

(19) 日本国特許庁(JP)

## 再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/033887

発行日 平成25年2月14日(2013.2.14)

(43) 国際公開日 平成23年3月24日(2011.3.24)

| (51) Int.Cl.                | F I            | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|----------------|-------------|
| <b>H04R 19/00</b> (2006.01) | H04R 19/00 330 | 2G047       |
| <b>H04R 7/00</b> (2006.01)  | H04R 7/00 330  | 4C601       |
| <b>A61B 8/00</b> (2006.01)  | A61B 8/00      | 5D019       |
| <b>G01N 29/24</b> (2006.01) | G01N 29/24 502 |             |

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

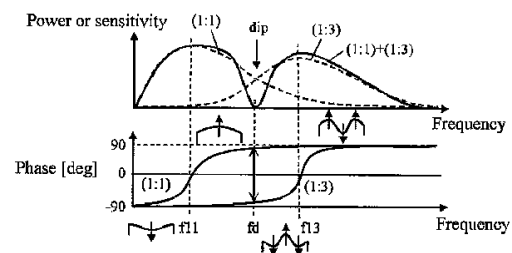
|              |                              |          |                     |
|--------------|------------------------------|----------|---------------------|
| 出願番号         | 特願2011-531855 (P2011-531855) | (71) 出願人 | 000153498           |
| (21) 国際出願番号  | PCT/JP2010/063607            |          | 株式会社日立メディコ          |
| (22) 国際出願日   | 平成22年8月11日(2010.8.11)        |          | 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2009-215755 (P2009-215755) | (74) 代理人 | 100091096           |
| (32) 優先日     | 平成21年9月17日(2009.9.17)        |          | 弁理士 平木 祐輔           |
| (33) 優先権主張国  | 日本国(JP)                      | (74) 代理人 | 100105463           |
|              |                              |          | 弁理士 関谷 三男           |
|              |                              | (74) 代理人 | 100102576           |
|              |                              |          | 弁理士 渡辺 敏章           |
|              |                              | (72) 発明者 | 田中 宏樹               |
|              |                              |          | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
|              |                              |          | 株式会社日立製作所 中央研究所内    |
|              |                              | (72) 発明者 | 町田 俊太郎              |
|              |                              |          | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
|              |                              |          | 株式会社日立製作所 中央研究所内    |
|              |                              |          | 最終頁に続く              |

(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び超音波撮像装置

## (57) 【要約】

静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサのセル形状が異方性を有する場合に発生する高次振動モードに起因する不要応答を低減する。静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサを構成する振動膜の長い方向(l)と短い方向(w)の比を代表アスペクト比(l/w)とする場合に、探触子の送受信帯域幅内に6dB以上のディップを形成しなくなるような値に代表アスペクト比を設定する。又は腹の数が奇数個存在する振動モードの周波数を基本モード周波数で割った値が2以下になる振動モードの数が6個以上存在するように代表アスペクト比を設定する。

図10



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の電極を備える基板と第 2 の電極を備える振動膜を有し、前記振動膜は前記基板から立ち上がった支持壁によって周縁部が前記基板に固定され、前記基板と前記振動膜の間に空隙層が形成されており、前記振動膜の中心から前記振動膜が固定されている周縁部までの距離が不均一であるセル形状である静電容量型マイクロマシンにより形成される超音波探触子であって、

前記振動膜の第 1 の軸方向の長さと同該第 1 の軸と直交する第 2 の軸方向の長さの比を代表アスペクト比とし、前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子による送受信の少なくとも一方の帯域幅内において、局所的に発生する振幅低下あるいは感度低下する周波数の信号レベルを所定値よりも抑制し得る値に設定される

10

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 6dB 以上のディップを形成しなくなるような値に設定される

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 3dB 以上のディップを形成しなくなるような値に設定される

20

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比は、前記振動膜の振動モードのうち、腹の数が奇数個存在する振動モードの周波数を基本モード周波数で割った値が 2 以下になる振動モードの数が 6 個以上存在するような値に設定される

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 5】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比が “ 8 ” 以上である

ことを特徴とする超音波探触子。

30

**【請求項 6】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比は、送信音波又は受信信号のリングングレベルが 50dB 以下となるに設定される

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比は、送信音波又は受信信号のリングングレベルが 25dB 以下となるに設定される

40

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 8】**

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子において、

前記静電容量型マイクロマシンを複数配列した超音波探触子アレイを有する

ことを特徴とする超音波探触子。

**【請求項 9】**

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の超音波探触子において、

前記代表アスペクト比が、

必要とされる最小限のダイナミックレンジ (DR) と、送受エンベロープの最大点とり

50

ンギングレベルとの差 ( D E ) に基づいて算出される比以上に設定される  
ことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 1 0】

請求項 1 に記載された超音波探触子と、  
直流電源部および交流電源部と、  
前記超音波探触子から超音波ビームを送波する手段である送信ビームフォーマと、  
前記超音波探触子で受信した超音波信号から受信ビームを形成する受信ビームフォーマ  
と、  
前記受信ビームフォーマからの信号を処理する信号処理部と、  
前記信号処理部の処理結果に応じた画像データを表示する表示手段と  
を有することを特徴とする超音波撮影装置。

10

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の超音波撮影装置において、  
前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 6dB 以上のディッ  
プを形成しなくなるような値に設定される  
ことを特徴とする超音波撮影装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の超音波撮影装置において、  
前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 3dB 以上のディッ  
プを形成しなくなるような値に設定される  
ことを特徴とする超音波撮影装置。

20

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載の超音波撮影装置において、  
前記代表アスペクト比は、前記振動膜の振動モードのうち、腹の数が奇数個存在する振  
動モードの周波数を基本モード周波数で割った値が 2 以下になる振動モードの数が 6 個以  
上存在するような値に設定される  
ことを特徴とする超音波撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、超音波探触子及び超音波撮像装置に関し、例えば静電容量型マイクロマシン  
を用いた超音波探触子及び超音波撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

40

超音波トランスデューサは可聴域 ( 約 20Hz ~ 20kHz ) 以上の音波の放射と受信を行うデ  
バイスであり、医療用や非破壊検査などに広く利用されている。現在、超音波トランスデ  
ューサとして最も広く利用されているのは P Z T ( Lead Zirconate Titanate ; チタン酸  
ジルコン酸鉛 ) に代表される圧電デバイス ( piezoelectric devices ) である。しかし近  
年、静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサ ( Capacitive Micro-machined Ul  
trasonic Transducers : C M U T 、以下 C M U T と呼ぶ ) と呼ばれる圧電型とは異なる動  
作原理を利用した超音波デバイスの開発が進み、実用化されつつある。C M U T は、半導  
体技術を応用して作製される。通常はシリコンなどの半導体プロセスで用いられる部材で  
できた基板上に電極材を埋め込み ( 基板そのものが電極となることもある ) 、微細 ( 例え  
ば 5 0  $\mu$  m ) かつ薄い ( 例えば数  $\mu$  m ) 振動膜を振動膜周囲の支持壁などで固定して形成  
する。振動膜が振動できるよう、振動膜と基板との間には空隙を設ける。この振動膜内  
にも電極材を埋め込む。このように基板及び振動膜に独立した電極が配置されることで、基  
板と振動膜は、静電容量 ( キャパシター ) として機能する。両電極に電圧を印加すること  
で ( 通常バイアス電圧を予め印加しておく ) 、超音波トランスデューサとして動作する。  
両電極に交流電圧を印加すれば電極間の静電気力が変化し、振動膜が振動する。このとき  
に振動膜に接するなんらかの媒質があれば、振動膜の振動が媒質内に音波として伝搬する

50

。すなわち音を放射することができる。逆に、振動膜に音波が伝われば振動膜がそれに応じて振動し、両電極間の距離が変わることで両電極間に電流が流れる、もしくは両電極間の電圧が変化する。この電流または電圧等の電気信号を取り出すことで音波を受信することができる。

【 0 0 0 3 】

超音波トランスデューサの性能を決める重要な指標として、送信される音圧と受信感度がある。音圧と受信感度の増加には、振動する面積が大きいほどよい。振動する面積は振動膜の形状に依存する。振動膜の形状が円形や正方形あるいは正六角形の場合、膜は周囲からほぼ均等に固定されるため、振動膜の中心付近しか振動できない。このため、実効的には空隙面積の 30 - 40 % 程度しか有効利用されていない。一方、細長い長方形（矩形）膜のような場合、周囲から拘束される程度が緩和され、円形などの場合よりも平坦に変位することが可能となる。この場合、約 60 % の面積が有効に振動する。従って、音圧および受信感度向上の観点からは細長い長方形が望ましい。しかし、長方形膜のようなある程度細長い形状にすると、特有の高次の振動モードが発生する。膜に発生する様々な振動モードは音響的な特性、たとえば放射音圧、周波数特性やパルス特性、に影響を与えるため、振動モードの制御は極めて重要となる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 6 , 3 5 9 , 3 6 7 号明細書

20

【 非特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 非特許文献 1 】 Formulas for natural frequency and mode shape, Robert D. Blevins, ISBN 1-57524-184-6

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

C M U T の振動膜には様々な振動モードが励起されうる。通常超音波トランスデューサの使用上は、無数に存在する振動モードのうち、基本モードと呼ばれる、膜全体が同位相で振動するモードが望ましい。なぜならば、膜全体が同位相で動くため最も効率的に音と電気を変換することができるからである。高次モードと呼ばれる膜の中に腹となる部分が複数できるようなモードの場合、振動膜内において振動する位相が 180 度異なる場所ができる。このようなモードでは、音を放射する場合、振動膜のある領域においては振動膜に接する媒質を圧縮する方向に振動し、正圧（圧縮波）を放射しようとするが、同時に膜の他の領域では媒質を膨張し、負圧（膨張波）を放射しようとするため、正負の音が打ち消し合い、正味として放射される音圧が低下する。受信の場合も同様に、入力された音圧に対して、膜が変位する方向が逆になる領域ができると、受信電流または電圧の正負が打ち消し合うため感度低下となる。

30

【 0 0 0 7 】

このような現象は、個々の振動モードにおける問題ではなく、別々の振動モード間の干渉という形でも影響する。一般的に、振動膜にエネルギーを放射する何らかの媒質が接している場合、個々の振動モードはある程度の帯域幅を持つ。従って、基本モードの帯域と高次モードの帯域が重なる領域が存在する。このとき基本モードの位相と高次モードの位相が一致しない周波数が発生し、前述と同様の機構により放射音圧や感度の低化が発生する。従って、使用可能な周波数帯域を広げるためには、振動モード間の干渉を考慮しなくてはならない。

40

【 0 0 0 8 】

一方、膜の振動モードは膜の形状と境界条件に依存する。膜の中心から膜を拘束する支持壁までの距離が均等とみなせる形状の場合、たとえば広く利用される円形や正六角形のような正多角形では、基本モードと高次のモードの共振周波数は常に一定の比率となる。

50

従って、形状が決まると、周波数特性は一意に決まる。一方、膜の中心から周囲の支持壁までの距離が等しくなく、異方性がある場合、たとえば膜形状が細長い長方形の場合、励起される振動モードの周波数は、その振動膜の短い方の幅に対する長い方の長さの比（長短の代表長さのアスペクト比（代表アスペクト比）、長方形の場合は縦横アスペクト比）により大きく異なる。従って、使用可能な帯域幅を確保するためには、膜の代表長さのアスペクト比を適切に設定する必要がある。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、静電容量型マイクロマシンの振動膜の形状が膜中心から膜を拘束する支柱までの距離が等方性を持たない場合でも、個々の振動モードや振動モード間の干渉による音響特性への影響を低減することである。

10

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【 0 0 1 0 】

長方形膜に代表される振動膜がある程度細長い形状をしている場合、振動膜の長い方向と短い方向で励起される振動モードを分離して考えることができる。振動膜の短い側の方向の幅で決まる振動モードのうち最も低周波なものが、基本モードの共振周波数になる。一方、振動膜が長い方向の振動モード周波数は、通常基本モードの共振周波数よりも高いが、その長さが短い方向の幅に対して長くなる（長短のアスペクト比が大きくなる）に従い、高次モードの共振周波数が基本モードの共振周波数に近づいてくる。有限のアスペクト比の場合、基本モードの帯域内に高次モードとの干渉により著しく感度低下を発生する点が存在する。一方、無限にアスペクト比が長い場合、振動膜の長い方向に励起される全ての高次モードの共振周波数は基本モード周波数に収束する。この場合、モード間の干渉は全て打ち消し合うため基本モードのみが振動している状態と等価となる。実際の振動膜は無限のアスペクト比は作ることができない。しかし、アスペクト比をある値よりも大きくすることで、利用上において無限のアスペクト比と同じと見なせる状態を作りうる。このとき、モード間干渉により発生する局所的な感度低下領域を抑制できるため、実用上より広帯域な特性を実現することができる。

20

#### 【 0 0 1 1 】

そこで、本発明は、振動膜の中心から支持壁までの距離が不均等である場合に、振動膜の第1の軸方向の長さと第1の軸に直交する第2の軸方向の長さの比（代表アスペクト比）を、超音波探触子による送受信の少なくとも一方の帯域幅内において、局所的に発生する振幅低下又は感度低下する周波数の信号レベルを所定値よりも抑制できる値に設定する。

30

#### 【 0 0 1 2 】

本発明の超音波探触子は、第1の電極を備える基板と第2の電極を備える振動膜を有し、振動膜は基板から立ち上がった支持壁によって周縁部が基板に固定され、基板と振動膜の間に空隙層が形成されている静電容量型マイクロマシンおよび当該静電容量型マイクロマシンと接する少なくとも一つ以上の音響媒質を備えた超音波探触子であって、超音波探触子の振動膜の代表寸法のうち長い方向に対する短い方向の比が、使用感度帯域内において音響性能を劣化させないような値以上としていることを特徴としている。

40

#### 【発明の効果】

#### 【 0 0 1 3 】

本発明は、高次振動モードによる不要応答を抑制し、より広帯域で利用できる超音波探触子を実現する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 1 4 】

【図1】静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサの断面模式図。

【図2】静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサアレイの平面模式図（長方形）。

【図3】静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサアレイの平面模式図（正六角形）。

50

【図 4】静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサを用いた超音波探触子の外観図。

【図 5】超音波撮像装置のシステム構成例を示す図。

【図 6】正六角形セルCMUTの振動モードを示す図。

【図 7】正六角形セルCMUTのインピーダンスを示す図。

【図 8】長方形セルCMUTの振動モードおよびインピーダンスを示す図。

【図 9】長方形セルCMUTの振動モード周波数を示す図。

【図 10】複数の振動モードが存在するときのdip形成機構を示す図。

【図 11】長方形セルCMUTおよび六角セルCMUTの送信ゲインおよびパルス応答を示す図。

【図 12】複数の振動モード周波数間隔が狭くなった場合のdip形成機構を示す図。

【図 13】CMUTの周波数特性とdipを示す図。

【図 14】エンベロープのメインパルスとリングング（尾引き）の関係を示す図。

【図 15】エンベロープのメインパルスとリングング（尾引き）のレベル差（ダイナミックレンジ）の縦横比依存性を示す図。

【図 16】長方形に準ずる様々なセル形状を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に本発明の実施の形態を説明する。なお、後述するセル構造や装置構成の内容は一例であり、実施の形態と既知の技術との組み合わせや置換により他の実施の形態を実現することもできる。

【0016】

[第1実施形態]

図1は、第1実施形態のCMUT(10)の垂直断面図であり、図2はその平面図である。図2中のAA断面が図1に相当する。なお、説明の便宜上、CMUT(10)が超音波を送信する方向、すなわち図1の上方、及び図2の紙面に対して垂直上方向をz方向とする。また、図1及び図2の右手方向をx方向とし、図1の紙面に対して垂直下方向及び図2の上方向をy方向とする。

【0017】

図1及び図2に示すように、このCMUT(10)は、シリコン単結晶などの絶縁体又は半導体からなる平板上の基板1に、アルミニウムやタンゲステンなどの導電体からなる薄膜状の下部電極2が形成され、下部電極2の上に振動膜5が形成されている。シリコン基板が下部電極を兼ねる場合もある。振動膜5はその周縁部が基板から立ち上がった支持壁8によって基板に固定され、振動膜5と基板1の間には、周囲が支持壁8によって密閉された空隙層7が形成されている。振動膜5の中には、絶縁膜4で被覆された上部電極3が配置されている。上部電極3は、下部電極2と上部電極3の間に電圧を印加した際、静電気力により基板側に変位する。この変位が過剰になり、上部電極3が下部電極2と接触したときに導通することを防ぐために、下部電極2の上部もしくは上部電極3を絶縁膜4で被覆するのが好ましい。CMUTを実際使用する場合、振動膜5の表面は通常空気や水など超音波を伝搬させるなんらかの音響媒質6に接触させる。また、基板1の下には音の減衰を目的とした背面材(バッキング材)9を接着させることもある。

【0018】

図2は、図1で示したCMUT(10)を1素子とするならば、同様の無数の素子がアレイ状に並べられているCMUTアレイ300を示している。このように、CMUTは1素子だけでなく、複数の素子を並べて使用することもできる。また複数の素子の上部電極同士(図2中のC1やC2)を電氣的にコネクタ部30で接続し、一つのチャンネルとして使用することもできる。通常、電気回路への上部電極3の接続は引出線31を介して上部電極接続パッド32で接続される。同様に、下部電極接続パッド33により下部電極も電気回路に接続できるようにする。

【0019】

なお、本実施形態の振動膜5及び上部電極3は同じサイズの長方形で描かれている。し

10

20

30

40

50

かし、本発明において、これらの形状やサイズは必ずしも図2のような長方形である必要はなく、たとえば図3のような他の多角形でもよい。また、CMUTアレイ300を構成する振動膜5及び上部電極3のサイズも全て一定である必要はない。すなわち、サイズの異なる振動膜5及び上部電極3がCMUTアレイ300内に混在しても良い。

#### 【0020】

基板1、下部電極2、振動膜5、支持壁8、絶縁膜4及び上部電極3は、半導体プロセス技術で加工可能な材料で作られる。例えば、米国特許第6,359,367号明細書に記載された材料が使用可能である。例示すると、シリコン、サファイア、あらゆる形式のガラス材料、ポリマ（ポリイミドなど）、多結晶シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、金属薄膜（アルミニウム合金、銅合金、又はタンゲステンなど）、スピン・オン・ガラス（SOG）、埋め込み（implantable）ドーパ剤又は拡散ドーパ剤、ならびに酸化シリコン及び窒化シリコンなどから成る成長フィルムである。空隙層7の内部は真空でもよいし、空気又は何らかの気体を充填してもよい。定常時（非動作時）において、空隙層7の間隔（z方向）は、主に基板1、振動膜5、支持壁8、及び上部電極3の剛性によって維持されている。

10

#### 【0021】

図4は、CMUTアレイ300を超音波探触子（プローブ）2000として組み立てた場合の外観図である。CMUTアレイ300の媒体（被検体）側には、超音波ビームを収束させる音響レンズ210と、CMUTと媒体（被検体）との音響インピーダンスを整合する音響整合層220や、電気的なシールド層として導電性膜240を配置し、また背面側（媒体側に対して逆）には、超音波の伝播を吸収する背面材（バックング材）9を設けて使用することができる。

20

#### 【0022】

図5は、超音波撮像装置の装置構成例を示す図である。図1-3に示したように、個々の、又は所定個数毎にまとめられたCMUT素子は、送受切替スイッチ40を介して、この超音波探触子2000を具備した超音波撮像装置の送信ビームフォーマ48及び受信ビームフォーマ49に接続されている。超音波探触子2000は、電源42によって駆動する直流電源45、送信アンプ43及び受信アンプ44により超音波ビームを形成するアレイとして動作し、超音波の送受信のために利用される。送受信の信号は制御部50により、目的に応じて制御される。例えば制御部50は、信号の波形制御、振幅制御、遅延制御、チャンネル重み制御等を実行する。送信信号は制御部50で制御され、個々のセルやセルを束ねたチャンネルの電極に、送信ビームフォーマ48、D/Aコンバータ46、送信アンプ43を介して任意の波形や振幅及び遅延時間が設定された状態で電圧が印加される。また、探触子に過大な電圧を印加しないよう、あるいは送信波形制御の目的で、電圧リミッター41を具備している。受信信号は受信アンプ44、A/Dコンバータ47や受信ビームフォーマ49を介した後、信号処理部51にて、Bモード断層像処理あるいはドップラー処理を経てビデオ信号に変換され、スキャンコンバータ52を介して表示部53に表示される。

30

#### 【0023】

なお、図2に示したCMUTアレイ300の配列は一例であって、同心円状、碁盤目（grid）状、不等間隔など、他の配列形態でもよい。また配列面は、平面状又は曲面状のいずれでもよく、その面形状も、円形状又は多角形状などにすることができる。あるいは、CMUT（10）を、直線状又は曲線状に並べてもよい。また、図5に示す機能の一部が超音波探触子2000内に搭載されていてもよい。例えば、送受切り替えスイッチ及び受信アンプ等の電気回路が超音波探触子2000の中に組み込まれていても機能的な差異はない。

40

#### 【0024】

次にCMUTの動作原理について説明する。CMUT（10）は、空隙層7及び絶縁膜4を挟んで、下部電極2と上部電極3とを配置した可変容量キャパシターとして機能する。上部電極3に力が加わりz方向に変位すると、下部電極2と可動する上部電極3の間隔

50

が変わり、CMUTの静電容量が変化する。上部電極3と振動膜5は結合しているため、振動膜5に力が加わっても、上部電極3は変位する。このとき、下部電極2と上部電極3の間に電圧が印加されて電荷が蓄積されていると、下部電極2と上部電極3の間隔の時間変化は静電容量の時間変化となり、両電極間に新たに電圧が発生する。このようにして、超音波などの何らかの力学的変位をもたらす力が振動膜5に伝播すると、その変位が電気信号（電圧もしくは電流）に変換される。また、下部電極2と上部電極3に電位差を与えると、各々異なる符号の電荷が各電極に蓄積し、静電気力により電極間に引力が発生し、上部電極3が基板1側に変位する。このとき、上部電極3と振動膜5は結合しているため、振動膜5も同時に変位する。こうして、振動膜上部（z方向）に、空気、水、プラスチック、ゴム、生体など音響伝播媒体が存在すれば、振動膜5の変位が媒質に伝わる。電極に印加する電圧を時間的に変動させることで変位も時間的に変動し、結果的に音が放射される。すなわち、このCMUT（10）は、入力された電気信号を振動膜5に隣接した媒体へ超音波信号として放射し、逆に媒体からの超音波信号を電気信号に変換して出力する機能を有する電気音響変換素子として機能する。

#### 【0025】

次に、CMUTの振動膜の振動モードについて説明する。CMUTの振動膜は様々な振動モードが励起されうる。図6には正六角形セルの振動モードの例を示す。図左は基本モードと言われる振動モードの振動形態を示している。基本モードは膜全体が同位相で振動するモードである（（1：1）モードと呼ぶ）。従って振動の腹は一つである。一方図右には振動膜の中央付近と振動膜中央から離れた位置にある支持壁付近に位相が約180度逆になる腹が存在する（（1：3）モードと呼ぶ）。図7には上述した正六角形セルの膜の空気中におけるインピーダンス特性を示す。図中の低周波側のピークが基本モードの共振点、高周波側のピークが（1：3）モードの共振点である。この基本モードと高次モードの共振周波数の絶対値はセルのサイズによって変わるが、高次モードの共振周波数を基本モードの共振周波数で規格化した値は変わらない。基本モードの共振周波数を $f_{11}$ とし、（1：3）モードの共振周波数を $f_{13}$ とすると、 $f_{13}/f_{11}$ は常に一定値（約3.8）となる。ここには、セル形状が正六角形の場合を示したが、高次モードの規格化した周波数は円形であってもほぼ変わらない。つまり、振動膜の中心から支持壁までの距離が方向に依存せず均等となる場合は、基本モードと高次モードの共振周波数の比は近い値になる（非特許文献1）。

#### 【0026】

一方、図2に示したような細長い長方形セルの場合は、励起される振動モード特性が、セル形状が正六角形や円形の場合とは大きく異なる。セル形状が長方形の場合、全体のサイズ以外に幅が長い方向と短い方向のパラメータが存在する（ここでは、長い方を縦、短い方を横とする）。縦横アスペクト比（図2中における $l/w$ ）が“4”と“8”の場合の振動モードの例を図8に示す。図8からわかるとおり、基本モードの共振周波数 $f_{11}$ は縦横アスペクト比を変えても同じだが、高次モード周波数は変わる。長方形セルの場合、基本モードの周波数は横幅 $w$ で決まるが、高次モードは縦方向に沿って複数の腹を作るように発生するため、周波数は縦方向の長さで決まる。このため同じ横幅であっても縦横比が違えば、高次モードの周波数が変わり、従って基本モードの周波数に対する高次モードの周波数の比も変わる。長方形の周囲が固定端の場合、励起される振動モードは理論的に以下の式で表される。

#### 【数1】

$$f_{res} \propto \frac{\pi}{2} \left[ \frac{G_1^4}{w^4} + \frac{G_2^4}{l^4} + \frac{2J_1J_2}{w^2l^2} \right]^{1/2}$$

#### 【0027】

ここで、 $w$ および $l$ は長方形の横と縦の長さ、 $G$ および $J$ は境界条件によって決まる定数で

10

20

30

40

50

ある。長方形の振動モードには、縦横アスペクト比が大きくなるにつれ、高次モードは基本モードの周波数に集中していく性質がある。図9には長方形の縦横アスペクト比を変えたときの高次モード周波数の周波数を基本モード周波数で規格化した結果を示す。図9から分かるとおり、縦横アスペクト比が大きくなるに従い高次モードの周波数が基本モード周波数に集中していくため（1に近づくため）、図の曲線の傾きが小さくなっていく。仮に無限に大きな縦横アスペクト比の場合、全てのモードが一つの周波数に集中することになる（全てのモードがNormalized frequency=1になる）。尚、図9には表示の都合上1:2, 1:4, 1:8, 1:16しか示していないが、他の縦横アスペクト比に対する曲線は図9に表示した曲線の間連続的に存在する。例えば縦横アスペクト比が、1:3, 1:5, 1:6, 1:7, 1:9, 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15, 1:17, 1:18...に対応する曲線も存在する。さらに、縦横アスペクト比は前述したような整数比に限定されず、例えば1:16.1、1:16.5のように小数点以下の数値で表される場合も含まれる。

10

20

30

40

50

#### 【0028】

次に、この振動モードに起因する課題を説明する。図10には基本モードの共振周波数を $f_{11}$ とし、腹が二つある高次モードの共振周波数を $f_{13}$ としたときのCMUTの音響的な周波数特性を示す。ここでは負荷として水や音響レンズなどの媒質に接している状態を想定している。図中の上側が送信音圧もしくは感度を示し、図中の下側には各振動モードの位相を示している。ここで言う位相とは、CMUTの電極間に印加される交流電圧に対する音圧（もしくは膜の速度や変位）の位相差である。位相が0の点が共振点となり、共振点を境目に低周波側と高周波側の極限では、位相が180度異なる。高次モードの位相は、振動膜の位置によって異なる。しかし、ここでは、最終的に放射される音圧に注目するため、正味の位相を定義する。たとえば、長方形膜における（1:3）モードの場合、振動膜の中心とその長手方向の両側に位相が180度異なる腹ができる。中心の腹は一つであるが、周囲には2つの腹ができる。このため、正味の振幅としては、腹が二つとなる方向が意味を持つ。従って、（1:3）モードの位相は腹が二つとなる方向として定義する。基本モードは膜全体が同位相で振動するため、一般的に高次モードよりも正味の振幅が大きく、感度が高い。図10から分かるとおり、 $f_{11}$ と $f_{13}$ の間に局所的に振幅が落ち込む（感度が低化する）周波数 $f_d$ が存在する（以下dip、ディップと呼ぶ）。このようなdipが発生する理由は、基本モードと高次モードが打ち消し合うためである。すなわち、基本モードの位相と高次モード位相の差が大きくなる（180度に近くなる）周波数が存在するためである。位相差が0度の場合はお互いに強め合うため振幅は上がるが、位相差が互いに反転（180度）に近くなるに従い、お互いの振幅が打ち消し合う状態を作り出す。ただし、位相差が十分大きくても、振幅が小さい場合、その影響は小さい（たとえば、 $f_{11}$ 付近は $f_{13}$ の振幅が小さく、位相差は大きい打ち消す振幅が小さい）。従って、位相差と振幅の兼ね合いにより局所的にdipが形成される。

#### 【0029】

一般的に、超音波トランスデューサはより高感度かつ広帯域な特性が望まれる。従って、基本モード周辺の帯域が広いことが望ましい。しかし、高次モードの存在により、dipが発生し、帯域幅が狭められることは望ましくない。またdipの周波数付近のみ局所的に送信音圧が落ちることは様々な周波数の音波を利用する超音波探触子として不適当である。すでに述べたように、円形や正多角形のようなセル形状の場合、高次モードの周波数は基本モードの周波数に対して一定の比率で固定されるため、dipの位置は一意に決まる。

#### 【0030】

そのため帯域の向上は原理的に困難である。一方、長方形のような細長いセル形状の場合、各高次の振動モードの周波数は縦横アスペクト比で決まる。従って縦横アスペクト比を変えることでdipの位置を制御することができる。しかし、長方形の高次モードは円形や正多角形の高次モードよりも基本モード周波数に近い位置に発生する。つまり、長方形のdipはむしろ基本モードの帯域を狭める方向となり、広帯域性の向上とは逆方向となる。

#### 【0031】

一例として、縦横アスペクト比が“ 2 ”、“ 4 ”、“ 8 ”、“ 16 ”のCMUTセルの送信感度の実験結果を図11に示す。比較として、正六角形セルの結果（HEX）も示す。正六角形セルの場合、基本モードの帯域中心は約9MHzとなっており、20MHz付近に大きなdipが発生している。一方、長方形セルの場合、基本モードの帯域は正六角形セルよりも広く25MHz以上あるが、縦横アスペクト比が小さい場合には基本モード帯域内に鋭いdipの発生が認められる。たとえば、縦横アスペクト比が“ 2 ”のときは11MHz付近、“ 4 ”のときは5MHzおよび8MHz付近に鋭いdipが存在する。一般的に超音波探触子の周波数帯域は送受信の場合、ピーク値から-6dBとなる周波数の幅で規定される。送信のみ、あるいは受信のみの場合、その半分の-3dBで規定される。しかし、図11中の縦横アスペクト比が“ 2 ”や“ 4 ”の場合、dipの深さが10 [dB]以上あるため、六角形セルよりも相当狭い帯域幅になってしまう。

10

#### 【 0 0 3 2 】

一方、本実験データからは、長方形の縦横アスペクト比が大きいほどdipとdipの間隔が狭くなり、dipの深さも小さくなることが分かる。例えば縦横アスペクト比が“ 8 ”の場合のdipの深さは、縦横アスペクト比が“ 4 ”の場合の数分の1であり、縦横アスペクト比が“ 16 ”の場合のdipの深さは更に小さくなることが分かる。図12にその原理を示す。図12には3つの振動モードが関係する周波数特性を示している。各振動モードの周波数の間隔は縦横アスペクト比が大きいほど基本モードに近づくため、dipのできる間隔も狭まる。また、各振動モードの共振周波数が近づくことで、振動モードの位相差も小さくなる（図中fd1）。さらに2つ以上の振動モードが重なる領域では、基本モードに同位相に近いモードと逆位相に近いモードがそれぞれ存在するため、極端なdip形成は抑制される（図中fd2）。このように2つ以上の振動モードの干渉により、dipの位置や深さは変化する。

20

#### 【 0 0 3 3 】

以上の長方形振動膜の振動モード間の干渉の性質を利用し、長方形でありながらdipの影響を低減させることができる。縦横アスペクト比が大きくなるに従い、基本モードの帯域内に発生するdipの数は増えるが、dipの深さは小さくなる。従って究極的には、無限に大きい縦横アスペクト比であればdipは発生しない。実際には無限の縦横アスペクト比はあり得ないが、dipが十分小さくなれば実際の使用上に問題がない閾値が存在する。図11に示した縦横アスペクト比が“ 8 ”の場合、基本モード帯域内に数個のdipが発生するが、dipの深さは最大値に対して-2dB程度である。また縦横アスペクト比が“ 16 ”ではほぼ1dB以下のdipとなる。図11の縦横アスペクト比が“ 8 ”および“ 16 ”の結果より、dipが十分無視できれば、長方形セルは六角セルよりも広帯域な特性を有していることが分かる。縦横アスペクト比をある値以上（長方形セルの場合、縦横アスペクト比を“ 8 ”以上）にすることで、不要応答を低減し、従来のCMUTよりも広帯域な超音波探触子を実現することができる。実際の設計においては、次のように縦横アスペクト比を設定すればよい。図13はある縦横アスペクト比の場合のCMUTの送受信感度を周波数特性として示している。縦横アスペクト比が有限の場合、必ず周波数特性上に一つ以上のdipが発生する。全てのdipの深さが最大6 dB以下であれば（送信もしくは受信のみの場合3 dB）、実用上、超音波トランスデューサの帯域はdipに依存しないと言える。従って、基本モードと長い方向に発生する高次モードの干渉によるdipの深さ（図13中のDF）が送受信で6 dB以下となるような縦横アスペクト比とすればよい。

30

40

#### 【 0 0 3 4 】

##### [ 第2実施形態 ]

図11には、周波数特性だけではなく、送信される音波の時間応答のエンベロープ（包絡）も示している。超音波画像装置等ではエンベロープの幅が画像の分解能に大きく影響する。このためエンベロープの幅は重要な評価要素となる。縦横アスペクト比が小さくdipが大きい場合、メインパルスの後の信号レベルが六角形セルの場合よりも高く、いわゆるリングング（尾引き）が発生している。このようなリングングが発生すると、超音波診断装置等で画像化する際のノイズ成分となりうる。従って、実際の利用上においてはリン

50

ギングを極力低減した波形が必要になる。図 1 1 より、縦横アスペクト比が “ 8 ” 以上では、ほぼ六角形セルと同様のリングングレベルになることが分かる（約 -25 dB以下）。

【 0 0 3 5 】

通常、超音波診断装置で用いられる信号のダイナミックレンジは50-60 dB以上ある。生体の撮像を目的とするならば、標準的な撮像領域は体表より深さ10 cm程度であり、このような深さで最もよく使用する探触子の感度帯域は概ね10 MHz以下である。生体の減衰係数は水とほぼ同じで約0.5[dB/cm/MHz]といわれている。たとえば、5 MHzで10 cmの深さまで撮像しようとするとき、探触子から送信された信号は、生体内の反射点からの往復で、 $0.5[\text{dB/cm/MHz}] \times 10[\text{cm}] \times 2 \times 5[\text{MHz}] = 50$  dBの減衰が起こる。従って、このような場合、探触子の持つ信号のダイナミックレンジ（DR）は50dB程度要求される。このような理由から、通常、医療用超音波診断装置等では、送受感度のダイナミックレンジ（DR）として50 dB程度は保持している。従って、送受で少なくとも送信パルス50 dB以上のレベルにリングング等の不要応答が存在すると、画像の分解能の劣化等の性能低下を引き起こす可能性がある。このような観点から、基本モードと高次モードの干渉によるリングングは送受で50 dB以下、送信のみや受信のみの場合、その半分である25dB以下であることが要求される。

【 0 0 3 6 】

実際の設計においては、本発明により以下のように縦横アスペクト比を設定することができる。図 1 4 は送信音波あるいは受信信号の時間波形のエンベロープを示している。この波形の最大点からリングングレベルとの差（図中DE）が25 dB以上、送受信の場合50 dB以上、となるような縦横アスペクト比とすることである。これにより、実用上パルス幅の狭い時間波形を実現することができる。

【 0 0 3 7 】

[ 第 3 実施形態 ]

第 2 実施形態ではある特定の用途に応じた周波数と深さを設定しているが、他の用途においては条件が変わりうる。例えば、同じ生体撮像目的であっても、より高周波を用いて浅い領域を高分解能で撮像する場合がある。このとき、20MHzで3cm程度までの撮像の場合、最低限必要なダイナミックレンジは $0.5[\text{dB/cm/MHz}] \times 3[\text{cm}] \times 2 \times 20[\text{MHz}] = 60$  dBとなる。図 1 1 の結果より、縦横アスペクト比が “ 1 6 ” のときの送信ゲインのリングングレベルは -30 dB程度となっている。つまり、送受で約60 dBのDEに相当する。従って、本条件における長方形の縦横アスペクト比は “ 1 6 ” 以上ということになる。

【 0 0 3 8 】

上記をまとめると、より一般的に以下のように縦横比の設定方法を規定することが可能である。実験データに基づき、縦横アスペクト比と送受のDEの関係を図 1 5 に示す。図中の各点が実験データ、曲線 1 5 0 は対数曲線でフィッティングしている。図 1 5 を用いれば、最低限必要なダイナミックレンジ（DR）が決まれば、自ずと必要となる送受エンベロープの最大点とリングングレベルとの差（DE）が決まり、その結果、必要となる縦横アスペクト比（Aspect ratio）が求まる。必要となるダイナミックレンジは上記のように、送受信の減衰の式、つまり、減衰係数[dB/cm/MHz] × 撮像深さ[cm] × 2 × 使用周波数[MHz]から求めればよい。しかし、当然ながらDEが必ずしも一意の値に決まるとは限らない。つまり、分解能を犠牲にして良い場合などにおいては、リングングレベルは変わりうる。しかしその場合は、目的に応じて要求されるリングングレベルに対して、改めて図 1 5 と同様の曲線を求め、基準を設定し直せばよく、本発明の趣旨である縦横アスペクト比の設定方法自体が変わるものではない。例えば、図 1 5 では、図 1 1 に示した六角形セルのエンベロープの -10 dBの位置におけるパルス幅以降に存在するピークをリングングレベルと認定したが、分解能が六角形セルの場合ほど要求されない仕様においては、リングングレベルと見なす値が下がり、結果としてDEは全体的に増加する。その結果、図 1 5 の曲線 1 6 0 のようになることがある。このとき、同じDRであっても、必要となる縦横アスペクト比（Aspect ratio）は約 “ 4 ” 以上ということになる。

【 0 0 3 9 】

[ 第 4 実施形態 ]

本発明は各振動モードの共振周波数からも最適な縦横アスペクト比を設定することができる。第1および第2実施形態では、長方形の縦横アスペクト比が“8”以上にすることで、周波数特性上もしくは時間波形上において広帯域あるいは短いパルスを実現できることを示した。一方、縦横アスペクト比が大きくなることは、図8の結果より、基本モードに対する各振動モードの共振周波数が小さくなることに対応する。縦横アスペクト比が“8”の場合、(1:1)モードから5個目の(1:11)モードが、(1:1)モードの共振周波数の2倍以下となっている。言い換えれば、Normalized frequencyが2以下の領域に腹の数が奇数個存在する振動モードの数が6個以上存在するとき縦横アスペクト比が“8”以上となる。

【0040】

10

従って、正六角形セル以上の広帯域性を実現する場合の実際の設計においては、Normalized frequencyが2以下の領域に腹の数が奇数個存在する振動モードの数が6個以上存在するような縦横アスペクト比とすべきである。

【0041】

[第5実施形態]

第1から第4実施形態では、セル形状が長方形の場合について縦横アスペクト比の設定方法を示した。しかし、実際のセル形状は必ずしも厳密な意味での長方形に限らない。図16に示したように、振動膜の中心から支持壁までの距離が均一でないセル形状は無数に存在する。因みに、Aは長方形、Bは八角形、Cは六角形、Dは微細な凹凸を有する長方形、Eは楕円形の例を示している。勿論、形状は図16以外の形状でも良い。しかし、図から分かるとおり、支持壁間の狭い方向(W)と長い方向(L)の長さを代表アスペクト比( $=L/W$ )として定義すれば、第1から第4実施形態で述べた方法により最適なアスペクト比を設定することができる。因みに、微細な凹凸を有する場合における支持壁間の狭い方向(W)と長い方向(L)の長さは、微細な凹凸を無視した各辺又は頂点間の長さ又は平均的な長さで与えるものとする。また、Dの例は、微小な凹凸が元図形である長方形の外縁を拡張するように形成した例を表しているが、各辺の外縁を元図形よりも内側に狭めるように形成することもできる。また、微小な凹凸の幅や深さは、支持壁間の狭い方向(W)と長い方向(L)の長さに対して十分に小さいものとする。ここでの十分に小さいとは、元図形を損なわない程度又は例えば図11に示すような時間応答のエンベロープを元図形の特性から大きく変化させない程度をいう。

20

30

【符号の説明】

【0042】

- 1：基板
- 2：下部電極
- 3：上部電極
- 4：絶縁膜
- 5：振動膜
- 6：音響媒質
- 7：空隙層
- 8：支持壁
- 9：背面材（バックグ材）
- 10：静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサ
- 30：コネクタ部
- 31：引出線
- 32：上部電極接続パッド
- 33：下部電極接続パッド
- 40：送受切替スイッチ
- 41：電圧リミッター
- 42：電源
- 43：送信アンブ

40

50

44 : 受信アンプ  
 45 : 直流電源  
 46 : D / A コンバータ  
 47 : A / D コンバータ  
 48 : 送信ビームフォーマ  
 49 : 受信ビームフォーマ  
 50 : 制御部  
 51 : 信号処理部  
 52 : スキャンコンバータ  
 53 : 表示部  
 54 : ユーザインターフェース

10

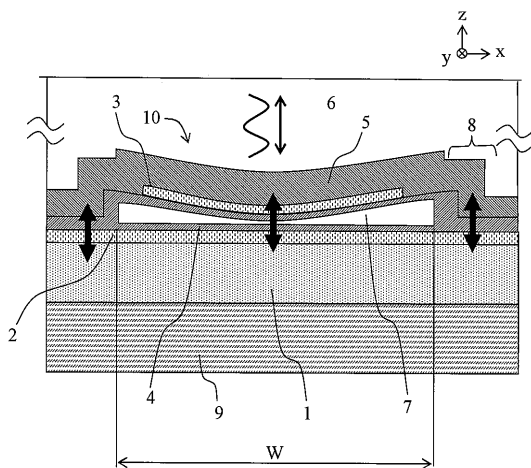
150 : 送受波形のエンベロープのピークとリングレベルの差に関するアスペクト比依存性 (正六角形セルの送信エンベロープの -10 dB の時間を基準) を示す曲線  
 160 : 送受波形のエンベロープのピークとリングレベルの差に関するアスペクト比依存性 (正六角形セルの送信エンベロープの -10 dB の時間以上を基準) を示す曲線

210 : 音響レンズ  
 220 : 音響整合層  
 240 : 導電性膜  
 300 : CMUT アレイ  
 2000 : 超音波探触子 (プローブ)

20

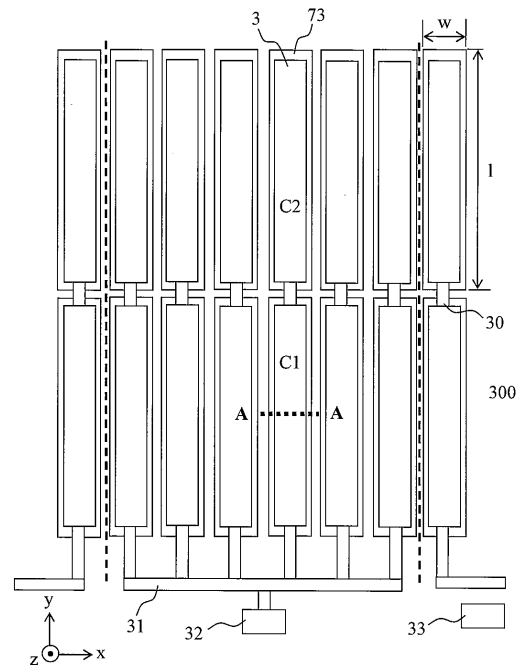
A : 長方形  
 B : 八角形  
 C : 六角形  
 D : 微細な凹凸のある長方形  
 E : 楕円形  
 【図 1】

図 1



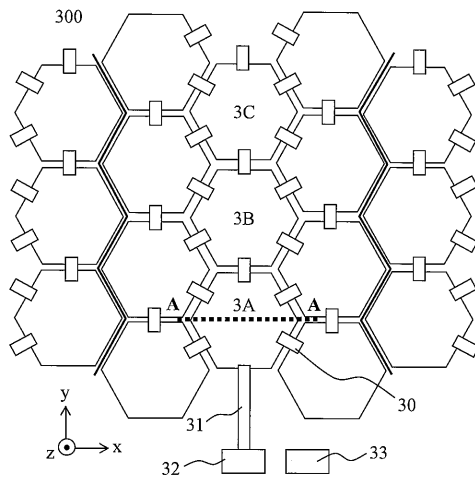
【図 2】

図 2



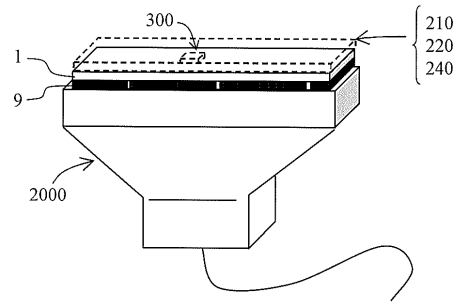
【図 3】

図 3



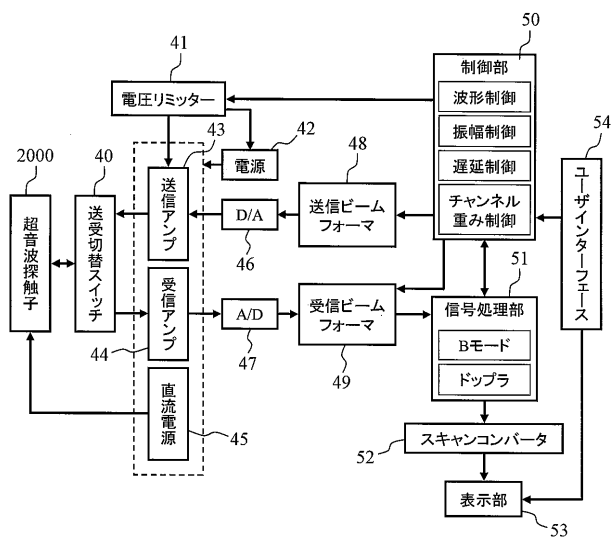
【図 4】

図 4



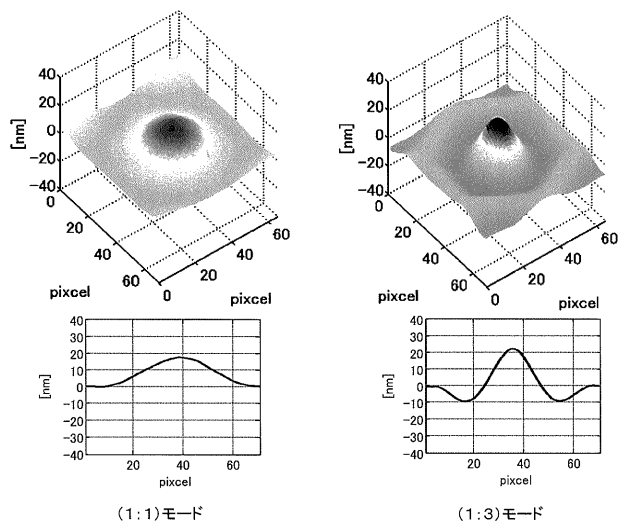
【図 5】

図 5



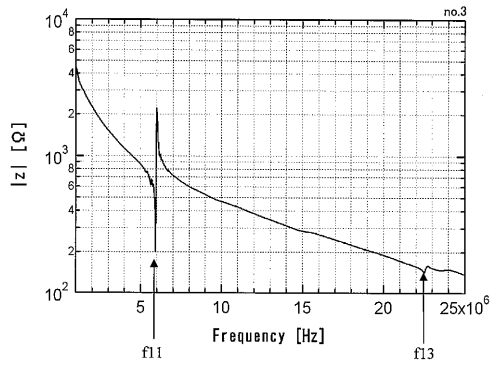
【図 6】

図 6



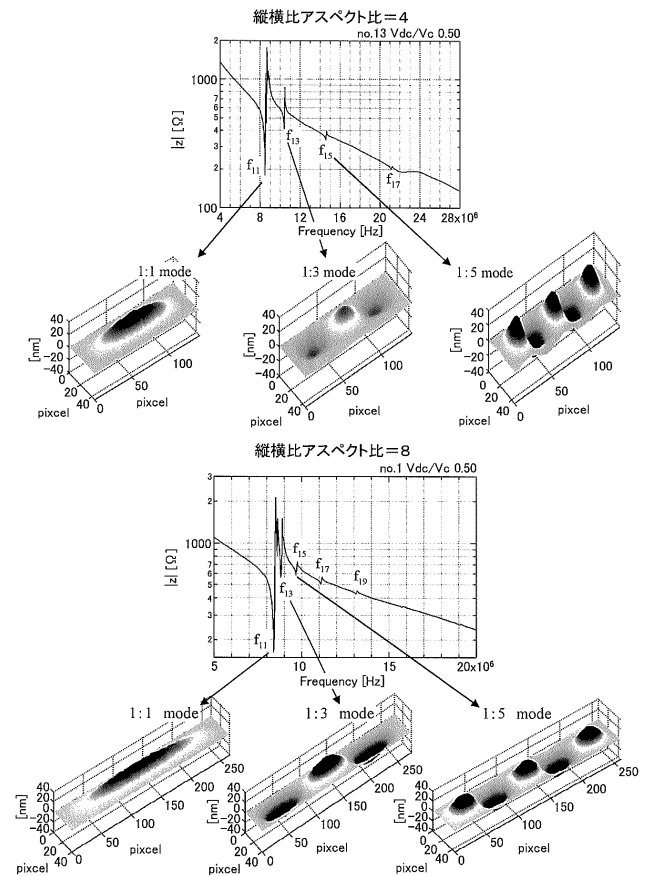
【 図 7 】

図 7



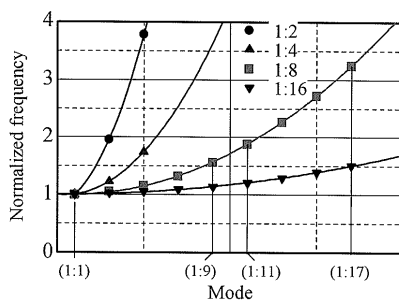
【 図 8 】

図 8



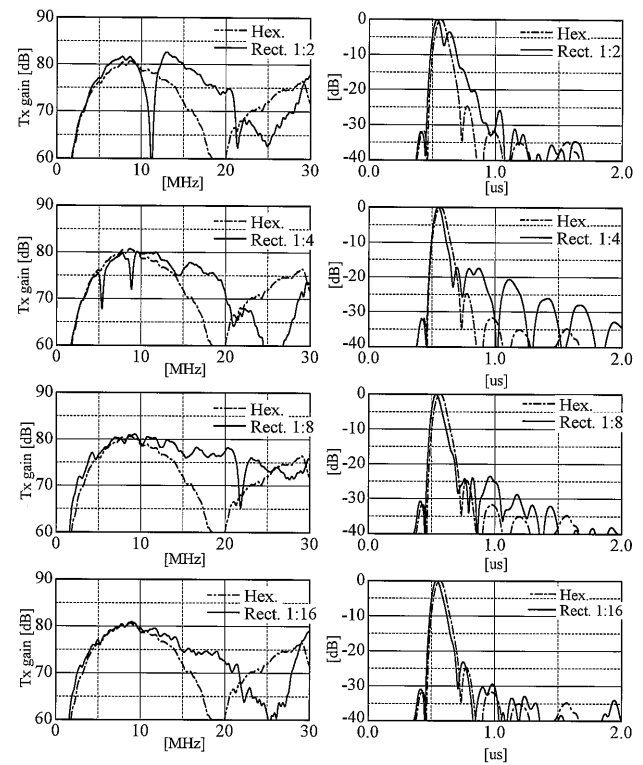
【 図 9 】

図 9



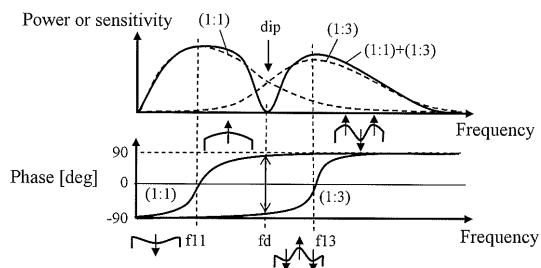
【 図 1 1 】

図 1 1



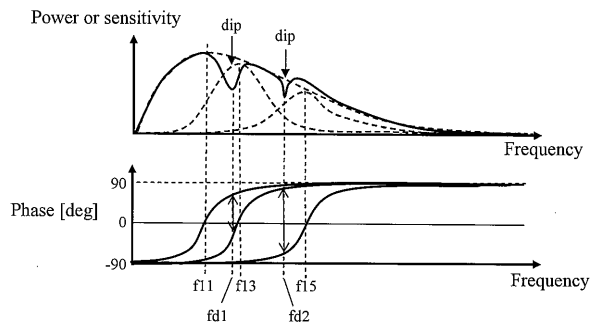
【 図 1 0 】

図 1 0



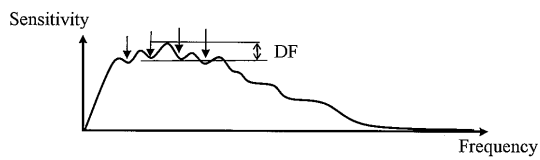
【図 1 2】

図 1 2



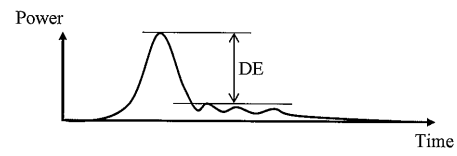
【図 1 3】

図 1 3



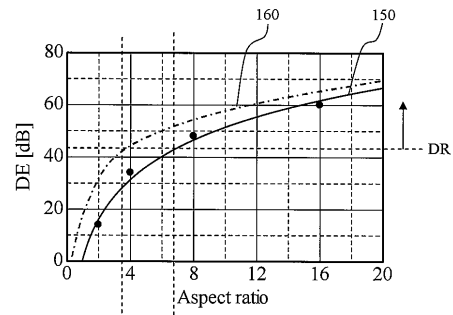
【図 1 4】

図 1 4



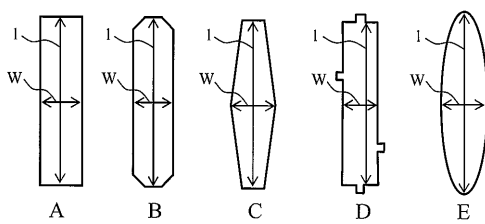
【図 1 5】

図 1 5



【図 1 6】

図 1 6



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063607

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R19/00 (2006.01) i, A61B8/00 (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)  
H04R19/00, A61B8/00

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 | 1996-2010 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2010 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2010 |

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. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | WO 2007/046180 A1 (Hitachi Medical Corp.<br>et al.),<br>26 April 2007 (26.04.2007),<br>paragraphs [0077], [0078], [0140] to [0142];<br>fig. 20, 21, 40, 41<br>& JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1<br>& EP 1950997 A1 & CN 101238754 A | 1, 2, 8<br>9          |
| A         | JP 2007-318742 A (Murata Mfg. Co., Ltd.),<br>06 December 2007 (06.12.2007),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                                                | 1, 2, 8, 9            |

☒ 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 November, 2010 (22.11.10)Date of mailing of the international search report  
07 December, 2010 (07.12.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063607

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | <p>JP 2008-510324 A (Georgia Tech Research Corp.),<br/>03 April 2008 (03.04.2008),<br/>entire text; all drawings</p> <p>&amp; JP 2007-528153 A                      &amp; JP 2007-527285 A<br/> &amp; JP 2007-531357 A                      &amp; US 2005/0177045 A1<br/> &amp; US 2005/0200241 A1                  &amp; US 2005/0200242 A1<br/> &amp; EP 1725343 A                          &amp; EP 1713399 A<br/> &amp; EP 1769573 A                          &amp; EP 1761998 A<br/> &amp; WO 2005/077012 A2                  &amp; WO 2005/084284 A<br/> &amp; WO 2005/084267 A                  &amp; WO 2005/087391</p> | 1, 2, 8, 9            |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063607

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1 discloses an electrostatic type ultrasonic transducer formed by a semiconductor micro-machining technique and comprising a substrate having a substrate side electrode, and a diaphragm of a rectangular planar shape having a diaphragm-side electrode, wherein the diaphragm is fixed at the peripheral edge thereof on the substrate by a wall-shaped section rising from the substrate, and wherein a gap layer is formed between the substrate and a vibrating membrane, characterized in that the aspect ratio of the diaphragm is extremely increased to exclude the influence of a vibration mode substantially so that the notch of frequency characteristics is suppressed to acquire the frequency characteristics which are flat over a wide band. (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
Claims 1, 2, 8 and 9.

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063607

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

It is also disclosed that the electrostatic type ultrasonic transducer is used as an ultrasonic probe. Thus, the invention of claim 1 is not admitted to involve any novelty to and any special technical feature by document 1.

Therefore, it is admitted that the dependent claims of claim 1 contain the seven inventions which are related in the following individual special technical features, if the special technical features are determined at the time of inviting an additional fee payment.

Here, the invention of claim 1 but without any special technical feature is grouped into invention 1.

(Invention 1) Invention of claims 1, 2, 8 and 9

An ultrasonic probe having: a constitution (as will be called feature A) "of an electrostatic capacity type micro-machine comprising a substrate having a first electrode, and a vibrating membrane having a second electrode, wherein said vibrating membrane is fixed at the peripheral edge thereof on said substrate by a supporting wall rising from said substrate, wherein a gap layer is formed between said substrate and said vibrating membrane, and wherein a cell shape is formed such that the distance from the center of said vibrating membrane to the peripheral edge, at which said vibrating membrane is fixed, is heterogeneous, characterized in that the ratio of the length of said vibrating membrane in a first axial direction and the length in a second axial direction orthogonal to said first axis is designated by a representative aspect ratio, and in that said representative aspect ratio is so set within the bandwidth of at least the transmission or reception by said ultrasonic probe as can suppress the signal level of the frequency which causes the amplitude drop or sensitivity drop to occur locally, lower than a predetermined value"; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is set at such a value as not to form a dip of 6 dB or more within the transmission or reception band of said ultrasonic probe".

(Invention 2) Invention of claim 3

An ultrasonic probe having: the feature A; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is set to such a value as not to form a dip of 3 dB or more within the transmission or reception band of said ultrasonic probe".

(Invention 3) Invention of claim 4

An ultrasonic probe having: the feature A; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is set to such a value that the number of such one of the vibration mode of said vibrating membrane as the value, which is calculated by dividing the frequency of the vibration mode having an odd number of antinodes by a fundamental mode frequency, is six or more."

(Invention 4) Invention of claim 5

An ultrasonic probe having: the feature A; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is "8" or more".

(Invention 5) Invention of claim 6

An ultrasonic probe having: the feature A; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is set such that the ringing level of a transmitted sound wave or a received signal is at 50 dB or lower."

(Invention 6) Invention of claim 7

An ultrasonic probe having: the feature A; and a constitution "wherein said representative aspect ratio is set such that the ringing level of a transmitted sound wave or a received signal is at 25 dB or lower."

(continued to next extra sheet)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/063607

(Invention 7) Invention of claims 10-13

An ultrasonic photographing device comprising: an ultrasonic probe having the feature A; "a DC power source unit and an AC power source unit; a transmission beam former or a means for transmitting an ultrasonic beam from said ultrasonic probe; a reception beam former for forming a reception beam from the ultrasonic signal received by said ultrasonic probe; a signal processing unit for processing a signal coming from said reception beam former; and a display means for displaying the image data according to the processed result of said signal processing unit".

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|
| 国際調査報告                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                  | 国際出願番号 PCT/JP2010/063607 |                                          |
| <b>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</b><br>Int.Cl. H04R19/00(2006.01)i, A61B8/00(2006.01)i                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
| <b>B. 調査を行った分野</b><br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. H04R19/00, A61B8/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2010年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2010年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2010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）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
| <b>C. 関連すると認められる文献</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号           |                                          |
| X<br>A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | W0 2007/046180 A1 (株式会社日立メディコ (他1名)) 2007.04.26,<br>【0077】、【0078】、【0140】－【0142】及び第20,<br>21, 40, 41図 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP<br>1950997 A1 & CN 101238754 A | 1, 2, 8<br>9             |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2007-318742 A (株式会社村田製作所) 2007.12.06, 全文及び全<br>図面（ファミリーなし）                                                                                                                    | 1, 2, 8, 9               |                                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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<br>「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<br>「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<br>「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）<br>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「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<br>「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<br>「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<br>「&」同一パテントファミリー文献 |                                                                                                                                                                                  |                          |                                          |
| 国際調査を完了した日<br>22.11.2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                  | 国際調査報告の発送日<br>07.12.2010 |                                          |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ISA/JP）<br>郵便番号100-8915<br>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）<br>境 周一  | 5 Z 3 6 5 4<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3591 |

| 国際調査報告                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 0 / 0 6 3 6 0 7 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号                       |
| A                     | JP 2008-510324 A (ジョージア テック リサーチ コーポレイション) 2008.04.03, 全文及び全図面 & JP 2007-528153 A & JP 2007-527285 A & JP 2007-531357 A & US 2005/0177045 A1 & US 2005/0200241 A1 & US 2005/0200242 A1 & EP 1725343 A & EP 1713399 A & EP 1769573 A & EP 1761998 A & WO 2005/077012 A2 & WO 2005/084284 A & WO 2005/084267 A & WO 2005/087391 | 1, 2, 8, 9                           |

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 0 / 0 6 3 6 0 7

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

文献1には基板側電極を備えた基板と、ダイヤフラム側電極を備えた平面形状矩形のダイヤフラムを有し、ダイヤフラムは基板から立ち上がった壁状部分によって周縁部が基板に固定され、基板と振動膜との間には空隙層を有してなる、半導体マイクロ加工技術によって形成された静電型超音波トランスデューサからなるにおいて、ダイヤフラムのアスペクト比を極端に大きくすることによって振動モードの影響を実質的に排除し、もって周波数特性のノッチを抑制して広帯域に渡って平坦な周波数特性を得られることが記載されている。また該静電型超音波トランスデューサを超音波探蝕子に用いる旨も記載されている。してみると、請求項1に係る発明は文献1より新規性を有さず、特別な技術的特徴を有しない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項1, 2, 8, 9

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

様式PCT/ISA/210（第1ページの続葉（2））（2009年7月）

## &lt;第 III 欄の続き&gt;

そこで、請求項 1 の従属請求項について手数料の追加納付命令時点での特別な技術的特徴を判断すると、以下に示す各特別な技術的特徴で関する 7 の発明が含まれるものと認められる。

なお、特別な技術的特徴を有しない請求項 1 に係る発明は、発明 1 に区分する。

(発明 1) 請求項 1, 2, 8, 9 に係る発明。

「第 1 の電極を備える基板と第 2 の電極を備える振動膜を有し、前記振動膜は前記基板から立ち上がった支持壁によって周縁部が前記基板に固定され、前記基板と前記振動膜の間に空隙層が形成されており、前記振動膜の中心から前記振動膜が固定されている周縁部までの距離が不均一であるセル形状である静電容量型マイクロマシンにより形成され、前記振動膜の第 1 の軸方向の長さと同第 1 の軸と直交する第 2 の軸方向の長さの比を代表アスペクト比とし、前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子による送受信の少なくとも一方の帯域幅内において、局所的に発生する振幅低下あるいは感度低下する周波数の信号レベルを所定値よりも抑制し得る値に設定される」構成（以下、特徴 A と呼ぶ）、及び「前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 6dB 以上のディップを形成しなくなるような値に設定される」構成を有する超音波探触子。

(発明 2) 請求項 3 に係る発明。

特徴 A 及び「前記代表アスペクト比は、前記超音波探触子の送信又は受信帯域内に 3dB 以上のディップを形成しなくなるような値に設定される」構成を有する超音波探触子。

(発明 3) 請求項 4 に係る発明。

特徴 A 及び「前記代表アスペクト比は、前記振動膜の振動モードのうち、腹の数が奇数個存在する振動モードの周波数を基本モード周波数で割った値が 2 以下になる振動モードの数が 6 個以上存在するような値に設定される」構成を有する超音波探触子。

(発明 4) 請求項 5 に係る発明。

特徴 A 及び「前記代表アスペクト比が “8 “以上である」構成を有する超音波探触子。

(発明 5) 請求項 6 に係る発明。

特徴 A 及び「前記代表アスペクト比は、送信音波又は受信信号のリングングレベルが 50dB 以下となるに設定される」構成を有する超音波探触子。

(発明 6) 請求項 7 に係る発明。

特徴 A 及び「前記代表アスペクト比は、送信音波又は受信信号のリングングレベルが 25dB 以下となるに設定される」構成を有する超音波探触子。

(発明 7) 請求項 10 - 13 に係る発明。

特徴 A を有する超音波探触子と、「直流電源部および交流電源部と、前記超音波探触子から超音波ビームを送波する手段である送信ビームフォーマと、前記超音波探触子で受信した超音波信号から受信ビームを形成する受信ビームフォーマと、前記受信ビームフォーマからの信号を処理する信号処理部と、前記信号処理部の処理結果に応じた画像データを表示する表示手段」を有する超音波撮影装置。

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JP, 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, RO, RS, RU, 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

Fターム(参考) 2G047 AA12 AC13 CA01 DB02 EA01 EA05 GB32 GF11  
4C601 EE03 EE04 GB03 GB41 GB50  
5D019 AA09 DD01 FF04

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

|                |                                                                                                                                                                                 |         |            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 超声探头和超声成像装置                                                                                                                                                                     |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JPWO2011033887A1</a>                                                                                                                                                | 公开(公告)日 | 2013-02-14 |
| 申请号            | JP2011531855                                                                                                                                                                    | 申请日     | 2010-08-11 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立医药                                                                                                                                                                        |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 株式会社日立メディコ                                                                                                                                                                      |         |            |
| [标]发明人         | 田中宏樹<br>町田俊太郎                                                                                                                                                                   |         |            |
| 发明人            | 田中 宏樹<br>町田 俊太郎                                                                                                                                                                 |         |            |
| IPC分类号         | H04R19/00 H04R7/00 A61B8/00 G01N29/24                                                                                                                                           |         |            |
| CPC分类号         | B06B1/0292                                                                                                                                                                      |         |            |
| FI分类号          | H04R19/00.330 H04R7/00.330 A61B8/00 G01N29/24.502                                                                                                                               |         |            |
| F-TERM分类号      | 2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/EA01 2G047/EA05 2G047/GB32 2G047/GF11 4C601/EE03 4C601/EE04 4C601/GB03 4C601/GB41 4C601/GB50 5D019/AA09 5D019/DD01 5D019/FF04 |         |            |
| 代理人(译)         | 渡辺 敏章                                                                                                                                                                           |         |            |
| 优先权            | 2009215755 2009-09-17 JP                                                                                                                                                        |         |            |
| 其他公开文献         | JP5342005B2                                                                                                                                                                     |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                                       |         |            |

# 摘要(译)

减少了由高阶振动模式引起的寄生响应，该寄生模式是在电容微加工超声换能器的单元形状各向异性时发生的。假设形成电容式微加工超声换能器的膜片的长边方向（ $l$ ）和短边方向（ $w$ ）之比为代表长宽比（ $l/w$ ），则将代表长宽比设置为在探头的发射和接收带宽内不会形成6 dB或更大的下降。可替代地，如此设置代表纵横比，以使得将存在六个或更多个振动模式，通过将具有奇数个波腹的振动模式的频率除以基本模式频率而获得的值将为两个或更小。

图 10

