

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月23日(23.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/199809 A1

- (51) 国際特許分類:
H04R 23/02 (2006.01) *G01N 29/24* (2006.01)
A61B 8/14 (2006.01) *H04R 17/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/017666
- (22) 国際出願日: 2017年5月10日(10.05.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-097690 2016年5月16日(16.05.2016) JP
- (71) 出願人: セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608801 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松田 洋史 (MATSUDA Hiroshi); 〒3928502 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 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 渡辺 和昭, 外 (WATANABE Kazuaki et al.); 〒3998702 長野県松本市寿小赤2

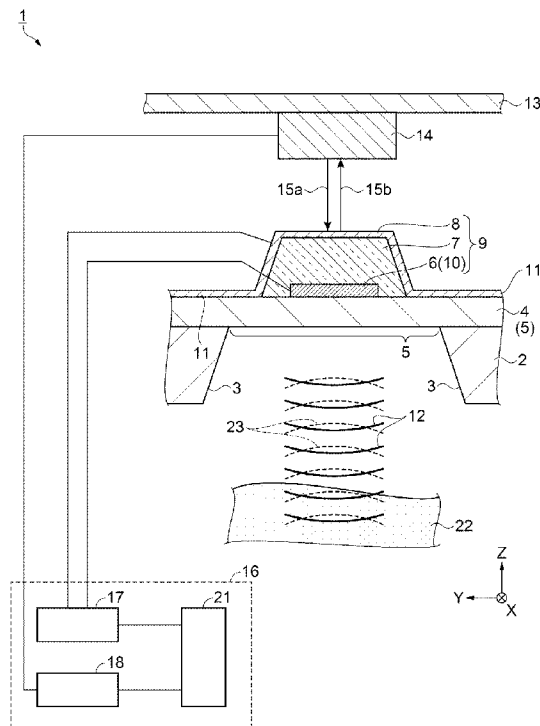
070セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(54) Title: ULTRASONIC TRANSDUCER DEVICE, ULTRASONIC PROBE, AND ULTRASONIC MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波トランスデューサーデバイス、超音波プローブおよび超音波測定装置



(57) Abstract: Provided is an ultrasonic measuring device wherein the position of an optical detection unit with respect to a vibrating film is not needed to be set with a high positional accuracy in plan view of a substrate. An ultrasonic transducer device 1 is provided with: a substrate 2 having an opening 3; a vibrating film 5 that is disposed on the substrate 2; a piezoelectric element 9, which is disposed on the vibrating film 5, and which vibrates the vibrating film 5; and an optical detection unit 14 that detects vibration of the vibrating film 5 using reflected light 15b. The optical detection unit 14 is positioned on the side opposite to the substrate 2 with respect to the vibrating film 5.

(57) 要約: 基板の平面視において振動膜に対する光検出部の位置を位置精度良く設置しなくても良い超音波測定装置を提供する。超音波トランスデューサーデバイス1は開口部3を有する基板2と、基板2上に設置された振動膜5と、振動膜5上に設置され振動膜5を振動させる圧電素子9と、反射光15bを用いて振動膜5の振動を検出する光検出部14と、を備え、光検出部14は、振動膜5に対して基板2の反対側に位置する。

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

超音波トランスデューサーデバイス、超音波プローブおよび超音波測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、超音波トランスデューサーデバイス、超音波プローブおよび超音波測定装置に関するものである。

背景技術

[0002] 対象物に向けて超音波を射出し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信する超音波測定装置が知られている。超音波測定装置は、例えば、被検体である人体の内部を検査するために用いられる。

[0003] このような超音波測定装置では超音波ビームを対象物に対して射出し、対象物から反射してきた超音波エコーをダイアフラムで受ける。そして、超音波エコーの受信感度を高めた超音波測定装置が特許文献 1 に開示されている。それによると、超音波を射出する発信源に圧電素子を用いている。そして、超音波エコーを振動膜で受けて、振動膜の振動を光検出部が検出していた。光検出部は振動膜に光を照射して反射光を用いて振動膜の振動を検出する。従って、振動膜の周波数特性を超音波エコーに適した周波数特性にすることができた。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 1 4 - 1 2 7 9 2 1 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 の超音波測定装置は開口が形成された基板を備えている。そし

て、基板の一方の面に振動膜が設置されている。光検出部は開口を通して光を振動膜に照射していた。そして、振動膜で反射した反射波を受光して振動膜の振動を検出していた。従って、光検出部は振動膜に照射する光と反射する光が開口を通過するように、開口と光検出部との相対位置を精度良く位置合わせする必要があった。圧電素子を配置する密度を高くするとき、開口のアスペクト比が高くなる。従って、開口と光検出部との位置合わせが難しくなっていた。そこで、基板の平面視において振動膜に対する光検出部の位置を位置精度良く設置しなくても良い超音波測定装置が望まれていた。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、上述の課題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。

[0007] [適用例 1]

本適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスであって、開口部を有する基板と、前記基板上に設置された振動膜と、前記振動膜上に設置され前記振動膜を振動させる圧電素子と、光を用いて前記振動膜の振動を検出する光検出部と、を備え、前記光検出部は、前記振動膜に対して前記基板の反対側に位置することを特徴とする。

[0008] 本適用例によれば、超音波トランスデューサーデバイスは基板を備え、基板には開口部が設置されている。基板上には振動膜が設置されており、開口部では振動膜が固定されていないので振動し易くなっている。振動膜上には圧電素子が設置され、圧電素子は振動膜を振動させる。さらに、超音波トランスデューサーデバイスは光検出部を備え、光を用いて振動膜の振動を検出する。そして、光検出部は、振動膜に対して基板の反対側に位置する。従って、光検出部と振動膜との間には基板が存在しない構造になっている。

[0009] 光検出部が振動膜に対して基板側に位置するときには光検出部は開口部を通過した光を受光する。基板は振動膜を支持する部材であり構造面での強度を有する厚みを有する。このため基板は光を通過させない厚みになっている。このとき、開口部のアスペクト比が大きいとき光検出部を開口部に対して

位置精度良く設置しないと光検出部は振動膜の振動を光で検出することができない。一方、本適用例では光検出部と振動膜との間に基板及び開口部が存在しない配置になっている。従って、基板の平面視において振動膜に対する光検出部の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部は振動膜の振動を検出することができる。

[0010] [適用例 2]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記光検出部は前記圧電素子の振動を検出することを特徴とする。

[0011] 本適用例によれば、圧電素子は振動膜に設置されている。これにより、振動膜が振動するとき圧電素子も振動する。そして、光検出部は圧電素子の振動を検出することにより振動膜の振動を検出できる。圧電素子を駆動することにより振動膜を振動させて、振動膜から超音波を発信する。超音波を発信させた後で圧電素子の駆動を停止する。そして、超音波の反射波が振動膜に到達するとき、振動膜及び圧電素子が振動する。このとき、光検出部は圧電素子及び振動膜の振動を検出する。1つの振動膜で超音波を発信させて、超音波の反射波を検出することができる。従って、少ない面積で超音波の発信及び受信ができる。

[0012] [適用例 3]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記光検出部は一部の前記圧電素子の振動を検出することを特徴とする。

[0013] 本適用例によれば、光検出部は一部の圧電素子の振動を検出する。つまり、圧電素子には光検出部により振動を検出する対象となっている物と振動を検出する対象となっていない物とがある。光検出部が振動を検出する対象となっている圧電素子を第1圧電素子とする。光検出部が振動を検出する対象となっていない圧電素子を第2圧電素子とする。

[0014] 第1圧電素子が設置された振動膜は超音波の反射波を受けて振動する必要がある。従って、第1圧電素子は超音波の反射波で振動し易い形態にする必要がある。一方、第2圧電素子が設置された振動膜は超音波の反射波を受け

て振動する必要がない。第2圧電素子は超音波の反射波で振動し易い形状にする必要がない。そして、第2圧電素子は音圧の大きな超音波を出力する形態にすることができる。第1圧電素子及び第2圧電素子の両方の圧電素子から超音波を出力するので音圧の大きな超音波を出力することができる。

[0015] [適用例4]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記圧電素子は複数の前記振動膜の一部に設置され、前記光検出部は前記圧電素子が設置されていない場所の前記振動膜の振動を検出することを特徴とする。

[0016] 本適用例によれば、圧電素子は複数の振動膜の一部に設置されている。従って、振動膜には圧電素子が設置されている振動膜と圧電素子が設置されていない振動膜とがある。圧電素子が設置されている振動膜から超音波が射出される。超音波の反射波は両方の振動膜に入力される。そして、光検出部は圧電素子が設置されていない振動膜の振動を検出する。圧電素子が設置されていない振動膜は圧電素子が設置されている振動膜に比べて剛性が小さいので振動し易い。従って、光検出部は感度良く超音波の反射波を検出することができる。

[0017] [適用例5]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記光検出部を支持する支持基板を備え、前記光検出部は前記振動膜が振動する場所と対向することを特徴とする。

[0018] 本適用例によれば、光検出部は支持基板に支持されている。そして、光検出部は振動膜が振動する場所と対向する場所に位置している。このとき、基板の平面視において光検出部は振動膜と重なって配置されている。従って、光検出部の占める面積と振動膜が占める面積とが重なっている。その結果、超音波トランスデューサーデバイスは光検出部を高密度に配置することができる。

[0019] [適用例6]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記光

検出部は前記開口部の中央に位置する前記振動膜の振動を検出することを特徴とする。

[0020] 本適用例によれば、光検出部は開口部の中央に位置する振動膜の振動を検出する。振動膜は超音波の反射波を受けて振動する。振動膜の振動モードは開口部の端に節ができて、開口部の中央に腹ができる。そして、光検出部は振動モードの腹の部分を用いて振動膜の振動を検出する。振動モードの腹の部分は振幅が最も大きくなる場所である為、光検出部は感度良く振動膜の振動を検出することができる。

[0021] [適用例 7]

上記適用例にかかる超音波トランスデューサーデバイスにおいて、前記圧電素子は反射膜を備えることを特徴とする。

[0022] 本適用例によれば、圧電素子は反射膜を備えている。光検出部は反射膜にて反射した光を用いて圧電素子の振動を検出することができる。そして、反射膜にて反射した光は光の強度が大きいので、外乱光によるノイズの比率を小さくすることができる。その結果、精度良く圧電素子の振動を検出することができる。

[0023] [適用例 8]

本適用例にかかる超音波プローブであって、超音波を受信し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスを備え、前記超音波トランスデューサーデバイスが上記のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデバイスであることを特徴とする。

[0024] 本適用例によれば、超音波プローブは超音波を受信し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスを備えている。そして、超音波トランスデューサーデバイスには上記の超音波トランスデューサーデバイスが用いられている。上記の超音波トランスデューサーデバイスは基板の平面視において振動膜に対する光検出部の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部は振動膜の振動を検出することができるので製造し易いデバイスである。従って、超音波プローブは製造し易い超音波トランスデューサーデバイスを備え

た装置とすることができる。

[0025] [適用例 9]

本適用例にかかる超音波測定装置であって、超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスと、前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、前記データ信号を表示する表示部と、を備え、前記超音波トランスデューサーデバイスが上記のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデバイスであることを特徴とする。

[0026] 本適用例によれば、超音波測定装置は超音波トランスデューサーデバイス、変換部及び表示部を備えている。超音波トランスデューサーデバイスが超音波を検出して電気信号を出力する。変換部が電気信号をデータ信号に変換する。そして、表示部がデータ信号を表示する。そして、超音波トランスデューサーデバイスには上記の超音波トランスデューサーデバイスが用いられている。上記の超音波トランスデューサーデバイスは基板の平面視において振動膜に対する光検出部の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部は振動膜の振動を検出することができるので製造し易いデバイスである。従って、超音波測定装置は製造し易い超音波トランスデューサーデバイスを備えた装置とすることができる。

[0027] [適用例 10]

本適用例にかかる超音波測定装置であって、超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスと、前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、前記データ信号を表示する表示部と、前記超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する射出制御部と、を備え、前記超音波トランスデューサーデバイスが上記に記載の超音波トランスデューサーデバイスであり、前記光検出部は前記圧電素子が振動させる前記振動膜の振幅を検出し、前記表示部は前記振動膜の振幅を表示することを特徴とする。

[0028] 本適用例によれば、光検出部は圧電素子が振動させる振動膜の振幅を検出

する。そして、表示部は振動膜の振幅を表示する。操作者は表示部に表示された振動膜の振幅を確認することができる。そして、射出制御部は超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する。操作者は射出制御部に超音波の強度を変更させて、適切な超音波の強度に調整することができる。

[0029] [適用例 1 1]

本適用例にかかる超音波測定装置であって、超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスと、前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、前記データ信号を表示する表示部と、前記超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する射出制御部と、を備え、前記超音波トランスデューサーデバイスが上記に記載の超音波トランスデューサーデバイスであり、前記光検出部は前記圧電素子が振動させる前記振動膜の振幅を検出し、前記射出制御部は前記振動膜の振幅データ信号を入力し前記振動膜の振幅を調整することを特徴とする。

[0030] 本適用例によれば、光検出部は圧電素子が振動させる振動膜の振幅を検出する。そして、射出制御部は振動膜の振幅データ信号を入力する。そして、射出制御部は振動膜の振幅データ信号を参照して超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する。従って、射出制御部は精度良く超音波の強度を調整することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]第 1 の実施形態にかかわる超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図。

[図2]光検出部の構造を示すブロック図。

[図3]第 2 の実施形態にかかわる超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図。

[図4]第 3 の実施形態にかかわる超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図。

[図5]第4の実施形態にかかわる超音波測定装置の構成を示す概略斜視図。

[図6]超音波測定装置の電気ブロック図。

[図7]表示画像を説明するための模式図。

[図8]変形例にかかわる超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図。

[図9]変形例にかかわる超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、実施形態について図面に従って説明する。尚、各図面における各部材は、各図面上で認識可能な程度の大きさとするため、各部材毎に縮尺を異ならせて図示している。

[0033] (第1の実施形態)

本実施形態では、超音波トランスデューサーデバイスの特徴的な例について、図に従って説明する。第1の実施形態にかかわる超音波トランスデューサーデバイスについて図1及び図2に従って説明する。図1は、超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図である。図1に示すように、超音波トランスデューサーデバイス1は基板2を備えている。基板2の平面方向をXY方向とし、基板2の厚み方向をZ方向とする。

[0034] 基板2には開口部3が設置されている。開口部3は基板2を貫通する貫通孔である。基板2の+Z方向側の面には振動膜部材4が設置されている。そして、振動膜部材4のうち開口部3から露出する部分を振動膜5とする。従って、振動膜5も基板2上に設置されている。振動膜部材4のうち基板2に固定されている部分は振動せず、振動膜5の部分は開口部3で露出しているので振動し易くなっている。

[0035] 振動膜5の+Z方向側には下電極6、圧電体7及び上電極8が重ねて設置されている。下電極6、圧電体7及び上電極8等により圧電素子9が構成されている。下電極6はX方向に延びる配線10と接続されている。上電極8はY方向に延びる配線11と接続されている。圧電体7は下電極6と上電極

8とに挟まれている。圧電体7は逆圧電効果を有しており、下電極6と上電極8とにより電圧が印加されるとき歪む。下電極6と上電極8との間に交流電圧を印加することにより圧電素子9が振動する。そして、圧電素子9は振動膜5上に設置され、振動膜5を振動させて振動膜5から超音波12を射出する。

[0036] 基板2の+Z方向側には基板2と所定の間隔をあけて支持基板13が設置されている。支持基板13と基板2とは図示しない支持部により連結されている。支持基板13には圧電素子9と対向する場所に光検出部14が設置されている。支持基板13は光検出部14を支持する。光検出部14は振動膜5が振動する場所と対向する。光検出部14は圧電素子9の上電極8に向けてレーザー光15aを射出する。

[0037] 上電極8はレーザー光15aを反射する反射膜を兼ねている。上電極8はレーザー光15aを反射し易い金属膜で形成され、表面粗さが小さくなるように調整されている。これにより、上電極8は反射率の高い面を備えている。換言すれば圧電素子9は反射膜を備えている。光検出部14は上電極8にて反射した光を用いて圧電素子9の振動を検出する。そして、上電極8にて反射した光は光の強度が大きいので、外乱光によるノイズの比率を小さくすることができる。その結果、精度良く圧電素子9の振動を検出することができる。

[0038] レーザー光15aは上電極8にて反射して光としての反射光15bとなり、反射光15bは光検出部14を照射する。光検出部14は反射光15bを入力してレーザー光15aと反射光15bとの位相差を検出する。そして、光検出部14は圧電素子9の振動を検出することにより圧電素子9とともに振動する振動膜5の振動を検出する。

[0039] 光検出部14は、振動膜5に対して基板2の反対側に位置している。換言すれば光検出部14と基板2との間に振動膜5が配置されている。さらに換言すれば光検出部14は、振動膜5に対して圧電素子9が設置される側に位置している。開口部3のアスペクト比が大きいとき光検出部14を開口部3

に対して位置精度良く設置しないと光検出部 1 4 は振動膜 5 の振動を光で検出することができない。一方、本実施形態では光検出部 1 4 と振動膜 5 との間に基板 2 及び開口部 3 が存在しない配置になっている。従って、基板 2 の平面視において振動膜 5 に対する光検出部 1 4 の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部 1 4 は振動膜 5 の振動を検出することができる。

[0040] 基板 2 の材質は剛性があり開口部 3 を精度良く形成可能であり耐水性があれば良く特に限定されない。本実施形態では、例えば、基板 2 の材質はシリコンを用いている。振動膜部材 4 の材質は靱性があり超音波 1 2 を発信する振動に耐えられれば良く特に限定されない。本実施形態では、例えば、振動膜部材 4 の材質は 2 酸化シリコン膜上に酸化ジルコニウム膜を積層した膜を用いている。

[0041] 下電極 6 は振動膜部材 4 及び圧電体 7 との密着性が良く、導電性があれば良く特に限定されない。本実施形態では、例えば、下電極 6 の材質はチタン (Ti)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt) 及びチタン (Ti) の積層膜を用いている。圧電体 7 は、例えば PZT (ジルコン酸チタン酸鉛)、チタン酸鉛 (PbTiO_3)、ジルコン酸鉛 (PbZrO_3)、チタン酸鉛ランタン ($(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$) 等を用いることができる。

[0042] 上電極 8 は導電性があって圧電体 7 との親和性が高ければ良い。本実施形態では、例えば、上電極 8 の材質はチタン (Ti)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt)、チタン (Ti) 及び Ag の積層膜を用いている。支持基板 1 3 の材質も剛性があり精度良く形成可能であり耐水性があれば良く特に限定されない。本実施形態では、例えば、支持基板 1 3 の材質はシリコンを用いている。

[0043] 超音波トランスデューサーデバイス 1 は制御部 1 6 を備えている。制御部 1 6 は発信駆動部 1 7、受信駆動部 1 8 及び受発信制御部 2 1 を備えている。発信駆動部 1 7 は圧電素子 9 を駆動する。発信駆動部 1 7 は下電極 6 及び上電極 8 と接続され、下電極 6 及び上電極 8 に所定の駆動波形を印加する。駆動波形は電圧波形である。受信駆動部 1 8 は光検出部 1 4 を駆動する。受

信駆動部 18 は光検出部 14 にレーザー光 15 a を射出させる。そして、上電極 8 にて反射した反射光 15 b を入力して振動膜 5 の振動波形を検出する。

[0044] 受発信制御部 21 は発信駆動部 17 及び受信駆動部 18 と接続されている。受発信制御部 21 は発信駆動部 17 が超音波 12 を射出するタイミングと光検出部 14 が振動膜 5 の振動を検出するタイミングを制御する。

[0045] 次に、超音波トランスデューサーデバイス 1 が超音波 12 を射出して被検体 22 の内部で反射する反射波 23 を検出する手順を説明する。まず、受発信制御部 21 が超音波 12 を発信する指示信号を発信駆動部 17 に出力する。発信駆動部 17 は所定の周波数の駆動波形を下電極 6 と上電極 8 との間に印加する。所定の周波数は超音波に対応する周波数である。これにより、圧電素子 9 及び振動膜 5 が振動して、超音波 12 が射出される。圧電素子 9 は所定の時間だけ振動して停止する。

[0046] 超音波 12 は開口部 3 を通過して被検体 22 に到達し、さらに、被検体 22 の内部を進行する。超音波 12 は被検体 22 の内部で反射する。反射した超音波 12 を反射波 23 とする。反射波 23 が振動膜 5 に到達するとき、発信駆動部 17 は圧電素子 9 を駆動していない。従って、振動膜 5 及び圧電素子 9 は反射波 23 によってのみ振動させられる。

[0047] 受発信制御部 21 は圧電素子 9 を駆動するタイミングと同時に光検出部 14 を駆動する指示信号を受信駆動部 18 に出力する。受信駆動部 18 は光検出部 14 にレーザー光 15 a を射出させて、光検出部 14 に振動膜 5 及び圧電素子 9 の振動を検出させる。光検出部 14 は超音波 12 が射出された後に受信する反射波 23 による振動膜 5 及び圧電素子 9 の振動を検出する。

[0048] 反射波 23 による振動膜 5 及び圧電素子 9 の振動を検出した後で、受発信制御部 21 が超音波 12 を発信する指示信号を発信駆動部 17 に出力する。そして、超音波トランスデューサーデバイス 1 は超音波 12 の発信と反射波 23 の検出とを交互に行う。また、光検出部 14 は圧電素子 9 が超音波 12 を射出しているときに振動する振幅を検出しても良い。圧電素子 9 の動作を

確認するデータ信号として活用することができる。

[0049] 光検出部 1 4 は開口部 3 の中央に位置する場所の圧電素子 9 にレーザー光 1 5 a を照射し、反射光 1 5 b を入力する。これにより、光検出部 1 4 は開口部 3 の中央に位置する振動膜 5 の振動を検出する。振動膜 5 は超音波の反射波 2 3 を受けて振動する。振動膜 5 の振動モードは開口部 3 の端に節ができて、開口部 3 の中央に腹ができる。そして、光検出部 1 4 は振動モードの腹の部分を用いて振動膜 5 の振動を検出する。振動モードの腹の部分は振幅が最も大きくなる場所である為、光検出部 1 4 は感度良く振動膜 5 の振動を検出することができる。

[0050] 図 2 は光検出部の構造を示すブロック図である。図 2 に示すように、光検出部 1 4 はレーザー光源 2 4 を備えている。レーザー光源 2 4 はレーザー光 1 5 を射出する。レーザー光 1 5 の光軸上には第 1 ビームスプリッター 2 5 及び第 2 ビームスプリッター 2 6 が設置されている。

[0051] 第 1 ビームスプリッター 2 5 はレーザー光 1 5 を 2 つの光束に分離する光学素子である。第 1 ビームスプリッター 2 5 はレーザー光 1 5 を直進するレーザー光 1 5 a と進行方向が変えられたレーザー光 1 5 c とに分離する。レーザー光 1 5 a は第 2 ビームスプリッター 2 6 に入力される。第 2 ビームスプリッター 2 6 はレーザー光 1 5 の偏光状態に応じて反射または通過させる光学素子である。第 2 ビームスプリッター 2 6 はレーザー光 1 5 a を通過させる。

[0052] 第 2 ビームスプリッター 2 6 を通過したレーザー光 1 5 a は圧電素子 9 を照射する。レーザー光 1 5 a の一部は反射光 1 5 b として第 2 ビームスプリッター 2 6 を照射する。尚、第 2 ビームスプリッター 2 6 と圧電素子 9 との間に対物レンズを配置しても良い。レーザー光 1 5 a の直径より圧電素子 9 が小さいときにも確実に圧電素子 9 の上電極 8 にレーザー光 1 5 a を照射することができる。

[0053] 反射光 1 5 b は第 2 ビームスプリッター 2 6 に入力して進行方向が変えられる。これにより、同軸であったレーザー光 1 5 a と反射光 1 5 b とが分離

される。

[0054] 第1ビームスプリッター25にてレーザー光15から分離したレーザー光15cの光路上には鏡体27、周波数シフター28、第3ビームスプリッター29及びフォトディテクター30が設置されている。鏡体27はレーザー光15cの進行方向をかえる光学素子である。第1ビームスプリッター25から射出されたレーザー光15cは鏡体27に入力されて進行方向を変える。そして、周波数シフター28に入力される。

[0055] 周波数シフター28はブラッグセルとも言われる光学素子である。周波数シフター28は柱状の透明体を有し、超音波により透明体に移動する疎密波が加えられる。その透明体内では疎密波が格子縞として機能する。周波数シフター28ではレーザー光15cの一部が移動する回折格子にて回折する。そして、回折したレーザー光15cの周波数がシフトする。その結果、レーザー光15cの一部は周波数がシフトしたレーザー光15dとなって周波数シフター28から出力される。

[0056] レーザー光15dは周波数シフター28から第3ビームスプリッター29に入力される。第3ビームスプリッター29はレーザー光15の偏光状態に応じて反射または通過させる光学素子である。そして、レーザー光15dは第3ビームスプリッター29を通過する。次に、レーザー光15dは第3ビームスプリッター29からフォトディテクター30に入力する。

[0057] 第2ビームスプリッター26から出力された反射光15bも第3ビームスプリッター29に入力される。反射光15bは第3ビームスプリッター29により進行方向が変えられる。次に、反射光15bも第3ビームスプリッター29からフォトディテクター30に入力する。反射光15bとレーザー光15dとは同軸上に重なるように調整されている。

[0058] 反射光15bとレーザー光15dとは周波数が少しだけ異なる光であり、干渉してうなりが生ずる。これにより、干渉波は周波数が下がるので、フォトディテクター30で波長の変化を検出することが可能になる。そして、振動膜5及び圧電素子9が振動するとき、反射光15bにドップラー効果が作

用するので、反射光 15 b の波長が変化する。これにより、干渉波の波形が変化する。光検出部 14 は振動膜 5 及び圧電素子 9 の振動を検出できる。光検出部 14 は反射光 15 b がドップラー効果により変化することを利用して、レーザドップラ振動計と言われている。

[0059] 振動膜 5 が超音波 12 を発信するときの振動膜 5 の振幅は $1\ \mu\text{m} \sim 0.1\ \mu\text{m}$ である。そして、振動膜 5 が反射波 23 を受信するときの振動膜 5 の振幅は約 $0.01\ \mu\text{m}$ である。このとき、圧電素子 9 が振動膜 5 の振動波形を検出するのは難しいが光検出部 14 では容易に振動膜 5 の振動波形を検出することができる。従って、超音波トランスデューサーデバイス 1 は精度良く反射波 23 の波形を検出できる。

[0060] 上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

(1) 本実施形態によれば、光検出部 14 は、振動膜 5 に対して基板 2 の反対側に位置する。従って、光検出部 14 と振動膜 5 との間には基板 2 が存在しない構造になっている。光検出部 14 が振動膜 5 に対して基板 2 側に位置するときには光検出部 14 は開口部 3 を通過した反射光 15 b を受光する。基板 2 は振動膜 5 を支持する部材であり構造面での強度を有する厚みを有する。このため基板 2 は反射光 15 b を通過させない厚みになっている。

[0061] 開口部 3 のアスペクト比が大きいときには、光検出部 14 を開口部 3 に対して位置精度良く設置しないと光検出部 14 は振動膜 5 の振動を反射光 15 b で検出することができない。一方、本実施形態では光検出部 14 と振動膜 5 との間に基板 2 及び開口部 3 が存在しない配置になっている。従って、基板 2 の平面視において振動膜 5 に対する光検出部 14 の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部 14 は振動膜 5 の振動を検出することができる。さらに、光検出部 14 が射出するレーザー光 15 a は開口部 3 の大きさに限定されない。従って、レーザー光 15 a の径を大きくして光検出部 14 の感度を向上させることができる。

[0062] (2) 本実施形態によれば、圧電素子 9 は振動膜 5 に設置されている。これにより、振動膜 5 が振動するとき圧電素子 9 も振動する。そして、光検出

部 1 4 は圧電素子 9 の振動を検出することにより振動膜 5 の振動を検出できる。圧電素子 9 を駆動することにより振動膜 5 を振動させて、振動膜 5 から超音波 1 2 を発信する。超音波 1 2 を発信させた後で圧電素子 9 の駆動を停止する。そして、超音波 1 2 の反射波 2 3 が振動膜 5 に到達するとき、振動膜 5 及び圧電素子 9 が振動する。このとき、光検出部 1 4 は圧電素子 9 及び振動膜 5 の振動を検出する。1 つの振動膜 5 で超音波 1 2 を発信させて、超音波 1 2 の反射波 2 3 を検出することができる。従って、少ない面積で超音波 1 2 の発信及び反射波 2 3 の受信ができる。

[0063] (3) 本実施形態によれば、光検出部 1 4 は支持基板 1 3 に支持されている。そして、光検出部 1 4 は振動膜 5 が振動する場所と対向する場所に位置している。このとき、基板 2 の平面視において光検出部 1 4 は振動膜 5 と重なって配置されている。その結果、超音波トランスデューサーデバイス 1 は光検出部 1 4 を高密度に配置することができる。

[0064] (4) 本実施形態によれば、光検出部 1 4 は開口部 3 の中央に位置する振動膜 5 の振動を検出する。振動膜 5 は超音波 1 2 の反射波 2 3 を受けて振動する。振動膜 5 の振動モードは開口部 3 の端に節ができて、開口部 3 の中央に腹ができる。そして、光検出部 1 4 は振動モードの腹の部分を用いて振動膜 5 の振動を検出する。振動モードの腹の部分は振幅が最も大きくなる場所である為、光検出部 1 4 は感度良く振動膜 5 の振動を検出することができる。

[0065] (5) 本実施形態によれば、圧電素子 9 では上電極 8 が反射膜になっている。光検出部 1 4 は上電極 8 にて反射した反射光 1 5 b を用いて圧電素子 9 の振動を検出している。そして、上電極 8 にて反射した反射光 1 5 b は光の強度が大きいので、外乱光によるノイズの比率を小さくすることができる。その結果、精度良く圧電素子 9 の振動を検出することができる。

[0066] (6) 本実施形態によれば、超音波トランスデューサーデバイス 1 は基板 2 側から被検体 2 2 へ超音波 1 2 が射出される。このとき、基板 2 と被検体 2 2 との間に音響インピーダンスを整合させるゲルを配置する。ゲルは水分

を多く含む。水分は圧電体 7 を劣化させ易いが、基板 2 及び振動膜部材 4 によって水分が圧電体 7 に移動することを防止または抑制できる。さらに、圧電素子 9、配線 11 及び光検出部 14 に水分が付着して短絡することを防止または抑制できる。

[0067] (7) 本実施形態によれば、各開口部 3 と対向して圧電素子 9 及び光検出部 14 が設置されている。そして、開口部 3 と同数の圧電素子 9 及び光検出部 14 が設置されている。従って、圧電素子 9 及び光検出部 14 を高密度に配置することができる。

[0068] (第 2 の実施形態)

次に、超音波トランスデューサーデバイスの一実施形態について図 3 の超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図を用いて説明する。本実施形態が第 1 の実施形態と異なるところは、光検出部 14 は一部の圧電素子 9 の振動を検出する点にある。尚、第 1 の実施形態と同じ点については説明を省略する。

[0069] すなわち、本実施形態では、図 3 に示すように、超音波トランスデューサーデバイス 33 では振動膜部材 4 上に圧電素子としての第 1 圧電素子 34 及び圧電素子としての第 2 圧電素子 35 が設置されている。第 1 圧電素子 34 の圧電体 7 は第 2 圧電素子 35 の圧電体 7 より薄くなっている。このため、第 1 圧電素子 34 が振動膜 5 から射出する超音波 12 は第 2 圧電素子 35 が振動膜 5 から射出する超音波 12 より弱い音圧になっている。

[0070] 第 1 圧電素子 34 は第 2 圧電素子 35 より薄いので剛性が小さくなっている。従って、第 1 圧電素子 34 は第 2 圧電素子 35 より振動し易くなっている。そして、光検出部 14 は第 1 圧電素子 34 及び振動膜 5 が振動する場所の振動を検出する。つまり、光検出部 14 は一部の圧電素子 9 の振動を検出する。第 1 圧電素子 34 においても上電極 8 が反射膜を兼ねているので、第 1 圧電素子 34 は反射膜を備えている。

[0071] 上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

(1) 本実施形態によれば、光検出部 14 は一部の圧電素子 9 の振動を検

出する。つまり、圧電素子 9 には光検出部 14 により振動を検出する対象となっている第 1 圧電素子 34 と振動を検出する対象となっていない第 2 圧電素子 35 とがある。

[0072] 第 1 圧電素子 34 が設置された振動膜 5 は超音波 12 の反射波 23 を受けて振動する必要がある。従って、第 1 圧電素子 34 は反射波 23 で振動し易い形態にする必要がある。一方、第 2 圧電素子 35 が設置された振動膜 5 は反射波 23 を受けて振動する必要がない。第 2 圧電素子 35 は反射波 23 で振動し易い形状にする必要がない。そして、第 2 圧電素子 35 は音圧の大きな超音波 12 を出力する形態にすることができる。第 1 圧電素子 34 及び第 2 圧電素子 35 の両方の圧電素子 9 から超音波 12 を出力するので音圧の大きな超音波 12 を出力することができる。

[0073] (第 3 の実施形態)

次に、超音波トランスデューサーデバイスの一実施形態について図 4 の超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図を用いて説明する。本実施形態が第 1 の実施形態と異なるところは、光検出部 14 は一部の圧電素子 9 が設置されていない場所の振動膜 5 の振動を検出する点にある。尚、第 1 の実施形態と同じ点については説明を省略する。

[0074] すなわち、本実施形態では、図 4 に示すように、超音波トランスデューサーデバイス 38 では基板 2 に複数の開口部 3 が設置されている。開口部 3 により振動膜部材 4 が露出する場所が振動膜 5 になっている。振動膜部材 4 上に圧電素子 9 が設置されており、圧電素子 9 は複数の振動膜 5 の一部に設置されている。従って、振動膜 5 の一部には圧電素子 9 が設置されていない。光検出部 14 は圧電素子 9 が設置されていない場所の振動膜 5 と対向する場所に設置されている。そして、光検出部 14 は圧電素子 9 が設置されていない場所の振動膜 5 の振動を検出する。

[0075] 光検出部 14 は配線 11 を反射膜として活用することができる。そして、光検出部 14 は配線 11 にレーザー光 15a を照射して反射した反射光 15b を検出する。尚、振動膜部材 4 の表面の反射率が高いときには、光検出部

14は振動膜部材4にレーザー光15aを照射して反射した反射光15bを検出しても良い。

[0076] 上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

(1) 本実施形態によれば、圧電素子9は複数の振動膜5の一部に設置されている。従って、振動膜5には圧電素子9が設置されている振動膜5と圧電素子9が設置されていない振動膜5とがある。圧電素子9が設置されている振動膜5から超音波12が射出される。超音波12の反射波23は両方の振動膜5に到達する。そして、光検出部14は圧電素子9が設置されていない振動膜5の振動を検出する。圧電素子9が設置されていない振動膜5は圧電素子9が設置されている振動膜5に比べて剛性が小さいので振動し易い。従って、光検出部14は感度良く超音波12の反射波23を検出することができる。

[0077] (第4の実施形態)

次に、超音波トランスデューサーデバイスが搭載された超音波プローブ及び超音波測定装置の一実施形態について図5及び図6を用いて説明する。本実施形態における超音波プローブ及び超音波測定装置に搭載された超音波トランスデューサーデバイスは第1実施形態～第3の実施形態に記載の超音波トランスデューサーデバイスである。尚、第1の実施形態～第3の実施形態と同じ点については説明を省略する。

[0078] 図5は超音波測定装置の構成を示す概略斜視図である。図5に示すように、超音波測定装置41は超音波プローブ42を備えている。超音波プローブ42は一方向に長い略直方体の形状をしており、操作者が握り易い形状になっている。超音波プローブ42の長手方向をZ方向とする。超音波プローブ42の-Z方向の面は略平坦な面であり、平面形状が長方形になっている。平面形状の直交する2辺が延びる方向をX方向及びY方向とする。

[0079] 超音波プローブ42の-Z方向側には超音波トランスデューサーデバイス43が設置されている。この超音波トランスデューサーデバイス43には上記に記載の超音波トランスデューサーデバイス1、超音波トランスデューサ

ーデバイス 33 または超音波トランスデューサーデバイス 38 のいずれかが用いられている。

[0080] 超音波プローブ 42 の-Z 方向側の面では筐体から超音波トランスデューサーデバイス 43 が露出している。超音波プローブ 42 の内部には超音波トランスデューサーデバイス 43 を制御する制御部 44 が設置され、超音波トランスデューサーデバイス 43 と制御部 44 とがケーブル 45 により接続されている。制御部 44 には CPU（中央演算装置）及び記憶装置を備えている。記憶装置には超音波トランスデューサーデバイス 43 を駆動する駆動波形のデータや超音波トランスデューサーデバイス 43 を駆動する手順を示すプログラムが記憶されている。そして、CPU はプログラムに沿って超音波トランスデューサーデバイス 43 に駆動波形を出力して超音波トランスデューサーデバイス 43 を駆動する。

[0081] 超音波プローブ 42 はケーブル 46 を介して制御装置 47 と接続されている。制御装置 47 は超音波プローブ 42 が出力するデータ信号を入力し、データ信号を解析して表示する装置である。制御装置 47 も CPU 及び記憶装置を備えている。そして、CPU はプログラムに沿って各種の演算や制御を行う。制御装置 47 には入力部 48 及び表示部 49 が設置されている。入力部 48 はキーボードやマウスパッド等の装置であり、操作者が制御装置 47 に指示する内容を入力するための装置である。表示部 49 はデータ信号を画像にして表示可能であれば良く特に限定されず、液晶表示装置や OLED（Organic light-emitting diodes）表示装置を用いることができる。本実施形態では、例えば、表示部 49 に OLED を用いている。

[0082] 超音波プローブ 42 は被検体 22 の表面に押圧して用いられる。超音波プローブ 42 は超音波トランスデューサーデバイス 43 から被検体 22 に向けて超音波 12 を射出する。そして、超音波トランスデューサーデバイス 43 は被検体 22 の内部で反射した反射波 23 を受信する。反射波 23 は反射して戻る時間が反射した面により異なるので、反射波 23 が戻る時間を解析す

ることにより被検体 2 2 の内部の構造を非破壊検査することができる。超音波トランスデューサーデバイス 4 3 が受信した反射波 2 3 の信号は制御部 4 4 に出力される。制御部 4 4 は A/D 変換 (Analog-to-digital) をする変換部を備え、反射波 2 3 の信号をデジタル形式のデータ信号に変換する。そして、デジタル形式のデータ信号に変換されたデータ信号はケーブル 4 6 を介して制御部 4 4 から制御装置 4 7 に送信される。制御装置 4 7 は反射波のデータ信号を受信して解析する。そして、制御装置 4 7 は被検体 2 2 の内部構造を画像に変換して表示部 4 9 に表示する。

[0083] 図 6 は超音波測定装置の電気ブロック図である。図 6 に示すように、超音波測定装置 4 1 は超音波プローブ 4 2 と制御装置 4 7 とがケーブル 4 6 にて接続されている。超音波プローブ 4 2 内では超音波トランスデューサーデバイス 4 3 と制御部 4 4 とがケーブル 4 5 にて接続されている。超音波トランスデューサーデバイス 4 3 には複数の圧電素子 9 が設置されている。さらに、超音波トランスデューサーデバイス 4 3 には複数の光検出部 1 4 が設置されている。従って、超音波トランスデューサーデバイス 4 3 は反射波 2 3 を受信し電気信号を出力する。

[0084] 超音波トランスデューサーデバイス 4 3 に超音波トランスデューサーデバイス 1 または超音波トランスデューサーデバイス 3 3 を用いるとき、光検出部 1 4 は圧電素子 9 が振動させる振動膜 5 の振幅を検出する。

[0085] 制御部 4 4 には発信駆動部 1 7、受信駆動部 1 8、受発信制御部 2 1 及び変換部 5 0 等が設置されている。発信駆動部 1 7 は複数の圧電素子 9 と接続され、圧電素子 9 を駆動する。受信駆動部 1 8 は複数の光検出部 1 4 と接続され、光検出部 1 4 を駆動する。受発信制御部 2 1 は発信駆動部 1 7 及び受信駆動部 1 8 と接続され、発信駆動部 1 7 及び受信駆動部 1 8 を駆動するタイミングを制御する。

[0086] 変換部 5 0 は受信駆動部 1 8 及び制御装置 4 7 と接続されている。変換部 5 0 は受信駆動部 1 8 が出力する信号をデジタル形式のデータ信号に変換して制御装置 4 7 に出力する。つまり、変換部 5 0 は超音波トランスデューサ

ーデバイス 43 が出力する電気信号としてのアナログ信号をデジタル形式のデータ信号に変換する。他にも、変換部 50 は制御装置 47 が出力するデータ信号をアナログ信号に変換して受信制御部 21 に出力する。

[0087] 制御装置 47 には射出制御部 51、画像演算部 52 及び表示部 49 等が設置されている。射出制御部 51 は超音波トランスデューサーデバイス 43 が射出する超音波 12 の強度を制御する。超音波トランスデューサーデバイス 43 に超音波トランスデューサーデバイス 1 または超音波トランスデューサーデバイス 33 を用いるとき、光検出部 14 は圧電素子 9 が振動させる振動膜 5 の振幅を検出する。そして、圧電素子 9 が振動させる振動膜 5 の振幅データ信号は受信駆動部 18 から変換部 50 を介して射出制御部 51 に出力される。

[0088] 射出制御部 51 は振動膜 5 の振幅データ信号を入力し振動膜 5 の振幅を調整する。詳しくは、射出制御部 51 は振動膜 5 の振幅を判定値と比較する。そして、振動膜 5 の振幅が判定値より小さいときには圧電素子 9 を駆動する交流電圧を大きくする指示信号を発信駆動部 17 に出力する。振動膜 5 の振幅が判定値より大きいときには圧電素子 9 を駆動する交流電圧を小さくする指示信号を発信駆動部 17 に出力する。このようにして、射出制御部 51 は振動膜 5 の振幅を目標とする振幅に近づける制御を行う。

[0089] 画像演算部 52 は超音波プローブ 42 が出力するデータ信号を入力して表示部 49 に表示する画像を演算する。画像は特に限定されないが、本実施形態では、例えば、超音波画像、反射波 23 により振動膜 5 が振動する波形の振幅を示す受信振幅波形、圧電素子 9 により振動膜 5 が振動する波形の振幅を示す発信振幅波形等の画像を画像演算部 52 が形成する。

[0090] 画像演算部 52 は形成した画像のデータ信号を表示部 49 に出力する。そして、表示部 49 は画像演算部 52 が形成した各種の画像を表示する。つまり、表示部 49 は超音波トランスデューサーデバイス 43 が検出したデータ信号を表示する。

[0091] 図 7 は表示部が表示する表示画像を説明するための模式図である。図 7 に

示すように表示画像 5 3 には画像演算部 5 2 が形成した超音波画像 5 4 が表示される。超音波画像 5 4 は被検体 2 2 の断面を示す 2 次元画像である。操作者は超音波画像 5 4 を観察して被検体 2 2 の内部構造を知ることができる。他にも、受信振幅波形 5 6 が表示される。他にも、超音波トランスデューサーデバイス 4 3 が超音波トランスデューサーデバイス 1 または超音波トランスデューサーデバイス 3 3 のとき、表示画像 5 3 には発信振幅波形 5 5 が表示される。

[0092] 発信振幅波形 5 5 は圧電素子 9 により振動膜 5 が振動する波形の振幅の推移を示す。受信振幅波形 5 6 は反射波 2 3 により振動膜 5 が振動する波形の振幅の推移を示す。超音波トランスデューサーデバイス 4 3 には圧電素子 9 及び光検出部 1 4 が複数設置されている。発信振幅波形 5 5 及び受信振幅波形 5 6 は圧電素子 9 毎に表示される。図中発信振幅波形 5 5 及び受信振幅波形 5 6 は 1 0 個の波形が表示されている。画面を切り替えることにより総ての圧電素子 9 における発信振幅波形 5 5 及び光検出部 1 4 が検出した受信振幅波形 5 6 を表示することが可能になっている。

[0093] 表示部 4 9 は振動膜 5 の振幅を表示する。そして、操作者は入力部 4 8 を操作して、圧電素子 9 により振動膜 5 が振動する振幅を変更することが可能になっている。詳しく述べると、まず、操作者が出力調整モードを手動に切り替える。表示画像 5 3 の左下には出力調整モードの状態が表示されている。出力調整モードは自動モードと手動モードとが選択可能になっている。操作者は入力部 4 8 を操作して出力調整モードを切り替える。自動モードは射出制御部 5 1 が振動膜 5 の振幅を判定値に近づけるように制御するモードである。手動モードは操作者が入力部 4 8 から入力して操作するモードである。

[0094] 操作者は調整する圧電素子 9 の番号を入力部 4 8 から入力する。そして、操作者は振動膜 5 の振幅を大きくするか小さくするかの指示を入力する。射出制御部 5 1 が入力された指示に基づいて圧電素子 9 を駆動する電圧の大きさを変更する指示信号を発信駆動部 1 7 に出力する。発信駆動部 1 7 は指示

信号に基づいて駆動電圧を変更し、振動膜 5 の振幅が変更される。このように、射出制御部 5 1 により振動膜 5 の振幅が変更される。

[0095] 上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

(1) 本実施形態によれば、超音波プローブ 4 2 は超音波 1 2 の反射波 2 3 を受信し電気信号を出力する超音波トランスデューサデバイス 4 3 を備えている。そして、超音波トランスデューサデバイス 4 3 には上記の超音波トランスデューサデバイス 1、超音波トランスデューサデバイス 3 3 または超音波トランスデューサデバイス 3 8 が用いられている。超音波トランスデューサデバイス 1、超音波トランスデューサデバイス 3 3 または超音波トランスデューサデバイス 3 8 は基板 2 の平面視において振動膜 5 に対する光検出部 1 4 の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部 1 4 は振動膜 5 の振動を検出することができるので製造し易いデバイスである。従って、超音波プローブ 4 2 は製造し易い超音波トランスデューサデバイスを備えた装置とすることができる。

[0096] (2) 本実施形態によれば、超音波測定装置 4 1 は超音波トランスデューサデバイス 4 3、変換部 5 0 及び表示部 4 9 を備えている。超音波トランスデューサデバイス 4 3 が超音波 1 2 の反射波 2 3 を検出して電気信号を出力する。変換部 5 0 が電気信号をデータ信号に変換する。そして、表示部 4 9 がデータ信号を表示する。そして、超音波トランスデューサデバイス 4 3 には上記の超音波トランスデューサデバイス 1、超音波トランスデューサデバイス 3 3 または超音波トランスデューサデバイス 3 8 が用いられている。上記の超音波トランスデューサデバイス 1、超音波トランスデューサデバイス 3 3 または超音波トランスデューサデバイス 3 8 は基板 2 の平面視において振動膜 5 に対する光検出部 1 4 の位置を位置精度良く設置しなくても光検出部 1 4 は振動膜 5 の振動を検出することができるので製造し易いデバイスである。従って、超音波測定装置 4 1 は製造し易い超音波トランスデューサデバイスを備えた装置とすることができる。

[0097] (3) 本実施形態によれば、光検出部 1 4 は圧電素子 9 が振動させる振動

膜 5 の振幅を検出する。そして、表示部 4 9 は振動膜 5 の振幅を表示する。操作者は表示部 4 9 に表示された振動膜 5 の振幅を確認し、振動膜 5 の振幅の変更を指示する。そして、射出制御部 5 1 は超音波トランスデューサーデバイス 4 3 が射出する超音波 1 2 の強度を制御する。従って、操作者は射出制御部 5 1 に超音波 1 2 の強度を変更させて、適切な超音波 1 2 の強度に調整することができる。

[0098] (4) 本実施形態によれば、超音波トランスデューサーデバイス 4 3 が超音波トランスデューサーデバイス 1 または超音波トランスデューサーデバイス 3 3 のとき、光検出部 1 4 は圧電素子 9 が振動させる振動膜 5 の振幅を検出する。そして、射出制御部 5 1 は振動膜 5 の振幅データ信号を入力する。そして、射出制御部 5 1 は振動膜 5 の振幅データ信号を参照して超音波トランスデューサーデバイス 4 3 が射出する超音波 1 2 の強度を制御する。従って、射出制御部 5 1 は精度良く超音波 1 2 の強度を調整することができる。

[0099] 尚、本実施形態は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により種々の変更や改良を加えることも可能である。変形例を以下に述べる。

(変形例 1)

前記第 1 の実施形態では、光検出部 1 4 はレーザー光 1 5 を上電極 8 に照射して上電極 8 を反射膜として活用した。図 8 は超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図である。図 8 に示すように、上電極 8 上に反射膜 5 9 を設置しても良い。反射膜 5 9 は反射する機能だけに特化した膜として活用することができる。従って、反射率の良い材質を選択して、表面粗さの少ない鏡面に近い製造方法を選択することができる。その結果、光検出部 1 4 は効率良く反射光 1 5 b を入力することができる。

[0100] (変形例 2)

前記第 3 の実施形態では、光検出部 1 4 はレーザー光 1 5 を配線 1 1 に照射して配線 1 1 を反射膜として活用した。図 9 は超音波トランスデューサーデバイスの構造を示す要部模式側断面図である。図 9 に示すように、配線 1

1 上または振動膜部材 4 上に反射膜 6 0 を設置しても良い。反射膜 6 0 は反射する機能だけに特化した膜として活用することができる。従って、反射率の良い金属を選択して、表面粗さの少ない鏡面に近い製造方法を選択することができる。その結果、光検出部 1 4 は効率良く反射光 1 5 b を入力することができる。

[0101] (変形例 3)

前記第 1 の実施形態では、支持基板 1 3 は光検出部 1 4 を支持した。支持基板 1 3 は他にも配線の中継する中継基板を兼ねても良い。他にも、圧電素子 9 を駆動する駆動回路や光検出部 1 4 を駆動する駆動回路が設置された回路基板を兼ねても良い。他にも、基板 2 と支持基板 1 3 との間の空間を封止する封止基板を兼ねても良い。支持基板 1 3 に複数の機能を持たせることにより部品点数を減らすことができる。

[0102] (変形例 4)

前記第 4 の実施形態では、表示画像 5 3 に発信振幅波形 5 5 及び受信振幅波形 5 6 を表示した。他にも、表示画像 5 3 に圧電素子 9 を駆動する駆動波形や光検出部 1 4 が検出した振動膜 5 の振動波形を表示しても良い。圧電素子 9 を駆動する駆動波形には矩形波や正弦波が用いられる。駆動波形の振幅の他、波長及び波形の形状を確認できる。そして、振動膜 5 の振動波形を確認することにより、振動膜 5 の振動する様子を確認することができる。

符号の説明

[0103] 1, 3 3, 3 8, 4 3…超音波トランスデューサーデバイス、2…基板、3…開口部、5…振動膜、8…反射膜としての上電極、9…圧電素子、1 3…支持基板、1 4…光検出部、1 5 b…光としての反射光、3 4…圧電素子としての第 1 圧電素子、3 5…圧電素子としての第 2 圧電素子、4 1…超音波測定装置、4 2…超音波プローブ、4 9…表示部、5 0…変換部、5 1…射出制御部、5 9, 6 0…反射膜。

請求の範囲

- [請求項1] 開口部を有する基板と、
 前記基板上に設置された振動膜と、
 前記振動膜上に設置され前記振動膜を振動させる圧電素子と、
 光を用いて前記振動膜の振動を検出する光検出部と、を備え、
 前記光検出部は、前記振動膜に対して前記基板の反対側に位置する
 ことを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。
- [請求項2] 請求項1に記載の超音波トランスデューサーデバイスであって、
 前記光検出部は前記圧電素子の振動を検出することを特徴とする超
 音波トランスデューサーデバイス。
- [請求項3] 請求項1に記載の超音波トランスデューサーデバイスであって、
 前記光検出部は一部の前記圧電素子の振動を検出することを特徴と
 する超音波トランスデューサーデバイス。
- [請求項4] 請求項1に記載の超音波トランスデューサーデバイスであって、
 前記圧電素子は複数の前記振動膜の一部に設置され、
 前記光検出部は前記圧電素子が設置されていない場所の前記振動膜
 の振動を検出することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイ
 ス。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデ
 バイスであって、
 前記光検出部を支持する支持基板を備え、
 前記光検出部は前記振動膜が振動する場所と対向することを特徴と
 する超音波トランスデューサーデバイス。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデ
 バイスであって、
 前記光検出部は前記開口部の中央に位置する前記振動膜の振動を検
 出することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。
- [請求項7] 請求項2または3に記載の超音波トランスデューサーデバイスであ

って、

前記圧電素子は反射膜を備えることを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

[請求項8] 超音波を受信し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスを備え、

前記超音波トランスデューサーデバイスが請求項1～7のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデバイスであることを特徴とする超音波プローブ。

[請求項9] 超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスと、

前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、

前記データ信号を表示する表示部と、を備え、

前記超音波トランスデューサーデバイスが請求項1～7のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサーデバイスであることを特徴とする超音波測定装置。

[請求項10] 超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスと、

前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、

前記データ信号を表示する表示部と、

前記超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する射出制御部と、を備え、

前記超音波トランスデューサーデバイスが請求項2または3に記載の超音波トランスデューサーデバイスであり、前記光検出部は前記圧電素子が振動させる前記振動膜の振幅を検出し、前記表示部は前記振動膜の振幅を表示することを特徴とする超音波測定装置。

[請求項11] 超音波を検出し電気信号を出力する超音波トランスデューサーデバ

イスと、

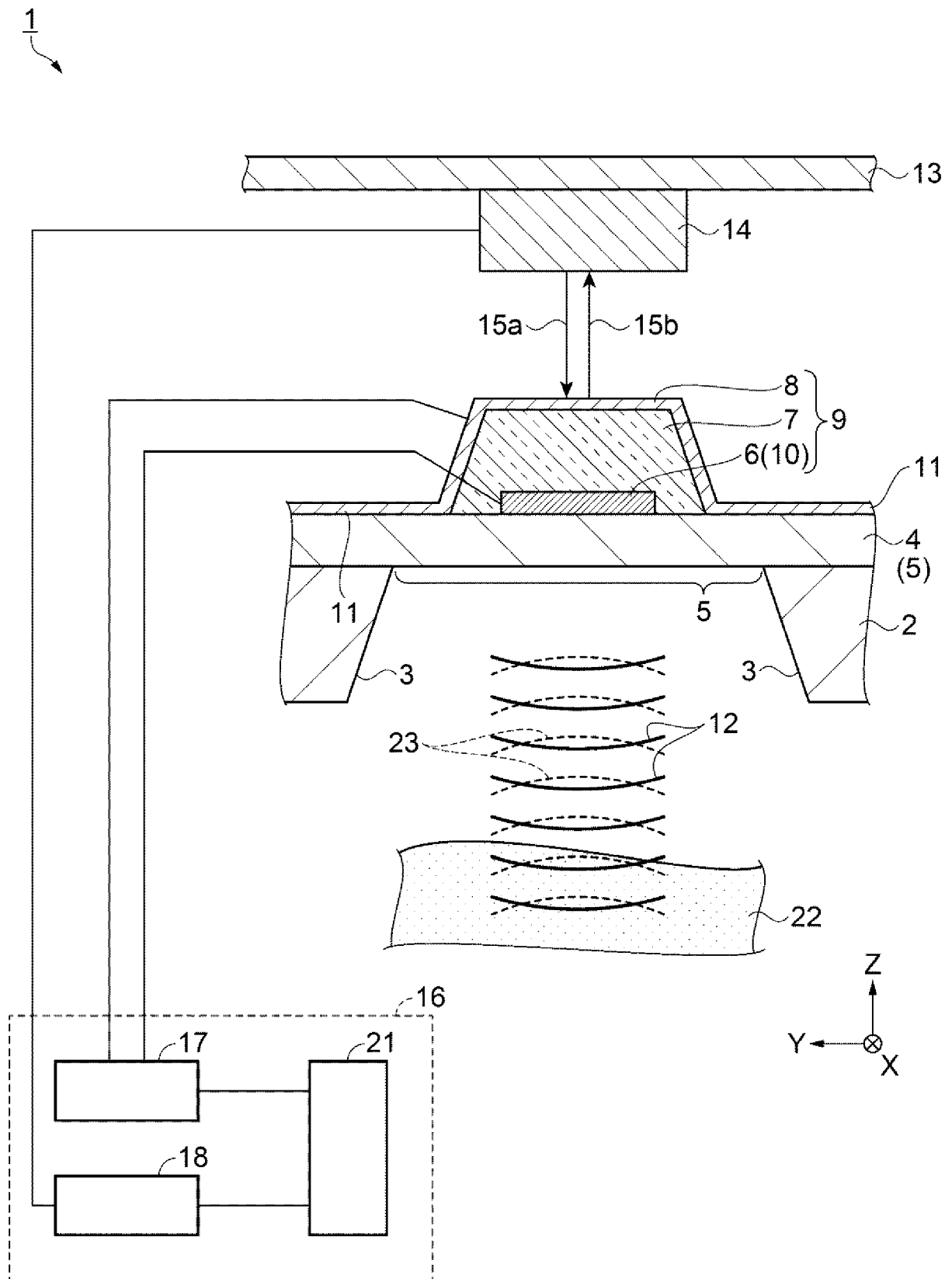
前記超音波トランスデューサーデバイスが出力する電気信号をデータ信号に変換する変換部と、

前記データ信号を表示する表示部と、

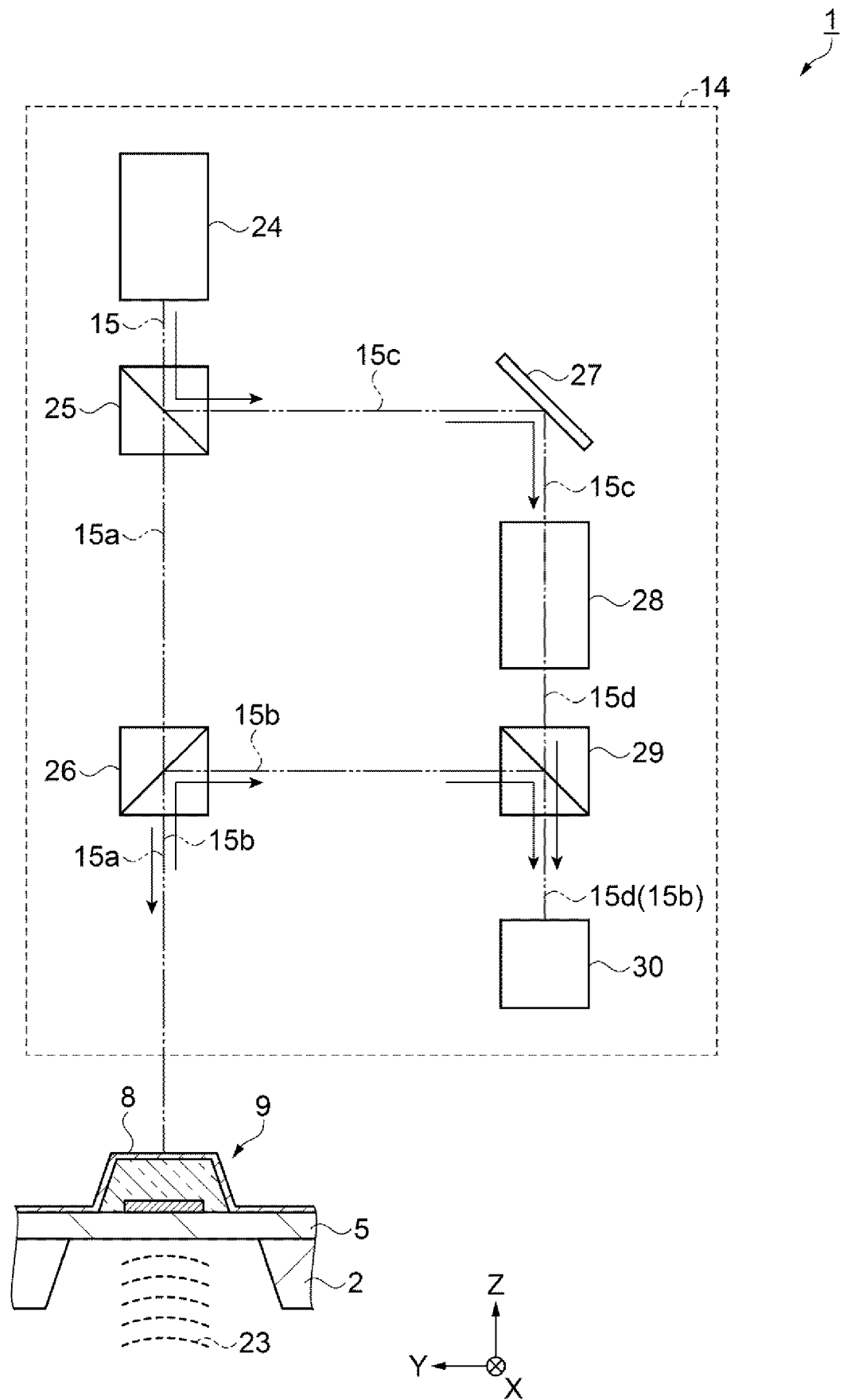
前記超音波トランスデューサーデバイスが射出する超音波の強度を制御する射出制御部と、を備え、

前記超音波トランスデューサーデバイスが請求項 2 または 3 に記載の超音波トランスデューサーデバイスであり、前記光検出部は前記圧電素子が振動させる前記振動膜の振幅を検出し、前記射出制御部は前記振動膜の振幅データ信号を入力し前記振動膜の振幅を調整することを特徴とする超音波測定装置。

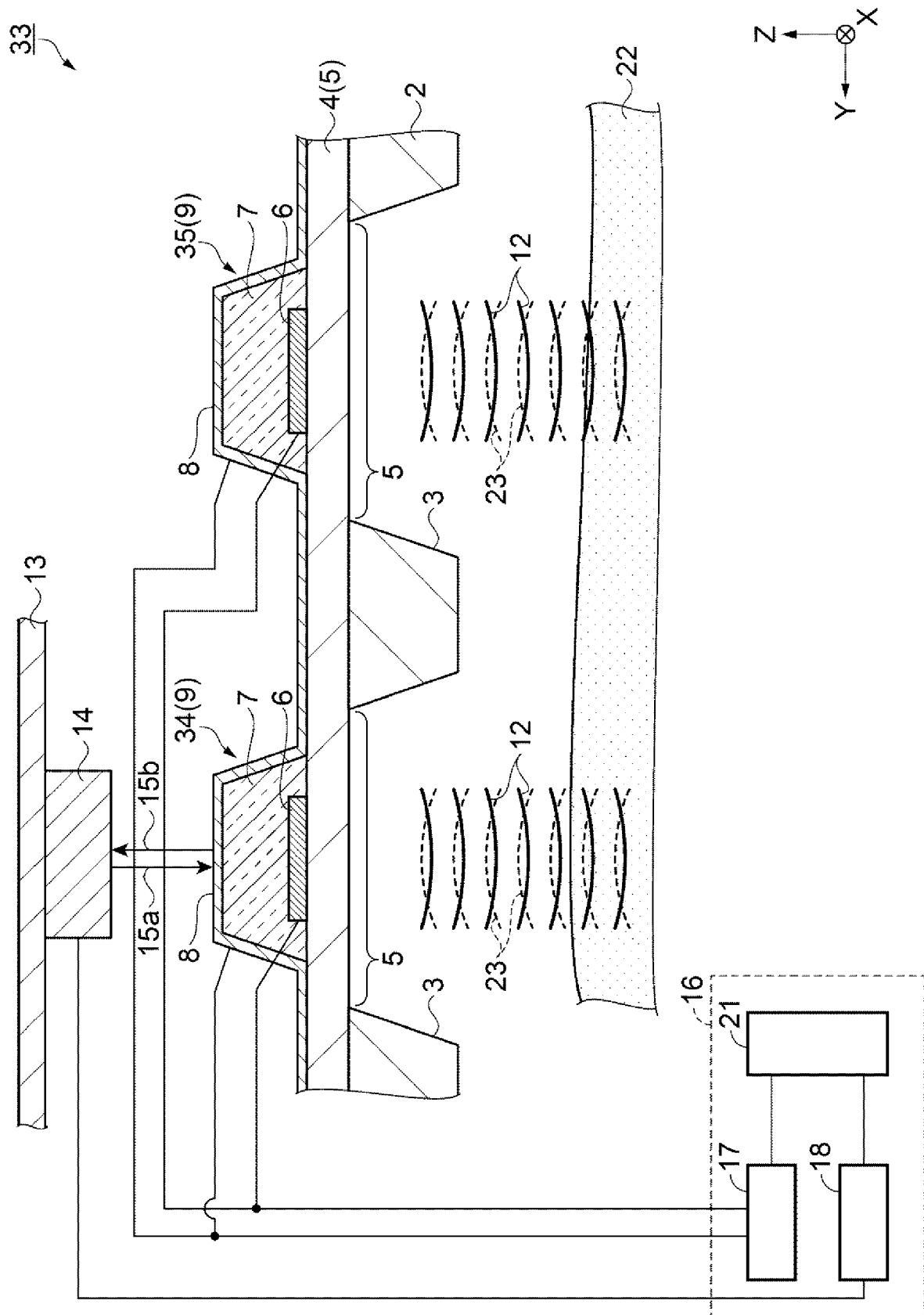
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

38

13

14

15b

15a

11

9

7

6

8

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

12

23

5

3

23

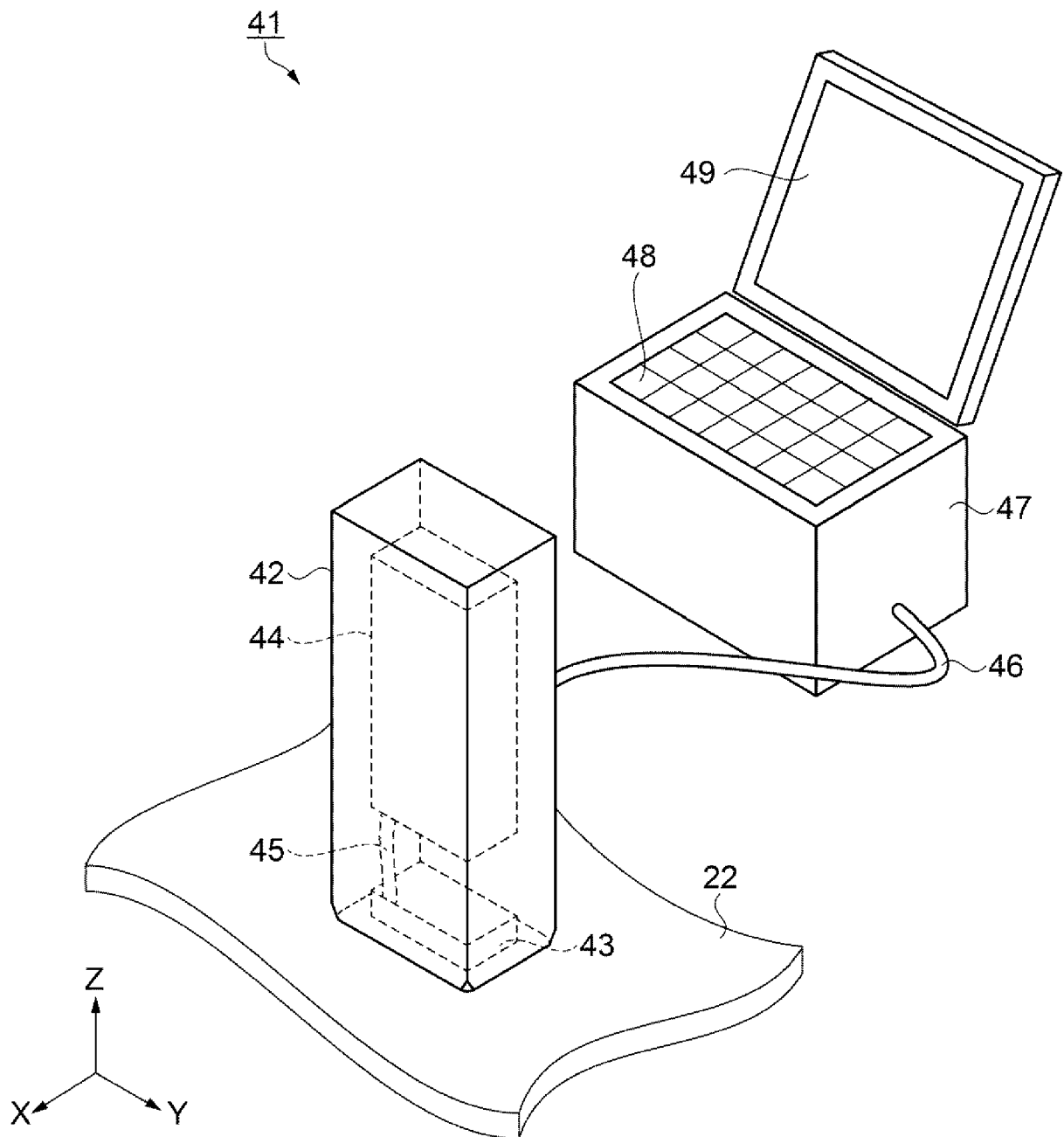
12

23

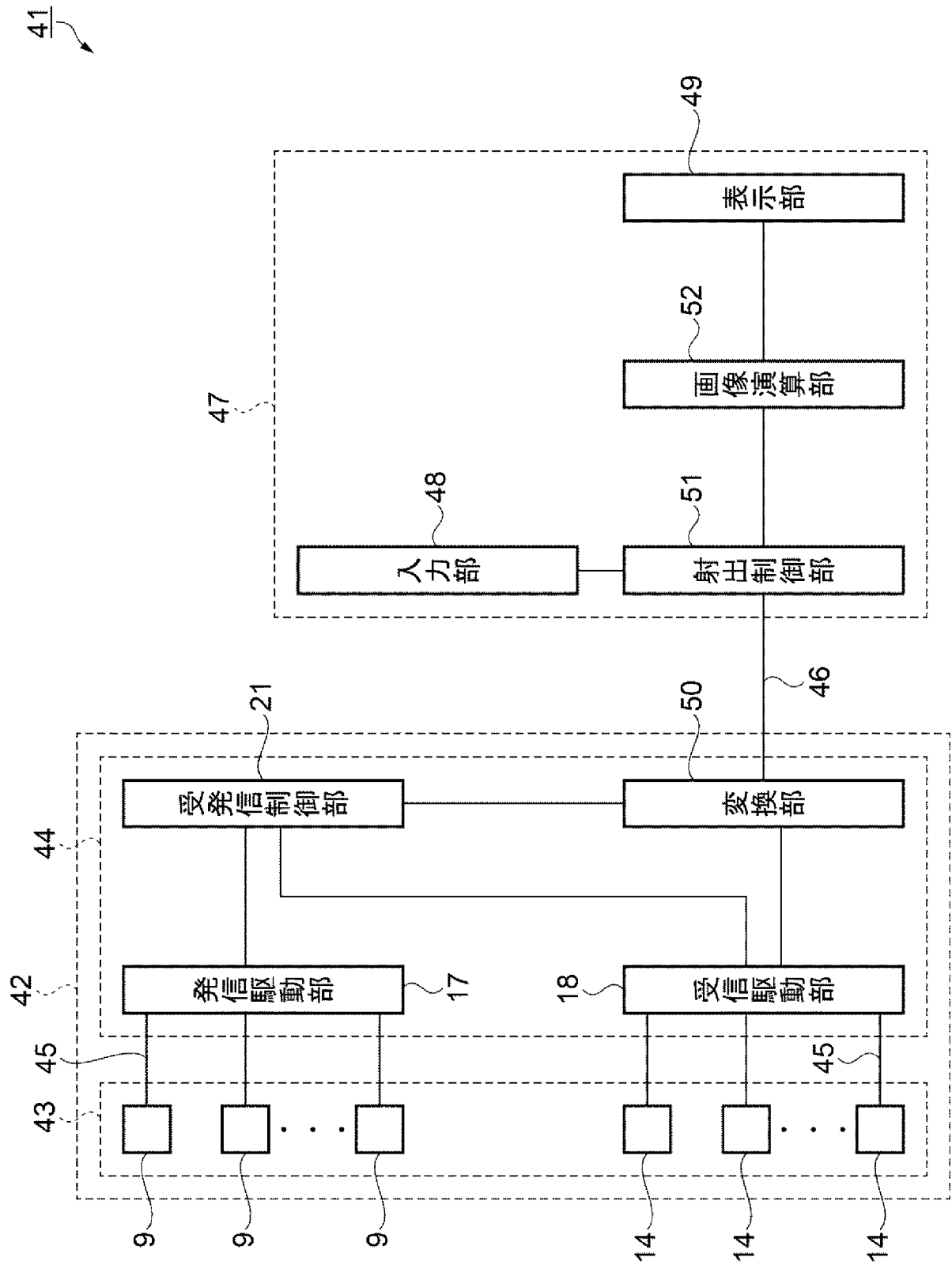
5

3

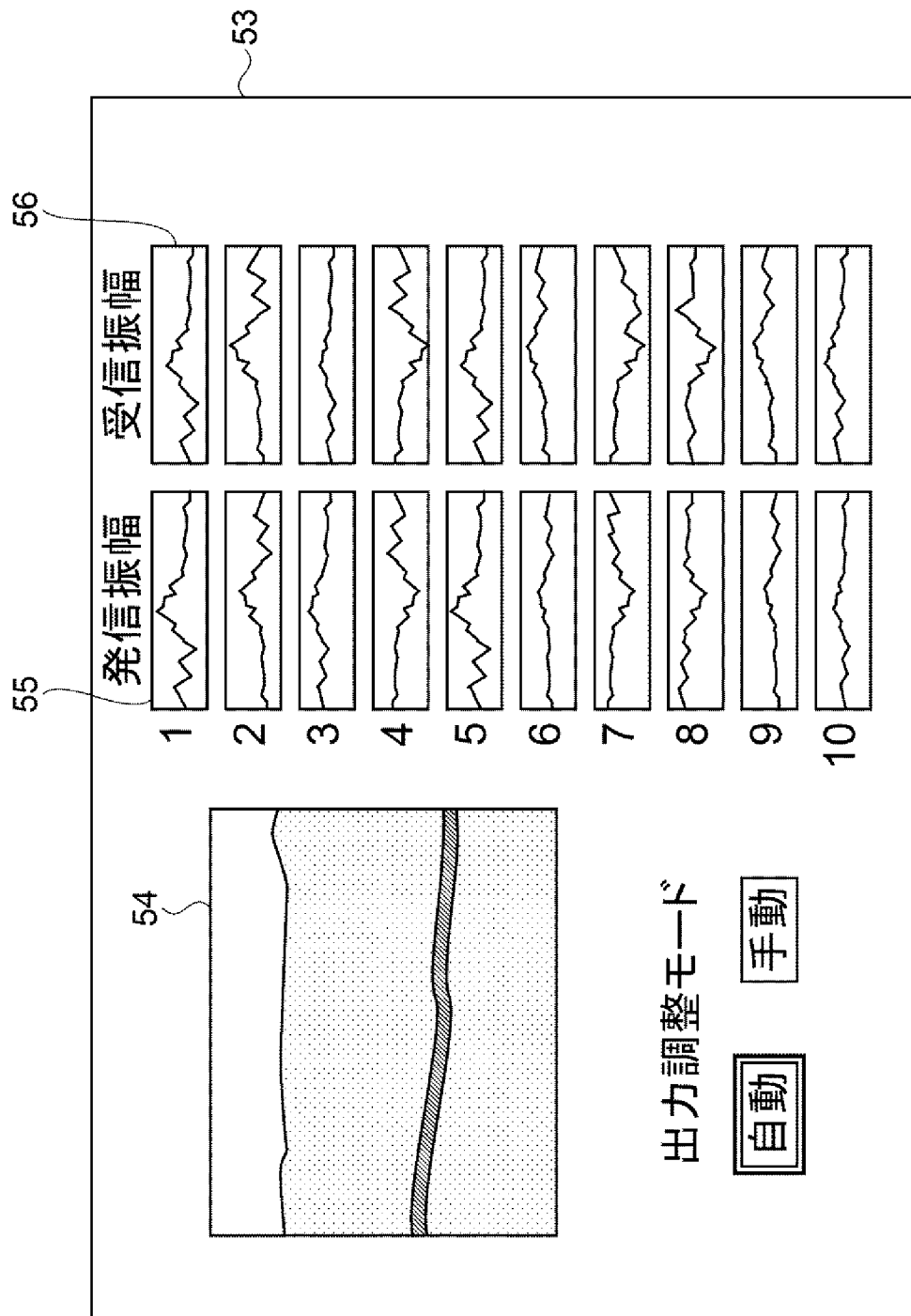
[図5]



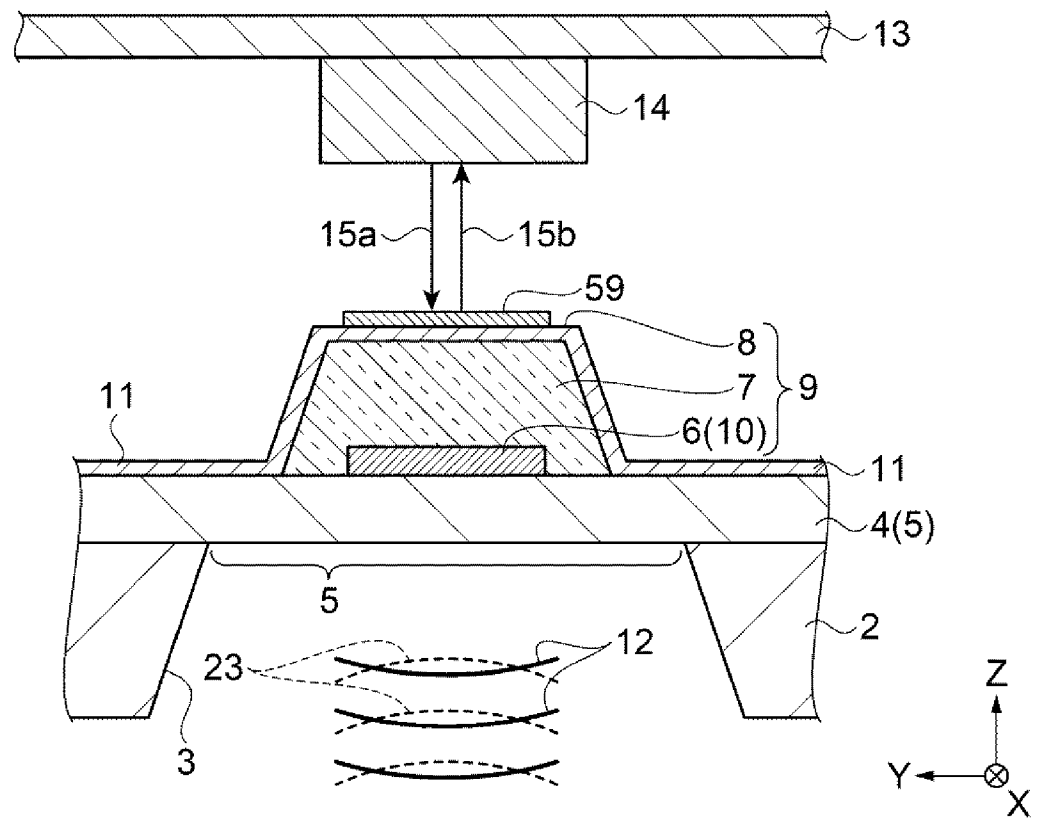
[図6]



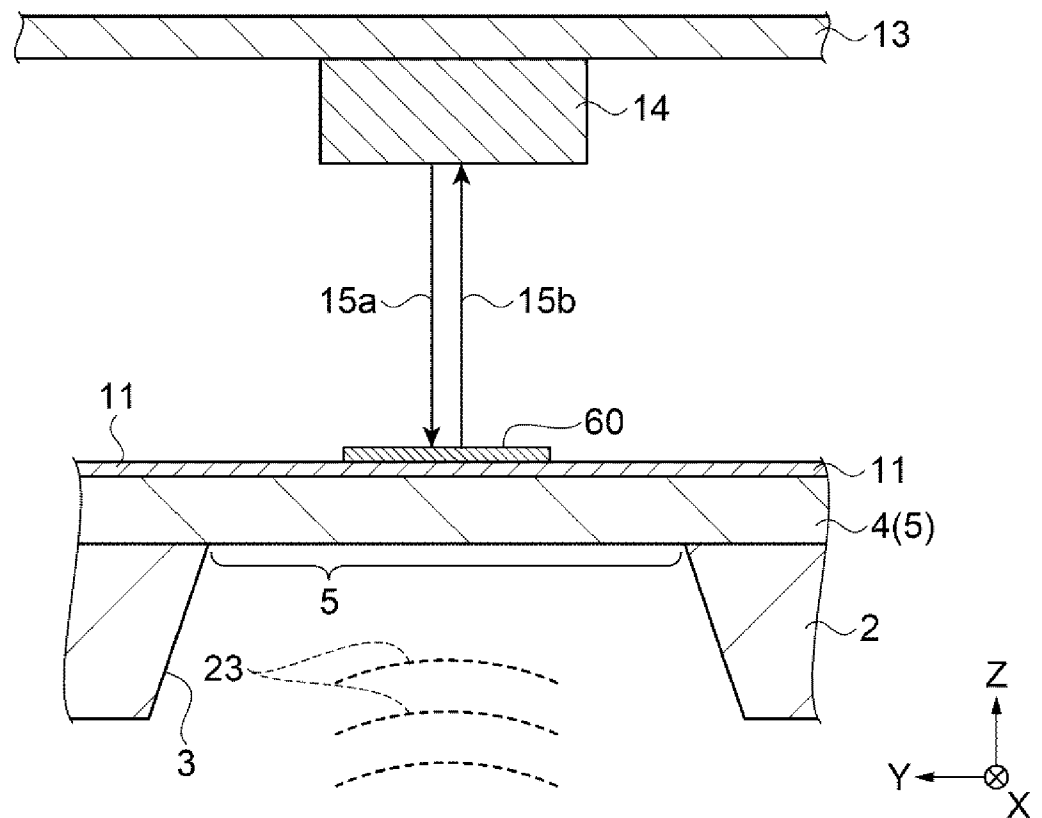
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017666

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R23/02(2006.01)i, A61B8/14(2006.01)i, G01N29/24(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04R23/02, A61B8/14, G01N29/24, H04R17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-127921 A (Seiko Epson Corp.), 07 July 2014 (07.07.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2005-051689 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 24 February 2005 (24.02.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2009-210395 A (Japan Atomic Energy Agency), 17 September 2009 (17.09.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 July 2017 (13.07.17)

Date of mailing of the international search report
25 July 2017 (25.07.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017666

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-501158 A (Delaware Capital Formation, Inc.), 06 January 2011 (06.01.2011), paragraphs [0010] to [0020]; fig. 2B & US 2008/0163694 A1 paragraphs [0010] to [0014]; fig. 2B & GB 2465728 A & WO 2009/052347 A2	1-11
A	JP 2002-017723 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 22 January 2002 (22.01.2002), entire text; all drawings & US 2001/0039836 A1 whole document & EP 1152240 A2 & CN 1321888 A	1-11
A	JP 07-306188 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 21 November 1995 (21.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2007-104003 A (Toshiba Corp.), 19 April 2007 (19.04.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2016-012762 A (Seiko Epson Corp.), 21 January 2016 (21.01.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2012-253405 A (Seiko Epson Corp.), 20 December 2012 (20.12.2012), entire text; all drawings & US 2012/0306316 A1 whole document	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04R23/02(2006.01)i, A61B8/14(2006.01)i, G01N29/24(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04R23/02, A61B8/14, G01N29/24, H04R17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-127921 A（セイコーエプソン株式会社）2014.07.07, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 1 1
A	JP 2005-051689 A（松下電工株式会社）2005.02.24, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 1 1
A	JP 2009-210395 A（独立行政法人 日本原子力研究開発機構） 2009.09.17, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 1 1

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 3 . 0 7 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 7 . 2 0 1 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

武田 裕司

5 Z

8 9 4 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 9 1

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-501158 A (デラウェア・キャピタル・フォーメーション・インコーポレーテッド) 2011.01.06, 段落[0010]–[0020], 図2B & US 2008/0163694 A1, paragraphs[0010]to[0014]; fig. 2B & GB 2465728 A & WO 2009/052347 A2	1 – 1 1
A	JP 2002-017723 A (富士写真フイルム株式会社) 2002.01.22, 全文, 全図 & US 2001/0039836 A1, whole document & EP 1152240 A2 & CN 1321888 A	1 – 1 1
A	JP 07-306188 A (三菱重工業株式会社) 1995.11.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 – 1 1
A	JP 2007-104003 A (株式会社東芝) 2007.04.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 – 1 1
A	JP 2016-012762 A (セイコーエプソン株式会社) 2016.01.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 – 1 1
A	JP 2012-253405 A (セイコーエプソン株式会社) 2012.12.20, 全文, 全図 & US 2012/0306316 A1, whole document	1 – 1 1