

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6190450号
(P6190450)

(45) 発行日 平成29年8月30日 (2017. 8. 30)

(24) 登録日 平成29年8月10日 (2017. 8. 10)

(51) Int. Cl.	F I		
HO 4 R 17/00	(2006. 01)	HO 4 R	17/00 3 3 2 A
A 6 1 B 8/00	(2006. 01)	HO 4 R	17/00 3 3 0 K
GO 1 N 29/24	(2006. 01)	HO 4 R	17/00 3 3 0 H
		A 6 1 B	8/00
		GO 1 N	29/24

請求項の数 20 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-510309 (P2015-510309)
(86) (22) 出願日	平成25年4月19日 (2013. 4. 19)
(65) 公表番号	特表2015-520975 (P2015-520975A)
(43) 公表日	平成27年7月23日 (2015. 7. 23)
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/037382
(87) 国際公開番号	W02013/165706
(87) 国際公開日	平成25年11月7日 (2013. 11. 7)
審査請求日	平成28年4月15日 (2016. 4. 15)
(31) 優先権主張番号	61/641, 197
(32) 優先日	平成24年5月1日 (2012. 5. 1)
(33) 優先権主張国	米国 (US)
(31) 優先権主張番号	13/835, 500
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013. 3. 15)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	502122794
	フジフィルム デイマティックス, イン コーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューハンプシャー O 3 7 6 6, レバノン, エトナ ロード 1 0 9
(74) 代理人	100092093 弁理士 辻居 幸一
(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重周波数超広帯域幅変換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上に配置された複数の圧電変換器要素集団を備え、
各圧電変換器要素集団は複数の変換器要素を有し、前記変換器要素は、
圧電膜と、
前記変換器要素の前記圧電膜に結合された駆動 / 感知電極と、
を含み、前記複数の圧電変換器要素集団の各圧電変換器要素集団に対して、前記圧電変換器要素集団の第 1 の変換器要素の圧電膜の寸法が前記圧電変換器要素集団の第 2 の変換器要素の圧電膜の寸法とは異なっており、
さらに、前記基板の上に配置された複数の電極レールの組を備え、
前記複数組の電極レールの 1 つの組の電極レールに対して、1 つの組の電極レールは前記複数組の変換器要素集団の各 1 つのみに結合され、
複数の電極レールの組の各第 1 の電極レールは、複数の変換器要素集団の各 1 つの第 1 の変換器要素の駆動 / 感知電極に電氣的に結合され、
複数の電極レールの組の各第 2 の電極レールは、複数の変換器要素集団の各 1 つの第 2 の変換器要素の前記駆動 / 感知電極に電氣的に結合されている、
ことを特徴とする圧電微小超音波変換器 (p M U T) アレイ。

【請求項 2】

第 1 の圧電変換器要素集団は、
それぞれが第 1 の寸法の圧電膜を有する複数の第 1 の変換要素と、

それぞれが第2の寸法の圧電膜を有する複数の第2の変換要素と、
を備え、

複数の電極レールの第1の組の第1の電極レールは、複数の第1の変換器要素の前記駆動/感知電極のそれぞれに電氣的に結合され、複数の電極レールの第1の組の第2の電極レールは、複数の第2の変換器要素の前記駆動/感知電極のそれぞれに電氣的に結合されている、

ことを特徴とする請求項1に記載のpMUTアレイ。

【請求項3】

前記第1の圧電変換要素集団の複数の変換要素は、第1の圧電変換要素集団の最大の膜と第1の圧電変換要素集団の最小の膜との間の寸法差よりも小さい第1の圧電変換器要素集団のいずれか2つの隣接する膜の間の寸法差で、膜の寸法が、前記基板の上の距離に沿ってサイズが順次増分されることを特徴とする請求項2に記載のpMUTアレイ。

10

【請求項4】

第1の圧電変換要素集団の各圧電変換器要素が、楕円体又は球体圧電膜を有することを特徴とする請求項3に記載のpMUTアレイ。

【請求項5】

n及びiはそれぞれ2より大きいとして、各圧電変換要素集団が、i個の異なるサイズの圧電膜を有するn個の変換器要素を含み、前記電極レールの複数の組のそれぞれは、m個の電極レールを含み、

第1の圧電変換要素集団はj個の変換器要素を含み、前記j個の変換器要素の各圧電膜は同じ寸法であり、前記j個の変換器要素は、第1の圧電変換器要素集団に結合されたm個の電極レールの対応する1つに電氣的に結合されている

20

ことを特徴とする請求項4に記載のpMUTアレイ。

【請求項6】

jが1よりも大きく、かつmが2に等しいことを特徴とする請求項5に記載のpMUTアレイ。

【請求項7】

第1の圧電変換要素集団の前記i個の変換器要素の第1の部分集合が、第1の圧電変換要素集団のi個の変換器要素の第2の部分集合によって第2の電極レールに出力されるi-y個の異なる周波数応答の周波数範囲よりも低い周波数範囲のものであるy個の異なる周波数応答を第1の電極レールに出力するためのものであることを特徴とする請求項5に記載のpMUTアレイ。

30

【請求項8】

前記複数の電極レールの組は、前記基板の第1の次元にわたって線形アレイを形成し、
前記圧電変換器要素集団の各々が、前記基板の第2の次元にわたって線形アレイを含み、

第1の圧電変換器要素集団の前記圧電膜は、異なる直径を有する円形又は回転楕円形である、

ことを特徴とする請求項1に記載のpMUTアレイ。

【請求項9】

40

前記複数のセットの電極レールは、前記基板の第1及び第2の次元に沿って電極レールの2次元アレイを形成し、

第1の圧電変換器要素集団の前記圧電膜は、異なる直径を有する円形又は回転楕円形である、

ことを特徴とする請求項1に記載のpMUTアレイ。

【請求項10】

媒質内に圧力波を発生してそれを感知するための装置であって、

請求項1に記載のpMUTアレイと、

複数の信号レールの複数の組の1つの第1の電極レール上に第1の電気駆動信号を印加し、複数の信号レールの複数の組の1つの第2の電極レール上に第2の電気駆動信号を印

50

加するために前記 p M U T アレイに結合された少なくとも 1 つの信号発生器と、
を含むことを特徴とする装置。

【請求項 1 1】

第 1 及び第 2 の電気駆動信号は、異なる周波数、異なる振幅、又は異なる位相のうちの少なくとも 1 つを有することを特徴とする請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 2】

複数の圧電変換器要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の圧電膜が、複数の圧電変換器要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の圧電膜よりも小さく、

前記第 1 の電気駆動信号は、前記第 2 の電気駆動信号のものよりも大きい電圧振幅を有する、

ことを特徴とする請求項 1 0 に記載の装置。

10

【請求項 1 3】

複数の信号レールの複数の組の 1 つの前記第 1 の電極レールからの第 1 の電気応答信号及び複数の信号レールの複数の組の 1 つの第 2 の電極レールからの第 2 の電気応答信号を受信するように前記 p M U T アレイに結合された少なくとも 1 つの受信機と、

受信した前記第 1 及び第 2 の電気応答信号を処理するように前記少なくとも 1 つの受信機に結合された信号プロセッサと、

を更に含むことを特徴とする請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 の電気応答信号は、前記第 2 の電気応答信号のものよりも高い帯域幅を張る第 1 の周波数応答を有することを特徴とする請求項 1 3 に記載の装置。

20

【請求項 1 5】

複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の圧電膜が、複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の圧電膜よりも小さく、

前記信号プロセッサは、前記第 2 の電気応答信号に対するものよりも大きい増幅を前記第 1 の電気応答信号に対して印加するためのものである、

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 1 つの信号発生器は、前記第 1 及び第 2 の電気駆動信号を変調するためのものであり、

30

信号プロセッサが、前記第 1 及び第 2 の電気応答信号を変調して該第 1 又は第 2 の電気応答信号のいずれかよりも大きい帯域幅を有する累積周波数応答を発生させるためのものである、

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の p M U T アレイを用いて媒質内に圧力波を発生してそれを感知する方法であって、

第 1 の電気信号を発生させる段階と、

第 2 の電気信号を発生させる段階と、

前記第 1 の電気信号を、複数の圧電変換器要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の駆動 / 感知電極に印加し、かつ、前記第 2 の電気信号を、複数の圧電変換器要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の駆動 / 感知電極に印加する段階と、

40

前記 p M U T アレイの侵入深さを制御するために、第 1 の電気信号及び第 2 の電気信号のうちの一方の振幅及び位相のうちの少なくとも一方を、前記第 1 の電気信号及び第 2 の電気信号のうちの他方の振幅及び位相のうちの少なくとも一方に対して変調する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 8】

複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の圧電膜が、複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の圧電膜よりも小さく、

振幅及び位相のうちの少なくとも一方を変調する段階は、前記 p M U T アレイの遠視野

50

分解能を増大させるために、前記第 1 の電気信号の振幅を前記第 2 の電気信号の振幅に対して低減する段階を更に含む、

ことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の前記駆動 / 感知電極から第 1 の電気応答信号を受信する段階と、

複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の前記駆動 / 感知電極から第 2 の電気応答信号を受信する段階と、

前記第 1 及び第 2 の電気応答信号を信号処理して該第 1 又は第 2 の電気応答信号単独のいずれかよりも大きい帯域幅を有する累積周波数応答を発生させる段階と、

を更に含むことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

10

【請求項 20】

複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 1 の変換器要素の圧電膜が、複数の圧電変換要素集団の 1 つの第 2 の変換器要素の圧電膜よりも小さく、

前記信号処理する段階は、前記 p M U T アレイの近視野分解能を増大させるために前記第 1 の電気応答信号の増幅を前記第 2 の電気応答信号の増幅に対して増加させる段階、又は該 p M U T アレイの遠視野分解能を増大させるために該第 2 の電気応答信号の該増幅を該第 1 の電気応答信号のものに対して増加させる段階を更に含む、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

〔関連出願への相互参照〕

本出願は、「多重周波数超広帯域幅変換器」という名称の 2012 年 5 月 1 日出願の米国特許仮出願第 61 / 641, 197 号及び「多重周波数超広帯域幅変換器」という名称の 2013 年 3 月 15 日出願の米国特許出願第 13 / 835, 500 号の利益を主張するものであり、これらの内容全体は、これにより全ての目的に対してその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明の実施形態は、一般的に圧電変換器に関し、より具体的には、圧電微小超音波変換器 (p M U T) アレイに関する。

30

【背景技術】

【0003】

超音波圧電変換器デバイスは、典型的には、時変駆動電圧にตอบสนองして振動して変換器要素の露出外面に接触した伝播媒質 (例えば、空気、水、又は身体組織) に高周波圧力波を発生させることができる圧電膜を含む。この高周波圧力波は、他の媒質の中に伝播することができる。同じ圧電膜はまた、伝播媒質から反射圧力波を受け入れ、受け入れた圧力波を電気信号に変換することもできる。電気信号は、駆動電圧信号と共に処理されて伝播媒質内の密度又は弾性係数の変動に関する情報を得ることができる。

【0004】

40

圧電膜を使用する多くの超音波変換器デバイスは、バルク圧電材料を機械的にダイスカットすることにより、又は圧電セラミック結晶が注入されたキャリア材料を射出成形することによって形成されるが、デバイスは、有利な態様において、様々なマイクロマシニング技術 (例えば、材料堆積、リソグラフィパターン化、エッチングによる特徴部形成、その他) を使用して超高寸法公差に対して廉価に製作することができる。従って、変換器要素の大きいアレイを使用することができ、アレイの個々のものは、ビーム形成アルゴリズムを通じて駆動される。そのようなアレイ式デバイスは、p M U T アレイとして公知である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 5 】

一般的に、いずれの超音波変換器技術に対しても、より高い周波数で改善する撮像分解能とより低い周波数で改善する侵入深さとの間にトレードオフが存在する。今日までのところ、pMUTアレイは、限定帯域幅（例えば、1を十分に下回っている比帯域幅）を有する。従って、pMUTアレイを使用する変換器は、典型的に用途特定であり、例えば、「胃腸超音波検査」は、恐らく2 - 6 MHzの第1の作動周波数帯域の変換器を必要とし、「心エコー検査」は、恐らく5 - 13 MHzの第2の作動周波数帯域の変換器を必要とする。多重周波数作動及び/又は動的周波数同調が可能なpMUTアレイは、有利な態様において、超音波変換器オペレータが試料又は患者を撮像しながら変換器の作動（送信及び/又は受信）周波数帯域を変調することを可能にし、かつ変換器を取り替えるいかなる

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

多重周波数pMUTアレイと多重周波数pMUTアレイを含むシステムとを本明細書に説明する。実施形態において、pMUTアレイは、基板の上に配置された複数の圧電変換器要素集団を含む。要素集団の各々は、異なるサイズの圧電膜を有する少なくとも第1及び第2の変換器要素を含み、かつ様々なサイズのあらゆる数の圧電膜を収容することができる。各変換器要素は、圧電膜に結合された駆動/感知電極を有し、駆動/感知電極には、複数のセットの電極レールが結合され、電極レールの各セットは、変換器要素集団のうちの1つだけに結合される。与えられた電極レールセットに対して、第1の電極レールは、（第1のサイズの）第1の変換器要素の駆動/感知電極に電氣的に結合されるが、そのセットの第2の電極レールは、（第2のサイズの）第2の変換器要素の駆動/感知電極に電氣的に結合される。

20

【 0 0 0 7 】

別々の駆動/感知電極を用いて、集団内の異なる周波数応答の変換器要素は、独立にアドレス可能である。更に別の実施形態に提供されるように、多重周波数pMUTアレイを通じて媒質内の圧力波を発生及び感知するための装置は、第1の電極レール上に第1の電気駆動信号及び第2の電極レール上に第2の電気駆動信号を印加するためのものであり、及び/又は第1の電極レールからの第1の電気応答信号に対して第1の信号処理及び第2の電極レールからの第2の電気応答信号に対して第2の信号処理を適用するためのものである。超音波変換器装置は、それによって変換器要素の集団内のサブグループに基づいてpMUTアレイの周波数応答を変調することができる。例えば、第1の要素サブグループが、全てが第2の要素サブグループよりも小さい圧電膜を含む場合、異なる膜サイズに関連付けられた異なる周波数応答特性は、変換器要素の集団に与えられた様々な駆動/感知電極レールを通じて選択及び/又は同調することができる。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態は、添付図面の図に限定ではなく一例として示されている。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1A】実施形態による二重周波数1D pMUTアレイの平面図である。

40

【図1B】実施形態による二重周波数2D pMUTアレイの平面図である。

【図1C】実施形態による多重周波数pMUT集団の平面図である。

【図1D】実施形態により各周波数帯域内に楕円膜及び漸变的サイズを有する二重周波数1D pMUTアレイの平面図である。

【図2A】実施形態により図1A～図1BのpMUTアレイのいずれにも使用することができる変換器要素の断面図である。

【図2B】実施形態により図1A～図1BのpMUTアレイのいずれにも使用することができる変換器要素の断面図である。

【図2C】実施形態により図1A～図1BのpMUTアレイのいずれにも使用することができる変換器要素の断面図である。

50

【図3】実施形態による図1Aの二重周波数pMUTアレイ内の変換器要素に対する周波数応答曲線を示したグラフである。

【図4A】実施形態による図1Aの二重周波数pMUTアレイ上で信号を駆動する方法の流れ図である。

【図4B】実施形態による図1Aの二重周波数pMUTアレイから応答信号を受信する方法の流れ図である。

【図5A】実施形態により超広帯域幅モードで作動する図1Aの二重周波数pMUTアレイに対する累積周波数応答を示したグラフである。

【図5B】実施形態により近視野モードで作動する図1Aの二重周波数pMUTアレイに対する累積周波数応答を示したグラフである。

【図5C】実施形態により遠視野モードで作動する図1Aの二重周波数pMUTアレイに対する累積周波数応答を示したグラフである。

【図6】本発明の実施形態による多重周波数pMUTアレイを使用する超音波変換器装置の機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下の説明において、多くの詳細を説明する。しかし、本発明をこれらの具体的詳細なしに実施することができることは、当業者には明らかであろう。一部の事例において、公知の方法及びデバイスは、本発明を曖昧にすることを回避するために詳細ではなくブロック図の形態で示される。本明細書全体を通じて「実施形態」への参照は、その実施形態に関連して説明する特定の特徴、構造、機能、又は特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。従って、本明細書全体を通じて様々な箇所での語句「実施形態において」の出現は、必ずしも本発明の同じ実施形態を参照するとは限らない。更に、特定の特徴、構造、機能、又は特性は、1つ又はそれよりも多くの実施形態においてあらゆる適切な方式で組み合わせることができる。例えば、第1の実施形態は、2つの実施形態が相互に排他的でないどこでも第2の実施形態と組み合わせることができる。

【0011】

具体的にそれ以外を定めない限り、「処理する」、「演算する」、「計算する」、又は「決定する」などのような用語は、コンピュータシステムのレジスタ及び/又はメモリ内で電子のような物理量として表されたデータを操作し、及び/又はコンピュータシステムのメモリ、レジスタ、又は他のそのような情報ストレージ、送信、又は表示デバイス内の物理量として同様に表された他のデータに変換するコンピュータ又はコンピュータシステム又は類似の電子コンピュータデバイスのアクション及び/又は処理を意味する。

【0012】

用語「結合された」及び「接続された」は、それらの派生語と共に、構成要素間の構造的関係を説明するために本明細書に使用することができる。これらの用語は、互いの同義語を意図しないことを理解しなければならない。むしろ、特定の実施形態において、「接続された」は、2つ又はそれよりも多くの要素が互いに直接に物理的又は電氣的に接触することを示すために使用することができる。「結合された」は、2つ又はそれよりも多くの要素が互いに直接又は間接（これらの間の他の介在要素により）のいずれかで物理的又は電氣的に接触し、及び/又は2つ又はそれよりも多くの要素が互いに協働するか又は相互作用する（例えば、原因及び効果関係にあるような）ことを示すために使用することができる。

【0013】

一般的に、本明細書に説明する実施形態は、pMUTアレイの周波数成形機能を利用して同じデバイスにおいて高周波及び低周波作動の両方を達成する。高及び低周波数の両方で作動する機能は、関連の特定の侵入深さでの最適分解能に適応的に調節するようにデバイスの使用中に調整することができる。pMUTアレイ内の周波数成形は、いくつかの技術によって達成することができるが、例示的な実施形態において、様々なサイズの圧電膜が、膜にわたる共振周波数を調整するために製作される。様々なサイズ指定された圧電膜

10

20

30

40

50

は、次に、2つ又はそれよりも多くの電極レールによって互いにグループにされるか又は集合体にされ、サイズ指定された変換器要素のその2つ又はそれよりも多くのグループ間の独立アドレス指定を可能にする。2つ又はそれよりも多くの電極レールの各々から発生及び/又は受信される駆動及び/又は応答信号の信号処理は、次に、近視野モード、遠視野モード、及び超広帯域幅モードのようなデバイスのための様々な作動モードを達成することができる。

【0014】

図1Aは、実施形態によるpMUTアレイ100の平面図である。実施形態において、pMUTアレイは、基板の上に配置された複数の圧電変換器要素集団を含む。各圧電変換器要素集団は、各要素集団内の個々の変換器要素の複合体であるある周波数応答を有する集合体要素として作動するためのものである。一般的に、あらゆる数の圧電変換器要素は、アレイ面積及び要素ピッチに応じて集団として互いに集合体に行うことができる。図1Aに示す実施形態において、各圧電変換器要素集団(例えば、110)は、y次元に沿って線形アレイを形成し、圧電変換器要素は、基板の幅 W_1 の少なくとも5倍、好ましくは、少なくとも1桁大きい基板の長さ L_1 にわたって単一縦列(すなわち、中心が、直線に沿って位置合わせされる)に位置合わせされる。要素集団がアレイにされる他の幾何学形状も、集団レベルでビーム形成技術を適用することができるように、pMUTアレイ各要素集団がアレイ内に既知の空間関係を有するものであるという指針原理によって可能である。図1Aの例示的な実施形態に対して、ビーム形成技術は、x方向に沿ってIDアレイを形成する要素集団110、120、130、140を用いて容易に適用することができる。

【0015】

実施形態において、各要素集団は、異なるサイズの圧電膜を有する少なくとも第1及び第2の変換器要素を含む。スペクトル応答は、異なる膜サイズ(例えば、本明細書の他の箇所に説明する例示的な円形又は球形膜の膜直径)を積分することによって成形することができる。バルクPZT変換器とは異なり、pMUTの共振周波数は、リソグラフィによる幾何学形状により容易に調整することができる。更に別の実施形態において、各変換器要素集団は、各集団からのスペクトル応答がほぼ同じであるように同一セットの変換器要素サイズを含む。

【0016】

一般的に、あらゆる数の異なる膜サイズを要素集団内で利用することができる(例えば、2~20又はそれよりも多くの異なる膜サイズ(例えば、直径))。図1Aによって示すように、各駆動/感知電極(例えば、110')は、3つの異なるサイズ(例えば、111A、112A、113A)を有する変換器要素に結合される。直径の範囲は、一般的に、膜剛性及び質量の関数としての望ましい周波数範囲に依存することになる。徐々に大きくなる膜の間の増分は、異なるサイズの膜の範囲及び数の関数とすることができ、より大きいサイズの増分に対して周波数重なりがより少ない。増分量を選択して、望ましい作動モードに対して十分な3dB帯域幅を維持する応答曲線に寄与する全ての変換器要素を保証することができる。一例として、近視野作動モードに対して、20~150 μm の範囲の変換器直径は、図2A~図2Cの関連で説明する全体構造を有する変換器からのMHz周波数応答に対して典型的であると考えられる。2~10 μm の直径増分は、典型的には、3dB帯域幅を有する累積応答を提供するのに十分な応答重なりを提供するのである。

【0017】

実施形態において、pMUTアレイは、変換器要素集団の1つだけに結合された各セットの電極を有する複数の電極レールセットを含む。一般的に、与えられた要素集団内で、個々の変換器要素の駆動/感知電極は、1つの駆動/感知レールに結合された全ての要素駆動/感知電極が同じ電位にあるように、少なくとも2つの別々の駆動/感知電極レールのうちの1つに並列に電氣的に結合される。各変換器要素集団に対する2つの別々の駆動/感知電極レールにより、第1の電極レールは、第1の変換器要素の駆動/感知電極に電

10

20

30

40

50

氣的に結合され、第2の電極レールは、第2の変換器要素の駆動/感知電極に電氣的に結合される。例えば、図1において、要素集団110は、駆動/感知電極レール110'に結合された駆動/感知電極を有する変換器要素111A、112A、113A、111B、112B、及び113Bを含むが、要素114A、115A、116A、114B、115B、及び116Bは、駆動/感知電極レール110"に結合された駆動/感知電極を有する。同様に、変換器要素集団120の駆動/感知電極は、駆動/感知電極レール120'又は120"に並列に結合される。

【0018】

各駆動/感知電極レール(例えば、110')は、いずれの他の駆動/感知電極レール(例えば、110"又は120'、その他)とも独立に電氣的にアドレス可能である。駆動/感知電極レール及び基準(例えば、接地)電極レールは、図2A~図2Cの断面図に描かれている。図1Aにおいて、駆動/感知電極レール110'及び駆動/感知電極レール110"は、アレイ内の反復セルを表している。例えば、変換器要素集団110に対して、第1の駆動/感知電極レール110'は、第1の端部127に結合され、第2の駆動/感知電極レール110"は、第2の端部128に結合されて互いに噛み合った指構造を形成する。駆動/感知電極レール120'及び駆動/感知電極レール120"は、任意的なサイズのID電極アレイ(例えば、128集団の256電極レール、その他)を形成する追加のセルを用いて互いに噛み合った構造を繰り返す。

【0019】

実施形態において、同じ変換器要素集団に対応する駆動/感知電極レールは、異なる非重なりサイズ範囲の変換器要素に結合される。例えば、n変換器要素の集団が、徐々により大きくなる膜の直径の範囲を覆う $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 及び6を有するi個の異なるサイズの圧電膜を含む場合、第1の駆動/感知電極レールは、サイズ $i = 1 - 3$ の膜に結合されるが、第2の駆動/感知電極レールは、サイズ $i = 4 - 6$ の膜に結合される。図1Aに更に示すように、3つの最小の膜に互いになっている変換器要素111A、112A、及び113Aは、全て駆動/感知電極レール110'に結合される。同様に、3つの最大の膜に互いになっている変換器要素114A、115A、及び116Aは、全て駆動/感知電極レール110"に結合される。本明細書の他の箇所でも更に説明するように、要素集団のm個のサブグループ(mは、1つのセットのレール内で付番した駆動/感知レールである)へのこの分離は、pMUTアレイが異なる周波数帯域で作動すること(すなわち、多重ヘルツ作動)を可能にする。

【0020】

実施形態において、各要素集団は、第1のサイズの圧電膜を有する複数の第1の変換器要素を含み、かつ第2のサイズの圧電膜を有する複数の第2の変換器要素を含む。異なる変換器要素(すなわち、膜)のサイズの数が増加すると、特定の中心周波数での分解能は、同じサイズの要素間の距離が増加する時に下がると予想される。例えば、各圧電変換器要素集団の圧電膜が単一の縦列の中にある場合、長さ L_1 に沿った同じサイズの変換器の有効なピッチは、集団の各追加の変換器サイズと共に縮小する。各圧電変換器要素集団内に各公称膜のサイズの1つよりも多い圧電変換器要素を含めることで、分解能を改善することができる。図1Aに示す例示的な実施形態に対して、駆動/感知電極レール110'は、第1のサイズ(例えば、最小直径膜)の圧電変換器要素111A及び111B、第2のサイズ(例えば、次の最小直径膜)の要素112A、112B、及び3つの異なる膜サイズの要素113A、113Bに電氣的に結合される。同様に、駆動/感知電極レール110"は、第1のサイズ(例えば、最大直径膜)の第1の変換器要素114A及び114Bの各々の駆動/感知電極に電氣的に結合される。

【0021】

例示的な実施形態において、変換器要素サブグループ118Aは、要素集団110が配置された基板101の長さに沿って118Bのように繰り返される。各変換器要素サブグループ118A、118Bは、第1又は第2の電極レール110'及び110"のうちの1つに結合された各公称膜サイズの1つの圧電変換器要素を含む。従って、サブグループ

10

20

30

40

50

118Aは、pMUTアレイ100の最小反復単位セルを表している。この例示的な実施形態において、この空間レイアウトは、駆動/感知レール110'及び110"に結合された要素集団が、異なるサイズの少なくとも1つの介在要素によって離間されるが、1つの要素サブグループが占めるサブグループの長さ以下だけ離間している同じサイズの変換器要素(例えば、111A及び111B)を有することを保証する。これは、信号の均一性を改善する効果を有する。分解能が周波数応答帯域にわたって同等であるように、同じ量によって同じサイズの要素を並べるのも有利である。更に別の実施形態においてかつ図1Aによっても示すように、第1の電極レール(例えば、110')に結合された変換器要素(例えば、111A-114A)は、第2の電極レール(例えば、110")に結合された変換器要素(例えば、115A)によって離間される。駆動/感知電極レールの対のこの相互噛み合いは、要素集団の空間分布が駆動/感知電極レールの対の間で均一であることを保証する。

10

【0022】

個々の変換器要素の例示的な微小機械加工された(すなわち、微小電気機械的)態様は、図2A~図2Cとの関連で簡単に説明される。図2A~図2Cに示す構造は、主として、本発明の特定の態様の関連として及び圧電変換器要素構造に対して本発明の広い適用性を更に示すように含まれることは認められるものとする。図2A、図2B、及び図2Cは、実施形態によりpMUTアレイ100のいずれかに利用することができる変換器要素の実施形態の断面図である。図2Aは、図1Aのa-a'線に沿った断面に対応するが、図2B及び図2Cは、図1Aのb-b'線に沿った断面に対応する。

20

【0023】

図2Aにおいて、凸面変換器要素202は、作動中にpMUTアレイ100の振動外面の一部分を形成する上面204を含む。変換器要素202はまた、基板101の上面に取り付けられた底面206を含む。変換器要素202は、駆動/感知電極212と基準電極214の間に配置された凸面又はドーム形圧電膜210を含む(すなわち、圧電膜202は、回転楕円体幾何学形状を有する)。一実施形態において、圧電膜210は、例えば、平面上部面上に形成されたドームを有するプロファイル転写基板(例えば、フォトレジスト)上の均一層に圧電材料粒子を堆積させること(例えば、スパッタリング)によって形成される。例示的な圧電材料は、「チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)」であるが、以下に限定されることなく、ドーブポリメチルメタクリレート(PMM)ポリマー粒子及び窒化アルミニウム(AlN)のような従来のマイクロマシン処理を受け入れる当業技術で公知のあらゆるものを利用することができる。駆動/感知電極及び基準電極212、214は、各々、プロファイル-プロファイル転写基板上に堆積した(例えば、PVD、ALD、CVD、その他により)導電材料の薄膜層とすることができる。駆動/感知電極の導電材料は、以下に限定されるものではないが、Au、Pt、Ni、Ir、その他のうちの1つ又はそれよりも多く、これらの合金(例えば、AuSn、IrTiW、AuTiW、AuNi、その他)、これらの酸化物(例えば、IrO₂、NiO₂、PtO₂、その他)、又は2つ又はそれよりも多くのこのような材料の複合スタックのようなそのような機能に対して当業技術で公知のいずれかとすることができる。

30

【0024】

図2Aに更に示すように、一部の実施において、変換器要素202は、製作中に支持体及び/又はエッチストップとして機能することができる二酸化珪素のような薄膜層222を任意的に含むことができる。誘電材料膜224は、駆動/感知電極214を基準電極212から絶縁するように更に機能することができる。垂直に向けられた電氣的相互接続部232は、第1の駆動/感知電極レール110'を通じて駆動/感知電極212を駆動/感知回路に接続する。類似の相互接続部は、基準電極214を基準電極レール234に結合し、基準電極レール234は、例えば、集団の全ての変換器要素に結合することができる。変換器要素202の中心を定める対称線を有する孔241を有する環状支持体236は、圧電膜210を基板101に機械的に結合する。支持体236は、以下に限定されるものではないが、二酸化珪素、多結晶シリコン、多結晶ゲルマニウム、SiGeなどのよ

40

50

うなあらゆる従来の材料のものとする事ができる。支持体 236 の例示的な厚みは、 $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 、及び膜 224 の例示的な厚みは、 $2 \sim 20 \mu\text{m}$ に及んでいる。

【0025】

図 2B は、変換器要素 202 の構造に機能的に類似する構造を同様の参照番号で識別する変換器要素 242 の別の例示的な構成を示している。変換器要素 242 は、静止状態で凹面である凹面圧電膜 250 を示す（すなわち、圧電膜 250 は、回転楕円体幾何学形状を有する）。ここで、駆動/感知電極 212 は、第 2 の駆動/感知電極レール 110" に結合されている。

【0026】

図 2C は、変換器要素 202 の構造に機能的に類似する構造を同様の参照番号で識別する変換器要素 282 の別の例示的な構成を示している。変換器要素 262 は、静止状態で平面である平面圧電膜 290 を示し、要素 202、242 とは異なり曲げモードで作動し、従って、膜 575（典型的に、シリコンのもの）を更に含む。ここで、駆動/感知電極 212 は、平面圧電膜 290 の上面の上に配置されているが、基準電極 214 は、底膜面の下に配置されている。図 2A ~ 図 2C の各々に示すものとは反対の駆動/感知電極及び基準電極構成（すなわち、圧電膜の下に配置された駆動/感知電極）も勿論可能である。

【0027】

実施形態において、複数のセットの電極レールは、基板の第 1 及び第 2 の次元に沿って電極レールの 2 次元アレイを形成する。図 1A は、例示的な 1DpMUT アレイ 100 を示すが、図 1B は、例示的な 2DpMUT アレイ 190 の平面図である。各変換器要素集団内には、実施形態により異なるサイズの変換器要素 A、B、C、及び D がある。図示のように、基板 101 にわたってタイル張りされているのは、y 次元の縦列 C1 を形成する複数の要素集団 110A、110B、110C など、及び x 次元の横列 R₁ を形成する 110A、120A、130 などである。横列 R₁ - R₅ 及び C₁ - C₅ は、従って、要素集団の 5x5 アレイを提供する。1DpMUT アレイ 100 と同様に、2DpMUT アレイ 190 は、各集団（例えば、110A）の変換器要素（例えば、要素 A、B に結合された 110A' 及び要素 C、D に結合された 110A"）の個別のものに結合された少なくとも 2 つの駆動/感知電極（例えば、110A' 及び 110A"）を含む。

【0028】

図 1A は、集団の要素が 1 対の駆動/感知電極（例えば、110' 及び 110"）に結合された例示的な実施形態を示すが、図 1C は、より一般的に、i 個の異なるサイズの n 個の変換器要素の集団 180 を m 個の別々の駆動/感知電極に結合することができることを示している。アレイ 100 におけるように、変換器要素集団 180 は、平行な縦軸 151 を有する駆動/感知電極レールと共に縦方向集団軸 151 を中心に全ての変換器要素を有する線形アレイを形成する。駆動/感知電極レール経路指定は、一般的に、設計選択の問題であるが、図 1A 及び図 1C に示す駆動/感知電極レールは、有利な態様において、隣接する要素集団間に経路指定され、集団間の電気機械的結合を低下させ、それによってクロストークを低下させる。

【0029】

m 個の駆動/感知電極レールにより、pMUT アレイの作動を変調し、与えられた駆動/感知電極レールに結合された要素サイズ i に対応する周波数帯域の 1 つ又はそれよりも多くを強調することができる。n 個の変換器要素の集団は、m = n 個の駆動/感知電極を有することができるが、特徴部ピッチ及び感度の制限のために、m は、n よりも小さいことが好ましい。変換器要素集団が、同じサイズの j > 1 変換器要素を含む場合、要素集団内の同じサイズの変換器は、異なる駆動/感知電極の個別の操作により集団のスペクトル応答を調節する機能を維持するように、同じ駆動/感知電極レールに結合されることになる。更に、m 個の駆動/感知電極レールの各々が 1 つよりも多いサイズ（すなわち、i > 1）の変換器要素に結合される場合に、各レールに関連付けられた周波数帯域は、様々なサイズの変換器要素の合計応答になる。例えば、第 1 の範囲の膜サイズ（例えば、直径）を有する i 個の変換器要素の第 1 の部分集合は、i 個の変換器要素の第 2 の部分集合によ

10

20

30

40

50

って第2の電極レールに出力される $i - y$ 個の異なる周波数応答よりも全てが低いものである y の異なる周波数応答を第1の電極レールの出力するものである。従って、 m 個の駆動/感知電極の数は、与えられたアレイが作動させることができる異なる周波数帯域の数を指定する（例えば、二重周波数モードの作動に対して $m = 2$ 、及びいずれかの他の多重モードに対して $m > 2$ ）。

【0030】

他の回転対称膜実施形態において、膜は楕円形である。楕円形膜実施形態（又は膜が本明細書の他の箇所に説明するように非平面の静止状態を有する楕円体実施形態）は、潜在的により大きい曲線因子を提供し、回転対称性を円形又は球形膜に対する全ての回転角度から単に二重対称性（ 180° ）まで低下させることにより、モード形状は、分離された共振周波数を有するより多くの異なるモードに容易に分けることができる。図1Dは、実施形態により各周波数帯域内に楕円膜及び漸变的サイズを有する二重周波数1DpMUTアレイ181の平面図である。図示のように、変換器のチャンネル110は、楕円膜1010AA - 1010JAに結合された第1の電極レール110'を含み、全ては、第1の軸 C_1 及び漸次的に変動する第2の軸 $B_1 - B_5$ を有する。チャンネル100は、楕円膜1010AB - 1010JBに結合された第2の電極レール110"を更に含み、全ては、第2の軸 C_2 及びまた漸次的に変動する第2の軸 $B_1 - B_5$ を有する。従って、第1の電極レール110'は、第2の電極レール110"よりも大きいサイズの集団の膜に結合される。B軸（例えば、基板のy軸）は、アレイの1次元に沿ってそれぞれ要素1010AA、1010AE、1010JAに対して B_1 から B_5 まで増分され、次に、 B_1 まで落ちて戻っている。従って、膜サイズは、レール110'及び110"に結合された隣接する要素による段階的方式で漸次的に増加及び/又は減少する。アレイの距離にわたる漸变的膜サイズは、大幅に異なるサイズの第1及び第2の膜の間の非建設的位相整合を軽減することが見出されている。従って、電極レールに結合された集団の膜が異なるサイズのものである場合、その集団の最大及び最小の膜の間のサイズの差よりも小さいあらゆる2つの隣接する膜の間にサイズの差があるように、基板にわたってその集団を空間的に配置することが有利である。

【0031】

図3は、実施形態による二重周波数pMUTアレイ100内の変換器要素の集団の累積周波数応答曲線を示したグラフである。図3において、周波数応答は、電極レール110'及び110"の両方に印加された基準電極駆動信号に対するものである。例えば、駆動/感知電極レール110'に印加される駆動信号は、駆動/感知電極レール110"に印加されるものと同じ基準振幅の時変電圧波形を有する。同様に、図3に示す周波数応答は、同じ信号処理に対応する。例えば、同じ増幅係数が、電極レール110'及び110"の各々で受信した応答信号の各々に適用される。図示のように、 F_{116} 、 F_{115} 、及び F_{114} の増加する中心周波数を有する周波数応答は、駆動/感知電極レール110"によって駆動されて感知される時に、それぞれ異なるサイズの変換器要素116A、B、115A、B、及び114A、Bの応答周波数に対応する。同様に、 F_{113} 、 F_{112} 、及び F_{111} の増加する中心周波数を有する第2の周波数応答は、駆動/感知電極レール110'によって受信される時に、それぞれ異なるサイズの変換器要素113A、B、112A、B、及び111A、Bの応答周波数に対応する。圧電変換器要素の感度は、一般的に、圧電膜のサイズの縮小と共に減少し、従って、電力利得は、周波数の減少と共に減少するように示されている。

【0032】

図4Aは、実施形態により二重周波数pMUTアレイ100上で信号を駆動するための送信方法401の流れ図である。図4Bは、実施形態により二重周波数pMUTアレイ100からの信号を感知するための受信方法402の流れ図である。一般的に、方法401及び402は、異なる特性の周波数応答を有する変換器要素集団のサブグループへの独立アクセスを独立駆動信号調整、独立応答信号調整又はその両方により利用して様々なモードのうちの1つでpMUT100を作動させることができる方法の例である。方法401

及び402は、典型的には、別々の変換器要素集団の電極レーン間で利用するいずれかのビーム形成技術を適用する単一変換器要素集団の周波数応答にわたるこの実施形態の制御において達成することができる。従来のビーム形成技術と方法401及び402の間の顕著な差は、方法401及び402が、異なる周波数応答を有する1つの要素集団のサブグループの間に適用されるのに対して、従来のビーム形成技術は、本質的に同じ周波数応答を有する電極の間に実施されることである。従って、pMUTアレイに対する特性周波数応答は、上述したようなものであり（例えば、図3において）、方法401及び402は、pMUTアレイ（例えば、pMUTアレイ100）内の要素集団の周波数応答を変調するように機能する。

【0033】

方法401及び402は、ユーザの指令の受信にตอบสนองして自動的に適用され、媒質内の圧力波を発生及び感知するための装置に対して作動モードを動的に選択することができ、又は方法401及び402は、例えば、現場サービスなどのような特定の作動モードのための装置のような事前構成の手段として自動的に適用することができる。作動405において、第1の電気駆動信号を発生させ、作動410において、第2の電気駆動信号を発生させる。pMUTにおいて別々の駆動/感知電極に印加可能である当業技術で公知の駆動信号を発生させるためのあらゆる手段は、作動405及び410に使用することができ、それに対する例示的なハードウェアは、図6との関連で更に説明する。第2の電気駆動信号は、第1のものの導関数であるか又は別々に発生させることができ、第1の電気駆動信号に対して既知の位相を有することになる。作動415において、第1及び第2の電気駆動信号の振幅(A)又は位相()は、互いに対して変調され、pMUTアレイの侵入深さを制御する。更に別の実施形態において、第1及び第2の電気駆動信号の周波数は、異なる場合もある（例えば、別々の非重なり帯域のもの）。振幅及び位相を変調するための技術は、従来のビーム形成技術との関連で公知であり、いずれのそのような技術も、侵入深さ制御の特定の目的に対して適用することができる。作動420において、第1及び第2の電気信号は、変調されると、次に、与えられた変換器要素変換器要素の集団を分離するように結合された第1及び第2の電極レーンに印加される。

【0034】

受信方法402は、作動430及び435において第1及び第2の駆動/感知電極レーンからの第1及び第2の電気応答信号の受信と、与えられた変換器要素集団に対する累積応答を独立に発生させる第1及び第2の応答信号の信号処理とを伴う。440における信号処理の目的は、別々の周波数帯域として周波数応答を調節し、変換器要素集団の全帯域幅を最大にし（例えば、3dBコーナー周波数に対して）、又は遠視野又は近視野モードに対して他のものに勝る周波数応答帯域のうちの1つを強調することのいずれかである。

【0035】

図5Aは、実施形態による超広帯域幅モードで作動する二重周波数pMUTアレイ100（図1A）に対して累積周波数応答を示したグラフである。超広帯域幅モードにおいて、与えられた変換器要素集団間の電気駆動及び応答信号を独立に変調し、累積応答の帯域幅を最大にする。図5Aは、3dBコーナー501、502に対する帯域幅を有する累積周波数応答を示している。pMUTアレイ100に対する固有周波数応答は、駆動及び/又は応答信号の独立変調なしに図3に示すようなものであると仮定すると、駆動/感知電極110'に結合された変換器要素の高周波サブグループ（例えば、最小圧電膜を示す）は、不十分な電力利得を有し、低周波サブグループにおいて最も感度の高い変換器要素（例えば、最大圧電膜を含む）の3dBに含まれると考えられる。例えば、図3に示すように、 f_{111} は、 f_{116} の3dB内にはない。

【0036】

方法401及び402の適用により、適用された駆動電圧、位相差、又は応答信号振幅のうちの1つ又はそれよりも多くは、駆動/感知電極110"に適用された駆動電圧及び/又は応答信号振幅に対して駆動/感知電極110'に対して増加され（例えば、より大きい電圧振幅、異なる位相、又はより大きい増幅係数）、より感度の低い高周波数(HF

10

20

30

40

50

)の変換器サブグループの電力利得をより感度の高い低周波数(LF)変換器サブグループの3dB内まで上げる。図5Aに示すように、 f_{111} は、 f_{116} の3dB内まで上げられ、累積応答帯域幅を個々にLF及びHF帯域幅のいずれかのものを超えて拡大する。

【0037】

図5Bは、実施形態により近視野モードで作動する二重周波数pMUTアレイ100(図1A)に対して累積周波数応答を示したグラフである。近視野モードにおいて、与えられた変換器要素集団間の電気作動及び応答信号を独立に変調し、最高合計周波数応答を有する変換器要素集団サブグループに対して近視野分解能を最大にする。pMUTアレイ100に対する固有周波数応答が、駆動及び/又は応答信号の独立変調なしで図3に示すようなものであると仮定すると、駆動/感知電極110"に結合された変換器要素の低周波サブグループは、過度の電力利得を有して近視野画像を提供すると考えられ、代わりにより遠視野の感度を提供する傾向があると考えられる。しかし、方法401及び402の適用により、適用された駆動電圧又は応答信号増幅のうちの1つ又はそれよりも多くは、駆動/感知電極110"のものに対して駆動/感知電極110'に関して増加する。例えば、より小さい電圧振幅(例えば、0V又は何らかの公称非ゼロ電圧)又はより小さい増幅係数は、駆動/感知電極110'に適用された駆動電圧及び/又は応答信号増幅に対して駆動/感知電極110"に適用され、自然により感度の高い変換器サブグループ(LFグループ)の電力利得をより感度の低いHF変換器サブグループにおける最も感度の高い要素の3dBよりも低くなるまで下げることができる。例えば、図5Bに示すように、 f_{116} は、pMUTアレイ内のあらゆる与えられた変換器要素集団からの周波数応答が、例えば、心エコー検査用途において有用な5~13MHzの範囲の中心周波数を有するように、LF変換器サブグループにおいて最も感度の高い変換器要素よりも低い3dBよりも高い。

【0038】

図5Cは、実施形態により遠視野モードで作動する二重周波数pMUTアレイ100(図1A)に対して累積周波数応答を示したグラフである。遠視野モードにおいて、与えられた変換器要素集団間の電気作動及び応答信号を独立に変調し、最低合計周波数応答を有する変換器要素集団サブグループに対して遠視野分解能を最大にする。pMUTアレイ100に対する固有周波数応答が、駆動及び/又は応答信号の独立変調なしで図3に示すようなものであると仮定すると、駆動/感知電極110'に結合された変換器要素の最も感度の高いHFサブグループは、過度の電力利得を有して遠視野画像を有すると考えられ、代わりに有意な近視野感度を含むと考えられる。別々の駆動/感知電極の各々に対して適正に選択された膜直径により、遠視野画像分解能は、信号調整により近視野感度に関連付けられた変換器要素応答を切り捨てることによってあらゆる深さに対して調整することができる。例えば、方法401及び402の適用により、適用された駆動電圧又は応答信号増幅のうちの1つ又はそれよりも多くは、駆動/感知電極110"のものに対して駆動/感知電極110'に関して減少する。例えば、より小さい電圧振幅(例えば、0V又は何らかの公称非ゼロ電圧)又はより小さい増幅係数は、駆動/感知電極110"に適用された駆動電圧及び/又は応答信号増幅に対して駆動/感知電極110'に適用され、感度の低いサブグループ(HF)の更に最も感度の高い変換器要素の電力利得をLF変換器サブグループにおいて最も感度の高い要素の3dBよりも低くなるまで下げることができる。例えば、図5Cに示すように、 f_{111} は、pMUTアレイ内のあらゆる与えられた変換器要素集団からの周波数応答が、例えば、「胃腸超音波検査」用途において有用な2~6MHzの範囲の中心周波数を有するように、低周波数変換器サブグループにおいて最も感度の高い変換器要素よりも低い3dBよりも高い。

【0039】

注意すべきことに、方法401及び402並びに図5A~図5Cに示す周波数応答調整は、各変換器要素集団に結合された2つの駆動/感知電極レールを含む駆動/感知電極レールセットとの関連で説明されるが、これらの例示的な方法及び関連の周波数応答は、同

10

20

30

40

50

じ方法が2つよりも多い駆動/感知電極レールを使用して2つよりも多い周波数帯域にわたって多重周波数応答調整を達成する実施形態にも適用可能である本明細書に説明するpMUT実施形態の最も簡単な形態であるに過ぎないことは理解されるものとする。

【0040】

図6は、本発明の実施形態によるpMUTアレイを使用する超音波変換器装置600の機能ブロック図である。例示的な実施形態において、超音波変換器装置600は、水、組織物質、その他のような媒質内に圧力波を発生及び感知するためのものである。超音波変換器装置600は、1つ又は複数の媒質内の内部構造変動の撮像が関連する医療診断、製品欠陥検出、その他におけるような多くの用途を有する。装置600は、少なくとも1つのpMUTアレイ616を含み、pMUTアレイ616は、各要素集団の少なくとも2つの駆動/感知電極を有する本明細書の他の箇所に説明するpMUTアレイのいずれかとする
10
ことができる。例示的な実施形態において、pMUTアレイ616は、必要に応じてpMUTアレイ616の外面の向く方向及び位置（例えば、撮像すべき区域に向ける）を変えるために機械によって又は装置600のユーザによって操作することができるハンドル部分614に収容することができる。電気コネクタ620は、pMUTアレイ616の別々のチャンネルとしての各駆動/感知電極レールをハンドル部分614に対して外部の通信インタフェースに電氣的に結合する。

【0041】

実施形態において、装置600は、少なくとも1つの信号発生器を含み、信号発生器は、例えば、電気コネクタ620としてpMUTアレイ616に結合されたこのような目的
20
のために当業技術で公知のあらゆるものとすることができる。信号発生器は、様々な駆動/感知電極上に電気駆動信号を提供するためのものである。1つの特定の実施形態において、第1の信号発生器は、第1の電気駆動信号を印加して圧電変換器要素集団内の一部の要素を2MHz~6MHzの周波数で共振させるためのものであるが、第2の信号発生器は、第2の電気駆動信号を印加して圧電変換器要素集団の他の要素を5MHz~13MHzの周波数で共振させるためのものである。実施形態において、各信号発生器は、制御信号を非直列化する非直列化回路604を含み、これは、次に、逆多重化器606によって逆多重化される。例示的な信号発生器は、デジタルアナログコンバータ(DAC)608を更に含み、pMUTアレイ616において個々の変換器要素チャンネルに対してデジタル
30
制御信号を駆動電圧信号に変換する。それぞれの時間遅延をプログラブル時間遅延コントローラ610によって個々の駆動電圧信号に追加し、ビームステアリングをし、望ましいビーム形状、フォーカス、及び方向、その他を生成することができる。各変換器要素集団は、1セットの駆動/感知電極を含み、各セットは、少なくとも2つの駆動/感知電極を有し、このようなビームステアリングは、各セットの駆動/感知電極に対応する駆動電圧信号に適用され、pMUTアレイ内のこれらの空間配置に基づいて要素集団に適正にアドレス指定するためのものであることに注意されたい。pMUTチャンネルコネクタ602と信号発生器の間に結合されるのは、駆動及び感知モード間でpMUTアレイ616を切り換えるスイッチネットワーク612である。更に別の実施形態において、スイッチネットワーク612は、変換器要素集団の各々に結合された第1及び第2の駆動/感知電極の間で切り換える（例えば、近視野及び遠視野モードの間で切り換える）のに利用すること
40
もできる。

【0042】

実施形態において、装置600は、少なくとも1つの信号受信機を含み、信号受信機は、例えば、電気コネクタ620としてpMUTアレイ616に結合されたそのような目的のために当業技術で公知のあらゆるものとする
50
ことができる。信号受信機は、pMUTアレイ616において各々駆動/感知電極チャンネルから電気応答信号を収集するためのものである。例示的な実施形態において、これらの電気信号は、第2の電気応答信号の帯域幅よりも高い帯域幅を張る第1の周波数応答を有する第1の電気応答信号を含む。信号受信機は、更に、同じ変換器要素集団（例えば、高周波チャンネルに適用されたより大きい増幅）のチャンネルの間で異なる1つ又はそれよりも多くの増幅係数を各チャンネルから受信した

電気応答信号に適用するためのものである。信号受信機の一例示的实施形態において、アナログデジタルコンバータ(ADC)614は、電圧信号を受信し、これらをデジタル信号に変換するためのものである。デジタル信号は、次に、メモリ(図示しない)に記憶され、又は最初に信号プロセッサに通すことができる。例示的な信号プロセッサは、デジタル信号を圧縮するデータ圧縮ユニット626を含む。マルチプレクサ618及び直列化回路628は、受信信号をメモリ、他のストレージ、又は受信信号に基づいてグラフ表示を生成することになる画像処理プロセッサのような下流プロセッサに中継する前に更に処理することができる。

【0043】

上記説明は、限定ではなく例示を意図していることは理解されるものとする。例えば、図の流れ図は、本発明の実施形態によって実施される作動の特定の順序を示すが、このような順序は必須ではないことを理解しなければならない(例えば、代替実施形態は、異なる順序で作動を実施し、いくつかの作動を組合せ、いくつかの作動を重ねることができる等々)。更に、多くの他の実施形態は、上記説明を読んで理解すると当業者には明らかであろう。本発明は、特定の例示的な実施形態を参照して説明されたが、本発明は、説明した実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲の精神及び範囲で修正物及び代替物を用いて実施することができることは認識されるであろう。本発明の範囲は、従って、添付の特許請求の範囲を参照してこのような特許請求の範囲が権利を与える均等物の全範囲と共に決定されなければならない。

【符号の説明】

【0044】

100 pMUTアレイ
 101 基板
 110、120、130、140 要素集団
 120" 駆動/感知電極レール
 L₁ 長さ

10

20

【 1 A 】

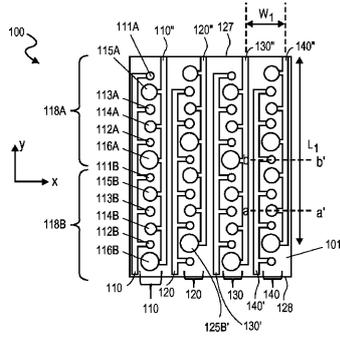


FIG. 1A

【 1 B 】

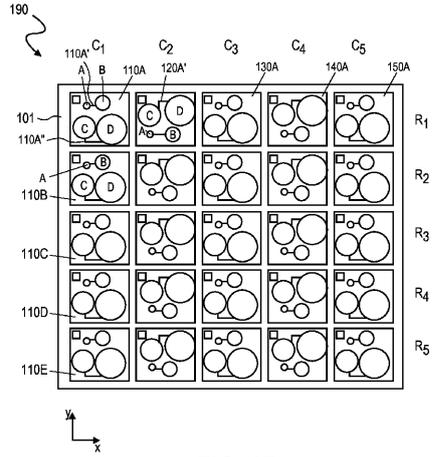


FIG. 1B

【 1 C 】

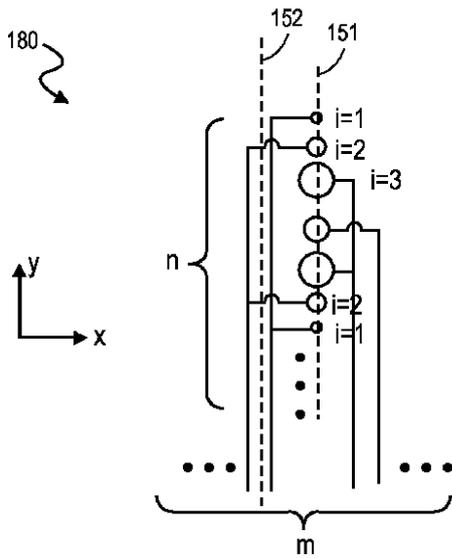


FIG. 1C

【 1 D 】

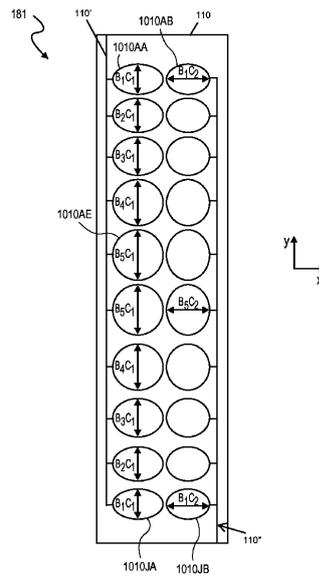


FIG. 1D

【図 2 A】

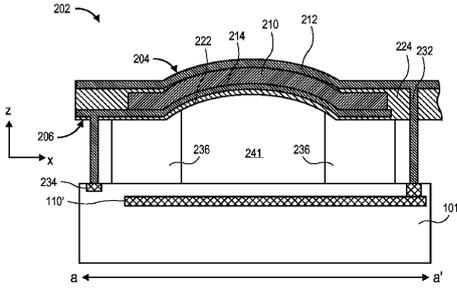


FIG. 2A

【図 2 C】

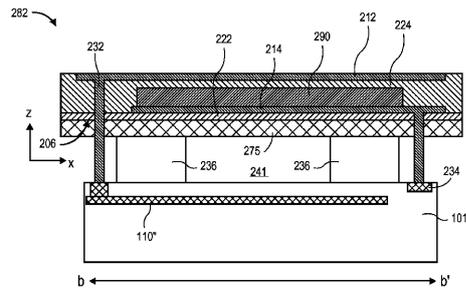


FIG. 2C

【図 2 B】

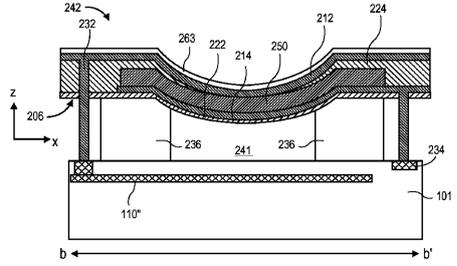


FIG. 2B

【図 3】

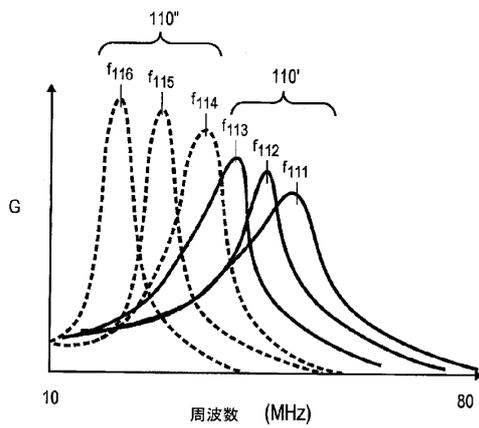


FIG. 3

【図 4 A】

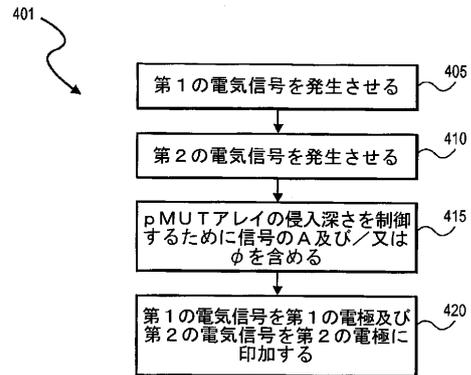


FIG. 4A

【図4B】

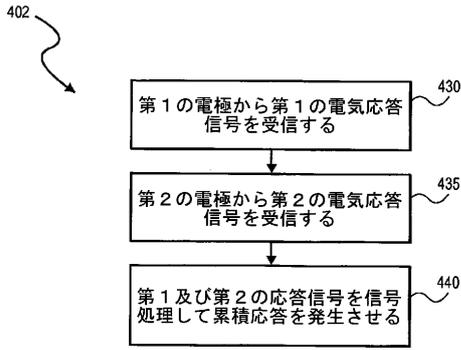


FIG. 4B

【図5B】

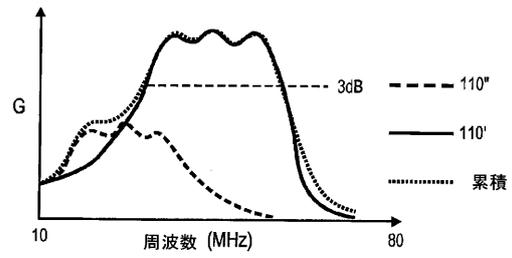


FIG. 5B

【図5A】

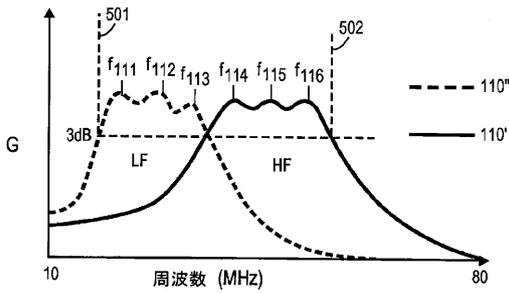


FIG. 5A

【図5C】

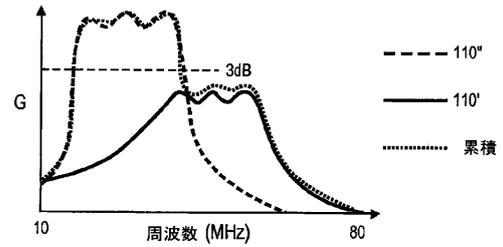


FIG. 5C

【図6】

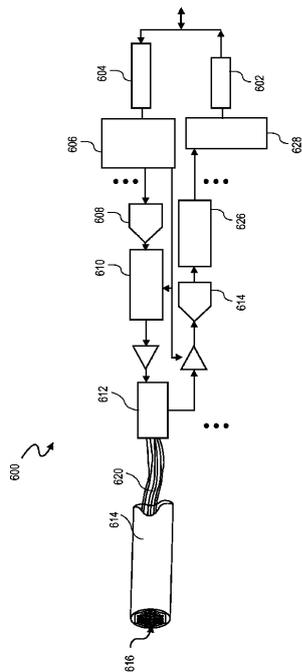


FIG. 6

フロントページの続き

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 ハジャティ アルマン

アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03766, レバノン, エトナ ロード 109

審査官 岩田 淳

(56)参考文献 特開昭63-106553(JP,A)

特開2006-075425(JP,A)

特開2008-020429(JP,A)

国際公開第2007/046180(WO,A1)

米国特許出願公開第2008/0013405(US,A1)

米国特許出願公開第2009/0301200(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15

G01N 29/00 - 29/52

H04R 17/00

31/00