

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5559818号
(P5559818)

(45) 発行日 平成26年7月23日 (2014. 7. 23)

(24) 登録日 平成26年6月13日 (2014. 6. 13)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 4 R	19/00 (2006. 01)	HO 4 R	19/00 3 3 0
A 6 1 B	8/00 (2006. 01)	A 6 1 B	8/00
HO 4 R	1/34 (2006. 01)	HO 4 R	1/34 3 3 0 A
HO 4 R	1/44 (2006. 01)	HO 4 R	1/44 3 3 0 K

請求項の数 13 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-551551 (P2011-551551)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成22年2月10日 (2010. 2. 10)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2012-519406 (P2012-519406A)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(43) 公表日	平成24年8月23日 (2012. 8. 23)	(74) 代理人	100087789
(86) 国際出願番号	PCT/IB2010/050614		弁理士 津軽 進
(87) 国際公開番号	W02010/097729	(74) 代理人	100122769
(87) 国際公開日	平成22年9月2日 (2010. 9. 2)		弁理士 笛田 秀仙
審査請求日	平成25年1月30日 (2013. 1. 30)	(74) 代理人	100163809
(31) 優先権主張番号	61/155, 988		弁理士 五十嵐 貴裕
(32) 優先日	平成21年2月27日 (2009. 2. 27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機械的な圧壊保持機能を備える事前圧壊CMUT

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

CMUTトランスデューサセルであって、
基板と、
前記基板に付けられる第1の電極と、
前記第1の電極に対して離間関係において形成される可動メンブレンと、
前記メンブレンに付けられる第2の電極と、
バイアス電圧がない場合事前圧壊状態において前記メンブレンを保持するよう機能し、
前記メンブレンが事前圧壊状態にあるとき前記可動メンブレンをオーバーレイする保持部材とを有し、
前記保持部材が、トランスデューサレンズである、CMUTトランスデューサセル。

【請求項 2】

前記トランスデューサレンズが、ポリジメチルシロキサン、PDMS、RTVゴム、ウレタン、ビニルプラスチック又は熱可塑性エラストマの1つから作られる、請求項1に記載のCMUTトランスデューサセル。

【請求項 3】

前記メンブレンがバイアス電圧により事前圧壊状態にされる間、前記保持部材が前記CMUTトランスデューサセルに対して流し込まれる、請求項1に記載のCMUTトランスデューサセル。

【請求項 4】

前記メンブレンが前記メンブレンに対する圧力の印加により事前圧壊状態にされる間、前記保持部材が前記CMUTトランスデューサセルに対して流し込まれる、請求項1に記載のCMUTトランスデューサセル。

【請求項5】

前記圧力が、大気圧である、請求項4に記載のCMUTトランスデューサセル。

【請求項6】

CMUTトランスデューサセルを複数有するCMUTトランスデューサアレイであって

前記CMUTトランスデューサセルが、基板と、前記基板に付けられる第1の電極と、前記第1の電極に対して離間関係において形成される可動メンブレンと、前記メンブレンに付けられる第2の電極と、バイアス電圧がない場合事前圧壊状態において前記メンブレンを保持するよう機能し、前記メンブレンが事前圧壊状態にあるとき前記可動メンブレンをオーバーレイする保持部材とを有し、

10

前記保持部材が、前記CMUTトランスデューサセルのアレイにわたり形成される音響レンズを更に有する、CMUTトランスデューサアレイ。

【請求項7】

前記音響レンズが、平面波の関心フィールドより少ない関心フィールド内の固定焦点を持つ前記アレイを提供する、請求項6に記載のCMUTトランスデューサアレイ。

【請求項8】

前記トランスデューサアレイが、CMOS互換の半導体処理により形成され、
前記トランスデューサアレイは、診断超音波プローブに組み込まれ、
前記超音波プローブが、前記アレイを作動させるため前記トランスデューサアレイに結合される電子回路を更に有し、

20

前記電子回路は、CMOS互換の半導体処理により形成される、請求項6に記載のCMUTトランスデューサアレイ。

【請求項9】

前記電子回路が、マイクロビーム形成器回路を更に有する、請求項8に記載のCMUTトランスデューサアレイ。

【請求項10】

前記トランスデューサアレイ及び前記マイクロビーム形成器回路が更に、同じ半導体基板上に作られる、請求項9に記載のCMUTトランスデューサアレイ。

30

【請求項11】

前記トランスデューサアレイが、CMOS互換の半導体処理により形成され、
前記トランスデューサアレイは、治療超音波プローブに組み込まれ、
前記超音波プローブが、前記アレイを作動させるため前記トランスデューサアレイに結合される電子回路を更に有し、

前記電子機器回路は、CMOS互換の半導体処理により形成される、請求項6に記載のCMUTトランスデューサアレイ。

【請求項12】

CMUTトランスデューサセルであって、

40

基板と、

前記基板に付けられる第1の電極と、

前記第1の電極に対して離間関係において形成される可動メンブレンと、

前記メンブレンに付けられる第2の電極と、

バイアス電圧がない場合事前圧壊状態において前記メンブレンを部分的に保持するよう機能し、前記メンブレンが部分的に事前圧壊状態にあるとき前記可動メンブレンをオーバーレイする保持部材とを有し、

前記保持部材が、トランスデューサレンズである、CMUTトランスデューサセル。

【請求項13】

前記第1及び第2の電極に印加されるバイアス電圧を更に有し、

50

前記保持部材及び前記バイアス電圧が、完全な事前圧壊状態において前記メンブレンを保持するよう機能する、請求項12に記載のCMUTトランスデューサセル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療診断超音波撮像に関し、特に、容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ(CMUT)を用いる超音波プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

医療撮像に使用される超音波トランスデューサは、高品質診断画像の生成をもたらす多数の特性を持つ。中でも、幅広い帯域幅と、超音波周波数での低レベル音響信号に対する高感度とが存在する。従来は、これらの特性を備え、従って超音波トランスデューサのために用いられる圧電材料は、PZT及びPVDf物質から作られ、PZTが最も好まれている。しかしながら、セラミックPZT物質は、ダイシングと、整合層結合と、フィラー(filler)と、電気メッキと、相互接続とを含む製造プロセスを必要とする。これらは、明確に異なり、複雑であり、かつ広範囲な処理を必要とする。こうした全ての状況が、望みより少ないトランスデューサスタックユニット収率を生じさせる可能性がある。更に、この製造の複雑さは、最終的なトランスデューサプローブのコストを上昇させる。超音波システムメインフレームが、より小さくされるようになり、信号処理機能の多くに関して、フィールドプログラム可能ゲートアレイ(FPGA)及びソフトウェアにより支配されるようになったことから、システムメインフレームのコストは、システムのサイズと共に小さくなった。今や超音波システムは、安価な携帯型、デスクトップ型及びハンドヘルド型において利用可能である。結果として、トランスデューサプローブのコストは、システム全体のコストに占める割合において絶えず増加している。この増加は、3Dイメージングに使用されるより要素数の多いアレイの出現により加速されている。従って、低コスト超音波システムに対する要求を容易にするため、改良された収率を持ち、より低コストでトランスデューサアレイを製造することが可能なことが望ましい。

【0003】

最近の開発は、医療超音波トランスデューサが半導体処理により製造されることができるとの見込みをもたらした。望ましくは、これらの処理は、例えばCMOS処理といった超音波プローブにより必要とされる電気回路を生み出すのに用いられる処理と同じであるべきである。これらの開発は、マイクロマシン超音波トランスデューサ、即ちMUTを生み出した。MUTは、2つの設計手法において製造された。1つは、圧電特性を持つ半導体層を用いるもの(PMUT)、もう1つは、容量性効果を示す電極板を持つ隔膜及び基板を用いるもの(CMUT)である。CMUTトランスデューサは、受信される超音波信号の音振動を変調された静電容量へと変換する電極を持つ小さい隔膜のようなデバイスである。送信のため、電極に印加される容量電荷は、デバイスの隔膜を振動させ、これにより音波を送信するよう変調される。これらのデバイスが半導体処理により製造されるので、デバイスは一般に、10~200ミクロンの範囲の寸法を持つが、300~500ミクロンのデバイス直径まで変動することができる。斯かる多くの個別のCMUTは、一緒に接続されることができ、単一のトランスデューサ要素として同調して作動されることができ、例えば、4~16のCMUTが、単一のトランスデューサ要素として同調して機能するよう一緒に結合されることができ、典型的な2Dトランスデューサアレイは、現在2000~3000の圧電トランスデューサ要素を持つ。CMUTアレイとして製造されるとき、百万以上のCMUTセルが用いられることになる。驚くべきことに、初期の結果は、このサイズの半導体ファブ(fab)CMUTアレイに関する収率が、数千トランスデューサ要素のPZTアレイに関する収率より著しく改善されることを示した。

【0004】

CMUTは最初、現在では「非圧壊」モードとして知られるモードで作動するよう作られた。図1を参照すると、典型的な非圧壊CMUTトランスデューサセル10が断面で示

10

20

30

40

50

される。CMUTトランスデューサセル10は、例えばシリコンといった基板12上で複数の類似する隣接セルと共に作られる。窒化ケイ素から作られることができる隔膜又はメンブレン14は、シリコン酸化物又は窒化ケイ素から作られることができる絶縁性支持体16により基板の上に支持される。メンブレンと基板との間の空腔18は、空気とすることができる、若しくはガスで充填されることができるか、又は、完全に若しくは部分的に真空とすることができる。金のような導電性薄膜又は層20が、隔膜上に電極を形成し、類似するフィルム又は層22が、基板上に電極を形成する。誘電空腔18により分離されるこれらの2つの電極が、静電容量を形成する。音響信号がメンブレン14を振動させるとき、静電容量における変動が検出されることができ、これにより音響波が対応する電気信号へと変換される。逆にいえば、電極20、22に印加されるAC信号が静電容量を変調することになる。これは、メンブレンを動かす、これにより、音響信号が送信される。

10

【0005】

典型的なCMUTのミクロンサイズの寸法が原因で、多数のCMUTセルが通常、単一のトランスデューサ要素を形成するため、より近傍において製造される。個別のセルは、丸い、矩形、六角形又は他の周縁形状を持つことができる。図3は、本発明の円形CMUTセルの光学干渉計により生み出される局所解剖画像である。図4は、円形CMUTセルのアレイの干渉画像である。CMUTセルは、異なる寸法を持つことができる。その結果、トランスデューサ要素が、異なるセルサイズの複合特性を持ち、これが、トランスデューサに幅広い帯域特性を与えることになる。一般に、斯かるセルサイズの差は、必要でない。なぜなら、ほとんどのCMUTは通常、印加される信号帯域幅の100%以上の帯域幅を持つからである。

20

【0006】

CMUTは、本質的に二次デバイスである。その結果、音響信号は通常、印加される信号の高調波である。即ち、音響信号は、印加される電気信号の周波数の2倍にあることになる。この二次挙動を防止するために、2つの電極にバイアス電圧が印加される。これは、結果として生じるクーロン力により隔膜が基板に引きつけられることをもたらす。これは、図2に概略的に示される。そこでは、DCバイアス電圧 V_B が、バイアス端末24に印加され、例えば誘導インピーダンスといったAC信号に対する高インピーダンス Z をもたらし経路によりメンブレン電極20に結合される。AC信号は、信号端子26からメンブレン電極へ/から容量結合される。メンブレン14上の正電荷は、メンブレンが膨張することをもたらす。なぜなら、メンブレンは、基板12上の負電荷に引きつけられるからである。このバイアス状態で継続的に作動されるとき、CMUTセルは二次挙動をわずかに示さない。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

メンブレンが膨張されるとき、CMUTの感度が最も良いことが分かった。その結果、容量デバイスの2つの反対の電荷のプレートができるだけ一緒に近くにある。2つのプレートが近接していることは、CMUTによる音響及び電気信号エネルギー間のより大きな結合をもたらしことになる。こうして、メンブレン14及び基板12の間の誘電間隔32が、動作する信号条件下で維持されることができるくらい小さくなるまで、バイアス電圧 V_B を増加させることが望ましい。構築された実施形態において、この間隔は、1マイクロン以下のオーダーにあった。しかしながら、印加されるバイアス電圧があまりに大きい場合、メンブレンは基板と接触する可能性があり、デバイスをショートさせる可能性がある。なぜなら、デバイスの2つのプレートが、ファンデルワールス力によりくっつけられるからである。CMUTセルがオーバードライブされるとき、このくっつきが起こる可能性があり、同じバイアス電圧 V_B でも製造耐性変動によりデバイス毎に変わる可能性がある。電気隔離層(例えば、窒化ケイ素)においてデバイス電極を埋め込むことにより永久的なくっつきは減らされることができるが、最大限の感度の範囲において非圧壊CMUTを作動させようとするとき、圧壊及び非圧壊状態の間の動作の非線形性は固有の不利な点と

40

50

なる。

【0008】

メンブレンが非常に小さなサブミクロンの誘電間隔をもたらすようバイアスされる場合でさえ、CMUTの感度は要求される感度未満となる可能性がある。これは、以下の事実によるものである。メンブレンの中心32における電荷は、対向する電荷に比較的近く、そして対向する電荷に対してかなり動くことになるが、メンブレンが支持部16により支持されるメンブレンの周辺34での電荷は、ほとんど動かず、このデバイスによる信号の変換にほとんど関与しない。この不均衡を除去する1つの手法は、支持部16へと延在しない小さなメンブレン電極20を用いることである。これは、メンブレン電極上の電荷をデバイスの中央へと制限する。この中央は、メンブレンの動きに強く関与し、従って、デバイスによる変換に強く関与する。メンブレン電極20にバイアス電圧 V_B を印加し、AC信号を電極へ/から結合するための1つ又は複数の電気導体がまだなくてはならない。これらの電気導体は、必然的に非常に薄く、望ましくない大きさのインピーダンスをAC信号に課す寸法を持つ。これにより、デバイスの感度が限定される。

10

【0009】

本発明の目的は、良い感度を持つが、メンブレンがくっつき問題を起こさないCMUTトランスデューサセルを提供することである。

【0010】

本発明の更なる目的は、低バイアス電圧を用いて、動作の効率的な範囲に維持されることが出来るCMUTトランスデューサセルを提供することである。

20

【0011】

本発明の更なる目的は、予想される製造耐性の存在下において、ロット毎に一貫して作動するCMUTトランスデューサセルを提供することである。

【0012】

本発明の更なる目的は、例えばCMOS処理といったアレイを作動させるのに使用される集積回路の処理と互換性を持つ半導体処理を用いて製作されることが出来るCMUTトランスデューサアレイを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の原理によれば、「事前圧壊」モードにおいて作動する超音波トランスデューサCMUTセルアレイが提供される。事前圧壊モードにおいて、くっつき問題は回避される。なぜなら、メンブレンが絶えずCMUTセルの空腔の床と接触状態にあるからである。非圧壊及び事前圧壊状態の間の切り替えがなく、事前圧壊モードにおいて絶えず作動する動作範囲を用いることで、ヒステリシスが回避される。事前圧壊モードにメンブレンを維持するのに従来必要とされるバイアス電圧は、メンブレンの圧壊状態を物理的に維持する機械的な構造により置換される。これは、CMUTが、低い動作及びバイアス電圧での好ましい動作範囲において作動することを可能にする。好ましい実施形態において、CMUTセルを圧壊状態に維持する機械的な構造は、超音波変換器アレイのレンズである。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】典型的なCMUTトランスデューサセルの断面図である。

【図2】典型的なCMUTセルの電気特性の概略図である。

【図3】本発明のCMUTセルの局所解剖干渉画像である。

【図4】円形CMUTセルのアレイの干渉画像である。

【図5】本発明の原理に基づき構築されるCMUTセルの断面図である。

【図6】圧壊状態にバイアスされるとき図5のCMUTセルを示す図である。

【図7】セルの上で製作されるレンズによりメンブレンが圧壊状態に保持されるとき図6のCMUTセルを示す図である。

【図8】アレイに関する焦点特性を提供するレンズにより事前圧壊状態に保持されるCMUTセルのアレイを示す図である。

40

50

【図9】事前圧壊及び非圧壊にされるCMUTセルの結合係数の変動を電圧と共に示す図である。

【図10】本発明の構築された実施形態の測定された結合係数の変動を電圧と共に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図5を参照すると、CMUT要素5の概略的な断面図が示される。CMUT要素5は、基板層12、電極22、メンブレン層14及びメンブレン電極リング28を含む。このリングの円形状が図3及び図4において見られる。この例において、電極22は、円形に構成され、基板層12に埋め込まれる。更に、メンブレン層14は、基板層12の上端面に対して固定され、メンブレン層14及び基板層12の間の球面又は円筒状の空腔18を定めるよう構成される/必要な大きさにされる。上述したように、セル及びその空腔18は、代替的なジオメトリを定めることができる。例えば、空腔18は、矩形及び/又は正方形断面、六角形断面、楕円断面又は不規則な断面を定めることができる。

【0016】

底部電極22は通常、追加的な層(図示省略)を持つその空腔に面した表面上で絶縁される。好ましい絶縁層は、基板電極の上及びメンブレン電極の下に形成される酸化物-窒化物-酸化物(ONO)誘電層である。ONO誘電層は有利には、デバイス不安定性及び音響出力圧力におけるドリフト及び削減をもたらす電極上の電荷蓄積を減らす。CMUT上でのONO誘電層の作製は、Klootwijkらによる2008年9月16日出願の「Capacitive micromachined ultrasound transducer」というタイトルの欧州特許出願番号08305553.3号において詳述される。ONO誘電層の使用は、予め圧壊されたCMUTを用いることが望ましい。このCMUTは、非圧壊デバイスより、電荷保持に対して影響されやすい。開示された要素は、例えば、Al、Ti、窒化物(例えば、窒化ケイ素)、酸化物(様々なグレード)、テトラ・エチル・オキシ・シラン(TEOS)、ポリシリコン等といったCMOS互換の物質から製造されることができる。CMOSファブにおいて、例えば、酸化及び窒化層は、化学蒸着及びスパッタリング処理により付けられる金属化(電極)層により形成されることができる。適切なCMOS処理は、LPCVD及びPECVDである。後者は、400未満の比較的低い動作温度を持つ。

【0017】

開示された空腔18を生み出す例示的な技術は、メンブレン層14の上端面を加える前にメンブレン層14の最初の部分において空腔を規定することを含む。他の製造及び詳細は、米国特許第6,328,697号(Fraser)において見つけ出されることができる。図5に示される例示的な実施形態において、円筒状の空腔18の直径は、円形に構成された電極板22の直径より大きい。電極リング28は、円形に構成された電極板22と同じ外径を持つことができる。但し、斯かる一致は常に必要とされるものではない。こうして、本発明の例示的な実施形態において、電極リング28は、下で電極板22と揃うよう、メンブレン層14の上端面に対して固定される。

【0018】

図6は、事前圧壊状態にバイアスされるとき図5のCMUTセルを示す。ここでは、メンブレン14は、空腔18の床と接触状態にある。これは、電極リング28に印加される電圧 V_B と基板電極22に印加される基準電位(接地)とにより示されるように、2つの電極に対してDCバイアス電圧を印加することにより実現される。電極リング28が、中央において穴のない連続的なディスクとして形成されることもできるが、図6は、これがなぜ必要でないかを示す。メンブレン14がこの図に示されるように事前圧壊状態にバイアスされるとき、メンブレンの中央は、空腔18の床と接触状態にある。このように、メンブレン14の中央は、CMUTの動作の間、移動しない。むしろ、移動するのは、メンブレン14の周縁領域である。これは、空腔18の残りの開かれた空洞の上で、リング電極の下にある。リングとしてメンブレン電極28を形成することにより、デバイスの静電容量の上位プレートの電荷は、CMUTがトランスデューサとして動作するとき、移動

10

20

30

40

50

及び容量性変動を示すCMUTの領域の上に配置される。こうして、CMUTトランスデューサの結合係数は改善される。

【0019】

必要なバイアス電圧を印加することにより符号36で示されるように、メンブレン14は、空腔18の床と接触状態にある事前圧壊状態にされることができる。このバイアス電圧は通常、50～100ボルトの範囲である。電圧が増加するにつれ、CMUTセルの静電容量は、静電容量計で監視される。静電容量における急激な変化は、メンブレンが空腔の床に対して圧壊されたことを示す。ちょうど符号36で示されるように空腔の床に触れるまで、メンブレンは下方にバイアスされることができるか、又は最小の接点を越えて増加された圧壊となるまで更に下方にバイアスされることができる。

10

【0020】

メンブレン14を事前圧壊状態へとする別の態様は、メンブレンの上端に圧力を印加することである。空腔が部分的な又は完全な真空において形成されるとき、空腔18の床と接触するようメンブレン14を事前に圧壊するのに、1パールの大気圧の印加が充分であることが分かっている。メンブレン14を制御可能に事前圧壊するため、圧力差とバイアス電圧とを組み合わせることも可能である。これは、高い大気崩壊圧（例えば10パール）を持つことができるより小さなデバイスで効果的である。

【0021】

本発明の原理によれば、メンブレン14が、図6に示されるようにその事前圧壊状態にバイアスされつつ、その事前圧壊状態に物理的にメンブレンを保持する構造がメンブレンの上に配置又は形成される。超音波トランスデューサに関して好ましい実施形態において、この構造は、トランスデューサのレンズ40を形成する。トランスデューサレンズは通常、3つの要件を満たす。1つは、レンズがトランスデューサプローブの使用の間に生成される摩擦接触が原因による摩耗抵抗に耐える構造を提供するということである。実際、レンズは、下にあるトランスデューサアレイを物理的な摩耗から保護する物理的なカバーを提供する。第2には、レンズは、非導電性であり、これによりトランスデューサの電気要素と患者との間の電気絶縁を提供する。第3には、レンズは、プローブに関する焦点特性を提供することができる。図7の例において、レンズ40は、第4の利点を提供する。それは、事前圧壊状態にメンブレン14を物理的に保持することである。

20

【0022】

様々な物質が、レンズ物質に関して用いられることができる。CMUTに関する唯一の要件は、バイアス電圧が除去されたあと、メンブレンをその圧壊状態に保持するのに十分な剛性を持つ物質であるということである。1つの適切な物質は、ポリジメチルシロキサン(PDMS又はRTVゴム)である。バイアス電圧 V_B がその所望の圧壊状態にメンブレンを保持する間、RTV物質はCMUTに対して流し込まれる。RTVが重合し、その事前圧壊状態にメンブレンを物理的に保持するよう十分に硬化した後、バイアス電圧は除去されることができ、デバイスが動作のためバイアスされるまで再印加される必要はない。好ましくは、レンズ物質は、CMUTアレイの各メンブレンの周りの領域に結合される。レンズ40に適した他の物質は、ウレタンゴム、ビニルプラスチックゾル及び熱可塑性エラストマを含む。

30

40

【0023】

その事前圧壊状態においてメンブレンを物理的に保持することにより、動作バイアスがデバイスの使用の間印加されるまで、事前圧壊状態を維持するためのバイアスが必要とされることはない。これは、CMUTがより低い電圧で作動されることができることを意味する。これは、小さな、携帯型超音波システムに関して有利である。更に、例えばロット毎のメンブレンサイズ、剛性又は空腔深さにおける変動といった製造及び物質特性における変動が原因による悪影響は、排除されることができる。これらの変動は、多かれ少なかれ、その事前圧壊状態へとCMUTを持ってくるのにバイアス電圧が必要とされることを意味することができる。バイアス電圧は、所望の圧壊度に従って調整される。レンズ物質は、この状態でメンブレンを保持する。従って、各CMUTアレイは、これらの耐性変動

50

の存在下でさえ、カスタマイズされる同じ実行特性又はその結合に関してセットアップされることができる。例えば動作する電圧範囲、音響インピーダンス、静電容量及び結合係数といった特性に関するプローブのより大きな一様性が、実現されることができる。

【0024】

図8は、事前圧壊CMUT5のアレイがレンズ42により事前圧壊状態に保持される本発明の実現の例を示す。このレンズ物質は、人間の体よりゆっくりした音速を示す。これにより、中央焦点領域に向かってアレイが焦束される。集束レンズなしに、個別のCMUTが全て、まっすぐ前方に焦束され、アレイは全体として無限点に焦束される。斯かるアレイが所望の焦点範囲に焦束させるよう作動されるとき、所望の焦束を実現するには、相当な範囲の遅延が必要とされる。図8に示される集束レンズ42は、例えば図8のCMUTアレイの前に示される焦点範囲FRといった所望の焦点範囲内の公称焦点をアレイに与えるよう機能することができる。この初期焦点を提供するレンズを用いて、焦点範囲に含まれる特有の点又は領域へと焦点を変化させるのに必要とされる遅延の範囲は減らされる。関心焦点範囲内にレンズ焦点を配置することにより、ビーム形成器の遅延要件は、焦点が合っていない平面波アレイに必要とされる要件と比較して2倍分減らされることができる。アレイを作動させるビーム形成器の遅延要件が減らされるとき、ビーム形成器は一般に、より安価となり、設計及び製造がより容易となる。

10

【0025】

CMUTトランスデューサセルの例示的な構築されたアレイにおいて、各CMUTのメンブレンの直径又は幅は

20

$$50 \times \mu\text{m}$$

であり、空腔深さは

$$0.33 \times \mu\text{m}$$

であり、CMUT厚は

$$1-5 \times \mu\text{m}$$

である。このレンズは、厚が

$$500-1000 \times \mu\text{m}$$

30

であり、1メガパスカルの剛性を示す。

【0026】

事前圧壊状態におけるCMUTの結合係数は、改善され、非圧壊状態(図1及び図2)において作動するときのCMUTの場合より低電圧で変化されることができる。CMUTセルの結合係数は、デバイスによるエネルギー蓄積の効率の尺度であり、

$$k^2 = 1 - \frac{C_s}{C_T}$$

として計算される。ここで、

40

$$C_s = \frac{Q}{V}$$

及び

$$C_T = \frac{dQ}{dV}$$

が成り立ち、Qは、電荷であり、Vは、電圧である。従って、より高い結合係数は、超音波トランスデューサの望ましい属性である。このトランスデューサは、標準的な圧電トランスデューサ又はCMUTアレイトランスデューサである。CMUTセルの場合、図9に

50

において曲線 5 2 で示されよう、電圧がゼロから増加するとき、結合係数 k^2 の変動は、電圧と共に非圧壊状態において上昇する。メンブレンが図 2 における符号 3 2 で示されよう、C M U T セルの床により近くに接近するようバイアスされるとき、結合係数 k^2 はより急速に変化する。従って、非圧壊モード C M U T は、図 9 に示されるようにこのより高い電圧範囲 5 6 で作動される。しかしながら、事前圧壊状態において、電圧に伴う k^2 の変動は、曲線 5 4 で示されるものとなる。ここで、 k^2 の変動は、低電圧範囲ブラケット 5 8 により示される範囲において、より低電圧において最も急峻である。

【 0 0 2 7 】

C M U T 電極に対する印加電圧が、動作の圧壊領域へと非圧壊領域にわたり増加され、その後再度戻されるとき、結合係数変動は、ヒステリシス効果を呈する。基本的に、電圧が増加するにつれて、 k^2 は曲線 5 2 に沿って増加し、電圧が圧壊後減少されるとき、結合係数は曲線 5 4 に沿って減少する。このヒステリシスは、なぜ 1 つのモード又は他のモードで完全に作動することが望ましいかを示す。事前圧壊 C M U T が、事前圧壊状態において完全に作動されるとき、図 1 0 における曲線 6 0 により示されるように、それはヒステリシス問題を持たない。曲線 1 0 は、電圧が変化されるとき、構築された C M U T セルの結合係数の変化の実際の測定経路に沿って描画される。測定値は、曲線 6 0 に沿って小さな円により示される。本発明の C M U T セル又はアレイが、事前圧壊状態において継続的に作動されるとき、これはヒステリシス問題が起きないことを示す。

【 0 0 2 8 】

前述したように、結合係数はすべての種類の超音波トランスデューサに対して測定されることができ、結合係数が大きくなればなるほど、トランスデューサプローブの性能はより良くなる。典型的な P Z T トランスデューサプローブは、0 . 4 2 の有効な結合係数 $k^2_{E f f}$ (注目する共鳴モードだけを考慮したものである) を呈する。米国特許第 6 , 4 6 5 , 9 3 7 号 (Chen その他) に記載されるように、より高い性能の物質の単一の圧電結晶は、約 0 . 6 5 の有効な結合係数を呈する。本発明の事前圧壊 C M U T セルは、最良の単一の結晶アレイプローブの係数と同じ範囲における結合係数で生成されることができ、計算によれば、更により高い結合係数さえ可能でありえることが示される。

【 0 0 2 9 】

当業者であれば、他の変形例を容易に思いつくであろう。例えば、レンズ物質は、完全な事前圧壊状態にメンブレンを保持する必要はない。レンズは、C M U T の床の方へ部分的にのみ圧壊された状態にメンブレンを保持するよう機能し、完全な圧壊状態へとメンブレンを持ってくるために、小さなバイアス電圧が使用される。言い換えると、完全な圧壊状態は、例えばレンズ物質といった保持部材により部分的に実現され、バイアス電圧により部分的に実現されることができ。本書で使用される「圧壊」又は「事前圧壊」という用語は、メンブレンが、C M U T 空腔の床と接触状態にある、又は床に向かって部分的にのみ膨張されることを意味することができる。

【 0 0 3 0 】

本発明の C M U T トランスデューサアレイは、診断及び治療超音波プローブ両方での使用に適している。直径数センチメートルの C M U T アレイが、高強度焦束超音波 (H I F U) プローブにおける用途を見出すことができる。本発明の C M U T トランスデューサは、外部 (経胸腔的) 、及び超音波プローブ内部 (カテーテル) の両方で用いられることができる。前述したように、本発明の C M U T アレイは、プローブを作動させるのに必要なマイクロエレクトロニクスを用いた並列的作製に特に望ましい。例えば、C M U T アレイ及びそのマイクロビーム形成器を同じ又は結合された基板上に生成するのに使用される C M O S 処理に望ましい。

【 図 1 】

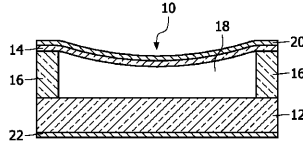


FIG. 1

【 図 2 】

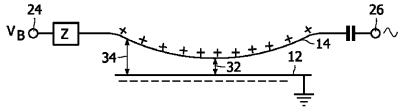


FIG. 2

【 図 3 】

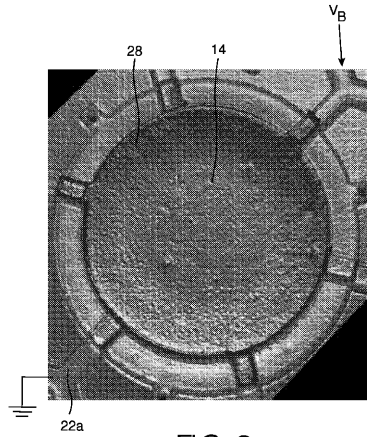


FIG. 3

【 図 4 】

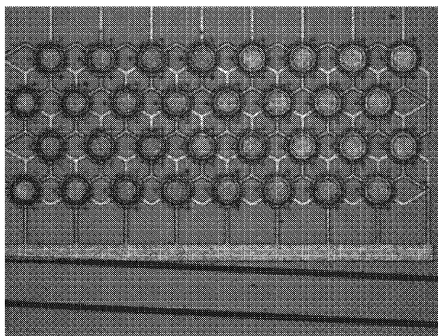


FIG. 4

【 図 6 】

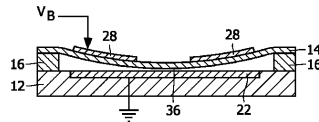


FIG. 6

【 図 7 】

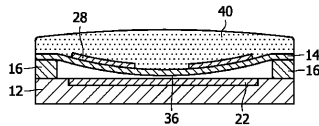


FIG. 7

【 図 5 】

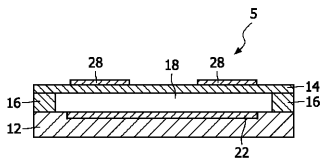


FIG. 5

【 図 8 】

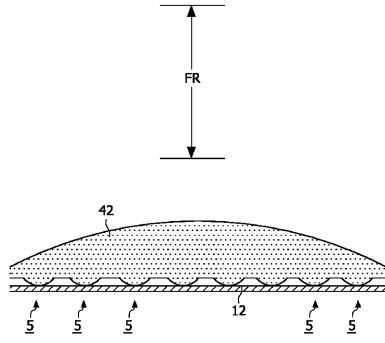
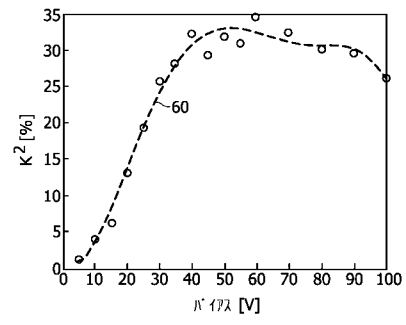


FIG. 8

【 図 10 】



【 図 9 】

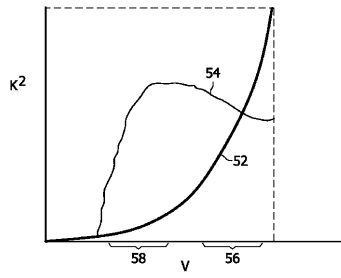


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 ディルクセン ペテル
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 10510-8001 プリアクリフ マノアー ピーオー
ボックス 3001 345 スカボロー ロード

審査官 大野 弘

(56)参考文献 国際公開第2009/016606(WO, A1)
特開昭51-125858(JP, A)
特表2010-535445(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 19/00
A61B 8/00
H04R 1/34
H04R 1/44

专利名称(译)	具有机械折叠保持功能的预压CMUT		
公开(公告)号	JP5559818B2	公开(公告)日	2014-07-23
申请号	JP2011551551	申请日	2010-02-10
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司的Vie		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	デイルクセンベテル		
发明人	デイルクセン ベテル		
IPC分类号	H04R19/00 A61B8/00 H04R1/34 H04R1/44		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/4483 B06B1/0292		
FI分类号	H04R19/00.330 A61B8/00 H04R1/34.330.A H04R1/44.330.K		
审查员(译)	大野 弘		
优先权	61/155988 2009-02-27 US		
其他公开文献	JP2012519406A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

适用于超声CMUT换能器阵列的CMUT换能器单元具有带第一电极的膜，带有第二电极的基板，以及膜和基板之间的空腔。CMUT通过偏压膜使其处于预压碎状态，使其与腔体的腔体处于压碎状态，并将镜片倒入收缩膜中。当镜片材料聚合或足够刚性时，去除偏压并且镜片材料将膜保持在压碎状态。

【 图 4 】

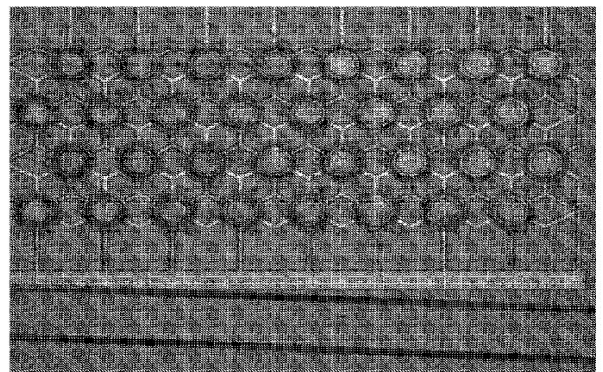


FIG. 4