

(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2016-184821

(P2016-184821A)

(43) 公開日 平成28年10月20日(2016.10.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 332Y	4C601
H01L 41/09 (2006.01)	H01L 41/09	5D019
H01L 41/113 (2006.01)	H01L 41/113	
H01L 41/047 (2006.01)	H01L 41/047	
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-63324 (P2015-63324)
(22) 出願日 平成27年3月25日 (2015.3.25)

(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 100101236
弁理士 栗原 浩之
(72) 発明者 大橋 幸司
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 EE04 EE10 EE13 GB06 GB41
5D019 AA21 AA24 BB19 BB25 FF04
HH01

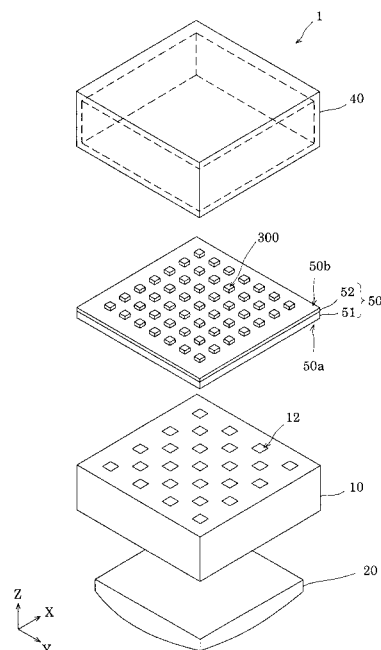
(54) 【発明の名称】 超音波センサー及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる超音波センサーを提供する。

【解決手段】 互いに直交する2つの軸をX軸及びY軸とし、X軸及びY軸によって形成される平面をXY平面としたとき、XY平面に沿った基板10と、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方の方向に沿って基板10に形成された複数の空間12と、空間12を塞ぐように基板10上に設けられ、基板10側の第1面50aと該第1面50aに対向する第2面50bとを有する振動板50と、振動板50の第2面50b側のうち空間12に対応する部分に設けられ、超音波を発信及び／又は受信する圧電素子300と、を具備し、空間12の少なくとも一部は、千鳥状に形成されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに直交する 2 つの軸を X 軸及び Y 軸とし、前記 X 軸及び前記 Y 軸によって形成される平面を X Y 平面としたとき、

前記 X Y 平面に沿った基板と、

前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向の少なくとも一方の方向に沿って前記基板に形成された複数の空間と、

前記空間を塞ぐように前記基板上に設けられ、前記基板側の第 1 面と該第 1 面に対向する第 2 面とを有する振動板と、

前記振動板の前記第 2 面側のうち空間に対応する部分に設けられ、超音波を発信及び／又は受信する圧電素子と、を具備し、

前記空間の少なくとも一部は、千鳥状に形成されていることを特徴とする超音波センサー。

【請求項 2】

前記圧電素子は、第 1 電極と、前記第 1 電極上の圧電体層と、前記圧電体層上の第 2 電極と、を含んで構成されており、

前記第 1 電極は、前記 X 軸方向に一系列又は複数列毎に駆動可能な個別電極であり、

前記第 2 電極は、前記 Y 軸方向に延びる列毎に共通な共通電極であり、

前記空間の少なくとも一部は、前記 X 軸方向にピッチがずれて形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波センサー。

【請求項 3】

前記 X 軸方向にピッチがずれて形成されている前記空間の前記 Y 軸方向側にある空間は、第 1 の方向に隔壁を介して並設されており、

前記振動板の前記第 2 面側のうち前記隔壁に対応する部分には、前記第 1 電極及び前記第 2 電極の間に介在するダミー圧電体層が設けられていること

を特徴とする請求項 2 に記載の超音波センサー。

【請求項 4】

前記 X 軸方向にピッチがずれて形成されている前記空間の前記 Y 軸方向側にある空間は、第 1 の方向に隔壁を介して並設されており、

前記 X 軸方向にピッチがずれて形成されている前記空間の中心を通過するように Y 軸方向に仮想線を引いたとき、

前記仮想線は、前記隔壁を通過すること

を特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の超音波センサー。

【請求項 5】

互いに直交する 2 つの軸を X 軸及び Y 軸とし、前記 X 軸及び前記 Y 軸によって形成される平面を X Y 平面としたとき、

前記 X Y 平面に沿った基板と、

前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向の少なくとも一方の方向に沿って前記基板に形成された複数の空間と、

前記空間を塞ぐように前記基板上に設けられ、前記基板側の第 1 面と該第 1 面に対向する第 2 面とを有する振動板と、

前記振動板の前記第 2 面側のうち空間に対応する部分に設けられ、超音波を発信及び／又は受信する圧電素子と、を具備する超音波センサーの製造方法であって、

前記空間の少なくとも一部を、千鳥状に形成すること

を特徴とする超音波センサーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波センサー及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧電素子の電気機械変換特性を利用した超音波センサーがある。例えば、支持部材（X軸及びY軸によって形成されるXY平面に沿った基板）と、基板上に設けられた可動膜（振動板）と、振動板上に設けられた電気機械変換素子（圧電素子）と、振動板の圧電素子とは反対側の基板に形成された開口部（空間）と、を具備する超音波センサーがある（特許文献1及び2参照）。特許文献1及び2の何れも、上記の圧電素子、振動板及び空間を含む超音波センサー素子を、X軸及びY軸に沿って格子状に規則正しく隣接させている。

【0003】

この種の超音波センサーでは、超音波センサー素子の圧電素子の変位に応じて超音波が送受信される。圧電素子の変位特性の向上を図ることができれば、超音波の送受信効率、ひいては音響特性の向上に有利となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-255024号公報（段落〔0047〕，図5等）

【特許文献2】特開2011-259274号公報（段落〔0044〕，図5等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、近年、超音波センサー素子の高密度化が求められている一方、特許文献1及び2では、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持することが困難であるという問題があった。

すなわち、特許文献1及び2では、超音波センサー素子を、X軸方向及びY軸方向に沿って格子状に規則正しく隣接させているため、超音波センサー素子の空間の壁厚を確保できない。この場合、基板全体が、個々の圧電素子の変位の影響を受けやすくなり、個々の圧電素子の変位に起因して、振動板の全体的な撓み（構造クロストーク）が引き起こされる可能性が生じる。

【0006】

上記の構造クロストークが生じると、個々の圧電素子の変位特性にズレが生じ、また、圧電素子全体の変位効率が低下して、これらの結果、音響特性が低下しやすくなる。このような問題は、特許文献1及び2の超音波センサーに限られず、圧電素子の電気機械変換特性を利用した超音波センサーであれば同様に存在する。

【0007】

本発明は、上記の事情に鑑み、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる超音波センサー及びその製造方法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】

上記課題を解決する本発明の態様は、互いに直交する2つの軸をX軸及びY軸とし、前記X軸及び前記Y軸によって形成される平面をXY平面としたとき、前記XY平面に沿った基板と、前記X軸方向及び前記Y軸方向の少なくとも一方の方向に沿って前記基板に形成された複数の空間と、前記空間を塞ぐように前記基板上に設けられ、前記基板側の第1面と該第1面に対向する第2面とを有する振動板と、前記振動板の前記第2面側のうち空間に対応する部分に設けられ、超音波を発信及び／又は受信する圧電素子と、を具備し、前記空間の少なくとも一部は、千鳥状に形成されていることを特徴とする超音波センサーにある。かかる態様によれば、空間が千鳥状に形成されている部分において、該空間の壁厚を確保できる。従って、基板全体が、個々の圧電素子の変位の影響を受けることを抑制でき、超音波センサー素子を高密度に集合させた場合であっても、上記の構造クロストークの発生を防止できる。よって、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる。

【0009】

また、前記圧電素子は、第1電極と、前記第1電極上の圧電体層と、前記圧電体層上の第2電極と、を含んで構成されており、前記第1電極は、前記X軸方向に一系列又は複数列毎に駆動可能な個別電極であり、前記第2電極は、前記Y軸方向に延びる列毎に共通な共通電極であり、前記空間の少なくとも一部は、前記X軸方向にピッチがずれて形成されていることが好ましい。かかる態様では、個別電極としての第1電極が延びる方向に、空間のピッチがずれて形成されている。つまり、かかる態様によれば、振動板の第2面側のうち空間に対応する部分に第1電極を配するのが容易となる。よって、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる超音波センサーを構成しやすくなる。

10

【0010】

また、前記X軸方向にピッチがずれて形成されている前記空間の前記Y軸方向側にある空間は、第1の方向に隔壁を介して並設されており、前記X軸方向にピッチがずれて形成されている前記空間の中心を通過するようにY軸方向に仮想線を引いたとき、前記仮想線は、前記隔壁を通過することが好ましい。かかる態様によれば、空間が千鳥状に形成されている部分において、該空間の壁厚を好適に確保できる。よって、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を確実に維持できる。

【0011】

上記課題を解決する本発明の他の態様は、互いに直交する2つの軸をX軸及びY軸とし、前記X軸及び前記Y軸によって形成される平面をXY平面としたとき、前記XY平面に沿った基板と、前記X軸方向及び前記Y軸方向の少なくとも一方の方向に沿って前記基板に形成された複数の空間と、前記空間を塞ぐように前記基板上に設けられ、前記基板側の第1面と該第1面に対向する第2面とを有する振動板と、前記振動板の前記第2面側のうち空間に対応する部分に設けられ、超音波を発信及び／又は受信する圧電素子と、を具備する超音波センサーの製造方法であって、前記空間の少なくとも一部を、千鳥状に形成することを特徴とする超音波センサーの製造方法にある。かかる態様によれば、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる超音波センサーを製造できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

30

【図1】超音波デバイスの構成例を示す断面図。

【図2】超音波センサーの構成例を示す分解斜視図。

【図3】超音波センサーの構成例を示す斜視図。

【図4】超音波センサー素子の空間の配置等を説明する平面図及び断面図。

【図5】超音波センサーでの空間の配置等の変形例を説明する平面図。

【図6】超音波センサーでの空間の配置等の変形例を説明する平面図。

【図7】超音波センサーでの空間の配置等の変形例を説明する平面図。

【図8】超音波センサーの製造方法の一例を説明する図。

【図9】超音波センサーの製造方法の一例を説明する図。

【図10】超音波センサーの製造方法の一例を説明する図。

40

【図11】比較例の構成例を示す斜視図。

【図12】試験例の結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の説明は、本発明の一態様を示すものであって、本発明の範囲内で任意に変更可能である。各図において、同じ符号を付したものは、同一の部材を示しており、適宜説明が省略されている。

【0014】

(実施形態1)

(超音波デバイス)

50

図 1 は、超音波センサーを搭載した超音波デバイスの構成例を示す断面図である。図示するように、超音波プローブ I は、超音波センサー 1 と、超音波センサー 1 に接続されたフレキシブルプリント基板（FPC 基板 2）と、装置端末（図示せず）から引き出されたケーブル 3 と、FPC 基板 2 及びケーブル 3 を中継ぎする中継基板 4 と、超音波センサー 1、FPC 基板 2 及び中継基板 4 を保護する筐体 5 と、筐体 5 及び超音波センサー 1 の間に充填された耐水性樹脂 6 と、等を具備して構成されている。

【0015】

超音波センサー 1 からは、超音波が送信される。また、測定対象物から反射された超音波が、超音波センサー 1 によって受信される。これらの超音波の波形信号に基づき、超音波プローブ I の装置端末において、測定対象物に関する情報（位置や形状等）が検出される。

10

【0016】

超音波センサー 1 によれば、後述のように、超音波センサー素子の高密度化を図りつつ、良好な音響特性を維持できる。従って、超音波センサー 1 を搭載することで、各種特性に優れた超音波デバイスとなる。本発明は、超音波の送信に最適化された送信専用型と、超音波の受信に最適化された受信専用型と、超音波の送信及び受信に最適化された送受信一体型と、等の何れの超音波センサーにも適用できる。超音波センサー 1 を搭載可能な超音波デバイスは超音波プローブ I に限定されない。

【0017】

（超音波センサー）

20

（全体構成）

図 2 は、超音波センサーの構成例を示す分解斜視図である。図 3（a）～（b）は、図 2 の超音波センサーの構成例を示す拡大図である。このうち、図 3（a）は、図 2 の超音波センサー素子の構成例を示す拡大図であり、図 3（b）は、図 2 の基板の構成例を示す拡大図である。

【0018】

超音波センサー 1 は、超音波センサー素子 310 と、音響整合層 13 と、レンズ部材 20 と、包囲板 40 と、を含んで構成されている。超音波センサー素子 310 は、基板 10 に形成された空間 12 と、振動板 50 と、圧電素子 300 と、を含んで構成されている。

【0019】

30

互いに直交する 2 つの軸を X 軸及び Y 軸とし、X 軸及び Y 軸によって形成される平面を XY 平面としたとき、基板 10 は、XY 平面に沿っている。以降、X 軸を第 1 の方向 X と称し、Y 軸を第 2 の方向 Y と称し、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の何れにも直行する Z 軸を第 3 の方向 Z と称する。

【0020】

基板 10 には、複数の隔壁 11 が形成されている。複数の隔壁 11 により、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に沿って、複数の空間 12 が区画されている。基板 10 は、Si 単結晶基板を用いることができる。基板 10 は、前記の例に限定されず、SOI 基板やガラス基板等を用いてもよい。

【0021】

40

空間 12 は、千鳥状に形成されている。また、空間 12 は、第 3 の方向 Z に基板 10 を貫通するように形成されている。空間 12 は、第 3 の方向 Z から見たときに正形状（第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y との長さの比が 1 : 1）である。空間 12 は、第 3 の方向 Z から見たときに長形状（第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y との長さの比が 1 : 1 以外）でもよい。

【0022】

振動板 50 は、空間 12 を塞ぐように基板 10 上に設けられている。以降、振動板 50 の基板 10 側の面を第 1 面 50a と称し、該第 1 面 50a に対向する面を第 2 面 50b と称する。振動板 50 は、基板 10 上に形成された弾性膜 51 と、弾性膜 51 上に形成された絶縁体層 52 と、によって構成されている。この場合、弾性膜 51 によって第 1 面 50

50

aが構成され、絶縁体層52によって第2面50bが構成される。弾性膜51は、二酸化シリコン(SiO_2)等からなり、絶縁体層52は、酸化ジルコニウム(ZrO_2)等からなる。弾性膜51は、基板10と別部材でなくてもよい。基板10の一部を薄く加工し、これを弾性膜として使用してもよい。

【0023】

振動板50の第2面50b側のうち、空間12に対応する部分には、圧電素子300が設けられている。圧電素子300は、第1電極60と、第1電極60上の圧電体層70と、圧電体層70上の第2電極80と、を含んで構成されている。超音波センサー1では、第1電極60が、第1の方向Xに4列毎に駆動可能な個別電極とされ、第2電極80が、第2の方向Yに延びる4列毎に共通な共通電極とされている。駆動回路や配線の都合で、第1電極が共通電極とされ、第2電極が個別電極とされてもよい。

10

【0024】

第1電極60及び第2電極80への電気信号の供給によって、圧電体層70が変位する。逆に、圧電体層70の変位によって、第1電極60及び第2電極80から電気信号が得られる。このような圧電素子300の変位に応じて、超音波センサー1から超音波が送受信される。圧電素子300の撓み領域は、空間12によって確保されている。

【0025】

超音波の送受信に機能するのは、振動板50の第2面50b側のうち、空間12に対応する部分に設けられた圧電素子300である。上記の通り、空間12は千鳥状に形成されているため、超音波センサー1では、超音波の送受信に機能する圧電素子300も、千鳥状に配されている。

20

【0026】

一方、圧電素子300よりも第2の方向Y側には、ダミー圧電素子300dmが設けられている。ダミー圧電素子300dmは、第1電極60及び第2電極80の間に介在するダミー圧電体層70dmを具備して構成されている。ダミー圧電素子300dmは、振動板50の第2面50b側のうち隔壁11に対応する部分に設けられており、超音波の送受信に実質的に機能しない。逆に言えば、ダミー圧電素子300dmを配しても、超音波の送受信効率に大きな悪影響は生じない。

【0027】

ダミー圧電素子300dmが設けられることで、振動板50の第2面50b側のうち隔壁11に対応する部分(振動板50の第2面50b側のうち空間12に対応しない部分)において、第1電極60と第2電極80とが通電してしまうことを防止できる。

30

【0028】

このように、超音波センサー1では、空間12に対応する圧電素子300と、隔壁11に対応する(空間12に対応しない)ダミー圧電素子300dmと、が混在している。より具体的には、超音波センサー1では、第1の方向X及び第2の方向Yに沿って、圧電素子300と、ダミー圧電素子300dmと、が交互に設けられている。

【0029】

基板10に形成された空間12と、振動板50と、圧電素子300と、を含んで超音波センサー素子310が構成されている。超音波センサー素子310に、音響整合層13、レンズ部材20及び包囲板40が設けられることで、超音波センサー1となる。

40

【0030】

音響整合層13は、空間12内に設けられている。音響整合層13を具備することで、圧電素子300及び測定対象物の間で音響インピーダンスが急激に変化することを防止でき、その結果、超音波の伝播効率が低下することを防止できる。音響整合層13は、例えばシリコン樹脂から構成できるが、前記の例に限定されない。

【0031】

レンズ部材20は、基板10の振動板50とは反対側に設けられている。ここでは、上記の音響整合層13が、レンズ部材20と基板10との接着機能も有している。レンズ部材20と基板10(隔壁11)との間に音響整合層13を介在させ、超音波センサー1が

50

構成されている。

【0032】

包囲板40は、振動板50の第2面50b側に設けられている。包囲板40によって、圧電素子300の周囲の領域（圧電素子300の上面及び側面を含む領域）が覆われている。包囲板40によって覆われる圧電素子300の周囲の領域は、空気で満たされていてもよく、樹脂で満たされていてもよい。

【0033】

超音波センサー1は、振動板50の圧電素子300とは反対側が超音波の通過領域となる型（いわゆるCAV面型）に構成されている。これによれば、外部からの水分が圧電素子300に極めて到達し難い構成を実現できるため、使用時の電気的安全性に優れる超音波センサー1となる。圧電素子300が薄膜である場合、製造時のハンドリング性も向上させることができるため、超音波センサー1の取り扱いが容易となる。

【0034】

（空間の配置等）

図4（a）～（b）は、超音波センサー素子の空間の配置等を詳述する平面図及び断面図である。このうち、図4（a）は、超音波センサー素子の基板を第3の方向Zから見た平面図である。図4（b）は、図4（a）のA-A'線断面図である。

【0035】

空間12は、千鳥状に形成されている。すなわち、第1の方向X又は第2の方向Yに並設されている空間12が、その並設方向とは交わる方向にある空間12との間で、上記の並設方向にピッチがずれるように形成されている。例えば、超音波センサー1では、第1の方向Xに並設されている空間12が、該空間12よりも第2の方向Y側にある空間12との間で、第1の方向Xにピッチがずれるように形成されている。

【0036】

例えば、第1の方向Xに並設されている空間12の列を、第2の方向Yに沿って順番に、N列、N+1列、N+2列、N+3列・・・と称する（Nは正の整数）。N列目の空間12_Nは、隔壁11_Nを介し、第1の方向Xに沿って並設されている。同様に、N+1列目の空間12_{N+1}は、隔壁11_{N+1}を介し、N+2列目の空間12_{N+2}は、隔壁11_{N+2}を介し、N+3列目の空間12_{N+3}は、隔壁11_{N+3}を介し、第1の方向Xに沿って並設されている。

【0037】

N+1列目の空間12_{N+1}よりも第2の方向Yの一方側（図4の左側）には、N列目の空間12_Nがある。N+1列目の空間12_{N+1}は、N列目の空間12_Nとの間で、第1の方向Xにピッチがずれるように形成されている。また、N+1列目の空間12_{N+1}よりも第2の方向Yの他方側（図4の右側）には、N+2列目の空間12_{N+2}もある。N+1列目の空間12_{N+1}は、N+2列目の空間12_{N+2}との間でも、第1の方向Xにピッチがずれるように形成されている。

【0038】

同様に、N+3列目の空間12_{N+3}は、N+2列目の空間12_{N+2}との間で、第1の方向Xにピッチがずれるように形成されている。N+3列目の空間12_{N+3}は、N+4列目（図示せず）の空間との間でも、第1の方向Xにピッチがずれるように形成されている。

【0039】

この場合、例えば、N+1列目の空間12_{N+1}と、N+3列目の空間12_{N+3}と、の間に、N+2列目の空間12_{N+2}を画成する隔壁11_{N+2}が位置する。これにより、N+1列目の空間12_{N+1}と、N+3列目の空間12_{N+3}と、の間の壁厚Cを確保できる。従って、基板10全体が、個々の圧電素子300の変位の影響を受けることを抑制でき、超音波センサー素子310を高密度に集合させた場合であっても、構造クロストークの発生を防止できる。

【0040】

10

20

30

40

50

ここで、 N 列目の空間 12_N に対し、その空間 12_N の中心を通過するように第2の方向 Y に仮想線 L_N を引く。同様に、 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} に対して仮想線 L_{N+1} を引き、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} に対して仮想線 L_{N+2} を引き、 $N+3$ 列目の空間 12_{N+3} に対して仮想線 L_{N+3} を引く。この場合、仮想線 L_{N+1} が、仮想線 L_N 及び仮想線 L_{N+2} の少なくとも一方とずれていれば（同一直線状になれば）、上記の千鳥状は満たされる。また、仮想線 L_{N+3} が、仮想線 L_{N+2} 及び仮想線 L_{N+4} （図示せず）の少なくとも一方とずれていれば（同一直線状になれば）、上記の千鳥状は満たされる。

【0041】

一方、第1の方向 X に並設されている空間 12 が、第2の方向 Y の M 列ごとの周期で第1の方向 X にずらされている場合、仮想線 L_N と仮想線 L_{N+M} とが同一直線状に位置する（ M は正の整数）。第1の方向 X に並設されている空間 12 は、第2の方向 Y の2列ごと、3列ごと、4列ごと、或いはそれ以上の列ごとの周期で第1の方向 X にずれていてもよい。超音波センサー1では、第1の方向 X に並設されている空間 12 が、第2の方向 Y の2列ごとの周期で第1の方向 X にずれている。つまり、仮想線 L_N と仮想線 L_{N+2} とが同一直線状にあり、仮想線 L_{N+1} と仮想線 L_{N+4} （図示せず）とが同一直線状にある。空間 12 のずれ周期が小さければ、その分、空間 12 の配置が単純化され、ひいては基板10の構成が単純化される。

【0042】

ここで、仮想線 L_{N+1} は、 N 列目の空間 12_N を画成する隔壁 11_N や、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} を画成する隔壁 11_{N+2} を通過することが好ましい。超音波センサー1では、 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} が、 N 列目の空間 12_N や、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} に対し、第1の方向 X に半ピッチずれて形成されている。言い換えれば、仮想線 L_{N+1} が、隔壁 11_N や隔壁 11_{N+2} を第1の方向に1:1に分割するように位置している。これによれば、 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} と、 $N+3$ 列目の空間 12_{N+3} と、の間の壁厚 C を好適に確保できる。

【0043】

超音波センサー1では、上記のように、仮想線 L_N と仮想線 L_{N+2} とが同一直線状にある。従って、仮想線 L_{N+1} が隔壁 11_N や隔壁 11_{N+2} を通過する構成を容易に実現できる。よって、構造クロストークの発生を確実に防止できる。

【0044】

ただし、空間 12 が第1の方向 X にずれる程度は限定されない。所定の空間 12 が第1の方向 X にずれていれば、そのずれ量に応じて、空間 12 の壁厚 C を確保できる。空間 12 の配置は種々に変形が可能である。

【0045】

図5～図7は、超音波センサーでの空間の配置等の変形例を説明する平面図である。図5(a)に示す基板10Aでは、 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} が第1の方向 X にずれるピッチ程度が小さい。すなわち、仮想線 L_{N+1} が、1列目の空間 12_N や、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} を通過している。とは言え、この場合でも、空間 12 が千鳥状に形成されている部分において、壁厚 C を確保できる。

【0046】

図5(b)に示す基板10Bでは、第1の方向 X に並設されている空間 12 が、第2の方向 Y の3列ごとの周期で第1の方向 X にずれている。 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} が、 N 列目の空間 12_N に対し、第1の方向 X に約 $1/3$ ピッチずれて形成されている。そして、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} が、 N 列目の空間 12_N に対し、第1の方向 X に約 $2/3$ ピッチずれて形成されている。この場合でも、空間 12 が千鳥状に形成されている部分において、壁厚 C を確保できる。

【0047】

図6に示す基板10Cでは、 $N+1$ 列目の空間 12_{N+1} の一部が、 N 列目の空間 12_N と、 $N+2$ 列目の空間 12_{N+2} と、 $N+3$ 列目の空間 12_{N+3} と、に対し、第1の

10

20

30

40

50

方向 X にずれて形成されている。この場合でも、空間 1 2 が千鳥状に形成されている部分において、壁厚 C を確保できる。

【0048】

図 7 に示す基板 10 D では、空間 1 2 が、第 3 の方向 Z から見たときに長方形（第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y との長さの比が例えば 1 : 1 以外）である。この場合でも、空間 1 2 が千鳥状に形成されている部分において、壁厚 C を確保できる。

【0049】

上記の図 4 の構成と、上記の図 5 ～図 7 の構成とは、互いに組み合わせることができる。上記の図 5 ～図 7 の構成同士を互いに組み合わせることもできる。本発明は前記の構成例に限定されない。第 2 の方向 Y に並設されている空間が、該空間よりも第 1 の方向 X 側
10
にある空間との間で、第 2 の方向 Y にピッチがずれるように形成されていてもよい。本発明の範囲で、空間 1 2 の少なくとも一部が、第 1 の方向 X 又は第 2 の方向 Y に千鳥状に形成されていればよい。

【0050】

（圧電素子等）

圧電素子 300 は、厚さが約 0.2 μm の第 1 電極 60 と、厚さが約 3.0 μm 以下、好ましくは厚さが約 0.5 ～ 1.5 μm の圧電体層 70 と、厚さが約 0.05 μm の第 2 電極 80 と、を含んで構成されている。超音波センサー 1 では、上記の空間 1 2 が千鳥状に形成されていたのに対し、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に沿って、圧電素子 300 と、
20
ダミー圧電素子 300 dm と、が交互に設けられている。ダミー圧電体層 70 dm の構成は、圧電体層 70 と同一である。ダミー圧電体層 70 dm の構成を、圧電体層 70 と異ならせてもよい。

【0051】

振動板 50 の第 2 面 50 b 側のうち、空間 1 2 に対応する領域に設けられた圧電素子 300 の変位に応じて、超音波が送受信される。第 1 の方向 X をスキャン方向とし、第 2 の方向 Y をスライス方向としたとき、超音波センサー 1 は、スキャン方向にスキャンしながら、スライス方向に延びる列毎に超音波の送受信を行う。これにより、スライス方向のセンシング情報を、スキャン方向に連続して取得することができる。

【0052】

本実施形態では、圧電体層 70 の変位によって、少なくとも振動板 50 及び第 1 電極 60 が変位する。すなわち、本実施形態では、少なくとも振動板 50 及び第 1 電極 60 が、
30
実質的に振動板としての機能を有している。ただし、弾性膜 51 及び絶縁体層 52 の何れか一方、又は両方を設けずに、第 1 電極 60 のみが振動板として機能するようにしてもよい。基板 10 上に第 1 電極 60 を直接設ける場合には、第 1 電極 60 を絶縁性の保護膜等で保護することが好ましい。

【0053】

図示しないものの、圧電素子 300 と振動板 50 との間に他の層が設けられてもよい。例えば、圧電素子 300 と振動板 50 との間に、密着性を向上させるための密着層が設けられてもよい。このような密着層は、例えば、酸化チタン (TiO_x) 層、チタン (Ti) 層又は窒化シリコン (SiN) 層等から構成できる。
40

【0054】

圧電素子 300 は、第 3 の方向 Z から見たとき、空間 1 2 の内側の領域にある。すなわち、圧電素子 300 の第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y は、何れも空間 1 2 より短い。ただし、圧電素子 300 の第 1 の方向 X が空間 1 2 より長い場合や、圧電素子 300 の第 2 の方向 Y が空間 1 2 より長い場合も、本発明に含まれる。

【0055】

第 1 電極 60 や第 2 電極 80 の材料は、導電性を有する材料であれば制限されない。第 1 電極 60 や第 2 電極 80 の材料としては、金属材料、酸化スズ系導電材料、酸化亜鉛系導電材料、酸化物導電材料等が挙げられる。金属材料は、白金 (Pt)、イリジウム (Ir)、金 (Au)、アルミニウム (Al)、銅 (Cu)、チタン (Ti)、ステンレス鋼
50

等である。酸化スズ系導電材料は、酸化インジウムスズ（ITO）、フッ素ドーブ酸化スズ（FTO）等である。酸化物導電材料は、酸化亜鉛系導電材料、ルテニウム酸ストロンチウム（ SrRuO_3 ）、ニッケル酸ランタン（ LaNiO_3 ）、元素ドーブチタン酸ストロンチウム等である。第1電極60や第2電極80の材料は、導電性ポリマー等でもよい。

【0056】

圧電体層70は、空間12毎にパターンニングして構成され、上記の第1電極60及び第1電極60に挟持されている。圧電体層70は、例えば ABO_3 型ペロブスカイト構造を有する複合酸化物を含んで構成されている。かかる複合酸化物として、鉛の含有量を抑えた非鉛系材料を用いれば、環境負荷を低減できる。非鉛系材料としては、例えば、カリウム（K）、ナトリウム（Na）及びニオブ（Nb）を含むKNN系の複合酸化物等が挙げられる。

10

【0057】

ABO_3 ペロブスカイト型構造、すなわち、 ABO_3 型構造のAサイトは、酸素が12配位しており、また、Bサイトは酸素が6配位して8面体（オクタヘドロン）をつくっている。KNN系の複合酸化物を用いた例では、AサイトにN、Na、BサイトにNbが位置しており、その組成式は、例えば（K，Na） NbO_3 と表される。

【0058】

KNN系の複合酸化物には、他の元素が含まれていてもよい。他の元素としては、圧電体層70のAサイトの一部と置換されるリチウム（Li）、ビスマス（Bi）、バリウム（Ba）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、サマリウム（Sm）、セリウム（Ce）や、圧電体層70のBサイトの一部と置換されるマンガン（Mn）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）、マグネシウム（Mg）、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、クロム（Cr）、チタン（Ti）、ジルコニウム（Zr）等が挙げられる。

20

【0059】

KNN系の複合酸化物は、鉛を含まないことが好ましいが、他の元素として、Aサイトの一部と置換されるPb（鉛）を含んでいてもよい。他の元素の例は、上記に限定されず、タンタル（Ta）、アンチモン（Sb）、銀（Ag）等も挙げられる。これらの他の元素は、2種以上含まれていてもよい。一般的に、他の元素の量は、主成分となる元素の総量に対して15%以下、好ましくは10%以下である。他の元素を利用することで、各種特性の向上や構成及び機能等の多様化を図ることができる場合がある。他の元素を利用した複合酸化物である場合も、 ABO_3 ペロブスカイト構造を有するように構成されることが好ましい。

30

【0060】

非鉛系材料としては、上記のKNN系の複合酸化物の他、ビスマス（Bi）及び鉄（Fe）を含むBFO系の複合酸化物や、ビスマス（Bi）、バリウム（Ba）、鉄（Fe）及びチタン（Ti）を含むBF-BT系の複合酸化物が挙げられる。BFO系の複合酸化物を用いた例では、AサイトにBi、BサイトにFe、Tiが位置しており、その組成式は、例えば BiFeO_3 と表される。BF-BT系の複合酸化物を用いた例では、AサイトにBi、Ba、BサイトにFe、Tiが位置しており、その組成式は、例えば（Bi，Ba）（Fe，Ti） O_3 と表される。

40

【0061】

BFO系の複合酸化物やBF-BT系の複合酸化物には、他の元素が含まれていてもよい。他の元素の例は、上記の通りである。また、BFO系の複合酸化物やBF-BT系の複合酸化物に、KNN系の複合酸化物を構成する元素が含まれていてもよい。

【0062】

圧電体層70は、非鉛系材料以外の複合酸化物を主成分として構成されていてもよい。非鉛系材料以外の複合酸化物としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（Pb（Zr，Ti） O_3 ；PZT）系の複合酸化物が上げられる。これによれば、圧電素子300の変位

50

向上を図りやすくなる。勿論、P Z T系の複合酸化物にも、他の元素が含まれていてもよい。他の元素の例は、上記の通りである。

【0063】

これらの ABO_3 型ペロブスカイト構造を有する複合酸化物には、欠損・過剰により化学量論の組成からずれたものや、元素の一部が他の元素に置換されたものも含まれる。すなわち、ペロブスカイト構造を取り得る限りにおいて、格子不整合、酸素欠損等による不可避な組成のずれは勿論、元素の一部置換等も許容される。

【0064】

(製造方法)

次に、超音波センサー1の製造方法の一例を説明する。図8～図10は、超音波センサーの製造方法の各工程を示している。各図には、第3の方向Zから見た平面図と、a-a'線断面図と、b-b'線断面図と、がそれぞれ示されている。a-a'線は、第1の方向Xに沿っており、b-b'線は、第2の方向Yに沿っている。

10

【0065】

まず、基板用シリコンウェハー110(10)の表面に、熱酸化等によって酸化シリコンからなる弾性膜51を形成する。その後、弾性膜51上にジルコニウムを成膜し、熱酸化等によって酸化ジルコニウムからなる絶縁体層52を形成する。

【0066】

そして、図8に示すように、絶縁体層52上に、第1電極60をスパッタリング法や蒸着法等で形成し、第1電極60が所定の形状となるようにパターンニングする。次いで、図9に示すように、第1電極60及び振動板50上に圧電体層70を積層する。圧電体層70は、例えば金属錯体を溶媒に溶解・分散した溶液を塗布乾燥し、更に高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電材料を得る、CSD(Chemical Solution Deposition)法を用いて形成できる。CSD法に限定されず、例えば、ゾルゲル法や、レーザーアブレーション法、スパッタリング法、パルス・レーザー・デポジション法(PLD法)、CVD法、エアロゾル・デポジション法等を用いてもよい。

20

【0067】

次に、圧電体層70を圧電素子300毎にパターンニングする。次いで、圧電体層70と、第1電極60と、振動板50(振動板50の第2面50b)と、の表面に、第2電極80をスパッタリング法や熱酸化等で形成する。そして、第2電極80をパターンニングし、第2の方向Yの列毎に分割させるとともに第1の方向Xの列毎に連続させる。これにより、振動板50の第2面50b上に、第1電極60と、圧電体層70と、第2電極80と、を含む圧電素子300が形成される。

30

【0068】

更に、基板用シリコンウェハー110(10)の圧電素子300とは反対側の表面に、レジスト(図示せず)を設け、このレジストを所定形状にパターンニングしてマスク膜(図示せず)を形成する。そして、図10に示すように、このマスク膜を介して、基板用シリコンウェハー110(10)をドライエッチングする。これにより、基板10の圧電素子300に対向する領域に空間12を形成する。ドライエッチングは、例えばウェットエッチングに比べ、加工時間を要するものの、シリコン基板の結晶面方位を気にすることなく高い精度で加工ができる。空間12のアスペクト比(第1の方向Xと第2の方向Yとの長さの比)や形状等によっては、KOH等のアルカリ溶液を用いた異方性エッチング(ウェットエッチング)が困難となる場合がある。かかる場合でも、ドライエッチングによれば、空間12等を好適に形成できる。勿論、空間12のアスペクト比(第1の方向Xと第2の方向Yとの長さの比)や形状等によっては、上記のウェットエッチングも可能となる。

40

【0069】

マスク膜を形成する工程にて、ダミー圧電素子300dmに対向する基板用シリコンウェハー110(10)の表面の一部にも、マスク膜を設ける。これにより、千鳥状に隔壁11が残り、空間12が千鳥状に形成される。

【0070】

50

その後は、各部材を順次設けて、図 2 等に示す超音波センサー 1 を作製する。すなわち、接着剤により、包囲板 40 を超音波センサー素子 310 側に接合する。そして、空間 12 内に音響整合層 13 を設け、この音響整合層 13 を介してレンズ部材 20 を接合する。音響整合層 13 及びレンズ部材 20 を設けた後に、包囲板 40 を超音波センサー素子 310 側に接合してもよい。

【実施例】

【0071】

以下、実施例を示し、本発明を更に具体的に説明する。ただし、本発明は以下の実施例に限定されない。

【0072】

（実施例 1）

上記の実施形態に従い超音波センサー 1 を作製した。N 列目の空間 12_N と、N+2 列目の空間 12_{N+2} と、の間の壁厚 C（CAV 壁厚）は 57 μm である。第 1 電極 60 は第 1 の方向 X に 4 列に延びており、第 2 電極 80 は第 2 の方向 Y に 4 列に延びている。超音波センサー素子 310 は、1 列ごとに 29 個、すなわち計 116 個設けられている。

【0073】

（比較例 1）～（比較例 2）

図 11（a）～（b）に示すように、空間 12 を千鳥状に形成しないで（空間 12 を格子状に形成して）、超音波センサーを作製した。

【0074】

比較例 1 の超音波センサーは、N 列目の空間 12_N と、N+2 列目の空間 12_{N+2} と、の間の壁厚 C は 25.5 μm である。第 1 電極 60 は、第 1 の方向 X に 3 列に延びており、第 2 電極 80 は、第 2 の方向 Y に 3 列に延びている。超音波センサー素子 310 は、1 列ごとに 44 個、すなわち計 132 個設けられている（従来構成 1）。

【0075】

比較例 2 の超音波センサーは、N 列目の空間 12_N と、N+2 列目の空間 12_{N+2} と、の間の壁厚 C は 9 μm である。第 1 電極 60 は、第 1 の方向 X に 4 列に延びており、第 2 電極 80 は、第 2 の方向 Y に 4 列に延びている。超音波センサー素子 310 は、1 列ごとに 59 個、すなわち計 236 個設けられている（従来構成 2）。

【0076】

（変位測定）

実施例 1 及び比較例 1～2 の超音波センサーについて、変位を測定した。変位の測定には、NEOARK 社製の光ヘテロダイン微小振動測定装置（MODEL MLD-230D）を用いた。結果を表 1 及び図 12 に示す。

【0077】

【表 1】

	壁厚 C (μm)	素子数／列 (個)	列数 (列)	素子数／c h (個)	変位量 (nm)	変位量 (相対値)
実施例 1 (千鳥配置)	57	29	4	116 (29×4)	450	1.13
比較例 1 (従来構成 1)	25.5	44	3	132 (44×3)	400	1.0
比較例 2 (従来構成 2)	9	59	4	236 (59×4)	200	0.5

【0078】

表 1 及び図 12 の結果から、実施例 1 では、空間 12 を千鳥状に形成する分、超音波センサー素子 310 の数は比較例 1～2 に比べて少なくなるものの、その減少分を打ち消すほどに、変位特性の向上を図ることができることが確かめられた。具体的には、比較例 1

の超音波センサーは、比較例 2 の超音波センサーに比べて 2 倍の変位量が得られたが、実施例 1 の超音波センサーは、その比較例 1 の超音波センサーの約 1.13 倍の変位が得られた。これは、実施例 1 では、構造クロストークを防止できたためである。

【0079】

（他の実施形態）

以上、本発明の一実施形態を説明した。しかし、本発明の基本的構成は上記の態様に限定されない。例えば、個別電極としての第 1 電極は、X 軸方向に一行毎に駆動可能な電極であってもよい。

【0080】

また、複数の空間 12 は、一次元状、すなわち、第 1 の方向 X 又は第 2 の方向 Y 方向に沿って基板に形成されていてもよい。この場合、空間 12 が、その並設方向に隣り合う空間 12 との間で、上記の並設方向に交わる方向にずれるように（同一直線状にように）形成されていればよい。空間 12_{N+1} の中心を通過するように、空間 12 の並設方向に仮想線 L_{N+1} を引いたとき、仮想線 L_{N+1} が、仮想線 L_N 及び仮想線 L_{N+2} の少なくとも一方と異なれば、上記の千鳥状は満たされる。

【0081】

本発明は、送信専用型、受信専用型、送受信一体型等の何れの超音波センサーにも適用できる。また、本発明の超音波センサーは、種々の超音波デバイスに適用できる。特に CAV 面型の超音波センサーは、AC 面型の超音波センサーに比べ、使用時の電気的安全性に優れている。従って、CAV 面型の超音波センサーは、安全性等の点からリーク電流を特に嫌う医療用の機器、例えば超音波診断装置、血圧計及び眼圧計にも好適に使用できる。

【0082】

本発明の超音波センサーは、種々の圧力センサーとして用いることができる。例えば、プリンター等の液体噴射装置において、インクの圧力を検知するセンサーとしても適用できる。また、本発明の超音波センサーの構成は、超音波モーター、圧電トランス、振動式ダスト除去装置、圧力電気変換機、超音波発信機及び加速度センサー等に好適に応用できる。この種の超音波センサーの構成を利用して得られた完成体、例えば、上記の超音波センサーを搭載したロボット等も、超音波デバイスに含まれる。

【0083】

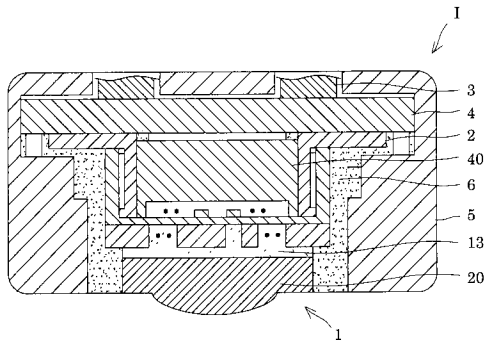
図面において示す構成要素、すなわち、各部の形状や大きさ、層の厚さ、相対的な位置関係、繰り返し単位等は、本発明を説明する上で誇張して示されている場合がある。また、本明細書の「上」という用語は、構成要素の位置関係が「直上」であることを限定するものではない。例えば、「振動板上の圧電素子」という表現は、振動板と圧電素子との間に、他の構成要素を含むものを除外しない。

【符号の説明】

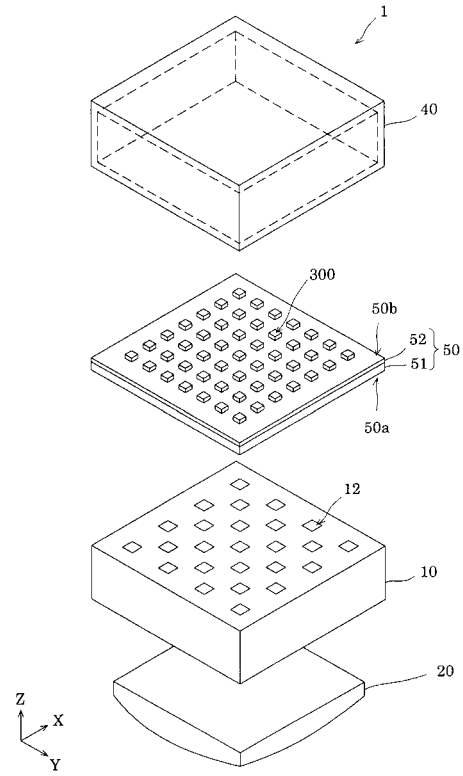
【0084】

I 超音波プローブ、 1 超音波センサー、 2 FPC 基板、 3 ケーブル、 4 中継基板、 5 筐体、 6 耐水性樹脂、 10, 10A~10D 基板、 11 隔壁、 12 空間、 13 音響整合層、 20 レンズ部材、 40 包囲板、 50 振動板、 50a 第 1 面、 50b 第 2 面、 51 弾性膜、 52 絶縁体層、 60 第 1 電極、 70 圧電体層、 70dm ダミー圧電体層、 80 第 2 電極、 300 圧電素子、 300dm ダミー圧電素子、 310 超音波センサー素子

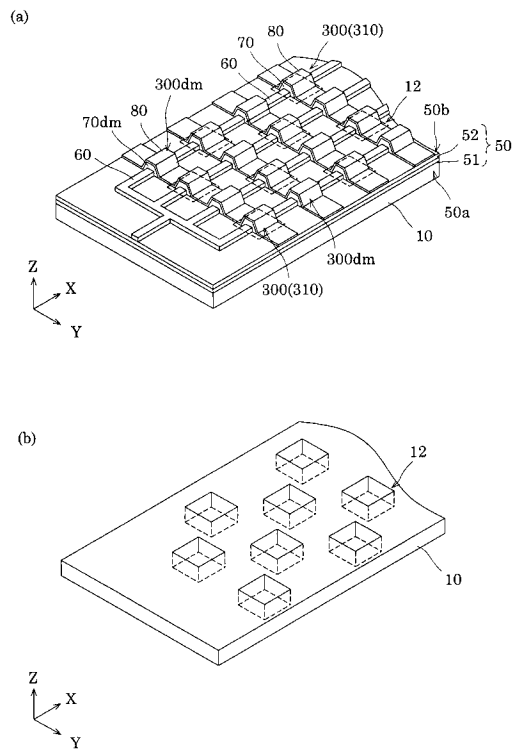
【図 1】



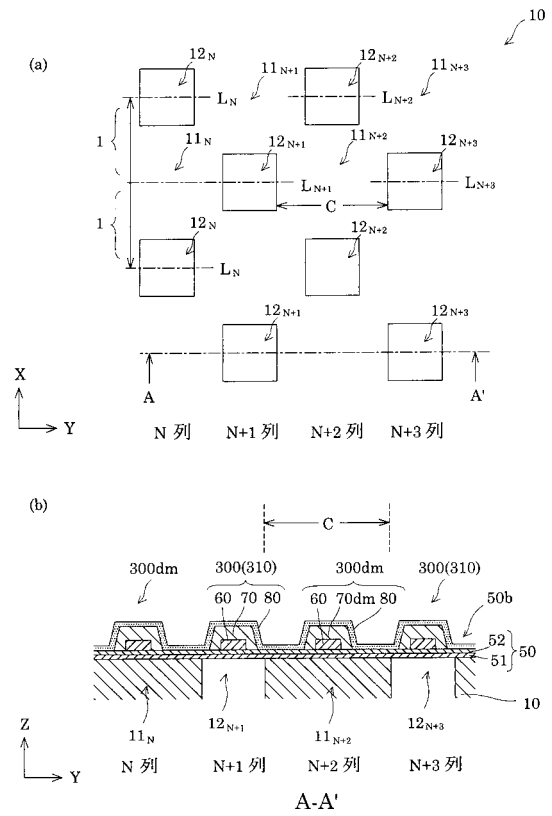
【図 2】



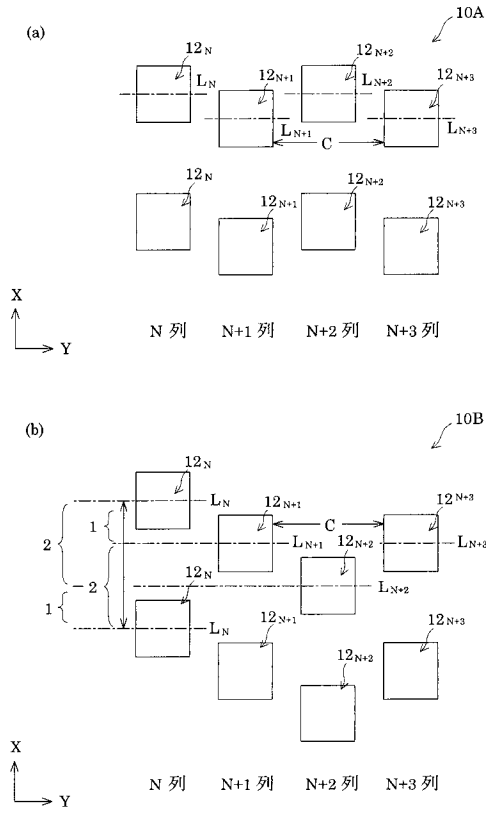
【図 3】



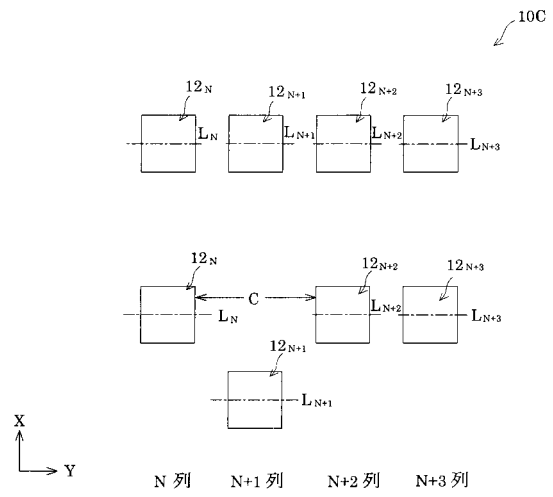
【図 4】



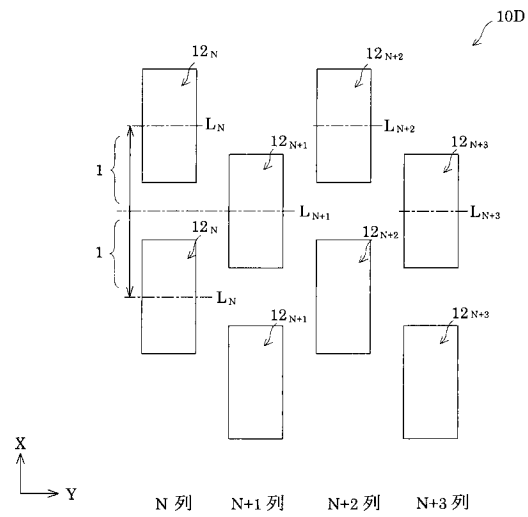
【図 5】



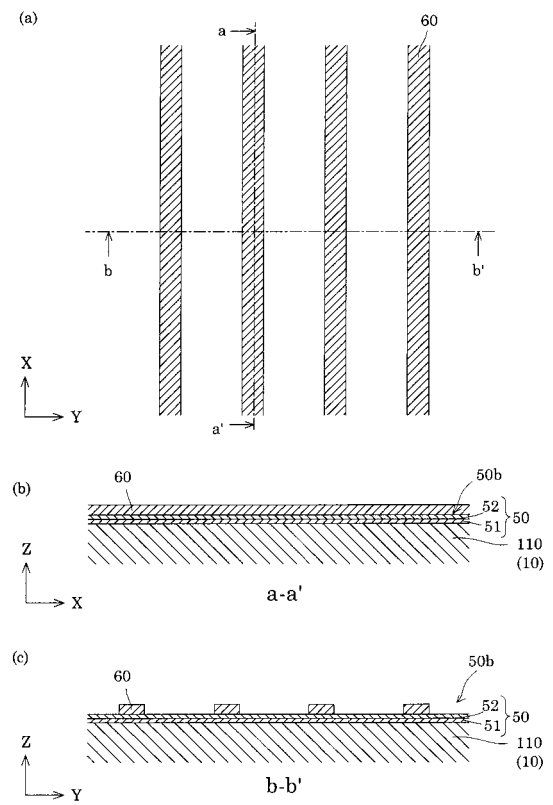
【図 6】



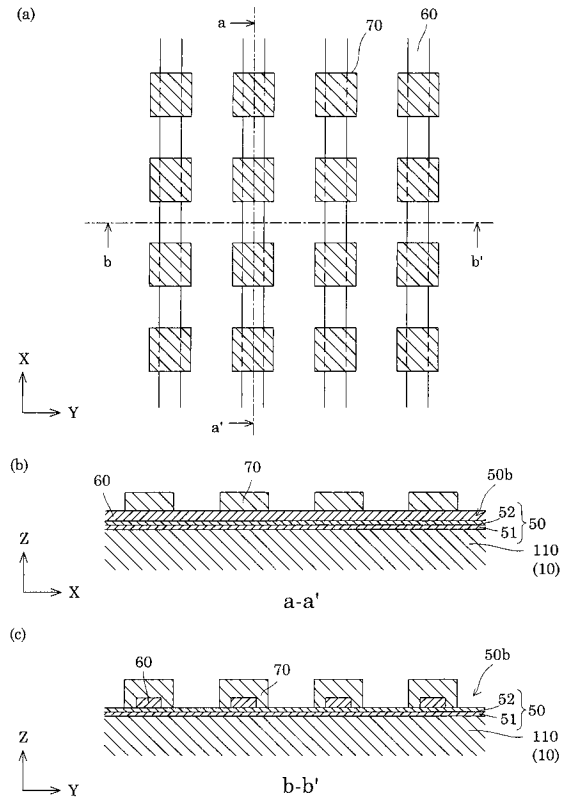
【図 7】



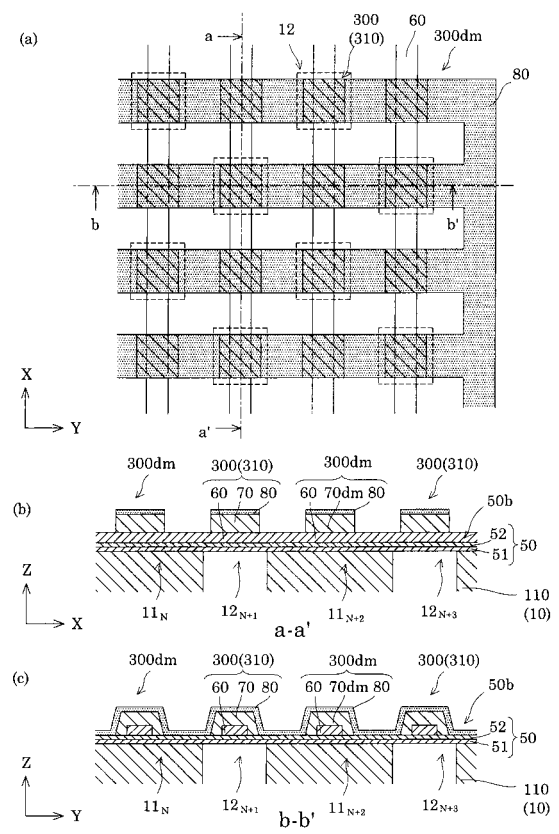
【図 8】



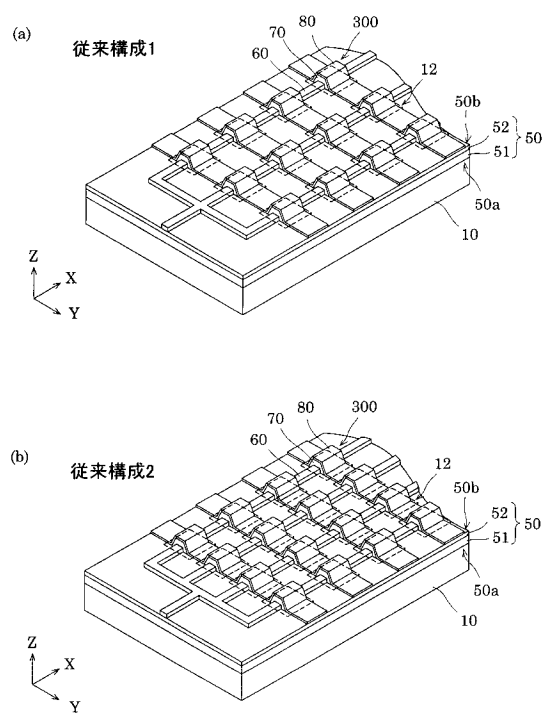
【図 9】



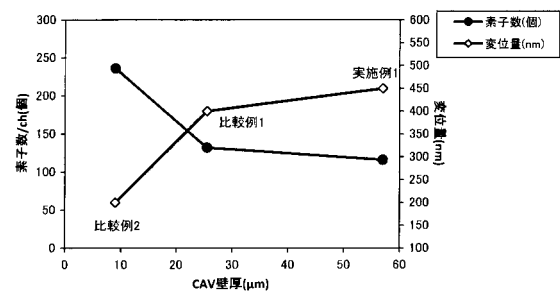
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
A 6 1 B	8/14	(2006.01)	H 0 4 R	17/00	3 3 0 H	
			A 6 1 B	8/14		

专利名称(译)	超声波传感器及其制造方法		
公开(公告)号	JP2016184821A	公开(公告)日	2016-10-20
申请号	JP2015063324	申请日	2015-03-25
[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	大橋幸司		
发明人	大橋 幸司		
IPC分类号	H04R17/00 H01L41/09 H01L41/113 H01L41/047 H04R31/00 A61B8/14		
FI分类号	H04R17/00.332.Y H01L41/09 H01L41/113 H01L41/047 H04R31/00.330 H04R17/00.330.H A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/EE10 4C601/EE13 4C601/GB06 4C601/GB41 5D019/AA21 5D019/AA24 5D019/BB19 5D019/BB25 5D019/FF04 5D019/HH01		
代理人(译)	栗原博之		
其他公开文献	JP6536792B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波传感器，能够在增加超声波传感器元件密度的同时保持良好的声学特性。当彼此垂直的两个平面被定义为X轴和Y轴并且由X轴和Y轴形成的平面是XY平面时，基板10沿着XY平面，X轴方向和Y轴多个空间12沿着基板10的至少一个方向形成在基板10中，多个空间12设置在基板10上，以封闭空间12并面向基板10侧的第一表面50a并且压电元件300设置在隔膜50的第二表面50b侧的与空间12对应的部分，用于发送和/或接收超声波并且空间12的至少一部分以Z字形方式形成。 .The

