

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5949599号
(P5949599)

(45) 発行日 平成28年7月6日 (2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月17日 (2016.6.17)

(51) Int. Cl.	F I
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 332B
	H04R 17/00 330J

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-42468 (P2013-42468)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成25年3月5日 (2013.3.5)		コニカミノルタ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-171129 (P2014-171129A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(43) 公開日	平成26年9月18日 (2014.9.18)	(74) 代理人	110001254
審査請求日	平成27年3月12日 (2015.3.12)		特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	西久保 雄一
			東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタエムジー株式会社内
		審査官	▲吉▼澤 雅博
		(56) 参考文献	特開2004-088056 (JP, A)
			)
			特開2012-244273 (JP, A)
			)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合圧電体の製造方法、超音波探触子の製造方法、複合圧電体、超音波探触子及び超音波画像診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アレイ状に所定間隔にて配列された複数の圧電材料の間に非導電性の重合体を充填して複合圧電体を形成する複合圧電体形成工程と、

基材フィルムに研磨剤粒子が塗布された研磨フィルムを用いて前記複合圧電体の少なくとも前記圧電材料及び前記重合体が露出する1面を研磨する研磨工程と、

を含むことを特徴とする複合圧電体の製造方法。

【請求項2】

前記研磨剤粒子の粒度を3 μm以下としたことを特徴とする請求項1に記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の複合圧電体の製造方法によって製造された複合圧電体を用いて超音波探触子を製造する超音波探触子の製造方法において、

バッキング層と、前記複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する音響反射層と、前記複合圧電体と、音響整合層とをこの順に積層してそれぞれを接着剤で接着して超音波探触子を形成する超音波探触子形成工程を含み、

前記研磨工程において、前記複合圧電体の少なくとも前記音響反射層と接着される面を前記研磨フィルムを用いて研磨することを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項4】

アレイ状に所定間隔にて配列された複数の柱状の圧電材料と、該圧電材料の間に位置す

る非導電性の重合体とからなる複合圧電体において、

少なくとも前記圧電材料及び前記重合体が露出する1面における前記圧電材料及び前記重合体それぞれの表面粗さ及び前記複合圧電体の表面粗さが $0.2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする複合圧電体。

【請求項5】

前記複合圧電体の表面に接着剤層を有し、

少なくとも前記接着剤層側の前記圧電材料及び前記重合体の表面における前記圧電材料及び前記重合体の表面粗さが $0.2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項4に記載の複合圧電体。

【請求項6】

バッキング層と、前記請求項4又は5に記載の複合圧電体と、音響整合層とをこの順に積層して構成したことを特徴とする超音波探触子。

【請求項7】

前記バッキング層と前記複合圧電体との間に、前記複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する音響反射層を積層し、前記複合圧電体の少なくとも前記音響反射層と接着される面における前記圧電材料及び前記重合体の表面粗さがそれぞれ $0.2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項6に記載の超音波探触子。

【請求項8】

請求項6又は7に記載の超音波探触子と、

前記複合圧電体に対して電圧を印加するための送信信号を前記超音波探触子に送信する送信部と、

前記超音波探触子にて変換された電気信号を受信信号として受信する受信部と、

前記受信部によって受信した受信信号に基づいて超音波画像データを生成する画像処理部と、

前記画像処理部によって生成された超音波画像データに基づく超音波画像を表示する表示部と、

を備えたことを特徴とする超音波画像診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合圧電体の製造方法、超音波探触子の製造方法、複合圧電体、超音波探触子及び超音波画像診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波は、通常、 16000Hz 以上の音波をいい、非破壊、無害及び略リアルタイムでその内部を調べることが可能なことから、欠陥の検査や疾患の診断等の様々な分野に應用されている。その一つに、被検体内を超音波で走査し、被検体内から伝搬する超音波の反射波から生成した受信信号に基づいて被検体内の内部状態を画像化する超音波画像診断装置がある。この超音波画像診断装置は、医療用では、他の医療用画像装置に較べて小型で安価であり、そしてX線等の放射線被爆が無く安全性が高いこと等の様々な特長を有している。このため、超音波画像診断装置は、循環器系（例えば、心臓の冠動脈等）、消化器系（例えば、胃腸等）、内科系（例えば、肝臓、膵臓及び脾臓等）、泌尿器系（例えば、腎臓及び膀胱等）及び産婦人科系等で広く利用されている。

【0003】

超音波画像診断装置には、被検体に対して超音波を送受信する超音波探触子が用いられている。超音波探触子は、圧電現象を利用することによって、送信の電気信号に基づいて機械振動して超音波を発生し、被検体内部で音響インピーダンスの差によって生じる超音波の反射波を受けて受信の電気信号を生成する複数の超音波振動子を備え、これら複数の超音波振動子が、例えば、1次元アレイ状や2次元アレイ状に配列されて構成されている。

10

20

30

40

50

【0004】

従来、この圧電素子としては、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）等のような単一のセラミック材料が適用されていたが、近年では、このセラミック材料を等間隔に配置してその間にエポキシ樹脂等の重合体を充填して構成された複合圧電体が用いられるようになった。

【0005】

このような複合圧電体を超音波振動子として用いる場合、その表面に電極を形成する必要があるが、製造工程で行われる研削処理又は研磨処理では重合体とセラミック材料との物性の差からその表面に凹凸が生じ、その結果、一様に電極を形成することができないという問題があった。また、複合圧電体の表面に対してセラミック材を構成する部分が凹んでいるような場合、すなわち、重合体が複合圧電体の表面に対して突出している場合、重合体は側面において拘束されないため、自由に熱膨張することがある。たとえ、この膨張が小さい場合でも、スパッタリング、蒸着及び半田等の電極形成で生じる熱により容易に伸縮し、また、他の部品と接着するときに、余分な接着剤を排除するために加圧するが、このとき応力が集中し、セラミックに対して柔らかい重合体は内部方向に押し込まれ、結果的にセラミック材料と重合体との境界付近に存在する電極を損傷し、ひいては断線してしまう場合もある。

10

【0006】

このような問題に鑑み、セラミック材料と重合体とのプラズマエッチングによる分解速度の差を利用して、重合体部分をエッチングしてセラミック材料部分よりも凹ませ、側面のセラミック材料と重合体との境界部分の密着性を利用し、重合体の熱膨張を抑制するようにした技術がある（例えば、特許文献1）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第4609902号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、プラズマエッチング処理では、熱的及び電氣的にセラミック材料の分極構造が崩壊（脱分極）するおそれがある。この場合には、脱分極したセラミック材料に対して再度の分極処理を実施する必要がある。このとき、複合圧電体は相当の厚みにまで研削又は研磨されていることから、剛性（剛度）が十分ではなく、再度の分極処理を実施すると複合圧電体に変形することがある等、製造の困難性が生じる場合がある。したがって、上記特許文献1に記載の技術によれば、複合圧電体の製造方法に制限ができることとなり、製造コストが上昇するという問題が生じる。また、プラズマエッチング処理によれば、セラミック材料の表面粗さが増大し、その結果、複合圧電体と反射整合層や音響整合層等の他の部材とを接着剤で接着したときに、この接着剤により生じる接着層の厚みが増大し、超音波の送受信に影響を与える場合がある。

30

【0009】

本発明の課題は、セラミック等の圧電材料の分極構造の劣化を抑制するとともに、低コストで信頼性の高い電極形成が可能で、複合圧電体の表面粗さを小さくすることができる複合圧電体の製造方法、超音波探触子の製造方法、複合圧電体、超音波探触子及び超音波画像診断装置を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

以上の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、複合圧電体の製造方法において、
、
アレイ状に所定間隔にて配列された複数の圧電材料の間に非導電性の重合体を充填して複合圧電体を形成する複合圧電体形成工程と、

50

基材フィルムに研磨剤粒子が塗布された研磨フィルムを用いて前記複合圧電体の少なくとも前記圧電材料及び前記重合体が露出する1面を研磨する研磨工程と、
を含むことを特徴とする。

【0011】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の複合圧電体の製造方法において、
前記研磨剤粒子の粒度を3 μm 以下としたことを特徴とする。

【0012】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の複合圧電体の製造方法によって製造された複合圧電体を用いて超音波探触子を製造する超音波探触子の製造方法において、

バックキ層と、前記複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する音響反射層と、前記複合圧電体と、音響整合層とをこの順に積層してそれぞれを接着剤で接着して超音波探触子を形成する超音波探触子形成工程を含み、

前記研磨工程において、前記複合圧電体の少なくとも前記音響反射層と接着される面を前記研磨フィルムを用いて研磨することを特徴とする。

【0013】

請求項4に記載の発明は、アレイ状に所定間隔にて配列された複数の柱状の圧電材料と、該圧電材料の間に位置する非導電性の重合体とからなる複合圧電体において、

少なくとも前記圧電材料及び前記重合体が露出する1面における前記圧電材料及び前記重合体それぞれの表面粗さ及び前記複合圧電体の表面粗さが0.2 μm 以下であることを特徴とする。

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の複合圧電体において、

前記複合圧電体の表面に接着剤層を有し、

少なくとも前記接着剤層側の前記圧電材料及び前記重合体の表面における前記圧電材料及び前記重合体の表面粗さが0.2 μm 以下であることを特徴とする。

【0014】

請求項6に記載の発明は、超音波探触子において、

バックキ層と、前記請求項4又は5に記載の複合圧電体と、音響整合層とをこの順に積層して構成したことを特徴とする。

【0015】

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の超音波探触子において、

前記バックキ層と前記複合圧電体との間に、前記複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有する音響反射層を積層し、前記複合圧電体の少なくとも前記音響反射層と接着される面における前記圧電材料及び前記重合体の表面粗さがそれぞれ0.2 μm 以下であることを特徴とする。

【0016】

請求項8に記載の発明は、超音波画像診断装置において、

請求項6又は7に記載の超音波探触子と、

前記複合圧電体に対して電圧を印加するための送信信号を前記超音波探触子に送信する送信部と、

前記超音波探触子にて変換された電気信号を受信信号として受信する受信部と、

前記受信部によって受信した受信信号に基づいて超音波画像データを生成する画像処理部と、

前記画像処理部によって生成された超音波画像データに基づく超音波画像を表示する表示部と、

を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、セラミック等の圧電材料の分極構造の劣化を抑制するとともに、低コストで信頼性の高い電極形成が可能で、複合圧電体の表面粗さを小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施の形態に係る超音波画像診断装置の外観構成を示す斜視図である。

【図2】診断装置本体の機能的構成を示すブロック図である。

【図3】超音波振動子の構造を模式的に示す断面図である。

【図4】粗さ曲線について説明するグラフである。

【図5】複合圧電体の表面粗さと超音波探触子の帯域幅との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。ただし、発明の範囲は図示例に限定されない。なお、以下の説明において、同一の機能及び構成を有するものについては、同一の符号を付し、その説明を省略する。

10

【0020】

本実施の形態に係る超音波画像診断装置1は、図1に示すように、超音波探触子2と診断装置本体4とを備えており、これらはケーブル3を介して接続されている。超音波探触子2は、図示しない生体等の被検体に対して超音波（送信超音波）を送信するとともに、その被検体において反射した超音波（反射超音波）を受信する。本実施の形態では、超音波探触子2は、複数の超音波振動子21（図2参照）をアレイ状に配列して構成されている。診断装置本体4は、ケーブル3を介して電気信号の送信信号を送信することによって超音波探触子2に超音波を送信させるとともに、超音波探触子2で受信した超音波から変換された受信信号に基づいて、被検体内の内部状態を断層画像として画像化する。

20

【0021】

診断装置本体4は、上部に操作入力部11及び表示部16を備えている。操作入力部11は、各種設定操作等を行うためのスイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボード等を備え、診断開始を指示するコマンドや被検体の個人情報等のデータの入力等が可能である。表示部16は、操作入力部11による操作のための支援画像や、受信信号に基づき作成された超音波画像等が表示される。また、操作入力部11や診断装置本体4の適所には、超音波探触子2を、その不使用時に保持するホルダー7が設けられている。

【0022】

次に、診断装置本体4の機能的構成について図2を参照しながら説明する。診断装置本体4は、上述した操作入力部11及び表示部16の他、例えば、送信部12、受信部13、信号処理部14、画像処理部15、制御部17及び電圧制御部18を備えている。

30

【0023】

送信部12は、制御部17の制御に従って、超音波探触子2に送信信号としての送信パルスを生成する回路である。送信部12は、制御部17を介して送信パルスを電圧制御部18に出力する。送信パルスは、電圧制御部18において振幅が増幅されて、超音波探触子2に送信される。超音波探触子2は、受信した送信パルスに応じた送信超音波を出力する。このとき、送信部12は、各超音波振動子21からの送信超音波が所定の焦点位置に収束するように送信ビームを形成させる。なお、上述の送信超音波を時間軸方向に伸張した複数の符号化されたパルスで構成してもよい。

40

【0024】

受信部13は、制御部17の制御に従って、超音波探触子2からケーブル3を介して電気信号の受信信号を受信する回路であり、この受信信号を信号処理部14に出力する。

【0025】

信号処理部14は、受信部13の出力から反射超音波を検出する。

【0026】

画像処理部15は、制御部17の制御に従って、信号処理部14で処理された受信信号に基づいて、被検体の内部状態の画像のデータ（超音波画像データ）を生成する回路である。

【0027】

50

表示部 16 は、制御部 17 の制御に従って、画像処理部 15 で生成された超音波画像データに基づいて被検体の超音波画像を表示する装置である。表示部 16 は、CRT (Cathode-Ray Tube) ディスプレイ、LCD (Liquid Crystal Display)、有機 EL (Electronic Luminescence) ディスプレイ、無機 EL ディスプレイ及びプラズマディスプレイ等の表示装置や、プリンター等の印刷装置等で実現される。

【0028】

制御部 17 は、マイクロプロセッサ、記憶素子及びその周辺回路等を備えて構成され、これら操作入力部 11、送信部 12、電圧制御部 18、受信部 13、信号処理部 14、画像処理部 15 及び表示部 16 を当該機能に応じてそれぞれ制御することによって超音波画像診断装置 1 の全体制御を行う回路である。

10

【0029】

超音波振動子 21 は、図 3 に示すように、例えば、図上正面視下方から、バックング（背後）層 22、デマッチング（音響反射）層 23、圧電層 24 及び音響整合層 25 を積層して構成され、それぞれエポキシ系接着剤等の接着剤で接着されている。なお、必要に応じて、音響整合層 25 の上方に音響レンズを積層してもよい。

【0030】

バックング層 22 は、デマッチング層 23 を支持し、不要な超音波を吸収し得る超音波吸収体である。すなわち、バックング層 22 は、圧電層 24 に対し被検体に超音波を送受信する方向とは反対側に設けられ、圧電層 24 の被検体の方向の反対側から発生し、バックング層 22 に到達した超音波を吸収する。なお、本実施の形態において、バックング層 22 を備えない構成としてもよい。

20

【0031】

バックング層 22 を構成するバックング材としては、塩化ビニル、ポリビニルブチラール (PVB)、ABS 樹脂、ポリウレタン (PUR)、ポリビニルアルコール (PVAL)、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリアセタール (POM)、ポリエチレンテレフタレート (PETP)、フッ素樹脂 (PTFE)、ポリエチレングリコール、ポリエチレンテレフタレート-ポリエチレングリコール共重合体などの熱可塑性樹脂、天然ゴム、フェライトゴム、エポキシ樹脂、シリコン樹脂に酸化タングステンや酸化チタン、フェライト等の粉末を入れてプレス成形した複合材料、さらには複合材料を粉砕したのち、上述した熱可塑性樹脂やエポキシ樹脂等と混合し、硬化させた材料を用いることができる。音響インピーダンスを調整するために、マコールガラス等の無機材料や空隙を有する多孔質材料を用いることもできる。

30

【0032】

好ましいバックング材としては、ゴム系複合材料、及び／又は、エポキシ樹脂複合材からなるものであり、その形状は圧電層 24 やこれを含む超音波探触子 2 の形状に応じて、適宜選択することができる。

【0033】

音響反射層としてのデマッチング層 23 は、音響インピーダンスが圧電層 24 よりも大きい材料により形成されており、圧電層 24 の被検体の方向とは反対側に出力される超音波を反射する。デマッチング層 23 に適用される材料としては、タングステンやタンタル等、圧電層 24 とデマッチング層 23 との音響インピーダンスの差が大きい材料であれば何れのものも適用可能であるが、タングステンカーバイドが好適である。また、タングステンカーバイドと他の材料とを混合してなるものであってもよい。本実施の形態では、デマッチング層 23 を備えることにより、圧電層 24 における超音波の送受波に対する感度をさらに向上させることができる。

40

【0034】

圧電層 24 は、本実施の形態では、角柱状の圧電体及び重合体層が交互に 1 次元アレイ状に配列された複合圧電体により構成されている。

【0035】

圧電体の材料としては、従来から用いられている水晶、圧電セラミックス PZT、PZ

50

LTや、圧電単結晶PZN-PT、PMN-PT、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、 KNbO_3 、 ZnO 、 AlN などの薄膜などの無機圧電材料に加え、ポリフッ化ビニリデンやポリフッ化ビニリデン系共重合体、ポリシアン化ビニリデンやシアン化ビニリデン系共重合体、ナイロン9やナイロン11などの奇数ナイロン、芳香族ナイロン、脂環族ナイロン、ポリ乳酸、ポリヒドロキシブチレートなどのポリヒドロキシカルボン酸、セルロース系誘導体、あるいはポリウレアなどの有機圧電材料が挙げられる。さらに無機圧電材料と有機圧電材料、無機圧電材料と有機高分子材料を併用したコンポジット材料も挙げられる。

【0036】

上述した圧電材料は、無機圧電材料としては、市販のものを使用することができ、例えば、富士セラミック社製のC-6、C-6H、C-62、C-63、C-64、C-601、C-7、C-8、C-82、C-83H、C-84、C-9、C-91、C-91H、C-92H、C-93、C-94、又は、テイカ社製のL-1A、L-6A、L-201F、L-11、L-9、L-155N、L-145N等が挙げられる。また、有機圧電材料としては、東京センサ社製のPVDフイルムやクレハ社製のポリ（ビニリデンフルオリド-co-トリフルオロエチレン）フイルム、試薬としてアルドリッチ社製のポリ（ビニリデンフルオリド-co-ヘキサフルオロプロピレン）等が挙げられる。

【0037】

重合体層を構成する重合体としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル、ポリシリコン、ポリウレタン、シリコーン樹脂等の熱硬化性樹脂や、ポリオレフィン、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフェニレンサルファイド、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルエーテルケトンのような熱可塑性樹脂等が挙げられる。また、上述の材料に微粒子が混合されたものであってもよい。微粒子としては、フェライトや酸化亜鉛やシリカ、ガラス、カーボン等の無機材料や、ポリマー等の有機材料からなるものが挙げられ、形状としては、球状以外にも扁平形状や異方性を有したものであってもよい。また、中空粒子形状や、2種類以上の材料からなる複合体であってもよい。

【0038】

上述のように構成された圧電層24は、公知の製造方法により製造される。すなわち、上記圧電セラミックや単結晶等の圧電材料をアレイ状に切削して所定間隔で溝を形成する。なお、圧電材料を所定の大きさに切削して所定間隔の間隙を設けて複数の圧電体を形成するようにしてもよい。また、複数の圧電体をモールドにより成形してもよい。そして、複数の圧電体間における間隙に上記重合体を充填・硬化させて重合体層を形成する。そして、所定厚みとなるように、一体化された圧電体及び重合体層の上下面を研削する。具体的には、例えば、円盤状の平坦なラップ盤に一体化された圧電体及び重合体層を配置し、このラップ盤に遊離砥粒と液体とを混合した液体研磨剤を流し込みつつ上下から圧力を加えながら摺動させることにより研磨を行う。このようにして複合圧電体が形成される。研削済みの複合圧電体は、上下面に電極が挟着され、所定の分極電圧が印加されて分極処理がなされる。

なお、複合圧電体からなる圧電層24の音響インピーダンスは、圧電層24を構成する圧電体と重合体層の体積割合に基づいて定める。圧電体の音響インピーダンスを Z_A (MRayls)、体積割合を V_A (体積%)、重合体層の音響インピーダンスを Z_B (MRayls)、体積割合 V_B (体積%)とすると、圧電層24の音響インピーダンス V_{TOTAL} (MRayls)は、下記式(1)によって求めることができる。

$$V_{TOTAL} = (Z_A \times V_A + Z_B \times V_B) / 100 \cdots (1)$$

【0039】

ところで、上述した研削処理では、一体化された圧電体及び重合体層の上下面に対して圧力をかけるようにして行われる。そのため、上記重合体層は、この圧力により、研削時に収縮され、その状態で研削されることになる。したがって、圧力を解放して研削処理を終了するときには、上記重合体層の収縮が復元し、圧電体よりも重合体層が突出して段差が生じる場合がある。そこで、本実施の形態では、複合圧電体に対し、さらに、基材フィ

10

20

30

40

50

ルムに研磨剤粒子が塗布された研磨フィルムを用いてその両面を研磨する処理がなされる。

【0040】

本実施の形態で適用できる基材フィルムとしては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、ポリエチレンテレフタレート（PETP）、ポリエチレンナフタレート（PEN）のようなポリエステル、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）のようなポリアクリレート、ポリメタクリレート、ポリカーボネート樹脂、ポリウレタン、シクロオレフィンポリマーのようなプラスチックのフィルム等が適用可能である。また、本実施の形態で適用できる研磨剤粒子としては、炭化珪素（SiC）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）、酸化クロム（Cr₂O₃）、酸化鉄（Fe₂O₃）、ダイヤモンド（C）、酸化セリウム（CeO₂）、酸化珪素（SiO₂）等の無機材料や、フェノール樹脂及びエポキシ樹脂等の有機材料、あるいは、上述の無機材料と有機材料を複合化した材料が適用可能である。また、研磨剤粒子の粒度は9 μm以下が適用可能であり、好ましくは、3 μm以下である。本実施の形態では、複合圧電体の両面の圧電体及び重合体層の無作為に選んだ少なくとも3点、0.2 mm×0.2 mmの領域における表面粗さ（Ra）が0.2 μm以下となるまで複合圧電体の研磨を行う。なお、本実施の形態では、複合圧電体の両面に対して研磨処理を行うようにしたが、片面（デマッチング層23に対向する面）のみ研磨処理を行うようにしてもよい。ここで、表面粗さ（Ra）は、算術平均粗さを指す。算術平均粗さは、例えば、図4に示すように、走査型共焦点レーザ顕微鏡等の測定装置によって表面粗さを複数個所で測定して粗さ曲線を求める。なお、表面粗さの測定方法は、接触式であっても非接触式であってもよい。そして、この粗さ曲線からその平均線の方に基準長さ（l）だけを抜き取り、この抜き取り部分の平均線の方にX軸を、縦倍率の方にY軸を取り、粗さ曲線を $y = f(x)$ で表したとき、下記式（2）によって求められる値をマイクロメートル（μm）で表したものが表面粗さ（Ra）となる。これは1次元直線における表面粗さであるが、この考え方を2次元平面に展開して求めた場合も本発明の表面粗さ（Ra）に含む。

【数1】

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad \cdots (2)$$

【0041】

本実施の形態によれば、複合圧電体の圧電体と重合体層との各露出部分を同時に研磨することができ、しかも、分極処理された複合圧電体が脱分極することがない。また、重合体層の突出部分についても適切に研磨することができる。したがって、低コストで、信頼性の高い電極形成が可能で、しかも、鏡面に近い表面粗さを有する複合圧電体を形成することができるようになる。

【0042】

ここで、複合圧電体の表面粗さと超音波探触子2の帯域幅との関係について説明する。圧電層24とデマッチング層23とを接着する際に用いられる接着剤によって形成される接着層の層厚は、圧電層24の複合圧電体の表面粗さに依存し、表面粗さが大きいほど、接着層の層厚は大きくなるという関係にある。そして、接着層の層厚が大きいほど、超音波探触子2の帯域は高周波側が狭くなり狭帯域化する傾向となるため、表面粗さは小さいほど広帯域を維持することができるということが出来る。ここで、図5に、複合圧電体の表面粗さと超音波探触子2の−6 dBの比帯域との関係を示す。なお、このとき、デマッチング層23の表面粗さは0.15 μmとしている。図5に示すように、複合圧電体の表面粗さが0.3 μm以上となると、−6 dBの比帯域が大きく落ち込んでくることがわかる。そのため、図5によれば、複合圧電体の表面粗さは、0.3 μm以下とするのが好ましいということがいえるが、複合圧電体の表面粗さが0.2 μmよりも大きい場合には、製品バラツキによる−6 dBの帯域幅の変化が大きい。したがって、本実施の形態では、

複合圧電体を、表面粗さが $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるまで研磨を行うようにしている。

【0043】

このように、本実施の形態では、複合圧電体の表面粗さを $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下としているので、接着層の層厚を小さくすることができ、高周波用途やデマッチング層23を用いた超音波探触子に好適に利用することができ、高感度を維持することができる。

【0044】

上述のようにして作成された複合圧電体への電極層の形成は、先ずチタン(Ti)やクロム(Cr)などの下地金属をスパッタ法により $0.02\sim 1.0\text{ }\mu\text{m}$ の厚さに形成し、続いて金属元素を主体とする金属材料又はそれらの合金から成る金属材料に、必要に応じて一部絶縁材料を併せて、スパッタ法等の適当な方法で $1\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ の厚さに形成することで行われる。前記の金属材料には、金(Au)、白金(Pt)、銀(Ag)、パラジウム(Pd)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、スズ(Sn)などが用いられる。電極形成は、上記のスパッタ法以外に、微粉末の金属粉末と低融点ガラスとを混合した導電ペーストを、スクリーン印刷やディッピング法、溶射法等で、塗布することで行うこともできる。

10

【0045】

バッキング層22とデマッチング層23との間にはFPC(Flexible Printed Circuits)27が挟持されており、このFPC27によって電圧制御部18からの送信信号が圧電層24に与えられる。また、圧電層24で生成された受信信号は、FPC27によって受信部13に与えられる。

20

【0046】

音響整合層25は、圧電層24と被検体との間の音響インピーダンスを整合させ、境界面での反射を抑制するものである。音響整合層25は、圧電層24の、超音波の送受波が行われる方向である被検体側に配置される。音響整合層25は、圧電層24と被検体との概ね中間の音響インピーダンスを有する。

【0047】

音響整合層25に用いられる材料としては、アルミ、アルミ合金(例えばAL-Mg合金)、マグネシウム合金、マコールガラス、ガラス、熔融石英、コップーグラファイト、PE(ポリエチレン)やPP(ポリプロピレン)、PC(ポリカーボネート)、ABC樹脂、ABS樹脂、AAS樹脂、AES樹脂、ナイロン(PA6、PA6-6)、PPO(ポリフェニレンオキシド)、PPS(ポリフェニレンスルフィド：ガラス繊維入りも可)、PPE(ポリフェニレンエーテル)、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)、PAI(ポリアミドイミド)、PETP(ポリエチレンテレフタレート)、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂等や、これらと他の材料とを混合した複合材料を用いることができる。好ましくはエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂に、充填剤として、亜鉛華、酸化チタン、シリカやアルミナ、ベンガラ、フェライト、酸化タングステン、酸化イットリビウム、硫酸バリウム、タングステン、モリブデン、有機微粒子等を入れて成形したものが適用できる。

30

【0048】

音響整合層25は、単層でもよいし複数層から構成されてもよいが、好ましくは2層以上、より好ましくは4層以上である。音響整合層25の層厚は、整合層を透過する超音波の波長を λ とすると、 $\lambda/4$ となるように定めるのが好ましい。このような音響整合層の厚さとしては、中心周波数に依存するが、通常、概ね $20\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ の範囲のものが用いられる。音響整合層25は、厚み方向に積層接着又は重層塗布によって形成され、各層でそれぞれ材料構成を異ならせて厚み方向に音響インピーダンスの重みづけを行うことにより、音響インピーダンスを整合させている。なお、音響整合層25における音響インピーダンスの重みづけ方向については、厚み方向に限らず、水平方向であってもよい。

40

【実施例1】

【0049】

以下、実施例により本発明をより詳細に説明するが、勿論本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

50

【0050】

＜複合圧電体の作製＞

汎用のセラミック圧電材（10mm×60mm×1mm）に幅15μm、深さ0.4mmの溝を80μm間隔で長辺に沿って連続的に形成し、これを洗浄した。そして、加工した溝にエポキシ樹脂を充填し、室温から徐々に温度を上昇させて充填したエポキシ樹脂を完全に硬化させた。その後、エポキシ樹脂が充填されたセラミック圧電材の上下面を研削して両面にセラミック圧電材とエポキシ樹脂とを露出させて125μmの厚みとなるまで複合圧電材の上下面をさらに研削した。その後、基材フィルムに粒度3μmの人工ダイヤモンド砥粒が塗布された研磨フィルムを用いて複合圧電材の上下面をさらに研磨し、厚みを120μmとした。その後、この複合圧電材を4.6mm×42.5mmのサイズに切り出し、電極を形成して分極処理し、複合圧電体1-1～1-3を作製した。また、同様の作成方法にて厚み80μmの複合圧電体2-1～2-3を作製した。また、比較例として、上述した研磨フィルムによる研磨工程を省略した厚み120μmの比較複合圧電体1-1及び1-2と、厚み80μmの比較複合圧電体2-1とをそれぞれ作製した。このときの、各複合圧電体の表面粗さ（Ra）をそれぞれ下記表1に示されるようにした。

10

【0051】

＜超音波探触子の作製＞

まず、4層の音響整合材を積層して音響整合層を作製した。各層の音響整合材については、それぞれ、エポキシ樹脂とフェライト又はシリコン樹脂微粉末の混錬硬化物により、下記の条件を満たすように作製した。すなわち、音響放射面側最表層である最上層の音響整合材は音響インピーダンスが2.0MRaylsで厚みが40μmとし、第2層目の音響整合材は音響インピーダンスが4.0MRaylsで厚みが40μmとし、第3層目の音響整合材は音響インピーダンスが6.0MRaylsで厚みが50μmとし、第4層目（最下層）の音響整合材は音響インピーダンスが11.0MRaylsで厚みが60μmとした。このようにして作成された各層の音響整合材を上述した順序で積層して、2.94MPaの加圧条件下においてエポキシ接着剤で加熱硬化により接着した後、4.6mm×42.5mmの大きさに成型して音響整合層とした。

20

【0052】

次に、上述のようにして作成された複合圧電体1-1を用い、短軸方向の有効開口が4.0mmになるよう背面側の短軸両端近傍に絶縁溝を長手方向に沿って形成してシグナル電極とグランド電極とを形成し、圧電層を作製した。

30

【0053】

その後、パターニングされたFPC、バッキング層及び固定板を上述と同様の接着条件で積層して接着しておいたものに対し、上述のようにして作製された圧電層と音響整合層とを順に積層して接着した。なお、音響整合層は、音響インピーダンスが高い音響整合層が圧電層に接するようにして接着した。そして、このようにして作製された積層体に対し、20μmの厚みを有するブレードで、長手方向（アジマス方向）に0.2mm間隔で圧電層を完全に分割するダイシングを行って素子化し、さらに、分割された素子に対し、上述のブレードで約67μm間隔で音響整合層を完全に分割するダイシングを行い、トランスデューサーを作製した。

40

【0054】

その後、トランスデューサーの表面に、ポリパラキシリレンによる3μm程度の絶縁層を設け、この絶縁層の音響放射面に音響レンズを積層して接着し、振動部を作製した。

【0055】

次いで、FPCにコネクタを接続した後、上述のようにして作製された振動部をケースに収納して実施例1-1の超音波探触子を作製した。

【0056】

続いて、複合圧電体1-1に換えて、複合圧電体1-2～1-3及び比較複合圧電体1-1～1-2をそれぞれ用い、その他の部材及び作製プロセスを同じくして実施例1-2～1-3及び比較例1-1～1-2の超音波探触子をそれぞれ作製した。

50

【0057】

次に、実施例2として、以下のようにして超音波探触子を作製した。

【0058】

まず、6層の音響整合材を積層して音響整合層を作製した。各層の音響整合材については、それぞれ、エポキシ樹脂とフェライト又はシリコン樹脂微粉末の混練硬化物により、下記の条件を満たすように作製した。すなわち、音響放射面側最表層である最上層の音響整合材は音響インピーダンスが 1.5 MRayls で厚みが $20 \mu\text{m}$ とし、第2層目の音響整合材は音響インピーダンスが 2.0 MRayls で厚みが $30 \mu\text{m}$ とし、第3層目の音響整合材は音響インピーダンスが 3.0 MRayls で厚みが $30 \mu\text{m}$ とし、第4層目の音響整合材は音響インピーダンスが 6.0 MRayls で厚みが $40 \mu\text{m}$ とし、第5層目の音響整合材は音響インピーダンスが 9.0 MRayls で厚みが $50 \mu\text{m}$ とし、最下層の音響整合材は音響インピーダンスが 14.0 MRays で厚みが $60 \mu\text{m}$ とした。このようにして作成された各層の音響整合材を上記した順序で積層して、 2.94 MPa の加圧条件下においてエポキシ接着剤で加熱硬化により接着した後、 $4.6 \text{ mm} \times 42.5 \text{ mm}$ の大きさに成型して音響整合層とした。

10

【0059】

次に、上述のようにして作製された複合圧電体2-1を用い、短軸方向の有効開口が 4.0 mm になるよう背面側の短軸両端近傍に絶縁溝を長手方向に沿って形成してシグナル電極とグランド電極とを形成し、圧電層を作製した。

【0060】

20

その後、タングステンカーバイドを $4.6 \text{ mm} \times 42.5 \text{ mm} \times 80 \mu\text{m}$ の大きさに成型してこれをデマッチング層とした。そして、上述のようにして作製された圧電層とデマッチング層とを積層して接着し、圧電層に形成された絶縁溝と連通するようにダイシングにより幅 $40 \mu\text{m}$ 、深さ $90 \mu\text{m}$ で背面側から長手方向に沿って溝入れして振動層を得た。

【0061】

その後、パターニングされたFPC、バッキング層及び固定板を予め上述と同様の接着条件で積層して接着しておいたものに対し、上述のようにして作製された振動層と音響整合層とを順に積層して接着した。これにより、圧電層のシグナル電極及びグランド電極は、これらの絶縁状態を維持したまま、デマッチング層を配線としてFPC上に形成されたシグナル電極面及びグランド電極面にそれぞれ接続される。なお、音響整合層は、音響インピーダンスが高い音響整合材が圧電層に接するようにして接着した。そして、このようにして作製された積層体に対し、 $20 \mu\text{m}$ の厚みを有するブレードで、長手方向（アジマス方向）に 0.2 mm 間隔で振動層を完全に分割するダイシングを行って素子化し、さらに、分割された素子に対し、上述のブレードで約 $67 \mu\text{m}$ 間隔で音響整合層を完全に分割するダイシングを行い、トランスデューサーを作製した。

30

【0062】

その後、トランスデューサーの表面に、ポリバラキシリレンによる $3 \mu\text{m}$ 程度の絶縁層を設け、この絶縁層の音響放射面に音響レンズを積層して接着し、振動部を作製した。

【0063】

40

次いで、FPCにコネクタを接続した後、上述のようにして作製された振動部をケースに収納して実施例2-1の超音波探触子を作製した。

【0064】

続いて、複合圧電体2-1に換えて、複合圧電体2-2～2-3及び比較複合圧電体2-1を用い、その他の部材及び作製プロセスを同じくして実施例2-2～2-3及び比較例2-1の超音波探触子をそれぞれ作製した。

【0065】

（評価）

上述のようにして作製された実施例1-1～1-3、実施例2-1～2-3、比較例1-1～1-2及び比較例2-1の超音波探触子の圧電層とデマッチング層あるいは圧電層

50

とFPC間における接着層の厚み、送受信感度、 -6 dB における下限周波数(F_{L6})と上限周波数(F_{H6})と中心周波数(F_{C6})、 -6 dB 比帯域及びロバスト性について下記の条件によって評価した。測定系は、汎用のファンクションジェネレーター(Agilent社製33220A)、パワーアンプ(HP社製8447D)、及びオシロスコープ(Tektronix社製TPS5032)によって構築し、脱気した水中にSUSによって構成された反射板を設置した。そして、超音波探触子は、超音波探触子の焦点距離と反射板までの距離とが合い、且つ、超音波探触子の送受信感度が最も高くなる位置に固定した。そして、 $V_{pp80}[\text{V}]$ のバースト波駆動にて信号の送信を行い、送受信感度の比較を行った。表面粗さ(R_a)については、走査型共焦点レーザー顕微鏡(オリンパス社製OLS3000)により測定を行って粗さ曲線を求め、この粗さ曲線から算術平均粗さを算出することによって求めた。その結果を表1に示す。なお、下記表1中の圧電材は何れも富士セラミック社製のものを使用した。

【0066】

【表 1】

超音波探触子	複合圧電体	表面粗さ(Ra) [μm]	接着層厚み [μm]	送受信感度 [dB]	-6dB下限周波数 (FL6) [MHz]	-6dB上限周波数 (FH6) [MHz]	-6dB中心周波数 (FC6) [MHz]	-6dB比帯域 [%]	ロバスト性
実施例1-1	1-1	0.08	0.62	-44.1	6.5	16.5	11.5	87.0	○
実施例1-2	1-2	0.11	0.65	-43.8	6.6	16.4	11.5	85.2	○
実施例1-3	1-3	0.20	0.68	-44.0	6.5	16.0	11.3	84.4	○
比較例1-1	比較1-1	0.25	0.78	-44.4	6.6	15.5	11.1	80.5	×
比較例1-2	比較1-2	0.30	0.83	-44.7	6.5	14.5	10.5	76.2	×
実施例2-1	2-1	0.09	0.28	-39.2	5.1	16.5	10.8	105.6	○
実施例2-2	2-2	0.13	0.31	-39.2	5.2	16.4	10.8	103.7	○
実施例2-3	2-3	0.19	0.36	-39.5	5.1	16.0	10.6	103.3	○
比較例2-1	比較2-1	0.26	0.44	-40.0	5.1	15.5	10.3	101.0	×

【0067】

(結果)

このように、複合圧電体の表面粗さ (Ra) を $2.0 \mu\text{m}$ 以下とすると、接着剤の層厚を抑制することができ、広帯域でロバスト性のよい超音波探触子とすることができること

10

20

30

40

50

がわかった。一方、複合圧電体の表面粗さ（ R_a ）が $2.0\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、帯域の高周波部分が狭くなって狭帯域化し、しかもロバスト性の劣る超音波探触子となることがわかった。

【0068】

以上説明したように、本実施の形態によれば、複合圧電体形成工程では、アレイ状に所定間隔にて配列された複数の圧電材料の間に非導電性の重合体を充填して複合圧電体を形成する。研磨工程では、基材フィルムに研磨剤粒子が塗布された研磨フィルムを用いて複合圧電体の少なくとも圧電材料及び重合体が露出する1面を研磨する。その結果、熱的及び電氣的影響を小さくして複合圧電体を研磨することができるので、セラミック等の圧電材料の分極構造の劣化を抑制することができる。したがって、再度の分極処理が不要となり、製造コストの低減を図ることができるようになる。また、重合体の膨張を抑えて圧電材料と重合体との段差を小さくすることができるので、低コストで信頼性の高い電極形成が可能となる。また、複合圧電体の表面粗さを小さくすることができ、他の部材と接着剤で接着したときに、この接着剤により生じる接着層の厚みを小さくすることができるようになる。

10

【0069】

また、本実施の形態によれば、研磨剤粒子の粒度を $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下としたので、複合圧電体の表面粗さを小さくすることができる。

【0070】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子形成工程では、バックニング層と、複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層と、複合圧電体と、音響整合層とをこの順に積層してそれぞれを接着剤で接着して超音波探触子を形成する。研磨工程において、複合圧電体の少なくともデマッチング層と接着される面を研磨フィルムを用いて研磨する。その結果、複合圧電体とデマッチング層との間に形成される接着層の層厚を小さくすることができ、高感度を維持することができ、高周波用途や音響反射層を用いた超音波探触子を好適に利用することができるようになる。

20

【0071】

また、本実施の形態によれば、複合圧電体は、圧電材料及び重合体が露出する1面における圧電材料及び重合体の表面粗さが $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるので、低コストで信頼性の高い電極形成が可能となる。また、複合圧電体の表面粗さを小さくすることができ、他の部材と接着剤で接着したときに、この接着剤により生じる接着層の厚みを小さくすることができるようになる。

30

【0072】

また、本実施の形態によれば、バックニング層22と、複合圧電体と、音響整合層25とをこの順に積層して構成したので、高感度の超音波探触子とすることができるようになる。

【0073】

また、本実施の形態によれば、バックニング層22と複合圧電体との間に、複合圧電体の音響インピーダンスよりも高い音響インピーダンスを有するデマッチング層23を積層したので、より高感度の超音波探触子とすることができるようになる。

40

【0074】

なお、本発明の実施の形態における記述は、本発明に係る超音波画像診断装置の一例であり、これに限定されるものではない。超音波画像診断装置を構成する各機能部の細部構成及び細部動作に関しても適宜変更可能である。

【符号の説明】

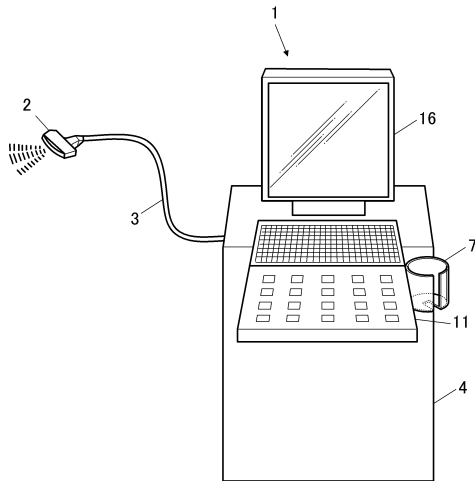
【0075】

- 1 超音波画像診断装置
- 2 超音波探触子
- 4 診断装置本体
- 21 超音波振動子

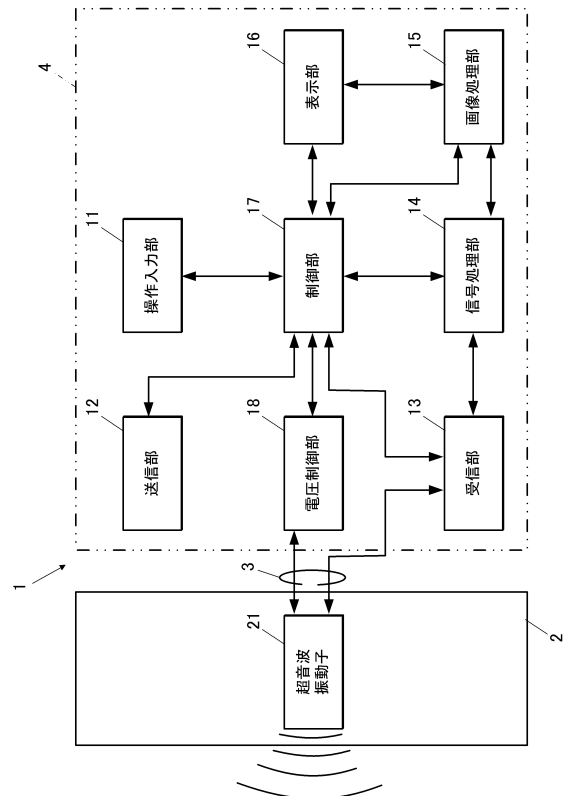
50

2 4 圧電層

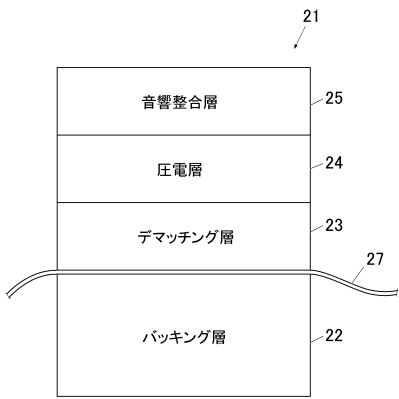
【図 1】



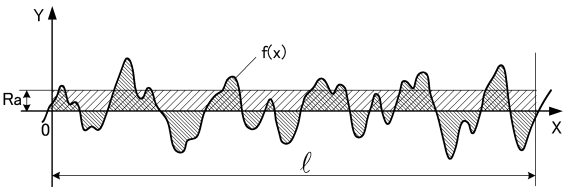
【図 2】



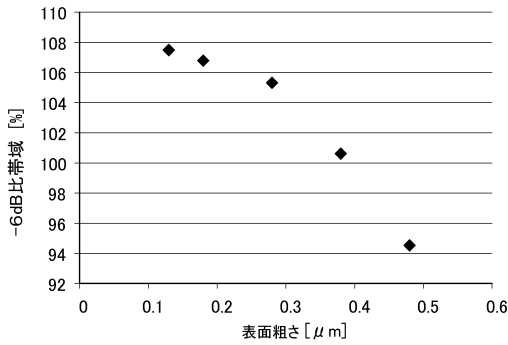
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 8 / 0 0

H 0 4 R 1 7 / 0 0

H 0 4 R 3 1 / 0 0

专利名称(译)	复合压电体的制造方法，超声波探头的制造方法，复合压电体，超声波探头和超声波图像诊断装置		
公开(公告)号	JP5949599B2	公开(公告)日	2016-07-06
申请号	JP2013042468	申请日	2013-03-05
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	西久保雄一		
发明人	西久保 雄一		
IPC分类号	H04R31/00 A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	B06B1/067 A61B8/4444 A61B8/4483 H01L41/083 H01L41/27 H01L41/337 H01L41/37 Y10T29/42		
FI分类号	H04R31/00.330 A61B8/00 H04R17/00.332.B H04R17/00.330.J		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE03 4C601/EE10 4C601/EE14 4C601/GB04 4C601/GB26 4C601/GB31 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB47 5D019/AA21 5D019/AA26 5D019/BB18 5D019/FF04 5D019/HH01		
其他公开文献	JP2014171129A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种制造复合压电体的方法，该复合压电体能够抑制诸如陶瓷的压电材料的极化结构的劣化，能够以低成本形成高度可靠的电极并降低复合压电体的表面粗糙度。 ，制造超声波探头的方法，复合压电体，超声波探头和超声波图像诊断设备。 在复合压电体形成步骤中，在以预定间隔排列的多个压电材料之间填充非导电聚合物，以形成复合压电体。在抛光步骤中，使用涂有研磨颗粒的抛光膜在基膜上抛光至少压电材料的一个表面和复合压电体的聚合物。 点域

(21) 出願番号	特願2013-42468 (P2013-42468)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成25年3月5日 (2013.3.5)		コニカミノルタ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-171129 (P2014-171129A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(43) 公開日	平成26年9月18日 (2014.9.18)	(74) 代理人	110001254
審査請求日	平成27年3月12日 (2015.3.12)		特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	西久保 雄一
			東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタエムジー株式会社内
		審査官	▲吉▼澤 雅博
		(56) 参考文献	特開2004-088056 (JP, A)
			)
			特開2012-244273 (JP, A)
			)
			最終頁に続く