

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6398616号
(P6398616)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14
G O 1 N 29/34 (2006.01) G O 1 N 29/34

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-222471 (P2014-222471)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成26年10月31日(2014.10.31)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-86957 (P2016-86957A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成28年5月23日(2016.5.23)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成29年10月3日(2017.10.3)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	新井 義雄
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	森口 正治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波測定装置及び超音波画像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波トランスデューサー素子と、

クロック信号に基づいて矩形波のパルス信号を出力するパルス信号出力回路と、

前記超音波トランスデューサー素子とインダクターと抵抗とからなる共振回路と、

を含む超音波測定装置であって、

前記共振回路は、前記パルス信号出力回路の出力ノードに接続され、

前記パルス信号出力回路は、前記パルス信号のパルス電圧及びパルス幅、パルス出力タイミングの少なくとも1つが異なる複数のパルス信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項2】

請求項1において、

前記パルス信号出力回路は、

第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス電圧で、第1パルス信号を出力し、

前記第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、前記第1パルス電圧と異なる第2パルス電圧で、第2パルス信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項3】

請求項2において、

前記第1パルス信号は、

正極又は負極のいずれか一方の極性である第 1 極性パルス信号であり、
前記第 2 パルス信号は、
前記一方と異なる他方の極性である第 2 極性パルス信号であり、
前記第 2 パルス電圧の絶対値は、
前記第 1 パルス電圧の絶対値よりも小さいことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、
前記パルス信号出力回路は、
第 1 パルス出力タイミングにおいて、第 1 パルス幅で、第 1 パルス信号を出力し、
前記第 1 パルス出力タイミングよりも後の第 2 パルス出力タイミングにおいて、前記第 10
1 パルス幅と異なる第 2 パルス幅で、第 2 パルス信号を出力することを特徴とする超音波
測定装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、
前記第 2 パルス幅は、
前記第 1 パルス幅よりも大きいことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 6】

請求項 2 乃至 5 のいずれかにおいて、
前記第 2 パルス信号は、
前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の共振振動抑制用のパルス信号であるこ 20
とを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 7】

請求項 2 乃至 5 のいずれかにおいて、
前記第 2 パルス信号は、
前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パルス信号であることを特
徴とする超音波測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 において、
前記パルス信号出力回路は、
第 1 パルス出力タイミングにおいて、第 1 パルス電圧及び第 1 パルス幅で、第 1 パルス 30
信号を出力し、
前記第 1 パルス出力タイミングよりも後の第 2 パルス出力タイミングにおいて、前記第
1 パルス電圧よりも絶対値が小さい第 2 パルス電圧で、前記第 1 パルス幅よりも長い第 2
パルス幅の第 2 パルス信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかにおいて、
前記パルス信号出力回路は、
第 1 期間において、1 又は複数の第 1 期間パルス信号を出力し、前記第 1 期間の後の第
2 期間において、前記パルス信号を出力せず、前記第 2 期間の後の第 3 期間において、第
3 期間パルス信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。 40

【請求項 10】

請求項 9 において、
前記パルス信号出力回路は、
前記第 3 期間において、前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パ
ルス信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかにおいて、
前記パルス信号出力回路は、
前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の波形の包絡線が正弦波形となるパルス
信号を出力することを特徴とする超音波測定装置。 50

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の超音波測定装置と、
送信した超音波に対する超音波エコーに基づいて生成された表示用画像データを表示する表示部と、
を含むことを特徴とする超音波画像装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波測定装置及び超音波画像装置等に関する。

【背景技術】

10

【0002】

被検体である人体の内部を検査するために用いる装置として、対象物に向けて超音波を出射し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信する超音波測定装置が注目されている。さらに、超音波測定装置は、内臓脂肪の測定や血流量の測定など、被検体の表層の画像診断にも応用されている。

【0003】

例えば超音波測定装置による測定を行って、Bモード画像を生成する際には、超音波エコー（受信波）の受信時の散乱ノイズを低減して、受信波におけるS/Nを向上させる必要がある。そのためには、例えば、超音波測定装置の超音波トランスデューサー素子に入力する送信信号に高調波成分が含まれないようにし、送信信号における過渡応答も短くすることが望ましい。

20

【0004】

そのような超音波測定装置に関連する発明として、特許文献1では、超音波トランスデューサー素子に入力する送信波を正弦波に近付ける手法が開示されている。また、特許文献2では、超音波トランスデューサー素子に入力する矩形波の駆動パルスのパルス幅を短くして、送信波の過渡応答を低減させる手法が開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開平11-56839号公報

30

【特許文献2】特開2010-194045号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかし、前述した特許文献1の手法を用いたとしても、パルサーから出力される一般的な送信駆動波形が矩形波であるため、送信波に高調波成分が含まれてしまう。特にハーモニクイメージングを用いる場合には、送信波に高調波成分が含まれてしまうと、受信波に含まれる高調波成分が、非線形効果による高調波成分か、送信波に含まれていた高調波成分に基づく高調波成分かを区別できなくなり、適切なBモード画像を生成できないという問題があった。

40

【0007】

また、前述した特許文献2の手法では、パルス電圧が一定のため、十分な制振作用を得ることが難しいという問題があった。

【0008】

本発明の幾つかの態様によれば、超音波トランスデューサー素子に入力する送信波の高調波成分を除去し、送信波の過渡応答を抑制することができる超音波測定装置及び超音波画像装置等を提供することができる。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明の一態様は、クロック信号に基づいて矩形波のパルス信号を出力するパルス信号

50

出力回路と、前記パルス信号出力回路の出力ノードに接続され、超音波トランスデューサー素子を有し、ローパスフィルターの周波数特性を有する共振回路と、を含み、前記パルス信号出力回路は、前記パルス信号のパルス電圧及びパルス幅、パルス出力タイミングの少なくとも1つが異なる複数のパルス信号を出力する超音波測定装置に係る。

【0010】

本発明の一態様では、パルス信号出力回路が、パルス信号のパルス電圧及びパルス幅、パルス出力タイミングの少なくとも1つが異なる複数のパルス信号を共振回路に出力し、入力された複数のパルス信号に基づく送信信号を超音波トランスデューサー素子に入力する。これにより、超音波トランスデューサー素子に入力する送信波の高調波成分を除去し、送信波の過渡応答を抑制することが可能となる。

10

【0011】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス電圧で、第1パルス信号を出力し、前記第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、前記第1パルス電圧と異なる第2パルス電圧で、第2パルス信号を出力してもよい。

【0012】

これにより、異なるタイミングにおいて、異なる電圧のパルス信号を出力して、送信波の振幅制御や過渡応答の抑制を図ること等が可能になる。

【0013】

また、本発明の一態様では、前記第1パルス信号は、正極又は負極のいずれか一方の極性である第1極性パルス信号であり、前記第2パルス信号は、前記一方と異なる他方の極性である第2極性パルス信号であり、前記第2パルス電圧の絶対値は、前記第1パルス電圧の絶対値よりも小さくてもよい。

20

【0014】

これにより、第2パルス信号に対応する送信波の振幅が、第1パルス信号に対応する送信波の振幅よりも大きくなることを抑制すること等が可能になる。

【0015】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス幅で、第1パルス信号を出力し、前記第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、前記第1パルス幅と異なる第2パルス幅で、第2パルス信号を出力してもよい。

30

【0016】

これにより、異なるタイミングにおいて、異なるパルス幅のパルス信号を出力して、送信波の振幅制御や過渡応答の抑制を図ること等が可能になる。

【0017】

また、本発明の一態様では、前記第2パルス幅は、前記第1パルス幅よりも大きくてもよい。

【0018】

これにより、例えば、送信波の振幅が第2パルス信号により負になった後に、共振振動により正極側に大きくなることを抑圧して、過渡応答を抑制すること等が可能になる。

40

【0019】

また、本発明の一態様では、前記第2パルス信号は、前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の共振振動抑制用のパルス信号であってもよい。

【0020】

これにより、送信信号の共振振動を抑制すること等が可能になる。

【0021】

また、本発明の一態様では、前記第2パルス信号は、前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パルス信号であってもよい。

【0022】

これにより、送信信号の残響（過渡応答）を抑制すること等が可能になる。

50

【0023】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス電圧及び第1パルス幅で、第1パルス信号を出力し、前記第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、前記第1パルス電圧よりも絶対値が小さい第2パルス電圧で、前記第1パルス幅よりも長い第2パルス幅の第2パルス信号を出力してもよい。

【0024】

これにより、第2パルス信号に対応する送信波の振幅が、第1パルス信号に対応する送信波の振幅よりも大きくなることを抑制し、かつ、送信波の振幅が第2パルス信号により負になった後に、共振振動により正極側に大きくなることを抑圧して、過渡応答を抑制すること等が可能になる。

10

【0025】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、第1期間において、1又は複数の第1期間パルス信号を出力し、前記第1期間の後の第2期間において、前記パルス信号を出力せず、前記第2期間の後の第3期間において、第3期間パルス信号を出力してもよい。

【0026】

これにより、電圧源の数を増やさずに、矩形波駆動の簡単なタイミング制御で、送信波形の包絡線を(略)正弦波曲線に近似させることができ、送信波の過渡応答を短くすること等が可能になる。

20

【0027】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、前記第3期間において、前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パルス信号を出力してもよい。

【0028】

これにより、送信信号の残響(過渡応答)を抑制すること等が可能になる。

【0029】

また、本発明の一態様では、前記パルス信号出力回路は、前記超音波トランスデューサー素子の送信信号の波形の包絡線が正弦波形となるパルス信号を出力してもよい。

【0030】

これにより、例えばハーモニックイメージングを行う場合に、送信波に含まれる高調波成分による反射波がなく、非線形効果による高調波成分のみで適切な画像生成を生成すること等が可能になる。

30

【0031】

また、本発明の他の態様は、超音波測定装置と、送信した超音波に対する超音波エコーに基づいて生成された表示用画像データを表示する表示部と、を含む超音波画像装置に係する。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】図1(A)、図1(B)は、本実施形態の超音波測定装置の送信回路の構成例。

【図2】パルサーの構成例。

40

【図3】第1の実施形態における第1の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図4】第1の実施形態における第1の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図。

【図5】第1の実施形態における第2の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図6】第1の実施形態における第2の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図。

【図7】パルサーの他の構成例。

【図8】第1の実施形態における第3の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図9】第1の実施形態における第3の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図。

【図10】第1の実施形態における第4の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図11】第1の実施形態における第4の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

50

【図 1 2】第 1 の実施形態における第 5 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 1 3】第 1 の実施形態における第 5 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 1 4】第 1 の実施形態における第 6 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 1 5】第 1 の実施形態における第 6 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 1 6】第 1 の実施形態における第 7 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 1 7】第 1 の実施形態における第 7 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 1 8】図 1 8 (A) ~ 図 1 8 (C) は、半波の送信波形の説明図。

10

【図 1 9】第 2 の実施形態における第 1 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 2 0】第 2 の実施形態における第 1 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 2 1】第 2 の実施形態における第 2 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 2 2】第 2 の実施形態における第 2 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 2 3】第 2 の実施形態における第 3 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

【図 2 4】第 2 の実施形態における第 3 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 2 5】第 2 の実施形態における第 4 の実施例のパルサー駆動方法の説明図。

20

【図 2 6】第 2 の実施形態における第 4 の実施例のパルサー出力波形と送信波形の説明図

。

【図 2 7】図 2 7 (A) ~ 図 2 7 (C) は、超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図 2 8】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図 2 9】図 2 9 (A)、図 2 9 (B) は、各チャンネルに対応して設けられる超音波トランスデューサー素子群の構成例。

【図 3 0】図 3 0 (A) ~ 図 3 0 (C) は、本実施形態の超音波画像装置の構成例。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 3 】

以下、本実施形態について説明する。なお、以下で説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

30

【 0 0 3 4 】

1. 概要

前述したように、例えば超音波測定装置による測定を行って、Bモード画像を生成する際には、超音波エコー（受信波）の受信時の散乱ノイズを低減して、受信波におけるS/Nを向上させる必要がある。そのためには、例えば、超音波測定装置の超音波トランスデューサー素子に inputs する送信信号（送信波）に高調波成分が含まれないようにし、送信信号における過渡応答も短くすることが望ましい。さらに、送信波における正極側の振幅の絶対値と負極側の振幅の絶対値が同じであれば、なお良い。

40

【 0 0 3 5 】

しかし、前述した特許文献 1 の手法では、パルサーから出力される一般的な送信駆動波形が矩形波であるため、送信波に高調波成分が含まれてしまう。特にハーモニクイメーキングを用いる場合には、送信波に高調波成分が含まれてしまうと、受信波に含まれる高調波成分が、非線形効果による高調波成分か、送信波に含まれていた高調波成分に基づく高調波成分かを区別できなくなり、適切なBモード画像を生成できない。また、前述した特許文献 2 の手法でも、パルス電圧が一定のため、十分な制振作用を得ることが難しい。

【 0 0 3 6 】

そこで以下で説明する本実施形態の超音波測定装置 1 0 0 は、図 1 (A) 又は図 1 (B) に示すように、クロック信号に基づいて矩形波のパルス信号を出力するパルス信号出力

50

回路（パルサー）110と、パルス信号出力回路110の出力ノードに（電氣的に）接続され、超音波トランスデューサー素子を有し、ローパスフィルター（LPF）の周波数特性を有する共振回路120と、を含む。

【0037】

そして、パルス信号出力回路110は、パルス信号のパルス電圧及びパルス幅、パルス出力タイミングの少なくとも1つが異なる複数のパルス信号を出力する。

【0038】

つまり、本実施形態では、パルス信号出力回路110が、パルス信号のパルス電圧及びパルス幅、パルス出力タイミングの少なくとも1つが異なる複数のパルス信号を共振回路120に出力し、共振回路120に入力された複数のパルス信号に基づく送信信号を超音波トランスデューサー素子に入力する。言い換えれば、矩形波駆動におけるパルス電圧、パルス幅及びパルス出力タイミングを制御して、過渡応答が短く、（略）正弦波の送信波を得る。これにより、超音波トランスデューサー素子に入力する送信波の高調波成分を除去し、送信波の過渡応答を抑制することができる。

【0039】

2. 第1の実施形態

2.1. システム構成例

次に、図1（A）及び図1（B）に本実施形態の超音波測定装置100に含まれる送信回路の構成例を示す。図1（A）及び図1（B）に示す送信回路は、パルサー110（パルス信号出力回路110）と、パルサー110の出力側にローパスフィルターを有する。また、前述したように、このローパスフィルターは、超音波トランスデューサー素子（振動素子）と共に、共振回路120を構成している。

【0040】

図1（A）には、容量成分Cを有する超音波トランスデューサー素子に対して、直列にインダクターLと、抵抗Rの受動素子を挿入することで、LCRのローパスフィルターを構成した例を示す。超音波トランスデューサー素子の容量成分Cもローパスフィルターの構成要素として機能する。また、ローパスフィルターを構成する上では、超音波トランスデューサー素子と並列に受動容量素子を挿入しても良いが、本例では説明の簡略化のために省略した。

【0041】

一方、図1（B）には、超音波トランスデューサー素子とインダクターLを直列に接続し、超音波トランスデューサー素子と抵抗Rを並列に接続してローパスフィルターを構成した例を示す。図1（A）及び図1（B）の両構成ともローパスフィルターとして、同様の機能を有する。なお、超音波測定装置100は、図1（A）及び図1（B）の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。

【0042】

また、図1（A）及び図1（B）に示すように、パルサー出力波POとは、パルサー110の出力信号であり、共振回路120に入力される信号である。また、送信波TPとは、パルサー出力波POに基づいて、超音波トランスデューサー素子に入力される信号である。

【0043】

次に、パルサー110の構成図を図2に示す。パルサー110は正の電源電圧 V_p に対応するスイッチ素子のP型MOSFET（TPF）と、負の電源電圧 V_n に対応するスイッチ素子のN型MOSFET（TNF）と、コントローラ121を有する。P型MOSFET（TPF）とN型MOSFET（TNF）のゲートトリガー信号は、コントローラ121を介して、駆動制御信号（ロジック信号）PINと駆動制御信号NINにより駆動制御され、正パルス、負パルスを形成して出力される。また、矩形波であるパルサー出力波POも、正パルス、負パルスを形成して出力される。なお、パルサー110は、例えば図7を用いて後述するように、様々な変形実施が可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

そして、超音波測定装置 1 0 0 は、共振回路 1 2 0 を構成する超音波トランスデューサー素子を複数有しており、複数の超音波トランスデューサー素子により、図 2 8 を用いて後述するような超音波トランスデューサーデバイスを構成している。

【 0 0 4 5 】

超音波トランスデューサーデバイスは、走査面に沿って対象物をスキャンしながら、対象物に対して超音波ビームを送信すると共に、超音波ビームを送信したことにより得られる超音波エコーを受信する。圧電素子を用いるタイプを例にとれば、超音波トランスデューサーデバイスは、複数の超音波トランスデューサー素子（超音波素子アレイ）と、複数の開口がアレイ状に配置された基板とを有する。そして、超音波トランスデューサー素子としては、薄手の圧電素子と金属板（振動膜）を貼り合わせたモノモルフ（ユニモルフ）構造を用いたものを用いる。超音波トランスデューサー素子（振動素子）は、電気的な振動を機械的な振動に変換するものであるが、この場合には、圧電素子が面内で伸び縮みすると貼り合わせた金属板（振動膜）の寸法はそのままであるため反りが生じる。従って、圧電体膜に交流電圧を印加することで、振動膜が膜厚方向に対して振動し、この振動膜の振動により超音波が放射される。なお、圧電体膜に印加される電圧は、例えば 1 0 ~ 3 0 V であり、周波数は例えば 1 ~ 1 0 M H z である。

10

【 0 0 4 6 】

また、超音波トランスデューサーデバイスでは、近隣に配置された数個の超音波トランスデューサー素子で一つのチャンネルを構成し、1 回に複数のチャンネルを駆動しながら、超音波ビームを順次移動させるものであってもよい。

20

【 0 0 4 7 】

なお、超音波トランスデューサーデバイスとしては、圧電素子（薄膜圧電素子）を用いるタイプのトランスデューサーを採用できるが、本実施形態はこれに限定されない。例えば c M U T (Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers) などの容量性素子を用いるタイプのトランスデューサーを採用してもよいし、バルクタイプのトランスデューサーを採用してもよい。超音波トランスデューサー素子及び超音波トランスデューサーデバイスのさらに詳細な説明については、後述する。

【 0 0 4 8 】

2 . 2 . 処理の詳細

30

次に、本実施形態の処理を詳細に説明する。まず、パルサー 1 1 0 の駆動方法及びパルサー出力波 P O 1 を図 3 に示し、パルサー出力波 P O 1 と超音波トランスデューサー素子へ入力する送信波 T P 1 を重ねて図 4 に示す。

【 0 0 4 9 】

図 3 の制御 C L K (クロック) は、駆動制御信号 P I N、N I N を生成する際にタイミングを取るもので、説明のために図示している。制御 C L K は超音波トランスデューサー素子を駆動する周波数 f_0 の 2 倍になっており、立ち上がりに同期して駆動制御信号を形成するものとしている。本例では、駆動制御信号 P I N と N I N を 1 C L K ごとに入力し、正パルス、負パルスの組み合わせによる 1 波の出力波形を形成している。正パルス電圧 V_p と負パルス電圧 V_n の絶対値の大きさは等しく、 $V_p = -V_n$ である。

40

【 0 0 5 0 】

このような駆動方法では、図 4 の送信波 T P 1 に示すように、最初の山のピーク値 V_{t_p} より、次の山のピーク値 V_{t_n} が大きくなってしまふ。また、図 4 の送信波 T P 1 では、大きく長い過渡応答 T R P が残ってしまう。これらは、この駆動方法が、ローパスフィルターの共振特性を利用するものであり、駆動パルスに加えて共振振動も働くために生じる。

【 0 0 5 1 】

そこで、本実施形態では、以下のような方法によって、振幅レベルの制御や過渡応答の抑制を図る。本実施形態の第 1 の実施例におけるパルサー 1 1 0 の駆動方法及びパルサー出力波 P O 2 を図 5 に示し、パルサー出力波 P O 2 と超音波トランスデューサー素子に入

50

力される送信波 TP 2 を重ねて図 6 に示す。

【 0 0 5 2 】

本例では、図 5 に示すパルサー出力波 PO 2 の負パルスの電圧レベルを $V_n / 2$ にする。これにより、図 6 の送信波 TP 2 における、最初の山のピーク値 V_{tp} と次の山のピーク値 V_{tn} の大きさがほぼ等しくなる。これは、負パルスによる駆動と共振振動により大きくなっていった図 4 に示す送信波 TP 1 のピーク値 V_{tn} を、負パルス電圧を小さくすることで抑圧したためである。

【 0 0 5 3 】

ここで、本実施形態の第 1 の実施例におけるパルサー 110 の回路構成を図 7 に示す。第 1 の実施例におけるパルサー 110 は、前述した図 2 に示す構成の他に、電源電圧 V_p と電源電圧 $V_p / 2$ が入力され、そのいずれかを選択するスイッチ SW_p と、電源電圧 V_n と電源電圧 $V_n / 2$ が入力され、そのいずれかを選択するスイッチ SW_n が設けられている。そして、スイッチ SW_p には、スイッチ SW_p を制御するパルサー制御信号 SWP が入力され、スイッチ SW_n には、スイッチ SW_n を制御するパルサー制御信号 SWN が入力される。

【 0 0 5 4 】

図 5 の例の場合には、スイッチ SW_n が、パルサー制御信号 SWN に基づいて、駆動制御信号 $NI N$ と同じタイミングで電源電圧 $V_n / 2$ を選択することで、パルサー 110 が、電圧 $V_n / 2$ のパルサー出力波を出力する。なお、図 7 では、電源電圧 $V_p / 2$ と電源電圧 $V_n / 2$ を外部電源としたが、電源電圧 V_p と電源電圧 V_n からパルサー内部で生成してもよい。

【 0 0 5 5 】

以上のように、第 1 の実施例では、パルス信号出力回路 110 が、第 1 パルス出力タイミングにおいて、第 1 パルス電圧で、第 1 パルス信号を出力し、第 1 パルス出力タイミングよりも後の第 2 パルス出力タイミングにおいて、第 1 パルス電圧と異なる第 2 パルス電圧で、第 2 パルス信号を出力する。

【 0 0 5 6 】

これにより、異なるタイミングにおいて、異なる電圧のパルス信号を出力して、送信波の振幅制御や過渡応答の抑制を図ること等が可能になる。

【 0 0 5 7 】

ここで、パルス出力タイミングは、クロック信号の立ち上がりタイミングを基準に規定される。例えば、クロック信号の同じ立ち上がりタイミングでパルス信号が出力されれば、2 つのパルス出力タイミングが、同じパルス出力タイミングであると言える。クロック信号の異なる立ち上がりタイミングでパルス信号が出力されれば、2 つのパルス出力タイミングが、異なるパルス出力タイミングであると言える。例えば図 5 の例において、第 1 パルス出力タイミングは、駆動制御信号 $PI N$ の立ち上がりタイミング T_1 であり、第 2 パルス出力タイミングは、駆動制御信号 $NI N$ の立ち上がりタイミング T_2 である。第 1 パルス出力タイミング T_1 と、第 2 パルス出力タイミング T_2 は、異なるパルス出力タイミングである。

【 0 0 5 8 】

また、第 1 パルス信号は、正極又は負極のいずれか一方の極性である第 1 極性パルス信号であり、第 2 パルス信号は、第 1 極性と異なる他方の極性である第 2 極性パルス信号である。そして、第 2 パルス電圧の絶対値は、第 1 パルス電圧の絶対値よりも小さい。

【 0 0 5 9 】

例えば図 5 の例において、第 1 パルス信号は、前述した第 1 パルス出力タイミング T_1 において出力された正極パルス信号（正パルス）であり、第 2 パルス信号は、前述した第 2 パルス出力タイミング T_2 において出力された負極パルス信号（負パルス）である。なお、この場合、第 1 極性は正極であり、第 2 極性は負極である。

【 0 0 6 0 】

さらに、図 5 の例では、第 1 パルス電圧は V_p であり、第 2 パルス電圧は $V_n / 2$ であ

10

20

30

40

50

る。また V_p と V_n の絶対値は等しいため、第2パルス電圧の絶対値が、第1パルス電圧の絶対値よりも小さい。

【0061】

これにより、第2パルス信号に対応する送信波の振幅が、第1パルス信号に対応する送信波の振幅よりも大きくなることを抑制すること等が可能になる。

【0062】

また、第2パルス信号は、超音波トランスデューサー素子の送信信号の共振振動抑制用のパルス信号であるとも言える。

【0063】

これにより、送信信号の共振振動を抑制すること等が可能になる。

10

【0064】

次に、本実施形態の第2の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO3を図8に示し、パルサー出力波PO3と超音波トランスデューサー素子に入力される送信波TP3を重ねて図9に示す。図5の第1の実施例では、負パルスの電圧レベルを $V_n/2$ にしたが、図8の第2の実施例では、さらに、電圧 $V_n/2$ の駆動制御信号NINを2CLK分にすることで、図9に示すように、送信波TP3における過渡応答を抑圧している。これは、共振振動により送信波の振幅が正極側に戻ろうとして、過渡応答が発生していたものを、負電圧をより長い時間かけることで抑圧したためである。ここで、2CLK分とは、駆動周期分 ($1/f_0$) にあたる。

【0065】

20

以上のように、第2の実施例では、パルス信号出力回路110が、第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス幅で、第1パルス信号を出力し、第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、第1パルス幅と異なる第2パルス幅で、第2パルス信号を出力する。この際に、第2パルス幅は、第1パルス幅よりも大きい。例えば、前述した図8及び図9の例では、第1パルス幅は、1CLK分であり、第2パルス幅は、2CLK分である。

【0066】

これにより、異なるタイミングにおいて、異なるパルス幅のパルス信号を出力して、送信波の振幅制御や過渡応答の抑制を図ること等が可能になる。例えば、送信波の振幅が第2パルス信号により負になった後に、共振振動により正極側に大きくなることを抑圧して、過渡応答を抑制すること等が可能になる。

30

【0067】

第2の実施例についてより詳しく言い直すと、パルス信号出力回路110は、第1パルス出力タイミングにおいて、第1パルス電圧及び第1パルス幅で、第1パルス信号を出力し、第1パルス出力タイミングよりも後の第2パルス出力タイミングにおいて、第1パルス電圧よりも絶対値が小さい第2パルス電圧で、第1パルス幅よりも長い第2パルス幅の第2パルス信号を出力する。

【0068】

これにより、第2パルス信号に対応する送信波の振幅が、第1パルス信号に対応する送信波の振幅よりも大きくなることを抑制し、かつ、送信波の振幅が第2パルス信号により負になった後に、共振振動により正極側に大きくなることを抑圧して、過渡応答を抑制すること等が可能になる。

40

【0069】

また、第2パルス信号は、超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パルス信号であるとも言える。

【0070】

これにより、送信信号の残響（過渡応答）を抑制すること等が可能になる。

【0071】

以上のように、矩形波駆動のパルス電圧、パルス幅を制御して、過渡応答が短く（略）正弦波の送信波を得ることができ、高調波成分を除去して、お引きも少なくなる送信波を

50

実現できる。またこれにより、ハーモニックイメージングでは、送信波に含まれる高調波成分による反射波がなく、非線形効果による高調波成分のみで適切な画像生成ができる。

【0072】

また、ローパスフィルタを構成した駆動方法は、共振振動を利用したものであり、パルサー110の出力電圧以上の送信電圧が得られる。そのため、低電圧で駆動できる超音波トランスデューサ素子であれば、通常の高電圧ロジックICや液晶ドライバーなどで駆動でき、バルクの超音波トランスデューサ素子を駆動する高電圧の高価なパルサーICを使わなくても済む。さらに、チャンネル数が多くなっても安価で回路規模も小さくできるという効果も有する。

【0073】

これまでは、1波の送信波を出力する例について説明したが、以下では、その他の波数の送信波を出力する例についても、続けて説明する。

【0074】

本実施形態の第3の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO4を図10に示し、パルサー出力波PO4と1.5波の送信波TP4を重ねて図11に示す。1.5波の送信波を出力する場合には、パルサー110が、電圧 V_p の正パルスを1CLK分出力した後に、電圧 $V_n/2$ の負パルスを1CLK分出力し、最後に、電圧 $V_p/2$ の正パルスを2CLK分出力する。これにより、図11に示すように、1.5波の(略)正弦波の送信波TP4を得ることができる。

【0075】

次に、本実施形態の第4の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO5を図12に示し、パルサー出力波PO5と2波の送信波TP5を重ねて図13に示す。2波の送信波を出力する場合には、パルサー110が、電圧 V_p の正パルスを1CLK分出力した後に、電圧 $V_n/2$ の負パルスを1CLK分出力し、さらに電圧 $V_p/2$ の正パルスを1CLK分出力し、最後に、電圧 $V_n/2$ の負パルスを2CLK分出力する。これにより、図13に示すように、2波の(略)正弦波の送信波TP5を得ることができる。

【0076】

同様に、3波以上の送信波についても、同構成の繰り返しで実現できる。また、これまでの説明では、正パルスから始まる動作を示してきたが、負パルスから始まる逆相の駆動波形でも同様に、最初の負パルスの電圧を V_n 、次の正パルスの電圧を $V_p/2$ として同様の繰り返しで形成できる。

【0077】

以上は、下式(1)で表されるローパスフィルタのカットオフ周波数 f_c が、駆動周波数 f_0 と等しくなるように、インダクタ L を設定し、減衰係数 α がおよそ0.2となるように抵抗 R を設定した場合の好適な駆動方法である。

【0078】

【数1】

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots \quad (1)$$

その場合には、 L は、下式(2)により設定され、図1(A)の構成における R は、下式(2)により、図1(B)の構成における R は、下式(2)により設定される。

【0079】

【数2】

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C f_0^2} \quad \dots \quad (2)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

【 数 3 】

$$R = 0.4 \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \dots \quad (3)$$

【 0 0 8 1 】

【 数 4 】

$$R = 2.5 \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \dots \quad (4)$$

10

この条件では、図 7 で示したように正極側電源と負極側電源がそれぞれ 2 段で構成でき、シンプルな回路構成で実現できる。

【 0 0 8 2 】

次に、減衰係数を上記の条件より小さくして振幅を大きくした場合と、逆に減衰係数を大きくして振幅を抑えた場合の駆動方法について、本実施形態の実施例を説明する。

【 0 0 8 3 】

次に、本実施形態の第 5 の実施例におけるパルサー 1 1 0 の駆動方法及びパルサー出力波 P O 6 を図 1 4 に示し、パルサー出力波 P O 6 と 2 波の送信波 T P 6 を重ねて図 1 5 に示す。本例では、減衰係数を約 0 . 1 に設定している。

20

【 0 0 8 4 】

図 1 5 の送信波 T P 6 のピーク値 $V_{t p a}$ 、 $V_{t n a}$ は、図 1 3 の送信波 T P 5 のピーク値 $V_{t p}$ 、 $V_{t n}$ と比較して、減衰係数を小さくしたことで絶対値がより大きくなっている。本例では、共振振幅が大きくなったことにより、正負の送信振幅を揃えるために、図 1 4 に示すように、2 パルス目以降のパルス電圧を、図 1 2 の第 4 の実施例の $V_p / 2$ 、 $V_n / 2$ より絶対値の小さい $V_p / 3$ 、 $V_n / 3$ としている。また、より大きな振幅の過渡応答を抑圧するために、最後のパルス電圧を、 $V_n / 3$ よりも絶対値が大きい $2 V_n / 3$ としている。これにより、減衰係数を小さくした場合でも、2 波の過渡応答を抑えた（略）正弦波の送信波を得ることができる。

30

【 0 0 8 5 】

次に、本実施形態の第 6 の実施例におけるパルサー 1 1 0 の駆動方法及びパルサー出力波 P O 7 を図 1 6 に示し、パルサー出力波 P O 7 と 2 波の送信波 T P 7 を重ねて図 1 7 に示す。本例では、減衰係数を約 0 . 3 に設定している。

【 0 0 8 6 】

図 1 7 の送信波 T P 7 のピーク値 $V_{t p d}$ 、 $V_{t n b}$ は、図 1 3 の送信波 T P 5 のピーク値 $V_{t p}$ 、 $V_{t n}$ と比較して、減衰係数を大きくしたことで絶対値がより小さくなっている。本例では、共振振幅が小さくなったことにより、正負の送信振幅を揃えるために、図 1 6 に示すように、2 パルス目以降のパルス電圧を、図 1 2 で示す $V_p / 2$ 、 $V_n / 2$ より絶対値の大きい $2 V_p / 3$ 、 $2 V_n / 3$ としている。また、過渡応答の振幅が小さくなるため、最後のパルス電圧を小さくして $V_n / 3$ としている。これにより、減衰係数を大きくした場合でも、2 波の過渡応答を抑えた（略）正弦波の送信波を得ることができる。

40

【 0 0 8 7 】

以上のように、2 パルス目以降のパルス電圧と、最後に付加したパルス電圧値を最適化することで、構成したローパスフィルターの減衰係数に対応して、過渡応答を抑えた（略）正弦波の送信波を得ることができる。なお、これらの場合のパルサー 1 1 0 の構成は図示しないが、正側電源と負側電源がそれぞれ 3 段の電源で構成される。

50

【 0 0 8 8 】

次に、半波（0.5波）の送信波を出力する場合の第7の実施例について説明する。図18（A）～図18（C）は、本実施例のパルサー出力波形（P08～P010）と超音波トランスデューサー素子に入力される送信波形（TP8～TP10）を重ねて示す図である。図18（A）は減衰係数がおよそ0.3、図18（B）は減衰係数がおよそ0.2、図18（C）は減衰係数がおよそ0.1の場合である。

【 0 0 8 9 】

半波の場合には、過渡応答を抑圧するパルスを追加しており、図18（A）では図16の最後のパルスに相当する逆電圧（ $V_p / 3$ ）、図18（B）では図12の最後のパルスに相当する逆電圧（ $V_p / 2$ ）、図18（C）では図14の最後のパルスに相当する逆電圧（ $2V_p / 3$ ）になっている。このように、最後に付加したパルス電圧値を最適化することで、構成したローパスフィルターの減衰係数に対応して、過渡応答を抑えた（略）正弦波の半波送信波を得ることができる。

10

【 0 0 9 0 】

3. 第2の実施形態

前述した第1の実施形態では、送信波形自体を正弦波曲線に近似させたが、本実施形態では、送信波形の包絡線を正弦波曲線に近似させることにより、送信波のハーモニック成分を抑圧する。

【 0 0 9 1 】

これまでに、同様のアプローチにより送信波形を生成する方法が考案されていたが、従来の手法では、制御方法が難しかったり、電圧源がいくつも必要であったりするという問題があった。

20

【 0 0 9 2 】

そこで、本実施形態では、電圧源の数を所定数よりも増やさずに、矩形波駆動の簡単なタイミング制御で、送信波形の包絡線を（略）正弦波曲線に近似させる。これにより、送信波の過渡応答を短くする。

【 0 0 9 3 】

本実施形態のシステム構成例は、図1（A）及び図1（B）を用いて前述した構成と同様である。また、パルサー110の構成も、図2又は図7等を用いて前述した構成と同様である。

30

【 0 0 9 4 】

次に、本実施形態の処理を詳細に説明する。まず、第1の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波P011を図19に示し、パルサー出力波P011と超音波トランスデューサー素子へ入力する送信波TP11を重ねて図20に示す。

【 0 0 9 5 】

本実施例では、図20に示すように、2.5波の送信波形TP11の包絡線EV1が（略）正弦波曲線となる場合について説明する。なお、上式（1）で表されるローパスフィルターのカットオフ周波数 f_c が、駆動周波数 f_0 と等しくなるように、図1（A）又は図1（B）のインダクターLを設定している。

【 0 0 9 6 】

本例では、図19に示すように、電圧が順に $V_p - V_n - V_p$ となる連続したパルス信号を印加することで、図20に示すように、共振作用により送信波TP11のピーク値を、順に $V_{p1} - V_{n1} - V_{p2}$ にする。その後、パルス電圧を印加しない期間があるため、共振減衰で送信波TP11のピーク値が小さくなり、順に $V_{n2} - V_{p3}$ となる。この時、 $V_{p1} - V_{p3}$ 、 $V_{n1} - V_{n2}$ となるように、図1（A）又は図1（B）の抵抗Rを設定し、共振の減衰係数を最適化している。一般に、所望の減衰係数 α に対して抵抗Rは、図1（A）では、下式（5）により、図2（B）では、下式（6）により表される。

40

【 0 0 9 7 】

【数5】

$$R = 2\zeta \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \dots \quad (5)$$

【0098】

【数6】

$$R = \frac{1}{2\zeta \sqrt{\frac{C}{L}}} \quad \dots \quad (6)$$

10

このままでは、最後に共振残響振動が残ってしまうので、それを抑圧する方向の正パルスを最後にかけることで、過渡応答を最小限に抑えている。

【0099】

以上の第1の実施例についてまとめると、パルス信号出力回路110は、第1期間において、1又は複数の第1期間パルス信号を出力し、第1期間の後の第2期間において、パルス信号を出力せず、第2期間の後の第3期間において、第3期間パルス信号を出力する。

20

【0100】

例えば図19の例において、第1期間は、T1で示す期間であり、電圧が $V_p - V_n - V_p$ となる連続したパルス信号が、複数の第1期間パルス信号である。また、第2期間は、T2で示す期間であり、第2期間ではパルス信号を出力しない。

【0101】

そして第3期間は、T3で示す期間であり、パルス信号出力回路110は、第3期間において、超音波トランスデューサー素子の送信信号の残響抑制用パルス信号を出力する。

【0102】

これにより、送信信号の残響（過渡応答）を抑制すること等が可能になる。

30

【0103】

第1期間～第3期間の各期間は、パルス出力タイミングと同様に、クロック信号の立ち上がりタイミングに基づいて規定される。第1期間～第3期間の各期間は、クロック信号の第1立ち上がりタイミングから、第1立ち上がりタイミングよりも後の第2立ち上がりタイミングまでの期間である。各期間の長さは任意である。

【0104】

以上のように、本実施形態では、電圧源の数を増やさずに、矩形波駆動の簡単なタイミング制御で、送信波形の包絡線を（略）正弦波曲線に近似させることができ、送信波の過渡応答を短くすることができる。

【0105】

言い換えれば、パルス信号出力回路110は、超音波トランスデューサー素子の送信信号の波形の包絡線が正弦波形となるパルス信号を出力する。

40

【0106】

これにより、例えばハーモニクイメージングを行う場合に、送信波に含まれる高調波成分による反射波がなく、非線形効果による高調波成分のみで適切な画像生成を生成すること等が可能になる。

【0107】

また、本実施形態においても、ローパスフィルタを構成した駆動方法は、共振振動を利用したものであり、パルサー110の出力電圧以上の送信電圧が得られる。そのため、低電圧で駆動できる超音波トランスデューサー素子であれば、通常の高電圧ロジックIC

50

や液晶ドライバーなどで駆動でき、バルクの超音波トランスデューサー素子を駆動する高電圧の高価なパルサーICを使わなくても済み、チャンネル数が多くなっても安価で回路規模も小さくできるという効果も有する。

【0108】

次に、第2の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO12を図21に示し、パルサー出力波PO12と超音波トランスデューサー素子へ入力する送信波TP12を重ねて図22に示す。

【0109】

本実施例では、図22に示すように、3.5波の送信波形TP12の包絡線EV2が(略)正弦波曲線となる場合について説明する。なお、前述した第1の実施例と同様に、ローパスフィルターのカットオフ周波数 f_c が、駆動周波数 f_0 と等しくなるように、図1(A)又は図1(B)のインダクタLを設定している。

【0110】

本例では、図21に示すように、電圧が順に $V_p - V_n - V_p - V_n$ となる連続したパルス信号を印加することで、図22に示すように、共振作用により送信波TP12のピーク値を、順に $V_{p1} - V_{n1} - V_{p2} - V_{n2}$ にする。その後、パルス電圧を印加しない期間があるため、共振減衰で送信波TP12のピーク値が小さくなり、順に $V_{p3} - V_{n3} - V_{p4}$ となる。この時、 $V_{p1} - V_{p4}$ 、 $V_{n1} - V_{n3}$ 、 $V_{p2} - V_{p3}$ となるように、図1(A)又は図1(B)の抵抗Rを設定し、共振の減衰係数を最適化する。

【0111】

また、このままでは、最後に共振残響振動が残ってしまうので、それを抑圧する方向の電圧 V_p の正パルスを最後にかけることで、過渡応答を抑圧してダンピングを最小限に抑えている。このように、波数を増やしても、第1の実施例と同様の効果を有する。

【0112】

以上の実施例は、送信波数が2.5波及び3.5波の例であったが、以下では2波、3波など波数が整数となる実施例について説明する。

【0113】

ここで、第3の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO13を図23に示し、パルサー出力波PO13と超音波トランスデューサー素子へ入力する送信波TP13を重ねて図24に示す。

【0114】

本実施例では、図24に示すように、2波の送信波形TP13の包絡線EV3が(略)正弦波曲線となる場合について説明する。なお、上式(1)で表されるローパスフィルターのカットオフ周波数 f_c が、駆動周波数 f_0 と等しくなるように、図1(A)又は図1(B)のインダクタLを設定している。また、第3の実施例では、図7に示す構成のパルサー110を用いる。

【0115】

本例では、図23に示すように、電圧が順に $V_p - V_n$ となる連続したパルス信号を印加することで、図24に示すように、共振作用により送信波TP13のピーク値を、順に $V_{p1} - V_{n1}$ にする。また、 $V_{p2} - V_{n1}$ にするために、さらに連続して、電圧 $V_p / 2$ の正パルスを印加する。その後、パルス電圧を印加しない期間を経て、共振残響振動を抑圧する方向の負パルス $V_n / 2$ を最後に印加する。これにより、共振減衰で送信波TP11のピーク値が小さくなり、順に $V_{p2} - V_{n2}$ となる。この時、 $V_p / 2 = -V_n / 2$ となり、かつ、 $V_{p2} - V_{n1}$ 、 $V_{p1} - V_{n2}$ となるように、図1(A)又は図1(B)の抵抗Rを設定し、共振の減衰係数を最適化する。

【0116】

この場合、パルサー110の電圧源を、図2の構成のパルサー110から少なくとも1つ増やすだけで、送信波形の包絡線EV3が(略)正弦波曲線となる送信波を得ることができる。以上により、第1の実施例と同様の効果を有する。

【0117】

10

20

30

40

50

次に、第4の実施例におけるパルサー110の駆動方法及びパルサー出力波PO14を図25に示し、パルサー出力波PO14と超音波トランスデューサー素子へ入力する送信波TP14を重ねて図26に示す。本実施例では、図26に示すように、3波の送信波形TP14の包絡線EV4が(略)正弦波曲線となる場合について説明する。

【0118】

本例では、図25に示すように、電圧が順に $V_p - V_n - V_p$ となる連続したパルス信号を印加することで、図26に示すように、共振作用により送信波TP14のピーク値を、順に $V_{p1} - V_{n1} - V_{p2}$ にする。また、 $V_{p2} - V_{n2}$ にするために、さらに連続して、電圧 $2V_n/3$ の負パルスを印加する。その後、パルス電圧を印加しない期間を経て、共振残響振動を抑圧する方向の負パルス $2V_n/3$ を最後に印加する。これにより、共振減衰で送信波TP14のピーク値が小さくなり、順に $V_{p3} - V_{n3}$ となる。この時、 $2V_p/3 = -2V_n/3$ となり、かつ、 $V_{p2} - V_{n2}$ 、 $V_{p1} - V_{n3}$ 、 $V_{p3} - V_{n1}$ となるように、図1(A)又は図1(B)の抵抗Rを設定し、共振の減衰係数を最適化する。

10

【0119】

この場合、第3の実施例とはパルサー110に印加する電圧値が異なるが、パルサー110の電圧源を、図2の構成のパルサー110から少なくとも1つ増やすだけで、送信波形の包絡線EV4が(略)正弦波曲線となる送信波を得ることができる。以上により、第1の実施例と同様の効果を有する。

【0120】

4. 超音波トランスデューサー素子

図27(A)~図27(C)に、超音波トランスデューサーデバイスの超音波トランスデューサー素子10の構成例を示す。この超音波トランスデューサー素子10は、振動膜(メンブレン、支持部材)50と圧電素子部とを有する。圧電素子部は、第1電極層(下部電極)21、圧電体層(圧電体膜)30、第2電極層(上部電極)22を有する。

20

【0121】

図27(A)は、基板(シリコン基板)60に形成された超音波トランスデューサー素子10の、素子形成面側の基板60に垂直な方向から見た平面図である。図27(B)は、図27(A)のA-A'に沿った断面を示す断面図である。図27(C)は、図27(A)のB-B'に沿った断面を示す断面図である。

30

【0122】

第1電極層21は、振動膜50の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第1電極層21は、図27(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

【0123】

圧電体層30は、例えばPZT(ジルコン酸チタン酸鉛)薄膜により形成され、第1電極層21の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層30の材料は、PZTに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛($PbTiO_3$)、ジルコン酸鉛($PbZrO_3$)、チタン酸鉛ランタン($(Pb, La)TiO_3$)などを用いてもよい。

【0124】

第2電極層22は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層30の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第2電極層22は、図27(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

40

【0125】

振動膜(メンブレン)50は、例えばSiO₂薄膜とZrO₂薄膜との2層構造により開口40を塞ぐように設けられる。この振動膜50は、圧電体層30及び第1、第2電極層21、22を支持すると共に、圧電体層30の伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

【0126】

50

開口40は、基板60（シリコン基板）の裏面（素子が形成されない面）側から反応性イオンエッチング（RIE）等によりエッチングすることで形成される。この開口40の開口部45のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層30側（図27（A）において紙面奥から手前方向）に放射される。

【0127】

超音波トランスデューサー素子10の下部電極（第1電極）は、第1電極層21により形成され、上部電極（第2電極）は、第2電極層22により形成される。具体的には、第1電極層21のうちの圧電体層30に覆われた部分が下部電極を形成し、第2電極層22のうちの圧電体層30を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層30は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

10

【0128】

5．超音波トランスデューサーデバイス

図28に、超音波トランスデューサーデバイス（素子チップ）の構成例を示す。本構成例の超音波トランスデューサーデバイスは、複数の超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64、駆動電極線DL1～DL64（広義には第1～第nの駆動電極線。nは2以上の整数）、コモン電極線CL1～CL8（広義には第1～第mのコモン電極線。mは2以上の整数）を含む。なお、駆動電極線の本数（n）やコモン電極線の本数（m）は、図28に示す本数には限定されない。

【0129】

複数の超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64は、第2の方向D2（スキャン方向）に沿って64列に配置される。UG1～UG64の各超音波トランスデューサー素子群は、第1の方向D1（スライス方向）に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する。

20

【0130】

図29（A）に、超音波トランスデューサー素子群UG（UG1～UG64）の例を示す。図29（A）では、超音波トランスデューサー素子群UGは第1～第4の素子列により構成される。第1の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE11～UE18により構成され、第2の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE21～UE28により構成される。第3の素子列（UE31～UE38）、第4の素子列（UE41～UE48）も同様である。これらの第1～第4の素子列には、駆動電極線DL（DL1～DL64）が共通接続される。また、第1～第4の素子列の超音波トランスデューサー素子にはコモン電極線CL1～CL8が接続される。

30

【0131】

そして、図29（A）の超音波トランスデューサー素子群UGが、超音波トランスデューサーデバイスの1チャンネルを構成する。即ち、駆動電極線DLが1チャンネルの駆動電極線に相当し、送信回路からの1チャンネルの送信信号は駆動電極線DLに入力される。また、駆動電極線DLからの1チャンネルの受信信号は駆動電極線DLから出力される。なお、1チャンネルを構成する素子列数は図29（A）のような4列には限定されず、4列よりも少なくてもよいし、4列よりも多くてもよい。例えば図29（B）に示すように、素子列数は1列であってもよい。

40

【0132】

図28に示すように、駆動電極線DL1～DL64（第1～第nの駆動電極線）は、第1の方向D1に沿って配線される。駆動電極線DL1～DL64のうちの第j（jは1≦j≦nである整数）の駆動電極線DLj（第jのチャンネル）は、第jの超音波トランスデューサー素子群UGjの超音波トランスデューサー素子が有する第1の電極（例えば下部電極）に接続される。

【0133】

超音波を出射する送信期間には、送信信号VT1～VT64が駆動電極線DL1～DL64を介して超音波トランスデューサー素子に供給される。また、超音波エコー信号を受

50

信する受信期間には、超音波トランスデューサー素子からの受信信号VR1～VR64が駆動電極線DL1～DL64を介して出力される。

【0134】

コモン電極線CL1～CL8（第1～第mのコモン電極線）は、第2の方向D2に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極は、コモン電極線CL1～CL8のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図28に示すように、コモン電極線CL1～CL8のうちの第i（iは1 ≤ i ≤ mである整数）のコモン電極線CLiは、第i行に配置される超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極（例えば上部電極）に接続される。コモン電極線CL1～CL8には、コモン電圧VCOMが供給される。このコモン電圧VCOMは一定の直流電圧であればよく、0V、即ちグランド電位（接地電位）でなくてもよい。ただし、本実施形態はそれに限定されず、例えば超音波トランスデューサー素子毎にまとめたコモン電極線を、それぞれ超音波トランスデューサー素子毎に引き出して、コモン電圧VCOMに直接接続しても良い。

10

【0135】

そして送信期間では、送信信号電圧とコモン電圧との差の電圧が超音波トランスデューサー素子に印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

【0136】

なお、超音波トランスデューサー素子の配置は、図28に示すマトリックス配置に限定されず、いわゆる千鳥配置等であってもよい。

【0137】

また図29（A）及び図29（B）では、1つの超音波トランスデューサー素子が送信素子及び受信素子の両方に兼用される場合について示したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば送信素子用の超音波トランスデューサー素子、受信素子用の超音波トランスデューサー素子を別々に設けて、アレイ状に配置してもよい。

20

【0138】

6．超音波画像装置

本実施形態の超音波画像装置は、前述した超音波測定装置100と、送信した超音波に対する超音波エコーに基づいて生成された表示用画像データを表示する表示部300と、を含む。表示部300は、例えば液晶ディスプレイや有機ELディスプレイ、電子ペーパーなどにより実現できる。

30

【0139】

ここで、本実施形態の超音波画像装置（広義には電子機器）の具体的な機器構成の例を図30（A）～図30（C）に示す。図30（A）はハンディタイプの超音波画像装置の例であり、図30（B）は据置タイプの超音波画像装置の例である。図30（C）は超音波プローブ200が本体に内蔵された一体型の超音波画像装置の例である。

【0140】

図30（A）、図30（B）の超音波画像装置は、超音波プローブ200と超音波測定装置100を含み、超音波プローブ200と超音波測定装置100はケーブル210により接続される。超音波プローブ200の先端部分には、プローブヘッド220が設けられており、超音波測定装置本体100には、画像を表示する表示部300が設けられている。図30（C）では、表示部300を有する超音波画像装置に超音波プローブ220が内蔵されている。図30（C）の場合、超音波画像装置は、例えばスマートフォンなどの汎用の携帯情報端末により実現できる。

40

【0141】

なお、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等は、その処理の一部または大部分をプログラムにより実現してもよい。この場合には、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することで、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等が実現される。具体的には、非一時的な情報記憶装置に記憶されたプログラムが読み出され、読み出されたプログラムをCPU等のプロセッサが実行する。ここで、情報記憶装置（コンピュータにより読み取り可能な装置）は、プログラムやデータなどを格納するものであり

50

、その機能は、光ディスク（DVD、CD等）、HDD（ハードディスクドライブ）、或いはメモリー（カード型メモリー、ROM等）などにより実現できる。そして、CPU等のプロセッサは、情報記憶装置に格納されるプログラム（データ）に基づいて本実施形態の種々の処理を行う。即ち、情報記憶装置には、本実施形態の各部としてコンピューター（操作部、処理部、記憶部、出力部を備える装置）を機能させるためのプログラム（各部の処理をコンピューターに実行させるためのプログラム）が記憶される。

【0142】

また、本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置等は、プロセッサとメモリーを含んでも良い。ここでのプロセッサは、例えばCPU（Central Processing Unit）であってもよい。ただし、プロセッサはCPUに限定されるものではなく、GPU（Graphics Processing Unit）、或いはDSP（Digital Signal Processor）等、各種プロセッサを用いることが可能である。また、プロセッサはASIC（Application Specific Integrated Circuit）によるハードウェア回路でもよい。また、メモリーはコンピューターにより読み取り可能な命令を格納するものであり、当該命令がプロセッサにより実行されることで、本実施形態に係る超音波測定装置及び超音波画像装置等の各部が実現されることになる。ここでのメモリーは、SRAM（Static Random Access Memory）、DRAM（Dynamic Random Access Memory）などの半導体メモリーであってもよいし、レジスタやハードディスク等でもよい。また、ここでの命令は、プログラムを構成する命令セットの命令でもよいし、プロセッサのハードウェア回路に対して操作を指示する命令であってもよい。

【0143】

以上のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、超音波測定装置及び超音波画像装置の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

【符号の説明】

【0144】

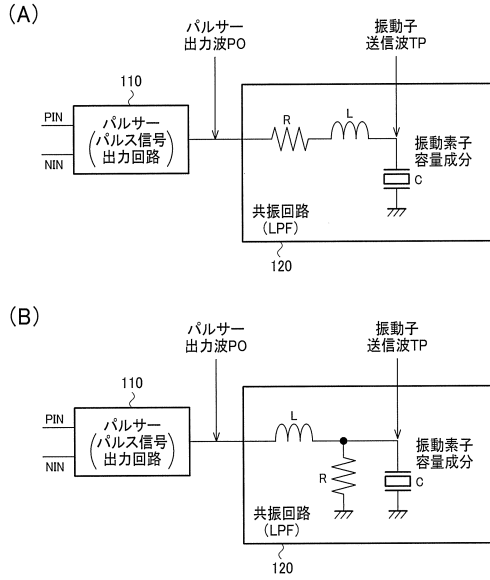
10 超音波トランスデューサー素子、21 第1電極層、22 第2電極層、
30 圧電体層、40 開口、45 開口部、50 振動膜、60 基板、
100 超音波測定装置、110 パルス信号出力回路（パルサー）、120 共振回路、
121 コントローラー

10

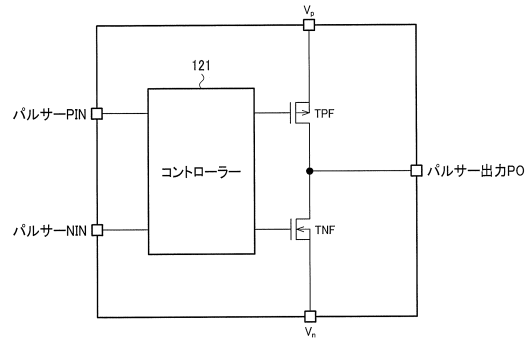
20

30

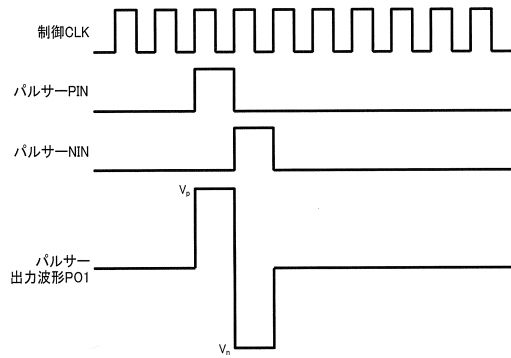
【図1】



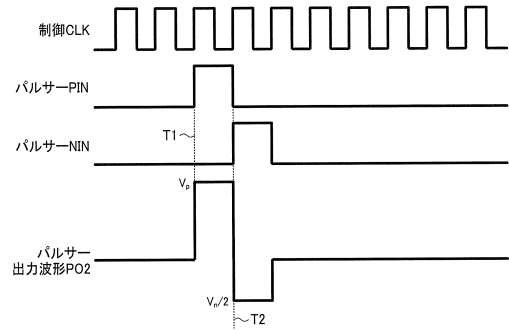
【図2】



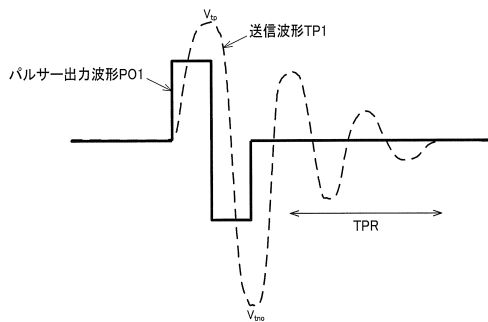
【図3】



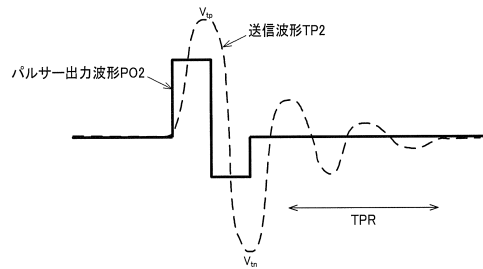
【図5】



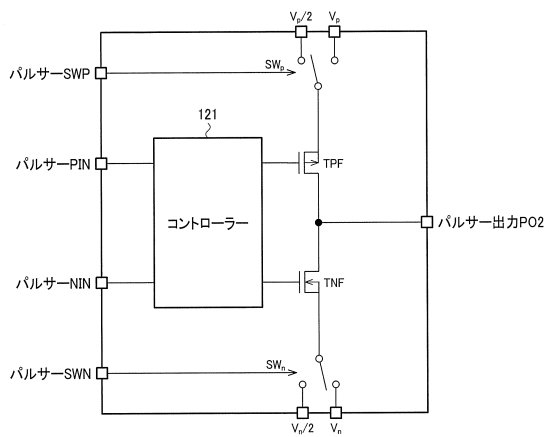
【図4】



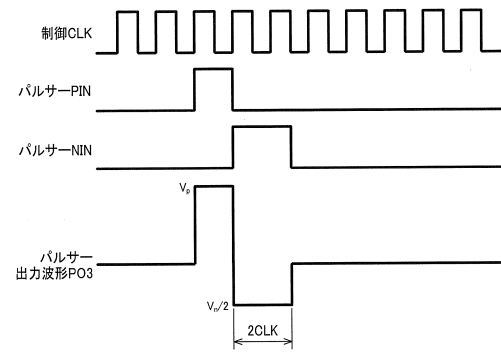
【図6】



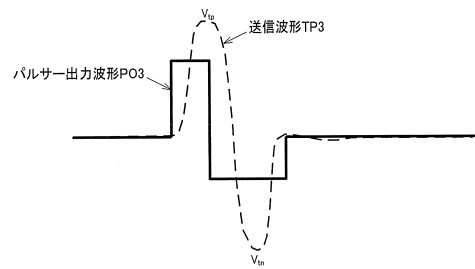
【図7】



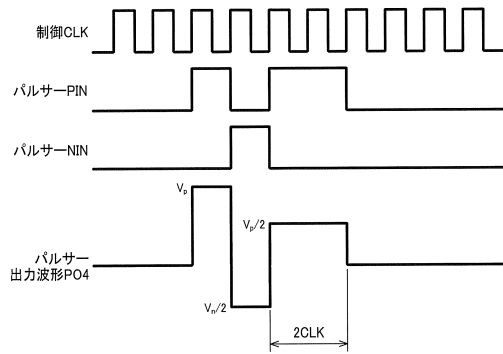
【図8】



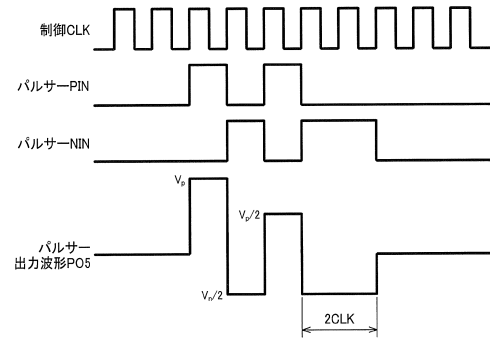
【図9】



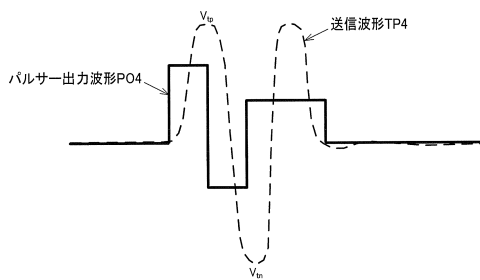
【図10】



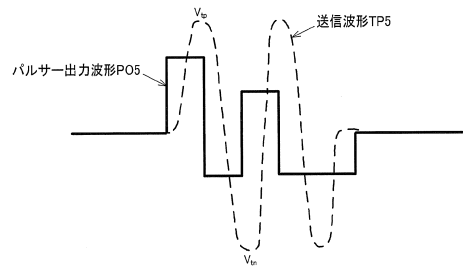
【図12】



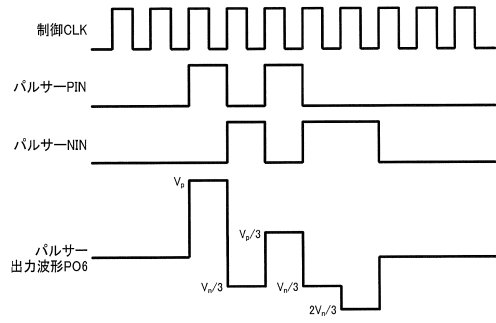
【図11】



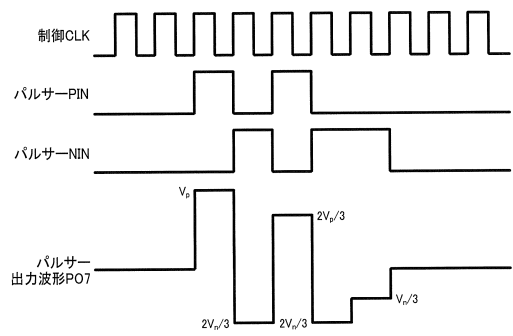
【図13】



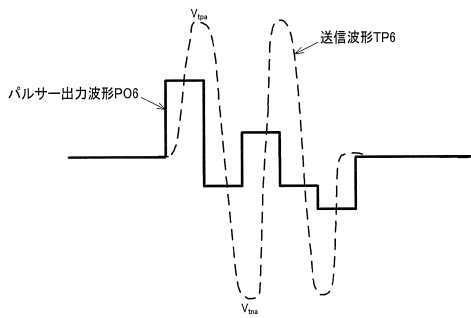
【図14】



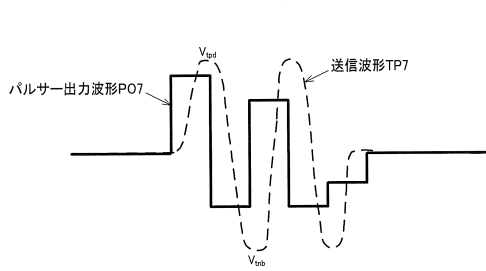
【図16】



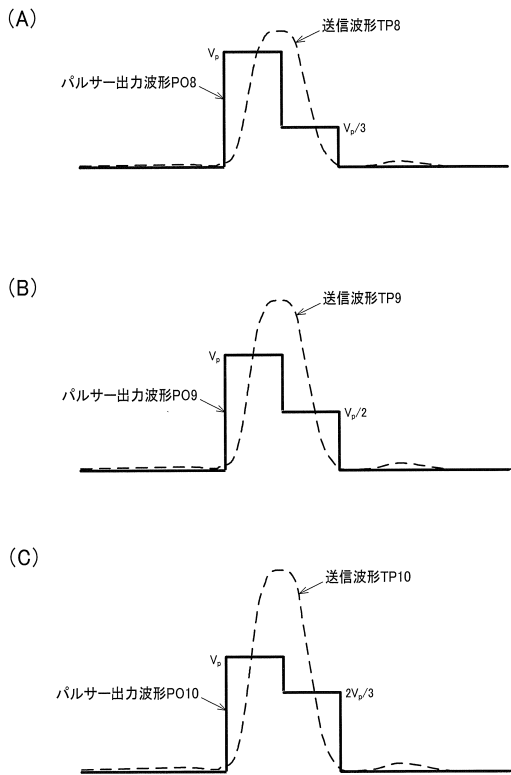
【図15】



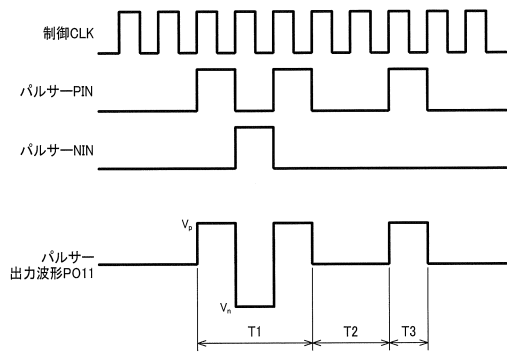
【図17】



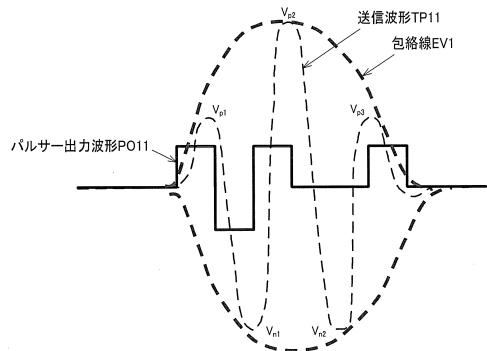
【図18】



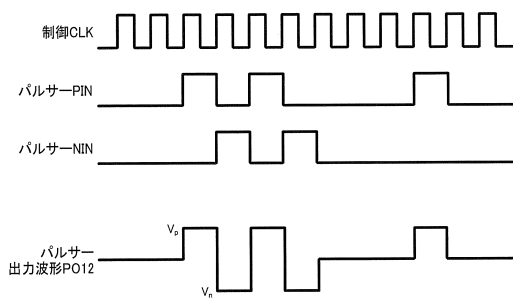
【図19】



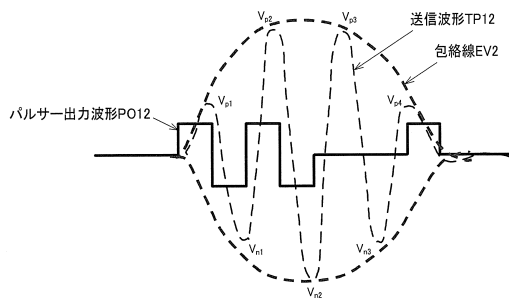
【図20】



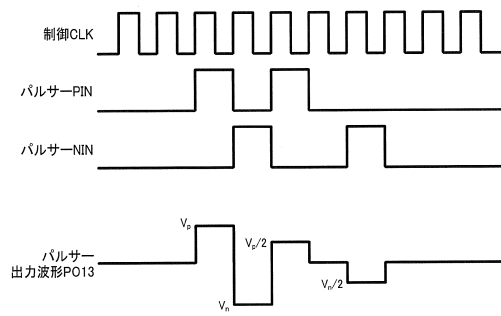
【図 2 1】



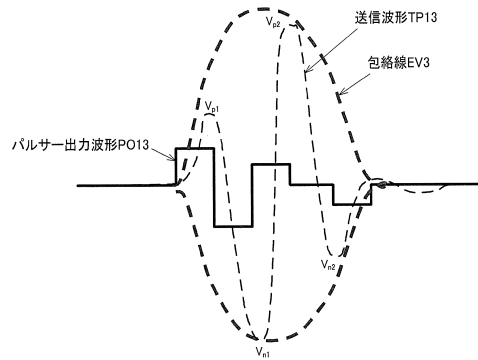
【図 2 2】



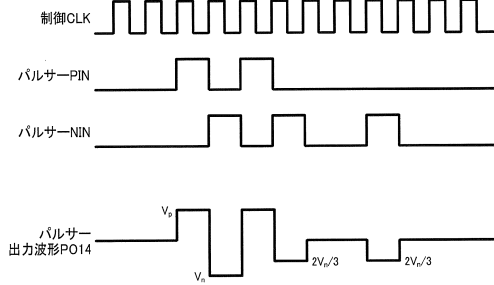
【図 2 3】



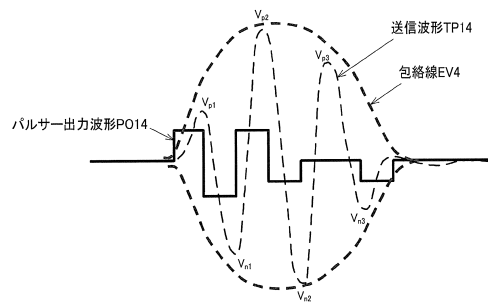
【図 2 4】



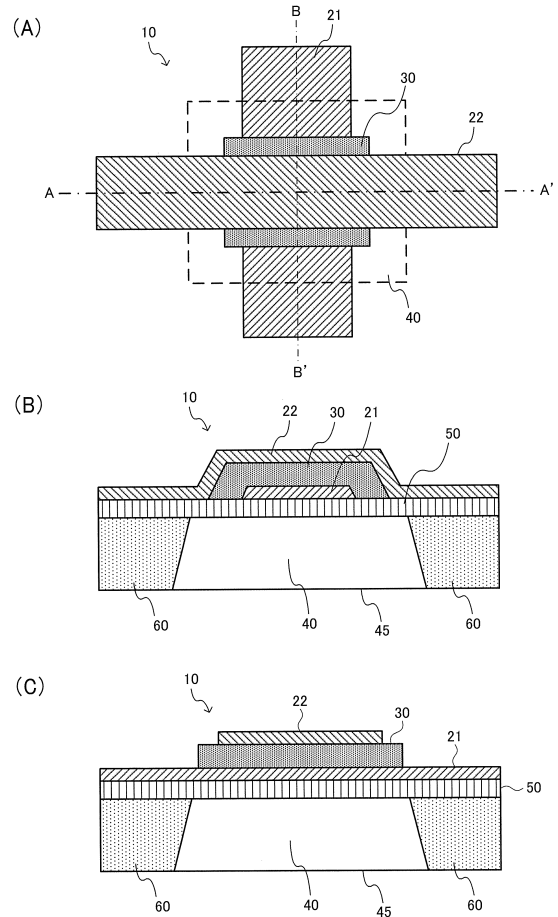
【図 2 5】



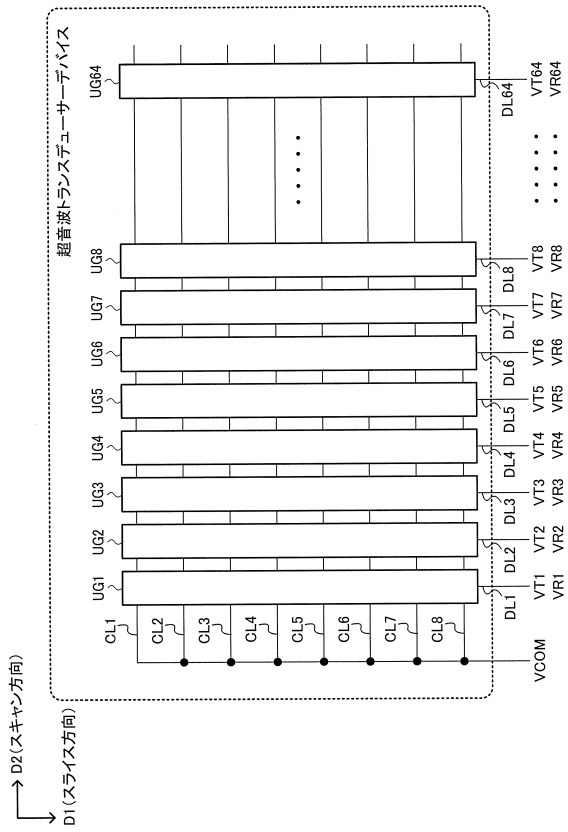
【図 2 6】



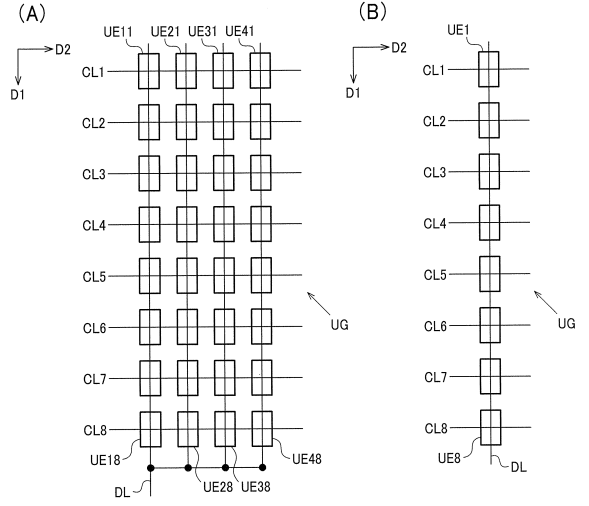
【図 2 7】



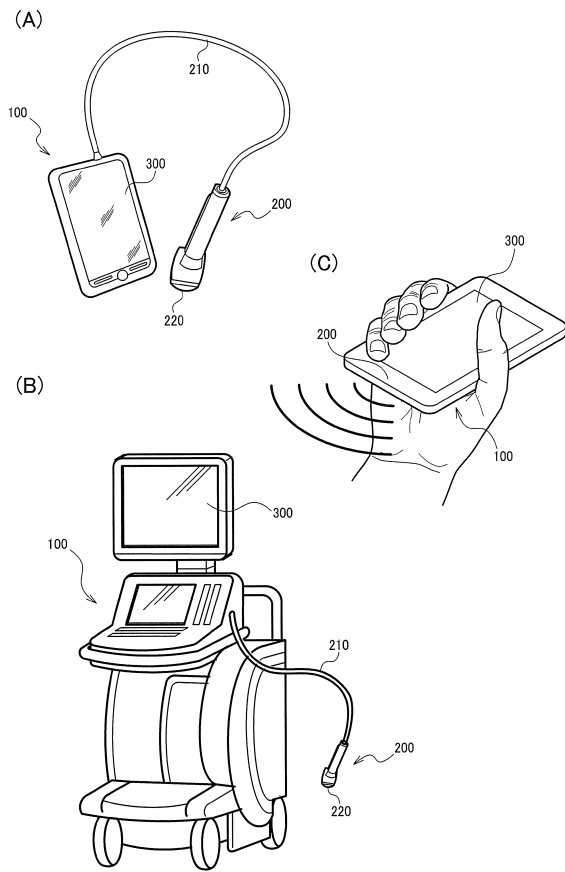
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-188037(JP,A)
特開平09-234202(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00-8/15,
G01N 29/34

专利名称(译)	超音波測定装置及び超音波画像装置		
公开(公告)号	JP6398616B2	公开(公告)日	2018-10-03
申请号	JP2014222471	申请日	2014-10-31
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
当前申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	新井義雄		
发明人	新井 義雄		
IPC分类号	A61B8/14 G01N29/34		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B8/14 A61B8/4405 A61B8/4427 A61B8/461 A61B8/54 B06B1/0215 B06B2201/55 B06B2201/76 G01S7/5202 G01S15/8913 G01S15/8925		
FI分类号	A61B8/14 G01N29/34		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/EA07 2G047/GF06 2G047/GF10 2G047/GF11 4C601/DE08 4C601/EE03 4C601/HH04 4C601/HH05 4C601/HH12 4C601/JB31		
代理人(译)	渡边和明 西田圭介 仲井 智至		
其他公开文献	JP2016086957A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波测量装置，超声波成像装置等，其能够消除输入到超声波换能器元件的传输波的谐波分量并抑制传输波的瞬态响应。一超声波测量装置100包括脉冲信号输出电路110，用于输出基于所述时钟信号的矩形波的脉冲信号，被连接到脉冲信号输出电路110中，超声换能器元件，低通滤波器的输出节点并且谐振电路120具有频率特性。然后，脉冲信号输出电路110输出具有脉冲信号的至少一个不同脉冲电压，脉冲宽度和脉冲输出定时的多个脉冲信号。发明背景

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6398616号 (P6398616)
(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)	(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)	
(51) Int. Cl.		
A 6 1 B 8 / 1 4 (2 0 0 6 . 0 1)	F I	A 6 1 B 8 / 1 4
G O 1 N 2 9 / 3 4 (2 0 0 6 . 0 1)		G O 1 N 2 9 / 3 4
請求項の数 12 (全 25 頁)		
(21) 出願番号 特願2014-222471 (P2014-222471)	(73) 特許権者 000002369	
(22) 出願日 平成26年10月31日(2014.10.31)	セイコーエプソン株式会社	
(65) 公開番号 特願2016-86957 (P2016-86957A)	東京都新宿区新宿四丁目1番6号	
(43) 公開日 平成28年5月23日(2016.5.23)	(74) 代理人 100116665	
審査請求日 平成29年10月3日(2017.10.3)	弁理士 渡辺 和昭	
	(74) 代理人 100164633	
	弁理士 西田 圭介	
	(74) 代理人 100179475	
	弁理士 仲井 智至	
	(72) 発明者 新井 義雄	
	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内	
	審査官 森口 正治	
	最終頁に続く	
(54) 【発明の名称】 超音波測定装置及び超音波画像装置		