

(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2018-501719

(P2018-501719A)

(43) 公表日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 19/00 (2006.01)	H04R 19/00 330	3C081
H04R 3/00 (2006.01)	H04R 3/00 330	4C601
B81B 7/04 (2006.01)	B81B 7/04	5D019
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	
B81C 1/00 (2006.01)	B81C 1/00	
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-530160 (P2017-530160)
 (86) (22) 出願日 平成27年11月30日 (2015.11.30)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年6月6日 (2017.6.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2015/077995
 (87) 国際公開番号 WO2016/091624
 (87) 国際公開日 平成28年6月16日 (2016.6.16)
 (31) 優先権主張番号 14197268.7
 (32) 優先日 平成26年12月11日 (2014.12.11)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 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 アーエー 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 100122769
 弁理士 笛田 秀仙
 (74) 代理人 100163809
 弁理士 五十嵐 貴裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2端子CMUTデバイス

(57) 【要約】

本発明は、第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えてメンブレンに対向する基板とを有する、少なくとも1つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを含む超音波アレイであって、前記第二の電極は周辺領域で前記第一の電極に対向して、前記第三の電極は中央領域で前記第一の電極に対向する、超音波アレイと、少なくとも1つの駆動回路とを有する超音波システムに関する。本システムは、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスのメンブレンが崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で活性化されるとき、第二の電極及び第三の電極に電気的に結合され、第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を更に有する。

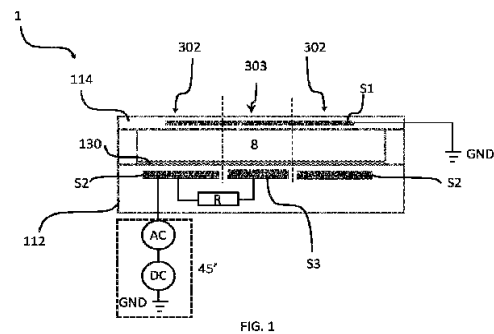


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えて前記メンブレンに対向する基板とを有する、少なくとも1つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを含む超音波アレイであって、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向する、超音波アレイと、

前記アレイに結合され、(a)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化する、少なくとも1つの駆動回路とを有する超音波システムにおいて、

前記アレイの前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスにおいて、前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で活性化されるとき、前記第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、超音波システム。

【請求項 2】

前記アレイにおける二つ又はそれより多くの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第二の電極及び前記第三の電極は単一のハイインピーダンス抵抗に結合される、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 3】

前記ハイインピーダンス抵抗は、10kオーム及び5Mオームの間、又は特に500kオーム及び1Mオームの間のインピーダンス値を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 4】

前記駆動回路は直流電源及び交流電源を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 5】

前記ハイインピーダンス抵抗は、7nmより薄い又はそれに等しい厚さ、又は特に2nm及び4nmの間の厚さを有する薄膜層を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 6】

前記薄膜層はTiNである、請求項5に記載の超音波システム。

【請求項 7】

前記薄膜層は原子層堆積技術によって堆積される、請求項5乃至7の何れか一項に記載の超音波システム。

【請求項 8】

超音波システムにおける使用のための容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスであって、前記デバイスは、第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えて前記メンブレンに対向する基板とを有し、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向し、

前記デバイスに結合され、(a)前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化する、少なくとも1つの駆動回路を有し、

前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で駆動されるとき、前記第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイス。

【請求項 9】

基板を提供するステップと、

前記基板に組み込まれる第三及び第二の電極を規定するパターン化電極層を提供するステップと、

ガス又は真空キャビティを規定するステップと、

前記基板に対向するメンブレンに、その間のギャップを提供するステップと、

前記第二の電極は周辺領域において第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向するように、前記メンブレンに組み込まれる前記第一の電極を規定する、パターン化される第一の電極層を提供するステップと、

前記第一の電極を前記第二及び第三の電極から絶縁分離する絶縁層を提供するステップと、

原子層堆積技術を適用することによってハイインピーダンス抵抗の薄膜層を提供するステップと、

前記ハイインピーダンス抵抗を介して前記第三の電極を前記第二の電極に電氣的に結合するステップと

を有する、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 10】

前記ガス又は真空キャビティを規定するステップは、犠牲層リリースプロセス及びウエハボンディングプロセスの1つを有する、請求項 9 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 11】

前記ハイインピーダンス層はTiN層を有する、請求項 10 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 12】

前記絶縁層を提供するステップは前記原子層堆積技術で高k誘電層を堆積させるステップを有する、請求項 10 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 13】

前記層を提供するすべてのステップが前記原子層堆積技術を有する、請求項 9 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 14】

崩壊領域キャパシタを変化させるために、前記絶縁層の材料選択及び厚さを調整するステップを更に有する、請求項 9 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 15】

前記調整するステップは前記絶縁層の厚さの低減及びより高い誘電率材料の選択を介して前記崩壊領域キャパシタの増加をもたらす、請求項 14 に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えてメンブレンに対向する基板とを有する、少なくとも1つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを含む超音波アレ

10

20

30

40

50

イであって、前記第二の電極は周辺領域で前記第一の電極に対向して、前記第三の電極は中央領域で前記第一の電極に対向する、超音波アレイと、前記アレイに結合され、(a) 前記少なくとも一つのCMUTデバイスの前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b) 少なくとも一つの前記CMUTデバイスの前記第一及び第二の電極に、CMUT動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記CMUTデバイスを活性化し、少なくとも1つの駆動回路とを有する超音波システムに関する。さらに、この発明は、本発明によるCMUTデバイスの製造方法及び超音波システムにおける使用のためのCMUTデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

CMUTトランスデューサは、通常は互いに対向する2つの電極を有する数十個のマイクロメートルサイズのダイアフラムのようなセルである。送信に対して、前記電極に加えられる容量電荷は、前記デバイスのダイアフラム(メンブレン)を振動/移動するように変調され、これにより音波を送信する。音波伝搬の途中に配置された目的は、波を反射する。反射された音波は、前記メンブレンの振動を生じ、前記CMUTトランスデューサの2つの電極の間の容量を変調し、これにより電気信号を生成する。この信号は、前記メンブレンに当たる前記反射された音波を表す。

【0003】

CMUTデバイスを駆動する方法の1つは、US8,203,912のB2で記述されるいわゆる「崩壊モード」である。両方の電極の間で印加される直流作動電圧は、メンブレンが基板電極と物理的接触し、崩壊領域を形成するように、基板電極の方へメンブレン電極を偏向させるのに十分に大きい。電極の間に印加される交流成分は、メンブレンの活性領域(非接触)を動かすために用いられる。図式的に、CMUTデバイスは、並列の二つのキャパシタとしてモデル化されることができる。活性領域キャパシタ C_a は活性領域によって形成され、 C_a 値はメンブレン電極及び基板電極の間の距離によって変化する。崩壊領域キャパシタ C_c は、崩壊領域によってつくられ、所定の直流電圧のために一定である。崩壊領域の電極の間の短い距離のため、後者の容量は、相対的に大きくなる。 C_c 及び C_a の間の大きな比率は、超音波アレイ動作効率に負の影響を及ぼし、アレイはこれらのCMUTデバイスを有する。送信モードにおいて、 C_c はドライバに不必要な容量性負荷を形成し、これにより、音響的に放出される出力に寄与しない高電流が前後に流れる。送信器の実例の実施例は、この出力を熱に変換し、それ故に、過熱及び効率損失をもたらされる。これは、CMUTアレイ上へ送信器を一体化するという可能性を制限する。受信モードにおいて、電気エネルギーに変換される音響出力は受信器に行かなければならない。しかしながら、可変容量と並列した大きなキャパシタ C_c はこの信号に対してローパスフィルタの働きをし、デバイスの感度を減らす。

【0004】

これらの不利点に部分的に対処する方法の1つは、US8,203,912 B2で記述される。3端子容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスは、中央及び周辺領域に配置される二つの電極、第一の電極及び第二の電極に分割される基板電極を含む。第一及び第二の電極は、ウエハのコモン平面内において、横方向に間隔をあけられる関係で配置される。ウエハの上に位置されるメンブレン電極は、第一の電極と崩壊可能に間隔をあけられる関係で配置される中央領域及び中央領域の外側に位置され、第二の電極と崩壊可能に間隔をあけられる関係で配置される周辺領域を含む。

【0005】

異なるバイアス電圧が第一及びメンブレン電極、第二及びメンブレン電極の間に印加されることができるよう、第一の電極及び第二の電極は互いから電氣的に分離されるように提案される。このソリューションは崩壊中央領域の寄生容量を絶縁分離させることを可能にするが、メンブレンは第一の電極の方へ崩壊する場合、3端子CMUTの実例の実現は、CMUTデバイス及びCMUTに関連するドライブエレクトロニクスの間のインタコネクトを提

10

20

30

40

50

供することに、更なる複雑さをもたらす。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、低減される技術的な労力で超音波アレイに、改善された、効率的な電圧供給を可能にする、冒頭の段落で述べられる種類の超音波システムを提供することにある。

【0007】

本発明によれば、この目的は、少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスにおいて、メンブレンが崩壊状態にあり、CMUTデバイスが動作周波数で駆動されるとき、第三の電極は、第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して第二の電極に電氣的に結合される、超音波システムを提供することによって実現される。

10

【0008】

超音波システムのこの有利な設計は、CMUTデバイスを駆動するために必要とされる、低減された、2まで下げられる量の端子を提供することにある。第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスのインピーダンス値より高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗は、交流及び直流源のためにインピーダンス負荷を再分配する。抵抗のこのハイインピーダンス値は、第一の近似で交流源が活性領域キャパシタCaによって決定されるインピーダンスをドライブするように、直流インピーダンス負荷を通じて流れる交流電流を減らす。この設計は、CMUTデバイス（又はいくつかのCMUTデバイス）毎に1つの直流源しか必要とされないため、CMUTデバイス及びインタコネクトに対する電氣的計画必要条件を単純化する。このように、2-端子のみが、CMUTデバイスを駆動するために用いられる。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施例において、アレイにおける二つ又はそれより多くの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの第二の電極及び第三の電極は、単一のハイインピーダンス抵抗に結合される。

【0010】

この実施例は、ハイインピーダンス抵抗が二つ又はそれより多くのCMUTデバイスの中で共有される場合を記述する。複数のCMUTデバイスからの第二の電極は、同じハイインピーダンス抵抗を介してこれらのデバイスの対応する第三の電極に結合されることができる。この構成は、有利なことに、複数のCMUTデバイスが1つの信号によって駆動される、高密度焦点式超音波（HIFU）アプリケーションで使われる。

30

【0011】

本発明の他の実施例において、ハイインピーダンス抵抗は、10kオーム及び5Mオームの間に、又は特に500kオーム及び1Mオームの間のインピーダンス値を有する。

【0012】

この実施例は、たとえば、1MHzから15MHzまでの広範囲の動作周波数において、提案された超音波システムのアプリケーションを記述する。500kオーム及び1Mオームの間のインピーダンス値は、3から5MHzまでの周波数レンジにおいて通常のイメージングモードにおける超音波システムの改善される性能をもたらすことができる。

40

【0013】

さらなる他の実施例において、駆動回路（45'）は直流電源及び交流電源を有する。

【0014】

駆動回路は、別個の直流及び交流電源を組み合わせることで実現されることができる。

【0015】

それでも、本発明の他の実施例において、ハイインピーダンス抵抗(R)は、7nmより薄い又はそれに等しい厚さ、又は特に2nm及び4nmの間の厚さを有する薄膜層を有する。

50

【0016】

この実施例は、ハイインピーダンス抵抗を実現する方法の1つを提供する。最も一般的な医療超音波アプリケーションのために、デバイスが崩壊状態で駆動されるとき、(7nmまで、又は2及び4nmの間の)低減された厚さを有する薄膜層は、第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスのインピーダンス値より高いインピーダンス値を提供する。この実施例の利点は、薄膜を有する抵抗がCMUTセル製造フローにより容易に組み込まれることができることにある。

【0017】

本発明の他の実施例において、薄膜層は、TiNである。

【0018】

チタンナイトライド材の薄膜層は、低減された10nmより薄い厚さを備える増加抵抗を示す。TiN薄膜の抵抗は、5nm層厚における約0.5kオーム/スクエアから、2nm層厚における約5kオーム/スクエアまで変化することができる。

【0019】

本発明の目的は、

【0020】

基板を提供するステップと、

【0021】

基板に組み込まれる第三及び第二の電極を規定するパターン化電極層を提供するステップと、

【0022】

ガス又は真空キャビティを規定するステップと、

【0023】

基板に対向するメンブレンに、その間のギャップを提供するステップと、

【0024】

メンブレンに組み込まれる、パターン化される第一の電極層を提供するステップと、

【0025】

第一の電極を第二及び第三の電極から絶縁分離する絶縁層を提供するステップと、

【0026】

原子層堆積(ALD)技術を適用することによってハイインピーダンス抵抗の薄膜層を提供するステップと、

【0027】

ハイインピーダンス抵抗を介して第三の電極を第二の電極に電氣的に結合するステップと

を有する、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法を提供することにある。

【0028】

本方法は、薄膜がALD技術を使用して堆積される、薄膜層パターンニングを介して実現されるハイインピーダンス抵抗に一体化されるCMUTデバイスの製造フローを説明する。ALD技術は、超音波アレイを通じて既定の薄膜厚さをもたらす、薄膜材のための制御堆積条件を提供する。本方法は、比較可能な電氣的特徴を有する動作可能なCMUTデバイスの高い歩留りを提供する工業製造フローにおいて実施される。

【0029】

本発明の更なる実施例において、本方法は、崩壊領域キャパシタ(C_c)を変化させるために、絶縁層(130)の材料選択及び厚さの調整のステップを更に含む。

【0030】

アレイにおいてCMUTデバイス動作における更なる安定性を提供するために、崩壊領域キャパシタ(C_c)の値は、変化され得る。たとえば、 C_c を増やす可能な方法は、メンブレンが崩壊状態にあるときに絶縁層の厚さを減らし、第三の電極により近い第一の電極をもたらすこと、又は/及びより高い誘電率を備える絶縁材料を選び、第一及び他の電極の間

10

20

30

40

50

の電界を増やすことである。

【0031】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載された実施例から明らかであり、これらの実施例を参照して説明される。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明による2-端子を有するCMUTデバイスの断面を図示する。

【図2】セルメンブレンは基板に崩壊する、崩壊モードで動作するCMUTデバイスを図示する。

【図3】(a)は本発明による2端子CMUTデバイスの簡略化された電氣的モデルを図示し、(b)はアレイにおける二つ又はそれより多くの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの第二の電極及び第三の電極が単一のハイインピーダンス抵抗に結合される、本実施例のための簡略化された電氣的モデルを図示する。 10

【図4】曲げ形状を有するハイインピーダンス抵抗の上面図を図示し、(b)は曲げ形状を有するハイインピーダンス抵抗のために提案されるコンタクトパッドのクローズビューを図示する。

【図5】一体化ハイインピーダンス抵抗を有するCMUTデバイスのそれぞれの表現を図示する。

【図6】ハイインピーダンス抵抗の製造フローを図示する。

【図7】本発明の原理に従って動作されるように構成される超音波イメージングシステムをブロック図形式で図示する。 20

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明の実施において、超音波トランスデューサアレイ10'(図7)の素子は、CMUTデバイスを有する。図1は、本発明によるCMUTデバイス1の一実施例を示す。可撓性メンブレン又はダイアフラム114は、基板112の上に(又は対向して)懸架され、その間にギャップ8が存在する。前記基板は、シリコン又はガラスのような他のCMOS互換材料のいずれかで作成されることができ、第1の電極S1は、セルメンブレン114に結合され、メンブレン114とともに移動することができる。図1に示される実施例において、第2の電極S2は、CMUTセルの周辺領域302において基板112に埋め込まれる。CMUTデバイスの第3の電極S3は、中央領域303で第1の電極S1に対向する基板112に埋め込まれる。電極S1設計の他の実現が検討されることができ、電極S1は、メンブレン114に埋め込まれてもよく、又は追加の層としてメンブレン114上に堆積されてもよい。メンブレン層114は、基板層112の上面に対して固定され、メンブレン層114と基板層112との間の球形又は円筒形キャビティ8を規定するように構成され、そのような寸法にされる。第二のS2及び第三のS3電極は、基板112のコモン平面内において、横方向に間隔をあけられる関係で配置される。第二の電極S2は周辺領域302内において円形状に構成され、第3の電極S3は、円形状の第三の電極S3で同心円を形成する中央領域303内において円形状に構成される。 30

【0034】

前記セル及びキャビティ8は、代替的な幾何構成を持ちうる。例えば、キャビティ8は、長方形若しくはスクエア断面、六角形断面、楕円形断面、又は不規則な断面を規定することができる。ここで、前記CMUTセルの直径に対する基準は、前記セルの最大の横寸法と理解されるべきである。 40

【0035】

基板電極：第二の電極S2及び第3の電極Bは、典型的には、追加の絶縁層130を用いてキャビティに面する面において絶縁される。好適な絶縁層は、第3の電極Bの上かつ第1の電極S1の下に形成された、テトラエチルオキシシラン(TEOS)ベースのPECVDプロセスにおいて堆積された二酸化ケイ素(SiO₂)誘電層である。絶縁層130に対する代替材料は、酸化-窒化-酸化(ONO)、高k誘電体及び酸化物(酸化アルミ 50

ニウム、シラン、 SiH_4 を含む様々なグレードに基づくPECVD (SiO_2) であることができる。高k誘電体及び酸化物は、原子層堆積 (ALD) 技術を使用して堆積されることもできる。前記絶縁層は、デバイス不安定性並びに音響出力圧のドリフト及び減少を生じる電荷蓄積を有利に減少させてもよい。前記絶縁層の使用は、図2を参照してここに記載される、崩壊 (collapsed) メンブレンを持つCMUTに対して望ましい。このタイプのCMUTは、懸架メンブレンで動作されるCMUTより電荷保持の影響を受けやすい。開示されたコンポーネントは、CMOS互換材料、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、熱酸化物又はTEOS/ SiH_4 LPCVD/PECVDベース)、ケイ素のみ等から製造されうる。CMOS製造において、例えば、酸化物及び窒化物層は、化学蒸着により形成されえ、メタル化 (電極) 層は、スパッタリングプロセスにより置かれうる。適切なCMOSプロセスは、LPCVD及びPECVDであり、後者は、400より低い比較的低い動作温度を持つ。開示されたキャビティ8を生成する典型的な技術は、メンブレン層114の上面を加える前にメンブレン層114の初期部分において前記キャビティを規定することを含む。図1に描写された典型的な実施例において、キャビティ8の直径は、第2の電極Bの直径より大きくてもよい。第2のS2及び第三のS3電極がCMUTセルの中央に対して間隔をあけられる環状及び同軸である。これらの電極は堆積導電材料の同じパターニングステップの間に形成される。

10

【0036】

前記CMUT製造プロセスは、前記メンブレンの下の前記キャビティが、まず前記基板上に犠牲層を付着し、次いで前記メンブレン層を付着し、続いて選択的エッチャントを用いて前記犠牲層を除去することにより形成される、「犠牲除去プロセス」、又は前記キャビティが、プライムウエハ及び他のウエハ内の前記メンブレン上に形成され、次いで両方のウエハが、一緒に結合され、前記メンブレンにより閉じ込められる前記キャビティが形成される (B.T. Khuri-Yakub, J. Micromech. Microeng. 21 (2011) 054004)、「ウエハ結合プロセス」のいずれかを有することができる。

20

【0037】

本発明の原理によると、CMUTデバイス1はハイインピーダンス抵抗Rを有し、第2のS第二及び第三のS3電極を電氣的に結合される。CMUTデバイス1は、第2の電極S2に結合される交流源及び直流源を更に含む。CMUTセルの、抵抗Rを介して互いに電氣的に結合される、第一の電極S1、及びそれに対向して、第二のS2及び第三のS3電極は、CMUTデバイスの容量性プレートを提供し、追加の絶縁層130との組み合わせでキャビティ8のギャップは、キャパシタのプレートの間で誘電体を形成する。

30

【0038】

対向する電極 (S1及びS2/S3) の間の間隔は、直流-源から直流バイアス電圧を第2の電極S2に印加することによって制御される。送信のために、第一の電極S1及び第2の電極S2は、交流信号 (電圧) がメンブレンに振動させ、音響信号を送らせる、駆動回路45'によって駆動 (制御) される。駆動回路45'は、図1で示すように別個の直流及び交流電源を含むことができる。CMUTセル1の基板112は、特定用途向け集積回路 (ASIC) 層の上面 (図示略) に結合されることができる。図1において、駆動回路45'は、別の要素として描写されるが、駆動回路45'が、ASICにより設けられた回路電子素子の一部として実装されてもよいと理解されるべきである。前記CMUTセルは、一連のCMOSプロセスにおいて前記ASICの上に製造されるか、又は例えばフリップチップ技術により前記ASICに付着されるかのいずれかであることができる。

40

【0039】

図2は崩壊モードにおけるCMUTデバイス1'動作の好ましい例を図示し、CMUTデバイス1'のメンブレン114は中央領域303の近くで基板の方へ崩壊される。動作の崩壊モードの間、メンブレン114の一部は中央領域303のまわりで基板と接触し、(周辺領域302の近くに位置され、活性領域としてここに規定される) その懸架部分は、印加電気信号の下で移動/振動することができる。

【0040】

50

CMUTデバイス1'の簡略化された電氣的モデルは、図3(a)に図式的に示される。CMUTデバイスは、活性領域によって形成される、活性領域キャパシタ C_a としてモデル化され、崩壊領域によって形成される、ハイインピーダンス抵抗 R 及び崩壊領域キャパシタ C_c と並列に接続されることができる。このモデルにおいて、CMUTデバイスの入力インピーダンスは、 $Z = (Z_a Z_{rc}) / (Z_a + Z_{rc}) = Z_a / (z_a / Z_{rc} + 1)$ であり、ここで、 $Z_a = 1 / (2\pi f C_a)$ は、以後、第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスとも称される活性領域キャパシタによってもたらされるインピーダンスであり、 $Z_{rc} = R + Z_c = R + 1 / (2\pi f C_c)$ は、ハイインピーダンス抵抗の抵抗値及び崩壊領域キャパシタ(Z_c)によってもたらされるインピーダンスの和であり、 f はCMUTデバイスの動作周波数である。

【0041】

10

崩壊モードの条件において、メンブレン114が基板112に崩壊し、ハイインピーダンス抵抗が交流インピーダンスより高いインピーダンス値 $R = 1 / (2\pi f C_a)$ を有するとき、駆動回路45'の交流源成分は主に、交流インピーダンスによって決定される負荷を駆動する。言い換えると、交流電流の成分は、主に第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスを通じて流れる。この状態において、直流源は、ハイインピーダンス抵抗 R を通じて、崩壊領域キャパシタを充電する。

【0042】

この構成において、 C_c の値を増やすことは有利である。直流源が、この場合、ハイインピーダンス抵抗を介して C_c に接続されるので、CMUTにぶつかる音響波がセルメンブレンを中央領域303から離れて崩壊状態から引き離す傾向を有するとき、それはエコー受信事象の間、メンブレンを崩壊状態にし続けることができる C_c における充電である。

20

【0043】

実施例において、CMUTセルは、120マイクロメートルの直径を備える円形断面、3マイクロメートルの膜厚さ、300ナノメートルのギャップ幅(基板からメンブレンまでの距離)、420ナノメートルの絶縁層130厚さ、及び4.3の誘電率を有する。80Vより低い直流バイアス電圧のために、CMUTデバイスの崩壊領域容量(C_c)は、約0.17pFである。直流電圧値が80Vに近づくとき、セルメンブレンはキャパシタの反対側に触れ、崩壊状態に入る。崩壊領域容量値は、0.3pFに段階的に変わる。 C_c 値は、崩壊領域領域の増加による直流電圧値の増加で増加する。活性領域容量(C_a)は、 C_c 値より約10倍低い。 C_c の値を(約140Vの直流電圧における)0.4pFに、 C_a の値を(C_c より10倍低い)0.04pFにとり、CMUTデバイスの動作周波数は5MHzであり、ハイインピーダンス抵抗のためのインピーダンスの下限は $1 / (2\pi f C_a) \approx 8\text{M}$ オームである。所定のCMUTセル設計のために、ハイインピーダンス抵抗のインピーダンスは、本発明の原理に従って8Mオームを超える。

30

【0044】

計算の同じパラメータを使用して、異なる周波数に対する抵抗のインピーダンス値が推定される。

【外字1】

【0045】

活性領域容量が医療用途によって、たとえばデバイスにつき0.05~0.5pFで変わることは理解される必要がある。このように、5MHzで、交流インピーダンスは、60及び600kオームの間になる。好ましい実施例において、ハイインピーダンス抵抗値(R)は、 Z_a より数倍、たとえば500kオーム乃至1Mオームになる。 R の下限は、所与のCMUTアレイ動作のために許容できる消費に基づいて選ばれる。

40

【0046】

他の実施例において、ハイインピーダンス抵抗は、超音波アレイに配置される二つ又はそれより多くのCMUTデバイスの中で共有される。この実施例の簡略化された電氣的モデルは、図3(b)に示される。二つのCMUTデバイスからの第二の電極は、同じハイインピーダンス抵抗(R)を介して、これらのデバイスの対応する第三の電極に結合されることができる。この場合、全交流インピーダンスは、並列につながる各々の共有デバイスの交流インピーダンスによって決定されるため、この構成は、単一のCMUTデバイスの交流イン

50

ピーダンス値と比較して「共有」CMUTデバイスのために使われるハイインピーダンス抵抗の下限を減らすことを可能にする。

【0047】

この実施例は有利なことに、高密度焦点式超音波（HIFU）アプリケーション又は超音波アブレーション治療において使われ、アレイの複数のCMUTデバイスは駆動回路45'によって供給される1つの信号によって駆動される。

【0048】

さらに、ハイインピーダンス抵抗RをCMUTデバイスに一体化する方法が解説される。図4(a)は、曲げ形状を有するハイインピーダンス抵抗の上面図を例示する。CMUTデバイスの第三及び第二の電極が図4(b)に図示されるコンタクトパッドを介して抵抗に電氣的に結合されることができるよう、曲げ形状はCMUTセルの近くで基板(112)に配置されることができ抵抗のためのコンパクト構成を提供する。一体化ハイインピーダンス抵抗Rを備える同心電極（S1、S2、S3）を有する円形断面CMUTデバイスの三次元表現は、図5に図示される。

10

【0049】

モノリシック一体化アプローチにおいて、超音波センサアレイは、CMOSチップの上に製造される。これは、利用できる処理ステップの数を大幅に制限し、主な制限は、450Cより低く保たれる必要がある最大許容処理温度からもたらされる。

【0050】

次の実施例において、薄膜層技術を使用して一体化ハイインピーダンス抵抗Rを製造する方法が解説される。薄膜の抵抗はオーム/スクエアで「シート抵抗」（Rsh）に関して記述されることができ、幅w及び長さlを備える線の抵抗は、 $R_{sh} \cdot l/w$ で規定される。ファクタ l/w は、（単位）スクエアの数として略される。Rshは、 $R_{sh} = \rho / t$ として抵抗（[オーム?cm]の ρ ）及び膜層の厚さ（[cm]のt）に関連する。

20

【0051】

ハイインピーダンス抵抗実装における薄膜アプリケーションのための主な課題は、制御された膜質及び製造ステップを通じて要求される安定性である。 $R_{sh} > 200$ オーム/スクエアを備える薄膜を形成するために、超薄膜（ $< 10\text{nm}$ ）が必要とされる。再生可能な方法におけるこれらの薄膜の製造は、（通常数十乃至数百nmの薄膜の堆積のために使われる）プラズマ蒸着で異なり、機器がそれらの感度（力/ガス流等）の閾値で動作されるので、超薄膜のために、その厚さが制御されることは難しい。さらに、多くのメタルは、空気（又は真空系の残留する酸素/水）にさらされるとき酸化する。「酸化抵抗」（バルク）と考えられるメタルは、更なる酸化を防止するために、表面への酸素の拡散を止める薄い自然酸化物（典型的には数nm）に、その特性をもつ。多くのアプリケーションのために、この酸化物は無視される。しかしながら、サブ10nm薄膜の場合、自然酸化物は層の重要な部分である。それゆえに、結果としてもたらされる薄膜抵抗はそれに依存する（A.W. Groenland、Nanolinkによる熱デバイス：ALD TiN薄膜の一体化、博士論文、Twente大学、2011、ISBN 978-90-365-3213-6 H.Van Bui他、超薄原子層堆積TiN膜：非線形I-V振舞い及び表面不動態化の重要性、ナノサイエンス及び微小工学ジャーナル、第11巻、8120-8125、2011）。

30

40

【0052】

このように、薄膜材料の慎重な選択及びCMUT製造フローに一体化されるその堆積方法は説明される必要がある。

【0053】

チタンナイトライド（TiN）は、薄膜で実現されるハイインピーダンス抵抗の1つとして使われることができる。原子層堆積（ALD）によって堆積される超薄TiN膜の抵抗は、H.Van Bui、超薄TiN膜における伝導及び電界効果（応用物理学レター、103、051904（2013））で記述される。TiN抵抗が膜厚の関数であり、膜層の低減された厚さで指数的に増加すること述べられる。

【0054】

50

たとえば、ハイインピーダンス抵抗は、CMOS後処理と互換性のある約0/Kの抵抗の温度係数及び1600オーム/スクエアのシート抵抗を示す2.5nm厚ALD TiN層を使って製造される。CMUTデバイスのアプリケーションのために、120 μ A (500k Ω 割る60V) のピークの電流が予測され、約 5×10^6 A/cm²の最大電流密度がもたらされる。アルミニウム又は銅のような軟質メタルの場合、これはエレクトロマイグレーションの始まりになるが、ALD TiN層はこれらの密度電流でより高い安定性を示す(W. Groenland他、超薄導電膜の電気的特性のための埋設及び表面電極を備える4ポイントプローブ構造、半導体製造に関するIEEE議事録、第25巻、第2号、2012年5月2日)。

【0055】

好ましい実施例において、TiNの薄層厚さは、7nm未満、特に2から4nmまでになり得る。所定の厚さが非酸化薄膜に対応することは注意される。(粒界で発生し、それによって速く抵抗を増やす)部分的な酸化薄膜の場合、より厚いTiN薄膜(10nm以上)が使われることはできる。

【0056】

ハイインピーダンス抵抗の製造ステップフローは、図6に詳細に示される。ステップ(a)において、絶縁基板112は提供される。ASICとのモノリシック一体化の場合、基板112は埋込み集積回路をすでに有する。ステップ(b)は、エッチストップ層201の堆積を例示する。5/20nmの厚さを備えるTi/Ptの二重層は、エッチストップ層201としてそれに対応して選ばれる。それはALDにおいて低トポグラフィ、低酸化、良質TiCl₄核形成を有し、イオンビームエッチング又はリフトオフ技術の組み合わせでリソグラフィでパターン化されることができる。代わりに、TiN又はTiWが使われ、湿式化学又はドライエッチングプロセスでパターン化されることができる。さらに、TiN 202の薄膜層は、ステップ(c)においてTiCl₄及びNH₃ガスからALDによって堆積される。正確な堆積条件は、圧力(通常2-3*10⁻² mBar)及びパルスタイミング(通常TiCl₄の2s及びNH₃の2s露出時間)に依存する。TiNの2.5nmのALD薄膜のために、TiCl₄/NH₃サイクルの通常数は300であるが、堆積率(オングストローム/サイクル)は、最初の核形成レジームとともに機器特有である。薄膜層の安定性を確実にするために、不動態化層203はステップ(d)における真空中断なしにTiN層の上に堆積される。不動態化層の例はa-Si又はAL₂O₃の15nmである。ステップ(e)はたとえばフォトリソグラフィーを使っているパターンニングステップを例示する。このステップは基板パーツ204を、先行して堆積される層からリリースすることによってハイインピーダンス抵抗の形状を規定する。ステップ(f)は比較的厚いメタル間誘電体205の堆積、たとえば0.5-2マイクロメートルPECVD TEOSを有する。層の厚さは、この層の上に堆積されるCMUT電極(たとえばS2及びS3)との容量カップリングを最小にするように選択される。ステップ(g)において、エッチストップ層201まで下がるビア206がたとえばウェット又はドライエッチングを用いて生成される。電気的コンタクトはステップ(h)においてコンタクトメタル層207の堆積及びパターンニングにより提供される。コンタクトメタル層はフォトレジストで化学的にウェットパターンニングされるアルミニウム(約290nm厚)になり得る。

【0057】

犠牲リリースプロセスがCMUT製造のために使われる場合、コンタクトメタル層207はCMUTデバイスのパターン化電極層を形成し、基板112に組み込まれる第2のS2及び第3のS3電極をさらに規定する。さらに、CMUT製造の標準的なステップが使われる。

【0058】

図5に図示されるように、図4(a)における曲げ形状のハイインピーダンス抵抗は60×60マイクロメートルの横方向ディメンションを持ち、60マイクロメートルの直径を有するCMUTデバイスと一体化されることができる。エッチストップ層201及びコンタクトビア206を備える、コンタクトパッドのクロズアップ上面図は図4(b)に示される(接続のためのコンタクトメタルは省略される)。2.5nm厚のALD TiN薄膜層の場合、このディメンションの抵抗は、1700スクエアの長さを有し、約2.7Mオームのインピーダンスを提供する。

【0059】

キャピティ8のまわりの電極の対称的な交換構成が、技術的問題に対して類似のソリュ

10

20

30

40

50

ーションを提供することは当業者によってよく理解される。すなわち、第二及び第三の電極がフレキシブルセルメンブレン114の一部になり得る一方、第一の電極は基板112に組み込まれる。

【0060】

図7によれば、CMUTアレイトランスデューサプローブ100'を備えた超音波診断用イメージングシステムが、ブロック図形式で示される。CMUTトランスデューサアレイ100'は、2D平面で又は3Dイメージング用に三次元でスキャンが可能なトランスデューサ素子の二次元アレイである。3Dイメージング及びときとして2Dイメージングの場合、トランスデューサアレイは、CMUTアレイセルによる信号の送信及び受信を制御するプローブ内のマイクロビームフォーマ112に結合される。マイクロビームフォーマは、米国特許第5,997,479号(Savordら)、第6,013,032号(Savord)、及び第6,623,432号(Powersら)に記載されるように、トランスデューサ素子のグループ又は「パッチ」によって受信された信号の少なくとも部分的なビーム形成が可能である。マイクロビームフォーマは、プローブケーブルによって、送信と受信とのモードの間を切り換える送信/受信(T/R)スイッチ16に結合される。マイクロビームフォーマ12の制御下におけるCMUTトランスデューサアレイ10からの超音波ビームの送信は、T/Rスイッチ及び主システムビームフォーマ20に結合されたトランスデューサコントローラ18によって指示される。トランスデューサコントローラ18は、ユーザインタフェース又は制御パネル38のユーザの動作からも入力を受信する。トランスデューサコントローラによって制御される機能の1つは、ビームが誘導され、フォーカスされる方向である。ビームは、トランスデューサアレイから(それに直角に)真っ直ぐ前に、又はより広い視野の為に異なる角度で誘導されてもよい。トランスデューサコントローラ18は、CMUTアレイ10'のために直流駆動回路45を制御するために結合されることができる。直流駆動回路45は、CMUTセルに印加されることができる電圧をセットするために、直流及び交流源を制御する。直流駆動回路は、図1における駆動回路45'と同じ機能を有するか、医療用途に依存してさらなる機能を有することができる。

【0061】

受信の間、マイクロビームフォーマ112によって生成された部分的ビーム形成信号は、トランスデューサ素子の個々のパッチからの部分的ビーム形成信号が完全なビーム形成信号へと組み合わせられる主ビームフォーマ120に結合される。例えば、主ビームフォーマ120は、128のチャンネルを有してもよく、それらの各々は、数十又は数百のCMUTトランスデューサセルのパッチから部分的ビーム形成信号を受信する。このようにして、CMUTトランスデューサアレイの数千のトランスデューサ素子によって受信された信号が、単一のビーム形成信号に効率的に寄与することができる。

【0062】

ビーム形成信号は、信号プロセッサ122に結合される。信号プロセッサ122は、バンドパスフィルタリング、デシメーション、I及びQ成分分離、並びに組織及びマイクロバブルから返された非線形エコー信号(基本周波数の高調波)の識別を可能にする為に線形及び非線形信号を分離するように機能する高調波信号分離等の様々なやり方で、受信されたエコー信号を処理することができる。信号プロセッサは、スペckル低減、信号合成、及びノイズ除去等の追加の信号強調も行うことができる。

【0063】

処理された信号は、Bモードプロセッサ26及びドップラープロセッサ28に結合される。Bモードプロセッサ26は、体内の臓器及び血管の組織等の体内の構造物のイメージングの為に振幅検出を用いる。体の構造物のBモード画像は、米国特許第6,283,919号(Roundhillら)及び米国特許第6,458,083号(Jagoら)に記載されるように、高調波モード、基本モード、又は両者の組み合わせで形成されてもよい。ドップラープロセッサ28は、画像フィールドにおける血液セルの電流等の物質の運動の検出の為に、組織の動き及び血流から時間的に異なる信号を処理する。ドップラープロセッサは、通常、体内の選択された種類の物質から返されたエコーを通過させる及び/又は排除する

ように設定することができるパラメータを有したウォールフィルタを含む。例えば、ウォールフィルタは、低又はゼロ速度物質からの比較的強い信号は排除しながら、高速度物質からの比較的低い振幅の信号を通過させる通過帯域特性を有するように設定することができる。この通過帯域特性は、心壁等の近くの静止した又はゆっくり動く物体からの信号は排除しながら、流れる血液からの信号を通過させる。逆の特性は、組織の運動を検出及び描写する組織ドップラーイメージングと称されるものの為に、血流信号は排除するが、心臓の動作する組織からの信号は通過させる。ドップラープロセッサ28は、画像フィールド中の異なる点からの一連の時間的に別個のエコー信号を受信及び処理し、ある点からの一連のエコーは、アンサンプルと称される。比較的短い期間に亘って立て続けに受信されたエコーのアンサンプルは、流れる血液のドップラーシフト周波数を推定する為に使用することができ、ドップラー周波数は、血流の速度を示す速度に対応する。より長い期間に亘って受信されたエコーのアンサンプルは、よりゆっくりと流れる血液又はゆっくりと動く組織の速度を推定する為に使用される。

10

20

30

40

50

【0064】

Bモード及びドップラープロセッサによって生成された構造信号及び運動信号は、スキャンコンバータ32及びマルチプレーナリフォーマッタ44に結合される。スキャンコンバータは、エコー信号を、それらが望ましい画像フォーマットで受信された空間関係に配置する。例えば、スキャンコンバータは、二次元(2D)セクター形状フォーマット、又はピラミッド形三次元(3D)画像にエコー信号を配置してもよい。スキャンコンバータは、Bモード構造画像に、ドップラー推定速度に一致する画像フィールド内の点における運動に対応する色を重ね合わせて、画像フィールド内の組織の運動及び血流を示すカラードップラー画像を生成することができる。マルチプレーナリフォーマッタは、米国特許第6,443,896号(Detmer)に記載されるように、体のボリューム領域中の共通平面における点から受信されたエコーを、その平面の超音波画像に変換する。ボリュームレンダラ42は、米国特許第6,530,885号(Entrekinら)に記載されるように、所与の基準点から見た場合の投影3D画像に3Dデータセットのエコー信号を変換する。2D又は3D画像は、画像ディスプレイ40上での表示の為に更なる強調、バッファリング、及び一時記憶の為に、スキャンコンバータ32、マルチプレーナリフォーマッタ44、及びボリュームレンダラ42から画像プロセッサ30へと結合される。イメージングに使用されることに加えて、ドップラープロセッサ28によって生成された血流速度値は、流量数量化プロセッサ34に結合される。流量数量化プロセッサは、器官のサイズ及び妊娠期間のような構造的測定だけでなくボリューム血流量率等の異なるフロー条件の測定を生成する。流量数量化プロセッサは、測定が行われる画像の生体構造内の点等の、ユーザ制御パネル38からの入力を受信することができる。流量数量化プロセッサからの出力データは、ディスプレイ40上の画像による測定グラフィック及び値の再現の為に、グラフィックプロセッサ36に結合される。グラフィックプロセッサ36は、超音波画像を用いた表示の為に、グラフィックオーバーレイを生成することもできる。これらのグラフィックオーバーレイは、患者の氏名、画像の日付及び時間、並びにイメージングパラメータ等の標準的な識別情報を含むことができる。これらの目的の為に、グラフィックプロセッサは、タイプされた患者の氏名等の入力をユーザインタフェース38から受信する。ユーザインタフェースは、トランスデューサアレイ10'からの超音波信号の生成、並びに従ってトランスデューサアレイ及び超音波システムによって生成される画像を制御する為に、送信コントローラ18にも結合される。ユーザインタフェースは、MPR画像の画像フィールドにおける数量的測定を行う為に使用することができる複数の多平面リフォーマット(MPR multiplanar reformatted)画像の表示の選択及び制御の為に、マルチプレーナリフォーマッタ44にも結合される。

【0065】

本発明は、小型化に関して利益を得ている。あらゆるトランスデューサCMUTセルがCMUTデバイス駆動のために2-端子(S1及びS3)のみを必要として、さらに、ハイインピーダンス抵抗はASICの上で製造されるCMUTデバイスにモノリシック的に一体化されること

ができる。

【 0 0 6 6 】

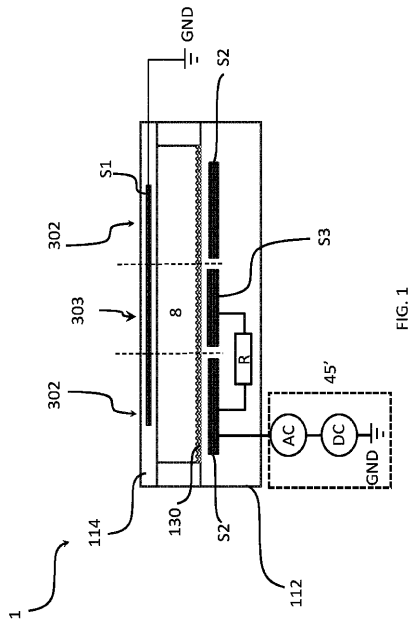
本発明を、図面と上記の説明に詳しく示し説明したが、かかる例示と説明は例であり限定ではなく、本発明は開示した実施形態には限定されない。請求項に記載した発明を実施する際、図面、本開示、及び添付した特許請求の範囲を研究して、開示した実施形態のその他のバリエーションを、当業者は理解して実施することができるであろう。

【 0 0 6 7 】

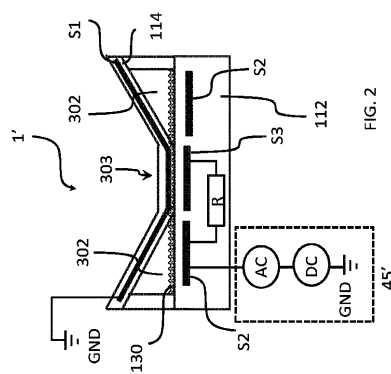
請求項において、「有する (c o m p r i s i n g) 」という用語は他の要素やステップを排除するものではなく、「1つの (「 a 」 又は 「 a n 」) 」という表現は複数ある場合を排除するものではない。単一の要素又はその他のアイテムが請求項に記載した複数のユニットの機能を満たすこともできる。相異なる従属クレームに手段が記載されるからといって、その手段を組み合わせることで有利に使用することができないということではない。

10

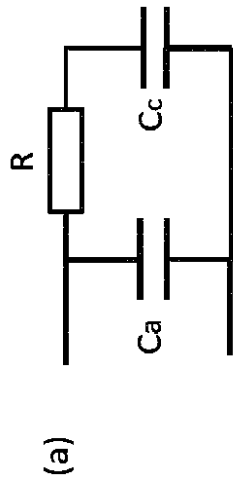
【 図 1 】



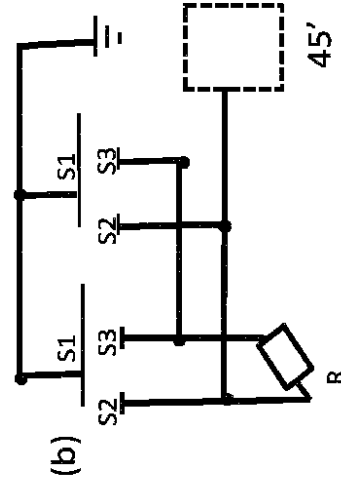
【 図 2 】



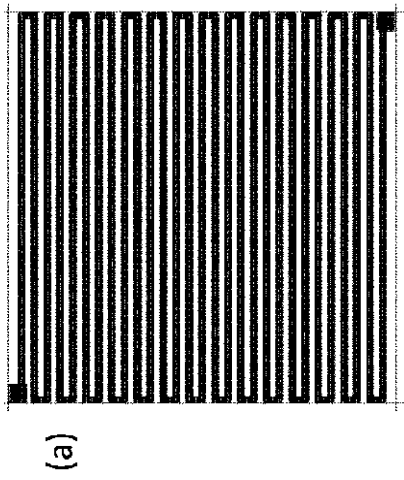
【図 3 (a) 】



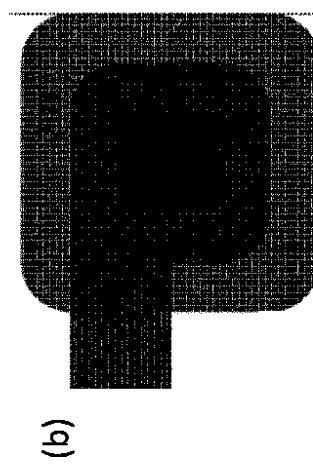
【図 3 (b) 】



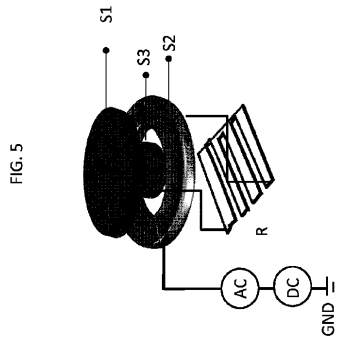
【図 4 (a) 】



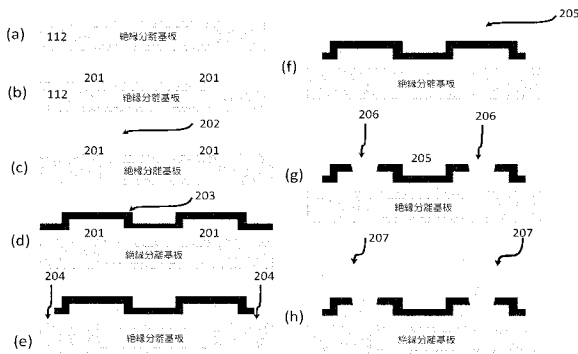
【図 4 (b) 】



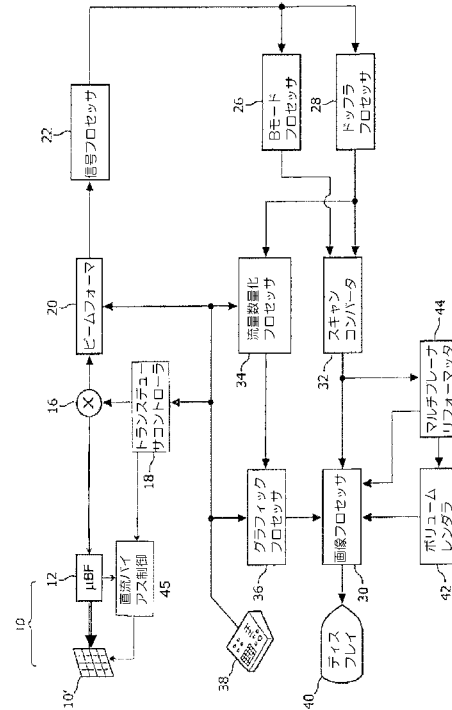
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【手続補正書】

【提出日】平成29年6月6日(2017.6.6)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えて前記メンブレンに対向する基板とを有する、少なくとも1つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを含む超音波アレイであって、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向する、超音波アレイと、

前記アレイに結合され、(a)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化する、少なくとも1つの駆動回路とを有する超音波システムにおいて、

前記アレイの前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で活性化されるとき、前記第

一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、超音波システム。

【請求項2】

前記アレイにおける二つ又はそれより多くの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第二の電極及び前記第三の電極は単一のハイインピーダンス抵抗に結合される、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項3】

前記ハイインピーダンス抵抗は、10kオーム及び5Mオームの間、又は特に500kオーム及び1Mオームの間のインピーダンス値を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項4】

前記駆動回路は直流電源及び交流電源を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項5】

前記ハイインピーダンス抵抗は、7nmより薄い又はそれに等しい厚さ、又は特に2nm及び4nmの間の厚さを有する薄膜層を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項6】

前記薄膜層はTiNである、請求項5に記載の超音波システム。

【請求項7】

前記薄膜層は原子層堆積技術によって堆積される、請求項5乃至7の何れか一項に記載の超音波システム。

【請求項8】

第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合され、その間にガス又は真空キャビティを備えて前記メンブレンに対向する基板とを有し、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向し、

(a)前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化し、少なくとも1つの駆動回路を有し、

前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で駆動されるとき、前記第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイス。

【請求項9】

基板を提供するステップと、

前記基板に組み込まれる第三及び第二の電極を規定するパターン化電極層を提供するステップと、

ガス又は真空キャビティを規定するステップと、

前記基板に対向するメンブレンに、その間のギャップを提供するステップと、

前記第二の電極は周辺領域において第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向するように、前記メンブレンに組み込まれる前記第一の電極を規定する、パターン化される第一の電極層を提供するステップと、

前記第一の電極を前記第二及び第三の電極から絶縁分離する絶縁層を提供するステップと、

原子層堆積技術を適用することによってハイインピーダンス抵抗の薄膜層を提供するステップと、

前記ハイインピーダンス抵抗を介して前記第三の電極を前記第二の電極に電氣的に結合するステップと

を有する、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 10】

前記ガス又は真空キャビティを規定するステップは、犠牲層リリースプロセス及びウエハボンディングプロセスの1つを有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 11】

前記ハイインピーダンス層はTiN層を有する、請求項10に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 12】

前記絶縁層を提供するステップは前記原子層堆積技術で高k誘電層を堆積させるステップを有する、請求項10に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 13】

前記層を提供するすべてのステップが前記原子層堆積技術を有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 14】

崩壊領域キャパシタを変化させるために、前記絶縁層の材料選択及び厚さを調整するステップを更に有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 15】

前記調整するステップは前記絶縁層の厚さの低減及びより高い誘電率材料の選択を介して前記崩壊領域キャパシタの増加をもたらす、請求項14に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【手続補正書】

【提出日】平成29年11月29日(2017.11.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合される基板であって、前記基板との間にガス又は真空キャビティを備える前記メンブレンに対向する基板とを有する、少なくとも1つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを含む超音波アレイであって、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向する、超音波アレイと、

前記アレイに結合され、(a)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化する、少なくとも1つの駆動回路とを有する超音波システムにおいて、

前記アレイの前記少なくとも一つの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で活性化されるとき、前記第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイイン

ピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、超音波システム。

【請求項 2】

前記アレイにおける二つ又はそれより多くの容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスの前記第二の電極及び前記第三の電極は単一のハイインピーダンス抵抗に結合される、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 3】

前記ハイインピーダンス抵抗は、10kオーム及び5Mオームの間、又は特に500kオーム及び1Mオームの間のインピーダンス値を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 4】

前記駆動回路は直流電源及び交流電源を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 5】

前記ハイインピーダンス抵抗は、7nmより薄いか又はそれに等しい厚さ、又は特に2nm及び4nmの間の厚さを有する薄膜層を有する、請求項1に記載の超音波システム。

【請求項 6】

前記薄膜層はTiNである、請求項 5 に記載の超音波システム。

【請求項 7】

前記薄膜層は原子層堆積技術によって堆積される、請求項 5 乃至 6 の何れか一項に記載の超音波システム。

【請求項 8】

第一の電極に結合されるメンブレンと、第二及び第三の電極に結合される基板であって、前記基板との間にガス又は真空キャビティを備える前記メンブレンに対向する基板とを有し、前記第二の電極は周辺領域において前記第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向し、

(a)前記第一及び第三の電極に直流電圧を印加することによって、前記メンブレンが前記中央領域において前記基板に崩壊される崩壊状態に前記メンブレンをもたらし、(b)前記第一及び第二の電極に、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサ動作周波数を有する交流電圧を印加することによって容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを活性化する、少なくとも1つの駆動回路を有し、

前記第三の電極は、前記メンブレンが前記崩壊状態にあり、前記容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスが動作周波数で駆動されるとき、前記第一及び第二の電極の間の交流インピーダンスより高いインピーダンス値を有するハイインピーダンス抵抗を介して前記第二の電極に電氣的に結合される、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイス。

【請求項 9】

基板を提供するステップと、

前記基板に組み込まれる第三及び第二の電極を規定するパターン化電極層を提供するステップと、

ガス又は真空キャビティを規定するステップと、

前記基板に対向するメンブレンに、その間のギャップを提供するステップと、

前記第二の電極は周辺領域において第一の電極に対向し、前記第三の電極は中央領域において前記第一の電極に対向するように、前記メンブレンに組み込まれる前記第一の電極を規定する、パターン化される第一の電極層を提供するステップと、

前記第一の電極を前記第二及び第三の電極から絶縁分離する絶縁層を提供するステップと、

原子層堆積技術を適用することによってハイインピーダンス抵抗の薄膜層を提供するステップと、

前記ハイインピーダンス抵抗を介して前記第三の電極を前記第二の電極に電氣的に結合するステップと

を有する、容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための

方法。

【請求項 10】

前記ガス又は真空キャビティを規定するステップは、犠牲層リリースプロセス及びウエハボンディングプロセスの1つを有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 11】

ハイインピーダンス層はTiN層を有する、請求項10に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 12】

前記絶縁層を提供するステップは前記原子層堆積技術で高k誘電層を堆積させるステップを有する、請求項10に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 13】

前記層を提供するすべてのステップが前記原子層堆積技術を有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 14】

崩壊領域キャパシタを変化させるために、前記絶縁層の材料選択及び厚さを調整するステップを更に有する、請求項9に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【請求項 15】

前記調整するステップは前記絶縁層の厚さの低減及びより高い誘電率材料の選択を介して前記崩壊領域キャパシタの増加をもたらす、請求項14に記載の容量性マイクロマシン加工超音波トランスジューサデバイスを製造するための方法。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/077995

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B06B1/02 H04R19/00
ADD.

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)

B06B H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/016606 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ROEST AARNOUD LAURENS [NL]; REIMA) 5 February 2009 (2009-02-05) the whole document	1-15
A	----- US 2005/200241 A1 (DEGERTEKIN F L [US] DEGERTEKIN F LEVENT [US]) 15 September 2005 (2005-09-15) figure 2 paragraphs [0002] - [0025] paragraphs [0048], [0056] - [0067] ----- -/--	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* 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

25 January 2016

Date of mailing of the international search report

03/02/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Parmentier, Hélène

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/077995

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GULDIKEN ET AL: "CMUTS with dual electrode structure for improved transmit and receive performance", IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, IEEE, US, vol. 53, no. 2, 1 February 2006 (2006-02-01), pages 483-491, XP011148780, ISSN: 0885-3010, DOI: 10.1109/TUFFC.2006.1593388 the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/077995

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009016606 A2	05-02-2009	CN 101772383 A EP 2170531 A2 JP 5260650 B2 JP 2010535445 A US 2010202254 A1 WO 2009016606 A2	07-07-2010 07-04-2010 14-08-2013 18-11-2010 12-08-2010 05-02-2009
US 2005200241 A1	15-09-2005	EP 1769573 A2 JP 2007527285 A US 2005200241 A1 US 2010268089 A1 WO 2005084284 A2	04-04-2007 27-09-2007 15-09-2005 21-10-2010 15-09-2005

フロントページの続き

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72) 発明者 ブッセラール フランシスクス パウルス マリア
 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

(72) 発明者 フルーンラント アルフォンス ウルテル
 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

(72) 発明者 ファン レンス アントニア コルネリア
 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

F ターム(参考) 3C081 AA13 BA32 BA33 BA45 BA48 BA53 BA72 CA03 CA05 CA14
 CA28 CA29 CA32 DA03 DA06 DA27 DA30 EA21
 4C601 BB03 BB06 EE13 GB06 GB41 GB46 HH01
 5D019 AA21 DD01 EE06 FF04

专利名称(译)	2端子CMUT设备		
公开(公告)号	JP2018501719A	公开(公告)日	2018-01-18
申请号	JP2017530160	申请日	2015-11-30
[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NV哥德堡		
[标]发明人	ブッセラル フランシスクス パウルス マリア フルーンラント アルフォンス ウルテル ファン レンス アントニア コルネリア		
发明人	ブッセラル フランシスクス パウルス マリア フルーンラント アルフォンス ウルテル ファン レンス アントニア コルネリア		
IPC分类号	H04R19/00 H04R3/00 B81B7/04 B81B3/00 B81C1/00 A61B8/14		
CPC分类号	B06B1/0292 A61B8/06 A61B8/4483 A61B8/488 B06B2201/20 B06B2201/76		
FI分类号	H04R19/00.330 H04R3/00.330 B81B7/04 B81B3/00 B81C1/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	3C081/AA13 3C081/BA32 3C081/BA33 3C081/BA45 3C081/BA48 3C081/BA53 3C081/BA72 3C081/CA03 3C081/CA05 3C081/CA14 3C081/CA28 3C081/CA29 3C081/CA32 3C081/DA03 3C081/DA06 3C081/DA27 3C081/DA30 3C081/EA21 4C601/BB03 4C601/BB06 4C601/EE13 4C601/GB06 4C601/GB41 4C601/GB46 4C601/HH01 5D019/AA21 5D019/DD01 5D019/EE06 5D019/FF04		
优先权	2014197268 2014-12-11 EP		
其他公开文献	JP6276474B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供了至少一个电容性微机械，该电容性微机械具有连接至第一电极的膜和连接至第二和第三电极的基板，基板之间具有气体或真空腔以面对该膜。一种包括处理后的超声换能器装置的超声阵列，其中第二电极在外围区域中面对第一电极，并且第三电极在中心区域中面对第一电极。一种超声系统，具有超声阵列和至少一个驱动电路。当电容性微加工超声换能器装置的膜处于折叠状态并且电容性微加工超声换能器装置在工作频率下被激活时，该系统提供第二电极和第三电极被电激活。高阻抗电阻器具有比第一电极和第二电极之间的交流阻抗更高的阻抗值。

