

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-121848

(P2004-121848A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A61B 8/00

F I

A61B 8/00

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-337809 (P2003-337809)</p> <p>(22) 出願日 平成15年9月29日 (2003.9.29)</p> <p>(31) 優先権主張番号 261844</p> <p>(32) 優先日 平成14年9月30日 (2002.9.30)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 590000248                  コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ                  Koninklijke Philips Electronics N.V.                  オランダ国 5621 ペーアー アインドーフエン フルーネヴァウツウェeg 1                  Groenewoudseweg 1, 5621 BA Eindhoven, The Netherlands</p> <p>(74) 代理人 100070150                  弁理士 伊東 忠彦</p> <p>(74) 代理人 100091214                  弁理士 大貫 進介</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

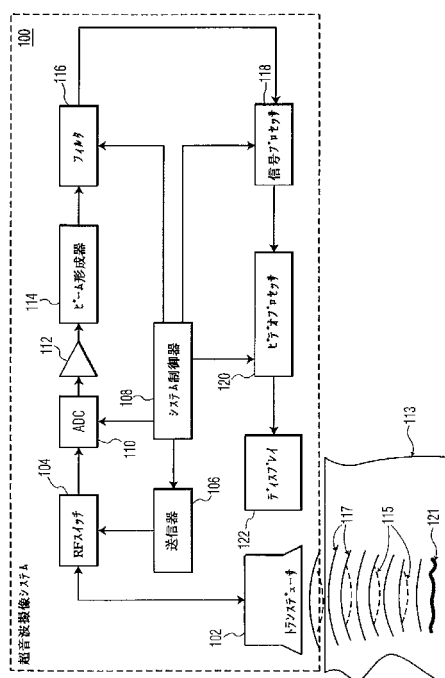
(54) 【発明の名称】 送信され非線形に発生された第2高調波を用いて連続深き高調波撮像を行うシステム及び方法

(57) 【要約】

【課題】 媒質中の対象の高調波撮像を行う改善された超音波撮像システム及び方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 超音波高調波撮像システムは、広帯域位相配列トランスデューサと、基本周波数の部分及び基本周波数の高調波の部分を含む波動を組織へ送る送信器と、組織からの超音波応答を受信する受信器と、送信器及び受信器の動作を制御するために送信器及び受信器に電氣的に結合される制御システムと、ビデオプロセッサと、モニタとを含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基本周波数の信号成分と前記基本周波数の少なくとも 1 つの高調波の少なくとも 1 つの信号成分とを含む超音波を発生する送信器と、

前記送信器からの前記超音波信号を前記送信された高調波に対応する第 1 の部分及び前記少なくとも 1 つの高調波周波数に対応する第 2 の部分を含む音圧波へ変換し、前記第 1 の部分を第 1 の焦点領域へ向け、前記第 2 の部分を第 2 の焦点領域へ向けることが可能であり、前記送信された音圧波からの送信された高調波応答及び少なくとも 1 つの高調波音響応答を受信し少なくとも 1 つの応答信号へ変換することが更に可能である、広帯域トランスデューサと、

10

前記少なくとも 1 つの応答信号から前記基本波及び少なくとも 1 つの高調波の音響応答を検出する受信器と、

前記送信器及び前記受信器に電氣的に結合され、前記送信器及び前記受信器の動作を制御するために用いられる制御システムと、

前記少なくとも 1 つの応答信号を表示信号へ変換するビデオプロセッサと、

前記表示信号を画像へ変換するモニタとを含む、

合焦された高調波撮像のための超音波撮像システム。

## 【請求項 2】

前記トランスデューサは、約 70 パーセントよりも大きい帯域幅を有し、帯域幅の割合は、高いコーナ周波数 - 6 dB の周波数と低いコーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、トランスデューサ帯域幅の中心周波数で除算したもので表わされる、請求項 1 記載のシステム。

20

## 【請求項 3】

前記トランスデューサは、約 25 パーセントよりも大きい送信帯域幅を有し、送信帯域幅の割合は、高い送信コーナ周波数 - 6 dB の周波数と低い送信コーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、送信周波数で除算したもので表わされる、請求項 1 記載のシステム。

## 【請求項 4】

前記制御システムは、前記第 2 の焦点領域の送信された高調波画像が非線形の高調波パルス反転画像と組み合わせられるよう前記第 2 の焦点領域の焦点深さの関数として作動されるパルス反転スキームを実施する、請求項 1 記載のシステム。

30

## 【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの信号成分は第 2 高調波である、請求項 2 記載のシステム。

## 【請求項 6】

前記音圧波は近距離音場へ向けられ、前記基本波は遠距離音場へ向けられる、請求項 1 記載のシステム。

## 【請求項 7】

送信された高調波及び基本周波数成分を含む入力超音波信号を第 1 の焦点領域及び第 2 の焦点領域へ夫々合焦されるべき第 1 の波の部分及び第 2 の波の部分を含む音圧波へ変換することが可能であり、前記送信された音圧波からの送信された高調波及び少なくとも 1 つの非線形に発生された高調波音響応答を受信し少なくとも 1 つの応答信号へ変換するよう構成された、広帯域位相配列トランスデューサ。

40

## 【請求項 8】

前記高調波は第 2 高調波である、請求項 7 記載のトランスデューサ。

## 【請求項 9】

前記音圧波の第 1 の部分は近距離音場へ向けられ、第 2 の部分は遠距離音場へ向けられる、請求項 7 記載のトランスデューサ。

## 【請求項 10】

送信及び受信帯域を含む帯域幅と中心周波数とを有し、前記帯域幅は約 70 パーセントよりも大きく、帯域幅の割合は、高いコーナ周波数 - 6 dB の周波数と低いコーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、トランスデューサ帯域幅の中心周波数で除算したもので表

50

わされる、請求項 7 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 1】

送信帯域幅は約 25 パーセントよりも大きく、送信帯域幅の割合は、高い送信コーナ周波数 - 6 dB の周波数と低い送信コーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、送信周波数で除算したもので表わされる、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 2】

受信帯域幅は約 25 パーセントよりも大きく、受信帯域幅の割合は、高い受信コーナ周波数 - 6 dB の周波数と低い受信コーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、受信周波数で除算したもので表わされる、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 3】

前記素子配列は少なくとも 2 つの一致した層を含む、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 4】

前記素子配列は少なくとも 3 つの一致した層を含む、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 5】

前記素子配列は単結晶を含む材料から構成される、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 6】

前記トランスデューサはマイクロ機械加工された超音波トランスデューサ (MUT) である、請求項 10 記載のトランスデューサ。

【請求項 1 7】

第 1 の焦点領域へ向けられた基本周波数を有する第 1 の部分及び第 2 の焦点領域へ向けられた前記基本周波数の高調波を有する第 2 の部分を含む圧力波で関心となる組織に超音波を当てる段階と、

前記第 2 の焦点領域から戻される圧力波の送信された第 2 の部分の応答と、略前記高調波周波数においてのみ前記圧力波の第 1 の部分に反応する高調波とを測定する段階とを含み、前記超音波を当てる段階及び前記測定段階は広帯域位相配列トランスデューサによって成される、超音波高調波応答を検出する方法。

【請求項 1 8】

前記高調波は第 2 高調波である、請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記音圧波の前記第 2 の部分は近距離音場へ向けられ、前記第 1 の部分は遠距離音場へ向けられる、請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 0】

前記測定段階は、広帯域の位相配列トランスデューサが送信及び受信帯域を含む帯域幅と中心周波数とを有し、前記帯域幅は約 70 パーセントよりも大きく、帯域幅の割合は、高いコーナ周波数 - 6 dB の周波数と低いコーナ周波数 - 6 dB の周波数の間の差を、トランスデューサ帯域幅の中心周波数で除算したもので表わされる、請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 1】

前記超音波を当てる段階は、近距離音場の送信された高調波画像が非線形の高調波パルス反転画像と組み合わせられるよう、受信焦点深さの関数として作動されるパルス反転スキームを実施することを含む、請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 2】

基本周波数の第 1 の信号と前記基本周波数の少なくとも 1 つの高調波の少なくとも第 2 の信号とを含む超音波を発生する送信器と、

前記送信器からの前記超音波信号を前記第 1 の信号に対応する第 1 の部分及び前記第 2 の信号に対応する第 2 の部分を含む音圧波へ変換し、前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は時間的に順次に送信され第 1 の焦点領域及び第 2 の焦点領域へ向けられることが可能で

10

20

30

40

50

あり、前記送信された音圧波からの送信された高調波応答及び少なくとも1つの高調波音響応答を受信し少なくとも1つの応答信号へ変換することが更に可能である、広帯域トランスデューサと、

前記少なくとも1つの応答信号から前記基本波及び少なくとも1つの高調波の音響応答を検出する受信器と、

前記送信器及び前記受信器に電氣的に結合され、前記送信器及び前記受信器の動作を制御するために用いられる制御システムと、

前記少なくとも1つの応答信号を表示信号へ変換するビデオプロセッサと、

前記表示信号を画像へ変換するモニタとを含む、

合焦された高調波撮像のための超音波撮像システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、組織高調波撮像 (THI: tissue harmonic imaging) に関連する。特に、本発明は、送信された非線形に発生された高調波を含む戻りエコーを実現するために、夫々が異なる深さで合焦されるべき基本周波数と基本周波数の高調波の両方を含む送信ビームを用いるシステム及び方法に係る。

【背景技術】

【0002】

超音波撮像は、その画質、安全性、及び費用の低さにより、多くの診療用途において急速に従来のX線を置き換えてきた。超音波撮像を行うための一般的な方法は、所定の周波数でパルスを送信し、そのエコーを受信することである。

20

【0003】

超音波画像は、一般的には、例えば人間の体といった媒質に向けて圧力波を送信及び受信することが可能な位相配列又は線形配列トランスデューサ素子を用いることによって形成される。このようなトランスデューサ素子は、通常は多元素圧電材料からなり、かかる材料は所望の圧力波を生成するために印加電圧に 응답して振動する。トランスデューサ素子の種類とは無関係に、これらのトランスデューサ素子は更に可能であれば制御電子機器を含む筐体の中へ組み入れられえ、その組合せは超音波プローブ (又はトランスデューサ) を形成する。

30

【0004】

トランスデューサ (又は超音波プローブ) は、体の種々の組織を通して超音波圧力波を送信及び受信するための超音波送受信器と共に使用されうる。様々な周波数応答は、体の種々の構造及び組織を表示するために超音波撮像システムによって更に処理されうる。

【0005】

概して、低周波数圧力波は媒質 (例えば体) の中へ深く透過するが、送信された波長の長さによって低い解像度の画像を生成する。他方で、高周波数圧力波は、高い解像度を与えるが、透過性はよくない。従って、送信周波数の選択は、解像度と透過の関係の釣り合いをとることを必要とする。

【0006】

更に、THIは、源から遠方で発生されたことによる (例えば肋骨からの) 反響減少からの散乱抑制、サイド及びグレーティング・ローブ減少からの散乱抑制、より高い撮像周波数 (後方散乱の周波数依存性) からのコントラスト強調、及び収差 (例えばマルチパス) 減少からの一般的なIQ改善を与える。

40

【0007】

近年、高い解像度と深い透過の両方を得るべく新しい方法が研究されている。1つのかかる方法は、高調波撮像法として知られている。高調波撮像は、例えば人間の組織といった対象が、基本周波数でない固有の基本周波数、即ち基本周波数の高調波を発生して返す現象に基づいている。この現象と、デジタル技術の更に高くなった画像処理能力は、対象の高解像度画像を形成するために、低い基本周波数 ( $f_0$ ) で送信し、より高い周波数

50

の高調波（例えば  $2f_0$ ）で反射を受信することによって、撮像されるべき対象を励起することを可能とする。例えば、 $2\text{MHz}$ の中心周波数を有する波動が人間の体の中へ送信されえ、画像を形成するために、基本周波数の整数倍（例えば  $4\text{MHz}$  及び  $6\text{MHz}$ ）の高調波が受信されうる。

【0008】

トランスデューサは、心臓弁、心内膜境界、及び他の心臓構造の十分な解像度のために  $2\text{MHz}$  乃至  $3\text{MHz}$  の範囲の送信周波数用に設計されてきた。より低い送信周波数は、ドップラーのためには使用されてきたが、Bモード撮像のためには使用されていない。これまで、送信周波数の選択は、診断のための適当な解像度を得るために比較的高い基本周波数を必要とする基本波応答撮像の能力に基づいて決定されてきた。

10

【0009】

しかしながら、組織透過のためにより低い周波数で送信し、改善された撮像解像度で高調波周波数を受信する利点を達成するために、基本周波数について十分な帯域幅を送信し高調波について十分な帯域幅を受信することができる広帯域トランスデューサが必要とされる。米国 Agilent Technologies 社製の市販の超音波撮像システムである SONOS（登録商標）5500 と一緒に入手可能な s4 トランスデューサは、単一のトランスデューサで高調波撮像を行うのに適した帯域幅を有し、従って診断に関してかなりの改善を与える。更に、s4 トランスデューサと SONOS（登録商標）5500 の組合せは、単一のトランスデューサを用いた多数の撮像パラメータの選択肢を与え、従って透過に関する選択肢並びに解像度に関する選択肢を与える。

20

【0010】

しかしながら、現在の高調波撮像技術では、現在のトランスデューサの設計が基本波撮像に基づくものであり高調波撮像に基づくものでないため、幾つかの問題がある。高調波撮像の目的は、体の中にシステムの雑音下限よりも上となるよう十分に高い強度の高調波信号を発生することである。高調波信号は、基本波後方散乱よりも  $20\text{dB}$  以上は下でありうるため（実際の数値は、経路の長さや周波数に依存し、組織中の非線形に発生される第2高調波の最大レベルは  $-6\text{dB}$  である）、幅広いダイナミックレンジの受信器が必要とされる。殆ど高調波発生が生じない近距離音場、及び、減衰が上回る遠距離音場では、高調波応答が基本周波数散乱の場合よりも  $30$  乃至  $40\text{dB}$  低いことは珍しいことではない。体の中で発生される高調波信号の大きさがシステムの両方の雑音下限よりも上であることが重要である。高調波撮像を改善するために、非線形高調波発生の問題について述べねばならない。

30

【0011】

これは、特に、実際は近距離音場中に非線形の第2高調波信号応答がない場合についていえる。近距離音場中のより連続的又は実質的な第2高調波戻り信号成分が必要とされる。

【0012】

高調波撮像により信号対雑音比の問題を克服することに注目したいくつかの特許が成立している。ホサック（Hosack）外は、送信エネルギーは発生された高調波信号と区別できないため、応答の発生された高調波が予想される周波数範囲において、体の中へ送信されるエネルギーを最小とする送信素子を教示している（特許文献1）。特許文献1に記載された技術は、送信された周波数又は基本周波数と高調波信号応答との間のダイナミックレンジについて取り組んでいる。特許文献1の技術は、近距離音場及び遠距離音場撮像平面中の不均一な高調波信号応答については取り組んでいない。

40

【0013】

ウレンドルフ（Uhlenдорフ）外は、例えば高調波撮像といったシングルパルス励起技術のほかに造影剤撮像技術を開示している（特許文献2）。特に、特許文献2では、任意の整数の高調波（第2高調波、第3高調波等）、低調波（例えば  $1/2$  調波）、又は超調波（例えば  $3/2$  調波）を選択的に観察するために無線周波数（RF）フィルタを選択することにより、組織に対するマイクロバブルの比率（マイクロバブル対組織比）を

50

改善することが可能である。第2高調波は、より高次の整数の高調波、低調波、又は超調波と比較して、この周波数における大きいパブル応答により、最も有用であることが分かっている。第2高調波はまた、トランスデューサ上の帯域幅に関する制限により最も実際的である（即ち、 $< 70\%$ 帯域幅、但しパーセント帯域幅は、高いコーナ周波数の $-6\text{ dB}$ の点から低いコーナ周波数の $-6\text{ dB}$ を差し引いた差を中央周波数で割り算したものと定義される）。しかしながら、高調波撮像と共に行うシングルパルス励起技術は、大きい組織の整数高調波信号が造影剤によって発生する信号をマスクするため、マイクロバブル対組織比が低くなってしまふ。

#### 【0014】

アンガー（Unger）外は、診断及び治療用の超音波技術を同時に行う方法及び装置を開示している（特許文献3）。特許文献3は、「診断」素子と「治療」素子を有する専用トランスデューサを導入する。治療要素は、薬剤/遺伝子又は他の治療物質を含む小胞（マイクロバブル）を破裂させるためのものであり、診断素子は破裂という事象の結果を監視するために利用可能である。特許文献3は、治療のための小胞を破裂を向上させるための低周波数高パワーの超音波信号を教示している。特許文献3のトランスデューサは複雑であり、製造が困難であり、高価である。トランスデューサはまた、トランスデューサのかなりの部分が治療のための超音波照射に専用であるため、アパーチャ全体を撮像のために使用することができないため、やはり典型的な位相配列トランスデューサよりは性能が劣る。

10

#### 【0015】

アヴァキュー（Averkiou）外は、送信される雑音を最小化し、高調波信号を増加するよう設計された多位相送信信号について教示している（特許文献4）。この技術では、体の中へ互いに逆の極性で連続したパルスを送信する。パルスの反射的な加算により、送信された第2高調波反射（所望でない）は減算され、高調波波形を生じさせ、この高調波波形は同位相でトランスデューサへ戻り、コヒーレントに加算され、それにより信号対雑音比を高める。特許文献1に記載の技術と同様に、特許文献4のマルチパルス技術は非線形の高調波信号応答は取り扱わない。特許文献4のマルチパルス技術は、多数の送信パルスの夫々が続いて戻ることによって発生される動きアーティファクトに敏感である。更に、特許文献4のマルチパルス技術は信号処理オーバーヘッドを高め、これはリアルタイムの超音波診断システムのためのフレームレートの低下を生じさせる。

20

30

#### 【0016】

更に、アヴァキュー（Averkiou）外は、深さに依存する超音波信号の減衰があるときの基本波信号及び1つ又はそれ以上の高調波信号の両方からの反射を用いた超音波撮像の方法を教示している（特許文献5）。特許文献5では、高調波は組織を通過し歪んだ超音波として形成されうる。歪みは、高調波信号成分を形成することが見いだされ、それを用いた撮像はこの技術分野では組織高調波撮像（THI）と称される。従って、特許文献5は、画像は、基本送信周波数のみを含む送信信号から基本周波数（例えば $3\text{ MHz}$ ）成分と高調波周波数（例えば $6\text{ MHz}$ ）成分の両方を含むよう再構成されうることを教示している。

#### 【0017】

基本周波数（例えば $3\text{ MHz}$ ）でのみエネルギーを送信すること、及び、基本波から反射を除去し画像を形成するために発生された高調波のみを使用することにより、近距離音場中の所望でない構造からのマルチパス散乱は、特許文献5に記載の発明のTHI概念を用いて除去されうる。特許文献5は近距離音場中のマルチパス散乱を減少させる必要性について記載しているが、発生される高調波信号が一般的には基本波よりも $30\text{ dB}$ 低いような、近距離音場中で高調波信号応答を迅速に発生させる必要性については記載していない。特許文献5はエネルギーがやはり $30\text{ dB}$ 低い遠距離音場中で適当なエネルギーレベルで高調波信号応答を発生するためにより深い信号透過についての必要性を記載している。

40

#### 【0018】

50

ブラッドリー (Bradley) 外は、 $f_0$  を送信ビームの基本周波数とすると、例えば  $f_0/2$  又は  $3f_0/2$  といった分数調波で医用診断超音波撮像について教示している (特許文献 6)。分数調波撮像を改善するために、特許文献 6 では、例えば  $f_0/2$  又は  $3f_0/2$  といった分数調波シード成分を加算することを提案している。即ち、特許文献 6 では、低調波シード信号を基本送信信号を伴う基本周波数と換算することにより基本送信信号の低調波がより速く生成されることを教示している。しかしながら、組織高調波を生成するのに必要な時間により、同じ組織深さから戻って受信される異なる周波数のエネルギーの不一致が生ずる。

#### 【0019】

ラウンドヒル (Roundhill) 外は、基本波成分と高調波成分の両方がエコー信号中で戻され解析される組織高調波撮像 (THI) の分野の超音波診断撮像システム及び方法を教示している (特許文献 7)。特許文献 7 は、共通に所有されここに参照として組み入れられる。開示された発明は、例えば肋骨といった狭い音響窓を通して撮像する際に生成されるような、超音波画像中の近距離音場又はマルチパス散乱を減少させるよう高調波エコー信号を使用することを開示する。それにより、発明は、かなりの距離からの撮像を可能とし、深さ依存の減衰の効果をかなり減少させることを可能とする。

#### 【0020】

ブラッドリー (Bradley) 外は、複数の波形のうちの予め歪まされた少なくとも一つを、例えば装置非線形性、波長伝搬非線形性等の非線形性の関数として送信することを含む超音波撮像方法を開示する (特許文献 8)。送信された波形は、トランスデューサからの基本スペクトル成分と高調波スペクトル成分とを含んでもよく、高調波スペクトル成分の減衰された正規化されたピークは、トランスデューサから離れた領域ではトランスデューサに隣接する領域と比較して減少される。送信された波形は、トランスデューサの近傍の基本スペクトル成分を含む波形の送信に関連する領域における高調波スペクトルピークに対して、トランスデューサから離れた関心領域において約 4 dB 又はそれ以上だけ抑制される高調波スペクトルピークを含むよう予め歪まされることが望ましい。

#### 【0021】

2001年3月9日出願の特許文献 9 は、受信された信号の基本波成分及び高調波成分が送信通過帯域に置かれる超音波撮像システム及び方法を開示している。特許文献 9 は、共通に所有されここに参照として組み入れられる。2001年12月19日出願の特許文献 10 は、血管を撮像するために高調波周波数の小さい信号を用いる超音波撮像システム及び方法を開示している。特許文献 10 は、共通に所有されここに参照として組み入れられる。即ち、基本波及び高調波における低エネルギー信号は、造影剤が現れる時間まで血管に合焦され、その後、送信された信号の構成は CA に超音波を当てるために変えられる。

【特許文献 1】米国特許第 5,740,128 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 5,410,516 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 5,558,092 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 5,833,613 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 5,879,303 号明細書

【特許文献 6】米国特許第 6,117,082 号明細書

【特許文献 7】米国特許第 6,283,919 号明細書

【特許文献 8】米国特許第 6,312,379 号明細書

【特許文献 9】米国特許出願第 09/802,491 号明細書

【特許文献 10】米国特許出願第 10/026,997 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0022】

従来 THI に関連する基本的な問題は、様々な深さでの戻りを最大化するために送信時に種々の周波数成分を合焦することについて扱っていないことである。即ち、従来技術

10

20

30

40

50

は、基本周波数及び高調波周波数の両方が同じ深さで合焦されることを教示している。組織高調波が発生するには幾らかの時間がかかるため、深さが浅いところからは全く又は殆ど高調波信号エネルギーは受信されない。更に特定的には、従来技術は基本波及び高調波周波数成分の両方を含むビームを用いて超音波エネルギーを送信することについて教示又は示唆するものでありうるが、ビームは常に同じ深さで合焦される。しかしながらこのような場合、生成するのに限られた時間のかかる高調波成分は近距離音場に対して制限されることが分かっている。即ち、高調波は伝搬経路の長さに従って生成されるため近距離音場ではわずかな高調波信号が発生される。

【課題を解決するための手段】

【0023】

従来技術の上述の及び他の不利点に対して、本発明は基本波に加えて、例えば近距離音場へ方向付けられ操縦される送信された高調波成分を用いて、媒質中の対象の高調波撮像を行う改善された超音波撮像システムに関連する。

【0024】

アーキテクチャについて簡単に説明すると、システムは、媒質への方向付けられた送信のためにトランスデューサによって基本及び高調波超音波圧力波へ変換されうる電気信号を発生する送信器である例えば広帯域位相配列トランスデューサといった広帯域トランスデューサと、媒質中の少なくとも1つの対象からの高調波超音波応答を受信する受信器と、送信器及び受信器の動作を制御するために送信器及び受信器に電氣的に結合された制御システムとによって実施されうる。

【0025】

本発明は、基本波及び高調波周波数成分の両方を含む信号が送信される超音波撮像方法として提供されるものでありうる。高調波成分は、基本波が合焦される位置とは異なった音場中の少なくとも1つの位置へ合焦又は操縦される。例えば、1つの動作モードでは、基本波は遠距離音場で合焦され、1つの高調波、特に第2高調波に限られた高調波は近距離音場又は浅い透過深さで合焦される。応答又は戻りエコー信号は、通常受信される深さよりも深さが浅いところからのより多い量の第2高調波エネルギーと、深さがより深いところからの非線形に発生された高調波エコーの量とを含む。

【0026】

更に特定的には、高調波周波数での超音波信号の部分は、高調波周波数での部分と同時に送信され、深さが浅いところで合焦される。この信号からの高調波周波数でのエコーは、深さが浅いところを撮像するために用いられる。基本波は、深さがより深いところで、望ましくは従来のTHIを行っている間に通常方向付けられる深さよりも深さが深いところで合焦されうる。より高い周波数の送信された第2高調波は基本波よりも透過する深さがかなり低いため、遠距離音場から受信される殆どの第2高調波は非線形に発生されるのに対して、近距離音場から受信される殆どの第2高調波は送信された第2高調波となる。結果として得られる画像は、近距離音場から戻された高調波エネルギーと、基本波の非線形の伝搬により発生された遠距離音場から戻された高調波エネルギーとから導出される合成物である。

【0027】

他の形では、本発明は、基本波及び送信された高調波の成分に対する異なる時間的及び空間的なアポダイゼーション機能を用いる。

【0028】

他の形では、この技術は、パルス反転スキームが受信焦点深さの関数として作動されるパルス反転技術に関連して使用されうる。近距離音場の送信された高調波画像は、非線形の高調波パルス反転画像と組み合わせられうる。

【0029】

本発明の他のシステム、方法、特徴、及び利点は、当業者によれば以下の図面及び詳細な説明から明らかとなる。かかる更なるシステム、方法、特徴、及び利点は本願の明細書の範囲に含まれ、本発明の範囲に含まれ、本願の添付の請求項によって保護されること

10

20

30

40

50

が意図される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明は、添付の図面を参照してよりよく理解されるであろう。図中の構成要素は、必ずしも正しい縮尺で示されたものではなく、本発明の原理を明らかに示すよう強調が加えられている。更に、図中、同様の参照番号は幾つかの図面に亘って対応する部分を示す。

【0031】

上述のように本発明の種々の面について概説した後、図示されるような本発明の説明について詳細に示す。本発明は図面に関連して説明されるが、本願に開示される実施例を制限するものではない。むしろ、添付の請求の範囲に定義されるような本発明の趣旨及び範囲に含まれる全ての代替物、変形、及び等価物を網羅することを意図している。

10

【0032】

ここで図面を参照するに、全ての図面を通じて同様の参照番号は対応する部分を示しており、基本周波数送信信号と共に患者へ第2高調波エネルギーを導入するために組み合わせられた送信パルスを使用することを可能とする超音波撮像システムのブロック図を示す図1を参照する。即ち、様々な量の第2高調波は画素毎に送信ビームに加えられうるため、より連続的な送信高調波ビームを形成するために非線形に発生された第2高調波とは独立の送信ビームを形成しうる。

【0033】

これに関して、超音波撮像システム100は、トランスデューサ102、RFスイッチ104、送信器106、システム制御器108、アナログ・デジタル変換器(ADC)110、時間利得制御増幅器112、ビーム形成器114、フィルタ116、信号プロセッサ118、ビデオプロセッサ120、及びディスプレイ122を含みうる。トランスデューサ102は、RFスイッチ104に電気的に結合されうる。RFスイッチ104は、図示のように、送信器106から結合される送信入力とトランスデューサ102へ電気的に結合されるトランスデューサポートとを具備するよう構成されうる。RFスイッチ104の出力は、時間利得制御増幅器112による更なる処理の前にADC110に電気的に結合されうる。時間利得制御増幅器112は、ビーム形成器114に結合されうる。ビーム形成器114は、フィルタ116に結合されうる。フィルタ116は、ビデオプロセッサ120における更なる処理の前に信号プロセッサ118へ更に結合されうる。ビデオプロセッサ120は、ディスプレイ122へ入力信号を供給するよう構成されうる。システム制御器108は、種々の装置の夫々へ必要なタイミング信号を与えるため、送信器106、ADC110、フィルタ116、並びに、信号プロセッサ118及びビデオプロセッサ120の両方に結合されうる。

20

30

【0034】

当業者によって認識されるように、システム制御器108は、1つ又はそれ以上のプロセッサ、コンピュータ、並びに、超音波撮像システム100の全体動作を調整するための他のハードウェア及びソフトウェア構成要素を含みうる。更に、システム制御器108は、例えばコンピュータベースのシステム、プロセッサを含むシステム、又は、命令実行システム、機器、或いは装置から命令を取り出し、命令を実行しうる他のシステムといった命令実行システム、機器、又は装置によって又はそれらと関連して使用される全てのコンピュータ読み取り可能な媒体の中に具現化されうる論理関数を実施するための実行可能な命令の順序リストを含むソフトウェアを含みうる。コンピュータ読み取り可能な媒体は、例えば、電子、磁気、光学、電磁、赤外線、又は半導体システム、機器、又は伝搬媒体でありうる。

40

【0035】

RFスイッチ104は、超音波撮像システム100の送信器106を、図1中に示される残る要素を含む超音波応答受信及び処理部から分離する。図1に示すシステム構成は、送信器106の中で発生し、ここでは超音波線115によって示される1つ又はそれ以上の超音波圧力波へ変換される電子送信信号を与える。超音波線115が超音波の照射に感

50

受性のある組織層 1 1 3 にぶつかると、多数の送信イベント又は超音波線 1 1 5 が組織 1 1 3 を通過する。多数の超音波線 1 1 5 の大きさが組織 1 1 3 の減衰影響を超える限り、多数の超音波線 1 1 5 は内部目標 1 2 1 に到達する。当業者は、異なる超音波インピーダンスを有する組織間の組織境界又は交差は多数の超音波線 1 1 5 の基本周波数の高調波において超音波応答を生じさせることを認識するであろう。

#### 【 0 0 3 6 】

図 1 に更に示すように、かかる超音波応答は、超音波反射 1 1 7 によって示されうる。更に、照射された波形の圧縮部は粗密部よりも速く進行するため、超音波で照射された組織は高調波を生じさせることが認められる。波形の圧縮部と粗密部の進行の速さが異なることにより、波は歪み、種々の組織境界を通して反射又は散乱して戻る高調波信号が発生される。図 1 は、組織層 1 1 3 内の内部目標 1 2 1 に衝突する入射する多数の超音波線 1 1 5 に対する第 2 高調波応答のみを示すが、他の高調波応答もまた観察されうる。例えば、広帯域信号の非線形の伝搬は、或る意味での低調波を生じさせうる。非線形の伝搬は、本質的には、発生される周波数が広帯域信号中に存在する成分の和及び差の周波数である波動に存在する全ての周波数成分を混ぜたものである。

10

#### 【 0 0 3 7 】

組織層 1 1 3 を横切ることによる減衰効果を超える大きさの超音波反射 1 1 7 は、RF スイッチ 1 0 4 とトランスデューサ 1 0 2 の組合せによって監視され電気信号へ変換されうる。超音波反射 1 1 7 の電気的な表現は、ADC 1 1 0 において受信されえ、ADC 1 1 0 においてデジタル信号へ変換される。ADC 1 1 0 の出力に結合された時間利得制御増幅器 1 1 2 は、特定の超音波線 1 1 5 が組織層 1 1 3 を横切るのに必要な全時間に関連して増幅を調整するよう構成されうる。このようにして、1 つ又はそれ以上の内部目標 1 2 1 からの応答信号は、比較的浅い対象から発生される超音波反射 1 1 7 がトランスデューサ 1 0 2 から遠くへ移動された照射された対象から発生される超音波反射 1 1 7 を大ききさで上回らないよう、利得補正される。

20

#### 【 0 0 3 8 】

時間利得制御増幅器 1 1 2 の出力は、ビーム形成器 1 1 4、フィルタ 1 1 6、及び信号プロセッサ 1 1 8 を介してビーム形成、フィルタリング、及び復調されうる。処理された応答信号は、ビデオプロセッサ 1 2 0 へ転送されうる。応答信号のビデオバージョンは、応答信号画像が見られ得るディスプレイ 1 2 2 へ転送されうる。当業者によれば、超音波撮像システム 1 0 0 は、1 つ又はそれ以上の画像及び/又はオシロスコープトレースを、操作者にとって有用でありうる他の表形式の及び/又は計算された情報と共に生成するよう構成されうる。

30

#### 【 0 0 3 9 】

本発明による超音波撮像システム 1 0 0 は、より低い送信周波数の非線形伝搬により遠距離音場に高調波応答信号を生成しうる。送信された高調波信号は、近距離音場に高調波信号を発生するため、送信信号を時間的又は空間的にアポダイゼーションすること、並びに近距離音場で高調波の空間的な分布を最適化するために使用されうる。送信アポダイゼーションは、トランスデューサ 1 0 2 の素子のサブセットを他の素子のサブセットよりも多く重み付けしうる。本発明によるトランスデューサ 1 0 2 の基本周波数を非常に低い周波数、例えば 1 . 5 MHz 以下の周波数、ヘシフトすることは、図 2 A 及び図 2 B に示されている。単一の水晶トランスデューサ及び MUT の余分な帯域幅は、幅広い周波数範囲に亘って高調波応答信号を処理するための更なる自由度を与える。

40

#### 【 0 0 4 0 】

図 3 は、本願で提案される結合周波数信号の効果的な透過について示す概略的な図である。即ち、基本周波数の様々な量の少なくとも 1 つの高調波が画素毎に送信ビームに加えられ、例えば戻りエコー中で受信される第 2 高調波といった非線形に発生された同等の高調波とは独立の送信ビームを生じさせる。送信ビームの高調波部分は、基本波成分が向けられる深さとは異なる深さに合焦されうる。実際に、送信された高調波ビームの焦点利得は、焦点面を超える音場の開きの度合いにより基本波の焦点面に最小の送信された第 2 高

50

調波があることが確実にされるよう最適化されうる。結果として、従来のTHI撮像技術及び装置で実現されうるものよりも、より連続的な送信高調波ビームと、よりよい合成画像が得られる。

【0041】

上述のように、深さが浅いところではわずかな高調波の発生のみが生ずる。更に特定のには、殆どの第2高調波の発生は基本音場の最終的な軸上の最大において生ずる。結果として、THI画像は、非線形に基づく第2高調波の発生が主に行われる基本軸位置と、非線形の第2（及び更に高次の）高調波発生が制限されている近距離音場との間で画質が分かれる印象を与えうる。

【0042】

原理的には、本発明の任意の方法及びこれを実施する任意のシステムは、第2の非常に浅い強く「合焦された」高調波ビームを導入することにより高調波、特に第2高調波の音場の深さを大きくする。この第2の焦点領域は、非常に短いレンジ（従って時間）のため使用される。第1の焦点領域は浅い深さを超えて使用され、基本周波数を含む（が全ての場合にこれに限られるものではない）。第1の焦点領域の強い焦点と短いレンジにより、線の期間は短く最終的なフレームレートに対して余り影響のないものでありうる。この方法では、両方の画像は非線形に発生された高調波から形成され、従って両方の画像は非線形発生の性質に関連する画像強調による利点を受ける。

【0043】

本発明の特定の実施例は、上述の説明及び例としての図面に詳細に開示されているが、当業者によれば、本願の請求の範囲に記載される本発明の趣旨及び範囲を逸脱することなく変形及び変更がなされうるということが理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明の教示と一貫した超音波撮像システムを示すブロック図である。

【図2A】本発明と共に使用されうる超音波トランスデューサを示す概略的な図である。

【図2B】本発明と共に使用されうる超音波トランスデューサを示す概略的な図である。

【図3】合焦された又は操縦された高調波、及び基本エネルギーによって夫々近距離音場及び遠距離音場において超音波照射された撮像野を概略的に示す図である。

【符号の説明】

【0045】

- 100 超音波撮像システム
- 102 トランスデューサ
- 104 RFスイッチ
- 106 送信器
- 108 システム制御器
- 110 アナログ・デジタル変換器（ADC）
- 112 時間利得制御増幅器
- 113 組織層
- 114 ビーム形成器
- 115 超音波線
- 117 超音波反射
- 116 フィルタ
- 118 信号増幅器
- 120 ビデオプロセッサ
- 121 内部目標
- 122 ディスプレイ

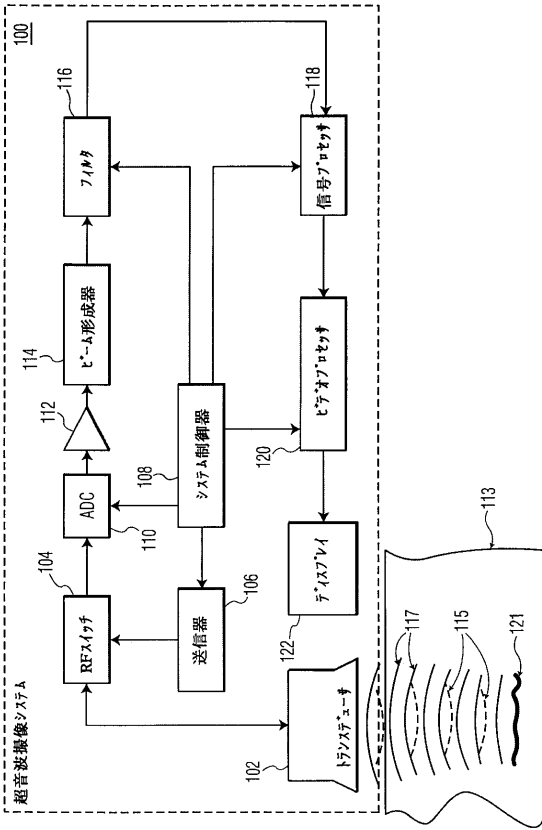
10

20

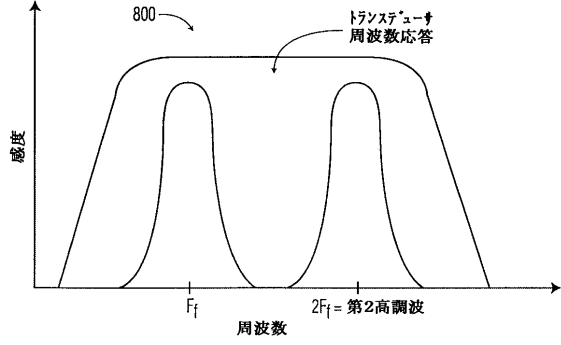
30

40

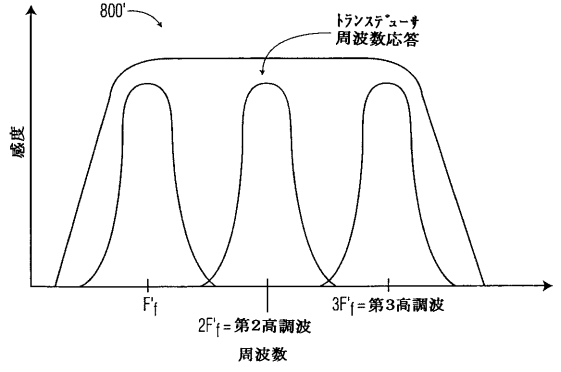
【図1】



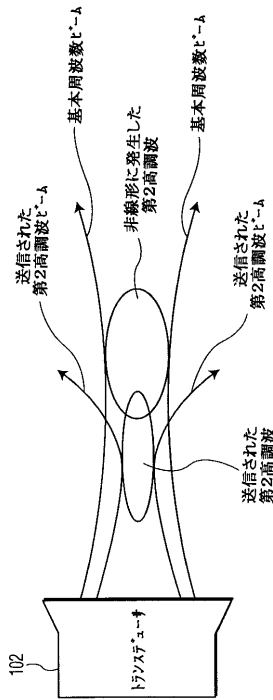
【図2A】



【図2B】



【図3】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100107766

弁理士 伊東 忠重

(72)発明者 マシュー リエリー

アメリカ合衆国, ワシントン州 98119, シアトル, オリンピック・プレイス 620, アパ  
ートメント 412

(72)発明者 ジェイムズ ロバートソン ジェイゴ

アメリカ合衆国, ワシントン州 98105, シアトル, フィフティエイトス・アヴェニュー・ノ  
ースイースト 5747

Fターム(参考) 4C601 DE09 DE10 EE03 GB03 HH04 HH25 HH36

专利名称(译)	使用二次谐波传输和非线性生成的连续深度谐波成像的系统和方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004121848A</a>	公开(公告)日	2004-04-22
申请号	JP2003337809	申请日	2003-09-29
[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	マシューリエリー ジェームズロバートソングエイゴ		
发明人	マシュー リエリー ジェームズ ロバートソン ジェイゴ		
IPC分类号	A61B8/00 G01S7/52 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/481 G01N2291/02491 G01S7/52038 G01S15/8954		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/DE09 4C601/DE10 4C601/EE03 4C601/GB03 4C601/HH04 4C601/HH25 4C601/HH36 4C601/DE08 4C601/DE12 4C601/DE13 4C601/KK41		
代理人(译)	伊藤忠彦		
优先权	10/261844 2002-09-30 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：提供一种改进的超声成像系统和方法，用于对介质中的对象进行谐波成像。超声谐波成像系统包括宽带相控阵换能器，发送器，该发送器向组织发送包括基本频率的一部分和基本频率的谐波的一部分的波，并从组织接收超声响应。它包括接收机，发射机和电耦合到发射机和接收机以控制接收机，视频处理器和监视器的操作的控制系统。[选型图]图1

