(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6740708号
(P6740708)
(45)発行日　令和2年8月19日(2020.8.19)　(24)登録日　令和2年7月29日(2020.7.29)

(51)Int.Cl.　F I
A61B 8/14 (2006.01)　A61B 8/14

請求項の数 3　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願2016-101450(P2016-101450)
(22)出願日　平成28年5月20日(2016.5.20)
(65)公開番号　特開2017-205416(P2017-205416A)
(43)公開日　平成29年11月24日(2017.11.24)
審査請求日　平成31年3月27日(2019.3.27)

(73)特許権者　000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番２号
(74)代理人　110002952
特許業務法人鷲田国際特許事務所
(74)代理人　100155620
弁理士　木曽　孝
(72)発明者　森田　聖和
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　伊知地　和之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】音響レンズの製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波探触子用の音響レンズの製造方法であって、
その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを混練することでゴム組成物を作製する工程と、
前記ゴム組成物を加硫成形する工程と、
を含む、音響レンズの製造方法。
【請求項２】
前記ゴム組成物を作製する工程は、前記第１のシリコーンゴム組成物と、前記第２のシリコーンゴム組成物と、その比重が３以上７未満である無機粒子と、を混練する工程である、請求項1に記載の音響レンズの製造方法。
【請求項３】
前記無機粒子として、個数平均粒径が０．０５μｍ以上０．５μｍ以下である無機粒子を用いる、請求項2に記載の音響レンズの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、音響レンズの製造方法に関する。
【背景技術】

【０００２】
超音波を用いて検査を行うための超音波撮像装置は、被検体（例えば、生体）の内部に超音波を送信し、被検体内で反射した超音波を受信して、被検体内の情報を含む超音波画像を形成する。このようにして、超音波撮像装置によれば被検体の内部を可視化して検査することができる。
【０００３】
超音波撮像装置では、超音波探触子用の音響レンズが被検体と密着した状態で使用される。被検体による超音波の反射を少なくして超音波の減衰を抑制する観点から、音響レンズの音響インピーダンスは、被検体の音響インピーダンスに近いことが好ましい。
【０００４】
上記音響レンズの例として、シリコーン系ゴムおよびブタジエン系ゴムの混合物からなる音響レンズが知られている（例えば、特許文献１参照）。また、上記音響レンズの他の例として、酸化チタン粒子が混合されたシリコーンゴムからなる音響レンズが知られている（例えば、特許文献２参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開平８－０００６１５号公報
【特許文献２】特公平１－０３４３９６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかしながら、上記特許文献に記載の音響レンズでは、物理的な強度が低下し、使用による裂けや磨耗などが生じてしまうことがある。音響レンズは、通常、消毒液やゼリーなどの薬品とともに使用されるが、上記特許文献に記載の音響レンズでは、薬品に対する化学的安定性が低く、長期的使用によって、超音波の減衰による感度の低下と変色とが生じてしまうこともある。
【０００７】
本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、超音波の減衰を抑制しつつ、化学的安定性および物理的強度に優れる音響レンズを提供することを第１の課題とする。また、本発明は、超音波に対する感度が長期間に亘って高い超音波探触子および超音波撮像装置を提供することを第２の課題とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記第１の課題を解決するための第１の手段として、超音波探触子用の音響レンズであって、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを含むゴム組成物の加硫成形体で構成されている音響レンズを提供する。
【０００９】
上記第２の課題を解決するための第１の手段として、本発明に係る音響レンズを有する超音波探触子を提供する。
【００１０】
上記第２の課題を解決するための第２の手段として、本発明に係る超音波探触子を有する超音波撮像装置を提供する。
【００１１】
上記第１の課題を解決するための第２の手段として、超音波探触子用の音響レンズの製造方法であって、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを混練することでゴム組成物を作製する工程と、前記ゴム組成物を加硫成形する工程と、を含む、音響レンズの製造方法を提供する。

【発明の効果】
【００１２】
本発明に係る音響レンズは、超音波の減衰が抑制されるとともに、化学的安定性および物理的強度に優れる。また、本発明に係る超音波探触子および超音波撮像装置は、超音波に対する感度が長期間に亘って高い。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】図１Ａは、本発明の実施の形態に係る超音波撮像装置の構成の一例を示す模式図であり、図１Ｂは、超音波撮像装置の電気的な構成の一例を示すブロック図である。
【図２】図２は、本発明の実施の形態に係る超音波探触子の構成の一例を示す断面模式図である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
［超音波撮像装置］
本発明の一実施の形態に係る超音波撮像装置について、図面を参照して詳細に説明する。図１Ａは、本実施の形態に係る超音波撮像装置２００の構成の一例を示す模式図であり、図１Ｂは、超音波撮像装置２００の電気的な構成の一例を示すブロック図である。
【００１５】
超音波撮像装置２００は、図１Ａに示されるように、装置本体２１０と、装置本体２１０にケーブル２２０を介して接続されている超音波探触子１００と、装置本体２１０上に配置されている入力部２３０および表示部２８０とを有する。超音波探触子１００の詳細については後述する。
【００１６】
装置本体２１０は、図１Ｂに示されるように、入力部２３０に接続されている制御部２４０と、制御部２４０およびケーブル２２０に接続されている送信部２５０および受信部２６０と、受信部２６０および制御部２４０のそれぞれと接続されている画像処理部２７０とを有する。なお、制御部２４０および画像処理部２７０は、それぞれ表示部２８０と接続されている。
【００１７】
ケーブル２２０は、超音波探触子１００および送信部２５０と、超音波探触子１００および受信部２６０とをそれぞれ接続し、信号を伝達する。
【００１８】
入力部２３０は、例えば、診断開始などを指示するコマンドや被検体の個人情報などのデータを入力するための装置であり、例えば、複数の入力スイッチを備えた操作パネルやキーボードなどである。
【００１９】
制御部２４０は、例えば、マイクロプロセッサや記憶素子、その周辺回路などを含む。制御部２４０は、超音波探触子１００、入力部２３０、送信部２５０、受信部２６０、画像処理部２７０および表示部２８０を、それぞれの機能に応じて制御することによって超音波撮像装置２００の全体の制御を行う回路である。
【００２０】
送信部２５０は、例えば、制御部２４０からの信号を、ケーブル２２０を介して超音波探触子１００に送信する。
【００２１】
受信部２６０は、例えば、超音波探触子１００からの信号を、ケーブル２２０を介して受信して制御部２４０または画像処理部２７０へ出力する。
【００２２】
画像処理部２７０は、例えば、制御部２４０の制御に従い、受信部２６０で受信した信号に基づいて被検体の内部状態を表す画像（超音波画像）を生成する回路である。たとえば、画像処理部２７０は、被検体の超音波画像を生成するＤｉｇｉｔａｌ　Ｓｉｇｎａｌ

Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ（ＤＳＰ）、および、当該ＤＳＰで処理された信号をディジタル信号からアナログ信号へ変換するディジタル－アナログ変換回路（ＤＡＣ回路）などを有する。

【００２３】

表示部２８０は、例えば、制御部２４０の制御に従って、画像処理部２７０で生成された被検体の超音波画像を表示するための装置である。表示部２８０は、例えば、ＣＲＴディスプレイや液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、有機ＥＬディスプレイ、プラズマディスプレイなどの表示装置、またはプリンタなどの印刷装置である。

【００２４】

［超音波探触子］

次に、本実施の形態に係る超音波探触子１００について説明する。図２は、本実施の形態に係る超音波探触子１００の構成の一例を示す断面模式図である。

【００２５】

本実施の形態に係る超音波探触子１００は、バッキング層１１０と、バッキング層１１０上に配置されている圧電素子１２０と、圧電素子１２０上に配置されている音響整合層１３０と、音響整合層１３０上に配置されている本実施の形態に係る音響レンズ１４０とを有する。超音波探触子１００は、音響レンズ１４０以外は、公知の超音波探触子と同様に構成することが可能である。

【００２６】

圧電素子１２０は、バッキング層１１０上に配置されている送信用圧電体１２１と、送信用圧電体１２１上に配置されている中間層１２２と、中間層１２２上に配置されている受信用圧電体１２３とを有する。また、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の両面には、電極１５０がそれぞれ配置されている。また、圧電素子１２０には、不図示のフレキシブルプリント基板（ＦＰＣ）にて電極が取り付けられていてもよい。これにより、超音波探触子１００が接続された超音波撮像装置で制御される超音波の送受信駆動により、任意のビームフォーミングが可能となる。

【００２７】

（バッキング層）

バッキング層１１０は、圧電素子１２０を支持し、不要な超音波を吸収するための超音波吸収体である。

【００２８】

バッキング層１１０の材料の例には、天然ゴム、フェライトゴム、エポキシ樹脂、熱可塑性樹脂、およびこれらの材料の少なくともいずれかと酸化タングステンや酸化チタン、フェライトなどの粉末との混合物をプレス成形した樹脂系複合材が含まれる。

【００２９】

熱可塑性樹脂の種類の例には、塩化ビニル、ポリビニルブチラール、ＡＢＳ樹脂、ポリウレタン、ポリビニルアルコール、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアセタール、ポリエチレンテレフタレート、フッ素樹脂、ポリエチレングリコール、および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が含まれる。バッキング層１１０の材料としては、樹脂系複合材が好ましく、ゴム系複合材またはエポキシ樹脂系複合材がより好ましい。バッキング層１１０の形状は、圧電素子１２０の形状または超音波探触子１００の形状に応じて、適宜設計されうる。

【００３０】

ゴム系複合材は、後述するゴム成分および充填剤を含有することが好ましい。また、必要に応じて、ゴム系複合材には他の配合剤が添加されてもよい。

【００３１】

ゴム成分の例には、エチレンプロピレンゴム、水素化ニトリルゴム、クロロプレンゴム、シリコーンゴム、エチレンプロピレンゴムと水素化ニトリルゴムとのブレンドゴム、エチレンプロピレンゴムとニトリルゴムとのブレンドゴム、ニトリルゴムおよび／または水素化ニトリルゴムと高スチレンゴムとのブレンドゴム、およびエチレンプロピレンゴムと

高スチレンゴムとのブレンドゴムが含まれる。ゴム成分の種類は、１種であってもよいし、それ以上であってもよい。

【００３２】

また、ＪＩＳ　Ｋ６２５３（ＩＳＯ　７６１９－１）に準拠したスプリング硬さ（デュロメータ硬さ）試験機でゴム成分の硬さを測定した場合、ゴム成分の硬さは、タイプＡデュロメータを使用したときにＡ７０以上であり、かつタイプＤデュロメータを使用したときにＤ７０以下であることが好ましい。

【００３３】

ゴム系複合材に添加される充填剤の種類および配合量は、特に限定されない。充填剤の種類の例には、亜鉛華やチタン白、ベンガラ、フェライト、アルミナ、三酸化タングステン、酸化イッテルビウムなどの金属酸化物；炭酸カルシウムやハードクレイ、ケイソウ土などのクレイ類；炭酸カルシウムや硫酸バリウムなどの金属塩類；タングステンやモリブデンなどの金属系微粉末類；ガラスバルーンやポリマーバルーンなどのバルーン類；およびガラス粉末が含まれる。これらの充填剤は、種々の比率で添加されうるが、ゴム成分１００質量部に対して５０質量部以上３０００質量部以下であることが好ましく、１００質量部以上２０００質量部以下であることがより好ましく、３００質量部以上１５００質量部以下であることがさらに好ましい。また、充填剤の種類は、１種であってもよいし、それ以上であってもよい。

【００３４】

他の配合剤の種類の例には、加硫剤、架橋剤、硬化剤、これらの助剤類、劣化防止剤、酸化防止剤および着色剤が含まれる。加硫剤の種類の例には、カーボンブラック、二酸化ケイ素、プロセスオイルおよびイオウが含まれる。架橋剤の種類の例には、ジクミルパーオキサイド（ＤＩ－ＣＵＰ；Ｈｅｒｃｕｌｅｓ社製、「ＤＩ－ＣＵＰ」は同社の登録商標）が含まれる。酸化防止剤の種類の例には、ステアリン酸が含まれる。配合剤の添加量は、音響レンズ１４０の特性に応じて適宜設定されうる。各配合剤の添加量は、例えば、ゴム成分１００質量部に対して１質量部以上１００質量部以下である。

【００３５】

エポキシ樹脂系複合材は、後述するエポキシ樹脂成分および充填剤を含有することが好ましい。また、必要に応じて、エポキシ樹脂系複合材には他の配合剤が添加されてもよい。

【００３６】

エポキシ樹脂成分の例には、ビスフェノールＡタイプやビスフェノールＦタイプ、レゾールノボラックタイプ、フェノール変性ノボラックタイプなどのノボラック型エポキシ樹脂；ナフタレン構造含有タイプやアントラセン構造含有タイプ、フルオレン構造含有タイプなどの多環芳香族型エポキシ樹脂；水添脂環型エポキシ樹脂；および液晶性エポキシ樹脂が含まれる。エポキシ樹脂成分の種類は、１種であってもよいし、それ以上であってもよい。

【００３７】

エポキシ樹脂系複合材に添加される充填剤の種類の例は、前述したゴム系複合材に添加される充填剤の種類と同様である。また、エポキシ樹脂成分には、ゴム系複合材を粉砕して作製した複合粒子（例えば、粒径２００μｍ程度）が含まれていてもよい。たとえば、複合粒子は、シリコーンゴム中に添加剤（例えば、フェライト、酸化タングステン）を添加したものを、粉砕機により粉砕することで作製される粒子である。

【００３８】

また、エポキシ樹脂系複合材を使用する場合、さらに架橋剤を添加する必要がある。架橋剤の種類の例には、ジエチレントリアミンやトリエチレンテトラミン、ジプロピレンジアミン、ジエチルアミノプロピルアミンなどの鎖状脂肪族ポリアミン；Ｎ－アミノエチルピペラジンやメンセンジアミン、イソフォロンジアミンなどの環状脂肪族ポリアミン；ｍ－キシレンジアミンやメタフェニレンジアミン、ジアミノジフェニルメタン、ジアミノジフェニルスルフォンなどの芳香族アミン；ポリアミド樹脂やピペリジン、Ｎ，Ｎ－ジメチ

ルピペラジン、トリエチレンジアミン、２，４，６－トリス（ジメチルアミノメチル）フェノール、ベンジルジメチルアミン、２－（ジメチルアミノメチル）フェノールなどの２級アミンおよび３級アミン；２－メチルイミダゾールや２－エチルイミダゾール、１－シアノエチル－２－ウンデシルイミダゾリウム・トリメリテートなどのイミダゾール類；液状ポリメルカプタンやポリスルフィド、無水フタル酸、無水トリメリット酸、メチルテトラヒドロ無水フタル酸、メチルエンドメチレンテトラヒドロ無水フタル酸、メチルブテニルテトラヒドロ無水フタル酸、メチルヘキサヒドロフタル酸などの酸無水物が含まれる。

【００３９】

バッキング層１１０の厚みは、１ｍｍ以上１０ｍｍ以下であることが好ましく、１ｍｍ以上５ｍｍ以下であることがより好ましい。

【００４０】

（圧電素子）

圧電素子１２０は、電気信号を機械的な振動に変換することができ、機械的な振動を電気信号に変換することもできる。これにより、圧電素子１２０は、超音波を送信し、かつ受信することができる。なお、圧電素子１２０およびバッキング層１１０の接着性を高める観点から、圧電素子１２０は、少なくとも一部が接着層を介してバッキング層１１０上に積層されていることが好ましい。接着層の材料の例には、シリコーン系接着剤およびエポキシ系接着剤が含まれる。

【００４１】

圧電素子１２０は、前述のとおり、送信用圧電体１２１、中間層１２２、受信用圧電体１２３および電極１５０を有する。電極１５０は、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の両面に配置されている。

【００４２】

送信用圧電体１２１は超音波を被検体に向けて送信するための圧電体である。受信用圧電体１２３は、被検体からの超音波を受信するための圧電体である。送信用圧電体１２１を構成する材料および受信用圧電体１２３を構成する材料は、公知の材料から適宜選択され、無機物であってもよいし、有機物であってもよいし、無機－有機複合物であってもよい。

【００４３】

無機圧電体の材料の例には、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、酸化亜鉛、$PbZrO_3$／$PbTiO_3$固溶体（ＰＺＴ）、Ｐｂ（$Mg_{1/3}Nb_{2/3}$）O_3／$PbTiO_3$固溶体（ＰＭＮ－ＰＴ）およびＰｂ（$Zn_{1/3}Nb_{2/3}$）O_3／$PbTiO_3$固溶体（ＰＺＮ－ＰＴ）が含まれる。

【００４４】

有機圧電体の材料の例には、ポリフッ化ビニリデン－三フッ化エチレン共重合体（Ｐ（ＶＤＦ－３ＦＥ））、Ｐ（ＶＤＦ－３ＦＥ）とポリウレタンとの混練物、Ｐ（ＶＤＦ－３ＦＥ）とシリコーンとの混練物、ポリフッ化ビニリデンとナイロンとの混練物、フッ化ビニリデンとクロロトリフルオロエチレンとの共重合によるＰＶＤＦ系共重合体、ポリブタジエン－Ｎ，Ｎ－メチレンビスアクリルアミド－スチレン共重合体、ポリ（γ－ベンジル－Ｌ－グルタメート）、メタンジイソシアネートとジアミノフルオレンとの蒸着重付加によるポリ尿素樹脂、キシリレンジイソシアネートとｐ－ジアミノベンゼンとの蒸着重付加によるポリ尿素樹脂、およびテトラフルオロエチレン－ヘキサフルオロプロピレン共重合体のエレクトレットが含まれる。

【００４５】

さらに無機－有機複合の圧電体の材料の例には、ＰＺＴ－シロキサン－ポリ（メタ）アクリレートコンポジット、およびポリ乳酸とリン酸カルシウムまたはモンモリロナイトとのコンポジットが含まれる。

【００４６】

送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の厚みは、前述の機能を発揮できる範囲内で適宜調整され、例えば、１００μｍ以上５００μｍ以下である。

【００４７】
中間層１２２は、インピーダンス整合の観点から、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の間に配置されている。中間層１２２は、例えば、１００質量部のエポキシ樹脂に対して１２００質量部のフェライトが混合された層である。
【００４８】
電極１５０は、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の両面にそれぞれ形成されている。電極１５０の材料の例には、金、白金、銀、パラジウム、銅、アルミニウム、ニッケル、スズおよびこれらの合金が含まれる。送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３の両面に電極１５０を形成する方法は、公知の方法から適宜選択される。電極１５０を形成するための方法の例には、スパッタ法および真空蒸着法が含まれる。たとえば、チタンやクロムなどからなる第１金属層を０．０２μｍ以上１．０μｍ以下の厚みで形成した後に、上記の電極１５０の材料からなる第２金属層を上記第１金属層上に、１以上１０μｍ以下の厚みで形成すればよい。また、電極１５０は、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使用した、スクリーン印刷やディッピング法、溶射法などにより形成されてもよい。
【００４９】
（音響整合層）
音響整合層１３０は、圧電素子１２０および被検体の間の音響インピーダンスを整合させる層である。このために、音響整合層１３０は、圧電素子１２０と被検体との中間の大きさの音響インピーダンスを有する。音響整合層１３０は、単層でも積層でもよいが、音響インピーダンスが異なる複数の層からなる積層体であることが好ましい。たとえば、音響整合層１３０は、２層以上であることが好ましく、４層以上であることがより好ましい。音響整合層１３０の厚みは、超音波の波長をλとすると、λ／４である。これを満たさない場合、所望の音響特性を得られないおそれがある。
【００５０】
音響整合層１３０は、例えば、種々の材料で構成され得る。音響整合層１３０の音響インピーダンスは、音響レンズ１４０に向けて音響レンズ１４０の音響インピーダンスに、段階的または連続的に近づくように設定されていることが好ましい。たとえば、音響整合層１３０の音響インピーダンスは、材料に添加される添加剤の種類および含有量によって調整され得る。
【００５１】
音響整合層１３０の材料の例には、アルミニウム、アルミニウム合金（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、溶融石英、コッパーグラファイトおよび樹脂が含まれる。この樹脂の例には、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ＡＢＳ樹脂、ＡＡＳ樹脂、ＡＥＳ樹脂、ナイロン６やナイロン６６などのナイロン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルエーテルケトン、ポリアミドイミド、ポリエチレンテレフタレート、エポキシ樹脂およびウレタン樹脂が含まれる。上記添加剤の例には、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、酸化イッテルビウム、硫酸バリウム、タングステン、モリブデン、ガラス繊維およびシリコーン粒子が含まれる。
【００５２】
音響整合層１３０のインピーダンス整合の観点から、例えば、音響整合層１３０の表面部分は、エポキシ樹脂で構成されているとともに、シリコーン粒子を含有していることが好ましい。音響レンズ１４０の材料であるシリコーンを音響整合層１３０の基材中に分散させることにより、音響整合層１３０の音響インピーダンスを音響レンズ１４０のそれに近づけることができる。
【００５３】
音響整合層１３０の厚みは、上記の機能を発揮することができれば特に限定されず、例えば、３０μｍ以上５００μｍ以下である。
【００５４】

なお、圧電素子１２０および音響整合層１３０の接着性を高める観点から、音響整合層１３０の少なくとも一部は、接着層を介して圧電素子１２０上に積層されていることが好ましい。接着層の材料の例には、シリコーン系接着剤およびエポキシ系接着剤が含まれる。

【００５５】

（音響レンズ）

本実施の形態に係る音響レンズ１４０は、可塑度が互いに異なる第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物を含むゴム組成物の加硫成形体で構成されている。第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物は、シリコーンゴムを含む。

【００５６】

シリコーンゴムは、分子骨格としてシロキサン結合（Ｓｉ－Ｏ結合）を有するゴム状シリコーン樹脂である。ゴム状シリコーン樹脂は、主成分として、ジメチルポリシロキサンを含むものが好ましい。ゴム状シリコーン樹脂は、ジフェニルシロキサン、メチルフェニルシロキサンメチルビニルシロキサンまたはメチル－３，３，３－トリフルオロプロピルシロキサンを含んでいてもよい。

【００５７】

また、ゴム状シリコーン樹脂の重合度は、３０００以上１００００以下であることが好ましい。ゴム状シリコーン樹脂は、下記式（１）で表されるシリコーン化合物、下記式（２）で示されるシリコーン化合物、またはこれら両方を含んでいてもよい。

【００５８】

$R^1(R^1{}_2SiO)_X(R^1R^2SiO)_YSiR^1{}_3$　　（１）

（R^1は１価の炭化水素基または水素原子であり、R^2はアルキル基またはポリエーテル基であり、Ｘは０以上の整数であり、Ｙは１以上の整数である。）

【００５９】

なお、上記式（１）において、$R^1{}_2SiO$部分とR^1R^2SiO部分との順番は、連続であってもよく、ランダムであってもよい。

【００６０】

$R^3{}_aSiO_{(4-a)/2}$　　（２）

（R^3は１価の炭化水素基であり、ａは１．９５～２．０５である。）

【００６１】

上記式（２）において、上記R^3の炭素数は１～１２である。上記R^3の炭素数は１～８であることが好ましい。具体的には、上記R^3の例には、メチル基やエチル基、プロピル基、ブチル基、ヘキシル基、オクチル基などのアルキル基；シクロペンチル基やシクロヘキシル基などのシクロアルキル基；ビニル基やプロペニル基などのアルケニル基；シクロアルケニル基やフェニル基、トリル基などのアリール基；ベンジル基や２－フェニルエチル基などのアラルキル基；これらの官能基の水素原子の一部もしくは全部をフッ素や塩素などのハロゲン原子、またはシアノ基で置換したクロロメチル基、トリフルオロプロピル基およびシアノエチル基が含まれる。上記R^3は、メチル基、ビニル基、フェニル基またはトリフルオロプロピル基であることが好ましい。

【００６２】

ゴム状シリコーン樹脂は、アルケニル基やシクロアルケニル基などの脂肪族不飽和炭化水素基を有するオルガノポリシロキサンを含むことが好ましい。脂肪族不飽和炭化水素基の数は２～５０個である。脂肪族不飽和炭化水素基の数は、２～２０個であることが好ましい。

【００６３】

上記式（２）で表されるシリコーン化合物の分子構造は、直鎖状であり、一部に分岐構造を有していてもよいし、有していなくてもよい。また、上記式（２）で表されるシリコーン化合物の分子鎖の両末端は、例えば、トリメチルシロキシ基やジメチルフェニルシロキシ基、ビニルジメチルシロキシ基、ジビニルメチルシロキシ基、トリビニルシロキシ基

などのトリオルガノシロキシ基（$R^3_3SiO_{1/2}$）；またはヒドロキシジメチルシロキシ基のようなヒドロキシジオルガノシロキシ基（$R^3_2(HO)SiO_{1/2}$）で封鎖されていることが好ましい。

【００６４】

第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物は、本実施形態の効果が得られる範囲において、シリコーンゴム以外の他の成分をさらに含んでいてもよい。他の成分の例には、第１のシリコーンゴム組成物の可塑度と第２のシリコーンゴム組成物の可塑度とを調整するためのフィラーが含まれる。本実施の形態では、第１のシリコーンゴム組成物は、フィラーを含んでおらず、第２のシリコーンゴム組成物は、フィラーを含んでいる。フィラーの材料の例には、シリカ、アルミナ、カーボンブラック、炭酸カルシウムおよび酸化亜鉛が含まれる。フィラーは、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物におけるシリコーンゴムと相互作用し、架橋構造を形成する。この結果として、第１のシリコーンゴム組成物の可塑度と第２のシリコーンゴム組成物の可塑度とは高められる。

【００６５】

第１のシリコーンゴム組成物と、第２のシリコーンゴム組成物とは、本実施形態の効果を得られる範囲内であれば、わずかに相分離していてもよいし、相分離していなくてもよい。超音波の減衰を抑制し、かつ十分な物理的強度を得る観点からは、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物は、互いに相分離していないことが好ましい。第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物が互いに相分離しないように混合する観点からは、可塑度がより低い第１シリコーンゴム組成物の含有量が多く、可塑度がより高い第２シリコーンゴム組成物の含有量が少ないことが好ましい。また、当該相分離は、例えば、市販の示差走査熱量計（ＤＳＣ）により、ガラス転移温度を測定することで検出され得る。具体的には、相分離している場合と相分離していない場合とでは、ガラス転移温度が異なるため、ガラス転移温度の測定結果に基づいて層分離の有無を判断することができる。たとえば、２つのガラス転移温度が検出された場合には、完全に相分離していると判断することができる。なお、上記相分離は、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）や光散乱などを利用することにより、直接的に確認されてもよい。

【００６６】

超音波の減衰を抑制しつつ、十分な化学的安定性および物理的強度を得る観点から、第１のシリコーンゴム組成物の可塑度は、１００以下であり、第２のシリコーンゴム組成物の可塑度は、１５０以上３００以下である。第１のシリコーンゴム組成物の可塑度が１００超であるか、または第２のシリコーンゴム組成物の可塑度が１５０未満であると、超音波の減衰を抑制しつつ、十分な化学的安定性および物理的強度を得ることができなくなるおそれがある。また、第２のシリコーンゴム組成物の可塑度が３００超であると、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物が互いに十分に混合されず、過度に相分離してしまい、結果として、超音波が減衰し、かつ十分な物理的強度を得られなくなるおそれがある。

【００６７】

ここで、「可塑度」とは、未加硫のシリコーンゴム組成物の粘弾性を示す値である。たとえば、可塑度が小さいほど、シリコーンゴム組成物が変形し易いことを示す。可塑度は、超音波の減衰と、音響レンズ１４０の物理的強度とに相関がある。可塑度が小さいほど、超音波の減衰も小さくなるが、一方で音響レンズ１４０の物理的強度が低下する。音響レンズ１４０における、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物の可塑度は、電子顕微鏡により音響レンズ１４０の断面の元素分析を行うことで推定され得る。たとえば、本実施の形態に係る音響レンズ１４０では、第１のシリコーンゴム組成物と第２のシリコーンゴム組成物とがわずかに相分離している場合に、上記フィラーが分散していない部分を第１のシリコーンゴム組成物と推定し、上記フィラーが分散している部分を第２のシリコーンゴム組成物と推定することができる。これとともに、上記フィラーの含有量に基づいて、第１のシリコーンゴム組成物の可塑度と、第２のシリコーンゴム

組成物の可塑度とを推定することができる。

【００６８】

可塑度は、例えば、シリコーンゴムの分子量、分子量分布、分子構造、フィラーの添加により調整され得る。たとえば、可塑度は、シリコーンゴムの分子量が高いほど大きい。また、可塑度は、フィラーとシリコーンゴムとの相互作用が高いほど、大きい。また、可塑度は、フィラーの添加量が増えるほど、大きい。たとえば、フィラーが添加されていない第１シリコーンゴム組成物の可塑度は、１００以下となる。

【００６９】

超音波の減衰を抑制しつつ、十分な化学的安定性および物理的強度を得る観点から、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物の質量割合は、１０質量部：９０質量部～９０質量部：１０質量部であることが好ましく、３０質量部：７０質量部～７０質量部：３０質量部であることがより好ましい。

【００７０】

第１のシリコーンゴム組成物は、市販品であってもよい。たとえば、第１のシリコーンゴム組成物は、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ社製のＴＳＥ２０１（可塑度９１、密度１．０ｇ／ｃｍ^3）である。

【００７１】

第２のシリコーンゴム組成物も、市販品であってもよい。たとえば、第２のシリコーンゴム組成物は、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ社製のＸＥ２０－Ｃ０５１０（可塑度１１０、密度１．１ｇ／ｃｍ^3）；信越化学工業株式会社製の信越シリコーンＫＥ５４１Ｕ（可塑度１５０、密度１．１ｇ／ｃｍ^3、「信越シリコーン」は、同社の登録商標であり、以下省略する）、ＫＥ５５１Ｕ（可塑度２００、密度１．１ｇ／ｃｍ^3）、ＫＥ５５５Ｕ（可塑度３１０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）、ＫＥ５６１Ｕ（可塑度２５０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）、ＫＥ５７１Ｕ（可塑度３６０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）、ＫＥ７５２Ｕ（可塑度２００、密度１．３ｇ／ｃｍ^3）、ＫＥ７７２Ｕ（可塑度２７０、密度１．４ｇ／ｃｍ^3）およびＫＥ７８２Ｕ（可塑度３３０、密度１．４ｇ／ｃｍ^3）；である。

【００７２】

また、音響レンズ１４０における音速の調整、比重の調整や密度の調整などの観点から、音響レンズ１４０は、無機粒子をさらに含んでいてもよい。無機粒子の比重は、３以上７未満であることが好ましい。無機粒子の比重が小さすぎると、音響レンズ１４０の比重を所望の大きさに調整できないことがある。また、無機粒子の比重が大きすぎると、音響レンズ１４０における音速が低下しすぎることがあり、結果として、超音波の減衰を抑制しつつ高い音速を実現することが困難となるおそれがある。

【００７３】

音響レンズ１４０における無機粒子の含有量は、無機粒子の種類、無機粒子の大きさ、無機粒子の比重などに応じて適宜調整され得る。音響レンズ１４０における無機粒子の含有量は、例えば、１０質量部以上１５０質量部以下である。

【００７４】

無機粒子の例には、シリカやアルミナ、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化イッテルビウムなどの金属酸化物粒子；金や白金などの金属粒子；が含まれる。無機粒子の種類は、１種であってもよいし、それ以上であってもよい。

【００７５】

無機粒子の個数平均粒径は、０．０５μｍ以上０．５μｍ以下であることが好ましい。無機粒子の個数平均粒径が大きすぎると、無機粒子が超音波を散乱し、減衰させてしまうおそれがある。また、無機粒子の個数平均粒径が小さすぎると、無機粒子のシリコーンゴム組成物への混合性が低下してしまい、超音波を減衰させてしまうおそれがあり、さらに音響レンズ１４０の成形が困難となるおそれがある。無機粒子の個数平均粒径は、電子顕微鏡観察により粒子１００個分の粒径を測定した値の個数平均値である。ここで、粒径とは、電子顕微鏡観察による画像から求めた粒子の長径と、短径との平均値である。

【００７６】
音響レンズ１４０の比重は、１．２以上１．６以下であることが好ましい。音響レンズ１４０の比重が大きすぎたり小さすぎたりすると、音響レンズ１４０の音響インピーダンスを所望の大きさに調整できないおそれがある。音響レンズ１４０の比重は、例えば、公知の電子比重計（ＳＤ－２００Ｌ；アルファーミラージュ株式会社製）を用いて測定され得る。
【００７７】
［音響レンズの製造方法］
ここで、音響レンズ１４０の製造方法の一例について説明する。音響レンズ１４０の製造方法は、第１のシリコーンゴム組成物と第２のシリコーンゴム組成物とを混練することでゴム組成物を作製する工程と、当該ゴム組成物を加硫成形する工程と、を含む。
【００７８】
まず、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを混練する。これにより、ゴム組成物を作製することができる。混練方法は、公知の方法から適宜選択され得る。たとえば、第１のシリコーンゴム組成物と、第２のシリコーンゴム組成物とを公知のロール混練機で混合すればよい。
【００７９】
第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物の可塑度は、ＪＩＳＫ６２４９；２００３（ＩＳＯ　７３２３）に従って、公知の平行板可塑度計（ウィリアムスプラストメータ；株式会社安田精機製作所製）を用いて測定され得る。
【００８０】
また、第１のシリコーンゴム組成物と、第２のシリコーンゴム組成物とを混練するときに、さらに無機粒子をさらに混練してもよい。前述のとおり、無機粒子としては、個数平均粒径が０．０５μｍ以上０．５μｍ以下である無機粒子を用いることが好ましい。また、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物が互いに相分離しないように混合する観点からは、第１シリコーンゴム組成物を少しずつ混合することが好ましい。
【００８１】
ゴム組成物を作製する工程では、音響レンズ１４０の特性を損なわない範囲内で、その他の添加剤を添加してもよい。その他の添加剤の種類の例には、上記の無機粒子、補強剤、補強剤の分散剤が含まれる。その他の添加剤の材料の例には、シリカ、酸化チタン、アルミナ、酸化セリウム、酸化鉄、酸化亜鉛、酸化イッテルビウム、硫酸バリウム、有機物フィラーおよび着色顔料が含まれる。
【００８２】
次いで、上記ゴム組成物を加硫成形する。具体的には、上記ゴム組成物に加硫剤をさらに混練し、プレス成形すればよい。このとき、加硫温度は、例えば、１１０℃以上１９０℃以下である。加硫時間は、例えば、５分以上３０分以下である。
【００８３】
加硫剤の種類の例には、２，５－ジメチル－２，５－ジターシャリーブチルパーオキシヘキサンやｐ－メチルベンゾイルパーオキサイド、ジターシャリーブチルパーオキサイドなどの過酸化物系の加硫剤が含まれる。加硫剤の添加量は、例えば、シリコーンゴム１００質量部に対して０．３質量部以上５質量部以下であることが好ましい。
【００８４】
また、加硫を安定させ、低分子量の不純物を除去する観点からは、２次加硫処理を行うことが好ましい。２次加硫処理における加硫温度は、例えば、２００℃以上２４０℃以下である。２次加硫処理における加硫時間は、例えば、２分以上１０分以下である。この際、硫黄や酸化亜鉛などの加硫助剤などをさらに添加してもよい。加硫助剤として酸化亜鉛を使用することにより、音響レンズ１４０のレンズ特性を実質的に損なわずに加硫を促進し、加硫時間を短縮することができる。

【００８５】
以上のとおり、本実施の形態に係る音響レンズ１４０は、第１のシリコーンゴム組成物と、第２のシリコーンゴム組成物とを含むゴム組成物の加硫成形体で構成されている。小さい可塑度を有する第１のシリコーンゴム組成物は、音響レンズ１４０の物理的強度を低くしてしまうものの、超音波の減衰を著しく抑制することができる。一方、大きい可塑度を有する第２のシリコーンゴム組成物は、超音波を減衰してしまうものの、音響レンズ１４０の物理的強度を高めることができる。すなわち、第１のシリコーンゴム組成物および第２のシリコーンゴム組成物が互いに混合されることにより、超音波の減衰を抑制するとともに、物理的強度にも優れる音響レンズ１４０を実現することができる。また、音響レンズ１４０は、シリコーンゴム組成物を含むゴム組成物の加硫成形体で構成されているため、ブタジエン系ゴムを含む従来の音響レンズと比較して、化学的安定性にも優れる。
【００８６】
また、本実施の形態に係る超音波探触子１００は、音響特性および耐久性に優れる、上記の音響レンズ１４０を有する。この結果として、超音波探触子１００は、超音波に対する感度が長期に亘って高い。
【００８７】
さらに、本実施の形態に係る超音波撮像装置２００は、音響特性および耐久性に優れる、上記の超音波探触子１００を有する。この結果として、超音波撮像装置２００は、超音波に対する感度が長期間に亘って高く、かつ高い精度および信頼性で被検体を長期間に亘って検査することができる。
【００８８】
超音波撮像装置２００は、医療用の超音波診断装置に適用されうる。また、超音波撮像装置２００は、魚群探知機（ソナー）や非破壊検査用の探傷機などの超音波による探査結果を画像や数値などで表示する他の装置にも適用されうる。
【００８９】
なお、本実施の形態に係る超音波探触子１００では、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３を有する圧電素子１２０を使用する場合について説明したが、１つの圧電体が超音波の送受信の両方を行ってもよい。
【００９０】
また、本実施の形態に係る超音波探触子１００では、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３を上下に配置する場合について説明したが、送信用圧電体１２１および受信用圧電体１２３は、並列して配置されていてもよい。また、複数の送受信用の圧電体が並列して配置されていてもよい。
【００９１】
以上の説明から明らかなように、本実施の形態に係る音響レンズは、超音波探触子用の音響レンズであって、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを含むゴム組成物の加硫成形体で構成されている。したがって、上記音響レンズは、超音波の減衰を抑制しつつ、化学的安定性および物理的強度に優れる。また、上記音響レンズを有する超音波探触子および超音波撮像装置は、超音波に対する感度が高い。
【００９２】
上記音響レンズの比重が１．２以上１．６以下であることは、上記音響レンズの音響インピーダンスを調整し、超音波の減衰を抑制する観点から、より一層効果的である。
【００９３】
その比重が３以上７未満である無機粒子をさらに含むことは、音響レンズの比重を調整することで、音響インピーダンスを調整し、超音波の減衰を抑制する観点から、より一層効果的である。
【００９４】
無機粒子の個数平均粒径は、０．０５μｍ以上０．５μｍ以下であることは、超音波の減衰の抑制と、上記音響レンズの成形性との観点から、より一層効果的である。

【００９５】
また、本実施の形態に係る音響レンズの製造方法は、超音波探触子用の音響レンズの製造方法であって、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを混練することでゴム組成物を作製する工程と、上記ゴム組成物を加硫成形する工程と、を含む。したがって、超音波の減衰を抑制しつつ、化学的安定性および物理的強度に優れる音響レンズを提供することができる。
【００９６】
ゴム組成物を作製する工程が上記第１のシリコーンゴム組成物と、上記第２のシリコーンゴム組成物と、その比重が３以上７未満である無機粒子と、を混練する工程であることは、上記音響レンズの音響インピーダンスを調整し、超音波の減衰を抑制する観点から、より一層効果的である。
【００９７】
無機粒子として、個数平均粒径が０．０５μｍ以上０．５μｍ以下である無機粒子を用いることは、超音波の減衰の抑制と、上記音響レンズの成形性との観点から、より一層効果的である。
【実施例】
【００９８】
以下、実施例を挙げて本発明を説明するが、本発明はこれらに限定されない。
【００９９】
本実施例では、音響レンズの材料で評価用のシートを作製し、作製したシートについて音響特性を調べた。
【０１００】
１．シートの作製
（シート１の作製）
フィラーとして、表面に酸化アルミニウムが担持され、かつ有機酸により表面処理されている酸化チタン粒子（TiO_2、ＣＲ６０－２；石原産業株式会社製）を準備した。酸化チタン粒子の個数平均粒径を電子顕微鏡観察により測定した。酸化チタン粒子の個数平均粒径は０．２１μｍである。
【０１０１】
酸化チタン粒子をステンレスパッド上に薄く敷き、このパッドを１４０℃の環境下で４時間静置した。これにより、酸化チタン粒子に付着した水分などを除去した。
【０１０２】
次いで、下記の成分を下記の量で混合し、６インチのダブルロール混練機で練ることで、ゴム組成物を調製した。このとき、酸化チタン粒子の含有量は、シリコーンゴム組成物Ａおよびシリコーンゴム組成物Ｂを基準（１００質量部）としたときの含有量である。

シリコーンゴム組成物Ａ	７０質量部
シリコーンゴム組成物Ｂ	３０質量部
酸化チタン	７５質量部

【０１０３】
シリコーンゴム組成物Ａとしては、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ社製のＴＳＥ２０１（可塑度９１、密度１．０ｇ／ｃｍ^3）を使用し、シリコーンゴム組成物Ｂとしては、信越化学工業株式会社製のＫＥ５４１Ｕ（可塑度１５０、密度１．１ｇ／ｃｍ^3）を使用した。なお、シリコーンゴム組成物の可塑度は、ＪＩＳ　Ｋ６２４９（２００３）に規定されている方法に従って、平行板可塑度計（ウィリアムスプラストメータ；株式会社安田精機製作所製）により測定した。
【０１０４】
次いで、１００質量部の上記ゴム組成物に、加硫剤として０．５質量部の２，５－ジメチル－２，５－ジ（ｔ－ブチルパーオキシ）ヘキサンを６インチのダブルロール混練機でさらに混合した。そして、この混合物を１６５℃で１０分間プレス成形した後、さらに２

００℃で２時間、２次加硫を行うことで、厚み２ｍｍのシート１を作製した。

【０１０５】

（シート２，３の作製）

シリコーンゴム組成物の混合比と、フィラーの含有量とを表１に示されるように変更したこと以外は、シート１と同様にしてシート２，３を作製した。

【０１０６】

（シート４の作製）

シリコーンゴム組成物Ｂの代わりにシリコーンゴム組成物Ｃを使用し、酸化チタン粒子の代わりに硫酸バリウム（$BaSO_4$）粒子を使用したこと以外は、シート１と同様にしてシート４を作製した。シリコーンゴム組成物Ｃとしては、信越化学工業株式会社製のＫＥ５６１Ｕ（可塑度２５０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）を使用した。硫酸バリウムとしては、堺化学工業株式会社製のＢ－３０を使用した。

【０１０７】

（シート５の作製）

硫酸バリウムの代わりに酸化亜鉛（ＺｎＯ）を使用し、フィラーの含有量を表１に示されるように変更したこと以外は、シート４と同様にしてシート５を作製した。酸化亜鉛としては、テイカ株式会社製のＭＺ－５０６Ｘを使用した。

【０１０８】

（シート６の作製）

硫酸バリウムの代わりに酸化イッテルビウム（ＹｂＯ）を使用し、フィラーの含有量を表１に示されるように変更したこと以外は、シート４と同様にしてシート６を作製した。酸化イッテルビウムとしては、信越化学工業株式会社製のナノ粒子タイプの酸化イッテルビウムを使用した。

【０１０９】

（シート７～９の作製）

シリコーンゴム組成物Ｂの代わりにシリコーンゴム組成物Ｃを使用したこと以外は、シート１と同様にしてシート７を作製した。また、シリコーンゴム組成物の混合比と酸化チタン粒子の含有量とを表１に示されるように変更したこと以外は、シート１と同様にしてシート８，９を作製した。

【０１１０】

（シート１０の作製）

シリコーンゴム組成物Ｂの代わりにシリコーンゴム組成物Ｄを使用し、シリコーンゴム組成物Ａおよび酸化チタン粒子を添加しなかったこと以外は、シート１と同様にしてシート１０を作製した。シリコーンゴム組成物Ｄとしては、信越化学工業株式会社製のＫＥ７５２Ｕ（可塑度２００、密度１．３ｇ／ｃｍ^3）を使用した。

【０１１１】

（シート１１の作製）

シリコーンゴム組成物Ｂに加えてさらにブタジエンゴム組成物を使用し、シリコーンゴム組成物Ａおよび酸化チタン粒子を添加しなかったこと以外は、シート２と同様にしてシート１１を作製した。ブタジエンゴム組成物の可塑度は２３０である。

【０１１２】

（シート１２の作製）

酸化チタン粒子の含有量を表１に示されるように変更し、シリコーンゴム組成物Ｂを添加しなかったこと以外は、シート１と同様にしてシート１２を作製した。

【０１１３】

（シート１３の作製）

シリコーンゴム組成物Ａおよびシリコーンゴム組成物Ｂの代わりにシリコーンゴム組成物Ｃおよびシリコーンゴム組成物Ｅを使用したこと以外は、シート２と同様にしてシート１３を作製した。シリコーンゴム組成物Ｅとしては、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ社製のＸＥ２０－Ｃ０５１０（可塑度１１０、密度１．１ｇ／ｃｍ^3）を使用

した。

【０１１４】

（シート１４の作製）

シリコーンゴム組成物Ｂの代わりにシリコーンゴム組成物Ｆを使用し、酸化チタン粒子の含有量を表１に示されるように変更したこと以外は、シート２と同様にしてシート１４を作製した。シリコーンゴム組成物Ｆとしては、信越化学工業株式会社製のＫＥ５７１Ｕ（可塑度３６０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）を使用した。

【０１１５】

（シート１５の作製）

シリコーンゴム組成物Ｆの代わりにシリコーンゴム組成物Ｇを使用したこと以外は、シート１４と同様にしてシート１５を作製した。シリコーンゴム組成物Ｇとしては、信越化学工業株式会社製のＫＥ５５５Ｕ（可塑度３１０、密度１．２ｇ／ｃｍ^3）を使用した。

【０１１６】

シート１～１５について、シートＮｏ．、シリコーンゴム組成物の種類、シリコーンゴム組成物の混合比（表１では、単に「混合比」という）、フィラーの種類、フィラーの含有量および区分を表１に示す。なお、表１において、フィラーの含有量は、シリコーンゴム組成物１００質量部に対する含有量である。

【０１１７】

【表１】

シートＮｏ.	シリコーンゴム組成物			フィラー		区分
	種類	可塑度	混合比[質量部]	種類	含有量[質量部]	
1	TSE201 KE541U	91 150	70 30	TiO_2	75	実施例
2	TSE201 KE541U	91 150	50 50	TiO_2	70	
3	TSE201 KE541U	91 150	30 70	TiO_2	65	
4	TSE201 KE561U	91 250	70 30	$BaSO_4$	75	
5	TSE201 KE561U	91 250	70 30	ZnO	70	
6	TSE201 KE561U	91 250	70 30	YbO	65	
7	TSE201 KE561U	91 250	70 30	TiO_2	75	
8	TSE201 KE561U	91 250	50 50	TiO_2	70	
9	TSE201 KE561U	91 250	30 70	TiO_2	65	
10	KE752U	200	100	－	－	比較例
11	KE541U ﾌﾞﾀｼﾞｴﾝｺﾞﾑ	150 230	50 50	－	－	
12	TSE201	91	100	TiO_2	90	
13	XE20-C0510 KE561U	110 250	50 50	TiO_2	70	
14	TSE201 KE571U	91 360	50 50	TiO_2	50	
15	TSE201 KE555U	91 310	50 50	TiO_2	50	

【０１１８】

２．シートの評価

（１）音響インピーダンスの評価

シート１～１５のそれぞれの密度を、２５℃において、ＪＩＳ　Ｃ２１２３に規定されている方法により求めた。次いで、シート１～１５のそれぞれについて、２５℃における音速を、測定周波数１０ＭＨｚで、音速測定装置（シングアラウンド式音速測定装置ＵＶＭ－２型；超音波工業株式会社製）により測定した。次いで、シートの密度および音速の積からシート１～１５の音響インピーダンスを算出した。一般的に、音響インピーダンスの単位としては、ＭＲａｙｌが用いられ、１ＭＲａｙｌは1×10^6ｋｇ／ｍ^2／ｓ（1×10^6Ｐａ・ｓ／ｍ）である。なお、実用に耐えうる観点から、音響インピーダンスが１．３（ＭＲａｙｌ）以上である場合を合格と判断した。

【０１１９】

（２）減衰率の評価

２５℃の水を満たした水槽中にシート１～１５をそれぞれ入れた状態で、超音波パルサー・レシーバーＪＰＲ－１０Ｃ（ジャパンプローブ株式会社製）により、水中に１０ＭＨ

ｚの超音波を発生させて、超音波がシートを透過する前の振幅と、超音波がシートを透過した後の振幅とを測定した。超音波がシートを透過する前後の振幅から減衰率を算出した。なお、実用に耐えうる観点から、減衰率が７ｄＢ／ｍｍ以下である場合を合格と判断した。

【０１２０】

（３）ゴム硬度の評価

シート１～１５について、ＪＩＳ　Ｋ６２５３（２０１２）に従い、デュロメータＡ（アスカーＡ型；高分子計器株式会社製）によりゴム硬度を測定した。なお、実用に耐えうる観点から、ゴム硬度が４０超の場合を合格とした。

【０１２１】

（４）摩耗性の評価

シート１～１５について、ＪＩＳ　Ｋ７２０４に規定された方法により、ロータリーアブレーションテスター（株式会社東洋精機製作所製）を用いて、摩耗輪ＣＳ－１０による摩耗量を測定した。摩耗前後のシートの重量の変化分（摩耗量）を測定し、摩耗前のシートの重量に対する摩耗量の重量分率を算出した。なお、実用に耐えうる観点から、重量分率が２％以下である場合を合格と判断した。

【０１２２】

（５）変色の評価

シート１～１５について、試験液に浸漬した状態で、４０℃の恒温槽に１ヶ月静置した。試験液としては、Ａ．サイデックスプラス２８（消毒液、ジョンソン・アンド・ジョンソン株式会社製、「サイデックスプラス」は、同社の登録商標）と、Ｂ．ディスオーパ（消毒液、ジョンソン・アンド・ジョンソン株式会社製、「ディスオーパ」は、同社の登録商標）と、Ｃ．アクアソニック１００ゲル（パーカーラボラトリース　インコーポレテッド社製、「アクアソニック１００」は、同社の登録商標）とを用いた。上記試験液Ａ～Ｃのいずれかにシート１～１５をそれぞれ浸漬し、試験液に浸漬したシートと、試験液に浸漬していないシートとを目視にて比較し、浸漬による変色について、下記基準により評価した。

Ａ：試験液Ａ～Ｃにおいて、シートは、ほとんど変色しなかった。

Ｂ：試験液Ａ、Ｂにおいて、シートは、一様にかつわずかに変色した。

Ｃ：試験液Ａ、Ｂにおいて、シートは、まだらに変色するか、または一様にかつ強く変色した。

Ｄ：試験液Ａ～Ｃにおいて、シートは、まだらに変色するか、または一様にかつ強く変色した。

【０１２３】

シート１～１５について、シートＮｏ．、音響インピーダンス（表２では、単に「Ｚ」と表す）、減衰率、ゴム硬度、摩耗性、変色の評価結果および区分を表２に示す。

【０１２４】

【表２】

シートNo.	Z [MRayl]	減衰率 [dB/mm]	ゴム硬度 [－]	摩耗性 [%]	変色	区分
1	1.35	6.7	49	1.4	A	実施例
2	1.34	6.7	50	1.3	A	
3	1.37	6.5	52	1.4	A	
4	1.37	6.3	51	1.3	A	
5	1.39	7.0	49	1.2	A	
6	1.37	6.9	48	2.0	A	
7	1.38	6.9	58	1.4	A	
8	1.36	6.8	57	1.4	A	
9	1.37	6.3	51	1.3	A	
10	1.25	8.8	49	1.6	A	比較例
11	1.21	7.6	35	3.7	C	
12	1.36	6.5	19	1.9	A	
13	1.35	11.5	44	2.5	A	
14	1.35	11.8	43	1.4	A	
15	1.34	12.1	52	1.5	A	

【０１２５】

３．超音波探触子の作製

（超音波探触子１）

（１）バッキング層

下記の成分を下記の量で、真空混合機（ＡＲＶ－３１０；株式会社シンキー製）により十分に混合した。次いで、９質量部のシリコーンゴムＨをさらに混合して、混合物Ａを得た。

シリコーンゴム組成物Ｈ　　９１質量部

酸化タングステン　　７５０質量部

【０１２６】

シリコーンゴム組成物Ｈとしては、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ社製のＴＳＥ３０３２（Ａ）を使用した。酸化タングステンとしては、三酸化タングステン粉末（A_2－WO_3；株式会社アライドマテリアル製）を使用した。

【０１２７】

次いで、混合物Ａを１００ｍｍ×１００ｍｍ×３０ｍｍの金型に入れ、真空電熱プレス機（ＯＨＶ－Ｈ；王子機械株式会社製）により、４．９ＭＰａ（５０ｋｇ／ｃｍ^2）の圧力で加圧した状態で、真空かつ室温において３時間静置し、５０℃において３時間加熱した。これにより、ブロック（密度７．３ｇ／ｃｍ^3）を作製した。当該ブロックを１ｃｍ角に切り出し、カッターミル（ＶＭ－２０；槇野産業株式会社製）により粉砕し、ピンミル（Ｍ－４；株式会社奈良機械製作所製）によりスクリーン０．５ｍｍ、回転数２８００ｒｐｍにてさらに粉砕した。次いで、粉砕した上記ブロックを円形振動櫛機（ＫＧ－４００；株式会社西村機械製作所製）により目開き２１２μｍのメッシュを通して複合粒子を作製した。

【０１２８】

次いで、下記の成分を下記の量で、真空混合機（ＡＲＶ－３１０；株式会社シンキー製）により十分に混合した。次いで、９質量部の架橋剤（ｊＥＲキュアＳＴ－１２；三菱化学株式会社製、「ｊＥＲキュア」は、同社の登録商標）をさらに混合して、混合物Ｂを得た。

エポキシ樹脂　　９１質量部

上記複合粒子　　３８０質量部

【０１２９】

エポキシ樹脂としては、ＮＡＮＯＲＥＳＩＮ社製のＡｌｂｉｄｕｒ　ＥＰ２２４０（「Ａｌｂｉｄｕｒ」は、同社の登録商標）を使用した。

【０１３０】

次いで、混合物Ｂを１００ｍｍ×１００ｍｍ×３０ｍｍの金型に入れ、真空電熱プレス機（ＯＨＶ－Ｈ；王子機械株式会社製）により、９．９ＭＰａ（１００ｋｇ／ｃｍ^2）の圧力で加圧した状態で、室温において４時間静置し、６０℃において３時間加熱した。これにより、バッキングブロック（密度２．６５ｇ／ｃｍ^3、音響インピーダンス２．９ＭＲａｙｌｓ、減衰定数３０ｄＢ／ｃｍ／ＭＨｚ）を作製した。バッキングブロックをワイヤーソー（ＣＳ－２０３；ムサシノ電子株式会社製）により厚み６ｍｍに切断し、精密研磨装置（ＭＡ－２００；ムサシノ電子株式会社製）により厚み５ｍｍに研磨した。以上の工程により、バッキング層を作製した。

【０１３１】

（２）ＦＰＣ（フレキシブルプリント基板）

上記のバッキング層上にＦＰＣを配置し、接着剤により固定した。

【０１３２】

（３）圧電層

上記ＦＰＣの表面に、両面に電極が形成された厚み０．１３ｍｍのチタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）ウエハ（３２０３ＨＤ；ＣＴＳ　Ｅｌｅｃｔｒｏ　Ｃｏｍｐｏｎｅｎｔ　Ｉｎｃ．製）を配置し、接着剤により固定した。

【０１３３】

（４）音響整合層

下記の成分を下記の量で、真空混合機（ＡＲＶ－３１０；株式会社シンキー製）により十分に混合した。次いで、３２質量部の架橋剤（ｊＥＲキュアＳＴ－１２；三菱化学株式会社製、「ｊＥＲキュア」は、同社の登録商標）をさらに混合して、混合物Ｃを得た。

エポキシ樹脂　　６８質量部
添加剤　　２５質量部

【０１３４】

エポキシ樹脂としては、三菱化学株式会社製のｊＥＲ－８２８（「ｊＥＲ」は、同社の登録商標）を使用した。添加剤としては、信越化学工業株式会社製のＫＭＰ６００を使用した。

【０１３５】

次いで、混合物Ｃを１００ｍｍ×１００ｍｍ×３０ｍｍの金型に入れ、真空電熱プレス機（ＯＨＶ－Ｈ；王子機械株式会社製）により、９．８ＭＰａ（１００ｋｇ／ｃｍ^2）の圧力で加圧した状態で、室温において４時間静置し、６０℃において３時間加熱した。これにより、整合材ブロック（密度１．１２ｇ／ｃｍ^3、音響インピーダンス２．０ＭＲａｙｌｓ、音速１７５０ｍ／ｓ）を作製した。整合材ブロックをワイヤーソー（ＣＳ－２０３；ムサシノ電子株式会社製）により厚み０．５０ｍｍに切断し、精密研磨装置（ＭＡ－２００；ムサシノ電子株式会社製）により厚み０．０５０ｍｍに研磨した。以上の工程により、整合材１を作製した。

【０１３６】

また、エポキシ樹脂として、６８質量部のｊＥＲ－８２８の代わりに５０質量部のＥＰ００７Ｋ主剤（セメダイン株式会社製）を使用し、添加剤として、２５質量部の信越シリコーンＫＭＰ６００の代わりに１０５質量部のフェライト（ＫＮＳ－４１５；戸田工業株式会社製）を使用し、架橋剤として、３２質量部のｊＥＲキュアＳＴ－１２の代わりに５０質量部のＥＰ０００７Ｋ硬化剤（セメダイン株式会社製）を使用したこと以外は、整合材１と同様にして、整合材２を作製した。

【０１３７】

さらに、添加剤の含有量を１０５質量部から４００質量部に変更したこと以外は、整合

材２と同様にして整合材３を作製した。

【０１３８】

（ダイシング）

次いで、整合材１、整合材２および整合材３をこの順で積層し、二液性エポキシ系接着剤（ＥセットＬ；コニシ株式会社製）により固定した。このとき、整合材１～３を、二液性エポキシ系接着剤を介して積層した状態で、常温（２５℃）で５分間、４９Ｎで加圧し、常温（２５℃）で５時間、２９４Ｎで加圧し、さらに５０℃で３時間、２９４Ｎで加圧することで整合材１～３を接着剤により互いに固定した。以上の工程により、音響整合層を作製した。これにより、バッキング層、ＦＰＣ、圧電層および音響整合層の積層体を作製した。

【０１３９】

次いで、厚み０．０２ｍｍのダイサーにより、ピッチ０．２ｍｍで上記積層体を、バッキング層を完全に切断しないように音響整合層側から音響整合層、圧電層およびＦＰＣをダイシングし、複数の積層体片に分割した。さらに、上記ダイサーにより、ダイシングされた各積層体を３等分するように、かつバッキング層、ＦＰＣおよび圧電層の下部電極を切断しないように音響整合層側から音響整合層および圧電層（上部電極および圧電体）をダイシングした。

【０１４０】

（コーティング）

次いで、ダイシングされた上記積層体の表面に、ｄｉＸ－Ｃ（ＫＩＳＣＯ株式会社製、「ｄｉＸ」は、第三化成株式会社の登録商標）を原料ダイマーとして、成膜装置（Ｌａｂｃｏｔｅｒ　ＰＤＳ２０１０；）により、厚み３μｍのポリクロロパラキシリレン膜を形成した。

【０１４１】

（充填）

次いで、真空中において、上記積層体の、ダイシングにより形成された溝に二液型ＲＴＶゴム（ＫＥ－１６００；信越化学工業株式会社製）を充填し、硬化させた。これにより、各積層体片を互いに接着させた。

【０１４２】

（音響レンズ）

次いで、シート３の製造方法において、シート状に成型する代わりに手動式成型機（Ｐ５００Ｆ－４１４１；株式会社ショージ製）により、１６５℃で１０分間プレス成型し、さらに２００℃で２時間２次加硫を行うことにより、音響レンズを作製した。

【０１４３】

最後に、各積層体片が互いに接着された上記積層体上に、作製した音響レンズを配置し、真空中において、二液型ＲＴＶゴム（ＫＥ－１６００；信越化学工業株式会社製）により固定することで超音波探触子１を作製した。

【０１４４】

（超音波探触子２～５）

シート３の代わりにシート８～１１のいずれかを使用すること以外は、超音波探触子１と同様の方法により、超音波探触子２～５を作製した。

【０１４５】

４．超音波探触子の評価

（１）音響特性の評価

超音波探触子１～５について、超音波プローブテスター（Ｆｉｒｓｔ　Ｃａｌｌ２０００；Ｓｏｎｏｒａ　Ｍｅｄｉｃａｌ　Ｓｙｓｔｅｍｓ製）により、超音波に対する感度と、比帯域幅（－６ｄＢ）とをそれぞれ評価した。なお、感度は、超音波探触子４を基準（１００％）としたときの相対感度を示しており、相対感度が１００％超である場合を合格と判断した。また、比帯域幅については、８０％超である場合を合格と判断した。

【０１４６】

（２）超音波画像の評価

超音波探触子１～５について、超音波ファントムモデル（ＲＭＩ　４０４ＧＳ－ＬＥ；ＧＡＭＭＥＸ社製）を用いて、超音波画像をそれぞれ形成した。各超音波画像について、下記基準により評価した。

○：多重反射がほとんど認められず、境界が鮮明である。

×：多重反射が確認され、境界が不鮮明である。

【０１４７】

超音波探触子１～５について、超音波探触子Ｎｏ．、シートＮｏ．、音響特性の評価結果（相対感度および比帯域幅）、超音波画像の評価結果および区分を表３に示す。

【０１４８】

【表３】

超音波探触子No.	シートNo.	相対感度[%]	比帯域幅[%]	超音波画像	区分
1	3	108	87	○	実施例
2	8	105	85	○	
3	9	110	88	○	
4	10	100	78	×	比較例
5	11	101	79	×	

【０１４９】

表２に示されるように、実施例に係るシート１～９は、減衰率、化学的安定性（変色）および物理的強度（ゴム硬度および摩耗性）に優れていた。この原因として、シート１～９が、その可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを含むゴム組成物の加硫成形体で構成されているためと考えらえる。

【０１５０】

表３に示されるように、実施例に係る超音波探触子１～３は、超音波に対する感度、比帯域幅および超音波画像に優れていた。この原因として、超音波探触子１～３がその可塑度が１００以下である第１のシリコーンゴム組成物と、その可塑度が１５０以上３００以下である第２のシリコーンゴム組成物とを含むゴム組成物の加硫成形体で構成されている音響レンズを有するためと考えられる。

【０１５１】

一方、表２に示されるように、比較例に係るシート１０～１５では、減衰率、化学的安定性および物理的強度の少なくともいずれかが劣っていた。この原因として、シート１０～１５が上記加硫成形体で構成されていないためと考えられる。特に、シート１１については、シリコーンゴム組成物の代わりにブタジエンゴムが使用されているため、化学的安定性が劣っていた。

【０１５２】

また、表３に示されるように、比較例に係る超音波探触子４、５は、超音波に対する感度、比帯域幅および超音波画像の少なくともいずれかが劣っていた。この原因として、超音波探触子４、５が上記加硫成形体で構成されている音響レンズを有さないためと考えられる。

【産業上の利用可能性】

【０１５３】

本発明によれば、超音波に対する減衰が低く、化学的安定性および物理強度のいずれにも優れる音響レンズを提供することができる。したがって、本発明によれば、超音波探触子および超音波撮像装置のさらなる普及が期待される。

【符号の説明】

【０１５４】
１００　超音波探触子
１１０　バッキング層
１２０　圧電素子
１２１　送信用圧電体
１２２　中間層
１２３　受信用圧電体
１３０　音響整合層
１４０　音響レンズ
１５０　電極
２００　超音波撮像装置
２１０　装置本体
２２０　ケーブル
２３０　入力部
２４０　制御部
２５０　送信部
２６０　受信部
２７０　画像処理部
２８０　表示部

【図１】

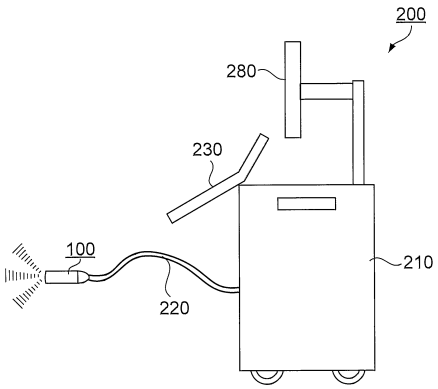


図1A

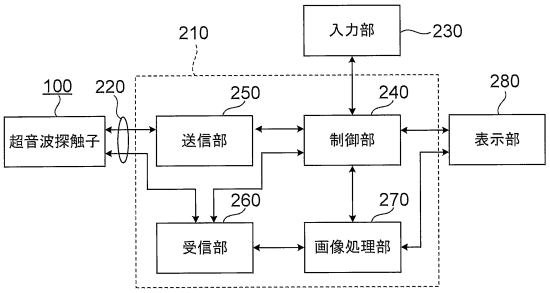
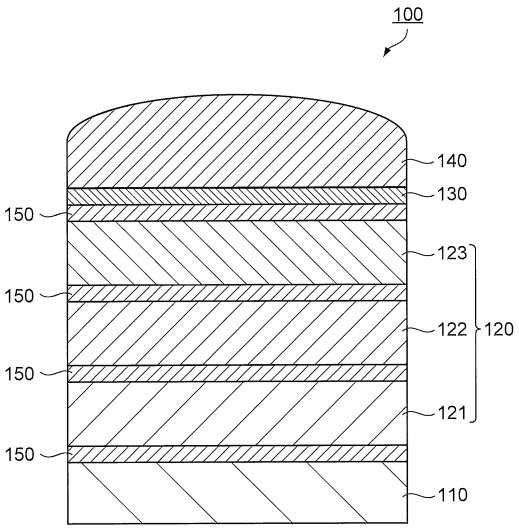


図1B

【図２】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第２０１１／１５１９９４（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１３／００７２８０２（ＵＳ，Ａ１）
中国特許出願公開第１０２８６００４０（ＣＮ，Ａ）
特開２０１１－０７２７０２（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０８９７６５（ＪＰ，Ａ）
特公平０１－０３４３９６（ＪＰ，Ｂ２）
米国特許第０４６５１８５０（ＵＳ，Ａ）
特開平０８－０００６１５（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１０５３８５１６６（ＣＮ，Ａ）
特開２０１６－０４６８１１（ＪＰ，Ａ）
Yohachi(John) YAMASHITA et al., "Effects of Sub-100nm Platinum Metal Particle on the Acoustic Attenuation Properties of Silicone Rubber Lens for Medical Array Probe", Japanese Journal of Applied Physics, ２００６年 ５月２６日, Vol.45, No.5B, pp.4684-4687

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ８／００ － ８／１５
Ｃ０８Ｋ ３／００ － １３／０８
Ｇ０１Ｎ ２９／００ － ２９／５２
Ｈ０４Ｒ １／００