

(19) 日本国特許庁(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/144226

発行日 平成26年7月28日 (2014. 7. 28)

(43) 国際公開日 平成24年10月26日 (2012. 10. 26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 330J	4C601
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	5D019
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

出願番号	特願2013-510896 (P2013-510896)	(71) 出願人	000001270
(21) 国際出願番号	PCT/JP2012/002739		コニカミノルタ株式会社
(22) 国際出願日	平成24年4月20日 (2012. 4. 20)		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(31) 優先権主張番号	特願2011-95525 (P2011-95525)	(74) 代理人	100090446
(32) 優先日	平成23年4月21日 (2011. 4. 21)		弁理士 中島 司朗
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	小椋 高志
(31) 優先権主張番号	特願2011-154547 (P2011-154547)		日本国愛媛県東温市南方2131番地1
(32) 優先日	平成23年7月13日 (2011. 7. 13)		パナソニックヘルスケア株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	進 泰彰
			日本国愛媛県東温市南方2131番地1
			パナソニックヘルスケア株式会社内
		(72) 発明者	永田 貴之
			日本国愛媛県東温市南方2131番地1
			パナソニックヘルスケア株式会社内

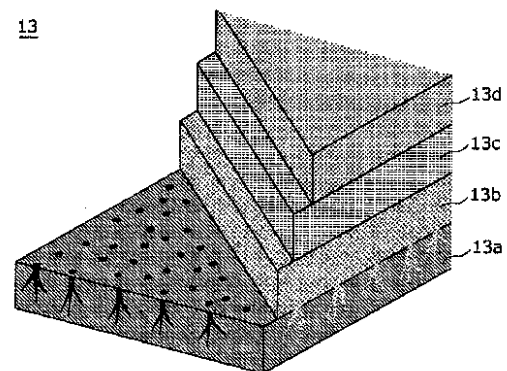
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブおよびその製造方法

(57) 【要約】

超音波を生体へ効率よく伝播できる音響整合層を有する超音波プローブを提供することを目的とする。超音波プローブ(10)は、電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子(11)と、圧電振動子(11)と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層(13)とを備える超音波プローブ(10)であって、音響整合層(13)は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層(13a)を有する。

13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子と、前記圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層とを備える超音波プローブであって、前記音響整合層は、結合材と 1 ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層を有する

超音波プローブ。

【請求項 2】

前記音響整合層は、互いに隣接し合う 2 層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層の微細孔に、他方の前記焼結層の一部が入り込んでいる

請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 3】

前記焼結層は、当該焼結層に隣接する部材と接着層を介して接着されており、

前記接着層は、その一部が当該焼結層の微細孔に入り込んでいる

請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 4】

前記音響整合層は、4 層以上の層から成り、

前記 4 層以上の層のそれぞれは、異なる音響インピーダンスであり、前記圧電振動子に近い位置に設けられる層ほど前記圧電振動子の音響インピーダンスに近く、かつ、前記被検体に近い位置に設けられる層ほど前記被検体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスであり、

前記 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、音響インピーダンスが 15 MRayls 以上である

請求項 1 から 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 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、金属粒子を重量比 90 % 以上含む

請求項 4 に記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記音響整合層は、互いに隣接し合う 2 層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第一結合材と、他方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第二結合材とは、同じ素材であり、

前記第一結合材および前記第二結合材は、前記焼成が行われることにより互いに結着する

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 7】

前記音響整合層は 4 層以上の層から成り、

前記 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、結合材と樹脂粒子とが配合されることにより成り、その音響インピーダンスが 5 MRayls 以下である

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 8】

前記金属ナノ粒子は、銀ナノ粒子、あるいは、銅ナノ粒子である

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 9】

前記結合材は、シリカ化合物、あるいは、耐熱性を有する有機系高分子樹脂を含む

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 10】

前記配合物には、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元剤が添加されている

10

20

30

40

50

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 1 1】

前記焼結層は、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元性ガスが添加されつつ、前記配合物の焼成が行われることにより成る

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 1 2】

結合材と 1 ミクロン以下の金属ナノ粒子とが配合された第一配合物を溶媒で希釈して塗工する第一塗工工程と、

前記第一塗工工程において塗工された前記第一配合物を乾燥する第一乾燥工程と、

前記乾燥工程において乾燥された前記第一配合物を焼成することにより、表面に微細孔が形成された焼結層を作製する第一焼成工程と

を含む超音波プローブの製造方法。

【請求項 1 3】

さらに、

微細孔が形成された前記焼結層上に、前記第一配合物とは異なる第二配合物を溶媒で希釈して塗工する第二塗工工程と、

前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことを判定する浸透判定工程と、

前記浸透判定工程において前記第二配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことが判定された後に、前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物を乾燥する第二乾燥工程と、

前記第二乾燥工程において乾燥された第二配合物を焼成する第二焼成工程と

を含む請求項 1 2 に記載の超音波プローブの製造方法。

【請求項 1 4】

さらに、

微細孔が形成された前記焼結層上に、接着層または前記第一配合物とは異なる第三配合物を塗工する第三塗工工程と、

前記接着層の一部または前記第三配合物を前記微細孔に浸透させるために、前記焼結層と前記接着層との間の空気を追い出す脱気工程と

を含む請求項 1 2 に記載の超音波プローブの製造方法。

【請求項 1 5】

さらに、

微細孔が形成された前記焼結層上に、結合材と金属ナノ粒子または樹脂粒子との第四配合物を溶媒で希釈して塗工する第四塗工工程と、

前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物の上に、前記第四配合物に含まれる結合材と、金属ナノ粒子または樹脂粒子との第五配合物を溶媒で希釈して塗工する第五塗工工程と、

前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物と、前記第五塗工工程において塗工された前記第五配合物との 2 層を一度に焼成する第三焼成工程と

を含む請求項 1 2 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断に用いられる超音波プローブの音響整合層、およびその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、超音波プローブから超音波を被検体に出し、被検体内部で反射された超音波を超音波プローブにおいて受信して、被検体内部の情報を得る装置である。具体的には、超音波診断装置では、超音波プローブを構成する圧電振動子から発信された超

10

20

30

40

50

音波が被検体である生体に放射され、放射された超音波が生体内で反射され、反射された超音波が往路と逆のルートを辿り、再び圧電振動子において受信される。そして、超音波診断装置では、圧電振動子により受信した超音波の強度、超音波が放射されてから受信されるまでの応答時間などに基づいた情報から被検体内部が映像化される。超音波診断装置に用いられる超音波プローブは、多数の圧電振動子が配列されることにより構成され、通常、被検体と圧電振動子との間に、音響インピーダンスの整合をとるための音響整合層を備えている。

【0003】

一般的に音波は、様々な媒質の中を伝播する性質を持っており、異なる媒質が接する境界面では、両者の媒質の音響インピーダンスの差に応じて反射が生じる。このため、一方の媒質から他方の媒質への音波の伝播が阻害される。その傾向は、両者の音響インピーダンスの差が大きいほど強くなる。例えば、被検体が生体の場合、生体の音響インピーダンスは $1.5 \text{ MRayls} (= 10^6 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^3)$ であり、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミックからなる圧電振動子の音響インピーダンスは、およそ 29 MRayls （ただし、圧電振動子の素材構成により、 $25 \sim 35 \text{ MRayls}$ 程度の幅を有する）である。ここで、媒質1の音響インピーダンスを Z_1 、媒質2の音響インピーダンスを Z_2 とする場合、媒質界面における音波の反射率は $(Z_2 - Z_1) / (Z_1 + Z_2)$ で与えられる。したがって、仮に生体に圧電振動子を直接接触させて超音波を送出しようとするれば、9割程度が生体に伝播されずに圧電振動子と生体との境界面において反射されてしまうこととなる。また、反対に、生体内から別の発信素子による超音波が超音波プローブ側に発信されたとしても、生体と圧電振動子との境界面において反射されるため、発信された超音波を受信することは難しい。

【0004】

音響整合層は、このような事態を避けるために挿入される部材であり、生体と圧電振動子との間の音響インピーダンスを有する素材で構成され、圧電振動子から生体へと段階的に音響インピーダンスを変化させることで生体と圧電振動子とを直接接触させる場合よりも反射率を低下させ、効率的に超音波を生体に伝播させる役割を担っている。例えば、上記インピーダンスを有する圧電振動子から出力された音波が生体に直接放射される場合、圧電振動子から生体への超音波の伝播率はおおよそ19%であるが、圧電振動子と生体との間に音響インピーダンスが 10 MRayls の層を挟む場合では、当該伝播率は34%に向上する。

【0005】

近年では、3層以上の音響整合層を用いて、生体と圧電振動子との間でより細かく音響インピーダンスを変化させることにより、超音波の周波数の広帯域化および高感度化を図る構成が提案されている（特許文献1参照）。このような、圧電振動子から生体に近づくにつれて、圧電振動子の音響インピーダンスから生体の音響インピーダンスに近づくように、音響インピーダンスの特性に傾斜を持たせた多層構造の音響整合層（以後、傾斜整合層）において、音響整合層の各層が所望の音響インピーダンスを持つように設定されることが効率的に生体へ超音波を伝播するために必要である。しかしながら、このような傾斜整合層を設計することは可能であるが、音響インピーダンスは材料に固有な物性であるため、設計上必要な数値に合致する音響インピーダンスの材料を得ることは容易ではない。

【0006】

例えば、プラスチック素材は、音響インピーダンスが 2 MRayls から 4 MRayls 程度のものが多く、その間では、比較的設計は容易であるが、 4 MRayls より大きい音響インピーダンスの材料の選択肢に欠ける。また、材質が金属の場合、一部を除き、音響インピーダンスは、圧電振動子の値を大きく超えてしまう。すなわち、音響インピーダンスが 4 MRayls から 29 MRayls を構成する素材の絶対数が希薄であり、音響インピーダンスの値を 4 MRayls から 29 MRayls の間の設計値になるように調整することが難しい。このため、圧電振動子と生体との間において超音波を効率良く伝えることができる音響整合層を製造することが難しいという課題がある。

【0007】

この課題に対し、特許文献2～4において、複合材料で所定の音響インピーダンスを実現する取り組みが行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開昭60-100950号公報

【特許文献2】特開2006-174991号公報

【特許文献3】特表2009-528784号公報

【特許文献4】特開2011-077572号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献2～4に記載された音響整合層では、圧電振動子によって発生された超音波を生体へ効率良く伝播できない。

【0010】

そこで、本発明の目的は、かかる問題に鑑みてなされたものであって、超音波を生体へ効率よく伝播できる音響整合層を有する超音波プローブを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

20

上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る超音波プローブは、電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子と、前記圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層とを備える超音波プローブであって、前記音響整合層は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層を有する。

【0012】

なお、これらの全般的または具体的な態様は、方法で実現されてもよい。

【発明の効果】

【0013】

30

本発明の超音波プローブは、圧電振動子と生体との間において超音波を効率良く伝播することができる。また、本発明の超音波プローブの製造方法では、圧電振動子と生体との間において超音波を効率よく伝播する事ができる超音波プローブを容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、実施の形態1における超音波診断装置の外観図である。

【図2】図2は、実施の形態1に係る超音波プローブの内部構造を示す斜視図である。

【図3】図3は、実施の形態1に係る音響整合層の拡大図である。

【図4】図4は、実施の形態1に係る金属粒子として銀ナノ粒子を用いた場合の、金属粒子の配合比と音響インピーダンスとの関係を示す図である。

40

【図5】図5は、実施の形態1に係る金属粒子として銅ナノ粒子を用いた場合の、金属粒子の配合比と音響インピーダンスとの関係を示す図である。

【図6】図6は、実施の形態1に係る樹脂粒子を用いた場合の、樹脂粒子の配合比と音響整合層の音響インピーダンスとの関係を示す図である。

【図7】図7は、実施の形態1に係る超音波プローブの音響整合層の製造方法の各工程の流れを示すフローチャートである。

【図8】図8は、実施の形態2に係る音響整合層の拡大図である。

【図9】図9は、実施の形態3に係る音響整合層の構成を示す図である。

【図10】図10は、実施の形態3に係る音響整合層の音響特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0015】

(本発明の基礎となった知見)

本発明者は、「背景技術」の欄において記載した、超音波プローブに関し、以下の問題が生じることを見出した。

【0016】

特許文献2では、高分子の樹脂に金属、酸化物、炭化物、高分子、および中空体のいずれか1つ以上の材料からなる粉体を充填した音響整合層を用いる超音波プローブが提案されている。また、特許文献3では、母材にナノサイズおよびミクロンサイズの高密度金属粒子を充填した音響整合層が提案されている。また、特許文献4では、樹脂に金属ナノ粒子を配合して焼成するとともに、焼成温度を変化させることにより音響インピーダンスを調整した音響整合層を用いる超音波プローブが提案されている。

10

【0017】

ところで、複数の層からなる傾斜整合層の構成では、各層の音響インピーダンスを所望の値に調整する以外に、各層の厚み精度や機械的な強度に留意する必要がある、その製造方法にも課題を有している。

【0018】

一般的に伝播効率が良いとされる音響整合層の厚みは、音響整合層内の音波の波長の $1/4$ である。なお、ここで言う「音響整合層の厚み」とは、複数の層が積層されて成る音響整合層である場合には、音響整合層を構成する複数の層の厚みを全て加算した厚みである。したがって、音響整合層内の音速を 1800 m/s とし、中心周波数を 9 MHz とした場合、音響整合層の厚みは、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度が適当となる。ただし、傾斜整合層の層数が増えれば、音響整合層の厚みを維持するために各層の最適な厚みを薄くする必要があるため、音響整合層の各層の厚みは、 $50\text{ }\mu\text{m}$ をさらに音響整合層の枚数を除した値が最適となり、実際には数十 μm の厚みの層を積層する構成となる。つまり、既存のフィルム材料を用いる従来の工法では、材料を所定の厚みに薄膜化するために研磨が必要であり、このような層を積層すると時間的およびコスト的な課題を生じる。

20

【0019】

また、超音波プローブの一般的な製造方法では、圧電振動子および音響整合層を接着した後、接着して一体化した圧電振動子および音響整合層を、音響整合層側からダイサーで幅が $50\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ 間隔になるように切断することにより複数のチャンネルを形成する。このため、音響整合層は、ダイシングに対する高い加工性を有することが重要である。加えて、ダイシングの際に積層された音響整合層に割れや剥離を生じない機械的な強度が必要である。

30

【0020】

しかしながら、特許文献2～4に記載された音響整合層では、各層の音響インピーダンス、厚み精度、および機械的な強度のすべてを満足することは難しい。

【0021】

特許文献2では、熱硬化性のエポキシ樹脂に密度の異なる2種類以上の粉体材料を充填した場合、充填された2種類以上の粉体材料のそれぞれが互いに自然に分離することにより音響インピーダンスの異なる層が形成される。そして、形成された音響インピーダンスの異なる層を熱硬化させることにより音響整合層を形成することが開示されている。また、特許文献2では、粉体材料の充填量を増減させることにより各層の厚みを調整できると、および、粉体材料の平均粒子径を変化させることにより音響インピーダンスが調整できると開示されている。しかしながら、この方法では、インピーダンスを調整するために $10\text{ }\mu\text{m}$ を超えるような粒子が必要な場合があり、数十 μm 程度の層を十分な厚み精度で作製するのは困難と思われる。このため、この方法では、効率良く超音波を伝播させるための音響整合層を形成することは難しい。

40

【0022】

特許文献3では、母材に重粒子および軽粒子を混合することにより $3\sim 7\text{ MRayls}$ の音響インピーダンスである音響整合層が実現でき、また、金属ナノ粒子を混合すること

50

により7～14MRaylsの音響インピーダンスである音響整合層が実現できることが開示されている。しかしながら、音響整合層を傾斜整合層として多層化することにより理想的に反射を減らして、超音波の伝播効率を向上させるためには、音響インピーダンスが14～29MRaylsである材料が必要である。つまり、このように単に金属ナノ粒子を混ぜただけでは、音響インピーダンスが14～29MRaylsである高インピーダンス層は実現できないため、超音波の伝播効率を十分に向上させることは難しい。

【0023】

特許文献4では、接着性を有する樹脂に金属ナノ粒子を配合して、配合した材料を焼成することにより、6～15MRaylsの音響インピーダンスが実現された音響整合層が記載されている。しかしながら、各層間の結合強度を母材の接着性で確保しているために、金属ナノ粒子の含有量を一定以上上げる場合、各層間の結合強度を維持することは難しい。すなわち、この方法を適用して音響インピーダンス15～29MRaylsを実現するために金属ナノ粒子の含有量を上げれば、音響整合層の各層間の結合強度（以後、「剥離強度」とする）が弱くなる。このため、効率良く超音波を伝播させるために音響整合層の最も音響インピーダンスが大きい層として特許文献4の技術により得られる音響インピーダンスが15～29MRaylsの材料を採用しても、十分な剥離強度を有する音響整合層の高インピーダンス層を設けることは難しい。よって、特許文献4では、効率良く超音波を伝播させるための音響整合層を形成することは難しい。

【0024】

このような問題を解決するために、本発明の一態様に係る超音波プローブは、電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子と、前記圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層とを備える超音波プローブであって、前記音響整合層は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層を有する。

【0025】

これによれば、圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面に多数の微細孔を形成した焼結層を含んでいる。このため、焼結層の表面に形成される微細孔を、焼結層と隣接する部材との接着の強化に利用することができ、金属粒子の配合比をある一定以上に上げてできた焼結層であってもその剥離強度を向上させることができる。以上のことから、音響インピーダンスが15～29MRaylsのような高インピーダンスであり、かつ、隣接する部材との剥離強度を確保できる焼結層を音響整合層として利用できるため、圧電振動子と生体との間の超音波の伝播効率を向上させることができる。

【0026】

例えば、前記音響整合層は、互いに隣接し合う2層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層の微細孔に、他方の前記焼結層の一部が入り込んでいてもよい。

【0027】

これによれば、複数の焼結層が積層されることにより音響整合層が成る場合に、互いに隣接し合う複数の焼結層のうちで、一方の焼結層に形成された微細孔に、他方の焼結層の一部が入り込んでいる。このため、一方の焼結層と他方の焼結層との機械的結合力をアンカー効果により高めることができる。また、一方の焼結層の微細孔に他方の焼結層の一部が入り込まない場合と比較して、一方の焼結層と他方の焼結層とが接する面積を増加させることができるため、一方の焼結層と他方の焼結層との結合力を高めることができる。よって、互いに隣り合う複数の焼結層の剥離強度を高めることができる。

【0028】

また、例えば、前記焼結層は、当該焼結層に隣接する部材と接着層を介して接着されており、前記接着層は、その一部が当該焼結層の微細孔に入り込んでいてもよい。

【0029】

これによれば、焼結層が隣接する部材と接着層を介して接着されており、当該焼結層に

形成された微細孔に、接着層の一部が入り込んでいる。このため、焼結層と隣接する部材を接着するための接着層との間の結合力をアンカー効果により高めることができる。また、焼結層の微細孔に接着層の一部が入り込まない場合と比較して、焼結層と接着層とが接する面積を増加させることができるため、焼結層と接着層との結合力を高めることができる。つまり、焼結層と当該焼結層に接着層を介して接着される隣接する部材との結合力を高めることができる。

【0030】

例えば、前記音響整合層は、4層以上の層から成り、前記4層以上の層のそれぞれは、異なる音響インピーダンスであり、前記圧電振動子に近い位置に設けられる層ほど前記圧電振動子の音響インピーダンスに近く、かつ、前記被検体に近い位置に設けられる層ほど前記被検体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスであり、前記4層以上の層のうちの少なくとも1層の前記焼結層は、音響インピーダンスが 15 MRayls 以上であってもよい。また、例えば、前記4層以上の層のうちの少なくとも1層の前記焼結層は、金属粒子を重量比90%以上含んでもよい。

10

【0031】

このように、金属材料を重量比90%以上含むように構成すると、従来の材料で実現できなかった、音響インピーダンスが $15 \sim 29 \text{ MRayls}$ である音響整合層を実現できる。この結果、例えば $2 \sim 29 \text{ MRayls}$ の範囲の内の任意な音響インピーダンスが実現可能となり、設計の自由度を高めることができる。

【0032】

したがって、このような構成により、生体と超音波プローブとの間の伝播効率を高めることができる音響整合層の最適設計を具現化することが可能となり、従来の傾斜整合層を用いたプローブと比べて、高感度化および広帯域化を図ることができる。

20

【0033】

例えば、前記音響整合層は、互いに隣接し合う2層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第一結合材と、他方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第二結合材とは、同じ素材であり、前記第一結合材および前記第二結合材は、前記焼成が行われることにより互いに結着してもよい。

【0034】

これによれば、音響整合層は、互いに隣接し合う2層の焼結層を有し、上記隣接した少なくとも2層の焼結層は、それぞれが同じ素材の結合材を含むように構成される。さらに、結合材は、焼成されることにより結着する材料を用いる。このように、隣接する焼結層と同じ結合材を用いることにより、互いに隣接する層間の相容性を高め、層間における接合性を向上させることができる。

30

【0035】

例えば、前記音響整合層は4層以上の層から成り、前記4層以上の層のうちの少なくとも1層の前記焼結層は、結合材と樹脂粒子とが配合されることにより成り、その音響インピーダンスが 5 MRayls 以下であってもよい。

【0036】

これによれば、音響整合層は、音響整合層の生体側に音響インピーダンスが生体側に近い 5 MRayls 以下であるような、低インピーダンスの層が音響整合層を構成する層として形成されているため、圧電振動子と生体との間における超音波の伝播効率を向上させることができる。低インピーダンス層については、結合材に、金属粒子ではなく樹脂粒子を混入させることで実現することができる。樹脂粒子としては、アクリル系、ポリエステル系、ポリプロピレン系、アミド・イミド系など、結合材のインピーダンスを上下にコントロールできるものであればよく、樹脂粒子の種類に応じてそれぞれに固有の物性を有しているので、目的の音響インピーダンスの設計において法、信頼性などを勘案した上で、優位となる選択をすればよい。

40

【0037】

また、樹脂粒子の粒径は、ナノ～数ミクロン以下の素材が望ましい。なぜなら、設計上

50

求められる整合層が数10ミクロン～数10ミクロンの層厚であり、粒径が小さいほど微視的な構造ムラが低減するだけでなく、粒径が大き過ぎればナノ金属粒子と混合した場合に、強度を保持する構造材として機能しないからである。

【0038】

例えば、前記金属ナノ粒子は、銀ナノ粒子、あるいは、銅ナノ粒子であってもよい。また、例えば、前記結合材は、シリカ化合物、あるいは、耐熱性を有する有機系高分子樹脂を含んでもよい。

【0039】

また、例えば、前記配合物には、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元剤が添加されていてもよい。また、例えば、前記焼結層は、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元性ガスが添加されつつ、前記配合物の焼成が行われることにより成ってもよい。

10

【0040】

この場合には、金属粒子または結合材の表面を焼成前に酸化防止剤で被覆したり、還元剤（水素ガス、一酸化炭素ガス、炭素など）を焼成環境下に添加したり、金属粒子および結合材を希釈するための溶媒に配合したりすることで、金属粒子の酸化被膜が焼成の過程に悪影響を及ぼし、焼成を妨げることを防ぐことができる。これにより、金属粒子同士および結合材同士のバルク成長を促すことができる。

【0041】

なお、これらの全般的または具体的な態様は、方法で実現されてもよい。本発明の一態様に係る超音波プローブの製造方法は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とが配合された第一配合物を溶媒で希釈して塗工する第一塗工工程と、前記第一塗工工程において塗工された前記第一配合物を乾燥する第一乾燥工程と、前記乾燥工程において乾燥された前記第一配合物を焼成することにより、表面に微細孔が形成された焼結層を作製する第一焼成工程とを含む。

20

【0042】

また、例えば、さらに、微細孔が形成された前記焼結層上に、前記第一配合物とは異なる第二配合物を溶媒で希釈して塗工する第二塗工工程と、前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことを判定する浸透判定工程と、前記浸透判定工程において前記第二配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことが判定された後に、前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物を乾燥する第二乾燥工程と、前記第二乾燥工程において乾燥された第二配合物を焼成する第二焼成工程とを含んでもよい。また、例えば、さらに、微細孔が形成された前記焼結層上に、接着層または前記第一配合物とは異なる第三配合物を塗工する第三塗工工程と、前記接着層の一部または前記第三配合物を前記微細孔に浸透させるために、前記焼結層と前記接着層との間の空気を追い出す脱気工程とを含んでもよい。また、例えば、さらに、微細孔が形成された前記焼結層上に、結合材と金属ナノ粒子または樹脂粒子との第四配合物を溶媒で希釈して塗工する第四塗工工程と、前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物の上に、前記第四配合物に含まれる結合材と、金属ナノ粒子または樹脂粒子との第五配合物を溶媒で希釈して塗工する第五塗工工程と、前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物と、前記第五塗工工程において塗工された前記第五配合物との2層を一度に焼成する第三焼成工程とを含んでもよい。

30

40

【0043】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。本発明は、請求の範囲によって特定される。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、本発明の課題を達成するのに必ずしも必要ではないが、より好ましい形態を構成するものとして説明さ

50

れる。

【0044】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1における超音波診断装置の外観図である。この超音波診断装置100は、エコー法等によって胎児、内臓、心臓等の断層画像を生成するだけでなく、得られた断層画像に基づいて、胎児、内臓、内臓の内部のガン組織、心臓の内壁等の対象物の輪郭を自動抽出するとともに、抽出された対象物の容積計測や3D(3次元)画像の生成等をリアルタイムで実行するデジタル方式の超音波診断装置であり、主なハードウェアとして、表示装置101、本体装置102および超音波送受信装置103から構成される。

【0045】

表示装置11は、前面に透明のタッチパネル等が貼られたCRT等であり、得られた断層画像、輪郭及び計測結果等をグレースケールやカラー等で表示するとともに、それら画像に対する操作者のタッチペン等による指示を取得する。

【0046】

超音波送受信装置103は、超音波を送受信するための超音波振動子や音響レンズ等からなる超音波プローブ10(後述参照)を含み、対象物の容積値等をリアルタイムに表示する液晶表示部を備える。

【0047】

本体装置102は、超音波による電子走査のための送受信回路、DSPやCPU等からなる信号処理回路、画像処理回路等からなり、操作者と対話するためのスイッチ群、トラックボール、液晶表示部等を有する操作パネル、マウス等を備える。

【0048】

図2は、実施の形態1に係る超音波プローブの内部構造を示す斜視図である。

【0049】

図2に示すように、超音波プローブ10は、圧電振動子11と、駆動電極12と、音響整合層13と、音響レンズ14と、バックリング15とを備える。圧電振動子11は、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される圧電セラミック等から成り、電圧が印加されることにより圧電効果による超音波を発生する。駆動電極12は、圧電振動子11に圧電効果を発生させるための電圧を印加するための電極である。音響整合層13は、圧電振動子11と被検体との間の音響インピーダンスを整合することにより、圧電振動子11と被検体との間の超音波の伝播効率を高める。音響レンズ14は、超音波をビーム状に収束させるための部材である。バックリング15は、圧電振動子11から発生する不要な超音波、つまり、被検体側とは反対側に発生する超音波を減衰させる部材である。

【0050】

ここで、音響整合層13は、音響インピーダンスが互いに異なる4つ層からなり、各層の音響インピーダンスは、音響ホーンなどに採用されている指数関数に基づいて算出された値を持つように構成されている。このときの各層の音響インピーダンスは、圧電振動子11から生体側に近づくに連れて、例えば、17MRays、10MRays、5MRays、3MRaysと設計され、従来実現が困難であった15~29MRaysのインピーダンスを有する層を含んでいる。このように、整合層が4層以上の場合には、各層間の音響インピーダンスの差を小さくできるが、従来実現が困難であった15MRays以上の音響インピーダンスの材料が必要になる。

【0051】

図3は、実施の形態1に係る音響整合層13の拡大図である。

【0052】

図3に示すように、音響整合層13は、圧電振動子11に近い方から順に、高インピーダンスの第1層13a、第2層13b、第3層13c、および第4層13dの4層の層から成る。音響整合層13の各層のうち、圧電振動子11に近い位置に設けられる層である少なくとも第1層13aは、音響インピーダンスが15MRays以上であり、金属粒子を重量比90%以上含む複合材で構成される。そして、第1層13aは、図3に示すよ

10

20

30

40

50

うに、多孔質体となるように構成されている。つまり、音響整合層 13 のうちの第 1 層 13 a は、結合材と 1 ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面の全体にわたって単位面積当たりに所定の割合（例えば 20 % 以下）で多数の微細孔が形成された焼結層である。つまり、多数の微細孔は、焼結層である第 1 層 13 a の表面の全体にわたって偏ることなく前記所定の割合で一様に分布するように形成される。なお、金属ナノ粒子としては、銀ナノ粒子、あるいは、銅ナノ粒子が用いられる。また、結合材としては、無機系高分子材料である、例えば、シリカ化合物が用いられる。また、結合材は、無機系高分子材料にかぎらずに、耐熱性を有する有機系高分子樹脂であってもよい。また、音響整合層 13 は、第 2 層 13 b は、第 1 層 13 a と同様に焼成されることによりなる焼結層であり、第 1 層 13 a の微細孔に第 2 層 13 b の一部が入り込んでいる。さらに、音響整合層 13 は、互いに隣接し合う 2 層の焼結層であり第 1 層 13 a および第 2 層 13 b を有し、一方の焼結層である第 1 層 13 a に含まれる第一結合材と、他方の焼結層である第 2 層 13 b に含まれる第二結合材とは、同じ素材である。また、第一結合材および第二結合材は、焼成が行われることにより互いに結着する。また、音響整合層 13 の各層のうち、被検体である生体に近い位置に設けられる層である少なくとも第 4 層 13 d は、結合材と樹脂粒子とが配合されることにより成り、その音響インピーダンスが 5 M R a y l s 以下の複合材料である。

10

【0053】

なお、音響整合層 13 を構成する第 1 層 13 a、第 2 層 13 b、第 3 層 13 c、および第 4 層 13 d は、それぞれが設計される音響インピーダンスである 17 M R a y l s、10 M R a y l s、5 M R a y l s、および 3 M R a y l s となるように、配合される金属粒子または樹脂粒子の配合比が決定される。

20

【0054】

図 4 は、実施の形態 1 に係る金属粒子として銀ナノ粒子を用いた場合の、金属粒子の配合比と音響整合層の音響インピーダンスとの関係を示す図である。図 5 は、実施の形態 1 に係る金属粒子として銅ナノ粒子を用いた場合の、金属粒子の配合比と音響整合層の音響インピーダンスとの関係を示す図である。図 6 は、実施の形態 1 に係る樹脂粒子を用いた場合の、樹脂粒子の配合比と音響整合層の音響インピーダンスとの関係を示す図である。なお、図 4～6 に示す、配合比は、銀ナノ粒子、銅ナノ粒子、または樹脂粒子のシリカ化合物との複合材料全体の重量に対する重量 % である。

30

【0055】

図 4 に示すように、銀ナノ粒子とシリカ化合物との配合によって、音響インピーダンスが 4～25 M R a y l s の範囲の複合材料を得ることができることが分かる。また、図 5 に示すように、銅ナノ粒子とシリカ化合物との配合によって、音響インピーダンスが 4～8.5 M R a y l s の範囲の複合材料を得ることができることが分かる。さらに、図 6 に示すように、樹脂粒子とシリカ化合物との配合によって、音響インピーダンスが 2.5～4 M R a y l s の範囲の複合材料を得ることができることが分かる。つまり、本実施の形態 1 では、生体の音響インピーダンスである 1.5 M R a y l s から圧電振動子 11 の一般的な音響インピーダンスである 29 M R a y l s の間を埋める音響インピーダンスを任意に設計できることが言える。したがって、図 4～図 6 に示したように、例えば、音響インピーダンスが 17 M R a y l s である第 1 層 13 a は、銀ナノ粒子とシリカ化合物とを配合した複合材料であって、当該複合材料に対する銀ナノ粒子の配合比がおよそ 95 % の複合材料から成る。また、例えば、音響インピーダンスが 10 M R a y l s である第 2 層 13 b は、銀ナノ粒子とシリカ化合物とを配合した複合材料であって、当該複合材料に対する銀ナノ粒子の配合比が第 1 層 13 a よりも少ないおよそ 88 % の複合材料から成る。また、例えば、音響インピーダンスが 5 M R a y l s である第 3 層 13 c は、銀ナノ粒子とシリカ化合物とを配合した複合材料であって、当該複合材料に対する銀ナノ粒子の配合比が第 2 層 13 b よりも少ないおよそ 58 % の複合材料から成る。また、第 3 層 13 c は、銅ナノ粒子とシリカ化合物とを配合した複合材料であってもよく、当該複合材料に対する銅ナノ粒子の配合比がおよそ 38 % の複合材料から成る。また、例えば、音響インピー

40

50

ダンスが 3 M R a y l s である第 4 層 1 3 d は、樹脂粒子とシリカ化合物とを配合した複合材料であって、当該複合材料に対する樹脂粒子の配合比がおよそ 2 6 % の複合材料から成る。なお、この場合の結合材は、シロキサンやシランカップリング剤などのシリカ化合物である。ただし、金属の焼成温度に支障が無ければ、耐熱性を有する有機系高分子樹脂を母材として用いるとともに、発泡剤等の添加により多孔質体を形成してもよい。このようにして、結合材としてのシリカ化合物に対して配合する粒子の種類と、当該粒子の配合比との組み合わせにより、2. 5 ~ 2 5 M R a y l s の範囲の音響インピーダンスを有する複合材料を得ることができる。

【0056】

次に、このような構成の超音波プローブ 1 0 の音響整合層 1 3 の製造方法の各工程を簡単に説明する。図 7 は、実施の形態 1 に係る超音波プローブの音響整合層の製造方法の各工程の流れを示すフローチャートである。まず、各層の材料の配合を行う。金属粒子として、銀ナノペースト、あるいは、銅ナノ粒子（粒子径数百ナノ）、結合材として、例えばシリカ化合物を用いて、上述したような各層の音響インピーダンスに応じた所定の配合比で配合する配合工程が行われる（S 0 1）。

【0057】

なお、第 1 層 1 3 a の高インピーダンス層は金属材料を重量比 9 0 % 以上含むように配合するが、結合材を入れず、金属材料 1 0 0 % とすることもできる。また、最も低インピーダンスの第 4 層 1 3 d は金属粒子の代わりにアクリル等のプラスチック製の粉体である樹脂粒子を他の層と同じ結合材に配合する。

【0058】

所定の配合が行なわれた混合物は、希釈工程において水系の溶媒で希釈される（S 0 2）。そして、希釈工程において、希釈された混合物は、攪拌および減圧による脱泡がさらに行われ、配合比別にそれぞれ第 1 層 1 3 a ~ 第 4 層 1 3 d を成形するための塗工液となる。

【0059】

次に、第一塗工工程において、塗工装置により、アルミあるいは銅等の基板上に第 1 層 1 3 a を構成する材料が配合された配合物である塗工液が、所定の厚みになるように塗工される（S 0 3）。このとき、音響整合層 1 3 を製造するための塗工装置として、例えばスプレーコーターを用いることができ、数十 μm 程度の厚みの層を精度よく作製することができる。そして、第一塗工工程において塗工された配合物を乾燥させる第一乾燥工程が行われる（S 0 4）。乾燥された配合物は、その後、第一焼成工程において数百度で低温焼成される（S 0 5）。第一乾燥工程において、第 1 層 1 3 a を塗工後に乾燥させた時点では、層内には溶媒が僅かに残留している。この状態でステップ S 0 5 の第一焼成工程を行うことにより、第 1 層 1 3 a を焼成すると、わずかに残留していた溶媒が蒸発し、溶媒が抜け出た部分に微細孔が開く。この結果、第 1 層 1 3 a は表面に微細孔のあいた多孔質体となる。この微細孔は、1 0 0 μm 以下の大きさであり、当該微細孔に入り込ませるための第 2 層 1 3 b を構成する材料の粒子径としては数十 μm 程度が適している。なお、ここで形成される微細孔の大きさは、ステップ S 0 2 の希釈工程により希釈される混合物の溶媒に対する割合を増減させることにより変更することができる。つまり、混合物に対する溶媒の量を増やせば、焼成された第 1 層 1 3 a の表面に形成される微細孔の大きさを大きくすることができ、反対に、混合物に対する溶媒の量を減らせば第 1 層 1 3 a の表面に形成される微細孔の大きさを小さくすることができる。

【0060】

次に、第二塗工工程において第 1 層 1 3 a の上に第 2 層 1 3 b を所定の厚みに塗工し（S 0 6）、第二乾燥工程において乾燥させる（S 0 7）。このとき、第 2 層 1 3 b の塗工液が第 1 層 1 3 a の表面の微細孔に浸透するように常温で十分に時間を置く。ここでは、浸透判定工程において、第 1 層 1 3 a の上に塗工された第 2 層 1 3 b の塗工液が第 1 層 1 3 a の表面の微細孔に浸透したことを予め定められた時間が経過したことにより判定する（S 0 8）。つまり、予め定められた時間が経過した場合（S 0 8 : Y e s）に、次の第

二焼成工程に移行し、予め定められた時間が経過していない場合（S08：No）に、当該ステップS08に戻る。

【0061】

次に、第2層13bを乾燥させた後、第二焼成工程において、第2層13bの一部が第1層13a表面の微細孔に入り込んだ状態で焼成を行う（S09）。このように製作すると、第1層13aに含まれる結合材の比率が低くても、第1層13aの表面の微細孔に第2層13bの一部が入り込む構成となっているため、アンカー効果により第1層13aと第2層13bとの間の剥離強度を十分な強度とすることができる。またアンカー効果（機械的結合）と共に、第1層13aの表面の微細孔に第2層13bの一部が入り込んだ状態で結合（化学的相互するため、このときに第1層13aおよび第2層13bが結合する場合の境界面の面積が、微細孔のない平坦な面において結合する場合の境界面の面積よりも大きくなる。つまり、結合する境界面の面積が平坦な面同士で結合する場合よりも増加するため、第1層13aと第2層13bとの間の剥離強度を十分な強度とすることができる。また、第2層13bの焼成後は、第2層13bが多孔質体となるので、第1層13aに第2層13bを塗工した工程と同様に第3層13cおよび第4層13dを順に塗工および焼成することで、各層間の剥離強度の強い整合層を製造できる。つまり、第二焼成工程が終了すると、第3層13cおよび第4層13dは、第二乾燥工程（S07）から第二焼成工程（S09）を繰り返すことにより形成される（S10）。そして、第4層13dが形成されれば、超音波プローブの音響整合層の製造方法は終了する。

【0062】

以上のように製作した音響整合層13は、基板から剥がされ、圧電振動子11の表面に焼付けられた駆動電極12に接着され、音響整合層13側からダイサーで幅を50～300μm間隔に切断して複数のチャンネルが形成される。このとき、複数の層からなる音響整合層は、各層間の結合力が十分でないと、ダイシングの際に剥離してしまう。しかし、本実施の形態1に係る音響整合層13は結合材の配合比の小さい高インピーダンスの層である第1層13aと第2層13bとの間においても、アンカー効果を用いて機械的に各層間を結合させているので、各層間における剥離強度を強くすることができる。つまり、音響整合層13は、ダイシングの際においても、複数の層の各層が剥離しにくい剥離強度を有する。そして、この後、音響レンズ14およびバックリング15が取り付けられて超音波プローブ10の主要部が完成する。

【0063】

上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、圧電振動子11と被検体としての生体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層13の各層13a～13dは、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面に多数の微細孔を形成した焼結層である。つまり、音響整合層13は、上述したような焼結層を含んでいる。このように、複数の焼結層である第1層13a～第4層13dが積層されることにより音響整合層13が成る場合に、互いに隣接し合う複数の焼結層のうちで、一方の焼結層に形成された微細孔に、他方の焼結層の一部が入り込んでいる。具体的には、例えば、第1層13aの微細孔に第2層13bの一部が入り込んでいる。このため、一方の焼結層と他方の焼結層との機械的結合力をアンカー効果により高めることができる。また、一方の焼結層の微細孔に他方の焼結層の一部が入り込まない場合と比較して、一方の焼結層と他方の焼結層とが接する面積を増加させることができるため、一方の焼結層と他方の焼結層との結合力を高めることができる。よって、互いに隣り合う複数の焼結層の剥離強度を高めることができる。

【0064】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層13のうちの第1層13aは、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面の全体にわたって単位面積あたりに所定の割合（20%以下）で多数の微細孔が形成された焼結層である。このように、第1層13aの表面の全体にわたって単位面積あたりに所定の割合で偏ることなく一様に多数の微細孔が形成されて

いるため、隣接する第2層13bの一部を第1層13aに形成された多数の微細孔に入り込ませることにより、第1層13aと第2層13bとの間の境界面の全体にわたってアンカー効果を偏ることなく一様に得ることができ、剥離強度を向上させることができる。

【0065】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層13の第1層13aには、金属粒子が重量比90%以上含まれるように構成されている。これにより、音響インピーダンスが15~29MRaylsである第1層13aを実現できる。このような、金属粒子が結合材よりも大量に含まれており、隣接する第2層13bとの間で結合しにくいような構成の第1層13aであっても、焼成することによりその表面に微細孔が形成されているため、微細孔に第2層13bの一部を入り込ませることにより、第1層13aと第2層13bとの剥離強度を向上させることができる。

10

【0066】

したがって、金属粒子の配合比をある一定以上に上げてできた焼結層であっても、その表面に微細孔を形成し、隣接する部材の一部を当該微細孔に入り込ませる構成とすることにより、その剥離強度を向上させることができる。以上のことから、音響インピーダンスが15~29MRaylsのような高インピーダンスであり、かつ、隣接する部材との剥離強度を確保できる焼結層を音響整合層として利用できるため、圧電振動子と生体との間の超音波の伝播効率を向上させることができる。

【0067】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層13を構成する複数の焼結層13a~13dは、それぞれが同じ素材の結合材を含むように構成される。つまり、音響整合層13は、互いに隣接し合う2層の焼結層を有しており、上記隣接した2層の焼結層は、それぞれが同じ素材の結合材を含んでいる。さらに、結合材は、焼成されることにより結着する材料である。このように、隣接する焼結層と同じ結合材を用いることにより、互いに隣接する層間の相容性を高め、層間における接合性を向上させることができる。

20

【0068】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層13を構成する複数の焼結層13a~13dのうち生体に近い側の第4層13dは、生体側に近い5MRayls以下であるような低インピーダンス層である。このような低インピーダンス層である第4層13dは、結合材に、金属粒子ではなく樹脂粒子を配合することにより実現できる。

30

【0069】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、金属粒子または結合材の表面を、焼成前に酸化防止剤で被覆したり、還元剤（水素ガス、一酸化炭素ガス、炭素など）を焼成環境下に添加したり、金属粒子および結合材を希釈するための溶媒に配合したりしている。このため、金属粒子の酸化被膜が焼成の過程に悪影響を及ぼし、焼成を妨げることを防ぐことができる。これにより、金属粒子同士および結合材同士のバルク成長を促すことができる。

【0070】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10によれば、1ミクロン以下の金属ナノ粒子のうち特に数百nm台を下回る金属ナノ粒子を音響整合層13に配合する金属粒子として採用している。この金属ナノ粒子は、その表面積の大きさから反応性に富み、焼結開始温度が100~350℃であり、粒径に依存して焼結開始温度は変化するものの、金属の融点と比較して大幅に低い。このように、金属の融点よりも比較的低温の環境下で金属ナノ粒子は焼結して金属のバルク状に成長するので、焼結層は金属粒子が単独で分散している混合物の状態よりも、高い音響インピーダンスを実現できる。

40

【0071】

このとき、互いに焼結した金属粉末は、金属粒子同士がバルク成長するため強度を増し、さらに、結合材は金属粒子で形成される金属バルクの空隙を埋めるように侵入し、金属

50

バルクを支持しながら結合材同士でもバルク成長する。このように、焼結層は、金属粉末と結合材とが焼成されることにより互いに絡み合った状態でバルク成長し、素材全体としては複合素材化することで構造的にさらに強化されるため、当該焼結層自体の破壊強度を向上させることができる。

【0072】

上記実施の形態1に係る超音波プローブ10では、既に焼成された第1層13aの上に第2層13bの塗工液を塗工したときに、第2層13bの塗工液が第1層13aの表面の微細孔に浸透したことを予め定められた時間が経過したことにより判定しているが、第2層13bの塗工液を第1層13aの上に塗工したときに発生する気泡の量が減少したことにより判定してもよい。気泡の量が減少したことを判定する方法としては、カメラで撮影した映像を画像解析することなどが考えられる。

10

【0073】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10では、常温で十分に時間を置くことにより第2層13bの塗工液を第1層13aの表面の微細孔に浸透させているが、十分に時間を置くことに限らずに、積極的に塗工された第2層13bの塗工液と焼成後の第1層13aとの間の空気を追い出す脱気工程を行うことにより第2層13bの塗工液を第1層13aの表面の微細孔に浸透させてもよい。つまり、浸透判定工程の代わりに、脱気工程を行なってもよい。脱気工程としては、例えば、第2層13bの塗工液を塗工後に減圧して第2層13bの塗工液を積極的に第1層13aの表面の微細孔に浸透させることや、第1層13aを予め加熱する、または、焼成後の第1層13aが十分に冷却されずに熱いうちに、微細孔の内部の空気を膨張させた状態で第2層13bを塗工することにより常温に戻したときに第2層13bの塗工液が第1層13aの微細孔に吸引されることを促すことなどが考えられる。

20

【0074】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10では、第1層13aの表面の微細孔に第2層13bの塗工液を浸透させるのに、常温で十分に時間を置くこと、脱気工程を含むことにより行なっているが、これらの方法に限らずに、第1層13aを焼成した後で、第2層13bの塗工液をスキージ（へら）を用いて一定の圧力を塗工液に対して加えることにより塗工液を第1層13aの微細孔に浸透させるようにしてもよい。

【0075】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10では、音響整合層13は、第1層13aを焼成した後に第2層13bを塗工して焼成しており、その後に第3層13cおよび第4層13dについても同様に繰り返して1層ずつ焼成することにより形成されているが1層ずつを焼成して形成することに限らない。例えば、第2層13b～第4層13dのうち金属粒子や樹脂粒子の配合比が小さく、結合材の比率が高い層同士においては、塗工後に焼成せずに次の層を塗工し、複数層を一度に焼成することにより音響整合層13を形成してもよい。

30

【0076】

つまり、微細孔が形成された焼結層である第1層13a上に、結合材および金属ナノ粒子の配合物または結合材および樹脂粒子の配合物を溶媒で希釈して塗工する第四塗工工程の後で、第四塗工工程において塗工された配合物の上に、当該配合物に含まれる結合材および金属ナノ粒子または樹脂粒子との配合物を溶媒で希釈して塗工する第五塗工工程を行う。そして、第四塗工工程において塗工された配合物と、第五塗工工程において塗工された配合物との2層を一度に焼成する第三焼成工程を行ってもよい。なお、この場合には、各層間の結合材同士が焼結することになり、各層間の剥離強度が向上する。

40

【0077】

また、上記実施の形態1に係る超音波プローブ10では、音響整合層13を構成する各層の音響インピーダンスは、金属粒子と結合材との配合率を変化させることにより所望の値になるように設定されているが、当該配合率を変化させることに限らない。例えば、所定の配合率で配合された金属粒子および結合材を、焼成温度条件や焼成時間条件を変化さ

50

せることによって、コントロールしてもよい。具体的には、焼成時間を短く、低温とするほど、ナ金属ナノ粒子間のネッキングが少なくなるため、音響インピーダンスを低下させることができる。一方で、焼成時間が長く、高温とするほど、金属ナノ粒子間の結合が強くなるため、より音響インピーダンスを高くすることができる。

【0078】

(実施の形態2)

本実施の形態において、実施の形態1と異なるのは、音響整合層の構成のみであるため、それ以外の構成要素の説明は省略する。

【0079】

図8は、実施の形態2に係る音響整合層の拡大図である。音響整合層23は、図8に示すように、高インピーダンスの第1層23aと、第2層23bと、第3層23c、第4層23dと、接着層24とから成る。

【0080】

音響整合層23の各層のうち、圧電振動子11に近い位置に設けられる層である少なくとも第1層23aは、音響インピーダンスが 15 MRayls 以上であり、金属粒子を重量比90%以上含む複合材で構成される。そして、第1層23aは、図8に示すように、多孔質体となるように構成されている。また、第2層23b～第4層23dは、フィルム材で構成され、接着層24が第1層23aの微細孔に入り込むように構成されている。つまり、第1層23aと第2層23bとは、接着層24を構成する接着剤により接合されており、接着層24の一部が第1層23aの表面に形成された微細孔に入り込むように構成されている。

【0081】

このような構成の音響整合層23は、実施の形態1と同様に、まず、基板上に多孔質体の第1層23aを塗工、乾燥、および焼成することにより形成する。そして、第1層23aを形成した後、第1層23aの上に接着層24を塗工し、接着層24が第1層23aの表面の微細孔に浸透させて、フィルム材の第2層23b～第4層23dを順次接着して製作する。なお、接着層24を第1層23aの表面の微細孔に浸透させる方法としては、実施の形態1と同様の方法が考えられる。つまり、浸透判定工程を経ることにより接着層24を第1層23aの表面の微細孔に浸透させてもよいし、脱気工程を経ることにより接着層24を第1層23aの表面の微細孔に浸透させてもよいし、スキージを用いることにより接着層24を第1層23aの表面の微細孔に浸透させてもよい。このように製作すると、第1層23aと第2層23bとの層間の剥離強度は、90%以上が金属粒子により構成され結合材が少ない第1層23aであっても、アンカー効果により第1層23aと接着層24との間に十分な強度が得られるため、十分な強度が得られる。また、第2層23b、第3層23cおよび第4層23dのフィルム材の各層間は、フィルム材専用の接着剤を用いることで強固に接着することができる。あるいは、多孔質のフィルム材を用いることにより、アンカー効果により接着剤が機械的にも結合するように構成してもよい。

【0082】

以上のように製作した音響整合層23は、基板から剥がされ、実施の形態1の音響整合層13と同様に、圧電振動子11の表面に焼き付けられた駆動電極12に接着され、音響整合層23側からダイサーで幅を $50\sim300\mu\text{m}$ 間隔に切断して複数のチャンネルが形成される。このとき、本実施の形態2においても、実施の形態1と同様に、音響整合層23の各層間は十分な結合力を有しているので、ダイシングの際においても、第1層23aおよび第2層23bの間において剥離しにくい剥離強度を有する。そして、この後、音響レンズ14およびバックリング15が取り付けられて超音波プローブの主要部が完成する。

【0083】

上記実施の形態2に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層23は、焼結層である第1層23aが隣接する部材である第2層23bと接着層24を介して接着されており、当該焼結層に形成された微細孔に、接着層24の一部が入り込んでいる。このため、第1層23aと隣接する第2層23bを接着するための接着層との間の結合力をアンカー効

果により高めることができる。また、焼結層である第1層23aの微細孔に接着層の一部が入り込まない場合と比較して、第1層23aと接着層とが接する面積を増加させることができるため、第1層23aと接着層24との結合力を高めることができる。つまり、焼結層である第1層23aと第1層23aに接着層24を介して接着される第1層23aに隣接する第2層23bとの結合力を高めることができる。

【0084】

また、上記実施の形態2に係る超音波プローブ10によれば、音響整合層23は、従来のフィルム材で得られない高インピーダンスの層のみを、金属材料を配合して焼成した複合材料で構成し、高インピーダンス層よりも小さい音響インピーダンスを有するフィルム材層は既存のフィルム材を使用している。既存のフィルム材料を用いる工法は、材料を所定の厚みに研磨すると時間的、コスト的な課題を生じる。しかし、フィルム材を研磨することなく使える設計が可能であれば、上記複合材とフィルム材との組合せで構成することにより、工法を簡略化することができる。また、このように構成しても、実施の形態1と同様に音響整合層23の各層間における剥離強度は強いので、高感度かつ広帯域で信頼性の高い超音波プローブが提供できる。

【0085】

上記実施の形態2に係る超音波プローブでは、音響整合層23は、焼結層である第1層23aがフィルム材である第2層23bと接着層24を介して接着されているが、実施の形態1のように第1層と第2層との両方が焼結層であってもよい。つまり、第1層13aと同様な焼結層の結合についても、接着層を設け、予め接着剤を十分に第1層内に浸透させ、層内の空気を追い出してから第2層の塗工を行ってもよい。

【0086】

具体的には次のような工法となる。まず、多孔質体となるように第1層を焼成することにより形成する。次に、例えば、密着性のある耐熱性樹脂から成る接着剤を第1層上に塗工し、表面の微細孔に浸透させる。ここで、第1層内の空気を完全に追い出すために、第1層を接着剤の溶液に漬け込む。あるいは第1層と接着剤との間の空気を完全に追い出すために、接着剤を塗工後に減圧して第1層と接着剤との間の空気を抜き出してもよい。接着剤の充填後は、第1層と第2層との層間の接着層が厚くなりすぎないように、第1層表面の余分な接着剤は薄くふき取ってから乾燥する。あるいは、乾燥を行う代わりに100℃程度で仮焼成を行ってもよい。続いて、接着層上に第2層を塗工し、乾燥および焼成する。

【0087】

このようにしても、複合材同士を強固に結合させることにより、剥離強度を高めることもできる。

【0088】

また、上記実施の形態1および2に係る超音波プローブでは、圧電振動子11は圧電セラミックから成るとしたが、圧電セラミックに限らずにpMUT (Piezoelectric Micro-machined Ultrasonic Transducer) のような構造を有するものでもよい。この場合、音響整合層13、23は、スプレーコーターを用いて直接pMUT上に形成することができる。

【0089】

(実施の形態3)

また、上記実施の形態1および2において、4層の音響整合層を例に説明したが、層数はいくつであってもよい。例えば、音響整合層33は、図9に示すように第1層33a～第8層33hで構成される8層の音響整合層33を構成してもよい。なお、図9は、実施の形態3に係る音響整合層の構成を示す図である。これらの8層の音響整合層33の各層33a～33hは、異なる音響インピーダンスを有し、第1層33aから第8層33hの順に、音響インピーダンスを設計に応じて2.5～2.5まで変化させている。この場合には、第1層33a側が圧電振動子11側、第8層33h側が音響レンズ14側である。音響整合層33の各層33a～33hの音響インピーダンスは表1に示す。これは、実施の

形態１において説明した音響整合層１３と同様に、音響ホーンなどに採用されている指数関数に基づいて算出され、透過効率の向上を狙った設計となっている。ただし、ホーン関数の定数を変化させて最適化を図ったり、圧電素子のインピーダンスに即して設定値は変化したりするため表１は実施の形態２における一例である。

【００９０】

【表１】

層 数	構成材料	音響インピーダンス [MR a y l s]
第８層	第３高分子ナノ粒子層	２．１
第７層	第２高分子ナノ粒子層	３．０
第６層	第１高分子ナノ粒子層	４．２
第５層	第３銅ナノ層	５．９
第４層	第２銅ナノ層	８．３
第３層	第１銅ナノ層	１１．６
第２層	第２銀ナノ層	１６．３
第１層	第１銀ナノ層	２２．８

10

【００９１】

図１０は、実施の形態３に係る音響整合層の音響特性を示す図である。８層から成る音響整合層３３を有する超音波プローブの音響特性Ｃ１は、音響整合層を使用しない超音波プローブの音響特性Ｃ２と比較して、比帯域が拡大されるのが確認された。なお、ここで言う「比帯域」とは中心周波数における－６（ｄＢ）の帯域幅を中心周波数で除算したものである。

20

【００９２】

以上、本実施の形態１～３において説明したように、音響整合層１３～３３は、複数層からなる整合層において、従来、実現が難しかった高インピーダンス層を、金属材料の配合比を９０％以上に上げて焼成することで実現した。また、高インピーダンス層を多孔質体とすることにより隣接層との機械的結合を強化し、金属材料の配合比により低下した剥離強度を改善した。これにより音響整合層の最適設計の構造を簡単な工法で十分な強度を有して具現化することができるので、製造コストを削減しつつ、超音波プローブの高感度化、および、広帯域化を図ることができる。よって、上述したような超音波プローブを用いることにより、高画質で消費電力の少ない超音波診断装置を実現できる。

30

【００９３】

以上、本発明の一つまたは複数の態様に係る超音波プローブおよびその製造方法について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の一つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

【産業上の利用可能性】

【００９４】

本発明の一態様に係る超音波プローブおよびその製造方法は、圧電振動子と生体との間において超音波を効率良く伝播することができる超音波プローブおよびその製造方法として有用である。

40

【符号の説明】

【００９５】

１０ 超音波プローブ

１１ 圧電振動子

１２ 駆動電極

１３、２３、３３ 音響整合層

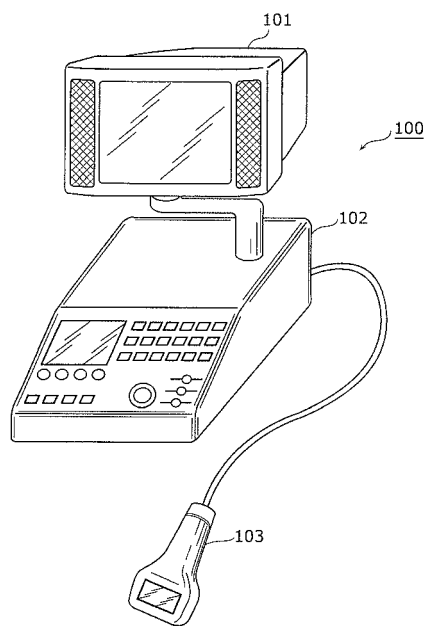
１３ａ、２３ａ、３３ａ 第１層

50

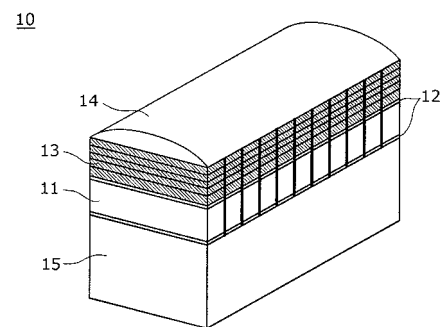
- 1 3 b、2 3 b、3 3 b 第 2 層
- 1 3 c、2 3 c、3 3 c 第 3 層
- 1 3 d、2 3 d、3 3 d 第 4 層
- 1 4 音響レンズ
- 1 5 バッキング
- 2 4 接着層
- 3 3 e 第 5 層
- 3 3 f 第 6 層
- 3 3 g 第 7 層
- 3 3 h 第 8 層
- 1 0 0 超音波診断装置
- 1 0 1 表示装置
- 1 0 2 本体装置
- 1 0 3 超音波送受信装置

10

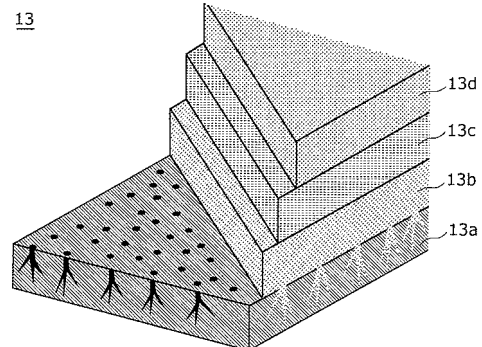
【図 1】



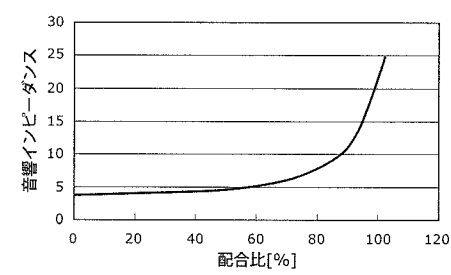
【図 2】



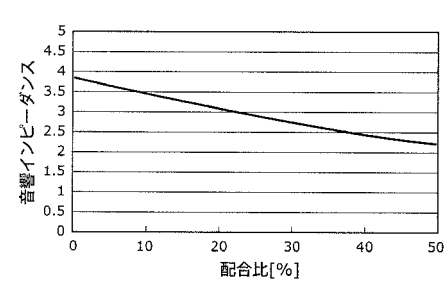
【図 3】



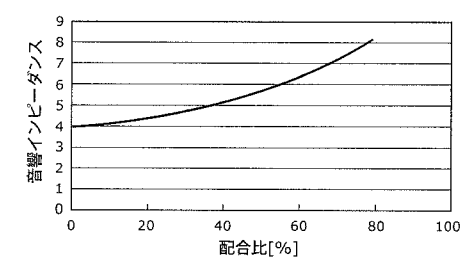
【 図 4 】



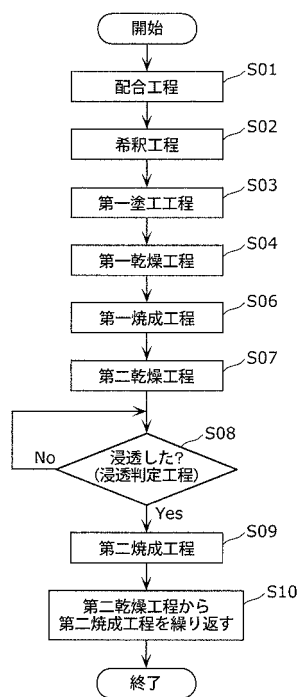
【 図 6 】



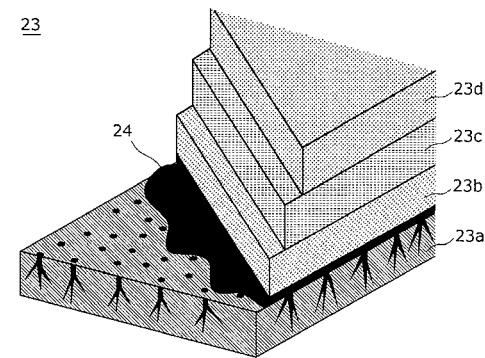
【 図 5 】



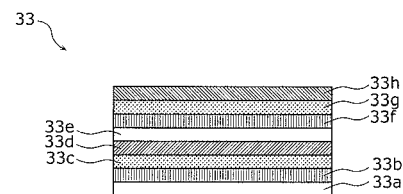
【 図 7 】



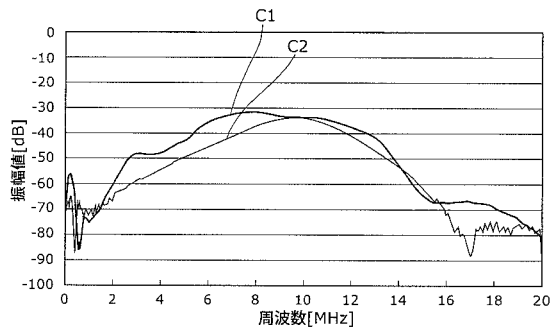
【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】



【手続補正書】

【提出日】平成25年3月6日(2013.3.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

このような問題を解決するために、本発明の一態様に係る超音波プローブは、電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子と、前記圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層とを備える超音波プローブであって、前記音響整合層は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層を有し、前記配合物には、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元剤が添加されている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

これによれば、圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面に多数の微細孔を形成した焼結層を含んでいる。このため、焼結層の表面に形成される微細孔を、焼結層と隣接する部材との接着の強化に利用することができ、金属粒子の配合比をある一定以上に上げてできた焼結層であってもその剥離強度を向上さ

ることができる。以上のことから、音響インピーダンスが15～29MRaylsのような高インピーダンスであり、かつ、隣接する部材との剥離強度を確保できる焼結層を音響整合層として利用できるため、圧電振動子と生体との間の超音波の伝播効率を向上させることができる。

また、金属粒子または結合材の表面を焼成前に酸化防止剤で被覆したり、金属粒子および結合材を希釈するための溶媒に配合したりすることで、金属粒子の酸化被膜が焼成の過程に悪影響を及ぼし、焼成を妨げることを防ぐことができる。これにより、金属粒子同士および結合材同士のバルク成長を促すことができる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

また、例えば、前記焼結層は、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元性ガスが添加されつつ、前記配合物の焼成が行われることにより成ってもよい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

この場合には、還元剤（水素ガス、一酸化炭素ガス、炭素など）を焼成環境下に添加することで、金属粒子の酸化被膜が焼成の過程に悪影響を及ぼし、焼成を妨げることを防ぐことができる。これにより、金属粒子同士および結合材同士のバルク成長を促すことができる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

なお、これらの全般的または具体的な態様は、方法で実現されてもよい。本発明の一態様に係る超音波プローブの製造方法は、結合材と1ミクロン以下の金属ナノ粒子とが配合された第一配合物を溶媒で希釈して塗工する第一塗工工程と、前記第一塗工工程において塗工された前記第一配合物を乾燥する第一乾燥工程と、前記乾燥工程において乾燥された前記第一配合物を焼成することにより、表面に微細孔が形成された焼結層を作製する第一焼成工程と、微細孔が形成された前記焼結層上に、結合材と金属ナノ粒子または樹脂粒子との第二配合物を溶媒で希釈して塗工する第二塗工工程と、前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物の上に、前記第二配合物に含まれる結合材と、金属ナノ粒子または樹脂粒子との第三配合物を溶媒で希釈して塗工する第三塗工工程と、前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物と、前記第三塗工工程において塗工された前記第三配合物との2層を一度に焼成する第二焼成工程とを含む。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

また、例えば、さらに、微細孔が形成された前記焼結層上に、前記第一配合物とは異なる

る第四配合物を溶媒で希釈して塗工する第四塗工工程と、前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことを判定する浸透判定工程と、前記浸透判定工程において前記第四配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことが判定された後に、前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物を乾燥する第二乾燥工程と、前記第二乾燥工程において乾燥された第四配合物を焼成する第三焼成工程とを含んでもよい。また、例えば、さらに、微細孔が形成された前記焼結層上に、接着層または前記第一配合物とは異なる第五配合物を塗工する第五塗工工程と、前記接着層の一部または前記第五配合物を前記微細孔に浸透させるために、前記焼結層と前記接着層との間の空気を追い出す脱気工程とを含んでもよい。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電圧が印加されることにより超音波を発生する圧電振動子と、前記圧電振動子と被検体との間の音響インピーダンスを整合する音響整合層とを備える超音波プローブであって、前記音響整合層は、結合材と 1 ミクロン以下の金属ナノ粒子とを配合した配合物に対して焼成を行うことにより、その表面全体にわたって多数の微細孔が形成された焼結層を有し、

前記配合物には、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元剤が添加されている

超音波プローブ。

【請求項 2】

前記音響整合層は、互いに隣接し合う 2 層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層の微細孔に、他方の前記焼結層の一部が入り込んでいる

請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 3】

前記焼結層は、当該焼結層に隣接する部材と接着層を介して接着されており、

前記接着層は、その一部が当該焼結層の微細孔に入り込んでいる

請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 4】

前記音響整合層は、4 層以上の層から成り、

前記 4 層以上の層のそれぞれは、異なる音響インピーダンスであり、前記圧電振動子に近い位置に設けられる層ほど前記圧電振動子の音響インピーダンスに近く、かつ、前記被検体に近い位置に設けられる層ほど前記被検体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスであり、

前記 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、音響インピーダンスが 1 5 M R a y l s 以上である

請求項 1 から 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 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、金属粒子を重量比 9 0 % 以上含む

請求項 4 に記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記音響整合層は、互いに隣接し合う 2 層の前記焼結層を有し、一方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第一結合材と、他方の前記焼結層に前記結合材として含まれる第二結合材とは、同じ素材であり、

前記第一結合材および前記第二結合材は、前記焼成が行われることにより互いに結着す

る

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 7】

前記音響整合層は 4 層以上の層から成り、

前記 4 層以上の層のうちの少なくとも 1 層の前記焼結層は、結合材と樹脂粒子とが配合されることにより成り、その音響インピーダンスが 5 MRayls 以下である

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 8】

前記金属ナノ粒子は、銀ナノ粒子、あるいは、銅ナノ粒子である

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 9】

前記結合材は、シリカ化合物、あるいは、耐熱性を有する有機系高分子樹脂を含む

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 10】

前記焼結層は、前記金属ナノ粒子の表面の酸化被膜に作用する還元性ガスが添加されつつ、前記配合物の焼成が行われることにより成る

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の超音波プローブ。

【請求項 11】

結合材と 1 ミクロン以下の金属ナノ粒子とが配合された第一配合物を溶媒で希釈して塗工する第一塗工工程と、

前記第一塗工工程において塗工された前記第一配合物を乾燥する第一乾燥工程と、

前記乾燥工程において乾燥された前記第一配合物を焼成することにより、表面に微細孔が形成された焼結層を作製する第一焼成工程と、

微細孔が形成された前記焼結層上に、結合材と金属ナノ粒子または樹脂粒子との第二配合物を溶媒で希釈して塗工する第二塗工工程と、

前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物の上に、前記第二配合物に含まれる結合材と、金属ナノ粒子または樹脂粒子との第三配合物を溶媒で希釈して塗工する第三塗工工程と、

前記第二塗工工程において塗工された前記第二配合物と、前記第三塗工工程において塗工された前記第三配合物との 2 層を一度に焼成する第二焼成工程と

を含む超音波プローブの製造方法。

【請求項 12】

さらに、

微細孔が形成された前記焼結層上に、前記第一配合物とは異なる第四配合物を溶媒で希釈して塗工する第四塗工工程と、

前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことを判定する浸透判定工程と、

前記浸透判定工程において前記第四配合物が前記焼結層の前記微細孔に浸透したことが判定された後に、前記第四塗工工程において塗工された前記第四配合物を乾燥する第二乾燥工程と、

前記第二乾燥工程において乾燥された第四配合物を焼成する第三焼成工程と

を含む請求項 11 に記載の超音波プローブの製造方法。

【請求項 13】

さらに、

微細孔が形成された前記焼結層上に、接着層または前記第一配合物とは異なる第五配合物を塗工する第五塗工工程と、

前記接着層の一部または前記第五配合物を前記微細孔に浸透させるために、前記焼結層と前記接着層との間の空気を追い出す脱気工程と

を含む請求項 11 に記載の超音波プローブの製造方法。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2012/002739
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R31/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/00, B06B1/06, H04R17/00, H04R31/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-29038 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 January 2004 (29.01.2004), paragraphs [0071] to [0072], [0082] to [0083] & JP 2004-85579 A & JP 2004-184423 A & JP 3549523 B & JP 3552054 B & JP 3633926 B & US 2004/0113522 A1 & US 2004/0113523 A1 & US 2004/0124746 A1 & EP 1382943 A1 & EP 1416255 A1 & EP 1477778 A1 & WO 2003/064979 A1 & WO 2003/064980 A1 & WO 2003/064981 A1 & CN 1522360 A & CN 1578900 A & CN 1568421 A & CN 101033992 A	1-9 10-15
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 July, 2012 (12.07.12)		Date of mailing of the international search report 24 July, 2012 (24.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002739

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-77572 A (Fujifilm Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), entire text; all drawings & US 2011/0062824 A1 & EP 2295154 A1	1-9, 12-14 10, 11, 15
Y	JP 2008-167147 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 17 July 2008 (17.07.2008), paragraphs [0012] to [0013] (Family: none)	3-9
Y	JP 60-31397 A (Terumo Corp.), 18 February 1985 (18.02.1985), page 3, lower right column, line 10 to page 4, upper left column, line 15 (Family: none)	5-9
Y A	JP 2007-189342 A (Toshiba Corp.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraph [0030] paragraph [0039] & US 2007/0161903 A1	7-9 10, 11
Y	JP 2008-160636 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 July 2008 (10.07.2008), paragraphs [0031] to [0036]; fig. 2 (Family: none)	12-14
Y	JP 2005-17093 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 January 2005 (20.01.2005), paragraphs [0024], [0028], [0033] (Family: none)	14

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 2 / 0 0 2 7 3 9											
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. A61B8/00(2006.01)i, B06B1/06(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R31/00(2006.01)i													
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. A61B8/00, B06B1/06, H04R17/00, H04R31/00													
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1 9 2 2 - 1 9 9 6 年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1 9 7 1 - 2 0 1 2 年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1 9 9 6 - 2 0 1 2 年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1 9 9 4 - 2 0 1 2 年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年	日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年	日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年	日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年		
日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年												
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年												
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年												
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年												
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）													
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2004-29038 A（松下電器産業株式会社）2004.01.29, 段落番号【0071】～【0072】、【0082】～【0083】 & JP 2004-85579 A & JP 2004-184423 A & JP 3549523 B & JP 3552054 B & JP 3633926 B & US 2004/0113522 A1 & US 2004/0113523 A1 & US 2004/0124746 A1 & EP 1382943 A1 & EP 1416255 A1 & EP 1477778 A1 & WO 2003/064979 A1 & WO 2003/064980 A1 & WO 2003/064981 A1 & CN 1522360 A & CN 1578900 A & CN 1568421 A & CN 101033992 A</td> <td>1-9 10-15</td> </tr> </table>				引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y A	JP 2004-29038 A（松下電器産業株式会社）2004.01.29, 段落番号【0071】～【0072】、【0082】～【0083】 & JP 2004-85579 A & JP 2004-184423 A & JP 3549523 B & JP 3552054 B & JP 3633926 B & US 2004/0113522 A1 & US 2004/0113523 A1 & US 2004/0124746 A1 & EP 1382943 A1 & EP 1416255 A1 & EP 1477778 A1 & WO 2003/064979 A1 & WO 2003/064980 A1 & WO 2003/064981 A1 & CN 1522360 A & CN 1578900 A & CN 1568421 A & CN 101033992 A	1-9 10-15				
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号											
Y A	JP 2004-29038 A（松下電器産業株式会社）2004.01.29, 段落番号【0071】～【0072】、【0082】～【0083】 & JP 2004-85579 A & JP 2004-184423 A & JP 3549523 B & JP 3552054 B & JP 3633926 B & US 2004/0113522 A1 & US 2004/0113523 A1 & US 2004/0124746 A1 & EP 1382943 A1 & EP 1416255 A1 & EP 1477778 A1 & WO 2003/064979 A1 & WO 2003/064980 A1 & WO 2003/064981 A1 & CN 1522360 A & CN 1578900 A & CN 1568421 A & CN 101033992 A	1-9 10-15											
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。													
* 引用文献のカテゴリー <table border="0"> <tr> <td>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献	「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの												
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの												
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの												
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献												
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願													
国際調査を完了した日 1 2 . 0 7 . 2 0 1 2		国際調査報告の発送日 2 4 . 0 7 . 2 0 1 2											
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 五関 統一郎 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2											

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 2 / 0 0 2 7 3 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2011-77572 A (富士フイルム株式会社) 2011.04.14, 全文、全図 & US 2011/0062824 A1 & EP 2295154 A1	1-9, 12-14 10, 11, 15
Y	JP 2008-167147 A (松下電器産業株式会社) 2008.07.17, 段落番号【0012】～【0013】 (ファミリーなし)	3-9
Y	JP 60-31397 A (テルモ株式会社) 1985.02.18, 第3頁右下欄第10行目～第4頁左上欄第15行目 (ファミリーなし)	5-9
Y A	JP 2007-189342 A (株式会社東芝) 2007.07.26, 段落番号【0030】 段落番号【0039】 & US 2007/0161903 A1	7-9 10, 11
Y	JP 2008-160636 A (松下電器産業株式会社) 2008.07.10, 段落番号【0031】～【0036】、【図2】 (ファミリーなし)	12-14
Y	JP 2005-17093 A (松下電器産業株式会社) 2005.01.20, 段落番号【0024】、【0028】、【0033】 (ファミリーなし)	14

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 楠亀 弘一

日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 池田 雅子

日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

Fターム(参考) 4C601 EE03 GB25 GB28 GB41 GB47

5D019 AA22 AA26 FF04 GG02 HH01

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。