

(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2013-34138

(P2013-34138A)

(43) 公開日 平成25年2月14日(2013.2.14)

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

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-169712 (P2011-169712)	(71) 出願人	303000420
(22) 出願日	平成23年8月3日 (2011.8.3)		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	110001254
			特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	谷口 哲哉
			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
		Fターム(参考)	4C601 DE08 EE03 GB25 GB28 GB33
			GB41
			5D019 AA22 BB17 FF04 GG01 GG03
			HH01

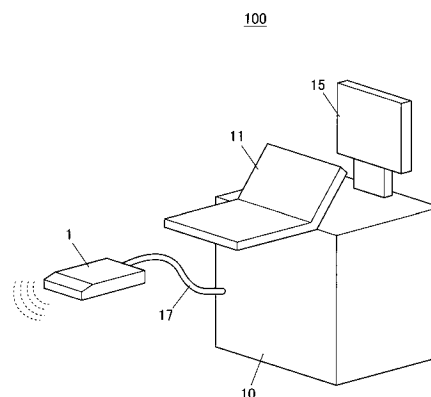
(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び超音波画像診断装置、音響レンズの製造方法及び整合層の製造方法

(57) 【要約】

【課題】超音波の伝播損失が少なく、超音波の透過率が良好な超音波探触子及び超音波画像診断装置に関する技術を提供すること。

【解決手段】圧電素子層5、整合層6、音響レンズ9を備えた超音波探触子1において、音響レンズ9はイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含む複数の層からなる積層構造を有し、その音響レンズ9の中央側から、音響レンズ9の厚み方向と交差する方向に離間するにつれて、超音波の伝播速度が速くなるように、イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整して形成することとした。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を送受信する圧電素子部と、
平面状のレンズ面を有し、前記圧電素子部から送信された超音波を前記レンズ面から出射して所定の焦点距離に収束させる音響レンズと、
前記圧電素子部と前記音響レンズの間に配されて、前記圧電素子部と前記音響レンズの間での音響インピーダンスを整合させる整合層と、
を備えた超音波探触子において、
前記音響レンズと前記整合層の少なくとも一方が、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含む複数の層からなる積層構造を有することを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 2】

前記音響レンズは、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含み、前記レンズ面と略直交する向きに積層された複数の層を備えており、
前記音響レンズの前記複数の層は、前記音響レンズの中央側から、前記音響レンズの厚み方向と交差する方向に離間するにつれて、超音波の伝播速度が速くなるように、前記複数の層における前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成が調整されて形成されて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】

前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物中の金属イオン種を異ならせて、前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整していることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

20

【請求項 4】

前記音響レンズに含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の超音波探触子。

【請求項 5】

超音波を被検体に向けて送信し、その被検体から受信した超音波の反射波に応じて画像を形成する超音波画像診断装置において、

請求項 2 ～ 4 の何れか一項に記載の超音波探触子を備えることを特徴とする超音波画像診断装置。

30

【請求項 6】

請求項 2 ～ 4 の何れか一項に記載の超音波探触子における音響レンズの製造方法であって、

前記音響レンズの中央部を成すレンズ基板の両面にそれぞれ、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥して形成した層上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥する工程を繰り返して、前記複数の層を形成することを特徴とする音響レンズの製造方法。

【請求項 7】

前記音響レンズにおける複数の層の各層は、イオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液を、交互に塗布して乾燥することによって形成することを特徴とする請求項 6 に記載の音響レンズの製造方法。

40

【請求項 8】

前記整合層は、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含み、前記音響レンズのレンズ面と略平行に積層された複数の層を備えており、

前記整合層の前記複数の層は、前記圧電素子部と前記音響レンズの間の音響インピーダンスを段階的に変化させて整合させるように、前記複数の層における前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成が調整されて形成されて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 9】

前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物中の金属イオン種を異ならせて、前記イオン

50

性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整していることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波探触子。

【請求項 10】

前記整合層に含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の超音波探触子。

【請求項 11】

超音波を被検体に向けて送信し、その被検体から受信した超音波の反射波に応じて画像を形成する超音波画像診断装置において、

請求項 8 ～ 10 の何れか一項に記載の超音波探触子を備えることを特徴とする超音波画像診断装置。

10

【請求項 12】

請求項 8 ～ 10 の何れか一項に記載の超音波探触子における整合層の製造方法であって、

所定の基板上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥して形成した層上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥する工程を繰り返して、前記複数の層を形成することを特徴とする整合層の製造方法。

【請求項 13】

前記整合層における複数の層の各層は、イオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液を、交互に塗布して乾燥することによって形成することを特徴とする請求項 12 に記載の整合層の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波探触子及び超音波画像診断装置、音響レンズの製造方法及び整合層の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波画像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低侵襲に得る医療用画像機器である。この超音波画像診断装置は、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の特長を有している。そのため、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）、及び産婦人科系などで広く利用されている。

30

【0003】

このような医療用超音波画像診断装置に使用される超音波探触子には、高感度、高解像度の超音波の送受信を行うために、ジルコン酸チタン酸鉛を材料とした圧電素子が一般的に用いられる。こうした超音波探触子としては、単一型探触子であるシングル型または複数の探触子を 2 次元配置したアレイ型探触子がよく使用される。アレイ型は精細な画像を得ることができるので、診断検査のための医療用画像として広く普及している。

40

【0004】

そして、高調波信号を用いたハーモニックイメージング診断は、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方法となりつつある。

ハーモニックイメージングを行うために十分な超音波信号を得るには、基本波よりも周波数が高く減衰しやすい高調波をいかに効率的に受信できる設計とするかが重要になる。

【0005】

そのため、超音波探触子には、超音波のビームを収束させて分解能を向上させる音響レンズが設けられている。音響レンズは被検体（生体）と密着させるので、被検体と密着させやすく、診断に使用する周波数において減衰率の小さい材料が求められている。

50

従来、このような材料としてシリコンゴムが主に用いられている。シリコンゴムは、被検体（生体）より音波の伝播速度（以下、音速ともいう）が遅いので、シリコンゴム製の音響レンズは、その断面形状の中央部を凸状に形成し、超音波が中央の厚みの厚い部分を通る時間を、厚みの薄い部分より長くして超音波を収束させるようにしている。

但し、シリコンゴムは超音波の伝播損失が大きいため、超音波探触子の受信感度を向上させるには難しい材料であった。特に、高周波の伝播損失が大きいため、高調波信号を用いたハーモニックイメージングには不向きな材料であるといえる。

【0006】

そのシリコンゴムと比較して伝播損失の少ない材料としては、例えばポリメチルペンテンが知られている。ポリメチルペンテンは被検体（生体）より音速が速いので、ポリメチルペンテン製の音響レンズは、その断面形状の中央部を凹状に形成して、超音波を収束させるようにする必要がある。

但し、音響レンズの断面形状が凹状である場合、被検体（生体）の表面との接触性が悪く、音響レンズと被検体（生体）の間に気泡が混入するなどして、鮮明な画像が得られないことがある。

こうした不具合を解消するため、ポリメチルペンテンを用いた凹状の音響レンズの平坦面側を生体接触側、凹面側を圧電素子側とし、その凹状の部分を音響媒体で埋めて空気層を介在させないようにした音響レンズが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【0007】

また、圧電素子から離間するにつれて含有割合が変化するように添加物を添加し、圧電素子と音響レンズとの間の音響インピーダンスを徐々に変化させるようにして超音波の送受信感度を向上させた音響整合レンズを備えた超音波プローブに関する技術が知られている（例えば、特許文献2参照）。

【0008】

また、レンズの中央部の両側に、その中央部から離間するにつれて超音波の伝播速度が速くなるように複数の層から構成された周辺部を備え、その断面形状を平面状とするように形成されてなる音響レンズに関する技術が知られている（例えば、特許文献3参照）。

【0009】

さらに、超音波探触子には、圧電素子と音響レンズの間での超音波の反射を低減して、超音波の送受信感度を向上させる整合層が設けられている。

従来、整合層は、音響インピーダンスの異なる複数の層を積層してなり、圧電素子と音響レンズとの間の音響インピーダンスを徐々に変化させるようにして超音波の送受信感度を向上させている。

【0010】

そして、複数の材料の混合割合を変化させながら複数の層を成膜して形成した、多層構造の音響整合層に関する技術が知られている（例えば、特許文献4参照）。

【0011】

また、複数の先細柱状体からなる第一の音響整合材と、複数の先細柱状体の隙間に充填してなる第二の音響整合材とで構成される音響整合層を備えた超音波探触子に関する技術が知られている（例えば、特許文献5参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開平6-254100号公報

【特許文献2】特開2006-263385号公報

【特許文献3】特開2010-252065号公報

【特許文献4】特開2006-101204号公報

【特許文献5】特開平11-89835号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、上記特許文献1の場合、ポリメチルペンテン製の音響レンズの凹部を埋める音響媒体がシリコンゴムであると、その分、伝播損失が大きくなってしまおうという問題があった。

【0014】

また、上記特許文献2の場合、音響整合レンズは、圧電素子との間の音響インピーダンスが徐々に変化する音速分布を有しているが、この音響整合レンズはシリコンを基材とする凸面形状を有しているので、依然として超音波の伝播損失が大きいという問題があった。また、この音響整合レンズはシリコンを基材としているため、物理的強度の弱いシリコンが摩耗するなど変形してしまい、そのレンズにおける焦点距離が変化して超音波の収束性が悪化してしまうという問題があった。

10

【0015】

また、上記特許文献3の場合、周辺部の複数の層に添加する微粒子状の添加剤の量を調整することで、超音波の伝播速度を異ならせているため、超音波が微粒子によって散乱してしまい、超音波の透過率が減少してしまうという問題があった。

【0016】

また、上記特許文献4の場合、音響インピーダンスが比較的生体に近いポーラスアルミナの混合割合を調整することで、多層構造の音響整合層を形成しているが、ポーラスアルミナといったポーラス微粒子の空隙に含まれている微小気泡によって超音波の散乱が生じて、超音波の透過率が減少してしまうという問題があった。

20

【0017】

また、上記特許文献5の場合、巨視的にはその厚み方向に連続的に音響インピーダンスが変化しているものの、第一の音響整合材と第二の音響整合材の2層構造の整合層であるので、第一の音響整合材と第二の音響整合材の界面で超音波の反射が問題となることがあった。

また、構造上、第一の音響整合材と第二の音響整合材の界面に対して斜めに入射する超音波成分が多くなることで、臨界角を越えて全反射する超音波が増えるために、音響整合層内で音波が多重反射してしまうことがある。そして、超音波が音響整合層を通過する時間にばらつきが生じてパルス幅が長くなったり、伝搬長が長くなったりすることによって、吸収散乱減衰が増大し、超音波の透過率が減少してしまうという問題があった。

30

さらに、反射しなかった超音波についても、先細柱状体の底部側から第二の音響整合材に入射した超音波と、先細柱状体の先端側から第二の音響整合材に入射した超音波とでは、各音響整合材の音速の違いにより第二の音響整合材の上面部に到達する時間が異なるため、これによってもパルス幅が長くなってしまおう問題があった。

【0018】

本発明の目的は、超音波の伝播損失が少なく、超音波の透過率が良好な超音波探触子及び超音波画像診断装置に関する技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

以上の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、
超音波を送受信する圧電素子部と、
平面状のレンズ面を有し、前記圧電素子部から送信された超音波を前記レンズ面から射出して所定の焦点距離に収束させる音響レンズと、

前記圧電素子部と前記音響レンズの間に配されて、前記圧電素子部と前記音響レンズの間での音響インピーダンスを整合させる整合層と、

を備えた超音波探触子において、

前記音響レンズと前記整合層の少なくとも一方が、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含む複数の層からなる積層構造を有することを特徴とする。

【0020】

40

50

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記音響レンズは、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含み、前記レンズ面と略直交する向きに積層された複数の層を備えており、

前記音響レンズの前記複数の層は、前記音響レンズの中央側から、前記音響レンズの厚み方向と交差する方向に離間するにつれて、超音波の伝播速度が速くなるように、前記複数の層における前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成が調整されて形成されていることを特徴とする。

【0021】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の超音波探触子において、

前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物中の金属イオン種を異ならせて、前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整していることを特徴とする。

10

【0022】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 2 又は 3 に記載の超音波探触子において、

前記音響レンズに含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることを特徴とする。

【0023】

請求項 5 に記載の発明は、

超音波を被検体に向けて送信し、その被検体から受信した超音波の反射波に応じて画像を形成する超音波画像診断装置において、

請求項 2～4 の何れか一項に記載の超音波探触子を備えることを特徴とする。

20

【0024】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 2～4 の何れか一項に記載の超音波探触子における音響レンズの製造方法であって、

前記音響レンズの中央部を成すレンズ基板の両面にそれぞれ、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥して形成した層上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥する工程を繰り返して、前記複数の層を形成することを特徴とする。

【0025】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 6 に記載の音響レンズの製造方法において、

前記音響レンズにおける複数の層の各層は、イオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液を、交互に塗布して乾燥することによって形成することを特徴とする。

30

【0026】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記整合層は、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含み、前記音響レンズのレンズ面と略平行に積層された複数の層を備えており、

前記整合層の前記複数の層は、前記圧電素子部と前記音響レンズの間の音響インピーダンスを段階的に変化させて整合させるように、前記複数の層における前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成が調整されて形成されていることを特徴とする。

【0027】

40

請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載の超音波探触子において、

前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物中の金属イオン種を異ならせて、前記イオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整していることを特徴とする。

【0028】

請求項 10 に記載の発明は、請求項 8 又は 9 に記載の超音波探触子において、

前記整合層に含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることを特徴とする。

【0029】

請求項 11 に記載の発明は、

超音波を被検体に向けて送信し、その被検体から受信した超音波の反射波に応じて画像

50

を形成する超音波画像診断装置において、

請求項 8 ～ 10 の何れか一項に記載の超音波探触子を備えることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

請求項 12 に記載の発明は、請求項 8 ～ 10 の何れか一項に記載の超音波探触子における整合層の製造方法であって、

所定の基板上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥して形成した層上に、イオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥する工程を繰り返して、前記複数の層を形成することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

10

請求項 13 に記載の発明は、請求項 12 に記載の整合層の製造方法において、

前記整合層における複数の層の各層は、イオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液を、交互に塗布して乾燥することによって形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 3 2 】

本発明によれば、超音波の伝播損失が少なく、超音波の透過率が良好な超音波探触子及び超音波画像診断装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 3 】

20

【図 1】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内部構成を示すブロック図である。

【図 3】超音波探触子を示す概略図である。

【図 4】音響レンズを示す概略斜視図である。

【図 5】音響レンズが超音波を収束させる原理を示す説明図である。

【図 6】音響レンズの製造工程を示す説明図 (a) (b) (c) である。

【図 7】実施形態 2 における超音波探触子を示す概略図である。

【図 8】実施形態 2 の比較例 4 における音響整合層の製造工程を示す説明図 (a) (b) (c) である。

【図 9】実施形態 2 の比較例 5 における音響整合層の製造装置 (成膜装置) を示す概略図である。

30

【図 10】実施形態 2 の比較例 5 における音響整合層の製造工程を示す説明図 (a) (b) (c) である。

【図 11】実施形態 2 の比較例 5 における音響整合層の製造工程を示す説明図 (a) (b) (c) である。

【図 12】実施形態 2 における超音波探触子に関し、各種整合層における周波数毎の振幅変化を d B にて標記したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 4 】

以下に、本発明を実施するための好ましい形態について図面を用いて説明する。但し、以下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい種々の限定が付されているが、発明の範囲を以下の実施形態及び図示例に限定するものではない。

40

【 0 0 3 5 】

(超音波画像診断装置)

超音波画像診断装置は、生体等の被検体に対して超音波 (超音波信号) を送信し、被検体内で反射した超音波の反射波 (エコー) を受信して、その受信波に基づき、被検体内の内部状態を超音波画像として画像化して表示する医療用の装置である。

図 1 は、本実施形態における超音波画像診断装置の外観構成を示す図である。図 2 は、本実施形態における超音波画像診断装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 6 】

超音波画像診断装置 100 は、図 1、図 2 に示すように、装置本体 10 と、装置本体 1

50

0 にケーブル 17 を介して接続された超音波探触子 1 (1 a) を備えている。

装置本体 10 は、例えば、操作入力部 11、送信回路 12、受信回路 13、画像処理部 14、表示部 15、制御部 16 等を備えている。

【0037】

超音波探触子 1 (1 a) は、被検体に対して超音波 (超音波信号) を送信し、被検体内で反射した超音波の反射波を受信する。超音波探触子 1 (1 a) は、ケーブル 17 を介して装置本体 10 と接続されており、送信回路 12、受信回路 13 と電氣的に接続されている。

【0038】

送信回路 12 は、制御部 16 の指令により、ケーブル 17 を介して超音波探触子 1 (1 a) に電気信号を送信し、超音波探触子 1 (1 a) から被検体に向けて超音波を送信させる。

10

受信回路 13 は、超音波探触子 1 (1 a) が受信した被検体内からの超音波の反射波に応じた電気信号を、制御部 16 の指令により、ケーブル 17 を介して超音波探触子 1 (1 a) から受信する。

【0039】

画像処理部 14 は、制御部 16 の指令により、受信回路 13 が受信した電気信号に基づいて被検体内の内部状態を超音波画像として画像化する。

表示部 15 は、制御部 16 の指令により、画像処理部 14 が画像化した超音波画像を表示する。この表示部 15 は、例えば、液晶パネルなどから成る。

20

【0040】

操作入力部 11 は、スイッチやキーボードなどから構成されており、ユーザが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を入力するために設けられている。

制御部 16 は、CPU、メモリなどから構成されており、操作入力部 11 から入力されたコマンド等に基づき、予めプログラムされた手順に従って超音波画像診断装置 100 (装置本体 10) の各部の制御を行う。

【0041】

(超音波探触子)

次に、超音波画像診断装置 100 の超音波探触子について説明する。

【0042】

30

[実施形態 1]

超音波画像診断装置 100 の超音波探触子の実施形態 1 について説明する。

なお、本実施形態では、単一の圧電素子で超音波の送受信を行う超音波探触子を例として説明するが、本発明はこれに限定されず、複数の圧電素子 (例えば、送信用圧電素子と受信用圧電素子) を有する超音波探触子にも適用できる。

また、以降の説明では各種方向を、図中の X、Y、Z で示す座標軸に基づいて説明する。X 軸方向はエレベーション方向、Y 軸方向は圧電素子の配列方向 (走査方向)、Z 軸正方向は超音波を送信する方向である。

【0043】

超音波探触子 1 は、例えば、図 3 に示すように、圧電素子層 5、整合層 6、音響レンズ 9 等を備えている。

40

具体的に、超音波探触子 1 は、パッキング材 2 の上に第 2 電極 25、圧電素子層 5、第 1 電極 56、整合層 6、音響レンズ 9 が順に、Z 軸方向に積層された構成を有している。

なお、第 2 電極 25、第 1 電極 56 は、他の構成層に比べて極薄い部材 (薄膜) であるため、図 3 中、界面における線状の部材として図示している。

【0044】

圧電素子層 5 は、例えば、ジルコン酸チタン酸鉛などの圧電材料から成る圧電素子であり、厚み方向の両面に対を成す第 1 電極 56、第 2 電極 23 を備えている。

この圧電素子層 5 の厚さは要求される送受信周波数により異なるが、概ね 100 ~ 2000 μm 程度である。

50

【 0 0 4 5 】

第 1 電極 5 6、第 2 電極 2 3 は、図示しないコネクタによってケーブル 1 7 と接続されており、ケーブル 1 7 を介して送信回路 1 2 と接続している。そして、送信回路 1 2 から第 1 電極 5 6 と第 2 電極 2 3 に電気信号が入力されると圧電素子が振動し、圧電素子層 5 から Z 軸正方向に超音波を送信するように構成されている。

また、第 1 電極 5 6、第 2 電極 2 3 は、図示しないコネクタによってケーブル 1 7 と接続されており、ケーブル 1 7 を介して受信回路 1 3 と接続している。そして、圧電素子層 5 が被検体で反射した超音波の反射波を受信して圧電素子が振動すると、その振動に応じて圧電素子を挟んだ第 1 電極 5 6 と第 2 電極 2 3 の間に電気信号が発生する。第 1 電極 5 6 と第 2 電極 2 3 の間に発生した電気信号は、ケーブル 1 7 を介して受信回路 1 3 で受信され、画像処理部 1 4 で画像化される。

10

この第 1 電極 5 6 と第 2 電極 2 3 は、圧電素子層 5 の両面にそれぞれ、金、銀、アルミなどの金属材料の薄膜が、蒸着法やフォトリソグラフィ法により成膜されて形成された電極である。

なお、第 1 電極 5 6、第 2 電極 2 3、圧電素子層 5 が積層された部分が圧電素子部として機能する。

【 0 0 4 6 】

整合層 6 は、例えば、被検体の一つである人体と圧電素子層 5 の音響インピーダンスの中間の音響インピーダンスを有し、圧電素子層 5 と音響レンズ 9 の間での音響インピーダンスの整合を図る機能を有する。整合層 6 は、例えば、樹脂材料を成型してなる部材である。

20

この整合層 6 に用いられる材料は、音響インピーダンスが $1.7 \sim 1.8$ 程度で、音速が人体に近い 1300 m/s 以上、 2200 m/s 以下の材料であることが好ましい。例えば、ポリメチルペンテンなどを好適に用いることができる。

【 0 0 4 7 】

上記した、第 1 電極 5 6 と第 2 電極 2 3 が形成された圧電素子層 5 と、整合層 6 が順に、バッキング材 2 の上に積層されて、それぞれが接着剤により接着されている。

そして、バッキング材 2 に圧電素子層 5 と整合層 6 を接着した後、整合層 6 側から超音波放射方向と反対の方向に向かってダイシングが行われて、バッキング材 2 と第 2 電極 2 5 の接着面からさらに Z 軸負方向に $100 \mu\text{m}$ の深さの溝部（図示省略）が形成されている。そのダイシングによって形成された溝部（図示省略）に、シリコン樹脂などから成る充填剤を充填した後、整合層 6 の上の最上層に音響レンズ 9 が接着されて積層される。

30

【 0 0 4 8 】

音響レンズ 9 は、圧電素子層 5 から送信された超音波を所定の焦点距離に収束させる機能を有する。なお、音響レンズ 9 は、少なくとも一つの方向（本実施形態では X 軸方向）について超音波を集束させる機能を有していればよく、必ずしも超音波を 1 点に集束させるものでなくてもよい。

音響レンズ 9 は、図 3、図 4 に示すように、中央部 7 と、中央部 7 の両側にそれぞれ配された周辺部 8 とから構成されている。

なお、以降の説明では各種方向を、図中の X、Y、Z で示す座標軸に基づいて説明する。X 軸方向はエレベーション方向（ダイシングを行う方向）であり、Z 軸正方向は超音波を送信する方向である。

40

【 0 0 4 9 】

音響レンズ 9 は、図 4 に示すように、X 軸方向の幅が W、Z 軸方向の幅（厚さ）が H、Y 軸方向の幅が L の直方体形状を呈している。Z 軸と直交する配置で対を成す 2 面のうち、Z 軸負方向の下面は、図示しない圧電素子から放射した超音波が入射させるレンズ面であり、Z 軸正方向の上面は図示しない被検体に密着させ被検体の内部に超音波を放射させるレンズ面である。この Z 軸方向の両面で対を成す 2 面のレンズ面はともに X - Y 面に平行な平面状に形成されている。

【 0 0 5 0 】

50

音響レンズ 9 は、樹脂材料から成る中央部 7 と、中央部 7 の樹脂材料よりも超音波の伝播速度（音速ともいう）が速い樹脂材料から成り、複数の層からなる積層構造を有する周辺部 8 を備えている。

この音響レンズ 9 の周辺部 8 は、レンズ面（X - Y 面）と略直交する向きであって、Y - Z 面に平行に積層された複数の層を備えている。本実施形態における周辺部 8 は、例えば、中央部 7 を挟んだ両側に配され、それぞれ Y - Z 面に平行に積層された 20 層を有している。

具体的に、周辺部 8 は、図 4 に示すように、X 軸方向に沿い中央部 7 側から離間する方向に同じ幅 w で形成され、Y - Z 平面に平行に積層された層 8 a ~ 層 8 t の 20 層を有している。なお、図 3、図 4 においては周辺部 8 の図示を簡略化しており、20 層分の図示は省略している。

また、中央部 7 の X 軸方向の幅は W_0 、中央部 7 を挟む周辺部 8 の X 軸方向の幅はそれぞれ W_1 、中央部 7 と周辺部 8 の Z 軸方向の幅（厚さ）はともに H である。

【0051】

この音響レンズ 9 は、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含むように形成されており、特に、音響レンズ 9 の周辺部 8 を形成する樹脂材料に、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含む樹脂材料が用いられている。

音響レンズ 9 に含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることが好ましい。

【0052】

そして、周辺部 8 の層 8 a ~ 層 8 t は、中央部 7 からの距離が遠い層ほど音速の速い樹脂材料から形成されている。

例えば、中央部 7 が音速 V_1 の樹脂材料から形成されているとすると、周辺部 8 の層 8 a は音速 V_1 より速い音速 V_a の樹脂材料から成る。また、周辺部 8 の層 8 b は音速 V_a より速い音速 V_b の樹脂材料から成る。同様に繰り返すようにして、周辺部 8 の層 8 s は音速 V_r より速い音速 V_s の樹脂材料から成り、周辺部 8 の層 8 t は音速 V_s より速い音速 V_t の樹脂材料から成る。この最も外側の層 8 t は音響レンズ 9 の中で最も速い音速 V_t の樹脂材料から成る。

【0053】

ここで、図 5 に基づき、本発明の音響レンズ 9 が超音波を収束させる原理を説明する。図 5 では説明を簡単にするため、周辺部 8 が全て同じ材料で形成されている場合を例に説明する。

中央部 7 は音速 V_1 の材料から成り、周辺部 8 は音速 V_1 より速い音速 V_2 の材料から成るものとする。また、音響レンズ 9 の Z 軸正方向のレンズ面は図示しない容器に貯えられた音速 V_0 の液体に接しているものとする。

【0054】

I_2 は、中央部 7 の中央から入射した超音波が、中央部 7 を通過し液体中を進行する状態を示している。 I_1 は、図中左側の周辺部 8 の中央から入射した超音波が、周辺部 8 を通過し液体中を進行し、焦点距離 f の位置（点 q ）で I_2 と収束する状態を示している。 x は音響レンズ 7 に入射した I_1 と I_2 との距離である。

【0055】

周辺部 8 の音速 V_2 は、中央部 7 の音速 V_1 より速いので、周辺部 8 から入射した超音波は、同時に中央部 7 から入射した超音波より早く液体に到達し、液体中を同心円状に波面が進行する。

周辺部 8 から入射した超音波と中央部 7 から入射した超音波の音響レンズ 9 を通過する時間差 t_1 は下記の式（1）で求めることができる。

【0056】

10

20

30

40

【数 1】

$$t_1 = \left(\frac{H}{V_1} - \frac{H}{V_2} \right) \quad \cdots(1)$$

【0057】

図5のmは時間差 t_1 の間に周辺部8から入射した超音波が液体中を進行する距離である。液体の音速を V_0 とすると、距離mは下記の式(2)で求めることができる。

$$m = V_0 \times t_1 \quad \cdots(2)$$

図中左側の周辺部8の中央から入射した超音波は、距離mを進行した後、中央部7の中央から入射した超音波と同じ距離fを進行し点qに収束する。焦点距離fはピタゴラスの定理を用いて下記の式(3)で求めることができる。

$$f = (x^2 - m^2) / 2m \quad \cdots(3)$$

この式(3)に式(1)、式(2)を代入すると、焦点距離fは下記の式(4)で求めることができる。

なお、Hは音響レンズ9のZ軸方向の幅(厚み)、 V_1 は中央部7の音速、 V_2 は周辺部8の音速、 V_0 は液体の音速である。

【0058】

【数 2】

$$f = \left\{ x^2 - V_0^2 \left(\frac{H}{V_1} - \frac{H}{V_2} \right)^2 \right\} / 2V_0 \left(\frac{H}{V_1} - \frac{H}{V_2} \right) \quad \cdots(4)$$

【0059】

このように、中央部7と周辺部8の音速の差によって、中央部7から入射した超音波 I_2 と周辺部8から入射した超音波 I_1 を一点(点q)に収束させることができる。

例えば、 $V_0 = 1530 \text{ m/sec}$ 、 $V_1 = 2500 \text{ m/sec}$ 、 $H = 2.5 \text{ mm}$ 、 $x = 3 \text{ mm}$ 、 $V_2 = 2771 \text{ m/sec}$ とすると、焦点距離fは $f = 30 \text{ mm}$ である。また、他の値は同じで $H = 5 \text{ mm}$ に変更すると、焦点距離fは $f = 14.9 \text{ mm}$ になる。

【0060】

そして、図4に示すように、周辺部8が中央部7を挟んだ両側の20層から構成される場合は、中央部7から入射した超音波と平行に周辺部8の各層(8a~8t)に入射した超音波が一点に収束するよう各層(8a~8t)の音速を設定する。

例えば、焦点距離fに収束する周辺部8を形成する樹脂材料の音速 V_2 は、下記の式(5)で求めることができる。

【0061】

【数 3】

$$V_2 = \frac{H}{\frac{H}{V_1} - \frac{\sqrt{f^2 + x^2} - f}{V_0}} \quad \cdots(5)$$

【0062】

例えば、焦点距離 $f = 30 \text{ mm}$ 、 $V_0 = 1530 \text{ m/sec}$ 、 $V_1 = 2500 \text{ m/sec}$ 、 $H = 2.5 \text{ mm}$ 、 $x = 3 \text{ mm}$ とすると、 $V_2 = 2771 \text{ m/sec}$ である。

同様に式(5)を用いて、同じ焦点距離fに超音波を収束させる層8a~層8tを形成するための樹脂材料の音速 $V_a \sim V_t$ を求めることができる。

なお、後述するように、音速の異なる樹脂材料は、イオン性ポリマーの金属イオン架橋

物中の金属イオン種を異ならせて、周辺部 8 の各層を構成するイオン性ポリマーの金属イオン架橋物の組成を調整することにより得ることができる（表 1 A、1 B 参照）。

【0063】

次に、音響レンズ 9 の製造方法について説明する。

【0064】

まず、音響レンズ 9 の中央部 7 となるレンズ基板 7 a を用意する。

中央部 7 となるレンズ基板 7 a は、例えば、図 6 (a) に示すように、幅 L、高さ W 0、奥行き M の長方体形状を呈する樹脂基板である。このレンズ基板 7 a の大きさは特に限定されないが、一例としては、 $L = 100\text{ mm}$ 、 $M = 150\text{ mm}$ 、 $W 0 = 2\text{ mm}$ のサイズを有する。

中央部 7 となるレンズ基板 7 a を形成する材料には、各種樹脂材料を用いることができるが、超音波の減衰特性に関し、周波数 5 MHz で 2 dB / cm 以下の樹脂材料が好ましい。例えば、メチルペンテン、スチレン、メチルメタクリレート、カーボネート、プロピレンなどの重合体または共重合体を用いることができる。

このレンズ基板 7 a は、例えば、金型に樹脂材料を注型して作製することができる。

【0065】

次いで、レンズ基板 7 a の両面に、中央部 7 (レンズ基板 7 a) よりも速い音速が得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥させて、樹脂材料を加熱硬化させることで、所定の厚み w を有する層 8 a を形成する。さらに、層 8 a よりも速い音速が得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥させて、樹脂材料を加熱硬化させることで、所定の厚み w を有する層 8 b を形成する。このように各層を形成する工程を繰り返して、図 6 (b) に示すように、層 8 s よりも速い音速が得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し加熱硬化させて層 8 t まで形成する。

なお、レンズ基板 7 a の一方の面に層 8 a ~ 層 8 t を形成した後、レンズ基板 7 a を反転させて、そのレンズ基板 7 a の他方の面に層 8 a ~ 層 8 t を形成するようにしてもよく、また、レンズ基板 7 a の反転を、樹脂層 (層 8 a ~ 層 8 t) を 1 層形成する毎に行い、レンズ基板 7 a の両面に対し層 8 a ~ 層 8 t を 1 層ずつ順に形成するようにしてもよい。

【0066】

次いで、図 6 (b) に示したような、レンズ基板 7 a の両面に層 8 a ~ 層 8 t が形成された積層体から音響レンズ 9 を切り出す。この際、レンズ面の間隔が所定の厚み H となるように、各層 (8 a ~ 8 t) を積層した面に直交する面 (X - Y 面) に沿い、積層体を X 軸方向にダイシングする切断を行って、図 6 (c) に示すように、音響レンズ 9 を切り出す。その切り出した切断面を研磨して音響レンズ 9 が形成される。この図 6 (c) に示す音響レンズ 9 は、図 4 に示した音響レンズ 9 と同一形状である。

なお、音響レンズ 9 を切り出す切断法としては、ダイシングソー、レーザーカッター、超音波カッター、高圧水カッターなどを用いることができる。

【0067】

このように、音響レンズ 9 は、被検体と接触する面を被検体に密着させやすい平面形状にしたレンズ面を有するとともに、超音波の伝播速度 (音速) が異なり中央部 7 から X 軸方向に離間した層ほど音速が速い複数の層 (8 a ~ 8 t) を有する周辺部 8 を備えた構成をとることにより、音響レンズ 9 のレンズ面から放射する超音波を所定の距離に収束させることを可能にしている。

【0068】

また、この音響レンズ 9 は、シリコーンゴムから成り凸形状を有する音響レンズに比べて、被検体と接触するレンズ面が磨耗しにくい。それにより、超音波探触子 1 を長期に亘って使用した場合でも、音響レンズ 9 のレンズ面が徐々に磨耗し、フォーカス位置が当初の設計からずれてしまうという問題が生じにくい。

【0069】

また、この音響レンズ 9 に用いる樹脂材料は、シリコーンゴムに比べてガスや液体を透過しにくいので、音響レンズ 9 が被検体と接するレンズ面から消毒用のガスや液体などが侵入して、超音波探触子 1 の特性が悪化するという問題が生じにくい。

【0070】

また、この音響レンズ 9 に用いる樹脂材料は、シリコーンゴムに比べて伝播損失の少ない樹脂材料であるので、減衰の少ない音響レンズ 9 を作製することができる。特に、周波数 5 MHz で 2 dB / cm 以下の樹脂材料を用いることにより、高調波信号を利用するアレイ型超音波探触子に好適な音響レンズ 9 を作製することができる。

【0071】

次に、具体的な実施例 1 ~ 3 を挙げて、本発明に係る超音波探触子 1 における音響レンズ 9 の製造方法について説明する。但し、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

10

【0072】

まず、音響レンズ 9 の周辺部 8 の各層 (8 a ~ 8 t) を形成するための各種塗工液 (1) ~ (6) を以下のように調整する。なお、表 1 A、表 1 B に、周辺部 8 の各層 (8 a ~ 8 t) を形成するための各種塗工液の配合等の具体例を示している。

【0073】

(1) イオン性ポリマー水溶液 (P - 1)

ポリエチレン製ビーカー中に、数平均分子量 25 万のポリアクリル酸を 31.4 g 含む水溶液 500 cc と、NaOH を 20 g 含む水溶液 250 cc を投入し、十分に攪拌・溶解して、イオン性ポリマー水溶液 (P - 1) を得た。

20

【0074】

(2) イオン性ポリマー水溶液 (P - 2)

ポリエチレン製ビーカー中に、数平均分子量 25 万のポリアクリル酸を 31.4 g 含む水溶液 500 cc と、水 250 cc を投入し、十分に攪拌・溶解して、イオン性ポリマー水溶液 (P - 2) を得た。

【0075】

(3) イオン性ポリマー水溶液に混入して用いる金属化合物コロイド分散溶液 (M - 1)

30 % 水分散ジルコアニゾル (ナノユース ZR - 30BF ; 日産化学社製) 520 g に水を加えて総量 500 cc として、金属化合物コロイド分散溶液 (M - 1) を得た。

30

【0076】

(4) 架橋イオン水溶液・架橋剤溶液 (I - 1)

64 g の $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を水に溶解し、総量 500 cc として、架橋剤溶液 (I - 1) を得た。

【0077】

(5) 架橋イオン水溶液・架橋剤溶液 (I - 2)

23 g の AlCl_3 を水に溶解し、総量 500 cc として、架橋剤溶液 (I - 2) を得た。

【0078】

(6) 架橋イオン水溶液・架橋剤溶液 (I - 3)

15.5 g のエチレンジアミンを水に溶解し、総量 500 cc として、架橋剤溶液 (I - 3) を得た。

40

【0079】

【表 1 A】

	実施例1		実施例2		実施例3	
	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液
第1層(8a)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)
第2層(8b)	P-2(100)	I-2(2)/水(98) I-3(100)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)
第3層(8c)	P-2(100)	I-2(4)/水(96) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)
第4層(8d)	P-2(100)	I-2(6)/水(94) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(35)/水(65)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(35)/水(65)
第5層(8e)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)
第6層(8f)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(10)/水(90) I-3(100)	P-1(100)	I-2(65)/水(35)	P-1(100)	I-2(65)/水(35)
第7層(8g)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(12)/水(88) I-3(100)	P-1(100)	I-2(80)/水(20)	P-1(100)	I-2(100)
第8層(8h)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(14)/水(86) I-3(100)	P-1(100)	I-2(100)	P-1(100)	I-1(4)/水(96) I-2(100)
第9層(8i)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(16)/水(84) I-3(100)	P-1(100)	I-1(2)/水(98) I-2(100)	P-1(100)	I-1(10)/水(90) I-2(100)
第10層(8j)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)	P-1(100)	I-1(4)/水(96) I-2(100)	P-1(100)	I-1(32)/水(68)

【表 1 B】

	実施例1		実施例2		実施例3	
	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液
第11層(8k)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(21)/水(79) I-3(100)	P-1(100)	I-1(6)/水(94) I-2(100)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)
第12層(8l)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(24)/水(76) I-3(100)	P-1(100)	I-1(10)/水(90) I-2(100)	P-1(100)	I-1(100)
第13層(8m)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(28)/水(72)	P-1(100)	I-1(28)/水(72)	P-1(100)	I-1(100)
第14層(8n)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(32)/水(68)	P-1(100)	I-1(32)/水(68)	P-1(90)/M-1(10)	I-1(100)
第15層(8o)	P-1(100)	I-2(40)/水(60)	P-1(100)	I-1(40)/水(60)	P-1(75)/M-1(25)	I-1(100)
第16層(8p)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)	P-1(100)	I-1(50)/水(50)	P-1(65)/M-1(35)	I-1(100)
第17層(8q)	P-1(100)	I-2(63)/水(37)	P-1(100)	I-1(63)/水(37)	P-1(55)/M-1(45)	I-1(100)
第18層(8r)	P-1(100)	I-2(80)/水(20)	P-1(100)	I-1(80)/水(20)	P-1(45)/M-1(55)	I-1(100)
第19層(8s)	P-1(100)	I-2(100)	P-1(100)	I-1(100)	P-1(30)/M-1(70)	I-1(100)
第20層(8t)	P-1(100)	I-2(100)	P-1(100)	I-1(100)	P-1(30)/M-1(70)	I-1(100)

10

20

30

40

【 0 0 8 1 】

[実施例 1]

常法の注型加工法によって、100mm×150mm、厚さ2mmのスチレン/ジビニ

50

ルベンゼン（ 95 / 5 ; 重量比 ）の樹脂製基板を形成し、音響レンズ 9 の中央部 7 となるレンズ基板 7 a を得た。

このレンズ基板 7 a の両面に、まず第 1 層目としての層 8 a を形成した。

具体的には、レンズ基板 7 a 上に、乾燥後の厚みが 100 μ m となるようにイオン性ポリマー水溶液（ P - 2 ）をコーティングした後、120 で乾燥し、更にこの上に、ウェット厚が 100 μ m となるように架橋剤溶液（ I - 3 ）を塗布し、120 で乾燥を行うことでイオン架橋を行い、加熱硬化させた層 8 a を形成した。その後、第 1 層目の層 8 a を充分水洗し、未反応物および副生成した塩を除去した。

続いて、第 1 層目の層 8 a 上に、第 2 層目の層 8 b を第 1 層目と同様に形成し、第 2 層目以降の各層（ 8 b ~ 8 t ）を順次形成した。なお、第 1 層目の層 8 a から第 20 層目の層 8 t を形成するために用いるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせは、表 1 A、表 1 B に示している。この表中における括弧内の数値は、各溶液の体積比を表している。また、この表中で上下 2 段に区切られているものは、その何れの溶液を用いてもよい。

【 0082 】

こうしてレンズ基板 7 a の両面に層 8 a ~ 層 8 t を形成した積層体を、5 . 5 mm 厚で切断し、その切断面を研磨することで、厚さ 5 mm、100 × 6 mm の音響レンズ 9 を得た。この音響レンズ 9 の焦点距離は、30 mm であった。

【 0083 】

[実施例 2]

実施例 1 と同様に、表 1 A、表 1 B に示す実施例 2 におけるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせで、レンズ基板 7 a の両面に層 8 a ~ 層 8 t を形成し、その積層体を 4 mm 厚で切断し、その切断面を研磨することで、厚さ 3 . 5 mm、100 × 6 mm の音響レンズ 9 を得た。実施例 2 の音響レンズ 9 の焦点距離は、30 mm であった。

【 0084 】

[実施例 3]

実施例 1 と同様に、表 1 A、表 1 B に示す実施例 3 におけるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせで、レンズ基板 7 a の両面に層 8 a ~ 層 8 t を形成し、その積層体を 3 mm 厚で切断し、その切断面を研磨することで、厚さ 2 . 5 mm、100 × 6 mm の音響レンズ 9 を得た。実施例 3 の音響レンズ 9 の焦点距離は、30 mm であった。

【 0085 】

[比較例 1]

シリコンゴムを常法により成型して、曲率半径 10 mm の凸面形状のレンズ面を有し、焦点距離 30 mm の単一材料構成からなる音響レンズを得た。

【 0086 】

[比較例 2]

周辺部の積層総数を、特許文献 3 「特開 2010 - 252065 号公報」の表 2 に示す通りに 10 層とするとともに、1 層毎の乾燥後の厚みを 200 μ m とした以外は実施例 1 と同様にして積層体を得て、これを切断、研磨することによって、厚さ 2 . 5 mm の音響レンズを得た。

【 0087 】

以上のように形成した実施例 1 ~ 3 の音響レンズ 9 の音波減衰特性は各々、6 . 8 dB / 15 MHz、6 . 1 dB / 15 MHz、6 . 8 dB / 15 MHz であった。

これに対し、同一の焦点距離を有する比較例 1、比較例 2 の音響レンズの減衰特性は、21 . 3 dB / 15 MHz、8 . 3 dB / 15 MHz であったので、本発明の音響レンズ 9 は、優れた低減衰特性を有していることがわかる。

【 0088 】

また、音響レンズのレンズ面を、不織布ワイパー（ベンコット；旭化成社製）で 50 g

10

20

30

40

50

の荷重を掛けて、５０００回の摩擦試験を行った後、再度焦点距離を測定したところ、本発明の実施例１～３の音響レンズ９の焦点距離に変化が無かったことに対し、シリコンゴム製の音響レンズ（従来品）は摩耗が生じたことに起因して、焦点距離が３０ｍｍから４１ｍｍに変化してしまった。

【００８９】

このように、本発明の音響レンズ９は、超音波の伝播損失が少なく、超音波の透過率が良好であり、高い周波数でも送受信可能であって耐久性が高いという優れた性能を有しているので、超音波探触子１及び超音波画像診断装置１００に関する技術を向上させることができる。

【００９０】

[実施形態２]

超音波画像診断装置１００の超音波探触子の実施形態２について説明する。なお、実施形態１と同様の構成については、同符号を付して説明を割愛する。

【００９１】

超音波探触子１ａは、例えば、図７に示すように、圧電素子層５、整合層６６、音響レンズ９９等を備えている。

具体的に、超音波探触子１ａは、バッキング材２の上に第２電極２５、圧電素子層５、第１電極５６、整合層６６、音響レンズ９９が順に、Ｚ軸方向に積層された構成を有している。

なお、音響レンズ９９は、実施形態１の音響レンズ９と同様のものであっても、その他周知の音響レンズであってもよい。また、超音波探触子１ａは、場合によって音響レンズのない構成をとることも可能である。本発明の実施例においては、整合層の効果により明確化するため、音響レンズのない構成にて説明するが、本発明はこの構成に限定されない。

【００９２】

整合層６６は、例えば、被検体の一つである人体と圧電素子層５の音響インピーダンスの中間の音響インピーダンスを有し、圧電素子層５と音響レンズ９９の間での音響インピーダンスの整合を図る機能を有する。

特に、整合層６６は、少なくともイオン性ポリマーの金属イオン架橋物を含むように形成されており、複数の層からなる積層構造を有している。

整合層６６に含まれているイオン性ポリマーの金属イオン架橋物におけるイオン性ポリマーは、アクリル酸重合体またはアクリル酸共重合体であることが好ましい。

【００９３】

具体的に、整合層６６は、レンズ面（Ｘ－Ｙ面）と略平行に積層された複数の層を備えている。本実施形態における整合層６６は、例えば、圧電素子層５側の層６ａから音響レンズ９９側の層６ｔまでが積層された２０層を有している。なお、図７においては整合層６６の図示を簡略化しており、２０層分の図示は省略している。

【００９４】

この整合層６６の複数の層（６ａ～６ｔ）は、圧電素子層５と音響レンズ９９の間の音響インピーダンスを段階的に変化させて整合させるようになっている。

つまり、圧電素子層５側の層６ａは、比較的圧電素子層５の音響インピーダンスに近い値の音響インピーダンスを有しており、音響レンズ９９側の層６ｔは、比較的音響レンズ９９の音響インピーダンスに近い値の音響インピーダンスを有している。そして、整合層６６の層６ａから層６ｔにかけて、音響インピーダンスの値が段階的に変化するようにして、その整合が図られている。

【００９５】

例えば、整合層６６の層６ａ～層６ｔは、下層側である圧電素子層５側の層６ａほど、重く、硬い樹脂材料で形成されている。

なお、後述するように、比重や硬度が異なる樹脂材料は、イオン性ポリマーの金属イオン架橋物中の金属イオン種を異ならせて、整合層６６の各層を構成するイオン性ポリマー

10

20

30

40

50

の金属イオン架橋物の組成を調整することにより得ることができる（表 2 A、2 B 参照）。

【0096】

次に、整合層 6 6 の製造方法について説明する。

【0097】

整合層 6 6 を形成するための所定の作業用基板（例えば、ガラス基板）上に、比較的高い硬度であって圧電素子層 5 の音響インピーダンスに近い値の音響インピーダンスが得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥させて、樹脂材料を加熱硬化させることで、所定の厚みを有する層 6 a を形成する。さらに、層 6 a よりも低い硬度が得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し乾燥させて、樹脂材料を加熱硬化させることで、所定の厚みを有する層 6 b を形成する。このように各層を形成する工程を繰り返して、層 6 s よりも低い硬度が得られ、音響レンズ 9 9 の音響インピーダンスに近い値の音響インピーダンスが得られる配合に調整されているイオン性ポリマー溶液および金属イオンを含有している架橋剤溶液を塗布し加熱硬化させて層 6 t まで形成する。

なお、層 6 t から層 6 a の順で積層して整合層 6 6 を作製するようにしてもよい。

【0098】

次いで、層 6 a ~ 層 6 t が形成された積層体から整合層 6 6 を所定のサイズに切り出す。その切り出した切断面を研磨して整合層 6 6 が形成される。

なお、整合層 6 6 を切り出す切断法としては、ダイシングソー、レーザーカッター、超音波カッター、高圧水カッターなどを用いることができる。

【0099】

次に、具体的な実施例 4 ~ 6 を挙げて、本発明に係る超音波探触子 1 a における整合層 6 6 の製造方法について説明する。但し、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0100】

まず、整合層 6 6 の各層（6 a ~ 6 t）を形成するための各種塗工液（7）~（12）を以下のように調整する。なお、表 2 A、表 2 B に、整合層 6 6 の各層（6 a ~ 6 t）を形成するための各種塗工液の配合等の具体例を示している。

【0101】

（7）イオン性ポリマー水溶液（P - 1）

ポリエチレン製ビーカー中に、数平均分子量 25 万のポリアクリル酸を 31.4 g 含む水溶液 1000 cc と、NaOH を 20 g 含む水溶液 500 cc を投入し、十分に攪拌・溶解して、イオン性ポリマー水溶液（P - 1）を得た。

【0102】

（8）イオン性ポリマー水溶液（P - 2）

ポリエチレン製ビーカー中に、数平均分子量 25 万のポリアクリル酸を 31.4 g 含む水溶液 1000 cc と、水 500 cc を投入し、十分に攪拌・溶解して、イオン性ポリマー水溶液（P - 2）を得た。

【0103】

（9）イオン性ポリマー水溶液に混入して用いる金属化合物コロイド分散溶液（M - 1）

30%水分散ジルコアニゾル（ナノユース ZR - 30BF；日産化学社製）520 g に水を加えて総量 1000 cc として、金属化合物コロイド分散溶液（M - 1）を得た。

【0104】

（10）架橋イオン水溶液・架橋剤溶液（I - 1）

64 g の $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を水に溶解し、総量 1000 cc として、架橋剤溶液（I - 1）を得た。

【0105】

（11）架橋イオン水溶液・架橋剤溶液（I - 2）

10

20

30

40

50

23 g の AlCl_3 を水に溶解し、総量 1000 cc として、架橋剤溶液 (I - 2) を得た。

【0106】

(12) 架橋イオン水溶液・架橋剤溶液 (I - 3)

15.5 g のエチレンジアミンを水に溶解し、総量 1000 cc として、架橋剤溶液 (I - 3) を得た。

【0107】

【表 2 A】

	実施例4		実施例5		実施例6	
	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液
第1層(6a)	P-1(100)	I-2(100)	P-1(100)	I-1(100)	P-1(30)/M-1(70)	I-1(100)
第2層(6b)	P-1(100)	I-2(80)/水(20)	P-1(100)	I-1(80)/水(20)	P-1(45)/M-1(55)	I-1(100)
第3層(6c)	P-1(100)	I-2(63)/水(37)	P-1(100)	I-1(63)/水(37)	P-1(55)/M-1(45)	I-1(100)
第4層(6d)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)	P-1(100)	I-1(50)/水(50)	P-1(65)/M-1(35)	I-1(100)
第5層(6e)	P-1(100)	I-2(40)/水(60)	P-1(100)	I-1(40)/水(60)	P-1(75)/M-1(25)	I-1(100)
第6層(6f)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(32)/水(68)	P-1(100)	I-1(32)/水(68)	P-1(90)/M-1(10)	I-1(100)
第7層(6g)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(28)/水(72)	P-1(100)	I-1(28)/水(72)	P-1(100)	I-1(100)
第8層(6h)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(24)/水(76) I-3(100)	P-1(100)	I-1(10)/水(90) I-2(100)	P-1(100)	I-1(100)
第9層(6i)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(21)/水(79) I-3(100)	P-1(100)	I-1(6)/水(94) I-2(100)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)
第10層(6j)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)	P-1(100)	I-1(4)/水(96) I-2(100)	P-1(100)	I-1(32)/水(68)

【表 2 B】

	実施例4		実施例5		実施例6	
	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液	ポリマー溶液	架橋剤溶液
第11層(6k)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(16)/水(84) I-3(100)	P-1(100)	I-1(2)/水(98) I-2(100)	P-1(100)	I-1(10)/水(90) I-2(100)
第12層(6l)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(14)/水(86) I-3(100)	P-1(100)	I-2(100)	P-1(100)	I-1(4)/水(96) I-2(100)
第13層(6m)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(12)/水(88) I-3(100)	P-1(100)	I-2(80)/水(20)	P-1(100)	I-2(100)
第14層(6n)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(10)/水(90) I-3(100)	P-1(100)	I-2(65)/水(35)	P-1(100)	I-2(65)/水(35)
第15層(6o)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)	P-1(100)	I-2(50)/水(50)
第16層(6p)	P-2(100)	I-2(6)/水(94) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(35)/水(65)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(35)/水(65)
第17層(6q)	P-2(100)	I-2(4)/水(96) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)	P-1(50)/P-2(50)	I-2(19)/水(81) I-3(100)
第18層(6r)	P-2(100)	I-2(2)/水(98) I-3(100)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)	P-2(100)	I-2(8)/水(92) I-3(100)
第19層(6s)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)
第20層(6t)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)	P-2(100)	I-3(100)

【 0 1 0 9 】

[実施例 4]

ガラス基板上に、まず第1層目としての層6aを形成した。

10

20

30

40

50

具体的には、ガラス基板の上面に、ウェット厚が $100\ \mu\text{m}$ となるようにイオン性ポリマー水溶液 (P - 1) をコーティングした後、 120°C で乾燥し、更にこの上に、ウェット厚が $100\ \mu\text{m}$ となるように架橋剤溶液 (I - 2) を塗布し、 120°C で乾燥を行うことでイオン架橋を行い、加熱硬化させた層 6 a を形成した。その後、第 1 層目の層 6 a を充分水洗し、未反応物および副生成した塩を除去した。

続いて、第 1 層目の層 6 a 上に、第 2 層目の層 6 b を第 1 層目と同様に形成し、第 2 層目以降の各層 (6 b ~ 6 t) を順次形成した。なお、第 1 層目の層 6 a から第 20 層目の層 6 t を形成するために用いるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせは、表 2 A、表 2 B に示している。この表中における括弧内の数値は、各溶液の体積比を表している。また、この表中で上下 2 段に区切られているものは、その何れの溶液を用いてもよい。

【0110】

こうして層 6 a ~ 層 6 t を積層して形成した積層体を所定のサイズに切断し、その切断面を研磨することで、実施例 4 の整合層 6 6 を得た。

【0111】

[実施例 5]

実施例 4 と同様に、表 2 A、表 2 B に示す実施例 5 におけるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせで、層 6 a ~ 層 6 t を形成し、その積層体を所定のサイズに切断し、その切断面を研磨することで、実施例 5 の整合層 6 6 を得た。

【0112】

[実施例 6]

実施例 4 と同様に、表 2 A、表 2 B に示す実施例 6 におけるイオン性ポリマー溶液と、金属イオンを含有している架橋剤溶液の組み合わせで、層 6 a ~ 層 6 t を形成し、その積層体を所定のサイズに切断し、その切断面を研磨することで、実施例 6 の整合層 6 6 を得た。

【0113】

[比較例 3]

比較例 3 として、従来公知技術によって音響整合層を作製した。

常法により厚さ $61\ \mu\text{m}$ の充填エポキシ樹脂 (音響インピーダンス: $8.8\ \text{MRayls}$) と、厚さ $72\ \mu\text{m}$ のポリウレタン (音響インピーダンス: $2.3\ \text{MRayls}$) の整合層材料を接着して、2 層構成からなる音響整合層を得た。

【0114】

[比較例 4]

比較例 4 として、特開平 11 - 89835 号公報 (特許文献 5) に記載の方法によって音響整合層を作製した。

まず、図 8 (a) に示すように、第一の音響整合材で多数の先細柱状体 6 0 を作製した。第一の音響整合材としては音響インピーダンスが $8.8\ \text{MRayls}$ の充填エポキシ樹脂を用いた。この先細柱状体 6 0 は、図 8 (a) に示すように、圧電素子層 5 側となる面の断面積が大きく且つ被検体側 (音響レンズ 9 9 側) となる面の断面積が小さく形成されるとともに、超音波の波長よりも短い間隔でマトリクス状に多数配列するように形成した。特に、多数の先細柱状体 6 0 は、母線が指数関数で表される錐状となるように形成した。なお、この先細柱状体 6 0 は、ベース部材 6 0 0 の上面を機械加工により研削して形成した。

次いで、図 8 (b) に示すように、第一の音響整合材で作製された多数の先細柱状体 6 0 間の隙間に、第二の音響整合材 6 9 を充填させて固化した。第二の音響整合材 6 9 としては音響インピーダンスが $2.3\ \text{MRayls}$ のポリウレタンを用いた。これにより、図 8 (b) に示すように、第一の音響整合材で作製された多数の先細柱状体 6 0 間の隙間が総て第二の音響整合材 6 9 で埋められる。

次いで、第一の音響整合材で作製された多数の先細柱状体 6 0 間の隙間を総て第二の音

響整合材 6 9 で埋めたものを、厚さ 3 mm に仕上げて音響整合層を完成させた。なお、図 8 (c) に示すように、ベース部材 6 0 0 の下面を削るなどして所定の厚さに仕上げ、第一の音響整合材と第二の音響整合材との複合材から成る音響整合層を得た。

【 0 1 1 5 】

[比較例 5]

比較例 5 として、特開 2 0 0 6 - 1 0 1 2 0 4 号公報 (特許文献 4) に記載の方法によって音響整合層を作製した。この比較例 5 において製造される音響整合層は、対象となる振動子の圧電素子部 (圧電素子層) 上に形成した。

図 9 は、比較例 5 の音響整合層を製造する際に用いられる成膜装置の構成を示す模式図である。この成膜装置は、原料の粉体 (成膜粉) を下層に吹き付けて堆積させるエアロゾルデポジション (A D) 法を用いている。なお、この成膜装置の詳細は特許文献 4 に記載されている。

まず、図 1 0 (a) に示すように、P Z T 部材 6 1 に電極層 6 2 を形成したものを用意し、電極層 6 2 側を成膜面として、図 9 に示した成膜装置の基板ステージ 2 3 にセットする。P Z T 部材 6 1 としては、P Z T 板材を用いた。また、電極層 6 2 は、P Z T 部材 6 1 上にスパッタリングにより白金の導電膜を成膜することによって形成した。なお、電極層 6 2 の厚さは 2 0 0 nm とした。

次いで、図 9 に示した成膜装置において、音響整合層を作製するための 2 種類の成膜粉のうち、一方 (材料 A) をエアロゾル生成室 2 4 a に配置し、他方 (材料 B) をエアロゾル生成室 2 4 b に配置した。材料 A として P Z T を用い、材料 B としてポーラスアルミナを用いた。さらに、エアロゾル生成室 2 4 a 及び 2 4 b において、エアロゾルの生成をそれぞれ開始した。

次いで、制御弁 2 9 a 及び 2 9 b を開いてサイドノズル 3 0 a 及び 3 0 b からエアを噴出させるとともに、エアロゾル生成室 2 4 a 及び 2 4 b において生成されたエアロゾルを噴射ノズル 2 6 a 及び 2 6 b にそれぞれ導入して噴射させた。それにより、図 1 0 (a) に示すように、噴射ノズル 2 6 a から噴射されたエアロゾルと、噴射ノズル 2 6 b から噴射されたエアロゾルとは、サイドノズル 3 0 a 及び 3 0 b から噴出するエアによってそれぞれ擾乱した。

次いで、制御弁 2 9 a を閉じることにより、図 1 0 (b) に示すように、噴射ノズル 2 6 a から噴射されるエアロゾルの噴射圧力を回復させた。そして、基板ステージ 2 3 を移動させながら、エアロゾルビーム 3 3 a を電極層 6 2 上に吹き付けることにより、P Z T の層 6 4 a を形成した。

次いで、制御弁 2 9 a を所定の量だけ開くとともに、制御弁 2 9 b を所定の量だけ閉じることにより、図 1 0 (c) に示すように、エアロゾルビーム 3 3 a 及び 3 3 b の噴射圧力を調整した。それにより、成膜面において、P Z T とポーラスアルミナとが混合されて堆積する。さらに、基板ステージ 2 3 を移動させることにより、層 6 4 a 上に所定の割合で混合された P Z T 及びポーラスアルミナを含む層 6 4 b を形成した。

次いで、制御弁 2 9 a を徐々に開くとともに、制御弁 2 9 b を徐々に閉じることにより、図 1 1 (a) (b) に示すように、エアロゾルビーム 3 3 a の噴射圧力を次第に抑制し、反対に、エアロゾルビーム 3 3 b の噴射圧力を次第に回復させた。それにより、P Z T とポーラスアルミナが所定の割合で混合された層 6 4 c 及び 6 4 d を順次形成した。層 6 4 b ~ 6 4 d においては、P Z T の混合割合が次第に減少し、それに伴い、ポーラスアルミナの混合割合が次第に増加した。

次いで、制御弁 2 9 a を全開にすると共に、制御弁 2 9 b を完全に閉じることにより、図 1 1 (c) に示すように、噴射ノズル 2 6 a から噴射されるエアロゾルを遮断し、エアロゾルビーム 3 3 b の噴射圧力を回復させた。それにより、層 6 4 d 上に、ポーラスアルミナの層 6 4 e を形成した。

この比較例 5 においては、上記の要領により一層の厚さを 1 0 μ m として音響整合層を 3 5 層で構成し、例えば、その音響インピーダンスを、振動子 (P Z T) に近い方から 4 層目において約 2 5 M R a y l 、 1 0 層目において約 1 5 M R a y l 、 2 2 層目において

10

20

30

40

50

約 5 M R a y 1、3 5 層目において約 2 M R a y 1 となるように変化させた。

所望の音響インピーダンスを得るための 3 3 a と 3 3 b の噴射圧力比 P_a 、 P_b は、各層所望の音響インピーダンス値 Z_x を用い、下記の式 (6) と式 (7) により算出して調整し、混合割合 $M:N$ を変化させた。

【 0 1 1 6 】

【 数 4 】

$$Pa = \frac{Zx - 2}{33} \quad \dots(6)$$

10

$$Pb = \frac{35 - Zx}{33} \quad \dots(7)$$

【 0 1 1 7 】

【 比較例 6 】

比較例 6 として、樹脂液を塗布して複数の層を積層する方法によって音響整合層を作製した。

まず、スチレンとジビニルベンゼンに、添加剤としての酸化亜鉛と熱重合開始剤とを、表 3 に示した質量比で混合した樹脂液 1 ~ 7 を作製した。

20

なお、表 3 に示した樹脂液 1 ~ 7 に含まれる添加剤の質量比は、所望する音響インピーダンスが得られるように、添加剤を母材の樹脂材料に添加する体積割合を求め、質量比に換算して求めた。

ここで用いた酸化亜鉛は、親油性酸化亜鉛ナノ微粒子 (デグサ社製 V P A d N a n o Z 8 0 5) であり、平均粒径は 2 5 0 n m である。また、熱重合開始剤はアゾビスイソブチロニトリルを用いた。

【 0 1 1 8 】

【 表 3 】

	スチレン 質量比(%)	ジビニルベンゼン 質量比(%)	熱重合開始剤 質量比(%)	酸化亜鉛 質量比(%)
樹脂液-1	90.5	5	1.5	0.6
樹脂液-2	83.2	4.9	1.5	1.4
樹脂液-3	69	4.8	1.5	3.2
樹脂液-4	53.3	4.7	1.4	5.4
樹脂液-5	37.3	4.6	1.4	7.9
樹脂液-6	21.3	4.4	1.3	11.1
樹脂液-7	5.8	0.4	0.1	93.7

30

40

【 0 1 1 9 】

次いで、エポキシ樹脂基材上に樹脂液 1 を厚さ 3 μ m になるように塗布し、直ちに強熱乾燥して架橋強化し、樹脂液 1 の塗布物からなる層を形成した。同様に、樹脂液 2 ~ 7 についても同じ手順で塗布及び加熱硬化を行って、7 層の音響整合層を得た。

【 0 1 2 0 】

上記のようにして得られた、実施例 4 ~ 6 および比較例 3 ~ 6 の整合層 (音響整合層)

50

について、機能評価した。

まず、超音波探触子 1 a (図 7 参照)における圧電素子層 5 の厚みを変化させ、中心周波数が 1 ~ 20 MHz まで 1 MHz 毎に異なる整合層のない振動子を 20 種得た。

得られた 20 種の振動子の各々についてその中心周波数と合致する周波数の正弦波 1 波で駆動した際の送受信強度 (振幅比) と 20 dB パルス幅を測定し、これを基準値とした。

その後、これら 20 種の振動子上に、各整合層 (実施例 4 ~ 6 および比較例 3 ~ 6 の整合層) を設置して、同様の方法にて送受信強度と 20 dB パルス幅を測定し、整合層を設置していない振動子 (基準値) からの変化率を評価値とした。

各整合層の周波数毎の振幅変化を dB にて標記したグラフを図 12 に示す。また、各整合層のパルス幅変化率の平均値 (20 種の振動子でのパルス幅変化率平均値) を表 4 に示す。

【0121】

【表 4】

	-20dB パルス幅平均変化率
実施例4	+2.4%
実施例5	+1.5%
実施例6	+3.9%
比較例3	+4.4%
比較例4	+37.6%
比較例5	+11.2%
比較例6	+5.0%

【0122】

比較例 3 では、周波数変化による振幅比増減が激しく広帯域の超音波探触子を得ることが難しい上に、整合層部材を中心周波数に応じて各々用意する必要があることがわかる。

比較例 4 では、周波数変化での振幅比増減が少なく、比較的広帯域の超音波探触子を得ることが可能であるが、整合層の通過時間が整合層内で一定でないため、パルス幅が大きく伸びてしまい、分解能が劣化してしまう。

比較例 5 では、ポーラスアルミナを用いるために整合層内に微小な気泡が残存し、低周波領域では比較的良好な特性を示すものの、高周波領域では気泡による超音波の散乱が問題となり急激に特性が劣化してしまうため、適用範囲が限定されてしまう。

比較例 6 では、比較例 3 ~ 5 の様な大きな問題はないものの、音響インピーダンスを変化させるために用いている微粒子による超音波の散乱減衰の影響により、高周波領域での特性は必ずしも充分ではなかった。

【0123】

これに対し実施例 4 ~ 6 では、低周波から高周波までほぼ一定して振幅比が増加している上に、パルス幅が伸びてしまうこともなく、良好な特性を有していることがわかる。これにより中心周波数が異なる超音波探触子 1 a を作製する場合でも同一の整合層を用いることができ、なおかつ周波数帯域の広い超音波探触子 1 a を得ることが可能となる。

【0124】

このように、本発明の整合層 66 は、振動子 (圧電素子層 5) で生じた超音波の損失を、高い周波数領域にまで広い帯域にわたって非常に小さくして、高い透過率とすることができるといった優れた性能を有しているので、超音波探触子 1 a 及び超音波画像診断装置 100 に関する技術を向上させることができる。

【0125】

以上のように、本発明（実施形態１、実施形態２）によれば、超音波の伝播損失が少なく、超音波の透過率が良好な超音波探触子及び超音波画像診断装置を得ることができる。

【０１２６】

なお、本発明の適用は上述した実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【符号の説明】

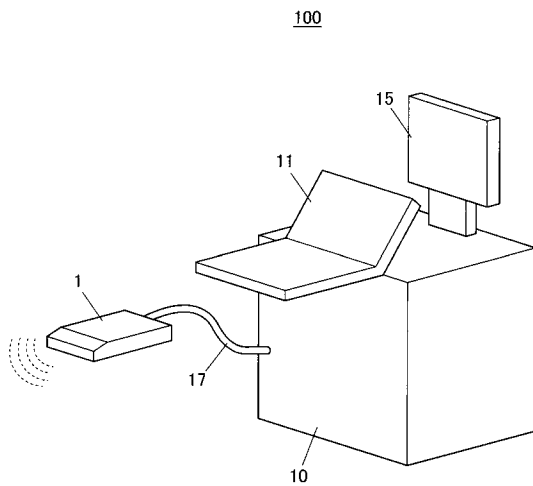
【０１２７】

- １ 超音波探触子
- １ a 超音波探触子
- ５ 圧電素子層（圧電素子部）
- ６ 整合層
- ７ 中央部
- ７ a レンズ基板
- ８ 周辺部
- ８ a ～ ８ t 層
- ９ 音響レンズ
- ６ ６ 整合層
- ６ a ～ ６ t 層
- ９ ９ 音響レンズ
- １ ０ ０ 超音波画像診断装置

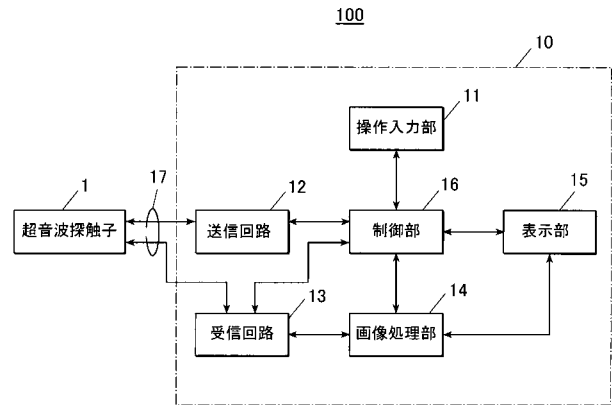
10

20

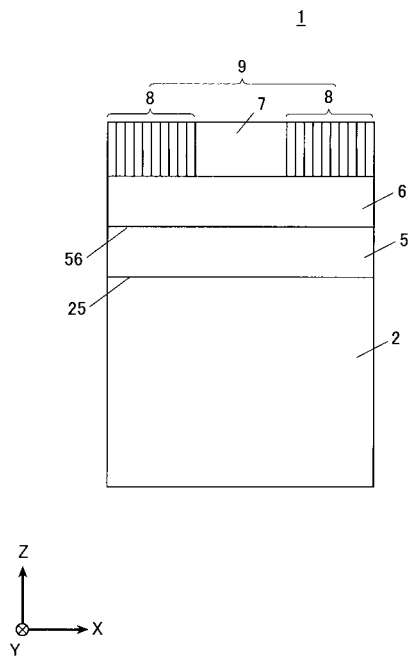
【図１】



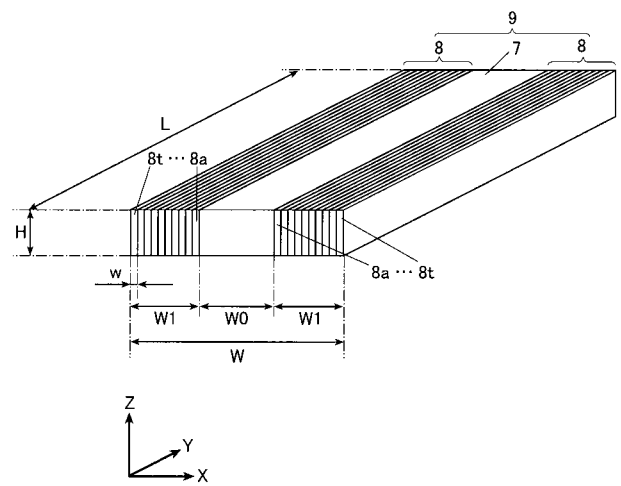
【図２】



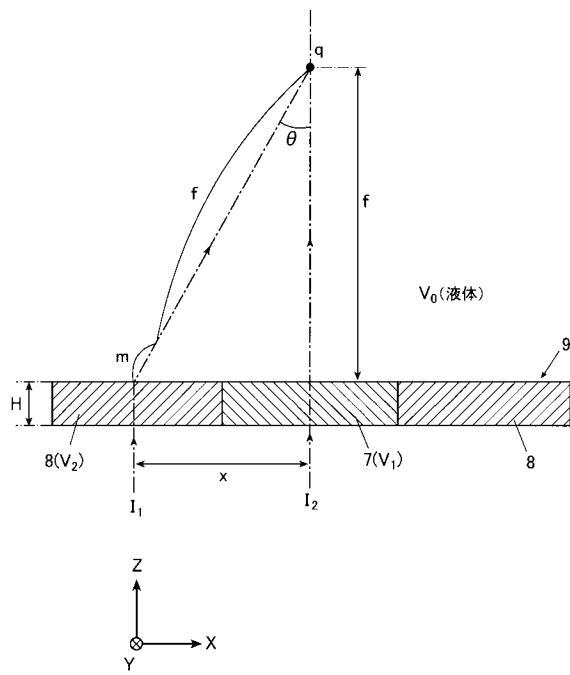
【図 3】



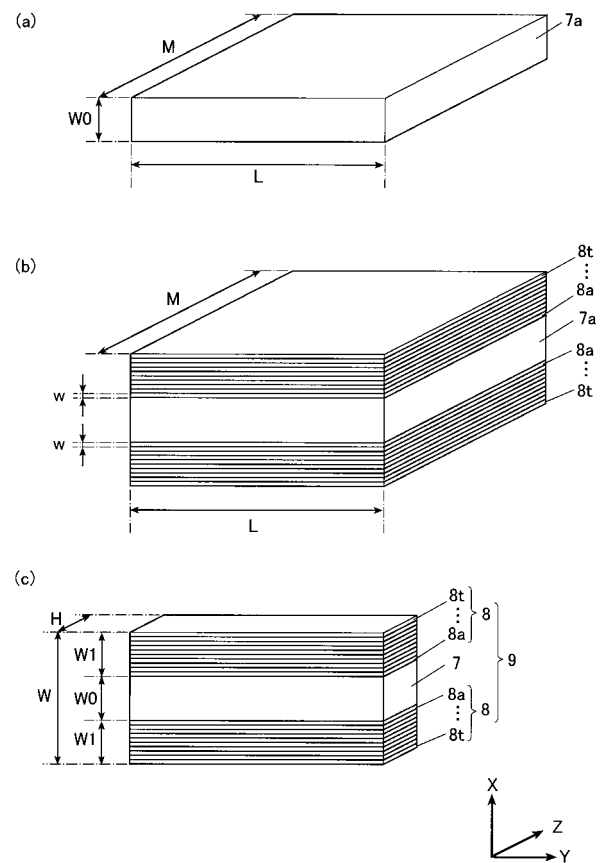
【図 4】



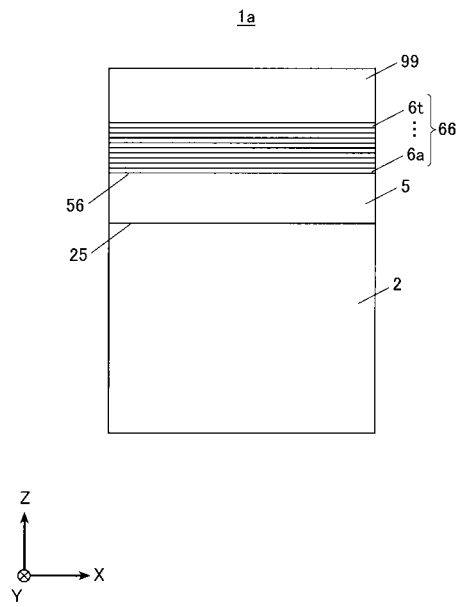
【図 5】



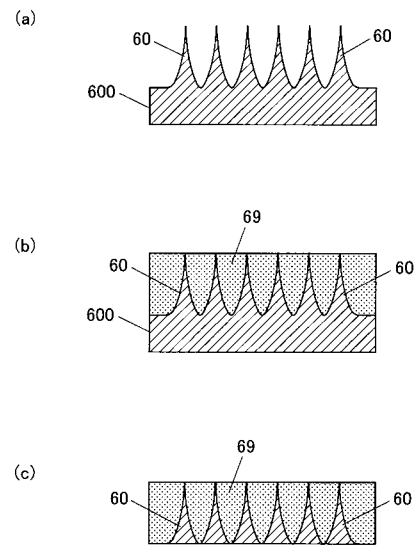
【図 6】



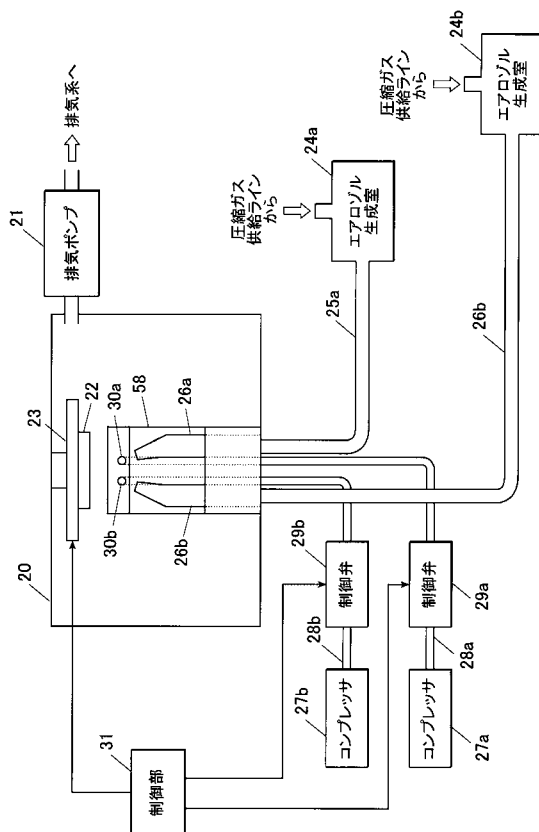
【図 7】



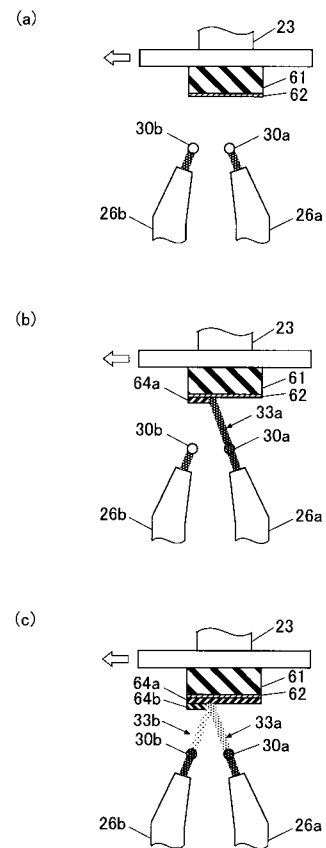
【図 8】



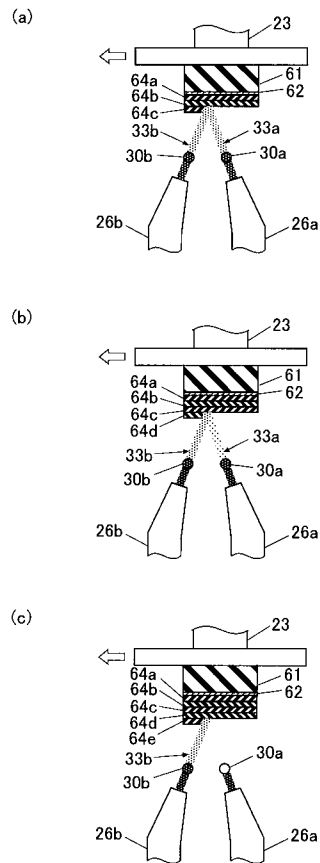
【図 9】



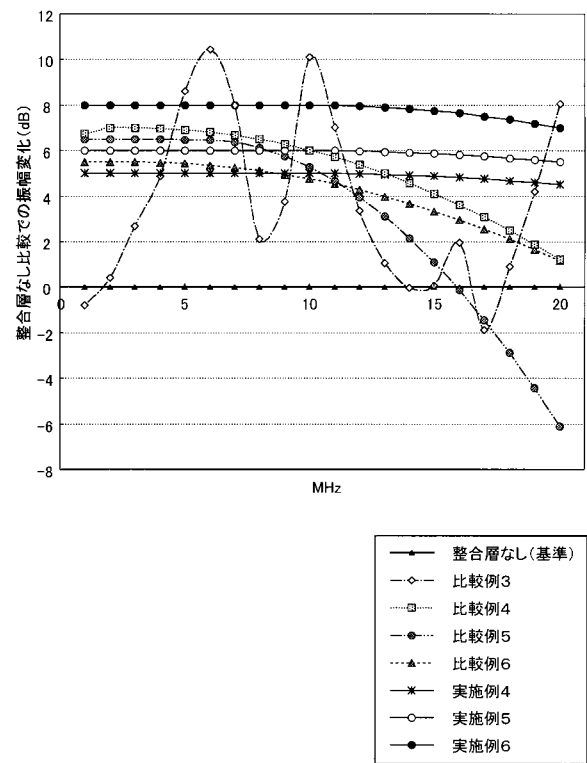
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



专利名称(译)	超声波探头和超声波图像诊断装置，声学透镜的制造方法以及匹配层的制造方法		
公开(公告)号	JP2013034138A	公开(公告)日	2013-02-14
申请号	JP2011169712	申请日	2011-08-03
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达医疗印刷器材有限公司		
[标]发明人	谷口哲哉		
发明人	谷口 哲哉		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 H04R31/00		
FI分类号	H04R17/00.330.J A61B8/00 H04R17/00.330.G H04R31/00.330		
F-TERM分类号	4C601/DE08 4C601/EE03 4C601/GB25 4C601/GB28 4C601/GB33 4C601/GB41 5D019/AA22 5D019/BB17 5D019/FF04 5D019/GG01 5D019/GG03 5D019/HH01		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种涉及超声波探头和超声波图像诊断装置的技术，该装置具有小的超声波传播损耗和良好的超声波透射率。解决方案：在具有压电元件层5，匹配层6和声透镜9的超声波探头1中，声透镜9具有由包含离子聚合物的交联金属离子的多个层组成的层叠结构并且调节离子聚合物的金属离子交联产物的组成，使得超声波传播速度随着在与声学透镜9的厚度方向交叉的方向上从声透镜9的中心侧分离而变得更快。它决定形成特。点域1

