

(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2014-180363
(P2014-180363A)

(43) 公開日 平成26年9月29日(2014.9.29)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

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 7 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-55837(P2013-55837)
(22) 出願日 平成25年3月19日(2013.3.19)

(71) 出願人 000001270
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
東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
ルタエムジー株式会社内
Fターム(参考) 4C601 DE09 EE05 EE14 HH05 HH07
HH12 JB45

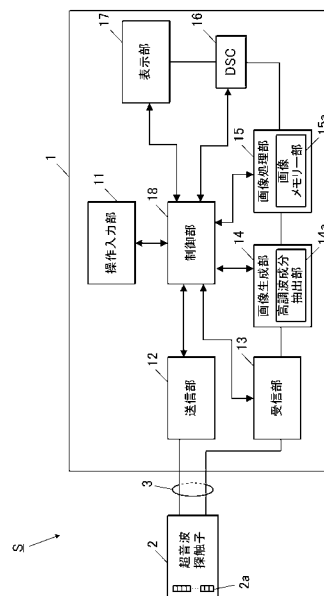
(54) 【発明の名称】 超音波画像診断装置

(57) 【要約】

【課題】 高度の正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、分解能を維持しつつペネトレーションを向上させることができる超音波画像診断装置を提供する。

【解決手段】 超音波探触子 2 は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、非検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する。送信部 12 は、矩形波である駆動波形のパルス信号を出力することにより超音波探触子 2 に送信超音波を生成させる。送信部 12 は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力する。画像生成部 14 及び画像処理部 15 は、複数回のパルス信号によって生成された送信超音波の反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成したパルス信号に基づいて超音波画像データを生成する。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、

矩形波である駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

を備えた超音波画像診断装置において、

前記送信部は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

前記複数回のパルス信号によって生成された前記送信超音波の前記反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成したパルス信号に基づいて超音波画像データを生成する画像処理部を備えたことを特徴とする超音波画像診断装置。

10

【請求項 2】

前記送信部は、第 1 のパルス信号と該第 1 のパルス信号の複数のデューティーのうち少なくとも 1 つを異ならせて時間反転又は極性反転させた第 2 のパルス信号とを出力することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 3】

前記送信部は、前記複数のパルス信号の出力時間を異ならせることを特徴とする請求項 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、第 1 のパルス信号と、該第 1 のパルス信号の複数のデューティーのうち最初のデューティーを所定時間長くして時間反転又は極性反転させることにより前記第 1 のパルス信号とは出力時間を異ならせた第 2 のパルス信号とを出力することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波画像診断装置。

20

【請求項 5】

前記送信部は、前記超音波探触子の - 20 dB での送受信帯域内において、前記複数のパルス信号の周波数成分の相関係数が 0.85 以上で 1 未満となるような前記複数のパルス信号を出力することを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 6】

前記超音波探触子は、- 20 dB の比帯域が 110 % 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

30

【請求項 7】

前記パルス信号は、5 値以下の矩形波であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何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】

40

【0002】

超音波診断は、超音波探触子を体表に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リアルタイム表示で得られ、かつ安全性が高いため、繰り返し検査を行うことができる。

【0003】

このような超音波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、コントラストのよい画像が得られることが知られている。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】

50

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形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、組織の非線形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。その結果、その受信信号には、例えば、基本波 f_0 の2倍の周波数 $2f_0$ や、3倍の周波数 $3f_0$ 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を抽出する方法としては、パルスインバージョン法と呼ばれるものが知られている。これは、極性あるいは時間反転させた第1及び第2の送信パルス信号を時間間隔をおいて送信し、それぞれの受信信号を合成して基本波成分を打ち消すことにより2次高調波成分を強調するものである（例えば、特許文献1～3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-300554号公報

【特許文献2】特開2002-301068号公報

【特許文献3】特開2003-310609号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

パルスインバージョン法においては、高画質の超音波画像を得るためには、基本波成分の減殺を十分に行うことが必要であり、そのためには、高度の正負駆動対称性が要求される。しかしながら、上記特許文献1～3に記載された技術では、高度の正負駆動対称性を満たすパルス信号を出力するためには、高精度且つ高価な送信駆動装置を備える必要があり、コストを抑えた小型で低価格の超音波画像診断装置ではこのような高価な送信駆動装置を採用することができず、分解能やペネトレーション等の画質面での妥協を余儀なくされていた。

【0008】

本発明の課題は、高度の正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、分解能を維持しつつペネトレーションを向上させることができる超音波画像診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

以上の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、超音波画像診断装置において、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、

矩形波である駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、

を備えた超音波画像診断装置において、

前記送信部は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

前記複数回のパルス信号によって生成された前記送信超音波の前記反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成したパルス信号に基づいて超音波画像データを生成する画像処理部を備えたことを特徴とする。

【0010】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、第1のパルス信号と該第1のパルス信号の複数のデューティーのうち少なくとも1つを異ならせて時間反転又は極性反転させた第2のパルス信号とを出力することを特徴とする。

【0011】

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、

10

20

30

40

50

前記送信部は、前記複数のパルス信号の出力時間を異ならせることを特徴とする。

【0012】

請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、第1のパルス信号と、該第1のパルス信号の複数のデューティーのうちの最初のデューティーを所定時間長くして時間反転又は極性反転させることにより前記第1のパルス信号とは出力時間を異ならせた第2のパルス信号とを出力することを特徴とする。

【0013】

請求項5に記載の発明は、請求項1～4の何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、前記超音波探触子の - 20 dB での送受信帯域内において、前記複数のパルス信号の周波数成分の相関係数が 0.85 以上で 1 未満となるような前記複数のパルス信号を出力することを特徴とする。

【0014】

請求項6に記載の発明は、請求項1～5の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記超音波探触子は、-20 dB の比帯域が 110 % 以上であることを特徴とする。

【0015】

請求項7に記載の発明は、請求項1～6の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記パルス信号は、5 値以下の矩形波であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、高度の正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、分解能を維持しつつペネトレーションを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】超音波画像診断装置の外観構成を示す図である。

【図2】超音波画像診断装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】送信部の概略構成を示すブロック図である。

【図4】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図5】超音波探触子の送信帯域について説明する図である。

【図6】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図7】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図8】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図9】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図10】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図11】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図12】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図13】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図14】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図15】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図16】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図17】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図18】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図19】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図20】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図21】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図22】パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【図23】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 2 4】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 2 5】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 2 6】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 2 7】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 2 8】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 2 9】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 3 0】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 3 1】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 3 2】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。
【図 3 3】パルス信号の駆動波形と周波数解析結果について説明する図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態に係る超音波画像診断装置について、図面を参照して説明する。ただし、発明の範囲は図示例に限定されない。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。

【0019】

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として画像化する。

20

【0020】

超音波探触子 2 は、圧電素子からなる振動子 2 a を備えており、この振動子 2 a 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 2 a を備えた超音波探触子 2 を用いている。なお、振動子 2 a 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 2 a 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ャ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。また、本実施の形態では、高分解能の送信超音波を得るべく、広帯域での超音波の送信を良好な感度にて行うことのできる超音波探触子を適用するのが効果が高く、より良質な超音波画像を取得することができる。超音波探触子における帯域幅は任意に設定してもよいが、-20 dB の比帯域が 110 % 以上であるのが好ましい。

30

【0021】

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 1 1 と、送信部 1 2 と、受信部 1 3 と、画像生成部 1 4 と、画像処理部 1 5 と、D S C (Digital Scan Converter) 1 6 と、表示部 1 7 と、制御部 1 8 とを備えて構成されている。

40

【0022】

操作入力部 1 1 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等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 1 8 に出力する。

【0023】

送信部 1 2 は、制御部 1 8 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、デューティー設定部 1 2 3 及び遅延回路 1 2 4 を備えている。

50

【 0 0 2 4 】

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、図 4 に示すように、5 値 (+HV / +MV / 0 / -MV / -HV) の電圧を切り替えて出力することにより、矩形波によるパルス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、5 値の電圧を切り替えてパルス信号を出力するようにしたが、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。

デューティ設定部 1 2 3 は、パルス発生回路 1 2 2 から出力されるパルス信号のデューティ比を設定する。すなわち、パルス発生回路 1 2 2 は、デューティ設定部 1 2 3 によって設定されたデューティ比に従ったパルス波形によるパルス信号を出力する。デューティ比は、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。

【 0 0 2 5 】

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。

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

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 のパルス信号とは時間反転した第 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。このとき、本実施の形態では、第 1 のパルス信号の複数のデューティのうちの少なくとも 1 つを異ならせて時間反転させた、第 1 のパルス信号とは波形が非対称の第 2 のパルス信号を送信する。ここで、波形が非対称とは、線対称でも点対称でもないことをいう。すなわち、時間反転しても極性反転しても形状が一致しない(対称でない)ことをいう。また、第 2 のパルス信号は、第 1 のパルス信号とは極性反転させたものであってもよい。また、パルスインバージョン法を実施する際に出力するパルス信号の出力回数は 2 回に限定されず、3 回以上であってもよい。

【 0 0 2 8 】

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。

【 0 0 2 9 】

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ある。画像生成部 1 4 にて生成された B モード画像データは、画像処理部 1 5 に送信される。また、画像生成部 1 4 は、高調波成分抽出部 1 4 a を備えている。

10

20

30

40

50

【0030】

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次高調波を主体とした信号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。但し、コストを抑えた小型で低価格の、いわゆるローエンドの超音波画像診断装置では、第1のパルス信号及び第2のパルス信号を合成した場合でも基本波成分を完全に除去することはできず、いわゆる足し残りが生ずる。本実施の形態では、上述したようにして、第1のパルス信号と、この第1のパルス信号とは非対称の第2のパルス信号とを合成することにより、足し残り成分を積極的に制御してこれを利用し、ローエンドの超音波画像診断装置においても分解能を維持しながら深達度(ペネトレーション)の向上を達成できるようにしている。

10

【0031】

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ー部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ー部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、画像メモリー部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。

20

【0032】

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。

【0033】

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。

30

【0034】

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ー等により構成され、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。

40

【実施例1】

【0035】

以下、実施例により本発明をより詳細に説明するが、勿論本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0036】

なお、以下の実施例において、上述した送信部12として、第1のパルス信号として図6に示される波形No.1の駆動信号を送信し、第2のパルス信号として第1のパルス信号とは極性反転で対称である図20に示される波形No.15の駆動信号を送信し、超音波探触子を接続した際に実際に超音波探触子の先端部で観察される実駆動電圧をオシロス

50

コープで測定してこれらを加算した結果、最大電圧振幅は 6.2 V_{pp} となったものを使用した。また、送信部 1 2 は、 $+4.4 \text{ V}$ ($+HV$)、 $+2.2 \text{ V}$ ($+MV$)、 0 V 、 -2.2 V ($-MV$)、 -4.4 V ($-HV$) の 5 値の電圧を切り替えて駆動信号を出力可能なものとした。

本実施例で示す駆動波形は何れも制御信号としての駆動信号であるため、比較例 1 や 2 においては波形形状が対称となっているが、本実施例では上述のように対称性の十分でない安価な送信部を用いているため、超音波探触子の先端部で観察される実駆動電圧波形を各々加算すると比較例 1 や 2 の場合でも実際は足し残りが発生することになる。

【0037】

(実施例 1)

まず、上述した超音波探触子 2 として、送信 -20 dB における下限周波数 ($FL20$) が 3.8 MHz 、上限周波数 ($FH20$) が 18.6 MHz 、中心周波数 ($FC20$) が 11.2 MHz 、送受信 -20 dB の比帯域が 132% である超音波探触子を用い、これを超音波探触子 A とした。この超音波探触子 A の送信帯域形状を図 5 において A で示す。なお、図 5 中、横軸は周波数を示し、縦軸は感度を示している。

【0038】

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号を、図 8 に示すような波形 No. 3 の駆動信号とした。波形 No. 3 の駆動信号は、 0 nsec で電圧が上昇して 7 nsec で $+MV$ に到達し、 19 nsec まで維持される (第 1 のデューティー)。その後、 19 nsec で電圧が下降して 25 nsec で $-HV$ に到達し、 57 nsec まで維持される (第 2 のデューティー)。その後、 57 nsec で電圧が上昇して 63 nsec で 0 V に到達し、 82 nsec まで維持される (第 3 のデューティー)。その後、 82 nsec で電圧が上昇して 88 nsec で $+HV$ に到達し、 125 nsec まで維持される (第 4 のデューティー)。その後、 125 nsec で電圧が下降して 132 nsec で $-HV$ に到達し、 157 nsec まで維持される (第 5 のデューティー)。その後、 157 nsec で電圧が上昇して 163 nsec で 0 V に到達する。このように波形 No. 3 の駆動信号は、駆動持続時間 (出力時間) が 163 nsec となっている。

【0039】

また、第 2 のパルス信号を、図 14 に示すような波形 No. 9 の駆動信号とした。波形 No. 9 の駆動信号は、 0 nsec で電圧が下降して 7 nsec で $-HV$ に到達し、 32 nsec まで維持される (第 1 のデューティー)。その後、 32 nsec で電圧が上昇して 38 nsec で $+HV$ に到達し、 75 nsec まで維持される (第 2 のデューティー)。その後、 75 nsec で電圧が下降して 82 nsec で 0 V に到達し、 100 nsec まで維持される (第 3 のデューティー)。その後、 100 nsec で電圧が下降して 107 nsec で $-HV$ に到達し、 138 nsec まで維持される (第 4 のデューティー)。その後、 138 nsec で電圧が上昇して 144 nsec で $+MV$ に到達し、 163 nsec まで維持される (第 5 のデューティー)。その後、 163 nsec で電圧が下降して 169 nsec で 0 V に到達する。このように、波形 No. 9 の駆動信号は、駆動持続時間が 169 nsec となっており、波形 No. 3 の駆動信号よりも 6 nsec だけ駆動持続時間が長くなっている。また、図 23 (a) に示すように、第 2 のパルス信号である波形 No. 9 の駆動信号の波形は、波形 No. 3 の駆動信号の波形とは時間対称となっているが (なお、以下の実施例の説明において、第 1 のパルス信号の各デューティーとこれらにそれぞれ対応する第 2 のパルス信号のデューティーとにおいて 1 nsec 程度の相違が認められるものがあるが、本実施の形態では、誤差の範囲であって略同一の長さとして許容するようにしている。すなわち、本発明の趣旨を逸脱しない範囲でこのような誤差を許容するようにしてもよい。)、波形 No. 3 の第 1 のデューティーの長さよりも、この波形 No. 3 の第 1 のデューティーに対応する波形 No. 9 の第 5 のデューティーの長さが 7 nsec だけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図 23 (b) に示す。なお、図 23 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 23 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示し

10

20

30

40

50

ている。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの -20 dB における送信周波数帯域内($3.8\text{ MHz} - 18.6\text{ MHz}$)における相関係数を求めたところ、 0.992 であった。

【0040】

(実施例2)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0041】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を実施例1と同じ波形No.3の駆動信号とした。

【0042】

また、第2のパルス信号を、図9に示すような波形No.4の駆動信号とした。波形No.4の駆動信号は、 0 nsec で電圧が下降して 7 nsec で $-HV$ に到達し、 32 nsec まで維持される(第1のデューティ)。その後、 32 nsec で電圧が上昇して 38 nsec で $+HV$ に到達し、 75 nsec まで維持される(第2のデューティ)。その後、 75 nsec で電圧が下降して 82 nsec で 0 V に到達し、 100 nsec まで維持される(第3のデューティ)。その後、 100 nsec で電圧が下降して 107 nsec で $-HV$ に到達し、 138 nsec まで維持される(第4のデューティ)。その後、 138 nsec で電圧が上昇して 144 nsec で $+MV$ に到達し、 169 nsec まで維持される(第5のデューティ)。その後、 169 nsec で電圧が下降して 174 nsec で 0 V に到達する。このように、波形No.4の駆動信号は、駆動持続時間が 174 nsec であり、波形No.3の駆動信号よりも 11 nsec だけ駆動持続時間が長くなっている。また、図24(a)に示すように、第2のパルス信号である波形No.4の駆動信号の波形は、波形No.3の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形No.3の第1のデューティの長さよりも、この波形No.3の第1のデューティに対応する波形No.4の第5のデューティの長さが 13 nsec だけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図24(b)に示す。なお、図24(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図24(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの -20 dB における送信周波数帯域内($3.8\text{ MHz} - 18.6\text{ MHz}$)における相関係数を求めたところ、 0.973 であった。

【0043】

(実施例3)

まず、上述した超音波探触子2として、送信 -20 dB における下限周波数($FL20$)が 5.0 MHz 、上限周波数($FH20$)が 17.8 MHz 、中心周波数($FC20$)が 11.2 MHz 、送受信 -20 dB の比帯域が 114% である超音波探触子を用い、これを超音波探触子Bとした。この超音波探触子Bの送信帯域形状を図5においてBで示す。

【0044】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号及び第2のパルス信号を実施例2と同じ波形No.3及び波形No.4の駆動信号とした。そして、これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Bの -20 dB における送信周波数帯域内($5.0\text{ MHz} - 17.8\text{ MHz}$)における相関係数を求めたところ、 0.977 であった。

【0045】

(実施例4)

まず、上述した超音波探触子2として、送信 -20 dB における下限周波数($FL20$)が 5.6 MHz 、上限周波数($FH20$)が 17.3 MHz 、中心周波数($FC20$)が 11.2 MHz 、送受信 -20 dB の比帯域が 104% である超音波探触子を用い、これを超音波探触子Cとした。この超音波探触子Cの送信帯域形状を図5においてCで示す。

【0046】

10

20

30

40

50

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号及び第 2 のパルス信号を実施例 2 と同じ波形 No. 3 及び波形 No. 4 の駆動信号とした。そして、これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子 B の - 20 dB における送信周波数帯域内 (5 . 0 MHz - 17 . 8 MHz) における相関係数を求めたところ、 0 . 977 であった。

【 0047 】

(実施例 5)

まず、上述した超音波探触子 2 としては、実施例 1 と同じ超音波探触子 A を使用した。

【 0048 】

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号を実施例 1 と同じ波形 No. 3 の駆動信号とした。

【 0049 】

また、第 2 のパルス信号を、図 10 に示すような波形 No. 5 の駆動信号とした。波形 No. 5 の駆動信号は、 0 nsec で電圧が下降して 7 nsec で - HV に到達し、 32 nsec まで維持される (第 1 のデューティー) 。その後、 32 nsec で電圧が上昇して 38 nsec で + HV に到達し、 75 nsec まで維持される (第 2 のデューティー) 。その後、 75 nsec で電圧が下降して 82 nsec で 0 V に到達し、 100 nsec まで維持される (第 3 のデューティー) 。その後、 100 nsec で電圧が下降して 107 nsec で - HV に到達し、 138 nsec まで維持される (第 4 のデューティー) 。その後、 138 nsec で電圧が上昇して 144 nsec で + MV に到達し、 175 nsec まで維持される (第 5 のデューティー) 。その後、 175 nsec で電圧が下降して 182 nsec で 0 V に到達する。このように、波形 No. 5 の駆動信号は、駆動持続時間が 182 nsec であり、波形 No. 3 の駆動信号よりも 19 nsec だけ駆動持続時間が長くなっている。また、図 25 (a) に示すように、第 2 のパルス信号である波形 No. 5 の駆動信号の波形は、波形 No. 3 の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形 No. 3 の第 1 のデューティーの長さよりも、この波形 No. 3 の第 1 のデューティーに対応する波形 No. 5 の第 5 のデューティーの長さが 19 nsec だけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図 25 (b) に示す。なお、図 25 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 25 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子 A の - 20 dB における送信周波数帯域内 (3 . 8 MHz - 18 . 6 MHz) における相関係数を求めたところ、 0 . 942 であった。

【 0050 】

(実施例 6)

まず、上述した超音波探触子 2 としては、実施例 1 と同じ超音波探触子 A を使用した。

【 0051 】

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号を実施例 1 と同じ波形 No. 3 の駆動信号とした。

【 0052 】

また、第 2 のパルス信号を、図 11 に示すような波形 No. 6 の駆動信号とした。波形 No. 6 の駆動信号は、 0 nsec で電圧が下降して 7 nsec で - HV に到達し、 32 nsec まで維持される (第 1 のデューティー) 。その後、 32 nsec で電圧が上昇して 38 nsec で + HV に到達し、 75 nsec まで維持される (第 2 のデューティー) 。その後、 75 nsec で電圧が下降して 82 nsec で 0 V に到達し、 100 nsec まで維持される (第 3 のデューティー) 。その後、 100 nsec で電圧が下降して 107 nsec で - HV に到達し、 138 nsec まで維持される (第 4 のデューティー) 。その後、 138 nsec で電圧が上昇して 144 nsec で + MV に到達し、 182 nsec まで維持される (第 5 のデューティー) 。その後、 182 nsec で電圧が下降して 188 nsec で 0 V に到達する。このように、波形 No. 6 の駆動信号は、駆動持続時間が 188 nsec であり、波形 No. 3 の駆動信号よりも 25 nsec だけ駆動持続時間が長くなっている。また、図 26 (a) に示すように、第 2 のパルス信号である波形 N

10

20

30

40

50

o. 6の駆動信号の波形は、波形No. 3の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形No. 3の第1のデューティの長さよりも、この波形No. 3の第1のデューティに対応する波形No. 6の第5のデューティの長さが26 nsecだけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図26(b)に示す。なお、図26(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図26(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、0.905であった。

【0053】

(実施例7)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0054】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を実施例1と同じ波形No. 3の駆動信号とした。

【0055】

また、第2のパルス信号を、図12に示すような波形No. 7の駆動信号とした。波形No. 7の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで-HVに到達し、32 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、32 nsecで電圧が上昇して38 nsecで+HVに到達し、75 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、75 nsecで電圧が下降して82 nsecで0Vに到達し、100 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、100 nsecで電圧が下降して107 nsecで-HVに到達し、138 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、138 nsecで電圧が上昇して144 nsecで+MVに到達し、188 nsecまで維持される(第5のデューティ)。その後、188 nsecで電圧が下降して194 nsecで0Vに到達する。このように、波形No. 7の駆動信号は、駆動持続時間が194 nsecであり、波形No. 3の駆動信号よりも31 nsecだけ駆動持続時間が長くなっている。また、図27(a)に示すように、第2のパルス信号である波形No. 7の駆動信号の波形は、波形No. 3の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形No. 3の第1のデューティの長さよりも、この波形No. 3の第1のデューティに対応する波形No. 7の第5のデューティの長さが32 nsecだけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図27(b)に示す。なお、図27(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図27(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、0.859であった。

【0056】

(実施例8)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0057】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を実施例1と同じ波形No. 3の駆動信号とした。

【0058】

また、第2のパルス信号を、図13に示すような波形No. 8の駆動信号とした。波形No. 8の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで-HVに到達し、32 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、32 nsecで電圧が上昇して38 nsecで+HVに到達し、75 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、75 nsecで電圧が下降して82 nsecで0Vに到達し、100 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、100 nsecで電圧が下降して107 nsecで-HVに到達し、138 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、138 nsecで電圧が上昇して144 nsecで+MVに到達し、194 ns

10

20

30

40

50

ecまで維持される(第5のデューティ)。その後、194 nsecで電圧が下降して200 nsecで0Vに到達する。このように、波形No. 8の駆動信号は、駆動持続時間が200 nsecであり、波形No. 3の駆動信号よりも37 nsecだけ駆動持続時間が長くなっている。また、図28(a)に示すように、第2のパルス信号である波形No. 8の駆動信号の波形は、波形No. 3の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形No. 3の第1のデューティの長さよりも、この波形No. 3の第1のデューティに対応する波形No. 8の第5のデューティの長さが38 nsecだけ長くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図28(b)に示す。なお、図28(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図28(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、0.835であった。

10

【0059】

(実施例9)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0060】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を、図15に示すような波形No. 10の駆動信号とした。波形No. 10の駆動信号は、0 nsecで電圧が上昇して7 nsecで+HVに到達し、19 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、19 nsecで電圧が下降して25 nsecで-HVに到達し、57 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、57 nsecで電圧が上昇して63 nsecで0Vに到達し、82 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、82 nsecで電圧が上昇して88 nsecで+HVに到達し、125 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、125 nsecで電圧が下降して132 nsecで-HVに到達し、157 nsecまで維持される(第5のデューティ)。その後、157 nsecで電圧が上昇して163 nsecで0Vに到達する。このように波形No. 10の駆動信号は、駆動持続時間が163 nsecとなっている。

20

【0061】

また、第2のパルス信号を、図22に示すような波形No. 17の駆動信号とした。波形No. 17の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで-HVに到達し、32 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、32 nsecで電圧が上昇して38 nsecで+HVに到達し、75 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、75 nsecで電圧が下降して82 nsecで0Vに到達し、100 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、100 nsecで電圧が下降して107 nsecで-HVに到達し、138 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、138 nsecで電圧が上昇して144 nsecで+MVに到達し、157 nsecまで維持される(第5のデューティ)。その後、157 nsecで電圧が下降して163 nsecで0Vに到達する。このように、波形No. 17の駆動信号は、駆動持続時間が163 nsecであり、波形No. 10の駆動信号と駆動持続時間が同じとなっている。また、図29(a)に示すように、第2のパルス信号である波形No. 17の駆動信号の波形は、波形No. 10の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形No. 10の第1のデューティの電圧が、この波形No. 10の第1のデューティに対応する波形No. 17の第5のデューティの電圧よりも高くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図29(b)に示す。なお、図29(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図29(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、0.961であった。

30

40

【0062】

(実施例10)

50

まず、上述した超音波探触子 2 としては、実施例 1 と同じ超音波探触子 A を使用した。

【0063】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号を、図 18 に示すような波形 No. 13 の駆動信号とした。波形 No. 13 の駆動信号は、0 nsec で電圧が上昇して 7 nsec で +MV に到達し、25 nsec まで維持される（第 1 のデューティ）。その後、25 nsec で電圧が下降して 32 nsec で -HV に到達し、57 nsec まで維持される（第 2 のデューティ）。その後、57 nsec で電圧が上昇して 75 nsec で +HV に到達し、94 nsec まで維持される（第 3 のデューティ）。その後、94 nsec で電圧が下降して 100 nsec で -MV に到達し、119 nsec まで維持される（第 4 のデューティ）。その後、119 nsec で電圧が上昇して 125 nsec で 0V に到達する。このように波形 No. 13 の駆動信号は、駆動持続時間が 125 nsec となっている。

10

【0064】

また、第 2 のパルス信号を、図 19 に示すような波形 No. 14 の駆動信号とした。波形 No. 14 の駆動信号は、0 nsec で電圧が下降して 7 nsec で -MV に到達し、13 nsec まで維持される（第 1 のデューティ）。その後、13 nsec で電圧が上昇して 19 nsec で +HV に到達し、38 nsec まで維持される（第 2 のデューティ）。その後、38 nsec で電圧が下降して 57 nsec で -HV に到達し、82 nsec まで維持される（第 3 のデューティ）。その後、82 nsec で電圧が上昇して 88 nsec で +MV に到達し、119 nsec まで維持される（第 4 のデューティ）。その後、119 nsec で電圧が下降して 125 nsec で 0V に到達する。このように、波形 No. 14 の駆動信号は、駆動持続時間が 125 nsec であり、波形 No. 13 の駆動信号と駆動持続時間が同じとなっている。また、図 30 (a) に示すように、第 2 のパルス信号である波形 No. 14 の駆動信号の波形は、波形 No. 13 の駆動信号の波形とは時間対称となっているが、波形 No. 13 の第 1 のデューティの長さよりも、この波形 No. 13 の第 1 のデューティに対応する波形 No. 14 の第 4 のデューティの長さが 13 nsec だけ長く、また、波形 No. 13 の第 4 のデューティの長さよりも、この波形 No. 13 の第 4 のデューティに対応する波形 No. 14 の第 1 のデューティの長さが 13 nsec だけ短くなっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図 30 (b) に示す。なお、図 30 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 30 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子 A の -20 dB における送信周波数帯域内 (3.8 MHz - 18.6 MHz) における相関係数を求めたところ、0.965 であった。

20

30

【0065】

(実施例 11)

まず、上述した超音波探触子 2 としては、実施例 1 と同じ超音波探触子 A を使用した。

【0066】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号を、図 16 に示すような波形 No. 11 の駆動信号とした。波形 No. 11 の駆動信号は、0 nsec で電圧が上昇して 7 nsec で +MV に到達し、44 nsec まで維持される（第 1 のデューティ）。その後、44 nsec で電圧が下降して 57 nsec で -MV に到達し、63 nsec まで維持される（第 2 のデューティ）。その後、63 nsec で電圧が下降して 69 nsec で -HV に到達し、94 nsec まで維持される（第 3 のデューティ）。その後、94 nsec で電圧が上昇して 119 nsec で +HV に到達し、144 nsec まで維持される（第 4 のデューティ）。その後、144 nsec で電圧が下降して 150 nsec で +MV に到達し、157 nsec まで維持される（第 5 のデューティ）。その後、157 nsec で電圧が下降して 163 nsec で 0V に到達し、175 nsec まで維持される（第 6 のデューティ）。その後、175 nsec で電圧が下降して 182 nsec で -MV に到達し、219 nsec まで維持される（第 7 のデューティ）。その後、

40

50

219 nsecで電圧が上昇して225 nsecで0 Vに到達する。このように波形 No . 11の駆動信号は、駆動持続時間が225 nsecとなっている。

【0067】

また、第2のパルス信号を、図17に示すような波形 No . 12の駆動信号とした。波形 No . 12の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで - MVに到達し、38 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、38 nsecで電圧が上昇して44 nsecで0 Vに到達し、50 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、50 nsecで電圧が上昇して57 nsecで + MVに到達し、119 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、119 nsecで電圧が下降して132 nsecで - MVに到達し、138 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、138 nsecで電圧が下降して144 nsecで - HVに到達し、157 nsecまで維持される(第5のデューティ)。その後、157 nsecで電圧が上昇して163 nsecで - MVに到達し、169 nsecまで維持される(第6のデューティ)。その後、169 nsecで電圧が上昇して182 nsecで + MVに到達し、219 nsecまで維持される(第7のデューティ)。その後、219 nsecで電圧が下降して225 nsecで0 Vに到達する。このように、波形 No . 12の駆動信号は、駆動持続時間が225 nsecであり、波形 No . 11の駆動信号と駆動持続時間が同じとなっている。また、図31(a)に示すように、第2のパルス信号である波形 No . 12の駆動信号の波形は、波形 No . 11の駆動信号の波形とは非対称となっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図31(b)に示す。なお、図31(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図31(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの - 20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、0.827であった。

【0068】

(比較例1)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0069】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を、図6に示すような波形 No . 1の駆動信号とした。波形 No . 1の駆動信号は、0 nsecで電圧が上昇して7 nsecで + MVに到達し、19 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、19 nsecで電圧が上昇して25 nsecで + HVに到達し、63 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、63 nsecで電圧が下降して69 nsecで + MVに到達し、82 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、82 nsecで電圧が下降して94 nsecで - MVに到達し、107 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、107 nsecで電圧が下降して113 nsecで - HVに到達し、150 nsecまで維持される(第5のデューティ)。その後、150 nsecで電圧が上昇して157 nsecで - MVに到達し、169 nsecまで維持される(第6のデューティ)。その後、169 nsecで電圧が上昇して175 nsecで0 Vに到達する。このように波形 No . 1の駆動信号は、駆動持続時間が175 nsecとなっている。

【0070】

また、第2のパルス信号を、図20に示すような波形 No . 15の駆動信号とした。波形 No . 15の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで - MVに到達し、19 nsecまで維持される(第1のデューティ)。その後、19 nsecで電圧が下降して25 nsecで - HVに到達し、63 nsecまで維持される(第2のデューティ)。その後、63 nsecで電圧が上昇して69 nsecで - MVに到達し、82 nsecまで維持される(第3のデューティ)。その後、82 nsecで電圧が上昇して94 nsecで + MVに到達し、107 nsecまで維持される(第4のデューティ)。その後、107 nsecで電圧が上昇して113 nsecで + HVに到達し、150 ns

e cまで維持される(第5のデューティー)。その後、150 nsecで電圧が下降して157 nsecで+MVに到達し、169 nsecまで維持される(第6のデューティー)。その後、169 nsecで電圧が下降して175 nsecで0Vに到達する。このように、波形No.15の駆動信号は、駆動持続時間が175 nsecであり、波形No.1の駆動信号と駆動持続時間が同じとなっている。また、図32(a)に示すように、第2のパルス信号である波形No.15の駆動信号の波形は、波形No.1の駆動信号の波形とは正負の極性を反転した形となり、対称となっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図32(b)に示す。なお、図32(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図32(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.8 MHz - 18.6 MHz)における相関係数を求めたところ、1.000であった。

【0071】

(比較例2)

まず、上述した超音波探触子2としては、実施例1と同じ超音波探触子Aを使用した。

【0072】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号を、図7に示すような波形No.2の駆動信号とした。波形No.2の駆動信号は、0 nsecで電圧が上昇して7 nsecで+MVに到達し、19 nsecまで維持される(第1のデューティー)。その後、19 nsecで電圧が上昇して25 nsecで+HVに到達し、63 nsecまで維持される(第2のデューティー)。その後、63 nsecで電圧が下降して69 nsecで+MVに到達し、82 nsecまで維持される(第3のデューティー)。その後、82 nsecで電圧が下降して94 nsecで-MVに到達し、107 nsecまで維持される(第4のデューティー)。その後、107 nsecで電圧が下降して113 nsecで-HVに到達し、150 nsecまで維持される(第5のデューティー)。その後、150 nsecで電圧が上昇して157 nsecで-MVに到達し、169 nsecまで維持される(第6のデューティー)。その後、169 nsecで電圧が上昇して182 nsecで+MVに到達し、194 nsecまで維持される(第7のデューティー)。その後、194 nsecで電圧が上昇して200 nsecで+HVに到達し、238 nsecまで維持される(第8のデューティー)。その後、238 nsecで電圧が下降して244 nsecで+MVに到達し、257 nsecまで維持される(第9のデューティー)。その後、257 nsecで電圧が下降して263 nsecで0Vに到達する。このように波形No.2の駆動信号は、駆動持続時間が263 nsecとなっている。

【0073】

また、第2のパルス信号を、図21に示すような波形No.16の駆動信号とした。波形No.16の駆動信号は、0 nsecで電圧が下降して7 nsecで-MVに到達し、19 nsecまで維持される(第1のデューティー)。その後、19 nsecで電圧が下降して25 nsecで-HVに到達し、63 nsecまで維持される(第2のデューティー)。その後、63 nsecで電圧が上昇して69 nsecで-MVに到達し、82 nsecまで維持される(第3のデューティー)。その後、82 nsecで電圧が上昇して94 nsecで+MVに到達し、107 nsecまで維持される(第4のデューティー)。その後、107 nsecで電圧が上昇して113 nsecで+HVに到達し、150 nsecまで維持される(第5のデューティー)。その後、150 nsecで電圧が下降して157 nsecで+MVに到達し、169 nsecまで維持される(第6のデューティー)。その後、169 nsecで電圧が下降して182 nsecで-MVに到達し、194 nsecまで維持される(第7のデューティー)。その後、194 nsecで電圧が下降して200 nsecで-HVに到達し、238 nsecまで維持される(第8のデューティー)。その後、238 nsecで電圧が上昇して244 nsecで-MVに到達し、257 nsecまで維持される(第9のデューティー)。その後、257 nsecで電圧が上昇して263 nsecで0Vに到達する。このように、波形No.16の駆動信号は、

10

20

30

40

50

駆動持続時間が 263 nsec であり、波形 No. 2 の駆動信号と駆動持続時間が同じとなっている。また、図 33 (a) に示すように、第 2 のパルス信号である波形 No. 16 の駆動信号の波形は、波形 No. 2 の駆動信号の波形とは極性で対称となっている。これらの駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルを図 33 (b) に示す。なお、図 33 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 33 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。これらの周波数パワースペクトルの、超音波探触子 A の -20 dB における送信周波数帯域内 (3.8 MHz - 18.6 MHz) における相関係数を求めたところ、1.000 であった。

【0074】

< 評価方法 >

Gammex 社製の RMI 404GS-LE0.5 と同一の音響等価材の深度 25 mm の位置に 50 μm の SUS ワイヤを埋設した。そして、下記表 1 に示された条件の駆動波形である第 1 のパルス信号と第 2 のパルス信号とを同一走査線上に時間間隔をおいて超音波探触子に与えて第 1 の超音波及び第 2 の超音波の送受信を行い、受信した第 1 の超音波及び第 2 の超音波からそれぞれ得られた受信信号を上述したパルスインバージョン法により合成し、THI (Tissue Harmonic Imaging) による超音波画像を得た。このとき、送信焦点を 25 mm とした。そして、画像化を行った際のワイヤ描出輝度を音響強度 (dB) に変換し、その 20 dB 分解能 (距離分解能、方位分解能) を得た。また、Gammex 社製の RMI 403GS-LE0.5 の音響等価材部に対し、送信焦点を 25 mm にして第 1 の超音波及び第 2 の超音波の送受信を行い、上述のようにして連続する 2 フレーム分の超音波画像を取得し、この 2 フレームの超音波画像の相関を求め、この相関が 0.5 を下回る深度を特定し、これを深達度 (Penetration) とした。また、実施例 1 ~ 11 及び比較例 1 及び 2 のそれぞれの条件にて内側半月板先端部、肩関節唇、上腕二頭筋長頭腱の描出を行い、整形外科関連に従事する医師及び臨床検査技師の合計 10 名により下記の評価基準により評点を得、その値を平均してこれを描出性スコアとした。

[評価基準]

- 10 : 組織状態の把握に対して申し分ない程度の描出性
- 8 : 組織状態の把握に対して実用上問題ない程度の描出性
- 6 : 良好ではないが組織状態の把握は可能な程度の描出性
- 4 : 組織状態の把握に支障がある程度の描出性
- 2 : 組織状態の把握が困難な程度の描出性

以上の評価結果を下記表 1 に示す。

【0075】

10

20

30

【表 1】

表示モード	超音波探触子				駆動波形				画質評価結果						
	No.	送受信-20dB帯域中心 [MHz]	送受信-20dB帯域中心 [MHz-MHz]	送受信-20dB帯域比 [%]	第一回目送信		第二回目送信		Probe-20dB帯域における第1送信/第2送信の周波数強度スペクトルの相関係数	距離分解能 [μm]	方位分解能 [μm]	Penetration [mm]	内側半月板先端部	肩関節唇	上腕二頭筋長頭腱
		波形成形 No.	駆動持続時間 (nsec)	波形成形 No.	駆動持続時間 (nsec)										
実施例 1	A	11.2	3.8-18.6	132%	3	163	9	169	0.992	481	692	67	7.3	7.2	6.8
実施例 2					3	163	4	174		0.973	448	681	76	8.3	7.6
実施例 3	B	11.2	5.0-17.8	114%					0.977	497	688	66	7.2	7.2	6.5
実施例 4	C	11.2	5.6-17.3	104%					0.978	610	701	60	5.8	6.0	5.0
実施例 5	A	11.2	3.8-18.6	132%	3	163	5	182	0.942	492	690	75	8.0	7.5	6.7
実施例 6					3	163	6	188		0.905	510	700	72	7.6	7.3
実施例 7					3	163	7	194	0.859	555	704	70	7.2	7.0	6.1
実施例 8					3	163	8	200	0.835	605	710	66	6.9	6.8	5.3
実施例 9					10	163	17	163	0.961	490	689	65	7.1	7.2	6.6
実施例 10					13	125	14	125	0.965	457	694	60	6.4	6.6	7.1
実施例 11					11	225	12	225	0.827	490	691	60	6.2	6.3	6.5
比較例 1					1	175	15	175	1.000	608	705	53	3.8	4.0	5.0
比較例 2					2	263	16	263	1.000	806	671	61	5.6	5.9	3.8

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

< 評価結果 >

上記表 1 の結果より、実施例 1 ~ 1 1 によれば、比較例 1 及び 2 と比較すると、距離分解能がよく、また、深達度が大きいことがわかった。また、実施例 1 ~ 1 1 によれば、比較例 1 及び 2 に比べ、内側半月板先端部、肩関節唇及び上腕二頭筋長頭腱の描出評価が高いことがわかった。特に、比較例 1 によれば、実施例 1 ~ 1 1 に比べ、深達度が小さく、内側半月板先端部及び肩関節唇の描出評価が劣っており、比較例 2 によれば、実施例 1 ~ 1 1 に比べ、距離分解能及び上腕二頭筋長頭腱の描出評価が劣っていることがわかった。

【 0 0 7 7 】

以上説明したように、本実施の形態では、超音波探触子 2 は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、非検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する。送信部 1 2 は、矩形波である駆動波形のパルス信号を出力することにより超音波探触子 2 に送信超音波を生成させる。送信部 1 2 は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力する。画像生成部 1 4 及び画像処理部 1 5 は、複数回のパルス信号によって生成された送信超音波の反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成したパルス信号に基づいて超音波画像データを生成する。その結果、高度の正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、分解能を維持しつつペネトレーションを向上させることができるようになる。

10

【 0 0 7 8 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、第 1 のパルス信号とこの第 1 のパルス信号の複数のデューティのうち少なくとも 1 つを異ならせて時間反転又は極性反転させた第 2 のパルス信号とを出力する。その結果、従来は送信部の正負対称性の崩れにより意図しない成分として制御できずに残存していた足し残り成分を、この方法によって好ましい成分として制御して残存させることができるようになり、簡素な方法で画質を向上させることができるようになる。

20

【 0 0 7 9 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、複数のパルス信号の出力時間を異ならせるようにしたので、簡素な方法で分解能とペネトレーションを向上させることができるようになる。

【 0 0 8 0 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、第 1 のパルス信号と、この第 1 のパルス信号の複数のデューティのうち最初のピークにおけるデューティを所定時間長くして時間反転又は極性反転させることにより第 1 のパルス信号とは出力時間を異ならせた第 2 のパルス信号とを出力する。その結果、簡素な方法で分解能とペネトレーションを向上させることができるようになる。

30

【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、超音波探触子 2 の - 2 0 d B での送受信大域内において、複数のパルス信号の周波数成分の相関係数が 0 . 8 5 以上で 1 未満となるような複数のパルス信号を出力する。その結果、分解能とペネトレーションがより向上した高画質の超音波画像を得ることができるようになる。

【 0 0 8 2 】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、- 2 0 d B の比帯域が 1 1 0 % 以上であるので、より高分解能である超音波を送信することができるようになる。

40

【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態によれば、パルス信号は、5 値以下の矩形波であるので、安価で分解能を向上させることができるようになる。

【 0 0 8 4 】

なお、本発明の実施の形態における記述は、本発明に係る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。超音波画像診断装置を構成する各機能部の細部構成及び細部動作に関しても適宜変更可能である。

【 0 0 8 5 】

50

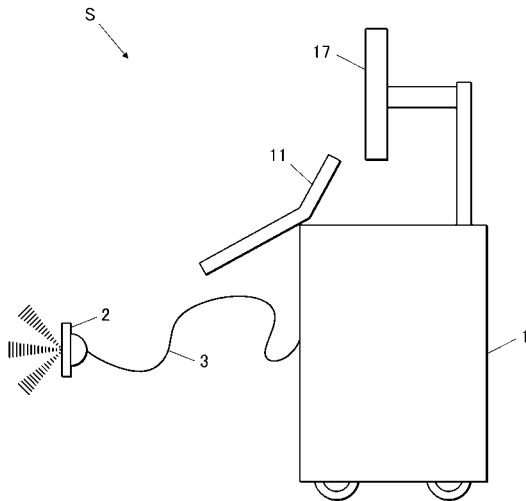
また、本実施の形態では、第1のパルス信号と第2のパルス信号の周波数パワースペクトルの、超音波探触子2の-20dBにおける送信周波数帯域内における相関係数が0.85以上であることが好ましいが、0.85未満であってもよい。

【符号の説明】

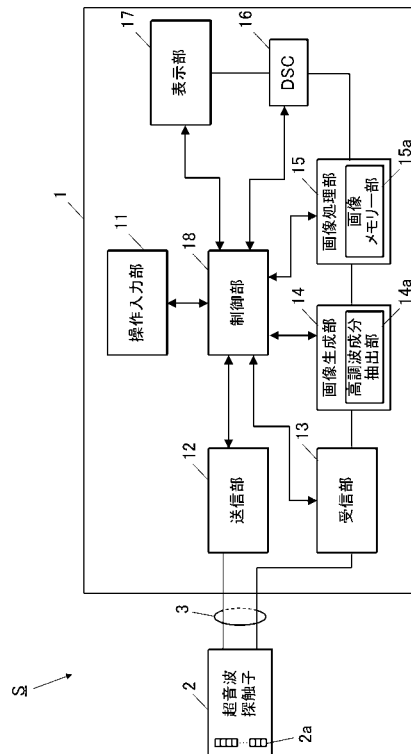
【0086】

- S 超音波画像診断装置
- 1 超音波画像診断装置本体
- 2 超音波探触子
- 12 送信部
- 14 画像生成部
- 15 画像処理部

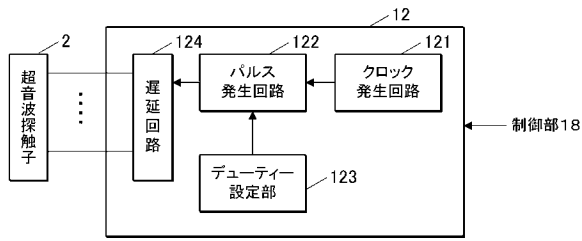
【図1】



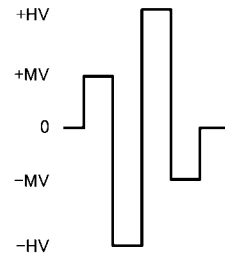
【図2】



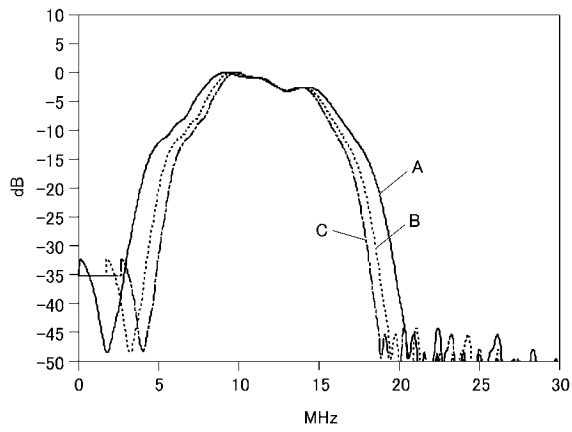
【 図 3 】



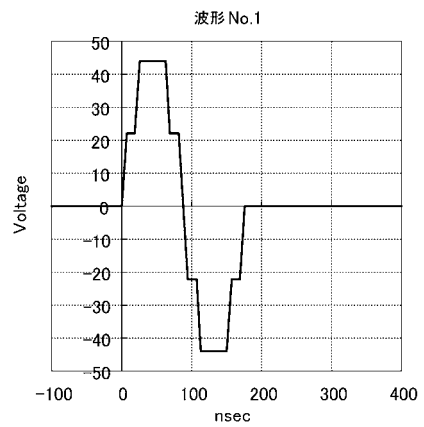
【 図 4 】



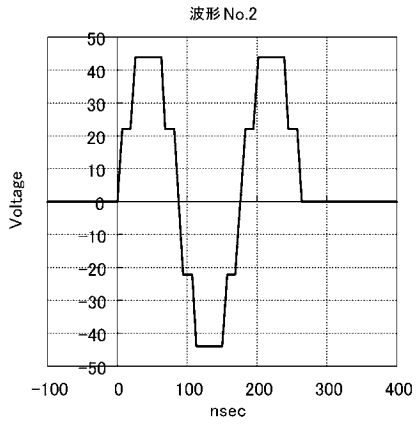
【 図 5 】



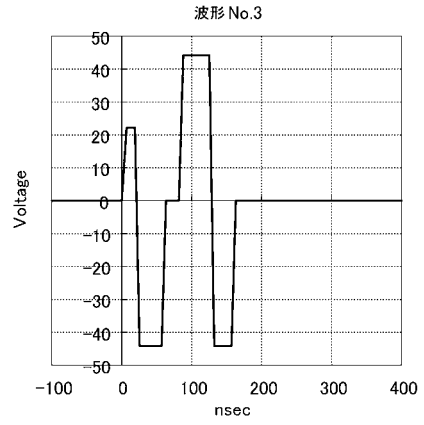
【 図 6 】



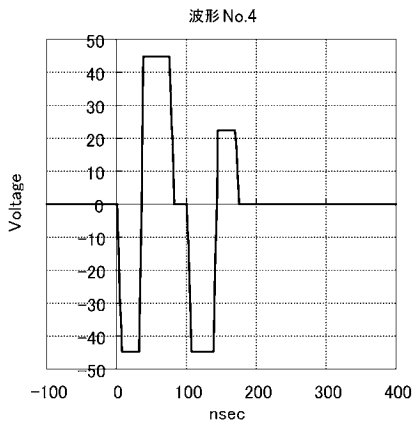
【 図 7 】



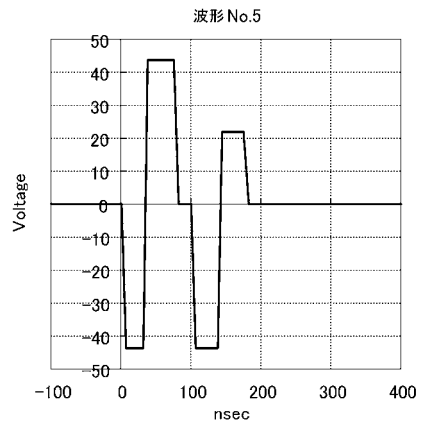
【 図 8 】



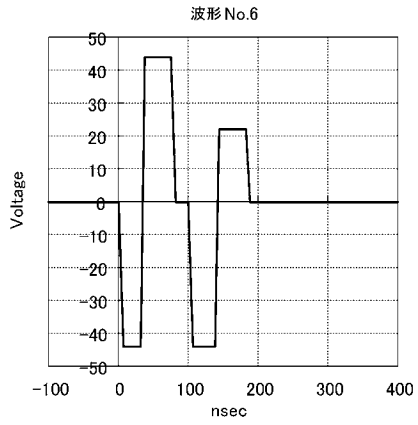
【 図 9 】



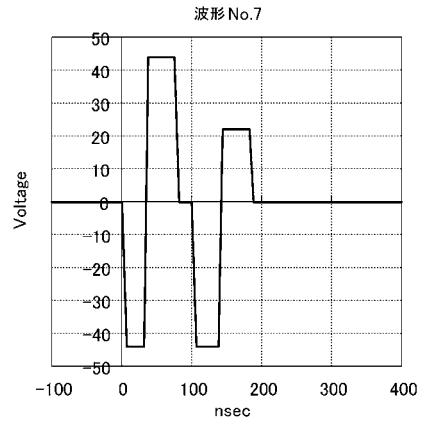
【 図 1 0 】



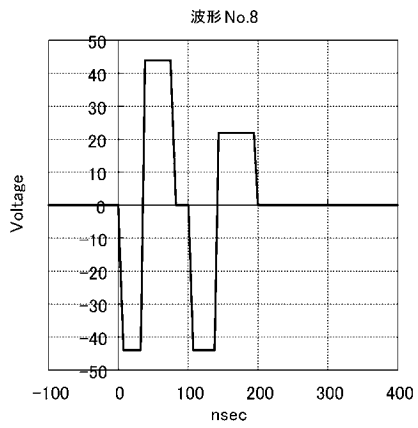
【 図 1 1 】



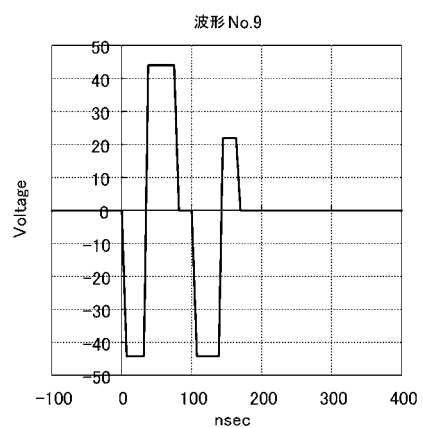
【 図 1 2 】



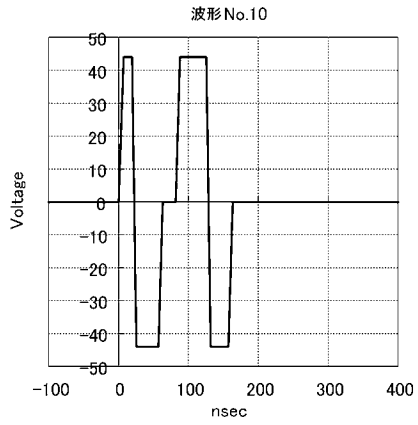
【 図 1 3 】



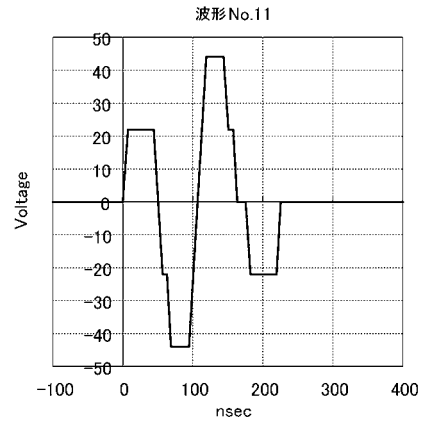
【 図 1 4 】



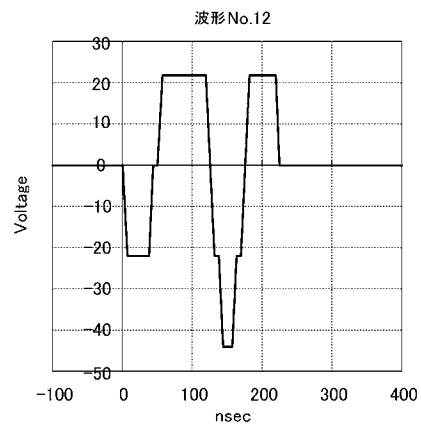
【 図 1 5 】



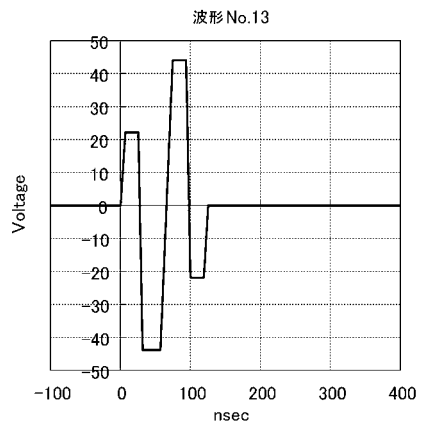
【 図 1 6 】



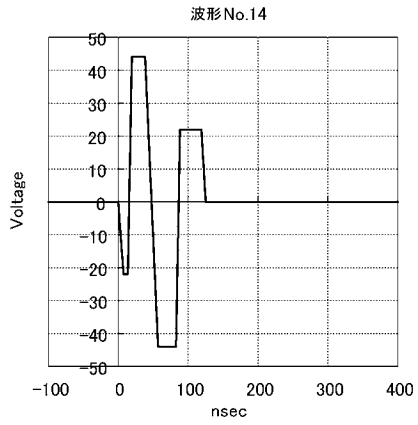
【 図 1 7 】



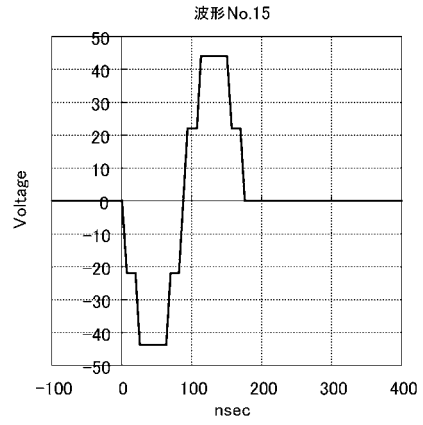
【 図 1 8 】



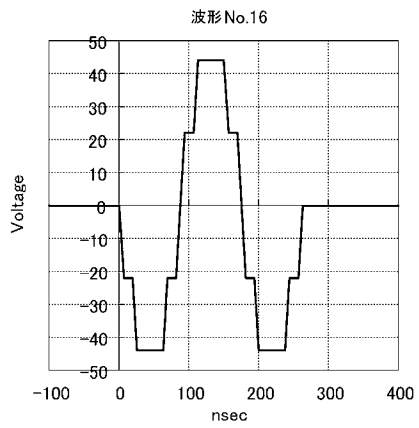
【 図 1 9 】



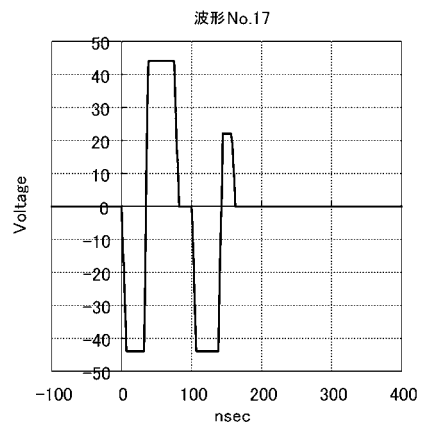
【 図 2 0 】



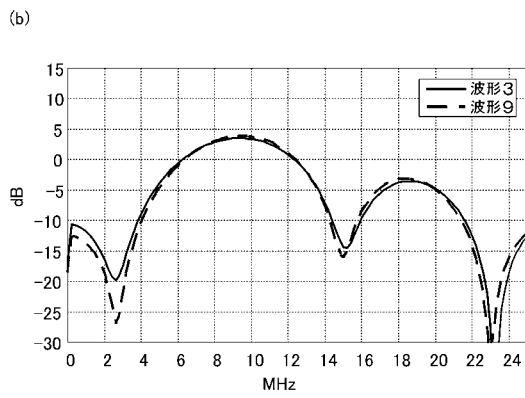
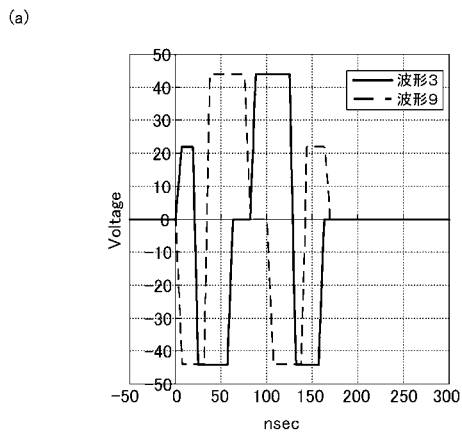
【 図 2 1 】



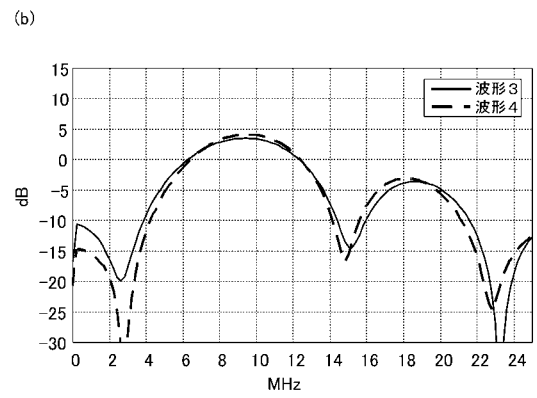
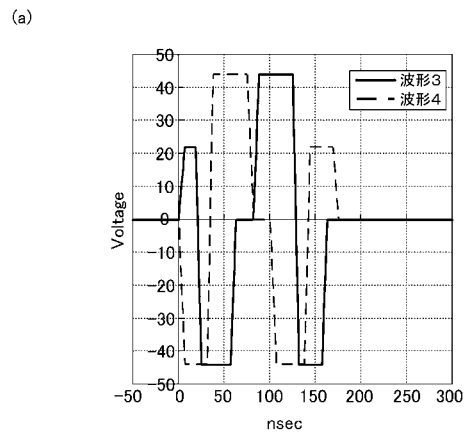
【 図 2 2 】



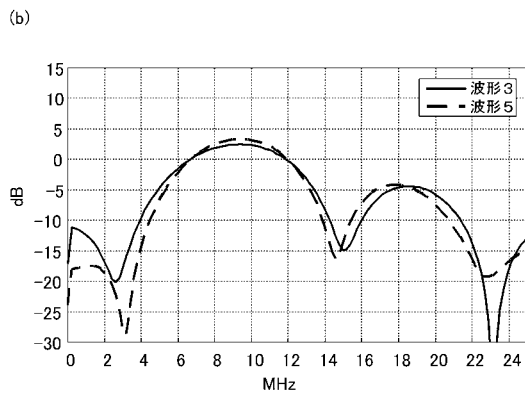
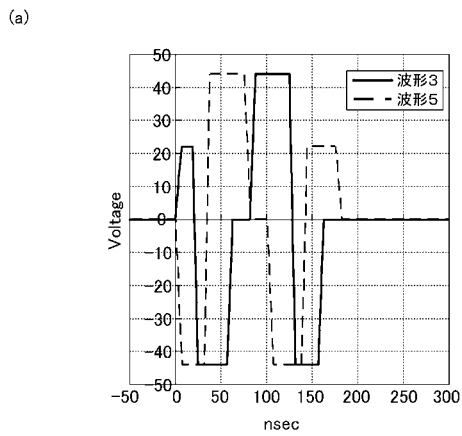
【 図 2 3 】



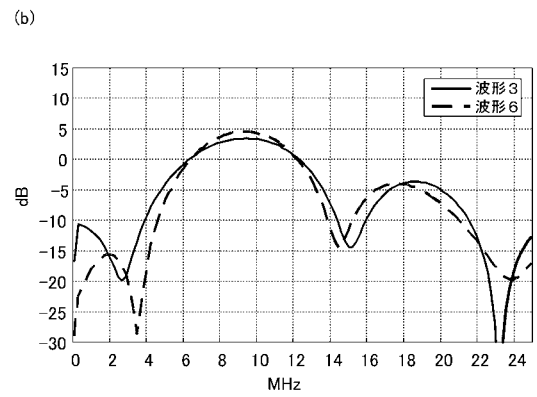
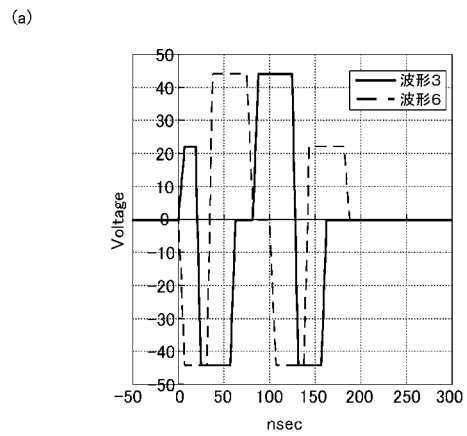
【 図 2 4 】



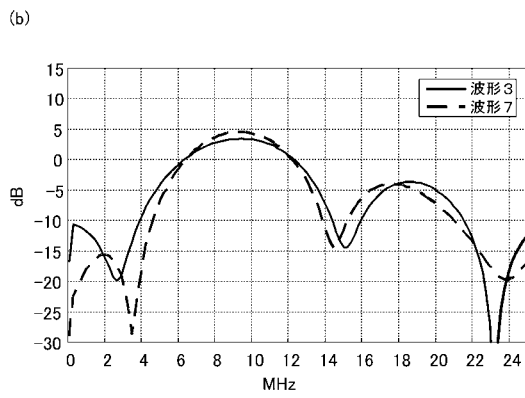
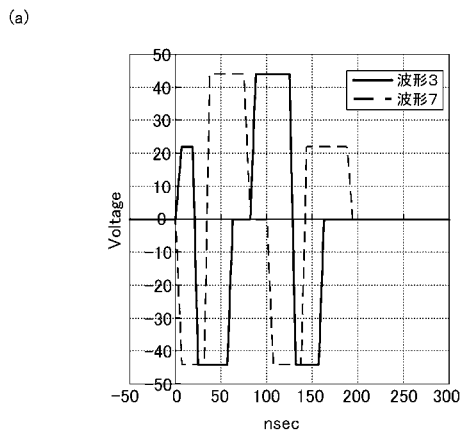
【 図 2 5 】



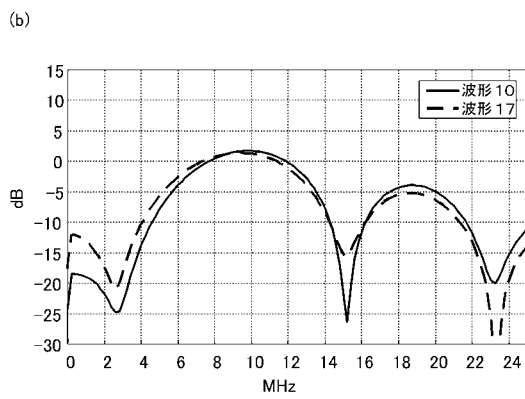
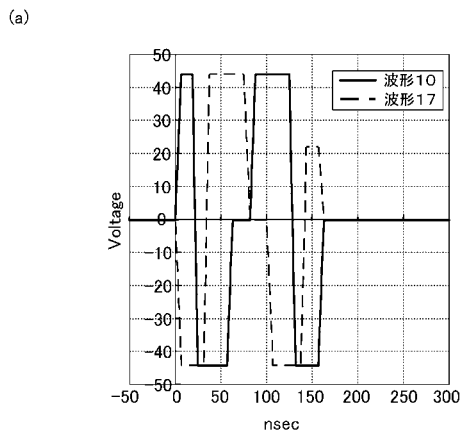
【 図 2 6 】



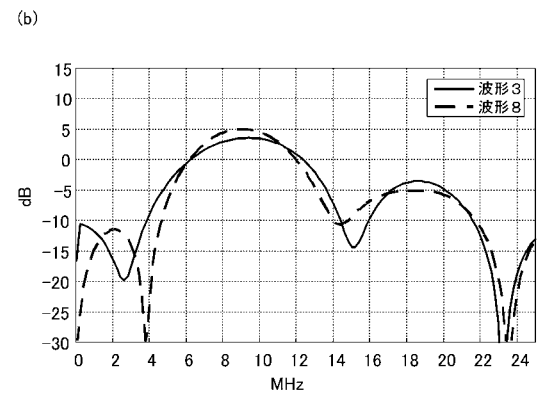
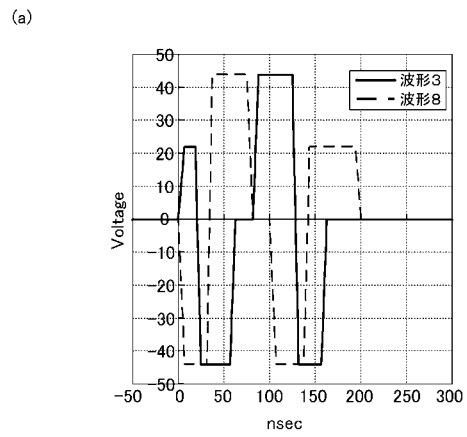
【 図 2 7 】



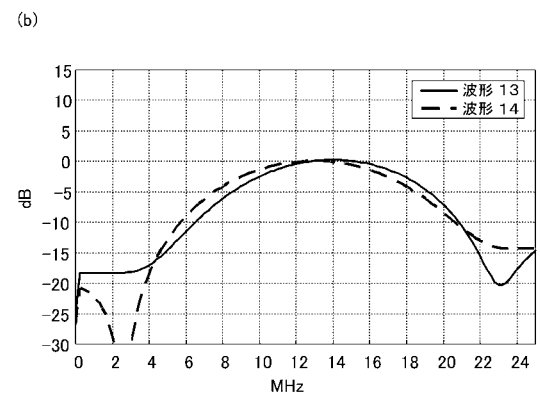
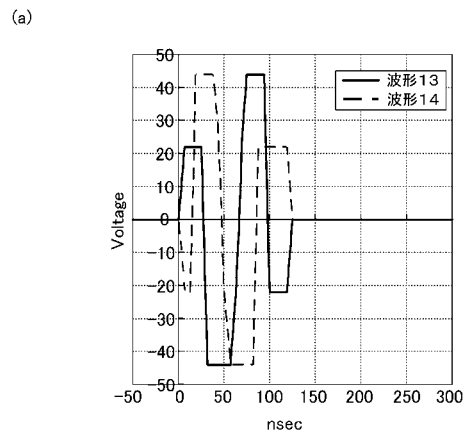
【 図 2 9 】



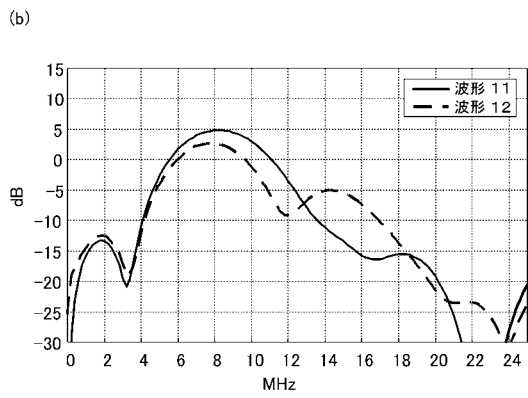
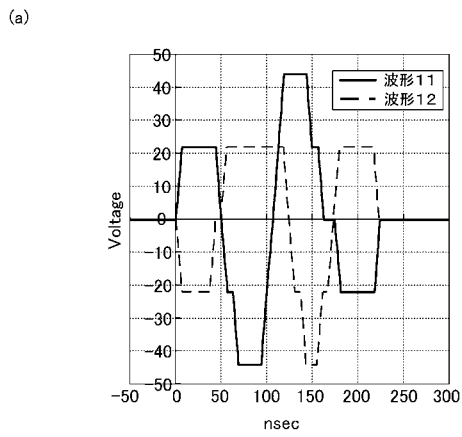
【 図 2 8 】



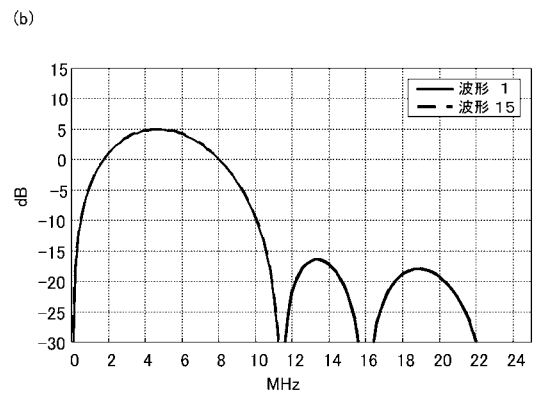
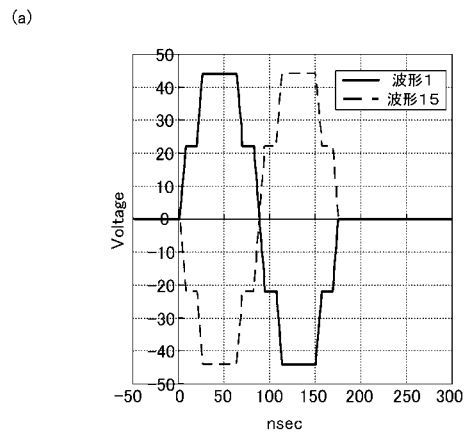
【 図 3 0 】



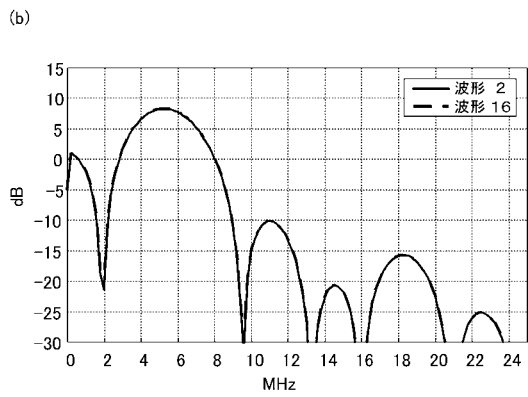
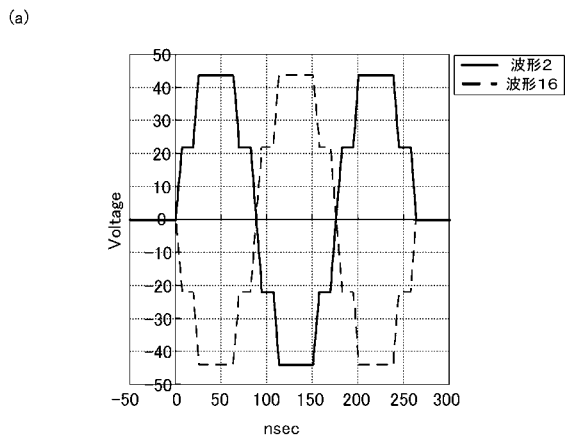
【 図 3 1 】



【 図 3 2 】



【 図 3 3 】



专利名称(译)	超声波成像诊断仪		
公开(公告)号	JP2014180363A	公开(公告)日	2014-09-29
申请号	JP2013055837	申请日	2013-03-19
[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	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/14 B06B1/0215 B06B2201/76 G01S7/5202 G01S7/52038 G01S15/8963		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/DE09 4C601/EE05 4C601/EE14 4C601/HH05 4C601/HH07 4C601/HH12 4C601/JB45 4C601/HH04		
其他公开文献	JP5924296B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种即使在不包括具有高度正/负驱动对称度的变速器驱动装置的情况下也能够在保持分辨率的同时提高穿透性的超声诊断成像设备。 解决方案：超声波探头2通过输入脉冲信号向对象输出发射超声波，并通过接收来自非标本的反射超声波来输出接收信号。发送器12通过输出具有矩形驱动波形的脉冲信号来使超声波探头2产生发送的超声波。传输单元12以相同的时间间隔在同一条扫描线上多次输出各自具有不对称驱动波形的脉冲信号。图像生成单元14和图像处理单元15将从通过多次脉冲信号生成的发送超声波的反射超声波获得的各个接收信号进行组合，并且基于组合的脉冲信号来生成超声图像数据。产生。[选择图]图2

