(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
2012 年 12 月 20 日(20.12.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/172775 A1

(51) 国際特許分類:
H04R 17/00 (2006.01) *H04R 3/00* (2006.01)
G01S 7/52 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/003802

(22) 国際出願日: 2012 年 6 月 12 日(12.06.2012)

(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 2011-131411 2011 年 6 月 13 日(13.06.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社デンソー(**DENSO CORPORATION**) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉浦　真紀子(**SUGIURA, Makiko**) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 樋口　祐史(**HIGUCHI, Hirofumi**) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 金　順姫(**KIN, Junhi**); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦２丁目１３番１９号　瀧定ビル６階 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

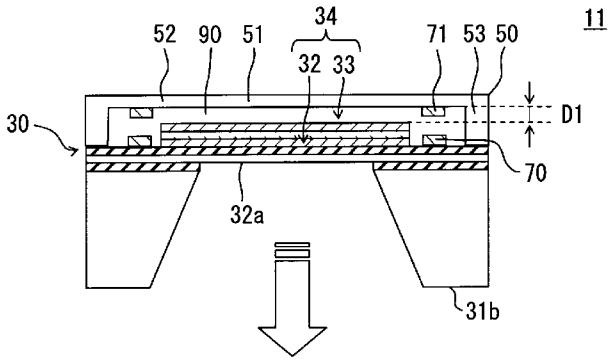
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: ULTRASONIC SENSOR DEVICE

(54) 発明の名称 : 超音波センサ装置

[図8]



(57) **Abstract**: An ultrasonic sensor device having a circuit board (31), a piezoelectric vibrator (33), and a variable-gain means (70, 71, 110, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260). The piezoelectric vibrator (33) has a pair of detection electrodes (35, 36) disposed facing each other across the thickness direction of the circuit board (31) and a piezoelectric body (37) disposed between the electrodes (35, 36). The piezoelectric vibrator (33) is formed on one surface (31a) of the circuit board (31) and constitutes a membrane structure (34) that has lower rigidity than the other portions of the circuit board (31). An ultrasonic wave is transmitted from the piezoelectric vibrator (33), and a reflected wave thereof is received by the same piezoelectric vibrator (33). In the variable-gain means, the gain of the piezoelectric vibrator (33) during the period in which the piezoelectric vibrator (33) transmits the ultrasonic wave is greater than the gain of the piezoelectric vibrator (33) during the period in which the piezoelectric vibrator (33) receives the ultrasonic wave.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/172775 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

超音波センサ装置は、基板（３１）と圧電振動子（３３）とＱ値可変手段（７０，７１、１１０、２００，２１０，２２０，２３０，２４０，２５０，２６０）を有する。圧電振動子（３３）は、前記基板（３１）の厚さ方向において対向配置された一対の検出用電極（３５，３６）と前記電極（３５，３６）間に配置された圧電体（３７）を有する。圧電振動子（３３）は、前記基板（３１）の一面（３１ａ）上に形成されて、前記基板（３１）の他の部分よりも剛性の低いメンブレン構造体（３４）を構成する。前記圧電振動子（３３）により超音波を送信するとともに、同一の前記圧電振動子（３３）によりその反射波を受信する。Ｑ値可変手段は、前記圧電振動子（３３）が超音波を送信する送信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値を、前記圧電振動子（３３）が超音波を受信する受信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値よりも大きくする。

明　細　書

発明の名称 ： 超音波センサ装置

関連出願の相互参照

[0001] 本開示は、２０１１年６月１３日に出願された日本出願番号２０１１－１３１４１１号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、基板の薄肉部に圧電振動子が形成された超音波センサを備え、同一の圧電振動子によって、超音波を送信するととともにその反射波を受信する超音波センサ装置に関するものである。特に、相対的に移動する被検体の検出に適した超音波センサ装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、圧電型の超音波センサとして、例えば特許文献１に示されるように、ＭＥＭＳ（Micro ElectroMechanical System）技術を用いて作製されたものが知られている。

[0004] 特許文献１では、基板の厚さ方向において対向配置された一対の電極間に強誘電体が介在されて圧電振動子が構成され、この圧電振動子が、半導体基板の一面上であって薄肉部の部分に形成されて、超音波センサ素子が構成されている。

[0005] また、特許文献１では、圧電振動子を構成する一対の電極間に所定のバイアス電圧を印加することで、超音波センサの共振周波数を所定の共振周波数に調整するようにしている。

[0006] ところで、超音波センサが取付けられた物体に対し、被検体が相対的に移動している場合、音波のドップラー効果により、反射波（受信した超音波）の周波数が、発信周波数に対してずれることがある。この場合、周波数のずれ量及びずれの方向は、相対的な速度、方向の影響を受けるため、一定ではない。

[0007] したがって、超音波センサを送受信兼用とすると、特許文献１に示される

ように、電極間に所定のバイアス電圧を印加して共振周波数を所定値に調整し、超音波を発信したとしても、反射波の周波数が発信周波数とは異なるため、相対的に移動する被検体を精度良く検出することができない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００３－２８４１３２号公報

発明の概要

[0009] そこで本開示は、送受信兼用の超音波センサを備えた超音波センサ装置において、被検体が相対的に移動していても、精度良く検出することを目的とする。

[0010] 本開示の第一の態様によれば、超音波センサ装置は、基板と圧電振動子とＱ値可変手段を有する。圧電振動子は、前記基板の厚さ方向において対向配置された一対の検出用電極と前記電極間に配置された圧電体を有する。圧電振動子は、前記基板の一面上に形成されて、前記基板の他の部分よりも剛性の低いメンブレン構造体を構成する。前記圧電振動子により超音波を送信するとととともに、同一の前記圧電振動子によりその反射波を受信する。Ｑ値可変手段は、前記圧電振動子が超音波を送信する送信期間の当該圧電振動子のＱ値を、前記圧電振動子が超音波を受信する受信期間の当該圧電振動子のＱ値よりも大きくする。

[0011] 本開示の第二の態様によれば、超音波センサ装置は、前記基板の厚さ方向において、前記メンブレン構造体と離間しつつ対向して配置された対向部を有し、前記基板に固定されて、前記基板との間に気体が封入された密閉空間を形成するカバーを備える。前記Ｑ値可変手段は、前記対向部と前記メンブレン構造体とのギャップ間隔を可変することで、前記圧電振動子が超音波を送信する送信期間の当該圧電振動子のＱ値を、前記圧電振動子が超音波を受信する受信期間の当該圧電振動子のＱ値よりも大きくする。

[0012] 本開示の第三の態様によれば、前記Ｑ値可変手段は、一方が前記超音波センサに形成され、他方が前記カバーに形成されて前記基板の厚さ方向におい

て対向配置され、通電により静電引力を生じる一対の調整用電極と、前記調整用電極への通電を制御する制御部と、を備える。前記静電引力により、前記カバーの対向部が前記メンブレン構造体に近づくように構成される。前記制御部は、少なくとも前記圧電振動子の受信状態で前記調整用電極間に電圧を印加するとともに、前記圧電振動子の受信状態における前記カバーの対向部と前記メンブレン構造体との対向間隔のほうが、前記圧電振動子の送信状態における前記カバーの対向部と前記メンブレン構造体との対向間隔よりも狭くなるように前記調整用電極への通電を制御する電圧印加手段を有する。

[0013] 本開示の第四の態様によれば、前記基板は、薄肉部を有する。前記圧電振動子は、前記基板の一面であって前記薄肉部上に形成されて、前記薄肉部とともに前記メンブレン構造体を構成している。

図面の簡単な説明

[0014] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]第１実施形態に係る超音波センサ装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]超音波センサ装置のうち、センサユニットの概略構成を示す平面図である。便宜上、カバーの図示を省略している。

[図3]図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線に沿う、センサユニットの断面図である。

[図4]図２のＩＶ－ＩＶ線に沿う、センサユニットの断面図である。

[図5]超音波センサ装置の回路構成の概略を示すブロック図である。

[図6]送受信処理を示すフローチャートである。

[図7]調整用電圧の印加タイミングを示すタイミングチャートである。

[図8]センサユニットの送信状態を示す断面図である。

[図9]センサユニットの受信状態を示す断面図である。

[図10]送信帯域と受信帯域を示す図である。

[図11]調整用電極の変形例を示す断面図である。

[図12]カバー側の調整用電極の配置の変形例を示す平面図であり、便宜上、カバー側の調整用電極を基板の一面に重ねて図示している。

[図13]第２実施形態に係る超音波センサ装置において、センサユニットの概略構成を示す断面図である。

[図14]第３実施形態に係る超音波センサ装置において、送受信処理を示すフローチャートである。

[図15]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図16]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図17]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図18]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図19]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図20]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

[図21]他の実施形態に係る超音波センサ装置の概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本開示の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、以下に示す各実施形態において、共通乃至関連する要素には同一の符号を付与するものとする。また、基板の厚さ方向、換言すればメンブレン構造体の振動方向を単に厚さ方向とし、該厚さ方向に垂直な方向を単に垂直方向と示す。

[0016] （第１実施形態）

図１に示すように、本実施形態に係る超音波センサ装置１０は、超音波センサ３０及びカバー５０を有するセンサユニット１１と、処理回路１１０が構成された回路チップ１２が、同一の配線基板１３に実装されてなる。配線基板１３には、超音波センサ３０が送受信可能なように、貫通孔１３ａが形成されている。

[0017] 先ず、センサユニット１１について説明する。

[0018] 図２～図４に示すように、センサユニット１１は、ＭＥＭＳ技術を用いて作製された圧電式の超音波センサ３０（センサチップ）と、該超音波センサ３０を構成する基板３１に固定され、基板３１との間に密閉空間９０を形成するカバー５０を備える。さらに、互いに対向するように超音波センサ３０とカバー５０のそれぞれに形成された調整用電極７０，７１を備える。

[0019] 超音波センサ３０は、薄肉部３２を有する基板３１と、基板３１の薄肉部３２上に形成された圧電振動子３３を有している。そして、薄肉部３２と圧電振動子３３とにより、基板３１の他の部位（厚肉部４３）よりも剛性の低いメンブレン構造体３４が構成されている。このメンブレン構造体３４が厚さ方向に振動することで、超音波の送信、受信がなされる。

[0020] 本実施形態では、シリコンからなる支持基板３８とシリコンからなる半導体層４０の間に、二酸化シリコンからなる絶縁層３９が介在されたＳＯＩ構造の基板と、半導体層４０における絶縁層３９と反対の面上に形成された絶縁膜４１とにより、基板３１が構成されている。絶縁膜４１としては、二酸化シリコン、窒化シリコンなどを構成材料とする単層膜や多層膜を採用することができる。

[0021] このような基板３１において、絶縁膜４１における半導体層４０と反対の面が、圧電振動子３３の形成される一面３１ａをなし、支持基板３８における絶縁層３９と反対の面が一面３１ａの裏面３１ｂをなしている。基板３１には、半導体層４０における絶縁膜４１と反対の面を底面とし、裏面３１ｂに開口する開口部４２が形成されている。この開口部４２は、支持基板３８及び絶縁層３９をエッチングにより部分的に除去してなる。本実施形態では、基板３１の裏面３１ｂが（１００）面、支持基板３８の開口部壁面が（１１１）面となっている。

[0022] そして、基板３１のうち、開口部４２を架橋する部分、具体的には開口部４２を架橋する半導体層４０及び絶縁膜４１の部分が、基板３１のうちの薄肉部３２をなしている。なお、図３に示す符号３２ａは、薄肉部３２のうち、圧電振動子３３と反対の一面であり、この一面３２ａは、上記した半導体層４０における開口部４２の底をなす面と一致している。一方、基板３１のうち、薄肉部３２を除く部分が、基板３１のうちの厚肉部４３をなしている。薄肉部３２は、図２に示すように平面矩形状の外形輪郭を有しており、厚肉部４３は、この薄肉部３２を取り囲むように矩形環状を有している。

[0023] 圧電振動子３３は、基板３１の一面３１ａ上であって、薄肉部３２の部分

に形成されている。より詳しくは、図２に示すように、薄肉部３２の全域を覆うように、薄肉部よりも若干大きい平面矩形状をなすように形成されている。この圧電振動子３３は、圧電体薄膜３７を一対の検出用電極３５，３６間に配置してなるものである。なお、圧電体薄膜３７が特許請求の範囲に記載の圧電体に相当する。

[0024] また、厚さ方向において検出用電極３５，３６が対向している。すなわち厚さ方向において、基板３１の一面３１ａ上に、検出用電極３５、圧電体薄膜３７、検出用電極３６の順で積層配置されている。検出用電極３５，３６の構成材料としては、白金（Ｐｔ），金（Ａｕ），アルミニウム（ＡｌＩ）等を採用することができる。また、圧電体薄膜３７の構成材料としては、強誘電体であるＰＺＴや、窒化アルミニウム（ＡｌＮ），酸化亜鉛（ＺｎＯ）等を採用することができる。本実施形態では、検出用電極３５，３６の構成材料としてＰｔを採用し、圧電体薄膜３７の構成材料としてＰＺＴを採用している。なお、図２及び図４に示す符号４４は、カバー５０の図示しないパッドと検出用電極３５とを電気的に接続するための配線である。また、図２に示す符号４５は、カバー５０の図示しないパッドと検出用電極３６とを電気的に接続するための配線である。本実施形態では、これら配線４４，４５が、検出用電極３５，３６と同じ材料を用いて一体的に形成されている。

[0025] また、基板３１の一面３１ａであって、厚肉部４３には、基板３１にカバー５０を固定するための金属層４６が形成されている。この金属層４６は、図２に示すように、メンブレン構造体３４、配線４４，４５、調整用電極７０，７１を取り囲むように、基板３１の一面３１ａの外周端付近に形成されている。

[0026] カバー５０は、超音波センサ３０の基板３１に固定されて、基板３１との間に、メンブレン構造体３４に隣接する密閉空間９０を形成するものである。カバー５０の構成材料としては、合成樹脂、やシリコンなどの半導体、セラミックを採用することができる。本実施形態では、合成樹脂からなるカバー５０を採用している。

[0027] このカバー５０は、厚さ方向においてメンブレン構造体３４と対向しつつ離間して配置された対向部５１を少なくとも含む部分が、後述する静電引力により、メンブレン構造体３４に向けて変位するようになっている。具体的には、対向部５１を含む中央部分が、該中央部分を取り囲む周辺部分よりも薄肉となっている。本実施形態では、この薄肉の部分を薄肉部５２、周辺の厚肉の部分を厚肉部５３と示す。薄肉部５２は、薄肉部３２、ひいてはメンブレン構造体３４よりも大きく、対向部５１を除く部分が、基板３１の厚肉部４３に対向している。このように、合成樹脂からなり、薄肉部５２と厚肉部５３とで厚さが異なるカバー５０は、所定厚さの熱可塑性樹脂フィルムを部分的に複数枚積層し、接着することで、薄肉部５２と厚肉部５３の厚さを異ならせている。

[0028] また、カバー５０は、薄肉部５２を底部とする凹部５４が、密閉空間９０側となるように、基板３１の一面３１ａ側に配置されている。厚肉部５３における基板３１との対向面には、上記した金属層４６に対向して金属層５５が形成されている。すなわち、メンブレン構造体３４、配線４４，４５、調整用電極７０，７１を取り囲むように形成されている。そして、金属層４６，５５同士が接合されて、環状の接合部が形成されている。この接合部により、カバー５０と基板３１との間に密閉空間９０が形成されている。本実施形態では、この密閉空間９０に空気が大気圧状態で封入されている。

[0029] また、カバー５０には、圧電振動子３３を構成する検出用電極３５，３６、後述する調整用電極７０，７１を、密閉空間９０の外部と電気的に接続するための貫通電極が形成されている。図３に示す符号５６は、薄肉部５２における対向部５１とは異なる部分に形成され、カバー５０側の調整用電極７１と電気的に接続された貫通電極である。また、図４に示す符号５７は、厚肉部５３に形成され、超音波センサ３０側の調整用電極７０と電気的に接続された貫通電極である。また、符号５８は、厚肉部５３に形成され、圧電振動子３３の検出用電極３５（配線４４）と電気的に接続された貫通電極である。図示しないが、カバー５０の厚肉部５３には、検出用電極３６（配線４

５）と電気的に接続された貫通電極も形成されている。このような貫通電極５６～５８は、樹脂フィルムに貫通孔を形成した後、貫通孔内に導電性ペーストの充填や金属メッキを施すことで形成することができる。

[0030] また、カバー５０の外面には、一端が貫通電極５６に接続され、他端が厚肉部５３まで延設された配線６０が形成されている。そして、配線６０の厚肉部５３側の端部が図示しないパッドとされ、このパッドに例えばボンディングワイヤが接続されるようになっている。

[0031] なお、図４に示す符号５９は、厚肉部５３における基板３１との対向面に形成されたランドである。このランドは、例えば銅箔をパターニングしてなる。調整用電極７０は、配線７２及びランド５９を介して貫通電極５７と電気的に接続（はんだ接合）されている。また、検出用電極３５は、配線４４及びランド５９を介して貫通電極５８と電気的に接続（はんだ接合）されている。検出用電極３６についても同様である。このように、複数枚の樹脂フィルムを積層してなるカバー５０は、貫通電極５６～５８，ランド５９、配線６０などを有している。すなわち、カバー５０は配線基板として構成されている。なお、配線７２は、調整用電極７０と貫通電極５７（ランド５９）とを繋ぐ配線である。

[0032] 一対の調整用電極７０，７１は、通電により静電引力を生じて、カバー５０の薄肉部５２（対向部５１）を、超音波センサ３０のメンブレン構造体３４に近づける機能を果たすものである。調整用電極７０は、超音波センサ３０側に形成され、調整用電極７１は、カバー５０において調整用電極７０と対向する位置に形成される。

[0033] 超音波センサ３０側の調整用電極７０は、圧電振動子３３を構成する検出用電極３５，３６と別の電極として構成されており、基板３１の一面３１ａ上であって厚肉部４３に、メンブレン構造体３４を取り囲むように形成されている。より詳しくは、メンブレン構造体３４との間に垂直方向において所定のクリアランスを有しつつメンブレン構造体３４の外形輪郭に沿って形成されており、配線４４，４５を引き出すべく略Ｃ字状を有している。本実施

形態では、検出用電極３５，３６、配線４４，４５と同じ金属材料からなる。

[0034] カバー５０側の調整用電極７１は、カバー５０における薄肉部５２の内面（凹部５４側の面）に形成されている。より詳しくは、薄肉部５２のうち、垂直方向においてメンブレン構造体３４よりも外側の部分に形成されている。この調整用電極７１は、配線４４，４５を引き出す必要がないため、矩形環状を有している。本実施形態では、ランド５９同様、銅箔をパターニングしてなる。

[0035] このようにセンサユニット１１では、基板３１の薄肉部３２と圧電振動子３３とにより、他の部位よりも薄肉のメンブレン構造体３４が構成され、このメンブレン構造体３４が厚さ方向に振動可能となっている。また、基板３１の一面３１ａに固定されたカバー５０により、基板３１とカバー５０との間に密閉空間９０が形成されている。このため、カバー５０が配置された基板３１の一面３１ａ側で超音波の送受信がなされるのではなく、基板３１の裏面３１ｂ側で超音波の送受信がなされる。

[0036] 次に、回路チップ１２に構成された処理回路１１０を含め、超音波センサ装置１０の回路構成について、図５を用いて説明する。

[0037] 処理回路１１０は、制御回路１１１、駆動信号生成回路１１２、駆動回路１１３、増幅回路１１４、フィルタ回路１１５、ＴＡＤ１１６、ＤＳＰ１１７、及び調整用電圧生成回路１１８を備えている。この処理回路１１０が、特許請求の範囲に記載の制御部に相当する。

[0038] 制御回路１１１は、図示しない中央演算装置（ＣＰＵ）、ＣＰＵが実行する各種プログラムが格納されたリードオンメモリ（ＲＯＭ）、ＣＰＵがＲＯＭに格納された各プログラムにしたがって実行する各種演算のための作業領域として用いられるランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）等を備えている。そして、駆動信号生成回路１１２に対し、駆動信号生成のタイミングを制御する機能、被検体の有無や被検体の位置（距離及び方位）を検出する機能、検出結果を外部装置に出力する機能、調整用電圧生成回路１１８に、調整用電

圧生成のタイミングを制御する機能などを有している。

[0039] 駆動信号生成回路１１２は、制御回路１１１からの指示信号を受けると、基準周波数のパルス信号を一定期間だけ生成し、このパルス信号に基づいて、所定周波数ｆ１の駆動信号を生成する。具体的には、メンブレン構造体３４の共振周波数とほぼ一致する所定周波数ｆ１の駆動信号を生成する。

[0040] 駆動回路１１３（ドライバ）は、駆動信号生成回路１１２から出力された駆動信号により、圧電振動子３３を駆動する駆動回路であり、これにより、超音波センサ３０（センサユニット１１）から所定周波数ｆ１の超音波が送信される。なお、本実施形態では、駆動回路１１３が、トランスなどの電力増幅回路を含んでいる。

[0041] 増幅回路１１４は、圧電振動子３３が受信した信号を増幅し、増幅後の受信信号をフィルタ回路１１５へ出力する。フィルタ回路１１５は、増幅回路１１４にて増幅された圧電振動子３３の受信信号に対してフィルタ処理を行う。本実施形態では、メンブレン構造体３４の受信帯域から外れた周波数成分を除去する。

[0042] ＴＡＤ１１６は、周知の時間Ａ／Ｄ変換回路であり、ＤＳＰ（デジタルシグナルプロセッサ）１１７は、ＴＡＤ１１６にてＡ／Ｄ変換された圧電振動子３３の受信信号に基づいて、受信信号の振幅や位相などを算出する。そして、これら算出結果は、制御回路１１１に出力される。なお、ＤＳＰ１１７はメモリを有している。

[0043] 調整用電圧生成回路１１８は、制御回路１１１からの指示信号を受けると、所定の電圧を調整用電極７０，７１間に印加する。また、制御回路１１１からの指示信号を受けると、調整用電極７０，７１間に印加する電圧をオフとする。

[0044] 次に、送受信処理の一例を、図６を用いて説明する。

[0045] 例えば車両のイグニッションキーがオンされ、処理回路１１０の電源がオンされると、制御回路１１１は、駆動信号生成回路１１２に対し、駆動信号生成を指示する。これを受け、駆動信号生成回路１１２は、所定周波数ｆ１

の駆動信号を生成し、駆動回路１１３に出力する。

[0046] 出力された駆動信号（電圧信号）は、駆動回路１１３を介して圧電振動子３３の検出用電極３５，３６に伝達される。これにより、圧電振動子３３は垂直方向（ＰＺＴのｄ３１方向）に振動し、これによりメンブレン構造体３４が厚さ方向に振動する。超音波センサ３０に対して、基板３１の一面３１ａ側にはカバー５０が配置されているため、この振動により主として基板３１の裏面３１ｂ側から超音波が送信される。この超音波の周波数は駆動信号の周波数ｆ１と一致している。以上がステップ１０である。

[0047] 次に、送信処理の終了後、制御回路１１１は、調整用電圧生成回路１１８に対し、調整用電圧の生成を指示する。これを受け、調整用電圧生成回路１１８は、所定電圧を調整用電極７０，７１間に印加する（ステップ１１）。このステップ１１が、特許請求の範囲に記載の電圧印加手段に相当する。本実施形態では、駆動信号生成回路１１２からの駆動信号の出力停止をもって送信処理の終了とし、図７に示すように、駆動信号の出力を停止させるとともに調整用電圧をオンとする。なお、駆動信号の出力停止後、メンブレン構造体３４の残響期間の終了をもって、送信処理の終了とするとともに、調整用電圧のオンとしても良い。

[0048] そして、ステップ１１にて、調整用電極７０，７１に調整用電圧が印加されると、制御回路１１１は、ＤＳＰ１１７が算出した圧電振動子３３の受信信号の振幅が、ＤＳＰ１１７のメモリに予め記憶された所定の閾値より大きいか否かを比較する。すなわち、超音波センサ３０（圧電振動子３３）が反射波を受信したか否かを判定する（ステップ１２）。

[0049] ステップ１２にて、圧電振動子３３の受信信号の振幅が閾値よりも大きい場合、制御回路１１１は、被検体が存在するもの（被検体あり）と判定し、振幅が閾値を超えたタイミングから、被検体までの距離を算出する（ステップ１３）。

[0050] そして、調整用電圧を印加してから所定時間経過後、制御回路１１１は、調整用電圧生成回路１１８に対し、調整用電圧のオフを指示する。これを受

け、調整用電圧生成回路１１８は、調整用電極７０，７１間への電圧印加をオフとする（ステップ１４）。なお、調整用電圧の印加は、少なくとも圧電振動子３３が反射波の受信が可能な期間においてなされ、次の駆動信号の生成指示までに調整用電圧はオフ状態とされる。

[0051] 次に、本実施形態に係る超音波センサ装置１０の特徴部分の効果について説明する。

[0052] 本実施形態では、圧電型の超音波センサ３０にカバー５０が固定され、基板３１とカバー５０との間に、空気が封入された密閉空間９０が形成されている。また、密閉空間９０は、メンブレン構造体３４と隣接している。このように、メンブレン構造体３４の振動が、密閉空間９０のダンピングの影響を受けるようになっている。

[0053] ここで、メンブレン構造体３４の振動の状態を示すＱ値は、メンブレン構造体３４に隣接する密閉空間９０のダンピング係数Ｃに反比例し、ダンピング係数Ｃは、カバー５０の対向部５１とメンブレン構造体３４との対向間隔Ｄに反比例する。このため、対向間隔Ｄが狭いほどダンピング係数Ｃが大きくなり、Ｑ値は低くなる。

[0054] 本実施形態では、圧電振動子３３の送信状態、すなわち駆動信号の出力開始から、出力停止までの期間又は残響停止までの期間において、調整用電極７０，７１に調整用電圧を印加しない。このため、調整用電極７０，７１間に静電引力が生じず、図８に示すように、カバー５０の対向部５１（薄肉部５２）は、超音波センサ３０のメンブレン構造体３４に近づかない。したがって、対向部５１とメンブレン構造体３４との対向間隔は、メンブレン構造体３４が振動の中心位置にあるとすると、超音波を送受信せず、且つ、調整用電圧を印加しないときの初期間隔Ｄ１と等しくなる。

[0055] 一方、圧電振動子３３の受信状態、すなわち反射波を受信可能な期間において、調整用電極７０，７１間に調整用電圧を印加する。このため、調整用電極７０，７１間に静電引力が生じ、図９に示すように、カバー５０の対向部５１（薄肉部５２）は、変形しつつ超音波センサ３０のメンブレン構造体

３４に引き寄せられる。したがって、対向部５１とメンブレン構造体３４との対向間隔は、メンブレン構造体３４が振動の中心位置にあるとすると、上記初期間隔Ｄ１よりも狭いＤ２となる。

[0056] このように、本実施形態では、受信状態の対向間隔Ｄ２を、送信状態の対向間隔Ｄ１よりも狭くする。すなわち、受信状態のＱ値を、送信状態のＱ値よりも低くする。このため、図１０に示すように、送信状態のメンブレン構造体３４の周波数帯域と、受信状態のメンブレン構造体３４の周波数帯域とでは、受信状態のほうが振幅のピークは下がるものの周波数帯域が広くなる。

[0057] また、調整用電極７０，７１間に電圧を印加し、静電引力を生じさせると、対向部５１がメンブレン構造体３４に近づくようになっている。したがって、調整用電極７０，７１に電圧を印加する構成でありながら、図１０に示すように、メンブレン構造体３４の共振周波数を、発信状態と受信状態とでほぼ一致（所定の共振周波数ｆ１で一致）させることができる。すなわち共振ピークのずれが生じるのを抑制することができる。

[0058] 以上から、本実施形態によれば、共振周波数（共振ピーク）をｆ１で同じとしつつ、送信状態では周波数帯域が狭く、受信状態では周波数帯域が広くなる。したがって、被検体が相対的に移動し、ドップラーシフトが生じても、反射波、ひいては被検出体を精度良く検出することができる。

[0059] なお、６０ｋＨｚの超音波の場合、被検体の相対速度が１０ｍ／ｓだと、被検体が静止している場合と較べて２ｋＨｚ程度のシフトが生じる。例えば、ドップラーシフトにより、受信信号の周波数がｆ１よりも高周波のｆ２に変化した場合、送受信で周波数帯域が同じ場合、受信信号が閾値を下回り、被検体を検出することができない。これに対し、本実施形態では、図１０に示すように受信状態の周波数帯域を広くするため、周波数ｆ２において受信信号が閾値を上回り、これにより被検体を検出することができる。

[0060] また、本実施形態では、カバー５０が基板３１の一面３１ａに固定され、カバー５０と基板３１との間に形成される密閉空間９０に、圧電振動子３３

が収容される。このため、カバー５０によって圧電振動子３３を保護することができる。

[0061] また、本実施形態では、超音波センサ３０側の調整用電極７０が、基板３１の厚肉部４３に形成される。このため、静電引力が生じても、メンブレン構造体３４に変形が生じ難い。したがって、送信状態の共振周波数と受信状態の共振周波数のピークがずれるのを効果的に抑制することができる。

[0062] また、本実施形態では、超音波センサ３０側の調整用電極７０が、基板３１の一面３１ａ上に形成される。このように、圧電振動子３３と同一面に形成すると、検出用電極３５や配線４４，４５などと工程を共通化し、製造工程を簡素化することができる。

[0063] また、本実施形態では、カバー５０の薄肉部５２の厚さを、薄肉部５２を取り囲む厚肉部５３よりも薄くしている。このため、静電引力が生じたときに、カバー５０の対向部５１が変形し、メンブレン構造体３４に近づきやすい。したがって、送信状態の共振周波数と受信状態の共振周波数のピークがずれるのをより効果的に抑制することができる。

[0064] さらに、本実施形態では、カバー５０の薄肉部５２の剛性が、メンブレン構造体３４の剛性よりも低くなっている。このため、静電引力が生じたときに、メンブレン構造体３４よりもカバー５０の薄肉部５２のほうが変形しやすい。したがって、メンブレン構造体３４の変形を抑制しつつ、静電引力によりカバー５０を変形させて、対向間隔Ｄを狭めることができる。

[0065] なお、本実施形態では、基板３１の一面３１ａに形成した金属層４６と、カバー５０の厚肉部５３の表面に形成した金属層５５とをはんだ等を介して接合する例を示したが、基板３１へのカバー５０の固定は上記例に特に限定されるものではない。例えば接着固定しても良い。また、カバー５０の構成材料としてシリコンを採用した場合、基板３１を構成する半導体層４０のシリコンに対して、直接接合によりカバー５０を固定しても良い。

[0066] （変形例）

本実施形態では、超音波センサ装置１０が、センサユニット１１とは別に

回路チップ１２及び配線基板１３を有する例を示した。しかしながら、回路チップ１２に構成される処理回路１１０がセンサユニット１１に形成された構成（集積された構成）を採用することもできる。

[0067] また、本実施形態では、メンブレン構造体３４の受信時のみ、調整用電圧を印加して静電引力を生じさせる例を示した。しかしながら、受信時だけでなく送信時においても、調整用電圧を印加し、静電引力を生じさせても良い。静電引力は、印加電圧の２乗に比例するため、送信時よりも受信時を高電圧とすることで、受信状態の対向間隔Ｄ２を、送信状態の対向間隔Ｄ１よりも狭くする、すなわち、受信状態のＱ値を、送信状態のＱ値よりも低くすることができる。しかしながら、本実施形態に示したように、メンブレン構造体３４の受信時のみ調整用電圧を印加するほうが、調整用電圧を低くすることができる。

[0068] 本実施形態では、垂直方向において、厚肉部４３は環状とされて薄肉部３２を取り囲む例を示した。しかしながら、薄肉部３２が２つの厚肉部４３を架橋する構成としても良い。この場合、カバー５０の少なくとも一部は薄肉部３２に固定されることとなる。

[0069] 本実施形態では、圧電振動子３３の検出用電極３５，３６とは別に、超音波センサ３０側の調整用電極７０が形成される例を示した。しかしながら、圧電振動子３３の検出用電極３５，３６の一方が、超音波センサ３０側の調整用電極７０を兼ねた構成とすることもできる。図１１に示す例では、厚さ方向において対向部５１に近い検出用電極３６を、調整用電極７０と兼用としている。これによれば、調整用電極７０を兼用とするため、センサユニット１１、ひいては超音波センサ装置１０の構成を簡素化することができる。

[0070] ただし、検出用電極３５，３６は、基板３１の薄肉部３２上に位置するため、厚肉部４３に調整用電極７０が形成される構成に較べて、メンブレン構造体３４が静電引力により変形しやすくなる。このため、カバー５０側の調整用電極７１を、垂直方向において基板３１の厚肉部（４３）に対応する位置に形成すると良い。これによれば、調整用電極７０を兼用としつつ、メン

ブレン構造体３４の静電引力による変形を抑制することができる。なお、カバー５０側の調整用電極７０を、調整用電極７０を兼ねる検出用電極３６に対向して設ける場合には、調整用電極７０を含むカバー５０の対向部５１（薄肉部５２）の剛性を、メンブレン構造体３４の剛性よりも低くすれば良い。

[0071] 本実施形態では、超音波センサ３０側の調整用電極７０を矩形環状の一部を除去してなる略Ｃ字状とし、カバー５０側の調整用電極７１を矩形環状とする例を示した。しかしながら、超音波センサ３０側の調整用電極７０を円形環状の一部を除去してなる略Ｃ字状とし、カバー５０側の調整用電極７１を円形環状としても良い。この場合、調整用電極７１の中心と、薄肉部５２の中心を一致させることで、矩形環状に較べて、薄肉部５２をきれいに変形させることができる。なお、図１２では、位置関係を示すために、カバー５０側の調整用電極７１を示している。

[0072] 本実施形態では、圧電振動子３３を構成する検出用電極３５，３６の配線４４，４５を引き出すために、超音波センサ３０側の調整用電極７０をＣ字状とし、開放端（自由端）間から配線４４，４５を引き出す例を示した。しかしながら、配線４４，４５を調整用電極７０に対して下層配線とすることで、調整用電極７０を環状とすることもできる。また、配線７２、又は、調整用電極７０及び配線７２を、配線４４，４５に対して下層配線とすることで、調整用電極７０を環状とすることもできる。

[0073] 本実施形態では、密閉空間９０に空気が封入される例を示した。しかしながら、封入される気体は、特に空気に限定されるものではない。例えば空気よりも粘性係数μの大きい気体が封入されても良い。ダンピング係数Ｃは、封入される気体の粘性係数μに比例する。このため、空気より粘性係数μが大きい気体（例えばヘリウム）を封入すると、調整用電圧を低減することができる。また、同じ電圧なら、送信状態のＱ値と受信状態のＱ値との差を、空気に較べて大きくすることができる。したがって、ドップラーシフト量が大きくても、被検体を検出することが可能となる。

[0074] 本実施形態では、カバー５０側の調整用電極７１を、カバー５０の薄肉部５２における内面（基板３１との対向面）に設ける例を示した。しかしながら、薄肉部５２の外面に調整用電極７１を設けても良い。この場合、構成を簡素化することができる。

[0075] （第２実施形態）

第１実施形態では、基板３１の一面３１ａにカバー５０が固定され、圧電振動子３３が密閉空間９０に収容される例を示した。これに対し、本実施形態では、図１３に示すように、基板３１の裏面３１ｂにカバー５０が固定される点を特徴とする。このため、第１実施形態に示すように、基板３１の裏面３１ｂ側で超音波の送受信がなされるのではなく、基板３１の一面３１ａ側で超音波の送受信がなされる。

[0076] 図１３に示す例において、超音波センサ３０は、第１実施形態に示すものとほぼ同じ構成となっている。図１３では、接合用の金属層４６が、基板３１の裏面３１ｂであって厚肉部４３の部分に形成されている。また、圧電振動子３３の検出用電極３５が、超音波センサ３０側の調整用電極７０を兼ねている。

[0077] カバー５０は、半導体基板６１と、半導体基板６１の一面に形成された絶縁膜６２からなる。このカバー５０には、絶縁膜６２を底部とし、半導体基板６１における少なくとも対向部５１の部分を除去してなる開口部６３が形成されている。本実施形態では、半導体基板６１がシリコンからなり、半導体基板６１の開口部壁面が（１１１）面となっている。

[0078] そして、カバー５０のうち、開口部６３を架橋する絶縁膜６２の部分が、薄肉部５２をなしている。図１３に示す例では、対向部５１の部分のみを薄肉部５２としている。絶縁膜６２における半導体基板６１と反対の面であってカバー５０の厚肉部５３には、接合用の金属層５５が形成されている。金属層５５は、上記した超音波センサ３０の金属層４６と接合されており、この接合により、基板３１の開口部４２を含んで密閉空間９０が形成されている。

[0079] また、金属層５５が形成された絶縁膜６２の表面であって、対向部５１にはカバー５０側の調整用電極７１が形成されている。この調整用電極７１は、垂直方向において平面矩形状の対向部５１（薄肉部５２）全域を覆うように、対向部５１よりも若干大きく形成されている。また、半導体基板６１及び絶縁膜６２を貫通する貫通電極６４に、配線７３を介して電気的に接続されている。

[0080] このように、本実施形態では、カバー５０の対向部５１が、絶縁膜６２と調整用電極７１からなる。一方、超音波センサ３０のメンブレン構造体３４は、第１実施形態同様、基板３１の薄肉部３２（半導体層４０及び絶縁膜４１）と圧電振動子３３からなる。このため、調整用電極７０を含むカバー５０の対向部５１の剛性が、メンブレン構造体３４の剛性よりも低くなっている。

[0081] このような構成を採用しても、第１実施形態に記載の超音波センサ装置１０と同等の効果を奏することができる。

[0082] また、検出用電極３５が調整用電極７０を兼ねるため、センサユニット１１、ひいては超音波センサ装置１０の構成を簡素化することができる。なお、検出用電極３６が調整用電極７０を兼ねても良い。さらには、検出用電極３５，３６とは別の電極として調整用電極７０を設けることもできる。例えば、半導体層４０と絶縁膜４１との間や薄肉部３２の一面３２ａに調整用電極７０を設けることができる。すなわち、メンブレン構造体３４の形成範囲内であれば特に限定されるものではない。

[0083] なお、本実施形態では、半導体基板６１及び絶縁膜６２からなるカバー５０の例を示したが、カバー５０の構成は上記例に特に限定されるものではない。第１実施形態同様、樹脂製のカバー５０を採用しても良い。

[0084] （第３実施形態）

第１実施形態では、受信時において、予め設定された所定電圧を調整用電圧として調整用電極７０，７１間に印加する例を示した。これに対し、本実施形態では、受信信号の周波数をＤＳＰ１１７が算出する。そして、制御回

路１１１は、算出された受信信号の周波数と、駆動信号の周波数、すなわち送信信号の周波数との差を算出し、この周波数差に基づく所定電圧を生成するように、調整用電圧生成回路１１８に指示する点を特徴とする。

[0085] 次に、本実施形態に係る送受信処理の一例を、図１４を用いて説明する。

[0086] ステップ２０の送信処理は、第１実施形態に示したステップ１０と同じである（図７参照）。なお、本実施形態では、上記したように基板３１の一面３１ａ側から超音波が送信される。この超音波の周波数は駆動信号の周波数ｆ１と一致している。

[0087] 超音波が送信されると、次いで、制御回路１１１は、ＤＳＰ１１７が算出した圧電振動子３３の受信信号の振幅が、ＤＳＰ１１７のメモリに予め記憶された所定の閾値より大きいか否かを比較する。すなわち、超音波センサ３０（圧電振動子３３）が反射波を受信したか否かを判定する（ステップ２１）。

[0088] ステップ２１にて、駆動信号を生成してから反射波を受信可能な所定期間において、圧電振動子３３の受信信号の振幅が閾値よりも小さい場合、再度ステップ２０，２１を実行する。一方、圧電振動子３３の受信信号の振幅が閾値よりも大きい場合、制御回路１１１は、ＤＳＰ１１７が算出した受信信号の周波数と、制御回路１１１のメモリに記憶された駆動信号の周波数ｆ１とから、周波数差を算出する（ステップ２２）。このステップ２２が、特許請求の範囲に記載の周波数差算出手段に相当する。

[0089] そして、制御回路１１１は、算出した周波数差から、調整用電圧生成回路１１８が生成すべき電圧値を決定する（ステップ２３）。このステップ２３が、特許請求の範囲に記載の電圧値決定主段に相当する。例えば周波数差が大きい、すなわちドップラーシフト量が大きいほど、メンブレン構造体３４のＱ値が低くなるように、調整用電圧として大きい値が設定される。

[0090] 次いで、調整用電圧値が決定されると、Ｓ２０同様、超音波の送信処理が実行される（ステップ２４）。制御回路１１１から調整用電圧生成回路１１８には、調整用電圧生成の指示信号は出力されない。

[0091] 次に、送信処理（ステップ２３）の終了後、制御回路１１１は、調整用電圧生成回路１１８に対し、調整用電圧の生成を指示する。このとき、ステップ２０～２３の処理で決定された所定の電圧値を生成すべく指示する。これを受け、調整用電圧生成回路１１８は、所定電圧を調整用電極７０，７１間に印加する（ステップ２５）。このステップ２５が、特許請求の範囲に記載の電圧印加手段に相当する。以後のステップ２６～２８は、第１実施形態に示したステップ１２～１４と同じである。

[0092] このように本実施形態によれば、送信周波数と受信した反射波の周波数の差に基づいて、調整用電極７０，７１に印加される調整用電圧の電圧値が決定される。すなわち、相対的に移動する被検体の移動状態（例えば速度）に応じて受信状態のＱ値が設定される。このため、被検体の相対的な移動状態によらず、被検体を精度良く検出することができる。

[0093] なお、図１４に示すフローでは、ステップ２４～２８の処理を１回実行するごとに、ステップ２０～２３の処理を実行する例を示した。しかしながら、所定の期間においてステップ２４～２８の処理を繰り返し実行しても良い。すなわち、決定された調整用電圧値を用いて、複数回送受信処理を実行するようにしても良い。

（他の実施形態）

本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

[0094] 上記実施形態では、処理回路１１０により調整用電極７０，７１間に電圧を印加して、カバー５０の対向部５１とメンブレン構造体３４との対向間隔Ｄを静電気力により変更することで、メンブレン構造体３４のＱ値を変更している。すなわち、調整用電極７０，７１がＱ値可変手段として機能する。Ｑ値可変手段は上記実施形態に限定されない。

[0095] 図１５に示す例では、カバー５０の上面にカバー５０とは異なる熱膨張係数を有する膜２００を設け、カバー５０あるいは膜２００に電流を流し、発熱させる。その結果、カバー５０と膜２００との熱膨張係数の差により、カバー５０がたわみ、対向間隔Ｄが変更される。すなわち、膜２００がＱ値可変手段として機能する。

[0096] 図１６に示す例では、カバー５０の内面に圧電体２１０を固定し、圧電体２１０に電流を流すことで圧電体２００を歪ませる。その結果、カバー５０がたわみ、対向間隔Ｄが変更される。すなわち、圧電体２１０がＱ値可変手段として機能する。

[0097] 図１７に示す例では、カム２２０がカバー５０の上部に設けられている。カム２２０は所定の回転角度でカバー５０の上面を押すように接する。その結果、カバー５０がたわみ、対向間隔Ｄが変更される。すなわち、カム２２０がＱ値可変手段として機能する。

[0098] 図１８に示す例では、カバー５０の屋根部が取り除かれ、ピストン２３０がカバー５０の側面と摺動するように配置されて、密閉空間９０を形成している。この場合、ピストン２３０の下面とメンブレン構造体３４との間隔が対向間隔Ｄであり、ピストン２３０が上下運動することで、対向間隔Ｄが変更される。すなわち、ピストン２３０がＱ値可変手段として機能する。

[0099] 図１９に示す例では、カバー５０の屋根部に貫通孔が形成され、ポンプ２４０が貫通孔を介して、密閉空間９０に接続されている。ポンプ２４０により、密閉空間９０内の圧力や温度を変化させることで、密閉空間９０内の気体の粘性係数μを変化させる。前述の通り、密閉空間９０のダンピング係数Ｃは、密閉空間９０に封入される気体の粘性係数μに比例する。従って、密閉空間９０内の圧力や温度を変化させれば、密閉空間９０のダンピング係数Ｃを変更できる。その結果、メンブレン構造体３４のＱ値が変更される。すなわち、ポンプ２４０がＱ値可変手段として機能する。

[0100] あるいは、ポンプ２４０により、密閉空間９０内の気体を入れ替えることで、密閉空間９０のダンピング係数Ｃ、ひいてはメンブレン構造体３４のＱ

値を変更することもできる。具体的には、超音波送信時には、粘性係数の小さな第一の気体(例えば空気)を入れ、超音波受信時には、第一の気体よりも粘性係数の大きな第二の気体(例えばヘリウム)と入れ替える。

[0101] 図２０に示す例では、カバー５０の上面に磁石２５０を固定し、近傍に配置されたコイルに電流を流して、磁石２５０の周りに磁界を発生させる。その結果、カバー５０がたわみ、対向間隔Ｄが変更される。すなわち、磁石２５０がＱ値可変手段として機能する。

[0102] 図２１に示す例では、カバー５０とダイアフラム２６０で油圧ダイヤフラムポンプ構成し、密閉空間９０の気体圧力や温度を変化させている。すなわち、ダイアフラム２６０がＱ値可変手段として機能する。

[0103] 上述のように、図１５～図２１に示す例では、対向間隔Ｄを変化させる、あるいは密閉空間９０内の気体の粘性係数を変化させることで、メンブレン構造体３４のＱ値を変化させている。その他の方法として、熱などにより伸び縮みする部材をメンブレン構造体３４の取り付けることでメンブレン構造体３４の応力を変化させ、メンブレン構造体３４のＱ値を変更することもできる。この場合、当該部材がＱ値可変手段として機能する。

請求の範囲

［請求項1］ 基板（３１）と、

前記基板（３１）の厚さ方向において対向配置された一対の検出用電極（３５，３６）間に圧電体（３７）が介在されてなり、前記基板（３１）の一面（３１ａ）上に形成されて、前記基板（３１）の他の部分よりも剛性の低いメンブレン構造体（３４）を構成する圧電振動子（３３）と、を有し、

前記圧電振動子（３３）により超音波を送信するとととともに、同一の前記圧電振動子（３３）によりその反射波を受信する超音波センサ（３０）を備えた超音波センサ装置であって、

前記圧電振動子（３３）が超音波を送信する送信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値を、前記圧電振動子（３３）が超音波を受信する受信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値よりも大きくするＱ値可変手段（７０，７１、１１０、２００，２１０，２２０，２３０，２４０，２５０，２６０）を有する超音波センサ装置。

［請求項2］ 前記基板（３１）の厚さ方向において、前記メンブレン構造体（３４）と離間しつつ対向して配置された対向部（５１）を有し、前記基板（３１）に固定されて、前記基板（３１）との間に気体が封入された密閉空間（９０）を形成するカバー（５０）を備え、

前記Ｑ値可変手段（７０，７１、１１０、２００，２１０，２２０，２３０，２５０）は、前記対向部（５１）と前記メンブレン構造体（３４）とのギャップ間隔を可変することで、前記圧電振動子（３３）が超音波を送信する送信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値を、前記圧電振動子（３３）が超音波を受信する受信期間の当該圧電振動子（３３）のＱ値よりも大きくする請求項１に記載の超音波センサ装置。

［請求項3］ 前記Ｑ値可変手段は、一方が前記超音波センサ（３０）に形成され、他方が前記カバー（５０）に形成されて前記基板（３１）の厚さ方

向において対向配置され、通電により静電引力を生じる一対の調整用電極（７０，７１）と、

前記調整用電極（７０，７１）への通電を制御する制御部（１１０）と、を備え、

前記静電引力により、前記カバー（５０）の対向部（５１）が前記メンブレン構造体（３４）に近づくように構成され、

前記制御部（１１０）は、少なくとも前記圧電振動子（３３）の受信状態で前記調整用電極（７０，７１）間に電圧を印加するとともに、前記圧電振動子（３３）の受信状態における前記カバー（５０）の対向部（５１）と前記メンブレン構造体（３４）との対向間隔（Ｄ２）のほうが、前記圧電振動子（３３）の送信状態における前記カバー（５０）の対向部（５１）と前記メンブレン構造体（３４）との対向間隔（Ｄ１）よりも狭くなるように前記調整用電極（７０，７１）への通電を制御する電圧印加手段（Ｓ１１，Ｓ２５）を有する請求項２に記載の超音波センサ装置。

［請求項4］ 前記基板（３１）は、薄肉部（３２）を有しており、

前記圧電振動子（３３）は、前記基板（３１）の一面（３１ａ）であって前記薄肉部（３２）上に形成されて、前記薄肉部（３２）とともに前記メンブレン構造体（３４）を構成している請求項１に記載の超音波センサ装置。

［請求項5］ 前記カバー（５０）は、前記基板（３１）の一面（３１ａ）に固定され、

前記カバー（５０）と前記基板（３１）との間に形成される密閉空間（９０）に、前記圧電振動子（３３）が収容される請求項２に記載の超音波センサ装置。

［請求項6］ 前記超音波センサ側の調整用電極（７０）は、前記基板（３１）において前記薄肉部（３２）とは異なる厚肉部（４３）に形成される請求項４に記載の超音波センサ装置。

[請求項7] 前記基板（３１）の厚さ方向に垂直な方向において、前記厚肉部（４３）は環状とされて前記薄肉部（３２）を取り囲んでいる請求項６に記載の超音波センサ装置。

[請求項8] 前記超音波センサ側の調整用電極（７０）は、前記基板（３１）の一面（３１ａ）上に形成される請求項３に記載の超音波センサ装置。

[請求項9] 前記カバー（５０）において、前記対向部（５１）と前記調整用電極（７１）の形成部分とを含む中央部分（５２）が、該中央部分（５２）に隣接する周辺部分（５３）よりも薄い請求項３に記載の超音波センサ装置。

[請求項10] 前記カバー側の調整用電極（７０）を含むカバー（５０）の中央部分（５２）の剛性が、前記メンブレン構造体（３４）の剛性よりも低い請求項９に記載の超音波センサ装置。

[請求項11] 前記圧電振動子（３３）の検出用電極（３５，３６）の一方が、前記超音波センサ側の調整用電極（７０）を兼ねており、

前記カバー側の調整用電極（７１）は、前記基板（３１）の厚さ方向に垂直な方向において、前記基板（３１）における薄肉部（３２）とは異なる厚肉部（４３）に対応して形成される請求項３に記載の超音波センサ装置。

[請求項12] 前記カバー（５０）は、前記基板（３１）における一面（３１ａ）と反対の面（３１ｂ）に固定され、前記対向部（５１）は、前記薄肉部（３２）における圧電振動子（３３）が形成された面と反対の面（３２ａ）に対向しており、

前記カバー側の調整用電極（７１）は、前記対向部（５１）に形成され、

前記超音波センサ側の調整用電極（７０）は、前記メンブレン構造体（３４）に形成され、

前記カバー側の調整用電極（７１）を含むカバー（５０）の対向部（５１）の剛性が、前記メンブレン構造体（３４）の剛性よりも低い

請求項３に記載の超音波センサ装置。

[請求項13] 前記圧電振動子（３３）の検出用電極（３５，３６）の一方が、前記超音波センサ側の調整用電極（７０）を兼ねる請求項１２に記載の超音波センサ装置。

[請求項14] 前記密閉空間（９０）に空気が封入されている請求項２～１３いずれか１項に記載の超音波センサ装置。

[請求項15] 前記密閉空間（９０）に、空気よりも粘性係数の大きい気体が封入されている請求項２～１３いずれか１項に記載の超音波センサ装置。

[請求項16] 前記電圧印加手段（Ｓ１１，Ｓ２５）は、前記圧電振動子（３３）の受信状態のみ、前記調整用電極（７０，７１）に電圧を印加する請求項３に記載の超音波センサ装置。

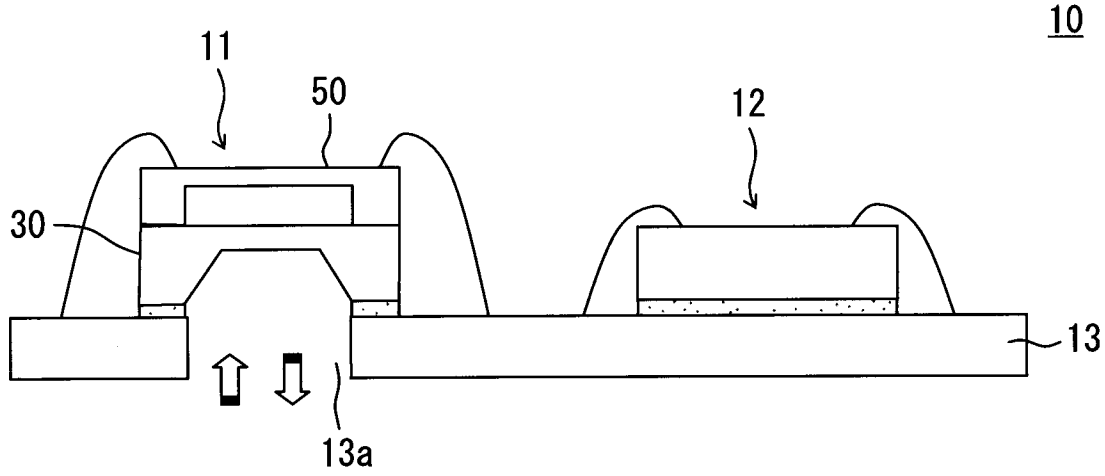
[請求項17] 前記制御部（１１０）は、

前記調整用電極（７０，７１）に電圧を印加しない状態で、前記圧電振動子（３３）が送信する超音波の周波数と、送信した超音波の反射波の周波数との差を算出する周波数差算出手段（Ｓ２２）と、

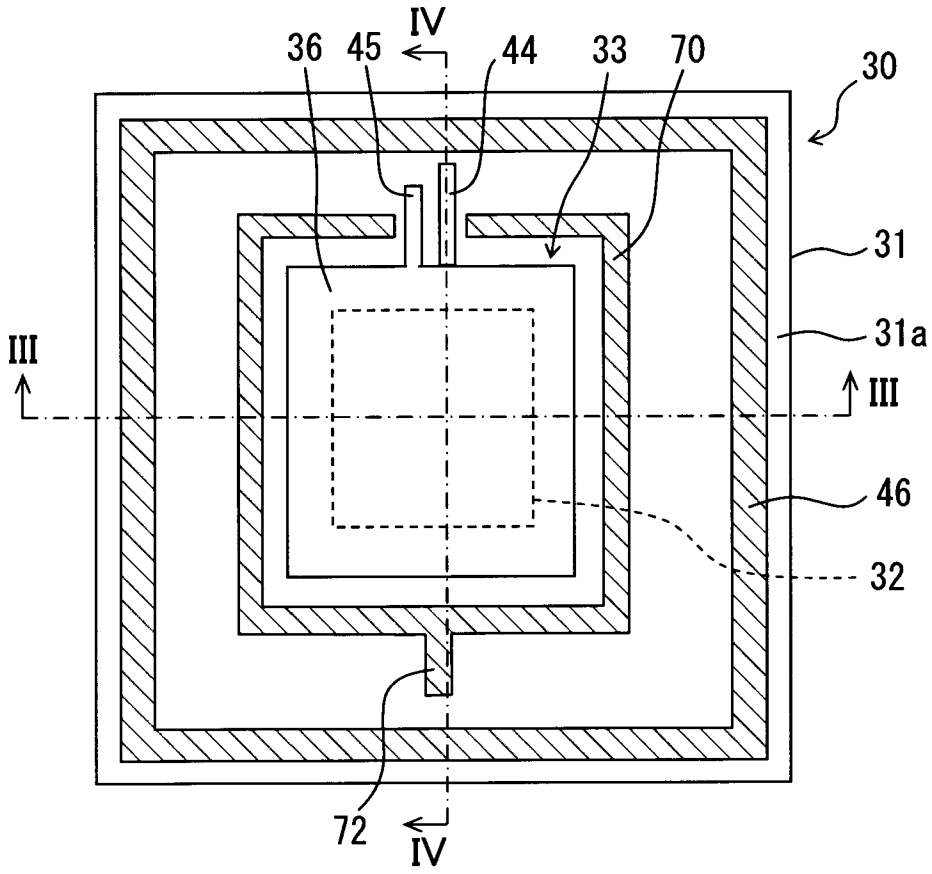
前記周波数差算出手段により算出された周波数差により、前記調整用電極（７０，７１）に印加する電圧値を決定する電圧値決定手段（Ｓ２３）と、を有し、

前記電圧印加手段（Ｓ２５）は、前記電圧値決定手段（Ｓ２３）にて決定された電圧値を前記調整用電極（７０，７１）に印加する請求項１６に記載の超音波センサ装置。

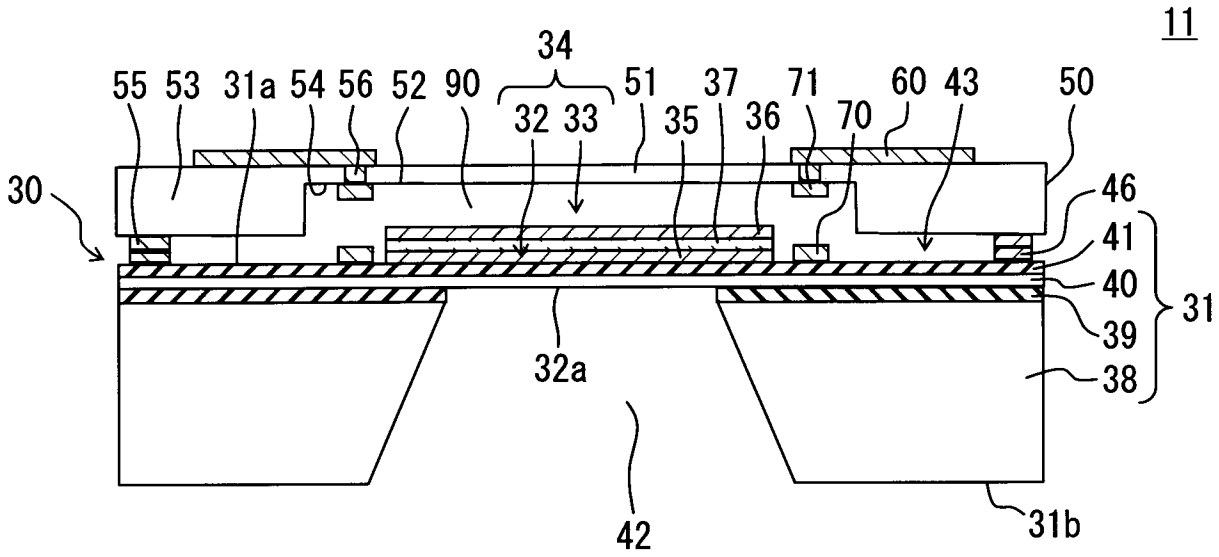
[図1]



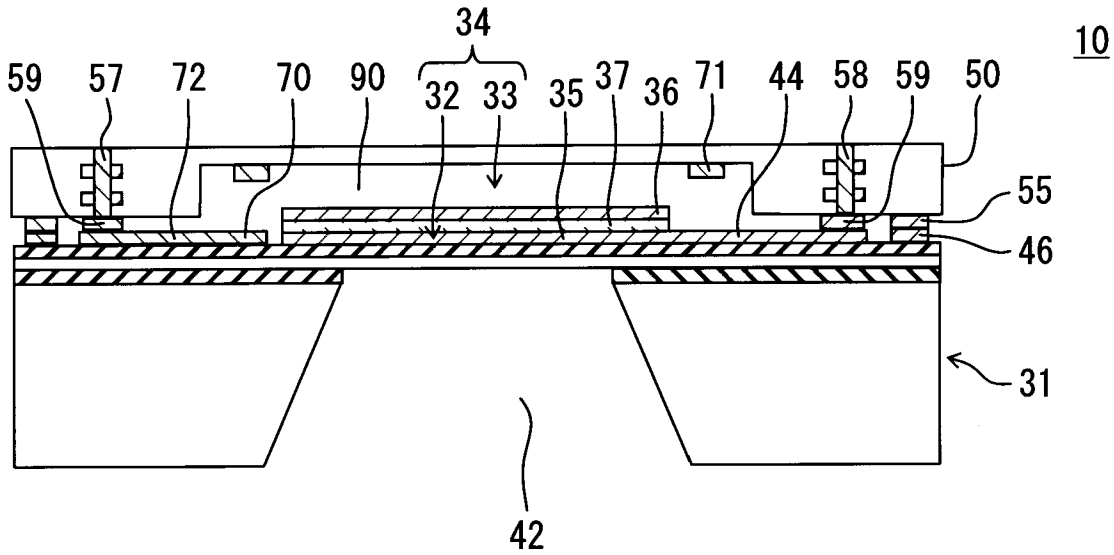
[図2]



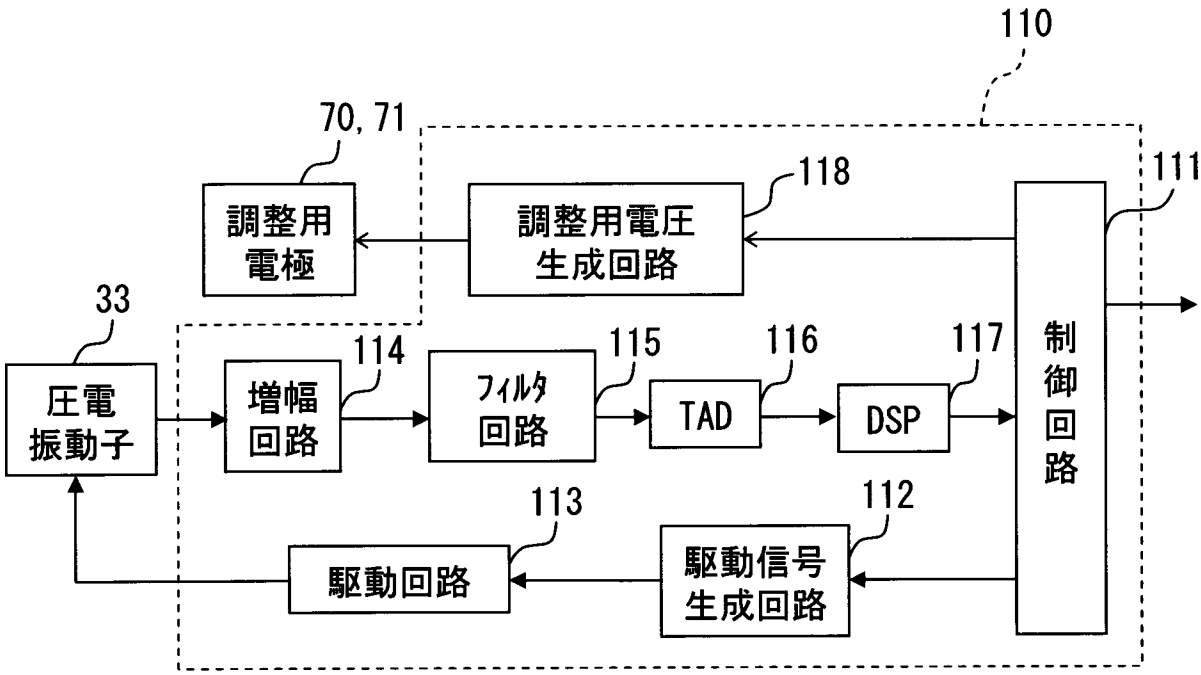
[図3]


11
34
55
53
31a
54
56
52
90
32
33
51
35
37
36
71
70
60
43
50
30
46
41
40
39
38
31
32a
42
31b

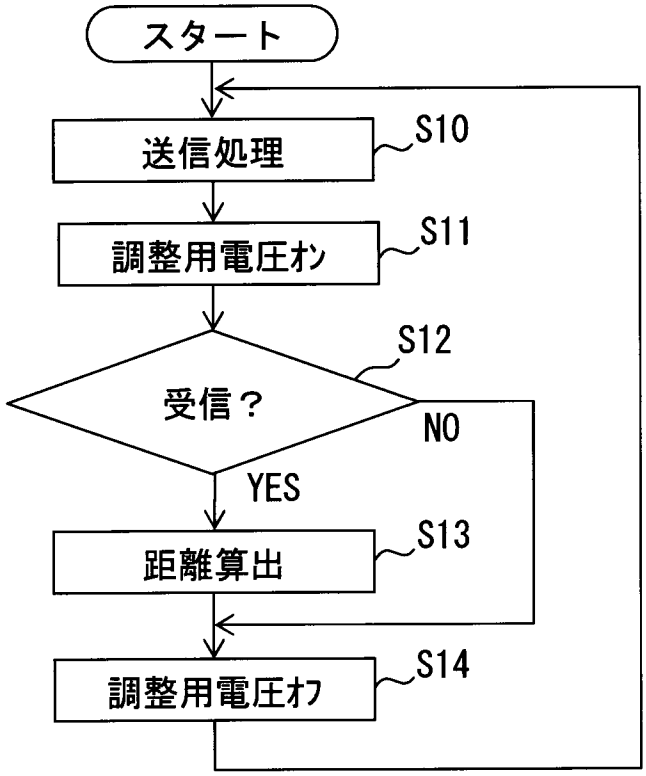
[図4]


10
34
59
57
72
70
90
32
33
35
37
36
71
44
58
59
50
55
46
31
42

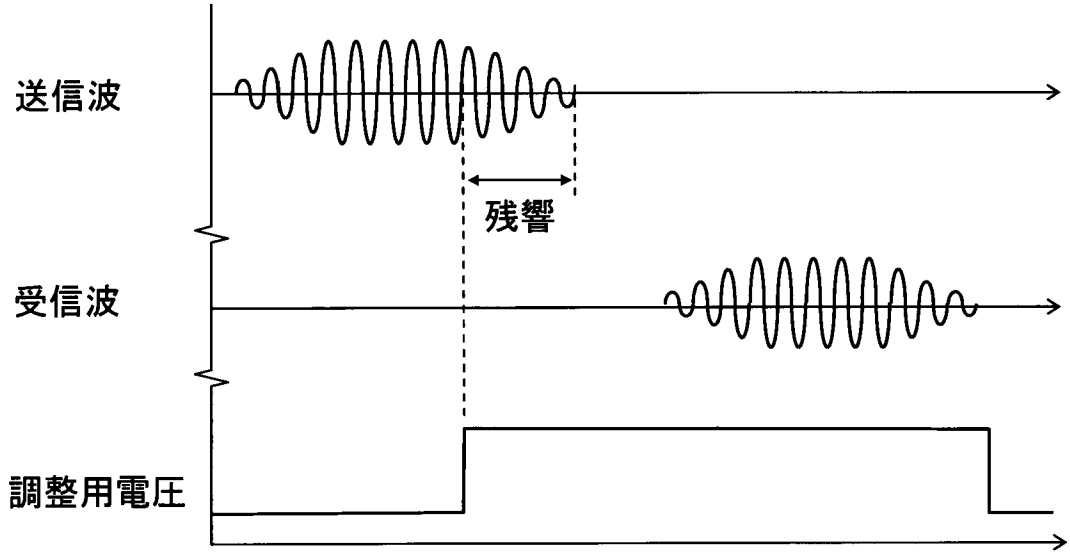
[図5]


110
70, 71
調整用
電極
118
調整用電圧
生成回路
111
33
圧電
振動子
114
増幅
回路
115
フィルタ
回路
116
TAD
117
DSP
制
御
回
路
113
112
駆動回路
駆動信号
生成回路

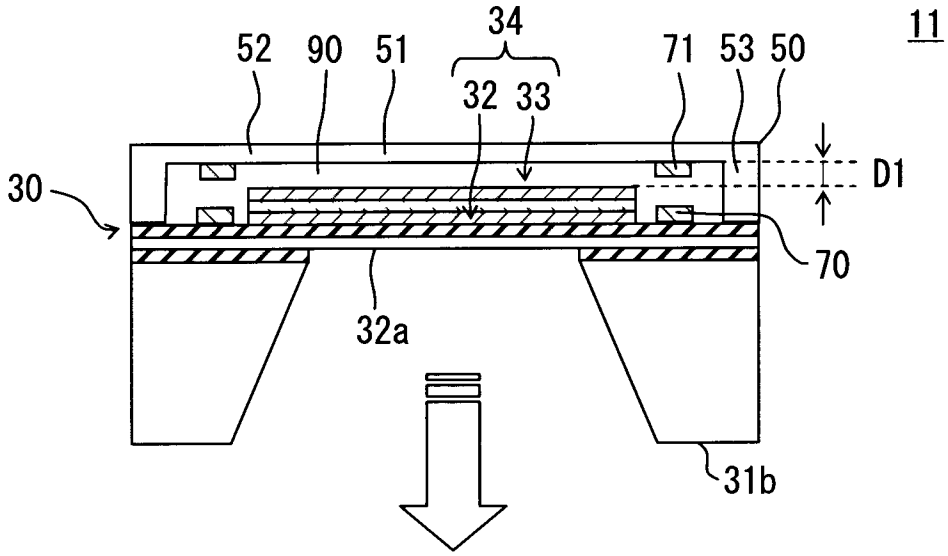
[図6]


スタート
送信処理
S10
調整用電圧オン
S11
S12
受信？
NO
YES
距離算出
S13
調整用電圧オフ
S14

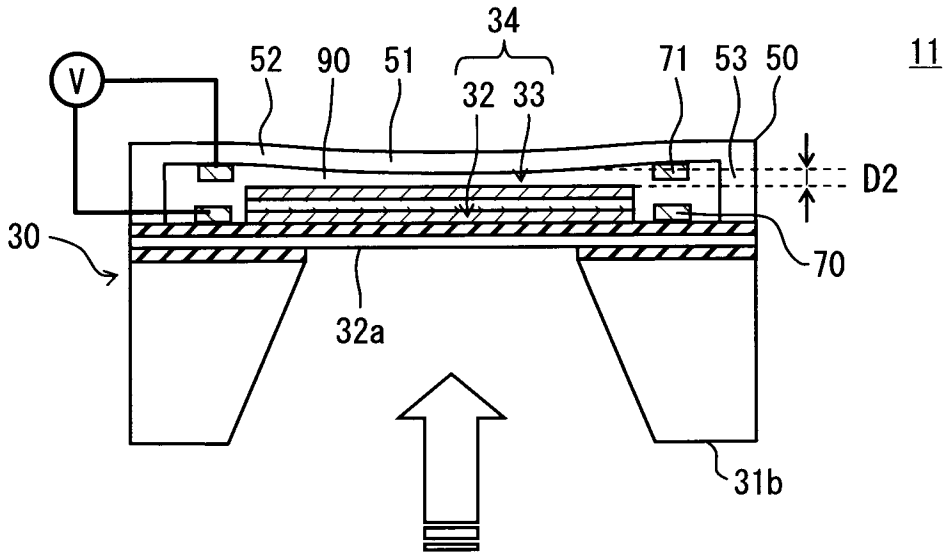
[図7]



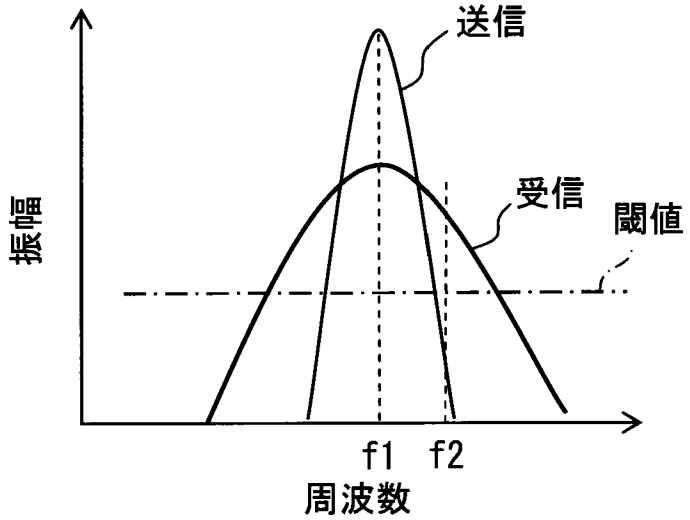
[図8]



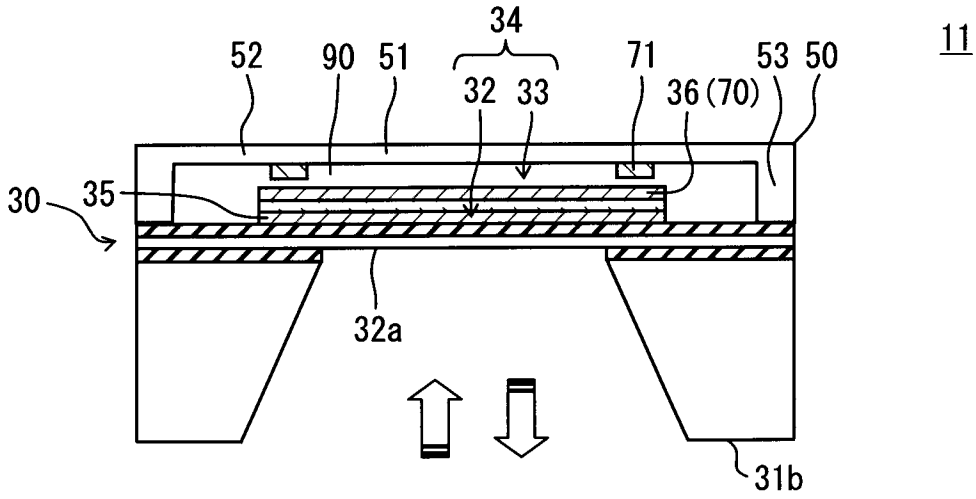
[図9]


34
52
90
51
32
33
71
53
50
11
V
D2
30
70
32a
31b

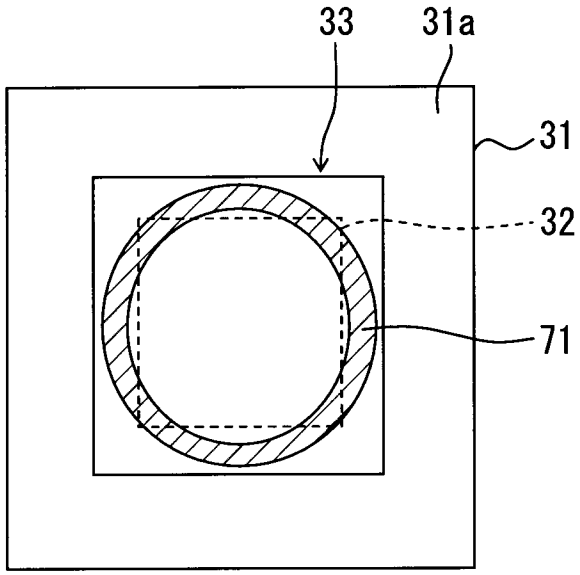
[図10]


送信
受信
閾値
振幅
f1
f2
周波数

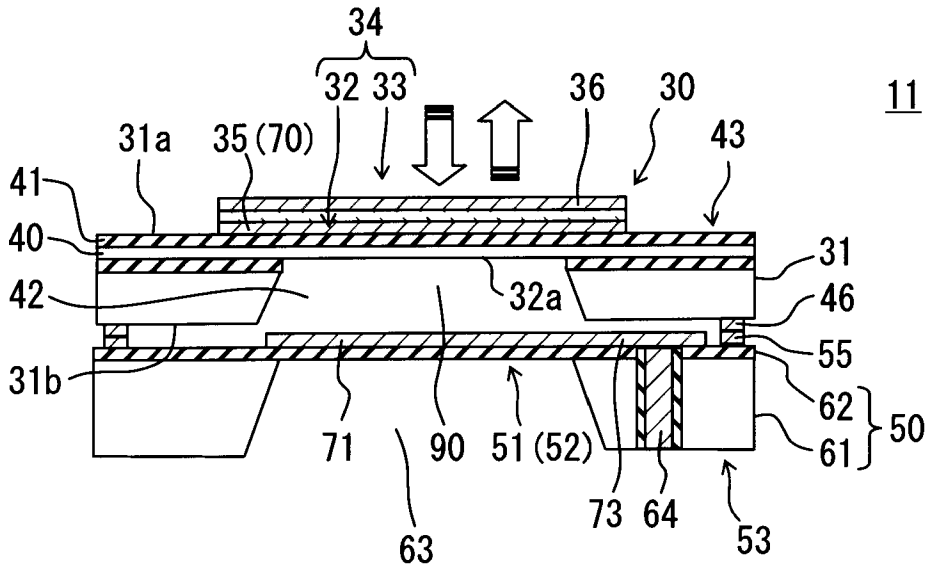
[図11]


34
52
90
51
32
33
71
36(70)
53
50
11
30
35
32a
31b

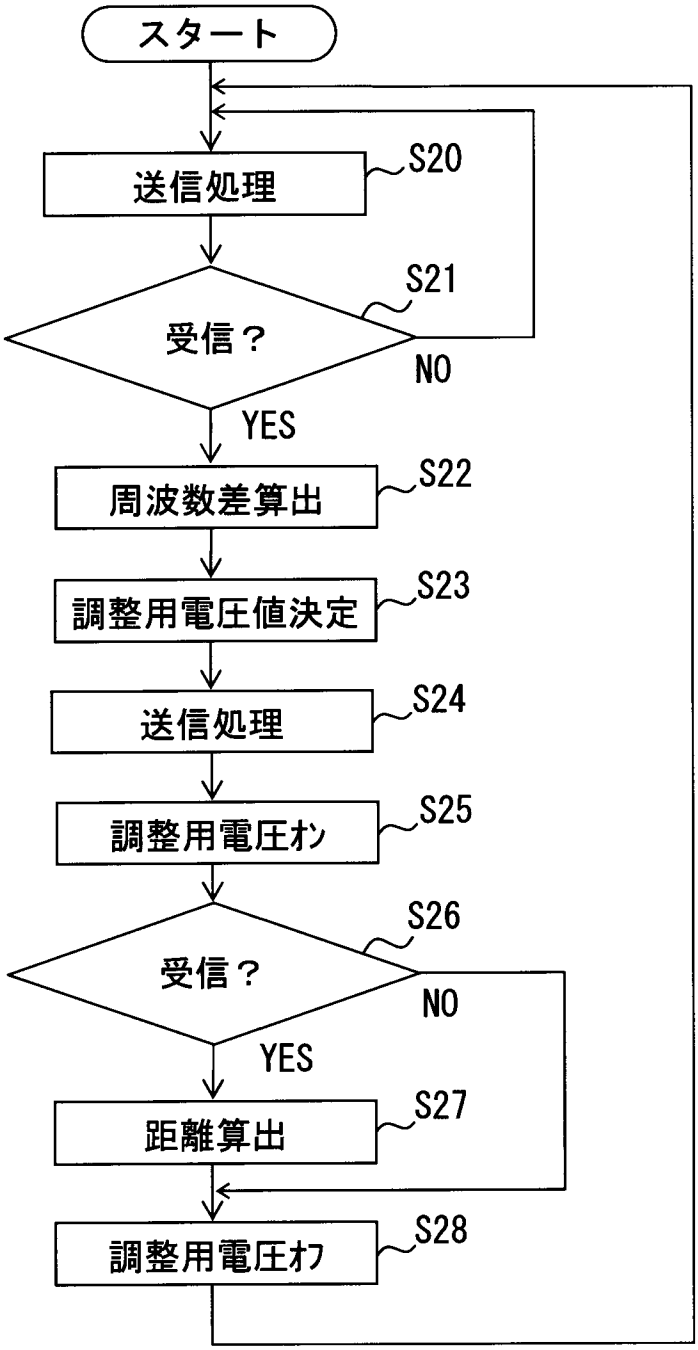
[図12]


33
31a
31
32
71

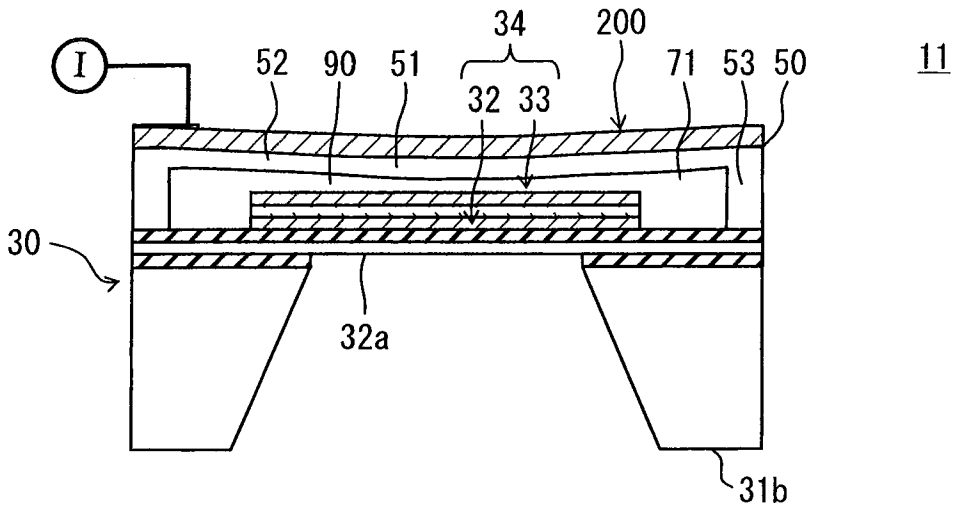
[図13]


34
32 33
36
30
11
31a
35(70)
43
41
40
31
42
32a
46
55
31b
62
50
61
71
90
51(52)
73
64
53
63

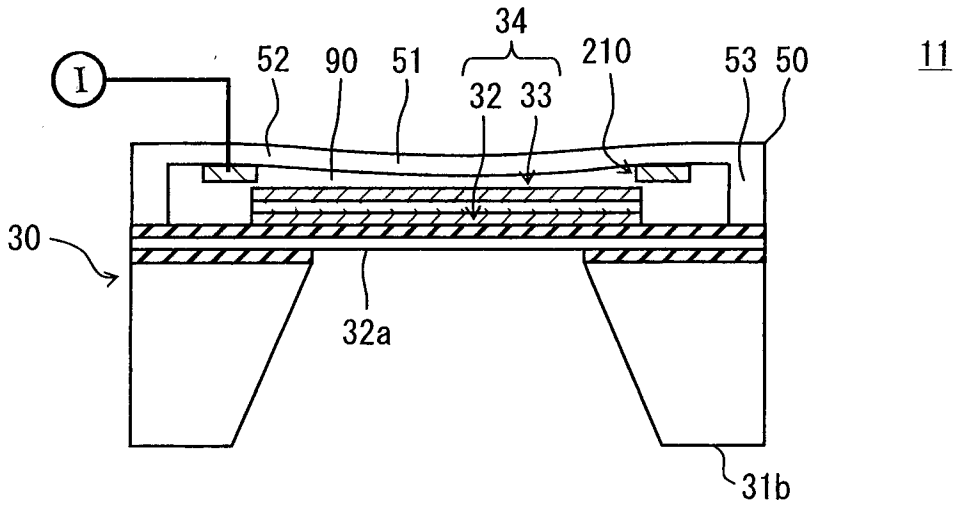
[図14]


スタート
送信処理
S20
受信？
S21
NO
YES
周波数差算出
S22
調整用電圧値決定
S23
送信処理
S24
調整用電圧オン
S25
受信？
S26
NO
YES
距離算出
S27
調整用電圧オフ
S28

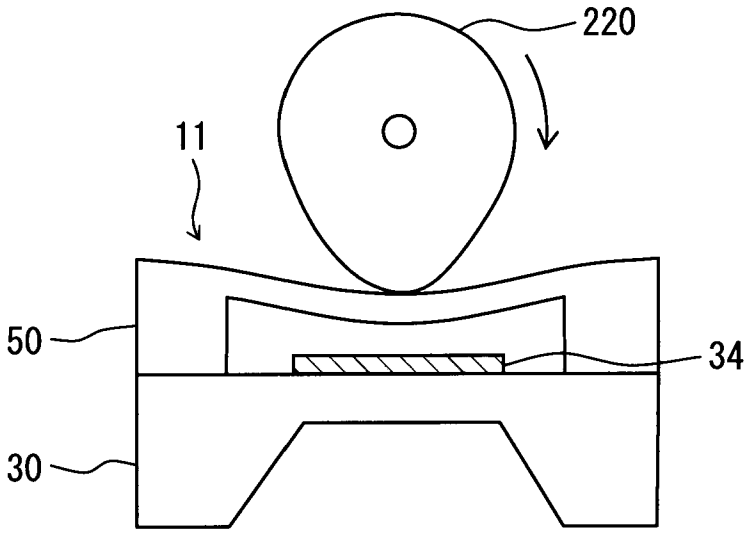
[図15]


I
52
90
51
34
32
33
200
71
53
50
11
30
32a
31b

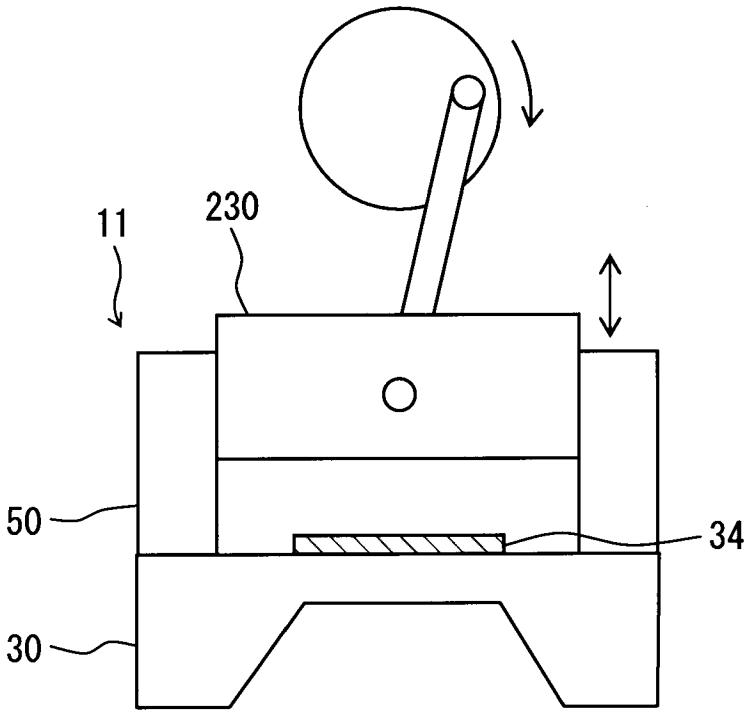
[図16]


I
52
90
51
34
32
33
210
53
50
11
30
32a
31b

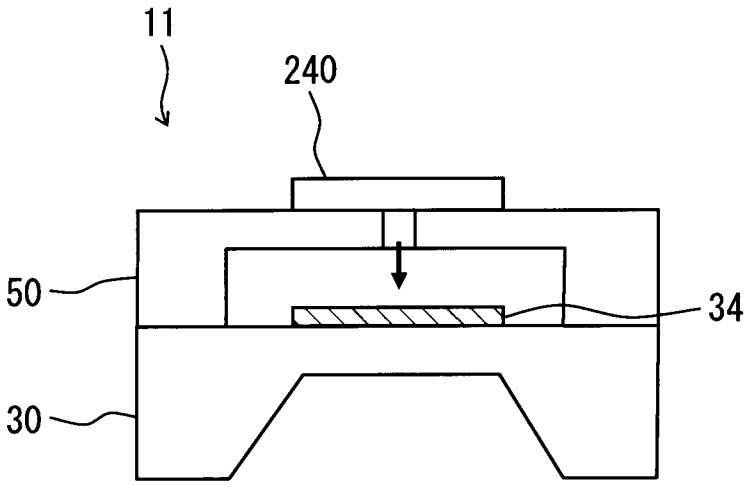
[図17]


220
11
50
34
30

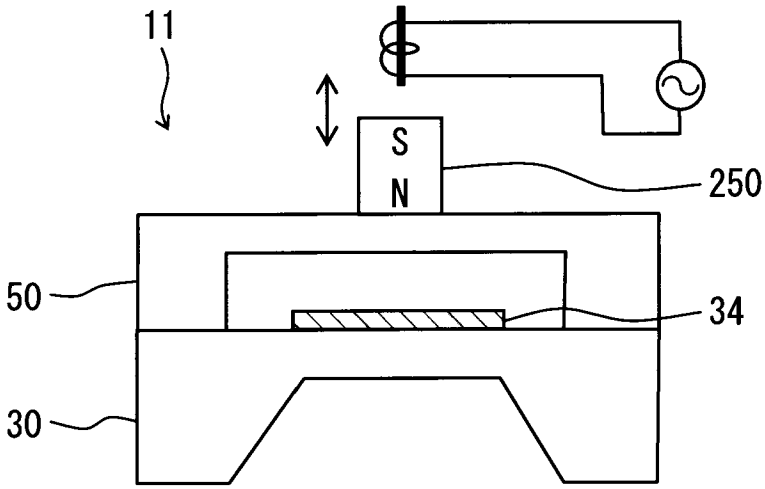
[図18]



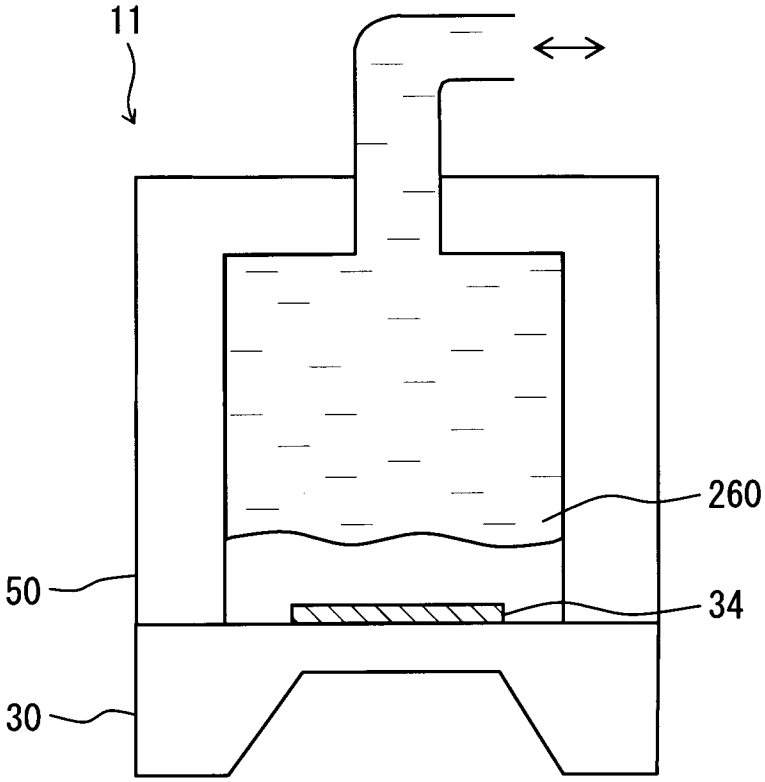
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/003802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04R17/00(2006.01)i, *G01S7/52*(2006.01)i, *H04R3/00*(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)
H04R17/00, G01S7/52, H04R3/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2006-094459 A (Denso Corp., Nippon Soken, Inc.), 06 April 2006 (06.04.2006), paragraphs [0169] to [0187]; fig. 22, 24 & US 2006/0043843 A1 & US 2007/0040477 A1 & US 2008/0116765 A1 & DE 102005040081 A & FR 2874780 A & KR 10-2006-0050660 A & CN 1740814 A	1-17
A	JP 2000-253494 A (Nippon Soken, Inc., Toyota Motor Corp.), 14 September 2000 (14.09.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05 July, 2012 (05.07.12)	17 July, 2012 (17.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/003802

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 2001-258879 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 25 September 2001 (25.09.2001), entire text; all drawings & US 2002/0007118 A1	1-17
A	JP 3-133300 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 06 June 1991 (06.06.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2002-188946 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 05 July 2002 (05.07.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／００３８０２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04R17/00(2006.01)i, G01S7/52(2006.01)i, H04R3/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04R17/00, G01S7/52, H04R3/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 2006-094459 A（株式会社デンソー、株式会社日本自動車部品総合研究所）2006.04.06,【０１６９】－【０１８７】、図２２、図２４ & US 2006/0043843 A1 & US 2007/0040477 A1 & US 2008/0116765 A1 & DE 102005040081 A & FR 2874780 A & KR 10-2006-0050660 A & CN 1740814 A	１－１７
Ａ	JP 2000-253494 A（株式会社日本自動車部品総合研究所、トヨタ自動車株式会社）2000.09.14, 全文、全図（ファミリーなし）	１－１７

☑　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 ０５．０７．２０１２	国際調査報告の発送日 １７．０７．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 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）　５Ｚ　４１８８ 冨澤　直樹 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５９１

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 2001-258879 A（オリンパス光学工業株式会社）2001.09.25，全文、全図 & US 2002/0007118 A1	１－１７
Ａ	JP 3-133300 A（富士電機株式会社）1991.06.06，全文、全図（ファミリーなし）	１－１７
Ａ	JP 2002-188946 A（株式会社村田製作所）2002.07.05，全文、全図（ファミリーなし）	１－１７