

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4667733号
(P4667733)

(45) 発行日 平成23年4月13日 (2011. 4. 13)

(24) 登録日 平成23年1月21日 (2011. 1. 21)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 8/00 (2006. 01)

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/08 (2006. 01)

A 6 1 B 8/08

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-329247 (P2003-329247)
 (22) 出願日 平成15年9月22日 (2003. 9. 22)
 (65) 公開番号 特開2004-113788 (P2004-113788A)
 (43) 公開日 平成16年4月15日 (2004. 4. 15)
 審査請求日 平成18年9月19日 (2006. 9. 19)
 (31) 優先権主張番号 10/065, 180
 (32) 優先日 平成14年9月24日 (2002. 9. 24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
 エルシー
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53
 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
 ユー・ブルバード・ダブリュー・710
 ・3000
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステップ状チャープ波形を使用して超音波造影イメージングを増強する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波イメージングシステム (200) において、被検体の超音波造影イメージングに対
 する造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を向上させる方法であって、

造影気泡の運動を開始させるのに最適な第1の周波数を中心とする第1波形成分 (50
) と、この第1波形成分に続いて、増強された前記造影気泡の非線形応答を生成するのに
 最適な少なくとも第2の周波数を中心とする少なくとも第2波形成分 (60) とを含む単
 一のステップ状チャープ送信パルスを発生させる段階 (410、420) と、

前記単一のステップ状チャープ送信パルスを前記被検体に送信する段階 (430) と、
 とを備え、

前記第1波形成分の後半周期 (70) と、前記少なくとも第2波形成分の前半周期 (8
 0) とが、前記単一のステップ状チャープ送信パルスの圧縮半周期 (90) 内にあること
 を特徴とする方法。

【請求項 2】

超音波イメージングシステム (200) において、被検体の超音波造影イメージングに対
 する造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を向上させる方法であって、

造影気泡の運動を開始させるのに最適な第1の周波数を中心とする第1波形成分 (50
) と、この第1波形成分に続いて、増強された前記造影気泡の非線形応答を生成するのに
 最適な少なくとも第2の周波数を中心とする少なくとも第2波形成分 (60) とを含む単
 一のステップ状チャープ送信パルスを発生させる段階 (410、420) と、

10

20

前記単一のステップ状チャープ送信パルスを前記被検体に送信する段階（４３０）と、を備え、

前記第１波形成分の後半周期（７０）と前記少なくとも第２波形成分の前半周期（８０）とが、前記単一のステップ状チャープ送信パルスの膨張半周期内に発生されることを特徴とする方法。

【請求項３】

前記第１波形成分（５０）の振幅が、前記少なくとも第２波形成分（６０）の振幅と異なることを特徴とする請求項１または２に記載の方法。

【請求項４】

前記単一のステップ状チャープ送信パルス内で、前記第１波形成分（５０）を前記少なくとも第２波形成分（６０）の前に置く段階を更に含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項５】

前記単一のステップ状チャープ送信パルス内で、前記少なくとも第２波形成分（６０）を前記第１波形成分（５０）に加える段階を更に含むことを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の方法。

【請求項６】

超音波イメージングシステム（２００）において、超音波造影イメージングに対する造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を向上させる装置であって、

造影気泡の運動を開始させるのに最適な第１の周波数を中心とする第１波形成分（５０）と、この第１波形成分に続いて、増強された前記造影気泡の非線形応答を生成するのに最適な少なくとも第２の周波数を中心とした少なくとも第２波形成分（６０）とを含む、少なくとも１つのステップ状チャープ波形パルスを発生させて送信するための送信器部（２３０、２５０、２６０）と、

造影気泡と組織と血液の内の少なくとも１つから反射された前記少なくとも１つのステップ状チャープ波形パルスのエコーを受信し、ビーム形成し、及び濾波することにより受信信号を発生させる（４４０）ための受信器部（２４０、２７０、２８０、２９０）と、

前記受信信号を画像として統合し、走査変換し、且つ表示するための処理部（３１０、３２０、３３０）と、

を備え、

前記送信器部は、前記第１波形成分の後半周期（７０）と前記少なくとも第２波形成分の前半周期（８０）とを、前記単一のステップ状チャープ波形パルスの圧縮半周期（９０）内か、または、膨張半周期内に発生させることを特徴とする装置。

【請求項７】

前記受信器部が、ビーム形成し及び濾波する前に、前記少なくとも１つのステップ状チャープ波形のエコーをコヒーレント加算し、前記少なくとも１つのステップ状チャープ波形が、１つよりも多いステップ状チャープ波形を含むことを特徴とする請求項６に記載の装置。

【請求項８】

前記受信器部が、ビーム形成し及び濾波した後に、前記少なくとも１つのステップ状チャープ波形のエコーをコヒーレント加算し、前記少なくとも１つのステップ状チャープ波形が、１つよりも多いステップ状チャープ波形を含むことを特徴とする請求項６または７に記載の装置。

【請求項９】

前記送信器部が、送信器（２３０）と、ステップ状チャープ波形発生装置（２５０）と、送信器制御装置（２６０）とを含むことを特徴とする請求項６乃至８のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

10

20

30

40

50

本発明の特定の実施形態は、超音波における造影イメージングに関し、より具体的には、超音波造影イメージングにおける造影剤対組織比（CTR）及び信号対ノイズ比（SNR）の増強に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波用造影剤が、幾つかの薬品会社によって開発されている（米国特許第5,410,516号及び第5,678,553号参照）。これらの1乃至10 μ mのマイクロバブル（気泡）は、血液中に注入された時に、血流及び灌流（器官又は組織への血液の循環）からの超音波エコー強度を増大させる。組織が存在する場合には、血流又は灌流を可視化するために、造影剤のエコー強度に対し組織エコー強度を大幅に低下させなければならない。組織信号を抑制するための1つの方法は、組織から生じる非線形信号よりも強い、マイクロバブルによって発生される非線形信号（例えば高調波信号）を撮像することである。

10

【0003】

基本的な高調波イメージングは、 f_0 にて狭帯域信号を送信し、次いで帯域濾波を行なって2 f_0 にて造影剤（及び組織）によって発生される高調波信号を撮像する（米国特許第5,724,976号及び第5,733,527号参照）。或いは、パルスインバージョンにより、2つの位相反転された送信パルスを用いて、より良好な解像度を得るために基本波帯域と高調波帯域とを重ね合わせて、撮像されるべき非線形成分を残して基本波（線形）成分を取り除くことができる。（米国特許第5,632,277号、第5,706,819号、及び第6,371,914号参照）。

20

【0004】

米国特許第5,632,277号は、振幅変調を使用するフェーズインバージョン法について記載している。米国特許第5,706,819号に記載されたパルスインバージョン法においては、送信周波数帯域は受信周波数帯域から分離され、マイクロバブルの高調波応答を検知するために、入射圧力波の高調波は抑制されなくてはならない。

【0005】

バブル信号を増強するための別の方法は、バブルを撮像する前に、バブルを励振させることである。これは、バブルの大きさを膨張させてより大きな散乱断面積を得るために、イメージングパルスとは分離された励振パルスを送信することによって行われる（米国特許第5,833,615号参照）。米国特許第5,833,615号は、イメージング信号から分離された励振信号が、イメージング信号よりも前に送信されなくてはならないと述べている。その結果、追加的な変換器が必要とされるか、又は、2つの別個のパルスが送信されなくてはならず、フレームレートが低下する。また、バブル信号はバブルの線形特性を利用することによって増強されるので、この方法が低い機械的指数（MI）のフェーズインバージョン・イメージングに適用される場合には、増強された信号は取り除かれることになり、何らの利点も得られない。

30

【0006】

更に、米国特許第5,833,615号においては、励振増強される超音波システムが提案されている。イメージングパルスから分離された励振パルスを使用して、4.2 μ mよりも小さいマイクロバブルを励振して膨張させるが、これは、被検体（造影剤のバブル）により散乱されて反射する超音波イメージング信号の反射量を増大させることになる。これはマイクロバブルの線形特性に基づいている。従って、パルスインバージョンモードで適用される場合には、反射する超音波イメージング信号の増大は、主としてバブルの散乱断面積の増加に基づくものであり、これは2つの位相反転したパルスについて同一のものとなり、この増大は相殺されることができる。

40

【0007】

米国特許第6,371,914B1は、単一波形のパルスインバージョン法を開示している。ダブルパルス励振波形が媒体内に送信される。通常、波形内の2つのパルスは位相反転されている。受信時には、異なる逆畳込み関数を用いて第1のパルス及び第2のパル

50

スからエコーを取り出し、次いで2つのエコーを時間的に再編成して合計し、線形応答を取り除く。米国特許第6,371,914B1では、波形は公知の符号化関数を用いた任意の単一パルスの畳み込みとして見なすことができると述べている。

【0008】

上述の各々の従来方法に関しては、組織信号強度に対する造影剤の比率は、灌流撮像にとってはまだ十分でない。造影剤対組織比(CTR)を改善する1つの方法は、機械的指数(MI)が減少するにつれて組織の非線形信号は造影剤の非線形信号よりも速く減少するので、送信MIを低くすることである。しかしながら、この方法は、直ちに信号対ノイズ比(SNR)を制限することになる。

【0009】

10

米国特許第6,213,947B1においては、単一発射高調波イメージング及びパルスインバージョン高調波イメージングモードのために符号化された送信パルス(チャープ)も使用される。しかしながら、その請求項において、「受信信号の内の少なくとも一部」は、単一発射の際に、或いはパルスインバージョンの場合における第1と第2の送信からの受信信号を結合する前に、「少なくとも1つの圧縮フィルタ」を適用する必要がある、と述べている。このことは、圧縮フィルタは通常のフィルタよりも大きく且つ非常に高価であることから重大である。

【0010】

米国特許出願公開2002/012855A1においては、基本波の組織イメージングのために選択された1つの波形成分と、高調波の組織イメージングのために選択された別の1つの波形成分である2つの波形成分を、1つの送信信号内に含み、超音波基本波及び高調波組織イメージングを同時に実行する。発明者は、造影イメージング用にこの方法を使用することができると述べているが、組織除去とバブル応答性増強にとっての利点は何ら見出せない。この方法は、高調波組織イメージングのために設計されている。例えばこの特許によれば、2送信モードにおいて、2つの送信されたバーストは部分的にのみ(1つの成分)位相反転されている。つまり、高調波を発生する成分は反転されているが、基本波成分は反転されていない。その結果、組織信号は最適には取り除かれないことになる。両成分を位相反転することは、従来の広帯域パルスインバージョン法に比べてCTR又はSNRを改善することにはならないであろう。

20

【0011】

30

追加の高価な装置を用いることなく、超音波造影イメージングにおいてCTRとSNRとを増大させる基本的な必要性が依然として存在している。又、造影剤の破壊を低減する低MIイメージングが望まれる。造影剤のマイクロバブルは、高MI超音波パルスにより破壊されるので、造影剤を破壊せず、且つ造影剤を撮像可能なより長い持続時間を維持するための低MIパルスが望まれる。

【特許文献1】米国特許第5,410,516号

【特許文献2】米国特許第5,678,553号

【特許文献3】米国特許第5,724,976号

【特許文献4】米国特許第5,733,527号

【特許文献5】米国特許第5,632,277号

40

【特許文献6】米国特許第5,706,819号

【特許文献7】米国特許第6,371,914号

【特許文献8】米国特許第5,833,615号

【特許文献9】米国特許第6,371,914B1

【特許文献10】米国特許第6,213,947B1

【特許文献11】米国特許出願公開2002/012855A1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の実施形態は、超音波イメージングシステムにおいて、ステップ状チャープ波形

50

を使用して C T R 及び S N R を増強することにより造影イメージングを実行するための方法及び装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

超音波イメージングシステムにおいて、第1の周波数を中心とする第1波形成分と、少なくとも第2の周波数を中心とする少なくとも第2波形成分を含む単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させる段階を含む方法が提供される。第1波形成分は、気泡運動を開始させるのに最適な第1の周波数にて使用され、第2波形成分は、増強された気泡の非線形応答を生成するのに最適な第2の周波数にて使用される。典型的には、第2の周波数は第1の周波数よりも大きい。第1波形成分は、単一のステップ状チャープ送信パルス内において、少なくとも第2波成分の前に置くことができる。或いは、少なくとも第2波成分は、単一のステップ状チャープ送信パルス内において、第1波成分に加えることもできる。第1波形成分及び少なくとも第2波形成分の中心周波数と振幅と開始位相と帯域幅との内の少なくとも1つが、単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させるために調節される。また、第1波形成分と少なくとも第2波形成分間の相対的位相と切り換え時間(40)と遅延も調節される。造影剤バブルと組織と血液の内の少なくとも1つから反射された単一のステップ状チャープ送信パルスのエコーから、受信信号が発生される。受信信号が処理されて、1つの画像として表示される表示信号を発生させる。

10

【0014】

超音波イメージングシステムにおいて、ステップ状チャープ波形を発生させて送信するための送信器部と、造影気泡と組織と血液との内の少なくとも1つから反射されたステップ状チャープ波形のエコーを受信し、ビーム形成し、及び濾波することにより受信信号を発生させるための受信器部とを備える装置が提供される。受信信号を1つの画像として統合し、走査変換し、且つ表示するための処理部も備えられる。送信器部は、送信器とステップ状チャープ波形発生装置と送信器制御装置とを含む。受信器部は、受信器とビームフォーマと受信器制御装置と記憶装置とを含む。処理部は、信号プロセッサとスキャン・コンバータと表示装置とを含む。

20

【0015】

本発明の特定の実施形態は、ステップ状チャープ波形を用いた造影画像における C T R 及び S N R を向上させる方法を提供する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

上述の発明の開示、並びに以下の本発明の特定の実施形態に関する詳細な説明は、添付図面を参照しながら読むことにより一層よく理解されるであろう。しかしながら、本発明は、添付図面に示された構成及び手段に限定されるものではないことは理解されるべきである。

【0017】

本発明の一実施形態は、C T R 及び S N R を増強するためにステップ状チャープ波形を用いて、超音波システムにおける増強された造影イメージングを可能にする。ステップ状チャープは、周波数変調の一形態である。

40

【0018】

無限液体内で入射圧力波により駆動された時に、球状に振動する殻で包まれたミクロンの大きさのバブル(気泡)は、駆動圧力が非常に低い時には(例えば $< 30 \text{ kPa}$) 線形のばね質量系としてモデル化することができる。その結果、バブルばね質量系の有効「剛性」により発生されるバブル表面上の圧力 P_L は、バブル壁変位 $\varepsilon_a = a - a_0$ (ここで a_0 はバブルの平衡半径、 a は瞬間バブル半径) に比例することができる。しかしながら、駆動圧力が高い時には(例えば $> 30 \text{ kPa}$)、バブルは非線形的に応答し始め、線形ばね質量系ではもはやバブル運動を表現することはできない。従って、表面圧力 P_L は、もはやバブルの半径方向変位 ε_a に比例しない。 $4 \mu\text{m}$ の殻で包まれたバブルについて、バブル表面圧力 P_L と半径方向変位 ε_a との非線形関係が計算され、図1に示されている。

50

【 0 0 1 9 】

圧縮相 1 0 において、バブルの大きさが $a < 0.75 a_e$ (バブル変位 $\varepsilon_a < -0.25 a_e$) である時には、圧縮方向 1 5 における小さな半径方向変位 $\Delta \varepsilon_a$ が大きな表面圧力変化 ΔP_L をもたらすようになることが、図 1 から分かる。反対に、バブルの大きさが $a > 1.25 a_e$ (バブル変位 $\varepsilon_a > 0.25 a_e$) である時には、膨張方向 2 0 における小さな半径方向変位、或いは大きな半径方向変位であっても、バブル半径圧縮相と比べて表面圧力に殆ど何の変化も生じないことになる。

【 0 0 2 0 】

次に、遠距離音場におけるバブル振動により散乱される波について考察する。

【 0 0 2 1 】

10

【数 1】

$$p_s(r, t) \Big|_{far - field} = \frac{a}{r} \left(\frac{1}{2} \rho \dot{a}^2 + p_L(t) - p_0 - p_i(t) \right), (1)$$

【 0 0 2 2 】

ここで、 r は観察点とバブル中心との距離であり、

【 0 0 2 3 】

【数 2】

 $\dot{a}$

【 0 0 2 4 】

20

はバブル壁速度、 $p_i(t)$ は入射圧力、 p_0 は液体内の静圧力、 ρ は液体密度である。バブル振動内で発生される P_L が高くなるほど、散乱波の振幅が大きくなることは明らかである。又、バブル壁速度が大きいほど散乱波の増強を助長する。散乱波は極めて非線形であるため、より振幅の大きな散乱波は、基本波成分及び高調波成分の増強をもたらす。従って、図 1 に基づく分析から、より強く圧縮することによって非常に強いバブル非線形応答を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

バブルが非線形特性である場合に、バブルの非線形応答を高めるために幾つかの方法がある。1つの方法は、単純に入射圧力の振幅を増大させることである。しかしながら、造影剤を用いた多くの臨床応用では、バブル破壊を防止するために低い MI 状態で働く必要がある。その結果、適用できる最高圧力振幅は制限される。別の方法は、長時間にわたってバブル圧縮を行うことであり、これは、正常検出でより低い周波数の波形を送信することを意味している。しかしながら、低い周波数は、横方向解像度が低くなり、従って画像の質を低下させることから、実用的な解決策ではない。

30

【 0 0 2 6 】

本発明の一実施形態は、特別な波形、すなわちステップ状チャープ波形を設計することによってバブルの非線形特性を使用する。ステップ状チャープ波形は、1つのパルス内の第 1 波成分 5 0 (周波数 f_1 を中心とする) と第 2 波成分 6 0 (周波数 f_2 を中心とする) とを組み合わせたものである。第 1 波成分は、バブル運動を開始させるために最適な周波数で使用され、第 2 波成分は、増強されたバブル非線形応答を生成するために最適な第 2

40

の周波数で使用される。ステップ状チャープ波形の 2 つの波成分の中心周波数、振幅、及び帯域幅を調節することにより、また両波成分の相対的な位相、周波数、切り換え時間 (一方の周波数から他方の周波数に波形が変わる時点)、及び両者間の遅延を調節することにより、バブルの非線形応答を増強することができる。

【 0 0 2 7 】

具体的には、2つの波成分を、第 1 波成分 5 0 の後半周期 7 0 と第 2 波成分 6 0 の前半周期 8 0 の両方が、図 2 に示すように圧縮の半周期 9 0 内にあるように結合する。この波成分の組み合わせは、非常に低い周波数を用いることなく、より長い圧縮時間をバブルに与える。その結果、圧縮相において、より大きな半径方向変位とより高いバブル壁速度とを達成することができ、その結果、切り換え時点 4 0 の直後に非常に強い散乱波が発生す

50

ることになる。図 3 は、

- a) ステップ状チャープ波形の第 1 波成分だけを送信した場合と、
- b) ステップ状チャープ波形全体を送信した場合

でシミュレートしたバブル応答を示している。

【0028】

散乱波振幅における大きな変化 Δp に対して、圧縮相におけるバブル半径の小さな差 Δa に注目されたい。また、第 2 波成分の導入後におけるバブル壁速度の増大にも注目されたい。(a) の場合、破線はパルス停止位置に置かれ、(b) の場合、破線 40 は波形が低周波成分から高周波成分に切り換わる位置に置かれている。

【0029】

10

ステップ状チャープ波形の設計において、バブルの非線形応答を増強するために、より長い圧縮時間が期待されるが、バブル膨張相との負の相互作用を回避するために、第 2 波成分 60 の前半圧縮周期は十分に短くする必要がある。このような制約の下で、バブル壁速度の方向を変更する必要がなく(図 3 参照)、また、バブル表面圧力は、圧縮相において非常に急速に増大することから、第 2 波成分 60 の前半圧縮周期 80 は、第 1 波成分 50 の後半圧縮周期 70 よりも短くすることができる。その結果、 $f_h > f_l$ の関係が選択される。従って、本発明の一実施形態は、上方のステップ状チャープ波形を含む。今後、第 1 波成分 50 を低周波成分と呼び、第 2 波成分 60 を高周波成分と呼ぶ。

【0030】

造影剤の破壊を低減するために、低 M I イメージングが望ましい。造影剤のマイクロバブルは高 M I の超音波パルスによって破壊されるので、造影剤を破壊しないため、及び造影剤の撮像可能な持続時間を長く維持するために、低 M I パルスであることが望ましい。ステップ状チャープ波形は、低 M I イメージングが可能なように設計することができる。

20

【0031】

ステップ状チャープ波形は、特に単発射の高調波造影剤イメージング用に設計することができる。このような場合には、 f_h はおよそ $2f_l$ であって、受信時に $2f_l$ 付近でエコーを濾波することができる。第 2 高調波周波数付近でより強い応答を得るために、図 2 に示したような 2 つの連続する圧縮半周期の代わりに、図 4 に示すように、切り換え時間 40 において 2 つの連続する膨張周期 110 を使用することができる。

【0032】

30

膨張相 11 の間、半径方向変位は大きな表面圧力変化を生じないことから、バブルはより線形ばね質量系のように動作する(図 1 及び式 1 参照)。従って、駆動周波数(つまり、 $2f_l$) 付近ではより多くのエネルギーが散乱される。また、散乱断面積はバブルの大きさの 2 乗に比例するから、静止バブルを駆動するために、 $2f_l$ 周波数波を使用するよりも大きな振幅の散乱波を期待することができる。更に、高周波成分の第 2 の圧縮周期はバブル圧縮と同相であり、これにより大きな圧縮変位とより高いバブル壁速度をもたらすので、バブルの非線形応答も増強される。従って、図 4 に示すように、半周期の直後により強い散乱波 120 が達成される。 $2f_l$ 付近の全バブル応答は、 $2f_l$ 付近の増強された非線形応答と線形応答性との組み合わせとなる。増強された非線形応答により、また、バブルが、線形相においてさえ組織よりも非常に大きな圧縮性を有するために組織よりも強く散乱することから、高い CTR を達成することができる。更に、散乱波 120 の振幅は、ステップ状チャープ波形と同じ長さを有する、 f_l を中心とした低周波だけを送信した場合よりもずっと強いので、高い SNR を達成することができる。

40

【0033】

このバブル表面圧力とバブル半径変位との間の非線形な関係は、1 対の位相反転されたステップ状チャープ波形を使用したパルスインバージョン・イメージングを増強することに通常応用される。本発明の一実施形態においては、図 2 のステップ状チャープ波形を 0° パルスとして定義し、この 0° パルスを位相反転したパルスを図 5 に示すような 180° パルスと定義すると、図 5 に示すように、この 180° パルスは、切り換え時間 40 付近で長い膨張時間を有することが明らかである。

50

【 0 0 3 4 】

しかしながら、図 1 に示すように、バブル膨張相 1 1 の間、膨張方向 2 0 における半径変位は、バブル圧縮相 1 0 における同量の変位と比べて、バブル表面圧力に殆ど何の変化も引き起こすことはない。その結果、180°パルス送信におけるバブルからの散乱波は、0°パルス送信におけるほど大きくは増強されない。組織に関しては、バブルと比べて非線形性が非常に弱いので、0°送信からのエコーと180°送信からのエコーとの間に有意な差を見出すことはできない。従って、2つの位相反転されたステップ状チャープ波形送信において、超音波用造影剤及び組織からのエコー信号をコヒーレント加算した後に受信することにより、CTR及びSNRを増強することができる。

【 0 0 3 5 】

10

具体的には、 f_h がおおよそ $2f_l$ である場合には、通常のフェーズインバージョン・イメージングにおけるようにステップ状チャープの1対の位相反転された低周波成分のみを単に使用した場合と比べて、 $2f_l$ 付近で強い増強を達成することができる。第1回目と第2回目の発射から受信したエコーを、コヒーレント加算の前後で $2f_l$ 付近で濾波して、強いCTRを得ることができる。図6は、2MHzの通常のフェーズインバージョン・イメージングと、及び2MHz及び4MHzのステップ状チャープ・イメージングを用いた散乱波130（コヒーレント加算後の）とパワースペクトルのシミュレート結果を示している。1対の位相反転されたステップ状チャープ波形を使用して、4MHz付近で約7乃至8dBの増強を達成している。

【 0 0 3 6 】

20

本発明の一実施形態においては、ステップ状チャープ波形は、位相符号化又は振幅符号化された送信波を用いる複数回発射（単発射及び2回発射を含む）の状況においても使用することができる。2回発射の場合、2つのパルスが完全に位相反転されている必要はなく、例えば図7に示すように、第2波形の一部分140が反転され、別の部分150は反転されていなくてもよい（完全には位相反転されていない、つまり第1の部分が90°移相され、第2の部分が反転されている1対のステップ状チャープ波形）。また、2つの成分の振幅が異なっている点にも注目されたい。各々のステップ状チャープ波形は、2つ又はそれ以上の離散周波数成分の組み合わせとすることができる。この組み合わせは、1つの成分が単純に他の成分に後続してもよいし、或いは1つの成分が他の成分上又は他の成分の一部に加わっていてもよい。

30

【 0 0 3 7 】

図8は、本発明の一実施形態に従って構成された超音波診断用イメージングシステム200のブロック図を示す。このシステムは、送信/受信スイッチ220を介して送信器230及び受信器240に結合されたトランスデューサ・アレイ210を含む。ステップ状チャープ波形（#1乃至#N、 $N=1, 2, \dots$ ）は、ステップ状チャープ波形発生装置250、及び送信器制御装置260により制御される送信器230を介して連続的に送信される。

【 0 0 3 8 】

図8及び9を参照しながら単一パルスKに関して説明すると、ステップ410及び420において、ステップ状チャープ波形発生装置250は、第1の中心周波数を中心とした第1波形成分と、少なくとも第2の中心周波数を中心とした少なくとも第2波形成分とを有する単一のステップ状チャープパルスを発生する。

40

【 0 0 3 9 】

具体的には、単一のステップ状チャープパルスを発生させるためには、少なくとも2つの方法がある。1. ステップ状チャープパルスをオフラインで設計し、次いで完全な単一のステップ状チャープパルスKを発生させて、これを送信のために送信記憶装置内に保管する。2. 第1の周波数にて第1波形成分を発生させ、次いでこれとは別に少なくとも第2の周波数で少なくとも第2波形成分を発生させ、次に少なくともこれらの2つの波形成分を単一のステップ状チャープパルスKとして結合する。

【 0 0 4 0 】

50

ステップ４３０において、発生された単一のステップ状チャープパルスＫは、トランスデューサ・アレイ２１０を介して送信器２３０により被検体に送信される。ステップ４４０において、受信器２４０及びビームフォーマ２７０は、反射されたステップ状チャープパルスのエコーから受信信号を発生させ、この受信信号を記憶装置２８０内に格納する。受信時に圧縮フィルタは使用されない。ステップ４５０において、受信信号を処理して、表示される造影剤画像を発生させる。

【００４１】

本発明の一実施形態においては、受信器２４０の受信帯域通過フィルタの帯域幅と中心周波数とは、最良の造影剤応答を得るために調節することができる。例えば、中心周波数は、送信周波数（各波形成分は自己の送信周波数を有する）の内の１つであってもよいし、送信周波数の中の低調波、超高調波、第２高調波、又はより高次の高調波の内の１つであってもよい。受信帯域幅は、上記周波数帯の内の１つ又はそれ以上を含むように十分広くすることができる。

10

【００４２】

複数のステップ状チャープパルスを発生させることもできる。ステップ状チャープパルスＫ＋１、ここで

【００４３】

【数３】

$$K \in \{1, N-1\}$$

20

【００４４】

、は送信されたステップ状チャープパルスＫからのエコーが受信された後に送信される。各発射からのエコーは、受信器２４０により順次受信される。受信された信号{ R １ - R N }は、受信器制御装置２９０による制御の下で、ビームフォーマ２７０によりそれぞれビーム形成され濾過されて、記憶装置２８０内に格納される。ステップ４５０において、N個の受信信号が得られた後、これらは信号プロセッサ３１０により統合される（コヒーレント加算を含む）。結果として生じる処理された信号は、次にスキャン・コンバータ３２０へ送られ、最後に表示装置３３０のモニタ上で表示される。中央制御装置３４０は、超音波イメージングシステムのすべての高レベル機能を統合する。

30

【００４５】

本発明の別の実施形態として、送信されたステップ状チャープパルスの全て又は一部から反射された受信エコーは、ビーム形成及び濾波される前にコヒーレント加算することができる。

【００４６】

本発明の更に別の実施形態として、２つ以上の波形成分を有するステップ状チャープパルスを発生させて送信することができる。例えば、ステップ状チャープパルスは、各々が異なる中心周波数を持つ３つの波形成分を有することができる。

【００４７】

要約すると、ステップ状チャープ波形を使用した超音波造影イメージングの間にＣＴＲ及びＳＮＲを増強することができる。ステップ状チャープ波形は、造影剤バブルの非線形特性を利用するために設計されており、基本波又は高調波組織イメージングのために設計されていない。ステップ状チャープ波形は、異なる周波数を中心とする少なくとも２つの成分から構成されており、公知の符号化関数を用いてどのような単一パルスを畳み込むことによっても得ることはできない。受信プロセスにおいて、圧縮フィルタは使用されない。また、受信周波数帯は、その大部分が送信周波数帯と重なってもよい（つまり、受信周波数帯域と送信周波数帯域とを区分しなくてもよい）。

40

【００４８】

本発明を幾つかの実施形態を参照しながら説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなしに様々な変更を行い、又等価なもので置き換え可能であることが、当業者には理

50

解されるであろう。更には、特定の状況又は材料に適応させるために、本発明の範囲から逸脱することなしに、本発明の教示に多くの変更を加えることも可能であろう。従って本発明は、開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、請求項の範囲内に含まれる全ての実施形態を含むことが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】本発明の実施形態に従って利用される、非線形振動における半径方向変位の関数としてのバブル表面圧力のグラフ図。

【図 2】本発明の実施形態によるステップ状チャープ波形の例示的な図。

【図 3】本発明の実施形態によるシミュレートされたバブル応答の例示的な図。

10

【図 4】本発明の実施形態による単一発射高調波イメージングにおいてステップ状チャープパルスを使用した結果の例示的な図。

【図 5】本発明の実施形態による例示的な 1 対の位相反転されたステップ状チャープパルス。

【図 6】本発明の実施形態による 1 対の位相反転されたステップ状チャープパルスを使用したパルスインバージョン・イメージングのシミュレートされた増強の例示的な図。

【図 7】本発明の実施形態による完全には位相反転されていない 1 対のステップ状チャープパルスの例示的な図。

【図 8】本発明の実施形態によるステップ状チャープパルスを使用する増強された造影イメージングを実行するための超音波イメージングシステムの概略的なブロック図。

20

【図 9】本発明の実施形態によるステップ状チャープパルスを使用する増強された造影イメージングを実行するための方法のフロー図。

【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

4 0 切り換え時点

5 0 第 1 波成分

6 0 第 2 波成分

7 0 後半周期 (第 1 波成分 5 0 の)

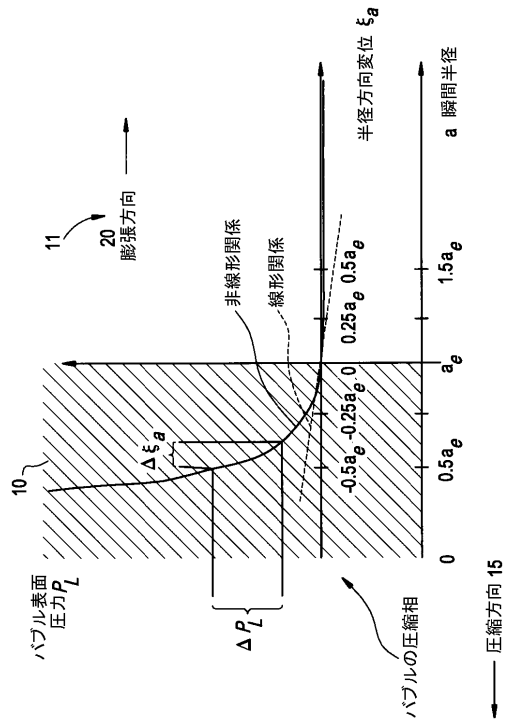
8 0 前半周期 (第 2 波成分 6 0 の)

9 0 圧縮半周期

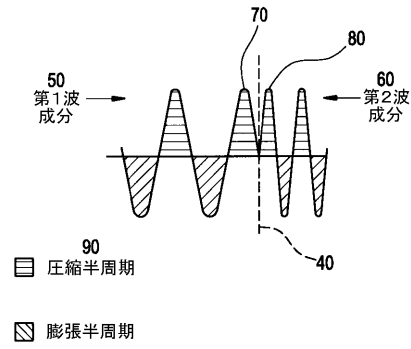
30

1 1 0 膨張周期

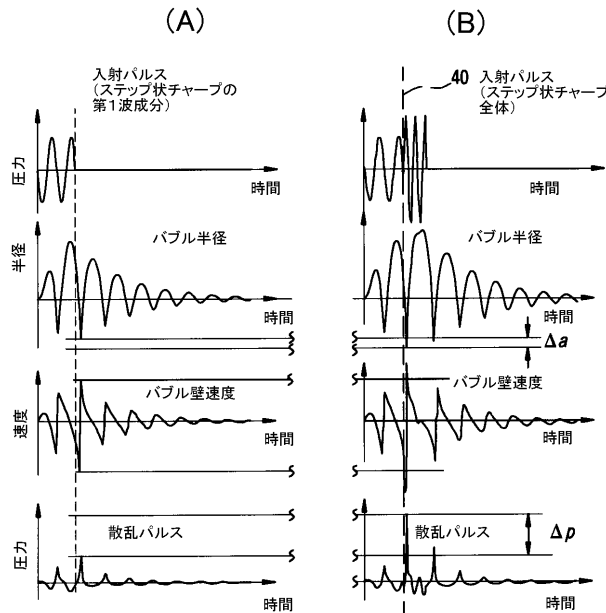
【図 1】



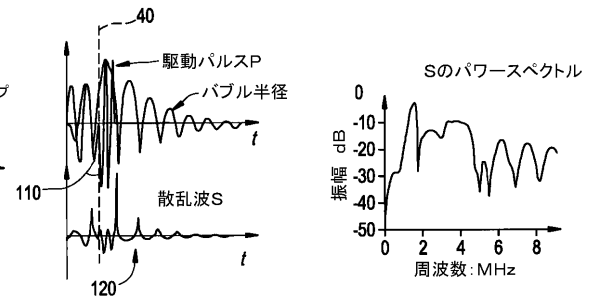
【図 2】



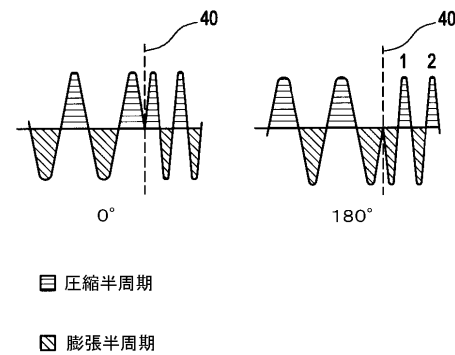
【図 3】



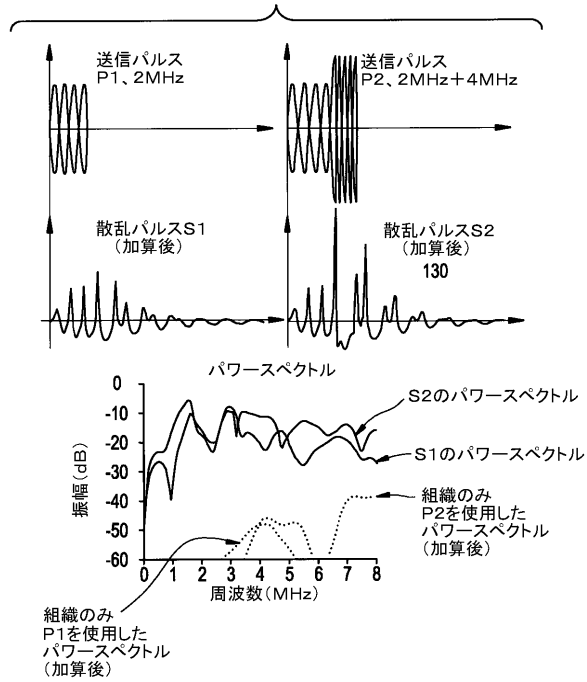
【図 4】



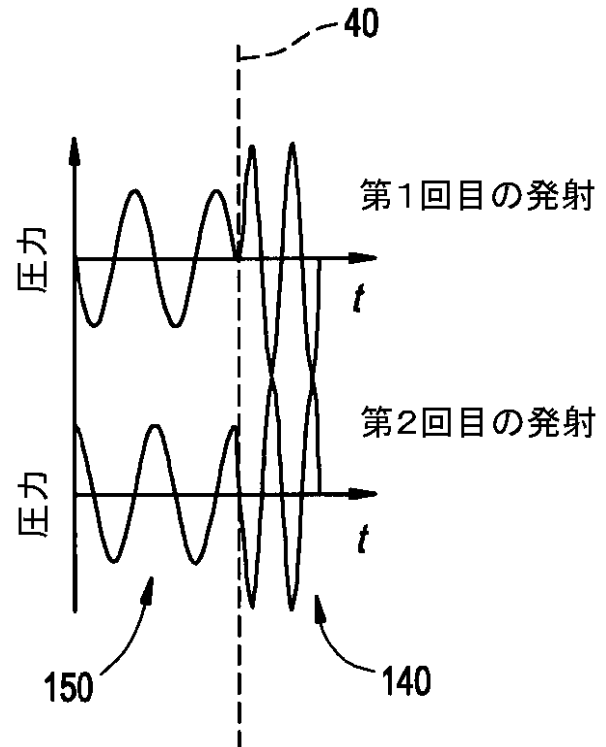
【図 5】



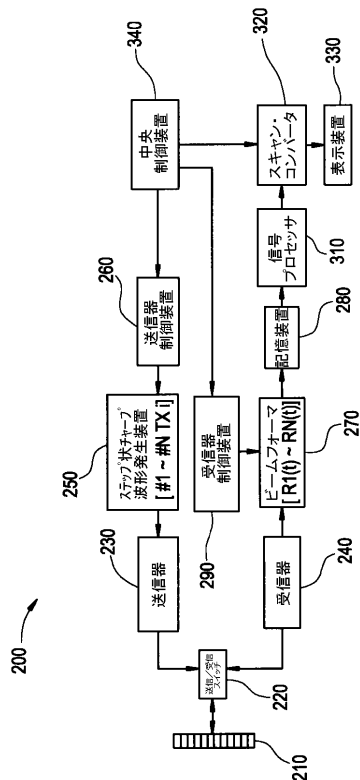
【 図 6 】



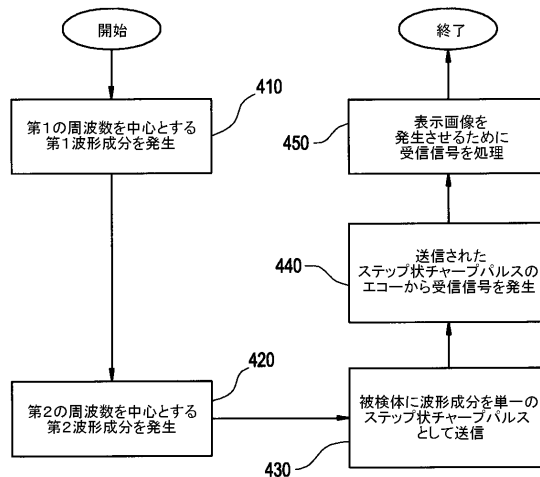
【 図 7 】



【圖 8】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 シャオホイ・ハオ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ウォーキシャ、ナンバー 3 6、ウエスト・ノース・ストリート、3 0 2 番
- (72)発明者 サッチ・パンダ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、グリーンフィールド、サウス・ラヴィニア・ドライブ、4 2 1 0 番
- (72)発明者 スティーブン・シー・ミラー
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ピウォーキー、アスペンウッド・レーン、ダブリュ 2 2 6 エヌ 2 5 7 2 番
- (72)発明者 リチャード・ワイ・チャオ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、メノモニー・フォールズ、プレイリー・ドーン、エヌ 5 3 ・ダブリュ 1 6 7 4 9 番

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 2 4 1 1 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 0 0

专利名称(译)	使用阶梯式啁啾波形增强超声对比度成像的方法和装置		
公开(公告)号	JP4667733B2	公开(公告)日	2011-04-13
申请号	JP2003329247	申请日	2003-09-22
申请(专利权)人(译)	GE医疗系统环球技术公司有限责任公司		
当前申请(专利权)人(译)	GE医疗系统环球技术公司有限责任公司		
[标]发明人	シャオホイハオ サッチパンダ ステイーブンシーミラー リチャードワイチャオ		
发明人	シャオホイ・ハオ サッチ・パンダ ステイーブン・シー・ミラー リチャード・ワイ・チャオ		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/4281 G01S7/52022 G01S7/52039 G01S15/895 G01S15/8963		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD03 4C601/DE06 4C601/DE07 4C601/DE10 4C601/DE14 4C601/EE02 4C601/EE04 4C601/HH10 4C601/JB45		
代理人(译)	小仓 博		
优先权	10/065180 2002-09-24 US		
其他公开文献	JP2004113788A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种方法和装置，用于通过使用阶梯式啁啾波形来增强超声成像系统（200）中的造影剂与组织比（CTR）和信噪比（SNR）。解决方案：第一波形分量（50）以第一频率使用，最适合开始气泡运动，而第二波形分量（60）以第二频率使用，最适合产生来自增强气泡的非线性响应。第一波形分量和至少一个第二波形分量作为单步骤啁啾发送脉冲发送。调整两个波形分量的中心频率，幅度，起始相位和带宽中的至少一个，以产生单步骤啁啾发送脉冲。还调整两个波形分量的相对相位之间的切换时间（40）和延迟时间，以最大化来自气泡的非线性响应。Z