

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-522444

(P2011-522444A)

(43) 公表日 平成23年7月28日(2011.7.28)

(51) Int.CI.

HO4R	3/00	(2006.01)
HO4R	19/00	(2006.01)
A61B	8/00	(2006.01)

F 1

HO4R	3/00	330
HO4R	19/00	330
A61B	8/00	8/00

テーマコード(参考)

4C601
5D019

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-536195 (P2010-536195)
(86) (22) 出願日	平成20年11月26日 (2008.11.26)
(85) 翻訳文提出日	平成22年5月27日 (2010.5.27)
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/085028
(87) 国際公開番号	W02009/073562
(87) 国際公開日	平成21年6月11日 (2009.6.11)
(31) 優先権主張番号	60/992,038
(32) 優先日	平成19年12月3日 (2007.12.3)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(71) 出願人	507382119 コロ テクノロジーズ インコーポレイテッド アメリカ合衆国 95135 カリフォルニア州 サンノゼ ブリタニー コート 3300
(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
(74) 代理人	100088915 弁理士 阿部 和夫
(72) 発明者	ヨンリ フアン アメリカ合衆国 95135 カリフォルニア州 サンノゼ ブリタニー コート 3300
F ターム(参考) 4C601 GB50 HH35	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】デュアルモード動作マイクロマシン超音波トランスデューサ

(57) 【要約】

c MUTの実装形態は、デュアルモード動作を有する。c MUTは、c MUT内のバネ部材がc MUT内の接触点において対向する表面と接触するか否かに応じて、2つの異なる切替可能な動作条件を有する。2つの異なる動作条件は、接触により異なる周波数応答を有する。c MUTは、c MUTが第1の動作条件にある場合は伝送モードで動作し、c MUTが第2の動作条件にある場合は受信モードで動作するように構成され得る。デュアルモード動作c MUTの実装形態は、特に、受信モードがより高い高調波周波数を受信する、超音波高調波撮像に好適である。

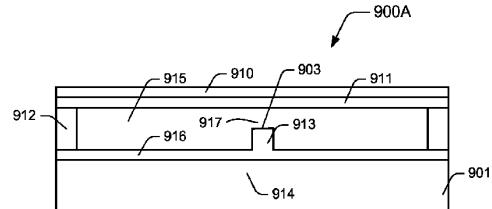


Fig. 9A

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

c M U T を動作させる方法であって、

第 1 の電極および第 2 の電極が互いに向かって、また互いから離れて移動できるよう 10 するためのバネ部材を含む、容量性マイクロマシン超音波トランステューサ (c M U T) を提供するステップであって、前記 c M U T は、前記 c M U T の第 1 の動作条件において、前記バネ部材を、前記バネ部材に面する対向表面と接続せず、かつ第 2 の動作条件において、前記バネ部材を、前記バネ部材に面する前記対向表面と接続する接触点を有し、前記 c M U T が前記第 1 の動作条件において第 1 の周波数応答を有し、かつ前記第 2 の動作条件において第 2 の周波数応答を有し、前記第 1 の周波数応答および前記第 2 の周波数応答は、実質的に互いに異なる、ステップと、

前記 c M U T が前記第 1 の動作条件にある場合は前記 c M U T が第 1 の動作モードで動作し、前記 c M U T が前記第 2 の動作条件にある場合は第 2 の動作モードで動作するよう 20 に前記 c M U T を構成する、ステップと、

前記 c M U T を前記第 1 の動作条件と前記第 2 の動作条件との間で切り替えるステップと、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記第 1 の動作モードは、伝送モードおよび受信モードのうちの一方を含み、前記第 2 の動作モードは、前記伝送モードおよび前記受信モードのうちの他方を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 20

【請求項 3】

前記第 1 の動作モードは、第 1 の周波数での伝送および／または受信を含み、前記第 2 の動作モードは、第 2 の周波数での伝送および／または受信を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の動作モードは、撮像のための伝送および受信を含み、前記第 2 の動作モードは、高密度焦点式超音波 (H I F U) 動作のための伝送を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の周波数応答は、第 1 の周波数帯域によって特徴付けられ、前記第 2 の周波数応答は、前記第 1 の周波数帯域に対して、より高い周波数に向けて実質的にシフトされる第 2 の周波数帯域によって特徴付けられ、前記第 1 の動作モードは伝送モードを含み、前記第 2 の動作モードは受信モードを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 30

【請求項 6】

前記第 1 の動作条件は、第 1 の動作電圧によって特徴付けられ、前記第 2 の動作条件は、前記第 1 の動作電圧よりも高い第 2 の動作電圧によって特徴付けられることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記 c M U T は超音波高調波撮像に適応され、前記第 2 の動作モードは、高調波周波数を有する超音波信号を受信するための受信モードを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 40

【請求項 8】

前記 c M U T を前記第 1 の動作条件と前記第 2 の動作条件との間で切り替えるステップは、バイアス信号に基づいて、切替信号を使用して達成されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 c M U T を前記第 1 の動作条件と前記第 2 の動作条件との間で切り替えるステップは、伝送入力信号の構成要素に基づいて、少なくとも部分的に切替信号を使用して達成されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 50

【請求項 1 0】

前記 c M U T を第 1 の撮像モードと第 2 の撮像モードとの間で切り替えるステップをさらに含み、前記第 1 の撮像モードは、前記 c M U T が前記第 1 の動作条件にある場合、前記第 1 の動作モードでの動作、および前記 c M U T が前記第 2 の動作条件にある場合は、前記第 2 の動作モードでの動作を含み、前記第 2 の撮像モードは、すべての動作モードに對して、前記第 1 の動作条件および前記第 2 の動作条件のうちの 1 つでの動作を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記第 1 の撮像モードは、高調波撮像を含むことを特徴とする請求項 1 0 に記載の方法。
10

【請求項 1 2】

c M U T を動作させる方法であって、

第 1 の電極および第 2 の電極が互いに向かって、また互いから離れて移動できるようにするためのバネ部材を含む、容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ (c M U T) を提供するステップであって、前記 c M U T は、前記 c M U T の第 1 の動作条件において、前記バネ部材を、前記バネ部材に面する対向表面と接続せず、かつ第 2 の動作条件において、前記バネ部材を、前記バネ部材に面する前記対向表面と接続する接觸点を有し、前記 c M U T が前記第 1 の動作条件において第 1 の周波数応答を有し、かつ前記第 2 の動作条件において第 2 の周波数応答を有するようにし、前記第 1 の周波数応答は、第 1 の周波数帯域によって特徴付けられ、前記第 2 の周波数応答は、前記第 1 の周波数帯域に對して、より高い周波数に向けて実質的にシフトされる第 2 の周波数帯域によって特徴付けられる、ステップと、
20

前記 c M U T が前記第 1 の動作条件にある場合は、前記 c M U T が伝送モードで動作し、前記 c M U T が前記第 2 の動作条件にある場合は、受信モードで動作するように前記 c M U T を構成するステップと、

前記 c M U T を前記第 1 の動作条件と前記第 2 の動作条件との間で切り替えるステップと

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

前記 c M U T は、超音波高調波撮像に適応され、前記受信モードは、高調波周波数を有する超音波信号を受信することを特徴とする請求項 1 2 に記載の方法。
30

【請求項 1 4】

容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ (c M U T) であって、

第 1 の電極と、

キャパシタンスが前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に存在するように、電極間隙だけ前記第 1 の電極から離れている前記第 2 の電極と、

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極が互いに向かって、または互いから離れて移動できるようにするための、前記第 2 の電極を支持するバネ部材と、

前記バネ部材上または前記バネ部材に面する対向表面上に配置される接觸構造であって、前記 c M U T の第 1 の動作条件において前記バネ部材を対向表面と接続せず、前記 c M U T の第 2 の動作条件において、前記バネ部材を前記対向表面と接続して、前記 c M U T が前記第 1 の動作条件において第 1 の周波数応答を有し、前記第 2 の動作条件において第 2 の周波数応答を有するようにし、前記第 1 の周波数応答および前記第 2 の周波数応答は、実質的に互いに異なる、接觸構造と、
40

前記 c M U T を前記第 1 の動作条件および前記第 2 の動作条件との間で切り替えるために適応される切替手段であって、前記第 1 の動作条件は、第 1 の動作モードに対応し、前記第 2 の動作条件は、第 2 の動作モードに対応する、切替手段と

を備えることを特徴とする容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ (c M U T)
。

【請求項 1 5】

前記第1の動作モードは、伝送モードおよび受信モードのうちの一方を含み、前記第2の動作モードは、前記伝送モードおよび前記受信モードのうちの他方を含むことを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

【請求項16】

前記第1の動作モードは、第1の周波数での伝送および/または受信を含み、前記第2の動作モードは、第2の周波数での伝送および/または受信を含むことを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

【請求項17】

前記第1の周波数応答は、第1の周波数帯域によって特徴付けられ、前記第2の周波数応答は、前記第1の周波数帯域に対して、より高い周波数に向けて実質的にシフトされる第2の周波数帯域によって特徴付けられることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

10

【請求項18】

前記第1の動作モードは伝送モードを含み、前記第2の動作モードは受信モードを含むことを特徴とする請求項17に記載のcMUT。

【請求項19】

前記第1の動作条件は、第1の動作電圧によって特徴付けられ、前記第2の動作条件は、前記第1の動作電圧よりも高い第2の動作電圧によって特徴付けられることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

20

【請求項20】

前記バネ部材は、前記第1の電極から離され、動作中に前記電極間隙内で前記第2の電極とともに移動し、前記接触構造は、前記第1の電極および前記第2の電極のうちの一方に接続されるストッパを備え、前記ストッパと前記第1の電極および前記第2の電極のうちの他方との間のより狭い間隙を定めることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

【請求項21】

前記接触構造は、互いから離間した少なくとも2つの接触点を提供し、前記接触点は、前記接触構造と前記第1の電極および前記第2の電極のうちの1つとの間のより狭い間隙を定めることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

【請求項22】

前記バネ部材は、前記第1の電極に接続され、前記第2の電極は、支持部材によって前記バネ部材から吊設されて前記電極間隙を定め、前記バネ部材は、動作中に前記電極間隙に対して前記バネ部材の反対側でバネ空洞内を移動し、また前記接触構造は、前記バネ部材および前記バネ空洞の反対側のうちの一方と接続されるストッパを備え、前記ストッパと、前記バネ部材および前記バネ空洞の反対側のうちの他方との間のより狭い間隙を定めることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

30

【請求項23】

前記バネ部材は、前記第1の電極に接続され、前記第2の電極は、支持部材によって前記バネ部材から吊設されて前記電極間隙を定め、前記バネ部材は、動作中に前記電極間隙に対して前記バネ部材の反対側でバネ空洞内を移動し、また前記接触構造は、互いから離間した少なくとも2つの接触点を提供し、前記接触点は、前記接触構造と、前記バネ部材および前記第2のバネ空洞の反対側のうちの1つとの間のより狭い間隙を定めることを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

40

【請求項24】

前記cMUTは、超音波高調波撮像に適応され、前記第2の動作モードは、高調波周波数を有する超音波信号を受信するための受信モードを含むことを特徴とする請求項14に記載のcMUT。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

<関連出願>

50

本出願は、全体を本出願が参照することによって本明細書に組み込まれる、2007年12月3日に出願された米国仮特許出願第60/992,038号、名称「OPERATION OF MICRO MACHINED ULTRASONIC TRANSDUCERS」の優先権を主張する。

【0002】

本発明は、デュアルモード動作マイクロマシン超音波トランスデューサに関する。

【背景技術】

【0003】

容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ(cMUT)は、静電アクチュエータ/トランスデューサであり、様々な用途において広く使用されている。超音波トランスデューサは、液体、固体、および気体を含む多様な媒体で動作し得る。超音波トランスデューサは、一般に、診断および治療のための医療撮像、生化学的撮像、材料の非破壊評価、ソナー、通信、近接センサ、ガスフロー測定、in-situプロセスモニタリング、音響顕微鏡、水中感知と撮像、および多数の他の実用的な用途に使用される。cMUTの典型的な構造は、cMUTは、柔軟な膜の上または内部に備え付けられた、固定底面電極および可動上部電極を有する平行板キャパシタであり、近接する媒体中で音響波を伝送/正確化(TX)または受信/検出(RX)するために使用される。通常、感度および帯域幅を最大化することを目標として、直流電流(DC)バイアス電圧を電極間に印加し、cMUT動作に最適な位置に膜を偏向させることができる。伝送中に、交流電流(AC)をトランスデューサに印加する。上部電極と底部電極との間の交番静電力は、cMUTを取り囲む媒体に音響エネルギーを送達するために、膜を作動させる。受信中に、衝突する音響波は膜を振動させ、2つの電極間のキャパシタンスを変える。

10

20

30

40

50

【0004】

cMUTの最も重要な特徴の1つは、その周波数応答である。既存のcMUTは、単一の周波数帯域に渡るそれぞれの固有周波数応答を有する。同一のトランスデューサまたはトランスデューサアレイがTXおよびRX動作に使用される場合、TXおよびRX動作におけるトランスデューサの周波数応答は、同一であるか、またはほぼ同一である。これは、TX動作モードとRX動作モードとの間の干渉回避を困難にする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第09/073561号パンフレット

【発明の概要】

【0006】

デュアル動作モードを有するcMUTの実装形態が開示される。当該cMUTは、cMUT内のバネ部材がcMUT内の接触点と接触するか否かに応じて2つの異なる切替可能な動作条件を有する。2つの異なる動作条件は、接触点との接触に応じた異なる周波数応答を有する。cMUTは、cMUTが第1の動作条件にある場合は伝送モードで動作し、cMUTが第2の動作条件にある場合は受信モードで動作するように構成されることがある

本開示の一態様は、第1の電極と、キャパシタンスが第1の電極と第2の電極との間に存在するような電極間の幅だけ第1の電極から離された第2の電極と、を含むcMUTである。バネ部材は第2の電極を支持し、第1の電極および第2の電極が互いに向て、または互いから離れて移動できるようにする。cMUTは、cMUTの2つの異なる動作条件を定める接触構造を有する。cMUTの第1の動作条件において、接触構造はバネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続させない。しかし、第2の動作条件において、接触構造は、バネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続させて、cMUTが第1の動作条件において第1の周波数応答、および第2の動作条件において第2の周波数応答を有するようにする。第1の周波数応答および第2の周波数応答は、実質的に互いに異なる。切替手段は、第1の動作条件と第2の動作条件との間でcMUTを切り替えるように選択され

る。第1の動作条件は、伝送モードおよび受信モードのうちの一方にあり、第2の動作条件は、伝送モードおよび受信モードのうちの他方にある。

【0007】

一実施形態において、第1の周波数応答は、第1の周波数帯域によって特徴付けられ、第2の周波数応答は、第1の周波数帯域に対してより高い周波数側に実質的にシフトされる、第2の周波数帯域によって特徴付けられる。伝送モードは第1の動作条件にあり、受信モードは第2の動作条件にある。

【0008】

動作中、第1の動作条件は、第1の動作電圧によって特徴付けられ、第2の動作条件は、第2の動作電圧によって特徴付けられ、第2の動作電圧は第1の動作電圧より高くてよい。

10

【0009】

cMUTは膜ベースのcMUTであることができ、動作中、バネ部材（例えば、膜）は第1の電極から離れ、電極間の幅内を第2の電極とともに移動し、接触構造は第1の電極および第2の電極のうちのいずれか1つに接続されるストップを有し、ストップと第1の電極および第2の電極のうちの他方との間のより狭い幅を定める。接触構造は、互いに離れた2つ以上の同様のストップを有することがある。

【0010】

cMUTは埋め込まれたバネcMUT（EScMUT）でもあることができ、バネ部材は第1の電極に接続され、第2の電極は、支持部材によってバネ部材から吊設されて電極間幅を定め、動作中、バネ部材は、電極間隙間に對して、バネ部材の反対側面上のバネ空洞内を移動する。接触構造は、バネ部材に接続されるストップおよびバネ空洞の反対側の一方を含み、ストップと他方のバネ部材との間と、バネ空洞の反対側との間のより狭い幅を定める。接触構造は、互いに離れた2つ以上の同様のストップも含み得る。

20

【0011】

本開示の別の態様は、cMUTを動作させるための方法である。本方法は、第1の電極および第2の電極を互いに向て、および互いから離して移動させるようにするためのバネ部材を含む容量性マイクロマシン超音波トランステューサ（cMUT）を提供する。cMUTは、2つの異なる動作条件を定める接点を有する。接点は、cMUTの第1の動作条件において、バネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続しないが、第2の動作条件において、バネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続し、cMUTが第1の動作条件において第1の周波数応答を有し、第2の動作条件において第2の周波数応答を有するようになる。本方法は、cMUTが第1の動作条件にある場合は、第1の動作モード（例えば、伝送モード）で動作し、cMUTが第2の動作条件にある場合は、第2の動作モード（例えば、受信モード）で動作するようにcMUTを構成する。本方法は、第1の動作条件と第2の動作条件との間でcMUTを切り替える。

30

【0012】

デュアル動作モードcMUTの実施形態は、受信モードがより高い高調波周波数を受信する、超音波高調波撮像に特に好適である。

40

【0013】

本発明の概要は、発明を実施するための形態において以下でさらに説明される一連の概念を簡略化された形態で導入するために提供される。本発明の概要は、特許請求される主題の主要な特徴または本質的な特徴を定義することを意図せず、特許請求される主題の範囲を決定する補助として使用されることも意図しない。

【0014】

発明を実施するための形態を、添付の図面を参照して説明する。図面において、参照番号の左端の数字（1つまたは複数）は、参照番号が最初に現れる図を特定する。異なる図における同一の符号の使用は、同様または同一の項目を示す。

【図面の簡単な説明】

【0015】

50

【図1】高調波撮像に使用される従来のcMUTの周波数応答（信号アプリカント対周波数曲線）を示す図である。

【図2】本開示に係るデュアルモード動作cMUTの周波数応答（信号アプリカント対周波数曲線）を示す図である。

【図3A】2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第1の典型的な実施形態を示す図である。

【図3B】2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第1の典型的な実施形態を示す図である。

【図4A】2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第2の典型的な実施形態を示す図である。

【図4B】2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第2の典型的な実施形態を示す図である。

【図5】典型的な切替信号を示す図である。

【図6A】切替信号を形成する第1の典型的な実施形態を示す図である。

【図6B】切替信号を形成する第1の典型的な実施形態を示す図である。

【図7A】切替信号を形成する第2の典型的な実施形態を示す図である。

【図7B】切替信号を形成する第2の典型的な実施形態を示す図である。

【図8A】デュアルモードcMUTの第3の典型的な実施形態を示す図である。

【図8B】デュアルモードcMUTの第3の典型的な実施形態を示す図である。

【図9A】デュアルモードcMUTの第4の典型的な実施形態を示す図である。

【図9B】デュアルモードcMUTの第4の典型的な実施形態を示す図である。

【図10A】デュアルモードcMUTの第5の典型的な実施形態を示す図である。

【図10B】デュアルモードcMUTの第5の典型的な実施形態を示す図である。

【図11A】デュアルモードcMUTの第6の典型的な実施形態を示す図である。

【図11B】デュアルモードcMUTの第6の典型的な実施形態を示す図である。

【図12A】デュアルモードcMUTの第7の典型的な実施形態を示す図である。

【図12B】デュアルモードcMUTの第7の典型的な実施形態を示す図である。

【図13】cMUTを動作させるための典型的なデュアルモード動作方法を示すフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本開示は、デュアル動作モードの容量性マイクロマシン超音波トランステューサ（cMUT）およびcMUTを動作させるための方法を開示する。この方法は、それぞれ動作モード、例えば、伝送（TX）および受信（RX）動作に対応する、異なる切替可能な動作条件（例えば、異なる電圧レベル）でcMUTを構成する。cMUTの機械的特性または音響的特性は、TXおよびRX動作等の異なる動作モードに対して設定される、異なる動作条件において異なるように設計される。

【0017】

開示されるcMUTの典型的な用途および動作方法の1つは、一般的の超音波高調波撮像である。開示されるcMUTおよび動作方法は、既存の技術が有するいくつかの問題を克服する可能性がある。超音波高調波撮像において、通常、トランステューサは所望の音響出力を生成し、それをTX動作において媒体に放出し、RX動作において媒体からエコー信号を受信する。受信された信号の一部は、TX出力の中心周波数（システムの基本周波数と称される）の周囲に集中し、受信信号の別の部分は、TX出力の高調波周波数領域（システムの高調波周波数と称される）の周囲に集中する。高調波撮像方法は、通常、受信信号の高調波部分を使用して撮像解像度を改善する。これは、高調波信号がより高い周波数であるためであり、音響波長はより短く、より良い軸方向分解能を可能にする。

【0018】

既存の高調波撮像技術は、TXおよびRX動作の両方に対して、单一の動作条件を有する、同一のトランステューサまたはトランステューサアレイを使用した。これらの技術に

10

20

30

40

50

おいて、TX および RX 動作におけるトランスデューサの周波数応答はほぼ同一である。

【0019】

図1は、高調波撮像に使用される従来のcMUTの周波数応答（信号印加対周波数曲線）を示す。図1に示されるように、トランスデューサ／システムは、TXモードおよびRXモードの両方を網羅する全体周波数応答帯域101を有する。高調波撮像において、TX動作は、トランスデューサ／システムの全体周波数応答帯域101の低周波部分を占める基本周波数のTX作動102を有し、一方RX動作は、トランスデューサ／システムの周波数応答帯域101の全体または高周波部分を占める高調波周波数のRX信号104を有する。この同一周波数帯域の共有は、TX出力信号が受信されるRX高調波信号を干渉しないようにするために、TX動作が高調波周波数領域において極めて最小の出力信号を放出することを要求する。

10

【0020】

しかしながら、既存の技術を使用して、高調波周波数領域における出力信号を回避または最小化することは困難である。cMUTによって生成される静電作動（圧力／力）は、印加される電圧に対して線形ではない。cMUT TX動作の場合、通常、DC電圧および比較的大きいAC電圧が使用される。この組み合わせは、システムの基本周波数で望ましい静電TX作動102を生成するが、システムの高調波周波数の周辺で非常に大きい所望されないTX作動103も生成する。つまり、従来のcMUTのcMUT周波数応答101は、基本周波数領域および高調波周波数領域の両方を網羅するため、cMUTは、システムの高調波周波数周辺の所望されないTX作動103から生じるかなり大きい所望されない出力を有する。かかる状態は、通常、超音波高調波撮像用途に許容されない。通常のcMUT動作条件において、バイアス電力を変えることでcMUTの周波数応答がわずかに変換するが、この変換による周波数シフトは小さすぎるため、干渉問題においていかなる有意義な効果をも有し得ない。言い換えれば、従来のcMUTの通常のcMUT動作において、TXおよびRXの両方は、ほぼ同一の周波数応答を共有する。

20

【0021】

上述の問題に対処するため、本開示は、cMUTを動作させるためのデュアルモード動作方法、およびデュアルモード動作方法に好適なcMUTの様々な設計を開示する。以下、デュアルモードモードcMUTの周波数応答、デュアルモード動作の切替方法、デュアルモード動作に好適なcMUTの様々な設計に関する説明を最初に提供し、続いて、デュアルモード動作方法およびそれらの用途に関する説明を提供する。本説明において、プロセスが説明される順序は、限定として見なされることを意図せず、任意の数の説明されるプロセスブロックは、当該方法または代替方法を実現するために任意の順序で組み合わされてもよい。

30

【0022】

本明細書で示されるように、cMUTの動作条件は、様々な電圧レベルを印加する等の任意の好適な手段を使用して達成および／または維持され得る。cMUTに印加される電圧レベルは、バイアス信号のみ、またはバイアス信号とTX入力信号の任意の組み合わせによって設定され得る。

40

【0023】

図2は、本開示に従うデュアルモード動作cMUTの周波数応答（信号印加対周波数曲線）を示す。デュアルモード動作cMUTは、2つの異なる周波数応答を有する。第1の周波数応答201Aは、第1の動作条件に対応する。第2の周波数応答201Bは、第2の動作条件に対応する。第1の動作条件の第1の周波数応答201Aは、基本周波数の周辺に中心周波数を有し、第2の周波数応答201Bは、超音波システムの高調波周波数の周辺に中心周波数を有する。これは、高調波周波数での所望されない出力によってもたらされる干渉を低減する機会を提供する。

【0024】

例えば、cMUTのTX動作条件は、その中心周波数を超音波システムの基本周波数周辺に有するように設定されてもよく、cMUTのRX動作条件は、その中心周波数を超音

50

波システムの高調波周波数周辺に有するように設定されてもよい。図2に示されるように、静電作動は依然として、所望の基本周波数領域（TX作動202）および所望されない高調波周波数領域（所望されないTX作動203）の両方において、静電圧力／力を生成し得る。しかしながら、TXモードにおいて、cMUTは、第1の周波数応答201Aに従って、TX作動202および所望されないTX作動203に応答する。TX動作条件におけるcMUTは、高調波周波数領域において非常に小さい応答を有するように設計され得るため、所望されないTX作動203は、極めて小さい実干渉を生成する。

【0025】

本質的に、TX動作条件におけるcMUTは、音響出力における所望されない高調波周波数構成要素を遮断するためのフィルタのように機能し、cMUT TX出力における高調波構成要素が、高調波撮像用途に対して望ましく低いレベルに制御され得るようにする。対照的に、cMUTがRXモードである場合、cMUTは、TXモードにおける第1のcMUT周波数応答201Aに対して、より高い周波数領域（高調波周波数領域）の方向へシフトされる第2のcMUT周波数応答201Bに従って、高調波周波数においてRX信号204に応答する。RXにおけるcMUTは、cMUTが高調波周波数領域において良好な応答を有する、異なる動作条件で設定されるため、cMUTは依然として高調波検出に対して良好な感度を有する。

10

【0026】

図示されるように、cMUTは、バネ部材または表面板等の移動構成要素を有する。バネ部材は、可撓性膜または埋め込まれたバネ部材（例えば、バネ膜）であり得る。一実施形態において、cMUTの第1の動作条件は、その通常動作状態であり、一方cMUTの第2の動作条件は、cMUTの移動部材の一部が、cMUT内の接触点を通じて、移動部分に面する対向表面に接続される接触動作条件である。接触点は、移動部分に面する対向表面（例えば、移動構成要素が移動する空洞の表面）上に配置され得る。接触点は、バネ部材上の点またはこの部材に面する対向表面、あるいは特別に設計される接触構造またはこの部材もしくは対向表面に配置される物体上の点のいずれかであり得る。複数の接触点、接触構造、または接触物体を使用してもよい。例えば、設計される接触構造は、空洞の底面または移動部材の底面上のいずれかに設置されて接触点を決定し得、一方、cMUTの移動部材の機械的境界条件が一方から他方に変化することに基づいて、異なる動作条件を定める。

20

【0027】

cMUTは、異なる動作条件において、異なる機械的特性または周波数応答を有する。この設計により、cMUTが異なる動作条件においてTXおよびRX動作モードで作動するように構成される場合、cMUTはTXおよびRX動作において異なる周波数応答（例えば、異なる中心周波数、帯域幅、および帯域形状等）を有し得る。例えば、第1の動作条件は、基本周波数の周辺に中心周波数を有する周波数応答を有し得、一方第2の動作条件は、超音波システムの高調波周波数付近に中心周波数を有する周波数応答を有し得る。したがって、cMUTのTX動作は、超音波システムの基本周波数周辺にその中心周波数を有するように設定され得、cMUTのRX動作条件は、超音波システムの高調波周波数周辺にその中心周波数を有するように設定され得る。TX動作とRX動作との間の周波数応答におけるこの差異が、図2に示されるようなTX作動に対する所望されない応答を低減するのを助ける。

30

【0028】

図3Aおよび3Bは、2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第1の典型的な実施形態を示す。cMUTは、2つの異なる動作条件300Aおよび300Bで示される。第1の動作条件300Aは、接触を形成する前の通常動作条件である。同一cMUTの第2の動作条件300Bは、接触を形成した後の接触動作条件である。

40

【0029】

cMUTは、移動部材311、移動部材311を支持するアンカー312、およびcMUT空洞の底面314上に配置される接触構造313を有する。さらなる実施形態におい

50

て示されるように、cMUTは2つの電極を有する（図示せず）。少なくとも電極の1つは、移動部材311によって支持される。他方の電極は、キャパシタンスが第1の電極と第2の電極との間に存在するように、電極間隙によって第1の電極から離される。移動部材311によって、2つの電極は、互いに向かって、または互いから離れて移動することができる。移動部材311は、バネ部材（可撓性膜もしくはバネ膜等）であり得、またはバネ部材によって支持および移動される表面板であり得る。

【0030】

cMUTの第1の動作条件300Aにおいて、接触構造313は、移動部材311を、移動部材311に面する底面314と接続しない。第2の動作条件において、接触点313は、移動部材311を、移動部材311に面する底面314と接続する。物理的境界条件のこの変化の結果として、cMUTは、第1の動作条件および第2の動作条件において異なる周波数応答を有する。好適な実施形態において、第1の周波数応答および第2の周波数応答は、実質的に互いに異なるように設計される。

10

【0031】

最も具体的には、図3Aに示される通常動作条件300Aにおいて、cMUTにおける移動部材311の可撓性は、長さLによって定義される。図3Bに示される接触動作条件300Bにおいて、移動部材311は、その下の接触構造313と接触するように変形または移動する。接触動作条件300BにおけるcMUTの可撓性は、移動部材311と接触構造313との間の接触が、移動部材311の境界条件を変更するため、ここで長さ1、L2、およびL3によって定義される。Lは通常L1、L2およびL3よりも長いため、接触動作条件300BにおけるcMUTの周波数応答は、通常動作条件300Aに対して、より高い周波数に向けてシフトされる。通常、低い周波数応答を有する動作条件はTX動作に好適であり、高い周波数応答を有する動作条件はRX動作に好適である。これら2つの動作条件300Aおよび300BにおけるcMUTの周波数応答を適切に選択することによって、デュアルモードcMUTは高調波撮像を行うために十分好適となり得る。

20

【0032】

本明細書に示されるように、一部の実施形態において、cMUTは、cMUTが第1の動作条件にある場合は第1の動作モードで動作し、cMUTが第2の動作条件にある場合は第2の動作モードで動作するように構成される。cMUTは、第1の動作条件と第2の動作条件との間で切り替えられる。

30

【0033】

図4Aおよび4Bは、2つの異なる動作条件を有するデュアルモードcMUTの第2の典型的な実施形態を示す。図4Aおよび4BのcMUTは、接触構造の位置を除いて図3Aおよび3BのcMUTに類似する。図4Aおよび4Bに示されるように、第1の動作条件400Aは、接触を形成する前の通常動作条件であり、同一cMUTの第2の動作条件400Bは、接触を形成した後の接触動作条件である。cMUTは、移動部材411、移動部材411を支持するアンカー412、およびcMUTの移動部材411の底面414上に配置される接触構造413を有する。第1の電極（図示せず）および第2の電極（図示せず）は、キャパシタンスが第1の電極と第2の電極との間に存在するように、互いに離れて電極間隙を定める。接触構造413が反対位置であるにもかかわらず、図4Aおよび4BのcMUTは、図3Aおよび3BのcMUTと同様の効果を有する。

40

【0034】

図3A、3B、4Aおよび4BのcMUTは、可撓性部材の境界条件を変えることによって、cMUTの機械的特性を変えることを示す単なる例である。さらなる例は、本開示の後の項で示される。移動部材（311または411）は、様々な形状の可撓性膜、カンチレバーまたはブリッジであり得る。1つまたは複数の接触構造が存在し得、移動部材の下の望ましい位置に配置されて、接触動作条件において望ましい周波数応答を達成する。移動部材（311あるいは411）と接触構造（313あるいは413）との間の接触、または対向表面（314あるいは414）と接触構造（313あるいは413）との間の接触は、点、線形、または領域であり得る。さらに、接触構造（313あるいは413）

50

は、特別に設計される構造、または移動部材あるいは移動部材に面する対向表面の自然な一部のいずれかであり得る。移動部材および移動部材に面する対向表面は、平坦または非平坦であり得る。接触構造は、適切な接触点を決定し、接触動作条件において cMUT に対する望ましい周波数応答を達成するように設計される。

【0035】

<デュアルモード動作間の切替>

cMUT の移動部材（例えば、可撓性膜、バネ膜、または表面板）は、その通常動作条件からその接触動作条件に切り替えられ得るか、またはその逆もあり得る。実際の物理的切替は、静電作動、電磁作動、および熱作動等の任意の適切な作動方法を使用する作動を通じて行われ得る。静電作動は、切替信号を印加することによって行い、cMUT 上の異なる電圧レベルを設定し得る。

10

【0036】

cMUT 上に印加される切替信号は、通常、cMUT のみのバイアス信号、またはバイアス信号および TX 入力信号の組み合わせのいずれかによって決定される。適切なバイアス信号および TX 入力信号を選択することによって、cMUT に印加される切替信号は、2 つの動作条件、例えば、通常動作条件（300A または 400A）および接触動作条件（300B または 400B）の間で cMUT を切り替えることができる。

【0037】

切替信号がバイアス信号のみによって形成される場合、TX 音響出力のみを生成するために TX 入力信号が使用され、よってこの特定の実施形態における TX 入力信号は、従来の cMUT 動作方法において使用されるものと同様である。しかしながら、この実装形態において切替信号として使用されるバイアス信号は AC 信号であり、従来の cMUT 動作方法において使用される DC 信号ではない。そのため、デュアルモード cMUT 動作において使用される AC 信号は 2 つある。一部の好適な実施形態において、2 つの AC 信号は同期される。

20

【0038】

切替信号が TX 入力信号およびバイアス信号の両方によって形成される場合、バイアス信号は、従来の cMUT 動作方法において使用されるような DC 信号であり得る。しかしながら、この実施形態における TX 入力信号は、従来の cMUT 動作方法において使用されるものとは異なる。この場合において、TX 入力信号は、望ましい超音波出力を生成するだけでなく、バイアス信号と組み合わされて、cMUT 動作条件を切り替えるための切替信号を形成し得る。したがって、この実施形態において、AC 信号は 1 つのみしかないが、AC 信号（TX 入力信号）は、1 つは音響出力用の、もう 1 つは動作条件を切り替えるための 2 つの構成要素を含み得る。

30

【0039】

図 5 は、典型的な切替信号を示す。切替信号 500 は、電圧 / 時間のグラフによって表される。切替信号 500 は、バイアス信号のみによって、またはバイアス信号および TX 入力信号の組み合わせによって形成され得る。

【0040】

cMUT に印加される切替信号 500 は、TX 期間および RX 期間を含み得る。cMUT は、TX 期間中に超音波伝送器として作動し、RX 期間中は超音波受信器として作動する。切替信号 500 の電圧レベルは、TX および RX 動作条件において異なるように設計される。通常、TX 期間において cMUT に印加される切替信号 500 の絶対電圧レベルは、RX 期間において印加されるものよりも低い。

40

【0041】

移行期間を含み、切替信号は 4 つの時間または期間：TX 期間、RX 期間、RX から TX への移行、および TX から RX への移行を含み得る。これらの期間は、図 5 および以降の図においてそれぞれ「T」、「R」、「RT」、および「TR」と示される。1 つまたは 2 つの移行領域が、RX または TX 期間のいずれかと合併する場合がある。図 5 の典型的な切替信号は、伝送および受信動作のための異なる電圧レベル V1 および V2 をそれぞ

50

れ有する。通常、伝送（T X）のための切替電圧レベルV 1は、受信（R X）のための切替電圧レベルV 2よりも低い。切替信号における電圧レベルは、T XおよびR X動作における動作条件を決定する。

【0042】

好ましくは、動作条件を切り替えるために使用される切替信号500は、超音波システムのT X出力と干渉するような重要な超音波作動または信号を、超音波システムの周波数領域において生成すべきではない。そのため切替信号500は、c M U T動作の動作周波数領域または帯域（帯域幅）においてわずかな周波数構成要素を有するように設計され得、切替信号500単独で、c M U T動作中にc M U T動作周波数において任意の有意義な超音波出力を生成しないようにする。c M U T動作の動作周波数領域または帯域は、T X動作およびR X動作の両方を含み得、c M U Tが超音波を伝送するか、またはエコー信号から有用な情報を効率的に抽出し得る周波数領域である。通常、切替信号500の周波数は、c M U T T X出力の周波数よりも低く、さらにc M U T R X信号の周波数よりも低い。

10

【0043】

切替信号500は、適切な信号発生器を使用して最初に生成され得、次いで、適切なローパスまたはバンドパスフィルタを使用し、c M U T動作の周波数領域よりも低いカットオフ周波数でフィルタリングされ得る。

20

【0044】

図6Aおよび6Bは、切替信号を形成する第1の典型的な実施形態を示す。この実施形態において、切替信号はバイアス信号のみを使用して形成される。図6Aおよび6Bは、それぞれ典型的なバイアス信号および典型的なT X入力信号を示す。バイアス信号600Aは、図6Aにおいて電圧／時間のグラフによって表され、同様にT X入力信号600Bは、図6Bにおいて電圧／時間のグラフによって表される。図6Aのバイアス信号600Aを単独で使用することによって、図5の切替信号500が生成される。この典型的な実施形態において、切替信号500はバイアス信号600Aのみによって形成されるため、図6Aに示される典型的なバイアス信号600Aは、図5における切替信号500と同一である。この場合において、T X入力信号600Bのみを使用して、音響出力を生成する。

30

【0045】

図7Aおよび7Bは、切替信号を形成する第2の典型的な実施形態を示す。この実施形態において、切替信号は、バイアス信号およびT X入力信号の構成要素の組み合わせを使用して形成される。図7Aおよび7Bは、それぞれ典型的なバイアス信号および典型的なT X入力信号を示す。バイアス信号700Aは、図7Aにおける電圧／時間のグラフによって表され、同様にT X入力信号700Bは、図7Bにおける電圧／時間のグラフによって表される。図7Aおよび7Bのバイアス信号700AおよびT X入力信号700Bを組み合わせて、図5の切替信号500を生成する。この実施形態において、バイアス信号700AはDC信号である。T X入力信号700Bは2つの構成要素：作動信号構成要素700B1および切替信号構成要素700B2を有する。作動信号構成要素700B1は、図6において示されるT X入力信号600Bと同一であり得、音響出力を生成するために使用される。切替信号構成要素700B2をバイアス信号700Aとともに使用し、動作条件を切り替えるための適切な切替信号（例えば、切替信号500）を形成する。これは、図6に示されるバイアス信号600Aとは異なる。

40

【0046】

この図示される第2の典型的な実施形態において、図5に示される切替信号は、図7Aにおけるバイアス信号から切替信号構成要素700B2を差し引くことによって得られる。実際の実施形態において、2つの信号の減算は、c M U Tの2つの対向する電極上に2つの信号を個別に印加することによって行うことができる。代替として、2つの信号（バイアス信号およびT X入力信号の切替信号）は、c M U Tの2つの電極の同一側に印加され得る。この代替例において、切替信号は、バイアス信号および切替信号構成要素の追加

50

によって形成される。しかし、この代替実施形態において、TX入力信号における切替信号構成要素は図5に示される同一の切替信号500を取得するため、図7に示される切替信号構成要素700B2とは異なって設計される必要があり得る。

【0047】

切替信号を形成する上述の第2の典型的な実施形態は、上述の第1の典型的な実施形態と比較して、有利な可能性があり得る。図6Aおよび6Bに示される第1の典型的な実施形態において、2つのAC信号（ACバイアス信号600AおよびAC TX入力信号600B）は、各cMUT要素に使用される。これらの2つのAC信号は、同期される必要があり得る。この構成は、各cMUT要素に対して2つの個別のワイヤを必要とし得る。対照的に、図7Aおよび7Bに示される第2の典型的な実施形態においては、たった1つのAC信号（AC TX入力信号700B）が各cMUT要素に使用される。これは、より簡素なハードウェアおよびより安価な加工をもたらし得る。cMUTの様々な切替信号（動作電圧）を形成するための方法のさらなる詳細およびさらなる実施例は、特許文献1において開示される。参照されるPCT特許出願は、その全体を参照することにより本明細書に組み込まれる。

10

【0048】

〈デュアルモードcMUT構造のさらなる実施形態〉

開示されるデュアルモード動作方法は、可撓性膜cMUTおよび埋め込まれたバネcMUT（EScMUT）を含む、様々なcMUT構造に適用され得る。

20

【0049】

図8Aおよび8Bは、デュアルモードcMUTの第3の典型的な実施形態を示す。cMUTは、可撓性膜cMUTに基づく。cMUT800Aは通常条件（接触を形成する前）であり、cMUT800Bは接触動作条件（接触を形成した後）である。cMUTは、膜811、および膜811を支持するアンカー812を有する。基板801によって支持される第1の電極814および膜811によって支持される第2の電極810は互いに離され、キャパシタンスが第1の電極814と第2の電極810との間に存在するように電極間隙815を定める。絶縁層816は、第1の電極814と第2の電極810との間に配置される。示される実施形態において、絶縁層816は、電極間隙850（本実施形態においてはcMUT空洞）の底面を提供する。cMUTは、いかなる特別に形成される接触構造も有しない。代わりに、膜811が下方に移動して接触点803において第1の電極814の表面に接触する場合、動作条件が変更される。

30

【0050】

可撓性膜cMUTの機械的/音響的特性は、主に可撓性膜によって定められる。したがって、異なる機械的/音響的特性（周波数応答）を有する2つの動作条件は、異なる切替電圧レベルを使用して達成され得、RXおよびTX動作のための異なるcMUT膜境界条件を設定する。異なる切替電圧レベルは、膜811を望ましい位置に移動させることによって、膜境界条件を変更し、絶縁層816の表面上の接触点803と接触させる。膜が接触した後、相当するcMUT膜のサイズは、cMUTの周波数応答が増加するように小さくなる。そのため、特別に形成される接触構造の欠如にもかかわらず、図8Aおよび8BのcMUTは、開示されるデュアルモード動作方法を使用して動作される場合、図3Aおよび3BのcMUTと同様の効果を有する。膜811がcMUT空洞の底面（絶縁層816の表面）と接触を形成する前と後で相当する膜のサイズが変化するため、cMUTの周波数応答は、2つの異なる動作条件800Aおよび800Bにおいて異なり、それらは本明細書で説明されるように、2つの異なる切替電圧レベルにおいて達成される。

40

【0051】

しかしながら、標準可撓性膜cMUTに基づくデュアルモードcMUTの上記実施形態は、原理上は機能するが、何らかの困難または制限を有し得る。接触した後のcMUTの膜サイズは、印加される信号のレベルが変化するにつれて接触領域が変化し得るため、十分に定められない。また、接触点803は常に中心または中心付近にあるため、接触動作条件800Bにおける膜のサイズおよび形状を設計するための可撓性はない。これらの問

50

題は、接触動作条件 800B に対して望ましい周波数応答を達成する際に、この設計を制限し得る。

【0052】

デュアルモード cMUT の動作をさらに改善し、接触動作条件において望ましい周波数応答を達成するための 1 つの方法は、設計される形状および位置を有する 1 つまたは複数の接触構造を使用することである。接触動作条件における cMUT の膜形状を決定するために、特別に設計される接触構造を使用することができる。

【0053】

図 9A および 9B は、デュアルモード cMUT の第 4 の典型的な実施形態を示す。この cMUT は、可撓性膜 cMUT に基づき、図 9A および 9B の cMUT が、cMUT 空洞の底部の自然表面に依存して接触点を提供する代わりに、接触構造を有して接触点を提供することを除いて、図 8A および 8B の cMUT と同様である。cMUT 900A は、通常条件（接触を形成する前）であり、cMUT 900B は、接触動作条件（接触を形成した後）である。cMUT は、膜 911、および膜 911 を支持するアンカー 912 を有する。基板 901 によって支持される第 1 の電極 914 および膜 911 によって支持される第 2 の電極 910 は、互いに離されて電極間隙 915 を定める。絶縁層 916 は、第 1 の電極 914 と第 2 の電極 910 との間に配置される。接触構造 913 は絶縁層 916 上に構築され、接触構造膜 913 と膜 911（または第 2 の電極 910）との間により狭い間隙膜 917 を定める接触点 903 を提供する。膜 911 の動きに対して、接触構造 913 は、ストップとして機能し、接触構造 913 と接触した膜 911 の一部のさらなる移動を停止する。図示される実施形態において、接触構造 913 は、絶縁層 916 に接続され、その上に立つ支柱である。接触構造 913 は、絶縁層 916 の統合部分（例えば、同一の加工材料から絶縁層 916 とともに一体的に形成される）、または絶縁層 916 に個別に追加されるか、または追加または削除技術を使用して絶縁層 916 上で加工される部分のいずれかであり得る。

10

20

30

40

【0054】

図 8A および 8B を越える図 9A および 9B の cMUT の可能な利点は、接触構造 913 を選択される位置において構築し、より精密に接触点 903 を定めることができることである。さらに、接触構造 913 は、より精密に接触動作条件を定めるように選択された高さも有する。例えば、接触構造 913 の高さは、引き込み（崩壊）条件が生じる前に、膜 911 が接触構造 913 に接触するように選択され得る。

30

【0055】

図 10A および 10B は、デュアルモード cMUT の第 5 の典型的な実施形態を示す。この cMUT は可撓性膜 cMUT に基づき、図 10A および 10B の cMUT が互いに離された 2 つの接触点 1003 を有することを除いて、図 9A および 9B の cMUT に類似する。接触点 1003 は、cMUT 空洞の底部の自然表面に依存して接触点を提供する代わりに、接触構造 1013 によって提供され得る。設計に応じて、接触構造 1013 は、2 つの個別の構造（例えば、個別の支柱）または断面図において離間して表れるにすぎない同一の拡張接触構造の部分のいずれかであり得る。例えば、接触構造 1013 はリング形状または線形状であり得る。

40

【0056】

cMUT 1000A は通常条件（接触を形成する前）であり、cMUT 1000B は、接触動作条件（接触を形成した後）である。cMUT は、膜 1011 および膜 1011 を支持するアンカー 1012 を有する。基板 1001 によって支持される第 1 の電極 1014 および膜 1011 によって支持される第 2 の電極 1010 は、互いに離されて電極間隙 1015 を定める。絶縁層 1016 は、第 1 の電極 1014 と第 2 の電極 1010 との間に配置される。接触構造 1013 は絶縁層 1016 上に構築され、接触点 1003 を提供する。各接触点 1003 は、接触構造 1013 と膜 1011（または第 2 の電極 1010）との間により狭い間隙を定める。膜 1011 の動きに対して、接触構造 1013 はストップとして機能し、接触構造 1013 と接触した膜 1011 の部分のさらなる移動を停

50

止する。図示される実施形態において、接触構造 1013 は、互いに離されて絶縁層 1016 上に立つ 2 つの支柱を含む。同様に、接触構造 1013 のような 2 つより多くの支柱を使用してもよい。支柱は、絶縁層 1016 の領域全体に分散され得、接触動作条件 1000B の周波数応答のさらなる制御を提供する。

【0057】

図 11A および 11B は、デュアルモード cMUT の第 6 の典型的な実施形態を示す。この cMUT は、可撓性膜 cMUT に基づくが、より狭い支柱を接触構造として使用する代わりに、図 11A および 11B の cMUT は、膜に面する非平坦底面を使用して接触点を提供する。cMUT 1100A は、通常条件（接触を形成する前）であり、cMUT 1100B は、接触動作条件（接触を形成した後）である。cMUT は、膜 1111 および膜 1111 を支持するアンカー 1112 を有する。基板 1101 によって支持される第 1 の電極 1114 および膜 1111 によって支持される第 2 の電極 1110 は、互いに離されて電極間隙 1115 を定める。絶縁層 1116 は、第 1 の電極 1114 と第 2 の電極 1110 との間に配置される。絶縁層 1116 は、顕著な特徴部 1113 を有して接触点 1103 を提供する非平坦表面を有する。各接触点 1103 は、顕著な特徴部 1113 と膜 1111（または第 2 の電極 1110）との間により狭い間隙を定める。膜 1111 の動きに対して、顕著な特徴部 1113 は、ストップとして機能し、接触構造 1113 と接触した膜 1111 の部分のさらなる移動を停止する。図示される実施形態において、顕著な特徴部 1113 は、絶縁層 1116 上の他の領域より高く伸長する幅広いステップを含む。

10

20

【0058】

平坦な底面と比較して、非平坦底面はさらなる可撓性を有して接触点の位置を制御し得、接触動作条件における膜の周波数応答を設計するためにさらなる自由度を付与する。

【0059】

図 9～11 に示される接触構造の形状、位置、および分布ならびに cMUT 空洞の形状は、説明のための単なる例である。他の構成を使用して、接触動作条件における cMUT の望ましい周波数応答を達成できる。図 9～11 に示される典型的な実施形態において、埋め込まれたバネ cMUT (EScMUT) において同様の結果を達成し、接触構造または接触特徴部を通じて、バネ部材が接触点において対向表面に接触する前および後に、EScMUT が異なる周波数応答を有するようにするために、cMUT に埋め込まれたバネ部材の機械的特性を変更するために使用される技術も使用することができる。かかる接触構造の実施例は、バネ部材の下面またはバネ部材の下にある EScMUT バネ空洞の底面に接続される支柱である。

30

【0060】

図 12A および 12B は、デュアルモード cMUT の第 7 の典型的な実施形態を示す。この cMUT は埋め込まれたバネ cMUT (EScMUT) に基づく。cMUT 1200A は通常条件（接触を形成する前）であり、cMUT 1200B は接触動作条件（接触を形成した後）である。cMUT は、基板 1201 によって支持される第 1 の電極 1214 に接続される（または支持される）バネ層 1211 を有する。第 2 の電極 1210 は、板 1221 によって支持され、バネ-板コネクタ 1222 によってバネ層 1211 から吊設されて電極間隙 1215 を定める。バネ層 1211 は、動作中に電極間隙 1215 に対して、バネ層 1211 の反対側に配置されるバネ空洞 1225 内を移動する。接触構造 1213 は、バネ層 1211 に対向するバネ空洞 1225 の側面 1226 に接続され、接触構造 1213 とバネ層 1211 との間により狭い間隙 1217 を定める。代替として、接触構造 1213 は、バネ空洞 1225 の対向側 1226 に面するバネ層 1211 の下側に接続されて、接触構造 1213 とその対向側 1226 との間により狭い間隙 1217 を定めることができる。

40

【0061】

代替として、バネ空洞 1225 が電極間隙 1215 よりも狭くなるよう設計される場合、接触構造 1213 は随意であり得る。つまり、より狭い間隙 1217 は、バネ空洞 12

50

25と同一であり得るが、電極間隙1215より狭くなり得る。この場合、バネ空洞1225の対向側1226は、内在ストップとして機能する。

【0062】

バネ空洞1225の反対側において、バネ層1211はバネ空洞1225a内を移動し、バネ空洞1225から離間され得るか、または同一円形または管状バネ空洞1225の単なる別の部分のいずれかであり得る。接触構造1213に類似する接触構造は、バネ空洞1225aの側面でも認められる。

【0063】

本明細書で説明されるようにcMUTを動作させるデュアルモード動作方法は、図12Aおよび12BのEScMUTに適用されて、EScMUTを通常動作条件1200Aから接触動作条件1200Bに切り替え得、その逆も可能である。接触が形成される前に、EScMUT1200Aは、その通常のピストン様動作で作動する。接触動作条件1200B（例えば、切替信号電圧レベルV2）において、接触は、接触点1203においてバネ層1211と接触構造1213との間（または、接触構造1213が通常動作条件でバネ層1211に接続される場合は、接触構造1213とバネ空洞1225の対向側1226との間）に形成される。バネ-板コネクタ1222が直接一対一の様式で接触構造1213と接触するように、接触構造1213および接触点1203がバネ-板コネクタ1222の下に直接配置される場合、バネ層1211は、効率的に不動化され、接触後はEScMUT性能において活性機能を果たさなくなる。この実施形態において、接触動作条件では、EScMUT1200Bは可撓性膜cMUTのように動作し、ここで板1221は相当する可撓性膜として機能し、バネ-板コネクタ1222は相当する膜アンカーとして機能する。板1221の適切な寸法および機械的特性を選択することによって、望ましい周波数応答は、接触動作条件のために取得され得る。

10

20

30

40

【0064】

代替として、接触構造1213および接触点1203は、バネ-板コネクタ1222および接触構造1213が直接一対一接触を回避するように、代替としてバネ層1211の水平領域全体で互いに離れることができる。この実施形態において、バネ層1211は、部分的にのみ不動化され、接触後だが変更されたバネ動作を用いて、EScMUT性能における活性機能を果たす。この実施形態において、接触構造1213およびバネ-板コネクタ1222のサイズおよび相対位置を選択することによって、接触動作条件に対する望ましい周波数応答を得ることができる。

【0065】

本明細書で説明される、デュアルモード動作のために意図的に設計されたcMUTに加えて、開示されるデュアルモード動作方法は、原則として、崩壊（引き込み）状態を有する任意のcMUT上で使用され得る。静電トランステューサは、通常、崩壊電圧下で崩壊（引き込み）状態を有する。既存のcMUT動作方法を使用して、印加される電圧が崩壊電圧より高い場合、トランステューサの動きは制御できなくなる。開示されるデュアルモード動作方法を使用して、切替信号電圧レベル（例えば、レベルV1）は、cMUTが崩壊せずに動作するように設定され得、第2の切替信号電圧レベル（例えば、レベルV2）は、cMUTが崩壊後に動作するように十分高く設定され得る。2つの動作条件は、異なる動作条件の異なる周波数応答を利用するように、2つの異なるcMUT動作モード（例えば、それぞれTXおよびRX動作モード）に適応される。

【0066】

しかしながら、崩壊（引き込み）状態を有するcMUTは、原則として開示されるデュアルモード動作方法で作動し得るが、このような構成は好適な種類でない場合がある。TXおよびRX移行期間中に、cMUTは、崩壊プロセスおよびスナップバックプロセスを経る。このプロセスは入力電圧信号によって十分に制御されないため、望ましくない超音波出力圧力（例えば、cMUT動作周波数領域内に周波数を有する相当に大きい超音波出力）は、切り替え信号によって生成され、伝送（TX）信号を干渉し得る。

【0067】

50

したがって、崩壊することなく2つ以上の動作条件を有する意図的に設計されたcMUT、例えば、図9～12において説明されるそれらの実施形態が好適である。本明細書で説明される実施形態に従って、cMUTは、それが崩壊する前に接触動作条件に切り替えられるように設計され得る。例えば、cMUTは、切替電圧レベル（例えば、V2）を有するように設計され、cMUTが崩壊する前に、cMUTを接触動作条件にし得る。切替電圧レベルは、一般に、崩壊電圧より低くなければならない。

【0068】

<動作方法および適用>

図13は、cMUTを動作させるための典型的なデュアルモード動作方法のフローチャートを示す。この方法は、以下のように説明される。

10

【0069】

ブロック1301：cMUTが提供される。cMUTは、第1の電極および第2の電極が互いに向かって、および互いから離れて移動できるようにするためのバネ部材を含む。cMUTは、cMUTの2つの異なる動作条件を画定する接触点を有する。第1の動作条件において、接触点は、バネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続しない。第2の動作条件において、接触点は、バネ部材を、バネ部材に面する対向表面と接続し、cMUTが第1の動作条件において第1の周波数応答を有し、第2の動作条件において第2の周波数応答を有するようにする。一実施形態において、第1の周波数応答は、第1の周波数帯域によって特徴付けられ、第2の周波数応答は、第1の周波数帯域に対して、より高い周波数に向けて実質的にシフトされる第2の周波数帯域によって特徴付けられる。

20

【0070】

この目的で提供され得る適切なcMUTの実施例がこの開示において説明される。

【0071】

ブロック1302は、cMUTが第1の動作条件にある場合は、cMUTが第1の動作モードで動作するように、cMUTが第2の動作条件にある場合は、第2の動作モードで動作するようにcMUTを構成する。一実施形態において、cMUTは、cMUTが第1の動作条件にある場合は、伝送モードで動作し、cMUTが第2の動作条件にある場合は、受信モードで動作するように構成される。デュアルモード動作のためのかかる構成は、cMUTの動作を制御する、適切に設計された回路を使用して達成され得る。

30

【0072】

ブロック1303は、第1の動作条件と第2の動作条件との間でcMUTを切り替える、ステップまたは動作を表す。cMUT動作のかかる切替制御の典型的な方法は、本明細書においてさらに詳述されるように、可変電圧または切替信号を使用することである。

【0073】

デュアルモード動作方法は、RXおよびTX動作モード等の異なる動作モードで、異なる動作条件においてcMUTを動作させることである。cMUTの動作条件は、cMUTに印加される電圧レベルによって決定され得る。cMUTの異なる動作条件は、異なる外部条件だけでなく、cMUTの異なる物理的状態によっても示される。例えば、cMUTの機械的特性または音響特性は、異なる動作条件において異なる。cMUTの異なる機械的特性または音響特性は、cMUTが異なる動作条件において異なる周波数応答を有するように設計され得る。周波数応答間の差は、中心周波数の差、帯域幅の差、または帯域形状の差であり得る。例えば、第2の動作条件の周波数応答は、第1の動作条件の周波数応答より高い中心周波数、または第1の動作条件の周波数応答に対して、より幅広いおよび/またはより高い周波数に向けてシフトされる周波数帯域（帯域幅）を有し得る。

40

【0074】

一実施形態において、cMUTは、TXおよびRX動作において、異なる動作条件で作動する。cMUTは2つの異なる動作条件の間で切り替えられると、TXとRX動作との間でも切り替える。したがって、cMUTは、TXおよびRX動作において異なる周波数応答を有し得る。

【0075】

50

別の実施形態において、cMUTは、異なる動作周波数を有する2つの異なる動作モードで異なる動作条件において作動する。第1の動作モードは、cMUTの第1の動作条件に対応する第1の周波数において、TXおよびRX動作の両方を有するが、第2の動作モードは、cMUTの第2の動作条件に対応する第2の周波数において、TXおよびRX動作の両方を有する。

【0076】

本明細書に開示されるcMUTを動作させる上述のデュアルモード動作方法は、特に高調波撮像に有用であり得る。高調波撮像において、デュアルモードcMUTは、本明細書で説明される切替方法を使用して、低周波数標準撮像（例えば、通常動作モード）とより高い高調波周波数撮像（例えば、接触動作モード）との間で切り替えられる。

10

【0077】

さらに別の実施形態において、cMUTは、標準撮像モードと高調波撮像モードとの間で切り替えるよう構成される。標準撮像モードにおいて、cMUTは、2つの異なる動作条件の間で切り替えるために切替制御を使用しない。代わりに、cMUTは、TX信号およびRX信号が同一の周波数帯域内にある標準撮像に使用される。高調波撮像モードにおいて、cMUTは、切替制御を使用して低周波数モードと高調波周波数撮像との間でデュアルモードcMUTを切り替える。言い換えれば、デュアルモードcMUTを使用する標準撮像と高調波撮像との間の切替は、撮像動作に切替信号を使用するか否かを単に制御することによって行われ得る。切替信号が使用される場合、デュアルモードcMUTは高調波撮像モードにあって高調波撮像を行い、切替信号が使用されない場合、デュアルモードcMUTは標準撮像モードにあって標準撮像を行う。

20

【0078】

媒体における音響波の減衰は、通常、音響周波数において大きい。通常、低周波における音響波は、高周波における音響波よりもはるかに遠く貫通し得る。しかしながら、高周波音響波を用いる撮像は、低周波の音響波を用いる撮像よりも良好な解像度を有する。そのため撮像は、より大容量の撮像の場合、より低周波であることが好適であるが、より高い解像度のためにはより高周波であることが好適である。既存の技術は、通常、単一の超音波プローブまたはそれぞれ単一のトランスデューサを有する2つのプローブにおいて2つのトランスデューサを使用して、より大きい媒体においてより深部の撮像を行うと同時に、トランスデューサに近い媒体において高解像度を達成する。これは、2つのトランスデューサ／プローブ間の切替を要し、撮像時間を増加させ、所定の用途において、2つのトランスデューサ／プローブ間の位置登録を困難にもする。デュアルモード動作方法は、2つの異なる周波数領域において1つのトランスデューサを作動できるようにすることによって、この問題を解決する。

30

【0079】

cMUTをTXのための1つの動作条件、およびRXのための別の動作条件で動作させる代わりに、cMUTは、RX/TXの両方に対して低周波で1つの動作条件においても動作され得、またRX/TXの両方に対して高周波で別の動作条件においても動作され得る。この後者の実装形態において、cMUTは異なる装置パラメータ（例えば、異なる周波数領域）を有する2つの装置のように動作する。2つの装置モード間の切替は、本特許において開示される切替方法を用いて行われ得る。cMUTは、RX/TXの両方に対して、高周波で1つの動作条件においても動作され得、またTXのみに対して、低周波で別の動作条件においても動作され得るか、または逆に、RX/TXの両方に対して、低周波で1つの動作条件で動作され得、またTXのみに対して、高周波で別の動作条件においても動作され得るか、または任意の他の組み合わせで動作され得る。特に、cMUTは、1つの動作モードにおいて、高周波でRX/TXの両方を使用して、超音波撮像を行うように構成され得、また別の動作モードにおいて、低周波でTXのみを使用して、高密度焦点式超音波（HIFU）動作を切替可能に行うよう構成され得る。

40

【0080】

本明細書で論じられる可能な利益および利点は、添付の特許請求の範囲に対する制限ま

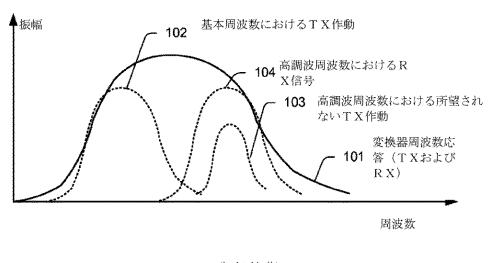
50

たは限定と見なされない。

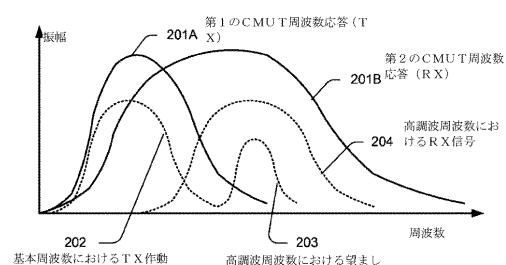
【0081】

主題は、構造的特徴および／または方法論的行為に特徴的な言語で説明されているが、添付の特許請求の範囲において定義される主題は、説明される特定の機能または行為に必ずしも限定されないことを理解されたい。むしろ、特定の機能および行為は、特許請求の範囲を実現する典型的な形態として開示される。

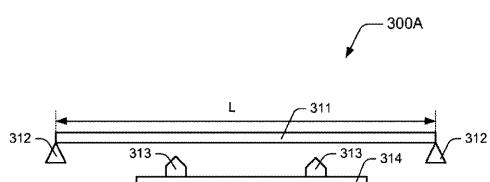
【図1】



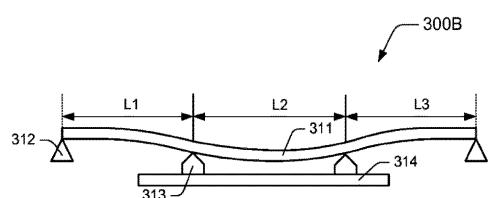
【図2】



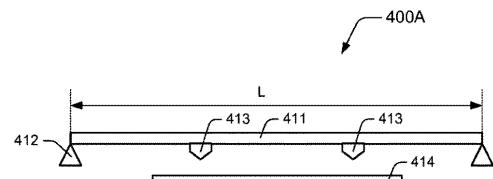
【図3 A】



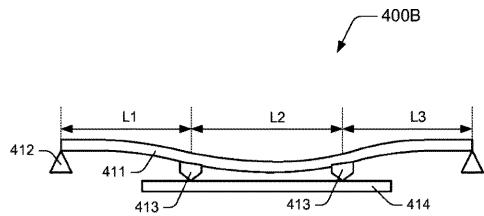
【図3 B】



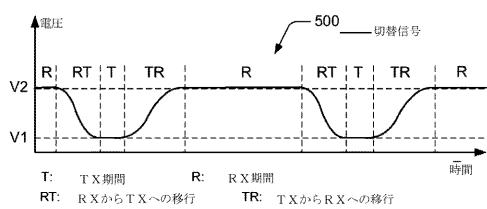
【図4 A】



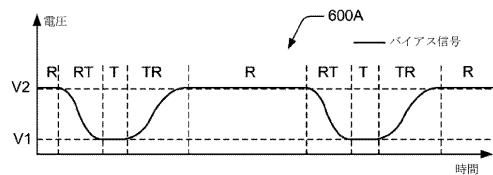
【図 4 B】



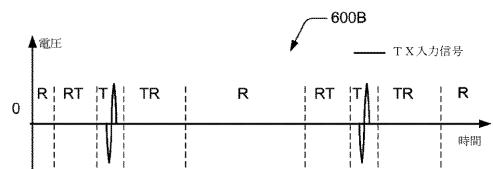
【図 5】



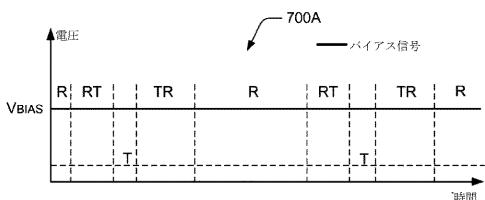
【図 6 A】



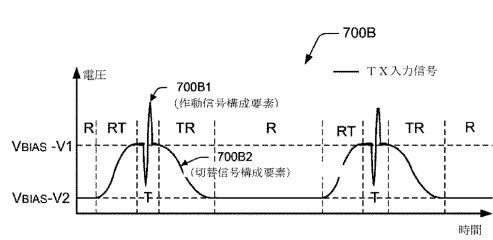
【図 6 B】



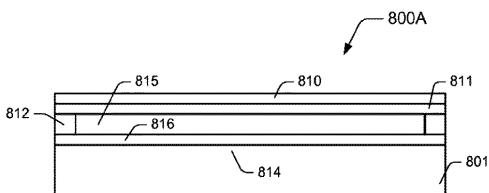
【図 7 A】



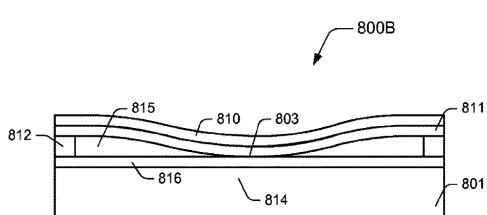
【図 7 B】



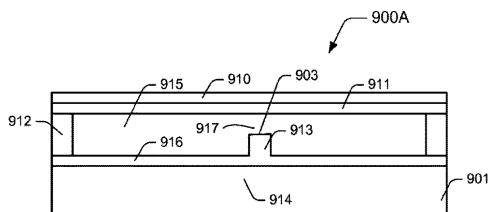
【図 8 A】



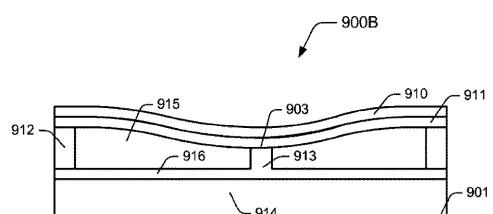
【図 8 B】



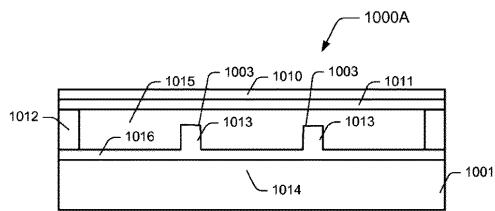
【図 9 A】



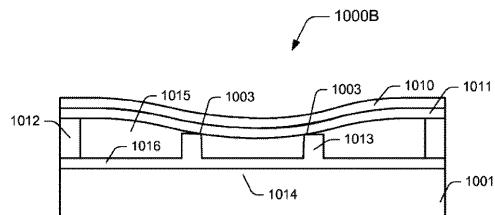
【図 9 B】



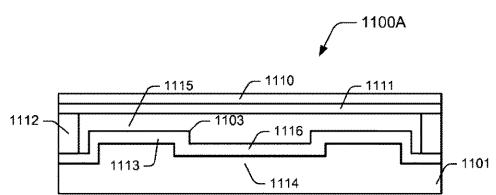
【図 10 A】



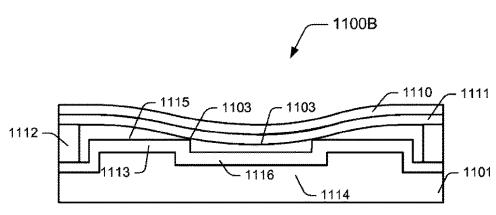
【図 10 B】



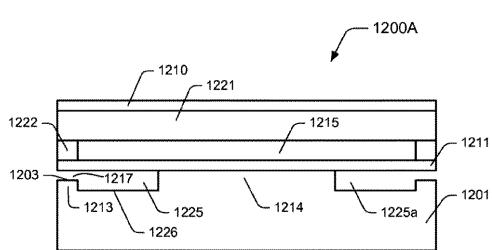
【図 11 A】



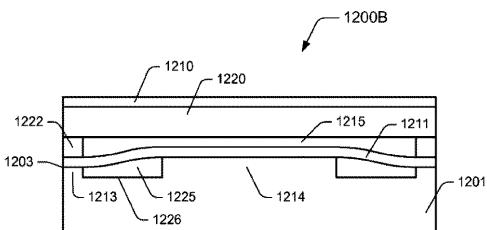
【図 11 B】



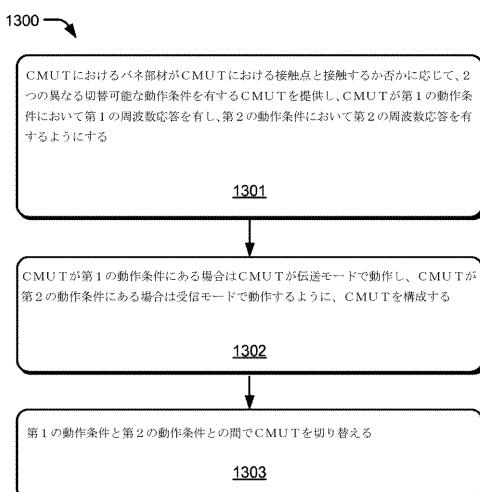
【図 12 A】



【図 12 B】



【図 13】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 08/85028
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - A61B 8/00 (2009.01) USPC - 600/439 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) IPC(8) - A61B 8/00 (2009.01) USPC - 600/439		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched IPC(8) - A61B 8/14 (2009.01) USPC - 600/459,437,439,440; 601/2,3; 73/632,641; 367/180,18; 310/309,310,340		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWest(US PAT, US PGPUB, US OCR, EPO, JPO); Google Scholar; Keywords: ultrasound, transducer, capacitative, capacitance, capacity, micromachined, micro-machined, cMUT, MUT, plurality or multi mode, spring, elastic, HIFU, high intensity focused ultrasound, harmonic imaging, harmonic frequency		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/0059220 A1 (MOURAD et al.) 25 March 2004 (25.03.2004) para [0005], [0069], [0076], [0087], [0118], [0119], [0122], [0126]-[0130], [0132], [0134], [0139], and [0142]	1-24
Y	US 2007/0258332 A1 (STUART SAVOIA et al.) 30 June 2005 (30.06.2005) para [0018], [0019], [0080], and [0103]	1-24
A	US 2005/0215909 A1 (BARNES) 29 September 2005 (29.09.2005) entire document	1, 12, and 14
A	US 6,359,367 B1 (SUMANAWEEERA et al.) 19 March 2002 (19.03.2002) entire document	1, 12, and 14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 January 2009 (06.01.2009)	Date of mailing of the international search report 23 JAN 2009	
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer:  Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

F ターム(参考) 5D019 DD01 FF04

专利名称(译)	双模式操作Micromachine超声波换能器		
公开(公告)号	JP2011522444A	公开(公告)日	2011-07-28
申请号	JP2010536195	申请日	2008-11-26
[标]申请(专利权)人(译)	科隆科技公司		
申请(专利权)人(译)	辊技术公司		
[标]发明人	ヨンリファン		
发明人	ヨンリファン		
IPC分类号	H04R3/00 H04R19/00 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0292		
FI分类号	H04R3/00.330 H04R19/00.330 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/GB50 4C601/HH35 5D019/DD01 5D019/FF04		
代理人(译)	谷义 安倍晋三和夫		
优先权	60/992038 2007-12-03 US		
其他公开文献	JP5337813B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

cMUT实现具有双模式操作。cMUT具有两种不同的可切换操作条件，这取决于cMUT中的弹簧构件是否接触cMUT中的接触点处的相对表面。两种不同的操作条件由于接触而具有不同的频率响应。如果cMUT处于第一操作条件，则cMUT可以被配置为以传输模式操作；如果cMUT处于第二操作条件，则cMUT可以被配置为以接收模式操作。双模式操作cMUT的实现特别适用于超声谐波成像，其中接收模式接收更高的谐波频率。

