

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6559808号
(P6559808)

(45) 発行日 令和1年8月14日(2019.8.14)

(24) 登録日 令和1年7月26日(2019.7.26)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

A 6 1 B 8/08

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-563938 (P2017-563938)
 (86) (22) 出願日 平成28年5月31日 (2016.5.31)
 (65) 公表番号 特表2018-516706 (P2018-516706A)
 (43) 公表日 平成30年6月28日 (2018.6.28)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2016/053186
 (87) 国際公開番号 WO2016/198989
 (87) 国際公開日 平成28年12月15日 (2016.12.15)
 審査請求日 平成30年12月27日 (2018.12.27)
 (31) 優先権主張番号 62/174,091
 (32) 優先日 平成27年6月11日 (2015.6.11)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー 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
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波システム及び超音波システムの作動の方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所与の数の送信チャンネルを具備した送信ビーム形成器を持ち、プローブを有する、剪断波分析を実施する超音波システムであって、前記超音波システムは、

前記プローブ内に位置した、複数の変換器要素を持つ超音波変換器アレイを備え、

前記超音波システムは、前記送信ビーム形成器の前記送信チャンネルが前記変換器要素に結合されたとき、同時に複数のプッシュパルスを送信する、超音波システムにおいて、

前記変換器要素の数は前記送信チャンネルの前記所与の数を上回り、

前記超音波システムは、前記送信ビーム形成器の前記送信チャンネルと前記超音波変換器アレイの前記変換器要素との間に結合されるスイッチマルチプレクサーであって、前記所与の数の前記送信チャンネルの各々を、プッシュパルスの複数の送信開口の前記変換器要素に選択的に結合するスイッチマルチプレクサーをさらに備え、

前記超音波システムは、前記送信ビーム形成器の前記送信チャンネルが前記複数の送信開口の前記変換器要素に結合されたとき、同時に複数のプッシュパルスを送信することを特徴とする、

超音波システム。

【請求項 2】

各前記送信チャンネルは、送信信号源と増幅器とをさらに備える、請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 3】

10

20

前記送信信号源は、パルス発生器又はデジタル形式で送信波形を記憶するデジタルメモリの一方を備える、請求項 2 に記載の超音波システム。

【請求項 4】

前記スイッチマルチプレクサーは、複数の単極単投スイッチを備える、請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 5】

前記超音波システムは、前記複数の単極単投スイッチのうちの 1 つ又は複数の閉鎖により、各前記送信チャンネルを少なくとも 1 つの前記変換器要素に選択的に接続する、請求項 4 に記載の超音波システム。

【請求項 6】

前記送信開口のうちの 1 つの送信開口の寸法は、所与の数の前記変換器要素と同等である、請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 7】

前記送信ビーム形成器のチャンネルの数は 128 であり、前記送信開口のうちの 1 つの送信開口の寸法は、128 個の変換器要素と同等である、請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 8】

前記送信ビーム形成器の前記送信チャンネルを前記スイッチマルチプレクサーに結合する信号ラインを持つプローブケーブルをさらに備える、請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 9】

前記プローブは、プローブハンドルと遠位端とをさらに備え、

前記スイッチマルチプレクサーが、前記プローブハンドル内に位置し、前記超音波変換器アレイが、前記遠位端内に位置する、

請求項 8 に記載の超音波システム。

【請求項 10】

前記プローブは、プローブハンドルと遠位端とをさらに備え、

前記スイッチマルチプレクサーと前記超音波変換器アレイとが、前記遠位端内に位置する、

請求項 8 に記載の超音波システム。

【請求項 11】

プローブ接続体と、前記超音波変換器アレイに前記プローブ接続体を結合する信号ラインを持つプローブケーブルとをさらに備え、

前記スイッチマルチプレクサーが、前記プローブ接続体内に位置する、

請求項 1 に記載の超音波システム。

【請求項 12】

切断波を測定するために、各々が信号源を持つ所与の数の送信チャンネルと、前記所与の数より大きな数の変換器要素を持つ超音波アレイ変換器と、前記変換器要素に前記送信チャンネルを結合するスイッチのスイッチマルチプレクサーとを持つ超音波システムの作動の方法であって、前記方法は、

1 つを上回るプッシュパルス送信開口の前記変換器要素に前記送信チャンネルを結合するために、前記スイッチマルチプレクサーの前記スイッチを閉じるステップであって、複数の独立した送信チャンネルの各々が、複数の前記プッシュパルス送信開口の前記変換器要素に結合される、閉じるステップと、

前記超音波アレイ変換器から複数のプッシュパルスを同時に送信するように、前記送信チャンネルの前記信号源を作動させるステップとを備える、

方法。

【請求項 13】

前記作動させるステップは、前記超音波アレイ変換器から並列に複数の同一の前記プッシュパルスを同時に送信するように、前記送信チャンネルの前記信号源を作動させるステ

10

20

30

40

50

ップを備える、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

複数の前記プッシュパルス送信開口の 2 つの開口の前記変換器要素の数は、前記送信チャンネルの前記所与の数より大きい、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

閉じた前記スイッチにより、複数の前記プッシュパルス送信開口のうちの異なるプッシュパルス送信開口の前記変換器要素に前記送信チャンネルを結合するように変えて、前記閉じるステップと前記作動させるステップとを繰り返すステップをさらに備える、請求項 1 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本出願は、2015年6月11日に出願された米国特許仮出願第62/174,091号の優先権を主張し、同出願の全体が参照により組み込まれる。

【0002】

本発明は、医療診断超音波システムに関し、特に、剪断波を使用して組織の剛性又は弾性の測定を実施する超音波システムのための超音波変換器アレイプロブに関する。

【背景技術】

【0003】

診断超音波の用途のうちの 1 つが、組織の弾性又は剛性により体内における病巣を診断することである。例えば、剛性の高い乳房腫瘍又はしこりは悪性の可能性があるのに対し、より柔らかくてしなやかなしこりは良性である可能性がある。しこりの剛性は悪性又は良性と相関があることが知られているので、診断及び処置計画の決定を補助する根拠を臨床医に提供するために、エラストグラフィーとして知られる超音波技術が使用可能である。

20

【0004】

弾性測定のための別のアプローチは剪断波測定である。体の一点が圧縮された後に解放されたとき、下層組織が下向きに圧縮された後、圧縮力が解放されたときに跳ね返って元に戻る。しかし、圧縮力の下組織が周辺組織に連続的に接続されているので、力ベクトルの横方向にある圧縮されない組織は、圧縮された組織の上下動に反応する。剪断波と呼ばれる、この横方向における波打つ効果は、下向きの圧縮力に対する周辺組織内における反応である。さらに、組織を下向きに押圧するために必要な力は、一般的に「プッシュパルス」と呼ばれる超音波パルスからの放射圧により生成可能であることが特定された。プッシュパルスの圧縮力が終了し、組織が弾性的に復帰した後、直交する剪断波が発生し、剪断波により誘起された組織の動きを検出及び測定するために超音波受信が使用可能である。剪断波速度は、局所組織の機械的性質により決定される。剪断波は、ある速度で軟組織を通して伝播し、別のより大きな速度で硬組織を通して伝播する。体内の一点における剪断波の速度を測定することにより、そのずり弾性係数、ヤング率、及び動的ずり粘度などの、組織の特性に関する情報が取得される。横方向に伝播する剪断波は、通常、1秒あたり数メートル以下でゆっくりと伝播して、剪断波を検出しやすいものにするが、剪断波は、数センチメートル以下にわたって急速に減衰する。例えば、米国特許第5,606,971号(Sarvazyan)、及び米国特許第5,810,731号(Sarvazyan)を参照されたい。各測定において同じ「プッシュパルス」が反復可能であるので、剪断波技術は、超音波を使用した組織特性の客観的な定量化に役立つ。さらに、剪断波速度はプッシュパルス強度と無関係であり、測定がユーザーに、より依存しなくなる。

30

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、それは、剪断波分析のために、一連のデータセットを獲得するための期間を必要とする。前述のように、剪断波は、組織内において急速に減衰する。さらに、超音波プ

50

ッシュパルスによりもたらされる組織の移動はわずかであり、概して、約30マイクロメートル以下である。その結果、診断される組織にわたって数ミリメートルごとに剪断波測定を繰り返すことが、通常、必要である。従って、例えば、いくつかの測定を同時に行うことにより、又は、より長い組織距離を通る伝達の後でもなお検出可能な、より大きな振幅の剪断波を生成することにより、診断される組織又は臓器にわたって必要な剪断波測定を行うために必要とされる期間を短くすることが可能であることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0006】

いくつかの態様において、本発明は、超音波システムを備える。例えば、本発明は、剪断波分析を実施する超音波システムを備える。超音波システムは、プローブと、所与の数の送信チャンネルを具備した送信ビーム形成器とを備え得る。システムは、プローブ内に位置した、所与の数を上回る数の変換器要素を持つ超音波変換器アレイをさらに備え得る。システムは、ビーム形成器の送信チャンネルと変換器アレイの要素との間に結合されたスイッチマルチプレクサーを備え得、所与の数の送信チャンネルの各々を、プッシュパルスの複数の送信開口の変換器要素に選択的に結合するように構成され得る。システムは、ビーム形成器の送信チャンネルが複数の送信開口の変換器要素に結合されたとき、同時に複数のプッシュパルスを送信するように構成され得る。

10

【0007】

特定の態様において、各送信チャンネルは、送信信号源と増幅器とをさらに備える。送信信号源は、パルス発生器又はデジタル形式で送信波形を記憶するデジタルメモリの一方を備え得る。スイッチマトリックス又はマルチプレクサーは、複数の単極単投スイッチを備え得る。システムは、複数のスイッチのうちの1つ又は複数の閉鎖により、各送信チャンネルを少なくとも1つの変換器要素に選択的に接続するように構成され得る。

20

【0008】

いくつかの実施形態において、送信開口のうちの1つの送信開口の寸法は、所与の数の変換器要素と同等である。送信ビーム形成器のチャンネルの数は、128であり得、送信開口のうちの1つの送信開口の寸法は、128個の変換器要素と同等である。システムは、送信ビーム形成器の送信チャンネルをスイッチマルチプレクサーに結合する信号ラインを持つプローブケーブルをさらに備え得る。プローブは、プローブハンドルと遠位端とを備え得、スイッチマルチプレクサーが、プローブハンドル内に位置し、変換器アレイが、遠位端内に位置する。代替的に、プローブは、プローブハンドルと遠位端とを備え得、スイッチマルチプレクサーと変換器アレイとが、遠位端内に位置する。いくつかの態様において、システムは、プローブ接続体と、変換器アレイにプローブ接続体を結合する信号ラインを持つプローブケーブルとを備え得、スイッチマルチプレクサーが、プローブ接続体内に位置する。

30

【0009】

いくつかの態様において、本発明は、超音波システムの作動方法を備え得る。例えば、本発明は、剪断波を測定するための超音波システムの作動方法を備え得、超音波システムが、各々が信号源を備える所与の数の送信チャンネルと、所与の数より大きな数の変換器要素を備える超音波アレイ変換器と、変換器要素に送信チャンネルを結合するスイッチのスイッチマルチプレクサーとを備える。本方法は、1つを上回るプッシュパルス送信開口の変換器要素に送信チャンネルを結合するために、スイッチマルチプレクサーのスイッチを閉じるステップであって、複数の独立したチャンネルの各々が、複数のプッシュパルス送信開口の変換器要素に結合された、閉じるステップと、アレイ変換器から複数のプッシュパルスを同時に送信するように送信チャンネルの信号源を作動させるステップとを有し得る。特定の態様において、作動させるステップは、超音波アレイ変換器から並列に複数の同一のプッシュパルスを同時に送信するように送信チャンネルの信号源を作動させるステップを有し得る。複数のプッシュパルス送信開口の2つの開口の変換器要素の数は、送信チャンネルの所与の数より大きくてよい。本方法は、閉じたスイッチにより、複数のプッシュパルス送信開口のうちの異なるプッシュパルス送信開口の変換器要素に送信チャン

40

50

ネルを結合するように変えて、閉じるステップと作動させるステップとを繰り返すステップをさらに有し得る。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ブロック図の形態で、本発明のプロープを使用して剪断波像形成を実施する超音波診断像形成システムを示す図である。

【図2】本発明の原理に従って、変換器アレイの要素にスイッチマトリックス又はマルチプレクサーにより結合された送信ビーム形成器のチャンネルの概略図である。

【図3】プロープ接続体とプロープハンドルとを備える、本発明のプロープ内における、スイッチマトリックス又はマルチプレクサーのとり得る位置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

いくつかの実施形態において、本発明は、剪断波像形成のために複数の同時のプッシュパルスを送信することが可能な、説明される超音波アレイ変換器プロープを備える。プロープは、アレイ変換器の異なる送信開口の複数の要素に超音波システム送信ビーム形成器の個々のチャンネルを結合するように設定され得るスイッチマトリックス又はマルチプレクサーのスイッチにより操作される。送信ビーム形成器は、それにより、同時に、異なるプロープ開口から複数の横方向に分離したプッシュパルスを送信可能であり、同時での検査のために、又は体内におけるより強い剪断波振幅の形態での建設的な干渉の発生のために、複数の剪断波が生成されることをもたらす。

【0012】

本発明の主題は、剪断波の刺激のために複数の同時のプッシュパルスを送信する剪断波像形成工程に使用するのに適した超音波プロープである。好ましいプロープは、プロープの変換器アレイの要素の数より少ない送信チャンネルを備える標準的な超音波システムビーム形成器とともに使用するために設計される。例えば、これは、128個を上回る要素の変換器アレイを備えるプロープが、128チャンネルの標準的な送信ビーム形成器とともに使用されることを可能にする。これは、複数のプッシュパルスが複数の変換器開口から送信されることを送信がもたらすように、複数の開口の変換器要素に送信ビーム形成器のチャンネルを選択的に接続するスイッチマトリックス又はスイッチマルチプレクサーにより実現される。従来、プロープは、マルチプレクサーとともに使用されて、アレイ変換器の要素にビーム形成器チャンネルを選択的に接続する。わかりやすい例は、線形アレイプロープのアレイに沿った有効開口のスイッチング、すなわち、一般的に、「トラクタートレディング」と呼ばれる操作である。例えば、ビーム形成器の8つのチャンネルは、アレイに沿った各位置においてビームを送信及び受信するために、128要素アレイの一端部から他端部に平行移動される。送信開口と受信開口との両方がアレイに沿ってスイッチングされ、スイッチングは、従来、プロープ自体ではなくシステムビーム形成器内で行われる。一時点において、1つのビームのみが送信及び受信される。米国特許第8,161,817号(Robinsonら)は、二次元アレイ変換器内のプロープマイクロビーム形成器による受信ビーム形成器に対する受信された信号のトラクタートレディングを示す。プロープをスイッチングする別のよく知られた用途は、合成開口として知られ、変換器要素が存在する場合よりもより少ない受信ビーム形成器チャンネルが存在するとき一般的に実施される。この技術において、送信は、全変換器開口を使用して2度実施され、受信は、各時点において開口の異なる半分により実施される。次に、例えば、米国特許第6,050,942号(Rustら)において説明されるように、受信された半開口が組み合わせられて全開口を形成する。しかし、各時点において、全開口にわたって送信する十分な送信チャンネルが存在しなければならない。アレイ要素より少ないビーム形成器チャンネルが使用される別の技術は、変換器要素のペアにおいて開口の対称性を利用して信号を送信及び受信するフォールディッド開口として知られる。例えば、番号3の要素が中心要素である要素1~5の5要素開口を検討する。受信において、番号1及び番号5の要素が単一のビーム形成器チャンネルに接続され、番号2及び番号4の要素も同様であり、

10

20

30

40

50

番号 3 の中心要素は、ビーム形成のために番号 3 の中心要素独自のチャンネルに接続されるように、要素がペア付け可能である。例えば、米国特許第 5,893,363 号 (Little ら) を参照されたい。送信において、同じペア付けが実行可能である。しかし、フォールディッド開口は、真っすぐ前方向にビームを操縦するために使用可能であるのみであり、ビームが横方向に操縦されるとき、対称に位置する要素が異なる遅延を必要とし、ペア付けが実行不可能である。

【0013】

上述の例は、主に、受信中にスイッチングする要素及びチャンネルと、すべての送信と受信とが一時点において 1 つのビームのみで行われるものに関する。その理由は、超音波が主に像形成のために使用され、像形成中における複数の送信ビームの使用が、クラッターとして知られる像の劣化をもたらすからである。受信において、一つの送信ビームからの受信ビームに対して受信された信号は、他の送信ビームから受信される、再現された像内にクラッターとして現れるエコーにより汚染される。複数のビーム送信は像フィールドを走査する期間を減らさなければならず、従って表示のフレームレートを上げなければならないという理由から、複数のビーム送信について多くの提案がされている。米国特許第 7,537,567 号 (Jago ら) は、このような提案の 1 つであり、明確に分岐した方向に複数の同時像形成ビームを送信することによりクラッターを減らすことを試みる。問題を最小化するために同特許の発明者らが同特許の終わりで推奨するいくつかの予防策により示されるように、同特許の発明者らはクラッター問題を認識している。本発明者らは、切断波像形成は、従来のパルスエコー像形成ではないが、その目的として、プッシュパルスによりもたらされる横方向に伝搬する切断波の測定を備えるということを利用する。プッシュパルス送信自体から戻されたエコーは解剖学的像形成のために使用されず、その結果、像クラッターが問題とならない。

【0014】

本発明の実施態様を設計するとき、マトリックス又はマルチプレクサーのスイッチをどこに配置するかという問題が発生する。上述のように、線形アレイ像形成において、開口スイッチングのためのスイッチはシステムメインフレーム内にあり、概して、ビーム形成器の出力にある。本発明の実施態様は、所望される場合、システムメインフレーム内にスイッチを配置可能であるが、このことは、多くの例において、非標準的なシステムビーム形成器及び変換器ソケットの必要性を生む。本発明の実施態様の 1 つの目標は、それが、標準的なプローブソケットを備える標準的な超音波システムとともに使用されることである。これは、第 2 のとり得る位置、すなわち、システムメインフレームにプローブを接続するプローブケーブルの終端におけるプローブ接続体をもたらす。米国特許出願公開第 2008/0228075 号 (Fraser ら) に示されるように、例えば、プローブ接続体内に治療プローブのための増幅器を配置すること、及び、さらに、米国特許第 4,868,476 号 (Respaute) において説明されるように、プローブの性能特性を超音波システムに知らせるメモリデバイスをそこに配置することが知られている。しかし、プローブ接続体内にスイッチを配置することは、ケーブルが、アレイの各要素に 1 つずつある多数の信号導体を備えることをもたらし、プローブケーブルの寸法及び重さを望ましくない程に大きくする。従って、スイッチのための好ましい位置はプローブ筐体自体内であり、この位置が、軽量プローブケーブルと、標準的な超音波システムでの当該プローブの使用との両方を可能にする。

【0015】

ここで図 1 を参照すると、切断波の測定のために設計された、本発明の超音波プローブとともに使用される超音波システムがブロック図の形態で示される。超音波プローブ 10 は、超音波信号を送信及び受信するように動作する変換器要素の変換器アレイ 12 を備える。アレイは、変換器要素の一次元 (1D) 又は二次元 (2D) アレイであってよい。構築された実施形態において、アレイ変換器は、高さ方向において制限された焦点合わせを提供する数個の平行な列が側面に位置した、要素の中央方位角列を備えるいわゆる 1.25D アレイである。いずれかの種類のアレイが 2D 平面を走査可能であり、二次元アレイ

10

20

30

40

50

は、アレイの前のボリウム範囲を走査するために使用可能である。プローブケーブル 40 は、超音波システムメインフレームにプローブを接続する。アレイ要素は、送信 / 受信 (T/R) スイッチ 14 により、超音波システム内における送信ビーム形成器 18 とマルチライン受信ビーム形成器 20 とに結合される。送信ビーム形成器は当技術分野でよく知られており、例えば、米国特許出願公開第 2013/0131511 号 (Peterson ら)、米国特許第 6,937,176 号 (Freeman ら)、米国特許第 7,715,204 号 (Miller)、及び米国特許第 5,581,517 号 (Gee ら) において説明される。これらの刊行物において説明されるように、アレイ変換器のための送信ビーム形成器が複数のチャンネルを備え、複数のチャンネルの各々が、他のチャンネルに対して独立してプログラムされた時点において駆動パルス又は波形を送信可能である。それは、送信ビームの焦点合わせ及び操縦を提供する個々の変換器要素に対する駆動信号の適用に関する選択された相対的なタイミングである。ビーム形成器による送信と受信との協調はビーム形成器制御装置 16 により制御され、ビーム形成器制御装置 16 は、ユーザー制御パネル 38 におけるユーザーの操作により制御される。ユーザーは、制御パネルを操作して、例えば、切断波像形成中、単一のプッシュパルス又は複数の同時のプッシュパルスを送信するように超音波システムに指示可能である。マルチライン受信ビーム形成器は、単一の送受信期間中、エコー信号の複数の空間的に区別される受信ライン (A ライン) を生成する。マルチラインビーム形成器は、例えば、米国特許第 6,482,157 号 (Robinson)、米国特許第 6,695,783 号 (Henderson ら)、及び米国特許第 8,137,272 号 (Cooley ら) において説明されるように、当技術分野で知られている。エコー信号は、信号プロセッサ 22 によりフィルタ処理、ノイズ低減などにより処理された後、A ラインに沿って受信されたエコー信号データを記憶するデジタルメモリである A ラインメモリ 24 に記憶される。同じ空間ベクトル位置に関する時間的に区別される A ラインサンプルは、像フィールド内の共通した点に関するエコーの集合体内において互いに関係する。同じ空間ベクトルの連続した A ラインサンプリング r, f . エコー信号は、信号データの相互相関を実施するようにプログラムされたプロセッサである A ライン r, f . 相互相関器 26 により相互相関され、ベクトル上で各サンプリング時点に対して組織の移動のサンプルのシーケンスを生成する。代替的に、空間ベクトルの A ラインは、ドップラー処理されて、ベクトルに沿って切断波の動きを検出可能であるか、又は、別の位相判別技術が使用可能である。波面ピークディテクター 28 は、A ラインベクトルに沿った切断波の移動の検出に応答して、A ライン上で各サンプリング時点において切断波の移動のピークを検出する。好ましい実施形態においてこれは、曲線の当てはめを実行するプロセッサにより行われるが、所望される場合、相互相関及び他の補間技術も使用可能である。切断波の移動のピークが発生する時点は、いずれも共通の参考時点に対する他の A ライン位置における同じ事象の時点に関連して表記され、この情報は、隣接した A ラインにおけるピーク移動時間から切断波速度を差動的に計算するプロセッサである波面速度ディテクター 30 に結合される。この速度情報は、2D 又は 3D 像フィールド内における空間的に異なる位置での切断波の速度を示すバッファ内に記憶された速度表示マップ 32 内に結合される。速度表示マップは、速度マップを処理し、好ましくは、像ディスプレイ 36 における表示のために組織の解剖学的超音波像を重ねるイメージプロセッサ 34 に結合される。図 1 に示す超音波システムコンポーネントのさらなる詳細が、米国特許出願公開第 2013/0131511 号 (Peterson ら) に開示され得る。

【0016】

図 3 は、上述のスイッチマトリックス又はマルチプレクサーのとり得る位置のうちの 2 つを示す本発明のプローブ 10 の図である。図の左側に、プローブ接続体 80 があり、プローブ接続体 80 がプローブケーブル 40 によりプローブ 10 に接続されていることがわかる。典型的なプローブケーブルは、2 メートルを上回る長さであってよい。スイッチマトリックス又はマルチプレクサー 60' は、プローブ接続体 80 内に位置し、ケーブル 40 によりプローブ内で変換器アレイ 12 に結合可能である。しかし、上述のように、このことは、アレイの要素ごとに信号導体が存在する必要があるので、ケーブル内における信

10

20

30

40

50

号導体の数、及び、その結果として、ケーブルの寸法及び重さを望ましくない程に増やす。スイッチマトリックス又はマルチプレクサーのための好ましい位置は、 $S_{w.60}$ により示され、図1にも示されるプローブ10のハンドル11内である。プローブ内においてマイクロビーム形成器が使用される場合、プローブの遠位端内のアレイ変換器12のすぐ後ろに、マイクロビーム形成器の一部としてソリッドステート形態でスイッチマトリックス又はマルチプレクサーを搭載することも可能である。この図は、プローブの遠位端の前における典型的な像（走査）フィールド70をさらに示す。線形アレイ走査が使用される場合、像フィールドは直線的な形状であってもよい。

【0017】

図2は、本発明の原理に従って、構築されたアレイ変換器プローブの概略図である。この例において、アレイ変換器12は、 $e_1 \sim e_{320}$ と表記された320個の要素を備える。送信ビーム形成器は、128チャンネルビーム形成器であり、図の下部にチャンネル50が示される。各ビーム形成器送信チャンネルは、米国特許出願公開第2011/0237953号（Olssonら）又は米国特許第6,540,682号（Leavittら）に示されるようなパルス発生器、又はデジタル形式で送信波形を記憶するデジタルメモリであり得る送信信号源54を備える。後者の場合において、送信の時点において、デジタル波形は、メモリからクロックされて、A/D変換装置によりアナログ波形に変換される。この形態の送信ビーム形成器の一例については、米国特許第5,581,517号（Geeら）を参照されたい。プッシュパルスの場合、ビーム方向に沿って組織を下向きに移動させて剪断波の発生を引き起こす十分なエネルギーが送信されるように、高MI及び長い持続期間のパルスが使用される。いくつかの実施形態において、50から1000マイクロ秒のパルスが使用可能である。例えば、各プッシュパルスは、持続期間が50から200マイクロ秒の長いパルスであってよい。持続期間の一例は、100マイクロ秒である。特定の実施形態において、400から1000マイクロ秒の範囲のより長いパルスが使用可能である。次に、送信パルス又は波形が増幅器52により増幅され、変換器要素に結合される。この例において、送信波形は、プローブケーブル40の信号ライン上で、プローブ内におけるスイッチマトリックス又はマルチプレクサー60に結合される。この実施態様において、各ビーム形成器チャンネルが、単極単投スイッチ S_n により1つ、2つ、又は3つの変換器要素 e_N に結合される。各増幅器52は、従って、1つ、2つ、又は3つの変換器要素のインピーダンスを並列に駆動するのに十分な出力電力をもつ。チャンネル1は、例えば、スイッチ S_1 により第1の要素 e_1 に結合され、さらに、他のスイッチ（図示せず）により要素 e_{129} 及び e_{257} に結合され、要素の間隔はチャンネル数の128と同等である。示される構成は、 $e_{32} \sim e_{159}$ という1つの128要素開口、及び、 $e_{160} \sim e_{287}$ という別の128要素開口からの2つの同時のプッシュパルス PP_1 及び PP_2 の送信のためのスイッチのうちのいくつかを示す。チャンネル32は、 S_{32} により要素 e_{32} に結合され、 S_{160} により要素 e_{160} に結合される。送信中、これらのスイッチの両方が閉じて、各開口の最も左の要素を並列に駆動する。チャンネル32は、スイッチ S_{288} により要素 e_{288} にも結合されるが、このスイッチは、この例示的な開口構成において開いたまま留まる。同様に、チャンネル33は、スイッチ S_{33} と S_{161} とにより、2つの開口の要素 e_{33} と e_{161} とを駆動するように結合され、チャンネル33のスイッチ S_{289} は開いたまま留まる。各開口は、各プッシュパルスの中心軸を示した、それぞれがスイッチ S_{96} 及び S_{224} の閉鎖によりチャンネル96から駆動される中央の要素 e_{96} 及び e_{224} を備える。チャンネル96は、2つの変換器要素のみに結合されたチャンネルのうちの1つである。動作時、各チャンネルの信号源54は、送信されたプッシュパルスが所望の方向に所望の深さで操縦され、及び焦点合わせされるように適切な時点で作動される。従って、同一のプッシュパルス PP_1 及び PP_2 が同時かつ並列に送信されて、1つの又は2つの剪断波を刺激する。典型的な要素ピッチをもつ典型的な実施態様において、128要素開口の中心軸間の距離は、約20mmである。他のスイッチの組み合わせを設定することにより、及び/又は、他の開口寸法を使用することにより、プッシュパルス軸は、アレイに沿ってシフト可能であり、他の

10

20

30

40

50

開口位置から他の間隔をとまって送信可能である。所望により、単一又は複数のプッシュパルスが送信可能であり、上述の米国特許出願公開第2013/0131511号(Petersonら)において説明されるように連続したプッシュパルスが適用されてもよい。

【0018】

プッシュパルス送信の後、マトリックス又はマルチプレクサー60のスイッチが開かれ、アレイ12が、結果として得られる剪断波をサンプリング及び測定するように操作される。図1に示すシステムが使用されるとき、焦点合わせされた追跡パルスが送信されて、結果として得られるエコーが剪断波を生成するプッシュパルスの近傍でプローブ10により受信される。典型的な送信追跡パルスは、7~8MHzなどの調査される深さに浸透するのに適した周波数の、通常、1つ又は2つのサイクルのみの短パルスである。好ましくは、ベクトルの連続した調査によるエコーデータを相関させることにより、剪断波が各追跡パルスベクトル位置において発生したときに、剪断波により作られた組織の動きが検出可能であるように、各追跡パルスベクトルが時間インターリーブ手法により繰り返しサンプリングされる。剪断波はプッシュパルス軸から横方向に離れる方向に動くので、追跡パルスの位置は、剪断波の伝搬に追従するように横方向に動くことも可能である。繰り返しサンプリングされた追跡パルスベクトルからのデータは、好ましくは、連続した移動測定値に対して相互相関、曲線の当てはめ、又は補間をすることにより、追跡パルスベクトルの各点において剪断波がピーク移動をもたらす時点を算出するように処理される。隣接したサンプリングにおいてベクトルがピーク移動を経験する時点の分析が、特定のベクトル位置における剪断波の速度に対応する測定値を生成し、速度の変動は、異なる剛性又は弾性の組織を示す。剪断波は非常に急速に減衰するので、概して、単一のプッシュパルスベクトルを使用して像フィールド70全体から剪断波データを獲得することは不可能である。従って、組織の他の領域内で剪断波速度測定値を獲得するために、組織内における他の位置において工程が繰り返される。本発明のプローブは、同時に複数の位置が測定されること、又は、より強い剪断波が生成されることを可能にすることにより、これを実行するために必要な期間を短くすることが可能である。剪断波データが所望の像フィールドにわたって獲得されるまで、工程が繰り返される。速度情報は、好ましくは、像内の点における剪断波速度データにより色分けされた、組織の二次元像又は三次元像として提示される。

【0019】

上述の、例えば、図1の例示的な超音波システムにより示される様々な実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、又はそれらの組み合わせにより実施されてよいことが留意されなければならない。様々な実施形態及び/又はコンポーネント、例えば、モジュール、又はコンポーネント、及びその中の制御装置は、1つ又は複数のコンピュータ又はマイクロプロセッサの一部として搭載されてもよい。コンピュータ又はプロセッサは、コンピューティングデバイス、入力デバイス、表示ユニット、及び、例えば、インターネットにアクセスするためのインターフェースを備えてよい。コンピュータ又はプロセッサは、マイクロプロセッサを備えてよい。マイクロプロセッサは、例えば、PACSシステムにアクセスする通信バスに接続されてよい。コンピュータ又はプロセッサは、メモリをさらに備えてもよい。メモリは、ランダムアクセスメモリ(RAM: Random Access Memory)、及び読み取り専用メモリ(ROM: Read Only Memory)を備えてよい。コンピュータ又はプロセッサは、ハードディスクドライブ、又は、リムーバブル記憶ドライブ、例えば、フロッピーディスクドライブ、光ディスクドライブ、ソリッドステートサムドライブなどの記憶デバイスをさらに備えてよい。記憶デバイスは、コンピュータ又はプロセッサ内にコンピュータプログラム又は他の命令をロードするための他の同様の手段でもよい。

【0020】

本明細書で使用される場合、「コンピュータ(computer)」、「モジュール(module)」、又は「プロセッサ(processor)」という用語は、マイクロ

10

20

30

40

50

制御装置、縮小命令セットコンピュータ(RISC: reduced instruction set computers)、ASIC、論理回路、及び、本明細書において説明される機能を実行することが可能な任意の他の回路又はプロセッサを使用したシステムを備える任意のプロセッサベースの、又はマイクロプロセッサベースのシステムを備えてよい。上述の例は例示に過ぎず、従って、いかなる手法によってもこれらの用語の定義及び/又は意味を限定することを意図しない。

【0021】

コンピュータ又はプロセッサは、入力データを処理するために、1つ又は複数の記憶要素内に記憶された命令のセットを実行する。記憶要素は、所望により、又は必要に応じて、データ又は他の情報も記憶してもよい。記憶要素は、情報源又は処理マシン内の物理的なメモリ要素の形態であってよい。

10

【0022】

命令のセットは、本発明の様々な実施形態の方法及び工程などの特定の動作を実施するための、処理マシンとしてのコンピュータ又はプロセッサに命令する様々なコマンドを備えてよい。命令のセットは、ソフトウェアプログラムの形態であってよい。ソフトウェアは、システムソフトウェア又はアプリケーションソフトウェアなどの、及び、有形かつ非一時的なコンピュータ可読媒体として具現化され得る様々な形態であってよい。さらに、ソフトウェアは、独立したプログラム又はモジュールの集合体、より大きなプログラム内のプログラムモジュール、又は、プログラムモジュールの一部の形態であってよい。ソフトウェアは、オブジェクト指向プログラムの形態でモジュールプログラムをさらに備えてもよい。処理マシンによる入力データの処理は、操作者のコマンドに応答する、以前の処理の結果に応答する、又は、別の処理マシンにより作られた要求に応答するものであってよい。

20

【0023】

さらに、後述の請求項の限定は、そのような請求項の限定が、さらなる構造物を含まない機能の記述が後に続いた「する手段(means for)」という表現を明示的に使用しない限り、及び使用するまで、ミーンズプラスファンクション形式で記載されるのではなく、米国特許法第112条第6項に基づいて解釈されることは意図されない。

【図 1】

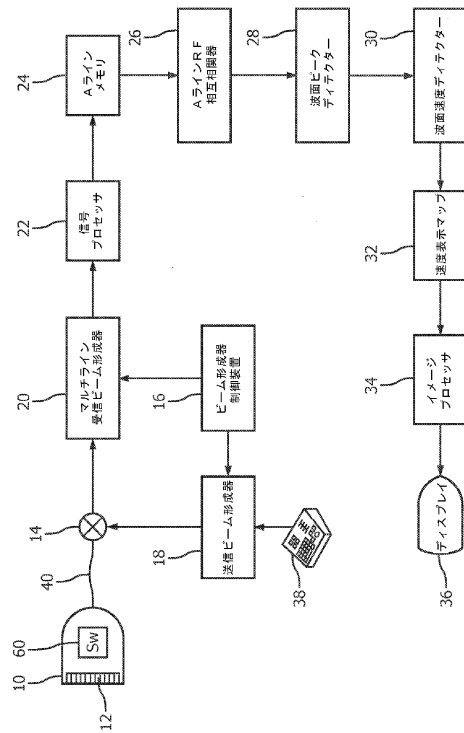


図 1

【図 2】

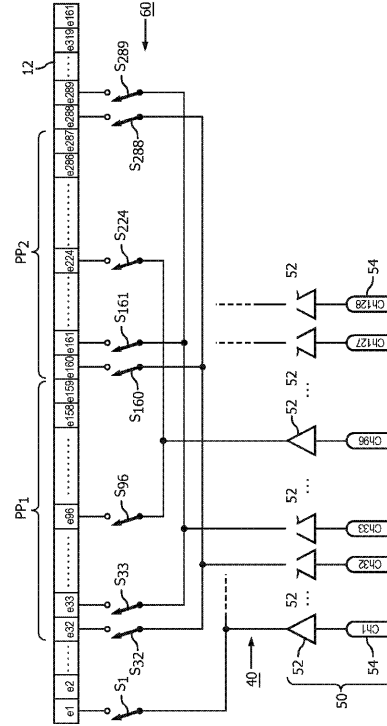


FIG. 2

【図 3】

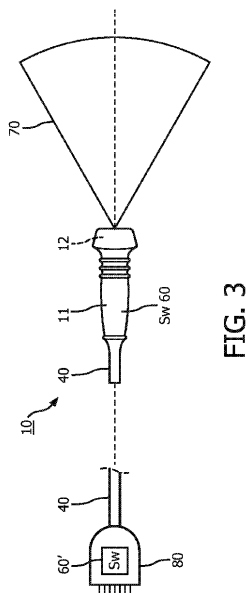


FIG. 3

フロントページの続き

- (72)発明者 オーウェン ネイル
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5
- (72)発明者 シャンダサニ ヴィジャイ タークル
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5
- (72)発明者 クンケル ハリー アモン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5
- (72)発明者 ピーターズ サムエル レイモンド
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 特表2015-515923(JP, A)
特表2014-506523(JP, A)
特開平04-084954(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0184287(US, A1)
中国特許出願公開第103800038(CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15