

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-526177

(P2018-526177A)

(43) 公表日 平成30年9月13日 (2018. 9. 13)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006. 01) A 6 1 B 8/14 4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2018-530945 (P2018-530945)
(86) (22) 出願日 平成28年2月25日 (2016. 2. 25)
(85) 翻訳文提出日 平成30年4月24日 (2018. 4. 24)
(86) 国際出願番号 PCT/CA2016/050193
(87) 国際公開番号 W02017/041166
(87) 国際公開日 平成29年3月16日 (2017. 3. 16)
(31) 優先権主張番号 62/215, 548
(32) 優先日 平成27年9月8日 (2015. 9. 8)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 62/237, 414
(32) 優先日 平成27年10月5日 (2015. 10. 5)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 506367238
ダルハウジー ユニバーシティー
カナダ国 ビー3エイチ 4アール2 ノ
バスコシア, ハリファックス, サマー
ストリート 1344, スイート 2
07
(74) 代理人 110002572
特許業務法人平木国際特許事務所
(72) 発明者 ブラウン, ジェレミー
カナダ国 ビー3エル 1ワイ1 ノバ
スコシア, ハリファックス, リバプール
ストリート 6381

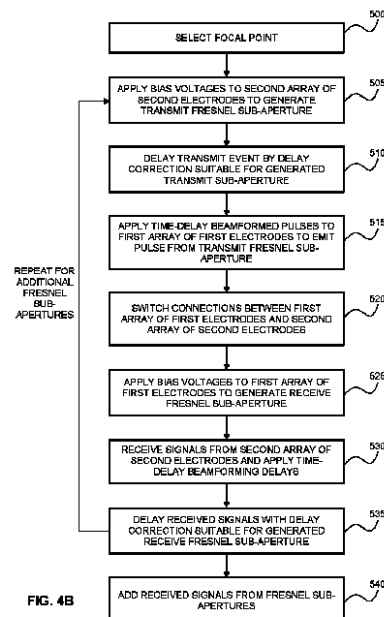
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遅延補正されたフレネルサブ開口を用いてビーム形成するフェーズドアレイ及びフレネルゾーンプレートとの組み合わせのシステム及び方法

(57) 【要約】

交差電極超音波トランスデューサアレイを用いて撮像を実施するためのシステム及び方法が開示され、ここでは超音波トランスデューサアレイは、従来の時間遅延フェーズドアレイビーム形成による一方向における集束、及びバイアス電圧の印加によって形成されたフレネル開口による第2の方向における集束のために構成される。超音波トランスデューサアレイ接続は、送信動作と受信動作との間で切り替えられ、その結果、フレネル開口は、送信時に第1の方向に、受信時に第2の方向に生成される。送信フレネル開口及び受信フレネル開口の一方又は両方は、遅延補正されたフレネルサブ開口のセットとして構成され、ここでは各フレネルサブ開口と関連付けられた遅延が、フレネルサブ開口と焦点との間の経路長の変動を補償するために選択される。複数のフレネルサブ開口及び時間遅延補正の使用が、操作により引き起こされる帯域幅劣化と関連付けられる問題を克服する。

【選択図】 図4 B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波トランスデューサであって、

各超音波素子が、そこへのバイアス電圧の印加時に音響変換が可能であり、その結果、前記バイアス電圧が存在するとき前記超音波トランスデューサが、そこへの電圧パルスの印加時に超音波エネルギーを放出する、超音波素子のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第 1 の側面に提供される第 1 の電極の第 1 のアレイであって、各第 1 の電極が第 1 の方向に延在する、第 1 の電極の第 1 のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第 2 の側面に提供される第 2 の電極の第 2 のアレイであって、各第 2 の電極が第 2 の方向に延在し、前記第 1 の方向及び前記第 2 の方向が、前記第 1 の電極の第 1 のアレイ及び前記第 2 の電極の第 2 のアレイが交差電極構成に配置されるように構成される、第 2 の電極の第 2 のアレイと、を備える、超音波トランスデューサと、

前記超音波トランスデューサに動作可能に連結された制御及び処理ハードウェアであって、送信動作を実施するように構成された処理電子機器を備え、前記送信動作が、

超音波パルスが、集束された照準線に沿って焦点に送信されるように、送信電圧パルスを前記第 1 の電極の第 1 のアレイに、及び第 1 のバイアス電圧を前記第 2 の電極の第 2 のアレイに提供することを含み、

時間遅延送信ビーム形成開口が、前記第 1 の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第 1 の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために用いられるように、前記電圧パルスが前記第 1 の電極の第 1 のアレイに提供され、

送信フレネル開口が、前記第 2 の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第 2 の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために形成されるように、前記第 1 のバイアス電圧が前記第 2 の電極の第 2 のアレイに提供される、制御及び処理ハードウェアと

を備える超音波撮像システムであって、

前記処理電子機器が、受信動作を実施するように構成され、前記受信動作が、

第 2 のバイアス電圧を前記第 1 の電極の第 1 のアレイに印加し、前記第 2 の電極の第 2 のアレイで信号を受信することを含み、

受信フレネル開口が、前記第 1 の平面内の前記焦点からの受信された超音波エネルギーを集束するために形成されるように、前記第 2 のバイアス電圧が、前記第 1 の電極の第 1 のアレイに提供され、

時間遅延受信ビーム形成開口が、前記第 2 の平面内の前記受信された超音波エネルギーを集束するために用いられるように、前記第 2 の電極の第 2 のアレイから取得した前記信号が、動的にビーム形成され、

前記処理電子機器が、前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、フレネルサブ開口のセットとして連続的に生成され、前記フレネルサブ開口のセットと関連付けられた複数の送信／受信イベントからの前記信号が合算された状態にあるように、さらに構成され、

前記処理電子機器が、

前記送信フレネル開口が送信フレネルサブ開口のセットとして生成されるとき、それぞれの送信フレネルサブ開口に対応する各送信イベントが、前記送信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択されたそれぞれの送信時間遅延によって遅延され、且つ

前記受信フレネル開口が受信フレネルサブ開口として生成されるとき、それぞれの受信フレネルサブ開口に対応する各信号が、前記受信フレネルサブ開口からのそれぞれの信号を合算する前に、前記受信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択された時間遅延によって遅延されるように、さらに構成され、

前記処理電子機器が、超音波画像作成用の超音波画像データを生成するために、複数の集束された照準線に沿って送信動作及び受信動作を実施するように構成される、超音波撮

10

20

30

40

50

像システム。

【請求項 2】

前記超音波素子のアレイが、電歪層内に、前記第 1 の電極の第 1 のアレイ及び前記第 2 の電極の第 2 のアレイによって、画定される、請求項 1 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 3】

前記超音波素子のアレイが、容量性微細加工超音波トランスデューサ（CMUT）アレイ素子を備える、請求項 1 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 4】

前記超音波素子のアレイが、切り溝のある電歪アレイ素子を備える、請求項 1 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 5】

前記第 1 の方向が、前記第 2 の方向に垂直である、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の超音波撮像システム。

【請求項 6】

前記第 1 の方向が、方位角平面内にあり、前記第 2 の方向が、仰角平面内にある、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の超音波撮像システム。

【請求項 7】

前記処理電子機器が、前記送信フレネル開口と前記受信フレネル開口の両方が、送信フレネルサブ開口及び受信フレネルサブ開口のそれぞれのセットとして生成されるようにさらに構成される、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の超音波撮像システム。

【請求項 8】

前記処理電子機器が、前記受信フレネルサブ開口のセットが各送信フレネルサブ開口に対して連続して生成され、その結果、送信／受信イベントの総数が所与の集束された照準線において送信フレネルサブ開口の数と受信フレネルサブ開口の数の積に等しいように、さらに構成される、請求項 7 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 9】

前記処理電子機器が、一つ以上の送信フレネルサブ開口それぞれが、それと関連付けられた単一の固有の受信フレネルサブ開口を有し、その結果、単一の送信／受信イベントが前記一つ以上の送信フレネルサブ開口の一つ一つに対して生成されるように、さらに構成される、請求項 7 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 10】

前記処理電子機器が、送信フレネルサブ開口の数が受信フレネルサブ開口の数に等しいように構成される、請求項 7 ～ 9 のいずれか一項に記載の超音波撮像システム。

【請求項 11】

前記処理電子機器が、送信フレネルサブ開口の数が受信フレネルサブ開口の数に等しいように構成され、且つ

前記処理電子機器が、単一の固有の受信フレネルサブ開口が、各送信フレネルサブ開口に対して生成されるようにさらに構成される、請求項 7 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 12】

前記処理電子機器が、フレネルサブ開口の数が操作角に依存し、その結果、前記フレネルサブ開口の数が操作角の増加に伴って増加するように、さらに構成される、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の超音波撮像システム。

【請求項 13】

前記フレネルサブ開口の数が、分解能に関して一定の画像を作成するのに好適な速度で操作角とともに増加される、請求項 12 に記載の超音波撮像システム。

【請求項 14】

請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の超音波撮像システムを備える内視鏡。

【請求項 15】

超音波トランスデューサを使用して超音波撮像を実施する方法であって、

前記超音波トランスデューサが、

10

20

30

40

50

各超音波素子が、そこへのバイアス電圧の印加時に音響変換が可能であり、その結果、前記バイアス電圧が存在するとき前記超音波トランスデューサが、そこへの電圧パルスの印加時に超音波エネルギーを放出する、超音波素子のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第１の側面に提供される第１の電極の第１のアレイであって、各第１の電極が第１の方向に延在する、第１の電極の第１のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第２の側面に提供される第２の電極の第２のアレイであって、各第２の電極が第２の方向に延在し、前記第１の方向及び前記第２の方向が、前記第１の電極の第１のアレイ及び前記第２の電極の第２のアレイが交差電極構成に配置されるように構成される、第２の電極の第２のアレイと、を備え、

前記方法が、

超音波パルスが、集束された照準線に沿って焦点に送信されるように、送信電圧パルスを前記第１の電極の第１のアレイに、及び第１のバイアス電圧を前記第２の電極の第２のアレイに提供することによって、送信動作を実施することであって、

時間遅延送信ビーム形成開口が、前記第１の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第１の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために用いられるように、前記電圧パルスが前記第１の電極の第１のアレイに提供され、

送信フレネル開口が、前記第２の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第２の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために形成されるように、前記第１のバイアス電圧が前記第２の電極の第２のアレイに提供される、送信動作を実施することと、

第２のバイアス電圧を前記第１の電極の第１のアレイに印加し、前記第２の電極の第２のアレイで信号を受信することによって、受信動作を実施することであって、

受信フレネル開口が、前記第１の平面内の前記焦点からの受信された超音波エネルギーを集束するために形成されるように、前記第２のバイアス電圧が、前記第１の電極の第１のアレイに提供され、

時間遅延受信ビーム形成開口が、前記第２の平面内の前記受信された超音波エネルギーを集束するために用いられるように、前記第２の電極の第２のアレイから取得した前記信号が、動的にビーム形成される、

受信動作を実施することとを含み、

前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、フレネルサブ開口のセットとして連続的に生成され、前記フレネルサブ開口のセットと関連付けられた複数の送信／受信イベントからの前記信号が合算された状態にあり、

前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、

前記送信フレネル開口が送信フレネルサブ開口のセットとして生成されるとき、それぞれの送信フレネルサブ開口に対応する各送信イベントが、前記送信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択されたそれぞれの送信時間遅延によって遅延され、且つ

前記受信フレネル開口が受信フレネルサブ開口として生成されるとき、それぞれの受信フレネルサブ開口に対応する信号の各セットが、前記受信フレネルサブ開口からのそれぞれの信号を加算する前に、前記受信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択された時間遅延によって遅延されるように、さらに構成され、

送信動作及び受信動作が、複数の集束された照準線に沿って実施され、それにより超音波画像生成用の超音波画像データを提供する、方法。

【請求項１６】

前記超音波素子のアレイが、電歪層内に、前記第１の電極の第１のアレイ及び前記第２の電極の第２のアレイによって、画定される、請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

前記超音波素子のアレイが、容量性微細加工超音波トランスデューサ（ＣＭＵＴ）アレイ素子を備える、請求項１５に記載の方法。

【請求項１８】

前記超音波素子のアレイが、切り溝のある電歪アレイ素子を備える、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 19】

前記第 1 の方向が、前記第 2 の方向に垂直である、請求項 15 ～ 18 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 20】

前記第 1 の方向が、方位角平面内にあり、前記第 2 の方向が、仰角平面内にある、請求項 15 ～ 18 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口が、送信フレネルサブ開口及び受信フレネルサブ開口のそれぞれのセットとして生成される、請求項 15 ～ 20 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 22】

前記受信フレネルサブ開口のセットが、各送信フレネルサブ開口に対して連続して生成され、その結果、送信／受信イベントの総数が、所与の集束された照準線において、送信フレネルサブ開口の数と受信フレネルサブ開口の数の積に等しい、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

一つ以上の送信フレネルサブ開口それぞれが、それと関連付けられた単一の固有の受信フレネルサブ開口を有し、その結果、単一の送信／受信イベントが、前記一つ以上の送信フレネルサブ開口の一つ一つに対して生成される、請求項 21 に記載の方法。

20

【請求項 24】

送信フレネルサブ開口の数が受信フレネルサブ開口の数に等しい、請求項 21 ～ 23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

送信フレネルサブ開口の数が受信フレネルサブ開口の数に等しく、且つ

単一の固有の受信フレネルサブ開口が、各送信フレネルサブ開口に対して生成される、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】

フレネルサブ開口の数が操作角に依存し、その結果、フレネルサブ開口の数が、操作角の増加に伴って増加する、請求項 15 ～ 25 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 27】

フレネルサブ開口の数が、分解能に関して一定の画像を作成するのに好適な速度で操作角とともに増加される、請求項 26 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本出願は、その内容全体が参照により本明細書内に組み込まれる、2015 年 9 月 8 日に出願された「SYSTEMS AND METHODS OF COMBINED PHASED-ARRAY AND FRESNEL ZONE PLATE BEAMFORMING EMPLOYING DELAY-CORRECTED FRESNEL SUB-APERTURES」と題する米国仮出願第 62/215,548 号、及びその内容全体が参照により本明細書内に組み込まれる 2015 年 10 月 5 日に出願された「SYSTEMS AND METHODS OF COMBINED PHASED-ARRAY AND FRESNEL ZONE PLATE BEAMFORMING EMPLOYING DELAY-CORRECTED FRESNEL SUB-APERTURES」と題する米国仮出願第 62/237,414 号の優先権を主張するものである。

40

【0002】

本開示は、超音波ビーム形成及び超音波撮像に関する。いくつかの態様において、本開示は、容積測定超音波撮像に関する。

【背景技術】

【0003】

50

フレネルベースのビーム集束は、3D撮像アレイ用の可動型レンズとしての使用について調査されてきた。フレネルレンズ又はゾーンプレート手法を使用して、光などの音響波を集束することができる。フレネルゾーンプレートは、特に大開口を使用する際に、タイトな焦点を作成することが可能である。従来のフレネルゾーンプレートは、透明領域と不透明領域が交互になった環又は条片からなる。波は、不透明区域の周辺で回折し、特定の間隔が原因で、焦点の周辺で構造的に干渉する。位相ゾーンプレートにおいては、両方の区域が波を送信するが、一つ置きの区域に位相反転が存在する。この種のプレートは、効率の利点を有し、受動的な超音波集束のための良好な手法となる可能性を示してきた。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

10

【0004】

交差電極超音波トランスデューサアレイを用いて撮像を実施するためのシステム及び方法が開示され、ここでは超音波トランスデューサアレイは、従来の時間遅延フェーズドアレイビーム形成による一方向における集束、及びバイアス電圧の印加によって形成されたフレネル開口による第2の方向における集束のために構成される。超音波トランスデューサアレイ接続は、送信動作と受信動作との間で切り替えられ、その結果、フレネル開口は、送信時に第1の方向に、受信時に第2の方向に生成される。送信フレネル開口及び受信フレネル開口の一方又は両方は、遅延補正されたフレネルサブ開口のセットとして構成され、ここでは各フレネルサブ開口と関連付けられた遅延が、フレネルサブ開口と焦点との間の経路長の変動を補償するために選択される。複数のフレネルサブ開口及び時間遅延補正の使用が、操作により引き起こされる帯域幅劣化と関連付けられる問題を克服する。

20

【0005】

従って、第1の態様において、超音波トランスデューサであって、

各超音波素子が、そこへのバイアス電圧の印加時に音響変換が可能であり、その結果、前記バイアス電圧が存在するとき前記超音波トランスデューサが、そこへの電圧パルスの印加時に超音波エネルギーを放出する、超音波素子のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第1の側面に提供される第1の電極の第1のアレイであって、各第1の電極が第1の方向に延在する、第1の電極の第1のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第2の側面に提供される第2の電極の第2のアレイであって、各第2の電極が第2の方向に延在し、前記第1の方向及び前記第2の方向が、前記第1の電極の第1のアレイ及び前記第2の電極の第2のアレイが交差電極構成に配置されるように構成される、第2の電極の第2のアレイと、を備える、超音波トランスデューサと、

30

前記超音波トランスデューサに動作可能に連結された制御及び処理ハードウェアであって、送信動作を実施するように構成された処理電子機器を備え、前記送信動作が、

超音波パルスが、集束された照準線に沿って焦点に送信されるように、送信電圧パルスを前記第1の電極の第1のアレイに、及び第1のバイアス電圧を前記第2の電極の第2のアレイに提供することを含み、

時間遅延送信ビーム形成開口が、前記第1の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第1の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために用いられるように、前記電圧パルスが前記第1の電極の第1のアレイに提供され、

40

送信フレネル開口が、前記第2の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第2の平面内の焦点に前記超音波パルスを集束するために形成されるように、前記第1のバイアス電圧が前記第2の電極の第2のアレイに提供される、制御及び処理ハードウェアと

を備える超音波撮像システムであって、

前記処理電子機器が、受信動作を実施するように構成され、受信動作が、

第2のバイアス電圧を前記第1の電極の第1のアレイに印加し、前記第2の電極の第2のアレイで信号を受信することを含み、

受信フレネル開口が、前記第1の平面内の焦点からの受信された超音波エネルギーを

50

集束するために形成されるように、前記第 2 のバイアス電圧が、前記第 1 の電極の第 1 のアレイに提供され、

時間遅延受信ビーム形成開口が、前記第 2 の平面内の受信された超音波エネルギーを集束するために用いられるように、前記第 2 の電極の第 2 のアレイから取得した前記信号が、動的にビーム形成され、

前記処理電子機器が、前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、フレネルサブ開口のセットとして連続的に生成され、前記フレネルサブ開口のセットと関連付けられた複数の送信／受信イベントからの信号が合算された状態にあるように、さらに構成され、

前記処理電子機器が、

前記送信フレネル開口が送信フレネルサブ開口のセットとして生成されるとき、それぞれの送信フレネルサブ開口に対応する各送信イベントが、前記送信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択されたそれぞれの送信時間遅延によって遅延され、且つ

前記受信フレネル開口が受信フレネルサブ開口として生成されるとき、それぞれの受信フレネルサブ開口に対応する各信号が、前記受信フレネルサブ開口からのそれぞれの信号を合算する前に、前記受信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択された時間遅延によって遅延されるように、さらに構成され、

前記処理電子機器が、超音波画像作成用の超音波画像データを生成するために、複数の集束された照準線に沿って送信動作及び受信動作を実施するように構成される、超音波撮像システムが提供される。

【0006】

別の態様において、超音波トランスデューサを使用して超音波撮像を実施する方法であって、

前記超音波トランスデューサが、

各超音波素子が、そこへのバイアス電圧の印加時に音響変換が可能であり、その結果、前記バイアス電圧が存在するとき前記超音波トランスデューサが、そこへの電圧パルスの印加時に超音波エネルギーを放出する、超音波素子のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第 1 の側面に提供される第 1 の電極の第 1 のアレイであって、各第 1 の電極が第 1 の方向に延在する、第 1 の電極の第 1 のアレイと、

前記超音波素子のアレイの第 2 の側面に提供される第 2 の電極の第 2 のアレイであって、各第 2 の電極が第 2 の方向に延在し、前記第 1 の方向及び前記第 2 の方向が、前記第 1 の電極の第 1 のアレイ及び前記第 2 の電極の第 2 のアレイが交差電極構成に配置されるように構成される、第 2 の電極の第 2 のアレイと、を備え、

該方法が、

超音波パルスが、集束された照準線に沿って焦点に送信されるように、送信電圧パルスを前記第 1 の電極の第 1 のアレイに、及び第 1 のバイアス電圧を前記第 2 の電極の第 2 のアレイに提供することによって、送信動作を実施することであって、

時間遅延送信ビーム形成開口が、前記第 1 の方向を含むとともに前記超音波トランスデューサの放出面に垂直である第 1 の平面内の前記焦点に前記超音波パルスを集束するために用いられるように、前記電圧パルスが前記第 1 の電極の第 1 のアレイに提供され、

送信フレネル開口が、第 2 の方向を含むとともに超音波トランスデューサの放出面に垂直である第 2 の平面内の焦点に前記超音波パルスを集束するために形成されるように、前記第 1 のバイアス電圧が前記第 2 の電極の第 2 のアレイに提供される、

送信動作を実施することと、

第 2 のバイアス電圧を前記第 1 の電極の第 1 のアレイに印加し、前記第 2 の電極の第 2 のアレイで信号を受信することによって、受信動作を実施することであって、

受信フレネル開口が、前記第 1 の平面内の前記焦点からの受信された超音波エネルギーを集束するために形成されるように、前記第 2 のバイアス電圧が、前記第 1 の電極の第 1 のアレイに提供され、

10

20

30

40

50

時間遅延受信ビーム形成開口が、前記第 2 の平面内の前記受信された超音波エネルギーを集束するために用いられるように、前記第 2 の電極の第 2 のアレイから取得した前記信号が、動的にビーム形成される、

受信動作を実施することを含み、

前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、フレネルサブ開口のセットとして連続的に生成され、前記フレネルサブ開口のセットと関連付けられた複数の送信／受信イベントからの信号が合算された状態にあり、

前記送信フレネル開口及び前記受信フレネル開口の一方又は両方が、

前記送信フレネル開口が送信フレネルサブ開口のセットとして生成されるとき、それぞれの送信フレネルサブ開口に対応する各送信イベントが、前記送信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択されたそれぞれの送信時間遅延によって遅延され、且つ

前記受信フレネル開口が受信フレネルサブ開口として生成されるとき、それぞれの受信フレネルサブ開口に対応する信号の各セットが、前記受信フレネルサブ開口からのそれぞれの信号を加算する前に、前記受信フレネルサブ開口と前記焦点との間の経路長の変動を補償するために選択された時間遅延によって遅延されるように、さらに構成され、

送信動作及び受信動作が、複数の集束された照準線に沿って実施され、それにより超音波画像生成用の超音波画像データを提供する、方法が提供される。

【0007】

以下の詳細な説明及び図面を参照することによって、本開示の機能的及び有利な態様のさらなる理解を得ることができる。

【0008】

これより、単に例として、図面を参照して実施形態が説明される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1 A】仰角において可動型フレネル開口及び方位角においてフェーズドアレイビーム形成を使用し、A) 軸上に、及び B) 仰角－方位角の両方の平面において 20 度に集束されたアレイについて、仰角－方位角平面における二方向放射パターン及びビームプロファイルを示す図である。

【図 1 B】仰角において可動型フレネル開口及び方位角においてフェーズドアレイビーム形成を使用し、A) 軸上に、及び B) 仰角－方位角の両方の平面において 20 度に集束されたアレイについて、仰角－方位角平面における二方向放射パターン及びビームプロファイルを示す図である。

【図 2】送信及び受信モードのための交差アレイ切替スキームを示す図である。

【図 3 A】A) 軸上に、及び B) 仰角－方位角の両方の平面において 20 度に集束された、可動型フレネル開口を使用するアレイであって、送信中、フレネル開口が方位角方向における集束のために用いられ、従来のフェーズドアレイビーム形成が仰角方向において用いられ、受信時、フレネル開口が、仰角方向における集束のために用いられ、従来のフェーズドアレイビーム形成が、方位角方向において用いられる、アレイについて、仰角－方位角平面における二方向放射パターン及びビームプロファイルを示す図である。

【図 3 B】A) 軸上に、及び B) 仰角－方位角の両方の平面において 20 度に集束された、可動型フレネル開口を使用するアレイであって、送信中、フレネル開口が方位角方向における集束のために用いられ、従来のフェーズドアレイビーム形成が仰角方向において用いられ、受信時、フレネル開口が、仰角方向における集束のために用いられ、従来のフェーズドアレイビーム形成が、方位角方向において用いられる、アレイについて、仰角－方位角平面における二方向放射パターン及びビームプロファイルを示す図である。

【図 4 A】交差電極トランスデューサを伴う撮像システム例を例示する図である。

【図 4 B】所与の照準線について送信及び受信に複数のフレネルサブ開口を用いる方法例を示すフローチャートである。

【図 5 A】(A) サブ開口から焦点までの経路長と、フレネルサブ開口によって生じる効

10

20

30

40

50

果的な経路長との比較、及び（Ｂ）サブ開口から焦点までの路程と、追加の補正遅延を伴うフレネルサブ開口によって生じる効果的な路程との比較を描写する図である。本例は、四つのサブ開口に分割されたフレネルパターンに関する。

【図５Ｂ】（Ａ）サブ開口から焦点までの経路長と、フレネルサブ開口によって生じる効果的な経路長との比較、及び（Ｂ）サブ開口から焦点までの路程と、追加の補正遅延を伴うフレネルサブ開口によって生じる効果的な路程との比較を描写する図である。本例は、四つのサブ開口に分割されたフレネルパターンに関する。

【図６Ａ】フレネルサブ開口が、送信と受信の両方において用いられ、単一の固有の受信フレネルサブ開口が、各送信フレネルサブ開口に対して生成され、 8×8 交差電極アレイにおいて、四つのサブ開口が送信用に用いられ、四つのサブ開口が受信用に用いられるという実装形態例を描写する図である。

10

【図６Ｂ】フレネルサブ開口が、送信と受信の両方において用いられ、 8×8 交差電極アレイにおいて、四つのサブ開口が送信用に用いられ、四つのサブ開口が受信用に用いられるという実装形態例を描写し、第１の送信フレネルサブ開口に関連付けられた送信／受信イベントに対応する送信及び受信フレネルサブ開口の組み合わせを示す図である。同様の送信／受信イベントが、次いで、追加の送信フレネルサブ開口に対して実施され、その結果、各送信フレネルサブ開口について、送信／受信イベントのセットが受信フレネルサブ開口の各々に対して実施される。

【図７】方位角に 20° 及び仰角に 20° に操作された、フレネル集束の切替を使用する交差電極アレイの焦点でのパルス（上）、及び、四つ、六つ、又は八つのサブ開口をそれぞれ使用したときのこのアレイの焦点でのパルス（下）についてのシミュレートされた結果を示す図である（下）。

20

【図８Ａ】（Ａ）ＳＡを使用した場合と（Ｂ）全交差電極行／列を使用した場合のアクティブアレイ及びパルスエコーを示す図である。

【図８Ｂ】（Ａ）ＳＡを使用した場合と（Ｂ）全交差電極行／列を使用した場合のアクティブアレイ及びパルスエコーを示す図である。

【図９Ａ】（Ａ） 0° 及び（Ｃ） 25° の操作角における、本明細書及び実施例２で説明されるサブ開口フレネルタイプの技法を、（Ｂ） 0° 及び（Ｄ） 25° の操作角における、実施例２で説明される切替ＳＡ技法と比較する図である。各プロファイルは、全サンプリングされた従来通りにビーム形成された２Ｄアレイ（黒破線）と比較される。

30

【図９Ｂ】（Ａ） 0° 及び（Ｃ） 25° の操作角における、本明細書及び実施例２で説明されるサブ開口フレネルタイプの技法を、（Ｂ） 0° 及び（Ｄ） 25° の操作角における、実施例２で説明される切替ＳＡ技法と比較する図である。各プロファイルは、全サンプリングされた従来通りにビーム形成された２Ｄアレイ（黒破線）と比較される。

【図９Ｃ】（Ａ） 0° 及び（Ｃ） 25° の操作角における、本明細書及び実施例２で説明されるサブ開口フレネルタイプの技法を、（Ｂ） 0° 及び（Ｄ） 25° の操作角における、実施例２で説明される切替ＳＡ技法と比較する図である。各プロファイルは、全サンプリングされた従来通りにビーム形成された２Ｄアレイ（黒破線）と比較される。

【図９Ｄ】（Ａ） 0° 及び（Ｃ） 25° の操作角における、本明細書及び実施例２で説明されるサブ開口フレネルタイプの技法を、（Ｂ） 0° 及び（Ｄ） 25° の操作角における、実施例２で説明される切替ＳＡ技法と比較する図である。各プロファイルは、全サンプリングされた従来通りにビーム形成された２Ｄアレイ（黒破線）と比較される。

40

【図１０Ａ】送信で単一のフレネル開口（図１０Ａ）、次いで送信で八つのサブ開口（図１０Ｂ）を使用した、軸から 20° ずれたところに位置する点状散乱体のシミュレーション画像を示す図である。図１０Ａ及び１０Ｂは、 30 dB のダイナミックレンジで示される。

【図１０Ｂ】送信で単一のフレネル開口（図１０Ａ）、次いで送信で八つのサブ開口（図１０Ｂ）を使用した、軸から 20° ずれたところに位置する点状散乱体のシミュレーション画像を示す図である。図１０Ａ及び１０Ｂは、 30 dB のダイナミックレンジで示される。

50

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示の様々な実施形態及び態様は、以下に論じられる詳細を参照して説明される。以下の説明及び図面は、本開示の例示であり、本開示を制限するものとして解釈されないものとする。多数の特定の詳細事項は、本開示の様々な実施形態の完全な理解を提供するために説明される。しかしながら、特定の例において、周知の又は慣例的な詳細事項は、本開示の実施形態の簡潔な論議を提供するために説明されない。

【0011】

本明細書で使用される場合、「備える」及び「含む」という用語は、包含的且つ無制限であり、排他的ではないと解釈されるものとする。特に、本明細書及び請求項で使用されるとき、「備える」及び「含む」という用語並びにそのバリエーションは、明示された特徴、ステップ、又は構成要素が含まれることを意味する。これらの用語は、他の特徴、ステップ、又は構成要素の存在を排除すると解釈されないものとする。

【0012】

本明細書で使用される場合、「例となる」という用語は、例 (example)、例 (instance)、又は例示として機能することを意味し、本明細書に開示される他の構成より好ましい又は有利であると解釈されるべきではない。

【0013】

本明細書で使用される場合、「約」及び「およそ」という用語は、プロパティ、パラメータ、及び寸法のバリエーションなど、値の範囲の上限及び下限内に存在し得るバリエーションを網羅することを意味する。別途指定のない限り、「約」及び「およそ」という用語は、プラス又はマイナス25パーセント以下を意味する。

【0014】

別途指定のない限り、任意の指定範囲又はグループは、ある範囲又はグループの一つ一つの要素を個々に、並びに、そこに包含される一つ一つの可能なサブ範囲又はサブグループを指す簡易な方法であり、その中の任意のサブ範囲又はサブグループに関しても同様であるということを理解されたい。別途指定のない限り、本開示は、一つ一つの特定の要素及びサブ範囲又はサブグループの組み合わせに関し、それらを明白に組み込む。

【0015】

本明細書で使用される場合、「概略で」という用語は、量又はパラメータと一緒に使用されるとき、述べられた量又はパラメータのおよそ10分の1から10倍にわたる範囲を指す。

【0016】

超音波ビーム形成及び撮像におけるフレネルゾーンプレート

超音波トランスデューサにおいてフレネルゾーンプレート手法を実施することは、パルス極性の制御を必要とする。例えば、電歪セラミック上に構築されたアレイ又は容量性微細加工トランスデューサアレイは、各アレイ素子の反応がDCバイアスによって制御されることから、この手法にふさわしい。PMN-PT (マグネシウムニオブ酸鉛-チタン酸鉛) セラミックなどの電歪セラミックを、従来の圧電物質の代わりにアレイ基板として使用することができる。この種の物質は、バイアス電圧が印加されている間、圧電的にのみ活性であり、反応は、バイアス電圧の振幅によって調節可能である。トランスデューサに電圧が印加されないとき、反応は僅かであり、DCバイアスが印加されると、作成される音波の位相は、バイアスが正であるか負であるかによって、+90度又は-90度のいずれかに量子化される。従って、電歪基板上で画定されたアレイ素子を、個々に、及び並行して、処理することができる。これにより、再構成可能な干渉フレネルゾーンプレートが変化するバイアスパターンによって作られることが可能になる。

【0017】

従来の直線フェーズドアレイは、画像の仰角スライス分解能 (厚さ) を改善するために音響レンズを使用する。仰角レンズを中程度の角度に操作するように再構成することができる場合、3D容積測定画像は、追加のビーム形成チャンネルを追加することなく、及び電

10

20

30

40

50

気接続の数を単に中程度に増加させることなく、捕捉され得る。これは、機械的音響レンズを、フレネルゾーンプレートに近似する電氣的に再構成可能なレンズと置き換えることによって達成することができる。フレネルゾーンプレートは、各素子からのパルスの極性を決定する、アレイの仰角方向に沿った正バイアス及び負バイアスの適切なパターンを適用することによって作られ得る。

【0018】

一実装形態例において、交差電極アレイは、上部電極に直交して走る下部電極のセットを有して形成され得る。下部電極は、仰角平面におけるアクティブレンズ制御を提供し、その結果が、およそ $2N$ 個の電気接続を必要とするアレイである。3D画像容積を捕捉するための代替手法は、 N^2 個の素子を有する2Dアレイを使用することである。ビーム形成の低複雑性及び最小限の電気接続性が、容積測定撮像で使用される他の2Dアレイ設計に勝るこの交差電極手法の利点である。

10

【0019】

そのような交差電極アレイ構成では、上部電極（方位角方向）が信号を伝送し、従来通りにビーム形成される（即ち、送信及び受信において従来の時間遅延ビーム形成開口を使用し、任意選択的に、受信において動的ビーム形成を使用する）一方で、フレネルバイアスパターンを下部電極（仰角方向）に沿って印加することができる。そのような実施形態例において、フレネルパターンは、まさにレンズに類似している。しかしながら、仰角平面における集束のために再構成可能なフレネルゾーンプレートだけに頼ることによって、許容できないほど高い二次ローブが結果として生じ、この技法がより有用な診断画像を作成することを妨げる。

20

【0020】

図1A及び1Bは、従来のフェーズドアレイ時間遅延ビーム形成が、方位角平面において使用され、再構成可能なフレネルゾーンプレートが、仰角平面において使用されるように構成された交差電極アレイの放射パターン例を示す。フレネルゾーンプレートを操作しなくても（図1A、ゼロ度）、二次ローブが高すぎて、この図においてアレイに関して画像を表示することができるコントラストを制限している。

【0021】

二方向集束のフレネル／フェーズドアレイ法

しかしながら、送信及び受信間でバイアスの位置及びアレイ上の信号線を切り替える（即ち、フレネル開口をある方向からもう一方の方向へ切り替えると同時に、時間遅延ビーム形成開口を一方の方向からもう一方の方向へも切り替える）ことによってアレイの放射パターンを改善することができる（図2）。この図でのフレネル開口は、送信では方位角において集束する一方、仰角の素子は、従来の時間遅延ビーム形成を使用してビーム形成される（又はその反対）。送信イベントと受信イベントとの間で、信号は側面を切り替える。次いで、バイアスは、フレネルゾーンプレート集束では仰角に印加され、動的受信ビーム形成（DRB）は、方位角で行われ得る。等価の二方向集束が、両方の撮像平面において作られる。

30

【0022】

この技法をシミュレートする代表的な放射パターン及びビームプロファイルが、図3A及び図3Bに示される。この結果を、全サンプリングされ且つビーム形成された4096素子（ 64×64 ）のアレイと比較した。フレネル開口を使用した-6 dBビーム幅は、0度、15度、及び25度まで操作したとき、それぞれ102、111、及び137 μm であった。比較のため、4096素子アレイは、同じセットの操作角について、89、92、及び96 μm のシミュレートされたビーム幅を有した。サイドローブレベルは、フレネル手法を使用するとおよそ15 dB上昇した。受信エネルギー振幅が同等であるため、感度はほとんど影響を受けなかった。送信と受信との間で信号次元によりバイアス寸法を切り替えることは、フレネル開口によりもたらされる近似の悪影響を最小限にする。この手法を使用すると、方位角及び仰角でのビーム幅は等価である。

40

【0023】

50

フレネルパターンを慎重に選択することによって、さらなる改善を行うことができる。先に述べたように、所与の焦点位置のフレネルパターンは、固有ではない。最適のフレネルパターンを選択することによって、所与の焦点に関してビーム特性を改善することができる。フレネル開口シミュレーションは、従来通りにビーム形成された2Dアレイに匹敵するビーム幅により各撮像平面で二方向集束を達成することができることを示す。この可動型レンズ技法は、N個の信号チャネル及びN個のバイアスチャネルのみで3D画像を生成することができる。この図に示されるアレイのシミュレートされた角度範囲における性能は、 N^2 個のチャネルを必要とする従来の2Dアレイの性能に匹敵する。

【0024】

二方向集束のフレネル／フェーズドアレイ法の問題点

先に述べたフレネル手法は、位相遅延を二つの値（ $+\pi/2$ 若しくは $-\pi/2$ ラジアン）の位相遅延、又は、等価的に、 $+\lambda/4$ 若しくは $-\lambda/4$ の経路長）に量子化する。フレネルゾーンプレート理論は、連続波発振動作に基づく。パルス超音波撮像に従来の技法を適用するときには、明らかに、パルス帯域幅の劣化という課題が存在する。これは、経路長差がより大きい広角への操作時に特に有害である。アレイと焦点との間の経路遅延が増大するため、軸分解能が、操作角に伴って劣化し、操作角が広がるほど画像のぼれの増大を引き起こす。

【0025】

例えば、操作角が増大すると、アレイ素子から焦点までの経路長の差が大きくなる。中程度の角度でさえ、素子と参照経路長との間の経路長差は、波長の何倍にもなり得る（例えば、20度で最大10波長）。すべての素子が同時にパルス化されるとき、経路長差は一つの波長内でのみ補正され得るため、その焦点でのパルスは重複せず、結果として生じる構造的に干渉されたパルスは、経時的に伸長される（狭帯域）。軸分解能はパルスの長さに比例するため、このような狭帯域パルスは、撮像においては許容できない。

【0026】

遅延補正を用いた分割開口フレネルビーム形成による二方向集束のフレネル／フェーズドアレイ法

いくつかの実施形態例において、交差電極トランスデューサは、上に説明される二方向集束法（送信と受信との間でバイアス及び信号接続を切り替える）を使用し、送信フレネル開口及び受信フレネル開口のうちの一方又は両方が遅延補正されたフレネルサブ開口のセットとして構成されるというさらなる修正を加えた撮像のために構成され得る。単一のフレネル開口を用いる先に述べた例とは異なり、本実施形態例は、別個且つ連続的な送信／受信イベント中にフレネルサブ開口のセットを用い、ここでは、フレネルサブ開口に関与する送信動作及び／又は受信動作のタイミングが、サブ開口と焦点との間の経路長変動を補正し、これにより、その焦点での各送信パルスのパルス長を短くする（即ち、帯域幅を広げる）。従って、操作により引き起こされる帯域幅劣化に係る先述の制限を解決及び克服するためにこの修正を用いることができる。

【0027】

これより図4Aを参照すると、遅延補正された複数のフレネルサブ開口を用いて交差電極に基づく二方向集束の撮像を実施するための撮像システム例が例示される。本システム例は、交差電極超音波トランスデューサ400（超音波撮像内視鏡などの超音波撮像デバイスの構成要素であり得る）、パルサー受信器回路320を有する送信ビーム形成器300、受信ビーム形成器310、バイアス生成器330、MUXスイッチ340、並びに制御及び処理ハードウェア200（例えば、コントローラ、コンピュータ、又は他のコンピューティングシステム）を含む。

【0028】

制御及び処理ハードウェア200は、送信ビーム形成器300、受信ビーム形成器310、MUXスイッチ340を制御するため、及びビーム形成された受信信号を処理するために用いられる。図4に示されるように、一実施形態において、制御及び処理ハードウェア200は、プロセッサ210、メモリ220、システムバス205、一つ以上の入力／

10

20

30

40

50

出力デバイス 230、並びに、通信インターフェース 260、ディスプレイ 240、外部ストレージ 250、及びデータ取得インターフェース 270などの複数の任意選択的な追加デバイスを含み得る。

【0029】

交差電極超音波トランスデューサ 400の例は、表題「ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUND IMAGING WITH A CAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTROSTRICTIVE ULTRASOUND TRANSDUCER」の米国特許出願第US 2007/0079658号(Wagner)に開示されている。図4では、交差電極超音波トランスデューサの他の例が、電歪層 430のいずれかの側面に、第1の電極 410の第1のアレイ及び第2の電極 420の第2のアレイを含んで示される。第1の電極 410は、第1の方向に延在し、第2の電極 420は、第2の方向に延在する。第1の電極 410は、超音波トランスデューサの放出面に垂直であり且つ第1の方向を含む第1の平面内に超音波エネルギーを集束するために用いられる。第2の電極 420は、超音波トランスデューサの放出面に垂直であり且つ第2の方向を含む第2の平面内に超音波エネルギーを集束するために用いられる。第1及び第2の平面は、直交方向（例えば、方位角及び仰角）での走査を可能にするために、垂直であり得る。

10

【0030】

本実装形態例において、第1の電極 410及び第2の電極 420は、垂直に交差した構成で示されるが、他の実装形態例においては、電極は、90度以外の角度で交差した構成で提供され得る。さらには、本図は、第1の電極及び第2の電極を縦長の電極として示すが、電極は、第1の電極が第1の方向に延在し、第2の電極が第2の方向に延在し、且つ超音波素子の線状アレイを二次元で画定することを前提に、形状が厳密に線状である必要はないということを理解されたい。

20

【0031】

本図は、超音波変換層として切り溝のない電歪材料層に関与する実装形態例を示すが、他の材料及び構成が用いられてもよいことを理解されたい。例えば、超音波変換層は、電歪アレイ素子の切り溝のあるアレイ、又は容量性微細加工超音波トランスデューサのアレイであってもよく、その両方は、切り溝のない電歪層のように、バイアス電圧の印加時に音響変換が可能であり、その結果、バイアス電圧が存在するとき超音波エネルギーが電圧パルスの印加時に放出される。

【0032】

第1の電極 410の第1のアレイ及び第2の電極 420の第2のアレイは、送信中、第1の電極の第1のアレイが、Tx/Rxスイッチ 320を介して送信ビーム形成器 300と電気通信状態にあるように、且つ、送信電圧パルスが、従来の時間遅延送信ビーム形成により超音波パルスを集束するために第1の電極の第1のアレイに提供されるように、導体 360を介してMUXスイッチ 340の別個の出力部と電気接続状態にある。上記のように、第1の電極の第1のアレイは、第1の平面内に超音波パルスを集束する。さらには、送信中、バイアス生成器 330は、超音波パルスがフレネル開口により第2の平面内に集束されるように、導体 370を介して第2の電極の第2のアレイ 420にバイアスを印加する。

30

【0033】

MUXスイッチ 340は、受信動作を実施してバイアス及び信号接続を送信と受信との間で切り替える前に、制御及び処理ハードウェア 200によって起動される。第2の電極 420の第2のアレイは、超音波信号が、従来の時間遅延受信ビーム形成により（任意選択的に動的受信ビーム形成により）超音波パルスを集束するために、第2電極の第2のアレイによって、選択された照準線に沿って受信されるように、Tx/Rxスイッチ 320により受信ビーム形成器 300と電気通信状態にされる。さらには、受信時、バイアス生成器 330は、受信超音波信号がフレネル開口により第2の平面内に集束されるように、導体 370を介して第1の電極 410の第1のアレイにバイアスを印加する。

40

【0034】

上に説明されるように、本実装形態例は、送信及び／又は受信時のフレネルサブ開口の

50

使用に關与する。各フレネルサブ開口では、バイアス電圧は、フレネルパターンの一部が形成されるように電極のサブセットに印加され、ここでは全フレネル開口は、所望の操作角に（所望の照準線に沿って）焦点を生成するように構成される。

【0035】

本実施形態例において、経時的に伸長するパルスの望ましくない効果と関連付けられる先述の問題を回避するために、所与のフレネルサブ開口が送信及び／又は受信に使用されるとき、追加の遅延が追加され得る。任意の所与のサブ開口では、送信フレネルサブ開口と焦点との間の経路長の変動を補償する追加の遅延が提供される。従って、追加の遅延は、 $+\lambda/4$ 又は $-\lambda/4$ の経路長に量子化されるフレネル技法の制限を補償する。下に説明されるように、追加の遅延は、フレネルサブ開口が送信及び／又は受信に用いられるときに追加され得る。一実装形態例において、それぞれのフレネルサブ開口に対する遅延は、各フレネルサブ開口の中央（又は各フレネルサブ開口と関連付けられる何らかの他の場所）と焦点との間の経路長差を計算し、サブ開口間の経路長の差を補償するために遅延を生成することによって決定され得る。

【0036】

第1の電極の第1のアレイにバイアス電圧を印加することによって形成される送信フレネル開口は、送信フレネルサブ開口のセットとして実装され得、ここでは各送信フレネルサブ開口は、それと関連付けられた別個の連続して起動された送信／受信イベントを有し、追加の遅延は、上で説明されるように、経路長変動を補償するために、各送信イベントに対して追加される。第2の電極の第2のアレイにバイアス電圧を印加することによって形成される受信フレネル開口は、受信フレネルサブ開口のセットとして、追加で又は代替的に実装され得、ここでは各受信フレネルサブ開口は、それと関連付けられた別個の連続して起動された送信／受信イベントを有し、追加の遅延は、上で説明されるように、経路長変動を補償するために、各受信イベントに対して追加される。送信と受信の両方におけるフレネルサブ開口の使用に關与する方法例が、図4Bに示されるフローチャートに例示される。

【0037】

単一の照準線／焦点について先述の方法を実施した後、本方法は、画像（容積測定画像など）生成用のデータセットを収集するために、追加の照準線において繰り返されてもよい。次いで、画像処理モジュール280が、画像をレンダリングするために、例えば走査変換法を使用してそのデータセットを処理し得る。

【0038】

上記のような追加の遅延補償を伴ったフレネルサブ開口への量子化されたフレネルパターンの使用は、同様又は同等の効果的な経路長を経る異なるフレネルサブ開口から送信及び／又は受信されたパルスを結果としてもたらす。フレネルサブ開口に対するこの遅延を介した経路長補償は、図5A及び図5Bに例示される。図5Aは、追加の遅延がないときの遠位焦点と各アレイ素子との間の経路長における差のプロットを示し、この差をフレネルパターン単独の位相遅れによって生じた比較的平坦な、 $\lambda/4$ で量子化された効果的な経路長差と比較する（本例は、4個のサブ開口遅延補正された構成を示す）。著しく対照的に、図5Bは、素子-焦点間の経路長差と、フレネルパターンと各フレネルサブ開口に用いられる遅延補正との組み合わせによって生じる効果的な経路長差との密な対応を示す。

【0039】

他の利点の中でも、送信及び／又は受信における経路長補償されたフレネルサブ開口の使用は、より大きい操作角でのパルス帯域幅の保存を結果としてもたらし、それが、さもないければフレネル手法に内在するビーム形成誤差を補正する。各サブ開口と関連付けられた複数の送信／受信イベントからのそれぞれの信号が、受信時に合算され、また、上記のようにサブ開口ごとの遅延補正を使用して開口経路長変動を補償するとき、受信されたエコーは、所望の放射パターン及び方位分解能を損なうことなく広帯域幅を維持する。そのような実施形態を使用して結果として生じるパルス長は、幅広い範囲の操作角でのフェー

ズドアレイ撮像にとって妥当である。

【0040】

いくつかの実施形態において、フレネルサブ開口及び経路長遅延補正は、上記のように、送信と受信の両方に用いられ得る。図6Aは、 8×8 交差電極アレイの場合の送信及び受信の両方におけるフレネルサブ開口の使用に關与する実装形態例を例示する。本実装形態例において、フレネルサブ開口は、四つのフレネルサブ開口が送信及び受信の各々に使用されるように、一組の隣接する電極に基づいて送信と受信の両方において画定される。合計四つの送信／受信イベントが各照準線に対して用いられる。第1の送信／受信イベントにおいては、最も左の方位角フレネルサブ開口が、送信に用いられ、最も上の仰角フレネルサブ開口が、受信に用いられる。送信フレネルサブ開口と受信フレネルサブ開口の両方は、すべての送信フレネルサブ開口及びすべての受信フレネルサブ開口が、四つのみの送信／受信イベントに關与する小型シーケンスを使用して用いられるように、後続の送信／受信イベントの最中にシフトされる。本実施形態例において、送信フレネルサブ開口の数は、受信フレネルサブ開口の数に等しい。

10

【0041】

図6Bは、送信動作と受信動作の両方におけるフレネルサブ開口の使用に關与する代替的な実装形態例を例示し、ここでは、所与の照準線において、送信／受信イベントのシーケンスは、送信フレネルサブ開口及び受信フレネルサブ開口のすべての組み合わせを使用して実施される。図6Bは、四つの送信／受信イベントの第1のセットを示し、ここではすべての受信フレネルサブ開口のセットは、第1の（最も左の方位角）送信開口に用いられる。追加の12個の送信／受信イベントは、送信／受信イベントが、残りの三つの送信フレネルサブ開口の各々に対して実施されるように、及び、四つの送信／受信イベントが、四つすべての受信フレネル開口に対応する各残りの送信フレネルサブ開口に対して実施されるように、続けて実施される。図6A及び図6Bに示されるサブ開口構成及びシーケンスは、単に例として提供されるものであり、他の数の送信及び受信フレネルサブ開口、並びに他のサブ開口シーケンスが代替的に用いられてもよいことを理解されたい。

20

【0042】

いくつかの実施形態例において、フレネルサブ開口が送信と受信の両方に用いられるとき、送信フレネルサブ開口の数は、受信フレネルサブ開口の数に等しい必要はない。例えば、方位分解能は、一方の方向において、もう一方の方向より少ないフレネルサブ開口を使用することにより低減され得る。

30

【0043】

フレネルサブ開口を使用して送信／受信動作を実施する本方法例は、プロセッサ210及び／又はメモリ220により実施され得る。図4に示されるように、サブ開口の選択及びフレネルサブ開口と関連付けられた送信／受信イベントのタイミングの制御を含むフレネルサブ開口の制御は、制御及び処理ハードウェア200によって、フレネルサブ開口モジュール290として表される実行可能な命令を介して実施され得る。制御及び処理ハードウェア200は、走査変換ソフトウェア（例えば、リアルタイム走査変換ソフトウェア）を含み、それを実行し得る。

【0044】

本明細書に記載される機能は、部分的にはプロセッサ210内のハードウェア論理により、及び部分的にはメモリ220に格納された命令を使用して実施され得る。いくつかの実施形態は、メモリ220に格納された追加の命令なしにプロセッサ210を使用して実施され得る。いくつかの実施形態は、一つ以上の汎用マイクロプロセッサによる実行のためにメモリ220に格納された命令を使用して実施される。従って、本開示は、ハードウェア及び／又はソフトウェアの特定の構成に限定されない。

40

【0045】

いくつかの実施形態において、画定される複数のフレネルサブ開口を合わせると、トランスデューサ開口の面積に等しくなり得る。いくつかの実施形態において、サブ開口は、アレイ素子の等しい直線領域である。

50

【0046】

一実装形態例において、フレネルサブ開口は、等しい直線領域として画定され得、その領域の合計は、トランスデューサ開口の面積と面積が等しくなり得る。別の実装形態例において、フレネルサブ開口、二つ以上の等しくない直線領域として画定され、その領域の合計は、トランスデューサ開口の面積と面積が等しくなり得る。

【0047】

別の実装形態例において、フレネルサブ開口は、等しい直線領域として画定され得、その領域の合計は、トランスデューサ開口の一部分のみが全フレネル開口を生成するために用いられるように、トランスデューサ開口よりも小さい面積に等しくなり得る。別の実装形態例において、フレネルサブ開口は、二つ以上の等しくない直線領域として画定され得、その領域の合計は、トランスデューサ開口の一部分のみが全フレネル開口を生成するために用いられるように、トランスデューサ開口よりも小さい面積に等しくなり得る。

10

【0048】

一実装形態例において、フレネルサブ開口は、サブセクションを合わせるとフレネルパターンに基づいたフレネルタイプの開口に対応するように、フレネルパターンのサブセクションを表し得る。

【0049】

別の実装形態例において、フレネルサブ開口は、サブセクションを合わせるとフレネルパターンに基づいたフレネルタイプの開口のものとは異なるフレネルパターンに対応するように、フレネルパターンのサブセクションを表し得る。

20

【0050】

いくつかの実装形態例において、一つ以上のフレネルサブ開口が、アレイ素子の少なくとも二つの行又は列に関与し得る。いくつかの実装形態例において、各フレネルサブ開口が、アレイ素子の少なくとも二つの行又は列に関与し得る。

【0051】

いくつかの実装形態例において、フレネルサブ開口は、アレイにわたって上から下へ画定される。いくつかの実装形態例において、フレネルサブ開口は、アレイにわたって左から右へ画定される。いくつかの実装形態例において、使用されるフレネルサブ開口のセットは、受信モードでは上から下へ、送信モードでは左から右へ、又はその反対に画定され得る。いくつかの実装形態例において、少なくとも八つのフレネルサブ開口が存在する。いくつかの実装形態例において、6～8個のフレネルサブ開口が存在する。いくつかの実装形態例において、4～8個のフレネルサブ開口が存在する。いくつかの実装形態例において、3～8個のフレネルサブ開口が存在する。

30

【0052】

いくつかの実装形態例において、フレネルサブ開口の数は、フレネル撮像平面内の撮像角度に基づいて動的に構成され得る。例えば、フレネルサブ開口の数は、操作角が増大すると、増加され得る。フレネルサブ開口の数は、分解能に関して一定の画像を作成するのに好適な速度での操作角の増大に伴って増加し得る。サブ開口の数の操作角に対する依存性は、制御及び処理ハードウェア200においてプログラムされ得、その結果、バイアス生成器330を、好適な数のフレネルサブ開口を生成するために、制御及び処理ハードウェア200によって動的に制御することができる。

40

【0053】

例えば、アレイの前に集束するときには、ただ一つ又は二つのフレネルサブ開口が広帯域パルスを達成するのに必要とされ得る。これは、アレイにわたる経路長差が、この場合は小さい、例えばわずか2波長であることが理由である。操作角が増大されると、アレイにわたる長い経路長が結果として生じ、故に1波長によってシフトされるより多くのフレネルサブ開口が、広帯域パルスを維持するのに必要とされる。

【0054】

所与の撮像用途のために画定されるサブ開口の数は、用途、集束される操作角の大きさ、撮像される容積、及び所望のフレームレートなど、いくつかの因子に依存し得るという

50

ことを理解されたい。

【0055】

交差電極アレイを使用する実施形態において、送信／受信イベントの数、及びひいては総収集時間は、仰角方向及び方位角方向における撮像線の数並びに使用されるサブ開口の平均数に関連する。例えば、両方向に64本の撮像線、及び平均六つのサブ開口（フレネルサブ開口の数が操作角に依存するとき、異なる操作角に対応する複数の照準線にわたって平均化される）が存在する場合、ある容積を捕捉するのに24,576個の送信／受信イベントを要し、それは12mm撮像深度では、約2.5Hzのフレームレートを結果としてもたらす。いくつかの実施形態において、より小さい容積は、仰角におけるセクタ角度を制限することによって撮像することができ、そのため、存在する撮像線がより少ないという理由から、必要とされる送信／受信イベントはより少なくなり、サブ開口の平均数も減少する。

10

【0056】

再度図4を参照すると、本図に示されるシステム例は、所与の実装形態において用いられ得る構成要素を限定されることが意図されないということを理解されたい。例えば、システムは、一つ以上の追加のプロセッサを含み得る。さらには、制御及び処理ハードウェア200の一つ以上の構成要素は、処理デバイスにインターフェース接続される外部構成要素として提供され得る。例えば、本図に示されるように、送信ビーム形成器300、受信ビーム形成器310、及びバイアス生成器330のうちの任意の一つ以上は、制御及び処理ハードウェア200の構成要素として含まれ得るか（破線内に示されるように）、又は一つ以上の外部デバイスとして提供され得る。送信ビーム形成器300、受信ビーム形成器310、画像処理モジュール280、及び遅延生成モジュール290は、本明細書に説明される方法を実施するためのアルゴリズムを実行するように構成されるか、又はプログラムされ得る。

20

【0057】

いくつかの実施形態は、完全に機能するコンピュータ及びコンピュータシステム内で実施され得るが、様々な実装形態は、様々な形態にあるコンピュータ製品として分散されることが可能であり、この分散を実際実現するために使用される特定のタイプのマシン又はコンピュータ可読媒体に関係なく適用されることが可能である。

【0058】

本明細書に開示される少なくともいくつかの態様は、少なくとも部分的に、ソフトウェアにおいて具現化され得る。即ち、本技法は、コンピュータシステム又は他のデータ処理システムにおいて、ROM、揮発性RAM、不揮発性メモリ、キャッシュ、又は遠隔ストレージデバイスなどのメモリに含まれる命令のシーケンスを実行する、システムのプロセッサ、例えばマイクロプロセッサに応答して、実行され得る。

30

【0059】

データ処理システムによって実行されるときシステムに様々な方法を実施させるソフトウェア及びデータを格納するために、コンピュータ可読ストレージ媒体を使用することができる。実行可能なソフトウェア及びデータは、例えば、ROM、揮発性RAM、不揮発性メモリ、及び／又はキャッシュなどの様々な場所に格納され得る。このソフトウェア及び／又はデータの部分は、これらのストレージデバイスのうちの任意の一つに格納され得る。本明細書で使用される場合、「コンピュータ可読物品」及び「コンピュータ可読ストレージ媒体」という表現は、一時的な伝播信号それ自体を除き、すべてのコンピュータ可読媒体を指す。

40

【実施例】

【0060】

以下の実施例は、当業者が本開示の実施形態を理解し実践することを可能にするために提示される。これらの実施例は、本開示の範囲に対する制限として見なされるべきではなく、単に例示であり本開示を代表するものであると見なされるべきである。

【0061】

50

〔実施例 1〕

サブ開口を用いたパルス帯域幅のシミュレーション

フレネルタイプのアレイ内の各素子のバイアス値を、素子と焦点との間の幾何学的経路長を検討することによって計算する。その素子の相対位相遅延は、(1)によって得られる。

【0062】

【数 1】

$$\varphi = 2\pi \left[z - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \right] / \lambda \quad (1)$$

式中、 x 、 y 、及び z は、アレイ素子に対する所望の焦点の座標であり、 λ は、媒体内の励起パルスの中央周波数の波長である。バイアスの兆候 (S_{bias}) は、(2)によって得られる。

【0063】

【数 2】

$$S_{bias} = \text{sign}[\text{mod}(\varphi + \text{offset}, -2\pi) - \pi] \quad (2)$$

ここでは、各素子の相対位相遅延を単一の波長内に入る部分として概算している ($+\pi/2$ 又は $-\pi/2$ ラジアンだけシフトされるような量子化)。これは、ゾーンプレートの完全に透明な領域及びパルス反転領域をモデル化する。中央素子の参照位相をシフトする計算にオフセット位相を追加することができる。結果として、所与の焦点に対して一つの固有のフレネルパターンは存在しない。このパターンは、異なるビーム形状 (例えば、メインローブ幅、サイドローブレベル、感度) を最適化するために選択することができる。

【0064】

本撮像技法の可能性を例示するために、フィールド I I を使用して、フレネル開口を可動型レンズとしてシミュレートした。フレネル開口は、上記のように各素子のバイアスの微候に対応するようにアポダイゼーション値を設定することによってシミュレートした。すべてのシミュレーションは、以前に開発された 40 MHz 内視鏡に類似する、 λ ピッチ、64 個の方位角素子、及び 64 個の仰角素子を有する 40 MHz アレイの例に関して行った。ピーク絶対圧力は、放射パターンでプロットされる。

【0065】

フィールド I I ソフトウェアパッケージを使用したシミュレーションにおいては、様々な数のサブ開口を、上記のように交差電極アレイと併せて規定した。軸上 (0 度操作角) 集束のとき、パルス帯域幅は 36% であると計算された。15 度の操作角では、パルス帯域幅は、一つの開口、四つのサブ開口、及び八つのサブ開口を使用するとき、8%、27%、及び 36% であると計算された。ビーム幅はまた、八つのサブ開口を使用するとき、単一開口での 111 μm から 97 μm へと改善した。パルス長の減少は、図 7 に示される。

【0066】

〔実施例 2〕

全送信／受信合成開口 (SA) 撮像とフレネル開口／交差電極アレイの比較

上記のようにフレネル開口を交差電極アレイにおいて実施することは、全送信／受信合成開口 (SA) 撮像に勝る利点を有する。合成開口技法は、画像内のすべての点で集束するが、この技法には、1) アクティブ素子のサイズが小さい、及び 2) ある容積を撮像するのに必要とされる送信／受信イベントの数が多いという主に二つの欠点がある。

【0067】

全合成開口は、単一素子をパルス化してデフォーカスされたパルスを作る必要がある。素子インピーダンスは、アクティブ面積に反比例する。単一素子は、非常に大きいインピーダンスを有し、その結果、電気整合及び感度の問題を有する。交差電極の行又は列全体がアクティブであるとき、この面積は、 N 倍大きく、それはインピーダンスが N 倍低いこ

10

20

30

40

50

とを意味する。例示のため、K L Mモデルを使用して二つのアレイ素子をシミュレートした。寸法は、第1の素子が $\lambda \times \lambda$ であり、第2の素子が $\lambda \times N\lambda$ であり、それぞれ合成開口単一素子と、交差電極アレイの行／列とを表す（図8 A及び図8 B）。ソース及び負荷インピーダンスは、 $50\ \Omega$ としてモデル化した。素子の数Nは、上記のシミュレートされたアレイと一致させるために64に設定した。予想通り、より小さい素子は、大きい素子より64倍大きいインピーダンスを有する（ $6.5\ \text{k}\Omega$ 対 $102\ \Omega$ ）。また、小さい素子の挿入損失は、全行又は全列素子より34 dB大きい。

【0068】

送信／受信イベントの数（又はフレームレート）は、交差電極アレイを用いた従来の合成開口撮像に勝るフレネル手法の別の利点である。従来の合成開口撮像においては、単一素子がパルス化され、すべての素子が並行して受信する。次いで本プロセスは、アレイにわたって個々の素子をパルス化することによって繰り返される。画像内のすべての点で集束するために必要とされる遅延は、データ収集後に追加され、比較的高速のフレームレートをもたらす可能性がある。しかしながら、交差電極アレイでは、信号を、上部及び下部すべてのアレイ素子から並列して収集することはできない。従って、SA撮像に必要とされるデータのすべてを取得するためには、下部電極（列）は、デフォーカスされた各送信／受信イベントに対してN個の受信イベントを追加して多重送信されなければならない。交差電極アレイにおける従来のSA手法において必要とされる送信／受信イベントの総数は、 N^3 である。送信／受信イベントの数は、概して、本明細書に記載される方法において必要とされるもの、即ちおよそ $N^2 \times [\text{サブ開口の数}]$ を超える。

【0069】

上記のフレネル技法との比較として第2の合成開口技法を検討した。フレネル技法と同様のやり方で、従来のビーム形成を、送信中は一方の平面で行い、次いで受信では他方の平面に切り替えることができる。この技法は、二方向集束が一方向の従来のビーム形成（高品質）及び一方向のフレネル集束（低品質）の組み合わせであるために効果的であった。同様に、上部電極及び下部電極を切り替えることによって、一方向の従来のビーム形成及び一方向の合成開口の組み合わせを用いて画像を生成することができる（そのような実施形態例は、変換のために電圧バイアスに依存する超音波変換材料を用いる必要がない）。そのため、それでもなお素子をデフォーカスの小さいサブ開口に分類することによって、一方向の合成開口集束の質を低下させ得る。これを行うことにより、送信／受信イベントの総数は、集束の質のためにトレードオフされる。しかしながら、フレネルレンズを切り替えることと同様に、高品質及び低品質の集束間の組み合わせは、許容可能な放射パターンを結果としてもたらす。図9 A～図9 Dでは、SA撮像スキームにおいてシミュレートされたビームプロファイルを、本明細書で説明される方法と比較した。簡略化のため、シミュレーションは、1Dアレイを使用した一つのみの平面において行った。このシミュレーションでは、四つの素子を分類して、16個のサブ開口を形成し、合成開口用の4 λ 幅の素子を効果的に作成した。本明細書に説明される方法は、平均しておよそ6～8個のサブ開口のみを必要とするため、16個のサブ開口を有するSAは、同等の分解能を有する3D画像を作るには7.1倍長い時間がかかる。

【0070】

[実施例3]

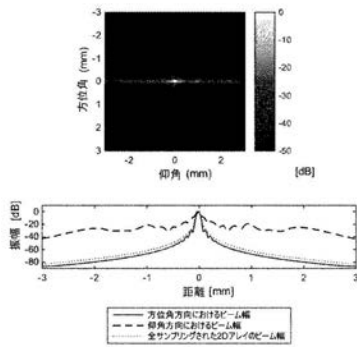
フレネルサブ開口を用いた点状散乱体のシミュレートされた撮像

図10 A及び図10 Bは、送信で単一のフレネル開口（図10 A）及び次いで送信で八つのサブ開口（図10 B）を使用した、軸から20度ずれたところに位置する点状散乱体のシミュレーション画像を示す。画像は、30 dBのダイナミックレンジで示される。

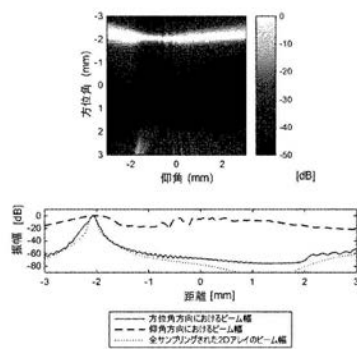
【0071】

上記の特定の実施形態は、例として示されており、これらの実施形態は様々な修正及び代替形態の対象となり得ることを理解されたい。特許請求の範囲は、開示される特定の形態に制限されることを意図するものではなく、むしろ本開示の趣旨及び範囲に入るすべての修正、等価物、及び代替形態を網羅するというものをさらに理解されたい。

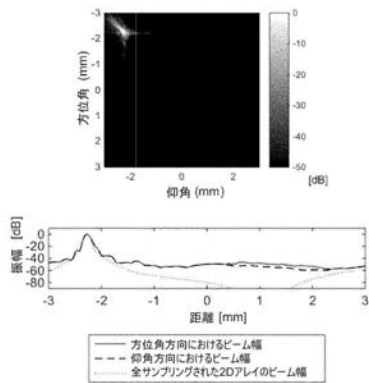
【図 1 A】



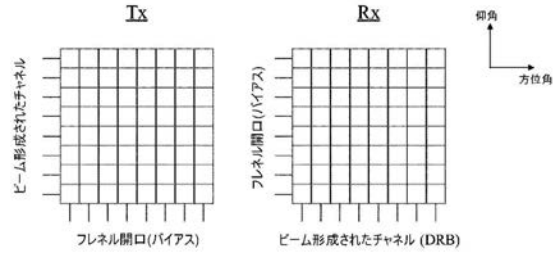
【図 1 B】



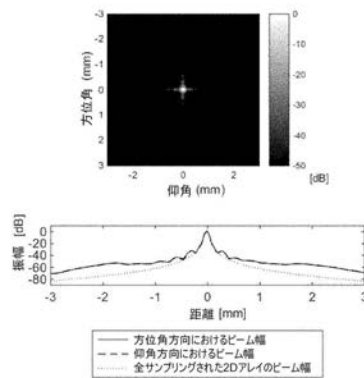
【図 3 B】



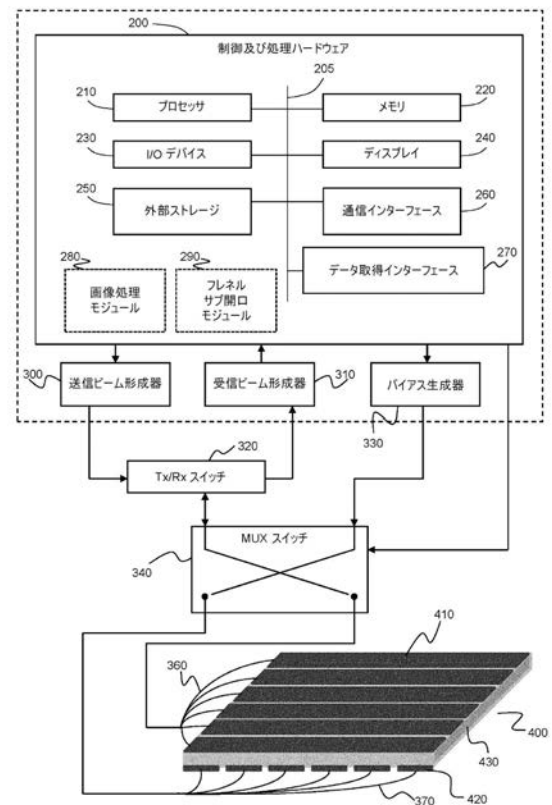
【図 2】



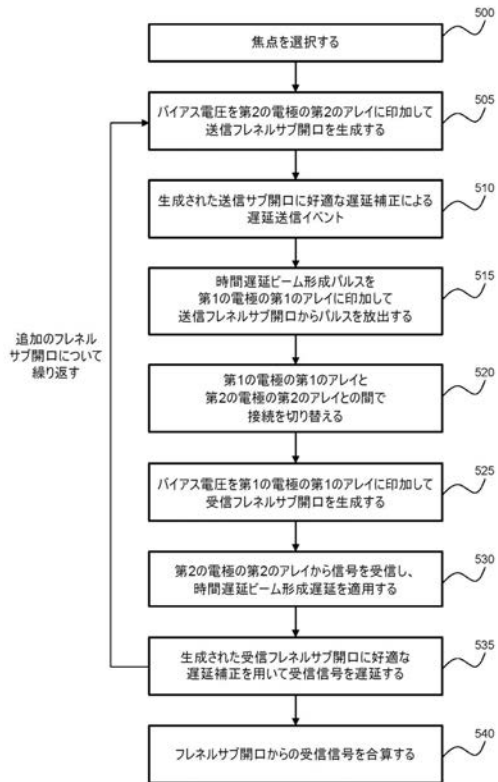
【図 3 A】



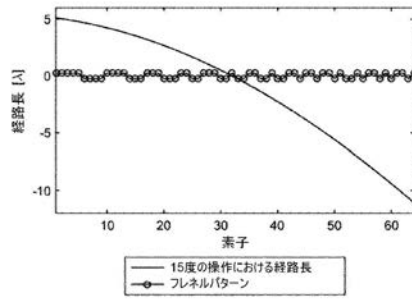
【図 4 A】



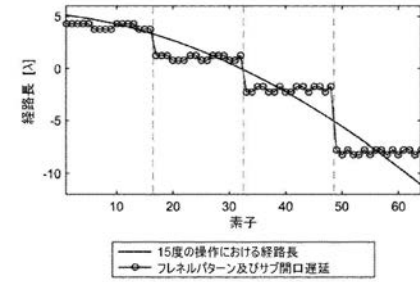
【図 4 B】



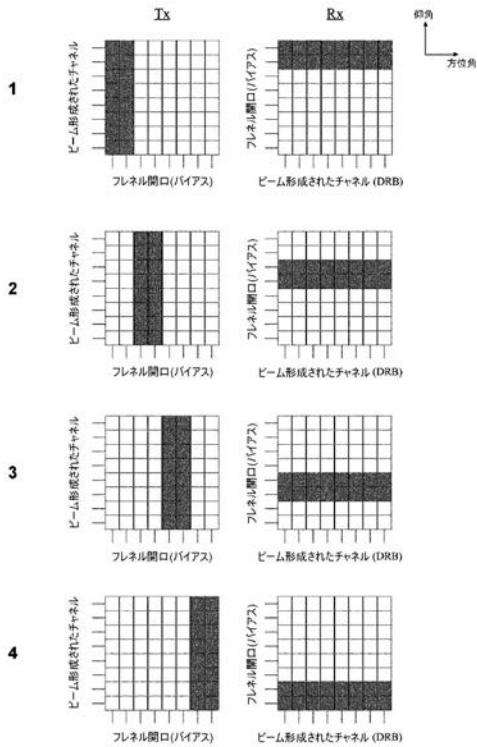
【図 5 A】



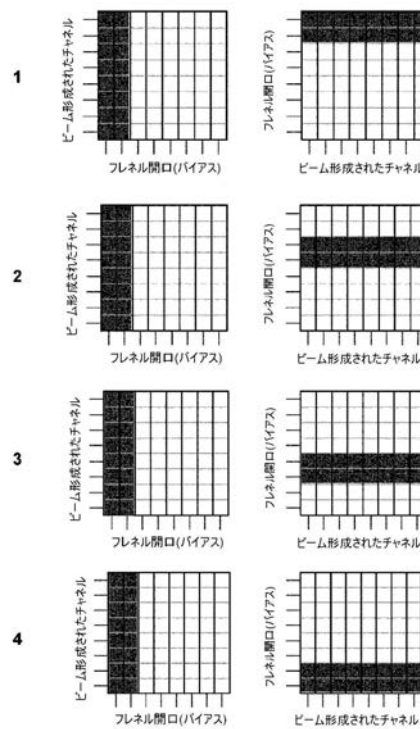
【図 5 B】



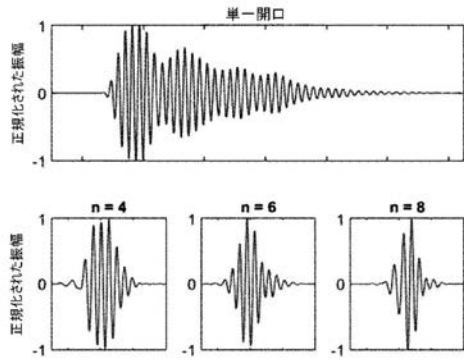
【図 6 A】



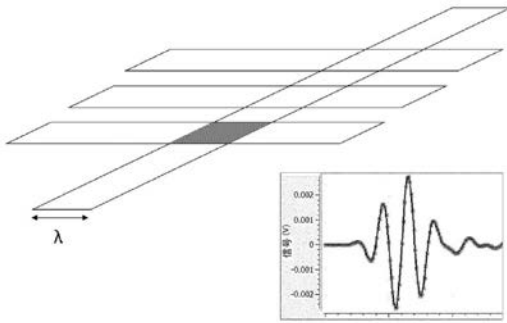
【図 6 B】



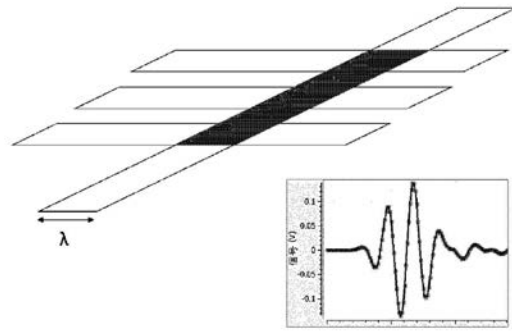
【図 7】



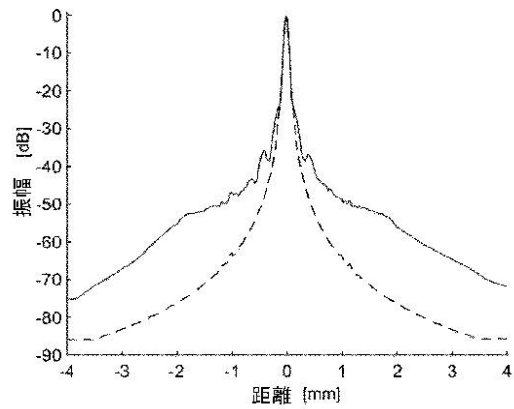
【図 8 A】



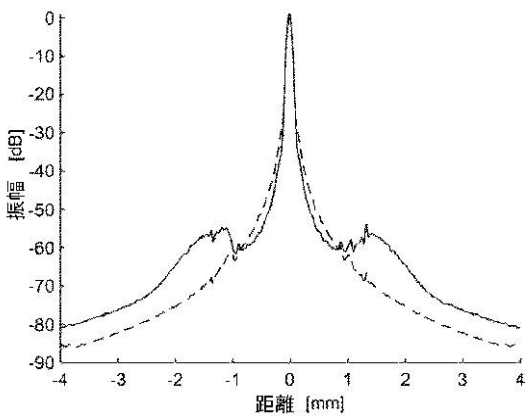
【図 8 B】



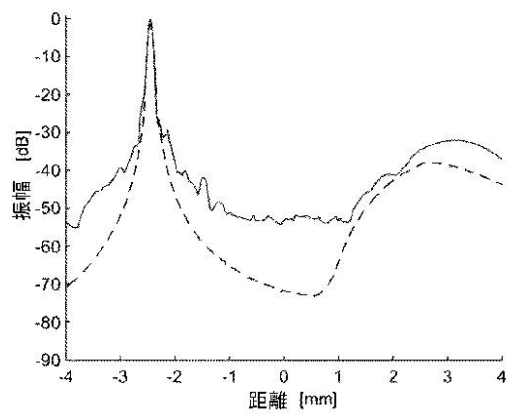
【図 9 A】



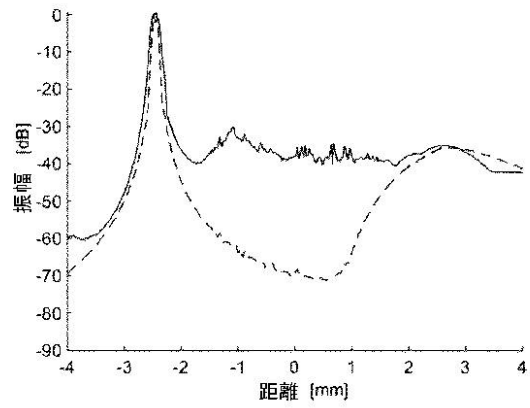
【図 9 B】



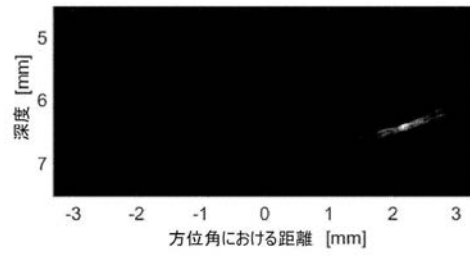
【図 9 C】



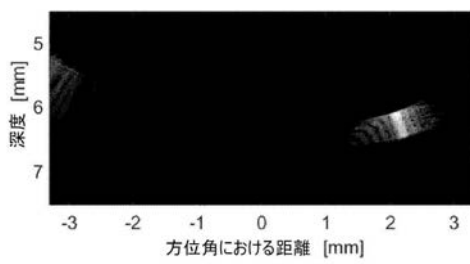
【図 9 D】



【図 10 B】



【図 10 A】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CA2016/050193
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: <i>G01S 15/89</i> (2006.01), <i>A61B 8/00</i> (2006.01), <i>G01S 7/523</i> (2006.01)		
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: <i>G01S 15/89</i> (2006.01), <i>A61B 8/00</i> (2006.01), <i>G01S 7/523</i> (2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used) Databases: QUESTEL ORBIT (FAMPAT); IEEEExplore; GOOGLE. Keywords: ultrasound/ultrasonic beamforming/ imaging, crossed electrodes array, Fresnel zone plate, phase zone plate, Fresnel/ phase+ array beamforming/ focusing/ steering, delay correction, subaperture(s), bandwidth, bias.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO2008/033528 A2 (EMERY et al.) 20 March 2008 (20-03-2008) * whole document *	1-27
A	US2007/0079658 A1 (WAGNER) 12 April 2007 (12-04-2007) * whole document *	1-27
A	US5671746 (DRESCHER et al.) 30 September 1997 (30-09-1997) * whole document *	1-27
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family 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 application or patent 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 principle 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 combined 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 09 June 2016 (09-06-2016)		Date of mailing of the international search report 16 June 2016 (16-06-2016)
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 819-953-2476		Authorized officer Michal Bordovsky (819) 635-3466

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CA2016/050193

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
WO2008033528A2	20 March 2008 (20-03-2008)	WO2008033528A2 WO2008033528A3	20 March 2008 (20-03-2008) 06 November 2008 (06-11-2008)
US2007079658A1	12 April 2007 (12-04-2007)	US2007079658A1 AT515766T EP1768101A1 EP1768101B1 JP2007089187A JP4928207B2	12 April 2007 (12-04-2007) 15 July 2011 (15-07-2011) 28 March 2007 (28-03-2007) 06 July 2011 (06-07-2011) 05 April 2007 (05-04-2007) 09 May 2012 (09-05-2012)
US5671746A	30 September 1997 (30-09-1997)	None	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

特許法第30条第2項適用申請有り ウェブサイトの掲載日 平成27年8月29日ウェブサイトのアドレス <http://awc.caa-aca.ca/index.php/AWC/AWC15/paper/viewPaper/192> 公開者 会議主催者; カナダ音響協会; アコースティックウィーク 公開された発明の内容 キャサリン レイサム、ロジャー ゼンプ、ジェレミー ブラウンが、上記カナダ音響協会のウェブ会議「アコースティックウィーク イン カナダ 2015」にて、ジェレミー ブラウン及び キャサリン レイサムが発明した「交差電極アレイに対するフレネルベースのビーム集束及び操作のシミュレーション」に関する研究について公開した。

(72)発明者 レイサム, キャサリン

カナダ国 ビー2ワイ 0ビー7 ノバ スコシア, ダートマス, アイリッシュタウン ロード
シー9-19

Fターム(参考) 4C601 BB03 BB16 EE01 EE04 GB06 HH01 HH22 HH38

