

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5238692号
(P5238692)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/00

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-509924 (P2009-509924)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月17日 (2007.4.17)
 (65) 公表番号 特表2009-536856 (P2009-536856A)
 (43) 公表日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/066758
 (87) 国際公開番号 WO2007/133882
 (87) 国際公開日 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)
 (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)
 (31) 優先権主張番号 60/911,343
 (32) 優先日 平成19年4月12日 (2007.4.12)
 (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 エレクトロニクス エヌ ヴィ
 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
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (72) 発明者 バーチャー,マイケル
 アメリカ合衆国, 98041-3003
 ワシントン ボセル ピー. オー. ボックス 3003

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】空間コンパウンディングのための遡及的、動的な送信のフォーカシング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アパー チャを有する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、前記アレイのアパー チャにわたり複数のフォーカスされた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つの送信ビームに応答し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と、
異なる送信ビームに応答して受信された共に揃えられた受信ラインを結合して、幾つかの受信ラインから受信された信号のリフォーカスを行う第一の結合回路と、

前記マルチライン受信ビームフォーマに結合されるサブアパー チャセレクタと、
 選択されたサブアパー チャのビームをステアリングするステアリング回路と、
 ステアリングされたビームに応答する検出器と、
複数の異なる見る方向にわたりステアリングされたリフォーカスされた信号に応答して、スペックルが低減された信号を形成する第二の結合回路と、
 低減されたスペックルをもつ画像を生成する前記第二の結合回路に結合されるディスプレイと、
 を有す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】

前記サブアパー チャセレクタは、アポディゼーション回路を更に有する、
 請求項1記載の超音波診断画像形成システム。

10

20

【請求項 3】

前記アボディゼーション回路は、重み付け回路を更に有する、
請求項 2 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 4】

前記ステアリング回路は、受信されたエコー信号にステアリング遅延を与える複数の遅延ラインを含む、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 5】

前記検出器は、振幅検出器を更に有する、
請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

10

【請求項 6】

前記第二の結合回路は、画像フィールドにおける共通のポイントに関する信号を結合する結合回路を更に有する、

請求項 1 記載の超音波診断画像形成システム。

【請求項 7】

低減されたスペックルのアーチファクトをもつ超音波画像を生成する方法であって、
画像フィールドを通して所与の方向でフォーカスされたビームを送信するステップと、
それぞれ送信されたビームに応答してエコー信号の複数のマルチラインを受信するステップと、

異なる送信ビームから受信された共にアライメントられたマルチラインエコー信号を処理して、画像フィールドを通して複数の異なる見る方向でフォーカスされた送信ビームの作用を示すステアリングされたビームの信号を生成するステップと、

20

ステアリングされたビーム信号を検出するステップと、

画像フィールドにおける共通ポイントに対応する異なる見る方向の検出されたステアリングされたビーム信号を結合して、スペックルが低減された信号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 8】

結合された、検出されたステアリングされたビーム信号の画像を表示するステップを更に含む、

請求項 7 記載の方法。

30

【請求項 9】

前記マルチラインエコー信号を処理して、送信及び受信に関して複数の方向でフォーカスされたビームの作用を示すビーム信号を生成するステップを更に含む、

請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

ステアリングされたビームについて異なるサブアバーチャを定義するステップを更に含む、

請求項 7 記載の方法。

【請求項 11】

異なるアバーチャを定義するステップは、受信されたマルチラインのエコー信号をアボダイジングするステップを更に含む、

請求項 10 記載の方法。

40

【請求項 12】

前記ステアリングされたビームの信号を生成するステップは、受信されたマルチラインエコー信号をアライメント及び結合するステップを更に含む、

請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

前記所与の方向は、トランスデューサアレイの平面に垂直な方向を更に有し、

前記複数の方向のうちの1つは、前記所与の方向である、

請求項 7 記載の方法。

50

【請求項 14】

エコー信号の複数のマルチラインを受信するステップは、前記所与の方向でエコー信号の複数のマルチラインを受信するステップを更に含む、

請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

エコー信号の複数のマルチラインを受信するステップは、前記複数の方向でステアリングされたエコー信号の複数のマルチラインを受信するステップを更に含む、

請求項 13 記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0001】

本発明は、医療診断超音波システムに関し、特に、空間コンパウンディング (spatial compounding) を実行する遡及的、動的な送信のフォーカシング (retrospective dynamic transmit focusing) に関する。

【背景技術】**【0002】**

画像フィールドにおける各ポイントで超音波画像が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。

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。

20

【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、浅い浸透の深さ (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時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。このように、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素子がビームを送信するために作動され、妥当な浸透が得られるのを

50

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】

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統いて、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包含する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。10

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、焦点にあるイメージポイントは、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必要がある。20

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イメージ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。

【0006】

“*ULTRASONIC SYNTHETIC TRANSMIT FOCUSING WITH A MULTILINE BEAMFORMER*”と題された本発明者による前に提出された特許出願では、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フォーカスを行なう診断超音波システム及び方法が記載される。マルチラインの取得は、送信ビームに応答して多数の受信スキャンラインを取得するために使用され、画像フィールドにおけるポイントに高周波の音波を当てるところから受信されるエコードータは遅延され、画像フィールドを通して送信フォーカスされるビームの作用を遡及的に形成するために結合される。遡及的に送信フォーカスされた画像におけるスペックルのアーチファクトの低減についてこれらの原理を拡張することが望まれる。スペックルを低減する1つの技術は、空間コンパウンディングとして知られており、これにより、画像フィールドにおけるポイントは、異なる外観の方向（アパーチャ）から高周波の音波が当てられる。それぞれの外観の方法から見られる画像フィールドは、イメージポイントの異なるビューが結合されたとき、正味のスペックルのアーチファクトが低減されるように、他の外観の方向と関連付けられない固有のスペックルパターンを有する。従来の空間コンパウンディングの効率よりも高い効率で遡及的に送信フォーカスされた画像で空間コンパウンディングを実行することが望ましい。3040

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の原理によれば、マルチラインの取得は、画像フィールドから画像データを取得するために使用される。典型的な実現では、このマルチラインデータは、トランスデューサアレイの平面に垂直な送信ビームにより取得される。異なる見る方向から画像フィールドにおける同じポイントに効果的にステアリングされるエコー信号を形成するため、トラ50

ンスデューサアレイの異なるサブアーチャにより受信されるエコーデータに遅延が印加される。画像に於けるポイントのエコー信号は、スペックルを低減するために結合される。本発明の実現は、多数の見る方向でビームを送信する必要のない、空間コンパウンディングの利益を生成するものであり、これにより、空間コンパウンドされた画像の表示のフレームレートを増加することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1a～図1cを参照して、オーバラップする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伸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、センタロープ20a及びメインロープ20aの何れかのサイドでのサイドロープを含む。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、その後に発散する。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。

【0009】

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つの送信ビームに応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イメージフィールドにおけるターゲットをサンプリングし、これにより、画像の受信及び変換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。

【0010】

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で第二の送信に応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。

【0011】

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

10

20

30

40

50

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つのビームの送信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、より大きなフィールドの深さに対して効果的である。10

【0012】

この遡及的な送信フォーカシングの例では、送信及び受信は、フル画像フィールドがスキヤンされるまで、このように画像フィールドにわたり継続する。この場合は3である所与のライン位置の受信ラインの最大数が取得されるたび、受信ラインは、その位置で画像データの遡及的な送信フォーカスされた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、受信されたとき多数のラインにビーム成形されるときに、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。20

【0013】

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に高周波の音波を当てるために使用される。遡及的な動的な送信フォーカシングの他の例は、上述された先に提出された特許出願60/747,148に記載され、その内容は本明細書に盛り込まれる。

【0014】

遡及的な、動的な送信フォーカシングの効果は、1996年にPassman及びErmertにより提案されるバーチャルトランスデューサ近似を使用して分析される。C. Passman & H. Ermert, "A 100-MHz ultrasound imaging system for dermatologic and ophthalmologic diagnostics" IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol. 43, no.4, pp. 545-52 (1996) を参照されたい。この提案は、送信ビームの焦点がビームプロファイル内の画像フィールドにおけるそれぞれのポイントに高周波の音波を当てるバーチャルトランスデューサとして考慮されるものとしている。

【0015】

この提案の例は図2Aに示されており、焦点F₁でフォーカスされるビームを送信するトランスデューサアレイ8を示す。この焦点で収束し、その後に発散する送信ビームのビームプロファイルは、ライン31～34により定義される。送信ビームは、焦点F₁で収束するため音速での既知の時間量を要する。その後、ビームの波面が球状に発散するとき、波面にとって画像フィールドにおけるポイントPに高周波の音波を当てるための時間量t_pが必要とされる。媒体における音速が既知であれば、時間t_p及び全体の送信時間が計算される。40

【0016】

図2Bでは、多数の送信ビームは、F₁～F₄として示される焦点を有するトランスデューサアレイ8から送信される。これら送信ビームのビームプロファイルは、図2Bで示される。この例では、ポイントPは焦点F₁～F₃でフォーカスされるビームにより(ビーム

10

20

30

40

50

プロファイルで) 高周波の音波が当てられるが、焦点 F_4 でフォーカスされる第四のビームにより高周波の音波が当てられない。これは、ポイント P は、この第四のビームのビームプロファイル 35 ~ 38 の外側にあるからである。したがって、ポイント P に高周波の音波を当てる第一の 3 つの送信ビームからのエコーの寄与は、コヒーレントに結合され、図 2 C で示されるようにポイント P で効果的にフォーカスされた信号が生成される。バーチャルトランスデューサの分析を使用して、ポイント P に高周波の音波を当てるため、波面にとって各バーチャルトランスデューサの焦点 F_1 , F_2 及び F_3 から進行するために必要とされる時間が計算され、次いで遅延でイコライズされ、これにより、ポイント P でフォーカスされ、ポイント P からリターンされる有効な信号を形成するためにエコーがコヒーレントに構築的に結合される。図 2 B が例示するように、送信フォーカシングからの係るエコーは、全体の受信ライン L に沿って発見される。ポイント P でフルアパーチャ F_1 ~ F_n からの信号をフォーカスするために必要とされる遅延プロファイル 40 は、図 2 D で例示される。この例におけるようにアパーチャのセンターにおけるポイントについて期待されるように、遅延はアパーチャの中央で最も大きく、この場合、ポイント P への通過時間は最短であり、遅延はアパーチャのサイドで最も小さく、この場合、ポイント P への通過時間が最長である。構築された実現では、中央の焦点は、遅延を必要としないことが想定され、これは、中央への横方向にある焦点の遅延は、受信された信号の時間的に早いポイントから取られる負の遅延であることを意味する。

【0017】

本発明の原理によれば、この遡及的な送信フォーカシング技術は、異なる見る方向から高周波の音波が当てられたかのように、画像フィールドにおけるポイントからエコー信号を形成するために使用される。異なるアパーチャは、異なる見る方向について相対的に無相間にされる形成された信号のスペックルの成分を与える、異なる見る方向について使用され、これにより、エコー信号が結合されるとき、全体の画像のスペックルが低減される。図 2 D に類似して図 3 A を参照して、所与の見る方向のアパーチャは、アポディゼーションにより選択される。この例では、アポディゼーション関数 50 は、トランスデューサアレイの中央のエレメントの周りで 1 の値を有し、アレイの他の位置でゼロの値を有する方形波である。滑らかに変動する関数のような他のアポディゼーションの重み又は他の関数を使用することができることを理解されたい。中央のアポディゼーション関数 50 により、(バーチャル) トランスデューサエレメントの焦点 F_x , F_y 及び F_z のサブアパーチャの信号がポイント P での信号を形成するために使用される。これらの信号は、遅延プロファイル 40 のハイライト表示された部分 42 により遅延され、ポイント P がトランスデューサエレメントの平面に垂直に送信される送信ビームにより、図 3 A における矢印により示される送信ビーム角 θ_2 で高周波の音波が当てられるかのように、ポイント P について信号が生成される。

【0018】

図 3 B は、ポイント P でのエコー信号の形成のために左にあるサブアパーチャを選択するために、アポディゼーション関数 50 がトランスデューサアパーチャの左側に移動したことを除き、図 3 A に類似している。このサブアパーチャが選択されたとき、ポイント P がアレイの左側にある見る方向から問合せされたかのように信号が生成される。アレイの左側にある(バーチャル) トランスデューサ素子 F_A , F_B 及び F_C の信号は、重み付け関数 50 により選択され、遅延プロファイル 40 のハイライト表示された部分 44 により示される遅延により遅延される。結合された信号は、図面における矢印により示されるように、角度 θ_1 で左から右にステアリングされる見る方向からポイント P に高周波の音波を当てることに等価なエコーを生成する。異なるサブアパーチャについて異なる遅延により生じるビームステアリング (beam steering) により、2 つのサンプルにおける無相間にされたスペックルの特性をもつポイント P に信号が得られる。それぞれのサブアパーチャの結合された信号が検出されたとき、ポイント P での結合されたスペックルのアーチファクトが低減される。

【0019】

10

20

30

40

50

上述された遡及的なビームステアリングは、ステアリングされた線形な画像の生成のような他の目的のために使用されることが理解されるであろう。

【0020】

典型的な動作シーケンスは、以下のようにある。一連の横方向に配置されるビームは、トランスデューサアレイから送信される。一般に、これらのビームは、アレイの平面に垂直に送信される（方向₂）。それぞれ送信されたビームについて、マルチラインビームフォーマは、異なる横方向の位置で多数のビームを受信する。受信された信号は、遅延及び結合され、我々の先に提出された特許出願で記載される遡及的な送信フォーカシングによりフィールドのかなりの深さを通してフォーカスされる受信されたマルチラインが形成される。遡及的な送信フォーカシングの遅延は、個別の遅延であるか、マルチラインのビームフォーマ遅延に含まれる。受信された信号のグループは重み付けされ、コピーレントに結合され、送信ビームの遡及的なアポディゼーション及びステアリングがもたらされる。それぞれの信号グループは、特定の見る方向について異なるサブアパーチャのためのものである。結合された信号は、所望のコントラスト解像度のログ圧縮により検出され、共通のポイントについて異なる見る方向からの検出された信号は、表示された画像についてイメージポイントを形成するために結合される。異なるアパーチャの使用は、図4A～図4Dで例示されるように異なるビームステアリング方向（異なる見る方向）を生成する。図4Aでは、3つの異なるステアリング方向₁、₂及び₃が使用され、イメージフィールドにおけるバーチャルトランスデューサのアレイから浅い深さP_S（フォーカスの深さ）にあるポイントに高周波の音波が当てられる。それぞれのビームは、異なるアポディゼーション関数51、53及び55により選択されるバーチャルトランスデューサのアレイの異なるサブアパーチャから放出される。10

【0021】

図4Bでは、画像フィールドのより深い深さにあるポイントP_Dについて同じ3つのステアリングの方向が使用される。同じ角度₁、₂及び₃でステアリングされたビームを維持するため、異なるサブアパーチャは、異なるサブアパーチャを選択するアポディゼーション関数52、54及び56により示されるように使用される必要がある。これらのサブアパーチャは、異なる深さにある同じ見る方向のセットを維持するため、異なる位置及び/又は分布にあるバーチャルトランスデューサエレメントを使用する必要がある。当業者であれば、サブアパーチャは、超音波アレイシステムで慣習的であるように深さと共に動的に拡大することを認識されるであろう。20

【0022】

図4C及び図4Dでは、浅い深さのポイントP_S及び深い深さのポイントP_Dの両者で同じアパーチャが使用される。直交角度が容易に生成される一方で（₂）、深い深さで同じアパーチャ51、53、55の幾何学的形状により、他の2つの角度₁及び₃の勾配が緩やかになる。異なる深さでのこれらの僅かに異なる見る方向の使用による斑点の低減に関する作用は、大部分の実現で顕著ではない。図4C～図4Dの実施の形態は、遡及的なフォーカスにとって利用可能なマルチラインの数が制限される場合の画像のエッジの近くで効果的である。30

【0023】

図5は、本発明の原理に従って構築される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、トランスデューサエレメントのトランスデューサアレイ104を含む。トランスデューサエレメントの選択されたグループは、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で且つ所望の発生源から、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、印加される高電圧送信パルスからの受信機の入力を保護するクロススポットスイッチを有する送信/受信スイッチによるトランスデューサエレメントに結合される。それぞれの送信ビームに応答してアレイ104のそれぞれ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、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、受信ビームフォーマを含み、この受信4050

ビームフォーマは、それ自身の遅延のセットを印加し、必要に応じて、アレイエレメントからの受信された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して、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。マルチラインプロセッサ 110a ~ 110n について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) 及び米国特許第5,318,033号 (Savord) で発見される場合がある。マルチラインプロセッサ 110a ~ 110n の出力は、少なくとも表示データのラインを形成するために必要とされる全てのマルチラインが取得されるまで、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、対応するライン位置について表示データを生成するため、乗算器 116a ~ 116n のそれぞれ 1つに印加される。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。一般に、これらの重みは、その送信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。

【0024】

先に提出された特許出願では、以下の重み付け及び遅延アルゴリズムが与えられている。適切な重み付けアルゴリズムは、項 $\text{amplitude}(x, z)$ を送信の波面により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振幅である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の、この受信されたマルチラインに印加される重みは、以下に示される。

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

適切な遅延特性の決定のため、 $\text{propagation_time}(x, z)$ を位置 (x, z) でのポイントに到達するために波面により必要とされる伝播時間とし、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にこの受信されたマルチラインに印加される遅延は、以下のように示される。

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

$\text{propagation_time}(0, Z)$ は、同じ深さで、軸上にあるポイントに到達する時間である。

【0025】

関数 $\text{amplitude}(X, Z)$ 及び $\text{propagation_time}(X, Z)$ は、たとえば、送信フィールドのシミュレーションから得られる。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ことである。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。さらに、深さに依存した正規化は、重みに印加される。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、スペックルの領域が深さをもつ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、深さと共に動的にアパーチャのサイズ及び形状 (アポディゼーション) を変えることができる。

【0026】

本発明では、完全な送信アパーチャの伝播時間及び振幅が遅延及び重みのために使用される場合、動的なフォーカシングが得られるが、ステアリングは達成されない。ステアリングを達成するため、第一の可能性は、サブアパーチャのセレクタと共に完全な送信の伝播時間及び振幅を使用することであり、遅延及び重みは、図 3 に示されるように、所与のステアリング方向について使用されるバーチャルトランステューサにのみ印加される。サブアパーチャセレクタの効果は、ビームに寄与しないバーチャルトランステューサにゼロに等しい重みを適用することである。理想的に、サブアパーチャは、深さと共に変動する。

【0027】

別の可能性は、フィジカルアレイのサブアパーチャにより生成されるフィールドをシミュレートすることである。たとえば、3つのステアリング方向の信号が生成される必要がないものとする。次いで、完全な送信のアパーチャは、3つのサブアパーチャに分割され

10

20

30

40

50

、フィールドは、3つのサブアーチャのそれぞれについてシミュレートされる。波面の振幅及び伝播時間は、対応するステアリング方向の遅延及び重みについて使用される。この場合、サブアーチャセレクタは、その関数が重みにより実行されるので、もはや不要である。

【0028】

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。

【0029】

それぞれのラインからのエコーは、乗算器 611a ~ 116n により重み付けされ、遅延ライン 118a ~ 118n により遅延される。一般に、これらの遅延は、先に示されたように受信ラインの位置に対する送信ビームの中心の位置に関連される。遅延は、異なる送信 - 受信ビームの位置の組み合わせにより、マルチラインの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、信号のキャンセルは、結合された信号の位相差により生じない。

10

【0030】

デジタルシステムにおいて、遅延ラインは、メモリに重み付けされたマルチラインのエコードデータを記憶し、後の時間でデータ出力を読取ることで作用され、これにより必要な遅延が齎される。異なる長さ及びクロック信号のシフトレジスタは、デジタル遅延を齎すために使用されるか、又は、上述された米国特許第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 120 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 122 に結合される。イメージプロセッサは、スキャン変換又は表示された画像を改善する他の処理を実行する。結果的に得られる画像は、画像ディスプレイ 124 で表示される。

20

【0031】

図 5 のシステムでは、遅延ライン 118 及び加算器 120 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オーカスを行なう。リフオーカスは、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 114 は、マルチラインの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、それぞれ受信ラインの方向における多数のサンプリングの結合により、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された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。

30

【0032】

この処理は、多数の受信された信号を補間し、我々の係属中の特許出願で記載されるように、トランスデューサアレイ 104 の平面に垂直にステアリングされるビームについてエコー信号の送信リフオーカシングを行なう。本発明の実現では、選択された方向におけるステアリング方向及びフォーカシングは、遅延ライン 118 により提供される。空間コンパウンディングを行なう本発明の実現について、ステアリングされるビームのサブアーチャは、図 4 と共に記載されるように選択される必要がある。図 5 の実現では、サブアーチャは、アレイの他の領域からの信号を減衰又は省略する一方で、所望のサブアーチャの信号を強調するアポダイジング重み 114 により選択される。したがって、図 5 における重み 114 は、ステアリングされたビームのサブアーチャを選択し、遅延ライン 118 は、必要なステアリング及びフォーカス遅延を与える。次いで、遅延された信号は、加算器 120 により結合され、レトロスペクティブにステアリングされた送信ビームを形成する。次いで、ステアリングされたビームのコヒーレントなエコー信号は、検出器 130 により検出され、見る方向 1 (LD₂) についてビームを形成する。

40

【0033】

同じサブアーチャの選択処理及びステアリングは、この例では LD₁ 及び LD₃ といっ

50

た他の見る方向について実行される。全ての所望の見る方向の信号が処理され、この例では3である、画像に於ける特定のポイントについて検出されたとき、信号は、スペックルが低減された信号を形成するために加算手段140により結合される。画像データは、所望の画像フォーマットへのスキャン変換のような機能を実行するイメージプロセッサ122により処理され、画像はディスプレイ124で表示される。図5の機能は、特定の実現では、必要に応じて他のシーケンスで実行される。たとえば、それぞれの見る方向の検出された信号は、スキャン変換され、次いで、スキャン変換された信号データは、加算手段140により結合される。

【0034】

空間コンパウンディングを通してスペックルの低減を提供するため、異なる見る方向は、送信、受信又はその両者で利用することができる。上述された処理は、トランスデューサアレイの平面に垂直にオリジナルに送信されるビームのレトロスペクティブなステアリングを通して異なる送信の見る方向に作用する。受信の見る方向の多様性は、幾つかのやり方で実現される場合がある。1つは、マルチラインプロセッサにより採用される適切な遅延プロファイル及びアポディゼーションを選択することで受信に関してビームを実際にステアリングすることである。最初の送信ビームは、アレイの平面に垂直に送信され、受信に応じて、受信ビームは、当該技術分野で知られているように異なる方向でステアリングされる。代替的に、受信のステアリングは、レトロスペクティブに印加される。送信ビームがアレイに垂直に送信された後、マルチラインは、同じ方向で受信される。所与の送信について、レトロスペクティブにステアリングされた受信ビームは、異なるマルチラインの受信ビームを適切に遅延及び重み付けすることで形成することができる。レトロスペクティブな送信の補間が上述されたように実行される。代替的に、受信及び送信の補間は、単一のステージで実行することができ、これにより、幾つかの送信イベント及び幾つかの受信位置からの受信マルチラインは、遅延、重み付け及び結合され、所与の往復ラインを形成する。図6Aは、アレイに垂直に受信されるマルチラインに印加される例示的な遅延プロファイルを例示する。プロファイルの曲線80は、それがバーチャルトランスデューサのアレイの最も左のサブアーチャについてであることを示して、最初の幾つかの送信のみについて定義される。図6Bは、受信に関してステアリングされるマルチラインについて遅延プロファイル90を例示する。遅延曲線90の傾斜は、これらの遅延の実質的にリニアなステアリングの項を示す。

【0035】

本発明のバリエーションは、当業者にとって行なわれるであろう。たとえば、送信されたビームは、アレイの平面に垂直に送信される必要はないが、他のステアリング角度のうちの1つのような鋭角で送信される。異なるサブアーチャは、全体的に異なる必要はない。他の実施の形態では、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、次いで、増加された数のマルチラインで本発明の処理を行う。サブアーチャの選択及びビームステアリングの遅延は、個別に実現されるか、マルチラインプロセッサのアポディゼーション及び遅延で複合される。ステアリングされたビームは、台形の画像フォーマットを形成するために2D画像の横方向の側のみでのステアリングのように、他の使用に配置される。本発明の実現では、画像フィールドの単一のスキャンのみが異なるステアリング方向を形成するために必要とされるので、標準的な空間コンパウンディングに比較して優れた動きアーチファクトの免疫を提供する。ある画像について必要とされるデータを生成するスキャンの時間、及び結果的に動きアーチファクトが低減される。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】図1A～図1Cは、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2】図2A～図2Dは、バーチャルトランスデューサの視野からの画像におけるポイントの信号の展開を例示する図である。

10

20

30

40

50

【図3】図3A～図3Bは、本発明の原理に係る遡及的なアポディゼーション及び遅延のステアリングを通した画像におけるポイントのビームのステアリングを例示する図である。

【図4】図4A～図4Dは、異なって構成されるサブアパーチャからの異なるビーム角のステアリング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6】図6a～図6bは、受信に関してステアリング及びアンステアリングされるマルチラインの遅延プロファイルを例示する図である。

【図1A】

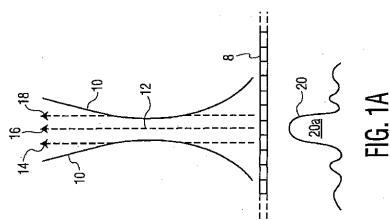


FIG. 1A

【図1B】

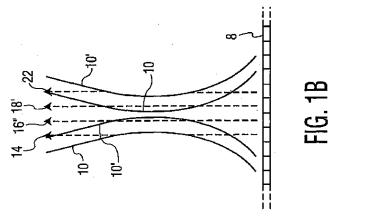


FIG. 1B

【図1C】

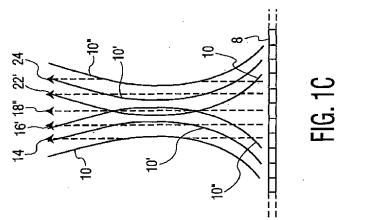


FIG. 1C

【図2A】

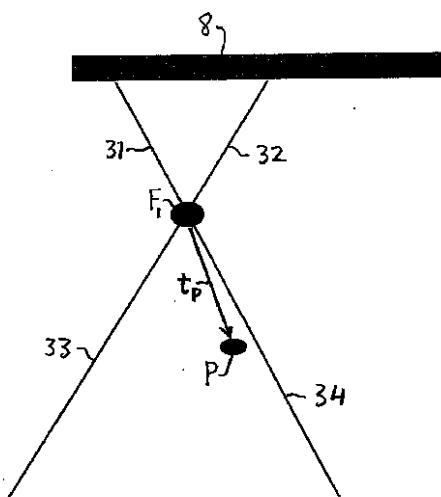


FIG. 2A

【図 2 B】

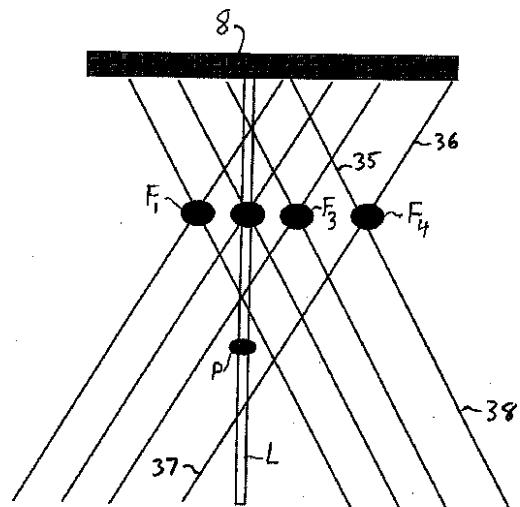


FIG. 2B

【図 2 C】

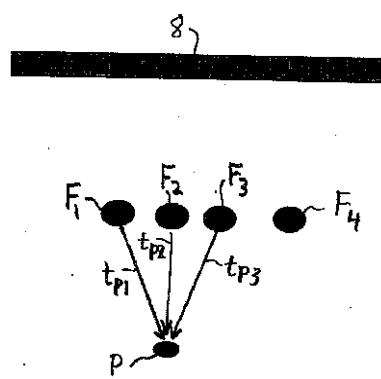


FIG. 2C

【図 2 D】

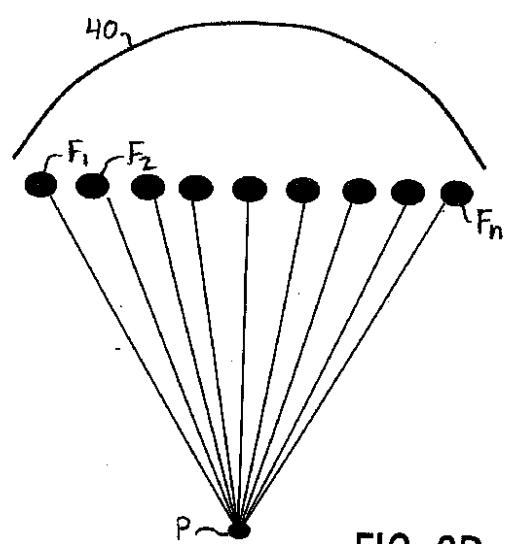


FIG. 2D

【図 3 A】

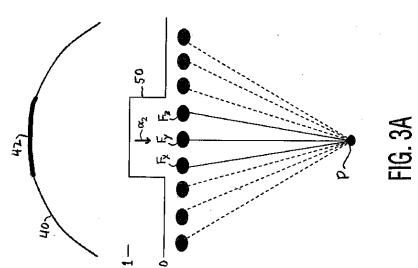


FIG. 3A

【図 3 B】

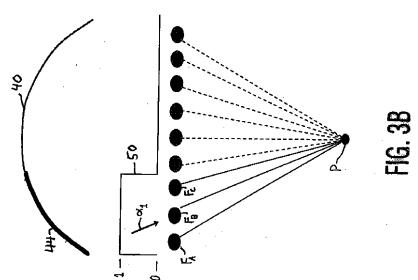


FIG. 3B

【図 4 A】

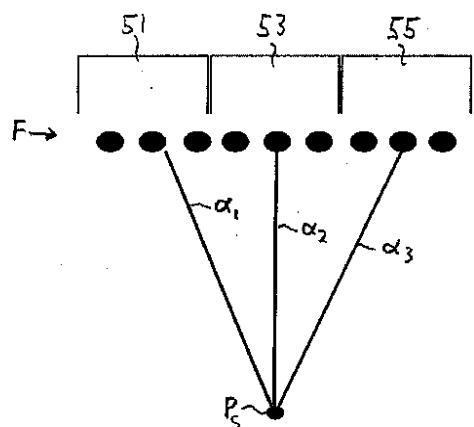


FIG. 4A

【図 4 B】

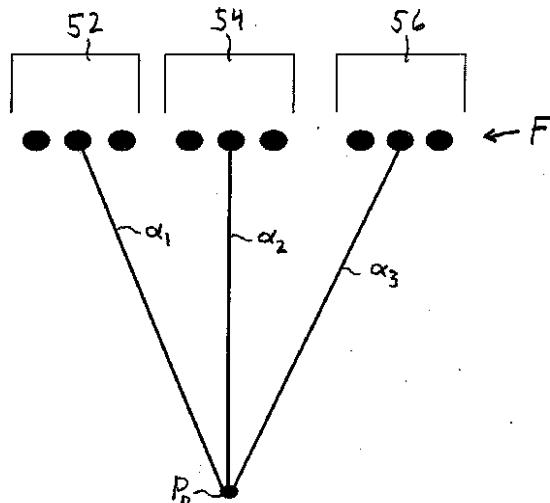


FIG. 4B

【図 4 C】

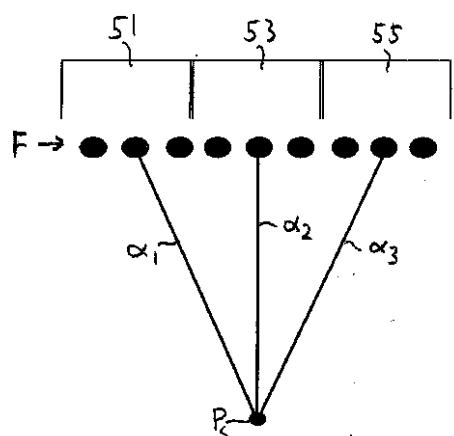


FIG. 4C

【図 4 D】

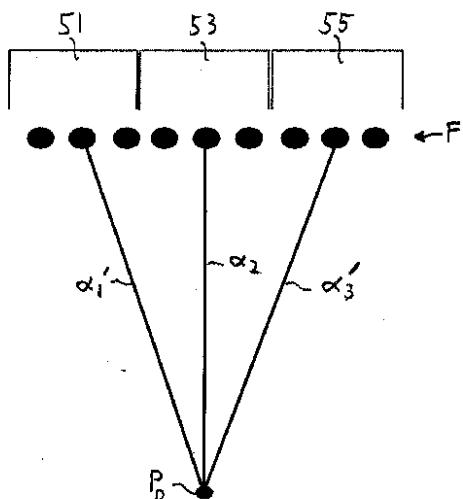
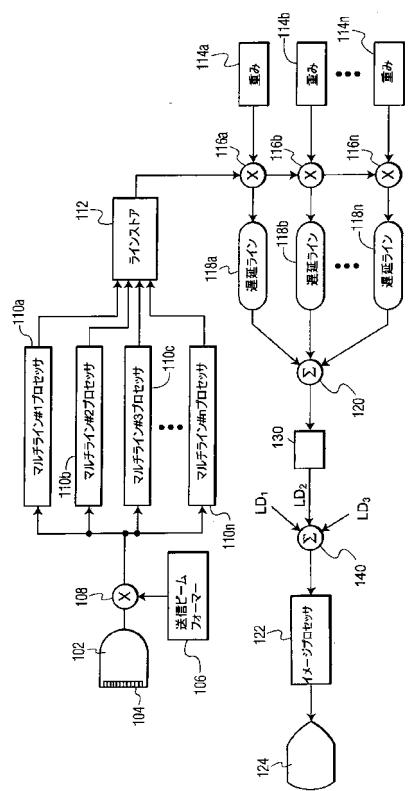
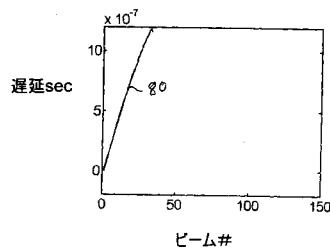


FIG. 4D

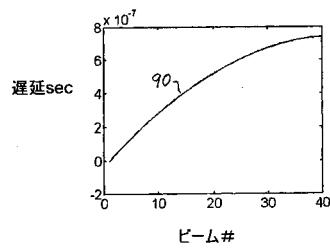
【図5】



【図6 A】



【図6 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ロベール , ジャン リュック
アメリカ合衆国 , 98041 - 3003 ワシントン ボセル ピー . オー . ボックス 3003

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特開平03-015455 (JP, A)
特開平10-118063 (JP, A)
特開平11-221214 (JP, A)
特開2006-055282 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 61 B 8 / 00

专利名称(译)	回顾性，动态传输聚焦空间复合		
公开(公告)号	JP5238692B2	公开(公告)日	2013-07-17
申请号	JP2009509924	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)	皇家飞利浦电子股份有限公司的Vie		
[标]发明人	バーチャー・マイケル ロベール・ジャン・リュック		
发明人	バーチャー,マイケル ロベール,ジャン-リュック		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8995 G01S7/52028 G01S7/52047 G01S7/5209 G01S7/52095 G01S15/8927 G01S15/8997 G10K11/346		
FI分类号	A61B8/00		
代理人(译)	伊藤忠彦		
优先权	60/747148 2006-05-12 US 60/911343 2007-04-12 US		
其他公开文献	JP2009536856A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声诊断成像系统发射垂直于换能器孔径平面的多个聚焦光束，并响应每个发射光束接收多个接收线。换能器孔径的孔径由变迹限定，并且子孔径的信号被对准并组合以产生指示发射转向相对于子孔径的不同角度的动作的信号。检测转向信号，并将检测到的信号组合成图像场中的公共点。组合的检测信号用于生成具有减少的散斑的超声图像。

【図 2 A】

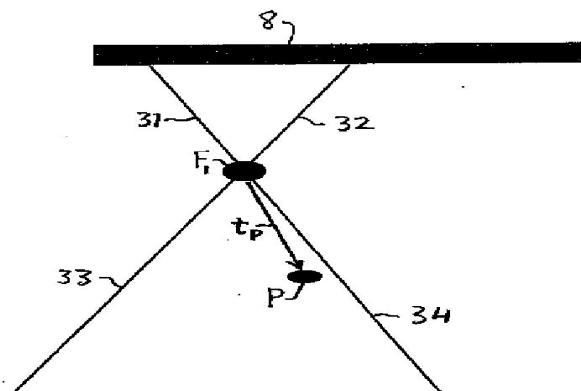


FIG. 2A