

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4057812号
(P4057812)

(45) 発行日 平成20年3月5日 (2008.3.5)

(24) 登録日 平成19年12月21日 (2007.12.21)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 S 7/523 (2006.01)

GO 1 S 7/52 (E)

GO 1 S 7/524 (2006.01)

GO 1 S 7/52 (R)

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2001-401798 (P2001-401798)	(73) 特許権者	000166247
(22) 出願日	平成13年12月28日 (2001.12.28)		古野電気株式会社
(65) 公開番号	特開2003-202370 (P2003-202370A)		兵庫県西宮市芦原町9番52号
(43) 公開日	平成15年7月18日 (2003.7.18)	(74) 代理人	100084548
審査請求日	平成16年12月3日 (2004.12.3)		弁理士 小森 久夫
前置審査		(72) 発明者	西森 靖
			兵庫県西宮市芦原町9番52号
			古野電気株式会社内
		(72) 発明者	半田 実
			兵庫県西宮市芦原町9番52号
			古野電気株式会社内
		(72) 発明者	小篠 史郎
			兵庫県西宮市芦原町9番52号
			古野電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波送受信装置およびスキャニングソナー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

トランスデューサに配列した複数の振動子を駆動して送信ビームを形成し、前記トランスデューサの複数の振動子が受けた信号を制御して受信ビームを形成し、横方向または縦方向へ広がる複数の探知範囲の前記送信ビームと前記受信ビームとによる探知を、探知範囲毎に異なる周波数で行う超音波送受信装置において、

複数の探知範囲それぞれに対応する送信ビームを形成するための、前記振動子に与えるべき駆動信号に関する波形を生成するプログラマブル送信ビーム形成制御手段と、

該波形に基づく前記駆動信号により前記振動子を駆動し、前記送信ビームを形成する送信手段と、

前記振動子による受信信号を増幅し、デジタル信号に変換する受信手段と、

前記デジタル信号に対して、受信ビームの方向を定める位相制御演算を施して合成し、複数の探知範囲それぞれに対応する合成受信信号を生成するプログラマブル受信ビーム形成制御手段と、

複数の探知範囲それぞれに対応する周波数のフィルタ係数を生成し、それらのフィルタ係数に基づいて、各合成受信信号にフィルタ演算を施して各探知範囲の周波数成分を受信信号として抽出するプログラマブルフィルタ手段と、

前記探知範囲を指示する入力部と、

前記入力部の指示内容に従って、前記プログラマブル送信ビーム形成制御手段と前記プログラマブル受信ビーム形成制御手段と前記プログラマブルフィルタ手段とを制御する制

御部と、
を備える超音波送受信装置。

【請求項 2】

前記送信手段は、各探知範囲に対応する送信ビームを同時に送信する請求項 1 に記載の超音波送受信装置。

【請求項 3】

前記送信手段は、送信ビームの形成期間中に各探知範囲に対応する送信ビームを時分割して送信し、前記受信手段は、前記送信ビームの形成期間に続く受信ビームの形成期間に各探知範囲の周波数成分を各合成受信信号から抽出する請求項 1 に記載の超音波送受信装置。

10

【請求項 4】

各探知範囲は、それぞれ異なるティルト角で方位方向へ広がる横方向である請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の超音波送受信装置。

【請求項 5】

各探知範囲は、所定ティルト角で方位方向へ広がる横方向と、所定方位角で縦方向へ広がる縦方向とを含むものである請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の超音波送受信装置。

【請求項 6】

各探知範囲は、それぞれティルト角の異なる複数の横方向、または、それぞれ方位角の異なる複数の縦方向、を含むものである請求項 5 に記載の超音波送受信装置。

20

【請求項 7】

前記プログラブル送信ビーム形成制御手段は、前記振動子に与えるべき駆動信号の波形をパルス幅変調した信号として生成する手段であり、

前記送信手段は、該パルス幅変調された信号をアナログ信号に変換するとともに増幅して前記振動子を駆動する手段である、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の超音波送受信装置。

【請求項 8】

前記トランスデューサは、複数の振動子を円筒面上または球面上に配列したものである請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の超音波送受信装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の超音波送受信装置と、該超音波送受信装置の受信ビーム形成手段の制御により、各探知範囲内での探知すべき方位を順次走査して、各方位の受信信号から、各探知範囲の探知画像データを求め、該探知画像データを表示する手段とを備えたスキャニングソナー。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、超音波の送受信によって水中等を探知する超音波送受信装置およびスキャニングソナーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

40

水中にある物標を探知するためにスキャニングソナーが用いられている。スキャニングソナーは、周囲の全方位の物標を探知するために、図 1 に示すように、ほぼ円筒形のトランスデューサを備えている。このトランスデューサの各振動子の駆動によって、全周に向けて超音波の送信ビームを形成する。その際、トランスデューサの各振動子を駆動する信号には、各段ごとに適当な遅延時間または位相差をもたせる制御を行う。このことによって、垂直方向の指向性を所定角度に絞った、所定ティルト角の傘型の送信ビームを形成する。また、トランスデューサの円周方向（方位方向）に並ぶ所定数の振動子を用いて、所定方位に受信ビームを形成し、用いる振動子列の組の選択を切り換えることによって、受信ビームの方位を順次回転させる。このことによって全方位に亘る探知を行う。

【0003】

50

【発明が解決しようとする課題】

従来のスキャニングソナーにおいては、所定ティルト角で全周囲方向に探知を行う水平モードと、上記ティルト角を大きくして、略垂直方向の扇形の断面を探知する垂直モードが存在する。水平モードは、主に自船周囲の所定範囲内の物標を探知する場合に用いられ、垂直モードは、主に自船の略真下方向の所定幅に広がる範囲内の物標を探知する場合に用いられる。

【0004】

上記水平モードと垂直モードは探知目的に応じて、通常いずれかのモードが設定されるが、場合によっては、自船周囲の探知と共に自船の真下方向の探知をも同時に行いたい場合がある。そのような用途のために、単一の表示画面内に水平モードの探知画像と、垂直モードの探知画像を同時に表示する水平・垂直複合モードというモードもある。

10

【0005】

しかし、従来のスキャニングソナーの探知方法では、所定探知範囲に単一の周波数を使って超音波パルスを送信し、物標などからの反射波を所定方位毎に順次受信することによって、所定断面の探知画像を求めるようにしたものである。したがって、水平モードの探知画像のために、水平モード用の送信ビームの形成制御および受信ビームの形成制御を行い、垂直モードの探知のために、垂直モードのための送信ビームの形成制御および受信ビームの形成制御を行う、といった動作を交互に繰り返す必要があった。

【0006】

そのため探知画像の更新周期が遅くなり、変化の早い探知画像が得られない。また、単一の表示画面内に水平モードと垂直モードのそれぞれの探知画像を表示しても、その二つの探知画像は、同時刻における、または極近接した時刻における探知画像ではないので、その時間的なずれに伴って水平モードの探知画像と垂直モードの探知画像とを比較して判読する際に、両画像の対応関係の把握が困難になる場合が生じる。

20

【0007】

上述の問題は、水平モードと垂直モードの2つのモードにおける探知画像を同時に求める場合に限らず、水平または水平から所定角度ティルトした方向である横方向と、垂直または垂直から所定角度ティルトした方向である縦方向の物標を同時に、または近接した時間内に、探知する場合にも生じる問題である。

【0008】

また、物標探知のための超音波信号の送受信と、それとは別の目的で送信された超音波信号の受信等を並行して行うような場合に、受信信号同士の干渉を防止することが重要である。従来は、例えば潮流測定用超音波信号の送受信や、魚群探知用超音波信号の送受信を行うタイミングでは、スキャニングソナーとしての探知動作を一時停止する制御を行っていた。しかし、これでは、探知動作が間欠的になって、短時間周期での探知ができなかった。

30

【0009】

この発明の目的は、超音波信号の送受信による横方向または縦方向の探知動作を短時間周期で行えるようにし、また、所望の受信信号以外の受信信号による干渉を受けないようにした、超音波送受信装置およびスキャニングソナーを提供することにある。

40

【0010】**【課題を解決するための手段】**

この発明は、トランスデューサに配列した複数の振動子を駆動して送信ビームを形成し、前記トランスデューサの複数の振動子が受けた信号を制御して受信ビームを形成し、横方向または縦方向へ広がる複数の探知範囲の前記送信ビームと前記受信ビームとによる探知を、探知範囲毎に異なる周波数で行う超音波送受信装置において、

複数の探知範囲それぞれに対応する送信ビームを形成するための、前記振動子に与えるべき駆動信号に関する波形を生成するプログラブル送信ビーム形成制御手段と、

該波形に基づく駆動信号により前記振動子を駆動し、前記送信ビームを形成する送信手段と、

50

前記振動子による受信信号を増幅し、ディジタル信号に変換する受信手段と、
前記ディジタル信号に対して、受信ビームの方向を定める位相制御演算を施して合成し、
複数の探知範囲それぞれに対応する合成受信信号を生成するプログラマブル受信ビーム
形成制御手段と、

複数の探知範囲それぞれに対応する周波数のフィルタ係数を生成し、それらのフィルタ
係数に基づいて、各合成受信信号にフィルタ演算を施して各探知範囲の周波数成分を受信
信号として抽出するプログラマブルフィルタ手段と、

前記探知範囲を指示する入力部と、
前記入力部の指示内容に従って、前記プログラマブル送信ビーム形成制御手段と前記プ
ログラマブル受信ビーム形成制御手段と前記プログラマブルフィルタ手段とを制御する制
御部と、
を備える。

10

【0011】

このように、1つのトランスデューサを用いて、横方向または縦方向の複数方向に同時に送信ビームを形成する。これらの複数方向に超音波送信ビームを同時に形成しても、それぞれの周波数が異なっているため、また、送信信号の周波数に応じた周波数成分を受信信号から抽出するようにしたため、横方向または縦方向の複数方向からの反射信号を同時に受信しても相互干渉の影響を受けない。

【0012】

また、この発明は、前記送信ビーム形成手段が前記送信ビーム毎に異なる周波数信号を同時に送信して送信ビームを形成することを特徴とする。このことにより、送信ビーム形成期間（送信信号の送信期間）が長くなり、単一の探知すべき方向へ送信ビームを形成する期間と同じとなり、短い時間間隔で探知を行えるようになる。

20

【0013】

また、この発明は、前記送信ビームの形成手段が送信ビームの形成期間中に送信ビーム毎に時分割して送信ビームを形成し、前記受信ビーム形成手段が、送信ビームの形成期間に続く受信ビーム形成期間に受信信号を抽出することを特徴とする。すなわち、ある1つの探知すべき方向へ送信ビームを形成し、その送信ビーム方向からの反射信号を受けるために受信ビームを形成する、というシーケンスを複数の方向について順次行うのではない。一連の送信ビームの形成期間中に、探知すべき横方向または縦方向の複数方向へ送信ビームを順次形成し、その送信ビームの形成期間に続く受信ビーム形成期間に、それぞれの方向ごとの受信信号を抽出する。そのため、探知時間間隔が長くなり、短期間周期で横方向または縦方向の複数方向の探知を行えるようになる。しかもトランスデューサの各振動子は単一の周波数で駆動されるため、送信パワーが犠牲にならず、遠距離までの探知が可能となる。

30

【0014】

また、この発明は、前記送信ビーム形成手段を、前記振動子に与えるべき駆動信号の波形をパルス幅変調（PDM：pulse-duration modulation）した信号として生成する手段と、該パルス幅変調された信号をアナログ信号に変換するとともに増幅して前記振動子を駆動する手段とから構成し、

40

前記受信ビーム形成手段を、前記振動子による受信信号を増幅し、ディジタル信号に変換する手段と、前記ディジタル信号に対して、受信ビームの方向を定める位相制御演算を施す手段と、前記送信周波数の成分を抽出するフィルタ演算を施す手段とから構成する。

【0015】

これにより、各振動子毎に設ける、振動子の駆動回路へのデータ伝送が容易になり、且つノイズの影響を受けにくくなる。また、各振動子の受信信号毎にディジタル信号を得るので、各振動子の受信信号の処理部への伝送が容易になり、しかもディジタル演算によって、位相制御およびフィルタリングを行うので、ノイズの影響を受けにくくなる。

【0016】

また、この発明は、複数の振動子を配列したトランスデューサと、該トランスデューサ

50

の複数の振動子を駆動して、横方向または縦方向の複数方向へ超音波の送信ビームを形成する送信ビーム形成手段と、前記トランスデューサの複数の振動子が受けた信号を制御して、受信ビームを形成する受信ビーム形成手段と、を備え、前記横方向または縦方向の探知を行う超音波送受信装置において、

前記トランスデューサを、円筒面上または球面上に前記複数の振動子を配列したものと

し、
前記送信ビーム形成手段は、前記振動子に与えるべき駆動信号の波形をパルス幅変調した信号として生成する手段と、該パルス幅変調された信号をアナログ信号に変換するとともに増幅して前記振動子を駆動する手段とからなり、前記送信ビーム毎に前記振動子の駆動周波数を異ならせて、所定送信周波数の送信ビームを形成するものであり、

前記受信ビーム形成手段は、前記振動子による受信信号を増幅し、デジタル信号に変換する手段と、前記デジタル信号に対して、受信ビームの方向を定める位相制御演算を施して合成受信信号を生成する手段と、該合成受信信号に対して前記送信周波数の成分を抽出するフィルタ演算を施して前記送信ビームの前記送信周波数に対応した周波数成分を受信信号として抽出する帯域通過フィルタ手段とから構成する。

【 0 0 1 7 】

また、この発明のスキヤニングソナーは、上記超音波送受信装置と、該超音波送受信装置の送信制御手段および受信制御手段の制御により、探査すべき方位を順次走査して、各方位の受信信号から探知範囲の探知画像データを求め、該探知画像データを表示する手段とを備える。

また、この発明の超音波送受信装置は、複数の振動子を配列したトランスデューサと、互いに異なる周波数にそれぞれ対応する前記トランスデューサの複数の振動子を前記互いに異なる周波数の探知信号でもってそれぞれ駆動して、横方向の広範囲探査領域に対しておよび縦方向の広範囲探査領域に対して超音波の送信ビームをそれぞれ形成する送信ビーム形成手段と、前記トランスデューサの複数の振動子が受信した信号を制御して、前記横方向および縦方向の広範囲探査領域の互いに異なる方向にそれぞれ複数の受信ビームを形成し前記送信ビームの送信周波数に対応した周波数成分を受信信号として抽出する受信ビーム形成手段とを備えたことを特徴とする。

また、この発明の超音波送受信装置は、複数の振動子を配列したトランスデューサと、互いに異なる周波数にそれぞれ対応する前記トランスデューサの複数の振動子を前記互いに異なる周波数の探知信号でもってそれぞれ駆動して、互いに異なる二方向の広範囲探査領域に対して超音波の送信ビームをそれぞれ形成する送信ビーム形成手段と、前記トランスデューサの複数の振動子が受信した信号を制御して、前記二方向の広範囲探査領域の互いに異なる方向にそれぞれ複数の受信ビームを形成し前記送信ビームの送信周波数に対応した周波数成分を受信信号として抽出する受信ビーム形成手段とを備えたことを特徴とする。

また、この発明の超音波送受信装置は、複数の振動子を配列したトランスデューサと、該トランスデューサの複数の振動子を駆動して、広範囲探査領域に対して超音波信号を送信する送信手段と、前記トランスデューサの複数の振動子が受信した信号を制御して、複数方向の広範囲探査領域においてそれぞれ互いに異なる方向に複数の受信ビームを形成する受信ビーム形成手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

【 発明の実施の形態 】

各図を参照して、この発明のスキヤニングソナーについて説明する。

図 1 はスキヤニングソナーに用いるトランスデューサの構成図である。図 1 に示すように、トランスデューサ 1 は、1 段 6 4 列、5 段の合計 3 2 0 個の超音波振動子 A_{ij} ($i = 1 \sim 64$, $j = 1 \sim 5$) で構成している。このトランスデューサ 1 は、船舶の底部に円筒の軸が垂直になるように設置される。

【 0 0 1 9 】

図 2 は送信ビームについて説明する図である。同図の (A) は、水平の全方位を探査する

10

20

30

40

50

場合に形成される送信ビームの指向性を示している。(B)は、所定ティルト角の全方位を探索する場合に形成される送信ビームを示している。各振動子を駆動する際、トランスデューサ1の下の方ほど遅延時間を長くすることにより傘型の送信ビームを所定角度だけ下方方向にティルトさせる。

【0020】

図3は受信ビームについて示す図である。受信ビームは、トランスデューサ1の円周方向の連続する複数列の振動子を組として用いる。所定数連続する複数列の振動子の受信信号を合成する際、(A)に示すように、連続する複数列の中央部ほど位相を遅らせて合成することにより、(B)に示すように、水平方向の指向性を鋭くする。また、トランスデューサ1の段方向に遅延時間を設定することによって、ティルト角を制御するとともに、垂直方向の指向性も鋭くする。このことにより、所謂ペンシル型の受信ビームを形成する。(C)はその遅延時間を一定にした例であり、(D)に示すように、受信ビームは水平方向を向く。(E)は、下の方ほど遅延時間を長くした例であり、(F)に示すように、受信ビームは下方方向にティルトする。

【0021】

このように傘型の送信ビームを形成し、その送信ビーム内の所定方位をペンシル型の受信ビームで受信することにより、傘型の探知範囲について探知する。

【0022】

図4は上記送信ビームと受信ビームによる探知範囲を示す図である。ここで、TBは傘型の送信ビーム、RBはペンシル型の受信ビームである。上記トランスデューサ1の列方向の複数の振動子の組を64組とすれば、方位方向に64本の分解能で受信ビームRBを形成することができる。また、距離方向については、時間軸上のサンプリング周期に応じた分解能で、送信ビームTB内の任意の区画Pについて探知画像データを順次生成する。

【0023】

図4において、送信ビームを水平($=90^\circ$)方向またはそれより所定角度ティルトさせることにより、横方向の探知を行う。

【0024】

以上に示した例では、円筒面に複数の振動子を配列したトランスデューサを用いたが、球面の全面またはその一部の面に複数の振動子を配列したトランスデューサを用いてもよい。

【0025】

図5は、上記トランスデューサを用いて、縦方向の探知を行う例について示す図である。図5の(A)、(B)は、矢印で示す船首方位に対してベアリング角をなす垂直面の探知範囲について示している。(A)は円筒形のトランスデューサ1を用いた場合の例、(B)、(C)は球形のトランスデューサ1を用いた例である。

【0026】

このように、縦方向の探知では、縦方向に扇状に広がる範囲を探知する。但し、円筒形のトランスデューサ1を用いた場合には、真下方向へは送信ビームおよび受信ビームを形成できないので、真下付近は探知対象外となる。

なお、図5(C)は、球形のトランスデューサ1を用い、真下方向から水平方向までの90°分について探知する例である。

【0027】

このように、図5に示した所定ベアリング角をなす垂直面に沿って扇形に広がる送信ビームを形成し、その扇形に沿って、ペンシル型の受信ビームのティルト角を順次高速に変化させることにより、すなわち受信ビームの走査を行うことにより、縦方向の探知を行う。

【0028】

図6は、スキャニングソナーの送受信チャンネルの構成を示すブロック図である。図6において、ドライバ回路12は、インターフェース20, 11を介して、後述する制御部から与えられたパルス幅変調された2値送信信号をアナログ信号に変換する。TX増幅回路

10

20

30

40

50

13は、その送信信号を増幅し、送受切替回路14を介して振動子10を駆動する。送受切替回路14は、送信期間にTX増幅回路13の出力信号を振動子10へ導き、受信期間に、振動子10が出力した信号をプリアンプ15へ受信信号として導く。プリアンプ15は、この受信信号を増幅し、バンドパスフィルタ16は、受信信号の周波数帯域以外のノイズ成分を除去する。A/Dコンバータ17は、その受信周波数帯域の信号を所定のサンプリング周期でサンプリングし、ディジタルデータ列に変換する。

【0029】

上記の部分で送受信チャンネル100を構成する。この送受信チャンネルを、100a, 100b, ... 100nで示すように、振動子10の数だけ設けている。

【0030】

図7は、図6に示した複数の送受信チャンネル100を用いて送信ビームおよび受信ビームを形成するとともに、所定探知範囲の探知画像を生成するためのブロック図である。図7におけるインターフェース20は、図6に示したインターフェース20のことである。図7において、26はプログラマブル送信ビーム形成制御部である。このプログラマブル送信ビーム形成制御部26は、送信信号生成回路21、波形メモリ24およびTX-DSP25を含んでいる。送信信号生成回路21には、タイミングジェネレータ22と係数テーブル23とを設けている。この送信信号生成回路21は、FPGA(Field Programmable Gate Array)からなる。タイミングジェネレータ22は、送信信号の生成タイミングの基準となる信号を発生する。係数テーブル23は振動子各チャンネルに与える遅延量、ウェイト値(これはTX-DSP25が計算して求める。)を予め書き込んだものである。波形メモリ24は送信信号の基本となる波形を一時記憶するメモリである。TX-DSP25は送信信号生成用DSP(ディジタル信号処理器)である。このTX-DSP25は、PDMによるパルス幅変調した2値の波形データを生成し、これを波形メモリ24に書き込む。また、このTX-DSP25は、送信毎に係数テーブル23の内容を計算し、更新する。送信信号生成回路21は、波形メモリ24から波形データを読み出し、係数テーブル23を参照し、インターフェース20を介して、パルス幅変調された2値送信信号を、送受信チャンネル100へ与える。

【0031】

バッファメモリ27は、インターフェース20を介して各チャンネルからの受信データを一時記憶するメモリである。28はプログラマブル受信ビーム形成制御部であり、RX-DSP29、係数テーブル30、および受信ビーム形成演算部31とから構成している。RX-DSP29は、各受信ビーム毎に各振動子による受信信号の位相とウェイトを計算し、係数テーブル30へ書き込む。受信ビーム形成演算部31は、各振動子の受信信号に対して係数テーブル30に書き込まれた位相とウェイトの計算を行って合成することにより合成受信信号を得る。この合成受信信号をビーム毎の時系列データとして求め、これをバッファメモリ32へ書き込む。この受信ビーム形成演算部31は、FPGAからなる。

【0032】

上述の例では、複数の振動子が受けた信号を位相制御して、所定方向へ受信ビームを形成するようにしたが、各振動子の信号を遅延させる遅延回路をを設ける遅延方式によってもよい。また、受信信号に予めドップラシフトをもたせ、受信信号にマッチドフィルタをかけることによって受信ビームの方向を制御するマッチドフィルタ方式によってもよい。

【0033】

33はプログラマブルフィルタであり、フィルタDSP34、係数テーブル35、およびフィルタ演算部36から構成している。フィルタ演算部36はFPGAからなる。フィルタDSP34は、ビーム毎に所定の通過帯域フィルタ特性を得るためのフィルタ係数を計算し、それを係数テーブル35へ書き込む。フィルタ演算部36は係数テーブル35の係数を基にFIR(Finite Impulse Response)フィルタとしての演算を行い、帯域処理済受信信号を求める。

【0034】

エンベロープ検出部40は、各受信ビームの帯域処理済受信信号のエンベロープ(包絡線

10

20

30

40

50

）を検出する。具体的には、時間波形の実数成分の二乗と虚数成分の二乗との和の平方根を求めることにより検出する。

【 0 0 3 5 】

イメージ処理部 4 1 は、各受信ビームの各距離における受信信号強度をイメージ情報化してディスプレイ 4 2 へ出力する。これによりディスプレイ 4 2 に所定探知範囲の探知画像を表示する。

【 0 0 3 6 】

操作部 3 9 は、探知範囲のティルト角等の指示等を行う入力部である。ホスト C P U 3 7 は、インターフェース 3 8 を介して操作部 3 9 の指示内容を読み取り、上述した各部の制御を行う。

【 0 0 3 7 】

図 8 は図 6 に示したドライバ回路 1 2 の構成を示す回路図である。また図 9 はその各部の波形図である。

図 8 において、Q a ~ Q d はそれぞれ M O S トランジスタ、L s はトランジスタ Q a , Q b のゲートに対して所定レベルのゲート電圧を出力するレベルシフト回路、I はトランジスタ Q c , Q d のゲートに対するゲート電圧を出力するインバータ回路 (N O T ゲート) である。また、D i は各トランジスタ Q a ~ Q d のターンオフ時にドレイン - ソース間に生じるサージ電圧を吸収するためのダイオードである。

【 0 0 3 8 】

図 8 において、I N 1 , I N 2 に対して矩形波信号を入力することにより、A ~ D で示す各点の電圧信号は、図 9 に示すようになる。信号 A ~ D がハイレベルの時、それをゲート電圧とするトランジスタ Q a ~ Q d が導通し、信号 A ~ D がローレベルの時、トランジスタ Q a ~ Q d は遮断状態となる。従って、出力端子 O U T 1 , O U T 2 からは、図 9 に示すような電圧信号が出力される。この 2 つの出力電圧 O U T 1 と O U T 2 の差の電圧 (O U T 1 - O U T 2) が出力信号として得られる。

【 0 0 3 9 】

入力信号 I N 1 , I N 2 のオンデューティ比を大きくすれば、トランジスタ Q a , Q b のオン期間が長くなり、(O U T 1 - O U T 2) の正電圧期間および負電圧期間、すなわち 0 ボルト以外の期間が長くなる。このことによってパルス幅変調の復調が行われる。

【 0 0 4 0 】

図 9 において、(a) ~ (d) は、(O U T 1 - O U T 2) の出力波形と、それを平滑化した波形との関係を示している。(O U T 1 - O U T 2) の波形が (a) に示す時、その平滑信号は (b) のようになる。また (O U T 1 - O U T 2) の波形が (c) である時、その平滑信号は (d) のようになる。このようにして、入力信号 I N 1 , I N 2 のオンデューティ比に略比例した振幅の正弦波信号が得られる。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 はスキャニングソナーの探知動作時のタイミングチャートを示すものである。図 1 0 において、「送信信号」はトランスデューサの複数の振動子のうち 1 つの振動子へ与えられる駆動波形 (送信信号) を代表して示している。この例では周波数 f 1 (例えば 2 3 k H z) の送信信号を水平モードのための送信信号とし、周波数 f 2 (例えば 2 5 k H z) の信号を V モードのための送信信号として出力する。この 2 つの送信信号は送信ビーム形成期間中に相次いで送信する。

【 0 0 4 2 】

「受信 A / D データ」は、図 6 に示した A / D コンバータ 1 7 により変換された時系列データである。受信ビーム形成期間に、各チャンネルからの時系列データを処理する。

「R X B M F 出力」は、図 7 に示したプログラマブル受信ビーム形成制御部 2 8 の処理によって、横方向の探知を行う H モードの受信ビームと、縦方向の探知を行う V モードの受信ビームをそれぞれ形成する。プログラマブル受信ビーム形成制御部 2 8 が 1 2 8 本の受信ビームを形成する能力がある場合、H モード用に 6 4 本、V モード用に 6 4 本のビームを割り当てて、H モードについては、全周囲方向に 6 4 本の受信ビームを形成し、V モー

10

20

30

40

50

ドについては、所定角度範囲に64本の受信ビームを形成する。

【0043】

「フィルタ出力」は、上記各受信ビームについてHモード用とVモード用にそれぞれ応じた周波数フィルタリングを行う。すなわちHモード用の受信ビームの信号を抽出するために、23kHzを中心周波数とする所定帯域幅の周波数成分を抽出する。また、Vモードの受信ビームの信号を抽出するために、25kHzを中心とする所定周波数帯域の周波数成分を抽出する。

【0044】

「描画処理」は、このようにして求めた両モードの受信ビームについて図7に示したエンベロープ検出部40でエンベロープを検出し、イメージ処理部41でHモードおよびVモードの画像データを生成し、これをディスプレイ42に表示する。

10

【0045】

以上の送信ビーム形成期間と、それに続く受信ビーム形成期間とを1つのシーケンスとして、これを繰り返す。尚、f1で示すHモード用の送信信号と、f2で示すVモード用の送信信号とは送信タイミングが異なっているので、HモードとVモードの描画処理時には、その時間差分の補正を行う。

【0046】

上述の例では、送信ビーム形成期間中に2つの送信ビーム形成用の送信信号を時分割的に送信したが、これらを同時に送信しても良い。図11はその場合の例について示している。図11においてf1、f2は横方向と縦方向へ送信ビームを形成する送信信号である。f1+f2は両信号の合成信号を波形として表している。例えば、f1をHモードのための信号、f2をVモードのための信号とすれば、このような1回の送信信号の送信で、HモードとVモードの探知画像を形成することができる。

20

【0047】

以上に示した例では、HモードとVモードの2つのモードについて探知を行う場合について説明したが、例えばHモードだけについても、ティルト角の異なった複数の断面について同時に探知を行う場合にも同様に適用できる。

【0048】

例えば、図12は、ティルト角の異なった3つの横方向の送信ビームを同時に形成した例を示している。これら3つの送信ビームH1、H2、H3は、送信周波数が異なっていて、受信ビームの形成の際に、3つの送信ビームH1、H2、H3の送信周波数に対応した周波数成分をそれぞれ受信信号として抽出する。

30

【0049】

図10に示したように、送信ビーム毎に異なった周波数の送信信号を時分割して送信する場合には、周波数の異なった3つのトーンバースト波を順次送信することになる。また、図11に示したように、複数の送信信号の合成信号を送信する場合には、周波数の異なった3つのトーンバースト波を合成した合成信号を送信することになる。

このことにより、3つの送信ビームの断面について同時に探知を行うことができる。4つ以上の送信ビームを形成する場合についても同様である。

【0050】

40

また、例えば、図13は、方位角の異なった2つの縦方向の送信ビームを同時に形成した例を示している。これら2つの送信ビームV1、V2は、送信周波数が異なっていて、受信ビームの形成の際に、2つの送信ビームV1、V2の送信周波数に対応した周波数成分をそれぞれ受信信号として抽出する。

【0051】

このことにより、2つの縦方向の送信ビームの断面について同時に探知を行うことができる。3つ以上の送信ビームを形成する場合についても同様である。

【0052】

また、例えば、図14は、方位角の異なった2つの縦方向の送信ビームV1、V2と、1つの横方向の送信ビームH1とを同時に形成した例を示している。これら3つの送信ビー

50

ムV1, V2, H1は、送信周波数がそれぞれ異なっていて、受信ビームの形成の際に、3つの送信ビームV1, V2, H1の送信周波数に対応した周波数成分をそれぞれ受信信号として抽出する。

【0053】

このことにより、2つの縦方向の送信ビームV1, V2の断面と、1つの横方向の送信ビームH1の断面について同時に探知を行うことができる。図14に示した例では、2つの縦方向の断面を表示する画面内にそれぞれ魚群が表示され、且つ1つの横方向の断面を表示する画面内に2つの魚群が表示される。

【0054】

また、以上の例は、ある広がりをもった送信ビーム内を受信ビームで走査することにより、送信ビームによる断面内の探知画像を得る場合について示したが、本発明は、このような探知画像の形成のための超音波信号の送受信に限らない。例えば、潮流測定用超音波信号の送受信や、魚群探知用超音波信号の送受信を、スキャニングソナーとしての探知動作と並行して行う場合にも有効である。すなわち、潮流測定用超音波信号の送受信や、魚群探知用超音波信号の送受信と、スキャニングソナー方式の探知のための送受信とを、超音波信号の周波数を異なったものとするることにより、これらを同時に行うようにしてもよい。

10

【0055】

なお、例えば、ネットゾンデやネットレコーダなどの他の超音波信号送信装置からの信号を受信する場合に、物標探知のための送受信信号の周波数を、上記超音波信号送信装置から送信される信号の周波数とは変えておくことにより、干渉なしに探知を行えるようになる。

20

【0056】

【発明の効果】

この発明によれば、送信ビーム形成手段が、横方向および縦方向ごとに振動子の駆動周波数を異ならせて、送信周波数の送信ビームを形成し、受信ビーム形成手段が、送信ビームの送信周波数に対応した周波数成分を受信信号として抽出するようにしたため、複数の超音波送信ビームを同時に形成しても、複数の送信信号を同時に受信することによる相互干渉の影響を受けない。

【0057】

また、この発明によれば、送信ビーム形成手段が横方向および縦方向へ同時に送信ビームを形成することにより、送信ビーム形成期間が長くならず、短時間間隔で探知を行えるようになる。

30

【0058】

また、この発明によれば、送信ビームの形成手段が送信ビームの形成期間中に横方向と縦方向とで時分割して送信ビームを形成し、受信ビーム形成手段が、送信ビームの形成期間に続く受信ビーム形成期間に受信信号を抽出することにより、探知時間間隔が長くならず、短期間周期で横方向と縦方向の探知を行えるようになる。しかもトランスデューサの各振動子は単一の周波数で駆動されるため、送信パワーが犠牲にならず、遠距離までの探知が可能となる。

40

【0059】

また、この発明によれば、振動子に与えるべき駆動信号の波形をパルス幅変調した信号として生成する手段と、該パルス幅変調された信号をアナログ信号に変換するとともに増幅して前記振動子を駆動する手段とを設けて、送信ビームを形成するようにしたので、各振動子毎に設ける、振動子の駆動回路へのデータ伝送が容易になり、且つノイズの影響を受けにくくなる。さらに、振動子による受信信号を増幅し、デジタル信号に変換する手段と、該デジタル信号に対して、受信ビームの方向を定める位相制御演算を施す手段と、送信周波数の成分を抽出するフィルタ演算を施す手段とを設けて、受信ビームを形成するようにしたので、各振動子の受信信号毎にデジタル信号を得ることになり、各振動子の受信信号の処理部への伝送が容易となり、しかもデジタル演算によって、位相制御およ

50

びフィルタリングを行うので、ノイズの影響を受けにくくなる。

【 0 0 6 0 】

また、この発明によれば、超音波送受信装置と、該超音波送受信装置の送信制御手段および受信制御手段の制御により、探査すべき方位を順次走査して、各方位の受信信号から探知範囲の探知画像データを求め、表示することにより、短時間周期で且つ実質上同時刻における複数の探知方向の探知画像を容易に把握できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】トランスデューサの構成例を示す斜視図

【図 2】送信ビームの形成を説明するための図

【図 3】受信ビームの形成を説明するための図

10

【図 4】送信ビーム、受信ビーム、および探知範囲の関係を示す図

【図 5】縦方向探知時の探知範囲の例を示す図

【図 6】スキャニングソナーの送受信チャンネルの構成を示すブロック図

【図 7】同スキャニングソナーの送受信チャンネルの制御を行う制御部のブロック図

【図 8】図 6 におけるドライバ回路の構成を示す図

【図 9】図 8 各部の波形図

【図 10】スキャニングソナーにおけるタイミングチャート

【図 11】2つの周波数信号を多重化した送信信号の例を示す図

【図 12】ティルト角の異なった3つの横方向の送信ビームを同時に形成した例を示す図

20

【図 13】方位角の異なった2つの縦方向の送信ビームを同時に形成した例を示す図

【図 14】方位角の異なった2つの縦方向の送信ビーム V 1 , V 2 と、1つの横方向の送信ビーム H 1 とを同時に形成した例を示す図

【符号の説明】

1 , 1 - トランスデューサ

1 0 - 振動子

2 1 - 送信信号生成回路

2 6 - プログラマブル送信ビーム形成制御部

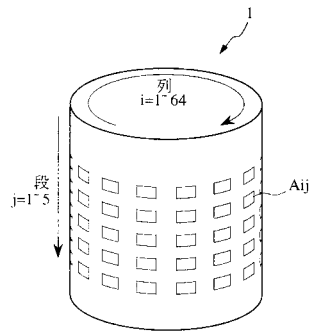
2 8 - プログラマブル受信ビーム形成制御部

3 3 - プログラマブルフィルタ

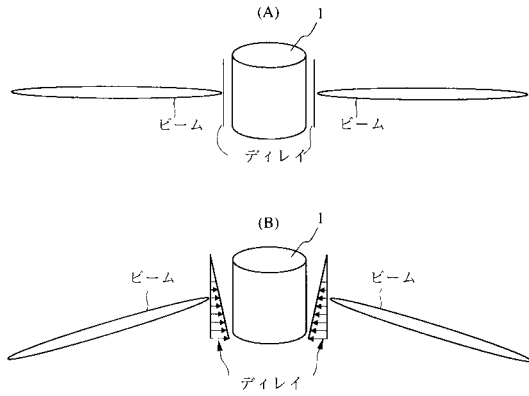
1 0 0 - 送受信チャンネル

30

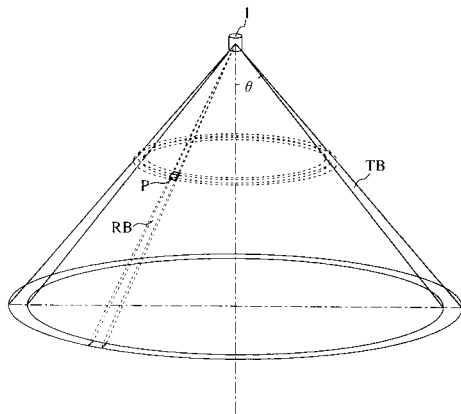
【図 1】



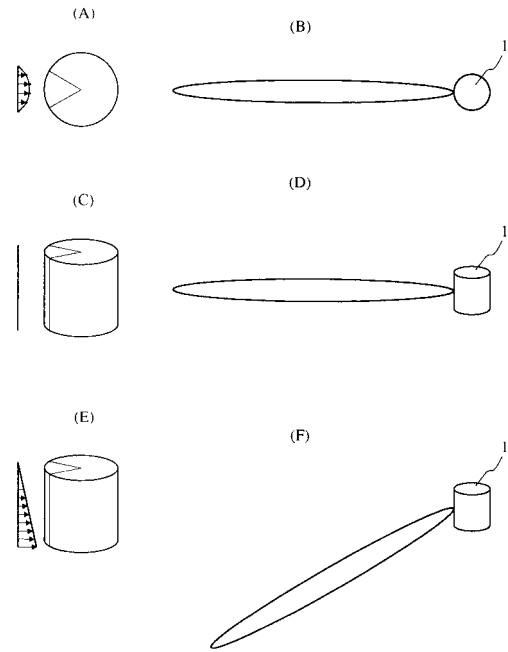
【図 2】



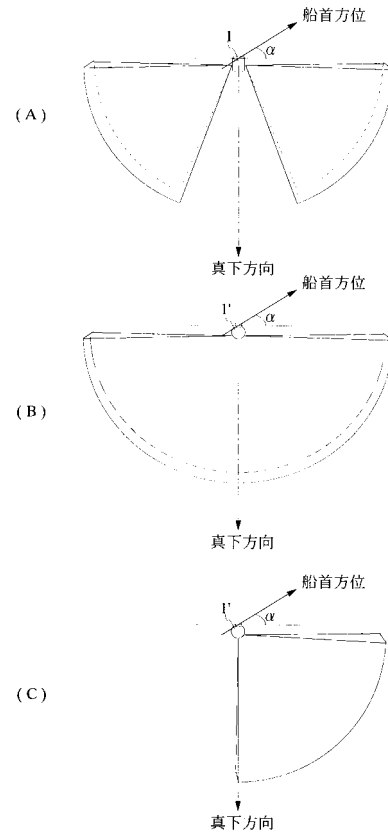
【図 4】



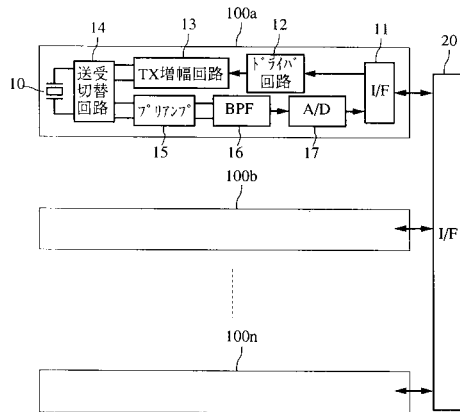
【図 3】



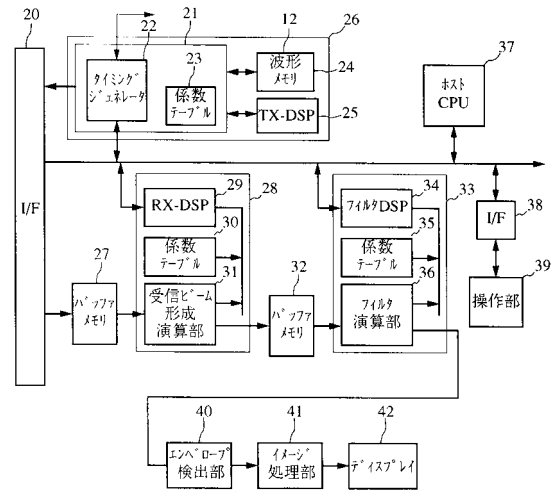
【図 5】



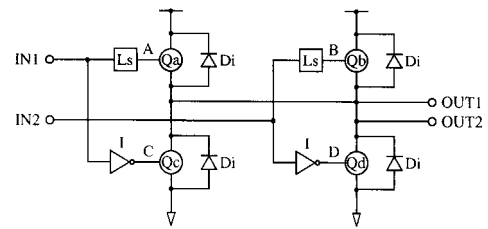
【図 6】



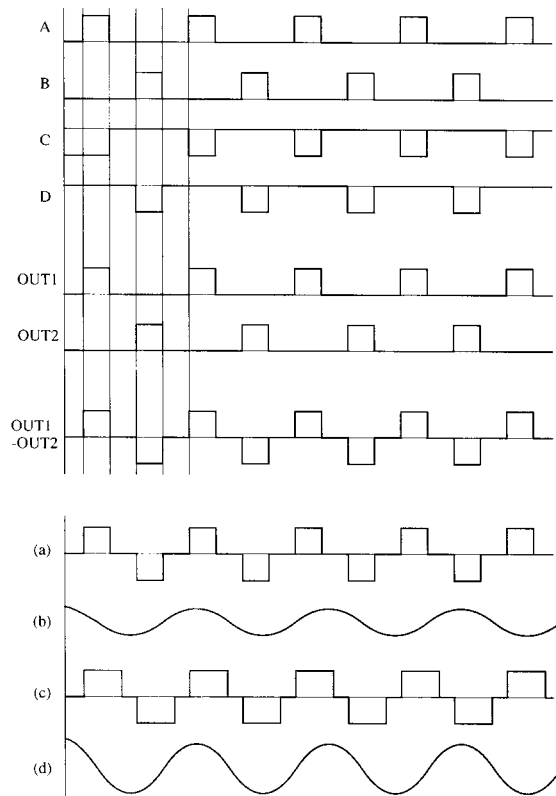
【図 7】



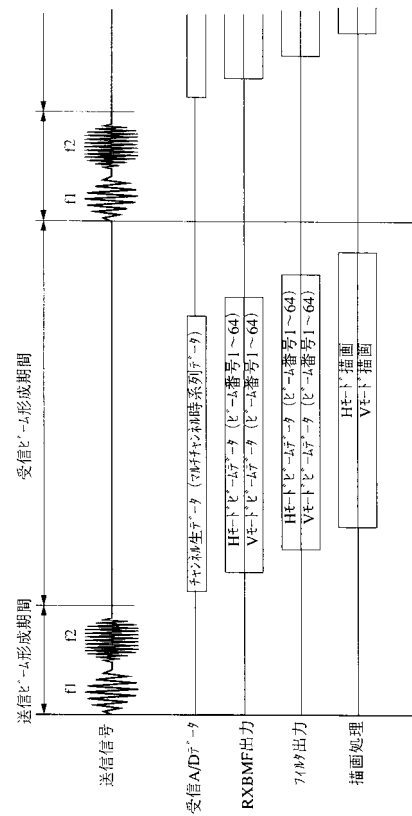
【図 8】



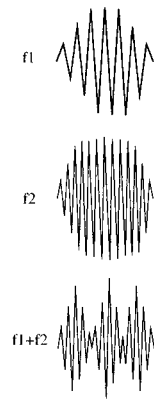
【図 9】



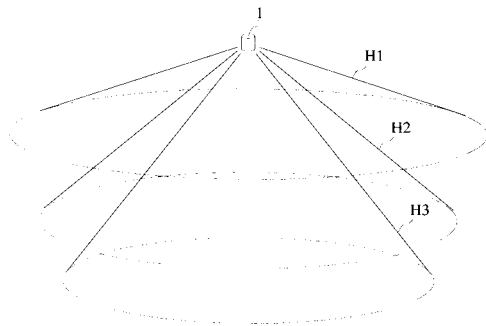
【図 10】



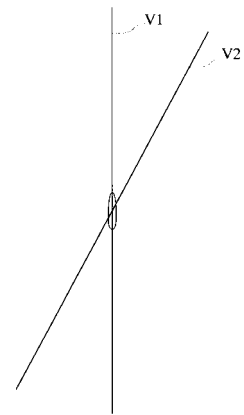
【図 1 1】



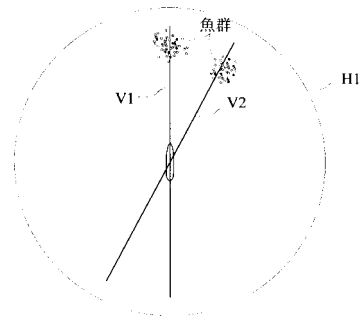
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

審査官 中村 説志

- (56)参考文献 特開昭63-120270(JP,A)
特開平07-035847(JP,A)
特開昭61-151487(JP,A)
特開平11-211823(JP,A)
特開平03-118880(JP,A)
特開平07-005257(JP,A)
特開平09-243733(JP,A)
特開平06-102350(JP,A)
特開昭61-286776(JP,A)
特開平04-104079(JP,A)
特開平05-288855(JP,A)
特開平07-218620(JP,A)
国際公開第00/028349(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G01S 1/72-82,3/80-86,
5/18-30,7/52-64,
15/00-96