

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5529749号
(P5529749)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int.Cl.

A61B 8/00 (2006.01)
H04R 19/00 (2006.01)

F 1

A61B 8/00
H04R 19/00 330

請求項の数 11 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-536239 (P2010-536239)
 (86) (22) 出願日 平成20年12月3日 (2008.12.3)
 (65) 公表番号 特表2011-507561 (P2011-507561A)
 (43) 公表日 平成23年3月10日 (2011.3.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/085441
 (87) 国際公開番号 WO2009/073748
 (87) 国際公開日 平成21年6月11日 (2009.6.11)
 審査請求日 平成23年11月25日 (2011.11.25)
 (31) 優先権主張番号 60/992,020
 (32) 優先日 平成19年12月3日 (2007.12.3)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 507382119
 コロ テクノロジーズ インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 95135 カリフォルニア州 サンノゼ ブリタニー コート
 3300
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100088915
 弁理士 阿部 和夫
 (72) 発明者 ヨンリ フアン
 アメリカ合衆国 95135 カリフォルニア州 サンノゼ ブリタニー コート
 3300

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】積層型変換デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の容量性マイクロマシン加工超音波変換器(CMUT)と、
 積層関係で前記第1のCMUTと隣接する第2の変換デバイスと
 を備える構成要素であって、

前記第1のCMUTは、

第1の電極と、

1つ以上の第1の支持体によって維持される第1の間隙により、前記第1の電極から分離される第2の電極と、

前記第1の電極および前記第2の電極が、前記第1の間隙内で互いに向かって、および互いから離れる方に移動するのを可能にするためのバネ部材とを備え、

前記第2の変換デバイスは、第2のCMUTであり、

前記第2のCMUTは、第2の電極と、前記第2の電極の前記第1の電極からの反対側に、第2の間隙によって前記第2の電極から分離される第3の電極とを備え、前記第2の間隙は、1つ以上の第2の支持体によって維持され、

前記第3の電極は、前記第3の電極が、前記第2の間隙内で前記第2の電極に向かって、および前記第2の電極から離れる方に移動するのを可能にする、可撓性要素上に装着され、前記可撓性要素は、前記第3の電極を初期位置へ戻すバネ力を提供し、

前記第3の電極は、チャネルを介して複数に分離して配置され、分離して配置された各

10

20

第3の電極は、前記第1のCMUTと前記第2のCMUTとの間の動作の干渉が最小になるように、前記第1の支持体上部に前記各第3の電極の中央部が配置されることを特徴とする構成要素。

【請求項2】

前記第1のCMUTは、第1の周波数で動作するように構成され、前記第2のCMUTは、前記第1の周波数とは異なる第2の周波数で動作するように構成されることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項3】

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTは、共通の中間電極を共用することを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

10

【請求項4】

前記第1のCMUTは、音響エネルギーを受信するように受信回路に接続され、

前記第2のCMUTは、音響エネルギーを送信するように送信回路に接続されることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項5】

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTは、前記第1のCMUTおよび第2のCMUTを、

前記第1のCMUTおよび第2のCMUTが音響エネルギーを送信するのを可能にするための送信回路か、または、

20

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTが音響エネルギーを受信するのを可能にするための受信回路のうちの1つに、選択的に接続するための回路に接続されることをさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項6】

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTは並列に接続され、

前記第1のCMUTは、前記第1のCMUTを、第1の送信回路または第1の受信回路のうちの1つに選択的に接続するための第1の回路に接続され、

前記第2のCMUTは、前記第2のCMUTを、第2の送信回路または第2の受信回路のうちの1つに選択的に接続するための第2の回路に接続されることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項7】

30

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTは、プローブ上に装着され、

前記第1のCMUTは、外科手順中に組織の視野を提供するための画像変換器として構成され、

前記第2のCMUTは、前記外科手順中に組織切除を行うために、組織の所望の部位に超音波エネルギーを集中させるように構成されることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項8】

前記第1のCMUTおよび前記第2のCMUTは、プローブ上に装着され、

前記第1のCMUTは、第1の動作周波数での撮像を提供するための画像変換器として構成され、

40

前記第2のCMUTは、前記第1の動作周波数とは異なる、第2の動作周波数での撮像を提供するための画像変換器として構成されることを特徴とする請求項1に記載の構成要素。

【請求項9】

プローブ上に装着される第1の変換器および第2の変換器を備え、前記第1の変換器および前記第2の変換器は隣接し、一方が他方の上に重なり合うことを特徴とするプローブであって、

前記第1の変換器および前記第2の変換器は、第1のCMUTおよび第2のCMUTであり、

前記第1のCMUTは、

50

第 1 の電極と、

1 つ以上の第 1 の支持体によって維持される第 1 の間隙により、前記第 1 の電極から分離される第 2 の電極と、

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極が、前記第 1 の間隙内で互いに向かって、および互いから離れる方に移動するのを可能にするためのバネ部材とを備え、

前記第 2 の CMUT は、第 2 の電極と、前記第 2 の電極の前記第 1 の電極からの反対側に、第 2 の間隙によって前記第 2 の電極から分離される第 3 の電極とを備え、前記第 2 の間隙は、1 つ以上の第 2 の支持体によって維持され、

前記第 3 の電極は、前記第 3 の電極が、前記第 2 の間隙内で前記第 2 の電極に向かっておよび前記第 2 の電極から離れる方に移動するのを可能にする、可撓性要素上に装着され、前記可撓性要素は、前記第 3 の電極を初期位置へ戻すバネ力を提供し、

前記第 3 の電極は、チャネルを介して複数に分離して配置され、分離して配置された各第 3 の電極は、前記第 1 の CMUT と前記第 2 の CMUT との間の動作の干渉が最小になるように、前記第 1 の支持体上部に前記各第 3 の電極の中央部が配置されることを特徴とするプローブ。

【請求項 10】

前記第 1 の変換器は、外科手順中に視野を提供するための画像変換器として構成される、第 1 の容量性マイクロマシン加工超音波変換器 (CMUT) であり、

前記第 2 の変換器は、前記外科手順に組織切除を行うために、組織の所望の部位に超音波エネルギーを集中させるように構成される、第 2 の CMUT であることを特徴とする請求項 9 に記載のプローブ。

【請求項 11】

前記第 1 の変換器は、第 1 の動作周波数での撮像を提供するための画像変換器として構成される、第 1 の容量性マイクロマシン加工超音波変換器 (CMUT) であり、

前記第 2 の変換器は、前記第 1 の動作周波数とは異なる、第 2 の動作周波数での撮像を提供するための画像変換器として構成される、第 2 の CMUT であることを特徴とする請求項 9 に記載のプローブ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、積層型変換デバイスに関する。

【0002】

本出願は、2007年12月3日に出願された米国仮特許出願第 60/992,020 号の利益を主張し、その開示全体が、参照することにより本明細書に組み込まれる。

【背景技術】**【0003】**

様々な種類の超音波変換器が、超音波を送信および受信するために開発されている。これらの超音波変換器は、医療診断および医学療法、ソーナーおよび水中撮像、生化学的撮像、材料の非破壊的評価、通信、近接検知、気体流量測定、原位置プロセス監視、超音波顕微鏡法、ならびに種々の他の用法を含む、多くの用途において、一般的に使用されている。超音波変換器は、単一の別個の変換器として生産および / または使用することができる。さらに、複数の変換器を含む超音波変換器アレイも開発されている。例えば、超音波変換器の 2 次元アレイは、3 次元撮像および他の用途に使用することができる。

【0004】

開発された超音波変換器の 1 つの種類には、マイクロマシン加工超音波変換器 (MUT) がある。広く使用されている圧電 (PZT) 超音波変換器と比較して、MUT は、製造方法、動作帯域幅、および動作温度において利点を有する。例えば、PZT 変換器は、典型的には、変換器のアレイを作製し、アレイをダイスカットし、個々の圧電要素を接続することによって生産される。この製造技法は、問題および費用を伴う場合があり、PZT

10

20

30

40

50

変換器自体、インピーダンス不整合の大きな問題を有し得る。一方、MUTは、より効率的な半導体マイクロマシン加工技法を使用して製造することができ、MUTは、PZT変換器と同等の動的性能を示す。これらの理由から、MUTは魅力のある、圧電超音波変換器の代替物となりつつある。

【0005】

広く使用されているMUTの1つの種類には、容量性マイクロマシン加工超音波変換器(CMUT)があり、これは、電極間の静電気引力を使用する。例えば、内蔵バネおよび表面プレートを有するCMUT(ESCMUT)が、デバイスの性能を向上させるために近年開発された。ESCMUTの基本構造体は、マイクロマシン加工構造体において、内蔵バネによって支持される1つまたは複数の表面プレートである。しかしながら、これまでに開発されたCMUTは、ほとんどのデバイスパラメータにおいてPZT変換器より良好な性能を示すが、その一方で依然として、CMUTが全ての応用分野においてPZT変換器の性能を凌ぐことができるよう、CMUTを改善することが可能である。10

【図面の簡単な説明】

【0006】

付随する図面は、説明と併せて、本明細書において企図される最良の形態の原理を示し、説明する役割を果たす。図では、参照番号の最も左の数字は、該参照番号が最初に現れる図を特定する。図面では、類似する数字は、幾つかの図を通して実質的に類似する特徴および構成要素を表す。

【図1】CMUT上に積層される変換デバイスを有する構成要素の、例示的な実装形態を示す図である。20

【図2】CMUTの接続配置を含む、システムの例示的な実装形態を示す図である。

【図3】積層型CMUTのための接続配置の、例示的な実装形態を示す図である。

【図4】積層型CMUTのための接続配置の、別の例示的な実装形態を示す図である。

【図5】積層型CMUTのための接続配置の、別の例示的な実装形態を示す図である。

【図6】構成要素の例示的な実装形態の断面図である。

【図7】第1のCMUTおよび第2のCMUTを含む構成要素の、例示的な実装形態の断面図である。

【図8A】第1のCMUTおよび第2のCMUTを含む構成要素の、例示的な実装形態の断面図である。30

【図8B】図8Aの変更した構成要素の、例示的な実装形態の断面図である。

【図9】別個の超音波撮像およびHFUプローブを含むシステムの例を示す図である。

【図10A】積層型CMUTを有する構成要素を含むシステムの、例示的な実装形態を示す図である。

【図10B】積層型CMUTを有する構成要素を含むシステムの、例示的な実装形態を示す図である。

【図11】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素の性能の例示的なグラフ情報を示す図である。

【図12A】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。40

【図12B】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。

【図13A】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。

【図13B】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。

【図14A】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。

【図14B】本明細書における実装形態に従う、積層型構成要素を含むシステムの例示的な実装形態を示す図である。50

【図15A】CMUTおよび流量／温度センサを含む構成要素の、例示的な実装形態の断面図である。

【図15B】CMUTおよび流量／圧力センサを含む構成要素の、例示的な実装形態の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下の詳細な説明において、本開示の一部を成し、制限目的ではなく、説明目的で例示的な実装形態を示す、添付図面を参照する。さらに、本説明は、以下に説明され、図面で示されるように、種々の例示的な実装形態を提供するが、本開示は、本明細書において説明され、図示の実装形態に制限されず、当業者にとって既知である、または既知となるであろう他の実装形態にまで及び得ることに留意されたい。本明細書における「一実装形態」、「本実装形態」、「一部の実装形態」、または「これらの実装形態」への言及は、該実装形態に関連して記載される特定の特徴、構造、または特性が、少なくとも1つの実装形態に含まれることを意味し、本明細書の様々な箇所で現れるこれらの句が、必ずしも全て同一の実装形態を指しているとは限らない。さらに、該説明において、完全な開示を提供するために、多くの具体的な詳細が記載される。しかしながら、当業者には、これらの具体的な詳細の全てが、全ての実装形態において必要であるとは限らないことは明白である。他の状況において、周知の構造、材料、回路、プロセス、およびインターフェースは、詳細に説明されておらず、および／または不必要に本開示を分かりにくくしないために、ブロック図の形態で示されている場合がある。

10

【0008】

本明細書で開示される実装形態は、マイクロマシン加工超音波変換器(CMUT)に関する。一部の実装形態は、積層特徴を有するCMUT配置を対象とし、種々の用途のための実装方法を提供する。一部の実装形態は、CMUTを土台とする、変換デバイスと称される第2の機能的構造体を含む。本明細書で使用される変換デバイスは、任意の変換器、センサ、またはエネルギーを変換もしくは交換することができる他のデバイスであり得る。一部の実装形態において、積層特徴は、第1のCMUT構造体を土台とする第2のCMUT構造体を備え、2つのCMUT構造体は、一方が他方の上に積層される。また、一部の実装形態は、2つの積層型CMUTの動作方法を含む。

20

【0009】

さらに、一部の実装形態は、内蔵バネを備えるCMUT(ESCMUT)に基づく。一部の実装形態において、第2の構造体は、CMUTの表面プレートを土台とすることができます。第2の構造体は、例えば、圧力センサ、温度センサ、流量センサ、CMUT構造体等の、インターフェース回路、センサ、または変換器を含む、変換デバイスであり得る。さらに、一部の実装形態において、第1のCMUTの表面プレートが比較的剛性であるよう設計される場合、変換器の最上部プレートは、そのような第2の構造体を追加製造するためのプラットホームとして、機能することができる。適切な設計を用いて組み込まれる場合、CMUT、およびCMUTの最上部を土台とする追加特徴または構造体は、独立して動作することができる。

30

【0010】

一部の実装形態において、2つのCMUT構造体は、ESCMUT設計に基づいて、隣接して一方を他方の土台とすることができる。例えば、第1のCMUT構造体は、バネ層と関連する電極と、基板と関連する電極との間に形成することができる。次いで、第2の構造体を、バネ層と関連する電極と、表面プレートと関連する電極との間に形成することができる。さらに、一部の実装形態において、CMUTの表面プレートを、CMUTの性能を改善し、2つのCMUT構造体の動作間の干渉を最低限に抑えるように、特定の形状にパターン化することができる。

40

【0011】

本明細書で開示される一部の実装形態において、2つの積層型CMUT構造体を備える変換器構成要素に焦点が当てられる。積層型CMUT構造体を異なる組み合わせで使用し

50

て、以下でさらに説明するように、別個の送信および受信機能、二重送信、二重受信、または独立して動作する CMUT 等の、選択的用途のための所望の機能および性能を達成することができる。本明細書で記載される手法は、超音波システムに適合する CMUT 設計の柔軟性を大きく改善するのみならず、変換器の性能を飛躍的に改善することができる。一部の実装形態において、2つの積層型変換器構造体の位置は、リソグラフィによって画定され、これによって、一方が他方の上に構築される、2つの変換器の正確な位置合わせが可能になる。本明細書で開示される積層型 CMUT 構成における CMUT 構造体は、例えば、单一要素変換器、1次元アレイ、1.5次元アレイ、1.75次元アレイ、2次元アレイ、または環状アレイ等の任意の構成となるように設計することができる。また、2つの積層型 CMUT 構造体は、同一または異なる構成を有し得る。

10

【0012】

一部の実装形態において、積層型構造体は、経直腸的、腔内、および血管内用途にとって重要である変換器領域を保存する。積層型 CMUT 構造体を備える変換器の実装形態にとっての1つの用途は、高密度焦点式超音波(HIFU)であり、これは、組織切除、前立腺癌の治療等に使用することができる。本明細書で開示される実装形態の別の用途は、血管内撮像に使用される、血管内冠動脈超音波(IVUS)である。

【0013】

図1は、CMUT111を含む構成要素110の実装形態を示し、変換デバイス112が、積層型または重なり合う構成で、CMUT111上に位置する。CMUT111は基板120上に位置することができ、基板120は、構成要素110の対象とする用途に応じて、別個の支持体表面(例えば、プローブの一部)、他の好適な支持体、または単にCMUT111自体の一部であり得る。種々の実装形態において、変換デバイス112は、構成要素110の対象とする用途に応じて、1つ以上の回路、1つ以上のセンサ、1つ以上の変換器、またはそれらの組み合わせであり得る。例えば、変換デバイス112は、変換器のインターフェース回路、圧力センサ、温度センサ、流量センサ等であり得る。

20

【0014】

本明細書で開示される実装形態は、第2のCMUTが第1のCMUTの上に位置するように、第2のCMUT構造体が、第1のCMUT構造体上に位置するか、またはその逆でもあり得る、複数の変換器設計を含む。2つの積層型または重なり合うCMUT構造体を有する構成要素110の実装形態において、構成要素110の変換デバイス112は第2のCMUTを含むことができ、かつ、CMUT111は、第1のCMUTであってもよく、その逆でもあってもよい、その結果、構成要素110は、積層型CMUT構造体で構成される積層型変換器を形成する。積層型CMUT構造体を異なる組み合わせで使用して、選択した用途に合わせて所望の機能および性能を達成することができる。積層型CMUT構造体の種々の応用例には、別個の送信および受信、二重送信、二重受信、または独立して動作するCMUTを可能にすることが含まれる。例えば、2つのCMUT構造体は、同一または異なる特性を有し得る。本手法は、超音波システムに適合するCMUT設計の柔軟性を大きく改善するのみならず、変換器の性能を飛躍的に改善することができる。積層型構造体は、HIFU用途、IVUS用途等のための、経直腸的、腔内、および血管内用途にとって重要である変換器領域を保存する。

30

【0015】

積層型変換器構成要素内のCMUTは、例えば、单一要素変換器、1次元アレイ、1.5次元アレイ、1.75次元アレイ、2次元アレイ、環状アレイ等の任意の構成となるように設計することができる。また、2つの積層型CMUT構造体は、同一構成または異なる構成を有するCMUTであり得る。例えば、2つの積層型CMUT構造体を、同一中心周波数または異なる中心周波数で動作するように設計することができる。

40

【0016】

CMUTの基本構造体は、電場と音場との間でエネルギーを交換するように移動可能である少なくとも1つの電極を有する、可変キャパシタの役割を果たす。さらに、複数のCMUTがアレイ構造体として構成される時には、アレイ内の各CMUT要素を可変キャパ

50

シタとして符号で表すことができ、したがって、CMUTアレイは、可変キャパシタのアレイによって符号で表すことができる。

【0017】

図1に示す構成要素110内の積層型CMUT構造体、111および112は、特定の所望の機能または性能を実現するために、種々の様態で配線および構成することができる。本明細書の開示を考慮すれば、当業者には他の可能性が明白となるであろうが、数種類の接続スキームの例を、図2～5を参照して示す。図において、CMUT構造体内のアドレス可能なCMUT要素は、キャパシタ(C)として符号で表すことができる。さらに、CMUT構造体がアレイである実装形態では、図において、1つのみの要素を示すことができる。

10

【0018】

図2は、単一CMUT210(可変キャパシタCとして符号で表される)が、音響エネルギーの送信および受信の両方に交互に使用される接続スキームを実装する、例示的なシステム200を示す。CMUT210は、一方の側でバイアス回路または所望のバイアス電圧源230に接続される。CMUT210は、反対側でスイッチ240に接続される。スイッチ240は、CMUT210を、送信インターフェース回路250または受信インターフェース回路260のいずれかに接続することができる。例えば、スイッチ240がCMUT210を送信インターフェース回路250に接続する時には、電圧を印加して、CMUT210に音響エネルギーを送信させることができる。一方、スイッチ240がCMUT210を受信インターフェース回路260に接続する時には、CMUT210によって検出される音響エネルギーを表す信号を、受信インターフェース回路260に送ることができる。さらに、スイッチ240は実際のスイッチ回路であってよく、送信の間の検出回路のための保護回路、または同様の機能を達成する他のデバイスもしくは回路であってもよいことに留意されたい。

20

【0019】

本明細書で開示される実装形態に従う積層型CMUT構造体は、種々の代替接続配置を可能にする。図3は、構成要素310が、第1のCMUT(C1)311および第2のCMUT(C2)312で構成される2つの積層型CMUT構造体を含み、そのうちの一方は送信に使用され、他方は受信に使用される、第1の例示的な接続配置を実装するシステム300を示す。積層型CMUTは、CMUT構造体を表す可変キャパシタとして符号で表され、図1のCMUT構造体111および112と同一の様態で、または本明細書において上記または以下で開示する他の実装形態に従って構成され得る。CMUT311および312は、中間電極314を介してバイアス源または所望の電圧源330に接続することができ、該電極は、一部の実装形態において共通の中間電極、または他の実装形態において2つの別個の中間電極であり得る。図示の実装形態において、第2のCMUT312は、送信インターフェース回路350を介する送信専用であり、第1のCMUT311は、受信インターフェース回路360を介する受信専用である。

30

【0020】

図3に示す配置は、図2の実装形態に優る多くの利点を有し得る。例えば、プリアンプまたは他の高感度の構成要素を有し得る受信回路360を保護するためのスイッチ回路を必要としない。送信回路350からの電気信号は、送信と受信との間のクロストークが最低限に抑えられるように、バイアス源または所望の電圧源330に接続される共通の中間電極314によって遮蔽される。結果として、フロントエンド受信回路360を、送信回路350からの送信信号の結合からの飽和等の問題を懸念することなく、最適化することができる。さらに、送信および受信動作は異なるCMUT構造体を使用するため、送信性能と受信性能との間で設計トレードオフを行う必要はない。すなわち、第1のCMUT311を受信性能について最適化することができ、第2のCMUT312を送信性能について最適化することができる。

40

【0021】

さらに、所望の用途に応じて、本明細書で開示される実装形態によって可能となるCM

50

UT構造体は、種々の他の配置に構成することができる。図4は、構成要素410が並列に接続される2つのCMUT構造体を含む接続配置を含む、例示的なシステム400を示す。第1のCMUT(C1)411および第2のCMUT(C2)412は、図1について前述したように、積層構成に配置される。積層型CMUT構造体411、412は、中間電極414を介して、バイアス源または所望の電圧源430に接続され、該電極は、一部の実装形態においてCMUT411、412の共通電極であり得るか、または他の実装形態においては2つの別個の電極であり得る。

【0022】

図示の配置では、CMUT411、412はともに、スイッチ440を、それぞれ送信回路450または受信回路460のいずれかとの接続に設定することにより、スイッチ440の作動を介して、選択的に送信または受信のいずれか専用になるように構成される。さらに、スイッチ440は実際のスイッチ回路であってよく、送信の間の受信回路のための保護回路、または同様の機能を達成する他のデバイスもしくは回路であってもよいことに留意されたい。構成要素410内のCMUT構造体411、412はともに、変換器の送信性能および受信性能に寄与するため、構成要素410の性能は、2つのCMUT構造体411、412の性能の組み合わせであり得る。これは、構成要素の性能および設計の柔軟性を大きく改善する。

【0023】

例えば、2つのCMUT構造体411、412が、類似の周波数応答を有するように構成される時には、変換器の送信および受信の両方の性能は、2つのCMUT構造体の合計であり得る。一方、2つのCMUT構造体411、412が、互いに補い合う異なる周波数応答を有するように構成される時には、構成要素410の帯域幅は、従来の単一変換器では達成できないような非常に広い帯域幅を達成するように、両方のCMUT構造体の帯域幅にわたることができる。例えば、2つのCMUT構造体411、412の周波数応答が別個である場合、積層型CMUT構造体411、412は、2つの独立したCMUT変換器として、2つの別個の周波数範囲内で効率的に動作し得る。

【0024】

図5は、第2のCMUT構造体(C2)512と積層型または重なり合う構成にある、第1のCMUT構造体(C1)511を含む構成要素510のための接続配置を含む、別の例示的なシステム500を示す。CMUT511、512は、独立してアドレスされるCMUTとして別個に接続することができ、中間電極を介してバイアス源または所望の電圧源530に接続され、該電極は、一部の実装形態においてCMUT511、512の共通電極であり得るか、または他の実装形態において2つの別個の電極であり得る。第1のスイッチ541は、第1のCMUT511を、第1の送信回路551または第1の受信回路561のうちの1つに接続するように、選択的に作動可能である。同様に、第2のスイッチ542は、第2のCMUT512を、第2の送信回路552または第2の受信回路562のうちの1つに接続するように、選択的に作動可能である。第1の送信回路551および第2の送信回路552は、一部の実装形態においては同一回路であってよく、他の実装形態においては別個の回路であってよい。同様に、第1の受信回路561および第2の受信回路562は、一部の実装形態においては同一回路であってよく、他の実装形態においては別個の回路であってよい。さらに、前述の実装形態と同様、スイッチ541、542は実際のスイッチ回路であってよく、送信の間の受信回路のための保護回路、または同様の機能を達成する他のデバイスもしくは回路であってもよい。

【0025】

図5に示す接続スキームは、所望の変換器性能を達成するために大きな柔軟性を有し、種々の異なる用途に向けて適合させることができると、図2～4に示す実装形態よりも接続が複雑で、より多くのハードウェアを必要とする。機能的に、図5の接続配置は、図2～4の前の実装形態例における接続スキームで可能な全ての機能を実行するように構成することができる。故に、図5の実装形態の一部の構成において、第1のCMUT511を送信モードに構成し得る一方、第2のCMUT512を受信モードに構成することができ

10

20

30

40

50

、あるいはその逆もあり得る。代替として、CMUT511およびCMUT512の両方を、同時に同一モードに構成することもできる。さらに、CMUT511および512は、同様のまたは異なる送信および受信機能を有することができる。

【0026】

本明細書で開示される積層型CMUT構造体を有する構成要素の実装形態は、限定された動作空間しか許されない一部の用途（例えば、HIFU、血管内または他の腔内用途等の医療用途）、あるいは従来の変換器では達成することのできない性能水準（例えば、複数の周波数帯域または非常に広い帯域幅での動作）を必要とする用途において、大きな利益を提供することができる。さらに、積層型CMUT構造体を有する本明細書で開示される構成要素の実装形態は、2つの重なり合うCMUT構造体が互いに独立して動作する場合でさえも、適切に機能するように構成することができる。10

【0027】

本明細書で開示される一部の実装形態は、1つ以上の内蔵バネを有するCMUT設計（ESCMUT）を組み込む。図6は、完全なCMUT要素600-1、ならびにCMUT要素600-1の両側に1つずつの、近接するCMUT要素600-2および600-3の一部を示す、ESCMUT構造体の断面図である。CMUT要素600-1の断面（ユニット）の拡大図を、完全なCMUT要素の上の長方形の破線内に示す。CMUT600-1は、隆起した支持体607を有する基板ウエハ606を土台とする。バネ部材612は隆起した支持体607と接触し、バネ部材612の上には第1の電極617が形成される。接続支持体614は、プレート状の第2の電極611を、電極617から離間する関係に維持する。第2の電極として機能するプレート611は、比較的剛性であることができ、任意選択的に第1の絶縁層615および第2の絶縁層616を含む。図6に示すESCMUT実装形態では、最上部プレートが接続支持体614によってバネ部材612および第1の電極617から分離され、その間に間隙または空洞618を画定する。プレート611は、ドーピング等により一体的に形成される第2の電極を含み得るか、または第2の電極は、プレート611上に蒸着される別個の層であってもよい。さらに、第1の電極617は、バネ部材612の上に、またはその一部として形成することができるか、あるいは代替として、バネ部材612の下の基板606の上に、またはその一部として形成することもできる。20

【0028】

ESCMUT600-1がどのように機能するかについての説明として、例えば送信モードでは、第1の電極617と第2の電極611との間で電圧が印加され、静電気引力を生じさせる。静電気引力によって、第1の電極617および第2の電極611は互いに向かって移動し、それによりバネ部材612を撓曲させる。電圧が除去されると、バネ部材612の復元バネ力が、第1の電極617および第2の電極611を、互いから離れるよう移動させて初期位置に戻す。同様に、受信モードでは、音響エネルギーがESCMUT600-1に作用し、第2の電極611を第1の電極617に対して移動させ、第1の電極617と第2の電極611との間のキャパシタンスを変化させ、バネ部材612の復元力が、初期位置への復帰を付勢する。30

【0029】

内蔵バネ部材を伴って構成されるCMUTのプレート／第2の電極611は、比較的剛性に設計することができるため、CMUTプレートは、1つ以上の追加の変換器等の1つ以上の追加の機能デバイスのためのプラットホームとして機能することができる。追加の機能デバイスは、所望の用途のための所望の機能を達成するために、プレート611上に製造され得る、任意の集積回路、センサ、または変換器を含む変換デバイスであり得る。さらに、本明細書に記載される適切な設計の構成を実装することにより、CMUTおよびCMUT上の追加の機能デバイスは、独立して動作することができる。40

【0030】

積層型変換デバイスを備えるCMUTの特定の実装形態において、内蔵バネを備えるESCMUTは、図1のCMUT111に対応し得る第1のCMUT構造体を備えることが50

でき、第2のCMUT構造体は、図1の変換デバイス112に対応し得る。図7は、上記で図6を参照して記載したESCMUT構成に従う、積層型CMUT構造体を有する例示的な構成要素700を示す。図示の実装形態において、2つの積層型CMUT構造体の領域は、破線の長方形で特定される。第1の領域は、第1のCMUT構造体711を包含し、第2の領域は、第2のCMUT構造体712を包含する。したがって、第1のCMUT711および第2のCMUT712は隣接し、音響エネルギーの送信および/または受信の方向に、一方が他方の上に重なり合う。第1のCMUT構造体711は、前述のESCMUT600に基づく変換器であることができ、プレート611は、第2のCMUT構造体712の基部としての役割を果たすことができ、また第2のCMUT構造体712の電極のうちの1つとしての役割を果たすことができる。図7に示す例示的な積層型CMUT構成要素700内の第2のCMUT構造体712は、可撓性膜CMUT設計に基づく変換器である。しかしながら、他の実装形態において、第2のCMUT構造体712も、内蔵バネ部材を備えるESCMUT600として構築することができる。プレート611は、2つのCMUT構造体711、712の共通電極として機能し、図3～5を参照して前述したように、接地電極またはバイアス電極として機能する。したがって、プレート611は、デバイスの動作の間、2つのCMUT変換器711、712の間の電気的結合を遮蔽することができる。10

【0031】

例示的な積層型CMUT構成要素700内の第2のCMUT構造体712では、第1のCMUT構造体711のプレート611は、第2のCMUT構造体712の基板としての役割も果たす。また、第2のCMUT構造体712は、可撓性膜等のバネ様の可撓性要素722上に形成される第3の電極721も含む。可撓性要素722は、可撓性要素722と任意選択の絶縁層616との間に間隙または空洞723を提供および維持する、可撓性要素支持体725によって支持される。したがって、可撓性要素722は、第3の電極721が第2の電極611に向かって移動するのを可能にし、一方可撓性要素722の復元弾性力またはバネ力が、可撓性要素722および第3の電極721を初期位置（例えば、停止または平衡位置）に戻すように付勢する。さらに、可撓性要素722および第3の電極721は、図7では別個のものとして示してあるが、第3の電極および可撓性要素722は、同一のものであり得る。すなわち、可撓性要素722は導電性であってよく、かつ第3の電極721として機能するか、または第3の電極721は可撓性要素722内に内蔵され得る等であることを理解されたい。動作周波数、帯域幅等の適切な設計を用いて、第1のCMUT構造体711および第2のCMUT構造体712は、特に2つのCMUT711、712が別個の周波数範囲で動作する時に、互いに独立して動作することができる。20

【0032】

図8Aは、2つのCMUT構造体が、単一ESCMUTを修正した構成に基づいて構築される、別の実装形態を示す。図8Aにおいて、構成要素800aは、最上部電極として機能するように構成される第1のプレート810と、底面電極として機能するように構成される基板830とを含む。共通の中間電極860は、バネ部材820の一部としてか、またはその上に形成されるかのいずれか等で、バネ部材820に含まれる。基板/底面電極830は、任意選択の絶縁層815を含み、第1の間隙または空洞818を形成および維持するための第1の支持体としての役割を果たす、バネ固定具850によってバネ部材820から離間する関係に支持される。したがって、バネ部材820および中間電極860は、構成要素800aが音響エネルギーによって影響を受ける時、または帯電が底面電極830と中間電極860との間で印加される時等に、底面電極830の方に撓曲することができる。バネ部材820が底面電極830の方に撓曲されると、バネ部材820の復元バネ力によって、バネ部材820および中間電極が付勢され、停止位置に戻る。したがって、本実装形態では、第1のCMUT構造体811は、バネ部材820と関連する中間電極860と、基板830として形成される底面電極との間に形成される。第2のCMUT構造体812は、中央共通電極860と、プレート810として形成される最上部電極304050

との間に形成される。プレート支持体 840 は、プレート 810 が音響エネルギーによる影響を受ける時、または帯電がプレート 810 と中間電極 860 との間に印加される時等に、プレート 810 が中間電極 860 の方に撓曲することができるよう、プレートノ最上部電極 810 と中間電極 860 との間に第 2 の間隙または空洞 828 を形成および維持するための、第 2 の支持体としての役割を果たす。図 7 の実装形態の可撓性要素 722 について前述した様態で、プレート 810 が中間電極 860 の方へ撓曲されると、プレート 810 の復元バネ力がプレート 810 を付勢して、初期位置（例えば、停止または平衡位置）へ戻す。したがって、第 1 の CMUT 811 および第 2 の CMUT 812 は隣接し、音響エネルギーの送信および／または受信の方向で、一方が他方の上に積層される。

【0033】

10

プレート 810 の可撓性は常に相対的特性であり、CMUT の動作周波数に強く依存する。単一 E S C M U T（図 8A に示す）が、第 2 の容量性構造体を追加することによって、2 つの積層型 CMUT 構造体として機能するように構成される時には、表面プレート 810 の可撓性は、所定の動作周波数または方法に従って設計され得る。2 つの積層型 CMUT 構造体が、類似する周波数で動作するように設計される場合、プレート 810 は、動作周波数で可撓性または剛性のいずれかであるように設計され得る。2 つの積層型 CMUT 構造体が、本明細書の一部の実装形態において開示されるように、2 つの異なる周波数で動作するように設計される場合、第 1 の CMUT 構造体 811 は、低周波数等の第 1 の周波数で動作するように通常設計され、そのため、表面プレート 810 は、第 1 の CMUT 構造体 811 が通常の E S C M U T のように動作するように、第 1 の周波数で剛性であるように設計されるべきである。第 2 の CMUT 構造体 812 は、高周波数等の第 2 の周波数で動作するように通常設計され、そのため、表面プレート 810 は、第 2 の CMUT 構造体 812 が通常の可撓性膜 CMUT のように動作するように、第 2 の周波数で可撓性であるように設計されるべきである。第 1 の周波数と第 2 の周波数との間の差異が十分大きくなるように設計される場合、2 つの積層型 CMUT 構造体 811、812 の動作の間には、たとえそれらが単一 E S C M U T デバイスに含まれていても、ほとんど干渉はない。2 つの CMUT 構造体間の干渉は、以下に記載する図 8B の設計の実装形態を用いて、さらに最小化することができる。

20

【0034】

30

さらに、図 8A に示す構成要素 800a の実装形態では、構成要素 800 のプレート 810 を特定の所定の形状にパターン化して、第 2 の CMUT 構造体 812 の性能を改善し、第 1 の CMUT 811 と第 2 の CMUT 812 との間の動作の干渉をさらに最小化することができる。例示的な実装形態を、図 8B に構成要素 800b として示す。図 8B では、プレート 810 およびプレート支持体 840 の一部分が、図 8A に太破線 801 で示すように、プレート 810 およびプレート支持体 840 から材料を取り除くことによって、チャネル 802 を形成するように取り除かれている。図 8B の実装形態において、下部 CMUT 構造体 811 は、小さな等価質量および大きな表面変位を有する。上部 CMUT 構造体は、2 つの CMUT 構造体 811、812 の間の干渉が最小になるように、バネ部材 820 の比較的不活発な領域 821 上（すなわち、バネ固定具 850 上）にある。例えば、パターン化されたプレート 810 は、バネ固定具 850 のうちの 1 つ以上の上に主として位置するため、CMUT 812 は、ほとんどバネ固定具 850 上で動作し、結果として、第 2 の CMUT 812 の動作中のプレート 810 の中間電極 860 の方への撓曲は、第 1 の CMUT 811 の動作中の、第 1 の電極 830 の方へのバネ部材 820 および中間電極 860 の撓曲に最小限の影響しか与えない。

40

【0035】

さらなる実施形態は、図 1 の CMUT 111 上に積層される、変換デバイス 112 としての圧力センサまたは流量センサを対象とする。例えば、マイクロマシン加工圧力センサの基本構造は、CMUT 構造と同様である。設計および機能性に応じて、本明細書で開示される第 2 の CMUT 構造体は、圧力センサまたは流量センサとして機能するように構成および設計することができる。例えば、一部の実装形態において、圧力情報または流量情

50

報は、圧力または流量情報を決定するための変調方法を使用することにより、CMUT構造体の出力信号から抽出される。変調信号のCMUTへの応用は、本出願と同一発明者によって、2007年4月3日に出願されたPCT出願第PCT/US2007/06588号に開示されており、その開示の全体が、参照することにより本明細書に組み込まれる。

【0036】

積層型CMUT構造体を有する構成要素の実装形態の、例示的な一用途は、高密度焦点式超音波(HIFU)を使用する前立腺癌診断および治療用である。典型的には、診断、治療、および治療評価は、異なる変換器またはシステムを使用して行われる。例えば、HIFU手順で撮像および治療評価を行うために、磁気共鳴画像法(MRI)および他の撮像方法が通常使用される。さらに、前立腺癌の治療中等の、HIFU手順中に誘導を提供するために、超音波撮像を使用することが所望され得る。しかしながら、体外からの従来の超音波撮像では、適切な前立腺癌治療および評価に必要な、高品質画像を提供することができない。したがって、図9のシステム900に示すように、手順中にHIFUプローブ922と併せて経直腸的超音波撮像プローブ920を使用して、組織切除等を行うために、超音波エネルギーを前立腺の一部930に集中させることができる。したがって、従来のHIFUシステム900は、例えば、前立腺の位置を特定するための視野950を提供する撮像プローブ920と、前立腺の一部分930に超音波エネルギーを導くための超音波変換器960を含むHIFUプローブ922との両方の、少なくとも2つのプローブを必要とする。しかしながら、非常に限られた空間であるために、治療中に患者の直腸に、撮像プローブ920およびHIFUプローブ922の両方を入れることには幾つかの不利点がある。さらに、2つのプローブ間の相対運動(例えば、回転、屈曲、移動等)の可能性のために、撮像プローブ920とHIFUプローブ922との間の位置登録において、誤差が生じ得る。

10

20

【0037】

本明細書で開示される実装形態によって、治療および撮像/治療評価の両方のために単一のプローブを使用して、HIFU手順を行うことが可能になる。1つの通常の変換器もしくは変換器アレイは、撮像および治療の両方を行うには十分でない場合があるため、本明細書で開示される実装形態は、単一プローブ上に位置する2つの変換器もしくは変換器アレイを提供する。重なり合うCMUT構造体を有する上記で開示した構成要素の実装形態は、単一プローブを使用して、撮像、診断、治療、および治療のリアルタイム評価を行うことを可能にする。本明細書で開示されるプローブの実装形態は、単一プローブ上で互いにに対して垂直に積層される、独立して動作する2つのCMUTを含む。2つの積層型CMUTは、そのうちの1つを撮像に使用し、もう一方を治療に使用することができ、従来のプローブ内の単一変換器と同じ位置に配置することができる。故に、本明細書で開示される実装形態は、外科用途等の、空間が限られた用途にとってより好適である、小型変換器構成要素を提供する。さらに、2つの積層型CMUT構造体を単一構成要素内に提供することによって、使用中2つのプローブの間に相対運動の機会がないため、従来のシステムを使用しては困難な作業である、治療および評価プローブの正確な登録が可能になる。

30

【0038】

40

積層型CMUT構造体を含むシステム1000の例示的な実装形態を、図10A~10Bに示す。図10Aは、第2の変換器1012が第1の変換器1011上に積層および重なり合うように、単一プローブ1010上に垂直にパッケージ化される、第1の変換器1011と第2の変換器1012とを備える、プローブ1010を描写する。プローブ1010の可能性のある使用の一例は、HIFU手順における治療および撮像の両方を行うことである。例えば、変換器1011、1012のうちの1つを、前立腺1050の視野1060を提供するための撮像動作に使用することができ、変換器1011、1012のうちのもう1つは、前立腺1050の所望の部位に超音波エネルギーを集中させるHIFU動作に使用することができる。

【0039】

50

図10Bは、図10Aに示すプローブ1010上で使用することができる構成要素1001の例示的な構成を示す。構成要素1001は、第2のCMUT1012が、送信および/または受信の方向に対して第1のCMUT1011の上に位置するように、同一基板1030上に重なり合う関係で垂直に一体化する、第1のCMUT構造体1011および第2のCMUT構造体1012を含む。図10A～10BのCMUT構造体1011、1012は、例えば、単一要素変換器、1次元アレイ、1.5次元アレイ、1.75次元アレイ、2次元アレイ、環状アレイ等の任意のCMUT構成となるように設計することができる。また、2つのCMUT構造体1011、1012は、同一または異なる構成を有することができる。すなわち、CMUT1011、1012のうちの1つは単一変換器であってよく、一方もう1つは変換器のアレイまたは他のそのような組み合わせであってよい。積層型CMUTの前述の例示的な実装形態のいずれをも、構成要素1001、または本明細書で開示される教示に基づけば明白となる他の構成として、使用することができる。さらに、プローブ1010はHIFU手順に言及しながら説明されるが、本明細書の開示を踏まえれば、他の用途も明白となる。

【0040】

一部の実装形態において、2つの積層型CMUT構造体を、同一中心周波数で動作させるように設計することができる。しかしながら、他の実装形態において、例えばHIFU用途では、2つのCMUT構造体を異なる中心周波数で動作するように構成することができる。例えば、1つの超音波変換器をHIFU治療用により低い中心周波数（例えば、約0.5～約3MHz）で動作するように構成することができ、別の超音波変換器は、撮像/治療評価用により高い中心周波数（例えば、約5～約10MHz）で動作するように構成することができる。超音波誘導HIFUシステムを提供するための積層型CMUT構造体の使用に際して、第2のCMUT構造体（例えば、CMUT1012）は、より高い中心周波数で動作するように構成することができ、より低い中心周波数で動作するように構成することができる第1のCMUT構造体（例えば、CMUT1011）よりもはるかに剛性の構造体で構築され得る。したがって、変換器構成要素1001がHIFU治療用により低い周波数で動作する時には、第2のCMUT1012は、より低い質量、より剛性の中空構造体を有する第1のCMUT1011の表面プレートまたは可撓性要素として拳動する。同様に、変換器構成要素1001の第2のCMUT1012が、撮像用により高い周波数で動作する時には、第2のCMUTの送信周期の間、第1のCMUT1011に印加される正味静電力はほとんどない。さらに、第2のCMUT1012の受信周期の間、音波が変換器構成要素1001に作用する時には、受信音波の周波数は、第1のCMUT1011の動作周波数よりもはるかに高いため、第1のCMUT構造体1011の存在は、第2のCMUT1012の受信能力に非常にわずかな影響しか及ぼさない。したがって、音響的には、積層型変換器構成要素1001内の2つのCMUT構造体1011、1012は、比較的独立して動作することができる。

【0041】

図11は、積層型CMUTを有する例示的な構成要素のスペクトルの例示的なグラフシミュレーション1100を示す。この例では、図1、3～8、および10のうちのいずれかにおいて示されるような構成要素は、それぞれ1MHzおよび10MHzの中心周波数を有する、2つの積層型CMUT構造体を有する。例えば、該構成要素内の2つのCMUT構造体が別個にアドレスされる場合（すなわち、CMUTのうちの1つのみが作動する）、グラフシミュレーション1100は、点線1110で示される、1MHzで動作する第1の積層型CMUTの性能、および点線1111で示される、10MHzで動作する第2の積層型CMUTの性能を示す。さらに、2つのCMUT構造体が並列に接続される場合（すなわち、両方のCMUTが作動する）、変換器構成要素は、HIFU治療および撮像の両方の周波数範囲にわたる非常に広い帯域幅を示し、該構成要素は、実線1112で示されるように、両方の周波数範囲で効率的に動作することができる。

【0042】

また、積層型CMUT構成要素は、該構成要素の小型構成のために、血管内超音波用途

(IVUS) および心臓内エコー検査 (ICE) にも有用である。IVUSまたはICE用途では、撮像は、大量撮像用にはより低い周波数が好ましいが、高解像度の撮像用には、より高い周波数が好ましい。従来の変換器は、典型的には、低周波数および高周波数の両方の範囲で効率的に動作することができないため、1つの解決策は、異なる周波数範囲で動作する2つのプローブ / 変換器を使用することである。しかしながら、2つの変換器 / プローブ間の切替は、撮像時間を著しく増加させ、2つの異なる変換器 / プローブ間の位置登録も比較的困難になる。

【0043】

本明細書で開示される実装形態は、2つの実質的に異なる周波数範囲で動作することができる、および / または所望の周波数範囲全体にわたることができる、非常に広い帯域幅を有する、単一構成要素またはプローブを提供する。積層型CMUT構造体を有する本明細書で開示される構成要素は、それぞれのCMUTが独立してアドレスされる場合には、2つの独立した変換器として、あるいは、2つのCMUTが並列に接続される場合には、2つの異なる周波数範囲にわたる単一変換器としてのいずれかで、2つの異なる周波数範囲で動作することができる。単一構成要素を形成するように重なり合う2つのCMUT構造体間の位置登録は、容易かつ正確である。さらに、2つの周波数範囲の間の撮像能力の切替（例えば、低解像度から高解像度）は、2つの別個のプローブを物理的に交換する必要がないため、容易に達成される。また、2つの周波数範囲が互いに補完し合う時には、変換器は、特定の撮像手順に必要とされる周波数範囲全体にわたり得る、非常に広い帯域幅を有する。積層型CMUT構造体を有する本明細書で開示される構成要素の実装形態は、単一の従来の変換器よりさほど大きくはなく、種々の血管内プローブ内の従来の変換器と单に入れ替えることができる。本明細書で開示される構成要素内の積層型CMUT構造体は、例えば、単一要素変換器、1次元アレイ、1.5次元アレイ、1.75次元アレイ、2次元アレイ、環状アレイ等の任意の構成となるように設計することができる。また、2つの積層型CMUT構造体は、前述のものと同一または異なる構成を有し得る。

【0044】

図12Aおよび12Bは、IVUSまたはICEプローブカテーテル内で回転変換器または変換器アレイとして使用される、積層型変換器を有する構成要素1210を含む、システム1200の例示的な実装形態を示す。カテーテル1222は、カテーテルの環状部に位置する同軸上で移動可能なプローブ1220を含む。プローブ1220は、カテーテル1222の遠位開口から伸縮可能であってよく、プローブ1220は、その上に装着される構成要素1210を含む。図12Bに示すように、構成要素1210は、本明細書で開示される実装形態に従って、第1のCMUT1211を含み、その上に第2のCMUT1212が位置する。第1のCMUT1211は、任意選択的に基板1215上に形成することができる。第1のCMUT1211は、第1の撮像領域1230での撮像を達成するために第1の周波数で超音波撮像を行うように構成することができ、一方第2のCMUT1212は、第2の撮像領域1250での撮像を達成するために第2の周波数で超音波撮像を実行するように構成することができる。

【0045】

図13Aおよび13Bは、前方視型プローブまたはカテーテル1322内の変換器または変換器アレイとして、積層型変換器を有する構成要素を使用するためのシステム1300の、例示的な実装形態を示す。プローブ1322は、IVUS / ICE撮像または他の撮像目的に使用することができる。プローブ1322は、超音波撮像を行うためにその遠位端に装着される、環状の変換構成要素1310を含む。図13Bに示すように、構成要素1310は、本明細書で開示される実装形態に従って、第1のCMUT1311を含み、その上に第2のCMUT1312が位置する。第1のCMUT1311は、任意選択的に基板1315上に形成されてもよく、第1のCMUT1311および第2のCMUT1312は、それぞれ、中央環状部1340の周辺に位置付けられる、半径方向に配置されるCMUTのアレイ（例えば、リングアレイ）であり得る。第1のCMUT1311は、第1の撮像領域1330での撮像を達成するために、第1の周波数で超音波撮像を実行す

10

20

30

40

50

るよう構成することができ、一方第2のCMUT1312は、第2の撮像領域1350での撮像を達成するために、第2の周波数で超音波撮像を実行するように構成することができる。

【0046】

図14Aおよび14Bは、側方視型プローブまたはカテーテル1422内の変換器または変換器アレイとして、積層型変換器を有する構成要素1410を含むシステム1400の例を示す。プローブ1422は、IVUS/ICEプローブカテーテルまたは他の種類の撮像プローブもしくはカテーテルであり得る。プローブ1422は、プローブ1422の遠位端の周囲に装着される、環状構成要素1410を含む。図14Bに示すように、構成要素1210は、本明細書で開示される実装形態に従って、複数の第1のCMUT1411を含み、その上に第2のCMUT1412が位置する。第1のCMUT1411は、任意選択的に基板1415上に形成されてもよく、複数の積層型CMUT1411、1412が、プローブ1422の外周の周りに取り付けられ、これによって、積層型CMUTの円周アレイを形成することができる。第1のCMUT1411は、第1の撮像領域1430での撮像を達成するために、第1の周波数で超音波撮像を実行するように構成することができ、一方第2のCMUT1412は、第2の撮像領域1450での撮像を達成するために、第2の周波数で超音波撮像を実行するように構成することができる。

【0047】

さらに、図12～14の2つのCMUT構造体、それぞれ1211および1212、1311および1312、ならびに1411および1412は、図10A～10Bの実装形態を参照して前述したように、撮像およびHIFU用に動作するように構成することができる。通常、HIFUおよび撮像の両方が、撮像ゾーンまたは切除ゾーンに超音波を集中させる必要があり、主要な差異は、各動作に使用される周波数およびエネルギーである。この場合、CMUT構造体のうちの1つは低周波数で動作し、通常HIFUを行うように構成され、一方、もう1つのCMUT構造体は高周波数で動作し、通常撮像を行うように構成される。例えば、図12～14の実装形態では、それぞれのプローブ上のCMUT構造体のうちの1つ（例えば、1211、1311、1411）は、HIFUを行うための周波数で動作するように構成され、一方各それぞれのプローブ上のもう1つのCMUT構造体（例えば、1212、1312、1412）は、撮像を行うための周波数で動作するように構成される。また、本明細書で開示される実装形態の他の使用および用途も、本開示を考慮して、当業者には明白となる。

【0048】

前述のことから、本明細書で開示される実装形態が、垂直に積層されるか、または重なり合う構成の複数のCMUTを、隣接する単一構成要素として実装するための、構成要素、システム、および方法を提供することが、明白となる。さらに、一部の実装形態はESCMUTに基づき、第2のCMUTをESCMUTの表面プレート上に積層することができる。他の実装形態において、CMUTを土台とする第2の構造体は、インターフェース回路、または例えば、圧力センサ、温度センサ、流量センサ等のセンサの、他の変換デバイスである。さらに、一部の実装形態において、2つのCMUT構造体を、ESCMUT設計に基づき、一方を他方の上に、直接構築することができる。さらに、一部の実装形態において、CMUTのうちの1つの表面プレートを特定の形状にパターン化して、CMUT性能を改善し、2つのCMUT構造体の動作間の干渉を最低限に抑えることができる。一部の実装形態において、積層型CMUT構造体を異なる組み合わせで使用して、以下でさらに説明する、別個の送信および受信機能、二重送信、二重受信、または独立して動作するCMUT等の、選択的用途のための所望の機能および性能を達成することができる。本明細書で記載される実装形態は、超音波システムに適合するCMUT設計の柔軟性を大きく改善するのみならず、変換器の性能を飛躍的に改善することができる。一部の実装形態において、2つの積層型変換器構造体の位置は、リソグラフィによって画定され、これによって、一方が他方の上に構築される、2つの変換器の正確な位置合わせが可能になる。本明細書で開示される積層構成にある、変換デバイスおよびCMUT構造体は、例えば

10

20

30

40

50

、単一要素変換器、1次元アレイ、1.5次元アレイ、1.75次元アレイ、2次元アレイ、または環状アレイ等の任意の構成となるように設計することができる。また、2つの積層型CMUT構造体は、同一または異なる構成を有し得る。

【0049】

また、実装形態は、本明細書で開示される構成要素を作製および使用するための、方法、システム、および装置にも関する。さらに、図1、3~8、10、および12~14に示す構成は、実装形態が提供され得る、純粹に例示的な構成要素およびシステムであり、実装形態が特定のハードウェア構成に限定されるものではないことに留意されたい。説明の中では、本開示の完全な理解を提供するために、説明目的で、多くの詳細について記載した。しかしながら、当業者には、これらの具体的な詳細の全てが必要とされるわけではないことが、明白となるであろう。10

【0050】

図15A~15Bは、CMUT構造体111上に重なり合う変換デバイス112を有する、図1に対応する構成要素のさらなる例示的な実装形態を示す。図15Aは、図6のESCMUTに対応する、CMUT構造体1511aの表面プレート611を土台とする、第1の例示的な変換デバイス1512aを示す。他の実装形態において、CMUT構造体1511aは、他の既知のCMUT構造体であり得る。例えば、変換デバイス1512aは、図7に示す第2のCMUT構造体712のもの等の、CMUT構造体の可撓性要素/電極722/721上に構築することができる。例示的な変換デバイス1512aは、熱線式流量センサまたは温度センサ1560であり得る。任意選択的に、1つ以上の集積回路(ΙC)1550を、センサ1560と一体化することができる。センサ1560は、1本以上のワイヤ1561を含み、3本のワイヤ1561a~1561cが、図15Aの実装形態に示されている。ワイヤ1561上の熱負荷を減少させて、センサ1560の感度を向上させるように、ワイヤ1561a~1561cのそれぞれの下に空洞1562が位置する。センサ1560が流量センサとして構成される場合、中央ワイヤ1561bは、導電材料から作製され、既知の様態で流量を測定するために使用することができる、加熱器(すなわち、抵抗加熱ワイヤ)として設計される。ワイヤ1561aおよび1561cは、温度センサとなるように構成することができ、温度変化とともに変化する特性を有する材料(例えば、白金)から作製され得る。ワイヤ1561aと1561cとの間の温度差を使用して、流量情報を判定することができる。ワイヤ1561aまたはワイヤ1561cは温度変化に敏感であるため、センサ1560を単に温度センサとして使用することもできる。さらに、従来のPZT変換器と比較して、本CMUTは、動作中ほんのわずかな熱しか発生しないため、変換デバイス1512aのセンサとCMUT1511bとは独立して動作することができる。20

【0051】

図15Bは、図6のESCMUTに対応する、CMUT構造体1511bの表面プレート611を土台とする、変換デバイス1512bの別の例示的な実装形態を示す。他の実装形態において、CMUT構造体1511bは、他の既知のCMUT構造体であり得る。例えば、変換デバイス1512bは、図7に示す第2のCMUT構造体712のもの等の、CMUT構造体の可撓性要素/電極722/721上に構築することができる。図示の実装形態では、変換デバイス1512bは、所望の距離だけ離間する、CMUT1511bを土台とする2つの圧力センサ1570aおよび1570bを含む。任意選択的に、圧力センサ1570aおよび1570bにΙC1550を製造することができる。2つの圧力センサ間の圧力差が、隣接区域の媒体の流量情報を提供することができる。図15Bに示す圧力センサ1570aおよび1570bは、それぞれ可撓性膜1571、密閉された空洞1573、最上部電極1572、および本実装形態ではプレート611である底面電極を含む、静電圧センサであり得る。したがって、底面電極611は、CMUT構造体1511bの最上部電極611でもあり得る。任意選択的に、圧電型圧力センサ等の他の圧力センサを、変換デバイス1512b内で使用することができる。変換デバイス1512bのCMUT1511bおよび圧力センサ(または流量センサ)は、2桁以上の差異を有4050

するそれぞれの周波数で動作するため、圧力センサ（または流量センサ）1512bおよびCMUT1511bは、互いに独立して動作することができる。

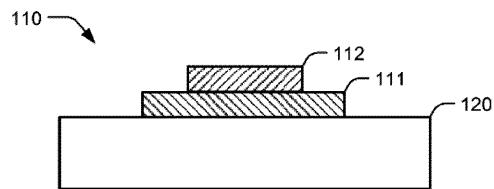
【0052】

一部の用途において、図15Aおよび15B等の実装形態は、現在利用可能ではないさらなる機能性を提供する。例えば、超音波撮像が生体内で行われるときには、幾つかの手順の間、血流情報も所望され得る。本明細書の実装形態に従う1つ以上のCMUTに流量／圧力／温度センサを組み込むことによって、これらの数的指標を撮像または治療手順と同時に監視することができる。さらに、図15A～15Bの変換デバイス1512は、単一CMUT1511の上に実装されるとして説明されているが、これらの変換デバイスは、積層型CMUT構造体を有する構成要素上にも同様に実装し得ることに留意されたい。
10 例えば、変換デバイス1512aまたは1512bは、図7の構成要素700の第2のCMUT構造体712の上、または図8A～8Bの第2のCMUT構造体812の上に実装することができる。さらに、一部の実装形態は、上記では一方が他方の上に積層される2つのCMUT構造体を有する構成要素として説明されているが、3つの異なる周波数等で動作するためなどの、一方が他方の上に積層される、本明細書で開示される3つ以上のCMUT、または他の変換デバイスを有することも、本開示および特許請求の範囲内である。

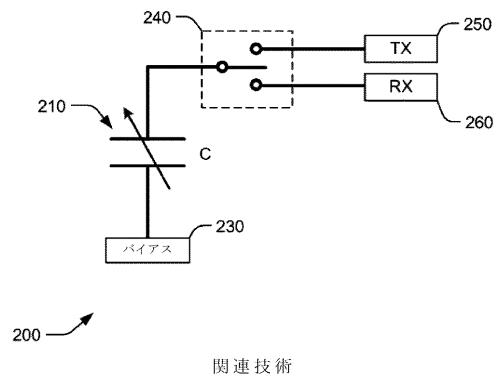
【0053】

構造的特徴および／または方法論的行為に特定の文言で、主題について記載したが、添付の特許請求の範囲において定義される主題は、上記の特定の特徴または行為に限定されるものではないことを理解されたい。むしろ、上述の特定の特徴および行為は、特許請求の範囲を実装する例示的形態として開示される。さらに、当業者は、同一目的を達成すると算定されるいずれの配置も、開示される特定の実装形態と置き換え得ることを認識する。本開示は、開示される実装形態の全ての適合および変形を網羅することを意図し、以下の特許請求の範囲で使用される条件が、本明細書において開示される特定の実装形態に本特許を限定するものと解釈されるべきではないことを理解されたい。むしろ、本特許の範囲は、以下の特許請求の範囲が権利を付与されるあらゆる同等物とともに、かかる特許請求の範囲によってその全体が決定される。
20

【図1】

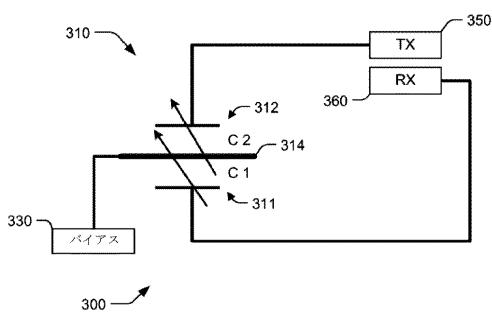


【図2】

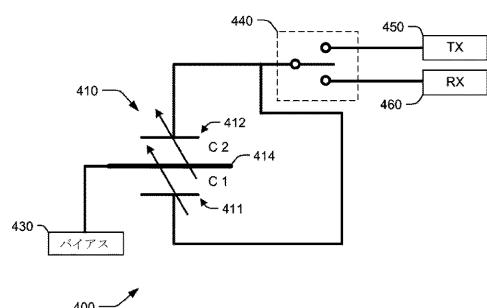


関連技術

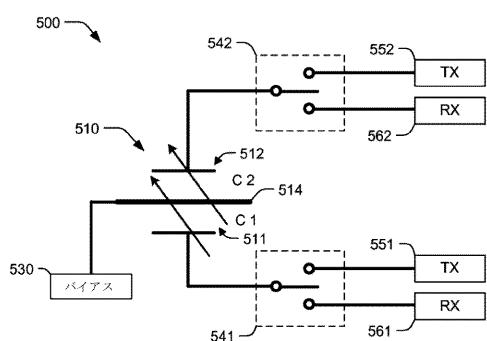
【図3】



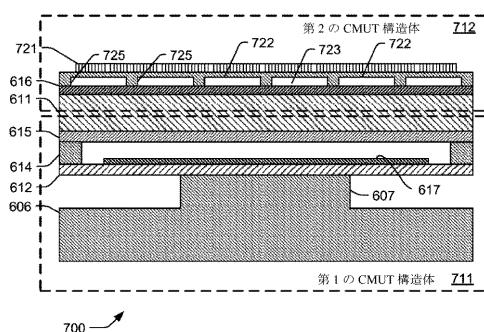
【図4】



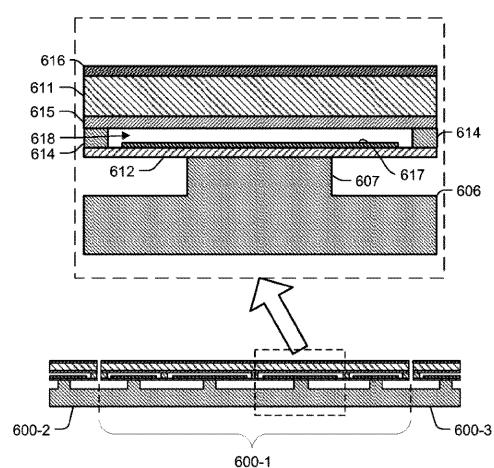
【図5】



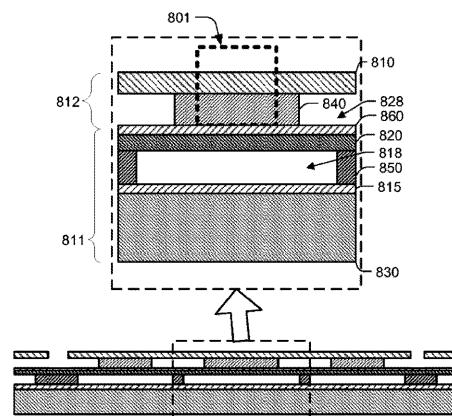
【図7】



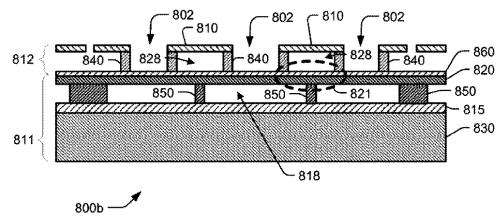
【図6】



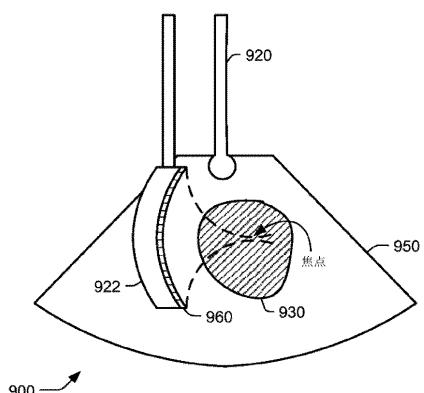
【図8A】



【図 8 B】

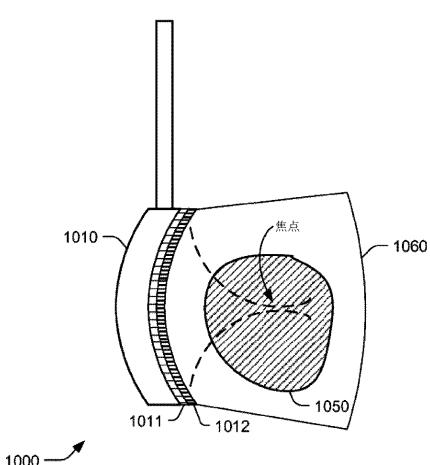


【図 9】

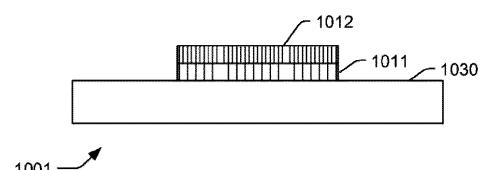


関連技術

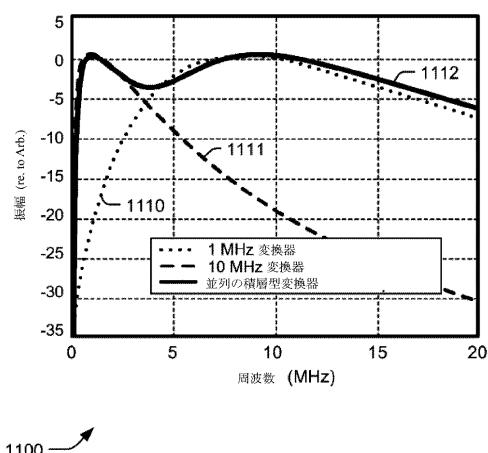
【図 10 A】



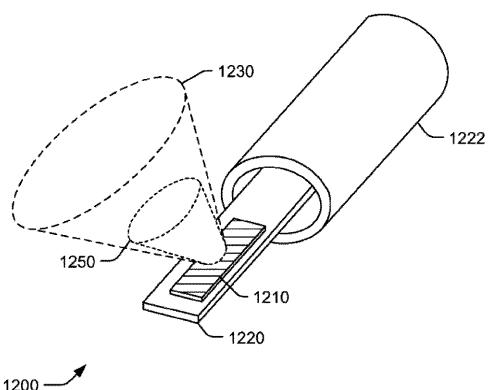
【図 10 B】



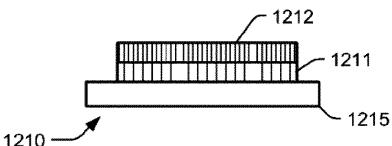
【図 11】



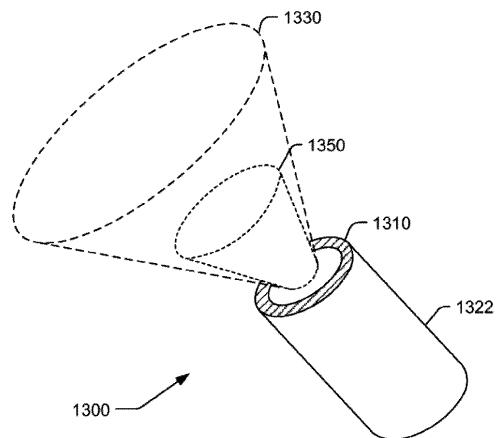
【図 12 A】



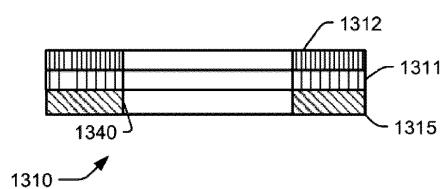
【図 12 B】



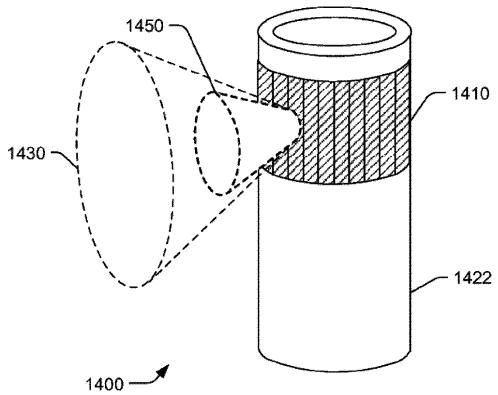
【図 1 3 A】



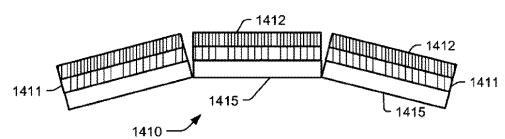
【図 1 3 B】



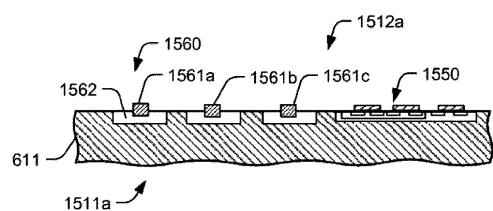
【図 1 4 A】



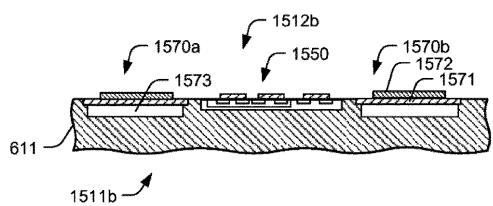
【図 1 4 B】



【図 1 5 A】



【図 1 5 B】



フロントページの続き

審査官 樋口 宗彦

(56)参考文献 特開2007-130357(JP,A)

国際公開第2006/123300(WO,A1)

特表2008-546239(JP,A)

特開2007-251505(JP,A)

特開2006-166443(JP,A)

特開2007-307188(JP,A)

特開2005-052342(JP,A)

特開2007-244638(JP,A)

特開2007-229328(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B8/00 - 8 / 15

专利名称(译)	多层转换装置		
公开(公告)号	JP5529749B2	公开(公告)日	2014-06-25
申请号	JP2010536239	申请日	2008-12-03
[标]申请(专利权)人(译)	科隆科技公司		
申请(专利权)人(译)	辊技术公司		
当前申请(专利权)人(译)	辊技术公司		
[标]发明人	ヨンリファン		
发明人	ヨンリファン		
IPC分类号	A61B8/00 H04R19/00		
CPC分类号	B06B1/0292 A61B8/06 A61B8/12 A61B8/445 A61B8/4488 A61B2562/028 A61N1/37217		
FI分类号	A61B8/00 H04R19/00.330		
代理人(译)	谷义 安倍晋三和夫		
审查员(译)	樋口宗彦		
优先权	60/992020 2007-12-03 US		
其他公开文献	JP2011507561A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

实施方式包括电容微机械超声换能器 (CMUT) , 其具有以垂直堆叠关系覆盖的附加换能装置。在一些实施方式中 , 附加换能设备是第二 CMUT , 其被配置为以与第一CMUT不同的频率操作。

【 图 6 】

