

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5411458号
(P5411458)

(45) 発行日 平成26年2月12日 (2014. 2. 12)

(24) 登録日 平成25年11月15日 (2013. 11. 15)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006. 01)

H 0 4 R 3/00 (2006. 01)

H 0 4 R 17/00 (2006. 01)

A 6 1 B 8/00

H 0 4 R 3/00 3 3 0

H 0 4 R 17/00 3 3 2 B

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2008-159813 (P2008-159813)
 (22) 出願日 平成20年6月19日 (2008. 6. 19)
 (65) 公開番号 特開2009-6141 (P2009-6141A)
 (43) 公開日 平成21年1月15日 (2009. 1. 15)
 審査請求日 平成23年6月10日 (2011. 6. 10)
 (31) 優先権主張番号 11/770, 126
 (32) 優先日 平成19年6月28日 (2007. 6. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタデイ、リバーロード、1 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 クイェル・クリストファーセン
 ノルウェイ、オスロ、モンテペロヴェイエ
 ン・7 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元超音波の送信ビーム形成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波信号を受信するように構成された複数の受信素子を有するアパーチャ (170) を形成する2次元 (2D) トランスジューサ素子アレイ (104) を含んだ探触子 (106) であって、該トランスジューサ素子 (104) はある既定群のトランスジューサ素子 (104) と相互接続されるように構成させた少なくとも1つの送信サブアパーチャを該アパーチャ (170) の内部に形成している探触子 (106) と、

送信電気信号を発生させるための送信器 (102) と、

交点スイッチを備え、前記既定群のトランスジューサ素子 (104) 内部にあるトランスジューサ素子 (104) をビームステアリング方向に基づいた送信構成で送信器 (102) とマッピングさせるための少なくとも1つの送信サブアパーチャプロセッサ (tx SAP) (124) と、

その間で送信信号を伝達するために送信器 (102) 及び交点スイッチと相互接続させた複数のシステムチャンネルと、

前記既定群のトランスジューサ素子 (104) 内部で送信構成に基づいて前記複数のシステムチャンネルのうちの1つにより駆動させるトランスジューサ素子 (104) を選択するために交点スイッチを制御するように構成されたSAP制御器 (128) と、

を備え、

前記複数の受信素子は受信サブアパーチャを形成するように構成されており、前記少なくとも1つの送信サブアパーチャは少なくとも2つの隣接する受信サブアパーチャを備え、

10

20

前記既定群のトランスジューサ素子(104)内の個々のトランスジューサ素子(104)が前記交点スイッチを使用して前記複数のシステムチャンネルのいずれとも接続されることができる、超音波システム(100)。

【請求項2】

送信信号を伝達するために前記送信器(102)と相互接続させたシステムチャンネルと、

前記既定群のトランスジューサ素子(104)内のトランスジューサ素子(104)の各々に関連付けした遅延を決定するように構成されたプロセッサ(116)であって、該遅延は少なくともビームステアリング方向に基づいており、前記少なくとも1つの送信サブアパーチャプロセッサ(tx SAP)(124)は、既定群のトランスジューサ素子(104)内部のトランスジューサ素子(104)のうちの少なくとも1つを該遅延に基づいて前記システムチャンネルのうちの1つのチャンネルに割り当てるように構成されているプロセッサ(116)と、

をさらに備える請求項1に記載の超音波システム(100)。

【請求項3】

前記送信器(102)に対し、ステアリング信号を提供するビーム形成器(110)を備え、

前記受信サブアパーチャの各々は、前記ビーム形成器(110)の1つのチャンネルに接続されている、請求項1または2に記載の超音波システム(100)。

【請求項4】

さらに、前記少なくとも1つの送信サブアパーチャの受信素子を、水平、垂直及び斜めのうちに1つによって互いに対して方向付けされた2つの素子群(198、200)に分割するように構成させたSAP制御器(128)を備えており、該2つの素子群(198、200)は送信信号を異なる方向でステアリングするための異なる送信構成を形成している、請求項1乃至3のいずれかに記載の超音波システム(100)。

【請求項5】

前記交点スイッチは複数のスイッチを有しており、各スイッチは前記既定群のトランスジューサ素子(104)内の個々のトランスジューサ素子(104)の1つのみに対応づけられている、請求項1乃至4のいずれかに記載の超音波システム(100)。

【請求項6】

前記SAP制御器(128)が前記探触子(106)内に配置されている、請求項1乃至5のいずれかに記載の超音波システム(100)。

【請求項7】

前記SAP制御器(128)が前記探触子(106)外に配置されている、請求項1乃至5のいずれかに記載の超音波システム(100)。

【請求項8】

超音波信号を受信するように構成された複数の受信素子を有するアパーチャ(170)を形成する2次元(2D)トランスジューサ素子アレイ(104)を含んだ探触子(106)と、

第1及び第2の側を有し、超音波信号を送信するように構成された送信サブアパーチャを形成する既定群のトランスジューサ素子と前記第1の側において相互接続されている少なくとも1つの構成可能交点スイッチと、

少なくとも送信信号を伝達するように構成されると共に、前記少なくとも1つの構成可能交点スイッチと前記第2の側で相互接続しているシステムチャンネルと、

既定群のトランスジューサ素子内部のトランスジューサ素子の各々をシステムチャンネルに対して送信信号に関連付けされた遅延に基づいた送信構成でマッピングするために少なくとも1つの構成可能交点スイッチを制御するように構成されているサブアパーチャプロセッサ(SAP)制御器と、

を備え、

前記送信サブアパーチャは少なくとも2つの隣接する受信サブアパーチャを備え、

10

20

30

40

50

前記少なくとも1つの構成可能交点スイッチは複数のスイッチを有し、前記複数のスイッチの各々は既定群のトランスジューサ素子内の対応したトランスジューサ素子の各々に関連付けられ、前記少なくとも1つの構成可能交点スイッチによってトランスジューサ素子のうちの少なくとも1つをシステムチャンネルの1つと接続させる、超音波システム(100)。

【請求項9】

前記送信サブアパーチャは、少なくとも第1及び第2の受信サブアパーチャに分割され、前記第1及び第2の受信サブアパーチャは、超音波信号を受ける既定群のトランスジューサ素子内の複数のトランスジューサ素子の第1及び第2の所定のサブセットを含んでいる、請求項8に記載の超音波システム(100)。

10

【請求項10】

超音波信号を受信するように構成された複数の受信素子を有するアパーチャ(170)を形成する2次元(2D)トランスジューサ素子アレイ(104)を含んだ探触子(106)であって、該トランスジューサ素子(104)はある既定群のトランスジューサ素子(104)と相互接続されるように構成させた少なくとも1つの送信サブアパーチャを該アパーチャ(170)の内部に形成している探触子(106)と、

送信電気信号を発生させるための送信器(102)と、

前記既定群のトランスジューサ素子と前記送信器(102)とを相互接続する少なくとも1つの構成可能交点スイッチと、

その間で送信信号を伝達するために送信器(102)及び交点スイッチと相互接続させた複数のシステムチャンネルと、

20

を備え、

前記送信サブアパーチャは少なくとも2つの隣接する受信サブアパーチャを備え、

前記既定群のトランスジューサ素子内の少なくとも1つのトランスジューサ素子は前記少なくとも1つの構成可能交点スイッチを使用して、前記既定群のトランスジューサ素子内の他の少なくとも1つのトランスジューサ素子とは異なるシステムチャンネルに接続される、超音波システム(100)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、全般的には超音波医用撮像システムに関し、より具体的には、超音波信号の送信のための超音波探触子の複数のトランスジューサ素子の非重複サブアパーチャへの区分けに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波システムの2つの主構成要素は超音波探触子とビーム形成器である。ビーム形成器は画像データの収集のために探触子により送信されかつ受信される超音波エネルギーを焦点合わせ及びステアリングしてあり、これがディスプレイ上に解剖学的コンテンツからなる画像を作成する1つの工程となっている。3次元(3D)超音波撮像は、トランスジューサ素子からなる2次元(2D)マトリックスアレイを有する探触子を用いて実施されることがある。多くのシステムでは、この構成要素は送信動作と受信動作の両方において用いられる。目下のシステムでは、トランスジューサ素子のこうしたデュアル動作をシステム内の送信回路と受信回路の間での多重化によって実現している。探触子内の各チャンネルは1本のケーブルを用いてシステムに接続されており、また各チャンネルが送信動作と受信動作の両者に関して使用されることがある。

40

【0003】

トランスジューサ素子は、トランスジューサ素子の部分組を互いにグループ分けすることによって送信動作と受信動作の両方に関して複数のサブアパーチャ(または、サブアレイ)に分割できる2Dアレイの形に配列させるのが一般的である。例えば各アパーチャは

50

少なくとも1つの音響トランスジューサ素子を含むことがある。サブアパーチャのグループ分けは送信と受信に関して異ならせることがある。送信及び受信に関するサブアパーチャのレイアウト及び実現形態は画質に影響を及ぼす。探触子のうちの幾つかはその内部に配置させた送信器を利用しているが、この構成は大量の熱を発生させる可能性がある。したがって、比較的少ない数のシステムチャンネル（例えば、概ね170個のシステムチャンネル）によって多数の素子（例えば、概ね2600個の素子）を備えたアレイを駆動できるような2Dアレイ探触子に関する送信ソリューションを提供することが望ましい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

したがって、上で検討した制限を伴わずにアパーチャの下位グループ分けを向上させた3D超音波撮像のための改良型の2Dアレイ送信ビーム形成に対する要求が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態では、超音波システムは、超音波信号を受信するように構成された複数の受信素子を有するアパーチャを形成するトランスジューサ素子からなる2次元（2D）アレイを含んだ探触子を備える。これらのトランスジューサ素子は、アパーチャ内部の既定群のトランスジューサ素子と相互接続されるように構成させた少なくとも1つの送信サブアパーチャを形成する。送信器は送信電気信号を発生させており、また少なくとも1つの送信サブアパーチャプロセッサ（tx SAP）は既定群のトランスジューサ素子内部のトランスジューサ素子をビームステアリング方向に基づいた送信構成で送信器にマッピングしている。

20

【0006】

別の実施形態では、2Dアレイ状のトランスジューサ素子を用いて超音波信号を送信するための方法は、超音波送信信号を送信するためにある既定群のトランスジューサ素子を備えた少なくとも1つの送信サブアパーチャ並びに超音波受信信号を受け取るための少なくとも2つの受信サブアパーチャを形成する工程を含む。この少なくとも1つの送信サブアパーチャ及び少なくとも2つの受信サブアパーチャは事前決定のシステムチャンネル群に関連付けされている。既定群のトランスジューサ素子の内部のトランスジューサ素子のそれぞれに対して遅延が計算されており、該遅延はトランスジューサ素子及び送信動作に関連付けされたステアリング角に少なくとも基づいている。既定群のトランスジューサ素子内のトランスジューサ素子の少なくとも一部分は、トランスジューサ素子に関連付けされた遅延に少なくとも基づいて事前決定のシステムチャンネル群に接続されている。

30

【0007】

さらに別の実施形態では、超音波システムは超音波信号を受信するように構成された複数の受信素子を有するアパーチャを形成する2Dアレイ状のトランスジューサ素子を含んだ探触子を備える。少なくとも1つの構成可能交点スイッチは第1及び第2の側を有すると共に、超音波信号を送信するように構成された送信サブアパーチャを形成する既定群のトランスジューサ素子と第1の側において相互接続されている。システムチャンネルは、少なくとも送信信号を伝達するように構成されると共に、少なくとも1つの構成可能交点スイッチと第2の側で相互接続している。この少なくとも1つの構成可能交点スイッチはさらに、既定群のトランスジューサ素子内のトランスジューサ素子の各々に関連付けされた少なくとも1つのスイッチを備えると共に、この少なくとも1つの構成可能交点スイッチによってトランスジューサ素子のうちの少なくとも1つをシステムチャンネルの1つと接続させている。サブアパーチャプロセッサ（SAP）制御器は、既定群のトランスジューサ素子内部のトランスジューサ素子の各々をシステムチャンネルに対して送信信号に関連付けされた遅延に基づいた送信構成でマッピングするために少なくとも1つの構成可能交点スイッチを制御するように構成されている。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

50

上述した要約、並びに本発明のある種の実施形態に関する以下の詳細な説明は、添付の図面と共に読むことによってさらに十分な理解が得られよう。これらの図面が様々な実施形態の機能ブロックからなる図を表している場合も、必ずしもこれらの機能ブロックがハードウェア回路間で分割されることを意味するものではない。したがって例えば、1つまたは複数の機能ブロック（例えば、プロセッサやメモリ）を単一のハードウェア（例えば、汎用の信号プロセッサやランダムアクセスメモリ、ハードディスク、その他）の形で実現させることがある。同様にそのプログラムは、スタンドアロンのプログラムとすること、オペレーティングシステム内のサブルーチンとして組み込まれること、インストールしたソフトウェアパッケージの形で機能させること、その他とすることができる。こうした様々な実施形態は図面に示した配置や手段に限定されるものではないことを理解すべきである。

10

【0009】

図1は、超音波システム100のブロック図を表している。探触子106はケーブル142を介してシステム100に接続されている。探触子106は2次元（2D）マトリックスアレイ状のトランスジューサ素子104を有すると共に、3次元（3D）の走査が可能である。システムチャンネル（図示せず）はケーブル142の内部に存在させることができ、また探触子106に対して送信及び受信信号を伝達することができる。別法として、別々の送信チャンネルと受信チャンネルを用いることもある。送信及び/または受信動作のために少なくとも1つの送信（tx）サブアパーチャプロセッサ（SAP）124と1つの受信（rx）SAP126が探触子106内部に存在している。別の実施形態では、1つのtx/rx SAPによって受信機能と送信機能の両方を容易にさせることがある。SAP制御器128はシステムプロセッサ116及び/またはビーム形成器110と連絡している。SAP制御器128はさらに、特定のトランスジューサ素子104を探触子106に対する超音波信号の伝達に使用されるシステムチャンネル（すなわち、送信チャンネルと受信チャンネル）に接続することによって送信及び受信サブアパーチャを構成するためにSAP（複数のこともある）124と連絡している。SAP制御器128は、ハードウェアやソフトウェアの形、あるいはこれらの組み合わせの形で実現させることができ、また別法としてプロセッサ116の内部などシステム100の内部に配置させることもある。

20

【0010】

超音波システム100は、パルス状の超音波信号を身体内に送出するように探触子106内部のトランスジューサ素子104を駆動する送信器102を含む。送信器102は、システム100の内部構成要素を囲繞するハウジング（図示せず）内部など探触子106の外部に配置させている。ビーム形成器110は送信器102に対して、例えばステアリング信号として提供されるステアリング情報などの情報を提供する。このステアリング情報は、アレイ状のトランスジューサ素子104全体において異なることがある。SAP制御器128はさらに、個々のサブアパーチャの局所的ステアリング方向を（送信及び受信ビームのステアリング/焦点合わせのそれぞれに基づいて）制御するためにtx SAP124及びrx SAP126に連絡している。

30

【0011】

送信された超音波信号は血球や筋肉組織などの身体内の構造で後方散乱され、トランスジューサ素子104に戻されるエコーが生成される。戻されたエコーはトランスジューサ素子104によって複数の受信器108により受け取られる電気エネルギーに変換される。受け取った信号は、受信ビーム形成を実施してRF信号を出力するビーム形成器110を通過させる。次いでこのRF信号は、RFプロセッサ112を通過させる。別法として、RFプロセッサ112はRF信号を復調してエコー信号を表すIQデータ対を形成する複素復調器（図示せず）を含むことがある。RFまたはIQ信号データは次いで、一時的に保存するためにRF/IQバッファ114に直接導かれることがある。

40

【0012】

キーボード、マウス、トラックボール、制御ボタン、その他を有するユーザインタフェ

50

ースとして構成し得るユーザ入力120は、患者データ、走査パラメータの入力の制御、焦点領域や関心領域の選択や特定、その他を含め超音波システム100の動作を制御するために使用されることがあり、またマイクロフォン144を介して提供される音声コマンドの使用を含むことがある。様々な別の実施形態は、超音波システム100を制御するように構成し得るユーザ制御子の組を含むことがあり、例えばタッチスクリーンやパネルの一部及び/またはユーザ操作可能スイッチ、ボタン、その他などなどの手入力器として設けられることがある。ユーザ制御子の組は手作業操作式とすることや音声操作式とすることがある。

【0013】

超音波システム100はさらに、収集した超音波情報(すなわち、RF信号データやIQデータ対)を処理し、ディスプレイ118上に表示するための超音波情報フレームまたはボリュームを作成するためのプロセッサ116(例えば、プロセッサモジュール)を含む。ディスプレイ118は、画素その他周知のパラメータに関して既定し得る周知の分解能を有することがある。プロセッサ116は、収集した超音波情報に関して複数の選択可能な超音波モダリティに従った1つまたは複数の処理動作を実行するように適応させている。収集した超音波情報は、エコー信号を受け取りながら走査セッション中にリアルタイムで処理されることがある。

【0014】

システム100に関して検討して機能はあるタイプの超音波システムに限定されないことを理解すべきである。例えばシステム100は、カート式システムの内部に収容されることがあり、また図2で検討したようなより小型の可搬式システムで実現することもある。

【0015】

図2は、3D超音波データを収集するように構成された探触子132を有する3D機能小型化超音波システム130を表している。図示していないが探触子132は、図1の探触子106に関連して上で検討したような2Dアレイ状のトランスジューサ素子104、並びにtx SAP124及びrx SAP126を有している。オペレータからコマンドを受け取るためにユーザインタフェース134(一体型ディスプレイ136を含むこともあり得る)が設けられている。本明細書で使用する場合に「小型化」とは、超音波システム130がハンドヘルド型または携行式のデバイスであるか、あるいはスタッフの手中、ポケット、書類カバンサイズのケース、あるいはリュックサックで持ち運べるように構成されていることを意味している。例えば超音波システム130は、例えば深さが概ね2.5インチ、幅が概ね14インチ、高さが概ね12インチの寸法を有する典型的なラップトップコンピュータのサイズを有する携行式デバイスとすることがある。超音波システム130は重さが約10ポンドであり、したがってオペレータにより容易に運搬可能とすることがある。さらに一体型ディスプレイ136(例えば、内部ディスプレイ)が設けられ、これが医用画像を表示するように構成されている。

【0016】

超音波データは、有線式またはワイヤレス式のネットワーク140(または、例えばシリアルケーブルやパラレルケーブルあるいはUSBポートを介した直接接続)によって外部デバイス138に送られることがある。幾つかの実施形態では、外部デバイス138はディスプレイを有するコンピュータまたはワークステーションとすることがある。別法として外部デバイス138は、携行式超音波システム130からの画像データの受け取り並びに一体型ディスプレイ136を超える分解能を有することがある画像の表示またはプリントアウトが可能な単独の外部ディスプレイまたはプリンタとすることがある。

【0017】

別の例では、超音波システム130は3D機能ポケットサイズ超音波システムとすることがある。一例として、ポケットサイズ超音波システムは幅が概ね2インチ、長さが概ね4インチ及び深さが概ね0.5インチであり、かつ重さは3オンス未満とすることがある。ポケットサイズ超音波システムは、ディスプレイ、ユーザインタフェース(例えば、キ

10

20

30

40

50

ーボード)及び探触子に接続するための入力/出力(I/O)ポート(これらはすべて図示せず)を含むことがある。寸法、重量及び電力消費が異なる小型化超音波システムと接続した様々な実施形態を実現し得ることに留意すべきである。

【0018】

図3は、2Dアレイに配列させた多数のトランスジューサ素子104からなる図1の探触子106などの超音波探触子の面を横断するように延びたアパーチャ170を表している。アパーチャ170はこの実施形態では三角形状に表した複数の受信サブアパーチャ172に分割される。この例では、176個の異なる受信サブアパーチャ172が存在している。受信サブアパーチャ172の各々は15個のトランスジューサ素子104(図1)を備える。受信サブアパーチャ172の各々は、 $r \times S A P 126$ などの $r \times S A P$ を介してビーム形成器110のうちの1つのチャンネルに接続されている。超音波の受信中に、トランスジューサ素子104から受け取った信号は $r \times S A P 26$ 内部にある独立の遅延(または、移相器)を通過させると共に、対応するシステムチャンネルに接続された単一の出力になるように互いに加え合わせられる。

【0019】

図4は、送信サブアパーチャ180と、2Dアレイの形とした送信サブアパーチャ組成の一部分202と、を表している。この一部分202は、非重複の矩形サブアレイの形に組み上げた複数の送信サブアパーチャ180を表している。各送信サブアパーチャ180は上で検討したようなトランスジューサ素子104をその各々が15個有する8つの三角形状の受信サブアパーチャ172を備える。したがって送信サブアパーチャ180は、全体で120個のトランスジューサ素子104を、水平(方位方向)軸181に沿って10個の隣接トランスジューサ素子104が延びかつ垂直(縦方向)軸197に沿って12個の隣接トランスジューサ素子104が延びるように配列させて有している。別の構成の受信サブアパーチャ172を使用することもある。送信サブアパーチャ180では、部分202全体にわたって複数の送信サブアパーチャが反復されている。送信サブアパーチャの各々は、既定群のトランスジューサ素子104に接続されており、また部分202内の送信サブアパーチャの各々は異なる既定群のトランスジューサ素子104に接続されている。例えば送信サブアパーチャ180は、第1及び第2の素子群198及び200によって形成された120個のトランスジューサ素子104からなる固定群に接続されている。

【0020】

超音波パルスの送信中に、8つの受信サブアパーチャ182~194に関連付けされた8つのチャンネルが送信サブアパーチャ180内のトランスジューサ素子104を駆動させる。以下で検討するが、トランスジューサ素子104の各々は8つのチャンネルのうちのいずれかに接続させることができるが、この受信サブアパーチャ182~194の構成による限定を受けない。

【0021】

一実施形態では、第1、第2、第3及び第4の受信サブアパーチャ182、184、186及び188など水平方向軸181に沿った4つの隣接する受信サブアパーチャ172から受け取った信号は4つの $r \times S A P$ (図示せず)を包含する第1の集積回路内で処理され、かつ第5の、第6、第7及び第8の受信サブアパーチャ190、192、194及び196は第1の集積回路と同一とし得る第2の集積回路(図示せず)内で処理される。第1~第4の受信サブアパーチャ182~188は第1の素子群198を形成しており、また第5~第8の受信サブアパーチャ190~196は第2の素子群200を形成している。第1及び第2の素子群198及び200はまた、部分202内部でそれぞれ素子群 k_1 及び $k_1 + 1$ と呼ばれる。部分202内部の第2の送信サブアパーチャ204はそれぞれ素子群 $k_1 + 2$ 及び $k_1 + 3$ を有する第1及び第2の群206及び208を有する。

【0022】

図5は、送信動作中にトランスジューサ素子104をシステムチャンネルに接続するための交点スイッチの利用を概念的に示したブロック概要図を表している。受信回路は省略されていることを理解すべきである。第1、第2、第3及び第4の交点スイッチ210、

10

20

30

40

50

2 1 2、2 1 4 及び 2 1 6 を図示しており、またこれら各々はその内部にトランスジューサ素子 1 0 4 とシステムチャンネルを相互接続するための複数のスイッチ（図示せず）を有する。第 1 ～ 第 4 の交点スイッチ 2 1 0 ～ 2 1 6 の各々は、トランスジューサ素子 1 0 4 を相互接続する第 1 の側 2 2 6 とシステムチャンネルを相互接続する第 2 の側 2 2 8 を有するような構成としている。交点スイッチのすべてについて検討していないが、この説明は残りの交点スイッチにも適用されることに留意すべきである。第 1 の交点スイッチ 2 1 0 は第 1 の素子群 1 9 8（素子群 k_1 ）に接続されており、第 2 の交点スイッチ 2 1 2 は第 2 の素子群 2 0 0（素子群 $k_1 + 1$ ）に接続されている。交点スイッチの各々に 8 つのチャンネルが接続されており、これが図 1 のシステム送信器 1 0 2 及び受信器 1 0 8 のそれぞれに関する信号を伝達している。これらのチャンネルは、第 1 及び第 2 のチャンネル群 2 1 8 及び 2 2 0 が第 1 及び第 2 の交点スイッチ 2 1 0 及び 2 1 2 に接続されかつ第 3 及び第 4 のチャンネル群 2 2 2 及び 2 2 4 が第 3 及び第 4 の交点スイッチ 2 1 4 及び 2 1 6 に接続されるような 4 つのチャンネルからなる群として図示している。一例として、第 1 及び第 2 の交点スイッチ 2 1 0 及び 2 1 2 の組み合わせのことを tx_SAP124 と呼ぶことがあり、また第 3 及び第 4 の交点スイッチ 2 1 4 及び 2 1 6 の組み合わせのことを tx_SAP124 と呼ぶことがあり、 tx_SAP124 の各々は、1 2 0 個のトランスジューサ素子 1 0 4 を駆動するために 8 つのシステム送信チャンネルに接続されている。

【0023】

トランスジューサ素子 1 0 4 の各々は交点スイッチを用いて、対応するチャンネルのうちの 1 つ、幾つか、あるいは任意のチャンネルと接続させることがある。所与のトランスジューサ素子 1 0 4 及び所与の送信ベクトルについて、交点スイッチのうちの閉じられる可能性があるのは多くとも 1 つのスイッチだけである。この例では、第 1 の素子群 1 9 8 の内部に 6 0 個のトランスジューサ素子 1 0 4 が存在しており、第 1 及び第 2 のチャンネル群 2 1 8 及び 2 2 0 によって送信動作と受信動作の両方が可能な 8 つのチャンネルが提供されている。したがってトランスジューサ素子 1 0 4 の各々について（4 8 0 個スイッチからなる総体について）交点スイッチ 2 1 0 の内部にトランスジューサ素子 1 0 4 の各々を第 1 及び第 2 のチャンネル群 2 1 8 及び 2 2 0 の内部のチャンネルの各々に接続させる能力を提供する最大で 8 個のスイッチを存在させることがある。所与の送信ベクトルについてその交点スイッチは、交点スイッチ内の 4 8 0 個のスイッチのうちのどれを閉じるかを選択するようにプログラムされている。この選択は、当該トランスジューサ素子 1 0 4 に関連付けされた遅延に基づくことがある（これについては、以下で検討することにする）。最大で 6 0 個のスイッチ（各トランスジューサ素子 1 0 4 ごとに 1 つ）が同時に閉じられることになる。

【0024】

別法として、有する内部スイッチの全体数をより少なくした交点スイッチを設けることがある。したがって、1 つまたは複数のトランスジューサ素子 1 0 4 を 1 つまたは複数のチャンネルに取り付けることができる、ただしそのチャンネルの数は 8 個未満である。例えば、トランスジューサ素子 1 0 4 のそれぞれについて 8 つのスイッチではなく、2 個または 4 個のチャンネルのそれぞれに対して接続させるように 2 個または 4 個のスイッチを利用可能とさせることがある。別の例では、トランスジューサ素子 1 0 4 のうちのある部分組に単一のスイッチを設け、送信に使用されているときに当該トランスジューサ素子 1 0 4 が常に同じチャンネルに接続されるようにすることがある。このケースでは、別のトランスジューサ素子 1 0 4 に複数のスイッチが設けられることがある。交点スイッチを「疎らにする（*spar s i n g*）」ことによってスイッチの数を減らすと、集積回路を作成するのに要するシリコン領域の量が低減される。

【0025】

図 6 は送信構成の一例を表している。アパーチャ 4 2 0 は 2 D アレイ状のトランスジューサ素子 1 0 4 を有するように図示している。この例では 2 D アレイは、6 0 × 4 8 個のトランスジューサ素子 1 0 4 を備える。2 D アレイは、第 1、第 2 及び第 3 の送信サブア

10

20

30

40

50

パーチャ 4 2 2、4 2 4 及び 4 2 6 などその各々が 1 0 × 1 2 個のトランスジューサ素子 1 0 4 からなる 2 D アレイを有するような 2 4 個の送信サブアパーチャに分割されている。送信サブアパーチャのうちのすべてを参照番号によって特定しているわけではない。

【 0 0 2 6 】

送信サブアパーチャの各々の内部にあるトランスジューサ素子 1 0 4 はビームステアリング方向に基づいた送信構成を形成するようにシステムチャンネルと接続されている。このビームステアリング方向は 1 つまたは複数の焦点に基づくことがあり、この例ではその焦点は、探触子面に沿って下方向に真っ直ぐとなるか、探触子の視野域を基準として真っ直ぐとなっている。第 2 の送信サブアパーチャ 4 2 4 のトランスジューサ素子 1 0 4 についてより詳細に図示している。第 2 の送信サブアパーチャ 4 2 4 内部のトランスジューサ素子 1 0 4 からなる異なる組は 8 つのシステムチャンネル内部の異なるチャンネルにマッピングされている。例えばトランスジューサ素子 1 0 4 の第 1 組 4 2 8、第 2 組 4 3 0、第 3 組 4 3 2、第 4 組 4 3 4、第 5 組 4 3 6、第 6 組 4 3 8、第 7 組 4 4 0 及び第 8 組 4 4 2 は、第 1、第 2、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7 及び第 8 のシステムチャンネル（図示せず）のそれぞれにマッピングさせることができる。

【 0 0 2 7 】

図 7 は、焦点を一方の側にステアリングするようにマッピングした送信構成を有するアパーチャ 4 5 0 を表している。ここでもアパーチャ 4 5 0 は 2 4 個の送信サブアパーチャに分離されると共に、送信サブアパーチャ 4 5 2 を示している。ビームステアリング方向は探触子 1 0 6 の視野域のある側に向いている。送信サブアパーチャ 4 5 2 のトランスジューサ素子 1 0 4 は、図示したような送信構成においてシステムチャンネル（図示せず）にマッピングされている。トランスジューサ素子 1 0 4 の第 1 組 4 5 4、第 2 組 4 5 6、第 3 組 4 5 8、第 4 組 4 6 0、第 5 組 4 6 2、第 6 組 4 6 4、第 7 組 4 6 6 及び第 8 組 4 6 8 は、第 1、第 2、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7 及び第 8 のシステムチャンネルにマッピングさせることができる。

【 0 0 2 8 】

図 8 は、送信中におけるトランスジューサ素子 1 0 4 のチャンネルに対するマッピングを決定するための方法を表している。本方法は各送信サブアパーチャ 1 8 0 ごとに実行され、超音波ビームを動的に焦点合わせするように超音波の検査過程全体にわたって反復実行されることがある。2 7 0 では、プロセッサ 1 1 6（図 1 参照）が各トランスジューサ素子 1 0 4 ごとに遅延を計算する。この遅延は、周知の技法を用いて計算されることがあり、また焦点、局所的ステアリング角すなわち方向、及び/または探触子 1 0 6 のアパーチャ 1 7 0（図 3）内部の箇所に基づくなど、その送信サブアパーチャに特異的な方向（すなわち、ビームステアリング）セットアップ情報に基づくことがある。別法としてその遅延は、ビーム形成器 1 1 0 及び/またはサブアパーチャ制御器 1 2 8 によって計算されることがある。2 7 2 では、プロセッサ 1 1 6 が遅延を比較して最大及び最小遅延を決定する。2 7 4 では、プロセッサ 1 1 6 が 2 つの単独のチャンネルに対して最大遅延及び最小遅延を割り当て、また 2 7 6 では、プロセッサ 1 1 6 が残りのチャンネルに対して中間的遅延値を割り当てる。

【 0 0 2 9 】

例えばプロセッサ 1 1 6 は、図 5 の第 1 の素子群 1 9 8 内部にあるトランスジューサ素子 1 0 4 のそれぞれごとに遅延を決定することがある。単に一例としてその最小遅延をゼロとすることがあり、また第 1 のチャンネル群 2 1 8 内部の第 1 のチャンネルに割り当てられることがある。最大遅延は 5 0 0 ナノ秒とすることがあり、また第 2 のチャンネル群 2 2 0 内部の第 4 のチャンネルに割り当てられることがある。中間的遅延値は最大及び最小遅延に基づいており、例えば均一量子化を用いて決定されることがある。次いでこの中間的遅延値が残りの 6 つのチャンネルに割り当てられる。任意のチャンネルに対して任意の遅延を割り当てることができ、また本明細書で検討した順序例示に限定するものでないことを理解すべきである。

【 0 0 3 0 】

別の実施形態では、トランスジューサ素子 104 の対チャンネル割り当て、並びにチャンネル遅延分布 (274 及び 276 で決定) を最適化基準の最小化に従って設定することがある。この基準は、平均 2 乗遅延誤差の平均値とすることや、送信ビームプロファイルの最大サイドローブレベルの最小化とすることがある。

【0031】

278 では、プロセッサ 116 がトランスジューサ素子 104 の各々の遅延を 8 つのチャンネルに割り当てた 8 つの遅延の各々と比較し、各トランスジューサ素子 104 ごとに遅延誤差の最小の大きさを決定する。280 では、プロセッサ 116 がチャンネル間のバラツキを最小化するために負荷バランス調整を実施すべきか否かを決定する。第 1 及び第 2 のチャンネル群 218 及び 220 内部の 8 つのチャンネルのうちの幾つかには、別のチャンネルと比べてより多くのトランスジューサ素子 104 が割り当てられており、これにより所与の送信ベクトルに関して異なる送信チャンネルに対する電氣的負荷が同じでなくなることがある。システム送信器 102 は有限の出力インピーダンスを有しており、また各チャンネルに対する負荷が異なると幾つかの追加的な振幅及び / または遅延バラツキを生じることがある。探触子ケーブル 142 の直列抵抗もまた、負荷バランス調整が実施されないと同様の誤差を生じさせることがある。したがって本方法は 274 及び / または 276 に戻り、1 つまたは複数のチャンネルに対して割り当てた遅延値を修正すると共に、調整済み遅延値に基づいて各トランスジューサ素子 104 ごとに遅延誤差の最小の大きさを決定することがある。

【0032】

282 では、サブアパーチャ制御器 128 が、プロセッサ 116 からの情報に基づいた最小の絶対遅延誤差を与えるような対応するチャンネルにトランスジューサ素子 104 を接続またはマッピングするように交点スイッチ 210 をプログラムまたは制御する。これによって送信サブアパーチャの送信構成が形成される。各送信サブアパーチャが異なる送信構成を有することがあり、またその送信構成はビームごとに変更されることや、送信サブアパーチャに関して異なる焦点などのオペレータ入力に基づいて時間の経過と共に変更されることがある。上の例について続けると、交点スイッチ 210 は、送信動作中に第 1 の素子群 198 内のトランスジューサ素子 104 の各々を第 1 及び第 2 のチャンネル群 218 及び 220 内部のチャンネルのうちの 1 つに接続するようにプログラムされている。任意選択では各送信動作中に交点スイッチ 210 がそのトランスジューサ素子 104 のすべてを接続しないことがある。システムチャンネルの各々に割り当てた遅延を送信器 102 に連絡するなど、ビーム形成器 110 及び / または送信器 102 に対して送信構成情報が伝達される。

【0033】

典型的には、有するステアリング角が小さい送信ベクトルでは遅延誤差が小さいことになる。遅延誤差の大きさはステアリングの量が大きくなるに連れて増大することがある。より大きなステアリング角を有する送信ビームに関するビームプロファイルを改善するには、最大遅延値を例えば送信している中心周波数の 2 周期に抑制することがある。より大きな遅延を有するトランスジューサ素子 104 は、波形に関する所望の位相調整関係を保存するように中心周波数の 1 周期に対応する時間を加算または減算することによってこの領域内に「ラッピング (wrapped)」させることがある。別法として、トランスジューサ素子 104 を任意のチャンネルに割り当てることによって送信中に相対的に非常に大きい遅延を有するトランスジューサ素子 104 をオフにすることがある。しかしこれによって、送信時にある程度の歯抜け (Sparse) を生じることになる。この歯抜けは最小とすることはできるが、送信サブアパーチャ 180 のうちの幾つかについてある空間方向に関してアレイ表面または探触子 106 のアパーチャ 170 全体にわたって生じることがある。

【0034】

さらに、交点スイッチ 210 内の各スイッチ素子は有限のオン抵抗を有することがある。この抵抗は、予測される電氣的負荷 (トランスジューサ素子の電氣的インピーダンスと

10

20

30

40

50

相互接続キャパシタンスの和)を大きく下回るように選択されることがある。これによって熱発生を最小化すると共に、製造の一貫性を向上させることができる。さらにその送信信号が $2 * f_0$ 、 $3 * f_0$ 、 $4 * f_0$ 、等々の高調波を比較的少ない量だけ含んだ中心周波数 f_0 におけるサイン (sine) ラインバーストよりなる場合に、探触子内のパワー損失を低減することができる。

【0035】

遅延誤差は、1つの送信ベクトル内の異なる送信チャンネルと異なる送信ベクトル間の両者に関して問題となる。例えば送信ベクトルが焦点を無限大の距離とした探触子106の面と直角となっていれば、トランスジューサ素子104のすべてはゼロ遅延など同じ遅延を有することになる。このケースでは、第1及び第2のチャンネル群218及び220内部の8つすべての送信チャンネルに対して実質的に同一の信号を割り当て、120個のトランスジューサ素子104を1つのチャンネルに接続して残りの7個のチャンネルを未使用のままとするのではなく15個のトランスジューサ素子を8つのチャンネルの各々に接続することが望ましい。この例では、負荷バランス調整(図8の280)は、チャンネル間でのトランスジューサ素子104の再配分によって実施されることがある。別の実施形態では、異なる中間的遅延を選択して再配分を実施することがある。

【0036】

図4の第1～第8の受信サブアパーチャ182～196など受信サブアパーチャと比較して送信サブアパーチャ180のサイズが大きいことが、送信中にトランスジューサ素子104に関連付けされる遅延誤差の低減に役立つことがある。典型的な受信サブアパーチャの大きさはトランスジューサ素子104の15～25個の範囲にある一方、一実施形態における送信サブアパーチャ180は120個トランスジューサ素子104を有する。一実施形態では、1つの交点スイッチがトランスジューサ素子104のすべてをチャンネルのすべてに接続するようにアレイの全体に及ぶことがある。

【0037】

幾つかの実施形態では、送信用電子回路を受信器電子回路と同じ方法で区分することが望ましい。このことは1つの送信サブアパーチャが2つの受信ASICにわたる場合であっても可能である。例えば図4に戻ると上で検討したように、第1～第4の受信サブアパーチャ182～188は第1の受信ASICによって処理され、かつ第5～第8の受信サブアパーチャ190～196は第2の受信ASICによって処理される。図5は、図4のトポロジーを得るためにはその各々がサイズ 8×15 の交点スイッチ1つを包含する送信ASICの対をどのようにして相互接続させるかを表している。

【0038】

図9は、第1、第2、第3及び第4の交点スイッチ360、362、364及び366を備えた交点スイッチマトリックス310を用いたtx SAPに関する送信/受信アーキテクチャ300を表している。第1、第2、第3及び第4のrx SAP302、304、306及び308を図示している。アーキテクチャ300は送信SAPのうちの半分のみを含む。第1、第2、第3及び第4の入力送受信切替(t/r)スイッチ312、314、316及び318は受信入力ライン328、330、332及び334によって第1～第4のrx SAP302～308の入力のそれぞれに接続されている。第1、第2、第3及び第4の出力t/rスイッチ320、322、324及び326は受信出力ライン336、338、340及び342によって第1～第4のrx SAP302～308の出力のそれぞれに接続されている。送信中において第1、第2、第3及び第4の入力t/rスイッチ312～318並びに第1～第4の出力t/rスイッチ320～326は、第1～第4のrx SAP302～308の入力と出力のそれぞれを切断し、第1～第4のrx SAP302～308を高電圧送信パルスから保護している。受信周期中は入力及び出力t/rスイッチ312～326は閉じられる。受信中では、rx SAP出力が短絡しないように、交点スイッチマトリックス310内部のすべてのスイッチが開放される。

【0039】

r_x SAP 302、304、306及び308のそれぞれに対する $c f g 0$ 、 $c f g 1$ 、 $c f g 2$ 及び $c f g 3$ 入力例えばシフトレジスタ・チェーン（別のシステムアーキテクチャを用いることもある）を用いて制御される場合について、交点スイッチ360～366並びに内部ビーム形成器の設定を図9に表している。1つのASICの交点スイッチ360～366内部にあるスイッチの各々がシフトレジスタの1ビットに割り当てられると共に、当該ビットの値によってスイッチの開放または閉鎖が判定される。

【0040】

図10は、図9のアーキテクチャ300の機能が、例えば t_x SAP 350と r_x SAP 352などどのようにして2つの部分に分割されるのかを表している。一実施形態では、 t_x 及び r_x SAP 350及び352が2つの単独のシリコンダイ上に形成されている。 t_x SAP 350は典型的には、高電圧能力を有するシリコン処理（典型的な送信パルスは+/-50～100ボルト）を用いて形成されており、一方 r_x SAP 352は標準の低電圧シリコン処理で形成されることがある。次いでこの2つのダイを互いに重ね合わせることがある。別法として、高電圧で低ノイズのアナログ設計並びにデジタル制御の扱いが可能なシリコン処理に基づいた単一ダイ構成も可能となり得る。任意選択では、スタック内にデジタル制御用電子回路が第3のダイとして付加されることがある。

10

【0041】

図11は、 t_x 及び r_x SAP ダイ354及び356の重ね合わせを表している。この重ね合わせ構成はコンパクトであり、また必要とするオフチップ接続の数が減少する。例えば t_x と r_x SAP ダイ354及び356の間だけに15個の受信入力ライン328～334（図9参照）と受信出力ライン336～342が接続されており、これによって別の集積回路（IC）への1つまたは複数の外側接続を回避することが可能である。

20

【0042】

図9に戻り一実施形態では、第1～第4の入力 t/r スwitch 312～318、第1～第4の r_x SAP 302～308並びに第1～第4の出力 t/r スwitch 320～326が除去されることがある。この例では第1～第4の交点スイッチ360～366が、送信動作と受信動作の両方の期間において選択群のトランスジューサ素子104をシステム送信器102及び受信器108に接続している双方向スイッチとして使用されることになる。したがってこの実施形態では必要となる電子回路がより少ない。

30

【0043】

図12は、送信動作と受信動作のそれぞれに関して交点スイッチを用いてシステムチャンネルを送信及び受信サブアパーチャに接続する一例を表している。任意選択では、交点スイッチ372及び374とチャンネル群376の間に前置増幅器370を配置させることがある。送信/受信スイッチ378及び380は、この任意選択の前置増幅器370の両側に配置させることがあり、また送信動作中は開放させかつ受信動作中は閉じさせることがある。信号を受け取る際に交点スイッチ372は、素子群 k_1 を備える受信サブアパーチャ内部のトランスジューサ素子104を第1～第4のチャンネルのうちの1つ（例えば、第1のチャンネル382）に接続するようにプログラムされることがあり、また交点スイッチ374は、素子群 $k_1 + 1$ を備える受信サブアパーチャ内部のトランスジューサ素子104を、例えば第2のチャンネル384に接続するようにプログラムされることがある。交点スイッチ372及び374は、受信動作中はトランスジューサ素子104を指定のチャンネルに割り当てるために送信構成と異なる設定受信構成を用いることがある。

40

【0044】

図13は、送信中の超音波ビームのステアリングに使用できる4種類の送信サブアパーチャ構成の実施形態を表している。第1、第2、第3及び第4の送信構成230、232、234及び236を表している。送信構成は、少なくとも各送信サブアパーチャがビームを所望の方向にステアリングする局所的ステアリング方向に基づいて選択されることがある。一実施形態では、4つの三角形受信サブアパーチャの各群を4つのシステムチャンネルに接続させることがある。

50

【 0 0 4 5 】

再度図 4 に戻ると、送信サブアパーチャ 1 8 0 は互いに水平の重ね合わせ構成で配列させた第 1 及び第 2 の素子群 1 9 8 及び 2 0 0 に分割されている。図 4 の構成は、第 1 の素子群 2 3 8 及び第 2 の素子群 2 4 0 が互いに対して水平で重ね合わせられている第 1 の送信構成 2 3 0 として図示している。第 2 の送信構成 2 3 2 は送信サブアパーチャを、互いに横に並べた第 1 及び第 2 の素子群 2 4 2 及び 2 4 4 に分割している。第 3 の送信構成 2 3 4 は送信サブアパーチャを、斜めに第 1 及び第 2 の素子群 2 4 6 及び 2 4 8 に分割しており、また第 4 の送信構成 2 3 6 は送信サブアパーチャを、斜めに第 1 及び第 2 の素子群 2 5 0 及び 2 5 2 に分割している。単に一例として第 1 の送信構成 2 3 0 は、図の表面を基準として上下方向にビームをステアリングすることがあり、第 2 の送信構成 2 3 2 は左右方向にビームをステアリングすることがあり、第 3 の送信構成 2 3 4 は左上隅 / 右下隅の方向にビームをステアリングすることがあり、また第 4 の送信構成 2 3 6 は右上隅 / 左下隅の方向にビームをステアリングすることがある。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 4 は、焦点 2 5 6 が図示した送信アパーチャ 2 5 4 の面から外方に向かいかつ送信アパーチャ 2 5 4 の右上隅に向かうような位置にして送信アパーチャ 2 5 4 を表している。換言すると図示した焦点 2 5 6 は実際の焦点箇所の投影となっている。送信アパーチャ 2 5 4 は、その各々が第 1 及び第 2 のトランスジューサ素子群を有するような複数の送信サブアパーチャに分割されている。複数の遅延線 2 5 8 によって同じ遅延を有する送信アパーチャ 2 5 4 を通過する領域を示しており、遅延線の方法はその送信ビームに関する選択したステアリング方向及び焦点に依存する。この例では、送信サブアパーチャの各々は、焦点 2 5 6 に対する所望のステアリングを実現するように個別に構成されている。例えば第 1 のサブアパーチャ 2 6 0 は第 4 の送信構成 2 3 6 で構成されており、また第 2 のサブアパーチャ 2 6 2 は第 2 の送信構成 2 3 2 で構成されている。

20

【 0 0 4 7 】

図 1 5 は、図 1 3 及び 1 4 の実施形態に関するハードウェア実現形態を表している。より小さい交点スイッチマトリックス 3 9 0 を使用することがあり、また所望の群構成（第 1 の送信構成 2 3 0、第 2 の送信構成 2 3 2、その他）に従ってプログラムされたマルチプレクサマトリックス 3 9 2 を先行させることがある。マルチプレクサマトリックス 3 9 2 を通って流れる送信電流は、交点スイッチマトリックス 3 9 0 を通って流れる電流よりかなり大きい。したがってマルチプレクサマトリックス 3 9 2 のオン抵抗は、交点スイッチマトリックス 3 9 0 内部の交点スイッチのオン抵抗と比べてより小さいこと（例えば、少なくとも 4 分の 1 のこと）がある。トランスジューサ素子 1 0 4 の対チャンネル遅延割り当て及びスイッチプログラミングは、図 8 の接続において上で記載のようにして決定することができる。

30

【 0 0 4 8 】

図 1 6 は、送信サブアパーチャ 4 0 0 が複数の正方形受信サブアパーチャ 4 0 2 を備えるような実施形態を表している。この例では、各送信サブアパーチャ 4 0 0 が 4 つの受信サブアパーチャ 4 0 2 を有している。送信サブアパーチャ 4 0 0 は図 4 において上で検討したような第 1 及び第 2 の素子群 4 0 4 及び 4 0 6 に分割されることがある。第 1 及び第 2 の素子群 4 0 4 及び 4 0 6 は第 1 の送信構成 2 3 0（図 1 3 参照）で図示しており、また第 2 の送信構成 2 3 2 で構成されることもある。

40

【 0 0 4 9 】

少なくとも 1 つの実施形態の技術的効果は、送信動作中に探触子のトランスジューサ素子を非重複の矩形送信サブアパーチャに分割し送信ビームを所望の方向にステアリングすることである。送信サブアパーチャの各々は複数の受信サブアパーチャを含むことがある。送信サブアパーチャは異なる送信構成で個別に構成することができる。遅延誤差を減少させるために、各送信サブアパーチャ内のトランスジューサ素子は当該トランスジューサ素子の遅延に基づいてシステムチャンネルにマッピングさせている。

【 0 0 5 0 】

50

上の記述は例示であって限定でないことを理解されたい。例えば上述の実施形態（及び／または、その態様）は、互いに組み合わせて使用されることがある。さらに、具体的な状況や材料を本発明の教示に適応させるように本趣旨を逸脱することなく多くの修正を実施することができる。本明細書に記載した材料の寸法及びタイプは本発明のパラメータを規定することを意図しており、これらは決して限定ではなく実施形態の例示である。上の記述を検討することにより当業者には別の多くの実施形態が明らかとなろう。本発明の範囲はしたがって、添付の特許請求の範囲、並びに本請求範囲が規定する等価物の全範囲を参照しながら決定されるべきである。添付の特許請求の範囲では、「を含む（including）」や「ようになった（in which）」という表現を「を備える（comprising）」や「であるところの（wherein）」という対応する表現に対する平易な英語表現として使用している。さらに添付の特許請求の範囲では、「第1の」、「第2の」及び「第3の」その他の表現を単にラベル付けのために使用しており、その対象に対して数値的な要件を課すことを意図したものではない。さらに、添付の特許請求の範囲の限定は手段プラス機能形式で記載しておらず、また35 U.S.C. § 112、第6パラグラフに基づいて解釈されるように意図したものでもない（ただし、本特許請求の範囲の限定によって「のための手段（means for）」の表現に続いて追加的な構造に関する機能排除の記述を明示的に用いる場合を除く）。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の一実施形態に従って形成した超音波システムのブロック図である。

【図2】超音波データを収集するように構成した探触子を有する本発明の一実施形態に従って形成した小型化超音波システムの図である。

【図3】本発明の一実施形態に従って形成したトランスジューサ素子を備える超音波2Dアレイのアパーチャを表した図である。

【図4】本発明の一実施形態に従って形成した多数の送信サブアパーチャと送信サブアパーチャ編成の一部分を表した図である。

【図5】本発明の一実施形態に従った送信器に接続したシステムチャンネルに対する交点スイッチを用いたトランスジューサ素子の接続を表したブロック概要図である。

【図6】本発明の一実施形態による探触子のアパーチャ及び該アパーチャ内部の送信サブアパーチャの送信構成をマッピングする一例を表した図である。

【図7】本発明の一実施形態による送信構成のマッピングの別の例を表した図である。

【図8】本発明の一実施形態による送信中におけるトランスジューサ素子及びチャンネルに関するマッピングを決定する方法の流れ図である。

【図9】本発明の一実施形態に従って形成したスイッチを備えた交点スイッチマトリックスを用いた送信サブアパーチャプロセッサ（tx SAP）に関する入力／出力アーキテクチャのブロック概要図である。

【図10】本発明の一実施形態に従った図9のアーキテクチャの送信及び受信SAPへの分離を表したブロック概要図である。

【図11】本発明の一実施形態による送信及び受信SAPの重ね合わせを表した立面図である。

【図12】本発明の一実施形態に従った交点スイッチが送信動作と受信動作の両方で使用されているところを表したブロック概要図である。

【図13】本発明の一実施形態に従って送信中における超音波ビームのステアリングに使用できる送信サブアパーチャの4種類のサブアパーチャ構成を表した図である。

【図14】本発明の一実施形態による送信アパーチャを、焦点の投影及びトランスジューサ素子遅延を指示する対応する遅延線と共に表した図である。

【図 1 5】本発明の一実施形態に従って形成した図 1 3 及び 1 4 の送信サブアパーチャ構成のハードウェア実現形態を表したブロック概要図である。

【図 1 6】本発明の一実施形態による複数の正方形受信サブアパーチャを有する送信サブアパーチャを表した図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

1 0 0	超音波システム	
1 0 2	送信器	
1 0 4	トランスジューサ素子	
1 0 6	探触子	10
1 0 8	受信器	
1 1 0	ビーム形成器	
1 1 2	R F プロセッサ	
1 1 4	R F / I Q バッファ	
1 1 6	プロセッサ	
1 1 8	ディスプレイ	
1 2 0	ユーザ入力	
1 2 4	送信サブアパーチャプロセッサ (t x S A P)	
1 2 6	受信サブアパーチャプロセッサ (r x S A P)	
1 2 8	S A P 制御器	20
1 3 0	小型化超音波システム	
1 3 2	探触子	
1 3 4	ユーザインタフェース	
1 3 6	一体型ディスプレイ	
1 3 8	外部デバイス	
1 4 0	ネットワーク	
1 4 2	ケーブル	
1 4 4	マイクロフォン	
1 7 0	アパーチャ	
1 7 2	受信サブアパーチャ	30
1 8 0	送信サブアパーチャ	
1 8 1	水平軸	
1 8 2	受信サブアパーチャ	
1 8 4	受信サブアパーチャ	
1 8 6	受信サブアパーチャ	
1 8 8	受信サブアパーチャ	
1 9 0	受信サブアパーチャ	
1 9 2	受信サブアパーチャ	
1 9 4	受信サブアパーチャ	
1 9 6	受信サブアパーチャ	40
1 9 7	垂直 (縦方向) 軸	
1 9 8	第 1 の素子群	
2 0 0	第 2 の素子群	
2 0 2	送信サブアパーチャ組成の一部分	
2 0 4	送信サブアパーチャ	
2 0 6	第 2 の素子群	
2 0 8	第 1 の素子群	
2 1 0	交点スイッチ	
2 1 2	交点スイッチ	
2 1 4	交点スイッチ	50

2 1 6	交点スイッチ	
2 1 8	第 1 のチャンネル群	
2 2 0	第 2 のチャンネル群	
2 2 2	第 3 のチャンネル群	
2 2 4	第 4 のチャンネル群	
2 2 6	第 1 の側	
2 2 8	第 2 の側	
2 3 0	第 1 の送信構成	
2 3 2	第 2 の送信構成	
2 3 4	第 3 の送信構成	10
2 3 6	第 4 の送信構成	
2 3 8	第 1 の素子群	
2 4 0	第 2 の素子群	
2 4 2	第 1 の素子群	
2 4 4	第 2 の素子群	
2 4 6	第 1 の素子群	
2 4 8	第 2 の素子群	
2 5 0	第 1 の素子群	
2 5 2	第 2 の素子群	
2 5 4	送信アパーチャ	20
2 5 6	焦点	
2 5 8	遅延線	
2 6 0	第 1 のサブアパーチャ	
2 6 2	第 2 のサブアパーチャ	
3 0 0	送信 / 受信アーキテクチャ	
3 0 2	r x S A P	
3 0 4	r x S A P	
3 0 6	r x S A P	
3 0 8	r x S A P	
3 1 0	交点スイッチマトリックス	30
3 1 2	入力 t / r スイッチ	
3 1 4	入力 t / r スイッチ	
3 1 6	入力 t / r スイッチ	
3 1 8	入力 t / r スイッチ	
3 2 0	出力 t / r スイッチ	
3 2 2	出力 t / r スイッチ	
3 2 4	出力 t / r スイッチ	
3 2 6	出力 t / r スイッチ	
3 2 8	受信入力ライン	
3 3 0	受信入力ライン	40
3 3 2	受信入力ライン	
3 3 4	受信入力ライン	
3 3 6	受信出力ライン	
3 3 8	受信出力ライン	
3 4 0	受信出力ライン	
3 4 2	受信出力ライン	
3 5 0	t x S A P	
3 5 2	r x S A P	
3 5 4	t x S A P ダイ	
3 5 6	r x S A P ダイ	50

3 6 0	交点スイッチ	
3 6 2	交点スイッチ	
3 6 4	交点スイッチ	
3 6 6	交点スイッチ	
3 7 0	前置増幅器	
3 7 2	交点スイッチ	
3 7 4	交点スイッチ	
3 7 6	チャンネル群	
3 7 8	送信 / 受信スイッチ	
3 8 0	送信 / 受信スイッチ	10
3 8 2	第 1 のチャンネル	
3 8 4	第 2 のチャンネル	
3 9 0	交点スイッチマトリックス	
3 9 2	マルチプレクサマトリックス	
4 0 0	送信サブアパーチャ	
4 0 2	正方形受信サブアパーチャ	
4 0 4	第 1 の素子群	
4 0 6	第 2 の素子群	
4 2 0	アパーチャ	
4 2 2	送信サブアパーチャ	20
4 2 4	送信サブアパーチャ	
4 2 6	送信サブアパーチャ	
4 2 8	第 1 組のトランスジューサ素子	
4 3 0	第 2 組のトランスジューサ素子	
4 3 2	第 3 組のトランスジューサ素子	
4 3 4	第 4 組のトランスジューサ素子	
4 3 6	第 5 組のトランスジューサ素子	
4 3 8	第 6 組のトランスジューサ素子	
4 4 0	第 7 組のトランスジューサ素子	
4 4 2	第 8 組のトランスジューサ素子	30
4 5 0	アパーチャ	
4 5 2	送信サブアパーチャ	
4 5 4	第 1 組のトランスジューサ素子	
4 5 6	第 2 組のトランスジューサ素子	
4 5 8	第 3 組のトランスジューサ素子	
4 6 0	第 4 組のトランスジューサ素子	
4 6 2	第 5 組のトランスジューサ素子	
4 6 4	第 6 組のトランスジューサ素子	
4 6 6	第 7 組のトランスジューサ素子	
4 6 8	第 8 組のトランスジューサ素子	40

【図 1】

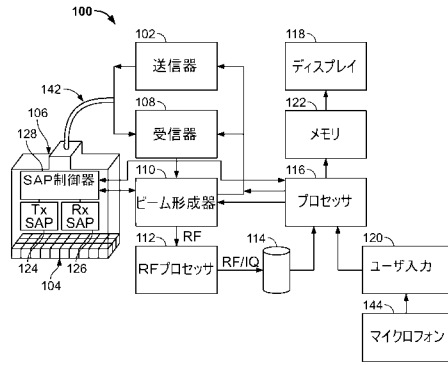


FIG. 1

【図 2】

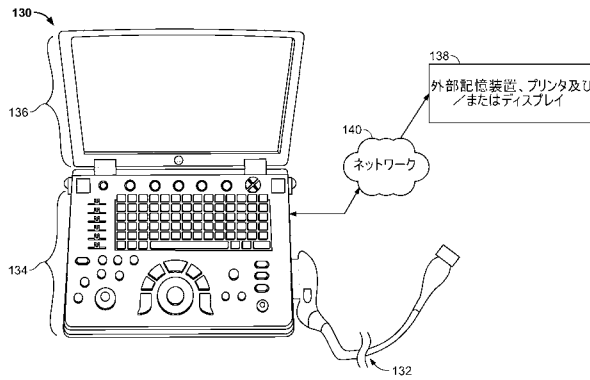


FIG. 2

【図 4】

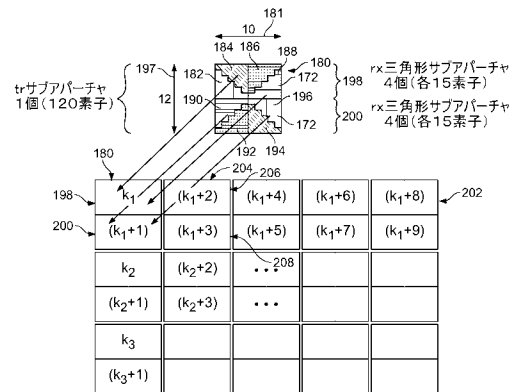


FIG. 4

【図 3】

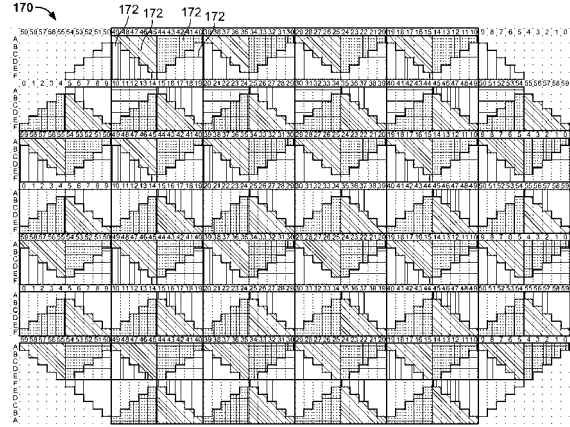


FIG. 3

【図 5】

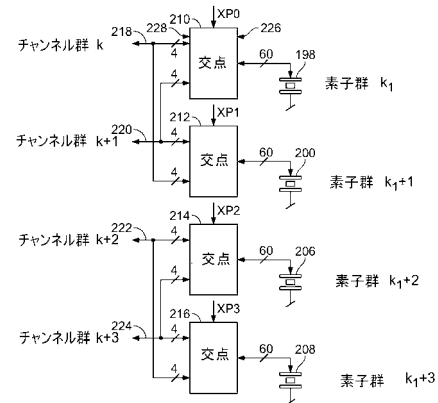


FIG. 5

【図 6】

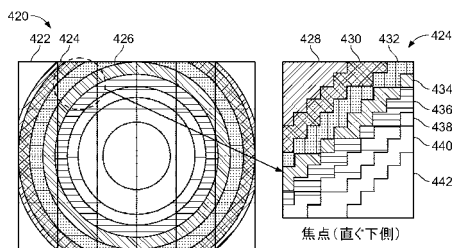


FIG. 6

【図 7】

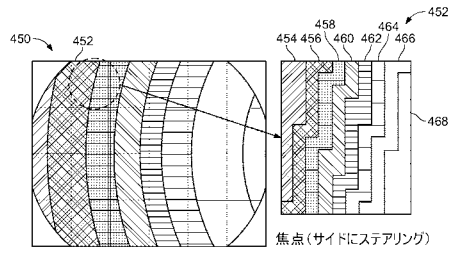


FIG. 7

【図 8】

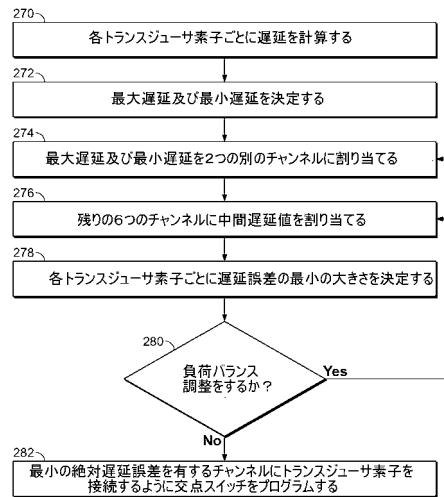


FIG. 8

【図 9】

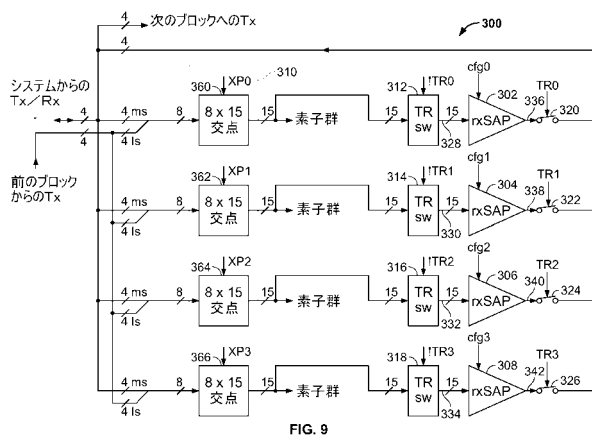


FIG. 9

【図 10】

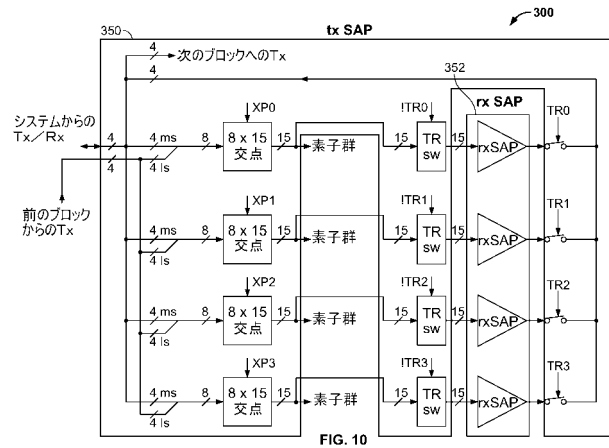


FIG. 10

【図 11】

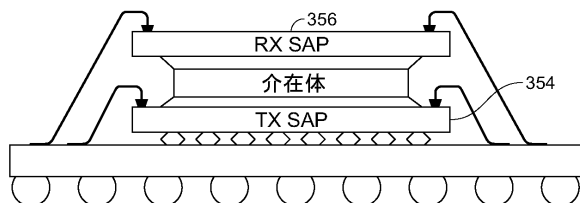


FIG. 11

【図 12】

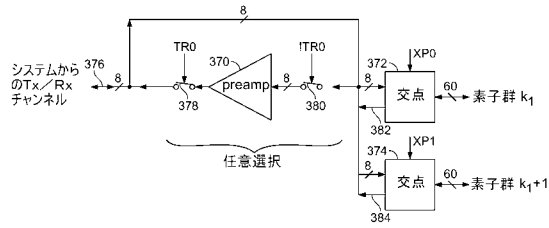


FIG. 12

【図 13】

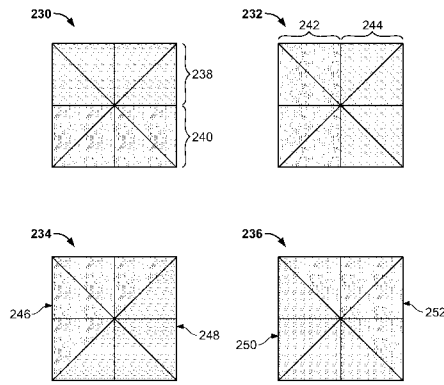


FIG. 13

【図 14】

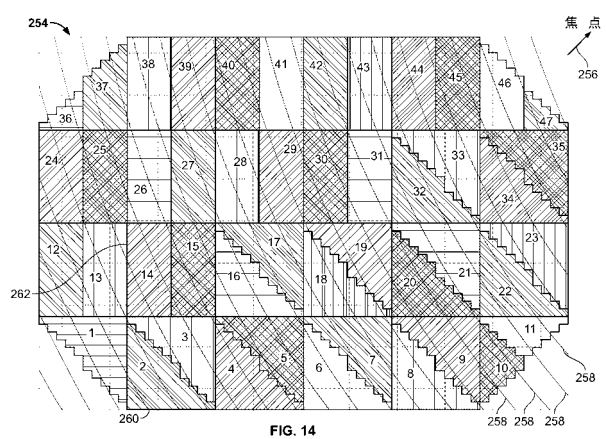


FIG. 14

【図 15】

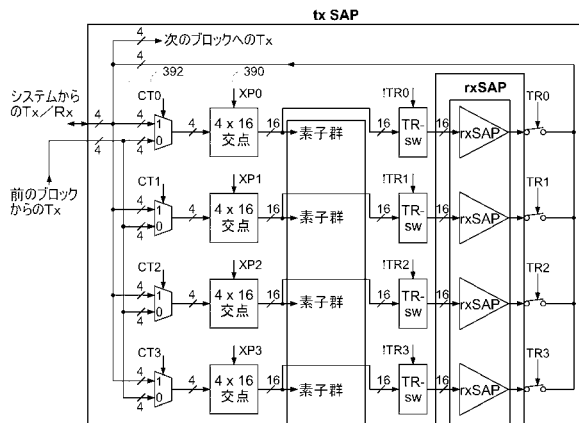


FIG. 15

【図 16】

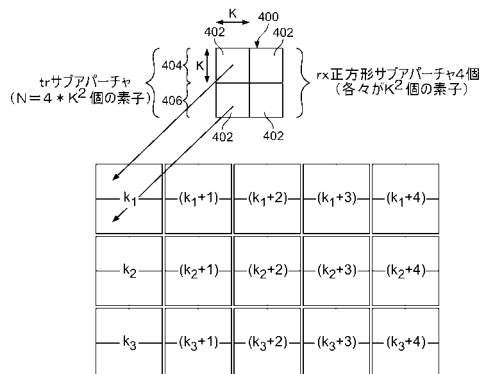


FIG. 16

フロントページの続き

- (72)発明者 ブルーノ・ハンズ・ハイダー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボールストン・レイク、ウエストサイド・ドライブ、64番
- (72)発明者 トマス・ハルフォルスロード
ノルウェイ、フェストフォルド、トルフスロード、ベルベリスヴェイエン・5番
- (72)発明者 スタイナー・ピアエラム
ノルウェイ、ホーテン、ヨルゲン・フェルイエマンスヴェイ・24番

審査官 右 高 孝幸

- (56)参考文献 特開2005-342194(JP,A)
特開2000-325344(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| A61B | 8/00 |
| H04R | 3/00 |
| H04R | 17/00 |