

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5641937号

(P5641937)

(45) 発行日 平成26年12月17日(2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日(2014.11.7)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

請求項の数 19 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-526891 (P2010-526891)	(73) 特許権者	593063105
(86) (22) 出願日	平成20年9月8日(2008.9.8)		シーメンス メディカル ソリューション
(65) 公表番号	特表2010-540071 (P2010-540071A)		ズ ユーエスエー インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成22年12月24日(2010.12.24)		Siemens Medical Sol
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/010468		utions USA, Inc.
(87) 国際公開番号	W02009/042027		アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア マル
(87) 国際公開日	平成21年4月2日(2009.4.2)		ヴァーン ヴァレー ストリーム パーク
審査請求日	平成23年8月2日(2011.8.2)		ウェイ 51
(31) 優先権主張番号	11/904,454		51 Valley Stream Pa
(32) 優先日	平成19年9月26日(2007.9.26)		rkway, Malvern, PA 19
(33) 優先権主張国	米国 (US)		355-1406, U. S. A.
		(74) 代理人	100075166
			弁理士 山口 巖

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボリューム超音波イメージングシステムおよび超音波イメージング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によってバイアスオンされる複数の素子からなる二次元超音波アレイを含むトランスデューサ(102)と、

前記トランスデューサ(102)に結合され、複数の異なるバイアスパターン(602, 608)を連続的に形成する複数のバイアス信号を発生するバイアス発生器(206)と、

前記トランスデューサ(102)に結合されたビームフォーマ(104)とを備え、前記各バイアスパターン(602, 608)は、それぞれ、前記エレベーション方向の開口インデックス(302, 402)によって選択された行のバイアス線をバイアスオンし、

前記各バイアスパターン(602, 608)は前記エレベーション方向に変化し、前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は互いに異なり、

前記トランスデューサ(102)は、前記ビームフォーマ(104)にตอบสนองして、前記各バイアスパターン(602, 608)に基づく複数の超音波データを送受信し、

前記ビームフォーマ(104)は、前記アジマス方向にビーム形成を行い、前記エレベーション方向に開口を合成し、

前記各バイアスパターン(602, 608)からの前記複数の超音波データが、前記エレベーション方向に沿った開口合成を使用して組み合わせられ、

10

20

前記各バイアスパターン(602, 608)からの前記複数の超音波データの組み合わせに基づいて画像が作成される
ボリューム超音波イメージングシステム。

【請求項2】

前記開口合成はハダマード符号化を含む請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記トランスデューサ(102)は、前記バイアス電圧によって活性化される素子を含む音波トランスデューサ(cMUT)または電気歪変換材料の少なくとも一方を含む請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記各バイアスパターン(602, 608)はアポダイズされるか、または、前記各バイアスパターン(602, 608)の前記エレベーション方向の有効幅($N_{elsubap}$)は、それぞれ、前記各バイアスパターン(602, 608)が前記エレベーション方向にスキップするサイズ(N_{skip})より大きい
請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によってバイアスオンされる複数の素子からなる二次元超音波アレイを含み、変換用バイアスに応答する超音波トランスデューサ(102)による超音波イメージング方法であって、

前記超音波トランスデューサ(102)から、前記変換用バイアスに応答して、複数の異なるバイアスパターン(602, 608)で連続的に送信する送信ステップと、

前記超音波トランスデューサ(102)により、前記送信ステップに応じて、前記複数のバイアスパターン(602, 608)から連続的に受信する受信ステップ(604)と

、
前記複数のバイアスパターン(602, 608)の送受信から連続的に得られた信号を、前記エレベーション方向に沿った開口合成を使用して互いに組み合わせるステップ(614)とを含み、

前記各バイアスパターン(602, 608)は、それぞれ、前記エレベーション方向の開口インデックス(302, 402)によって選択された行のバイアス線をバイアスオンし、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は、前記エレベーション方向で変更され、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は互いに異なる
超音波イメージング方法。

【請求項6】

第1のバイアスパターン(602)は、バイアスオンされた素子の第1のパターンに対応する請求項5に記載の方法。

【請求項7】

第2のバイアスパターン(608)は、バイアスオンされた素子の第2のパターンに対応する請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記第1のバイアスパターン(602)は、バイアスオンされているが前記第2のバイアスパターン(608)でバイアスオンされていないアジマス方向の素子を含む請求項7に記載の方法。

【請求項9】

変換用バイアスに応答する前記超音波トランスデューサ(102)は、容量性膜超音波トランスデューサ(cMUT)または電気歪材料の少なくとも一方を含む請求項5に記載の方法。

【請求項10】

10

20

30

40

50

前記受信ステップは、前記超音波トランスデューサ(102)によって第3のバイアスパターンで受信するステップを含む請求項7に記載の方法。

【請求項11】

前記開口合成(614)は送信(tx)専用、受信(rx)専用、または送受信(tx-rx)を含む請求項5に記載の方法。

【請求項12】

前記各バイアスパターン(602, 608)の前記エレベーション方向の有効幅(N_{el_subap})は、それぞれ、前記各バイアスパターン(602, 608)が前記エレベーション方向にスキップするサイズ(N_{skip})より大きい請求項5に記載の方法。

【請求項13】

前記開口合成は遅延加算ビーム形成、位相シフティング、整合または反転横方向フィルタリングのうちの少なくとも1つを含む請求項5に記載の方法。

【請求項14】

送信ステップは、

前記超音波トランスデューサ(102)上の第1のバイアスパターン(602)を活性化するステップと、

前記第1のバイアスパターン(602)の適用から信号に第1の時間遅延パターンを適用するステップとを含み、

受信ステップは、

前記超音波トランスデューサ(102)に第2のバイアスパターン(608)を適用するステップと、

前記第2のバイアスパターン(608)の適用から、前記超音波トランスデューサ(102)からの信号に第2の時間遅延パターンを適用するステップとを含む請求項5に記載の方法。

【請求項15】

ボリューム内の複数の走査線に沿って前記送信ステップおよび受信ステップを繰り返すステップと、

前記ボリューム(616)の表示を生成するステップとを含む請求項5に記載の方法。

【請求項16】

バイアス印加に応答する電気歪材料を使用する超音波イメージング方法であって、

前記材料上でエレベーション方向およびアジマス方向を有する二次元超音波アレイの素子の複数のバイアスパターン(602, 608)を連続的に活性化する活性化ステップと、

前記複数の異なるバイアスパターン(602, 608)で複数の超音波画像データを送受信するステップと、

前記複数の超音波画像データを、エレベーション方向に沿った開口合成を使用して組み合わせるステップ(614)と、

前記組み合わせに基づいて画像を形成するステップ(616)とを含み、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は、エレベーション方向で変更され、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は互いに異なる、

超音波イメージング方法。

【請求項17】

前記電気歪材料は、容量性膜またはマイクロファブリケーション加工超音波トランスデューサ(102)(cMUT)を含む請求項16に記載の方法。

【請求項18】

エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によって活性化される複数の素子からなる二次元超音波アレイを含むトランスデューサ(102)と、

10

20

30

40

50

前記トランスデューサ(102)に結合され前記アジマス方向に沿って複数の送受信機能を実行するビームフォーマ(104)と、

前記トランスデューサ(102)に結合され前記送受信機能に前記エレベーション方向に沿った開口合成(614)を実行する合成器とを備え、

前記複数の送受信機能は、複数の異なるバイアスパターン(602, 608)に従ってバイアスオンされる素子で連続的に実行され、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は、前記エレベーション方向で変更され、

前記各バイアスパターン(602, 608)によってバイアスオンされる素子は互いに異なる

ボリウム超音波イメージングシステム。

【請求項19】

前記合成器は、前記送受信機能の前記開口合成(614)に基づいて超音波画像を作成する請求項18に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

超音波診断業界が、二次元(2D)イメージング用の一次元(1D)超音波アレイからボリウムイメージング用の二次元超音波アレイに移行するとき、アレイの大きさの問題が生じることがある。例えば、従来の一次元アレイが $N = 200$ 個の素子を有する場合、対応する二次元アレイは、 $N \times N = 40,000$ 個の素子を有することになる。従来、超音波システムは、プローブ内の素子数にほぼ対応するチャンネル数を有していた。しかしながら、システムチャンネルのコストは、二次元アレイにとってそのような対応が実際的でないものである。

【0002】

二次元超音波イメージングは、容量性膜マイクロマシン加工またはマイクロファブリケーション加工超音波トランスデューサ(capacitive membrane, micromachined, or micro fabricated ultrasound transducer; cMUT)または電気歪材料トランスデューサを利用してよい。(cMUTのような)容量性トランスデューサと電気歪材料でできたトランスデューサとは、作動のために直流(DC)バイアス電圧の印加を利用する点が類似している。バイアス印加により変換操作の実行が可能になる。cMUTは半導体材料や他の材料から形成されてもよい。電極を有する複数の膜や他の柔構造が、音響エネルギーと電気エネルギー間の変換を行う。膜のグループが様々な素子として動作する。cMUT上には、素子の多次元配列や二次元配列などの種々の配列の素子が提供される。cMUTを作動させるために、直流電圧によって膜にバイアスがかけられる。素子に交流信号が印加されると音響エネルギーが生成される。素子によって受信された音響エネルギーは交流電気信号に変換される。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

前置きとして、以下で述べる好ましい実施形態は、容量性マイクロマシン加工超音波トランスデューサ(capacitive micromachined ultrasound transducer; cMUT)または容量性電気歪超音波トランスデューサを有する超音波イメージングシステムおよび方法を含む。等方性ボリウムイメージングは、バイアス線素子選択および様々な開口合成技術によって実現されてもよい。二次元ビーム形成は、ビームフォーマを使用して一次元に集束させ、次に2回目の「オフライン」または「レトロスペクティブ(遡及的)」ビーム形成を他の方向に沿って実行することによって実行されてもよい。

【0004】

第1の態様では、バイアス電圧によって活性化される複数の素子からなる二次元超音波アレイを含むトランスデューサを含むボリウム超音波イメージングシステムが提供され

10

20

30

40

50

る。バイアス発生器は、トランスデューサに結合され、素子の第1のバイアスパターンを確立するバイアス信号を発生し、かつ、素子の第2のバイアスパターンを確立するバイアス信号を発生する。トランスデューサにビームフォーマが結合され、トランスデューサは、第1のバイアスパターンに基づいて超音波データを送受信し、第2のバイアスパターンに基づいて超音波データを送受信する。第1のバイアスパターンからの超音波データと第2のバイアスパターンからの超音波データとの組み合わせに基づいて画像が作成される。

従って、本発明によれば、エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によってバイアスオンされる複数の素子からなる二次元超音波アレイを含むトランスデューサと、前記トランスデューサに結合され、複数の異なるバイアスパターンを連続的に形成する複数のバイアス信号を発生するバイアス発生器と、前記トランスデューサに結合されたビームフォーマとを備え、前記各バイアスパターンは、それぞれ、前記エレベーション方向の開口インデックスによって選択された行のバイアス線をバイアスオンし、前記各バイアスパターンは前記エレベーション方向に変化し、前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は互いに異なり、前記トランスデューサは、前記ビームフォーマに10
応答して、前記各バイアスパターンに基づく複数の超音波データを送受信し、前記ビームフォーマは、前記アジマス方向にビーム形成を行い、前記エレベーション方向に開口を合成し、前記各バイアスパターンからの前記複数の超音波データが、前記エレベーション方向に沿った開口合成を使用して組み合わせられ、前記各バイアスパターンからの前記複数の超音波データの組み合わせに基づいて画像が作成されるボリューム超音波イメージングシステムが提案される（請求項1）。 20

このボリューム超音波イメージングシステムに関する本発明の実施態様は次の通りである。

- ・前記開口合成はハダマード符号化を含む（請求項2）。
- ・前記トランスデューサは、前記バイアス電圧によって活性化される素子を含む音波トランスデューサ（CMUT）または電気歪変換材料の少なくとも一方を含む（請求項3）。
- ・前記各バイアスパターンはアボダイズされるか、または、前記各バイアスパターンの前記エレベーション方向の有効幅は、それぞれ、前記各バイアスパターンが前記エレベーション方向にスキップするサイズより大きい（請求項4）。

【0005】

第2の態様では、変換用バイアスに応答する超音波トランスデューサによる超音波イメージング方法が提供される。超音波トランスデューサからの送信は、第1のバイアスパターンおよび第2のバイアスパターンで行われる。超音波トランスデューサは、送信に応じて、第1のバイアスパターンおよび第2のバイアスパターンからデータを受け取る。第1のバイアスパターンの送受信によって得られる信号が、第2のバイアスパターンの送受信によって得られる信号と組み合わせられる。

従って、本発明によれば、エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によってバイアスオンされる複数の素子からなる二次元超音波アレイを含み、変換用バイアスに 30
応答する超音波トランスデューサ（102）による超音波イメージング方法であって、

前記超音波トランスデューサから、前記変換用バイアスに 40
応答して、複数の異なるバイアスパターンで連続的に送信する送信ステップと、

前記超音波トランスデューサにより、前記送信ステップに応じて、前記複数のバイアスパターンから連続的に受信する受信ステップと、

前記複数のバイアスパターンの送受信から連続的に得られた信号を、前記エレベーション方向に沿った開口合成を使用して互いに組み合わせるステップとを含み、

前記各バイアスパターンは、それぞれ、前記エレベーション方向の開口インデックスによって選択された行のバイアス線をバイアスオンし、

前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は、前記エレベーション方向で変更され、

前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は互いに異なる 50

超音波イメージング方法が提供される（請求項 5）。

この超音波イメージング方法に関する本発明の実施態様は次の通りである。

・第 1 のバイアスパターンは、バイアスオンされた素子の第 1 のパターンに対応する（請求項 6）。

・第 2 のバイアスパターンは、バイアスオンされた素子の第 2 のパターンに対応する（請求項 7）。

・前記第 1 のバイアスパターンは、バイアスオンされているが前記第 2 のバイアスパターンでバイアスオンされていないアジマス方向の素子を含む（請求項 8）。

・変換用バイアスに応答する前記超音波トランスデューサは、容量性膜超音波トランスデューサ（c M U T）または電気歪材料の少なくとも一方を含む（請求項 9）。

・前記受信ステップは、前記超音波トランスデューサによって第 3 のバイアスパターンで受信するステップを含む（請求項 10）。

・前記開口合成は送信（t x）専用、受信（r x）専用、または送受信（t x - r x）を含む（請求項 11）。

・前記各バイアスパターンの前記エレベーション方向の有効幅は、それぞれ、前記各バイアスパターンが前記エレベーション方向にスキップするサイズより大きい（請求項 12）

・前記開口合成は遅延加算ビーム形成、位相シフティング、整合または反転横方向フィルタリングのうちの少なくとも 1 つを含む（請求項 13）。

・送信ステップは、前記超音波トランスデューサ上の第 1 のバイアスパターンを活性化するステップと、前記第 1 のバイアスパターンの適用から信号に第 1 の時間遅延パターンを適用するステップとを含み、

受信ステップは、前記超音波トランスデューサに第 2 のバイアスパターンを適用するステップと、前記第 2 のバイアスパターンの適用から、前記超音波トランスデューサからの信号に第 2 の時間遅延パターンを適用するステップとを含む（請求項 14）。

・ボリューム内の複数の走査線に沿って前記送信ステップおよび受信ステップを繰り返すステップと、前記ボリュームの表示を生成するステップとを含む（請求項 15）。

【 0 0 0 6 】

第 3 の態様では、バイアス印加に応答する電気歪材料を使用する超音波イメージング方法が提供される。材料上の素子の第 1 のバイアスパターンが活性化される。この第 1 のバイアスパターンで第 1 の超音波イメージデータが送受信される。材料上の素子の第 2 のバイアスパターンが活性化される。この第 2 のバイアスパターンで第 2 の超音波イメージデータが送受信される。第 1 の超音波イメージデータと第 2 の超音波イメージデータとが組み合わせられ、組み合わせに基づいて画像が形成される。

従って、本発明によれば、バイアス印加に応答する電気歪材料を使用する超音波イメージング方法であって、

前記材料上でエレベーション方向およびアジマス方向を有する二次元超音波アレイの素子の複数のバイアスパターンを連続的に活性化する活性化ステップと、

前記複数の異なるバイアスパターンで複数の超音波画像データを送受信するステップと

、前記複数の超音波画像データを、エレベーション方向に沿った開口合成を使用して組み合わせるステップと、

前記組み合わせに基づいて画像を形成するステップ（ 6 1 6 ）とを含み、

前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は、エレベーション方向で変更され、

前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は互いに異なる、
超音波イメージング方法が提案される（請求項 16）。

この超音波イメージング方法に関する本発明の実施態様は次の通りである。

・前記電気歪材料は、容量性膜またはマイクロファブリケーション加工超音波トランスデューサ（c M U T）を含む（請求項 17）。

【 0 0 0 7 】

第4の態様では、バイアス電圧によって活性化される素子を含むトランスデューサを含むボリューム超音波イメージングシステムが提供される。ビームフォーマが、トランスデューサに結合され、送信機能と受信機能を実行する。トランスデューサに合成器が結合される。合成器は、送信機能と受信機能とで開口合成を実行する。第1の送受信機能が、第1のバイアスパターンに従ってバイアスをかけられた素子で実行され、第2の送受信機能が、第2のバイアスパターンに従ってバイアスをかけられた素子で実行される。

従って、本発明によれば、エレベーション方向およびアジマス方向を有しバイアス電圧によって活性化される複数の素子からなる二次元超音波アレイを含むトランスデューサと

10

、
前記トランスデューサに結合され前記アジマス方向に沿って複数の送受信機能を実行するビームフォーマと、

前記トランスデューサに結合され前記送受信機能に前記エレベーション方向に沿った開口合成を実行する合成器とを備え、

前記複数の送受信機能は、複数の異なるバイアスパターンに従ってバイアスオンされる素子で連続的に実行され、前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は、前記エレベーション方向で変更され、前記各バイアスパターンによってバイアスオンされる素子は互いに異なるボリューム超音波イメージングシステムが提案される（請求項18）。

このボリューム超音波イメージングシステムに関する本発明の実施態様は次の通りである。

20

・前記合成器は、前記送受信機能の前記開口合成に基づいて超音波画像を作成する（請求項19）。

【 0 0 0 8 】

本発明は、添付の特許請求の範囲によって定められ、この節内の何物も特許請求の範囲の限定として解釈されるべきでない。本発明の更に他の態様および利点は、好ましい実施形態と関連して後述され、後で独立または組み合わせで請求されてもよい。

【 0 0 0 9 】

構成要素と図は必ずしも尺度通りではなく、むしろ本発明の原理を示す強調が行われている。更に、図では、類似の参照数字が、様々な図全体にわたって対応する部分を指す。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図1】超音波イメージングシステムを示す図である。

【図2】二次元アレイの説明図である。

【図3】バイアスパターンの一実施形態のグラフィック表示を示す図である。

【図4】バイアスパターンの代替実施形態のグラフィック表示を示す図である。

【図5】アポダイゼーション関数の一例のグラフィック表示を示す図である。

【図6】バイアスを用いる超音波イメージング方法の一実施形態のフローチャート図である。

【図7】バイアスパターンの代替実施形態のグラフィック表示を示す図である。

40

【図8】図7のバイアスパターンのグラフィック表示を示す図である。

【図9】一群の素子からのバイアスパターンの実例を示す図である。

【図10】図9のバイアスパターンのグラフィック表示を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

「ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUND IMAGING WITH A CAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTRORESTRICTIVE ULTRASOUND TRANSDUCER」と題する米国特許出願番号2007/0079658号は、この参照により本明細書に援用され、cMUTトランスデューサの特性を利用し、トランスデューサへの電気接続数を $N \times N$ 個ではなく $2 \times N$ 個にできるプローブ設計について述べている。あるいは、電気接続は、 $N \times N$ 個ではなく $M \times N$ でもよく、その結

50

果素子が $M \times N$ 個になる。この開示は、一実施形態において $M \times N$ 個の電気接続を有する $cMUT$ プロブのような、 $cMUT$ トランスデューサと電気歪トランスデューサの使用に関する。 $N \times N$ 個のビームフォーマチャネルを必要とするのではなく、シリアル 2 段ビーム形成プロセスにより N 個のビームフォーマチャネルを利用することができる。このプロセスは等方性ポリウムイメージングを可能にする。

【0012】

図 1 は、超音波データから画像を作成するための超音波システム 100 を示す。超音波システム 100 は、トランスデューサ 102 と、ビームフォーマ (beamformer) 104 と、検出器 106 と、メモリ 110 を備えたプロセッサ 108 と、表示装置 112 とを含む。更に他の構成要素、異なる構成要素、または少ない数の構成要素が提供されてもよい。例えば、プロセッサ 108 は、コンピュータ処理装置 (CPU) またはグラフィック処理装置 (GPU) のいずれでもよく、メモリ 110 は、プロセッサ 108 とで単一ユニットに統合されてもよい。プロセッサ 108 は、システム 100 を構成し、超音波データを処理するかまたは他の機能を実行する。代替の実施形態では、システム 100 は、別の装置が取得した超音波データを処理するワークステーションまたはコンピュータである。

【0013】

トランスデューサ 102 は、二次元 (2D) アレイなどの素子アレイを含んでもよい。素子アレイは、線形、曲線、扇形、Vector (登録商標)、または他のイメージング構成用に構成されてもよい。一実施形態では、トランスデューサ 102 は、直流バイアス電圧によって活性化される素子を含む電気歪材料を含んでもよい。例えば、トランスデューサ 102 は、容量性マイクロマシン加工超音波トランスデューサ ($cMUT$) でもよいし、電気歪材料による構造でもよい。詳細には、 $cMUT$ は、超音波を発生し検出するために使用される素子アレイである。 $cMUT$ 装置は、一般に、膜上または膜内に配置された上部電極と、基板上または基板内に配置された下部電極と、膜と下部電極との間の空洞とからなるセルを含み、 $cMUT$ は、2つの電極を有する平行板コンデンサになる。上部電極 (例えば、金属化膜) は可動式でもよく、基板上または基板内の下部電極は固定されていてもよい。電極間には誘電媒質 (真空またはエアギャップ) がある。

【0014】

$cMUT$ 装置は、音響エネルギーを電気エネルギーにまたはその逆に変換するために印加直流バイアスに応答するセル群を素子内に含む。セルは、機械エネルギーを電気エネルギーにまたはその逆に変換する。 $cMUT$ は、一般に、きわめて小さく、機械的部分と電氣的部分を両方とも有するので、マイクロエレクトロニクスメカニカルシステム (「MEMS」) 装置と呼ばれることがある。従来の $cMUT$ は一般にグランド電極とホット電極を有する。ホット電極を使用して、超音波イメージング中に超音波音響波を送受信することができる。超音波の送受信に関連した様々な特性により、従来の $cMUT$ ホット電極は、一般に、超音波を高感度で送受信するように最適化されているので、最大送信出力が損なわれる可能性がある。

【0015】

$cMUT$ は、送信器モードで操作されても受信器モードで操作されてもよい。 $cMUT$ の送信器モードは超音波を発生するために使用されてもよく、受信器モードは超音波を検出してよい。2つの電極間に静電圧が印加されると、膜はクーロン力によって基板に引き寄せられる。直流電圧の上に交流電圧が重ねられると、膜は信号に応じて動き、超音波が発生されて環境中に発射される。直流バイアス下で、超音波が膜に近づくと、膜は振動し、出力された交流電圧は装置電極から測定することができる。直流バイアスが印加されると、膜の動きによって変調された電荷が供給されて、交流信号が発生される。

【0016】

トランスデューサ 102 は、「ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUND IMAGING WITH A CAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTROSTRICTIVE ULTRASOUND TRANSDUCER」と題する米国特許出願番号 2007/0079658 号に記載されているようなトランスデューサでよく、この出願は、この参照により本明細書に援用される。詳細には、図 2 は、トランスデューサ

10

20

30

40

50

の一実施形態を示す。設計はc M U T型変換の特定の特徴を利用したものである。圧電トランスデューサは、交流信号の印加を使用して放射するが、c M U Tは交流信号と直流バイアスとを使用する。図2に示した二次元アレイは、M行およびN列の合計 $M \times N$ 個の素子を有する。MおよびNは、2以上の整数であり、等しくても等しくなくてもよい。バイアス電圧は、M個のチャンネルを有するバイアス電圧発生器によって提供される。バイアス電圧を伝えるM本の線はそれぞれ、水平方向に向けられ、その行のすべての素子にバイアスをかける。これと対照的に、N本の交流信号線はそれぞれ、垂直方向に向けられ、その列のすべての素子に信号を伝える。(m, n)番目の素子を励起または活性化させるために、バイアス電圧がm番目のバイアス線に印加され、交流信号がn番目の信号線に印加される。m番目の行に沿ったすべての素子は「オン」にバイアスをかけられ、n番目の列に沿ったすべての素子は交流信号を供給される。但し、オンにバイアスをかけられ且つ交流信号を供給される素子は(m, n)番目の素子だけである。従って、この(m, n)番目の素子が、放射する素子である。複数の素子が、定められた時間に放射してもよい。

【0017】

以上に述べたように、すべての素子に個別のシステムチャンネルがなくてもよい。二次元アレイ内のすべての素子に個別のアクセスが提供されるが、同時アクセスはなくてもよい。従って、ビーム形成技術は、従来の超音波イメージングに使用されたものと異なってもよい。一実施形態において、本明細書に示したビーム形成技術は、前述のトランスデューサアーキテクチャを利用してもよく、その結果、二次元アレイによる等方性ボリューム超音波イメージングの方が実際的である。

【0018】

再び図1を参照すると、ビームフォーマ104は、音響格子に沿った音響ビームを発生するためにトランスデューサ102に接続される。音響データは、機械的運動によってまたは電子ビームステアリングを使用して、トランスデューサを揺動させ、回転させまたは摺動させることによって収集される。ビームフォーマ104は、また、複数の受信イベントから1つの開口を合成することによって数千個の素子全体にわたる二次元ビームの形成を可能にする開口合成エンジンと呼ばれることがある。あるいは、ビーム形成の前または後に信号から開口を合成するための個別のプロセッサおよびメモリが提供される。一実施形態では、この技術は、エレベーション開口合成(EAS)と呼ばれることがあり、一方の軸に沿って従来の超音波ビーム形成を利用し、他方の軸に沿って開口合成方法を利用する。これらの2つの操作は、両方の軸を横切る集束イメージングを提供するために連続的に実行されてもよい。開口合成の一例は、「ULTRASOUND IMAGING TRANSDUCER ARRAY FOR SYNTHETIC APERTURE」と題する米国特許出願番号2007/0167752号に記載されており、この出願の開示全体は、この参照により本明細書に援用される。

【0019】

図2は、Mチャンネルバイアス電圧発生器206の個別チャンネルにそれぞれ接続されたM個の行と、Nチャンネル超音波システム204の個別チャンネルにそれぞれ接続されたN個の列とを有する二次元(2D)アレイ202を示す。バイアス電圧発生器206は切り替え式直流電圧源である。バイアス電圧が、「オン」に切り替えられ、トランスデューサに印加された際、過渡電流が流れるが、定常のバイアス状態では最小の漏れ電流が存在する。バイアス電圧発生器206が「オフ」にされると、電流は実質的に流れない。バイアス電圧発生器206が「オン」にされると、予め定められた値の直流電流が流れる。

【0020】

バイアス発生器206は特定パターンのバイアス電圧を発生するように構成され、超音波システム204は従来の一次元超音波アレイの従来の超音波イメージングと同じように送受信するようにトリガされる。バイアス発生器206は、電圧源に接続された高電圧FET回路網でよい。様々なトランジスタ、スイッチ、分圧器、変圧器、電圧発生器、または他の装置を使用することができる。現在公知または今後開発される任意のバイアス発生器206を使用することができる。一実施形態では、バイアス発生器206は、実質的に直流バイアスとして働くようにトランスデューサ102の交流動作周波数(超音波周波数

より低い周波数の交流波形を発生する。交流信号周波数の $1/3$ 以下のバイアス電圧周波数は「実質的に直流」である。例えば、 500 kHz の波形が生成される。約 500 kHz で切り換えることによって、正弦波形を使用して、送信イベントと受信イベントとの間でバイアス電圧を徐々に増減することができる。1 または 2 マイクロ秒にわたるようなステップ的移行により、望ましくない音響伝播の生成が回避される。移行中に生成される望ましくない音は、受信信号からフィルタ除去されてもよい。

【0021】

バイアス発生器 206 は、 $10 \sim 120$ ボルトのような、トランスデューサ 102 が所望の感度になるように選択されたゼロバイアスと非ゼロバイアス、または負バイアスと正バイアスなどの少なくとも 2 つの異なるバイアスレベルを発生する。5 つのバイアスレベルや 7 つのバイアスレベルなどのより多くのバイアスレベルを使用してもよい。異なるバイアスレベルは、送信および/または受信イベント中に使用するためのアポダイズされた開口 (apodized aperture) を構成する異なる電極 (図示せず) に印加される。受信時に、バイアスレベルおよび/またはフレネルバイアスパターンは、位相に基づいて動的に集束するように受信イベント中ずっと変動してもよい。

【0022】

超音波集束ビームが、1 つのある方向に沿って送信される。得られた受信信号に、標準集束ビーム形成操作が実行される。その結果得られた超音波ビームデータストリームは後処理のために記憶される。バイアス電圧パターンが更新されてもよく、プロセスが繰り返される。一実施形態では、プロセスは L 回繰り返えされ、 L は一般に異なるバイアス構成の数を表す。完了後に、結果は L 組の超音波ビームデータを含む。バイアス制御は、更に、「MICROFABRICATED ULTRASONIC TRANSDUCER ARRAY FOR 3-D IMAGING AND METHOD OF OPERATING THE SAME」と題する米国特許出願番号 2005/0119575 号に記載されており、この開示全体は、この参照により本明細書に援用される。

【0023】

ビームデータは、一次元に沿って集束された集束超音波ビームデータである。超音波システムチャネルはアレイ 202 の列に対応してもよい。従って、超音波システム 204 によって行われる集束はアレイ 202 の列を横切る。この次元は、図 2 に示したようにアジマスと呼ばれることがある。反対の次元はエレベーションと呼ばれることがある。

【0024】

図 3 は 1 組のバイアスパターンの一実施形態を示す。トランスデューサは、バイアス電圧発生器のチャネルまたは線にそれぞれ接続された複数の行を有する。図示したように、各行のバイアス線は開口インデックス 302 によって選択される。開口インデックス 302 によって選択された各行のバイアス線がバイアスオンされ、その他の行のバイアス線はバイアスオフされる。開口インデックス 302 は、複数のそれぞれ異なるバイアス線を表し、それらのバイアス線の状態がバイアスパターンを形成する。開口インデックス 302 は、素子インデックス 304 における各素子のために利用可能な開口を選択する。素子インデックス 304 からの各素子は、開口インデックス 302 のバイアスオンされた行のバイアス線によってバイアスオンされ、バイアスオフされた行のバイアス線によってバイアスオフされる。

【0025】

バイアス線の第 1 のパターンでは、開口インデックス 302 における第 1 のバイアス線を除くすべてのバイアス線がオフ (一例では約 0 ボルト) である。第 1 のバイアス線はオン (一例では 100 ボルトの電圧) にされる。第 2 のパターンでは、開口インデックス 302 が 2 である場合、第 2 のバイアス線以外のバイアス線がすべてオフである。第 3 のパターンでは、第 3 のバイアス線以外のバイアス線がすべてオフであり、即ち、第 3 のバイアス線はオンである。このプロット上の各行は、トランスデューサに印加されたバイアス電圧のパターンを表わす。プロットは L 個のこのような行を示すので、トランスデューサには L 個の異なるバイアスパターンが順番に印加される。従って、超音波システムは、 L 個のビームデータ捕捉を実行する。一例として、素子 310 はバイアスオンされて示され

る。白い四角形はそれぞれ素子 3 1 0 と呼ばれ、白い四角形はバイアスオンされた素子を表わす。示したように、各行は、ある $t \times r$ イベントのバイアスパターンでよい。図 3 に示した組のバイアス構成の場合、第 1 の $t \times r$ イベント中にバイアス線 1 がバイアスオンされる。第 2 の $t \times r$ イベントでは、バイアス線 2 がバイアスオンされる。

【 0 0 2 6 】

結果として、バイアスパターンからビームデータセットが作成される。図 3 に示したように、各バイアス状態で、単一のバイアス線がオンにされる。詳細には、 $N_{elsubap} = 1$ (3 0 6) から明らかなように 1 度に 1 個の素子がバイアスオンされる。 $N_{elsubap}$ は、各 $t \times r$ イベント (送信 / 受信イベント) の間にオンにされたバイアス線の数のような各「サブ開口」内の素子数である。 N_{skip} は、その組のバイアス線 (すなわちサブ開口) が各 $t \times r$ イベントによりどれだけ並進するかである。図 3 に示したように、 $N_{elsubap} = 1$ および $N_{skip} = 1$ であり、従って任意の $t \times r$ イベントでは、1 つのバイアス線がオンにされ、その後の $t \times r$ イベントでは、そのバイアスグループ (この場合は、単一のバイアス線) が、1 つの増分で開口を横切って並進する。 $t \times r$ バイアスパターンは、バイアスパターン間でスキップサイズ N_{skip} 以上の有効幅を有していてもよい。

【 0 0 2 7 】

換言すると、1 つの素子行が同時にバイアスオンされる。更に、素子行の進行は、 $N_{skip} = 1$ (3 0 8) から明らかなように次の素子行に 1 つずつ移動する。従って、単一行の素子が、送信サイクル中にバイアスオンされて音響パルスを放射し、受信サイクル中に活性化されて後方散乱超音波を受信する。トランスデューサ素子はイメージングに使用される音響波長と同じ寸法なので、単一行の素子は、その行の素子から伝播するときにエレベーション方向で円筒状に広がる幅広い全方向性音響場を生成する。同様に、受信感度パターンは往復感度パターンと同様に幅広くなる。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示したように、1 組の M 個のバイアスパターンの各バイアスパターンは、オンにされた単一のバイアス線を含む。従って、それぞれの関連付けられた往復感度パターンは横方向の並進以外では類似している。アレイは、エレベーション方向とアジマス方向とを有する二次元アレイである。受信データはビーム形成によってアジマス方向に集束されてもよい。往復感度パターンは一次元 (エレベーションのみ) アレイの単一素子応答と類似している。特定の組のバイアスパターンは、(エレベーションのみ) アレイの各素子に連続的な送受信を提供する。これは、海洋ソナーイメージング用の「サイドスキャン」ソナーに使用される送受信構成と類似している。サイドスキャンソナーでは、トランスデューサは、海洋中を牽引される単一の送受信機である。牽引されるとき、このトランスデューサは異なる場所から何時も送受信する。そのような各送受信サイクル中に、得られたデータストリームが記憶される。この結果、一般に開口合成として知られるビーム形成プロセスによって 1 組のデータストリームが解析される。このプロセスは、往復「単一素子」データを遡及的に集束して集束画像を得る。

【 0 0 2 9 】

開口合成方法は、二次元アレイからの往復データを集束させるために使用されてもよい。このデータは、超音波システムによって実行される 1 回目のビーム形成によってアジマス方向に既に集束されている。2 回目のビーム形成は、エレベーション方向に開口を横切って集束する。その結果、合成開口用にアジマス方向とエレベーション方向との両方に集束された画像が得られる。この画像は等方性ボリューム超音波画像である。

【 0 0 3 0 】

説明したように、図 3 は単一バイアス線パターンに関するが、1 行の素子からの放射は幅が広すぎる場合がある。この幅広さは、横方向分解能の観点からは十分であるが、 SNR の観点からは不十分である。更に、得られたデータセットは、横方向空間周波数の点でサンプリングされた所定の従来のアレイ素子サイズであり、グレーティングローブにかけられてもよい。あるいは、様々なバイアスパターンを使用して異なる結果を達成すること

もできる。例えば、1行の素子にバイアス「オン」するのではなく、隣接したグループまたは組の素子全体にわたってバイアスがかけられてもよく、それにより有効素子サイズが大きくなる。有効素子サイズが大きくなると、放射音響場が横方向に広がる程度が小さくなり、これによりS N Rが改善され、グレーティングローブの振幅を小さくすることができる。

【0031】

図4は、代替のバイアス線パターンを示す。図示したように、各バイアスパターンは、バイアスオンされた3つの隣接バイアス線のグループを含み、このグループは、パターンにより、エレベーション方向に離間された1つまたは複数の素子(行)だけ並進する。トランスデューサは、バイアス電圧発生器のチャンネルまたは線にそれぞれ接続された複数の行を有する。図示したように、バイアス線は開口インデックス402によって選択される。開口インデックス402は、素子インデックス404における各素子のために利用可能な開口を選択する。素子インデックス404からの各素子は、開口インデックス402のバイアスオンされた行のバイアス線によってバイアスオンされ、バイアスオフされた行のバイアス線によってバイアスオフされる。例えば、素子410がバイアスオンされる。この素子410は3つの行の素子に対応する。図4に示したバイアス構成の場合、 $N_{elsubap} = 3$ および $N_{skip} = 1$ であり、従って各 tx/rx イベントごとに、3つの隣接バイアス線がオンにされ、その後の tx/rx イベントでは、そのバイアスグループが1つの素子行だけ並進する。詳細には、 $N_{elsubap} = 3(406)$ から明らかなように3つの素子行が同時にバイアスオンされる。素子の進行は、 $N_{skip} = 1(408)$ から明らかなように次の素子に1つずつ移動する。換言すると、第1の素子行のバイアス線と次の2つの素子行(第2の素子行および第3の素子行)の2つのバイアス線とがバイアスオンされ、 $N_{skip} = 1(408)$ なので、次に第2の素子行のバイアス線と次の2つの素子行(第3の素子行および第4の素子行)の2つのバイアス線とがバイアスオンされる。バイアスパターンは、1つの素子行を同時に増分することによって残りN個の素子が続ける。図4に示した1組のバイアス構成の場合、第1の tx/rx イベント中に、バイアス線1, 2, 3がバイアスオンされる。第2の tx/rx イベントでは、バイアス線2, 3, 4がバイアスオンされる。

【0032】

開口合成処理は、遅延加算ビーム形成プロセス(delay and sum beamformation process)として説明することもできる。 x_m がm番目のバイアスパターンでバイアスオンされた素子グループの「質量中心」の位置を表し、 (x, z) が、画像内のある点の座標を表わす場合、データに適用される遅延は、 $t = 2[(x_m - x)^2 + z^2]^{(1/2)} / C_0$ によって与えられ、ここで C_0 は音速である。遅延は、ビーム合計のコヒーレント利得と横方向分解能とを改善するために信号を整合させる働きをする。遅延はすべての深度で改善されたコヒーレント集束を表わすが、深さに依存しない遅延は計算要件を少なくする(例えば、固定焦点ビーム形成)。一実施形態では、合計は、均一に重み付けされた合計でよい。あるいは、サイドローブ構造を改善するために、合計前に不均一な重み付けが信号に適用されてもよい。換言すると、ビーム形成は図5に関して後で述べるようなアポダイゼーションを含んでもよい。このアポダイゼーション自体は、計算を単純にするために静的でもよく、あるいはレンジ(range)と共にサイドローブ制御を改善するために変化してもよい。

【0033】

ビーム形成の他の変形が可能である。例えば、インコヒーレントビーム形成または部分コヒーレントビーム形成が利用されてもよい。インコヒーレントビーム形成において、RFビームデータはビーム合計前に検出された振幅である。部分コヒーレントビーム形成において、ビーム形成操作は、異なるアポダイゼーションにより同じデータセットに数回適用され、また得られた1組の画像はインコヒーレントに組み合わせられる。

【0034】

例えば、1組のデータが取得され、図5に示したような1組のアポダイゼーション関数

によって合成開口ビームフォーマで3回処理されてもよい。アポダイゼーション502はY軸上に示され、グループインデックス504はX軸として示されている。アポダイゼーション関数は、データのダイナミックレンジを改善するためにデータの入力強度分布を変化させる。3つのアポダイゼーション関数はそれぞれ、アレイの異なる部分からのデータを強調する。得られたアポダイズされたデータセットがビーム形成されるとき、ビーム形成が有効に制御される。

【0035】

換言すると、画像データは、トランスデューサの物理位置が、図5に示した3つのアポダイゼーション関数の結果としてその後の3つの取得の際に異なるかのように記録される。その結果、3つの合成画像は類似しているが、スペックルパターンは多少異なる。次に、3つの画像が検出プロセス後に組み合わせられる（すなわち、インコヒーレントに組み合わせられる）場合は、スペックル分散が減少するが、横方向分解能が犠牲になる可能性がある。部分的コヒーレントビーム形成は、遡及的空間合成でよく、従来の空間合成にある類似の利点を提供する。

【0036】

代替の実施形態が可能である。前述の実施形態では、バイアスパターンが適用され、送信イベントが開始され完了され、次のバイアスパターンが適用される。送信サイクルと受信サイクルとの間でバイアスパターンを変更することにより、いくつかの利点が得られる。代替の実施形態では、前述のバイアスパターンが受信サイクル中に使用されてもよいが、送信サイクル中にすべてのバイアス線がオンにされる。この実施形態では、送信された音響場は平面波でよく、各送受信サイクルに同一でもよいが、受信バイアスグループはイベントによって変化する。従って、ビーム形成中に、 $t = \{ [(x_m - x)^2 + z^2]^{(1/2)} + z \} / C_0$ の異なる遅延が使用され、ここで C_0 は音速であり、得られるビーム形成は、一方向の受信のみのビーム形成として検討されてもよい。往復ビーム形成は、より優れた横方向分解能を有するが、SNRの点ではあまり強くない。更に、そのような一方向の技術は、ハダマード符号化（Hadamard encoding）などの開口符号化方式の使用を可能にし、ハダマード符号化は更なるSNRの長所を提供し、図7と図8に関して後で説明される。

【0037】

図6は、前述のようなバイアスパターンを有する超音波イメージングの一実施形態のフローチャート図である。ブロック602で、cMUTの素子などのトランスデューサの素子が、第1のバイアスパターンに従ってバイアスをかけられる。バイアスパターンの例は前に図3と図4で述べられた。第1のバイアスパターンに基づいて、ブロック604のように、送信/受信機能が実行されて超音波画像データが収集される。この超音波画像データは、ブロック606のように、更なる処理のために記録または保存される。ブロック608では、バイアスパターンが調整され、トランスデューサからの素子が第2のバイアスパターンに従ってバイアスをかけられる。ブロック610で、送信/受信機能が実行されて、第2のバイアスパターンに基づいて超音波画像データが収集される。その第2組の超音波画像データは、ブロック612のように、更なる処理のために記録または保存される。ブロック614で、第1のバイアスパターンからの超音波画像データと第2のバイアスパターンからの超音波画像データとが、開口合成を使用して組み合わせられてもよい。例えば、各組のデータが、電子焦点によってバイアスオンされた素子行内の素子アレイに沿ってビーム形成される（例えば、アジマス方向にビーム形成される）。合成方向（例えば、エレベーション）に沿って、集束は提供されない。多数の取得からのビーム形成サンプルが、合成方向に沿ってビーム形成などの合成によって組み合わせられる（例えば、エレベーションと合計との所望の遅延に関連付けられた精選アジマスビーム形成サンプル）。換言すると、信号は、開口が合成されデータがビーム形成または集束されるように組み合わせられる。組み合わせた超音波データは、ブロック616のように、各送信/受信イベントの合成物である超音波画像を作成するために使用される。

【0038】

前述の実施形態に代替の実施形態が利用可能である。上記の例では、バイアスパターンが適用され、送受信イベントが開始され完了され、次のバイアスパターンが適用される。送信サイクルと受信サイクルとの間でバイアスパターンを変更することは有益である。一実施形態では、前述のバイアスパターンが、受信サイクル中に使用されてもよいが、送信サイクル中にM個のバイアス線はすべてオンにされる。その実施形態では、送信される音響場は平面波であり、各送受信サイクルに同一でよい。受信バイアスグループはイベントにより変化する。ビーム形成中に、 $t = \{ (x_m - x)^2 + z^2 \}^{(1/2)} + z \} / C_0$ のような異なる遅延が使用されてもよい。

【0039】

得られたビーム形成は、一方向の受信専用形式のビーム形成と呼ばれることがある。このビーム形成は、前述の往復ビーム形成と比べて横方向分解能の点であまり最適でないが、S N Rの点でより最適である。代替の実施形態は、送信と受信との役割を切り替えてもよい。換言すると、送信サイクルの際に様々なバイアスパターンが適用され、受信の際にすべての素子がバイアスオンされる。また、得られたビーム形成は、一方向形式のビーム形成であるが、送信専用と呼ばれることがある。

【0040】

受信専用技術か送信専用技術かにより、開口全体の代わりに送信（または受信）開口の一部分だけをバイアスオンすることが望ましい場合がある。例えば、受信専用技術では、送信開口全体がバイアスオンされる。開口のバイアスオン部分の幅を小さくして送信平面波の幅を小さくし、従ってサイドローブと画像クラッタを減少させることが望ましい場合がある。得られる画像はもっと狭くてもよいが、アクティブな開口は移動されてもよい。

【0041】

ハダマード符号化などの開口符号化方式を使用することにより、更に他のS N Rの利点が達成される。ハダマード符号化では、一連の幅広い符号化パターンが適用される。図3に示した1組のバイアスパターンを検討する。このバイアスパターンでは、各バイアスパターンは、バイアスオンされた1つの線以外のすべてのバイアス線からなる。ハダマード符号化バイアスパターンが図7に示したように適用され、得られたデータセットを線形代数的復号化演算で処理する場合は、得られた復号化データセットは、S N Rが $20 \times \log(\sqrt{N})$ だけ大きい場合がある以外は、図3のバイアスパターンを使用して得られるデータセットと類似している。ここで、Nはバイアス線の総数である。

【0042】

ハダマードマトリクス内の点は、大きさが同じであるが符号（素子極性）が異なる非ゼロでよい。例は図8に示され、図8は、図7に示したバイアスパターンセットの第6の $t \times r \times$ イベントに関連付けられたバイアスパターンを表わす。すべてのバイアス線は、非ゼロであるが、 $+v$ または $-v$ の値にバイアスをかけられることに注意されたい。ここで、 v はバイアス電圧の大きさである。図7のバイアスパターンは、バイアス電圧の反転によって送信信号の反転が起こる線形変換方式で実行可能である。あるいは、あまり線形形式でない変換を利用するトランスデューサでは、改良技術が使用されてもよい。この改良技術では、各 $t \times r \times$ イベントは、同じ符号のバイアス電圧をそれぞれ利用する2つの別個の $t \times r \times$ イベントに分割される。例えば、図8に、図7に示した組内の第6のバイアスパターンのバイアスパターンが示される。このバイアスパターンは2ステップで実行されてもよい。第1のステップで、組の正バイアス電圧部分がオンにされ、残りはバイアスされないままである。次に、システムは $t \times r \times$ イベントを実行するように作動する。次に、バイアスパターンが切り替えられ、バイアスパターンの負電圧成分だけが印加されるが、正電圧として印加される。システムは $t \times r \times$ イベントを実行するように作動され、2つのイベントの結果が減算される。

【0043】

図3と図4に示したバイアスパターンでは、スキップサイズ N_{skip} は、グレーティングローブ性能に影響を及ぼす可能性のあるパラメータである。 N_{skip} の値が大きくなると取得が速くなるが、グレーティングローブが高くなり、従ってクラッタ性能が悪化する。図

3と図4に示したように、 N_{skip} は整数値に限定されてもよい。ピッチの粗いトランスデューサの場合、1未満の N_{skip} の値を使用することが望ましい。これは、バイアスパターンのアポダイゼーションを使用することにより可能である。バイアスパターンのアポダイゼーションを可能にするために、いくつかの異なるバイアス電圧を発生できるバイアス発生器を使用してもよい。スキップサイズ N_{skip} は、バイアスパターンがtx/rxイベント(送信/受信イベント)間にどれだけ並進するかの尺度である。

【0044】

図9は、一群の素子からのバイアスパターンの実例である。図9は、3つの異なる非ゼロのバイアス電圧(1/3, 2/3, 1)を利用する。音響学の観点から、バイアスパターンの位置は、バイアスオンされた素子グループの「質量中心」である。質量中心の計算から、これらのバイアスグループの質量中心が、バイアスグループ間で $N_{skip} = 1/3$ だけシフトすることが分かる。換言すると、第1のバイアスグループ902は、第2のバイアスグループ904に対して1/3だけシフトされた質量中心を有する。第2のバイアスグループ904は、第3のバイアスグループ906に対して1/3だけシフトされた質量中心を有する。第3のバイアスグループ906は、第4のバイアスグループ908に対して1/3だけシフトされた質量中心を有する。

【0045】

図10は、図9のバイアスパターンを表すグラフィック表示である。詳細には、図10は、図9に示された1組のバイアスパターンを示す。図10に示したようなバイアスセットから形成された画像は、グレーティングローブアーティファクトになりにくい傾向がある。

【0046】

開口合成をエレベーションで実行し、従来のビーム形成をアジマスで実行するが、開口合成を両方の次元で行ってボリューム画像を形成してもよい。標準の移動バイアスパターンまたはハダマード符号がエレベーションで適用され、固定焦点時間遅延ビーム形成が送信と受信との両方でアジマスで行われてもよく、送信焦点と受信焦点とが同じ深度に配置される。次に、電子的に並進された多数の送受信イベントの受信データが収集され記憶されてボリュームが描出される。次に、バイアスパターンの中心とエレベーション範囲平面内の意図された焦点との間の距離に基づく波形の遅延加算によって、開口がエレベーションで合成される。同時にまたはその後、固定焦点に「仮想点光源」を仮定し、そのような仮想点とアジマス範囲平面内の意図された焦点との間の距離に基づく波形の遅延加算を実行することによって、開口がアジマスで合成される。例えば、ボリューム超音波イメージング方法は、バイアス変換に応じた多次元音響トランスデューサを含んでもよく、この場合、第1のバイアスパターンがエレベーションで適用されて、第1の送受信イベントが行われる。送信の間、1組の固定時間遅延を有する交流信号がアジマスで適用され、受信の間、アジマスでの交流信号が、時間的に動的に変化しない別の組の固定時間遅延でビームに形成される。次に、第2のバイアスパターンがエレベーションで適用され、第2の送受信イベントが実行される。第1のイベントからの波形と第2のイベントからの波形とは、エレベーションおよびアジマス両方で開口を同時に合成するか、開口を最初にエレベーションで合成し次にアジマスで合成するかまたはその逆に合成するように「オフライン」で組み合わせられる。

【0047】

説明したように、開口合成は「V3」型cMUT二次元アレイで行われてもよく、この場合、バイアスはエレベーションが固定され、時間遅延送信/受信ビーム形成はアジマスで固定される。代替の実施形態では、「SV3」型回転開口トランスデューサに適用可能な他の開口合成方法を利用してもよく、この場合、送信では、時間遅延がエレベーションで適用され、バイアスパターンがアジマスで適用され、受信では、バイアスパターンがエレベーションで適用され、時間遅延がアジマスで適用される。例えば、ボリューム超音波イメージング方法は、開口回転モードで処理されるバイアス変換に応じた二次元トランスデューサを含んでもよい(例えば、「ULTRASOUND IMAGING TRANSDUCER ARRAY FOR SYNTH

10

20

30

40

50

TIC APERTURE」と題する米国特許出願番号 2 0 0 7 / 0 1 6 7 7 5 2 号に記載されており、この開示全体はこの参照により本明細書に援用される)。エレベーションの第 1 と第 2 の送信時間遅延プロファイルを使用することによって 2 つの送受信イベントが取得され、次にこの 2 つのイベントからの受信波形が、開口合成、マッチングフィルタリングおよび/または動的送信集束をエレベーションで実施するように組み合わせられる。

【 0 0 4 8 】

非回転開口モードのエレベーション開口合成方法は、優れた等方性三次元分解能を有するが、理想的な S N R とは言えない。回転開口モードイメージングは、また、等方性三次元分解能を有するが、電子的切り換え時間がゼロではないので近距離場で画像化できない。これらの 2 つのモードの組み合わせは全場イメージングソリューションを達成する。例えば、ポリウム超音波イメージング方法は、非回転開口モードで動作するトランスデューサによって取得された第 1 組のエレベーション開口合成データと、回転開口モードで動作するトランスデューサによって取得された第 2 組のデータとの組み合わせからポリウムを構成する。第 2 組は、開口合成を含む場合も含まない場合もある。この 2 つの組からのデータは、コヒーレントまたはインコヒーレントに、合成されるか、ステッチされるか、インタリーブされるか、左右または上下に並べて配置されてもよい。

【 0 0 4 9 】

トランスデューサ開口が、画像化または問い合わせされるポリウムのフットプリントまたは領域より小さいときは、開口合成を機械的並進およびステッチングと組み合わせるポリウム全体を覆うようにしなければならない。例えば、ポリウム超音波イメージング方法は、非回転開口モードで動作するトランスデューサによって得られた第 1 組および第 2 組のエレベーション開口合成データからポリウムを構成することを含んでもよく、トランスデューサは、第 1 組および第 2 組を取得する間にエレベーションまたはアジマスで機械的に並進またはシフトされる。2 つの組からのデータは、コヒーレント、インコヒーレントまたは部分コヒーレントにステッチされてもよい。

【 0 0 5 0 】

図 1 に戻ると、検出器 1 0 6 は、B モード検出器、ドプラ検出器、フロー検出器、および/またはビームフォーマ信号からの強度、エネルギー、速度または他の情報を識別するための他の検出器である。超音波データは、B モード、ドプラ速度情報、またはドプラエネルギー情報のいずれでもよい。

【 0 0 5 1 】

システム 1 0 0 は、表示装置 2 4 と関連付けられたような、音響格子からデカルト座標格子に変換するオプションのスキャントランスデューサ(図示せず)を含んでもよい。データをデカルト座標系で変換する実施形態では、スキャンコンバータがデータを音響格子からデカルト座標格子に変換する。例えば、スキャンコンバータは、複数の二次元画像または平面を音響格子からデカルト座標格子にスキャン変換する。あるいは、スキャンコンバータ、C P U、G P U、または他のプロセッサが、音響格子データの一部またはすべてを三次元デカルト格子に変換する。

【 0 0 5 2 】

メモリ 1 1 0 は、データまたはビデオ情報を記憶するためにビデオランダムアクセスメモリ、ランダムアクセスメモリ、または他のメモリデバイスを含んでもよい。メモリ 1 1 0 は、キャッシュ、バッファ、R A M、取り外し可能媒体、ハードドライブ、または他のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体などの、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体またはメモリでよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体には、様々なタイプの揮発性媒体および不揮発性記憶媒体がある。図面に示されまたは本明細書に記載された機能、操作またはタスクは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された 1 つまたは複数組の命令に応じて実行される。機能、操作またはタスクは、特定のタイプの命令セット、記憶媒体、プロセッサ、または処理方式に依存せず、単独または組み合わせで動作するソフトウェア、ハードウェア、集積回路、ファームウェア、マイクロコードなどによって実行されてもよい。同様に、処理方式には、多重処理、マルチタスキング、並列処理などがある。

一実施形態では、命令は、ローカルまたはリモートシステムによって読み出すために取り外し可能媒体装置に記憶される。他の実施形態では、命令は、コンピュータネットワークを介してまたは電話線で転送するためにリモート位置に記憶される。更に他の実施形態では、命令は、所定のコンピュータ、CPU、GPUまたはシステムに記憶される。

【0053】

一実施形態では、メモリ110はプロセッサ108のビデオランダムアクセスメモリを構成する。代替の実施形態では、メモリ110は、プロセッサのキャッシュメモリ、システムメモリ、または他のメモリなど、プロセッサ108から分離されたものである。メモリ110は、音響格子、デカルト格子、デカルト座標格子と音響格子との両方で変換された超音波データ、またはボリュームを三次元格子で表わす超音波データを記憶する。

10

【0054】

一実施形態では、プロセッサ108は、グラフィックアクセラレータチップ、プロセッサ、特定用途向け集積回路、回路、またはアクセラレータカードを含むGPUでよい。第2の実施形態では、プロセッサ108は、nVidia（例えば、Quadro4900XGLなど）、ATI（例えば、Radeon9700など）、またはMatrox（例えば、Parheliaなど）によって製造されたようなパーソナルコンピュータグラフィックアクセラレータカードまたは構成要素である。プロセッサ108は、三次元テクスチャマッピング用のアプリケーションプログラミングインタフェースの使用のような、ボリュームレンダリングプロセスを加速するハードウェア装置を提供する。APIの例にはOpenGLとDirectXがあるが、プロセッサ108と関係なくまたはプロセッサ108と共に他のAPIを使用することもできる。

20

【0055】

プロセッサ108および/またはメモリ110は、システム100内に、同一ハウジング内のカート上の超音波システムなどの、単一超音波システム構成要素の一部として含まれてもよい。代替実施形態では、プロセッサ108とメモリ110は、ワークステーションまたはパーソナルコンピュータ内に提供されるなど、超音波データ収集システムと別に提供される。超音波データは、コンピュータネットワークによって無線で、または可搬式記憶媒体を介してプロセッサ108に転送されてもよい。

【0056】

表示装置24は、三次元ボリュームまたは表現の二次元画像を表示するためのCRT、LCD、平面パネル、プラズマスクリーン、ビデオプロジェクタまたは他の装置である。表示装置24は、超音波画像の出力を表示するように構成されてもよい。

30

【0057】

本発明を様々な実施形態を参照して説明したが、本発明の範囲を逸脱することなく多くの変更および修正を行なうことができることを理解されたい。従って、前述の詳細な説明が、限定ではなく例示と見なされ、添付の特許請求の範囲が、本発明の精神および範囲を定めるように意図されたすべての等価物を含むことを理解されることを意図している。

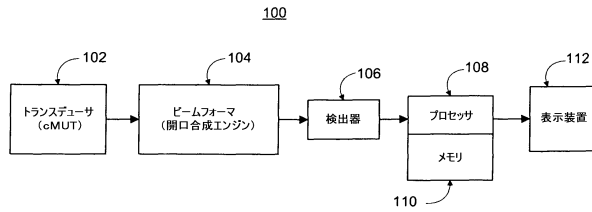
【符号の説明】

【0058】

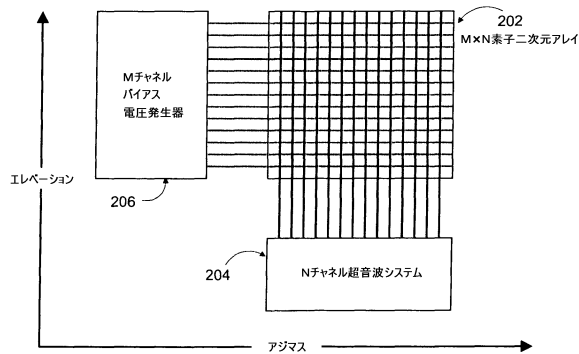
- 100 ポリューム超音波イメージングシステム
- 102 トランスデューサ
- 104 ビームフォーマ
- 206 バイアス発生器
- 304 素子
- 602, 608 バイアスパターン

40

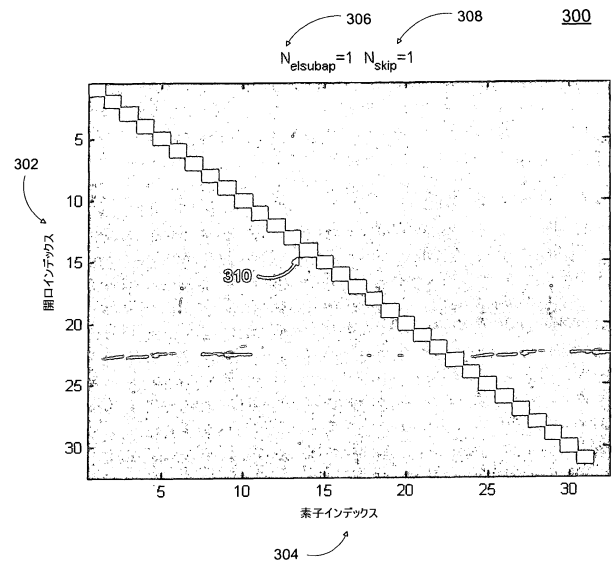
【図1】



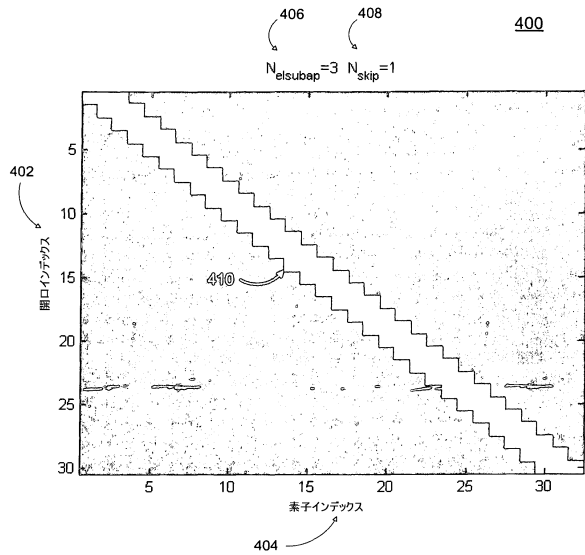
【図2】



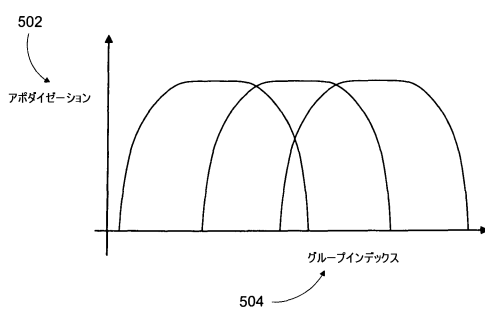
【図3】



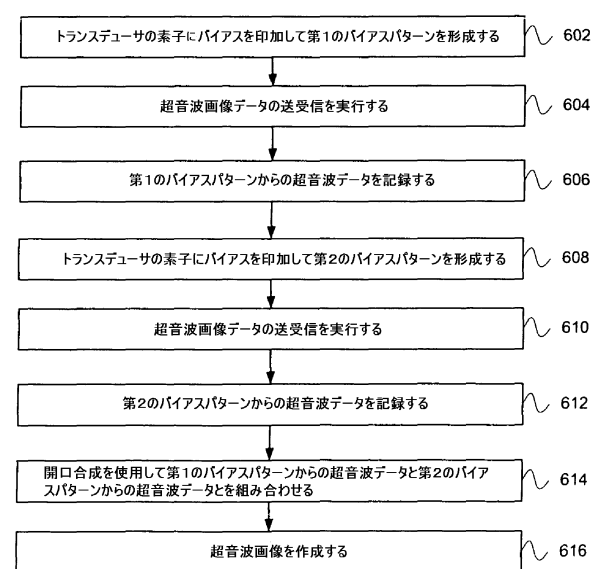
【図4】



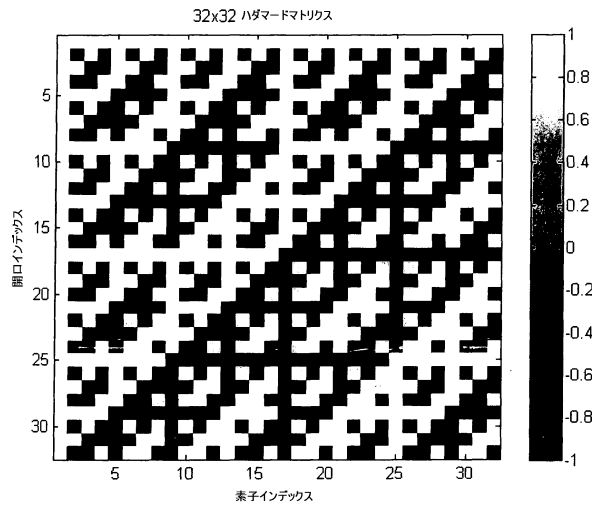
【図5】



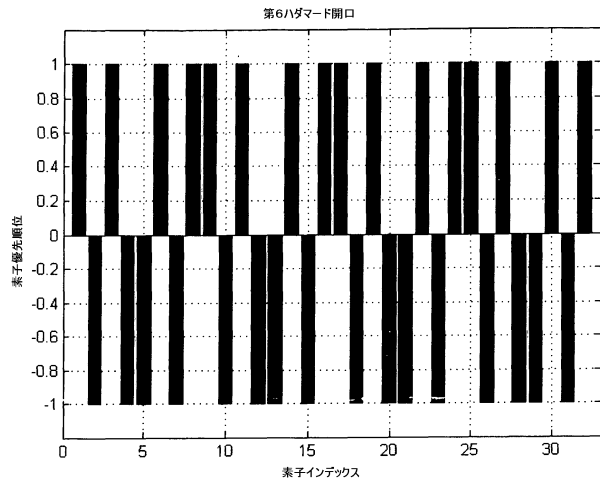
【図6】



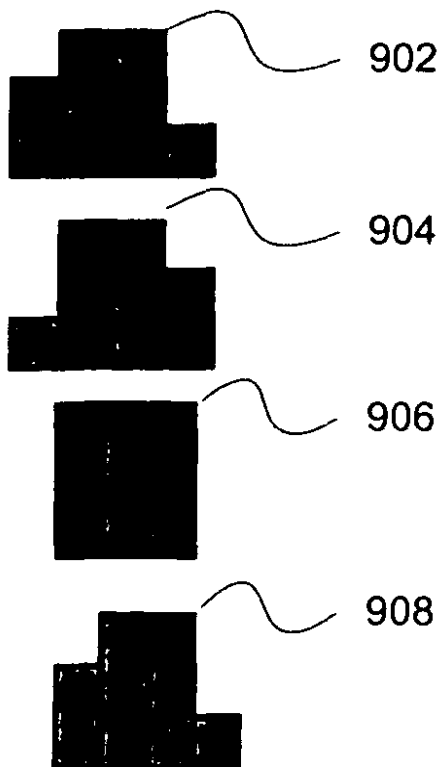
【図 7】



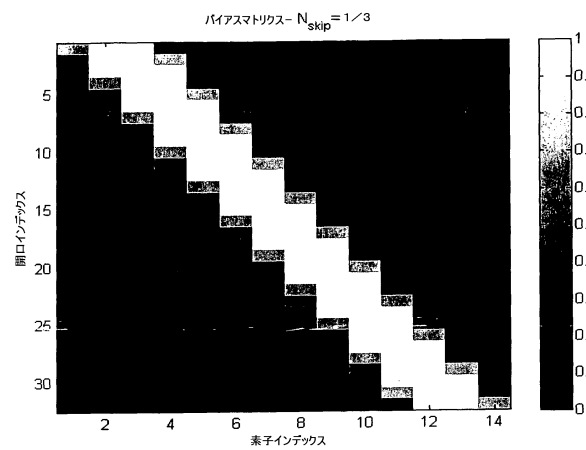
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブラッドレイ、チャールズ イー
アメリカ合衆国 94010 カリフォルニア、バーリンゲーム、オーク グローヴ アヴェニュー
ー #4 1217
- (72)発明者 ダフト、クリストファー エム
アメリカ合衆国 94085 カリフォルニア、サニーヴァイル、エスカロン アヴェニュー #
404 1055
- (72)発明者 ワグナー、ポール エイ
アメリカ合衆国 94070 カリフォルニア、サン カルロス、ウォールナット ストリート
544 アpartment 5
- (72)発明者 パンダ、サチ
アメリカ合衆国 94536 カリフォルニア、フレモント、ブラック マウンテン サークル
145

審査官 杉田 翠

- (56)参考文献 特開平04-043957(JP, A)
特開平03-247324(JP, A)
米国特許出願公開第2006/0173342(US, A1)
特開平11-155867(JP, A)
特表2006-519556(JP, A)
米国特許出願公開第2005/0243812(US, A1)
Chris Daft et al., cMUTs and electronics for 2D and 3D imaging: Monolithic integration,
in-handle chip sets and system implications, 2005 IEEE Ultrasonics Symposium, 200
5年, pp.463-474

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B8/00-8/15
G01N29/00-29/02
29/04-29/06
29/09
29/12-29/26
29/28-29/30
29/38
29/44

专利名称(译)	体积超声成像系统和超声成像方法		
公开(公告)号	JP5641937B2	公开(公告)日	2014-12-17
申请号	JP2010526891	申请日	2008-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
申请(专利权)人(译)	西门子医疗系统集团美国公司		
当前申请(专利权)人(译)	西门子医疗系统集团美国公司		
[标]发明人	ブラッドレイチャールズイー ダフトクリストファーエム ワグナーポールエイ パンダサチ		
发明人	ブラッドレイ、チャールズ イー ダフト、クリストファー エム ワグナー、ポール エイ パンダ、サチ		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8925 G01S15/8927 G01S15/8959 G01S15/8995 G01S15/8997 G01S13/90 G01S15/89		
FI分类号	A61B8/00		
代理人(译)	山口岩		
优先权	11/904454 2007-09-26 US		
其他公开文献	JP2010540071A JP2010540071A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声成像系统 (100) 通过使用电容膜或电致伸缩超声换能器 (102) 的偏置线元件选择和各种孔径合成 (614) 技术来实现各向同性体积成像。通过使用沿一维聚焦然后在另一方向上执行第二“离线”或“回顾性”波束成形的波束形成器 (104) 来执行二维波束形成。

【 図 3 】

