

(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2017-163331

(P2017-163331A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
HO4R 17/00 (2006.01) HO4R 17/00 330L 5D019
 HO4R 17/00 332A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-45885(P2016-45885)
 (22) 出願日 平成28年3月9日(2016.3.9)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 110000637
 特許業務法人樹之下知的財産事務所
 (72) 発明者 吉田 一輝
 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
 (72) 発明者 清瀬 撰内
 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
 Fターム(参考) 5D019 BB19 FF04 GG01 GG03

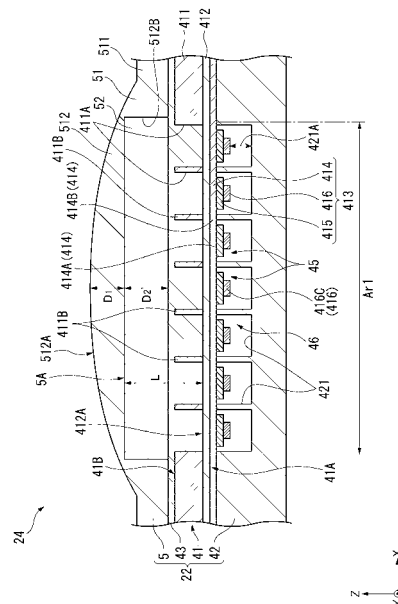
(54) 【発明の名称】 超音波デバイス、超音波モジュール、及び超音波測定装置

(57) 【要約】

【課題】送受信効率及び距離分解能を向上させることができる超音波デバイス、超音波モジュール、及び超音波測定装置を提供する。

【解決手段】超音波デバイス22は、平面状の超音波送受面412Aを有する超音波送受部46と、超音波送受面412A上に設けられた音響レンズ5と、を備え、音響レンズ5は、超音波送受面412Aとは反対側の第1音響レンズ層51と、超音波送受面412A側の第2音響レンズ層52と、を有し、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52とは、減衰係数が異なり、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52との界面5Aは、超音波送受面412Aと平行である。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面状の超音波送受面を有する超音波送受部と、
 前記超音波送受面上に設けられた音響レンズと、を備え、
 前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第 1 音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第 2 音響レンズ層と、を有し、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行である
 ことを特徴とする超音波デバイス。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波デバイスにおいて、
 前記超音波送受部は、振動膜と、振動膜上に設けられた圧電素子と、を備え、
 前記第 2 音響レンズ層は、前記第 1 音響レンズ層よりも減衰係数が小さい
 ことを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の超音波デバイスにおいて、
 前記超音波送受面の法線方向から見て前記超音波送受部と重なる位置において、前記法線方向に沿った前記第 2 音響レンズ層の厚み寸法は、前記第 1 音響レンズ層よりも大きい
 ことを特徴とする超音波デバイス。

20

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の超音波デバイスにおいて、
 前記超音波送受面の法線方向における、前記第 1 音響レンズ層及び前記第 2 音響レンズ層の界面と前記超音波送受面との距離を L とし、前記超音波送受部から送信される超音波の波長を λ とし、 n を正の整数として、

$$L = (\lambda / 2) \times n$$

 を満たすことを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスにおいて、
 前記第 1 音響レンズ層は、前記超音波送受面側に凹部を有し、
 前記第 2 音響レンズ層は、前記凹部に配置されている
 ことを特徴とする超音波デバイス。

30

【請求項 6】

平面状の超音波送受面を有する超音波送受部、及び、前記超音波送受面上に設けられた音響レンズを備える超音波デバイスと、
 前記超音波デバイスが設けられる回路基板と、を備え、
 前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第 1 音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第 2 音響レンズ層と、を有し、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行である
 ことを特徴とする超音波モジュール。

40

【請求項 7】

平面状の超音波送受面を有する超音波送受部、及び、前記超音波送受面上に設けられた音響レンズを備える超音波デバイスと、
 前記超音波デバイスを制御する制御部と、を備え、
 前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第 1 音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第 2 音響レンズ層と、を有し、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、
 前記第 1 音響レンズ層と前記第 2 音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行で

50

ある

ことを特徴とする超音波測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波デバイス、超音波モジュール、及び超音波測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧電体の圧電効果に基づいて超音波を送受信する振動子を備える超音波探触子が知られている（例えば特許文献1）。

10

特許文献1に記載の超音波探触子は、振動子と、振動子上に配置された音響レンズと、を備えている。この音響レンズは、減衰係数が異なる二層の音響レンズ層が振動子側から順に積層され構成されている。

そして、音響レンズの厚み方向と交差する面内方向における超音波の透過量が、音響レンズの全体に亘って等しくなるように、各音響レンズ層の厚み寸法を設定している。

【0003】

具体的には、二層の音響レンズ層のうち減衰係数が小さい方の厚み寸法を、音響レンズが厚いほど大きく、音響レンズが薄いほど小さくしている。これにより、音響レンズの面内方向における超音波の透過量の均一化を図っている。また、減衰係数がより小さい音響レンズ層を用いることにより、単層の音響レンズと比べて、音響レンズの超音波の透過率の増大、ひいては超音波探触子における超音波の送受信効率の向上を図っている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特公平7-121158号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、上述のように複数層で構成された音響レンズを用いる場合、振動子から送信された超音波が、各音響レンズ層の界面で反射される場合がある。この際、音響レンズ層の界面が、音響レンズの凸面（又は凹面）に応じて湾曲しているため、超音波が、界面の湾曲に応じた方向に反射された後、再び振動子に到達する。この界面で反射された超音波（以下、界面反射波とも称する）が再び振動子に到達するまでの時間は、界面反射波の反射位置に応じて異なる。

30

【0006】

すなわち、振動子は、生体内で反射した測定対象の超音波を検出する際に、当該測定対象の超音波以外にも、界面反射波を検出するおそれがある。この場合、測定結果として、測定対象の超音波に対応するピーク以外にも、界面反射波に対応する複数のピークが検出される、所謂、尾引きが発生し、距離分解能が低下する。

このように、従来構成では、超音波の送受信効率の向上を図る一方で、上述の尾引きの影響により距離分解能が低下するおそれがあった。

40

【0007】

本発明は、送受信効率及び距離分解能を向上させることができる以下の形態又は適用例として超音波デバイス、超音波モジュール、及び超音波測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本適用例に係る超音波デバイスは、平面状の超音波送受面を有する超音波送受部と、前記超音波送受面上に設けられた音響レンズと、を備え、前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第1音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第2音響レンズ層と、を有

50

し、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行であることを特徴とする。

【0009】

ここで、本適用例において、超音波送受面上に音響レンズが設けられるとは、超音波送受面の法線方向から見て、少なくとも当該超音波送受面と重なる位置に音響レンズが配置されることを意味する。例えば、超音波送受面と音響レンズとの間に、音響整合層等の他の部材が配置されることも含む。

本適用例では、音響レンズは、互いに減衰係数が異なる第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とを有し、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層との界面は、平面状の超音波送受面と平行である。このような構成では、界面で界面反射波が生じたとしても、上述の界面が湾曲している構成のように、界面反射波が異なるタイミングで超音波送受部によって検出されることを抑制できる、すなわち尾引きの発生を抑制できる。したがって、当該超音波デバイスを用いて超音波測定を実施することにより、距離分解能を向上させることができる。

また、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とのうちの一方の減衰係数を小さい値とすることにより、音響レンズにおける超音波の透過率を増大させることができ、ひいては、超音波の送受信効率を向上させることができる。

【0010】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波送受部は、振動膜と、振動膜上に設けられた圧電素子と、を備え、前記第2音響レンズ層は、前記第1音響レンズ層よりも減衰係数が小さいことが好ましい。

本適用例では、超音波送受部は、振動膜と、圧電素子と、を備え、圧電素子を駆動させて振動膜を振動させることにより超音波を送信し、超音波によって振動された振動膜の振動を圧電素子で検出することにより超音波を受信する。このように構成された超音波送受部は、例えば、振動膜の代わりにバルク状の圧電体を振動させて超音波を送信したり、超音波による当該圧電体の振動を検出するように構成された超音波送受部と比べて、音響インピーダンスが小さい。本実施形態では、各音響レンズ層のうち、超音波送受部側に配置された第2音響レンズ層の方が、第1音響レンズ層よりも減衰係数を小さくすることにより、音響インピーダンスが比較的小さい超音波送受部を用いる場合でも、超音波を効率良く伝搬させることができる。

【0011】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波送受面の法線方向から見て前記超音波送受部と重なる位置において、前記法線方向に沿った前記第2音響レンズ層の厚み寸法は、前記第1音響レンズ層よりも大きいことが好ましい。

本適用例では、法線方向から見て超音波送受部と重なる位置、すなわち、超音波が伝播する位置において、第1音響レンズ層よりも減衰係数が小さい第2音響レンズ層の厚み寸法が、第1音響レンズ層よりも大きい。これにより、超音波が伝播する位置において、超音波の透過率をより一層増大させることができる。

【0012】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波送受面の法線方向における、前記第1音響レンズ層及び前記第2音響レンズ層の界面と前記超音波送受面との距離をLとし、前記超音波送受部から送信される超音波の波長をλとし、nを正の整数として、

$$L = (\lambda / 2) \times n$$

を満たすことが好ましい。

ここで、第1音響レンズ層及び第2音響レンズ層の界面で生じた界面反射波が、超音波送受面で反射した後、界面を透過する場合がある。この場合、生体内で反射された反射波のうち、界面反射波に起因する超音波が、界面反射波に起因しない反射波（すなわち測定対象である反射波）に対して遅延して検出され、測定結果に尾引きが発生するおそれがある。

10

20

30

40

50

これに対して、本適用例では、上述の構成により尾引きの発生を抑制でき、距離分解能を向上させることができる。具体的には、上述のように超音波送受部の音響インピーダンスが小さいため、界面反射波は、超音波送受信面にて反射される際に位相が反転する。したがって、上記界面と超音波送受面との距離 L が上記式を満たすことにより、超音波送受面で反射された後、界面に入射する界面反射波は、超音波送受部から送信され、界面を透過する超音波と逆位相の関係となる。したがって、界面反射波を打ち消すことができ、当該界面反射波に起因する尾引きの発生を抑制でき、距離分解能を向上させることができる。

【0013】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記第1音響レンズ層は、前記超音波送受面側に凹部を有し、前記第2音響レンズ層は、前記凹部に配置されていることが好ましい。

本適用例では、第1音響レンズ層の凹部に、第2音響レンズ層が配置される。このような構成では、例えば、第1音響レンズ層を形成した後に、第2音響レンズ層を凹部内に形成することにより、音響レンズを形成することができる。したがって、第2音響レンズの配置位置及び形状に応じた凹部を第1音響レンズ層に形成することにより、第2音響レンズ層を容易に形成することができる。また、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層との密着性を向上させることも容易である。

【0014】

上記の一適用例に係る超音波モジュールは、平面状の超音波送受面を有する超音波送受部、及び、前記超音波送受面上に設けられた音響レンズを備える超音波デバイスと、前記超音波デバイスが設けられる回路基板と、を備え、前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第1音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第2音響レンズ層と、を有し、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行であることを特徴とする。

本適用例では、音響レンズは、互いに減衰係数が異なる第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とを有し、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層との界面は、平面状の超音波送受面と平行である。

このような構成では、上述の超音波デバイスに係る適用例と同様に、上記界面が平面状の超音波送受面と平行であるため、界面が湾曲している構成と比べて、湾曲した界面で生じた界面反射波に起因する尾引きの発生を抑制できる。したがって、超音波測定装置を用いて超音波測定を実施した際の距離分解能を向上させることができる。

また、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とのうちの一方の減衰係数を小さい値とすることにより、音響レンズにおける超音波の透過率を増大させることができ、ひいては、超音波の送受信効率を向上させることができる。

【0015】

上記の一適用例に係る超音波測定装置は、平面状の超音波送受面を有する超音波送受部、及び、前記超音波送受面上に設けられた音響レンズを備える超音波デバイスと、前記超音波デバイスを制御する制御部と、を備え、前記音響レンズは、前記超音波送受面とは反対側の第1音響レンズ層と、前記超音波送受面側の第2音響レンズ層と、を有し、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層とは、減衰係数が異なり、前記第1音響レンズ層と前記第2音響レンズ層との界面は、前記超音波送受面と平行であることを特徴とする。

本適用例では、音響レンズは、互いに減衰係数が異なる第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とを有し、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層との界面は、平面状の超音波送受面と平行である。

このような構成では、上述の超音波デバイスに係る適用例と同様に、上記界面が平面状の超音波送受面と平行であるため、界面が湾曲している構成と比べて、湾曲した界面で生じた界面反射波に起因する尾引きの発生を抑制できる。したがって、超音波測定装置を用いて超音波測定を実施した際の距離分解能を向上させることができる。

また、第1音響レンズ層と第2音響レンズ層とのうちの一方の減衰係数を小さい値とす

10

20

30

40

50

ることにより、音響レンズにおける超音波の透過率を増大させることができ、ひいては、超音波の送受信効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】一実施形態の超音波装置の概略構成を示す図。

【図2】上記実施形態における超音波センサーの概略構成を示す平面図。

【図3】上記実施形態における超音波デバイスの素子基板を封止板側から見た平面図。

【図4】図2のA-A線で超音波デバイスを切断した際の断面図。

【図5】比較例における超音波デバイスの概略構成を示す断面図。

【図6】(A)は、上記比較例の超音波デバイスによる測定結果の一例を示す図、(B)は、上記実施形態の超音波デバイスによる測定結果の一例を示す図。

10

【図7】上記実施形態における超音波デバイスの概略構成を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、一実施形態の超音波装置について、図面に基づいて説明する。

[超音波測定装置の構成]

図1は、本実施形態の超音波測定装置1の概略構成を示す斜視図である。

本実施形態の超音波測定装置1は、電子機器に相当し、図1に示すように、超音波プローブ2と、超音波プローブ2にケーブル3を介して電気的に接続された制御装置10と、を備えている。

20

この超音波測定装置1は、超音波プローブ2を生体(例えば人体)の表面に当接させ、超音波プローブ2から生体内に超音波を送出する。また、生体内の器官にて反射された超音波を超音波プローブ2にて受信し、その受信信号に基づいて、例えば生体内の内部断層画像を取得したり、生体内の器官の状態(例えば血流等)を測定したりする。

【0018】

[制御装置の構成]

制御装置10は、図1に示すように、例えば、操作部11と、表示部12と、を備える。また、制御装置10は、図示は省略するが、メモリー等により構成された記憶部、CPU(Central Processing Unit)等により構成された演算部と、を備える。そして、制御装置10は、演算部により、記憶部に記憶された各種プログラムを読み込み実行することで、例えば超音波プローブ2の駆動を制御するための指令を出力したり、超音波プローブ2から入力された受信信号に基づいて、生体の内部構造の画像を形成して表示部12に表示させたり、血流等の生体情報を測定して表示部12に表示させたりする。すなわち、制御装置10は、制御部に相当する。このような制御装置10としては、例えば、タブレット端末やスマートフォン、パーソナルコンピューター等の端末装置を用いることができ、超音波プローブ2を操作するための専用端末装置を用いてもよい。

30

【0019】

[超音波プローブの構成]

図2は、超音波プローブ2における超音波センサー24の概略構成を示す平面図である。

40

超音波プローブ2は、筐体21(図1参照)と、筐体21内部に設けられた超音波デバイス22と、超音波デバイス22を制御するためのドライバ回路等が設けられた配線基板23と、を備えている。なお、超音波デバイス22と、配線基板23とにより超音波センサー24(超音波モジュールに相当)が構成される。

【0020】

[筐体の構成]

筐体21は、図1に示すように、例えば平面視矩形状の箱状に形成され、厚み方向に直交する一面(センサー面21A)には、センサー窓21Bが設けられており、超音波デバイス22の一部が露出している。また、筐体21の一部(図1に示す例では側面)には、ケーブル3の通過孔21Cが設けられ、ケーブル3は、通過孔21Cから筐体21の内部

50

に挿入され、配線基板 23 のコネクタ部 231 (図 2 参照) に接続されている。また、ケーブル 3 と通過孔 21C との間は、例えば樹脂材等が充填されることで、防水性が確保されている。

なお、本実施形態では、ケーブル 3 を用いて、超音波プローブ 2 と制御装置 10 とが接続される構成例を示すが、これに限定されず、例えば超音波プローブ 2 と制御装置 10 とが無線通信により接続されていてもよく、超音波プローブ 2 内に制御装置 10 の各種構成が設けられていてもよい。

【0021】

[配線基板の構成]

配線基板 23 は、回路基板に相当し、超音波デバイス 22 が備える電極パッド 414P、416P (図 3 参照) と電氣的に接続される端子部を有する。

また、配線基板 23 は、超音波デバイス 22 を駆動させるためのドライバ回路等が設けられている。具体的には、配線基板は、超音波デバイス 22 から超音波を送信するための送信回路、超音波デバイス 22 にて超音波を受信した際の受信信号を処理する受信回路等が設けられている。そして、この配線基板には、ケーブル 3 等によって制御装置 10 に接続されており、制御装置 10 からの指令に基づいて、超音波デバイス 22 を駆動させる。

【0022】

[超音波デバイスの構成]

図 3 は、超音波デバイス 22 における素子基板 41 を、封止板 42 側から見た平面図である。図 4 は、図 3 における A-A 線で切断した超音波デバイス 22 の断面図である。

超音波デバイス 22 は、図 4 に示すように、素子基板 41 と、封止板 42 と、音響整合層 43 と、音響レンズ 5 と、により構成されている。

【0023】

(素子基板の構成)

素子基板 41 は、図 4 に示すように、基板本体部 411 と、基板本体部 411 の封止板 42 側に設けられる振動膜 412 と、振動膜 412 に積層された圧電素子 413 と、を備えている。ここで、以降の説明にあたり、素子基板 41 の封止板 42 に対向する面を背面 41A と称する。また、振動膜 412 の封止板 42 とは反対側の面を超音波送受面 412A と称する。また、素子基板 41 を基板厚み方向から見た平面視において、素子基板 41 の中央領域はアレイ領域 Ar1 となり、このアレイ領域 Ar1 には、複数の超音波トランスデューサ 45 がマトリックス状に配置されている。

【0024】

基板本体部 411 は、例えば Si 等の半導体基板である。基板本体部 411 におけるアレイ領域 Ar1 内には、各々の超音波トランスデューサ 45 に対応した開口部 411A が設けられている。また、各開口部 411A は、基板本体部 411 の背面 41A 側に設けられた振動膜 412 により閉塞されている。

振動膜 412 は、例えば SiO₂ や、SiO₂ 及び ZrO₂ の積層体等より構成され、基板本体部 411 の背面 41A 側全体を覆って設けられている。この振動膜 412 の厚み寸法は、基板本体部 411 に対して十分小さい厚み寸法となる。基板本体部 411 を Si により構成し、振動膜 412 を SiO₂ により構成する場合、例えば基板本体部 411 の背面 41A 側を酸化処理することで、所望の厚み寸法の振動膜 412 を容易に形成することが可能となる。また、この場合、SiO₂ の振動膜 412 をエッチングストップパとして基板本体部 411 をエッチング処理することで、容易に前記開口部 411A を形成することが可能となる。

【0025】

また、図 4 に示すように、各開口部 411A を閉塞する振動膜 412 上 (背面 41A 側) には、それぞれ下部電極 414、圧電膜 415、及び上部電極 416 の積層体である圧電素子 413 が設けられている。ここで、開口部 411A を閉塞する振動膜 412 及び圧電素子 413 により、1つの超音波トランスデューサ 45 が構成される。

【0026】

10

20

30

40

50

このような超音波トランスデューサー４５では、下部電極４１４及び上部電極４１６の間に所定周波数の矩形波電圧が印加されることで、開口部４１１Ａの開口領域内の振動膜４１２を振動させて、超音波送受面４１２Ａ側から超音波を送出することができる。また、対象物から反射され、超音波送受面４１２Ａ側から入射する超音波により振動膜４１２が振動されると、圧電膜４１５の上下で電位差が発生する。したがって、下部電極４１４及び上部電極４１６間に発生する前記電位差を検出することで、受信した超音波を検出することが可能となる。

【００２７】

また、本実施形態では、図３に示すように、上記のような超音波トランスデューサー４５が、素子基板４１の所定のアレイ領域Ａｒ１内に、Ｘ方向（スライス方向）、及びＸ方向に交差（本実施形態では直交）するＹ方向（スキャン方向）に沿って複数配置されることで、超音波トランスデューサーアレイ４６を構成する。なお、超音波トランスデューサーアレイ４６は、超音波送受部に相当する。

10

ここで、下部電極４１４は、Ｘ方向に沿う直線状に形成されている。すなわち、下部電極４１４は、Ｘ方向に沿って並ぶ複数の超音波トランスデューサー４５に跨って設けられており、圧電膜４１５と振動膜４１２との間に位置する下部電極本体４１４Ａと、隣り合う下部電極本体４１４Ａを連結する下部電極線４１４Ｂと、アレイ領域Ａｒ１外の端子領域Ａｒ２に引き出される下部端子電極線４１４Ｃとにより構成されている。よって、Ｘ方向に並ぶ超音波トランスデューサー４５では、下部電極４１４は同電位となる。

また、下部端子電極線４１４Ｃは、アレイ領域Ａｒ１外の端子領域Ａｒ２まで延出し、端子領域Ａｒ２において第一電極パッド４１４Ｐを構成する。この第一電極パッド４１４Ｐは、配線基板に設けられた端子部に接続されている。

20

【００２８】

一方、上部電極４１６は、図３に示すように、Ｙ方向に沿って並ぶ複数の超音波トランスデューサー４５に跨って設けられた素子電極部４１６Ａと、複数の素子電極部４１６Ａの端部同士を連結する共通電極部４１６Ｂとを有する。素子電極部４１６Ａは、圧電膜４１５上に積層された上部電極本体４１６Ｃと、隣り合う上部電極本体４１６Ｃを連結する上部電極線４１６Ｄと、Ｙ方向の両端部に配置された超音波トランスデューサー４５からＹ方向に沿って外側に延出する上部端子電極４１６Ｅとを有する。

共通電極部４１６Ｂは、アレイ領域Ａｒ１の＋Ｙ側端部及び－Ｙ側端部にそれぞれ設けられている。＋Ｙ側の共通電極部４１６Ｂは、Ｙ方向に沿って複数設けられた超音波トランスデューサー４５のうちの＋Ｙ側端部に設けられた超音波トランスデューサー４５から＋Ｙ側に延出した上部端子電極４１６Ｅ同士を接続する。－Ｙ側端部の共通電極部４１６Ｂは、－Ｙ側に延出した上部端子電極４１６Ｅ同士を接続する。よって、アレイ領域Ａｒ１内の各超音波トランスデューサー４５では、上部電極４１６は同電位となる。また、これら一対の共通電極部４１６Ｂは、Ｘ方向に沿って設けられ、その端部がアレイ領域Ａｒ１から端子領域Ａｒ２まで引き出されている。そして、共通電極部４１６Ｂは、端子領域Ａｒ２において、配線基板の端子部に接続される第二電極パッド４１６Ｐを構成する。

30

【００２９】

上記のような超音波トランスデューサーアレイ４６では、下部電極４１４で連結されたＸ方向に並ぶ超音波トランスデューサー４５により、１つの超音波トランスデューサー群４５Ａが構成され、当該超音波トランスデューサー群４５ＡがＹ方向に沿って複数並ぶ１次元アレイ構造を構成する。

40

【００３０】

（封止板の構成）

封止板４２は、厚み方向から見た際の平面形状が例えば素子基板４１と同形状に形成され、Ｓｉ等の半導体基板や、絶縁体基板により構成される。なお、封止板４２の材質や厚みは、超音波トランスデューサー４５の周波数特性に影響を及ぼすため、超音波トランスデューサー４５にて送受信する超音波の中心周波数に基づいて設定することが好ましい。

【００３１】

50

そして、この封止板 4 2 は、素子基板 4 1 のアレイ領域 A r 1 に対向するアレイ対向領域には、素子基板 4 1 の開口部 4 1 1 A に対応した複数の凹溝 4 2 1 が形成されている。これにより、振動膜 4 1 2 のうち、超音波トランスデューサー 4 5 により振動される領域（開口部 4 1 1 A 内）では、素子基板 4 1 との間に所定寸法のギャップ 4 2 1 A が設けられることになり、振動膜 4 1 2 の振動が阻害されない。また、1つの超音波トランスデューサー 4 5 からの背面波が他の隣接する超音波トランスデューサー 4 5 に入射される不都合（クロストーク）を抑制することができる。

【0032】

また、振動膜 4 1 2 が振動すると、開口部 4 1 1 A 側（超音波送受面 4 1 2 A 側）の他、封止板 4 2 側（背面 4 1 A 側）にも背面波として超音波が放出される。この背面波は、封止板 4 2 により反射され、再びギャップ 4 2 1 A を介して振動膜 4 1 2 側に放出される。この際、反射背面波と、振動膜 4 1 2 から超音波送受面 4 1 2 A 側に放出される超音波との位相がずれると、超音波が減衰する。したがって、本実施形態では、ギャップ 4 2 1 A における音響的な距離が、超音波の波長 λ の 4 分の 1 ($\lambda/4$) の奇数倍となるように、各凹溝 4 2 1 の溝深さが設定されている。言い換えれば、超音波トランスデューサー 4 5 から発せられる超音波の波長 λ を考慮して、素子基板 4 1 や封止板 4 2 の各部の厚み寸法が設定される。

10

【0033】

また、封止板 4 2 は、素子基板 4 1 の端子領域 A r 2 に対向する位置に、端子領域 A r 2 に設けられた各電極パッド 4 1 4 P, 4 1 6 P に対応して、開口部（図示略）が設けられる構成などとしてもよい。この場合、当該開口部に封止板 4 2 を厚み方向に貫通する貫通電極（TSV; Through-Silicon Via）を設けることで、当該貫通電極を介して、各電極パッド 4 1 4 P, 4 1 6 P が配線基板における端子部に接続される。また、開口部に FPC (Flexible printed circuits) やケーブル線、ワイヤ等を挿入して、各電極パッド 4 1 4 P, 4 1 6 P と配線基板とを接続する構成などとしてもよい。

20

【0034】

（音響整合層の構成）

音響整合層 4 3 は、図 4 に示すように、超音波送受面 4 1 2 A 側に設けられている。具体的には、音響整合層 4 3 は、素子基板 4 1 の開口部 4 1 1 A 内に充填され、かつ、超音波送受面 4 1 2 A から所定の厚み寸法で形成される。なお、これらの音響整合層 4 3 は、後述する音響レンズ 5 とともに、超音波トランスデューサー 4 5 から送信された超音波を測定対象である生体に効率良く伝搬させ、また、生体内で反射した超音波を効率良く超音波トランスデューサー 4 5 に伝搬させる。このため、音響整合層 4 3 は、素子基板 4 1 の超音波トランスデューサー 4 5 の音響インピーダンスと、生体の音響インピーダンスとの中間の音響インピーダンスに設定されている。このような音響インピーダンスを有する材料としては、例えばシリコン等の樹脂材料を挙げることができる。

30

【0035】

（音響レンズの構成）

音響レンズ 5 は、音響整合層 4 3 上に設けられ、第 1 音響レンズ層 5 1 と、第 1 音響レンズ層 5 1 の超音波送受面 4 1 2 A 側（-Z 側）に配置される第 2 音響レンズ層 5 2 と、を備える。この音響レンズ 5 は、図 1 に示すように、筐体 2 1 のセンサー窓 2 1 B から外部に露出する。そして、音響レンズ 5 は、第 1 音響レンズ層 5 1 が生体表面に密着されることにより、音響整合層 4 3 を介して、超音波トランスデューサー 4 5 から送信された超音波を生体内で効率良く収束させ、また、生体内で反射した超音波を効率良く超音波トランスデューサー 4 5 に伝搬させる。

40

【0036】

第 1 音響レンズ層 5 1 は、図 4 に示すように、平板部 5 1 1 と、平板部 5 1 1 よりも超音波送受面 4 1 2 A とは反対側に突出する突出部 5 1 2 と、を備える。

平板部 5 1 1 は、超音波送受面 4 1 2 A の法線方向から見た平面視において、アレイ領域 A r 1 よりも外側で、かつ、音響整合層 4 3 上に配置される板状部分である。

50

【0037】

突出部512は、超音波送受面412Aとは反対側（生体側）に向かって突出する円筒面512Aと、超音波送受面412A側に開口する凹部512Bと、を有し、センサー窓21Bから突出している。

円筒面512Aは、X方向（スライス方向）に沿った断面視における形状が円弧状であり、かつ、Y方向（スキャン方向）に沿った断面視における形状が直線状の面である。この円筒面512Aの曲率は、1つの超音波トランスデューサー群45Aから送信される超音波の焦点位置に応じて決定される。また、突出部512のX方向における寸法、すなわち円筒面512Aが形成された領域のX方向における寸法は、少なくともアレイ領域Ar1よりも大きい。これにより、アレイ領域Ar1に配置された各超音波トランスデューサー群45Aから送信された超音波を焦点位置に効率良く収束させることができる。

10

【0038】

凹部512Bは、超音波送受面412Aの法線方向から見た平面視においてアレイ領域Ar1を覆う位置に形成され、開口寸法がアレイ領域Ar1よりも大きい。凹部512Bは、超音波送受面412Aと略平行な平面状の底面を有する。この凹部512Bの底面は、後述するように凹部512Bに配置された第2音響レンズ層52と、第1音響レンズ層51の界面5Aである。

【0039】

上述の第1音響レンズ層51は、素子基板41の超音波トランスデューサー45の音響インピーダンスと、生体の音響インピーダンスとの中間の音響インピーダンスを有する材料で形成されている。また、第1音響レンズ層51は、第2音響レンズ層52に比べてシヨア硬度が大きい材料で形成されることが好ましい。これにより、第1音響レンズ層51が、生体に接触することによる摩耗を抑制することができる。

20

この第1音響レンズ層51の形成材料として、例えばミラブル型シリコンゴムを例示できる。ミラブル型シリコンゴムは、例えばビニル基を含むジメチルポリシロキサン構造のシリコンゴム、シリカ、及び加硫剤を含有する。具体的には、シリカは、シリコンゴムに対する質量比40質量%以上50質量%以下の重量平均粒子径15 μ m~30 μ mのシリカ粒子として、シリコンゴムに混入される。加硫剤として、例えば2,5-ジメチル-2,5-ジターシャリーブチルパーオキシシヘキサンを用いることができる。

30

【0040】

第2音響レンズ層52は、第1音響レンズ層51の凹部512B内に配置されている。すなわち、第2音響レンズ層52は、超音波送受面412Aの法線方向（Z方向に平行な方向）から見た平面視でアレイ領域Ar1と重なる位置に配置され、外形寸法がアレイ領域Ar1よりも大きい。これにより、アレイ領域Ar1に配置された超音波トランスデューサー45から送信された超音波を、第2音響レンズ層52を介して第1音響レンズ層51に伝播させることができる。

【0041】

また、第2音響レンズ層52の超音波送受面412Aとは反対側の面は、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52との界面5Aであり、超音波送受面412Aと略平行である。なお、第2音響レンズ層52の超音波送受面412A側の面は、第1音響レンズ層51の平板部511のアレイ領域Ar1側の面と同一平面である。

40

【0042】

また、第2音響レンズ層52の厚みD2は、第1音響レンズ層51の厚みD1よりも大きい。なお、第1音響レンズ層51の厚みD1は、突出部512における最大厚みとする（図7参照）。これにより、第1音響レンズ層51の厚みD1が、第2音響レンズ層52の厚みD2よりも大きい構成と比べて、超音波の減衰を一層抑制することができる。

【0043】

この第2音響レンズ層52は、第1音響レンズ層51よりも減衰係数が小さい材料で形成され、かつ、超音波トランスデューサー45と生体との中間の音響インピーダンスを有する材料で形成される。第2音響レンズ層52の形成材料として、例えばシリカなどのフ

50

イラーを含有しないRTVシリコンゴムを用いることができる。これにより、音響レンズ5において超音波が伝播する位置に配置される第2音響レンズ層52の減衰係数を、第1音響レンズ層51の減衰係数よりも小さくすることができ、超音波の減衰を抑制することができる。

【0044】

上述のように構成される音響レンズ5では、超音波送受面412Aと界面5Aとの間の距離Lは、超音波トランスデューサー45から送信される超音波の波長を λ とし、1以上の整数をnとして、下記式(1)を満たす。ここで、距離Lは、音響整合層43の厚みd(図7参照)と、第2音響レンズ層の厚みD2との和である。すなわち、本実施形態では、距離Lが下記式(1)を満たすように、音響整合層43の厚みdと、第2音響レンズ層の厚みD2との各値が設定されている。なお、距離Lが下記式(1)を満たすことによる作用効果については後述する。

10

【0045】

[数1]

$$L = (\lambda / 2) \times n \quad \dots (1)$$

【0046】

上述の音響レンズ5は、金属等で形成された型を用いて圧縮成形等によって形成することができる。例えば、先ず、第1音響レンズ層51の外形を形成する第1の型内に、第1音響レンズ層51の形成材料の流動体を充填し、硬化させる。このようにして形成された第1音響レンズ層51の凹部512Bの内部に、第2音響レンズ層52の形成材料の流動体を充填する。そして、第2音響レンズ層52のアレイ領域側の面を平面とするための型を、凹部512Bを覆う位置に配置して、第2音響レンズ層52の形成材料を硬化させる。このように、第1音響レンズ層51に凹部512Bを形成した後に、第2音響レンズ層52を凹部512B内に形成することにより、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52との密着性を向上させることができる。

20

【0047】

[超音波デバイス22による尾引きの抑制]

本実施形態の超音波デバイス22では、界面5Aが超音波送受面412Aと略平行であることにより、後述するように尾引きの発生を抑制できる(第1の作用)。

また、超音波デバイス22では、界面5Aと超音波送受面412Aとの距離Lが上記式(1)を満たすことによっても、尾引きの発生を抑制できる(第2の作用)。

30

以下、超音波デバイス22による上記第1の作用及び第2の作用について説明する。

【0048】

(第1の作用)

図5は、比較例における音響レンズ7の断面の概略構成を示す図である。

また、図6は、超音波デバイスによる超音波測定の測定結果の一例を示す図であり、(A)は、上記比較例の超音波デバイスによる測定結果を示し、(B)は、本実施形態の超音波デバイス22による測定結果を示す。

ここで、図5に示す、音響レンズ7は、第1音響レンズ層71と、第2音響レンズ層72とを備え、第1音響レンズ層71と第2音響レンズ層72との界面7Aが湾曲している点で本実施形態の音響レンズ5と相違している。なお、図5では、界面7Aが第1音響レンズ層71の湾曲面71Aに沿って湾曲している音響レンズ7を例示している。以下、音響レンズ7を備える超音波デバイスとの比較により、第1の作用について説明する。

40

【0049】

図5に示す、比較例の音響レンズ7を備える超音波デバイスにおいて、超音波トランスデューサー群45Aの各超音波トランスデューサー45からZ方向に送信された超音波は、音響レンズ7の第2音響レンズ層72を伝播した後、第1音響レンズ層71と第2音響レンズ層72との界面7Aに入射する。この界面7Aに入射した超音波のうち、図5に示すように一部が反射される場合がある。そして、界面7Aで反射された超音波(以下、界面反射波とも称する)が、超音波トランスデューサー45によって受信されると、図6(

50

A) に示すように、生体内での反射波によるピーク P 1 とは異なる複数のピーク P 2 が検出される、所謂、尾引きが発生する。

【 0 0 5 0 】

すなわち、図 5 に示すように、音響レンズ 7 の界面 7 A は、湾曲しており、超音波送受面 4 1 2 A と平行ではないため、界面反射波は、Z 方向に対して交差する方向に伝播する。また、超音波の界面 7 A への入射位置が X 方向に沿って異なると、界面反射波の伝播方向（超音波の反射方向）が異なる。さらに、超音波送受面 4 1 2 A と界面 7 A との距離 L が、X 方向に沿って異なるため、超音波トランスデューサー 4 5 から送信された後、界面反射波となって再び超音波トランスデューサー 4 5 に到達するまでの超音波の伝播距離が、界面 7 A への入射位置に応じて異なる。したがって、界面反射波が超音波トランスデューサー 4 5 に到達するまでの時間が、X 方向における界面 7 A への入射位置に応じて異なる。

10

この界面反射波が、超音波トランスデューサー 4 5 によって受信されることにより、図 6 (A) に示すように、複数のピーク P 2 が検出される、すなわち尾引きが発生する。このような尾引きが発生すると、生体内で生じた反射波の反射位置の検出精度（距離分解能）が低下する。

【 0 0 5 1 】

これに対して、本実施形態の音響レンズ 5 を備える超音波デバイス 2 2 では、音響レンズ 5 の界面 5 A は、超音波送受面 4 1 2 A に略平行である。このため、界面 5 A にて界面反射波が生じたとしても、当該界面反射波の伝播方向が Z 方向に略平行となる。また、超音波送受面 4 1 2 A と界面 5 A との距離も略一定である。したがって、図 6 (B) に示すように、超音波トランスデューサー 4 5 への到達時間が異なる界面反射波に起因する複数のピーク P 2 の検出されることを抑制することができる、すなわち尾引きの発生を抑制することができる。したがって、超音波デバイス 2 2 の距離分解能を向上させることができる。

20

【 0 0 5 2 】

（第 2 の作用）

図 7 は、本実施形態の超音波デバイス 2 2 による尾引きの抑制作用を説明するための図であり、超音波デバイス 2 2 の断面を模式的に示している。なお、図 7 では、超音波デバイス 2 2 の構成を簡略化して図示している。

30

本実施形態の超音波デバイス 2 2 では、超音波送受面 4 1 2 A から界面 5 A までの距離 L が、上記式 (1) を満たすことにより、界面反射波が超音波送受面 4 1 2 A で反射された後、生体内で反射されて、超音波トランスデューサー 4 5 で受信されることによる尾引きの発生を抑制できる。

すなわち、超音波トランスデューサー 4 5 から法線方向に送信され、界面 5 A に入射する超音波 S 0 のうち、界面 5 A を透過する超音波（第 1 波）S 1 の他に、界面 5 A にて反射され界面反射波（第 2 波）S 2 が発生する場合がある。これらのうち第 2 波 S 2 は、超音波送受面 4 1 2 A にて反射された後、再び、音響レンズ 5 を伝播して生体内に出射されることがある。超音波測定を実施する際に、第 1 波 S 1 が生体内で反射した反射波を測定するが、上述の場合に、第 1 波 S 1 に遅れて生体内で反射された第 2 波 S 2 の反射波が検出されることにより尾引きが生じる場合がある。

40

【 0 0 5 3 】

これに対して、本実施形態では、超音波送受面 4 1 2 A から界面 5 A までの距離 L が、上記式 (1) を満たすことにより、第 2 波 S 2 による尾引きの発生を抑制することができる。

具体的には、第 2 波 S 2 は、超音波送受面 4 1 2 A にて反射される際に位相が反転する。そして、上述のように、距離 L が、上記式 (1) を満たすことにより、第 2 波 S 2 の位相が、再び界面 5 A に入射する際に第 1 波 S 1 と逆位相となる。これにより、界面 5 A にて第 2 波 S 2 の少なくとも一部を打ち消すことができる。したがって、第 2 波 S 2 に起因する尾引きの発生を抑制でき、超音波デバイス 2 2 の距離分解能を向上させることができ

50

る。

【0054】

[本実施形態の作用効果]

音響レンズ5は、互いに減衰係数が異なる第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52とを有し、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52との界面5Aは、平面状の超音波送受面412Aと略平行である。これにより、上述のように、界面5Aにて、界面反射波が生じたとしても、界面が湾曲している構成(図5参照)のように、湾曲した界面で生じた界面反射波が異なるタイミングで超音波トランスデューサーアレイ46によって検出されることによる尾引きの発生を抑制できる。したがって、当該超音波デバイス22を用いて超音波測定を実施することにより、距離分解能を向上させることができる。

10

また、第1音響レンズ層51よりも減衰係数が小さい第2音響レンズ層52を設けることにより、音響レンズ5における超音波の透過率を増大させることができ、ひいては、超音波の送受信効率を向上させることができる。

したがって、本実施形態の超音波デバイス22では、超音波の送受信効率と、距離分解能と、同時に向上させることができる。

【0055】

また、第2音響レンズ層52の厚み寸法D2は、第1音響レンズ層51の厚み寸法D1よりも大きい。これにより、超音波の透過率をより一層増大させることができる。

また、本実施形態では、第2音響レンズ層52は、超音波送受面412Aの法線方向から見た平面視において、アレイ領域Ar1よりも外形寸法が大きい。これにより、超音波トランスデューサーアレイ46から送信された超音波を、生体に向かって効率良く伝播させることができる。

20

【0056】

また、超音波トランスデューサーアレイ46は、振動膜412と、振動膜412上に形成された圧電素子413を含む超音波トランスデューサー45を複数備える。この超音波トランスデューサー45は、例えば、振動膜412を備えずに、バルク状の圧電体を振動させて超音波を送信したり、超音波による当該圧電体の振動を検出するように構成された超音波トランスデューサーや生体と比べて、音響インピーダンスが小さい。本実施形態では、各音響レンズ層のうち、超音波トランスデューサーアレイ46側に配置された第2音響レンズ層52の減衰係数を、第1音響レンズ層51の減衰係数よりも小さくすることにより、音響インピーダンスが小さい超音波トランスデューサーアレイ46を用いる場合でも、超音波を効率良く伝搬させることができる。

30

【0057】

また、本実施形態では、第1音響レンズ層51及び第2音響レンズ層52の界面5Aと超音波送受面412Aとの距離Lが、上記式(1)を満たすように超音波デバイス22が構成されている。このような構成では、上述のように界面5Aで界面反射波が生じたとしても、界面反射波が、超音波送受面412Aで反射された後、界面5Aに再び入射する際に、当該界面反射波の少なくとも一部を打ち消すことができる。したがって、界面5Aに再入射した後、生体内に出射される界面反射波の発生を抑制でき、当該界面反射波に起因する尾引きの発生を抑制できる。

40

【0058】

第1音響レンズ層51の凹部512Bに、第2音響レンズ層52が配置される。このような構成では、例えば、第1音響レンズ層51を形成した後に、第2音響レンズ層52を凹部512B内に形成することにより、音響レンズ5を形成することができる。したがって、第2音響レンズ層52の配置位置及び形状に応じた凹部512Bを第1音響レンズ層51に形成しておくことにより、第2音響レンズ層52を容易に形成することができる。また、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52との密着性を向上させることも容易である。

【0059】

[変形例]

50

なお、上記各実施形態は、各実施形態に記載された構成に限定されるものではなく、変形、改良、及び各実施形態を適宜組み合わせる等を行ってもよい。

【0060】

例えば、上記実施形態では、第2音響レンズ層52の厚み寸法D2が、第1音響レンズ層51の厚み寸法D1よりも大きい構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、第1音響レンズ層51の厚み寸法D1が、第2音響レンズ層52の厚み寸法D2よりも大きくてもよく、第2音響レンズ層52の厚み寸法D2と同じであってもよい。このような場合でも、第1音響レンズ層51よりも、減衰係数が小さい第2音響レンズ層52を配置することにより、超音波の透過率を向上させることができる。

【0061】

上記実施形態では、第2音響レンズ層52は、第1音響レンズ層51の凹部512B内に配置される構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。例えば、第1音響レンズ層51は、凹部512Bを備えず、超音波送受面412A側に平坦面を有し、第2音響レンズ層52は、第1音響レンズ層51の超音波送受面412A側の平坦面に沿って配置されていてもよい。

【0062】

また、上記実施形態では、音響レンズ5を形成した後に、音響整合層43上に音響レンズ5を配置するとしたが、第2音響レンズ層52と音響整合層43とを一体的に形成してもよい。すなわち、超音波デバイス22の超音波送受面412A側に音響整合層43及び第2音響レンズ層52の形成材料を配置した後に、当該形成材料上に第1音響レンズ層51を配置してもよい。この場合、例えば、素子基板41の外周部等の+Z側の面に、第1音響レンズ層51の位置決め用部材を配置又は形成することにより、第2音響レンズ層52の厚み寸法や、超音波送受面412Aに対する第1音響レンズ層51の姿勢（平行度）を適切に設定することができる。

【0063】

上記実施形態では、音響レンズ5は、第1音響レンズ層51と第2音響レンズ層52とを有するとしたが、本発明はこれに限定されず、3層以上の音響レンズ層を備える構成でもよい。3層以上の音響レンズ層を備える場合でも、各レンズ層の界面を超音波送受面412Aと平行な平面とすることにより、上述のように尾引きの発生を抑制することができる。

【0064】

上記実施形態では、図4に示すように、素子基板41の作動面41B側に開口部411A、背面41A側に圧電素子413が設けられ、作動面41B側（開口部411A側）に超音波を送信する構成を例示したがこれに限定されない。

例えば、素子基板41の背面41A側に開口部411Aが設けられ、作動面41B側に圧電素子413が設けられ、作動面41B側（圧電素子413側）に超音波が送信される構成などとしてもよい。また、素子基板41の作動面41B側に開口部411Aが設けられ、当該開口部411Aの溝底面（振動膜412）の作動面41B側に圧電素子413が設けられる構成としてもよい。素子基板41の背面41A側に開口部411Aが設けられ、当該開口部411Aの溝底面（振動膜412）の背面41A側に圧電素子413が設けられる構成としてもよい。

【0065】

また、圧電素子413として、下部電極414、圧電膜415、上部電極416が厚み方向に積層される積層体により構成される例を示したが、これに限定されない。例えば、圧電膜415の厚み方向に直交する一面側に、一对の電極を互いに対向させて配置する構成などとしてもよい。また、圧電膜の厚み方向に沿った側面で圧電膜を挟み込むように電極を配置してもよい。

【0066】

また、上記実施形態では、超音波トランスデューサ45として、振動膜412と、当該振動膜412上に、下部電極414、圧電膜415、及び上部電極416が積層され構

10

20

30

40

50

成された圧電素子 4 1 3 と、を備える構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、超音波トランスデューサーとして、バルク状の圧電体を有する圧電素子を用い、振動膜の代わりにバルク状の圧電体を振動させて超音波を送信したり、超音波による当該圧電体の振動を検出してもよい。この場合、超音波送受面は、圧電体の生体側の面である。

また、このように構成された超音波トランスデューサーは、通常、音響インピーダンスが生体よりも大きい。したがって、音響レンズを構成する複数の音響レンズ層の音響インピーダンスを、超音波トランスデューサー側から生体側に向かうに従って小さくすることにより、超音波を効率良く送受信することができる。

【0067】

上記実施形態では、生体を測定対象とする超音波測定装置を例示したが、本発明はこれに限定されない。例えば、各種構造物を測定対象として、当該構造物の欠陥の検出や老朽化の検査を行う電子機器に、本発明を適用することができる。また、例えば、半導体パッケージやウェハ等を測定対象として、当該測定対象の欠陥を検出する電子機器にも本発明を適用することができる。

【0068】

その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で上記各実施形態及び変形例を適宜組み合わせることで構成してもよく、また他の構造などに適宜変更してもよい。

【符号の説明】

【0069】

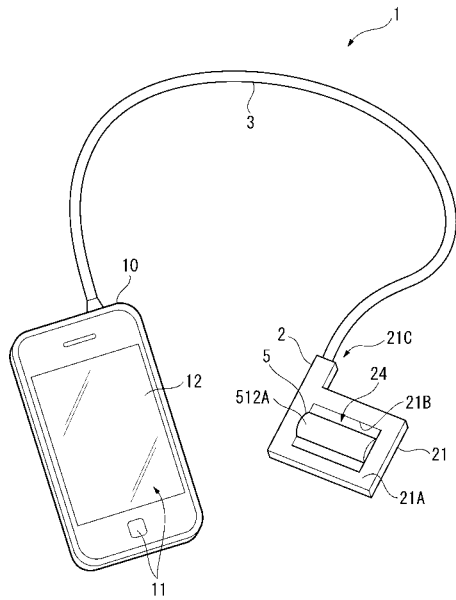
1 ... 超音波測定装置、2 ... 超音波プローブ、5 ... 音響レンズ、5 A ... 界面、10 ... 制御装置（制御部）、22 ... 超音波デバイス、23 ... 配線基板（回路基板）、24 ... 超音波センサー（超音波モジュール）、41 ... 素子基板、41 A ... 背面、41 B ... 作動面、42 ... 封止板、43 ... 音響整合層、45 ... 超音波トランスデューサー、46 ... 超音波トランスデューサーアレイ、51 ... 第1音響レンズ層、52 ... 第2音響レンズ層、411 ... 基板本体部、411 A ... 開口部、412 ... 振動膜、412 A ... 超音波送受面、413 ... 圧電素子、414 ... 下部電極、414 A ... 下部電極本体、414 B ... 下部電極線、414 C ... 下部端子電極線、415 ... 圧電膜、416 ... 上部電極、416 C ... 上部電極本体、416 D ... 上部電極線、421 ... 凹溝、421 A ... ギャップ、511 ... 平板部、512 ... 突出部、512 A ... 円筒面、512 B ... 凹部、Ar1 ... アレイ領域、D1 ... 第1音響レンズ層の厚み寸法、D2 ... 第2音響レンズ層の厚み寸法、L ... 超音波送受面と界面との距離、d ... 音響整合層の厚み寸法。

10

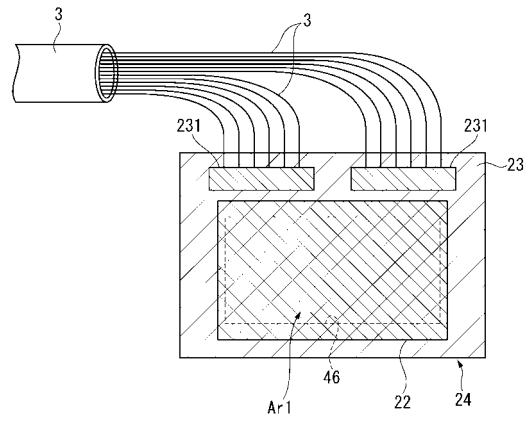
20

30

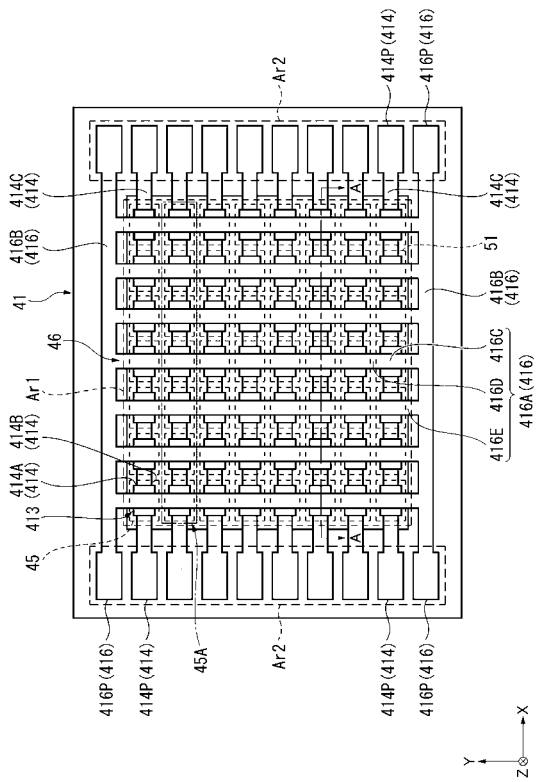
【 図 1 】



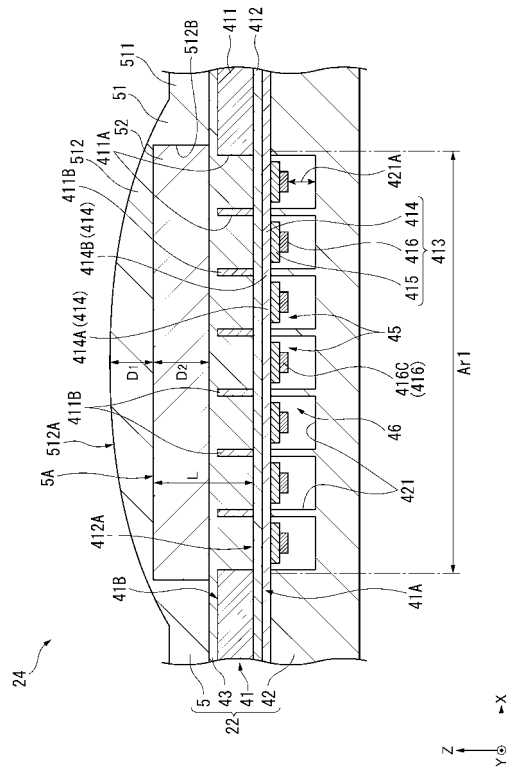
【 図 2 】



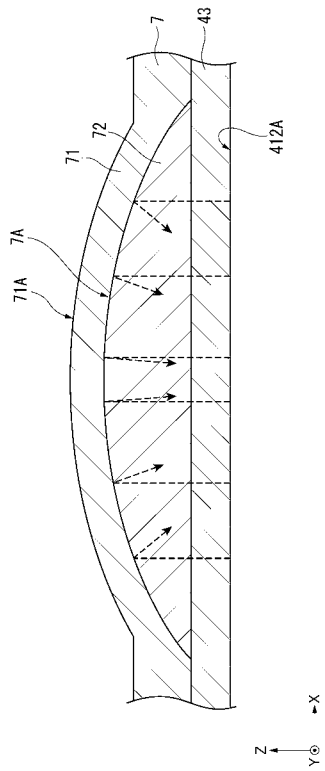
【 図 3 】



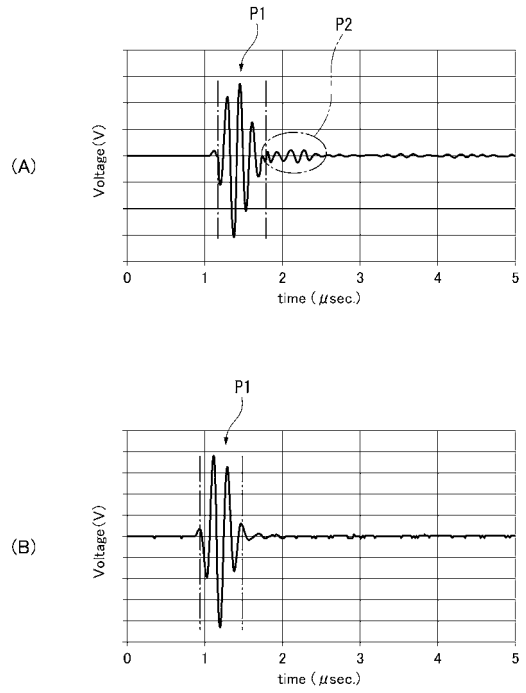
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

