

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 265466

(P2003 - 265466A)

(43)公開日 平成15年9月24日 (2003.9.24)

(51)Int.Cl⁷

識別記号

F I

テ-マ-コ-ド^{*} (参考)

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

4 C 3 0 1

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12数)

(21)出願番号 特願2002 - 67477(P2002 - 67477)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(22)出願日 平成14年3月12日(2002.3.12)

(72)発明者 鎌倉 友男

東京都調布市調布ヶ丘1 - 5 - 1 電気通信大学内

(72)発明者 安達 日出夫

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100076233

弁理士 伊藤 進

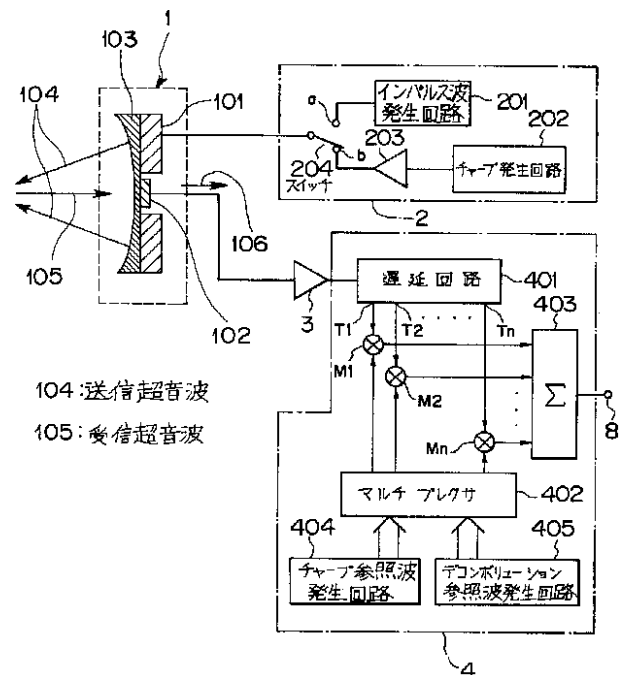
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波診断装置

(57)【要約】

【課題】ハーモニックイメージング技術の特長を活かしながら、深さ方向分解能に優れS / Nに優れた超音波診断装置を提供すること。

【解決手段】高調波に共振可能な受信用振動子102を有した送受信分離型超音波トランスデューサ1を用い、基本波を生体内に送信し、基本波と高調波が混在した広帯域信号を受信用振動子102にて受信して、データ変換部4に入力する。データ変換部4には、相関処理手段として、チャープ波に対するパルス圧縮処理手段と、インパルス波に対するデコンボリューション処理手段とを設けてあるので、遠距離部をチャープ波によるパルス圧縮で観察し、近距離部をインパルス波によるデコンボリューション処理で観察することにより、高調波の特長である高コントラスト像に加えて、ハーモニックイメージングで問題となっていた深さ方向分解能を改善することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本波を送信し、これによって発生する基本波と高調波からなる受信信号を受信し、基本波と高調波からなる広帯域信号を出力する超音波トランスデューサと、

該超音波トランスデューサに駆動信号を印加する駆動信号発生手段と、

前記超音波トランスデューサからの広帯域信号を入力信号とし、参照信号との相関をとる手段を有したデータ変換手段と、

該データ変換手段の出力信号から画像信号を形成する画像処理手段と、

該画像処理手段からの出力を画像表示する画像表示手段と、

を具備したことを特徴とした超音波診断装置。

【請求項2】 前記超音波トランスデューサは、基本波送信超音波の中心周波数近傍に共振周波数を持つ送信用圧電振動子と、高調波信号の中心周波数近傍に共振周波数を持つ受信用圧電振動子とが分割配置された構造を有することを特徴とした請求項1に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ハーモニックイメージング技術を用いて、広帯域でかつ高い深さ方向分解能を有した超音波診断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、高調波信号を用いたハーモニックイメージング診断は従来のBモード診断では得られない鮮明な診断像が得られることが分かり標準的な診断モダリティとなりつつある。

【0003】ハーモニックイメージングは基本波に比較して、サイドローレベルが小さいことにより、S/Nが良くコントラスト分解能が良くなること、周波数が高くなることによって、ビーム幅が細くなり横方向分解能が良くなること、近距離では音圧が小さく、音圧の変動が少ないため、多重反射が起こらないこと、焦点以遠の減衰は基本波並みであり、高調波の周波数を基本波とする超音波に比べ深達度を大きく取れること、という多くの利点を持っている。しかしながら一方で、深さ方向分解能は従来方法より改善されることはなく、改善されるべき技術課題とされている。深さ方向分解能が従来方法より改善されることはない理由は文献「エレクトロニクスの臨床；超音波特集、-最近の超音波-」に記載されている。また先行技術の特開平11-342127号公報に開示されている内容からも伺い知れる。

【0004】特開平11-342127号公報では基本波送信信号に高調波周波数に相当する周波数成分がのらない様にする手段を提供することを目的としている。その解決手段として、図9に示す様に振動子の列を駆動す

るパルスのバーストを発生させる送信回路において、バーストの先頭と後尾のパルス振幅を低くするように構成する。送信制御回路56は、基準電源、低電圧の駆動電源108、高電圧の駆動電源110それぞれと出力端子102とを接続するFET100, 104, 106を有する。送信制御回路56は、これらFETの開閉を制御して、バーストの先頭期間においては、FET104をオンして低電圧の駆動パルスを生じ、バーストの中央部においてはFET106をオンして高電圧の駆動パルスを生じ、としている。従来のような広帯域超音波トランスデューサを用いる場合、この先行技術に記載されているようにバースト波で駆動するのが一般的である。これは超音波トランスデューサの帯域内の低周波領域で基本波送信駆動を行い、高調波信号の受信を超音波トランスデューサの帯域内の高周波領域で行い、送信基本波信号帯域と受信高調波帯域が重畳しないようにするため、バースト波の波数を多くする程効果的となる。従って受信高調波信号はパルス幅が長くなり深さ方向分解能を低下させることとなる。

【0005】ところで、本出願人は特開2001-258879号公報で高調波検出用のトランスデューサとして、送受信分離型の超音波トランスデューサを提案している。これは、図10に示すように基本波相当周波数を共振周波数とするリング形状をした圧電エレメント202で基本波信号を送信し、リングの内円部に配置した高調波受信用圧電エレメント204で高調波を含んだ受信信号を受信する。両圧電エレメントの材料定数の組み合わせを最適化することによって、特別な処理回路なしで、高調波信号成分を高い選択性で検出できることを特長としている。

【0006】この技術において、受信信号の感度を上げる為に、送信用振動子部の共振尖鋭度QTと、受信用振動子部の共振尖鋭度QRをとともに大きくし、基本波レベルに対して大きな高調波受信感度を得る為に、QR>QTの関係が有効であるとしている。

【0007】一方、パルス幅を短くする手法として、特開平5-42157号公報が提案されている。これは、遠距離に対して深達度の良い画像が得られ、且つ近距離においてもデッドゾーンのない高解像度の画像が得られる超音波診断装置を提供することを目的としている。その手段として、図11に示す様に周波数が変化するチャープ信号を発生するチャープ発生回路8と、インパルス波を発生するパルス7と、前記チャープ発生回路8及び前記パルス7による2つの送信信号を切替えるスイッチ9と、超音波信号を出射するための振動子5と、遅延量が異なる複数の遅延信号を生成する遅延回路12と、チャープ参照波を発生するチャープ参照波発生回路15及びデコンボリューション参照波を発生するデコンボリューション参照波発生回路16と、前記2つの送信信号に応じて前記参照波を選択するためのマルチプレクサ14と、

前記マルチプレクサ14の出力及び前記遅延回路12の出力を用いてパルス圧縮処理及びデコンボリューション処理を行う演算手段とを設けている。

【0008】ここで、パルス圧縮後のパルスの振幅利得とパルス幅は、チャープ波の時間を T 、帯域幅を f とすると、 $(T \cdot f)^{1/2}$ 、 $1/(T \cdot f)$ で表されるので T 、 f とも大きいほど良い。このうち、 f は振動子の帯域特性に影響され、広帯域特性の振動子を用いると、送信超音波の音圧を大きく出来ないことになる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以上の先行技術や技術解説書に示される様に、ハーモニックイメージングにおいては送受信信号のパルス幅が長くなることによる深さ方向分解能が低下し、パルス圧縮技術においては超音波振動子の周波数帯域 f に限界があるため、十分なパルス圧縮利得が得られず、時間軸サイドローブが十分抑圧されないという問題があった。このことは、目標としたパルス幅、即ち深さ方向分解能が得られないだけでなく、圧縮利得に比例する振幅も目標値が得られなくなる。

【0010】更に、一般に帯域が大きくとれる圧電振動子材料、例えば高分子圧電体は、送信超音波音圧に大きく影響を及ぼす圧電 d 定数が小さく、送信超音波の音圧は小さいので圧縮利得が不十分だと受信超音波の S/N が悪くなり、良好な超音波診断像が得られなくなる。

【0011】本発明は、上記の事情に鑑みたものであり、ハーモニックイメージング技術の特長を活かしながら、深さ方向分解能に優れ S/N に優れた超音波診断装置を提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】[手段]本発明において従来のパルス圧縮では得られなかった大きな帯域 f を得る手段として、送受信分離型超音波トランスデューサを用い、その送信用振動子で基本波超音波を送信し、受信用振動子(中心周波数: $3f_0$ 、 $-6dB$ 帯域幅: $BW-6T$)で、基本波成分と高調波成分が混在した超音波を受信する。さらに受信用振動子によって圧電変換されて得られる広帯域受信パルス信号と参照波との相関をとる。相関処理後の信号は画像処理部に伝送され、最終的に画像表示され、画像表示装置によって超音波診断像が表示される。尚、高調波が発生しにくい近距離では、デコンボリューション参照波信号を発生させ、相関処理を施してパルス幅の短い受信超音波を得るようにする。駆動信号は高調波が発生しにくい近距離ではインパルス信号とし、高調波が発生しやすい遠距離では、より広帯域周波数特性が得られるチャープ波とする。ただし、高調波を高レベルで含む広帯域受信信号については、高調波信号の特殊性から必ずしもチャープ波に基づくものでなくとも良く、また相関をとる参照波についても、駆動信

号の代わり、或いは受信信号の着目しているパルス(即ち生体内の着目している組織から反射してくるパルス)の代わりに、その着目パルスの隣接した時刻に発生する受信パルス(即ち着目組織以外の他のところから反射してきたパルス)を用いてもよい。

【0013】即ち、本発明による超音波診断装置は、基本波を送信し、これによって発生する基本波と高調波からなる受信信号を受信し、基本波と高調波からなる広帯域信号を出力する超音波トランスデューサと、該超音波トランスデューサに駆動信号を印加する駆動信号発生手段と、前記超音波トランスデューサからの広帯域信号を入力信号とし、参照信号との相関をとる手段を有したデータ変換手段と、該データ変換手段の出力信号から画像信号を形成する画像処理手段と、該画像処理手段からの出力を画像表示する画像表示手段と、を具備したものである。

【0014】そして、前記超音波トランスデューサは、基本波送信超音波の中心周波数近傍に共振周波数を持つ送信用圧電振動子と、高調波信号の中心周波数近傍に共振周波数を持つ受信用圧電振動子とが分割配置された構造を有することを特徴とするものである。

【0015】また、本発明による超音波診断装置は、基本波送信用超音波振動子と、高い選択性で高調波信号を受信する受信用超音波振動子からなる送受信分離型の超音波トランスデューサと、前記送信用超音波振動子に駆動信号を印加する手段を備えた駆動信号発生部と、前記受信用振動子から出力される広帯域出力信号を増幅または減衰する機能を持った受信部と、参照信号を発生させる手段と、該参照信号を用いて相関処理する回路手段とデコンボリューション参照波信号発生手段を少なくとも備えたデータ変換部と、画像信号処理部と、画像を表示する画像表示部とを備えたものである。

【0016】[作用]生体内に対して送信超音波信号(図4(a)参照)を出射すると、従来の広帯域一体型トランスデューサで受信する超音波信号は、基本波と高調波が混在する信号ではあるが、高調波信号レベルは基本波信号レベルに対して第2高調波 $2f_0$ で $15 \sim 20dB$ 、第3高調波 $3f_0$ で更に $15 \sim 20dB$ も低い(図4(b)参照)。従って、基本波と高調波が混在すると言っても、殆どが基本波成分で帯域が大きくなったとは言えない。

【0017】これに対し、本発明に係る送受信分離型超音波トランスデューサは、受信用圧電振動子の共振周波数が高調波の周波数に合致するように設計されていて、且つ、電圧出力定数 g_{33} の大きな圧電材料を用いているので、高調波周波数、例えば第3高調波周波数での信号レベルは持ち上げられ(図4(c)参照)、それによって、第2高調波 $2f_0$ や第4高調波(図示せず)の信号レベルも引き上げられ、その結果従来方法では得られない広帯域特性が得られるようになる。実際に送信用圧電

振動子に印加するチャープ波の周波数帯域は、圧縮利得と関わる帯域 f よりも小さくてすむので、その分、送信超音波の共振先鋭度 Q を高くすることが可能で、その分 Q に比例する送信超音波音圧を大きくでき高調波を発生させ易くなる。

【0018】その大きな周波数帯域 f を持つ受信信号に相関処理するための参照波信号は、駆動信号として用いた駆動信号でも良いが、高調波信号の特殊性から、隣接した時刻に発生する広帯域受信超音波パルス信号同士の間を順次とっていても良い。ところで、高調波信号は近距離では発生しにくく、上記のような広帯域特性は得られない。そこで、近距離においてはチャープ波ではなくてインパルス信号を用い、デコンボリューション参照波信号を用い相関処理を行い、短いパルス幅の信号に変換する。このように、チャープ波とインパルス波とを選択的に用いて、基本波と高調波が混在した広帯域信号を受信し、これらの受信波に対して参照波を用いた相関処理を行い、相関処理した信号から超音波画像を得る。

【0019】このようにチャープ波のほかにインパルス波を選択的に用いるのは、チャープ信号はその振幅スペクトルが一定の周波数範囲（チャープ波の低周波成分から高周波成分までの範囲）内において一定となる特徴を有するのに対して、インパルス信号は幅の狭いパルスであればあるほどその振幅スペクトルが基本波から高次の高調波成分まで減衰することなく満遍なく含まれているという特徴があるためである。

【0020】以上のように、高調波に共振可能な受信用振動子を有した送受信分離型超音波トランスデューサを用い、基本波を生体内に送信し、基本波と高調波が混在した広帯域信号を受信用振動子にて受信して、データ変換部に入力する（図1参照）。データ変換部には、チャープ波に対するパルス圧縮手段と、インパルス波に対するデコンボリューション処理手段とを設けてある（図3参照）ので、遠距離部をチャープ波によるパルス圧縮で観察し、近距離部をインパルス波によるデコンボリューション処理で観察することにより、高調波の特長である高コントラスト像に加えて、ハーモニックイメージングで問題となっていた深さ方向分解能を改善することができる。

【0021】なお、データ変換部には、帯域外ノイズをカットするためのハイパス、ローパス手段が構成されていても良い。また、デジタル処理する場合はA/D変換器をデータ変換部の初段に設け、以降の相関等の信号処理はデジタル信号で行うことも好ましい。また、送信用超音波振動子駆動信号はチャープ信号を用いることが推奨されるが、必ずしもチャープ信号に拘るわけではなく、インパルス信号のほかに、矩形信号、台形波でも良い。また、これらの駆動信号にガウス関数、ハミング関数等の窓関数で重み付けをすることは、参照波との相関

をとりパルス圧縮する時に発生しがちな、位相変動（タイミングずれ）に基づく圧縮信号の低レベル化を防ぐために有効な手段となる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0023】〔第1の実施の形態〕図1乃至図7は本発明の第1の実施の形態に係り、図1は第1の実施の形態の構成を示すブロック図、図2は本実施の形態で用いる送受信分離型超音波トランスデューサのモデル図、図3は駆動信号発生部とデータ変換部を更に詳細に示したブロック図、図4は送受信超音波信号と受信超音波振動子からの出力信号のスペクトル、図5は実際得られる受信超音波振動子からの出力信号のスペクトル例、図6はチャープ波を送信した場合における受信信号に対するパルス圧縮の動作説明図、図7はインパルス波を送信した場合における受信信号に対するデコンボリューション処理の動作説明図である。

【0024】図1に示すように、第1の実施の形態による超音波診断装置は、超音波を送受波する超音波トランスデューサ1と、この超音波トランスデューサ1に超音波を送波させる励振信号（送信信号）を発生する駆動信号発生部2と、超音波トランスデューサ1で受信した受信信号106に対して増幅を行う受信部3及びその受信信号に参照波を作用させて相関処理するデータ変換部4と、このデータ変換部4からの出力信号に対して、超音波画像形成のための信号処理を行う超音波画像処理部5及び画像表示する画像表示部6とから構成される。なお、図1では構造的な理解を助けるために超音波トランスデューサ1を正面図(a)と側断面図(b)とで表現している。また、符号1～4で示す部分は送受信信号処理部を構成している。

【0025】上記超音波トランスデューサ1は図2に示す送受信分離型構造をしている。図2において、(a)は超音波トランスデューサ1の正面図（但し正面の音響レンズを除いた状態）、(b)はその側断面図を示している。超音波トランスデューサ1は、基本波送信超音波の中心周波数近傍に共振周波数を持つ送信用圧電振動子101と、高調波信号の中心周波数近傍に共振周波数を持つ受信用圧電振動子102とが分割配置された構造を有する。つまり、受信用圧電振動子102の共振周波数が高調波の周波数に合致するように設計されている。

【0026】この送受信分離型超音波トランスデューサ1の構造は、リング構造をした基本波送信用圧電エレメント101と、分離溝116を介してその内円部に配置された受信用圧電エレメント102と、送信用圧電エレメント101の背面に形成されたダンピング層110と、受信用圧電エレメント102の背面に形成されたダンピング層111と、曲率半径Rの音響レンズ103と、共通接地配線115と、送信用圧電エレメント10

1に送信駆動信号を入力する駆動信号用配線113と、受信用圧電エレメント102からの受信信号出力用配線114と、送信用圧電エレメント101と受信用圧電エレメント102の超音波送信側の電極をともに接地電位とする為の微小配線112a, 112b, 112cとが、図示していないハウジングに収納されており、信号線113, 114及び接地線115はそれぞれ図示していない2芯同軸ケーブルの2つの芯線とシールド線に係続される構成となっている。送信駆動信号を入力する駆動信号用配線113は2芯同軸ケーブルの片方の芯線を経て駆動信号発生部2に、受信用圧電エレメント102からの受信信号出力用配線114は他方の芯線を経て、受信部3に接続される。

【0027】駆動信号発生部2は、図3に示すように2種類の送信信号発生手段、つまりインパルス波を発生するインパルス波発生回路201とチャープ波を発生するチャープ発生回路202とを有し、スイッチ204により一方の送信信号を選択して送信用圧電エレメント101に印加できるようにしている。なお、チャープ発生回路202のチャープ波は、送信アンプ203により増幅されてスイッチ204に出力される。受信用圧電エレメント102で受信された受信信号106は、受信アンプ3で増幅された後、チャープ参照波及びデコンボリューション参照波との相関処理を行う手段の一部を構成する遅延回路401に入力される。

【0028】この遅延回路401は、例えば遅延量の異なるタップ $T_1 \sim T_n$ を多数設けたディレイラインで形成され、各タップ $T_1 \sim T_n$ はそれぞれ乗算器 $M_1 \sim M_n$ の一方の入力端に接続され、他方の入力端は、マルチプレクサ402の出力端と接続されている。上記マルチプレクサ402の入力端には、チャープ参照波発生回路404からのチャープ参照波と、デコンボリューション参照波発生回路405からのデコンボリューション参照波が印加されるようになっている。このマルチプレクサ402は、前記スイッチ204の切換えに連動して、一方の参照波のみを乗算器 $M_1 \sim M_n$ 側に出力するように制御されるようになっている。スイッチ204が例えばインパルス波発生回路201側に選択設定されると(接点aがオン)、マルチプレクサ402は、デコンボリューション参照波発生回路405からのデコンボリューション参照波を選択的に乗算器 $M_1 \sim M_n$ 側に出力し、チャープ参照波発生回路404からのチャープ参照波は乗算器 $M_1 \sim M_n$ 側に出力されない。チャープ波が選択されるようにスイッチ204が切換えられると(接点bがオン)、マルチプレクサ402は、チャープ参照波発生回路404からのチャープ参照波を選択的に乗算器 $M_1 \sim M_n$ 側に出力する。上記遅延回路401を通した受信信号と、マルチプレクサ402を通した参照波とを乗算器 $M \sim M_n$ で乗算し、さらに加算器403で、これら乗算器 $M_1 \sim M_n$ で乗算された乗算信号を加算することによ

り、パルス圧縮処理あるいはデコンボリューション処理された処理済受信信号が生成され、出力端子8に出力される。

【0029】この実施の形態では、例えば超音波プローブとしての超音波トランスデューサ1は、図示しない回転機構により回転駆動され、この回転駆動により、超音波がトランスデューサ1の周方向に放射状に出射され、且つこれら放射状に出射された超音波のエコー信号を受信し、データ変換部4等の受信信号処理回路を経て画像表示部6に、周方向に対する超音波断面画像を表示できるようにしている。又、この実施の形態では、スイッチ204は、その接点a, bが例えば図示しないコントローラで交互に切換えられるようになっている。

【0030】次に、この第1の実施の形態の動作を以下に説明する。まず、スイッチ204が接点bに切換えられた場合について説明する。このとき、マルチプレクサ402ではチャープ参照波発生回路404からのチャープ参照波が選択使用される。チャープ発生回路202では、図6(a)に示すように周波数が最低周波数 f_L (122)から最大周波数 f_H まで直線的に変化するチャープ波が発生される。送信アンプ203で所定の振幅まで増幅し、スイッチ204を経由して圧電所定数 d_{33} の大きい圧電材料例えば、富士セラミクス社製C62からなり、その共振周波数が超音波の基本波周波数、例えば5MHz近傍になるような厚み寸法を持った送信用圧電エレメント101を駆動し、生体内に図4(a)の符号107に示す様な超音波を出射する。そして、生体から戻ってきた基本波と高調波が混在した図4(b)の符号108の様な受信超音波信号は受信用圧電エレメント102で受波される。受信用圧電エレメント102は第3高調波の中心周波数 $3f_0$ 即ち15MHz近傍に共振周波数を有する電圧出力係数 g_{33} と縦波音速 V_1 の大きい圧電材料、例えばチタン酸鉛、ニオブ酸カリウム、ニオブ酸リチウムのいずれからなり、また背面に形成するダンピング層110, 111(図2(b)参照)は短パルス駆動(例えばインパルス駆動)時の送信超音波の共振尖鋭度 QT (送信超音波)、受信超音波の共振尖鋭度 QR (受信超音波)の両者の積で10程度、 $QR/QT > 2$ になるように設計されている。この設計によって、本来基本波に比べ極めて低レベルの第3高調波レベルが選択的にレベルアップし、結果として図4(c)の符号109に示す様な従来方法では得られない広帯域の受信パルスを得ることが可能となる。

【0031】図5に、実際に短パルス駆動(例えばインパルス駆動)で得られる電気信号に圧電変換された受信信号波形の周波数特性の一例を示した。符号117のラインは受信超音波の周波数特性例であり、118は-6dB帯域幅、119は基本波成分ピーク周波数、120は第2高調波成分ピーク周波数、121は第3高調波成分ピーク周波数をそれぞれ示している。横軸に周波数

(MHz)、縦軸にピーク値を0dBとしたときの信号レベルを示している。

【0032】図6に、チャープ波を送信した場合における受信信号に対するパルス圧縮の動作を説明する。図6(a)はチャープ波を、図6(b)はパルス圧縮信号をそれぞれ示している。符号122はチャープ波の低周波数領域、123はチャープ波の高周波領域、124はバースト長、125はパルス圧縮波のメインローブ、126はパルス圧縮ローブのメインローブ、127a、127bはパルス圧縮波の第1サイドローブ、128a、128bはパルス圧縮波の第2サイドローブ、129はベースラインをそれぞれ示している。

【0033】図6(a)に示したチャープ波駆動だと送信用超音波振動子の持つ6dB帯域幅ギリギリの帯域幅で駆動することによって、受信信号帯域幅が低減することはない。この様に送信用超音波振動子を駆動するチャープ波の帯域が狭くても、第3高調波を選択的に受信することによって実質的に大きな帯域幅を持った受信信号*

$$y(t) = \sum_{k=1}^n x(t-k) * g(k) \tag{1}$$

ここで、tは信号が到来する時刻、kはタップ係数を表し、はk=1からk=nまでの総和を表す。この時、もとのチャープパルスの長さをT、受信超音波の周波数帯域幅をW(=fH-fL)とすると、上記の演算処理(パルス圧縮)により図6(b)に示すように(図6(a)に示すものをパルス圧縮処理を行わないで受信したものに比べ)パルス幅128bが1/(T*W)倍に圧縮され、振幅126が(T*W)^{1/2}倍に大きくなり信号対雑音比が改善される。例えば、パルス幅Tを6μsec、周波数帯域幅Wを15MHzとすると信号対雑音比の改善度は約9.5倍(19.6dB)、パルス幅は6μs*0.011=0.066μsとなる。この信号対雑音比の改善により従来のピークパワーでは見えなかったより深部のところが観察可能になり、深達度が向上し、かつ深さ方向分解能が大幅に向上する。

【0036】次に、近距離を観察するのに適するように*

$$z(t) = \sum_{k=1}^n x(t-k) * h(k) \tag{2}$$

ここで、は(1)式と同様にk=1からk=nまでの総和を行うことを示す。この式自体は通常の畳み込み積分であり、(2)式をフーリエ変換すると次のように単

$$Z(w) = X(w) * H(w) \tag{3}$$

ここで、Z(w)、X(w)*H(w)はそれぞれZ(t)、X(t)、h(t)のフーリエ変換を表す。

【0040】ところで、高分解能とするにはパルスの時間幅を短くする必要があり、そのためにはパルスの持つ周波数帯域をフラットにする必要がある。そこで、送受信分離型超音波トランスデューサ1や受信アンプ3で周波数歪を受けて帯域幅が小さくなった信号X(w)を係数H(w)で補正して、周波数特性をフラットにする。この周波数特性を補正するのがH(w)であり、この逆フーリエ変換がh(k)である。

*が得られることになる。また、この方式の送信用超音波振動子の共振尖鋭度は高くすることが出来るので、共振尖鋭度に比例する送信超音波104の音圧を大きくすることが可能となり、従来高分子圧電体での低感度、低S/Nという欠点を大きく改善することが出来る。

【0034】さて、受信用振動子からの出力信号106は受信アンプ3で所定の振幅に増幅され、遅延回路401に入力される。この遅延回路401の各タップT1~Tnの出力信号をx(t,k)=x(t-1)~x(t-n)とし、チャープ参照波発生回路404の出力計数をg(k)=g(1)~g(n)とすると、次の(1)式にしたがってx(t-k)とg(k)が乗算器M1~Mnで乗算され、加算器403の出力としてy(t)を得る。なお、この場合はマルチプレクサ402は被乗算係数としてチャープ参照波発生回路404のチャープ波を選択している。

【0035】

*スイッチ204が接点aに切換えられた場合について説明する。この切換えにより、マルチプレクサ402は、デコンボリューション参照波発生回路405のデコンボリューション参照波が選択使用されることになる。

【0037】まず、インパルス波発生回路201でインパルス波を発生し送信用圧電エレメント101を駆動する。そして、生体から戻ってきた受信超音波信号105は受信用圧電振動子102で受波され、パルス圧縮時と同様に受信アンプ3を経由して遅延回路401に入力される。この遅延回路401の出力x(t,k)=x(t-1)~x(t-n)とマルチプレクサ402の出力であるデコンボリューション参照波405の係数h(k)=h(1)~h(n)とで、次の(2)式をもとにデコンボリューション演算を行う。

【0038】

なる乗算で表せる。

【0039】

【0041】周波数軸の演算(3)式と時間軸上での演算(2)式は等価であるために実際の処理は(2)式により、乗算器M1~Mn、加算器403により行われる。

【0042】図7に、このデコンボリューション処理の様子を示している。図7(a)の符号130はインパルス波の送信信号で、図7(b)の符号131は生体から戻ってきた受波信号である。図7(b)の符号131に示す受波信号は振動子等の周波数歪のために波形が鈍り尾引きのある信号となる。このままでは時間分解能が悪いの

で、図7(b)の受信信号に対してデコンボリューション処理を行うと図7(c)の符号132に示すような尾引きの少ない良好な波形が得られる(図7(c)ではデコンボリューション信号と記してある)。

【0043】パルス圧縮とデコンボリューション処理の切換えの一例は次のような方法で行う。送信毎にチャープ波送信とインパルス送信をスイッチ204を(図示しないコントローラ等の制御で)交互に切換えて行う。インパルス送信を行った場合は近距離部分の受信波を対象に、デコンボリューション処理を行い高解像度の画像データを得る。また、チャープ波送信の場合は遠距離部分の受信波を対象に、パルス圧縮を行い高深達度の画像データを得られる。そして、デコンボリューションによって得られた画像データとパルス圧縮によって得られた画像データを、近距離側ではデコンボリューション処理した画像の重みが大きく、遠距離側ではパルス圧縮処理した画像の重みが大きくなるように合成して1両面の画像データを作成する。この合成を行う関数形を、ユーザが種々選択できるようにしても良いし、単にある距離を境に近距離側ではデコンボリューション処理画像、遠距離側ではパルス圧縮処理画像となるようにしても良い。

【0044】このようにして第1の実施の形態により得られる画像は、デコンボリューション処理による画像部分は、インパルス波を送信して得るものであり、近距離で高調波の発生が殆どなくてもデッドゾーンが生じないため、至近距離の画像データが容易に得られる。また、この実施の形態によれば、デコンボリューション処理を行うために追加した回路は、基本的にはインパルス波を送信するためのパルサ、デコンボリューション参照波及び参照波を切換えるためのマルチプレクサであり、小規模の追加で済む。

【0045】なお、遅延回路401の代わりにSAWフィルタを用いても良い。また、超音波プローブとしての超音波トランスデューサ1の先端側に光学的な観察手段を設けるようにしてもよい。この場合には照明手段も設ける。また、超音波トランスデューサ1をメカニカルに回転等させるメカニカルな走査手段を用いても良いし、電子式な走査手段を用いても良い。ところで、上記第1の実施の形態ではパルス圧縮とデコンボリューション処理は交互に切換えて、2つの処理による画像を1つに合成するように説明したが、本発明はこれに限定されるものでない。例えば、交互に切換えることにより得られるそれぞれの画像データをメモリ等の記憶手段に記憶したり、光ディスク装置等の画像データ記録手段などに記録し、ユーザが自由に選択して表示できるようにしても良い。また、それぞれの画像データから合成表示とか、合成しないで表示することを選択できるようにしても良い。

【0046】また、2つの処理による画像を交互に得るのみに限らず、スイッチ204を手動で操作することに

より、選択された一方の処理画像を得るようにしても良い。また、測定レンジに応じてどちらかが選択されるように固定にしても良い。例えば、5cmレンジではデコンボリューション処理を、10cmレンジではパルス圧縮を行うように設定しても良い。

【0047】尚、パルス圧縮に用いる参照波は、送信チャープ波を用いる代わりに、受信信号のパルス列の内、逐次前後に発生するパルスを一時的に図示していないメモリに格納し、次の受信パルスをパルス圧縮する時に、格納した信号を参照波発生回路404に送り込み、相関をとるようにしてもよい。

【0048】なお、駆動チャープ信号を発生する駆動信号発生部2にはパルス圧縮の際に、駆動チャープ信号にガウス関数やハミング関数などの窓関数で重み付けを施す手段が付加されることも可能である。これにより、相関をとる2つの信号にタイミングずれがない様にして両信号の積算値が最大になるようにすることが可能となる。

【0049】第1の実施の形態では、高調波に共振可能な受信用振動子を有した送受信分離型超音波トランスデューサを用い、基本波と高調波が混在した広帯域受信信号をチャープ波駆動で得ることができる。この広帯域受信信号に対する相関処理手段と、インパルス波に対するデコンボリューション処理手段とを設けてあるので、遠距離部をチャープ波によるパルス圧縮で観察し、近距離部ではインパルス波によるデコンボリューション処理で観察することにより、もともと高調波の特長である高コントラスト像に加えて、ハーモニクイメージングで残された課題であった深さ方向分解能が改善されることになる。また、高調波の特長である焦点以遠の低減衰とパルス圧縮による振幅増加が相俟って高深達度が更に改良される。さらに、近距離部ではインパルス波に対するデコンボリューション処理手段によって高分解能で観察できる。また、広い意味で相関を取るという処理を使うことによって、平均化処理となり、ノイズ成分を除きS/Nを改善することが可能となる。

【0050】〔第2の実施の形態〕第1の実施の形態では、駆動信号としてチャープ波を用いてパルス圧縮処理を行った。第2の実施の形態では駆動信号はインパルス波を用い相関処理をする為の参照波を隣接した時刻に発生する他の受信パルスをを用いた場合の技術について説明する。

【0051】図8を用いて第2の実施の形態について説明する。第1の実施の形態と重複する部分については説明を省略し、第1の実施の形態と異なる部分を中心に説明する。

【0052】第1の実施の形態(図2)と同様に、超音波トランスデューサ1は、基本波送信超音波の中心周波数近傍に共振周波数を持つ送信用圧電振動子101と、高調波信号の中心周波数近傍に共振周波数を持つ受信用

圧電振動子102とが分割配置された構造を有する。つまり、受信用圧電振動子102の共振周波数が高調波の周波数に合致するように設計されている。

【0053】駆動信号発生部2にはインパルス波信号発生回路201とチャープ波発生回路202とが切換え可能に構成されている。

【0054】本第2の実施の形態においては、超音波トランスデューサ1の受信用振動子102で広帯域信号を受信し、その受信パルス501を受信アンプ3を介して遅延回路401へ供給する構成となっている一方、受信広帯域信号を分岐し、分岐した受信パルス502が入力されるバッファアンプ9、受信したパルス列の各パルス信号の振幅を等化する対数アンプ10、及び、パルス列のうち、受信アンプ3を経て遅延回路401に導かれるパルス圧縮目的の広帯域信号パルスの直前に発生する他の受信パルス信号を抽出して相関処理のための参照信号を出力する参照信号抽出回路11、及びその参照信号を、近距離においてはデコンボリューション参照波発生回路405への入力端子407へ伝送するための切り替えスイッチ12が構成されている。なお、スイッチ204の接点a、bの切換え、スイッチ12の接点a、bの切換え、及びマルチプレクサ402のデコンボリューション参照波発生回路405を経由したデコンボリューション参照波信号と経由しない参照波抽出回路11からの参照波信号との切換えとは、連動して切換えられる。

【0055】超音波トランスデューサ1をインパルス駆動した時の受信波形の周波数スペクトルは図5のようになり、これでも従来の広帯域特性の一体型超音波トランスデューサで得られる帯域より広く取れる。高調波が発生しにくい近距離では駆動信号発生部2からのインパルス波で超音波トランスデューサ1を駆動し、スイッチ12を入力端子407に切換えて参照信号抽出回路11からの参照信号をデコンボリューション参照波発生回路405に供給し、デコンボリューション参照波を生成してマルチプレクサ402にて選択する一方、高調波が充分発生する遠距離では駆動信号発生部2からのチャープ波で超音波トランスデューサ1を駆動し、スイッチ12を入力端子406に切換えて参照信号抽出回路11からの参照信号をマルチプレクサ402にて選択する。

【0056】この第2の実施の形態では、第1の実施の形態で述べた効果に加えて、更に、高調波を含んだ受信信号に対し隣接した時刻に発生するパルス信号を用いて相関をとることにより、より簡易な駆動回路系で高調波信号の特長を有し尚且つ従来のハーモニクイメーキング処理で得にくかった良好な深さ方向分解能も得ることが可能となる。

【0057】〔付記〕

〔付記項1〕基本波を送信し、これによって発生する基本波と高調波からなる受信信号を受信し、基本波と高調波からなる広帯域信号を出力する超音波トランスデ

ューサと、該超音波トランスデューサに駆動信号を印加する駆動信号発生手段と、前記超音波トランスデューサからの広帯域信号を入力信号とし、参照信号との相関をとる手段を有したデータ変換手段と、該データ変換手段の出力信号から画像信号を形成する画像処理手段と、該画像処理手段からの出力を画像表示する画像表示手段と、を具備したことを特徴とした超音波診断装置。

【0058】〔付記項2〕前記超音波トランスデューサは、基本波送信超音波の中心周波数近傍に共振周波数を持つ送信用圧電振動子と、高調波信号の中心周波数近傍に共振周波数を持つ受信用圧電振動子とが分割配置された構造を有することを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0059】〔付記項3〕前記受信用圧電振動子の共振周波数が対象とする高調波が第3高調波であることを特徴とした付記項2に記載の超音波診断装置。

【0060】〔付記項4〕前記駆動信号発生手段が出力する駆動信号がチャープ波信号で、前記参照信号が同じチャープ波であることを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0061】〔付記項5〕前記駆動信号発生手段が出力する駆動信号が窓関数で重み付けしたチャープ波であることを特徴とした付記項4に記載の超音波診断装置。

【0062】〔付記項6〕前記駆動信号発生手段が出力する駆動信号がインパルス信号で、前記相関をとるための参照信号が、駆動信号をインパルス信号とした時の超音波トランスデューサ出力信号であることを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0063】〔付記項7〕前記超音波トランスデューサ出力信号は隣接した時刻に発生する他の受信パルスであることを特徴とした付記項6に記載の超音波診断装置。

【0064】〔付記項8〕前記駆動信号発生手段が出力する駆動信号がチャープ信号で、前記相関をとるための参照信号が、超音波トランスデューサ出力信号における隣接した時刻に発生する他の受信パルスであることを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0065】〔付記項9〕前記駆動信号発生手段が、チャープ波を発生する手段と、インパルス信号を含めた任意波形発生手段と、これら波形の両者のいずれかを選択するスイッチとからなることを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0066】〔付記項10〕前記参照信号が、デコンボリューション参照波信号であり、付記項9に記載したスイッチをインパルス信号を含めた任意波形発生手段を選択する側に接続されているタイミングに同期して相関処理が有効とされることを特徴とした付記項9に記載の超音波診断装置。

【0067】〔付記項11〕前記データ変換手段がその初段にA/D変換器を備え、それに後続する回路がデ

デジタル回路であることを特徴とした付記項1に記載の超音波診断装置。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、高調波信号を使ってパルス圧縮等の相関処理を行うことによって、ハーモニックイメージング技術の特長を活かしながら、深さ方向分解能に優れS/Nに優れた超音波診断装置を実現することが可能となる。

【0069】高調波を使うことによって、周波数帯域fを大きく取れ、パルス圧縮した際にパルス幅短縮化を図り且つ圧縮パルスに発生するサイドロープの低減化及び深さ方向分解能の改善を図ることが可能となる。しかも、高調波の出にくい近距離について、短パルス駆動(例えばインパルス駆動)を行って得られる近傍出力をデコンボリューション処理して広帯域化を図ることが可能となる。また、広い意味で相関を取るという処理を使うことによって、平均化処理となり、ノイズ成分を除きS/Nを改善することが可能となる。

【0070】更に、高調波を含んだ受信信号に対し隣接した時刻に発生するパルス信号を用いて相関をとることにより、より簡易な駆動回路系で高調波信号の特長を有し尚且つ従来のハーモニックイメージング処理で得にくかった良好な深さ方向分解能も得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図。

【図2】本発明に係る超音波診断装置で用いる送受信分離型超音波トランスデューサのモデル図。

離型超音波トランスデューサのモデル図。

【図3】本発明の第1の実施の形態の要部の構成を示すブロック図。

【図4】送受信超音波信号と受信超音波振動子からの出力信号のスペクトル図。

【図5】実際に得られる受信超音波振動子からの出力信号のスペクトル例の図。

【図6】チャープ波を送信した場合における受信信号に対するパルス圧縮の動作説明図。

【図7】インパルス波を送信した場合における受信信号に対するデコンボリューション処理の動作説明図。

【図8】本発明の第2の実施の形態の要部の構成を示すブロック図。

【図9】従来の超音波診断装置に用いられる回路の回路図。

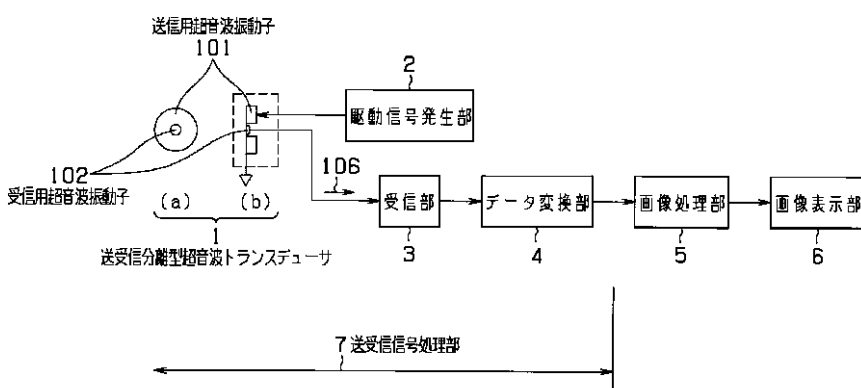
【図10】他の従来例における超音波トランスデューサの断面図。

【図11】他の従来例の超音波診断装置の要部の構成を示すブロック図。

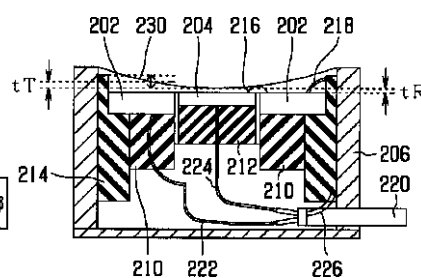
【符号の説明】

- 1...送受信分離型超音波トランスデューサ
- 2...駆動信号発生部
- 4...データ変換部
- 5...画像処理部
- 6...画像表示部
- 101...送信用超音波振動子
- 102...受信用超音波振動子

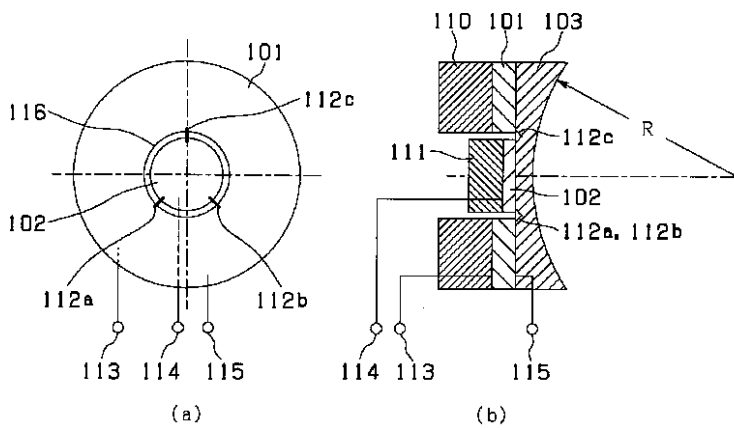
【図1】



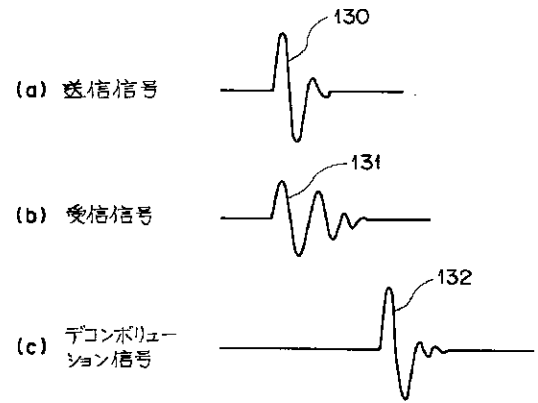
【図10】



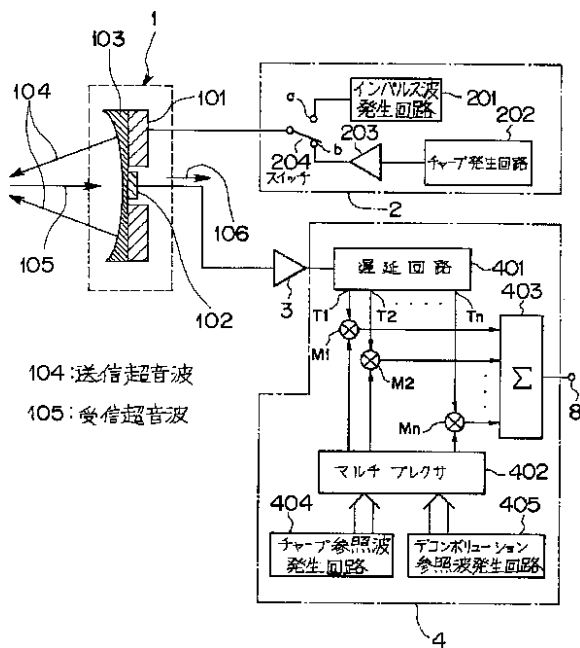
【図2】



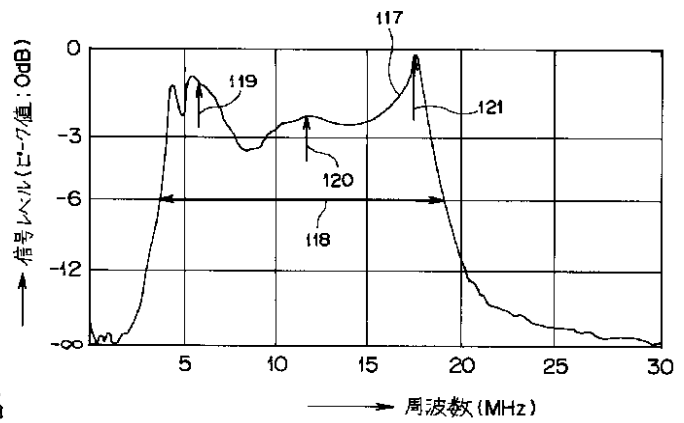
【図7】



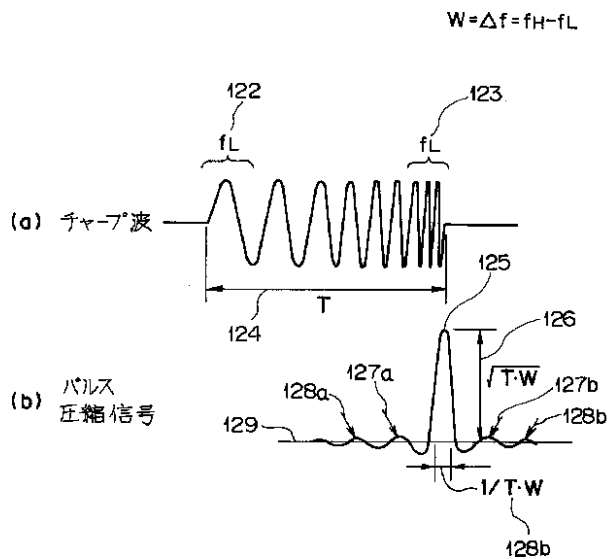
【図3】



【図5】

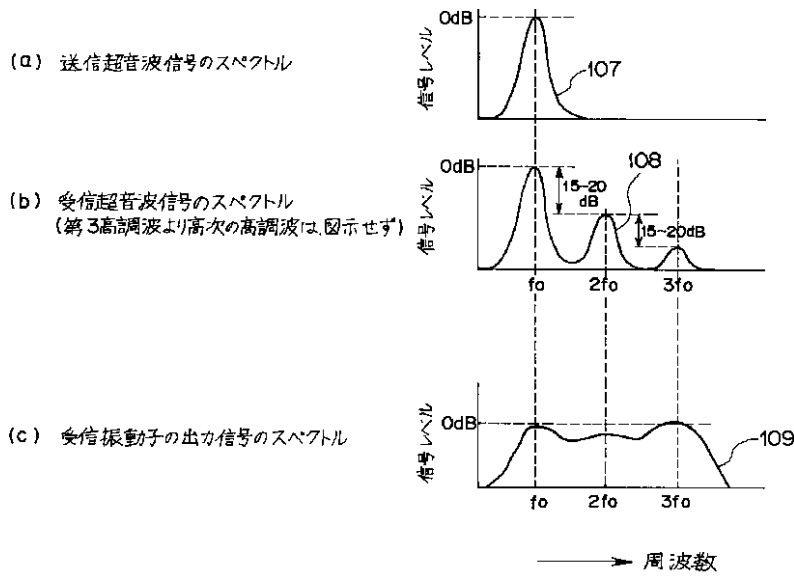


【図6】



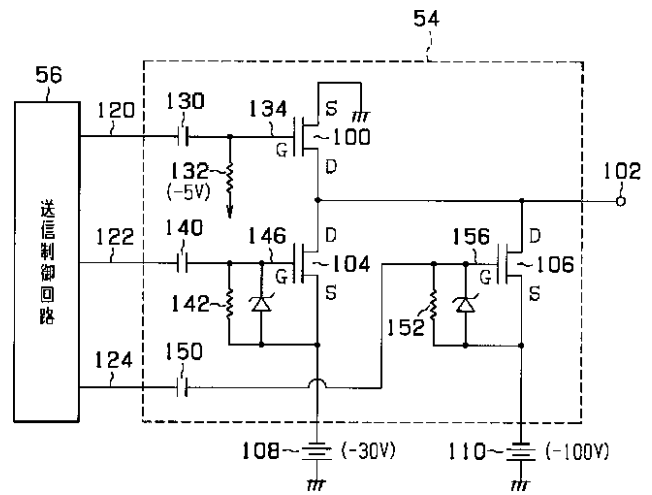
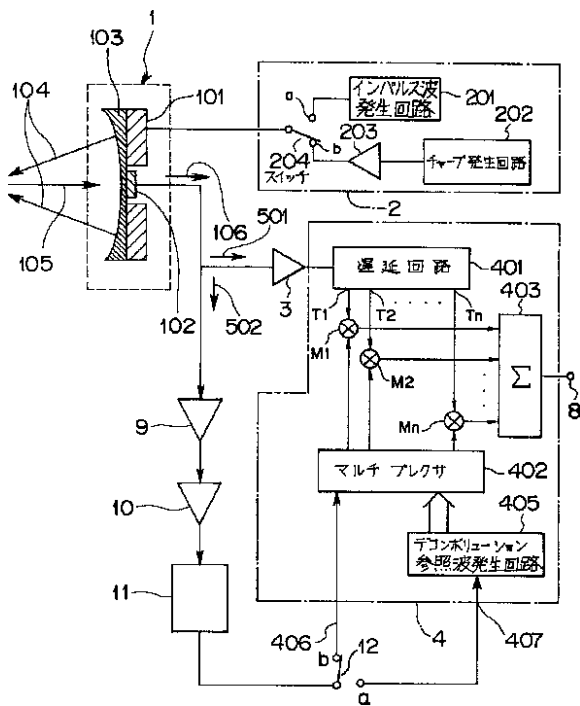
$$W = \Delta f = f_H - f_L$$

【図4】

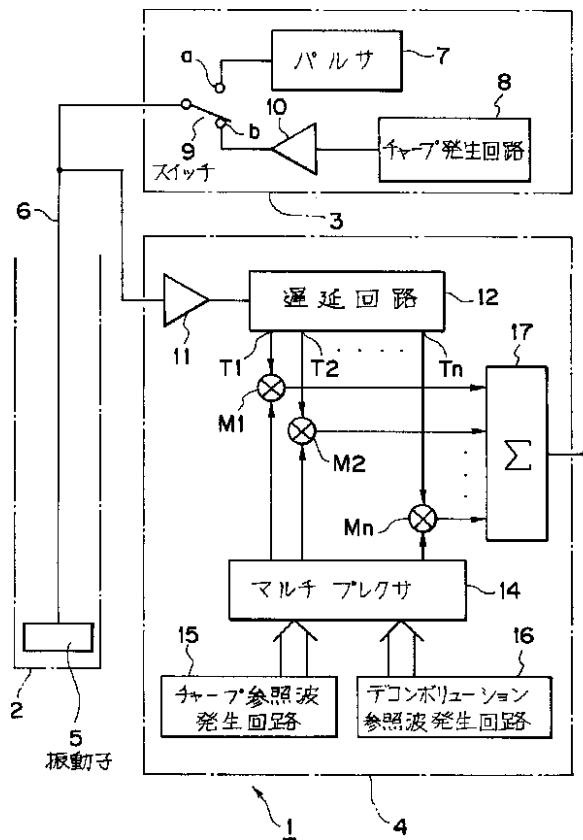


【図8】

【図9】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C301 AA03 EE03 EE04 GB16 GB19
 GB23 GB29 HH01 HH03 HH43
 HH47 HH60 JB27 JB28 JB30
 JB32 JB46 JC14
 4C601 EE01 EE02 GB01 GB14 GB19
 GB24 GB27 GB32 GB35 HH04
 HH35 HH40 JB01 JB34 JB35
 JB40 JB41 JB46 JB47 JC15
 JC20 JC21

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2003265466A	公开(公告)日	2003-09-24
申请号	JP2002067477	申请日	2002-03-12
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパス光学工業株式会社		
[标]发明人	鎌倉友男 安達日出夫		
发明人	鎌倉 友男 安達 日出夫		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C301/AA03 4C301/EE03 4C301/EE04 4C301/GB16 4C301/GB19 4C301/GB23 4C301/GB29 4C301/HH01 4C301/HH03 4C301/HH43 4C301/HH47 4C301/HH60 4C301/JB27 4C301/JB28 4C301/JB30 4C301/JB32 4C301/JB46 4C301/JC14 4C601/EE01 4C601/EE02 4C601/GB01 4C601/GB14 4C601/GB19 4C601/GB24 4C601/GB27 4C601/GB32 4C601/GB35 4C601/HH04 4C601/HH35 4C601/HH40 4C601/JB01 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB40 4C601/JB41 4C601/JB46 4C601/JB47 4C601/JC15 4C601/JC20 4C601/JC21 4C601/DE08 4C601/DE12 4C601/DE15 4C601/HH06 4C601/HH10		
代理人(译)	伊藤 进		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

取的的谐波成像技术的特征优点A, 而提供一种具有优异的S/N优异的深度分辨率的超声波诊断装置。 甲使用发送和接收分离器超声换能器1具有一个接收换能器102可以是谐振谐波, 它发送一个基波到活体内, 用于接收宽带信号谐波基波混合由换能器102接收, 并输入到数据转换单元4。数据转换器4中, 作为相关处理单元, 和脉冲压缩处理装置, 用于将线性调频脉冲波, 所以设置有去卷积处理装置的脉冲波, 以观察由线性调频脉冲波的脉冲压缩的长途部分, 短距离通过由脉冲波通过去卷积处理观察部件, 除了其是谐波特征的高对比度图像, 它是能够提高深度分辨率, 其已经在谐波成像中的问题。

