

(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2015-517752
(P2015-517752A)

(43) 公表日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 4 R 17/00 (2006.01)	H O 4 R 17/00 3 3 2 B	4 C 6 0 1
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14	5 D 0 1 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2015-510311 (P2015-510311)	(71) 出願人	502122794
(86) (22) 出願日	平成25年4月19日 (2013. 4. 19)		フジフィルム ディマティックス, イン
(85) 翻訳文提出日	平成26年12月25日 (2014. 12. 25)		コーポレイテッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/037419		アメリカ合衆国 ニューハンプシャー O
(87) 国際公開番号	W02013/165709		3 7 6 6, レバノン, エトナ ロード
(87) 国際公開日	平成25年11月7日 (2013. 11. 7)		1 0 9
(31) 優先権主張番号	61/641, 182	(74) 代理人	100092093
(32) 優先日	平成24年5月1日 (2012. 5. 1)		弁理士 辻居 幸一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	13/648, 225		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成24年10月9日 (2012. 10. 9)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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】 超広帯域幅圧電変換器アレイ

(57) 【要約】

圧電微小超音波変換器 (pMUT) アレイとpMUTアレイを含むシステムとを説明する。変換器要素の集団内の結合強度は、広帯域幅全応答のための分割する縮退モード形状を提供し、一方、隣接する要素集団間の弱い結合強度は、要素集団間に適度に低いクロストークを提供する。実施形態において、変換器要素の集団内の異なる膜サイズは、広帯域幅全応答のための異なる周波数応答を提供し、一方、隣接する要素集団間の異なる膜サイズのレイアウトは、要素集団間に適度に低いクロストークを提供する。実施形態において、楕円形圧電膜は、広帯域幅全応答及び高効率のための複数の応答モードを提供する。

【選択図】 図 7 A

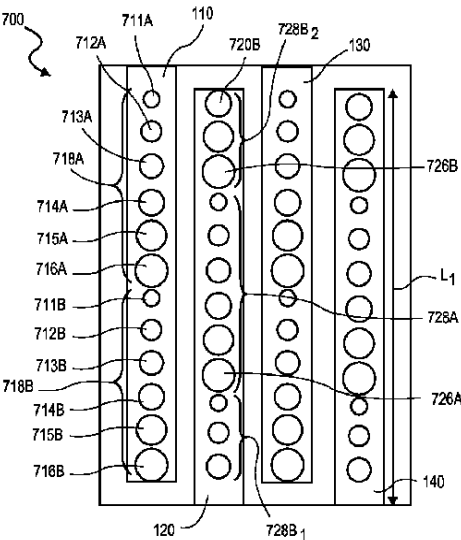


FIG. 7A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の区域の上に配置され、かつ独立に電氣的にアドレス可能な複数の駆動 / 感知電極レールと、

複数の圧電変換器要素集団であって、要素集団内の駆動 / 感知電極が、前記駆動 / 感知電極レールのうちの 1 つに結合され、異なる変換器要素集団の変換器要素間の電気機械的結合が、同じ要素集団の変換器要素間の電気機械的結合よりも小さく、各変換器要素集団が、複数の別々であるが重なっている周波数応答を提供するためのものである前記複数の圧電変換器要素集団と、

を含む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。

10

【請求項 2】

前記複数の周波数応答は、2 つよりも多い異なる周波数ピークを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 3】

同じ要素集団の変換器要素間の前記電気機械的結合は、少なくとも 1 つの縮退モードを誘起するのに十分であり、該少なくとも 1 つの縮退モードは、該要素集団内の個々の圧電変換器要素の固有共振周波数から分割された縮退共振周波数を有することを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 4】

同じ要素集団の変換器要素間の前記電気機械的結合は、複数の縮退モードを誘起するのに十分であり、該複数の縮退モードは、互いから分割された縮退共振周波数を有することを特徴とする請求項 3 に記載の p M U T アレイ。

20

【請求項 5】

同じ要素集団の変換器要素間の距離、材料の弾性係数、又はその第 1 の領域の断面結合区域のうちの少なくとも 1 つが、異なる要素集団の変換器要素間の第 2 の領域の対応するものとは異なることを特徴とする請求項 3 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 6】

前記距離、前記弾性係数、又は前記断面結合区域のうちの 2 つ又はそれよりも多くが、前記第 1 及び第 2 の領域の間で異なることを特徴とする請求項 5 に記載の p M U T アレイ。

30

【請求項 7】

同じ要素集団の要素間の前記距離は、相互接続部材料及び断面結合区域が前記第 1 及び第 2 の領域内で同じである時に前記少なくとも 1 つの縮退モードを誘起するのに十分に小さいことを特徴とする請求項 5 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 8】

各圧電変換器要素集団が、中心が直線に沿って位置合わせされた単一縦列に圧電膜が配置された該要素集団によって占められた前記基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の長さにならって配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 9】

各圧電変換器要素集団が、少なくとも 2 つの隣接圧電膜が前記基板の長さに沿って重なり、かつ該基板の幅に沿って単一縦列からオフセットされた緊密に詰めた構成に前記複数の圧電変換器要素が配置された該要素集団によって占められた該基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の該長さにならって配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

40

【請求項 10】

各圧電変換器要素集団が、複数の別々の共振周波数を提供するために異なる膜サイズの複数の圧電膜を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 11】

各圧電変換器要素集団が、各膜サイズの 1 つよりも多い圧電変換器要素を含むことを特徴とする請求項 10 に記載の p M U T アレイ。

50

【請求項 1 2】

各圧電変換器要素集団が、該要素集団によって占められた前記基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の長さにならって配置され、

各圧電変換器要素集団が、複数の変換器要素サブグループを更に含み、各サブグループが、各公称膜サイズの 1 つの圧電変換器要素を含み、

前記要素集団は、異なるサイズの少なくとも 1 つの介在要素により、かつ 1 つの要素サブグループによって占められた前記基板の長さよりも大きくなく離間された同じサイズの変換器要素を有する、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 3】

各圧電変換器要素集団の圧電膜が、第 2 の次元に沿って単一縦列にあることを特徴とする請求項 1 0 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 4】

各圧電変換器要素集団の圧電膜が、前記基板の長さに沿って重なり、かつ該基板の幅に沿って単一縦列からオフセットされた少なくとも 2 つの隣接圧電膜を有する緊密に詰めた構成にあることを特徴とする請求項 1 0 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 5】

前記複数の駆動 / 感知電極レールは、前記基板の第 1 及び第 2 の次元に沿って駆動 / 感知電極レールの 2 次元アレイを形成し、

前記複数の変換器要素集団の各々が、同じ数の変換器要素を含み、集団内の該変換器要素の各々が、同じ空間的サブグループ分けを有し、

第 1 の駆動 / 感知電極レールに結合された第 1 の変換器要素集団が、第 1 の向きに前記空間的にサブグループ分けされた変換器を有し、第 2 の駆動 / 感知電極レールに結合された第 2 の変換器要素集団が、第 2 の向きに前記空間的にサブグループ分けされた変換器を有する、

ことを特徴とする請求項 1 0 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 6】

各変換器要素集団内の変換器要素が、緊密に詰められ、隣接変換器要素集団が、要素集団内のものよりも緊密に詰められないことを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 7】

前記要素集団の各々における少なくとも 1 つの圧電変換器要素が、複数の別々の共振周波数を提供するために異なる長さの少なくとも第 1 及び第 2 の半主軸を有する楕円幾何学形状を有する圧電膜を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 8】

前記楕円幾何学形状は、第 1、第 2、及び第 3 の半主軸を有する楕円体を含み、

前記第 1 及び第 2 の半主軸は、前記基板の平面にある、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 1 9】

前記圧電変換器要素集団のうちの 1 つの集団内の膜に対する前記第 1 及び第 2 の半主軸は、平行であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 2 0】

前記第 1 及び第 2 の半主軸のうちの短い方が、前記要素集団のうちの 1 つによって占められた前記基板の最も長い長さに対して平行な方向に位置合わせされることを特徴とする請求項 1 9 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 2 1】

第 1 の要素集団の第 1 及び第 2 の半主軸が、第 1 の向きを有し、

前記第 1 の集団に隣接する第 2 の要素集団の第 1 及び第 2 の半主軸が、前記第 1 の向きに対して直角の第 2 の向きを有する、

ことを特徴とする請求項 1 9 に記載の p M U T アレイ。

10

20

30

40

50

【請求項 22】

前記第 1 及び第 2 の半主軸は、前記要素集団の 1 つによって占められた前記基板の最も長い長さに対して 45° に向けられることを特徴とする請求項 21 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 23】

媒質に圧力波を発生させ、かつ感知するための装置であって、

請求項 1 に記載の p M U T アレイと、

前記 p M U T アレイに結合されて少なくとも 1 つの駆動 / 感知電極上に電気駆動信号を印加する発生手段と、

前記 p M U T アレイに結合されて少なくとも 1 つの駆動 / 感知電極から電気応答信号を受信する受信手段と、

前記受信手段に結合されて前記複数の駆動 / 感知電極から受信した電気応答信号を処理する信号処理手段と、

を含むことを特徴とする装置。

【請求項 24】

前記発生手段は、電気駆動信号を印加して圧電変換器要素集団のうちの少なくとも 1 つを 1 M H z と 15 M H z の間の周波数で共振させるためのものであることを特徴とする請求項 23 に記載の装置。

【請求項 25】

基板の区域の上に配置され、かつ独立に電氣的にアドレス可能である複数の駆動 / 感知電極レールと、

複数の圧電変換器要素集団であって、要素集団内のどの駆動 / 感知電極も、前記駆動 / 感知電極レールのうちの 1 つに結合され、該要素集団の各々における少なくとも 1 つの圧電変換器要素が、異なる公称長さの少なくとも第 1 及び第 2 の半主軸を有する楕円幾何学形状を有する圧電膜を含む前記複数の圧電変換器要素集団と、

を含む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 26】

前記楕円幾何学形状は、第 1、第 2、及び第 3 の半主軸を有する楕円体を含み、

前記第 1 及び第 2 の半主軸は、前記基板の平面にある、

ことを特徴とする請求項 25 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 27】

前記圧電変換器要素集団のうちの 1 つの集団内のどの膜に対する前記第 1 及び第 2 の半主軸も全て平行であることを特徴とする請求項 25 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 28】

前記複数の駆動 / 感知電極レールは、前記基板の第 1 の次元に沿って駆動 / 感知電極レールの 1 次元アレイを形成し、

各圧電変換器要素集団が、前記第 1 の次元に対して直角の前記基板の第 2 の次元に沿って該基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の長さにならって配置され、

前記基板の前記平面における前記半主軸のうちの短い方が、該基板の前記第 2 の次元と平行に位置合わせされる、

ことを特徴とする請求項 27 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 29】

前記複数の駆動 / 感知電極レールは、前記基板の第 1 の次元に沿って駆動 / 感知電極レールの 1 次元アレイを形成し、

各圧電変換器要素集団が、前記第 1 の次元に対して直角の前記基板の第 2 の次元に沿って該基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の長さにならって配置され、

前記基板の前記平面における前記半主軸は、該基板の前記第 2 の次元に対して全て非平行である、

ことを特徴とする請求項 28 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 30】

第 1 の圧電変換器要素集団における膜に対する前記基板の前記平面における 2 つの半主軸が、前記第 1 の要素集団に隣接する第 2 の圧電変換器要素集団における膜軸に対して全て実質的に直角であることを特徴とする請求項 29 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 31】

基板の区域の上に配置され、かつ独立に電氣的にアドレス可能である複数の駆動 / 感知電極レールと、

複数の圧電変換器要素集団であって、要素集団内のどの駆動 / 感知電極も、前記駆動 / 感知電極レールのうちの 1 つに結合され、各圧電変換器要素集団が、漸变的な膜サイズの複数の圧電膜を含む前記複数の圧電変換器要素集団と、

を含む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。

10

【請求項 32】

各圧電変換器要素集団の膜が、異なる膜サイズの 2 つよりも多くない最も近い隣接する膜を有することを特徴とする請求項 31 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 33】

前記要素集団は、膜の 1 つよりも多い横列及び 1 つよりも多い縦列を含むことを特徴とする請求項 32 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 34】

異なる電極に結合された隣接変換器要素集団の最も近い隣接する膜が、異なるサイズのものであることを特徴とする請求項 31 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 35】

20

前記複数の駆動 / 感知電極レールは、前記基板の第 1 の次元に沿って駆動 / 感知電極レールの 1 次元アレイを形成し、各圧電変換器要素集団が、該第 1 の次元に対して直角の該基板の第 2 の次元に沿って該基板の幅よりも少なくとも 5 倍大きい該基板の長さにならって配置され、

各圧電変換器要素集団が、複数の変換器要素サブグループを更に含み、各サブグループが、各公称膜サイズの 1 つの圧電変換器要素を含み、

前記要素サブグループは、異なるサイズの少なくとも 1 つの介在膜によるが、1 つの要素サブグループによって占められた前記基板の長さよりも小さく離間された同じサイズの変換器要素を有するように、前記要素集団によって占められた該基板の長さ全体に沿って繰り返す、

30

ことを特徴とする請求項 33 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 36】

前記複数の駆動 / 感知電極レールは、前記基板の第 1 及び第 2 の次元に沿って駆動 / 感知電極レールの 2 次元アレイを形成し、

前記複数の変換器要素集団の各々が、同じ数の変換器要素を含み、集団内の該変換器要素の各々が、同じ空間的サブグループ分けを有し、

第 1 の駆動 / 感知電極レールに結合された第 1 の変換器要素集団が、第 1 の向きに前記空間的にサブグループ分けされた変換器を有し、第 2 の駆動 / 感知電極レールに結合された第 2 の変換器要素集団が、第 2 の向きに前記空間的にサブグループ分けされた変換器を有する、

40

ことを特徴とする請求項 35 に記載の p M U T アレイ。

【請求項 37】

基板の区域の上に配置され、かつ独立に電氣的にアドレス可能である複数の駆動 / 感知電極レールと、

複数の圧電変換器要素集団であって、要素集団内のどの駆動 / 感知電極も、前記駆動 / 感知電極レールのうちの 1 つに結合され、各変換器要素集団内の変換器要素が、緊密に詰められ、異なる電極に結合された隣接変換器要素集団が、要素集団内のものよりも緊密に詰められない前記複数の圧電変換器要素集団と、

を含む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 38】

50

前記複数の駆動／感知電極レールは、前記基板の第１の次元に沿って駆動／感知電極レールの１次元アレイを形成し、各圧電変換器要素集団が、該第１の次元に対して直角の該基板の第２の次元に沿って該基板の幅よりも少なくとも５倍大きい該基板の長さにならって配置され、

各圧電変換器要素集団の圧電膜が、前記基板の前記長さに沿って重なって該基板の幅に沿って単一縦列からのオフセットされた少なくとも２つの隣接圧電膜を有する緊密に詰められた構成にある、

ことを特徴とする請求項３７に記載のｐＭＵＴアレイ。

【請求項３９】

各圧電変換器要素集団が、複数の別々の共振周波数を提供するために異なる公称膜サイズの複数の圧電膜を含むことを特徴とする請求項３７に記載のｐＭＵＴアレイ。

10

【請求項４０】

各圧電変換器要素集団が、各公称膜サイズの１つよりも多い圧電変換器要素を含むことを特徴とする請求項３９に記載のｐＭＵＴアレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

〔関連出願への相互参照〕

本出願は、「超広帯域幅圧電変換器アレイ」という名称の２０１２年５月１日出願の米国特許仮出願第６１／６４１，１８２号及び「超広帯域幅圧電変換器アレイ」という名称の２０１２年１０月９日出願の米国特許出願第１３／６４８，２２５号の利益を主張するものであり、これらの内容全体は、これによりその全体が全ての目的に対して引用により組み込まれる。

20

【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（ｐＭＵＴ）アレイに関する。

【背景技術】

【０００３】

超音波圧電変換器デバイスは、典型的には、時変駆動電圧に応答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。

30

【０００４】

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、ｐＭＵＴアレイとして公知である。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

従来のｐＭＵＴアレイに関する１つの問題は、伝達媒質から作用される実音圧の関数である帯域幅が制限される場合あるということである。胎児心臓モニタリング及び動脈モニタリングのような超音波変換器用途は、広範囲の周波数（例えば、比較的より深い撮像機能を提供するより低い周波数及びより浅い撮像機能を提供するより高い周波数）に及ぶの

50

で、軸方向分解能（すなわち、超音波ビームに平行の方向の分解能）は、与えられた周波数に対して p M U T アレイの帯域幅の強化を通じてパルス長を短くすることによって有利に改善されるであろう。

【 0 0 0 6 】

従来の p M U T アレイに関する別の問題は、基板の振動を通じた機械的結合及び p M U T アレイに見出される近い要素間の音響結合が変換器要素間の望ましくないクロストークを導く可能性があるということである。超音波変換器用途における信号対ノイズ比は、このような p M U T アレイ内の望ましくない形態のクロストークを低下させることによって有利に改善されるであろう。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

広帯域幅圧電微小超音波変換器（ p M U T ）アレイ及び広帯域幅 p M U T アレイを含むシステムを本明細書に説明する。実施形態において、圧電微小超音波変換器（ p M U T ）アレイは、基板の区域の上に配置された複数の独立にアドレス可能な駆動 / 感知電極レールと複数の圧電変換器要素集団とを含む。要素集団内の各駆動 / 感知電極は、駆動 / 感知電極レールのうちの 1 つに結合される。アレイ内において、異なる変換器要素集団の変換器要素間の電気機械的結合は、同じ要素集団の変換器要素間の電気機械的結合よりも小さく、各変換器要素集団は、累積広帯域幅作動のための複数の別々であるが重なっている周波数応答を提供するためのものである。

【 0 0 0 8 】

実施形態において、同じ要素集団の変換器要素間の電気機械的結合は、1 つ又はそれよりも多くの縮退モードを誘起するのに十分であり、少なくとも 1 つの縮退モードは、要素集団の帯域幅を増大させるように要素集団内の個々の圧電変換器要素の固有共振周波数から分割された縮退共振周波数を有する。

【 0 0 0 9 】

実施形態において、p M U T アレイの各圧電変換器要素集団は、広帯域幅に及ぶ複数の別々の共振周波数を提供するために異なる公称膜サイズの複数の圧電膜を含む。実施形態において、要素集団は、互いに対して異なる共振周波数（すなわち、オフ共振）での最も近い隣接要素を有することによってクロストークを低下させるために、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た同じサイズの変換器要素を有する。

【 0 0 1 0 】

実施形態において、同じ駆動 / 感知電極レール（すなわち、同じチャネルのもの）に結合された要素集団は、変換器要素を与えられた変換器要素の最の近くの隣接するものが膜サイズの漸变的な空間的変動及びより良好な共振位相制御に対して密接に適合するが異なる膜サイズのものであるように配置させる。実施形態において、各圧電変換器要素集団の圧電膜は、伝達媒質減衰を低下させるために要素集団内の異なるサイズの最の近くの隣接するものの数を低減するために非対称要素レイアウトを有する。

【 0 0 1 1 】

実施形態において、各圧電変換器要素集団の圧電膜は、p M U T アレイの感度を増大させるように緊密に詰まった構成にある。実施形態において、別々の要素集団は、集団内の緊密に詰まった間隔よりも大きい間隔を提供して集団間のクロストークを低下させるために互いに緊密に詰まっていない。

【 0 0 1 2 】

実施形態において、要素集団の各々における少なくとも 1 つの圧電変換器要素は、広帯域幅応答のための複数の別々の共振周波数を提供するために、異なる公称長さの少なくとも第 1 及び第 2 の半主軸を有する非円形幾何学形状を有する圧電膜を含む。実施形態において、圧電変換器要素集団のうちの 1 つの中の楕円形膜に対する第 1 及び第 2 の半主軸は平行である。実施形態において、第 1 の要素集団の第 1 及び第 2 の半主軸は、第 1 の向きを有するが、第 1 の集団に隣接する第 2 の要素集団の第 1 及び第 2 の半主軸は、第 1 の向きに対して直角の第 2 の向きを有する。

【 0 0 1 3 】

本発明の実施形態は、限定ではなく一例として示されており、かつ図と共に考慮すると以下の詳細説明を参照してより完全に理解することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 実施形態による変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 2 A 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイに利用される変換器要素の断面図である。

【 図 2 B 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイに利用される変換器要素の断面図である。

【 図 2 C 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイに利用される変換器要素の断面図である。

【 図 3 A 】 実施形態による図 1 に示す p M U T アレイ内の変換器間の相対電気機械的結合を示した概略図である。

【 図 3 B 】 実施形態による図 1 に示す p M U T アレイ内の変換器間の音響結合を示した概略図である。

【 図 4 A 】 図 1 に示す p M U T アレイ内の変換器要素間の第 1 の量の結合に対する変換器性能メトリックのグラフである。

【 図 4 B 】 図 1 に示す p M U T アレイ内の変換器要素間の第 1 の量の結合に対する変換器性能メトリックのグラフである。

【 図 5 】 実施形態による図 1 に示す p M U T アレイ内の変換器要素間の第 2 の量の結合に対する変換器性能メトリックのグラフである。

【 図 6 A 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイの変換器間領域の断面図である。

【 図 6 B 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイの変換器間領域の断面図である。

【 図 6 C 】 実施形態による図 1 の p M U T アレイの変換器間領域の断面図である。

【 図 6 D 】 実施形態による図 1 に示す p M U T に対して示す図 6 A ~ 図 6 C の変換器間領域の平面図である。

【 図 6 E 】 実施形態による図 1 に示す p M U T に対して示す図 6 A ~ 図 6 C の変換器間領域の平面図である。

【 図 6 F 】 実施形態による図 1 に示す p M U T に対して示す図 6 A ~ 図 6 C の変換器間領域の平面図である。

【 図 6 G 】 実施形態による p M U T アレイを形成する方法を示す流れ図である。

【 図 7 A 】 実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 7 B 】 図 7 A に示す p M U T アレイに対する性能メトリックのプロットの図である。

【 図 7 C 】 図 7 A に示す p M U T アレイに対する性能メトリックのプロットの図である。

【 図 7 D 】 実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 7 E 】 実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 8 A 】 実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 8 B 】 実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【 図 9 A 】 実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の等角概略図である。

【 図 9 B 】 実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の半主軸に対して異なるモード関数を示したグラフである。

【 図 9 C 】 実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の帯域幅のグラフである。

【 図 1 0 A 】 実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 0 B】実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【図 1 0 C】実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【図 1 1 A】緊密に詰まった変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【図 1 1 B】緊密に詰まった変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【図 1 1 C】緊密に詰まった変換器要素を有する p M U T アレイの平面図である。

【図 1 2】本発明の実施形態による p M U T 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】

10

【0 0 1 5】

以下の説明において、多くの詳細を説明するが、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における用語「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しているとは限らない。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あると具体的に表示されていないどこにでも第 2 の実施形態と組み合わせることができる。

20

【0 0 1 6】

用語「結合された」は、構成要素間の機能又は構造関係を説明するために本明細書に使用される。「結合された」は、互いに直接又は間接（これらの間の他の介在要素により又は媒質により）のいずれかで機械的、音響的、光学的、又は電氣的に接触すること、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こと（例えば、因果関係におけるような）を示すことができる。

【0 0 1 7】

本明細書に使用する時の用語「の上に」、「の下に」、「の間に」、及び「上に」は、1 つの構成要素又は材料層の他の構成要素又は層に対する相対位置を意味し、このような物理的関係は、アセンブリの関連で又は微小機械加工されたスタックの材料層の関連で機械的構成要素に関して注目すべきものである。別の層（構成要素）の上又は下に配置された 1 つの層（構成要素）は、他の層（構成要素）と直接に接触することができ、又は 1 つ又はそれよりも多くの介在層（構成要素）を有することができる。更に、2 つの層（構成要素）の間に配置された 1 つの層（構成要素）は、2 つの層（構成要素）と直接に接触することができ、又は 1 つ又はそれよりも多くの介在層（構成要素）を有することができる。対照的に、第 2 の層（構成要素）「上」の第 1 の層（構成要素）は、その第 2 の層（構成要素）と直接に接触する。

30

【0 0 1 8】

本明細書に説明する様々な実施形態は、p M U T との関連で全て提示されているが、開示する構造又は技術のうちの 1 つ又はそれよりも多くは、他のタイプの超音波変換器アレイに、実際に、更に一般的に例えばインクジェット技術におけるような様々な他の M E M 変換器アレイに適用することができることは理解されるものとする。従って、p M U T アレイは、ある一定の相乗効果及び属性を最も明確に説明することができるモデル実施形態として示されるが、本明細書の開示は、遥かに広範な適用を有する。

40

【0 0 1 9】

図 1 は、実施形態による p M U T アレイ 1 0 0 の平面図である。図 2 A、図 2 B、及び図 2 C は、そのいずれも実施形態による p M U T アレイ 1 0 0 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。

50

【0020】

アレイ100は、基板101の第1の次元x及び第2の次元yによって定められた区域の上に配置された複数の電極レール110、120、130、140を含む。駆動/感知電極レール(図110)の各々は、いずれかの他の駆動/感知電極レール(例えば、120又は130)とは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)電極レールの両方は、図2A~図2Cの断面図に描かれている。図1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120は、アレイ内の反復セルを表している。例えば、第1の駆動/感知電極レール110は、第1のバス127に結合され、隣接する駆動/感知電極レール120は、第2のバス128に結合され、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130及び駆動/感知電極レール140は、追加のセルを用いて互いに噛み合った構造を繰り返し、任意的なサイズの1D電極アレイを形成する(例えば、128レール、256レール、その他)。

10

【0021】

実施形態において、pMUTアレイは、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周波数応答を有する集合体要素として作動する。実施形態において、与えられた要素集団内で、変換器要素の駆動/感知電極は、全ての要素の駆動/感知電極が同じ電位にあるように1つの駆動/感知電極レールに並列に電氣的に結合される。例えば、図1において、変換器要素110A、110B...110L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120A-120Lは、駆動/感知電極レール120に並列に全て結合される。一般的に、いずれの数の圧電変換器要素も、第2の(y)寸法のアレイサイズ及び要素ピッチの関数として互いに集合体にすることができる。図1に示す実施形態において、各圧電変換器要素集団(例えば、110A-110L)は、基板の幅 W_1 よりも少なくとも5倍、好ましくは、少なくとも1桁大きい基板の長さ L_1 にわたって配置される。

20

【0022】

実施形態において、各圧電変換器要素は、圧電膜を含む。圧電膜は、一般的に、当業技術で通常のあらゆる形状のものとすることができるが、例示的な実施形態において、圧電膜は回転対称性を有する。例えば、pMUTアレイ100において、各変換器要素は、円形幾何学形状を有する圧電膜を含む。圧電膜は、更に、ドーム(図2Aによって更に示すように)又はディンプル(図2Bに更に示すように)を形成するように第3の(z)寸法の曲率を有する回転楕円体とすることができる。平面膜も、図2Cに更に示すように可能である。

30

【0023】

図2A~図2Cとの関連において、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)態様をここで簡単に以下に説明する。図2A~図2Cに示す構造は、本発明の特定の態様との関連でかつ圧電変換器要素構造に対する本発明の広範な適用性を更に示すように主として含まれることは認められるものとする。

【0024】

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、基準電極212と駆動/感知電極214の間に配置された凸面又はドーム形圧電膜210を含む。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、フォトリソ)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)によって形成することができる。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、ニフッ化ポリビニリデン(PVDF)ポリマー粒子、BaTiO₃、単結晶PMN-PT、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214、212は、各々プロファイル

40

50

- 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。駆動電極層の導電材料は、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、AdSn、IrTiW、AdTiW、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このような機能に対して当業技術で公知のあらゆるものとすることができる。

【0025】

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、製作中の支持体及び/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から更に隔離するよう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226は、駆動/感知電極ルール110を通じて駆動/感知電極214を駆動/感知回路に接続する。類似の相互接続部232は、基準電極212を基準電極ルール234に接続する。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などのようなあらゆる従来の材料のものとするすることができる。支持体236の例示的な厚みは10~50μm、及び膜224の例示的な厚みは2~20μmに及んでいる。

【0026】

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の別の例の構成を示している。変換器要素242は、静止状態で凹面である凹面圧電膜250を示している。ここで、駆動/感知電極214は、凹面圧電膜250の底面の下に配置されるが、基準電極212は、上面の上に配置される。上部保護不動態化層263も示している。

【0027】

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の別の例の構成を示している。変換器要素282は、静止状態で平面である平面圧電膜290を示している。ここで、駆動/感知電極214は、平面圧電膜290の底面の下に配置されるが、基準電極212は、上面の上に配置される。図2A~図2Cの各々に描かれたものと反対の電極構成も可能である。

【0028】

実施形態において、pMUTアレイ内では、異なる変換器要素集団の変換器要素間の電気機械的結合は、同じ要素集団の変換器要素間の電気機械的結合よりも小さい。このような関係は、隣接する集団間（例えば、例示的な1Dアレイの線の間）のクロストークを低下させることになる。図3Aは、実施形態による図1に示すpMUTアレイ100内の変換器間の相対電気機械的結合の図表的表示である。図示のように、第1の要素集団310と第2の隣接するか又は最の近くの隣接要素集団320との間には、集団（例えば、集団320）内の個々の要素間の第2の結合係数C₂（例えば、短い結合バネ）よりも比較的小さい第1の結合係数C₁（例えば、長い結合バネ）が存在する。更に図2A~図2Cを参照して、少なくとも基板101及び典型的には同じく支持体236は、隣接する変換器要素の間にx及びy次元で横方向に延び、それによって隣接する変換器要素の間に電気機械的隔離を提供する。従って、変換器要素間の電気機械的結合は、一般的に、基板101及び支持体236に対して選択された材料に依存する。弾性係数のような内因性材料特性は、支持体236のフィルム厚み（z高さ）及び支持体の特徴幅（x-y平面の）を含むことができる隣接する変換器と有効断面結合区域の間の距離（x-y平面の）を含む寸法属性のような外因性特性及び基板101に対する同様の特性が与えるような変換器要素間の電気機械的結合に影響を与える。

【0029】

図3Bは、実施形態による図1に示すpMUTアレイ内の変換器間の音響結合を示した

10

20

30

40

50

概略図である。図示のように、伝達媒質自体による変換器間の結合（すなわち、「音響結合」）は、図 3 A に示す電気機械的結合効果よりも大きい距離にわたって依然として有意である。例えば、最も近い隣接変換器がクロストーク源をもたらすだけでなく、2 つ又はそれよりも多くの変換器幅の距離だけ犠牲変換器から離れて配置された変換器もそうする。図 3 B において、与えられた犠牲変換器 330 に対して、多数の加害変換器からの音響結合表示「AC」（例えば、変換器集団 310、320 A、及び 320 B の横列／縦列に対して $AC_{1,1}$ 、 $AC_{1,2}$ 、 $AC_{1,3}$ 、 $AC_{2,1}$ 、 $AC_{2,2}$ 、 $AC_{2,3}$ 、 \dots 、 $AC_{n,m}$ ）は、変換器の空間配置の関数として各変換器の媒質、作動周波数範囲、及び位相の少なくとも特性に依存して有意である場合がある。伝達媒質自体（例えば、水）を通じた第 1 の「犠牲」膜（例えば、330）と隣接膜（例えば、第 1 の膜から 2 つ又はそれよりも多くの膜の距離で配置された隣接する膜と隣接しない膜）との間の結合は、近位要素があまりに大きく変動し過ぎる直径の膜を有する膜の有効質量を逆効果に変調する可能性があるとして現在理解されている。

【0030】

広帯域幅が p M U T アレイ 100 によって提供されることになる実施形態において、各変換器要素集団は、複数の別々であるが重なっている周波数応答を提供するためのものである。1 つのこのような実施形態において、1 つの集団内の類似の共振周波数の変換器要素間の電気機械的結合（又は音響結合）は、要素集団において個々の圧電変換器要素の固有共振周波数から分割された縮退共振周波数を有する少なくとも 1 つの縮退モード形状をもたらす。縮退共振モードは、類似の第 1 のバネ定数を有する第 1 のバネに結合され、類似の第 2 のバネ定数を有するバネによって互いに更に結合された複数の実質的に等しい質量として成形することができる。同じ要素集団の変換器要素間の結合が複数の縮退モードを誘起するのに十分である場合、縮退共振周波数を有する複数の縮退モードは、互いに分けられ、個々の変換器要素の固有共振周波数よりも広い帯域幅応答を同様に提供する。

【0031】

図 4 A 及び図 4 B は、全ての変換器要素間の結合が任意に小さく、従って、複数の十分に隔離された個々の変換器要素の累積周波数応答を表すと仮定した図 1 の p M U T アレイ 100 内の変換器要素の変換器性能メトリックのグラフである。図 4 A に示すように、中心周波数 F_n は、75 μ m の公称直径を有するドーム形の圧電膜を有する変換器要素の固有周波数特性に対応するピーク電力利得約 5.5 MHz を有する。3 dB コーナー周波数に対する対応するスペクトル帯域幅は、約 1 MHz である。

【0032】

図 5 は、図 4 A のものと同じ変換器要素集団（例えば、同じ固有共振を有する同じ数の要素）のスペクトル電力利得のグラフである。しかし、要素集団内の変換器要素間の結合の量は、実施形態による共振モード分割を誘起するのに十分である。図示のように、基本共振周波数 F_{n1} に加えて、追加の中心周波数 F_{n2} 、 F_{n3} 、その他は、基本共振モードから分けられ、個々のスペクトル応答のいずれよりも広いスペクトル帯域に及ぶ複数の別々であるが重なっている周波数応答を提供する。図 5 に示す例示的な応答グラフにおいて、7 つの重なり周波数応答を含むが、分割の量は、適切なアレイ設計によって制御することができる（例えば、2 つよりも多い異なる周波数ピーク、又はいずれか 1 つのモードの少なくとも 1.5 倍の 3 dB コーナー間の帯域幅、その他を有するために）。

【0033】

実施形態において、同じ要素集団の変換器要素間の距離、相互接続部材料の弾性係数、又はその第 1 の領域の断面結合区域のうちの少なくとも 1 つは、異なる要素集団の変換器要素間の第 2 の領域の対応するものとは異なる。再度一例示的实施形態のための図 3 を参照して、与えられたサイズの圧電膜（例えば、例示的な円形／球形実施形態の同じ直径）に対して、集団 320 の要素間の距離は、y 次元のピッチ（ P_y ）で設定され、長さ L_1 に沿って要素集団 320 の隣接するものの間の間隔の制御により分割した縮退モードの周波数応答を達成することができる。例えば、図 5 の応答を有する例示的な実施形態の P_y は、図 4 A に示す応答を有するものに対して縮小する。電気機械的結合は、隣接する集団（

10

20

30

40

50

例示的な 1 D アレイの線)の間のクロストークが最小になり、更に別の実施形態において、線ピッチ P_x が線寸法 P_y に沿って変換器ピッチよりも有意に大きい(例えば、2 倍も大きい)又はそれよりも大きい)ように、変換器要素集団間(例えば、図 3 A の集団 3 1 0 と 3 2 0 の間)で最小にすることが好ましいということに更に注意しなければならない。
【0034】

変換器要素間の間隔又は距離に加えて、変換器要素間の機械的結合の材料差異又はパターン形成のうちの 1 つ又はそれよりも多くを変調して、要素集団間のクロストークを低下又は最小に維持しながら要素集団内の縮退モード結合に影響を与えることができる。図 6 A、図 6 B、及び図 6 C は、実施形態による図 1 の p M U T アレイ 1 0 0 の変換器間領域の断面図である。図 6 A は、別々の電極レール 1 1 0、1 2 0 上の隣接する変換器要素 1 1 0 C 及び 1 2 0 J の間のピッチ P_x (すなわち、線ピッチ)に及ぶ図 1 に表示した a - a' 線に沿った断面図である。a - a' 線に沿って、領域 6 8 0 は、隣接する変換器開口部 2 4 1 の間で距離 W_2 に及んでいる。領域 6 8 0 内には、支持体 2 3 6 及び基板 1 0 1 のような 1 つ又はそれよりも多くの材料がある。図 6 B 及び図 6 C は、同じ電極レール 1 1 0、1 2 0 に結合された隣接する変換器要素 1 1 0 C 及び 1 1 0 C の間のピッチ P_y (すなわち、線ピッチ)に及ぶ図 1 に示す b - b' 線に沿った断面図である。b - b' 線に沿って、領域 6 9 0 は、隣接する変換器開口部 2 4 1 の間で距離 L_2 に及んでいる。

【0035】

図 6 B に示す実施形態において、領域 6 8 0 の対応する寸法に対して、領域 6 9 0 は、より大きい電気機械的結合を有するようにパターン形成される。1 つのこのような実施形態において、支持体 2 3 6 をエッチングして、1 つの支持構造 2 3 6 の変位が、 T_3 の厚みを有する膜ブリッジ 6 8 4 A にわたって送られるように、長さ L_3 に沿って基板 1 0 1 に対する係止を低下させる。別の実施形態において、基板 1 0 1 をエッチングして、領域 6 9 0 の厚み T_2 を縮小する。断面結合区域のあらゆるこのような修正は、x - y 平面において更に可能な同様のパターン形成で領域 6 8 0 又は 6 9 0 のいずれかに選択的に行うことができる。従って、支持体 2 3 6 の図示の修正は、単に一例であり、多くの他の形態は、変換器要素を製作するのに使用する処理に依存して可能である。

【0036】

図 6 C に示す実施形態において、領域 6 8 0 の対応する材料に対して、領域 6 9 0 は、より大きい電気機械的結合を有するように異なる弾性係数を有する。図示のように、領域 6 9 0 に使用する材料 6 8 5 は、領域 6 8 0 に使用する材料とは明確に異なる。このようにして、支持構造 2 3 6 の一部分又は基板 1 0 1 の一部分のいずれかの弾性係数を区別して、1 つの要素集団内の分割した縮退モード及び集団間の低下又は最小にされたクロストークに対して電磁気結合を調節する。

【0037】

注意すべきことに、本明細書に説明する技術のうちの 1 つ又はそれよりも多くは、異なる集団の隣接する変換器間のものと同じ集団の隣接する変換器間の結合の量を区別するために利用することができる。例えば、一実施形態において、同じ要素集団の要素間の距離は、相互接続部材料及び断面結合区域が領域 6 8 0 及び 6 9 0 において同じである時に、少なくとも 1 つの縮退モードを誘起するほど十分に小さくなる。別の実施形態において、距離、材料特性、又は断面結合区域のうちの 2 つ又はそれよりも多くは、領域 6 8 0 及び 6 9 0 の間で異なる。

【0038】

図 6 D、6 E、及び 6 F は、実施形態による p M U T 1 0 0 に対して示す図 6 A ~ 図 6 C の変換器間領域の平面図である。例示的な 1 D アレイ実施形態に対して、図 6 D は、領域 6 9 0 (より大きい結合を提供する)が、変換器要素集団(すなわち、変換器要素の 1 つの線)によって占められた基板長さに沿って並列に延び、1 つの要素集団の各要素(1 1 0 A、1 1 0 B、1 1 0 C、その他)を相互接続する基板の長さ にわたって配置された一実施形態を示している。第 2 の領域 6 8 0 (より小さい結合を提供する)は、領域 6 9 0 の長さに沿って第 1 の領域 6 8 0 の両側に配置される。1 つの図示の実施形態において

、領域 680 は、例えば、領域 690 の材料とは明確に異なる材料、要素 120A、120B、120C、その他を配置する領域 690 の特徴とは明確に異なる特徴（例えば、ブリッジ結合器、その他）の連続ストライプを形成する。

【0039】

図 6E は、領域 690 が、変換器要素集団によって占められた基板長さ L_1 に対して直角に延び、1つの要素集団以上の2つの隣接する要素の間で連続的である基板の長さにならって配置された別の例示的な1D実施形態を示している。領域 680 は、次に、領域 690 の長さに沿って領域 690 の両側に更に配置される。

【0040】

図 6F は、本明細書の他の箇所で更に説明するように、電極レールが x 及び y 次元の両方に配置された2Dアレイの例示的な実施形態を示している。この実施形態において、領域 680 は、領域 690 の連続グリッド分離アイランドを形成する。各領域 690 は、縮退モード分割のために強力に結合することになるが、各集団が領域 680 によって隔離される与えられた変換器要素集団 110A、111A、及び112Aを電気機械的に結合するように機能する。

【0041】

図 6G は、実施形態による pMUTアレイを形成する方法 692 を示す流れ図である。一般的に、領域 680 及び / 又は 690 の1D及び2Dストライプは、縮退モード分割のために強力に結合することになる変換器要素の製作において有利である場合がある。例えば、方法 692 は、複数の第1の領域 680 及び 690 が、その間に配置された第2の領域 680 及び 690 と共に基板の区域にならって配置される作動 695 である。一例示的な実施形態において、第1の領域 680 及び 690 の形成は、基板 101（例えば、図 6A ~ 図 6C に示す支持体 236）又はその上に配置されたフィルムの中へのエッチングトレレンチを更に含む。そのようなトレレンチのエッチングに代えて又はそれに加えて、薄膜材料層が、基板 101 の上に堆積され、その後、領域 680 及び 690 の一方から領域 680 及び 690 の他方に選択的に除去される。平坦化は、当業技術で公知のように実施され、異なるレベルの結合が可能な領域の平面基板表面に達することができる。作動 697 において、複数の圧電変換器要素集団は、各集団が領域 690 のうちの1つにならって配置されるように、あらゆる従来の技術を使用して形成される。作動 699 において、複数の駆動 / 感知電極レールは、領域 690 によって機械的に結合された変換器要素集団のうちの1つの駆動電極を有するように結合され、領域 680 は、第1の変換器要素集団を第2の変換器要素集団に機械的に結合する。

【0042】

実施形態において、圧電変換器要素集団は、複数の別々の共振周波数を提供する異なる公称サイズの複数の圧電膜を含む。スペクトル応答は、広帯域幅を提供するように n の異なるサイズ（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って容易に調整することができる。従って、異なるサイズの高 Q 膜は、異なる周波数応答を用いて統合され、与えられた要素集団から高い全帯域幅応答に達することができる。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のセットの変換器要素サイズを含む。

【0043】

図 7A は、実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する pMUTアレイ 700 の平面図である。pMUTアレイ 700 は、pMUTアレイ 100 と類似のレイアウトを有し、駆動 / 感知電極レール 110 及び 120 は、x 次元（すなわち、1Dアレイ）に沿って互いに噛み合うように平行であるが反対方向に延びる（例えば、別々のバス又はインタフェースから）。1つの駆動 / 感知電極（例えば、110）に電氣的に結合されるのは、2 ~ 20 の異なる膜サイズ（例えば、直径）又はそれよりも多くを有する変換器要素である。直径の範囲は、一般的に、膜剛性及び質量の関数として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、大きいサイズの前増分に対して起こるより小さい周波数重なりと共に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る。増分量を選択して、3 dB 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、20 ~ 150 μm の範囲は、図 2 A ~ 図 2 C との関連に説明する全体構造を有する変換器からの MHz 周波数応答に典型的であると考えられ、1 ~ 10 μm の増分は、典型的に、十分な応答重なりを提供すると考えられる。

【0044】

変換器要素（すなわち、膜）サイズの数が増加する時に、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減少する時に下がると予想することができる。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ところで（すなわち、中心が直線に沿って位置合わせされたもの）、長さ L_1 に沿った同じサイズの変換器の有効ピッチは、集団の各追加の変換器サイズと共に縮小する。従って、更に別の実施形態において、各圧電変換器要素集団は、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む。図 7 A 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 に電気的に結合されるのは、第 1 のサイズ（例えば、最小直径膜）の圧電変換器要素 711 A 及び 711 B、第 2 のサイズ（例えば、次の最小直径膜）の要素 712 A、712 B、6 つの異なるサイズの膜に対する要素 713 A、713 B、要素 714 A、714 B、要素 715 A、715 B、及び要素 716 A、716 B である。図示のように、同じサイズの膜（例えば、711 A 及び 711 B）は、異なるサイズの膜を有する少なくとも 1 つの介在要素によって離間される。これは、一般的にほとんどのクロストークを誘起する最も近い隣接要素が互いに対してオフ共振になるのでクロストークを低下させる利点を有する。共振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ことも有利である。

【0045】

図 7 A に示すように、変換器要素サブグループ 718 A は、要素集団を配置する基板の長さに沿って 718 B として繰り返される。各変換器要素サブグループ 718 A、718 B は、各公称膜サイズの 1 つの圧電変換器要素を含む。この例示的な実施形態において、発見的レイアウトは、駆動 / 感知レール 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 つの介在要素だけ離間するが、1 つの要素サブグループによって占められた基板の長さよりも小さく離間した同じサイズの変換器要素を有するようなものである。これは、信号の均一性を改善する効果を有する。図 7 A に更に示すように、類似の要素サブグループ 728 A は、様々な要素サイズをより均一に広げるように、要素サブグループ 718 A に対して駆動感知電極レール 120 の長さをシフトダウンする。この位置オフセットはまた、同じサイズの要素が最も近くにないことを保証することによって隣接する要素集団間のクロストークを低下させるのを補助する（例えば、726 A は、要素 716 A 及び 716 B の間のほぼほぼ中間にある）。図示のように、異なるサイズの変換器要素の反復セットを含む要素サブグループの位置オフセットは、1 つのレール又はチャネル内の分割サブグループの間を交互にする完全サブグループ（例えば、728 A）によって少なくとも 1 つのサブグループを 2 つ（例えば、728 B₁ と 728 B₂）に分割することによって得られる。レール 110 及び 120 の変換器要素集団は、次に、レール 130（例えば、変換器 130 A、その他を有する）及び 140（例えば、変換器 140 A - 140 L を有する）に対して繰り返されるセルを含む。

【0046】

図 7 B 及び図 7 C は、例えば、60、63、66、69、72、及び 75 μm の直径の回転楕円体圧電膜を有する図 7 A に示す p M U T アレイに対する性能メトリックのプロットの図である。図 7 B に示すように、スペクトル応答は、約 9 MHz の帯域幅（3 dB コーナー周波数に対して）を有する 6 つの対応する中心周波数ピーク F_{P1} 、 F_{P2} 、... F_{P6} を含む。変換器要素の n サイズに可能な F_{Pn} ピークにより、サイズの数制限は、不十分な数が不十分な利得をもたらすことと共に、いくつの変換器が集合体にするのに利用可能であるかの関数である。p M U T アレイ 700 のより広い帯域幅は、図 4 A に示すものと比

10

20

30

40

50

較すると明らかである（単一サイズの要素を有し、縮退モードを欠く p M U T アレイ 7 0 0 に対して）。帯域幅の増大と共に、それに対応して、リングダウンの少ない短いパルス持続時間は、単一サイズの要素を有し、縮退モードを欠く p M U T アレイ 1 0 0 の図 E B に対して p M U T アレイ 7 0 0 の目に見える図 7 C として励起されたパルス列に対する応答をもたらす。

【 0 0 4 7 】

別の有利な実施形態において、同じ駆動 / 感知ルール（すなわち、同じチャネルのもの）に結合された要素集団は、膜サイズの漸变的な空間的変動に対して密接に適合するが異なる膜サイズのものである与えられた変換器要素の最も近くに配置された変換器要素を有する。アレイ 7 0 0（図 7 A）に対して、隣接する膜の間の位相関係がそうでなければチャネルの信号出力 / 感度を有意に低下させる作用をする可能性があるので、与えられた距離にわたる膜直径（例えば、2、3、又はそれよりも多くの膜直径）の変動が、特定の閾値を超えないように、類似のサイズの膜を有する最も近い隣接要素を有する要素集団にわたって共振位相を最も良く維持することができることを見出されている。例えば、攻撃 / 加害膜の作用は、犠牲膜にわたって（例えば、加害物の最も近い隣接するもの又はそうでなければその近位の）伝達媒質を局所的に押し上げ又は積み重ねて犠牲膜の位相に対して都合の悪い時に第 2 の膜の有効膜質量を増加させる可能性があり、それによって犠牲要素の性能を抑制又は遅らせる。このような音響減衰（又は伝達媒質減衰）が激しい場合に、望ましくないゼロ交差が起こる可能性がある。

【 0 0 4 8 】

図 7 D は、1つのこのような実施形態による漸变的なサイズの変換器要素を有する p M U T アレイ 7 0 1 の平面図である。図 7 D に示す例示的な実施形態に対して、第 1 のサイズ（例えば、最小直径膜）の圧電変換器要素 7 1 1 A は、より大きい膜サイズの要素（例えば、7 1 4 A、7 1 5 A、7 1 6 A）による段階的方式において漸变的に増大する膜サイズを有する第 2 のサイズ（例えば、次のより大きい直径膜）の要素 7 1 2 A に隣接している。要素 7 1 1 A - 7 1 5 A の各々は、異なるサイズの要素の集団にわたって膜サイズの単調的、段階的、漸变的、及び / 又は区分的な増大に対して単に僅かにより小さいかつ僅かにより大きい最も近い隣接するものを有する。図 7 D のアレイ 7 0 1 は、次に、最大直径膜を有する要素 7 1 6 A が次のより小さい膜直径の 2 つの要素（例えば、7 1 5 B）に隣接するように変換器要素集団を複製する。膜サイズは、次に、全ての要素が更これらのサイズ（直径）において最も近い隣接するものを有するように、更に段階的かつ区分的な方式で減少する（例えば、7 1 4 B、7 1 3 B、7 1 2 B、7 1 1 B）。

【 0 0 4 9 】

別々の要素集団は、実施形態に応じて、ほとんどの類似のサイズの膜が最も近くにあるように又はほとんどの異なるサイズの膜が最も近くにあるように互いに対して配置することができる。図 7 D に示すように、同じサイズであるが異なる集団（例えば、別々の電極ルール 1 1 0 及び 1 2 0 に関連付けられたもの）の要素（例えば、7 1 1 A 及び 7 2 1 A）は、互いの近くにある。勿論、電極ルール 1 1 0 及び 1 2 0 を収容するチャネルの間のより大きい間隔によって互いに隣接する異なるサイズの膜を有して最も近い隣接するものの距離を増大させてより大きい膜サイズ変動から生じる潜在的な減衰効果を軽減するように、各チャネルは、図 7 A に示す実施形態と同様にシフトされた要素集団を有することができる。

【 0 0 5 0 】

集団内（例えば、チャネル内）の変換器要素にわたる位相変動に加えて、与えられた要素の共振周波数はまた、異なるサイズの近隣の数より大きい時に、より大きい伝達媒質減衰（すなわち、音響クロストーク）を有する異なる膜サイズの近隣の数に依存する。実施形態において、非対称要素レイアウトを使用して、要素集団内の異なるサイズの近隣の数を低減する。図 7 E は、実施形態による異なるサイズの変換器要素を有する p M U T アレイ 7 0 2 の平面図である。図示のように、各チャネル（例えば、電極ルール 1 1 0）は、第 2 のサイズの膜を有する要素（例えば、最大膜サイズである 7 1 4 A）の縦列及び第

10

20

30

40

50

3のサイズの膜を有する要素(例えば、最小膜サイズである712A)の縦列に隣接する第1のサイズの膜を有する要素(例えば、713A)の縦列を含む。図7Dとの関連で上述したように、アレイ702は、例えば、85 μ m、90 μ m、及び95 μ mから区分的に増大する膜サイズの漸变的な空間分布を維持する。電極レール110に結合された15の要素を含む図示の集団に対して(及び電極レール120に結合されたものに対して同様に)、4つのコーナー要素A、B、C、及びDは、2の調整番号を有し、8つのエッジ要素E、F、G、H、I、J、K、及びLは、3の調整番号を有し、かつ3つの内部要素M、N、及びOは、4の調整番号を有する。これらの部分集合に対して、コーナー及びエッジ要素(A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K)は、異なるサイズの(調整番号の<50%)唯1つの最も近い隣接するものを有するが、3つの内部要素M、N、Oは、異なるサイズ(調整番号の50%)の2つの最も近い隣接するものを有する。従って、漸变的な膜サイズは、唯1つの次元(縦列又は横列)に沿って起こる。次に、第2のチャンネル(例えば、120)に対して、このパターンは、変換器(例えば、724A、723A、722A)に対して繰り返される。従って、エッジ及びコーナー要素によって提供される追加の非対称性は、図7Dに示す単一縦列実施形態に対して低下した伝達媒質減衰を表示することができる。

【0051】

pMUTアレイ700、701、及び702は、変換器要素集団が、要素集団によって占められた基板の幅よりも大きい(例えば、5x)基板の長さにならって配置される例示的な1Dアレイであるが、2Dアレイも、与えられた要素集団内で複数の変換器要素を使用することができ、こうして1Dアレイとの関連で既に説明した経験則を更に利用することができる。図8は、実施形態による異なるサイズの変換器要素A、B、C、Dを有する2DpMUTアレイ800の平面図である。図示のように、基板101の上にタイル張りされているのは、複数の要素集団であり、同じ駆動/感知電極(例えば、810A、820A、830A、840A及び850A)に電気的に結合された各々は、横列R₁の要素集団を含む。同様に、複数の要素集団であって同じ駆動/感知電極(例えば、810A、810B、810C、810D及び810E)に電気的に結合された各々は、縦列C₁の要素集団を含む。2つの横列R₁-R₅及びC₁-C₅は、従って、要素集団の5x5アレイを提供する。各要素集団内に、複数の変換器要素サイズ(例えば、A、B、C及びD)があり、実質的に1DpMUTアレイ700との関連で上述したように、より広い帯域幅スペクトル応答に複数の共振を提供する。

【0052】

実施形態において、発見的レイアウトは、2D関連に更に適用され、各最も近い隣接変換器要素が、隣接する要素集団間のクロストークの低下に対して異なるサイズ及びそれに対応して異なる固有周波数を有することを保証することができる。図8Aに示すように、複数の変換器要素集団の各々は、集団内に同じ相対空間レイアウト(すなわち、互いに対する変換器要素の配置)を有する。具体的には、最小変換器要素A、Bは、第2のサブグループ818Bを形成する最大変換器要素C、Dにわたって下の横列に配置された第1のサブグループ818Aを形成する。各要素集団内の下の横列を形成するサブグループにより、縦列(例えば、C₂)内の集団は、隣接する縦列(例えば、C₁及びC₃)内の集団に対して垂直に反転される。各要素集団内のサブグループのレイアウトが同じサイズの変換器要素の下の縦列を形成する代替実施形態に対して、横列(例えば、R₂)内の集団は、隣接する横列(例えば、R₁及びR₃)内の集団に対して垂直に(例えば、180°)反転される。

【0053】

図8Bに示す代替実施形態において、2DpMUTアレイ801は、各要素集団内の下の横列を形成するサブグループを含む。縦列(例えば、C₂)内の集団は、1つのチャンネル(例えば、電極レール810A)の空間にならって区分的に膜サイズを漸変させ、最も近いサイズ(例えば、要素D)の膜を近くに置くように最も近い隣接するもののチャンネル(例えば、810B、820A)を配置することによって伝達媒質減衰の効果を低下させ

10

20

30

40

50

ることができるように、隣接する縦列 (C_1 及び C_3) 内の集団に対して水平に反転される。アレイ 801 は、次に、対方式で繰り返され、縦列 C_1 及び C_2 を複製する。

【0054】

実施形態において、pMUTアレイは、複数の圧電変換器要素集団を含み、要素集団の各々における少なくとも1つの圧電変換器要素は、楕円幾何学形状を有する圧電膜を有する。異なる半主軸寸法を有する圧電膜は、変換器要素の周波数応答を成形するために余分な自由度を提供する。更に別の実施形態において、少なくとも第1及び第2の半主軸は、複数の別々の共振周波数を提供するように十分に異なる公称長さのものである。円形又は球形膜の全ての回転角度から2回対称 (180°) のみに至るまで回転対称を低減することにより、モード形状は、分離した共振位相を有するより異なるモードに分割するように作ることができる。このようなモード分割は、pMUTアレイの実施形態において利用され、各変換器の及び従ってアレイの帯域幅を増大させる。

【0055】

図9Aは、実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の等角概略図である。図2A～図2Cとの関連で説明した平面、ドーム形、及び凹部のある円形圧電膜の楕円形類似物は、それぞれ膜表面905、910及び915として図9Aに描かれている。膜表面905、910及び915は、基板101に平行な平面に軸b及びcと共に半主軸a、b、及びcによって定められる。

【0056】

図9Bは、実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の半主軸b及びcに沿って異なるモード関数をグラフに示している。図示のように、b軸上の位置の関数としてa軸に沿った変位の振幅は、c軸上の位置の関数として変位とは異なる周波数及び/又は位相を有する。図9Cは、実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素の帯域幅のグラフである。図示のように、周波数応答は、 F_{n1} の中心周波数での第1の共振及び F_{n2} の中心周波数での第2の共振を含む。このモード分割は、モードのいずれかのものを超えて単独で周波数応答帯域幅を増大させる作用をする。

【0057】

図2A～図2Cで上述したように、リソグラフィックパターン形成を利用して、円形圧電膜を形成する。同様に、リソグラフィックパターン形成を利用して、楕円形又は楕円体圧電膜を形成することができる。フォトリソグラフィプレート又はレチクルは、次に、基板の上に撮像された楕円形の形態を含むことができ、又は非点収差フォーカス技術を使用して、円形形状を有するレチクルから楕円形パターンを結像することができるかのいずれかである。例えば、フォトレジスト上に印刷されたこのような楕円形画像は、楕円体形状を圧電膜に転送するための手段としてリフローすることができる。

【0058】

実施形態において、pMUTアレイは、複数の圧電変換器要素集団を含み、要素集団の各々における全ての圧電変換器要素は、楕円幾何学形状を有する圧電膜を有する。図10A、図10B、及び図10Cは、実施形態による楕円幾何学形状を有する変換器要素を有するpMUTアレイの平面図である。図10Aに示すように、pMUTアレイ1000は、基板101の区域にわたって配置される。上述の例示的な1Dアレイ構造の後に、別々の(給電)電極レール110及び120の各々は、変換器要素1010A-1010J、及び1020A-1020Jのそれぞれの集団を集合体にした要素作動の同じ駆動/感知電位に結合する。図示の例示的な実施形態において、圧電変換器要素集団のうちの1つの集団内の全ての圧電膜の第1及び第2の半主軸は、全て平行である。

【0059】

軸の平行アラインメントは、有利に高曲線因子を提供し、一方の半主軸を増加させることによって他方のものを低減しながら共振周波数をより高く押し上げる中で感度を失わないようにして、表面積を一定に保つ。要素集団の異なる線を有する1Dアレイに対して示すように、第1及び第2の半主軸のうちの短い方は、要素集団の1つによって占められた表面の線又は長さのうちの最も長い長さと平行の方向に位置合わせされる(すなわち、

10

20

30

40

50

より短い半主軸は、 y 軸と位置合わせされる)。より長い軸(例えば、 c_1 又は c_2)は、次に、 x 軸に平行であり、できるだけ多くの基板区域を与えられた電極ルール線ピッチで満たす。

【0060】

実施形態において、楕円形圧電膜の対応する軸は、隣接する変換器要素集団間で異なって向けられる。互いに対して楕円形膜の向きを変動させることにより、要素間の電気機械的クロストークを低下させることができる。1つのこのような実施形態において、第1の圧電変換器要素集団の膜の基板の平面における2つの半主軸は、第1の要素集団に隣接する第2の圧電変換器要素集団の膜の軸に対して全て実質的に直角である。例えば、図10Bは、駆動/感知ルール110に結合された第1の要素集団が、基板の長さ又は y 次元に非平行な第1の向きにおいて半主軸を有する膜1010A-1010Eを有するpMUTアレイ1090を示すが、駆動/感知ルール120に結合された第2の要素集団(例えば、1020E、その他)の半主軸は、第1の向きに対して直角の第2の向きを有する。この実施形態において、要素1010Aの c_1 軸に沿った共振モードは、隣接する要素1020Eの c_2 軸に沿った共振モードを有する軸外にある。要素集団が、基板の幅にわたってよりも基板のより長い長さにわたって延びる例示的な1D実施形態に対して、第1及び第2の半主軸は、要素の一貫した曲線因子及び一貫した数を要素集団の固定ピッチ(例えば、駆動/感知ルールピッチ)に提供するように、要素集団の長さから45°それて向けられる。45°オフセットされた隣接する集団は、2Dアレイ実施で同様に利用することができる。

10

20

【0061】

実施形態において、楕円形圧電膜のアレイは、アレイの第1の次元に沿って変動する半主軸のうちの少なくとも1つを有する。更に別の実施形態において、半主軸の変動は、軸方向長さが、異なるサイズの要素の集団にわたって単調的、段階的、漸变的、及び/又は区分的な方式(増加及び/又は減少)で増加するように渐变される。図7D及び図7Eとの関連で本明細書の他の箇所に説明するように、要素性能に対する音響結合/クロストーク効果は、区分的に膜直径を変動させることにより改善することができる。実施形態において、楕円形圧電膜のアレイは、アレイの第1の次元に沿って変動する半主軸のうちの1つのみを有する。

【0062】

更に別の実施形態において、楕円形圧電膜の2Dアレイは、アレイの両次元に沿って変動する半主軸を有する。1つのこのような実施形態において、図10Cに示すように、楕円形圧電膜の2Dアレイは、アレイの第1の次元に沿って変動する第1の軸及びアレイの第2の次元に沿って変動する第2の軸と共に、アレイの両次元に沿って変動する半主軸B、Cを有する。図10Cに更に示すように、各軸は、アレイ寸法のうちの1つにわたって区分的に増加する(及び/又は減少する)。図示のように、B軸は、アレイの1次元(例えば、基板101の y 軸)に沿ってそれぞれ要素1010AA、1010AE、1010JAに対して $B_{1,E}$ から $B_{1,A}$ まで増加し、次に、減少して $B_{1,E}$ まで戻る。1010AB-1010JBを含む縦列又は横列及び1010AC-1010JCを含む縦列又は横列は、1010AA-1010JA縦列又は横列に関して同じB軸増分を有する。C軸は、次に、1010AA-1010JAを含む横列の全ての要素が $C_{1,A}$ に等しい軸を有するような寸法にされ、1010AB-1010JBを含む横列の全ての要素が $C_{1,B}$ に等しい軸を有するような寸法にされ、かつ1010AC-1010JCを含む横列の全ての要素が $C_{1,C}$ に等しい軸を有するような寸法にされよう。アレイの第2の次元に沿って(例えば、基板101の x 軸に沿って)各要素と共に増加する。図10Cに更に示すように、別々のチャンネル(例えば、電極ルール110、120)に関連付けられた別々の集団は、膜寸法の類似の区分的変動を有する。例えば、電極ルール120に対して、1020AAの最大軸Bの長さから1020AEの最小軸Bの長さに至るまで横列又は縦列内で変動して、11020JAの最大軸Bの長さに戻る1つの半主軸Bがある。基板101にわたる同様のサイズの膜の均等空間分布のために隣接するチャンネル(例えば、電極ルール110)

30

40

50

に対して特定のサイズの膜の位置にシフトがある。

【0063】

実施形態において、基板の区域の上に配置された複数の独立にアドレス可能な駆動／感知電極レールを有するpMUTアレイは、緊密に詰まった変換器要素を有する駆動／感知電極レールの各々の1つに結合された要素集団を有する。例示的な実施形態において、隣接する要素集団の充填は、集団内のものよりもあまり緊密に詰まっていない。pMUTアレイの感度は、例示的な1Dアレイに対して線毎に活性圧電区域の区域に比例している。帯域幅を改善する本明細書に説明する多くの技術のように、何らかの感度の損失が起こる場合があり、従って、より大きい圧電膜充填は、変換器要素の例示的な単一縦列線（例えば、図1におけるように）に対してより大きい圧電膜のための感度損失を完全に回復しない場合にも改善する可能性がある。注意すべきことに、全pMUTアレイは、均一に緊密に詰まった変換器要素を有する可能性があるが、このような配置は、要素集団間により高いレベルのクロストークを受ける。各要素集団内では緊密に詰まった変換器形成であるが、要素集団間では緊密に詰まっていない変換器形成の提供は、要素集団間に良好な感度及び低レベルのクロストークの両方を提供することができる。

10

【0064】

図11A、図11B、及び図11Cは、緊密に詰まった変換器要素を有するpMUTアレイの平面図である。図11Aにおいて、例示的な1Dアレイ1100は、図1などとの関連で本明細書で上述した様々な属性を有する。駆動／感知電極レール110及び120は、基板101の第1の次元（例えば、x次元）に沿って駆動／感知電極レールの1次元アレイを形成する。レール110に結合されているのは、第2の次元（例えば、y次元）に沿って基板101の長さ L_1 にわたって配置された変換器要素110A、110B、110D、110L、その他である。一般的に、長さ L_1 は、要素集団によって占められた基板の幅よりも少なくとも5倍大きい。1D実施のために数桁大きくすることができる。換言すれば、各要素集団は、1Dアレイの縦列を形成する。しかし、単一の縦列変換器配置ではなく、少なくとも2つの隣接する圧電膜は、基板 L_1 の長さに沿って重なり、基板 W_1 の幅に沿って単一縦列からのオフセットを有する。pMUTアレイ1100は、最小数の隣接する圧電膜に対応するが、3つ又はそれよりも多くは、図11Bに示すpMUTアレイ1150のように、ある次元に沿って隣接して作ることができる。一般的に、例示的な最密充填は、各集団内で六角形である。例示的な実施形態において、少なくともクロストーク低下目的のために回転充填対称性（例えば、六角形C）の損失によって隣接する要素集団間に分離1107を備えた集団間では、最密充填（例えば、六角形A及びB）は維持されない。

20

30

【0065】

一般的に、最密充填技術は、2Dアレイ、縮退モード結合を有するアレイ、その他を含む本明細書に説明する様々な変換器要素構成のいずれにも適用することができる。各圧電変換器要素集団が、異なる公称膜サイズ（例えば、複数の別々の共振位相を提供するための）の複数の圧電膜を含む1つの有利な実施形態において、感度は、図7Aに示す単一縦列の実施形態に対して有意に改善することができる。図11Cは、多直径の緊密に詰まった変換器要素を有するpMUTアレイ1180を示している。図示のように、同じサイズの変換器要素（例えば、1111A及び1111B）は、本明細書の他の箇所でも上述したようにクロストーク低下のために分離されるが、サブグループ内の膜にわたるサイズ変動を利用して充填密度を増加させる。更に別の実施形態において、最の近くの隣接するものの間のサイズの区分的変動も、充填密度を改善する方式に実施することができる。例えば、要素1111A、1112A、1113A、1114Aは、要素1111B - 1114Bのようにサイズが区分的に増加するが、2つのサブグループは、互いに対して対称に配置され、レール110の区域内に緊密に詰められる。緊密に詰めたサブグループ対形成は、次に、レール110内で（例えば、要素1111C - 1114C及び1111D - 1114Dと共に）繰り返される。レール110内の緊密に詰めた配置は、次に、全てのチャネル（例えば、要素1124A - 1124D、その他を有するレール120）に対して繰り返

40

50

返される。

【0066】

図12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1200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1200は、水、組織物質などのような媒質内の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1200は、医療診断、製品欠陥検出、その他におけるような1つ又は複数の媒質内の内部構造変動の撮像に関連する多くの用途を有する。装置1200は、上述の変換器要素及び要素集団属性のいずれかを有する本明細書の他の箇所に説明したpMUTアレイのいずれかとすることができる少なくとも1つのpMUTアレイ1216を含む。例示的な実施形態において、pMUTアレイ1216は、必要に応じてpMUTアレイ1216の外面の向く方向及び位置を変えるために（例えば、撮像すべき区域に向ける）機械によって又は装置1200のユーザによって操作することができるハンドル部分1214に収容される。電気コネクタ1220は、pMUTアレイ1216のチャンネルをハンドル部分1214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。

10

20

30

40

50

【0067】

実施形態において、装置1200は、例えば、電気コネクタ1220によってpMUTアレイ1216に結合される当業技術で公知のあらゆるものとしてすることができる信号発生手段を含む。信号発生手段は、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、信号発生手段は、電気駆動信号を印加して圧電変換器要素集団を1MHz～40MHz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、信号発生手段は、逆多重化器1206によってその後逆多重化される制御信号を非直列化する非直列化回路1204を含む。例示的な信号発生手段は、デジタル/アナログコンバータ(DAC)1208を更に含み、pMUTアレイ1216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1210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。pMUTチャンネルコネクタ1220と信号発生手段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1216を切り換えるスイッチネットワーク1212である。

【0068】

実施形態において、装置1200は、例えば、電気コネクタ1220によってpMUTアレイ1216に結合される当業技術で公知のあらゆるものとしてすることができる信号収集手段を含む。信号収集手段は、pMUTアレイ1216において駆動/感知電極チャンネルから電気感知信号を収集するためのものである。信号収集手段の一例示的な実施形態において、アナログ/デジタルコンバータ(ADC)1214は、電圧信号を受信して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）に記憶されるか、又は最初に信号処理手段に通すことができる。例示的な信号処理手段は、デジタル信号を圧縮するデータ圧縮ユニット1226を含む。マルチプレクサ1218及び直列化回路1202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発生させるためのものであ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受信信号を更に処理することができる。

【0069】

上記説明は、限定ではなく例示的であることを理解しなければならない。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（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）ことを理解しなければならない。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したが、本発明は、上述の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及び代替形態で実施することができることを認識するであろう。本発明の範囲は、従って、添付の特許請求の範囲

を参照してそ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しなければならない。

【符号の説明】

【 0 0 7 0 】

1 1 0 電極レール

7 0 0 p M U T アレイ

7 1 1 A 要素

7 1 8 A 要素サブグループ

L_1 基板の長さ

【 図 1 】

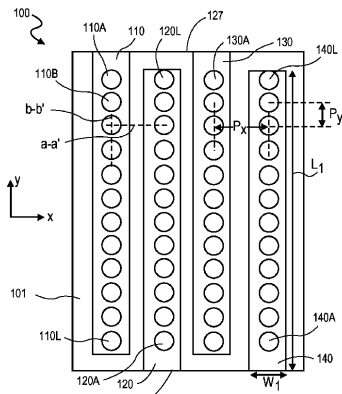


FIG. 1

【 図 2 A 】

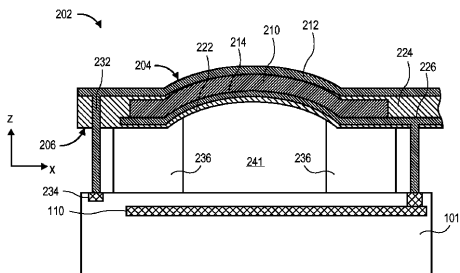


FIG. 2A

【 図 2 B 】

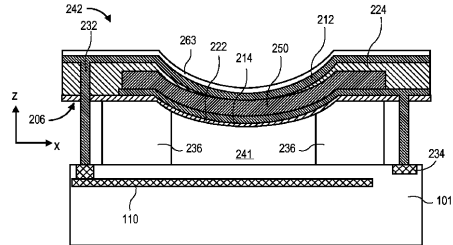


FIG. 2B

【 図 2 C 】

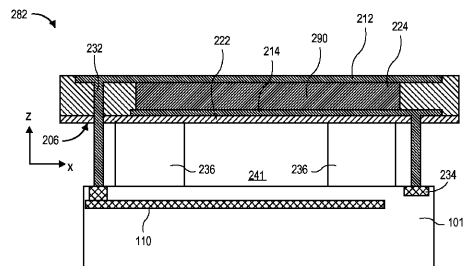


FIG. 2C

【図 3 A】

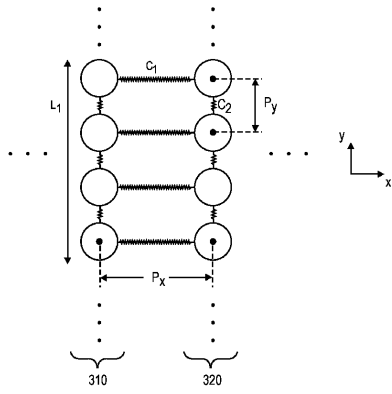


FIG. 3A

【図 3 B】

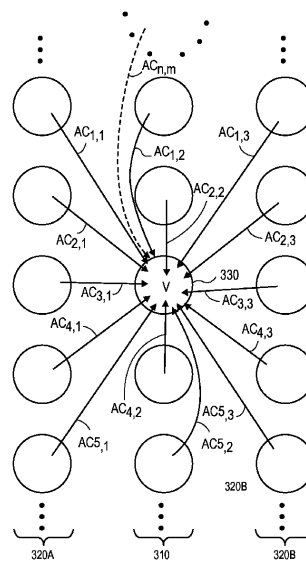


FIG. 3B

【図 4 A】

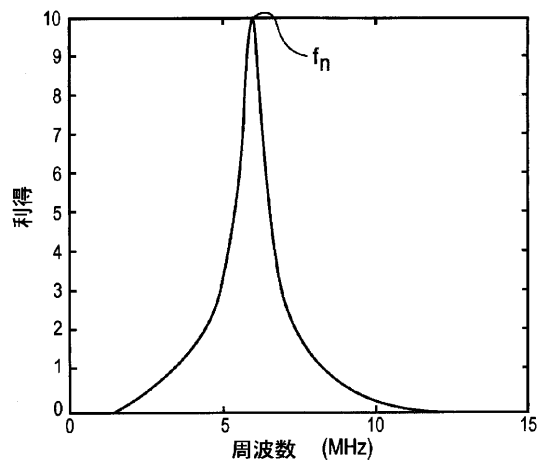


FIG. 4A

【図 4 B】

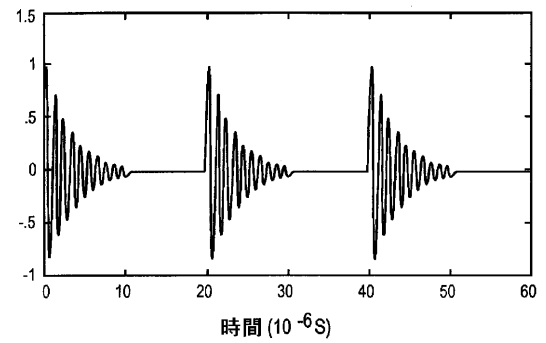


FIG. 4B

【 図 5 】

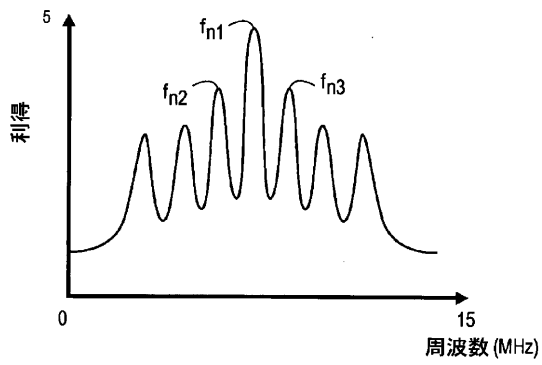


FIG. 5

【 図 6 A 】

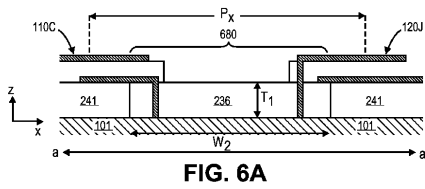


FIG. 6A

【 図 6 D 】

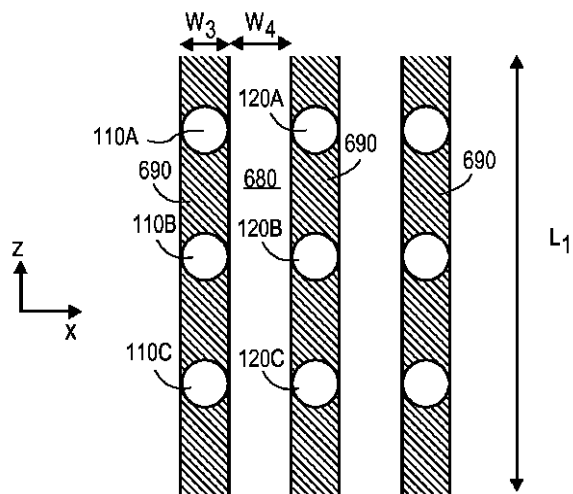


FIG. 6D

【 図 6 B 】

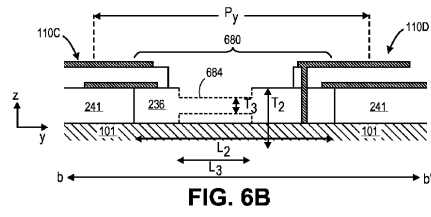


FIG. 6B

【 図 6 C 】

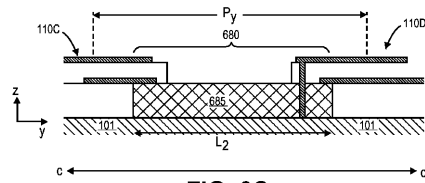


FIG. 6C

【 図 6 E 】

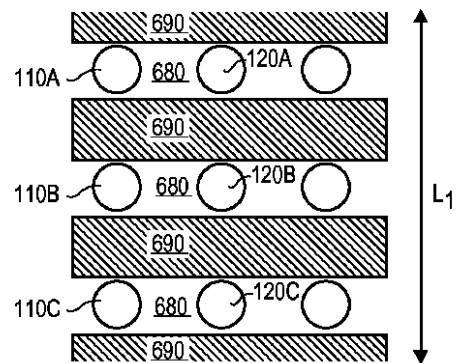


FIG. 6E

【図 6 F】

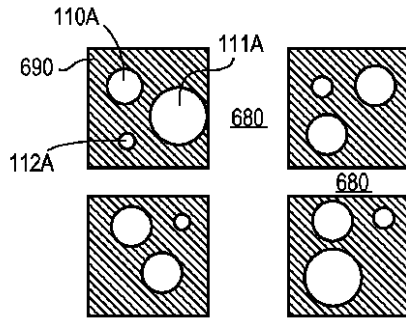


FIG. 6F

【図 6 G】

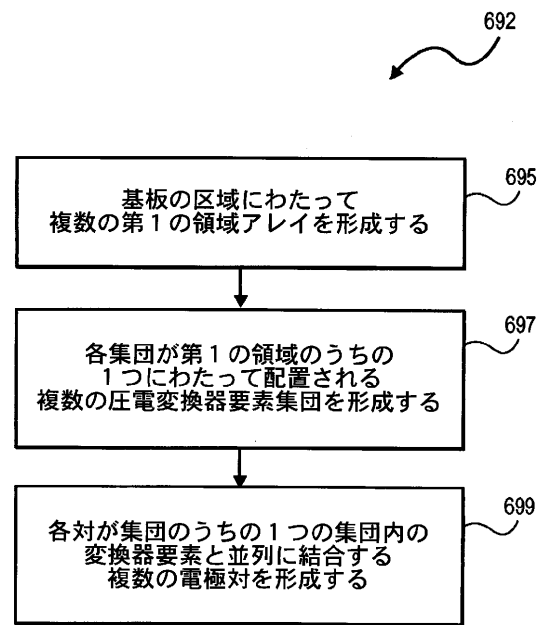


FIG. 6G

【図 7 A】

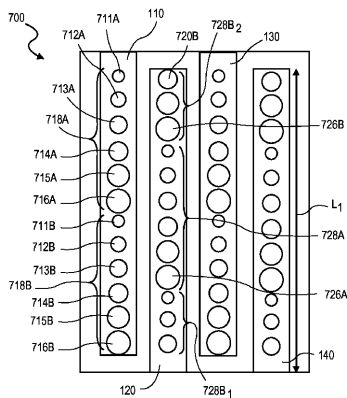


FIG. 7A

【図 7 B】

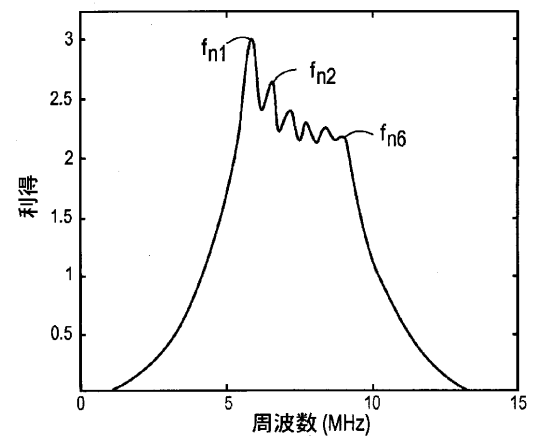


FIG. 7B

【図 7 C】

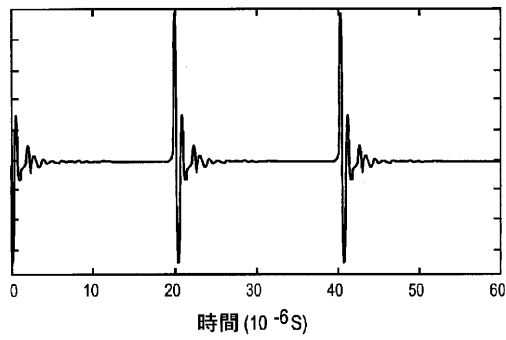


FIG. 7C

【図 7 D】

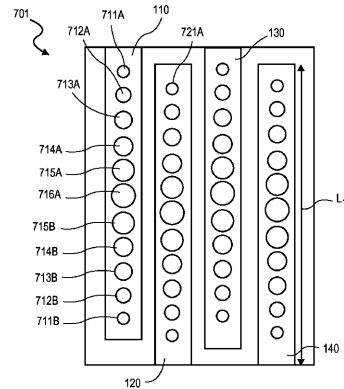


FIG. 7D

【図 7 E】

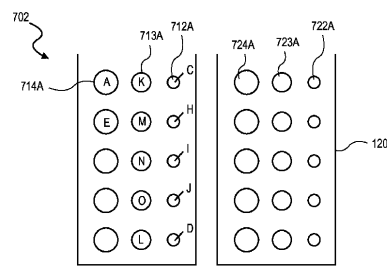


FIG. 7E

【図 8 A】

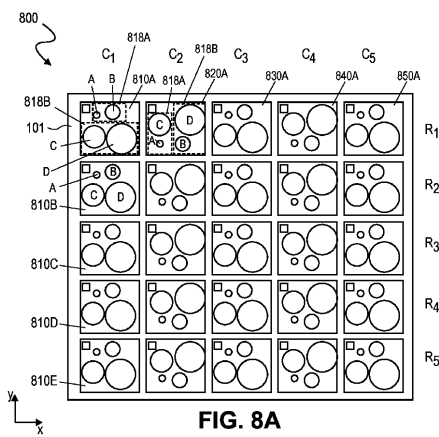


FIG. 8A

【図 8 B】

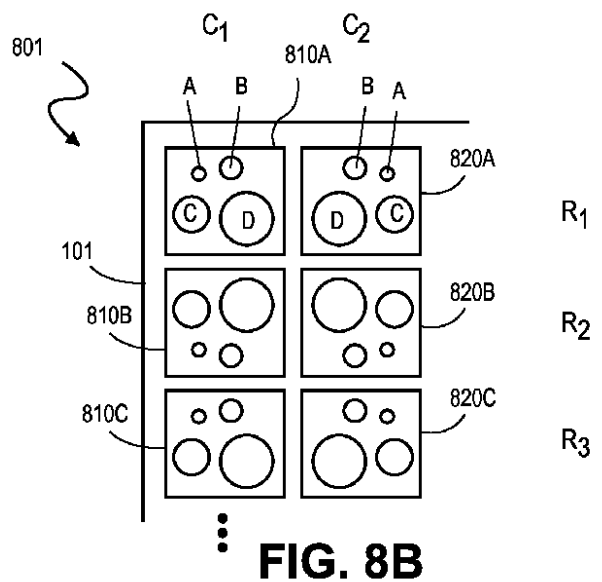
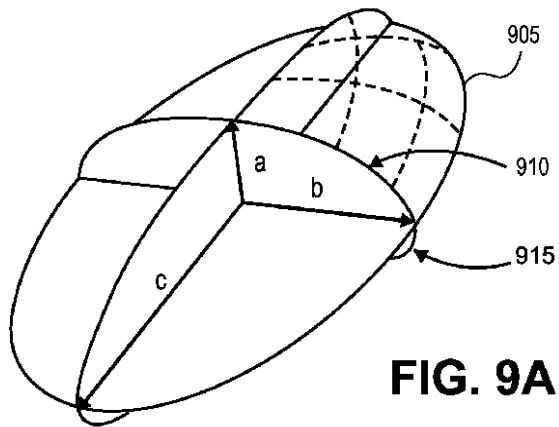
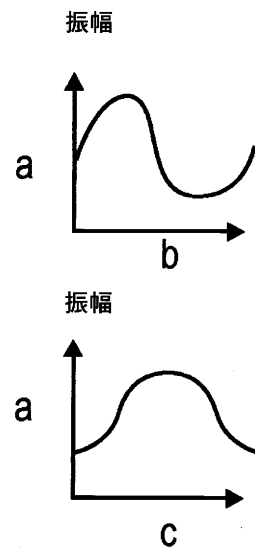


FIG. 8B

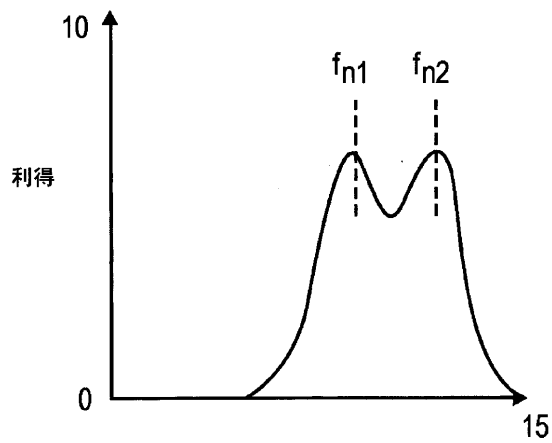
【図 9 A】



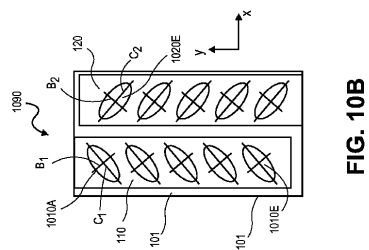
【図 9 B】



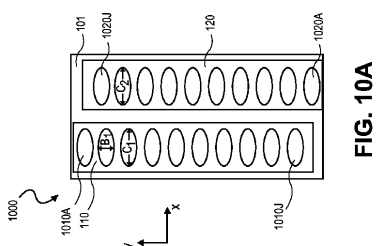
【図 9 C】



【図 10 B】



【図 10 A】



【図 10C】

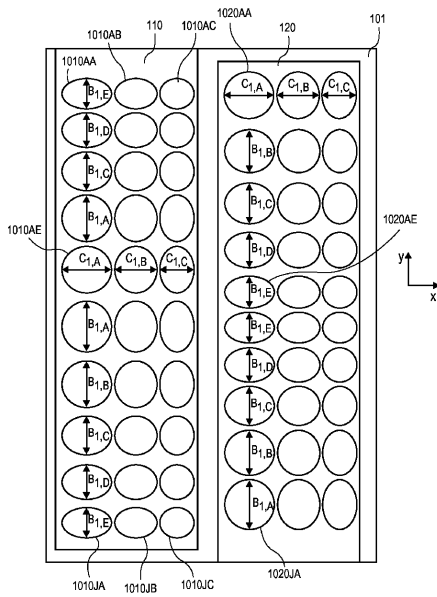


FIG. 10C

【図 11A】

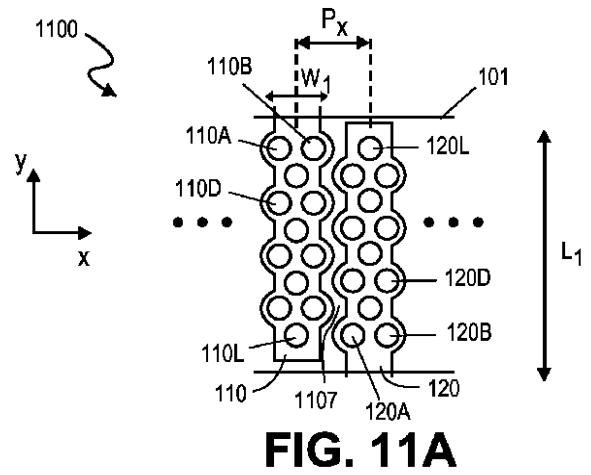


FIG. 11A

【図 11B】

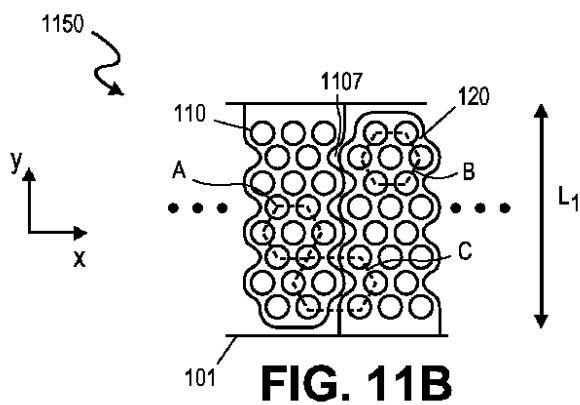


FIG. 11B

【図 11C】

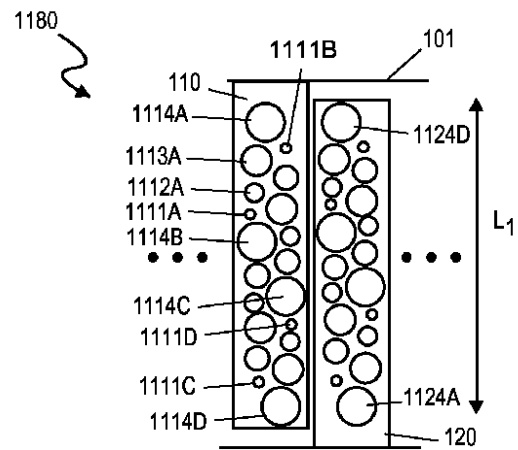


FIG. 11C

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2013/037419
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B06B1/06 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) A61B B06B H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/204001 A1 (ONA YASUHIRO [JP] ET AL) 13 August 2009 (2009-08-13)	37, 38
Y	paragraph [0052] - paragraph [0059]	25-36, 39, 40
A		1-9, 16, 23, 24
Y	----- WO 02/25630 A2 (MOLECULAR REFLECTIONS [US]; NERENBERG MICHAEL I [US]; LIU KELVIN J [US] 28 March 2002 (2002-03-28)	25-30
A	page 1, line 4 - line 8 page 12, line 6 - line 24	17-22
Y	----- US 6 262 946 B1 (KHURI-YAKUB BUTRUS T [US] ET AL) 17 July 2001 (2001-07-17)	31-36, 39, 40
A	column 3, line 23 - line 43	10-15
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 doubt 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 "8" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 March 2014		Date of mailing of the international search report 28/03/2014
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 Lorne, Benoit

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2013/037419

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/190377 A1 (LEWANDOWSKI ROBERT STEPHEN [US] ET AL) 30 September 2004 (2004-09-30) paragraphs [0005], [0061]; claims 1,5; figures 4,5 -----	1,37
A	US 2009/182237 A1 (ANGELSEN BJORN A J [NO] ET AL ANGELSEN BJOERN A J [NO] ET AL) 16 July 2009 (2009-07-16) claim 1 -----	1,37
A	EP 2 130 495 A1 (HITACHI MEDICAL CORP [JP]) 9 December 2009 (2009-12-09) abstract -----	1,37
A	EP 2 110 186 A1 (OLYMPUS MEDICAL SYSTEMS CORP [JP] OLYMPUS MEDICAL SYSTEMS CORP [JP]; 0) 21 October 2009 (2009-10-21) paragraph [0017] - paragraph [0018]; claim 1 -----	25-30
A	JP 2009 260723 A (ASAHI KASEI DENSHI KK) 5 November 2009 (2009-11-05) abstract -----	25-30
A	EP 1 764 162 A1 (ESAOTE SPA [IT]) 21 March 2007 (2007-03-21) paragraph [0035] - paragraph [0044] -----	10-15, 31-36, 39,40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2013/037419

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US2013/ 037419

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-9, 16, 23, 24, 37, 38

A pMUT array wherein each transducer element population is to provide a plurality of separate but overlapping frequency responses.

2. claims: 17-22, 25-30

A pMUT wherein each of the element populations comprises a piezoelectric membrane having an elliptical geometry.

3. claims: 10-15, 31-36, 39, 40

A pMUT wherein each piezoelectric transducer element population comprises a plurality of piezoelectric membranes of differing membrane size/graduated membrane size.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2013/037419

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009204001	A1	13-08-2009	CN 101524283 A 09-09-2009
			JP 2009207882 A 17-09-2009
			US 2009204001 A1 13-08-2009
WO 0225630	A2	28-03-2002	AU 9288401 A 02-04-2002
			EP 1322951 A2 02-07-2003
			JP 2004510145 A 02-04-2004
			US 2002115198 A1 22-08-2002
			US 2004038195 A1 26-02-2004
			US 2004043423 A1 04-03-2004
			US 2005040907 A1 24-02-2005
			US 2009074951 A1 19-03-2009
			WO 0225630 A2 28-03-2002
US 6262946	B1	17-07-2001	NONE
US 2004190377	A1	30-09-2004	CN 1677706 A 05-10-2005
			DE 102005014836 A1 20-10-2005
			JP 4868758 B2 01-02-2012
			JP 2005295553 A 20-10-2005
			KR 20060044973 A 16-05-2006
			US 2004190377 A1 30-09-2004
US 2009182237	A1	16-07-2009	NONE
EP 2130495	A1	09-12-2009	CN 101636112 A 27-01-2010
			EP 2130495 A1 09-12-2009
			JP 5049340 B2 17-10-2012
			US 2010179430 A1 15-07-2010
			WO 2008114582 A1 25-09-2008
EP 2110186	A1	21-10-2009	CN 101559420 A 21-10-2009
			EP 2110186 A1 21-10-2009
			JP 4594995 B2 08-12-2010
			JP 2009254572 A 05-11-2009
			US 2009262605 A1 22-10-2009
JP 2009260723	A	05-11-2009	NONE
EP 1764162	A1	21-03-2007	AT 393672 T 15-05-2008
			DE 602005006419 T2 25-09-2008
			EP 1764162 A1 21-03-2007
			US 2007059858 A1 15-03-2007

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, 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(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

(72)発明者 オットソン マッツ

スウェーデン エス - 13235 サルトヒェ ボー マルコールヴェーゲン 4

Fターム(参考) 4C601 BB06 EE03 EE04 GB04 GB06 GB43 GB44 GB45

5D019 AA09 BB19 BB25 EE02 FF04

专利名称(译)	超宽带宽压电传感器阵列		
公开(公告)号	JP2015517752A	公开(公告)日	2015-06-22
申请号	JP2015510311	申请日	2013-04-19
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶卷迪马蒂克斯股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	富士胶卷迪马株式会社		
[标]发明人	ハジャティアルマン オットソンマツ		
发明人	ハジャティ アルマン オットソン マツ		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/14		
CPC分类号	B06B1/0629		
FI分类号	H04R17/00.332.B A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE03 4C601/EE04 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB43 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/AA09 5D019/BB19 5D019/BB25 5D019/EE02 5D019/FF04		
代理人(译)	西岛隆义 须田博之 上杉 浩 近藤直树		
优先权	61/641182 2012-05-01 US 13/648225 2012-10-09 US		
其他公开文献	JP6208220B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

描述了压电微超声换能器 (pMUT) 阵列和包括pMUT阵列的系统。换能器元件群内的耦合强度为宽带整体响应提供了简并的简并模形状，而相邻元件群之间的弱耦合强度导致元件群之间的串扰相当低。提供。在实施例中，换能器元件群内的不同膜尺寸为宽带宽的整体响应提供不同的频率响应，而相邻元件群之间不同膜尺寸的布局在元件群之间提供适度的比例。提供低串扰。在实施例中，椭圆压电膜提供多种响应模式以实现宽带宽的整体响应和高效率。 [选择图]图7A

