

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-69258

(P2020-69258A)

(43) 公開日 令和2年5月7日(2020.5.7)

(51) Int.Cl.

A61B 8/14 (2006.01)

F1

A61B 8/14

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2018-206746 (P2018-206746)
 (22) 出願日 平成30年11月1日(2018.11.1)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110001689
 青稜特許業務法人
 (72) 発明者 梶山 新也
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 高野 慎太
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 Fターム(参考) 4C601 BB06 EE02 EE04 GB04 GB06
 GB18 HH01

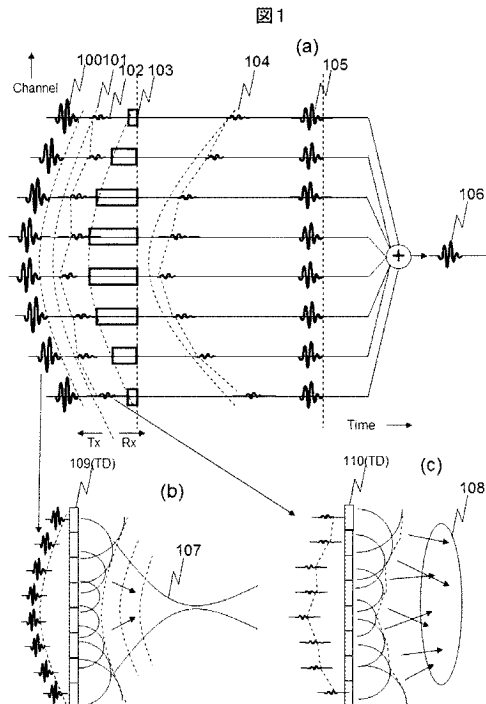
(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置において、送受切替ノイズによる虚像を低減することにある。

【解決手段】印加された送信パルス100に対して電気音響変換を行って超音波の送信ビーム107を生成する複数の振動子(TD)109と、複数の振動子(TD)109の各々に対応して設けられた送受信回路とを有する。送受信回路は、超音波を送信から受信に切替える送受切替タイミングを複数の振動子(TD)109ごとに独立に設定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

印加された送信パルスに対して電気音響変換を行って超音波の送信ビームを生成する複数の振動子と、

複数の前記振動子の各々に対応して設けられた送受信回路と、を有し、

前記送受信回路は、

前記超音波を送信から受信に切替える送受切替タイミングを複数の前記振動子ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路を有することを特徴とする超音波探触子。

【請求項 2】

前記送受切替タイミング設定回路は、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる前記超音波の集束方向がランダムな方向となるタイミングを設定することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 3】

前記送受切替タイミング設定回路は、

前記送受切替タイミングを、前記振動子間でランダム又は擬似ランダムにずらして設定することを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

【請求項 4】

前記送受切替タイミング設定回路は、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる前記超音波の集束方向が、前記超音波の前記送信ビームのメインローブ方向と所定角度だけずれるようなタイミングを設定することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 5】

前記送受切替タイミング設定回路は、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる発生音が 1 点にフォーカスされないようなタイミングを設定することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 6】

前記送受切替タイミング設定回路は、

所定の値を記憶するレジスタと、

前記レジスタに接続されたタイマ回路と、を有し、

前記タイマ回路は、

すべての前記振動子に共通の送信から受信への切替トリガを起点として、前記レジスタに記憶された値に対応した時間だけ遅延させて送信から受信に遷移させることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 7】

前記レジスタは、

不揮発性メモリで構成され、

前記送受切替タイミング設定回路の電源投入時又は前記超音波の送受信に先立って、前記送受切替タイミングに対応するに値を記憶することを特徴とする請求項 5 に記載の超音波探触子。

【請求項 8】

前記擬似ランダムのパターンを生成する擬似ランダムパターン生成回路を更に有することを特徴とする請求項 3 に記載の超音波探触子。

【請求項 9】

印加された送信パルスに対して電気及び音響変換を行って送信ビームを形成する複数の振動子と、

複数の前記振動子の各々に対応して設けられ、超音波の送信から受信に切り替える送受切替タイミングを複数の前記振動子ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路を

10

20

30

40

50

有する送受信回路と、

複数の前記送受信回路の出力を加算する加算回路と、

前記送受切替タイミングの制御を行う制御回路と、を備える超音波探触子と、

前記加算回路の前記出力を受信して所定の制御信号を前記制御回路に送信する本体装置と、

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路を制御して、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる前記超音波の集束方向がランダムな方向となるタイミングを設定することを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 11】

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路を制御して、

前記送受切替タイミングを、前記振動子間でランダム又は擬似ランダムにずらして設定することを特徴とする請求項 10 に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路を制御して、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる前記超音波の集束方向が、前記超音波の前記送信ビームのメインローブ方向と所定角度だけずれるようなタイミングを設定することを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 13】

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路を制御して、

前記送受切替タイミングとして、前記超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる発生音が 1 点にフォーカスされないようなタイミングを設定することを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 14】

前記送受切替タイミング設定回路は、

所定の値を記憶するレジスタと、

前記レジスタに接続されたタイマ回路と、を有し、

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路を制御して、

すべての前記振動子に共通の送信から受信への切替トリガを起点として、前記レジスタに記憶された値に対応した時間だけ遅延させて送信から受信に遷移させることを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

40

【請求項 15】

前記制御回路は、

前記送受切替タイミング設定回路の電源投入時又は前記超音波の送受信に先立って、前記レジスタに前記送受切替タイミングに対応するに値を書き込むことを特徴とする請求項 9 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、超音波探触子及び超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

超音波診断装置は人体に非侵襲で安全性の高い医療診断機器であり、X線診断装置、MRI (Magnetic Resonance Imaging) 装置などの他の医用画像診断装置に比べ、装置規模が小さい。また、超音波探触子を体表から当てるだけの簡便な操作により、例えば、心臓の脈動や胎児の動きといった検査対象の動きの様子をリアルタイムで表示可能である。このことから、今日の医療において重要な役割を果たしている。

【0003】

超音波診断装置においては、超音波探触子に内蔵されている複数の振動子それぞれに高電圧の駆動信号を供給することで、超音波を被検体内に送信する。被検体内において生体組織の音響インピーダンスの差異によって生ずる超音波の反射波を複数の振動素子それぞれにて受信し、超音波探触子が受信した反射波に基づいて画像を生成する。

10

【0004】

具体的には、送信においては、複数の振動子に独立な遅延を与えて振動子を駆動することで音響パルスフォーカスし、超音波のビームフォーミングおよびビーム走査を行う。受信においては、生体内の反射点から各振動子への距離の違いを補償するため、複数の振動子に独立な遅延を与えて信号の位相をコヒーレントにそろえ、これを加算するという整相処理を行う。

【0005】

このように、超音波による撮像においては送信動作、受信動作が必要であり、必然的に送信から受信への切替を伴う。このとき、送信から受信への切替に起因する電気的ノイズである送受切替ノイズが振動子で音に変換されて生体内を伝播し反射することによる虚像が問題となる。

20

【0006】

近年、3次元立体画像を得られる超音波診断装置が開発されてきており、3次元立体画像から任意の断面を特定して断層像を得ることで、検査効率を向上させることが出来る。3次元の撮像のためには、超音波探触子内の振動子を、従来の1次元配列から2次元配列、すなわち2Dアレイとする必要があり、振動子数が従来の超音波探触子に対して2乗で増加する。

【0007】

2Dアレイにより、従来の1D探触子での長軸(X軸)方向のフォーカスに加えて短軸(Y軸)方向のフォーカスも行うことになり、前述の送受切替ノイズによる発生音は長軸、短軸両方向にフォーカスされ得るため、2Dアレイ探触子においては、送受切替ノイズによる虚像の影響は1D探触子よりも増大し得る。

30

【0008】

送受切替ノイズの発生は、主として、高圧送信回路と低圧受信回路の間に設置されて送信高圧信号から受信回路を保護する送受分離スイッチのオフ状態からオン状態への遷移に起因する。

【0009】

特許文献1には、スイッチングに起因するノイズ低減の例として、送受信回路に電源を供給するスイッチング電源のスイッチングノイズによる虚像を低減する方法が記載されている。

40

【0010】

特許文献1は、超音波送受の繰り返し周波数(PRF: Pulse Repetition Frequency)とスイッチング電源のスイッチング周波数の関係を制御することでスイッチングノイズがコヒーレントに加算されることを防ぐ。具体的には、Bモード(エコーの振幅を輝度に変換して画像表示)、Mモード(エコー強度の時系列表示)においてスイッチング周波数をPRFと非同期となるよう決定することで、同じ走査線から得られた複数のエコー信号を加算する際にスイッチングノイズが同じ時相で加算されないようにする。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2012-65694号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上述のように、特許文献1は、送受信回路に電源を供給するスイッチング電源のスイッチングノイズによる虚像を低減する技術に関する。

【0013】

スイッチング電源のスイッチングと超音波の送受信は独立事象であり、スイッチング周波数とPRFは独立に決定することが可能である。しかしながら、超音波送信から受信に切り替える際に発生する送受切替ノイズの発生は、超音波を送信してからエコーを受信という超音波撮像の本質から不可避であり、超音波送受の動作と独立事象として扱うことはできない。

【0014】

また、電氣的に発生した送受切替ノイズは超音波振動子に直接重畳されて音に変換され、意図しない不要な発生音であるにもかかわらず生体内に送信されてしまい、不要送信音のエコーにより虚像を発生し得る。

【0015】

このため、送受切替ノイズによる虚像についてはスイッチング電源のスイッチングノイズとは異なるノイズ低減アプローチが必要となる。特許文献1には、送受切替ノイズによる虚像を低減することについては言及されていない。

【0016】

本発明の目的は、超音波診断装置において、送受切替ノイズによる虚像を低減することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の一態様の超音波探触子は、印加された送信パルスに対して電気音響変換を行って超音波の送信ビームを生成する複数の振動子と、複数の前記振動子の各々に対応して設けられた送受信回路とを有し、前記送受信回路は、前記超音波を送信から受信に切替える送受切替タイミングを複数の前記振動子ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路を有することを特徴とする。

【0018】

本発明の一態様の超音波診断装置は、印加された送信パルスに対して電気及び音響変換を行って送信ビームを形成する複数の振動子と、複数の前記振動子の各々に対応して設けられ、超音波の送信から受信に切り替える送受切替タイミングを複数の前記振動子ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路を有する送受信回路と、複数の前記送受信回路の出力を加算する加算回路と、前記送受切替タイミングの制御を行う制御回路とを備える超音波探触子と、前記加算回路の前記出力を受信して所定の制御信号を前記制御回路に送信する本体装置とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明の一態様によれば、超音波診断装置において、送受切替ノイズによる虚像を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】(a)は実施例1の超音波探触子の動作を示す図であり、(b)は(a)に示される送信パルス100の電気音響変換と送信ビーム107の空間的挙動を示した図であり、(c)は(a)に示される送受切替ノイズ102の電気音響変換と音響変換された送受切替ノイズの空間的挙動108を示した図である。

10

20

30

40

50

【図 2】(a) はランダム化を行わない全チャンネル送受一斉切替の動作を示した図であり、(b) は(a) に示される送信パルス 200 の電気音響変換と送信ビーム 208 の空間的挙動を示した図であり、(c) は(a) に示される送受切替ノイズ 201 の電気音響変換と音響変換された送受切替ノイズの空間的挙動としての平面波 209 を示した図である。

【図 3】(a) はランダム化を行わず送信終了後のチャンネルから受信に切り替わる動作を示した図であり、(b) は(a) に示される送信パルス 300 の電気音響変換と送信ビーム 308 の空間的挙動を示した図であり、(c) は(a) に示される送受切替ノイズ 301 の電気音響変換と音響変換された送受切替ノイズの空間的挙動としてのビーム 309 を示した図である。

【図 4】各チャンネルに配置されて各チャンネルで独立かつ任意な送受切替タイミングを実現するためのレジスタ 400 及びタイマ回路 401 を含むタイミング回路の構成を示した図である。

【図 5】図 4 のレジスタ及びタイマ回路を含むタイミング回路の動作を説明するタイミングチャートである。

【図 6】各チャンネル内のレジスタに送受切替タイミングデータを書き込む回路構成を示した図である。

【図 7】図 6 の回路構成の動作を説明するタイミングチャートである。

【図 8】(a) は実施例 2 の超音波探触子の動作を示す図であり、(b) は(a) に示される送信パルス 800 の電気音響変換と送信ビーム 806 の空間的挙動を示した図であり、(c) は(a) に示される送受切替ノイズ 801 の電気音響変換と音響変換された送受切替ノイズの空間的挙動としてのビーム 807 を示した図である。

【図 9】実施例 3 の超音波探触子の動作を示す図である。

【図 10】実施例 4 の超音波診断装置の構成を示した図である。

【図 11】超音波探触子内のサブアレイの構成を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を用いて実施例について説明する。

【実施例 1】

【0022】

図 1 (a) ~ (c) を参照して、実施例 1 の超音波探触子における超音波送受の切替方法について説明する。ここで、図 1 (a) の横軸は時間であり、縦軸は空間的な振動子 (TD) 109 の配置と対応している。各波形は各振動子 (TD) 109 のチャンネルの電気信号を示している。ここで、Tx は送信であり、Rx は受信である。

【0023】

送信パルス 100 は各振動子 (TD) 109 に印加される電圧パルス信号である。所望の指向性でビームフォーミングするために振動子 (TD) 109 毎に遅延が付与され、振動子 109 (TD) で電気及び音響変換が行われて 107 のような送信ビームを形成する (図 1 (b) 参照)。

【0024】

各振動子チャンネルは送信後に受信に切り替わり、送受の切り替わりで送受分離スイッチがオフからオンに遷移することで電氣的な送受切替ノイズ 102 が発生する。ここで、送受切替ノイズ 102 は、送信パルス 100 と同じ遅延カーブ 101 を基準にランダムに遅延が付加されたものである。このとき、図 1 (a) に示すように、送信パルス 100 と同じ遅延カーブ 101 で送信終了後のチャンネルから順次受信に切り替える。これにより、受信できない期間を短縮し、受信遷移直後に体表近傍から返って来たエコーを受信して体表近傍を画像化できる。

【0025】

これに加えて、送信パルス 100 と同じ遅延カーブ 101 に対し各チャンネル間でランダムな遅延を入れてから各チャンネルが受信に切り替わる。このチャンネル間でランダムな遅延

10

20

30

40

50

を付与することにより、送受切替ノイズ102により発生する音の波面が乱れてランダム波面108（図1（c）参照）のように音はランダムに伝播し強い音圧は発生しない。

【0026】

各チャンネルが受信に切り替わり、送信ビーム107（図1（b）参照）の方向に向けて指向性を持って受信するためにチャンネル間で受信遅延103を生じさせる。電氣的な送受切替ノイズ102に受信遅延103がかかり、遅延カーブ104で切替ノイズが受信される。遅延カーブ104は、受信遅延103の後の送受信切替ノイズである。これらは位相がそろっていないため、コヒーレントに加算されて強いノイズとなることはない。

【0027】

一方で、生体内で反射して返ってきたエコー105（受信遅延103後のエコー信号）については、反射点と各振動子（TD）109間の距離の違いが受信遅延103で補償されるため、位相がそろってコヒーレントに加算され、整相加算後受信エコー信号106が生成される。

10

【0028】

このように、実施例1によれば、送信パルス100のように所望の指向性で超音波ビームを送信し、受信遅延103によりエコー105のようにコヒーレントな信号を受信して整相加算後受信エコー信号106に整相加算が可能となる。一方で、送受切替ノイズ102により発生する不要な音についてはランダム波面108のようにランダムに伝播させて音圧を弱めることができる。これにより送受切替ノイズ102による不要音のエコーに起因する虚像を低減することができる。

20

【0029】

このように、実施例1の超音波探触子は、印加された送信パルス100に対して電気音響変換を行って超音波の送信ビーム107を生成する複数の振動子振動子（TD）109と、複数の振動子振動子（TD）109の各々に対応して設けられた送受信回路（図10の1020）とを有する。送受信回路1020は、超音波を送信から受信に切替える送受切替タイミングを、複数の振動子（TD）109ごとに独立に設定する。また、送受切替タイミングとして、超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる超音波の集束方向がランダムな方向となるタイミングを設定する。また、送受切替タイミングとして、超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズ102による発生音が1点にフォーカスされないようなタイミングを設定する。

30

【0030】

次に、図2（a）～（c）を参照して、実施例1における送受切替タイミングのランダム化の効果を説明する。

最初に、図2（a）を参照して、ランダム化を行わず、全チャンネル一斉に送受切替を行う場合の動作について説明する。

【0031】

所望の送信パルス200を形成する点は図1（a）と同様であり、図2（b）に示すようにフォーカスされた送信ビーム208が生成される。全チャンネルで一斉に送受切替を行った場合、送受切替ノイズ201によって発生した音は平面波209となって伝播する（図2（c）参照）。電氣的な送受切替ノイズ201は受信遅延202がかかり、遅延カーブ（受信遅延後の送受信切替電気ノイズ）203で受信回路に入力される。この結果、コヒーレントに加算されて強いノイズとなることはない。生体内で反射されて返ってきたエコー（受信遅延後のエコー信号）204については受信遅延202でコヒーレントとなり整相加算される。

40

【0032】

送受切替ノイズ201により発生した音の平面波209（図2（c）参照）は、細いビームとしてフォーカスされてはいないものの、真下方向の送信の場合には送信ビーム208の方向と重なってしまう。この結果、生体内の組織界面で反射して返ってきたエコーに受信フォーカスがかかり、受信遅延後の送受信切替電気ノイズエコー205は、エコー（受信遅延後のエコー信号）204の後にコヒーレントに揃ってしまう。このため、整相加

50

算後に整相加算後受信エコー信号206が生じ、整相加算後受信エコー信号206の後に、整相加算後の送受信切替ノイズエコー207のノイズが残り虚像となる。このように、ランダム化を行わない場合には、送受信切替電気ノイズエコー205が原因で生成される送受信切替ノイズエコー207により虚像が生じてしまう。

【0033】

次に、図3(a)~(c)を参照して、送受切替タイミングをランダム化をせずに、図3(a)のように送信後に、送信が終了したチャンネルから順次受信に切り替える動作を説明する。

【0034】

図3Aに示すように、送信パルス300を受信遅延302で送信して送信ビーム308(図3(b)参照)を得る。送受切替ノイズ301の遅延カーブは送信パルス300と同じカーブになる。このため、送受切替ノイズ301が振動子(TD)310で音響変換された音は送信ビーム308と同じビーム309(図3(c)参照)を形成する。ここで、ビーム309は、送受切替ノイズ301によるビームである。

10

【0035】

電氣的な送受切替ノイズ301に受信遅延302がかかった受信遅延後送受信切替電気ノイズ303はコヒーレントに揃うことはない。しかし、送受切替ノイズ301による音が反射して返ってきた受信遅延後送受切替ノイズエコー305は、受信遅延後エコー信号304の後にコヒーレントに揃い、整相加算後に整相加算後受信エコー信号306が生じ、整相加算後の送受信切替ノイズエコー307となって受信信号の近傍に虚像を形成する。このように、ランダム化を行わない場合には、受信遅延後送受切替ノイズエコー305が原因で生成される整相加算後の送受信切替ノイズエコー307により虚像が生じてしまう。

20

【0036】

図3(a)では、図2(a)と異なり送信終了チャンネルから順次受信に切り替わるため、受信できない期間を短縮し体表近傍を画像化できるという利点がある。しかし、送受切替ノイズ301による音が、送受切替ノイズ301によるビーム309(図3(c)参照)のように、送信ビーム308と同じ走査方向にフォーカスされて強い音圧となる。このため、虚像の影響は図2(a)より大きくなってしまう。

【0037】

以上より、実施例1では、受信不可能な期間を図2(a)よりも短縮して体表近傍の画像化を可能とする。さらに、送受切替のタイミングをチャンネル間でランダム化することで、図3(a)のような送受切替ノイズ301による音のフォーカスを避けて音圧を低減し虚像を低減できる。

30

【0038】

次に、図4を参照して、実施例1を実施するための回路構成について説明する。

図4に示すように、レジスタ(REG)400、コンペアマッチタイマ(CMT)401が各振動子チャンネルの送受信回路(図10の1020)に配置される。レジスタ(REG)400には、送受切替タイミングに関わる値が格納され、各チャンネルで別々の値が記憶される。TRは全チャンネル共通の送受切替信号で、これをトリガとしてレジスタ(REG)400に記憶された値のクロックサイクルだけ遅延したチャンネルローカルの送受切替信号TRLを生成する。フリップフロップ(FF)405は、CMTOUTが0から1に反転したら次のサイクルでCMTOUTが0に戻ってもTRL=1を保持しておくための回路である。クロックゲーティングセル402は、ラッチ403とAND404で構成される。

40

【0039】

レジスタ(REG)400とコンペアマッチタイマ(CMT)401により、全チャンネル共通の送受切替信号TRからチャンネル固有の送受切替信号TRLを生成するために、レジスタ(REG)400に記憶された遅延サイクルだけTRを遅延させる。

【0040】

50

このように、レジスタ (REG) 400 とコンペアマッチタイマ (CMT) 401 は、超音波を送信から受信に切替える送受切替タイミングを複数の振動子 (TD) 109 ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路を構成する。コンペアマッチタイマ (CMT) 401 は、すべての振動子 (TD) 109 に共通の送信から受信への切替トリガを起点として、レジスタ (REG) 400 に記憶された値に対応した時間だけ遅延させて送信から受信に遷移させる。

【0041】

レジスタ (REG) 400 は、例えば、不揮発性メモリ (Read Only Memory (ROM)) で構成され、レジスタ (REG) 400 とコンペアマッチタイマ (CMT) 401 から成る送受切替タイミング設定回路の電源投入時又は超音波の送受信に先立って、送受切替タイミングに対応するに値を記憶する。

10

【0042】

次に、図5のタイミングチャートを参照して、図4の回路構成の動作について説明する。

【0043】

図5に示すように、TRが立上ると、これが図4のラッチ403とANDゲート404で構成されるクロックゲーティングセル402を通り、TRが立ち上がった次のクロックCLK立上りからゲेटドクロックCLKGがトグルを開始する。CLKGでコンペアマッチタイマ (CMT) 401 をカウントアップし、レジスタ (REG) 400 に記憶された値とコンペアマッチタイマCMT 401 のカウント値が一致したサイクルでCMT出力CMTOUTがHiレベルとなる。このように、TRが立ち上がった次のCLK立上りからカウントアップし、レジスタ (REG) 400 の値のクロックサイクル後に、コンペアマッチタイマ (CMT) 401 のカウント値が一致してCMTOUTがHiレベルとなる。

20

【0044】

コンペアマッチタイマ (CMT) 401 の構成にも依るが、カウント値が一致されたサイクルのみCMTOUTがHiになる構成であれば、次のCLKG立上りでCMTOUTはLoに下がってしまうため、以降もHiレベルを保持する必要がある。CMTOUTの立上りで値を反転するフリップフロップ405を使用することで、チャンネルローカルの送受切替信号TRLをHiレベルに保持できる。

30

【0045】

以上より、全チャンネル共通の送受切替信号TRを基準として、各チャンネルのレジスタ (REG) 400 に別々の値を記憶しておくことで所定のクロックサイクル遅れて各チャンネルのTRLが立上り、TRLを用いて各チャンネルが送受切替を行う。これにより、振動子毎に独立かつ任意 (ランダム) に超音波送信から受信の切替タイミングを設定できる。

【0046】

次に、図6、図7を参照して、実施例1を2Dアレイ探触子用回路として実施するための各チャンネル (CH) 604 のレジスタ607に書き込む回路構成及びその動作について説明する。

【0047】

図4のレジスタ (REG) 400 をチャンネルを変えて各チャンネルに順番に書き込む。XON、YONのANDでチャンネルを選択して順次チャンネルを変えていく。各チャンネル内のレジスタ607は4bitを想定しており、フリップフロップ (FF) を4個重ねて4bitであることを表現している。

40

【0048】

完全にランダムなデータを生成することは技術的な困難がともなうが、擬似ランダムデータはLFSR (Linear Feedback Shift Register) 601を用いて簡単に生成可能である。回路を集積回路 (IC: Integrated Circuit) で構成した場合、IC外部からランダムデータを入力できるようポートRNDINを用意して、IC内LFSR 601からの擬似ランダムデータを用いるか外部ラ

50

ンダムデータを入力するかマルチプレクサM U X 6 0 2で選択できるようにしてもよい。

【0049】

実施例1では、送信と同じ遅延プロファイル101に対してチャンネル毎にランダムなサイクルだけ送受切替を遅延させる。これを実現するには、図6のようにL F S R 6 0 1からの擬似ランダムデータあるいはR N D I Nから入力されたランダムデータのいずれかにD S P 6 0 3で遅延プロファイル101を加算処理した送受切替タイミングデータD A T Aを生成し、これを各チャンネル内レジスタ607に順次書き込めばよい。

【0050】

行毎の選択信号X O Nと列毎の制御信号Y O Nを布線し、X O NがH iかつY O NがH iのチャンネルC HをA N Dゲート605により選択して回路606を介してレジスタ607に書き込み、X O N、Y O Nで書き込み対象のC H 6 0 4を切り替えて順次各チャンネルのレジスタ607に書き込んでいく。

10

【0051】

図7は、各チャンネル内のレジスタ607は4 b i tを想定し、4 b i tを1 b i tずつ順に4サイクルかけて書き込むことを想定していたタイミングチャートである。

図7に示すように、各チャンネルのレジスタは4 b i tであるが、チャンネルアドレスA D D RをX O N、Y O Nで制御し、指定したチャンネルC Hのレジスタにデータを4サイクルかけて書き込む。これをチャンネルアドレスを切替えて順次行い、全チャンネル内のレジスタにデータを書き込む。

【0052】

図6、7ではD A T Aはシリアルデータ列を想定しているが、送信に先立って全チャンネルにデータを書き込む時間の制約が満たせない場合にはL F S R 6 0 1を複数用意する。そして、L F S R 6 0 1内のフリップフロップの初期値を変えてパラレルデータとして擬似ランダムデータを生成し、シリアルでなくバスで各チャンネルに転送して書き込み時間を短縮してもよい。

20

【実施例2】

【0053】

図8(a)~(c)を参照して、実施例2の超音波探触子における超音波送受の切替方法について説明する。ここで、図8(a)の横軸は時間であり、縦軸は空間的な振動子(T D)808の配置と対応している。各波形は各振動子(T D)808のチャンネルの電気信号を示している。

30

【0054】

実施例1では、ランダムデータを用いるため、効果がランダムデータの範囲、L F S R 6 0 1の段数に依存し、ランダムが故に実験的試行を要する。図8(a)に示す実施例2では、ランダムデータを用いず、ビーム特性を考慮した設計が可能である。

【0055】

図4のレジスタ(R E G)400およびコンペアマッチタイマ(C M T)401を各チャンネルに有する構成のまま、レジスタ(R E G)400に書き込むデータを変更することにより実施例2が実現可能である。

【0056】

送信パルス800で所望の送信ビーム806(図8(b)参照)を形成し、送信ビーム806の方向と送受切替ノイズ801(送信パルス800とフォーカス方向をずらした遅延面のタイミングで送受切替)による発生音のビーム807の方向が所定の角度をもつてずれるようなタイミングで送受切替のタイミングを設定する。ここで、送信パルス800と送受切替ノイズ801は、フォーカス方向をずらすため遅延面を違えている。下のチャンネルほど送信パルス800と送受切替ノイズ801の間が空いている。

40

【0057】

電氣的な送受切替ノイズ801は、受信遅延802により受信遅延後送受切替電気ノイズ803のタイミングで受信回路に入力され、コヒーレント加算されることはない。また、受信遅延802は送信ビーム806の方向と受信フォーカスの方向が一致するように設

50

定される。しかし、送受切替ノイズ 801 による発生音のビーム 807 は、送信ビーム 806 のメインローブ方向とは角度 θ をもってずれているため、受信でフォーカスされず、デフォーカスにより虚像を低減できる。受信信号はフォーカスされて、受信遅延後エコー信号 804 でコヒーレントに揃い整相加算されて整相加算後受信エコー信号 805 となる。

【0058】

このように、送受切替ノイズ 801 によるビーム 807 は、フォーカス方向が送信ビーム 806 と角度 θ ずれている。この結果、送信方向に向けて受信フォーカスするので、このずれたビーム 807 は受信でフォーカスされずエコーとして受信されない。

【0059】

このように、実施例 2 の超音波探触子は、送受切替タイミングとして超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる超音波の集束方向が、超音波の前記送信ビームのメインローブ方向と所定角度だけずれるようなタイミングを設定する。

【0060】

実施例 2 では、送受切替ノイズ 801 において、角度をつけるため下側のチャンネルほど送信から送受切替までの時間が長くなっているが、ランダムデータを用いないために決定論的にビーム設計を行うことができる。

【実施例 3】

【0061】

図 9 (a) ~ (c) を参照して、実施例 3 の超音波探触子における超音波送受の切替方法について説明する。ここで、図 9 (a) の横軸は時間であり、縦軸は空間的な振動子 (TD) 908 の配置と対応している。各波形は各振動子 (TD) 908 のチャンネルの電気信号を示している。

【0062】

図 4 のレジスタ (REG) 400 およびコンペアマッチタイマ (CMT) 401 を各チャンネルに有する構成のまま、レジスタ (REG) 400 に書き込むデータを変更することにより実施例 3 が実現可能である。

【0063】

実施例 1 では、送信ビームに依存して送信ビーム方向と同じ送受切替タイミング 101 とランダム値を計算する図 6 の DSP 603 が必要となり、各送信前に全チャンネルのレジスタ 607 (図 6 参照) に書き込む必要が生じる。

【0064】

実施例 3 では、ハードウェアの煩雑さと各送信前の準備動作を避けるため、全チャンネル一斉の送受切替のタイミングを起点としてランダム化を導入する。この場合、送受切替ノイズ (全チャンネル同時切替を基準に各チャンネルにランダム遅延付加) 901 による発生音はランダム波面 907 (図 9 (c) 参照) のように平面波を起点としてランダムに乱れて音圧が低減される。ここで、902 は受信遅延であり、903 は受信遅延後送受切替電気ノイズである。また、904 は受信遅延後エコー信号であり、905 は整相加算後受信エコー信号である。また、図 1 (c) に示す波面は左に凸状だが、図 9 (c) に示す波面は直線を基準にランダムに付加されおり直線に近い。

【0065】

また、実施例 1 では図 1 (a) に示すように、送信終了チャンネルから受信に切替なので遅延面曲線が送信遅延と同じである。これに対して、実施例 3 では図 9 (a) に示すように、全チャンネル同時送受切替なので直線であり、この直線を基準に各チャンネルでランダムに付加される。

【0066】

実施例 3 では、ハードウェア構成の単純化が可能だが、全チャンネル一斉に送受切替のため、送信パルス 900 と送受切替ノイズ 901 の間の送信から送受切替までの受信できない期間が中心のチャンネルほど長い。しかし、全チャンネル同時の送受切替に対してランダム遅延を付加するので、ランダムデータのみ各チャンネルのレジスタ (REG) 400 に書け

10

20

30

40

50

ばよい。この結果、基準遅延面とランダム演算（図6のDSP603を用いた演算）が不要となる。

【実施例4】

【0067】

図10を参照して、実施例4の超音波診断装置の構成について説明する。

実施例4の超音波診断装置は、3次元撮像のための2次元アレイ振動子を持つ超音波探触子1000と本体装置1060を有する。超音波探触子1000内には、各振動子（TD）1010に対して送受信回路（Tx/Rx）1020が配置され、受信信号は加算回路（ADD）1040により加算されて本体装置（MAIN）1060内のAFE（アナログフロントエンド）1070に送られる。ここで、加算される振動子チャンネルのグルーピング単位をサブアレイ（SUBARRAY）1050と呼ぶ。サブアレイ（SUBARRAY）1050は、超音波探触子1000内のチャンネル加算の単位である。

10

【0068】

本体装置1060内のプロセッサ（PU）1080は、フォーカスの遅延を計算する論理回路である。プロセッサ（PU）1080は、超音波探触子1000内のICの制御論理回路（IC CONTROL）1090に制御信号を送り、制御論理回路（IC CONTROL）1090はこれに応じて送受信の切替や超音波フォーカスのための遅延の制御を行う。また、制御論理回路（IC CONTROL）1090は、送受切替タイミングの制御も行い、各チャンネル内のレジスタ/コンペアマッチタイマ回路1030のレジスタ（REG）に送受切替タイミングデータを転送する。ここで、レジスタ/コンペアマッチタイマ回路1030は、図4の回路に相当し、レジスタ（REG）400とコンペアマッチタイマ（CMT）401を有する。

20

【0069】

特に制限されないが、送信回路がリアンプ方式でなくパルサ方式の場合、波形はデジタル値としてパルサに送られるため、制御論理回路（IC CONTROL）1090は、パルサが送波する波形データを記憶する波形メモリを含む。

【0070】

次に、図11を参照して、サブアレイ1050内の構成について説明する。

【0071】

1振動子あたりの送受信回路1100は、高耐圧MOSで構成され高圧信号を生成し振動子（TD）1110を駆動する送信回路（Tx）1120、送信時にオフ状態となり高圧信号から低圧系受信回路を保護し受信時には微小信号を通過させる送受分離スイッチ（T/R-SW）1130、低圧系の受信低雑音増幅器（Low Noise Amplifier: LNA）1140、送信信号を遅延させビームフォーミングを行い、さらには受信信号を遅延させて整相を行う微小遅延回路（DLY）1150を有する。

30

【0072】

送信回路（Tx）1120は、高電圧パルス生成し振動子（TD）1110を駆動する。送受分離スイッチ（T/R-SW）1130は、送信時にオフになり受信時にオンとなって、高電圧パルスから受信回路を保護する。微小遅延回路（DLY）1150は、アナログ信号を遅延させる。

40

【0073】

微小遅延回路（DLY）1150で整相された受信信号は、加算されて本体装置1060に伝送される。レジスタ及びタイマ（REG/TIMER）1160は、1振動子に対応する各チャンネル内に配置され、全チャンネル共通の送受切替信号TR（図4のTRに相当）を受けて、各チャンネルでレジスタ（REG）に記憶された値だけ送受切替タイミングを遅延させる。

【0074】

このように、実施例4の超音波診断装置は、印加された送信パルスに対して電気及び音響変換を行って送信ビームを形成する複数の振動子1010と、複数の振動子1010の各々に対応して設けられ超音波の送信から受信に切り替える送受切替タイミングを複数の

50

振動子 1010 ごとに独立に設定する送受切替タイミング設定回路 1030 (レジスタ / コンペアマッチタイマ回路 103) を有する送受信回路 1020 と、複数の送受信回路 1020 の出力を加算する加算回路 1040 と、送受切替タイミングの制御を行う制御回路 (制御論理回路 (IC CTRL) 1090) とを備える超音波探触子 1000 と、加算回路 1040 の出力を受信して所定の制御信号を制御回路 1090 に送信する本体装置 1060 を有する。

【0075】

制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 を制御して、送受切替タイミングとして、超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる前記超音波の集束方向がランダムな方向となるタイミングを設定する (図 1 (c)、図 9 (c) 参照)。また、制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 を制御して、送受切替タイミングを振動子 1010 間でランダム又は擬似ランダムにずらして設定する。

10

【0076】

また、制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 を制御して、送受切替タイミングとして超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる超音波の集束方向が、超音波の前記送信ビームのメインローブ方向と所定角度だけずれるようなタイミングを設定する (図 8 (c) 参照)。

【0077】

また、制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 を制御して、送受切替タイミングとして、超音波の送信から受信の切替え時に発生する送受切替ノイズによる発生音が 1 点にフォーカスされないようなタイミングを設定する。また、制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 を制御して、すべての振動子 1010 に共通の送信から受信への切替トリガを起点として、レジスタに記憶された値に対応した時間だけ遅延させて送信から受信に遷移させる。尚、制御回路 1090 は、送受切替タイミング設定回路 1030 の電源投入時又は前記超音波の送受信に先立って、レジスタ (REG) に送受切替タイミングに対応する値を書き込む。

20

【0078】

実施例 4 によれば、超音波の送信から受信への切替にともなって発生する送受切替ノイズが振動子で電気音響変換されて不要な音として生体に送信されて、生体内で反射されたエコーを受信した結果発生する虚像を低減することができる。すなわち、虚像が少なく信頼性の高い超音波撮像が行える超音波診断装置を実現できる。

30

【0079】

さらに、実施例 4 によれば、超音波診断装置の構成要素である超音波探触子において、1 次元あるいは 2 次元に繰り返し配置されたアレイ状の各振動子を用いて、超音波送信から受信への切替を行う場合に発生する電氣的ノイズが振動子で音に変換されて生体内を伝播、反射することによる虚像の影響を低減することができる。

【0080】

上記実施例では、超音波送受切替にともなって発生する送受切替ノイズが音に変換されて生体内に送信されて生体内組織界面で反射されることによる虚像を低減する。このために、送受切替ノイズによる発生音が強く 1 点にフォーカスされないように送受切替タイミングを制御することができる。また、送受切替ノイズによる発生音が強く 1 点に送信フォーカスされる場合でも、受信フォーカスと異なる走査角方向にフォーカス (デフォーカス) することができる。また、送信から受信への切替ノイズによる発生音が強く 1 点にフォーカスされないよう送受切替タイミングを振動子毎に制御して、波面をランダムに伝播させて音圧を弱めることができる。

40

【0081】

このように、上記実施例によれば、超音波の送信から受信に切り替えるタイミングを、複数の振動子それぞれで独立に設定して送受切替タイミングを振動子間でランダムにずらすことにより、送受切替ノイズによる発生音が 1 点に強くフォーカスされるのを防ぎ音圧

50

を弱めることができる。この結果、送受切替時に生じる発生音エコーによる虚像を低減することができる。

【符号の説明】

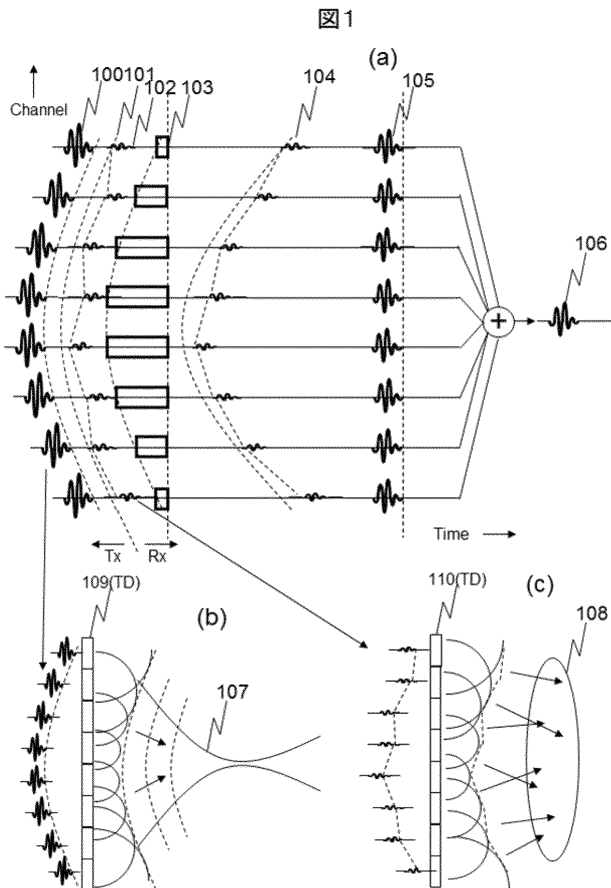
【0082】

- 109 超音波振動子
- 400 レジスタ
- 401 コンペアマッチタイマ
- 603 デジタルシグナルプロセッサ
- 602 マルチプレクサ
- 601 擬似ランダムパターン生成回路
- 1000 超音波探触子
- 1010 振動子(TD)
- 1020 送受信回路(Tx/Rx)
- 1030 レジスタ/コンペアマッチタイマ回路
- 1040 加算回路(ADD)
- 1050 サブアレイ(SUBARRAY)
- 1060 本体装置(MAIN)
- 1070 アナログフロントエンド(AFE)
- 1080 プロセッサ(PU)
- 1090 制御論理回路(IC CTRL)
- 1130 送受分離スイッチ
- 1140 低雑音増幅器
- 1150 微小遅延回路(DLY)

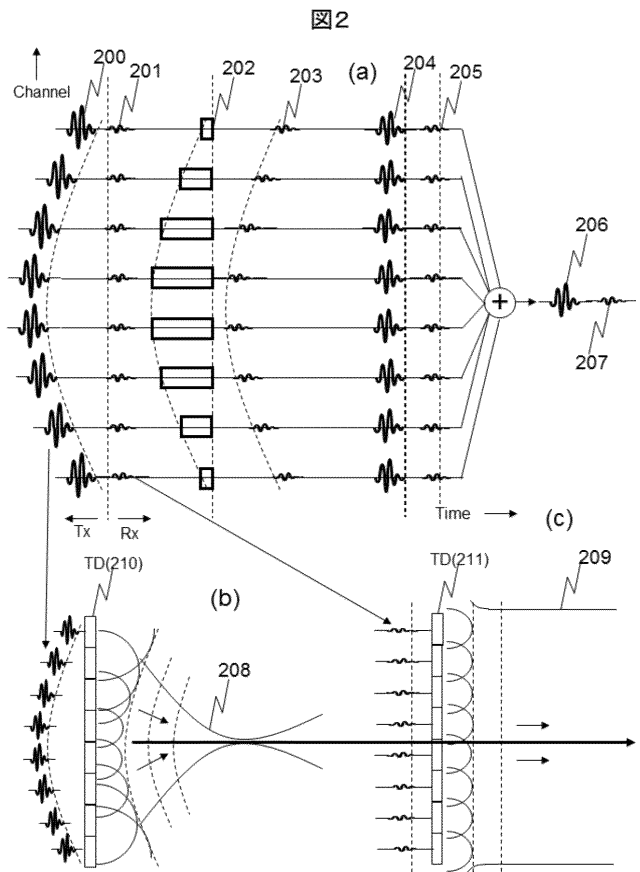
10

20

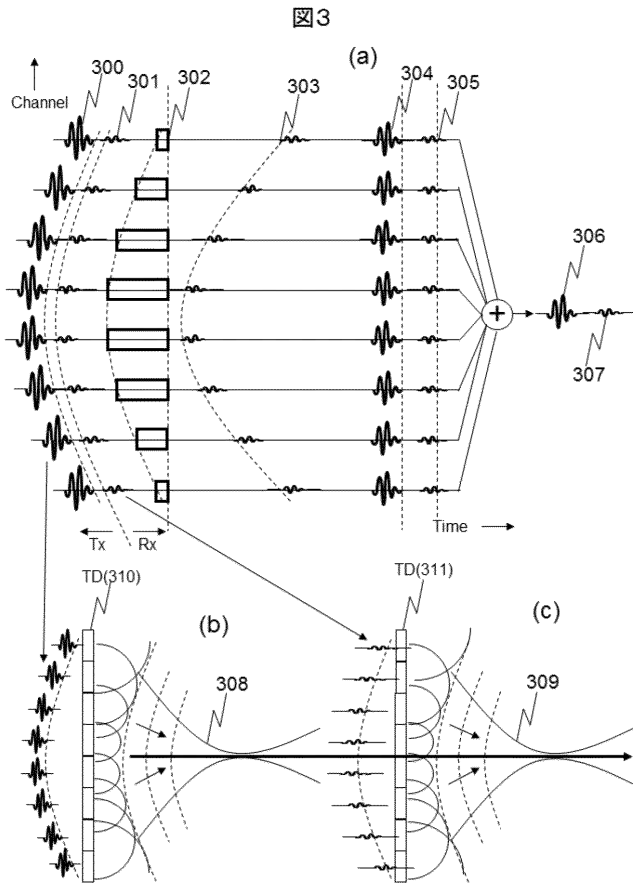
【図1】



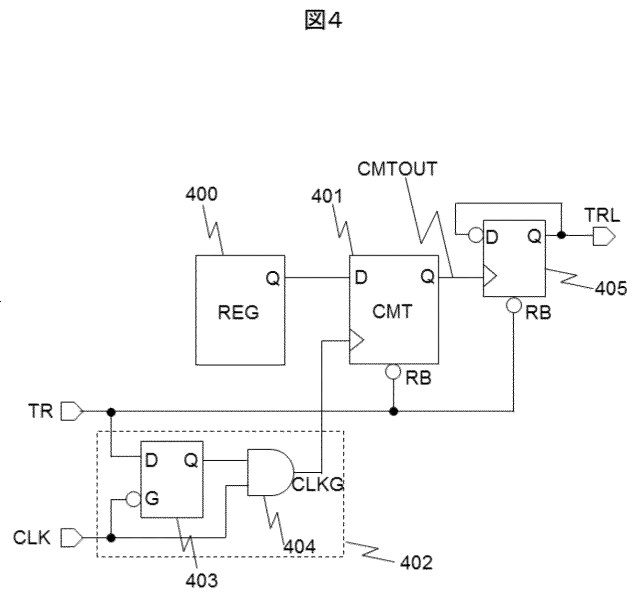
【図2】



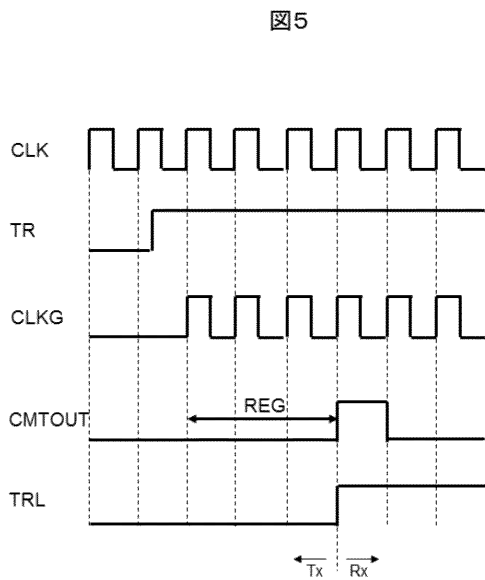
【 図 3 】



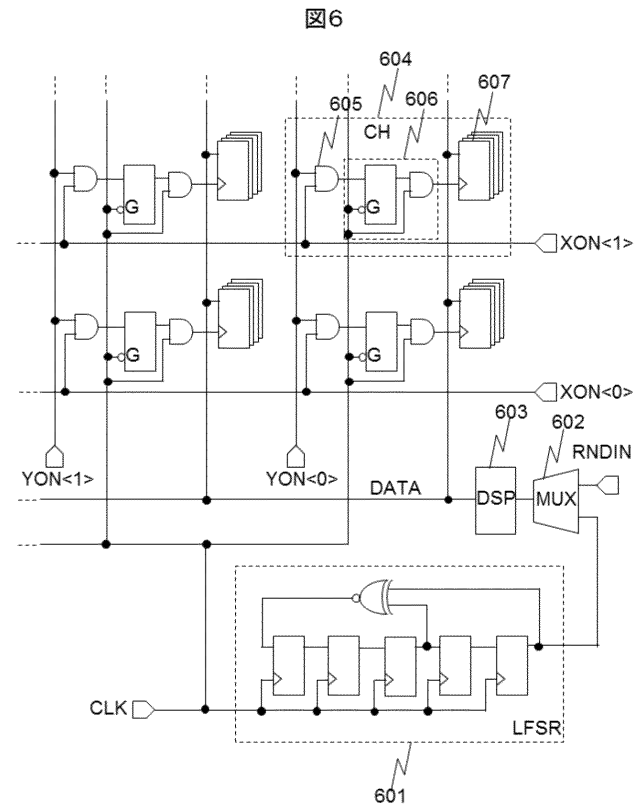
【 図 4 】



【 図 5 】

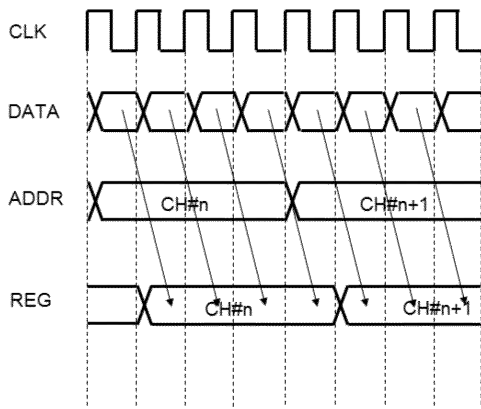


【 図 6 】



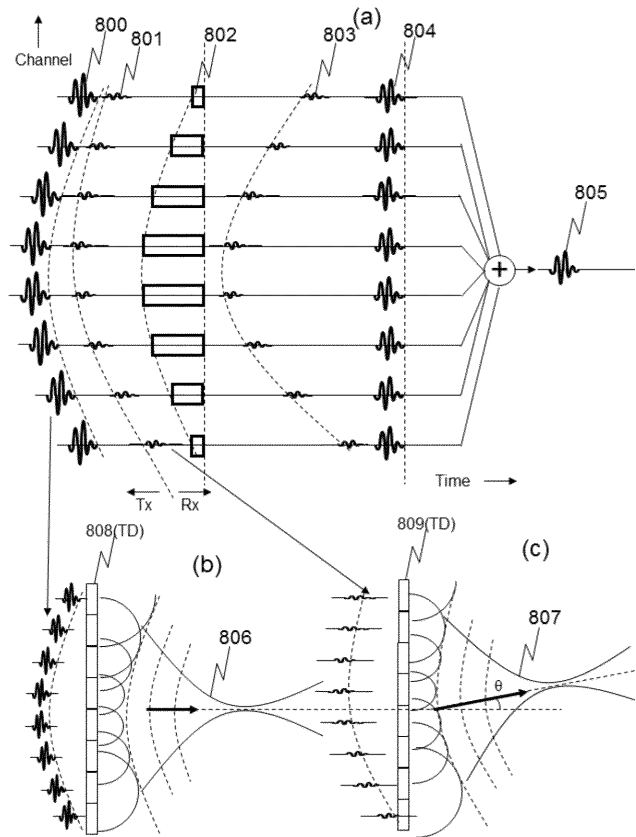
【 図 7 】

図7



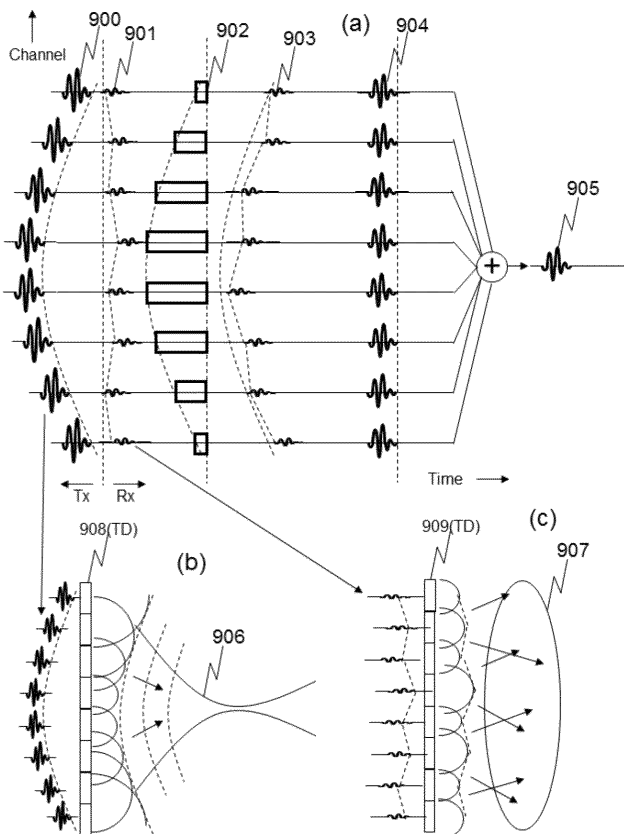
【 図 8 】

図8



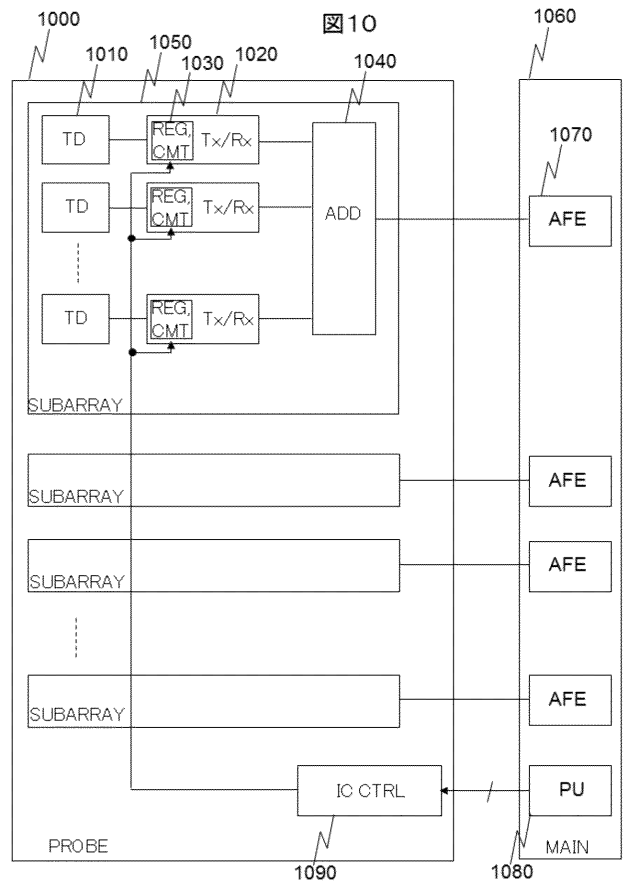
【 図 9 】

図9

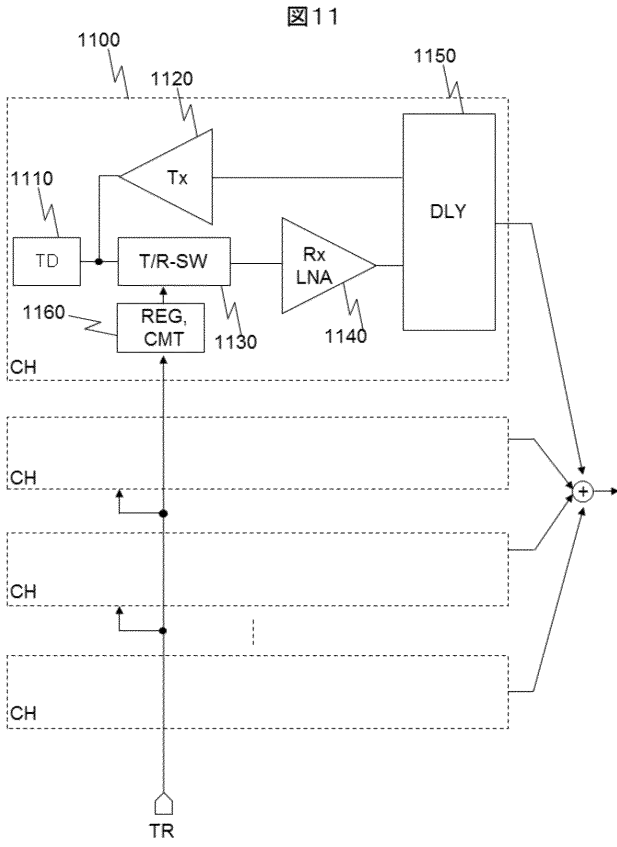


【 図 10 】

図10



【 図 1 1 】



专利名称(译)	超声波探头和超声波诊断设备		
公开(公告)号	JP2020069258A	公开(公告)日	2020-05-07
申请号	JP2018206746	申请日	2018-11-01
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	梶山新也 高野慎太		
发明人	梶山 新也 高野 慎太		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/483 A61B8/54 A61B8/56 G01S15/89 A61B8/4477		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE02 4C601/EE04 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB18 4C601/HH01		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种超声波探头，包括：多个换能器，其对施加到其上的传输脉冲执行电声转换，以产生超声波的传输束；和 设置为与多个换能器中的每一个相对应的发送/接收电路。发送/接收电路针对多个换能器中的每一个独立地设置将超声波从发送切换到接收的发送/接收切换定时。

