

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4293309号
(P4293309)

(45) 発行日 平成21年7月8日(2009.7.8)

(24) 登録日 平成21年4月17日(2009.4.17)

(51) Int.Cl.	F 1		
HO4R 17/00	(2006.01)	HO4R 17/00	332Y
A61B 8/00	(2006.01)	A61B 8/00	
B06B 1/02	(2006.01)	B06B 1/02	Z

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-61534 (P2004-61534)
(22) 出願日	平成16年3月5日(2004.3.5)
(65) 公開番号	特開2004-274756 (P2004-274756A)
(43) 公開日	平成16年9月30日(2004.9.30)
審査請求日	平成19年2月28日(2007.2.28)
(31) 優先権主張番号	10/383,990
(32) 優先日	平成15年3月6日(2003.3.6)
(33) 優先権主張国	米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー GENERAL ELECTRIC COMPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100108541 弁理士 伊藤 信和
(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超微細加工超音波トランスデューサを用いたモザイク型アレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多数の超小型電子スイッチにより相互接続されている多数の小素子(U1、U2、U3)と、

複数の円環状素子を形成するために、選択された小素子を相互接続するプログラミング手段(68)を備えた超音波トランスデューサ・アレイであって、各々の小素子が多数の超微細加工超音波トランスデューサ(MUT)セルをそれぞれ含んでおり、特定の小素子内の各々の超微細加工超音波トランスデューサ・セルが互いに結線され、多数の小素子(U1、U2、U3)であって、各小素子(U1、U2、U3)が隣接する小素子(U1、U2、U3)から隔離されている、超音波トランスデューサ・アレイ。

10

【請求項 2】

前記複数の円環状素子は、等しい素子当たり面積を有する円環状アレイの多数の同心円環を形成する、請求項1に記載のアレイ。

【請求項 3】

前記隣接する小素子同士が、小素子間のクロストークを低減するために、間隙(62、64)によって離隔されている、請求項1又は2に記載のアレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的には、超音波トランスデューサ素子のモザイク型アレイ、及びアレイに

20

おける超微細加工超音波トランステューサ (MUT) の利用に関する。MUTの特定的な一応用は医療診断超音波イメージング・システムにある。

【背景技術】

【0002】

従来の超音波イメージング・システムは、超音波ビームを送波し、次いで被検体から反射ビームを受波するのに用いられる超音波トランステューサのアレイを含んでいる。かかる走査は、集束された超音波を送波し、短時間の後にシステムを受波モードに切り換えて、反射した超音波を受波し、ビームフォーミングして、表示用に処理するという一連の測定を含んでいる。典型的には、送波及び受波は各回の測定中は同一方向に集束されており、音波ビーム又は走査線に沿った一連の点からデータを取得する。受波器は、走査線に沿った一連のレンジ(距離)に動的に集束を行ないながら、反射した超音波を受波する。

10

【0003】

超音波撮像では、アレイは典型的には、1列以上の列を成して配列されており別個の電圧で駆動される多数のトランステューサを有している。印加電圧の時間遅延(すなわち位相)及び振幅を選択することにより、所与の列の個々のトランステューサを制御して複数の超音波を発生することができ、これらの超音波を結合して、好ましいベクトル方向に沿って走行しておりビームに沿った選択されたゾーンに集束されている正味の超音波を形成する。

【0004】

トランステューサ・プローブを用いて受波モードで反射音波を受波するときにも同じ原理が当てはまる。受波を行なうトランステューサに発生される電圧を、正味の信号が対象内の単一の焦点ゾーンから反射した超音波を示すものとなるように加算する。送波モードの場合と同様に、この集束式超音波エネルギー受波は、受波を行なっている各々のトランステューサからの信号に対して別個の時間遅延(及び/又は位相シフト)並びにゲインを付与することにより達成される。帰投信号の深さの増大によって時間遅延を調節して、受波時の動的集束を行なう。

20

【0005】

形成される画像の品質又は分解能は部分的には、トランステューサ・アレイの送波アパーチャ及び受波アパーチャをそれぞれ構成するトランステューサの数の関数となっている。従って、高画質を達成するためには、二次元撮像応用でも三次元撮像応用でもトランステューサを多数にすることが望ましい。超音波トランステューサは典型的には、手掌可搬型トランステューサ・プローブに配設されており、プローブは可撓性のケーブルによって電子ユニットに接続されており、電子ユニットはトランステューサ信号を処理して超音波画像を形成する。トランステューサ・プローブは、超音波送波サーチットリ及び超音波受波サーチットリの両方を担持していてよい。

30

【0006】

近年、半導体プロセスを用いて、容量型(cMUT)又は圧電型(pMUT)等の超微細加工超音波トランステューサ(MUT)として公知の形式の超音波トランステューサを製造することが行なわれている。MUTは微小なダイヤフラム様の装置であり、超音波受波信号の音響振動を変調型キャパシタンスへ変換する電極を備えている。送波については、容量電荷を変調して装置のダイヤフラムを振動させることにより、音波を送波する。

40

【0007】

MUTの一つの利点は、「超微細加工(マイクロマシニング)」との頭語で括られる超微細製造プロセスのような半導体製造プロセスを用いて製造し得ることである。米国特許第6,359,367号(特許文献1)の説明によれば、次の通りである。

【0008】

「超微細加工は、次の各項の組み合わせ又は部分集合を用いた微視的構造の形成である。すなわち(A)パターニング・ツール(一般的には投影露光装置又はウェーハ・ステップ等のリソグラフィ)、(B)PVD(物理的気相堆積)、CVD(化学的気相堆積)、LPCVD(低圧化学的気相堆積)及びPECVD(プラズマ化学的気相堆積)のよう

50

堆積ツール、並びに(C)湿式化学エッチング、プラズマ・エッチング、イオン・ミリング、スパッタ・エッチング又はレーザ・エッチング等のエッチング・ツール等である。超微細加工は典型的には、シリコン、ガラス、サファイア又はセラミックス製の基材又はウェーハ上で行なわれる。かかる基材又はウェーハは一般的には、極めて平坦且つ滑らかであり、インチ単位の横寸法を有している。これらの基材又はウェーハは通常、カセット内のグループとして、加工ツールから加工ツールへ移動しながら加工される。各々の基材は、製品の多数の複製を組み入れることができて有利である(但し必須ではない)。超微細加工には大きく分けて二つの形式がある。すなわち、(1)バルク超微細加工。この場合にはウェーハ又は基材はその厚みの大部分を蝕刻される、及び(2)表面超微細加工。この場合には蝕刻は一般的には、表面、具体的には表面上の薄膜堆積フィルムに限られる。本書で用いられる超微細加工の定義は、超微細加工が可能な従来の又は公知の材料の利用を含んでおり、かかる材料としては、シリコン、サファイア、あらゆる形式のガラス材料、ポリマー(ポリイミド等)、多結晶シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、アルミニウム合金、銅合金及びタンゲステンのような薄膜金属、スピンドル・オン・グラス(SOG)、埋め込み(implantable)ドープ剤又は拡散ドープ剤、並びに酸化シリコン及び窒化シリコンのような成長フィルム等がある。」

【0009】

本書でも同じ超微細加工の定義を採用する。

【特許文献1】米国特許第6,359,367号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

超音波トランステューサ・アレイの設計を改善することが依然として必要とされている。優れた画質を達成するために、現状の超音波イメージング・システムは非常に複雑とならざるを得ない。従来のプローブは典型的には、128個の信号処理チャネルを有している(また電子式仰角集束を行なうアレイでは5倍もの増大がある)。また、殆どの撮像モダリティ(超音波を含む)で正しい臨床診断を下すことを可能にするためには、スライス厚を薄くした方が有利である。動的集束ビームを仰角方向及び方位角方向の両方で具現化すると、一般的(心エコーに対して)な撮像応用では特に、極めて複雑で且つ高経費となる。また、電子部品が占める容積及び消費電力は、かかるシステムを易可搬性にすることを阻んでいる。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、超音波トランステューサのアクティブ・アバーチャを、極く小さい小素子(element)から成るモザイクとして分割し、次いで、これらの小素子を電子スイッチと相互接続することにより素子を形成するという考案を採用している。これらの素子は、スイッチ構成を変更することにより、モザイク型アレイの表面に沿って電子的に「移動」して走査を実行することができる。他の素子構成は、立体データ集合を取得する能力を提供するビーム方向制御(beam steering)を可能にする。多数の同心円環状素子から成る構成にすると、素子形状が音波の位相面(phase front)に整合することにより最適な音波画像の画質が得られる。本発明の一観点は、得られるアレイの構成可変性(reconfigurability)にある。

【0012】

素子を構成変更する能力及び素子を位相面に整合させる能力の両方によって、ハイ・エンド・システムの画質を達成するのに必要な素子(又はチャネル)の数を大幅に減少させることができる。チャネル数が少ないので、ビームフォーミング用電子部品によって処理される必要のある信号の数も著しく減少する。従って、モザイク型アレイについてシステム電子部品が占める空間及び消費電力が、可搬性の高い超音波システムと両立するものとなる。

【0013】

10

20

30

40

50

本発明の一観点は、多数の小素子を含むモザイク型アレイであって、小素子の各々が多数の超微細加工超音波トランスデューサ（MUT）セルをそれぞれ含んでおり、各々のMUTセルが上面電極及び底面電極を含んでいる。任意の特定の小素子を構成するMUTセルの上面電極は互いに結線されており、これらの同じMUTセルの底面電極も同様に互いに結線されている。

【0014】

本発明のもう一つの観点は、多数の超小型電子スイッチによって相互接続されている多数の小素子を含む超音波トランスデューサ・アレイであって、各々の小素子が多数のMUTセルをそれぞれ含んでおり、特定の小素子内の各々のMUTセルは互いに結線されている。

10

【0015】

本発明のさらにもう一つの観点は、超音波トランスデューサの製法であって、多数の超小型電子スイッチを内部に有する基材を製造する工程と、基材上に多数のMUTセルを超微細加工する工程とを備えており、各MUTセルはクラスタを成して相互接続されており、相互接続されているMUTセルから成る各々のクラスタは超小型電子スイッチの一つにそれぞれ接続されている。

【0016】

本発明のさらにもう一つの観点は、互いに結線されている上面電極及び互いに結線されている底面電極をそれぞれ含む多数のMUTセルと、相互接続されている上面電極又は相互接続されている底面電極に接続されている出力端子を有する超小型電子スイッチと、超小型電子スイッチの入力端子に接続されている出力端子を有しており、超小型電子スイッチがオンになったときに超音波を発生させるように多数のMUTセルを駆動するドライバ回路とを備えた超音波トランスデューサである。

20

【0017】

本発明の他の観点については、以下に開示すると共に特許請求の範囲で請求する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して説明する。図面では異なる図面で類似の要素に同じ参考番号を付す。

【0019】

30

本書に開示する新規技術は、超微細加工超音波トランスデューサ（MUT）によってモザイク型アレイを具現化する独自の方法である。説明の目的で容量型超微細加工超音波トランスデューサ（cMUT）を用いた本発明の様々な実施形態を説明する。但し、本書に開示する本発明の各観点は、cMUTの利用に限らず、pMUT、又は下層の切換層への相互接続手段によってダイス加工型小素子の各々が接続されているようなダイス加工型圧電セラミックス・アレイにも適用され得ることを理解されたい。

【0020】

cMUTは、超音波エネルギーの送受が可能な小型（例えば、50 μm）の容量型「ドラムヘッド」又はセルを含むシリコン系装置である。図1には、典型的なMUTトランスデューサ・セル2の断面図が示されている。かかるMUTトランスデューサ・セルから成るアレイが典型的にはシリコン・ウェーハのような基材4上に製造される。各々のMUTトランスデューサ・セル毎に、基材4の上方に、窒化シリコン製等の薄膜又はダイヤフラム8が懸吊されている。膜8は、酸化シリコン又は窒化シリコン製等の絶縁性支持体6によって周縁で支持されている。膜8と基材4との間の空洞部20は、空気若しくはガスを充填されていてもよいし、又は完全排気若しくは部分排気されていてもよい。アルミニウム合金又はその他適当な導電性材料のような導電性材料のフィルム又は層が膜8上で電極12を形成しており、また導電性材料製のもう一つのフィルム又は層が基材4上で電極10を形成している。代替的には、電極10は基材4に埋め込まれていてもよい。また、電極12は図1に示すように膜8の内部に埋め込まれているのではなく、膜8の表層に位置していてもよい。

40

50

【0021】

2個の電極10及び12は、空洞部20によって離隔されて、キャパシタンスを形成する。入射した音響信号が膜8を振動させると、付設の電子部品（図1には示されていない）を用いてキャパシタンスの変化を検出することができ、これにより音響信号を電気信号へ変換する。逆に、一方の電極に印加されたAC信号が電極上の電荷を変調させると、電極同士の間の容量力に変調が生じ、後者の変調によってダイヤフラムが移動することにより音響信号を送波する。

【0022】

動作について述べると、MUTセルは典型的には、電極に跨がって印加される時間変化型の電圧 $v(t)$ よりも有意に高いDCバイアス電圧 V_{bias} を有している。バイアスはクーロン力によって上面電極を底面に向かって引き付ける。大きいバイアスを印加するこの例では、MUTのドラムヘッドは、次の式のように与えられる膜変位 u を生ずる。

【0023】

【数1】

$$u(t) \approx \frac{\epsilon}{d^2} * V_{bias} * v(t) \quad (1)$$

【0024】

式中、 d は各電極すなわちキャパシタの各プレートの間の距離であり、 ϵ はセルの実効誘電率である。MUTセルの感度は、バイアス電圧が高く且つ各電極が相対的に近接している場合に最大となることが分かっている。

【0025】

典型的なMUTの寸法はミクロン単位であるので、多数のMUTセルが典型的には近接して製造されて、単一のトランステューサ素子を形成する。個々のセルは、円形、矩形、六角形又は他の周囲形状を有していてよい。六角形にするとトランステューサ素子のMUTセルを稠密に充填することができる。各MUTセルは、トランステューサ素子が異なるセル寸法による複合的な特性を有することによりトランステューサに広帯域特性を与えるように、異なる寸法を有していてよい。

【0026】

MUTセルは、超微細加工プロセスにおいて互いに結線されて、小素子すなわち何らかの高度と考えられる様でグループ化された個々のMUTセルから成るクラスタを形成することができる。（「小素子」という用語は、以下ではかかるクラスタを記述するために用いられる）。これらの小素子は、MUT小素子を構築する基材となるシリコン層の内部に超小型電子スイッチを配置することにより、かかる超小型電子スイッチ（結線ではなく）によって相互接続されて、円環のような相対的に大きい要素を形成する。この構築は、大量の量において低経費で実行され得る半導体プロセスに基づいて行なわれる。

【0027】

最良の音響性能を得るモザイクを設計する多くの方法が存在する。例えば、送波時及び受波時の両方での位相面を整合させる、隣接する小素子の間に間隙を設けて素子間クロストークを低減する、モザイク格子のテセレーション（tessellation、領域充填）を形成するように様々な小素子パターンを選択する、並びに送波及び受波について様々な素子パターンを選択する等を行なって、特定応用における最高の音響性能を得ることができる。

【0028】

本書に開示する実施形態では、トランステューサは、ビーム方向、焦点位置、並びに最小のサイドローブ及びグレーティング・ローブ（grating lobe）に関して特定の音響出力を提供するように多くの方法で相互接続することのできるMUT小素子のアレイを用いて製造される。

【0029】

説明の目的で、図2は、中央のセルを6個のセルの環で包囲した7個の六角形MUTセル2で構成される「デイジーモード」小素子14を示しており、環を成す各々のセルは中央セ

10

20

30

40

50

ルの各辺と連続しており且つ環を成す隣接セルとも連続している。各々のセルの上面電極は互いに結線されている。同様に、各々のセルの底面電極も互いに結線されており、7倍の大きさの容量型小素子を形成している。

【0030】

代替的な「六角型」小素子16を図3に示しており、この小素子16は19個のMUTセルで構成されている。各々のグループのセルの上面電極は互いに結線されており、同様に、各々のグループのセルの底面電極も接続されており、これによりさらに大きい容量型小素子を形成している。MUTセルは極めて小形に製造され得るので、極微細ピッチのモザイク型アレイを完成することが可能である。

【0031】

本発明の範囲内にあるMUTセル及び小素子を用いてトランステューサ・アレイを形成し得る方法は多数存在する。図4及び図5は、モザイク型アレイを形成するための素子のテセレーションの実例を示す。図4に示す実施形態では、「デイジー型」小素子（小素子当たり7個のMUTセルが互いに結線されている）のテセレーションを各々含む4個の近似的に円環状の素子（参照番号22、24、26及び28によってそれぞれ示す）が、近似的に等しい素子当たり面積を有するように構成されている。図5に示す実施形態では、「デイジー型」小素子のテセレーションを各々含む6個の近似的に円環状の素子（参照番号30、32、34、36、38及び40によってそれぞれ示す）が、近似的に等しい素子当たり面積を有するように構成されている。各々の例でのテセレーションは、多数の小素子形式で構成されていてよい。アレイのパターンはテセレーションである必要はなく、音響小素子の存在しない区域を有していてもよい。例えば、MUT小素子又はセルの上面電極接続をアレイの下方に誘導するバイアが存在していてもよい。

10

【0032】

本発明の構成を、ビーム幅、サイドローブ・レベル又は焦点深さのような様々な音響パラメータを最適化するように変更してもよい。代替的には、小素子を送波動作について一つのアパーチャを形成するようにグループ化し、受波部分については他のアパーチャに直ちに切り換えてよい。図4及び図5は近似的に円環状の素子を示しているが、例えば不連続環、八角環（octal ring）又は円弧等のような他の構成を具現化してもよい。パターンの選択は応用からの要求に応じたものとなる。

20

【0033】

図6及び図7は、「六角型」小素子のテセレーションを含む素子パターンの幾つかの実例を示す。図6に示す実施形態は、「六角型」小素子（小素子当たり19個のMUTセルが互いに結線されている）のテセレーションを各々含む4個の素子（参照番号42、44、46及び48によってそれぞれ示す）を有している。素子は円形ではない。具体的には、第三の素子は不連続環となっており、又はさらに正確に述べると、複数の「六角型」小素子が等角度間隔で円周に分配されている。図7に示す実施形態は、「六角型」小素子のテセレーションから各々成る6個の素子（参照番号50、52、54、56、58及び60によってそれぞれ示す）を有している。本実施形態では、第四の素子は不連続環となっており、第一の素子（すなわち中央素子）は円形ではなく六角形となっている。

30

【0034】

尚、図4～図7に示す各パターンは説明のみを目的とすることを理解されたい。その他多くのパターンを画定することができ、この開示は本新規技術を本書に明示的に示すものに限定する訳ではない。

40

【0035】

モザイク型円環状アレイの場合には、これらの円環によって、ビームフォーミング用電子部品によって処理されねばならない信号の数を大幅に減少させることが可能になる。例えば、cMUTセルが8素子の円環状アレイに分配されているとすると、ビームフォーミング用電子部品はこれらの円環によって出力される8つの信号のみを扱えばよいことを意味する。このことは、従来のプローブの場合には信号処理チャネルの数が典型的には128個（また電子式仰角集束を行なうアレイではこの数の5倍になる）であることと全く対

50

照的である。

【0036】

本発明のさらにもう一つの観点では、構成可変型アレイでの素子間のクロストークを、小素子の間に小さな間隙を導入することにより低減することができる。図8は、「デイジー型」小素子14のテセレーションを示しており、同図では各々の「デイジー型」小素子が間隙62によって隣接する小素子から離隔されている。図9は、「六角型」小素子16のテセレーションを示しており、同図では各々の「六角型」小素子が間隙64によって隣接する小素子から離隔されている。クロストークをさらに低減するためには、各々の小素子の周りのシリコン基材に溝を具現化することができる。

【0037】

10

各小素子（「デイジー型」、「六角型」又は他の形状）は、アレイの下方のスイッチを用いて動的に接続することができ、任意の素子パターンの形成を可能にし、すなわち換言すると構成可変型アレイの形成を可能にする。これらのスイッチは別個にパッケージ化されている構成要素であってよいが、MUTアレイを製造する基材となる同じ半導体基材の内部にスイッチを実際に製造することも可能である。MUTアレイを形成するのに用いられる超微細加工プロセスは、この集積型電子部品には何ら悪影響を及ぼさない。

【0038】

本発明の一観点では、パルス発生回路を用いることにより高電圧スイッチの数を減少させることができ、パルス発生回路は、高インピーダンスMUTが必要とする電流が極めて限定されているため小型化することができる。

20

【0039】

各々のMUT小素子は、二極動作を可能にするように接して接続されている2個のDMOSFET（ソース・ノードが共に短絡されている。図10のスイッチX1～X3を参照）を含む高電圧切換回路によって駆動され得る。かかる切換回路は、米国特許出願10/248,968号“Integrated High-Voltage Switching Circuit for Ultrasound Transducer Array”に開示されている。この切換回路では、両方のFETがオンになっているときには常に、スイッチ端子に電流が流れる。スイッチをオンにするためには、これらの装置のゲート電圧は、ソース電圧よりも閾電圧分だけ高くなければならない。閾電圧を上回ると、スイッチのオン抵抗はゲート電圧に反比例して変化する。ソース電圧がドレイン電圧に近くなるので（オン抵抗が小さく電流が小さいため）、ソース電圧は超音波送波パルス電圧に追随する。ゲート-ソース電圧を一定にしておくために、ゲート電圧もまた送波パルス電圧に追随しなければならない。このことは、スイッチ制御サーキットからソース及びゲートを切り離して、ソースを参照としてゲートでの電位を固定することにより達成することができる。このことは好ましくは、ダイナミック・レベル・シフタを用いて達成される。

30

【0040】

上述の米国特許出願10/248,968号は、ダイオードを介してDMOSFETの共通ゲートにドレインを接続した高電圧PMOSトランジスタを含むオン切換回路を開示している。PMOSトランジスタのゲートは、スイッチのゲート・オン切換電圧VPを受け取る。PMOSトランジスタのソースはグローバル・スイッチ・ゲート・バイアス電圧（ノミナルで5V）にバイアスされている。スイッチをオンに切り換えるために、PMOSトランジスタのゲート電圧VPは高電圧（5V）から低電圧（0V）へ移行し、PMOSトランジスタを介してDMOSFETの共有ゲート端子へグローバル・バイアス電圧を印加する。スイッチ・ゲート電圧VPがグローバル・スイッチ・ゲート・バイアス電圧を上回ってドリフトしたときにPMOSトランジスタがオンにならないようにするためにダイオードを設けている。一旦、スイッチ・ゲート電圧VPがスイッチ・ゲート・バイアス電圧に到達したら、DMOSFETの寄生ゲート・キャパシタンスはこの電圧を保持する。この理由から、一旦、ゲート電圧VPが安定したら、PMOSトランジスタをオフにして節電することができる。スイッチのオン状態がスイッチ・ゲート・キャパシタンスに実効的に記憶されるという事実は、スイッチがスイッチ自体のメモリを有しているこ

40

50

とを意味する。

【0041】

図10（上で参照した米国特許出願10/248,968号から引用）に示すように、この切換回路をスイッチの縦続接続の一部として用いることができる。図10に示す縦続接続の例は直列接続されている3個のスイッチX1、X2及びX3を含んでいるが、図示の態様で3個よりも多いスイッチを縦続接続してよいことを理解されたい。スイッチX1～X3の状態は、それぞれのスイッチ制御回路C1～C3によって制御される。ゲート・オフ切換電圧VN及びゲート・オン切換電圧VPを制御するデジタル回路（図示されていない）が存在している。このデジタル回路は、スイッチの状態に関するローカル・メモリを有している。外部の制御システム（図10のプログラミング回路68）が、スイッチ・メモリの全てがオン、オフ又はNO_CHANGEのいずれかの状態になるようにプログラムしている。次いで、グローバル選択線70（図10を参照）を用いてこの状態を実際のスイッチ制御回路に適用する。従って、選択線が起動されるまで、VN及びVPは両方ともゼロである。この状態で、スイッチ自体は最終の状態を保持している。グローバル選択線70が起動されると、VNを高にする（スイッチをオフにする）か、VPを低にする（スイッチをオンにする）か、又はVN及びVPを両方とも低にする（スイッチ状態を変化させない）のいずれかにより、記憶されているスイッチ状態をスイッチ自体に伝達する。図10の各々のスイッチX1～X3のグローバル・スイッチ・ゲート・バイアス電圧端子はバス72に接続されている。グローバル選択線70をグローバル・スイッチ・ゲート・バイアス電圧バス72と組み合わせると、各々のスイッチX1～X3のオン切換電圧を独立にプログラムすることが可能になる。さらに明確に述べると、各々のスイッチはスイッチ自体の一意のゲート・オン切換電圧でプログラムことができ、ゲート・オフ切換電圧を用いて、アレイ内の全てのスイッチのオン切換抵抗を調節して、処理によるばらつきを補正することができる。

【0042】

さらに図10の説明を続ける。スイッチX1がオンになったときには超音波ドライバ66によって第一の超音波トランステューサU1を駆動することができ、スイッチX1及びX2が共にオンになったときには超音波ドライバ10によって第二の超音波トランステューサU2を駆動することができ、スイッチX1、X2及びX3が全てオンになったときには超音波ドライバ10によって第三の超音波トランステューサU3を駆動することができる。各々の超音波トランステューサは、本書に開示した各形式の一つの小素子であってよい。

【0043】

（実施例1）

（構成可変型MUTによるモザイク型アレイの応用）

本発明は、アレイの構成可変性の概念を活用している。以下の実施例は、活用できる可能性の集合全体を網羅するためではなく、説明の目的のために掲げられるものとする。

【0044】

a. 円環状アレイ

公知の非モザイク型円環状アレイでは、中央素子及び各円環が全て等しい面積を有しているという等面積近似を用いてアレイを構築することが一般に行なわれている。このアプローチでは、各々の素子間での位相シフトは強制的に一定とされる。また、全ての素子インピーダンスを一様であるものとし、これにより、素子を駆動したり素子から受波したりするサーキットリに等しい負荷を与えていた。このことを助けとして各々の素子のスペクタル内容が近似的に一様になり、従って、送波及び受波時のビームフォーミング過程の一貫性が最大限になる。

【0045】

しかしながら、コンピュータ・シミュレーションによれば、等面積アプローチでは、近距離音場に与かる素子の数が限定されるため、アレイの近距離音場性能が限定される。代替的な一設計は、定数F数設計と呼ばれ、平坦な（予め集束されていない）円環状アレイ

に関するものである。このアプローチでは、アパーチャから外れない限り関心のあるレンジ全体にわたって一定のF数を保とうとする。これらの設計及び他の変形設計は、本書に開示したMUT小素子の構成可変型アレイによって容易に具現化される。

【0046】

b. 非円環状アレイ

MUTの構成可変性によって、モザイク型アレイ素子の形状及び寸法に際立った一般性が可能になることが理解されよう。臨床応用によっては、橢円設計（仰角撮像を用いる場合）又は可能性としては疎分散アレイ設計のような他の構成を必要とする場合もある。

【0047】

c. 送波対受波での異なる構成

10

MUTアレイ基材の内部の集積型電子部品は、アレイ素子のパターン又は構成を迅速に切り換える能力を提供する。このことが音響性能に齎す一つの利点は、受波アパーチャとは異なる送波アパーチャを用いる能力である。送波時には、固定された焦点深さに最適なアパーチャを構成することができ、受波時には動的に変化する焦点（又はアパーチャ若しくはアポダイゼーション）に適したアパーチャを具現化することができる。本実施例は、アパーチャの寸法の変更に限定されない（例えば、全てのシステム・チャネルを送波及び受波の両方に用いることができる）。

【0048】

d. ビーム方向制御

20

構成可変型アレイは、所与のビームについて同様の遅延値を有する小素子を共にグループ化することによりビームを方向制御する可能性を齎す。側面方向（broadside）のビームは円環様に成形されたグループを形成する一方、垂線から離隔するように方向制御されるビームは円弧形状のグループを形成する。

【0049】

ビームを三次元で方向制御することもでき、すなわち方位角方向及び仰角方向の両方に方向制御することができる。構成可変型設計による付加価値は、典型的なフェーズド・アレイは浅い方向制御角での音場を著しくオーバサンプリングしているため、より少数のシステム・チャネルでこれらの方向制御されたビームを実現し得るということである。このように、所要の時間遅延に従ってモザイク設計において素子を共に実効的にグループ化することにより、限定された数のチャネルでビーム方向制御を達成することができる。所要の離散的な遅延の数は、空間サンプリングの粗さが増すにつれて生ずるサイドロープのレベルに關係する。

30

【0050】

（実施例2）

（音響性能の向上）

a. 小素子間でのバイアス電圧のばらつき

送波アパーチャでの急激な振幅変化からギブス現象に関連する過程を介して相対的に大振幅のサイドロープが発生することは周知である。一次元アレイの場合には、殆どの製造者はこれらのサイドロープを減少させるように加重（又はアポダイゼーション）を適用している。アレイの表面に対して垂直な方向に送波するモザイク型円環状アレイの場合には、アポダイゼーションをアレイの個々の環に対して適用することができる。ビーム方向制御を行なうモザイク型円環状アレイでは、円弧の各々に一定の振幅を適用しなければならず、これらの円弧はモザイク型円環状アレイのアパーチャの辺縁で終端しているため、上述のアポダイゼーションは最早可能でない。この問題点を解決するために、アパーチャに跨がるバイアス電圧を修正して、MUTセルの全体にわたって球面型（又は他の形状の）変調を生成し、これによりビーム形成過程を所望に応じて変化させることができる。一般的には、このことは、アクティブ・アパーチャにわたってバイアス電圧を制御することを意味する。この場合にもやはり、この制御の離散性は、所望のビーム品質及び許容され得る回路の複雑さによって決定される。バイアス電圧を用いてアポダイゼーションの形態を確定することにより、円環を用いている場合でも、アポダイゼーション関数の形状は円環

40

50

ではなく小素子によって決まるので、アポダイゼーションはさらに制御し易くなる。

【0051】

さらに、プロセスばらつきのため小素子の音響感度はアレイ全体で一様でなくなる可能性がある。感度はバイアス電圧に依存するので、各々の小素子のこの電圧を独立に調節することにより感度のばらつきを補償することができる。

【0052】

b. 適応型音響応用

ビームフォーミングの品質は、アレイ内の任意の小素子（又は複数の小素子から成る任意のグループ）によって受波されるエコーを単離して、モザイク型アレイの全ての素子からの和（ビーム和）のエコーに対する上述のエコーの時間的関係を比較することにより定期的に検査することができる。次いで、この小素子（又はグループ）を、ビーム和信号に対する位相関係又は時間遅延関係に応じて異なる円環又は円弧に再度割り当てることができる。

10

【0053】

c. 高調波応用

本書に開示するモザイク型アレイはまた、広い帯域幅という利点を与える。モザイク型アレイを用いると、特にモザイク型円環構成の場合には、音場に対する可能な制御性が高くなるため、矩形アパーチャで達成可能であるものよりも大量の高調波エネルギーを発生することが期待される。さらに、MUTの帯域幅が広いので、この付加的な高調波エネルギーはさらに容易に検出されるものと期待される。

20

【0054】

広帯域幅性能に関して、第三高調波撮像の可能性は、本書に開示するモザイク型アレイによるアプローチであれば遙かに高まる（現行のシステムは第二高調波のみを用いている）。

【0055】

さらに、本書に開示するモザイク型アレイはビーム形状についての利点を与える。組織特徴評価（キャラクタリゼーション）のような手法は、MUTのような広帯域幅素子の利用によって直接的に利得を得る。この理由は、組織特徴が、優れた分解能のためさらに十分にサンプリングされるからである。

30

【0056】

要約すると、本書に開示する発明は、スライス厚を薄くすること、仰角方向で動的に集束されるビーム、及びアレイの構成可変性を含めた優れたビーム性能を提供して、具体的な診断環境での音響性能を高める。本発明はまた、チャネル数が減少したことによりシステムの複雑さを抑えて、消費電力及び経費を少なくすると共に可搬性を高めている。

【0057】

MUT技術をモザイク型アレイと併用することにより、微小ピッチの素子を構成変更して、多くの異なる超音波応用にわたって優れた画質を与えるのに必要とされる音響位相面に整合させる能力が提供される。MUTセルはまた、非共振構造もある。結果として、MUTセルは、従来の圧電セラミックス・アレイよりも遙かに広い周波数範囲にわたって動作することが可能である。モザイク型アレイ技術によって、実時間二次元撮像及び電子駆動式三次元撮像を既存の最新型アレイよりも遙かに細かいビーム成形及び遙かに細かい制御で行なうことができる。

40

【0058】

好適実施形態を参照して本発明を説明したが、当業者であれば本発明の範囲から逸脱せずに様々な変形を施しました各実施形態の要素を均等構成で置換し得ることが理解されよう。加えて、発明の本質的な範囲から逸脱せずに本発明の教示に合わせて具体的な状況を適応構成する多くの改変を施すことができる。従って、本発明は、本発明を実施するのに想到される最良の態様として開示した特定的な実施形態に限定されているのではなく、特許請求の範囲に含まれる全ての実施形態を包含するものとする。

【図面の簡単な説明】

50

【0059】

【図1】典型的なMUTセルの断面図である。

【図2】上面電極及び底面電極がそれぞれ互いに結線されている7個の六角形MUTセルから形成される「デイジー型」小素子を示す図である。

【図3】上面電極及び底面電極がそれぞれ互いに結線されている19個の六角形MUTセルから形成される「六角型」小素子を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態による4個の円環状素子を含むモザイク型アレイの一部を示す図であって、各々の円環状素子が近似的に等しい素子当たり面積を有するように構成されている「デイジー型」小素子のテセレーションから成っている場合の図である。

【図5】本発明のもう一つの実施形態による6個の円環状素子を含むモザイク型アレイの一部を示す図であって、各々の円環状素子が近似的に等しい素子当たり面積を有するように構成されている「デイジー型」小素子のテセレーションから成っている場合の図である。

【図6】本発明のさらにもう一つの実施形態による4個の素子を含むモザイク型アレイの一部を示す図であって、各々の素子が「六角型」小素子のテセレーションから成っている場合の図である。

【図7】本発明のさらにもう一つの実施形態による6個の素子を含むモザイク型アレイの一部を示す図であって、各々の素子が「六角型」小素子のテセレーションから成っている場合の図である。

【図8】信号クロストークの低減のための間隙によって離隔されている「デイジー型」小素子のテセレーションを示す図である。

【図9】信号クロストークの低減のための間隙によって離隔されている「六角型」小素子のテセレーションを示す図である。

【図10】本発明の一実施形態によるモザイク型アレイの超音波トランスデューサを選択的に駆動する高電圧切換回路の縦続接続の図である。

【符号の説明】

【0060】

2 MUTトランスデューサ・セル

4 基材

6 絶縁支持体

8 ダイヤフラム

10、12 電極

14 デイジー型小素子

16 六角型小素子

20 空洞部

22、24、26、28 デイジー型小素子による4素子型円環状素子

30、32、34、36、38、40 デイジー型小素子による6素子型素子

42、44、46、48 六角型小素子による4素子型素子

50、52、54、56、58、60 六角型小素子による6素子型素子

62、64 素子間間隙

70 グローバル選択線

72 バス

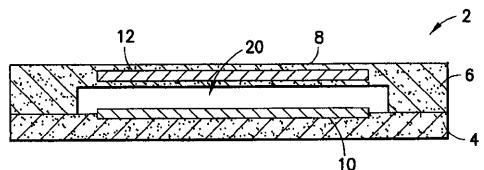
10

20

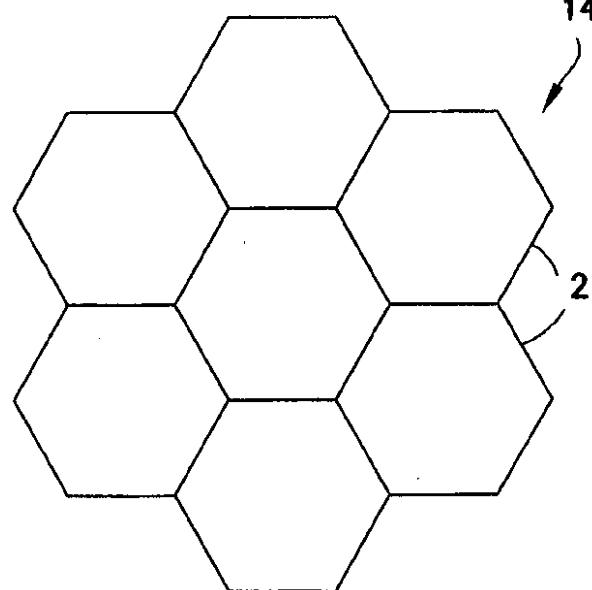
30

40

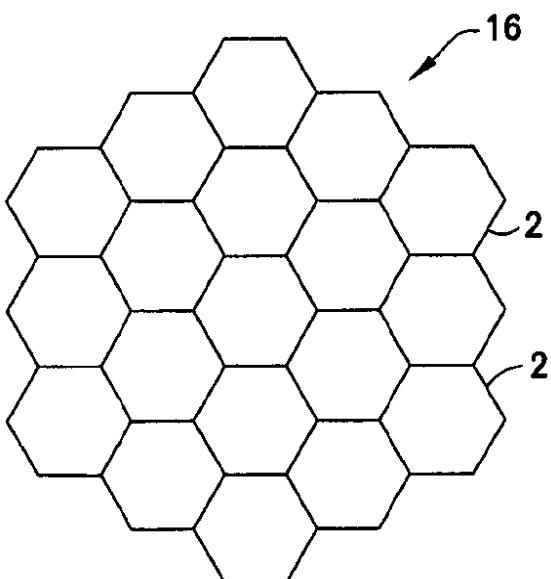
【図1】



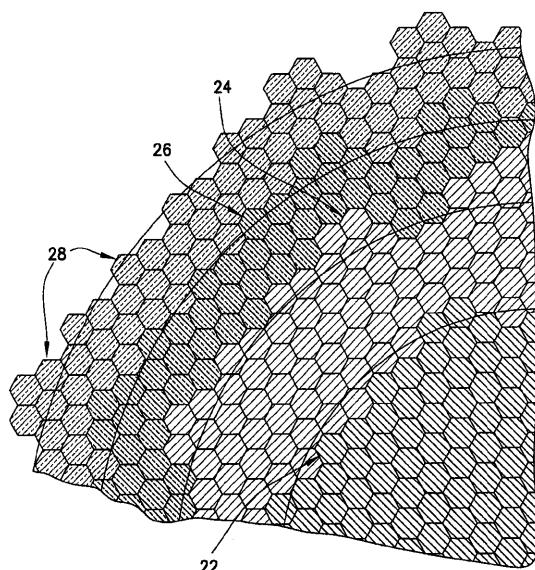
【図2】



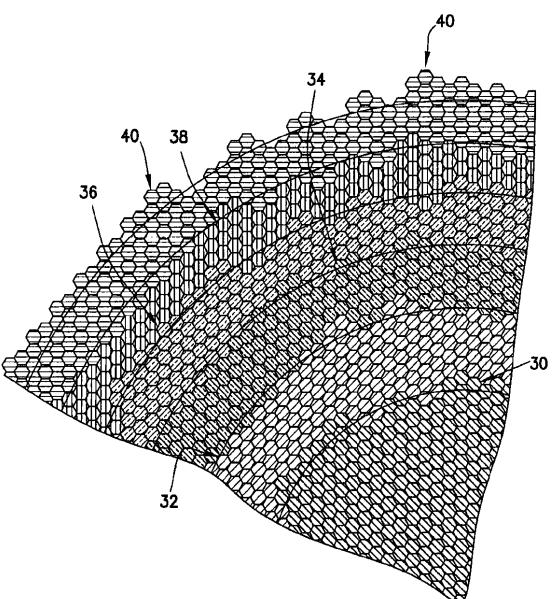
【図3】



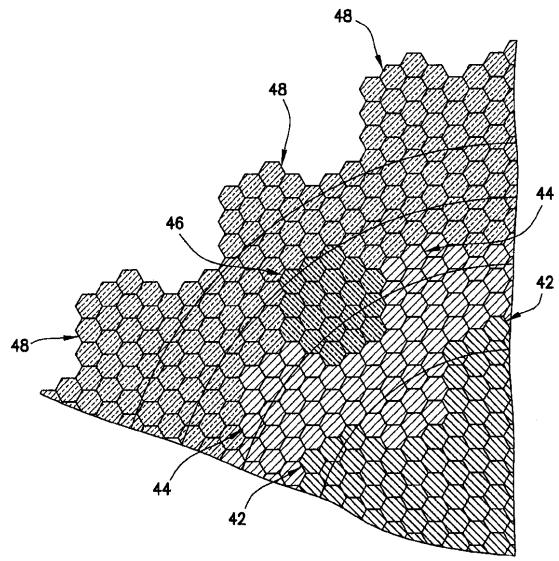
【図4】



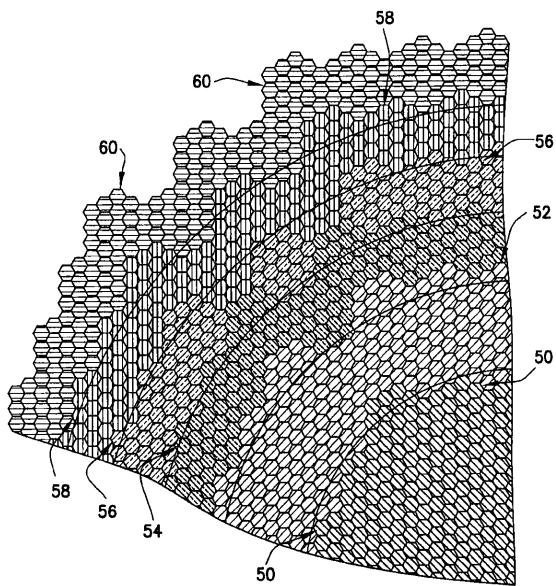
【図5】



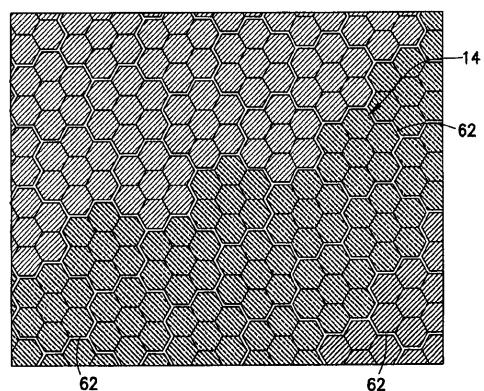
【図6】



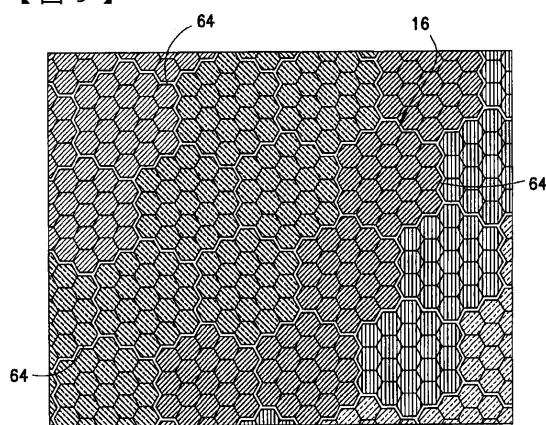
【図7】



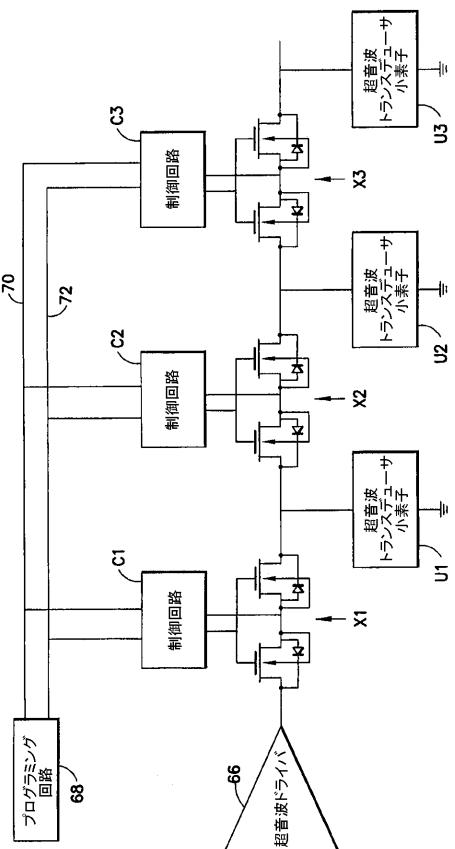
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 カイ・トーメニアス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ファン・フランケン・ロード、74番
- (72)発明者 レイエット・エー・フィッシャー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、パークリー・アベニュー、2305番
- (72)発明者 デビッド・エム・ミルズ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ヘリテッジ・ロード、1915番
- (72)発明者 ロバート・ジー・ウッドニッキー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、クーリッジ・プレイス、2031番
- (72)発明者 クリストファー・ロバート・ハザード
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、エーピーティー・ナンバー1、グレンウッド
・ブルヴァール、1033番
- (72)発明者 ロウェル・スコット・スミス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、チェシャー・プレイス、24番

審査官 新川 圭二

- (56)参考文献 国際公開第01/097559 (WO, A1)
特開2001-050939 (JP, A)
特開平11-326295 (JP, A)
特表2003-503923 (JP, A)
特開平07-131895 (JP, A)
実開平07-000308 (JP, U)
国際公開第01/097562 (WO, A1)
特開2001-286467 (JP, A)
特開平08-266540 (JP, A)
特開昭64-057164 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 1/00 - 31/00
A61B 8/00 - 8/14
G01H 1/00 - 17/00
H01L 27/20
H01L 29/84