

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6252248号
(P6252248)

(45) 発行日 平成29年12月27日 (2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日 (2017.12.8)

| | | | |
|-------------------|------------------|-------------------|-------------|
| (51) Int. Cl. | | F I | |
| H04R 17/00 | (2006.01) | H04R 17/00 | 332A |
| H04R 31/00 | (2006.01) | H04R 17/00 | 330J |
| A61B 8/00 | (2006.01) | H04R 31/00 | 330 |
| | | A61B 8/00 | |

請求項の数 11 (全 14 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-37269 (P2014-37269) | (73) 特許権者 | 000002369 |
| (22) 出願日 | 平成26年2月27日 (2014.2.27) | | セイコーエプソン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2015-162813 (P2015-162813A) | | 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 |
| (43) 公開日 | 平成27年9月7日 (2015.9.7) | (74) 代理人 | 100090479 |
| 審査請求日 | 平成29年2月20日 (2017.2.20) | | 弁理士 井上 一 |
| | | (74) 代理人 | 100104710 |
| | | | 弁理士 竹腰 昇 |
| | | (74) 代理人 | 100124682 |
| | | | 弁理士 黒田 泰 |
| | | (72) 発明者 | 鶴野 次郎 |
| | | | 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 中村 友亮 |
| | | | 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 超音波デバイスおよびその製造方法並びにプローブ、電子機器および超音波画像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の超音波トランスデューサー素子を有する基板と、
母材およびフィラーで形成されて、前記複数の超音波トランスデューサー素子を覆う音響整合層と、

前記基板の厚み方向の平面視で、前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間で単位体積当たりの前記フィラーの占有体積の割合は大きい

ことを特徴とする超音波デバイス。

【請求項2】

請求項1に記載の超音波デバイスにおいて、前記フィラーの占有体積の割合は、前記超音波トランスデューサー素子の範囲と、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間との間で勾配を有することを特徴とする超音波デバイス。

【請求項3】

請求項1または2に記載の超音波デバイスにおいて、前記音響整合層内の前記超音波トランスデューサー素子の範囲は前記超音波トランスデューサー素子から遠ざかるにつれて広がることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載の超音波デバイスにおいて、前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間で前記フ

ィラーの平均粒径は大きいことを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスにおいて、前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間で前記フィラーの個数は多いことを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスを支持する筐体とを備えることを特徴とするプローブ。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理する処理部とを備えることを特徴とする電子機器。

10

【請求項 8】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理し、画像を生成する処理部と、前記画像を表示する表示装置とを備えることを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 9】

複数の超音波トランスデューサー素子を有する基板に、前記基板の厚み方向の平面視で隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間の領域に第 1 素材を塗布する工程と、

前記超音波トランスデューサー素子が配置される領域内に第 2 素材を塗布する工程と、
を備え、

20

前記第 1 素材では、前記第 2 素材に比べて、母材内で単位体積当たりのフィラーの占有体積の割合が大きい

ことを特徴とする超音波デバイスの製造方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の超音波デバイスの製造方法において、前記第 1 素材の硬化後に、前記第 1 素材の間の空間に前記第 2 素材が満たされることを特徴とする超音波デバイスの製造方法。

【請求項 11】

複数の超音波トランスデューサー素子を有する基板に、第 1 値の粒径範囲の第 1 フィラーおよび第 1 値より大きい第 2 値の粒径範囲の第 2 フィラーを包含する流動性の素材を塗布して、前記素材で前記複数の超音波トランスデューサー素子を覆う工程と、

30

個々の前記超音波トランスデューサー素子で超音波振動を発生させ、前記超音波振動に基づき、前記基板の厚み方向からの平面視で前記超音波トランスデューサー素子の範囲から隣り合う前記超音波トランスデューサー素子同士の間領域に向かって前記第 2 フィラーを移動させ、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子同士の間の領域に前記第 2 フィラーを偏在させる工程と、

を備えることを特徴とする超音波デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波デバイスおよびその製造方法、並びに、それを利用したプローブ、電子機器および超音波画像装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に開示されるように、超音波トランスデューサー素子を備える超音波デバイスは一般に知られる。超音波トランスデューサー素子は、アレイ状に配置された複数の超音波トランスデューサー素子を含む素子アレイを有する基板を備える。素子アレイは音響整合層で覆われる。音響整合層は素子アレイに音響レンズを結合する。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-125068号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、音響整合層は個々の超音波トランスデューサー素子ごとに分割される。隣り合う音響整合層の間には分離材が充填される。音響整合層は固体材料で形成される一方で、分離材はゴム系材料から形成される。したがって、超音波トランスデューサー素子から伝搬する超音波振動は、隣り合う超音波トランスデューサー素子同士の間で行き交うことはないものの、音響整合層および分離材の界面で反射し、音響レンズに伝搬する。反射した超音波は時間遅れで音響レンズから出射され、超音波測定の精度を低下させてしまう。

10

【0005】

そして、超音波測定の精度の向上に寄与する超音波デバイスが望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 本発明の一態様は、アレイ状に配置された複数の超音波トランスデューサー素子を含む素子アレイを有する基板と、母材およびフィラーで形成されて、前記素子アレイを覆う音響整合層と、前記基板の厚み方向の平面視で、前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の中で単位体積当たりの前記フィラーの占有体積の割合は大きい超音波デバイスに関する。

20

【0007】

超音波トランスデューサー素子は超音波の発信時に超音波振動する。超音波は超音波トランスデューサー素子から音響整合層を伝わり超音波デバイスの表面から出射される。音響整合層は超音波トランスデューサー素子と画像化対象物との間で音響インピーダンスの整合を図る。音響インピーダンスの整合の結果、音響整合層の界面で超音波の反射は低減される。このとき、隣り合う超音波トランスデューサー素子では一方の超音波トランスデューサー素子から他方の超音波トランスデューサー素子に向かって音響整合層内を超音波振動が伝搬する。隣り合う超音波トランスデューサー素子の間ではフィラーの占有体積の割合が大きいことから、超音波振動は効率的に減衰する。こうして隣り合う超音波トランスデューサー素子同士の間でクロストークは防止される。隣り合う超音波トランスデューサー素子同士の間では音響整合層の母材は連続することから、超音波振動の反射は抑制される。超音波の乱反射は抑制される。超音波測定の精度は向上する。

30

【0008】

(2) 前記フィラーの占有体積の割合は、前記超音波トランスデューサー素子の範囲と、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間との間で勾配を有してもよい。超音波トランスデューサー素子の範囲から、隣り合う超音波トランスデューサー素子の間の範囲に向かって徐々にフィラーの占有体積の割合は変化することから、音響インピーダンスの急激な変化に基づく超音波振動の反射は効果的に抑制される。こうして超音波の乱反射は確実に抑制される。

40

【0009】

(3) 前記音響整合層内の前記超音波トランスデューサー素子の範囲は前記超音波トランスデューサー素子から遠ざかるにつれて広がることができる。超音波振動は超音波トランスデューサー素子から広がりながら音響整合層内を伝搬する。したがって、フィラーの占有体積が小さい領域が超音波トランスデューサー素子から遠ざかるにつれて広がれば、フィラーの占有体積の高い領域に進入する超音波振動は抑制される。こうして超音波の乱反射はさらに効果的に抑制される。

【0010】

50

(4) 前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間で前記フィラーの平均粒径は大きくてもよい。こうして占有体積の割合の調整にあたってフィラーの平均粒径が利用される。平均粒径が大きければ、占有体積の割合は高まる。

【0011】

(5) 前記超音波トランスデューサー素子の範囲に比べて、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間で前記フィラーの個数は多くてもよい。こうして占有体積の割合の調整にあたってフィラーの個数が利用される。フィラーの個数が増大すれば、占有体積の割合は高まる。

【0012】

10

(6) 超音波デバイスはプローブに組み込まれて利用されてもよい。このとき、プローブは、超音波デバイスと、前記超音波デバイスを支持する筐体とを備えればよい。

【0013】

(7) 超音波デバイスは電子機器に組み込まれて利用されてもよい。このとき、電子機器は、超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理する処理部とを備えることができる。

【0014】

(8) 超音波デバイスは超音波画像装置に組み込まれて利用されてもよい。このとき、超音波画像装置は、超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理し、画像を生成する処理部と、前記画像を表示する表示装置とを備えることができる。

20

【0015】

(9) 本発明の他の態様は、アレイ状に配置された複数の超音波トランスデューサー素子を含む素子アレイを有する基板に、前記基板の厚み方向の平面視で隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間の領域に第1素材を塗布する工程と、前記超音波トランスデューサー素子が配置される領域内に第2素材を塗布する工程とを備え、前記第1素材では、前記第2素材に比べて、母材内で単位体積当たりのフィラーの占有体積の割合が大きい超音波デバイスの製造方法に関する。こうして前述の超音波デバイスは製造される。

【0016】

(10) 超音波デバイスの製造方法では、前記第1素材の硬化後に、前記第1素材の間の空間に前記第2素材が満たされてもよい。基板に塗布された第1素材は基板の表面から遠ざかるにつれて先細る形状に形成されることができる。その結果、超音波トランスデューサー素子の領域では超音波トランスデューサー素子から遠ざかるにつれて広がる空間が形成される。フィラーの占有体積の割合が小さい領域は超音波トランスデューサー素子から遠ざかるにつれて広がるような形状を有することができる。

30

【0017】

(11) 本発明の他の態様は、アレイ状に配置された複数の超音波トランスデューサー素子を含む素子アレイを有する基板に、第1値の粒径範囲の第1フィラーおよび第1値より大きい第2値の粒径範囲の第2フィラーを包含する流動性の素材を塗布して、前記素材で前記素子アレイを覆う工程と、個々の前記超音波トランスデューサー素子で超音波振動を発生させ、前記超音波振動に基づき、前記基板の厚み方向からの平面視で前記超音波トランスデューサー素子の範囲から隣り合う前記超音波トランスデューサー素子同士の間に領域に向かって前記第2フィラーを移動させ、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子同士の間の領域に前記第2フィラーを偏在させる工程とを備える超音波デバイスの製造方法に関する。こうして前述の超音波デバイスは製造される。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】一実施形態に係る電子機器の一具体例すなわち超音波診断装置を概略的に示す外觀図である。

【図2】超音波プローブの拡大正面図である。

50

【図 3】第 1 実施形態に係る超音波デバイスの拡大平面図である。

【図 4】図 3 の A - A 線に沿った断面図である。

【図 5】第 1 実施形態に係る音響整合層の構造を概略的に示す図 4 の拡大一部断面図である。

【図 6】超音波デバイスの製造工程を示す図であって、基板の拡大一部断面図である。

【図 7】超音波デバイスの製造工程を示す図であって、塗布された第 1 素材を概略的に示す基板の拡大一部断面図である。

【図 8】超音波デバイスの製造工程を示す図であって、塗布された第 2 素材を概略的に示す基板の拡大一部断面図である。

【図 9】第 2 実施形態に係る音響整合層の構造を概略的に示す図 4 の拡大一部断面図である。

10

【図 10】超音波デバイスの製造工程を示す図であって、塗布された素材を概略的に示す基板の拡大一部断面図である。

【図 11】超音波デバイスの製造工程を示す図であって、超音波振動の印加時の素材を概略的に示す基板の拡大一部断面図である。

【図 12】図 5 に対応し、第 1 実施形態の変形例に係る音響整合層の構造を概略的に示す拡大一部断面図である。

【図 13】図 9 に対応し、第 2 実施形態の変形例に係る音響整合層の構造を概略的に示す拡大一部断面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0019】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0020】

(1) 超音波診断装置の全体構成

図 1 は本発明の一実施形態に係る電子機器の一具体例すなわち超音波診断装置（超音波画像装置）11 の構成を概略的に示す。超音波診断装置 11 は装置端末（処理部）12 と超音波プローブ（プローブ）13 とを備える。装置端末 12 と超音波プローブ 13 とはケーブル 14 で相互に接続される。装置端末 12 と超音波プローブ 13 とはケーブル 14 を通じて電気信号をやりとりする。装置端末 12 にはディスプレイパネル（表示装置）15 が組み込まれる。ディスプレイパネル 15 の画面は装置端末 12 の表面で露出する。装置端末 12 では、超音波プローブ 13 で検出された超音波に基づき画像が生成される。画像化された検出結果がディスプレイパネル 15 の画面に表示される。

30

【0021】

図 2 に示されるように、超音波プローブ 13 は筐体 16 を有する。筐体 16 内には超音波デバイス 17 が収容される。超音波デバイス 17 の表面は筐体 16 の表面で露出することができる。超音波デバイス 17 は表面から超音波を出力するとともに超音波の反射波を受信する。その他、超音波プローブ 13 は、プローブ本体 13a に着脱自在に連結されるプローブヘッド 13b を備えることができる。このとき、超音波デバイス 17 はプローブヘッド 13b の筐体 16 内に組み込まれることができる。

40

【0022】

図 3 は超音波デバイス 17 の平面図を概略的に示す。超音波デバイス 17 は基体 21 を備える。基体 21 には素子アレイ 22 が形成される。素子アレイ 22 はアレイ状に配置された薄膜型超音波トランスデューサー素子（以下「素子」という）23 の配列で構成される。配列は複数行複数列のマトリクスで形成される。その他、配列では千鳥配置が確立されてもよい。千鳥配置では偶数列の素子 23 群は奇数列の素子 23 群に対して行ピッチの 2 分の 1 でずらされればよい。奇数列および偶数列の一方の素子数は他方の素子数に比べて 1 つ少なくともよい。

【0023】

50

個々の素子 2 3 は振動膜 2 4 を備える。図 3 では振動膜 2 4 の膜面に直交する方向の平面視（基板の厚み方向からの平面視）で振動膜 2 4 の輪郭が点線で描かれる。振動膜 2 4 上には圧電素子 2 5 が形成される。圧電素子 2 5 は上電極 2 6、下電極 2 7 および圧電体膜 2 8 で構成される。個々の素子 2 3 ごとに上電極 2 6 および下電極 2 7 の間に圧電体膜 2 8 が挟まれる。これらは下電極 2 7、圧電体膜 2 8 および上電極 2 6 の順番で重ねられる。超音波デバイス 1 7 は 1 枚の超音波トランスデューサー素子チップ（基板）として構成される。

【 0 0 2 4 】

基体 2 1 の表面には複数本の第 1 導電体 2 9 が形成される。第 1 導電体 2 9 は配列の行方向に相互に平行に延びる。1 行の素子 2 3 ごとに 1 本の第 1 導電体 2 9 が割り当てられる。1 本の第 1 導電体 2 9 は配列の行方向に並ぶ素子 2 3 の圧電体膜 2 8 に共通に接続される。第 1 導電体 2 9 は個々の素子 2 3 ごとに上電極 2 6 を形成する。第 1 導電体 2 9 の両端は 1 対の引き出し配線 3 1 にそれぞれ接続される。引き出し配線 3 1 は配列の列方向に相互に平行に延びる。したがって、全ての第 1 導電体 2 9 は同一長さを有する。こうしてマトリクス全体の素子 2 3 に共通に上電極 2 6 は接続される。第 1 導電体 2 9 は例えばイリジウム（Ir）で形成されることができる。ただし、第 1 導電体 2 9 にはその他の導電材が利用されてもよい。

【 0 0 2 5 】

基体 2 1 の表面には複数本の第 2 導電体 3 2 が形成される。第 2 導電体 3 2 は配列の列方向に相互に平行に延びる。1 列の素子 2 3 ごとに 1 本の第 2 導電体 3 2 が割り当てられる。1 本の第 2 導電体 3 2 は配列の列方向に並ぶ素子 2 3 の圧電体膜 2 8 に共通に配置される。第 2 導電体 3 2 は個々の素子 2 3 ごとに下電極 2 7 を形成する。第 2 導電体 3 2 には例えばチタン（Ti）、イリジウム（Ir）、白金（Pt）およびチタン（Ti）の積層膜が用いられることができる。ただし、第 2 導電体 3 2 にはその他の導電材が利用されてもよい。

【 0 0 2 6 】

列ごとに素子 2 3 の通電は切り替えられる。こうした通電の切り替えに応じてリニアスキャンやセクタスキャンは実現される。1 列の素子 2 3 は同時に超音波を出力することから、1 列の個数すなわち配列の行数は超音波の出力レベルに応じて決定されることができる。行数は例えば 10 ~ 15 行程度に設定されればよい。図中では省略されて 5 行が描かれる。配列の列数はスキャンの範囲の広がりに応じて決定されることができる。列数は例えば 128 列や 256 列に設定されればよい。図中では省略されて 8 列が描かれる。上電極 2 6 および下電極 2 7 の役割は入れ替えられてもよい。すなわち、マトリクス全体の素子 2 3 に共通に下電極が接続される一方で、配列の列ごとに共通に素子 2 3 に上電極が接続されてもよい。

【 0 0 2 7 】

基体 2 1 の輪郭は、相互に平行な 1 対の直線で仕切られて対向する第 1 辺 2 1 a および第 2 辺 2 1 b を有する。第 1 辺 2 1 a と素子アレイ 2 2 の輪郭との間に 1 ラインの第 1 端子アレイ 3 3 a が配置される。第 2 辺 2 1 b と素子アレイ 2 2 の輪郭との間に 1 ラインの第 2 端子アレイ 3 3 b が配置される。第 1 端子アレイ 3 3 a は第 1 辺 2 1 a に平行に 1 ラインを形成することができる。第 2 端子アレイ 3 3 b は第 2 辺 2 1 b に平行に 1 ラインを形成することができる。第 1 端子アレイ 3 3 a は 1 対の上電極端子 3 4 および複数の下電極端子 3 5 で構成される。同様に、第 2 端子アレイ 3 3 b は 1 対の上電極端子 3 6 および複数の下電極端子 3 7 で構成される。1 本の引き出し配線 3 1 の両端にそれぞれ上電極端子 3 4、3 6 は接続される。引き出し配線 3 1 および上電極端子 3 4、3 6 は素子アレイ 2 2 を二等分する垂直面で面对称に形成されればよい。1 本の第 2 導電体 3 2 の両端にそれぞれ下電極端子 3 5、3 7 は接続される。第 2 導電体 3 2 および下電極端子 3 5、3 7 は素子アレイ 2 2 を二等分する垂直面で面对称に形成されればよい。ここでは、基体 2 1 の輪郭は矩形に形成される。基体 2 1 の輪郭は正方形であってもよく台形であってもよい。

10

20

30

40

50

【0028】

基体21には第1フレキシブルプリント配線板(以下「第1配線板」という)38が連結される。第1配線板38は第1端子アレイ33aに覆い被さる。第1配線板38の一端には上電極端子34および下電極端子35に個別に対応して導電線すなわち第1信号線39が形成される。第1信号線39は上電極端子34および下電極端子35に個別に向き合わせられ個別に接合される。同様に、基体21には第2フレキシブルプリント配線板(以下「第2配線板」という)41が覆い被さる。第2配線板41は第2端子アレイ33bに覆い被さる。第2配線板41の一端には上電極端子36および下電極端子37に個別に対応して導電線すなわち第2信号線42が形成される。第2信号線42は上電極端子36および下電極端子37に個別に向き合わせられ個別に接合される。

10

【0029】

図4に示されるように、基体21は基板44および被覆膜45を備える。基板44の表面に被覆膜45が一面に形成される。基板44には個々の素子23ごとに開口46が形成される。開口46は基板44に対してアレイ状に配置される。開口46が配置される領域の輪郭は素子アレイ22の輪郭に相当する。隣接する2つの開口46の間には仕切り壁47が区画される。隣接する開口46は仕切り壁47で仕切られる。仕切り壁47の壁厚みは開口46の間隔に相当する。仕切り壁47は相互に平行に広がる平面内に2つの壁面を規定する。壁厚みは2つの壁面の距離に相当する。すなわち、壁厚みは壁面に直交して壁面の間に挟まれる垂線の長さで規定されることができる。基板44は例えばシリコン基板で形成されればよい。

20

【0030】

被覆膜45は、基板44の表面に積層される酸化シリコン(SiO_2)層48と、酸化シリコン層48の表面に積層される酸化ジルコニウム(ZrO_2)層49とで構成される。被覆膜45は開口46に接する。こうして開口46の輪郭に対応して被覆膜45の一部が振動膜24を形成する。振動膜24は、被覆膜45のうち、開口46に臨むことから基板44の厚み方向に膜振動することができる部分である。酸化シリコン層48の膜厚は共振周波数に基づき決定されることができる。

【0031】

振動膜24の表面に下電極27、圧電体膜28および上電極26が順番に積層される。圧電体膜28は例えばジルコン酸チタン酸鉛(PZT)で形成されることができる。圧電体膜28にはその他の圧電材料が用いられてもよい。ここでは、第1導電体29の下で圧電体膜28は完全に第2導電体32を覆う。圧電体膜28の働きで第1導電体29と第2導電体32との間で短絡は回避されることができる。

30

【0032】

基体21の表面には音響整合層51が積層される。音響整合層51は素子アレイ22を覆う。音響整合層51の膜厚は振動膜24の共振周波数に応じて決定される。音響整合層51には例えばシリコーン樹脂膜が用いられることができる。音響整合層51は第1端子アレイ33aおよび第2端子アレイ33bの間の空間に収まる。音響整合層51の縁は基体21の第1辺21aおよび第2辺21bから離れる。音響整合層51は基体21の輪郭よりも小さい輪郭を有する。

40

【0033】

音響整合層51上には音響レンズ52が配置される。音響レンズ52の輪郭は音響整合層51の輪郭に重なる。したがって、音響レンズ52の縁は基体21の第1辺21aおよび第2辺21bから離れる。音響レンズ52は音響整合層51の表面に密着する。音響レンズ52は音響整合層51の働きで基体21に接着される。音響レンズ52の外表面は部分円筒面で形成される。部分円筒面は第1導電体29に平行な母線を有する。部分円筒面の曲率は、1筋の第2導電体33に接続される1列の素子23から発信される超音波の焦点位置に応じて決定される。音響レンズ52は例えばシリコーン樹脂から形成される。音響レンズ52は生体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスを有する。

【0034】

50

基体 2 1 には保護膜 5 3 が固定される。保護膜 5 3 は例えばエポキシ樹脂といった遮水性を有する素材から形成される。ただし、保護膜 5 3 はその他の樹脂材から形成されてもよい。保護膜 5 3 は音響レンズ 5 2 および音響整合層 5 1 に接触する。ここでは、保護膜 5 3 は音響レンズ 5 2 および音響整合層 5 1 の側面 5 2 a、5 1 a に固着される。側面 5 2 a、5 1 a は基体 2 1 の表面に垂直に基体 2 1 の表面から立ち上がる。図 4 では、保護膜 5 3 は、音響レンズ 5 2 の母線に平行に広がり基体 2 1 に直角に交差する 2 つの仮想平面 5 4 a、5 4 b にそれぞれ沿った接触面 5 3 a で音響レンズ 5 2 および音響整合層 5 1 を挟む。このとき、音響レンズ 5 2 および音響整合層 5 1 の側面 5 2 a、5 1 a は面一に広がる。保護膜 5 3 は、音響整合層 5 1 と第 1 および第 2 配線板 3 8、4 1 との間で基体 2 1 表面の第 2 導電体 3 2 や引き出し配線 3 1 に被さる。同様に、保護膜 5 3 は、基体 2 1 上で第 1 配線板 3 8 および第 2 配線板 4 1 の端部に被さる。

10

【0035】

基体 2 1 の裏面にはバッキング材 5 6 が固定される。バッキング材 5 6 の表面に基体 2 1 の裏面が重ねられる。バッキング材 5 6 は超音波デバイス 1 7 の裏面で開口 4 6 を閉じる。バッキング材 5 6 はリジッドな基材を備えることができる。ここでは、仕切り壁 4 7 はバッキング材 5 6 に結合される。バッキング材 5 6 は個々の仕切り壁 4 7 に少なくとも 1 カ所の接合域で接合される。接合にあたって接着剤は用いられることができる。

【0036】

(2) 第 1 実施形態に係る音響整合層

図 5 に示されるように、第 1 実施形態に係る音響整合層 5 1 は母材 5 7 とフィラー 5 8 とを備える。フィラー 5 8 は母材 5 7 内で分散する。母材 5 7 はシリコン樹脂で形成される。フィラー 5 8 には例えば酸化亜鉛粉末、酸化ジルコニウム粉末、アルミナ粉末、シリカ粉末、酸化チタン粉末、炭化珪素粉末、窒化アルミニウム粉末、カーボン粉末および窒化ボロン粉末の群から選択される少なくとも 1 つが用いられる。母材 5 7 は、素子 2 3 の振動膜 2 4 の範囲で広がる第 1 域 5 7 a と、隣り合う素子 2 3 同士の間で広がる第 2 域 5 7 b とを有する。第 2 域 5 7 b は第 1 域 5 7 a 同士を接続する。第 1 域 5 7 a ではフィラー 5 8 は第 1 値の平均粒径を有する。第 2 域 5 7 b ではフィラー 5 8 は第 1 値よりも大きい第 2 値の平均粒径を有する。ここでは、単位体積当たりのフィラー 5 8 の個数は概ね等しい。その結果、基体 2 1 の厚み方向の平面視で、素子 2 3 の範囲に比べて、隣り合う素子 2 3 の間の領域で単位体積当たりのフィラー 5 8 の占有体積の割合は大きい。ここでは、音響整合層 5 1 内の第 1 域 5 7 a は圧電素子 2 5 から遠ざかるにつれて広がる。

20

30

【0037】

(3) 超音波デバイスの動作

次に超音波診断装置 1 1 の動作を簡単に説明する。超音波の送信にあたって圧電素子 2 5 にはパルス信号が供給される。パルス信号は下電極端子 3 5、3 7 および上電極端子 3 4、3 6 を通じて列ごとに素子 2 3 に供給される。個々の素子 2 3 では下電極 2 7 および上電極 2 6 の間で圧電体膜 2 8 に電界が作用する。圧電体膜 2 8 は超音波の周波数で振動する。圧電体膜 2 8 の振動は振動膜 2 4 に伝わる。こうして振動膜 2 4 は超音波振動する。その結果、対象物（例えば人体の内部）に向けて所望の超音波ビームは発せられる。

【0038】

超音波の反射波は振動膜 2 4 を振動させる。振動膜 2 4 の超音波振動は所望の周波数で圧電体膜 2 8 を超音波振動させる。圧電素子 2 5 の圧電効果に応じて圧電素子 2 5 から電圧が出力される。個々の素子 2 3 では上電極 2 6 と下電極 2 7 との間で電位が生成される。電位は下電極端子 3 5、3 7 および上電極端子 3 4、3 6 から電気信号として出力される。こうして超音波は検出される。

40

【0039】

超音波の送信および受信は繰り返される。その結果、リニアスキャンやセクタスキャンは実現される。スキャンが完了すると、出力信号のデジタル信号に基づき画像が形成される。形成された画像はディスプレイパネル 1 5 の画面に表示される。

【0040】

50

超音波の発信時に素子 2 3 が超音波振動すると、超音波は素子 2 3 から音響整合層 5 1 を伝わり音響レンズ 5 2 の表面から出射される。このとき、音響レンズ 5 2 は生体の音響インピーダンスに近い音響インピーダンスを有することから、音響レンズ 5 2 および生体の間の界面で超音波の反射は抑制される。音響整合層 5 1 は素子 2 3 と生体との間で音響インピーダンスの整合を図る。音響インピーダンスの整合の結果、音響整合層 5 1 の界面で超音波の反射は低減される。

【 0 0 4 1 】

隣り合う素子 2 3 では一方の素子 2 3 から他方の素子 2 3 に向かって音響整合層 5 1 内を超音波振動が伝搬する。隣り合う素子 2 3 の間ではフィラー 5 8 の占有体積の割合が大きいことから、超音波振動は効率的に減衰する。一方の素子 2 3 から他方の素子 2 3 に向かって超音波振動の伝搬は防止される。こうして隣り合う素子 2 3 同士の間でクロストークは防止される。隣り合う素子 2 3 同士の間では音響整合層 5 1 の母材 5 7 は連続することから、超音波振動の反射は抑制される。超音波の乱反射は抑制される。超音波測定の精度は向上する。

【 0 0 4 2 】

超音波振動は素子 2 3 から広がりながら音響整合層 5 1 内を伝搬する。前述のように、音響整合層 5 1 内でフィラー 5 8 の占有体積が小さい第 1 域 5 7 a が圧電素子 2 5 から遠ざかるにつれて広がれば、フィラー 5 8 の占有体積の高い第 2 域 5 7 b に進入する超音波振動は抑制される。こうして超音波の乱反射はさらに効果的に抑制される。

【 0 0 4 3 】

(4) 超音波デバイスの製造方法

次に超音波デバイス 1 7 の製造方法を簡単に説明する。図 6 に示されるように、基板 6 1 が用意される。基板 6 1 は、基材 6 2 上にアレイ状に配置された複数の素子 2 3 を含む素子アレイ 2 2 を有する。基材 6 2 は前述の基体 2 1 に相当する。基材 6 2 には開口 4 6 が形成される。基材 6 2 の裏面にはバッキング材 5 6 が接合される。基板 6 1 には第 1 配線板 3 8 および第 2 配線板 4 1 が固着される。

【 0 0 4 4 】

その後、基板 6 1 の表面に音響整合層 5 1 が形成される。音響整合層 5 1 の形成にあたって、まず、図 7 に示されるように、基板 6 1 の厚み方向の平面視で隣り合う素子 2 3 の間の領域に第 1 素材 6 3 が塗布される。第 1 素材 6 3 の塗布にあたって例えばインクジェット技術が利用されることができる。第 1 素材 6 3 の液滴は表面張力の働きで基板 6 1 の表面から遠ざかるにつれて先細る。第 1 素材 6 3 ではシリコン樹脂の流動体 6 4 にフィラー 5 8 が分散する。第 1 素材 6 3 ではフィラー 5 8 は第 2 値の平均粒径を有する。塗布された第 1 素材 6 3 を半硬化させる。

【 0 0 4 5 】

続いて、図 8 に示されるように、隣り合う第 1 素材 6 3 同士の間領域に第 2 素材 6 5 が塗布される。第 2 素材 6 5 の塗布にあたって同様にインクジェット技術が用いられればよい。第 2 素材 6 5 は第 1 素材 6 3 同士の間領域を満たす。第 2 素材 6 5 ではシリコン樹脂の流動体 6 6 にフィラー 5 8 が分散する。第 2 素材 6 5 ではフィラー 5 8 は第 1 値の平均粒径を有する。第 1 素材 6 3 および第 2 素材 6 5 で単位体積当たりのフィラー 5 8 の粒子数が概ね等しければ、第 1 素材 6 3 では、第 2 素材 6 5 に比べて、流動体 6 6 内で単位体積当たりのフィラー 5 8 の占有体積の割合は大きい。

【 0 0 4 6 】

第 2 素材 6 5 が塗布されると、第 1 素材 6 3 および第 2 素材 6 5 上に音響レンズ 5 2 が設置される。音響レンズ 5 2 は第 1 素材 6 3 および第 2 素材 6 5 に密着する。第 1 素材 6 3 および第 2 素材 6 5 が硬化すると、音響レンズ 5 2 は基板 6 1 に固定される。第 1 素材 6 3 は音響整合層 5 1 の第 2 域 5 7 b に相当し、第 2 素材 6 5 は音響整合層 5 1 の第 1 域 5 7 a に相当する。

【 0 0 4 7 】

このとき、第 1 素材 6 3 は基板 6 1 の表面から遠ざかるにつれて先細る形状に形成され

ることから、第1素材の半硬化などに応じて第1素材63と第2素材65との混合が防止されると、第2素材65は素子23から遠ざかるにつれて広がる形状に形成されることができる。フィラー58の占有体積の割合が小さい領域は素子23から遠ざかるにつれて広がるような形状を有することができる。

【0048】

(5) 第2実施形態に係る音響整合層

図9に示されるように、第2実施形態に係る音響整合層71は母材72とフィラー73a、73bとを備える。フィラー73a、73bは母材72内で分散する。母材72はシリコーン樹脂で形成される。母材72は音響整合層71の全域で連続する。フィラー73a、73bには例えば酸化亜鉛粉末、酸化ジルコニウム粉末、アルミナ粉末、シリカ粉末、酸化チタン粉末、炭化珪素粉末、窒化アルミニウム粉末、カーボン粉末および窒化ボロン粉末の群から選択される少なくとも1つが用いられる。第1フィラー73aは第1値の平均粒径を有する。第2フィラー73bは第1値よりも大きい第2値の平均粒径を有する。第1フィラー73aは素子23の振動膜24の範囲に偏在する。第2フィラー73bは隣り合う素子23同士の間領域に偏在する。ここでは、単位体積当たりの第1フィラー73aおよび第2フィラー73bの個数は概ね等しい。その結果、基体21の厚み方向の平面視で、素子23の範囲に比べて、隣り合う素子23の間で単位体積当たりのフィラーの占有体積の割合は大きい。こういった音響整合層71は前述の音響整合層51に代えて超音波デバイス17に組み入れられる。

【0049】

超音波の発信時に、隣り合う素子23では一方の素子23から他方の素子23に向かって音響整合層71内を超音波振動が伝搬する。隣り合う素子23の間では第1フィラー73aに比べて第2フィラー73bの占有体積の割合が大きいことから、超音波振動は効率的に減衰する。一方の素子23から他方の素子23に向かって超音波振動の伝搬は防止される。こうして隣り合う素子23同士の間でクロストークは防止される。隣り合う素子23同士の間では音響整合層71の母材72は連続することから、超音波振動の反射は抑制される。超音波の乱反射は抑制される。超音波測定の精度は向上する。

【0050】

超音波デバイス17の製造にあたって基板61の表面に音響整合層71が形成される。音響整合層71の形成にあたって、まず、図10に示されるように、基板61の表面に流動性の素材75が塗布される。素材75には第1フィラー73aおよび第2フィラー73bが包含される。第1フィラー73aは第1値の粒径範囲の粉末で形成される。第2フィラー73bは第1値よりも大きい第2値の粒径範囲の粉末で形成される。素材75は素子アレイ22を覆う。

【0051】

素材75の塗布後、個々の素子23で超音波振動を発生させる。図11に示されるように、素材75内で定在波76が発生する。選択された特定の周波数で超音波振動が付与されると、第2フィラー73bは、超音波振動に基づき、振動膜24の領域から隣り合う振動膜24同士の間領域に向かって移動する。こうして第2フィラー73bは隣り合う振動膜24同士の間領域に偏在する。

【0052】

超音波振動の印加時間が調整されることで、第2フィラー73bの占有体積の割合は勾配を有することができる。振動膜24の領域から、隣り合う振動膜24同士の間領域に向かって徐々に第2フィラー73bの占有体積の割合は変化する。その結果、音響整合層71内で音響インピーダンスの急激な変化は回避される。したがって、音響インピーダンスの急激な変化に基づく超音波振動の反射は効果的に抑制される。こうして超音波の乱反射は確実に抑制される。

【0053】

その他、図12および図13に示されるように、音響整合層51、71では占有体積の割合の調整にあたってフィラー77の個数が利用されることができる。母材78中には概

ね等しい粒径のフィラー 77 が分散する。振動膜 24 の領域ではフィラー 77 の個数が少なく、隣り合う振動膜 24 同士の間領域ではフィラー 77 の個数が多い。フィラー 77 の個数が増大すれば、占有体積の割合は高まって、音響整合層 51、71 を伝搬する超音波振動の減衰は促進される。隣り合う素子 23 同士の間でクロストークは防止される。

【0054】

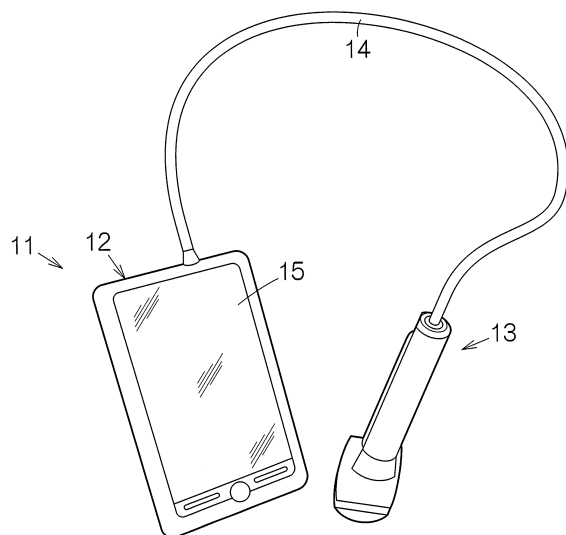
なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えられることができる。また、超音波診断装置 11 や装置端末 12、超音波プローブ 13、ディスプレイパネル 15、筐体 16、基体 21、素子 23、第 1 および第 2 配線板 38、41、音響整合層 51、71、音響レンズ 52 等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。

【符号の説明】

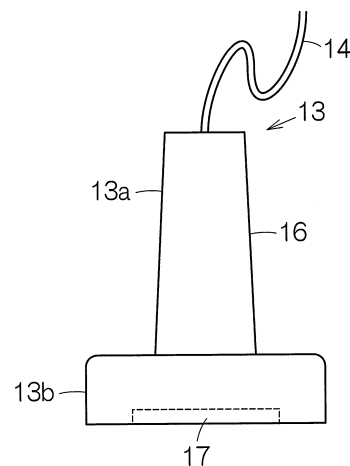
【0055】

11 電子機器および超音波画像装置としての超音波診断装置、12 処理部（装置端末）、13 プローブ（超音波プローブ）、13a プローブ本体、13b プローブヘッド、15 表示装置（ディスプレイパネル）、16 筐体、17 超音波デバイス、22 素子アレイ、23 超音波トランスデューサー素子、44 基材（基板）、51 音響整合層、57 母材、57a 第 1 域、57b 第 2 域、58 フィラー、63 第 1 素材、65 第 2 素材、71 音響整合層、72 母材、73a 第 1 フィラー、73b 第 2 フィラー、77 フィラー、78 母材。

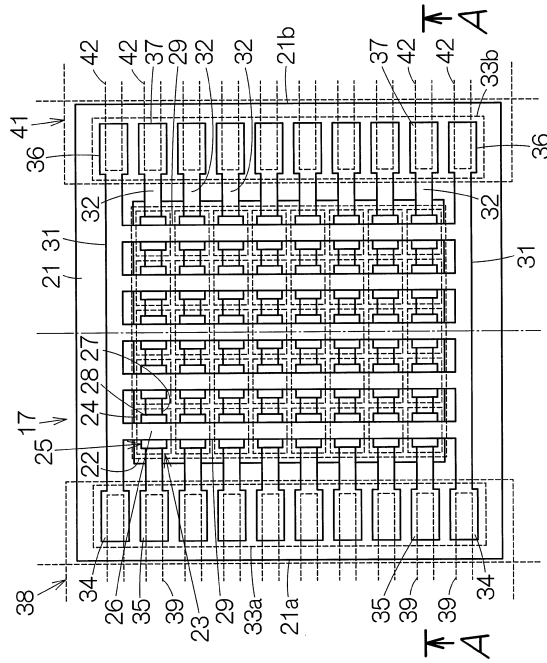
【図 1】



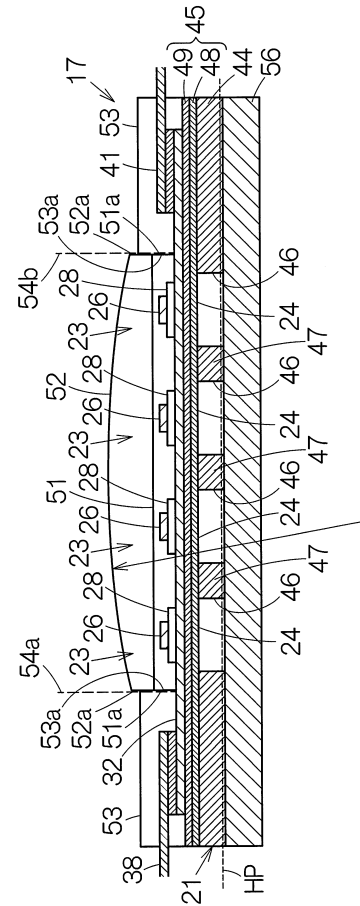
【図 2】



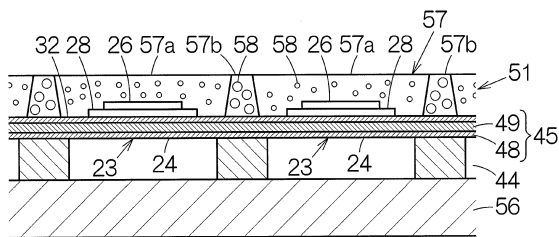
【図 3】



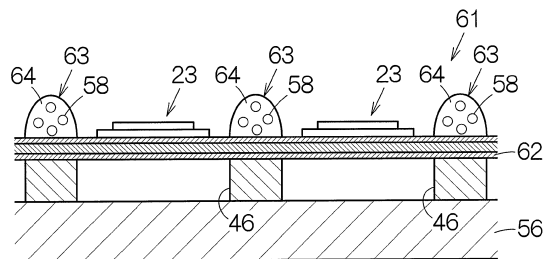
【図 4】



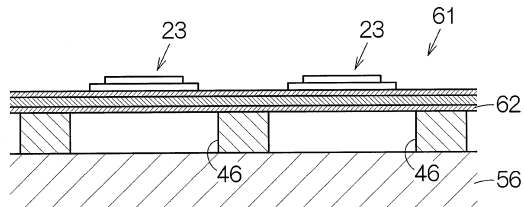
【図 5】



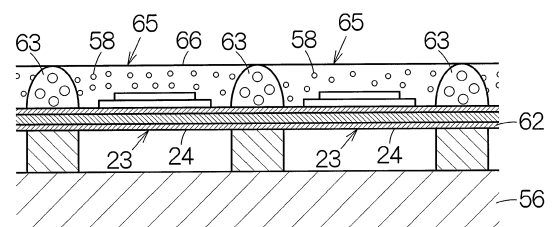
【図 7】



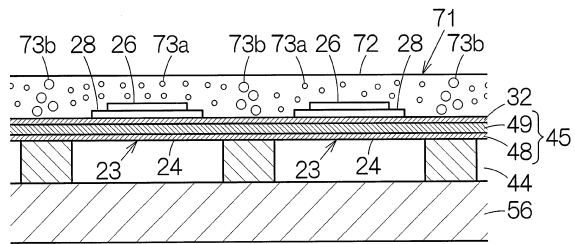
【図 6】



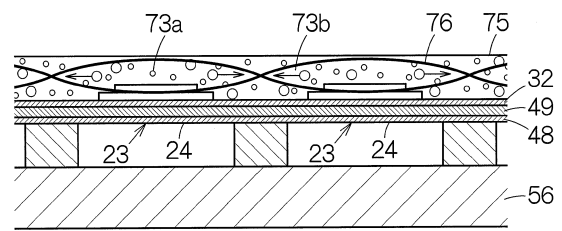
【図 8】



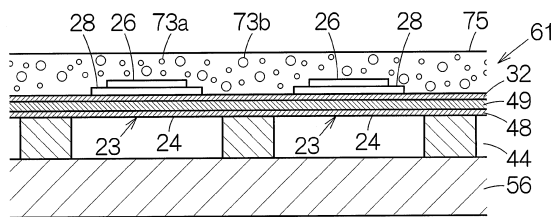
【図 9】



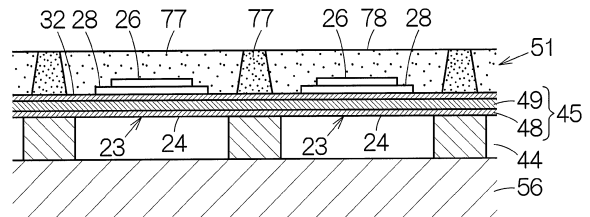
【図 11】



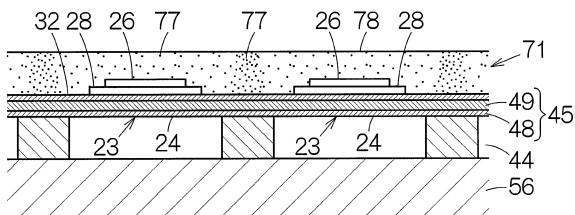
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 大石 剛

(56)参考文献 特開2010-125068(JP,A)
特開2007-235795(JP,A)
国際公開第2008/010509(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00
H04R 17/00
H04R 31/00