

(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2016-214622

(P2016-214622A)

(43) 公開日 平成28年12月22日(2016. 12. 22)

(51) Int.Cl.
A61B 8/14 (2006.01)F I
A61B 8/14テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2015-103842 (P2015-103842)	(71) 出願人	000001270
(22) 出願日	平成27年5月21日 (2015. 5. 21)		コニカミノルタ株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
		(74) 代理人	110001254
			特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	谷口 哲哉
			東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 DE09 DE14 EE04 HH08 HH25 HH35

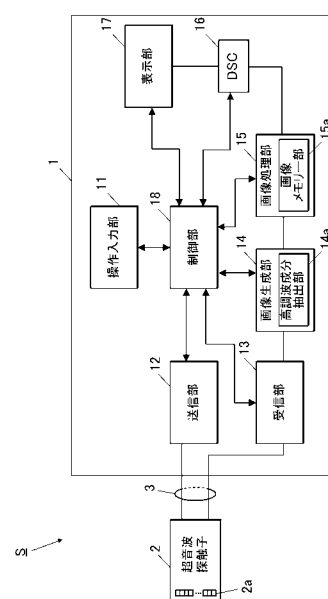
(54) 【発明の名称】 超音波画像診断装置

(57) 【要約】

【課題】 浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ることである。

【解決手段】 超音波画像診断装置Sは、駆動信号を用いて超音波探触子2を駆動し、波連長が前記超音波探触子の送信-6dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、送信-6dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が6以下であり、最大強度を0[dB]として規格化した送信-6dB帯域の下限周波数成分の信号強度が-8[dB]以上である送信超音波を超音波探触子2に送信させる送信部12と、超音波探触子2から受信信号を受信する受信部13と、前記送信超音波を送信することより得られた受信信号の高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部14と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、前記駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動し、波連長が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記送信－6 dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が6以下であり、最大強度を0 [dB]として規格化した後の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の信号強度が－8 [dB]以上である送信超音波を前記超音波探触子に送信させ、

前記画像生成部は、前記送信超音波を送信することにより得られた受信信号の高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する超音波画像診断装置。

【請求項 2】

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、駆動時間が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記送信－6 dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が7以下であり、前記送信－6 dB帯域の下限周波数成分の信号強度が10 [dB]以上である駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動する超音波画像診断装置。

【請求項 3】

前記送信部は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより前記駆動信号を生成する請求項1又は2に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 4】

前記送信部は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより得られた波形を送信部の電圧ステート数に応じて割り当てを行った波形情報を記憶しておき、これに基づいて前記駆動信号を生成する請求項1又は2に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、駆動時間が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記駆動時間の各区間を0.5波とみなして周波数換算し、当該

10

20

30

40

50

換算した周波数を前記超音波探触子の送受信－6 dB帯域の中心周波数で規格化した値の標準偏差が0.1以上0.3以下である駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動する超音波画像診断装置。

【請求項6】

前記駆動時間の最初の区間と最後の区間の少なくともいずれか一方が、全区間中の最大区間である請求項5記載の超音波診断装置。

【請求項7】

前記駆動時間の最初の区間と最後の区間の間の区間全てが、最初の区間と最後の区間のいずれよりも短い区間である請求項5又は6記載の超音波診断装置。

【請求項8】

前記送信部は、それぞれ波形の異なる駆動信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

前記画像生成部は、前記複数回の駆動信号によって生成された送信超音波に対応する前記反射超音波から得られた各受信信号の演算により高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する請求項1から7のいずれか一項に記載の超音波画像診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波画像診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断は、超音波探触子を体表から当てるだけの簡単な操作で心臓の拍動や胎児の動きの様子が得られ、かつ安全性が高いため繰り返して検査を行うことができる。

【0003】

このような超音波診断画像を表示する技術において、送信信号の基本波成分（周波数 f_0 ）に対する高調波成分（例えば周波数 $2f_0$ 、 $3f_0$ 等）を画像化することによって、コントラストの良い画像が得られることが報告されている。このような撮像法は、ティッシュハーモニックイメージング(Tissue Harmonic Imaging)と呼ばれている。

【0004】

上述した高調波成分は、主に超音波が被検体内を伝播する際に生ずる非線型歪みに起因して発生する。すなわち、生体内に照射された超音波は、組織の非線型応答により組織伝播中に信号が歪み、高調波成分が増大する。この結果、そのエコー信号には例えば基本波 f_0 の2倍周波数の $2f_0$ や、3倍周波数の $3f_0$ の成分が含まれることとなる。

【0005】

ティッシュハーモニックイメージングにおける高調波成分のエコーを抽出する方法としては、従来報告されている方法の一例として、フィルタ法と呼ばれるものがある。これは、中心周波数が例えば $2f_0$ の帯域通過フィルタを用いて受信信号から例えば $2f_0$ の高調波成分を抽出するものである。また、他の一例として、パルスインバージョン法と呼ばれるものがある。これは、極性を相互に反転させた第1および第2の送信波形を、時間間隔をおいて送信し、それぞれのエコー信号を整相加算して基本波成分を打ち消すことによって2次の高調波成分を強調するものである。そのため基本波成分を打ち消すには極性反転する相互の波形の送信駆動装置には高度の正負駆動対称性が要求される。

【0006】

しかしながら、超音波信号の高調波成分は、基本波成分と比べて周波数が高いから伝播時に減衰の影響を受けやすく、深部からのエコー信号の到達度、つまりペネトレーションがよいという問題点があった。一方、基本波の中心周波数 f_0 を下げれば減衰の影響を受けにくくなるからペネトレーションは改善できるが、周知のように分解能が低下してしまう。

【0007】

10

20

30

40

50

上述の2方法のうち、基本波／高調波の区別無く低周波領域をカットしてしまうフィルタ法では、よりこの影響が顕著となり、抽出後の帯域も狭くなるために画質もパルスインバージョン法と比較して一般的に劣るため、低価格装置以外ではパルスインバージョン法が主流となっている。

【0008】

近年は上述のパルスインバージョン法において分解能を維持しつつペネトレーションを向上する方法として、2次高調波より周波数の低い差音を利用する方法（特許文献1参照）や、発生する高調波を f_0 の1～2倍の周波数領域とする方法（特許文献2参照）が提案されているが、送信駆動装置への正負駆動対称性要求は依然として高いままである。

【0009】

加えて従来の単一周波数送波ではなく、複数周波数や周波数遷移等により複雑な時間波形を送波する要求が高まり、安価な3値（+HV／GND／-HV）や5値（+HV／+MV／GND／-MV／-HV）の送信駆動装置では制御に限界が生じ、更なる多値駆動装置の採用や周辺回路での波形整形が必要とされるために、更に送信駆動装置の低コスト化や小型化が困難となっている。

上述した問題点を解決する方法として、本願発明者は、鋭意検討の末、送信信号の周波数パワースペクトルの強度ピークを適宜設定することにより、5値以下の送信ステート数の送信駆動装置であっても分解能が特に高い高調波画像が得られる超音波診断装置を提供することが可能となった（特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2002-301068号公報

【特許文献2】特開2003-310609号公報

【特許文献3】特開2014-168555号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかし、上記特許文献3の超音波診断装置は、高分解能な画像が得られ、相応のペネトレーションも有しており有用性は高いが、深部では解像度が低下する傾向があった。浅部の分解能やS／Nを維持しながら深部の解像度を改善し、浅部から深部まで均一性の高い高調波画像を得られるようにすることが要望されていた。

【0012】

高調波画像をより深部まで描出させる方法の一つとしては駆動電圧を大きくする方法がある。しかしながら駆動電圧を上げるためには電源能力や装置の耐電圧が高いことが要求されるため、装置の大型化や高コスト化を招き、小型で安価な装置で実現することは難しい。また、超音波探触子に対しても圧電材料の脱分極や絶縁破壊等のリスクが高まるため好ましくなく、駆動電圧を大きくすることに依らない方法が求められている。

【0013】

S／Nを駆動電圧に依らず向上する方法としては、コード化送信やチャープ波等の長パルスを送信し、受信結果にマッチドフィルタ等を適用して短パルス化する、いわゆるパルス圧縮技術があるものの、その適用は基本波イメージングに実質的に限定され、高調波を用いたイメージングに適用することは困難という問題があった。

【0014】

また、高調波イメージングに用いていた従来の送信波形を繰り返すなどして単純に長パルス化する方法では、超音波探触子の-20dB帯域下限周波数の1.5波相当以上を超える駆動時間になると、送信信号の長パルス化に伴って得られる画像の分解能も低下してしまい、要求を満たす超音波画像を得ることは困難であった。

【0015】

本発明の課題は、浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ること

10

20

30

40

50

である。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、前記駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動し、波連長が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記送信－6 dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が6以下であり、最大強度を0 [dB]として規格化した後の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の信号強度が－8 [dB]以上である送信超音波を前記超音波探触子に送信させ、

前記画像生成部は、前記送信超音波を送信することにより得られた受信信号の高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する。

【0017】

請求項2に記載の発明は、

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、駆動時間が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記送信－6 dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が7以下であり、前記送信－6 dB帯域の下限周波数成分の信号強度が10 [dB]以上である駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動する。

【0018】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより前記駆動信号を生成する。

【0019】

請求項4に記載の発明は、請求項1又は2に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより得られた波形を送信部の電圧ステート数に応じて割り当てを行った波形情報を記憶しておき、これに基づいて前記駆動信号を生成する。

【0020】

請求項5に記載の発明は、

被検体に向けて送信超音波の送信と反射超音波の受信とを行う超音波探触子を備え、当該超音波探触子により得られた受信信号から超音波画像データを生成する超音波画像診断装置であって、

駆動信号を生成して前記超音波探触子に出力することにより当該超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部と、を備え、

前記送信部は、駆動時間が前記超音波探触子の送信－6 dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記駆動時間の各区間を0.5波とみなして周波数換算し、当該換算した周波数を前記超音波探触子の送受信－6 dB帯域の中心周波数で規格化した値の標準偏差が0.1以上0.3以下である駆動信号を用いて前記超音波探触子を駆動する。

【0021】

請求項6に記載の発明は、請求項5記載の超音波診断装置において、

前記駆動時間の最初の区間と最後の区間の少なくともいずれか一方が、全区間中の最大区間である。

【0022】

請求項7に記載の発明は、請求項5又は6記載の超音波診断装置において、

前記駆動時間の最初の区間と最後の区間の間の区間全てが、最初の区間と最後の区間のいずれよりも短い区間である。

【0023】

請求項8に記載の発明は、請求項1から7のいずれか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、それぞれ波形の異なる駆動信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

前記画像生成部は、前記複数回の駆動信号によって生成された送信超音波に対応する前記反射超音波から得られた各受信信号の演算により高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施の形態の超音波画像診断装置の外観図である。

【図2】超音波画像診断装置の機能構成を示すブロック図である。

【図3】送信部の機能構成を示すブロック図である。

【図4】(a)は、実施の形態の一例の送信超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。(b)は、深度が表層部における反射超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。(c)は、深度が焦点近傍における反射超音波の周波数特性を示す図である。(d)は、深度が焦点より深い部分における反射超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。

【図5】実施の形態及び従来例における表示深度に対する総合画質を示す図である。

【図6】(a)は、送信直後における送信超音波の時間波形を示す図である。(b)は、表層部における送信超音波の時間波形を示す図である。(c)は、表層から焦点における送信超音波の時間波形を示す図である。(d)は、焦点近傍における送信超音波の時間波形を示す図である。

【図7】(a)は、従来の波形合成を示す図である。(b)は、実施の形態の波形合成を示す図である。

【図8】実施の形態の波形合成による第5の実施例の駆動信号の時間波形生成を示す図である。

【図9】駆動信号の各区間を示す図である。

【図10】(a)は、第2の比較例の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。(b)は、第2の実施例の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。(c)は、第8の比較例の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。

【図11】(a)は、超音波探触子の送受信の規格化感度の周波数特性を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 3 6】 (a) は、第 5 の実施例の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。(50

b) は、第 5 の実施例の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 37】 (a) は、第 5 の実施例の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。

(b) は、第 5 の実施例の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【図 38】 (a) は、第 9 の比較例の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。(b) は、第 9 の比較例の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 39】 (a) は、第 9 の比較例の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。

(b) は、第 9 の比較例の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【図 40】 (a) は、第 10 の比較例の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。

(b) は、第 10 の比較例の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 41】 (a) は、第 10 の比較例の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。 (b) は、第 10 の比較例の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。 10

【発明を実施するための形態】

【0026】

添付図面を参照して本発明に係る実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は、図示例に限定されるものではない。なお、以下の説明において、同一の機能及び構成を有するものについては、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0027】

先ず、図 1～図 3 を参照して、本実施の形態の超音波画像診断装置 S の装置構成を説明する。図 1 は、本実施の形態の超音波画像診断装置 S の外観図である。図 2 は、超音波画像診断装置 S の機能構成を示すブロック図である。図 3 は、送信部 12 の機能構成を示す 20
ブロック図である。

【0028】

本実施の形態に係る超音波画像診断装置 S は、図 1 及び図 2 に示すように、超音波画像診断装置本体 1 と、超音波探触子 2 と、を備えている。超音波探触子 2 は、図示しない生体等の被検体に対して超音波（送信超音波）を送信するとともに、この被検体で反射した超音波の反射波（反射超音波：エコー）を受信する。超音波画像診断装置本体 1 は、超音波探触子 2 とケーブル 3 を介して接続され、超音波探触子 2 に電気信号の駆動信号を送信することによって超音波探触子 2 に被検体に対して送信超音波を送信させるとともに、超音波探触子 2 にて受信した被検体内からの反射超音波に応じて超音波探触子 2 で生成された電気信号である受信信号に基づいて被検体内の内部状態を超音波画像データとして画像 30
化する。

【0029】

超音波探触子 2 は、圧電素子からなる振動子 2a、送信超音波を焦点に向けて集束させる音響レンズ等を備えており、この振動子 2a は、例えば、方位方向に一次元アレイ状に複数配列されている。本実施の形態では、例えば、192 個の振動子 2a を備えた超音波探触子 2 を用いている。なお、振動子 2a は、二次元アレイ状に配列されたものであってもよい。また、振動子 2a の個数は、任意に設定することができる。また、本実施の形態では、超音波探触子 2 について、リニア走査方式の電子スキュンプローブを採用したが、電子走査方式あるいは機械走査方式の何れを採用してもよく、また、リニア走査方式、セクタ走査方式あるいはコンベックス走査方式の何れの方式を採用することもできる。 40

【0030】

超音波画像診断装置本体 1 は、例えば、図 2 に示すように、操作入力部 11 と、送信部 12 と、受信部 13 と、画像生成部 14 と、画像処理部 15 と、DSC (Digital Scan Converter) 16 と、表示部 17 と、制御部 18 と、を備える。

【0031】

操作入力部 11 は、例えば、診断開始を指示するコマンドや被検体の個人情報等のデータの入力などを行うための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボード等を備えており、操作信号を制御部 18 に出力する。

【0032】

送信部 12 は、制御部 18 の制御に従って、超音波探触子 2 にケーブル 3 を介して電気 50

信号である駆動信号を供給して超音波探触子 2 に送信超音波を発生させる回路である。より具体的には、送信部 1 2 は、図 3 に示すように、例えば、クロック発生回路 1 2 1、パルス発生回路 1 2 2、時間及び電圧設定部 1 2 3 及び遅延回路 1 2 4 を備えている。

【0033】

クロック発生回路 1 2 1 は、駆動信号の送信タイミングや送信周波数を決定するクロック信号を発生させる回路である。パルス発生回路 1 2 2 は、所定の周期で駆動信号としてのパルス信号を発生させるための回路である。パルス発生回路 1 2 2 は、例えば、3 値（ $+HV/0$ （GND） $-HV$ ）、5 値（ $+HV/+MV/0$ （GND） $-MV-HV$ ）の電圧を切り替えて出力することにより、矩形波による駆動信号を発生させることができる。このとき、パルス信号の振幅については、正極性及び負極性で同一となるようにしたが、これに限定されない。本実施の形態では、3 値、5 値の電圧を切り替えて駆動信号を出力するようにしたが、3 値、5 値に限定されず、適宜の値に設定することができるが、5 値以下が好ましい。これにより、低コストで周波数成分の制御の自由度を向上させることができ、より高分解能である送信超音波を得ることができる。

【0034】

時間及び電圧設定部 1 2 3 は、パルス発生回路 1 2 2 から出力される駆動信号の同一電圧レベルの各区間の持続時間及びその電圧レベルを設定する。すなわち、パルス発生回路 1 2 2 は、時間及び電圧設定部 1 2 3 によって設定された各区間の持続時間及び電圧レベルに従ったパルス波形による駆動信号を出力する。時間及び電圧設定部 1 2 3 で設定される各区間の持続時間及び電圧レベルは、例えば、操作入力部 1 1 による入力操作により可変することができる。

【0035】

遅延回路 1 2 4 は、駆動信号の送信タイミングを振動子毎に対応した個別経路毎に遅延時間を設定し、設定された遅延時間だけ駆動信号の送信を遅延させて送信超音波によって構成される送信ビームの集束を行うための回路である。

【0036】

以上のように構成された送信部 1 2 は、制御部 1 8 の制御に従って、駆動信号を供給する複数の振動子 2 a を、超音波の送受信毎に所定数ずらしながら順次切り替え、出力の選択された複数の振動子 2 a に対して駆動信号を供給することによりスキャンを行う。

【0037】

本実施の形態では、後述する高調波成分を抽出するために、パルスインバージョン法を実施することができる。すなわち、送信部 1 2 は、パルスインバージョン法を実施する場合には、第 1 のパルス信号と、この第 1 のパルス信号とは極性反転した第 2 のパルス信号とを同一走査線上に時間間隔をおいて送信することができる。なお、このとき、第 1 のパルス信号の複数のデューティーのうちの少なくとも 1 つを異ならせて極性反転させた第 2 のパルス信号を送信するようにしてもよい。また、第 2 のパルス信号は、第 1 のパルス信号とは時間反転させたものであってもよい。

【0038】

受信部 1 3 は、制御部 1 8 の制御に従って、超音波探触子 2 からケーブル 3 を介して電気信号の受信信号を受信する回路である。受信部 1 3 は、例えば、増幅器、A/D 変換回路、整相加算回路を備えている。増幅器は、受信信号を、振動子 2 a 毎に対応した個別経路毎に、予め設定された所定の増幅率で増幅させるための回路である。A/D 変換回路は、増幅された受信信号をアナログデジタル変換（A/D 変換）するための回路である。整相加算回路は、A/D 変換された受信信号に対して、振動子 2 a 毎に対応した個別経路毎に遅延時間を与えて時相を整え、これらを加算（整相加算）して音線データを生成するための回路である。

【0039】

画像生成部 1 4 は、受信部 1 3 からの音線データに対して包絡線検波処理や対数増幅などを実施し、ゲインの調整等を行って輝度変換することにより、B モード画像データを生成する。すなわち、B モード画像データは、受信信号の強さを輝度によって表したもので

10

20

30

40

50

ある。画像生成部 14 にて生成された B モード画像データは、画像処理部 15 に送信される。また、画像生成部 14 は、高調波成分抽出部 14a を備えている。

【0040】

高調波成分抽出部 14a は、受信部 13 から出力された受信信号からパルスインバージョン法を実施して高調波成分を抽出する。本実施の形態では、高調波成分抽出部 14a により、2 次高調波成分を抽出することができる。2 次高調波成分は、上述した第 1 のパルス信号及び第 2 のパルス信号からそれぞれ発生した 2 つの送信超音波にそれぞれ対応する反射超音波から得られる受信信号を加算（合成）して受信信号に含まれる基本波成分を除去した上で必要に応じてフィルター処理を行うことにより抽出することができる。

【0041】

画像処理部 15 は、D R A M（Dynamic Random Access Memory）などの半導体メモリによって構成された画像メモリ部 15a を備えている。画像処理部 15 は、画像生成部 14 から出力された B モード画像データをフレーム単位で画像メモリ部 15a に記憶する。フレーム単位での画像データを超音波画像データ、あるいはフレーム画像データということがある。画像処理部 15 は、画像メモリ部 15a に記憶した超音波画像データを適宜読み出して D S C 16 に出力する。

【0042】

D S C 16 は、画像処理部 15 より受信した超音波画像データをテレビジョン信号の走査方式による画像信号に変換し、表示部 17 に出力する。

【0043】

表示部 17 は、L C D（Liquid Crystal Display）、C R T（Cathode-Ray Tube）ディスプレイ、有機 E L（Electronic Luminescence）ディスプレイ、無機 E L ディスプレイ及びプラズマディスプレイ等の表示装置が適用可能である。表示部 17 は、D S C 16 から出力された画像信号に従って表示画面上に超音波画像の表示を行う。

【0044】

制御部 18 は、例えば、C P U（Central Processing Unit）、R O M（Read Only Memory）、R A M（Random Access Memory）を備えて構成され、R O M に記憶されているシステムプログラム等の各種処理プログラムを読み出して R A M に展開し、展開したプログラムに従って超音波画像診断装置 S の各部の動作を集中制御する。R O M は、半導体等の不揮発メモリ等により構成され、超音波画像診断装置 S に対応するシステムプログラム及び該システムプログラム上で実行可能な各種処理プログラムや、各種データ等を記憶する。これらのプログラムは、コンピューターが読み取り可能なプログラムコードの形態で格納され、C P U は、当該プログラムコードに従った動作を逐次実行する。R A M は、C P U により実行される各種プログラム及びこれらプログラムに係るデータを一時的に記憶するワークエリアを形成する。

【0045】

次に、図 4（a）～図 6（d）を参照して、本実施の形態における超音波画像データ生成のための駆動信号生成、超音波送受信の方法について説明する。図 4（a）は、本実施の形態の一例の送信超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。図 4（b）は、深度が表層部における反射超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。図 4（c）は、深度が焦点近傍における反射超音波の周波数特性を示す図である。図 4（d）は、深度が焦点より深い部分における反射超音波の信号強度の周波数特性を示す図である。図 5 は、本実施の形態及び従来例における表示深度に対する総合画質を示す図である。図 6（a）は、送信直後における送信超音波の時間波形を示す図である。図 6（b）は、表層部における送信超音波の時間波形を示す図である。図 6（c）は、表層から焦点における送信超音波の時間波形を示す図である。図 6（d）は、焦点近傍における送信超音波の時間波形を示す図である。

【0046】

本実施の形態では、超音波探触子 2 の帯域を充分に利用した広帯域の超音波送出を行うだけでなく、駆動信号の波形、ひいては送信超音波の波形の周波数成分分布を制御するこ

10

20

30

40

50

とにより、超音波探触子ー20 dB帯域下限周波数の1.5波相当以上の長時間の駆動信号を入力しながら、パルス圧縮等の手法を用いずに、被検体の浅部では分解能とS/Nとに優れた高調波画像が得られ、なおかつ深部での顕著な解像度低下を抑制して、浅部から深部まで均一性の高い高調波画像を得ることが可能となる。

【0047】

より具体的には、広い周波数成分を含む送信を行い、図6(a)～図6(d)のように深達性の高い、低い周波数成分は時間的な大きな広がりを持つが、高い周波数成分は時間的な広がりが小さい送信超音波を送信することにより達成される。

【0048】

ティッシュハーモニックイメージングに用いられる高調波成分は、送信超音波の集束により音圧が向上して伝搬非線形を生じることにより生成される。送信超音波の集束は、超音波探触子2のように、音響レンズを用いる一般的な超音波探触子を用いる場合には、短軸方向は音響レンズによる音波の屈折により集束され、長軸方向は電子フォーカスによる送信遅延により集束される。このとき、周波数により音波の集束性が異なることを利用して高調波の生成を制御する。

【0049】

例えば、図4(a)のような、基本波 f_1 、 f_2 、 f_3 を含む送信超音波を送信する構成を考える。図4(a)において、横軸が周波数を示し、縦軸が感度(信号強度)を示し、太線の実線が超音波探触子の周波数成分(送受信周波数帯域)を示す。また、図4(b)～図4(d)において、横軸が周波数を示し、縦軸が信号強度を示し、中線の実線が反射超音波の各周波数成分をまとめた周波数成分を示し、太線の実線が超音波探触子2の周波数成分(送受信周波数帯域)を示す。

【0050】

ホイヘンスの原理に基づく超音波ビームの集束幅は周波数の逆数に比例することが知られている。図4(a)の送信超音波波形の構成になっている場合、基本波 f_1 に対して3倍の周波数を有する基本波 f_3 成分は集束によるビーム幅が $1/3$ となる。すなわち基本波 f_1 と比較して3倍の密度で集束するため、この成分を含む領域は音響レンズによる集束でも容易に音圧が上昇し、高調波を生成する非線形領域に達する。

【0051】

図6(a)～図6(d)において、横軸が時間を示し、縦軸が音圧を示し、送信超音波における基本波 f_1 、 f_2 成分が主体となる時間波形領域を破線で示し、同じく基本波 f_3 成分が主体となる時間波形領域を一点鎖線で示す。また、音圧が正の閾値よりも高い又は負の閾値よりも低い領域が非線形領域を表し、音圧が正の閾値以下負の閾値以上にある領域が線形領域を表している。図5の表示深度aが図6(a)の深度に対応し、図5の表示深度bが図6(b)の深度に対応し、図5の表示深度cが図6(c)の深度に対応し、図5の表示深度dが図6(d)の深度に対応するものとする。

【0052】

図6(a)に示すように、超音波探触子2からの送信超音波の送信直後では、基本波成分は線形領域内であるが、周波数の高い成分が局在化している一点鎖線に示した様に相対的に高い状態となっている。図6(b)に示すように、被検体の表層部(音響レンズによる集束)の送信超音波では、周波数が高く集束性の高い基本波 f_3 成分を主体とする領域が音響レンズ集束により非線形領域に到達し、伝搬速度差を生じて高調波を生成する。よって浅部としての表層部では、電子フォーカス焦点が深部にある場合でも、図4(b)のような f_3 の差音を中心とする広帯域な高調波成分が音響レンズにより生成される。送信超音波のうち、集束により非線形領域に達するのは波形のうち高周波成分を含む領域だけであるため、波形全体のパルス長は長いが高調波を生成する非線形領域到達部分は短く、高分解能な画像が得られる。図4(b)に示すように、送波直後～表層部で生成して反射受信される高調波成分は、基本波 f_1 、 f_2 に由来する成分よりも基本波 f_3 に由来する成分の信号強度が強くなっている。

【0053】

図 6 (c) に示すように、表層から長軸焦点までの中間領域においては、基本波 f_3 成分による表層部での高調波生成と、基本波 f_1 、 f_2 成分による焦点近傍での高調波生成との双方が相補うように生成する。

【0054】

図 6 (d) に示すように、焦点近傍では、高い周波数成分の基本波 f_3 を主体とする時間波形領域は減衰および高調波成分へのエネルギー移行により減少して線形領域の音圧まで低下するが、代わりに減衰が弱く表層部では線形領域にとどまっていた低周波の基本波 f_1 、 f_2 を主体とする成分の音圧が電子フォーカスによる集束により非線形領域まで達することにより高調波成分を生成するようになる。表層部と同様、送信超音波のパルス長は長いものの、高調波を生成する非線形領域に達する領域は一部であるため高い分解能が得られる。図 4 (c) に示すように、焦点近傍では、新たに生成する高調波成分は、基本波 f_1 、 f_2 に由来する成分が主体となる。基本波 f_3 に由来する高調波成分は殆ど生成しなくなるため、減衰により表層部より減少して、反射受信される高調波の信号強度関係は図示したような関係になる。また、ここで示されている $3f_1$ 成分、すなわち 3 次高調波成分は、他の成分がパルスインバージョンの加算演算により抽出されるのとは別に減算演算および帯域通過処理により抽出され、必要に応じて位相調整された後、他の高調波成分の音線信号に加算されることを示している。必要に応じて位相をオールパスフィルターなどで調整することにより波の重ね合わせ原理により他の高調波成分と結合して広帯域な受信信号を得ることが可能となる。図 4 (d) に示すように、焦点よりも深い部分では、高調波の生成より減衰の方が優るため、次第に反射受信できる高調波成分は減少していくが、基本波 f_1 、 f_2 に由来する高調波成分はある程度高調波生成が継続して急激に減少しないのに対し、基本波 f_3 に由来する高調波成分は減衰の影響のみを受けるため、反射受信される高調波成分に占める割合はかなり小さくなる。

【0055】

図 5 に示すように、図 4 (a) の送信超音波を用いた場合の表示深度に対応する総合画質の特性は、後述の比較例 1 に示した様な、超音波探触子の帯域の低周波側の基本波を用いて高調波画像を得る従来技術の総合画質の特性に比べて高くなる。総合画質は、生成される画像データの超音波画像の S/N 、分解能を含む総合的な画質を示す。図 5 において、破線が、基本波 f_3 成分による第 1 段の生成高調波成分を示し、一点鎖線が、基本波 f_1 、 f_2 成分による第 2 段の生成高調波成分を示す。本実施の形態の第 1 段、第 2 段の生成高調波成分をまとめた総合画質の周波数特性を実線の太線で示し、従来例の総合画質の周波数特性を実線の中線で示す。従来例では送波されている音波の周波数が低いために浅部では十分に音圧が上昇せずに十分な高調波信号が得られないため画質が向上しないのに対し、こうして集束特性の差を利用して高調波の生成を多段生成とすることにより、表層部から焦点近傍の広い領域に渡って高 S/N で分解能の高い超音波画像を得ることが可能となる。

【0056】

図 4 (a) で説明した送信超音波波形は 1 例であり、この構成に限定されないが、送信超音波を構成する周波数成分のうち、周波数の高い成分ほど時間的な広がり狭く集中しており、周波数の低い成分ほど時間的な広がり広いことが高調波多段生成のための必要条件となる。

【0057】

次に、図 7 (a) ~ 図 10 (c) を参照して、上記に示した送信超音波波形を具体的に生成させる方法を説明する。まず、図 7 (a) ~ 図 8 を参照して、上記送信超音波波形を生成させる第一の方法を説明する。図 7 (a) は、従来の波形合成を示す図である。図 7 (b) は、本実施の形態の波形合成を示す図である。図 8 は、本実施の形態の波形合成による後述する実施例 5 の駆動信号の時間波形生成を示す図である。

【0058】

そこで、上記送信超音波波形を生成させる第一の方法は、送信部 12 (パルス発生回路 122) で、周波数の異なる複数の時間波形 (パルス) を変調して合成し、これを駆動信

号の波形とする方法である。しかし、図 7 (a) に示すように、従来の波形合成方法として、点線で示す同じ時間幅の矩形窓を用いてフィルタリングした複数 (3 つ) の周波数の波形を単純に合成して駆動信号を生成する方法では、駆動時間が送信 - 6 dB 帯域の下限周波数成分の 1.5 波相当以上になると、図 6 (a) に示された、高い周波数成分が時間的な広がり小さく、低い周波数成分が時間的な広がりの大きい送信超音波を生成できないため、高調波の多段生成が実現できない。図 7 (a)、(b) の各波形において、横軸が時間を示し、縦軸が信号強度 (電圧) を示す。

【0059】

本実施の形態の変調の方法は、例えば図 7 (b) に示すように、点線で示すハニング窓等を用いて、周波数の時間波形の振幅を変調する方法 (AM (Amplitude Modulation) 変調) と、周波数を遷移させる方法 (FM (Frequency Modulation) 変調) と、のいずれか一方又はこれらの組合せを用いて波形を合成する合成方法である。

【0060】

図 7 (b) の例では、左から 1 番目の波形が、FM 変調した所定波形を矩形窓によりフィルタリングされた時間波形であり、2、3 番目の波形が、点線で示すハニング窓を用いて AM 変調された時間波形である。送信部 12 が、これら 1 ~ 3 番目の波形を生成して合成して駆動することにより、図 6 (a) に示された送信超音波を生成できる。波形の合成にあたっては、1 ~ 3 番目の波形の振幅に各々適当な倍率を乗じて合成することが好ましい。この倍率は超音波探触子の送信感度差を補正し、所望の周波数強度比の送信超音波が送出されるよう決定される。

【0061】

なお、AM 変調は、図 7 (b) に示したような同じ時間幅の窓を利用した方法だけにとどまらず、時間幅の異なる窓を利用する方法も利用することができる。すなわち必ずしも振幅を段階的に変化させる方法だけでなく、振幅を ON-OFF する方法であるいわゆる矩形窓で、各周波数成分の時間的な広がりを制御する方法も本実施の形態においては利用することが可能である。

【0062】

図 7 (b) の例では、1 ~ 3 番目の時間波形が、駆動信号の基本波 f_1 、 f_2 、 f_3 成分に対応する。合成に用いられる周波数成分の数は特に限定されないが、上述の送信超音波波形の構成を構築するためには最低 2 つの周波数、好ましくは 3 つ以上の周波数を合成して駆動波形を生成することが好ましい。

【0063】

また、用いられる周波数成分の周波数差が少ないと、上述の超音波ビームの集束性の差が生じにくくなり、この差を利用した高調波の多段生成が成しえないため、合成に用いる波形のうち、最も低い周波数成分の 2 倍以上高い周波数成分を少なくとも含むことが好ましい。

【0064】

上記方法により複数の周波数成分を合成して得られた駆動信号の波形は、そのまま任意波形送信機等として送信部 12 を用いて駆動しても良いが、電圧ステート数が限定された送信部 12 で駆動可能とするためにステート数、例えば 5 値の電圧値にこれを割り当てた近似駆動波形を用いて駆動しても良い。つまり、パルス発生回路 122 は、AM 変調及び FM 変調の少なくとも一つにより変調された時間波形を合成した波形に基づき、当該合成波形に、時間及び電圧設定部 123 により設定された各区間の持続時間及び電圧レベルを割り当てて駆動信号を生成し、当該駆動信号に遅延回路 124 の遅延を与えて、超音波探触子 2 に出力する構成としてもよいし、あらかじめ割り当て済みの波形情報を記憶部 (図示略) に記憶しておき、これに基づいて駆動信号を生成する方法でも良いが、後者の方が装置の複雑化を招かないため好ましい。駆動制御の調整を細かく行える点では任意波形送信機を用いて駆動することが好ましいが、5 値程度の電圧ステート数でも実用上十分な駆動制御が可能であり、装置のコストを抑えるという点ではこの態様が好ましい。

【0065】

合成波形の各電圧ステートへの割り当ての具体的な方法を、後述する実施例 5 に示す波形番号 12 の駆動信号の波形 12 を例にとって説明する。ここで、実施例 5 の駆動信号の波形 12 は、図 34 (a) に示す信号強度の時間特性を有する駆動信号であり、図 34 (b) に示す信号強度の周波数特性を有する。

【0066】

まず図 8 に示すように図 7 (b) のごとく変調を行った 3 つの各波形 W1, W2, W3 を生成し、上から 1 番目の波形 W1 は振幅を 2 倍、他の波形 W2, W3 は 1 倍として加算して合成波形 W4 を得る。その後、正極側と負極側の振幅バランスを考慮して、直流成分のため送波に影響しない振幅方向のバイアスを波形全体に加え、これを図 8 に示したように 5 値に割り当てて、実施例 5 の駆動信号の波形 12 としての波形 W5 を得ている。

10

【0067】

さらに、FM 変調を行う場合は、図 7 (b) の 1 番目の時間波形のように、波形の持続時間中において、低周波→高周波→低周波と遷移する変調であることが上記に示した送信超音波波形を得るためには好ましい。

加えて、合成する波形のうち最も低い周波数成分は FM 変調を行うことが、周波数帯幅を保ちながら低周波成分を増加させるうえで好ましい。

【0068】

次いで、図 9～図 11 (b) を参照して、上記送信超音波波形を生成させる第二の方法上記送信超音波波を説明する。図 9 は、駆動信号の各区間を示す図である。図 10 (a) は、後述する比較例 2 の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。図 10 (b) は、後述する実施例 2 の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。図 10 (c) は、後述する比較例 8 の駆動信号の各区間の周波数成分換算値分布を示す図である。図 11 (a) は、超音波探触子 2 の送受信の規格化感度の周波数特性を示す図である。図 11 (b) は、超音波探触子 2 の送信の規格化感度の周波数特性を示す図である。

20

【0069】

上記送信超音波波形を生成させる第二の方法は、例えば図 9 の様に、駆動信号の 1 区間の持続時間を離散化し、広帯域を確保する方法である。図 9 において、横軸が時間を示し、縦軸が信号強度（電圧）を示し、駆動信号の波形の 1 値が持続する時間を両矢印で示す 1 区間とする。この場合の 1 値とは、電源電圧等の変動による実測値としての電圧揺らぎは考慮しないものとし、駆動信号の論理値として 1 値が持続している時間を 1 区間とする。こうして得られた駆動信号の各区間の持続時間を 0.5 波とみなして周波数換算する。

30

【0070】

ここで、後述する比較例 2 に示す波形番号 2 の駆動信号の波形 2 と、後述する実施例 2 に示す波形番号 8 の駆動信号の波形 8 と、後述する比較例 8 に示す波形番号 10 の駆動信号の波形 10 を例にとって第二の方法を説明する。ここで、比較例 2 の駆動信号の波形 2 は、図 14 (a) に示す信号強度の時間特性を有する駆動信号であり、図 14 (b) に示す信号強度の周波数特性を有する。実施例 2 の駆動信号の波形 8 は、図 26 (a) に示す信号強度の時間特性を有する駆動信号であり、図 26 (b) に示す信号強度の周波数特性を有する。比較例 8 の駆動信号の波形 10 は、図 30 (a) に示す信号強度の時間特性を有する駆動信号であり、図 30 (b) に示す信号強度の周波数特性を有する。

40

【0071】

比較例 2、実施例 2、比較例 8 の駆動信号の各区間の周波数（1 次）成分換算値を、それぞれ、図 10 (a)～図 10 (c) に黒丸●で示す。また、図 10 (a)～図 10 (c) において、横軸が周波数 [MHz] を示し、縦軸が信号強度（相対値）を示し、超音波探触子 2 の送信感度の -20 dB 帯域（送信 -20 dB 帯域）を両矢印で示し、各区間の周波数（矩形）3 次高調波成分換算値を白四角□で示す。

【0072】

ここで、図 11 (a)、図 11 (b) を参照して、超音波探触子 2 の周波数特性を説明する。図 11 (a)、(b) において、横軸が周波数 [MHz] を示し、縦軸が規格化感

50

度 [dB] を示す。規格化感度では、最大の感度の値を 0 [dB] にとっている。図 11 (a) において、送受信の -6 dB 感度帯域を示す送受信 -6 dB 帯域を黒の両矢印で示し、送受信の -20 dB 感度帯域を示す送受信 -20 dB 帯域を白の両矢印で示す。送受信 -6 dB 帯域の上限値を周波数 F_{H6} とし、下限値を周波数 F_{L6} とする。送受信 -20 dB 帯域の上限値を周波数 F_{H20} とし、下限値を周波数 F_{L20} とする。超音波探触子 2 の送受信 -6 dB 帯域の中心の周波数を中心周波数 F_{C6} とする。

【0073】

図 11 (b) において、送信の -6 dB 感度帯域を示す送信 -6 dB 帯域を黒の両矢印で示し、送信 -20 dB 感度帯域を示す送信 -20 dB 帯域を白の両矢印で示す。送信 -6 dB 帯域の上限値を周波数 $T_{x}F_{H6}$ とし、下限値を周波数 $T_{x}F_{L6}$ とする。送信 -20 dB 帯域の上限値を周波数 $T_{x}F_{H20}$ とし、下限値を周波数 $T_{x}F_{L20}$ とする。図 10 (a) ~ 図 10 (c) には、図 11 (b) の超音波探触子 2 の送信 -20 dB 帯域が示されている。

【0074】

比較例 2 の波形 2 の様に、一定の駆動時間を繰り返す波形の場合、図 10 (a) に示すように、矩形波に含まれる周波数 3 次高調波成分換算値を考慮しても、超音波探触子 2 の送信 -20 dB 帯域の一部のみに周波数成分を持つ形となるため、送出される音波も狭帯域となって広帯域な高調波成分を得ることが出来ない。しかしながら、実施例 2 の波形 8 の様に、1 区間の持続時間を離散化して駆動パルスの規則性を分散させると、図 10 (b) に示すように、超音波探触子 2 の送信 -20 dB 帯域内に万遍なく駆動周波数成分が得られ、帯域平坦性が向上し、これらの各成分から生成する高調波は広帯域な成分が得られるようになる。また、1 区間の持続時間を中央付近ほど短く、端部ほど長く設定することにより、上述の時間波形の周波数成分毎の時間的広がり制御され、高調波の多段生成が可能となる。

【0075】

しかしながら、比較例 8 の波形 10 の様に各区間に過度に離散させると、図 10 (c) に示すように、深部高調波生成に大きく寄与する低周波成分が相対的に低下し、所期の目的であるペネトレーションが低下する。よってこの離散度は、各区間を 0.5 波とみなして周波数換算し、これを超音波探触子 2 の送受信 -6 dB 帯域の中心周波数 F_{C6} で規格化した値の標準偏差が 0.1 ~ 0.3 の間であることが好ましい。例えば区間の持続時間が 125 [nsec] の場合、0.5 波として見なした場合の周波数換算値は 4 [MHz] となり、このとき送受信 -6 dB 帯域の中心周波数 F_{C6} が 10.25 [MHz] であれば、規格化値は 0.39 となる。

また、各区間を 0.5 波として周波数換算した際の周波数値は、超音波探触子 2 の送信 -20 dB 帯域下限値の周波数 $T_{x}F_{L20}$ の $1/3$ ~ 超音波探触子 2 の送信 -20 dB 帯域上限値の周波数 $T_{x}F_{H20}$ の間であることが好ましい。周波数値が周波数 $T_{x}F_{L20}$ の $1/3$ より低いと周波数の 1 次成分のみならず、矩形波であるが故に必然的に含まれる 3 次高調波成分も周波数 $T_{x}F_{L20}$ より低くなり、送信超音波の送出に寄与しなくなる。同様に、周波数値が周波数 $T_{x}F_{H20}$ より高いと 1 次成分と 3 次成分のいずれもが周波数 $T_{x}F_{H20}$ より高くなり、こちらもまた送信超音波の送出に寄与しなくなるためである。

【0076】

次に、図 11 (a) ~ 図 41 (b) を参照して、超音波探触子 2 の具体例と、駆動信号、送信超音波の具体例としての実施例及び比較例と、を説明する。先ず、図 11 (a)、(b) を参照して、超音波探触子 2 の具体例を説明する。

【0077】

以下の実施例及び比較例の駆動信号及び送信超音波の生成においては、図 11 (a) の超音波送受信の規格化感度の周波数特性と、図 11 (b) の超音波送信の規格化感度の周波数特性と、を有する超音波探触子 2 を用いるものとする。図 11 (a) では、送受信 -20 dB 帯域が、4.0 ~ 18.3 [MHz] であり、送受信 -6 dB 帯域の中心周波数

FC6が、10.25 [MHz] であるものとする。

【0078】

図11(b)では、送信-20 dB帯域が、3.4~21.3 [MHz] であり、周波数TxFL6が、5.0 [MHz] であるものとする。

【0079】

次いで、図12(a)~図41(b)を参照して、実施例1~6及び比較例1~10の駆動信号及び送信超音波を説明する。

【0080】

<比較例1>

比較例1の駆動信号の波形を波形1(波形番号:1)とする。図12(a)は、比較例1の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図12(b)は、比較例1の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図13(a)は、比較例1の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図13(b)は、比較例1の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

10

【0081】

送信部12が生成する比較例1の駆動信号の波形は、図12(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図12(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図12(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図12(a)に示す駆動信号を超音波探触子2に入力して送信される送信超音波の波形は、図13(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図13(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得ら

20

【0082】

ここで、図12(a)、図13(a)~図41(a)において、横軸が時間[μs]を示し、縦軸が信号強度(電圧)[V]を示す。また、図12(b)、図13(b)~図41(b)において、横軸が周波数[MHz]を示し、縦軸が信号強度[dB]を示す。

【0083】

<比較例2>

比較例2の駆動信号の波形を波形2(波形番号:2)とする。図14(a)は、比較例2の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図14(b)は、比較例2の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図15(a)は、比較例2の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図15(b)は、比較例2の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

30

【0084】

送信部12が生成する比較例2の駆動信号の波形は、図14(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図14(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図14(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図14(a)に示す駆動信号を超音波探触子2に入力して送信される送信超音波の波形は、図15(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図15(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図15(b)に示す信号強度の周波数特性となる。

【0085】

<比較例3>

比較例3の駆動信号の波形を波形3(波形番号:3)とする。図16(a)は、比較例3の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図16(b)は、比較例3の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図17(a)は、比較例3の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図17(b)は、比較例3の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

40

【0086】

送信部12が生成する比較例3の駆動信号の波形は、図16(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図16(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図16(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図16(a)に示す駆動

50

信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 17 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 17 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 17 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0087】

<比較例 4>

比較例 4 の駆動信号の波形を波形 4 (波形番号: 4) とする。図 18 (a) は、比較例 4 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 18 (b) は、比較例 4 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 19 (a) は、比較例 4 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 19 (b) は、比較例 4 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

10

【0088】

送信部 12 が生成する比較例 4 の駆動信号の波形は、図 18 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 18 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 18 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 18 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 19 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 19 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 19 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0089】

<比較例 5>

比較例 5 の駆動信号の波形を波形 5 (波形番号: 5) とする。図 20 (a) は、比較例 5 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 20 (b) は、比較例 5 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 21 (a) は、比較例 5 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 21 (b) は、比較例 5 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

20

【0090】

送信部 12 が生成する比較例 5 の駆動信号の波形は、図 20 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 20 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 20 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 20 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 21 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 21 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 21 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

30

【0091】

<比較例 6>

比較例 6 の駆動信号の波形を波形 6 (波形番号: 6) とする。図 22 (a) は、比較例 6 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 22 (b) は、比較例 6 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 23 (a) は、比較例 6 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 23 (b) は、比較例 6 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0092】

送信部 12 が生成する比較例 6 の駆動信号の波形は、図 22 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 22 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 22 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 22 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 23 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 23 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 23 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

40

【0093】

<実施例 1>

実施例 1 の駆動信号の波形を波形 7 (波形番号: 7) とする。図 24 (a) は、実施例 1 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 24 (b) は、実施例 1 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 25 (a) は、実施例 1 の送信超音波の信号強

50

度の時間特性を示す図である。図 2 5 (b) は、実施例 1 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0094】

送信部 1 2 が生成する実施例 1 の駆動信号の波形は、図 2 4 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 4 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 4 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 2 4 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 2 5 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 5 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 5 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0095】

<実施例 2>

実施例 2 の駆動信号の波形を波形 8 (波形番号: 8) とする。図 2 6 (a) は、実施例 2 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 2 6 (b) は、実施例 2 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 2 7 (a) は、実施例 2 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 2 7 (b) は、実施例 2 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0096】

送信部 1 2 が生成する実施例 2 の駆動信号の波形は、図 2 6 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 6 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 6 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 2 6 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 2 7 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 7 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 7 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0097】

<比較例 7>

比較例 7 の駆動信号の波形を波形 9 (波形番号: 9) とする。図 2 8 (a) は、比較例 7 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 2 8 (b) は、比較例 7 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 2 9 (a) は、比較例 7 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 2 9 (b) は、比較例 7 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0098】

送信部 1 2 が生成する比較例 7 の駆動信号の波形は、図 2 8 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 8 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 8 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 2 8 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 2 9 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 2 9 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 2 9 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0099】

<比較例 8>

比較例 8 の駆動信号の波形を波形 10 (波形番号: 10) とする。図 30 (a) は、比較例 8 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 30 (b) は、比較例 8 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 31 (a) は、比較例 8 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 31 (b) は、比較例 8 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0100】

送信部 1 2 が生成する比較例 8 の駆動信号の波形は、図 30 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 30 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 30 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 30 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 31 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 31 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得ら

れたパワースペクトルは、図 3 1 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0101】

＜実施例 3＞

実施例 3 の駆動信号の波形を波形 1 1 (波形番号: 1 1) とする。図 3 2 (a) は、実施例 3 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 2 (b) は、実施例 3 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 3 3 (a) は、実施例 3 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 3 (b) は、実施例 3 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0102】

送信部 1 2 が生成する実施例 3 の駆動信号の波形は、図 3 2 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 2 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 2 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 3 2 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 3 3 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 3 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 3 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0103】

＜実施例 4＞

実施例 4 の駆動信号の波形を波形 1 2 (波形番号: 1 2) とする。図 3 4 (a) は、実施例 4 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 4 (b) は、実施例 4 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 3 5 (a) は、実施例 4 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 5 (b) は、実施例 4 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0104】

送信部 1 2 が生成する実施例 4 の駆動信号の波形は、図 3 4 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 4 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 4 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 3 4 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 3 5 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 5 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 5 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0105】

＜実施例 5＞

実施例 5 の駆動信号の波形を波形 1 3 (波形番号: 1 3) とする。図 3 6 (a) は、実施例 5 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 6 (b) は、実施例 5 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 3 7 (a) は、実施例 5 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 7 (b) は、実施例 5 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0106】

送信部 1 2 が生成する実施例 5 の駆動信号の波形は、図 3 6 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 6 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 6 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 3 6 (a) に示す駆動信号を超音波探触子 2 に入力して送信される送信超音波の波形は、図 3 7 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 3 7 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図 3 7 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0107】

＜比較例 9＞

比較例 9 の駆動信号の波形を波形 1 4 (波形番号: 1 4) とする。図 3 8 (a) は、比較例 9 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 8 (b) は、比較例 9 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 3 9 (a) は、比較例 9 の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 3 9 (b) は、比較例 9 の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

【0108】

送信部12が生成する比較例9の駆動信号の波形は、図38(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図38(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図38(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図38(a)に示す駆動信号を超音波探触子2に入力して送信される送信超音波の波形は、図39(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図39(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図39(b)に示す信号強度の周波数特性となる。

【0109】

<比較例10>

比較例10の駆動信号の波形を波形15(波形番号:15)とする。図40(a)は、比較例10の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図40(b)は、比較例10の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図41(a)は、比較例10の送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図41(b)は、比較例10の送信超音波のパワースペクトルを示す図である。

10

【0110】

送信部12が生成する比較例10の駆動信号の波形は、図40(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図40(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図40(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図40(a)に示す駆動信号を超音波探触子2に入力して送信される送信超音波の波形は、図41(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図41(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られたパワースペクトルは、図41(b)に示す信号強度の周波数特性となる。

20

【0111】

<画質評価>

実施例1~5、比較例1~10の駆動信号及び送信超音波の各種指標値と、超音波画像診断装置Sにおいて、当該駆動信号及び送信超音波を用いて生成された画像データの超音波画像の画質評価結果を次表1~表3に示す。

【表 1】

	驅動信号波形							送信超音波波形								
	波形 番号	時間波形特性						超音波探触子送信-6dB 帯域内周波数特性			時間波形特性			超音波探触子送信-6dB 帯域内周波数特性		
		駆動 時間 (nsec)	TxFL6 相当波 数	各区間 時間 (nsec)	0.5波 換算 周波数 (MHz)	FC6 周波数 比	換算 周波数 標準偏差	最大強度 周波数 (MHz)	規格化後 信号強度 標準偏差	TxFL6 周波数 信号強度 (dB)	波連長 (nsec)	TxFL6 相当波数	最大強度 周波数 (MHz)	規格化後 信号強度 標準偏差	規格化後 TxFL6 周波数 信号強度 (dB)	
比較例 1	1	375	1.88	125, 125, 125	4.0, 4.0, 4.0	0.39, 0.39, 0.39	0.000	3.7	10.7	9.9	466	2.33	4.8	10.8	-3.2	
比較例 2	2	625	3.13	125, 125, 125, 125, 125	4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0	0.39, 0.39, 0.39, 0.39, 0.39	0.000	4.0	8.0	9.3	720	3.60	4.8	8.5	-8.61	
比較例 3	3	500	2.50	100, 100, 100, 100, 100	5.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0	0.49, 0.49, 0.49, 0.49, 0.49	0.000	5.0	9.6	16.0	553	2.77	5.4	8.2	-1.63	
比較例 4	4	357	1.79	71, 71, 71, 71, 71	7.0, 7.0, 7.0, 7.0, 7.0	0.68, 0.68, 0.68, 0.68, 0.68	0.000	7.0	10.7	2.9	396	1.98	8.0	9.9	-15.91	
比較例 5	5	625	3.13	137, 119, 113, 125, 131	3.6, 4.2, 4.4, 4.0, 3.8	0.35, 0.41, 0.43, 0.39, 0.37	0.027	4.0	8.2	11.2	734	3.67	4.4	9.1	-5.66	
比較例 6	6	625	3.13	150, 113, 102, 124, 136	3.3, 4.4, 4.9, 4.0, 3.7	0.33, 0.43, 0.48, 0.39, 0.36	0.053	4.0	5.8	12.4	744	3.72	4.8	6.2	-2.1	

【0 1 1 2】

10

20

30

40

【表 3】

	画質評価結果								
	Phantom-PSF		スペックル均一性 (輝度標準偏差)		Phantom- Penetration 深度 (mm)	描出性スコア			
	距離 分解能 (μm)	方位 分解能 (μm)	10mm 深度	35mm 深度		手根	MP 関節 屈筋腱	膝蓋下 脂肪体部	下肢 (腓腹筋 および ヒラメ筋)
比較例 1	334	605	16.1	17.3	53	5.4	5.2	5.6	5.0
比較例 2	430	585	16.5	18.2	66	5.2	4.6	5.2	6.6
比較例 3	402	560	15.5	17.5	63	5.6	5.1	5.0	6.0
比較例 4	290	507	13.3	18.0	45	7.6	8.0	3.2	3.0
比較例 5	390	580	16.2	16.8	63	5.4	5.0	5.4	6.4
比較例 6	365	575	15.6	16.7	64	5.8	6.9	6.6	6.6
実施例 1	205	560	13.1	13.9	72	7.0	8.6	8.0	8.0
実施例 2	195	502	12.9	13.8	76	9.0	9.0	8.4	8.4
比較例 7	270	522	13.4	15.2	51	7.0	8.0	6.0	6.0
比較例 8	290	501	13.6	16.7	45	6.8	7.6	5.8	5.5
実施例 3	210	488	13.1	13.6	77	9.0	8.4	8.6	8.8
実施例 4	230	545	13.4	14.0	72	8.2	8.0	8.1	7.0
実施例 5	241	510	13.8	14.4	70	8.3	7.4	8.2	7.2
比較例 9	190	480	12.8	15.6	47	9.2	9.2	5.2	4.4
比較例 10	295	470	13.3	16.1	52	7.0	7.1	6.0	4.8

【0114】

尚、表 1～表 3 における各指標値の定義および算出法は下記の通りとする。

【0115】

駆動信号波形の時間波形特性の各項目を説明する。

まず、駆動信号波形の信号強度（周波数成分信号強度）は実際の駆動電圧の値にかかわらず、正極側と負極側の最大電圧値が ± 50 [V] となるような倍率を乗じて換算用駆動信号波形を得、駆動信号波形を含む 5 [μsec] の時間領域を周波数換算して得た値に基づく。正極側と負極側の最大電圧絶対値が異なる場合には、大きい方の電圧絶対値が 50 [V] 以内に収まるような倍率を乗じて換算用駆動信号波形を得る。

【0116】

駆動信号波形の「駆動時間」とは、上記換算用駆動信号波形においてその電圧絶対値が最初に 5 [V] に達した時間から最後に 5 [V] を切った時間までの時間を駆動時間 [n sec] とする。

【0117】

駆動信号波形の「TxFL6 相当波数」とは、駆動信号波形の駆動時間を超音波探触子 2 の送受信 -6 dB 帯域の下限周波数 TxFL6 の周期で割った波数である。駆動信号波

10

20

30

40

50

形の「各区間時間」とは、上記換算用駆動信号波形の各区間の時間〔nsec〕である。駆動信号波形の「0.5波換算周波数」とは、1区間を0.5波とみなした駆動信号波形の各区間の換算周波数〔MHz〕である。駆動信号波形の「FC6周波数比」とは、駆動信号波形の0.5波換算周波数を超音波探触子2の送受信－6dB帯域の中心周波数FC6で割って規格化した値である。

【0118】

駆動信号波形の「換算周波数標準偏差」とは、上記駆動信号波形の周波数成分信号強度で得られた値に基づき、所定周波数区間内の周波数成分信号強度値から下記式（1）により算出する。

【数1】

$$\sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad \dots (1)$$

（但し、 x は標本値、 $\bar{x}$ は平均値、 n は標本数）

【0119】

なお、表2の実施例3～5、比較例9、10における駆動信号波形の時間波形特性における各区間時間、0.5換算周波数、FC6周波数比、換算周波数信号強度は、矩形波からなる駆動波でないため、記載していない。

【0120】

表1、表2における駆動信号波形の超音波探触子送信－6dB帯域内周波数特性の各項目を説明する。

駆動信号波形の「最大強度周波数」とは、超音波探触子2の送信－6dB帯域内の駆動信号の最大の信号強度（感度）の周波数〔MHz〕である。駆動信号波形の「規格化後信号強度標準偏差」とは、超音波探触子2の送信－6dB帯域内の最大信号強度を0〔dB〕として規格化した駆動信号波形の規格化信号強度（感度）について、式（1）を用いて算出した標準偏差である。駆動信号波形の「TxFL6周波数信号強度」とは、超音波探触子2の送信－6dB帯域内の周波数TxFL6における駆動信号の信号強度（感度）の絶対値〔dB〕である。

【0121】

表1、表2における送信超音波波形の時間波形特性の各項目を説明する。

先ず、設定された駆動信号波形にて超音波探触子2の1素子のみを駆動し、送出された超音波を水中の3〔mm〕以内の距離にて30〔MHz〕以上の帯域を有するハイドロフォンにて受信して得られた送信超音波電圧時間波形を用い、送出超音波信号を含む5〔μsec〕の時間領域を周波数換算する。こうして得られた周波数成分強度の最大値を0〔dB〕として規格化した値に基づく。すなわち、最大強度の周波数成分強度が－50〔dB〕で求めるべき周波数の成分強度が－60〔dB〕の場合、規格化後の求めるべき周波数成分強度は－10〔dB〕となる。

【0122】

送信超音波波形の「波連長」とは、上述の送信超音波電圧時間波形の電圧最大絶対値に基づき、その電圧絶対値が最初に最大絶対値の1／5に達した時間から最後に最大絶対値の1／5を切った時間までの時間とする。すなわち、最大電圧値が1〔mV〕の場合、最初に±0.2〔mV〕に達した時間から、最後に±0.2〔mV〕を切った時間までから算出される時間長さ〔nsec〕である。

【0123】

送信超音波波形の「TxFL6相当波数」とは、送信超音波波形の波連長を超音波探触子2の送受信－6dB帯域の下限周波数TxFL6の周期で割った波数である。

【0124】

表1、表2における送信超音波波形の超音波探触子送信－6dB帯域内周波数特性の各項目を説明する。

10

20

30

40

50

送信超音波波形の「最大強度周波数」とは、超音波探触子2の送信－6 dB帯域内の送信超音波の最大の信号強度（感度）の周波数〔MHz〕である。送信超音波波形の「規格化後信号強度標準偏差」とは、上記送信超音波の規格化後周波数成分信号強度で得られた値に基づき、超音波探触子2の送信－6 dB帯域内の周波数成分信号強度値から式（1）により算出する標準偏差である。送信超音波波形の「規格化後T x F L 6周波数信号強度」とは、上記送信超音波の規格化後周波数成分信号強度で得られた値に基づき、超音波探触子2の送信－6 dB帯域内の周波数T x F L 6における送信超音波の規格化後周波数成分信号強度〔dB〕である。

【0125】

表3における画質評価結果の各項目を説明する。

10

画質評価結果における「Phantom－P S F（Point Spread Function：点像強度関数）」の項目は、Gammex RMI 404GS-LE0.5と同一の音響等価材の深度15 mm位置に50 μmのS U S（ステンレス）ワイヤーを埋設し、送信焦点15 mmで超音波送受信・画像化を行い、生成した画像データの超音波画像のワイヤー描出輝度を音響強度〔dB〕に変換し、その20 dB分解能を得る画質評価方法において、得た評価結果としての20 dB分解能（距離分解能〔μm〕、方位分解能〔μm〕）である。

画質評価結果における「スペックル均一性」の項目はGammex RMI 404GS-LE0.5を用い、そのマトリクス部を送信焦点30 mmで超音波送受信・画像化を行い、生成した画像データを用いて評価を行う。画像データの深度10 mmを中心とした10 mm四方の領域と深度35 mmを中心とした10 mm四方の領域の2箇所について輝度値の標準偏差を求めた値を示している。標準偏差値が小さいほどマトリクス部のスペックルが高精細で均一に描出されていることを示し、10 mm深度領域と35 mm深度領域の値に大きな差がなければ深度方向に対して均一に描写されていることを示す。

20

【0126】

画質評価結果におけるPhantom－Penetration深度とは、Gammex RMI 403GS-LE0.5の音響等価材部に対し、送信焦点15 mmで超音波送受信・画像化を行い、生成した画像データの連続する2フレームを取得してこの2フレームの超音波画像の相関が0.5を下回る深度をPenetration深度として得る画質評価方法において、得た評価結果としてのPenetration深度〔mm〕である。

【0127】

30

画質評価結果の評価スコアとしての描出性スコアにおける手根、M P（Metacarpophalangeal joint）関節屈筋腱、膝蓋下脂肪体部、下肢（腓腹筋およびヒラメ筋）の各部位の項目を説明する。この画質評価方法では、被検体の手根、M P関節屈筋腱、膝蓋下脂肪体部、下肢（腓腹筋およびヒラメ筋）の各部位について、超音波送受信・画像化し、生成された画像データの超音波画像を、整形外科関連に従事する医師、臨床検査技師、合わせて10名により下記評価基準により各部位の描出の評点を得、その値を平均（小数点第二位以下四捨五入）することにより画質評価結果としての描出性スコアとした。描出性スコアの各点数は、下記の描出性に対応する。

10＝組織状態の把握に対して申し分のない描出性

8＝組織状態の把握に対して実用上問題のない描出性

40

6＝良好ではないが組織状態の把握は可能なレベルの描出性

4＝組織状態の把握に支障があるレベルの描出性

2＝組織状態の把握は困難なレベルの描出性

上記のうち、手根およびM P関節屈筋腱は浅部に位置するため、浅部の解像度、S/Nを評価可能な部位となる。膝蓋下脂肪体部は深度が深く、深部描出の解像度、S/Nを評価することが可能で、下肢（腓腹筋およびヒラメ筋）は浅部から深部まで観察対象が存在するため、浅部から深部までの描出均一性が描出性スコアに影響する。

【0128】

表1、2の送信超音波のT x F L 6相当波数、規格化後信号強度標準偏差及び規格化後T x F L 6周波数信号強度に示すように、実施例1～5は、送信超音波の波連長が超音波

50

探触子 2 の送信 - 6 d B 帯域の下限周波数 $T \times F L 6$ 成分の 1. 5 波相当以上であり、送信超音波の送信 - 6 d B 帯域内の周波数成分の規格化後の信号強度の標準偏差が 6 以下であり、規格化後の送信 - 6 d B 帯域の下限周波数 $T \times F L 6$ 成分の信号強度が - 8 [d B] 以上であるという複数の A N D 条件を満たす。比較例 1 ~ 1 0 は、当該複数の A N D 条件の少なくとも一つを満たしていない。

【0129】

また、表 1、2 の駆動信号の $T \times F L 6$ 相当波数、規格化後信号強度標準偏差及び $T \times F L 6$ 周波数信号強度に示すように、実施例 1 ~ 5 は、駆動信号の駆動時間が超音波探触子 2 の送信 - 6 d B 帯域の下限周波数 $T \times F L 6$ 成分の 1. 5 波相当以上であり、駆動信号の送信 - 6 d B 帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が 7 以下であり、送信 - 6 d B 帯域の下限周波数成分の信号強度が 1 0 [d B] 以上であるという複数の A N D 条件を満たす。比較例 1 ~ 1 0 は、当該複数の A N D 条件の少なくとも一つを満たしていない。

10

【0130】

また、表 1、2 の駆動信号の $T \times F L 6$ 相当波数、換算周波数標準偏差に示すように、実施例 1、2 は、駆動信号の駆動時間が超音波探触子 2 の送信 - 6 d B 帯域の下限周波数 $T \times F L 6$ 成分の 1. 5 波相当以上であり、駆動信号の駆動時間の各区間を 0. 5 波とみなして周波数換算し、当該換算した周波数を送受信 - 6 d B 帯域の中心周波数 $F C 6$ で規格化した値の標準偏差が 0. 1 ~ 0. 3 であるという複数の A N D 条件を満たす。比較例 1 ~ 1 0 は、当該複数の A N D 条件の少なくとも一つを満たしていない。

【0131】

また、表 2 の実施例 1、2 の駆動信号の各区間時間に示すように、駆動時間の最大区間は最初もしくは最後であることが好ましい。最大区間すなわち周波数の最も低い周波数成分による駆動が最初もしくは最後以外であると、低い周波数成分による駆動の前後にそれより高い周波数成分による駆動を行うこととなるため、図 6 (a) に示した周波数の高い成分が局在化した送信音波を得ることが難しくなる。なお、駆動時間の最初の区間と最後の区間の両方が、全区間中の最大区間であることも好ましい。

20

また同様の理由により、表 2 の実施例 1、2 の駆動信号の各区間時間に示すように、駆動時間の最初の区間と最後の区間の間の区間全てが最初の区間と最後の区間のいずれよりも短い区間であることが好ましい。

【0132】

そして、表 3 の駆動信号の画質評価結果に示すように、実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 8 よりも距離分解能が高く（距離分解能の長さが短く）、比較例 1 ~ 3、5、6 よりも方位分解能が高く（方位分解能の長さが短く）、比較例 1 ~ 1 0 よりも Penetration 深度が深い。また、実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 8、1 0 に比べて、スペックル均一性の標準偏差値が小さく、高精細で均一に描出されている。更に、実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 1 0 に比べて、スペックル均一性の 1 0 mm 深度領域と 3 5 mm 深度領域の値に大きな差がなく、深度方向に対して均一に描写されている。

30

【0133】

また、実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 3、5 ~ 1 0 よりも、手根、M P 関節屈筋腱の描出性スコアが高く、浅部描出の解像度、 S / N が高いことを示している。更に実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 1 0 よりも、膝蓋下脂肪体部の描出性スコアが高く、深部描出の解像度、 S / N が高いことを示している。加えて、実施例 1 ~ 5 は、比較例 1 ~ 1 0 よりも、下肢の描出性スコアが高いので、浅部から深部までの描出均一性が優れていることがわかる。

40

【0134】

以上、本実施の形態によれば、超音波画像診断装置 S において、送信部 1 2 が、駆動信号を生成して超音波探触子 2 に出力することにより超音波探触子に送信超音波を生成させ、受信部 1 3 が、超音波探触子 2 から受信信号を受信し、画像生成部 1 4 が受信信号から高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する。送信部 1 2 は、駆動信号を用いて超音波探触子 2 を駆動し、波連長が超音波探触子 2 の送信 - 6 d B

50

帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、前記送信-6dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が6以下であり、最大強度を0[dB]として規格化した後の送信-6dB帯域の下限周波数成分の信号強度が-8[dB]以上である送信超音波を超音波探触子2に送信させる。画像生成部14は、送信超音波を送信することより得られた受信信号の高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する。

【0135】

このため、駆動電圧を大きくする構成や、パルス圧縮技術を用いることなく、超音波画像データの超音波画像の浅部の分解能及びS/Nを高く維持でき、Penetration深度を深め、浅部及び深部の解像度を高め（解像度の顕著な低下を抑制し）、浅部から深部までの描出均一性が均一であるので、浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ることができる。

10

【0136】

また、超音波画像診断装置Sにおいて、送信部12は、駆動時間が超音波探触子2の送信-6dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、送信-6dB帯域内の周波数成分の信号強度の標準偏差が7以下であり、送信-6dB帯域の下限周波数成分の信号強度が10[dB]以上である駆動信号を用いて超音波探触子2を駆動して高調波受信信号を生成させる。

【0137】

このため、駆動電圧を大きくする構成や、パルス圧縮技術を用いることなく、超音波画像データの超音波画像の浅部の分解能及びS/Nを高く維持でき、Penetration深度を深め、浅部及び深部の解像度を高め（解像度の顕著な低下を抑制し）、浅部から深部までの描出均一性が均一であるので、浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ることができる。

20

【0138】

また、送信部12は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより駆動信号を生成する。このため、図6(a)に示すような、浅部で高調波成分を生成する周波数成分と深部で高調波成分を生成する周波数成分とを有する送信超音波を生成する駆動信号を生成できる。

【0139】

また、送信部12は、AM変調及びFM変調の少なくとも一つにより変調した複数の時間波形を合成することにより得られた波形を送信部の電圧ステート数に応じて割り当てを行った波形情報を記憶しておき、これに基づいて駆動信号を生成する。このため、図6(a)に示すような、浅部で高調波成分を生成する周波数成分と深部で高調波成分を生成する周波数成分とを有する送信超音波を生成する駆動信号を生成できる。

30

【0140】

また、超音波画像診断装置Sにおいて、送信部12は、駆動時間が超音波探触子2の送信-6dB帯域の下限周波数成分の1.5波相当以上であり、駆動時間の各区間を0.5波とみなして周波数換算し、当該換算した周波数を送受信-6dB帯域の中心周波数FC6で規格化した値の標準偏差が0.1以上0.3以下である駆動信号を用いて超音波探触子2を駆動して高調波受信信号を生成させる。

40

【0141】

このため、駆動電圧を大きくする構成や、パルス圧縮技術を用いることなく、超音波画像データの超音波画像の浅部の分解能及びS/Nを高く維持でき、Penetration深度を深め、浅部及び深部の解像度を高め（解像度の顕著な低下を抑制し）、浅部から深部までの描出均一性が均一であるので、浅部から深部まで均一性及び画質の高い超音波画像を容易に得ることができる。

【0142】

また、駆動時間の最初の区間と最後の区間の少なくともいずれか一方が、全区間中の最大区間である。このため、図6(a)に示した周波数の高い成分が局在化した送信超音波を容易に得ることができる。

50

【0143】

また、駆動時間の最初の区間と最後の区間の間の区間全てが、最初の区間と最後の区間のいずれよりも短い区間である。このため、図6(a)に示した周波数の高い成分が局在化した送信超音波を容易に得ることができる。

【0144】

また、送信部12は、それぞれ波形の異なる駆動信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、画像生成部14は、複数回の駆動信号によって生成された送信超音波に対応する反射超音波から得られた各受信信号の演算により高調波成分を抽出し、当該高調波成分に基づいて超音波画像データを生成する。これにより不要成分を減殺した、高い分解能の超音波画像を得ることができる。

10

【0145】

なお、上記実施の形態における記述は、本発明に係る好適な超音波画像診断装置の一例であり、これに限定されるものではない。

【0146】

また、以上の実施の形態における超音波画像診断装置Sを構成する各部の細部構成及び細部動作に関して本発明の趣旨を逸脱することのない範囲で適宜変更可能である。

【符号の説明】

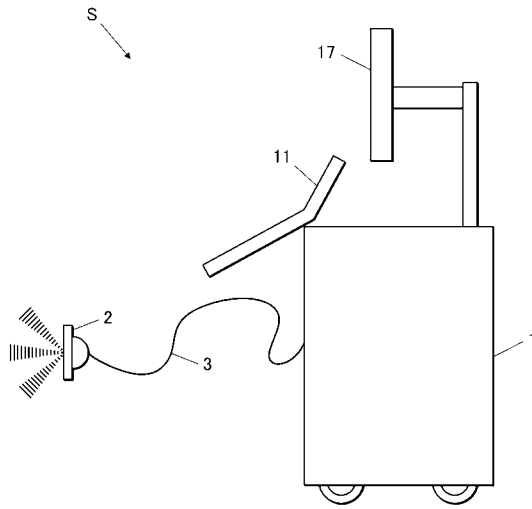
【0147】

- S 超音波画像診断装置
- 1 超音波画像診断装置本体
- 11 操作入力部
- 12 送信部
- 121 クロック発生回路
- 122 パルス発生回路
- 123 時間及び電圧設定部
- 124 遅延回路
- 13 受信部
- 14 画像生成部
- 14a 高調波成分抽出部
- 15 画像処理部
- 15a 画像メモリー部
- 16 DSC
- 17 表示部
- 18 制御部
- 2 超音波探触子
- 2a 振動子
- 3 ケーブル

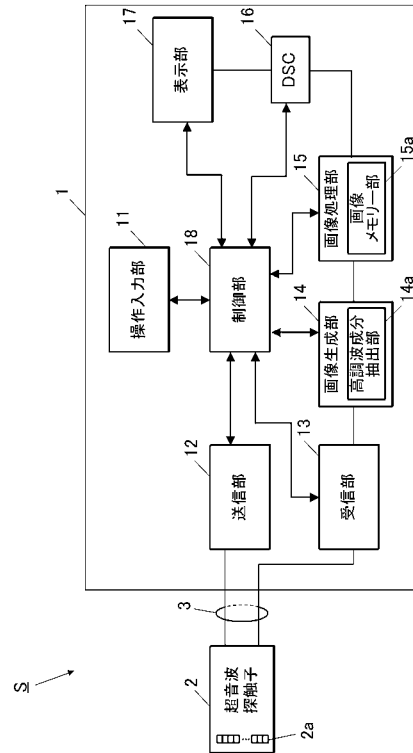
20

30

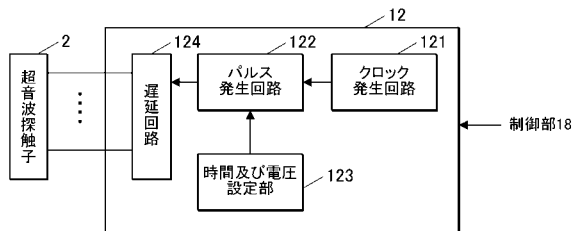
【図 1】



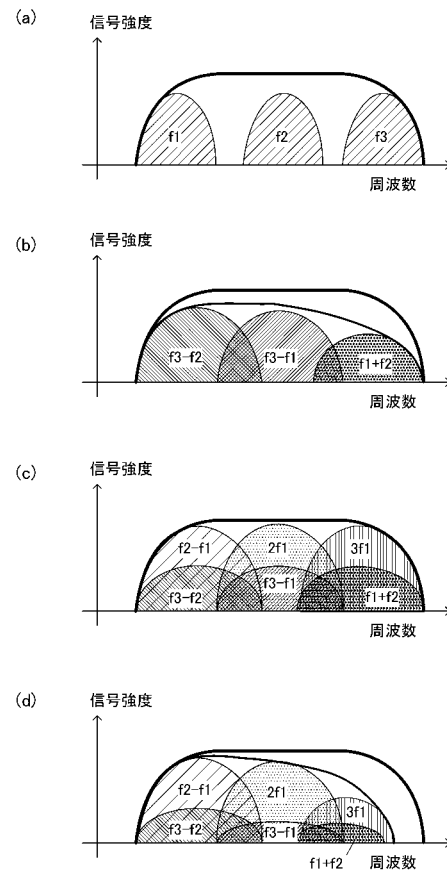
【図 2】



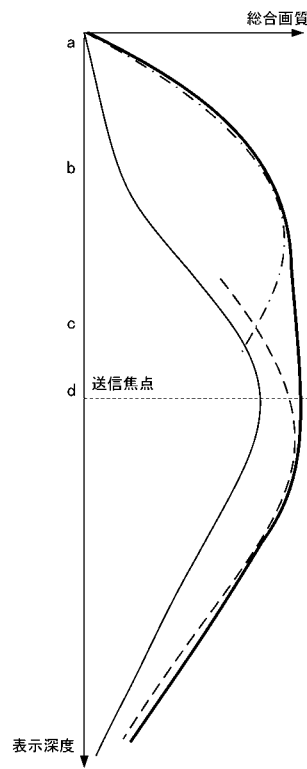
【図 3】



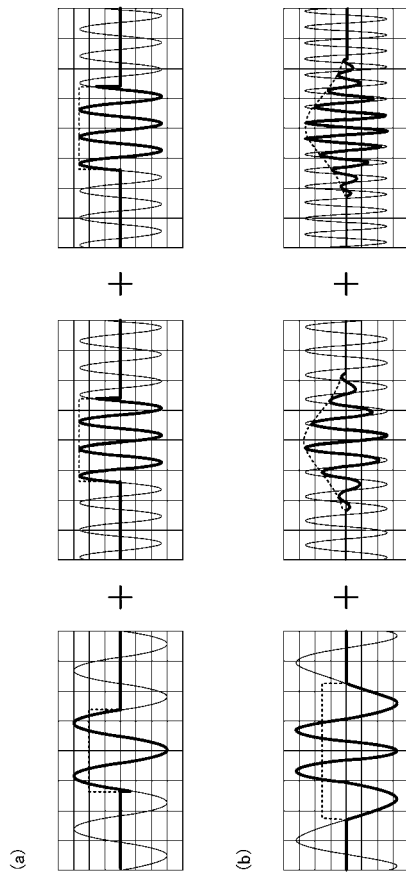
【図 4】



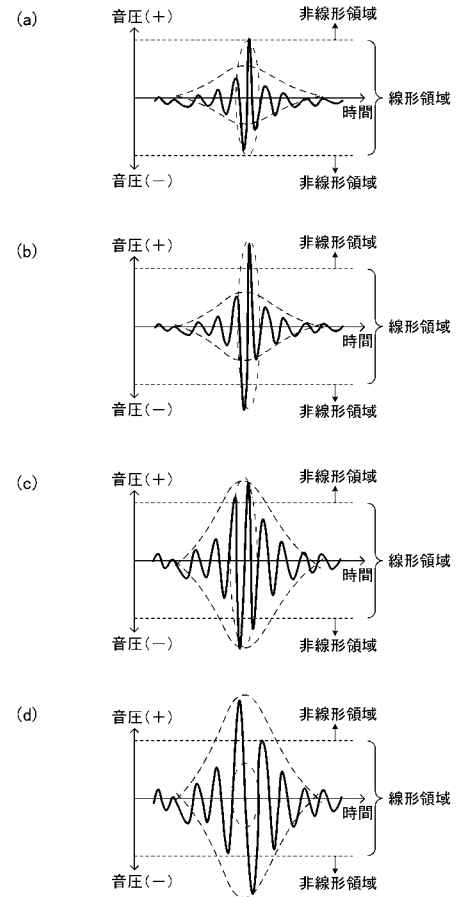
【図 5】



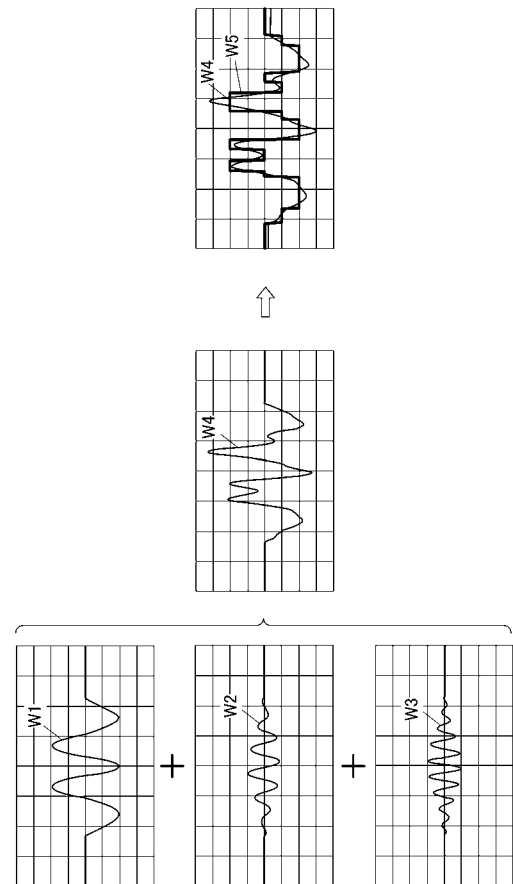
【図 7】



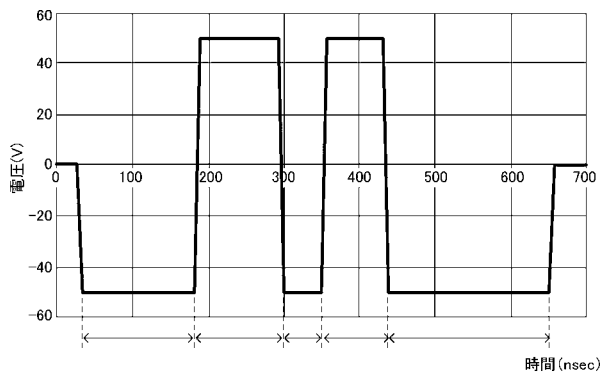
【図 6】



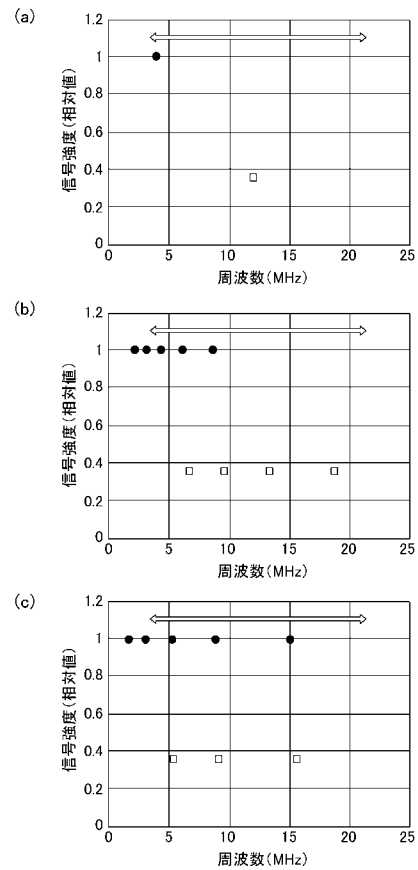
【図 8】



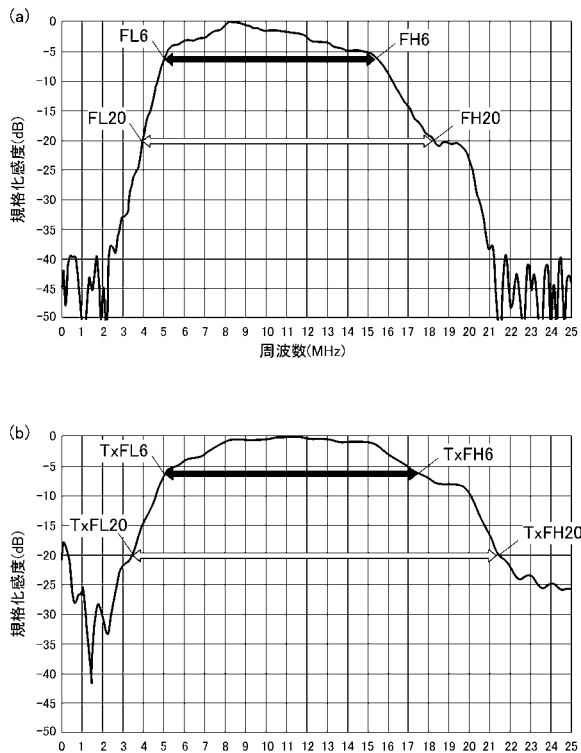
【図 9】



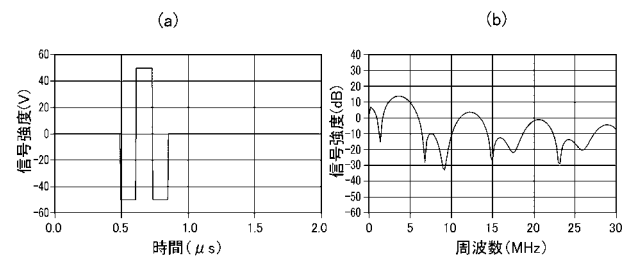
【図 10】



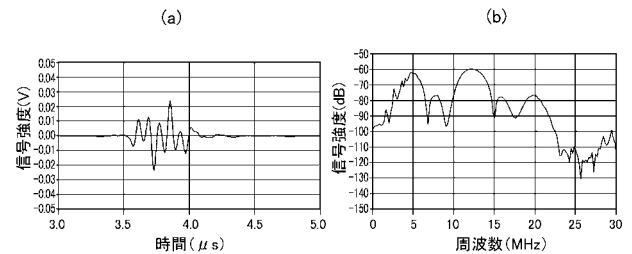
【図 11】



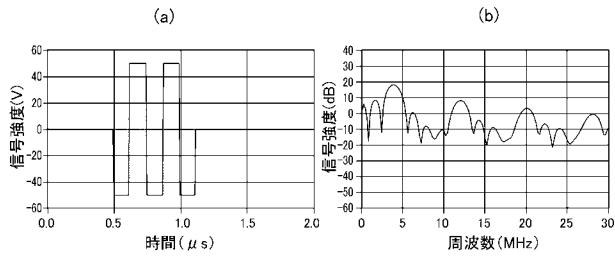
【図 12】



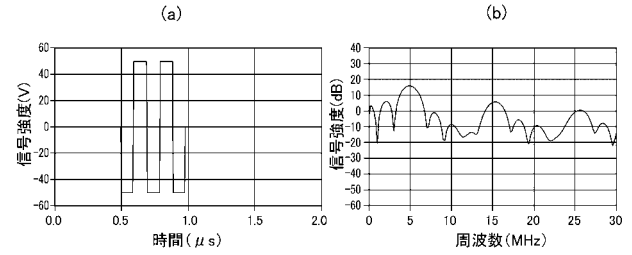
【図 13】



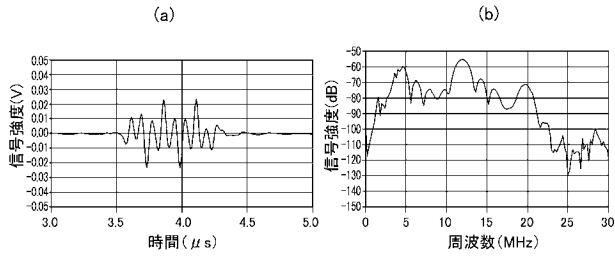
【図 14】



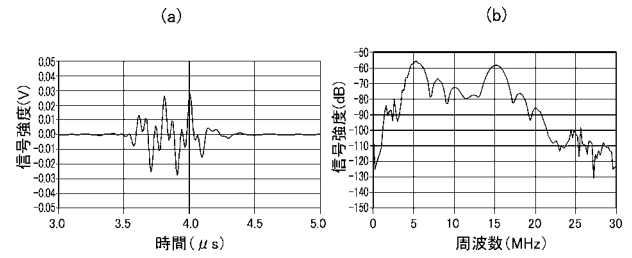
【図 16】



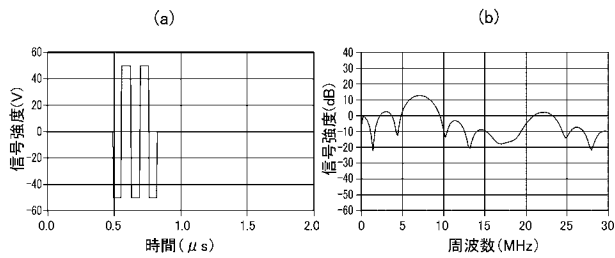
【図 15】



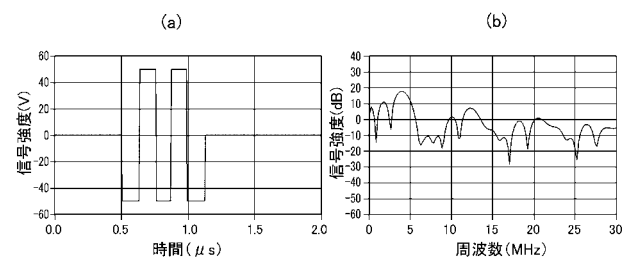
【図 17】



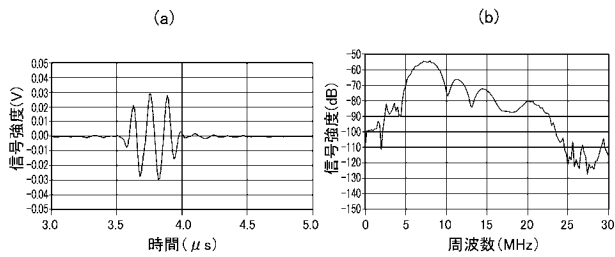
【図 18】



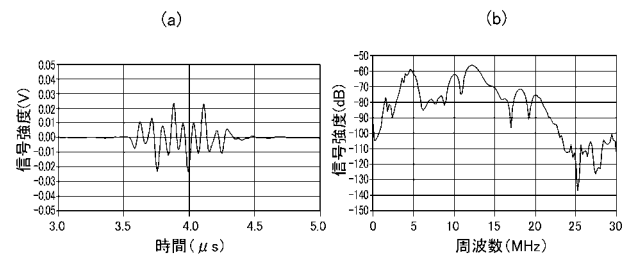
【図 20】



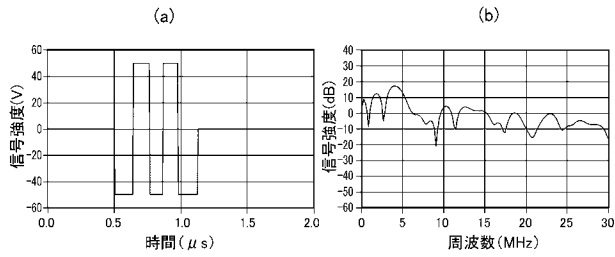
【図 19】



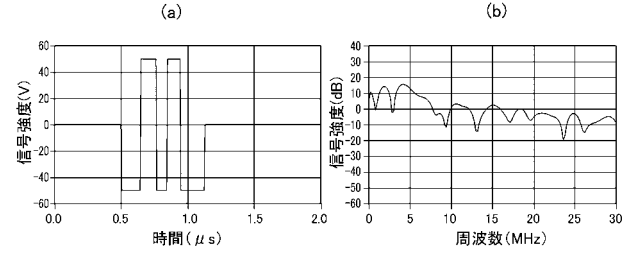
【図 21】



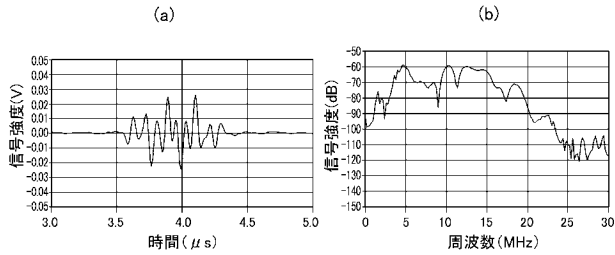
【図 2 2】



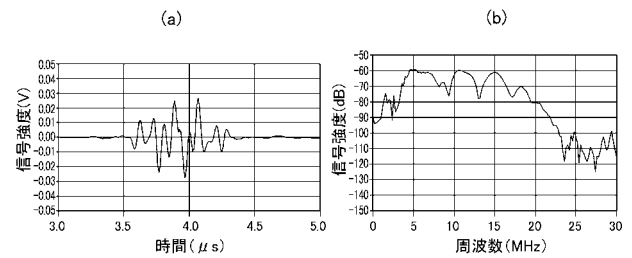
【図 2 4】



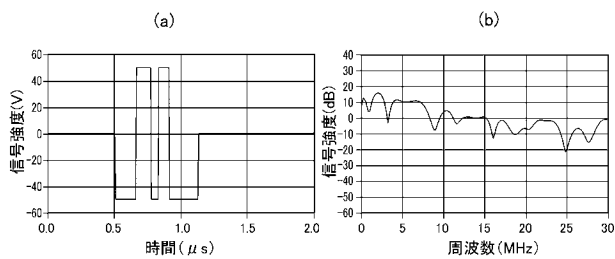
【図 2 3】



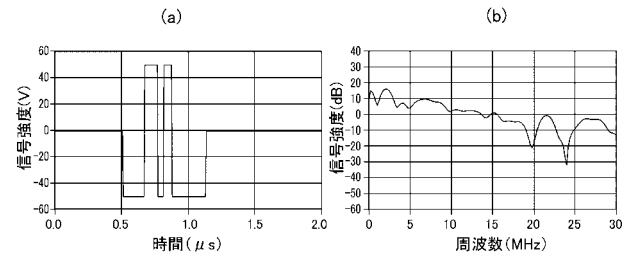
【図 2 5】



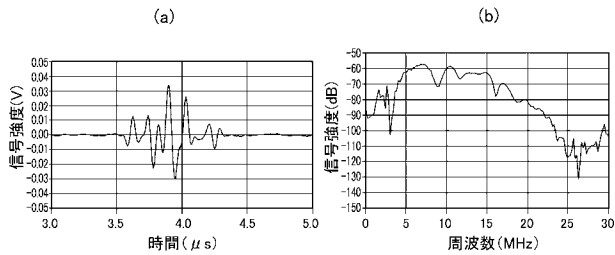
【図 2 6】



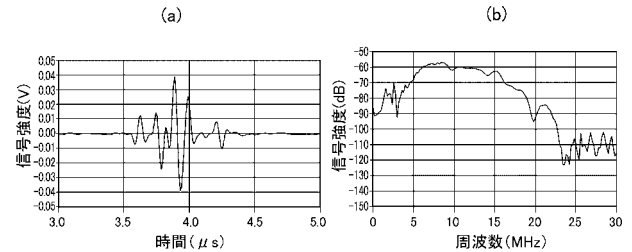
【図 2 8】



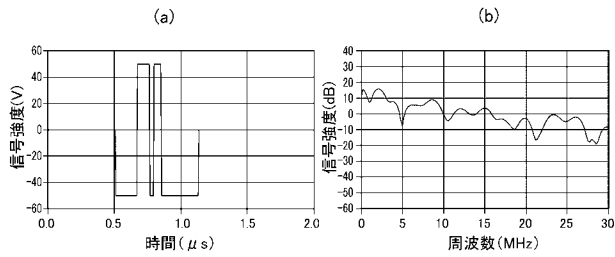
【図 2 7】



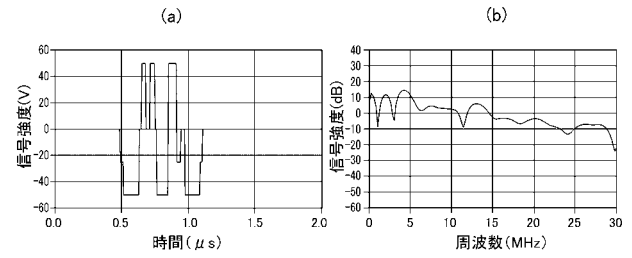
【図 2 9】



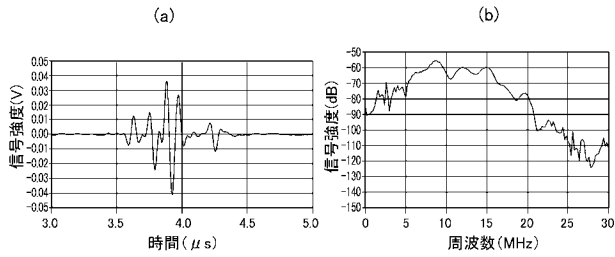
【図 30】



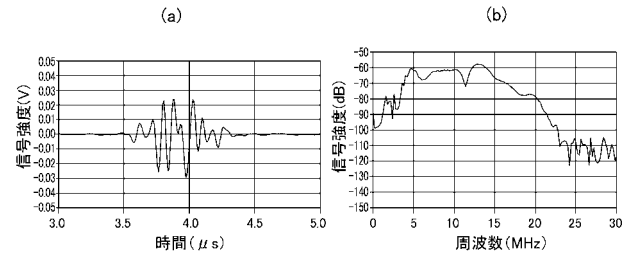
【図 32】



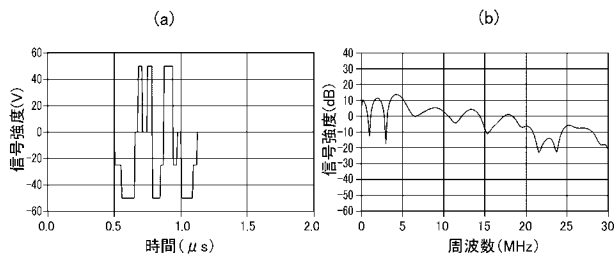
【図 31】



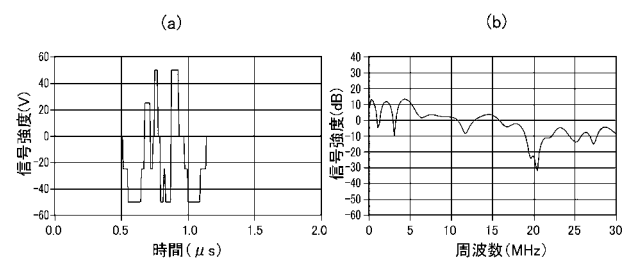
【図 33】



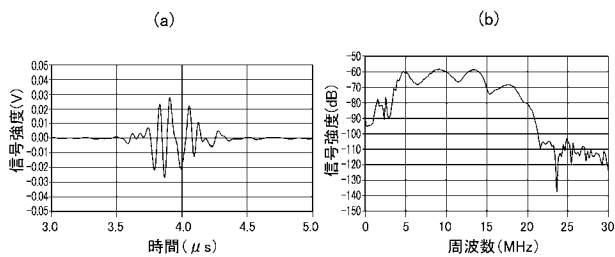
【図 34】



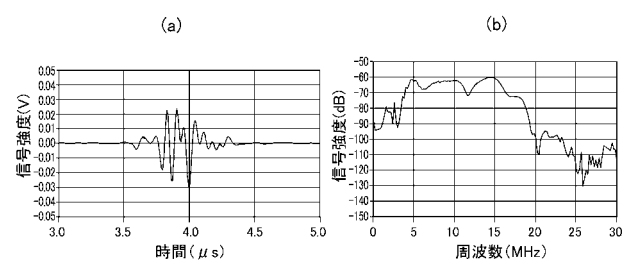
【図 36】



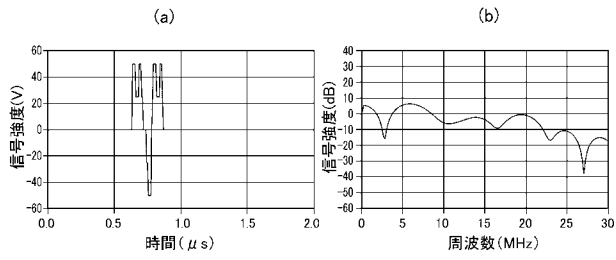
【図 35】



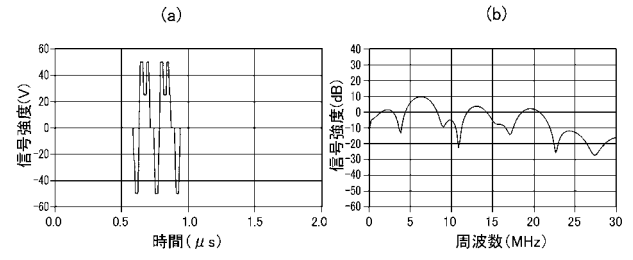
【図 37】



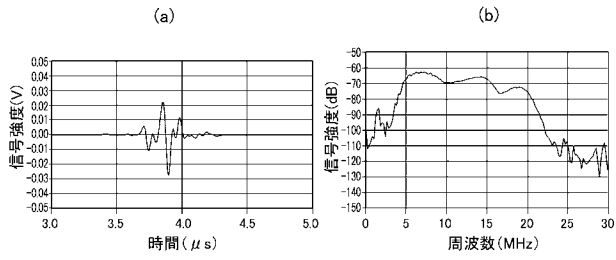
【図 38】



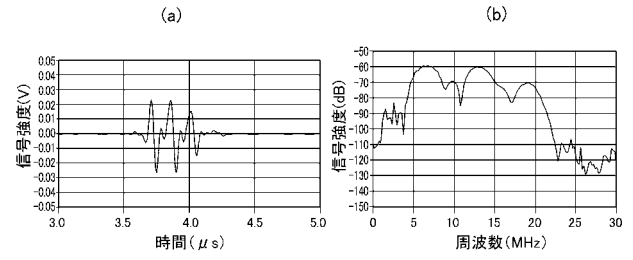
【図 40】



【図 39】



【図 41】



专利名称(译)	超声波成像诊断仪		
公开(公告)号	JP2016214622A	公开(公告)日	2016-12-22
申请号	JP2015103842	申请日	2015-05-21
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	谷口哲哉		
发明人	谷口 哲哉		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/4405 A61B8/4483 G01S7/5202 G01S7/52038 G01S7/52046		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DE09 4C601/DE14 4C601/EE04 4C601/HH08 4C601/HH25 4C601/HH35		
其他公开文献	JP6443217B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了便于从浅到深的场合采集均匀和高质量的超声图像。解决方案：超声图像诊断装置S包括：用于驱动具有驱动信号的超声波探头2的发射器12，超声波探头2发送超声波探头的-6dB传输带宽中具有等于或大于下限频率分量的1.5波形的波串长度的发射超声波，其信号强度的标准偏差为6或更小-6 dB传输带宽中的频率分量，-6 dB传输带宽中下限频率分量的信号强度为-8 [dB]以上，最大强度为0 [dB]标准化;用于从超声波探头2接收接收信号的接收机13;以及图像生成器14，用于基于通过发送发送超声波获得的接收信号的谐波分量来生成超声图像数据。图2

