

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6023396号
(P6023396)

(45) 発行日 平成28年11月9日(2016.11.9)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)

(51) Int.CI.

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/00

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-509921 (P2009-509921)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月17日 (2007.4.17)
 (65) 公表番号 特表2009-536853 (P2009-536853A)
 (43) 公表日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2007/066750
 (87) 國際公開番号 WO2007/133878
 (87) 國際公開日 平成19年11月22日 (2007.11.22)
 審査請求日 平成22年4月14日 (2010.4.14)
 審判番号 不服2014-26613 (P2014-26613/J1)
 審判請求日 平成26年12月26日 (2014.12.26)
 (31) 優先権主張番号 60/747,148
 (32) 優先日 平成18年5月12日 (2006.5.12)
 (33) 優先権主張国 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 アーネー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチラインビーム生成器による超音波合成送信フォーカシング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波診断イメージングシステムであって：
複数の受信ラインを含む幅を伴って送信される送信ビームによるエコーから、複数の受信ラインが形成され、前記送信ビームとは異なる位置に送信ラインが形成される別の送信ビームによるエコーから、別の複数の受信ラインが形成され、前記別の複数の受信ラインの一部は前記複数の受信ラインと位置合わせされ、位置が一致する共通の受信ライン位置について受信ラインの合成を行うように送信ビームが位置合わせされて送信される合成送信フォーカシングを生成し、

トランスジューサ要素のアレイを含むプローブ；

前記トランスジューサ要素のアレイに結合され、前記送信ラインが水平方向に間隔を置いた複数の送信ラインの位置に形成されるように、各々が焦点領域を示すビームを送信するように動作する、送信ビームフォーマ；

前記のトランスジューサ要素のアレイに結合されたマルチライン受信ビームフォーマであって、異なる送信ビーム位置の各々における1つの送信ビームに応じて、対応する複数の受信ライン位置において複数の受信ラインを生成する、マルチライン受信ビームフォーマ；

前記共通の受信ライン位置において、互いに異なる送信ラインの位置に焦点領域を示す前記送信ビームのエコーから生成された複数の受信ビームに対して、受信ビーム間に存在する位相を同じにする複数の遅延部を有し、前記遅延がなされた受信ビームのr.f.信

号を組み合わせて画像データを生成するマルチライン組み合わせ回路；及び

前記画像データを用いて画像を生成するディスプレイ

を有する、

超音波診断イメージングシステム。

【請求項 2】

前記マルチライン組み合わせ回路は、マルチラインデータを重み付けする複数の重み付け回路をさらに有する、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 3】

前記プローブは線形アレイプローブを有する、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

10

【請求項 4】

前記プローブはフェーズドアレイプローブを有する、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 5】

前記送信ビームフォーマは、選択された送信アパーチャから送信ビームを送信するよう更に変えられる、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 6】

前記送信ビームフォーマは、トランスジューサアレイに沿う一連のトランスジューサ列から構成される選択された異なるアパーチャで送信ビームを送信する、請求項 5 に記載の超音波診断イメージングシステム。

20

【請求項 7】

前記送信ビームフォーマは、一送信ビームの横方向に離間した受信ライン位置の少なくとも一部が他の送信ビームの横方向に離間した受信ライン位置の少なくとも一部と一致するように選択されるアパーチャで各送信ビームを送信する、請求項 6 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 8】

前記送信ビームフォーマは、前記一送信ビームの横方向に離間した受信ライン位置の少なくとも一部が前記他の送信ビームの横方向に離間した受信ライン位置の少なくとも一部と軸方向において一致するように選択されるアパーチャで各送信ビームを送信する、請求項 7 に記載の超音波診断イメージングシステム。

30

【請求項 9】

前記マルチライン受信ビームフォーマは複数のマルチラインプロセッサを有し、該複数のマルチラインプロセッサの各々は、複数のトランスジューサ要素から受信された信号に一組の遅延部を適用し、選択されたライン方向において受信マルチラインをフォーカシングする、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 10】

前記マルチライン受信ビームフォーマが生成する受信ラインの本数は可変である、請求項 9 に記載の超音波診断イメージングシステム。

【請求項 11】

前記マルチライン受信ビームフォーマに結合され、複数の送信ビームに応じて生成される受信ラインを記憶する、請求項 1 に記載の超音波診断イメージングシステム。

40

【請求項 12】

超音波画像を生成する方法であって、

(A) アレイトランスジューサから複数の受信ラインを含む幅を伴う送信ビームを送信する段階；

(B) 前記アレイトランスジューサによりエコー信号を受信する段階；

(C) 送信ライン位置から送信される送信ビームにより生成される前記エコー信号から、複数の受信ラインを生成する段階；

(D) 前記アレイトランスジューサに沿った前記送信ビームとは異なる位置において、アレイトランスジューサから複数の受信ラインを含む幅を伴う別の送信ビームを送信する

50

段階；

- (E) 前記別の送信ビームからのエコー信号を受信する段階；
- (F) 前記(E)の段階の前記エコー信号から前記複数の受信ラインとは別の複数の受信ラインを生成する段階であって、この段階における別の複数の受信ラインの一部は前記複数の受信ラインの一部と位置合わせされる、段階；
- (G) 全画像フィールドがスキャンされるまで受信ラインの間隔だけ送信ビームの位置を移動させながら、(D)から(F)の段階を繰り返す段階；
- (H) 前記(F)の段階で位置合わせされることで位置が一致した共通の受信ライン位置において、互いに異なる送信ラインの送信ビームのエコーから生成された複数の受信ビームに対して、受信ビーム間に存在する位相を同じにする遅延がなされた受信ビームのr.f.信号を組み合わせて画像データを生成する段階；及び
- (I) 前記画像データを用いて画像を生成する段階；

を有する方法。

【請求項13】

前記(H)の段階において、前記組み合わせの前に、共通の受信ライン位置に対応する異なる送信ビームからの受信ビームのr.f.信号のそれぞれに重みを付ける段階をさらに有する、請求項12に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療診断超音波システムに関し、特に、マルチライン受信ビームスプリッタを用いて焦点領域を拡張する超音波システムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波画像が画像フィールドにおける全てのポイントでフォーカシングされる合成フォーカシングの原理が多くの研究のテーマになってきた。例えば、米国特許第4,604,697号明細書(Luthra等による)において、超音波パルスが超音波トランスジューサアレイの各々の要素から順次に送信される合成焦点技術について記載されている。各々の送信から受信されたエコー信号は、アレイの要素の全てにより受信され、記憶される。信号の全てが受信された後、フォーカシングされたエコー信号は、各々のポイントの方に及び各々のポイントの方から超音波信号の飛行時間及び画像における各々のポイントに対する各々のトランスジューサ要素の位置についての知識から、画像フィールドの各々のポイントにおいて生成されることが可能である。適切に受信された信号は、画像における各々のポイントについてコピーメントなエコー信号を生成するように、組み合わされる。各々のポイントを生成するように用いられる、記憶されているデータ値の選択は、画像における各々のポイントについてビーム生成を与える。この方法は、画像フィールドにおける全てのポイントにおいてフォーカシングされた信号を与える一方、幾つかの短所を有している。それらの短所の1つは、全画像フィールドからのr.f.信号が処理のために記憶される必要があることである。このことは、かなりの情報記憶量を必要とする。第2の短所は、画像における各々の点についてデータを選択して重み付けするために、かなりの処理量が必要とされ、その場合、画像データポイントを演算するように、適切に重み付けされたデータを組み合わせる必要があることである。第3の短所は、この方法は、単一のトランスジューサ要素により送信されるエネルギーは制約するために、浅い侵入深度のためのみに有効であることである。

【0003】

合成フォーカシングの基本原理を用いる特定のアプリケーションは、従来の遅延加算受信ビームスプリッタであって、各々の受信要素からの信号に適用される遅延は、合成焦点技術におけるデータ選択に相当する、遅延加算受信ビームスプリッタである。従来のビームスプリッタは、特定の焦点領域においてフォーカシングされる送信ビームを送信し、この信号送信ビームのみに沿ったエコーを動的にフォーカシングするために、それらの原理

10

20

30

40

50

の限定されたアプリケーションである。従って、複数の装置が、全画像フィールドをスキャンするために必要である。結果として得られる効率は、画像における全てのポイントに対して全ての送信についてデータが記憶される必要はなく、送信により受信されるデータは、ビーム方向に沿ってコヒーレントなエコー信号を生成するように、すぐに処理される。各々の受信ビームは、選択された焦点領域のみに対する送信においてフォーカシングされることが制限となっている。しかし、より大きい深度における信号対ノイズ比は、複数のトランスジューサ要素がビームを送信するように作動されるために改善され、妥当な侵入が得られようとする。

【0004】

米国特許第6,231,511号明細書（Bae等による）及び後の文献“*A Study of Synthetic-Aperture Imaging with Virtual Source Elements in B-Mode Ultrasound and Imaging Systems*” by Bae et al., IEEE Trans. UFFC, vol. 47, no. 6 (2000), p. 1510～においては、従来の焦点領域の外側の水平方向の分解能を改善し、従って、画像フィールドの全てのポイントにおいて送信フォーカシングの効果を達成するように、合成フォーカシングの特徴及び標準的にフォーカシングされるビーム生成器の特徴を組み合わせて提供されている。この方法は、“仮想ソース”から外部及び内部の両方にエネルギーを放出する、標準的な送信ビームの焦点に“仮想ソース要素”があるという仮定を前提としている。標準的なフォーカシングされた送信ビームの送信に後続して、エネルギーは、受信アパーチャのトランジューサ要素により受信されて、記憶される。全画像フィールドがスキャンされた後、各々のポイントにおけるエコー信号は、フィールドにおけるポイントを含む各々の仮想ソースフィールドの要素により受信された信号から演算される。焦点における画像ポイントは、仮想ソースモデルが送信焦点に関する砂時計形状フィールドであるために、1つのビームのみからイメージングされるが、焦点からの深度において更に除去されるポイントは、多くのスキャンラインの受信信号から演算される。その結果は、送信焦点ポイントから外部及び内部のポイントにおいて改善された水平方向の分解能を示す画像であるといわれる。しかし、上記の基本的な合成アパーチャ方法と同様に、かなりのデータ量が、各々の受信アパーチャにおける全ての要素からのr.f.信号を処理するために記憶される必要がある。更に、合成フォーカシングにより得られる画像は、送信及び受信のみがこの画像ポイントに寄与し、複数の送信及び受信が、送信焦点ポイントから除去されたポイントに寄与するため、焦点の周囲では暗く見えるといわれる。従って、少なくとも画像のかなりの部分に亘ってフォーカシングし、莫大な量のr.f.データを記憶する必要のない送信を達成することが要請されている。

【特許文献1】米国特許第4,604,697号明細書

【特許文献2】米国特許第6,231,511号明細書

【非特許文献1】“*A Study of Synthetic-Aperture Imaging with Virtual Source Elements in B-Mode Ultrasound Imaging Systems*” by Bae et al., IEEE Trans. UFFC, vol. 47, no. 6 (2000), p. 1510～

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の原理に従って、r.f.信号データを記憶する必要のない、フィールドのかなりの深度に亘る送信焦点に達する診断超音波システム及び方法について記載している。複数のスキャンラインの少なくとも一部に超音波を当て、受信ビームが、例えば、並列して又は時間多重化により、複数のスキャンラインに沿って同時に処理される超音波ビームが送信される。連続するそのような送信は、共通のスキャンラインの位置に関連付けられる複数のスキャンラインを生成する。好適には、それらの関連するスキャンラインは、同心

10

20

30

40

50

円状に位置合わせされる。それらの関連付けられるスキャンラインのデータは、フィールドのかなりの深度に亘って有効に送信フォーカシングされるエコードデータを生成するようビーム生成される。以下の実施例においては、超音波システムは、マルチラインビーム生成器により同時に複数のビームを受信する。本発明の実施形態は、一部の臨床アプリケーションにおいてマルチゾーンフォーカシングに頼る必要性を減らすことにより超音波イメージングのフレームレートを改善することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

先ず、図1a乃至1cを参照するに、重なったビームプロファイルが示され、3本の送信ビームが送信され、各場合に、各々の送信ビームから3つのビームを受信することが示されている。図1aは、ビームを送信したトランスジューサアレイ8により送信される送信ビームプロファイル10を示し、ビームの中心における強度ピークの下のレベルは一定である。送信ビームプロファイルレベルは、設計者により選択され、ビームの中心における最大強度以下の3dB、6dB、20dB又はある他のレベルにあることが可能である。そのビームプロファイルは、従来の送信フォーカシングによるビームプロファイルの最狭の幅である焦点12に焦点合わせされていることが理解できる。ビーム20の直交する方向からみた様子は、トランスジューサアレイ8の下に示され、センターロープ20aと、そのメインロープ20aのどちらかの側のサイドロープを含む。送信されるビームは、焦点領域12において最も狭い焦点に達し、その後広がる。他の実施形態においては、発散した送信ビームが用いられることが可能である。かなりの深度でのフォーカシングがまた、有効であることが判明した。

【0007】

送信ビーム10、20は、複数の受信ライン14、16及び18を含む幅を伴って送信される。一般に、より広いビームが、より小さい送信アパーチャから送信されることにより生成される。即ち、アレイにおける要素の全数に比べて、アレイ8のより少ない数の要素は、ビームを送信するように作動される。送信に後続して、エコーが受信され、3つの受信ライン位置14、16及び18に沿ってフォーカシングされる。以下に説明するように、受信アパーチャのトランスジューサ要素によって受信されたエコーは、一つの送信ビームに対する応答において、異なるライン位置14、16、及び18で、複数のラインを形成するために3つの異なるやり方で、遅延され合計される。この実施例においては、受信ライン16は、送信ビーム10、20の中央において受信され、受信ライン16と18は、中央のラインのいずれかの側において受信されるようにフォーカシングされ、かつ、横方向に導かれる。この実施例においては、外側のライン14及び18のニアフィールド及びファーフィールドのみが送信ビームプロファイル10内にある。それらの領域において、外側のライン14及び18は、中央のラインの位置のどちらかの側において送信エネルギーから受信され、それにより、中央のラインの位置の両側における画像フィールドにおける対象をサンプリングし、それにより、画像受信及び分解能についてニアフィールド及びファーフィールドにおける送信ビームの水平方向に広がったエネルギーを効率的に用いている。

【0008】

図1bにおいては、第2ビームは、一の受信ラインの間隔だけ右の方に送信アパーチャを移動させることにより送信される。第2送信ビームは、第1送信ビームと同じビームプロファイルを有し、ビームプロファイル曲線10'により輪郭付けされている。第1ビームの場合のように、3つの受信ラインが、受信ライン位置16、18及び22における第2送信に応答して、同時に受信され、ビーム生成される。その結果、受信ライン16は、第1送信からの受信ライン16と位置合わせされ、受信ライン18は第1送信からの受信ライン18と位置合わせされ、そして受信ライン22は第2送信の中央のライン18の右に位置付けられる。受信ラインの第1集合と同様に、受信マルチライン16、18及び22の第2集合が後続の処理のために保存される。

【0009】

10

20

30

40

50

図 1 c においては、第 3 ビームが、一受信ラインだけ右の方に再び移動される中央のアバーチャの位置から送信される。この送信ビームは、ビームプロファイル 10 により輪郭付けされ、その送信後、3 本の受信ライン 18 、 22 及び 24 が同時受信される。先行する受信ラインと同様のそれらの 3 つの受信ラインは、先行ビームのラインと同じ間隔を有する送信ビームのビームプロファイル内に全体が又は一部がある。その結果、受信ライン 18 は、第 1 送信の受信ライン 18 及び第 2 送信の受信ライン 18 と軸方向において位置合わせされ、受信ライン 22 は、第 2 送信の受信ライン 22 と軸方向において位置合わせされる。受信ライン 18 、 18 及び 18 の経路内の対象は、ここでは、3 つの受信ラインによって、即ち、それぞれの異なる送信ビームによってサンプリングされる。下で説明するように、それらの共に位置合わせされるビームは、何れかの個別のラインの場合に比べて、大きいフィールド深度においてフォーカシングされるラインに沿った画像データのラインを生成し、延ばされた送信焦点効果を得るように組み合わされる。3 つのビーム送信からのエコーエネルギーは、結果として得られる画像データを生成するように組み合わされるため、フォーカシングはより深いフィールド深度において有効である。
10

【 0010 】

送信及び受信は、全画像フィールドがスキャンされてしまうまで、この方法で、画像フィールドにおいて継続する。ラインの位置について、受信ラインの最大数、この実施例においては 3 つ、が取得される度に、受信ラインが処理され、その位置において画像データのラインが生成される。それ故、受信 r . f . 信号が、受信されるときに、マルチラインにビーム生成されるために、何れかの送信からの r . f . データを予め加算して記憶する必要はない。受信ラインが処理され、ライン記憶は、後続のラインの記憶のために解放されるときに、その位置において受信ラインの全てが取得されるまで、あるラインの位置において先行するラインを記憶する必要は限られた場合にしかない。
20

【 0011 】

図 2 a 乃至 2 d は、送信ビームプロファイル 30 が、図 2 a の参照番号 31 乃至 36 に示されている、6 つの受信ラインの位置における受信ラインの全て又は一部を有する、本発明の他の実施例を示している。この実施例においては、最初の場合と異なり、送信ビームの中央には受信ラインが存在しない。それに代えて、中央の受信ライン 33 及び 34 は、送信ビームの中央のいずれかの側での受信ライン間隔の半分の間隔で離間している。外側の受信ライン 32 及び 35 は、ニアフィールド及びファーフィールドにおけるビームプロファイル 30 内にあり、最も外側の受信ライン 31 及び 36 のニアフィールド部分のみが送信ビームプロファイル内にある。下で説明するように、画像データ生成において、それらのニアフィールドライン部分 31 及び 36 を用いないように決定されることが可能である。
30

【 0012 】

次の送信ビームは、図 2 b における第 2 送信ビームのプロファイル 30 で示すように、1 受信ライン間隔だけ、第 1 送信ビームの右の方に送信される。6 つの受信ラインはまた、受信ライン位置 32 、 33 、 34 、 35 、 36 及び 37 において同時に受信され、ビーム生成される。それらの受信ラインの最初の 5 つは、第 1 送信ビームの受信ライン 32 、 33 、 34 、 35 及び 36 と位置合わせされ、それ故、それらのライン位置の各々における処理のために第 2 受信ラインを与える。図 2 c は、第 3 送信ビームの送信及びビームプロファイル 30 内の 6 つの受信ラインの受信に後続する結果を示している。ここでは、ライン位置 33 、 34 、 35 及び 36 において受信される 3 つの受信ライン、位置 37 における 2 つの受信ライン並びに位置 38 における 1 つの受信ラインの一部、の全部又は一部が存在する。図 2 d におけるビームプロファイル 30 で示されている第 4 送信の後、4 つの受信ラインの全部または一部がライン位置 34 、 35 及び 36 において受信される。3 つの受信ラインがライン位置 37 において受信され、2 つの受信ラインがライン位置 38 において受信され、1 つの受信ラインの一部がライン位置 39 において受信される。図から分かるように、
40
50

このようにスキャンが継続されると、この実施例において示されているように、両極では受信されるラインは少ないが、それを除けば、アパー・チャの殆どにおけるライン位置において、6つの受信ラインの全部又は一部が受信される。受信ラインデータを組み合わせて画像データを生成すれば、各々の受信ライン位置のサンプリングの数が大きいので、より良好な有効な送信フォーカシングがもたらされる。

【0013】

より多くの同時受信ラインを用いてもよく、8個、12個又は16個の間隔を置いた、同時に受信されるラインを用いても良い。この場合には、送信時のF値を小さくして、より広い受信ライン位置を照射しなければならない。

【0014】

図3及び4は、全ての送信ビームから4つの受信ラインを用いる、本発明の他の実施例を示している。それらの図においては、連続ビーム群及び受信ライン群は重なり合っていないが、図示の明確化のために上下方向に位置合わせされている。各々の送信ビーム40-1、40-2、40-3等は、下方を向いている破線の矢印で示され、各々の送信ビームからの受信ラインは、それぞれの受信ラインに対応する送信ビームのいずれかの側において、実線の矢印として示されている。図3a乃至3dは、最初の第4送信-受信シーケンスを示している。図中、送信ビーム40-nは、各々の連続する送信間隔に係る一受信ライン間隔だけ右の方に移動されている。この送信-受信シーケンスの終わりには、受信ライン44、即ち、第2ビームからの受信ライン44-1、第3ビームからの受信ライン44-2及び第4ビームからの受信ライン44-3と位置合わせされた4つの受信ラインが受信されることが理解できる。それらの4つの受信ラインは、画像フィールドにおけるそれらの受信ラインの位置において画像データのラインを生成するように組み合わされる。

10

【0015】

図4a乃至4dは、前述の送受信シーケンスの続きを示し、各々の送信ビームについて4つの同時に受信されるラインの更なる4つの送信-受信間隔を有する。次の4つの送信ビームは、それらの図において、40-5、40-6、40-7及び40-8として示されている。それらの図が示しているように、ここでは、ラインの位置44、45、46、47及び48において受信される4つの受信ラインが存在する。それらの位置の各々において4つの受信ラインが受信された後、それらの4つのラインは合成され、、画像データの1つのラインとなり、記憶されている受信ラインは削除され、後続のラインが同じ記憶位置に記憶できるようにされる。4つの位置合わせされたラインの群のさらなる第4ラインが受信される度に、その群の4つのラインは合成され、その位置における画像データのラインを形成し、記憶位置は後続のラインのために用いられる。そのシーケンスは、このように続き、画像フィールドにわたり送信される各ビームの4つの受信ラインを受信し、各ライン位置全体にわたって4つの受信ラインが合成されるが、画像フィールドの両極は除かれる。

20

30

【0016】

図5は、本発明の原理に従って構成された超音波イメージングシステムをブロック図形式で示している。超音波プローブ102は、トランスジューサ要素のトランスジューサアレイ104を有する。選択されたトランスジューサ要素の群は、送信ビームスプリッタ106によりそれぞれの遅延時間に動作されることで、所望の原点からそのアレイに沿って所望の方向を進行して、選択された焦点領域でフォーカシングされるビームが送信される。送信ビームフォーマは、送信/受信スイッチによりトランスジューサ要素に結合され、送受信スイッチは、印加される高電圧送信パルスからの受信器への入力を防止するクロスポイントスイッチを有することが可能である。各々の送信ビームに応答して、アレイ104の各々のトランスジューサ要素により受信されるエコーは、マルチラインプロセッサ110a乃至110nの入力に適用される。各々のマルチラインプロセッサは、受信ビームスフォーマを有し、受信ビームフォーマは、それ自体の遅延のセットを適用し、必要に応じて、アレイ要素からの受信エコーを重み付けするアポディゼーション重みを適用し、同

40

50

じ送信ビームから異なるステアリングがされた受信ビームを生成する。マルチラインプロセッサ 110a 乃至 110n のための適切なマルチラインビームスプリッタは、例えば、米国特許第 6,695,783 号明細書 (Henderson 等による) 及び、米国特許第 5,318,033 号明細書 (Savord による) に開示されている。マルチラインプロセッサ 110a 乃至 110n の出力は、ライン記憶部 112 に結合され、ライン記憶部 112 は、少なくとも、表示データのラインを生成するために必要なマルチラインの全てが取得されるまで、受信されたマルチラインを記憶する。表示データのラインを生成するように用いられるマルチラインの群は、乗算器 116a 乃至 116n のそれぞれに適用され、対応するライン位置の表示データが生成される。各々のラインからのエコードーティアは、必要に応じて、アポダイゼーション重み 114a 乃至 114n により重み付けされることが可能である。一般に、それらの重みは、往復インパルス応答の関数として各々のラインを重み付けする。適切な重み付けアルゴリズムは、次のように求められる。すなわち、“amplitude(x, z)” を、送信波面による画像フィールドにおける位置 (x, z) の点の照射振幅であり、方位角の位置 $x = 0$ は送信ビームの中心軸に対応するものとする。 X を、送信ビーム軸に対する受信されたマルチラインの方位角であるとする。深度 Z における画像の点を生成するため、この受信されたマルチラインに適用される重みは、次式で表される。

【0017】

$$\text{Weight}(X, Z) = \text{amplitude}(X, Z).$$

適切な遅延特性の決定のために、propagation_time(x, z) を、位置 (x, z) における点に達するために送信波面が必要とする伝搬時間であり、再び方位角 $x = 0$ が、送信ビームの中心軸に対応するものとする。 X を、送信ビーム軸に対する受信ラインの方位角であるとする。深度 Z における画像の点を生成するためにこの受信されたマルチラインに適用される遅延は、次式で表され、

$$\text{Delay}(X, Z) = \text{propagation_time}(X, Z) - \text{propagation_time}(0, Z)$$

ここで、propagation_time($0, Z$) は、同じ深度であるが、軸上にある点に達する時間である。

【0018】

関数 amplitude(X, Z) 及び propagation_time(X, Z) は、例えば、送信フィールドのシミュレーションにより得られる。伝搬時間を計算する適切な方法は、複数の周波数における単色シミュレーションからのフィールドの位相遅延を用いることである。その振幅は、複数の周波数においてフィールドの振幅を平均化することにより計算されることが可能である。更に、深度に依存する正規化を重みに適用することが可能である。これは、ある深度における重み全てに、共通の係数を乗算する。例えば、正規化は、スペックル領域が深度に伴って一様な輝度を有するように、選択されることが可能である。深度の関数として重みを変えることにより、深度に伴ってアパー・チャの大きさ及び形状（アポダイゼーション）を変化させることが可能である。

振幅及び伝搬時間は、システムで用いられる厳密な送信特性のシミュレーションから求められる必要はない。設計者は、例えば、異なるアパー・チャサイズまたは異なるアポダイゼーションを用いることを選択してもよい。

【0019】

各ラインからのエコードーは乗算器 116a 乃至 116n により重み付けされ、遅延ライン 118a 乃至 118n により遅延される。一般に、それらの遅延は、上で示しているように、受信ライン位置に対する送信ビームの中心の位置に関連付けられるであろう。該遅延は、異なる送信 - 受信ビーム位置の組み合わせに伴う、マルチラインのライン毎に存在する位相シフト変動を同じにするように使われ、組み合わされる信号の位相差により信号がキャンセルされることはない。

【0020】

言うまでもなく、ディジタルシステムにおいては、重み付けされた複数のエコードーティア

10

20

30

40

50

をメモリに記憶し、後で必要な遅延をかけるときにそのデータを読み出すことにより、遅延ラインをかけることが可能である。異なる長さのシフトレジスタ及びクロック信号を用いてディジタル遅延をかけることも可能であり、又は上記米国特許第6,695,783号明細書に記載されているような補間ビームフォーマが用いられることも可能である。遅延信号は加算器120により結合され、結果として得られる信号は画像プロセッサ122に結合される。画像プロセッサは、表示される画像を改善するように、スキャン変換又は他の処理を実行することが可能である。結果として得られる画像は、画像ディスプレイ124に表示される。

【0021】

図5のシステムにおいては、遅延ライン118及び加算器120は、所定の方向に共に位置合わせされる複数の受信マルチラインから受信された信号の再フォーカシングを行う。その再フォーカシングは、各々のマルチラインについての異なる送信ビーム位置の使用からもたらされる位相差について調整し、合成信号における不所望の位相キャンセルを防止する。重み114は、送信ビームのマルチライン位置への近さに関連するマルチラインの寄与を重み付けし、信号対ノイズ比が高い受信ビームにはより大きい重みを与える。このことは、各々の受信ライン方向における複数のサンプリングの組み合わせにより、各々の受信ラインに沿ったフィールド深度が長くなり、及び改善された浸透（改善された信号対ノイズ比）をもたらす。

【0022】

図4a乃至4dの実施例において、各々の受信マルチラインは、他の共に位置合わせされるマルチラインと組み合わせて、一度だけ用いられることが理解できる。このことは、本発明の実施形態は、重み部114、乗算器116及び遅延部118の第2セットを必要としないことを意味する。なぜなら、それらの重み付け及び遅延効果は、マルチラインプロセッサ110の重み及び遅延により実装することが可能だからである。マルチラインプロセッサ110は、適切な受信方向においてマルチラインをフォーカスし、合成されるマルチラインに対する位相変化及び送信ビーム変化を、すべてを1つのプロセスステップで処理することができる。ライン位置についてのマルチライン全てが受信された後、それらのマルチラインを単に加算して、表示ラインデータを生成する。代替として、ライン位置についての各々の受信マルチラインは、そのラインについてのライン累算器に記憶される。そのライン位置における後続して受信される各々のマルチラインは、その位置におけるマルチラインの全てがその累算器において結合されるまで、その累算器のコンテンツに加算される。累算器のコンテンツは、画像プロセッサに転送され、他のライン位置について使用するため、累算器を開放する。

【0023】

図6a及び6bは、所定の表示ライン位置について受信マルチラインを組み合わせて用いることが可能である重み付け及び遅延の特徴の実施例を示している。図6aは、図2bの受信マルチライン33のような送信ビームの中心から相対的に離れた受信マルチラインについての例示としての重み付け及び遅延の特徴を示している。受信マルチライン33は、z=0におけるトランジューサアレイの面からその図の右側における最大スキャン深度までのz方向において拡張して示されている。そのマルチラインの中心は、破線として示され、マルチライン33のその部分は選択されたビームプロファイル30の外側にあり、その応答は、設計者が許容可能であると判断した応答より下にある。重み付け特徴82は、それ故、マルチラインが再フォーカシングのために用いられるようになっている非ゼロレベルにおいて、及びビームプロファイルを越えている、最小にある重みをこのマルチラインに重み付けする。他の実施形態においては、重み付け特徴82は、ニアフィールドにおいて、0に低下することが可能である。このことは、エコーは、必要な遅延が適用された後、アレイに近接し過ぎる、又はアレイの後にあり、従って、適切な受信に対して感應しないためである。従って、水平方向に距離を置いて離れたマルチラインからのマルチラインは、かなり近接したニアフィールドにおいてマルチラインの組み合わせでは用いられない。

JP 6023396 B2 2016.11.9

10
20
30
40
50

【0024】

位相特徴 84 は、送信ビームの焦点におけるゼロ位相調整と関連付けられ、ニアフィールドにおいては略一定のまま保たれ、ファーフィールドにおいては次第に減少することが理解できる。

【0025】

図 6 b は、送信ビームの中心により近接する受信マルチライン 33 についての例示としての重み付け特徴及び遅延特徴を示している。このより近接した近接性のために、そのマルチラインは、重み付け特徴 86 で示されるように、より大きい全体的な重み付けが与えられる。その重み付けは、焦点領域における参考番号 33 のようなより遠く離れたマルチラインの重み付けの減少を調整するように、焦点領域の近傍で増加する。水平方向においてより遠いマルチラインについての遅延特徴 83 はより中央のマルチライン 33 の位相から演算されるため、位相調整特徴 88 は直線で示されている。この実施例においては、マルチライン 33 は、画像の全深度に亘って再フォーカシングするように用いられるが、所定の実施形態においては、設計者は、かなり近接したニアフィールドにおけるライン位置に近接する送信ビームからの単一ラインのエコーを用いるように選ぶことが可能である。
。

10

【0026】

本発明の実施形態は、種々の受信機能と共に用いられることが可能である。例えば、それは、フォーカシングされたサブアパートチャからの信号において機能する。他の変形においては、受信ビーム自体を生成することに代えて、フーリエ成分のような限定された数の直交関数を用いることが可能である。その場合、フーリエ空間における種々の送信を組み合わせることが可能である。組み合わされた信号は、受信される画像ラインに正確には対応しない。従って、受信ビームは、フーリエ成分又はサブアパートチャを組み合わせることにより生成される。アポダイゼーションの変化によりビームから導き出される複数のビーム及び関数の種々の組み合わせはまた、本発明の範囲内にある。他の実施形態においては、少数の受信マルチラインが、付加中間マルチラインを補間することにより増加されることが可能であり、その場合、増加した数のマルチラインにより本発明の処理を実行することが可能である。

20

【0027】

図 7 は、動きの効果を扱う、図 5 の超音波システムについての変形を示している。図 5 に示す実施例においては、異なる送信 - 受信インターバルの複数の共に位置合わせされるマルチラインから受信された $r \cdot f \cdot$ 信号を合成される。合成されるのは $r \cdot f \cdot$ 信号であって、検出された信号の包絡線ではないため、合成されるマルチラインが受信される期間における画像において動きが殆どないことは重要である。画像フィールドにおける物質の、又は画像フィールドに対するプローブのどちらかの大きな動きにより $r \cdot f \cdot$ 信号差が生じ、それにより、異なるマルチラインからの信号が合成されるとき、好ましい信号増強ではなく、キャンセルをもたらす。

30

この問題は、取得時間が長く、その間に、合成されるより多くの数のマルチラインが取得されるときに、より深刻になる。図 7 の実施例は、相対的な画像動きを検出し、動きの存在に応じて、マルチラインの順序を調整することにより、この問題に対処することができる。動き検出器 130 は、画像プロセッサ 122 から連続した画像フレームを受信し、画像コンテンツを比較して、動きを示す差を求める。これを行うための適切な技術は相関法であり、この手法では、同じ領域又は連続した画像の領域における画素値を相関させる。これは、2つの画像のデータ間のゼロ遅れ (zero-lag) 正規化相互相関を計算することにより実行できる。相関係数が大きい（即ち、画像が略同じである）場合、より多い数のマルチラインを用いてフィールドの深度を改善するが、送信 - 受信インターバルはより多くかかる。画像フィールド内の又はプローブによる動きに原因して、相関係数が小さい（画像が異なる）とき、より少ない数のマルチラインが合成される。適切な相関技術は、米国特許第 6,126,598 号明細書 (Entrekin 等による) に記載されている、絶対差の最小合計 (MSAD) 技術であり、ここに参照援用する。その特許文献に

40

50

記載されているように、動き検出のためにMSAD処理を受けるデータは、画像フレーム中に又は画像フレーム間で送信される画像の領域又は基準ラインであることが可能である。また、ドップラ法が、米国特許第5,127,409号明細書(Dagleによる)に記載されているように、動きを検出するように用いられることが可能である。

【0028】

動き検出の結果は、マルチライン制御器132に結合される。マルチライン制御器132は、動きの関数としてマルチラインの送信及び受信を調整し、動きが存在するときは低次のマルチラインを用いる。この実施例において行われる調整は、送信ビームフォーマを制御して、動きが存在するときに、より少ないマルチラインを水平方向において含む、F値がより大きいビームを送信し、合成されるマルチラインが送信時間のより短い期間に広がるようにする。より小さい送信アパーチャは、より大きい深度領域に亘ってより一様であるより広い焦点領域と用いることが可能であり、視野をカバーするのにより少ない送信ビームで済む。受信時に、マルチライン制御器132は、用いられるマルチラインプロセッサを制御し、動きがあるとき、より少ないマルチラインの受信のために、より少ないマルチラインプロセッサを必要とする。マルチラインコントローラ132は、ライン記憶部112にも結合され、動きがあるとき、重み部114、遅延ライン118、及び加算器120による、より少ない数のマルチラインの再フォーカシングを命令する。それらの調整の結果、結合されるマルチラインを取得するのに必要な時間が短くなり、そのより短い時間の期間は、より長い取得インターバルに比べて、動きによって、より影響され難い。それに応じて、動きの影響が小さいときに、動き検出器が静止画像フィールドを検出した場合、マルチラインの次数はマルチライン制御器により高くなる。例示としての調整範囲は、画像フィールドが静止状態にある時、16×マルチラインの使用(送信ビームに応答して16本のマルチラインを受信し、16本の送信ビームからのマルチラインを合成する)であり、動き量が増加するにつれて、マルチライン次数を8×、4×、2×及び1×(单一ライン送信及び受信)に下げる。例えば、プローブが、一定の人体構造や良い観察視野を探して被験者体内を動かされているとき、標準的な单一ラインのイメージングが用いられる。マルチライン次数はまた、超音波システムのイメージングモードの関数として、自動的に変化されることが可能である。例えば、そのシステムが、Bモードのイメージングからドップライメージングに変えられるとき、マルチライン取得は、マルチライン制御器により中止されることが可能である。マルチラインの度合いは、マルチライン制御器によるイメージングの間に自動的に設定されることが可能であり、及び/又は、ユーザは、マルチラインの度合いを設定するように、マニュアル制御を行うことが可能である。

【0029】

本発明の範囲内にある上記の実施例の変形を、当業者は容易に想起することができるであろう。例えば、連続したライン位置に沿って送信することに代えて、送信は、マルチライン送信間のライン(多重化)をスキップすることが可能である。送信は、1つ置きのライン位置、3つ置きのライン位置又は他のマルチライン間隔のインターバルにおいて行われ、従って、画像を生成するために必要な送信イベントの数を減少させ、取得レートを高くすることが可能である。このことはまた、動きアーティファクトを低減する方法もある。より少ない数の送信ビームを有するより広い間隔を置いたラインインターバルでマルチラインを受信することは、動きの課題に対処する他の方法である。この方法は、組み合わされるラインの数を増加させるように、上記のように、補間ラインを増加させることが可能である。このことはまた、所定数のマルチラインについて、フィールドの深度の改善をもたらす。用いられるサンプリングは、一般に、ナイキストサンプリングの要求を決定する送信アパーチャのF数の関数である。スキャンは、画像において順次に行われる必要はなく、他の送信シーケンスが用いられることが可能であり、そのシーケンスは、動きの存在下で、異なる応答を有する。上記の実施例は、アポダイゼーションと共に示されている一方、送信、受信又はマルチラインの組み合わせにおいてアポダイズすることは必要ない。組み合わされるようになっているマルチライン全てが、正確に軸方向に位置合わせされる必要はない。組み合わされるようになっているマルチラインは、互いに水平方向にお

10

20

30

40

50

いてずらされることが可能であり、マルチラインが組み合わされるときに、補間を有効にする。本発明の原理はまた、仰角寸法及び方位角寸法の両方において処理を実行することにより三次元イメージング、フェーズドアレイ（セクタースキャン）イメージング及びリニアアレイ（直交スキャン）イメージング及び曲面化アレイの使用に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1a】本発明の3ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図1b】本発明の3ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図1c】本発明の3ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図2a】本発明の6ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

10

【図2b】本発明の6ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図2c】本発明の6ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図2d】本発明の6ビームの実施例のビームプロファイルを示す図である。

【図3a】第1の4ビームパターンが図の明瞭化のためにずらされている本発明の4ビームの実施例を示す図である。

【図3b】第1の4ビームパターンが図の明瞭化のためにずらされている本発明の4ビームの実施例を示す図である。

【図3c】第1の4ビームパターンが図の明瞭化のためにずらされている本発明の4ビームの実施例を示す図である。

【図3d】第1の4ビームパターンが図の明瞭化のためにずらされている本発明の4ビームの実施例を示す図である。

20

【図4a】受信ビームの整合性を示す図3の4ビームの寄与を示す図である。

【図4b】受信ビームの整合性を示す図3の4ビームの寄与を示す図である。

【図4c】受信ビームの整合性を示す図3の4ビームの寄与を示す図である。

【図4d】受信ビームの整合性を示す図3の4ビームの寄与を示す図である。

【図5】本発明の原理に従って構成された超音波システムをブロック図で示す図である。

【図6a】本発明の4ビームの実施例の2つの異なるビームの遅延及び重み付け特徴を示す図である。

【図6b】本発明の4ビームの実施例の2つの異なるビームの遅延及び重み付け特徴を示す図である。

30

【図7】本発明の実施において組み合わされるマルチラインの数を調整するように、動きに適応するように応答する超音波システムをブロック図で示す図である。

【図 1 A】

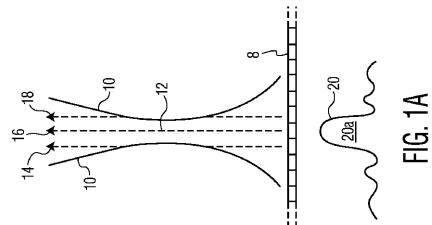


FIG. 1A

【図 1 B】

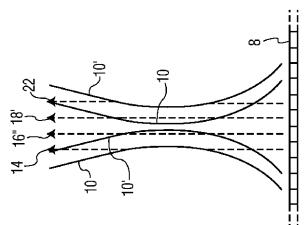


FIG. 1B

【図 1 C】

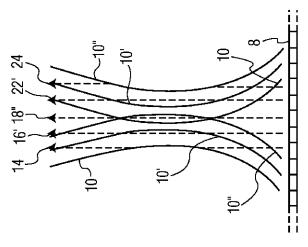


FIG. 1C

【図 2 D】

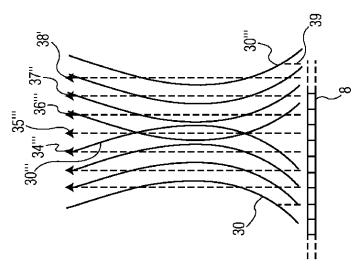


FIG. 2D

【図 3 A】

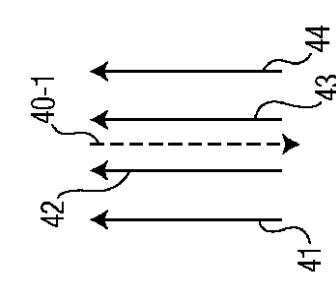


FIG. 3A

【図 2 A】

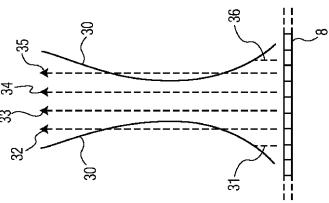


FIG. 2A

【図 2 B】

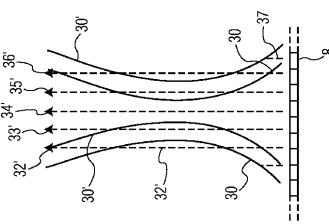


FIG. 2B

【図 2 C】

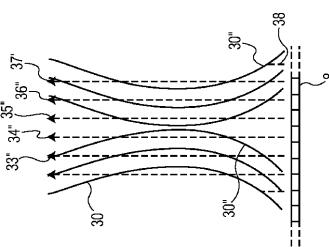


FIG. 2C

【図 3 B】

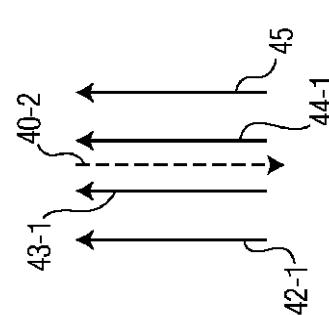


FIG. 3B

【図 3 C】

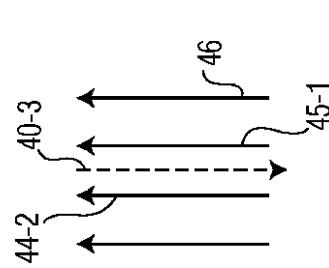
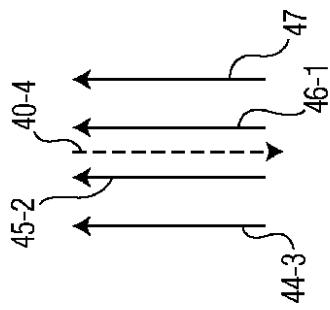


FIG. 3C

【図 3 D】



【図 4 A】

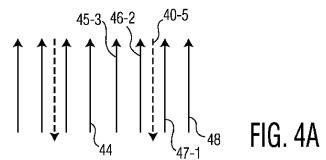


FIG. 3D

【図 4 C】

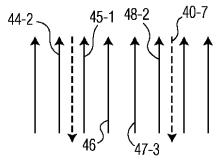


FIG. 4C

【図 4 D】

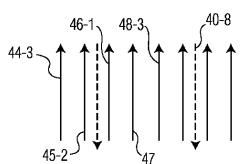
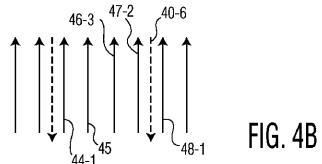
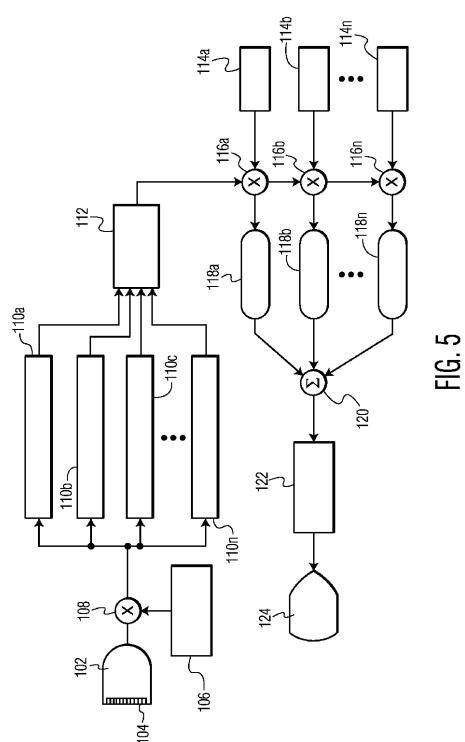


FIG. 4D

【図 4 B】



【図 5】



【図 6 A】

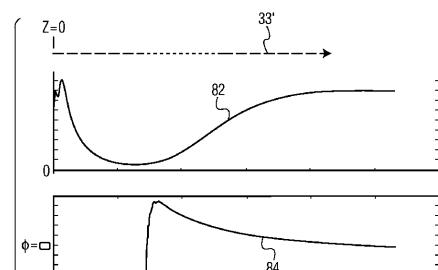


FIG. 6A

【図 6 B】

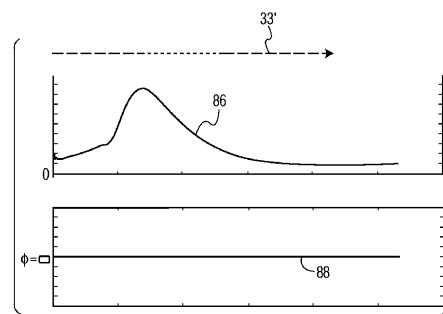
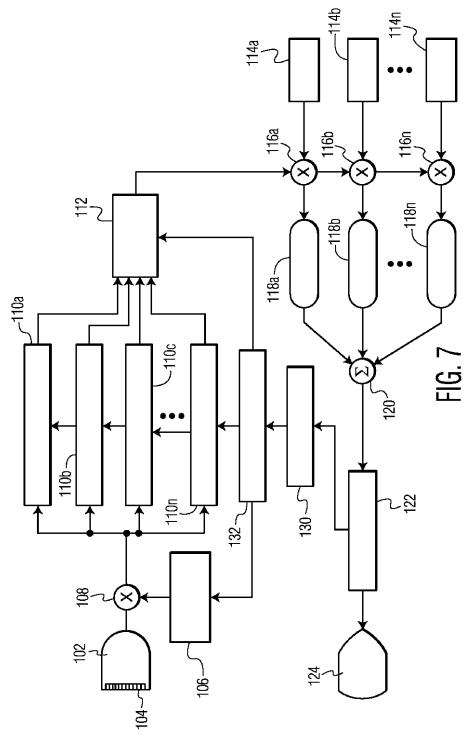


FIG. 6B

【図7】



フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 クーリー,クリフォード

アメリカ合衆国 ワシントン州 98041-3003 ボセル ピー・オー・ボックス 300

3

(72)発明者 シーレ,カール

アメリカ合衆国 ワシントン州 98041-3003 ボセル ピー・オー・ボックス 300

3

(72)発明者 ロベール,ジャン-リュック

アメリカ合衆国 ワシントン州 98041-3003 ボセル ピー・オー・ボックス 300

3

(72)発明者 ロビンソン,プレント エス

アメリカ合衆国 ワシントン州 98041-3003 ボセル ピー・オー・ボックス 300

3

(72)発明者 バーチャー,マイケル

アメリカ合衆国 ワシントン州 98041-3003 ボセル ピー・オー・ボックス 300

3

合議体

審判長 尾崎 淳史

審判官 郡山 順

審判官 小川 亮

(56)参考文献 特開平10-118063(JP,A)

米国特許第6482157(US,B2)

特開平9-206301(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00

专利名称(译)	多线束发生器聚焦的超声波复合传输		
公开(公告)号	JP6023396B2	公开(公告)日	2016-11-09
申请号	JP2009509921	申请日	2007-04-17
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司的Vie		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	クーリークリフォード シーレカール ロペールジャンリュック ロビンソンブレントエス バーチャーマイケル		
发明人	クーリー,クリフォード シーレ,カール ロペール,ジャン-リュック ロビンソン,ブレント エス バーチャー,マイケル		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52028 G01S7/52047 G01S7/5209 G01S7/52095		
FI分类号	A61B8/00		
代理人(译)	伊藤忠彦		
优先权	60/747148 2006-05-12 US		
其他公开文献	JP2009536853A JP2009536853A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声诊断成像系统通过发射沿阵列间隔开的多个光束来产生具有扩展焦距的图像，用于多线接收。多个发射波束的接收多线在空间上对准，并与各个接收多线之间的相位调整相结合，以防止不希望的相位消除。组合的多线产生扩展的发射焦点的效果，使得使用组合的多线产生的图像呈现扩展的焦距范围。为了防止运动伪影，多线顺序可根据图像运动进行调整。

(19)日本国特許庁(JP)	(12)特許公報(B2)	(11)特許番号 特許第6023396号 (P6023396)
(45)発行日 平成28年11月9日(2016.11.9)	F I	(24)登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)
(51)Int.Cl. A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	
(73)特許権者 590000248 コニンクリッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフェン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven n	(73)特許権者 590000248 コニンクリッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフェン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven n	
(21)出願番号 特願2009-509921 (P2009-509921) (60) (22)出願日 平成19年4月17日 (2007.4.17) (61)公表番号 特表2009-536853 (P2009-536853A) (43)公表日 平成21年10月22日 (2009.10.22) (66)国際出願番号 PCT/US2007/066750 (87)国際公開番号 WO2007/133878 (87)国際公開日 平成19年1月22日 (2007.1.22) 審査請求日 平成22年4月14日 (2010.4.14) 審判請求号 不服2014-26613 (P2014-26613/J1) 審判請求日 平成26年12月26日 (2014.12.26) (31)優先権主張番号 60/747,148 (32)優先日 平成18年5月12日 (2006.5.12) (33)優先権主張国 米国 (US)	(74)代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重 (74)代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦	請求項の数 13 (全 16 頁)
		最終頁に続く

(54)【発明の名称】マルチラインビーム生成器による超音波合成送信フォーカシング