

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6255961号
(P6255961)

(45) 発行日 平成30年1月10日 (2018. 1. 10)

(24) 登録日 平成29年12月15日 (2017. 12. 15)

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

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-254806 (P2013-254806)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成25年12月10日 (2013. 12. 10)		コニカミノルタ株式会社
(65) 公開番号	特開2015-115684 (P2015-115684A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(43) 公開日	平成27年6月22日 (2015. 6. 22)	(74) 代理人	110001254
審査請求日	平成28年9月26日 (2016. 9. 26)		特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	西久保 雄一
			東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
		審査官	菊池 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 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柱状の圧電体と、該圧電体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、

前記圧電体のアスペクト比が下記式(1)～(3)を満たして且つ D/H が 0.39 以上である、又は下記式(4)～(6)を満たして且つ W/H が 0.39 以上であることを特徴とする複合圧電体。

$$0.5 \leq W/H \leq 0.65 \dots (1)$$

$$D/H \leq W/H \dots (2)$$

$$D/H \geq (1.3W/H) / 3 - 1.3 / 6 \dots (3)$$

$$0.5 \leq D/H \leq 0.65 \dots (4)$$

$$D/H \geq W/H \dots (5)$$

$$W/H \geq (1.3D/H) / 3 - 1.3 / 6 \dots (6)$$

但し、式中Hは前記圧電体の厚み、Wは厚み方向に垂直な1辺の長さ、Dは厚み方向及びWに垂直な1辺の長さを表す。

【請求項2】

少なくとも前記圧電体及び前記重合体が露出する1面における前記圧電体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1に記載の複合圧電体。

【請求項3】

前記圧電体のグレインサイズが $3 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は2に記

載の複合圧電体。

【請求項 4】

バッキング層と、請求項 1～3 の何れか一項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 5】

前記複合圧電体は、前記圧電体の配列方向に沿って第 1 の分割溝により所定間隔で分割して複数の素子に分割されるとともに、前記各素子はそれぞれ前記第 1 の分割溝と平行で該第 1 の分割溝よりも浅い第 2 の分割溝により複数の分割されていることを特徴とする請求項 4 に記載の超音波探触子。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 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、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応用されている。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 線等の放射線被曝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。

【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において、柱状圧電セラミック焼結体（圧電体）のアスペクト比を 0.1～0.5 の範囲にして好ましい誘電率や音響インピーダンスを得るようにすることが知られている（例えば、特許文献 1）。なお、ここでは、構造物の短軸の長さ／長軸

10

20

30

40

50

の長さをアスペクト比と定義する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第4528383号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献1に示すような複合圧電体では、所望の周波数の超音波を出力しようとした場合には、圧電体の厚みが定まるため、素子の幅が一定に制限されてしまい、素子が細くなって有効面積が減ってしまうので、アスペクト比に見合う高い電気機械結合係数を得ることはできるが、電気的インピーダンスが上昇し、装置のシステム側との電気的整合が得られ難くなり、大きな信号出力を得ることが困難となる場合がある。一方で、圧電体のアスペクト比をあまりにも大きなものにしてしまうと、圧電体の厚み方向の共振以外に生じる面内での不要共振により、出力する超音波の帯域内にスプリアスが発生し、広帯域で高感度の特性を得るのが困難となってしまう。

10

【0008】

本発明の課題は、装置のシステム側との電気的整合を良好にしつつ、圧電体の厚み方向の共振以外に生じる面内での不要共振を抑えて、出力する超音波の帯域内でスプリアスが発生するのを抑制し、広帯域で高感度特性を得ることができる複合圧電体、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。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

以上の課題を解決するため、請求項1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体と、該圧電体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、

前記圧電体のアスペクト比が下記式(1)～(3)を満たして且つ D/H が0.39以上である、又は下記式(4)～(6)を満たして且つ W/H が0.39以上であることを特徴とする複合圧電体。

$$0.5 \leq W/H \leq 0.65 \dots (1)$$

30

$$D/H \leq W/H \dots (2)$$

$$D/H \geq (1.3W/H) / 3 - 1.3/6 \dots (3)$$

$$0.5 \leq D/H \leq 0.65 \dots (4)$$

$$D/H \geq W/H \dots (5)$$

$$W/H \geq (1.3D/H) / 3 - 1.3/6 \dots (6)$$

但し、式中Hは前記圧電体の厚み、Wは厚み方向に垂直な1辺の長さ、Dは厚み方向及びWに垂直な1辺の長さを表す。

【0010】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の複合圧電体において、

少なくとも前記圧電体及び前記重合体が露出する1面における前記圧電体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。

40

【0011】

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において、

前記圧電体のグレインサイズが3 μm以下であることを特徴とする。

【0012】

請求項4に記載の発明は、超音波探触子において、

バッキング層と、請求項1～3の何れか一項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。

【0013】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の超音波探触子において、

50

前記複合圧電体は、前記圧電体の配列方向に沿って第１の分割溝により所定間隔で分割して複数の素子に分割されるとともに、前記各素子はそれぞれ前記第１の分割溝と平行で該第１の分割溝よりも浅い第２の分割溝により複数の分割されていることを特徴とする。

【００１４】

請求項６に記載の発明は、超音波画像診断装置において、
請求項４又は５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】

【００１５】

本発明によれば、装置のシステム側との電氣的整合を良好にしつつ、圧電体の厚み方向の共振以外に生じる面内での不要共振を抑えて、出力する超音波の帯域内でスプリアスが発生するのを抑制し、広帯域で高感度特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【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】超音波画像診断装置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】圧電体のアスペクト比の条件を示すグラフである。

【図５】圧電体から出力される超音波の周波数スペクトルを示す図である。

【図６】粗さ曲線について説明するグラフである。

【図７】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。

【図８】超音波振動子を長軸方向から見た拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

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。

【００１８】

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。

【００１９】

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。

【0020】

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。

【0021】

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生成回路である。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。

10

【0022】

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。

【0023】

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。

【0024】

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。

20

【0025】

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。

【0026】

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。

30

【0027】

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、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。

【0028】

バックング層22は、圧電層24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。

40

【0029】

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

50

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碎したのち、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。

【0030】

好ましいバッキング材としては、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。

【0031】

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。

10

【0032】

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、PZLTや、圧電単結晶PZN-PT、PMN-PT、LiNbO₃、LiTaO₃、KNbO₃、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。

20

本実施の形態では、特にグレインサイズが3μm以下の圧電材料が好適である。グレインサイズが3μm以下とすると、圧電材料の加工時においてグレインが離脱することにより生じる表面粗さを小さくすることができる。また、欠損する体積の増加を抑えることができるので、圧電性の消失を抑制でき、有効面積及び静電容量の損失が抑制され、高い圧電性を維持することができる。

【0033】

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-155NF、L-145N、L-13等が挙げられる。

30

また、有機圧電材料としては、東京センサ社製のPVDFフィ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)フィルム、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。

【0034】

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。

40

【0035】

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、

50

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。

【0036】

このとき、本実施の形態では、圧電体のアスペクト比が下記式(7)～(9)又は下記式(10)～(12)を満たすようにして複合圧電体が形成される。

$$0.5 \leq W/H \leq 0.65 \cdots (7)$$

$$D/H \leq W/H \cdots (8)$$

$$D/H \geq (1.3W/H) / 3 - 1.3/6 \cdots (9)$$

$$0.5 \leq D/H \leq 0.65 \cdots (10)$$

$$D/H \geq W/H \cdots (11)$$

$$W/H \geq (1.3D/H) / 3 - 1.3/6 \cdots (12)$$

但し、式中Hは前記圧電体の厚み、Wは厚み方向に垂直な1辺の長さ、Dは厚み方向及びWに垂直な1辺の長さを表す。

【0037】

上記圧電体のアスペクト比の条件をグラフで表すと、図4中、実線Aで囲まれた範囲で示することができる。

【0038】

本実施の形態では、圧電体を上述したように構成することにより、圧電体の厚み方向の共振以外に生じる面内での不要共振を抑制し、出力する超音波の帯域内でスプリアスが発生するのを抑制し、広帯域で高感度特性を得ることができる。また、診断装置本体4のシステム側との電氣的整合を良好に得ることができる。

例えば、アスペクト比が上述した条件を超える場合には、圧電体の厚み方向の共振以外に、面内での不要共振が発生する場合があります。所望の帯域内にスプリアスが生じ、帯域が狭くなり、感度が低下する。圧電体から出力される超音波にスプリアスが生じた場合と、本実施の形態のようにしてスプリアスの発生が抑制された場合の周波数スペクトルを図5に示す。図5中、スプリアスの発生が抑制されたときの周波数スペクトルを実線Pで示し、スプリアスが発生したときの周波数スペクトルを破線Qで示す。図5に示されるように、スプリアスが発生すると、帯域内の高周波部分が削られて帯域が狭くなり、また、感度も低下しているのがわかる。

また、圧電体のアスペクト比が上述した条件を下回ると、電氣的インピーダンスが上昇し、診断装置本体4のシステム側との電氣的整合が得られ難くなり、大きな信号出力を得ることが困難となる場合がある。また、出力する超音波の周波数によって圧電体の厚みが規定されるので、圧電体のアスペクト比が上述した条件を下回る場合には、所望の周波数を得ようとする、圧電体をきわめて薄板化しなければならず、製品バラつきが生じる等、設計通りに加工することが困難となる場合がある。

【0039】

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(13)によって定義することとする。

$$V_{TOTAL} = (Z_A \times V_A + Z_B \times V_B) / 100 \cdots (13)$$

【0040】

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。この状態で他の部品を積層した場合には、その凹凸によって接着層が厚くなり、超音波の音響伝搬効率を低下させる場合がある。そこで、本実施の形態では、以下のようにして、複合圧電体に対し、さらに、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その両面を研磨する処理を行う。なお、このような処理を行うと、音響伝搬効率を向上させることができるので好ましいが、行わなくてもよい。

【0041】

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（ Al_2O_3 ）、酸化クロム（ Cr_2O_3 ）、酸化鉄（ Fe_xO_y ）、ダイヤモンド（C）、酸化セリウム（ CeO_2 ）、酸化珪素（ SiO_2 ）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（バックング層22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6に示すように、走査型共焦点レーザー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（14）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】

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad \cdots (14)$$

【0042】

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。

【0043】

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できる。ここで、図7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。図7に示すように、複合圧電体の表面粗さが0.2 μm 以下

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7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 μm 以下となるまで研磨を行うようにしている。

【0044】

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 μm 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、高周波用途の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。

【0045】

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0.02~1.0 μm 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1~10 μm 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。

【0046】

バッキング層22と圧電層24との間にはFPC (Flexible Printed Circuits) 27が挟持されており、このFPC 27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、FPC 27によって受信部13に与えられる。

【0047】

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。

【0048】

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、コッパグラファイト、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。

【0049】

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20~500 μm 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。

【0050】

上述したように構成された積層体は、図8に示すように、ダイシングにより短軸方向（圧電体の配列方向）に沿って所定間隔でメインダイス溝（第1の分割溝）31が入れられ、これにより複数（例えば、192個）の素子（超音波振動子21）に分割される。具体的には、上述の積層体に対し、短軸方向に沿うようにダイシングブレードを設置し、音響整合層25側からバッキング層22にかけて、長軸方向（方位方向）において所定の間隔でダイシングすることで、音響整合層25と、圧電層24と、バッキング層22の一部とが分割され、複数の超音波振動子21が1次元アレイ状に形成される。このようにして形成された隣接する超音波振動子21間の空隙がメインダイス溝31である。

【0051】

さらに、本実施の形態では、分割された各超音波振動子21に対し、それぞれメインダイス溝31と平行でメインダイス溝31よりも浅いサブダイス溝（第2の分割溝）32が2つ入れられ、これにより、各超音波振動子21がそれぞれ3つに微素子に分割される。サブダイス溝32は、例えば、積層体に対し、メインダイス溝31と平行になるようにダイシングブレードを設置し、音響整合層25側から圧電層24の所定深さまでダイシングすることで、音響整合層25と、圧電層24の一部とが分割され、微素子化される。本実施の形態では、1つの超音波振動子21に対し、3つの微素子に分割するようにしたが、分割数は任意に設定することができる。本実施の形態によれば、1つの素子に対して複数の微素子に分割することで、所望の周波数をディメンジョンの制約を受けずに得ることができるようになる。なお、本実施の形態において、微素子化を行わないようにしてもよい。

【実施例1】

【0052】

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。

【0053】

<複合圧電体の作製>

下記表1に示す通り、A～Eに示す条件で加工し、実施例1～6及び比較例1～4の複合圧電体を作成した。

すなわち、汎用のセラミック圧電材A（10mm×60mm×1mm）に幅B μ m、深さ0.4mmの溝をピッチC μ m間隔で長辺に沿って連続的に圧電体を形成し、これを洗浄した。このときの圧電体のアスペクト比（D/H、W/H）は下記表1に示す通りとなった。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125 μ m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3 μ m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120 μ m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、実施例1～6及び比較例1～4の複合圧電体をそれぞれ作製した。

【0054】

<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40 μ m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40 μ m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50 μ m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60 μ 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述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 mm×42.5 mmの大きさに成型して音響整合層とした。

【0055】

次に、上述のようにして作成された実施例1の複合圧電体を用い、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、実施例1の圧電層を作製した。

【0056】

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、D μmの厚みを有するブレードで、長手方向（アジマス方向）にピッチE μm間隔で圧電層を完全に分割するメイン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、上述のブレードで音響整合層を完全に分割するサブダイシングを行って微素子数nで分割し、トランスデューサーを作製した。

【0057】

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3 μm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。

【0058】

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の超音波探触子を作製した。

【0059】

続いて、実施例1の複合圧電体に換えて、実施例2～6及び比較例1～4の複合圧電体をそれぞれ用い、その他の部材及び作製プロセスを同じくして実施例2～6及び比較例1～4の超音波探触子をそれぞれ作製した。

【0060】

（評価）

上述のようにして作製された実施例1～6及び比較例1～4の超音波探触子の－6 dB比帯域（BW6（％））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、Vpp80 [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。その結果を表1に示す。なお、下記表1中の圧電材Aについて、C-84は富士セラミック社製であり、L-11、L-201F及びL-155NFはテイカ社製である。また、圧電材Aのグレインサイズについては、ブレードで切断加工した断面において、脱離したグレイン痕を20個抽出し、それらの大きさの平均値より算出した。

【0061】

10

20

30

40

【表 1】

	圧電材A	グレイン サイズ [μm]	コンポジット		素子化		微素子数 (n)	D/H	W/H	BW6 [%]	判定
			幅	ピッチ	幅	ピッチ					
実施例1	C-84	2.5	15	80	20	200	3	0.54	0.39	86	○
実施例2	C-84	2.5	20	67	30	300	3	0.39	0.58	87	○
実施例3	C-84	2.5	25	100	25	300	3	0.63	0.63	95	○
実施例4	L-11	5.0	15	80	20	200	3	0.54	0.39	83	○
実施例5	L-201F	2.0	15	80	20	200	3	0.54	0.39	84	○
実施例6	L-155NF	2.0	15	80	20	200	3	0.54	0.39	87	○
比較例1	C-84	2.5	30	100	20	200	1	0.58	1.50	56	×
比較例2	C-84	2.5	15	100	20	200	3	0.71	0.39	68	×
比較例3	C-84	2.5	20	77	20	150	2	0.48	0.46	78	×
比較例4	C-84	2.5	20	100	20	300	3	0.67	0.67	68	×

【0062】

(結果)

このように、圧電体のアスペクト比を本発明で規定する範囲に調整することで、厚み方

10

20

30

40

50

向の共振以外に生じる面内での不要共振が抑制されて、所望の帯域内にスプリアスを発生させることなく広帯域で高感度特性を有する超音波を出力することができることがわかった。一方、圧電体のアスペクト比を本発明で規定する範囲外とすると、帯域の高周波部分が狭くなって狭帯域化することがわかった。

【0063】

以上説明したように、本実施の形態によれば、圧電体のアスペクト比が上記式(7)～(9)又は上記式(10)～(12)を満たすようにしたので、装置のシステム側との電氣的整合を良好にしつつ、圧電体の厚み方向の共振以外に生じる面内での不要共振を抑えて、出力する超音波の帯域内でスプリアスが発生するのを抑制し、広帯域で高感度特性を得ることができる。

10

【0064】

また、本実施の形態によれば、複合圧電体は、少なくとも圧電体及び重合体が露出する1面における圧電体及び重合体の表面粗さが0.2 μm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。そのため、特に、高周波用途の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。

【0065】

また、本実施の形態によれば、圧電体のグレインサイズを3 μm以下としたので、圧電体の加工時においてグレインが離脱することにより生じる表面粗さを小さくすることができる。また、欠損するグレイン体積の増加を抑えることができるので、圧電性の消失を抑制でき、有効面積及び誘電率の損失が抑制され、加工劣化を抑制して高い圧電性を維持することができるようになる。

20

【0066】

また、本実施の形態によれば、複合圧電体は、圧電体の配列方向に沿ってメインダイス溝31により所定間隔で分割して複数の素子に分割されるとともに、各素子はそれぞれメインダイス溝31と平行でメインダイス溝31よりも浅いサブダイス溝32により複数に分割されているので、所望の周波数をディメンジョンの制約を受けずに得ることができるようになる。

【0067】

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。

30

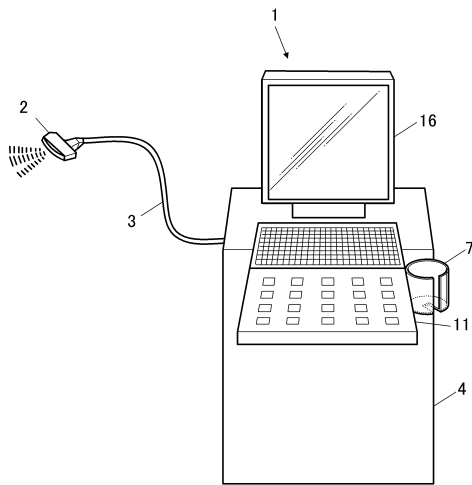
【符号の説明】

【0068】

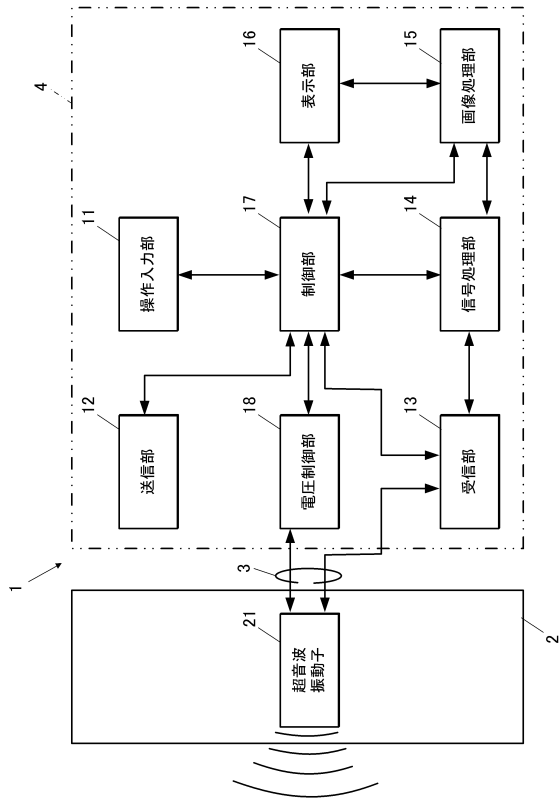
- 1 超音波画像診断装置
- 2 超音波探触子
- 12 送信部
- 13 受信部
- 15 画像処理部
- 16 表示部
- 21 超音波振動子
- 24 圧電層

40

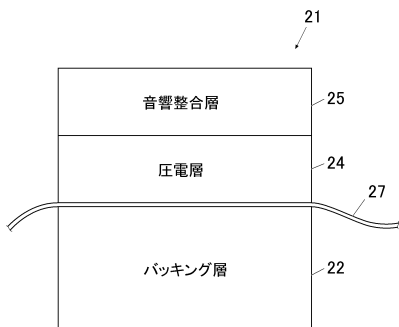
【図 1】



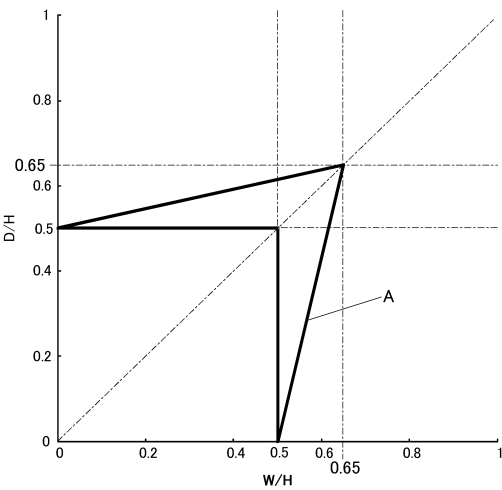
【図 2】



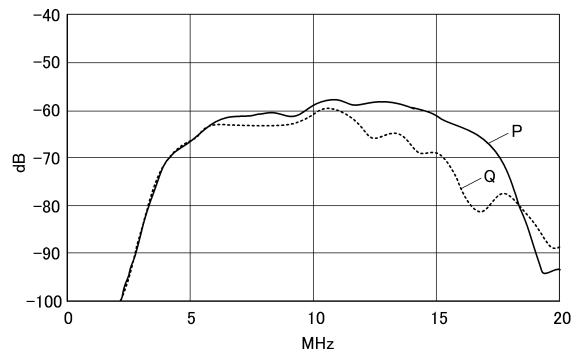
【図 3】



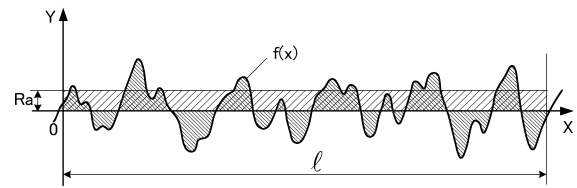
【図 4】



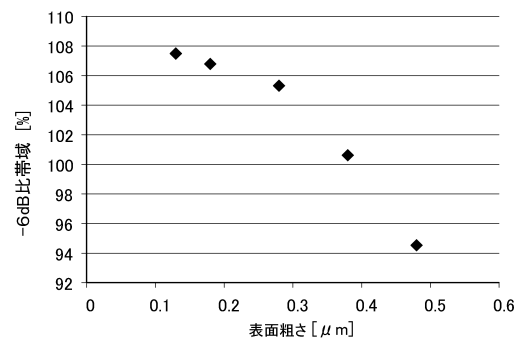
【図 5】



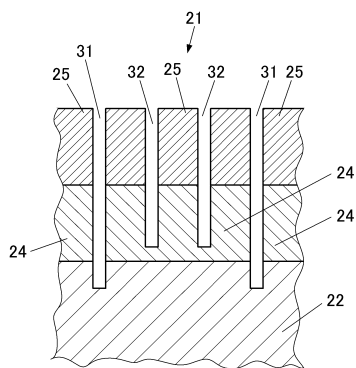
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-082385 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0085440 (US, A1)
特開昭63-252140 (JP, A)
米国特許第04801835 (US, A)
特開平07-078399 (JP, A)
特開2005-087577 (JP, A)
特開2004-033814 (JP, A)
特開2001-016677 (JP, A)
特開2003-309898 (JP, A)
特開2010-013325 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0001619 (US, A1)
特開2012-019520 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0007471 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 17/00
A61B 8/00- 8/15

专利名称(译)	复合压电体，超声波探头和超声波图像诊断仪		
公开(公告)号	JP6255961B2	公开(公告)日	2018-01-10
申请号	JP2013254806	申请日	2013-12-10
[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	H04R17/00 A61B8/00		
FI分类号	H04R17/00.332.A A61B8/00 H04R17/00.330.J		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE03 4C601/GB02 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/AA09 5D019/AA21 5D019/BB19 5D019/FF04 5D019/GG01 5D019/GG06		
审查员(译)	菊池 充		
其他公开文献	JP2015115684A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了抑制在压电体的厚度方向上的共振以外的平面中的不必要的共振，同时改善与装置的系统侧的电匹配，在输出超声波带中发生寄生，一种能够在宽带中获得高灵敏度特性的复合压电体，超声波探头和提供了一种超声诊断成像设备。压电体的纵横比满足下式（1）至（3）或（4）至（6）。 $D/H \geq W/H$ （2） $D/H \geq (13W/H)/3 - 13/6$ （3） $0.5 \leq D/H \leq 0.65$ （4） $D/H \leq W/H$ （5） $W/H \geq (13D/H)/3 - 13/66$ （6）其中H是W表示垂直于厚度方向的一侧的长度，D表示垂直于厚度方向的一侧的长度方向和W。

(19) 日本国特許庁 (JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6255961号 (P6255961)
(45) 発行日 平成30年1月10日 (2018. 1. 10)		(24) 登録日 平成29年12月15日 (2017. 12. 15)	
(51) Int. Cl. H04R 17/00 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)		F I H04R 17/00 332A A61B 8/00 H04R 17/00 330J	
(21) 出願番号 特願2013-254806 (P2013-254806)		(73) 特許権者 000001270 コニカミノルタ株式会社	
(22) 出願日 平成25年12月10日 (2013. 12. 10)		(74) 代理人 110001254 特許業務法人光陽国際特許事務所	
(65) 公開番号 特開2015-115684 (P2015-115684A)		(72) 発明者 西久保 雄一 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内	
(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015. 6. 22)		審査官 菊池 充	
審査請求日 平成28年9月26日 (2016. 9. 26)		請求項の数 6 (全 16 頁)	
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】複合圧電体、超音波探触子及び超音波画像診断装置