

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6038735号
(P6038735)

(45) 発行日 平成28年12月7日(2016.12.7)

(24) 登録日 平成28年11月11日(2016.11.11)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/00

請求項の数 12 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-130141 (P2013-130141)
 (22) 出願日 平成25年6月21日(2013.6.21)
 (65) 公開番号 特開2015-2878 (P2015-2878A)
 (43) 公開日 平成27年1月8日(2015.1.8)
 審査請求日 平成28年3月28日(2016.3.28)

(73) 特許権者 594164542
 東芝メディカルシステムズ株式会社
 栃木県大田原市下石上1385番地
 (74) 代理人 110000866
 特許業務法人三澤特許事務所
 (72) 発明者 亀石 渉
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
 メディカルシステムズ株式会社内
 (72) 発明者 芝沼 浩幸
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
 メディカルシステムズ株式会社内
 (72) 発明者 藤原 周太
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
 メディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1次巻線及び2次巻線を備え、前記2次巻線に発生した電圧に基づいて超音波振動子を駆動するトランスと、

グラウンドが有する基準電位とは異なる第1の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる正電圧電源と、

前記基準電位及び前記第1の電位とは異なる第2の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる負電圧電源と、

前記正電圧電源及び前記負電圧電源のうち少なくとも1つと前記1次巻線との接続経路を、前記1次巻線の一端に前記正電圧電源を接続し前記1次巻線の他端に前記負電圧電源を接続する第1の接続経路、前記他端に前記正電圧電源を接続し前記一端に前記負電圧電源を接続する第2の接続経路、又は前記正電圧電源若しくは前記負電圧電源とグラウンドとを前記1次巻線を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替える切替部と

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記切替部は、前記接続経路を、前記一端と前記他端とを短絡させる短絡経路に切り替えることが可能に設けられ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 3】

前記正電圧電源は、前記基準電位より高い前記第1の電位を有することにより前記基準電位との電位差を生じさせ、

10

20

前記負電圧電源は、前記基準電位より低い前記第 2 の電位を有することにより前記基準電位との電位差を生じさせる

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】

前記グランド接続経路は、前記正電圧電源、前記一端、前記他端、前記グランドの順に対して電流が順方向となる第 1 のグランド接続経路、前記正電圧電源、前記他端、前記一端、前記グランドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグランド接続経路、前記グランド、前記一端、前記他端、前記負電圧電源の順に対して電流が順方向となる第 3 のグランド接続経路、若しくは前記グランド、前記他端、前記一端、前記負電圧電源の順に対して電流が順方向となる第 4 のグランド接続経路、又はこれらの 2 つ若しくは 3 つを含むこと

10

【請求項 5】

前記グランド接続経路は、前記正電圧電源、前記一端、前記他端、前記グランドの順に対して電流が順方向となる第 1 のグランド接続経路、前記正電圧電源、前記他端、前記一端、前記グランドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグランド接続経路、前記グランド、前記一端、前記他端、前記負電圧電源の順に対して電流が順方向となる第 3 のグランド接続経路、及び前記グランド、前記他端、前記一端、前記負電圧電源の順に対して電流が順方向となる第 4 のグランド接続経路を含む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 6】

20

前記切替部は、前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記正電圧電源との間に設けられたスイッチである正電圧側スイッチと、前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記負電圧電源との間に設けられたスイッチである負電圧側スイッチと、前記一端又は前記他端と前記グランドとの間に設けられたスイッチであるグランド側スイッチとを有することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記正電圧側スイッチは、オン時に前記正電圧電源側から前記 1 次巻線側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、

前記負電圧側スイッチは、オン時に前記 1 次巻線側から前記負電圧電源側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、

30

前記グランド側スイッチは、前記第 1 のグランド接続経路において前記他端と前記グランドとの間に設けられオン時に前記他端側から前記グランド側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタ、前記第 2 のグランド接続経路において前記一端と前記グランドとの間に設けられオン時に前記一端側から前記グランド側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタ、前記第 3 のグランド接続経路において前記グランドと前記一端との間に設けられオン時に前記グランド側から前記一端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタ、及び前記第 4 のグランド接続経路において前記グランドと前記他端との間に設けられオン時に前記グランド側から前記他端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタを含む

ことを特徴とする請求項 6 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

40

前記第 1 のグランド接続経路の電界効果トランジスタと前記他端との間に設けられ前記他端から前記グランドへの方向を順方向とするダイオード、前記第 2 のグランド接続経路の電界効果トランジスタと前記一端との間に設けられ前記一端から前記グランドへの方向を順方向とするダイオード、前記第 3 のグランド接続経路の電界効果トランジスタと前記一端との間に設けられ前記グランドから前記一端への方向を順方向とするダイオード、及び前記第 4 のグランド接続経路の電界効果トランジスタと前記他端との間に設けられ前記グランドから前記他端への方向を順方向とするダイオードをさらに有することを特徴とする請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 9】

1 次巻線及び 2 次巻線を備え、前記 2 次巻線に発生した電圧に基づいて超音波振動子を

50

駆動するトランスと、

グラウンドが有する基準電位とは異なる第 1 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる正電圧電源と、

前記基準電位及び前記第 1 の電位とは異なる第 2 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる負電圧電源と、

前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記正電圧電源との間に設けられ、前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記正電圧電源との接続をオン・オフ可能な一对の正電圧側スイッチと、

前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記負電圧電源との間に設けられ、前記 2 次巻線の両端のそれぞれと前記第 2 の電源との接続をオン・オフ可能な一对の負電圧側スイッチと、

前記 1 次巻線の一端若しくは他端又は両端のそれぞれとグラウンドとの間に設けられ、前記 1 次巻線と前記グラウンドとの接続をオン・オフ可能なグラウンド側スイッチと

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

前記一对の正電圧側スイッチのそれぞれは、オン時に前記正電圧電源側から前記 1 次巻線側へ電流が順方向となるように設けられた P 型 MOSFET であり、

前記一对の負電圧側スイッチのそれぞれは、オン時に前記 1 次巻線側から前記負電圧電源側へ電流が順方向となるように設けられた N 型 MOSFET であり、

前記グラウンド側スイッチは、オン時に前記他端側から前記グラウンド側へ電流が順方向となるように前記他端と前記グラウンドとの間に設けられた N 型 MOSFET、オン時に前記一端側から前記グラウンド側へ電流が順方向となるように前記一端と前記グラウンドとの間に設けられた N 型 MOSFET、オン時に前記グラウンド側から前記一端側へ電流が順方向となるように前記グラウンドと前記一端との間に設けられた P 型 MOSFET、若しくはオン時に前記グラウンド側から前記他端側へ電流が順方向となるように前記グラウンドと前記他端との間に設けられた P 型 MOSFET、又はこれらの組み合わせを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

超音波振動子と、

1 次巻線及び 2 次巻線を備え、前記 2 次巻線に発生した電圧に基づいて前記超音波振動子を駆動するトランスと、

グラウンドが有する基準電位とは異なる第 1 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる正電圧電源と、

前記基準電位及び前記第 1 の電位とは異なる第 2 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる負電圧電源と、

前記正電圧電源及び前記負電圧電源のうち少なくとも 1 つと前記 1 次巻線との接続経路を、前記 1 次巻線の一端に前記正電圧電源を接続し前記 1 次巻線の他端に前記負電圧電源を接続する第 1 の接続経路、前記他端に前記正電圧電源を接続し前記一端に前記負電圧電源を接続する第 2 の接続経路、又は前記正電圧電源若しくは前記負電圧電源とグラウンドとを前記 1 次巻線を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替える切替部と

を有することを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 12】

超音波振動子と、

1 次巻線及び 2 次巻線を備え、前記 2 次巻線に発生した電圧に基づいて前記超音波振動子を駆動するトランスと、

グラウンドが有する基準電位とは異なる第 1 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる正電圧電源と、

前記基準電位及び前記第 1 の電位とは異なる第 2 の電位で前記基準電位との電位差を生じさせる負電圧電源と、

前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記正電圧電源との間に設けられ、前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記正電圧電源との接続をオン・オフ可能な一对の正電圧側スイッチと、

前記 1 次巻線の両端のそれぞれと前記負電圧電源との間に設けられ、前記 2 次巻線の両

10

20

30

40

50

端のそれぞれと前記負電圧電源との接続をオン・オフ可能な一対の負電圧側スイッチと、前記 1 次巻線的一端若しくは他端又は両端のそれぞれとグラウンドとの間に設けられ、前記 1 次巻線と前記グラウンドとの接続をオン・オフ可能なグラウンド側スイッチとを有することを特徴とする超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は超音波診断装置及び超音波プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、複数の超音波振動子を備えた超音波プローブによって被検体内に超音波を送信し、その被検体からの反射波（超音波エコー）に基づいて、被検体内の断層像データや 3 次元画像データなどを生成する。

【0003】

超音波診断装置では、トランスの 1 次巻線に電源を接続して電圧を印加することによって、2 次巻線に誘起される電圧により超音波振動子を駆動させる構成をとる場合がある。このような構成とすることで、1 次側巻線へ印加される電流の方向を切り替えることにより、2 次側巻線に誘起されるパルスの極性を反転させることが可能となる。この構成の超音波診断装置は、プラス電圧信号、該プラス電圧信号の極性が反転したマイナス電圧信号、及びゼロ電圧信号の 3 レベルの電圧信号を送信信号として超音波振動子へ出力する。また、このような構成の超音波診断装置は、2 次巻線に誘起されるパルスのパルス幅を多様に制御することによって、超音波の周波数特性を制御する。

【0004】

また、DAC (Digital to Analog Converter) 及びリニアアンプを用いて電圧信号の電圧レベルを多様に制御することによって超音波の周波数特性を制御する構成の超音波診断装置が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010 - 81966 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、パルス幅を多様に制御するためには、高いクロック周波数が必要とされる。また、送信信号の立ち上がり特性の影響により、広いパルス幅の送信信号と狭いパルス幅の送信信号とを同等の振幅で超音波振動子へ出力することが困難であった。

【0007】

また、DAC (Digital to Analog Converter) 及びリニアアンプを用いると、大きな規模の送信回路が必要とされる。この場合、コストが高く、消費電力が大きくなるという問題があった。

【0008】

本発明が解決しようとする課題は、小さな規模の送信回路から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子へ出力することができる超音波診断装置及び超音波プローブを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施形態の超音波診断装置は、トランスと、正電圧電源と、負電圧電源と、切替部とを有する。トランスは、1 次巻線及び 2 次巻線を備え、2 次巻線に発生した電圧に基づいて超音波振動子を駆動する。正電圧電源は、グラウンドが有する基準電位とは異なる第 1 の電位で基準電位との電位差を生じさせる。負電圧電源は、基準電位及び第 1 の電位とは異なる

10

20

30

40

50

る第２の電位で基準電位との電位差を生じさせる。切替部は、正電圧電源及び負電圧電源のうち少なくとも１つと１次巻線との接続経路を、１次巻線の一端に正電圧電源を接続し１次巻線他端に負電圧電源を接続する第１の接続経路、他端に正電圧電源を接続し一端に負電圧電源を接続する第２の接続経路、又は正電圧電源若しくは負電圧電源とグランドとを１次巻線を介して接続させるグランド接続経路に切り替える。

【００１０】

また、実施形態の超音波プローブは、超音波振動子と、トランスと、正電圧電源と、負電圧電源と、切替部とを有する。トランスは、１次巻線及び２次巻線を備え、２次巻線に発生した電圧に基づいて超音波振動子を駆動する。正電圧電源は、グランドが有する基準電位とは異なる第１の電位で基準電位との電位差を生じさせる。負電圧電源は、基準電位及び第１の電位とは異なる第２の電位で基準電位との電位差を生じさせる。切替部は、正電圧電源及び負電圧電源のうち少なくとも１つと１次巻線との接続経路を、１次巻線の一端に正電圧電源を接続し１次巻線他端に負電圧電源を接続する第１の接続経路、他端に正電圧電源を接続し一端に負電圧電源を接続する第２の接続経路、又は正電圧電源若しくは負電圧電源とグランドとを１次巻線を介して接続させるグランド接続経路に切り替える。

10

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】実施形態に係る超音波診断装置の構成を表すブロック図。

【図２】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

20

【図３】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

【図４】実施形態に係る超音波診断装置の動作例を表すタイミングチャート。

【図５】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

【図６】実施形態に係る超音波診断装置の動作例を表すタイミングチャート。

【図７】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

【図８】実施形態に係る超音波診断装置の動作例を表すタイミングチャート。

【図９】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

【図１０】実施形態に係る超音波診断装置の動作例を表すタイミングチャート。

【図１１】実施形態の送信回路の構成を表す回路図。

【図１２】実施形態に係る超音波診断装置の動作例を表すタイミングチャート。

30

【図１３】実施形態に係る超音波プローブの構成を表すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

第１の実施形態

[構成]

図１は、第１の実施形態に係る超音波診断装置の構成を表すブロック図である。超音波診断装置は、本体部１と、超音波プローブ２と、表示部３と、操作部４とを有する。

【００１３】

(本体部１)

本体部１は、送信回路１０と、送信制御部１１と、受信回路１２と、受信遅延部１３と、加算部１４と、信号処理部１５と、画像生成部１６と、表示制御部１７と、システム制御部１８とを有する。

40

【００１４】

(送信回路１０)

送信回路１０は、超音波振動子２０ごとに設けられる。図２及び図３は、この実施形態の送信回路１０の構成を表す回路図である。図２の端子ＴＥと図３の端子ＴＥとは接続されている。送信回路１０は、トランスＴＲと、正電圧電源Ｖ１と、負電圧電源Ｖ２と、切替部とを含んで構成される。トランスＴＲは１次巻線Ｌ１及び２次巻線Ｌ２を備える。本明細書において、１次巻線Ｌ１及び２次巻線Ｌ２のプラス側をそれぞれの巻線の巻始め側とする。同様に、１次巻線Ｌ１及び２次巻線Ｌ２のマイナス側をそれぞれの巻線の巻終わ

50

り側とする。また、１次巻線Ｌ１のプラス側の端を一端とし、１次巻線Ｌ１のマイナス側の端を他端とする。トランスＴＲは、２次巻線Ｌ２に発生した電圧に基づく送信信号を超音波振動子２０へ出力して超音波振動子２０を駆動する。正電圧電源Ｖ１は、グランドより高い電圧の電圧源である。また、正電圧電源Ｖ１は、電流を吐き出す。負電圧電源Ｖ２は、グランドより低い電圧の電圧源である。また、負電圧電源Ｖ２は、電流を吸い込む。なお、例えば送信信号のオーバーシュートを低減するため、トランスＴＲにおいて、抵抗器Ｒ１が１次巻線Ｌ１に対して並列に設けられ、抵抗器Ｒ２が２次巻線Ｌ２に対して並列に設けられてもよい。

【００１５】

切替部は、１次巻線Ｌ１と正電圧電源Ｖ１若しくは負電圧電源Ｖ２又はこれら双方との接続経路を、１次巻線Ｌ１の一端に正電圧電源Ｖ１を接続し１次巻線Ｌ１の他端に負電圧電源Ｖ２を接続する第１の接続経路、他端に正電圧電源Ｖ１を接続し一端に負電圧電源Ｖ２を接続する第２の接続経路、一端と他端とを短絡させる第３の接続経路、又は正電圧電源Ｖ１若しくは負電圧電源Ｖ２とグランドとを１次巻線Ｌ１を介して接続させるグランド接続経路に切り替えることによって、２次巻線Ｌ２に電圧を変化させて発生させる。グランド接続経路は、正電圧電源Ｖ１、１次巻線Ｌ１の一端、１次巻線Ｌ１の他端、グランドの順に対して電流が順方向となる第１のグランド接続経路を含む。

【００１６】

切替部は、正電圧側スイッチと、負電圧側スイッチと、グランド側スイッチとを有する。正電圧側スイッチは、１次巻線Ｌ１の両端のそれぞれと正電圧電源Ｖ１との間に設けられたスイッチである。この実施形態におけるスイッチＳ１とスイッチＳ２とが正電圧側スイッチに相当する。負電圧側スイッチは、１次巻線Ｌ１の両端のそれぞれと負電圧電源Ｖ２との間に設けられたスイッチである。この実施形態におけるスイッチＳ３とスイッチＳ４とが負電圧側スイッチに相当する。グランド側スイッチは、１次巻線Ｌ１の他端とグランドとの間に設けられたスイッチである。この実施形態におけるスイッチＳ５がグランド側スイッチに相当する。

【００１７】

正電圧側スイッチ（スイッチＳ１、スイッチＳ２）は、オン時に正電圧電源Ｖ１側から１次巻線Ｌ１側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ：Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）であり、いわゆるＰ型ＭＯＳＦＥＴである。負電圧側スイッチ（スイッチＳ３、スイッチＳ４）は、オン時に１次巻線Ｌ１側から負電圧電源Ｖ２側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタあり、いわゆるＮ型ＭＯＳＦＥＴである。グランド側スイッチ（スイッチＳ５）は、第１のグランド接続経路において１次巻線Ｌ１の他端とグランドとの間に設けられる。また、グランド側スイッチは、オン時に１次巻線Ｌ１の他端側からグランド側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆるＮ型ＭＯＳＦＥＴである。

【００１８】

スイッチＳ１のソースには正電圧電源Ｖ１が接続され、スイッチＳ１のドレインには１次巻線Ｌ１の一端が接続される。また、スイッチＳ２のソースには正電圧電源Ｖ１が接続され、スイッチＳ２のドレインには１次巻線Ｌ１の他端が接続される。スイッチＳ３のドレインには１次巻線Ｌ１の一端が接続され、スイッチＳ３のソースには負電圧電源Ｖ２が接続される。スイッチＳ４のドレインには１次巻線Ｌ１の他端が接続され、スイッチＳ４のソースには負電圧電源Ｖ２が接続される。スイッチＳ５のドレインには１次巻線Ｌ１の他端が接続され、スイッチＳ５のソースにはグランドが接続される。

【００１９】

スイッチＳ１、スイッチＳ２、スイッチＳ３、スイッチＳ４、及びスイッチＳ５のそれぞれのゲートは、送信制御部１１に接続される。切替部は、送信制御部１１から制御信号を受け、これらスイッチを個別にオン・オフすることによって、１次巻線Ｌ１と正電圧電源Ｖ１若しくは負電圧電源Ｖ２又はこれら双方との接続経路を、第１の接続経路、第２の

10

20

30

40

50

接続経路、第3の接続経路、又は第1のグランド経路に切り替える。

【0020】

ここで、本明細書では、超音波振動子20へ送られる送信信号の電圧レベルについて、接続経路毎に説明する。また、正電圧電源V1の電圧を「V11」とし、負電圧電源V2の電圧を「V21」とし、「V11」の絶対値は「V21」の絶対値より大きい例について説明する。また、トランスTRでは、1次巻線L1の電圧のk倍の電圧が2次巻線L2に発生する例について説明する。

【0021】

切替部が、スイッチS1及びスイッチS4をオン状態とし、スイッチS2、スイッチS3、及びスイッチS5をオフ状態として、接続経路を第1の接続経路に切り替えたとき、2次巻線L2には「 $k \times (V11 - V21)$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子20へ送られる。また、切替部が、スイッチS1及びスイッチS5をオン状態とし、スイッチS2、スイッチS3、及びスイッチS4をオフ状態として、接続経路を第1のグランド経路に切り替えたとき、2次巻線L2には「 $k \times V11$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子20へ送られる。また、切替部が、スイッチS3及びスイッチS4をオン状態とし、スイッチS1、スイッチS2、及びスイッチS5をオフ状態として、接続経路を第3の接続経路に切り替えたとき、1次巻線L1の電圧はゼロであり、また、2次巻線L2の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子20へ送られる。また、切替部が、スイッチS2及びスイッチS3をオン状態とし、スイッチS1、スイッチS4、及びスイッチS5をオフ状態として、接続経路を第2の接続経路に切り替えたとき、2次巻線L2には「 $-k \times (V11 - V21)$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子20へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第1の接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。このような接続経路の切替によって、送信回路10は4レベルの電圧の送信信号を超音波振動子20へ出力することができる。

【0022】

なお、送信回路10は、第1のグランド接続経路の電界効果トランジスタ(スイッチS5)と1次巻線L1の他端との間に設けられ1次巻線L1の他端からグランドへ方向を順方向とするダイオードD5をさらに有してもよい。それにより、ダイオードD5は、スイッチS5を逆電圧から保護する。

【0023】

また、超音波振動子20には、2次巻線L2の一端と受信回路12とが接続されている。超音波振動子20と2次巻線L2の一端と受信回路12とのそれぞれに接続された配線の接続部を接続点P1とする。また、2次巻線L2の他端はグランドに接続されている。2次巻線L2の一端と接続点P1との間に、ダイオードD1とダイオードD2とによって構成されるダイオードスイッチが設けられる。ダイオードD1とダイオードD2とは、一方のアノード端子と他方のカソード端子とが同じ配線に接続されるように設けられる。

【0024】

ダイオードD1とダイオードD2とは、受けた信号の振幅が、閾値以上の振幅であるときにオン状態になり信号を通過させ、閾値未満の振幅であるときにオフ状態になり信号を遮断する。通常、超音波振動子20へ送られる送信信号の振幅は、超音波振動子20から出力されるエコー信号の振幅より大きい。ダイオードD1とダイオードD2との閾値は、送信信号の振幅とエコー信号の振幅との間の値である。それにより、送信信号は、ダイオードスイッチを通過して超音波振動子20へ送られる。また、エコー信号は、ダイオードスイッチに遮断され、受信回路12へ送られる。

【0025】

なお、接続点P1と受信回路12との間に、リミッタ(図示せず)が設けられてもよい。リミッタは定められた振幅以上の信号の通過を制限する。換言すると、リミッタは、定められた振幅未満の信号を通過させる。それにより、リミッタは、送信信号が受信回路12へ送られることを防ぐ。

【 0 0 2 6 】

(送信制御部 1 1)

送信制御部 1 1 は、切替部のスイッチ S 1 のゲート G 1、スイッチ S 2 のゲート G 2、スイッチ S 3 のゲート G 3、スイッチ S 4 のゲート G 4、及びスイッチ S 5 のゲート G 5 のそれぞれへ制御信号を個別に出力し、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 4、及びスイッチ S 5 を個別にオン・オフさせる。

【 0 0 2 7 】

(受信回路 1 2)

受信回路 1 2 は、超音波振動子 2 0 ごとに設けられる。受信回路 1 2 は、図示しないプリアンプ回路と A / D 変換器とを有する。プリアンプ回路は、超音波振動子 2 0 から受けたエコー信号を増幅する。A / D 変換器は、増幅されたエコー信号をデジタル信号に変換し、受信遅延部 1 3 へ出力する。

10

【 0 0 2 8 】

(受信遅延部 1 3)

受信遅延部 1 3 は、受信回路 1 2 から受けたデジタル信号に、受信指向性を決定するために必要な遅延時間を与え、加算部 1 4 へ出力する。

【 0 0 2 9 】

(加算部 1 4)

加算部 1 4 は、遅延時間が与えられたデジタル信号を加算する。この加算によって、受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調される。加算部 1 4 は、加算したデジタル信号を受信信号として信号処理部 1 5 へ出力する。

20

【 0 0 3 0 】

(信号処理部 1 5)

信号処理部 1 5 は、B モード処理部を有する。B モード処理部は加算部 1 4 から受信信号を受け、受信信号の振幅の映像化を行う。例えば B モード処理部は、受信信号にバンドパスフィルタ処理を施し、そして信号の包絡線を検波し、検波されたデータに対して対数変換による圧縮処理を施す。

【 0 0 3 1 】

また、信号処理部 1 5 は、ドブラ処理部を有してもよい。ドブラ処理部は、受信信号を位相検波することによりドブラ偏移周波数成分を求め、FFT (Fast Fourier Transform) 処理を施すことによって、血流速度を表すドブラ周波数分布を生成する。

30

【 0 0 3 2 】

また、信号処理部 1 5 は、CFM (Color Flow Mapping) 処理部を有してもよい。CFM 処理部は血流情報の映像化を行う。血流情報には、速度、分布、又はパワーなどの情報が含まれる。

【 0 0 3 3 】

信号処理部 1 5 は、信号処理が施された受信信号 (超音波ラスタデータ) を画像生成部 1 6 へ出力する。

【 0 0 3 4 】

(画像生成部 1 6)

画像生成部 1 6 は、信号処理が施された受信信号 (超音波ラスタデータ) を信号処理部 1 5 から受け、超音波画像データを生成する。画像生成部 1 6 は、例えば DSC (Digital Scan Converter : デジタルスキャンコンバータ) を有する。画像生成部 1 6 は、走査線の信号列で表される信号処理後の受信信号を、直交座標系で表される画像データに変換する (スキャンコンバージョン処理)。例えば、画像生成部 1 6 は、B モード処理部によって信号処理が施された受信信号にスキャンコンバージョン処理を施して、被検体の組織の形態を表す B モード画像データを生成する。画像生成部 1 6 は、超音波画像データを表示制御部 1 7 へ出力する。

40

【 0 0 3 5 】

50

(表示制御部 17)

表示制御部 17 は、超音波画像データを画像生成部 16 から受け、超音波画像データに基づく超音波画像を表示部 3 に表示させる。

【0036】

(システム制御部 18)

システム制御部 18 は、超音波診断装置の各部を制御する。システム制御部 18 は、例えば、記憶装置と処理装置とを含んで構成される。記憶装置には、超音波診断装置の各部の機能を実行するためのコンピュータプログラムが記憶されている。処理装置は、これらコンピュータプログラムを実行することで、上記機能を実現する。

【0037】

(超音波プローブ 2)

超音波プローブ 2 は、被検体へ超音波を送り、被検体からの反射波を受ける。超音波プローブ 2 には、複数の超音波振動子 20 が走査方向に 1 列に配置された 1 次元アレイプローブ、又は、複数の超音波振動子 20 が 2 次的に配置された 2 次元アレイプローブが用いられる。また、走査方向に 1 列に配置された複数の超音波振動子 20 を、走査方向に直交する揺動方向に揺動させる機械式 1 次元アレイプローブが用いられてもよい。

【0038】

(超音波振動子 20)

超音波振動子 20 は、超音波プローブ 2 に複数設けられる。超音波振動子 20 は、圧電素子と該圧電素子を挟む一对の電極とを含んで構成される。超音波振動子 20 は、送信回路 10 から送信信号を受け、受けた送信信号に基づく電圧が印加されることによって超音波を発生する。また、超音波振動子 20 は、被検体からの反射波を受け、エコー信号を受信回路 12 へ出力する。

【0039】

(表示部 3)

表示部 3 は、超音波画像を表示する。表示部 3 は、例えば、CRT (Cathode Ray Tube) や LCD (Liquid Crystal Display) などの表示デバイスで構成される。表示部 3 は、必ずしも超音波診断装置の一体として備えられる必要はなく、一般的なインターフェイスを介して表示制御部 17 によって制御され、超音波画像を表示する構成でもよい。

【0040】

(操作部 4)

操作部 4 は、ユーザによる操作を受けて、この操作の内容に応じた信号や情報を装置各部に入力する。操作部 4 は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネルなどによって構成される。また、操作部 4 は、必ずしも超音波診断装置の一体として備えられる必要はなく、一般的なインターフェイスを介して信号や情報を装置各部に入力する構成でもよい。

【0041】

[動作]

図 4 は、この実施形態に係る超音波診断装置の送信回路 10 の動作例を表すタイミングチャートである。このタイミングチャートは、各スイッチのオン・オフ状態と送信信号の電圧レベルとの関係を表す。

【0042】

時点 T1 から時点 T2 までに亘り、切替部は、送信制御部 11 からの制御信号に基づいて、スイッチ S1 及びスイッチ S4 をオン状態とし、スイッチ S2、スイッチ S3、及びスイッチ S5 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 1 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

【0043】

時点 T2 から時点 T3 までに亘り、切替部は、送信制御部 11 からの制御信号に基づいて、スイッチ S1 及びスイッチ S5 をオン状態とし、スイッチ S2、スイッチ S3、及び

10

20

30

40

50

スイッチS 4 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 1 のグラウンド経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V 1 1$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 0 4 4 】

時点 T 3 から時点 T 4 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 5 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 3 の接続経路に切り替えられる。このとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 0 4 5 】

時点 T 4 から時点 T 5 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、及びスイッチ S 5 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V 1 1 - V 2 1)$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 0 4 6 】

[効果]

この実施形態の超音波診断装置の効果について説明する。この実施形態の超音波診断装置は、トランス T R と、正電圧電源 V 1 と、負電圧電源 V 2 と、切替部とを有する。トランス T R は、1 次巻線 L 1 及び 2 次巻線 L 2 を備え、2 次巻線 L 2 に発生した電圧に基づいて超音波振動子 2 0 を駆動する。切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、他端に正電圧電源 V 1 を接続し一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、一端と他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグラウンドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。また、グラウンド接続経路は、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、グラウンドの順に対して電流が順方向となる第 1 のグラウンド接続経路を含む。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1 つの正電圧電源 V 1 及び 1 つの負電圧電源 V 2 により構成される送信回路 1 0 から多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路 1 0 から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子 2 0 へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

【 0 0 4 7 】

第 1 の実施形態の変形例 1

[構成]

この変形例は、送信回路 1 0 の切替部と送信制御部 1 1 との構成が第 1 の実施形態に対して異なる。以下、異なる構成について説明する。図 3 及び図 5 は、この変形例の送信回路 1 0 の構成を表す回路図である。図 3 の端子 T E と図 5 の端子 T E とは、接続されている。

【 0 0 4 8 】

切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、他端に正電圧電源 V 1 を接続し一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、一端と他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグラウンドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。グラウンド接続経路は、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、グラウンドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグラウンド接続経路を含む。

【 0 0 4 9 】

切替部は、正電圧側スイッチと、負電圧側スイッチと、グラウンド側スイッチとを有する

。正電圧側スイッチは、１次巻線Ｌ１の両端のそれぞれと正電圧電源Ｖ１との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチＳ１とスイッチＳ２とが正電圧側スイッチに相当する。負電圧側スイッチは、１次巻線Ｌ１の両端のそれぞれと負電圧電源Ｖ２との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチＳ３とスイッチＳ４とが負電圧側スイッチに相当する。グランド側スイッチは、１次巻線Ｌ１の一端とグランドとの間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチＳ６がグランド側スイッチに相当する。

【００５０】

正電圧側スイッチ（スイッチＳ１、スイッチＳ２）は、オン時に正電圧電源Ｖ１側から１次巻線Ｌ１側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆるＰ型ＭＯＳＦＥＴである。負電圧側スイッチ（スイッチＳ３、スイッチＳ４）は、オン時に１次巻線Ｌ１側から負電圧電源Ｖ２側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタあり、いわゆるＮ型ＭＯＳＦＥＴである。グランド側スイッチ（スイッチＳ６）は、第２のグランド接続経路において１次巻線Ｌ１の一端とグランドとの間に設けられる。また、グランド側スイッチは、オン時に１次巻線Ｌ１の一端側からグランド側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆるＮ型ＭＯＳＦＥＴである。

【００５１】

スイッチＳ１のソースには正電圧電源Ｖ１が接続され、スイッチＳ１のドレインには１次巻線Ｌ１の一端が接続される。また、スイッチＳ２のソースには正電圧電源Ｖ１が接続され、スイッチＳ２のドレインには１次巻線Ｌ１の他端が接続される。スイッチＳ３のドレインには１次巻線Ｌ１の一端が接続され、スイッチＳ３のソースには負電圧電源Ｖ２が接続される。スイッチＳ４のドレインには１次巻線Ｌ１の他端が接続され、スイッチＳ４のソースには負電圧電源Ｖ２が接続される。スイッチＳ６のドレインには１次巻線Ｌ１の一端が接続され、スイッチＳ６のソースにはグランドが接続される。

【００５２】

切替部が、スイッチＳ１及びスイッチＳ４をオン状態とし、スイッチＳ２、スイッチＳ３、及びスイッチＳ６をオフ状態として、接続経路を第１の接続経路に切り替えたとき、２次巻線Ｌ２には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子２０へ送られる。また、切替部が、スイッチＳ３及びスイッチＳ４をオン状態とし、スイッチＳ１、スイッチＳ２、及びスイッチＳ６をオフ状態として、接続経路を第３の接続経路に切り替えたとき、１次巻線Ｌ１の電圧はゼロであり、また、２次巻線Ｌ２の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子２０へ送られる。また、切替部が、スイッチＳ２及びスイッチＳ６をオン状態とし、スイッチＳ１、スイッチＳ３、及びスイッチＳ４をオフ状態として接続経路を第２のグランド接続経路に切り替えたとき、２次巻線Ｌ２には「 $-k \times V_{11}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子２０へ送られる。また、切替部が、スイッチＳ２及びスイッチＳ３をオン状態とし、スイッチＳ１、スイッチＳ４、及びスイッチＳ６をオフ状態として、接続経路を第２の接続経路に切り替えたとき、２次巻線Ｌ２には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子２０へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第１の接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。このような接続経路の切替によって、送信回路１０は４レベルの電圧の送信信号を超音波振動子２０へ出力することができる。

【００５３】

なお、送信回路１０は、第２のグランド接続経路の電界効果トランジスタ（スイッチＳ６）と１次巻線Ｌ１の一端との間に設けられ１次巻線Ｌ１の一端からグランドへの方向を順方向とするダイオードＤ６をさらに有してもよい。それにより、ダイオードＤ６は、スイッチＳ６を逆電圧から保護する。

【００５４】

送信制御部１１は、切替部のスイッチＳ１のゲートＧ１、スイッチＳ２のゲートＧ２、スイッチＳ３のゲートＧ３、スイッチＳ４のゲートＧ４、及びスイッチＳ６のゲートＧ６

のそれぞれへ制御信号を個別に出力し、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 4、及びスイッチ S 6 を個別にオン・オフさせる。

【 0 0 5 5 】

[動作]

図 6 は、この変形例の超音波診断装置の送信回路 1 0 の動作例を表すタイミングチャートである。このタイミングチャートは、各スイッチのオン・オフ状態と送信信号の電圧レベルとの関係を表す。

【 0 0 5 6 】

時点 T 6 から時点 T 7 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、及びスイッチ S 6 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 1 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

10

【 0 0 5 7 】

時点 T 7 から時点 T 8 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 6 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 3 の接続経路に切り替えられる。このとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

20

【 0 0 5 8 】

時点 T 8 から時点 T 9 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 6 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 3、及びスイッチ S 4 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 のグランド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times V_{11}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 0 5 9 】

時点 T 9 から時点 T 1 0 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、及びスイッチ S 6 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

30

【 0 0 6 0 】

[効果]

この変形例の超音波診断装置の効果について説明する。この変形例の超音波診断装置は、トランス T R と、正電圧電源 V 1 と、負電圧電源 V 2 と、切替部とを有する。トランス T R は、1 次巻線 L 1 及び 2 次巻線 L 2 を備え、2 次巻線 L 2 に発生した電圧に基づいて超音波振動子 2 0 を駆動する。切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグランドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグランド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。また、グランド接続経路は、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、グランドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグランド接続経路を含む。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1 つの正電圧電源 V 1 及び 1 つの負電圧電源 V 2 により構成される送信回路 1 0 から多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路 1 0 から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子 2 0 へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

40

【 0 0 6 1 】

50

第 1 の実施形態の変形例 2

〔構成〕

この変形例は、送信回路 10 の切替部と送信制御部 11 との構成が、第 1 の実施形態と第 1 の実施形態の変形例 1 とに対して異なる。以下、異なる構成について説明する。図 3 及び図 7 は、この変形例の送信回路 10 の構成を表す回路図である。図 3 の端子 TE と図 7 の端子 TE とは、接続されている。

【0062】

切替部は、1 次巻線 L1 と正電圧電源 V1 若しくは負電圧電源 V2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L1 の一端に正電圧電源 V1 を接続し 1 次巻線 L1 の他端に負電圧電源 V2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L1 の他端に正電圧電源 V1 を接続し 1 次巻線 L1 の一端に負電圧電源 V2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L1 の一端と 1 次巻線 L1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V1 若しくは負電圧電源 V2 とグランドとを 1 次巻線 L1 を介して接続させるグランド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L2 に電圧を変化させて発生させる。グランド接続経路は、グランド、1 次巻線 L1 の一端、1 次巻線 L1 の他端、負電圧電源 V2 の順に対して電流が順方向となる第 3 のグランド接続経路を含む。

【0063】

切替部は、正電圧側スイッチと、負電圧側スイッチと、グランド側スイッチとを有する。正電圧側スイッチは、1 次巻線 L1 の両端のそれぞれと正電圧電源 V1 との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S1 とスイッチ S2 とが正電圧側スイッチに相当する。負電圧側スイッチは、1 次巻線 L1 の両端のそれぞれと負電圧電源 V2 との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S3 とスイッチ S4 とが負電圧側スイッチに相当する。グランド側スイッチは、1 次巻線 L1 の一端とグランドとの間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S7 がグランド側スイッチに相当する。

【0064】

正電圧側スイッチ（スイッチ S1、スイッチ S2）は、オン時に正電圧電源 V1 側から 1 次巻線 L1 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOSFET である。負電圧側スイッチ（スイッチ S3、スイッチ S4）は、オン時に 1 次巻線 L1 側から負電圧電源 V2 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタあり、いわゆる N 型 MOSFET である。グランド側スイッチ（スイッチ S7）は、第 3 のグランド接続経路において 1 次巻線 L1 の一端とグランドとの間に設けられる。また、グランド側スイッチは、オン時にグランド側から 1 次巻線 L1 の一端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOSFET である。

【0065】

スイッチ S1 のソースには正電圧電源 V1 が接続され、スイッチ S1 のドレインには 1 次巻線 L1 の一端が接続される。また、スイッチ S2 のソースには正電圧電源 V1 が接続され、スイッチ S2 のドレインには 1 次巻線 L1 の他端が接続される。スイッチ S3 のドレインには 1 次巻線 L1 の一端が接続され、スイッチ S3 のソースには負電圧電源 V2 が接続される。スイッチ S4 のドレインには 1 次巻線 L1 の他端が接続され、スイッチ S4 のソースには負電圧電源 V2 が接続される。スイッチ S7 のドレインには 1 次巻線 L1 の一端が接続され、スイッチ S7 のソースにはグランドが接続される。

【0066】

切替部が、スイッチ S1 及びスイッチ S4 をオン状態とし、スイッチ S2、スイッチ S3、及びスイッチ S6 をオフ状態として、接続経路を第 1 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S4 及びスイッチ S7 をオン状態とし、スイッチ S1、スイッチ S2、及びスイッチ S3 をオフ状態として、接続経路を第 3 のグランド接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L2 には「 $-k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が

、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 7 をオフ状態として、接続経路を第 3 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロであり、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 7 をオフ状態として、接続経路を第 3 の接続経路に切り替えたとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、及びスイッチ S 7 をオフ状態として、接続経路を第 2 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第 1 の接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。このような接続経路の切替によって、送信回路 1 0 は 4 レベルの電圧の送信信号を超音波振動子 2 0 へ出力することができる。

10

【0067】

なお、送信回路 1 0 は、第 3 のグランド接続経路の電界効果トランジスタ（スイッチ S 7）と 1 次巻線 L 1 の一端との間に設けられグランドから 1 次巻線 L 1 の一端への方向を順方向とするダイオード D 7 をさらに有してもよい。それにより、ダイオード D 7 は、スイッチ S 7 を逆電圧から保護する。

【0068】

送信制御部 1 1 は、切替部のスイッチ S 1 のゲート G 1、スイッチ S 2 のゲート G 2、スイッチ S 3 のゲート G 3、スイッチ S 4 のゲート G 4、及びスイッチ S 7 のゲート G 7 のそれぞれへ制御信号を個別に出力し、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 4、及びスイッチ S 7 を個別にオン・オフさせる。

20

【0069】

〔動作〕

図 8 は、この変形例の超音波診断装置の送信回路 1 0 の動作例を表すタイミングチャートである。このタイミングチャートは、各スイッチのオン・オフ状態と送信信号の電圧レベルとの関係を表す。

【0070】

時点 T 1 1 から時点 T 1 2 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、及びスイッチ S 7 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 1 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

30

【0071】

時点 T 1 2 から時点 T 1 3 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 4 及びスイッチ S 7 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 3 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 3 のグランド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

40

【0072】

時点 T 1 3 から時点 T 1 4 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 7 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 3 の接続経路に切り替えられる。このとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【0073】

時点 T 1 4 から時点 T 1 5 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、

50

及びスイッチ S 7 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

【0074】

[効果]

この変形例の超音波診断装置の効果について説明する。この変形例の超音波診断装置は、トランス T R と、正電圧電源 V 1 と、負電圧電源 V 2 と、切替部とを有する。トランス T R は、1 次巻線 L 1 及び 2 次巻線 L 2 を備え、2 次巻線 L 2 に発生した電圧に基づいて超音波振動子 20 を駆動する。切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグランドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグランド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。また、グランド接続経路は、グランド、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 3 のグランド接続経路を含む。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1 つの正電圧電源 V 1 及び 1 つの負電圧電源 V 2 により構成される送信回路 10 から多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路 10 から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子 20 へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

【0075】

第 1 の実施形態の変形例 3

[構成]

この変形例の超音波診断装置は、送信回路 10 の切替部と送信制御部 11 との構成が、第 1 の実施形態と第 1 の実施形態の変形例 1 と第 1 の実施形態の変形例 2 とに対して異なる。以下、異なる構成について説明する。図 3 及び図 9 は、この変形例の送信回路 10 の構成を表す回路図である。図 3 の端子 T E と図 9 の端子 T E とは、接続されている。

【0076】

切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグランドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグランド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。グランド接続経路は、グランド、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 4 のグランド接続経路を含む。

【0077】

切替部は、正電圧側スイッチと、負電圧側スイッチと、グランド側スイッチとを有する。正電圧側スイッチは、1 次巻線 L 1 の両端のそれぞれと正電圧電源 V 1 との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S 1 とスイッチ S 2 とが正電圧側スイッチに相当する。負電圧側スイッチは、1 次巻線 L 1 の両端のそれぞれと負電圧電源 V 2 との間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S 3 とスイッチ S 4 とが負電圧側スイッチに相当する。グランド側スイッチは、1 次巻線 L 1 の他端とグランドとの間に設けられたスイッチである。この変形例におけるスイッチ S 8 がグランド側スイッチに相当する。

【0078】

正電圧側スイッチ（スイッチ S 1、スイッチ S 2）は、オン時に正電圧電源 V 1 側から 1 次巻線 L 1 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOS

F E Tである。負電圧側スイッチ（スイッチ S 3、スイッチ S 4）は、オン時に 1 次巻線 L 1 側から負電圧電源 V 2 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタあり、いわゆる N 型 M O S F E T である。グランド側スイッチ（スイッチ S 8）は、第 4 のグランド接続経路において 1 次巻線 L 1 の他端とグランドとの間に設けられる。グランド側スイッチは、オン時にグランド側から 1 次巻線 L 1 の他端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 M O S F E T である。

【 0 0 7 9 】

スイッチ S 1 のソースには正電圧電源 V 1 が接続され、スイッチ S 1 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続される。また、スイッチ S 2 のソースには正電圧電源 V 1 が接続され、スイッチ S 2 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続される。スイッチ S 3 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続され、スイッチ S 3 のソースには負電圧電源 V 2 が接続される。スイッチ S 4 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続され、スイッチ S 4 のソースには負電圧電源 V 2 が接続される。スイッチ S 8 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続され、スイッチ S 8 のソースにはグランドが接続される。

【 0 0 8 0 】

切替部が、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 1 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 3 の接続経路に切り替えたとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 3 及びスイッチ S 8 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 4 をオフ状態として、接続経路を第 4 のグランド接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 2 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第 1 の接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。このような接続経路の切替によって、送信回路 1 0 は 4 レベルの電圧の送信信号を超音波振動子 2 0 へ出力することができる。

【 0 0 8 1 】

なお、送信回路 1 0 は、第 4 のグランド接続経路の電界効果トランジスタ（スイッチ S 8）と 1 次巻線 L 1 の他端との間に設けられグランドから 1 次巻線 L 1 の他端への方向を順方向とするダイオード D 8 をさらに有してもよい。それにより、スイッチ S 8 を逆電圧から保護する。

【 0 0 8 2 】

送信制御部 1 1 は、切替部のスイッチ S 1 のゲート G 1、スイッチ S 2 のゲート G 2、スイッチ S 3 のゲート G 3、スイッチ S 4 のゲート G 4、及びスイッチ S 8 のゲート G 8 のそれぞれへ制御信号を個別に出力し、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 4、及びスイッチ S 8 を個別にオン・オフさせる。

【 0 0 8 3 】

[動作]

図 1 0 は、この変形例の超音波診断装置の送信回路 1 0 の動作例を表すタイミングチャートである。このタイミングチャートは、各スイッチのオン・オフ状態と送信信号の電圧レベルとの関係を表す。

【 0 0 8 4 】

時点 T 1 6 から時点 T 1 7 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、

10

20

30

40

50

及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 1 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

【0085】

時点 T 17 から時点 T 18 までに亘り、切替部は、送信制御部 11 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 3 の接続経路に切り替えられる。このとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

10

【0086】

時点 T 18 から時点 T 19 までに亘り、切替部は、送信制御部 11 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 8 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、及びスイッチ S 4 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 4 のグラウンド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

【0087】

時点 T 19 から時点 T 20 までに亘り、切替部は、送信制御部 11 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。

20

【0088】

[効果]

この変形例の超音波診断装置の効果について説明する。この変形例の超音波診断装置は、トランス TR と、正電圧電源 V 1 と、負電圧電源 V 2 と、切替部とを有する。トランス TR は、1 次巻線 L 1 及び 2 次巻線 L 2 を備え、2 次巻線 L 2 に発生した電圧に基づいて超音波振動子 20 を駆動する。切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグラウンドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。また、グラウンド接続経路は、グラウンド、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 4 のグラウンド接続経路を含む。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1 つの正電圧電源 V 1 及び 1 つの負電圧電源 V 2 により構成される送信回路 10 から多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路 10 から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子 20 へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

30

40

【0089】

なお、第 1 の実施形態と前述した変形例との間で回路構成を参酌し、グラウンド接続経路が、第 1 のグラウンド接続経路、第 2 のグラウンド接続経路、第 3 のグラウンド接続経路、第 4 のグラウンド接続経路の任意の組み合わせを含んでもよい。以下、第 2 の実施形態の説明において、グラウンド接続経路が、第 1 のグラウンド接続経路、第 2 のグラウンド接続経路、第 3 のグラウンド接続経路、及び第 4 のグラウンド接続経路を含む実施形態について説明する。

【0090】

第 2 の実施形態

第 2 の実施形態の超音波診断装置は、送信回路 10 の切替部と送信制御部 11 との構成が、第 1 の実施形態と第 1 の実施形態の変形例 1 と第 1 の実施形態の変形例 2 と第 1 の実

50

施形態の変形例 3 とに対して異なる。以下、異なる構成について説明する。図 3 及び図 11 は、この実施形態の送信回路 10 の構成を表す回路図である。図 3 の端子 T E と図 9 の端子 T E とは、接続されている。

【0091】

切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグランドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグランド接続経路に切り替えること
10
によって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。グランド接続経路は、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、グランドの順に対して電流が順方向となる第 1 のグランド接続経路、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、グランドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグランド接続経路、グランド、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 3 のグランド接続経路、及びグランド、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 4 のグランド接続経路を含む。

【0092】

切替部は、正電圧側スイッチと、負電圧側スイッチと、グランド側スイッチとを有する。正電圧側スイッチは、1 次巻線 L 1 の両端のそれぞれと正電圧電源 V 1 との間に設けら
20
れたスイッチである。この実施形態におけるスイッチ S 1 とスイッチ S 2 とが正電圧側スイッチに相当する。負電圧側スイッチは、1 次巻線 L 1 の両端のそれぞれと負電圧電源 V 2 との間に設けられたスイッチである。この実施形態におけるスイッチ S 3 とスイッチ S 4 とが負電圧側スイッチに相当する。グランド側スイッチは、1 次巻線 L 1 の他端とグランドとの間に設けられたスイッチ S 5 及びスイッチ S 8、並びに 1 次巻線 L 1 の一端とグランドとの間に設けられたスイッチ S 6 及びスイッチ S 7 を含む。なお、スイッチ S 5 とスイッチ S 8 とは、1 次巻線 L 1 に対して並列に設けられる。また、スイッチ S 6 とスイッチ S 7 とは 1 次巻線 L 1 に対して並列に設けられる。

【0093】

正電圧側スイッチ（スイッチ S 1、スイッチ S 2）は、オン時に正電圧電源 V 1 側から
30
1 次巻線 L 1 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOS FET である。負電圧側スイッチ（スイッチ S 3、スイッチ S 4）は、オン時に 1 次巻線 L 1 側から負電圧電源 V 2 側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタあり、いわゆる N 型 MOS FET である。

【0094】

スイッチ S 5 は、第 1 のグランド接続経路において 1 次巻線 L 1 の他端とグランドとの間に設けられる。また、スイッチ S 5 は、オン時に 1 次巻線 L 1 の他端側からグランド側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる N 型 MOS FET である。スイッチ S 6 は、第 2 のグランド接続経路において 1 次巻線 L 1 の一端とグランドとの間に設けられる。また、スイッチ S 6 は、オン時に 1 次巻線 L 1 の一端側からグランド側へ
40
電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる N 型 MOS FET である。スイッチ S 7 は、第 3 のグランド接続経路において 1 次巻線 L 1 の一端とグランドとの間に設けられる。また、スイッチ S 7 は、オン時にグランド側から 1 次巻線 L 1 の一端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOS FET である。スイッチ S 8 は、第 4 のグランド接続経路において 1 次巻線 L 1 の他端とグランドとの間に設けられる。スイッチ S 8 は、オン時にグランド側から 1 次巻線 L 1 の他端側へ電流が順方向となる電界効果トランジスタであり、いわゆる P 型 MOS FET である。

【0095】

スイッチ S 1 のソースには正電圧電源 V 1 が接続され、スイッチ S 1 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続される。また、スイッチ S 2 のソースには正電圧電源 V 1 が接続
50

され、スイッチ S 2 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続される。スイッチ S 3 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続され、スイッチ S 3 のソースには負電圧電源 V 2 が接続される。スイッチ S 4 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続され、スイッチ S 4 のソースには負電圧電源 V 2 が接続される。

【 0 0 9 6 】

スイッチ S 5 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続され、スイッチ S 5 のソースにはグラウンドが接続される。スイッチ S 6 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続され、スイッチ S 6 のソースにはグラウンドが接続される。スイッチ S 7 のドレインには 1 次巻線 L 1 の一端が接続され、スイッチ S 7 のソースにはグラウンドが接続される。スイッチ S 8 のドレインには 1 次巻線 L 1 の他端が接続され、スイッチ S 8 のソースにはグラウンドが接続される。

10

【 0 0 9 7 】

切替部が、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 1 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 1 及びスイッチ S 5 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 4、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 1 のグラウンド経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V_{11}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 4 及びスイッチ S 7 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、スイッチ S 5、スイッチ S 6 及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 3 のグラウンド接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 3 の接続経路に切り替えたとき、1 次巻線 L 1 の電圧はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。また、切替部が、スイッチ S 3 及びスイッチ S 8 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 6、及びスイッチ S 7 をオフ状態として、接続経路を第 4 のグラウンド接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第 3 のグラウンド接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。また、切替部が、スイッチ S 2 及びスイッチ S 6 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 3、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 7 及びスイッチ S 8 をオフ状態として接続経路を第 2 のグラウンド接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times V_{11}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第 1 のグラウンド接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。また、切替部が、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態として、接続経路を第 2 の接続経路に切り替えたとき、2 次巻線 L 2 には「 $-k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 20 へ送られる。なお、該送信信号は、接続経路が第 1 の接続経路であるときの送信信号に対して極性が反転した信号である。このような切り替えによって、送信回路 10 は 7 レベルの電圧の送信信号を超音波診断装置へ送ることができる。

20

30

40

【 0 0 9 8 】

なお、送信回路 10 は、第 1 のグラウンド接続経路の電界効果トランジスタ (スイッチ S 5) と 1 次巻線 L 1 の他端との間に設けられ 1 次巻線 L 1 の他端からグラウンドへの方向を順方向とするダイオード D 5、第 2 のグラウンド接続経路の電界効果トランジスタ (スイッ

50

チ S 6) と 1 次巻線 L 1 の一端との間に設けられ 1 次巻線 L 1 の一端からグランドへ
 方向を順方向とするダイオード D 6、第 3 のグランド接続経路の電界効果トランジスタ (ス
 イッチ S 7) と 1 次巻線 L 1 の一端との間に設けられグランドから 1 次巻線 L 1 の一端へ
 の方向を順方向とするダイオード D 7、及び第 4 のグランド接続経路の電界効果トランジ
 スタ (スイッチ S 8) と 1 次巻線 L 1 の他端との間に設けられグランドから 1 次巻線 L 1
 の他端へ方向を順方向とするダイオード D 8 をさらに有してもよい。それにより、ダイ
 オード D 5、ダイオード D 6、ダイオード D 7、及びダイオード D 8 は、スイッチ S 5、
 スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 を逆電圧から保護する。

【 0 0 9 9 】

送信制御部 1 1 は、切替部のスイッチ S 1 のゲート G 1、スイッチ S 2 のゲート G 2、
 スイッチ S 3 のゲート G 3、スイッチ S 4 のゲート G 4、スイッチ S 5 のゲート G 5、ス
 イッチ S 6 のゲート G 6、スイッチ S 7 のゲート G 7、及びスイッチ S 8 のゲート G 8 の
 それぞれへ制御信号を個別に出力し、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 3、ス
 イッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 を個別にオン
 ・オフさせる。

【 0 1 0 0 】

[動作]

図 1 2 は、この変形例の超音波診断装置の送信回路 1 0 の動作例を表すタイミングチャ
 ートである。このタイミングチャートは、各スイッチのオン・オフ状態と送信信号の電圧
 レベルとの関係を表す。

【 0 1 0 1 】

時点 T 2 1 から時点 T 2 2 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基
 づいて、スイッチ S 1 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、
 スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それ
 により、接続経路は、第 1 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「
 $k \times (V_{11} - V_{21})$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0
 へ送られる。

【 0 1 0 2 】

時点 T 2 2 から時点 T 2 3 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基
 づいて、スイッチ S 1 及びスイッチ S 5 をオン状態とし、スイッチ S 2、スイッチ S 3、
 スイッチ S 4、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それ
 により、接続経路は、第 1 のグランド経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には
 「 $k \times V_{11}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送ら
 れる。

【 0 1 0 3 】

時点 T 2 3 から時点 T 2 4 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基
 づいて、スイッチ S 4 及びスイッチ S 7 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、
 スイッチ S 3、スイッチ S 5、スイッチ S 6、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それ
 により、接続経路は、第 3 のグランド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L
 2 には「 $-k \times V_{21}$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0
 へ送られる。

【 0 1 0 4 】

時点 T 2 4 から時点 T 2 5 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基
 づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 4 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、
 スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それ
 により、接続経路は、第 3 の接続経路に切り替えられる。このとき、1 次巻線 L 1 の電圧
 はゼロであり、また、2 次巻線 L 2 の電圧はゼロである。それにより、ゼロ電圧の電圧レ
 ベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 1 0 5 】

時点 T 2 5 から時点 T 2 6 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基

10

20

30

40

50

づいて、スイッチ S 3 及びスイッチ S 8 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 2、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 6、及びスイッチ S 7 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 4 のグラウンド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $k \times V 2 1$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 1 0 6 】

時点 T 2 6 から時点 T 2 7 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 6 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 3、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 のグラウンド接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $- k \times V 1 1$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 1 0 7 】

時点 T 2 7 から時点 T 2 8 までに亘り、切替部は、送信制御部 1 1 からの制御信号に基づいて、スイッチ S 2 及びスイッチ S 3 をオン状態とし、スイッチ S 1、スイッチ S 4、スイッチ S 5、スイッチ S 6、スイッチ S 7、及びスイッチ S 8 をオフ状態とする。それにより、接続経路は、第 2 の接続経路に切り替えられる。このとき、2 次巻線 L 2 には「 $- k \times (V 1 1 - V 2 1)$ 」の電圧が発生し、この電圧レベルの送信信号が超音波振動子 2 0 へ送られる。

【 0 1 0 8 】

[効果]

この実施形態の超音波診断装置の効果について説明する。この実施形態の超音波診断装置は、トランス T R と、正電圧電源 V 1 と、負電圧電源 V 2 と、切替部とを有する。トランス T R は、1 次巻線 L 1 及び 2 次巻線 L 2 を備え、2 次巻線 L 2 に発生した電圧に基づいて超音波振動子 2 0 を駆動する。切替部は、1 次巻線 L 1 と正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 又はこれら双方との接続経路を、1 次巻線 L 1 の一端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の他端に負電圧電源 V 2 を接続する第 1 の接続経路、1 次巻線 L 1 の他端に正電圧電源 V 1 を接続し 1 次巻線 L 1 の一端に負電圧電源 V 2 を接続する第 2 の接続経路、1 次巻線 L 1 の一端と 1 次巻線 L 1 の他端とを短絡させる第 3 の接続経路、又は正電圧電源 V 1 若しくは負電圧電源 V 2 とグラウンドとを 1 次巻線 L 1 を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替えることによって、2 次巻線 L 2 に電圧を変化させて発生させる。また、グラウンド接続経路は、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、グラウンドの順に対して電流が順方向となる第 1 のグラウンド接続経路、正電圧電源 V 1、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、グラウンドの順に対して電流が順方向となる第 2 のグラウンド接続経路、グラウンド、1 次巻線 L 1 の一端、1 次巻線 L 1 の他端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 3 のグラウンド接続経路、及びグラウンド、1 次巻線 L 1 の他端、1 次巻線 L 1 の一端、負電圧電源 V 2 の順に対して電流が順方向となる第 4 のグラウンド接続経路を含む。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1 つの正電圧電源 V 1 及び 1 つの負電圧電源 V 2 により構成される送信回路 1 0 からさらに多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路 1 0 から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子 2 0 へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

【 0 1 0 9 】

超音波プローブの実施形態について

図 1 3 は、この実施形態の超音波プローブの構成を表すブロック図である。この実施形態は、送信回路 1 0 と送信制御部 1 1 との配置が異なる。送信回路 1 0 と送信制御部 1 1 とは、この実施形態の超音波プローブ 2 a に配置される。送信制御部 1 1 は、この実施形態の本体部 1 a からの制御信号によって動作する。送信回路 1 0 と送信制御部 1 1 との動作には、第 1 の実施形態、第 1 の実施形態の変形例 1、第 1 の実施形態の変形例 2、第 1 の実施形態の変形例 3、第 2 の実施形態のいずれかの動作を援用することが可能である。

【 0 1 1 0 】

実施形態に共通の効果

以上述べた少なくともひとつの実施形態の超音波診断装置又は超音波プローブは、トランスTRと、正電圧電源V1と、負電圧電源V2と、切替部とを有する。トランスTRは、1次巻線L1及び2次巻線L2を備え、2次巻線L2に発生した電圧に基づいて超音波振動子20を駆動する。切替部は、1次巻線L1と正電圧電源V1若しくは負電圧電源V2又はこれら双方との接続経路を、1次巻線L1の一端に正電圧電源V1を接続し1次巻線L1の他端に負電圧電源V2を接続する第1の接続経路、他端に正電圧電源V1を接続し一端に負電圧電源V2を接続する第2の接続経路、一端と他端とを短絡させる第3の接続経路、又は正電圧電源V1若しくは負電圧電源V2とグラウンドとを1次巻線L1を介して接続させるグラウンド接続経路に切り替えることによって、2次巻線L2に電圧を変化させて発生させる。このように、この実施形態の超音波診断装置は、1つの正電圧電源V1及び1つの負電圧電源V2により構成される送信回路10から多様な電圧レベルの送信信号を出力する。それにより、小さな規模の送信回路10から多様な電圧レベルの送信信号を超音波振動子20へ出力することができる超音波診断装置を提供することができる。

10

【 0 1 1 1 】

また、送信回路が多様な電圧レベルの送信信号を出力することができることを利用して、図3の回路におけるダイオードスイッチの後段部分において生じ得る送信信号の残存成分と受信信号との干渉を低減することができる。超音波診断装置の動作中、送信信号の終了部分の送信信号が2次巻線の後段部分に残存したまま、超音波振動子が超音波を受信し、エコー信号を出力する場合がある。このとき、図3の回路におけるダイオードスイッチの後段部分において送信信号の残存成分と受信信号との干渉し、受信回路が受ける信号にノイズが発生する場合がある。このノイズは、送信信号の残存成分の電圧レベルが高いほど大きい。以上述べた少なくともひとつの実施形態の超音波診断装置又は超音波プローブは、例えば送信信号の受信信号の電圧レベルを低くすることにより、送信信号の残存成分と受信信号との干渉を低減することができる。

20

【 0 1 1 2 】

また、送信回路が多様な電圧レベルの送信信号を出力することができることを利用して、超音波を複数の焦点へ同時並列的に送信することができる。例えば、2つの焦点へ超音波を送信するとき、送信回路は、これら焦点毎についての送信遅延時間に基づいて、一方の焦点への送信信号と、他方の焦点への送信信号とを合成した送信信号を超音波振動子へ出力する。この送信信号の波形は、通常、階段状の信号となる。本発明の実施形態は、多様な電圧レベルを送信できるので、合成した送信信号を出力可能であるこのような送信信号を超音波振動子ごとに出力することにより、超音波は、複数の焦点へ同時並列的にフォーカスされる。従って、以上述べた少なくともひとつの実施形態の超音波診断装置又は超音波プローブは、超音波を複数の焦点へ同時並列的に送信することができる。

30

【 0 1 1 3 】

この発明の実施形態を説明したが、上記の実施形態は例として提示したものであり、発明の範囲を限定することを意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 1 4 】

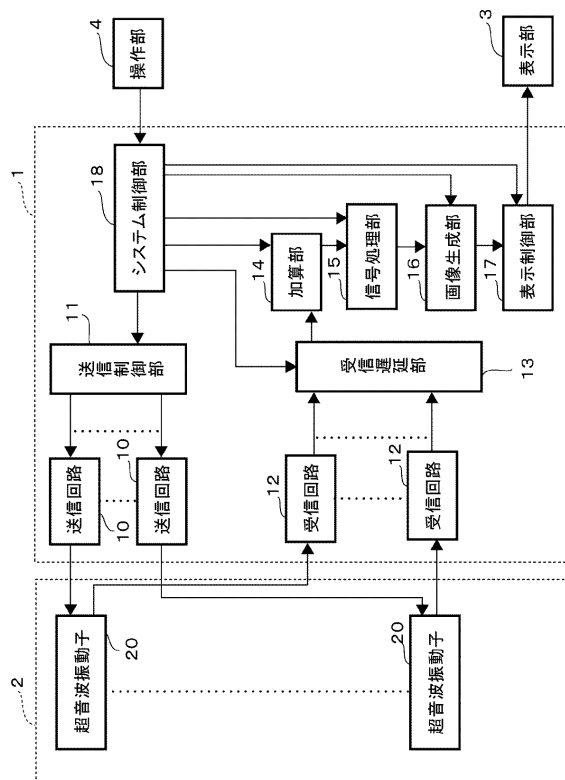
- 1、1 a 本体部
- 2、2 a 超音波プローブ
- 3 表示部
- 4 操作部
- 1 0 送信回路
- 1 1 送信制御部

50

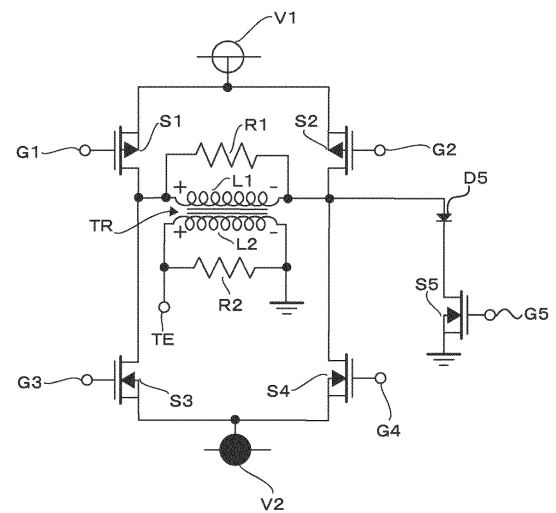
- 1 2 受信回路
 1 3 受信遅延部
 1 4 加算部
 1 5 信号処理部
 1 6 画像生成部
 1 7 表示制御部
 1 8 システム制御部
 2 0 超音波振動子
 L 1 1次巻線
 L 2 2次巻線
 S 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 6、S 7、S 8 スイッチ
 T R トランス
 V 1 正電圧電源
 V 2 負電圧電源

10

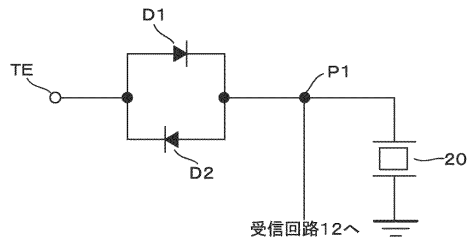
【図 1】



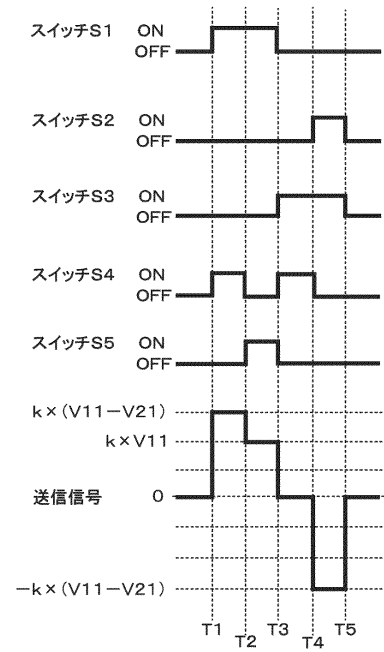
【図 2】



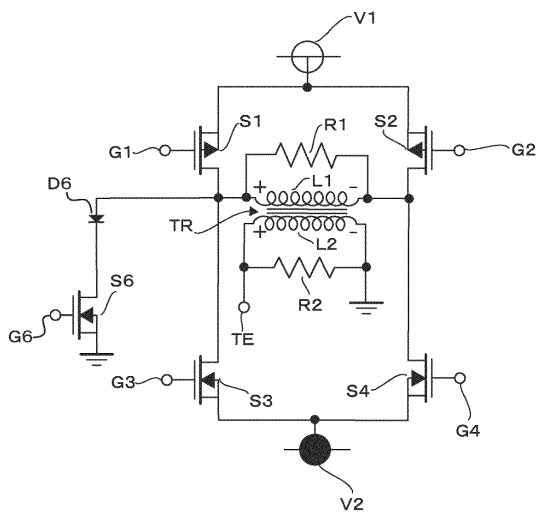
【図 3】



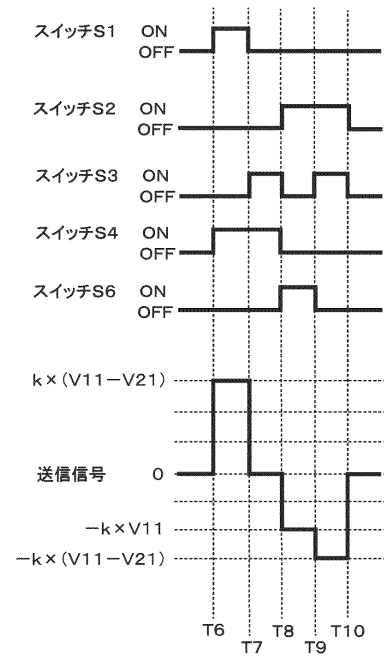
【図 4】



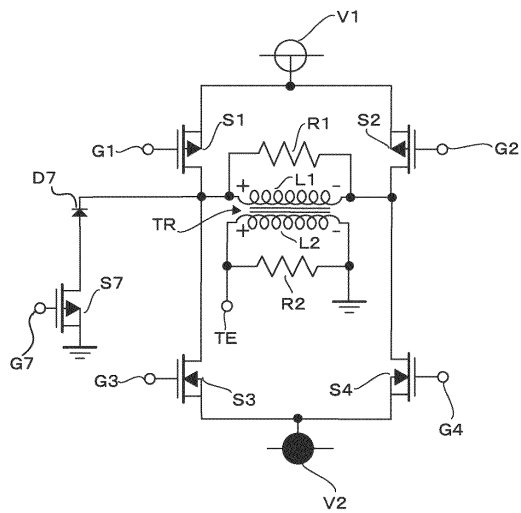
【図 5】



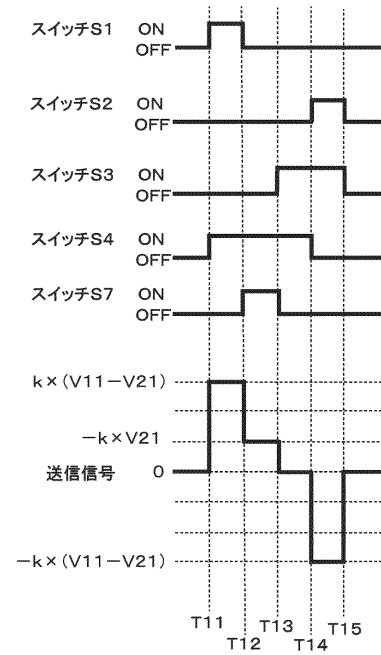
【図 6】



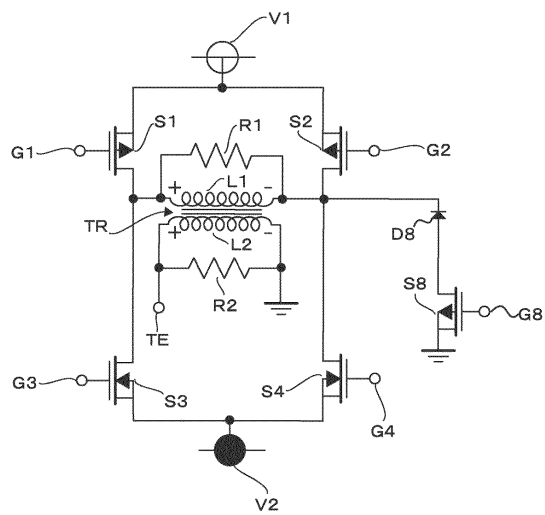
【図 7】



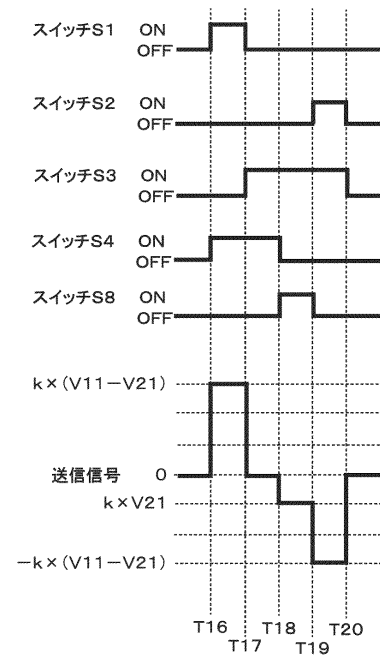
【図 8】



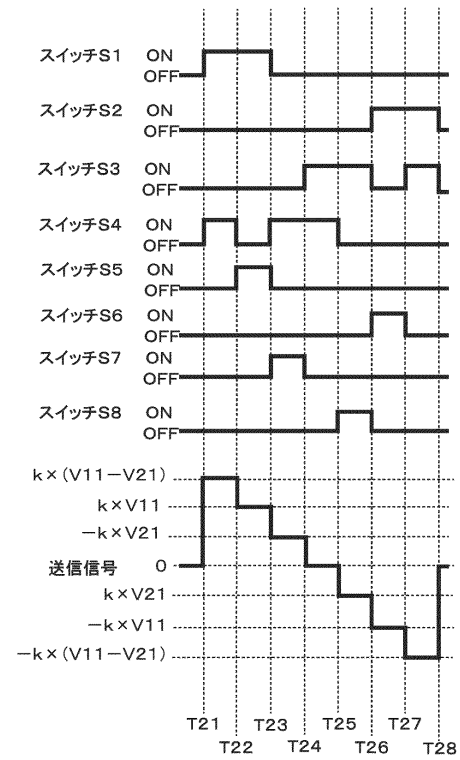
【図 9】



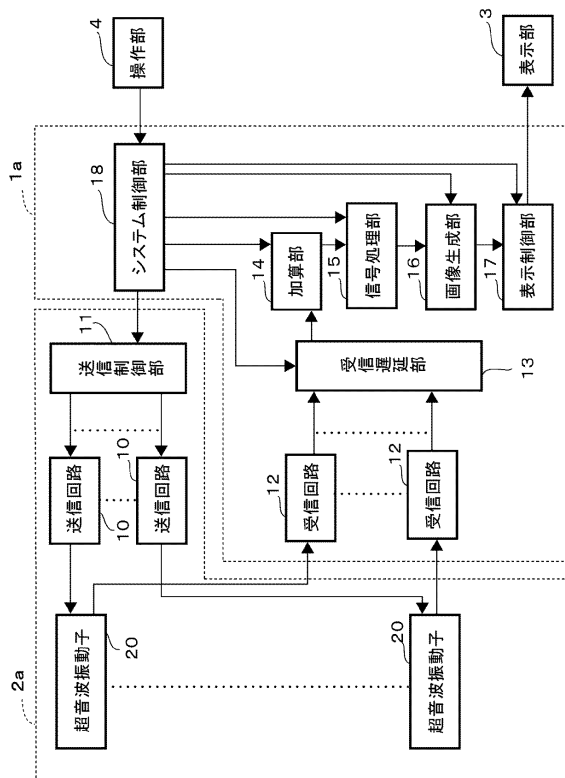
【図 10】



【圖 12】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 神山 聡
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 椎名 孝行
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 石塚 正明
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 藤田 大広
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 萩原 輝樹
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内

審査官 宮川 哲伸

- (56)参考文献 特開2011-234848(JP,A)
特開2013-106625(JP,A)
特開2010-81966(JP,A)
特開2012-239496(JP,A)
国際公開第2010/103747(WO,A1)

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