(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2009-296055
(P2009-296055A)
(43)公開日　平成21年12月17日(2009.12.17)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H04R 17/00	(2006.01)	H04R	17/00	330K	4C601
A61B 8/00	(2006.01)	A61B	8/00		5D019
		H04R	17/00	332A	

審査請求 未請求　請求項の数 5　OL　（全 16 頁）

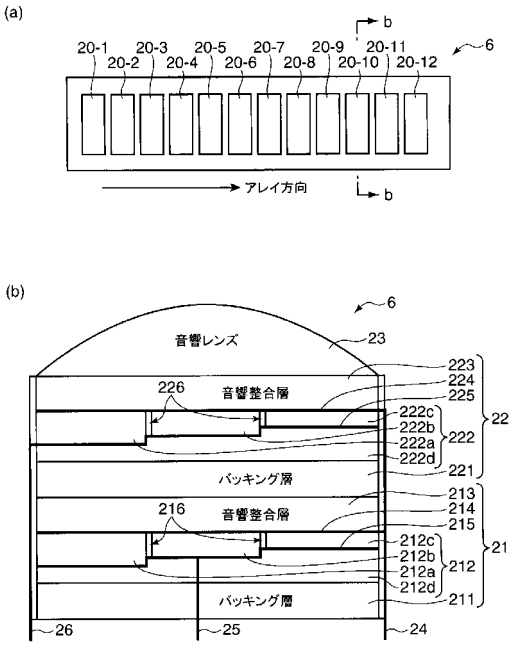
(21)出願番号　特願2008-144895 (P2008-144895)
(22)出願日　平成20年6月2日 (2008.6.2)

(71)出願人　303000420
コニカミノルタエムジー株式会社
東京都日野市さくら町１番地
(74)代理人　100067828
弁理士　小谷　悦司
(74)代理人　100115381
弁理士　小谷　昌崇
(74)代理人　100111453
弁理士　櫻井　智
(72)発明者　西尾　昌二
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
(72)発明者　羽生　武
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波探触子およびそれを用いる超音波診断装置

(57)【要約】
【課題】超音波診断装置に使用される超音波探触子おいて、単体使用で広帯域化する。
【解決手段】アレイ状に配列された複数の圧電素子２０から成る超音波送受信子６において、各圧電素子２０を送信層２１の上に受信層２２を積層して構成し、さらに送信用の圧電素子層２１２および受信用の圧電素子層２２２を、相互に異なる複数の厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃで構成する。したがって、各厚さ部分を共通の電極２１４，２１５；２２４，２２５で振動させても、共振周波数は厚さに反比例して調整され、複数の基本波を同時に送信でき、或いは基本波に高次調波を同時に受信できるようになる。これによって、単体の超音波探触子で、使用周波数帯域を広帯域化することができ、該超音波探触子の交換または切替えを伴うことなく、浅部から深部まで鮮明な画像を得ることができるとともに、高次調波断層画像も得ることができる。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波送受信子から被検体内に超音波を送信し、前記超音波に基づいて被検体から来た超音波を前記超音波送受信子で受信し、その受信信号に基づいて前記被検体の断層画像を再構成して表示する超音波診断装置に使用される超音波探触子おいて、
前記超音波送受信子は、アレイ状に配列された複数の圧電素子から成り、
前記各圧電素子は、送信層の上に受信層が積層されて成り、それぞれの層は、相互に異なる複数の厚さ部分を有することを特徴とする超音波探触子。
【請求項２】
前記送信層はセラミック圧電層から成り、前記受信層は有機圧電層から成ることを特徴とする請求項１記載の超音波探触子。
【請求項３】
前記セラミック圧電層の材料はＰＺＴまたはチタン酸バリウムであり、前記有機圧電層は鍛造された弗化ビニリデンと３弗化エチレンとの共重合体であることを特徴とする請求項２記載の超音波探触子。
【請求項４】
前記送信層および受信層は３つの厚さ部分から成り、それぞれの共振周波数が、３～６ＭＨｚ、６～１２ＭＨｚおよび１２～２５ＭＨｚから選択され、或いは７～１２ＭＨｚ、１２～１６ＭＨｚおよび１６ＭＨｚ～２５ＭＨｚから選択されることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の超音波探触子。
【請求項５】
前記請求項１～４のいずれか１項に記載の超音波探触子を用い、前記受信信号に基づいて前記被検体の断層画像を再構成する画像処理部は、前記各圧電素子における受信層で受信された信号を選別して、単独または加算或いは減算した断層画像を再構成して表示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、超音波診断装置に使用される超音波探触子（プローブ）およびそれを用いる超音波診断装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
前記超音波診断装置は、超音波パルス反射法により、体表から生体内の軟組織の断層像を無侵襲に得る医療用画像機器である。この超音波診断装置は、他の医療用画像機器に比べ、小型で安価、Ｘ線などの被爆がなく安全性が高い、ドップラー効果を応用して血流イメージングが可能等、多くの特長を有し、循環器系（心臓の冠動脈）、消化器系（胃腸）、内科系（肝臓、膵臓、脾臓）、泌尿科系（腎臓、膀胱）、および産婦人科系などで広く利用されている。
【０００３】
このような医療用超音波診断装置に使用される超音波探触子は、高感度、高解像度の超音波の送受信を行うために、圧電振動子の圧電効果が一般的に利用される。さらに、画像の分解能や高精細さ、或いは、スペックルノイズの低減、アーチファクトの低減等には、前記圧電振動子の広帯域化が有用であり、そのような特性をもつ圧電振動子が望まれていた。そこで、広帯域な画像が得られるとして、特許文献１によるシリコンマイクロマシーニング技術を用いてシリコン半導体基板を加工した超音波トランスデューサ（Micromachined Ultrasonic Transducer（以下、ｃＭＵＴと称する））が注目を集めている。しかしながら、この従来技術は、複雑なアレイ製作をＭＥＭＳ（Micro Electro-Mechanical System ：超小型電気・機械システム）技術で達成できるものの、送受信感度が低いという問題点があった。同様に、圧電振動子として、前記ｃＭＵＴのようなセラミックに対して、ポリマーは受信帯域がさらに広いという特徴を有するものの、感度が低いという欠点を有

しているので、この克服の技術が求められているが、良い方法が見つかっていなかった。

【０００４】

一方、高調波信号を用いた組織ハーモニックイメージング（ＴＨＩ）診断は、従来のＢモード診断では得られない鮮明な診断像が得られることから、標準的な診断モダリティとなりつつある。前記ハーモニックイメージングは、基本波に比較して、サイドローブレベルが小さいことで、Ｓ／Ｎが良く、コントラスト分解能が良くなること、周波数が高くなることでビーム幅が細くなり横方向分解能が良くなること、近距離では音圧が小さく、さらに音圧の変動が少ないので多重反射が起こらないこと、焦点以遠の減衰は基本波並みであり、高調波の超音波は基本波の超音波に比べ深速度を大きく取れること、という多くの利点を有している。

【０００５】

そこで、前記ハーモニックイメージング用のアレイ型超音波探触子の具体的な構造として、アレイを構成する各振動子エレメントが広帯域一体型の圧電振動子が用いられている。その広帯域特性の低周波側の領域で基本波送信を行い、高周波側の領域で高調波受信を行う方法が一般的に利用されている。このような状況下において、ハーモニック感度の向上を図る技術として特許文献２に記載されたものが知られている。これは、微細な柱状のセラミック圧電素子をエポキシ樹脂のような有機化合物で固めた振動子を超音波送受信素子として使用し、各柱状セラミックを縦振動を行なわせることによって、前記ハーモニック感度の向上を図ったものである。

【０００６】

また、他のハーモニックイメージング用アレイ型超音波探触子の具体的な構造として、特許文献３には、送信用圧電振動子と受信用圧電振動子とを別体配置とした送受信分離型探触子が提案されている。

【０００７】

さらにまた、特許文献４では、基本波を送信し、高調波を含む超音波を受信するのに、第１の音響インピーダンスを有する配列された複数の第１の圧電素子から成る中心周波数ｆ1の超音波の送受信を担う第１の圧電層に、第２の音響インピーダンスを有する配列された複数の第２の圧電素子から成り、前記第１の圧電層に重ねられた第２の圧電層を設けることが提案されている。すなわち、広い帯域を得る超音波送受信素子にするために、圧電セラミック素子を積層化し、見かけ上のインピーダンスを低下させて駆動回路との電気的な整合条件を良好にし、素子にかかる電界強度を大きくして大きな歪を発生させ、送信感度を向上させることが行われている。

【０００８】

前記のような従来の超音波探触子は、使用中心周波数ｆｏが予め設定されてしまうので、その周波数によって生体の診断深さが決まってしまい、前記診断深さに自由度がなく、制限を受けるという問題がある。このため、１～５ＭＨｚの低周波の探触子は深部を、６～１０ＭＨｚの周波数の探触子は中程度の深さを、１１～２５ＭＨｚの高周波の探触子は生体の表面に近い部位を診断するという具合に、探触子を使い分けるのが定法となっていた。そこで、新規な取り組みとして、送信用にはＰＺＴのようなセラミック圧電素子を低周波に使用し、受信用にＰＶＤＦのような広帯域の有機圧電素子を高周波に利用する方法が提案された（非特許文献１，２）。

【特許文献１】特開平１０－８５２２１号公報

【特許文献２】特開２０００－３００５５９号公報

【特許文献３】特開２００６－１９２０３１号公報

【特許文献４】特開２００３－３０５０４３号公報

【非特許文献１】The Journal of the Acoustic Society of America --May 1998 Volume103、Issue 5, p.3041 「Study of compund structured ultrasonic tranducer made of PZT/PVDF」 Moor Joon Kim et. al.

【非特許文献２】「ＰＺＴ／ＰＶＤＦ多層構造の超音波複合圧電素子の研究」（中国南京大学音響学研究所の南京大学報：数学半年刊１９９９年５期頁６３６－６３８）

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
しかしながら、非特許文献１，２の構成でも、周波数帯域がまだ狭く、依然として、探触子を交換する必要がある。或いは、特開２００３－３３９７００号公報のように、探触子内に低周波から高周波までの振動子を組み込み、それぞれの圧電素子および共振用インダクタを切替えスイッチで切替えるという構成が必要になる。このため、操作上不便を強いられるとともに、電子回路を複雑にしてしまう。
【００１０】
本発明の目的は、単体の超音波探触子で、その使用周波数帯域を低周波から高周波まで広帯域化することができる超音波探触子およびそれを用いる超音波診断装置を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明の超音波探触子は、超音波送受信子から被検体内に超音波を送信し、前記超音波に基づいて被検体から来た反射波（エコー）などを前記超音波送受信子で受信し、その受信信号に基づいて前記被検体の断層画像を再構成して表示する超音波診断装置に使用される超音波探触子おいて、前記超音波送受信子は、アレイ状に配列された複数の圧電素子から成り、前記各圧電素子は、送信層の上に受信層が積層されて成り、それぞれの層は、相互に異なる複数の厚さ部分を有することを特徴とする。
【００１２】
上記の構成によれば、超音波送受信子から被検体内に超音波を送信し、前記超音波に基づいて被検体から来た超音波を前記超音波送受信子で受信し、その受信信号に基づいて前記被検体の断層画像を再構成して表示する超音波診断装置に使用される超音波探触子おいて、アレイ状に配列されて前記超音波送受信子を構成する複数の各圧電素子を、送信層の上に受信層を積層して構成する。さらに、前記送信層および受信層を、複数の周波数をそれぞれ個別に送信および受信可能となるように、相互に異なる複数の厚さ部分で構成する。
【００１３】
したがって、各厚さ部分を共通の電極で振動させても、共振周波数は圧電振動方向の厚さに反比例して調整され、半分の厚さで２倍、１／４の厚さで４倍の共振周波数に設定でき、複数の基本波を同時に送信でき、或いは基本波に高次調波を同時に受信できるようになる。これによって、単体の超音波探触子で、その使用周波数帯域を低周波から高周波まで広帯域化することができ、該超音波探触子の交換または切替えを伴うことなく、浅部から深部まで鮮明な画像を得ることができるとともに、高次調波断層画像も同様に得ることができる。
【００１４】
また、本発明の超音波探触子では、前記送信層はセラミック圧電層から成り、前記受信層は有機圧電層から成ることを特徴とする。
【００１５】
上記の構成によれば、受信層を有機圧電層で構成することで、広帯域化を図ることができる。
【００１６】
好ましくは、前記セラミック圧電層の材料はＰＺＴまたはチタン酸バリウムであり、前記有機圧電層は鍛造された弗化ビニリデンと３弗化エチレンとの共重合体であることを特徴とする。
【００１７】
また好ましくは、前記送信層および受信層は３つの厚さ部分から成り、それぞれの共振周波数が、３～６ＭＨｚ、６～１２ＭＨｚおよび１２～２５ＭＨｚから選択され、或いは７～１２ＭＨｚ、１２～１６ＭＨｚおよび１６ＭＨｚ～２５ＭＨｚから選択されることを

特徴とする。

【００１８】

さらにまた、本発明の超音波診断装置は、前記の超音波探触子を用い、前記受信信号に基づいて前記被検体の断層画像を再構成する画像処理部は、前記各圧電素子における受信層で受信された信号を選別して、単独または加算或いは減算した断層画像を再構成して表示することを特徴とする。

【００１９】

上記の構成によれば、送受信超音波を広帯域化することができ、浅部から深部まで鮮明な画像を得ることができる超音波診断装置を実現することができる。

【発明の効果】

【００２０】

本発明の超音波探触子およびそれを用いる超音波診断装置は、以上のように、アレイ状に配列されて超音波送受信子を構成する複数の各圧電素子を、送信層の上に受信層を積層して構成し、さらに前記送信層および受信層を、複数の周波数をそれぞれ個別に送信および受信可能となるように、相互に異なる複数の厚さ部分で構成する。

【００２１】

それゆえ、各厚さ部分を共通の電極で振動させても、共振周波数は圧電振動方向の厚さに反比例して調整され、複数の基本波を同時に送信でき、或いは基本波に高次調波を同時に受信できるようになる。これによって、単体の超音波探触子で、その使用周波数帯域を低周波から高周波まで広帯域化することができ、該超音波探触子の交換または切替えを伴うことなく、浅部から深部まで鮮明な画像を得ることができるとともに、高次調波断層画像も同様に得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２２】

以下、本発明に係る実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その説明を省略する。また、本明細書において、適宜、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

【００２３】

図１は実施形態における超音波探触子１を備える超音波診断装置Ｓの外観構成を示す図である。超音波診断装置Ｓは、図略の生体等の被検体に対して前記超音波探触子１から超音波を送信し、前記被検体内で反射された超音波（エコー）を前記超音波探触子１で受信し、その受信信号に基づいて、診断装置本体２が前記被検体の断層画像を再構成し、表示部３に表示する。

【００２４】

図２は、前記診断装置本体２の一構成例を示すブロック図である。この診断装置本体２は、送信回路１１、増幅回路１２、受信回路１３、制御回路（画像処理部）１４、ＤＳＰ（デジタル信号処理部）１５、アナログ／デジタル変換器１６、デジタル／アナログ変換器１７および前記表示装置３を備えて構成される。送信回路１１は前記超音波探触子１に電気信号を供給して超音波を発生させ、前記超音波探触子１が受信したエコー信号は増幅回路１２で増幅された後、受信回路１３に入力される。前記送信回路１１は周波数ｆ０の基本波信号を送信するが、後述する広帯域の超音波探触子１によって、受信されるエコー信号は、前記基本波信号に、たとえば２次から６次までの高次調波信号を含んだ信号となる。前記増幅回路１２は、それらの信号を増幅可能であり、増幅された信号は、受信回路１３において、適宜検波、濾波されるとともに、この受信回路１３は、後述する各アレイからの受信信号の遅延タイミングを制御して整相加算することで超音波ビームの偏向を行う。受信回路１３からの出力は、アナログ／デジタル変換器１６でデジタル信号に変換されてＤＳＰ１５に入力される。

【００２５】

画像処理部である前記ＤＳＰ１５は、Ｂモード処理回路、ドプラ処理回路およびカラー

モード処理回路等を備えている。前記受信回路１３から出力されたデータは、このＤＳＰ１５内のいずれかの処理回路にて所定の処理が施される。前記Ｂモード処理回路は、エコーの振幅情報の映像化を行い、エコー信号からＢモード超音波ラスタデータを生成する。前記ドプラ処理回路は、ドプラ偏移周波数成分を取出し、更に（高速フーリエ変換）ＦＦＴ処理等を施すことで、血流情報を有するデータを生成する。同様に前記カラーモード処理回路は、動いている血流情報の映像化を行い、カラー超音波ラスタデータを生成する。血流情報には、速度、分散、パワー等の情報があり、２値化情報として得られる。

【００２６】

前記ＤＳＰ１５は、ＤＳＣ処理回路を備えており、このＤＳＣ処理回路は、ＦＰＤ（平面表示器（表示装置３））に信号を走査して画像形成するもので、映像化処理機能を備え、直交座標系で表される画像を得るために、超音波ラスタデータを直交座標で表されるデータに変換する。たとえば、前記Ｂモード処理回路から出力されたデータに対してＤＳＣ処理が施されると、被検体の組織形状を２次元情報として表す断層像データが生成される。また、ＤＳＣは、断層像データをレイキャスティング法などでリサンプリング処理することで、ボクセルデータ（３次元の格子点データ）を生成することも可能である。ＤＳＰ１５内のボリュームレンダリング処理回路は、前記ボクセルデータに対してボリュームレンダリング処理などを行って３次元画像データを生成するなどの各種画像処理を行う。こうして得られた２次元断層像や３次元画像などは、前記表示装置３で表示される。

【００２７】

図３は、本発明の実施の一形態に係る超音波探触子１の断面図である。この超音波探触子１は、大略的に、電源供給や診断用の画像を表示したり印字出力したりする前記診断装置本体２から延びる同軸ケーブル４の先端に取付けられ、掌大の筐体５内に、超音波送受信子６に、その駆動回路基板７，８が収納されて成る。

【００２８】

前記筐体５において、前記同軸ケーブル４が引込まれた側とは反対側には開口９が形成されており、その開口９から前記超音波送受信子６が被検体に臨む。前記駆動回路基板７，８には、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等が実装されており、前記診断装置本体２からの駆動信号に応答して前記超音波送受信子６から被検体内に超音波を送信し、前記被検体内で反射された超音波が前記超音波送受信子６で受信されて得られた受信信号を適宜処理して、前記診断装置本体２へ出力し、前記受信信号に基づく画像を表示させる。

【００２９】

前記超音波送受信子６は、様々な態様に構成することが可能であるが、図４（ａ）で示すように、複数（図４（ａ）の例では１２個）の圧電素子２０－１，２０－２，・・・，２０－１２がアレイ状（図４（ａ）の例では１次元アレイ状）に配列されて構成される。図４（ａ）は前記超音波送受信子６の正面図であり、図４（ｂ）は図４（ａ）の切断面線ｂ－ｂから見た断面図である。上述のように構成される超音波送受信子６において、注目すべきは、本実施の形態では、各圧電素子２０が、送信層２１上に、受信層２２および音響レンズ２３が積層された積層型の圧電素子から成ることである。各圧電素子２０は、クロストーク等の相互干渉を低減するために、互いに所定の隙間（溝、間隙、ギャップ）を空けて基板上に配置される。さらに相互干渉を低減するために、超音波を吸収する超音波吸収材がこの隙間に充填されることが好ましい。その超音波吸収材としては、ポリイミド樹脂やエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂等を用いることができる。

【００３０】

前記送信層２１および受信層２２は、大略的に、音響制動部材（バッキング層）２１１，２２１、圧電素子層２１２，２２２および音響整合層２１３，２２３がそれぞれ積層されて構成されている。前記圧電素子層２１２，２２２の一方の面（図４（ｂ）の例では上方の被検体側）には接地電極２１４，２２４が形成され、共に接地線（アース線）２４に接続されている。これに対して、前記圧電素子層２１２，２２２の他方の面（図４（ｂ）の例では下方の被検体とは反対側）には信号電極２１５，２２５が形成され、それぞれ送

信信号線２５および受信信号線２６に接続されている。

【００３１】

前記音響制動部材２１１，２２１は、超音波を吸収する材料から構成され、それぞれ圧電素子層２１２から放射される送信超音波を吸収し、また圧電素子層２２２を通過した受信超音波を吸収する。なお、送信層２１と受信層２２との間に音響制動部材２２１を設けると、送信超音波を減衰させてしまうが、送信超音波のエネルギーに対して、受信超音波の後方散乱のエネルギーは、１００分の１～１０００分の１程度であるので、この後方散乱のエネルギーを吸収できる程度の厚さや材料（充填剤の量、粒子径、粒子形態、充填勾配）を選択して、送信超音波を過度に遮断しなければよい。

【００３２】

送信側の圧電素子層２１２には、たとえば無機圧電材料が用いられる。その無機圧電材料の中でも、電気エネルギーを超音波振動エネルギーに変換する変換効率の高いセラミック圧電材料が好ましく、しかも近年は鉛を含まないものが推奨され、いわゆるＰＺＴ、水晶、ニオブ酸リチウム（$LiNbO_3$）、ニオブ酸タンタル酸カリウム（$K(Ta,Nb)O_3$）、チタン酸バリウム（$BaTiO_3$）、タンタル酸リチウム（$LiTaO_3$）およびチタン酸ストロンチウム（$SrTiO_3$）等を好適に用いることができる。或いは、酸化ニオブ(Nb_2O_5）と水酸化カリウム（ＫＯＨ）とを用い、１５０～２００℃に加熱する水熱合成法によって、$KNbO_3$の高品質粉末を得る技術が提案されており（たとえば特開２００４－２８４８８９号公報参照）、このような材料も採用可能である。この系統は、化学式で（Ｋ、Ｌｉ、Ｎａ）（Ｎｂ、Ｔａ）O_3と表される。これらの音響インピーダンスは、２０～５０（Ｍｒａｌｙｓ）の範囲にあり、比較的高い音響インピーダンスを持ち、好適である。

【００３３】

一方、受信側の圧電素子２２２としても、送信の電気エネルギーを振動に変換する効率の高いセラミック圧電素子が好ましく、代表的には、鉛、ジルコニウム、チタン原子を含むＰＺＴ素子が挙げられるが、鉛を含まないチタン酸バリウム、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウムなども挙げることができる。また、前記$KNbO_3$を用いることもできる。

【００３４】

さらに、受信用圧電素子として、上記セラミック材料を使用する代わりに、ＰＶＤＦのような有機圧電素子を使用することができる。有機圧電素子は、音響インピーダンスが低いので、前記音響整合層２２３を設けないでもよいという利点を有する。前記ＰＶＤＦとしては、トリ弗化エチレンを２５モル％、弗化ビニリデンを７５モル％含有する共重合体が好ましく、有機の圧電素子として高い圧電特性が得られ、広帯域でもある。また、前記ＰＶＤＦの代わりに、受信側の圧電素子２２２に使用する好ましい態様の１つとして、ポリ尿素を挙げることができる。ポリ尿素用のポリマーとして、一般式として（－ＮＨ－Ｒ－ＣＯ－）ｎの構造を示すことができるが、ここでＲが任意の置換基で置換されてもよく、アルキレン基、フェニレン基、２価のヘテロ環基、ヘテロ環基を含んでいてもよい。ポリ尿素は尿素誘導体とその他のモノマーとの共重合体であってもよい。好ましいポリ尿素として、４，４’－ジアミノジフェニルメタン（ＭＤＡ）と、４．４’－ジフェニルメタンジイソシアナート（ＭＤＩ）を使用する芳香族ポリ尿素を挙げることができる。

【００３５】

そして、それらの送信用圧電素子層２１２と受信用圧電素子層２２２との間に少なくとも１層の音響整合層２１３を設ける。該音響整合層２１３の音響インピーダンスは、送信用圧電素子層２１２の音響インピーダンスと受信用圧電素子層２２２の音響インピーダンスの間のインピーダンスが好ましい。上述のように送信用にセラミックの圧電素子層２２２を使用すると音響インピーダンスが２０～５０（Ｍｒａｌｙｓ）の範囲になり、有機の圧電素子層２１２は２～１０（Ｍｒａｌｙｓ）の音響インピーダンスとなる。したがって、前記音響整合層２１３の音響インピーダンスは、２～３０（Ｍｒａｌｙｓ）の範囲が好ましい。すなわち、送信用圧電素子層２１２の音響インピーダンスをＺｔ、受信用圧電素子層２２２の音響インピーダンスＺｒとすると、音響整合層２１３の音響インピーダンス

Ｚｉとの関係は、Ｚｔ＜Ｚｉ＜Ｚｒの関係になるのが好ましい。そして、前記音響整合層２１３をｎ層にする場合には、送信側から受信にかけての音響インピーダンスをＺｉ１，Ｚｉ２，Ｚｉ３，・・・，Ｚｉｎとすると、Ｚｉ１＜Ｚｉ２＜Ｚｉ３＜・・・＜Ｚｉｎのような関係になることが好ましい。前記音響整合層２１３は、この関係で多ければ多い程整合が取れるが、性能と生産性とから、２～３層程度が好ましい。２層の場合、２＜Ｚｉ２＜７、１０＜Ｚｉ１＜３０の範囲が好ましい。これらの値より小さい場合や大きい場合は、音響インピーダンスの整合が取りにくくなる。音響インピーダンスの整合には、デジレ（Ｄｅｓｉｌｅｔｓ）のＫＬＭモデルやドール（Ｄｏｌｌ）の計算式を適用してもよい。

【００３６】

前記音響整合層２１３として、前記の音響インピーダンスを実現する樹脂素材には、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、シリコン樹脂、ポリオレフィン樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリエスエル樹脂、およびポリビニルブチラール樹脂が好ましい。前記エポキシ樹脂としては、ビスフェノールＡとエピクロルヒドリンとの共重合体が最も好ましい。前記エポキシ樹脂の硬化剤としては、種々のポリアミンや酸無水物が使用される。前記ポリイミド樹脂としては、ビフエニルテトラカルボン酸二無水（ＢＰＤＡ）とジアミンとの縮重合によるものが好ましい。前記シリコン樹脂としては、シロキサン結合したオルガノポリシロキサンが好ましく、オルガノ基の選択によって好適な構造を選択することができる。このような樹脂のなかに、各種添加物、たとえばタングステン粒子、タンタル粒子、銅粒子、アルミニウム粒子、銀粒子、白金粒子などを添加することによって、音響インピーダンスを調節することができる。特にタングステン粒子をビスフェノール型のエポキシ樹脂に添加することで、本発明の音響整合層２１３に必要な音響インピーダンス２～５０（Ｍｒａｌｙｓ）を得ることができる。

【００３７】

また、もう１つの音響整合層として、本実施の形態では、超音波探触子１の頭部（受信用の圧電素子２２２と音響レンズ２３との間に音響整合層２２３を設けている。この音響整合層２２３は、空気の音響インピーダンスと受信用の圧電素子２２２の音響インピーダンスとの間になるように設定するのが好ましい。この音響整合層２２３の材質としては、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、ポリビニルブチラール樹脂等が好ましい。これらの樹脂の音響インピーダンスは２～５であり、音響インピーダンスを調節するために、シリカ粒子、硝子粒子、金属粒子（タングステン、亜鉛、アルミニウム、錫、銀、白金、金等）を添加してもよい。ここで、受信用の圧電素子層２２２に有機の圧電素子を使用する場合には、前述のように該有機の圧電素子は音響インピーダンスが低いので、この音響整合層２２３は、無くてもよい。また、この音響整合層２２３は、前述の音響整合層２１３と同様に、１層に限らず、複数層から構成されてもよい。さらにまた、音響レンズ２３には、この音響整合層２２３の樹脂と同じ樹脂を使用してもよく、樹脂に添加する添加物の量を適宜調節して、所望の音響インピーダンスを得ることができる。

【００３８】

上述のように構成される超音波送受信子６において、さらに注目すべきは、本実施の形態では、前記送信層２２の圧電素子層２１２および受信層２２の圧電素子層２２２が、図４（ｂ）で示されるように、相互に異なる複数（図４（ｂ）では３つ）の厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃから構成されていることである。ここで、前記圧電素子層２１２，２２２の共振周波数は、圧電振動方向、すなわち該圧電素子層２１２，２２２の厚み方向の厚さに反比例して調整され、半分の厚さで２倍、１／４の厚さで４倍の共振周波数に設定できる。したがって、各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃを共通の電極２１４，２１５；２２４，２２５で振動させても、複数の周波数をそれぞれ個別に送信および受信可能となる。

【００３９】

以下に図５を用い、図４（ｂ）を参考にしながら、前記超音波送受信子６の製造方法の一例を説明する。図４（ｂ）に示すように、この送受信分離型の超音波送受信子６は、送

信用の圧電素子層２１２と受信用の圧電素子層２２２とを音響整合層２１３を挟んで積層した構造になっている。そこで、送信用の圧電素子層２１２と受信用の圧電素子層２２２とを別途に製作する。

【００４０】

先ず送信用の圧電素子層２１２は、圧電薄板を電極層２１４，２１５で挟み込んだ構造を成している。このような構造は、たとえば圧電セラミックグリーンシートを目的の発振周波数に応じて、すなわち各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃの厚さに応じた枚数を積層した後、銀ペースト等によって電極層２１４，２１５を印刷形成したものを焼成することによって作成することができる。或いは、最も厚い厚さ部分２１２ａに合わせた枚数を積層して焼結し、さらに残余の厚さ部分２１２ｂ，２１２ｃを切削した後（図５は切削を示している）、銀ペースト等によって電極層２１４，２１５を印刷形成したものを焼成することによって作成することができる。焼結後の最終厚さを所期の精度で管理できる場合には、電極を貼付ける工程を考えると、積層が望ましい。すなわち、基本は積層で、切削は微調整程度とするのが望ましい。

【００４１】

たとえば、厚み方向の周波数定数が２０００ＭＨｚ・ｍのＰＺＴのグリーンシートでは、４ＭＨｚの周波数を発振するには５００μｍ、８ＭＨｚで２５０μｍ、１６ＭＨｚでは１２５μｍとなる。このように、圧電材料の周波数定数から求めた最適な共振周波数の厚さ（前記焼結後の最終厚さ）を求めて、圧電素子層２１２の厚さを設定できる。そして、送信用の圧電素子層２１２として、低周波から高周波までを発信できるためには、多くの周波数の超音波を発信可能であることが望まれるが、少なくとも前記３つの厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃを設けることが好ましい。具体的には、各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃの共振周波数が、３～６ＭＨｚ、６～１２ＭＨｚおよび１２～２５ＭＨｚとなるように設定され（前記の４ＭＨｚ、８ＭＨｚ、１６ＭＨｚの周波数は、これらの範囲の中央値である。）、或いは７～１２ＭＨｚ、１２～１６ＭＨｚおよび１６ＭＨｚ～２５ＭＨｚとなるように設定される。これは、３～６ＭＨｚは断層深部（１０～２０ｃｍ）を、７～１１ＭＨｚは中程度（３～１０ｃｍ）、１２～２５は浅部断層（０．１ｍｍ～３）に適した超音波周波数であるからである。

【００４２】

なお、受信用の圧電素子層２２２の共振周波数は、送信基本周波数の等倍から１０倍以内で任意に選択されればよく、整数倍が好ましく、偶数倍でも奇数倍でもよく、奇数と偶数との組合わせでもよい。また、各共振周波数は、オーバーラップしていることが好ましい。

【００４３】

また、前記圧電セラミックグリーンシートの積層の際、或いは切削の際に、各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ間に溝２１６が形成されるように、隙間を開けて積層、或いは切削を行うことで、前記各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃの共振周波数を厳密に設定することができる。前記溝２１６は、電極層２１４，２１５の形成前に、エポキシ樹脂等で硬化する。電極層２１４，２１５の形成の後、前記各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃによる段差を解消するために、誘電体層２１２ｄが塗布され、さらに送信信号線２５および接地線（アース線）２４の引出しが行われる。前記誘電体層２１２ｄには、一般的に使用されるエポキシ樹脂、アクリレート樹脂、オレフィン樹脂、ウレタン樹脂などから選択して使用することができ、中でもエポキシ樹脂が、性能、コスト、製造等の面から好ましい。さらにその後、前記の材料から成る音響整合層２１３および音響制動部材２１１が貼付けられて、送信層２１が完成する。

【００４４】

一方、受信用の圧電素子層２２２は、Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）やＰ（ＶＤＦ－ＴｅＦＥ）などの有機圧電素子の周波数定数から厚さを求め、その厚さになるように塗設や延伸を行うことで作成される。前記ＶＤＦはフッ化ビニリデンを、ＴｒＦＥは３フッ化エチレンを、ＴｅＦＥはテトラフルオロエチレンを示し、前記Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）とＰ（ＶＤ

Ｆ－ＴｅＦＥ）とは、フッ化ビニリデンと、それぞれ３フッ化エチレンとの或いはテトラフルオロエチレンとの共重合体を示す。延伸は１軸と２軸とがあり、多軸（２軸）延伸としては、鍛造が好ましく適用される。鍛造は、ハンマーや圧着器等で叩いて、前記各厚さ部分２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃに対応した圧力Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３を加え、有機薄膜内部の空隙をつぶし、結晶を微細化し、結晶の方向を整えて強度を高めるとともに、圧電素子層２２２の形状に成形することで行われる。たとえば、５ｋＰａ～１ＧＰａの範囲の圧力を加えることが好ましい。それは、この圧力以下では、薄膜内部の結晶や分子の配列の制御が充分でなく、圧電性能が向上せず、これ以上の圧力では、膜が破壊されてしまうためである。そして、このように構成した圧電素子層２２２に電極２２４，２２５が形成され、それぞれ送信信号線２５および受信信号線２６に接続されている。さらに、音響整合層２２３および音響制動部材２２１が貼付けられて、受信層２２が完成する。

【００４５】

その後、前記送信層２１と受信層２２と音響レンズ２３とが貼り合せられて、超音波送受信子６が完成する。前記送信層２１と受信層２２との接合には、汎用の接着剤を使用してもよいが、圧電素子層２２２を挟む電極２２４，２２５電極と前記圧電素子層２２２との界面の接着強度が不足して剥離し易いので、有機結合材を使用するのが好ましい。好ましい有機結合材として以下のものを挙げることができる。

【００４６】

ポリビニルブチラール、ポリオレフィン、ポリシクロオレフィン、ポリアクリレート、ポリアミド、ポリイミド、ポリエステル、ポリスルホン、シリコーンおよびその誘導体から成る樹脂等である。ポリビニルブチラールは、化審法の既存化学物質として（６）－７０８（ＣＡＳＮｏ．６３１４８－６５－２）を代表例に挙げることができる。ポリアミドは、ポリアミド６、ポリアミド６６、ポリアミド６１０、ポリアミド６１２、ポリアミドＭＸＤ６、ポリアミド１１、ポリアミド１２、ポリアミド４６、メトキシ化ポリアミド（既存化学旬物質（７）－３８３等である。ポリイミドは、ＮＡＳＡが開発した既存化学物質番号（７）－２２１１（ＣＡＳＮｏ．６１１－７９－０）を挙げることができる。シリコーンとしては、既存化学物質（７）－４７６，（７）－４７４，（７）－４７７，（７）－４８３，（７）－４８５等が挙げられる。エポキシ化合物としては、ポリフェノール型、ポリグリシジルアミン型、アルコール型、エステル型などがあるが、特に脂環式型が好ましく、既存化学物質番号で３－２４５２、３－３４５３、４－４７、５－１０５２等が好ましい。脂環式型は耐熱性もよく、接着力もよいので好ましく使用できる。これら樹脂の使用量は、求める感度、周波数特性などで適宜選択されるが、膜厚にして、１０ｎｍから６０μｍ、好ましくは２０ｎｍから３０μｍである。有機結合材となるこれらの樹脂の使用方法は、ＤＭＳＯ，ＤＭＦ，ＤＭＥ等の溶媒に溶解して使用してもよいし、溶媒を使用せず、バルクを溶解温度まで加温する熱溶解して使用してもよい。

【００４７】

上記の積層製作行程では、送信用の圧電素子層２１２と受信用の圧電素子層２２２とを、それぞれセラミックシートと有機薄膜シートとの状態で何れか一方の電極を印刷しておいて、音響整合層２１３および音響制動部材２２１を挟んで貼合わせることで合体化しているが、その際に、圧電素子材料の送受信感度特性や駆動あるいは受信回路の入出力インピーダンス等を考慮して各積層構造の厚みや材料を選択して送信用および受信用の圧電層２１，２２を製作することが必要である。したがって、送信用の圧電素子層２１２、音響整合層２１３、音響制動部材２２１および受信用の圧電素子層２２２は、それぞれインピーダンスを適宜選択したものとなることが好ましい。また、送信用の圧電素子層２１２のみをグリーンシートの積層工法によって焼成製作し、音響整合層２１３、音響制動部材２２１および受信用圧電素子層２２２を後から貼合わせて被覆してもよく、前記音響整合層２１３、音響制動部材２２１および受信用圧電素子層２２２がフッ化ビニリデン系材料から成る場合には、予め塗布乾燥され、１軸延伸されて成るシートを重ねて加工したものを使用し、接着させた構造でもよい。特に、フッ化ビニリデン系材料には、予め圧電効果が最大となるように一軸延伸し、分極処理（ポーリング処理）を掛けたシートを有機結合剤

を使用して貼合わせた積層型のものが好ましい。

【００４８】

前記受信用の圧電素子層２２２に用いる有機圧電シートとしては、低い引張弾性率を有する高分子圧電膜である前記のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）やＰ（ＶＤＦ－ＴｅＦＥ）が特に好ましい。中でも、成膜後の熱処理工程（強誘電－常誘電相転移点と融点との間の温度の熱を印加することで結晶性を高める工程）時の徐冷速度を３℃／分程度に早めることによって得られるものや、圧電膜を分極後、１００度の温度で数十分（２０～３０分間）アニーリングを施すことで、弾性率を若干下げたものが好ましい。また、この他にも製造工程中の操作で引張弾性率を低下させたものであれば、どのような方法を用いたものでもよい。

【００４９】

前記有機圧電シートにおける原料ポリマの分子量に関しては、一般に、高分子では分子量の増加に伴って高分子特有の柔軟性やしなやかさを持ち、低い引張弾性率をもった圧電膜となる。前記Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）やＰ（ＶＤＦ－ＴｅＦＥ）において、２３０℃におけるメルトフローレイト（Melt Flow Rate）が０．０２ｇ／分以下、より好ましくは、０．０１ｇ／分以下である高分子圧電体を使用すると、引張弾性率の低い高分子圧電膜になり、高感度な圧電シートが得られる。

【００５０】

一方、Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）の場合、共重合比によって厚み方向の電気機械結合定数（圧電効果）が変化すので、たとえばフッ化ビニリデンの共重合比が６０～９９ｍｏｌ％が好ましいが、セラミック圧電層２１と有機圧電層２２とを重ねる時に使用する有機結合剤の使用方法にもよるので、その最適値は変化する。最も好ましいフッ化ビニリデンの共重合比の範囲は、８５～９９ｍｏｌ％である。フッ化ビニリデンを前記８５～９９ｍｏｌ％にして、パーフルオロアルキルビニルエーテル、パーフルオロアルコキシエチレン、パーフルオロヘキサエチレン等を１～１５ｍｏｌ％にしたポリマーは、送信用セラミック圧電素子層２１２と受信用有機圧電素子層２２２との組合わせにおいて、送信基本波を抑制して、高調波受信の感度を高めるので特に好ましい。従来は、テトラフルオロエチレンや３フッ化エチレンがよいとされていたが、本実施の形態の複合素子では、パーフルオロアルキルビニルエーテル（ＰＦＡ）やパーフルオロアルコキシエチレン（ＰＡＥ）、パーフルオロヘキサエチレンを使用することが好ましい。

【００５１】

その他の有機圧電素子層２２２用の高分子として、ポリ尿素樹脂が挙げられる。好ましいポリ尿素としては、下記のａ／ｂの組合せによるポリ尿素を挙げることができる。４，４’－ジアミノジフェニルメタン／３，３’－ジメチルジフェニル－４，４’－ジイソシアナート、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／ｏ－ジアニシジンジイソシアナート、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／メチレンビス（４－イソシアナート－２－メチルベンゼン）、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／４，４’－ジフェニルメタンジイソシアナート（ＭＤＩ）、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／２，４－トルエンジイソシアナート（２，４－ＴＤＩ）、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／２，６－トルエンジイソシアナート（２，６－ＴＤＩ）、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／ビス（４－イソシアナートフエニル）エーテル、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／ｐ－フェニレンジイソシアナート、４，４’－ジアミノジフェニルメタン／１，５－ナフタレンジイソシアナート等を挙げることができる。

【００５２】

高分子膜の製法は、それぞれのモノマーを真空中で蒸発させ、重合させる蒸着重合の方法や予めモノマー同士を重合させたポリマーを適当な溶媒で溶解し、溶媒を蒸発させて薄膜を形成する塗布による方法などが存在する。圧電性はポリマーの重合度、分子量分布、共重合比で変化するので、適宜選択することが好ましい。特に、延伸することで分子を一定方向に配向させるので、２軸延伸や多軸延伸である鍛造が好ましい。鍛造は、薄膜を圧力で多方向に引き延ばすもので、元の薄膜を２倍から６倍の範囲で多軸に延伸することが

でき、圧電性の付与には得に好ましい。圧力は、前述のごとく５ｋＰａ～１ＧＰａの範囲で任意に実施することができるので、加温しつつこの方法を採用することは素子の作成が簡便であるというメリットがある。

【００５３】

高分子圧電膜は、分極反転が起こるまでポーリングすることが好ましく、前記分極反転は、ポーリング電場の方向を繰返し反転させて印加することによって得られる。このような分極分布状態の形成を充分に行える回数は温度によって異なり、常温では数万回～数十万回と必要であるが、８０℃以上の高温では数回～数十回でよい。また、受信用の圧電素子の場合には、該素子の薄膜形成時に、１ｍＷ～１ｋＷ／ｃｍ^{2}のコロナ処理を常圧で実施してもよい。

【００５４】

以下に、本願発明者の実験結果を示す。図４に示す構成の超音波送受信子６を作成し、送信用の圧電素子層２１２としては、周波数４ＭＨｚの発振が可能な音響インピーダンス３４ＭｒａｙｌｓのＰＺＴを使用した。この圧電素子層２１２を前記３つの厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃに分割し、半分の厚さの厚さ部分２１２ｂは８ＭＨｚ、１／４の厚さの厚さ部分２１２ｃは１６ＭＨｚの共振周波数とした。一方、受信用の圧電素子層２２２としては、トリ弗化エチレンが２５ｍｏｌ％であり、７５ｍｏｌ％が弗化ビニリデンから成る数平均分量３０万の共重合体：Ｐ（ＶＤＦ／３ＦＥ）を使用した。該ＰＶＤＦの音響インピーダンスは４．５であり、このＰ（ＶＤＦ／３ＦＥ）を、４ＭＨｚ、８ＭＨｚ、１６ＭＨｚの周波数を共振受信できるように、前記３つの厚さ部分２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃに分割して、振動方向の厚さを鍛造設定した。鍛造はハンマーで、最も厚い厚さ部分２２２ａを５ＭＰａ、中間の厚さ部分２２２ｂ部分を１０ＭＰａ、最も薄い厚さ部分２２２ｃ部分を２０ＭＰで、温度を１２０℃の一定に保持しながら行った（試料１）。これに対して、比較用として、鍛造なしで、溶媒メチルエチルケトンに溶解して塗布乾燥した薄膜も作成した（試料２）。

【００５５】

共通に、音響整合層２１３は、２層型として、ビスフェノールＡ型エポキシ樹脂に平均粒子径３μｍのタングステン粉末を分散して、音響インピーダンスが７（受信側に近い）および１５Ｍｒａｙ（送信側に近い）に調整した。また、音響整合層２２３は、添加物なしのシリコン樹脂のみの層を使用した。音響制動部材２２１にはビスフェノール型エポキシ樹脂に平均粒子径５μｍのタングステン粉末を添加したＰ（ＶＤＦ／３ＦＥ）膜の音響インピーダンスが７Ｍｒａｙとなるように作成し、音響制動部材２１１は３７Ｍｒａｙとなるように作成した。誘電体層２１２ｄ、２２２ｄは、タングステン粉を入れたエポキシ樹脂で封入して構成した。電極層２１４，２１５；２２４，２２５はアルミニウム蒸着で配線し、接地線２４、信号線２５，２６を図４の如く配線し、送信回路１１および増幅回路１２に結線した。圧電素子２０は、８個を１次元アレイ状に配列した。

【００５６】

そして、性能評価は、送信信号として、基本波が４ＭＨｚ、８ＭＨｚおよび１６ＭＨｚで発振されていることを確認し、高次調波として、８ＭＨｚ（２倍波）、１２ＭＨｚ（３倍波）、１６ＭＨｚ（４倍波）、２４ＭＨｚ（６倍波）までの受信試験を行った。試料１は試料２に対して、広い周波数域で高い感度（６ｄＢ）を得るとともに、－６ｄＢ比帯域で、＋２６０％の広帯域が得られることを確認した。また、送信用の圧電素子層２１２と受信用の圧電素子層２２２との間に、音響整合層が２１３あると感度が高く、帯域が広くなった。この音響整合層２１３の挿入方法として、１層であるよりも、層入れて音響整合することが好ましいことも確認した。

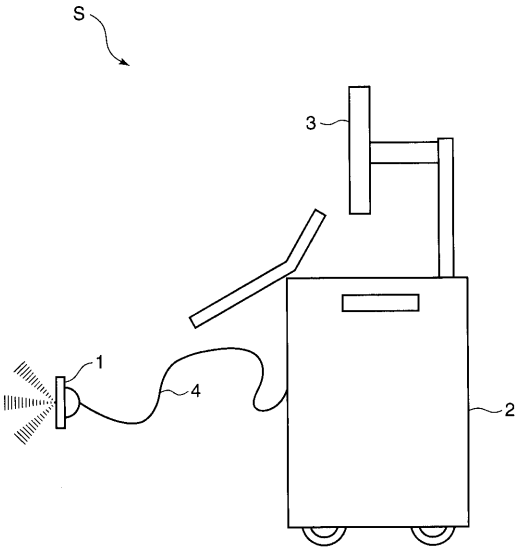
【００５７】

有機薄膜としてＰ（ＶＤＦ／３ＦＥ）の代わりに、４，４’－ジアミノジフェニルメタン（ＭＤＡ）と４．４’－ジフェニルメタンジイソシアナート（ＭＤＩ）を使用する芳香族ポリ尿素を使用した圧電素子も、受信周波数帯域の広がった性能が得られた。その場合、３周波加工のない圧電素子では、帯域幅は－６ｄＢ比帯域で、８０％であった。

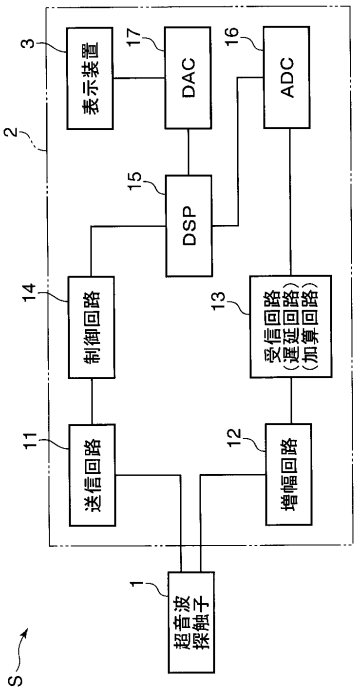
【００５８】
以上のように、本実施の形態の超音波探触子１では、超音波送受信子６を構成する複数の各圧電素子２０を、送信層２１の上に受信層２２を積層して構成するとともに、それらの送信層２１および受信層２２を、複数の周波数をそれぞれ個別に送信および受信可能となるように、相互に異なる複数の厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃで構成するので、各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃを共通の電極２１４，２１５；２２４，２２５で振動させても、共振周波数は圧電振動方向の厚さに反比例して調整され、半分の厚さで２倍、１／４の厚さで４倍の共振周波数に設定でき、複数の基本波を同時に送信でき、或いは基本波に高次調波を同時に受信できるようになる。これによって、単体の超音波探触子１で、その使用周波数帯域を低周波から高周波まで広帯域化することができ、該超音波探触子１の交換または切替えを伴うことなく、浅部から深部まで鮮明な画像を得ることができるとともに、高次調波断層画像も同様に得ることができる。
【００５９】
なお、図４（ｂ）で示すように、圧電素子層２１２，２２２の厚さの異なる面に連続して形成される電極層２１５，２２５において、同図の上下に走る段差部分（溝２１６，２２６の延長線上の部分）に対して、側部や音響制動部材２１１内を引回される配線（受信信号線２６、送信信号線２５および接地線２４）とによって、圧電素子本体（各厚さ部分２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃ）に電界が発生しないように、前記配線が引回されることが望ましい。図４（ｂ）では、図から明らかなように、そのような横方向の電界は、誘電体層２１２ｄ，２２２ｄに加わるようになっている。
【図面の簡単な説明】
【００６０】
【図１】本発明の実施形態における超音波探触子を備える超音波診断装置の外観構成を示す図である。
【図２】前記超音波診断装置における診断装置本体の一構成例を示すブロック図である。
【図３】本発明の実施の一形態に係る超音波探触子の断面図である。
【図４】前記超音波送受信子の構造を説明するための図である。
【図５】前記超音波送受信子の製造方法の一例を説明するための図である。
【符号の説明】
【００６１】
１　超音波探触子
２　診断装置本体
３　表示部
４　同軸ケーブル
５　筐体
６　超音波送受信子
７，８　駆動回路基板
１１　送信回路
１２　増幅回路
１３　受信回路
１４　制御回路
１５　ＤＳＰ
１６　アナログ／デジタル変換器
１７　デジタル／アナログ変換器
２０　圧電素子
２１　送信層
２２　受信層
２３　音響レンズ
２４　接地線（アース線）

２５　送信信号線
２６　受信信号線
２１１，２２１　音響制動部材（バッキング層）
２１２，２２２　圧電素子層
２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ；２２２ａ，２２２ｂ，２２２ｃ　厚さ部分
２１３，２２３　音響整合層
２１４，２２４　接地電極
２１５，２２５　信号電極
２１６，２２６　溝
Ｓ　超音波診断装置

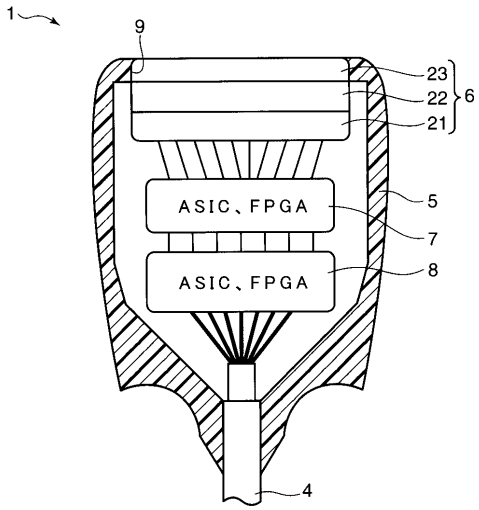
【図１】



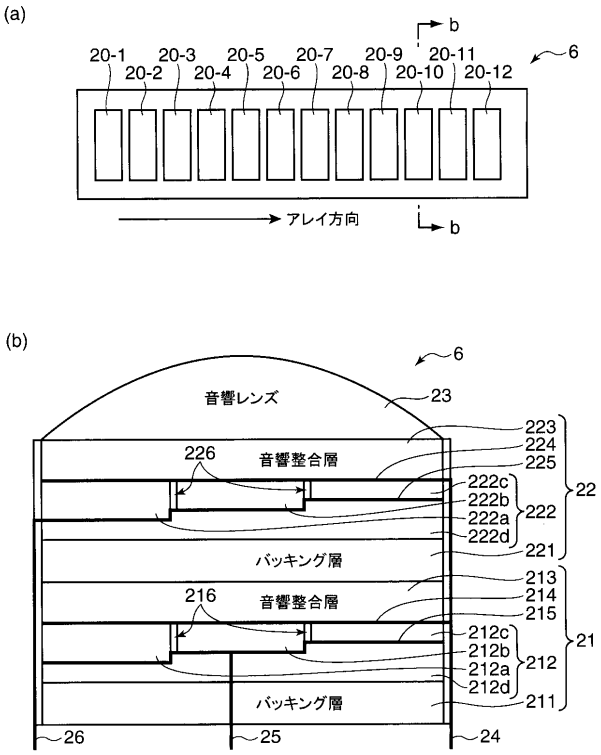
【図２】



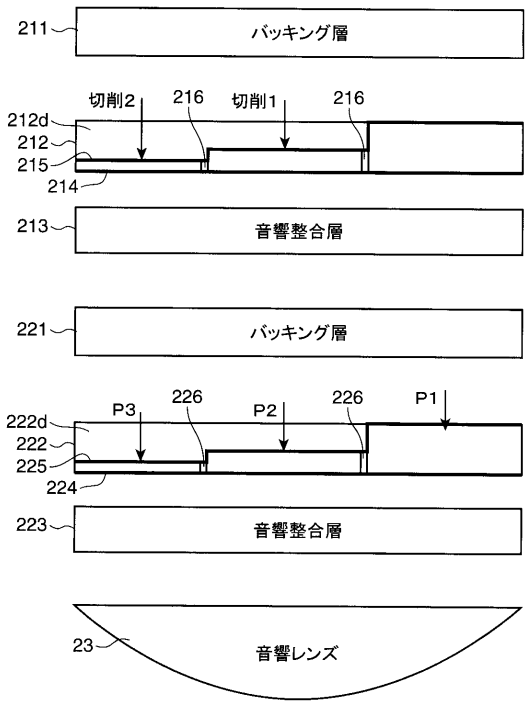
【図３】


1
9
23
22
21
6
ASIC、FPGA
5
7
ASIC、FPGA
8
4

【図４】


(a)
b
20-1
20-3
20-5
20-7
20-9
20-11
20-2
20-4
20-6
20-8
20-10
20-12
6
アレイ方向
b
(b)
6
音響レンズ
23
223
224
225
226
音響整合層
222c
222b
222a
222d
222
22
221
バッキング層
213
214
215
216
音響整合層
212c
212b
212a
212d
212
21
211
バッキング層
26
25
24

【図５】


211
バッキング層
切削2
216
切削1
216
212d
212
215
214
213
音響整合層
221
バッキング層
P3
226
P2
226
P1
222d
222
225
224
223
音響整合層
23
音響レンズ

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 4C601 DE08 EE01 GB15 GB44 GB45 HH35
5D019 AA09 BB02 BB04 BB19 FF04 GG01 GG06