

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4975098号
(P4975098)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-509922 (P2009-509922)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成19年4月17日 (2007.4.17)		コーニンクレッカ フィリップス エレク
(65) 公表番号	特表2009-536854 (P2009-536854A)		トロニクス エヌ ヴィ
(43) 公表日	平成21年10月22日 (2009.10.22)		オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アイン
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/066752		ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
(87) 国際公開番号	W02007/133879		1
(87) 国際公開日	平成19年11月22日 (2007.11.22)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成22年4月14日 (2010.4.14)		弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	60/747, 149	(74) 代理人	100091214
(32) 優先日	平成18年5月12日 (2006.5.12)		弁理士 大貫 進介
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動き補償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】

画像フィールドを画像形成する超音波診断画像形成システムであって、
 トランスデューサ素子のアレイを含むプローブと、
 前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、複数の横方向に配置されるライン位置
 を包含するビームを送信する送信ビームフォーマと、
 前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、1つの送信ビームにตอบสนองして前記ライ
 ン位置で前記画像フィールドの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
 ーマと、
 複数の送信ビームにตอบสนองして前記マルチライン受信ビームフォーマにより生成される共
 通のライン位置に関連する複数の受信ラインにตอบสนองし、前記複数の受信ラインを結合して
 画像データを生成するマルチライン結合回路と、
 前記画像フィールドにおける動きの存在を検出する動き検出器と、
 前記画像データを利用して画像を生成するディスプレイとを有し、
 前記マルチライン結合回路により結合される受信ラインの数は前記動きの存在の関数で
 ある、
 ことを特徴とする超音波診断画像形成システム。

【請求項 2】

前記マルチライン結合回路は、選択された数の異なるマルチラインからのデータを結合
 する加算手段を含む、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 3】

前記マルチライン結合回路は、異なるマルチラインのデータに応答し、マルチライン間の位相の変動を調節する複数の遅延をさらに有する、

請求項 2 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 4】

前記マルチライン結合回路は、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更に含む、

請求項 3 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 5】

前記動き検出器は、異なる画像からの画像データに応答する相関器を更に有する、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 6】

前記相関器は、絶対差の計算の合計を使用して相関ファクタを生成する、

請求項 5 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 7】

前記送信ビームフォーマは、前記画像フィールドにおける検出された動きの関数であるビーム幅を示すビームを送信する、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 8】

前記マルチライン受信ビームフォーマは、前記画像フィールドにおいて検出された動きの関数である多数の受信ラインを生成する、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 9】

画像フィールドで動きが存在する場合に拡大された焦点範囲で超音波画像を生成する方法であって、

アレイトランスデューサからの複数の送信ビームを送信するステップと、それぞれの送信ビームは、前記アレイに沿った異なる位置でセンタリングされ、それぞれの送信ビームは、別のビームの横方向に配置されるライン位置に空間的に関連される複数の横方向に配置されるライン位置を包含し、

前記アレイトランスデューサでエコー信号を受信するステップと、

前記ビームの横方向に配置されるライン位置でエコー信号の複数の受信ラインを生成するために 1 つの送信ビームに回答して受信されるエコー信号を同時に処理するステップと

、

更なる送信ビームの同時の処理を繰り返すステップと、

前記画像フィールドにおける動きの存在を検出するステップと、

画像データを生成するために空間的に関連される異なる送信ビームから受信ラインのエコー信号を結合するステップと、結合される送信ビームの数は、前記画像フィールドにおける動きの存在に関連し、

前記画像データを使用して画像を生成するステップと、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

前記動きの存在は、超音波システムのオペレータによる画像の観察により検出され、

結合される送信ビームの数は、超音波システム制御の調節により設定される、

請求項 9 記載の方法。

【請求項 11】

前記動きの存在を検出するステップは、異なる画像の画像データを比較することで動きの存在を検出するステップを更に含む、

請求項 9 記載の方法。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記比較は、絶対差の合計を計算することで異なる画像の画像データを関連付けするステップを更に含む、
請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

前記動きの存在を検出するステップは、ドップラ技術により動きの存在を検出するステップを更に含む、
請求項 9 記載の方法。

【請求項 14】

前記送信するステップは、画像フィールドにおける検出された動きの関数であるビーム幅を示す複数の送信ビームを送信するステップを更に含む、
請求項 9 記載の方法。

10

【請求項 15】

同時に処理するステップは、前記画像フィールドにおいて検出された動きの関数である 1 つの送信ビームに 응답して多数の受信ラインを生成するステップを含む、
請求項 9 記載の方法。

【請求項 16】

前記画像フィールドにおいて検出された動きの関数である異なる送信ビームに 응답して生成される多数の受信ラインを記憶するステップを更に含む、
請求項 9 記載の方法。

【請求項 17】

画像フィールドを画像形成する超音波診断画像形成システムであって、
トランスデューサ素子のアレイを含むプローブと、
前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、複数の横方向に配置されるライン位置を包含するビームを送信する送信ビームフォーマと、
前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、1 つの送信ビームに 응답して前記ライン位置で前記画像フィールドの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と、

20

複数の送信ビームに 응답して前記マルチラインビームフォーマにより生成される共通のライン位置に関連する複数の受信ラインに応じて、画像データを生成するために複数の受信ラインを結合するマルチライン結合回路と、

30

前記画像フィールドにおける動きの存在を検出する動き検出器と、
前記画像データを利用して画像を生成するディスプレイとを有し、
前記送信ビームフォーマにより送信されるビームは、前記動きの存在の関数である、
ことを特徴とする超音波診断画像形成システム。

【請求項 18】

前記送信ビームの横方向のディメンションは、前記動きの存在の関数である、
請求項 17 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 19】

前記送信ビームの横方向の間隔は、前記動きの存在の関数である、
請求項 17 記載の超音波診断画像形成システム。

40

【請求項 20】

画像フィールドを画像形成する超音波診断画像形成システムであって、
トランスデューサ素子のアレイを含むプローブと、
前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、複数の横方向に配置されるライン位置を包含するビームを送信する送信ビームフォーマと、
前記トランスデューサ素子のアレイに結合され、1 つの送信ビームに 응답して前記ライン位置での画像フィールドの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と、

複数の送信ビームに 응답して前記マルチライン受信ビームフォーマにより生成される共通のライン位置に関連する複数の受信ラインに応じて、画像データを生成するために前記

50

複数の受信ラインを結合するマルチライン結合回路と、

前記画像フィールドにおける動きの存在を検出する動き検出器と、

前記画像データを利用して画像を生成するディスプレイとを有し、

前記マルチライン受信ビームフォーマにより使用されるライン位置の間隔は、前記動きの存在の関数である、

ことを特徴とする超音波診断画像形成システム。

【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、より詳細には、マルチラインの受信ビームフォーマを使用して焦点領域を延長し、低減された動き作用をもつ超音波システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

超音波画像が画像フィールドにおける各ポイントでフォーカスされる合成フォーカシングの原理は、重要な研究の主題となっている。たとえば、米国特許第4,604,697号(Luthra等)は、超音波パルスが超音波トランスデューサアレイのそれぞれのエレメントから順次に送信される合成フォーカス技術を記述している。それぞれの送信から受信されるエコー信号は、アレイの全てのエレメントにより受信され、記憶される。全ての信号が受信された後、フォーカスされたエコー信号は、画像におけるそれぞれのポイントに関するそれぞれのトランスデューサエレメントの位置、並びにそれぞれのポイントへの超音波信号のフライト時間及びそれぞれのポイントからの超音波信号のフライト時間の知識から、画像フィールドにおけるそれぞれのポイントで形成される。

20

適切な受信された信号は、画像に於けるそれぞれのポイントについてコヒーレントなエコー信号を形成するために結合される。それぞれのポイントを形成するために使用される記憶されたデータ値の選択は、画像におけるそれぞれのポイントについてビームフォーメーションを提供する。この方法が画像フィールドにおけるそれぞれのポイントでフォーカスされた信号を生成する一方で、幾つかの問題点を有する。

【0003】

1つの問題点は、全体の画像フィールドからのr.f.信号は、処理のために記憶される必要がある点である。これは、かなりの量の情報ストレージを必要とする。第二の問題点は、画像におけるそれぞれのポイントについてデータを選択及び重み付けし、次いで適切に重み付けされたデータを結合して画像データポイントを計算するためにかなりの量の処理が必要とされることである。第三の問題点は、このアプローチは、単一のトランスデューサエレメントにより伝送されるエネルギーが制限されるので、浅い侵入の深さ(shallow penetration depth)のみについて効果的である点である。

30

【0004】

合成フォーカシングの基本原理を採用する特定の用途は、慣習的な遅延和の受信ビームフォーマであり、それぞれの受信エレメントからの信号に印加される遅延は、合成フォーカス技術におけるデータ選択に等価である。慣習的なビームフォーマは、特別の焦点領域でフォーカスされる送信ビームを送信し、この単一の送信ビームに沿ってのみエコーを同的にフォーカスするので、これらの原理の制限された用途である。多数の送信は、全体の画像フィールドをスキャンするために必要とされる。

40

結果的に得られる効率は、画像における各ポイントへの全ての送信についてデータが記憶される必要がなく、ある送信から受信されたデータは、ビーム方向に沿ってコヒーレントなエコー信号を形成するために即座に処理される。制限は、それぞれ受信されたビームが選択された焦点領域のみへの送信に関してフォーカスされることである。しかし、多数のトランスデューサエレメントがビームを送信するために作動され、妥当な侵入が得られるのを可能にするために、より大きな深さでの信号対雑音比が改善される。

【0005】

50

米国特許第6,231,511号 (Bae等による) 及びその後のBae等による "A Study of Synthetic-Aperture Imaging with Virtual Source Elements in B-Mode Ultrasound Imaging Systems" IEEE Trans. UFFC, vol. 47, no.6 (2000) と題される論文は、従来の焦点領域の外の横方向の解像度を改善するために標準的なフォーカスされたビームフォーマのアスペクトと合成フォーカシングを結合することを提案し、したがって、画像フィールドにおける全てのポイントでの送信フォーカシングの効果を達成する。

このアプローチは、「仮想的なソースエレメント」から外側及び内側の両方にエネルギーを放出する標準的な送信されたビームの焦点での「仮想的なソースエレメント」を想定することを前提にしている。標準的な送信フォーカスされたビームの送信に続いて、受信アパーチャのトランスデューサエレメントによりエネルギーが受信され、蓄積される。全体の画像フィールドがスキャンされた後、それぞれのポイントにあるエコー信号は、フィールドにおけるポイントを含むそれぞれの仮想的なソースフィールドのエレメントにより受信された信号から計算される。

仮想的なソースモデルは送信焦点に関して砂時計型のフィールドであるが、焦点から深さにおいて更に移動されるポイントは多数のスキャンラインの受信された信号から計算されるので、焦点にある画像ポイントは、唯一のビームから画像形成される。結果は、送信の焦点から外側及び内側のポイントで改善された横方向の解像度を示す画像である。しかし、上述された基本的な合成のアパーチャアプローチのように、かなりの量のデータがそれぞれの受信アパーチャにおける各エレメントからの r . f . 信号を処理するために記憶される。

さらに、結果的に得られる画像は、焦点の周りで暗く見える。これは、唯一の送信及び受信がこの画像ポイント及びその解像度に寄与し、多数の送信及び受信が送信の焦点から移動されたポイントに寄与するためである。したがって、膨大な量の r . f . データを記憶する必要なしに、ある画像の少なくとも有意な部分を通して送信のフォーカシングを齎すことが望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の原理によれば、r . f . 信号データを記憶する必要なしに、フィールドの有意な深さを通して送信のフォーカシングをもたらす診断の超音波システム及び方法は記載される。多数のスキャンラインの位置の少なくとも1部に高周波の音波を当てる超音波ビームが送信され、受信ビームは、たとえば並列に又は時間多重により、多数のスキャンラインに沿って同時に処理される。係る送信の連続は、共通のスキャンラインの位置に関連する多数のスキャンラインを生成する。関連されるスキャンラインデータは結合され、フィールドのかなりの深さを通して効果的に送信がフォーカスされる。結合された多数の送信インターバルからのスキャンラインの数は、検出された動きの関数である。

以下に記載される例では、超音波システムは、マルチラインビームフォーマで同時のビームを受ける。本発明の実現は、幾つかの臨床の応用におけるマルチゾーンのフォーカシングに頼る必要を低減することで動きがある場合に超音波画像形成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】

【0007】

図1a~図1cを参照して、オーバラッピングビームプロファイルは、それぞれのケースで、それぞれの送信ビームからの3つのビームの受信により後続される3ビームの送信について示される。図1aは、トランスデューサアレイ8により送出され、該ビームを送出したトランスデューサアレイから延びるビームの中央での強度ピーク以下の一定のレベルでの送信ビームのプロファイル10を示す。送信ビームのプロファイルレベルは、設計者により選択され、3dB、6dB、20dB、又はビームの中央での最大強度以下の幾つかの他のレベルである場合がある。

ビームプロファイルは、慣習的な送信フォーカシングによるビームプロファイルの最も

10

20

30

40

50

狭い幅での焦点12に関してフォーカスされる。ビーム20の直交するビューは、トランスデューサアレイ8の下に示されており、メインローブ20aの何れかのサイドでセンターローブ20a及びサイドローブを含む。送信されたビームは、焦点領域12でその最もタイトなフォーカスに到達し、その後発散する。他の実現では、発散する送信ビームが使用される場合がある。相当な深さでのフォーカシングも効果的である。

【0008】

送信ビーム10, 20は、多数の受信ライン14, 16及び18を包含する幅で送信される。一般に、より小さな送信アパーチャからの送信により幅の広いビームが生成される。すなわち、アレイにわたり全体のエレメント数よりも少ない数のアレイ8のエレメントがビームを送出するために作動される。後続する送信エコーが受信され、3つの受信ラインの位置14, 16及び18に沿ってフォーカスされる。以下に記載されるように、受信アパーチャのトランスデューサエレメントにより受信されるエコーは、3つの異なるやり方で遅延及び加算され、1つの送信ビームに回答して異なるラインの位置14, 16及び18で多数のラインを形成する。

この例では、受信ライン14は、送信ビーム10, 20の中央の下で受信され、受信ライン14及び18は、中央のラインの何れかのサイドで受信されるように横方向にステアリング及びフォーカスされる。この例では、外側ライン14及び18の近接場及び非近接場の部分のみが送信ビームのプロファイル10内にある。これらの領域では、外側ライン14及び18は、センターラインの位置の何れかの側で送信エネルギーから受信され、センターラインの位置の両方のサイドで画像フィールドにおけるターゲットをサンプリングし、画像の受信及び解像度のために近接場及び非近接場における送信ビームの横方向の広がるエネルギーを効果的に使用することができる。

【0009】

図1bでは、第二のビームは、1つの受信ラインの間隔だけ右に送信アパーチャをシフトすることで送信される。第二の送信ビームは、第一の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の曲線10'により輪郭が示される。第一のビームのケースに於けるように、3つの受信ラインが同時に受信され、受信ラインの位置16', 18'及び22で第二の送信に回答してビーム成形される。結果として、受信ライン16'は、第一の送信から受信ライン16でアライメントされ、受信ライン18'は、第一の送信から受信ライン18でアライメントされ、受信ライン22は、第二の送信の中央ライン18'の右に位置される。第一の受信ラインのセットのように、第二の受信マルチライン16', 18'及び22のセットは、後続の処理のために保存される。

【0010】

図1cでは、第三のビームは、1つの受信ラインにより右にシフトされる中央のアパーチャの位置から送出される。この送信ビームは、ビームプロファイル10''により輪郭が示され、送信は、3つの受信ライン18'', 22'及び24の同時の受信により後続される。これら3つの受信ラインは、前の受信ラインのように、先行するビームのラインと同じ間隔をもつ送信ビームのビームプロファイルに全体的又は部分的にある。結果として、受信ライン18''は、第二の送信の受信ライン18'及び第一の送信の受信ライン18と軸方向にアライメントされ、受信ライン22'は、第二の送信の受信ライン22で軸方向にアライメントされる。

受信ライン18, 18'及び18''のパスにおけるターゲットは、それぞれ異なる送信ビームにより、3つの受信ラインによりサンプリングされる。これら共にアライメントされたビームは、以下に記載されるように結合され、個々のラインのケースであるよりも大きなフィールドの深さを通してフォーカスされるラインに沿って画像データのラインを生成し、拡張された送信フォーカスの効果が形成される。フォーカシングは、3つのビームからのエコーエネルギーが結合されて結果的に画像データが生成されるので、大きなフィールドの深さを通して効果的である。

【0011】

送信及び受信は、完全な画像フィールドがスキャンされるまで、このようにして画像フ

10

20

30

40

50

ィールドにわたり継続する。所与のラインの位置について受信ラインの最大数、この例では3が取得されるたび、受信ラインは、その位置で画像データのラインを生成するために互いに処理される。したがって、受信されたr.f.信号が受信されたときにマルチプルラインにビーム成形されるために、任意の送信からの前もって合計されたr.f.データを記憶する必要がなく、その位置での全ての受信ラインが取得されるまで、あるラインの位置での前のラインを記憶する制限された必要のみが存在し、受信ラインが取得される時間で、全ての受信ラインは処理され、ラインのストレージは、後続するラインのストレージのために解放される。

【0012】

図2a~図2dは、送信ビームプロファイル30が図2aにおいて参照符号31~36で識別される6つの受信ラインの位置での受信ラインの全部又は一部を含む本発明の別の例を示す。この例では、第一の例とは異なり、送信ビームの中央で受信ラインが存在しない。代わりに、中央の受信ライン33及び34は、送信ビームの中央の何れかの側で1.5倍の受信ラインの間隔で配置される。外側の受信ライン32及び35は、近接場及び非近接場におけるビームプロファイル30内にある。最も外側の受信ライン31及び36の近接場の部分のみが送信ビームプロファイル内にある。以下に説明されるように、画像データの形成においてこれら近接場のライン部分31及び36を使用しないことが決定される。

【0013】

次の送信ビームは、図2bにおける第二の送信ビームのプロファイル30'により示されるように1つの受信ラインの間隔だけ第一の送信ビームの右に送信される。6つの受信ラインは、受信ラインの位置32'、33'、34'、35'、36'及び37で同時に受信及びビーム成形される。これら受信ラインの最初の5つは、第一の送信ビームの受信ライン32、33、34、35及び36とアライメントされ、これによりこれらのライン位置のそれぞれでの処理のために第二の受信ラインを供給する。図2cは、第三の送信のビームの結果的に得られる後続する送信、及びそのビームプロファイル30''内の6つの受信ラインの受信を示す。ライン位置33''、34''、35''及び36''で受信される3つの受信ラインの全部又は一部、位置37'での2つの受信ライン、及び位置38での1つの受信ラインの一部が存在する。

図2dにおけるビームプロファイル30'''により示される第四の送信に続いて、ライン位置34'''、35'''及び36'''で受信される4つの受信ラインの全部又は一部、位置37''で受信される3つの受信ライン、及び位置38'で受信される2つの受信ライン、及びライン位置39で受信される1つの受信ラインの一部が存在する。このようにスキミングが継続するとき、この例で示されるように少ないラインが受信される極値を除いて、アパーチャの大部分にわたりライン位置で受信された6つの受信ラインの全部又は一部が存在する。それぞれの受信ラインの位置のサンプリング数が多くなると、受信ラインデータが画像データを形成するために結合されるとき、良好な効果的な送信フォーカシングとなる。

【0014】

8、12又は16といった、離れて配置されて同時に受信されるラインのように、同時に受信されたラインの多くの数が使用される場合があり、送信に関して低いFの数は、受信ラインの位置の更に大きな広がり高周波の音波を当てるために使用される。

【0015】

図3及び図4は、各送信ビームからの4つの受信ラインを使用した本発明の別の例を示す。これらの図面では、連続するビーム及び受信ラインのグループはオーバーラップしていないが、説明の明確さのために垂直方向にアライメントされる。それぞれの送信ビーム40-1、40-2、40-3等は、下方向を示す破線の矢印により示されており、それぞれの送信ビームからの受信ラインは、それぞれの送信ビームの何れかの側で実線の矢印として示される。

図3a~図3dは、第一の4つの送信-受信シーケンスを例示しており、送信ビーム4

10

20

30

40

50

0 - n は、それぞれ連続する送信間隔について1つの受信ラインの間隔だけ右にシフトされる。この送信 - 受信シーケンスの終わりで、4つの受信ラインが受信されており、受信ライン44、第二のビームからの受信ライン44 - 1、第三のビームからの受信ライン44 - 2、及び第四のビームからの受信ライン44 - 3とアライメントされる。これら4つの受信ラインは、画像フィールドにおけるこれらの受信ラインの位置で画像データのラインを生成するために結合される。

【0016】

図4a ~ 図4d は、それぞれ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4つの更なる送信 - 受信インターバルによる前の送信 - 受信シーケンスの連続を示す。次の4つの送信ビームは、これらの図面では40 - 5, 40 - 6, 40 - 7及び40 - 8として識別される。これらの図面が例示するように、ラインの位置44、45、46、47及び48で受信された4つの受信ラインが存在する。これらの位置のそれぞれでの4つの受信ラインが受信された後、4つのラインは、画像データの1つのラインを形成するために結合され、後続のラインが同じ記憶の位置に記憶することができるように記憶された受信ラインが削除される。

4つのアライメントされたラインのグループのうちの別の4つのラインが受信されるたびに、グループの4つのラインは、その位置での画像データのライン及び後続するラインについて使用される記憶を形成するために結合される。このシーケンスはこのように継続し、画像フィールドにわたりそれぞれ送出されたビームについて4つの受信ラインを受信し、4つの受信ラインは、全体にわたりそれぞれのラインの位置で結合されるが、画像フィールドの横方向の極部で結合されない。

【0017】

図5は、本発明の原理に従って構築された超音波画像形成システムを例示するブロック図である。超音波プローブ102は、トランスデューサ素子のトランスデューサアレイ104を含む。選択されたトランスデューサ素子のグループは、送信ビームフォーマ106によりそれぞれ遅延された時間で作動され、アレイに沿って所望の方向且つ所望の源から、選択された焦点領域でフォーカスされるビームを送信する。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デューサ素子に結合され、このスイッチは、印加される高電圧送信パルスからのレシーバ入力を保護する。

それぞれの送信ビームに応答したアレイ104のそれぞれのトランスデューサ素子により受信されるエコーは、マルチラインプロセッサ110a ~ 110nの入力に印加される。それぞれのマルチラインプロセッサは、それ自身の遅延のセットを印加し、必要に応じて、同じ送信ビームから異なってステアリングされる受信ビームを形成するためにアレイエレメントからの受信エコーを重み付けするアポディゼーションウェイトを印加する受信ビームフォーマを有する。

マルチラインプロセッサ110a ~ 110nの適切なマルチラインビームフォーマは、たとえば米国特許第6,695,783号(Henderson等)及び第5,318,033号(Savord)で発見される。マルチラインプロセッサ110a ~ 110nの出力は、表示データのラインを形成するために必要とされるマルチラインの全てが少なくとも取得されるまで受信されたマルチラインを記憶するラインストア112に結合される。表示データの特定のラインを形成するために使用されるマルチラインのグループは、対応するラインロケーションの表示データを生成するために乗算器116a ~ 116nのそれぞれに印加される。それぞれのラインからのエコーデータは、必要に応じて、アポディゼーションウェイト114a ~ 114nにより重み付けされる場合がある。

一般に、これらの重みは、その往復のインパルス応答の関数としてそれぞれ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、項 $amplitude(x, z)$ を送信の波面による画像フィールドにおける位置 (x, z) でのポイントの高周波の音波を当てる(insonification)振幅とすることで導出され、アジマス位置 $x = 0$ は、送信ビームの中心軸に対応する。 X を送信ビームの軸に関する受信されたマルチラインのアジマスであるとする。深さ Z での画像のポイントを形成するため、この受信されたマルチラインに印加される重みは

10

20

30

40

50

、 $Weight(X,Z) = amplitude(X,Z)$ である。

【 0 0 1 8 】

適切な遅延特性の決定のため、 $propagation_time(x,z)$ を位置 (x, z) でのポイントに到達するために送信の波面により必要とされる伝播時間であるとする。アジマス $x = 0$ は、送信ビームの中心軸に対応する。Xを送信ビームの軸に関する受信ラインのアジマスであるとする。深さZでの画像のポイントを形成するため、この受信されたマルチラインに印加される遅延は、 $Delay(X,Z) = propagation_time(X,Z) - propagation_time(0,Z)$ である。ここで $propagation_time(0,Z)$ は、同じ深さであるが、軸上のポイントに到達する時間である。

【 0 0 1 9 】

関数 $amplitude(X,Z)$ 及び $propagation_time(X,Z)$ は、たとえば、送信フィールドのシミュレーションから取得される。伝播時間を計算する適切なやり方は、幾つかの周波数での単純なシミュレーションからフィールドの位相遅延を使用する。振幅は、幾つかの周波数でのフィールドの振幅を平均することで計算される場合がある。さらに、深さに依存する正規化は、重みに適用される。これは、所与の深さでの全ての重みを共通のファクタで乗算する。たとえば、正規化は、斑点の領域が深さによる一様な明るさを有するように選択される。深さの関数として重みを変えることで、深さにより動的にアパーチャのサイズ及び形状 (apodization) を変えることができる。

【 0 0 2 0 】

振幅及び伝播時間は、システムで使用される正確な送信特性のシミュレーションから導出される必要がない。設計者は、たとえば、異なるアパーチャサイズ又は異なるアポディゼーションを使用することを選択する場合がある。

【 0 0 2 1 】

それぞれのラインからのエコーは、乗算器 1 1 6 a ~ 1 1 6 n により重み付けされ、遅延線 1 1 8 a ~ 1 1 8 n により遅延される。一般に、これらの遅延は、先に示された受信ラインの位置に対する送信ビームの中央の位置に関連される。遅延は、信号のキャンセレーションが結合された信号の位相差により生じないように、異なる送信 - 受信ビームの位置の組み合わせで、マルチラインについてラインからラインに存在する位相シフトの分散をイコライズするために使用される。

【 0 0 2 2 】

デジタルシステムでは、遅延ラインは、メモリにおける重み付けされたマルチラインのエコーデータを記憶し、後の時間でのデータ出力をレンダリングし、これにより、必要な遅延がもたらされる。異なる長さ及びクロック信号のシフトレジスタは、デジタルディレイをもたらすために使用されるか、又は、米国特許第6,695,783号に記載されるような補間ビームフォーマが使用される場合がある。遅延された信号は、加算器 1 2 0 により結合され、結果的に得られる信号は、イメージプロセッサ 1 2 2 に結合される。イメージプロセッサは、表示画像を改善するため、スキャンコンバージョン又は他の処理を実行する。結果的に得られる画像は、イメージディスプレイ 1 2 4 で表示される。

【 0 0 2 3 】

図 5 のシステムでは、遅延ライン 1 1 8 及び加算器 1 2 0 は、所与の方向で共にアライメントされる幾つかの受信マルチラインから受信される信号のリフォーカスを行なう。リフォーカスは、それぞれのマルチラインについて異なる送信ビームの位置の使用から得られる位相差を調節し、結合された信号における望まれない位相のキャンセレーションを防止する。重み 1 1 4 は、マルチラインに位置に対する送信ビームの近さに関するマルチラインの寄与を重み付けし、高い信号対雑音比をもつ受信ビームに高い重みを与える。これにより、それぞれの受信ラインの方向におけるマルチプルサンプリングの組み合わせにより、それぞれの受信ラインに沿ったフィールドの拡張された深さ及びエンハンスされた浸透 (改善された信号対雑音比) が得られる。

【 0 0 2 4 】

図 4 a ~ 図 4 d の例では、それぞれ受信されたマルチラインは、他の共にアライメント

10

20

30

40

50

されたマルチラインとの組み合わせで一度だけ使用される。これは、本発明の実現が重み 1 1 4 と乗算器 1 1 6 及び遅延 1 1 8 の第二のセットを必要としないことを意味する。これは、これらの重み及び遅延の作用がマルチラインプロセッサ 1 1 0 の重み及び遅延で実現することができるためであり、このマルチラインプロセッサは、全て 1 つの処理ステップで、結合されることとなるマルチラインに関して、位相及び送信ビームのバリエーションについて適切な受信方向及び量でマルチラインをフォーカスすることができる。所与のラインの位置について全てのマルチラインが受信された後、表示ラインのデータを提供するために単に合計される。

代替的に、所与のラインの位置のそれぞれ受信されたマルチラインは、そのラインについてラインアキュムレータに記憶される。そのラインの位置でそれぞれ後続して受信されるマルチラインが、その位置でのマルチラインの全装備がアキュムレータで結合されるまで、アキュムレータのコンテンツに追加される。アキュムレータのコンテンツは、イメージプロセッサに送出され、別のラインの位置の使用向けにアキュムレータをフリーにする。

【 0 0 2 5 】

図 6 a 及び図 6 b は、所与の遅延ラインの位置について受信されたマルチラインを結合することにおいて使用される重み付け及び遅延特性の例を示す。図 6 a は、図 2 b ' の受信されたマルチライン 3 3 ' のような送信ビームの中央から比較的離れた受信されたマルチラインの例示的な重み付け及び遅延特性を示す。z = 0 でのトランスデューサアレイのフェースから図面の右側での最大のスキャン深さまでの z 方向に伸びる受信されたマルチライン 3 3 ' が示される。マルチラインの中央は点線として示され、ここで、マルチライン 3 3 ' のその部分は選択されたビームプロファイル 3 0 ' の外側にあり、その応答は、設計者が許容可能であると考えられる応答よりも下である。

重み付け特性 8 2 は、このマルチラインを、ビームプロファイルを超え、マルチラインがリフォーカスのために使用されるノンゼロレベルでの最小である重みで重み付けする。他の実現では、重み付け特性 8 2 は、近接場においてゼロに降下する。これは、必要な遅延が加えられた後にエコーがアレイに余りに近いか又はアレイの背後にあり、正確な受信の影響を受けにくいからである。したがって、横方向に離れたマルチラインからのマルチラインは、近接場におけるマルチラインの組み合わせで使用されない。位相特性 8 4 は、送信ビームの焦点でゼロ位相調節に交差し、近接場においてほぼ一定のままであって、非近接場において徐々に減少する。

【 0 0 2 6 】

図 6 b は、その送信ビームの中央に近い受信されたマルチライン 3 3 の例示的な重み及び遅延特性を示す。この近い近接性のため、マルチラインには、重み付け特性 8 6 により示されるような組み合わせでより大きな全体的な重みが与えられる。重みは、焦点領域の付近で増加し、この領域における 3 3 ' のような更なるリモートのマルチラインの重みの減衰をバランスする。位相の調節特性 8 8 は直線として描かれており、これは、更なる横方向のリモートのマルチラインの遅延特性 8 4 が更なる中央のマルチライン 3 3 の位相から計算されるためである。この例では、マルチライン 3 3 は、フル画像の深さを通してリフォーカスするために使用されるが、所与の実現では、設計者は、近接場におけるラインの位置の近くにおいて送信ビームからの単一のラインのエコーを使用することを選択する。

【 0 0 2 7 】

本発明の実現は、様々な受信機能と使用される。たとえば、ある実現はフォーカスされたサブアパーチャからの信号に関して動作する。別のバリエーションでは、受信ビームを形成する代わりに、フーリエコンポーネントのような制限された数の直交関数を使用される。次いで、フーリエ空間で異なる送信を結合することが可能である。結合されている信号は、受信された信号ラインに正確に対応しない。その後、受信ビームは、フーリエコンポーネント又はサブアパーチャを形成することで形成される。アポディゼーションの変化によりビームから導出される幾つかのビーム及び機能の様々な組み合わせは、本発明の範

10

20

30

40

50

囲にある。他の実現では、少数の受信されたマルチラインは、更なる中間のマルチラインを補間することで増加され、増加された数のマルチラインで本発明の処理を実行する。

【0028】

図7は、動きの作用が対処される図5の超音波システムのバリエーションを示す。図5に示される例は、異なる送信 - 受信インターバルの多数の共にアライメントされたマルチラインから受信された r.f. 信号を結合する。これは r.f. 信号であって、結合されている検出された信号のエンベロープではないので、結合されることとなるマルチラインが受信される期間にわたり画像において動きがないことが重要である。画像フィールドにおけるマテリアル又は画像フィールドに関するプローブの何れかの重要な動きは、異なるマルチラインからの信号が結合されたとき、所望の信号の補強よりはむしろキャンセレーションとなる r.f. 信号の差を生じる。

10

【0029】

この問題は、多数のマルチラインが結合のために取得される長い取得のインターバルで更に深刻である。図7の例は、相対的な画像の動きを検出して、動きの存在に回答してマルチラインの順序を調節することで、この問題に対処する。動き検出器130は、イメージプロセッサ122からの連続する画像フレームを受信し、動きを示す差について画像のコンテンツを比較する。これを行なう適切な技術は、同じエリア又は連続する画像の複数のエリアにおける画像の画素値を相互に関連付けする相関技術である。これは、2つの画像のデータ間のゼロの遅延の正規化された相互相関を計算することで行なわれる。相関ファクタが高い（すなわち画像がほぼ同一である）場合、多数の送信 - 受信インターバルを必要とする多数のマルチラインは、フィールドの深さを改善するために使用される。

20

【0030】

相関ファクタが低い（画像が異なる）場合、これは画像フィールド内の動きによるか又はプローブによるものであり、少数のマルチラインが結合される。適切な相関技術は、引用により本明細書に盛り込まれる米国特許第6,126,598号（Entrekin等）に記載される絶対差（MAD）技術の最小の総和である。この特許に記載されるように、動き検出のためにMSAD処理を受けるデータは、画像フレームの間に送信される画像又はリファレンスラインの領域である。ドブプラ技術は、米国特許第5,127,409号（Daigle）で記載されるように動きを検出するために使用される。

30

【0031】

動き検出の結果は、動きの関数としてマルチラインの送信及び受信を調節するマルチラインコントローラ132に結合され、動きが存在するときに低いオーダのマルチラインが使用される。この例で行なわれる調節は、結合されるマルチラインが送信時間の短い期間に及ぶように、動きが存在するときに少ないマルチラインを横方向に包含する多数Fのビームを送信するため、送信ビームフォーマの制御下にある。小さい送信のアーチャは、大きな深さのレンジを通して更に一様である広い焦点領域で使用され、少ない送信ビームが視野をカバーするのを必要とする。

受信に応じて、マルチラインコントローラ132は、利用されるマルチラインプロセッサの数を制御し、動きの存在における少ないマルチラインの受信について少ないマルチラインプロセッサが必要とされる。マルチラインコントローラ132は、動きが存在するとき、重み114、遅延ライン118及び加算器120により少数のマルチラインのリフォーカスを命令するため、ラインストア112に結合される。これらの調節の結果は、結合されるべきマルチラインを取得するために短い時間が必要とされることであり、短い時間期間は、長い取得インターバルよりも動きに影響されない。これに応じて、動きの作用が低いときに動き検出器が静止画像のフィールドを検出したとき、マルチラインのオーダは、マルチラインのコントローラにより増加される。

40

例示的な調節ラインは、画像のフィールドが静止画像であるとき、（送信ビーム応答して16のマルチラインを受信し、16の送信ビームからマルチラインを結合する）16×マルチラインを使用し、動きの量が増加したときマルチラインのオーダを8×、4×、2×及び1×（シングルラインの送信及び受信）に減少することである。たとえば、プロー

50

ブが所定の生体構造又は良好な視野のサーチについて対象の人体を通して移動するとき、標準的なシングルラインの画像形成が使用される。マルチラインのオーダは、超音波システムの画像形成モードの機能として自動的に変化される。たとえば、システムがBモード画像形成からドップラ画像形成に変化されたとき、マルチラインの取得は、マルチラインコントローラにより中断される。マルチラインの程度は、マルチラインコントローラにより画像形成の間に自動的に設定され、及び/又はユーザは、マルチラインの程度を設定するために手動による制御が提供される。

【0032】

先の例のバリエーションは、当業者により容易に行なわれ、本発明の範囲にある。たとえば、連続するラインの位置に沿って送信する代わりに、送信は、マルチラインの送信の間にラインをスキップ(マルチプレックス)する。送信は、1つおきのラインの位置、4つ毎のラインの位置、又は他のマルチラインの間隔のインターバルに沿って行なわれ、したがって画像を形成するために必要とされる送信イベントの数が低減され、取得レートが増加される。また、これは、動きのアーチファクトを低減する方法でもある。少数の送信ビームにより更に広く配置されるラインの間隔でマルチラインを受信することは、動きの問題に対処する別のやり方である。

このアプローチは、結合されるライン数を増加するために上述された補間されたラインで拡張される。また、これにより、所与のマルチラインの数についてフィールドの改善の深さを増加される。使用されるサンプリングは、一般に、送信アパーチャのFの数の関数であり、ナイキストのサンプリング要件を決定する。スキミングは、画像にわたり順次に行なわれる必要がなく、他の送信シーケンスを使用することができ、これは、動きが存在する場合に異なる応答を有する。先の例がアポディゼーションで示される一方で、送信、受信又はマルチラインの組み合わせでアポダイズする必要がない。結合されるべきマルチラインが全て軸方向に正確にアライメントされる必要がない。結合されるべきマルチラインは、互いに横方向にオフセットすることができ、マルチラインが結合されたときに補間を行なうことができる。

また、本発明の原理は、エレベーション及びアジマスのディメンジョンの両者における処理を実行することで3次元の画像形成にも適用可能であり、フェーズドアレイ(セクタスキャン)画像形成に適用可能であり、リニアアレイ(直交スキャン)画像形成に適用可能であり、カーブドアレイ画像形成に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1a】本発明の3ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図1b】本発明の3ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図1c】本発明の3ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図2a】本発明の6ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図2b】本発明の6ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図2c】本発明の6ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図2d】本発明の6ビームの例のビームプロファイルを例示する図である。

【図3a】第一の4ビームパターンが説明の明確さのためにオフセットにされる、本発明の4ビームの例を説明する図である。

【図3b】第一の4ビームパターンが説明の明確さのためにオフセットにされる、本発明の4ビームの例を説明する図である。

【図3c】第一の4ビームパターンが説明の明確さのためにオフセットにされる、本発明の4ビームの例を説明する図である。

【図3d】第一の4ビームパターンが説明の明確さのためにオフセットにされる、本発明の4ビームの例を説明する図である。

【図4a】受信ビームのアライメントを示す図3の4ビームの例の続きを例示する図である。

【図4b】受信ビームのアライメントを示す図3の4ビームの例の続きを例示する図であ

10

20

30

40

50

る。

【図4c】受信ビームのアライメントを示す図3の4ビームの例の続きを例示する図である。

【図4d】受信ビームのアライメントを示す図3の4ビームの例の続きを例示する図である。

【図5】本発明の原理に従って構築される超音波システムを例示するブロック図である。

【図6a】本発明の4ビームの例の2つの異なるビームの遅延及び重み付け特性を例示する図である。

【図6b】本発明の4ビームの例の2つの異なるビームの遅延及び重み付け特性を例示する図である。

【図7】本発明の実現で結合されるマルチラインの数を調節するために動きに適応的に応答する超音波システムを例示するブロック図である。

【図1A】

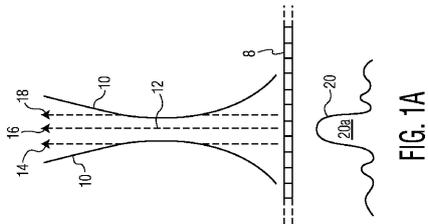


FIG. 1A

【図1B】

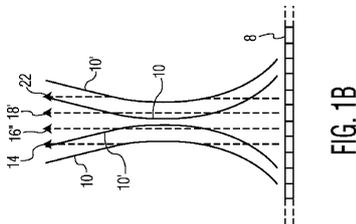


FIG. 1B

【図1C】

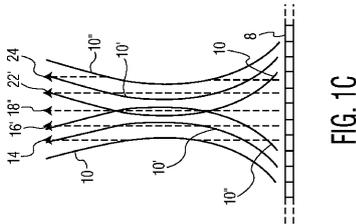


FIG. 1C

【図2A】

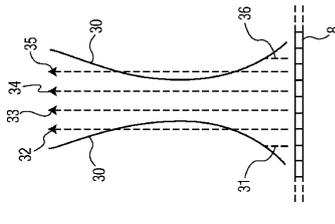


FIG. 2A

【図2B】

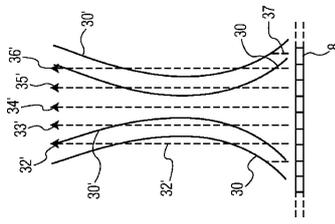


FIG. 2B

【図2C】

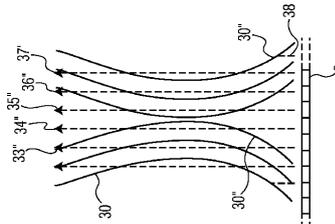


FIG. 2C

【 2 D 】

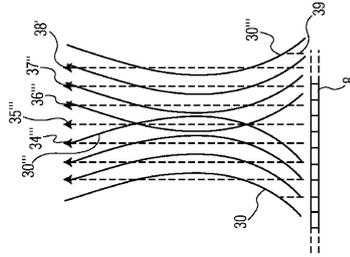


FIG. 2D

【 3 A 】

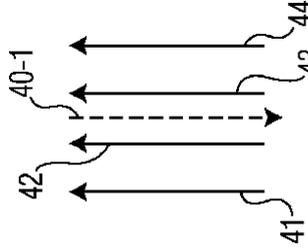


FIG. 3A

【 3 B 】

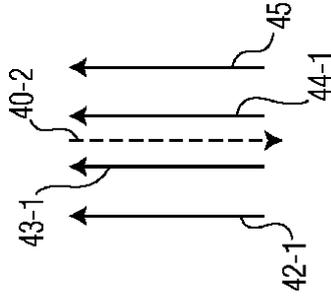


FIG. 3B

【 4 B 】

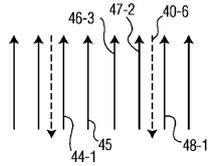


FIG. 4B

【 4 C 】

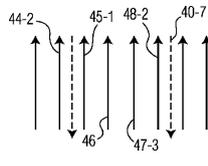


FIG. 4C

【 4 D 】

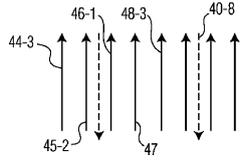


FIG. 4D

【 3 C 】

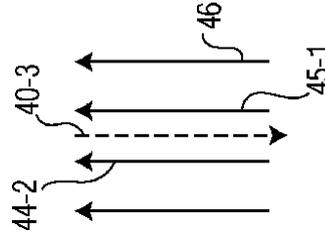


FIG. 3C

【 3 D 】

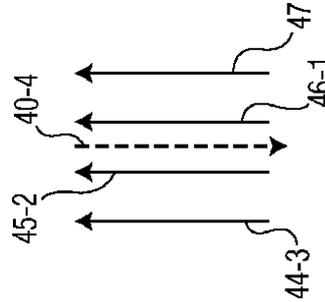


FIG. 3D

【 4 A 】

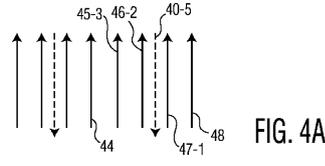


FIG. 4A

【 5 】

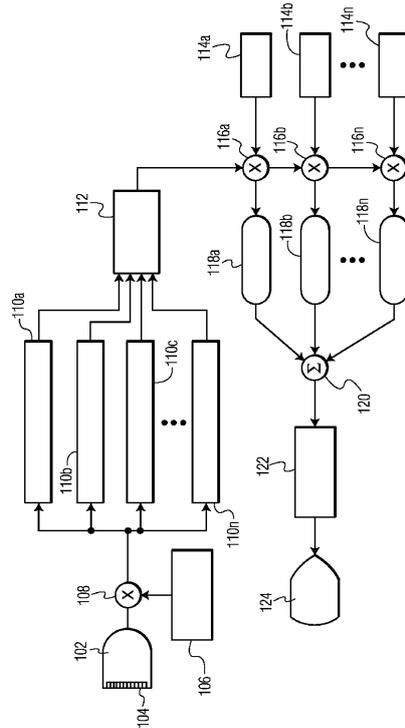


FIG. 5

【 6 A 】

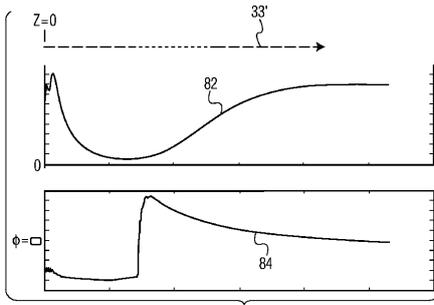


FIG. 6A

【 6 B 】

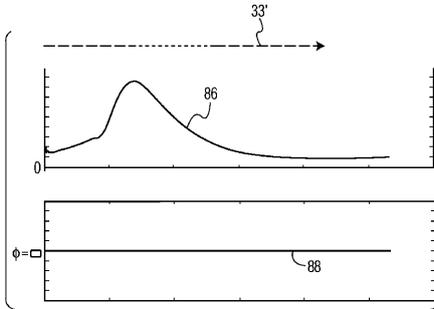


FIG. 6B

【 7 】

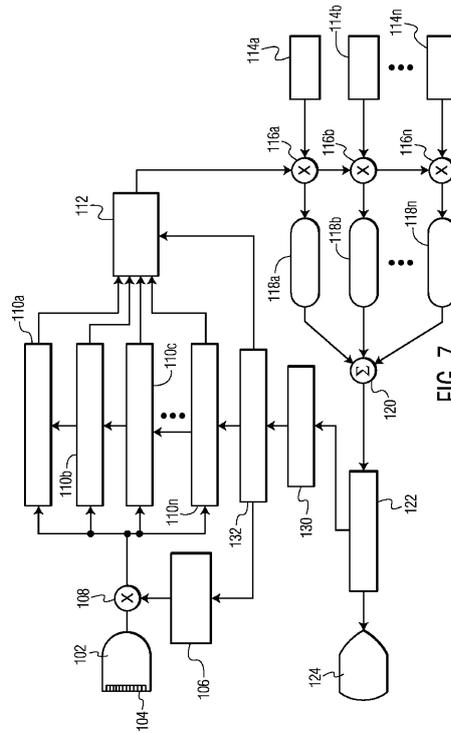


FIG. 7

フロントページの続き

- (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
- (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

審査官 富永 昌彦

- (56)参考文献 特開2006-055282(JP, A)
特表2002-526227(JP, A)
特開平11-221214(JP, A)
特開平10-118063(JP, A)
特開平07-008492(JP, A)
特表2006-506159(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00