

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A) (11)特許出願公表番号

特表2003 - 511173

(P2003 - 511173A)

(43)公表日 平成15年3月25日(2003.3.25)

(51) Int. Cl ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ド* (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	2 F 0 6 8
G 0 1 B 17/00		G 0 1 B 17/00	C 4 C 3 0 1
G 0 1 S 15/89		G 0 1 S 15/89	B 5 J 0 8 3

審査請求 未請求 予備審査請求 (全 42数)

(21)出願番号 特願2001 - 530611(P2001 - 530611)

(86)(22)出願日 平成12年10月2日(2000.10.2)

(85)翻訳文提出日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(86)国際出願番号 PCT/EP00/09649

(87)国際公開番号 W001/027655

(87)国際公開日 平成13年4月19日(2001.4.19)

(31)優先権主張番号 09/415,958

(32)優先日 平成11年10月8日(1999.10.8)

(33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 EP (AT , BE , CH , CY , DE , DK , ES , FI , FR , GB , GR , IE , IT , LU , MC , NL , PT , SE) , JP

(71)出願人 コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヱィ
KONINKLIJKE PHILIP
S ELECTRONICS N.V.
オランダ国 5621 ベーアー アインドー
フェン フル-ネヴァウツウェッハ 1

(72)発明者 クーレイ クリフォード アール
オランダ国 5656 アーアー アインドー
フェン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 サボウリン トーマス ジェイ
オランダ国 5656 アーアー アインドー
フェン プロフ ホルストラーン 6

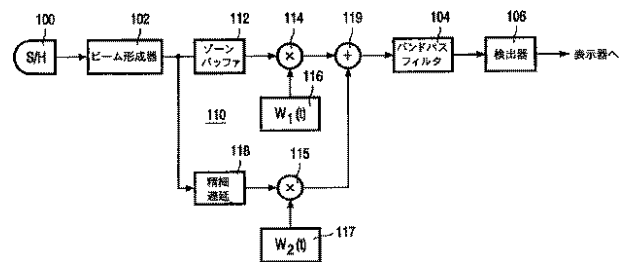
(74)代理人 弁理士 津軽 進 (外 1 名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高いフレームレートでの合成伝送焦点を伴う超音波診断撮像システム

(57)【要約】

高いフレームレートでの表示における合成された伝送焦点を持つスキャンラインを生成する超音波診断撮像システムが提供される。異なるビームステアリング及び焦点特性を有するビームが、伝送されて受け取られる。受け取られたビームのうちの少なくとも1つは重み付けされ、重み付けされて受け取られたビームのステアリング及び焦点特性は、両方のビームの焦点特性を呈示する表示のために対するスキャンラインを形成するために補間される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の伝送特性を有する第1の伝送ビームを伝送するステップと、前記第1の伝送ビームに応じて第1の受け取りビーム位置でエコーの第1のシーケンスを受け取るステップと、第2の伝送特性を有する第2の伝送ビームを伝送するステップと、前記第2の伝送ビームに応じて第2の受け取りビーム位置でエコーの第2のシーケンスを受け取るステップと、前記第1及び第2のシーケンスのエコーを相対的に重み付けするステップと、前記第1及び第2の伝送ビームの両方の特性を有する前記第1及び第2の受け取りビーム位置の中間の位置でスキャンラインを形成するために、前記第1及び第2のシーケンスの相対的に重み付けされたエコーをコヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波のスキャンラインを生成するための方法。

【請求項2】第1のステアリング方向に第1の伝送特性を有する第1の伝送ビームを伝送するステップと、前記第1の伝送ビームに応じてエコーの第1のシーケンスを受け取るステップと、第2のステアリング方向に第2の伝送特性を有する第2の伝送ビームを伝送するステップと、前記第2の伝送ビームに応じてエコーの第2のシーケンスを受け取るステップと、前記第1及び第2のシーケンスのエコーを相対的に重み付けするステップと、前記第1及び第2の伝送ビームの両方の特性を有するスキャンラインを形成するために前記第1及び第2のシーケンスの相対的に重み付けされたエコーをコヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波のスキャンラインを生成するための方法。

【請求項3】前記第1の伝送特性が第1の伝送焦点であり、前記第2の伝送特性が第2の伝送焦点である、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】相対的に重み付けする前記ステップが、深さの関数として線形又は非線形に変化する重み付け関数を利用することを有する、請求項1ないし3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】コヒーレントに組み合わせる前記ステップより前に、前記第1及び第2のシーケンスのエコーを相対的に時間遅延させ、又はフェーズシフトさせるステップを更に有する、請求項1ないし4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】相対的に時間遅延させ又はフェーズシフトさせる前記ステッ

プが、深さの関数として線形又は非線形に変化する時間遅延又はフェーズシフト関数を利用することを有する、請求項5に記載の方法。

【請求項7】 相対的に時間遅延させ又はフェーズシフトさせる前記ステップが、群遅延又はフェーズシフトをシーケンスの前記エコーに適用することを有する、請求項5に記載の方法。

【請求項8】 深さの関数として前記第1及び第2の受け取られたビームのうちの少なくとも1つを位相合わせするステップを有する、請求項1ないし7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項9】 異なるビームステアリング特性及び少なくとも1つの他の異なる伝送特性のビームを伝送し、受け取るアレイトランスデューサと、異なる伝送特性の受け取りビームの受け取りに応じて、エコー信号のシーケンスを生成する前記アレイトランスデューサに結合されたビーム形成器と、エコー信号の前記シーケンスのうちの少なくとも1つを重み付けする重み付け回路と、前記第1及び第2のシーケンスのエコー信号をコヒーレントに組み合わせ、それにより両方のビームの前記異なる伝送特性のプロパティを有するスキャンラインが供給される、前記ビーム形成器に結合された組み合わせ回路と、を有する超音波診断撮像システム。

【請求項10】 異なる伝送焦点のビームを伝送するために前記アレイトランスデューサを制御し、それにより前記異なる伝送焦点のプロパティを有するスキャンラインが供給される、前記アレイトランスデューサに結合された伝送器を更に有する請求項9に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項11】 前記ビーム形成器は、単一の伝送イベントに応じて多重ビームを受け取るマルチラインビーム形成器を有する、請求項9又は10に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項12】 前記ビーム形成器が時間遅延ビーム形成器を有する、請求項9ないし11のいずれか1項に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項13】 前記組み合わせ回路の前に結合されたフェーズライナを更に有する、請求項9ないし12のいずれか1項に記載の超音波診断撮像システム。

。

【請求項14】前記ビーム形成器が、フェーズシフトビーム形成器を有する、請求項9ないし13のいずれか1項に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項15】前記ビーム形成器に結合された入力部及び前記組み合わせ回路に結合された出力部を有する正規化回路を更に有する、請求項9ないし14のいずれか1項に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項16】組み合わせる前に前記受け取りビームを空間的に位置合わせするために位置決め不良補正プロセッサを更に有する請求項9ないし15のいずれか1項に記載の超音波診断撮像システム。

【請求項17】第1の焦点を有する第1のビームを伝送し、それに応じて少なくとも2つの受け取りスキャンラインを受け取るステップと、第2の焦点を有する第2のビームを伝送し、それに応じて少なくとも2つの受け取りスキャンラインを受け取るステップと、拡張された焦点スキャンラインを生成するために、前記第1及び第2のビームに応じて受け取られるスキャンラインを重み付けし、コヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波スキャンラインを生成するための方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、超音波診断撮像システムに関し、特に、高いレートの捕捉で合成伝送焦点スキャンラインを生成する超音波診断撮像システムに関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来の超音波診断撮像システムは、エコーが受け取られる際に、受け取られた超音波エコーの焦点範囲を動的に変えるために、ビーム形成の間、ダイナミックフォーカスを利用する。この能力は、エコーが受け取られる際に、トランスデューサアレイの異なる素子から受け取られるエコーに適用される遅延を連続的に変化させる能力により可能とされ、それによって、トランスデューサアレイの受け取りアパーチャの焦点範囲を連続的に変化させる。エコーが、伝送波に続いている絶えず増大する深度から受け取られるので、受け取りアパーチャの効果的な曲率は、増加する範囲でトランスデューサアレイの焦点を次第に定めるために絶えず段階的に作られる。

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、このようなダイナミックフォーカス能力は、伝送の間、起こり得ない。伝送されたビームは、アパーチャ間の伝送パルスアプリケーションを選択的に遅らせることによって1つの範囲だけで焦点を定められることができ、トランスデューサアレイの中央の素子は、伝送アパーチャのラテラル方向へ向かって位置する素子に対して遅れた励起を経験する。一旦伝送波が開始されると、超音波システムがその焦点を変更するか調整することは可能でない。さまざまな技法が、異なるか又は拡張された深さでの焦点領域をもたらすために試みられた。例えば、異なる深さでのアレイの異なる素子の焦点を定め、単一伝送で複数伝送パルスを組み合わせ、異なる深さに焦点を定める異なる周波数成分を符号化し、ラテラル逆畳込みを行う。これらの技法の全ては、成功、複雑さ及び/又は妥協が組み合ったものになってしまっていた。

【0004】

伝送ビームの単一焦点特性を扱うことについて従来の技法は、マルチゾーン焦点として知られたものである。マルチゾーン焦点において、それぞれのビーム位置は、複数回問い合わせられ、それぞれの伝送は、異なる伝送深さに焦点を定められる。受け取りの間、エコーは、それぞれ唯1つの伝送ビームの焦点の範囲のまわりで受け取られ、それにより異なる深さ範囲から完全な受け取りスキャンラインのセグメントを捕捉する。画像について完全なスキャンラインを形成するために、セグメントが継ぎ合わせられる。単一スキャンラインを形成するために、それぞれのスキャンラインが複数回問い合わせられなければならないので、マルチゾーン焦点合わせで固有の問題は、画像フィールドを走査し、画像を生成するために必要とされる時間である。表示のフレームレートを大きく低減する必要なしに超音波システムの伝送焦点特性を改善できることが望まれていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明によると、異なる伝送ステアリング方向及び焦点特性で受け取られた超音波信号は、拡張された伝送焦点ゾーンの特徴を合成するように処理される。好ましい実施例において、当該処理は、拡張された焦点特性をもつスキャンラインを形成するために、信号遅延、重み付け、又はそれらの両方を変更し、それらの信号を組み合わせることによりマルチライン受け取りにより受け取られるコヒーレントなエコー信号に関して行われる。好ましい実施例は、高いフレームレートの表示で画像ラインを生成するためにラテラル及び焦点の補間両方を組み合わせる。本発明の技法はまた、空間精度を改善するために単一焦点スキャンラインに適用されることができる。

【0006】

本発明は、第1の伝送特性を有する第1の伝送ビームを伝送するステップと、前記第1の伝送ビームに応じて第1の受け取りビーム位置でエコーの第1のシーケンスを受け取るステップと、第2の伝送特性を有する第2の伝送ビームを伝送するステップと、前記第2の伝送ビームに応じて第2の受け取りビーム位置でエコーの第2のシーケンスを受け取るステップと、前記第1及び第2のシーケン

スのエコーを相対的に重み付けするステップと、前記第1及び第2の伝送ビームの両方の特性を有する前記第1及び第2の受け取りビーム位置の中間の位置でスキャンラインを形成するために、前記第1及び第2のシーケンスの相対的に重み付けされたエコーをコヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波のスキャンラインを生成するための方法に関する。

【0007】

本発明はまた、第1のステアリング方向に第1の伝送特性を有する第1の伝送ビームを伝送するステップと、前記第1の伝送ビームに応じてエコーの第1のシーケンスを受け取るステップと、第2のステアリング方向に第2の伝送特性を有する第2の伝送ビームを伝送するステップと、前記第2の伝送ビームに応じてエコーの第2のシーケンスを受け取るステップと、前記第1及び第2のシーケンスのエコーを相対的に重み付けするステップと、前記第1及び第2の伝送ビームの両方の特性を有するスキャンラインを形成するために前記第1及び第2のシーケンスの相対的に重み付けされたエコーをコヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波のスキャンラインを生成するための方法にも関する。

【0008】

実施例において、前記第1の伝送特性は第1の伝送焦点であり、前記第2の伝送特性は第2の伝送焦点である。

【0009】

相対的に重み付けする前記ステップは、深さの関数として線形に変化する重み付け関数を利用することを含む。

【0010】

相対的に重み付けする前記ステップは、深さの関数として非線形に変化する重み付け関数を利用することを含む。

【0011】

実施例において、上記方法は更に、コヒーレントに組み合わせる前記ステップより前に、前記第1及び第2のシーケンスのエコーを相対的に時間遅延させ、又はフェーズシフトさせるステップを更に有する。

【0012】

実施例において、相対的に時間遅延させ又はフェーズシフトする前記ステップは、深さの関数として線形に変化する時間遅延又はフェーズシフト関数を利用することを含む。

【0013】

相対的に時間遅延させ又はフェーズシフトする前記ステップは、深さの関数として非線形に変化する時間遅延又はフェーズシフト関数を利用することを含む。

【0014】

相対的に時間遅延させ又はフェーズシフトする前記ステップは、シーケンスの前記エコーに群遅延又はフェーズシフトを適用することを含む。

【0015】

実施例において、超音波のスキャンラインを生成するための方法は、第1の焦点及び第1のステアリング特性を有する第1のビームを伝送し、受け取るステップと、第2の焦点及び第2のステアリング特性を有する第2のビームを伝送し、受け取るステップと、深さの関数として前記第1及び第2の受け取られたビームのうち少なくとも1つを重み付けするステップと、前記第1及び第2のビームの焦点及びステアリング特性をコヒーレントに補間するステップとを含む。

【0016】

実施例において、上記の方法は更に、深さの関数として前記第1及び第2の受け取られたビームのうちの少なくとも1つを時間遅延させるステップと、深さの関数として前記第1及び第2の受け取られたビームのうちの少なくとも1つをフェーズアラインメントするステップと、を含む。

【0017】

本発明は更に、異なるビームステアリング特性及び少なくとも1つの他の異なる伝送特性のビームを伝送し、受け取るアレイトランスデューサと、異なる伝送特性の受け取りビームの受け取りに応じて、エコー信号のシーケンスを生成する前記アレイトランスデューサに結合されたビーム形成器と、エコー信号の前記シーケンスのうちの少なくとも1つを重み付けする重み付け回路と、前記第1及び第2のシーケンスのエコー信号をコヒーレントに組み合わせ、それにより両方のビームの前記異なる伝送特性のプロパティを有するスキャンラインが供給される

、前記ビーム形成器に結合された組み合わせ回路と、を有する超音波診断撮像システムに関する。

【0018】

実施例において、システムは更に、異なる伝送焦点のビームを伝送するために前記アレイトランスデューサを制御し、それにより前記異なる伝送焦点のプロパティを有するスキャンラインが供給される、前記アレイトランスデューサに結合された伝送器を有する。

【0019】

システムの実施例において、前記ビーム形成器は、単一伝送イベントに応じて多重ビームを受け取るマルチラインビーム形成器を有する。システムの実施例において、前記受け取りビームは、異なっている伝送ビームステアリング及び異なっている受け取りビームステアリングのうちの少なくとも1つからなる。

【0020】

システムの実施例において、前記重み付け回路は、深さの関数としてエコー信号の前記シーケンスのうちの少なくとも1つを線形的に重み付けする。前記重み付け回路は、深さの関数としてエコー信号の前記シーケンスのうちの少なくとも1つを非線形的に重み付けする。

【0021】

実施例において、システムは、組み合わせ回路の前に結合される時間遅延回路を更に有する。

【0022】

実施例において、前記ビーム形成器は、時間遅延ビーム形成器を含む。

【0023】

実施例において、システムは、組み合わせ回路の前に結合されたフェーズアライナを更に有する。

【0024】

システムの実施例において、前記ビーム形成器は、フェーズシフトビーム形成器を有する。

【0025】

実施例において、システムは、前記組み合わせ回路に結合される出力部及び前記ビーム形成器に結合される入力部を有する正規化回路を更に有する。

【0026】

実施例において、システムは、組み合わせの前に、前記受け取りビームを空間的に位置合わせするために位置決め不良補正プロセッサを更に有する。

【0027】

システムの実施例において、前記位置決め不良補正プロセッサは、前記ビーム形成器の受け取りビームステアリング回路を含む。

【0028】

前記位置決め不良補正プロセッサは、2以上の受け取りビームの焦点の差に起因している空間的位置決め不良を補正する。

【0029】

実施例において、システムは、前記組み合わせ回路から信号を受け取るために結合された入力部及び出力部を有する検出器と、前記検出器の出力部に結合された入力部を有するディスプレイとを更に有する。本発明は更に、第1の焦点を有する第1のビームを伝送し、それに応じて少なくとも2つの受け取りスキャンラインを受け取るステップと、第2の焦点を有する第2のビームを伝送し、それに応じて少なくとも2つの受け取りスキャンラインを受け取るステップと、拡張された焦点スキャンラインを生成するために、前記第1及び第2のビームに応じて受け取られるスキャンラインを重み付けし、コヒーレントに組み合わせるステップと、を有する超音波スキャンラインを生成するための方法に関する。

【0030】

前記方法の実施例において、前記第1及び第2のビームは、実質的に同じ伝送ステアリングを呈示する。

【0031】

前記方法の実施例において、前記第1及び第2のビームは、実質的に同じ受け取りステアリングを呈示する。

【0032】

実施例において、前記方法は、重み付けしコヒーレントに組み合わせるステッ

プの前に受け取られたスキャンラインの位置決め不良を補正するステップを更に有する。

【0033】

前記方法の実施例において、位置決め不良を補正する前記ステップは、前記受け取りスキャンラインを動的にオーバーステアリングするステップを有する。

【0034】

前記方法の実施例において、動的にオーバーステアリングする前記ステップは、伝送ビームの焦点の関数として動作する。

【0035】

前記方法の実施例において、位置決め不良を補正する前記ステップは、受け取られたスキャンラインデータをリサンプルするステップを有する。

【0036】

前記方法の実施例において、リサンプルする前記ステップは、受け取られたスキャンラインデータをラテラルにフィルタリングすることを有する。

【0037】

我々の米国特許第5,390,674号は、捕捉されたラインの中間の位置ある超音波ラインが捕捉されたライン位置からの信号をラテラルに補間することにより合成することができることを教示している。この技法は、捕捉されたライン位置がナイキストサンプリング基準を満足させるのに十分近く、適切な補間重み付けが使用され、信号がコヒーレントに組み合わせられるとき、有効である。これらの条件の下で、ビーム形成器ステアリング遅延が中間位置で実際のラインを形成するように調整された場合、合成されたデータは、捕捉されるであろうエコーデータに密接に近づく。エコーデータの振幅補間は、上述の制約の範囲内で、実際に変わるビーム形成器ステアリング遅延と実質的に同じ結果を与えることになる。

【0038】

本発明は、焦点の遅延を伝送するためにこの原理を広げる。特に、中間伝送焦点深度での超音波データは、隣接した深さで伝送焦点を使用して捕捉される信号をコヒーレントに組み合わせることによって合成される。正にラテラルケースの

場合、この技法は、隣接した焦点が、サンプリング基準を満足させるのに十分近接し、データが組合せの前に適切に重み付けされるとき、最も効果的である。本発明の場合、振幅補間は、ステアリング遅延よりはむしろ、変化する焦点遅延の影響を合成するために使用される。

【0039】

特に、それぞれの伝送焦点から返される信号は、補間プロセスにおいてサンプルと考えられる。一様なサンプリングについて、捕捉され合成されたサンプルの位置は、それ自体は焦点深度について一様ではない。むしろ、それらは、単調関数によって焦点深度と関連するパラメータについて一様である。例えば、近軸近似が保たれる領域で、関数は、焦点深度と逆関係を呈示する。

【0040】

本発明の構成された実施例において、一様なサンプリングは、いくつかの利点を有する。第1に、必要とされるサンプルの数は、最小にされる。第2に、補間重みは、単純なアルゴリズム（すなわちプロトタイプフィルタのサブサンプリング）によって選ばれることができる。この発明の明細書において、一様なサンプリングは伝送焦点を位置づけることによって好ましくは達成されるので、サンプルが焦点遅延の等しいステップによって間隔を置いて配置される。伝送アパーチャでの最大焦点遅延が、ある伝送焦点から次の伝送焦点まで $1/F_s$ 未満で変わる時（ F_s は適切に時間内の超音波信号をサンプリングすることができる最小周波数である）、伝送焦点は、エイリアシングなしで一緒に補間を支援するに十分近くにある。

【0041】

【発明の実施の形態】

最初に図1を参照すると、典型的な従来技術のマルチゾーン超音波システムがブロック図で表されている。スキャンヘッド100は、（異なる伝送焦点でそれぞれの）所与のビーム方向に2以上のビームを伝送して受け取る。受け取られたエコー信号は、バンドパスフィルタ104によってフィルタリングされ、検出器106で検出されて、マルチゾーンアセンブリバッファ108で記憶される受け取りビーム信号を形成するためにビーム形成器102によってコヒーレントに組

み合わせられる。アセンブリバッファは、その唯一の焦点ポイントあたりのそれぞれ受け取られたビームのセグメントを切り離して、所与のビーム方向に対するスキャンラインを一緒に形成するためにセグメントを重ね継ぐ。従って、結果としてマルチゾーン合焦スキャンラインが、図4に示されるように、重ね継がれたビームセグメントの複数の焦点位置で、最適の焦点特性を呈示する。

【0042】

次に図2を参照すると、本発明の第1の実施例を有する超音波システムが、ブロック図で示されている。2本以上のビームが、ビーム形成器102によってコヒーレントに形成される受け取られたエコー及び異なる焦点特性で再び伝送される。図2の実施例は2本の伝送ビーム構成を表すが、本発明の原理は異なる伝送焦点で3本以上の伝送ビームにも適用できる。2本の受け取られたビームのコヒーレントエコー信号は、FIR補間フィルタ110によって処理され組み合わせられる。第1の受け取られたビームのコヒーレントなエコー信号は、一時的にゾーンバッファ112に記憶される。第2の受け取られたビームのコヒーレントなエコー信号は、精細遅延118によって処理される。2本の受け取られたビームが異なる伝送焦点特性を有するので、2本のビームのエコーは、範囲(深さ)寸法において、正確に局地的に位置合わされないだろう。精細遅延118は、第2のビームのエコーに小さい時間遅延又は前進を与え、それぞれのビームに沿った対応しているエコーの位置が、対応している局地的な位置合せを呈示するだろう。遅延がないか又は固定された遅延がいくつかのアプリケーションについて満足しているとわかっている間、以下に詳細に議論されるように好ましい時間遅延がエコー深さとともに時間変化している。

【0043】

それから、第1及び第2の受け取られたビームの局地的に対応しているエコーは、重み付け関数 $W1(t)$ 及び $W2(t)$ についての2つの時間変化によって振幅が重み付けされる。2つの重み付け関数の重み付け係数は、係数メモリ116及び117に記憶され、マルチプレクサ114及び115によってエコー信号サンプルを重み付けするのに使用される。好ましくは、重み付け関数は個々のビームの焦点深度と反比例する。重み付けされたエコーサンプルは、合成の伝送合焦スキャン

ラインの拡張された焦点特性で、コヒーレントなスキャンラインを形成するために加算回路119によってコヒーレントに組み合わせられる。スキャンライン信号は、バンドパスフィルタリングされ、検出されて超音波画像で表示される。

【0044】

本発明の実施例の動作及び効果は、図3-5を参照することによって理解できる。図3は、図中の位置Tにあるアレイトランスデューサによって伝送される合焦ビームパターン50を図示する。ビームパターンは、小さい三角形によって示されるように、幾何学的焦点で又はその近くで、焦点52の周りに位置する比較的幅が狭い焦点に向かって幅が狭くなって見られる。よく知られているように、焦点52の位置はアクティブな伝送アパーチャの素子のサイズ及び間隔と、アクティブな伝送アパーチャのそれぞれのトランスデューサ素子を励起するために用いられる信号に与えられる遅延とによって決定される。臨床医が焦点52の軸の範囲で又はその周りに位置する目標を見ることにだけ興味があるとき、伝送ビーム50が受け入れられてもよい。結果として生じる画像は、焦点52の近くで最適の焦点を示し、焦点52よりもますます浅く又は深くなる深度において適当な焦点でなくなるだろう。

【0045】

改善された焦点を伴う画像は、図4で示されるような結果を生成する図1のマルチゾーン焦点合せ装置により生成されることができ、マルチゾーン焦点合せのこの例では、3本の伝送ビームが使用される。アレイトランスデューサTに最も近いビームセグメントは焦点61でビームパターン60を持ち、中距離ビームセグメントは焦点63でビームパターン62を持ち、最も遠いビームセグメントは焦点65でビームパターン64を持つ。それぞれのビームセグメントは、図3のビームの全範囲より小さい所与の短い範囲にわたって、特定の伝送焦点及びビーム特性に対するそれぞれの事象について最適化された伝送焦点特性（アクティブな伝送アパーチャ、遅延）を伴って、別々の伝送事象から起こる。

【0046】

図4の3つの伝送焦点ゾーンのそれぞれから受け取ったスキャンラインセグメントが、3つのセグメントのフィールドの深さにわたって単一スキャンラインを

形成するために一緒に重ね継がれる。受け取られたセグメントを一緒に重ね継ぐことについて、いくつかの技法が知られている。例えば、米国特許第4,305,296号は、「突合せ-フィット」アプローチと呼ばれる、3ゾーンからセグメントを端と端とをつないで接続することによって全てのスキャンラインを組み立てる。しかし、このアプローチは、2つのゾーン間又は他のゾーン間のゲイン又は焦点特性の差に起因して、画像が1つのゾーンから他のゾーンへ変化するところで画像のバンディング(banding)となる。この問題への従来のアプローチは、端部で重なるセグメント(図3で「ゾーン境界」として示される)を得て、クロスフェードアプローチとして知られているように画像が1つのゾーンから次のゾーンへフェードしていくことである。ゾーン境界でのクロスフェードは、例えば米国特許公報第5,568,813号及び第5,579,770号で知られている。

【0047】

本発明の実行の結果として理想的なビーム特性は、図5に示される。このビーム特性は、2つのスキャンラインのエコー信号、1つは浅い焦点72を持ち、他の1つは深い焦点74を持つスキャンラインのエコー信号を組み合わせることからの結果である。本発明の原理に従ってエコー信号が処理され組み合わせられるとき、まるで動的な伝送焦点が使用されたかのように、改善された焦点特性がスキャンラインの深さの実質的な部分上に生成される。焦点特性の改善は、図5のビーム特性を図3及び4のビーム特性と比較することによって理解できる。

【0048】

このような改善を可能にする本発明のいくつかの側面がある。一つは、2つのスキャンラインが従来技術の場合のように単に、ゾーン境界でクロスフェードされたセグメント又は突合せ-フィットセグメントではないということである。その代わりに、スキャンラインの実質的な部分上のエコーは、処理されて組み合わせられる。好ましくは、エコーは1つの焦点から次の焦点までの距離(深さ)の少なくとも半分にわたって結合される。図5に示される特性は焦点72から焦点74までの全距離にわたって信号を処理し組み合わせたものである。図5のビーム特性のためにスキャンラインを処理するのに用いられる適切な重み付け関数が

、図5と空間的に対応する図6a及び6bに示される。浅く焦点を定められたスキャンラインに対する第1の重み付け関数 $W1(t)$ は、トランスデューサTから浅く焦点を定められたスキャンラインの焦点72まで、1の正規化値を有するように示される。焦点72から深く焦点を定められたスキャンラインの焦点74まで、 $W1(t)$ 重み付け関数が、略逆関数 82 で下降しているのがわかる。線形応答を含む他の関数が焦点間で使用されている間、逆関数 $(1/R)$ は、図2に示されるタイプのFIR補間フィルタを使用する中間ポイントにおいて伝送焦点を合成するために必要とされる補間重み付けに更にもっと近づくので、むしろ好まれる。この例において、 $W1(t)$ 重み付け関数が深く焦点を定められたビームの焦点74の近くでゼロに傾くことがわかる。

【0049】

$W1(t)$ 重み付け関数の変化に対応して、深く焦点を定められたスキャンラインについて $W2(t)$ 重み付け関数は、浅く焦点を定められたビームの焦点72まで、0値を有する。その後は、重み付け関数は、より深く焦点を定められたビームの焦点74で正規化値1を得るまで、1マイナスの逆関数 84 で増加する。このように、浅く焦点を定められたビーム及び深く焦点を定められたビームからのエコーが、これらの関数で重み付けされて、組み合わせられるとき、マルチゾーンで焦点を定められたビームは、非常に近いフィールド（焦点72より浅い深度）において浅く焦点を定められたビームだけの関数であり、（焦点74を越えた）最も遠いフィールドにおいて深く焦点を定められたビームだけの関数であり、フィールドのこれら中間深度にわたる2本のビームの相対的焦点品質に関して、これら2本のビームの焦点深度間では2本のビームの関数である。 $R1$ 及び $R2$ で合焦される2本のスキャンラインを組み合わせる例示的重み付け関数は、

【数1】

$$\omega(R_1)=1-\alpha$$

と

【数2】

$$\omega(R_2)=\alpha$$

との形式であり、ここで近軸近似が満たされ伝送アパーチャが等しい範囲である領域に対して、

【数3】

$$\alpha = C_1 - C_2 \left(\frac{1}{R} \right) = \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R} \right) \left(\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \right) = \left(\frac{R - R_1}{R} \right) \left(\frac{R_2}{R_2 - R_1} \right)$$

である。伝送アパーチャが等しい範囲を持たないとき、重み付けは、合成された伝送ビーム品質のいくつかの側面を最適化するアルゴリズムによって、選ばれてもよい。深度の比でメインローブをサイドローブまで最大にすることは、満足な結果を提供することが分かった。

【0050】

図7では、本発明の原理に従って構成される超音波診断撮像システムの第2の実施例が示されている。プローブ10のアレイトランスデューサ12は、異なる伝送焦点の特性で超音波のビームを被検体に伝送するために送信器14により制御される。送信器も、所望のビーム方向にビームを操縦する。被検体内からのエコーは、それぞれ伝送されたビームに応じて生成され、アレイトランスデューサ12の素子によって受け取られる。エコーは、それらが適切に遅らされてそれぞれ受け取られたスキャンラインに沿ってコヒーレントなエコー信号を形成するために組み合わせられるビーム形成器16に結合される。従来の超音波システムでは、これらのスキャンラインエコー信号はフィルタ22によってフィルタリングされ、検出器24によって検出されるか又は信号処理器26によってドップラー処理され、画像処理器28によって画像フォーマットにアレンジされる。画像信号は、表示器30上に表示される。

【0051】

本発明の原理によると、RFブレンダー回路40は、異なる伝送焦点深度を呈示する複数のスキャンラインのエコー信号をコヒーレントに混合する。RFブレンダー回路40はデジタルフィルターの形式で実行され、図7の実施例においてリサ

サンプルし補間し一度に3本のスキャンラインを混合するFIRフィルターの形式で示される。典型的動作シナリオでは、スキャンライン位置が各回異なる伝送焦点又は範囲(レンジ)で多数回走査される。ビーム形成器16によって生成されるコヒーレントなエコー信号は、異なる伝送アパーチャの影響を正規化し異なるビームに対する強度を伝送するために正規化回路18で正規化を行う。第1及び第2の異なって合焦された伝送波に応じて生成されるエコー信号は、ラインバッファF1及びF2に記憶される。例えば、ラインバッファはFIFOメモリを有することができる。スキャンライン位置の3番目及び(この実施例において)最後のスキャンラインからのエコー信号は、経路F3に沿って結合される。ラインバッファF1及びF2に以前に記憶されたスキャンラインエコー信号は、最後のスキャンライン及びコヒーレントに組み合わせられたエコー信号に同期してシフトアウトされる。処理及び他のスキャンラインのエコー信号と組み合わせる前に一時的に最後のスキャンラインを記憶することが所望の場合、第3のラインバッファが経路F3で使用されることができる。

【0052】

組み合わせられる前に個々のビームのエコー信号は、時間可変遅延52、54及び56によって局地的に位置合わせされ、時間可変重み付け関数 $W1(t)$ 、 $W2(t)$ 及び $W3(t)$ が係数記憶部32、34及び36から与えられて、マルチプレクサ42、44及び46を有する重み付け回路によって適切に重み付けされる。スキャンラインの複数の走査からの遅延され重み付けされたRFエコー信号は、動的な伝送焦点の影響を合成する複合スキャンラインを生成するために加算回路48によって、コヒーレントに組み合わせられる。重み付け回路の影響は、3本のビームから複合スキャンラインまでエコー信号の関連した寄与を重み付けすることである。好ましくは、この重み付けは、組合せ処理で使用される他の焦点及び個々の伝送焦点からのそれぞれのエコー信号の距離と伝送アパーチャとに機能的に関係する。遅延の影響は、組み合わせられたRFエコー信号を局地的に位置合わせすることであり、局地的に不整合な信号データの組合せによる起こりうる位相消去が低減され、好ましくは最小にされる。好ましくは、遅延特性は伝送焦点からのエコー信号の距離及びトランスデューサ伝送アパーチャに機能的に関連する。こ

の組み合わせ処理の結果は、焦点の拡張された範囲を伴うスキャンラインを生成することである。

【0053】

時間遅延部52-56は、使用されるビーム形成アーキテクチャを考慮しているいろいろなやり方で実行されることができる。好ましい実施例において、時間遅延ビーム形成器16は、個々のトランスデューサ素子から受け取った信号を時間遅延させて組み合わせることにより、コヒーレントなビームが形成されるように実行される。時間遅延ビーム形成器で、時間遅延部52-56は、所望の範囲位置でエコーサンプルを生成するリサンプリングフィルタ又は補間フィルタによって実現されることができる。フェーズシフトビーム形成器が米国特許第5,623,928号で記述されているように使用されるとき、位相整列器又は位相回転子は、この特許で記述されているように複合マルチプレクサで位相調整をビームサンプルに分け与えるために使用されることができる。いずれにせよ、時間遅延又は位相調整は、加算回路48の前に処理シーケンスのどのポイントでも実現されることができる。具体的には、遅延又は位相調整は、ビーム形成器16でチャンネルベースで実行されることができる。同様に、本発明の重み付け関数はまた、重み付け係数を他のフィルタ関数の重み付け係数と統合することを含めて、加算回路48の前にどのポイントでも実行されることができる。

【0054】

上述の改善を可能にする本発明の第2の側面は、従来技術とは異なり、異なって焦点を定められたビームが、インコヒーレントに組み合わせられるのではなく、コヒーレントに組み合わせられ、すなわち、伝送及び受け取り回路のタイミング(クロック)と同期をとることを考慮して、非線形的に処理される前に組み合わせられる。従来技術のマルチゾーン特許で示される装置構成は、検出されたエコーデータ(RFエコーデータでない)で行われるゾーン境界でのクロスフェージングを示す。図7の実施例は、検出器24の前に位置するRFブレード回路40を示す。回路40は、組み合わせられた信号がコヒーレントのままである信号経路のどのポイントにも位置することができる。例えば、回路はベースバンド復調の前後いずれにも位置することができた。

【0055】

図8a-9bは、ビーム焦点から削除された位置で発生している局地的な位置決め不良を図示する。図8aは、図面のラテラル座標に沿って焦点72で焦点を定めて効果的な曲率を伴うトランスデューサアパーチャを示し、これは、トランスデューサからの飛行又は範囲(深度)の時間を表す。伝送される波は、ビームが最適に焦点を定められる焦点72で、最適のインパルス応答を呈示する。焦点の何れの側にも、インパルス応答局地的なオフセットがあるか又は移動され、最適でない(拡散される)。これはポイントt0で示され、ここでは(矢印92によって表される)最適のインパルス応答が望ましいが、実際のインパルス応答は、伝送アパーチャがポイントt0で焦点がずれている(最適に焦点を定められていない)という事実のために、三角形状応答94により示されるように局地的に進められ広げられている。この非合焦状態を補償するために、ポイントt0から返されるエコーは、受け取られたエコー信号の局地的な調整を提供するために矢印96によって示されるように遅らされる。好ましくはラテラル座標に沿ってこれらポイントで与えられるフェーズシフト又は時間遅延は、図8bの遅延補償特性98によって示されるように、最適焦点72からの時間又は距離の関数である焦点ずれの程度に対応する。特性98が示すように、補償遅延は、伝送焦点72から(向こうの)遠いポイントのために使用される。

【0056】

広がることについての完全な補償は、遅延よりはむしろ逆(好ましくはウィナー)逆畳込みフィルタの使用を必要とした。遅延又は位相補正の意図は、トランスデューサプローブ又は信号の中心周波数で、局地的なエラー又はフェーズエラーを最小にすることである。

【0057】

図9aは、トランスデューサアパーチャがより遠い伝送焦点74で焦点を定められ、t0が焦点に最も近い(よりアパーチャに近い)ときに起こる状態を示す。この場合、時間進み矢印196によって示されるように、図8a及び8bのものとは反対の進み若しくは負の遅延又はフェーズ位置合せが、遅延され広げられたインパルス応答194に対する補償のために使用される。「進み」は相対的な用語であり

、他の信号より小さい範囲で遅れている信号によって得ることができると理解されるだろう。図9bでの遅延補償特性198は、図中のラテラル座標の下に見られ、ポイントt0が伝送焦点に最も近いとき、図8bのものと反対の時間遅延又はフェーズ位置合せがポイントt0でエコー信号のために必要とされることを示す。

【0058】

図8a-9bの遅延及びインパルス応答拡散の図は、説明のために誇張されている。実際には、これらの遅延は通常全く小さく、しばしばエコー信号中心周波数の期間より小さいオーダーとわかった。過度の遅延は、組み合わせる目的のために伝送焦点の空間的アンダーサンプリングを示しただろう。

【0059】

図8b及び9bは、拡張された焦点スキャンラインを形成するために組み合わせられるべき異なって焦点を定められたスキャンラインからのエコー信号に対する線形遅延又は位相補償特性の使用を示す。線形的な可変補償が本発明の実施のために適切な間、好ましい遅延特性は図10で示される非線形特性140である。この遅延特性は、式によって以下のように表される。

【数4】

$$\Delta = \Delta_f - \left(\sqrt{R^2 + a^2} - R \right)$$

ここで Δ は範囲Rでの遅延補償の値であり、aは伝送アパーチャの有効な軸から離れた大きさであり、伝送焦点における遅延 Δ_f は

【数5】

$$\Delta_f = \sqrt{R_f^2 + a^2} - R_f$$

である。ここで R_f は伝送アパーチャが合焦される範囲である。Aは、伝送アパーチャの全ての素子の遅延への総体的寄与から起こる群遅延を供給する意味では、有効アパーチャである。

【0060】

時間遅延又はフェーズ補償を利用しない本発明の実施例は、可能である。所望ならば代わりに固定された遅延が使用され、この場合には、走査変換の間に補償

されうる焦点間のプログレッシブな軸空間歪みがある。好ましくは、動的な遅延補償が使用される。遅延補償の使用は、軸解像度を改善し、組み合わせられたスキャンラインの局地的な並んでいない信号を組み合わせることから起こる望ましくない取消しを低減する間、軸上の応答を増やすことがわかった。改善された軸上応答も、ラテラルの解像度改善になる。(好ましい動的な遅延に対する)固定された遅延でさえ、組み合わせられたエコースキャンラインに沿ってこれらポイントで改良を提供することができる。

【0061】

図8a-10によって記述される相対遅延が図7の実施例において遅延₁₋₃で図示されている。相対遅延は、様々なやり方において実現されることができる。FIFOレジスタがラインバッファのために使用されるとき、遅延はレジスタのためにクロック信号の相対的タイミングによって実現されることができる。記憶装置又は装置がラインバッファのために使用される場合、遅延はメモリデータアクセスのタイミングによって実現されることができる。特定の実施例において、遅延実行のためのこれらの技法は、所望のものより粗い時間遅延調整となってもよい。ビーム形成器出力のサンプル期間より精細な解像度で、時間可変(動的な)遅延が、時間可変係数を伴うFIR補間フィルターを使用することによって実現される。波長の1/32又はより良いオーダーで、遅延変化が頻繁に更新される場合、このようなフィルタがよく働くことがわかった。

【0062】

遅延は、ビーム形成された信号に適用される群遅延として図7の実施例において実現される。プログラム可能なビーム形成器が使用される場合、遅延はまた、ビーム形成器で実現されることが理解されるだろう。ビーム形成器チャンネルがビーム形成のための遅延を利用するので、本発明の遅延はビーム形成器遅延又はフェーズシフト値への調整としてビーム形成器で実現されることができる。

【0063】

従来技術においては、隣接したスキャンラインセグメントの突合せ-取付け部品は、隣接しているセグメントの信号を組み合わせることなしになされ、組み合わせることで行われ、引用された特許で示されたクロスフェージング技法はセグ

メントが重なるゾーン境界で2つの隣接するスキャンラインセグメントをクロスフェードするだけ、であることに留意されたい。上述のように、本発明の好ましい実施例が、かなりの範囲、一般的には焦点間の少なくとも半分の距離で、図5、6a及び6bで示されるように好ましくは焦点間の全距離で空間的に重なるスキャンラインセグメントを組み合わせる。さらに、2本より多い伝送ビームが使用されるとき、2本より多い重なり合うビームはフィールドの特定の深度で組み合わせられる。例えば、図7の実施例は、3つの重なっている異なって焦点を定められたスキャンラインを組み合わせるための実施例である。それぞれ受け取られたスキャンラインは、最終的に拡張された焦点スキャンラインの全ての深さのために拡張でき、1本、2本又は3本でさえこれらビームからのスキャンライン信号に沿った異なるポイントで、複合の拡張された焦点スキャンラインを形成するために重み付け及び/又は位相調整で組み合わせられる。拡張された焦点スキャンラインに沿ったどのポイントでも組み合わせられる個々のビームの数は、スキャンラインに沿ったそれぞれのポイントでの受け取られたエコー信号からの相対的寄与の関数であり、所望の重み付け関数の選択によって実現されることができる。いくつかの信号に対して複数回の重み付けを用いた重み付け関数が使用され、2本より多いスキャンラインが一度に組み合わせられるとき、特に有益である。例えば、焦点を定められたビームだけが個々の焦点で使用されることができ、他のビームからの寄与は焦点の何れかの側に追加される(又は減じられる)。代わりに、多重ビームは焦点間の位置に加えて1以上の個々の焦点での拡張された焦点スキャンラインに貢献できる。この効果は、まるで拡張された焦点スキャンラインが動的な伝送焦点で伝送されたかのようなものである。RF拡張された焦点スキャンラインは、検出されるか表示のためにさらに処理される。

【0064】

図11a及び11bは、診断精度を改善するために単一伝送焦点を持つスキャンラインで、本発明の原理の使用を図示する。図11aでは、トランスデューサアレイ12は、対象物120を横切るビーム122を伝送する。ビーム122は、焦点マーカー52に示されたように、対象物120の中心の周りで焦点を定められる。これは、対象物120の中心が合焦されているが、ポイントP1での対象物の近い

境界及びポイントP2での対象物の遠い境界は、最適に焦点を定められないだろうことを意味する。これは、図11bによって示され、焦点52ではトランスデューサアパーチャTaの鋭いインパルス応答130を示し、ポイントP1及びP2では広げられ移動した応答132及び134を示す。ユーザはスキャンライン122が通過する対象物120の大きさの測定を所望するならば、不必要な曖昧性がポイントP1及びP2での焦点ずれ条件の局地的なエラーによって生成される。本発明の他の側面によると、ポイントP1及びP2でのエコーデータは、空間的に変化する時間遅延のアプリケーションを通して、エコーデータの空間的位置合せの調整によってより正確にされる。進んでいる（相対的に負の）遅延は焦点52に最も近いポイントP1でエコーデータに適用され、大きな（相対的に正の）遅延は末端ポイントP2でエコーデータに適用される。これらの調整は空間的位置合せ、したがって、測定がなされるべきこれらのポイントそれぞれの精度を改善する。所与のケースでの精度は、サブミリメートル精度で改善される。

【0065】

図12は、高いフレームレートがビームステアリング及びビーム焦点補間両方と組み合わせられるマルチライン入力の原理を通じて得られる本発明の実施例を示す。この図面は、超音波画像フィールドの空間的スキャンライン位置を表す。第1ビーム T_{S_1} が相対的に短い（トランスデューサに近い）焦点で示されるように伝送される。2本のスキャンライン R_{S_1} 及び R_{S_2} は、伝送ビーム中心の何れかの側で受け取られ、それぞれ相対的に短い伝送焦点 f_S を持つ。第2のビーム T_{L_1} は、相対的に長い（トランスデューサからより遠い）焦点と2本のスキャンライン R_{L_1} 及び R_{L_2} とで示され、相対的に深い焦点 f_L を持ってそれぞれが第2のビーム T_{L_1} の中心の何れかの側で受け取られる。伝送及び入力がこのように継続し、第3の伝送ビーム T_{S_2} がマルチライン R_{S_3} 及び R_{S_4} となり、第4の伝送ビーム T_{L_2} が（示されないが）マルチライン R_{L_3} 及び R_{L_4} となる。図12の第2行が示すように、結果は異なる焦点のスキャンラインのラテラルなインターリーブされたシーケンスとなる。

【0066】

異なってステアリングされ焦点を定められたスキャンラインのこのシーケンス

から、図12の下段に示されるように、複数の又は拡張された焦点範囲を伴う画像スキャンラインが生成される。焦点 f_s 及び f_L の両方の特性を持つラテラルな中間位置での画像スキャンライン SL_1 は、重み付け（所望ならば、時間遅延又はフェーズシフト）とラテラルに明瞭なスキャンライン R_{S1} 及び R_{L1} をコヒーレントに組み合わせることにより形成される。同様に、焦点 f_s 及び f_L の両方の特性を持つラテラルな中間位置での画像スキャンライン SL_2 は、重み付け（所望ならば、時間遅延又はフェーズシフト）とラテラルに明瞭なスキャンライン R_{S1} 及び R_{L1} をコヒーレントに組み合わせることにより形成される。画像スキャンライン SL_3 - SL_6 は、同様のやり方で形成される。

【0067】

図12の走査技法によって形成される画像は、あるスキャンラインから他のスキャンラインまでのラウンドトリップアパーチャバリエーションのために空間的位置決め不良アーチファクトを呈示する。アーチファクトは、画像フィールドの所望の位置からスキャンラインデータの傾斜又は曲線としてそれ自身明らかである。このアーチファクトは、画像スキャンラインを形成するために異なって焦点を定められた受け取りスキャンラインを組み合わせる前に、リサンプリングフィルタで受け取られたスキャンラインデータを再度位置合わせすることによって低減される。適切なリサンプリングフィルタは、画像スキャンラインの位置に再度位置合わせされたスキャンラインデータを生成するために、それぞれのタイプ（短い又は長い焦点）の複数の受け取りスキャンラインをラテラルにフィルタリングしたものである。効果的には、受け取られたスキャンラインデータは、所望のラウンドトリップ位置にラテラルに補間される。例えば、ラテラルのフィルタは重み付けし、画像スキャンライン SL_1 、 SL_2 、 SL_3 等の位置で再度位置合わせされた短い焦点スキャンラインを生成するために、短い焦点受け取りスキャンライン R_{S1} 、 R_{S2} 、 R_{S3} 等からの寄与を合計できる。位置決め不良エラーが深度の関数で、リサンプリングフィルタによって使用される重み付けは深度によって典型的に変化する。同様に、重み付けし、画像スキャンライン SL_1 、 SL_2 、 SL_3 等の位置で再度位置合わせされた長い焦点スキャンラインを生成するために、長い焦点受け取りスキャンライン R_{L1} 、 R_{L2} 、 R_{L3} 等からの寄与を合計できる。再度位置合わせ

されたスキャンラインデータは、画像スキャンライン SL_1 、 SL_2 、 SL_3 等を生成するためにそれぞれの画像スキャンライン位置で組み合わせられる。受け取りスキャンラインデータは再度の位置合わせフィルタリング処理で重み付けされるので、拡張された焦点画像スキャンラインを形成するために組み合わせられる前に、2回重み付けされる必要はない。

【0068】

図13に示されるビームステアリング及び焦点補間の第2の実施例において、異なって焦点を定められた伝送ビームから受け取られたビームが位置合わせされる共通の位置で生成される拡張された焦点スキャンラインを伴って、異なって焦点を定められたビームが、ラテラルに位置合されるようにステアリングされる。短い焦点を持つビーム T_{S_1} は、伝送され、短い焦点マルチライン R_{S_1} 及び R_{S_2} に応じて、伝送ビームの何れの側にも同時に受け取られる。長い焦点を持つビーム T_{L_1} は伝送され、長い焦点マルチライン R_{L_1} 及び R_{L_2} に応じて、伝送ビームの何れの側にも同時に受け取られる。受け取られたスキャンライン R_{S_2} 及び R_{L_1} は、重み付けされ、画像スキャンライン SL_1 を形成するためにコヒーレントに組み合わせられる。受け取られたスキャンライン R_{S_2} 及び R_{L_1} が図においてわずかにラテラルにオフセット（それは許容できる）していることがわかる間、組み合わせられた受け取られたスキャンラインがラテラルに位置合わせされることが好ましい。同様のやり方で、受け取られるスキャンライン R_{L_2} 及び R_{S_3} は、重み付けされ画像スキャンライン SL_2 を形成するためにコヒーレントに組み合わせられる。伝送、受け入れ、重み付け及びコヒーレントな組合せが、画像フィールド間でこのように継続する。

【0069】

図13の走査技法によって形成される画像は、また、空間的位置決め不良アーチファクトを呈示する。画像フィールドの所望の位置からスキャンラインデータの傾斜又は曲線としてこれら自身明瞭であるこれらの位置決め不良アーチファクトは、図12に関して述べたようにラテラルフィルタの使用でリサンプリングによって補正することができる。位置決め不良は、また、ビーム形成器の受け取りスキャンラインをオーバーステアリングすることによって補正されることができ

る。ラウンドトリップビームが所望の位置にあるように、位置決め不良は事前に計算され、ビーム形成器のステアリング遅延が受け取られたビームを動的にステアリングすることで位置決め不良を補償するために調整できる。位置決め不良が受け取りスキャンラインの異なる伝送焦点の関数であるので、オーバーステアリングはそれぞれの受け取りスキャンラインの伝送焦点の関数となるだろう。補正された受け取りスキャンラインデータは、所望の位置で拡張された焦点画像スキャンラインを形成するために重み付けされて組み合わせられる。

【0070】

図12及び13の走査シーケンスは、マルチラインビーム形成器が使用される、図2又は図7の実施例で実施される。位置決め不良補正を持つマルチラインビーム形成器216を持つ超音波システムの部分は、図16及び17で示される。マルチラインビーム形成器216は、これらの図に示されるように単一伝送ビームに応じて、複数の空間的に明瞭な受け取りビームを生成する。図16の実施例において、同時に受け取られたスキャンラインはラインバッファ232に記憶されて、それからリサンプリングフィルタ234へ与えられる。リサンプリングフィルタは、スキャンラインを動的な(深さ変数)重み236で重み付け、重み付けされたデータをラテラルに組み合わせることによって所望の位置で受け取りスキャンラインを生成する。空間的に再方向付けられた受け取りスキャンラインは、異なって焦点を定められた受け取りスキャンラインを重み242で重み付けするように上述の回路40のやり方で動作するRFブレード回路240に与えられ、拡張された焦点画像スキャンラインを生成するために重み付けされたデータを組み合わせる。リサンプリングフィルタ及びRFブレード回路が両方ともフィルタとして具体化されるとき、全てではないにしても多くの機能が、多数のラテラルに間隔を置いて配置される、異なった伝送合焦受け取りスキャンライン上で動作する単一フィルタで実現される。

【0071】

図17は、受け取りスキャンラインの位置決め不良について補正するためにマルチラインビーム形成器216のそれぞれのチャンネルで遅延を使用することによって、上述のオーバーステアリングを使用する超音波システムを記述している。

オーバーステアリング及び焦点遅延218は記憶されて、オーバーステアリング及び焦点合せのためにビーム形成器216に与えられる。複数の受け取りビームは、ラインバッファ232に記憶され、拡張された焦点画像スキャンラインを生成するためにRF混合回路に与えられる。

【0072】

これら両方の実施例で、重み付け242が図6a及び6bに示されるような伝送ビームの焦点特性の関数であることが好ましい。線形的に変化する重み付け関数が実行される間、好ましい実施例において、重み付け関数は上述のように非線形で時間変化している。上述されたものと同様な時間可変遅延機能が実行でき、時間遅延又はフェーズ位置合わせの何れも使用でき、その何れも線形又は非線形に時間変化できる。複数の又は拡張された焦点特性が、このように中間スキャンライン位置で画像フィールド間で合成され、ドップラー又は振幅検出されて、表示される。

【0073】

マルチライン走査で起こる位置決め不良アーチファクトは、異なっている伝送及び受け取りアパーチャと動的な受け取り焦点合せを伴う固定された伝送焦点合せの使用とにより引き起こされるライン位置合せアーチファクトである。ラウンドトリップスキャンラインは、図14aに示されるようにわずかに傾斜するか曲げられて空間的に位置合わせ不良が起こり、この「曲げられた」形状は伝送焦点合せの強さ又は鮮明度と伝送焦点位置との関数である。この例では、連続して位置合わせされた短い焦点伝送ビーム T_{S_1} 及び長い焦点伝送ビーム T_{L_1} は、伝送ビーム T_{L_1} に応じて伝送ビーム T_{S_1} 、 R_{L_1} 及び R_{L_2} に応じてマルチライン受け取りスキャンライン R_{S_1} 及び R_{S_2} となる各ビームで伝送される。受け取られたスキャンライン対をコヒレントに組み合わせることは、受け取られたスキャンラインが補間されるのと同様に空間的に位置合わせ不良である補間されたスキャンラインとなるだろう。

【0074】

図14aで示される左右対称に曲げられた位置決め不良は、識別可能に焦点を定められた伝送ビームの場合であった。しかし、伝送ビームが拡張された焦点合成

のために異なって焦点を定められるとき、位置決め不良が個々の焦点の方へ引き寄せられるように、図14bで誇張されて示すように「曲げられた」形状は非対称になる。この位置決め不良はある程度図15aで示すように、組み合わせられている伝送-受け取りアパーチャ対の注意深い選択によって除去できる。この図は、伝送ビーム T_{s_1} からの受け取られたスキャンライン R_{s_2} が伝送ビーム T_{L_1} から受け取られたスキャンライン R_{L_1} と組み合わせられる図13の実施例のアパーチャ差が原因の位置決め不良を図示する。図が表すように、ステアリング差が原因の位置決め不良は正反対でラテラルに位置合わせされ、2本の受け取られたスキャンラインがコヒーレントに組み合わせられるときキャンセルする。

【0075】

図15aで示されるステアリング(アパーチャ)関連の位置決め不良をキャンセルする間、図15bの受け取られたスキャンライン R_{s_2} 及び R_{L_1} のコヒーレントな組合せは、これらのアーチファクトが焦点の軸の差のために左右対称に位置合わせされないので、焦点の位置決め不良をキャンセルしないだろう。いくつかの残った位置決め不良「くねくね」は、スキャンライン R_{s_2} 及び R_{L_1} を組み合わせることによって形成される補間されて拡張された焦点スキャンラインに残ったままである。2本のビームの焦点の差が原因の位置決め不良アーチファクトの要素は、受け取った伝送焦点の関数としてそれぞれ受け取ったビームをオーバーステアリングするか、上述のように組み合わせる前に受け取ったビームを再度位置合わせする(リサンプリング)ことによって好ましくは除去できる。

【0076】

画像フレームレートがマルチライン受け取り使用のため相対的に高くなることは、図12-17から理解され、そこでは複数のスキャンラインが単一伝送ビームに応じて受け取られる。図13で図示される捕捉策は各伝送事象に対する1つの拡張された焦点ラインとなり、図12の捕捉策は各伝送事象に対する2本の拡張された焦点ラインとなる。これは、1本の拡張された焦点ラインを合成するために2本の伝送ビームを必要とするマルチラインでない捕捉策より、ファクタ2及び4ぐらい良い。拡張された焦点ラインを形成する2本より多い受け取りスキャンラインのラテラルなフィルタリングがまた、本発明と矛盾なく実施されてもよい

ことが理解されるだろう。代わりに、高いフレームレートは、高いスキャンライン密度とのトレードオフである。さらに、画像スキャンラインが異なる伝送ビームから受け取られるスキャンラインデータから、一貫して合成されるので、補間アーチファクトは低減される。この技法がここの例で示される2:1の比率より大きなマルチライン受け取りで働き、ラテラルの補間は一度に2本より多い受け取りスキャンライン上で動作するフィルタで行えることが理解できるだろう。ビームステアリング及びビーム焦点補間がマルチライン動作なしで組み合わせられる、他の構成もまた、本発明の範囲内にある。

【0077】

本発明の他の利点は、スキャンヘッド統合として知られているものの平易化である。スキャンヘッド統合においては、トランスデューサプローブは、超音波システムで動作するのに合致される。最適の結像性能は、トランスデューサアレイの性能に最も合致されるビーム形成及び信号処理を利用することによって得られる。慎重な注意を必要とするある動作特性は、マルチゾーン画像の一様性である。マルチゾーン画像の個別のスキャンラインセグメントは、異なる利得及び又はアパーチャ制御でしばしば捕捉されるので、マルチゾーン画像は、個々のセグメントが結び付けられる縫い目を有することができる。焦点間のかなりの距離にわたるビームセグメントを組み合わせるか、2本より多いビームを組み合わせる本発明の実施例は、著しく縫い目問題を低減し、これによってゾーン境界位置での特別な調整の必要性を低減する。ゲイン調整は、種々のゾーンのゲインを広く等しくするために必要とされるだけであり、これは非常により単純な作業である。

【図面の簡単な説明】

【図1】マルチゾーン焦点合せを実施する従来技術の超音波システムをブロック図で図示する。

【図2】本発明により構成される超音波システムの第1実施例をブロック図フォームで示す。

【図3】単一焦点ゾーンでの従来技術の超音波のビーム特性を図示する。

【図4】従来技術のマルチゾーン焦点スキャンラインを図示する。

【図5】本発明の原理に従って処理されるスキャンラインの拡張された焦点

特性を図示する。

【図6a】本発明の原理に従って、2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される重みづけ特性を図示する。

【図6b】本発明の原理に従って、2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される重みづけ特性を図示する。

【図7】本発明の原理に従って構成される超音波診断撮像システムの第2の実施例のブロック図を示す。

【図8a】本発明の原理に従って2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される遅延調整を図示する。

【図8b】本発明の原理に従って2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される遅延調整を図示する。

【図9a】本発明の原理に従って2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される遅延調整を図示する。

【図9b】本発明の原理に従って2つの異なって焦点を定められたビームを組み合わせるために使用される遅延調整を図示する。

【図10】本発明の原理に従って、スキャンラインに沿った遅延バリエーションのプロットを図示する。

【図11a】診断精度を改善するために単一スキャンラインのエコーデータ上で動作する本発明の実施例を図示する。

【図11b】診断精度を改善するために単一スキャンラインのエコーデータ上で動作する本発明の実施例を図示する。

【図12】拡張された焦点範囲をもつ画像スキャンラインを生成するためにステアリング及び焦点の両方の特性が補間される、本発明の第1の実施例を図示する。

【図13】拡張された焦点範囲をもつ画像スキャンラインを生成するためにステアリング及び焦点の両方の特性が補間される、本発明の第2の実施例を図示する。

【図14a】ステアリング及び焦点の特性が補間される際のライン位置合せアーチファクトの影響を図示する。

【図14b】ステアリング及び焦点の特性が補間される際のライン位置合せアーチファクトの影響を図示する。

【図15a】ステアリング及び焦点の特性が補間される際のライン位置合せアーチファクトの影響を図示する。

【図15b】ステアリング及び焦点の特性が補間される際のライン位置合せアーチファクトの影響を図示する。

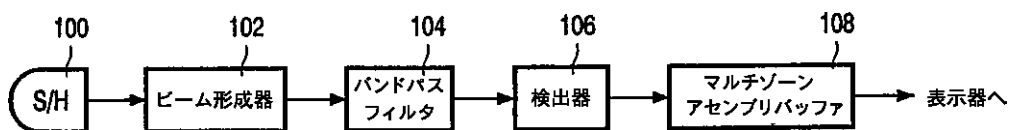
【図16】空間的位置決め不良について補正する本発明のマルチライン実施例を図示する。

【図17】空間的位置決め不良について補正する本発明のマルチライン実施例を図示する。

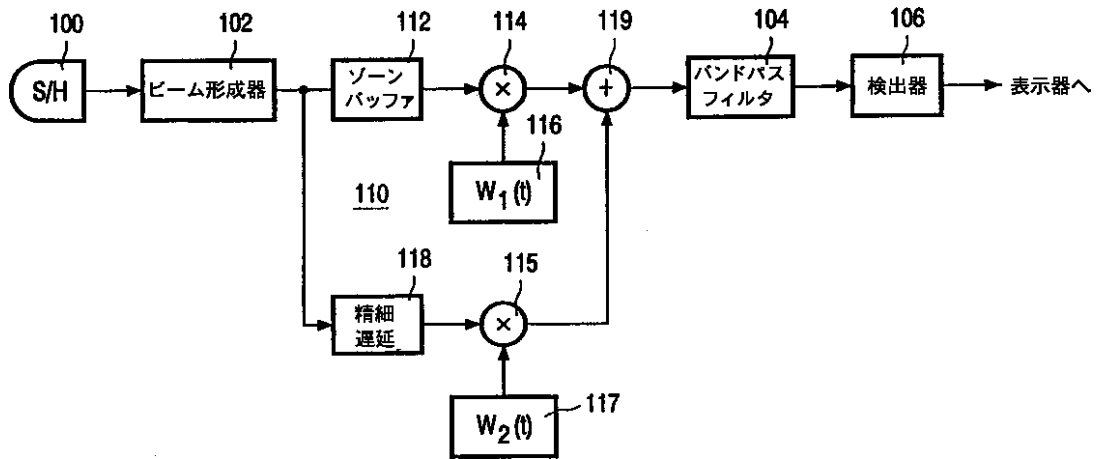
【符号の説明】

- 14 : 伝送器、
- 18 : 正規化回路、
- 22 : フィルタ、
- 26 : 信号処理器、
- 28 : 画像処理器、
- 30 : 表示器、
- 16, 100 : スキャンヘッド、
- 102 : ビーム形成器、
- 104 : バンドパスフィルタ、
- 24, 106 : 検出器、
- 108 : マルチゾーンアセンブリバッファ

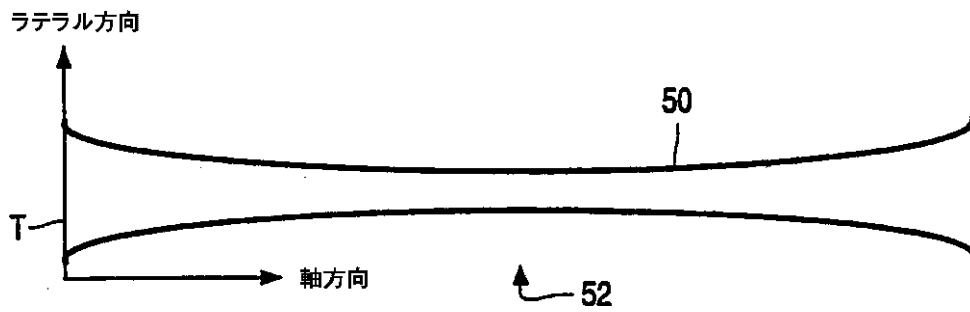
【図1】



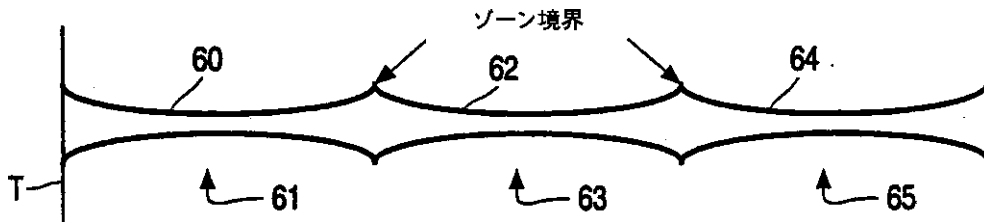
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

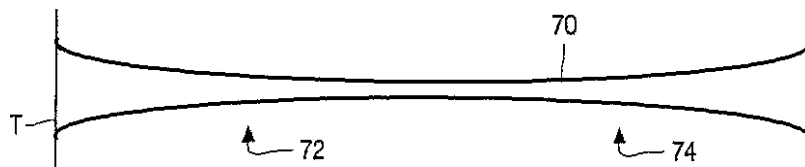
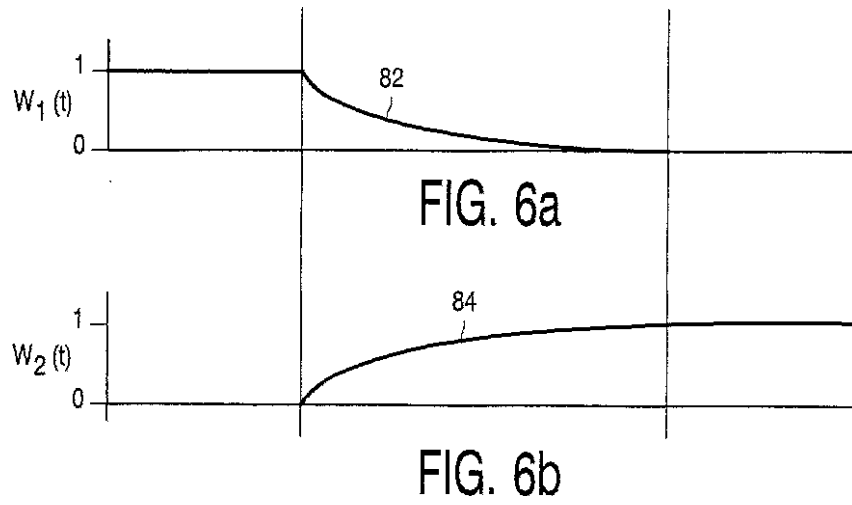
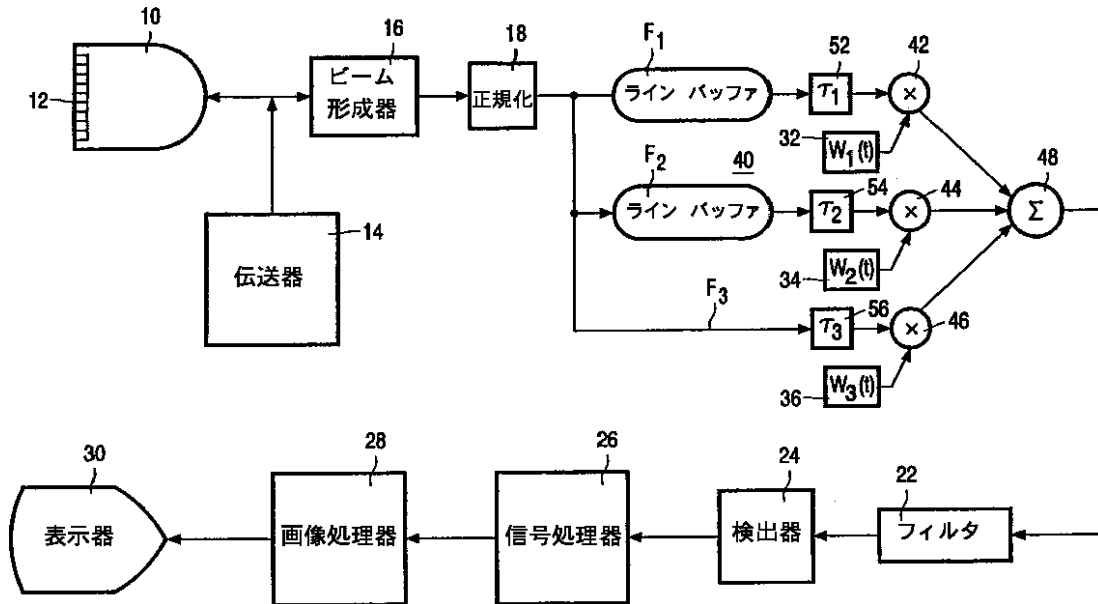


FIG. 5

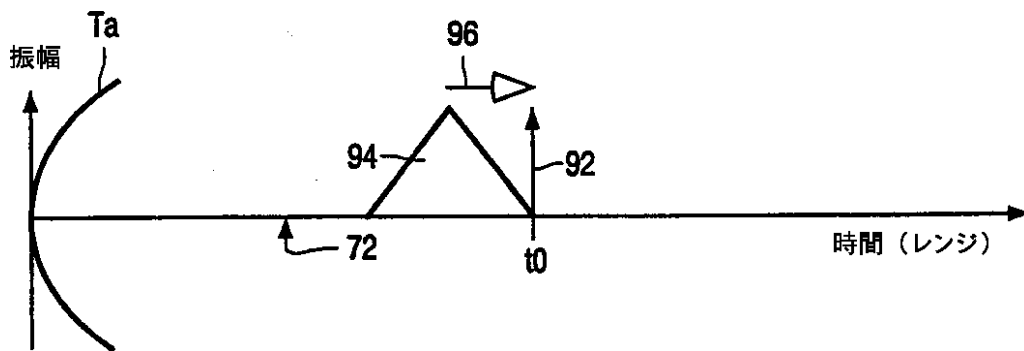
【図6】



【図7】



【図8 a】



【図8b】

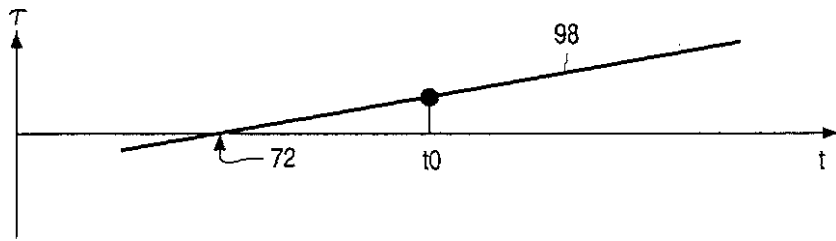
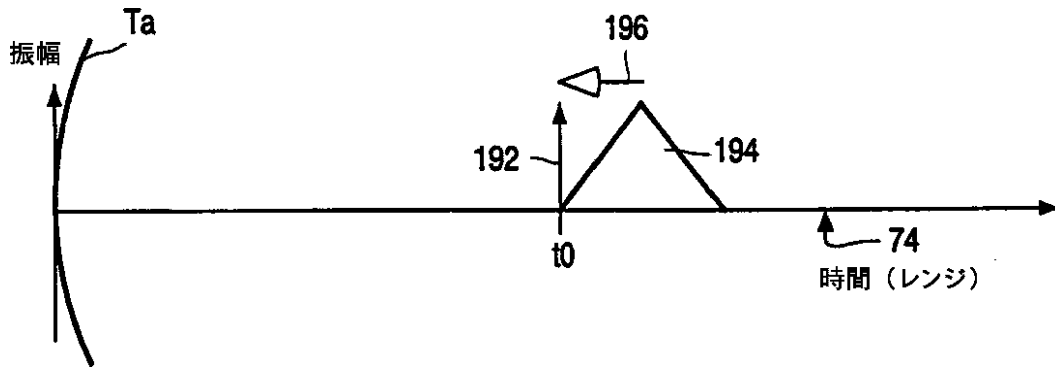


FIG. 8b

【図9a】



【図9b】

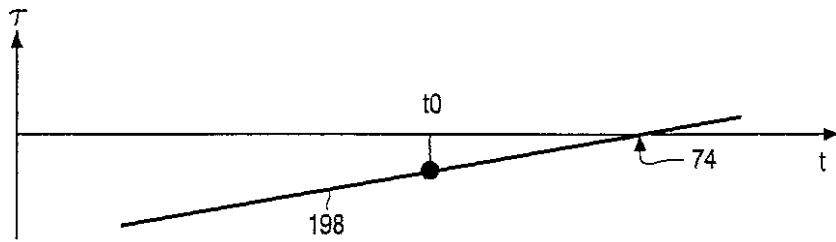
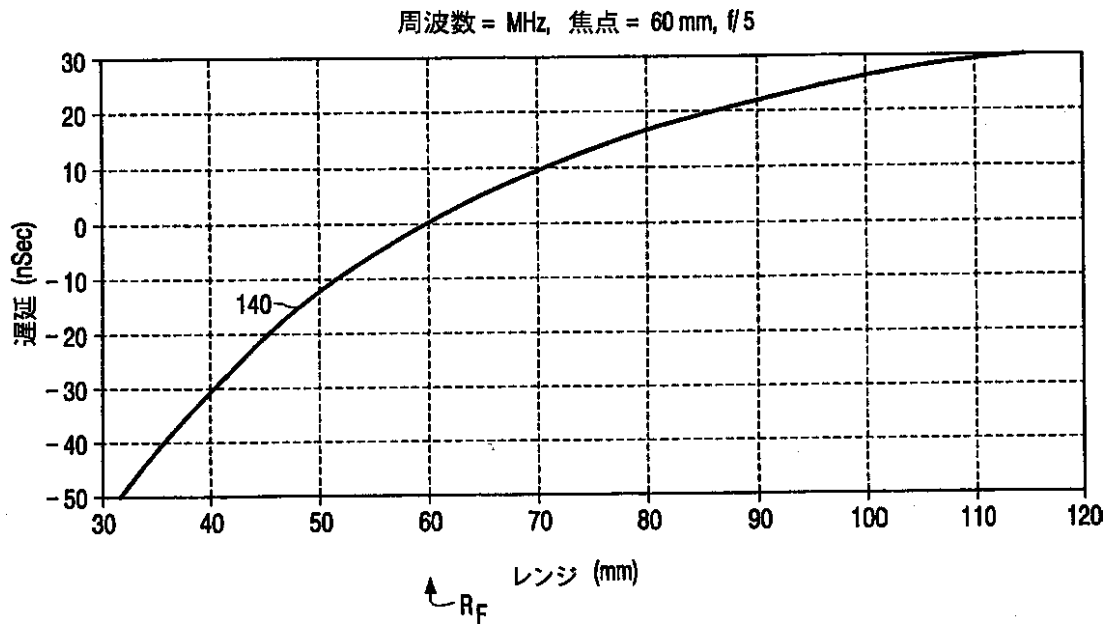


FIG. 9b

【図10】



【図11a】

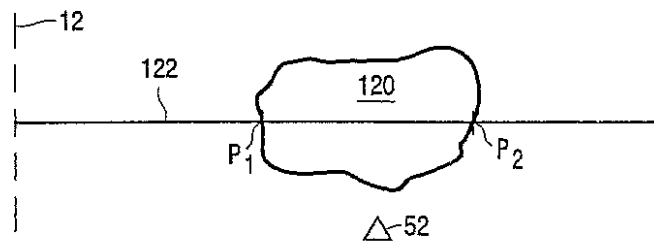


FIG. 11a

【図11b】

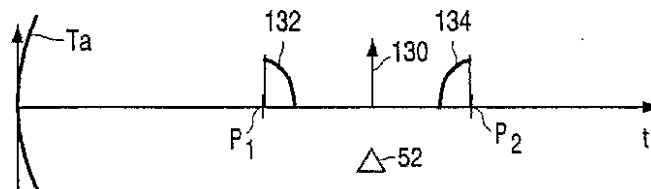


FIG. 11b

【図 12】

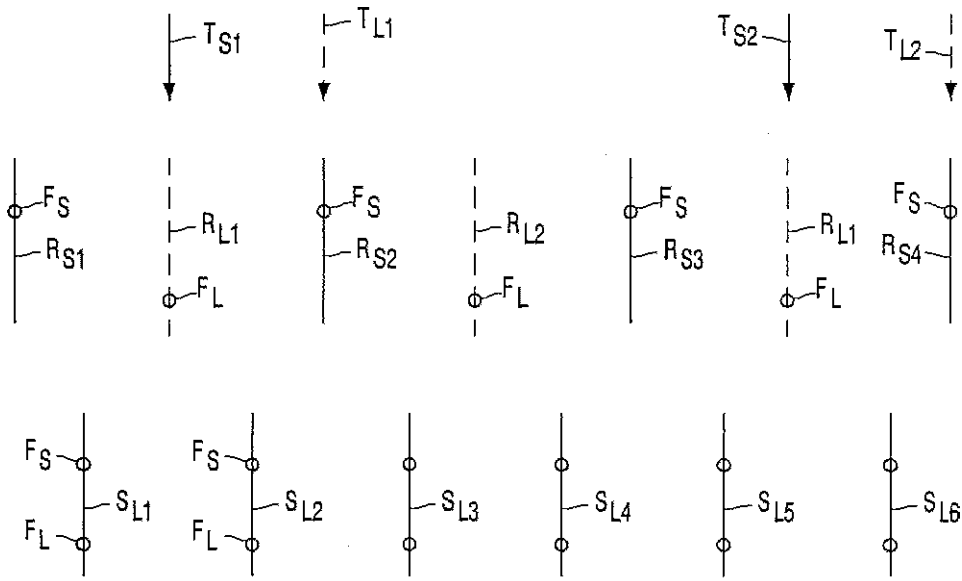


FIG. 12

【図 13】

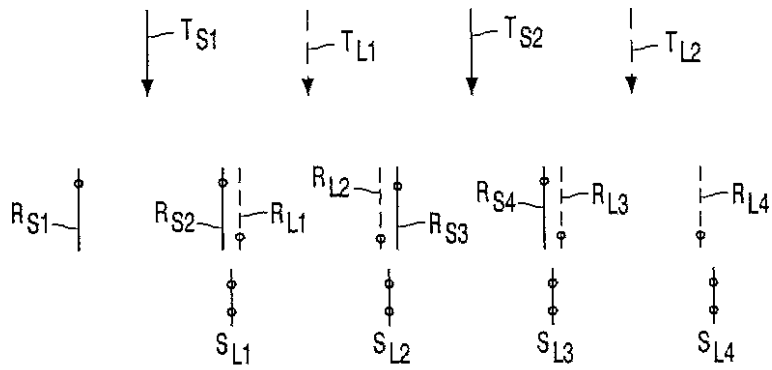


FIG. 13

【図14a】

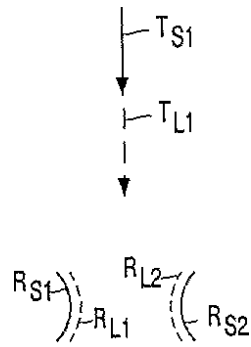


FIG. 14a

【図14b】

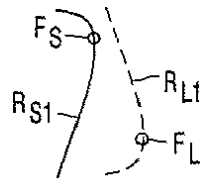


FIG. 14b

【図15a】

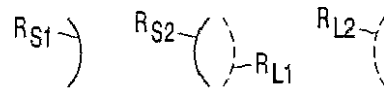


FIG. 15a

【図15b】

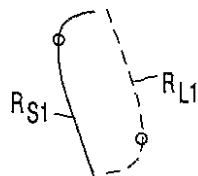
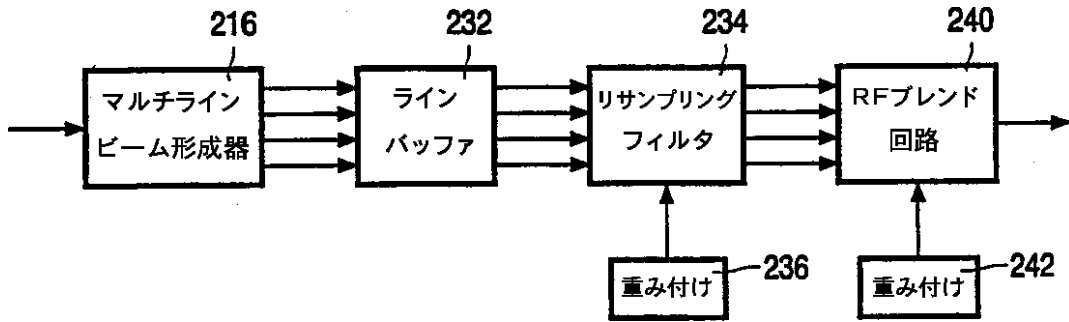
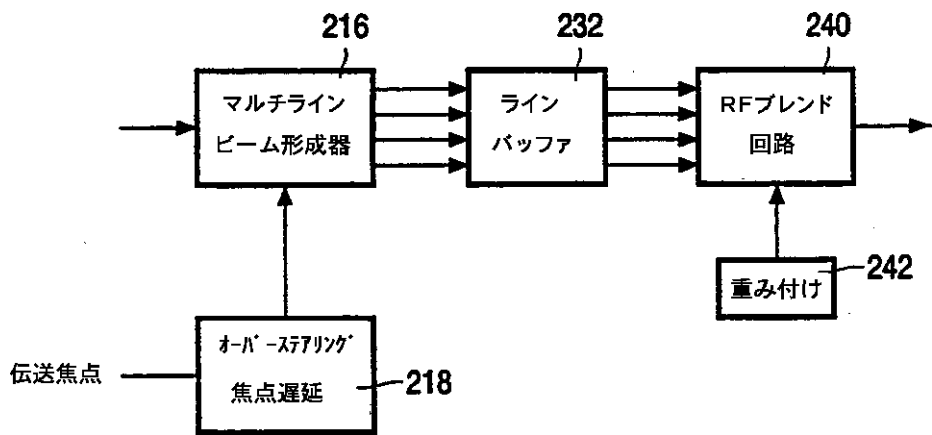


FIG. 15b

【図16】



【図17】



【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 00/09649
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01S15/89 G01S7/52		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EP0-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 462 057 A (HUNT THOMAS J ET AL) 31 October 1995 (1995-10-31) abstract; figures 2-6, 10-12 column 5, line 32 -column 7, line 41 column 10, line 59 -column 11, line 29 column 12, line 18 -column 13, line 13 column 13, line 54 -column 14, line 45	1-15, 17
Y	US 5 623 928 A (FINGER DAVID J ET AL) 29 April 1997 (1997-04-29) abstract; figures 1A, 4B-1 column 10, line 39 -column 11, line 39 column 22, line 51 -column 24, line 52	1-15, 17
A	US 5 951 479 A (HOLM SVERRE ET AL) 14 September 1999 (1999-09-14) abstract; figure 2	1, 2, 9, 17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 8 January 2001		Date of mailing of the international search report 16/01/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Niemeijer, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Interna al Application No
 PCT/EP 00/09649

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5462057 A	31-10-1995	DE 19505501 A JP 7327991 A	07-12-1995 19-12-1995
US 5623928 A	29-04-1997	US 5928152 A US 5921932 A AU 3276195 A AU 3360795 A DE 19581717 T JP 10507099 T JP 10506802 T WO 9603919 A WO 9603921 A US 6016285 A US 6029116 A US 5667373 A	27-07-1999 13-07-1999 04-03-1996 04-03-1996 21-08-1997 14-07-1998 07-07-1998 15-02-1996 15-02-1996 18-01-2000 22-02-2000 16-09-1997
US 5951479 A	14-09-1999	NONE	

フロントページの続き

(72)発明者 サボウリン トーマス ジェイ
オランダ国 5656 アーアー アイन्दー
フェン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 ロビンション プレント エス
オランダ国 5656 アーアー アイन्दー
フェン プロフ ホルストラーン 6

Fターム(参考) 2F068 AA39 CC07 DD04 FF04 FF12
GG01 HH01 JJ02 LL04 PP32
QQ26
4C301 AA02 BB22 EE02 EE10 EE11
GB03 HH11 HH13 HH26 HH27
HH39 JB29 JB35 JB44 JB45
LL06
5J083 AA02 AB17 AC28 AC29 AC30
AD13 AE08 BC02 BC19 BD12
CA12 DC05

专利名称(译)	具有合成传输的超声诊断成像系统以高帧率聚焦		
公开(公告)号	JP2003511173A	公开(公告)日	2003-03-25
申请号	JP2001530611	申请日	2000-10-02
[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		
[标]发明人	クレーイクリフォードアール サボウリントーマスジェイ ロビンシヨンプレントエス		
发明人	クレーイ クリフォード アール サボウリントーマス ジェイ ロビンシヨンプレント エス		
IPC分类号	G01B17/00 A61B8/00 G01B17/06 G01S7/52 G01S15/89		
CPC分类号	G01S7/52085 G01S7/52046 G01S7/52095 G01S15/8977		
FI分类号	A61B8/00 G01B17/00.C G01S15/89.B		
F-TERM分类号	2F068/AA39 2F068/CC07 2F068/DD04 2F068/FF04 2F068/FF12 2F068/GG01 2F068/HH01 2F068/JJ02 2F068/LL04 2F068/PP32 2F068/QQ26 4C301/AA02 4C301/BB22 4C301/EE02 4C301/EE10 4C301/EE11 4C301/GB03 4C301/HH11 4C301/HH13 4C301/HH26 4C301/HH27 4C301/HH39 4C301/JB29 4C301/JB35 4C301/JB44 4C301/JB45 4C301/LL06 5J083/AA02 5J083/AB17 5J083/AC28 5J083/AC29 5J083/AC30 5J083/AD13 5J083/AE08 5J083/BC02 5J083/BC19 5J083/BD12 5J083/CA12 5J083/DC05		
优先权	09/415958 1999-10-08 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种超声诊断成像系统，该超声诊断成像系统产生具有合成的透射焦点的扫描线，以便以高帧频显示。发射和接收具有不同光束转向和聚焦特性的光束。至少对一个接收光束进行加权，并对加权后的接收光束的转向和聚焦特性进行插值，以形成一条扫描线以显示两个光束的聚焦特性。它

