

(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2006-95167

(P2006-95167A)

(43) 公開日 平成18年4月13日(2006.4.13)

(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	4 C 6 0 1
H 0 4 R 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 0 J	5 D 0 1 9
	H 0 4 R 17/00 3 3 2 A	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-286583 (P2004-286583)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成16年9月30日 (2004.9.30)	(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

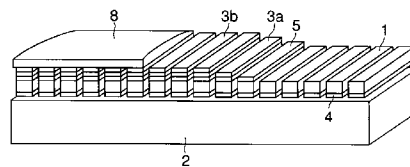
(54) 【発明の名称】 超音波プローブ

(57) 【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 圧電素子と、前記圧電素子の一方の面上に設けられた、固体無機物からなる第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 g/cm^3 以上の酸化物粉末を有機樹脂に $10 \sim 30 \text{ vol} \%$ 分散させた混合物からなる第2の音響整合層とを具備し、前記圧電素子及び前記第1の音響整合層及び前記第2の音響整合層を含む複数の積層体が、前記音響バッキング材上に一次元若しくは二次元のアレイ状に配列されていることを特徴とする超音波プローブ。

【選択図】 図1



【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 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することを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】

前記第 2 の音響整合層が、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を有機樹脂に 10 ~ 30 vol % 分散させた混合物で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波プローブ。

10

【請求項 3】

前記第 2 の音響整合層が、 CeO_2 、 Pr_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Lu_2O_3 よりなる群から選ばれる少なくとも一種を有機樹脂に 10 ~ 30 vol % 分散させた混合物で形成されてい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】

前記圧電体が、 $\text{Pb}(\text{B}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ (ただし、 x の値は $0.3 < x < 0.6$ 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 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 5】

前記圧電体が、 $\text{Pb}(\text{B}_1, \text{B}_2)_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ (ただし、 x の値は $0.04 < x < 0.55$ 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 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

20

【請求項 6】

表面、裏面を有する音響レンズと、前記音響レンズの裏面上に形成され、固体無機物からなる第 1 の音響整合層、及び密度 6.5 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 の音響整合層を有する音響整合層と、前記音響整合層上に形成される圧電素子と、前記圧電素子上に形成される音響バックキ

30

ング材とを具備す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。

【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に、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。

40

【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られたバックキング材と、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

50

線板 (F P C) 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。

【 0 0 0 4 】

圧電素子は超音波の送受信素子として用いられる。バック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 (2 0 ~ 3 0 M r a y l s) と人体 (1 . 5 M r a y l s) 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 . 2 m m 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。

10

【 0 0 0 5 】

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 ~ 5 M H z 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 6 0 % 以下に設定する必要がある。

【 0 0 0 6 】

圧電体としては、従来から、電気機械結合係数 k_{33} ' が 7 0 % 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 (P Z T) 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らなる $P b ((Z n_{1/3} N b_{2/3})_{0.91} T i_{0.09}) O_3$ 圧電単結晶のような、電気機械結合定数 k_{33} ' が約 8 0 % 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。

20

【 0 0 0 7 】

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) 。

30

【 0 0 0 8 】

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。

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、靱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プングやクラックが発生する。圧電体に生じたチップ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。

【 0 0 0 9 】

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。

40

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 1 0 4 6 2 9 号 公 報

50

【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。

【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 g/cm^3 以上の酸化物粉末を有機樹脂に $10\sim 30\text{ vol}\%$ 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することを特徴とする。

10

【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、音響バック材2と、音響バック材2上に設けられた圧電体1と、圧電体1が音響バック材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3aと、第1の音響整合層3a上に設けられる第2の音響整合層3b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3aは固体無機物で形成され、第2の音響整合層3bは有機樹脂に密度 6.5 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3bの音響インピーダンスは、第1の音響整合層3a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を含む圧電素子と、第1の音響整合層3aと、第2の音響整合層3b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3b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($20\sim 30\text{ Mrayls}$)と人体(1.5 Mrayls)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3aと、第2の音響整合層3b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。

20

30

【0014】

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3aは固体無機物からなり、第2の音響整合層3bは有機樹脂に密度 6.5 g/cm^3 以上の酸化物粉末を $10\sim 30\text{ vol}\%$ 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3a、3b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プ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。

40

【0015】

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、ブレードのプ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_2 、 MgO 及び Al_2O_3 を含むセラミックス、 Si_3N_4 、 AlN 、 Al_2O_3 及び ZrO_2 を含むセラミックス、カルシウムシリケート及び

50

リチウムアルミノ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_2 、 MgO 及び Al_2O_3 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。

【0016】

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^3 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う問題が生じる。酸化物粉末の密度が 6.5 g/cm^3 以上であっても、分散量が $30 \text{ vol}\%$ 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 $10 \text{ vol}\%$ 未満および $30 \text{ vol}\%$ 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。

10

【0017】

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_2O_5 を含むペロブスカイト構造の酸化物粉末を $10 \sim 30 \text{ vol}\%$ 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_2O_5 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可能となり、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。

20

【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_2 、 Pr_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Lu_2O_3 よりなる群から選ばれる少なくとも一種を $10 \sim 30 \text{ vol}\%$ 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可能となり、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。

30

【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 $\text{Pb}(\text{B}1_{1-x}, \text{Ti}_x)\text{O}_3$ (ただし、 x の値は $0.3 < x < 0.6$ であり、 $\text{B}1$ 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。

40

【0021】

本発明の実施形態において、圧電体としては、 $\text{Pb}(\text{B}1, \text{B}2)_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ (ただ

50

し、 x の値は0.04 x 0.55であり、B1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、B2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。

【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プ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プングを抑制でき、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_2 、 TiO_2 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_2 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砕機で十分に粉砕する。粉砕粉に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_2O_5 、 TiO_2 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_2 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砕機で十分に粉砕し、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形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、固形物を入れた容器を例えば白金製の蓋で

10

20

30

40

50

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プロープ法、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Nb₂O₅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3bは、有機樹脂に密度6.5g/cm³以上の酸化物粉末を10~30vol%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3a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6b上に複数の導電層(ケーブル)6aを有するFPC6を、例えばエポキシ接着剤より接着する。この後、これらを音響バック材2上に、FPC6が音響バック材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FPC6に亘って複数回切断することにより、前記音響バック材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3b上に、絶縁層7b上に導電層7a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3c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3bに接着するが、第2の音響整合層3b全体に接着する必要はなく、両端部のみ接着してもよい。また、アース板7は、第1の音響整合層3a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】

10

20

30

40

50

(実施例1)

出発原料として化学的に高純度のPbO、ZrO₂、TiO₂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ZrO₂ボールが収納されたボールミルで所望時間混合した。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、1250℃で焼成して焼結体を得た。

【0032】

焼結体を研磨・外形加工して30mm×20mm×0.4mm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3kV/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30Mraylsであった。

10

【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13MraylsのSiO₂、MgO及びAl₂O₃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(CeO₂)粉末(密度:7.65g/cm³)を10vol%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。その後、圧電素子の第2の電極側にCuからなる導電層を有するFPCと音響バック材とを順にエポキシ系接着剤で接着した。

20

【0034】

次に、圧電素子と音響整合層との積層体を、厚さ50μmのブレードを持つダイシングソーで、200μm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Auからなるアース板をエポキシ系接着剤で接着し、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2Mrayls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。

【0035】

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に配列された、100チャンネルの圧電体の平均値は90pFであり、ばらつきは10%以下と良好な値であった。その後これに静電容量が110pF/mであり、長さが2mの同軸ケーブルをFPC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15%以下と非常に小さかった。

30

【0036】

(実施例2)

第2の音響整合層として、PbO:65wt%、ZrO₂:20wt%、TiO₂:10wt%、MgO:1wt%、Nb₂O₅:4wt%を含む酸化物粉末(密度:7.90g/cm³)を20wt%分散させたエポキシ樹脂を研磨・成型し、その外周全面にCr/Au電極をスパッタ法で形成したものをを用いた。第2の音響インピーダンスは5Mrayls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10%以下と非常に小さかった。

40

【0037】

(実施例3)

50

まず、インジウムニオブ酸鉛 $Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ (PIN) とマグネシウムニオブ酸鉛 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (PMN) とチタン酸鉛 $PbTiO_3$ (PT) とを 16 : 51 : 33 のモル比となるよう秤量した混合粉 $0.16Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 - 0.51Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - 0.33PbTiO_3$ (PIMNT16/51/33) と、フラックスとして用いる PbO と、 B_2O_3 とを、PIMNT16/51/33 : PbO : B_2O_3 = 50 : 40 : 10 のモル比となるように 200 cc の白金容器に入れ 1250 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 $\langle 001 \rangle$ 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 600 μm のウェハとした。切断した圧電単結晶を、厚さ 350 μm に研磨して 30 mm \times 20 mm \times 0.4 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 1 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 25 Mrayls であった。

10

【0038】

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 FPC の端部から 1 kHz 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 80 pF であり、ばらつきは 15% 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。

20

【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 1 kHz 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 85 pF 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。

30

【0040】

(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】

第 1 の音響整合層は、タングステン金属粉末を 40 wt% 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 13 Mrayls 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_2) 粉末 (密度: 5.60 g/cm³ および 2.65 g/cm³) を 60 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 5 Mrayls であった。

40

【0042】

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 1 kHz 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 90 pF 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ンネルを含んでいた。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、圧電体のチップ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 30 vol% 以上の酸化物粉末を含むため、

50

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】

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 Mrayls の SiO₂、MgO 及び Al₂O₃ 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 (SiO₂) 粉末を 60 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 5 Mrayls 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 1 kHz 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 90 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ンネルを含んでいた。これは、第 2 の音響整合層が 30 vol% 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。

【0046】

(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。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【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。

【符号の説明】

【0048】

1 ... 圧電体、2 ... 音響バック材、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。

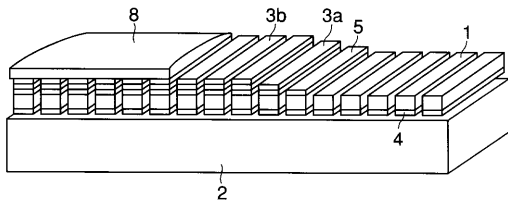
10

20

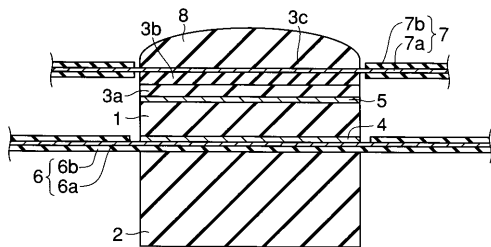
30

40

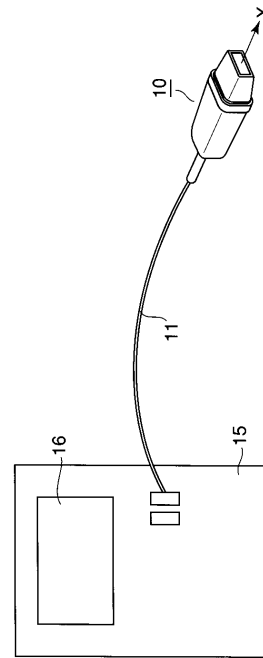
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



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

Fターム(参考) 4C601 DE08 EE09 EE10 GB06 GB25 GB26 GB28 GB30 GB32 GB41

GB43 GB44 GB45 GB47

5D019 AA22 BB12

专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	JP2006095167A	公开(公告)日	2006-04-13
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		
[标]发明人	細野靖晴 山下洋八 逸見和弘		
发明人	細野 靖晴 山下 洋八 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 中村诚		
其他公开文献	JP4181103B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种灵敏度高，灵敏度变化小的超声波探头。压电元件，设置在压电元件的一个面上的，由固体无机材料构成的第一声匹配层，密度为6.5g / 厘米³包括第二声匹配层，压电元件，第一声匹配层和第二声匹配层，第二声匹配层由10至30体积%的分散在有机树脂中的氧化物粉末的混合物制成。一种超声探头，其中，包括声匹配层的多个叠层以一维或二维阵列布置在声背衬材料上。[选型图]图1

