

【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、

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、

前記超音波探触子の - 20 dB の送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに強度ピークを有し、

且つ、複数の前記強度ピークの間の周波数領域における強度は、前記強度ピークの強度の最大値を基準として - 20 dB 以上であることを特徴とする超音波画像診断装置。

【請求項 2】

前記送信部は、それぞれ駆動波形の異なる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生成部を備えた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】

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、複数のうちの少なくとも何れか一つの前記強度ピークにおける周波数成分の強度が、前記超音波探触子の - 20 dB の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数の周波数成分の強度よりも大きい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】

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、前記超音波探触子の - 20 dB の送信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側に前記送信周波数帯域に含まれる 2 以上の強度ピークを有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 5】

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 ~ 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。

【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】**

従来の超音波画像診断装置は、超音波探触子によって、生体等の被検体に対して超音波（送信超音波）を送信し、受信した超音波（反射超音波）から受信信号に変換し、これに基づいて超音波画像を表示する。反射超音波は被検体内の状態を示す情報を含んでいるため、良質な反射超音波を得ることが良質な超音波画像を得るために重要となっている。受信信号に対する信号処理等によって超音波画像の画質を向上させることはできるが、本質的には、送信超音波が良質であることが望ましい。

【0003】

良質である送信超音波とは、分解能に優れたものであるといわれている。高い分解能を得るためには送信超音波のパルス幅が短いことが要求される。すなわち、送信超音波の周波数帯域を広帯域とするか、送信超音波の周波数を高周波とすることにより短パルス化を

10

20

30

40

50

実現することができる。

【 0 0 0 4 】

このような状況に鑑み、従来の超音波画像診断装置において、所望とする送信超音波の波形とするために、送信信号の波形を任意に調整するようにしたものがある（例えば、特許文献 1）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 4 3 7 2 1 号公報

【 発明の概要 】

10

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載された技術では、高分解能の超音波画像を得るために、任意波形を形成するものや、回路を使った波形の形成の制御が必要であり、高精度且つ高価な送信駆動装置を備える必要がある。一方、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、画質面での妥協を余儀なくされていた。

【 0 0 0 7 】

本発明の課題は、コストを抑えて高分解能を維持す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。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

以上の課題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、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、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、

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、

前記超音波探触子の - 2 0 d B の送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに強度ピークを有し、

30

且つ、複数の前記強度ピークの間の周波数領域における強度は、前記強度ピークの強度の最大値を基準として - 2 0 d B 以上であることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

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、それぞれ駆動波形の異なる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生成部を備えたことを特徴とする。

40

【 0 0 1 0 】

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、

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、複数のうちの少なくとも何れか一つの前記強度ピークにおける周波数成分の強度が、前記超音波探触子の - 2 0 d B の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数の周波数成分の強度よりも大きいことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記パルス信号の周波数パワースペクトルは、前記超音波探触子の - 2 0 d B の送信周

50

波数帯域の中心周波数よりも高周波側に前記送信周波数帯域に含まれる 2 以上の強度ピークを有することを特徴とする。

【0012】

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。

【0013】

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。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、コストを抑えて高分解能を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【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とパルス信号の駆動波形との関係について説明する図である。

20

【図 6】超音波探触子の送信帯域について説明する図である。

【図 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 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 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 10】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 11】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 12】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 13】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 14】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。

30

【図 15】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 16】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 17】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 18】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 19】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 20】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 21】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【図 22】送信超音波のスペクトルについて説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

40

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。

【0017】

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

50

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。

【0018】

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。

10

【0019】

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 とを備えて構成されている。

【0020】

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。

20

【0021】

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 12 は、図 3 に示すように、例えば、クロック発生回路 121、パルス発生回路 122、デューティ設定部 123 及び遅延回路 124 を備えている。

【0022】

クロック発生回路 121 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。

30

パルス発生回路 122 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 122 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 123 は、パルス発生回路 122 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 122 は、デューティ設定部 123 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 11 による入力操作により可変することができる。

40

【0023】

本実施の形態では、デューティ設定部 123 は、超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数の低周波側及び高周波側にそれぞれ超音波探触子 2 の送信周波数帯域に含まれるピークが発生するようなパルス信号のデューティ比を設定する。このとき、デューティ設定部 123 は、超音波探触子の -20 dB の送信周波数帯域における感度が -20 dB 以上となるようにパルス信号のデューティ比を設定する。

【0024】

50

ここで、図 5 を参照してより具体的に説明する。図 5 (a) は、超音波探触子 2 の送信帯域形状 P_r の一例を表している。図 5 (b) は、送信部 1 2 により出力されるパルス信号の駆動波形の一例を表している。図 5 (c) は、図 5 (b) に示されるパルス信号を周波数解析 (F F T) した周波数パワースペクトルを表している。図 5 (d) は、超音波探触子 2 から出力された送信超音波を周波数解析 (F F T) した結果を表している。

例えば、図 5 (a) に示すような超音波探触子 2 は、ピーク周波数が 14.2 MHz 、 -20 dB における下限周波数 ($FL20$) が 3.4 MHz 、上限周波数 ($FH20$) が 21.2 MHz 、中心周波数 ($FC20$) が 12.3 MHz 、 -20 dB の比帯域が 145% である。

この超音波探触子 2 に対して、例えば、図 5 (b) に示すような駆動波形を有するパルス信号 S_g を与える。このパルス信号 S_g は、矩形波からなり、5 値の電圧を切り替えることにより生成することができる。このパルス信号 S_g を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルは、図 5 (c) に示すように、超音波探触子 2 の -20 dB の送信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) よりも低周波側に 1 つの強度ピーク ($PK1: 5.8\text{ MHz}$) を有し、高周波側に 2 つの強度ピーク ($PK2: 13.2\text{ MHz}$ 、 $PK3: 19.2\text{ MHz}$) を有していることがわかる (なお、解析結果を図 5 (c) 中、 S_f で示す) 。すなわち、図 5 (a) に示すような特性を有する超音波探触子 2 に図 5 (b) に示すような駆動波形を有するパルス信号を与えると、超音波探触子 2 の送信周波数帯域 ($FL20 - FH20$) の中心周波数 ($FC20$) の低周波側及び高周波側にそれぞれ超音波探触子 2 の送信周波数帯域に含まれるピーク ($PK1 \sim PK3$) が発生することがわかる。このとき、各強度ピークにおける強度 ($P1: 3.8\text{ dB}$ 、 $P2: 2.0\text{ dB}$ 、 $P3: 1.4\text{ dB}$) は、超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度 (1.1 dB) よりも大きくなっている。また、各強度ピークの間の周波数領域における強度は、強度ピークの強度の最大値である $PK1$ における強度を基準として -20 dB 以上となっている。その結果、図 5 (d) に示すような特性の送信超音波が超音波探触子 2 から出力される。

【 0 0 2 5 】

本実施の形態における超音波探触子 2 の送信帯域形状やパルス信号の駆動波形については、上述したものに限定されず、本発明を実現可能な範囲において適宜設定することができる。

また、本実施の形態では、パルス信号の複数の強度ピークのうちの全てが超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数の周波数成分の強度よりも大きいものとしているが、少なくとも 1 つ以上について、超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数の周波数成分の強度よりも大きいものであればよい。

また、本実施の形態では、超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 2 つ有するようなパルス信号を出力するようにしたが、3 つ以上であってもよい。超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 2 つ以上有するようなパルス信号とすると、より高周波側に広帯域なパルス信号を出力することができるようになる。なお、超音波探触子 2 の送信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 1 つだけ有するようなパルス信号としてもよい。

【 0 0 2 6 】

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 7 】

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 8 】

10

20

30

40

50

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 12 は、パルスインバージョン法を実施場合には、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。

【0029】

受信部 13 は、制御部 18 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 13 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 2a 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 2a 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。

【0030】

画像生成部 14 は、受信部 13 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 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。

【0031】

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。

【0032】

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 205 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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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

10

20

30

40

50

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、コンピュータが読み取り可能なプログラムコードの形態で格納され、CPUは、当該プログラムコードに従った動作を逐次実行する。

RAMは、CPU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。

【実施例 1】

【0036】

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。

【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 3.4 MHz、上限周波数 (FH20) が 21.2 MHz、中心周波数 (FC20) が 12.3 MHz、送信 - 20 dB の比帯域が 145 % 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 6 において A で示す。なお、図 6 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 12 から出力されるパルス信号を、図 7 (a) に示すような駆動波形とし、これを駆動波形 1 とした。こ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 7 (b) に示す。なお、図 7 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 7 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、- 20 dB における下限周波数が 0.6 MHz、上限周波数が 20 MHz、中心周波数が 9.7 MHz であった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子 A の - 20 dB における送信周波数帯域内 (3.4 MHz - 21.2 MHz) において強度ピークを 2 つ有しており、第 1 のピーク (ピーク 1) における周波数は 5.2 MHz で強度は - 2.0 dB であり、第 2 のピーク (ピーク 2) における周波数は 14.8 MHz で強度は 1.2 dB であった。また、超音波探触子 A の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度は - 0.4 dB であった。なお、駆動波形 1 のパルス信号が超音波探触子 A に与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図 15 に示す。

【0039】

(実施例 2)

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。

【0040】

上述した送信部 12 から出力されるパルス信号を、図 8 (a) に示すような駆動波形とし、これを駆動波形 2 とした。こ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 8 (b) に示す。なお、図 8 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 8 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、- 20 dB における下限周波数が 0.4 MHz、上限周波数が 27.2 MHz、中心周波数が 13.8 MHz であった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子 A の - 20 dB における送信周波数帯域内 (3.4 MHz - 21.2 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、第 1 のピーク (ピーク 1) における周波数は 7.2 MHz で強度は - 1.3 dB であり、第 2 のピーク (ピーク 2) における周波数は 13.4 MHz で強度は 0.1 dB であり、第 3 のピーク (ピーク 3) における周波数は 18.6 MHz で強度は - 1.0 dB であった。また、超音波探触子 A の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度は - 0.5 dB であった。なお、駆動波形 2 のパルス信号が超音波探触子 A に与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図 16 に示す。

【0041】

(比較例 1)

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。

【0042】

上述した送信部 12 から出力されるパルス信号を、図 9 (a) に示すような駆動波形とし、これを駆動波形 3 とした。こ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 9 (b) に示す。なお、図 9 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 9 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、 -20 dB における下限周波数が 0.6 MHz 、上限周波数が 22.8 MHz 、中心周波数が 11.7 MHz であった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子 A の -20 dB における送信周波数帯域内 ($3.4\text{ MHz} - 21.2\text{ MHz}$) において強度ピークを 1 つ有しており、第 1 のピーク (ピーク 1) における周波数は 9.8 MHz で強度は -0.4 dB であった。また、超音波探触子 A の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度は -1.0 dB であった。なお、駆動波形 3 のパルス信号が超音波探触子 A に与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図 17 に示す。

10

【0043】

(比較例 2)

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。

【0044】

上述した送信部 12 から出力されるパルス信号を、図 10 (a) に示すような駆動波形とし、これを駆動波形 4 とした。こ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 10 (b) に示す。なお、図 10 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 10 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、 -20 dB における下限周波数が 0.2 MHz 、上限周波数が 11.4 MHz 、中心周波数が 5.7 MHz であった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子 A の -20 dB における送信周波数帯域内 ($3.4\text{ MHz} - 21.2\text{ MHz}$) において強度ピークを 1 つ有しており、第 1 のピーク (ピーク 1) における周波数は 3.4 MHz で強度は -2.2 dB であった。また、超音波探触子 A の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度は -2.3 dB であった。なお、駆動波形 4 のパルス信号が超音波探触子 A に与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図 18 に示す。

20

30

【0045】

(実施例 3)

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。また、上述した送信部 12 から出力されるパルス信号の駆動波形を、実施例 1 と同じ駆動波形 1 とした。

【0046】

(実施例 4)

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。また、上述した送信部 12 から出力されるパルス信号の駆動波形を、実施例 2 と同じ駆動波形 2 とした。

40

【0047】

(実施例 5)

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 12 から出力されるパルス信号を、図 11 (a) に示すような駆動波形とし、これを駆動波形 5 とした。こ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 11 (b) に示す。なお、図 11 (a) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 11 (b) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、 -20 dB における下限周波数が 2.6 MHz

50

z、上限周波数が22.8MHz、中心周波数が12.7MHzであった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子Aの-20dBにおける送信周波数帯域内(3.4MHz-21.2MHz)において強度ピークを3つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は5.8MHzで強度は3.8dBであり、第2のピーク(ピーク2)における周波数は13.2MHzで強度は2.0dBであり、第3のピーク(ピーク3)における周波数は19.2MHzで強度は1.4であった。また、超音波探触子Aの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3MHz)の周波数成分の強度は1.1dBであった。なお、駆動波形5のパルス信号が超音波探触子Aに与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図19に示す。

【0049】

(実施例6)

上述した超音波探触子2として、送信-20dBにおける下限周波数(FL20)が4.9MHz、上限周波数(FH20)が19.7MHz、中心周波数(FC20)が12.3MHz、送信-20dBの比帯域が120%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6においてBで示す。

【0050】

上述した送信部12から出力されるパルス信号の駆動波形を、実施例5と同じ駆動波形5とした。なお、この駆動波形は、上述の超音波探触子Bの-20dBにおける送信周波数帯域内(4.9MHz-19.7MHz)において強度ピークを3つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は5.8MHzで強度は3.8dBであり、第2のピーク(ピーク2)における周波数は13.2MHzで強度は2.0dBであり、第3のピーク(ピーク3)における周波数は19.2MHzで強度は1.4であった。また、超音波探触子Bの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3MHz)の周波数成分の強度は1.1dBであった。

【0051】

(実施例7)

上述した超音波探触子2として、送信-20dBにおける下限周波数(FL20)が5.6MHz、上限周波数(FH20)が19.1MHz、中心周波数(FC20)が12.3MHz、送信-20dBの比帯域が109%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6においてCで示す。

【0052】

上述した送信部12から出力されるパルス信号の駆動波形を、実施例5と同じ駆動波形5とした。なお、この駆動波形は、上述の超音波探触子Cの-20dBにおける送信周波数帯域内(5.6MHz-19.1MHz)において強度ピークを3つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は5.8MHzで強度は3.8dBであり、第2のピーク(ピーク2)における周波数は13.2MHzで強度は2.0dBであり、第3のピーク(ピーク3)における周波数は19.2MHzで強度は1.4であった。また、超音波探触子Cの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3MHz)の周波数成分の強度は1.1dBであった。

【0053】

(実施例8)

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から出力されるパルス信号を、図12(a)に示すような駆動波形とし、これを駆動波形6とした。こ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12(b)に示す。なお、図12(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図12(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、-20dBにおける下限周波数が2.2MHz、上限周波数が22.6MHz、中心周波数が12.4MHzであった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子Aの-20dBにおける送信周波数帯域内(3.4MHz

10

20

30

40

50

z - 21.2 MHz)において強度ピークを3つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は5.6 MHzで強度は2.2 dBであり、第2のピーク(ピーク2)における周波数は13.2 MHzで強度は3.7 dBであり、第3のピーク(ピーク3)における周波数は19.2 MHzで強度は3.1であった。また、超音波探触子Aの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3 MHz)の周波数成分の強度は3.1 dBであった。なお、駆動波形6のパルス信号が超音波探触子Aに与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図20に示す。

【0055】

(実施例9)

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。

10

【0056】

上述した送信部12から出力されるパルス信号を、図13(a)に示すような駆動波形とし、これを駆動波形7とした。こ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13(b)に示す。なお、図13(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図13(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、-20 dBにおける下限周波数が3.2 MHz、上限周波数が23.0 MHz、中心周波数が13.1 MHzであった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.4 MHz - 21.2 MHz)において強度ピークを3つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は6.2 MHzで強度は5.0 dBであり、第2のピーク(ピーク2)における周波数は13.2 MHzで強度は3.7 dBであり、第3のピーク(ピーク3)における周波数は20.2 MHzで強度は-0.1であった。また、超音波探触子Aの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3 MHz)の周波数成分の強度は2.9 dBであった。なお、駆動波形7のパルス信号が超音波探触子Aに与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図21に示す。

20

【0057】

(比較例3)

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。

【0058】

上述した送信部12から出力されるパルス信号を、図14(a)に示すような駆動波形とし、これを駆動波形8とした。こ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14(b)に示す。なお、図14(a)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図14(b)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。この駆動波形を周波数解析したところ、-20 dBにおける下限周波数が0.4 MHz、上限周波数が9.8 MHz、中心周波数が5.1 MHzであった。そして、この駆動波形は、上述の超音波探触子Aの-20 dBにおける送信周波数帯域内(3.4 MHz - 21.2 MHz)において強度ピークを1つ有しており、第1のピーク(ピーク1)における周波数は4.2 MHzで強度は7.0 dBであった。また、超音波探触子Aの送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数(12.3 MHz)の周波数成分の強度は-25.6 dBであった。なお、駆動波形8のパルス信号が超音波探触子Aに与えられて出力された送信超音波のスペクトルを図22に示す。

30

40

【0059】

(比較例4)

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。また、上述した送信部12から出力されるパルス信号の駆動波形を、比較例2と同じ駆動波形4とした。

【0060】

<評価方法>

Gammex社製のRMI 404GS-LE0.5と同一の音響等価材の深度15 mmの位置に50 μmのSUSワイヤーを埋設した。そして、実施例1、実施例2、比較例

50

1 及び比較例 2 にあっては、下記表 1 に示された条件の駆動波形であるパルス信号を超音波探触子に与えて超音波の送受信を行い、受信した超音波から得られた受信信号に基づき、基本波による超音波画像を得た。一方、実施例 3 ～実施例 9、比較例 3 及び比較例 4 にあっては、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、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、T H I (Tissue Harmonic Imaging) による超音波画像を得た。このとき、送信焦点を 15 mm とした。そして、画像化を行った際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 (距離分解能、方位分解能) を得た。また、上述のようにして 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、これを深達度とした。また、実施例 1 ～ 9 及び比較例 1 ～ 4 のそれぞれの条件にて手根、M P 関節 (Metacarpophalangeal joint) 屈筋腱、上腕二頭筋長頭腱、内側半月板の描出を行い、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。

10

[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

20

以上の評価結果を下記表 1 に示す。

【 0 0 6 1 】

【表 1】

	表示モード	超音波探触子				駆動波形						画質評価結果					
		No.	送信-20dB 帯域中心 (MHz)	送信-20dB 帯域 (MHz-MHz)	送信-20dB 比帯域(%)	-20dB 帯域中心 (MHz)	No.	ピーク1		ピーク2		ピーク3		Probe送信-20dB 帯域中心 (MHz)		距離分解能 (μ m)	方位分解能 (μ m)
								MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB		
実施例1	基本波	A	12.3	3.4-21.2	145%	1	9.7	52	-2.0	14.8	1.2	-	-	12.3	-0.4	308	677
実施例2						2	13.8	72	-1.3	13.4	0.1	18.6	-1.0	12.3	-0.5	312	660
比較例1						3	11.7	9.8	-0.4	-	-	-	-	12.3	-1.0	456	630
比較例2						4	57	3.4	-2.2	-	-	-	-	12.3	-2.3	315	655
実施例3	THI	A	12.3	3.4-21.2	145%	1	9.7	52	-2.0	14.8	1.2	-	-	12.3	-0.4	285	645
実施例4						2	13.8	72	-1.3	13.4	0.1	18.6	-1.0	12.3	-0.5	240	632
実施例5						5	12.7	5.8	3.8	13.2	2.0	19.2	1.4	12.3	1.1	225	651
実施例6		B	12.3	4.9-19.7	120%											278	643
実施例7		C	12.3	5.6-19.1	109%											341	638
実施例8		A	12.3	3.4-21.2	145%	6	12.4	5.6	2.2	13.2	3.7	19.2	3.1	12.3	3.1	299	662
実施例9						7	13.1	6.2	5.0	13.2	3.7	20.2	-0.1	12.3	2.9	330	668
比較例3						8	5.1	4.2	7.0	-	-	-	-	12.3	-25.6	512	598
比較例4						4	57	3.4	-2.2	-	-	-	-	12.3	-2.3	320	660

< 評価結果 >

上記表 1 の結果より、実施例 1 ~ 9 によれば、駆動波形 3 及び 8 のパルス信号による超音波の送受信を行った比較例 1 及び 3 と比較すると、距離分解能がよく、また、深達度 (Penetration) も大きいことがわかった。また、実施例 1 ~ 9 によれば、比較例 1 及び 3 に比べ、手根、MP 関節屈筋腱、上腕二頭筋長頭腱及び内側半月板の描出評価が高いことがわかった。

また、比較例 2 及び 4 によれば、駆動波形 4 のパルス信号による超音波の送受信を行った場合、基本波に基づく超音波画像では特に見劣りする点はないが、THI によって得られた超音波画像では、特に内側半月板の描出評価が実施例 3 ~ 9 に比べて劣っていることがわかった。

【 0 0 6 3 】

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、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。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。パルス信号の周波数パワースペクトルは、超音波探触子 2 の - 20 dB の送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに強度ピークを有し、且つ、複数の強度ピークの間の周波数領域における強度は、強度ピークの強度の最大値を基準として - 20 dB 以上である。その結果、パルス信号の波形を形成するための複雑な回路の追加等が不要となり、コストを抑えて送信超音波について高分解能を維持することができるようになる。また、基本波による超音波画像によれば、高振幅で短パルスの超音波の波形を得ることができるので、高分解能を維持しながら、低周波成分も増加してペネトレーション (深達度) を向上させることができるようになる。

【 0 0 6 4 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、それぞれ駆動波形の異なる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 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、パルスインバージョン法において、広帯域で高調波を受信することができるので、安価で分解能がさらに向上した超音波画像を得ることができるようになる。

【 0 0 6 5 】

また、本実施の形態によれば、パルス信号の周波数パワースペクトルは、複数のうちの少なくとも何れか一つの強度ピークにおける周波数成分の強度が、超音波探触子 2 の - 20 dB の送信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数の周波数成分の強度よりも大きい。その結果、超音波探触子の送信帯域よりも広帯域である超音波の送信を行うことができ、分解能を向上させることができるようになる。

【 0 0 6 6 】

また、本実施の形態によれば、パルス信号の周波数パワースペクトルは、超音波探触子 2 の - 20 dB の送信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側に送信周波数帯域に含まれる 2 以上の強度ピークを有する。その結果、より高周波側に広帯域である超音波の送信を行うことができ、分解能をより向上させることができるようになる。

【 0 0 6 7 】

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 6 8 】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、- 20 dB の比帯域が 110 % 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。

【 0 0 6 9 】

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

10

20

30

40

50

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。

【符号の説明】

【 0 0 7 0 】

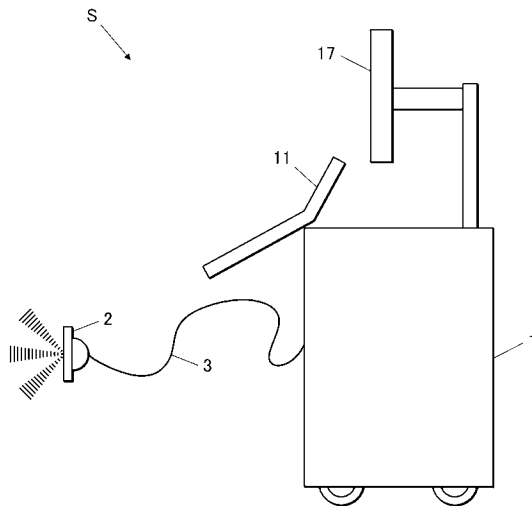
S 超音波画像診断装置

2 超音波探触子

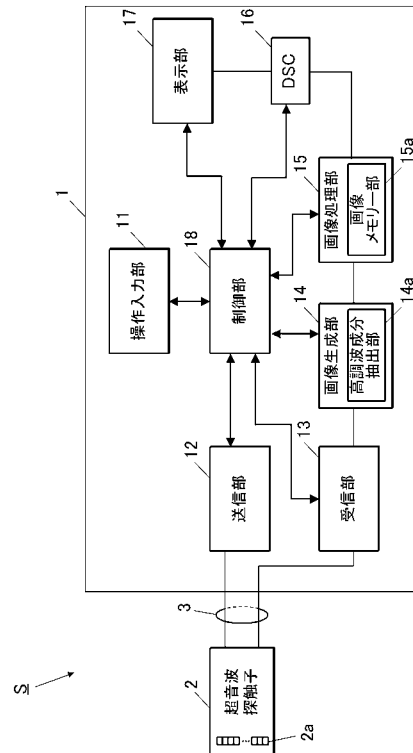
1 2 送信部

1 4 画像生成部

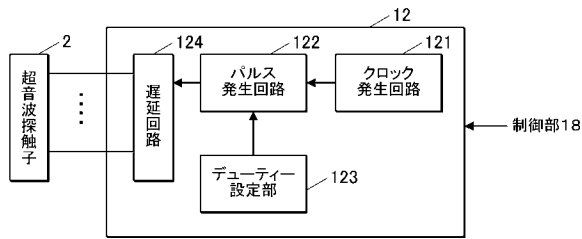
【 図 1 】



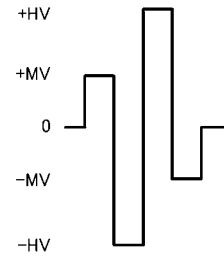
【 図 2 】



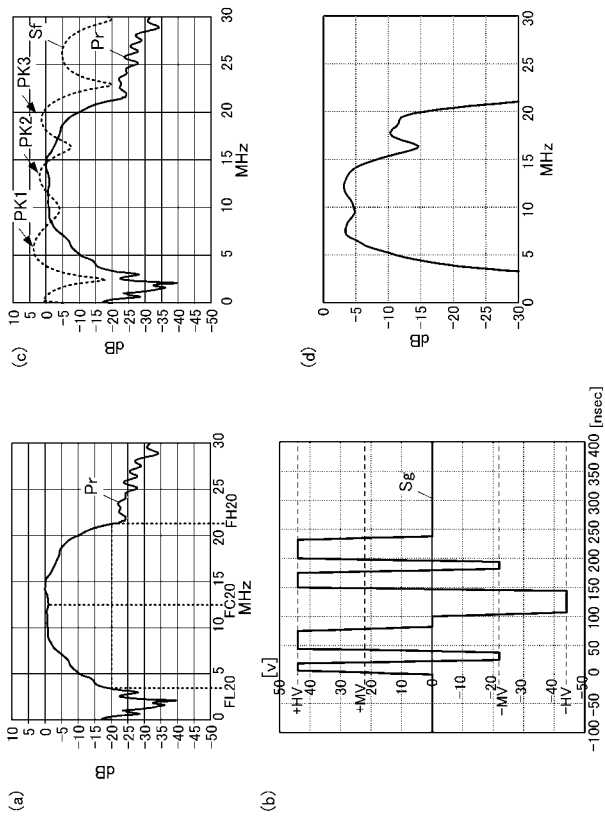
【図 3】



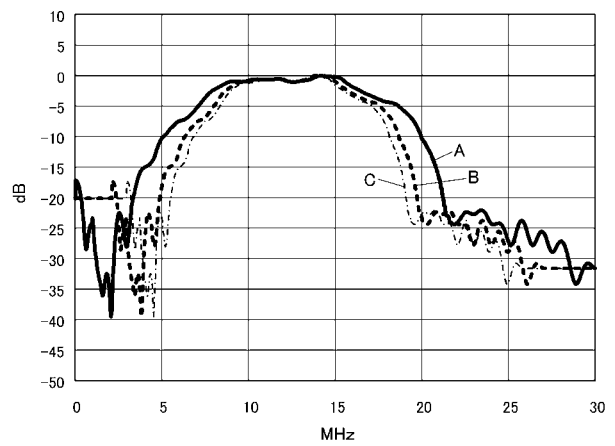
【図 4】



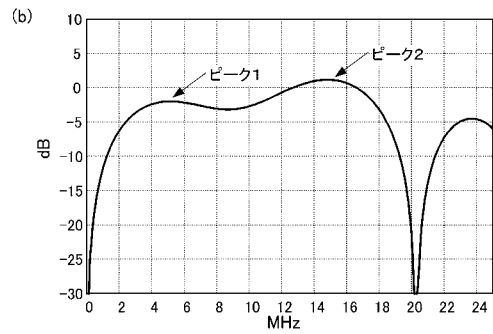
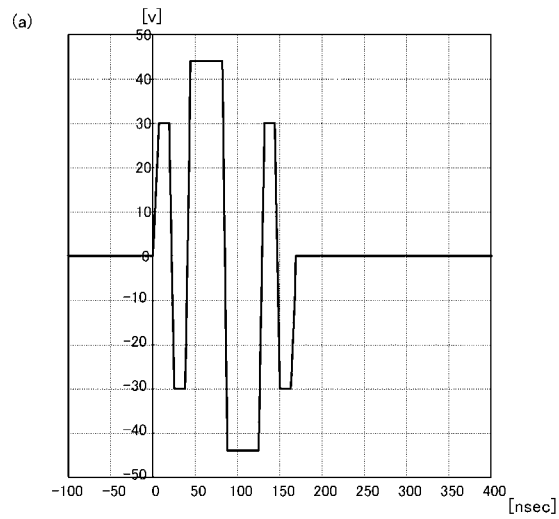
【図 5】



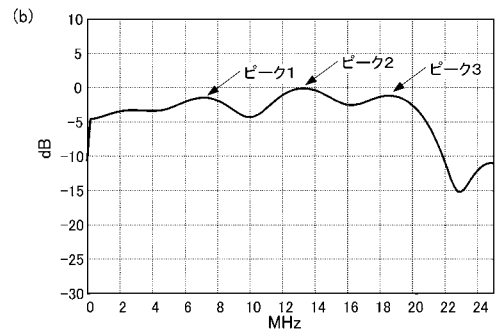
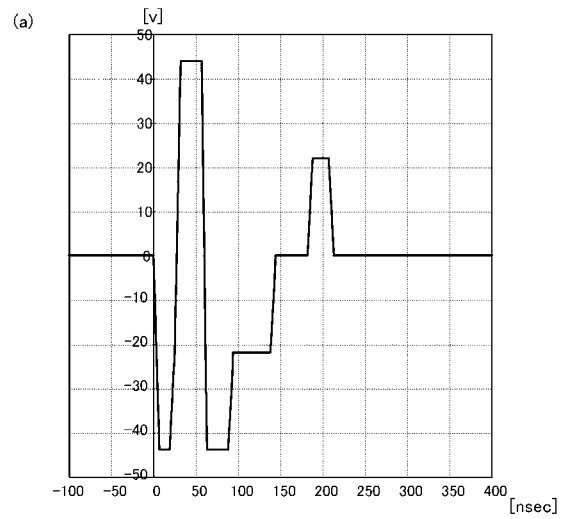
【図 6】



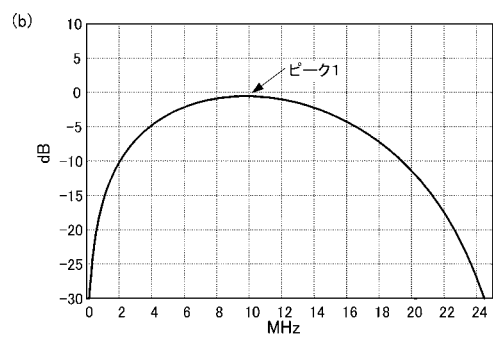
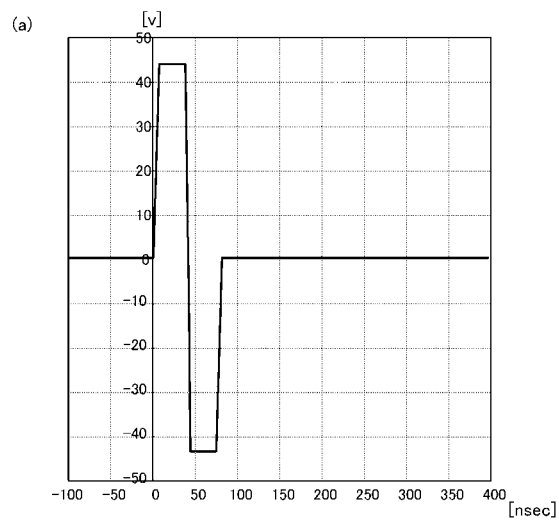
【図 7】



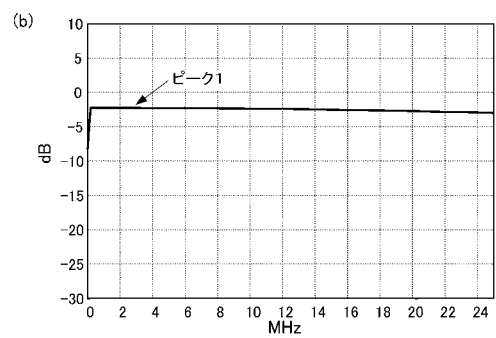
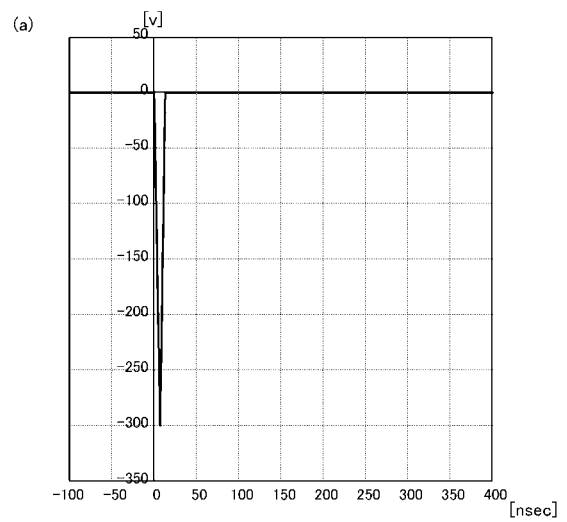
【図 8】



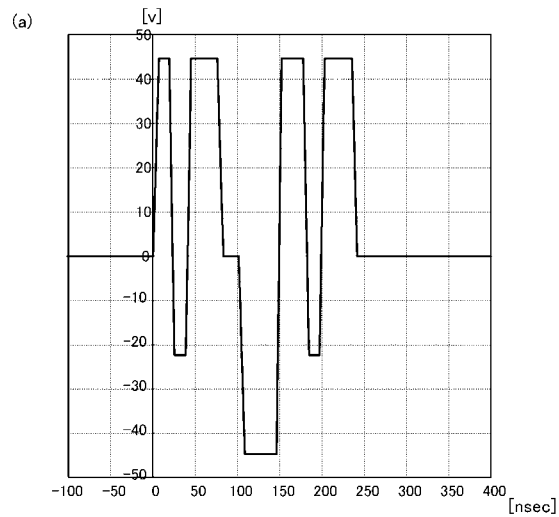
【図 9】



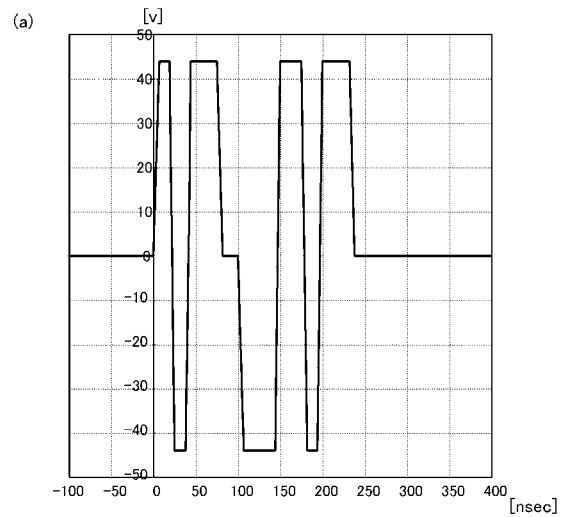
【図 10】



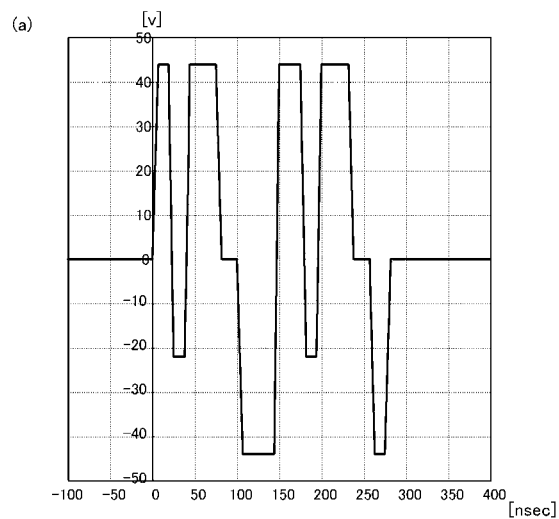
【図 1 1】



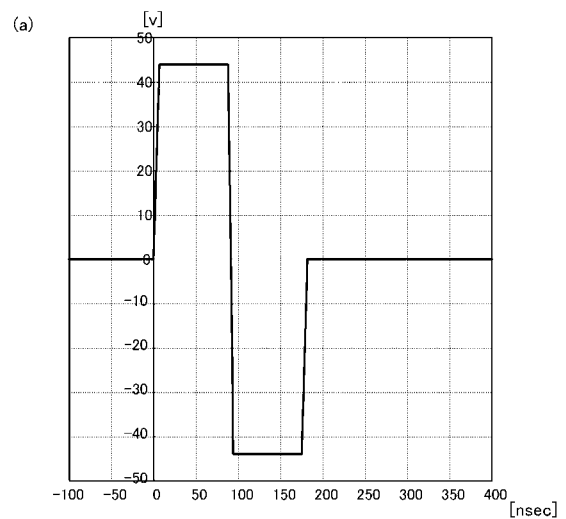
【図 1 2】



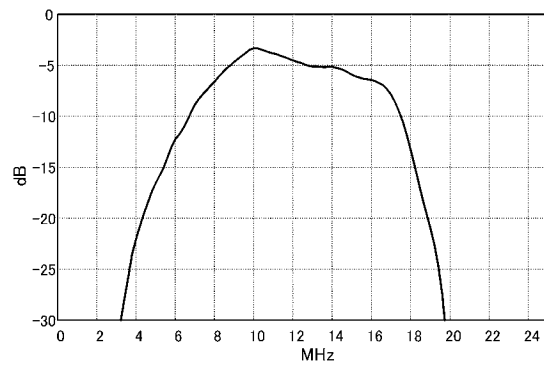
【図 1 3】



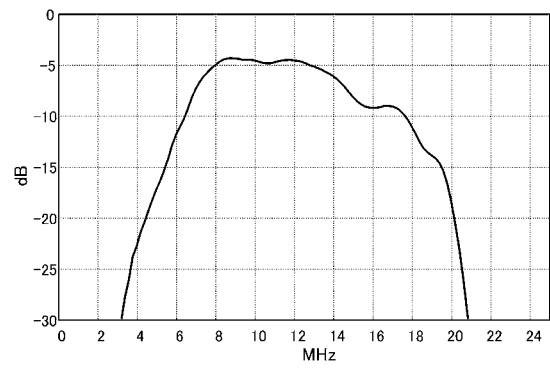
【図 1 4】



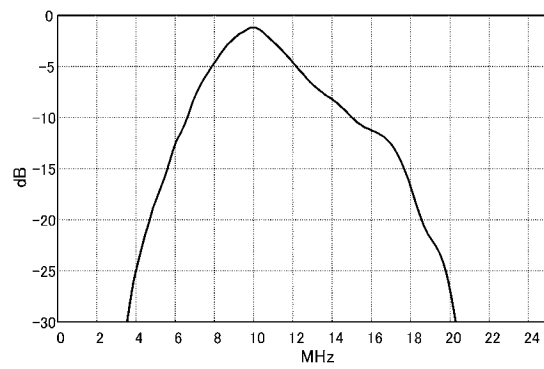
【図 1 5】



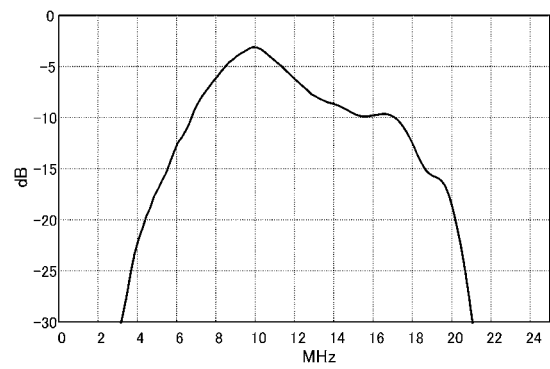
【図 1 6】



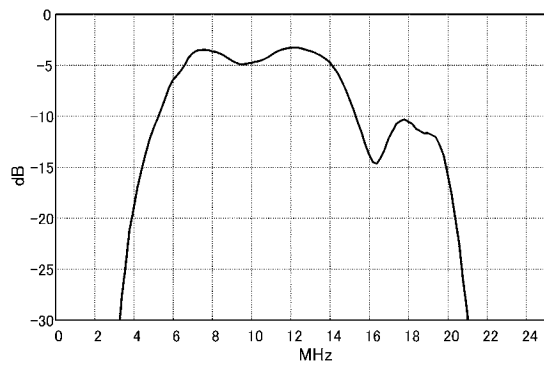
【図 1 7】



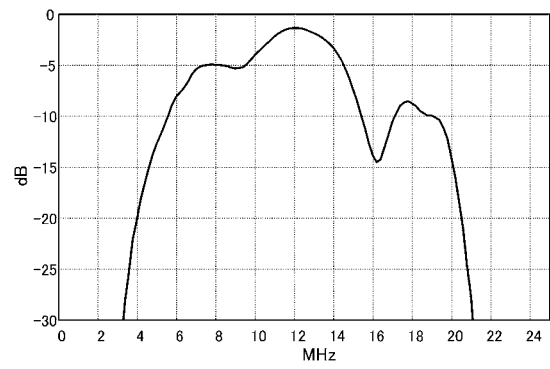
【図 1 8】



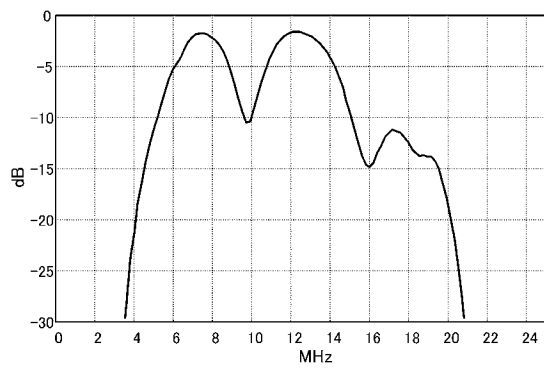
【図 19】



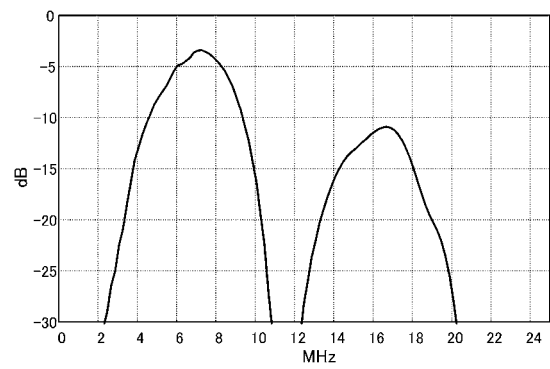
【図 20】



【図 21】



【図 22】



专利名称(译)	超声波成像诊断仪		
公开(公告)号	JP2014168555A	公开(公告)日	2014-09-18
申请号	JP2013041380	申请日	2013-03-04
[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 G01N29/26 G01N29/24		
CPC分类号	A61B8/14 A61B8/15 A61B8/4405 A61B8/5207 A61B8/54 G01S7/5202 G01S7/52038 G01S15/895		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/26.503 G01N29/24.502 G01N29/24 G01N29/26 G01N29/34		
F-TERM分类号	2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/BC03 2G047/BC04 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/EA01 2G047/EA16 2G047/GB02 2G047/GF06 2G047/GF08 2G047/GF10 2G047/GG34 4C601/EE01 4C601/EE14 4C601/HH05 4C601/HH06 4C601/JB45		
其他公开文献	JP6326716B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够抑制成本并保持高分辨率的超声图像诊断设备。 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，并通过接收来自对象的反射超声波来输出接收信号。发送部12通过输出具有矩形波的驱动波形的脉冲信号，使超声波探头2产生发送超声波。脉冲信号的频谱是包含在超声波探头2的-20dB的发送频带中的频带，并且比发送频带的中心频率低而比中心频率高。相对于强度峰值的强度的最大值，在每个侧面中的强度峰值和在多个强度峰值之间的频率区域中的强度为-20dB以上。[选择图]图2

