

(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2018-512766

(P2018-512766A)

(43) 公表日 平成30年5月17日(2018.5.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 19/00 (2006.01)	H04R 19/00 330	4C601
A61B 8/14 (2006.01)	A61B 8/14	5D019

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-544959 (P2017-544959)
 (86) (22) 出願日 平成28年2月23日 (2016.2.23)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年8月24日 (2017.8.24)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2016/053799
 (87) 国際公開番号 W02016/139087
 (87) 国際公開日 平成28年9月9日 (2016.9.9)
 (31) 優先権主張番号 15157276.5
 (32) 優先日 平成27年3月3日 (2015.3.3)
 (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】 音響窓層を有するCMUTアレイ

(57) 【要約】

音響波送信に対する超音波アレイは、少なくとも1つの容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ(CMUT)セル6を有し、前記CMUTセルは、基板4と、第1の電極7と、間に空洞8を挟んで前記第1の電極及び前記第2の基板に対向する第2の電極7'を持ち、セル活性化時に振動するように構成されるセル膜5と、前記セル膜を覆い、外側表面及び前記セル膜に対向する内側表面を持つ音響窓層13とを有する。前記音響窓層は、抗酸化物質の分子及び中に絶縁粒子41を埋め込まれた高分子材料47を有する第1の層を有し、前記高分子材料は、水素及び炭素原子からなり、 0.95 g/cm^3 以下の密度及び 1.45 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ。この音響窓層は、CMUTベースのアレイを用いる応用において、広い帯域幅及び低い減衰のような改良された音響性能を提供する。

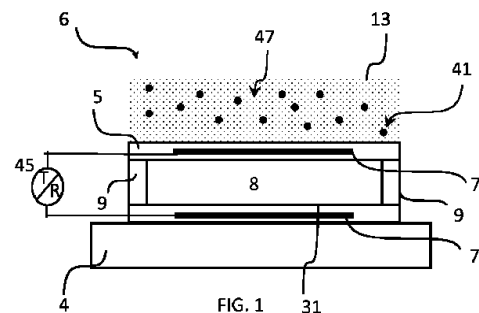


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板、第 1 の電極、及び間に空洞を挟んで前記第 1 の電極及び前記基板に対向する第 2 の電極を持ち、セル活性化時に振動するように構成されるセル膜を有する少なくとも 1 つの容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ (CMUT) セルと、

外側表面及び前記セル膜に対向する内側表面を持ち、前記セル膜を覆う音響窓層と、を有する音響波送信に対する超音波アレイにおいて、

前記音響窓層が、抗酸化物質の分子及び中に粒子を埋め込まれた高分子材料を有する第 1 の層を有し、前記高分子材料が、水素及び炭素原子を含み、前記第 1 の層が、 0.95 g/cm^3 以下の密度及び 1.45 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つことを特徴とする、超音波アレイ。

10

【請求項 2】

前記高分子材料が、熱硬化エラストマを有する、請求項 1 に記載の超音波アレイ。

【請求項 3】

前記超音波アレイが、80%より高い、好ましくは100%より高い比帯域幅を持つ、請求項 1 又は 2 に記載の超音波アレイ。

【請求項 4】

前記熱硬化エラストマが、ポリブタジエンである、請求項 2 に記載の超音波アレイ。

【請求項 5】

前記第 1 の層が、前記第 1 の層の合計重量に基づく 4 乃至 24 重量パーセント、好ましくは 15 又は 20 重量パーセントの前記粒子を有する、請求項 1 に記載の超音波アレイ。

20

【請求項 6】

前記粒子が、音響波長の 10 分の 1 より小さい平均サイズを持つ、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の超音波アレイ。

【請求項 7】

前記粒子が、10 ナノメートル乃至 10 マイクロメートル、特に 10 ナノメートル乃至 100 ナノメートル又は 1 マイクロメートル乃至 10 マイクロメートルの平均サイズを持つ、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の超音波アレイ。

【請求項 8】

前記抗酸化物質の分子が、フェノール系安定剤である、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の超音波アレイ。

30

【請求項 9】

前記フェノール系安定剤の各分子が、ヒンダードフェノール基に結合された炭化水素鎖を持つ、請求項 8 に記載の超音波アレイ。

【請求項 10】

前記第 1 の層における前記抗酸化物質の分子の重量比が、多くとも 0.3%、好ましくは 0.1% である、請求項 8 に記載の超音波アレイ。

【請求項 11】

前記音響窓層が、前記第 1 の層より大きな硬度を持ち、前記外側表面に面する第 2 の層を有する、請求項 1 に記載の超音波アレイ。

40

【請求項 12】

前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の音響インピーダンス差が、 0.3 MRayl より小さい、請求項 11 に記載の超音波アレイ。

【請求項 13】

高分子材料を溶媒に溶かすステップと、

前記溶媒に抗酸化物質及び粒子を加えるステップであって、前記高分子材料は、前記高分子材料及び前記絶縁粒子の液体混合物が提供されるように、前記粒子に対する分散剤として機能する、当該加えるステップと、

集積回路に結合された少なくとも 1 つの CMUT セルを持つチップを提供するステップと、

50

前記液体混合物を有する層が前記ＣＭＵＴセルを覆うように、前記液体混合物内に前記チップを浸漬する又は前記チップ上に前記液体混合物を分注するステップと、

絶縁粒子の中に埋め込まれた高分子材料を有する音響窓層が提供されて前記ＣＭＵＴセルを覆うように、前記液体混合物から前記溶媒を蒸発させるのに十分な温度で前記層を硬化させるステップと、

を有する超音波アレイを製造する方法。

【請求項１４】

前記高分子材料が、ポリブタジエンである、請求項９に記載の超音波アレイを製造する方法。

【請求項１５】

請求項１乃至１２のいずれか一項に記載の超音波アレイを有する介入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、少なくとも１つの容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（ＣＭＵＴ）セルを有する音響波送信に対する超音波アレイに関し、前記ＣＭＵＴセルは、第１の電極を持つ基板と、間に空洞を挟んで前記第１の電極に対向する第２の電極を持ち、セル活性化（activation）すると振動するように構成されるセル膜と、前記セル膜を覆い、外面及び前記セル膜に対向する内面を持つ音響窓層とを有する。

【０００２】

本発明は、更に、このようなアレイの製造方法及びこのような超音波アレイを有する超音波撮像システムに関する。

【背景技術】

【０００３】

いかなる超音波（撮像）アレイの中心となるのは、電気エネルギーを音響エネルギーに及びその逆に変換する超音波トランスデューサである。半導体技術における近年の進歩は、容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（ＣＭＵＴ）の開発をもたらした。これらのトランスデューサは、従来の圧電ベースの超音波トランスデューサ（ＰＺＴ）を置き換える潜在的な候補であると見なされる。ＣＭＵＴトランスデューサセルは、膜とも称される可動機械部分を持つ空洞及び前記空洞により分離された電極の対を有する。超音波を受信する場合、超音波は、前記膜に移動又は振動させ、前記電極間のキャパシタンスを変化させ、これは検出されることができる。これにより、超音波は、対応する電気信号に変換される。逆に、前記電極に印加された電気信号は、前記膜に移動又は振動させ、これにより超音波を送信する。

【０００４】

ＣＭＵＴの利点は、これらが、半導体製造プロセスを使用して作成されることができ、したがって、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）と一体化されるのが、より容易でありえ、ＣＭＵＴトランスデューサが、従来のＰＺＴに対して低コスト、拡張された周波数範囲及びより細かい音響ピッチを提供することである。

【０００５】

ＰＺＴベースの技術から本質的に、一般に使用されるＣＭＵＴを持つ超音波アレイのほとんどは、シリコンゴム、例えばＲＴＶのようなＰＺＴベースのトランスデューサに対して使用される材料から選択された音響窓又はレンズ材料を持つ。

【０００６】

しかしながら、ＣＭＵＴは、ＰＺＴとは異なる電気音響変換のメカニズムを有し、ＣＭＵＴ膜と音響窓又はレンズに使用される音響材料との間の相互作用は、トランスデューサの音響性能を低下させうる。

【０００７】

ＵＳ２０１３／０３０１３９４Ａ１は、ＣＭＵＴと音響窓との間で結合媒体を使用することを提案する。媒体材料の提示された例は、プラスチック、ゴム、室温硬化シリコン（

10

20

30

40

50

R T V)、ドライフィルムフォトレジストのような固体ベース材料、又はオイル、ゲルのような液体ベース材料のいずれかを含む。この結合媒体の欠点は、前記結合媒体材料の提案されたリストが、伝搬する音響波に対してしばしば強力な減衰を示す広い範囲の音響特性を持つ異なる材料を含むことである。特定の媒体材料の選択は、更に、前記超音波アレイに使用される音響窓層に対する調節を必要とする。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

音響波送信に対する C M U T ベースの超音波アレイに適した改良された音響窓層を提供する必要性が存在する。

10

【0009】

本発明の目的は、改良された音響波伝搬を提供する、冒頭の段落に記載された種類の少なくとも1つの容量性マイクロマシン超音波トランスデューサセルを有する超音波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】

【0010】

この目的は、抗酸化物質の分子と粒子を中に埋め込まれた高分子材料とを有する第1の層を有する音響波窓層を提供することにより本発明によって達成され、前記高分子材料は、水素及び炭素原子を含み、 0.95 g/cm^3 以下の密度及び 1.45 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ。

20

【0011】

容易に位置づけられ、所望の形状にモールドイングすることにより形成される、硬化（ここで室温硬化ゴム又は R T V とも称される）音響レンズ材料により得られ、前記 C M U T アレイと接触させられた従来の充填シリコンゴムが、通常の周波数依存減衰に加えて前記 C M U T アレイに追加の音響的損失を導入することが発見された。この損失は、 2 dB のオーダの増大された減衰及び 4 MHz までの中心周波数のダウンシフトに表れる。水素及び炭素原子のみを含む高分子材料が、 2 乃至 25 MHz のような、医療用超音波において使用可能な広い範囲の音響波周波数に対して 1.5 dB より低い、通過する音響エネルギーに対するミリメートルごとの音響損失を示しうることが発見された。本発明の特徴的なフィーチャは、前記第1の層が、追加的に、抗酸化物質の分子を有し、これは、前記高分子層が時間とともに更に架橋（酸化）することを防ぐ。したがって、前記抗酸化物質は、硬度のような前記高分子材料の特性を時間において一定に保つ。この高分子材料に埋め込まれた粒子の導入は、前記音響層の合計インピーダンスを増大させ、約 1.6 MRayl の超音波処理された組織のインピーダンス値に近づける可能性を提供する。前記高分子層が、このような低い音響エネルギー損失（減衰）を示すという事実により、前記埋め込まれた粒子により生じる可能な追加の音響損失は、前記音響窓層を通る音響波伝搬の品質に影響を与えるために十分に低くてもよい。前記高分子材料が、炭素及び水素原子のみを含み、 0.95 g/cm^3 以下の密度及び 1.45 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ場合、前記 C M U T セルの前記膜に対する前記音響窓層の直接的な音響結合が、提供される。したがって、前記音響窓と前記 C M U T アレイとの間の追加の結合媒体は、必要とされない。更に、 1.4 MRayl 以上の音響インピーダンスは、前記第1の層のインピーダンスを前記超音波処理された組織のインピーダンス（ 1.6 MRayl ）に近づけるために前記粒子の比較的少ない量を必要とする。

30

40

【0012】

本発明の一実施例において、前記高分子材料は、熱硬化性エラストマを有する。

【0013】

熱硬化ゴムとしても知られる、水素及び炭素原子のみを含む前記熱硬化エラストマは、比較的低い密度を持ち、未硬化状態において、（エラストマに対して典型的な） 50 ショア A より低い硬度値を持つ。低い音響波減衰と組み合わせたこれらの特性は、前記音響窓層に対する前記 C M U T 振動膜の改良された音響結合に対して有益な効果を提供しう。

50

加えて、前記エラストマの音響インピーダンス値は、組織のインピーダンスにより近く、これは、平均で、音響インピーダンス調整に対して必要とされる、より少量の導入された粒子を、もたらしうる。

【0014】

本発明の他の実施例において、前記熱硬化エラストマは、ポリブタジエンである。

【0015】

ポリブタジエンは、水素及び炭素（炭化水素）以外の原子タイプを含まない熱硬化エラストマに属する。この材料は、伝搬する音響エネルギーに対して最も低い減衰効果の1つを示す。加えて、ポリブタジエン材料は、伝搬する音響信号に対する3dB点において約140%の大きな帯域幅を提供する。前記抗酸化物質分子は、ポリブタジエンを有する前記第1の層の硬度を、50ショアをはるかに下回る約5ショアに保つ。ポリブタジエン材料に対する絶縁粒子の追加は、前記材料の硬度を著しく変化させることはない。したがって、前記CMUTの前記膜に対する埋め込まれた粒子を持つポリブタジエンを有する前記音響窓層の音響結合は、振動（可動）部分の機械的特性の最適な保存を提供し、最適な音響エネルギー伝搬をもたらす。

【0016】

本発明の他の実施例において、前記熱硬化ゴムは、ブチルゴムのような共重合体である。

【0017】

2つの単量体を有する共重合体は、イソプレンのような前記単量体の1つから有益な音響特性の一部を引き継ぐことにより前記音響層の減衰及び硬度調整に対する更なる可能性を提供する。特に、ブチルゴムは、イソブチレン イソプレン共重合体であり、40ショアAまで低い硬度を示す。

【0018】

他の実施例において、前記抗酸化物質の分子は、フェノール系安定剤であり、前記フェノール系安定剤の各分子は、ヒンダードフェノール基に結合された炭化水素鎖を持つ。

【0019】

前記フェノール系安定剤の分子の前記炭化水素鎖は、ポリブタジエンのような高分子材料に対する前記抗酸化物質の混合を改良し、前記分子の頭部を形成するヒンダードフェノール基は、水素供与体として機能し、これにより外側から酸素を中和する。

【0020】

他の実施例において、前記第1の層における抗酸化物質の分子の重量比は、多くとも0.3%であり、好ましくは0.1%である。

【0021】

これらの濃度範囲は、前記高分子層の音響特性を変更せずに保ち、大気暴露により引き起こされる前記層の酸化を効率的に防ぐ。

【0022】

本発明の他の実施例において、前記第1の層は、前記第1の層の合計重量に基づいて4乃至24重量パーセント、好ましくは15又は20重量パーセントの前記粒子を有する。

【0023】

前記高分子層が、例えばシリコンゴムと比較して、比較的低い密度及び比較的高い音響インピーダンスを持つという事実により、前記第1の層の合計重量に基づくより小さな重量パーセントの（前記高分子層に埋め込まれた）前記粒子が、更なる音響インピーダンス調整のために加えられる必要がありうる。

【0024】

本発明の他の実施例において、前記粒子は、前記音響窓層を通して伝搬する音響波長の10分の1より小さい平均サイズを持つ。

【0025】

前記粒子の平均サイズは、好ましくは、選択された超音波応用に対する動作帯域幅内の最短波の音響波長の10分の1より小さい。前記粒子の平均サイズが、前記伝搬する波の

10

20

30

40

50

波長より大きくなる場合、前記音響窓層内の追加の散乱が起こりうる。

【0026】

本発明の他の実施例において、前記粒子は、10ナノメートル乃至10マイクロメートル、特に10ナノメートル乃至100ナノメートル又は1マイクロメートル乃至10マイクロメートルの平均サイズを持つ。

【0027】

平均粒子のこれらの範囲は、異なる周波数における超音波撮像システムの主要な応用をカバーする。例えば、1500 m/sの音響波速度に対して、前記音響波長の10分の1は、1 MHzの周波数に対して150マイクロメートル、10 MHzの周波数に対して15マイクロメートル及び30 MHzの周波数に対して5マイクロメートルである。

10

【0028】

本発明の一実施例において、前記粒子は、セラミック粒子である。

【0029】

セラミック粒子は、高度に絶縁し、化学的に安定であることができる。更に、これらは、より明確なサイズ分布で既知の技術を使用して製造されることができる。

【0030】

本発明の他の実施例において、前記超音波アレイは、80%、好ましくは100%より上の比帯域を持つ。

【0031】

前記音響窓層の前記第1の層により重ねられた前記超音波アレイが、前記音響波伝搬に対して最適な条件（時間に対して安定）で提供され、前記第1の層は、前記セル膜と直接的に接触し、抗酸化物質分子と水素及び炭素原子を含む高分子材料、好ましくは熱硬化エラストマとを有し、前記高分子層は、0.95 g/cm³以下の密度及び1.45 Mrayl以上の音響インピーダンスを持つ。したがって、本発明の超音波アレイは、従来の音響層と比較して、本発明の音響窓層の改良された音響特性により超広帯域幅を持つ。これは、前記超音波CMUTアレイに対して追加の利点を提供し、2 MHz乃至30 MHzのような可変の超音波周波数において動作することができる。

20

【0032】

本発明の一実施例において、前記音響窓層は、更に、前記外側表面に面し、前記第1の層より大きな硬度を持つ第2の層を有する。

30

【0033】

例えばポリメチルペンテンのような比較的硬い層を有する前記追加の第2の層は、前記音響窓層に対して環境の影響に対する改良された化学的安定性を提供する。

【0034】

本発明の他の実施例において、前記第1の層と前記第2の層との間の音響インピーダンス差は、0.3 Mraylより小さい。

【0035】

この条件は、前記音響窓層を通して伝搬する音響波が前記2つの層の境界において多量の後方散乱を経験しないように、前記第1の層と前記第2の層との間の音響インピーダンス不整合を最小化する。

40

【0036】

本発明の他の実施例において、超音波アレイを製造する方法は、高分子材料を溶媒に溶かすステップと、前記溶媒に抗酸化物質及び粒子を加えるステップであって、前記高分子材料及び前記粒子の液体混合物が提供されるように前記高分子材料が前記粒子に対する分散剤として機能する、当該加えるステップと、集積回路に結合された少なくとも1つのCMUTセルを持つチップを提供するステップと、前記液体混合物を有する層が前記CMUTセルを覆うように、前記チップを前記液体混合物内に浸漬(dipping)する又は前記液体混合物を前記チップ上に分注(dispensing)するステップと、粒子を中に埋め込まれた高分子材料を有する音響窓層が提供されて前記CMUTセルを覆うように、前記液体混合物から前記溶媒を蒸発させるのに十分な温度で前記層を硬化させるステップとを有する。

50

【 0 0 3 7 】

この新しい方法は、埋め込まれた粒子を持つ高分子材料に基づく前記音響窓層の工業生産まで拡大されることができる。更に、これは、浸漬技術により集積回路に結合されたCMUTセルを持つチップ上に前記音響窓材料の均質な層を作成することを可能にする。浸漬又は分注技術は、ワイヤボンディングのような前記集積回路に対する異なる様式のCMUTボンディングを有する異なるチップサイズに対して有益に使用されることができ、一般に使用される製造方法でコーティングされた一般に使用される音響窓材料は、組織整合音響インピーダンス及び最小化された音響損失を持つ均質な音響層を提供するのに失敗する。

【 0 0 3 8 】

前記方法の他の実施例において、前記高分子材料は、ポリブタジエンである。

【 0 0 3 9 】

好ましくは絶縁性の、埋め込まれた粒子による増大された音響インピーダンスと組み合わせられたブタジエンの低い減衰特性は、前記アレイにわたる前記音響窓層の厚さに対する厳しい要件を下げる。これは、超音波アレイ製造に対する高速かつ容易な方法を提供する。

【 0 0 4 0 】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載される実施例を参照して説明され、明らかになる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 1 】

【 図 1 】 粒子の中に埋め込まれた高分子材料及び抗酸化物質を有する第 1 の層を持つ音響窓層を有する超音波アレイのCMUTセルの側面図を概略的に及び典型的に示す。

【 図 2 】 第 1 の層と、外側表面に面し、耐久性のある層を有する第 2 の層を持つ音響窓層を有する超音波アレイのCMUTセルの側面図を概略的に及び典型的に示す。

【 図 3 】 基準音響信号を示すグラフである。

【 図 4 】 ポリブタジエンを有する第 1 の層を持つ音響窓層及び少なくとも 1 つのCMUTセルを有する超音波アレイの正規化された出力圧力を示す。

【 図 5 】 ポリブタジエンを有する第 1 の層及びポリメチルペンテンを有する第 2 の層を持つ音響窓層及び少なくとも 1 つのCMUTセルを有する超音波アレイの正規化された出力圧力を示す。

【 図 6 】 異なる音響窓材料に対して通過する音響エネルギーに対するミリメートルごとの音響損失 (dB 単位) の音響周波数依存性を比較するグラフである。

【 図 7 】 本発明による超音波アレイを製造する方法を概略的に示す。

【 図 8 】 音響窓層堆積前 (a) 及び後 (b) のボンディングワイヤと一緒に超音波アレイを有するチップの写真を示す。

【 図 9 】 超音波撮像システムの一実施例の概略図を示す。

【 図 10 】 崩壊モードで動作し、音響窓層に音響的に結合されるCMUTセルの側面図を概略的に及び典型的に示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 2 】

図 1 は、本発明によるCMUTセルを断面図で概略的に及び典型的に示す。このようなCMUTセルは、典型的には、シリコンウエハのような基板 4 上に製造される。超音波システムの超音波アレイは、1 以上のCMUTセル 6 を有しうる。前記CMUTセルは、個別に活性化されるか又は互いに組み合わせて活性化されるかのいずれかでありうる。個別のセルは、丸い、長方形、六角形又は他の周囲の形状を持つことができる。

【 0 0 4 3 】

各CMUTセルは、少なくとも空洞 8 により分離された電極の対 7' 及び 7 を持つ。空洞 8 は、基板 4 の上面により形成されるセル床 3 1 上に掛けられた (suspended) 膜 5 の間に形成される。膜 5 は、窒化シリコンで作成されえ、移動又は振動するように構成され

10

20

30

40

50

る。これは、複数の支持部分 9 (図 1 において 2 つの支持部分 9 が図示される) によりセル床 3 1 (又は基板) 上に掛けられることができる。電極 7、7' は、金属のような導電性材料で作成される。底部電極 7 は、セル 3 1 の床に埋め込まれてもよく、上部電極 7' は、膜 5 に埋め込まれてもよい。電極 7 及び 7' は、追加の層としてセル床 3 1 又は膜 5 上に堆積され (deposited) てもよい。底部電極 7 は、典型的には、追加の層 (図示されない) を用いて空洞に面する表面において絶縁される。この絶縁層は、酸化窒化酸化 (ONO) 誘電層、酸化シリコン層、酸化アルミニウム又はハフニウム層のいずれか 1 つ又は組み合わせを有することができる。前記絶縁層は、底部電極 7 の上及び膜電極 7' の下に形成されうる。前記 ONO 誘電層は、有利には、装置不安定性、音響出力圧力におけるドリフト及び減少を引き起こす前記電極における電荷蓄積を減少する。支持部分 9 は、酸化シリコン又は窒化シリコンのような絶縁材料で作成されうる。空洞 8 は、空気若しくは気体を充填されるか、又は全体的に若しくは部分的に真空化されるかのいずれかであることができる。空洞 8 により分離された 2 つの電極 7 及び 7' は、キャパシタンスを表す。電極 7 及び 7' に結合された駆動回路 4 5 による電気信号の印加は、膜 5 の機械的移動 / 振動を引き起こし、これは、キャパシタンスの変化を生じ、CMUT トランスデューサ集積回路に関連付けられることにより操作されることができる。駆動回路 4 5 は、前記集積回路の集積部分として実施されることができる。駆動回路 4 5 は、通常、AC 信号及び DC 信号源を有し、これらのソース回路に関連付けられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

本発明の原理によると、前記 CMUT セルの膜 5 は、前記セル膜を覆い、前記セル膜に対向する内側表面及び前記内側表面の反対方向に配置される外側表面を持つ音響窓層 1 3 に音響的に結合される。前記外側表面は、超音波検査の対象であることができる患者又は対象に面する側のいずれかでありうる。前記音響窓層は、抗酸化物質と、粒子 4 1 を中に埋め込まれた高分子材料 4 7 を有する第 1 の層とを有する。本発明によると、前記高分子材料は、水素及び炭素原子を含み、 0.95 g / cm^3 以下の密度及び 1.4 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ。特に、適切な材料は、熱硬化ゴム (エラストマ) から選択されてもよい。

【 0 0 4 5 】

水素及び炭素原子に対する前記高分子材料の限定的な含有量により、前記材料の密度は、他の高分子材料、特にゴムと比較して比較的低い。

【 0 0 4 6 】

エラストマは、一般に、「からめられた (knotted) 」分子鎖の広い網目の架橋により特徴づけられる。このタイプの架橋は、前記材料が、高レベルの寸法安定性を持つが、依然として弾性的に可鍛であることを意味する。荷重 (例えば引張荷重) を加えることにより、前記鎖は、延伸されるが、前記荷重の除去後には、再び緩和する。未硬化エラストマの典型的な硬度は、デュロメータ (A スケール) により測定される 50 ショア A より低い。一般に、硬化 (焼成) エラストマは、50 ショア A より高い硬度を示す。硬度を 50 ショア A より低く保つために、層を有するエラストマは、硬化過程であることができ (前記溶媒がステップに記載されるように完全に蒸発されていない) 、加えて、エラストマが大気からの酸素暴露下で時間に対して酸化することを防ぐために、前記抗酸化物質分子は、同様に前記第 1 の層に加えられる。エラストマは、熱硬化性樹脂であることもでき、前記熱交性樹脂の個別の分子鎖は、三次元の狭い網目の不可逆な架橋により特徴づけられる。熱硬化エラストマは、エラストマの中でも、更に融解可能ではない「純粋な」エラストマとは対照的に、化学的に及び機械的に安定しており、熱硬化エラストマは、熱可塑性物質と同様に加工されうる。

【 0 0 4 7 】

水素及び炭素原子を含み、 0.95 g / cm^3 以下 (特に 0.85 乃至 0.95 g / cm^3) の密度を持つ適切な熱硬化エラストマは、表 1 にリストされる。化学式は、高分子鎖形成に対して使用される単量体を表す。例えば、ポリブタジエン及びブチルゴムの最初の高分子鎖は、オレフィン (アルケンとも称される) を有する。熱硬化性樹脂製造の架橋

プロセスの間に、前記高分子鎖の多くの炭素 炭素二重結合は、壊され、鎖間結合（架橋）のネットワークを形成する。

【表 1】

熱硬化エラストマ	化学式	25°C における密度 (g/cm ³)
ポリブタジエン	$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right\}_n$	0.9-0.95
ブチル (イソプチレン- ソブレン共重合体)	$\left\{ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right\}_x \left\{ \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right\}_y$	約 0.92
エチレンプロピレン (EPM/EPDM)	$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right\}_x \left\{ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right\}_y \left\{ \text{+EPDMにおけるジエン単量体} \right\}_z$	0.85-0.87
イソブレン (合成シス- ポリイソブレン)	$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right\}_n$	0.91-0.92
天然	$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right\}_n$	0.91-0.93

表 1：水素及び炭素原子を含み、摂氏 25 度の温度における 0.95 g/cm³以下の密度を持つ熱硬化エラストマの例

応用に依存して、異なる硬度を持つ熱硬化エラストマが、選択されることができる。未硬化ポリブタジエンゴムは、50 ショア A より低い硬度を持ち、高分子鎖が 2 つの単量体、イソブチレン及びイソブレンからなるブチルゴムは、40 ショア A まで低い硬度値を示しうる。硬度を更に低く減少させるために、脂肪酸が、前記エラストマ材料の液体混合物に加えられることができる。これは、以下に詳細に論じられる。

【0048】

本発明による特性を持つ高分子材料は、1 乃至 20 MHz の範囲内の周波数を持つ音響波に対して大幅に低い減衰（dB 毎ミリメートルで測定された音響エネルギー損失）を持つことが示された。図 6 は、異なる音響窓材料に対して通過する音響エネルギーの減衰の音響周波数依存性を示す。シンボルは、測定されたデータを示し、線は、シミュレートされた依存性を示す。提示された材料は、周波数の増加に対して減衰値の着実な増加を示す。周波数に対して大幅に増加する最高の減衰は、一般的に使用される充填シリコンゴム（RTV-560、曲線 81）に対して観測され、減衰は、約 7 MHz の周波数においてほぼ 5 dB/mm に到達する。最小の減衰は、ポリブタジエン（曲線 85）に対して観測され、これは、5 MHz より低い周波数において 0.5 dB/mm 及び 10 MHz より低い周波数において 1 dB/mm より低い減衰を示す。更に記載されるように、ポリブタジエン材料に埋め込まれた絶縁粒子の導入でさえ、前記層の減衰を大幅に増加させない。曲線 84 は、ZrO₂ を合計重量の 20% 埋め込まれたポリブタジエン層の減衰が、5 MHz より低い周波数において 1 dB/mm 及び 10 MHz より低い周波数において 2 dB/mm より低いままであることを示す。比較のために、ポリメチルペンテン材料（三井の商品名 TPX、曲線 83）は、ポリブタジエンと RTV との間の減衰を示し、2 MHz における約

0.5 dB/mm から 10 MHz における 3 dB/mm まで変化する。前記第 1 の層の音響特性を一定に保つ（更なる硬化を防ぐ）ために、抗酸化物質分子が前記第 1 の層に加えられることが示されている。前記第 1 の層における前記抗酸化物質の分子の重量比は、好ましくは、多くとも 0.3% であるか、又はより良好には約 0.1% である。

【0049】

本発明の原理によると、ポリブタジエンのような高分子材料 47 を有する音響窓層 13 による音響波送信の報告された改良（低い減衰）は、PZT と比較して前記 CMUT の電気音響変換の異なるメカニズムによることができる。PZT ベースのトランスデューサは、典型的には、平行 6 面体形状を持ち、面の少なくとも 1 つは、音響波の送信中にピストンのような運動で振動するように構成される。振動（活性）面の変位は、面を通して均質である。

10

【0050】

対照的に、前記 CMUT の振動膜は、前記膜の面積（表面）にわたって異なる変位を持つ。従来の動作モードにおいて、前記膜の変位は、前記 CMUT セルの中心部分において最高であり、前記膜の外縁において最低である。図 10 に示されるような動作の崩壊モード（collapsed mode）において、CMUT セル 6 の膜 5 は、セル床 31 に部分的に接触し、結果として従来の動作モードと比較して最大の変位（D）を生じる。前記 CMUT 動作中に、膜の中心部分 46 は、崩壊 DC 電圧値を印加することによりセル床 31 と接触（崩壊）させられうる（前記 DC 電圧は、駆動回路 45 により供給される）。駆動回路 45 により供給される印加された AC 信号電圧は、（前記膜の外縁に配置される）膜の掛けられた部分 43 に電極 7 及び 7' の間の印加された電気信号下で振幅 d で移動 / 振動させる。技術の観点から、前記崩壊膜を持つ前記 CMUT は、原理的には、膜を持つ CMUT を提供するステップ及び膜を崩壊状態にするために、電気（バイアス電圧）又は圧力のような異なる手段を使用するステップを有する、いかなる従来の様式で製造されることができる。崩壊動作モードにおいて、前記膜の中心部分の変位 D は固定であり、前記膜の掛けられた部分は、印加される AC 電圧信号により決定される振幅 d で振動する。

20

【0051】

前記膜の振動部分の変位のばらつきは、動作する CMUT トランスデューサの改良された音響結合を提供するために前記音響窓層の特性に対して異なる要件を課す。前記音響窓層は、前記膜の変位に対して内側表面を選択する必要がある。高分子材料 47、好ましくは熱硬化エラストマの単量体の比較的軽い分子量は、前記材料の比較的低い硬度（60 ショア A より低い、好ましくは 50 ショア A より低い）と組み合わせて、音響窓層 13 と振動するように構成された前記 CMUT の膜との間の改良された音響接触を提供しうる。加えて、この高分子材料の低い音響波減衰は、音響層 13 を通る波の改良された遷移を提供しうる。

30

【0052】

抗酸化物質分子の不在の場合に、ポリブタジエンを有する音響層が、酸化による経年劣化により引き起こされる前記高分子材料の硬度の増加を生じることが、わかっている。前記 CMUT アレイと接触している前記音響層の硬度が、60 ショアより上に増加する場合、（前記 CMUT アレイに対する）前記層の音響送信特性は、実質的に減少される。時間とともに変化する特性を持つ音響材料を持つことは、望ましくなく、更に、不適切な音響波送信を持つ音響窓層で終わることは、更に望ましくない。

40

【0053】

本発明によると、抗酸化物質分子は、ポリブタジエン層に加えられる。例えば、フェノール系安定剤の分子が、使用されることができる。フェノール系安定剤は、前記高分子材料において水素供与体として機能する一次抗酸化物質である。これらは、ペルオキシラジカルと反応してヒドロペルオキシドを形成し、高分子骨格からの水素引き抜きを防止する。

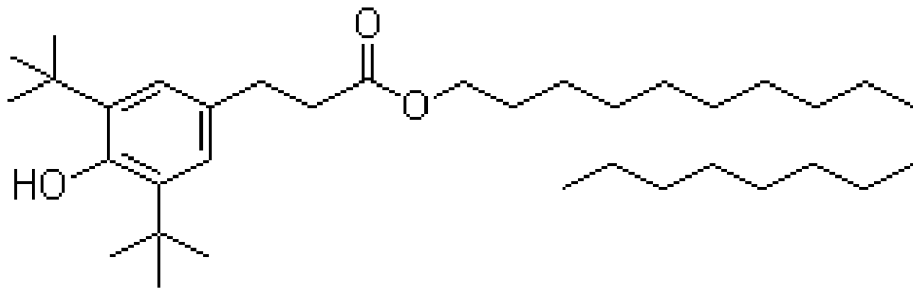
【0054】

本実施例において、立体障害フェノールが、未硬化ポリブタジエン層とともに使用され

50

た。この抗酸化物質（BASF 商品名 Irganox 1076）の分子は、ヒンダードフェノール基（頭部）に結合された炭化水素鎖（又は尾部）を持つ。

【化 1】



フェノール系一次抗酸化物質：Irganox 1076

10

フェノール系安定剤の分子の炭化水素鎖は、ポリブタジエンのような前記高分子材料に対する前記抗酸化物質の混合を改善し、前記分子の頭部を形成するヒンダードフェノール基は、水素供与体として機能し、これにより外側からの酸素を中和する。

【0055】

本発明の他の実施例は、図 2 に示される。音響窓層 13 は、更に、外側表面側に配置された耐久性外面層 42 を有する第 2 の層を持ちうる。前記外側表面として配置された前記耐久性外面層は、音響窓層 13 の異なる機械的及び / 又は化学的特性を満足しうる。例えば、前記超音波トランスデューサの目的に依存して、以下の材料、すなわち、高分子材料 47 に対して異なる摩擦抵抗を持つ材料、異なる摩擦係数を持つ材料が、前記第 2 の層において使用されうる。前記音響窓の化学的安定性を改良するために、前記第 2 の層は、ポリメチルペンテンのような熱可塑性高分子の層を持ちえ、防湿層を提供するために、マイラー、ポリエチレン及び / 又はパリレンの層が、前記第 2 の層に導入されてもよい。

20

【0056】

音響窓層 13 の合計硬度を変化させるために、追加の層、ポリオレフィン熱可塑性エラストマが、選択されてもよい。例えば、共重合体は、オクタン又はブタンのようなアルファオレフィン及びエチレンの単量体を持つ。時々熱可塑性ゴムとも称される熱可塑性エラストマ（TPE）は、熱可塑性及びエラストマ特性の両方を持つ材料からなる高分子（通常はプラスチック及びゴム）の物理的混合物又は共重合体のクラスである。

30

【0057】

改良された生体適合性又は弾性特性を持つ音響窓層を提供する追加の層が、音響窓 13 に導入されてもよいと、当業者により理解されるべきである。

【0058】

図 3 は、前記音響窓層を通して前記アレイの前記 CMUT セルにより送信される基準音響信号を示す。図 4 は、5 マイクロメートルの厚さのパリレンの第 2 の層をかぶせた 30 マイクロメートルの厚さのポリブタジエン層により覆われた前記アレイの正規化された出力圧力 63 を示す。図 4 に見られるように、前記ポリブタジエン層は、前記音響窓に優れた音響特性、特に超広帯域幅を提供する。前記アレイの出力圧力曲線 63 に対する水平線 61 の交点 62 は、3 dB の前記信号の減衰において約 5 MHz の下方カットオフ周波数（ f_1 ）及び約 27 MHz の上方カットオフ周波数（ f_2 ）を与える。したがって、前記アレイの帯域幅は、約 140 % である。

40

$$FBW = 2 \cdot (f_2 - f_1) / (f_2 + f_1)$$

の百分率値として計算される比帯域幅（FBW %）が参照されることに注意する。このアレイの相対感度は、印加される AC 信号の 100 V に対して約 4 MPa である。前記相対感度は、以下のように決定される。CMUT 電極 7、7' に印加された各与えられた AC 信号（例えば 20 V）に対して、出力圧力が測定され、次いで、100 V において達成さ

50

れた出力圧力に対して正規化される。

【 0 0 5 9 】

図 5 は、T P X 材料の第 2 の層をかぶせられた 6 0 マイクロメートルの厚さのポリブタジエン層により覆われた前記アレイの正規化された出力圧力 6 4 を示し、前記 T P X 層は、0 . 2 ミリメートルの厚さであり、ポリウレタンの第 3 の層でポリブタジエンの第 1 の層に接着される。前記アレイの出力圧力曲線 6 4 に対する水平線 6 5 の交点 6 6 は、3 d B の信号減衰において、約 5 M H z の下方カットオフ周波数 (f_1) 及び約 2 3 M H z の上方カットオフ周波数 (f_2) を与える。したがって、前記アレイの帯域幅は、約 1 3 0 % である。前記 C M U T 膜と結合するポリブタジエンの第 1 の層より厚い耐久性材料層の導入でさえ、前記アレイの超広帯域幅を大幅に減少させない。この実施例における前記アレイの感度は、1 0 0 V に対して約 3 M P a である。前記 T P X 材料の追加の利点は、特に医療的応用において一般に使用される洗浄剤に対する、化学的安定性、及び機械的耐久性である。

10

【 0 0 6 0 】

水素及び炭素原子を含み、0 . 9 5 g / c m 以下の密度を持つ前記高分子層、特に熱硬化エラストマは、低い音響エネルギー損失 (減衰) 及び適切な音響インピーダンス最適化を示しうる。

【 0 0 6 1 】

音響インピーダンス (Z) は、媒体内の音響エネルギー (又は波) に対する音響伝搬速度 (v) 及び前記媒体の密度 (ρ) の積として規定される。

20

$$Z = \rho \times v$$

これらの高分子材料は、約 1 . 6 M R a y l の軟組織のインピーダンスに近い、約 1 . 4 M R a y l より上の音響インピーダンスを持ちうる。前記超音波アレイと前記超音波処理される組織との間のインピーダンス不整合を最小化するために、前記高分子層を有する前記音響窓材料の音響インピーダンス値を更に増加することが、望ましいかもしれない。これは、高分子層 4 7 内に粒子 4 1 (好ましくは絶縁性) のような充填剤を加えることにより達成されることができ。前記高分子層内への前記粒子の導入は、前記第 1 の層の合計密度を増加させる。埋め込まれた絶縁粒子により引き起こされる追加の音響損失が、十分に低く、前記高分子層を通る音響波伝搬の品質に大幅な影響を与えないことが、発見された。

30

【 0 0 6 2 】

一例として、表 2 は、約 2 . 5 マイクロメートルの平均直径を持ち、前記第 1 の層の合計重量の固定の割合を取る二酸化ジルコニウム ($Z r O_2$) 絶縁粒子の導入に対する前記ポリブタジエン層の音響特性の測定された変化を示す。

【 表 2 】

% ZrO2	密度 (g/cm ³)	速度 (mm/microsec)	インピーダンス (MRayl)	減衰 @7 MHz (dB/mm)
0	0.906	1.570	1.423	0.55
4%	0.937	1.553	1.455	0.75
8%	0.972	1.532	1.489	0.87
16%	1.0405	1.503	1.564	1.05
20%	1.0855	1.469	1.5945	1.25

40

表 2 : ポリブタジエン層の合計重量に基づく $Z r O_2$ の増加する重量パーセントに対する密度、音響波速度、音響インピーダンス及び (7 M H z の周波数における) 減衰の変化

【 0 0 6 3 】

50

ポリブタジエンを有する前記第 1 の層の合計密度増加を持つ前記表から見られるように、前記層の音響インピーダンスは、例えば前記組織の音響インピーダンスに近い、より高い値に向けて調整されることができ、前記層の減衰は、その重量の 20 % を前記絶縁粒子 (ZrO_2) により取られた前記層に対してでさえ、1.5 dB/mm より低いままである。前記抗酸化物質分子と絶縁粒子を埋め込まれた前記高分子材料とを有する前記音響窓層の前記第 1 の層が、0.94 g/cm 以上の密度及び約 1.5 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ場合に、前記 CMUT セルの前記膜に対する前記音響窓層の直接的な音響結合が、提供される。したがって、前記音響窓と前記 CMUT アレイとの間の追加の結合媒体は、必要とされない。更に、1.5 MRayl 以上の音響インピーダンスは、前記超音波処理される組織のインピーダンスに、より近く整合する。

10

【0064】

水素及び炭素原子を含み、0.95 g/cm 以下の密度及び 1.45 MRayl、好ましくは 1.5 MRayl 以上の音響インピーダンスを持つ前記高分子材料の追加の利点は、超音波において一般に使用されるシリコンベースのゴム (約 1.1 乃至 1.2 MRayl の典型的な音響インピーダンスを持つ) と比較して、これらの高分子材料、特にポリブタジエンは、より高い音響インピーダンスを有する。したがって、高分子層 47 の音響インピーダンスを組織のインピーダンスまで調整するために、充填されたシリコンと比較して、比較的少量の充填剤が、使用されうる。層への絶縁粒子の導入は、平均で硬度を増加させるので、より高い音響インピーダンスを持つこれらの高分子材料の使用は、充填されたシリコンと比較して、充填後の比較的小さい変更された硬度 (60 ショア A より低い、好ましくは 50 ショア A より低いままである) 及び大幅に低い減衰 (好ましくは 1.5 又は 2 dB/mm より低い) を持つ音響窓層 13 を提供する。充填されたシリコンの音響インピーダンスを前記軟組織のインピーダンスに、すなわち 1.1 MRayl から 1.6 MRayl まで近づけるために、より大量の充填粒子が必要とされる。前記粒子のこの導入は、大きな減衰を導入し、充填されたシリコン層の硬度を増加させる。

20

【0065】

前記 CMUT セルの前記膜に対する前記音響窓層の最適な音響結合は、低い減衰及び 1.4 MRayl より上の音響インピーダンスを持ち、経時的な酸化 (経年劣化) に対して耐久性のある未硬化高分子材料と、前記埋め込まれた絶縁粒子の導入を持つ前記第 1 の層の比較的一定の硬度との組み合わせにより提供されることができ。

30

【0066】

本発明による前記第 1 の層を有する前記音響窓層の使用の利点は、崩壊モードで動作する CMUT セルを使用する前記トランスデューサアレイに対して更に目立つ。前記崩壊モードの動作は、前記 CMUT の電極に印加される DC バイアス電圧を変化させることにより調整されることができ、幅広い範囲の音響波周波数において超音波アレイを動作させることを可能にする。したがって、従来の (非崩壊) CMUT 動作モードと比較して、前記音響窓層帯域幅に対して、より高い要件を課す。本発明の原理によって音響窓層 13 により覆われた前記超音波アレイ (好ましくは、しかしながら非限定的に、CMUT 超音波アレイ) に対する好適な帯域幅は、80 % より高い、好ましくは 100 % 又は 120 % より高い。PZT とは異なる、CMUT において使用される電気から音響エネルギーへの変換原理は、前記 CMUT 動作の崩壊モードに対して更に目立つようになりうる、前記 CMUT の振動膜と直接的に接触する前記音響窓層に向けて、CMUT アレイを、より要求の多いものにする。

40

【0067】

第 1 の層 47 の減衰特性に対して、より良好な制御を持つために、前記絶縁粒子は、音響波長の 10 分の 1 より小さい平均サイズを持ちうる。好ましくは、前記粒子の平均サイズは、前記超音波アレイの動作帯域幅内の最短波の音響波長の 10 分の 1 より小さい。前記帯域幅は、高い周波数 (15 MHz より高い) 及び高い画像解像度の心臓撮像のような超音波応用に基づいて選択されうる。前記粒子の平均サイズが、伝搬波の波長より大きくなる場合、前記音響窓層における追加の散乱が、起きうる。これは、超音波画像にアーチ

50

ファクトを導入しうる。

【0068】

前記粒子の特定の平均サイズは、10ナノメートル乃至10マイクロメートル、10ナノメートル乃至100ナノメートル、又は1マイクロメートル乃至10マイクロメートルでありうる。これらの範囲の平均粒子は、異なる周波数における超音波撮像システムの主要な応用をカバーする。例えば、1500m/sの音響波速度に対して、音響波長の10分の1は、1MHzの周波数に対して150マイクロメートル、10MHzの周波数に対して15マイクロメートル、及び30MHzの周波数に対して5マイクロメートルである。

【0069】

10

本発明の一実施例において、前記絶縁粒子としてセラミック粒子を使用することは、有益でありうる。酸化金属（ ZrO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Bi_2O_3 、 $BaSO_4$ 等）のようなセラミック粒子は、高い絶縁特性を示し、これは、アレイ電子機器に追加の絶縁を提供するのに有利でありうる。更に、当技術分野において開発された、明確に定義されたサイズのセラミック粒子を製造する複数の方法が存在する。

【0070】

20

前記高分子材料の開発された工業的応用が、更に記載される。図7において、本発明による超音波アレイを製造する新しい方法20が、示される。重合前のポリブタジエン38（LanxessからのCB728-T）の粒が、ステップ31において提供される。ステップ32において、ブロックが粒状にされ、アルカン、分岐又は環状アルカン、例えばヘキサン、ヘプタン、シクロヘキサンのような溶媒に溶かされる。ステップ33において、立体障害フェノールのような抗酸化物質（本例においてIraganox 1076）が加えられ、更に、前記第1の層の音響インピーダンスの最適化が、前記溶媒に絶縁粒子を加えることにより達成されることができ、前記高分子材料は、前記高分子材料及び前記絶縁粒子の液体混合物が提供されるように、前記粒子に対する分散剤として機能する。脂肪酸（飽和又は不飽和のいずれかである脂肪族鎖を持つカルボン酸）のような追加の分散剤が、前記液体混合物に加えられる。前記液体混合物における充填剤粒子は、前記音響窓の前記第1の層の硬度を増加させえ、脂肪酸は、この硬度増加に反撃しえ、前記第1の層の平均硬度を比較的一定の値に保つ。オレイン酸、リノール酸及びリノレン酸（それぞれ1、2及び3の二重炭素結合）のような脂肪酸の不飽和鎖は、重合し、ポリブタジエン鎖に結合することができる。これは、前記液体混合物において粒子の良好な分散/分布を提供する。ステップ54において、集積回路に結合された少なくとも1つのCMUTセルを持つ前記超音波アレイを持つチップが、提供される。ステップ34において、前記チップは、前記液体混合物を有する層が前記CMUTセルを覆うように、前記液体混合物内に浸漬される。代わりに、ステップ34において、前記液体混合物が、当業者に既知の分散技術を使用して前記チップ上に分注されることができ。ステップ33において、前記液体混合物と前記伝搬媒体との間の最小のインピーダンス不整合が、達成されることができるので、前記液体混合物層の厚さの変化に対する耐性は、かなり高い。浸漬時間の増加は、前記液体混合物層の厚さを増加する。ステップ35において、前記液体混合物層を持つ前記チップは、約70の高温で乾燥させられうる。前記溶媒が前記液体混合物から蒸発し始める時間に対して、前記液体混合物層は、より固体（粘着性）になりうる。この段階において、他の材料の第2の層が、前記液体混合物層に付着されることができ。このステップの利点は、前記第2の層が、いかなる接着剤もなしで前記第1の層に取り付けられることができることである。ステップ36において、前記CMUTセルを覆う前記層は、絶縁粒子41を埋め込まれた高分子材料47を有する音響窓層13が提供されて前記CMUTセルを覆うように、前記液体混合物層から残りの溶媒を蒸発させるのに十分な温度（ヘプタンの場合に約100）で硬化される。代わりに、より良好な固定を保証するように、前記第2の層は、接着剤の第3の層で前記第1の層に結合され、更にステップ37において硬化されてもよい。

30

40

【0071】

50

この方法は、有利には、工程の単純さと音響層窓の厚さに対する前記超音波アレイの性能の大きな耐性とのおかげで工業規模で適用されることができる。前記層の厚さは、浸漬 3 4 及び乾燥 3 5 のステップを繰り返すことにより増加されることができる。ステップ 3 3 におけるインピーダンス最適化の可能性及び本発明の原理による選択された高分子材料の低い減衰特性により、前記平均値からの前記音響層窓における局所厚さずれは、一般に使用される噴霧又はスピンコート製造における受け入れられた標準より高いことができる。加えて、この製造方法は、異なるチップ設計及び前記アレイにおいて実施される電気接点結合において柔軟性を提供する。

【0072】

例えば、図 8 は、本発明の方法を使用する音響層窓堆積の前 (a) 及び後 (b) のボンディングワイヤ 2 2 と一緒に超音波アレイ 2 3 を有するチップの写真を示す。音響レンズ (又は窓層) の一般に使用される噴霧又はスピンコート製造方法は、高度に層の厚さに敏感であり、独立のボンディングワイヤ 2 2 の周りの前記アレイの均質なカバレッジを提供するのに失敗しうる (図 8 a は、ボンディングワイヤ 2 2 の近接撮影を示す)。図 8 (b) に見られるように、提示された方法は、この問題を克服して、改良された広い帯域幅性能を持つ安定した音響窓を持つ完全に覆われた C M U T トランスデューサアレイを提供する。

10

【0073】

前記方法は、異なるチップサイズに対して、特に介入装置及びカテーテルのような小型超音波アレイの分野において、有益に使用されることもできる。

20

【0074】

図 9 は、超音波撮像システム 2 0 2 の原理的設計を示す。

【0075】

前記超音波撮像システムは、一般に、参照番号 2 0 2 で示される。超音波撮像システム 2 0 2 は、例えば患者 2 0 1 の体の領域又は体積をスキャンするのに使用される。超音波システム 2 0 2 は、他の領域又は体積、例えば動物若しくは他の生物の身体部分をスキャンするのに使用されてもよい。

【0076】

患者 2 0 1 をスキャンするために、超音波プローブ 2 0 0 が、提供されうる。図示された実施例において、超音波プローブ 2 0 0 は、コンソール装置 2 0 3 に接続される。コンソール装置 2 0 3 は、モバイルコンソールとして図 9 に示される。このコンソール 2 0 3 は、しかしながら、静止装置として実現されてもよい。コンソール装置 2 0 3 は、有線形式で形成されたインタフェース 2 0 6 を介してプローブ 2 0 0 に接続される。更に、コンソール装置 2 0 3 が、例えば U W B 送信技術を使用して、無線形式でプローブ 2 0 0 に接続されてもよい。コンソール装置 2 0 3 は、更に、入力装置 2 0 5 を有してもよい。前記入力装置は、超音波撮像システム 2 0 2 のユーザに入力機構を提供するようにボタン、キーパッド及び / 又はタッチスクリーンを持ちうる。加えて又は代わりに、ユーザが超音波撮像システム 2 0 2 を制御することを可能にするように、他の機構が、入力装置 2 0 5 内に存在してもよい。

30

【0077】

更に、コンソール装置 2 0 3 は、超音波撮像システム 2 0 2 により生成された表示データを前記ユーザに表示するディスプレイ 2 0 4 を有する。これにより、超音波プローブ 2 0 0 によりスキャンされる患者 2 0 1 内の体積が、超音波システム 2 0 0 の前記ユーザによりコンソール装置 2 0 3 上で見られることができる。

40

【0078】

超音波プローブ 2 0 0 は、本発明によって構成された C M U T トランスデューサアレイを有する。

【0079】

開示された実施例に対する他の変形例は、図面、開示及び添付の請求項の検討から、請求された発明を実施する当業者により理解及び達成されることができる。

50

【 0 0 8 0 】

請求項において、単語「有する」は、他の要素又はステップを除外せず、不定冠詞「1つの」は、複数を除外しない。

【 0 0 8 1 】

単一のユニット又は装置が、請求項に記載された複数のアイテムの機能を満たしてもよい。特定の方策が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの方策の組み合わせが有利に使用されることができないことを示さない。

【 0 0 8 2 】

コンピュータプログラムは、他のハードウェアの一部として又は一緒に供給される光記憶媒体又は半導体媒体のような適切な媒体に記憶／分配されてもよいが、インターネット又は他の有線若しくは無線電気通信システムを介するような他の形式で分配されてもよい。

10

【 図 1 】

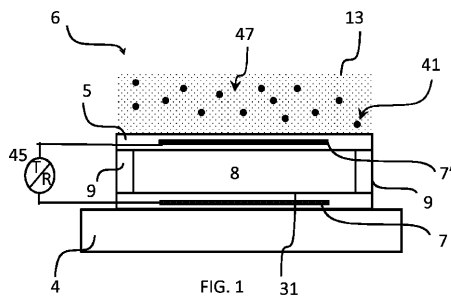
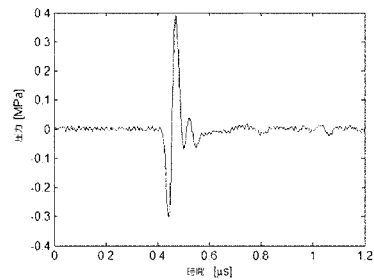


FIG. 1

【 図 3 】



【 図 2 】

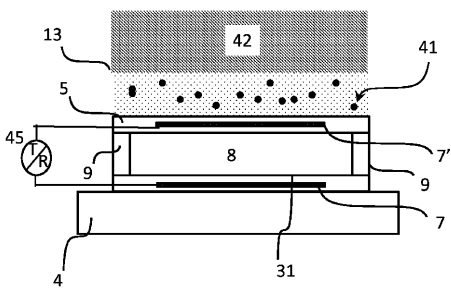
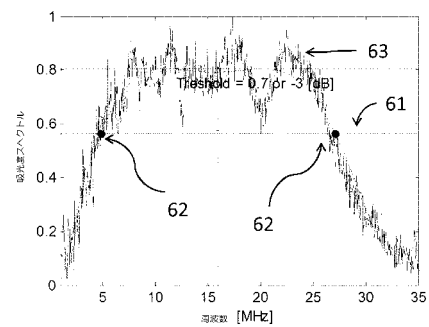
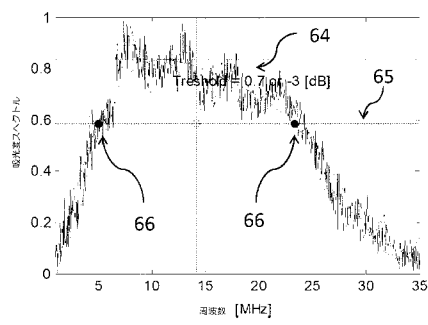


FIG. 2

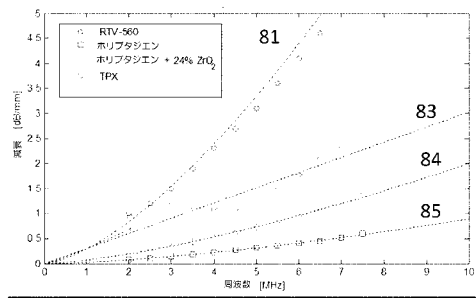
【 図 4 】



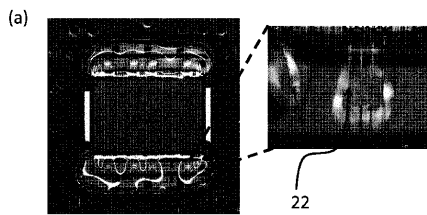
【図 5】



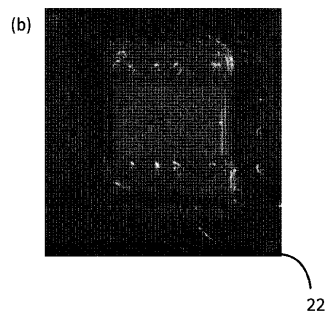
【図 6】



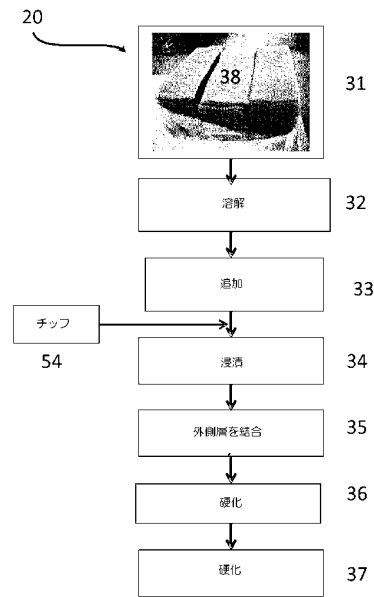
【図 8 (a)】



【図 8 (b)】



【図 7】



【図 9】

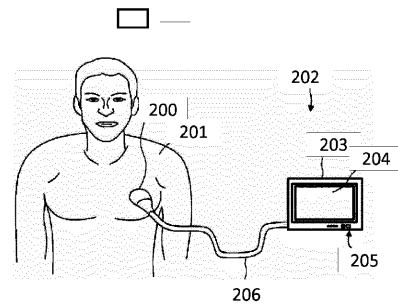


FIG. 9

【図 10】

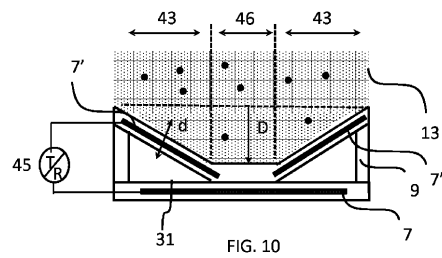


FIG. 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/053799

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B06B1/02
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 G10K

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014/265728 A1 (LI WEI [US] ET AL) 18 September 2014 (2014-09-18) the whole document -----	1-15
Y	EP 0 239 999 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 7 October 1987 (1987-10-07) the whole document -----	1-15
A	US 8 343 289 B2 (CHAGGARES N CHRIS [CA] ET AL) 1 January 2013 (2013-01-01) column 8, lines 41-55 column 9, lines 20-28 column 14, lines 29-33 -----	6,7
A	EP 2 813 184 A1 (FUJIFILM CORP [JP]) 17 December 2014 (2014-12-17) paragraph [0066] -----	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

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March 2016

Date of mailing of the international search report

01/04/2016

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

Zwenger, Markus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/053799

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MEIER H ET AL: "Some aspects of a new class of sulfur containing phenolic antioxidants", POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, BARKING, GB, vol. 49, no. 1, 1 January 1995 (1995-01-01), pages 1-9, XP027286607, ISSN: 0141-3910 [retrieved on 1995-01-01] the whole document -----</p>	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/053799

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014265728 A1	18-09-2014	CN 104226577 A JP 2014183589 A US 2014265728 A1	24-12-2014 29-09-2014 18-09-2014
EP 0239999 A2	07-10-1987	DE 3787746 D1 DE 3787746 T2 EP 0239999 A2 US 5050128 A	18-11-1993 17-02-1994 07-10-1987 17-09-1991
US 8343289 B2	01-01-2013	CA 2644224 A1 CN 101442941 A EP 2004063 A2 HK 1132644 A1 JP 2009528783 A JP 2012130780 A JP 2013153540 A JP 2014042355 A JP 2016026461 A US 2007205698 A1 US 2011057545 A1 US 2013181574 A1 US 2015108874 A1 WO 2007103143 A2	13-09-2007 27-05-2009 24-12-2008 18-01-2013 06-08-2009 12-07-2012 08-08-2013 06-03-2014 12-02-2016 06-09-2007 10-03-2011 18-07-2013 23-04-2015 13-09-2007
EP 2813184 A1	17-12-2014	CN 104105447 A EP 2813184 A1 JP 5881582 B2 JP 2013176537 A US 2014338455 A1 WO 2013118768 A1	15-10-2014 17-12-2014 09-03-2016 09-09-2013 20-11-2014 15-08-2013

フロントページの続き

(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 ベッカーズ ルーカス ヨハネス アンナ 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 ハッケンス フランシスクス ヨハネス ジェラルドゥス
 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 ダークセン ペーター
 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) 4C601 EE01 EE03 GB25 GB26 GB41
 5D019 DD01 FF04 GG01 HH01