

(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2020-81451

(P2020-81451A)

(43) 公開日 令和2年6月4日 (2020. 6. 4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14	4 C 6 0 1
H 0 3 K 17/687 (2006.01)	H 0 3 K 17/687	5 J 0 5 5
H 0 3 K 17/16 (2006.01)	H 0 3 K 17/16	D

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-221349 (P2018-221349)	(71) 出願人	000005108
(22) 出願日	平成30年11月27日 (2018. 11. 27)		株式会社日立製作所
		(74) 代理人	110001689
			青陵特許業務法人
		(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	今川 健吾
			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	林 昌宏
			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 EE02 EE10 GB22 HH01
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子、超音波診断装置及び超音波送受切替方法

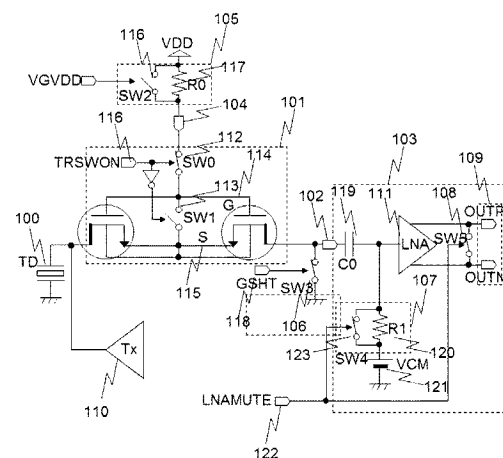
(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置において、超音波送受切替にもなって発生する送受切替ノイズを効果的に低減する。

【解決手段】振動子100に接続されたスイッチ回路101と、スイッチ回路101に接続された受信回路103と、スイッチ回路101と受信回路の間に設けられた受信端子102に接続された第1のスイッチ素子106と、スイッチ回路101の制御端子104に接続された第1の抵抗素子117と、受信回路103の内部に設けられた第2の抵抗素子107と、受信回路103の内部に設けられた第2のスイッチ素子108とを有する。

【選択図】図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

振動子と、
前記振動子に接続されたスイッチ回路と、
前記スイッチ回路に接続された受信回路と、
前記スイッチ回路と前記受信回路の間に設けられた受信端子に接続された第 1 のスイッチ素子と、
前記スイッチ回路の制御端子に接続された第 1 の抵抗素子と、
前記受信回路の内部に設けられた第 2 の抵抗素子と、
前記受信回路の内部に設けられた第 2 のスイッチ素子と、
を有することを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 2】

前記スイッチ回路は、一対の MOS トランジスタで構成され、
前記制御端子は、前記 MOS トランジスタのゲートを構成し、
前記ゲート制御端子の第 1 のインピーダンス、前記受信端子の第 2 のインピーダンス、
前記受信回路の時定数及び前記受信回路の利得の少なくとも 2 つ以上の要素が、送信期間終了後の一定期間、前記一定期間経過後に生じる定常的な受信状態とは異なる状態を維持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】

前記一定期間に維持される前記異なる状態において、飽和信号が出力されないことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

20

【請求項 4】

前記ゲート制御端子の前記第 1 のインピーダンスは、前記ゲート制御端子に接続された前記第 1 の抵抗素子に対応し、
前記受信端子の前記第 2 のインピーダンスは、前記受信端子に接続された前記第 1 のスイッチ素子に対応し、
前記受信回路の前記時定数は、前記受信回路内に設けられた前記第 2 の抵抗素子に対応し、
前記受信回路の前記利得は、前記受信回路内に設けられた前記第 2 のスイッチ素子に対応することを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

30

【請求項 5】

前記少なくとも 2 つ以上の要素が、前記異なる状態から順次前記定常的な受信状態に切り替わり、前記一定期間後にすべての前記要素が前記定常的な受信状態に遷移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 6】

前記ゲート制御端子の前記第 1 のインピーダンスは、前記第 1 の抵抗素子の抵抗値を切り替えることにより制御され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 7】

前記受信回路の前記利得は、前記受信回路の差動出力の間に設けられた前記第 2 のスイッチ素子を切替えることにより制御されることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

40

【請求項 8】

前記受信回路の前記利得は、前記受信回路のシングルエンド出力を、直流出力コモン電圧に接続された前記第 2 のスイッチ素子により短絡することにより制御され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 9】

前記第 1 のスイッチ素子は、前記スイッチ回路の前記受信端子とグラウンド端子の間に接続されたトランジスタにより構成され、
前記受信端子の前記第 2 のインピーダンスは、前記トランジスタにより制御されることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

50

【請求項 10】

前記トランジスタは、S O I 基板上に形成された F E T により構成され、
前記 F E T は、D T I で囲まれて電氣的に絶縁されていることを特徴とする請求項 9 に記載の超音波探触子。

【請求項 11】

前記スイッチ回路を構成する一対の前記 M O S トランジスタの内、前記振動子側に位置する第 1 の M O S トランジスタの第 1 のチャネル幅を、前記受信端子側に位置する第 2 の M O S トランジスタの第 2 のチャネル幅よりも小さく構成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 12】

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、超音波を送信から受信に切り替える送受信回路と、
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、を有する超音波診断装置であって、
前記超音波探触子は、
前記振動子に接続されたスイッチ回路と、
前記スイッチ回路に接続された受信回路と、
前記スイッチ回路と前記受信回路の間に設けられた受信端子に接続された第 1 のスイッチ素子と、
前記スイッチ回路の制御端子に接続された第 1 の抵抗素子と、
前記受信回路の内部に設けられた第 2 の抵抗素子と、
前記受信回路の内部に設けられた第 2 のスイッチ素子と、
を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 13】

前記スイッチ回路は、一対の M O S トランジスタで構成され、
前記制御端子は、前記 M O S トランジスタのゲート制御端子を構成し、
前記制御回路は、
前記ゲート制御端子の第 1 のインピーダンス、前記受信端子の第 2 のインピーダンス、前記受信回路の時定数及び前記受信回路の利得の少なくとも 2 つ以上の要素が、送信期間終了後の一定期間、前記一定期間経過後に生じる定常的な受信状態とは異なる状態を維持するように制御することを特徴とする請求項 12 に記載の超音波診断装置。

【請求項 14】

前記制御回路は、
前記一定期間に維持される前記異なる状態において、飽和信号が出力されないように制御することを特徴とする請求項 13 に記載の超音波診断装置。

【請求項 15】

複数の走査線から構成されるフレーム又はボリュームを撮像する前に、超音波送信を行わず送信から受信に切替え、
前記送信から前記受信への切替で発生する送受切替ノイズに相当する第 1 の受信ビームデータを取得し、
その後、通常の超音波の送信及び受信を行って、第 2 の受信ビームデータを取得し、
前記第 2 の受信ビームデータから前記第 1 の受信ビームデータを減算することを特徴とする超音波送受切替方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波探触子、超音波診断装置及び超音波送受切替方法に関する。

【背景技術】

【0002】

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線診断装置や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な装置であることから、超音波診断装置は、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子でそれぞれ受信し、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。

【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。このように、超音波による撮像においては送信動作及び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とまなう。このとき、送信から受信への切替に起因する電氣的ノイズによる虚像が生じ、送受切替ノイズが受信系に入力され受信回路が飽和することによる信号消失が問題となる。

【0005】

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。この場合に、超音波探触子と本体装置を接続するケーブルの本数を2乗で増やすことは不可能である。このため、超音波探触子内で整相加算して本数を減らした受信信号を本体装置にケーブルを介して転送する必要がある。

【0006】

このような超音波探触子内での整相加算を実現するには、送受信と整相加算の機能をビームフォーマーICとして実現し、IC内には振動子毎に送受信回路を配置して振動子と電氣的に1対1で接続することになる。振動子の配列ピッチは回折の条件で決まり、メインローブとは別に回折により出てしまうグレーティングローブが超音波ビームの走査角外に来るよう、超音波の周波数と超音波ビームの走査角から決まる。すなわちIC内の振動子毎の送受信回路の面積は振動子の配列ピッチで制約され、小面積な送受信回路が求められる。

【0007】

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TRSW (Transmit / Receive - Switch、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。送受切替ノイズを回路で対策する際には、前述のような回路面積制約から、小規模で簡単な回路での対策が求められる。

特許文献1には、このような送受切替起因ノイズを低減することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2012-209763号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0009】**

特許文献１は、ラッチに流れるスイッチング電流が送受分離スイッチのソース側に流れてノイズとなることを防ぐ。

しかし、特許文献１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を効果的に低減することは困難である。

【0010】

本発明の目的は、超音波診断装置において、超音波送受切替にともなって発生する送受切替ノイズを効果的に低減することにある。

【課題を解決するための手段】**【0011】**

本発明の一態様の超音波探触子は、振動子と、前記振動子に接続されたスイッチ回路と、前記スイッチ回路に接続された受信回路と、前記スイッチ回路と前記受信回路の間に設けられた受信端子に接続された第１のスイッチ素子と、前記スイッチ回路の制御端子に接続された第１の抵抗素子と、前記受信回路の内部に設けられた第２の抵抗素子と、前記受信回路の内部に設けられた第２のスイッチ素子と、を有する。

【0012】

本発明の一態様の超音波診断装置は、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、超音波を送信から受信に切り替える送受信回路と、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、を有する超音波診断装置であって、前記超音波探触子は、前記振動子に接続されたスイッチ回路と、前記スイッチ回路に接続された受信回路と、前記スイッチ回路と前記受信回路の間に設けられた受信端子に接続された第１のスイッチ素子と、前記スイッチ回路の制御端子に接続された第１の抵抗素子と、前記受信回路の内部に設けられた第２の抵抗素子と、前記受信回路の内部に設けられた第２のスイッチ素子と、を有する。

【0013】

本発明の一態様の超音波送受切替方法は、複数の走査線から構成されるフレーム又はボリュームを撮像する前に、超音波送信を行わず送信から受信に切替え、前記送信から前記受信への切替で発生する送受切替ノイズに相当する第１の受信ビームデータを取得し、その後、通常の超音波の送信及び受信を行って、第２の受信ビームデータを取得し、前記第２の受信ビームデータから前記第１の受信ビームデータを減算することの特徴とする。

【発明の効果】**【0014】**

本発明の一態様によれば、超音波診断装置において、超音波送受切替にともなって発生する送受切替ノイズを効果的に低減することができる。

【図面の簡単な説明】**【0015】**

【図１】実施例１の超音波探触子の回路構成を示す図である。

【図２】実施例１の超音波探触子の動作を説明するタイミングチャートである。

【図３】関連技術の超音波探触子の回路構成を示す図である。

【図４】関連技術の超音波探触子の動作を説明するタイミングチャートである。

【図５】実施例２の超音波探触子の回路構成を示す図である。

【図６】実施例３の超音波探触子の回路構成を示す図である。

【図７】実施例４の超音波送受切替方法について説明するフローチャートである。

【図８】実施例５の超音波探触子の回路構成を示す図である。

【図９】実施例６の超音波診断装置の構成を示す図である。

【図１０】超音波探触子内ＩＣのサブアレイの構成例を示した図である。

【図１１】関連技術の回路構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

最初に、図 1 1 を参照して、関連技術について説明する。

図 1 1 に示すように、T R S W 1 1 0 0 は M N 0 1 1 0 1、M N 1 1 1 0 2 の 2 つの M O S F E T のゲート 1 1 0 3、ソース 1 1 0 4 を互いに接続した構成を有する。ゲート G とソース S 間の電圧 V G S に所定の正電圧を印加するかまたは 0 V とするかでオンまたはオフ状態を得る。所定の V G S または 0 V を生成するため、受信 / 送信すなわちオン / オフ制御信号 T R S W O N 1 1 0 5 を L A T C H 0 1 1 0 6 と L A T C H 1 1 1 0 7 の 2 段のラッチでレベルシフトしてゲート 1 1 0 3 とソース 1 1 0 4 の間の電圧を制御する。

【 0 0 1 7 】

ラッチが反転する際の貫通電流 1 1 0 8 がソース 1 1 0 4 に流れるとノイズが発生し T R S W O U T 1 1 0 9 から受信回路に入力されてしまう。このため、L A T C H 0 1 1 0 6 のスイッチング時貫通電流 1 1 0 8 がソース 1 1 0 4 に流れ込まないように、M P 0 1 1 0 7 を介して G N D に流れるような回路構成として送受切替ノイズを低減する。また、S W 0 1 1 0 9 を具備して、S W 0 1 1 0 9 を送信期間中にオンしておくことにより、送信時に T R S W O U T 1 1 1 0 から受信系に入力されるノイズを低減して送受のアイソレーションを改善する。

10

【 0 0 1 8 】

しかしながら、図 1 1 においては、L A T C H 0 1 1 0 6 のスイッチング時貫通電流 1 1 0 8 がノイズに寄与することを回避できるものの、L A T C H 1 のスイッチング時貫通電流 1 1 1 1 はソース 1 1 0 4 に流れてノイズとなる。また、V G S が 0 V から所定の電圧に増加する際に、M N 0 1 1 0 1 のゲート - ドレイン間寄生容量である C G D 1 1 1 2 を介しての容量カップリングにより振動子 (T D) 1 1 1 3 にスパイクノイズが発生することは避けられない。

20

【 0 0 1 9 】

さらに、S W 0 1 1 0 9 は送受のアイソレーションを改善することに寄与するが、受信に遷移すると同時に S W 0 1 1 0 9 はオフとなるため、送受切替ノイズの低減には寄与しない。

【 0 0 2 0 】

このような点から、超音波送受切替にともなって発生する送受切替ノイズを効果的に低減する方法が求められる。特に、2 つの M O S トランジスタ () M O S F E T) を直列接続した T R S W で本質的に発生する M O S F E T の寄生容量 C G D カップリングによるノイズを低減する方法が求められる。

30

【 0 0 2 1 】

さらには、ノイズが受信回路に入力された際に問題となる受信回路の飽和及び前置増幅器が飽和することによる後段回路の飽和の影響を低減し、飽和から短時間で復帰して受信不能期間を短縮する方法が求められる。

【 0 0 2 2 】

実施例は、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に起因する虚像を低減する。また、送受切替ノイズが受信回路に入力されて受信回路が飽和することによる受信不能期間を短縮して体表近傍からのエコー受信を可能とする。

40

【 0 0 2 3 】

また、実施例は、送受切替ノイズを、送受分離スイッチのゲート充電電流制限または受信入力の G N D への固定によって低減する。さらに、受信回路の高域通過特性の時定数上昇及び受信回路の出力停止によって、切替ノイズの受信回路への入力にともなう回路飽和からの復帰を高速化して後段回路の飽和防止を行う。これにより、定常受信状態とは異なる状態から順次定常受信状態に切り替える。この結果、送受切替ノイズによる虚像を低減し、画像が得られない受信不能期間を短縮する。

以下、図面を用いて実施例について説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 4 】

50

図 1 及び図 2 を参照して、実施例 1 の超音波探触子の回路構成について説明する。

超音波送信時は、送信回路 (Tx) 110 が高電圧パルスで振動子 (TD) 100 を駆動し、振動子 100 が電気 / 機械変換を行って音響パルスが生体内に送信される。送信時は 2 つの MOSFET で構成されるスイッチ回路 (TRSW) 101 がオフ状態となり、送信回路 110 が出力する高電圧パルスで低電圧の受信低雑音増幅器 (LNA: Low Noise Amplifier) 111 が破壊されるのを防ぐ。スイッチ (SW0) 112 をオフし、スイッチ (SW1) 113 をオンとすることでゲート (G) 114 - ソース (S) 115 間の電圧を 0 V としてスイッチ回路 (TRSW) 101 をオフ状態とすることができる。

【0025】

送信から受信に切り替えるには制御信号 (TRSWON) 116 を L レベルから H レベルに遷移させる。これによりスイッチ 112 がオンし、スイッチ 113 がオフしてゲート (G) 114 - ソース (S) 115 間の電圧 VGS が増加する。このとき、図 2 のように VGGDD が L であるのでスイッチ (SW2) 116 はオフ状態であり、VDD から抵抗 (R0) 117 を介してゲート (G) 114 に電流が流れる。抵抗 117 により充電電流は制限され、VGS はゆっくり上昇することで振動子 100 に重畳される送受切替ノイズを低減できる。

【0026】

このとき、GSH118 が H であり、振動子 100 に重畳された送受切替ノイズはスイッチ回路 101 を通過していくが、スイッチ (SW3) 106 がオンしていることにより低インピーダンスで送受切替ノイズを抑え、受信低雑音増幅器 111 側に入力される送受切替ノイズを低減できる。

【0027】

振動子 100 は、送信中及び受信中は 0 V を中心として動作し、送信時はたとえば 3 値パルス送信であれば、正の高電圧、負の高電圧、0 V の 3 値からなるパルスを送信し、受信時も 0 V をコモン電位とした信号を受けることになる。ここで、0 V コモンを受信で受けるためには受信回路 103 に正電圧と負電圧が必要になってしまい電源の種類が増加する。

【0028】

これを防ぐには、受信信号パスにコンデンサ (C0) 119 を直列に挿入して AC 結合とすればよい。すなわち、コンデンサ 119 と抵抗 (R1) 120 からなる高域通過フィルタを構成することで、コンデンサ 119 の受信低雑音増幅器 111 側の DC 電位を決めなおすることができる。このため、適当な正の電圧をコモン電位 (VCM) 121 とすることで受信低雑音増幅器 111 以降の受信回路 103 は正 VDD、GND 間で動作させることができ負電源が不要となる。

【0029】

ここで、受信遷移直後は LNA MUTE 122 が H のためスイッチ (SW4) 123 がオンしている。これにより、通常の実信の通過帯域の低周波側はコンデンサ 119 と抵抗 120 で決まるところ、受信遷移直後はコンデンサ 119 とスイッチ 123 のオン抵抗で決まることになる。

【0030】

すなわち、受信遷移直後の高域通過フィルタのカットオフ周波数は通常の実信状態のそれよりも高くなる。仮に、大振幅の送受切替ノイズがコンデンサ 119 を通過した際、ここから受信低雑音増幅器 111 の入力があるのコモン電位 121 まで復帰する時間はコンデンサ 119 と抵抗 120 から決まる大きな時定数でなく、コンデンサ 119 とスイッチ 123 のオン抵抗で決まる小さな時定数で決まる。このため、送受切替ノイズがコンデンサ 119 を通過しても、スイッチ 123 をオンにしておくことで受信低雑音増幅器 111 の入力がある VCM 121 に戻るまでの時間を短縮でき、回路飽和からの復帰が短時間で入る。

【0031】

10

20

30

40

50

さらに、受信遷移直後に L N A M U T E 信号 1 2 2 を H i としてスイッチ (S W 5) 1 0 8 をオンし、受信低雑音増幅器 1 1 1 の出力 (O U T P) 1 0 9 に差動信号が出ない実質的に利得が 0 に近い状態としておくことで、送受切替ノイズが受信低雑音増幅器 1 1 1 に入力された場合でも、後段に送受切替ノイズを伝えずに後段の飽和を防止することができる。

【 0 0 3 2 】

以上を整理する。図 2 のタイミングチャートに示すように、T R S W O N が L o から H i に遷移した直後は、スイッチ回路 1 0 1 の V G S がゆっくり上昇することで振動子 1 0 0 に重畳される送受切替ノイズが小さくなる。また、スイッチ回路 1 0 1 の出力をスイッチ 1 0 6 で G N D に抑えておくことで受信低雑音増幅器 1 1 1 へのノイズ入力を抑制し、

10

【 0 0 3 3 】

この状態から、特に制限されないが振動子 1 0 0 に近い側から後段に向かって、本来の受信の状態になるようそれぞれの回路の状態を遷移させる。V G V D D を H i に上げてスイッチ回路 1 0 1 のゲート 1 1 4 を本来の定常受信状態のインピーダンスにする。このときもノイズが発生するが、G S H T が H i となっていることで受信低雑音増幅器 1 1 1 に入力されるノイズは抑制できる。G S H T を下げて信号が受信低雑音増幅器 1 1 1 に入力されるようにする際もノイズが発生するが、このノイズによる飽和があったとしても L N A M U T E が H i で高域通過フィルタのカットオフ周波数が高いので短時間で復帰できる。最後に、L N A M U T E を L o に下げて高域通過フィルタが低域の信号まで通過できるようにすることにより、受信低雑音増幅器 1 1 1 が信号を後段に出力することが可能となる。

20

【 0 0 3 4 】

以上より理解されるように、回路の状態を定常受信状態に遷移させる際にもノイズが発生する。このため、単独の回路で 2 つの状態を取ることに対策するのではなく、複数の回路の状態をノイズ抑制可能な状態としておき、順次これらを解除して定常受信状態に遷移させることで効果的にノイズを抑制あるいはノイズによる飽和からの短時間での復帰や後段への伝播防止を行うことができる。

30

【 0 0 3 5 】

図 2 に挙げたシーケンスには特に制限されず、発生するノイズの絶対値に応じてそれぞれの回路での対策をいくつか省略してもよいし、状態遷移の順番を入れ替えてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 2 のシーケンスによれば、送信 (T x) 2 0 0 の状態と受信 (R x) 2 0 2 0 の状態の間に本来の受信ができない期間が存在する。このため、超音波を送信してからごく体表近傍で反射して返ってくるエコーを受信できないことになる。よって、受信不能期間が超音波画像を得たい体表近傍の最も浅い点までの超音波往復時間以下に設定することが必要となる。

【 0 0 3 7 】

ここで、図 3 及び図 4 を参照して、実施例 1 の効果を説明するために、本発明を適用しない場合について説明する。ここで、図 3 は、送信状態から定常的な受信状態に遷移する回路構成を示し、図 4 はタイミングチャートを示す。

40

【 0 0 3 8 】

T R S W O N 3 0 2 が L o から H i に遷移すると T R S W 3 0 1 がオンになる。しかし、ゲート 3 0 3 - ソース 3 0 4 間の電圧 V G S が急激に増加することで寄生容量 3 0 5 により振動子 (T D) 3 0 0 に大きなスパイク状の送受切替ノイズが重畳される。スパイク状の送受切替ノイズがスイッチ回路 (T R S W) 3 0 1 を通過し、コンデンサ C 0 、抵抗 R 1 から構成される高域通過フィルタ 3 0 6 を通過した場合、受信低雑音増幅器 (L N A) 3 0 7 は飽和してしまい所望の信号を出力できない。

50

【0039】

飽和から復帰するためには、受信低雑音増幅器307の入力電位が信号コモン電位（VCM）308付近に戻る必要があるが、これに要する時間は高域通過フィルタ306の時定数で決まり、低域信号を通過させる設計になっているほど、飽和からの復帰には時間が掛かることになる。

【0040】

このように、実施例1を用いない図3の構成では、振動子300に大きなスパイク状の送受切替ノイズが発生する。この送受切替ノイズが受信回路を飽和させることで送受切替ノイズが信号に重畳されるところか、受信不能な期間が長時間にわたって続いてしまう。実施例1では、受信不能な期間が長時間にわたって続いてしまうことを防止できる。

10

【0041】

上述のように、実施例1の超音波探触子は、振動子（100）と、振動子（100）に接続されたスイッチ回路（101）と、スイッチ回路（101）に接続された受信回路（103）と、スイッチ回路（101）と受信回路の間に設けられた受信端子（102）に接続された第1のスイッチ素子（106：SW3）と、スイッチ回路（101）の制御端子（104）に接続された第1の抵抗素子（117：R0）と、受信回路（103）の内部に設けられた第2の抵抗素子（R1：107）と、受信回路（103）の内部に設けられた第2のスイッチ素子（108：SW5）と、を有する。

【0042】

ここで、スイッチ回路（101）は、一对のMOSトランジスタで構成され、制御端子（104）は、MOSトランジスタのゲートを構成する。ゲート制御端子（104）の第1のインピーダンス（105）、受信端子（102）の第2のインピーダンス（106）、受信回路（103）の時定数（107）及び受信回路の利得（108）の少なくとも2つ以上の要素が、送信期間（200）終了後の一定期間（201）、一定期間（201）経過後に生じる定常的な受信状態（202）とは異なる状態（201の各信号の状態）を維持する。一定期間に維持される前記異なる状態（201の各信号の状態）において、一定振幅の飽和信号が出力される。

20

【0043】

ゲート制御端子（104）の第1のインピーダンス（105）は、ゲート制御端子（104）に接続された前記第1の抵抗素子（R0）に対応する。受信端子（102）の第2のインピーダンス（106）は、受信端子（102）に接続された第1のスイッチ素子（106：SW3）に対応する。受信回路（103）の時定数（107）は、受信回路（103）内に設けられた前記第2の抵抗素子（107：R1）に対応する。受信回路の利得（108）は、受信回路（103）内に設けられた第2のスイッチ素子（108：SW5）に対応する。また、少なくとも2つ以上の要素が、異なる状態から順次前記定常的な受信状態に切り替わり、一定期間後にすべての前記要素が定常的な受信状態に遷移する。

30

【0044】

ゲート制御端子（104）の第1のインピーダンス（105）は、第1の抵抗素子（R0）の抵抗値を切り替えることにより制御される。受信回路（103）の利得（108）は、受信回路（103）の差動出力（109）の間に設けられた第2のスイッチ素子（108：SW5）を切替えることにより制御される。

40

【0045】

実施例1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に起因した虚像を低減することができる。また、送受切替ノイズが受信回路に入力されて受信回路が飽和することによる受信不能期間を短縮することができ、体表浅部からのエコー受信を可能とする。

【実施例2】

【0046】

図5を参照して、実施例2の超音波探触子の回路構成について説明する。

前述のように、送受切替ノイズは、スイッチ回路（TRSW）501を構成するMOS

50

F E Tの寄生容量504のカップリングに起因する。図5でT R S W O N 505をL oからH iに遷移させM O Sトランジスタ(M N 0)502、M O Sトランジスタ(M N 1)503のV G Sが0 VからV D Dまで上がる際に、振動子(T D)500のノードはV D D×(振動子インピーダンスとC G D容量504のインピーダンスの分圧比)だけ変動しノイズとなる。このノイズ振幅は、以下の(数1)のようになる。

【0047】

【数1】

$$V_{noise} = VDD \cdot \frac{Z_{TD}(j\omega)}{Z_{TD}(j\omega) + \frac{1}{j\omega C_{GD}}} = VDD \cdot \frac{j\omega C_{GD} \cdot Z_{TD}(j\omega)}{1 + j\omega C_{GD} \cdot Z_{TD}(j\omega)} \quad (\text{数1})$$

10

【0048】

ただしZ T Dは振動子のインピーダンスであり、jは虚数単位、ωは各周波数である。Z T Dは周波数の関数である。これよりV n o i s eは0からV D Dの間のいずれかの値をとることになる。V n o i s eを低減するためには、V D Dを下げる、Z T Dを下げる、ωを下げる、C G Dを下げる、の4つの方法がある。V D Dを下げるとM O SトランジスタのV G Sが浅くなるため、スイッチ回路501のオン抵抗が増加し、熱雑音が増加して受信の信号対雑音比S / Nが劣化する。Z T Dを下げると、送信回路の負荷が増大し、送信帯域の劣化や振動子充放電のための消費電力が増加してしまう。ωを下げる、すなわち、周波数を下げることは、ゆっくりとV G Sを増加させることを意味する。これは、図1、2で示したように抵抗R 0によりゲート充電電流を制限してゆっくりとスイッチ回路501をオンさせることである、

20

最後のC G D 504を下げる方法は、図5でM N 0 502のチャネル幅W gを小さくすることで実現できる。ただしチャネル幅W gを小さくすればオン抵抗も増加してしまう。そこで、M N 0 502のチャネル幅W gをM N 1 503のチャネル幅W gより小さくする。スイッチ回路501としてのオン抵抗はM N 0 502のオン抵抗とM N 1 503のオン抵抗の直列抵抗である。ここで、M N 0 502とM N 1 503のチャネル幅W gが同一サイズの状態から、M N 0 502のチャネル幅W gを0.5倍としてM N 1 503のチャネル幅W gを1.5倍に変更してもスイッチ回路501の面積とオン抵抗は変化しない。

30

【0049】

しかしながら、M O Sトランジスタの寄生容量C G D 504はチャネル幅W gに依存するため、M N 0 502のC G D 504はもとの0.5倍となる。M N 1 503のC G D 2(508)は1.5倍にはなるが、低圧系のN M O SスイッチM N 2(506)がオンした状態であればT R S W O U T 507はG N Dに固定されており、M N 1 503のC G D 2(508)カップリングによるT R S W O U T 507の変動はごく小さい。これより、振動子500側のM N 0 502の値を小さくして受信側のM N 1 503のサイズを大きくし、サイズをアンバランスにすることでスイッチ回路501の面積およびオン抵抗を一定としたまま送受切替ノイズを低減することができる。なお、図5中のM N 0 502の大きさとM N 1 503の大きさの違いはチャネル幅W gの違いを表している。

40

【0050】

一般に、M O Sトランジスタ(M O S F E T)の最小チャネル幅W gは半導体プロセスによりソース・ドレインコンタクトのサイズやリソグラフィの精度で制限され、M N 0 502とM N 1 503のチャネル幅W g比は任意に決められるものでなく半導体プロセスにより制約を受ける。

【0051】

50

上述のように、実施例 2 の超音波探触子では、スイッチ回路 (501) を構成する一対の MOS トランジスタ (502、503) の内、振動子 (500) 側に位置する第 1 の MOS トランジスタ (502) の第 1 のチャネル幅を、受信端子 (102) 側に位置する第 2 の MOS トランジスタ (503) の第 2 のチャネル幅よりも小さく構成する。

【0052】

実施例 2 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に起因した虚像を低減することができる。

【実施例 3】

【0053】

図 6 を参照して、実施例 3 の超音波探触子の回路構成について説明する。

10

図 6 には、図 1 における SW3 (106) を NMOS スイッチで実現した場合、すなわち図 5 における MN2 (506) の回路構成のレイアウト例をデバイス断面図として示している。

【0054】

前述のように、振動子の電位は 0 V コモンであり、スイッチ回路 (TRSW) を正負の電圧が通る。強いエコーを受信した場合は深い負電圧により、TRSW 出力に対 GND で接続された NMOS の寄生ボディダイオードが順方向となり、これをトリガにラッチアップを発生して IC を破壊する可能性があり得る。

【0055】

これを防ぐためには、MN2 (600) がほかの PMOS 601 との間で寄生サイリスタを構成しないよう、NMOS 1 素子 600 を単独で素子分離する必要がある。これには埋め込み酸化膜 (Buried Oxide (BOX)) 603 が埋め込まれた SOI (Silicon On Insulator) ウェハを用いればよい。

20

【0056】

N+ のソース、ドレインと POLY シリコンのゲートで構成される NMOS 600 が、浅い素子分離の (STI (Shallow Trench Isolation)) ではなく BOX まで達する DTI (Deep Trench Isolation) 602 により、他の素子と電氣的に分離された状態にレイアウトすることでラッチアップを防ぐことができる。

【0057】

30

上述のように、実施例 3 の超音波探触子では、第 1 のスイッチ素子 (SW3: 106) は、スイッチ回路 (101) の前記受信端子 (102) とグラウンド端子の間に接続されたトランジスタ (600) により構成される。受信端子 (102) の第 2 のインピーダンス (106) は、トランジスタ (600) により制御される。トランジスタ (600) は、SOI 基板 (604) 上に形成された FET により構成される。FET (600) は、DTI (602) で囲まれて電氣的に絶縁されている。

【0058】

実施例 3 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に起因した虚像を低減することができる。

【実施例 4】

40

【0059】

図 7 を参照して、実施例 4 の超音波送受切替方法について説明する。

図 7 は、超音波診断装置のシステム全体として送受切替ノイズの画像への影響を低減する画像取得方法を示している。

【0060】

送受切替ノイズによる受信飽和が対策されたとして、切替ノイズが画像に虚像として表示されるのを防ぐには、送受切替ノイズのデータをキャリブレーション用に予め取得しておき、これを実際の画像データから差し引けばよい。

【0061】

図 7 に示すように、まず、キャリブレーション用の Cal データを取得する (S700

50

）。

【0062】

次に、走査角、フォーカスに対応する遅延を設定し（S701）、送信は行わずに送受切替を行って（S702）、走査線の受信ビームデータを取得する（S703）。特に制限されないが、A/D変換器でデジタル化された走査線データを本体装置内のメモリに記憶する。

【0063】

次に、走査角を変えて全走査線のC a lデータを取得し（S704）、C a lデータ取得終了（S705）となる。特に制限されないが、このC a lデータ取得は送受切替ノイズだけを取得したいので、反射でエコーが返ってこないようプローブを空中に放置して行

10

【0064】

製品出荷前に一度C a lデータを取得して不揮発メモリに記憶しておけば、送受切替ノイズはIC内デバイスの経年劣化等を除けば常に同じである。よって、画像取得の度にC a lデータを取得する必要はない。

【0065】

次に、通常の送受信を行い、2D画像フレームあるいは3D画像ボリュームを取得する（S706）。

【0066】

走査線の受信ビームデータからC a lデータを差し引けば（S710）、送受切替ノイズが差し引かれた受信ビームデータが得られ、虚像を低減した画像が得られることになる。受信ビームデータからC a lデータの減算は、図7のように受信ビームデータ取得毎に行ってもよいし、全ビームデータを取得後に一括して行ってもよい。

20

【実施例5】

【0067】

図8を参照して、実施例5の超音波探触子の回路構成について説明する。

図1は受信低雑音増幅器111がシングルエンド入力、差動出力であったので、差動出力間にスイッチ（SW5）108を挿入することで出力を停止することができた。

【0068】

受信低雑音増幅器（LNA）がシングルエンド出力809の場合は、図8のように受信低雑音増幅器（LNA）の出力コモン電圧V C M O U T 8 1 0を用意しておき、出力を停止したい期間は受信低雑音増幅器（LNA）の出力809をV C M O U T 8 1 0にスイッチS W 5（808）でショートすればよい。

30

【0069】

受信低雑音増幅器（LNA）を差動出力とすることで信号の2次高調波歪を低減することが可能だが、一般に差動の回路構成とすれば消費電力が増加する。実施例5では、2次高調波歪は劣化するが、シングルエンド出力とすることで消費電力低減が可能となる。その他の構成は、図1に示す実施例1の超音波探触子の回路構成と同じなのでその説明は省略する。

【0070】

上述のように、実施例5の超音波探触子では、受信回路（803）の利得は、受信回路（803）のシングルエンド出力（809）を、直流出力コモン電圧（810）に接続された第2のスイッチ素子（808：SW5）により短絡することにより制御される。

40

【0071】

実施例5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に起因した虚像を低減することができる。

【実施例6】

【0072】

図9及び図10を参照して、実施例6の超音波診断装置の構成について説明する。

図9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とシステム構成を

50

示している。

【0073】

実施例6の超音波診断装置は、超音波探触子90と本体装置(MAIN)94を有する。超音波探触子90内には、各振動子(TD)91に対して送受信回路(Tx/Rx)92が配置され、受信信号は加算回路93により加算されて本体装置94内のAFE(アナログフロントエンド)95に送られる。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)96と呼ぶ。

【0074】

本体装置94内のプロセッサ(PU)97は、超音波探触子90内のIC制御論理回路(ICCTRL)98に制御信号を送り、IC制御論理回路98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。特に制限されないが、送信回路がリニア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、IC制御論理回路98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。

10

【0075】

図10にはサブアレイ内の構成が示されている。

1振動子あたりの送受信回路1000は、高耐圧MOSトランジスタで構成され高圧信号を生成し振動子(TD)1010を駆動する送信回路(Tx)1020、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(TRSW)1030、低圧系の受信低雑音増幅器(Low Noise Amplifier: LNA)1040、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)1050を有する。微小遅延回路で整相された受信信号は加算されて本体装置94に伝送される。

20

【0076】

制御信号群は、特に制限されないが論理回路で生成され、各送受信回路1000に分配される。配線布線本数を低減するため、TRSWONのみを布線し、各送受信回路1000内に論理回路を設けてVGVDD、GSHT、LNAMUTE制御信号をTRSWON信号から生成してもよい。

【0077】

上述のように、実施例6の超音波診断装置は、超音波探触子(90)と本体装置(94)とを有する。超音波探触子(90)は、複数の振動子(91)と、複数の振動子(91)の各々に対応して設けられ超音波を送信から受信に切り替える送受信回路(92)と、複数の送受信回路(92)の出力を加算する加算回路(93)と、送受切替の制御を行う制御回路(98)とを備える。本体装置(94)は、加算回路(93)の出力を受信して所定の制御信号を制御回路(98)に送信する。

30

【0078】

超音波探触子(90)は、図1に示すように、振動子(100)に接続されたスイッチ回路(101)と、スイッチ回路(101)に接続された受信回路(103)と、スイッチ回路(101)と受信回路の間に設けられた受信端子(102)に接続された第1のスイッチ素子(106:SW3)と、スイッチ回路(101)の制御端子(104)に接続された第1の抵抗素子(R0)と、受信回路(103)の内部に設けられた第2の抵抗素子(107:R1)と、受信回路(103)の内部に設けられた第2のスイッチ素子(108:SW5)と、を有する。

40

【0079】

図1及び図2に示すように、スイッチ回路(101)は、一対のMOSトランジスタで構成され、制御端子(104)は、MOSトランジスタのゲート制御端子を構成する。制御回路(98)は、ゲート制御端子(104)の第1のインピーダンス(105)、受信端子(102)の第2のインピーダンス(106)、受信回路(103)の時定数(107)及び受信回路の利得(108)の少なくとも2つ以上の要素が、送信期間(200)終了後の一定期間(201)、一定期間(201)経過後に生じる定常的な受信状態(2

50

０２）とは異なる状態（２０１の各信号の状態）を維持するように制御する。また、制御回路（９８）は、一定期間に維持される異なる状態（２０１の各信号の状態）において、一定振幅の飽和信号が出力されるように制御する。

【００８０】

上記実施例によれば、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に起因した虚像を低減することができる。また、送受切替ノイズが受信回路に入力されて受信回路が飽和することによる受信不能期間を短縮することができ、体表浅部からのエコー受信を可能とする。

【００８１】

このように、上記実施例によれば、虚像が少なく、体表浅部までを対象とした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することができる。 10

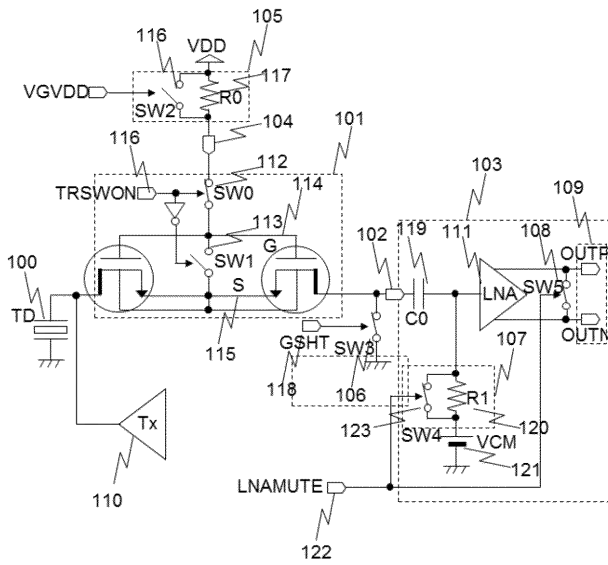
【符号の説明】

【００８２】

９０	超音波探触子	
９１	振動子（ＴＤ）	
９３	加算回路	
９４	本体装置（ＭＡＩＮ）	
９５	ＡＦＥ（アナログフロントエンド）	
９６	サブアレイ（ＳＵＢＡＲＲＡＹ）	
９７	プロセッサ（ＰＵ）	20
９８	ＩＣ制御論理回路（ＩＣ　ＣＴＲＬ）	
１００	振動子（ＴＤ）	
１０１	スイッチ回路（ＴＲＳＷ）	
１０６	スイッチ（ＳＷ３）	
１１０	送信回路（Ｔｘ）	
１１１	受信低雑音増幅器	
１１２	スイッチ（ＳＷ０）	
１１３	スイッチ（ＳＷ１）	
１１４	ゲート（Ｇ）	
１１５	ソース（Ｓ）	30
１１７	抵抗（Ｒ０）	
１１９	コンデンサ（Ｃ０）	
１２０	抵抗（Ｒ１）	
１２１	コモン電位（ＶＣＭ）	
１２３	スイッチ（ＳＷ４）	
５００	振動子（ＴＤ）	
５０１	スイッチ回路（ＴＲＳＷ）	
５０２	ＭＯＳトランジスタ（ＭＮ０）	
５０３	ＭＯＳトランジスタ（ＭＮ１）	
５０４	寄生容量	40
６００	ＮＭＯＳ	
６０１	ＰＭＯＳ	
６０２	ＤＴＩ	
６０３	埋め込み酸化膜	
８０８	スイッチＳＷ５	
８０９	シングルエンド出力	
８１０	出力コモン電圧（ＶＣＭＯＵＴ）	

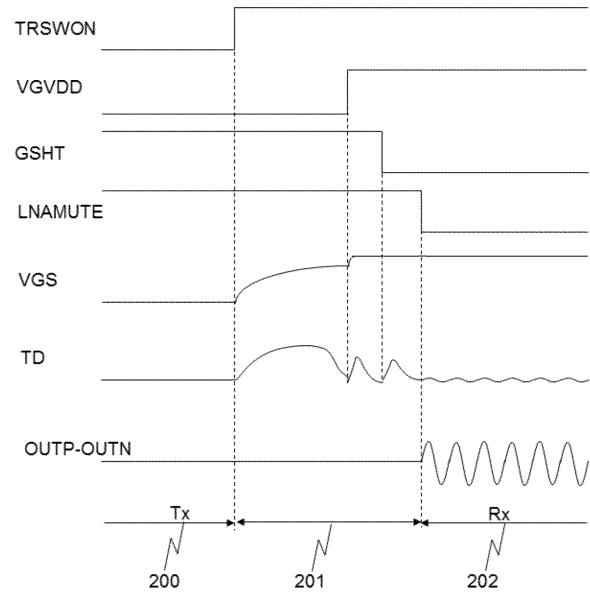
【図 1】

図1



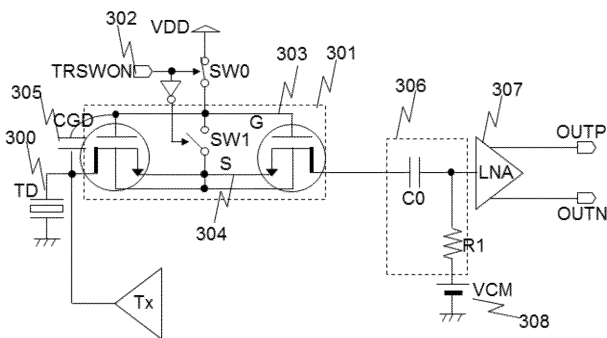
【図 2】

図2



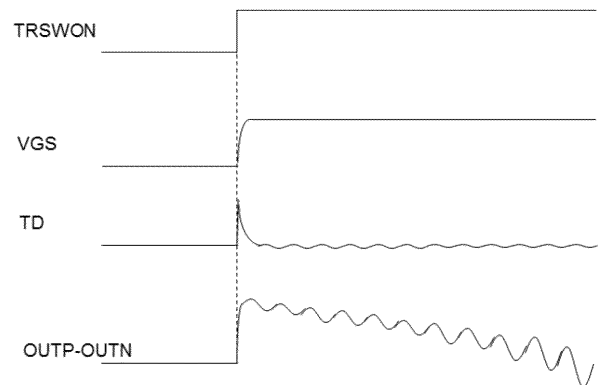
【図 3】

図3



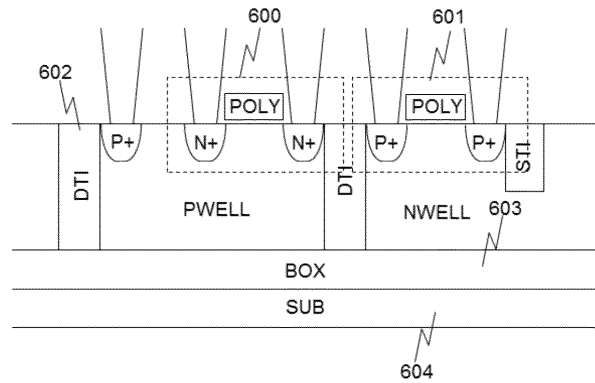
【図 4】

図4



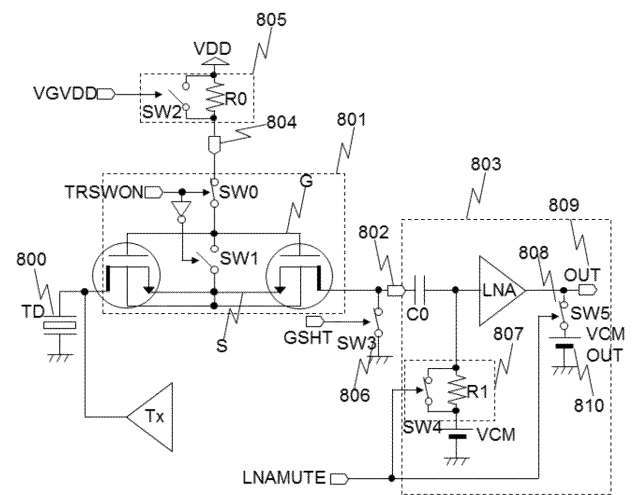
【 図 6 】

図6



【圖 8】

图8



【 図 1 0 】

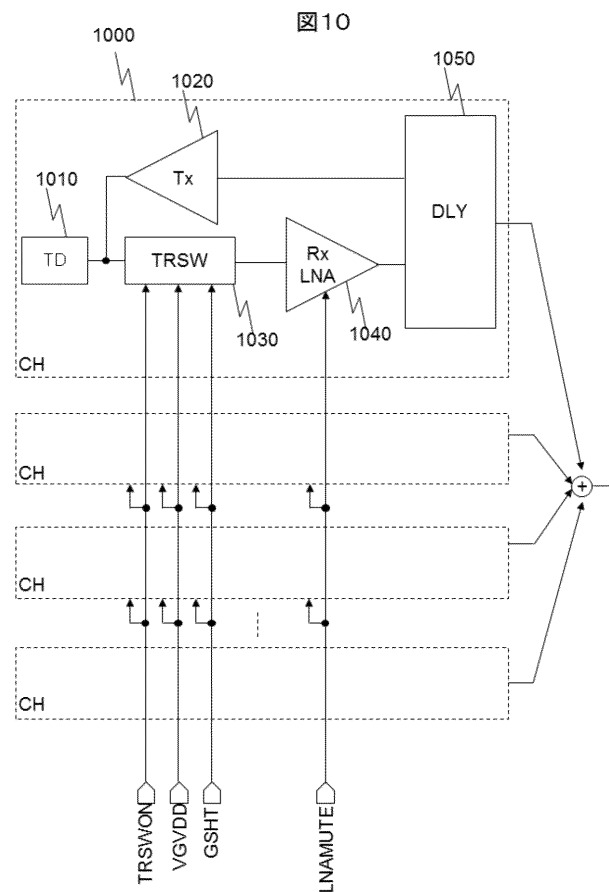
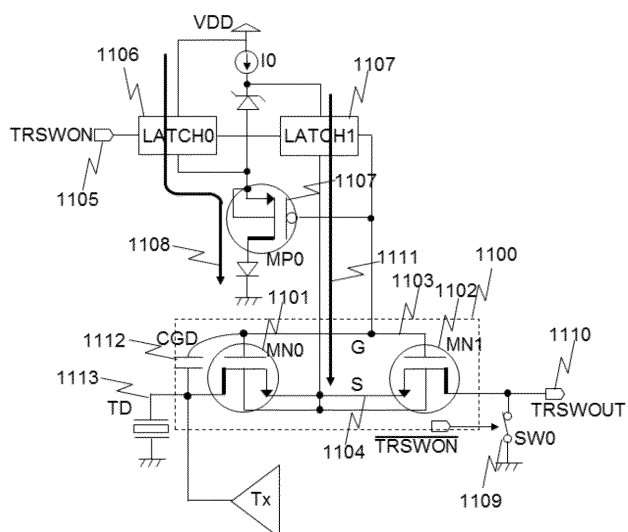


图 11



フロントページの続き

F ターム(参考) 5J055 AX22 BX05 CX00 DX13 DX22 DX72 DX83 EY01 EY10 EY21
EZ09 EZ50 GX01 GX02 GX03 GX04 GX07

专利名称(译)	超声波探头，超声波诊断装置以及超声波收发切换方法		
公开(公告)号	JP2020081451A	公开(公告)日	2020-06-04
申请号	JP2018221349	申请日	2018-11-27
[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 今川健吾 林昌宏		
发明人	梶山 新也 今川 健吾 林 昌宏		
IPC分类号	A61B8/14 H03K17/687 H03K17/16		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/54 A61B8/56 G01S7/52077		
FI分类号	A61B8/14 H03K17/687.G H03K17/16.D		
F-TERM分类号	4C601/EE02 4C601/EE10 4C601/GB22 4C601/HH01 5J055/AX22 5J055/BX05 5J055/CX00 5J055/DX13 5J055/DX22 5J055/DX72 5J055/DX83 5J055/EY01 5J055/EY10 5J055/EY21 5J055/EZ09 5J055/EZ50 5J055/GX01 5J055/GX02 5J055/GX03 5J055/GX04 5J055/GX07		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了有效地减少超声波诊断设备中超声波发射/接收切换产生的发射/接收切换噪声。连接至振动器100的开关电路101，连接至开关电路101的接收电路103，以及连接至设置在开关电路101与接收电路之间的接收端子102的第一连接端子。开关元件106，连接到开关电路101的控制端子104的第一电阻元件117，设置在接收电路103内部的第二电阻元件107以及接收电路103的内部。第二开关元件108。[选择图]图1

图 1

