

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5506244号
(P5506244)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl. F 1
 HO 4 R 19/00 (2006. 01) HO 4 R 19/00 3 3 0
 HO 4 R 1/40 (2006. 01) HO 4 R 1/40 3 3 0

請求項の数 6 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2009-127092 (P2009-127092)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成21年5月27日 (2009. 5. 27)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(65) 公開番号	特開2010-278582 (P2010-278582A)	(72) 発明者	藤井 一成 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
(43) 公開日	平成22年12月9日 (2010. 12. 9)	(72) 発明者	財津 義貴 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
審査請求日	平成24年5月17日 (2012. 5. 17)	審査官	千本 潤介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容量型機械電気変換素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の電極と、前記第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極と、を備えるセルを1つ以上有する素子を備える容量型機械電気変換素子であって、

前記空隙内の圧力を調整する圧力調整部を有することを特徴とする容量型機械電気変換素子。

【請求項 2】

複数の前記素子を有し、前記圧力調整部は素子毎に前記空隙内の圧力を調整できるように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の容量型機械電気変換素子。

【請求項 3】

前記圧力調整部は、前記空隙の圧力を調整することで、前記素子の受信感度の調整、或いは複数の前記素子間の受信感度のばらつきを低減を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の容量型機械電気変換素子。

【請求項 4】

前記第1の電極は基板上に形成されており、前記空隙と前記圧力調整部が前記基板の貫通孔を介して繋がっていることを特徴とする請求項1から3の何れか1項に記載の容量型機械電気変換素子。

【請求項 5】

前記圧力調整部は、ポンプを含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の容量型機械電気変換素子。

【請求項 6】

第 1 の電極と、前記第 1 の電極と対向し空隙を隔てて配設された第 2 の電極と、を備えるセルを夫々有する複数の素子の感度調整方法であって、

圧力調整部によって前記複数の素子毎に空隙内の圧力を調整することにより、前記複数の素子間の受信感度ばらつきの低減を行うことを特徴とする感度調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、容量型超音波変換素子などの容量型機械電気変換素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、マイクロマシニング工程を用いて作製される容量型機械電気変換素子が盛んに研究されている。通常容量型機械電気変換素子は、下部電極と所定の間隔を保持して支持された振動膜と該振動膜の表面に配設される上部電極から成るセルを有する。これは、例えば、容量型超音波変換素子（CMUT：Capacitive-Micromachined-Ultrasonic-Transducer）などとして用いられる。

【0003】

上記変換素子は、軽量の振動膜を用いて電気信号から超音波への変換、或いは超音波から電気信号の変換のうち少なくともいずれか一方を行うものであり、液中及び空気中でも優れた広帯域特性を持つものが容易に得られる。この変換素子を利用すると、従来の医療診断より高精度な診断が可能となるため、有望な技術として注目されつつある。この変換素子の動作原理について説明する。超音波を送信する際には、下部電極と上部電極間に、DC電圧に微小なAC電圧を重畳した電圧を印加する。これにより、振動膜が振動し超音波が発生する。超音波を受信する際には、振動膜が超音波により変形するので、変形に伴う下部電極と上部電極間の容量変化により信号を検出する。通常の変換素子は、電氣的に接続された複数のセルを含むエレメントを複数個配置したものが用いられる。こうした構成では、複数のエレメントの感度がばらつくことがあり、これに対して感度補正を行う方法が提案されている（特許文献1参照）。この方法では、各超音波検知素子で変換される出力信号同士の差（感度差）が小さくなる様に制御部で出力信号を電氣的に調整する。

【0004】

上記セルないしエレメントの感度は、例えば、電極間の間隔（ギャップ）の平方に反比例する。よって、電極間のギャップがばらつきを持つ場合は、上記変換素子の感度のばらつきとなる。容量型機械電気変換素子のギャップの形成方法としては、所望の電極間隔と同等の厚さの犠牲層を設けて、該犠牲層の上部に振動膜を形成し、犠牲層を除去してギャップを形成する方法が、一般に採用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-125514号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

電氣的に接続された複数のセルから成るエレメントを複数個配置した変換素子を用いて医療診断を行う場合、複数のエレメントの感度のばらつきは診断精度の低下を招く。よって、エレメント個々に感度の補正が必要である。しかし、特許文献1の様に、後段の回路のゲイン調整により感度補正を行う構成では、回路のダイナミックレンジを広くとる必要がある。更に、一定以上のばらつきがある場合は、補正が不可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題に鑑み、本発明のCMUTなどの容量型機械電気変換素子は、第1の電極と、前

10

20

30

40

50

記第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極とを備えるセルから構成される。更に、本発明の変換素子は、前記空隙の圧力を調整する圧力調整部を有する。

【発明の効果】

【0008】

本発明の容量型機械電気変換素子では、セルの空隙の内圧を圧力調整部により調整することができる。従って、例えば、セルを含む構成や、電氣的に接続された複数のセルから成るエレメントを複数個配置した構成の静電容量型変換素子で、超音波等の弾性波に対するセル又はエレメントの受信感度の調整、エレメント間の受信感度のばらつきの低減等を行える。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態について説明する。本発明の容量型機械電気変換素子において重要なことは、1つ或いは複数のセル又は素子（エレメント）に対して、空隙の圧力を調整する圧力調整部を設けることである。

【0010】

上記考え方に基づき、本発明の容量型機械電気変換素子の基本的な実施形態は、次の様な構成を有する。第1の電極（後述の実施形態では下部電極と称する）と、第1の電極と対向し空隙を隔てて配設された第2の電極（後述の実施形態では上部電極と称する）を備えるセルから構成され、少なくとも外部からの弾性波の受信を行うことができる。そして、空隙の圧力を調整する圧力調整部を有する。勿論、この容量型機械電気変換素子は、外部に超音波等の弾性波の発信をも行える様に構成されてもよい。受信、発信は背景技術のところで説明した様に行われる。

【0011】

前記基本的な実施形態を基に、以下に述べる様なより具体的な実施形態が可能である。複数のセルから構成される素子であるエレメントを複数有し、少なくとも1つのエレメントに対して個々に圧力調整部を設ける形態が可能である（後述の第2の実施形態参照）。圧力調整部は各エレメントに対して1つずつ設けることも可能であるが、複数のエレメントに対して1つの圧力調整部を設けることも可能である。後者の場合、複数のエレメントの空隙を同じ圧力に調整することができる。

【0012】

圧力調整部は、前記空隙の圧力を調整することで、後述の第1の実施形態の様にセル又はエレメントの受信感度の調整、或いは後述の第2の実施形態の様に複数のエレメントないし素子間の受信感度のばらつきの低減を行うことができる。また、前記セルは、第1の電極である下部電極と、第2の電極である上部電極と、第2の電極が設けられた振動膜と、を備える構成を採ることができる。本発明に用いられる上部電極としては、Al、Cr、Ti、Au、Pt、Cu、Ag、W、Mo、Ta、Niから選択される金属、AlSi、AlCu、AlTi、MoW、AlCrから選択される合金のうち少なくとも1種を選んで用いることができる。また、上部電極は振動膜の上面、裏面、内部のうち少なくとも一ヶ所に設けるか、もしくは振動膜を導電体又は半導体で形成する場合は振動膜自体が上部電極を兼ねる構造にすることも可能である。また、本発明に用いられる下部電極としては、上部電極と同様の金属を用いることができる。基板がシリコン等の半導体基板を用いている場合、基板が下部電極を兼ねてもよい。

【0013】

（第1の実施形態）

以下、本発明の第1の実施形態の容量型機械電気変換素子を図を用いて説明する。図1(a)及び図1(b)に示す様に、容量型機械電気変換素子100は複数のセル102を有する。図1(a)では、素子であるエレメント内に9個のセル102を配置しているが、セルの数はこれに限らない。エレメント内に1以上のセルがあればよい。セル102は、基板103に配設された下部電極104と、下部電極と対向し所定の空隙105を隔てて配設された上部電極106と、上部電極を支持する振動膜107と、振動膜を支持する支持

10

20

30

40

50

部108から成る。下部電極104は変換素子100内で共通であり、エレメント内のセル間の上部電極106は電極109により接続されている。セルの空隙105は空隙接続路110によって繋がれ(すなわち、連通され)、変換素子100のエレメント内のセルの空隙の圧力は均一となっている。セルの空隙105の形状は図示例では円形であるが、その他の形状でもよい。電極の接続態様も、上記のものに限らない。これらは、仕様に応じて適宜決めればよい。

【0014】

セルの空隙105は基板103の貫通孔111を介して圧力調整部112に繋がっている。圧力調整部112は、例えば、公知の一般的なダイヤフラムポンプ、電磁式ポンプ、モーター式ポンプ等の小型ポンプを用いることができる。ダイヤフラムポンプとは、膜を往復運動させることにより流体の吸引及び排出を行うポンプである。電磁式ポンプとは、ダイヤフラムポンプの駆動方式の一種であり、スピーカーのように電磁石を用いて膜を往復運動させるポンプである。モーター式ポンプとは、ダイヤフラムポンプの駆動方式の一種であり、モーターと膜の間をクランク機構で繋ぐことにより膜を往復運動させるポンプである。こうしたポンプにより、圧力調整部112はセルの空隙の内圧を調整する。

【0015】

シミュレーションにより、セルの空隙の圧力と容量型機械電気変換素子の受信感度の関係を計算した結果を図1(c)示す。図1(c)では、横軸は空隙の圧力を示し、縦軸は、圧力0.002気圧の受信感度を1(デシベルで表せば0)とした時の相対受信感度を示している。シミュレーションでは、最初に有限要素法を用いてセルの空隙内部の圧力と外部の大気圧との差圧による振動膜の初期変位を計算した。次に、振動膜に入射された超音波の単位音圧に対して発生する電気信号の大きさを等価回路モデルを用いて計算した。等価回路モデルとは、セルの空隙内部の気体及び振動膜の機械特性(弾性及び粘性、質量)を電気回路素子(コンデンサ及び抵抗、コイル)とみなすことにより、セルの機械特性及び電気特性を1つの回路方程式で表現したモデルである(Oliver Ahrens et al., IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 49, NO. 9, PP. 1321-1329, 2002. 及び、Veijola, Helsinki Univ. Tech, Circuit Theory Laboratory Report Series, CT-39, 1999. 参照)。また、有限要素法を用いた計算は市販のソフトウェア(ANSYS 11.0 ANSYS Inc.)を用いて行った。図1(c)に示す様に、空隙の圧力が上昇すると受信感度が低下し、空隙の圧力が減少すると受信感度が上昇する。変換素子100は、所望の受信感度になる様に圧力調整部112により空隙105の圧力を調整する。

【0016】

図1(c)に示す様に、空隙の圧力が0.1気圧(10.1325 kPa)以下の領域においては、0.002気圧(0.20265 kPa)の際の受信感度に対する感度の低下が5%以内に収まっている。よって、受信感度の低下を5%以内に抑えたい場合は0.1気圧以下に空隙の内圧を調整可能な圧力調整部を用いるのが好ましい。

【0017】

振動膜107の上部の気圧が変化することにより受信感度が変化することもある。この場合も、圧力調整部112で空隙の内圧を調整することにより、振動膜の上部の気圧に係わりなく所望の受信感度を維持することができる。本実施形態の変換素子100により、エレメント間の内圧のばらつきや低減、変換素子の経年変化などにより変化した内圧の補正などの目的に応じて、受信感度を任意に調整できる容量型機械電気変換素子を実現することができる。

【0018】

(第2の実施形態)

第2の実施形態の容量型機械電気変換素子を説明する。本実施形態の変換素子の基本構造図である図2に示す様に、エレメント101は複数のセル102を有し、容量型機械電気

10

20

30

40

50

変換素子 1 0 0 は複数のエレメントから成る。図 2 では、エレメント内に 9 個のセル 1 0 2 を配置し、変換素子 1 0 0 に 9 個のエレメント 1 0 1 を配置しているが、数はこれらに限らない。また、9 個のエレメント 1 0 1 を 2 次元に配置しているが、例えば、複数のエレメントを 1 次元に配列してもよい。本実施形態のエレメント 1 0 1 の A - A 断面も、第 1 の実施形態の図 1 (b) と同様である。

【 0 0 1 9 】

複数のエレメントを持つ変換素子を用いて個々の受信信号から音波源の特徴を解析する場合、各エレメントの受信感度が揃っていることが望ましい。しかしながら、変換素子のエレメントは、その作製工程で生じる誤差等によって個々に受信感度がばらつくことがある。よって、本実施形態の変換素子 1 0 0 は、予め測定した受信感度に応じて、各エレメントが個々に有する圧力調整部によりセルの空隙の内圧を調整できる様になっている。これにより、複数のエレメント 1 0 1 の感度のばらつきを低減することができる。

10

【 0 0 2 0 】

例えば、作製工程で空隙の内圧を 0 . 0 0 1 気圧で作製し、9 個のエレメントの内の 1 つのエレメントの受信感度が 1 d B 高かった場合を考える。その場合は、そのエレメントのセルの空隙の内圧を 0 . 3 気圧にすることにより、図 1 (c) に示す様にこのエレメントの受信感度を概ね 1 d B 下げることができ、エレメント間の受信感度のばらつきを低減できる。この様に、各エレメントの受信特性に応じて、各エレメントの空隙の内圧を加圧或いは減圧することで、複数のエレメントの感度のばらつきを低減できる。

【 0 0 2 1 】

例えば、受信感度の調整を次の様に行うこともできる。変換素子のエレメントと調整装置の超音波送波素子とを対向させて配置し、変換素子のエレメントを受波可能な状態とするとともに、該エレメントの圧力調整部を調整装置と接続する。調整装置は該エレメントから信号を受ける様にもしておく。調整作業を開始すると、超音波送波素子から所定の超音波を送波させる。この超音波は変換素子のエレメントで受波され、調整装置は該エレメントから信号を受ける。調整装置は、この信号の強度が所定値（エレメントが所定の受信感度を持つときに信号強度が有するべき値）に一致するか否かを調べる。そして、一致しない場合は、圧力調整部を制御してエレメントの内圧を変化させ、信号強度と所定値が一致するまで圧力調整部をフィードバック制御する。こうした制御を各エレメントに対して行う。

20

30

【 0 0 2 2 】

本実施形態の変換素子 1 0 0 により、複数のエレメントを持つ変換素子の各エレメントの感度のばらつきが少なくなり、例えば、音波源の特徴の解析に適した容量型機械電気変換素子を実現することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】本発明に係る第 1 の実施形態の容量型機械電気変換素子の基本構造とセルの空隙の内圧と容量型機械電気変換素子の感度の関係を説明する図。

【 図 2 】本発明に係る第 2 の実施形態の容量型機械電気変換素子の基本構造の図。

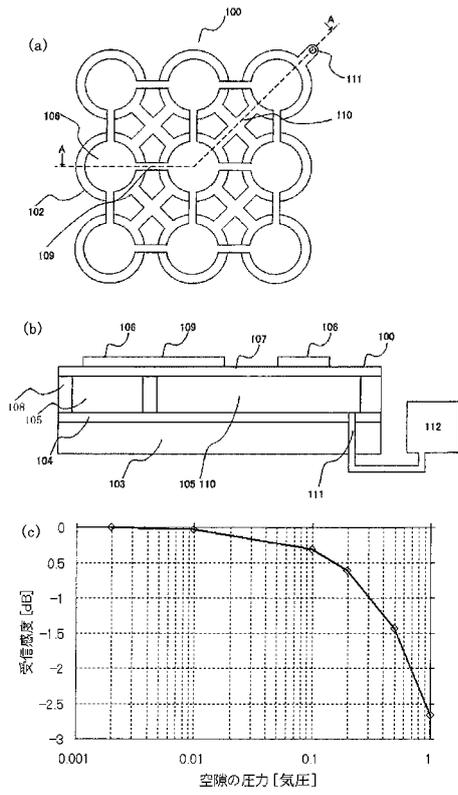
【 符号の説明 】

40

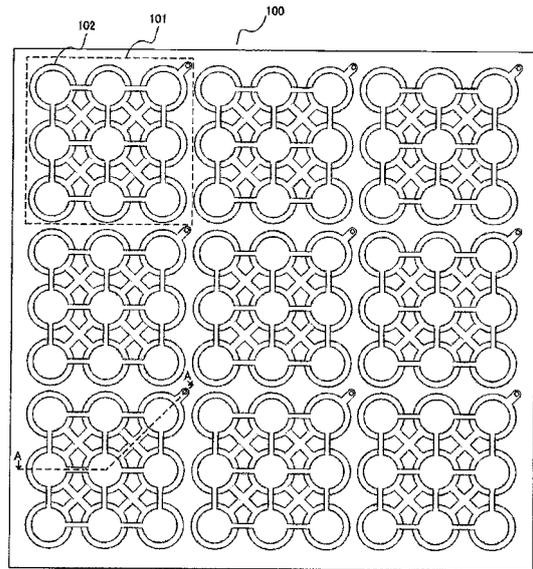
【 0 0 2 4 】

- 1 0 0 容量型機械電気変換素子
- 1 0 1 エレメント（素子）
- 1 0 2 セル
- 1 0 3 基板
- 1 0 4 下部電極（第 1 の電極）
- 1 0 5 空隙
- 1 0 6 上部電極（第 2 の電極）
- 1 1 2 圧力調整部

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2005/032374(WO, A1)
特開2004-125514(JP, A)
特開2008-211570(JP, A)
特開2008-258815(JP, A)
国際公開第2009/008282(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 1/40

H04R 19/00