

(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2017-158744

(P2017-158744A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.
A61B 8/13 (2006.01)F1
A61B 8/13テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-45038 (P2016-45038)
(22) 出願日 平成28年3月8日 (2016.3.8)(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100086483
弁理士 加藤 一男
(72) 発明者 丸山 綾子
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
(72) 発明者 虎島 和敏
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
(72) 発明者 香取 篤史
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
Fターム(参考) 4C601 DD08 DE16 GB09 GB14

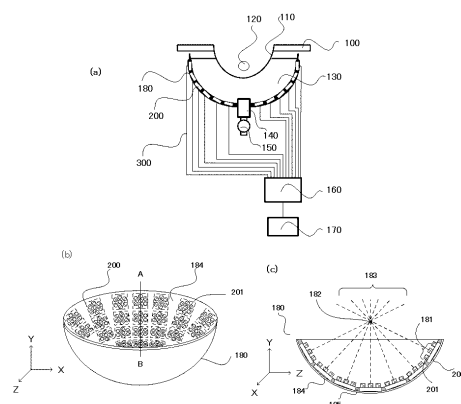
(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサユニット及びそれを備える情報取得装置

(57) 【要約】

【課題】半球状等の音響波センサの解像度の向上に係わる技術を提供する。

【解決手段】超音波トランスデューサユニット180は、複数の超音波トランスデューサ素子201を有する超音波トランスデューサ200と、超音波トランスデューサを複数支持し、被検体120に向かって凹部を有している探触子筐体184と、を有する。複数の超音波トランスデューサ素子201は、同一の平面上に配置され、平面は、探触子筐体の曲率中心182を向くように配置されている。複数の超音波トランスデューサ素子201は、探触子筐体の曲率中心と超音波トランスデューサの平面を結ぶ垂線の周りに、軸対称に配置されている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の超音波トランスデューサ素子を有する超音波トランスデューサと、前記超音波トランスデューサを複数支持し、所定の位置に配置される被検体に向かって凹部を有するように形成されている探触子筐体と、を有する超音波トランスデューサユニットであって、

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、同一の平面上に配置され、前記平面は、前記探触子筐体の曲率中心を向くように配置されており、

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記探触子筐体の曲率中心と前記超音波トランスデューサの平面を結ぶ垂線の周りに、軸対称に配置されていることを特徴とする超音波トランスデューサユニット。

10

【請求項 2】

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記垂線の周りに、360度を除く角度前記平面を回転したとき、配置が元の配置と重なって変化しないように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 3】

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記垂線の周りに、等角度間隔で前記平面を回転したとき、全ての回転において配置が元の配置と重なって変化しないように設けられていることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 4】

前記超音波トランスデューサ素子は、前記平面において前記垂線が立つ位置に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

20

【請求項 5】

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記垂線が立つ位置に設けられた中心素子の周りに 1 周以上の同心的な環状配置で設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 6】

前記超音波トランスデューサ素子は、前記平面において前記垂線が立つ位置には設けられていないことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

30

【請求項 7】

複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記探触子筐体の曲率中心を向くように配置された素子と前記探触子筐体の曲率中心を向かないように配置された素子とを含むことを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 8】

前記平面の中心から離れた位置に配置された前記超音波トランスデューサ素子の感度が、前記平面の中心側に配置された前記超音波トランスデューサ素子の感度よりも高いことを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 9】

前記平面の中心から離れた位置に配置された前記超音波トランスデューサ素子の大きさが、前記平面の中心側に配置された超音波トランスデューサ素子の大きさより小さいことを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

40

【請求項 10】

複数の前記超音波トランスデューサは、前記探触子筐体の凹部の上端から底部中心に向かった母線に沿って略等間隔で並んだ配置が、底部中心の周りに等角度間隔で繰り返された配置で設けられていることを特徴とする請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 11】

前記超音波トランスデューサ素子は、間隙を隔てて形成された一対の電極のうちの一方の電極を含む振動膜が振動可能にそれぞれ支持された複数のセルを有する静電容量型トラ

50

ンスデューサ素子であることを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニット。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニットと、処理部と、を有し、

前記超音波トランスデューサユニットは、被検体からの音響波を検出して検出信号を出力し、

前記処理部は、前記検出信号を処理することで前記被検体の情報を取得することを特徴とする情報取得装置。

【請求項 13】

10

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の超音波トランスデューサユニットと、光を出射する光源と、処理部と、を有し、

前記超音波トランスデューサユニットは、前記光源から出射されて被検体に照射された前記光によって生じる光音響波を検出して検出信号を出力し、

前記処理部は、前記検出信号を処理することで前記被検体の情報を取得することを特徴とする情報取得装置。

【請求項 14】

前記処理部は、前記検出信号を処理することで前記被検体の画像情報を取得し、

前記画像情報に基づいて、前記被検体の画像を表示する表示部を有することを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の情報取得装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、静電容量型トランスデューサなどの超音波トランスデューサを有する超音波トランスデューサユニット、それを備える光音響装置などの情報取得装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、マイクロマシニング技術によって製造される微小機械部材はマイクロメータオーダーの加工が可能であり、これらを用いて様々な微小機能素子の実現されている。このような技術を用いた静電容量型トランスデューサ (Capacitive micromachined ultrasonic transducers (以下 CMUT と略することがある)) は、圧電素子の代替品として研究されている。このような静電容量型トランスデューサによると、振動膜の振動を用いて超音波等を送信、受信することができ、特に液中において優れた広帯域特性を得ることができる。

30

【0003】

こうした技術に関して、複数の超音波トランスデューサを半球状に配列した半球状の音響波センサと被検体の被検部位を入れるカップ状の容器とを有する装置が特許文献 1 に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

40

【特許文献 1】米国特許公開 201306865 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半球状の曲面への高密度な実装は困難であるため、超音波トランスデューサ素子を同一平面上に複数配置した集合体ないし群 (超音波トランスデューサ) を用意し、集合体を実装する方法がある。このとき全ての超音波トランスデューサ素子を半球状の音響波センサの曲率中心を向くように配置すると、曲率中心以外から発生した信号の検出能力が低下することがある。検査対象領域が曲率中心とその周辺の場合、検査対象領域の画像解像度に分布が生じ、画質が劣化することがある。

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題に鑑み、本発明の一側面の超音波トランスデューサユニットは、複数の超音波トランスデューサ素子を有する超音波トランスデューサと、前記超音波トランスデューサを複数支持し、所定の位置に配置される被検体に向かって凹部を有するように形成されている探触子筐体と、を有する。複数の前記超音波トランスデューサ素子は、同一の平面上に配置され、前記平面は、前記探触子筐体の曲率中心を向くように配置されている。さらに、複数の前記超音波トランスデューサ素子は、前記探触子筐体の曲率中心と前記超音波トランスデューサの平面を結ぶ垂線の周りに、軸対称に配置されている。

【発明の効果】

10

【0007】

本発明によれば、探触子筐体の曲率中心を略向くトランスデューサ素子とこの曲率中心を向かないトランスデューサ素子があることで、検査対象（被検体）領域内の解像度の分布を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の超音波診断装置の一例、その中の超音波ユニットの一例を示す図。

【図2】超音波トランスデューサの例を示す図。

【図3】超音波トランスデューサの一例、素子の指向性による感度低下比を示す図。

【図4】超音波トランスデューサの一例、素子の指向性による感度低下比を示す図。

20

【図5】実施例1の超音波トランスデューサの一例を示す図。

【図6】実施例1の超音波トランスデューサ、素子、セルを示す図。

【図7】実施例1の静電容量型トランスデューサ素子の製造方法の一例を示す図。

【図8】実施例1の筐体、トランスデューサ、セルの例を示す図。

【図9】素子の後段に接続される受信プリアンプを示す図。

【図10】総合的な受信感度、出力電流、受信プリアンプの電流電圧変換ゲインを示す図。

【図11】実施例1、2の素子群の総合的な受信感度を示す図。

【図12】実施例3の素子群の総合的な受信感度を示す図。

【図13】実施例4の素子群の総合的な受信感度を示す図。

30

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の一側面は、次の点を特徴とする。即ち、半球状等の音響波センサの解像度を向上すべく、凹状の探触子筐体の曲率中心を向くように配置された複数の超音波トランスデューサの同一平面上で、複数の超音波トランスデューサ素子が、曲率中心と平面を結ぶ垂線の周りに、軸対称に配置されている。ここで、複数の超音波トランスデューサ素子は同一平面上で同じ方向を指向して、すなわち各素子に立てた垂線が略平行になるように配置されている。従って、中心素子ないし中心の垂線が前記曲率中心と正対するように超音波トランスデューサを配置するとき、その周りの他の素子に立てた垂線は前記曲率中心から外れた点と正対することになる。このことを利用して、被検体領域内の解像度の分布を向上させることができる。被検体の広がりなどの状態に応じて、複数の素子の総合的な受信感度特性（素子の出力特性に加えて、素子の後段に接続される増幅器などのゲイン特性を考慮した特性）をそれぞれ調整すれば、より解像度の分布を向上させることができる。

40

【0010】

以下に図面を参照しつつ、本発明の実施形態ないし実施例を詳しく説明する。なお、同一の構成要素には原則として同一の参照番号を付して、再度の説明は省略ないし簡略化する。ただし、以下に記載されている詳細な計算式、計算手順、材料、寸法、形状などは、発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものであり、本発明の範囲を以下の記載に限定する趣旨のものではない。

【0011】

50

< システム構成 >

図 1 を参照しながら、本発明に係る超音波トランスデューサユニット（以下、超音波ユニットとも記す）ないし光音響診断装置（情報取得装置）の構成例を説明する。図 1（a）は本実施形態の全体構成を示す図である。本実施形態に係る光音響診断装置は、取り付け部 100、被検体 120 を保持する形状保持部 110、音響マッチング材 130、光学系 140、光源 150、処理部 160、画像表示部 170、超音波ユニット 180 を含む。測定は、形状保持部 110 に被検者（被検体）120 の乳房などを挿入して行う。光源 150 から発生したパルス光は、被検体に光を照射するための光照射部の一部をなす光学系 140 を介して凹状の超音波ユニット 180 の頂点近傍から形状保持部 110 の方向に導かれ、被検体 120 に照射される。被検体内部を伝播した光のエネルギーの一部が血液などの光吸収体に吸収されると、その被検体 120 の光吸収体の熱膨張により音響波が発生する。被検体 120 で発生した音響波は全ての方向に伝播し、音響マッチング材 130 を伝播して超音波ユニット 180 内に配置された超音波トランスデューサ 200 の各々で受信され、処理部 160 において解析される。解析結果は、被検体 120 の特性情報を表す画像として画像表示部 170 に出力される。

10

【0012】

< 光源 >

光源 150 はパルス光を出射する装置である。光源はレーザー光源であることが望ましいが、発光ダイオードやフラッシュランプ等を用いることもできる。パルス光の照射のタイミング、波形、強度等は不図示の光源制御部により制御される。光音響波を効果的に発生させるためには、被検体 120 の熱特性に応じて、十分短い時間に光を照射しなければならない。被検体 120 が生体である場合、光源から発生するパルス光のパルス幅は略 50 ナノ秒程度が好適である。パルス光の波長は、被検体内部まで光が伝播する波長であることが望ましい。具体的には、600 nm 以上 1200 nm 以下程度であることが望ましい。この領域の光は比較的深部まで到達することができ、深部の情報を得ることができる。さらに、パルス光の波長は、観測対象に対して吸収係数が高いことが望ましい。

20

【0013】

< 光学系 >

光学系 140 は、光源 150 で発生したパルス光を被検体 120 へ導く手段である。具体的には、所望のビーム形状、光強度分布が得られるように光ファイバ、レンズ、ミラー、拡散板などで構成された光学部材である。また、光を導く際に、これらの光学機器を用いて、所望の光分布となるように形状や光密度を変更することもある。光学機器はここに挙げたものだけに限定されず、このような機能を満たすものであれば、どのようなものであってもよい。

30

【0014】

< 形状保持部 >

形状保持部 110 は、被検体 120 の形状を一定に保つための部材である。形状保持部 110 は、取り付け部 100 に取り付けられている。形状保持部 110 を介して被検体 120 に光を照射する場合、形状保持部 110 は照射光に対して透明であることが好ましい。例えば、形状保持部 110 の材料としては、ポリメチルペンテンやポリエチレンテレフタレートなどを用いることができる。被検体 120 が乳房である場合、乳房形状の変形を少なくして形状を一定に保持するために、形状保持部 110 の形状は球を或る断面で切った形状（部分球形状）等であることが好ましい。形状保持部 110 の形状は、被検体 120 の体積や保持後の所望の形状に応じて、適宜設計することができる。形状保持部 110 が被検体 120 の外形にフィットし、被検体 120 の形状が形状保持部 110 の形状とほぼ同様になるように構成されていることが好ましい。また、光音響診断装置は、形状保持部 110 を用いることなく、測定を行ってもよい。

40

【0015】

< 被検体 >

被検体 120 は測定の対象となるものである。具体例としては、乳房等の生体などがあ

50

る。当該装置の調整などにおいては、生体の音響特性と光学特性を模擬したファントムが挙げられる。

【0016】

<音響マッチング材>

音響マッチング材130は、被検体120と超音波ユニット180との間の空間を満たし、被検体120と超音波ユニット180との間を音響的に結合させるためのものである。本実施形態では、超音波ユニット180と形状保持部110との間に音響マッチング材130を配置することができる。また、形状保持部110と被検体120との間にも音響マッチング材を配置している。超音波ユニット180と形状保持部110との間及び形状保持部110と被検体120との間に、それぞれ異なる材料の音響マッチング材を配置してもよい。

10

【0017】

音響マッチング材130は、その内部で光音響波が減衰し難い材料であることが好ましい。また、音響マッチング材130は、光源150で発生するパルス光を透過する材料であることが好ましい。さらに、音響マッチング材130は液体であることが好ましい。具体的には、音響マッチング材130として、水、ひまし油、ジェルなどを用いることができる。

【0018】

<超音波トランスデューサユニット>

超音波トランスデューサユニット180は、被検体120の内部で発生した音響波をアナログの電気的な検出信号に変換する手段である。超音波ユニット180の形状は、測定位置に置かれた被検体に向かって凹状である凹部を有しており、本実施形態では略半球ないし部分球のお椀形状をしている。凹部の被検体側の半径は、例えば数mmから数十cmであり、被検体の大きさに応じて変更すればよい。また凹部の厚さ、つまり凹部の被検体側の面（内面）の半径と凹部の被検体側ではない面（外面）の半径との差は、例えば、数mmから数cmであり、装置全体の大きさに応じて変更すればよい。超音波ユニット180は、位置調整可能に取り付け部100に対して取り付けられる。

20

【0019】

図1(b)に超音波ユニット180の斜視図を示す。超音波ユニット180には、複数の超音波トランスデューサ200が配置されている。超音波トランスデューサ200は、複数の超音波トランスデューサ素子201（後述の素子群210）を含む。超音波トランスデューサ素子201は、少なくとも超音波の受信が行えるものであれば良い。受信と送信の両方を行えるものであっても良い。例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミック材料や、PVDf（ポリフッ化ビニリデン）に代表される高分子圧電膜材料などを用いることができる。また、圧電素子以外の素子を用いても良い。例えば、CMUTなどの静電容量型の素子、ファブリペロー干渉計を用いた音響波受信素子、などを用いることができる。超音波トランスデューサ200と後述の筐体184との間には、この間に音響マッチング材が侵入することを防止するためのシール部材185（図1(c)を参照）が設けられるのが好ましい。

30

【0020】

<超音波トランスデューサ>

超音波ユニット180の構成と超音波トランスデューサ200の構成を説明する。図1(b)は光音響診断装置の超音波ユニットの一例の図であり、図1(c)は、図1(b)のA-B断面図である。図2は、複数例の超音波トランスデューサ200の上面図である。

40

【0021】

探触子筐体184に複数支持された超音波トランスデューサ200は、そのセンサ平面181が被検体120側に向くように配置されている。より具体的には、図1(c)に示した凹状の探触子筐体184の曲率中心182を略向くように配置されている。超音波トランスデューサ200は、導線やケーブル等の配線300で処理部160に接続されてい

50

る。超音波ユニット 180 の筐体 184 の材料は、金属、セラミック、樹脂など、略半球面状などの凹状に加工して形成できる物であればよい。図 1 (c) では、筐体 184 の曲率中心 182 と超音波トランスデューサ 200 のセンサ平面 181 の所定の点 (例えば中心) を結ぶ垂線 183 が 7 本存在する。超音波トランスデューサ 200 において、複数の超音波トランスデューサ素子 201 が、筐体 184 の曲率中心 182 と超音波トランスデューサのセンサ平面 181 を結ぶ垂線 183 に対して、軸対称に配置されている。この軸対称配置は、垂線の周りに 360 度を除く角度前記平面を回転したとき、複数の超音波トランスデューサ素子が元の配置と重なって配置が変化しない配置である。以下に示す例では、等角度間隔 (例えば、60 度、90 度) で回転したとき、全ての回転ごとに配置が重なって変化しない配置となっている。さらに、垂線の周りに略等密度で複数の超音波トランスデューサ素子が配置されている。

10

【0022】

図 2 (a) は、超音波トランスデューサ 200 の一例の上面図である。この例では、1 つの超音波トランスデューサ 200 の中に、超音波トランスデューサ素子 201 が 7 個配置されている。トランスデューサ 200 が筐体 184 に配置されたとき、7 個の超音波トランスデューサ素子 201 のうち、中心素子 203 は筐体 184 の曲率中心 182 と略正対する。周りの 6 個は、筐体の曲率中心 182 とセンサ平面 181 を結ぶ垂線 183 の周りに、等角度間隔で配置されている。素子 201 の個数は 7 個に限らず、所望の個数を設ければよい。次の如き配置も可能である。すなわち、超音波トランスデューサ素子 201 の配置は、図 2 (b) のように、素子 201 の中心が筐体の曲率中心 182 と正対する位置に無くてもよい。また図 2 (c) のように、筐体の曲率中心 182 と正対している素子 203 を中心に、19 個の超音波トランスデューサ素子を 1 周以上、軸対称に同心的に環状配置してもよい。超音波トランスデューサ 200 の外形 202 は、略円形や多角形などであり、所望の大きさで形成すればよい。

20

【0023】

超音波トランスデューサ素子 201 の種々の配置例について、それらの特性を説明する。例えば被検体 120 が筐体の曲率中心 182 よりも広範囲に広がっている場合、図 2 (a) の超音波トランスデューサ 200 を構成する 8 個のトランスデューサ素子 201 の感度特性は同じにすることが好ましい。中心の素子 203 は、筐体の曲率中心 182 から発生した音響波を高い感度で検出することができる。これに比して、周囲の超音波トランスデューサ素子 201 は、その垂線が筐体の曲率中心 182 から外れているため、曲率中心 182 の周辺から発生した音響波を高い感度で検出することができる。これにより、検査対象領域内の解像度の分布を向上でき、画質を向上することができる。検査対象領域の大きさに応じて、素子 201 の配置を所望の配置にすればよい。例えば中心の素子 203 の中心と周囲の素子 201 の中心の距離を 2.1 mm とした場合、筐体の曲率中心 182 から半径 2.1 mm の領域からの信号を高い感度で検出することができる。筐体 184 に配置する超音波トランスデューサ 200 は、全て図 2 (a) のようなものでもよいし、図 2 (a) や図 2 (b) や図 2 (c) などのように素子 201 の配置が異なるものを配置してもよい。上記配置と比較して、8 個全ての素子 201 の垂線が筐体 184 の曲率中心 182 を向いている場合、曲率中心 182 の周辺から発生した音響波を高い感度で検出することができず、検査対象領域内の解像度に分布が生じて画質が劣化することになり易い。

30

40

【0024】

また、被検体 120 が筐体の曲率中心 182 に局所的に存在する場合、図 2 (a) の超音波トランスデューサ 200 を構成する 7 個の超音波トランスデューサ素子 201 は、中心の素子 203 とその周囲の素子とで感度特性が異なってもよい。周囲の素子の感度特性を中心の素子 203 の感度特性よりも高くすることが好ましい。中心の素子 203 と同じ素子を周囲に配置すると、周囲の素子は筐体の曲率中心 182 と正対していないため、素子の指向性によって検出感度が低下するからである。

【0025】

筐体の曲率中心 182 と正対している超音波トランスデューサ素子 201 から L mm 離

50

れた位置に、図 2 (c) のように超音波トランスデューサ素子 2 0 1 を配置したときの、素子の指向性による検出感度の低下について図 3 (a)、(b) を用いて説明する。素子の指向性は、円形平板振動子の場合と矩形振動子の場合、それぞれ次の式のように表される。

$$R(\theta)_{\text{circle}} = |2J_1(k \cdot a \cdot \sin \theta) / (k \cdot a \cdot \sin \theta)|$$

$$R(\theta)_{\text{square}} = |\sin(k \cdot a \cdot \sin \theta) / (k \cdot a \cdot \sin \theta)|$$

J_1 は第一次のベッセル関数であり、 k は円周率 π と超音波の波長 λ から算出される波数 ($k=2 \times \pi / \lambda$) である。円形平板振動子の場合、 a は振動子の直径であり、矩形振動子の場合、 a は一辺の長さである。 θ は、中心の素子と筐体の曲率中心 1 8 2 を結ぶ垂線に対して、各素子の中心と筐体の曲率中心 1 8 2 を結ぶ線が成す角度である。

【0026】

超音波トランスデューサ素子 2 0 1 の直径 a を 2 mm、素子と素子の間隔 p を 2 . 1 mm とする。図 3 (a) のように筐体の曲率中心 1 8 2 に点音源 2 0 4 を置き、中心の素子 2 0 3 と点音源 2 0 4 の距離が 1 0 0 mm のときの中心の素子 2 0 3 の検出感度を 1 とした場合に、周囲の素子の指向性は図 3 (b) のようになる。図 3 (b) に示したように素子の指向性により、中心の素子 2 0 3 に対して 1 つ隣の周囲の素子は、1 0 MHz では 1 0 % 程度検出感度が低下する。また、2 つ隣の周囲の素子は、1 0 MHz では 2 4 % 程度検出感度が低下する。このように低周波数側よりも高周波数側で指向性による検出感度の低下が大きい。そのため、周囲の素子の感度特性を、中心の素子の感度特性よりも、特に高周波数側において感度を高くすることで、音響波センサの感度や解像度を向上することが出来て好ましい。また、周囲の素子の数に応じて、中心の素子から離れるに従い周囲の素子の高周波数側の感度を高くして、高周波数側の検出感度を高くすることも好ましい。ここでいう高周波数側の感度とは、中心の素子のピーク感度の周波数よりも高い周波数を意味する。

【0027】

素子の指向性は、素子の大きさに比例して大きくなる。そのため、素子の大きさを小さくすると素子の指向性は小さくなる。図 4 (a) に示すように、周囲の素子の直径を中心の素子 2 0 3 より小さくする (直径 $b = 1 . 5$ mm、直径 $c = 1 . 2$ mm) ことで、図 4 (b) に示すように、2 つ隣の周囲の素子の指向性を 1 0 MHz で 1 0 % 程度に小さくすることが出来る。ここで、 $p_1 = 2 . 1$ mm、 $p_2 = 4 . 2$ mm である。このように、周囲の素子の大きさを中心の素子の大きさよりも小さくして、検出感度を高くすることで、音響波センサの感度や解像度を向上することが出来て好ましい。また、周囲の素子の数に応じて、中心の素子から離れるに従い素子の大きさを小さくして、検出感度を高くすることも好ましい。

【0028】

探触子筐体 1 8 0 の凹面における超音波トランスデューサ 2 0 0 の配置は、例えば、図 1 (b) に示す様なものである。ここでは、筐体凹面の上端から筐体底部中心に向かって伸びた母線に沿って略等間隔でトランスデューサ 2 0 0 を並べ、この配置を筐体中心の周りに略等角度間隔で繰り返している。これにより、筐体の曲率中心 1 8 2 に略向けて比較的高い密度でトランスデューサ素子 2 0 1 を配置することができる。

【0029】

< 処理部 >

図 1 に戻り、処理部 1 6 0 と画像表示部 1 7 0 について説明する。光音響波は、超音波ユニット 1 8 0 に配置された超音波トランスデューサないしセンサ 2 0 0 により検出される。被検体で発生した光音響波は、略 3 6 0 度 $\times$ 1 8 0 度の方向に亘って検出される。画像再構成に関しては、例えば、トモグラフィー技術で通常に用いられるタイムドメインあるいはフーリエドメインでの逆投影などが用いられる。高解像度の 3 次元画像を取得するために、フーリエドメイン法がよく用いられるが、これに限られるわけではない。ここで、被検体 1 2 0 の部位から放射された光音響波の強度は、処理部 1 6 0 で算出される。画像形成処理を高速化するために、処理部 1 6 0 は、超音波トランスデューサ 2 0 0 の位置

10

20

30

40

50

と被検体 120 の部位の位置と受信時刻とで定まる値を、超音波ユニット 180 の球の半径の関数として算出して、その係数をメモリーに記憶させている。各超音波トランスデューサ 200 の受信信号に前記係数を乗算し、この乗算結果を各部位について累積する事で画像データを形成する。このように球面上での画像データを算出し、この画像情報をフーリエドメイン法により画像処理することにより、被検体の高い分解能の 3 次元画像を画像表示部 170 に表示することができる。

【0030】

以上の実施形態によれば、曲率中心を略向くトランスデューサ素子と曲率中心を向かないトランスデューサ素子を含む様々な素子が探触子筐体の凹部に配置されているので、被検体領域内の解像度の分布を向上でき、画質を向上できる。なお、トランスデューサ素子を、上記探触子筐体に 1 つずつ実装する場合、実装工程の増加によるコスト増加や、超音波トランスデューサユニットの重量増加やサイズの増加を生じうる。一方、本実施形態に係る超音波トランスデューサユニットは、複数のトランスデューサ素子が設けられた基板を、半球の内面に実装するため、低コスト化、軽量化、小型化が可能となる。なぜなら、半導体プロセスを用いれば、複数のトランスデューサ素子を基板上に一括で設けることができ、低コスト化できるからである。また、個々の素子を探触子筐体に設ける場合、個々に検出回路や信号増幅回路等の電気回路等を設ける必要が生じるため、重量増加やサイズ増加することがあるが、複数の素子が設けられた基板毎に上記電気回路を設ければ、重量増加、サイズ増加を抑制できる。

10

20

【0031】

以下、より具体的な実施例を挙げて本発明を詳細に説明する。

(実施例 1)

上記実施形態で記載した超音波ユニットないし光音響診断装置についての具体的な例を説明する。本実施例では、光源としては、近赤外ナノパルスレーザーを用いる。ここでは、チタンサファイアレーザーを用い、励起源としては Nd : YAG レーザーを使用する。800nm 付近の波長を照射することで、被検体 120 で光音響波信号が発生する。被検体 120 としては乳房用ファントムを用いる。形状保持部 110 はポリメチルペンテンのフィルムを使用する。音響マッチング材 130 は形状保持部 110 と超音波ユニット 180 との間に水を充填する。超音波ユニット 180 は、略半球面の内側の半径を約 120mm とし、超音波トランスデューサ 200 の超音波受信面が半球面の曲率中心を略向くように 150 個配置されている。超音波トランスデューサ 200 は、図 5 (a) に示すように 19 個の超音波トランスデューサ素子 201 を含む。超音波トランスデューサ素子 201 は、静電容量型トランスデューサであり、超音波ユニット 180 の筐体 184 はアルミニウムである。

30

40

【0032】

図 5 (b)、図 5 (c)、図 6 を用いて超音波トランスデューサ 200 を説明する。図 5 (b) は超音波トランスデューサの一例であり、図 5 (c) は図 5 (b) の X - Z 軸スライス図である。超音波トランスデューサ 200 は、光反射層 205 と本体 206 と配線 300 を有し、本体 206 の一部に突起を有している。本体 206 の中には、静電容量型トランスデューサ素子 201 の群 210 と第二のフレキ配線 207 と第一のフレキ配線 209、配線基板 212 により支持された受信プリアンプ 208 が配置されている。このように、超音波トランスデューサ 200 は、センサ平面に、音響波の受信信号への変換と送信信号の音響波への変換のうち少なくとも一方を行う素子群 210 を有し、素子群 210 は支持部材 211 により支持されている。

40

【0033】

図 6 (a) は、超音波トランスデューサ 200 のセンサ平面の模式図である。センサ平面の最表面には光反射層 205 が形成されている。超音波トランスデューサ 200 の外形 202 は四角形であり、その中にシリコン基板上に作製された素子群 210 が配置されている。素子群 210 は 19 個の素子 201 から構成されている。素子 201 は、一方の電極 214 (後述の第二の電極 7) がシリコン基板の端までそれぞれ個別に引き出されて第

50

二のフレキ配線 207 と接続され、本体 206 内部の受信プリアンプ 208 にそれぞれ個別に接続される。素子 201 のもう一方の電極 215 (後述の第一の電極 3) は、共通電極として第一のフレキ配線 209 と接続される。

【0034】

図 6 (b)、図 6 (c) を用いて素子 201 について更に説明する。図 6 (b) は、素子 201 のセンサ平面側の拡大模式図である。また図 6 (c) は、図 6 (b) の E - F 断面図である。超音波トランスデューサ素子 201 は、セル 216 の集合体である。セル 216 は、シリコン基板 1、第一の絶縁膜 2、第一の電極 3、電極 3 上の第二の絶縁膜 4、空隙 (キャビティ) 5 を隔てて形成された第三の絶縁膜 6 と絶縁膜 6 上の第二の電極 7 と電極 7 上の第四の絶縁膜 8 とを含む振動膜 9、を備える。振動膜 9 上には、接着剤 10 を介して、光反射層 12 が成膜された支持層 11 が接着され保護層 205 を形成している。これらで構成されるセル 216 が複数個集まって素子 201 を構成している。図 6 (b) では 59 個のセルで一つの素子 201 を構成しているが、セルは一つでも多数でも構わない。また、セルの配列は格子状でも千鳥状でもハニカム状 (少し間隙を開けた六方最密充填構造の配置) などでも構わないし、セルの形状は円形に限らず長方形、正方形、多角形などでも構わない。また素子 201 の外形は略円形 217 であるが、円形に限らず多角形でも構わない。図 6 (a) では、第一の電極 3 と第二の電極 7 をフレキ配線で受信面側から引き出しているが、シリコン基板 1 に貫通孔を設けて、シリコン基板 1 の裏側に直接電極を形成して回路基板と接続してもよい。

10

【0035】

素子 201 の表面には、光反射層 12 を含む保護層 205 が形成されている。光反射層 12 は、光源 150 からのパルス光の散乱や形状保持部 110 からの反射光が素子に照射される事で発生する光音響波を低減するためのものである。光反射層 12 は Au の蒸着膜であり、Au を蒸着する支持層 11 は 12 μ m の厚さの PET フィルムを用いる。接着層 10 はシリコン系の接着剤を用いて保護層 205 を作製する。光反射層 12、支持層 11、接着層 10 の種類や厚さは、これらに限らない。

20

【0036】

素子 201 は、電圧印加手段で第一の電極 3 にバイアス電圧を印加することが出来る。第一の電極 3 にバイアス電圧が印加されると、第一の電極 3 と第二の電極 7 との間に電位差が生じる。この電位差により、振動膜の復元力と静電引力が釣り合うところまで振動膜 9 は変位する。この状態で超音波が振動膜 9 に到達すると、振動膜 9 が振動する事で第一の電極 3 と第二の電極 7 との間の静電容量が変化して第二の電極 7 に電流が流れる。この電流を超音波の電気信号として取り出す事ができる。受信の際には、不図示のシステム制御部から指示された受信のバイアス電圧に従い、バイアス電圧制御部からバイアス電圧を印加する。被検体で発生した光音響波などの超音波を超音波センサで受信することで得た受信信号は受信プリアンプ 208 で増幅され、処理部 160 に送られる。

30

【0037】

図 7 を用いて静電容量型トランスデューサ素子 201 の製造方法の一例を説明する。図 7 (a) に示すように、基板 1 上に第一の絶縁膜 2 を形成する。基板 1 はシリコン基板であり、第一の絶縁膜 2 は、第一の電極 3 との絶縁を形成するためのものである。次に第一の電極 3 を形成する。第一の電極 3 は、表面粗さが小さい導電材料が望ましく、例えば、チタン、タンゲステン、アルミ等である。第一の電極 3 の表面粗さが大きい場合、第一の電極と第二の電極間の距離が、表面粗さにより素子間でばらついてしまうため、表面粗さが小さい導電材料が望ましい。次に、第二の絶縁膜 4 を形成する。第二の絶縁膜 4 も、表面粗さが小さい絶縁材料が望ましく、これは、第一の電極と第二の電極との間に電圧が印加された場合の第一の電極と第二の電極間の電氣的短絡あるいは絶縁破壊を防止するために形成する。また、本工程の後工程で実施する犠牲層除去のときに第一の電極 3 がエッチングされることを防止するために形成する。第二の絶縁膜 4 は、例えば、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜等である。

40

【0038】

50

次に、図 7 (b) に示すように、犠牲層 5 5 を形成する。犠牲層 5 5 は、後に空隙 5 となる。犠牲層 5 5 は表面粗さの小さい材料が望ましい。犠牲層の表面粗さが大きい場合、第一の電極と第二の電極間の距離が、表面粗さにより素子間でばらついてしまうため、表面粗さが小さい犠牲層が望ましい。また、犠牲層を除去するエッチングのエッチング時間を短くするために、エッチング速度の速い材料が望ましい。犠牲層材料としては、例えば、アモルファスシリコン、ポリイミド、クロム等が挙げられる。クロムのエッチング液は、窒化シリコン膜あるいは酸化シリコン膜をほぼエッチングしないので、絶縁膜、振動膜が窒化シリコン膜あるいは酸化シリコン膜の場合、望ましい。

【 0 0 3 9 】

次に、図 7 (c) に示すように、第三の絶縁膜 6 を形成する。第三の絶縁膜 6 は、低い引張り応力のものが望ましい。例えば、500 MPa 以下の引張り応力のものがよい。窒化シリコン膜は、応力コントロールが可能であり、500 MPa 以下の低い引張り応力にすることができる。振動膜が圧縮応力を有する場合、振動膜がスティッキングあるいは座屈を引き起こし、大きく変形することになり易い。他方、大きな引張り応力の場合、第三の絶縁膜 6 が破壊されることがある。従って、第三の絶縁膜 6 は、低い引張り応力のものが望ましい。例えば、応力コントロールが可能で、低い引張り応力にできる窒化シリコン膜である。次に、第二の電極 7 を形成する。第二の電極 7 は、残留応力が小さい材料が望ましく、アルミニウム、アルミ・シリコン合金、チタンなどの金属が挙げられるが、これに限らない。

【 0 0 4 0 】

次に、図 7 (d) に示すように、第三の絶縁膜 6 にエッチングホール 5 6 を形成する。エッチングホール 5 6 は、犠牲層 5 5 をエッチングして除去するためにエッチング液あるいはエッチングガスを導入するための孔である。その後、犠牲層 5 5 を除去して空隙 5 を形成する。犠牲層除去方法は、ウェットエッチングやドライエッチングなどが好ましく、犠牲層材料としてクロムを用いた場合は、ウェットエッチングが好ましい。

【 0 0 4 1 】

次に図 7 (e) に示すように、エッチングホール 5 6 を封止する為に、第四の絶縁膜 8 を形成する。第三の絶縁膜 6 と第二の電極 7 と第四の絶縁膜 8 で振動膜 9 が形成される。封止材料として、第三の絶縁膜 6 と同じ材料であれば密着性が高い為、好ましい。第三の絶縁膜 6 が窒化シリコンの場合、第四の絶縁膜 8 も窒化シリコンが好ましい。

【 0 0 4 2 】

図 6 (c) や図 7 では、第二の電極 7 が第三の絶縁膜 6 と第四の絶縁膜 8 とで挟まれた構成を一例として示した。しかしながら、第三の絶縁膜 6 を形成した後にエッチングホール 5 6 を形成して犠牲層エッチングを行い、その後、第四の絶縁膜 8 を形成した後に第二の電極を設けることもできる。ただし、第二の電極 7 が最表面に露出していると、異物などにより素子がショートする可能性が高くなるため、第二の電極 7 は絶縁膜の間に設けることが好ましい。本実施例では、素子群 2 1 0 にするために、図 6 (a) に示したように素子 2 0 1 を配置し、シリコン基板を素子群 2 1 0 の大きさにダイシングしている。以上の工程を経る事で、図 6 (b) や図 6 (c) のような素子 2 0 1 ないしセル 2 1 6 や図 6 (a) のような素子群 2 1 0 を作製する事ができる。

【 0 0 4 3 】

このような素子群 2 1 0 を、図 5 (c) に示した支持部材 2 1 1 にエポキシなどの樹脂接着剤を用いて固定し、第一の電極 2 1 5 に第一のフレキ配線 2 0 9 を、第二の電極 2 1 4 に第二のフレキ配線 2 0 7 を接続する。フレキ配線は、受信アンブ 2 0 8 が配置されている配線基板 2 1 2 に接続される。素子群 2 1 0、フレキ配線、配線基板 2 1 2 が一体となった物は、本体 2 0 6 に格納される。本体 2 0 6 は樹脂などにより構成することができる。本体 2 0 6 内に格納した後、本体 2 0 6 内部に音響マッチング材などが流入しないように本体 2 0 6 は接着剤で密閉される。本体 2 0 6 に格納された素子群 2 1 0 の表面には、光反射層 1 2 を有する保護層 2 0 5 を形成する。光反射層 1 2 は Au を用いる。支持層 1 1 としては 12 μ m の厚さの PET フィルムを用いる。まず支持層 1 1 に Au を蒸着し

、Auを蒸着した支持層11をシリコン系の接着剤を用いて素子群210の表面に接着する。接着後に余分な支持層11をカットすることで、素子群210の保護層205が作製できる。

【0044】

以上の工程を経て図5(b)や図5(c)のような超音波トランスデューサ200を作製できる。ここにおいて、素子201のそれぞれの第一の電極215は共通のフレキ配線209に繋がれ、配線300を介してバイアス電圧を印加する為の電源に接続される。第二の電極214はフレキ配線207を介して受信アンプ208に接続され、配線300を介して処理部160に繋がれる。

【0045】

このような超音波トランスデューサ200を、図8(a)のような穴270をあけた筐体184に設置する。図8(b)のように穴270の壁面の凹凸と図5(b)に示した超音波トランスデューサ200の凹凸で位置合わせを行い、超音波トランスデューサ200の配線300側から、固定ジグ186でねじ止めを行う。超音波ユニット180内部には測定時に媒質が満たされるため、筐体184と超音波トランスデューサ200の隙間にはシリコンゴムなどのオーリングを設置したり、接着剤を充填したりすることが好ましい。これにより図1に示すような超音波ユニット180を作製することが出来る。

【0046】

上記のような素子群210において、素子201が全て同じ特性の場合について、具体的な構成と特性について説明する。素子201の直径は、図6(b)のように略円形217の2mmである。素子群210は、図6(a)に示すように19個の素子201から構成される。素子201の間隔p1は2.1mm、p2は4.2mmである。セル216は円形の形状であり、キャピティ5の直径は36μmである。隣接したセル同士の間隔は39μmである。図6(b)ではセル数を省略しているが、実際に素子201に配置した全セルの数は2400個である。

【0047】

図8(c)に示すようにセルは、300μm厚さのシリコン基板1、シリコン基板1上に形成される100nm厚さの第一の絶縁膜2、第一の絶縁膜2上に形成される100nm厚さの第一の電極3、第一の電極3上の350nm厚さの第二の絶縁膜4を有する。さらに、100nm厚さの第二の電極7と400nm厚さのメンブレン6と450nm厚さの封止膜8を含む振動可能に支持された振動膜9と、キャピティ5とを有している。キャピティ5の高さは140nmである。第一の電極3は、共通電極として第一のフレキ配線209に繋がれ、配線300を介して、一对の電極3、7の間にバイアス電圧を印加する電圧印加手段に繋がる。第二の電極7は、第二のフレキ配線207に繋がれて受信プリアンプ208に接続される。このような素子201を用いて、図5(b)、図5(c)、図6(a)のような超音波トランスデューサ200を作製する。この超音波トランスデューサ200を図8(a)、図8(b)のように組み立てる事で、超音波ユニット180を作製することが出来る。

【0048】

次に本実施例の素子201の特性を説明する。素子201で超音波を受信する場合、電圧印加手段13で、第一の電極3と第二の電極7との間に電位差が生じるように、第一の電極3に直流電圧を印加しておく。超音波を受信すると、第二の電極7を有する振動膜9が撓むため、第二の電極7と第一の電極3との間隔(キャピティ5の深さ方向の距離)が変わり静電容量が変化する。この静電容量変化によって、第二の電極7に電流が流れる。セル216から生じた出力電流は、受信プリアンプ208で増幅して電圧に変換され、超音波を電気信号として取り出す。

【0049】

図9に、本実施例の受信プリアンプ208の構成を示す。本実施例の受信プリアンプ208は、トランスインピーダンス回路である。トランスインピーダンス回路は、オペアンプ32、帰還抵抗33、35、帰還容量34、36である。オペアンプ32は正負電源(

10

20

30

40

50

VDD、VSS)に接続されており、反転入力端子(-IN)は、素子201の第二の電極7に接続されている。出力端子(OUT)は、並列に接続された帰還抵抗33と帰還容量34を介して反転入力端子(-IN)に接続され、出力信号がフィードバックされる構成になっている。非反転入力端子(+IN)は、並列に接続された帰還抵抗35と帰還容量36により、グラウンド端子(GND)に接続されている。グラウンド端子の電圧は、正電源VDDと負電源VSSの中間電位となっている。帰還抵抗33、35の抵抗値、帰還容量34、36の容量値はそれぞれ同じ値である。

【0050】

図10(a)に、本実施例の素子201の受信感度の周波数特性を示す。超音波を受信して生じた出力電流を受信プリアンプ208で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。縦軸は受信感度のピーク値で規格化している。図10(b)は素子201の出力電流特性、図10(c)は受信プリアンプのゲイン特性である。図10(a)の素子201の受信帯域は、素子201の出力電流特性と受信プリアンプのゲイン特性の積で決まる。

【0051】

CMUTの出力電流Iは、静電容量変化を平行平板近似したとき式1と式2のように表せる。

$$I = P / ((Z_m + Z_r) / (\epsilon S V_b / d^2) + j \omega C) \quad (\text{式1})$$

$$Z_m = j * k_m * ((\omega / \omega_0)^2 - 1 / \omega) \quad (\text{式2})$$

ここで、Pは音響波の圧力、 ϵ は真空の誘電率、Sは第二の電極の面積、 V_b は二つの電極間に印加するバイアス電圧、dは電極間のギャップ、 Z_m は振動膜の機械インピーダンス、 Z_r は媒質の音響インピーダンスである。また、 ω は音響波の角周波数、Cは全静電容量、 k_m は振動膜のパネ定数であり、 ω_0 は共振周波数である。式1で全静電容量Cは相対的に小さいため、周波数の関数となっているのは振動膜の機械インピーダンス Z_m である。またCMUTの表面は通常、液体やゲルなどに接触して使用する場合が多い。液体の音響インピーダンス Z_r は振動膜の機械インピーダンス Z_m よりも大きいため、図10(b)の出力電流の周波数特性に大きな影響を与える。振動膜の機械インピーダンス Z_m が0になる周波数が振動膜の共振周波数であり、このとき図10(b)の出力電流は最大値をとる。図10(b)の出力電流のピーク周波数は6MHzである。

【0052】

図10(c)に示した検出回路のゲイン特性は式3、カットオフ周波数は式4で示される。

$$G = R_f / (1 + j \omega R_f C_f) \quad (\text{式3})$$

$$f_c = 1 / (2 \pi R_f C_f) \quad (\text{式4})$$

ここで、Gは回路ゲイン、 R_f は帰還抵抗、 C_f は帰還容量、 ω は入力電流の角周波数、 f_c はカットオフ周波数である。

【0053】

また、図9の回路を安定して駆動するためには、式5を満たす必要がある。

$$C_f \geq ((C_{in}) / (\pi * GBW * R_f))^{0.5} \quad (\text{式5})$$

ここで、GBWはオペアンプの利得帯域幅積(アンプゲイン0dB(=1)×周波数)、 C_{in} はオペアンプの反転入力端子(-IN)に寄生する容量である。一般的に C_{in} が大きいとオペアンプの動作が追いつかず、 C_{in} が大きいと負帰還回路が不安定になり、回路自体が発振して電流電圧変換が行えなくなるため、 C_{in} の値に対して最適なGBW、 R_f 、 C_f を選択する必要がある。

【0054】

本実施例では、受信プリアンプ208の帰還抵抗を3480Ω、帰還容量を15pFとしている。素子201の容量は125pFである。素子群210を構成する19個の素子201は、それぞれ別の受信プリアンプ208に接続される。受信プリアンプの帰還容量と帰還抵抗は同じ値である。この素子群210の受信感度の周波数特性を図11(a)に示す。図11(a)は、超音波トランスデューサ200が超音波を受信して生じた出力電

10

20

30

40

50

流を受信プリアンプ 208 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。このとき、超音波トランスデューサ 200 の中心と点音源 204 の距離は 100 mm であり、点音源 204 から球面波を発生させている。縦軸は中心に配置した超音波トランスデューサ素子 201 の受信感度のピーク値で規格化している。

【0055】

今、被検体 120 の大きさが曲率中心 182 を中心に半径 4.2 mm とすると、曲率中心 182 から発生した音響波は、図 11 (a) に表記した系列で、中心の感度特性になる。また、曲率中心 182 から 2.1 mm 離れた個所から発生した音響波と、4.2 mm 離れた個所から発生した音響波の感度特性も中心の感度特性と同じになる。この理由は、周囲の超音波トランスデューサ素子 201 は、その垂線が筐体の曲率中心 182 から外れているため、曲率中心 182 の周辺から発生した音響波を高い感度で検出できるからである。このことから、被検体 120 全体の信号を高い感度で検出することができる。被検体 120 の大きさに応じて、超音波トランスデューサ素子を配置することで、曲率中心 182 の周辺から発生した音響波を高い感度で検出することができる。

【0056】

(実施例 2)

実施例 2 を説明する。本実施例では、回路定数の変更で感度を高くする。被検体 120 の大きさが曲率中心 182 とほぼ同等である場合について説明する。曲率中心 182 から発生した音響波を、図 6 (a) のような素子群である超音波トランスデューサ 200 で受信すると、図 11 (a) に示すような受信感度特性になる。図 11 (a) に表記した系列において、中心は中心に配置した超音波トランスデューサ素子 201 の特性で、1 周目は、中心に配置した超音波トランスデューサ素子 201 を囲むように配置した超音波トランスデューサ素子 201 の特性である。2 周目は、1 周目に配置した超音波トランスデューサ素子 201 を囲むように配置した超音波トランスデューサ素子 201 の特性である。超音波トランスデューサ 200 を構成する超音波トランスデューサ素子 201 は、出力電流特性も電流電圧変換ゲインも全て同じである。そのため、超音波トランスデューサ素子 201 の指向性により、1 周目と 2 周目に配置した超音波トランスデューサ素子 201 の受信感度が低下している。10 MHz の受信感度を比較すると、1 周目は中心よりも約 10 % 受信感度が低下し、2 周目は中心よりも約 24 % 受信感度が低下している。このような場合には、受信プリアンプ 208 の帰還抵抗と帰還容量を変えて、曲率中心 182 から発生した音響波の検出感度を高めるのが好ましい。

【0057】

超音波トランスデューサ素子 201 に接続する受信プリアンプ 208 の帰還抵抗と帰還容量の組み合わせを 3 種類用意する。1 つ目は、帰還容量 3480 Ω 、帰還容量 15 pF である。二つ目の帰還抵抗は 3240 Ω 、帰還容量は 13 pF である。三つ目の帰還抵抗は 2940 Ω 、帰還容量は 10 pF である。受信プリアンプ 208 以外のパラメータや構成は、全て実施例 1 と同じであり、実施例 1 と同様の方法で超音波トランスデューサ 200 および超音波ユニット 180 を作製することが出来る。図 11 (b) に、素子 201 に、3 種類の受信プリアンプ 208 をそれぞれ接続した時の、受信感度の周波数特性を示す。素子 201 の出力電流特性は同じである。また、素子 201 の中心と点音源 204 の距離は 100 mm であり、点音源 204 から球面波を発生させている。超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 208 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。縦軸は、1 つ目の受信プリアンプを接続した素子 201 の受信感度のピーク値で規格化している。

【0058】

図 11 (b) に表記した系列において、中心は実施例 1 と同じ受信プリアンプを繋いだ時の受信感度特性であり、1 つ目は 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ時の受信感度特性である。2 つ目は 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ時の受信感度特性である。受信プリアンプの電流電圧変換ゲインを変えることで、中心よりも 1 つ目、1 つ目よりも 2 つ目の高周波数側の受信感度を高くしている。このような受信感度特性を持つ素子 201 を、図 6 (

a) の中心には 1 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し、1 周目には 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し、2 周目には 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置する。このような配置の素子群 2 1 0 の受信感度特性を図 1 1 (c) に示す。特性を示す図では、上記のような配置における中心の 1 つの素子、1 周目の 6 つの素子の平均、2 周目の 1 2 コの素子の平均、の特性を示している。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 (c) は、素子群 2 1 0 が超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 2 0 8 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。このとき、素子群 2 1 0 の中心と点音源 2 0 4 の距離は 1 0 0 mm であり、点音源 2 0 4 から球面波を発生させている。縦軸は中心に配置した素子群 2 1 0 の受信感度のピーク値で規格化している。

10

【 0 0 6 0 】

図 1 1 (c) に表記した系列において、中心は中心に配置した素子 2 0 1 の特性で、1 周目は、中心に配置した超音波トランスデューサ素子 2 0 1 を囲むように配置した素子 2 0 1 の特性である。2 周目は、1 周目に配置した素子 2 0 1 を囲むように配置した素子 2 0 1 の特性である。素子群 2 1 0 を構成する素子 2 0 1 は、配置した場所により電流電圧変換ゲインが異なるため、指向性によって感度が低下しても、実施例 1 よりも受信感度を高くすることが出来る。特に中心の素子のピーク感度の周波数より高い周波数で受信感度を高くすることが出来る。1 0 M H z の受信感度を比較すると、1 周目は中心よりも約 2 % 受信感度が向上し、2 周目は中心よりも約 1 0 % 受信感度が低下している。1 周目、2 周目共に実施例 1 よりも高周波数側の受信感度が向上している。センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心に配置した素子の感度特性よりも、感度を高くする事で超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。また、センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心から離れるに従い、中心側のものより高くする事で、超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。

20

【 0 0 6 1 】

つまり、半球状の音響波センサの曲率中心を向かない超音波トランスデューサの指向性による解像度の悪化を防ぎ、画像視野内の解像度の分布による画質の悪化を防ぎながら高密度実装が可能になる。

30

【 0 0 6 2 】

(実施例 3)

実施例 3 を説明する。本実施例では、回路定数とデバイスのバネ定数の変更で感度を高くする。実施例 2 と同様に曲率中心 1 8 2 から発生した音響波の検出感度を高めることを目的として、受信プリアンプ 2 0 8 の帰還抵抗と帰還容量および、素子のバネ定数を変えた場合について説明する。超音波トランスデューサ素子 2 0 1 に接続する受信プリアンプ 2 0 8 の帰還抵抗と帰還容量の組み合わせを 3 種類用意する。1 つ目は、帰還容量 3 4 8 0 Ω 、帰還容量 1 5 p F である。二つ目の帰還抵抗は 4 3 2 0 Ω 、帰還容量は 1 5 p F である。三つ目の帰還抵抗は 6 0 4 0 Ω 、帰還容量は 1 2 p F である。また、封止膜 8 の厚さを 3 種類用意する。1 つ目は 4 5 0 nm である。2 つ目は 6 5 0 nm、3 つ目は 8 5 0 nm である。その他のパラメータや構成は、全て実施例 1 と同じであり、実施例 1 と同様の方法で超音波トランスデューサ 2 0 0 および超音波ユニット 1 8 0 を作製することが出来る。

40

【 0 0 6 3 】

図 1 2 (a) に、3 つの素子 2 0 1 に、3 種類の受信プリアンプ 2 0 8 をそれぞれ接続した時の、受信感度の周波数特性を示す。素子 2 0 1 の中心と点音源 2 0 4 の距離は 1 0 0 mm であり、点音源 2 0 4 から球面波を発生させている。それぞれの素子 2 0 1 で超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 2 0 8 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。素子 2 0 1 の出力電流特性は、バネ定数が異なるため 3 種類とも異なる。1 つ目の封止膜厚さ 4 5 0 nm には 1 つ目の受信プリアンプを接続し、2 つ

50

目の封止膜厚さ 650 nm には 2 つ目の受信プリアンプを接続し、3 つ目の封止膜厚さ 850 nm には 3 つ目の受信プリアンプを接続している。縦軸は、1 つ目の受信プリアンプを接続した素子 201 の受信感度のピーク値で規格化している。

【0064】

図 12 (a) に表記した系列において、中心は 1 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性であり、1 つ目は 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性である。2 つ目は 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性である。素子 201 のバネ定数を変え、さらに受信プリアンプの電流電圧変換ゲインを変えることで、中心よりも 1 つ目、1 つ目よりも 2 つ目の高周波数側の受信感度を高くしている。このような受信感度特性を持つ素子 201 を、図 6 (a) の中心には 1 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し、1 周目には 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し 2 周目には 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置する。このような配置の素子群 210 の受信感度特性を図 12 (b) に示す。

【0065】

図 12 (b) は、それぞれの素子群 210 が超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 208 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。このとき、素子群 210 の中心と点音源 204 の距離は 100 mm であり、点音源 204 から球面波を発生させている。縦軸は中心に配置した素子群 210 の受信感度のピーク値で規格化している。

【0066】

図 12 (b) に表記した系列において、中心は中心に配置した素子 201 の特性で、1 周目は、中心に配置した素子 201 を囲むように配置した素子 201 の特性である。2 周目は、1 周目に配置した素子 201 を囲むように配置した素子 201 の特性である。素子群 210 を構成する素子 201 は、配置した場所によりバネ定数と電流電圧変換ゲインが異なるため、指向性によって感度が低下しても、実施例 1 よりも受信感度を高くすることが出来る。10 MHz の受信感度を比較すると、1 周目は中心よりも約 4 % 受信感度が向上し、2 周目は中心よりも約 7 % 受信感度が低下している。1 周目、2 周目共に実施例 1 よりも受信感度が向上している。センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心に配置した素子の感度特性よりも、感度を高くする事で、超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。また、センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心から離れるに従い、感度を高くする事で、超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。

【0067】

つまり、半球状の音響波センサの曲率中心を向かない超音波トランスデューサの指向性による解像度の悪化を防ぎ、画像視野内の解像度の分布による画質の悪化を防ぎながら高密度実装が可能になる。

【0068】

(実施例 4)

実施例 4 を説明する。本実施例では、外周の素子の大きさを小さくする。実施例 2、3 と同様に、曲率中心 182 から発生した音響波の検出感度を高めることを目的として、素子の大きさを変え、素子に接続する受信プリアンプ 208 の帰還抵抗と帰還容量の組み合わせを変えた場合について説明する。素子の大きさは 3 種類用意する。1 つ目は素子の直径が 2 mm であり、2 つ目は直径 1.5 mm、3 つ目は 1.2 mm である。素子を構成するセル数は、1 つ目は 2400 個、2 つ目は 1340 個、3 つ目は 850 個である。それぞれの容量は、1 つ目は 125 pF、2 つ目は 75 pF、3 つ目は 54 pF である。また受信プリアンプも 3 種類用意する。1 つ目は、帰還抵抗 3480 Ω 、帰還容量 15 pF である。二つ目の帰還抵抗は 6040 Ω 、帰還容量は 8 pF である。三つ目の帰還抵抗は 9760 Ω 、帰還容量は 4 pF である。

【0069】

図 6 (a) に示すように、中心と 1 周目の素子の間隔 p1 は 2 mm である。また中心と 2

10

20

30

40

50

周目の素子の間隔 p_2 は 3 . 4 5 mm である。図 6 (a) のような静電容量型トランスデューサ素子群 2 1 0 を 2 0 0 個用意する。その他のパラメータや構成は、全て実施例 1 と同じであり、実施例 1 と同様の方法で、素子群 2 1 0 を含む超音波トランスデューサ 2 0 0 および超音波ユニット 1 8 0 を作製することが出来る。

【 0 0 7 0 】

図 1 3 (a) に、3 つの素子 2 0 1 に、3 種類の受信プリアンプ 2 0 8 をそれぞれ接続したときの、受信感度の周波数特性を示す。素子 2 0 1 の中心と点音源 2 0 4 の距離は 1 0 0 mm であり、点音源 2 0 4 から球面波を発生させている。図 1 3 (a) に示すものは、それぞれの素子 2 0 1 で超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 2 0 8 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。素子 2 0 1 の出力電流特性は、素子 2 0 1 の大きさが異なるため 3 種類とも異なる。1 つ目の直径 2 mm には 1 つ目の受信プリアンプを接続し、2 つ目の直径 1 . 5 mm には 2 つ目の受信プリアンプを接続し、3 つ目の直径 1 . 2 mm には 3 つ目の受信プリアンプを接続している。図 1 3 (a) の縦軸は、1 つ目の受信プリアンプを接続した素子 2 0 1 の受信感度のピーク値で規格化している。

10

【 0 0 7 1 】

図 1 3 (a) に表記した系列において、中心は 1 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性であり、1 つ目は 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性である。2 つ目は 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ物の受信感度特性である。素子 2 0 1 の大きさを変え、さらに受信プリアンプの電流電圧変換ゲインを変えることで、中心よりも 1 つ目、1 つ目よりも 2 つ目の受信感度を高くしている。このような受信感度特性を持つ素子 2 0 1 を、図 6 (a) の中心には 1 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し、1 周目には 2 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置し、2 周目には 3 つ目の受信プリアンプを繋いだ物を配置する。このような配置の素子群 2 1 0 の受信感度特性を図 1 3 (b) に示す。

20

【 0 0 7 2 】

図 1 3 (b) は、それぞれの素子群 2 1 0 が超音波を受信して生じた出力電流をそれぞれの受信プリアンプ 2 0 8 で増幅して変換した後の電圧信号の周波数特性である。このとき、素子群 2 1 0 の中心と点音源 2 0 4 の距離は 1 0 0 mm であり、点音源 2 0 4 から球面波を発生させている。縦軸は中心に配置した素子群 2 1 0 の受信感度のピーク値で規格化している。

30

【 0 0 7 3 】

図 1 3 (b) に表記した系列において、中心は中心に配置した素子 2 0 1 の特性で、1 周目は、中心に配置した素子 2 0 1 を囲むように配置した素子 2 0 1 の特性である。2 周目は、1 周目に配置した素子 2 0 1 を囲むように配置した素子 2 0 1 の特性である。素子群 2 1 0 を構成する素子 2 0 1 は、配置した場所により大きさと電流電圧変換ゲインが異なるため、指向性によって感度が低下しても、実施例 1 よりも受信感度を高くすることが出来る。1 0 M H z の受信感度を比較すると、1 周目は中心よりも約 4 % 受信感度が低下し、2 周目は中心よりも約 1 8 % 受信感度が低下している。1 周目、2 周目共に受信感度が向上している。センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心に配置した素子の感度特性よりも、感度を高くする事で、超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。また、センサ平面の中心から離れた位置に配置した素子の感度特性を、センサ平面の中心から離れるに従い、感度を高くする事で、超音波トランスデューサとしての感度を向上することが出来る。

40

【 0 0 7 4 】

つまり、半球状の音響波センサの曲率中心を向かない超音波トランスデューサの指向性による解像度の悪化を防ぎ、画像視野内の解像度の分布による画質の悪化を防ぎながら高密度実装が可能になる。

【 符号の説明 】

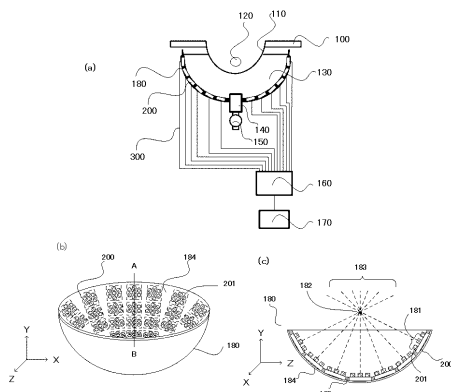
【 0 0 7 5 】

1 8 0 : 超音波トランスデューサユニット、1 8 2 : 筐体の曲率中心、1 8 3 : 垂線、

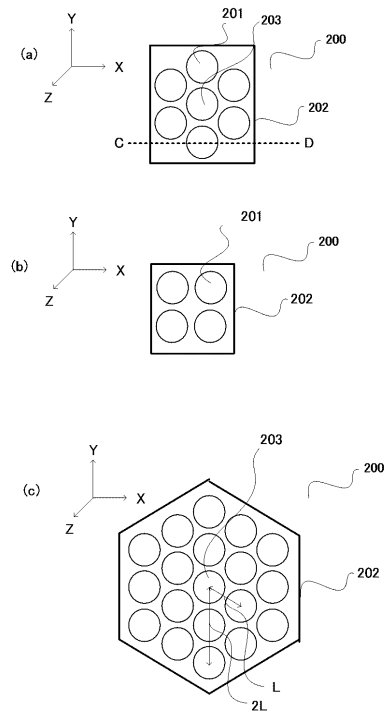
50

１８４：探触子筐体、２００：超音波トランスデューサ、２０１：超音波トランスデューサ素子

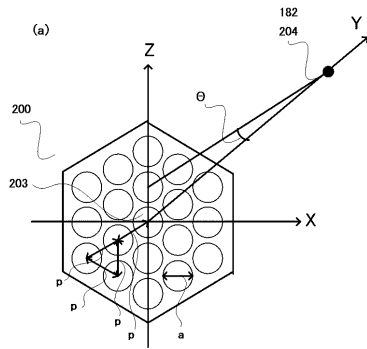
【図１】



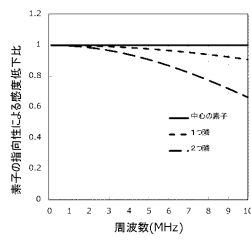
【図２】



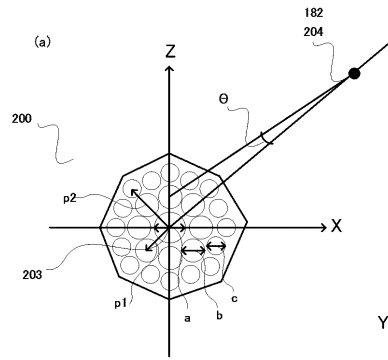
【図 3】



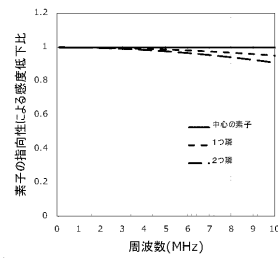
(b)



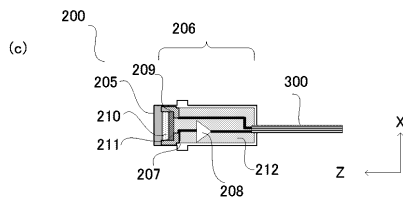
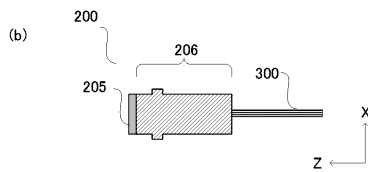
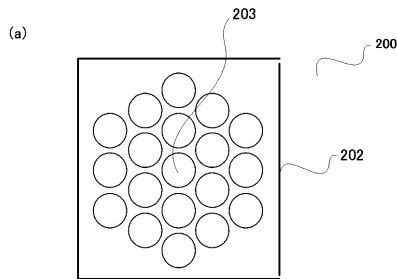
【図 4】



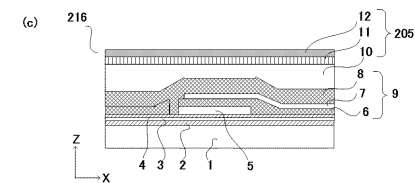
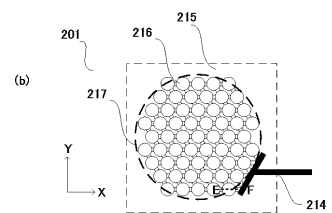
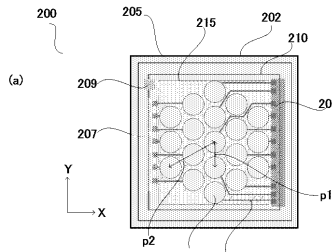
(b)



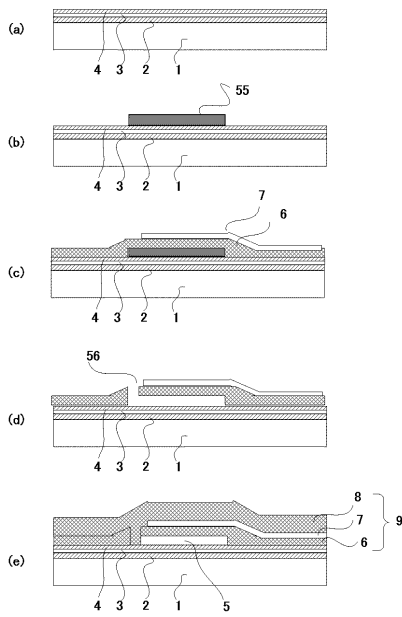
【図 5】



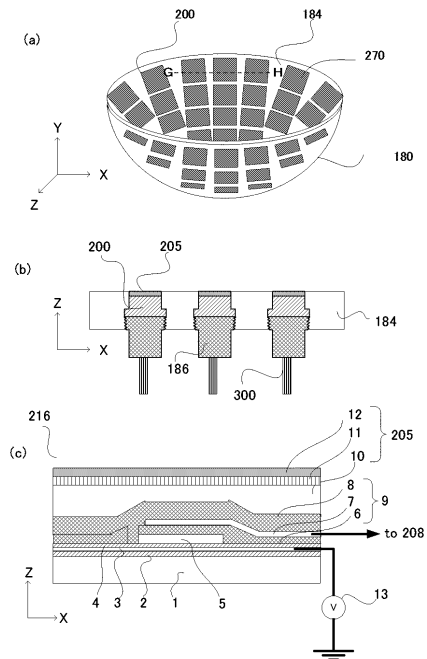
【図 6】



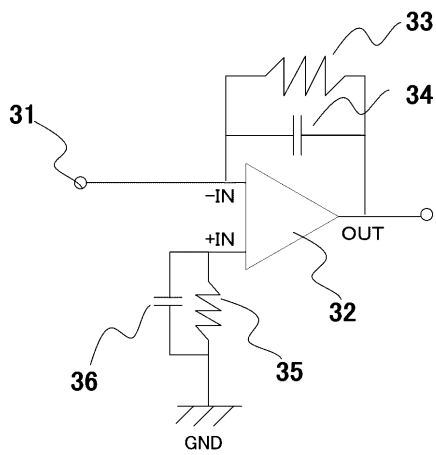
【図 7】



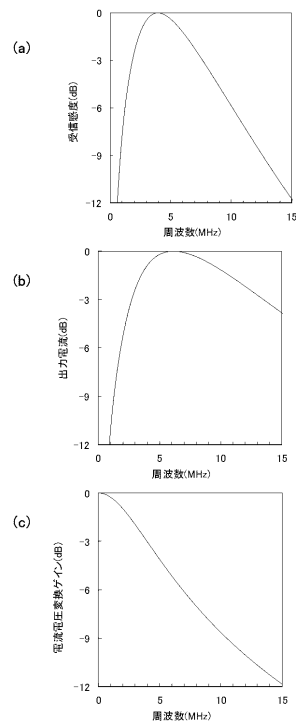
【図 8】



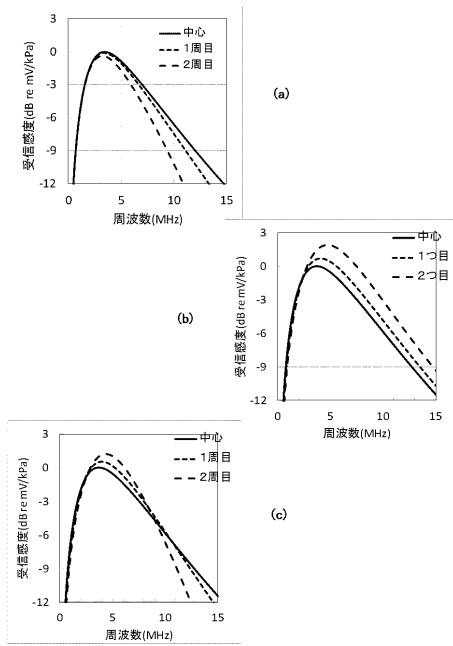
【図 9】



【図 10】

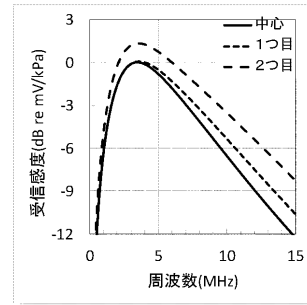


【図 1 1】

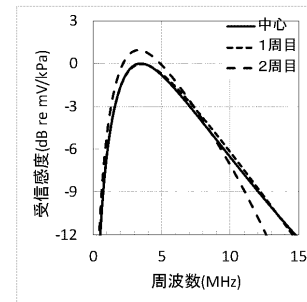


【図 1 2】

(a)

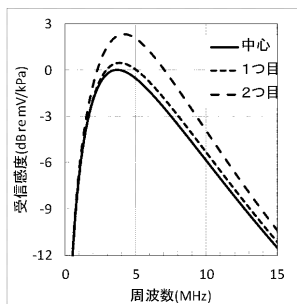


(b)

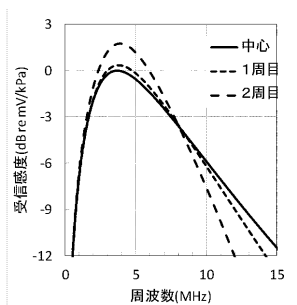


【図 1 3】

(a)



(b)



专利名称(译)	超声换能器单元和包括其的信息获取装置		
公开(公告)号	JP2017158744A	公开(公告)日	2017-09-14
申请号	JP2016045038	申请日	2016-03-08
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能公司		
[标]发明人	丸山綾子 虎島和敏 香取篤史		
发明人	丸山 綾子 虎島 和敏 香取 篤史		
IPC分类号	A61B8/13		
CPC分类号	A61B5/004 A61B5/0095 A61B5/4312 A61B5/708 A61B8/4477 A61B8/4483 A61B8/4494 A61B8/5207 A61B8/58 B06B1/0246 B06B1/0292 B06B1/0622 B06B1/0688 B06B2201/51 B06B2201/56 G01S7/52046 G01S7/52079 G01S15/8929 B06B1/0607		
FI分类号	A61B8/13		
F-TERM分类号	4C601/DD08 4C601/DE16 4C601/GB09 4C601/GB14		
代理人(译)	加藤一夫		
其他公开文献	JP6632431B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题为了提供与提高诸如半球形状的声波传感器的分辨率有关的技术。 超声波换能器单元180包括具有多个超声波换能器元件201的超声波换能器200，支撑多个超声波换能器并具有朝向对象120的凹部的探头壳体它有一个184，一个。多个超声换能器元件201布置在同一平面上，并且这些平面布置成面向探头壳体的曲率中心182。多个超声换能器元件201以轴对称的方式围绕连接探头壳体的曲率中心和超声换能器的平面的垂直线布置。

