

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5961246号  
(P5961246)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.	F 1
HO4R 19/00 (2006.01)	HO4R 19/00 330
GO1N 29/24 (2006.01)	GO1N 29/24
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00

請求項の数 19 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-500501 (P2014-500501)
(86) (22) 出願日	平成24年3月13日 (2012.3.13)
(65) 公表番号	特表2014-510489 (P2014-510489A)
(43) 公表日	平成26年4月24日 (2014.4.24)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2012/051173
(87) 國際公開番号	W02012/127360
(87) 國際公開日	平成24年9月27日 (2012.9.27)
審査請求日	平成27年2月25日 (2015.2.25)
(31) 優先権主張番号	61/466,172
(32) 優先日	平成23年3月22日 (2011.3.22)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	590000248 コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5656 アーネー アイン ドーフェン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(74) 代理人	100087789 弁理士 津軽 進
(74) 代理人	100122769 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板に対して抑制された音響結合を持つ超音波CMUT

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波トランステューサのcMUTセルのアレイであって、前記cMUTセルは、共通基板上に配された複数の塊状プレート上に配されており、前記cMUTセルのアレイが、複数のcMUTセルであって、各セルが、

セルメンブレンと、

メンブレン支持構造と、

セルメンブレンに結合される上部電極と、

前記セルメンブレンが移動する空間を提供するギャップと、

前記上部電極と共に用いられる底部電極と、を有するcMUTセルと、

cMUTセルが配される複数の塊状プレートであって、各塊状プレートが、前記cMUTセルによる送信の間、その上に配された前記cMUTによりもたらされる音圧力に実質的に対抗する、前記塊状プレートの質量による慣性力を持ち、各塊状プレート及びその上に配されるcMUTセルは、その横方向の運動が、間隙により隣の塊状プレートから分離されている、複数の塊状プレートと、

前記複数の塊状プレート及びそれらのcMUTセルが取り付けられる前記基板とを有する、cMUTセルのアレイ。

【請求項 2】

前記セルメンブレン、前記メンブレン支持構造、前記上部電極、前記底部電極及び前記塊状プレートが、半導体製造処理により製造される、請求項1に記載のcMUTセルのア

10

20

レイ。

**【請求項 3】**

前記塊状プレートが、前記底部電極として機能するよう、電気伝導性物質で形成される、請求項 2 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 4】**

前記電気伝導性物質が、タンタル、金、モリブデン、銅、クロミウム、若しくはタンガステン、又はこれらの合金である、請求項 3 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 5】**

音響インピーダンスが、40 M R a y 1 s より大きい、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

10

**【請求項 6】**

各塊状プレートが、緩衝的順応性を有する支持部により前記基板に取り付けられる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 7】**

各塊状プレートが、間隔を空けて配置される複数の支持部により、前記基板に取り付けられる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 8】**

前記間隔を空けて配置される支持部の間の空間が、真空、空気又は緩衝的順応性を有する物質のいずれかで充填される、請求項 7 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 9】**

前記緩衝的順応性を有する物質が、シリコンゴムである、請求項 8 に記載の c M U T セルのアレイ。

20

**【請求項 10】**

前記アレイの個別の c M U T セルが、個別に横方向に分離された塊状プレートに取り付けられる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 11】**

前記個別の c M U T セル及び塊状プレートが、六角形のパターンを示す、請求項 10 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 12】**

前記個別の c M U T セル及び塊状プレートが、円形パターンを示す、請求項 10 に記載の c M U T セルのアレイ。

30

**【請求項 13】**

前記 c M U T セル及び塊状プレートが、集積回路層をオーバーレイする半導体基板上に形成される、請求項 10 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 14】**

前記塊状プレートが、前記基板への音圧力の伝達を少なくとも 50 % 減衰させる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 15】**

前記 c M U T セルによりもたらされる音圧力が、少なくとも 6 dB 減衰する、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

40

**【請求項 16】**

前記塊状プレートが、前記基板への音圧力の伝達を少なくとも 66 . 67 % 減衰させる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 17】**

1 の c M U T セルによりもたらされる音圧力が、その塊状プレートによって、少なくとも 10 dB 減衰する、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 18】**

前記塊状プレートが、前記基板への音圧力の伝達を少なくとも 90 % 減衰させる、請求項 1 に記載の c M U T セルのアレイ。

**【請求項 19】**

50

1のcMUTセルによりもたらされる音圧力が、その塊状プレートによって、少なくとも20dB減衰する、請求項1に記載のcMUTセルのアレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療診断超音波システムに関し、より詳細にはアレイの基板に対する反響エネルギーの抑制された音響結合を持つcMUT（容量マイクロマシン超音波トランスデューサ）アレイに関する。

【背景技術】

【0002】

MUT及び特にcMUTは、半導体製作技術により生成される超音波トランスデューサ要素である。例えばPZTといった従来の圧電材料とは異なり、MUTは、厳格な圧電性効果以外で作動することができる。cMUTの場合、メンブレンは、太鼓の隔膜の様で、可変容量性効果により振動される。メンブレンの振動は、送信される超音波エネルギーを生成する。受信の際、メンブレンは、戻りエコーにより振動され、容量性変動が、受信エコー信号を検出するために感知される。典型的なcMUTセルは、米国特許第6,328,697号の図1に示される。超音波周波数でのAC信号でcMUTセルを駆動するための電気回路図が、この特許の図2に示される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

cMUTのメンブレンが超音波を送信するために振動するとき、ニュートンの第3法則に基づき、振動の力は、cMUTが製造される基板により支持される。既知のcMUT要素は、ニュートンの第3の法則に基づき、所望の送信方向において負荷媒体に印加される音圧力に関連して、等しい及び対抗する機械的な力をそれらの支持基板に適用する。更に、基板から分離して各上部メンブレンを保持する支持リングを持ち、時には中央に圧壊領域を持つ、それらの周期構造及び建築が原因で、cMUTアレイは、アレイにわたり周期的な様でこの平均的な力を適用する。例えばシリコンといった通常は超低音響損失物質である基板に適用される力は、例えば長手方向波、ねじれ波、ラム波及びレイリー波といった複数の音響波タイプの1つ又は複数を生成する。これは、基板を通り伝搬し、基板に沿って横方向に伝搬することができる。これらの場合のいずれかでも、結果は類似する。波は、基板においてエネルギーを搬送する。これは、基板における他のcMUT要素の互恵的な機構により受信され、所望の信号に対して不適当で時には非常に長い時間の後、入力信号であるかのように解釈される。これは、疑似電気信号が生成され、取り付けられた撮像システムにより入力信号として解釈されることをもたらす。これは、生成された画像においてアーチファクトを作成する。音響結合が、好ましく、音響損失は、シリコンにおいて低い。その結果、例えば、画像におけるクラッタが、コントラストをかなり減少させることができる。1つのアレイ要素から隣接する要素まで転送されるエネルギーは、横方向の分解能及びビーム操縦能力をかなり損なうため、アレイ許容角度を十分に低下させる可能性がある。これらの問題は、医療撮像分野におけるcMUTの商業的受け入れが進まない原因であった。

【0004】

従来技術は、MUT基板へと及びこれを通る音響結合を防止する様々な試みを示す。これらの努力は、なかでも基板の後ろから不必要的音響エネルギーを消そうとする米国特許第6,862,254号、米国特許第6,831,394号及び米国特許第7,441,321号に示されるように、基板の後の整合された音響支持体の使用を含む。別の手法は、できるだけ大きな程度まで基板を除去することにより基板に沿った横方向の波の進行を防止することを試みる米国特許第6,714,484号及び米国特許第6,262,946号に示されるように、基板の薄層化である。更に別の手法は、米国特許出願公開第2009/0122651号、米国特許第7,741,686号、米国特許第7,545,050号に示されるように、基板の薄層化である。更に別の手法は、米国特許出願公開第2009/0122651号、米国特許第7,741,686号、米国特許第7,545,050号に示されるように、基板の薄層化である。

10

20

30

40

50

75号及び米国特許第6,669,644号に示されるように、基板を通る疑似波の伝搬を散乱させる又はブロックするため、基板において様々なタイプの不連続性を包含することである。必要とされることは、不必要的アーチファクトの源である基板へのエネルギーの送信を防止する簡単で有効な方法である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の原理によれば、基板から音響的に分離されるMUT要素を持つMUTアレイが提供される。MUT要素の送信の音響力は、MUT要素を支持する比較的有意な塊により対抗される。支持塊(support mass)は、支持塊から基板までの低い結合を提供する小さなサイズ及び/又は低い剛性の1つ又は複数の支持部材により基板に取り付けられる。

10

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】典型的な従来技術のcMUTセルを断面で示す図である。

【図2】本発明の原理により音響的に分離されるcMUTデバイスの断面図である。

【図3a】本発明のcMUTデバイスの結合物理学の概略図である。

【図3b】デバイスの動作に関与する力を示す図3aの概略図の分解図である。

【図4】本発明の原理により音響的に分離される別のMUTデバイスの断面図である。

【図5】本発明の原理により音響的に分離される別のMUTデバイスの断面図である。

【図6】本発明に基づき構築される六角形のcMUTセルのアレイとこのセルへの電気接続とを示す平面図である。

20

【図7】本発明によるcMUTセルのアレイへの電気接続を作る代替的な技術の平面図である。

【図8】本発明の原理によるcMUTを作動させるためのASIC回路を持つ半導体基板に製造されるcMUTの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

図1を最初に参照すると、従来技術の典型的なcMUTデバイス10が、断面図で示される。cMUT10は、電気伝導性物質でできている上部電極12を含む。上部電極は、メンブレン22に配置されるか、又はメンブレンをそれ自身で有することができる。この説明において、メンブレンは、例えば窒化ケイ素又は二酸化ケイ素といった非導電性物質で形成される。メンブレンは、空洞又はギャップ14にわたりその外側縁部で垂直支持部により支持される。本実施形態において、メンブレンは、ギャップの底で床に触れることなしにギャップにわたり広がる。他の実施形態において、メンブレンは、メンブレンの中央がギャップの床と接触する圧壊モードにおいて作動するよう、故意に構築又は偏らされることができる。導体20は、上部電極12へ/から電気信号を結合させる。ギャップ14の下に、底部電極16がある。底部電極への電気接続は、アレイトランステューサのcMUTセルが製造される半導体基板18から作られる。本実施形態において他の暗い層は絶縁層である。これは、通常、窒化ケイ素又は二酸化ケイ素で形成される。

30

【0008】

送信信号により駆動されるとき上部電極12及びメンブレン22が振動するので、所望の音響信号は、上部電極の上部表面から上方へ送信される。しかし、この力に対する反対力、即ちcMUTセルが製造される基板プラットフォームによる音圧波の力に対する抵抗力が、音響波が基板18に結合されることをもたらす。基板では、音響波が基板を通り後方に進行することができ、cMUTセルへと反射されることができる。cMUTセルでは、それらがクラッタをもたらす。望ましくない音響波が、隣接するcMUTセルへと横に進む可能性もある。横波は、信号受信の間、他のcMUTセルに達することができ、それらのセルにより受信されるエコー信号として誤って検出される可能性がある。基板からのこれらの望ましくない信号は、クラッタ信号として解釈される可能性がある。これが、結果として生じる超音波画像の品質を劣化させる。

40

【0009】

50

図2は、本発明の原理により構築されるcMUTセルを断面において示す。概念的には、本発明のcMUTセルは、通常のcMUTとして構築されることができる。ただし、より低い電極の一部として又はこれに取り付けられるものとして、移動するメンブレンの下にかなりの量の塊が追加される。この塊は、セルが基板に取り付けられて有向される場合基板に存在するであろう動きより明らかに少ない運動を、印加される音響力に対する実質的な反応に提供するため、充分な厚みの非常に高密度物質のプレートの形をとることができる。個別のセル又はセルのグループに対する塊状プレートは、1つの塊状プレートから別のプレートまでの横方向の結合を防止するため、横方向の音響的に関して互いに分離される。塊状プレートは好ましくは、基板への音響結合を更に減らすため、例えば最小の断面領域の小さな柱といった小さな支持部により基板の上に懸架される。塊状プレートは代替的に、順応的な物質の層に取り付けられることができる。追加的な実施形態において、塊状プレートは、小さな支持部に懸架されることができる。ここで、支持部に隣接するプレート及び基板の間の空間は、別名シリコンゴムとして知られるポリジメチルシロキサン(PDMS)といった順応的な物質で充填される。

#### 【0010】

図2の例において、上部電極12は、アルミニウム、タンゲステン、ポリシリコンメンブレン又は単結晶シリコンといった導体である。上部電極12は、順応的であり、またcMUTデバイスのメンブレンとして作動する。上部電極12に対する電気接続は、例えば、タンゲステン、アルミニウム、銅又はポリシリコンで形成される導体20により作られる。上部電極12は通常、30~100ミクロンの電極にわたる直径を持つ1~5のミクロン厚とすることができます。cMUTセルの形状は、円形、又は六角形、矩形若しくは方形といった他の形状とすることができます。

#### 【0011】

上部電極12及び塊状プレート24の間にギャップ14が配置される。塊状プレート24は、関心周波数及び厚みでの高い剛性を持つよう形成される。プレート24は、例えばcMUTセルが作動する任意の重要な音響伝搬モードの波長に比べて1/10又はこれ以下といった小さいものと考えられる。例えば、重さ及び剛性要件は、例えば40 MegaRayls(MRayl)より大きい音響インピーダンスといった高い音響インピーダンスを持つ物質の使用をもたらす可能性がある。塊状プレートに関する適切な物質は、タンタル(55MRayl)、金(64MRayl)、モリブデン(63MRayl)、タンゲステン(101MRayl)、銅(42MRayl)又はクロミウム(43のMRayl)及びこれらの物質の合金を含む。1つの実際的な物質は、チタンタンゲステン合金である。これは、ほとんどの半導体工場において容易に利用可能である。例えばタンゲステンといった電気伝導性物質の選択は、塊状プレート24が、cMUTの底部電極として追加的に機能することを可能にする。

#### 【0012】

塊状プレート24は、基板26上に直接製造されるのではなく、複数の端部柱又はエッジ支持部28により支持される。これらの小さな柱28は、例えばシリコン、窒化ケイ素又はシリコン酸化物といった半導体製作処理において利用可能な物質でできている。電気的単離が適切にされる場合、導電材料が用いられることもできる。柱の典型的な高さは、3ミクロンである。柱は、塊状プレートを他の態様で変形させる静的な印加力に抵抗するのに十分であるべきである。だが、プレートを支持するために加えられる総剛性が、関心音響周波数でプレートの重さ自身により供給される慣性抵抗と比較して小さいよう、柱は十分に小さいべきである。柱28の間には、第2のギャップ26がある。このギャップは、真空で充填されるか、空気に対してオープンであるか、例えばシリコーンゴム(PDMS)といった順応的な物質で充填されることができる。例えばPDMSといった順応的な物質で第2のギャップを充填することにより、望ましくない物質で空間が汚染されることが回避される。図2に示されるようなcMUTセルのアレイは、層の堆積及び犠牲的エッチングに基づかれる処理により製造されることができる。このデバイスは、ウェーハボンディング技術又はこれらの処理の組合せにより製造されることもできる。

10

20

30

40

50

## 【0013】

図3a及び3bは、本発明の概念を示す。図3aは、同じ構成でスタックされる図2のcMUTの要素を概略的に示す。メンブレン22は、横方向の支持部32により振動に関して支持され、図3aにおける塊状プレート24に取り付けられる。上部電極12は、メンブレンの上に配置され、底部電極16は、メンブレンの下に配置される。塊状プレート24は、複数の小さな柱28により基板18上に支持される。これらの柱は、より低いギャップ26の空間により分離される。

## 【0014】

図3bは、このアセンブリの分解図と、cMUTの動作に関する音響力とを示す。メンブレン22は、超音波送信の間、上下に振動する。これは、矢印34とこの上下の曲線により示される。メンブレンが振動するとき、それは、圧力Pを持つ送信された音響波の圧力を生成する。この圧力は、メンブレン領域Aにより及ぼされ、結果的に、 $F = P A$ として計算されることができる力が作られる。この圧力波の力は、メンブレンの横方向の支持部を通り、下方へ向けられる。支持されるメンブレンが取り付けられるボディ、ここでは塊状プレート24は、移動するメンブレンにより生成される音圧力と対抗する。それは、その塊状プレートの質量の慣性を用いてこれを行う。この対抗力は、 $F = M a$ であり、塊状プレートの大きな質量Mとその振動運動に関連付けられる加速度「a」とから作られる。2つの力は等しく対抗しており、プレートが重いので、結果は、塊状プレートの運動要素が、式において「a」で表される非常に小さな加速度及び運動を示すことになる。こうして、cMUTの圧力は、基板における大きな運動要素によって抵抗されるのではなく、含まれていなければならない加速度「a」に関連付けられる非常に小さな運動「d」によってのみ抵抗される。これは、図3a及び3bにおいて、順応的な物質の複数の一様に分散された小さな柱28上に塊状プレート24を支持することにより実行される。これは、上述した力Fよりかなり小さな力F'を持つ運動「d」に反応することにより、基板18への運動力の伝達を更に減衰するよう機能する。こうして、塊状プレートの大きな慣性抵抗は、音響周波数での望ましくない運動の基板への伝達をほとんど防止する。

## 【0015】

典型的な物質に関する計算を持つ例は、cMUTセル分離システムの性能がどのように計算されることができるか及び塊状プレート及び第2のギャップ充填材の所望の寸法及び特性がどのように決定されるができるかを示す。例えば、cMUTセルが、送信において、水と同等の負荷媒体において1MPaピーク圧レベルの音響場を生成すると仮定する。ここで、音響インピーダンスは、1.5MRaylであり、周波数 $f = 20\text{MHz}$ で振動し、カーテルベースの撮像に関して典型的なパラメータである。セルが面積Aを持つ場合、セルのフロント表面における反応力は、

$$1\text{ MPa} \times A$$

である。これは、従来のcMUTアセンブリにおける基板に直接適用される。トランステューサのフロント表面での平均運動振幅は、

$$1\text{ MPa} / (2\pi f 1.5\text{MRayl}) \Rightarrow 5\text{nm}$$

である。反作用板の重みは、その密度、厚み及び面積（一般にcMUTセルの面積とほぼ同じ）により決定される。塊状プレートに関しては、高密度物質が好まれる。なぜなら、物質のより小さな厚みが必要とされるからである。これは、半導体処理を単純化する。この例において、タンクステンが、プレート物質として選択される。以下、我々が塊状プレートとして作用する厚さ3um層のタンクステンを考慮する場合、単位面積当たりの重みが、密度×厚により与えられ、

$$19300\text{ kg/m}^3 \times 3 \times 10^{-6}\text{m} \Rightarrow 58\text{ g/m}^2$$

10

20

30

40

50

となる。結果として生じるプレートの運動振幅  $d$  は、その下の順応的な物質からの反動を無視すれば、 $F = M a$  から得られる。 $d$  は、周波数  $f$  でのハーモニック運動に関して、

$$d = a / (4\pi^2 f^2)$$

及び従って

$$d = F / (4 * \pi^2 * f^2) = 0.06 \text{ nm}$$

10

により与えられる。塊状の層と基板との間の空間は、真空にされるか又は空気充填することができるが、製造及び使用における耐久性のため、柔らかい固体物質でのギャップを充填することが望ましい。真空又は空気を用いる音響分離がいくらか良好かもしだれないが、一般に利用可能な P D M S ゴムは、許容可能な選択である。我々は、例えば、3  $\mu\text{m}$  層の P D M S ゴムを介するこの運動により基板に適用される平均圧力を計算することができる。ここで、音響インピーダンス  $Z_a$  は 1 M R a y 1 であり、音速  $v_a$  は 1 0 0 0 m / 秒である。

#### 【 0 0 1 6 】

P D M S において誘導された圧力は、厚みで割られる式となる。ここでは

$$0.06 \text{ nm} / 3000 \text{ nm} = 2 * 10^{-5}$$

20

となる。ここで、P D M S の剛性はとても低く、塊状プレートの運動の振幅には明らかに影響を与えない。長手方向の剛性は

$$C_{11} = Z_a * v_a = 1 \text{ GPa}$$

である。従って基板における応力又は圧力は、

$$P = C_{11} * S = 2 * 10^4 \text{ Pa}$$

30

である。これは、本発明なしに発生する 1 M P a より小さな振幅における 50 倍である。このレベルの性能は、c M U T により負荷媒体に適用される力を下回る基板励起力の 34 dB の減衰を生じさせる。異なるレベルの性能が、他の実現において望ましい場合がある。例えば、基板における音響力の 50 % ( 6 dB )、66.67 % ( 10 dB ) 又は 90 % ( 20 dB ) の減衰レベルが、本発明の他の実施形態において許容可能な性能のレベルである場合がある。

#### 【 0 0 1 7 】

支持部構造が塊状の層に匹敵する剛性の表面積のわずか約 1 / 50 を占める限り、又は支持部構造がそれらの順応性に関して性能を低下させられることができる場合かなり多くなる値を占める限り、このレベルの基板結合性能が、予想されることがある。固い順応的な層が、塊状の層及び基板の間に適用される場合、順応的な支持部の使用が好まれる。その結果、支持構造を通る横方向の周期的な励起が原因で横方向に伝搬する波を生成する確率を減らすため、この基板に適用される音響力が、固い層により c M U T セルの下で全体の表面にわたり一様に適用される。

40

#### 【 0 0 1 8 】

真空ギャップ及び複数の小さな支持部柱の代替的な場合でも、我々は、類似する計算をすることができる。ギャップは 3  $\mu\text{m}$  で、上部表面で 0.06 nm の運動があり、転送される力を  $2 * 10^4 \text{ Pa}$  に制限したいという要求があり、剛性  $C_{11} = 290 \text{ GPa}$  の柱物質（窒化ケイ素にとって典型的）を持つとすると、

$$P = C_{11} * S * A_f = 2 * 10^4 \text{ Pa}$$

となる。ここで、 $A_f$  は柱を有する表面積の割合であり、

$$A_f = 2 * 10^4 \text{ Pa} / (290 * 10^9 \text{ Pa} * 2 * 10^{-5}) \approx 0.3\%$$

となる。例えば、円形 30 μm 直径の cMUT セルに対して、この要件は、3 つの 1 μm 直径のストレート円筒形柱で満たされる。これは、静的な支持部視点の周縁である。より固くない物質が用いられる場合、より多くの柱が提供されることができる。例えば、類似する寸法を持つ、80 GPa の剛性の二酸化ケイ素を用いると、20 以上の柱が許容可能で、必要以上に多くてもよい。

#### 【0019】

本発明の原理に基づき構築される cMUT セルの別の例が、図 4 に示される。この例において、その塊状プレート 24 を持つ cMUT は、構造物質の複数の小さな柱 28 のアレイにより支持される。これは、任意の電気制約条件が満たされる限り、例えばシリコン、窒化ケイ素、シリコン酸化物又は様々な導電材料のいずれかといった、製造処理において既に使用される任意の物質とすることができます。これらの柱がデバイスを機械的に支持するため、それらは、静的な空気圧力負荷に抵抗することができ、及び塊状プレートを他の態様で変形させる任意の外部的に適用される静的な力に均一に抵抗することができるよう、十分に多くあるべきである。斯かる力の例は、柱 28 の間のギャップ 26 において真空を用いるという選択から生じるものである。プレートの支持部に加えられる総剛性が、プレートの重み自身により関心音響周波数で供給される慣性抵抗と比較して小さいよう、柱は、十分に小さいべきである。好ましくは、柱は、基礎をなす基板 18 上に cMUT 及びプレートに関する支持部をおよそ一様に分散するよう配列されるべきである。

#### 【0020】

本発明の原理に基づき構築される cMUT セルの別の例が、図 5 に示される。この例において、その塊状プレート 24 を持つ cMUT は、塊状プレート 24 の周辺の周りで、順応的な支持部 29、例えば円形 cMUT の場合におけるリング支持部により支持される。図示された例において、順応的な支持部 29 は、順応的なカンチレバー E 状の支持部を提供する。この順応的な支持部 29 は次いでベースリング又は柱 28 のアレイにより支持される。塊状プレート 24 を用いて完全には除去されない小さな運動効果は、支持部 29 の順応性により緩衝される。

#### 【0021】

図 6 は、cMUT セルのアレイの上部平面図である。各 cMUT は、円形であり、セルに関する塊状プレート 24 は、六角形の形状を持つ。各 cMUT は、それ自身の別々のプレート 24 に取り付けられ、プレート 24 は、プレートの間のギャップ 40 により互いに横方向に分離される。セルが特徴的な角を持つ形状のとき、しばしば、セル電極に対する電気接続をこの角で製造することが望ましい。この例において、cMUT セルの上部電極 12 は、角接続 20 により参照電位又は接地に結合される。この例ではそれらの角で 3 つのセルを接続するために分岐する単一の接続 20 が見られる。底部電極 (16 又は 24) はこの例では信号電極として示される。接続は、cMUT セルの底部電極に対する信号接続 42 を作るために、セルの他の角で作られる。

#### 【0022】

図 7 は、cMUT セル 30 のアレイの上部平面図である。各 cMUT は、円形である。セルに関する塊状プレート 24 は、円形であり、上部電極又はメンブレン 12 又は 22 と同じサイズである。各 cMUT セル及びその塊状プレートは、3 つの支持部 28 により基板に支持される。これらはまた、cMUT 電極への電気接続を搬送する。図示された構成において、支持部 28 は、3 つの異なる cMUT 30 を支持するよう、3 つの方向に分岐する。支持部 20、28 は、cMUT の上部電極 12 に対して、参照電位又は接地電気接

10

20

30

40

50

続を搬送する。3つのcMUTを支持する中央支持部28、42も見られ、及び図に示される3つのcMUTの底部電極16、24への個別の信号導体を搬送する。

【0023】

図8は、本発明に基づき製造されるcMUTのアレイの部分的断面図である。この説明において、集積回路コンポーネント及び接続の層50が、IC基板18上に形成される。絶縁層52は、集積回路層50にわたり敷設され、cMUTアレイは、基板18上に直接ではなく絶縁層52上に形成される。電気接続は、層50の集積回路から絶縁層52を通りcMUT電極まで作られる。例えばcMUTの導体20への電気接続54である。アレイの隣接するcMUTの塊状プレート24'が、図面の左側のファントムに示され、図の中央においてギャップ40によりcMUTから分離される。このギャップは、空気充填されるか、又は摩耗耐性、負荷媒体に対する音響結合及び/若しくは通常はシリコンゴム複合体への焦束のためトランステューサアレイを覆うのに通常使用される物質で充填されることができる。運動分離のため塊状プレートにより支持されるcMUTセルが、同じ基板上で、ASIC回路50と共に半導体処理において製造されることが分かることである。この回路は、cMUTトランステューサセルにより受信される信号に応答して作動する。

10

【図1】

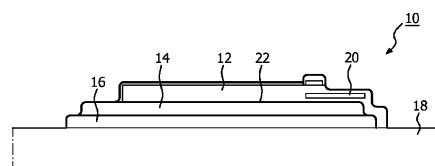


FIG. 1

【図2】

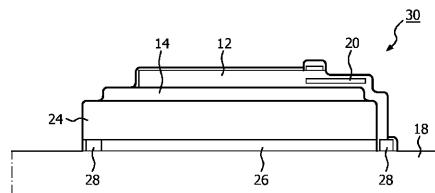


FIG. 2

【図3a】

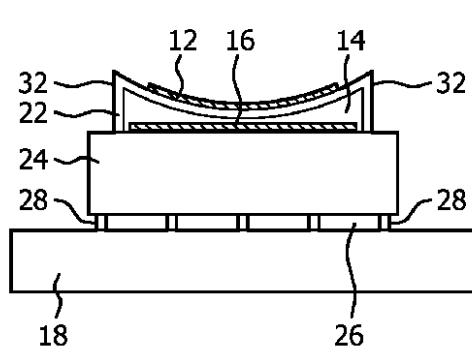


FIG. 3a

【図 3 b】

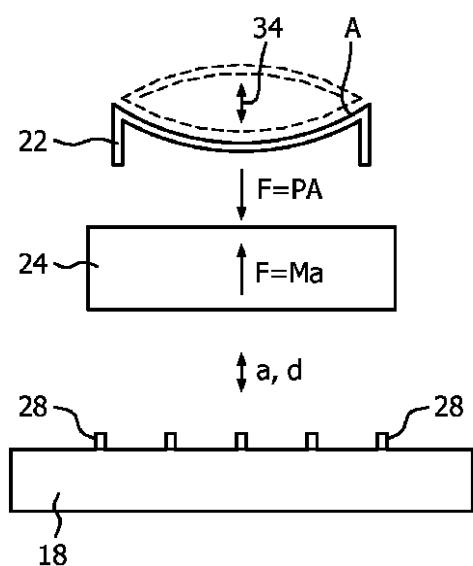


FIG. 3b

【図 4】

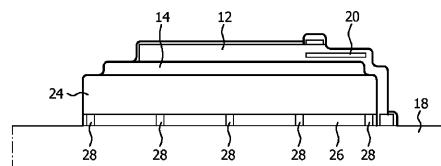


FIG. 4

【図 5】

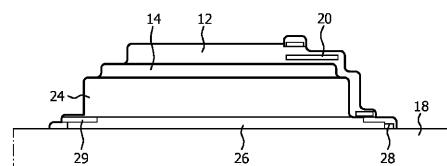


FIG. 5

【図 6】

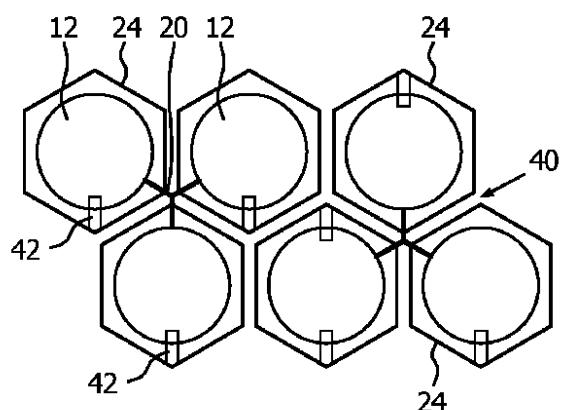


FIG. 6

【図 7】

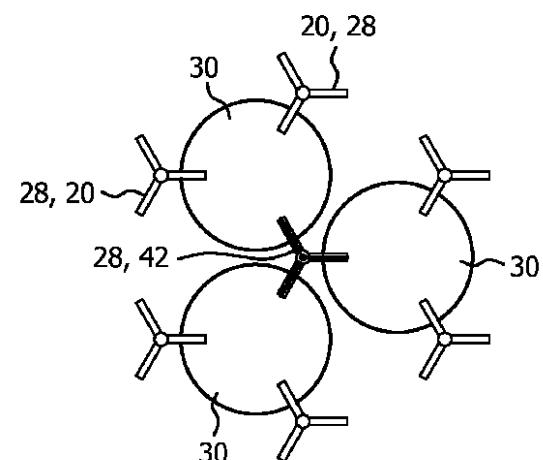


FIG. 7

【図8】

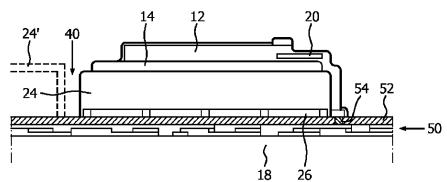


FIG. 8

---

フロントページの続き

(74)代理人 100163809

弁理士 五十嵐 貴裕

(72)発明者 フレイサー ジョン ダグラス

オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス 44 フィリップ  
バス アイピーアンドエス エヌエル

審査官 大石 剛

(56)参考文献 特表2010-504639 (JP, A)

特表2005-507580 (JP, A)

特開2011-004395 (JP, A)

特開2007-074628 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00

G01N 29/24

H04R 19/00