

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4551524号
(P4551524)

(45) 発行日 平成22年9月29日(2010.9.29)

(24) 登録日 平成22年7月16日(2010.7.16)

(51) Int.Cl.		F I	
A 6 1 B	8/00	(2006.01)	A 6 1 B 8/00
H O 4 N	7/18	(2006.01)	H O 4 N 7/18 Q
H O 4 R	1/24	(2006.01)	H O 4 R 1/24 3 3 O
H O 4 R	1/28	(2006.01)	H O 4 R 1/28 3 3 O
H O 4 R	17/00	(2006.01)	H O 4 R 17/00 3 3 2 Y

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-60187(P2000-60187)
 (22) 出願日 平成12年3月6日(2000.3.6)
 (65) 公開番号 特開2001-245889(P2001-245889A)
 (43) 公開日 平成13年9月11日(2001.9.11)
 審査請求日 平成19年3月6日(2007.3.6)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100109900
 弁理士 堀口 浩
 (72) 発明者 川岸 哲也
 栃木県大田原市下石上1385番地 株式
 会社東芝 那須工場内
 (72) 発明者 嶺 喜隆
 栃木県大田原市下石上1385番地 株式
 会社東芝 那須工場内
 審査官 後藤 順也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブおよび超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体に対して超音波を送受信する、2次元状に配列された第1の振動子群と、前記第1の振動子群の外側に同心多角形状に配列される第2の振動子群からなる超音波プローブと、

超音波の1回の送信で、前記第1の振動子群が第1の焦点を持った超音波を送信し、前記第2の振動子群が、前記超音波プローブに対し、前記第1の焦点より遠方の位置に存在する第2の焦点を持った超音波を送信するように、前記第1の振動子群及び前記第2の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、

前記超音波プローブの出力である超音波エコー信号に基づいて、前記超音波エコー信号のハーモニック成分の情報を含む超音波画像を生成する手段とを備えることを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項2】

被検体に対して超音波を送受信する、2次元状に配列された第1の振動子群と、前記第1の振動子群の外側に同心円状に配列される第2の振動子群からなる超音波プローブと、

超音波の1回の送信で、前記第1の振動子群が第1の焦点を持った超音波を送信し、前記第2の振動子群が、前記超音波プローブに対し、前記第1の焦点より遠方の位置に存在する第2の焦点を持った超音波を送信するように、前記第1の振動子群及び前記第2の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、

前記超音波プローブの出力である超音波エコー信号に基づいて、前記超音波エコー信号

20

のハーモニック成分の情報を含む超音波画像を生成する手段とを備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

前記送信ビームフォーマーが、前記超音波プローブより 2 ~ 4 cm および 7 ~ 9 cm の距離にそれぞれ少なくとも 1 つの焦点が存在するように前記第 1 の振動子群及び前記第 2 の振動子群を駆動させることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記送信ビームフォーマーが、送信された超音波の同位相の位置を示した曲線である遅延曲線のうち前記第 1 の振動子群の遅延曲線と、前記第 2 の振動子群による遅延曲線の延長線が接するように前記第 1 および第 2 の振動子群を駆動させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

10

【請求項 5】

前記送信ビームフォーマーが、送信された超音波の同位相の位置を示した曲線である遅延曲線のうち前記第 1 の振動子群の遅延曲線と、前記第 2 の振動子群による遅延曲線の延長線が接しないように前記第 1 および第 2 の振動子群を駆動させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記送信ビームフォーマーが、前記第 1 の振動子群のうち少なくとも 1 つの振動子から送信される超音波と、前記第 2 の振動子群のうち少なくとも 1 つの振動子から送信される超音波との間に 半波長あるいは 4 分の 1 波長分の位相差を設けるように、前記超音波振動子を駆動させることを特徴とする請求項 5 記載の超音波診断装置。

20

【請求項 7】

前記送信ビームフォーマーが、前記第 1 の振動子群のうち少なくとも 1 つの振動子から送信される超音波と、前記第 2 の振動子群のうち少なくとも 1 つの振動子から送信される超音波との間に時間差を設けるように、前記超音波振動子を駆動させることを特徴とする請求項 6 記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記送信ビームフォーマーが、前記第 1 の振動子群から送信される超音波と、前記第 2 の振動子群から送信される超音波との間に、前記第 2 の振動子群から送信される超音波の強度が強くなるような強度差を設けて、前記超音波振動子を駆動させることを特徴とする請求項 1 乃至 7 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

30

【請求項 9】

前記送信ビームフォーマーが、前記第 1 の振動子群から送信される超音波と、前記第 2 の振動子群から送信される超音波とが、異なる周波数分布となるように、前記第 1 および第 2 の振動子群を駆動させることを特徴とする請求項 1 乃至 8 いずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記超音波画像を生成する手段が、前記第 2 の振動子群から送信される超音波のハーモニック成分を除去するフィルタを有することを特徴とする請求項 9 記載の超音波診断装置。

40

【請求項 11】

印加された電気信号に応じて基本波成分である超音波を被検体内に送波する、2 次元状に配列された第 1 の振動子群と、前記第 1 の振動子群の外側に同心多角形状に配列される第 2 の振動子群と、

超音波の 1 回の送信で、前記第 1 の振動子群が第 1 の焦点を持った超音波を送信し、前記第 2 の振動子群が、前記第 1 の焦点と同じ方向にあり且つ前記超音波プローブに対し、前記第 1 の焦点より遠方の位置に存在する第 2 の焦点を持った超音波を送信するように、前記第 1 の振動子群及び前記第 2 の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、

前記第 1 及び第 2 の振動子の、送波面以外の少なくとも 1 つの面に設けられたバッキン

50

グ材と、

前記送波面に設けられ前記被検体内に前記基本波成分に対するハーモニック成分を発生させる焦点を有する音響レンズと、
を具備することを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 1 2】

印加された電気信号に応じて基本波成分である超音波を被検体内に送波する、2次元状に配列された第1の振動子群と、前記第1の振動子群の外側に同心円状に配列される第2の振動子群と

超音波の1回の送信で、前記第1の振動子群が第1の焦点を持った超音波を送信し、前記第2の振動子群が、前記第1の焦点と同じ方向にあり且つ前記超音波プローブに対し、前記第1の焦点より遠方の位置に存在する第2の焦点を持った超音波を送信するように、前記第1の振動子群及び前記第2の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、

前記第1及び第2の振動子の、送波面以外の少なくとも1つの面に設けられたバックング材と、

前記送波面に設けられ前記被検体内に前記基本波成分に対するハーモニック成分を発生させる焦点を有する音響レンズと、
を具備することを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 1 3】

前記音響レンズが、前記音響レンズから2～4 cmおよび7～9 cmの距離にそれぞれ少なくとも1つの焦点を有することを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 記載の超音波プローブ。

【請求項 1 4】

前記音響レンズが、異なる複数の媒質で形成されたことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 いずれか1項記載の超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波の非線形な伝搬により生じるハーモニック成分による画像の構成に用いる超音波プローブおよび超音波診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、超音波診断装置において、ハーモニックイメージング(HI)法と呼ばれている手法が発展してきた。

前記ハーモニックイメージング法は、超音波の受信信号に含まれる高調波成分を検出して、映像化する手法であり(例えば2MHzの超音波を送信し、4MHzのハーモニック成分でイメージング)、微小気泡よりなる超音波造影剤をより効率的に検出することを目的として開発された。

微小気泡は強い非線形散乱特性を有しており、その散乱信号は生体組織と比べて大きなハーモニック成分を含んでいる。そこでこのハーモニック成分のみを検出することにより、通常(基本波成分)では周囲組織からのエコーに埋もれてしまうような微小な血流(パフュージョン)の映像化が可能となる。

近年、ハーモニックイメージング法の他の応用として、組織ハーモニックイメージング法(Tissue Harmonic Imaging; THI)が注目されている。これはハーモニックイメージング法が有する画質改善効果に着目したもので、ノイズの低減された高コントラストの画像が得られ、心内膜等の描出に優れることが特徴である。

【0003】

コントラストハーモニックイメージング法ではコントラスト剤(微小気泡)での散乱で生じたハーモニック成分を映像化するのに対して、組織ハーモニックイメージング法では、送信された超音波が被検体内を歪みながら“伝搬”するいわゆる伝搬の非線形性により発生するハーモニック成分のエコー信号を映像化している。

10

20

30

40

50

組織ハーモニックイメージング法におけるハーモニック成分の発生は、基本波成分の音圧の二乗（強度）に比例するため、超音波の送信ビームの中心軸上（音圧の高い領域）に集中して発生する。すなわち基本波成分を用いた場合に比べ、メインローブが細くかつサイドローブレベルが低いシャープな超音波の送信ビームが形成可能である。

このように組織ハーモニックイメージング法ではビーム幅が狭くかつサイドローブレベルの低いビーム形成が可能のため、ビーム幅の低減により方位方向分解能が向上し、またサイドローブレベルの低減によりコントラスト分解能が向上する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のハーモニックイメージングおよび組織ハーモニックイメージング法では、超音波の送信ビームが単一の焦点にのみ集束する方法を用いていた。

また、特に、従来の組織ハーモニックイメージング法では、生体深部までの視野深度を考慮して、単一の焦点を遠距離焦点にすれば、近距離の基本波成分の強度がハーモニック成分の発生に不十分であり、従って画像生成に必要なハーモニック成分の強度が不足する。また、単一の焦点を近距離焦点にすれば、ハーモニック成分は基本波成分の強度が大きい近距離で主に発生し、遠距離での発生は少ない。近距離で発生したハーモニック成分は、生体を伝搬する際に減衰し遠距離でのハーモニック成分が不足する。中距離焦点では、近距離遠距離ともハーモニック成分が不足する。

つまり、従来の組織ハーモニックイメージング法では、プローブから視野深度まで、超音波の1回の送受信で画像化に十分なハーモニック成分が得られない。

また、近距離焦点で生成した画像と遠距離焦点で生成した画像を合成する技術があるが、これは近距離焦点と遠距離焦点に、それぞれ超音波を2回送信する必要があるため、フレームレートが半分以下に劣化する。

【0005】

そこで、本発明は上記課題を解決し、1回の超音波の送信で複数の焦点を設定することにより、近距離から視野深度まで画像化に十分なハーモニック強度を実現し、画像全体にわたってハーモニックイメージングにより高画質な画像を生成し、診断に有益な情報を提供する超音波診断装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上述の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、被検体に対して超音波を送受信する、2次元状に配列された第1の振動子群と、前記第1の振動子群の外側に同心多角形状に配列される第2の振動子群からなる超音波プローブと、超音波の1回の送信で、前記第1の振動子群が第1の焦点を持った超音波を送信し、前記第2の振動子群が、前記超音波プローブに対し、前記第1の焦点より遠方の位置に存在する第2の焦点を持った超音波を送信するように、前記第1の振動子群及び前記第2の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、前記超音波プローブの出力である超音波エコー信号に基づいて、前記超音波エコー信号のハーモニック成分の情報を含む超音波画像を生成する手段とを備えることを特徴とする。

また、請求項1_2に記載の発明は、印加された電気信号に応じて基本波成分である超音波を被検体内に送波する、2次元状に配列された第1の振動子群と、前記第1の振動子群の外側に同心多角形状に配列される第2の振動子群と、超音波の1回の送信で、前記第1の振動子群が第1の焦点を持った超音波を送信し、前記第2の振動子群が、前記第1の焦点と同じ方向にあり且つ前記超音波プローブに対し、前記第1の焦点より遠方の位置に存在する第2の焦点を持った超音波を送信するように、前記第1の振動子群及び前記第2の振動子群を駆動させる送信ビームフォーマーと、前記第1及び第2の振動子の、送波面以外の少なくとも1つの面に設けられたバック材と、前記送波面に設けられ前記被検体内に前記基本波成分に対するハーモニック成分を発生させる焦点を有する音響レンズと、を具備することを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る第1の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1は、本実施の形態による超音波診断装置の構成を示している。

図1は、装置本体13に、プローブ11およびモニタ17が接続された構成になっている。

また、装置本体13は、全体の制御を行うホストCPU18、パルス信号を発生するパルサ20、超音波ビームの送信、受信方向を決定する送信、受信ビームフォーマー19、14、T/Rスイッチ10、プリアンプユニット12、超音波画像を構成する画像プロセッサ15、および画像信号に変換を行う表示ユニット16を有している。

送信ビームフォーマー19は、図2に示されたように、送信パルス発生回路26とパルサ20により構成されている。

送信パルス発生回路26は、超音波をビーム状に形成するためのパルス信号を生成し、パルサ20に送信する。

パルサ20は、送信パルス発生回路26で生成されたパルス信号を、増幅し、圧電素子を駆動するための駆動信号に変換する。

前記駆動信号は、送信ビームフォーマー19の出力として、送受信信号を切替えるT/Rスイッチ10を介して、プローブ11に設けられた圧電素子からなる超音波振動子に印加され、これにより、超音波振動子は振動して、超音波を発生する。なお、この超音波の周波数スペクトラムは、駆動信号の周波数（基本周波数 f_0 ）を中心として通常は若干分散している。

【0009】

プローブ11から発生した超音波は、被検体内に送信され、被検体内組織の音響インピーダンスの境界で反射された超音波信号はエコーとしてプローブ11で受信される。

このエコーには、基本周波数 f_0 の基本波成分の他に、超音波が被検体の内部を歪みながら“伝搬”するいわゆる伝搬の非線形性により基本周波数 f_0 以外の非基本波成分が生じる。この非基本波成分としては、ここでは、基本周波数 f_0 の整数倍の周波数を有するハーモニック成分、特に基本周波数 f_0 の2倍の周波数をもつ2次のハーモニック成分を扱うものとするが、それ以外のハーモニック成分、例えば、基本周波数 f_0 の3倍の周波数をもつ3次ハーモニック成分であっても良い。

プローブ11で受信された信号は、再びT/Rスイッチ10を介し、プリアンプユニット12で増幅され、受信ビームフォーマー14を通り、画像プロセッサ15に送られる。受信ビームフォーマー14は、受信の際のビームフォーミングを行い受信ビームの方向・集束・形状を制御するためのものである。

画像プロセッサ15では、受信ビームフォーマー14の出力信号からハーモニック成分を、帯域フィルタ等で取り出し、前記ハーモニック成分に基づいて、組織の形態情報を求めるBモード処理、血流又は組織の移動速度情報を求めるCFM処理等を行い表示画像を構成する。

【0010】

画像プロセッサ15で処理された信号は、表示ユニット16によりTV信号にスキャンコンバートされ、モニタ17に画像として表示される。

これらの信号処理は、ホストCPU18で統括制御されている。

本発明では、プローブ11に設けられたそれぞれの超音波振動子を駆動する電圧の大きさ、周波数、タイミングおよび位相を送信ビームフォーマー19で制御し、複数の焦点を設け、あるいは、少なくとも1つの焦点を有する音響レンズをプローブ11の超音波送信面に備えることにより焦点を設け、近距離から視野深度までハーモニック成分を発生させ、画像化に十分なハーモニック成分を得るようにする。

ここで、1次元超音波振動子アレイを用いた場合について説明する。図3(a)は、1次元超音波振動子アレイを、超音波振動子から送信される超音波の送信方向と垂直な方向の1つである上下の方向から見た上面図、図3(b)は、超音波の送信方向および前記上下方向と垂直な方向である側面方向から見た側面図、図3(c)は、上面および側面と垂直

10

20

30

40

50

な面である正面から見た正面図である。なお、送信開口とは、プローブから被検体内へ超音波を送信する界面のことであり、駆動する超音波振動子の領域、及び音響レンズの媒質、形状などの特性によって決まる。

【0011】

図3(a)に示されるように、図1における送信ビームフォーマー19で各超音波振動子に対応して形成された駆動信号パルス群52によって、それぞれの超音波振動子41からは、音響レンズ40を介して、点線で示される方向に超音波が送信され、異なる位置に焦点43、44を形成する。

また、駆動信号パルス群52について説明する。なお、以下、便宜上、7つの超音波振動子が配列され、かつ、中央の走査線の場合について説明するが、特に超音波振動子の数や走査線の位置を制限するものではない。

図3(a)に示された7つの超音波振動子の内、中央から対称な位置にあるそれぞれ2つの超音波振動子は、同時にパルスが印加される。

中央に位置する超音波振動子に印加するパルスを、この両側の超音波振動子に印加されるパルスより、遅延させることにより焦点43を形成する。

また、外側の4つの超音波振動子の内、最も外側にある2つの超音波振動子に印加するパルスより、これより内側にある2つの超音波振動子に印加するパルスを遅延させることにより焦点44を形成する。

ここで、短距離の焦点43を形成する複数の超音波振動子を送信開口42、焦点43よりも長距離にある焦点44を形成する複数の超音波振動子を長距離用送信開口45とする。

【0012】

また、この際、側面方向においては、図3(b)に示されるように、単一の焦点をもつ音響レンズ40によって、焦点50が形成されている。

ここで、焦点43と50、あるいは44と50は、同じ位置であっても良いし、異なる位置であっても良い。

本実施の形態では、従来の単一焦点に超音波の送信ビームを収束させる場合と異なり、送信ビームフォーマーで複数の焦点位置にハーモニック成分が生じるように超音波振動子を駆動させることにより、プローブから視野深度まで、超音波の1回の送受信で画像化に十分なハーモニック成分を得ることが可能である。

なお、本実施の形態では、音響レンズ40は単一焦点のものを使用したがる、屈折率の異なる媒質などを用いることにより、複数の異なる位置に焦点をもつ音響レンズとしても良い。

また、送信開口は、上述のように、2つの場合を説明したが、特に数を限定するものではない。

次に、第2の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、第1の実施の形態と同一構成のものは同一番号を付して詳しい説明は省略する。

本実施の形態は、超音波診断装置に2次元超音波振動子アレイを用いたものである。

図4(a)は、2次元超音波振動子アレイを上面から見た上面図、図4(b)は、側面図、図4(c)は正面図である。

【0013】

図4(a)に示されるように、図1における送信ビームフォーマー19で各超音波振動子に対応して形成された駆動信号パルス群67によって、それぞれの超音波振動子61からは、音響レンズ66を介して、点線で示される方向に超音波が送信され、異なる位置に焦点23、24を形成する。

ここで、短距離の焦点23を形成する複数の超音波振動子を送信開口22、焦点23よりも長距離にある焦点24を形成する複数の超音波振動子を長距離用送信開口21とする。

また、この際、側面方向においても、図4(b)に示されるように、複数の超音波振動子61が配列されており、駆動信号パルス群67によって、短距離にある焦点23、および長距離にある焦点24を形成している。

本実施の形態では、図4(c)に示されるように、各送信開口は、同心円状に配置されて

10

20

30

40

50

おり、送信開口 2 1 の半径を r_2 、送信開口 2 2 の半径を r_1 とする。ただし、ここでは、 $r_1 < r_2$ とする。

また、各焦点を含めた各送信開口の斜視図を図 5 に示す。なお、短距離用の焦点 2 3 の焦点距離を f_1 、長距離用の焦点 2 4 の焦点距離を f_2 とする。

また、本実施の形態では、短距離用の送信開口 2 2 の遅延カーブ（印加される信号が同位相である部分）と、長距離用の送信開口 2 1 の遅延カーブの延長線が、開口の中心部分で接するように各送信開口から超音波を送信したものである。

このときの送信開口から発生する超音波の概念図を図 9 (a) に示す。なお、ここで、遅延カーブは太線で示されている。また、点線部分は、長距離用の送信開口 2 1 遅延カーブの延長線である。

10

【 0 0 1 4 】

上述のように超音波を送信し、図 5 に示された送信開口を用いた場合の送信開口の中心からの距離と送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度との関係を図 6 のグラフに示す。図 6 では、送信開口における r_1 を約 4 mm、 r_2 を約 8 mm、 f_1 を約 3 cm、 f_2 を約 8 cm とした場合である。

図 6 で明らかなように、ハーモニック成分の強度は、特に矢印で示す 2 箇所で大きな値をもっており、2 つの焦点領域を持っていることがわかる。

なお、比較のため、従来例の送信開口を図 1 6 に示す。図 1 6 (a) は、従来例である送信開口の正面図、図 1 6 (b) は焦点を含めた送信開口の斜視図である。

従来例のプローブの送信開口は、図 1 6 に示されるように、半径 R_1 である 1 つの送信開口 8 1 を有しており、送信される超音波は単一焦点 8 2 に集束する。

20

また、従来例の送信開口を用いた場合の送信開口の中心からの距離と送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度との関係を図 1 7 のグラフに示す。

図 1 7 では、送信開口における R_1 を約 8 mm、 F_1 を約 8 cm とした場合、および R_1 を約 4 mm、 F_1 を約 3 cm とした場合の 2 つの特性が示されている。

【 0 0 1 5 】

従来例における送信開口では、近距離である約 3 cm を焦点とした場合 (F_1 が約 3 cm の時)、遠距離である約 8 cm の位置 (点線円で示している) では、ハーモニック成分の強度が弱く、また、遠距離である約 8 cm を焦点とした場合 (F_1 が約 8 cm の時)、近距離である約 3 cm の位置 (実線円で示している) では、ハーモニック成分の強度が弱いことがわかる。

30

図 6 でも明らかなように、近距離、本実施の形態では約 3 cm の位置 (実線円で示している) および遠距離、本実施の形態では約 8 cm の位置 (点線円で示している) とともに、従来例に比べ、略 1 5 ~ 2 0 dB 程度、ハーモニック成分の強度が高く発生していることがわかる。

本実施の形態における送信開口を用いると、従来例と異なり、第 1 の実施の形態と同様、プローブから視野深度まで、超音波の 1 回の送受信で画像化に十分なハーモニック成分を得ることが可能である。

また、本実施の形態では、2 次元超音波振動子アレイを用いているため、焦点の位置を 3 次元的に移動させることができ、これに伴って、ハーモニック成分を 3 次元的に任意の位置で発生させることができる。

40

また、本実施の形態における送信開口では、焦点距離を約 3 cm および約 8 cm としたが、複数の焦点をもつものであれば、特に焦点の数、および焦点距離を限定するものではない。なお、特に近距離焦点の位置を約 3 ± 1 cm 程度、遠距離焦点の位置を約 8 ± 1 cm 程度とすると、広い範囲に大きな強度のハーモニック成分を発生させることができる。

【 0 0 1 6 】

また、なお、本実施の形態では、音響レンズによる焦点を設けていないが、本実施の形態とあわせて、音響レンズによって焦点を設定すると、より効果的にハーモニック成分を発生させることが可能である。

またさらに、本実施の形態では、2 次元超音波振動子アレイを用いたが、超音波振動子が

50

同心円状に配列されたアニュラアレイを用いても実施可能である。

次に、第2の実施の形態における送信開口の変形例を図7に示す。なお、第2の実施の形態と同一構成のものは、同一番号を付して詳しい説明は省略する。

図7(a)は、本変形例における送信開口の正面図である。図7(a)には、同心多角形状の一例である同心長方形に2つの送信開口31、32が設けられている。なお、図7では、長方形の送信開口の長辺方向をX方向、短辺方向をY方向、送信ビームの中心軸方向をZ方向としている。

また、図7(b)には、内側の送信開口32による焦点を近距離焦点33、外側の送信開口31による焦点を遠距離焦点34に設定した場合の送信開口のX-Z面の側面図を、図7(c)にはY-Z面の側面図を示す。

図7(b)および(c)から明らかなように、送信開口を同心多角形状に2つ設けた場合、X-Z面、Y-Z面に、それぞれに独立に2つの焦点を設定することが可能であり、X-Z面、Y-Z面合わせて計4つの焦点33乃至36を設けることができる。

【0017】

本変形例では、第2の実施の形態の効果に加え、送信開口を同心多角形状に複数設けることにより、第2の実施の形態における同心円状に送信開口を設ける場合よりも、送信開口が同数の場合、さらに焦点の数を増やすことができる。

また、第2の実施の形態、および変形例では、送信開口を2つ設け、焦点を2つ、あるいは4つに設定した場合であるが、同様にさらに多くの送信開口を設け、各送信開口にそれぞれ焦点の設定が可能である。極限的には、連続的に焦点を送信ビームの中心軸上に分布させることもできる。

なお、それぞれの超音波振動子の形状、送信開口の数、焦点の数、各送信開口の大きさ、焦点の位置等は、診断部位、プローブ等に適した仕様を定めれば良い。

次に、本発明に係る第3の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。第3の実施の形態は、第2の実施の形態において、図1に示した送信ビームフォーマー19による超音波振動子を駆動する方法の変形例である。

また、図8に、短距離用の送信開口22(inner)からと、長距離用の送信開口21(outer)から、独立に超音波を発生させた場合の送信ビームの中心軸上の基本波成分の位相を示した。ここでは送信開口の中心から約3cm付近では、内側の送信開口および外側の送信開口からの発生した超音波の基本波成分同士の位相が約ずれているのがわかる。これは、図8では点線で示されている。また、遠距離では、基本波成分同士の位相がほぼ等しいことがわかる。

【0018】

従って、パルスを印加した場合、近距離では基本波成分同士の位相差により、基本波成分の強度が相殺されて低くなるため、ハーモニック成分が遠距離に比べ相対的に発生しにくい領域が発生するが、遠距離では基本波成分の強度は位相が一致するため高くなり、ハーモニック成分が発生しやすくなる。

ここで、第2の実施の形態と異なり、短距離用の送信開口22の遅延カーブと、長距離用の送信開口21の遅延カーブの延長線が、開口の中心部分で接しないように各送信開口から超音波を送信したときの各送信開口から発生する超音波の概念図を図9(b)に示す。なお、第2の実施の形態と同様、遅延カーブは太線で示されている。また、点線部分は、長距離用の送信開口21遅延カーブの延長線である。また、図9(b)では、時間差あるいは位相差がオフセットとして示されている。

オフセットを設定する方法としては、送信ビームフォーマー19で、それぞれの超音波振動子を駆動する駆動信号に時間差あるいは位相差を設ける。この時間差あるいは位相差を設けた場合の送信ビームフォーマー19の出力である駆動信号パルス群53を図10に示す。図10(a)では、内側の送信開口22に印加する全てのパルス(太線で示している)を、点線で示したオフセット分だけ遅延させている。なお、図10(b)は、比較のため、第2の実施の形態における図4(a)に示されている駆動信号パルス群67を示している。

10

20

30

40

50

【0019】

なお、上記方法により、時間差あるいは位相差を設けるだけでも良いが、時間差、位相差を組み合わせても良い。また、ここで位相遅延および時間遅延を行った場合のパルス群53を図18に示す。図18(a)は時間遅延を用いた場合、図18(b)は位相遅延を用いた場合である。

連続波でない超音波による映像化では、時間遅延を用いた収束音場のパルス長よりも、位相遅延を用いた方が、パルス長が短くなるのがわかる。

本実施の形態における送信ビームフォーマー19による超音波振動子を駆動する方法を用いて、各送信開口から最初に発生する超音波の位相差が約 となるよう設定した場合の送信開口の中心からの距離と送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度との関係を図11のグラフに示す。なお、オフセット有と示された特性は、位相差約 分のオフセットをあたえた時の特性であり、オフセット無は、比較のため、位相差がない場合、すなわち、第2の実施の形態における図6の特性が示されている。

10

第3の実施の形態では、図11から明らかなように、短距離用の送信開口22と長距離用の送信開口21から発生する超音波に約 分のオフセットを設けることにより、特に、遠距離に比べ、近距離でのハーモニック成分の強度を向上させることができる。

【0020】

なお、本実施の形態では、オフセットを約 となるように行ったが、実際の設計では、この値はさまざまである。例えば、約 / 2とした場合には、図11に示したオフセット有の特性と無の特性の間の特性をもつことになる。

20

また、送信開口の数が2つ以上であれば、位相差の設定は、各送信開口間でそれぞれ可能であり、ハーモニック成分の強度を増強・減少させたい領域に応じて制御すれば良い。

本実施の形態では、第2の実施の形態と同様、音響レンズによる焦点を設定していないが、音響レンズの厚さあるいは媒質などを異ならせることにより、送信される超音波に時間差を設けても良い。

なお、本実施の形態は、第2の実施の形態でなく、第1の実施の形態に適応することも可能である。

次に、本発明に係る第4の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。第4の実施の形態は、図1に示した送信ビームフォーマー19による超音波振動子を駆動する方法の変形例である。

30

本実施の形態では、第2の実施の形態におけるプローブ11から超音波を発生させる際に、各送信開口から発生する基本波成分の強度を相違させる。

強度差を異ならせる方法としては、送信ビームフォーマー19で、それぞれの超音波振動子を駆動する駆動信号の振幅を異ならせる。ここで、振幅を異ならせた場合の、送信ビームフォーマー19の出力信号である駆動信号パルス群54を図12に示す。図12(a)では、外側の送信開口21に印加する全てのパルス(太線で示している)の振幅を増大させている。なお、図12(b)は、比較のため、第2の実施の形態における図4(a)に示されている駆動信号パルス群67を示している。

【0021】

一般的に、基本波成分の強度を大きくすると視野深度は向上するが、一方で、強度の大きな基本波成分は、被検体内でキャビテーションを発生させる可能性があるため、従来例における単一焦点の送信開口からの超音波送信では、送信する基本波成分の強度に限界があり視野深度の向上を妨げていた。

40

また、超音波の強度は、遠距離ほど減衰が大きくなるため、特に近距離でのキャビテーションの発生が問題となる。

本実施の形態では、第2の実施の形態の効果に加え、複数の異なる焦点を備えた送信開口を有しているため、近距離に焦点をもつ送信開口に比べ、遠距離に焦点を持つ送信開口から送信する超音波の強度を上げることにより、近距離にキャビテーションを発生させることなく、遠距離の焦点付近の基本波成分の強度を上げることができ、視野深度の向上を図ることができる。

50

なお、本実施の形態は、第2の実施の形態だけでなく、第1または第3の実施の形態と併用することも可能である。

また、本実施の形態では、第2の実施の形態と同様、音響レンズによる焦点を設定していないが、音響レンズの厚さあるいは媒質などを異ならせることにより、送信される超音波に強度差を設けても良い。

【0022】

次に、本発明に係る第5の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。第5の実施の形態は、図1に示した送信ビームフォーマー19による超音波振動子を駆動する方法の変形例である。

本実施の形態では、第2の実施の形態におけるプローブ11から超音波を発生させる際に、各送信開口から発生する基本波成分の周波数を相違させる。

第2の実施の形態における送信開口を用いて、発生させた超音波の概念図を図13に示す。なお、111は、長距離用の送信開口21から発生した長距離焦点の超音波送信ビーム、112は短距離用の送信開口22から発生した短距離焦点の超音波送信ビームである。また、図13の送信ビームの中心軸25と垂直な方向(点線で示す)への中心軸からの距離と、その位置でのハーモニック成分の強度の関係を図14に示す。

なお、図14では、送信開口から1cmおよび2cmの距離における2つの特性が示されている。

図14における実線円で囲んだ部分は、短距離用の送信開口22からの送信によるピークであり、点線円で囲んだ部分は長距離用の送信開口21からの送信によるピークである。つまり、送信開口を2つとした場合、近距離では、短距離用の送信開口22によるメインローブが形成され、その外側には、長距離用の送信開口21からの送信によるピークが形成される。

【0023】

一般的に、焦点は、送信開口と略垂直な方向に1列上に存在することが理想であるが、上述のように近距離では、送信開口と略平行な向に、短距離用の送信開口22からの送信によるピーク、およびそのピークの両側に、長距離用の送信開口21からの送信によるピーク、の計3つのピークが存在しているため、焦点は送信開口と略垂直な方向の3列上に存在することになる。なお、前記3列のピークは、図13では、斜線で示されている。図13に示すように、送信開口と略垂直な方向に3列の強いハーモニック成分が発生した場合、それぞれのハーモニック成分で強い反射がおり、超音波画像上では、ノイズの原因となる。

そこで、本実施の形態では、送信ビームフォーマー19により、それぞれの超音波振動子を駆動する周波数を異ならせることにより、各送信開口からは周波数の異なる超音波信号が発生する。この時の各送信開口から発生する超音波の基本波成分スペクトルを図15(a)に示す。

各送信開口から発生する超音波の基本波成分は、図15(a)に示されるように、長距離用の送信開口21から発生する基本波成分91は、中心周波数を f_{0out} とし、短距離用の送信開口22から発生する基本波成分92は、 f_{0out} より高周波側にある f_{0in} を中心周波数としている。

【0024】

周波数の異なる基本波成分91、92を各送信開口から超音波として送信した場合、被検体内の非線形伝搬により、図15(b)に示されるハーモニック成分101、102としてそれぞれ発生する。

被検体内で発生したハーモニック成分101、102はそれぞれ被検体内で反射し、プローブ11で受信される。

プローブ11で受信された受信信号は、プリアンプユニット12、受信ビームフォーマー14を介して、画像プロセッサ15で信号処理されるが、近距離の信号を処理する場合には、図15(b)に示された長距離用の送信開口21から発生する基本波成分により生じるハーモニック成分101を除去する帯域をもつハイパスフィルタ104を画像プロセッ

10

20

30

40

50

サ 1 5 に設ける。

ハイパスフィルタ 1 0 4 は、特に近距離の画像を構成する際に、スイッチ等により切換えて使用しても良いし、また、画像プロセッサ 1 5 に遠距離画像とは別に近距離の画像を構成する信号処理系が設けられている場合には、近距離信号を処理する信号処理系にのみ設けても良い。

本実施の形態では、第 2 の実施の形態の効果に加え、ハイパスフィルタ 1 0 4 により、ハーモニック成分 1 0 1 を除去、つまり図 1 4 における点線円部分を除去することができ、近距離での理想的なハーモニック成分の送受信ビームを形成することができる。

【 0 0 2 5 】

なお、周波数分布として、基本波成分 9 1 と 9 2 あるいはハーモニック成分 1 0 1 と 1 0 2 は、完全に分離されているものを図示したが、一部が重なりあっているものでも可能である。

10

また、なお、本実施の形態は、第 2 の実施の形態だけでなく、第 1 または第 3 または第 4 の実施の形態と併用することも可能である。

第 3 または第 4 の実施の形態と併用した場合には、特定部分のハーモニック成分の強度を向上させ、また、視野深度が大きく設定でき、よりシャープな送受信ビームが形成可能である。

【 0 0 2 6 】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明の超音波プローブ、および超音波診断装置を用いることにより、フレームレートを低下させることなく、近距離から遠距離までハーモニック成分による画像化が可能となり、高画質な画像を提供し、診断に有用な情報を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る第 1 の実施の形態における超音波装置のブロック図である。

【図 2】本発明に係る第 1 の実施の形態における送信ビームフォーマーの回路構成図である。

【図 3】(a) 本発明に係る第 1 の実施の形態における 1 次元超音波振動子アレイの上面図である。

(b) 本発明に係る第 1 の実施の形態における 1 次元超音波振動子アレイの側面図である。

30

(c) 本発明に係る第 1 の実施の形態における 1 次元超音波振動子アレイの正面図である。

【図 4】(a) 本発明に係る第 2 の実施の形態における 2 次元超音波振動子アレイの上面図である。

(b) 本発明に係る第 2 の実施の形態における 2 次元超音波振動子アレイの側面図である。

(c) 本発明に係る第 2 の実施の形態における 2 次元超音波振動子アレイの正面図である。

【図 5】本発明に係る第 2 の実施の形態における 2 次元超音波振動子アレイの斜視図である。

40

【図 6】本発明に係る第 2 の実施の形態における送信開口を用いた場合の視野深度と送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度の関係を表したグラフである。

【図 7】(a) 本発明に係る第 2 の実施の形態の変形例における 2 次元超音波振動子アレイの正面図である。

(b) 本発明に係る第 2 の実施の形態の変形例における 2 次元超音波振動子アレイの X - Z 面の側面図である。

(c) 本発明に係る第 2 の実施の形態の変形例における 2 次元超音波振動子アレイの Y - Z 面の側面図である。

【図 8】本発明に係る第 3 の実施の形態における視野深度と、各送信開口から送信された

50

超音波の送信ビームの中心軸上の基本波成分の位相の関係を表すグラフである。

【図 9】(a) 本発明に係る第 3 の実施の形態における各送信開口からの遅延カーブが接するように超音波を送信した場合のビームの概念図である。

(b) 本発明に係る第 3 の実施の形態における各送信開口からの遅延カーブにオフセットが生じるように超音波を送信した場合のビームの概念図である。

【図 10】本発明に係る第 3 の実施の形態におけるそれぞれの超音波振動子を駆動する駆動信号パルス群の図である。

【図 11】本発明に係る第 3 の実施の形態における各送信開口から異なる位相で送信した時の視野深度と超音波の送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度との関係を表すグラフである。

10

【図 12】本発明に係る第 4 の実施の形態におけるそれぞれの超音波振動子を駆動する駆動信号パルス群の図である。

【図 13】本発明に係る第 5 の実施の形態における各送信開口から発生する送信超音波のハーモニック成分が形成するビーム概念図である。

【図 14】本発明に係る第 5 の実施の形態における送信ビームの中心軸からの距離と、その位置におけるハーモニック成分の強度の関係を表すグラフである。

【図 15】(a) 本発明に係る第 5 の実施の形態における各送信開口から発生する超音波の基本波成分のスペクトルを表す図である。

(b) 本発明に係る第 5 の実施の形態における各送信開口から発生する超音波のハーモニック成分のスペクトルを表す図である。

20

【図 16】(a) 従来例における送信開口の正面図である。

(b) 従来例における焦点を含む送信開口の斜視図である。

【図 17】従来例における送信開口を用いた場合の視野深度と送信ビームの中心軸上のハーモニック成分の強度の関係を表したグラフである。

【図 18】本発明に係る第 3 の実施の形態における位相遅延および時間遅延を行った場合のパルス群の詳細図である。

【符号の説明】

10 T/R スイッチ

11 プローブ

12 プリアンプユニット

30

13 装置本体

14 受信ビームフォーマー

15 画像プロセッサ

16 表示ユニット

17 モニタ

18 ホスト CPU

19 送信ビームフォーマー

20 バルサ

21 外側の送信開口

22 内側の送信開口

40

23 近距離焦点

24 遠距離焦点

25 中心軸

26 送信パルス発生回路

31 外側の送信開口

32 内側の送信開口

33 近距離焦点

34 遠距離焦点

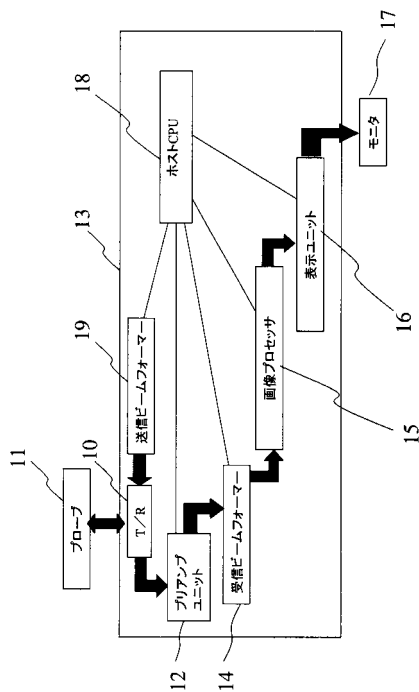
35 近距離焦点

36 遠距離焦点

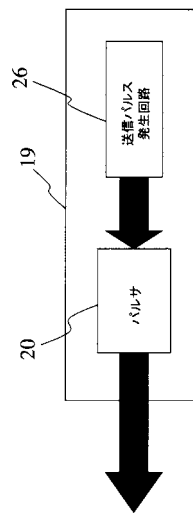
50

- 4 0 音響レンズ
- 4 1 超音波振動子
- 4 2 送信開口
- 4 3 焦点
- 4 4 焦点
- 4 5 送信開口
- 5 0 焦点
- 5 2 駆動信号パルス群
- 5 3 駆動信号パルス群
- 5 4 駆動信号パルス群
- 6 1 超音波振動子
- 6 6 音響レンズ
- 6 7 駆動信号パルス群
- 9 1 基本波成分
- 9 2 基本波成分
- 1 0 1 ハーモニック成分
- 1 0 2 ハーモニック成分
- 1 1 1 長距離焦点の超音波送信ビーム
- 1 1 2 短距離焦点の超音波送信ビーム

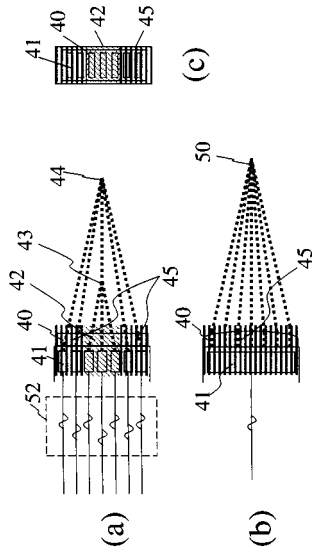
【図1】



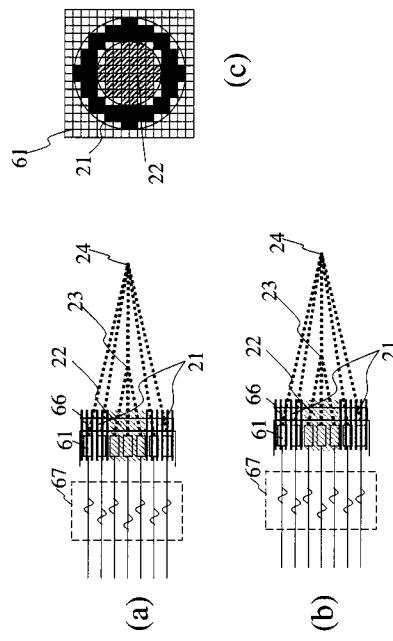
【図2】



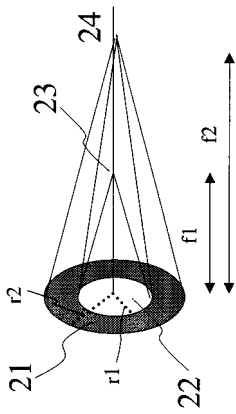
【 図 3 】



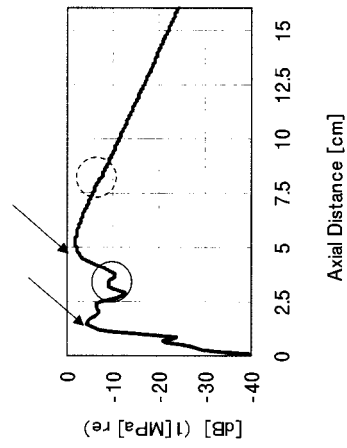
【 図 4 】



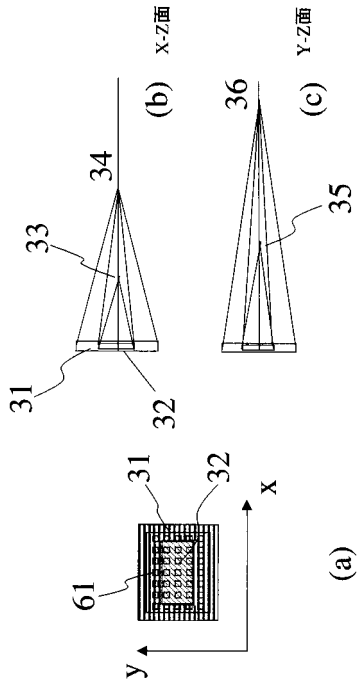
【 図 5 】



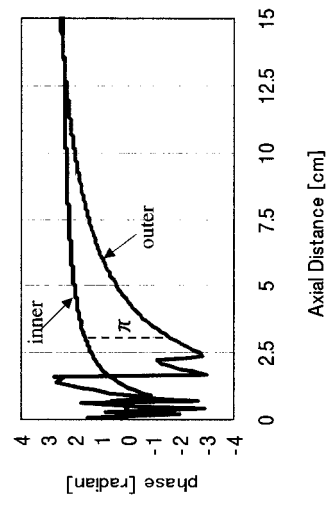
【 図 6 】



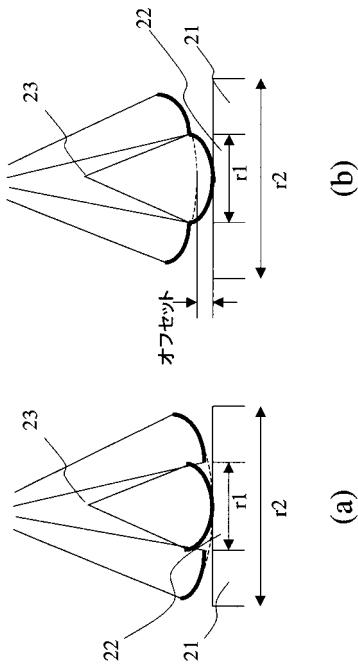
【図7】



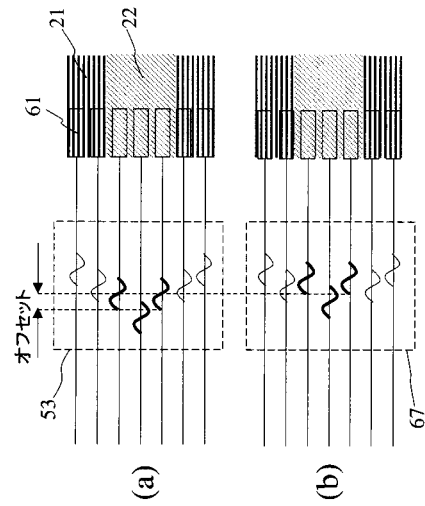
【図8】



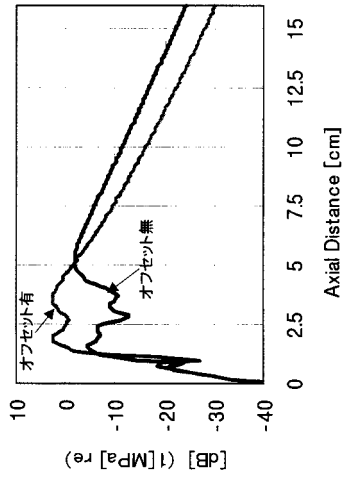
【図9】



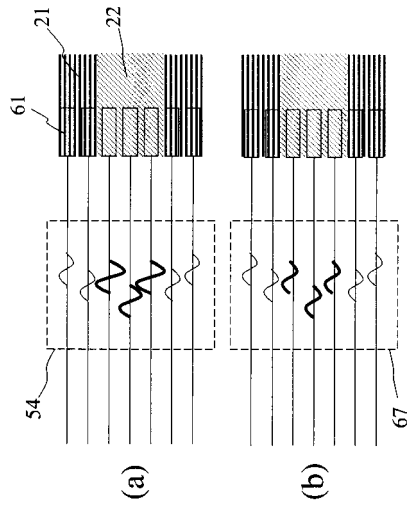
【図10】



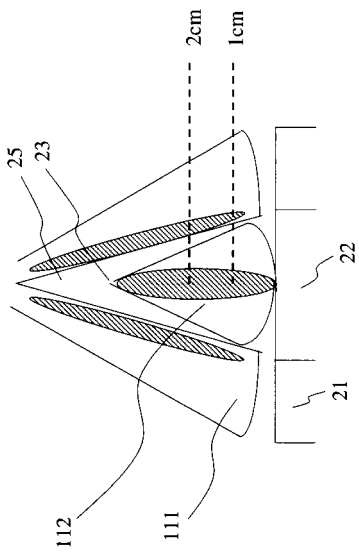
【図 1 1】



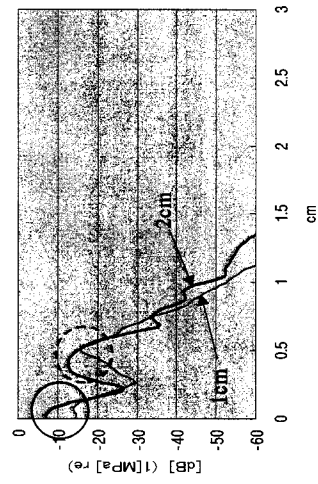
【図 1 2】



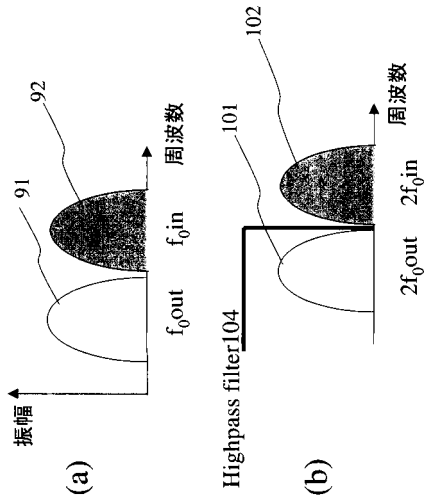
【図 1 3】



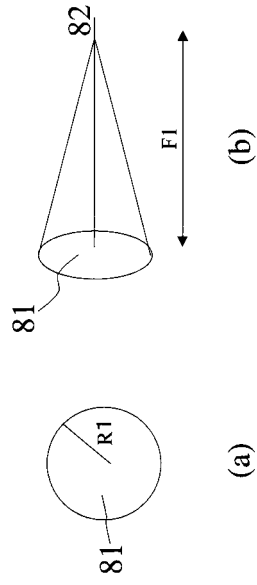
【図 1 4】



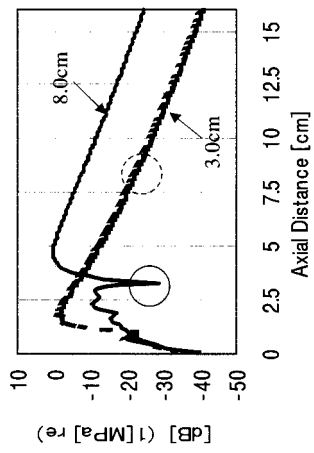
【 図 1 5 】



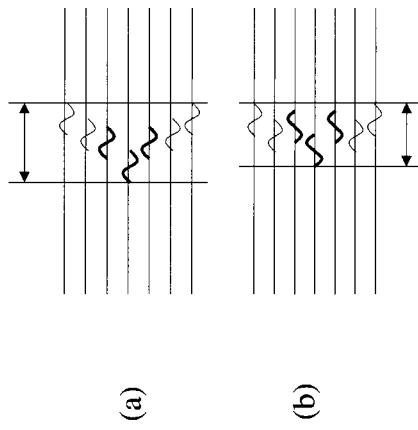
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 3 1 8 8 8 9 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 8 4 9 5 4 (J P , A)
特開昭 6 1 - 1 8 5 2 5 8 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 9 0 3 1 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A61B 8/00-8/15

