

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6960938号
(P6960938)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月14日(2021.10.14)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/14 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/14

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-551376 (P2018-551376)
 (86) (22) 出願日 平成29年3月28日 (2017.3.28)
 (65) 公表番号 特表2019-509856 (P2019-509856A)
 (43) 公表日 平成31年4月11日 (2019.4.11)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2017/057301
 (87) 國際公開番号 WO2017/167742
 (87) 國際公開日 平成29年10月5日 (2017.10.5)
 審査請求日 令和2年3月25日 (2020.3.25)
 (31) 優先権主張番号 62/315,225
 (32) 優先日 平成28年3月30日 (2016.3.30)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーヘー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 2
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ
 (72) 発明者 グエン マン
 オランダ国 5656 アーヘー アイン
 ドーフェン ハイ テック キャンパス
 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 1次元パッチを有する2次元超音波アレイトランスデューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2D又は3D画像を表示する超音波診断撮像システムであって、当該超音波診断撮像システムは、

2次元アレイトランスデューサの素子の $1 \times N$ パッチでターゲット領域を走査する前記2次元アレイトランスデューサを有する超音波プローブであって、前記 $1 \times N$ パッチのN方向は、エレベーション方向又はアジマス方向の一方に延在し、各 $1 \times N$ パッチは、N個の素子の総数よりも少ない複数の素子を含むサブパッチに分割される、前記超音波プローブと、

前記超音波プローブ内にあり、前記2次元アレイトランスデューサの素子に結合され、各サブパッチから受信される信号に遅延を適用して、サブパッチ信号を、前記エレベーション方向又は前記アジマス方向の前記一方において集束させるマイクロビームフォーマと、

前記超音波プローブに結合され、集束された前記サブパッチ信号を受信し、前記サブパッチ信号に遅延を適用して、前記サブパッチ信号を、前記エレベーション方向又は前記アジマス方向の他方においてステアリング及び/又は集束させるシステムビームフォーマと、

前記マイクロビームフォーマ及び前記システムビームフォーマに結合され、ターゲット領域の走査を制御するようにユーザ制御に反応するビームフォーマコントローラと、

前記システムビームフォーマによってステアリング及び/又は集束された前記サブパッ

10

20

チ信号に反応して画像データを生成する画像プロセッサと、

前記画像プロセッサに結合され、前記ターゲット領域の2D又は3D画像を表示するディスプレイと、

を含む、超音波診断撮像システム。

【請求項2】

前記マイクロビームフォーマは更に、前記エレベーション方向において集束されるよう 10
に、各サブパッチによって送信される信号のタイミングを制御する、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項3】

前記マイクロビームフォーマは更に、前記エレベーション方向における点焦点に集束され 10
るよう、各サブパッチによって送信される信号のタイミングを制御する、請求項2に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項4】

前記マイクロビームフォーマは更に、前記エレベーション方向における平面波として集束され 10
るよう、各サブパッチによって送信される信号のタイミングを制御する、請求項2に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項5】

前記マイクロビームフォーマは、前記サブパッチ信号を前記エレベーション方向における点に集束させるよう、各サブパッチから受信される信号に遅延を適用する、請求項1 20
に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項6】

前記マイクロビームフォーマは、前記サブパッチ信号を前記エレベーション方向における平面波として集束させるよう、各サブパッチから受信される信号に遅延を適用する、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項7】

前記マイクロビームフォーマは更に、各サブパッチから受信される信号にアナログ遅延を適用するマイクロビームフォーマ回路を含む、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項8】

前記マイクロビームフォーマは、前記サブパッチの送信信号及び/又は受信信号を前記エレベーション方向において集束させ、 30

前記システムビームフォーマは更に、前記エレベーション方向に集束される前記サブパッチ信号をデジタル的に遅延させるデジタルビームフォーマを含む、請求項7に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項9】

前記2次元アレイトランスデューサは更に、各列がN個の素子を含むM列の素子を含み、

Mは、前記アジマス方向又は前記エレベーション方向の一方に延在し、Nは、前記アジマス方向又は前記エレベーション方向の他方に延在する、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。 40

【請求項10】

各1×Nパッチの前記アジマス方向に、单一のトランスデューサ素子を含み、各1×Nパッチの前記エレベーション方向に、複数のトランスデューサ素子を含む、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項11】

前記N方向は、前記エレベーション方向に延在し、前記マイクロビームフォーマによって、各サブパッチから受信される信号に適用される前記遅延は、前記アジマス方向における集束をもたらさない、請求項1に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項12】

前記マイクロビームフォーマの遅延によって生成される波面は、前記アジマス方向に延 50

在する平面に沿って集束される、請求項 1 に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項 1 3】

前記システムビームフォーマの遅延によって生成される波面は、前記エレベーション方向に延在する平面に沿って集束される、請求項 1_2 に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項 1 4】

前記マイクロビームフォーマ及び前記システムビームフォーマの遅延によって生成される波面は、前記アジマス方向及び前記エレベーション方向の両方においてステアリング及び集束される、請求項 1 に記載の超音波診断撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、医用診断超音波システムに関し、特に 1 次元アレイパッチで動作させられる 2 次元アレイ (マトリクスアレイ) トランスデューサプローブを有する超音波システムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波アレイトランスデューサは、ビームフォーマを使用して、トランスデューサアレイの素子から受信される超音波エコー信号を送受信し、適切に遅延させ、合計する。遅延は、ビームフォーマによって形成されるビームの方向 (ステアリング) 及び焦点深度を考慮して選択される。各素子からの信号が、ビームフォーマのチャネルによって適切に遅延された後、遅延された信号は組み合わされて、適切にステアリング且つ集束されたコヒーレントエコー信号のビームが形成される。超音波ビームの送信中、個々の素子の作動時間は、送信ビームの受信遅延、ステアリング及び集束の補数である。遅延の選択は、アレイ素子と、ビームによってインタロゲートされる画像フィールドとの形状から決定可能であることが分かっている。

20

【0003】

従来の超音波システムでは、アレイトランスデューサは、プローブ内にあり、プローブは、撮像中に患者の身体に接して置かれ、同調素子、スイッチ及び増幅器デバイスといった幾つかの電子コンポーネントを含む。遅延及び信号合成は、超音波システムメインフレームに含まれるビームフォーマによって行われる。プローブは、ケーブルによって超音波システムメインフレームに接続される。

30

【0004】

アレイトランスデューサ及びビームフォーマの上記システムアーキテクチャは、トランスデューサ素子の数とビームフォーマチャネルの数とが略同じである 1 次元 (1D) トランスデューサアレイには全く十分である。トランスデューサ素子の数が、ビームフォーマチャネルの数を上回ると、通常、多重化が採用され、任意の時点において、トランスデューサ素子の総数のサブセットしかビームフォーマに接続できない。1Dアレイにおける素子の数は、100未満から数百に及び、典型的なビームフォーマは、128 個のビームフォーマチャネルを有する。このシステムアーキテクチャソリューションは、2 次元 (2D) 又は 3 次元 (3D) 撮像用の 2 次元アレイトランスデューサの出現によって支持されなくなつた。これは、2Dアレイトランスデューサは、ボリュメトリック領域全体でアジマス方向及びエレベーション方向の両方にビームをステアリング及び集束させるからである。このビーム形成に必要なトランスデューサ素子の数は、通常、千単位である。したがつて、問題の核心は、プローブをビームフォーマがあるシステムメインフレームに接続するケーブルとなる。数千の導体からなるケーブルは、最も細い導電フィラメントを用いたとしても、太く、扱いにくくなり、プローブの操作が、不可能ではないにしても厄介になる。

40

【0005】

この問題に対するソリューションは、米国特許第 5,229,933 号 (Larson 、 III) に説明されるように、ビーム形成の少なくとも一部をプローブ自体内で行うこ

50

とである。この特許に示される超音波システムでは、ビーム形成は、プローブとシステムメインフレームとで分割される。素子のグループによる初期ビーム形成が、プローブ内で行われ、部分的にビーム形成された合計が生成される。これらの部分的にビーム形成された合計は、トランスデューサ素子の数よりも数が少なく、妥当な方向のケーブルを通りシステムメインフレームに結合される。システムメインフレームにおいて、ビーム形成処理が完了され、最終ビームが生成される。プローブ内の部分ビーム形成は、Larson, III が言うところのイントラグループプロセッサによって、アレイトランスデューサに取り付けられる超小型電子機器の形のマイクロビームフォーマにおいて行われる。米国特許5,997,479号(Savord他)、米国特許第6,013,032号(Savord)、米国特許第6,126,602号(Savord他)及び米国特許第6,375,617号(Fraser)も参照されたい。2Dトランスデューサアレイの何千もの素子とマイクロビームフォーマとの間の何千もの接続は、非常に小さい方向の超小型回路及びアレイピッチで行われる一方で、マイクロビームフォーマとシステムメインフレームのビームフォーマとの間のはるかに少ないケーブル接続は、従来のケーブル技術によって行われる。米国特許出願公開第60/706,190号(Kunkel)及び第60/706,208号(Davidson)に示される曲面アレイといったように、様々な平面及び曲面アレイフォーマットをマイクロビームフォーマと共に使用することができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許に示されるマイクロビームフォーマは、「パッチ」と呼ばれる連続的なトランスデューサ素子のグループから、部分的に遅延された合計信号を形成することによって、動作する。1パッチのすべての素子によって受信される信号は、マイクロビームフォーマによって適切に個別に遅延され、部分和信号となるように組み合わされる。通常、パッチは、素子の 4×6 グループ又は 8×12 グループといった素子の小さい2次元グループで形成される。これは、3Dボリューム走査中のフェーズドアレイ動作に対してうまく機能し、ボリュームのリアルタイム走査が可能となる。しかし、2D撮像では、このようなパッチの幅が、走査領域の画像の解像度を制限する。これは、撮像のフレームレートを向上させるためにマルチライン受信を行う場合に特に言えることである。したがって、マルチライン受信によってより高いフレームレートを達成可能であり、また、これを、上記2Dアレイトランスデューサ画像の解像度を低下させることなく、好適には、向上させて行うことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の原理によれば、 $1 \times N$ パッチで動作させられる2Dアレイトランスデューサを有する診断超音波システムが説明される。これらのパッチは、単一の素子分の幅しかない。パッチの「N」長さは、走査された2D画像平面の1つの方向(例えばエレベーション方向)に延在し、上記単一の素子分の幅は、もう1つの(例えば横又はアジマス)方向に延在する。集束は、マイクロビームフォーマによって、1つの方向において、各パッチに沿って行われ、もう1つの方向における集束は、システムビームフォーマによって行われる。第2の方向における各パッチの最小幅は、2D画像の平面における高解像度画像の生成を可能にし、これには、高フレームレート撮像のための高解像度マルチライン受信が含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、マイクロビームフォーマ内でエレベーション方向の集束が行われ、システムビームフォーマ内でアジマス集束が行われる本発明の原理に従って構成される超音波撮像システムをブロック図で示す。

【図2】図2は、 $1 \times N$ パッチを用いた動作方向に構成された2Dアレイによる2次元平面の走査を示す。

10

20

30

40

50

【図3A】図3Aは、複合直交ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる横方向における超音波の集束を示す。

【図3B】図3Bは、複合直交ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる横方向における超音波の集束を示す。

【図3C】図3Cは、複合直交ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる横方向における超音波の集束を示す。

【図3D】図3Dは、複合直交ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる横方向における超音波の集束を示す。 10

【図4A】図4Aは、複合側方ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる波面の側方ステアリングを示す。

【図4B】図4Bは、複合側方ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる波面の側方ステアリングを示す。

【図4C】図4Cは、複合側方ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる波面の側方ステアリングを示す。 20

【図4D】図4Dは、複合側方ステアリング及び集束ビーム波面を生成するように、2Dアレイの各 $1 \times N$ パッチによるエレベーション方向における超音波の集束及びシステムビームフォーマによる波面の側方ステアリングを示す。

【図5】図5は、エレベーションにおけるマルチライン取得のために、 $1 \times N$ パッチがサブパッチにセグメント化されている本発明の一実施態様を示す。

【図6】図6は、複数のエレベーション平面におけるマルチライン取得のために、 $1 \times N$ パッチがサブパッチにセグメント化されている本発明の一実施態様を示す。

【図7】図7は、本発明の原理に従って構成される超音波撮像システムを詳細なブロック図で示す。 30

【発明を実施するための形態】

【0009】

図1を最初に参照するに、本発明の原理に従って構成された超音波システムがブロック図で示される。プローブ10は、平面であっても、本例に示されるように、曲面であってもよい2次元アレイトランスデューサ12を有する。アレイの素子は、トランスデューサアレイの後方で、プローブ内にあるマイクロビームフォーマ14に結合される。マイクロビームフォーマは、プローブ内にあり、2Dアレイトランスデューサ12の素子に結合されるビーム形成チャネルを有する集積回路である。マイクロビームフォーマは、アレイの各パッチの素子に、時限送信パルスを適用し、アレイの前にある画像フィールド内の所望の方向及び所望の焦点に向けてビームを送信する。エレベーション方向における送信ビームのプロファイルは、点焦点、平面波又は任意の中間ビームプロファイルを示すことができる。送信されたビームから、細胞及び組織によって戻されるエコーは、アレイ素子によって受信され、マイクロビームフォーマ14のチャネルに結合される。エコーは、マイクロビームフォーマ14において、個別に遅延される。トランスデューサ素子の連続的なパッチからの遅延された信号は組み合わせて、当該パッチの部分和信号が形成される。アナログマイクロビームフォーマ実施態様では、組み合わせは、パッチの素子からの遅延された信号を共通バスに結合することによって行われ、加算回路が不要となる。各パッチのバスは、ケーブル16の導体に結合される。導体は、部分和パッチ信号をシステムメインフレームに伝える。システムメインフレーム内では、アナログ部分和信号が、デジタル化され、システムビームフォーマ22のチャネルに結合される。システムビームフォーマ2 40

2 は、各部分和信号を適切に遅延させる。次に、遅延された部分和信号は組み合わされて、コヒーレントなステアリング及び集束された受信ビームが形成される。システムビームフォーマは、当技術分野においてよく知られており、電子ハードウェアコンポーネント、ソフトウェア制御ハードウェア又はビーム形成アルゴリズムを実行するマイクロプロセッサを含んでよい。デジタルビームフォーマの場合、ビームフォーマは、マイクロビームフォーマからのアナログ信号を、サンプリングされたデジタルエコーデータに変換する A / D 変換器を含む。ビームフォーマは、通常、エコーデータをコヒーレントエコー信号データに処理するために、1 つ以上のマイクロプロセッサ、シフトレジスタ、及び / 又は、デジタル若しくはアナログメモリを含む。遅延は、受信信号のサンプリングの時間、メモリに一時的に記憶されるデータの書き込み / 読み出し間隔、又は、米国特許第 4,173,007 号 (McKieghen 他) に説明されるように、シフトレジスタの長さ、即ち、クロックレートによって、といったように、様々な手段でもたらされる。画像フィールドからのビーム信号は、信号及び画像プロセッサ 24 によって処理され、画像ディスプレイ 30 に表示するための 2D 又は 3D 画像が生成される。信号及び画像プロセッサは、電子ハードウェアコンポーネント、ソフトウェア制御ハードウェア又は画像処理アルゴリズムを実行するマイクロプロセッサを含んでよい。信号及び画像プロセッサは更に、通常、スキヤンコンバータといった、受信エコーデータを、所望の表示形式の画像の画像データに処理する専用ハードウェア又はソフトウェアも含む。

【0010】

プローブ選択、ビームステアリング及び集束、並びに、信号及び画像処理といった超音波システムパラメータの制御は、システムの様々なモジュールに結合されるシステムコントローラ 26 の制御下で行われる。システムコントローラは、ASIC 回路又はマイクロプロセッサ回路、及び、RAM、ROM 又はディスクドライブといったソフトウェアデータストレージデバイスによって形成される。プローブ 10 の場合、この制御情報の一部は、システムメインフレームからマイクロビームフォーマに、ケーブル 16 のデータ線を介して提供され、特定の走査手順に必要とされる 2D アレイの動作のためにマイクロビームフォーマが調整される。ユーザは、これらの操作パラメータを、制御パネル 20 によって制御する。この基本的な超音波システムのブロック図は、ビーム形成を、素子のパッチからの信号のビーム形成を行うマイクロビームフォーマと、パッチからの部分和信号を組み合わせることによってビーム形成処理を完了するシステムビームフォーマとの間で分割することについて説明したものである。

【0011】

図 2 は、本発明の原理に従って動作する 2D アレイトランスペューサ 12 を示す。アレイ 12 は、横 (アジマス (Az)) 方向に延在する M 列の素子と、エレベーション (Elev) 方向に延在する各列における N 個の素子とを含む。例えばアレイは、128 列を有し、各列が 128 個の素子を有し、合計で 16,000 個を超える素子を有する。本発明によれば、アレイ 12 は、アジマス方向において 1 素子分の幅を有し、エレベーション方向において複数素子分の長さ、好適には、N 個の素子分の長さを有する (したがって、1 × N の方向を有するパッチが構成される) パッチ 50、52、...、54 を用いて動作せられる。これらのパッチを使用して、図に示される画像平面 60、62 又は 64 といったアレイの下の画像平面を走査するために、超音波が送受信される。画像平面は、図示されるように、2D アレイの平面と直交して延在しても、アレイ平面に対してある斜角で傾斜されていてもよい。各パッチを作動させる場合、1 × N パッチの素子の作動のタイミングは、エレベーション方向における所望の焦点を提供する。例えば送信されたエネルギーを、平面 60 といった走査される画像平面に沿ってエレベーション方向において集束させる。エレベーション方向の集束は、受信において、マイクロビームフォーマによって管理され、受信ビームを、画像平面 60 といった画像平面に沿って集束させる。パッチは横 (アジマス) 方向において 1 素子分の幅しかないので、集束は当該方向では行われない。アジマス方向におけるステアリング及び集束は、エレベーション方向において集束されたパッチからの部分和信号の処理において、システムビームフォーマによって行われる。したがつ

10

20

30

40

50

て、マイクロビームフォーマは、エレベーション方向の集束及びステアリングを提供する一方で、アジマス方向の集束及びステアリングは、システムビームフォーマによって提供される。この集束の分割の1つのメリットは、各素子を、走査される2D画像平面上でエレベーション方向において集束させることができ、エレベーション方向において優れた解像度がもたらされる点である。もう1つのメリットは、アジマス(面内)ステアリング及び集束のためにシステムビームフォーマに転送される各パッチからの信号が、横方向において1素子分の幅しかなく、各パッチからの信号は、アジマス方向では集束されず、すべての側方集束をシステムビームフォーマによって行うことが可能となる点である。これは、優れた面内側方解像度と、パッチ信号から複数のラインが並列処理される場合には、より高い解像度のマルチラインとを提供する。各 $1 \times N$ パッチに沿ってもたらされるエレベーション方向の集束は、エレベーション方向における集束されない平面波から輪郭がはっきりとした点焦点まで変化する。

【0012】

マイクロビームフォーマ14とシステムビームフォーマ22との間で、集束をこのように分割することの効果は、図3に示される遅延プロファイルによって説明される。図3Aは、図に網掛け表示される端の $1 \times N$ パッチ50を有する2Dアレイ12を示す。パッチ50は、横方向において1素子分の幅を有し、エレベーション方向においてアレイの全幅に沿って延在する。この例では、アレイの各パッチは、図3Cにおける遅延プロファイル70によって示されるように、エレベーション方向において集束される。したがって、パッチからの波面は、図3Cにおいて矢印71によって示されるように、アレイの中心から且つ当該中心と直交して延在する走査平面上でエレベーション方向において集束される。この集束は、この例では、プローブのマイクロビームフォーマによる各パッチの信号の遅延及び合計によって達成される。128×128素子アレイの例では、隣同士に向けられ、アレイの横(アジマス)方向に延在する128個のパッチから、128個の部分和信号がある。

【0013】

パッチからの部分和信号は、プローブケーブルを介して、超音波システムメインフレームに結合され、ここで、この例では128個のパッチ信号を遅延させ、合計するシステムビームフォーマによって、ビーム形成処理が完了される。システムビームフォーマによる遅延及び合計は、図3Dにおける遅延プロファイル72によって示されるように、エコー信号の受信ビームを、横(アジマス)方向にステアリング及び集束させる。この例では、図の矢印73によって示されるように、左右対称の遅延プロファイルが、受信ビームをアレイの中心に垂直にステアリングする。

【0014】

図3Bに、複合遅延プロファイル74、即ち、マイクロビームフォーマによってもたらされるエレベーション方向の集束遅延とシステムビームフォーマによってもたらされる面内(アジマス)方向の集束遅延との組み合わせが示される。矢印75によって示されるように、結果として得られるビームは、エレベーション方向の集束遅延及び横(アジマス)方向の集束遅延の両方の左右対称の遅延プロファイル70及び72の結果、アレイの中心に直交してステアリング及び集束される。

【0015】

図4は、上記分割されたエレベーション方向の集束及びアジマス方向の集束の別の例を示し、今度は、システムビームフォーマによってもたらされる遅延によって、アジマス平面において左側にステアリングされるビームについての例である。図4Cは、矢印81によって示されるように、アレイの中心に直交して延在する平面に沿って集束される、前と同じエレベーション方向の集束遅延プロファイル80を示す。図4Dは、システムビームフォーマの遅延が左側に重み付けされ、矢印83によって示されるように、ビームを左側にステアリングする遅延プロファイル82によって示される。結果として、複合エレベーション及びアジマス方向の遅延プロファイル84は、ビームを、エレベーション方向では、アレイの中心に沿って向け、アジマス方向では、図4Bにおける矢印85によって示さ

10

20

30

40

50

れるように、左側に向ける。

【0016】

図5は、本発明による2Dアレイ動作の別の実施態様を示す。この実施態様においても、 $M \times N$ アレイは、 $1 \times N$ パッチにセグメント化され、更に、各 $1 \times N$ パッチは、サブパッチに更にセグメント化される。その幾つかを、パッチ50について、90、94、98において示す。今度は、パッチ全体を、パッチ幅のエレベーション方向の平面において集束できることに加えて、素子の各サブパッチから、個々の集束を行うことができる。各 $1 \times N$ パッチが128個の素子分の長さを有する 128×128 個の素子からなる2Dアレイの前述の例では、例えば各パッチは、それぞれ16個の素子からなる8個のサブパッチにセグメント化することができる。サブパッチは、特に3D撮像を行う場合に、表示フレームレートを更に向上させるように動作させられる。例えば、図5における2Dアレイの下のボリュメトリック領域内へと延在する3つの走査平面60、62及び64が示される。このような複数の平面を走査することができ、すべての平面からのエコーデータを使用して、アレイの下のボリュメトリック領域の3D画像が形成される。例えば64個のそのような平面を走査し、3D画像に必要な3Dデータが収集される。従来の走査では、これは、表示フレームレートを左右する64平面分のデータの取得時間が必要となる。しかし、図5は、単一の送信ビーム102に反応して、4つのそのような平面からのデータの走査線110、112、114及び116の同時取得を示す。これらの4つのマルチラインを形成するために必要な遅延は、マイクロビームフォーマによって適用されるか、又は、マルチラインは、システムビームフォーマによって適用される遅延によって形成されてもよい。したがって、このマルチライン取得によって、1つの平面を走査するのに通常必要な時間内で、4つの平面を走査することができ、表示フレームレートを4倍に増加させる。

【0017】

図6は、3D撮像用の表示フレームレートを更に増加させる本発明の別の実施態様を示す。この例では、受信マルチライン120は、エレベーション方向及びアジマス方向の両方において、単一の送信ビーム102の周りに形成される。図は、中心走査平面60bに形成される4つのマルチライン、1つの平行走査平面60aに形成される4つのマルチライン、及び、別の平行走査平面60cに形成される4つのマルチラインを示す。これは、従来のシングルライン走査に比べて、データ取得及びフレームレートを16倍に増加させる。マルチラインは、アジマス方向及びエレベーション方向の両方において延在するので、これらのマルチラインの形成のための遅延は、好適には、システムビームフォーマによって適用される。

【0018】

図7に、本発明に原理に従って構成された超音波システムの詳細なブロック図を示す。超音波プローブ10は、平面又はボリュメトリック領域全体に電子的にステアリング及び集束されたビームを送信し、各送信ビームに応えて1つ又は複数の受信ビームを受信する2次元アレイトランスデューサ12を含む。トランスデューサアレイの素子は、マイクロビームフォーマ(μ BF)14に結合される。アレイの素子は、上記されたように、 $1 \times N$ パッチ及びサブパッチで動作させられる。マイクロビームフォーマ14は、エレベーション方向における受信エコー信号の部分ビーム形成を行い、これにより、プローブ10とメインシステムとの間のケーブル16内の導体の数が減少される。適切な2次元アレイは、米国特許第6,419,633号(Robinson他)及び米国特許第6,368,281号(Solomon他)に説明されている。マイクロビームフォーマは、米国特許第5,997,479号(Savord他)及び第6,013,032号(Savord)に説明されている。アレイの送信ビーム特性は、アレイのアポダイゼーション絞り素子に、撮像のための関心領域を通る所望の方向において所望幅の集束ビームを放出させるビーム送信器42によって制御される。送信パルスは、送信/受信スイッチ18によって、ビーム送信器42からアレイの素子に結合される。送信ビームに応えてアレイ素子及びマイクロビームフォーマによって受信されるエコー信号は、マイクロビームフォーマにおける

る $1 \times N$ パッチ信号の遅延及び合計によってエレベーション方向において集束され、システムビームフォーマ 22 に結合される。システムビームフォーマ 22 において、マイクロビームフォーマからの部分ビーム形成されたエコー信号が、アジマス方向に（側方に）計算された遅延で遅延され、合計されて、送信ビームに応えて、完全にビーム形成された単一又は複数の受信ビームが形成される。この目的に適したビームフォーマは、Savord の上記第'032号特許に説明されている。

【0019】

ビームフォーマ 22 によって形成された受信ビームは、フィルタリング及び直交変調といった機能を行う信号プロセッサ 24a に結合される。処理された受信ビームのエコー信号は、ドップラープロセッサ 28 及び / 又は B モードプロセッサ 24 に結合される。ドップラープロセッサ 28 は、エコー情報をドップラーパワー又は速度情報に処理する。B モード撮像では、受信ビームエコーの包絡線が検出され、B モードプロセッサ 24 によって、信号は、適切なダイナミックレンジにまで対数的に圧縮される。ボリュメトリック領域からのエコー信号は、3D 画像プロセッサ 32 によって処理されて、3D 画像データセットが形成される。3D 画像データは、幾つかの表示法のために処理される。1つは、ボリュームの複数の 2D 平面を生成するやり方である。これは、米国特許第 6,443,896 号 (Dettmer) に説明されている。ボリュメトリック領域のそのような平面画像は、マルチプラナリフォーマッタ 34 によって生成される。ボリュームレンダラ 36 によって、3 次元画像データは、遠近法による又は動的視差による 3D 表示を形成するようにレンダリングされてもよい。米国特許第 5,720,291 号 (Schwartz) に説明されるように、B モードであっても、ドップラーであっても、その両方であってもよい結果として得られる画像は、表示プロセッサ 38 に結合される。そこから、当該画像は、画像ディスプレイ 40 で表示される。ビームフォーマコントローラ 26 及び超音波システムの他の機能のユーザ制御は、ユーザインターフェース又は制御パネル 20 を介して提供される。

【0020】

なお、上記され、図 1 の例示的な超音波システムによって説明された様々な実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア又はそれらの組み合わせで実現されてよい。様々な実施形態、及び / 又は、例えばモジュール若しくはその中のコンポーネント及びコントローラであるコンポーネントも、1 つ以上のコンピュータ又はマイクロプロセッサの一部として実現されてよい。コンピュータ又はプロセッサは、コンピュータデバイス、入力デバイス、表示ユニット及び例えばインターネットにアクセスするためのインターフェースを含む。コンピュータ又はプロセッサは、マイクロプロセッサを含んでもよい。マイクロプロセッサは、例えば PACS システムにアクセスするために通信バスに接続されてよい。コンピュータ又はプロセッサは更に、メモリを含んでよい。メモリには、ランダムアクセスメモリ (RAM) 及び読み出し専用メモリ (ROM) が含まれてよい。コンピュータ又はプロセッサは更に、ハードディスクドライブ、又は、フロッピー（登録商標）ディスクドライブ、光学ディスクドライブ、固体サムドライブ等といったリムーバブルストレージドライブであってよいストレージデバイスを含んでよい。ストレージデバイスは更に、コンピュータプログラム又は他の命令をコンピュータ又はプロセッサにロードするための他の同様の手段であってもよい。

【0021】

本明細書において使用される場合、「コンピュータ」、「モジュール」又は「プロセッサ」との用語には、マイクロコントローラ、縮小命令セットコンピュータ (RISC)、ASIC、論理回路及び本明細書において説明される機能を実行可能である任意の他の回路又はプロセッサを使用するシステムを含む任意のプロセッサベース又はマイクロプロセッサベースのシステムが含まれる。上記例は例示に過ぎないので、これらの用語の定義及び / 又は意味をいかようにも限定することを意図していない。

【0022】

コンピュータ又はプロセッサは、入力データを処理するために、1 つ以上のストレージ

10

20

30

40

50

要素に記憶される命令のセットを実行する。ストレージ要素は更に、必要に応じて、データ又は他の情報も記憶する。ストレージ要素は、処理マシン内の情報源又は物理的なメモリ要素の形であってよい。

【0023】

命令のセットには、本発明の様々な実施形態の方法及び処理といった特定の演算を行うように、コンピュータ又はプロセッサに処理マシンとして命令する様々なコマンドが含まれる。命令のセットは、ソフトウェアプログラムの形であってよい。ソフトウェアは、システムソフトウェア又はアプリケーションソフトウェアといった様々な形式であってよく、また、有形及び非一時的なコンピュータ可読媒体として具体化される。更に、ソフトウェアは、別箇のプログラム又はモジュールの集合体、より大きいプログラム内のプログラムモジュール又はプログラムモジュールの一部の形であってよい。ソフトウェアは更に、オブジェクト指向プログラミングの形のモジュラプログラミングを含んでもよい。処理マシンによる入力データの処理は、操作者のコマンドに応えて、前の処理の結果に応じて、又は、別の処理マシンによるリクエストに応えて行われる。

【0024】

更に、以下の請求項における限定は、ミーンズ・プラス・ファンクション形式で記載されておらず、当該請求項の限定が、更なる構造のない機能の説明が続く「～の手段 (means for)」の表現を明示的に使用しない限り及び明示的に使用するまで、米国特許法第112条第6パラグラフに基づいて解釈されることを意図していない。

【0025】

本発明の実施態様の代替変形例は、当業者には容易に想起されるであろう。上記されたように、パッチのN方向がアジマス方向に延在し、 $1 \times N$ パッチがエレベーション方向において隣同士に並べられるように、 $1 \times N$ パッチの向きを 90° （又は任意の他の角度）だけ回転させてもよい。別の変形例では、マイクロビームフォーマが、アジマス方向に集束遅延を適用するように設定される一方で、システムビームフォーマが、エレベーション方向に集束遅延を適用する。例えばシステムは、物理スイッチ又はソフトキースイッチを用いて実現されてよく、これにより、ユーザは、 $1 \times N$ パッチのN方向の向きがエレベーション方向又はアジマス方向であるように選択することができ、マイクロビームフォーマ及びシステムビームフォーマによって適用される遅延は、選択された向きに合わせられる。このようなユーザ制御は、マトリクスアレイ用の従来のやり方で2Dアレイ及びビームフォーマを動作させるように標準的な2Dパッチを選択する第3の設定を有してもよい。

10

20

30

【図1】

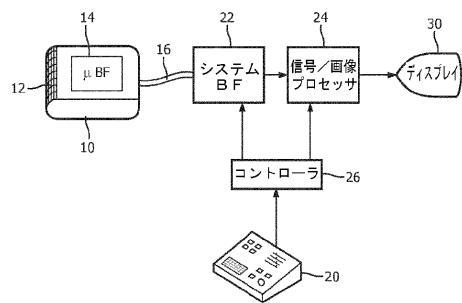


図1

【図2】

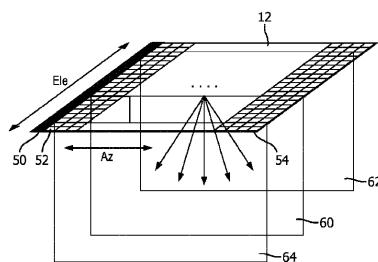


FIG. 2

【図3 A】

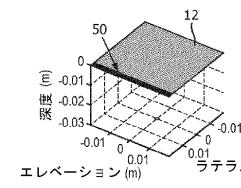


図3 A

【図3 B】

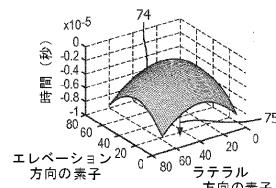


図3 B

【図3 C】

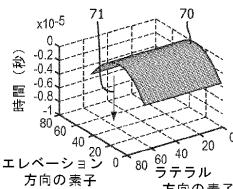


図3 C

【図3 D】

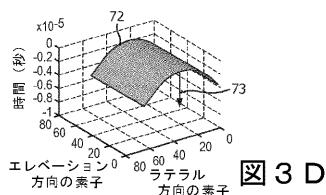


図3 D

【図4 C】

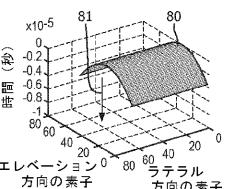


図4 C

【図4 A】

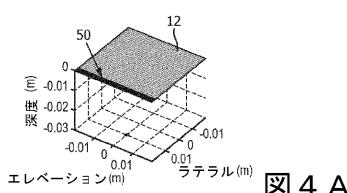


図4 A

【図4 D】

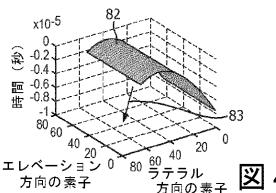


図4 D

【図4 B】

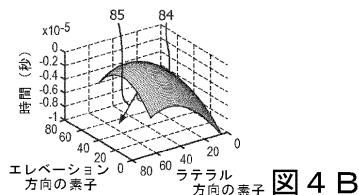
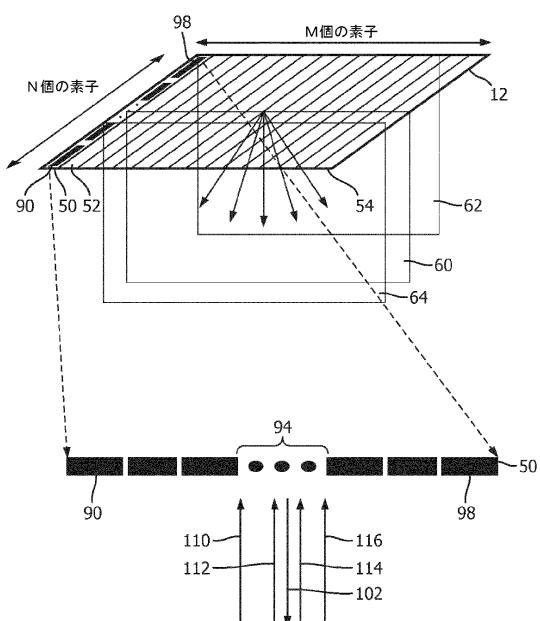


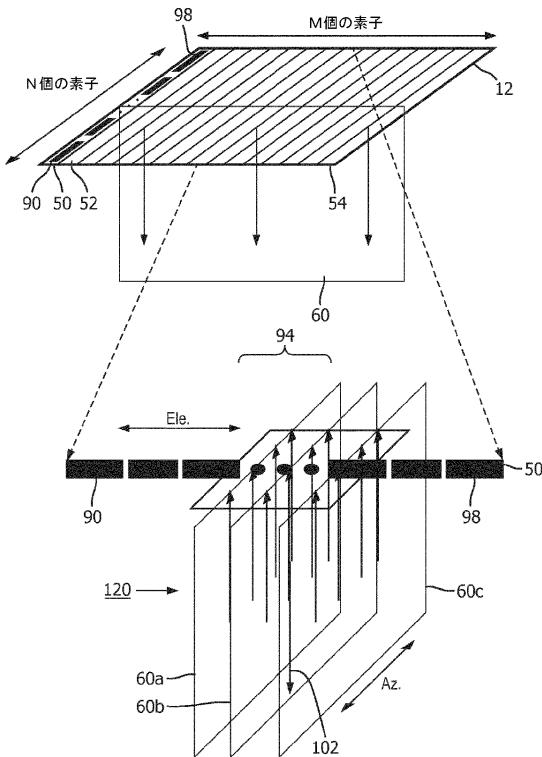
図4 B

【 図 5 】



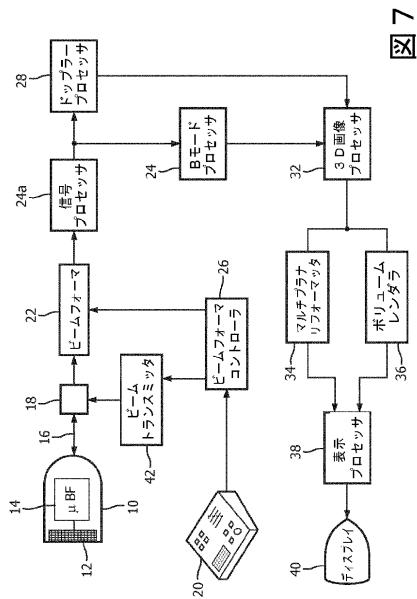
5

【 四 6 】



6

【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ロベルト ジャン ルック
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 エレカンプ ラモン クイド
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 フアン シエン ウエン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 セイヴィオルド ベルナルド ヨセフ
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 ラドゥレスク エミール ジョージ
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特開2012-143559 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0179043 (US, A1)
特開2014-168500 (JP, A)
特表2004-506466 (JP, A)
米国特許出願公開第2002/0045822 (US, A1)
米国特許出願公開第2011/0306886 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8/00 - 8/15