

【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を行い、前記被検体からの受信超音波の受信を行う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診断装置であって、

前記超音波探触子は、複数の振動子により構成された送信開口を有し、

前記送信開口は、第 1 振動子群及び第 2 振動子群を少なくとも含む複数の振動子群を有し、

第 1 駆動信号及び第 2 駆動信号を少なくとも含む駆動波形が異なる複数の駆動信号を生成し、前記送信超音波が同一焦点に集束するよう時間遅延を当該複数の駆動信号に与えて、前記第 1 駆動信号を前記第 1 振動子群に出力し、前記第 2 駆動信号を前記第 2 振動子群に出力して、前記複数の駆動信号を前記送信開口の複数の振動子群に出力する送信部と、前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から超音波画像データを生成する画像生成部と、を備える超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記振動子群ごとに、複数の異なる駆動波形の駆動信号から駆動信号を選択する制御部を備え、

前記送信部は、前記選択された駆動信号を生成し、当該駆動信号に対応する振動子群に当該駆動信号を出力する請求項 1 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 3】

前記送信部は、前記第 1 振動子群を前記送信開口の内側に配置された内側振動子群とし、前記第 2 振動子群を当該送信開口の外側に配置された外側振動子群とし、当該第 1 振動子群と当該第 2 振動子群とで異なる駆動波形の第 1 駆動信号及び第 2 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 4】

前記送信部は、前記第 1 駆動信号の -20 dB 周波数帯域が、前記第 2 駆動信号の -20 dB 周波数帯域よりも広い第 1 駆動信号及び第 2 駆動信号を生成する請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記第 1 振動子群から送信される送信超音波の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率が、前記第 2 振動子群から送信される送信超音波の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率よりも小さい請求項 3 又は 4 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 6】

前記送信部は、前記第 1 駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該 -20 dB 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、か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 以上である第 1 駆動信号を生成する請求項 3 から 5 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

40

【請求項 7】

前記送信部は、前記第 2 駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該 -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側に最大強度ピークを有する第 2 駆動信号を生成する請求項 3 から 6 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記送信開口の全振動子に対する前記第 1 振動子群の割合は、 $1/16 \sim 1/2$ である請求項 3 から 7 のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

前記送信部は、前記第 2 駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルのうち、

50

前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域内の最大強度を示す周波数における最大信号強度に対し、前記第1駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルの前記最大強度を示す周波数と同一の周波数の信号強度が、前記第2駆動信号の最大信号強度 -6 dB よりも大きい第1駆動信号及び第2駆動信号を生成する請求項3から8のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項10】

前記複数の振動子群は、駆動電圧が共通である請求項1から9のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項11】

前記送信部及び前記受信部は、組織ハーモニックイメージングに応じた駆動信号の出力、受信信号の生成を行い、

前記画像生成部は、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を生成する請求項1から10のいずれか一項に記載の超音波診断装置。

【請求項12】

前記送信部及び前記受信部は、パルスインバージョンにより、同一音線上に複数回超音波を送受信し、

前記画像生成部は、パルスインバージョンにより、前記同一音線の複数の受信信号から高調波成分を抽出する請求項11に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置に関する。

【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に対する高調波成分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(THI: 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、その受信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受信超音波の高調波成分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、フィルター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ー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、それぞれの受信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】

例えば、送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、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、か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

10

20

30

40

50

として−20 dB以上である駆動信号を、超音波探触子に入力しパルスインバージョン法で超音波画像を生成する超音波診断装置が知られている（特許文献1参照）。この超音波診断装置により、高分解能を維持しながらペネトレーション（深達度）を向上できる。

【0007】

また、超音波探触子の送信開口を分割して内側と外側とで遅延プロファイルを変更することにより、ビームの集束点を深度方向に変化させて狭長なビームプロファイルを得る超音波診断装置が知られている（特許文献2参照）。この超音波診断装置では、内側＝近焦点、外側＝遠焦点に送波している。

【0008】

図24(a)は、第1の超音波ビームの2次元音圧分布を示す図である。図24(b)は、第2の超音波ビームの2次元音圧分布を示す図である。図24(c)は、合成超音波ビームの2次元音圧分布を示す図である。特許文献2において、超音波探触子の送信開口の内側部分に、図24(a)に示す2次元音圧分布（ピーク音圧〔Pa〕）を形成する第1の超音波ビームを発生する。また、超音波探触子の送信開口の外側部分に、図24(b)に示す2次元音圧分布を形成する第2の超音波ビームを発生する。すると、第1の超音波ビーム及び第2の超音波ビームが合成されて合成超音波ビームとなり、図24(c)に示す2次元音圧分布のように焦点部が狭長なビームプロファイルを得ている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2014-168555号公報

【特許文献2】特開2013-158626号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、特許文献1の超音波診断装置において、浅部低受信超音波部（浅部低輝度領域部）への音響ノイズ混入抑止のため、送信アポダイゼーション機構が必要で、機器の高コスト化要因となっていた。送信アポダイゼーション機構とは、超音波探触子の送信開口の方位方向の端の振動子にいくほど駆動信号の送信波の振幅を小さくするように送信強度に重み付けをし、サイドローブを低減させる方法を行う機構であり、例えば送信アポダイゼーション用の基板を含む。さらに、浅部領域で受信に寄与しない領域にも不要な高調波を生成しており、このため送出エネルギーに対する画像化寄与信号生成の効率は必ずしも最善とは言えず、送出エネルギーによる超音波探触子内の抵抗での発熱に基づく超音波探触子の表面温度規制のために駆動電圧を下げなければならないことが少なからずあった。

【0011】

また、特許文献2の超音波診断装置では、焦点部は狭長化するものの、送信焦点より深い領域では受信領域であるビーム中央付近の音圧が外側より低くなり音響エネルギーが有効に活用されずS/N（S/N比、Signal to Noise Ratio）がかえって低下してしまう。特に音圧に依存して生成するTHIにおいては送信焦点より深い領域での急激な音圧低下はこの領域で高調波の生成が見込めないことを意味する。更に、焦点付近で生成した高調波もビームプロファイル同様に外側領域主体で伝搬してしまうため、受信領域であるビーム中央付近では通常よりも急激にS/Nが低下してしまい、ペネトレーションが劣化してしまう。

【0012】

本発明の課題は、コストを抑えて良好な受信超音波画像描出を得ることである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

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を行い、前記被検体からの受信超音波の受信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

10

20

30

40

50

成する超音波診断装置であって、

前記超音波探触子は、複数の振動子により構成された送信開口を有し、

前記送信開口は、第1振動子群及び第2振動子群を少なくとも含む複数の振動子群を有し、

第1駆動信号及び第2駆動信号を少なくとも含む駆動波形が異なる複数の駆動信号を生成し、前記送信超音波が同一焦点に集束するよう時間遅延を当該複数の駆動信号に与えて、前記第1駆動信号を前記第1振動子群に出力し、前記第2駆動信号を前記第2振動子群に出力して、前記複数の駆動信号を前記送信開口の複数の振動子群に出力する送信部と、前記超音波探触子から受信信号を受信する受信部と、

前記受信信号から超音波画像データを生成する画像生成部と、を備える。

10

【0014】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記振動子群ごとに、複数の異なる駆動波形の駆動信号から駆動信号を選択する制御部を備え、

前記送信部は、前記選択された駆動信号を生成し、当該駆動信号に対応する振動子群に当該駆動信号を出力する。

【0015】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記送信部は、前記第1振動子群を前記送信開口の内側に配置された内側振動子群とし、前記第2振動子群を当該送信開口の外側に配置された外側振動子群とし、当該第1振動子群と当該第2振動子群とで異なる駆動波形の第1駆動信号及び第2駆動信号を生成する。

20

【0016】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の超音波診断装置において、

前記送信部は、前記第1駆動信号の -20 dB 周波数帯域が、前記第2駆動信号の -20 dB 周波数帯域よりも広い第1駆動信号及び第2駆動信号を生成する。

【0017】

請求項5に記載の発明は、請求項3又は4に記載の超音波診断装置において、

前記第1振動子群から送信される送信超音波の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率が、前記第2振動子群から送信される送信超音波の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率よりも小さい。

30

【0018】

請求項6に記載の発明は、請求項3から5のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記送信部は、前記第1駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該 -20 dB 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、か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 以上である第1駆動信号を生成する。

40

【0019】

請求項7に記載の発明は、請求項3から6のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記送信部は、前記第2駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該 -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側に最大強度ピークを有する第2駆動信号を生成する。

【0020】

請求項8に記載の発明は、請求項3から7のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

50

前記送信開口の全振動子に対する前記第 1 振動子群の割合は、 $1/16 \sim 1/2$ である。

【0021】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 3 から 8 のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記送信部は、前記第 2 駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルのうち、前記超音波探触子の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域内の最大強度を示す周波数における最大信号強度に対し、前記第 1 駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルの前記最大強度を示す周波数と同一の周波数の信号強度が、前記第 2 駆動信号の最大信号強度 -6 dB よりも大きい第 1 駆動信号及び第 2 駆動信号を生成する。

10

【0022】

請求項 10 に記載の発明は、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記複数の振動子群は、駆動電圧が共通である。

【0023】

請求項 11 に記載の発明は、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の超音波診断装置において、

前記送信部及び前記受信部は、組織ハーモニックイメージングに応じた駆動信号の出力、受信信号の生成を行い、

前記画像生成部は、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を生成する。

20

【0024】

請求項 12 に記載の発明は、請求項 11 に記載の超音波診断装置において、

前記送信部及び前記受信部は、パルスインバージョンにより、同一音線上に複数回超音波を送受信し、

前記画像生成部は、パルスインバージョンにより、前記同一音線の複数の受信信号から高調波成分を抽出する。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、送信アポダイゼーション機構を備えないことによりコストを抑えて良好な受信超音波画像描出を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図 1】本発明の実施の形態の超音波診断装置の外観図である。

【図 2】超音波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。

40

【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】超音波探触子からの送信超音波を示す図である。

【図 8】(a)は、 Triad-THI の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルを示す図である。(b)は、低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルを示す図である。

【図 9】 Triad-THI 及び低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワ

50

ースペクトルを示す図である。

【図 1 0】(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。

(b)は、超音波探触子の送信の規格化感度の周波数特性を示す図である。

【図 1 1】(a)は、第 1 の波形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 1 の波形 1 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 1 2】(a)は、第 1 の波形の駆動信号に対応する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 1 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 1 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線を示す図である。(d)は、第 1 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線を示す図である。

10

【図 1 3】(a)は、第 2 の波形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 2 の波形の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 1 4】(a)は、第 2 の波形の駆動信号に対応する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 2 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 2 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【図 1 5】(a)は、第 3 の波形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 3 の波形の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 1 6】(a)は、第 3 の波形の駆動信号に対応する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 3 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 3 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

20

【図 1 7】(a)は、第 4 の波形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 4 の波形の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 1 8】(a)は、第 4 の波形の駆動信号に対応する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 4 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 4 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【図 1 9】(a)は、第 5 の波形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 5 の波形の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

30

【図 2 0】(a)は、第 5 の波形の駆動信号に対応する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 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 5 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【図 2 1】(a)は、第 6 の波形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 6 の波形の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。

【図 2 2】(a)は、第 6 の波形の駆動信号に対応する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 6 の波形の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。(c)は、第 6 の波形の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

40

【図 2 3】内側素子群から送信される送信超音波のパワースペクトルと外側素子群から送信される送信超音波のパワースペクトルとを示す概略図である。

【図 2 4】(a)は、第 1 の超音波ビームの 2 次元音圧分布を示す図である。(b)は、第 2 の超音波ビームの 2 次元音圧分布を示す図である。(c)は、合成超音波ビームの 2 次元音圧分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

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。

50

【0028】

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

【0029】

本実施の形態に係る超音波診断装置Sは、図1及び図2に示すように、超音波診断装置本体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反射超音波及び散乱超音波を含む受信超音波を受信する。超音波診断装置本体1は、超音波探触子2とケーブル3を介して接続される。超音波診断装置本体1は、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受信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化する。

【0030】

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。

【0031】

図2に示すように、超音波診断装置本体1は、例えば、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。

【0032】

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。

【0033】

送信部12は、制御部18の制御にしたがって、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。また、送信部12は、後述するTriad-THIとして、3つの周波数の基本波 f_1 、 f_2 、 f_3 の成分を含む駆動信号を生成することが可能である。また、送信部12は、超音波探触子2の振動子2a毎に異なる駆動波形の駆動信号を生成し出力できる。本実施の形態において、「異なる駆動波形」とは、駆動制御信号の異なるものを指す。よって、駆動制御信号は同一で電源電圧に応じて電圧振幅のみがこれに比例して異なる波形、すなわち送信アポダイゼーションに相当する関係にある波形は、「異なる駆動波形」とはみなさないものとする。より具体的には、送信部12は、超音波探触子2の送信開口の複数の振動子2aを内側素子群と外側素子群との2種類に分け、同一焦点に向けた異なる駆動波形の駆動信号を生成し内側素子群と外側素子群とにそれぞれ出力する。

【0034】

図3に示すように、送信部12は、例えば、クロック発生回路121、パルス発生回路122、時間及び電圧設定部123及び遅延回路124を備えている。

【0035】

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。パルス発生回路122は、所定の周期で駆動信号として

10

20

30

40

50

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、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。

【0036】

時間及び電圧設定部 123 は、パルス発生回路 122 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 122 は、時間及び電圧設定部 123 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 123 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 11 による入力操作により可変することができる。

【0037】

遅延回路 124 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。

【0038】

以上のように構成された送信部 12 は、制御部 18 の制御にしたがって、駆動信号を供給する複数の振動子 2a 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 2a 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。

【0039】

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。

【0040】

受信部 13 は、制御部 18 の制御にしたがって、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。

【0041】

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、高調波成分抽出部 14a により抽出された高調波成分から B モード画像データを生成する。

【0042】

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。高調波成分のうち、偶数次高調波成分（例えば

10

20

30

40

50

後述する $2f_1$ 、 $f_1 + f_2$ の 2 次成分や $f_2 - f_1$ 、 $f_3 - f_2$ 、 $f_3 - f_1$ の 0 次成分) は、パルスインバージョン法により、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処理を行うことにより抽出することができる。奇数次高調波成分の高調波成分 (例えば後述する $3f_1$) は、同一の第 1、第 2 の受信信号を減算 (合成) して偶数次高調波成分を除去した上で必要に応じてフィルタ処理を行うことにより取得される。こうして抽出された偶数次高調波成分と奇数次高調波成分は、必要に応じてオールパスフィルタ等により位相調整処理を行った後に加算 (合成) することにより、偶数次と奇数次の高調波が相殺することなく結合して広帯域の受信信号を得ることが可能となる。

10

【0043】

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 15 a 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 15 a 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 15 a 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。

【0044】

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に座標変換などの処理を施して画像信号に変換し、表示部 17 に出力する。

20

【0045】

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したがって表示画面上に超音波画像の表示を行う。

【0046】

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したがって超音波診断装置 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。

30

【0047】

特に、制御部 18 は、超音波探触子 2 の振動子 2 a ごと (後述する内側素子群、外側素子群ごと) に、複数の駆動波形が異なる駆動信号から駆動信号を選択し、送信部 12 に、選択された駆動信号を生成させ、対応する振動子 2 a に出力させる。送信部 12 は、制御部 18 により選択された駆動信号を生成し、当該駆動信号に対応する振動子 (振動子群) に当該駆動信号を出力する。

40

【0048】

次に、図 4 (a) ~ 図 6 (d) を参照して、本実施の形態における T r i a d - T H I の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

50

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。

【0049】

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とにより、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。

10

【0050】

より具体的には、広い周波数成分を含む送信超音波であって、図 6 (a) ~ 図 6 (d) のように深達性が高く、かつ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、上記高調波画像を得ることが達成される。

【0051】

THI 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。

20

【0052】

例えば、Triad-THI として、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。

【0053】

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。

30

【0054】

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。

40

【0055】

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応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

50

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。

【0056】

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。

【0057】

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。しかし、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。しかし、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。

【0058】

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、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。

【0059】

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が広いことが高調波多段生成のための必要条件となる。

【0060】

上記送信超音波波形を生成させる第一の方法は、例えば特開2014-168555号公報に記載のように、送信部12で、駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、超音波探触子2の-20dB送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該

10

20

30

40

50

−20 dB 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、か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 以上である駆動信号を生成する方法である。

【0061】

上記送信超音波波形を生成させる第二の方法は、例えば特願2015-103842に記載のように、送信部12（パルス発生回路122）で、周波数の異なる複数（ここでは、3つ）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。変調の方法は、例えば、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。

【0062】

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。なお、AM変調は、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。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。また、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。

【0063】

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。また、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よいが、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充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。

【0064】

さらに、FM変調を行う場合は、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、周波数帯域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。

【0065】

また、上記送信超音波波形を生成させる第三の方法は、例えば特願2015-103842に記載のように、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。駆動信号の信号強度の時間特性の波形の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。

【0066】

ここで、超音波探触子2の送信又は送受信の規格化感度[dB]の周波数特性を説明する。規格化感度では、最大の感度の値を0[dB]にとっている。超音波探触子2の送受信の−6 dB感度帯域を送受信−6 dB帯域とし、送受信の−20 dB感度帯域を送受信

10

20

30

40

50

−20 dB帯域とする。

【0067】

一定の駆動時間を繰り返す波形の場合、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、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、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。

10

【0068】

しかしながら、各区間に過度に離散させると、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帯域の中心周波数が10.25 [MHz]であれば、規格化値は0.39となる。

【0069】

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の1/3〜超音波探触子2の送信−20 dB帯域上限値の周波数の間であることが好ましい。周波数値が超音波探触子2の−20 dB帯域下限値の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−20 dB帯域下限値周波数より低くなり、送信超音波の送出に寄与しなくなる。同様に、周波数値が超音波探触子2の送信−20 dB帯域上限値より高いと1次成分と3次成分のいずれもが送信−20 dB帯域上限値より高くなり、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。

20

【0070】

次に、図7〜図9を参照して、超音波探触子2への異なる駆動波形の駆動信号入力に対応する送信超音波の出力を説明する。図7は、超音波探触子2からの送信超音波を示す図である。図8(a)は、Triad-THIの駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルを示す図である。図8(b)は、低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルを示す図である。図9は、Triad-THI及び低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルを示す図である。

30

【0071】

図7に示すように、本実施の形態では、送信部12は、リニア走査方式の超音波探触子2の送信開口の複数の振動子2aのうち、方位方向の内側に配置された連続する複数の振動子2aである内側端子群に、Triad-THIの駆動信号を入力して、Triad-THIの送信超音波USITxを出力させる。これとともに、送信部12は、内側端子群の方位方向の左右に配置された連続する複数の振動子2aである外側端子群に低周波単周波の駆動信号を入力して、低周波単周波の（成分を含む）送信超音波USOTxを出力させる。Triad-THIの送信超音波USITxの焦点距離と、低周波単周波の送信超音波USOTxの焦点距離とは等しい。また、図7において、超音波探触子2の送信開口のうち、内側素子群及び外側素子群の振動子2aが配列された方位方向の範囲を範囲ROとし、内側素子群の振動子2aが配列された方位方向の範囲を範囲RIとする。

40

【0072】

図8(a)に示すように、内側端子群の振動子2aに入力させるTriad-THIの駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルは、基本波 f_1 、 f_2 、 f_3 の周波数成分を含む。図8(a)において、横軸が周波数であり、縦軸が駆動信号の信号強度（感度）であり、破線が超音波探触子2の送信周波数帯域を示し、図8(b)、図9でも同

50

様である。低周波である基本波 f_1 は、送信超音波が浅部で減衰しなく、ペネトレーションが高く、方位分解能が高く、深部でのスペックル粒状性を高めることに寄与する。高周波である基本波 f_2 、 f_3 は、送信超音波が浅部で減衰するが、浅部でのスペックル粒状性を高め、浅部での S/N を高めることに寄与する。

【0073】

図8(b)に示すように、外側端子群の振動子2aに入力させる低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルは、低周波単周波の周波数成分を含む。低周波単周波は、送信超音波が浅部で減衰しなく、ペネトレーションが高く、方位分解能が高く、深部でのスペックル粒状性を高めることに寄与する。また、低周波単周波の駆動信号は、高周波成分を含まないので、超音波探触子2の表面温度が低くなる。なお、低周波単周波は、基本波 f_1 としてもよい。また、図8(b)において、超音波探触子2の超音波送信の規格化感度（最大感度を0 dBとした感度）の-20 dBの送信周波数帯域（-20 dB送信周波数帯域）の中心周波数を周波数 f_{PC} とし、低周波単周波の周波数パワースペクトルの最大強度ピークの周波数を周波数 f_{OP} とする。図8(a)においても、超音波探触子2の-20 dB送信周波数帯域の中心周波数は、周波数 f_{PC} である。

10

【0074】

図8(a)の内側端子群の振動子2aに入力される $Triad-THI$ の駆動信号の送信パルス信号の信号成分 ITx と、図8(b)の外側端子群の振動子2aから出力される低周波単周波の駆動信号の送信パルス信号の信号成分 OTx とを重ね合わせる。すると、図9に示す内側端子群、外側端子群への駆動信号の信号成分 ITx 、 OTx の周波数パワースペクトルとなる。

20

【0075】

図9において、超音波探触子2の-20 dB送信周波数帯域内における信号成分 ITx の信号強度の最大値（最大強度）を0 dBとした場合の-20 dBの周波数帯域を-20 dB周波数帯域 $BI20$ とし、信号成分 OTx の信号強度の最大値を0 dBとした場合の-20 dBの周波数帯域を-20 dB周波数帯域 $BO20$ とする。また、図9において、外側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルのうち、超音波探触子2の-20 dB送信周波数帯域に含まれる周波数帯域内の最大信号強度 SSO を示す周波数 f_{OP} における信号強度に対し、内側素子群の同一周波数 f_{OP} の信号強度を信号強度 SSI とする。尚、信号強度の最大値やその帯域幅は上述の通り超音波探触子の-20 dB送信周波数帯域内にあるもののみを考慮し、帯域外に存在する信号強度の最大値や帯域外まで延びる帯域幅については考慮しない。

30

【0076】

次に、図10(a)～図23を参照して、超音波探触子2の具体例と、駆動信号、送信超音波などの送信条件の具体例としての実施例及び比較例と、を説明する。

【0077】

以下の実施例1～10、比較例1～5の駆動信号及び送信超音波の生成においては、図10(a)、(b)に示した送受信特性、送信特性を有する超音波探触子2を使用するものとする。図10(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10(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。

40

【0078】

ここで、図10(a)、図10(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10(a)、(b)において、横軸が周波数 [MHz] を示し、縦軸が規格化感度 [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10(a)において、送受信の-6 dB感度帯域を示す-6 dB送受信周波数帯域を黒の両矢印で示し、送受信の-20 dB感度帯域を示す-20 dB送受信周波数帯域を白の両矢印で示す。-6 dB送受信周波数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。-20 dB送受信周波数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。

50

【0079】

図10(b)において、送信の -6 dB 感度帯域を示す -6 dB 送信周波数帯域を黒の両矢印で示し、送信の -20 dB 感度帯域を示す -20 dB 送信周波数帯域を白の両矢印で示す。 -6 dB 送信周波数帯域の上限値を周波数 $T \times F H 6$ とし、下限値を周波数 $T \times F L 6$ とする。 -20 dB 送信周波数帯域の上限値を周波数 $T \times F H 20$ とし、下限値を周波数 $T \times F L 20$ とする。図10(b)に示すように、 -20 dB 送信周波数帯域が、 $3.4 \sim 21.3 [\text{MHz}]$ であり、その中心周波数 $f P C$ が、 $12.35 [\text{MHz}]$ である。

【0080】

また、実施例1～10及び比較例1～5では、超音波探触子2の送信開口の全振動子2aについて、第2パルス信号波形が第1パルス信号波形の極性を反転した波形である第1のパルス信号、第2のパルス信号を駆動信号として用いるパルスインバージョン法を行うものとする。

【0081】

<比較例1>

比較例1は、超音波探触子2の送信開口の振動子2aを外側素子群、内側素子群に分けずに、同一の駆動波形で送信アポダイゼーションを行った駆動信号を送信開口の各振動子2aに入力する例である。比較例1の駆動信号の波形（駆動波形）を波形1とする。図11(a)は、波形1の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図11(b)は、波形1の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図12(a)は、波形1の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図12(b)は、波形1の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図12(c)は、波形1の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線を示す図である。図12(d)は、波形1の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線を示す図である。

【0082】

また、比較例1では、ハニング窓関数を用いて振幅を調整する送信アポダイゼーションが行われ、超音波探触子2の送信開口の各振動子2aに、波形1で振幅が異なる駆動信号が入力されるものとする。超音波探触子2の送信開口のチャンネル数（振動子2a数）は、一例として50であるものとし、比較例2～5、実施例1～10でも同様とする。

【0083】

送信部12が生成する波形1の $T r i a d - T H I$ の駆動信号の波形は、図11(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図11(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた（周波数）パワースペクトルは、図11(b)に示す信号強度の周波数特性となる。図11(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)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた（周波数）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。

【0084】

ここで、図11(a)において、横軸が時間 $[\mu s]$ を示し、縦軸が信号強度（電圧） $[V]$ を示し、図13(a)、図15(a)…図21(a)でも同様とする。また、図11(b)において、横軸が周波数 $[\text{MHz}]$ を示し、縦軸が信号強度 $[dB]$ を示し、図12(b)…図22(b)でも同様とする。また、図12(a)において、横軸が時間 $[\mu s]$ を示し、縦軸が信号強度（電圧） $[mV]$ を示し、図14(a)、図16(a)…図22(a)、図12(c)でも同様とする。また、図12(d)において、横軸が時間 $[\mu s]$ を示し、縦軸が規格化信号強度 $[dB]$ を示し、図14(c)、図16(c)…図22(c)でも同様とする。

【0085】

ここで、図12(c)、図12(d)を参照して、図12(a)に示す波形1の駆動信号に対応する送信超音波のパルス幅比の算出方法を説明する。図12(c)は、波形1の

駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線を示す図である。図 1 2 (d) は、波形 1 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線を示す図である。

【0086】

まず、図 1 2 (a) に示す波形 1 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の絶対値を図 1 2 (c) の実線に示すようにとり、この絶対値の外縁となる包絡線を、図 1 2 (c) の破線に示すようにとる。こうして得られた図 1 2 (a) に示す送信超音波の信号強度の包絡線の最大値を 0 dB として、図 1 2 (d) の実線に示すように、図 1 2 (a) に示す送信超音波の信号強度の規格化包絡線を得る。そして、図 1 2 (d) の規格化包絡線において、-6 dB、-20 dB となる最も時間的に早い交点から遅い交点までの時間を、それぞれ -6 dB パルス幅、-20 dB パルス幅とする。-6 dB パルス幅を -20 dB パルス幅で除算することで、-6 dB / -20 dB パルス幅比 (-20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率) が算出される。

【0087】

波形 1 の駆動信号に対応する送信超音波の -6 dB パルス幅は、301 [ns] であり、波形 1 の駆動信号に対応する送信超音波の -20 dB パルス幅は、735 [ns] であり、波形 1 の駆動信号に対応する送信超音波の -6 dB / -20 dB パルス幅比は、0.41 である。

【0088】

<比較例 2>

比較例 2 は、比較例 1 と同様であるが、送信アポダイゼーションを行わない例である。比較例 2 の駆動信号の駆動波形は、波形 1 である。なお、比較例 3 ~ 7、実施例 1 ~ 10 でも、送信アポダイゼーションを行わない。

【0089】

<比較例 3>

比較例 3 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群と、外側素子群とに、同じ駆動波形 (波形 1) の駆動信号を入力し、特開 2013-158626 号公報に示されるように、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群の焦点距離 (送信焦点) と、外側素子群の送信焦点とを異 (内側素子群の送信焦点: 20 [mm] < 外側素子群の送信焦点: 35 [mm]) にする例である。なお、実施例 1 ~ 10、比較例 1、2、4、5 では、超音波探触子 2 の送信開口の全振動子 2a への駆動信号の送信焦点を等しくする (同一焦点に集束する) ものとする。

【0090】

<実施例 1>

実施例 1 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群に波形 1 の駆動信号を入力し、外側素子群に、波形 1 と駆動波形が異なる低周波単周波の波形 2 の駆動信号を入力する例である。図 1 3 (a) は、波形 2 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 1 3 (b) は、波形 2 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 1 4 (a) は、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 1 4 (b) は、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図 1 4 (c) は、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【0091】

送信部 12 が生成する波形 2 の低周波単周波の駆動信号の波形は、図 1 3 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 1 3 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた (周波数) パワースペクトルは、図 1 3 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。図 1 3 (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 1 4 (a) に示す実線の信号強度の時間特性の波形となる。図 1 4 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた (周波数) パワースペクトルは、図 1 4 (b) に示す信号強度の周波数特性となる。

【0092】

また、図 1 4 (a) に示す波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線は、同図の破線のように得られる。そして、図 1 4 (c) に示すように、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線が得られる。波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の -6 dB パルス幅は、 $186 [\text{ns}]$ であり、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の -20 dB パルス幅は、 $400 [\text{ns}]$ であり、波形 2 の駆動信号に対応する送信超音波の $-6 \text{ dB} / -20 \text{ dB}$ パルス幅比は、 0.47 である。

【0093】

また、実施例 1 では、超音波探触子 2 の送信開口全体（内側素子群及び外側素子群）のチャンネル数（図 7 の範囲 R O のチャンネル数）に対する内側素子群のチャンネル数（図 7 の範囲 R I のチャンネル数）の割合を 60% （ $1/2$ より大きい）にする。

10

【0094】

<実施例 2>

実施例 2 は、実施例 1 と同様の駆動波形の駆動信号を用いる例である。ただし、実施例 2 では、超音波探触子 2 の送信開口全体のチャンネル数に対する内側素子群のチャンネル数の割合を 48% （ $1/16 \sim 1/2$ ）にする。

【0095】

<実施例 3>

実施例 3 は、実施例 1 と同様の駆動波形の駆動信号を用いる例である。ただし、実施例 3 では、超音波探触子 2 の送信開口全体のチャンネル数に対する内側素子群のチャンネル数の割合を 24% （ $1/16 \sim 1/2$ ）にする。

20

【0096】

<実施例 4>

実施例 4 は、実施例 1 と同様の駆動波形の駆動信号を用いる例である。ただし、実施例 4 では、超音波探触子 2 の送信開口全体のチャンネル数に対する内側素子群のチャンネル数の比率を 12% （ $1/16 \sim 1/2$ ）にする。

【0097】

<実施例 5>

実施例 5 は、実施例 1 と同様の駆動波形の駆動信号を用いる例である。ただし、実施例 5 では、超音波探触子 2 の送信開口全体のチャンネル数に対する内側素子群のチャンネル数の比率を 8% （ $1/16 \sim 1/2$ ）にする。

30

【0098】

<実施例 6>

実施例 6 は、実施例 1 と同様の駆動波形の駆動信号を用いる例である。ただし、実施例 6 では、超音波探触子 2 の送信開口全体のチャンネル数に対する内側素子群のチャンネル数の割合を 4% （ $1/16$ より小さい）にする。

【0099】

<比較例 4>

比較例 4 は、超音波探触子 2 の送信開口の外側素子群（チャンネル数 = 50 ）に駆動波形が波形 2 の駆動信号を入力し、内側素子群がない例である。

【0100】

40

<比較例 5>

比較例 5 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群（チャンネル数 = 50 ）に入力する駆動信号の駆動波形を波形 3（波形番号 = 3 ）の駆動信号を入力し、外側素子群がない例である。図 1 5 (a) は、波形 3 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 1 5 (b) は、波形 3 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 1 6 (a) は、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 1 6 (b) は、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図 1 6 (c) は、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【0101】

送信部 1 2 が生成する波形 3 の T r i a d - T H I の駆動信号の波形は、図 1 5 (a)

50

に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 15 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた (周波数) 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。図 15 (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 16 (a) に示す実線の信号強度の時間特性の波形となる。図 16 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた (周波数) 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。

【0102】

また、図 16 (a) に示す波形 3 の駆動信号に対応する実線の送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線は、同図の破線のように得られる。そして、図 16 (c) に示すように、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線が得られる。波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の -6 dB パルス幅は、 $87 [\text{ns}]$ であり、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の -20 dB パルス幅は、 $334 [\text{ns}]$ であり、波形 3 の駆動信号に対応する送信超音波の $-6 \text{ dB} / -20 \text{ dB}$ パルス幅比は、 0.26 である。

【0103】

<実施例 7>

実施例 7 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群に波形 3 の駆動信号を入力し、外側素子群に、波形 3 と駆動波形が異なる低周波単周波の波形 2 の駆動信号を入力する例である。

【0104】

<実施例 8>

実施例 8 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群に波形 3 の駆動信号を入力し、外側素子群に、波形 3 と駆動波形が異なる低周波でない単周波の波形 4 の駆動信号を入力する例である。図 17 (a) は、波形 4 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 17 (b) は、波形 4 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 18 (a) は、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図 18 (b) は、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図 18 (c) は、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【0105】

送信部 12 が生成する波形 4 の単周波の駆動信号の波形は、図 17 (a) に示す信号強度の時間特性の波形となる。図 17 (a) に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた (周波数) 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。図 17 (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 18 (a) に示す実線の信号強度の時間特性の波形となる。図 18 (a) に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた (周波数) 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。

【0106】

また、図 18 (a) に示す波形 4 の駆動信号に対応する実線の送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線は、同図の破線のように得られる。そして、図 18 (c) に示すように、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線が得られる。波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の -6 dB パルス幅は、 $119 [\text{ns}]$ であり、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の -20 dB パルス幅は、 $200 [\text{ns}]$ であり、波形 4 の駆動信号に対応する送信超音波の $-6 \text{ dB} / -20 \text{ dB}$ パルス幅比は、 0.59 である。

【0107】

<実施例 9>

実施例 9 は、超音波探触子 2 の送信開口の内側素子群に、波形 2 と駆動波形が異なる波形 5 の駆動信号を入力し、外側素子群に波形 2 の駆動信号を入力する例である。図 19 (a) は、波形 5 の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図 19 (b) は、波形 5 の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図 20 (a) は、波形 5 の駆動信号に

対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図20(b)は、波形5の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図20(c)は、波形5の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【0108】

送信部12が生成する波形5のTriad-THIでなく、低周波成分の信号強度が低い駆動信号の波形は、図19(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図19(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた(周波数)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。図19(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20(a)に示す実線の信号強度の時間特性の波形となる。図20(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた(周波数)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。

10

【0109】

また、図20(a)に示す波形5の駆動信号に対応する実線の送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線は、同図の破線のように得られる。そして、図20(c)に示すように、波形5の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線が得られる。波形5の駆動信号に対応する送信超音波の-6dBパルス幅は、114[ns]であり、波形5の駆動信号に対応する送信超音波の-20dBパルス幅は、194[ns]であり、波形5の駆動信号に対応する送信超音波の-6dB/-20dBパルス幅比は、0.59である。

【0110】

20

<実施例10>

実施例10は、超音波探触子2の送信開口の内側素子群に波形3の駆動信号を入力し、外側素子群に、波形3と駆動波形が異なる波形6の駆動信号を入力する例である。図21(a)は、波形6の駆動信号の信号強度の時間特性を示す図である。図21(b)は、波形6の駆動信号のパワースペクトルを示す図である。図22(a)は、波形6の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の時間特性を示す図である。図22(b)は、波形6の駆動信号に対応する送信超音波のパワースペクトルを示す図である。図22(c)は、波形6の駆動信号に対応する送信超音波の規格化包絡線を示す図である。

【0111】

送信部12が生成する波形6の低周波単周波の駆動信号の波形は、図21(a)に示す信号強度の時間特性の波形となる。図21(a)に示す駆動信号をフーリエ変換して得られた(周波数)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。図21(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22(a)に示す実線の信号強度の時間特性の波形となる。図22(a)に示す送信超音波をフーリエ変換して得られた(周波数)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。

30

【0112】

また、図22(a)に示す波形6の駆動信号に対応する実線の送信超音波の信号強度の絶対値の包絡線は、同図の破線のように得られる。そして、図22(c)に示すように、波形6の駆動信号に対応する送信超音波の信号強度の規格化包絡線が得られる。波形6の駆動信号に対応する送信超音波の-6dBパルス幅は、321[ns]であり、波形6の駆動信号に対応する送信超音波の-20dBパルス幅は、496[ns]であり、波形6の駆動信号に対応する送信超音波の-6dB/-20dBパルス幅比は、0.65である。

40

【0113】

<画像評価>

実施例1~10、比較例1~5の駆動信号及び送信超音波に関する送信条件の各項目と、超音波診断装置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像評価結果とを、次表I、表II、表IIIに示す。

【表 1】

表I

	送信条件						
	送信開口		送信焦点 (mm)	駆動波形	超音波探触子-20dB送信 周波数帯域内における 駆動信号の-20dB帯域幅		
	内側 チャネル (%)	外側 チャネル (%)			内側駆動信号 上限/下限 周波数(MHz)	外側駆動信号 上限/下限 周波数(MHz)	
比較例1	50 (100)	—	35	波形1	3.4/16.0	—	
比較例2							
比較例3	24 (48)	26 (52)	内側=20 外側=35	内側=波形1 外側=波形2			
実施例1	30 (60)	20 (40)	35				
実施例2	24 (48)	26 (52)					
実施例3	12 (24)	38 (76)					
実施例4	6 (12)	44 (88)					
実施例5	4 (8)	46 (92)					
実施例6	2 (4)	48 (96)					
比較例4	—	50 (100)				波形2	—
比較例5	50 (100)	—			波形3	3.4/21.3	—
実施例7	6 (12)	44 (88)			内側=波形3 外側=波形2		3.4/11.5
実施例8				内側=波形3 外側=波形4	5.5/21.3		
実施例9			内側=波形5 外側=波形2	3.4/18.6	3.4/11.5		
実施例10			内側=波形3 外側=波形6	3.4/21.3	3.4/7.7		

【 0 1 1 4 】

【表 2】

表II

	送信条件					*1
	超音波探触子-20dB送信 周波数帯域内における 駆動信号の周波数ピーク		超音波探触子 -20dB送信周波数 帯域内の 外側駆動信号 最大強度周波数 における 内側信号強度 －外側信号強度 (dB/MHz)	送信超音波の -6dB パルス幅と -20dB パルス幅 との比 (-6dB/-20dB) 内側/外側	駆動 電圧 (Vpp)	
	内側駆動信号 超音波探触子 -20dB送信 周波数帯域 中心周波数の 低/高周波側 ピーク周波数 (MHz)	外側駆動信号 超音波探触子 -20dB送信 周波数帯域 中心周波数の 低/高周波側 ピーク周波数 (MHz)				
比較例1	4.0,7.3,10.5 /13.0,15.0	—	—	0.41	105	あり
比較例2					95	
比較例3					95	
実施例1		4.5/-	4.6dB/4.5MHz	0.41/0.47	110	なし
実施例2					120	
実施例3					130	
実施例4					135	
実施例5					140	
実施例6					142	
比較例4	—	—	0.47	143		
比較例5	6.5/13.8,19.5	—	—	0.26	130	
実施例7		4.5/-	-5.2dB/4.5MHz	0.26/0.47	140	
実施例8		-/13.2	-4.2dB/13.2MHz	0.26/0.59	125	
実施例9	7.8/-	4.5/-	-11.5dB/4.5MHz	0.59/0.47	125	
実施例10	6.5/13.8,19.5	4.5/-	-7.2dB/4.5MHz	0.26/0.65	100	

*1:送信アポダイゼーション

【 0 1 1 5 】

【表 3】

表Ⅲ

	画像評価								
	Phantom-PSF		Phantom Matrix- Cyst 輝度差 (dB)	Phantom Penetration	描出性スコア				
	距離 分解能 (μm)	方位 分解能 (μm)			手根	PIP 関節 A3腱鞘	下肢 (腓腹筋、 ヒラメ筋)	臀部	合計
比較例1	198	560	15.2	72	9.0	8.3	8.4	6.8	32.5
比較例2	198	555	10.9	71	7.2	6.5	8.3	6.6	28.6
比較例3	199	533	11.0	53	7.4	6.3	6.8	5.2	25.7
実施例1	193	540	11.9	76	7.6	8.0	8.5	7.5	31.6
実施例2	192	558	13.0	78	8.0	8.4	8.6	7.7	32.7
実施例3	194	555	14.8	85	8.7	8.6	8.4	8.3	34.0
実施例4	195	548	16.0	88	9.0	9.0	9.0	8.7	35.7
実施例5	205	565	14.0	89	8.4	8.3	8.2	8.7	33.6
実施例6	250	602	11.6	90	7.4	7.8	8.3	8.8	32.3
比較例4	340	650	9.6	90	6.0	6.2	7.8	8.7	28.7
比較例5	185	502	12.2	46	7.7	7.4	6.6	5.0	26.7
実施例7	190	520	17.6	80	9.3	9.2	8.7	7.9	35.1
実施例8	193	532	13.3	58	8.2	8.3	6.9	5.5	28.9
実施例9	215	518	16.4	66	9.2	8.8	7.8	5.8	31.6
実施例10	192	530	16.2	72	9.1	8.6	8.0	6.6	32.3

【0116】

表I、表IIにおける送信条件の各項目を説明する。送信条件における「内側チャンネル」は、超音波探触子2の送信開口における内側素子群の振動子2aの個数（チャンネル数、上段）と、超音波探触子2の送信開口の振動子2aの個数に対する内側素子群の振動子2aの個数の割合〔%〕（下段）と、である。送信条件における「外側チャンネル」は、超音波探触子2の送信開口における外側素子群の振動子2aの個数（チャンネル数、上段）と、超音波探触子2の送信開口の振動子2aの個数に対する外側素子群の振動子2aの個数の割合〔%〕（下段）と、である。

【0117】

送信条件における「送信焦点」は、超音波探触子2から、出力された送信超音波の焦点までの焦点距離〔mm〕である。送信条件における「駆動波形」は、上記で説明した互いに駆動波形が異なる駆動信号の波形であり、波形1～6をとる。

【0118】

送信条件における「内側駆動信号上限／下限周波数」は、超音波探触子2の－20dB送信周波数帯域内における、超音波探触子2の送信開口の内側素子群（の振動子2a）に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの－20dB周波数帯域（図9の周波数帯域B020）の下限／上限の周波数〔MHz〕である。送信条件における「外側駆動信号上限／下限周波数」は、超音波探触子2の－20dB送信周波数帯域内における、超音波探触子2の送信開口の外側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの－20dB周波数帯域（図9の周波数帯域B120）の下限／上限の周波数〔MHz〕である。

【0119】

送信条件における「内側駆動信号超音波探触子 -20 dB 送信周波数帯域中心周波数の低／高周波数側ピーク周波数」は、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域内における、超音波探触子2の送信開口の内側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの周波数ピークについて、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数（図8（b）の中心周波数 f_{PC} ）よりも低周波側／高周波側にある各周波数ピークの周波数 $[\text{MHz}]$ である。送信条件における「外側駆動信号超音波探触子 -20 dB 送信周波数帯域中心周波数の低／高周波数側ピーク周波数」は、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域内における、超音波探触子2の送信開口の外側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの周波数ピークについて、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数（図8（b）の中心周波数 f_{PC} ）よりも低周波側／高周波側にある各周波数ピーク（例えば、図8（b）の周波数 f_{OP} ）の周波数 $[\text{MHz}]$ である。

10

【0120】

送信条件における「超音波探触子送信感度 -20 dB 帯域内の外側駆動信号最大強度周波数における内側信号強度－外側信号強度」は、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域内において、超音波探触子2の送信開口の外側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの信号強度が最大の周波数（図9の周波数 f_{OP} ）における、内側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの信号強度 $[\text{dB}]$ （図9の信号強度 SSI ）－外側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの信号強度 $[\text{dB}]$ （図9の最大信号強度 SSO ）の値 $[\text{dB}]$ と、その信号強度が最大の周波数 $[\text{MHz}]$ とである。

20

【0121】

ここで、図23は、内側素子群から送信される送信超音波のパワースペクトル $USSOTx$ と外側素子群から送信される送信超音波のパワースペクトル $USSITx$ とを示す概略図である。送信条件における「送信超音波の -6 dB パルス幅と -20 dB パルス幅との比（ $-6\text{ dB}/-20\text{ dB}$ ）内側／外側」は、超音波探触子2の送信開口の内側素子群から送信される送信超音波の（周波数）パワースペクトル（図23のパワースペクトル $USSOTx$ ）の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率と、外側素子群から送信される送信超音波の（周波数）パワースペクトル（図23のパワースペクトル $USSITx$ ）の -20 dB パルス幅に対する -6 dB パルス幅の比率と、である。

【0122】

送信条件における「駆動電圧」は、超音波探触子2を駆動する電源電圧の最大値と最小値の差 $[V_{pp}(\text{Peak to Peak})]$ であり、安全・規制を満たすことが可能な最大の電圧である。本発明の実施例においては正負同電圧のバイポーラ駆動であるため、 $100V_{pp}$ は最大 $+50\text{ V}$ 、最小 -50 V での駆動を意味する。送信条件における「送信アポダイゼーション」は、送信アポダイゼーションを行う（あり）か否（なし）かを示す。

30

【0123】

表IIIにおける画像評価結果の各項目を説明する。画像評価結果における「Phantom-PSF（Point Spread Function：点像強度関数）」は、Gammex RMI 404GS-LE0.5と同一の音響等価材の深度 15 mm 位置に $50\text{ }\mu\text{ m}$ のSUS（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 $[\text{dB}]$ に変換し、その 20 dB 分解能を得る画像評価方法において、得た評価結果としての 20 dB 分解能（距離分解能 $[\text{ }\mu\text{ m}]$ 、方位分解能 $[\text{ }\mu\text{ m}]$ ）である。

40

【0124】

画像評価結果における「Phantom-Matrix-Cyst輝度差」は、Gammex RMI 404GS-LE0.5の深度 1 cm 部の音響等価材領域平均輝度が 80 となるようにシステムゲインを調整した後、深度 1 cm に配置された $2\text{ mm}\phi$ 無受信超音波ターゲットの中心から 2 mm 径領域の平均輝度を測定し、音響等価材平均輝度との差を dB で表した値（望大特性） $[\text{dB}]$ である。つまり、「Phantom-Matrix-Cyst輝度差」は、信号の輝度を一定とし、ノイズを変化

50

させるものであり、Phantom-Matrix-Cyst輝度差の値が高くなると、S/Nも高くなる。

【0125】

画像評価結果における「Phantom-Penetration」とは、Gammex RMI 403GS-LE0.5の音響等価材部に対し、送信焦点15mm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。

【0126】

画像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」、「PIP関節A3腱鞘」、「下肢（腓腹筋、ヒラメ筋）」、「臀部」、「合計」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、PIP関節A3腱鞘、下肢（腓腹筋、ヒラメ筋）、臀部の各部位について、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た。その評点の値を部位ごとに平均（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

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、PIP関節A3腱鞘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。手根は管状の手根管が主な観察対象となり、良好な描出には距離・方位分解能の双方と暗部描出性が必要となる。A3腱鞘は方位分解能はさほど必要としないが、距離分解能や暗部描出性に対する要求は高い。臀部は深度が深く、深部描出の解像度、S/Nを評価することが可能でPhantom-Penetrationが高いことが必要となる。下肢（腓腹筋、ヒラメ筋）は暗部描出に対する要求はさほど高くないが、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分解能の均一性や連続性が描出性スコアに影響する。

【0127】

描出性スコアの「合計」は、「手根」、「PIP関節A3腱鞘」、「下肢（腓腹筋、ヒラメ筋）」、「臀部」の描出性スコアの合計値である。

【0128】

超音波探触子2の送信開口の内側素子群と外側素子群とに異なる駆動波形の駆動信号を入力する実施例1～10は、内側素子群又は外側素子群に単一の駆動信号を入力する比較例2～5に比べて、良好な画像評価結果が得られている。比較例1は比較的良好な画像評価結果が得られているが、送信アポダイゼーション機構を必要とするため装置コストは他の例と比較して高価となる。

【0129】

また、超音波探触子2の送信開口の内側素子群にT r i a d-T H Iの駆動信号を入力する実施例1～7、10は、超音波探触子2の送信開口の内側素子群にT r i a d-T H Iでない駆動信号を入力する実施例9に比べて、良好な画像評価結果が得られている。T r i a d-T H Iは、例えば、表IIの「内側駆動信号超音波探触子-20dB送信周波数帯域中心周波数の低/高周波数側ピーク周波数」などにより、内側素子群の駆動信号の送信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-20dB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-20dB以上であることを満たす。

【0130】

また、実施例 1～6 において、超音波探触子 2 の送信開口全体に対する内側素子群の領域（チャンネル数）の比率が $1/16 \sim 1/2$ である実施例 2～5 が、Phantom-Matrix-Cyst 輝度差（S/N）、Phantom Penetration、画像評価結果の値が高く、この中で実施例 4 が最も良い結果を得ている。超音波探触子 2 の送信開口全体に対する内側素子群の領域（チャンネル数）の比率が $1/16$ より小さいと、内側素子群での超音波送信による浅部の高調波生成が得られにくくなって浅部 S/N が低下（信号成分の低下）してしまう。また、当該比率が $1/2$ より大きいと音線中心付近以外の浅部領域にも多くの高調波が生成してしまうため、これが散乱等により音響ノイズとして混入して浅部の暗部表現が低下する（ノイズの増加）。

【0131】

また、特許文献 2（特開 2013-158626 号公報）の技術では送信焦点付近までは高い分解能が得られるが、送信焦点より深い領域では急速に音線中心付近の音圧が低下してしまう。本実施の形態においては内側素子群、外側素子群とも同一焦点へ向けて送信超音波の送波を行い、内側にも外側と同等程度の低周波成分を持たせることにより送信焦点より深い領域での急速な音圧低下を防ぐことが可能となり、結果としてペネトレーションを改善することが可能となる。図 24（c）に示したような X 型のビームプロファイルを防ぐためには、外側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルのうち、超音波探触子 2 の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域内の最大強度を示す周波数における信号強度に対し、内側素子群の同一周波数の信号強度が、外側素子群の信号強度 -6 dB よりも大きいことが好ましい。表 II の「超音波探触子送信感度 -20 dB 帯域内の外側駆動信号最大強度周波数における内側信号強度－外側信号強度」によれば、前記の好ましい条件を実施例 1～8 が満たしている。実施例 1～7 は、高いペネトレーションが得られている。

【0132】

本実施の形態の内側素子群の超音波送信は、広帯域送波、より好ましくは図 4、5、6 を用いて説明した送信を行うことが好ましい。これにより浅部において音線中心付近のみに受信すべき高調波成分を生成することができるようになる。このとき、外側素子群でも同様の広帯域送波を行うと音線中心付近以外の領域にも不要な高調波が生成してしまい、散乱等によって浅部画質を低下させる共に不要な発熱が増加して駆動電圧が上げられなくなるため、外側素子群の送信超音波は浅部で集束しやすい高周波成分を含まない、内側素子群での送信超音波より相対的に狭帯域であることが好ましい。

【0133】

具体的には、表 II の「内側駆動信号上限／下限周波数」、「外側駆動信号上限／下限周波数」により、実施例 1～10 は、超音波探触子 2 の -20 dB 送信周波数帯域内における、超音波探触子 2 の送信開口の外側素子群に入力する駆動信号の -20 dB 周波数帯域が、同じく内側素子群に入力する駆動信号の -20 dB 周波数帯域よりも広い、つまり外側素子群に入力する駆動信号の -20 dB 周波数帯域が狭帯域である。この実施例 1～10 は、良好な画像評価結果が得られている。

【0134】

また、表 II の「外側駆動信号超音波探触子 -20 dB 送信周波数帯域中心周波数の低／高周波数側ピーク周波数」により、実施例 1～7、9、10 は、超音波探触子 2 の -20 dB 送信周波数帯域内における、超音波探触子 2 の送信開口の外側素子群に入力する駆動信号の周波数パワースペクトルの周波数ピークが、超音波探触子 2 の -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側にある（高周波成分を含まない）。実施例 8 は、同じく超音波探触子 2 の -20 dB 送信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側にある（高周波成分を含む）。この実施例 1～7、9、10 は、実施例 8 に比べて、良好な画像評価結果が得られている。

【0135】

また、本実施の形態の内側素子群の送信超音波波形は、図 6 に示した様に、高周波成分が比較的短い時間領域に局所的に集中し、パルス幅全体に対して大きな振幅となる時間が

相対的に短い音波波形、すなわち -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅の比が小さいことが好ましい。これにより図6に示した様なTHI（組織ハーモニック）の多段生成が可能となり、音線中心付近の浅部と深部の双方において広帯域な受信信号を得ることが可能となる。対して、外側領域の送信超音波波形は内側領域とは逆にガウシアンに近い包絡線形状を有する音波波形、すなわち -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅の比が比較的大きいことが好ましい。このように局所的に大きい振幅部をもたない超音波波形を送出することにより、音線中心から遠い浅部領域では非線形領域まで音圧が上昇しないためTHIが生成せず、音線中心に近づいた送信焦点近傍で非線形領域まで音圧が上昇してTHIが生成するようになる。

【0136】

10

内側素子群、外側素子群の送信超音波を上記とすることにより、浅部では内側素子群の送信超音波により受信対象となる音線中心付近にのみTHIが生成して信号強度が高くなり、受信対象とならない音線から離れた領域にはTHIが生成せずに散乱等による音響ノイズが混入しなくなる。このため、送信アポダイゼーションを用いなくとも高いS/Nと良好な暗部表現が得られる。

【0137】

また外側素子群の送信超音波は、浅部領域で画像化に不要なTHIを生成して減弱することなく焦点近傍の深部領域でTHIを生成するため、深部での信号強度が増加するとともに、熱効率の改善により、しばしば駆動電圧制限の要因となる超音波探触子の表面温度上昇も抑制できるためペネトレーションが改善される。

20

【0138】

-6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅比は、その送信モードの目的（浅部重視、深部重視、バランス重視等）によるため一概には言えないが、内側素子群では概ね0.5以下、外側素子群では概ね0.4以上であることが好ましく、内外素子群の相対関係は、内側素子群の送信超音波の -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅比<外側素子群の送信超音波の -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅比、であることが好ましい。

【0139】

具体的には、表IIの「送信超音波の -6 dB パルス幅と -20 dB パルス幅との比（ $-6\text{ dB}/-20\text{ dB}$ ）内側/外側」により、実施例1～8、実施例10は、内側素子群の送信超音波の -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅比<外側素子群の送信超音波の -6 dB パルス幅/ -20 dB パルス幅比の関係を満たす。このため、Phantom-Matrix-Cyst輝度差（S/N）、Phantom Penetration、画像評価結果の値が高く、良好なS/N、ペネトレーション、画像評価結果が得られている。

30

【0140】

また、実施例1～10、比較例1～5において、表IIの「駆動電圧」に示されるように、超音波探触子2の内側素子群と外側素子群とは、共通の駆動電圧としている。

【0141】

以上、本実施の形態によれば、超音波探触子2は、複数の振動子2aにより構成された送信開口を有する。送信開口は、第1振動子群及び第2振動子群を含む複数の振動子群を有する。超音波診断装置Sは、第1駆動信号と駆動波形が異なる第2駆動信号とを生成し、送信超音波が同一焦点に集束するよう時間遅延を与えて、第1駆動信号を第1振動子群に出力し、第2駆動信号を第2振動子群に出力する送信部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、受信信号から超音波画像データを生成する画像生成部14と、を備える。

40

【0142】

より具体的には、送信部12は、第1振動子群を送信開口の内側に配置された内側素子群とし、第2振動子群を送信開口の外側に配置された外側素子群とし、内側素子群と外側素子群とで異なる駆動波形の駆動信号を生成する。

【0143】

このため、送信アポダイゼーション機構を備えなくてもよいのでコストを抑えることが

50

でき、送信アポダイゼーション機構を備えなくても浅部低受信超音波部への音響ノイズ混入が抑制されて良好な受信超音波画像描出を得ることができる。また、焦点付近及び送信焦点より深い領域では内側素子群で送信した超音波信号の高周波基本波成分は減衰により消失し、低周波基本波を全送信開口で送波した場合と同様の音圧分布とビームプロファイルが得られるため、ビーム中心付近の音圧が急激に低下することなく、焦点付近で生成した高調波も中心付近主体に伝搬していくためS/Nを高めることができる。むしろ、浅部受信領域以外で生成して受信に寄与していなかった音響エネルギーのために必要以上に超音波探触子2が発熱し表面温度規定の制限を受ける状況を緩和でき、結果的に従来よりも駆動電圧を上げることが可能となるためS/N及びペネトレーションを改善して高めることができる。さらに、内側素子群と当該外側素子群とに同一焦点で送信超音波を送信し、内側にも外側と同等の低周波数成分を持たせることにより、送信焦点より深い領域のペネトレーションを改善して高めることができる。

10

【0144】

また、超音波診断装置Sは、素子群ごとに、複数の異なる駆動波形の駆動信号から駆動信号を選択する制御部18を備える。送信部12は、選択された駆動信号を生成し、当該駆動信号に対応する素子群に当該駆動信号を出力する。このため、予め設定された複数の異なる駆動波形の駆動信号から適切な駆動信号を容易に選択して生成できる。

【0145】

また、送信部12は、内側素子群の駆動信号の-20dB周波数帯域が、外側素子群の駆動信号の-20dB周波数帯域よりも広い駆動信号を生成する。このため、内側素子群と当該外側素子群とに同一焦点で送信超音波を送信し、内側にも外側と同等の低周波数成分を持たせることができ、送信焦点より深い領域のペネトレーションを改善して高めることができる。

20

【0146】

また、内側素子群から送信される送信超音波の-20dBパルス幅に対する-6dBパルス幅の比率が、外側素子群から送信される送信超音波の-20dBパルス幅に対する-6dBパルス幅の比率よりも小さい。このため、浅部では内側素子群の送信超音波により受信対象となる音線中心付近にのみTHIが生成して信号強度が高くなり、送信アポダイゼーションを用いなくとも高いS/Nと良好な暗部表現を得ることができ、深部での信号強度を増加できる。さらに、熱効率の改善により、しばしば駆動電圧制限の要因となる超音波探触子の表面温度上昇も抑制できるためペネトレーションを改善して高めることができる。

30

【0147】

また、送信部12は、内側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、超音波探触子2の-20dB送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、-20dB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、かつ複数の前記強度ピークの間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-20dB以上である駆動信号を生成する。このため、Triad-THIの実現により、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。さらに、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を向上できる。

40

【0148】

また、送信部12は、外側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルが、超音波探触子2の-20dB送信周波数帯域に含まれる周波数帯域であって、当該-20dB送信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側に最大強度ピークを有する駆動信号を生成する。このため、外側素子群の送信超音波は浅部で集束しやすい高周波成分を含まない狭帯域となり、音線中心付近以外の領域にも不要な高調波が生成して散乱等によって浅部画質を低下させる共に不要な発熱が増加して駆動電圧が上げられなくなることを防

50

ぎ、ペネトレーションを高めることができる。

【0149】

また、送信開口の全振動子2aに対する内側素子群の（振動子2aのチャンネル数の）割合は、 $1/16 \sim 1/2$ である。このため、内側素子群での超音波送信による浅部の高調波生成が得られて浅部S/Nを高めることができ、また音線中心付近以外の浅部領域に高調波が生成することを防ぎ、音響ノイズの混入を防いで浅部の暗部表現を高めることができ、S/Nを高めることができる。

【0150】

また、送信部12は、外側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルのうち、超音波探触子2の -20 dB 送信周波数帯域に含まれる周波数帯域内の最大強度を示す周波数における最大信号強度に対し、内側素子群の駆動信号の送信パルス信号の周波数パワースペクトルの前記最大強度を示す周波数と同一の周波数の信号強度が、外側素子群の駆動信号の最大信号強度 -6 dB よりも大きい駆動信号を生成する。このため、内側素子群、外側素子群とも同一焦点へ向けて送信超音波の送波を行い、内側にも外側と同等程度の低周波成分を持たせることにより送信焦点より深い領域での急速な音圧低下を防ぐことができ、ペネトレーションを改善して高めることができる。

【0151】

また、超音波探触子2の送信開口の複数の振動子群（内側素子群、外側素子群）は、駆動電圧が共通である。このため、内側素子群、外側素子群で駆動電圧を別に設定する複雑な構成を防ぎ、構成を簡単にできるとともにコストを低下できる。

【0152】

また、送信部12及び受信部13は、THIに応じた駆動信号の出力、受信信号の生成を行う。画像生成部14は、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を生成する。このため、THIにより、高調波成分を画像化することによって、コントラストの良い超音波画像を得ることができる。

【0153】

また、送信部12及び受信部13は、パルスインバージョンにより、前記同一音線上に複数回超音波を送受信する。画像生成部14は、パルスインバージョンにより、同一音線の複数の受信信号から高調波成分を抽出する。このため、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。

【0154】

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診断装置の一例であり、これに限定されるものではない。

【0155】

例えば、上記実施の形態では、超音波探触子2の送信開口の振動子2aを、内側素子群、外側素子群に分ける構成としたが、これに限定するものではない。超音波探触子2の送信開口の振動子2aを3以上の素子群に分け、各素子群に駆動波形の異なる同一焦点の駆動信号を選択して入力させる構成としてもよい。

また、上記実施の形態では、1つの素子群（振動子群）は、複数の振動子2aを有する構成として説明したが、これに限定されるものではない。1つの素子群は、少なくとも1つの振動子2aを有する構成としてもよい。

【0156】

また、以上の実施の形態における超音波診断装置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】

【0157】

S 超音波診断装置

1 超音波診断装置本体

11 操作入力部

12 送信部

10

20

30

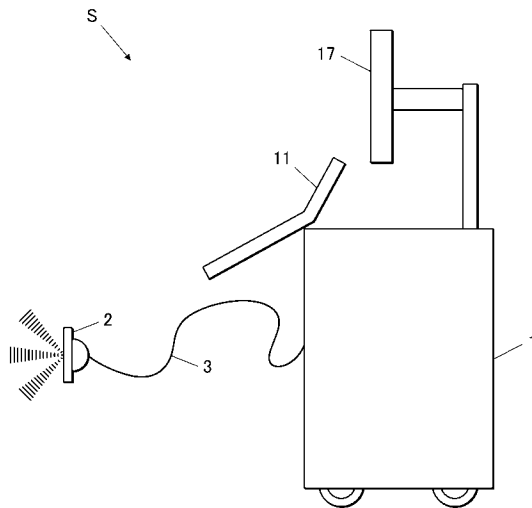
40

50

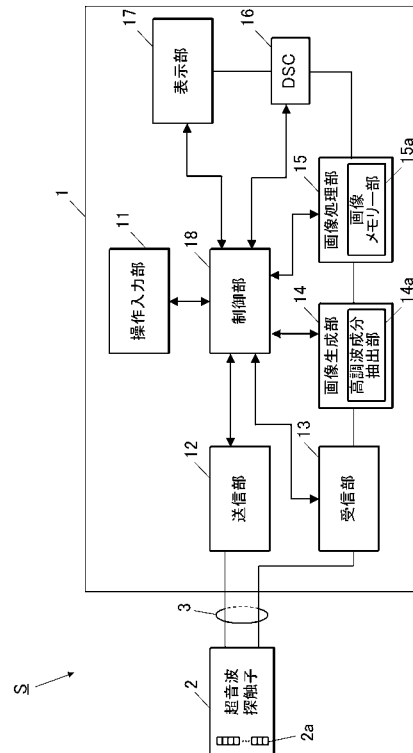
- 1 2 1 クロック発生回路
- 1 2 2 パルス発生回路
- 1 2 3 時間及び電圧設定部
- 1 2 4 遅延回路
- 1 3 受信部
- 1 4 画像生成部
- 1 4 a 高調波成分抽出部
- 1 5 画像処理部
- 1 5 a 画像メモリ部
- 1 6 D S C
- 1 7 表示部
- 1 8 制御部
- 2 超音波探触子
- 2 a 振動子
- 3 ケーブル

10

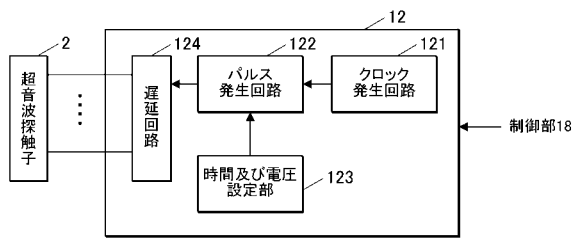
【図 1】



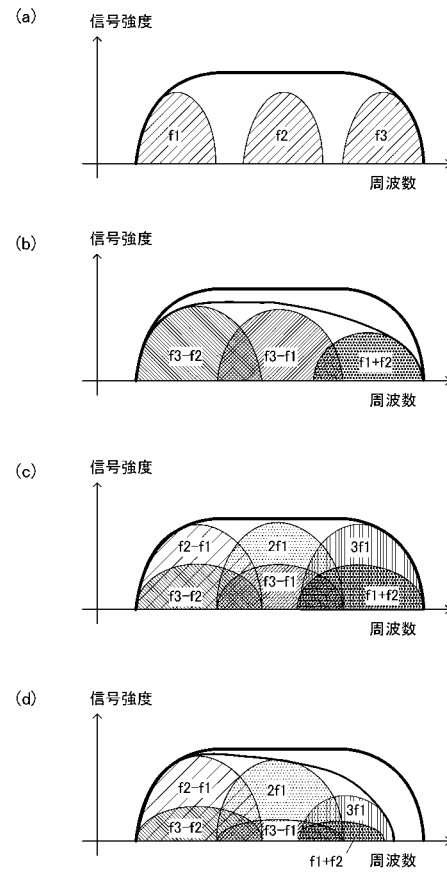
【図 2】



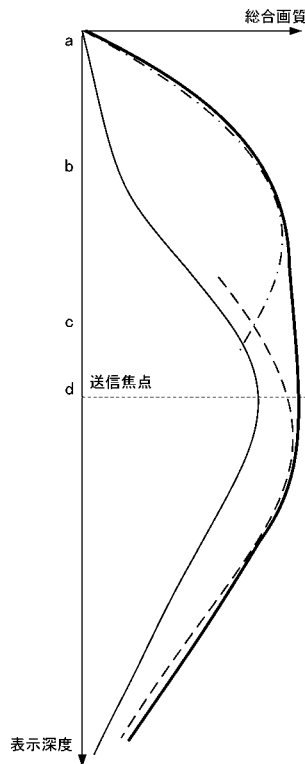
【図 3】



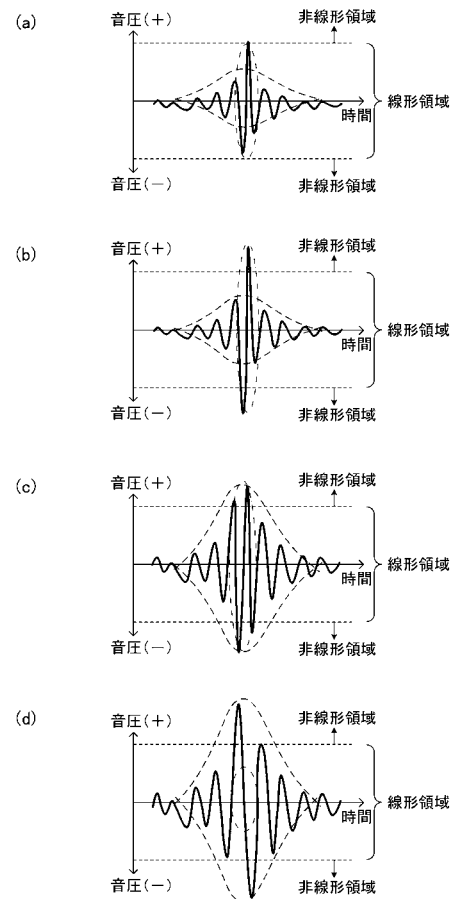
【図 4】



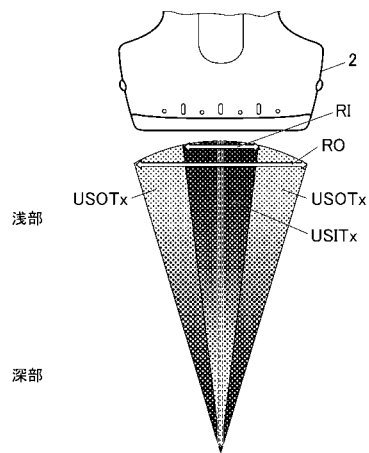
【図 5】



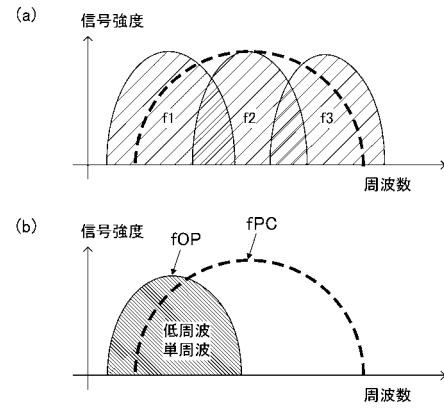
【図 6】



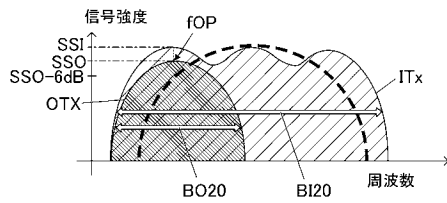
【図 7】



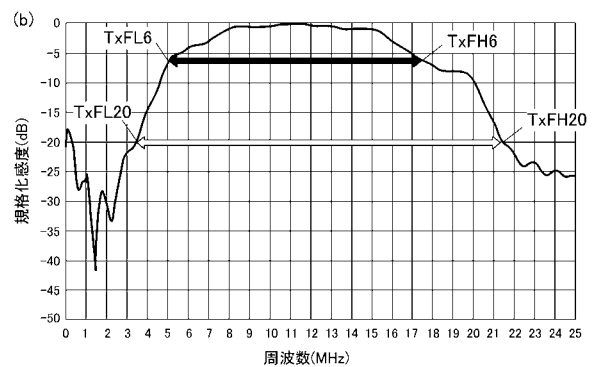
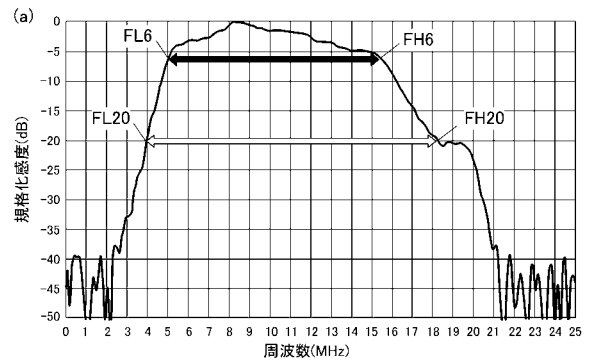
【図 8】



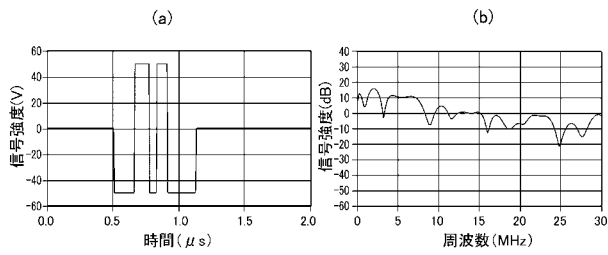
【図 9】



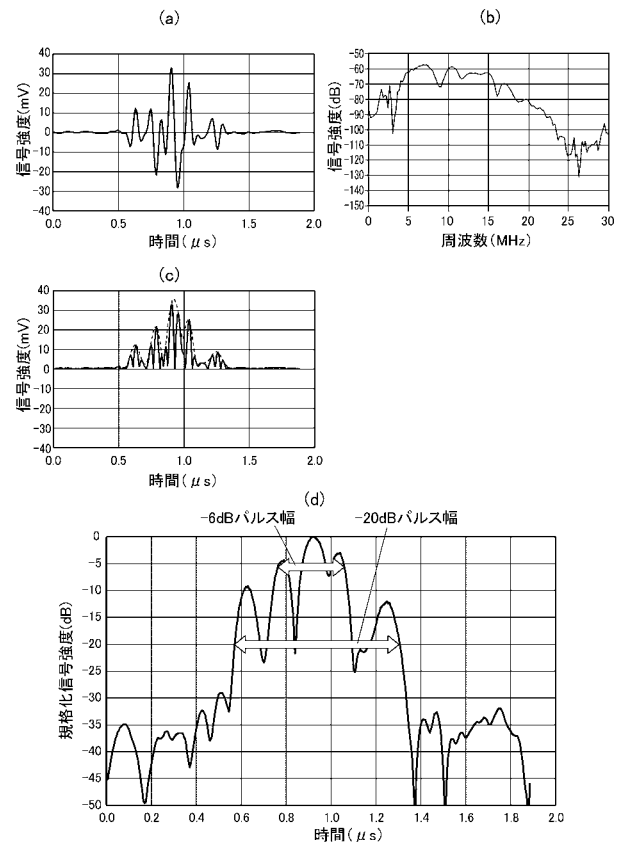
【図 10】



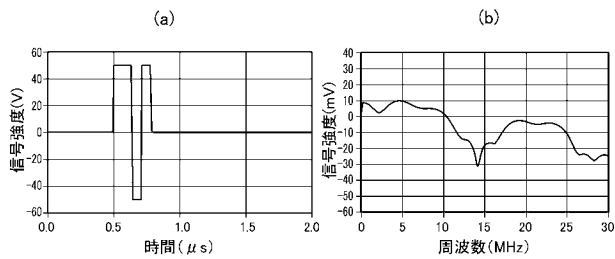
【図 1 1】



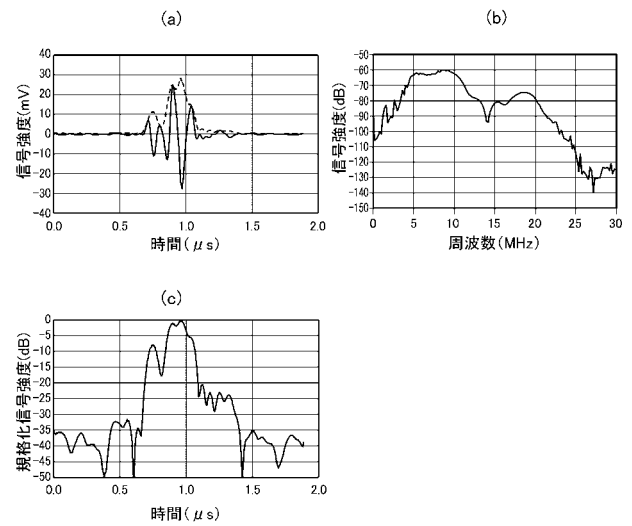
【図 1 2】



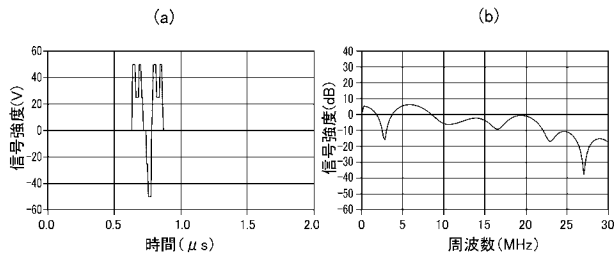
【図 1 3】



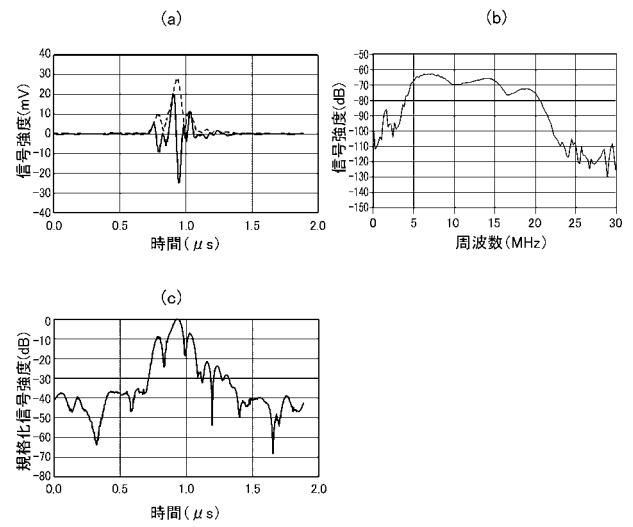
【図 1 4】



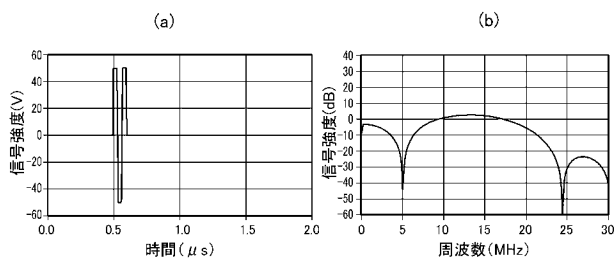
【図 15】



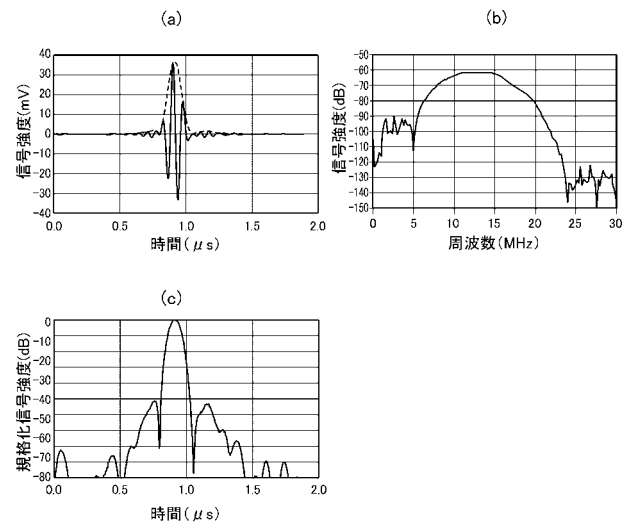
【図 16】



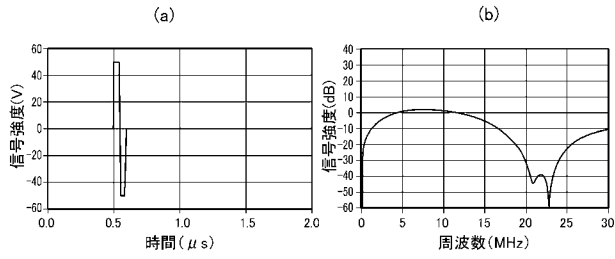
【図 17】



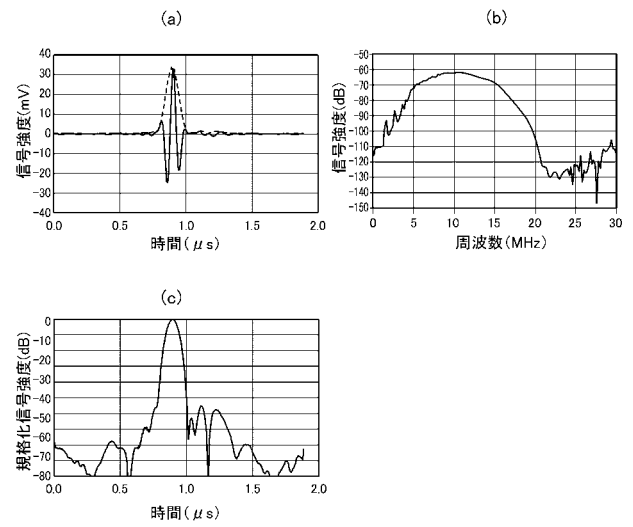
【図 18】



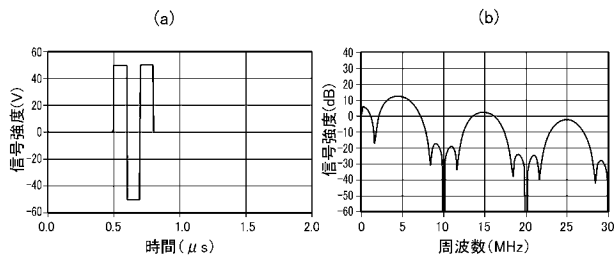
【図 19】



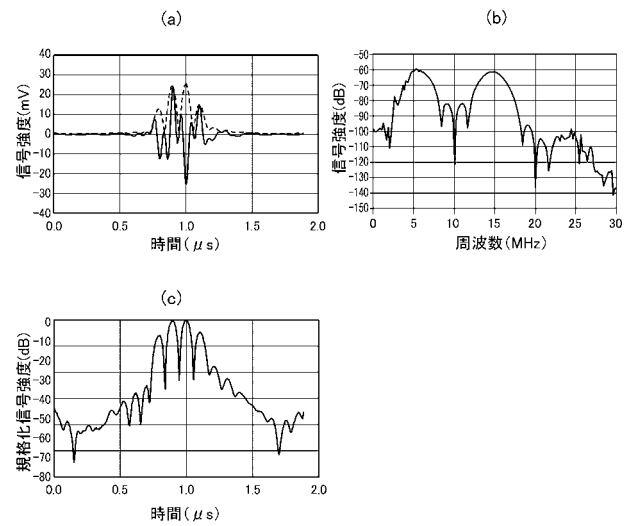
【図 20】



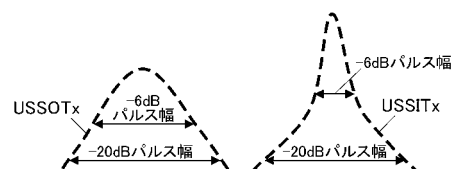
【図 21】



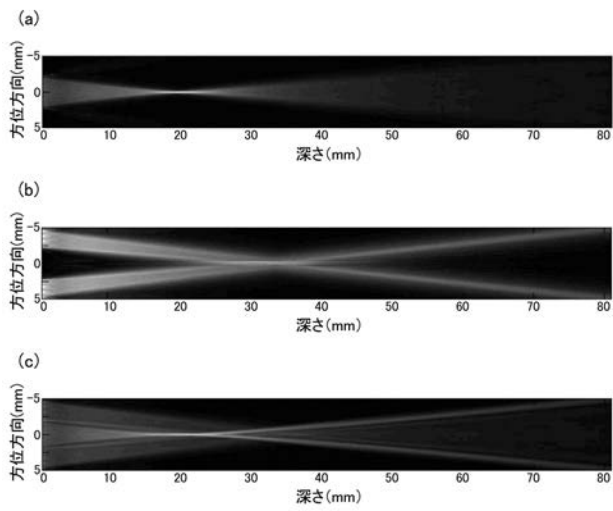
【図 22】



【図 23】



【図 24】



专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2018114195A	公开(公告)日	2018-07-26
申请号	JP2017008149	申请日	2017-01-20
[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 A61B8/0866 A61B8/0883 A61B8/145 A61B8/4405 A61B8/4444 A61B8/4477 A61B8/4488 A61B8/48 A61B8/54 G01S7/5202 G01S7/52038 G01S15/8927 G01S15/8952 G01S15/8963		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/DE09 4C601/DE14 4C601/EE04 4C601/EE14 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB12 4C601/HH06 4C601/HH35		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：以更低的成本获得良好的接收超声图像渲染。摘要：超声探头具有由多个换能器2a构成的传输孔。传输孔具有多个换能器组，包括至少第一换能器组和第二换能器组。超声波诊断装置S产生多个驱动信号，包括至少第一驱动信号和第二驱动信号，并具有不同的驱动波形，并给多个驱动信号提供时间延迟，使得发射的超声波聚焦在同一个焦点上。发送器12，用于将第一驱动信号输出到第一换能器组，将第二驱动信号输出到第二换能器组，并将多个驱动信号输出到发送孔径的多个换能器组接收单元13接收来自超声波探头2的接收信号，图像生成单元14根据接收信号生成超声波图像数据。The

