

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6265906号
(P6265906)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int.Cl.	F 1
HO4R 19/00 (2006.01)	HO4R 19/00 330
HO4R 31/00 (2006.01)	HO4R 31/00 330
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-541778 (P2014-541778)
(86) (22) 出願日	平成24年11月5日 (2012.11.5)
(65) 公表番号	特表2014-533907 (P2014-533907A)
(43) 公表日	平成26年12月15日 (2014.12.15)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2012/056152
(87) 國際公開番号	W02013/072803
(87) 國際公開日	平成25年5月23日 (2013.5.23)
審査請求日	平成27年10月29日 (2015.10.29)
(31) 優先権主張番号	61/560,836
(32) 優先日	平成23年11月17日 (2011.11.17)
(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 100122769 弁理士 笛田 秀仙
-----------	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】円環形状の崩壊領域を持つ崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- 第1の電極を有する基板、
- 第2の電極を有する膜、
- 前記膜が前記基板に取り付けられている、支持体を含む外側領域、及び
- 前記外側領域により囲まれる内側領域

を有する崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルにおいて、

前記膜は、前記内側領域内に置かれる円環形状の第1の崩壊領域において前記基板に崩壊して、前記円環形状の第1の崩壊領域を囲む、前記膜と前記基板との間の円環形状の空洞を形成し、前記円環形状の空洞の高さは前記支持体から前記円環形状の第1の崩壊領域まで連続して減少し、

前記第2の電極は、前記円環形状の第1の崩壊領域を囲んでいる変換領域を設けるように前記円環形状の空洞の上に置かれる、
セル。

【請求項 2】

前記第2の電極は、前記第1の変換領域内又は前記第2の変換領域内の何れかに置かれる、請求項1に記載のセル。

【請求項 3】

- 第1の電極を有する基板、
- 第2の電極を有する膜、

10

20

- 前記膜が前記基板に取り付けられている外側領域、及び
 - 前記外側領域の内側にある又は前記外側領域により囲まれる内側領域
 を有する崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルにおいて、
 前記膜は、前記内側領域内に置かれる円環形状の第1の崩壊領域において前記基板に崩壊し、

前記セルは、前記円環形状の第1の崩壊領域の内側にある又は前記崩壊領域により囲まれる第1の変換領域と、前記円環形状の第1の崩壊領域の外側にある又は前記崩壊領域を囲んでいる第2の変換領域とを有し、

前記内側領域内に置かれる第2の崩壊領域及び前記第2の崩壊領域内に置かれる第4の電極を更に有する、セル。

10

【請求項4】

前記第2の電極は、前記円環形状の第1の崩壊領域に少なくとも極めて隣接して置かれる、請求項2又は3に記載のセル。

【請求項5】

前記第2の電極及び/又は前記第1の電極は円環形状である、請求項1に記載のセル。

【請求項6】

前記円環形状の第1の崩壊領域は、前記セル又は前記膜の中心を軸に、その周りに置かれている請求項1に記載のセル。

【請求項7】

- 第1の電極を有する基板、
 - 第2の電極を有する膜、
 - 前記膜が前記基板に取り付けられている外側領域、及び
 - 前記外側領域の内側にある又は前記外側領域により囲まれる内側領域
 を有する崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルにおいて、

20

前記膜は、前記内側領域内に置かれる円環形状の第1の崩壊領域において前記基板に崩壊し、

前記セルは、前記円環形状の第1の崩壊領域の内側にある又は前記崩壊領域により囲まれる第1の変換領域と、前記円環形状の第1の崩壊領域の外側にある又は前記崩壊領域を囲んでいる第2の変換領域とを有し、

前記膜はさらに、前記内側領域内に置かれる第2の崩壊領域において前記基板に崩壊する、セル。

30

【請求項8】

前記第2の崩壊領域は、前記セル若しくは前記膜の中心領域又は中心に置かれる、請求項7に記載のセル。

【請求項9】

前記膜は、前記内側領域において内部応力を持つ、請求項1に記載のセル。

【請求項10】

前記膜はさらに、前記第1の崩壊領域に置かれる第3の電極を有する、請求項3に記載のセル。

【請求項11】

前記第2の電極及び/又は前記第3の電極は少なくとも1つの開口を持ち、前記第4の電極及び/又は前記第2の電極とのコネクタは、前記開口内に置かれる、請求項10に記載のセル。

40

【請求項12】

前記膜は恒久的に崩壊する、請求項1に記載のセル。

【請求項13】

前記膜は前記セルの動作中にのみ崩壊する請求項1に記載のセル。

【請求項14】

崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルを製造する方法において、

- 第1の電極を有する基板を設けるステップと、

50

- 第 2 の電極を有する膜を設けるステップであり、前記セルは、前記膜が前記基板に取り付けられている、支持体を含む外側領域と、前記外側領域により囲まれる内側領域とを持つ、前記膜を設けるステップと、

- 前記内側領域内に置かれる円環形状の第 1 の崩壊領域において、前記膜を前記基板に崩壊させて、前記膜と前記基板との間に円環形状の空洞を形成するステップであって、前記円環形状の空洞は前記円環形状の第 1 の崩壊領域を囲み、前記円環形状の空洞の高さは前記支持体から前記円環形状の第 1 の崩壊領域まで連続して減少する、ステップと、

- 前記円環形状の第 1 の崩壊領域を囲んでいる変換領域を設けるステップとを有し、前記第 2 の電極を有する膜を設けるステップは、前記第 2 の電極を前記円環形状の空洞の上に置くステップを含む、方法。 10

【請求項 15】

崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルを製造する方法において、

- 第 1 の電極を有する基板を設けるステップ、

- 第 2 の電極を有する膜を設けるステップであり、前記セルは、前記膜が前記基板に取り付けられている外側領域と、前記外側領域の内側にある又は前記外側領域により囲まれる内側領域とを持つ、前記膜を設けるステップ、並びに

- 前記内側領域内に置かれる円環形状の第 1 の崩壊領域において、前記膜を前記基板に崩壊させるステップ、及び

- 前記円環形状の第 1 の崩壊領域の内側にある又は前記崩壊領域により囲まれる第 1 の変換領域と、前記円環形状の第 1 の崩壊領域の外側にある又は前記崩壊領域を囲んでいる第 2 の変換領域とを設けるステップ 20

を有し、

前記膜はさらに、前記第 1 の崩壊領域に置かれる第 3 の電極を有し、

前記膜を前記基板に崩壊させるステップは、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極との間に電圧を印加するステップを有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、崩壊前(pre-collapsed)の静電容量型トランスデューサーセル、特に静電容量型超音波トランスデューサー(cMUT)セル又は静電容量型圧力トランスデューサー/センサーセル、及びこれらの製造方法に関する。 30

【背景技術】

【0002】

近年では、超音波トランスデューサー(MUT)が開発されている。超音波トランスデューサーは、2つの設計手法で製造されている。1つは、圧電特性を備えるセラミック層(pMUT)を使用する、並びにもう1つはコンデンサを形成する電極(又は電極版)を備える基板及び膜(又はダイアフラム)、いわゆる静電容量型超音波トランスデューサー(cMUT)を使用することである。

【0003】

cMUTセルは、膜の下に空洞を有する。超音波を受信するために、超音波は前記膜を動かす又は振動させ、電極間における静電容量の変化が検出されることができる。それにより、前記超音波は、対応する電気信号に変換される。反対に、電極に印加される電気信号が前記膜を動かす又は振動させ、それにより超音波を送信する。この波を受信する又は送信することが起こる機構は電気機械結合又は簡単に"結合"と呼ばれる。 40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

最初に、cMUTセルは、"無崩壊(uncollapsed)"モードとして知られるモードで動作するように生成される。従来の"無崩壊の"cMUTセルは本質的に、非線形装置であり、前記結合は、電極間に印加されるバイアス電圧に大きく依存している。 50

【 0 0 0 5 】

この問題を解決するために、近年では、いわゆる"崩壊前の" c M U T セルが開発されている。崩壊前の c M U T において、膜の一部又は領域は、空洞の下部（又は基板）に崩壊する、いわゆる"崩壊領域"である。ある形式の"崩壊前の" c M U T セルにおいて、前記膜は恒久的に基板に崩壊する又は固定される、及びもう 1 つの形式の"崩壊前の" c M U T セルにおいて、前記膜は、一時的にのみ（例えば動作中に）膜に崩壊する。

【 0 0 0 6 】

広範囲のバイアス電圧にわたり、崩壊前の c M U T セルの結合は実質的にバイアス電圧に依存していない。これは c M U T セルをさらに線形にする。さらに、通常の使用の電圧範囲にわたり、このような"崩壊前の" c M U T セルは、"無崩壊の" c M U T セルよりも多くの結合を提供する。これは、基板の固定した下部電極と膜の柔軟な上部電極との間にあら空洞又は間隙がセルの静電容量及び故にセルの結合を決定するからである。膜が基板に引き寄せられ接触する地点のすぐ近隣において最も高い結合が得られることが分かっている。崩壊領域のすぐ周りの領域は、空洞が最も小さく、故に結合に対し最も貢献する。

10

【 0 0 0 7 】

崩壊前の c M U T セルは、例えば国際特許出願公開番号 WO2010/097729 A1 に開示されている。WO2010/097729 A1 は、第 1 の電極を備える膜、第 2 の電極を備える基板及び前記膜と前記基板との間に空洞を持つ超音波 c M U T トランスデューサーアレイにおいて使用するのに適した c M U T トランスデューサーセルを開示している。この c M U T は、崩壊前の状態で動作して、膜にバイアスをかけることにより空洞の床部に崩壊した状態にする。レンズは崩壊した膜の上に向けられる。レンズの材料が重合する又は十分な剛性であるとき、バイアス電圧は解除され、このレンズの材料は膜が崩壊した状態を保つ。

20

【 0 0 0 8 】

しかしながら依然として、崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの性能を向上させる必要がある。

【課題を解決するための手段】**【 0 0 0 9 】**

本発明の目的は、性能が向上した崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル、及びこのトランスデューサーセルを製造する方法を提供することである。

【 0 0 1 0 】

30

本発明の第 1 の態様において、第 1 の電極を有する基板、第 2 の電極を有する膜を有する崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルが示される。ここで前記セルは、前記膜が前記基板に取り付けられる外側領域、及び前記外側領域の内側にある又は外側領域により囲まれる内側領域を持ち、前記膜は、前記内側領域内にある円環形状の第 1 の崩壊領域において前記基板に崩壊する。

【 0 0 1 1 】

本発明の他の態様において、崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルを製造する方法が示され、この方法は、第 1 の電極を有する基板を設けるステップ、第 2 の電極を有する膜を設けるステップであり、前記セルは前記膜が前記基板に取り付けられる外側領域、及び前記外側領域の内側にある又は前記外側領域により囲まれる内側領域を持つ前記ステップ、並びに前記内側領域内にある円環形状の第 1 の崩壊領域において前記膜を前記基板に崩壊させるステップを有する。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の基本的な考えは、円環形状の崩壊（又はピン止め）領域を提供することである。従って、セルの崩壊領域は、従来技術のセルの事例であったセルの中心における円形（円環ではない）形状の崩壊領域ではない。数学的に定義されるように、円環は、（その真ん中に穴がある）リング形状の幾何学的図形又は物体である、又は例えば 2 つの同心円のような 2 つの同心の閉曲線の間にあるエリアである。2 つの円の代わりに、他の如何なる形式の閉曲線が使用され得ると理解されたい。

【 0 0 1 3 】

50

トランステューサーの最も強く結合されるエリアは崩壊領域のすぐ近隣にあるので、本発明は、この高い結合エリアを増大させる。従って、効果的なセルの結合が増大する。故に、高い結合を与えるエリアが増大するので、セルの性能は向上する。特に、基板と膜との間に空洞の高さが崩壊領域において零になるまで円滑に又は連続して減少する。この円環形状の崩壊領域は特に、従来のセルの中央にある崩壊領域に比べ、セルの外縁により近くに又はより近づくことができる。この円環形状の崩壊領域は、中央の崩壊領域の代わりに又は中央の崩壊領域に加えて使用されてもよい。

【0014】

前記セルの内側領域において、前記膜と前記基板との間に少なくとも1つの空洞が形成される。円環形状の崩壊領域があるので、前記膜と前記基板との間に少なくとも2つの空洞が形成される。第1の空洞は、円環形状の崩壊領域の内側にある（又はその崩壊領域により囲まれる）領域において、前記膜と前記基板との間に形成され、並びに第2の空洞は、前記円環形状の崩壊領域の外側にある（又はその崩壊領域を囲んでいる）領域において、前記膜と前記基板との間に形成される。

10

【0015】

本発明を用いる場合、セルの変換効率が向上する。第1に、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換は一般的に、前記崩壊領域のすぐ近くにある膜の領域にのみ起こる。これは、電荷の近接及び濃度のために膜が強い静電力を受けており、及びその力に応答して同時に膜が動く膜の領域である。例えば崩壊領域のような、既に基板と接している膜の領域は動くことができない。動くことができるが、崩壊領域に近接していない膜の領域は、大きな電荷濃度を持たない。第2に、一般的に大きな電気信号が送信に使用される及び前記膜において大きな動きが生じるので、実際の強い変換の領域がトランステューサーセルの表面を交差して前後に動く。円環形状の崩壊領域を持つことにより、活性変換区域である高い電気機械結合の領域はセルの中心から離れるように動く。さらに、1ではなく2つの変換区域が作成されることができる。これは、前記活性変換区域のエリアを2倍以上にするので、変換効率は向上する。言い換えると、これは、前記活性変換区域の有効幅を減らすことなく、この活性変換区域の長さを2倍以上にする。

20

【0016】

本発明の好ましい実施例は、独立請求項に規定される。請求する方法は、請求するセルと及び独立請求項に規定されるのと類似及び/又は同一の好ましい実施例を持つと理解されたい。

30

【0017】

第1の実施例において、前記第2の電極は、前記円環形状の第1の崩壊領域の内側にある又は前記崩壊領域により囲まれる第1の変換領域内にある。

【0018】

第2の実施例において、前記第2の電極は、前記円環形状の第1の崩壊領域の外側にある又は前記崩壊領域を囲んでいる第2の変換領域内にある。本実施例は特に、第1の実施例の代替案として又は第1の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【0019】

変形例において、前記第2の電極は、少なくとも前記円環形状の第1の崩壊領域にごく近接して置かれる。このエリアにおいて、膜の第2の電極と、基板の対応する第1の電極との間に小さな間隙だけが存在する。このようにして、セルの増大する又は最大の電気機械結合が与えられる。この変形例は特に、第1の実施例及び/又は第2の実施例を用いて使用されることができる。

40

【0020】

他の実施例において、第2の電極及び/又は第1の電極は円環形状を持つ。従って、これら電極は、前記円環形状の崩壊領域に最適に適合される。このように、電極はセルの静電容量の電気機械結合していない部分を最小にすることができる。この実施例は特に、如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【0021】

50

他の実施例において、円環形状の第1の崩壊領域は、セル又は膜の中心を軸に置かれる。このようにして、対称な崩壊領域及びセルが与えられることがある。この実施例は特に如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることがある。

【0022】

他の実施例において、膜はさらに内側領域内にある第2の崩壊領域において前記基板に崩壊する。このようにして、セルの電気機械結合エリアはさらに大きくなる。この実施例は特に、第1及び/又は第2の実施例と組み合わせて使用されることがある。変形例において、第2の崩壊領域は、セル若しくは膜の中心領域又は中心に置かれる。前記第2の崩壊領域は特に、円形(非円環)形状を持つ。他の変形例において、第2の電極は、少なくとも第2の崩壊領域にごく近接して置かれる。例えば、第2の電極の外縁は、第1の崩壊領域にごく近接することができ、及び第2の電極の内縁は、第2の崩壊領域にごく近接することができる。10

【0023】

他の実施例において、膜は内側領域に内部応力(built-in stress)を持つ。このようにして、円環形状の第1の崩壊領域において膜が基板に崩壊している間又は崩壊するとき、膜と基板との間に空洞が形成される又は維持される。従って、膜と基板との間に空洞は、簡単な方法で設けられることがある。特に、前記内部応力は、膜を基板から離れる方に膨らませることができる。

【0024】

他の実施例において、前記膜はさらに、第1の崩壊領域に置かれる第3の電極を有する。このようにして、円環形状の第1の崩壊領域は、簡単及び/又は信頼できる方法で設けられる。特に、膜を崩壊させて、前記円環形状の第1の崩壊領域を設けるために、基板の第1の(下部)電極と前記第3の電極との間に十分な電圧が印加されることがある。この第3の電極は特に円形状である。20

【0025】

従って、他の実施例又は変形例において、前記膜がさらに前記第1の崩壊領域に置かれる第3の電極を有するとき、膜の基板への崩壊は、第1の電極と第3の電極との間に電圧を印加することを有する。

【0026】

他の実施例において、前記膜はさらに、第2の崩壊領域に置かれる第4の電極を有する。このようにして、第2の崩壊領域は、簡単及び/又は信頼できる方法で設けられる。特に、膜を崩壊させて、中心の第2の崩壊領域を設けるために、基板の第1の(下部)電極と前記第4の電極との間に十分な電圧が印加されることがある。前記第4の電極は特に円形状である。30

【0027】

従って、他の実施例又は変形例において、前記膜がさらに前記第2の崩壊領域に置かれる第4の電極を有するとき、膜の基板への崩壊は、第1の電極と第4の電極との間に電圧を印加することを有する。

【0028】

他の実施例において、前記第2の電極及び/又は前記第4の電極は、その円環形状に少なくとも1つの開口を持っている。ここで第4の電極及び/又は第2の電極へのコネクタは、その開口内に置かれる。これは、電極の上部にバイアスは必要とされないので、コスト効率の良い及びそんなに複雑ではないセルを提供する。ある例において、第2の電極は、この電極の円環形状に少なくとも1つの開口を持つことができ、ここで第4の電極へのコネクタは、前記開口内に置かれる。他の実施例において、前記第3の電極は、この電極の円環形状に少なくとも1つの開口を持ち、ここで第2の電極へのコネクタは、前記開口内に置かれる。40

【0029】

他の実施例又は変形例において、第3の電極は2つのセグメントに分割され、ここで第2の電極へのコネクタは、前記第3の電極の2つのセグメントの間に延在している。この50

ようにして、前記第2の電極及び前記第3の電極は互いに電気的に分離又は絶縁されている。

【0030】

他の実施例において、前記膜は恒久的に崩壊している。従って、この膜は恒久的に膜に固定される、すなわち機械的に崩壊している。この実施例は特に如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【0031】

他の実施例において、前記膜はセルの動作中にのみ崩壊する。従って、この膜は一時的にのみ（恒久的ではなく）基板に崩壊する、すなわち（例えば2つの電極間にバイアス電圧を印加することにより）電気的に崩壊する。従って、前記セルの動作はバイアス電圧の印加を有する。この実施例は特に如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【0032】

他の実施例において、前記セルは円形状のセルである。円形状は、利用可能な空間のかなり良い充填及び/又はほんのわずか高い次元の振動モード、特に送信されるエネルギーに望ましいモードと競合する又は所望する受信信号を不明瞭にする不要な信号を作る振動モードを提供する。この実施例は特に如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【0033】

他の実施例において、セルは、超音波を送信及び/又は受信するための静電容量型トランスデューサーセル（cMUT）である。代替実施例において、セルは、圧力を測定するための静電容量型圧力トランスデューサー（又はセンサー）セルである。この実施例は特に如何なる他の実施例と組み合わせて使用されることができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明に従っていない崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図1a】図1のセルの上面図を示す。

【図2】本発明の第1の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図2a】図2のセルの上面図を示す。

【図3】本発明の第2の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図3a】図3のセルの上面図を示す。

【図4】本発明の第3の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図4a】図4のセルの上面図を示す。

【図5】本発明の第4の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図6】本発明の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図7】本発明の第6の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。

【図8a】図6の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの電極の上面図の例を示す。

【図8b】図6の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの電極の上面図の例を示す。

【図8c】図6の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの電極の上面図の例を示す。

【図9】本発明の他の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図

10

20

30

40

50

を示す。

【図9 a】図9のセルの上面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0035】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に開示される実施例から明らかであり、これら実施例を参照して説明される。

【0036】

図1は、本発明によらない崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル10の断面図を示し、図1aは図1のセルの上面図を示す。図1において、この崩壊前の静電容量型トランスデューサー10は、第1の(下部)電極16を有する基板12と、第2の(上部)電極18を有する膜14とを有する。基板12と膜14との間に空洞13が形成される。膜14は、セル10の膜14の中心C(又はセル10の中心C)にある崩壊領域において基板12に崩壊する。

【0037】

図1及び図1aにおいて、空洞13における陰影又はドットは、電気機械結合を位置関数として示す。高いドットの密度は、高い結合を示す。図に示すように、膜14が基板12に崩壊して(又はピン止めされて)いるので、中心Cの周りの中心領域には結合がない。膜14が引き寄せられ、基板12と接触する地点において最も高い結合が得られる。その理由は、(固定した)下部電極16と(柔軟な)上部電極18との間にある空洞13(又は間隙)の高さが前記トランスデューサーセル10の静電容量、故にその結合を決めるからである。

【0038】

図1において、膜の全領域にわたり延在している連続する上部電極18により、中心Cにおける崩壊領域は、寄生容量を追加するが、その領域は動かないで、結合は存在しない。図1に見られるように、空洞13(又は間隙)の高さは、崩壊領域の縁から外周に向かって単調増加する。中心Cから離れるほど、増分エリアは大きくなるが、空洞13(又は間隙)の高さも高くなる。高い結合領域は例えば、より多くのバイアス電圧を印加することにより増大することができる。これは、前記エリア及び崩壊領域の外周を増大させ、この外周は結合の増大をもたらす。残念なことに、これは、崩壊領域の望まない静電容量も増大させてしまう。

【0039】

図2は、本発明の第1の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル10の断面図を示し、図2aは図2のセルの上面図を示す。崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル10は、第1の電極16を有する基板12と、第2の電極18を有する移動可能又は柔軟な膜14とを有する。第1の(下部)電極16と第2の(上部)電極18との間にコンデンサが形成される。第1の電極16は、基板の基材に付けられ、第2の電極18は膜の基材に付けられる。しかしながら、第1の電極16が前記基板の基材に組み込まれること、及び第2の電極18が前記膜の基材に組み込まれることもでき又は他の如何なる適切な方法で基材内に若しくは基材上に置かれることもできると理解されたい。

【0040】

基板12と膜14との間に空洞13が形成される。例えば超音波を受信するとき、超音波が膜14を動かす又は振動させ、電極16、18の間における静電容量の変化が検出される。それにより、前記超音波は対応する電気信号に変換される。逆に、電極16、18に印加される電気信号が膜14を動かす又は振動させ、それにより超音波を送信する。

【0041】

基板12の基材は、例えばシリコンのような導体材料又は半導体材料とすることができます。しかしながら、他の如何なる適切な材料も使用され得ると理解されたい。基板12の基材が導体又は半導体である場合、基板の基材と第1の(下部)電極16との間に絶縁層が適用される。絶縁層は第1の(下部)電極16の上に適用されることができる。このように、接触面は、共に又は全て同じ絶縁体である。膜14の基材は、例えば二酸化ケイ素

10

20

30

40

50

、窒化ケイ素及び/又はオキシ窒化ケイ素のような絶縁材料とすることができます。しかしながら、他の如何なる適切な材料も使用され得ると理解されたい。

【0042】

図2aに見られるように、この実施例のセル10は、中心Cを持つ円形状のセルである。このセルは、中心Cを軸に(円)対称である。このセル10は、膜14が基板12に取り付けられる外側領域22を持つ。図2の実施例において、前記セルは基板12と膜14との間に支持体15を有し、この支持体15は膜14を基板12に取り付けるのに使用される。空洞の高さ(又は間隙の厚さ)は、支持体15において(この空洞の最大の高さから)急に又は不連続的に零になる。支持体15は、円環形状の支持体とすることができます。しかしながら、膜は他の如何なる適切な方法で基板に取り付けられると理解されたい。

10

【0043】

セル10はさらに、外形領域22の内側にある又は外形領域22により囲まれる内側領域20を有する。この内側領域20は支持体15により制限される。セルの内側領域20に空洞が形成される。膜14は、この内側領域20内にある第1の崩壊領域24において基板12に崩壊する。この第1の崩壊領域24は、円環形状(又はリング状)である。この円環形状の第1の崩壊領域24は、セル10の中心C(又は膜14の中心C)を中心として置かれる。空洞13の高さ(又は間隙の厚さ)は、崩壊領域24において円滑に又は連続して零まで減少する。トランステューサーセル10の最も高い結合エリアは崩壊領域24のすぐ近隣にある。従って、セルの結合は増大する。図2及び図2aにおいて、空洞13における陰影又はドットは、結合を位置関数として示す。ドットの密度の増大は、結合の増大を示している。図に示すように、セルの中心Cにおいて、結合はごく僅かであり、中心Cから崩壊領域24にかけて増大する。厳密に言えば感度は電気機械結合だけでなく、外的条件にも依存していても、電気機械結合はときどき、セルの"感度"とも呼ばれる。

20

【0044】

内側領域20内に円環形状の崩壊領域24が存在しているので、第1の空洞13及び第2の空洞17が形成される。第1の空洞13は、円環形状の崩壊領域24の内側にある。言い換えると、円環形状の崩壊領域24の内側にある又はこの崩壊領域24により囲まれる領域において、膜14と基板12との間に第1の空洞13が形成される。第2の空洞17は、前記円環形状の崩壊領域24の外側にある。言い換えると、前記円環形状の崩壊領域24の外側にある又はこの崩壊領域24を囲んでいる領域において、膜14と基板12との間に第2の空洞17が形成される。この第2の空洞17は円環形状である。

30

【0045】

第2の(上部)電極18は円環形状である。故に、この第2の電極18は前記円環形状の崩壊領域24に適切に適合される。このように、第2の電極18は、前記セルの静電容量の電気機械結合されない部分を最小にすることができる。電気機械結合は、変化しない静電容量の部分に膜が移動するとき、変化する静電容量の部分の比の最大化に依存する。これは、円環形状の第2の電極18を使用することにより達成され、故に崩壊領域24にわたる電極見え(electrode exposure)を最小限にする。代わりに、第2の電極18に電気接続されていない別個の電極が使用されることもできる。

40

【0046】

第2の電極18は、円環形状の第1の崩壊領域24に(少なくとも)極めて近接して(又はすぐ近隣に)置かれている。第2の電極18は、空洞13の高さが円滑に又は連続して零に減少する領域において、この第1の空洞13の上に置かれる。図2に見られるように、第2の電極18の外縁18aは、崩壊領域24が始まる地点で終了する。第2の電極18の内縁18bは、円環形状の電極18の穴を規定する。図2に示される実施例において、第2の電極18は、円環形状の第1の崩壊領域24の内側にある(又はその領域24により囲まれる)第1の変換領域26内に置かれる。言い換えると、第2の(上部)電極18は、第1の空洞13の上及び第1の(下部)電極16の上に置かれる。これがセルの活性変換区域を形成する。

50

【0047】

図3は、本発明の第2の実施例による崩壊前の静電容量型トランステューサーセルの断面図を示し、図3aは図3のセルの上面図を示す。第1の実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図3の実施例にも適用する。図1の第1の実施例と比較して、図3の実施例において、第2の電極18は、円環形状の第1の崩壊領域24の外側にある又はその領域24を囲んでいる第2の変換領域27内に置かれる。言い換えると、第2の電極18は、第2の空洞17の上に置かれる。第2の電極は、円環形状の第1の崩壊領域24に（少なくとも）極めて近接して（又はすぐ近隣に）置かれている。第2の電極18は、空洞17の高さが円滑に又は連続して零に減少する領域において、この空洞17の上に置かれる。図3及び図3aにおいて、空洞17における陰影又はドットは、結合を位置関数として示す。ドットの密度の増大は、結合の増大を示している。図に示すように、支持体15（又はセルの外側領域22）において結合は最少又はごく僅かであり、崩壊領域24にかけて増大している。10

【0048】

第1の実施例と第2の実施例とを組み合わせるのも可能であると理解されたい。このような場合、第2の電極18は、第1の変換領域26内に置かれる第1の電極部と、第2の変換領域27内に置かれる第2の電極部とを有する。

【0049】

図4は、本発明の第3の実施例による崩壊前の静電容量型トランステューサーセルの断面図を示し、図4aは図4のセルの上面図を示す。先行する実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図4の実施例にも適用する。図4の実施例のセルは、図2の実施例のセルに基づいている。しかしながら、図4の実施例において、膜14はさらに、内側領域20内に置かれる第2の崩壊領域28において基板12に崩壊している。このように、セルの電気機械結合エリアはさらに拡大する。第2の崩壊領域28は、セル10又は膜14の中心Cに置かれる。第1の空洞13はここで円環形状である。第2の崩壊領域28は、円（円環ではない）形状である。図4の実施例において、円環形状の第2の電極18は、図2を参照して説明されるように、第1の変換領域26内に置かれる。第2の電極18は、第2の崩壊領域28に（少なくとも）極めて隣接して（又はすぐ近隣に）置かれている。第2の電極は、第1の崩壊領域24にも極めて隣接して及び第2の崩壊領域28のすぐ近隣にの両方で置かれる。特に、第2の電極18の外縁18aは、第1の崩壊領域24に極めて近接して置かれ、第2の電極18の内縁18bは、第2の崩壊領域28に極めて近接して置かれる。図4及び図4aにおいて、空洞13における陰影又はドットは、結合を位置関数として示す。ドットの密度の増大は、結合の増大を示している。図に示すように、円環形状の空洞13の中央において結合は最少又はごく僅かであり、第1の崩壊領域24及び第2の崩壊領域28の両方にかけて増大している。2030

【0050】

上述した実施例において、膜14は、恒久的に崩壊する（機械的に崩壊する）ことができる、又は膜14は、セルの動作中にのみ崩壊する（電気的に崩壊する）ことができる。ここで、図5から図8を参照して、追加の崩壊電極を使用して電気的な崩壊の事例が説明される。40

【0051】

図5は、本発明の第4の実施例による崩壊前の静電容量型トランステューサーセルの断面図を示す。先行する実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図5の実施例にも適用する。図5の実施例のセルは、図2のセルに基づいている。しかしながら、図5の実施例において、膜14はさらに、第1の崩壊領域24に置かれる第3の電極19を有する。この第3の電極19は、膜14を基板2に崩壊させるのに使用される。膜14は、第1の電極16と第3の電極19との間に（十分な）電圧を印加することにより、基板12に崩壊する。従って、膜14の第3の電極19は、膜又はセルを崩壊させるのに使用され（崩壊電極とも呼ばれる）、及び膜14の第2の電極18はセンス電極(sense electrode)である。これらの電極18、19は電気的に分離されているので、崩壊領域24は、寄生容量50

の一因ではない。

【0052】

図6は、本発明の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示す。先行する実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図6に実施例にも適用する。図6の実施例のセルは、図4の実施例のセルに基づいている。しかしながら、図6の実施例において、膜14はさらに、第1の崩壊領域24に置かれる第3の電極19(図5の説明を参照)及び第2の崩壊領域28に置かれる第4の電極21を有する。第3の電極19及び第4の電極21は、膜14を基板12に崩壊させるのに使用される。膜14は、第1の電極16と第3の電極19との間に(十分な)電圧を印加することにより、及び第1の電極16と第4の電極21との間に(十分な)電圧を印加することにより、基板12に崩壊する。従って、膜14の第3の電極19及び第4の電極21は、膜又はセルを崩壊させるのに使用され(崩壊電極とも呼ばれる)、膜14の第2の電極18はセンス電極である。

【0053】

図7は、本発明の第6の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセル10の断面図を示す。先行する実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図7の実施例にも適用する。図7の実施例のセルは、第1の実施例と第2の実施例とを組み合わせたセルに基づいている。従って、第2の電極は、(第1の変換領域26内に置かれる)第1の円環形状の電極部18'及び(第2の変換領域27内に置かれる)第2の円環形状の電極部18"を有する。しかしながら、図7の実施例において、膜14はさらに、第1の崩壊領域24に置かれる第3の電極19を有する(図5又は図6の説明を参照)。第3の電極は従って(円環形状の崩壊領域24の内側にある)第1の円環形状の(内側)電極部18'と、(円環形状の崩壊領域24の外側にある)第2の円環形状の(外側)電極部18"との間に置かれる。

【0054】

図8a-8cは各々、図6の第5の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの電極の上面図の異なる例を示す。図8a-8cの各々において、第2の(センス)電極18、第3の(崩壊)電極19及び第4の(崩壊)電極21が示される。第2の(センス)電極18は、第3の(崩壊)電極19及び/又は第4の(崩壊)電極21とは電気的に分離されている。第3及び第4の(崩壊)電極19、21は電気接続されている。しかしながら、第3及び第4の(崩壊)電極19、21に別々の電圧を印加する必要がある又は印加を望む場合、第3及び第4の(崩壊)電極19、21が電気的に分離されることもできる。

【0055】

図8b又は8cは、第2の円環形状の電極18とのコネクタ38、並びに第3の電極19及び第4の電極21とのコネクタ39も示す。従って、図8b又は8cは、中心への独立したアクセスを与えるための電極を通すために例示的な電極形状を示す。図8a-8cの各々において、中心への独立したアクセスは、電極21を電極18に接続することなく、この電極21への電圧を得るために必要である。図8aにおいて、これは例えば電極18の上部にわたるバイアスにより達成される。しかしながら、これは幾つかの余分なステップ、追加のコスト及び装置の複雑さを要求する。図8bにおいて、第2の電極18は、この電極の円環形状において1つの開口を持ち、第3の電極19は、この電極の円環形状において1つの開口を持つ。第4の電極21へのコネクタ39は、第2の電極18の開口内に置かれ、第2の電極18へのコネクタ38は、第3の電極19の開口内に置かれる。図8cにおいて、第2の電極18は、この電極の円環形状において複数の開口を持ち、第3の電極19は、この電極の円環形状において複数の開口を持つ。このように、第2の電極18及び第3の電極19は各々セグメントに分けられている。図8cにおいて、電極18、19の各々は、4つのセグメントに分けられている。さらに近似した放射相称を与るために、各電極をさらに多くのセグメントに分けることが望ましい。しかしながら、これら電極がより少ないセグメント、従って少なくとも2つのセグメントに分けられることも

できる。これらセグメントは、前記内側領域（又は膜領域）の外側において外部から接続されることができる。図8cに見られるように、第2の電極18との各々のコネクタ38は、第3の電極19の2つのセグメントの間を延在している。各々のコネクタ39は、第2の電極18の2つのセグメントの間を延在している。言い換えると、第4の電極21への1つのコネクタ39は、第2の電極18の各々の開口内に置かれ、第2の電極18への1つのコネクタ38は、第3の電極19の各々の開口内に置かれる。

【0056】

一般的に、崩壊前のセルにおいて、例えば電気的な崩壊又は機械的な崩壊を用いるような、異なる方法を用いて膜が崩壊することができる。ある例において、膜14は、内側領域に内部応力を持つことができる。特に、この内部応力が膜14を基板から離れて膨らませることができる。このように、膜14と基板12との間に空洞13、17が設けられる。内部応力が無いと、第1の変換領域26（円環形状の崩壊領域24の内側にある又はこの領域24により囲まれる領域）は、基板12と接したまま留まる。

10

【0057】

ある例において、第1の変換領域25における膜14の残留応力は、空洞13（又は間隙）が存在するように圧縮されることがある。この圧縮される応力の領域は、膜の中立面と、空洞若しくは間隙から遠位にある（又は離れた側を向く）膜の表面との間になければならない。さらに、圧縮される応力の領域は、円環形状の崩壊領域の中心から略半径に延在することができる。プレート及びシェルの機械工学の理論において知られるように、膜が曲げられるとき、伸長又は圧縮を受けない中立面が膜に存在する。この中立面の一方の側にある如何なる圧縮応力も、応力を受けた側から離れて凹むように膜を曲げ、反対に中立面の一方の側の如何なる引張応力も応力を受けた側に向かい凹むように膜を曲げる。

20

【0058】

代替例において、前記応力は、張力であり及び膜の中立面と、空洞若しくは間隙に隣接する（又はそれに向いている）膜の表面との間にある。他の例は、崩壊したリングの遠位及びその上にある張力、崩壊したリングの近位及びその上にある圧縮、又は上述した例の如何なる組み合わせを含むこともできる。さらに、例えば圧縮及び遠位又は張力及び近位のような崩壊したリングの外側に追加の層が存在することができる。

【0059】

膜の内部応力は例えば、膜の化学量論により又は異なる材料による多層の膜と、これら膜にある応力とを使用することにより制御されることがある。例えば、材料析出条件も膜の応力に影響を及ぼす。特別な例として、膜の基材が二酸化ケイ素、窒化ケイ素及び/又はオキシ酸化ケイ素から作られる場合、二酸化ケイ素は圧縮であり、窒化ケイ素は張力である、及びオキシ酸化ケイ素における応力は、化学量論を用いて制御されることがある。電極材料の構成は、前記応力にも影響を及ぼすことがある。電極材料及び堆積パラメタの選択を介した、並びに適切な追加の材料からなるパターン層を介した、追加の応力の寄与は含まれる。

30

【0060】

図9は、本発明の他の実施例による崩壊前の静電容量型トランスデューサーセルの断面図を示し、図9aは、図9のセルの上面図を示す。先行する実施例に対する夫々の説明及び参照番号は、図9の実施例にも適用する。図9の実施例において、膜14は、基板12（又は電極16）の平面上にある柱又は突起部15aにより、中央領域29において基板12に取り付けられている。突起部15aは、基板12と膜14との間に置かれる。第1の円環形状の空洞13は、突起部15aを取り囲む領域において膜14と基板12との間に形成される。好ましくは突起部15aは、支持体15を設けるのと同じ処理ステップで設けられる。突起部15aは円形状であり、セルの中心Cの周りの中央領域29に置かれる。空洞13の高さ（又は間隙の厚さ）は、突起部15aにおいて（空洞の最大の高さから）急に又は不連続に零になる。従って、突起部15aは、第2の崩壊領域ではなく、故に（第2の崩壊領域を持つ図4又は図6の実施例に比べ）多くの結合は提供しない。しかしながら、図9の実施例は、強固であり、製造が容易である。図9の実施例において、膜

40

50

14は、第3の(崩壊)電極19に印加されるバイアス電圧により崩壊し、膜14に応力を加えることで崩壊はしない。従って、図9の実施例において、膜の内部応力は必要ない。

【0061】

図9及び図9aにおいて、第1の空洞13及び第2の空洞17における陰影又はドットは、結合を位置関数として示す。ドットの密度の増大は、結合の増大を示している。図に示すように、円環形状の第2の空洞17において、支持体15(又はセルの外側領域22)における結合は最少又はごく僅かであり、崩壊領域24にかけて増大する。円環形状の第1の空洞13において、突起部15a(又は中心C)における結合は最少又はごく僅かであり、崩壊領域24にかけて増大する。

10

【0062】

図9の断面図は、図9aの上面図に見られるように、1つの単独(円形状)セル10を示していると指摘される。セル10は、中心C又は中心の突起部15aの周りで(円)対称である。さらに、図9の実施例において、第2の電極は、(第1の変換領域26内にある)第1の円環形状の電極部18'及び(第2の変換領域27内にある)第2の円環形状の電極部18"を有する。しかしながら、第2の電極は、第1の変換領域26又は第2の変換領域27の何れか一方にだけ置かれることもできると理解されたい。

【0063】

図2から図9を参照して上述した実施例において、第1の(下部)電極16は、基板の基材に付けられる、及び内側領域20(又は膜若しくはセル)全体にわたり延在している連続層であるように示されている。しかしながら、他の如何なる適切な第1の電極が用いられ得ると理解されたい。例えば第1の電極は、円環形状の電極とすることができます及び/又は内側領域(又は膜若しくはセル)全体にわたり延在しないこともできる。図2から図7を参照して上述した実施例において、第2の電極18は、円環形状の電極である、及び内側領域20(又は膜若しくはセル)全体にわたり延在していなくても、他の如何なる適切な第2の電極が用いられ得ると理解されたい。例えば、第2の電極は、円環形状の電極とすることができます及び/又は内側領域(又は膜若しくはセル)全体にわたり延在することができます。ここに開示される全ての事例又は実施例において、電極の形状は、トランステューサーセルの動作に影響を及ぼすことなく、膜と基板との間で交換されてもよい。

20

【0064】

図2から図9を参照して上述した実施例において、セル10は円形状のセルである。円形状は、利用可能な空間のかなり良い充填及び/又はほんのわずか高い次元の振動モード、特に送信されるエネルギーに望ましいモードと競合する又は所望する受信信号を不明瞭にする不要な信号を作る振動モードを提供する。しかしながら、他の如何なるセルの形状、例えば楕円形、多角形、六角形、矩形又は正方形等も使用され得ると理解されたい。従って、概念を説明するのに使用される円対称が限定であると考えるべきではない。

30

【0065】

本発明はさらに、以下の実施例の1つ以上に基づいて説明することができます。第1の実施例において、中心における通常の崩壊領域に代わり又はそれに加えて、この中心から離れた円環領域において崩壊を引き起こす。このように、活性変換のエリアが大きく増大する。第2の実施例において、1又は2つの電極が崩壊領域に設けてもよく、1つ目は装置の中心に、2つ目は外周の周りに設けられる。第3の実施例において、変換のために別個の円環電極が与えられる。第4の実施例において、膜は、変換領域においてこの膜を基板から離れるように膨らませる内部応力分布を用いて構成される。

40

【0066】

技術的観点から、本発明の崩壊前の静電容量型トランステューサーセル(特にcMUT)は原則的に、例えば国際出願公開番号第2010/032156に詳細に開示される従来の"無崩壊の"静電容量型トランステューサーセル(特にcMUT)と同じ又は同様の方法で製造されることができ、この公報は、参照により含まれるものとする。

【0067】

50

本発明は、超音波を送信及び/又は受信する如何なる静電容量型トランスデューサーセル（cMUT）、特に（例えば少なくとも30MHzまで又はそれよりも高い）多重電極構造を支持するのに十分な大きさのcMUTセルに応用可能である。しかしながら、原則的に本発明は、例えば圧力を測定するための圧力センサー又はトランスデューサーのような他の如何なる崩壊前の静電容量型トランスデューサーにも応用可能である。トランスデューサーという言葉はセンサーの特別な事例も含んでいると理解されたい。

【0068】

本発明が図面及び上記説明において詳細に説明及び記載されているのに対し、このような説明及び記載は、説明的又は例示的であり、限定的であるとは考えるべきではない。本発明は開示される実施例に限定はされない。開示した実施例以外の変形例は、図面、明細書及び特許請求の範囲を学ぶことにより、請求する本発明を実施する当業者により理解及びもたらされることができる。

10

【0069】

請求項において、"有する"という言葉は、他の要素又はステップを排除するものではなく、複数あると述べないことが、それらが複数あることを排除するものではない。単独の要素又は他のユニットが請求項に挙げられる幾つかのアイテムの機能を果たしてもよい。ある方法が互いに異なる従属請求項に挙げられているという単なる事実は、これらの方法の組み合わせが有利に用いられないことを示してはいない。

【0070】

これら請求項における如何なる参照符号は、その範囲を限定するとは考えない。

20

【図1】

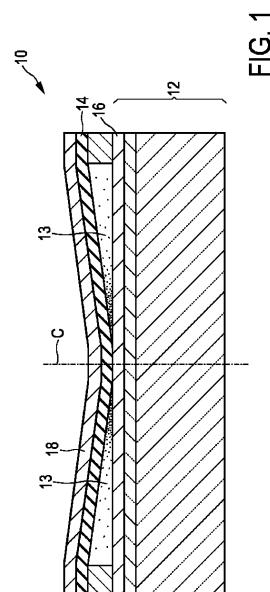


FIG. 1

【図1a】

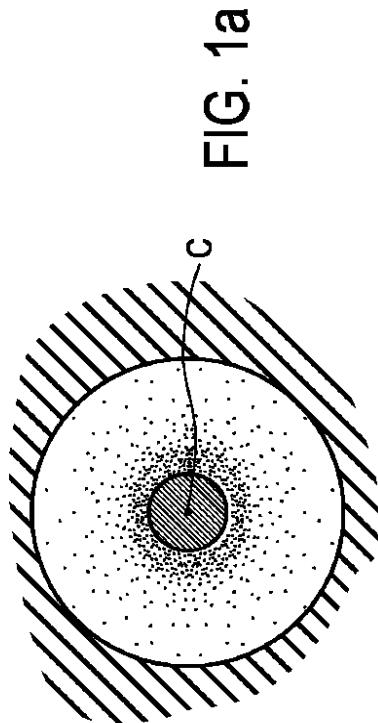
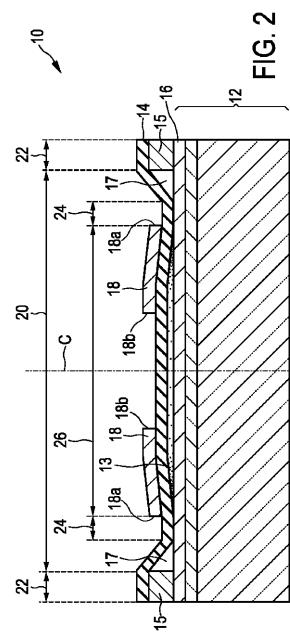
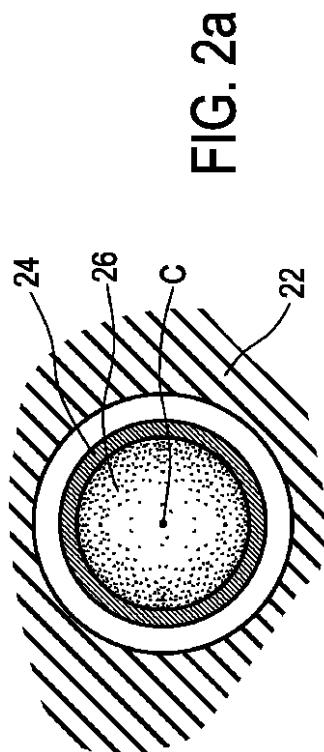


FIG. 1a

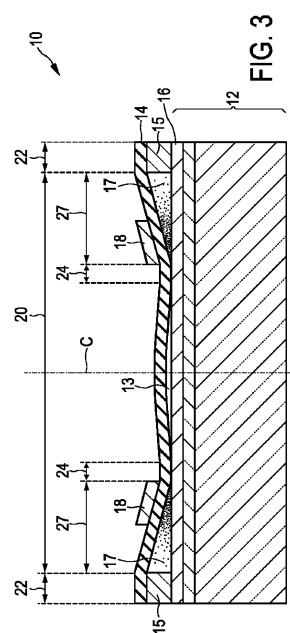
【 図 2 】



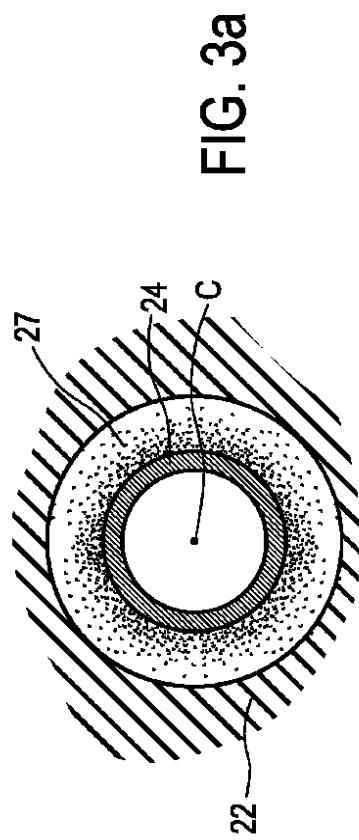
【図2a】



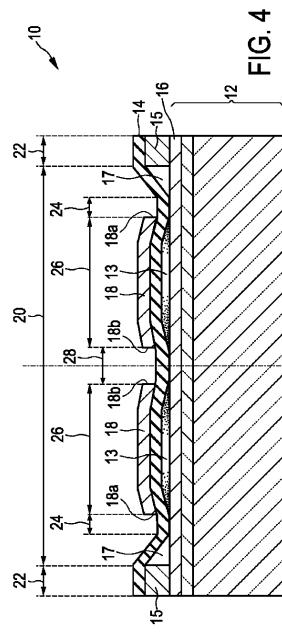
【図3】



【図3a】

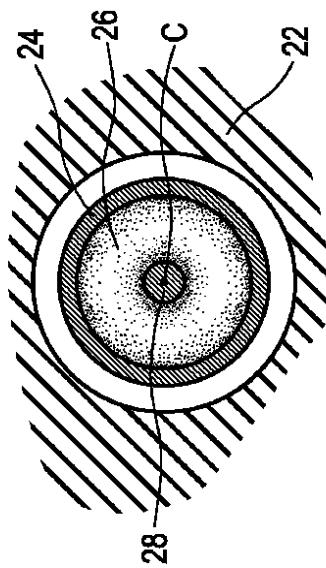


【図4】



【図4 a】

FIG. 4a



【図5】

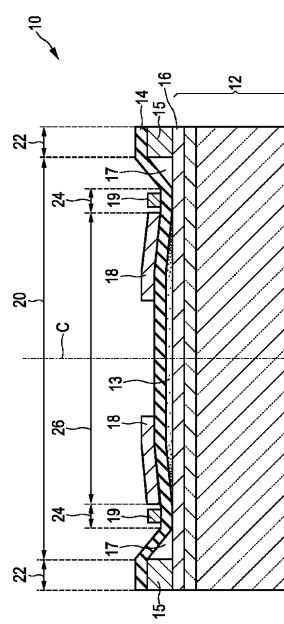


FIG. 5

【図6】

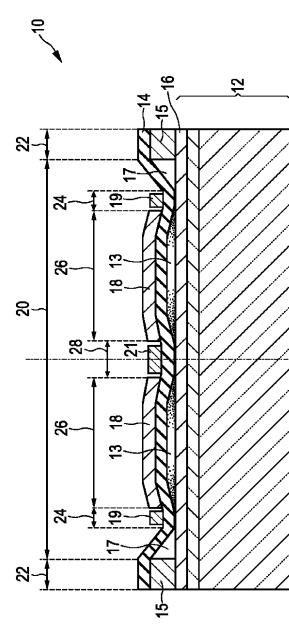


FIG. 6

【図7】

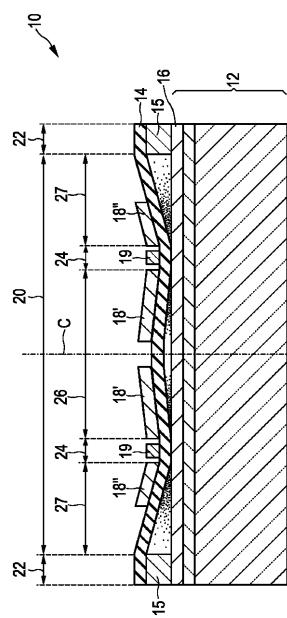


FIG. 7

【図 8 a】

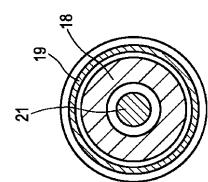
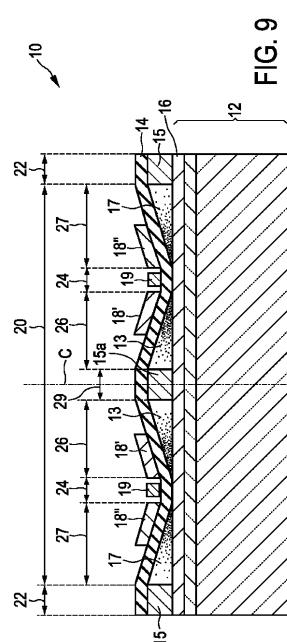


FIG. 8a

【図9】



9

【図9a】

FIG. 9a

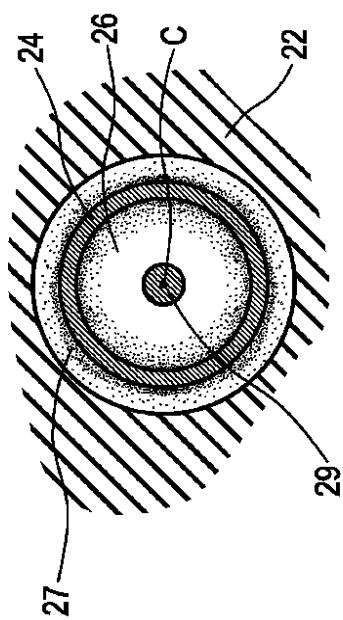
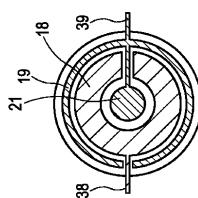


FIG. 8b

【 図 8 b 】



【図8c】

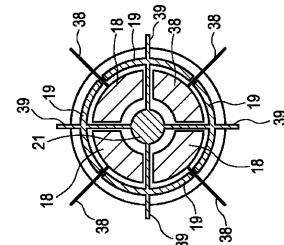


FIG. 8C

フロントページの続き

(72)発明者 ロビンソン アンドリュー リー
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 フラセル ヨン ダフラス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス ビルディング
4 4

審査官 武田 裕司

(56)参考文献 特表2011-522444(JP, A)
国際公開第2010/097729(WO, A1)
特開2009-100459(JP, A)
特表2004-536455(JP, A)
特開2007-074628(JP, A)
特開2006-020313(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 04 R 19 / 00
A 61 B 8 / 00
H 04 R 31 / 00