

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4181103号  
(P4181103)

(45) 発行日 平成20年11月12日(2008.11.12)

(24) 登録日 平成20年9月5日(2008.9.5)

(51) Int.Cl.

**A61B 8/00 (2006.01)**  
**HO4R 17/00 (2006.01)**

F 1

A61B 8/00  
HO4R 17/00 330J  
HO4R 17/00 332A

請求項の数 4 (全 12 頁)

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2004-286583 (P2004-286583) |
| (22) 出願日  | 平成16年9月30日 (2004.9.30)       |
| (65) 公開番号 | 特開2006-95167 (P2006-95167A)  |
| (43) 公開日  | 平成18年4月13日 (2006.4.13)       |
| 審査請求日     | 平成17年9月9日 (2005.9.9)         |

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| (73) 特許権者 | 000003078<br>株式会社東芝<br>東京都港区芝浦一丁目1番1号 |
| (74) 代理人  | 100058479<br>弁理士 鈴江 武彦                |
| (74) 代理人  | 100091351<br>弁理士 河野 哲                 |
| (74) 代理人  | 100088683<br>弁理士 中村 誠                 |
| (74) 代理人  | 100108855<br>弁理士 蔵田 昌俊                |
| (74) 代理人  | 100075672<br>弁理士 峰 隆司                 |
| (74) 代理人  | 100109830<br>弁理士 福原 淑弘                |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波プローブおよび超音波診断装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた、固体無機物で形成された第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、密度 $6.5 \text{ g/cm}^3$ 以上の酸化物粉末を有機樹脂に10~30vol%分散させた混合物で形成された第2の音響整合層とを具備し、前記酸化物粉末が、50%以上の $\text{PbO}$ と1%以上の $\text{Nb}_2\text{O}_5$ を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末、または $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Pr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 、および $\text{Lu}_2\text{O}_3$ よりなる群から選ばれる一種の酸化物粉末であることを特徴とする超音波プローブ。

## 【請求項 2】

前記圧電体が、 $\text{Pb(B}_{1-x}\text{, Ti}_x\text{)O}_3$ (ただし、 $x$ の値は0.3~0.6であり、 $B_1$ は $Zr$ 、 $Sn$ 及び $Hf$ から選ばれる少なくとも一種である)で表される組成を有する単結晶材料であることを特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

## 【請求項 3】

前記圧電体が、 $\text{Pb(B}_1\text{, B}_2\text{)}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ (ただし、 $x$ の値は0.04~0.55であり、 $B_1$ は $Zn$ 、 $Mg$ 、 $Ni$ 、 $Sc$ 、 $In$ 及び $Yb$ よりなる群から選ばれる少なくとも一種であり、 $B_2$ は $Nb$ 及び $Ta$ よりなる群から選ばれる少なくとも一種である)で表される組成を有する単結晶材料であることを特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

## 【請求項 4】

10

20

圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた、固体無機物で形成された第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、密度 $6.5\text{ g/cm}^3$ 以上の酸化物粉末を有機樹脂に10~30vol%分散させた混合物で形成された第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音響レンズと、前記圧電素子の他方の面上に設けられた音響バッキング材とを具備し、前記酸化物粉末が、50%以上のPbOと1%以上のNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末、またはCeO<sub>2</sub>、Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、およびLu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなる群から選ばれる一種の酸化物粉末である超音波プローブと、

ケーブルを介して、前記超音波プローブに接続された超音波プローブ制御部と、  
を具備することを特徴とする超音波診断装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は超音波プローブに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

医用超音波診断装置や非破壊検査機器の分野においては、対象物の内部状態を画像化するため、超音波を対象物に向けて照射し、その対象物における音響インピーダンスの異なる界面からの反射エコーを受信する超音波プローブが用いられている。特に、医用超音波診断装置の超音波プローブは、短冊形状の圧電振動子を多数配列したアレイ型をなし、超音波ビームを電子的に制御し、解像度の高い断層像をリアルタイムで取得することができる。

20

## 【0003】

一般的な超音波プローブは、圧電体の両面に電極を形成した圧電素子と、圧電素子の下面に設けたれたバッキング材と、圧電素子の上面に形成された音響整合層とを有し、圧電素子および音響整合層がアレイ加工された構造を有する。通常、音響整合層上には音響レンズが形成される。また、圧電体の両面に形成された1対の電極は、フレキシブル印刷配線板(FPC)に接続され、またケーブルを介して診断装置に接続される。

## 【0004】

圧電素子は超音波の送受信素子として用いられる。バッキング材は圧電素子の背面に放射される不要な超音波を吸収するために用いられる。音響整合層は圧電体と人体との音響的なインピーダンスを整合することで、超音波の送受信効率を上げるために用いられている。そのため、音響整合層の音響インピーダンス値は、圧電体(20~30Mrayls)と人体(1.5Mrayls)の間の値に設定される。複数層の音響整合層が用いられる場合には、各層の音響インピーダンス値は人体に向かって徐々に小さくなるように設定される。圧電素子とともに音響整合層をアレイ加工する理由は、隣接するチャンネルとのカップリングを抑制するためである。アレイプローブの配列ピッチは、狭いものでは0.1~0.2mm程度である。音響レンズは超音波の送受信時に超音波の焦点を絞る役割を担っている。

30

## 【0005】

ここで、人体の心臓や肝臓などを診断する際に用いる超音波プローブでは約2~5MHzの共振周波数を必要とする。また、これよりも浅い頸動脈などを診断する際に用いる超音波プローブでは、より高い共振周波数を必要とする。圧電体は厚み方向に振動するが、高い共振周波数を得るためにには圧電体の振動方向の厚みを小さくする必要がある。さらに、配列方向における圧電体の幅は、不要振動の発生を抑えるために厚みの60%以下に設定する必要がある。

40

## 【0006】

圧電体としては、従来から、電気機械結合係数 $k_{33}'$ が70%程度と高く、電気的信号から機械的振動への変換効率の高い、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系の圧電セラミックが使用されている。また、近年では、たとえば亜鉛ニオブ酸鉛とチタン酸鉛との固溶体か

50

らなる  $Pb((Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.91}Ti_{0.09})O_3$  壓電単結晶のような、電気機械結合定数  $k_{33}'$  が約 80% 以上と非常に効率の高い圧電体が開発され、超音波プローブへの応用が検討されている。

#### 【0007】

人体への超音波の入・出射を効率よく行うために、圧電素子の上面に形成される音響整合層としては、有機樹脂中に Wなどの金属粒子を分散したものが知られている。また、近年では、有機樹脂中に酸化亜鉛粒子を分散した音響整合層が提案されている（特許文献 1 参照）。

#### 【0008】

しかし、上述した音響整合層を用いて超音波プローブを作製した場合、以下のような問題がある。  
10

有機樹脂中に金属粒子を分散した音響整合層を用いた場合には、韌性が高く切削しにくい金属を切断する必要があるため、ダイシングによるアレイ加工の際にブレードの劣化が著しい。劣化したブレードで加工を継続した場合、同時に切断する圧電体にチッピングやクラックが発生する。圧電体に生じたチッピングやクラックは素子の容量ばらつきを生み、容量ばらつきは超音波プローブの感度ばらつきに直結し、画像の品質が低下する。

#### 【0009】

一方、有機樹脂中に酸化亜鉛粒子を分散した音響整合層では、酸化亜鉛の密度が小さいため、所要の音響インピーダンス値を得るために分散させる酸化亜鉛の量を多くする必要がある。分散量が増加すると隣接する酸化物粒子間に存在する樹脂量が減少するため、粒子同士の密着力が低下してしまう。そのため、ダイシングによるアレイ加工の際に脱粒が著しく、精度よく微細化工できないといった問題がある。また、音響整合層はその全周に渡って金属メッキを施して使用する場合があるが、金属メッキとの密着力が不十分でダイシングによるアレイ加工中の際に電極の一部が剥離することがあった。圧電体の音響整合層側の電極は音響整合層に形成された電極を介してアース板に接続されるため、電極の剥離は断線不良の原因となる。また、実際の使用中に断線不良を生じる可能性もある。  
20

【特許文献 1】特開 2004-104629号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

本発明の目的は、感度のばらつきが小さく信頼性の高い超音波プローブを提供することである。  
30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

本発明の一態様に係る超音波プローブは、圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた、固体無機物で形成された第 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、密度  $6.5 \text{ g/cm}^3$  以上の酸化物粉末を有機樹脂に 10 ~ 30 vol % 分散させた混合物で形成された第 2 の音響整合層とを具備し、前記酸化物粉末が、50% 以上の  $PbO$  と 1% 以上の  $Nb_2O_5$  を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末、または  $CaO$ 、  
 $Pr_2O_3$ 、 $Nd_2O_3$ 、 $Yb_2O_3$ 、および  $Lu_2O_3$  よりなる群から選ばれる一種の酸化物粉末であることを特徴とする。  
40

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本発明によれば、感度のばらつきが小さく信頼性の高い超音波プローブ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】

#### 【0013】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る超音波プローブを説明する。

図 1 は、本発明の実施形態に係る超音波プローブを一部破断して示す斜視図である。図 1 に示すように、本発明の実施形態に係る超音波プローブは、音響パッキング材 2 と、音  
50

響パッキング材 2 上に設けられた圧電体 1 と、圧電体 1 が音響パッキング材 2 と対向する第 1 の面に設けられる第 2 の電極 4 と、圧電体 1 の第 1 の面とは反対側の面である第 2 の面に設けられる第 1 の電極 5 と、第 1 の電極 5 上に設けられる第 1 の音響整合層 3 a と、第 1 の音響整合層 3 a 上に設けられる第 2 の音響整合層 3 b とを有する。ここで、本発明の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 1 の音響整合層 3 a は固体無機物で形成され、第 2 の音響整合層 3 b は有機樹脂に密度 6 . 5 g / cm<sup>3</sup>以上の酸化物粉末を 10 ~ 30 vol %含む材料で形成されている。第 2 の音響整合層 3 b の音響インピーダンスは、第 1 の音響整合層 3 a の音響インピーダンスよりも小さい。第 1 の電極 5 及び第 2 の電極 4 とこれらで挟まれる圧電体 1 とを含む圧電素子と、第 1 の音響整合層 3 a と、第 2 の音響整合層 3 b とが積層された積層体は、複数に分割されてアレイ状に配列されている。なお、図 1においては第 2 の音響整合層 3 b 上に音響レンズ 8 を設けているが、これに限定されない。例えば、音響整合層を 3 層または 4 層構造としてもよい。音響整合層の音響インピーダンス値を圧電体 (20 ~ 30 M rayls) と人体 (1.5 M rayls) の音響インピーダンスの間でかつ徐々に人体の値に近づくように設定することで、超音波の送受信効率はさらに向上する。また、圧電素子と、第 1 の音響整合層 3 a と、第 2 の音響整合層 3 b とを積層した積層体を二次元アレイ状に配列した場合には、音響レンズ 8 を設けなくとも、解像度や感度を著しく向上できる。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の実施形態に係る超音波プローブでは、圧電素子に接する側の第 1 の音響整合層 3 a は固体無機物からなり、第 2 の音響整合層 3 b は有機樹脂に密度 6 . 5 g / cm<sup>3</sup>以上の酸化物粉末を 10 ~ 30 vol %分散させた材料で形成されている。複数の音響整合層を設けることにより音響インピーダンスの整合が取れ、超音波の送受信効率が向上する。また、第 1 および第 2 の音響整合層 3 a、3 b に上記の材料を用いることにより、ダイシングによるアレイ加工の際に圧電体のチッピングやクラックを抑止でき、素子容量のばらつきを低減できることから、超音波プローブの感度のばらつきを低減できる。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明の実施形態において、第 1 の音響整合層に用いる固体無機物は、アレイ加工時に圧電体の支持板として作用し、ブレードのブレを抑止する役目を果たす。第 1 の音響整合層に用いる固体無機物としては、SiO<sub>2</sub>、MgO 及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むセラミックス、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及びZrO<sub>2</sub>を含むセラミックス、カルシウムシリケート及びリチウムアルミニシリケートを含むセラミックス、フッ素金雲母セラミックス、六方晶窒化ホウ素セラミックスなどがある。これらから選ばれる一種または複数種を用いることができる。また、これらに添加元素を添加してもよい。この中でも特に SiO<sub>2</sub>、MgO 及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むセラミックスは加工性も良好でダイシング時の単結晶の損傷が少なく、かつ強度が高いために超音波プローブの機械的強度を向上できるという効果もある。

#### 【 0 0 1 6 】

本発明の実施形態において、第 2 の音響整合層に用いる酸化物粉末の密度と分散量を規定した理由について説明する。密度が 6 . 5 g / cm<sup>3</sup>未満の酸化物粉末を充填させる場合、第 2 の音響整合層として望ましい音響インピーダンスを実現するためには、酸化物粉末の分散量を増加させる必要がある。樹脂内に分散される酸化物粉末の量が増加すれば、近接する酸化物粉末の間に存在する樹脂量が減少するために粉末粒子間の密着力が低下し、研磨やダイシングの際に酸化物粉末が脱粒することになる。脱粒が生じると寸法精度を得ることが難しいうえに、微細加工した際に強度が極端に低下するといった問題が生じる。酸化物粉末の密度が 6 . 5 g / cm<sup>3</sup>以上であっても、分散量が 30 vol %を超える場合には同様な問題が生じ好ましくない。また、分散量が 10 vol %未満および 30 vol %を超える場合、第 2 の音響整合層として望ましい音響インピーダンスから外れるため、超音波の送受信効率が低下するという問題も生じる。

#### 【 0 0 1 7 】

本発明の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 2 の音響整合層として、有機樹脂に 50 %以上 の PbO と 1 %以上 の Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末を

10 ~ 30 vol % 含む材料を用いることが好ましい。50 % 以上の PbO と 1 % 以上の Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末を有機樹脂に分散させることで、酸化物粉末を均一に分散させることができると、ダイシングによるアレイ加工の際の脱粒を抑止することができる。さらに、上記ペロブスカイト構造の酸化物粉末は圧電体の原料にも用いられる組成を含んでおり、第 2 の音響整合層に金属メッキを施した際に金属メッキとの密着力を向上させることができる。そのため、アレイ加工時の電極剥離を抑止できる。

#### 【0018】

本発明の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 2 の音響整合層として、有機樹脂に CeO<sub>2</sub>、Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> よりなる群から選ばれる少なくとも一種を 10 ~ 30 vol % 含む材料を用いることが好ましい。上記の酸化物粉末を有機樹脂に分散させることで、酸化物粉末を均一に分散させることができると、ダイシングによるアレイ加工の際の脱粒を抑止することができる。10

#### 【0019】

以上のように本発明の実施形態に係る超音波プローブにおける第 2 の音響整合層は、アレイ加工時に樹脂内に分散した酸化物粉末の脱粒が著しく少ないため、微細な加工を精度よく仕上げることができる。また、第 2 の音響整合層は金属 (Au, Ni) メッキとの密着性が非常によいため、アレイ加工の際の電極剥離を抑止でき、素子の導通不良を抑止することができる。

#### 【0020】

本発明の実施形態において、圧電体としては、たとえば Pb(B<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>)O<sub>3</sub> (ただし、x の値は 0.3 × 0.6 であり、B<sub>1</sub> は Zr, Sn 及び Hf から選ばれる少なくとも一種である) で表される組成を有する単結晶材料が用いられる。このような固溶系単結晶からなる圧電体を用いることにより、圧電セラミックからなる圧電体に比べて音速を遅くすることができるため、高感度な超音波プローブを得ることができる。上記の一般式において、x が 0.3 未満であると、圧電単結晶のキュリー温度が低くなり、圧電単結晶の切断時に脱分極するおそれがある。一方、x が 0.6 を越えると大きな電気機械結合係数が得られないばかりか、誘電率が低下して送受信を行う際に電気インピーダンスのマッチングが取りづらくなるおそれがある。20

#### 【0021】

本発明の実施形態において、圧電体としては、Pb(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (ただし、x の値は 0.04 × 0.55 であり、B<sub>1</sub> は Zn, Mg, Ni, Sc, In 及び Yb よりなる群から選ばれる少なくとも一種であり、B<sub>2</sub> は Nb 及び Ta よりなる群から選ばれる少なくとも一種である) で表される組成を有する単結晶材料を用いてもよい。このような固溶系単結晶からなる圧電体を用いることにより、圧電セラミックからなる圧電体に比べて、高い結合係数と遅い音速を実現できるため、高感度な超音波プローブを得ることが可能になる。上記の一般式において、x が 0.04 未満であると、圧電単結晶のキュリー温度が低くなり、圧電単結晶の切断時に脱分極するおそれがある。一方、x が 0.55 を越えると大きな電気機械結合係数が得られないばかりか、誘電率が低下して送受信を行う際に電気インピーダンスのマッチングが取りづらくなるおそれがある。30

#### 【0022】

これらの単結晶材料は圧電特性が従来の圧電セラミックスに比べて高いため、超音波プローブに応用した場合、超音波プローブの性能向上が期待されるが、機械的強度が低いためにダイシング時のクラックやチッピングが感度ばらつきの原因になりうる。しかし、上述した材料を含む音響整合層を用いることで、ダイシング時のクラックやチッピングを抑止でき、感度ばらつきが小さく信頼性の高い、高感度・広帯域単結晶プローブを作製できる。

#### 【0023】

本発明の実施形態に係る超音波プローブは、次のようにして用いることができる。図 2 に示すように、第 1 の電極 5 はアース板 7 に接続され、第 2 の電極 4 はフレキシブル印刷配線板 (FPC) 6 を通じて図示しない超音波診断装置に接続されている。超音波診断装40

置からの駆動信号電圧を圧電体1に印加することで、圧電体1を振動させ音響レンズ8側から超音波を発信させる。また、受信時には、音響レンズ8側から受信した超音波を圧電体1によって電気信号に変換し、超音波診断装置中のビームフォーマにより各チャンネルの受信信号に所望の遅延をした後に超音波診断装置中の加算器で整相加算する。その後、基本波を測定する場合には超音波診断装置中の基本波通過型フィルタを通し、第2高調波を測定する場合には超音波診断装置中にある基本波成分を除去する高域通過型フィルタを通し、図示しないモニタにより映像化する。

#### 【0024】

次に、本発明の実施形態に係る超音波プローブの作製方法を説明する。

圧電体として用いる圧電セラミックスの製造方法を説明する。ここではジルコン酸鉛 - チタン酸鉛の固溶系セラミックスの製造方法を説明する。出発原料として化学的に高純度の PbO、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>を用い、これらを純度補正した後、ジルコン酸鉛(PZ)とチタン酸鉛(PT)とが所望のモル比になるように秤量し、この粉末に純水を添加し、例えばZrO<sub>2</sub>ボールが収納されたボールミルで所望時間混合する。得られた混合物の水分を除去した後、例えばライカイ機のような粉碎機で十分に粉碎する。粉碎粉に5wt%のポリビニルアルコールを加えて混合・造粒後、金型でプレスして成型する。成型体をマグネシアの鞘に入れ500で脱脂した後、所望の温度で焼成して焼結体を得る。焼結体を研磨・外形加工した後に、導電膜をスパッタ法により蒸着し、選択エッチング技術により圧電体1の超音波送受信面および送受信面と反対側の面にそれぞれ第1の電極5及び第2の電極4とを形成し、圧電素子を得る。

#### 【0025】

圧電体として圧電単結晶を用いる場合には、以下の手順に従って圧電単結晶を製造する。ここでは亜鉛ニオブ酸鉛 - チタン酸鉛の固溶系単結晶の製造方法を説明する。出発原料として化学的に高純度のPbO、ZnO、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub>を用い、これらを純度補正した後、亜鉛ニオブ酸(PZN)とチタン酸鉛(PT)とが所望のモル比になるように秤量し、さらにフラックスとしてPbOを添加する。この粉末に純水を添加し、例えばZrO<sub>2</sub>ボールが収納されたボールミルで所望時間混合する。得られた混合物の水分を除去した後、例えばライカイ機のような粉碎機で十分に粉碎し、さらにゴム型容器に入れ、所望の圧力でラバープレスを行う。ゴム型から取り出した固体物を例えば白金製の所望容量の容器に入れ、所望の温度で溶解する。冷却後、固体物を入れた容器を例えば白金製の蓋で密閉し、この容器を電気炉の中心に設置する。溶解温度より高い温度まで昇温させ、所望の降温速度で溶解温度付近まで徐冷した後、室温まで冷却する。その後、容器に所望濃度の硝酸を添加し、煮沸して固溶系単結晶を取り出すことにより圧電単結晶を得る。ここではフラックス法による単結晶育成について説明したが、例えばブリッジマン法やキロブロス法、水熱育成法、TSSG(Top Seeded Solution Growth)法、SSCG(Solid-State Single Crystal Growth)法などによって製造した単結晶材料を用いることもできる。ここでは、亜鉛ニオブ酸鉛 - チタン酸鉛を一例として挙げたが、出発原料のZnOおよびNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を、他の元素に代えて得られるチタン酸鉛を含む固溶系圧電単結晶を製造することもできる。得られた単結晶を研磨・外形加工した後に、導電膜をスパッタ法により蒸着し、選択エッチング技術により圧電体1の超音波送受信面および送受信面と反対側の面にそれぞれ第1の電極5及び第2の電極4とを形成し、圧電素子を得る。

#### 【0026】

次に、本発明の実施形態に係る超音波プローブの製造方法を説明する。ここでは、圧電体として圧電セラミックスを用いた場合を説明する。

#### 【0027】

作製した圧電素子の第1の電極5側に、メッキなどにより金属などからなる導電層(図示せず)を全面に形成した第1の音響整合層3aを例えばエポキシ接着剤により接着する。第1の音響整合層3aは固体無機物で形成されている。同様にして、第1の音響整合層3a上に導電層(図示せず)を全面に形成した第2の音響整合層を接着する。第2の音響

10

20

30

40

50

整合層 3 b は、有機樹脂に密度  $6.5 \text{ g / cm}^3$  以上の酸化物粉末を  $10 \sim 30 \text{ vol\%}$  含む材料で形成されている。第 2 の音響整合層の音響インピーダンスは対象物との音響インピーダンスマッチングを取るために、第 1 の音響整合層 3 a の音響インピーダンスよりも小さくする。次に、圧電素子の第 2 の電極 4 側に、絶縁層 6 b 上に複数の導体層（ケーブル）6 a を有する FPC 6 を、例えばエポキシ接着剤により接着する。この後、これらを音響パッキング材 2 上に、FPC 6 が音響パッキング材 2 と接するよう接着する。ブレードを用いて音響整合層から FPC 6 に亘って複数回切断することにより、前記音響パッキング材 2 上に圧電素子と音響整合層との積層体がアレイ状に配列され互いに分離された構成となる。次いで、第 2 の音響整合層 3 b 上に、絶縁層 7 b 上に導電層 7 a がメッキされたアース板 7 を例えばエポキシ接着剤により接着する。さらにアース板 7 上に第 3 の音響整合層 3 c を有機接着剤により接着し、その上に音響レンズ 8 を形成することにより超音波プローブを得る。

#### 【0028】

圧電体として、圧電単結晶を用いた場合にも、同一の方法で超音波プローブを得ることができる。圧電体 1 として用いる圧電単結晶は、その結晶系が菱面体晶あるいは擬立方晶の場合、第 1 の電極 5 側である超音波送受信面が (001) 面であることが望ましい。このような圧電体 1 は、圧電単結晶の [001] 軸 (C 軸) に対して垂直に切り出すことにより作製される。

#### 【0029】

第 1 の電極 5 や第 2 の電極 4 は、例えば Ti / Au、Ni / Au もしくは Cr / Au の二層導電膜、またはガラスフリットを含む銀焼付けなどから形成される。音響整合層としては 2 層構造および 3 層構造を示したが、それ以上の多層構造でもよい。アース板 7 は導電層をスパッタした第 2 の音響整合層 3 b に接着するが、第 2 の音響整合層 3 b 全体に接着する必要はなく、両端部のみに接着してもよい。また、アース板 7 は、第 1 の音響整合層 3 a に接着してもよい。

#### 【実施例】

#### 【0030】

以下、実施例に基づいて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

#### 【0031】

##### (実施例 1)

出発原料として化学的に高純度の PbO、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>を用い、これらを純度補正した後、ジルコン酸鉛 (PZ) とチタン酸鉛 (PT) とが 53 : 47 のモル比になるように秤量し、この粉末に純水を添加し、例えば ZrO<sub>2</sub> ボールが収納されたボールミルで所定時間混合した。得られた混合物の水分を除去した後、例えばライカイ機のような粉碎機で十分に粉碎した。粉碎粉に 5 wt % のポリビニルアルコールを加えて混合・造粒後、金型でプレスして成型する。成型体をマグネシアの鞘に入れ 500 °C で脱脂した後、1250 °C で焼成して焼結体を得た。

#### 【0032】

焼結体を研磨・外形加工して  $30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 0.4 \text{ mm}$  の大きさの圧電体とした後、スパッタ法により Cr / Au からなる第 1 の電極及び第 2 の電極を形成し、圧電素子とした。この圧電素子に 3 kV / mm の電界を印加して分極処理を施した。この圧電素子の音響インピーダンスは 30 M Rayl であった。

#### 【0033】

この圧電素子の第 1 の電極側に、Cr / Au 電極をスパッタ法で全面に形成し音響インピーダンスが 13 M Rayl の SiO<sub>2</sub>、MgO 及び Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むセラミックスからなる第 1 の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第 1 の音響整合層上に、酸化セリウム (CeO<sub>2</sub>) 粉末 (密度: 7.65 g / cm<sup>3</sup>) を 10 vol % 分散させたエポキシ系樹脂を研磨・外形加工した平板に Cr / Au 電極をスパッタ法で全面に形成した第 2 の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第 2 の音響整合層の音響インピーダンスは

10

20

30

40

50

5 M r a y l s であった。その後、圧電素子の第 2 の電極側に C u からなる導電層を有する F P C と音響パッキング材とを順にエポキシ系接着剤で接着した。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、圧電素子と音響整合層との積層体を、厚さ 5 0  $\mu\text{m}$  のブレードを持つダイシングソーで、2 0 0  $\mu\text{m}$  ピッチでアレイ状に切断した。その後、第 2 の音響整合層上全体に A u からなるアース板をエポキシ接着剤で接着し、アース板上にポリエチレンシートからなり音響インピーダンスが 2 M r a y l s である第 3 の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第 3 の音響整合層の上にシリコーンゴムで形成された音響レンズをシリコン系接着剤にて接着した。

#### 【 0 0 3 5 】

10

完成した超音波プローブの圧電体の容量を F P C の端部から 1 k H z で測定したところ、1 つの超音波プローブに配列された、1 0 0 チャンネルの圧電体の平均値は 9 0 p F であり、ばらつきは 1 0 % 以下と良好な値であった。その後これに静電容量が 1 1 0 p F / m であり、長さが 2 m の同軸ケーブルを F P C に接続して診断装置に繋いで超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するとともにチャンネル間の感度ばらつきが 1 5 % 以下と非常に小さかった。

#### 【 0 0 3 6 】

##### ( 実施例 2 )

第 2 の音響整合層として、P b O : 6 5 w t % 、 Z r O<sub>2</sub> : 2 0 w t % 、 T i O<sub>2</sub> : 1 0 w t % 、 M g O 、 1 w t % 、 N b<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 4 w t % を含む酸化物粉末（密度：7 . 9 0 g / c m<sup>3</sup>）を 2 0 v o l % 分散させたエポキシ樹脂を研磨・成型し、その外周全面に C r / A u 電極をスパッタ法で形成したものを用いた。第 2 の音響インピーダンスは 5 M r a y l s であった。第 2 の音響整合層の他は実施例 1 と同様にして超音波プローブを作製した。実施例 1 と同様にして完成した超音波プローブの圧電体の容量を F P C の端部から 1 k H z で測定したところ、1 つの超音波プローブが有する 1 0 0 チャンネルの圧電体の平均値は 9 0 p F であり、ばらつきは 8 % 以下と良好な値であった。また、実施例 1 と同様にして超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するとともにチャンネル間の感度ばらつきが 1 0 % 以下と非常に小さかった。

#### 【 0 0 3 7 】

##### ( 実施例 3 )

20

まず、インジウムニオブ酸鉛 P b ( I n<sub>1/2</sub>N b<sub>1/2</sub> ) O<sub>3</sub> ( P I N ) とマグネシウムニオブ酸鉛 P b ( M g<sub>1/3</sub>N b<sub>2/3</sub> ) O<sub>3</sub> ( P M N ) とチタン酸鉛 P b T i O<sub>3</sub> ( P T ) とを 1 6 : 5 1 : 3 3 のモル比となるよう秤量した混合粉 0 . 1 6 P b ( I n<sub>1/2</sub>N b<sub>1/2</sub> ) O<sub>3</sub> - 0 . 5 1 P b ( M g<sub>1/3</sub>N b<sub>2/3</sub> ) O<sub>3</sub> - 0 . 3 3 P b T i O<sub>3</sub> ( P I M N T 1 6 / 5 1 / 3 3 ) と、ブラックスとして用いる P b O と、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> とを、P I M N T 1 6 / 5 1 / 3 3 : P b O : B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5 0 : 4 0 : 1 0 のモル比となるように 2 0 0 c c の白金容器に入れ 1 2 5 0 に昇温して溶解した後、室温まで冷却し固溶系圧電単結晶を育成した。その後、ラウエカメラを用いて、この圧電単結晶の < 0 0 1 > 軸の方位を出し、この軸に垂直にカッターで切断して厚さ 6 0 0  $\mu\text{m}$  のウェハとした。切断した圧電単結晶を、厚さ 3 5 0  $\mu\text{m}$  に研磨して 3 0 mm × 2 0 mm × 0 . 4 mm の大きさの圧電体とした後、スパッタ法により C r / A u からなる第 1 の電極及び第 2 の電極を形成し、圧電素子とした。この圧電素子に 1 k V / mm の電界を印加して分極処理を施した。この圧電素子の音響インピーダンスは 2 5 M r a y l s であった。

#### 【 0 0 3 8 】

この後、実施例 2 と同様にして超音波プローブを作製した。実施例 1 と同様にして完成した超音波プローブの圧電体の容量を F P C の端部から 1 k H z で測定したところ、1 つの超音波プローブが有する 1 0 0 チャンネルの圧電体の平均値は 8 0 p F であり、ばらつきは 1 5 % 以下と良好な値であった。また、実施例 1 と同様にして超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するとともにチャンネル間の感度ばらつきが 1 0 % 以下と非常に小さかった。

40

50

## 【0039】

## (実施例4)

実施例3と同様にして、錫酸鉛 $PbSnO_3$ (PSn)とチタン酸鉛 $PbTiO_3$ (PT)からなる固溶体単結晶を得た。その後、実施例2と同様にして超音波プローブを作製した。実施例1と同様にして完成した超音波プローブの圧電体の容量をFPCの端部から1kHzで測定したところ、1つの超音波プローブが有する100チャンネルの圧電体の平均値は85pFであり、ばらつきは14%以下と良好な値であった。また、実施例1と同様にして超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するとともにチャンネル間の感度ばらつきが10%以下と非常に小さかった。

## 【0040】

10

## (比較例1)

第1および第2の音響整合層の作製方法を以下の方法とする他は実施例1と同様にして超音波プローブを作製した。

## 【0041】

20

第1の音響整合層は、タングステン金属粉末を40wt%分散させたエポキシ系樹脂を研磨・外形加工した平板にCr/Au電極をスパッタ法で全面に形成したものである。第1の音響整合層の音響インピーダンスは13Mraylsであった。第1の音響整合層は圧電素子の第1の電極側にエポキシ系接着剤にて接着した。第1の音響整合層上に、酸化亜鉛(ZnO)、シリカ(SiO<sub>2</sub>)粉末(密度: 5.60g/cm<sup>3</sup>および2.65g/cm<sup>3</sup>)を60vol%分散させたエポキシ系樹脂を研磨・外形加工した平板にCr/Au電極をスパッタ法で全面に形成した第2の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第2の音響整合層の音響インピーダンスは5Mraylsであった。

## 【0042】

30

実施例1と同様にして完成した超音波プローブの圧電体の容量をFPCの端部から1kHzで測定したところ、1つの超音波プローブが有する100チャンネルの圧電体の平均値は90pFであり、ばらつきは20%以上と大きかった。また、3素子の導通不良チャネルを含んでいた。これは、第1の音響整合層に金属粉末が分散されているため、アレイ加工中のブレードへの負荷が大きく、徐々にブレードが劣化したためである。切削性の低下したブレードを用いて切断すると、圧電体のチッピングやクラックが発生して容量のばらつきを生む。また、第2の音響整合層は30vol%以上の酸化物粉末を含むため、近接する粒子同士の密着性が低下しアレイ加工中に脱粒する。脱粒とともに電極の一部が剥がれるため断線の原因となり得る。また、実施例1と同様にして超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するチャンネルは所々に見られるものの、チャンネル間の感度ばらつきが25%以上と非常に大きかった。このようなチャンネル間の感度ばらつきは診断装置に表示される断層像の画質に悪影響を与えた。

## 【0043】

## (比較例2)

第2の音響整合層の作製方法を以下の方法とする他は実施例1と同様にして超音波プローブを作製した。

## 【0044】

40

圧電素子の第1の電極側に、Cr/Au電極をスパッタ法で全面に形成し音響インピーダンスが13MraylsのSiO<sub>2</sub>、MgO及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むセラミックスからなる第1の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第1の音響整合層上に、酸化亜鉛(ZnO)、シリカ(SiO<sub>2</sub>)粉末を60vol%分散させたエポキシ系樹脂を研磨・外形加工した平板にCr/Au電極をスパッタ法で全面に形成した第2の音響整合層をエポキシ系接着剤にて接着した。第2の音響整合層の音響インピーダンスは5Mraylsであった。

## 【0045】

実施例1と同様にして完成した超音波プローブの圧電体の容量をFPCの端部から1kHzで測定したところ、1つの超音波プローブが有する100チャンネルの圧電体の平均

50

値は 9.0 pF であり、ばらつきは 15 % 以上と大きかった。また、1 素子の導通不良チャネルを含んでいた。これは、第 2 の音響整合層が 3.0 v o 1 % 以上の酸化物粉末を含むため、近接する粒子同士の密着性が低下しアレイ加工中に脱粒するためである。脱粒とともに電極の一部が剥がれるため断線の原因となる。また、実施例 1 と同様にして超音波プローブ特性の評価を行ったところ、高感度、広帯域を有するチャンネルは所々に見られるものの、チャンネル間の感度ばらつきが 20 % 以上と非常に大きかった。このようなチャンネル間の感度ばらつきは診断装置に表示される断層像の画質に悪影響を与えた。

#### 【 0 0 4 6 】

##### ( 実施例 5 )

次に、上記実施例 1 の超音波プローブを用いた超音波診断装置について、図 3 を用いて説明する。対象物に対し超音波信号を送信し、その対象物からの反射信号（エコー信号）を受信して当該対象物を画像化する医療用の超音波診断装置や超音波画像検査装置等では、図 1 に示すような超音波信号送受信機能を有するアレイ式の超音波プローブ 10 が主に用いられている。超音波プローブ 10 はケーブル 11 を介して超音波プローブ制御部 15 に接続されている。また本体にはスクリーン 16 が設けられている。

10

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 4 7 】

【 図 1 】本発明の実施形態に係る超音波プローブを説明する斜視図。

【 図 2 】本発明の実施形態に係る超音波プローブを説明する断面図。

【 図 3 】本発明の実施例 5 の超音波診断装置を示す概略図。

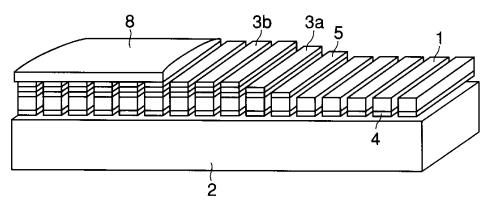
20

#### 【 符号の説明 】

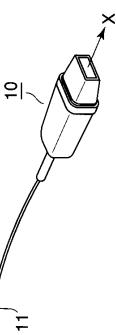
#### 【 0 0 4 8 】

1 … 压電体、 2 … 音響バッキング材、 3 a … 第 1 の音響整合層、 3 b … 第 2 の音響整合層、 3 c … 第 3 の音響整合層、 3 … 音響整合層、 4 … 第 2 の電極、 5 … 第 1 の電極、 6 a … 導電層、 6 b … 絶縁層、 6 … フレキシブル印刷配線板、 7 a … 導電層、 7 b … 絶縁層、 7 … アース板、 8 … 音響レンズ、 10 … 超音波プローブ、 11 … ケーブル、 15 … 超音波プローブ制御部、 16 … スクリーン。

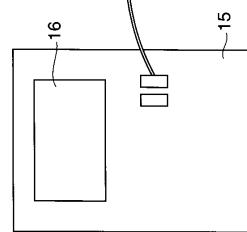
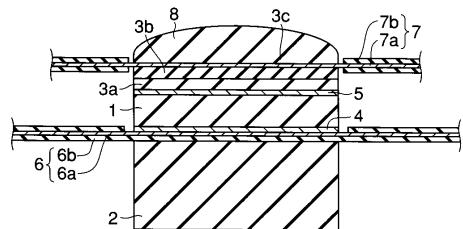
【図1】



【図3】



【図2】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男  
(74)代理人 100092196  
弁理士 橋本 良郎  
(72)発明者 細野 靖晴  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 山下 洋八  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 逸見 和弘  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

審査官 川上 則明

(56)参考文献 特開平10-316496(JP,A)  
特開昭61-278299(JP,A)  
特開2004-120283(JP,A)  
特開2004-104629(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 0 0  
H 04 R 17 / 0 0

|                |   |         |            |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声波探头和超声波诊断仪  |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP4181103B2</a>   | 公开(公告)日 | 2008-11-12 |
| 申请号            | JP2004286583  | 申请日     | 2004-09-30 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社东芝  |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 东芝公司  |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 东芝公司  |         |            |
| [标]发明人         | 細野 靖晴<br>山下 洋八<br>逸見 和弘   |         |            |
| 发明人            | 細野 靖晴<br>山下 洋八<br>逸見 和弘   |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/00 H04R17/00  |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/4281 G10K11/02  |         |            |
| FI分类号          | A61B8/00 H04R17/00.330.J H04R17/00.332.A  |         |            |
| F-TERM分类号      | 4C601/DE08 4C601/EE09 4C601/EE10 4C601/GB06 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB28 4C601/GB30 4C601/GB32 4C601/GB41 4C601/GB43 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB47 5D019/AA22 5D019/BB12 |         |            |
| 代理人(译)         | 河野 哲<br>中村诚   |         |            |
| 审查员(译)         | 川上 則明   |         |            |
| 其他公开文献         | JP2006095167A   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>   |         |            |

## 摘要(译)

要解决的问题：提供可靠的超声波探头，其灵敏度几乎没有变化。解决方案：超声波探头包括压电元件，每个布置在每个压电元件的一个表面上的第一声学调节层，以及每个布置在每个第一声学调节层上的第二声学调节层。第一声学调节层由无机固体材料制成，第二声学调节层由含有10-30vol%的密度为6.5g / cm<sup>3</sup>的氧化物质粉末的混合物制成。或更多地分散在有机树脂中。在超声波探头中，每个包括压电元件，第一声学调节层和第二声学调节层的多个层叠产品以一维或二维阵列布置在声学背衬材料上。

