

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-3303

(P2006-3303A)

(43) 公開日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 7/02 (2006.01)	GO 1 S 7/02	5 J O 7 O
GO 1 S 13/34 (2006.01)	GO 1 S 13/34	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2004-182537 (P2004-182537)	(71) 出願人	000237592
(22) 出願日	平成16年6月21日 (2004.6.21)		富士通テン株式会社
			兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100113826
			弁理士 倉地 保幸
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

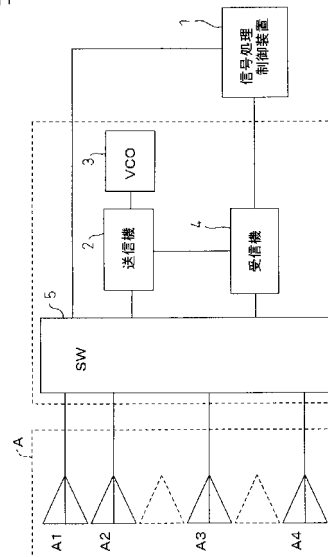
(57) 【要約】

【課題】 本発明は、送信した電波の反射波からデジタルマルチビーム形成するとき、できるだけ少数のアンテナで多数チャネルを実現し、小型化、低コスト化でき、さらに処理時間の短縮化、高性能化を図れるレーダ装置を提供する。

【解決手段】 送受信共用のアンテナ A 1 ~ A 4 の一つから所定周期で送信信号が送信され、送信された電波の反射波が各アンテナで受信される。受信信号は信号処理制御装置 1 に伝送され、D B F 処理される。切換手段 5 で送受信が切換えられるアンテナ A 1 ~ A 4 は、2 つの隣接アンテナの間隔と、他 2 つの隣接アンテナの間隔との比が 1 対 2 で配置され、4 個のアンテナでアンテナ 6 個分のスペースで 1 1 チャネルを実現する。該 1 1 チャネルの内の奇数番目のみの受信チャネルを選択受信して D B F を行くと、方位検出の高速化が図れ、左右のチャネルに分けて 2 回の D B F すると、方位検出の精度向上が図れる。

【選択図】 図 1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる間隔を有して一列に配置され、同一のアンテナ特性を有する複数のアンテナと、該複数のアンテナの少なくとも一つ以上選択されたアンテナから電波を送信する送信機と、前記送信された前記電波による反射波を前記各アンテナで受信する受信機と、前記反射波を受信した受信信号に基づいてデジタルマルチビーム形成を行う信号処理手段を備えたレーダ装置において、

前記電波の送信信号を、前記各アンテナに順次選択して供給する第 1 切換スイッチと、前記各アンテナから受信された前記反射波に係る受信信号を、前記受信機に順次切り換えて入力する第 2 切換スイッチと、を備え、

前記デジタルマルチビーム形成のためのアンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットに従って、前記第 1 切換スイッチによって当該アンテナが順次選択され、該アンテナから前記送信信号の周期毎に電波が送信されたとき、前記第 2 切換スイッチは、当該電波に係る反射波を受信するアンテナを、前記各アンテナのうちから選択し、前記受信信号を前記受信機に入力することを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

前記各アンテナの全てが、送受信共用であることを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する場合、前記第 2 切換スイッチは、当該受信信号が奇数番目の前記受信信号チャンネル又は偶数番目の前記受信チャンネルに該当するときに、前記各アンテナの受信を選択することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、当該受信信号が奇数番目の前記受信信号チャンネル又は偶数番目の前記受信チャンネルに該当するときに、前記信号処理手段に出力することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】

前記受信信号チャンネル切換フォーマットは、全受信信号チャンネルを選択する切換フォーマットと、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する切換フォーマットとを含み、

前記信号処理手段における方位検出の環境に応じて、前記各切換フォーマットのいずれかが選択されることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のレーダ装置。

【請求項 6】

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、左側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記第 2 切換スイッチは、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの左側半分に相当する受信信号チャンネルに該当するアンテナの受信を選択し、

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、右側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記第 2 切換スイッチは、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの右側半分に相当する受信信号チャンネルに該当するアンテナの受信を選択することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 7】

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、左側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの左側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号を前記信号処理手段に出力し、

前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、右側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの右側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号を前記信号処理手段に出力することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーダ装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記信号処理手段は、前記左側半分の受信信号チャネルと前記右側半分の受信信号チャネルの夫々で方位検出処理を実行することを特徴とする請求項 6 又は 7 のレーダ装置。

【請求項 9】

前記複数のアンテナの配置において、所定の 2 つの隣り合うアンテナに係るアンテナ間隔と、他の 2 つの隣り合うアンテナに係るアンテナ間隔との比が、1 対 2 であることを特徴とする請求項 2 乃至 8 のいずれか一項に記載のレーダ装置。

【請求項 10】

前記複数のアンテナが、同一直線上で順番に配置された第 1 乃至第 4 アンテナを含み、
前記第 1 アンテナと第 2 アンテナが第 1 間隔で配置され、第 2 アンテナと第 3 アンテナ
及び第 3 アンテナと第 4 アンテナが第 2 間隔で配置され、

前記第 2 間隔が前記第 1 間隔の 2 倍であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダ装置。

【請求項 11】

前記第 1 アンテナは、複数の前記周期で前記送信信号の電波を順次に送信し、該周期毎に順次送信された電波による反射波の夫々を、前記第 2 アンテナ、第 3 アンテナ、第 4 アンテナの順番で受信し、

前記第 2 アンテナ、第 3 アンテナ、第 4 アンテナの順に、前記周期で前記送信信号を送信し、前記第 1 アンテナが、該電波による各反射波を受信し、

奇数番目の受信信号チャネルに該当する前記受信信号が前記信号処理手段に出力されることを特徴とする請求項 10 に記載のレーダ装置。

【請求項 12】

前記第 1 アンテナは、複数の前記周期で前記送信信号の電波を順次に送信し、該周期毎に順次送信された電波による反射波の夫々を、前記第 2 アンテナ、第 3 アンテナ、第 4 アンテナの順番で受信し、

前記第 2 アンテナ、第 3 アンテナ、第 4 アンテナの順に、前記周期で前記送信信号を送信し、前記第 1 アンテナが、該電波による各反射波を受信し、

偶数番目の受信信号チャネルに該当する前記受信信号が前記信号処理手段に出力されることを特徴とする請求項 10 に記載のレーダ装置。

【請求項 13】

前記第 1 アンテナ及び第 2 アンテナが、前記周期で交互に前記送信信号を送信し、前記第 3 アンテナ又は第 4 アンテナが、該周期で順次送信された電波による反射波を受信し、複数の受信信号チャネルの左側半分に相当する受信信号チャネルに該当する受信信号が前記信号処理手段に出力され、

前記第 3 アンテナ及び第 4 アンテナが、前記周期で交互に前記送信信号を送信し、前記第 1 アンテナ又は第 2 アンテナが、該周期で順次送信された電波による反射波を受信し、複数の受信信号チャネルの右側半分に相当する受信信号チャネルに該当する受信信号が前記信号処理手段に出力されることを特徴とする請求項 10 に記載のレーダ装置。

【請求項 14】

前記複数のアンテナの夫々に送信用ポートと受信用ポートが備えられ、

前記送信用ポート毎に送信機が接続され、前記受信用ポート毎に受信機が接続されることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載のレーダ装置。

【請求項 15】

前記各送信用ポートが共有送信機に選択接続され、前記受信用ポートが共有受信機に選択接続されることを特徴とする請求項 14 に記載のレーダ装置。

【請求項 16】

前記複数のアンテナの夫々に、送信用と受信用とを切り換える双方向スイッチが備えられ、

前記双方向スイッチは、前記送信用に切り換えられたとき、当該アンテナを送信機に接続し、前記受信用に切り換えられたとき、当該アンテナを受信機に接続することを特徴と

10

20

30

40

50

する請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載のレーダ装置。

【請求項 17】

前記複数のアンテナの夫々に対応して、前記送信機の出力ポートと前記受信機の受信ポートとが送受信共用とされた送受信機が備えられることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載のレーダ装置。

【請求項 18】

前記送受信機が、前記複数のアンテナの夫々に共有され、各アンテナに選択接続されて送信又は受信を行うことを特徴とする請求項 17 に記載のレーダ装置。

【請求項 19】

前記送受信機の数、前記複数のアンテナの数より少なく備えられることを特徴とする請求項 18 に記載のレーダ装置。 10

【請求項 20】

前記送受信機は、前記アンテナに時分割によるスイッチで送信又は受信に切り換えられることを特徴とする請求項 18 又は 19 に記載のレーダ装置。

【請求項 21】

前記送信機及び前記受信機に基準信号を供給する電圧制御発振器が備えられ、前記電圧制御発振器は、前記複数のアンテナの夫々に関わる各送信機及び各受信機に共用であることを特徴とする請求項 9 乃至 20 のいずれか一項に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、周波数変調された連続波による送信波 (FM-CW) を用いたレーダ装置に関し、特に、送信した電波に係る反射波の受信走査をデジタルマルチビーム形成 (DBF) により行うレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、DBF を用いて受信走査を行うレーダ装置は、種々のものが開発され、知られている。一般にこの種のレーダ装置の基本構成は、1つの送信アンテナと複数の受信アンテナとが用意され、該送信アンテナから電波を送信し、送信された電波の反射波を複数のアンテナで受信するというものである。 30

【0003】

しかし、この構成によるレーダ装置では、受信アンテナの数に一致する数の受信機が必要であり、走査精度を向上するためには、多数の受信機を備えなければならない。そのため、受信機の数が増えるに従い、その重量及びサイズが大きくなり、しかも、多大な電力を必要とするという問題点があった。

【0004】

そこで、このような問題点を解消するため、小型化かつ軽量化を図ったレーダ装置が提案されている。そのレーダ装置では、複数の受信アンテナが、スイッチを介して1つの受信機に接続されるように構成されている。或いは、複数の受信アンテナを数組に分け、例えば、多数の受信アンテナからなる受信アンテナアレイを4つずつの受信アンテナの組に分け、その4つの受信アンテナに対し、1つの受信機を設け、その組のアンテナがスイッチを介して当該受信機に接続されるようになっている。そこで、送信された電波の反射波を受信する時に、複数の受信アンテナを順次切り換えて受信機に接続する。そうすると、各受信アンテナで得られるレーダ信号を時分割で得ることができる (例えば、特許文献1、特許文献2、特許文献3を参照)。 40

【0005】

このような構成により、複数の受信アンテナに対応して数の受信機を1つ又はその数より少なくすることができ、装置の小型化、低コスト化を図ることができる。

【0006】

ここで、レーダ装置で使用される電波は、例えば、76GHz帯等の高周波数帯の電波 50

である。したがって、受信アンテナから受信機までの伝送経路において扱われる信号も、高周波数帯の信号となる。このような高周波信号を切り換えることができるスイッチの入力数は、2あるいは3が一般的である。

【0007】

このため、4以上の受信アンテナを切り換える場合には、複数のスイッチを利用することが行われている。例えば、1入力2切換出力(SPD T)または1入力3切換出力(SP3 T)の単位スイッチをトーナメント形式で組み合わせて多切換を実現できる。ここで、単位スイッチとしては、MMIC(マイクロ波モノリシック集積回路)、HIC(ハイブリッド集積回路)などの平面回路型の高周波スイッチが用いられている。

【0008】

しかし、スイッチを多段に接続して用いると、通過するスイッチの夫々において、信号の減衰が大きくなり、受信機数を減少させてスイッチの段数が増えるにつれて、受信感度が劣化するという問題が発生する。

【0009】

そこで、比較的簡単な構成とし、受信感度の劣化を防止できるレーダ装置が提案されている(例えば、特許文献4を参照)。これまで説明してきたレーダ装置では、複数の受信アンテナについて、一つの送信アンテナが備えられたのに対して、特許文献4に示されたレーダ装置では、送信アンテナを複数本として切換使用することで、受信アンテナの本数を減少することによって、受信アンテナを切り換えるスイッチの数を減少させている。この構成により、受信感度が向上し、また、アンテナ及びスイッチの数を減少させ、装置の低コスト化を図ることができるというものである。

【0010】

そこで、このレーダ装置の概略ブロック構成を図19に示した。このレーダ装置では、A1、A2及びA3の3本の送信アンテナ、A4及びA5の受信アンテナが、切換手段5に接続され、該切換手段5には、例えば、76GHz帯の高周波信号を出力する電圧制御発振器(VCO)などの発振器3を有する送信機2と、受信機4とが接続されている。受信機4は、発振器3からの発振信号と同期しており、受信アンテナからの受信信号を信号処理制御装置1に伝送する。そして、信号処理制御装置1は、受信信号に基づいてデジタルマルチビーム形成(DBF)の信号処理を行うとともに、切換手段5における送信アンテナ及び受信アンテナの切換制御を行っている。

【0011】

発振器3は、送信機2の分配器を介し送信側のスイッチSW1が接続され、発振出力を送信アンテナに供給する。このスイッチSW1は、1入力3切換出力(SP3 T)のスイッチであり、出力側が3つの送信アンテナA1、A2、A3に接続されている。信号処理制御装置1の指示に基づいて、スイッチSW1を切り換えることにより、発振器3からの高周波信号が、送信アンテナA1、A2、A3へ時分割で供給される。そこで、送信アンテナA1、A2、A3から発振器3からの高周波信号が順次時分割で送信される。ここで使用されている送信アンテナA1、A2、A3の指向性は互いに等しく、検出領域全体に電波を照射できる指向性がある。

【0012】

一方、受信側には、2つの受信アンテナA4、A5が設けられている。この受信アンテナA4、A5には、受信側のスイッチSW2が接続されている。このスイッチSW2は、1入力2切換出力(SPD T)のスイッチであり、2つの受信アンテナA4、A5が出力側に接続されている。また、このスイッチSW2の1つの入力、受信機4のミキサに接続されている。そこで、信号処理制御装置1の指示に基づいて、このスイッチSW2を切り換えることによって、2つの受信アンテナA4、A5で得られた受信信号が、受信機4に供給される。

【0013】

これら送信アンテナA1～A3、及び受信アンテナA4、A5は、同一平面上に、かつ同一直線上に整列され、従来のレーダ装置におけるアンテナ数より少ないアンテナが配置

10

20

30

40

50

されている。このようなレーダ装置の構成にすることにより、レーダ装置の製作が容易となり、低コスト化を図ることができ、さらに、自動車レーダなどへの適用の際には、レーダ全体形状を車両への搭載に適したものにすることができるというものである。

【0014】

【特許文献1】特公平6-68542号公報

【特許文献2】特開平11-311668号公報

【特許文献3】特開平11-160423号公報

【特許文献4】特開2000-155171号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0015】

そこで、図19に示されたレーダ装置におけるアンテナ切換の様子を、図20に示した。このレーダ装置では、受信アンテナA4と受信アンテナA5との配置間隔をLとしたとき、送信アンテナA1、A2、A3は、夫々隣接する送信アンテナ同士の間隔が2Lとなるように配置されている。

【0016】

送信アンテナA1、A2、A3によって送信された電波は、目標物で反射されて受信アンテナA4、A5に至る。従って、送信アンテナを空間的に移動した場合、それに対応して受信アンテナを逆方向に平行移動すれば同じ受信信号が得られるはずである。従って、送信アンテナA2からの送信時における受信アンテナA4、A5の受信信号は、送信アンテナA2を送信アンテナA1の位置に移動し、受信アンテナA4、A5を、該アンテナA4、A5の配置間隔Lだけ逆方向に平行移動させたものと同じとなる。また、送信アンテナA3からの送信時における受信アンテナA4、A5の受信信号は、送信アンテナA3を送信アンテナA1の位置に移動し、受信アンテナA4、A5を2Lだけ平行移動させたものと同じとなる。

20

【0017】

図20に、各時間における送信アンテナと受信アンテナのペアの関係をアンテナの配列方向における位置関係とが示されるように、スイッチSW1とスイッチSW2とを適宜切り換えることにより、3個の送信アンテナと2個の受信アンテナとによる5個のアンテナによって、6チャンネルのビームが得られることが分かる。つまり、1個の送信アンテナに対し、6個の受信アンテナを配置したものと等価になる。

30

【0018】

ここで、従来の他のレーダ装置において、6個の受信アンテナを設けて、受信機を1個にしようとする場合には、切換スイッチは、1入力3切換出力のスイッチ2つと、1入力2切換出力のスイッチ1つの2段構成としなければならなかったのに対して、図19に示されたレーダ装置では、送信側にもスイッチSW1を必要とするが、受信アンテナA4とA5の切換のためには、1段のスイッチSW2を設けるだけで済む。

【0019】

また、図19に示されたレーダ装置において、得られるビームの指向性を狭くするため、チャンネル数を更に増やしたい場合には、受信アンテナA4、A5と同一のアンテナ特性の受信アンテナA6（図示なし）を間隔Lで追加配置し、そして、送信アンテナA1とA2とA3の夫々の間隔を3Lにすればよい。このようなアンテナ構成としたレーダ装置によると、図20に示されたチャンネル数に3チャンネルが追加され、6個のアンテナで、9チャンネルのビームが得られる。

40

【0020】

以上の様に、図19のレーダ装置に従えば、スイッチにおける受信信号の減衰を低減することができ、少ないアンテナ数で、アンテナ数以上のチャンネル数を実現することができる。

【0021】

しかしながら、このレーダ装置によれば、アンテナ数以上のチャンネル数を実現できても

50

、より指向性を狭くしたビームを得るためには、例えば、9チャンネルとする場合には、10個のアンテナを必要としたのに対して、アンテナ数を、6個に減少させることができたが、レーダ装置としてアンテナを組み込むと、横一列に配置されるため、この6個のアンテナは、10個分のスペースに配置されることを必要とする。

【0022】

一方、このようなレーダ装置が、電子機器として、例えば、自動車などに搭載される場合には、電波が自動車の前方に送信されるには、限られた場所しかなく、しかも、狭隘な取り付けスペースしかない。このような環境で使われるレーダ装置は、できるだけ小型化を図る必要がある。そのため、上述したレーダ装置によっても、アンテナ数を減少させることができて、小型化には、未だ不十分なものとなっている。さらには、自動車前方の目標物認識に関しても、自動車運転の安全面からも、より一層の高性能化が要望されており、安価なレーダ装置が求められている。

10

【0023】

そこで、本発明は、送信した電波に係る反射波の受信走査をデジタルマルチビーム形成(DBF)により行うためのアンテナ数をできるだけ少なくして、多数チャンネルを実現しつつ、小型化、高性能化を図り、そしてコスト低減を実現できるレーダ装置であって、さらに、方位検出処理における高速化、精度向上を図ることができるレーダ装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0024】

以上の課題を解決するため、本発明では、異なる間隔を有して一列に配置され、同一のアンテナ特性を有する複数のアンテナと、該複数のアンテナの少なくとも一つ以上選択されたアンテナから電波を送信する送信機と、前記送信された前記電波による反射波を前記各アンテナで受信する受信機と、前記反射波を受信した受信信号に基づいてデジタルマルチビーム形成を行う信号処理手段を備えたレーダ装置において、前記電波の送信信号を、前記各アンテナに順次選択して供給する第1切換スイッチと、前記各アンテナから受信された前記反射波に係る受信信号を、前記受信機に順次切り換えて入力する第2切換スイッチとを備え、前記デジタルマルチビーム形成のためのアンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットに従って、前記第1切換スイッチによって当該アンテナが順次選択され、該アンテナから前記送信信号の周期毎に電波が送信されたとき、前記第2切換スイッチは、当該電波に係る反射波を受信するアンテナを、前記各アンテナのうちから選択し、前記受信信号を前記受信機に入力することとした。そして、前記各アンテナの全てが、送受信共用とすることができることとした。

20

30

【0025】

そして、前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する場合、前記第2切換スイッチは、当該受信信号が奇数番目の前記受信信号チャンネル又は偶数番目の前記受信チャンネルに該当するときに、前記各アンテナの受信を選択することとし、或いは、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、当該受信信号が奇数番目の前記受信信号チャンネル又は偶数番目の又は受信チャンネルに該当するときに、前記信号処理手段に出力することとした。

40

【0026】

また、前記受信信号チャンネル切換フォーマットは、全受信信号チャンネルを選択する切換フォーマットと、奇数番目の受信信号チャンネルのみ又は偶数番目の受信チャンネルのみを選択する切換フォーマットとを含み、前記信号処理手段における方位検出の環境に応じて、前記各切換フォーマットのいずれかが選択されることとした。

【0027】

或いは、前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、左側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記第2切換スイッチは、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの左側半分に相当する受信信号チャンネルに該当するアンテナの受信を選択し、前記受信信

50

号チャンネル切換フォーマットが、右側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記第2切換スイッチは、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの右側半分に相当する受信信号チャンネルに該当するアンテナの受信を選択することとした。

【0028】

また、前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、左側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの左側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号を前記信号処理手段に出力し、前記受信信号チャンネル切換フォーマットが、右側半分の受信信号チャンネルのみを選択する場合、前記受信機は、前記受信信号が前記複数の受信信号チャンネルの右側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号を前記信号処理手段に出力することとし、さらに、前記信号処理手段は、前記左側半分の受信信号チャンネルと前記右側半分の受信信号チャンネルの夫々で方位検出処理を実行するようにした。

10

【0029】

また、本発明の前記レーダ装置では、前記複数のアンテナの配置において、所定の2つの隣り合うアンテナに係るアンテナ間隔と、他の2つの隣り合うアンテナに係るアンテナ間隔との比が、1対2であるとし、前記複数のアンテナが、同一直線上で順番に配置された第1乃至第4アンテナを含み、前記第1アンテナと第2アンテナが第1間隔で配置され、第2アンテナと第3アンテナ及び第3アンテナと第4アンテナが第2間隔で配置され、前記第2間隔が前記第1間隔の2倍であるようにした。

【0030】

20

前記第1アンテナは、複数の前記周期で前記送信信号の電波を順次に送信し、該周期毎に順次送信された電波による反射波の夫々を、前記第2アンテナ、第3アンテナ、第4アンテナの順番で受信し、前記第2アンテナ、第3アンテナ、第4アンテナの順に、前記周期で前記送信信号を送信し、前記第1アンテナが、該電波による各反射波を受信し、奇数番目の受信信号チャンネル、或いは、偶数番目の受信チャンネルに該当する前記受信信号が前記信号処理手段に出力されることとした。

【0031】

前記第1アンテナ及び第2アンテナが、前記周期で交互に前記送信信号を送信し、前記第3アンテナ又は第4アンテナが、該周期で順次送信された電波による反射波を受信し、複数の受信信号チャンネルの左側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号が前記信号処理手段に出力され、前記第3アンテナ及び第4アンテナが、前記周期で交互に前記送信信号を送信し、前記第1アンテナ又は第2アンテナが、該周期で順次送信された電波による反射波を受信し、複数の受信信号チャンネルの右側半分に相当する受信信号チャンネルに該当する受信信号が前記信号処理手段に出力されることとした。

30

【0032】

また、本発明による前記レーダ装置では、前記複数のアンテナの夫々に送信用ポートと受信用ポートが備えられ、前記送信用ポート毎に送信機が接続され、前記受信用ポート毎に受信機が接続され、前記各送信用ポートが共有送信機に選択接続され、前記受信用ポートが共有受信機に選択接続されることとした。

【0033】

40

前記複数のアンテナの夫々に、送信用と受信用とを切り換える双方向スイッチが備えられ、前記双方向スイッチは、前記送信用に切り換えられたとき、当該アンテナを送信機に接続し、前記受信用に切り換えられたとき、当該アンテナを受信機に接続することとした。

【0034】

前記複数のアンテナの夫々に対応して、前記送信機の出力ポートと前記受信機の受信ポートとが送受信共用とされた送受信機が備えられることとし、前記送受信機が、前記複数のアンテナの夫々に共有され、各アンテナに選択接続されて送信又は受信を行うこととし、さらに、前記送受信機の数、前記複数のアンテナの数より少なく備えられることとし、前記送受信機は、前記アンテナに時分割によるスイッチで送信又は受信に切り換えられ

50

るようにした。

【 0 0 3 5 】

また、本発明の前記レーダ装置では、前記送信機及び前記受信機に基準信号を供給する電圧制御発振器が備えられ、前記電圧制御発振器は、前記複数のアンテナの夫々に関わる各送信機及び各受信機に共用であることとした。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 6 】

以上の様に、本発明のレーダ装置では、同一平面上でかつ同一直線上に整列された複数のアンテナのうちで、少なくとも一つ以上選択されたアンテナから電波を送信し、該電波に係る反射波を各アンテナで受信するようにしたので、従来のレーダ装置におけるアンテナ数より少ないアンテナによって、より多くのチャンネル数を得ることができるとともに、レーダ装置の小型化、低コスト化を図ることができる。複数のアンテナ全てを送受信共用とした場合では、チャンネル数を大幅に増加することが可能となり、受信信号の合成時において、指向性を高くすることができ、レーダ装置としての高性能化を図ることができる。

10

【 0 0 3 7 】

そして、本発明のレーダ装置では、従来のレーダ装置におけるアンテナ数より少ないアンテナを配置すればよく、しかも、複数のアンテナの配置に関して、そのアンテナ間の間隔を工夫したので、多チャンネルのデジタルマルチビーム形成を実現でき、更には、装置の小型化、低コスト化を図ることができた。

20

【 0 0 3 8 】

さらに、本発明のレーダ装置では、複数のアンテナの配置に関して、そのアンテナ間の間隔を工夫し、できるだけ少ないアンテナ数で、多チャンネルのデジタルマルチビーム形成を実現できたことにより、レーダ装置の使用環境に応じて、全チャンネル利用による密状態のチャンネル切替フォーマットと、奇数番目のみを利用する粗状態のチャンネル切替フォーマットとを選択することが可能となり、通常時においては、粗状態のチャンネル切替フォーマットを選択することで、方位検出の処理時間を早くすることができる。

【 0 0 3 9 】

また、本発明のレーダ装置では、複数のアンテナの配置に関して、そのアンテナ間の間隔を工夫し、できるだけ少ないアンテナ数で、多チャンネルのデジタルマルチビーム形成を実現できたことにより、全チャンネルを左右に分け、左側チャンネル切替フォーマットと右側切替フォーマットとを用意することができ、同じ対象物体に対して、左右別に2回の方位検出処理を実行することができるので、方位検出の確度を向上することができる。

30

【 0 0 4 0 】

この様なレーダ装置の構成によって、レーダ装置の製作が容易となり、低コスト化を図ることができることで、自動車等に搭載される衝突防止装置等への適用の際には、レーダ装置の全体形状を車両への搭載に適したものにすることができ、方位検出処理が、高速化、効率化されて、衝突防止等適切に対応できる利点がある。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 4 1 】

次に、本発明のレーダ装置に係る実施形態について、図を参照して説明する。本実施形態によるレーダ装置を説明する前に、本発明のレーダ装置の基礎となるレーダ装置の概略構成について、図1に示した。同図に示したレーダ装置は、図19に示した従来のレーダ装置と同様に、送信した電波に係る反射波の受信走査をデジタルマルチビーム形成（DBF）により行い、信号処理を行うことを基本としており、図1に示されたレーダ装置において、図19に示されたレーダ装置と同じ部分には、同じ符号を付した。図中において、破線で囲まれた範囲に含まれる送信機2、電圧制御発振器（VCO）3、受信機4、切替手段5による高周波回路部分は、従来のレーダ装置と同様に、マイクロ波モノリシック集積回路（MMIC）で形成されている。

40

【 0 0 4 2 】

図1のレーダ装置では、A1、A2、A3及びA4の4本のアンテナが、アンテナアレ

50

イ A を形成しており、切換手段 5 に接続されている。該切換手段 5 には、例えば、76 GHz 帯の高周波信号を出力する電圧制御発振器 (VCO) などの発振器 3 を有する送信機 2 と、該送信機から出力された送信信号による電波の反射波を受信した受信信号を入力する受信機 4 とが接続されている。該受信機 4 は、発振器 3 からの発振信号と同期しており、アンテナからの受信信号を信号処理制御装置 1 に伝送する。そして、信号処理制御装置 1 は、切換手段 5 のスイッチ SW について、4 個のアンテナ A 1 乃至 A 4 に対する切換制御を行うとともに、受信機 4 から供給された受信信号に基づいてディジタルマルチビーム形成 (DBF) の信号処理を行っている。

【0043】

ここで、図 1 に示された基礎のレーダ装置が、従来のレーダ装置と大きく異なるところは、従来のレーダ装置では、複数のアンテナで形成されるアンテナアレイは、送信用と受信用とのアンテナが固定されているのに対し、図 1 に示されたレーダ装置では、アンテナアレイ A を形成する複数のアンテナが、送信用と受信用とに固定されてなく、複数のアンテナのうちで、一つ以上、又は、複数全部のアンテナが送受信共用となっており、固定化されていないことである。送信機 2 からの送信信号の送信と、該送信信号による電波の反射波の受信とを、スイッチ SW によって複数のアンテナを適宜切り換えるようにしている。送信信号による電波が順次選択切り換えられたアンテナから送信され、送信された電波の反射波を複数のアンテナによって多チャンネルの受信走査を実現している。

【0044】

さらに、図 1 に示したレーダ装置では、従来のレーダ装置のように、複数のアンテナが等間隔で配列されるのではなく、隣接するアンテナとの間の間隔が異なっていることを特徴としている。複数のアンテナが、等間隔で配置されているとすると、順次切り換えられたアンテナから電波が送信されても、受信アンテナによるその反射波の受信位置が、アンテナ間隔 1 つ分シフトされるだけであるので、送信アンテナを順次切り換えることの利点が少なくなり、チャンネル数を増加しにくい。そのため、アンテナ間隔が狭いところと広いところを設け、広い間隔は、狭い間隔の 2 倍とした。このアンテナの配置の仕方により、少ないアンテナ数で、より多くのチャンネル数が得られるようにした。

【0045】

図 1 に示したレーダ装置に用いられる複数のアンテナにおいては、例えば、指向性、利得などのアンテナ特性がいずれも同一であることが好ましく、各アンテナが、検出領域全体に電波を照射できる指向性を有しているものを使用する。各アンテナは、その送受信面が一直線上になるように一列に配置されていることが好ましい。各アンテナについてアンテナ特性などが揃っていないと、受信信号に含まれる位相の検出に対する演算量の増加を招くことになり、レーダ装置の性能に影響する。

【0046】

図 1 に示したレーダ装置では、4 個のアンテナを備えた場合の例を示している。このレーダ装置におけるディジタルマルチビーム形成 (DBF) の基本概念について、図 2 および図 3 を参照して説明する。DBF は、信号処理制御装置 1 内で行われるが、複数のアンテナで構成されるアレーアンテナアレイ A の各々の受信信号を A/D 変換してディジタル信号し、ビーム走査やサイドローブ特性等の調整をディジタル信号処理で実現している。

【0047】

図 2 には、レーダ装置に備えられた 4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 が、横一直線になるように配置される様子が示されている。同図中における三角形がアンテナを示し、4 個のアンテナが並べられている。アンテナ A 1 と A 2 の配置間隔を d としたとき、アンテナ A 2 と A 3、そして、アンテナ A 3 と A 4 の配置間隔は、アンテナ A 1 と A 2 の配置間隔 d の 2 倍である $2d$ となっている。なお、配置間隔の様子を分かりやすくするため、アンテナ A 2 と A 3 の間、そして、アンテナ A 3 と A 4 の間に、破線による三角形が示され、それらの間が、アンテナ 1 個分、つまり、間隔 $2d$ 分離れていることを表している。

【0048】

10

20

30

40

50

図 2 に示されるように、先ず、最初に選択されたアンテナ A 1 から送信信号 T 1 によって電波が送信されたとする。図中で網掛けされた三角形が、電波を送信するために選択された送信アンテナであることを表示している。送信アンテナ A 1 から送信された電波は、目標物で反射され、その反射波がアンテナアレイ A に戻ってくる。レーダの中心方向に対して、角度 θ の方向から到来する電波を、図のように配列された 4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 からなるアンテナアレイで受信する。アンテナ A 1 に対する反射波 R 1 1 の伝搬経路長を基準とすると、アンテナ A 2 に係る反射波 R 2 1、アンテナ A 3 に係る反射波 R 3 1、アンテナ A 4 に係る反射波 R 4 1 に対する各伝搬経路長は、図に示すように、夫々、 p (但し、 $p = d \sin \theta$)、 $3p$ 、 $5p$ だけ長くなる。

【0049】

10

したがって、その分だけ、アンテナ A 2、A 3、A 4 に到達する各反射波 R 2 1、R 3 1、R 4 1 は、アンテナ A 1 に到達する反射波 R 1 1 よりも遅れていることを示している。この遅れ量は、 λ を反射波の波長とすると、夫々、 $(2\pi d \sin \theta) / \lambda$ 、 $(6\pi d \sin \theta) / \lambda$ 、 $(10\pi d \sin \theta) / \lambda$ となる。そこで、各反射波 R 1 1、R 2 1、R 3 1、R 4 1 がアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 によって受信されると、受信信号 S 1 1、S 2 1、S 3 1、S 4 1 が、スイッチ SW を介して受信機 4 に供給されるが、各反射波の到来時間が、アンテナによって異なるため、受信信号 S 2 1、S 3 1、S 4 1 の夫々の位相は、受信信号 S 1 1 の位相に対して、 $(2\pi d \sin \theta) / \lambda$ 、 $(6\pi d \sin \theta) / \lambda$ 、 $(10\pi d \sin \theta) / \lambda$ の遅れ量だけ遅れたものとなっている。

【0050】

20

これらの受信信号に係る遅れ量の大きさに応じて、信号処理制御装置 1 における各受信信号のデジタル処理において、夫々の分の位相を進めてやると、 θ 方向からの反射波が全アンテナにおいて同位相で受信されたことと同じになり、指向性が θ 方向に全て揃うことになる。

【0051】

次に、図 3 に示されるように、送信アンテナとして、アンテナ A 1 からアンテナ A 2 に切り換えられると、アンテナ A 2 から送信信号 T 2 に係る電波が送信される。送信アンテナ A 2 から送信された電波は、目標物で反射され、その反射波がアンテナアレイ A に戻ってくる。図 2 と同様に、レーダの中心方向に対して、角度 θ の方向から到来する反射波を、4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 からなるアンテナアレイ A で受信する。

30

【0052】

アンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 は、送信信号 T 2 に対応する反射波 R 1 2、R 2 2、R 3 2、R 4 2 を夫々受信する。各反射波 R 1 2、R 2 2、R 3 2、R 4 2 がアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 によって受信されると、受信信号 S 1 2、S 2 2、S 3 2、S 4 2 が、スイッチ SW を介して受信機 4 に供給される。ここで、アンテナ A 1 に対する反射波 R 1 2 の伝搬経路長を基準とすると、アンテナ A 2 に係る反射波 R 2 2、アンテナ A 3 に係る反射波 R 3 2、アンテナ A 4 に係る反射波 R 4 2 に対する各伝搬経路長は、図に示すように、夫々、 p ($= d \sin \theta$)、 $3p$ 、 $5p$ だけ長くなる。

【0053】

しかし、図 3 の場合には、図 2 の場合とは異なり、送信アンテナは、アンテナ A 1 からアンテナ A 2 にシフトされているので、ここでは、アンテナ A 2 における反射波到来のタイミングを基準にすることになる。そのため、図 2 の場合に比較して、アンテナ A 1 からアンテナ A 2 にシフトした分だけ、反射波の各アンテナへの到来位置が横方向にずらされたことになる。

40

【0054】

そうすると、アンテナ A 2 に係る反射波 R 2 2 による受信信号 S 2 2 を基準にすると、アンテナ A 1 に係る受信信号 S 1 2 の位相は、 $(2\pi d \sin \theta) / \lambda$ だけ進んでいることになり、そして、アンテナ A 3、A 4 に到達する各反射波 R 3 2、R 4 2 による受信信号 S 3 2、S 4 2 の位相は、アンテナ A 2 で受信された受信信号 S 2 2 の位相よりも遅れていることになる。この遅れ量は、夫々、 $(4\pi d \sin \theta) / \lambda$ 、 $(8\pi d \sin \theta) / \lambda$ とな

50

る。

【 0 0 5 5 】

そこで、信号処理制御装置 1 での各アンテナの受信信号に対するディジタル処理において、進み量を有する受信信号 S 1 2 については、その位相をその分だけ遅らせてやり、遅れ量を有する受信信号 S 3 2、S 4 2 については、その位相をその分だけ進めてやると、到来する反射波が、全アンテナにおいて、同位相で受信されたことと同じになり、指向性が θ 方向に全て揃うことになる。

【 0 0 5 6 】

以上のように、レーダ装置に備えられたスイッチ S W の制御によって、F M - C W 波を送信信号としている場合には、F M - C W 波の三角波における上り及び下りによる 1 区間毎に、送信アンテナとして、アンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 へと順次切り換えながら、各アンテナから F M - C W 波の信号を送信し、その反射波を、各区間において、アンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 で受信することになる。この手順に従って、送受信共用の 4 個のアンテナによって、4 個のいずれかのアンテナから電波を送信し、その電波の反射波を 4 個のアンテナで受信することによって、アンテナ 6 個分のスペースで 1 1 チャンネルを実現することができる。

10

【 0 0 5 7 】

この 4 個のアンテナを用いたアンテナアレイによって、アンテナ 6 個分のスペースで 1 1 チャンネルを実現した各アンテナの受信状態を、図 4 及び図 5 に示した。図 4 では、レーダ装置における各アンテナの切換動作の具体例 1 が示され、送信される三角波の F M - C W 波の周期に対応させて、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 と受信アンテナ A 1 乃至 A 4 との切換タイミングが時系列的に示されている。図 4 においては、受信アンテナ 1 は、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 が F M - C W 波を送信後に切り換えられて、反射波を受信する状態を示しており、受信アンテナ 2 は、受信アンテナ A 1 乃至 A 4 のうち、受信アンテナ 1 以外の受信アンテナとして切り換えられた受信アンテナを示している。

20

【 0 0 5 8 】

また、図 5 では、図 4 に示された切換タイミングチャートに従った各アンテナの切換動作の具体例 1 における受信チャンネル形成を示しており、アンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットを表している。図 5 において、横軸が時間を表しており、三角形の図形が受信アンテナを示し、網掛けされた三角形の図形は、送信アンテナと受信アンテナの共用であることを指している。そして、送信アンテナを基準にした各アンテナの受信チャンネルの様子が、F M - C W 波における三角波の区間毎に表わされている。この例では、各区間には、図 4 に示された F M - C W 波における 3 つの三角波が含まれている。従って、1 区間目から 4 区間目までには、1 2 の三角波が含まれている。

30

【 0 0 5 9 】

アンテナ A 2 とアンテナ A 3 の配置間隔、及びアンテナ A 3 とアンテナ A 4 の配置間隔は、アンテナ A 1 とアンテナ A 2 の配置間隔の 2 倍に設定されていることから、F M - C W 波の 1 区間目では、アンテナ A 1 は、チャンネル 6 で、アンテナ A 2 は、チャンネル 7 で、アンテナ A 3 は、チャンネル 9 で、そして、アンテナ A 4 は、チャンネル 1 1 で反射波を夫々受信している。

40

【 0 0 6 0 】

F M - C W 波の 2 区間目では、アンテナ A 2 を送信アンテナとし、アンテナ A 2 の受信信号の位相を基準としているので、各アンテナに係る反射波到来位置が、1 区間目に比して、見かけ上、配置間隔 d 分だけシフトされたことと同じになる。その結果、2 区間目では、アンテナ A 1 は、チャンネル 5 で、アンテナ A 2 は、チャンネル 6 で、アンテナ A 3 は、チャンネル 8 で、そして、アンテナ A 4 は、チャンネル 1 0 で反射波を夫々受信していることになる。

【 0 0 6 1 】

さらに、送信アンテナが、続く 3 区間目で、アンテナ A 3 へ、そして、4 区間目で、アンテナ A 4 へと順次切り換えられ、区間毎に各アンテナの反射波到来位置が、見かけ上、

50

配置間隔 2 d 分だけ夫々シフトされたことになる。そのため、3 区間目、4 区間目において、1 区間目及び 2 区間目と同様に、反射波を間隔 2 d だけシフトした状態において各アンテナで受信することになる。結果として、送信波を送信したアンテナを基準にして見ると、送信した送信波に対する反射波が、1 区間目から 4 区間目を一巡とすると、チャンネル 1 からチャンネル 11 までの全てのチャンネルで受信されたことになる。

【0062】

ところで、6 チャンネル目では、受信が重複しているが、このチャンネルが、図 5 の場合には、基準チャンネルとなっているため、これらの受信の重複は、止むを得ないことであるが、4 チャンネル目と 8 チャンネル目における受信については、どちらか一つが不要である。ここで、演算量の軽減を考慮するならば、スイッチ S W を制御して片方の受信を止めてもよいし、或いは、受信はするが、当該受信信号の信号処理を行わないようにしてもよい。

10

【0063】

この場合における各アンテナの切換動作について、具体例 2 として、図 6 及び図 7 に示した。図 6 は、図 4 と同様の要領で、送信される三角波の F M - C W 波の周期に対応させて、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 と受信アンテナ A 1 乃至 A 4 との切換タイミングが時系列的に示されている。図 6 においても、受信アンテナ 1 は、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 が F M - C W 波を送信後に切り換えられて、反射波を受信する状態を示しており、受信アンテナ 2 は、受信アンテナ A 1 乃至 A 4 のうち、受信アンテナ 1 以外の受信アンテナとして切り換えられた受信アンテナを示している。

【0064】

また、図 7 では、図 6 に示された切換タイミングチャートに従った各アンテナの切換動作の具体例 2 における受信チャンネル形成を示しており、アンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットを表している。図 7 においても、図 5 と同様に、横軸が時間を表しており、三角形の図形が受信アンテナを示し、網掛けされた三角形の図形は、送信アンテナと受信アンテナの共用であることを指している。そして、送信アンテナを基準にした各アンテナの受信チャンネルの様子が、F M - C W 波における三角波の区間毎に表わされている。

20

【0065】

ここで、具体例 2 におけるアンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットにおいて、具体例 1 の場合と異なるところは、図 6 におけるタイミングチャートでは、送信アンテナとして、アンテナ A 3 を選択されるタイミングは、F M - C W 波の三角波の 1 周期のみであり、当該周期で受信アンテナ 2 として切り換えられるのは、アンテナ A 1 だけであることである。一方、図 7 では、3 区間目において、破線で示されるように、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 2 とアンテナ 4 とが選択されないようになっている。

30

【0066】

これは、2 区間目で、8 チャンネル目として、アンテナ A 3 が、受信アンテナ 2 として既選択されているからであり、さらに、4 区間目で、アンテナ A 3 が、4 チャンネル目として選択されるようになっているからであり、同一受信チャンネル上で、2 重に選択されないようにしている。このような受信信号チャンネル切換フォーマットにすることにより、図 1 に示されるような異なる間隔を有する 4 個のアンテナ A 1 乃至 A 4 を備えたレーダ装置によって、6 個分のアンテナのスペースで、11 の受信チャンネルを実現するのに、1 区間目から 4 区間目までの一巡に、F M - C W 波の 10 個の三角波でマルチビーム形成を行うことができ、信号処理の高速化を図ることができる。

40

【0067】

以上に説明した具体例 1 及び 2 では、図 1 に示されるような異なる間隔を有する 4 個のアンテナ A 1 乃至 A 4 を備えたレーダ装置によって、6 個分のアンテナのスペースで、11 チャンネルを実現する受信信号チャンネル切換フォーマットを説明したが、この切換フォーマットによれば、レーダ装置動作時において、常に、11 の受信信号チャンネルが得られ、レーダ装置の小型化、低コスト化を図ることができ、受信信号の合成時において、指向性を高くでき、レーダ装置としての高性能化を図ることができた。

50

【 0 0 6 8 】

しかしながら、この様なレーダ装置が、例えば、自動車に搭載され、前方の対象物体に対する方位検出が行われる場合がある。ところが、方位検出処理において、方位検出性能が求められるときと、それ程の性能がなくても、方位検出処理の速さが求められるときとがある。図 1 に示されるレーダ装置によれば、6 個分のアンテナのスペースで、11 チャネルを実現でき、小型化、低コスト化に貢献するものの、常に 11 の受信信号チャネルを得ていたのでは、方位検出処理が遅くなる可能性がある。

【 0 0 6 9 】

そこで、図 1 に示されたレーダ装置におけるアンテナの送受信に関する受信信号チャネル切換フォーマットを工夫して、レーダ装置の動作する使用環境に応じて、多チャネルの形成を、粗状態と密状態とに切り換えられるようにし、方位検出処理時間を早くすることが求められるときには、密状態から粗状態に対応することができるようにした。図 8 及び図 9 に、本発明のレーダ装置における各アンテナの切換動作について、実施例 1 として示した。図 8 は、図 4 と同様の要領で、送信される三角波の FM - CW 波の周期に対応させて、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 と受信アンテナ A 1 乃至 A 4 との切換タイミングが時系列的に示されている。図 8 においても、受信アンテナ 1 は、送信アンテナ A 1 乃至 A 4 が FM - CW 波を送信後に切り換えられて、反射波を受信する状態を示しており、受信アンテナ 2 は、受信アンテナ A 1 乃至 A 4 のうち、受信アンテナ 1 以外の受信アンテナとして切り換えられた受信アンテナを示している。

【 0 0 7 0 】

また、図 9 では、図 8 に示された切換タイミングチャートに従った各アンテナの切換動作の実施例 1 における受信チャネル形成を示しており、アンテナの送受信に関する受信信号チャネル切換フォーマットを表している。図 9 においても、図 5 と同様に、横軸が時間を表しており、三角形の図形が受信アンテナを示し、網掛けされた三角形の図形は、送信アンテナと受信アンテナの共用であることを指している。そして、送信アンテナを基準にした各アンテナの受信チャネルの様子が、FM - CW 波における三角波の区間毎に表わされている。

【 0 0 7 1 】

図 8 及び図 9 に示された実施例 1 では、前述した具体例 1 及び具体例 2 の場合と異なり、常に、11 チャネルの受信信号を形成するのではなく、形成される 11 チャネルを、奇数番目のグループと、偶数番目のグループに分けている。図 8 に示されるように、11 チャネル分の受信チャネルを形成するに必要な長さの FM - CW 波における連続する複数の三角波のうち、前半部を、奇数番目の受信チャネルの形成に、そして、後半部を、偶数番目の受信チャネルの形成に、受信信号チャネル切換フォーマット上で割り当てるようにする。

【 0 0 7 2 】

先ず、11 チャネルのうち、奇数番目のみの受信チャネルの形成について説明する。図 9 に示された 1 区間目には、図 8 に示された FM - CW 波における最初の 3 周期の三角波が含まれ、2 区間目乃至 4 区間目には、続く 1 周期の三角波が含まれる。1 区間目においては、送信アンテナとして、アンテナ A 1 が選択され、アンテナ A 1 から 3 周期の三角波が送信され、受信アンテナ 2 として、送信される 1 周期毎に、アンテナ A 2、アンテナ A 3、アンテナ A 4 が選択される。アンテナ A 2 は、7 チャネル目の信号を受信し、アンテナ A 3 は、9 チャネル目の信号を受信し、そして、アンテナ A 4 は、11 チャネル目の信号を受信する。

【 0 0 7 3 】

次いで、2 区間目では、送信アンテナとして、アンテナ A 2 が選択され、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 1 が選択され、アンテナ A 1 が、5 チャネル目の信号を受信する。そして、3 区間目では、送信アンテナとして、アンテナ A 3 が選択され、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 1 が選択され、アンテナ A 1 が、3 チャネル目の信号を受信し、さらに、4 区間目では、送信アンテナとして、アンテナ A 4 が選択され、受信アンテナ 2 とし

て、アンテナ A 1 が選択され、アンテナ A 1 が、1 チャンネル目の信号を受信する。なお、図 9 では、奇数番目の受信チャンネルの形成に関係なく、受信アンテナ 2 として選択されないアンテナについて、破線の三角形で示している。

【 0 0 7 4 】

以上のようにして、FM - CW 波の三角波の 6 周期分で、11 チャンネルのうち、奇数番目のみについての 6 受信チャンネルが形成される。次に、この 6 個の三角波に続く 4 個の三角波に従って、11 チャンネルのうち、偶数番目のみについての受信チャンネルの形成について説明する。図 8 に示されるように、後半部に係る 4 個の三角波の周期で偶数番目の受信チャンネルが形成され、図 9 においては、受信アンテナ 2 となるアンテナについて、破線の三角形で選択タイミングが示されている。

10

【 0 0 7 5 】

偶数番目のみについての受信チャンネルの形成においては、図 9 から分かるように、1 区間目は関係なく、2 区間目と 4 区間目とが関係する。2 区間目においては、奇数番目の受信チャンネル形成に使用された三角波に続く 2 周期の三角波が含まれ、4 区間目には、その 2 周期の三角波に続く 2 周期の三角波が含まれ、これらの三角波の 4 周期で偶数番目のみの受信チャンネルが形成される。

【 0 0 7 6 】

先ず、2 区間目においては、送信アンテナとして、アンテナ A 2 が選択され、アンテナ A 2 から 2 周期の三角波が送信され、受信アンテナ 2 として、送信される 1 周期毎に、アンテナ A 3、アンテナ A 4 が選択される。アンテナ A 2 は、受信アンテナ 1 として 6 チャンネル目の信号を受信し、アンテナ A 3 は、受信アンテナ 2 として、8 チャンネル目の信号を受信し、そして、アンテナ A 4 は、10 チャンネル目の信号を受信する。そして、4 区間目においては、送信アンテナとして、アンテナ A 4 が選択され、アンテナ A 4 から 2 周期の三角波が送信され、受信アンテナ 2 として、送信される 1 周期毎に、アンテナ A 2、アンテナ A 3 が選択される。アンテナ A 2 は、受信アンテナ 2 として、2 チャンネル目の信号を受信し、アンテナ A 3 は、受信アンテナ 2 として、4 チャンネル目の信号を受信する。

20

【 0 0 7 7 】

以上のようにして、FM - CW 波の三角波の 4 周期分で、11 チャンネルのうち、偶数番目のみについての 5 受信チャンネルが形成される。そこで、偶数番目のみ 5 受信チャンネルの形成を、前述した奇数番目の受信チャンネルの形成に連続して実行することにより、三角波の 10 周期分で、11 チャンネルの受信信号を形成することができる。図 6 及び図 7 に示した具体例 2 と同様に、多チャンネル化による性能向上とともに、信号処理の高速化を図ることができる。なお、前述した奇数番目のみによる 6 受信チャンネルの形成を、上述の偶数番目のみによる 5 受信チャンネルの形成に連続して実行するようにして、三角波の 10 周期分で、11 チャンネルの受信信号を形成することもできる。

30

【 0 0 7 8 】

ところで、レーダ装置が、例えば、自動車等の車両に搭載され、前方の対象物体に係る方位検出が行われる場合、例えば、車両が低速走行時、渋滞走行時などにおいては、全チャンネルを利用した精度のよい方位検出処理が要求され、一方、通常走行時には、方位検出処理に係る処理時間を早くすることが要求される。このような要求に対応するため、精度の良い方位検出処理が要求されるときには、アンテナの送受信が密状態である受信信号チャンネル切換フォーマットとして、奇数番目のみの受信チャンネル切換フォーマットに従う受信チャンネル形成に連続して、偶数番目のみの受信チャンネル切換フォーマットに従う受信チャンネル形成を実行する切換フォーマットとすることにより、11 チャンネル全てを用いてマルチビームを形成し、レーダ装置としての指向性能を高め、高分解能とすることができる。

40

【 0 0 7 9 】

全チャンネルを利用した精度のよい方位検出処理は要求されないが、方位検出処理に係る処理時間を早くすることが要求される場合には、高分解能ではない粗状態の受信信号チャンネル切換フォーマットとして、奇数番目のみの受信チャンネル形成を実行する切換フォーマットとし、11 チャンネルのうち、6 チャンネルだけでマルチビーム形成を行い、通常走行時

50

には、この切換フォーマットを繰返し実行するようにし、レーダ装置における方位検出処理の処理時間を早くする。以上のように、レーダ装置の使用環境に応じて、レーダ装置の構成を変更することなく、アンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットを切り換えるだけで、対応が可能である。

【0080】

次に、図1に示されたレーダ装置におけるアンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットを工夫して、レーダ装置の前方に位置する対象物体に関して、形成する多チャンネルの受信信号チャンネルを左右の2グループに分け、左側半分の複数チャンネルと右側半分の複数チャンネルとで、夫々マルチビーム形成を行い、2回の方位検出処理を実行できるようにし、方位検出の確度を向上する実施例2を、図10及び図11に示した。図10は、図4と同様の要領で、送信される三角波のFM-CW波の周期に対応させて、送信アンテナA1乃至A4と受信アンテナA1乃至A4との切換タイミングが時系列的に示されている。図10においても、受信アンテナ1は、送信アンテナA1乃至A4がFM-CW波を送信後に切り換えられて、反射波を受信する状態を示しており、受信アンテナ2は、受信アンテナA1乃至A4のうち、受信アンテナ1以外の受信アンテナとして切り換えられた受信アンテナを示している。

10

【0081】

また、図11では、図10に示された切換タイミングチャートに従った各アンテナの切換動作の実施例2における受信チャンネル形成を示しており、アンテナの送受信に関する受信信号チャンネル切換フォーマットを表している。図11においても、図5と同様に、横軸が時間を表しており、三角形の図形が受信アンテナを示し、網掛けされた三角形の図形は、送信アンテナと受信アンテナの共用であることを指している。そして、送信アンテナを基準にした各アンテナの受信チャンネルの様子が、FM-CW波における三角波の区間毎に表わされている。ここで、図11に示される例では、左側半分の複数チャンネルは、6チャンネル目から11チャンネルのグループを指し、右側半分の複数チャンネルは、1チャンネル目から6チャンネル目のグループを指している。

20

【0082】

図10及び図11に示された実施例2では、前述した具体例1及び具体例2の場合と異なり、常に、11チャンネルの受信信号を形成するのではなく、形成される11チャンネルを、左側半分と右側半分との複数チャンネルのグループに分けている。図10に示されるように、11チャンネル分の受信チャンネルを形成するに必要な長さのFM-CW波における連続する複数の三角波のうち、前半部を、左側半分の受信チャンネルの形成に、そして、後半部を、右側半分の受信チャンネルの形成に、受信信号チャンネル切換フォーマット上で割り当てるようにする。なお、6チャンネル目は、基準受信信号チャンネルとしているため、左右側の受信チャンネルとして共通に含まれている。また、左右側の複数チャンネルの受信信号による方位検出の分解能を上げるため、左右側の夫々の複数チャンネルに、6チャンネル目を越えたチャンネルを含め、7チャンネル以上にもできる。

30

【0083】

先ず、11チャンネルのうち、左側半分の受信チャンネルの形成について説明する。図11に示された1区間目から6区間目の各区間には、図10に示されたFM-CW波の1周期の三角波が含まれ、7区間目と8区間目では、図10に示されたFM-CW波の2周期の三角波が含まれ、11チャンネルを形成するため、8区間が設けられている。1区間目においては、送信アンテナとして、アンテナA1が選択され、アンテナA1から1周期の三角波が送信され、受信アンテナ1として、アンテナA1が、受信アンテナ2として、アンテナA4が選択される。アンテナA1とA4は、6チャンネル目と11チャンネル目の信号を夫々受信する。

40

【0084】

次の2区間目では、アンテナA2が、送信アンテナとなり、受信アンテナ1として、アンテナA2が、受信アンテナ2として、アンテナA4が選択され、6チャンネル目と10チャンネル目とが夫々受信される。これ以降の3区間目から6区間目まででは、送信アンテナ

50

として、アンテナ A 1 と A 2 が交互に選択され、受信アンテナ 1 として、アンテナ A 1 と A 2 が交互に選択され、そして、受信アンテナ 2 として、9 チャンネル目から 7 チャンネル目の各々に対応するアンテナ A 2 又は A 3 が選択される。これらにより、基準チャンネル信号が受信され、9 チャンネル目から 7 チャンネル目の信号が順次受信される。

【0085】

以上のアンテナ選択の手順に従う左側半分の受信信号チャンネル切替フォーマットによって、6 チャンネル目から 11 チャンネル目までの 6 チャンネルの受信信号でマルチビームを形成することができる。信号処理手段は、この左半分の 6 チャンネルのマルチビーム形成に基づいて、方位検出処理を実行する。

【0086】

次いで、右側半分の受信チャンネルの形成について説明する。6 区間目において、送信アンテナとして、アンテナ A 2 が選択され、アンテナ A 2 から 1 周期の三角波が送信され、受信アンテナ 1 として、アンテナ A 2 が、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 1 が、選択される。アンテナ A 2 と A 1 は、6 チャンネル目と 5 チャンネル目の信号を夫々受信する。

【0087】

7 区間目では、送信アンテナとして、アンテナ A 3 が選択され、アンテナ A 3 から 2 周期の三角波が順次送信され、受信アンテナ 1 として、アンテナ A 3 が、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 2 と A 1 が順次選択される。アンテナ A 2 と A 1 は、4 チャンネル目と 3 チャンネル目の信号を夫々受信する。

【0088】

次の 8 区間目において、アンテナ A 4 が、送信アンテナとなり、アンテナ A 3 から 2 周期の三角波が順次送信され、受信アンテナ 1 として、アンテナ A 4 が、受信アンテナ 2 として、アンテナ A 2 と A 1 が順次選択され、2 チャンネル目と 1 チャンネル目の信号が夫々受信される。なお、図 11 では、受信チャンネルの形成に関係なく、受信アンテナ 2 として選択されないアンテナについて、破線の三角形で示している。

【0089】

以上のアンテナ選択の手順に従う右側半分の受信信号チャンネル切替フォーマットによって、1 チャンネル目から 6 チャンネル目までの 6 チャンネルの受信信号でマルチビームを形成することができる。そして、信号処理手段は、この左半分の 6 チャンネルのマルチビーム形成に基づいて、方位検出処理を実行する。

【0090】

以上のようにして、FM - CW 波の三角波の 5 周期分で、11 チャンネルのうち、左側半分及び右側半分に関して、6 チャンネルを含む受信信号が形成される。そこで、左側半分及び右側半分に係る 6 チャンネルの受信信号に基づいて、信号処理手段が、別々に方位検出処理を実行することが可能となる。

【0091】

そのため、FM - CW 波の三角波の 5 周期分で、1 回の方位検出処理を行うことにより、実施例 1 の奇数番目のみの受信チャンネル形成の場合と同様に、方位検出処理の高速化を図ることができる。しかも、引き続く FM - CW 波の三角波の 5 周期分で、相次いで、もう一回の方位検出処理を行うことが可能となるため、同じ分解能による方位検出処理を 2 回繰り返すことと同等になり、方位検出の的確度を向上することができる。

【0092】

図 1 に示されるレーダ装置の切替手段 5 では、4 個のアンテナを端から順次切り換えて、送信アンテナとして選択されているが、必ずしも、端から順番でなくとも、途中に配置されたアンテナから選択するようにしても、端から順番に選択された場合と同様に 11 チャンネル化を実現できる。

【0093】

ここでは、4 個のアンテナ全てを送信アンテナとして選択して、11 チャンネル化を図ったが、場合によっては、そこまで、ビームの指向性を強くしなくてもよいことがある。例えば、このレーダ装置が自動車に搭載されたときに、車速が早過ぎて、レーダ装置にお

10

20

30

40

50

る演算速度が追いつかない場合、目標物体が近づき、演算速度を上げるために演算量を減らしてやる場合などがある。

【0094】

これらの場合に対処するため、レーダ装置に4個のアンテナが備えられているが、4個のアンテナ全てを送信アンテナとして選択せずに、例えば、アンテナA1とA2だけを送信アンテナとして選択するようにして、5チャンネルとすることもでき、また、アンテナA1、A2、A3を送信アンテナとして選択すると、9チャンネル化することができる。この様に、アンテナを送信アンテナとして適宜選択することにより、4個のアンテナを備えたままでも、スイッチSWの切換制御の仕方によって、チャンネル数を変えることができる。

【0095】

なお、これまで説明したレーダ装置の実施例では、送受信共用のアンテナ4個を備えた場合であったが、チャンネル数を適宜の大きさとするためには、4個全てが送受信共用でなく、4個のうち、2又は3個について、送受信共用とすることができる。また、チャンネル数を格段に大きくしたい場合には、配置間隔2dの位置に、アンテナA5（図示なし）を追加してもよい。

【0096】

以上に述べてきたように、図1に示されたレーダ装置の構成では、同一平面上でかつ同一直線上に整列された複数のアンテナのうちで、少なくとも一つ以上選択されたアンテナから電波を送信し、該電波に係る反射波を各アンテナで受信するようにしているので、従来のレーダ装置におけるアンテナ数より少ないアンテナによって、より多くのチャンネル数を得ることができるとともに、レーダ装置の小型化、低コスト化を図ることができる。特に、複数のアンテナ全てを送受信共用とした場合には、チャンネル数を大幅に増加することが可能となり、受信信号の合成時において、指向性を高くすることができ、レーダ装置としての高性能化を図ることができる。

【0097】

次に、図1に示した本発明に係るレーダ装置の構成を基本として、実施例1及び2に係る受信信号チャンネル切換フォーマットに従って、効率を向上し、コストを低減し、或いは、より小型化を図るための構成に関連する本実施形態の変形例について、図12乃至図18を参照して、説明する。

【0098】

図12の第1変形例では、切換手段5を省略し、4個のアンテナA1、A2、A3、A4の夫々に対応して、送信機2と受信機4と共用する送受信機61、62、63、64を接続する。この構成は、コストが上昇しても、信号減衰を防ぎたいときには有効である。送信信号を生成する電圧制御発振器（VCO）を送受信機毎に設けてもよいが、全ての送受信機に共用する電圧制御発振器3を一つ設けて、送信信号源を共通化するとともに、受信動作の同期化をし易くしており、コスト低減を図っている。アンテナへの送受信を切り換える送受共用手段としては、例えば、ハイブリット回路や分配回路を用いることができ、更には、送信側と受信側とに、増幅器（AMP）や減衰器（ATT）を挿入しておき、夫々の利得制御又は減衰量制御によって送受信をオン・オフさせることもできる。これにより、送受信を時分割で切り換えることができる。

【0099】

図13の第2変形例では、図1に示された構成と図12に示された構成との中間的な構成例が示され、信号減衰を比較的強く抑えつつ、送受信機によるコストも低減しようとしている。そのため、図12のように、切換手段5を省略してしまうのではなく、図13の構成では、2個のアンテナを切り換える1入力2切換出力（SPDT）のスイッチを採用し、4個のアンテナを切り換えるスイッチSW1とSW2を信号処理制御装置1で切換制御するようにしている。この場合にも、電圧制御発振器は、送受信機65と66とに共用となっている。

【0100】

以上では、送信機と受信機とに関連する構成に対する本実施形態の変形例を説明したが

10

20

30

40

50

、以下に、図 1 のレーダ装置における切換手段 5 についての具体例を説明する。図中においては、切換手段 5 を中心に示していることから、レーダ装置として必要な信号処理制御装置 1 と電圧制御発振器 3 は、図示を省略されている。切換手段 5 には、アンテナアレイ A を形成する 4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 と、送信機 2 と受信機 4 とが接続され、4 個のアンテナに係る送受信が時分割制御されるように、信号処理制御装置 1 からの切換制御に従って、スイッチ S W の選択切換が行われる。

【0101】

図 1 4 に示された第 1 具体例では、4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 の夫々に、送信用と受信用のポートを設け、各アンテナと送信機 2 又は受信機 4 との接続を時分割で行うことができる。

10

【0102】

図 1 5 に示された第 2 具体例では、第 1 具体例とは反対に、送信機 2 側及び受信機 4 側の夫々に、4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 用のポートを設けている。これにより、各アンテナと送信機 2 又は受信機 4 との接続を時分割で行うことができる。

【0103】

図 1 6 に示された第 3 具体例では、4 個のアンテナ A 1、A 2、A 3、A 4 に一つずつのポートを設け、送信機 2 側又は受信機 4 側で各アンテナを選択切換できるようにしてある。これにより、各アンテナと送信機 2 又は受信機 4 との接続を時分割で行うことができる。

【0104】

20

また、第 3 具体例においては、送信機 2 と受信機 4 とが別々に各アンテナを選択的に切り換えることができたのに対し、図 1 7 に示された第 4 具体例では、切換手段 5 の内部に、送受共用手段が設けられ、これにより、各アンテナと送信機 2 又は受信機 4 との接続を時分割で行うことができる。送受共用手段としては、ハイブリット回路や分配回路を使用することができ、安価な回路構成とすることができる。

【0105】

図 1 8 に示された第 5 具体例は、第 4 具体例における送受共有手段を、1 入力 2 出力のスイッチで構成した場合であり、これにより、各アンテナと送信機 2 又は受信機 4 との接続を時分割で行うことができる。

【0106】

30

なお、第 1 乃至第 5 の具体例において、切換手段 5 のスイッチ S W について、送信の場合でも受信の場合でも使用できる双方向スイッチとすることにより、切換手段 5 の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図 1】本発明に関わるレーダ装置の概略ブロック構成を示す図である。

【図 2】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの動作原理を説明する図である。

【図 3】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの受信動作を説明する図である。

【図 4】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの切換動作の具体例 1 を説明するタイムチャート図である。

40

【図 5】各アンテナの切換動作の具体例 1 における受信チャネル形成を説明する図である。

【図 6】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの切換動作の具体例 2 を説明するタイムチャート図である。

【図 7】各アンテナの切換動作の具体例 2 における受信チャネル形成を説明する図である。

【図 8】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの切換動作の実施例 1 を説明するタイムチャート図である。

【図 9】各アンテナの切換動作の実施例 1 における受信チャネル形成を説明する図である。

50

【図 10】本発明に関わるレーダ装置における各アンテナの切換動作の実施例 2 を説明するタイムチャート図である。

【図 11】各アンテナの切換動作の実施例 2 における受信チャネル形成を説明する図である。

【図 12】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ送受信形態の第 1 変形例を説明する図である。

【図 13】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ送受信形態の第 2 変形例を説明する図である。

【図 14】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ切換手段の第 1 具体例を説明する図である。

10

【図 15】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ切換手段の第 2 具体例を説明する図である。

【図 16】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ切換手段の第 3 具体例を説明する図である。

【図 17】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ切換手段の第 4 具体例を説明する図である。

【図 18】本発明に関わるレーダ装置におけるアンテナ切換手段の第 5 具体例を説明する図である。

【図 19】従来技術によるレーダ装置の概略ブロック構成を示す図である。

【図 20】図 19 に示したレーダ装置のアンテナの受信動作における受信チャネル形成を説明する図である。

20

【符号の説明】

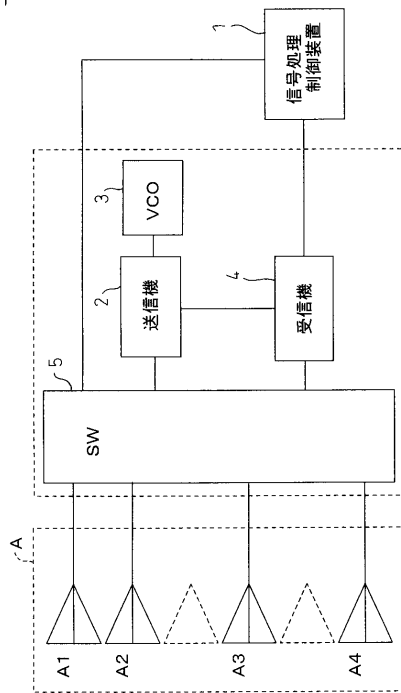
【0108】

- 1 信号処理制御装置
- 2 送信機
- 3 電圧制御発振器 (V C O)
- 4 受信機
- 5 切換手段
- 61 ~ 66 送受信機
- A1 ~ A5 アンテナ
- S W 、 S W 1 、 S W 2 切換スイッチ

30

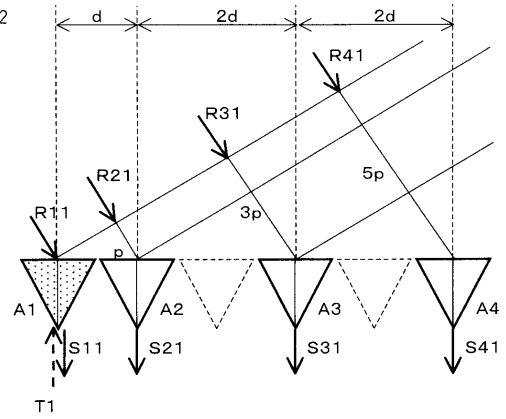
【図 1】

図 1



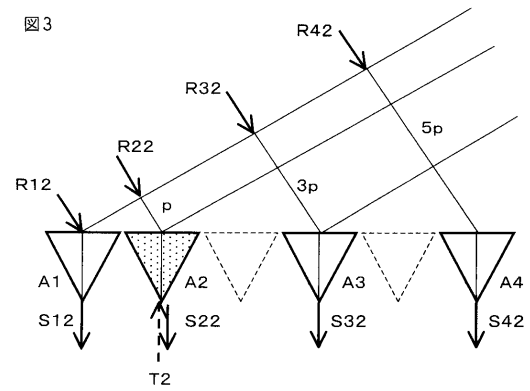
【図 2】

図 2



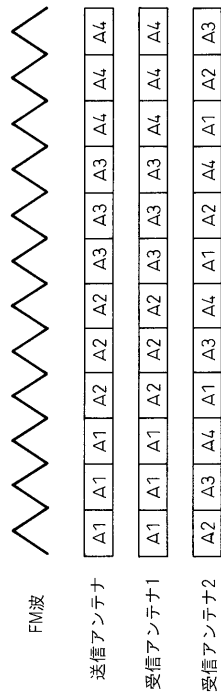
【図 3】

図 3



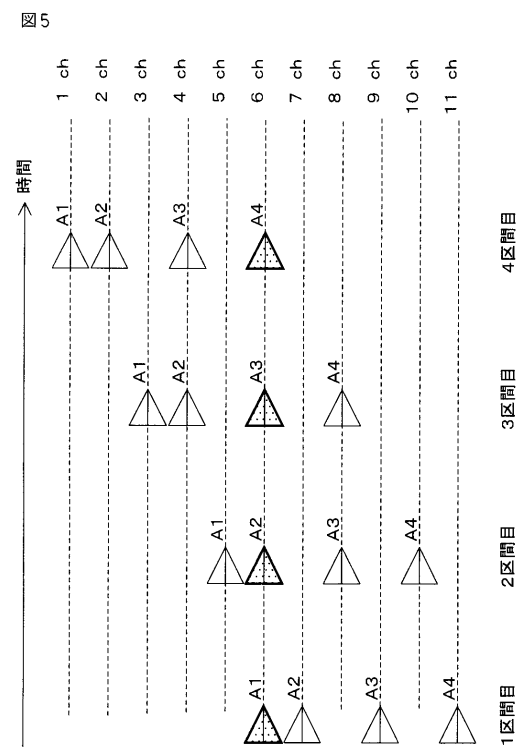
【図 4】

図 4



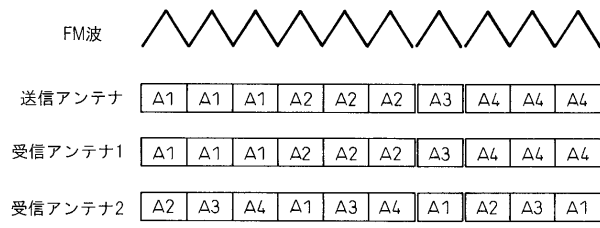
【図 5】

図 5



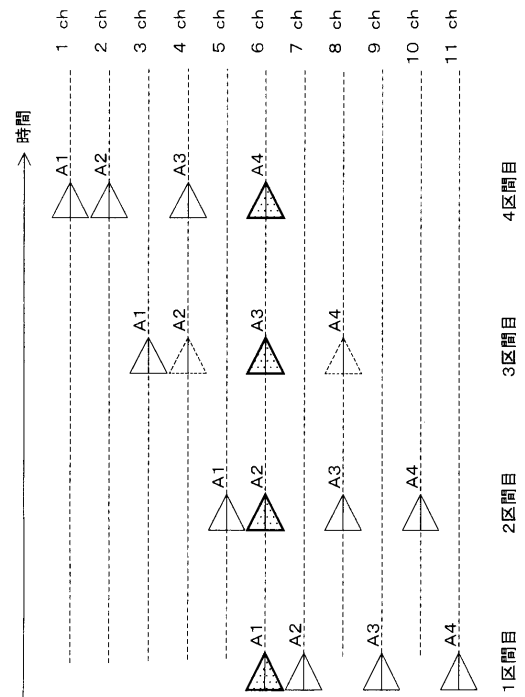
【図 6】

図6



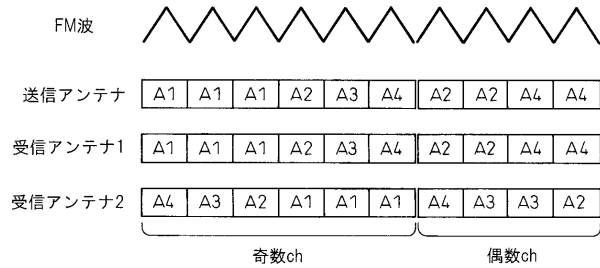
【図 7】

図7



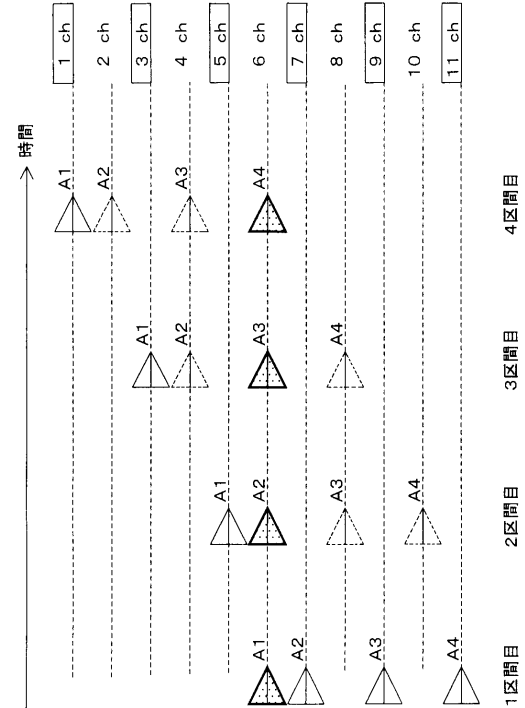
【図 8】

図8



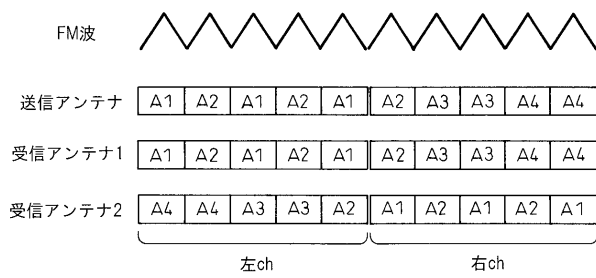
【図 9】

図9



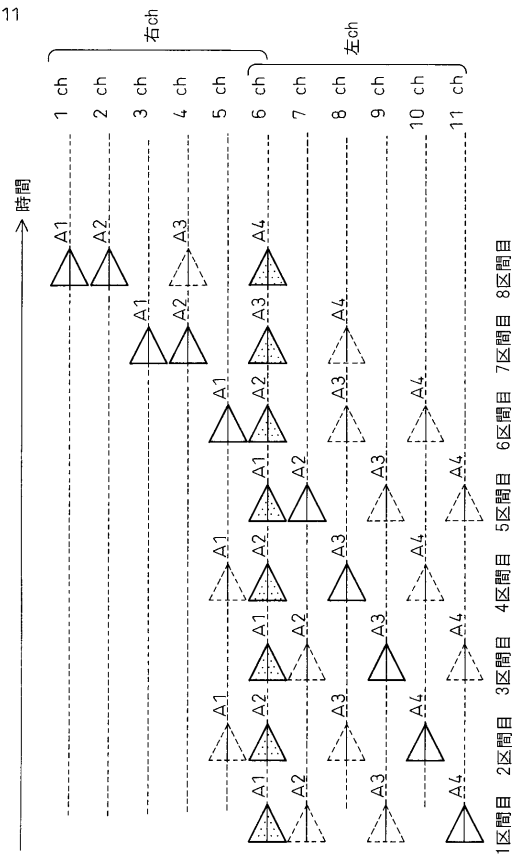
【図 10】

図 10



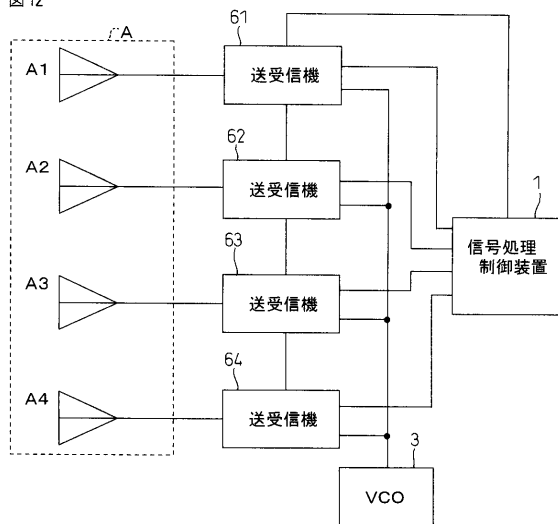
【図 11】

図 11



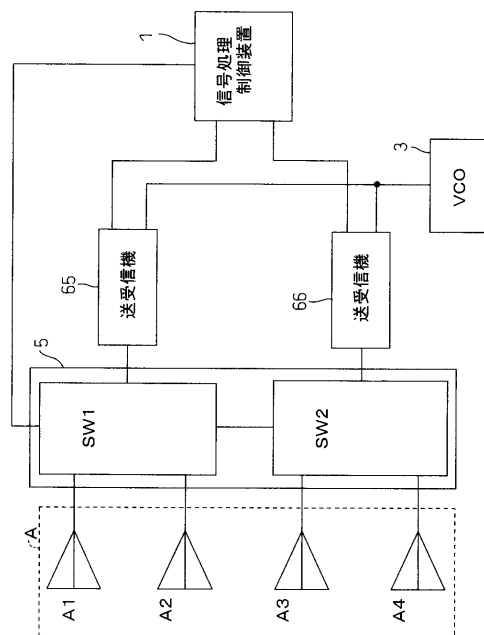
【図 12】

図 12

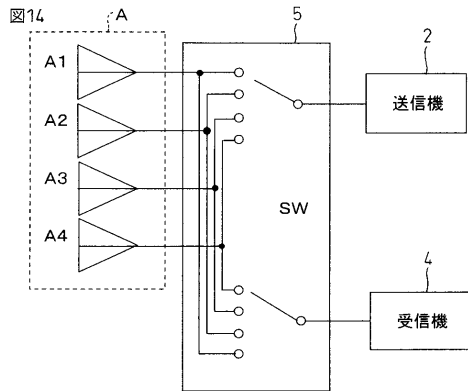


【図 13】

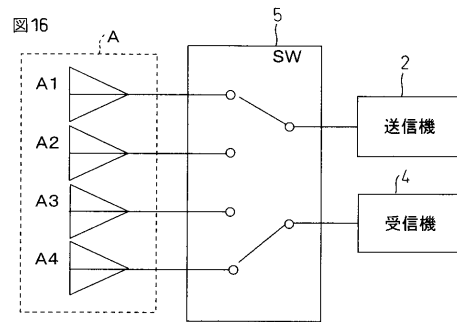
図 13



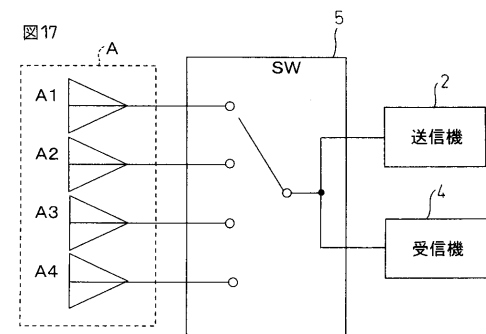
【図14】



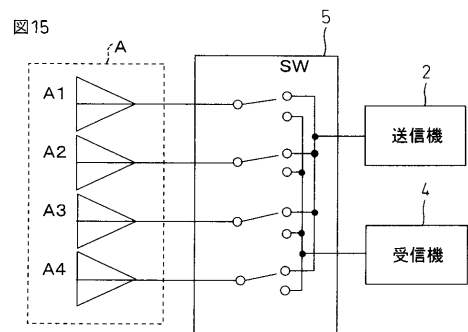
【図16】



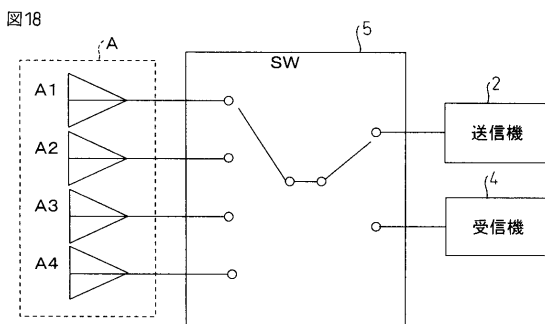
【図17】



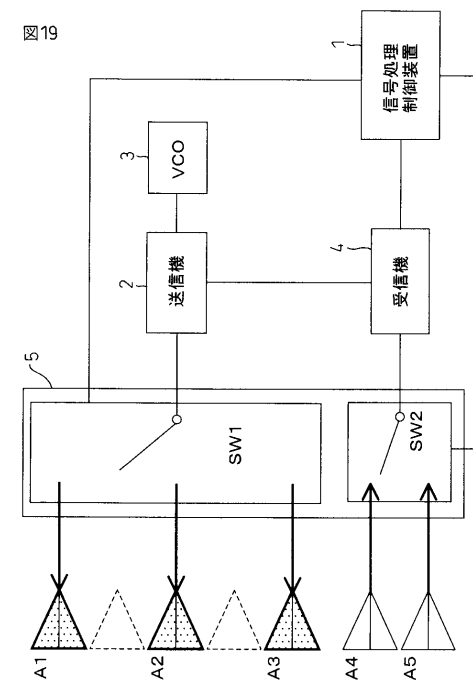
【図15】



【図18】

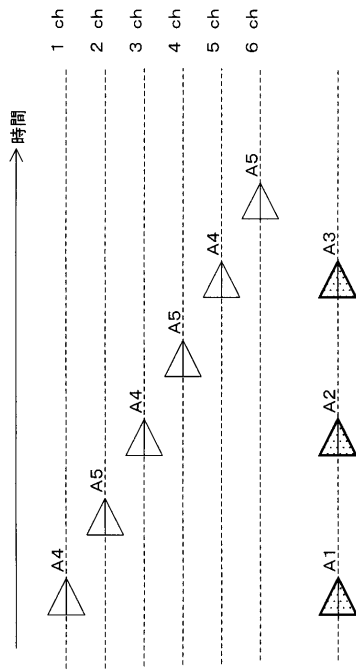


【図19】



【 図 2 0 】

図20



フロントページの続き

(72)発明者 島 伸和

兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号 富士通テン株式会社内

F ターム(参考) 5J070 AB19 AC13 AD09 AE01 AF03 AH31 AJ10 AK22 BF00