#### (19) 日本国特許庁(JP)

# (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

(24) 登録日 平成24年10月19日 (2012.10.19)

## 特許第5113994号

(P5113994)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(51) Int.Cl. FΙ HO4R 19/00 330 (2006.01) HO4R 19/00 HO4R 31/00 (2006.01) HO4R 31/00 330 A61B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00 GO1N 29/24 (2006.01) GO1N 29/24 502

請求項の数 7	/ 外国語出願	(全 20	頁)
---------	---------	-------	----

(21) 出願番号	特願2005-189199 (P2005-189199)	(73)特許権者	香 390041542
(22) 出願日	平成17年6月29日 (2005.6.29)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2006-20313 (P2006-20313A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(43) 公開日	平成18年1月19日 (2006.1.19)		クタデイ、リバーロード、1番
審査請求日	平成20年6月20日 (2008.6.20)	(74) 代理人	100137545
(31) 優先権主張番号	10/881, 924		弁理士 荒川 聡志
(32) 優先日	平成16年6月30日 (2004.6.30)	(74)代理人	100105588
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高感度容量性微細加工超音波トランスデューサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

容量性超細加工超音波トランスデューサセル(10)であって、

下部電極(12)と、

前記下部電極(12)に隣接配置した隔膜(16)で、該隔膜(16)と下部電極(12)の間に第1の間隙幅を有する間隙が形成されるようにした前記隔膜(16)と、

前記間隙内に形成した少なくとも一つのリング状要素で、前記隔膜(16)と前記下部電極(12)の間に第2の間隙を設けるよう配置した前記少なくとも一つのリング状要素と を備え、

<u>異なる動作モードに応じて変更されるバイアス電位により前記下部電極(12)へ向け膨</u><sup>10</sup> <u>張する前記隔膜(16)と共働して、</u>前記少なくとも一つのリング状要素が異なる動作モ ードの間に前記第1及び第2の間隙幅を調整する、容量性微細加工超音波トランスデュー サセル(10)。

【請求項2】

前記少なくとも一つのリング状要素は、突出要素を備える、請求項1記載の容量性超微細 加工超音波トランスデューサセル(10)。

【請求項3】

前記少なくとも一つのリング状要素は、後退要素を備える、請求項1記載の容量性超微細 加工超音波トランスデューサセル(10)。

【請求項4】

容量性超微細加工超音波トランスデューサセル(10)であって、 上部と底部を備える下部電極(12)と、 前記下部電極(12)の前記上部に配置され、空隙(20)を画成する構成とした複数の 支柱(14)と、 前記複数の支柱(14)上に配置した隔膜(16)で、該隔膜(16)と前記下部電極( 12)が境界付ける間隙をもたらす前記隔膜(16)と、 前記隔膜(16)上に配置した上部電極(18)と、 前記トランスデューサセル(10)が受信器として動作するときに、前記隔膜(16)を 前記下部電極(12)へ向け膨張させる、バイアス電位源と、 10 前記空隙(20)内に形成され、前記トランスデューサセル(10)が受信器として動作 するときに、前記バイアス電位源と共働して前記下部電極(12)と前記上部電極(18 )の間に前記空隙(20)の深さに満たない間隙幅をもたらすよう構成した少なくともー つのリング状要素とを備える、容量性超微細加工超音波トランスデューサセル(10)。 【請求項5】 前記少なくとも一つのリング状要素が前記下部電極(12)の上、又は、前記隔膜(16 )の底面に配置されている、請求項4に記載の容量性微細加工超音波トランスデューサセ  $l (10)_{\circ}$ 【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の容量性微細加工超音波トランスデューサセルの製造方 20 法であって、 下部電極(12)上に複数の支柱を形成し、該支柱(14)間に空隙(20)を画成する ステップと、 前記空隙(20)内に少なくとも一つのリング状要素を形成するステップと、 前記複数の支柱(14)上に隔膜を配置し、前記下部電極(12)と前記隔膜(16)の 間に間隙を形成するステップと、 前記隔膜(16)上に上部電極を配置するステップとを含む、方法。 【請求項7】 システム(118)であって、 請求項1乃至5のいずれかに記載の容量性微細加工超音波トランスデューサ(120)と 30 容量性微細加工超音波トランスデューサ(120)に結合した抵抗器(122)と、 前記抵抗器(122)に接続したバイアス電圧バンク(124)と、 前記抵抗器(122)に接続した多重化器(126)と、 前記多重化器(126)に接続され、容量性微細加工超音波トランスデューサ(120) の動作モードを制御する構成としたスイッチ(128)と、 前記スイッチ(128)に結合され、前記バイアス電圧バンク(124)と前記スイッチ (128)の動作を制御する構成とした制御回路(134)と、 前記スイッチ(128)に結合され、交流励振パルスを発生する構成としたパルス発生器 (130)と、 40 前記スイッチ(128)に結合され、信号を増強する構成の低雑音増幅器(132)とを 備え、 前記制御回路(134)が、前記システム(118)が受信モードで動作しているときに 、前記隔膜(16)を前記少なくとも一つのリング状突出要素へ圧潰させるのに十分な圧 潰電圧を印加し、 前記システム(118)が送信モードで動作しているときに、前記圧潰電圧よりも低い直 流バイアスを印加して、前記下部電極(12)と前記上部電極(18)の間の大きな間隙 に帰結する、システム(118)。

(2)

【発明の詳細な説明】 【技術分野】 [0001]

本発明は概ね医用造影システムに係り、より詳しくは容量性微細加工超音波トランスデューサ(cMUT; capacitive micromachined ultras ound transducer)に関する。

【背景技術】

【0002】

トランスデューサは、一つの形式の入力信号を異なる形式の出力信号へ変換する装置で ある。一般に使用されているトランスデューサは、光センサと熱センサと音響センサとを 含む。音響センサの一例は、医用造影や非破壊評価や他の応用に実装することのできる超 音波トランスデューサである。

【0003】

現在、超音波トランスデューサの一つの形は、容量性微細加工超音波トランスデューサ ( c M U T ) である。 c M U T セルは、一般に下部電極と支柱により基板上に懸架した隔 膜と上記電極として機能する金属皮膜層とを収容した基板を含む。下部電極と隔膜と上部 電極は、空隙を画成している。従来の c M U T 装置では、 c M U T セルの上下の電極間の 間隙は、 c M U T 送受信器を受信器として使用するときの感度を増やすべく均一にかつ幅 狭に設計してある。

【特許文献1】米国特許第6443901号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

[0004]

しかしながら、 c M U T 送受信器を送信器として用いたときに、小さな空隙深さは隔膜 変位の最大振幅を制限する。それ故、送信パルスの振幅を増すには、送信 c M U T にとっ て上下の電極間により大きな間隙をもたせ、より大きな隔膜の撓みをもたせることが望ま しかろう。

[0005]

さらに、送信器や受信器としての動作期間中に c M U T の感度と性能を高めることが望ましかろう。また、 c M U T の音響領域(間隙)と空隙深さを能動的に制御することが望ましかろう。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

簡潔には、本技術の一実施形態によれば、容量性微細加工超音波トランスデューサ(c MUT)セルが提示される。cMUTは、下部電極を含む。さらにまた、cMUTは下部 電極に隣接配置されて、第1の間隙幅を有する間隙が隔膜と下部電極の間に形成されるよ うにした隔膜を含む。加えて、cMUTは間隙内に形成した少なくとも一つの要素を含み 、この少なくとも一つの要素が隔膜と下部電極の間に第2の間隙幅をもたらすよう配置し てある。

[0007]

本技術の他の実施形態によれば、 c M U T セルが提示される。 c M U T は、上部と底部 を備える下部電極を含む。加えて、複数の支柱が下部電極の上部に配置してあり、空隙を 画成する構成としてある。さらにまた、隔膜が複数の支柱上に配置してあって、隔膜と下 部電極が境界付ける間隙をもたらす。加えて、 c M U T は隔膜上部に配置した上部電極を 含む。加えて、 c M U T は空隙内に形成した少なくとも一つの要素を含み、下部電極と上 部電極の間に、空隙の深さに満たない間隙を設ける構成としてある。

 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 8 \end{bmatrix}$ 

本技術の他の態様によれば、 c M U T の製造方法が提示される。本方法は、下部電極上 に複数の支柱を形成して支柱間に空隙を画成することが含まれる。加えて、本方法は空隙 内への少なくとも一つの要素の形成を含む。加えて、本方法は複数の支柱上に隔膜を配置 し、下部電極と隔膜の間に間隙を形成するステップを含む。さらに、本方法は隔膜上に上 部電極を配置するステップを含む。 10

20



[0009]

本技術の態様に従い、 c M U T セル構造が提示される。 c M U T セル構造は受信モード で動作する構成とした第1のセルを含み、ここで第1のセルは下部電極と上部電極を備え る。さらにまた、 c M U T セル構造は送信モードにおいて動作するよう構成した第2のセ ルを含み、第2のセルは下部電極と上部電極を備える。加えて、 c M U T セル構造は第1 のセルと第2のセルの間それぞれに空隙を形成するよう配置した複数の支柱を含む。 c M U T セル構造はさらに、支柱に配置した複数の隔膜を備える。加えて、 c M U T セル構造 は第1のセルと第2のセルの空隙内に形成した突出要素と後退要素のうちの少なくとも一 方を含む。

[0010]

本技術のさらなる態様によれば、 c M U T セル構造の製造方法が提示される。本方法は 、受信モードで動作するよう構成した第1のセルを作製するステップで、第1のセルが下 部電極と上部電極を含むステップを含む。加えて、本方法は送信モードにおいて動作する 構成とした第2のセルを作製するステップで、第2のセルが下部電極と上部電極を含むス テップを含む。

[0011]

本技術態様によれば、 c M U T とこの c M U T に結合した抵抗器を含むシステムが提示 される。さらにまた、システムはバイアス電圧バンクを含み、このバイアス電圧バンクを 抵抗器に結合する。加えて、システムは多重化器を含み、この多重化器を抵抗器に結合す る。加えて、システムは多重化器に結合したスイッチを含み、このスイッチが c M U T の 動作モードを制御する構成とする。システムはスイッチに結合される制御回路もまた含み 、この制御回路がバイアス電圧バンクとスイッチの動作を制御する構成とする。さらにま た、システムはスイッチに結合したパルス発生器を含み、このパルス発生器が交流励振パ ルスを発生する構成とする。また、システムはスイッチに結合した低雑音増幅器を含み、 この低雑音増幅器が信号を増強する構成とする。

【発明を実施するための最良の形態】

[0012]

本発明のこれら及び他の特徴や態様や利点は、添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むときにより良く理解され、図面を通じて同様の文字は同様の部分を表わす。

【0013】

医用造影や非破壊評価等の多くの分野では、高品質診断画像の生成を可能にする超音波 トランスデューサを活用することが望ましかろう。高品質診断画像は、超音波周波数の低 レベル音響信号に対し高感度を示す容量性微細加工超音波トランスデューサ等の超音波ト ランスデューサにより得ることができる。本願明細書に開示する技術は、これらの問題の 一部或いは全てに対処するものである。

**(**0014**)** 

ここで図1を見るに、容量性微細加工超音波トランスデューサ(cMUT)送受信器1 0の一実施形態の縦断側面図が図示してある。当業者には理解されるように、この図は例 示目的であって、実寸で描かれてはいない。図1は、送信モードで動作するcMUT送受 信器10を表す。cMUT送受信器10は、上部と底部とを有し、基板(図示せず)上に 配置することのできる下部電極12を備える。下部電極12の肉厚は、例えばほぼ20~ 500マイクロメートルの範囲とすることができる。上部と底部を備える複数の支柱14 を、下部電極12の上部に配置することができる。さもなくば、複数の支柱14を基板上 に直接配置することもできる。支柱14は、空隙20を画成するよう構成することができ る。一般に、支柱14の高さはコンマ数マイクロメートル~数マイクロメートル(μm) 台である。また、支柱14は、これらに限定はされないが、酸化シリコンや窒化シリコン 等の材料で作成することができる。加えて、複数の支柱14の上部に膜すなわち隔膜16 を配置することができる。加えて、でMUTの製造に用いる微細加工法に応じて、隔膜1 6は、これらに限定はされないが、窒化シリコンや単結晶シリコンやエピ タキシ・シリコンや多結晶シリコンや他の半導体材料等の材料を用いて製造することがで 10

20

30

40

きる。隔膜16の肉厚は、例えばほぼ0.1~5マイクロメートルの範囲とすることがで きる。cMUT送受信器10には上部と底部を備える上部電極18を含ませることができ 、ここで上部電極18は隔膜16の上部に配置することができる。上部電極18の肉厚は 、例えばほぼ0.1~1マイクロメートルの範囲とすることができる。cMUT送受信器 10には、下部電極12と隔膜16が境界付けることのできる間隙を含ませることができ る。空隙20は、空気又はガスを充填するか、或いは完全に又は一部抜気することができ る。しかしながら、本技術の一例示実施形態によれば、完全に又は一部抜気した空隙20 が用いられよう。さらにまた、空隙20は誘電体床面24を含む。空隙20は、ほぼコン マ数ミクロン~数ミクロン台の深さをもたせることができる。

【 0 0 1 5 】

本技術の一例示実施形態により、そしてさらに以下に説明する如く、突出要素(例えば、図1~図5)や後退要素(例えば、図6)等の少なくとも一つの要素を空隙20内に形成し、所定の動作モード下でこの間隙すなわち間隙幅を下部電極12と上部電極18の間の空隙20の深さ未満に調整する構成とすることができる。具体的には、第1の例示実施 形態では、少なくとも一つの要素は間柱(スタッド)22等の突出要素で構成することができる。間柱22は、下部電極12の上部に配置することができる。さもなくば、間柱2 2は隔膜16の底面に配置することもできる。

[0016]

間柱22は、二層で構成することができる。図1の間柱の拡大図に描いたように、間柱22の上層は下部電極12と上部電極18の間の電気的短絡を阻止すべく誘電体層等の絶縁材で構成することができる。誘電層には、これらに限定はされないが、酸化シリコンや窒化シリコンやポリマーや他の非導電材等の材料を含めることができる。さらにまた、間柱22の底層は、これらに限定はされないが、金属やエピシリコンや単結晶シリコンや多結晶シリコンや他の半導体材料等の導電材で構成することができる。間柱22は、これらに限定はされないが、円形や矩形や六角形等の様々な形状を呈することができる。加えて、間柱22は単一の間柱や、リング形状間柱、以下リング間柱と呼ぶものや、これに限定はされないが間柱列等の間柱の任意配置で表わすことができる。また、間柱22の側壁は、垂直としたり先細としたり丸めたりすることができる。

【0017】

さらにまた、 c M U T 送受信器 1 0 の空隙 2 0 内に形成することのできる少なくとも-30 つの要素を縦穴 2 6 等の後退要素とすることができる。縦穴 2 6 は、空隙 2 0 内にエッチ ング形成することができる(図 6 を参照して例示し以下に説明する)。さらに、 c M U T 送受信器 1 0 には間柱 2 2 と縦穴(図示せず)を含ませることができる。さもなくば、縦 穴を下部電極 1 2 にエッチング形成し、間柱 2 2 を隔膜 1 6 上に形成することもできる。 さらに別の構成によれば、縦穴内に間柱 2 2 を形成することができる。

加えて、本技術のさらなる態様によれば、 c M U T 送受信器 1 0 にバイアス電位源(図 示せず)を含ませ、このバイアス電位源を隔膜 1 6 を下部電極 1 2 へ向けて膨張させる構 成とすることができる。本技術の一実施形態によれば、下部電極 1 2 と上部電極 1 8 との 間の間隙幅は、間柱 2 2 の高さ及び / 又は縦穴の深さを変えることにより、かつ c M U T 送受信器の動作モードに基づいてバイアス電位を変えることにより、かつ c M U T 送受信器 1 0 が送信器として動作している間、空隙の深さを増大させて隔膜 のより大きな撓みを促し、送信信号の振幅を増強することは有益であろう。しかしながら 、 c M U T 送受信器が受信器として機能するときは、信号受信を向上させるには下部電極 1 2 と上部電極 1 8 の間により小さな間隙幅をもたせることが有利であろう。従って、 c M U T 送受信器 1 0 の感度は下部電極 1 2 と上部電極 1 8 の間の間隙寸法を調整し、それ によって信号の送受信へ向け c M U T 送受信器 1 0 の性能を都合よく最適化することがで きる。

## [0019]

当業者には理解されるように、空隙20により隔てられた下部電極12と上部電極18 50

は静電容量を形成している。図1に示す如く送信モードで動作する c M U T 送受信器10 にとっては、より深い空隙20により送信パルスの振幅を増大させる隔膜の大きな撓みを 達成することができる。送信モードでは、より小さな直流(D C)バイアスにより大きな 交流(A C)励振パルスを印加することができ、このことが都合よくはより大きな膜撓み と c M U T 送受信器10に関するより大きな信号対ノイズ比に帰結する。 【0020】

(6)

しかしなから、受信モードで動作中の c M U T 送受信器 1 0 にとっては、 c M U T 送受 信器 1 0 の感度を高める上で下部電極 1 2 と上部電極 1 8 の間により小さな間隙をもたせ ることが望ましかろう。図 2 は、受信モードで動作中の c M U T 送受信器 1 0 の縦断側面 図を示す。図 2 に示す如く、空隙 2 0 の深さは送信モードで動作中の図 1 の c M U T 送受 信器 1 0 の空隙の深さよりも小さくすることができる。このより小さな空隙深度は、翻っ て都合よくは c M U T 送受信器 1 0 の感度向上をもたらすより大きな容量に帰結すること になる。図 2 に表わした如く、 c M U T 送受信器 1 0 にバイアス電位源を印加すると、下 部電極 1 2 へ向け隔膜 1 6 を撓ませることができる。しかしなから、空隙 2 0 内の間柱 2 2 の存在が故に、空隙 2 0 の深さは相当に減ることになる。それ故、空隙深度の減少した 隔膜 1 6 の撓みが受信器として機能する c M U T 送受信器 1 0 の感度向上を招来しよう。 【0 0 2 1】

図3は、図1の3-3線に沿う cMUT送受信器10の断面上面図である。図3の例示 実施形態では、リング間柱が描かれている。しかしなから、前述した如く、間柱は円形や 矩形や六角形や他の任意の形状とすることができる。

【 0 0 2 2 】

図4~図6は、送信モードにおいて動作する c M U T 送受信器 1 0 の代替実施形態の断 面図を示す。特に図4を参照するに、送信モードで動作し空隙 2 0 内に配置した単一の間 柱 2 2 を有する c M U T 送受信器 1 0 の代替実施形態の断面図が図示してある。さらにま た、図5 は送信モードで動作し空隙 2 0 内に形成することのできる配列に配置した複数の 間柱 2 2 を有する c M U T 送受信器 1 0 のさらに別の代替実施形態を示す。本技術のさら なる態様によれば、空隙 2 0 内に後退要素を形成することができる。図6 は、送信モード において動作し空隙 2 0 内にエッチング形成した縦穴 2 6 等の後退要素を有する c M U T 送受信器 1 0 の一実施形態を示す。

【0023】

図6を参照するに、縦穴26は二層から構成することができる。図6の縦穴の拡大図に 示す如く、縦穴26の上層は下部電極12と上部電極18の間の電気的短絡を阻止すべく 誘電体層等の絶縁材で構成することができる。誘電体層には、これらに限定はされないが 、酸化シリコンや窒化シリコンやポリマーや他の非導電材等の材料を含ませることができ る。さらにまた、縦穴26の底層はこれらに限定はされないが、金属やエピシリコンや単 結晶シリコンや多結晶シリコンや他の半導体材料等の導電材で構成することができる。縦 穴26は、これらに限定はされないが、円形や矩形や六角形等の様々な形状を呈するよう にできる。加えて、縦穴26は、単一の縦穴や、リング形状縦穴、以下リング縦穴と呼ぶ ものや、これに限定はされないが縦穴列等の任意の縦穴配置により表わすことができる。 また、縦穴26の側壁は垂直としたり先細としたり丸めたりすることができる。 【0024】

図7~図9は、受信モードで動作する図4~図6に示した c M U T 送受信器10の対応 断面図を示す。図7は、受信モードで動作する図4の c M U T 送受信器10を描いたもの である。同様に、図8は受信モードで動作する図5の c M L T T 送受信器10を示すもの である。同様に、図9は受信器として機能する図6の c M U T 送受信器10を示すもので ある。

【0025】

図10~図12は図4~図6に示した c M U T 送受信器10の断面上面図を示す。特に 図10を参照するに、図4の10-10線に沿う c M U T 送受信器10で、その空隙20 内に配置した単一の間柱22を有する c M U T 送受信器10の上面図が図示してある。図 10

20

30

40

11は、図5の11-11線に沿う c M U T 送受信器10の上面図を示すものであり、ここでは間柱22の列が c M U T 送受信器10の空隙20内に配置してある。同様に、図6の12-12線に沿う c M U T 送受信器10で、その空隙20内にエッチング形成した縦 穴26を有する c M U T 送受信器10の上面図が図示してある。 【0026】

間柱22と縦穴26は c M U T 送受信器10の空隙20の深さを可変するよう実装する ことができる。加えて、パイアス電位を可変することで、下部電極12と上部電極18の 間の間隙を信号の送受信用に最適化することができる。この最適化は、 c M U T 送受信器 10が送信及び / 又は受信モードで動作するときに隔膜16の撓みを制御するバイアス電 位源を採用することで達成することができる。例えば、 c M U T 送受信器が図1に示す如 く送信モードで動作しているときに、パイアス源を用いて圧潰電圧よりも低い直流パイア スを印加することができ、このことが有益なことに図1に示した下部電極12と上部電極 18の間の大きな間隙に帰結する。当業者には理解されるように、圧潰電圧はバイアス電 圧であり、ここでは小さく膜を撓ませる膜撓みの機械的復元力は静電力に拮抗させること はできない。小さな直流パイアスがA C 励振パルスの印加を可能にし、このパルスがより 大きな膜撓みと送信モードで動作する c M U T 送受信器10 に関する信号対ノイズ比に帰 結させることができる。

【0027】

さらにまた、受信モードでは、隔膜16を間柱22へ圧潰させるのに十分な直流バイア スをバイアス電位源を介して印加することができる。印加電圧は、図2に示す如く、隔膜 16を間柱22へ撓ませることができる。下部電極12と上部電極18の間の低減された 間隙は、都合よくは所与の入射音響波に対するより大きな容量変化を招き、そのことが翻 ってcMUT送受信器10の感度向上に通ずる。加えて、受信モードで動作するcMUT 送受信器10内の下部電極12と上部電極18の間の間隙幅は、送信モードで動作するc MUT送受信器10内よりも小さなものとなる。さらに、受信器として機能するcMUT 送受信器10に印加するバイアス電圧は上部電極18を間柱22上へ吸引するのに妥当な ものではあるが、バイアス電位は下部電極12と上部電極18に関する圧潰電圧よりも低 いものとすることができる。

【0028】

上記した如く、間柱22は空隙20の床面から突出させることができる。これ故、間柱 30 22の上部と上部電極18との間の空隙20(すなわち、「間隙」)の有効深さをより小 さなものとし、それによって隔膜16を間柱22上へ圧潰するのに必要なバイアス電位を より小さくすることができる。一例示実施形態では、間柱22の高さは例えば0.2マイ クロメートル未満とすることができる。さらに、間柱を下部電極12上に或いは上部電極 18上に配置することができる。受信器として機能する cMUT送受信器10の空隙20 の深さは、隔膜16が間柱22上へ圧潰したときの間柱22の高さにより調整することが できる。このより小さな空隙深度は、都合よくは所与の入射超音波に対するより大きな容 量変化を招き、かくして受信モードで動作する cMUT送受信器10の感度向上に帰結さ せることができる。

[0029]

本発明の一例示実施形態により、間柱及び / 又は縦穴を実装し、バイアス電位を可変す ることで下部電極12と上部電極18の間の間隙を調整することのできる c M U T 送受信 器10を開示した。本例示実施形態によれば、 c M U T 送受信器10は送信器及び受信器 の両方の性能に合わせ最適化することができる。同様の原理を個別送信器セルと受信器セ ルを備える構成へ採用し、かくして以下にさらに説明する如く、送信器及び受信器として 機能する c M U T セルの個別最適化を可能にすることができる。

【0030】

図13と図14は、異なる深さを有する間隙を各送信モードと受信モードのそれぞれに 実装することのできるよう異なる送信器セル構造及び受信器セル構造を有する二重空隙 c MUTユニットセル28の代替実施形態を示す。ここに熟慮した構成では、図13と図1 10

4 に示した c M U T ユニットセル 2 8 が受信モードで動作する構成の第1のセル(受信器 セル)30を含む。以下にさらに説明する如く、受信器セル30は下部電極と上部電極と 第1の間隙幅を有する間隙とを含む。加えて、 c M U T ユニットセル 2 8 は送信モードで 動作する構成である第2のセル(送信器セル32)を含む。受信器セル30と同様、送信 器セル32もまた下部電極と上部電極と、以下にさらに説明する如く第1の間隙を上回る 大きさの第2の間隙幅を有する間隙とを含む。

【0031】

先ず図13を参照するに、受信器セル30は下部電極34を含む。複数の支柱36を、 下部電極34上に配置することができる。さらに、隔膜38を複数の支柱36上に配置す ることができる。加えて、上部電極40を隔膜38上に配置することができる。受信器セ ル30は、下部電極34と上部電極40の間に第1の間隙幅を有する間隙を有する。第1 の間隙幅は、cMUTユニットセル28が受信モードで動作しているときの所与の入射超 音波信号に対する容量変化を最適化する構成とすることができる。 【0032】

CMUTユニットセル28はさらに送信器セル32を含み、これを下部電極42を含ま せ得る受信器セル30に隣接配置することができる。さもなくば、送信器セル32は受信 器セル30から隔離して配置することもできる。受信器セル30と同様、送信器セル32 は下部電極42上に配置した複数の支柱36をさらに備える。加えて、隔膜44は複数の 支柱36上に配置することができ、上部電極46は隔膜44上に配置することができる。 さらにまた、本例示実施形態によれば、送信器セル32には微細加工した縦穴48を含ま せることができる。受信器セル30の間隙幅と比較したときに、縦穴48の存在が送信下 部電極42と送信上部電極46の間により大きな間隙幅を有する間隙をもたらし、そのこ とが翻って CMUTユニットセル28が送信モードで動作するときに送信隔膜44の変位 増大を促す。従って、 CMUTユニットセル28が送信モードで動作しているときに振幅 を増大させた超音波を得ることができる。さらに、絶縁層50を受信下部電極34と送信 下部電極42と縦穴49の床面に配置することができる。

【 0 0 3 3 】

さらに、図13に示した本例示実施形態は送信下部電極42内に形成され、受信器セル 30と送信器セル32のそれぞれに可変間隙幅を提供する縦穴48を示すものであるが、 図14に示す代替例示実施形態では、間柱52等の突出要素を受信下部電極34上に配置 することができる。間柱52は受信下部電極34と受信上部電極40の間の間隙幅を低減 する構成とし、かくして所与の入射超音波に関する容量変化を最適化する構成とすること ができる。さらにまた、絶縁層は間柱52上に配置することができる。絶縁層は、受信下 部電極34に配置することもできる。さもなくば、二重空隙 cMUTユニットセル28は 送信器セル32内の各縦穴48と受信器セル30内の間柱52或いはそれらの間柱と縦穴 の組み合わせを含む構成とすることができる。

【0034】

図13~図14に示した二重空隙 c M U T ユニットセル28の一例示実施形態では、受 信器と送信器セルの横方向寸法を異ならしめることができる。このことで、様々な分野に おける二重空隙 c M U T ユニットセル28の応用が容易になる。例えば、二重空隙 c M U T ユニットセル28は調波造影に応用分野を見出すことができ、そこでは受信器セル30 と送信器セル32の動作周波数は各セルの個別寸法を調節することにより都合よく調整す ることができる。二重空隙ユニットセル28は、図1のc M U T 送受信器10と同じ大き さとすることができる。当業者には理解されるように、それらの機能性、すなわち送信で あるか受信であるかに基づき c M U T セルを分離することで、送信器セルと受信器セルが 作動的である間に複数の異なる送信器 c M U T セルと受信器 c M U T セルが検出面積の低 減が原因で信号損失を経験することがあり得る。しかしながら、この構造を図13と図1 4に示す如く送信器用と受信器用に異なるセルに分離することで、 c M U T セルの一組だ け、すなわち送信器セルと受信器セルのいずれかが作動的であるときに招く信号損失を十 二分に補償することができる。送信器セルと受信器セルをここで個別に最適化し、それに

10

20



よって能動的検出領域内の損失を上回るであろう感度向上をもたらすことができる。 [0035]

さらに、cMUT送受信器10に関して説明した如く、二重空隙cMUTユニットセル 28には少なくとも一つのバイアス電位源を含ませることができ、ここではバイアス電位 源は受信隔膜38と送信隔膜44とをそれらの対応する底部電極34,42へ向けて膨張 させる構成とする。

本技術のさらなる態様によれば、cMUT送受信器の一実施形態の製造方法が提示され る。図15~図20はcMUTの製造工程フローを表わすものであり、ここでは間柱は隔 膜上に配置することができる。図15は、CMUT送受信器の下部電極を含ませることの できる底部54(低抵抗性プライムウェーハ)の製造工程中の初期ステップを示すもので ある。図15に示したように、第1の酸化物層56と第2の酸化物層60を、乾式酸化工 程や湿式酸化工程やその二つの組み合わせとすることのできる酸化工程により高導電性シ リコン層58等の基板の両面に形成することができる。第2の酸化物層60が、下部電極 と上部電極の間に間隙を画成している。図16に示す如く、写真平板と湿式エッチングを 用い、第2の酸化物層の一部をエッチングにより取り除くことができ、それによって複数 の支柱62とこの支柱により画成される空隙64とを画成することができる。その後、図 17に示す如く、酸化工程を用い、空隙64内に電気的な絶縁をもたらすことができる。 [0037]

c M U T 送受信器の製造方法にはさらに、上部電極を含む上部68(絶縁膜上結晶シリ 20 コン(SOI; Silicon on Insulator)ウェーハ)の製造が含まれ る。さもなくば、当業者には理解されるように、シリコン基板や埋設酸化物層やシリコン 支持基板ウェーハを含む予製作SOIをcMUT送受信器の製造に用いることもできる。 図18に示す如く、上部68は支持基板ウェーハ72上に配置することのできる埋設酸化 (「ボックス」)層70を含む。加えて、これらに限定はされないが、エピシリコンや単 結晶シリコンや多結晶シリコン層等の導電性或いは低抵抗層を酸化ボックス層70上に配 置することができ、ここでは導電層を隔膜74として機能させる構成とすることができる 。さもなくば、これらに限定はされないが、エピシリコンや単結晶シリコンや多結晶シリ コン層等の非導電性或いは高抵抗性層を酸化ボックス層70上に配置することもでき、こ 30 こでこの層は隔膜74として機能させる構成とすることができる。さらに、突出間柱76 等の少なくとも一つの要素を隔膜74上に形成することができる。間柱76は乾式エッチ ング処理が続く写真平板工程を用いて形成することができ、エッチングに続いて間柱76 上に絶縁層78を配設する熱酸化工程を行なうことができる。当業者には理解されるよう に、これらに限定はされないが、プラズマ化学気相成長(PECVD;plasma e nhanced chemical vapor deposition)や減圧化学気 相成長(LPCVD;low-pressure chemical vapor de position)を用いても間柱76を形成することができる。さもなくば、間柱76 は隔膜74上の金属等の材料の付着により形成することができ、これに間柱76上に絶縁 層を配設する誘電体付着工程が続く。さらにまた、形成された間柱76の高さは、cMU T送受信器が受信モードで機能するときに上部電極と下部電極の間の空隙64内の間隙幅 を画成する構成とすることができる。

さらにまた、図19に示す如く、ここでSOIウェーハとプライムウェーハ54との間 の溶着により底部54(プライムウェーハ)上に上部68(SOIウェーハ)を配置する ことで構造80を形成することができる。これらに限定はされないが、テトラメチル水酸 化アンモニウム (TMAH; tetramethyl ammonium hydrox ide)や水酸化カリウム(KOH;potassium hydroxide)やエチ レンジアミンピロカテコール(EDP;Ethylene Diamine Pyroc atechol)等の化学物質を用いた湿式エッチングが続く機械的研磨或いは研削を用 いて、支持基板ウェーハ72を除去することができる。支持基板ウェーハ72の除去に続 10

き、酸化ボックス層70はバッファードフッ酸(BHF; buffered hydro fluoric acid)により取り除くことができる。その後、図20に示す如く、 上部電極83を隔膜74上に配置し、 cMUT送受信器81を形成することができる。図 20は、間柱76を隔膜74上に配置した cMUT送受信器81を示す。さらに、当業者 には理解されるように、間柱及び/又は縦穴を含めるよう表面微細加工を用いることもで きる。表面微細加工を用い、バルク微細加工工程のようにSOIウェーハから接着する代 りに隔膜を付着する。これには、隔膜下側の全ての犠牲層(酸化膜等)の除去が続き、真 空を用いた上部電極の付着をもって空隙を封止することができる。

[0039]

図15~図20を参照して説明した工程フローは、間柱76を隔膜74上に配置するこ<sup>10</sup> とのできる c M U T 送受信器の製造工程を示すものである。当業者には理解されるように 、二重空隙 c M U T ユニットセル構造の製造に同様の技術を用いることもできる。同様の 仕方で、図21~26は c M U T 送受信器の製造用工程フローを描いたものであり、ここ では以下に説明する如くかつ図1にて前述した如く間柱を下部電極上に配置する。 【0040】

図21は、 c M U T 送受信器の底部54 (低抵抗プライムウェーハ)の製造工程におけ る初期ステップを示すものであり、ここでは第1の酸化物層56と第2の酸化物層60は 、これらに限定はされないが、乾式酸化工程や湿式酸化工程やその二つの組み合わせ等の 酸化工程により製造し、高導電性シリコン層58上に配置することができる。第2の酸化 物層60は、下部電極と上部電極の間に間隙を画成する。図22に示したように、写真平 板と湿式エッチングを用いて第2の酸化物層の一部をエッチングして取り除き、それによ って複数の支柱62とこの支柱が画成する空隙64とを画成することができる。その後、 図23に示す如く、エッチング工程が続く写真平板工程を用い、空隙64内に間柱76を 形成する。図24に示したように、間柱76上に電気的絶縁層78を配設する酸化工程を 間柱76の形成に続かせることができる。さもなくば、上記の如く、間柱76を金属等の 材料の付着により下部電極54上に形成し、これに電気的付着工程を続けて間柱76上に 絶縁層を配設する。

【0041】

図25は、間柱76を空隙64内に付着させる場合の本技術の代替実施形態を示す。 c MUT送受信器の本例示的製造方法にはさらに、上部68(SOIウェーハ)の製造が含 まれる。さもなくば、当業者には理解されるように、シリコン基板や埋設酸化物層やシリ コン支持基板ウェーハを含む予製作SOIをcMUT送受信器の製造に用いることもでき る。図25に示したように、上部68は支持基板ウェーハ72上に配置した酸化物ボック ス層70を含む。加えて、これらには限定はされないが、エピシリコンや単結晶シリコン や多結晶シリコン層等の導電層或いは低抵抗層を酸化ボックス層70上に付着させ、ここ でこの層を隔膜74として機能させる構成とする。さもなくば、これらに限定はされない が、エピシリコンや単結晶シリコンや多結晶シリコン層等の非導電層或いは高抵抗層を酸 化ボックス層70上に付着させ、ここでこの層を隔膜74として機能するようにできる。 【0042】

<sup>40</sup> 溶着により底部54上の上部68に付着させることで構造82を形成することができる。 支持基板ウェーハ72は、これに限定はされないがTMAHやKOHやEDP等の腐食液 を用いた湿式エッチングが続く機械的研磨或いは研削によって取り除くことができる。支 持基板ウェーハの除去に続き、酸化物ボックス層70をBHFによって取り除くことがで きる。その後、図26に示したように、上部電極83を隔膜74上に付着させてcMUT 送受信器85を形成することができる。図26は、間柱76を下部電極58に配置したc MUT送受信器85を示すものである。さらに、当業者には理解される如く、表面微細加 工を用いて間柱及び/又は縦穴を使用することもできる。表面微細加工を用いることで、 バルク微細加工工程の如くSOIウェーハから接着するのではなく、隔膜を付着させるこ とができる。これに酸化物等の隔膜下側の任意の犠牲層の除去を続け、真空を用いた上部

20

【0043】

上記に記載した処理工程フローは、 c M U T 送受信器の空隙内に間柱を形成する工程を 記述するものである。前述の如く、同様の技術を二重空隙 c M U T ユニットセル構造の製 造に用いることもできる。当業者には理解されるように、図27~図32を参照して以下 にさらに説明する如く、 c M U T 送受信器の空隙内へ縦穴等の後退要素をエッチング形成 する同様の工程を続けることができる。この発想により、感度改善へ向け受信モードでの 所望の薄肉間隙を維持しつつ、突出する多量ドープ処理領域に隔膜を圧潰することができ る。当業者には理解されるように、同様の技術を二重空隙 c M U T ユニットセル構造の製 造に用いることもできる。

(11)

【0044】

図27~図32は、縦穴等の後退要素を下部電極と上部電極の間の間隙内に形成した c MUTセルを製造する本技術の態様になる例示工程を示すものである。図27は、下部電 極を含む c MUTセルの底部84(プライムウェーハ)の製造工程における初期ステップ を示すものであり、ここでは第1の酸化物層86と第2の酸化物層90は、これらに限定 はされないが、乾式酸化工程や湿式酸化工程やこの二つの組み合わせ等の酸化工程により 製造され、低導電性シリコン層88上に配置する。

【0045】

図28に示す如く、第1の写真平板及びエッチング工程を用い、第2の酸化物層90の 一部をエッチングにより取り除き、それによって複数の支柱92とこの支柱92が画成す る空隙94を画成することができる。加えて、図28に示したように、第2の写真平板及 びエッチングステップを用い、空隙94の底部に形成される縦穴96等の後退要素を画成 することができる。本実施形態では、先に説明したようにシリコン層88を多量にドープ 処理することができる。さもなくば、図29に示したように、少量をドープ処理した図2 7のシリコン層88を支柱92に隣接する領域で多量にドープ処理することもできる。符 号98で参照するこれらの多量ドープ処理領域は、追加のドープ処理ステップを介して組 み込むことができる。多量ドープ処理領域98は、前の部分で説明したように間柱等の突 出要素に適用することもできる。ドープ処理に続き、酸化工程は図30に示す如く電気的 絶縁100をもたらすことができる。

【0046】

加えて、 с M U T セルの製造方法はさらに前述の如く上部104(SOIウェーハ)の 製造を含む。さもなくば、当業者には理解されるように、シリコン基板や埋設酸化物層や シリコン支持基板ウェーハを含む予製作SOIを с M U T 送受信器の製造に用いることも できる。図31に示したように、上部104には第1の側面と第2の側面を有する酸化ボ ックス層106を含ませ、支持基板ウェーハ108上に配置することができる。加えて、 これらに限定はされないが、エピシリコンや単結晶シリコンや多結晶シリコン層等の導電 性或いは低抵抗性層を酸化ボックス層106の第2の側面上に配置することができ、ここ でこの層は隔膜110として機能させる構成とすることができる。さもなくば、これらに 限定はされないが、エピシリコンや単結晶シリコンや多結晶シリコン層等の非導電性或い は高抵抗性層を酸化ボックス層106の第2の側面上に配置することもでき、ここでこの 層を隔膜110として機能させる構成とすることができる。

【0047】

さらにまた、図31に示したように、ここでSOIウェーハとプライムウェーハとの間 の溶着により底部84上に上部104を配置することで構造102を形成することができ る。支持基板ウェーハ108は、これらに限定はされないが、TMAHやKOHやEDP 等の腐食液を用いた湿式エッチングが続く機械的研磨或いは研削により取り除くことがで きる。酸化物ボックス層106は、BHFによって取り除くことができる。その後、図3 1に示す如く、上部電極113を隔膜110上に配置し、cMUT送受信器112を形成 する。図32は、縦穴96を下部電極88上に配置したcMUT送受信器112を示す。 さらに、当業者には理解されるように、表面微細加工を用いて間柱及び/又は縦穴を包含 10

20

30

させることもできる。表面微細加工を用いることで、バルク微細加工工程の如くSOIウ ェーハから接着するのではなく、隔膜を付着させることができる。これに隔膜の下側の全 ての犠牲層(酸化物等)の除去を続け、真空と上部電極の付着とにより空隙を封止するこ とができる。

[0048]

上記の工程フローは、cMUTセル112の空隙内に縦穴を形成する方法を説明するも のである。cMUTセル112の空隙内に間柱等の突出要素を形成する同様の方法を続け ることができる。しかしなから、本技術の一例示実施形態によれば、隔膜を間柱領域に優 先的に取り付けるべく多量ドープ処理領域を間柱のシリコン層内に駐在させ、改善された 受信モード動作用に低減された間隙をもたらすことが望ましかろう。

[0049]

前述の如く、本技術のさらなる実施形態によれば、図13と図14に示した二重空隙ユ ニットセル等の二重空隙ユニットセル構造を実装することができる。前述の如く、二重空 隙ユニットセル構造は、受信器として動作するよう構成することのできる第1のセルを含 む。加えて、二重空隙cMUTユニットセル構造は、送信器として動作するよう構成する ことのできる第2のセルを含む。本技術のさらなる態様により、二重空隙 с М U T セルユ ニット構造の例示製造方法を説明する。前述の如く、図15~図32を参照して説明した 方法を用い、二重空隙cMUTセルユニット構造を製造することができる。本方法には、 受信cMUTセルが下部電極と上部電極を含む受信器として動作するよう構成することの できる第1のセルの製造が含まれる。さらにまた、本方法は送信モードで動作する構成と することのできる第2のセルの製造を必要とし、ここでは送信器 с М U T セルは下部電極 と上部電極を含もう。さらにまた、本方法は第1のセルと第2のセルのうちの一方に突出 要素と後退要素のうちの一方の形成が必要となろう。

図33は、本技術の態様に従って製造される例示的cMUTセル120を含むcMUT 送受信器システム118のブロック線図である。このシステム118は抵抗器122のバ ンクを含み、cMUTセル120へ結合することができる。加えて、このシステム118 は少なくとも一つの外部電圧によって給電することのできる抵抗器122に結合させるこ とのできるバイアス電圧バンク124を含ませるとことができる。さらに、バイアス電圧 バンクに存在することのある直流 - 直流変換器が、離散的或いは連続的な様々な所定のバ イアス電圧を生成することができる。バイアス電圧バンク124は、基板上に配置した個 別離散電子デバイスを用いて実装することができる。さもなくば、バイアス電圧バンクは 特定用途向け集積回路(ASIC;application specific int egrated circuit)として実装することもできる。ASICを実装してバ イアス電圧バンク124と残りの機能ブロックとを統合することで、チップ搭載型システ ム(SOC; System - on - Chip)を得ることができる。 [0051]

ブラックボックス126は多重化器回路で構成することができ、抵抗器122に結合す ることができる。ブラックボックス126に結合することのできる送/受信(T/R)ス イッチ128は通常スイッチ回路を含み、送信信号と受信信号の間を切り替えるよう設計 することができる。さらにまた、システム118にはAC励振パルスを発生させるのに用 いることのできるT/Rスイッチ128に結合できるパルス発生器130を含ませること ができる。T/Rスイッチ128に結合することのできる低雑音増幅器(LNA)132 を、信号の増強に用いることができる。加えて、本技術の一例示実施形態によれば、T / Rスイッチ128に結合することのできるT/R制御器ブロック134を用いてバイアス 電圧バンク124とT/Rスイッチ128の機能を連携させることができる。これらに限 定はされないが、書き換え可能ゲートアレイ (FPGA; field programm able gate array)や論理回路等のプログラム可能な装置を用い、T/R 制御器134を実装することができる。在庫品の部品を用い、パルス発生器130とLN A132を実装することができる。 50

10

20

[0052]

CMUT送受信器120が送信モードで動作している間は、バイアス電圧バンク124 が供給する直流バイアス電圧とパルス発生器が生成したAC励振パルスをCMUT送受信 器120に印加することができる。T/R制御器134は、バイアス電圧バンク124と T/Rスイッチ128を送信モードに設定して、直流バイアス電圧と超音波パルスをCM UT120へ給送できるようにするのに用いることができる。これらの超音波のパルスは、CMUT120により音響信号へ変換することができる。

[0053]

受信モードで動作する間、バイアス電圧バンク124が供給するより大きな直流バイアス電圧を c M U T 120に印加することができる。T/R制御器134は、バイアス電圧 1 バンク124とT/Rスイッチ128を受信モードへ設定するのに用いることができる。反射音響信号の受信時に、 c M U T 120はこれらの音響信号を電気信号へ変換することができる。さらにまた、これらの電気信号は信号増幅へ向け L N A 132へチャンネル配信する。

【 0 0 5 4 】

本技術の一態様によれば、 c M U T 送受信器が提示される。 図を参照して上記に説明し たように、 c M U T 送受信器には下部電極を含ませることができる。 さらにまた、下部電 極に隣接配置して第 1 の間隙幅を有する間隙が隔膜と下部電極の間に形成されるようにで きる。加えて、本技術の態様によれば、少なくとも一つの要素を間隙内に形成することが できる。要素は、隔膜と下部電極の間に第 2 の間隙幅を提供するよう配置する。一実施形 態では、 第 1 の間隙幅は第 2 の間隙幅よりも大とする。 さらにまた、 要素は間柱等の突出 要素を含ませることができる。この要素は、縦穴等の後退要素をさらに含ませることがで きる。 c M U T 送受信器に、 隔膜に結合した上部電極を含ませることができる。 加えて、 c M U T 送受信器に c M U T 送受信器の動作期間中に隔膜を下部電極へ向け膨張させるの に用いることのできるバイアス電位源を含ませることができる。

【 0 0 5 5 】

CMUT送受信器10と上記 CMUT送受信器の製造方法により、感度向上させた CM UT送受信器の製作が可能である。送信器と受信器の両方として動作する間の CMUT送 受信器の性能は、都合よく向上させることができる。これらの CMUT送受信器は、医用 造影や非破壊評価や無線通信や保安応用やガス検出や他の応用等の様々な分野に応用を見 出すことができる。

【0056】

さらにまた、二重空隙 c M U T ユニットセル 2 8 と上記の二重空隙 c M U T ユニットセルの製造方法が、送信信号と受信信号用の個別セルの動作の最適化を促し、そのことが二重空隙 c M L T T ユニットセルの感度を高める結果を招く。これらの二重空隙 c M U T ユニットセルは、医用造影や非破壊評価や無線通信や保安応用やガス検出や他の応用等の様々な分野に応用を見出すことができる。

[0057]

本願明細書では本発明の特定の特徴だけを図示し説明してきたが、当業者には多くの改 変例と変形例が想起されよう。それ故、特許請求の範囲は本発明の趣旨範囲内に含まれる 全てのこの種改変例や変形例を包含するよう意図するものである。一(又は複数)の図面 中のものに対応する参照符号は、特許請求の範囲中では請求発明の理解を容易にするため だけのものであり、請求発明の範囲を狭めることを意図したものではない。本出願の特許 請求の範囲の記述内容は、明細書の説明の一部として明細書中に取り込むものである。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】リング間柱を備え本技術態様になる送信モードで動作するcMUT送受信器の一 例示実施形態を示す断面図である。

【図2】リング間柱を備え本技術態様になる受信モードで動作する図1のcMUT送受信器の一例示実施形態を示す断面図である。

10

20

30

【図3】3-3線に沿う図1のcMUT送受信器の断面上面図である。 【図4】本技術態様になる単一の間柱を備える図1のcMUT送受信器の代替例示実施形 態の縦断側面図である。 【図5】本技術態様になる間柱列を備える図1のcMUT送受信器の別の例示実施形態の 縦断側面図である、 【図6】本技術態様になる縦穴を備える図1のcMUT送受信器の別の例示実施形態の縦 断側面図である。 【図7】本技術態様になる単一の間柱を備える図2のcMUT送受信器の代替例示実施形 態の縦断側面図である。 10 【図8】本技術態様になる間柱列を備える図2のcMUT送受信器の別の例示実施形態の 縦断側面図である。 【図9】本技術熊様になる縦穴を備える図2のcMUT送受信器の別の例示実施形態の縦 断側面図である。 【図10】10-10断面線に沿う図4のcMUT送受信器の断面上面図である。 【図11】11-11断面線に沿う図5のcMUT送受信器の断面上面図である。 【図12】12-12断面線に沿う図6のcMUT送受信器の断面上面図である。 【図13】本技術態様により二重空隙 cMUTユニットセルの例示実施形態を示す縦断側 面図である。 【図14】本技術態様になる図13の二重空隙 с M U T ユニットセルの代替構成の例示実 20 施形態を示す縦断側面図である。 【図15】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図16】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図17】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図18】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図19】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図20】図1のcMUTセルを製造する例示工程を示す図である。 【図21】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 【図22】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 【図23】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 30 【図24】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 【図25】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 【図26】図1のcMUTセルを製造する代替例示工程を示す図である。 【図27】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図28】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図29】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図30】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図31】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図32】図1のcMUTセルを製造する別の例示工程を示す図である。 【図33】本技術の一態様になるcMUT送受信器を実装するシステムのブロック線図で 40 ある。 【符号の説明】 [0059]10,81,85 cMUT送受信器 12,34,42 下部電極 14,36,62,92 支柱 16,38,44,74,110 隔膜 18,40,46,83,113 上部電極 20,64,94 空隙 22,52,76 間柱

#### 2.4 誘電体床面

26,48,96 縦穴 28,112 cMUTセル 30 第1のセル(受信器セル) 32 第2のセル(送信器セル) 50,78 絶縁層 54,84 底部 56,86 第1の酸化物層 58,88 シリコン層 60,90 第2の酸化物層 68,104 上部 70,106 酸化ボックス層 72 支持基板ウェーハ 80,82,102 構造 98 多量ドープ処理領域 100 電気的絶縁 118 送受信器システム 120 cMUT 122 抵抗器 124 バイアス電圧バンク 126 ブラックボックス 128 T/Rスイッチ 130 パルス発生器 132 低雑音増幅器 134 T / R 制御器

【図1】















10







【図6】





18

22

-24

【図9】









【図12】



10

10

【図7】

14

12~

16

54



【図15】



【図14】

36

34

- 36 52

30





FIG.14

32











【図18】









54











FIG.23

【図25】









62

56

-84

【図29】













FIG.32

\_\_112

【図33】



FIG.33

フロントページの続き

- (72)発明者 ウェイ チェン・ティアン
- アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ハイランド・オークス、6番 (72)発明者 ウォレン・リー
- アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ルックアウト・レーン、2112番 (72)発明者 ロウェル・スコット・スミス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、チェシャー・プレイス、24番

- (72)発明者 イ-ミン・リー アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、ディー3・シェリダン・ビレッジ、17番
- (72)発明者 チー・スン アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、シェリダン・ビレッジ・ビー3、19番

審査官 清水 正一

(56)参考文献 特表2004-503312(JP,A) 国際公開第2004/016036(WO,A1) 特開2001-258879(JP,A) 米国特許出願公開第2003/0028109(US,A1) 米国特許出願公開第2003/0048698(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 19/00 - 19/04
H04R 31/00
A61B 8/00
G01N 29/24

# patsnap

专利名称(译)	高灵敏度电容式微制造超声换能器				
公开(公告)号	JP5113994B2	公开(公告)日	2013-01-09		
申请号	JP2005189199	申请日	2005-06-29		
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司				
申请(专利权)人(译)	通用电气公司				
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司				
[标]发明人	ウェイチェンティアン ウォレンリー ロウェルスコットスミス イミンリー チースン				
发明人	ウェイ-チェン·ティアン ウォレン·リー ロウェル·スコット·スミス イ-ミン·リー チー·スン				
IPC分类号	H04R19/00 H04R31/00 A61B8/00 G01N29/24 B81C99/00				
CPC分类号	B06B1/0292 B06B2201/76				
FI分类号	H04R19/00.330 H04R31/00.330 A61B8/00 G01N29/24.502 H01L21/302.105.A H04R19/00				
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/GB12 2G047/GB21 2G047/GB32 2G047/GF06 2G047/GG15 4C601 /EE03 4C601/GB02 4C601/GB19 4C601/GB41 5D019/DD01 5D019/HH03 5D021/CC00 5D021/CC06 5D021/CC18 5D021/CC19 5F004/DB01				
代理人(译)	小仓 博 伊藤亲				
审查员(译)	清水正一				
优先权	10/881924 2004-06-30 US				
其他公开文献	JP2006020313A				
外部链接	Espacenet				

摘要(译)

要解决的问题:提供高灵敏度和高性能的电容式微机械超声换能器(cMUT)。解决方案:电容微机械超声换能器(cMUT)包括 下电极。此外,cMUT包括邻近下电极设置的隔膜,使得在隔膜和下电极之间形成具有第一间隙宽度的间隙。另外,cMUT包括形 成在间隙中的至少一个元件,其中至少一个元件布置成在膜片和下电极之间提供第二间隙宽度。



【図4】