

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4468599号
(P4468599)

(45) 発行日 平成22年5月26日(2010.5.26)

(24) 登録日 平成22年3月5日(2010.3.5)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4R	17/00	(2006.01)	HO4R	17/00	330J
A61B	8/00	(2006.01)	HO4R	17/00	332A
GO1N	29/24	(2006.01)	A61B	8/00	
			GO1N	29/24	

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2001-43785 (P2001-43785)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成13年2月20日(2001.2.20)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2002-247696 (P2002-247696A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(43) 公開日	平成14年8月30日(2002.8.30)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成19年12月13日(2007.12.13)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100100952
			弁理士 風間 鉄也
		(72) 発明者	若林 勝裕
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
			オリンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電素子と音響整合層とを有している超音波探触子において、前記音響整合層の少なくとも一つはカーボンと炭化物とを含有した炭素複合材料からなることを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

前記炭化物は、SiC又はB₄Cを含んでいることを特徴とする請求項1に記載の超音波探触子。

【請求項3】

前記炭素複合材料は、炭化物のセラミック微粉とホウ化物のセラミック微粉とを含んでいることを特徴とする請求項1又は2に記載の超音波探触子。

【請求項4】

前記炭素複合材料は、焼成体で形成されていることを特徴とする請求項1乃至3に記載の超音波探触子。

【請求項5】

前記圧電素子は、音響放射面を有しており、前記炭素複合材料からなる前記音響整合層は、この音響放射面に対向し、この音響放射面より大きい対向領域を有しており、この対向領域は、前記圧電素子の音響放射面に接合されている接合領域と、前記圧電素子を配線する配線領域とを有していることを特徴とする請求項1乃至4に記載の超音波探触子。

【請求項6】

10

20

前記炭素複合材料からなる前記音響整合層には、音響整合層の表面に沿って延びている、複数の配列された配列溝が形成されており、夫々の配列溝の深さは、音響整合層が分割されるように配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さと等しいか、配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さ未満であるか、又は少なくとも配列溝の一部で音響整合層の厚さ未満であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 に記載の超音波探触子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、医療用もしくは非破壊検査用の超音波診断に用いる超音波探触子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、超音波の反射を利用して体腔内の各組織の界面を診断したり、非破壊検査に用いて被測定物内部の傷等の非連続部を診断したりする超音波探触子の改良が進んでいる。超音波探触子の典型的な構成は「改訂医用超音波機器ハンドブック」（（社）日本電子機械工業会編、コロナ社、1997.1.20、p.68～74）に示されている。図11の（A）はこの超音波探触子の斜視図である。図11の（B）はこの超音波探触子を側面から見た図である。図11の（A）では超音波探触子の一部が取り除かれて示されている。尚、図11の（A）及び図11の（B）では個々の部材の識別を明確にするためにハッチングが施されている。超音波探触子は、背面負荷材112と、背面負荷材112の上に順に積層されている圧電素子114、第1音響整合層116及び第2音響整合層118とを備えている。圧電素子114は圧電セラミックからなる。圧電素子114と第1音響整合層116とは、第1音響整合層116の面に沿って直線状に延びている複数の溝（例えば溝115）が形成されている。これらの溝は一列に並んでいる。これらの溝により、圧電素子114と第1音響整合層116とは、夫々複数の部分に分割されている。第2音響整合層の上には音響レンズ1110が積層されている。圧電素子114の下面の電極にはフレキシブルプリント基板1112が接続されている。フレキシブルプリント基板1112は圧電素子114の下面から背面負荷材の側面に沿って延びている。フレキシブルプリント基板1112はポリイミド等の絶縁樹脂から形成されている絶縁部1112aと、この絶縁部の上に配線されている複数の導線1112bとを有している。各導線1112bには分割された圧電素子114の部分の少なくとも1つが接続されている。導線1112bは銅箔により形成されている。フレキシブルプリント基板は、数百ボルト程度のパルス波形の電圧（駆動信号）を圧電素子114に供給するためのパルサと、超音波を受けた圧電素子114が発生する電圧（受信信号）を受信するための観測装置とに接続されている（ともに図示せず）。フレキシブルプリント基板1112は駆動信号と受信信号とを伝送するための信号線として用いられる。圧電素子114の上面において、フレキシブルプリント基板1112が接続されている側と反対側の端には1本のアース線1114が配線されている（図11の（B））。アース線1114には導電性のワイヤーや箔が用いられている。アース線1114は半田付けを利用したり、導電性樹脂を用いたりして接続されている。アース線1114は分割された圧電素子の部分の全てに接続されており、保護樹脂1116で覆われている。アース線1114は図示しないアースに接続されている。

【0003】

超音波探触子の動作を説明する。音響レンズ1110を被検体の表面に接触させ、パルサを用いて駆動信号を圧電素子114に供給すると、圧電素子114が逆圧電効果により急速に変形し、超音波パルスが励起される。このとき、背面負荷材112は不要な振動を抑制する。この超音波パルスは第1音響整合層116、第2音響整合層118及び音響レンズ1110を介して被検体に入射する。

【0004】

一般に、圧電セラミックからなる圧電素子を生体に直接接触させて圧電素子から生体に超音波を伝播させると、一部は透過するが大部分は反射される。圧電素子と生体との間に適切な音響インピーダンスをもつ音響整合層を設けると、音響整合層を設けない場合と比べ

10

20

30

40

50

て透過する超音波の量が増加する。これを利用すると、超音波パルスは圧電素子から被検体に効率良く伝達される。

【0005】

音響レンズ1110は屈折を利用して超音波パルスを被検体内部の対象物（体内の各組織の界面や被測定物内部の傷等の非連続部）に集束させる。この超音波パルスは対象物で反射し、音響レンズ1110、第2音響整合層118及び第1音響整合層116を介して圧電素子114に入射する。この超音波パルスは圧電素子114に機械的振動を発生させる。この振動は圧電効果により電気信号（受信信号）に変換されたのち、フレキシブルプリント基板1112（信号線）を介して観測装置に送られて画像化される。

【0006】

特開平9-139998号には、背面負荷材と、圧電素子と、導電性材料であるカーボンからなる音響整合層と、音響レンズとを有しており、図11の超音波探触子と同様に、これらがこの順に積層されている超音波探触子が開示されている。音響整合層は圧電素子の上面に形成された電極に導電性を確保して接合されている。音響整合層はアースのための電極を兼ねている。

【0007】

また、特公平1-61062号には、背面負荷材と、圧電素子と、導電性材料である導電性樹脂からなる音響整合層とを有しており、これらがこの順に積層されている超音波探触子が開示されている。導電性樹脂は、基質（マトリクス）である樹脂材料に、充填剤（フィラー）として金属粉を混入させて形成されている。特開平9-139998号と同様に、音響整合層はアースのための電極として用いられる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、音響整合層にカーボンを用いた、特開平9-139998号の超音波探触子では、音響整合層は導電性を有し、かつ切削性も良い一方で、音響整合層の厚さが典型的に用いられる1/4の場合、機械的な強度が低く、薄板化する加工中にわれや欠けが発生する。また、カーボン単体により音響整合層が形成されている場合において、超音波探触子を人体に用いるとき、音響整合層の音響インピーダンスが最適な値からずれる。この結果、超音波は効率よく伝達されないため、感度が低下し、画像精度が悪化する。

【0009】

また、音響整合層に導電性樹脂を用いた、特公平1-61062号の超音波探触子では、フィラーの材質、マトリクスである樹脂材料を適切に選択することにより導電性は得られるが、経時変化はもちろんのこと、消毒や滅菌といった工程の際に消毒液や滅菌液が樹脂内に進入し樹脂の劣化、膨潤そして、フィラーである金属の酸化等により、導電性が悪くなり、抵抗値が大きくなる。そのため、S/N比の低下や、導通不良、画質劣化が生じる。また、導電性樹脂は超音波減衰率が大きい材料であるため、送受信感度及び画質が低下する。

【0010】

従って、本発明の目的は、導電性を有し、加工中にわれ欠けの発生が少なく、加工が容易であり、かつ最適な音響インピーダンスをもつ音響整合層を備えた超音波探触子を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項1に係わる超音波探触子は、圧電素子と音響整合層とを有している超音波探触子において、前記音響整合層の少なくとも1つはカーボンと炭化物とを含有した炭素複合材料からなることを特徴としている。

【0012】

炭素複合材料は加工中にわれ欠けの発生が少なく、加工が容易である。また、炭素に炭化物を配合して炭素複合材料を形成する際、炭化物の配合比を変化させることにより、炭素複合材料の音響インピーダンスを変化させることができる。このような材料を音響整合層

10

20

30

40

50

に用いることにより、導電性を有し、加工中にわれ欠けの発生が少なく、加工が容易であり、かつ最適な音響インピーダンスをもつ音響整合層を備えた超音波探触子を提供することができる。

【0013】

本発明の請求項2に係わる超音波探触子では、前記炭化物は、SiC又はB₄Cを含んでいることを特徴とする。

本発明の請求項3に係わる超音波探触子では、前記炭素複合材料は、炭化物のセラミック微粉とホウ化物のセラミック微粉とを含んでいることを特徴とする。

本発明の請求項4に係わる超音波探触子では、前記炭素複合材料は、焼成体で形成されていることを特徴とする。

本発明の請求項5に係わる超音波探触子では、前記圧電素子は、音響放射面を有しており、前記炭素複合材料からなる前記音響整合層は、この音響放射面に対向し、この音響放射面より大きい対向領域を有しており、この対向領域は、前記圧電素子の音響放射面に接合されている接合領域と、前記圧電素子を配線する配線領域とを有していることを特徴としている。

【0014】

音響整合層に配線する場合、音響整合層の側面に配線することが考えられるが、通常音響整合層の側面の面積は小さい。本発明の請求項5に係わる超音波探触子では、音響整合層の対向領域に配線領域が設けられていることにより、配線される面積を大きくできる。

【0015】

本発明の請求項6に係わる超音波探触子は、前記炭素複合材料からなる前記音響整合層には、音響整合層の表面に沿って延びている、複数の配列された配列溝が形成されており、夫々の配列溝の深さは、音響整合層が分割されるように配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さと等しいか、配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さ未満であるか、又は少なくとも配列溝の一部で音響整合層の厚さ未満であることを特徴としている。

【0016】

配列溝の深さが音響整合層の厚さと等しい場合、音響整合層は配列溝により分割される。一方、厚さ未満の場合、音響整合層は分割されないため、導電性を有する音響整合層の一部に配線すれば音響整合層の全ての部分に導通する。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1ないし図10を参照して、本発明の実施の形態に係わる超音波探触子を説明する。

【0018】

先ず、本発明の第1の実施の形態の超音波探触子を図1乃至図3を用いて説明する。図1は超音波探触子の側面図である。尚、図1では個々の部材の識別を明確にするためにハッチングが施されている。超音波探触子は背面負荷材2を有している。背面負荷材2は柔軟性があるウレタン樹脂により形成されており、フィラーとしてアルミナが用いられている。ウレタン樹脂の硬度はショアーA90程度である。図1では背面負荷材2の4つの側面の内の1面である前面が紙面に向けられている。背面負荷材2の上面には、圧電素子4と第1音響整合層6と第2音響整合層8とがこの順に積層されている。圧電素子4は一般的な焼結工程等により製造される圧電セラミックで形成されている。圧電素子4の下面(背面負荷材2の上面と対向する面)と上面には電極が形成されている。第1音響整合層6は炭素複合材料からなり、導電性をもつ。第1音響整合層6の厚さは200μmであり、5MHzの超音波を利用するとき超音波は効率良く伝達される。第2音響整合層8はエポキシ樹脂により形成されており、その厚さは100μmである。圧電素子4、第1音響整合層6及び第2音響整合層8は積層体を構成している。

【0019】

図2は図1のC1-C1線に沿って切断した積層体の断面図であり、図3は積層体の側面図である。図3では積層体の前面(図1で紙面に向いている面)が紙面に向いており、図1とは上下が逆にされている。積層体の下面は圧電素子4の下面である。積層体には、積

10

20

30

40

50

層体の下面に沿って延びている、複数の配列された配列溝 5 が形成されている。これらの配列溝 5 は積層体の前面にほぼ平行に略直線的に延びており、所定間隔をおいて配列されている。

【 0 0 2 0 】

図 3 に示されるように、配列溝 5 は圧電素子 4 の下面（背面負荷材 2 と接している面）と、第 2 音響整合層 8 を貫く線 3 2 との間に形成されている。配列溝 5 が形成されていることで、圧電素子 4 と第 1 音響整合層 6 とは夫々複数の部分に分割されている。第 1 音響整合層 6 に注目すると、配列溝 5 は第 1 音響整合層 6 の表面に沿って延びており、夫々の配列溝 5 の深さは第 1 音響整合層 6 が分割されるように配列溝 5 の全ての部分で第 1 音響整合層 6 の厚さと等しい。第 2 音響整合層 8 の上には音響レンズ 1 0 が設けられている（図 1 ）。音響レンズ 1 0 はシリコン樹脂により形成されている。音響レンズ 1 0 の上面は凸形状に成形されている。

10

【 0 0 2 1 】

背面負荷材 2 において、前面に隣接している側面に沿って、略平板状のフレキシブルプリント基板 1 2 が上下方向に延びている。フレキシブルプリント基板 1 2 の上端は背面負荷材 2 の上面と圧電素子 4 の下面との間に挟まれている。他方の端は図 1 1 の超音波探触子と同様の、図示されないパルサと観測装置とに接続されている。フレキシブルプリント基板 1 2 には複数の導線が配線されている。これらの導線は半田を介して分割された圧電素子 4 の対応する部分の下面の電極に接続されている。フレキシブルプリント基板 1 2 は駆動信号と受信信号とを伝送するための信号線として用いられる。

20

【 0 0 2 2 】

超音波探触子において、フレキシブルプリント基板 1 2 が設けられている側面と対向する側面には、ベタ電極を有している略平板状のフレキシブルプリント基板 1 4 が導電性接着剤を用いて接着されている。圧電素子 4 と第 1 音響整合層 6 とは導通しており、第 1 音響整合層 6 にフレキシブルプリント基板 1 4 を接着することで、第 1 音響整合層 6 は分割された圧電素子 4 の夫々の部分の共通電極を形成している。フレキシブルプリント基板 1 4 において圧電素子 4 と隣接する部分には、絶縁体であるポリイミドが配設されている。これにより、圧電素子 4 の下面の電極とフレキシブルプリント基板 1 4 とは絶縁されている。フレキシブルプリント基板 1 4 は図示しないアースに接続されており、アース線として用いられる。以上のようにして、圧電素子 4 の上面の電極は第 1 音響整合層 6 とアース線とを介してアースに接続されている。超音波探触子の動作は図 1 1 の超音波探触子と同様である。

30

【 0 0 2 3 】

第 1 音響整合層 6 を形成している材料について説明する。上述したように、第 1 音響整合層 6 は炭素複合材料からなる。この炭素複合材料はカーボンと炭化物とを含有している。この炭化物は炭化珪素 SiC と炭化ホウ素 B_4C とを含んでいる。上記炭素複合材料は、この炭化物のセラミック微粉とホウ化物のセラミック微粉とを含んでいる。この炭素複合材料は焼成体で形成されている。

【 0 0 2 4 】

炭素複合材料からなる第 1 音響整合層 6 の強度は、カーボンのみからなる場合と比較して高い。これは、以下に示す理由に由来すると考えられている。炭素複合材料は主に粒子状のカーボンと、これらの粒子間に存在するセラミック微粉とから形成されている。セラミック微粉はこれに接しているカーボンの粒子にくさびのように埋め込まれている。これにより、セラミック微粉を介して隣接しているカーボンの粒子は互いに離れにくくなるので、マイクロクラックの成長が抑制されると考えられている。特に、セラミック微粉の形状が球形ではなく、凹凸を有した多角形（多角形の組み合わせ）のときには、カーボンの粒子を繋ぎ止める働きが強く、強度が向上することが期待される。

40

【 0 0 2 5 】

以上のように、炭素複合材料は加工中にわれ欠けの発生が少ないので、加工が比較的容易である。特に、10MHz 以上の高周波の超音波を利用する場合、音響整合層を 100μ

50

m以下の厚さに加工する必要があるが、このような薄物加工も容易に行うことができる。

【0026】

炭素複合材料は、カーボンに平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ のSiCと平均粒径 $5\mu\text{m}$ の B_4C とを配合して形成されている。SiCと B_4C の重量比は夫々6wt%（重量百分率）、9wt%である。カーボンにはこれらの他に4wt%のホウ化ジルコニウムが配合されている。音響インピーダンスは約 $8.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ （8.5MRayl）である。炭素複合材料はカーボンよりも大きい密度をもつセラミック微粉を含んでいるので、カーボン単体と比較してより大きい密度をもつ。このため、炭素複合材料の音響インピーダンスはカーボン単体のそれより大きい。炭素複合材料に配合される炭化物の配合比（即ち重量比）を変化させたり、平均粒径を変化させたりすると、音響インピーダンスは変化する。典型的には、約 $7.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ （7.5MRayl）～約 $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ （10MRayl）の音響インピーダンスを得ることができる。これを利用することにより、超音波が効率良く伝達されるのに最適な音響インピーダンスをもつ音響整合層を用意することができる。

10

【0027】

ところで、樹脂材料にフィラーを混入させて形成した樹脂においても、混入されるフィラーを変更すると、音響インピーダンスが変化する。しかしながら、このような樹脂は大きな超音波減衰率をもつので、このような樹脂からなる音響整合層を用いると、超音波は効率良く伝達されない。特に、特公平1-61062号で開示されているような導電性樹脂は導電性を確保するために独特の形状をもつフィラーを含んでいることにより、さらに大きな減衰率をもつので、このような欠点がより顕著である。このような樹脂と比較して、炭素複合材料は比較的小さな超音波減衰率をもつので、超音波は比較的効率良く伝達される。以上のように炭素複合材料からなる音響整合層を用いれば、より大きな強度の駆動信号を対象物に導くことができるとともに、より大きな強度の受信信号を圧電素子に入射させることができる。従って、超音波探触子の感度を向上させることができる。

20

【0028】

本実施の形態ではカーボンにSiC、 B_4C 及びホウ化ジルコニウムを配合して炭素複合材料を形成しているが、カーボンにこれらを配合する代わりに炭化アルミ Al_4C_3 等の炭化物やホウ化タングステンWB等を配合した炭素複合材料も本実施の形態の炭素複合材料と同様の作用効果が得られる。また、SiC、 B_4C 、ホウ化ジルコニウム、 Al_4C_3 及びWBの少なくとも1つを配合しても本実施の形態の炭素複合材料と同様の作用効果が得られる。

30

【0029】

以上詳述した如く構成されている本発明の第1の実施の形態に従った超音波探触子においては、SiC及び B_4C の配合比を変化させることにより、炭素複合材料の音響インピーダンスを変化させることができるので、最適な音響インピーダンスをもつ音響整合層を備えた超音波探触子を提供することができる。

【0030】

ところで、本実施の形態とは異なり、第1音響整合層6が導電性をもたない超音波探触子では、アース線として用いられているフレキシブルプリント基板14は圧電素子4の上面の電極から延びており、圧電素子4の側面と第1音響整合層6の側面との間から外部に露出している小さな電極に接続される。これに対して、本実施の形態のように第1音響整合層6が導電性をもつ超音波探触子では、フレキシブルプリント基板14は第1音響整合層6の側面に接着されており、この側面の面積は上記の外部に出ている電極の面積と比較して大きい。従って、導通不良に対する信頼性を高くすることができる。

40

【0031】

また、図11の従来の超音波探触子では、アース線1114は半田付け等を利用して圧電素子114に接続されている。加熱された半田を圧電素子に接触させると、圧電素子が消極することがある。これに対して、本実施の形態では、フレキシブルプリント基板14は導電性接着剤を用いて第1音響整合層6に接続されているので、圧電素子4が消極するこ

50

とはない。

【0032】

また、図11の従来の超音波探触子では、超音波を放射する圧電素子114の上面にはアース線1114が配線されている。アース線1114が配線されている領域からは超音波が有効に放射されない。ところで、超音波探触子が体腔内の診断に利用される場合、微小な圧電素子が用いられる。このような場合、圧電素子の上面の多くの部分が、アース線が配線されている領域で覆われるので、有効に放射されないことが顕著になる。これに対して、本実施の形態では、アース線を圧電素子4の上面に配線する必要がないので、圧電素子4から放射される超音波の音場を容易に制御することができる。

【0033】

また、特公平1-61062号のように音響整合層に導電性樹脂を用いた従来の超音波探触子では、樹脂の経時変化や、消毒工程や滅菌工程の際の樹脂の劣化等により、導電性が悪化するので、感度が低下したり導通不良が生じたりする。これに対して、本実施の形態では音響整合層に炭素複合材料を用いているので、このようなことは起こらない。特に、第2音響整合層8に耐薬品性の高いポリイミド等を用いれば、滅菌及び消毒時の薬剤に対して特性の劣化がない超音波探触子を提供できる。

【0034】

本実施の形態の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。5MHzの超音波を利用するときには、第1音響整合層6の厚さは200 μ mであるが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば10MHzの超音波を利用するために、厚さは100 μ mであつてもよい。また、任意の周波数の超音波を利用するために、この周波数に対応した厚さをもつことができることは言うまでもない。

【0035】

また、本実施の形態では、フレキシブルプリント基板14において圧電素子4に対向する面に絶縁体を設けることにより、フレキシブルプリント基板14と圧電素子4の下面の電極とを絶縁しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば圧電素子4の下面の電極が圧電素子4の側面と第1音響整合層6の側面との間から外部に露出しないように、圧電素子4の下面の電極を形成することにより絶縁してもよい。また、圧電素子4の下面の電極において外部に露出している部分を樹脂で封止することにより絶縁してもよい。

【0036】

また、本実施の形態では半田を介して圧電素子4の電極にフレキシブルプリント基板12を接続しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば異方性導電膜(ACF)を介して接続されていてもよい。この場合、加熱された半田が圧電素子4に接触することにより生じる圧電素子4の消極を防止することができる。

【0037】

また、圧電素子4は配列溝5が延びている方向と交差する方向に凸形状に湾曲していてもよい。このような超音波探触子をコンベックスアレイ探触子という。

【0038】

次に、第1の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第1の例について説明する。まず、第1工程について説明する。所定の炭化物を含有した炭素複合材料を用意し、この炭素複合材料に研削加工を施して略平板状の第1音響整合層6を形成する。上述したように第1音響整合層6の厚さは200 μ mである。厚さ200 μ mに炭素複合材料を形成するには、両面ラップ盤を使用したり、ワックスや水溶性接着剤を用いて炭素複合材料を基材に貼り付け、研削及び研磨を行ったりして炭素複合材料を加工する。

【0039】

第2工程(第2音響整合層形成工程)について説明する。第1音響整合層6の側面を覆うように枠を取り付け、容器を形成するとともに、第1音響整合層6の一方の面をテープ等でマスキングする。マスキングには水溶性樹脂やレジストを用いてもよい。この容器の底面は第1音響整合層6であり、側面は枠である。マスキングした面は容器の外部に向いた

10

20

30

40

50

面である。次に、容器の中にエポキシ樹脂を流し込み、樹脂を固化させて第2音響整合層8を形成する。流し込む樹脂の量は第2音響整合層8の厚さが100 μ mとなるように調節する。この後に枠とマスキングを取り除く。

【0040】

第3工程（積層体形成工程）について説明する。略平板上であり、上下の面に電極が形成された圧電素子4を用意する。圧電素子4の上面を第1音響整合層6のマスキングが取り除かれた面に接着剤を用いて接着し、圧電素子4、第1音響整合層6及び第2音響整合層8からなる積層体を形成する。

【0041】

第4工程（信号線接続工程）について説明する。信号線となるフレキシブルプリント基板12を圧電素子4の下面（第1音響整合層6と接する面の反対側の面）の電極に半田を用いて接続する。

【0042】

第5工程（配列溝形成工程）について図3を参照して説明する。図3の矢印の方向に線32に沿って精密裁断器の刃33を積層体の前面に隣接している2つの側面の一方から他方まで移動させる。上述したように、線32は第2音響整合層8を貫く線である。この移動を繰り返すことにより、図2で示されている配列溝5を形成する。

【0043】

第6工程について説明する。第2工程と同様に枠を利用して、圧電素子4の下面にウレタン樹脂で背面負荷材2を形成する。次に、アース線となるフレキシブルプリント基板14を第1音響整合層6の側面に導電性接着剤を用いて接着する。この後、第2音響整合層8の上面（第1音響整合層6と接する面と反対側の面）にシリコン樹脂を用いて音響レンズ10を形成する。

【0044】

以上詳述した、第1の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第1の例においては、加工中にわれ欠けの発生が少なく、第1音響整合層6として、加工が容易な炭素複合材料を用いることにより、容易に製造することができる。

【0045】

製造方法の第1の例では、第1工程において5MHzの超音波を利用するために、炭素複合材料に研削加工を施して200 μ mの厚さの第1音響整合層6を形成したが、さらに高周波の超音波を利用するために、炭素複合材料をより薄く加工してもよい。この場合、炭素複合材料は加工中にわれ欠けの発生が少ない材料なので、特開平9-139998号の音響整合層に用いられているようなカーボン単体を薄く加工するよりも容易に加工することができる。

【0046】

また、本発明の音響整合層として用いる炭素複合材料中の炭化物を含めたセラミック微粉の含有量は10~50wt%が好ましい。50wt%以上混入すると導電性が悪くなるとともに、SiCやB₄Cといったマイクロクラックを抑制するために混入させる炭化物は硬度が高く、加工時の研磨治具の寿命を短くしてしまい結果的に探触子の低コスト化は困難になる。また、10wt%以下では、マイクロクラックの抑制効果が低下してしまう。尚、炭素複合材料は焼成をして焼き固めたものが好ましい。

【0047】

また、コンベックスアレイ探触子を製造するために、積層体を凸形状に湾曲させてもよい。第2音響整合層8はエポキシ樹脂により形成されており、可撓性をもつ。これを利用して、図2の積層体を形成した後に第2音響整合層8において配列溝5の近傍を変形させることにより、コンベックスアレイ探触子が製造できる。

【0048】

次に、第1の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第2の例について説明する。上記第1の例とこの例とは基本的に同じである。上記第1の例とこの例とが異なる点は、第1の例の第3工程（積層体形成工程）と第4工程（信号線接続工程）の間に積層体を裁断する

10

20

30

40

50

工程が設けられていることである。図7には積層体の裁断する部分を指示する格子状の線70が示されている。まず、上記第1の例の第1乃至第3工程（積層体形成工程）に従って形成され、精密裁断器の刃33で加工されていない積層体（親積層体）を線70に沿って切断する。親積層体の面の大きさは第1の例に従って形成された積層体の面の大きさの4倍より大きい。親積層体は第1の例で形成された圧電素子、第1音響整合層及び第2音響整合層と実質的に同様な圧電素子4A、第1音響整合層及6A及び第2音響整合層8Aを有している。格子状の線70には4つの窓が存在する。線70に沿って親積層体を切断すると、格子の4つの窓に対応して4つの積層体（子積層体）71, 72, 73, 74が得られる。親積層体の残りの部分は取り除かれる。この後、上記第1の例の第4工程（信号線接続工程）以降を行うと、第1の実施の形態の超音波探触子が得られる。

10

【0049】

上記第1の例では、第3工程（積層体形成工程）以前で形成された積層体の側面は、第2工程（第2音響整合層形成工程）で枠から漏れたエポキシ樹脂又は、第3工程（積層体形成工程）で用いられた接着剤で汚れることがある。しかしながら、この例では、親積層体の側面に接していた部分は裁断後に取り除かれるので、子積層体の側面は汚れない。従って、第6工程においてフレキシブルプリント基板14を汚れない子積層体の側面に接着することができるので、接着剤等の絶縁体が介在しない。従って、炭素複合材料の側面で導通を確保する際には信頼性が向上する。また、密着強度と接着の耐久性を高くすることもできる。

【0050】

20

また、この例に従って4つの子積層体を形成するのに費やす時間は、上記第1の例に従って4つの積層体を形成するのに費やす時間の約1/4である。この例に従えば迅速にかつ低コストで超音波探触子を製造することができる。

【0051】

本実施の形態では、4つの窓をもつ格子状の線70に沿って積層体を切断しているが、本発明はこれに限定されるものではない。窓の数は2又は3つであってもよく、また5以上のもであってもよい。また、窓の形は4角形に限らず、例えば6角形であってもよい。また、積層体の裁断の仕方は格子に限らない。

【0052】

次に、超音波探触子の第2の実施の形態を図1、図3及び図4を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第1の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態の超音波探触子を前面から見た構成は第1の実施の形態のそれと同じなので、図1を本実施の形態の超音波探触子の側面図として、図3を本実施の形態の積層体の側面図として引き続き参照する。尚、本実施の形態において、第1の実施の形態を説明するときに図1及び図3を参照して説明した構成部材と実質的に同一の構成部材は、第1の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

30

【0053】

本実施の形態の構成が第1の実施の形態の構成と異なる点は、第1音響整合層と第2音響整合層の構成であるので、図1及び図3においては、第1音響整合層を符号6の代わりに符号6aで指示し、第2音響整合層を符号8の代わりに符号8aで指示している。図4は図1のC1-C1線に沿って切断した積層体の断面図である。図2で示された第1の実施の形態の積層体では、配列溝5は圧電素子4の下面から第2音響整合層8まで形成されているが、図4で示された本実施の形態の積層体では、第1音響整合層6aまでしか配列溝5aが形成されていない。図3を用いて説明すると、配列溝5aは圧電素子4の下面と第1音響整合層6aを貫く線34との間で形成されている。第1音響整合層6aに注目すると、配列溝5aの深さは配列溝5aの全ての部分で第1音響整合層6aの厚さ未満である。

40

【0054】

以上詳述した如く構成されている超音波探触子の第2の実施の形態においては、第1音響

50

整合層 6 a は配列溝 5 a により分割されないので、導電性の第 1 音響整合層 6 a の一部に配線すれば分割された第 1 音響整合層 6 a の部分の全てに導通する。従って、アース線として用いられているフレキシブルプリント基板 1 4 は第 1 音響整合層 6 a の分割された部分の全てに接着されている必要がない。少なくとも第 1 音響整合層 6 a の一部に接着されていればよいので、構成が単純で信頼性が高い超音波探触子を提供できる。

【 0 0 5 5 】

本実施の形態の超音波探触子は、基本的に上記第 1 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第 1 の例又は第 2 の例に従って製造できる。但し、第 5 工程（配列溝形成工程）では精密裁断器の刃 3 3 を線 3 2 ではなく線 3 4 に沿って移動させる。

【 0 0 5 6 】

次に、第 3 の実施の形態を図 1、図 3 及び図 5 を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第 1 の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態の超音波探触子を前面から見た構成は第 1 の実施の形態のそれと同じなので、図 1 を本実施の形態の超音波探触子の側面図として引き続き参照する。尚、本実施の形態において、第 1 の実施の形態を説明するとき図 1 を参照して説明した構成部材と実質的に同一の構成部材は、第 1 の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 5 7 】

本実施の形態の構成が第 1 の実施の形態の構成と異なる点は、第 1 音響整合層と第 2 音響整合層の構成であるので、図 1 においては、第 1 音響整合層を符号 6 の代わりに符号 6 b で指示し、第 2 音響整合層を符号 8 の代わりに符号 8 b で指示している。図 5 は図 1 の C 1 - C 1 線に沿って切断した積層体の断面図である。図 2 及び図 3 で示された第 1 の実施の形態の配列溝 5 は、第 2 音響整合層 8 を貫く線 3 2 まで形成されている。ところで、図 3 及び図 4 で示された第 2 の実施の形態の配列溝 5 a は、第 1 音響整合層 6 a を貫く線 3 4 まで形成されている。第 1 の実施の形態の積層体と異なり、第 3 の実施の形態の積層体では、配列溝 5 と同様な深さをもつ溝であるメインダイス 5 2 と、配列溝 5 a と同様な深さをもつ溝であるサブダイス 5 4 とが周期的に混在して並んでいる。メインダイス 5 2 を（深）、サブダイス 5 4 を（浅）と略すと、（浅）（浅）（深）（浅）（浅）（深）（浅）（浅）の順に並んでおり、2 つのサブダイス 5 4 がメインダイス 5 2 で孤立させられている。この結果、メインダイス 5 2 で分割された圧電素子 4 の部分はさらに 2 つのサブダイス 5 4 で 3 つの部分（例えば、部分 5 5 , 5 6 , 5 7 ）に分割されている。一方、メインダイス 5 2 で分割された第 1 音響整合層 6 b の部分 5 8 にはサブダイス 5 4 が形成されているが、この部分 5 8 は分割されておらず、連続している。圧電素子 4 の部分 5 5 , 5 6 , 5 7 は第 1 音響整合層 6 b の部分 5 8 を介して互いに導通している。部分 5 5 , 5 6 , 5 7 と部分 5 8 とは 1 つの駆動単位を形成している。積層体はこのような駆動単位を複数有している。

【 0 0 5 8 】

第 1 の実施の形態では分割された第 1 音響整合層 6 の全ての部分にフレキシブルプリント基板 1 4 を接着する必要がある。以上詳述した如く構成されている超音波探触子の第 3 の実施の形態においては、各駆動単位の一部にだけ接着するだけでよいので、導通不良に対する信頼性を高くすることができる。

【 0 0 5 9 】

また、駆動単位を形成する圧電素子 4 の部分がサブダイス 5 4 でさらに小さく分割されているので、超音波探触子の特性を高くすることができる。

【 0 0 6 0 】

本実施の形態では、2 つのサブダイス 5 4 がメインダイス 5 2 で孤立させられているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば 1 つのサブダイスがメインダイスで孤立させられてもよい。また、3 以上のサブダイスが孤立させられてもよい。

【 0 0 6 1 】

圧電素子 4 はメインダイス 5 2 が延びている方向と交差する方向に湾曲していてもよい。

10

20

30

40

50

第 2 音響整合層 8 b が可撓性を持つことを利用して、第 2 音響整合層 8 b においてメインダイス 5 2 の近傍を変形させ、夫々の駆動単位を凸形状に配列させることにより、コンベックスアレイ探触子を形作ることができる。

【 0 0 6 2 】

本実施の形態の超音波探触子は、基本的に上記第 1 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第 1 の例又は第 2 の例に従って製造できる。但し、第 5 工程（配列溝形成工程）では、メインダイス 5 2、サブダイス 5 4 を形成するためには精密裁断器の刃 3 3 を夫々線 3 2、線 3 4 に沿って移動させる。

【 0 0 6 3 】

次に、第 4 の実施の形態を図 1、図 2 及び図 6 を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第 1 の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態の超音波探触子を前面から見た構成は第 1 の実施の形態のそれと同じなので、図 1 を引き続き本実施の形態の超音波探触子の側面図として参照する。また、本実施の形態の積層体を図 1 の C 1 - C 1 線に沿って切断して見た構成は第 1 の実施の形態のそれと同じなので、図 2 を引き続き本実施の形態の積層体の断面図として参照する。尚、本実施の形態において、第 1 の実施の形態を説明するとき図 1 及び図 2 を参照して説明した構成部材と実質的に同一の構成部材は、第 1 の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 4 】

本実施の形態の構成が第 1 の実施の形態の構成と異なる点は、第 1 音響整合層及び第 2 音響整合層の構成であるので、図 1 及び図 2 においては、第 1 音響整合層、第 2 音響整合層、配列溝を夫々符号 6、8、5 の代わりに符号 6 c、8 c、5 c で指示している。図 6 は積層体の側面図である。図 6 では、図 3 と同様に、積層体の前面が紙面に向いており、図 1 とは上下が逆にされている。第 1 の実施の形態では配列溝 5 の底面は図 3 で示されているように、第 2 音響整合層 8 を貫く線 3 2 に沿っているが、本実施の形態では配列溝 5 c の底面は図 6 の線 6 4 に沿っている。即ち、配列溝 5 c の底面は、線 3 2 と同様に、第 2 音響整合層 8 c の一方の側面から第 2 音響整合層 8 c 内部の点 B まで直線状に延び、点 B から上記一方の側面と反対側の第 1 音響整合層 6 c の側面まで延びている。このため、第 1 音響整合層 6 c に注目すると、配列溝 5 c の深さは前記第 1 音響整合層 6 c の側面の付近で第 1 音響整合層 6 c の厚さ未満である。配列溝 5 c の厚さはその他の部分では音響整合層 6 c の厚さに等しい。深さが第 1 音響整合層 6 c の厚さ未満であるような配列溝 5 c の部分の底面と、第 2 音響整合層 8 c との間に位置している第 1 音響整合層 6 c の部分 6 2 を介して、第 1 音響整合層 6 c は連続している。圧電素子 4 は配列溝 5 c により分割されている。圧電素子 4 の分割された部分の夫々は導電性の第 1 音響整合層 6 c の部分 6 2 を介して導通する。

【 0 0 6 5 】

以上詳述した如く構成されている超音波探触子の第 4 の実施の形態においては、図 4 を用いて説明した第 2 の実施の形態と同様に、アース線として用いられているフレキシブルプリント基板 1 4 は第 1 音響整合層 6 c の少なくとも一部に接着されていればよいので、構成が単純で信頼性が高い超音波探触子を提供できる。

【 0 0 6 6 】

本実施の形態の超音波探触子は、基本的に上記第 1 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第 1 の例又は第 2 の例に従って製造できる。但し、第 5 工程（配列溝形成工程）では、配列溝 5 c を形成するために、例えば図 6 の矢印の方向に点 A から線 6 4 に沿って精密裁断器の刃 3 3 の先端を移動させ、点 B で停止させ、点 B から遠ざけるように線 6 4 に垂直に移動させて取り除く。

【 0 0 6 7 】

次に、超音波探触子の第 5 の実施の形態を図 8 を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第 1 の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態において、第 1 の実施の形態を説明するとき図 1 乃至図 3 を参照して説明した構成

10

20

30

40

50

部材と実質的に同一の構成部材は、第1の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

【0068】

本実施の形態の構成が第1の実施の形態の構成と異なる点は、圧電素子と信号線とアース線の構成である。図8は超音波探触子を前面(図1で紙面に向いている面と同様な面)に平行な面で切断した超音波探触子の断面図である。第1音響整合層6の下面80(圧電素子4dと対向する面)は、圧電素子4dの上面(第1音響整合層6に対向する面)より大きい。圧電素子4dの上面は超音波を放射するための音響放射面となっている。第1音響整合層6の下面80は対向領域80として用いられている。対向領域80は圧電素子4dの音響放射面に接合されている接合領域82と、音響放射面に接合されていない領域84とからなる。領域84にはアース線として用いられている銅製のワイヤー14dが配線されている。領域84は配線領域84として用いられている。ワイヤー14dは導電性樹脂86を用いて配線領域84に接続されている。配線領域84はアース線14dとともに超音波探触子の側面に沿って超音波探触子の前面から後面(前面と反対側の面)まで延びており、配列溝5により分割された第1音響整合層6の部分の全てに接続されている。

10

【0069】

積層体をC8-C8線に沿って切断した断面は図2で示された第1の実施の形態の積層体の断面と実質的に同一である。圧電素子4dの下には略平板状のガラスエポキシ基板88が、配列溝5が延びている方向と直交する方向(図8の紙面に垂直な方向)に超音波探触子の前面から後面(前面と反対側の面)まで延びている。ガラスエポキシ樹脂88の両面には複数の導線が配線されている。ガラスエポキシ樹脂88の両面において圧電素子4dに近い部分にはこれらの導線に対応する電極が夫々長手方向に配列されている。これらの電極は夫々1つのワイヤー89を介して、分割された圧電素子4dの対応する部分の下面の電極に接続されている。ワイヤー89は圧電素子4dに半田を用いて接続されている。ガラスエポキシ樹脂88とワイヤー89とは信号線12dとして用いられている。ガラスエポキシ樹脂88の一部とワイヤー89とは背面負荷材2の中に配設されている。

20

【0070】

高周波の超音波を利用する場合、第1音響整合層6は薄くなる。従って、第1の実施の形態のように第1音響整合層6の側面にアース線を接続すると、第1音響整合層6がアース線に接する面積(接触面積)が小さくなるので、導通不良に対する信頼性を確保することが難しくなる。しかしながら、以上詳述した如く構成されている超音波探触子の第5の実施の形態においては、第1音響整合層6の下面(圧電素子4dと対向する面)の一部にアース線を接続することにより、接触面積が第1音響整合層6の厚さに影響されることがないので、利用する周波数に左右されずに導通不良に対する信頼性を安定して確保できる。

30

【0071】

本実施の形態の積層体の構成は図2で示された第1の実施の形態の積層体の構成と実質的に同一であるが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば図4又は図5で示された第2又は第3の実施の形態の構成と実質的に同一であってもよい。また、図2及び図6で示された第4の実施の形態の構成と実質的に同一であってもよい。

【0072】

本実施の形態の超音波探触子の製造方法の例について説明する。本実施の形態の超音波探触子は、基本的に上記第1の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第1の例に従って製造できる。まず、第1工程乃至第3工程(積層体形成工程)に従って積層体を形成する。このとき、第3工程では第1音響整合層6の下面よりも小さな音響放射面を有している圧電素子4dを用意する(図8)。圧電素子4dを第1音響整合層6に接着するときは、上記配線領域が形成されるように、第1音響整合層6に対して圧電素子4dを位置させる。次に、第5工程(配列溝形成工程)に従って配列溝5を形成する。この後、ワイヤー14dと信号線12dとを接続し、背面負荷材2と音響レンズ10とを形成する。

40

【0073】

高周波の超音波を利用する場合、上述した如く、第1の実施の形態のように第1音響整合

50

層 6 の側面にアース線を接続すると、第 1 音響整合層 6 がアース線に接する面積（接触面積）が小さくなるので、アース線を第 1 音響整合層 6 に取り付けることが困難になる。一方、以上詳述した、第 5 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の例においては、アース線は比較的大きい接触面積に取り付けられるので、作業性がよい。また、アース線を確実に取り付けることができるので、歩留まりが向上する。

【 0 0 7 4 】

次に、超音波探触子の第 6 の実施の形態を図 9 を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第 5 の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態において、第 5 の実施の形態を説明するときに図 8 を参照して説明した構成部材と実質的に同一の構成部材は、第 5 の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

10

【 0 0 7 5 】

本実施の形態の構成が第 5 の実施の形態の構成と異なる点は、第 1 音響整合層の構成である。図 9 は超音波探触子を前面（図 8 で紙面に向いている面と同様な面）に平行な面で切断した超音波探触子の断面図である。第 5 の実施の形態の第 1 音響整合層 6 では、接合領域 8 2 と配線領域 8 4 とは同一の平面上に存在している。しかしながら、本実施の形態の第 1 音響整合層 6 e では、配線領域 8 4 e は接合領域 8 2 に対して陥没している。このように構成しても第 5 の実施の形態の超音波探触子と同様の作用効果がある。

【 0 0 7 6 】

本実施の形態の超音波探触子の製造方法の例について説明する。基本的に上記第 1 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の第 2 の例に従って製造できる。まず、図 7 に示されている親積層体を形成する。次に、陥没した配線領域 8 4 e を形成するために、親積層体の下面（圧電素子 4 A において第 1 音響整合層 6 A と接する面と反対側の面）に、格子状の線 7 0 の縦線と横線のいずれか一方に沿って延びる溝（以下、配線溝）を形成する。配線溝の幅は配線領域 8 4 e の幅の 2 倍より大きい。配線溝は深さ方向に第 1 音響整合層 6 e の内部まで達している。次に、上記第 2 の例の親積層体を裁断する工程を行う。但し、配線溝に沿って裁断するとき、配線溝の幅方向の中心を通り、配線溝の長手方向に延びる中心線に沿って切断する。この後、第 5 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の例と同様に、信号線 1 2 d とワイヤー 1 4 d とを接続し、背面負荷材 2 と音響レンズ 1 0 とを形成する。

20

30

【 0 0 7 7 】

第 5 の実施の形態の超音波探触子の製造方法において、圧電素子 4 d を第 1 音響整合層 6 に接着するとき、接着剤が配線領域 8 4 に付着することがある。このとき、導通不良に対する信頼性は低くなる。以上詳述した、第 6 の実施の形態の超音波探触子の製造方法の例においては、積層体を裁断する工程を行う前に配線溝を形成することにより、配線領域 8 4 e 上の接着剤が取り除かれるので、迅速にかつ低コストで超音波探触子を製造することができるのと同時に、導通不良に対する信頼性をより高くすることができる。

【 0 0 7 8 】

第 4 の実施の形態及び本実施の形態では、ガラスエポキシ樹脂 8 8 の両面から夫々延びている 2 列のワイヤー 8 9 を用いて信頼性向上を図っているが、一方の面から延びる 1 列のワイヤーを用いても同様な作用効果が得られることは言うまでもない。

40

【 0 0 7 9 】

次に、超音波探触子の第 7 の実施の形態を図 1 0 を用いて説明する。本実施の形態の超音波探触子の構成は基本的に第 5 の実施の形態の超音波探触子の構成と同じである。本実施の形態において、第 5 の実施の形態を説明するときに図 8 を参照して説明した構成部材と実質的に同一の構成部材は、第 5 の実施の形態の対応する構成部材を指示していた参照符号と同じ参照符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

本実施の形態の構成が第 5 の実施の形態の構成と異なる点は、音響整合層と信号線とアース線の構成である。図 1 0 の (A) は超音波探触子を前面（図 1 で紙面に向いている面と

50

同様な面)に平行な面で切断した超音波探触子の断面図である。本実施の形態の第1音響整合層6fの接合領域82と、配線されている配線領域84f、84gとの間には夫々溝101が形成されている。図10の(B)では一方の配線領域84fと溝101とが拡大して示されている。配線領域84fは第1音響整合層6fの側面102(前面に隣接している側面)に接する部分に形成されている。配線領域84fは側面102に直交し、側面102と連続し、側面102に沿って延びている配線領域上面104と、配線領域上面104と連続し、側面102と平行に延びている配線領域側面105とで規定されている。

【0081】

超音波探触子の側面(前面と隣接する面)には略平板状のガラスエポキシ基板106がこの側面に沿って背面負荷材2から第1音響整合層6fに向かって延びている。ガラスエポキシ基板106の一端は配線領域84fに嵌合している。ガラスエポキシ基板106において、配線領域上面104に対向する部分107と、配線領域側面105に対向する部分108とは配線領域84fに沿って延びているアース電極が形成されている。即ち、第1音響整合層6fは配線領域84fにおいて2つの面でアース電極と接している。第1音響整合層6fとアース電極との接触面積が大きいので、導通不良に対する信頼性が高い。この電極には、ガラスエポキシ基板106の外側に向けた面に配線されており、アース線として用いられている1本の導線14fが接続されている。

【0082】

配線領域84g及びこれに接続されているガラスエポキシ基板106fの構成は夫々配線領域84f及びガラスエポキシ基板106の構成と実質的に同一である。前者と後者とで異なる点は、ガラスエポキシ基板106の部分108には電極が形成されているが、ガラスエポキシ基板106fにおいて部分108に対応する部分には電極が形成されていないことである。即ち、第1音響整合層6fは配線領域84gにおいて1つの面でアース電極と接している。

【0083】

ガラスエポキシ基板106, 106fの内側に向けた面には夫々信号線として用いられている複数の導線12fが配線されている。これらの導線はワイヤー109を介して分割された圧電素子4dの対応する部分の下面の電極に半田を用いて夫々接続されている。

【0084】

図11の従来の超音波探触子のように、分割された第1音響整合層6fの複数の部分の内、互いに隣り合う2つの部分にアース線1114が架橋されていると、アース線1114を介してこれらの部分間に振動が伝搬するので、機械的なクロストークが生じることがある。これに対して、第7の実施の形態においては、溝101が形成されていることにより、振動がガラスエポキシ基板106, 106fに伝わりにくくなるので、機械的なクロストークを防止することができる。

【0085】

また、本実施の形態では、信号線として用いられている導線12fはワイヤー109を介して半田を用いて圧電素子4dの下面の電極に接続されているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えばワイヤーボンディングを用いてもよい。半田を用いた場合には夫々のワイヤー109で半田の量にばらつきが生じることがあるので、夫々のワイヤー109で負荷の差異が発生することがある。ワイヤーボンディングを用いれば、負荷の差異を小さくすることができるので、超音波探触子の特性を安定させることができる。また、ワイヤーと異なる導電体を介して半田を用いて接続してもよい。

【0086】

本実施の形態の超音波探触子の製造方法の例について説明する。本実施の形態の超音波探触子は、基本的に上記第5の実施の形態の超音波探触子の製造方法の例に従って製造できる。第5の実施の形態と同様にして、小さな圧電素子4dを有する積層体を形成する。次に、配列溝5と配線領域84f, 84gと溝101を形成する。この後、ガラスエポキシ基板106, 106fとワイヤー109とを取り付け、背面負荷材2と音響レンズ10とを形成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

本実施の形態では、アース線として用いられている導線 1 4 f が接続されているアース電極を音響整合層 6 f に導電性接着剤を用いて直接接着しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば信号線として用いられている導線 1 2 f と同様にワイヤーボンディングを用いてもよい。この場合、第 1 音響整合層 6 f のワイヤーボンディングされる部分にはスパッタ等により金もしくはアルミ等の金属が設けられる。ワイヤーボンディングを用いれば、導電性接着剤を使用する場合と比較してより製造に要する時間を短くできるので、ワイヤーボンディングは量産性に適している。

【 0 0 8 8 】

尚、本実施の形態では第 1 音響整合層 6 f 側の圧電素子 4 d の電極をアースとして利用したが、音響レンズ 1 0 y や、第 2 音響整合層 8 等で十分な耐圧が確保される場合は、ガラスエポキシ基板 1 0 6 , 1 0 6 f のパターンングを変更し、信号線とアース線とを入れ替えても構わない。

【 0 0 8 9 】

以上の実施の形態では、圧電素子に一般的な焼結により得られる圧電セラミックを用いているが、これの代わりに圧電単結晶を用いてもよい。

【 0 0 9 0 】

また、以上の実施の形態では、特に分割された圧電素子の部分が一列に 1 次元的に配列された超音波探触子について詳細に説明したが、材料自体の超音波の減衰が小さく、最適な音響インピーダンスを持ち、加工性が良く薄板化が可能な炭化物を含んだ炭素複合材料は、配列溝により分割されていない圧電素子を用いている超音波探触子や、分割された圧電素子の部分が 2 次元的に配列された超音波探触子に適用できることは言うまでもない。

【 0 0 9 1 】

本発明は、以下の各項に示す発明を開示している。

第 1 項．圧電素子と音響整合層とを有している超音波探触子において、前記音響整合層の少なくとも 1 つは炭化物を含有した炭素複合材料からなることを特徴とする超音波探触子。

第 2 項．前記炭化物は、 SiC 又は B_4C を含んでいることを特徴とする第 1 項に記載の超音波探触子。

第 3 項．前記炭素複合材料は、炭化物のセラミック微粉とホウ化物のセラミック微粉とを含んでいることを特徴とする第 1 項又は第 2 項に記載の超音波探触子。

第 4 項．前記炭素複合材料は、焼成体で形成されていることを特徴とする第 1 項乃至第 3 項に記載の超音波探触子。

第 5 項．前記圧電素子は音響放射面を有しており、前記炭素複合材料からなる前記音響整合層は、この音響放射面に対向し、この音響放射面より大きい対向領域を有しており、この対向領域は、前記圧電素子の音響放射面に接合されている接合領域と、前記圧電素子を配線する配線領域とを有していることを特徴とする第 1 項乃至第 4 項のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

第 6 項．前記配線領域は、前記接合領域に対して陥没していることを特徴とする第 5 項に記載の超音波探触子。

第 7 項．前記対向領域において、前記接合領域と前記配線領域との間には溝が設けられていることを特徴とする第 5 項又は第 6 項に記載の超音波探触子。

第 8 項．前記炭素複合材料からなる前記音響整合層には、音響整合層の表面に沿って延びている、複数の配列された配列溝が形成されていることを特徴とする第 1 項乃至第 7 項のいずれか 1 項に記載の超音波探触子。

第 9 項．前記配列溝の夫々の深さは、音響整合層が分割されるように、配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さと等しいことを特徴とする第 8 項に記載の超音波探触子。

第 1 0 項．前記配列溝の夫々の深さは、配列溝の全ての部分で音響整合層の厚さ未満であることを特徴とする第 8 項に記載の超音波探触子。

第 1 1 項．前記配列溝の夫々の深さは、少なくとも配列溝の一部で音響整合層の厚さ未満

10

20

30

40

50

であることを特徴とする第 8 項に記載の超音波探触子。

尚、本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。

【 0 0 9 2 】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、音響整合層に炭化物を含有した炭素複合材料を用いたことで、機械加工に耐えかつ実用的な音響整合層を得ることができるとともに、機械加工性が良いために、配列溝を形成するための裁断時の加工速度を向上させることができるので、設備費の圧縮、しいては超音波探触子のコストを抑制することができる。

【 0 0 9 3 】

また、最適な音響インピーダンス（約 $7.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ （ 7.5 MRayl ）～約 $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ （ 10 MRayl ））をもつ音響整合層を用意することができるので、高感度で信頼性が高くかつ安価な超音波探触子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明における第 1 乃至第 4 の実施の形態の超音波探触子の側面図である。

【図 2】図 1 の C 1 - C 1 線で切断した第 1 及び第 4 の実施の形態の超音波探触子の断面図である。

【図 3】本発明における第 1 及び第 2 の実施の形態の超音波探触子の積層体の側面図であり、精密裁断器で加工する様子を示している。

【図 4】第 2 の実施の形態の超音波探触子の断面図である。

【図 5】第 3 の実施の形態の超音波探触子の断面図である。

【図 6】本発明における第 4 の実施の形態の超音波探触子の積層体の側面図であり、精密裁断器で加工する様子を示している。

【図 7】本発明における実施の形態の超音波探触子の製造方法に係わる親積層体の斜視図であり、裁断される部分が一点鎖線で示されている。

【図 8】本発明における第 5 の実施の形態の超音波探触子の前面に平行に切断した断面図である。

【図 9】本発明における第 6 の実施の形態の超音波探触子の前面に平行に切断した断面図である。

【図 10】（A）は本発明における第 7 の実施の形態の超音波探触子の前面に平行に切断した断面図であり、（B）は（A）の超音波探触子の配線領域と溝とを拡大して示した図である。

【図 11】（A）は従来の典型的な構成の超音波探触子の斜視図であり、（B）は（A）の超音波探触子の側面図であり、超音波探触子の一部が取り除かれて示されている。

【符号の説明】

2 背面負荷材

4 圧電素子

4 a 圧電素子

4 d 圧電素子

4 A 圧電素子

5 配列溝

5 a 配列溝

5 c 配列溝

6 第 1 音響整合層

6 a 第 1 音響整合層

6 b 第 1 音響整合層

6 c 第 1 音響整合層

6 e 第 1 音響整合層

6 f 第 1 音響整合層

6 A 第 1 音響整合層

10

20

30

40

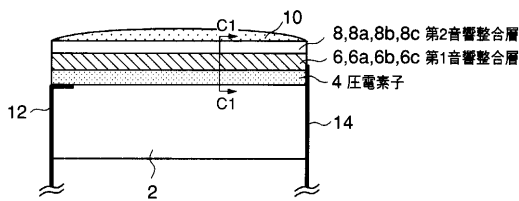
50

- 8 第2音響整合層
- 8 a 第2音響整合層
- 8 b 第2音響整合層
- 8 c 第2音響整合層
- 8 A 第2音響整合層
- 10 音響レンズ
- 12 フレキシブルプリント基板（信号線）
- 12 d 信号線
- 12 f 導線（信号線）
- 14 フレキシブルプリント基板（アース線）
- 14 d ワイヤー（アース線）
- 14 f 導線（アース線）
- 52 メインダイス
- 54 サブダイス
- 80 対向領域
- 82 接合領域
- 84 配線領域
- 84 e 配線領域
- 84 f 配線領域
- 84 g 配線領域
- 101 溝
- 106 ガラスエポキシ基板（アース線、信号線）
- 106 f ガラスエポキシ基板（アース線、信号線）

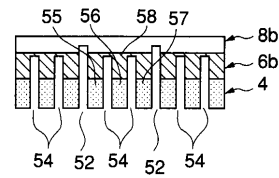
10

20

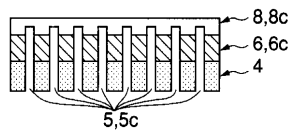
【図1】



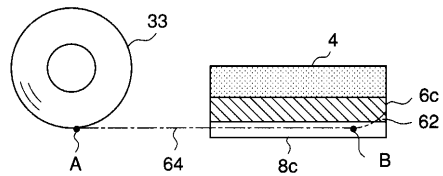
【図5】



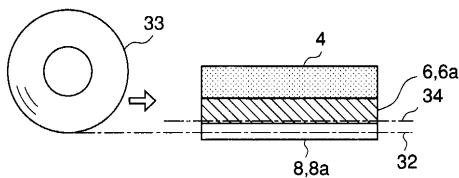
【図2】



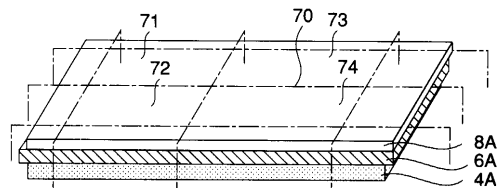
【図6】



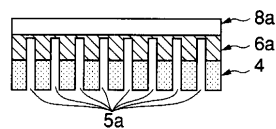
【図3】



【図7】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 沢田 之彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

審査官 大野 弘

(56)参考文献 特開昭61-253999(JP,A)

特開平05-091594(JP,A)

特開平07-313511(JP,A)

特開平11-205899(JP,A)

特開平11-178823(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 17/00

A61B 8/00

G01N 29/24

专利名称(译)	超声波探触子		
公开(公告)号	JP4468599B2	公开(公告)日	2010-05-26
申请号	JP2001043785	申请日	2001-02-20
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパス光学工業株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	若林勝裕 沢田之彦		
发明人	若林 勝裕 沢田 之彦		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	H04R17/00.330.J H04R17/00.332.A A61B8/00 G01N29/24		
F-TERM分类号	2G047/GB02 2G047/GB28 2G047/GB32 4C301/EE06 4C301/EE12 4C301/EE17 4C301/GB02 4C301/GB22 4C301/GB24 4C301/GB34 4C601/EE03 4C601/EE10 4C601/EE14 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB28 4C601/GB30 4C601/GB31 4C601/GB42 5D019/AA18 5D019/AA22 5D019/BB18 5D019/BB28 5D019/EE02 5D019/FF04 5D019/FF05		
代理人(译)	河野 哲		
审查员(译)	大野 弘		
其他公开文献	JP2002247696A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供具有导电性的声匹配层的超声探头，在处理过程中产生较少的裂缝或碎屑，易于处理并具有最佳声阻抗。解决方案：超声波探头设置有后侧负载材料2，压电元件4，第一声匹配层6，第二声匹配层8和声透镜10，它们依次层叠在材料2上。第一声匹配层6由碳复合材料制成，其包含碳化物，具有导电性，在处理期间引起较少的裂缝或碎屑，易于加工，并且具有最佳声阻抗。用于接地线的柔性印刷电路板14通过使用导电粘合剂粘附到第一声匹配层6的侧面。

【图7】

