

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6402983号
(P6402983)

(45) 発行日 平成30年10月10日(2018.10.10)

(24) 登録日 平成30年9月21日(2018.9.21)

(51) Int.Cl.

F 1

A61B 8/00 (2006.01)
HO4R 31/00 (2006.01)
HO4R 17/00 (2006.01)

A 61 B 8/00
HO 4 R 31/00 3 3 0
HO 4 R 17/00 3 3 2
HO 4 R 17/00 3 3 0 H
HO 4 R 17/00 3 3 0 J

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2014-175113 (P2014-175113)

(22) 出願日

平成26年8月29日 (2014.8.29)

(65) 公開番号

特開2016-49193 (P2016-49193A)

(43) 公開日

平成28年4月11日 (2016.4.11)

審査請求日

平成29年7月3日 (2017.7.3)

(73) 特許権者 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 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(74) 代理人 100164633

弁理士 西田 圭介

(74) 代理人 100179475

弁理士 仲井 智至

(72) 発明者 清瀬 摂内

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

(72) 発明者 橋元 伸晃

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、超音波デバイスの製造方法、超音波プローブ、超音波測定装置、電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1面に配置された、超音波素子と、前記超音波素子に接続された素子配線端子とを含む素子基板と、

前記超音波素子が配置された領域を内包する大きさで厚み方向に貫通して開口した開口部と、

前記開口部以外の実装面に設けられた配線端子を含む配線基板と、

前記素子基板側から順に積層された音響整合層と音響レンズと、

前記開口部と前記音響レンズとの隙間に充填された封止部材と、
を備え、

前記第1面の前記超音波素子と前記開口部とは対向して配置され、

前記素子配線端子と前記配線端子とが対向して接続されていることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 2】

前記開口部を埋めて、前記素子基板に接する音響整合層と、

前記配線基板に対して、前記開口部と重なる位置において前記音響整合層と接するよう取り付けられた音響レンズと、を備えたことを特徴とする請求項1に記載の超音波デバイス。

【請求項 3】

前記音響レンズの前記音響整合層と接する側の面は、前記開口部よりも大きいことを特

徴とする請求項2に記載の超音波デバイス。

【請求項 4】

第1面に配置された、超音波素子と、前記超音波素子に接続された素子配線端子とを含む素子基板と、前記超音波素子が配置された領域を内包する大きさで厚み方向に貫通して開口した開口部と、前記開口部以外の実装面に設けられた配線端子とを含む配線基板と、を準備する工程と、

前記素子基板に音響整合層と音響レンズとを順に積層する工程と、

前記開口部と前記音響レンズとの隙間に封止部材を充填する工程と、

前記素子基板の素子領域と前記開口部とが向かい合い、且つ前記素子配線端子と前記配線端子とが対向するように、前記素子基板と前記配線基板とを配置する工程と、

前記第1面の前記超音波素子と前記開口部とが対向するように前記素子基板を前記配線基板に実装し、前記素子配線端子と前記配線端子とを接続する工程と、を備えたことを特徴とする超音波デバイスの製造方法。

【請求項 5】

凸状のレンズ面と、前記レンズ面に対向する平面とを有する音響レンズの前記平面に音響整合層を形成する工程と、

前記音響整合層が形成された前記音響レンズを前記音響整合層が前記素子基板と接するように前記配線基板の前記開口部に前記音響レンズを組み込む工程と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の超音波デバイスの製造方法。

【請求項 6】

前記開口部と前記音響レンズとの隙間に封止部材を充填する工程を含むことを特徴とする請求項5に記載の超音波デバイスの製造方法。

【請求項 7】

前記素子基板が実装された前記配線基板の前記開口部を埋めるように音響整合層形成部材を充填する工程と、

前記配線基板の前記実装面と反対側の面からはみ出した前記音響整合層形成部材を除去する工程と、

前記配線基板の前記反対側の面の前記開口部と重なる位置に音響レンズを配置する工程と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の超音波デバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記音響レンズの外周部に封止部材を配置して、前記配線基板の前記反対側の面に前記音響レンズを固定する工程を含むことを特徴とする請求項7に記載の超音波デバイスの製造方法。

【請求項 9】

請求項1乃至3のいずれか一項に記載の超音波デバイスを備えたことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 10】

請求項4乃至8のいずれか一項に記載の超音波デバイスの製造方法を用いて製造された超音波デバイスを備えたことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 11】

請求項9または10に記載の超音波プローブと、

前記超音波プローブの超音波デバイスからの出力を処理し、画像を形成する処理部と、

前記画像を表示する表示部と、を備えたことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 12】

請求項1乃至3のいずれか一項に記載の超音波デバイスを備えたことを特徴とする電子機器。

【請求項 13】

請求項4乃至8のいずれか一項に記載の超音波デバイスの製造方法を用いて製造された超音波デバイスを備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、超音波デバイス、超音波デバイスの製造方法、該超音波デバイスを用いた、超音波プローブ、超音波測定装置、電子機器に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波デバイスとして、基板の第1面にアレイ状に配置された開口に設けられた超音波トランスデューサー素子と、基板の第1面と反対側の第2面に固定された補強部材と、を備え、補強部材に上記開口と外部空間とを連通させる直線状溝部を有する超音波トランスデューサー素子チップが開示されている。また、この超音波トランスデューサー素子チップが搭載された超音波プローブを備える超音波診断装置が開示されている。10

上記超音波診断装置において、上記超音波トランスデューサー素子チップは、上記超音波トランスデューサー素子から超音波を発信させたり、該超音波の反射波を上記超音波トランスデューサー素子で受信したりするための送受信回路にフレキシブルプリント基板(以降、FPCと称す)を介して電気的に接続されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献1】特開2013-211604号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

しかしながら、送受信回路の少なくとも一部を含む配線基板と、超音波トランスデューサー素子チップとを電気的に接続させるためにFPCなどの中継基板を用いることは、中継基板自体の配線抵抗や、中継基板との接続における接続抵抗などにより、送受信回路と超音波トランスデューサー素子との間で送受される電気信号の電圧降下を生じさせる。また、中継基板に外部からノイズが入り易いという課題があった。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

30

【0006】

〔適用例〕本適用例に係る超音波デバイスは、第1面に配置された、超音波素子と、前記超音波素子に接続された素子配線端子とを含む素子基板と、前記超音波素子が配置された領域を内包する大きさで厚み方向に貫通して開口した開口部と、前記開口部以外の実装面に設けられた配線端子とを含む配線基板と、を備え、前記第1面の前記超音波素子と前記開口部とは対向して配置され、前記素子配線端子と前記配線端子とが対向して接続されていることを特徴とする。

【0007】

本適用例によれば、中継基板を用いて素子基板と配線基板とが電気的に接続される場合に比べて、配線基板に素子基板がフェイスダウン実装されているので、中継基板の配線抵抗や接続抵抗に起因する電気信号の減衰や外部からのノイズの影響を受け難く、高い接続信頼性を有すると共に、薄型な超音波デバイスを提供できる。

40

【0008】

上記適用例に記載の超音波デバイスは、前記開口部において前記素子基板側から順に積層された、音響整合層と、音響レンズと、を備えることが好ましい。

この構成によれば、音響インピーダンスが超音波素子と異なる対象物である例えば人体との間に音響レンズと音響整合層とを介することにより、超音波素子から発信される超音波を人体に効率的に照射することができる。また、例えば超音波が照射された対象物である例えば人体から反射した超音波を超音波素子で効率的に受け取ることができる。

50

【0009】

上記適用例に記載の超音波デバイスにおいて、前記開口部と前記音響レンズとの隙間に充填された封止部材を有することが好ましい。

この構成によれば、封止部材により開口部と音響レンズとの隙間から水分などが浸入することを防ぐことができる。すなわち、封止部材により、水分などで音響整合層や素子基板の特性や機能が低下したり失われたりすることを防止できる。

【0010】

上記適用例に記載の超音波デバイスにおいて、前記開口部を埋めて、前記素子基板に接する音響整合層と、前記配線基板に対して、前記開口部と重なる位置において前記音響整合層と接するように取り付けられた音響レンズと、を備えるとしてもよい。

10

この構成によれば、開口部を有する配線基板の厚みを調整することで、音響整合層の層厚を精度よく確保することができる。音響整合層の層厚は音響インピーダンスに影響するため、対象物により効率的に超音波を伝達可能な超音波デバイスを実現できる。

【0011】

上記適用例に記載の超音波デバイスにおいて、前記音響レンズの前記音響整合層と接する側の面は、前記開口部よりも大きいことが好ましい。

この構成によれば、配線基板の開口部を音響レンズにより塞ぐことになり、開口部から水分などが浸入し難くなるので、高い接続信頼性を有する超音波デバイスを実現できる。

【0012】

[適用例] 本適用例に係る超音波デバイスの製造方法は、第1面に配置された、超音波素子と、前記超音波素子に接続された素子配線端子とを含む素子基板と、前記超音波素子が配置された領域を内包する大きさで厚み方向に貫通して開口した開口部と、前記開口部以外の実装面に設けられた配線端子とを含む配線基板と、を準備する工程と、前記第1面の前記超音波素子と前記開口部とが対向するように前記素子基板を前記配線基板に実装し、前記素子配線端子と前記配線端子とを接続する工程と、を備えたことを特徴とする。

20

【0013】

本適用例によれば、中継基板を用いて素子基板と配線基板とを電気的に接続する場合に比べて、配線基板に素子基板をフェイスダウン実装するので、中継基板の接続抵抗に起因する信号の減衰や外部からのノイズの影響を受け難く、高い接続信頼性を有すると共に、薄型な超音波デバイスを製造することができる。

30

【0014】

上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法において、凸状のレンズ面と、前記レンズ面に対向する平面とを有する音響レンズの前記平面に音響整合層を形成する工程と、前記音響整合層が形成された前記音響レンズを前記音響整合層が前記素子基板と接するよう前記配線基板の前記開口部に前記音響レンズを組み込む工程と、を含むことが好ましい。

この方法によれば、音響インピーダンスが超音波素子と異なる対象物である例えば人体との間に音響レンズと音響整合層とを介することにより、超音波素子から発信される超音波を人体に効率的に照射することが可能であると共に、超音波が照射された対象物である例えば人体から反射した超音波を超音波素子で効率的に受けることが可能な超音波デバイスを製造することができる。

40

【0015】

上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法において、前記開口部と前記音響レンズとの隙間に封止部材を充填する工程を含むことが好ましい。

この方法によれば、封止部材により開口部と音響レンズとの隙間から水分などが浸入することを防ぐことができる。すなわち、封止部材により、水分などで音響整合層や素子基板の特性や機能が低下したり失われたりすることを防止して、より高い接続信頼性を有する超音波デバイスを製造することができる。

【0016】

上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法において、前記素子基板が実装された前

50

記配線基板の前記開口部を埋めるように音響整合層形成部材を充填する工程と、前記配線基板の前記実装面と反対側の面からはみ出した前記音響整合層形成部材を除去する工程と、前記配線基板の前記反対側の面の前記開口部と重なる位置に音響レンズを配置する工程と、を含むとしてもよい。

この方法によれば、配線基板からはみ出た音響整合層形成部材を除去することで、開口部を有する配線基板の厚みによって、音響整合層の層厚を精度よく規定することができる。音響整合層の層厚は音響インピーダンスに影響するため、対象物により効率的に超音波を伝達可能な超音波デバイスを製造することができる。

【0017】

上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法において、前記音響レンズの外周部に封止部材を配置して、前記配線基板の前記反対側の面に前記音響レンズを固定する工程を含むことが好ましい。10

この方法によれば、配線基板と音響レンズとの間に隙間が生じないように音響レンズを固定することができ、且つ外部から音響整合層や素子基板の第1面に水分などが浸入することを防ぐことができる。すなわち、より高い接続信頼性を有する超音波デバイスを製造することができる。

【0018】

[適用例] 本適用例に係る超音波プローブは、上記適用例に記載の超音波デバイスを備えたことを特徴とする。

【0019】

[適用例] 本適用例に係る超音波プローブは、上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法を用いて製造された超音波デバイスを備えたことを特徴とする。20

【0020】

これらの適用例によれば、従来よりも薄型で高い接続信頼性を有する超音波プローブを提供することができる。

【0021】

[適用例] 本適用例に係る超音波測定装置は、上記適用例に記載の超音波プローブと、前記超音波プローブの超音波デバイスからの出力を処理し、画像を形成する処理部と、前記画像を表示する表示部と、を備えたことを特徴とする。

本適用例によれば、測定対象として例えば人体の特定部位に超音波プローブを当て、超音波デバイスから発信させた超音波の反射波を超音波デバイスで受信して、該特定部位の内部の状況を画像として表示部に表示することが可能であり、高い接続信頼性を有する超音波測定装置を提供できる。30

【0022】

[適用例] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の超音波デバイスを備えたことを特徴とする。

【0023】

[適用例] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の超音波デバイスの製造方法を用いて製造された超音波デバイスを備えたことを特徴とする。

【0024】

これらの適用例によれば、薄型で高い接続信頼性を有する超音波デバイスを備えた電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】超音波測定装置の構成を示す斜視図。

【図2】超音波測定装置の電気的な構成を示すブロック図。

【図3】第1実施形態の超音波デバイスユニットの構成を示す概略平面図。

【図4】(a)は素子基板の構成を示す概略平面図、(b)は(a)のB-B'線で切った素子基板の構造を示す概略断面図。

【図5】配線基板の構成を示す概略平面図。50

【図6】第1実施形態の超音波デバイスユニットの構造を示す概略断面図。

【図7】(a)～(c)は第1実施形態の超音波デバイスユニットの製造方法を示す概略断面図。

【図8】(a)～(d)は第1実施形態の超音波デバイスユニットの製造方法を示す概略断面図。

【図9】第2実施形態の超音波デバイスユニットの構造を示す概略断面図。

【図10】(a)～(d)は第2実施形態の超音波デバイスユニットの製造方法を示す概略断面図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。なお、使用する図面は、説明する部分が認識可能な状態となるように、適宜拡大または縮小して表示している。

【0027】

(第1実施形態)

<電子機器>

まず、本実施形態の電子機器として超音波測定装置を例に挙げ、図1及び図2を参照して説明する。図1は超音波測定装置の構成を示す斜視図、図2は超音波測定装置の電気的な構成を示すブロック図である。

【0028】

図1に示すように、本実施形態の電子機器としての超音波測定装置100は、装置本体110と、装置本体110にケーブル118を介して電気的に接続された超音波プローブ120とを有する。超音波測定装置100は、例えば測定対象としての人体の特定部位に超音波プローブ120を当て、超音波プローブ120から発信させた超音波が人体の内部で反射した反射波(エコー波)を超音波プローブ120で受信し、受信情報を画像として装置本体110の表示部114に表示することが可能な装置である。

【0029】

装置本体110は、タブレット型であって、超音波プローブ120を駆動するための各種回路(詳しくは後述する)を内蔵している。また、表示部114には、タッチ方式の入力手段(図示省略)が組み込まれており、表示部114に表示された各種の操作アイコンやボタンなどに使用者(ユーザー)が触ることで、操作アイコンやボタンなどに対応付けられた操作を実行することができる。

【0030】

超音波プローブ120は、本実施形態の超音波デバイスとしての超音波デバイスユニット130と、超音波デバイスユニット130が組み込まれた筐体(ケース)121とを備えている。超音波デバイスユニット130は、筐体(ケース)121の窓孔122から突出するように設けられ、測定対象に接して超音波を伝えたり、超音波の反射波を超音波プローブ120の内部に導いたりする音響レンズ152を備えている。音響レンズ152は、シリンドリカル(円柱の側面である曲面の一部を指す)なレンズ面152aを有している。レンズ面152aが測定対象に接する部分である。なお、超音波プローブ120は、超音波やその反射波が効率よく送受されるように、測定対象である例えば人体の特定部位に水分を含むジェルを塗布してから音響レンズ152が当てられて測定が行われる。

【0031】

図2に示すように、超音波測定装置100は、装置本体110と、超音波デバイスユニット130を内蔵する超音波プローブ120とを有している。装置本体110は、制御部111と、ユーザーインターフェイス部(UI部)112と、処理部113と、表示部114と、送信回路115と、受信回路116と、選択回路117とを有している。

送信回路115は、送信期間において、選択回路117を介して超音波デバイスユニット130に超音波を発信させる電気信号としての送信信号を出力する。送信信号の周波数及び振幅電圧は、UI部112を介して制御部111により設定することができる。

10

20

30

40

50

受信回路 116 は、受信期間において、選択回路 117 を介して超音波デバイスユニット 130 から電気信号としての受信信号を受け取る。また、受け取った受信信号の増幅、A/D 変換（アナログ / デジタル変換）などの受信処理を行う。受信回路 116 は、例えば低雑音増幅器、電圧制御アッテネーター、プログラマブルゲインアンプ、ローパスフィルター、A/D コンバーターなどで構成することができる。

制御部 111 は、送信回路 115 及び受信回路 116 を制御する。具体的には、制御部 111 は、送信回路 115 に対して送信信号の生成及び出力処理の制御を行い、受信回路 116 に対して受信信号の周波数設定やゲイン設定などの制御を行う。

選択回路 117 は、制御部 111 の制御に基づいて、選択された送信信号を出力する。

【0032】

10

UI 部 112 は前述したタッチ方式の入力手段を含むものであり、制御部 111 に接続されている。UI 部 112 は、ユーザーが行う操作（例えばタッチ方式の入力手段の操作など）に基づいて制御部 111 に必要な命令（コマンド）を出力する。

処理部 113 は、受信回路 116 からの検出データを受けて、必要な画像処理や表示用画像データの生成などを行う。

表示部 114 は、処理部 113 に接続された例えば液晶ディスプレイであって、処理部 113 から出力される表示用画像データを表示する。

【0033】

20

本実施形態の超音波測定装置 100 は、小型で薄型の超音波デバイスユニット 130 が搭載された超音波プローブ 120 を備え、装置本体 110 に内蔵された電源（図 1 及び図 2 では図示を省略した）により駆動される携帯型の超音波測定装置である。なお、電源は、装置本体 110 に内蔵されることに限定されず、別体であってもよいし、外部から電源コードを経て供給される構成であってもよい。

【0034】

<超音波デバイス>

次に、本実施形態の超音波デバイスとしての超音波デバイスユニット 130 について、図 3 ~ 図 6 を参照して説明する。図 3 は超音波デバイスユニットの構成を示す概略平面図、図 4 (a) は素子基板の構成を示す概略平面図、図 4 (b) は図 4 (a) の B-B' 線で切った素子基板の構造を示す概略断面図、図 5 は配線基板の構成を示す概略平面図、図 6 は超音波デバイスユニットの構造を示す概略断面図である。なお、図 6 は図 1 あるいは図 3 の A-A' 線で切った概略断面図である。

30

【0035】

図 3 に示すように、超音波デバイスユニット 130 は、素子基板 131 と、配線基板 161 とを有している。素子基板 131 には超音波素子が設けられている。配線基板 161 には、複数の配線端子 163 と 2 つのコネクター 165 とが設けられている。素子基板 131 は、配線基板 161 の配線端子 163 が設けられた実装面に平面実装されている。コネクター 165 には、ケーブル 118 の配線 119 が接続されている。

素子基板 131 及び配線基板 161 は、外形が四角形であって、以降、素子基板 131 及び配線基板 161 の長手方向を X 方向、長手方向に直交する短手方向を Y 方向として説明する。

40

【0036】

図 4 (a) に示すように、素子基板 131 は、X 方向と Y 方向とに沿って配置された圧電素子 140 を有している。本実施形態では、圧電素子 140 は、X 方向に等間隔で 7 個、Y 方向に等間隔で 8 個、合計 56 個配置されている。言い換えれば、X 方向を行とし、Y 方向を列とすると、圧電素子 140 は 8 行 7 列に配置されている。複数の圧電素子 140 が配置された領域を素子領域 149 と呼ぶこととする。なお、素子領域 149 に配置される圧電素子 140 の数はこれに限定されるものではない。また、素子領域 149 における圧電素子 140 の配置は、X 方向と Y 方向とにおいてそれぞれ等間隔に配置されることに限定されず、例えば、X 方向（行）における配置、あるいは Y 方向（列）における配置が 1 つ置きにずれていてもよい。

50

【0037】

図4(a)及び(b)に示すように、圧電素子140は、上電極141と、下電極143と、これらの電極間に挟持された圧電体膜142とを有している。圧電体膜142は、例えばジルコン酸チタン酸鉛(PZT)膜である。

素子基板131は、Y方向に配列する8個の圧電体膜142に跨って配置された第1配線部144aと、7つの第1配線部144aの両端に接続され、X方向に延在する一対の第2配線部144bとを含む上電極配線144を有している。また、X方向に配列する7個の圧電体膜142に跨ると共に、圧電体膜142の下層に設けられた下電極配線146を有している。言い換えれば、列単位に設けられた第1配線部144aは、Y方向に配列した8個の圧電素子140のそれぞれにおいて上電極141として機能する。また、行単位に設けられた下電極配線146は、X方向に配列した7個の圧電素子140のそれぞれにおいて下電極143として機能する。上電極配線144は、例えばイリジウム(Ir)を用いて形成される。下電極配線146は、例えばチタン(Ti)、イリジウム(Ir)、白金(Pl)を用いて形成される、あるいはこれらの金属を積層して形成してもよい。

【0038】

X方向に延在する一対の第2配線部144bの両端には素子配線端子145が設けられている。同じくX方向に延在する下電極配線146の両端には素子配線端子147が設けられている。素子基板131のX方向の左端には、Y方向において、2つの素子配線端子145と、2つの素子配線端子145の間に等間隔で配置された8つの素子配線端子147とを含む端子部145aが設けられている。同じく、素子基板131のX方向の右端には、Y方向において、2つの素子配線端子145と、2つの素子配線端子145の間に等間隔で配置された8つの素子配線端子147とを含む端子部145bが設けられている。

【0039】

図4(b)に示すように、素子基板131は、基板本体132と、基板本体132の第1面132aに積層された振動板135とを有する。本実施形態では、振動板135は、第1面132aに順に積層された第1誘電体膜136と第2誘電体膜137とを含むものである。第1誘電体膜136は、例えば酸化シリコン(SiO₂)膜であり、第2誘電体膜137は、例えば酸化ジルコニア(ZrO₂)膜である。複数の圧電素子140は振動板135の第2誘電体膜137上に配置されている。

【0040】

基板本体132は、例えばシリコンなどの半導体基板が用いられている。基板本体132の厚みは、例えば0.15mmである。基板本体132には、圧電素子140のそれに対応して空間134が形成されている。隣り合う空間134は壁133によって仕切られている。つまり、素子領域149においてX方向とY方向とに配置された圧電素子140のそれに対応する空間134と壁133とが基板本体132に形成され、振動板135により空間134の第1面132a側が閉じられている。図4(a)に示すように平面視における空間134の大きさは、圧電体膜142の大きさよりも大きい。

【0041】

基板本体132の第1面132aと反対側の第2面132bには、補強板138が設けられている。補強板138は、例えば鉄ニッケル合金などからなる金属板やシリコン基板などを用いることができる。補強板138の材質や厚みは、超音波デバイスユニット130の周波数特性に影響を及ぼすため、超音波デバイスユニット130の中心周波数に基づいて設定される。本実施形態では、補強板138は常温付近での熱膨張率が他の金属材料に比べて小さい42アロイ(鉄ニッケル合金)を用い、その厚みは例えば0.1mmである。補強板138には、基板本体132においてX方向に隣り合う7つの空間134を外気に連通させる溝139が設けられている。言い換えれば、溝139は、振動板135上においてX方向に配置された7個の圧電素子140に対応して基板本体132に設けられた7つの空間134を連通させるように、補強板138において行単位に複数設けられている。なお、溝139は行単位に設けられることに限定されず、列単位に設けてもよいし、行単位と列単位の双方に対応して設けてもよい。また、空間134を外気に連通させる

10

20

30

40

50

手段は溝 139 に限らず、例えば補強板 138 を貫通する孔や、溝と孔とを組み合わせて外気に連通させてもよい。

【0042】

このような素子基板 131 の構成によれば、上電極配線 144 と下電極配線 146との間に、所定周波数の例えは矩形波を印加すれば、行単位及び／または列単位で圧電素子 140 を駆動して振動板 135 を振動させ超音波を発生させることができる。また、超音波の反射波（エコー波）が振動板 135 を振動させることで圧電素子 140 の上電極 141 と下電極 143 との間に所定周波数の電気信号を生じさせることができる。

振動板 135 が振動することで発生する超音波は、基板本体 132 に対して圧電素子 140 側に放出されるだけでなく、空間 134 を介して補強板 138 側に伝搬して補強板 138 で反射される。補強板 138 で反射した超音波は、再び空間 134 を介して圧電素子 140 側から放出される。したがって、振動板 135 の振動によりそのまま放出される超音波と補強板 138 で反射した超音波との位相がずれて減衰しないように、空間 134 の音響的な距離は、超音波の波長 の 4 分の 1 ($\lambda / 4$) の奇数倍に設定される。言い換えれば、アクチュエーター（電気機械変換素子）としての圧電素子 140 と振動板 135 とにより構成される超音波素子から発せられる超音波の波長 を考慮して、基板本体 132 の厚みや補強板 138 の厚みが設定される。10

なお、圧電素子 140 は、振動板 135 が受けた反射波のエネルギー（力）を電気信号に変換する機械電気変換素子としても機能する。また、素子基板 131 は、本実施形態のように補強板 138 を含む構成としてもよいし、補強板 138 を含まない構成とすることも可能である。また、空間 134 は、空気層であることに限定されず、例えシリコーンなどの樹脂層であってもよい。20

【0043】

図 5 に示すように、素子基板 131 が平面実装される配線基板 161 は、リジットな例えガラスエポキシ配線基板であって、配線基板 161 を貫通する開口部 162 と、実装面 161a に設けられた複数の配線端子 163 と、2 つのコネクター 165 とを有している。開口部 162 の形状は四角形である。開口部 162 の大きさ（形状及び面積）は、素子基板 131 から発する超音波の放出を阻害しない、あるいは超音波の反射波が素子基板 131 に到達することを阻害しないように設定される。具体的には、開口部 162 の大きさ（形状及び面積）は、素子基板 131 における素子領域 149 を内包する大きさ、つまり素子領域 149 の大きさ（形状及び面積）と同じ、または素子領域 149 の大きさ（面積）よりもやや大きいことが好ましい。なお、素子領域 149 の形状及び面積は、複数の圧電素子 140 のそれぞれに対応して形成された複数の空間 134 が占める領域の外縁によって規定することができる（図 4（a）参照）。30

【0044】

配線端子 163 は、X 方向において開口部 162 を挟んで配置されると共に、開口部 162 の Y 方向の縁に沿って複数配置されている。複数の配線端子 163 は、素子基板 131 における端子部 145a, 145b の 2 つの素子配線端子 145 と、8 つの素子配線端子 147 とに対応して Y 方向に等間隔で配置されている（図 4（a）参照）。

【0045】

図 6 に示すように、超音波デバイスユニット 130 は、素子基板 131 と、配線基板 161 と、音響整合層 151 と、音響レンズ 152 と備えている。素子基板 131 は配線基板 161 の実装面 161a に平面実装（フェイスダウン実装）されている。具体的には、素子領域 149 と開口部 162 とが向かい合うように素子基板 131 と配線基板 161 とが対向して配置され、互いに対向して配置された素子配線端子 147 (145) と、配線端子 163 とが接合部材 166 を介して接合されている。これにより、素子基板 131 に設けられた複数の圧電素子 140 が電気的に配線基板 161 に接続される。接合部材 166 は、例えは、金や半田などのバンプでもよいし、熱可塑性の異方性導電フィルムや異方性導電接着剤であってもよい。

【0046】

10

20

30

40

50

配線基板 161 の開口部 162 には、音響レンズ 152 が挿入されている。音響レンズ 152 は、前述したようにシリンドリカルなレンズ面 152a と、レンズ面 152a の反対側に設けられた凹部 152b とを有する。凹部 152b は支持部 152c と平面 152d とを含んで構成されている。凹部 152b には音響整合層形成部材が充填されて音響整合層 151 が構成されている。音響レンズ 152 は、支持部 152c が素子基板 131 の素子領域 149 以外の部分に接し、音響整合層 151 が少なくとも素子領域 149 と接するように開口部 162 に挿入される。そして、音響レンズ 152 の側面と開口部 162 の内壁との隙間 164 を埋めるように封止部材 153 が充填される。これにより、音響レンズ 152 が配線基板 161 に固定される。封止部材 153 は、高い耐湿性能と接着性能とを有する例えば熱硬化性のエポキシ樹脂が用いられる。

10

【0047】

レンズ面 152a 及び凹部 152b を有する音響レンズ 152 は、透明な例えばシリコーン樹脂を成形型に充填して固化することにより形成される。音響整合層 151 もまた透明な例えばシリコーン樹脂を用いて形成することができる。音響整合層 151 を音響レンズ 152 と同系の部材で構成することにより、音響レンズ 152 に対する音響整合層 151 の密着性や接着性を確保することができる。

【0048】

音響整合層 151 及び音響レンズ 152 は、素子基板 131 で発生した超音波を測定対象である例えば人体に効率よく伝えたり、人体から反射した超音波の反射波を効率よく素子基板 131 に伝えたりするために設けられている。音響整合層 151 及び音響レンズ 152 における超音波及びその反射波の伝搬効率つまり音響インピーダンスは、素子基板 131 における超音波素子（圧電素子 140 と振動板 135 を含む）、及び測定対象となる例えば人体の音響インピーダンスを考慮して設定される。

20

【0049】

前述した超音波測定装置 100において、測定に用いられる超音波は、1 MHz ~ 30 MHz の間の周波数となっている。音速は、超音波が伝わる物体やその温度により異なることが知られている。測定対象が例えば人体の場合、媒質としての人体は水に近い特性を有することから、測定に用いられる超音波の音速は、水中の音速であるおよそ 1530 m / s (秒) (35) を前提としている。音響インピーダンスを「Z」として表すと、音響インピーダンス Z は、媒質の密度 ρ と音速 C の積（式(1)）で表すことができる。

30

$$Z = \rho \times C \quad \dots \quad (1)$$

したがって、水の密度 ρ を 1000 kg / m³、音速を 1530 m / s とすると、水つまり人体の音響インピーダンス Z は、 $1.5 \times 10^6 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ となる。この値は、1.5 M Rayl (メガレイリー) と呼ばれている。

【0050】

本実施形態の素子基板 131 の超音波素子から発する超音波の周波数は、およそ 7.5 MHz であり、音響インピーダンスはおよそ 1 Mレイリーである。したがって、音響整合層 151 及び音響レンズ 152 は、1 Mレイリーと 1.5 Mレイリーとの間の値が設定される。効率的な超音波の送受の観点から音響整合層 151 は超音波素子に近い音響インピーダンスとされ、音響レンズ 152 は人体に近い音響インピーダンスとされることが好ましい。本実施形態における音響整合層 151 の音響インピーダンスは例えば 1.2 Mレイリーであり、音響レンズ 152 の音響インピーダンスは 1.5 Mレイリーである。音響整合層 151 は、上述したように音響インピーダンスを考慮すると共に、厚みも考慮する必要がある。厚みが厚くなれば超音波が音響整合層 151 を伝わる間に減衰し易くなる。したがって、音響整合層 151 はできるだけ薄いほうが好ましい。本実施形態における音響整合層 151 の厚みはおよそ 0.1 mm である。開口部 162 に音響整合層 151 と音響レンズ 152 とが収容される配線基板 161 の厚みはおよそ 0.5 mm である。なお、音響整合層 151 は、本実施形態のように単層であることに限定されず、音響インピーダンスが異なる複層構造であってもよい。

40

【0051】

50

<超音波デバイスの製造方法>

次に、本実施形態の超音波デバイスの製造方法としての超音波デバイスユニットの製造方法について、図7及び図8を参照して説明する。図7(a)～(c)及び図8(a)～(d)は超音波デバイスユニットの製造方法を示す概略断面図である。

本実施形態の超音波デバイスユニット130の製造方法は、素子基板131と、配線基板161とを準備する工程(ステップS1)と、素子基板131を配線基板161に実装する工程(ステップS2)と、音響レンズ152に音響整合層151を形成する工程(ステップS3)と、配線基板161に音響レンズ152を組み込む工程(ステップS4)と、開口部162と音響レンズ152との隙間に封止部材153を充填する工程(ステップS5)と、を備えている。以降、図7及び図8を参照してより具体的に説明する。

10

【0052】

ステップS1では、圧電素子140と圧電素子140に繋がる上電極配線144や下電極配線146が形成された素子基板131を用意する。また、少なくとも開口部162及び配線端子163が形成された配線基板161を用意する。そして、図7(a)に示すように、配線基板161の配線端子163に接合部材166を配置する。本実施形態では、接合部材166として異方性導電接着剤を用い、配線端子163に塗布した。異方性導電接着剤の塗布は、例えば印刷法やディスペンス法などを挙げることができる。異方性導電接着剤を用いているので、複数の配線端子163に跨って塗布しても、隣り合う配線端子163同志が、異方性導電接着剤により短絡することはない。なお、このような接合部材166の配置は、次のステップS2で行うとしてもよい。そして、ステップS2へ進む。

20

【0053】

ステップS2では、図7(b)に示すように、素子領域149と、開口部162とが向かい合い、且つ素子配線端子147(145)と接合部材166が配置された配線端子163とが対向するように、素子基板131と配線基板161とを位置決めして配置する。このように素子基板131と配線基板161とを位置決めして対向配置する方法としては、それぞれ異なる基準位置に配置された素子基板131と配線基板161に対して、カメラなどの撮像手段で素子配線端子147(145)と配線端子163とをそれぞれ画像認識させ、一方に対して他方を相対的に移動させることにより画像処理によって位置決めして対向配置する方法が挙げられる。また、配線基板161の開口部162を利用して、開口部162側から素子基板131を撮像することで素子基板131と配線基板161とを位置決めして対向配置させてよい。そして、図7(c)に示すように、素子基板131の補強板138に圧着ツール50を当接させ、素子基板131を配線基板161に押し当てる。このとき、接合部材166に熱が伝わるように圧着ツール50をヒーターなどで加熱する。所定の温度で所定の時間、素子基板131を配線基板161に熱圧着することで、素子配線端子147(145)と配線端子163とが接合部材166を介して接合される。

30

【0054】

ステップS3では、まず、図8(a)に示すように、音響レンズ152の凹部152bに音響整合層形成部材151aを充填する。次に、支持部152cをガイド(案内部)としてスキージ70を移動させることにより、支持部152cからはみ出た余分な音響整合層形成部材151aをスキージ70でかき取る。これにより、図8(c)に示すように、凹部152bの平面152dに対向する面151bがほぼ平坦な音響整合層151が形成される。言い換えれば、ばらつきが小さい安定した厚みを有する音響整合層151が形成される。そして、ステップS4へ進む。なお、ステップS3は、ステップS2の後に行う必要はなく、ステップS4の前までに行われていればよい。

40

【0055】

ステップS4では、図8(d)に示すように、音響整合層151が形成された音響レンズ152を配線基板161の開口部162に挿入する。音響レンズ152の支持部152cが素子基板131に当接するように挿入すれば、音響整合層151と素子領域149とが接して配置される。そして、ステップS5へ進む。

50

【0056】

ステップS5では、配線基板161の開口部162に音響レンズ152を挿入することで生じた、音響レンズ152の側面と開口部162の内壁との間の隙間164(図8(d)参照)に封止部材153を充填して固化する。これにより、配線基板161に音響レンズ152を固定して超音波デバイスユニット130ができる(図6参照)。なお、素子基板131の第1面132aと実装面161aとの間の隙間にも封止部材153を充填してもよい。

【0057】

また、コネクター165は、素子基板131を配線基板161に平面実装する前に実装してもよいし、素子基板131を配線基板161に平面実装した後に実装してもよい。10

【0058】

第1実施形態によれば、以下の効果が得られる。

(1) 超音波デバイスユニット130とその製造方法によれば、素子基板131が配線基板161に平面実装(フェイスダウン実装)されているので、素子基板131の素子配線端子145, 147と配線基板161の配線端子163とをFPCなどの中継基板を用いて接続させる場合に比べて、中継基板の配線抵抗や接続抵抗に起因する素子基板131と配線基板161との間で送受される電気信号の減衰や外部からのノイズの影響を受け難く、高い接続信頼性を有すると共に、薄型な超音波デバイスユニット130を提供及び製造することができる。

(2) 配線基板161は、実装面161aに配線端子163や引き回し配線を配し、コネクター165などの電子部品を実装面161aに実装可能な片面基板を用いることができるので、両面基板や多層基板を用いる場合に比べて低コスト化を図ることができる。20

(3) 超音波デバイスユニット130は、音響整合層151と音響レンズ152とを備えている。また、音響整合層151は音響レンズ152の凹部152bを埋めるように形成される。そして、音響整合層151が素子基板131の素子領域149に接するように音響レンズ152が配線基板161の開口部162に挿入されて封止部材153により固定される。したがって、素子基板131から発した超音波を測定対象である例えば人体などに効率よく伝えると共に、該超音波の人体からの反射波を素子基板131に効率よく伝えることが可能な薄型の超音波デバイスユニット130を提供及び製造することができる。30

(4) 配線基板161の開口部162に音響レンズ152を挿入することにより生じた隙間164に封止部材153が充填されて、配線基板161と音響レンズ152とが固定される。これによれば、隙間164から水分などが浸入することを防ぐことができ、水分などの影響により音響整合層151が変質したり、接合部材166を介した素子配線端子147(145)と配線端子163との接合が不安定になったりすることを防ぐことができる。

(5) 超音波プローブ120は上記超音波デバイスユニット130を備えているので、高い接続信頼性を有し、薄型な超音波プローブ120を実現できる。

(6) 超音波測定装置100は、上記超音波プローブ120を備えているので、高い接続信頼性を有し、携帯性に優れた超音波測定装置100を提供することができる。40

【0059】

(第2実施形態)

<超音波デバイス>

次に、第2実施形態の超音波デバイスとしての超音波デバイスユニットについて、図9を参照して説明する。図9は第2実施形態の超音波デバイスユニットの構造を示す概略断面図である。第2実施形態の超音波デバイスユニットは、第1実施形態の超音波デバイスユニット130に対して、配線基板、音響整合層、音響レンズの構成を異ならせたものである。第1実施形態と同じ構成には同じ符号を付して詳細な説明は省略する。なお、図9は第1実施形態の図6に示された超音波デバイスユニット130と比較することが可能な概略断面図である。50

【0060】

図9に示すように、本実施形態の超音波デバイスユニット230は、素子基板131と、配線基板261と、音響整合層251と、音響レンズ252とを備えている。配線基板261には、配線基板261を貫通すると共に、素子領域149の大きさと同じまたはそれよりも大きく開口する開口部262が設けられている。配線基板261の実装面261aには、開口部262の縁部に沿って複数の配線端子263が設けられている。素子基板131は配線基板261の実装面261aに平面実装(フェイスダウン実装)されている。具体的には、素子領域149と開口部262とが向かい合うように素子基板131と配線基板261とが対向して配置され、互いに対向して配置された素子配線端子147(145)と、配線端子263とが接合部材166を介して接合されている。これにより、素子基板131に設けられた複数の圧電素子140が電気的に配線基板261に接続されている。接合部材166は、第1実施形態で説明したように、例えば、金や半田などのバンプでもよいし、熱可塑性の異方性導電フィルムや異方性導電接着剤であってもよい。本実施形態では接合部材166として、熱可塑性の異方性導電接着剤が用いられている。10

【0061】

音響整合層251は、配線基板261の開口部262を埋めると共に、配線基板261に平面実装された素子基板131の素子領域149に接するように形成されている。

【0062】

音響レンズ252は、シリンドリカルなレンズ面252aと、レンズ面252aに対向する平らな面252bとを有している。面252bの大きさ(面積)は開口部262の大きさ(面積)よりも大きい。また、音響レンズ252は、面252bが音響整合層251と接するように、配線基板261の実装面261aと反対側の面261bに配置されている。さらに、音響レンズ252の外周部に封止部材153が配置され、封止部材153により音響レンズ252が配線基板261の面261bに固定されている。20

【0063】

音響整合層251は、第1実施形態と同様に透明な例えばシリコーン樹脂を用いて形成されている。音響レンズ252もまた第1実施形態と同様に透明な例えばシリコーン樹脂を成形型で成形することにより形成されている。音響整合層251及び音響レンズ252は、音響インピーダンスが1Mレイリーから1.5Mレイリーの間の値となるように設定されている。音響整合層251の音響インピーダンスは例えば1.2Mレイリーであり、音響レンズ252の音響インピーダンスは1.5Mレイリーである。30

【0064】

<超音波デバイスの製造方法>

次に、第2実施形態の超音波デバイスの製造方法としての超音波デバイスユニットの製造方法について、図10を参照して説明する。図10(a)~(d)は第2実施形態の超音波デバイスユニットの製造方法を示す概略断面図である。

本実施形態の超音波デバイスユニット230の製造方法は、素子基板131と、配線基板261とを準備する工程(ステップS11)と、素子基板131を配線基板261に実装する工程(ステップS12)と、音響整合層251を形成する工程(ステップS13)と、配線基板261に音響レンズ252を配置する工程(ステップS14)と、音響レンズ252を配線基板261に固定する工程(ステップS15)と、を備えている。以降、図10を参照してより具体的に説明する。なお、ステップS11は、第1実施形態のステップS1と内容が変わらないので、説明を省略する。40

【0065】

ステップS12では、図10(a)に示すように、素子基板131の素子領域149と、開口部262とが向かい合い、且つ素子配線端子147(145)と接合部材166が配置された配線端子263とが対向するように、素子基板131と配線基板261とを位置決めして配置する。そして、所定の温度で所定の時間、素子基板131を配線基板261に熱圧着することで、素子配線端子147(145)と配線端子263とが接合部材166を介して接合される。そして、ステップS13へ進む。50

【0066】

ステップS13では、図10(b)に示すように、素子基板131が平面実装された配線基板261を上下に反転させ、開口部262を埋めるように音響整合層形成部材251aを充填する。次に、配線基板261の実装面261aと反対側の面261bからはみ出した余分な音響整合層形成部材251aを除去する。具体的には、図10(c)に示すように、配線基板261の面261bにスキージ70を当てた状態で移動させることにより、面261bからはみ出した余分な音響整合層形成部材251aをスキージ70でかき取る。これにより、配線基板261の開口部262において露出した面がほぼ平らな音響整合層251が形成される。そして、ステップS14へ進む。

【0067】

10

ステップS14では、図10(d)に示すように、音響レンズ252の面252bが開口部262と重なり、面252bが音響整合層251と接するように、配線基板261の面261bに音響レンズ252を配置する。続いて、音響レンズ252の外周部に封止部材153を配置して固化することにより、配線基板261の面261bに音響レンズ252を固定する。これにより、超音波デバイスユニット230ができる。

【0068】

上記第2実施形態によれば、上記第1実施形態の効果(1)、(2)、(5)、(6)と同様な効果に加えて、以下の効果が得られる。

(7) 上記超音波デバイスユニット230とその製造方法によれば、音響整合層251は配線基板261の開口部262を埋めて形成され、配線基板261からはみ出した余分な音響整合層形成部材251aは除去される。したがって、配線基板261の厚みを調整することによって、音響整合層251の厚みを制御することができる。第1実施形態のように音響整合層151が形成される凹部152bを音響レンズ152に設ける場合に比べて、音響レンズ252の成形が容易となる。また、第1実施形態の支持部152cのように突出した部分が音響レンズ252にはないので、落下などの衝撃で支持部152cが破損したり、支持部152cから音響レンズ152にひび割れが生じたりするなどの不具合が生じ難い。つまり耐衝撃性に優れた超音波デバイスユニット230を提供できる。

20

(8) 配線基板261の開口部262は音響整合層251によって埋められると共に、音響レンズ252の平らな面252bによって閉止される。加えて、音響レンズ252の外周部は封止部材153により封止されるので、第1実施形態に比べて、開口部262に水分などがより浸入し難い。つまり、水分などにより音響整合層251が変質したり、素子基板131と配線基板261との接合部分に水分などが浸入して接合状態が不安定になつたりすることをより確実に防止することができる。

30

なお、第2実施形態では、音響整合層251の厚みを変える場合、配線基板261の厚みも同時に変える必要がある。これに対して、第1実施形態では、音響整合層151の厚みを変えても、配線基板161の厚みを変える必要がないため、配線基板161を共通部品として利用できるというメリットがある。言い換えば、第2実施形態では音響レンズ252を共通部品として利用できるメリットがある。

【0069】

40

本発明は、上記した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲および明細書全体から読み取れる発明の要旨あるいは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う超音波デバイスおよび該超音波デバイスの製造方法ならびに該超音波デバイスを適用する超音波プローブや超音波測定装置(電子機器)もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。上記実施形態以外にも様々な変形例が考えられる。以下、変形例を挙げて説明する。

【0070】

50

(変形例1) 超音波デバイスは、音響整合層や音響レンズを備えたユニット構成であることに限定されない。音響整合層及び音響レンズがなく、配線基板に素子基板を平面実装した構成や、素子基板が平面実装された配線基板に音響整合層を設ける構成としてもよい。

【0071】

(変形例2) 超音波素子を構成する圧電素子140は、上電極141と下電極143との間に圧電体膜142が挟持された構造であることに限定されない。例えば、圧電体膜142の上に、第1電極と第2電極とが間隔を置いて対向して配置される構造であってよい。

【0072】

(変形例3) 本発明の超音波デバイスが適用される電子機器は、超音波測定装置100に限定されない。例えば、超音波液中計測装置、超音波空中計測器などに適用することができる。

【符号の説明】

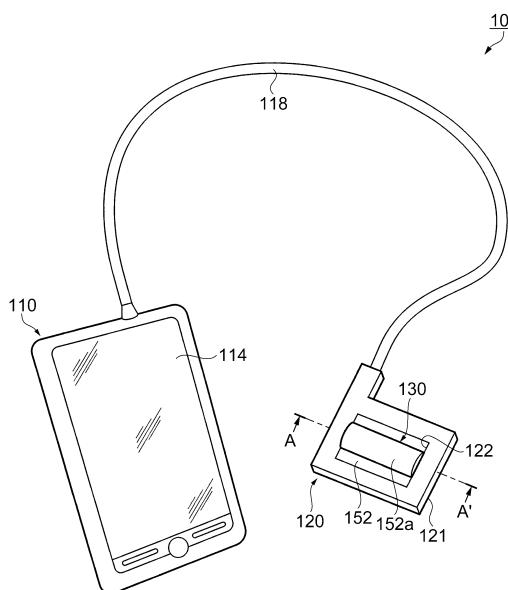
10

【0073】

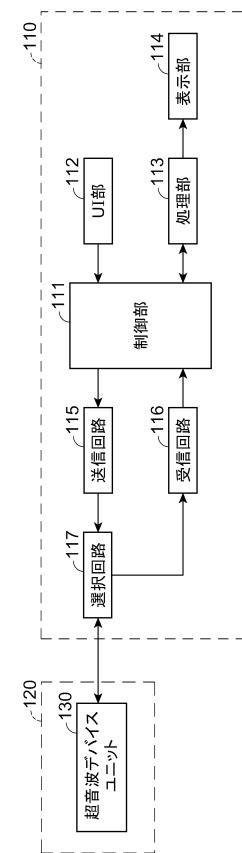
100...超音波測定装置、110...装置本体、113...処理部、114...表示部、120...超音波プローブ、130...超音波デバイスとしての超音波デバイスユニット、131...素子基板、132...基板本体、132a...第1面、145, 147...素子配線端子、149...超音波素子が配置された領域、151...音響整合層、151a...音響整合層形成部材、152...音響レンズ、152a...レンズ面、152d...レンズ面に対向する平面、153...封止部材、161...配線基板、161a...実装面、162...開口部、163...配線端子、164...隙間、166...接合部材、230...超音波デバイスユニット、251...音響整合層、252...音響レンズ、252a...レンズ面、252b...音響整合層と接する側の面、261...配線基板、261a...実装面、262...開口部、263...配線端子。

20

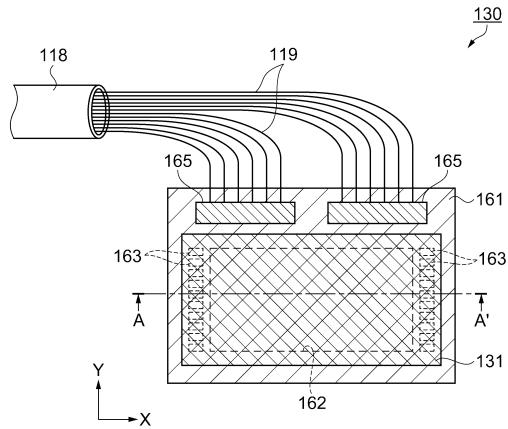
【図1】



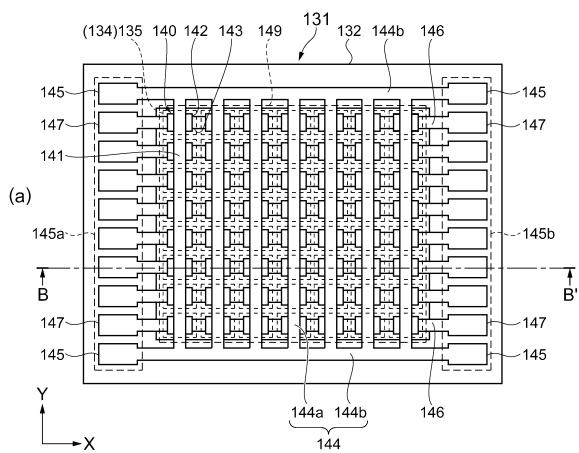
【図2】



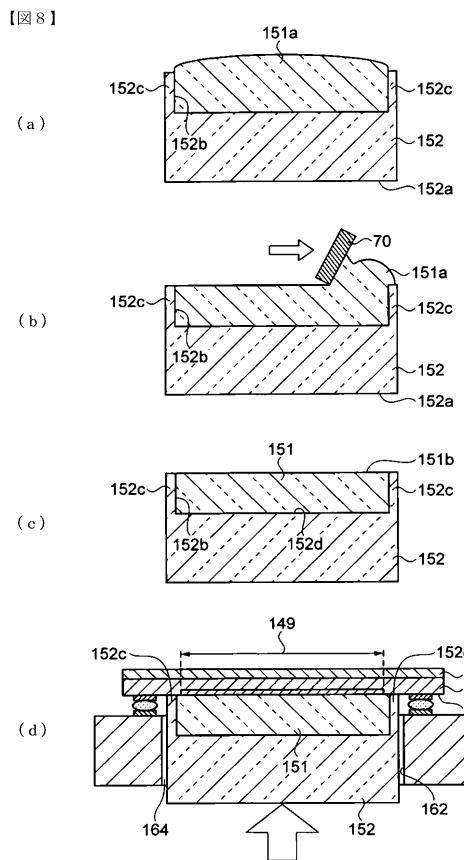
【図3】



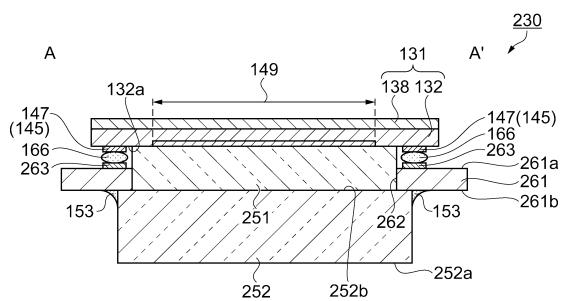
【図4】



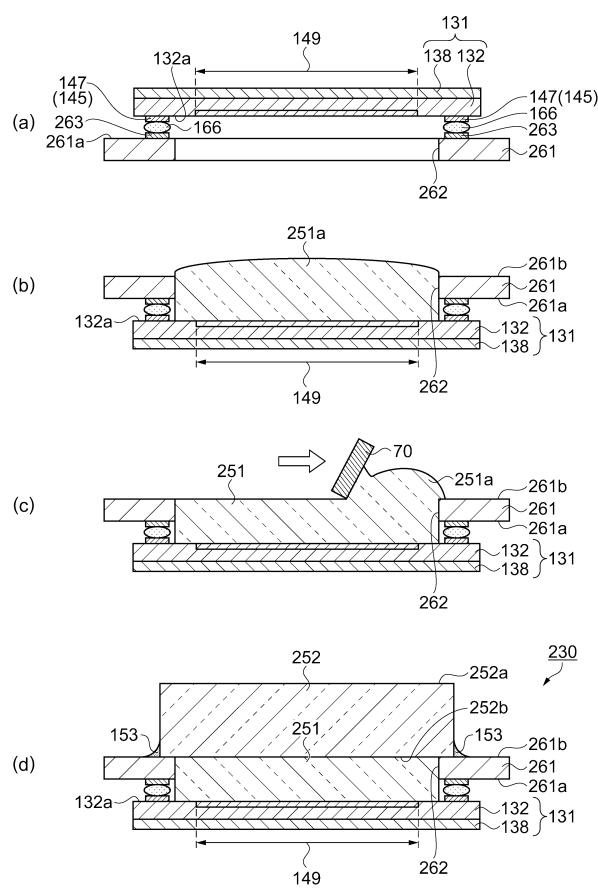
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

審査官 永田 浩司

(56)参考文献 特開2013-144063(JP,A)
特開2012-135622(JP,A)
特開2014-146884(JP,A)
特開2014-120874(JP,A)
特開昭60-191512(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0228937(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00 - 8 / 15
H 04 R 17 / 00
H 04 R 31 / 00