

(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2015-146973

(P2015-146973A)

(43) 公開日 平成27年8月20日(2015.8.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	4C601
H04R 19/00 (2006.01)	H04R 19/00 330	5D019
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-22480 (P2014-22480)
 (22) 出願日 平成26年2月7日(2014.2.7)

(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 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100106622
 弁理士 和久田 純一
 (74) 代理人 100131532
 弁理士 坂井 浩一郎
 (74) 代理人 100125357
 弁理士 中村 剛
 (74) 代理人 100131392
 弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

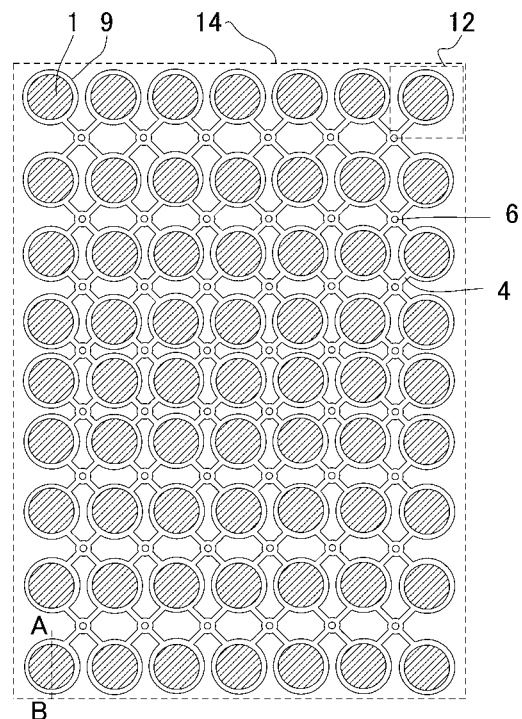
(54) 【発明の名称】 静電容量型トランスデューサおよびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 サイドローブを低減する静電容量型トランスデューサを提供する。

【解決手段】 間隙を隔てて形成された一対の電極のうち一方の電極を含む振動膜9が振動可能に支持された複数のセル12を有する素子14を備えた静電容量型トランスデューサであって、素子の端部のセル同士の間隔は、素子の中央部のセル同士の間隔より広い静電容量型トランスデューサを用いる。

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

間隙を隔てて形成された一对の電極のうち一方の電極を含む振動膜が振動可能に支持された複数のセルを有する素子を備えた静電容量型トランスデューサであって、前記素子の端部のセル同士の間隔は、前記素子の中央部のセル同士の間隔より広いことを特徴とする静電容量型トランスデューサ。

【請求項 2】

前記複数のセルは電氣的に並列に接続されたアクティブセルであり、前記素子には、前記アクティブセルとともに、電氣的に接続されていないダミーセルも配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の静電容量型トランスデューサ。

10

【請求項 3】

隣接する前記アクティブセルまたは前記ダミーセルの間隔は等しいことを特徴とする請求項 2 に記載の静電容量型トランスデューサ。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の静電容量型トランスデューサを備えるプローブ。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の静電容量型トランスデューサと、被検体から伝搬する音響波が前記振動膜に入射することにより前記静電容量型トランスデューサより出力される電気信号を用いて前記被検体内の特性情報を取得する処理部と、を有することを特徴とする被検体情報取得装置。

20

【請求項 6】

前記一对の電極に電圧を印加することで前記振動膜を振動させて音響波を送信させる送信部をさらに備え、

前記音響波は、前記送信された音響波が前記被検体内部で反射したものであることを特徴とする請求項 5 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 7】

光源をさらに備え、

前記音響波は、前記光源からの光を照射された前記被検体から発生する光音響波であることを特徴とする請求項 5 に記載の被検体情報取得装置。

30

【請求項 8】

複数のセルを有する素子を備えた静電容量型トランスデューサの製造方法であって、複数の第一の電極を形成するステップと、

前記複数の第一の電極とそれぞれ一对となる複数の第二の電極を含む振動膜を振動可能に形成することにより、一对の前記第一の電極および前記第二の電極を含む前記セルを複数形成するステップと、を有し、

前記形成するステップでは、前記素子の端部のセル同士の間隔は、前記素子の中央部のセル同士の間隔より広く形成される

ことを特徴とする静電容量型トランスデューサの製造方法。

40

【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およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、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を

50

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容易に得ることができる。

【0003】

セルを正形状や長形状に配置し、隣接セルの間隔が均一である素子を含む静電容量型トランスデューサが存在する（特許文献1参照）。また、素子端部のセルの送信効率あるいは受信感度が素子中央部のセルの送信効率あるいは受信感度より低い静電容量型トランスデューサが存在する（特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-98697号公報

【特許文献2】米国特許第8456958号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

セルを正形状や長形状に配置し、隣接セルの間隔が均一である素子を含む静電容量型トランスデューサにより超音波を送信する場合、素子の端部と中央部で均一な音圧が放射されるため、超音波ビームにサイドローブが発生しやすくなる。この超音波ビームを用いた超音波画像の画質は、サイドローブにより劣化することがある。また、受信の場合も同様に画質が劣化することがある。

【0006】

また、静電容量型トランスデューサの素子端部のセルの送信効率あるいは受信感度が中央部のセルより低い静電容量型トランスデューサでは、素子端部のセルと素子中央部のセルの形状が異なる構造となっている。本構成により、サイドローブを低減するアボダイゼーションを可能とする一方、各セルの送信効率と受信感度の周波数特性が異なる。従って、超音波を送信あるいは受信する時に、不要な周波数帯域の超音波を送信あるいは受信してしまい、SN比が悪化することがある。

【0007】

本発明は、このような課題認識に基づいてなされたものである。本発明の目的は、静電容量トランスデューサにおけるサイドローブを低減することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、以下の構成を採用する。すなわち、
 間隙を隔てて形成された一对の電極のうち一方の電極を含む振動膜が振動可能に支持された複数のセルを有する素子を備えた静電容量型トランスデューサであって、
 前記素子の端部のセル同士の間隔は、前記素子の中央部のセル同士の間隔より広いことを特徴とする静電容量型トランスデューサである。

【0009】

本発明はまた、以下の構成を採用する。すなわち、
 複数のセルを有する素子を備えた静電容量型トランスデューサの製造方法であって、
 複数の第一の電極を形成するステップと、
 前記複数の第一の電極とそれぞれ一对となる複数の第二の電極を含む振動膜を振動可能に形成することにより、一对の前記第一の電極および前記第二の電極を含む前記セルを複数形成するステップと、
 を有し、

前記形成するステップでは、前記素子の端部のセル間隔は、前記素子の中央部のセル間隔より広く形成されることを特徴とする静電容量型トランスデューサの製造方法である。

【発明の効果】

【0010】

10

20

30

40

50

本発明によれば、静電容量トランスデューサにおけるサイドローブを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】実施例1の静電容量型トランスデューサの上面図。

【図1B】実施例1の静電容量型トランスデューサのA-B断面図。

【図2A】実施例2の静電容量型トランスデューサの上面図。

【図2B】実施例2の静電容量型トランスデューサのA-B断面図。

【図3】静電容量型トランスデューサの作製方法を説明するA-B断面図。

【図4】被検体情報取得装置の構成を説明するブロック図。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に図面を参照しつつ、本発明の好適な実施の形態を説明する。ただし、以下に記載されている構成部品の寸法、材質、形状及びそれらの相対配置などは、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、この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。

【0013】

本発明は超音波の静電容量型トランスデューサについてなされたものであり、そのトランスデューサを用いて超音波を送信または受信する装置および方法に適用できる。さらに本発明の対象には、生体等の被検体に超音波を送信し、被検体内部で反射し伝播したエコー波を受信する、超音波エコー技術を利用した装置が含まれる。エコー波に基づくデータ生成により、被検体内部の音響インピーダンスの違いを反映した特性情報を取得できる。

20

【0014】

また、本発明の静電容量型トランスデューサは、エコー波の他に、被検体に光源からの光が照射されたときに光音響効果により被検体内部の光吸収体で発生して伝播する光音響波の受信に利用できる。光音響波を解析することにより、被検体内部の機能情報や光学特性情報を取得できる。これらの装置は、受信したエコー波や光音響波に対して信号処理部による処理を行ったのち情報処理装置による解析を行うことで特性情報を得るので、被検体情報取得装置と呼ぶことができる。特性情報を画像データ化して表示部に表示することで、診断等の内部検査が可能になる。

30

【0015】

本発明は、被検体情報取得装置の制御方法、あるいは被検体情報取得方法、または音響波測定方法としても捉え得る。さらに、これらの方法をCPUや回路等の情報処理部によって実現するプログラムとしても捉え得る。また、本発明に特徴的な静電容量型トランスデューサの製造方法や、それを用いたプローブの製造方法としても捉え得る。

【0016】

静電容量型トランスデューサを特性情報の取得に用いる場合、単数または複数の素子を配置した探触子の使用が好適である。また被検体を保持し、探触子を走査するようにすれば、広範囲の測定が可能になる。被検体が乳房であれば、例えば板状部材やお椀状部材を用いた保持が好適である。

40

本発明でいう超音波は、音波、弾性波とも呼ばれる音響波の典型例として挙げられたものであり、波長などを限定するものではない。

【0017】

以下に、本発明の実施の形態について図1Aと図1Bを用いて説明する。図1Aは、本発明の静電容量型トランスデューサの上面図であり、図1Bは、図1AのA-B断面図である。本発明の静電容量型トランスデューサの素子14は、セル12が複数形成されている。図1Aでは、静電容量型トランスデューサに含まれる素子数は1であるが、いくつであっても構わない。ここで、素子とは、素子を構成するすべてのセルの信号取り出し電極が共通である、静電容量型トランスデューサの1素子のことである。つまり、この素子単位で電気信号の出力が行われる。また、図1Aでは、素子14に含まれるセル数は63で

50

あるが、いくつであっても構わない。

【0018】

セルには、振動膜9が振動可能に支持されている。振動膜9は第二の電極1を含み、第二の電極1は、第一の電極2と間隙3（キャビティ）を挟んで設けられている。図1Bでは、振動膜は第一のメンブレン7と第二のメンブレン8とで第二の電極1が挟まれた構成となっているが、振動膜は振動可能で第二の電極を有していればよく、第二の電極だけあるいは、第一のメンブレンと第二の電極だけの構成でも構わない。後述するが、符号4はエッチング路、符号6は封止部、符号10は基板、符号11, 15は第一および第二の絶縁膜である。

【0019】

第一の電極あるいは第二の電極は、バイアス電圧を印加する電極あるいは電気信号を加えるあるいは電気信号を取り出すための電極として用いる。ここでは、バイアス電圧を印加する電極として、第一の電極を用いており、信号取り出し電極として第二の電極を用いているが逆でも構わない。バイアス電圧を印加する電極も素子内で共通となっている。バイアス電圧は素子間で共通となる構成としても構わない。一方、信号取り出し電極は素子ごとに電氣的に分離されていなければならない。

【0020】

図1Aの静電容量型トランスデューサの素子では、素子の端部のセル同士の間隔は素子の中央部のセル同士の間隔より広い。素子の端部から中央部に向かって、それらのセル間隔は狭くなっていくことが望ましい。素子の端部のセルの一对のセル同士の間隔や素子の中央部のセルの一对のセル同士の間隔は、形成したい超音波ビームの形状に依存して設計すればよい。例えば、ガウシアンビームにするのであれば、その分布に合わせて、設計すればよい。素子端部のセル密度は素子中央部のセル密度より低いために、素子端部から放射される音圧も素子中央部より小さい。同様に、素子端部のセル密度が素子中央部のセル密度より低いために、素子端部で受信する音圧も素子中央部より小さい。

【0021】

超音波ビームは素子からほぼ垂直に放射される。これは一般的にメインローブと呼ばれる。さらに、メインローブを囲むように、サイドローブが発生する。送信あるいは受信する超音波の波長が短く、素子の大きさが大きいほど、また、素子端部での送信効率あるいは受信感度が高いほど、サイドローブは強くなる。

【0022】

よって、素子の中央部から端部まで、同じ送信効率あるいは受信感度を有する静電容量型トランスデューサと比較して、超音波ビームのサイドに発生するサイドローブを低減することができる。また、受信の場合も同様にサイドローブによる干渉を低減することができる。従って、超音波ビームの方向に沿ったものではない標的からの超音波信号を低減でき、受信信号のSN比を向上することができるため、高画質な超音波画像を形成できる。

【0023】

また、素子を構成するすべてのセル形状が同じであるため、すべてのセルの送信効率と受信感度は同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。なお、セル形状が「同じ」とは、厳密に形状が同じ場合だけでなく、製造プロセス上の誤差等、セルの変換効率の周波数特性が同じとみなせる程度の誤差を含む。

また、素子を構成するすべてのセルの振動膜形状が同じであるため、すべてのセルの放射インピーダンスがほぼ同じである。放射インピーダンスとは、振動膜が液体などの音響媒質を押しこむことによって生じる力と振動膜の速度の比であり、放射能力を示すものである。本構成では、すべてのセルの放射インピーダンスが同じであるため、すべてのセルの送信効率と受信感度はほぼ同じである。

【0024】

本構成では、素子内のすべてのセルの振動膜のサイズを同じにできるので、半導体製造プロセスで作製する場合に、フォトマスク上へのセルのレイアウトを容易にできる。また

10

20

30

40

50

、本構成のように1 μm 以下の間隙の場合、犠牲層のエッチング時間は、犠牲層の面積に依存する。従って、本構成のように、すべてのセルの犠牲層面積が同じであるため、すべてのセルのエッチング時間を同じにでき、犠牲層の残さなどなく、性能ばらつきの小さい静電容量型トランスデューサを製造することができる。

【0025】

さらに、アクティブセルの間に電氣的に接続されていないダミーセルが配置され、近接するセル間距離（アクティブセル位置とダミーセル位置を合わせた全位置間の距離）が等しい構成とすることもできる。ここで、アクティブセルは信号取り出し電極に接続され、アクティブセルどうしは電氣的に並列に接続されるセルであり、ダミーセルはアクティブセルと電氣的に接続されず、超音波の送信あるいは受信を行わないセルである。また、セル間距離が「等しい」とは、セル間距離が厳密に同一な場合だけでなく、作製プロセス上の誤差等、音響クロストークが同じとみなせる程度の誤差を含む。

10

【0026】

静電容量型トランスデューサの素子は複数のセルで構成されており、各セルが超音波を送信あるいは受信した場合に、振動膜が振動する。この振動膜の振動により発生する音波により、各セル間に音響クロストークが発生する。アクティブセル間にダミーセルを配置することによって、各セルの音響クロストークをほぼ同じにできる。よって、すべてのセルの送信効率と受信感度はほぼ同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。

【0027】

さらに、すべての隣接する前記セルの間隔が同じである構成とすることもできる。本構成の静電容量型トランスデューサの素子のすべてのセルの送信効率と受信感度は同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。

20

【0028】

本発明の駆動原理を説明する。静電容量型トランスデューサは、信号引き出し配線を用いることで、第二の電極から電気信号を引き出すことができる。本実施の形態では、引き出し配線により電気信号を引き出しているが、貫通配線等を用いてもよい。また、本実施の形態では、第二の電極から電気信号を引き出しているが、第一の電極から引き出してもよい。

30

【0029】

静電容量型トランスデューサで超音波を受信する場合、図示しない電圧印加手段で、直流電圧を第一の電極2に印加し、電極間に電位差を生じさせておく。この場合、第二の電極1はグランド電圧に固定しておくことよい。なお、グランド電圧は、不図示の電流-電圧変換回路（受信回路）が有する直流の基準電位を示す。超音波が入射すると、第二の電極1を有する振動膜9が変形するため、第二の電極1と第一の電極2との間の間隙3の距離が変わり、それに起因して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1から電流が出力され引き出し配線に電流が流れる。この電流を図示しない電流-電圧変換回路によって電圧に変換して、超音波を受信することができる。上述したように、引き出し配線の構成を変更することによって、直流電圧を第二の電極に印加し、第一の電極から電気信号を引き出してもよい。また、電流-電圧変換回路は図4のプロープ402内に設けることが好ましい。

40

【0030】

また、超音波を送信する場合は、第一の電極2と第二の電極1との間に電位差を発生させた状態で、第二の電極1に送信信号として交流電圧（パルス電圧を含む）を印加し、静電気力によって、振動膜9を振動させることができる。これによって、超音波を送信することができる。送信する場合も、引き出し配線の構成を変更することによって、交流電圧を第一の電極に印加し、振動膜を振動させてもよい。

【0031】

図3を用いて、本実施形態の作製方法の一形態を説明する。図3は、本発明の静電容量

50

型トランスデューサの断面図であり、図 1 B とほぼ同様の構成である。図 3 は、図 1 A の A - B 断面図である。

【 0 0 3 2 】

図 3 (a) に示すように、基板 6 0 上に第一の絶縁膜 6 1 を形成する。基板 6 0 はシリコン基板であり、第一の絶縁膜 6 1 は第一の電極との絶縁を形成するために設けられる。基板 6 0 がガラス基板のような絶縁性基板の場合、第一の絶縁膜 6 1 は形成しなくともよい。また、基板 6 0 は、表面粗さの小さな基板が望ましい。表面粗さが大きい場合、本工程の後工程での成膜工程でも、表面粗さが転写されていくとともに、表面粗さによる第一の電極と第二の電極間の距離が、各セル間、各素子間でばらついてしまう。このばらつきは、送信および受信の感度のばらつきとなる。従って、基板 6 0 は、表面粗さの小さな基板が望ましい。

10

【 0 0 3 3 】

次に、第一の電極 5 1 を形成する。第一の電極 5 1 は、表面粗さが小さい導電材料が望ましく、例えば、チタン、アルミ等である。基板と同様に、第一の電極の表面粗さが大きい場合、表面粗さによる第一の電極と第二の電極間の距離が、各セル間、各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。

【 0 0 3 4 】

次に、第二の絶縁膜 6 5 を形成する。第二の絶縁膜 6 5 は、表面粗さが小さい絶縁材料が望ましく、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。低電圧で駆動する場合は、後述する第一のメンブレン層が絶縁体であるため、第二の絶縁膜 6 5 を形成しなくともよい。基板と同様に、第二の絶縁膜の表面粗さが大きい場合、表面粗さによる第一の電極と第二の電極間の距離が、各セル間、各素子間でばらついてしまうため、表面粗さが小さい第二の絶縁膜が望ましい。例えば、窒化シリコン膜、シリコン酸化膜等である。

20

【 0 0 3 5 】

次に、図 3 (b) に示すように、犠牲層 5 3 を形成する。犠牲層 5 3 は、表面粗さが小さい材料が望ましい。基板と同様に、犠牲層の表面粗さが大きい場合、表面粗さによる第一の電極と第二の電極間の距離が、各セル間、各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。

30

【 0 0 3 6 】

また、犠牲層を除去するエッチング液あるいはエッチングガスに対して、第二の絶縁膜、第一のメンブレン層、第二の電極がほぼエッチングされないような犠牲層材料が求められる。犠牲層を除去するエッチング液あるいはエッチングガスに対して、第二の絶縁膜、第一のメンブレン層、第二の電極がほぼエッチングされる場合、振動膜の厚さばらつき、第一の電極と第二の電極との間の距離ばらつきが発生する。振動膜の厚さばらつき、第一の電極と第二の電極との間の距離ばらつきは、各セル間、各素子間の感度ばらつきとなる。第二の絶縁膜、第一のメンブレン層が窒化シリコン膜、あるいはシリコン酸化膜の場合、表面粗さが小さく、第二の絶縁膜、第一のメンブレン層、第二の電極がエッチングされないエッチング液を用いるクロムが望ましい。

40

【 0 0 3 7 】

図 3 (c) から図 3 (e) まで、第二の電極を含む振動膜の形成と犠牲層除去により間隙を形成する工程を説明する。図 3 では、振動膜は第一のメンブレン、第二の電極および第二のメンブレンで構成されているが、第二の電極を含めば何層で構成されてもよい。

【 0 0 3 8 】

図 3 (c) に示すように、第一のメンブレンを含む第一のメンブレン層 5 7 を形成する。第一のメンブレン層 5 7 は、低い引張り応力が望ましい。例えば、300 MPa 以下の引張り応力がよい。窒化シリコン膜は応力コントロールが可能であり、300 MPa 以下の低い引張り応力にすることができる。第一のメンブレンが圧縮応力を有する場合、第一のメンブレン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。また、大き

50

な引張り応力の場合、第一のメンブレンが破壊されることがある。従って、第一のメンブレン層57は、低い引張り応力が望ましい。

【0039】

次に、図3(d)に示すように、第二の電極52を形成し、さらにエッチング孔(不図示)を形成する。その後、エッチング孔からエッチング路(不図示)を介して、犠牲層53を除去する。第二の電極52は、残留応力が小さく、耐熱性を有する材料が望ましい。第二の電極の残留応力が大きい場合、振動膜の大きな変形を引き起こすため、残留応力の小さな第二の電極が望ましい。また、第二のメンブレン層あるいは封止部を形成するための封止層を成膜する際の温度等によって、変質、応力の増加を引き起こさない材料が望ましい。

10

【0040】

また、第二の電極が露出した状態で犠牲層除去を行う場合、第二の電極を保護するフォトレジスト等を塗布したまま、犠牲層エッチングを行う必要がある。フォトレジスト等の応力によって、第一のメンブレンがスティッキングしやすくなるため、フォトレジストがなく、第二の電極が露出した状態で犠牲層エッチングできるような、エッチング耐性を有する第二の電極が望ましい。スティッキングとは、犠牲層除去後に構造体である振動膜が付着してしまうことである。例えば、チタン、アルミシリコン合金等が望ましい。

【0041】

次に、図3(e)に示すように、第二のメンブレンを含む第二のメンブレン層58を形成する。本工程では、第二のメンブレンを形成するとともに、図示しないエッチング孔を封止する封止部を形成する。第二のメンブレン層58を形成することで、第二のメンブレンを形成して所望のばね定数を有する振動膜を形成するとともに、エッチング孔を封止できる。

20

【0042】

本工程のように、エッチング孔の封止工程と第二のメンブレンを形成する工程が同じである場合、振動膜は成膜工程だけで形成することができる。従って、振動膜の厚さを制御しやすく、厚さばらつきによる、振動膜のばね定数のばらつきあるいはたわみのばらつきを抑制することができるため、セル間あるいは素子間の受信あるいは送信感度のばらつきを低減することができる。

エッチング孔の封止工程と第二のメンブレンを形成する工程を別工程とすることもできる。第二のメンブレンを形成してから封止部を形成する、あるいは、封止部を形成してから第二のメンブレンを形成することもできる。

30

【0043】

また、第二のメンブレン層は、低い引張り応力を有する材料が望ましい。第一のメンブレンと同様に、第二のメンブレンが圧縮応力を有する場合、第一のメンブレン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。また、大きな引張り応力の場合、第二のメンブレンが破壊されることがある。従って、第二のメンブレン層は、低い引張り応力が望ましい。窒化シリコン膜は応力コントロールが可能であり、300MPa以下の低い引張り応力にすることができる。

【0044】

封止部は間隙内に液体や外気が浸入しないようにすればよい。特に、減圧化で封止する場合、大気圧によって振動膜が変形し、第一の電極と第二の電極との距離が短くなる。送信あるいは受信の感度は、第一の電極と第二の電極との実効距離の1.5乗に比例するため、減圧下で封止して、間隙を大気圧より低い圧力にしておくと、送信あるいは受信の感度を向上することができる。実効距離とは、第一の電極と第二の電極とのにある絶縁膜を比誘電率で割った値と間隙とを足し合わせたものである。

40

本工程の後、図示しない工程により、第一の電極、第二の電極と接続する配線を形成する。配線材料はアルミ等でよい。

【0045】

このような製造方法によれば、本発明の目的を達成するのに必要な構成を持つ静電容量

50

型トランスデューサを製造できる。

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。

【0046】

<実施例1>

以下に、本発明の実施の形態について図1Aと図1Bを用いて説明する。図1Aは、本発明の静電容量型トランスデューサの上面図であり、図1Bは、図1AのA-B断面図である。本発明の静電容量型トランスデューサの素子14は、63個のセル12で構成される。図1Aでは、静電容量型トランスデューサに含まれる素子数は1であるが、いくつであっても構わない。

【0047】

セル12は、第一の電極2と間隙3を挟んで設けられた第二の電極1を含む振動膜9が振動可能に支持されている。振動膜9は第一のメンブレン7と第二のメンブレン8とで第二の電極1が挟まれた構成となっている。第一の電極2をバイアス電圧を印加する電極、第二の電極1を信号取り出し電極としている。本実施例の振動膜形状は、円形であるが、形状は四角形、六角形等で構わない。円形の場合、振動モードが軸対称となるため、不要な振動モードによる振動膜の振動を抑制できる。

【0048】

シリコン基板10上の第一の絶縁膜11は、熱酸化により形成した厚さ1 μ mのシリコン酸化膜である。第二の絶縁膜15は、Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PE-CVD)により形成した、0.1 μ m厚さのシリコン酸化膜である。第一の電極は厚さが50nmのアルミであり、第二の電極4は厚さが100nmのアルミである。第一のメンブレン7、第二のメンブレン8はPE-CVDにより作製した窒化シリコン膜であり、200MPa以下の引張り応力で形成する。また、第一のメンブレン7、第二のメンブレン8の直径は、25 μ mであり、それぞれの厚さは、0.4 μ m、0.7 μ mである。

【0049】

図1Aの静電容量型トランスデューサの素子では、素子の端部のセル間隔は素子の中央部のセル間隔より広い。素子端部のセル密度は素子中央部のセル密度より低いために、素子端部から放射される音圧も素子中央部より小さい。同様に、素子端部のセル密度が素子中央部のセル密度より低いために、素子端部で受信する音圧も素子中央部より小さい。よって、素子の中央部から端部まで、同じ送信効率あるいは受信感度を有する静電容量型トランスデューサと比較して、超音波ビームの再度に発生するサイドローブを低減することができる。従って、超音波ビームの方向に沿ったものではない標的からの超音波信号を低減することができ、高画質な超音波画像を形成できる。また、素子を構成するすべてのセル形状が同じであるため、すべてのセルの送信効率と受信感度は同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。

【0050】

また、素子を構成するすべてのセルの振動膜形状が同じであるため、すべてのセルの放射インピーダンスがほぼ同じである。本構成では、すべてのセルの放射インピーダンスが同じであるため、すべてのセルの送信効率と受信感度はほぼ同じである。

【0051】

本構成では、素子内のすべてのセルの振動膜のサイズを同じにできるので、半導体製造プロセスで作製する場合に、フォトマスク上へのセルのレイアウトを容易にできる。また、本構成のように1 μ m以下の間隙の場合、犠牲層のエッチング時間は、犠牲層の面積に依存する。従って、本構成のように、すべてのセルの犠牲層面積が同じであるため、すべてのセルのエッチング時間を同じにでき、犠牲層の残さなどなく、性能ばらつきの小さい静電容量型トランスデューサを製造することができる。

【0052】

また、セルの振動膜形状は素子内で同じであり、上面から見たセルの配置のみが均一で

10

20

30

40

50

ないだけである。よって、半導体製造プロセスを用いて、本発明の静電容量型トランスデューサを作製する場合、セル配置が均一な静電容量型トランスデューサと同じ製造方法で作製することができる。

【0053】

<実施例2>

実施例2の静電容量型トランスデューサの構成を、図2Aと図2Bを用いて説明する。図2Aは、本発明の静電容量型トランスデューサの上面図であり、実施例2の静電容量型トランスデューサの構成は、実施例1とほぼ同様である。よって、違う点を中心に説明する。

【0054】

図2の静電容量型トランスデューサは、第二の電極21、第一の電極22、間隙23、封止部26、第一のメンブレン27、第二のメンブレン28、振動膜29、基板30、第一の絶縁膜31、セル32、素子34、第二の絶縁膜35を含む。

【0055】

図2の静電容量型トランスデューサの素子では、アクティブセルの間に電氣的に接続されていないダミーセルが配置された構成である。そして、近接するセル間距離（アクティブセル位置とダミーセル位置を合わせて広義のセル位置とした場合の、セル位置間の距離）が等しい。ここで、アクティブセルは信号取り出し電極に接続され、アクティブセルどっしは電氣的に並列に接続されるセルであり、ダミーセルはアクティブセルと電氣的に接続されず、超音波の送信あるいは受信を行わないセルである。

【0056】

本実施例の場合、アクティブセルとダミーセルを合わせて広義のセルと考えた場合に、セル間隔（広義）は等しい。一方、アクティブセルのみを狭義の（超音波送受信に関わる）セルと考えた場合、セル間隔（狭義）は素子上の位置により変化する。例えば図2Aでは、上から6～8行目など素子の中央部ではアクティブセルが隣接しており、セル間隔（狭義）が比較的狭い。一方、素子の端部に行くほど、2行目や9行目にはダミーセルが配置され、近接するセル間隔（狭義）が広い。

【0057】

静電容量型トランスデューサの素子は複数のセルで構成されており、各セルが超音波を送信あるいは受信した場合に、振動膜が振動する。この振動膜の振動により発生する音波により、各セル間に音響クロストークが発生する。アクティブセル間にダミーセルを配置して、すべてのセル間距離（広義）が等しい構成とすることによって、各セルの音響クロストークを同じにできる。よって、すべてのセルの送信効率と受信感度はほぼ同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。

【0058】

以上述べたように、本発明に係る静電容量型トランスデューサでは、素子の端部のセル間隔は素子の中央部のセル間隔より広い。素子端部のセル密度は素子中央部のセル密度より低いために、素子端部から放射される音圧も素子中央部より小さい。同様に、素子端部のセル密度が素子中央部のセル密度より低いために、素子端部で受信する音圧も素子中央部より小さい。

【0059】

よって、素子の中央部から端部まで、同じ送信効率あるいは受信感度を有する静電容量型トランスデューサと比較して、超音波ビームのサイドに発生するサイドローブを低減することができる。また、受信の場合も同様にサイドローブによる干渉を低減することができる。従って、超音波ビームの方向に沿ったものではない標的からの超音波信号を低減でき、受信信号のSN比を向上することができるため、高画質な超音波画像を形成できる。また、素子を構成するすべてのセル形状が同じであるため、すべてのセルの送信効率と受信感度は同じである。従って、不要な周波数帯域の信号を送信したり受信したりすることがないため、SN比の悪化を防止できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

< 応用例 >

上記の静電容量型トランスデューサは、それを用いて音響波を受信または送信するプローブに適用できる。例えば図4において、プローブ402は複数の素子403を備えている。情報処理部406の指令により送信部405が送信音響波の制御を行うことで、各素子から音響波が発生する。一方、受信時には、各素子から出力された電気信号が、信号処理部404による処理（例えば増幅やA/D変換）を施される。

【 0 0 6 1 】

図4は、上記のプローブを被検体情報取得装置の構成要素として用いた様子を示す。

まず、被検体401の内部の光吸収体が、光源（不図示）からの光を吸収して光音響波を発生させた場合について説明する。このとき光音響波は被検体内部を伝搬し、素子にて受信される。素子から出力された電気信号は信号処理部に入力され、信号処理が施される。情報処理部、信号処理部から入力された信号に基づき、は既知の画像再構成処理により、特性情報として、被検体内の初期音圧分布や吸収係数分布などを生成する。また診断の際は、必要に応じてこれらの情報を画像データ化して表示部407に表示しても良い。なお、本明細書においては、信号処理部と情報処理部とからなる構成を処理部と称する場合もある。

10

【 0 0 6 2 】

次に、被検体内部のエコー情報を取得する場合を説明する。このとき送信部が送る制御信号により、各素子から音響波が送信される。被検体内部の音響インピーダンス境界で反射した音響波は再び素子に受信される。素子から出力された受信信号は、光音響波の場合と同様に、既知の信号処理や再構成処理や画像データ化を施される。この反射波を用いる装置の場合、音響波を送信するプローブは受信するプローブと別に設けても良い。

20

さらに、光音響波を用いた装置とエコー波を用いた装置の機能を兼ね備えた装置にも、本発明の静電容量型トランスデューサは適用できる。

【 0 0 6 3 】

なお、プローブは機械的に走査するものであっても、医師や技師等のユーザがプローブを把持して被検体に対して移動させるもの（ハンドヘルド型）であってもよい。特に生体である被検体を機械的走査する場合、被検体を保持手段により保持しておくことで安定的な測定が可能になる。被検体が乳房であれば、板状またはお椀状の保持手段が好適である。

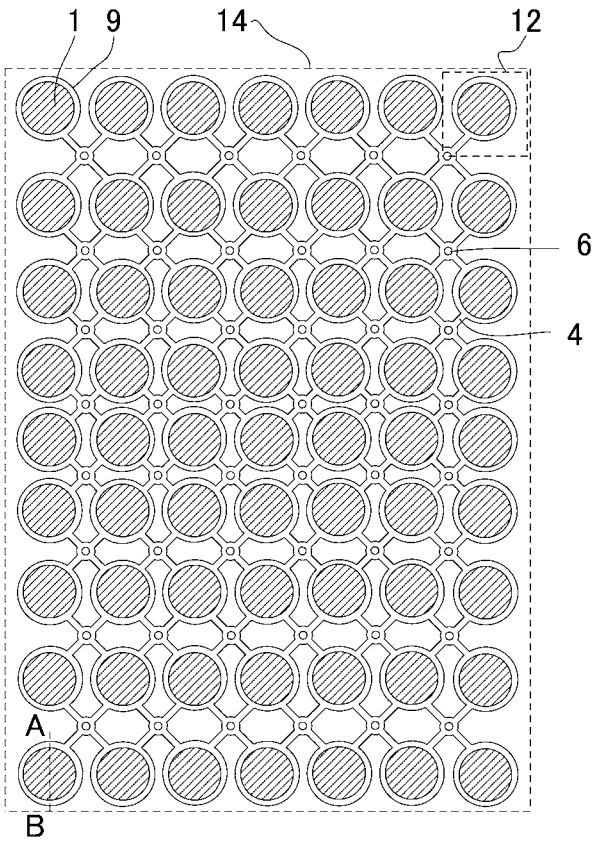
30

【 符号の説明 】

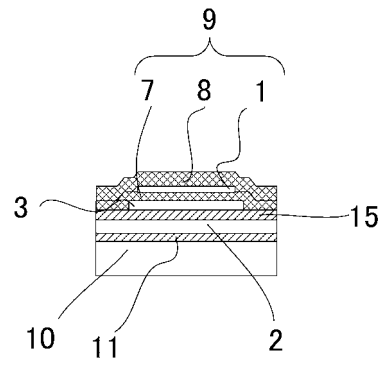
【 0 0 6 4 】

1：第二の電極， 2：第一の電極， 3：間隙， 9：振動膜， 12：セル， 14：素子

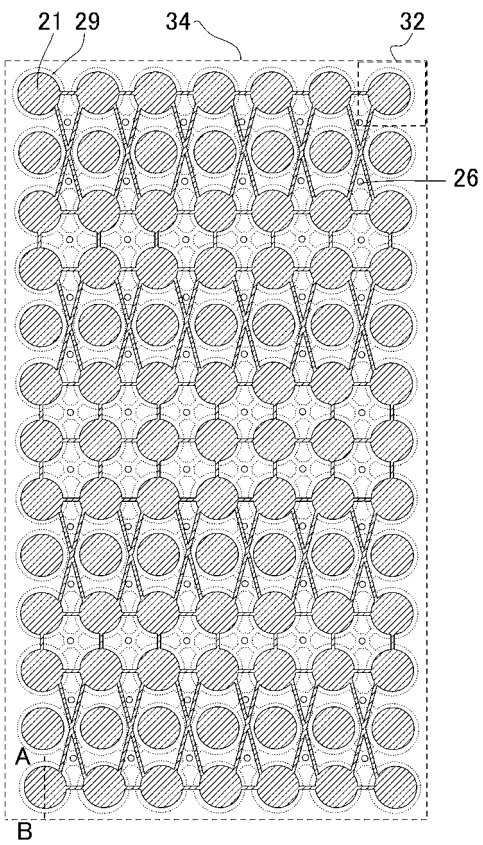
【図 1 A】



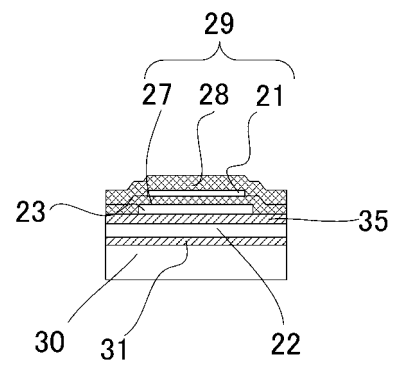
【図 1 B】



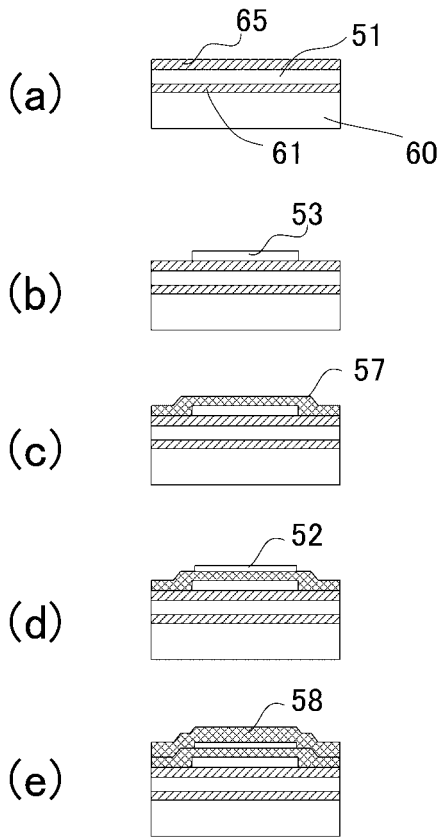
【図 2 A】



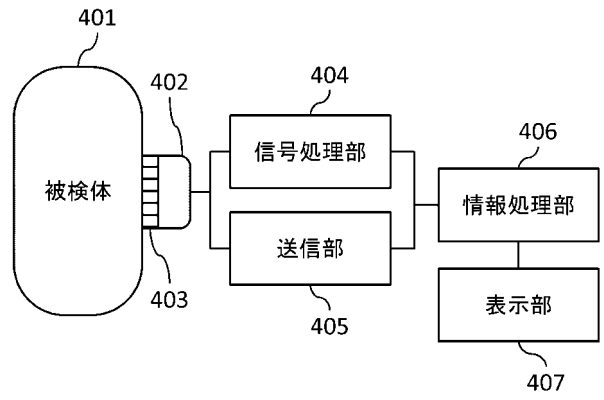
【図 2 B】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(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 長永 兼一

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 BB03 DE16 EE01 GB06 GB41 GB45 GB50 HH25
5D019 AA02 DD01 FF04 HH01