

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号

特許第7293521号

(P7293521)

(45)発行日 令和5年6月19日(2023.6.19)

(24)登録日 令和5年6月9日(2023.6.9)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 7/526(2006.01)

G 0 1 S 7/526

M

G 0 1 S 15/93 (2020.01)

G 0 1 S 15/93

G 0 1 S 7/521(2006.01)

G 0 1 S 7/521

A

G 0 1 S 7/524(2006.01)

G 0 1 S 7/524

R

請求項の数 9 (全29頁)

(21)出願番号 特願2023-507444(P2023-507444)

(86)(22)出願日 令和4年5月13日(2022.5.13)

(86)国際出願番号 PCT/JP2022/020234

審査請求日 令和5年2月2日(2023.2.2)

早期審査対象出願

(73)特許権者 000175722

サンコール株式会社

京都府京都市右京区梅津西浦町 1 4 番地

(74)代理人 110001597

弁理士法人アローレインターナショナル

(72)発明者 高杉 知

京都府京都市右京区梅津西浦町 1 4 番地

サンコール株式会社内

審査官 安井 英己

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波フェイズドアレイセンサー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなるトランスデューサーアレイと、

前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、

前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、

前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、

前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、

前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、

前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、

前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、

前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装

10

20

置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置と、

前記制御装置からの制御信号に基づき、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーの送信作動状態及び受信作動状態の切替を行う複数の切替スイッチとを備え、

前記複数の送信側フィルタ及び前記複数の受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、

前記送信側フィルタは、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去し且つ駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみを通過させるバンドパスフィルタとされていることを特徴とする超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 2】

10

前記送信側フィルタを形成する前記バンドパスフィルタは駆動周波数の $\pm 1\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 3】

前記受信側フィルタは、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去し且つ駆動周波数成分を通過させるバンドパスフィルタとされていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 4】

前記受信側フィルタを形成する前記バンドパスフィルタは駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の超音波フェイズドアレイセンサー。

20

【請求項 5】

前記受信側フィルタを形成する前記バンドパスフィルタは駆動周波数の $\pm 1\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 6】

複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなるトランスデューサーアレイと、

前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、

30

前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、

前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、

前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、

前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、

前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、

40

前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、

前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置と、

前記制御装置からの制御信号に基づき、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーの送信作動状態及び受信作動状態の切替を行う複数の切替スイッチと、

前記複数の受信側フィルタより信号伝達方向下流側において前記複数の受信側チャンネルのそれぞれに介挿された複数の低雑音増幅回路とを備え、

前記複数の送信側フィルタ及び前記複数の受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を

50

許容しつつ少なくとも前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成されていること特徴とする超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 7】

複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなる送信用トランスデューサーアレイと、

前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、

10

前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、

前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、

前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーから送信され、検知すべき障害物に反射して戻ってきた戻り超音波を受信可能な受信用空中超音波トランスデューサーと、

前記受信用空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号を受信可能な受信側チャンネルと、

前記受信側チャンネルに挿された受信側フィルタと、

前記受信側チャンネルの出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、

20

前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、

前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置とを備え、

前記複数の送信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、

前記受信用空中超音波トランスデューサーは、前記送信信号発生装置によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数よりも高い共振周波数を有する非共振型トランスデューサーとされていることを特徴とする超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 8】

30

複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなる送信用トランスデューサーアレイと、

前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、

前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、

前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、

前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーにそれぞれ対応した複数の受信用空中超音波トランスデューサーを含む受信用トランスデューサーアレイと、

40

前記複数の受信用空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、

前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、

前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、

前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、

前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装

50

置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置とを備え、

前記複数の送信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、

前記受信用空中超音波トランスデューサーは、前記送信信号発生装置によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数よりも高い共振周波数を有する非共振型トランスデューサーとされていることを特徴とする超音波フェイズドアレイセンサー。

【請求項 9】

前記受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記受信用空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成されていることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の超音波フェイズドアレイセンサー。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波トランスデューサーアレイを有するフェイズドアレイセンサーに関する。

【背景技術】

【0002】

複数の超音波トランスデューサーが並列配置されてなる超音波トランスデューサーアレイを用いて超音波の送受信を行う場合、超音波の発信動作時には、超音波トランスデューサーアレイは信号発生装置に接続される。

20

【0003】

この際、前記複数の超音波トランスデューサーには、所定駆動周波数成分を含む駆動電圧が一定の位相差で順次印加され、前記アレイは前記位相差に対応した方位角へ超音波を放射する。

【0004】

一方、超音波の受信動作時には、前記アレイは、障害物に反射して戻ってくる超音波（受信音波）を受信して、受信音波に基づく電圧信号（受信電圧信号）を発生する。

この際、前記アレイは、前記信号発生装置から切り離されて、信号受信装置に接続される。

【0005】

30

前記信号受信装置は、前記複数の超音波トランスデューサーがそれぞれ発生する受信電圧信号を順次所定時間ごと遅延させて、加算するように構成されている。ここで、受信電圧信号に対する遅延時間は、放射音波の方位角と同じ方位角からの受信音波に基づく受信電圧信号を加算するように設定される。

【0006】

従って、前記アレイは、前記複数の超音波トランスデューサーに対する駆動電圧の位相差（及びこれに応じて設定される受信電圧信号の遅延時間）を変更させることで、広範囲に亘って障害物の位置を検出可能なフェイズドアレイセンサーとして利用される。

【0007】

しかしながら、従来のフェイズドアレイセンサーは、以下の問題を有している。

40

【0008】

即ち、前記超音波トランスデューサーに印加する駆動電圧としては、通常、制御容易なデジタル回路によって生成される、所定駆動周波数成分を含む矩形波のバースト波電圧信号が用いられる。

【0009】

前記アレイにおいては、超音波の発信動作時に、前記超音波トランスデューサーに十分に大きな振幅量の振動を行なわせる為に、前記超音波トランスデューサーを共振振動させることが一般的である。

【0010】

具体的には、前記超音波トランスデューサーには、当該超音波トランスデューサーの共

50

振周波数を主成分とする駆動電圧信号、好ましくは、制御容易なデジタル回路を用いて発生される矩形波のバースト波駆動電圧信号が印加され、これにより、前記超音波トランスデューサーを共振させて、超音波を放射させる。

【 0 0 1 1 】

この場合、駆動電圧信号の印加時には前記超音波トランスデューサーから共振周波数の音波が放射されることになるが、前記超音波トランスデューサーは、駆動電圧信号（矩形波のバースト波電圧信号）の印加が終了した後の暫くの期間においては、共振周波数での減衰振動を行なうことになる。

【 0 0 1 2 】

従って、近距離に障害物が位置している場合においては、前記超音波トランスデューサーが、減衰振動している間に、障害物に反射して戻ってくる超音波を受信することになり、受信音波によって生じる振動と減衰振動とが重合される事態が生じ得る。

【 0 0 1 3 】

前記信号受信装置に備えられる増幅器のゲインは、受信音圧信号の波形が歪まない範囲で可及的に高く設定することが好ましいが、通常、受信音波による振動よりも、共振周波数での減衰振動の方がはるかに大きい為、前記増幅器の増幅ゲインを高く設定すると、前記増幅器の動作飽和を招き、受信電圧信号の波形を維持しながら増幅することができなくなる。

【 0 0 1 4 】

また、送信用トランスデューサーアレイと受信用トランスデューサーアレイとが別になっているタイプのフェイズドアレイセンサーも存在する（下記特許文献 1）。このタイプのフェイズドアレイセンサーでは、送信動作後の減衰振動に起因する、前述のような受信電圧信号の増幅が困難になるという問題は生じないが、送信用及び／又は受信用トランスデューサーアレイにおけるトランスデューサーの減衰振動が長く続くと、障害物検知の距離分解能が低下することになる。

【 0 0 1 5 】

本願出願人は、前述のような共振型超音波トランスデューサーアレイとは異なるタイプの非共振型超音波トランスデューサーアレイに関する発明を出願し、特許権を取得している（下記特許文献 1 参照）。

【 0 0 1 6 】

前記非共振型超音波トランスデューサーアレイは、超音波トランスデューサーの共振周波数を駆動周波数（例えば、40kHz）よりも高く設定することにより、これをフェイズドアレイとして動作させる際に共振周波数の変動の影響を受けることなく駆動周波数での振動の位相を精密に制御できる点において、有用である。

【 0 0 1 7 】

本願発明者は、この非共振型超音波トランスデューサーアレイに関し鋭意研究を行った結果、下記の新規な課題を見つけ出した。

【 0 0 1 8 】

前記非共振型超音波トランスデューサーアレイの超音波トランスデューサーに、共振周波数よりも低い駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を印加した場合、前記超音波トランスデューサーに駆動周波数よりも高い共振周波数成分を含む信号が印加されることになる。

【 0 0 1 9 】

即ち、前記超音波トランスデューサーは、駆動周波数の振動だけでなく、共振周波数の振動も励起されることになり、超音波トランスデューサーから放射される超音波の振動波形が、駆動周波数の振動波形に対して歪む事態が生じ得る。

さらに、駆動電圧信号の印加終了後に、超音波トランスデューサーの共振周波数での減衰振動に起因する問題も生じ得る。

【 0 0 2 0 】

なお、下記特許文献 2 には、複数の超音波トランスデューサーを有する超音波トランス

10

20

30

40

50

デューサーアレイと、前記超音波トランスデューサーアレイに駆動電圧信号を供給する信号発生装置と、前記超音波トランスデューサーアレイから受信電圧信号を受ける信号受信装置とを備え、前記信号受信装置にはフィルタ回路が設けられているフェイズドアレイセンサーが開示されている。

【 0 0 2 1 】

しかしながら、前記特許文献 2 の前記フィルタ回路はノイズ等を除去するものであり、前記特許文献 2 には、超音波トランスデューサーにおける共振周波数での減衰振動に起因する問題については何ら記載されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 2 2 】

【文献】特許第 6 7 7 6 4 8 1 号公報

特開平 1 1 - 2 4 8 8 2 1 号公報

【発明の概要】

【 0 0 2 3 】

本発明は、斯かる従来技術に鑑みなされたものであり、非共振型超音波トランスデューサーアレイを有するフェイズドアレイセンサーであって、超音波トランスデューサーの共振周波数での減衰振動の影響を防止乃至は低減しつつ、超音波の送受信を行うことができるフェイズドアレイセンサーの提供を目的とする。

【 0 0 2 4 】

20

前記目的を達成するために、本発明の第 1 態様は、複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなるトランスデューサーアレイと、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置と、前記制御装置からの制御信号に基づき、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーの送信作動状態及び受信作動状態の切替を行う複数の切替スイッチとを備え、前記複数の送信側フィルタ及び前記複数の受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、前記送信側フィルタは、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去し且つ駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみを通過させるバンドパスフィルタとされている超音波フェイズドアレイセンサーを提供する。

30

40

【 0 0 2 5 】

本発明の第 1 態様に係る超音波フェイズドアレイセンサーによれば、超音波トランスデューサーの共振周波数での減衰振動の影響を防止乃至は低減しつつ、超音波の送受信を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

好ましくは、前記送信側フィルタを形成する前記バンドパスフィルタは駆動周波数の $\pm$

50

1 %の周波数成分のみを通過させるように構成される。

【0027】

前記受信側フィルタは、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去し且つ駆動周波数成分を通過させるバンドパスフィルタとされる。

【0028】

前記受信側フィルタを形成する前記バンドパスフィルタは、好ましくは、駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみ、より好ましくは、駆動周波数の $\pm 1\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成される。

【0029】

本発明の第2態様は、複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなるトランスデューサーアレイと、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置と、前記制御装置からの制御信号に基づき、前記複数の非共振型空中超音波トランスデューサーの送信作動状態及び受信作動状態の切替を行う複数の切替スイッチと、前記複数の受信側フィルタより信号伝達方向下流側において前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の低雑音増幅回路とを備え、前記複数の送信側フィルタ及び前記複数の受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成された超音波フェイズドアレイセンサーを提供する。

【0030】

本発明の第3態様は、複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなる送信用トランスデューサーアレイと、前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーから送信され、検知すべき障害物に反射して戻ってきた戻り超音波を受信可能な受信用空中超音波トランスデューサーと、前記受信用空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号を受信可能な受信側チャンネルと、前記受信側チャンネルに挿された受信側フィルタと、前記受信側チャンネルの出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置とを備え、前記複数の送信側フィルタは

10

20

30

40

50

、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、前記受信用空中超音波トランスデューサーは、前記送信信号発生装置によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数よりも高い共振周波数を有する非共振型トランスデューサーとされている超音波フェイズドアレイセンサーを提供する。

【 0 0 3 1 】

本発明の第 4 態様は、複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーが所定間隔で配列されてなる送信用トランスデューサーアレイと、前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した複数の信号発生手段であって、前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数よりも低い所定駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーのそれぞれに対応した遅延時間で発生可能な複数の信号発生手段を有する送信信号発生装置と、前記複数の信号発生手段にそれぞれ接続された複数の送信側チャンネルと、前記複数の送信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタと、前記複数の送信用非共振型空中超音波トランスデューサーにそれぞれ対応した複数の受信用空中超音波トランスデューサーを含む受信用トランスデューサーアレイと、前記複数の受信用空中超音波トランスデューサーが発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な複数の受信側チャンネルと、前記複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の受信側フィルタと、前記複数の受信側チャンネルの受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な複数の遅延回路、前記複数の遅延回路の出力信号を加算する加算回路及び前記加算回路の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器を含む受信信号処理装置と、前記送信信号発生装置及び前記受信信号処理装置の制御を司る制御装置と、前記制御装置から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する検知装置とを備え、前記複数の送信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記送信用非共振型空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成され、前記受信用空中超音波トランスデューサーは、前記送信信号発生装置によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数よりも高い共振周波数を有する非共振型トランスデューサーとされている超音波フェイズドアレイセンサーを提供する。

【 0 0 3 2 】

前記第 3 及び第 4 態様において、好ましくは、前記受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記受信用空中超音波トランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 3 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波フェイズドアレイセンサーの模式ブロック図である。

【図 2】図 2 は、前記フェイズドアレイセンサーにおけるトランスデューサーアレイの縦断側面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 における III-III 線に沿った端面図であり、一部の構成部材の図示を省略している。

【図 4】図 4 (a) は、前記トランスデューサーアレイにおけるトランスデューサーを形成する圧電素子の平面図であり、図 4 (b) は、図 4 (a) における IV-IV 線に沿った断面図である。

【図 5】図 5 は、前記フェイズドアレイセンサーにおける制御装置及び送信側ユニットの模式ブロック図である。

【図 6】図 6 は、前記送信側ユニットから供給される駆動電圧信号によって前記トランスデューサーアレイが超音波を放射する際の模式動作説明図である。

【図 7】図 7 は、前記フェイズドアレイセンサーにおける受信側ユニット及び前記制御装置の模式ブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は、前記トランスデューサーアレイが超音波の受信に応じて発生した受信電圧信号を前記受信側ユニットが処理する際の模式動作説明図である。

【図 9】図 9 (a) 及び (b) は、それぞれ、前記受信側ユニットにおける加算器及び検波器の出力信号を示す。図 9 (c) は、前記検波器の出力信号に基づいて生成される受信電圧信号の受信タイミング信号であり、図 9 (d) は、前記制御装置から送られてくる信号に基づいて生成される駆動電圧信号の送信タイミング信号である。

【図 10】図 10 は、前記実施の形態 1 の変形例に係る超音波フェイズドアレイセンサーの模式ブロック図である。

【図 11】図 11 は、本発明の実施の形態 2 に係る超音波フェイズドアレイセンサーの模式ブロック図である。

10

【図 12】図 12 は、本発明の実施の形態 3 に係る超音波フェイズドアレイセンサーの模式ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

実施の形態 1

以下、本発明に係るフェイズドアレイセンサーの一実施の形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

図 1 に、本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー 1 の模式ブロック図を示す。

【0035】

図 1 に示すように、前記フェイズドアレイセンサー 1 は、
・第 1 ～ 第 n (n は 2 以上の整数) の非共振型空中超音波トランスデューサー 110 (図 1 においては第 1 ～ 第 5 トランスデューサー 110 - 1 ～ 110 - 5) が所定間隔で配列されてなるトランスデューサーアレイ 100 と、
・前記第 1 ～ 第 n トランスデューサー 110 のそれぞれに対して駆動電圧信号を供給可能な送信側ユニット 200 と、
・前記第 1 ～ 第 n トランスデューサー 110 のそれぞれが超音波の受信に応じて発生する受信電圧信号を処理する受信側ユニット 300 と、
・前記トランスデューサーアレイ 100 の超音波発信作動状態及び超音波受信作動状態を切替可能な切替ユニット 400 と、
・前記送信側ユニット 200、前記受信側ユニット 300 及び前記切替ユニット 400 の制御を司る制御装置 500 と、
・前記制御装置 500 からの駆動電圧信号に関する情報及び前記受信側ユニット 300 からの受信電圧信号に関する情報に基づき障害物の位置を検知する検知装置 600 とを備えている。

20

30

【0036】

まず、前記トランスデューサーアレイ 100 について説明する。

図 2 に、前記トランスデューサーアレイの縦断側面図を示す。

また、図 3 に、図 2 における III-III 線に沿った前記トランスデューサーアレイの端面図を示す。なお、図 3 においては、理解容易化の為に前記トランスデューサーアレイの構成部材の一部の表示を省略している。

40

【0037】

図 2 及び図 3 に示すように、本実施の形態においては、前記トランスデューサーアレイ 100 は、3 列のトランスデューサー列 105 - 1 ～ 105 - 3 を有しており、3 列のトランスデューサー列 105 - 1 ～ 105 - 3 のそれぞれにおいて第 1 ～ 第 5 の 5 つのトランスデューサー 110 が所定間隔で直列配列されている。

なお、図 1 においては、1 列分の 5 つのトランスデューサー 110 が図示されている。

【0038】

前記トランスデューサー 110 は、当該トランスデューサー 110 の最低次の共振モードの周波数よりも低い周波数の駆動電圧によって、有効に超音波を発生する非共振型とされている。

50

【 0 0 3 9 】

詳しくは、図 2 に示すように、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 は、主要構成部材として、厚み方向一方側の第 1 面 1 2 1 及び厚み方向他方側の第 2 面 1 2 2 を有する剛性の支持板 1 2 0 と、厚み方向一方側の第 1 面 1 3 1 及び厚み方向他方側の第 2 面 1 3 2 を有し、第 2 面 1 3 2 が前記支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 に固着された可撓性樹脂膜 1 3 0 と、前記可撓性樹脂膜 1 3 0 の第 1 面 1 3 1 に固着された第 1 ~ 第 n (図示においては 5 つ) の圧電素子 1 4 0 とを備え、前記第 1 ~ 第 n 圧電素子 1 4 0 及び前記可撓性樹脂膜 1 3 0 の対応する部分が第 1 ~ 第 n のトランスデューサー 1 1 0 を形成している。

【 0 0 4 0 】

図 2 及び図 3 に示すように、前記支持板 1 2 0 には、当該支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 10
に開口された、前記圧電素子 1 4 0 と同数 (本実施の形態においては 3 列 × 5 個の 1 5 個) の凹部 1 2 5 と、一端側の第 1 端部が前記複数の凹部 1 2 5 の底面にそれぞれ開口され且つ他端側の第 2 端部が当該支持板 1 2 0 の第 2 面 1 2 2 に開口された、前記凹部 1 2 5 と同数 (本実施の形態においては 3 × 5 の 1 5 個) の導波路 1 2 7 とが設けられている。

【 0 0 4 1 】

本実施の形態においては、前記導波路 1 2 7 は、開口幅が前記凹部 1 2 5 の開口幅よりも小で且つ厚み方向全域に亘って同一開口幅の筒状とされている。

【 0 0 4 2 】

前記支持板 1 2 0 は、剛性を有する種々の部材によって形成することができ、ステンレス等の金属、好ましくは、金属よりも密度が小さく且つヤング率の高い S i C 、 A l ₂ O₃ 20
等のセラミックス材料によって形成することができる。

【 0 0 4 3 】

図 2 及び図 3 に示すように、本実施の形態においては、前記支持板 1 2 0 は、前記複数の凹部 1 2 5 が形成された部分及び前記複数の導波路 1 2 7 が形成された部分を一体的に備えた単一板とされているが、前記支持板 1 2 0 を積層構造体とすることも可能である。

【 0 0 4 4 】

即ち、前記複数の凹部 1 2 5 が形成された第 1 板体 (図示せず) と、前記第 1 板体とは別体で且つ板厚が大とされた第 2 板体 (図示せず) であって、前記複数の導波路 1 2 7 が形成された第 2 板体とを厚み方向に積層状態で固着させて、前記支持体 1 2 0 を形成することも可能である。 30

【 0 0 4 5 】

前記可撓性樹脂膜 1 3 0 は、前記複数の凹部 1 2 5 を覆うように前記支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 に固着されている。

【 0 0 4 6 】

前記可撓性樹脂膜 1 3 0 は、例えば、厚さ 2 0 μ m ~ 1 0 0 μ m のポリイミド等の絶縁性樹脂によって形成される。

前記可撓性樹脂膜 1 3 0 は、接着剤又は熱圧着等の種々の方法によって前記支持板 1 2 0 に固着される。

【 0 0 4 7 】

図 3 に示すように、前記圧電素子 1 4 0 は、平面視において中央領域が対応する凹部 1 2 5 と重なり且つ周縁領域が前記支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 と重なるように、前記可撓性樹脂膜 1 3 0 の第 1 面 1 3 1 に固着されている。 40

【 0 0 4 8 】

図 4 (a) に、前記圧電素子 1 4 0 の平面図を示す。

また、図 4 (b) に、図 4 (a) における I V - I V 線に沿った断面図を示す。

前記圧電素子 1 4 0 は、圧電素子本体 1 4 2 と、一对の第 1 及び第 2 電極とを有し、前記第 1 及び第 2 電極の間に電圧が印可されると伸縮するように構成されている。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態においては、前記圧電素子 1 4 0 は積層型とされている。

積層型圧電素子は、単層型圧電素子に比して、同一電圧印可時に電界強度を高めること 50

ができ、印可電圧当たりの伸縮変位を大きくすることができる。

【 0 0 5 0 】

詳しくは、前記圧電素子 1 4 0 は、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）等の圧電材によって形成される前記圧電素子本体 1 4 2 と、前記圧電素子本体 1 4 2 を厚み方向に関し上方側の第 1 圧電部位 1 4 2 a 及び下方側の第 2 圧電部位 1 4 2 b に区画する内側電極 1 4 4 と、前記第 1 圧電部位 1 4 2 a の上面の一部に固着された上面電極 1 4 6 と、前記第 2 圧電部位 1 4 2 b の下面に固着された下面電極 1 4 7 と、一端部が前記内側電極 1 4 4 に電気的に接続され且つ他端部が前記上面電極 1 4 6 とは絶縁状態で前記第 1 圧電部位 1 4 2 a の上面においてアクセス可能な内側電極端子 1 4 4 T を形成する内側電極用接続部材 1 4 5 と、一端部が前記下面電極 1 4 7 に電気的に接続され且つ他端部が前記上面電極 1 4 6 及び前記内側電極 3 4 とは絶縁状態で前記第 1 圧電部位 3 2 a の上面においてアクセス可能な下面電極端子 1 4 7 T を形成する下面電極用接続部材 1 4 8 とを有している。

10

【 0 0 5 1 】

この場合、前記上面電極 1 4 6 及び前記下面電極 1 4 7 によって形成される外側電極が第 1 及び第 2 電極の一方として作用し、前記内側電極 1 4 4 が第 1 及び第 2 電極の他方として作用する。

【 0 0 5 2 】

前記圧電素子 1 4 0 においては、前記第 1 及び第 2 圧電部位 1 4 2 a、1 4 2 b は、分極方向が厚み方向に関し同一とされており、これにより、前記外側電極及び前記内側電極 1 4 4 の間に所定の電圧を所定周波数で印可することによって、前記第 1 及び第 2 圧電部位 1 4 2 a、1 4 2 b には互いに対して逆方向の電界が加わるようになっている。

20

【 0 0 5 3 】

前述の通り、前記上面電極 1 4 6 及び前記下面電極 1 4 7 は互いに対して絶縁されており、従って、前記圧電素子 1 4 0 を作成する際には、前記上面電極 1 4 6 及び前記下面電極 1 4 7 の間に電圧を印可することによって、前記第 1 及び第 2 圧電部位 1 4 2 a、1 4 2 b の分極方向を同一とすることができる。

【 0 0 5 4 】

前述の通り、前記超音波トランスデューサーアレイ 1 0 0 においては、前記圧電素子 1 4 0 及びこれを支持する前記可撓性樹脂膜 1 3 0 が駆動電圧信号の印加に応じて超音波を発生し且つ超音波の受信に応じて受信電圧信号を発生するトランスデューサー 1 1 0 として作用する。そして、このトランスデューサー 1 1 0 は、たわみ振動の最低次の共振モードの周波数が前記圧電素子 1 4 0 への印加電圧信号の周波数（駆動周波数）よりも大となるように構成されている。

30

【 0 0 5 5 】

即ち、トランスデューサー 1 1 0 を形成する複数の圧電素子 1 4 0 が並列配置されているフェイズドアレイによって、数メートル先の物体を検知する為には、前記複数の圧電素子 1 4 0 によって形成される複数のトランスデューサー 1 1 0 から放射される音波の位相を精密に制御する必要がある。

【 0 0 5 6 】

例えば、ステンレス等の剛性の支持板に直接的に複数の圧電素子が並列配置されている構成のフェイズドアレイにおいては、前記剛性支持板の剛性に抗して前記圧電素子を伸縮させ、それによって前記圧電素子及び前記剛性支持板によって形成される振動体を所定の振幅でたわみ振動させて、発生音圧の大きさを確保する必要がある。

40

【 0 0 5 7 】

その為には、前記圧電素子への印可電圧の周波数（駆動周波数）を、当該圧電素子によって形成されるトランスデューサーのたわみ振動の共振周波数の近傍に設定する必要がある。

【 0 0 5 8 】

しかしながら、前記圧電素子への印可電圧に対する、当該圧電素子によって形成されるトランスデューサーのたわみ振動の周波数応答は、当該トランスデューサーの共振周波数

50

近傍において位相が大きく変化する。

【 0 0 5 9 】

従って、フェイズドアレイセンサーとして機能させるべく、前記複数のトランスデューサーが発生する音波の位相を精密に制御する為には、前記複数のトランスデューサー間における共振周波数に関する「ばらつき」を極限まで抑制する必要があるが、これは非常に難しい。

【 0 0 6 0 】

この点に関し、前記超音波トランスデューサーアレイ 1 0 0 は、前述の通り、第 1 面 1 2 1 に開口された複数の凹部 1 2 5 及び前記凹部 1 2 5 の開口幅よりも開口幅が小とされた第 1 端部が前記凹部 1 2 5 の底面に開口され且つ第 2 端部が第 2 面 1 2 2 に開口された複数の導波路 1 2 7 が設けられた前記剛性の支持板 1 2 0 と、前記複数の凹部 1 2 5 を覆うように前記支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 に固着された可撓性樹脂膜 1 3 0 と、平面視において中央領域が対応する凹部 1 2 5 と重なり且つ周縁領域が前記支持板 1 2 0 の第 1 面 1 2 1 と重なるように前記可撓性樹脂膜 1 3 0 の第 1 面 1 3 1 に固着された前記複数の圧電素子 1 4 0 とを有している。

【 0 0 6 1 】

斯かる構成によれば、前記圧電素子 1 4 0 によって形成されるトランスデューサー 1 1 0 のたわみ振動の共振周波数が、前記圧電素子 1 4 0 に印加する電圧信号の駆動周波数よりも高くなるように設定しても、前記トランスデューサー 1 1 0 の振動振幅を十分に確保することができる。

【 0 0 6 2 】

しかも、前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数が前記圧電素子 1 4 0 の駆動周波数よりも高い場合には、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 間において共振周波数の「ばらつき」があったとしても、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 のたわみ振動の周波数応答の位相に大きな差異は生じない。

従って、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 が発生する音波の位相を精密に制御することができる。

【 0 0 6 3 】

詳しくは、前記超音波トランスデューサーアレイ 1 0 0 によって数メートル先の物体を検知する為には、前記圧電素子 1 4 0 によって形成されるトランスデューサー 1 1 0 が放射する超音波の周波数を 3 0 ~ 5 0 k H z 程度の低周波数とする必要がある。

【 0 0 6 4 】

前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数を、前記トランスデューサー 1 1 0 の駆動周波数 (3 0 ~ 5 0 k H z) よりも十分に高い共振周波数 (例えば、 7 0 k H z) とした場合、前記圧電素子 1 4 0 の平面視縦横寸法を大きくした方が、前記トランスデューサー 1 1 0 が発生する超音波の音圧を高くすることができる。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、その一方で、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 におけるように、複数のトランスデューサー 1 1 0 (複数の圧電素子 1 4 0) が並列配置されてなる場合においては、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 から放射される音波においてグレーティングローブの発生を抑制する為に、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 (複数の圧電素子 1 4 0) の配列ピッチを当該トランスデューサー 1 1 0 が放射する超音波の波長 λ の 1 / 2 以下にする必要がある。

【 0 0 6 6 】

周波数 4 0 k H z の超音波の波長 λ は 8 . 6 m m であるから、前記トランスデューサー 1 1 0 が放射する超音波の周波数を 4 0 k H z としつつ、グレーティングローブの発生を抑制する為に、前記複数のトランスデューサー 1 1 0 (複数の圧電素子 1 4 0) の配列ピッチ d (図 3 参照) を $8 . 6 \text{ m m} / 2 = 4 . 3 \text{ m m}$ 以下にする必要がある。

【 0 0 6 7 】

従って、好ましくは、前記圧電素子 1 4 0 の平面視縦横寸法は、音圧の確保の観点では

10

20

30

40

50

3.0 mm以上で、且つ、グレーティングローブの発生を抑制する観点では4.0 mm以下とされる。

【0068】

なお、本実施の形態においては、前記圧電素子140は、平面視正形状とされているが、これに代えて、前記圧電素子140の平面視形状を、平面視縦横寸法の最大値が4.30 mm以下の長方形を含む矩形状、直径が4.0 mm以下の円形状、又は、長径が4.0 mm以下の楕円形状とすることも可能である。

【0069】

前記凹部125の開口幅は、前記圧電素子140及び前記可撓性樹脂膜130が形成するトランスデューサー110のたわみ振動の最低次の共振モードの周波数が当該圧電素子140への印加電圧信号の周波数（駆動周波数）よりも大となるように、設定される。

10

【0070】

好ましくは、前記凹部125は、前記圧電素子140の周縁領域と前記支持板120との平面視重合幅が前記圧電素子140の全周に亘って0.05 mm～0.1 mmとなるように、前記圧電素子140の平面視相似形状とされる。

【0071】

即ち、仮に、前記圧電素子140が一辺4.0 mmの平面視正形状とされている場合には、前記凹部125は、好ましくは、一辺3.8 mm～3.9 mmの平面視正形状とされ、前記圧電素子140が直径4.0 mmの平面視円形状とされている場合には、前記凹部125は、好ましくは、直径3.8 mm～3.9 mmの平面視円形状とされる。

20

【0072】

図2及び図3等に示すように、本実施の形態においては、前記剛性の支持板120には前記開口部125が3×5の15か所において設けられ、前記可撓性樹脂膜130を挟んだ状態で15か所の開口部125とそれぞれ平面視において重合するように15個の圧電素子140が配列されており、これにより、前記15個の圧電素子140がそれぞれ形成する3×5の15個のトランスデューサー110が備えられているが、当然ながら、本発明は斯かる構成に限定されるものではない。

放射音波の指向性を鋭くし、強度を高めるためには3×5より多いトランスデューサー110を配列することが望ましい。

【0073】

30

本実施の形態においては、図2に示すように、前記トランスデューサーアレイ100は、さらに、下側封止板150及び配線アッセンブリ180を有している。

【0074】

前記下側封止板150は、前記複数の圧電素子140をそれぞれ囲む大きさの複数の圧電素子用開口を有しており、平面視において前記複数の圧電素子140が前記複数の圧電素子用開口内に位置するように前記可撓性樹脂膜130の第1面131に接着剤又は熱圧着等によって固着されている。

【0075】

図2に示すように、前記下側封止板150の厚さは、前記圧電素子140の厚さよりも大とされており、前記可撓性樹脂膜130の第1面131に固着された状態において前記下側封止板150の第1面が、前記圧電素子140における前記上面電極146、前記下面電極端子147T及び前記内側電極端子144T（図4参照）よりも前記可撓性樹脂膜130から離間されている。

40

【0076】

前記下側封止板150は、ステンレス等の金属や炭素繊維強化プラスチック及びセラミックス等の剛性部材によって形成される。

前記下側封止板150は、前記複数の圧電素子140を含む圧電素子群の側方を封止するとともに、前記配線アッセンブリ180が固着される基台として作用する。

【0077】

前記配線アッセンブリ180は、前記送信側ユニット200から前記切替ユニット40

50

0を介して供給される駆動電圧信号を前記第1～第nトランスデューサー110に伝達し、且つ、前記第1～第nトランスデューサー110が発生する受信電圧信号を前記切替ユニット400を介して前記受信側ユニット300へ伝達する為の信号伝達経路を形成する。

【0078】

図2に示すように、前記配線アッセンブリ180は、前記下側封止板150に接着剤等によって固着される絶縁性ベース層182と、前記ベース層182に固着された導体層185と、前記導体層185を囲繞する絶縁性のカバー層187とを有している。

【0079】

前記ベース層182及び前記カバー層187は、例えば、ポリイミド等の絶縁性樹脂によって形成される。

10

前記導体層185は、例えば、Cu等の導電性金属によって形成される。

好ましくは、前記導体層185を形成するCuの露出部分にNi/Auメッキを施すことができる。

【0080】

本実施の形態においては、前記導体層185は、前記圧電素子140の第1電極（本実施の形態においては外側電極146、147）及び第2電極（本実施の形態においては内側電極144）にそれぞれ接続される第1配線185a及び第2配線185bを含んでいる。

【0081】

本実施の形態においては、前述の通り、前記上面電極146及び前記下面電極147が前記第1電極として作用し且つ前記内側電極144が前記第2電極として作用している。

20

【0082】

従って、前記第1配線185aが前記上面電極146の一部及び前記下面電極端子147Tの双方に、例えば、導電性接着剤又ははんだによって電氣的に接続されている。

【0083】

そして、前記第2配線185bが前記内側電極端子144Tに、例えば、導電性接着剤又ははんだによって電氣的に接続されている。

【0084】

前記トランスデューサーアレイ100は、さらに、前記下側封止板150及び前記配線アッセンブリ180の上面に柔軟性樹脂155を介して固着された上側封止板160を有している。

30

前記上側封止板160は、前記複数の圧電素子140のそれぞれに対応した位置に開口部162を有している。

【0085】

前記上側封止板160を備えることにより、前記トランスデューサー110の振動動作への影響を可及的に防止しつつ、前記配線アッセンブリ180の支持安定化を図ることができる。

【0086】

前記上側封止板160は、例えば、厚さ0.1mm～0.3mmのステンレス等の金属や炭素繊維強化プラスチック及びセラミックス等によって形成される。

40

【0087】

前記トランスデューサーアレイ100は、さらに、前記上側封止板160の複数の開口部162を覆うように前記上側封止板160の上面に接着等によって固着された吸音材165を備えている。

【0088】

前記吸音材165は、例えば、厚さ0.3mm～1.5mm程度のシリコン樹脂又は他の発泡性樹脂によって形成される。

【0089】

前記吸音材165を備えることにより、前記トランスデューサー110によって生成される超音波が放射されるべき側（図2において下側）とは反対側へ放射されることを有効

50

に抑制することができる。

【 0 0 9 0 】

前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 は、さらに、前記吸音材 1 6 5 の上面に接着等によって固着された補強板 1 7 0 を備えている。

【 0 0 9 1 】

前記補強板 1 7 0 は、例えば、厚さ 0 . 2 mm ~ 0 . 5 mm 程度のステンレス等の金属や炭素繊維強化プラスチック及びセラミックス等によって形成される。

【 0 0 9 2 】

前記補強板 1 7 0 を備えることにより、外力が前記基板 1 2 0 及び前記圧電素子 1 4 0 に影響を与えることを可及的に防止することができる。

10

【 0 0 9 3 】

次に、前記制御装置 5 0 0 及び前記送信側ユニット 2 0 0 について説明する。

図 5 に、前記制御装置 5 0 0 及び前記送信側ユニット 2 0 0 の模式ブロック図を示す。

【 0 0 9 4 】

また、図 6 に、前記送信側ユニット 2 0 0 から供給される駆動電圧信号によって前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 が超音波を放射する際の模式動作説明図を示す。

なお、図 6 中の τ は、一のトランスデューサー 1 1 0 (例えば第 1 トランスデューサー 1 1 0 - 1) に印加するバースト波駆動電圧信号と、隣接するトランスデューサー 1 1 0 (例えば第 2 トランスデューサー 1 1 0 - 2) に印加するバースト波駆動電圧信号との遅延時間であり、

20

$$\tau = d \times \sin \theta / c$$

によって算出される。

ここで、 θ は前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 から放射される超音波の方位角、 d は隣接するトランスデューサーの配列間隔、 c は音速である。

【 0 0 9 5 】

図 5 に示すように、前記制御装置 5 0 0 は、デジタル回路の動作タイミングを決める為の例えば 0 . 1 μ s e c 周期のクロック信号を発生するクロック信号発生回路 5 1 0 と、前記クロック信号発生回路 5 1 0 で発生されたクロック信号の周波数を、バースト波周期を設定する為に適切な時間刻み、例えば 0 . 1 m s e c 周期に低下させる時間単位設定カウンタ回路 5 2 0 と、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 に送信するバースト波駆動電圧信号の発生タイミングの間隔でパルスが発生するバースト間隔カウンタ回路 5 3 0 と、前記時間単位設定カウンタ回路 5 2 0 及び前記バースト間隔カウンタ回路 5 3 0 からの信号に基づき、発生させるべきバースト波駆動電圧信号の全体時間幅に対応した時間幅のアクティブパルス信号を出力するアクティブカウンタ回路 5 4 0 と、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 が放射する超音波の方位角 θ を示す方位角信号を出力する方位角制御部 5 5 0 と、前記方位角制御部 5 5 0 から送られてくる方位角信号に基づき遅延時間 τ を算出し、遅延制御信号を出力する遅延時間制御部 5 6 0 とを有している。

30

【 0 0 9 6 】

図 1 及び図 5 に示すように、前記送信側ユニット 2 0 0 は、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 のそれぞれに対する駆動電圧信号を発生する第 1 ~ 第 n 信号発生手段 2 2 0 - 1 ~ 2 2 0 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 信号発生手段 2 2 0 - 1 ~ 2 2 0 - 5) を含む送信信号発生装置 2 1 0 と、前記第 1 ~ 第 n 信号発生手段 2 2 0 によって発生された駆動電圧信号をそれぞれ前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 に向けて伝達する第 1 ~ 第 n 送信側チャンネル 2 5 0 - 1 ~ 2 5 0 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 送信側チャンネル 2 5 0 - 1 ~ 2 5 0 - 5) とを有している。

40

【 0 0 9 7 】

図 5 に示すように、前記信号発生手段 2 2 0 は、分周器 2 2 2 と、遅延時間カウンタ回路 2 2 4 と、波数カウンタ回路 2 2 6 とを有している。

【 0 0 9 8 】

前記分周器 2 2 2 は、前記クロック信号発生回路 5 1 0 からのクロック信号を分周して

50

、所定周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を生成する。

【 0 0 9 9 】

前記遅延時間カウンタ回路 2 2 4 は、前記アクティブカウンタ回路 5 4 0 からのアクティブパルス信号によってアクティブとされると、前記遅延時間制御部 5 6 0 からの遅延制御信号によって指定された遅延時間に応じて前記分周器 2 2 2 にスタート信号パルスを送り、これにより、前記分周器 2 2 2 が矩形波のバースト波駆動電圧信号の出力を開始する。

【 0 1 0 0 】

前記波数カウンタ回路 2 2 6 は、前記分周器 2 2 2 から出力される矩形波のバースト波駆動電圧信号の波数が所定波数に到達すると前記分周器 2 2 2 にストップ信号パルスを送る。

10

【 0 1 0 1 】

図 5 に示すように、本実施の形態においては、前記送信側ユニット 2 0 0 は、さらに、前記第 1 ~ 第 n 送信側チャンネル 2 5 0 - 1 ~ 2 5 0 - n にそれぞれ介挿された第 1 ~ 第 n 送信側フィルタ 2 6 0 - 1 ~ 2 6 0 - n (図示においては、第 1 ~ 第 5 送信側フィルタ 2 6 0 - 1 ~ 2 6 0 - 5) を有している。

【 0 1 0 2 】

前記送信側フィルタ 2 6 0 は、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記トランスデューサ 1 1 0 の共振周波数成分を除去するように構成されている。

【 0 1 0 3 】

20

前記送信側フィルタ 2 6 0 は、駆動周波数成分の通過を許容しつつ前記トランスデューサの共振周波数成分を除去するように構成されたローパスフィルタ又はバンドパスフィルタ、若しくは、前記トランスデューサ 1 1 0 の共振周波数成分のみをピンポイントで除去する帯域阻止フィルタとされ得る。

【 0 1 0 4 】

前記送信側フィルタ 2 6 0 がバンドパスフィルタとされた構成においては、好ましくは、前記バンドパスフィルタは、駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成される。

【 0 1 0 5 】

斯かる構成によれば、数メートル先の物体を検知する為に必要とされる駆動周波数 (3 0 ~ 5 0 k H z) を有効に通過させつつ、非共振型トランスデューサ 1 1 0 の共振周波数 (例えば、7 0 k H z) の成分を有効に除去乃至は低減することができる。

30

【 0 1 0 6 】

例えば、本実施の形態に係る超音波フェイズドアレイセンサー 1 をサービスロボット等の障害物に対する最大相対速度差 v が 1 0 k m / h (= 2 . 7 8 m / s e c) 程度の装置に装着される場合には、

$$f / f = \pm v / c = \pm 0 . 0 0 8 0 8 (= \pm 0 . 8 0 8 \%)$$

となる。

ここで、 f は超音波の周波数、 f はドップラー効果による周波数変動、及び、 c は音速である。

40

【 0 1 0 7 】

従って、前記送信側フィルタ 2 6 0 として用いられるバンドパスフィルタが駆動周波数の $\pm 1\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成すれば、ドップラー効果による影響を可及的に低減することができる。

【 0 1 0 8 】

前記送信側フィルタ 2 6 0 を通過させることによって、矩形波のバースト波駆動電圧信号から、基本周波数は同一の正弦波のバースト波駆動電圧信号 (図 6 参照) に変換される。

これにより、矩形波の場合には存在していた、駆動電圧信号の各周期毎の急激な立ち上がり及び立ち下りの波形が緩やかな波形に変換される。

【 0 1 0 9 】

50

本実施の形態においては、図 5 に示すように、前記送信側ユニット 200 は、前記送信側フィルタ 260 より信号伝達方向下流側において前記送信側チャンネル 250 に介挿された電力増幅回路 270 を有している。

前記電力増幅回路 270 は、バッファ回路 272 及び増幅回路 274 を有している。

【0110】

次に、前記受信側ユニット 300 について説明する。

図 7 に、前記受信側ユニット 300 及び前記制御装置 500 のモードブロック図を示す。

また、図 8 に、前記トランスデューサアレイ 100 が超音波の受信に応じて発生した受信電圧信号を前記受信側ユニット 300 が処理する際のモード動作説明図を示す。

【0111】

図 1 及び図 7 に示すように、前記受信側ユニット 300 は、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサ 110 - 1 ~ 110 - n が発生する受信電圧信号をそれぞれ受信可能な第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - 5) と、前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - n にそれぞれ介挿された第 1 ~ 第 n 受信側フィルタ 320 - 1 ~ 320 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 受信側フィルタ 320 - 1 ~ 320 - 5) と、前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 320 - 1 ~ 320 - n からの受信電圧信号を処理する受信信号処理装置 350 とを有している。

【0112】

前記受信側フィルタ 320 は、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記トランスデューサの共振周波数成分を除去するように構成されている。

【0113】

前記受信側フィルタ 320 として、駆動周波数成分の通過を許容しつつ前記トランスデューサの共振周波数成分を除去するように構成されたローパスフィルタ又はバンドパスフィルタ、若しくは、前記トランスデューサの共振周波数成分のみをピンポイントで除去する帯域阻止フィルタが用いられる。

【0114】

前記受信側フィルタ 320 がバンドパスフィルタとされた構成においては、好ましくは、前記バンドパスフィルタは、駆動周波数の $\pm 10\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成される。

【0115】

斯かる構成によれば、数メートル先の物体を検知する為に必要とされる駆動周波数 (30 ~ 50 kHz) を有効に通過させつつ、非共振型トランスデューサの共振周波数 (例えば、70 kHz) の成分を有効に除去乃至は低減することができる。

【0116】

本実施の形態に係る超音波フェイズドアレイセンサー 1 をサービスロボット等の障害物に対する最大相対速度差 v が 10 km/h ($= 2.78 \text{ m/sec}$) 程度の装置に装着される場合には、前記送信側フィルタ 260 と同様に、前記受信側フィルタ 320 として用いられるバンドパスフィルタは、好ましくは、駆動周波数の $\pm 1\%$ の周波数成分のみを通過させるように構成される。

【0117】

本実施の形態においては、図 7 に示すように、前記受信側ユニット 300 は、前記第 1 ~ 第 n 受信側フィルタ 320 - 1 ~ 320 - n より信号伝達方向下流側において前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - n にそれぞれ介挿された第 1 ~ 第 n 低雑音増幅回路 330 - 1 ~ 330 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 低雑音増幅回路 330 - 1 ~ 330 - 5) を有している。

【0118】

図 7 に示すように、前記受信信号処理装置 350 は、前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - n の受信電圧信号をそれぞれ対応する所定時間遅延可能な第 1 ~ 第 n 遅延回路 360 - 1 ~ 360 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 遅延回路 360 - 1 ~ 3

10

20

30

40

50

60-5)と、前記第1～第n遅延回路360-1～360-nの出力信号を加算する加算回路370と、前記加算回路370によって生成された加算受信電圧信号の継続時間(信号全体の時間幅)に対応する幅を有するパルス信号を生成する検波器380とを有している。

【0119】

前記第1～第n遅延回路360-1～360-nの遅延時間は、前記トランスデューサアレイ100が超音波を受信することによって発生する受信電圧信号のうち、前記トランスデューサアレイ100が超音波を放射した際の方位角 θ に存在する障害物に反射して戻ってきた方位角 θ の戻り超音波による受信電圧信号のみを時間軸に対して一致させるように、設定される。

10

【0120】

具体的には、前記第1～第n遅延回路360-1～360-nは、前記遅延時間制御部560から送られてくる前記第1～第n受信側チャンネル310-1～310-n毎の遅延制御信号に基づく遅延時間だけ、それぞれの受信電圧信号を遅延させる。

【0121】

図8に示す例においては、第5トランスデューサ110-5からの受信電圧信号を遅延させる第5遅延回路360-5の遅延時間はゼロに設定され、第4トランスデューサ110-4からの受信電圧信号を遅延させる第4遅延回路360-4の遅延時間は、第5トランスデューサ110-5からの受信電圧信号を基準にして、隣接する第5トランスデューサ110-5との配列間隔 d 、方位角 θ 及び音速 c に基づいて算出される時間 τ に設定されている。

20

【0122】

そして、第3トランスデューサ110-3からの受信電圧信号を遅延させる第3遅延回路360-3の遅延時間は、隣接する第4トランスデューサ110-4からの受信電圧信号に対して時間 τ 、即ち、第5トランスデューサ110-5からの受信電圧信号を基準にすると時間 2τ に設定されている。

【0123】

同様に、第2トランスデューサ110-2からの受信電圧信号を遅延させる第2遅延回路360-2の遅延時間は、隣接する第3トランスデューサ110-3からの受信電圧信号に対して時間 τ 、即ち、第5トランスデューサ110-5からの受信電圧信号を基準にすると時間 3τ に設定され、第1トランスデューサ110-1からの受信電圧信号を遅延させる第1遅延回路360-1の遅延時間は、隣接する第2トランスデューサ110-2からの受信電圧信号に対して時間 τ 、即ち、第5トランスデューサ110-5からの受信電圧信号を基準にすると時間 4τ に設定されている。

30

【0124】

前記加算回路370は、前記第1～第n遅延回路360-1～360-nによって時間軸が一致された状態の前記第1～第n受信側チャンネル310-1～310-nの受信電圧信号を加算する。

【0125】

斯かる構成によれば、超音波が放射される方位角 θ 以外の方向の存在物を、方位角 θ に存在する障害物であるとして虚像検知することを有効に回避することができる。

40

【0126】

即ち、戻り超音波を受信して受信電圧信号を発生するトランスデューサが単一である場合には、方位角 θ に放射され、その方位角 θ に存在する障害物に反射して戻ってきた方位角 θ の戻り超音波だけを検知することができない。

【0127】

詳しくは、戻り超音波を受信するトランスデューサが単一である場合には、方位角 θ の戻り超音波に基づく障害物の検知に加えて、前記障害物に反射した反射超音波が他の方向に存在する他の障害物に反射して戻ってくる多重反射超音波に基づく虚像を検知する可能性がある。

50

【 0 1 2 8 】

これに対し、本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー 1 は、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 - 1 ~ 1 1 0 - n が超音波送信用及び超音波受信用の双方として兼用される為、方位角 θ に向けて放射され、方位角 θ に存在する障害物に反射して戻ってきた方位角 θ の戻り超音波による受信電圧信号のみを時間軸に対して一致させることができ、虚像の検知を有効に回避することができる。

【 0 1 2 9 】

本実施の形態においては、前記検波器 3 8 0 は、前記加算回路 3 7 0 によって生成された加算受信電圧信号における各周期のプラス側の頂点を結ぶ波形を取り出す包絡線検波器とされている。

10

【 0 1 3 0 】

図 9 (a) に前記加算器 3 7 0 に出力信号の波形を、図 9 (b) に前記検波器 3 8 0 (本実施の形態においては前記包絡線検波器) の出力信号波形を、それぞれ示す。

【 0 1 3 1 】

なお、本実施の形態においては、図 7 に示すように、前記受信信号処理装置 3 5 0 は、信号伝達方向に関し、前記加算器 3 7 0 及び前記検波器 3 8 0 の間に信号処理部 3 7 5 を有している。

【 0 1 3 2 】

前記信号処理部 3 7 5 は、可変ゲイン増幅器 (図示せず) と、帯域通過フィルタ (図示せず) と、対数増幅器 (図示せず) とを含むことができる。

20

【 0 1 3 3 】

前記可変ゲイン増幅器は、前記送信側ユニット 2 0 0 からの駆動電圧信号による前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 の超音波の放射タイミングから、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 による戻り超音波の受信タイミングまでの時間差が大きくなるに従って増幅ゲインが大きくなるように、構成されている。

【 0 1 3 4 】

前記可変ゲイン増幅器は、遠方の障害物からの戻り超音波ほど音波減衰が大きくなり、受信電圧信号の振幅が小さくなることを考慮して備えられる。

【 0 1 3 5 】

前記帯域通過フィルタは、駆動周波数成分のみを通過させるように、例えば、3 0 k H z ~ 5 0 k H z の周波数成分のみを通過させるように構成される。

30

【 0 1 3 6 】

前記対数増幅器は、振幅の小さい信号に対してはゲインを小さくし且つ振幅の大きい信号に対してゲインを大きくすることができるよう構成されている。

【 0 1 3 7 】

即ち、受信電圧信号中の振幅の小さい信号を増幅する為にはゲインを大きく設定する必要があるが、受信電圧信号の全てに対して設定ゲインが単一であるとすると、大振幅の信号が飽和して、歪みが生じることになる。

前記対数増幅器は、斯かる不都合を防止して、増幅できる信号の振幅範囲を拡げることができ、前記検波器の出力信号の歪みを有効に抑制することができる。

40

【 0 1 3 8 】

図 1、図 5 及び図 7 に示すように、前記検知装置 6 0 0 は、時間差検出部 6 1 0 と、方位検出部 6 2 0 と、位置検知部 6 3 0 とを有している。

【 0 1 3 9 】

前記時間差検出部 6 1 0 は、前記制御装置 5 0 0 から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号 (図 9 (d)) 及び前記検波器 3 8 0 から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号 (図 9 (c)) の時間差 t_d (図 9 (c) 及び (d) の例においては、 $t_d = t_1 - t_0$) を検出するように構成されている。なお、前記受信タイミング信号の発生タイミング t_1 は、前記検波器 3 8 0 からの受信電圧信号が所定閾値を越えた時点とされる。

【 0 1 4 0 】

50

前記方位検出部 6 2 0 は、前記制御装置 5 0 0 から送られてくる方位角情報に基づき、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 が超音波を放射した方位角 θ を認識するように構成されている。

【 0 1 4 1 】

前記位置検知部 6 3 0 は、前記時間差検出部 6 1 0 の検出結果に基づき算出される障害物までの距離と前記方位検出部 6 2 0 によって認識された障害物の方位角とに基づき、障害物の位置を特定する。

【 0 1 4 2 】

図 1、図 5 及び図 7 に示すように、本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー 1 は、さらに、前記検知装置 6 0 0 によって特定された障害物の位置情報を表示する表示装置 7 0 0 を有している。

10

【 0 1 4 3 】

図 5 及び図 7 に示すように、前記切替ユニット 4 0 0 は、第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n (図示においては第 1 ~ 第 5 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - 5) を有している。

【 0 1 4 4 】

前記第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n は、前記制御装置 5 0 0 からの制御信号に基づき、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 - 1 ~ 1 1 0 - n をそれぞれ前記第 1 ~ 第 n 送信側チャンネル 2 5 0 - 1 ~ 2 5 0 - n に電氣的に接続して前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 の超音波発信作動状態を現出させる送信状態と、前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 - 1 ~ 1 1 0 - n をそれぞれ前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 3 1 0 - 1 ~ 3 1 0 - n に電氣的に接続して前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 の超音波受信作動状態を現出させる受信状態とを選択的に取り得るように構成されている。

20

なお、図 5 は前記第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n の送信状態を示し、図 7 は前記第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n の受信状態を示している。

【 0 1 4 5 】

前記制御装置 5 0 0 は、前記第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n を送信状態とさせて前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 - 1 ~ 1 1 0 - n への駆動電圧信号の送信が終了した直後に、前記第 1 ~ 第 n 切替スイッチ 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n を受信状態へ切り替える。

30

【 0 1 4 6 】

本実施の形態に係る前記超音波フェイズドアレイセンサー 1 は下記効果を奏する。

即ち、前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数 (例えば 7 0 k H z) よりも十分に低い駆動周波数 (例えば 4 0 k H z) のバースト波駆動電圧信号を用いても超音波を有効に放射可能な非共振型とされているが、前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数よりも十分に低い駆動周波数の駆動電圧を前記トランスデューサー 1 1 0 に印加させて前記トランスデューサーから超音波を放射させたとしても、バースト波駆動電圧信号が矩形波又は矩形波に近い波形の場合には、前記トランスデューサー 1 1 0 には、駆動周波数の振動だけではなく、当該トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数の振動も生じる。

【 0 1 4 7 】

40

その為、発生する超音波波形に歪みが生じると共に、駆動電圧信号の印加終了後における前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数での減衰振動も大きく且つ長くなる。

【 0 1 4 8 】

特に、前記トランスデューサー 1 1 0 の共振周波数での減衰振動は、前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 を発信作動状態から受信作動状態へ切り替えた後に前記トランスデューサー 1 1 0 が障害物に反射して戻ってきた超音波による振動に合成されることになり、障害物の位置検出精度を大きく損なわせることになる。

【 0 1 4 9 】

この点に関し、本実施の形態に係る超音波フェイズドアレイセンサー 1 においては、前記第 1 ~ 第 n 送信側チャンネル 2 5 0 - 1 ~ 2 5 0 - n に、駆動周波数成分の通過を許容

50

しつつ少なくとも前記トランスデューサ 110 の共振周波数成分を除去する前記第 1 ~ 第 n 送信側フィルタ 260 - 1 ~ 260 - n が介挿されている。

【0150】

従って、前記トランスデューサ 110 へは矩形波から正弦波に変換されたバースト波駆動電圧が印加されることになり、前記トランスデューサ 110 の共振振動を有効に防止乃至は低減して、前記トランスデューサ 110 の共振振動に起因する前記不都合を有効に防止乃至は低減できる。

【0151】

また、前述の通り、本実施の形態においては、前記トランスデューサ 110 へは正弦波のバースト波駆動電圧信号が印加されるが、この場合であっても、矩形波のバースト波駆動電圧信号に比して小さいものではあるものの、前記トランスデューサ 110 に共振振動が生じ得る。

10

【0152】

この点に関し、本実施の形態に係る超音波フェイズドアレイセンサ 1 においては、前記第 1 ~ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ~ 310 - n に、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記トランスデューサ 110 の共振周波数成分を除去する前記第 1 ~ 第 n 受信側フィルタ 320 - 1 ~ 320 - n が介挿されている。

【0153】

これにより、前記トランスデューサアレイ 100 によって生成される受信電圧信号が前記トランスデューサ 110 の共振振動による悪影響を受けること、例えば、受信電圧信号を増幅回路で増幅処理する際に、前記トランスデューサ 110 の共振周波数での減衰振動に基づく信号によって前記増幅器が飽和するという悪影響を有効に防止乃至は低減できる。

20

【0154】

図 10 に、前記受信側ユニット 300 に代えて変形例に係る受信側ユニット 300' が備えられた超音波フェイズドアレイセンサ 1' の模式ブロック図を示す。

なお、図中、本実施の形態における同一部材には同一符号を付して、その説明を適宜省略する。

【0155】

前記受信側ユニット 300' は、前記受信側ユニット 300 に比して、前記第 1 ~ 第 n 遅延回路 360 - 1 ~ 360 - n の前段（信号伝達方向上流側）にそれぞれ第 1 ~ 第 n A/D 変換器 390 - 1 ~ 390 - n を有している。前記受信側ユニット 300' は、前記遅延回路 360 - 1 ~ 360 - n 及びこれ以降の受信電圧信号の処理をデジタル信号処理で行うように構成されている。前記受信側ユニット 300' においては、前記検波器 380 は直交検波器とされる。

30

【0156】

前記受信側ユニット 300' を備えた超音波フェイズドアレイセンサ 1' も、本実施の形態に係る超音波フェイズドアレイセンサ 1 と同様の効果を得ることができる。

【0157】

実施の形態 2

40

以下、本発明に係るフェイズドアレイセンサの他の実施の形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

図 11 に本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサ 2 の模式ブロック図を示す。

なお、図中、前記実施の形態 1 における同一部材には同一符号を付して、その詳細な説明を適宜省略する。

【0158】

前述の通り、前記実施の形態 1 に係るフェイズドアレイセンサ 1 は、前記第 1 ~ 第 n のトランスデューサ 110 の作動状態が前記第 1 ~ 第 n の切替スイッチ 410 によって、超音波発信作動状態及び超音波受信作動状態に切り替わるように構成されている。

【0159】

50

これに対し、本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー２は、前記第１～第ｎのトランスデューサー１１０が超音波発信用としてのみ作用し、前記第１～第ｎのトランスデューサー１１０とは別の受信専用の単一の空中超音波トランスデューサー１１２を有している。

【０１６０】

即ち、前記フェイズドアレイセンサー２は、前記実施の形態１に係るセンサー１に比して、前記切替ユニット４００が削除され、前記受信用トランスデューサー１１２を有し、且つ、前記受信側ユニット３００の代わりに受信側ユニット３０２を有している。

【０１６１】

具体的には、図１１に示すように、前記フェイズドアレイセンサー２は、前記第１～第
ｎトランスデューサー１１０－１～１１０－ｎ（図示においては前記第１～第５トランス
デューサー１１０－１～１１０－５）が超音波送信専用として用いられる前記トランス
デューサーアレイ１００と、前記送信信号発生装置２１０と、前記第１～第ｎ送信側チャ
ネル２５０－１～２５０－ｎ（図示においては前記第１～第５送信側チャンネル２５０－
１～２５０－５）と、前記第１～第ｎ送信側フィルタ２６０－１～２６０－ｎ（図示にお
いては第１～第５送信側フィルタ２６０－１～２６０－５）と、送信専用トランスデュー
サーとして作用する前記第１～第ｎトランスデューサー１１０－１～１１０－ｎから送信さ
れ、検知すべき障害物に反射して戻ってきた戻り超音波を受信可能な単一の前記受信用空
中超音波トランスデューサー１１２と、前記受信用トランスデューサー１１２が発生する
受信電圧信号を受信可能な前記受信側チャンネル３１０と、前記受信側チャンネル３１０
に挿された前記受信側フィルタ３２０と、前記受信側チャンネル３２０の出力信号の継続
時間に対応する幅を有する信号を生成する検波器３８０を含む受信信号処理装置３５２と
、前記送信信号発生装置２１０及び前記受信信号処理装置３５２の制御を司る前記制御装
置５００と、前記制御装置５００から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング
信号及び前記検波器３８０から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の
時間差並びに前記制御装置５００から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を
検出する前記検知装置６００とを備えている。

【０１６２】

前記受信用トランスデューサー１１２は、送信用トランスデューサーとして作用する前
記トランスデューサー１１０と同様に非共振型とされることも可能であるし、これとは異
なり、前記送信信号発生装置２１０によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数によっ
て共振振動を行う共振型とされることも可能である。

【０１６３】

前記受信用トランスデューサー１１２が非共振型とされる場合には、前記受信側フィル
タ３２０は、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記受信用トランスデューサ
ー１１２の共振周波数成分を除去するように構成される。

【０１６４】

前記受信用トランスデューサー１１２が共振型とされる場合には、前記受信側フィルタ
３２０はノイズ除去フィルタとされる。

【０１６５】

図１１に示すように、前記受信信号処理装置３５２には、信号伝達方向に関し、前記検
波器３８０の上流側に前記信号処理部３７５が備えられる。

【０１６６】

前記信号処理部３７５は、可変ゲイン増幅器（図示せず）と、帯域通過フィルタ（図示
せず）と、対数増幅器（図示せず）とを含むことができる。

【０１６７】

実施の形態３

以下、本発明に係るフェイズドアレイセンサーのさらに他の実施の形態について、添付
図面を参照しつつ説明する。

図１２に本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー３の模式ブロック図を示す。

なお、図中、前記実施の形態 1 及び 2 におけると同一部材には同一符号を付して、その詳細な説明を適宜省略する。

【0168】

本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー 3 は、前記実施の形態 2 に係るフェイズドアレイセンサー 2 に比して、前記単一の受信用トランスデューサー 112 の代わりに、送信用トランスデューサーとして作用する前記第 1 ～ 第 n トランスデューサー 110 - 1 ～ 110 - n にそれぞれ対応した第 1 ～ 第 n 受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n を有し、且つ、前記受信側ユニット 302 の代わりに前記受信側ユニット 300 を有している。

【0169】

具体的には、図 12 に示すように、前記フェイズドアレイセンサー 3 は、超音波送信専用として用いられる前記第 1 ～ 第 n トランスデューサー 110 - 1 ～ 110 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 トランスデューサー 110 - 1 ～ 110 - 5) を有する前記トランスデューサーアレイ 100 と、前記送信信号発生装置 210 と、前記第 1 ～ 第 n 送信側チャンネル 250 - 1 ～ 250 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 送信側チャンネル 250 - 1 ～ 250 - 5) と、前記第 1 ～ 第 n 送信側フィルタ 260 - 1 ～ 260 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 送信側フィルタ 260 - 1 ～ 260 - 5) と、前記第 1 ～ 第 n 受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n (図示においては第 1 ～ 第 5 受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - 5) を含む受信用トランスデューサーアレイ 102 と、前記第 1 ～ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ～ 310 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 受信側チャンネル 310 - 1 ～ 310 - 5) と、前記第 1 ～ 第 n 受信側フィルタ 320 - 1 ～ 320 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 受信側フィルタ 320 - 1 ～ 320 - 5) と、前記第 1 ～ 第 n 受信側チャンネル 310 - 1 ～ 310 - n の受信電圧信号をそれぞれ所定時間遅延可能な前記第 1 ～ 第 n 遅延回路 360 - 1 ～ 360 - n (図示においては前記第 1 ～ 第 5 遅延回路 360 - 1 ～ 360 - 5)、前記第 1 ～ 第 n 遅延回路 360 - 1 ～ 360 - n の出力信号を加算する前記加算回路 370 及び前記加算回路 370 の出力信号の継続時間に対応する幅を有する信号を生成する前記検波器 380 を含む前記受信信号処理装置 350 と、前記送信信号発生装置 210 及び前記受信信号処理装置 350 の制御を司る前記制御装置 500 と、前記制御装置 500 から送られてくる駆動電圧信号に基づく送信タイミング信号及び前記検波器 380 から送られてくる受信電圧信号に基づく受信タイミング信号の時間差並びに前記制御装置 500 から送られてくる方位角情報に基づき、障害物の位置を検出する前記検知装置 600 とを備えている。

【0170】

本実施の形態においても、前記受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n は非共振型とされることも可能であるし、これとは異なり、前記送信信号発生装置 210 によって発生される駆動電圧信号の駆動周波数によって共振振動を行う共振型とされることも可能である。

【0171】

前記受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n が非共振型とされる場合には、前記受信側フィルタ 320 - 1 ～ 320 - n は、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくとも前記受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n の共振周波数成分を除去するように構成される。

【0172】

前記受信用トランスデューサー 112 - 1 ～ 112 - n が共振型とされる場合には、前記受信側フィルタ 320 - 1 ～ 320 - n はノイズ除去フィルタとされる。

【0173】

本実施の形態に係る前記フェイズドアレイセンサー 3 は、前記実施の形態 2 に係るフェイズドアレイセンサー 2 に比して、虚像検知を有効に回避することができる。

【0174】

即ち、前記実施の形態 2 に係るフェイズドアレイセンサー 2 は、前記単一の受信用トラ

10

20

30

40

50

ンスデューサー 1 1 2 のみを有する為に、前記送信用トランスデューサーアレイ 1 0 0 によって方位角 θ に放射され、その方位角 θ に存在する障害物に反射して戻ってきた方位角 θ の戻り超音波だけを検知することができない。

【 0 1 7 5 】

詳しくは、前記フェイズドアレイセンサー 2 においては、方位角 θ の戻り超音波に基づく障害物の検知に加えて、前記障害物に反射した反射超音波が他の方向に存在する他の障害物に反射して戻ってくる多重反射超音波に基づく虚像を検知する可能性がある。

【 0 1 7 6 】

これに対し、本実施の形態に係るフェイズドアレイセンサー 3 は、前記実施の形態 1 に係るフェイズドアレイセンサー 1 と同様に、送信用として作用する前記第 1 ~ 第 n トランスデューサー 1 1 0 - 1 ~ 1 1 0 - n を有する前記トランスデューサーアレイ 1 0 0 によって超音波が放射された方位角 θ に存在する障害物に反射して戻ってきた方位角 θ の戻り超音波による受信電圧信号のみを時間軸に対して一致させることができ、虚像の検知を有効に回避することができる。

【 0 1 7 7 】

なお、前記実施の形態 2 及び 3 においても、前記実施の形態 1 の変形例と同様に、前記受信側ユニット 3 0 0 に代えて、デジタル信号処理を行うように構成された受信側ユニット（図示せず）を備えることも可能である。

【符号の説明】

【 0 1 7 8 】

1 ~ 3 超音波フェイズドアレイセンサー
 1 0 0 トランスデューサーアレイ
 1 0 2 受信用トランスデューサーアレイ
 1 1 0 トランスデューサー
 1 1 2 受信用トランスデューサー
 2 1 0 送信信号発生装置
 2 2 0 信号発生手段
 2 5 0 送信側チャンネル
 2 6 0 送信側フィルタ
 3 1 0 受信側チャンネル
 3 2 0 受信側フィルタ
 3 3 0 低雑音増幅回路
 3 5 0、3 5 2 受信信号処理装置
 4 1 0 切替スイッチ
 5 0 0 制御装置

10

20

30

40

50

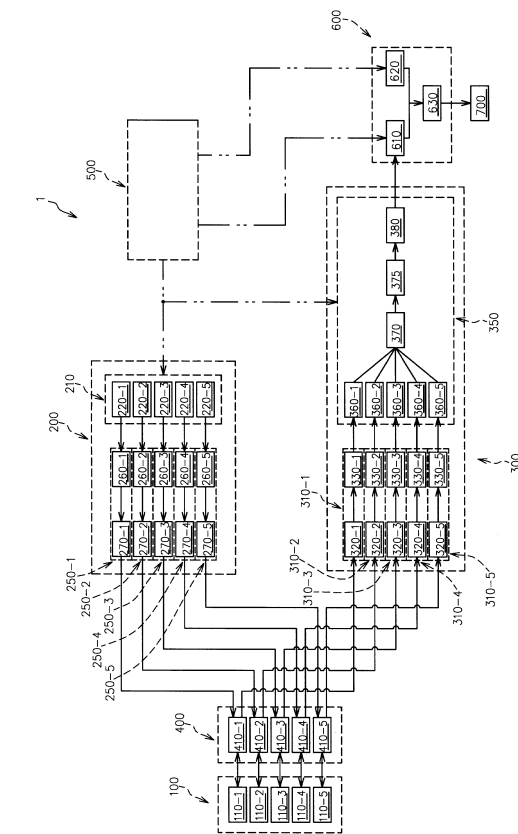
【要約】

本発明に係る超音波フェイズドアレイセンサーは、複数の非共振型空中超音波トランスデューサーと、トランスデューサーの共振周波数よりも低い駆動周波数の矩形波のバースト波駆動電圧信号を発生する送信信号発生装置と、送信信号発生装置からの駆動電圧信号を複数のトランスデューサーに向けて伝達する複数の送信側チャンネルと、受信信号処理装置と、複数のトランスデューサーが発生する受信電圧信号を受信信号処理装置へ向けて伝達する複数の受信側チャンネルと、複数のトランスデューサーの複数の送信側チャンネル及び複数の受信側チャンネルへの電気接続を切替える複数の切替スイッチと、制御装置と、障害物の位置を検出する検知装置と、複数の送信側チャンネル及び複数の受信側チャンネルにそれぞれ介挿された複数の送信側フィルタ及び複数の受信側フィルタとを備え、送信側フィルタ及び受信側フィルタは、駆動周波数成分の通過を許容しつつ少なくともトランスデューサーの共振周波数成分を除去するように構成されている。

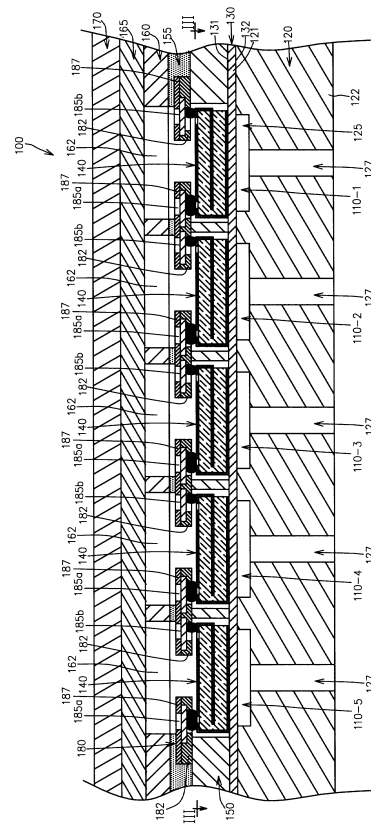
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



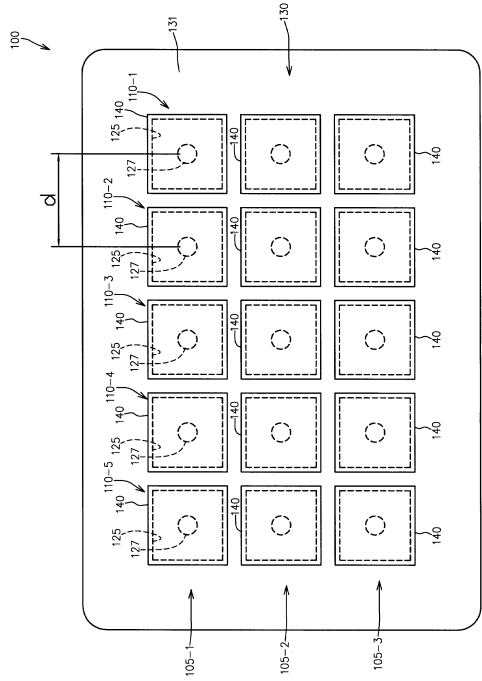
20

30

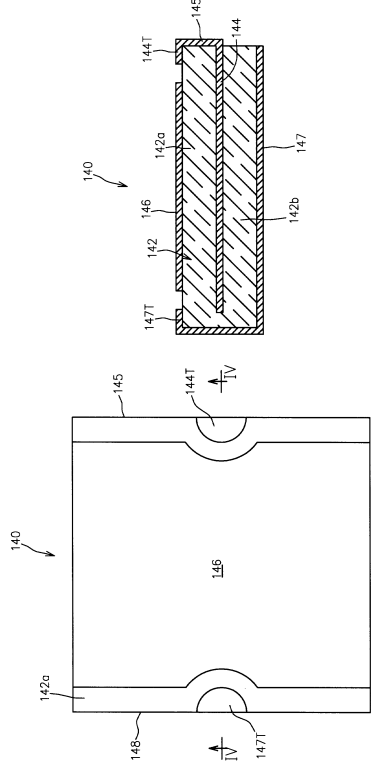
40

50

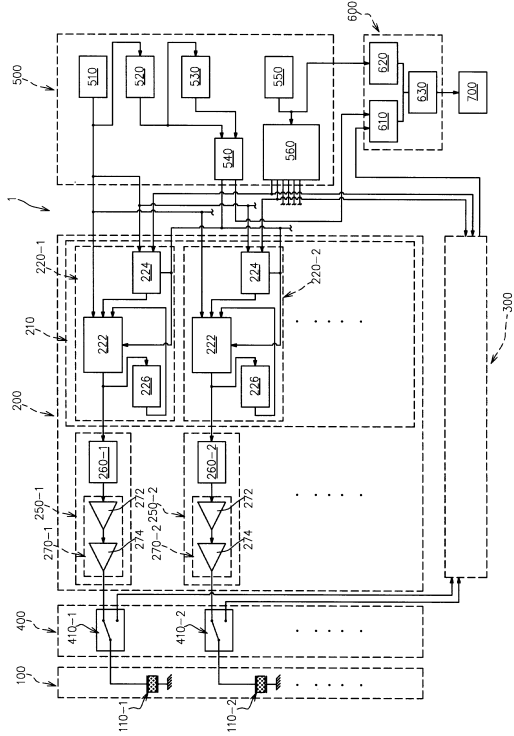
【図 3】



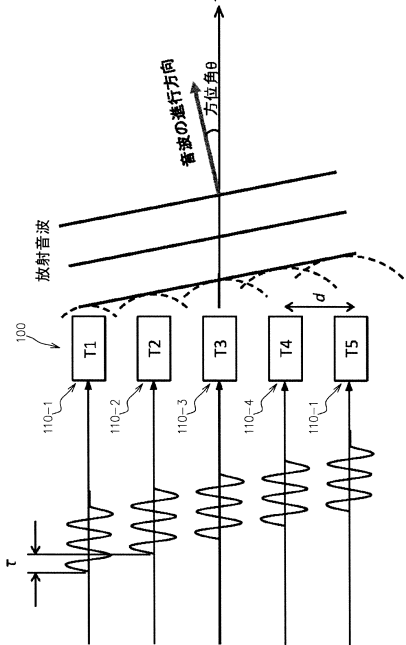
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

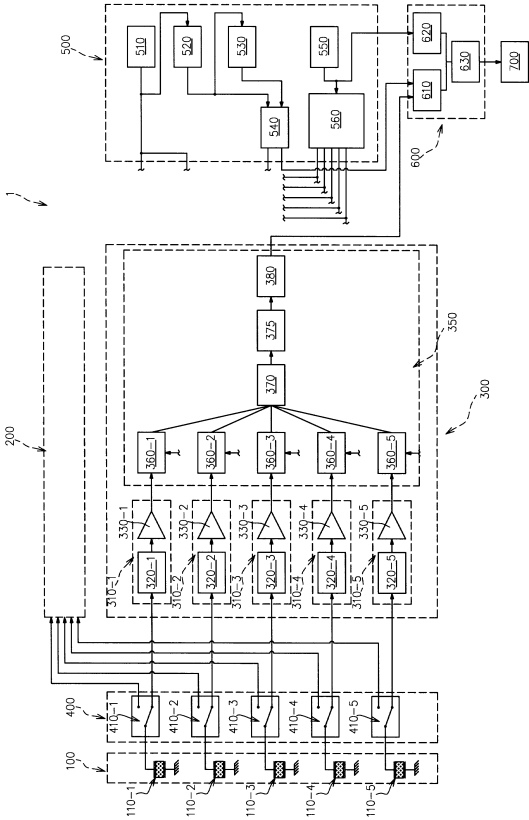
20

30

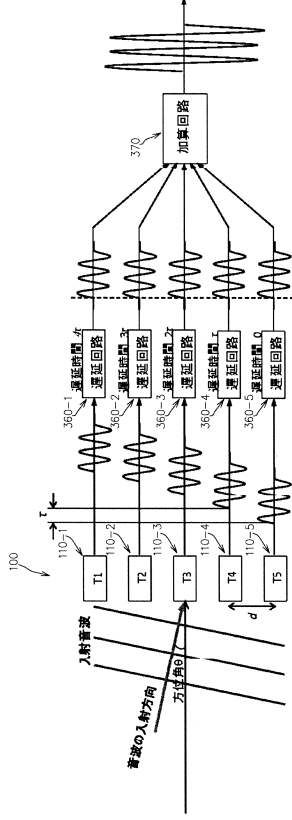
40

50

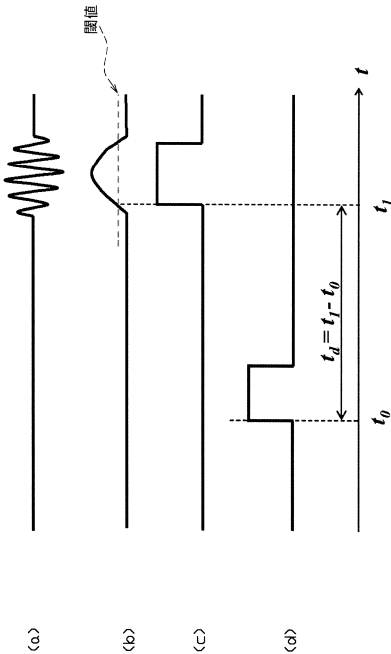
【図 7】



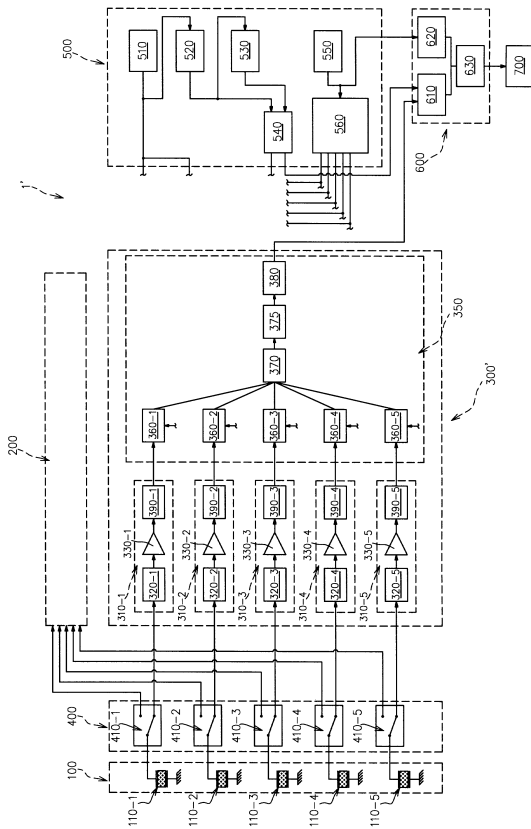
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

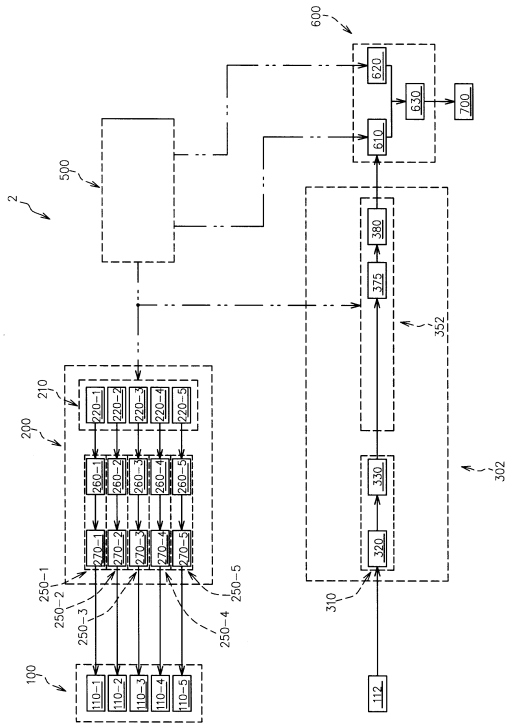
20

30

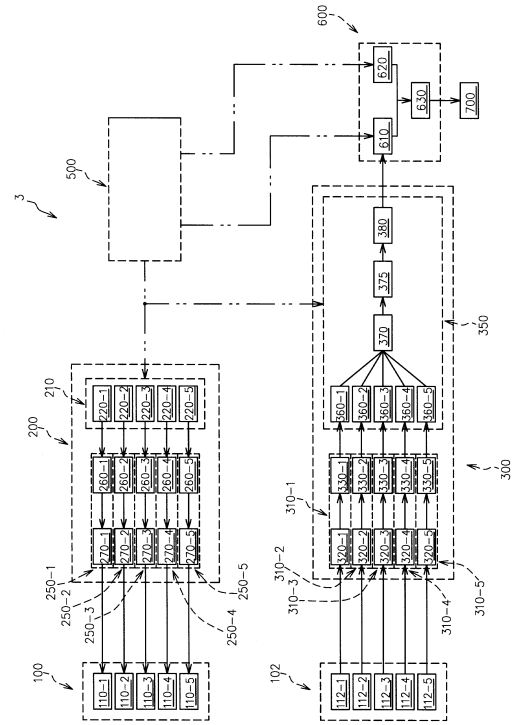
40

50

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 3 4 0 9 5 5 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 1 / 0 4 3 3 6 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 6 - 1 2 5 9 8 7 (J P , A)
特開平 0 2 - 1 0 2 4 8 1 (J P , A)
米国特許第 0 5 9 9 3 3 9 3 (U S , A)
特開 2 0 1 9 - 1 0 0 7 1 5 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 8 6 4 0 7 (J P , A)
米国特許第 0 4 4 1 4 4 8 2 (U S , A)
高杉知, 非共振型空中超音波トランスデューサアレイの検討, 電子情報通信学会技術研究
報告, 日本, 電子情報通信学会, 2021年07月23日, Vo.121, No.131, p.14-19, 資料番号
US2021-21, ISSN 2432-6380
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 1 S 7 / 5 2 - 7 / 6 4 ,
G 0 1 S 1 5 / 0 0 - 1 5 / 9 6