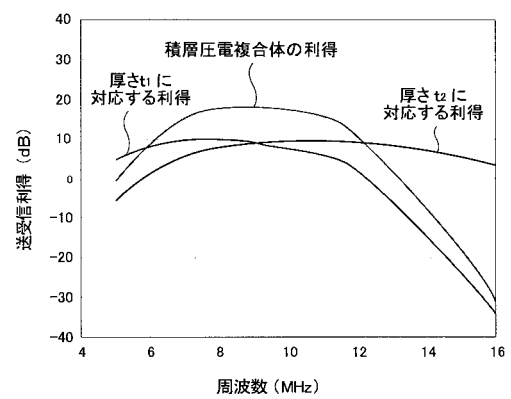
【 図 4 B 】



【図 5】

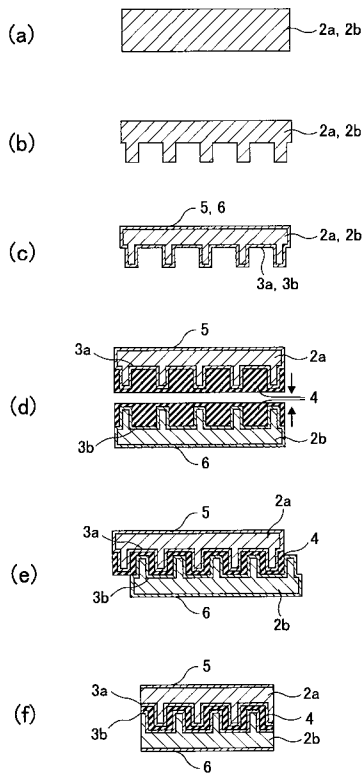


【図 6】

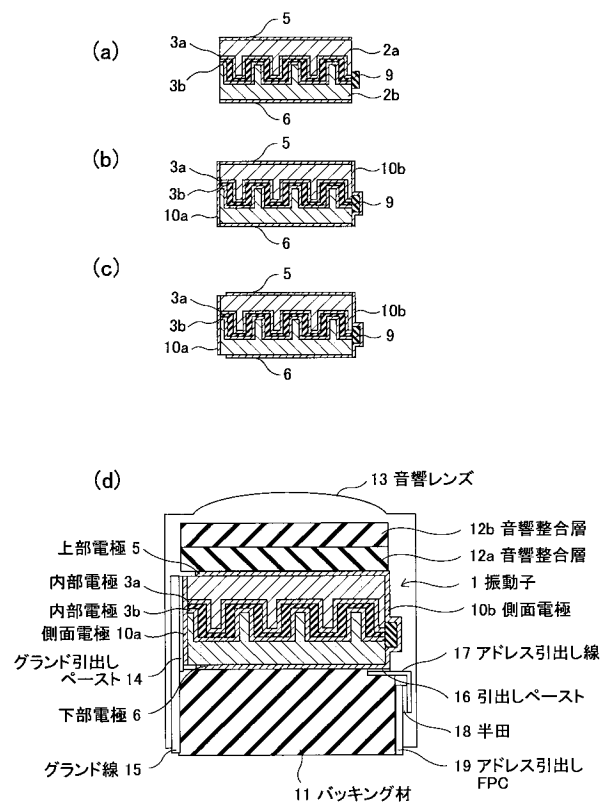


$t_1 = 200 \mu\text{m}$
 $t_2 = t_3 = 135 \mu\text{m}$
 $Z_{ave} = 15 \text{ Mrayl}$

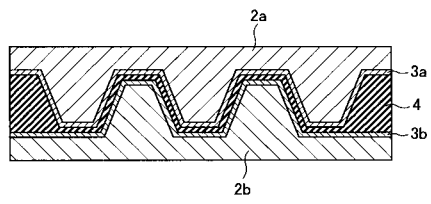
【図 7】



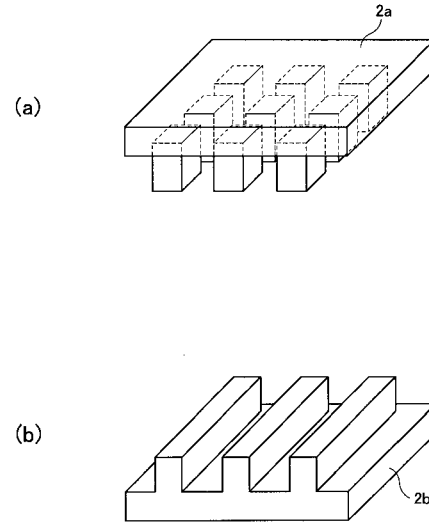
【図 8】



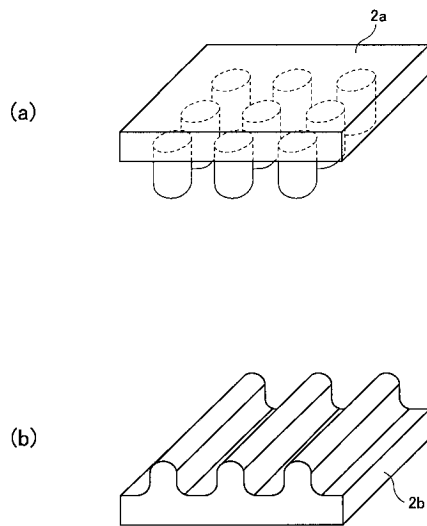
【図 9】



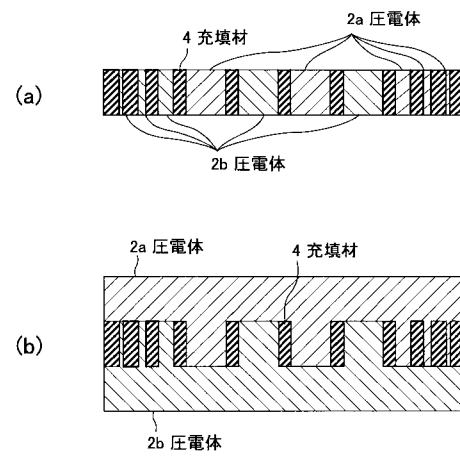
【図 10】



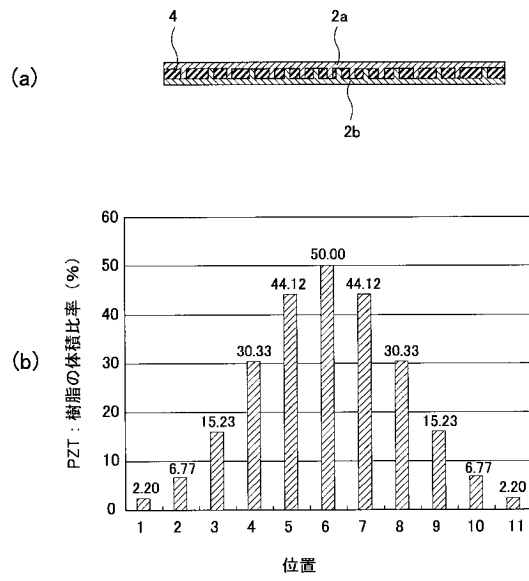
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 R 17/00 3 3 0 H

F ターム(参考) 4C601 EE01 EE03 GB04 GB19 GB25 GB30 GB32 GB41 GB44 GB45
GB47
5D019 AA09 AA21 AA22 AA23 BB05 BB18 BB26 FF04 GG02 GG06
HH01

专利名称(译)	超声波换能器及其制造方法和超声波探头		
公开(公告)号	JP2009072349A	公开(公告)日	2009-04-09
申请号	JP2007243601	申请日	2007-09-20
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	大澤敦		
发明人	大澤 敦		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/24 H04R31/00 H04R17/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24.502 H04R31/00.330 H04R17/00.330.K H04R17/00.332.A H04R17/00.330.H		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/EA01 2G047/EA05 2G047/GB02 2G047/GB21 2G047/GB25 2G047/GB28 2G047/GB32 2G047/GB35 2G047/GB36 4C601/EE01 4C601/EE03 4C601/GB04 4C601/GB19 4C601/GB25 4C601/GB30 4C601/GB32 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB47 5D019/AA09 5D019/AA21 5D019/AA22 5D019/AA23 5D019/BB05 5D019/BB18 5D019/BB26 5D019/FF04 5D019/GG02 5D019/GG06 5D019/HH01		
代理人(译)	宇都宫正明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波换能器，它具有高灵敏度和宽频带，与人体具有出色的声学匹配和优异的超声波传播特性。 超声换能器包括：第一压电体凹面和在第一表面上形成有凸部，并且在第一表面上形成的第二压电体的凹凸部，所述其被沿着所述第一压电元件的凹部和凸部形成的第一内部电极，以及沿第二压电的凹部和凸部，第一和第二形成的第二内部电极的，其包括具有较小的声阻抗比所述压电体的声阻抗，大于所述第一和第二压电凸部，第一内部电极和第二的凹部的长度的长度更大的填料所述第一压电体和所述凸部和第二压电体的凹部的凹和凸部分装配有预定的间隔，从而填料填充在内部电极，层压之间形成压电复合材料。 点域4B

