

(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2014-127921

(P2014-127921A)

(43) 公開日 平成26年7月7日(2014.7.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 23/00 (2006.01)	H04R 23/00 330	4C601
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	5D019
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 332B	5D021
H01L 31/12 (2006.01)	H04R 23/00	5F049
H01L 31/10 (2006.01)	H01L 31/12 E	5F089
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2012-284482 (P2012-284482)
 (22) 出願日 平成24年12月27日 (2012.12.27)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (72) 発明者 松田 洋史
 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) 4C601 DE16 GB06 GB16 GB20 GB41
 5D019 AA21 BB02 BB12 BB18 BB19
 FF04

最終頁に続く

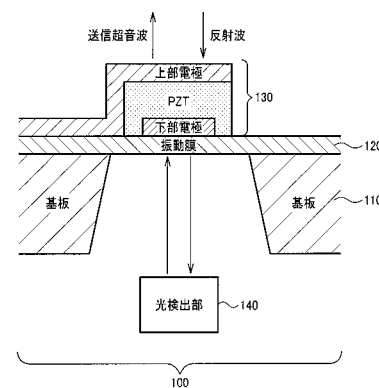
(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置、プローブ及び超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 超音波の送信能力と受信能力を共に向上させることができる超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置、プローブ及び超音波診断装置等の提供。

【解決手段】 超音波トランスデューサーデバイス100は、開口が形成された基板110と、基板110上に形成された振動膜120と、振動膜120上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子130と、開口を介して振動膜120に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部140と、を含む。そして、光検出部140は、反射光を検出することにより、超音波エコーによる振動膜120の振動を検出して、超音波の受信信号を出力する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口が形成された基板と、
前記基板上に形成された振動膜と、
前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子と、
前記開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、
を含み、
前記光検出部は、
前記反射光を検出することにより、超音波エコーによる前記振動膜の振動を検出して、
超音波の受信信号を出力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。

10

【請求項 2】

複数の開口がアレイ状に形成された基板と、
前記基板上に形成された振動膜と、
前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、
前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、
を含み、
前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、
前記複数の開口の各開口上の前記振動膜上に形成され、
前記光検出部は、
前記超音波トランスデューサー素子が形成された開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する前記反射光を検出することで、前記超音波エコーによる前記振動膜の振動を検出して、超音波の前記受信信号を出力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。

20

【請求項 3】

請求項 2 において、
前記複数の開口の開口毎に前記光検出部が設けられ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】

複数の開口がアレイ状に形成された基板と、
前記基板上に形成された振動膜と、
前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、
前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、
を含み、
前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、
前記複数の開口のうちの第 1 の開口群の各開口上の前記振動膜上に形成され、
前記光検出部は、
前記複数の開口のうち、前記超音波トランスデューサー素子が非形成の第 2 の開口群を介して前記振動膜に対して光を照射して、照射した光に対する前記反射光を検出することにより、前記超音波の前記受信信号を出力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。

30

40

【請求項 5】

複数の開口がアレイ状に形成された基板と、
前記基板上に形成された振動膜と、
前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、
前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、
を含み、

50

前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、
前記複数の開口のうちの第1の開口群の各開口上の前記振動膜上に形成され、
前記複数の開口のうち前記超音波トランスデューサー素子が非形成の第2の開口と第3
の開口との間に、前記第1の開口群が設けられ、
前記第2の開口と前記第3の開口のそれぞれに対して前記光検出部が設けられることを
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乃至5のいずれかにおいて、
前記超音波トランスデューサー素子は、
前記振動膜上に設けられた下部電極、上部電極及び圧電体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。

10

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかに記載の超音波トランスデューサーデバイスを含むことを特
徴とする超音波測定装置。

【請求項8】

請求項7に記載の超音波測定装置を含むことを特徴とするプローブ。

【請求項9】

請求項7に記載の超音波測定装置と、
表示用画像データを表示する表示部と、
を含むことを特徴とする超音波診断装置。

20

【発明の詳細な説明】

【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、超音波測定装置、プローブ及び超音波
診断装置等に関係する。

【背景技術】

【0002】

対象物に向けて超音波を出射し、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装置として、例えば被検体である人体の内部を検査するために用
いる超音波測定装置が知られている。

30

【0003】

このような超音波測定装置では、電力により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、その時に発生する電圧を検出
する。そして、検出した電圧に基づいて、対象物の形状等を解析する。

【0004】

これらの超音波トランスデューサーデバイスや超音波測定装置等に関する発明としては
、特許文献1及び特許文献2に記載される従来技術がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【特許文献1】特開平7-306188号公報

【特許文献2】特開2009-210395号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような超音波測定装置において用いられる超音波トランスデューサーデバイスは、
圧電体を積層したダイアフラムにより形成される。そして、送信時には、小さな電圧（電
力）をかけることでダイアフラムを大きく振動させることができることが望ましい。

【0007】

しかし一方で、超音波ビームの送信時に、小さな電圧でダイアフラムを大きく振動させ

50

ることができる場合には、それと引き換えに、超音波エコーの受信時には、ダイアフラムが大きく振動した場合でも、取り出せる電圧が非常に微弱になるという問題点がある。つまり、送信能力の向上と受信感度の向上を両立させることは困難である。

【0008】

本発明の幾つかの態様によれば、超音波の送信能力と受信能力を共に向上させることができる超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置、プローブ及び超音波診断装置等を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、開口が形成された基板と、前記基板上に形成された振動膜と、前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子と、前記開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、を含み、前記光検出部は、前記反射光を検出することにより、超音波エコーによる前記振動膜の振動を検出して、超音波の受信信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスに関係する。

【0010】

本発明の一態様では、超音波トランスデューサーデバイスは、超音波トランスデューサー素子が超音波ビームを検出対象物に対して射出する。これに対して、検出対象物から反射してきた超音波エコー（反射波）を、光検出部により検出する。

【0011】

光検出部は、基板上に形成された開口を介して、振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する。そして、光検出部は、反射光を検出することにより、超音波エコーによる振動膜の振動を検出し、超音波の受信信号を出力する。

【0012】

これにより、超音波ビームの送信処理と超音波エコーの受信処理をそれぞれ異なる方式で行うことが可能になり、超音波の送信能力と受信能力を共に向上させることが可能になる。

【0013】

また、本発明の他の態様では、複数の開口がアレイ状に形成された基板と、前記基板上に形成された振動膜と、前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、を含み、前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、前記複数の開口の各開口上の前記振動膜上に形成され、前記光検出部は、前記超音波トランスデューサー素子が形成された開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する前記反射光を検出することで、前記超音波エコーによる前記振動膜の振動を検出して、超音波の前記受信信号を出力する超音波トランスデューサーデバイスに関係する。

【0014】

これにより、超音波ビームの送信位置における超音波エコーを検出することができるため、より分解能を高めること等が可能になる。

【0015】

また、本発明の他の態様では、前記複数の開口の開口毎に前記光検出部が設けられてもよい。

【0016】

これにより、超音波ビームの送信位置と超音波エコーの受信位置を同じ位置にすること等が可能になる。

【0017】

また、本発明の他の態様では、複数の開口がアレイ状に形成された基板と、前記基板上に形成された振動膜と、前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対し

10

20

30

40

50

て光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、を含み、前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、前記複数の開口のうちの第1の開口群の各開口上の前記振動膜上に形成され、前記光検出部は、前記複数の開口のうち、前記超音波トランスデューサー素子が非形成の第2の開口群を介して前記振動膜に対して光を照射して、照射した光に対する前記反射光を検出することにより、前記超音波の前記受信信号を出力してもよい。

【0018】

これにより、超音波の受信感度をより高めること等が可能になる。

【0019】

また、本発明の他の態様では、複数の開口がアレイ状に形成された基板と、前記基板上に形成された振動膜と、前記振動膜上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、前記複数の開口のうちのいずれかの開口を介して前記振動膜に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部と、を含み、前記超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、前記複数の開口のうちの第1の開口群の各開口上の前記振動膜上に形成され、前記複数の開口のうち前記超音波トランスデューサー素子が非形成の第2の開口と第3の開口との間に、前記第1の開口群が設けられ、前記第2の開口と前記第3の開口のそれぞれに対して前記光検出部が設けられてもよい。

【0020】

これにより、超音波の受信位置の間に、超音波の送信位置を設けること等が可能になる。

【0021】

また、本発明の一態様では、前記超音波トランスデューサー素子は、前記振動膜上に設けられた下部電極、上部電極及び圧電体膜を備えていてもよい。

【0022】

これにより、超音波の送信時には、例えばバルク圧電素子に比べて低電圧で駆動すること等が可能になり、一方で、超音波の受信時には、光検出部が振動膜の振動をより容易に検出すること等が可能になる。

【0023】

また、本発明の他の態様では、前記超音波トランスデューサーデバイスを含む超音波測定装置に関係する。

【0024】

また、本発明の他の態様では、前記超音波測定装置を含むプローブに関係する。

【0025】

また、本発明の他の態様では、前記超音波測定装置と、表示用画像データを表示する表示部と、を含む超音波診断装置に関係する。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】図1(A)及び図1(B)は、第1の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの配置例。

【図2】第1の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの他の配置例。

【図3】第1の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの詳細な構成例。

【図4】図4(A)～図4(C)は、超音波測定装置の具体的な機器構成の一例。

【図5】図5(A)及び図5(B)は、第2の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの配置例。

【図6】第2の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの他の配置例。

【図7】第2の実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの詳細な構成例。

【図8】光検出部の構成例。

【図9】図9(A)～図9(C)は、超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図10】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

10

20

30

40

50

【図 1 1】図 1 1 (A) 及び図 1 1 (B) は、各チャンネルに対応して設けられる超音波トランスデューサー素子群の構成例。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、初めに各実施形態の背景と手法の概要をまとめて説明する。次に、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態について説明し、その後に、光検出部と、超音波トランスデューサー素子と、超音波トランスデューサーデバイスについて詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施形態は、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い。また各実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

10

【0028】

1. 概要

対象物に向けて超音波を出射し、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装置として、例えば被検体である人体の内部を検査するために用いる超音波測定装置が知られている。

【0029】

このような超音波測定装置では、電力により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、その時に発生する電圧を検出する。そして、検出した電圧に基づいて、対象物の形状等を解析する。

【0030】

このような超音波測定装置において用いられる超音波トランスデューサーデバイスは、圧電体を積層したダイアフラムにより形成される。そして、送信時には、小さな電圧（電力）をかけることでダイアフラムを大きく振動させることができることが望ましい。

20

【0031】

しかし一方で、超音波ビームの送信時に、小さな電圧でダイアフラムを大きく振動させることができる場合には、それと引き換えに、超音波エコーの受信時には、ダイアフラムが大きく振動した場合でも、取り出せる電圧が非常に微弱になるという問題点がある。つまり、送信能力の向上と受信感度の向上を両立させることは困難である。

【0032】

そのため、前述した特許文献 1 及び特許文献 2 に記載される発明では、超音波ビームの送信をバルク圧電素子により行い、超音波エコーの受信を別途設けた受信用のダイアフラムにより行っている。これにより、送信能力と受信能力の連関性を無くし、それぞれの能力向上を図っている。

30

【0033】

以下で説明する第 1 の実施形態では、超音波ビームの送信処理を薄膜圧電素子により行い、その薄膜圧電素子が設けられた振動膜上の各位置において、超音波エコーの受信処理を光（レーザー）により行う。

【0034】

前述した特許文献 1 及び特許文献 2 に記載される発明では、超音波の送受信を行う位置が異なるため、超音波ビームの送信に用いる超音波トランスデューサーデバイス（薄膜圧電素子）が設けられている振動膜上の位置（送信位置）において、超音波エコーを検出することはできない。すなわち、送信位置と同じ位置における超音波エコーは検出することができない。

40

【0035】

これに対して、第 1 の実施形態では、前述した特許文献 1 及び特許文献 2 に記載される発明とは異なり、超音波ビームの送信位置における超音波エコーを検出することができるため、より分解能を高めることが可能になる。そのため、これによれば、より高精細な診断画像を生成すること等が可能になる。

【0036】

また、第 2 の実施形態では、超音波ビームの送信処理を薄膜圧電素子により行い、超音

50

波ビームの送信位置と異なる位置において、光を用いて超音波エコーの受信処理を行う。

【0037】

これによれば、第1の実施形態よりも超音波の受信感度をより高めることが可能になる。

【0038】

また、前述した特許文献1及び特許文献2に記載される発明では、バルク圧電素子を用いて超音波の送受信を行っている。これに対して、第1の実施形態及び第2の実施形態では、薄膜圧電素子を用いて超音波の送受信を行うため、超音波の受信感度をさらに向上させることが可能になる。

【0039】

2. 第1の実施形態

まず、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの配置例を図1(A)及び図1(B)に示す。図1(A)は、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD6が配置された振動膜VFを直上から見た図であり、図1(B)は、図1(A)を真横から見た図である。

【0040】

図1(A)及び図1(B)に示すように、第1の基板BD1には、複数の開口OP1～OP6が設けられており、第1の基板BD1上には、振動膜VFが形成されている。そして、複数の開口OP1～OP6の各開口の上に形成された振動膜VF上には、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD6が形成されており、これらの超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD6が、超音波ビームを検出対象物に対して射出する。

【0041】

さらに、例えば図1(B)において第1の基板BD1の下方に設けられた不図示の第2の基板に、光検出部を形成できる。そして、光検出部LD1～LD6は、射出された超音波ビームに対する超音波エコー（反射波）によって振動させられた振動膜の振動を検出し、超音波エコーに対応する受信信号として出力する。

【0042】

また、光検出部は、光を出射する光出射部と、反射光を受光する受光部と、超音波エコーを検波する検波部とを有していても良い。なお、具体的な光検出部の光検出の原理の一例については、図8を用いて後述する。

【0043】

光検出部の具体的な構成例として、一つの検波部に対して複数の光出射部と受光部を設けても良い。その場合には、光出射部から射出されるレーザーを光ファイバーにより射出位置まで導き、さらに受光部で受けた反射光を光ファイバーで検波部まで導いても良い。具体的に、射出位置は、図1(B)の例では、第1の基板BD1の複数の開口OP1～OP6の各開口に対応する位置、すなわち図における開口OP1～OP6の直下である。この場合、図1(B)のLD1～LD6は、それぞれ光出射部と受光部とを有しており、検波部は図示していない。

【0044】

一方で、光出射部と受光部と検波部の全てを有する光検出部を、第1の基板BD1の複数の開口OP1～OP6の各開口に対応する位置、すなわち図1(B)における開口OP1～OP6の直下に、それぞれ設けても良い。

【0045】

ここで、光出射部は、例えば発光ダイオード(LED)や半導体レーザーなどにより実現できる。また、受光部は、例えばフォトダイオードなどにより実現できる。LEDやフォトダイオードは例えば半導体基板である第2の基板に形成されたPN接合などにより実現できる。

【0046】

ここで、発光ダイオード(LED)は、順方向に電圧を加えた際に発光する半導体素子

10

20

30

40

50

のことである。発光ダイオードは、半導体を用いたPN接合と呼ばれる構造で作られている。電極から半導体に注入された電子と正孔は、異なったエネルギー帯（伝導帯と価電子帯）を流れ、PN接合部付近にて禁制帯を越えて再結合する。そして、再結合時に、禁制帯幅（バンドギャップ）にほぼ相当するエネルギーが放出されることにより発光する。

【0047】

また、半導体レーザーは、半導体の再結合発光を利用したレーザーである。半導体レーザーとしては、共振器を半導体基板と平行に作り込み、へき開した側面から光が出射する構造を持つ端面発光レーザー（Edge Emitting Laser、EEL）を用いても良い。また、半導体レーザーとして、光が半導体基板と垂直に出射する構造の面発光レーザー（Surface Emitting Laser、SEL）を用いても良い。さらに、面発光レーザーの中でも共振器を半導体基板と垂直に作り込んだ構造を持つ垂直共振器面発光レーザー（Vertical Cavity Surface Emitting Laser、VCSEL、ビクセル）を用いても良い。他にも、共振器を外部に持つ外部共振器型垂直面発光レーザー（VECSEL）を用いることもできる。

【0048】

さらに、フォトダイオードは、光検出器として働く半導体のダイオードである。フォトダイオードは、イオン注入等により不純物領域が形成されることで形成される。例えば、フォトダイオードは、P基板上に形成されたN型不純物領域と、P基板との間のPN接合により実現される。あるいは、ディープNウェル（N型不純物領域）上に形成されたP型不純物領域と、ディープNウェルとの間のPN接合により実現される。

【0049】

なお、図1（A）及び図1（B）の例では、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD6が横一列に配置されているが、超音波トランスデューサーデバイスの配置例はこれに限定されない。例えば、図2に示すような2次元アレイ状に、超音波トランスデューサーデバイスTRD11～TRF64を振動膜VF上に配置してもよい。

【0050】

次に、図3に本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス100の詳細な構成例を示す。

【0051】

超音波トランスデューサーデバイス100は、基板110と、振動膜120と、超音波トランスデューサー素子群と、光検出部140と、を含む。なお、超音波トランスデューサーデバイス100は、図3の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。基板110と、振動膜120と、超音波トランスデューサー素子130と、光検出部140の詳細な説明は後述する。

【0052】

また、超音波トランスデューサーデバイス100を含む電子機器の例としては、超音波測定装置400や、超音波測定装置400を含むプローブ300や、プローブ300のプローブ本体に対して着脱可能であるプローブヘッド320などが挙げられる。さらに、超音波測定装置400と、表示用画像データを表示する表示部440と、を含む超音波診断装置などもある。

【0053】

ここで、本実施形態の超音波測定装置（広義には電子機器）の具体的な機器構成の例を図4（A）～図4（C）に示す。図4（A）はハンディタイプの超音波測定装置400の例であり、図4（B）は据置タイプの超音波測定装置400の例である。図4（C）は超音波プローブ300が本体に内蔵された一体型の超音波測定装置400（超音波診断装置）の例である。

【0054】

図4（A）、図4（B）の超音波測定装置400は、超音波プローブ300と超音波測定装置本体401（広義には電子機器本体）を含み、超音波プローブ300と超音波測定装置本体401はケーブル312により接続される。超音波プローブ300の先端部分に

は、プローブヘッド 320 が設けられており、超音波測定装置本体 401（超音波診断装置）には、画像を表示する表示部 440 が設けられている。図 4（C）では、表示部 440 を有する超音波測定装置 400（超音波診断装置）に超音波プローブ 300 が内蔵されている。図 4（C）の場合、超音波測定装置 400（超音波診断装置）は、例えばスマートフォンなどの汎用の携帯情報端末により実現できる。

【0055】

以上の本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス 100 は、開口が形成された基板 110 と、基板 110 上に形成された振動膜 120 と、振動膜 120 上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子と、開口を介して振動膜 120 に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部 140 と、を含む。

10

【0056】

また、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス 100 は、複数の開口がアレイ状に形成された基板 110 と、基板 110 上に形成された振動膜 120 と、振動膜 120 上に薄膜圧電素子によって形成された超音波トランスデューサー素子群と、複数の開口のうちのいずれかの開口を介して振動膜 120 に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する光検出部 140 と、を含んでもよい。

【0057】

そして、光検出部 140 は、反射光を検出することにより、超音波エコーによる振動膜 120 の振動を検出して、超音波の受信信号を出力する。

【0058】

本実施形態では、超音波トランスデューサーデバイス 100 は、図 1（B）に示すように、超音波トランスデューサー素子群が超音波ビームを検出対象物に対して射出する。これに対して、検出対象物から反射してきた超音波エコー（反射波）を、光検出部 140 により検出する。

20

【0059】

光検出部 140 は、図 1（B）に示すように、基板 110 上に形成された複数の開口のうちのいずれかの開口を介して、振動膜 120 に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出する。そして、光検出部 140 は、反射光を検出することにより、超音波エコーによる振動膜 120 の振動を検出し、超音波の受信信号を出力する。

【0060】

よって、超音波ビームの送信を超音波トランスデューサー素子群に、超音波エコーの受信を光検出部に担当させることができる。すなわち、超音波ビームの送信処理と超音波エコーの受信処理をそれぞれ異なる方式で行うことが可能になるため、超音波の送信能力と受信能力を共に向上させることができる。

30

【0061】

また、本実施形態では、薄膜圧電素子を用いて超音波の送受信を行うため、バルク圧電素子を用いて超音波の送受信を行う場合に比べて、超音波の受信感度をさらに向上させることが可能になる。

【0062】

また、本実施形態の超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、複数の開口の各開口上の振動膜 120 上に形成されてもよい。そして、光検出部 140 は、超音波トランスデューサー素子が形成された開口を介して振動膜 120 に対して光を照射し、照射した光に対する反射光を検出することで、超音波エコーによる振動膜 120 の振動を検出して、超音波の受信信号を出力してもよい。

40

【0063】

これにより、超音波ビームの送信位置における超音波エコーを検出することができるため、より分解能を高めること等が可能になる。

【0064】

また、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス 100 には、複数の開口の開口毎に光検出部 140 が設けられてもよい。

50

【0065】

例えば、図1（B）に示す状態のことである。すなわち、開口OP1に対しては光検出部LD1が設けられており、開口OP2に対しては光検出部LD2が、開口OP3に対しては光検出部LD3が設けられている。開口OP4～OP6のそれぞれに対しての光検出部LD4～LD6についても同様である。

【0066】

これにより、超音波ビームの送信位置と超音波エコーの受信位置を同じ位置にすること等が可能になる。超音波エコーの受信位置を超音波ビームの送信位置と別の位置にする場合に比べて、超音波エコーの受信位置を増やすことができるため、分解能を高めて、例えばより高精細な診断画像を生成すること等が可能になる。

10

【0067】

また、例えば図3に示すように、本実施形態の超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、振動膜120上に設けられた下部電極、上部電極及び圧電体膜を備えていてもよい。なお、このことは後述する第2の実施形態にも適用することが可能である。

【0068】

これにより、超音波の送信時には、例えばバルク圧電素子に比べて低電圧で駆動すること等が可能になる。一方で、超音波の受信時には、薄膜圧電素子が形成されている位置に対応する振動膜が振動しやすくなる。その結果、光検出部が振動膜の振動をより容易に検出すること等が可能になる。

20

【0069】

3. 第2の実施形態

次に、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイスの配置例を図5（A）及び図5（B）に示す。図5（A）は、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD4が配置された振動膜VFを直上から見た図であり、図5（B）は、図5（A）を真横から見た図である。

【0070】

図5（A）及び図5（B）に示すように、第1の基板BD1には、複数の開口OP1～OP6が設けられており、第1の基板BD1上には、振動膜VFが形成されている。この点は、前述した第1の実施形態と同様である。

30

【0071】

しかし、本実施形態では第1の実施形態とは異なり、開口OP1及び開口OP6の上に形成された振動膜VF上には、超音波トランスデューサーデバイスを形成せず、開口OP2～OP5の各開口の上に形成された振動膜VF上にも、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD4を形成する。そして、これらの超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD4が、超音波ビームを検出対象物に対して射出する。

【0072】

また、本実施形態でも第1の実施形態と同様に、例えば図5（B）において第1の基板BD1の下方に設けられた不図示の第2の基板に、光検出部を形成できる。ただし、図5（B）の例では、第2の基板上において、第1の基板BD1の複数の開口OP2～OP5の各開口に対応する位置には、光検出部を設けず、開口OP1に対応する位置に光検出部LD1を設け、開口OP6に対応する位置に光検出部LD2を設けている。すなわち、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD4が設けられている開口に対応する位置には、光検出部を設けず、超音波トランスデューサーデバイスが非形成の開口に対応する位置にのみ、光検出部を設けて、超音波の送受信位置をずらしている。この点が、第1の実施形態と異なる。

40

【0073】

そして、光検出部LD1及びLD2は、射出された超音波ビームに対する超音波エコー（反射波）によって振動させられた振動膜の振動を検出し、超音波エコーに対応する受信信号として出力する。

50

【0074】

なお、図5（A）及び図5（B）の例では、超音波トランスデューサーデバイスTRD1～TRD4が横一列に配置されているが、超音波トランスデューサーデバイスの配置例はこれに限定されない。例えば、図6に示すように、超音波の受信位置RX1及びRX2の間に、超音波トランスデューサーデバイスTRD11～TRF64を振動膜VF上において2次元アレイ状に配置してもよい。

【0075】

次に、図7に本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス100の詳細な構成例を示す。

【0076】

超音波トランスデューサーデバイス100は、第1の実施形態と同様に、基板110と、振動膜120と、超音波トランスデューサー素子群と、光検出部140と、を含む。ただし、第1の実施形態とは各部の配置位置が異なる。この点については、図5（A）及び図5（B）を用いて説明した通りである。なお、超音波トランスデューサーデバイス100は、図7の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。基板110と、振動膜120と、超音波トランスデューサー素子130と、光検出部140の詳細な説明は後述する。

【0077】

以上の本実施形態における超音波トランスデューサー素子群の各超音波トランスデューサー素子は、複数の開口のうちの第1の開口群の各開口上の振動膜120上に形成されてもよい。そして、光検出部140は、複数の開口のうち、超音波トランスデューサー素子が非形成の第2の開口群を介して振動膜120に対して光を照射して、照射した光に対する反射光を検出することにより、超音波の受信信号を出力してもよい。

【0078】

本実施形態では、超音波ビームの送信処理を薄膜圧電素子により行い、超音波ビームの送信位置と異なる位置において、光を用いて超音波エコーの受信処理を行う。光を用いた超音波エコーの受信処理の内容については、第1の実施形態と同様である。

【0079】

具体的に図5（A）及び図5（B）の例では、第1の開口群は開口OP2～OP5に相当し、第2の開口群は開口OP1及び開口OP6に相当する。

【0080】

このように、超音波の受信位置に超音波トランスデューサーデバイスを設けないことにより、超音波エコーによって、振動膜がより振動しやすい状態を作ることが可能になり、光を用いた振動膜の振動検出をより容易にすること等が可能になる。すなわち、第1の実施形態よりも超音波の受信感度をより高めること等が可能になる。

【0081】

また、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス100には、複数の開口のうち、超音波トランスデューサー素子が非形成の第2の開口と第3の開口との間に、第1の開口群が設けられ、第2の開口と第3の開口のそれぞれに対して光検出部140が設けられてもよい。

【0082】

具体的に図5（A）及び図5（B）の例で説明すると、第2の開口は開口OP1に相当し、第3の開口は開口OP6に相当する。なお、第2の開口OP1及び第3の開口OP6は、前述した第2の開口群のうちの一つである。そして、第2の開口OP1に対応するように光検出部LD1を設け、第3の開口OP6に対応するように光検出部LD2を設ける。

【0083】

これにより、超音波の受信位置の間に、超音波の送信位置を設けること等が可能になる。

【0084】

4. 光検出部

図8に、前述した第1の実施形態及び第2の実施形態において用いる光検出部の光検出の原理の一例を示す。図8では、光検出部の一例として、ドップラー効果を利用したレーザードップラ振動計測器を挙げている。振動表面から反射したレーザーには、振動によって光の周波数に変化が生じる。レーザードップラ振動計測器は、この性質を利用して、その周波数の変化を感知することにより、正確な光学振動測定を行うものである。

【0085】

具体的に、レーザードップラ振動計測器では、まずレーザーLSが周波数 f_0 のレーザービームを射出する。そして、射出されたレーザービームは、ビームスプリッターBS1により、参照ビームRBMと測定ビームTBMの2本に分光される。ここで、測定ビームTBMの光路上には、Bragg Cellと呼ばれる音響光学変調器BCが設けられている。ビームスプリッターBS1により分光された測定ビームTBMは、この音響光学変調器BCを通過することにより、周波数を f_0 から $f_0 + f_b$ へとシフトされる。さらに、測定ビームTBMは、2つ目のビームスプリッターBS2を透過して、測定対象物TGに照射され、反射する。この反射したビームは、測定対象物TGが振動している場合には、周波数が $f_0 + f_b$ から $f_0 + f_b + f_d$ へとシフトしており、ビームスプリッターBS2によって図8に示す方向に偏光される。

【0086】

一方で、参照ビームRBMはミラーMRにより反射されて、3つ目のビームスプリッターBS3において測定ビームTBMと結合される。そして、結合されたビームは、フォト

【0087】

参照ビームRBMの光路長は、一部例外を除いて時間に対して一定であるため、測定対象物TGの運動により、フォトディテクタPD上に干渉縞が発生する。ここで、フォトディテクタに現れる1つの明暗の縞は、使用している光の波長のちょうど $1/2$ の測定対象物TGの変位に相当する。

【0088】

また、単位時間当たりの光路長の変化は、測定ビームのドップラー周波数として現れる。

【0089】

このように、レーザードップラ振動計測器では、測定ビームTBMのドップラー周波数の変化を感知することにより、測定対象物の光学振動測定を行うことができる。

【0090】

5. 超音波トランスデューサー素子

図9(A)～図9(C)に、超音波トランスデューサーデバイス100の超音波トランスデューサー素子130の構成例を示す。この超音波トランスデューサー素子130は、圧電素子部を有する。圧電素子部は、第1電極層(下部電極)21、圧電体層(圧電体膜)30、第2電極層(上部電極)22を有する。

【0091】

図9(A)は、基板(シリコン基板)110に形成された超音波トランスデューサー素子130の、素子形成面側の基板110に垂直な方向から見た平面図である。図9(B)は、図9(A)のA-A'に沿った断面を示す断面図である。図9(C)は、図9(A)のB-B'に沿った断面を示す断面図である。

【0092】

第1電極層21は、振動膜(メンブレン、支持部材)120の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第1電極層21は、図9(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子130に接続される配線であってもよい。

【0093】

圧電体層30は、例えばPZT(ジルコン酸チタン酸鉛)薄膜により形成され、第1電極層21の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層30の材料は、PZ

10

20

30

40

50

Tに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛 (PbTiO_3)、ジルコン酸鉛 (PbZrO_3)、チタン酸鉛ランタン ($(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$) などを用いてもよい。

【0094】

第2電極層22は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層30の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第2電極層22は、図9(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子130に接続される配線であってもよい。

【0095】

振動膜(メンブレン)120は、例えば SiO_2 薄膜と ZrO_2 薄膜との2層構造により開口40を塞ぐように設けられる。この振動膜120は、圧電体層30及び第1、第2電極層21、22を支持すると共に、圧電体層30の伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

【0096】

開口(空洞領域)40は、基板110にアレイ状に配置される。開口40は、基板110(シリコン基板)の裏面(素子が形成されない面)側から反応性イオンエッチング(RIE)等によりエッチングすることで形成される。この開口40の開口部45のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層30側(図9(A)において紙面奥から手前方向)に放射される。

【0097】

超音波トランスデューサー素子130の下部電極(第1電極)は、第1電極層21により形成され、上部電極(第2電極)は、第2電極層22により形成される。具体的には、第1電極層21のうちの圧電体層30に覆われた部分が下部電極を形成し、第2電極層22のうちの圧電体層30を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層30は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

【0098】

6. 超音波トランスデューサーデバイス

図10に、超音波トランスデューサーデバイス100(素子チップ)の構成例を示す。本構成例の超音波トランスデューサーデバイス100は、複数の超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64、駆動電極線DL1~DL64(広義には第1~第nの駆動電極線。nは2以上の整数)、コモン電極線CL1~CL8(広義には第1~第mのコモン電極線。mは2以上の整数)を含む。なお、駆動電極線の本数(n)やコモン電極線の本数(m)は、図10に示す本数には限定されない。

【0099】

複数の超音波トランスデューサー素子群UG1~UG64は、第2の方向D2(スキャン方向)に沿って64列に配置される。UG1~UG64の各超音波トランスデューサー素子群は、第1の方向D1(スライス方向)に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する。

【0100】

図11(A)に、超音波トランスデューサー素子群UG(UG1~UG64)の例を示す。図11(A)では、超音波トランスデューサー素子群UGは第1~第4の素子列により構成される。第1の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE11~UE18により構成され、第2の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE21~UE28により構成される。第3の素子列(UE31~UE38)、第4の素子列(UE41~UE48)も同様である。これらの第1~第4の素子列には、駆動電極線DL(DL1~DL64)が共通接続される。また、第1~第4の素子列の超音波トランスデューサー素子にはコモン電極線CL1~CL8が接続される。

【0101】

そして図11(A)の超音波トランスデューサー素子群UGが、超音波トランスデューサーデバイスの1チャンネルを構成する。即ち、駆動電極線DLが1チャンネルの駆動電

10

20

30

40

50

極線に相当し、送信回路からの1チャンネルの送信信号は駆動電極線DLに入力される。また駆動電極線DLからの1チャンネルの受信信号は駆動電極線DLから出力される。なお、1チャンネルを構成する素子列数は図11(A)のような4列には限定されず、4列よりも少なくてもよいし、4列よりも多くてもよい。例えば図11(B)に示すように、素子列数は1列であってもよい。

【0102】

図10に示すように、駆動電極線DL1~DL64(第1~第nの駆動電極線)は、第1の方向D1に沿って配線される。駆動電極線DL1~DL64のうちの第j(jは $1 \leq j \leq n$ である整数)の駆動電極線DLj(第jのチャンネル)は、第jの超音波トランスデューサー素子群UGjの超音波トランスデューサー素子が有する第1の電極(例えば下部電極)に接続される。

10

【0103】

超音波を出射する送信期間には、送信信号VT1~VT64が駆動電極線DL1~DL64を介して超音波トランスデューサー素子に供給される。また、超音波エコー信号を受信する受信期間には、超音波トランスデューサー素子からの受信信号VR1~VR64が駆動電極線DL1~DL64を介して出力される。

【0104】

コモン電極線CL1~CL8(第1~第mのコモン電極線)は、第2の方向D2に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極は、コモン電極線CL1~CL8のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図10に示すように、コモン電極線CL1~CL8のうちの第i(iは $1 \leq i \leq m$ である整数)のコモン電極線CLiは、第i行に配置される超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極(例えば上部電極)に接続される。

20

【0105】

コモン電極線CL1~CL8には、コモン電圧VCOMが供給される。このコモン電圧VCOMは一定の直流電圧であればよく、0V、即ちグランド電位(接地電位)でなくてもよい。

【0106】

そして送信期間では、送信信号電圧とコモン電圧との差の電圧が超音波トランスデューサー素子に印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

30

【0107】

なお、超音波トランスデューサー素子の配置は、図10に示すマトリックス配置に限定されず、いわゆる千鳥配置等であってもよい。

【0108】

また図9(A)~図11(B)では、1つの超音波トランスデューサー素子が送信素子及び受信素子の両方に兼用される場合について示したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば送信素子用の超音波トランスデューサー素子、受信素子用の超音波トランスデューサー素子を別々に設けて、アレイ状に配置してもよい。

【0109】

以上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。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又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ることができる。また、超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置、プローブ及び超音波診断装置の構成、動作も本実施形態で説明したもの限定されず、種々の変形実施が可能である。

40

【符号の説明】

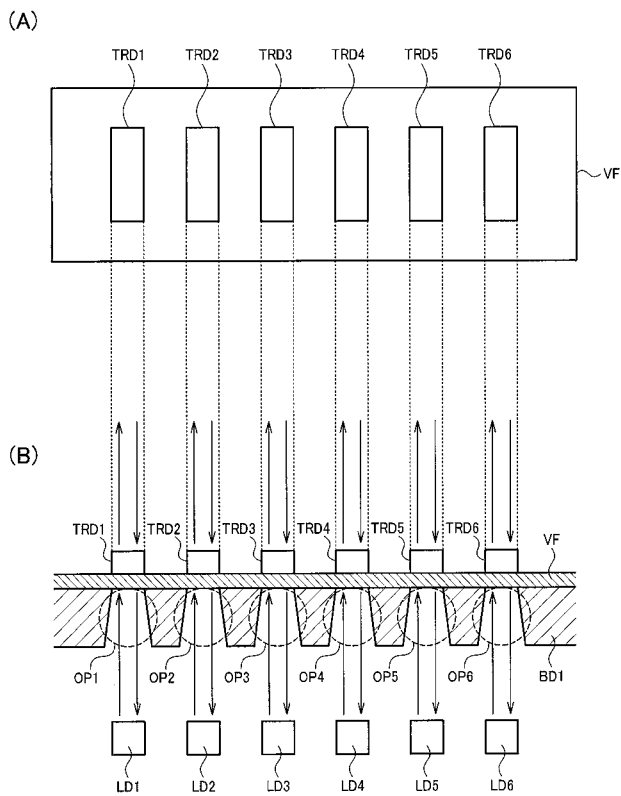
【0110】

21 第1電極層(下部電極)、22 第2電極層(上部電極)、

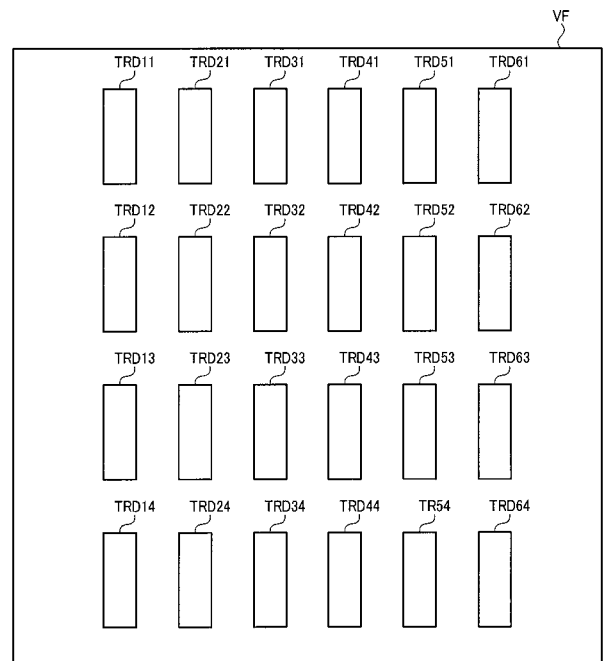
50

30 圧電体層（圧電体膜）、40 開口（空洞領域）、45 開口部、
 100 超音波トランスデューサーデバイス、110 基板、120 振動膜、
 130 超音波トランスデューサー素子、140 光検出部、300 プロープ、
 300 超音波プロープ、312 ケーブル、320 プロープヘッド、
 400 超音波測定装置、401 超音波測定装置本体、440 表示部

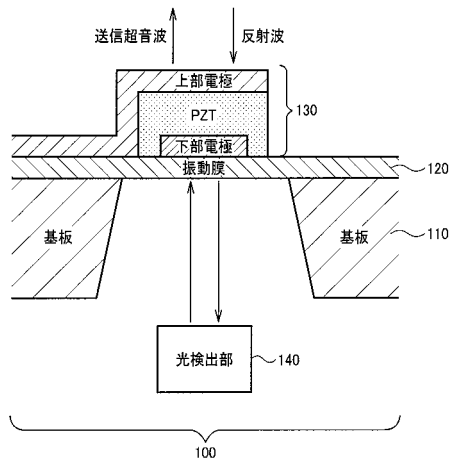
【図 1】



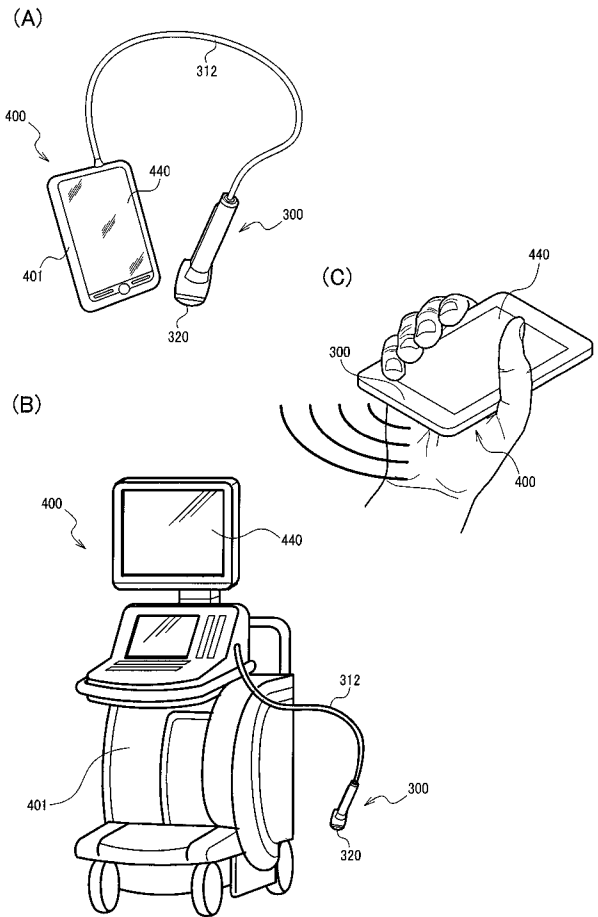
【図 2】



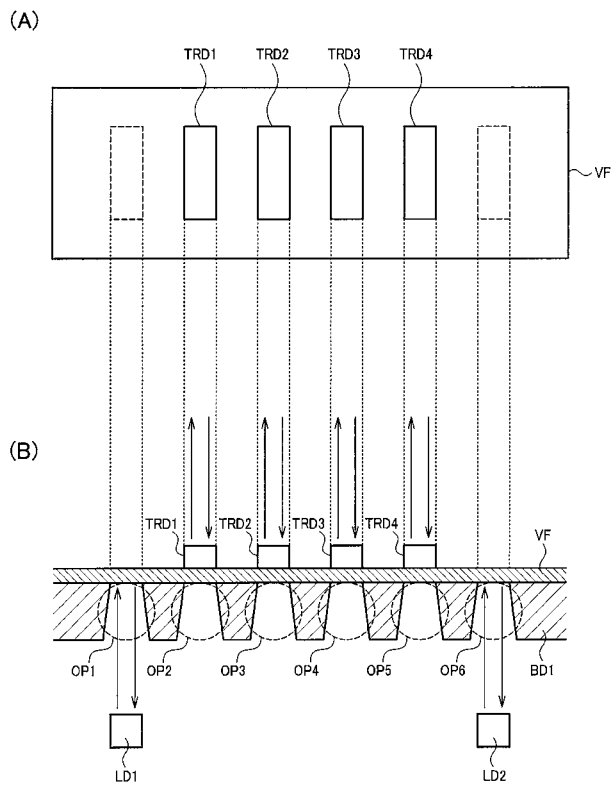
【図 3】



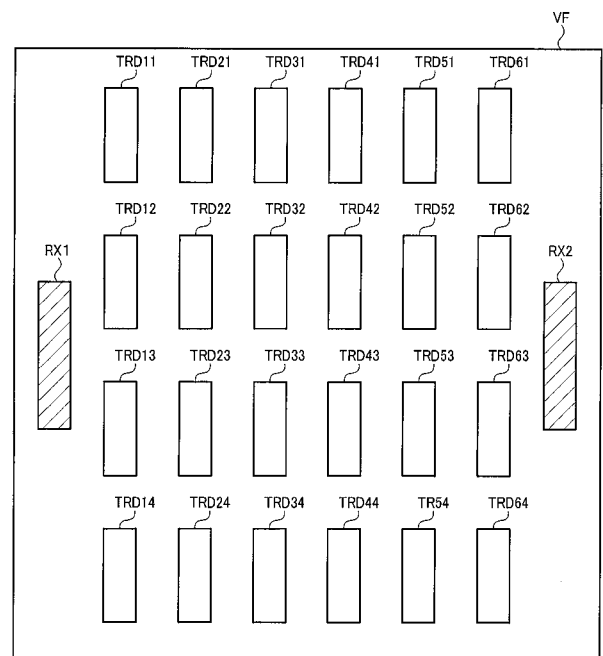
【図 4】



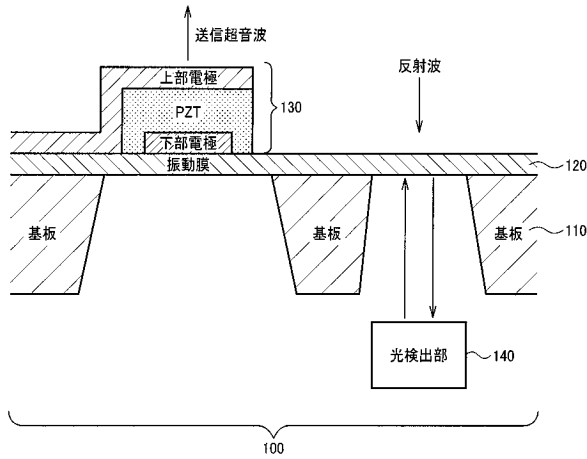
【図 5】



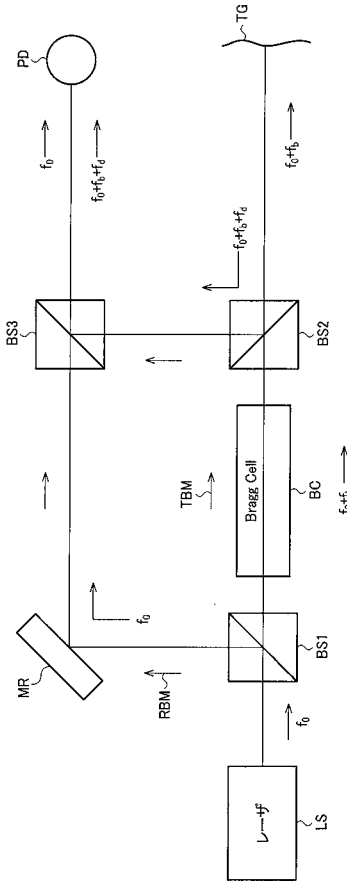
【図 6】



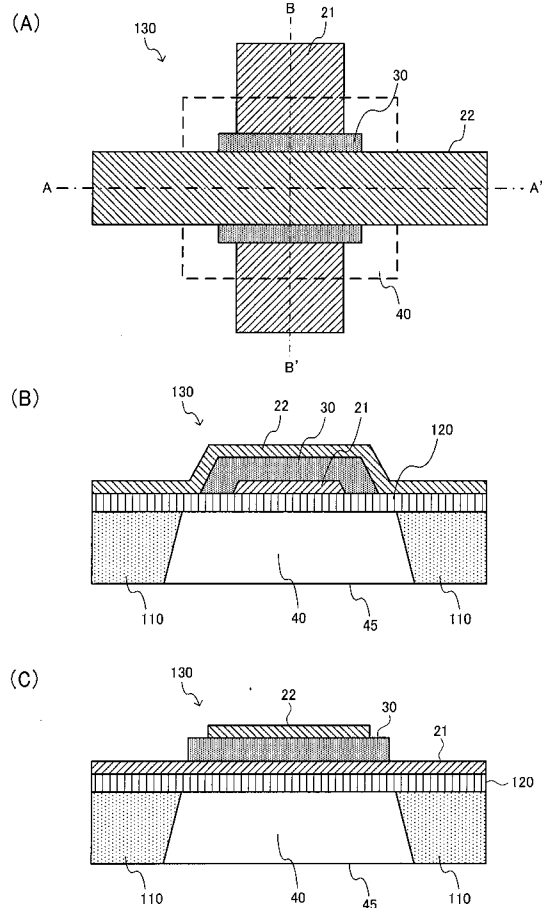
【図 7】



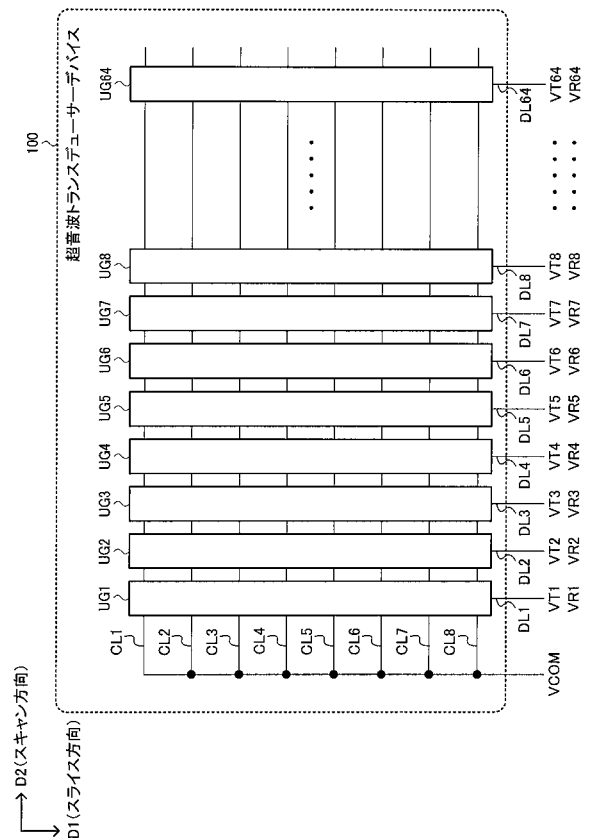
【図 8】



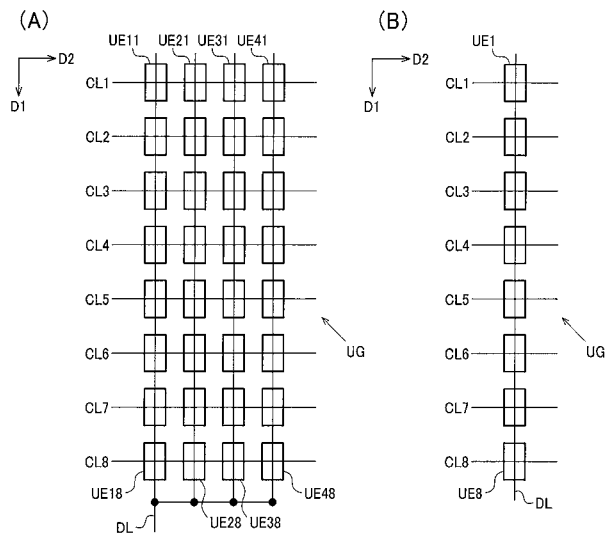
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 31/10

A

Fターム(参考) 5D021 DD04

5F049 MA02 NA01 NB07 RA02 RA07 TA20 UA20

5F089 BA05 BB02 BB08 BC02 BC07 BC30 CA03 FA10 GA10

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	JP2014127921A5	公开(公告)日	2016-01-28
申请号	JP2012284482	申请日	2012-12-27
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	松田洋史		
发明人	松田 洋史		
IPC分类号	H04R23/00 A61B8/00 H04R17/00 H01L31/12 H01L31/10		
FI分类号	H04R23/00.330 A61B8/00 H04R17/00.332.B H04R23/00 H01L31/12.E H01L31/10.A		
F-TERM分类号	4C601/DE16 4C601/GB06 4C601/GB16 4C601/GB20 4C601/GB41 5D019/AA21 5D019/BB02 5D019/BB12 5D019/BB18 5D019/BB19 5D019/FF04 5D021/DD04 5F049/MA02 5F049/NA01 5F049/NB07 5F049/RA02 5F049/RA07 5F049/TA20 5F049/UA20 5F089/BA05 5F089/BB02 5F089/BB08 5F089/BC02 5F089/BC07 5F089/BC30 5F089/CA03 5F089/FA10 5F089/GA10 2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/CA07 2G047/EA05 2G047/GB03 2G047/GB17 5F889/BA05 5F889/BB02 5F889/BB08 5F889/BC02 5F889/BC07 5F889/BC30 5F889/CA03 5F889/FA10 5F889/GA10		
代理人(译)	宫坂和彦 渡边和明		
其他公开文献	JP6182859B2 JP2014127921A		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够同时提高超声波发送能力和超声波接收能力的超声波换能器装置，超声波测量装置，探头，超声波诊断装置等。超声波换能器装置（100）包括：具有开口的基板（110），在该基板（110）上形成的振动膜（120），以及在该振动膜（120）上由薄膜压电元件形成的超声波换能器元件。130和光检测单元140通过开口将光照射在振动膜120上，并检测相对于该照射光的反射光。然后，光检测单元140检测反射光以检测由于超声回声引起的振动膜120的振动，并输出超声波的接收信号。[选择图]图3