

(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2007-316016  
(P2007-316016A)

(43) 公開日 平成19年12月6日(2007.12.6)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO 1 S 13/10 (2006.01)** GO 1 S 13/10 5 J O 7 O  
**GO 1 S 17/10 (2006.01)** GO 1 S 17/10 5 J O 8 4

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-148517 (P2006-148517)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成18年5月29日 (2006.5.29)	(74) 代理人	100123434 弁理士 田澤 英昭
		(74) 代理人	100088605 弁理士 加藤 公延
		(74) 代理人	100101133 弁理士 濱田 初音
		(72) 発明者	若山 俊夫 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	酒巻 洋 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

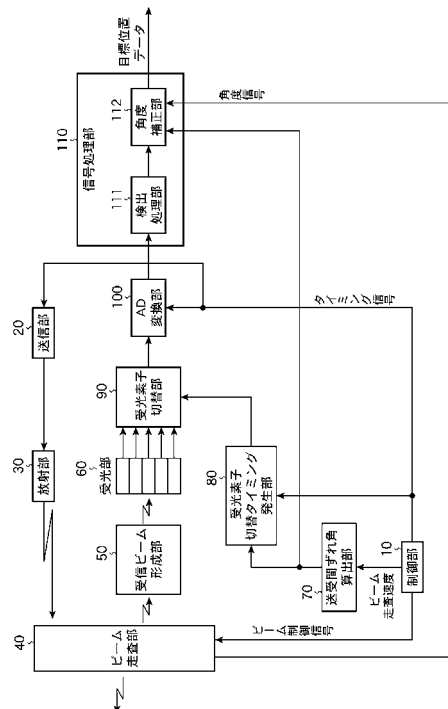
(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 ビームを高速に走査する場合にも角度精度の高い計測を実現する。

【解決手段】 送信する波動を送信ビームにすると共に、観測対象とする反射物体からの反射波の到来方向を送信ビームの放射方向と一致させてビーム走査を行い、得られた反射波を受信ビームを用いて、配列した複数の受信素子のいずれかで受信し、ビーム走査速度と反射物体の仮定距離に基づいて送信ビームとその反射波の角度差を算出し、その角度差に応じて複数の受信素子の中から受信ビームを受信した受信素子のみを選択してその受信信号を得る。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

空間に波動を放射すると共に、空間中に存在する反射物体によって反射された波動を受信することにより、反射物体に関するデータを計測するレーダ装置において、

基準となるタイミング信号に基づいてパルス変調された波動を生成する送信手段と、生成された波動を送信ビームに成形して空間に放射する放射手段と、

所定のビーム走査速度と走査方向の指示に従って、送信ビームと受信ビームを同じビーム走査速度で、かつ同一または互いに近い方向となるように走査するビーム走査手段と、特定の方向から到来する波動のみを空間から取り込み、その波動を出力する受信ビーム形成手段と、

10

前記成形された受信ビームを用いて、配列された複数の受信素子のいずれかにより反射波を受信して受信信号を得る受信手段と、

前記所定のビーム走査速度と複数仮定した反射物体の距離に基づいて、送信してから受信するまでの時間に前記ビーム走査手段によりビーム走査された角度を送受間ずれ角として前記反射物体の距離ごとに算出する送受間ずれ角算出手段と、

前記タイミング信号と前記算出された送受間ずれ角に基づいて、反射波の受信が可能となる位置の受信素子を選択するための切替タイミングを生成する受信素子切替タイミング発生手段と、

前記生成された切替タイミングに従って、前記複数の受信素子の中から反射波の受信が可能となる位置の受信素子のみを選択し、当該選択された受信素子の受信信号を出力する受信素子切替手段を備えたことを特徴とするレーダ装置。

20

## 【請求項 2】

受信素子切替手段から出力された受信信号をデジタル変換する A/D 変換手段と、

デジタル変換された受信信号から観測対象となる反射物体からの反射波成分のみを抽出し、抽出された反射波成分に基づいて反射物体の距離や角度を検出する検出処理手段と、

送受間ずれ角とビーム走査手段から得られるビーム走査角度に基づいて、前記検出処理手段で得られた反射物体の角度を補正する角度補正手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載のレーダ装置。

## 【請求項 3】

受信素子切替手段は、受信ビームを受信する位置の受信素子を複数選択した場合には、当該選択された複数の受信素子の受信信号を加算して出力することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のレーダ装置。

30

## 【請求項 4】

空間に波動を放射すると共に、空間中に存在する反射物体によって反射された波動を受信することにより、反射物体に関するデータを計測するレーダ装置において、

基準となるタイミング信号に基づいてパルス変調された波動を生成する送信手段と、生成された波動を送信ビームに成形して空間に放射する放射手段と、

所定のビーム走査速度と走査方向の指示に従って、送信ビームと受信ビームを同じビーム走査速度で、かつ同一または互いに近い方向となるように走査するビーム走査手段と、特定の方向から到来する波動のみを空間から取り込み、その波動を出力する受信ビーム形成手段と、

40

前記成形された受信ビームを用いて、配列された複数の受信素子のいずれかにより反射波を受信して受信信号を得る受信手段と、

前記所定のビーム走査速度と複数仮定した反射物体の距離に基づいて、送信してから受信するまでの時間に前記ビーム走査手段によりビーム走査された角度を送受間ずれ角として前記反射物体の距離ごとに算出する送受間ずれ角算出手段と、

すべての前記複数の受信素子から得られた各受信信号に含まれるピーク値をそれぞれ検出し、前記タイミング信号に基づいて各ピーク値が検出された時刻を遅延時間としてそれぞれ算出する検出処理手段と、

検出処理手段でピーク値が検出された各受信信号について、前記算出された送受間ずれ

50

角の中から前記算出された遅延時間に対応する値を抽出し、当該抽出した送受間ずれ角の値に基づいて、前記複数の受信素子の受信信号の中から、反射波の受信が可能となる受信素子の受信信号のみを選択して出力する検出データ選択手段を備えたことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 5】

送受間ずれ角とビーム走査手段から得られるビーム走査角度に基づいて、検出データ選択手段で選択された受信信号における反射物体の角度を補正する角度補正手段を備えたことを特徴とする請求項 4 記載のレーダ装置。

【請求項 6】

検出データ選択手段は、受信ビームを受信した受信素子の受信信号を複数選択した場合には、当該選択された複数の受信信号を加算して出力することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載のレーダ装置。

10

【請求項 7】

送信手段においてパルス変調を行うパルス幅は、送信波をパルス変調することにより決まる距離分解能が、ビーム走査速度から決まる 1 つの受信素子で計測可能な距離区間長よりも小さい値となるように設定されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちのいずれか 1 項記載のレーダ装置。

【請求項 8】

受信素子切替手段は、受信素子切替タイミング発生手段からの受信素子切替タイミングを用いる代わりに、注目する観測距離区間を 1 つに固定することにより送受間ずれ角算出手段で算出された 1 つの送受間ずれ角に基づいて、当該送受間ずれ角に対応する位置の受信素子のみを選択するようにしたことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項記載のレーダ装置。

20

【請求項 9】

受信ビーム形成手段は、形成する受信ビームのビーム幅を、放射手段が形成する送信ビームのビーム幅よりも狭く設定し、

受信手段は、所定の複数の受信素子に対応する複数の受信ビームの覆域を合わせた範囲が、前記送信ビームよりも広い幅を持つように受信素子の配列を設け、反射物体による反射波を前記所定の複数の受信素子で受信するようにしたことを特徴とする請求項 1 または請求項 4 記載のレーダ装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、高速ビーム走査を行い、複数受信素子を用いて物体の距離を観測するレーダ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

遠隔点に存在する物体の位置を計測するものとして、レーダ装置が使用されてきた。レーダ装置では、電磁波や音波などの波動を空間に放射し、対象となる物体で反射された波動を受信し、その受信信号を解析することにより、物体までの距離や角度の計測を行っている。物体の距離は、例えば放射する電磁波にパルス変調を施し、送信パルスの放射から、その反射波である受信パルスが受信されるまでの時間差を用いることにより計測することができる。また、物体の位置の角度は、放射する電磁波をビーム状にし、この送信ビームを異なる角度方向に走査し、受信パルスを計測することで観測が可能となる。特に、電磁波としてレーザ光を用いたレーダ装置は、放射するビームの広がりを極めて小さくすることができるため、高い角度分解能で物体を観測可能にすることで知られている（例えば、非特許文献 1 参照）。

40

【0003】

このようなビーム走査を行うレーダ装置において、所定の観測領域を観測するのに要する時間、すなわち観測周期は、観測領域の広さ、ビーム幅、パルス繰り返し周波数（PR

50

F ; P u l s e R e p e t i t i o n F r e q u e n c y )、ビーム走査速度などによって決まる。例えば観測領域の広さとビーム幅を固定したまま、観測周期を短くするには、パルス繰り返し周波数を上げると共に、ビーム走査速度を早くすればよい。ところが、送信パルスを放射してから、物体で反射された反射波をレーダ装置で受信するまでの間には、反射物体の距離に比例する時間差がある。そのため、ビーム走査速度を高速にした場合、この時間差の間にビーム方向が変わってしまい、送信ビームと受信ビームの方向がずれてしまう。すなわち、電波を放射した方向と異なる方向に受信ビームを指向させての観測となるため、反射波を受信できなくなるという問題が生じる。

【0004】

このような問題を解決するために、多検出素子アレーからなる検知手段を用い、各検出素子の受信出力を信号処理器によって順次切り換えることにより、目標の距離弁別を可能にする方法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。

10

【0005】

【特許文献1】特開昭58-96267号公報(第3頁)

【非特許文献1】A. Akiyama et al., Optical fiber imaging laser radar, Optical Engineering, vol. 44, no. 1, 2005.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

特許文献1で開示されている方法の場合、距離弁別の分解能、すなわち距離分解能は走査速度によって定まることになる。しかし、十分な距離分解能を得るためには、かなり高速なビーム走査が必要となる。例えばビーム幅0.1度、距離分解能100mを得る場合、 $3 \times 10^5$ 度/秒の走査速度となる。このようなビーム走査速度を得ることは容易でないことから、距離分解能を得るためには、パルスレーダのように送信波に変調を施す方式と併用することが必要と考えられる。しかし、特許文献1には、そのような送信波変調を行うことや変調の条件(パルス幅の条件)については開示されていない。

また、従来のレーダ装置の中には、非特許文献1で開示されているもののように、異なるビーム方向を持つ複数の受信ビームを用いて、複数方向を同時に観測するものもある。このようなレーダ装置においては、反射波は受信できたとしても、送受信ビームの角度ずれが生じる遠距離観測において、目標の角度計測に誤差が生じる。

30

【0007】

この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、ビームを高速に走査する場合にも角度精度の高い計測を実現するレーダ装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係るレーダ装置は、空間に波動を放射すると共に、空間中に存在する反射物体によって反射された波動を受信することにより、反射物体に関するデータを計測するレーダ装置において、基準となるタイミング信号に基づいてパルス変調された波動を生成する送信手段と、生成された波動を送信ビームに成形して空間に放射する放射手段と、所定のビーム走査速度と走査方向の指示に従って、送信ビームと受信ビームを同じビーム走査速度で、かつ同一または互いに近い方向となるように走査するビーム走査手段と、特定の方向から到来する波動のみを空間から取り込み、その波動を出力する受信ビーム形成手段と、成形された受信ビームを用いて、配列された複数の受信素子のいずれかにより反射波を受信して受信信号を得る受信手段と、所定のビーム走査速度と複数仮定した反射物体の距離に基づいて、送信してから受信するまでの時間に前記ビーム走査手段によりビーム走査された角度を送受間ずれ角として反射物体の距離ごとに算出する送受間ずれ角算出手段と、タイミング信号と算出された送受間ずれ角に基づいて、反射波の受信が可能となる位置の受信素子を選択するための切替タイミングを生成する受信素子切替タイミング発生手段と、生成された切替タイミングに従って、複数の受信素子の中から反射波の受信が可能

40

50

となる位置の受信素子のみを選択し、当該選択された受信素子の受信信号を出力する受信素子切替手段を備えたものである。

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、パルス変調された波動を送信ビームにしてビーム走査することにより送信し、同期させて走査した反射波を受信ビームにより複数配列された受信素子のいずれかで受信するようにし、その際、送信ビームとその反射波の角度差を用いて、受信ビームを用いて受信した受信素子のみを選択できるようにしているため、送受間の時間差によって送信ビームと受信ビームの角度がずれる場合にも、ロスなく観測対象とする反射波を受信でき、高速ビーム走査を行う遠距離観測においても角度計測に誤差を生じない精度の高い計測を可能にする。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。他の実施の形態を含め、この実施の形態1のレーダ装置は、距離分解能を得るために、送信波をパルス変調する方式を適用しており、また、放射する電磁波としてレーザ光を使用する例について説明する。

図1において、送信部20は、基準となるタイミング信号に基づいてパルス変調されたレーザ光(波動)を生成する手段である。放射部30は、生成されたレーザ光をビーム状に成形して送信ビームとして空間に放射する手段である。ビーム走査部40は、所定のビーム走査速度と走査方向の指示に従って、送信ビームと受信ビームを同じビーム走査速度で、かつ同一または互いに近い方向となるように走査する手段である。受信ビーム形成部50は、特定の方向から到来する波動のみを空間から取り込み、その波動を出力する手段、すなわち受信ビームを形成する手段である。受光部(受信手段)60は、成形された受信ビームを用いて、配列された複数の受光素子のいずれかにより反射波を受信して受信信号を得る手段である。送受間ずれ角算出部70は、所定のビーム走査速度と複数仮定した反射物体の距離に基づいて、送信してから受信するまでの時間にビーム走査部40によりビーム走査された角度を送受間ずれ角として反射物体の距離ごとに算出する手段である。受光素子切替タイミング発生部(受信素子切替タイミング発生手段)80は、タイミング

20

30

信号と算出された送受間ずれ角に基づいて、反射波の受信が可能となる位置の受信素子を選択するための切替タイミングを生成する手段である。受光素子切替部(受信素子切替手段)90は、生成された切替タイミングに従って、複数の受信素子の中から反射波の受信が可能となる位置の受信素子のみを選択し、当該選択された受信素子の受信信号を出力する手段である。AD変換部100は、受光素子切替部90から出力された受信信号をデジタル変換する手段である。検出処理部111は、デジタル変換された受信信号から観測対象となる反射物体からの反射波成分のみを抽出し、抽出された反射波成分に基づいて反射物体の距離や角度を検出する手段である。角度補正部112は、送受間ずれ角とビーム走査部40から得られるビーム走査角度に基づいて、検出処理部111で得られた反射物体の角度を補正する手段である。

40

【0011】

次に、動作について説明する。

送信部20では、送信パルスとして、パルス変調されたレーザ光を生成する。この送信パルスの生成は、制御部10で生成した基準となるタイミング信号が送信部20に入力されたタイミングで行われる。放射部30では、送信部20で発生したレーザ光をビーム状に成形して空間に放射する。具体的には、放射部30は、送信部20から出力されたレーザ光を給電する給電点と、給電されたレーザ光が遠方にて焦点を結ぶ、あるいは平面波となるように、レンズまたは反射鏡を配置した望遠鏡により構成される。放射部30から放射されたレーザ光は、ビーム状に1方向に放射されるが、そのビーム方向はビーム走査部40により変更される。

50

## 【 0 0 1 2 】

ビーム走査部 40 には、制御部 10 から所定のビーム走査速度と走査方向を指示するビーム制御信号が与えられる。ビーム走査部 40 では、これらの指示に従って、放射部 30 で形成された送信ビームと受信ビーム形成部 50 で形成された受信ビームの方向を変化させる走査を行う。ビーム方向を変化させる方法としては、例えば、ビーム走査部 40 に反射鏡を備え、その反射鏡面の方向を機械的に変化させることにより、ビーム方向を変化させることができる。あるいは、ビーム走査部 40 にビーム方向を屈折させるプリズムを備え、そのプリズムを機械的に回転させることにより、ビーム方向を変化させるような方法もある。さらに別の方法として、レーダ装置の全体の向きを機械的に変化させる機構を備えた架台の上に、レーダ装置を搭載する方法もある。いずれの場合も、反射エコーを受信するために、後述の送受間の時間差に起因する角度ずれ、および送信ビームと受信ビームの幅の差を除いて、送信ビームと受信ビームとで同じビーム走査速度で、かつ同一または互いに近い方向となるように、ビーム走査を行うことが必要である。

10

## 【 0 0 1 3 】

受信ビーム形成部 50 では、特定の方向から到来する波動のみを空間から取り込む。受信ビーム形成部 50 は、観測対象とする 1 方向から伝搬した反射波を 1 点に結像させる望遠鏡から構成される。ただし、その受信ビーム方向はビーム走査部 40 によって制御される。

受信ビーム形成部 50 により形成された反射波の受信ビームが結像する位置には受光部 60 が置かれている。この反射波が結像する位置は、反射波の到来方向によって変化する。ここで、受光部 60 が複数の受光素子で構成されており、それら素子が 1 列に配列されているとする。さらに、ビーム走査部 40 がビーム走査を行っていないとき、すなわちビームが固定されているときの結像位置が、受光部 60 の中央の受光素子の位置となるように、受光部 60 を配置しているとする。

20

ビーム走査部 40 によりビーム走査が行われる場合は、観測対象となる物体の距離とビーム走査速度とによって決まる角度だけ、ビーム方向固定の場合に比べて反射波の到来方向がずれることになる。この送受間ずれ角の違いにより、受光部 60 内の異なる受光素子の上に受信ビームが結像するように、受光素子の配列方向が設定されている。

## 【 0 0 1 4 】

受光部 60 に配列された各受光素子は、受光した反射波の強度に応じた電気信号を発生する。この場合の反射波は、反射物体の距離に応じた遅延時間を伴って受信される。したがって、電気信号の時系列分布は反射物体の距離分布に対応することになる。各受光素子から出力される電気信号のうち、反射波の信号を含んでいるのは結像位置に配置された受光素子の電気信号だけである。そこで、受光素子切替部 90 では、全ての受光素子で発生した電気信号のうち、受信ビームの結像位置にある受光素子を選択する。

30

## 【 0 0 1 5 】

結像位置となる受光素子は、ビーム走査速度と反射物体の距離（すなわち遅延時間）によって決まる。そこでまず、送受間ずれ角算出部 70 において、制御部 10 から与えられたビーム走査速度と仮定した反射物体の距離に基づいて、送信ビームの放射方向と反射波の到来方向の角度差を送受間ずれ角として算出する。送受間ずれ角は、距離によって異なるため、各距離毎に算出される。ビーム走査速度が  $v$ 、対象とする観測距離が  $r$  のとき、送受間ずれ角は (1) 式で算出される。

40

$$\theta = 2 r v / c \quad (1)$$

ただし、 $c$  は光速である。

ここで、中央の受光素子の番号を 0 とし、隣接する順に 1, 2, 3, ..., あるいは -1, -2, -3, ... と受光素子に番号を付け、受信ビーム方向に対する受光素子への結像位置を模式的に表すと図 2 のようになる。図 2 (a) は、受信ビーム形成部 50 に入力される反射波の方向が正面となり、受光素子 0 に結像する状態を表している。これに対して、図 2 (b) では、受信ビーム形成部 50 に入力される反射波の方向がすこしずれており、受光素子 1 に結像している状態を表している。図 2 (c) では、反射波の方向がさらにず

50

れており、受光素子 2 に結像している状態を表している。

【0016】

受光素子切替タイミング発生部 80 では、制御部 10 から出力されたタイミング信号と送受間ずれ角算出部 70 で算出された送受間ずれ角に基づいて、複数の受信素子の中から、反射波の受信が可能となる位置の受光素子を選択する切替タイミングを生成し、受光素子切替部 90 へ出力する。受光素子切替部（受信素子切替部）90 では、受光素子切替タイミング発生部 80 で生成された切替タイミングに従って、複数の受信素子の中から、反射波の受信が可能となる位置の受光素子を選択する。そして、その反射波を受信した受光素子から得られる受信信号を出力する。

ここで、受光部 60 において、複数の受光素子の間隔がビーム方向角度差  $\theta$  に対応するものとする、距離  $r$  の反射波を受信するために選択する受光素子の番号  $n_{e1}$  は (2) 式で表される。

$$n_{e1} = \text{floor} \left( \frac{d}{\lambda} \sin \theta + 0.5 \right) \quad (2)$$

ここで、 $\text{floor}(a)$  は  $a$  以下の最大整数を表す関数である。

次に、この (2) 式で、反射波を受光する遅延時間（送信パルス放射から反射波受信までの時間差） $t_d$  で表すと、(3) 式ようになる。

$$n_{e1} = \text{floor} \left( \frac{v}{c} t_d + 0.5 \right) \quad (3)$$

【0017】

送信に対して受光素子の切替タイミングの例を図 3 に示す。送信パルスが放射された直後は、受信素子 0 が選択される。次に、送信パルス放射から一定時間が経過すると、受信素子 1 が選択されるようになる。さらに一定時間が経過すると、受信素子 2 が選択される。この例の場合は、受信素子 2 まで切り替えられると、受信タイミング全体が終了し、次の送信パルス放射が行われることになる。

A/D 変換部 100 では、受光素子切替部 90 から出力された受信ビームの結像位置の受光素子の受信信号であるアナログ信号をデジタル信号へ変換する。この場合、A/D 変換部 100 は送信部 20 と同期して A/D 変換処理を開始する。例えば距離 0 から計測を開始するのであれば、A/D 変換部 100 は送信パルスの放射が終了した直後にサンプリングを開始する。実際には、送信開始直後においては、送信波が受信系にもれ込むおそれがある。このような漏れ込みを防ぐためには、送信パルスが放射されてから一定時間後、すなわち設定した最短観測距離以降の距離から反射された反射信号を A/D 変換するようにすればよい。図 3 では、この A/D 変換のタイミングも合わせて例示している。

【0018】

なお、図 3 の例では、同時に選択する受光素子を 1 素子のみとしたタイミングについて示している。しかし、実際には送受間ずれ角によって、結像した反射光が 2 つの受光素子にまたがる場合もある。そのことを考慮した場合には、受光素子切替部 90 が、同時に 2 つの受光素子を選択し、両受光素子で得られた受信信号を加算したものを出力とするように動作するように構成すればよい。例えば図 4 に示すように、受信ビーム形成部 50 による結像が受光素子 0 と受光素子 1 にまたがって形成される場合は、受光素子切替部 90 からは受光素子 0 と受光素子 1 で得られた受信信号を加算したものを出力することになる。図 5 は、このときの送信に対する受光素子の切替タイミングを例示するが、各受光素子で得られる受信信号で、選択されている時間が同じ部分については加算すればよいことを表している。

【0019】

信号処理部 110 は、A/D 変換されたデジタル受信信号に対して検出処理を行う検出処理部 111、および送受間の角度ずれの補正を行う角度補正部 112 で構成されている。検出処理部 111 では、観測対象となる反射物体からの反射波成分のみを抽出する処理を行う。受信信号には、観測対象となる反射物体からの反射波成分のほかに、レーダ装置内部で発生した雑音や、観測対象ではない反射物体からの反射波が含まれる。例えば、観測対象が遠方の地形である場合に、レーダと地形の間に降雨が存在する場合、雨滴で反射された反射波が受信信号に混入する。この場合、雨滴からの反射波は不要な成分であるため

、検出処理によりこれを除去する。このような検出処理には、周知の、例えばCFAR (Constant False Alarm Rate) などの具体的手法を用いればよい。検出処理部111は、抽出された反射波成分に基づいて反射物体の距離や角度を検出する。

#### 【0020】

ここで、送信波のパルス変調について説明する。

反射物体の距離  $r$  は、送信パルスの送信時刻と検出処理によって検出された反射波の受信時刻の時間差  $t_d$  を用いて (4) 式より得られる。

$$r = c t_d / 2 \quad (4)$$

ただし、 $c$  は光速である。

一般に、送信波をパルス変調することにより距離分解能を得るレーダにおいて、距離分解能  $r$  は、パルス幅  $t$  により (5) 式のようになる。

$$r = c t / 2 \quad (5)$$

一方、ビーム走査速度から決まる1つの受信素子で受信信号から計測可能な距離区間長 (角度分解能)  $r'$  は、(1) 式から (6) 式のようになる。

$$r' = c / 2 v \quad (6)$$

ある距離分解能セルの反射波の受信中に受信素子が切り替わると、距離分解能セル内の反射波の全てを受信することができなくなるため、受信信号の強度が低下する可能性がある。この問題を解決するには、距離分解能内の受信信号が1つの受信素子で得られるためには、少なくとも  $r < r'$  となるようにパルス幅  $t$  を設定しておけばよい。

#### 【0021】

観測時の送信ビームの放射方向が概略の角度となる。ただし、この角度データには、送信ビームと受信ビームのずれ角が考慮されていない。そこで角度補正部112では、ビーム走査角度と送受間ずれ角を入力し、角度データに対して送受角度ずれ角の補正を行う。以上の処理により、反射物体の距離と、補正後の正確な角度が得られ、反射物体の位置が計測される。

#### 【0022】

以上の説明では、ビーム走査を1方向のみで行う例について示したものである。これに対し、逆向きにビーム走査を行う場合には、反対の受光素子を選ぶようにする。もしビーム走査方向が1方向のみで良い場合は、ビーム走査速度が0の場合に結像する位置が、受光部60の一番端の受光素子となるように構成すればよい。

また、以上の説明では、ビーム走査を1次元の方向のみで行う場合について説明したが、受光素子を2次元的に配列して、ビーム走査を2次元 (例えば、仰角と方位角) で行うようにしてもよい。

さらに、以上の説明では、送信ビームの形成を放射部30で行い、受信ビームの形成を受信ビーム形成部50で行う構成について示してきた。この場合、放射部30と受信ビーム形成部50で共用できるように、送信ビームの形成と受信ビームの形成ができる構成の光学機構を用いるようにしてもよい。

#### 【0023】

以上のように、この実施の形態1によれば、パルス変調された波動を送信ビームにしてビーム走査することにより送信し、同期させて走査した受信ビームを用いて、複数配列された受信素子のいずれかで反射波を受信するようにし、さらにビーム走査速度と観測距離に基づいて送信ビームとその反射波の角度差を算出し、その角度差に応じて、複数の受信素子の中から結像した受光素子のみを選択してその受信信号を得るようにしたので、送受間の時間差によって送信ビームと受信ビームの角度がずれる場合にも、ロスなく観測対象とする反射波を受信できる効果が得られる。また、受信ビームの角度ずれを補正することにより、高速なビーム走査を行う場合にも、角度計測を正確に行うことができる。さらに、受信ビームが同時に結像した複数の受光素子を選択する構成とした場合には、その選択した複数の受光素子からの受信信号を加算して用いるようにすれば、送受間ずれ角によらず、ロスなく反射波を受信することが可能になる。

10

20

30

40

50



## 【0024】

実施の形態2.

上記実施の形態1では、送受信間の角度ずれに応じて、受光部の受光素子を選択し、選択した受信素子について検出処理を行う方法を述べたが、この実施の形態2では、全受光素子で検出処理を行った後に、検出データを選択する方法について説明する。

図6はこの発明の実施の形態2によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。図において、図1に相当する機能部には同一符号を付し、原則としてその説明は省略する。この実施の形態2では、実施の形態1の受光素子切替タイミング発生部80、受光素子切替部90、AD変換部100、検出処理部111は用いず、検出処理部121、検出データ選択部122を新たに設けている。

検出処理部121は、受光部60のすべての受信素子から得られた各受信信号に含まれるピーク値をそれぞれ検出し、タイミング信号に基づいて各ピーク値が検出された時刻を遅延時間としてそれぞれ算出する手段である。検出データ選択部122は、検出処理部121でピーク値が検出された各受信信号について送受間ずれ角算出部70で算出された送受間ずれ角の中から、検出処理部121で算出された遅延時間に対応する値を抽出し、この抽出した送受間ずれ角の値に基づいて、反射波の受信が可能となる受光素子の受信信号のみを選択して出力する手段である。

## 【0025】

次に、動作について説明する。

送信部20、放射部30、ビーム走査部40、受信ビーム形成部50、受光部60を用いて、送信波をビーム状に放射し、受光部60の受光素子で反射波を受信して、受信強度に対応した強さを持つ電気信号を得ることは、上記実施の形態1で述べた方法と同じである。ただし、この実施の形態2の場合には、受光部60の複数の受信素子のすべてがそれぞれの受信信号を出力する構成となっている。すなわち、検出処理部121に対して、複数の受信素子のいずれかが反射波の受信信号を送出するが、他の受信素子も、反射波の到来方向の周辺の方に指向した受信ビームを用いて受信した受信信号を送出する関係にある。

受光部60の各受光素子で生じる電気信号に対して、検出処理部121によって検出処理が行われる。なお、この検出処理はアナログ信号に対して行うことを想定している。検出処理部121では、受光部60で得られた各受信信号について、含まれるエコーのピーク値とそのときの遅延時間（すなわち反射物体の距離に関連する）を検出し出力する。そのため、検出処理部121はクロックを備えており、制御部10から送信開始タイミングを表すタイミング信号が入力されると、クロックの時刻が初期化（時刻0となる）される。そして、エコーのピーク値が得られた時刻をピークの遅延時間とする。

## 【0026】

送受間ずれ角算出部70では、(1)式に従って、ビーム走査速度から距離毎のずれ角を算出する。検出データ選択部122では、送受間ずれ角算出部70で算出された送受間ずれ角と検出処理部121で検出されたピーク値に対応した遅延時間に基づいて、検出処理部121で検出された受信信号を選択する。この選択処理では、検出処理部121から出力された各受光素子に対応する検出データ（ピーク値を含む受信信号とその遅延時間）のうち、まず1つに着目し、それに含まれる距離を遅延時間から算出し、その距離に対応する、送受間ずれ角算出部70で算出された送受間ずれ角を得る。そして、得られた送受間ずれ角が、着目した検出データに対応する受光素子のものであれば、その受光素子の受信信号を、観測対象とする反射物体からの反射波を受信した受光素子の信号であるとして選択する。一方、このときの送受間ずれ角が、着目した検出データに対応する受光素子のものでない場合は、その検出データが受信機雑音により生じた誤検出であると見なせるため、その検出データを除去する。次に、角度補正部112では、検出データ選択部122で選択された受信信号の反射物体の角度を送受間ずれ角とビーム走査手部40から得られるビーム走査角度に基づいて補正する。この処理は実施の形態1の場合と同様である。

## 【0027】

10

20

30

40

50

以上のように、この実施の形態 2 によれば、パルス変調された波動を送信ビームにしてビーム走査することにより送信し、同期させて走査した受信ビームを用いて複数配列された受信素子のいずれかで反射波を受信するようにし、さらにビーム走査速度と観測距離に基づいて送信ビームとその反射波の角度差を算出し、その角度差に応じて、複数の受信素子の各受信信号の中から、観測対象の反射波を受信した受光素子の受信信号のみを選択するようにしている。送受間の時間差によって送信ビームと受信ビームの角度がずれている場合にも、所定の反射波の受信信号のみを抽出することが可能となる。また、受信ビームの角度ずれを補正することにより、高速なビーム走査を行う場合にも、角度計測を正確に行うことができる。さらに、受信ビームが同時に結像した複数の受光素子の受信信号を選択する構成とした場合には、その選択した複数の受信信号を加算して用いるようにすれば、送受間ずれ角によらず、ロスなく反射波を受信することが可能になる。

10

#### 【0028】

実施の形態 3 .

上記実施の形態 1 では、反射物体の距離に応じて受光部の受光素子を切り換えるようにしていた。実際の用途が観測距離区間を予め狭い範囲に限定している場合には、ビーム走査速度に応じて受光素子を切り替えるとしても、ビーム走査速度を一定とした観測中においては、選択する受光素子を固定することができる。この実施の形態 3 では、このように距離区間を狭い範囲に限定する場合の処理方法について説明する。

図 7 はこの発明の実施の形態 3 によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。図において、図 1 に相当する機能部には同一符号を付し、原則としてその説明は省略する。この実施の形態 3 では、実施の形態 1 の受光素子切替タイミング発生部 80 を使用せず、送受間ずれ角算出部 70 で算出された送受間ずれ角を受光素子切替部 90 に直接入力する構成にしている。

20

#### 【0029】

ここでは、受光素子切替部 90 には、送受間ずれ角算出部 70 で算出された送受間ずれ角が直接入力され、その送受間ずれ角に対応する位置の受光素子のみを選択し、その受信信号を出力する。この場合、注目する観測距離区間を 1 つに固定しており、送受間ずれ角は観測中に固定された 1 つの値となるため、受光素子切替部 90 には、その送受間ずれ角に対応する位置の受光素子を選択すればよいことになる。したがって、このようなレーダ装置は、制御部 10 から出力されるタイミング信号を用いる受光素子切替タイミング発生部 80 を必要とせず、その分、実施の形態 1 の場合より構成が簡略化され、装置コストを低減することができる。

30

#### 【0030】

実施の形態 4 .

以上の各実施の形態は送信ビームが受信ビームと同程度の幅を持つビームであると仮定して説明してきたものであるが、送信ビームと受信ビームの形状を異なって設定する場合について説明する。受信ビーム幅を送信ビーム幅より狭くした場合について説明する。

この実施の形態 4 のレーダ装置は、実施の形態 2 の図 6 と同じ機能構成とする。受信ビーム形成部 50 では、ビーム走査部 40 の走査により得られた反射物体による反射波をその到来方向を持つ受信ビームに成形しているが、そのビーム幅を、放射部 30 が形成する送信ビームのビーム幅よりも狭く設定する。この時の送信ビームと受信ビームの形状の関係は図 8 に示すようになる。図 8 ( a ) は近距離、図 8 ( b ) は中距離、図 8 ( c ) は遠距離の場合における状態を表している。いずれにおいても、一点鎖線で表されている送信ビームは広いビーム幅を持ち、受信ビームは送信ビームより狭いビーム幅を持っている。図では、送信ビームは受信ビーム 3 つ分の広がりを持つ例を示している。ここで、受光部 60 の受光素子の数は送信ビーム幅を覆うのに必要な数 (ここでは 3 となっているが) よりも多くして、全受信ビームの覆域幅が送信ビーム幅より広くなるように構成しておく。そしてビーム走査部 40 では、このビーム同士の位置関係を保ったまま、ビーム配置全体の角度を変化させる。

40

#### 【0031】

50

図 8 ( a ) の近距離においては、送受間角度ずれが小さいため、中央の 3 つのビームに対応する 3 つの受光素子 ( 実線 ) により反射波が受信される。図 8 ( b ) の中距離においては、送受間の角度ずれが 1 受光素子分だけずれた状況を表している。そのため、反射波は、図 8 ( a ) と比較して 1 受光素子間隔だけ右側に位置した 3 つ受光素子 ( 実線 ) で受信される。さらに遠距離となると、反射波は、図 8 ( c ) のように、1 受光素子間隔だけ右側に位置する 3 つの受光素子 ( 実線 ) で受信される。しかし、検出処理部 1 1 1 では、検出を行う受光素子を選択する構成となっていないため、全ての受光素子の受信信号に対して検出処理を行う。そして、検出データ選択部 1 2 2 においては、観測対象とする反射波を受信した受光素子の受信信号のみを選択し、角度補正部 1 1 2 へと出力する。

#### 【 0 0 3 2 】

図 9 は、反射波の受信ビームが受信された状態を模式的に画素パターンに表したものである。このパターンは角度補正前の状態を表しており、横軸は角度を、縦軸は距離を表している。図のグラフは格子状に区切られている。区切られたそれぞれの格子は、横幅として、隣接する 2 つの受光素子に対応する 2 つの受信ビームの間隔、縦幅として距離分解能の大きさを持つ分解能セルを表している。分解能セルのうち、斜線が施されたものが、反射光が受信されるものである。近距離では、送受間角度ずれが小さい。よって、それぞれの距離において、中央の 3 つのセルで反射光が受信される。距離が長くなるに従って送受間の角度ずれが大きくなり、中距離になると右側に 1 つずれ、遠距離になるとさらに 1 つずれることが示されている。このように、見かけ上は距離によって異なる方向が観測されたような反射波が受信される。しかし、実際には送信ビームが放射された方向は 1 方向のみであるため、見かけ上で得られるレーダ画像は歪みを持っていることになる。そこで、角度補正部 1 1 2 では、見かけ上で図 9 のように得られた受信領域を、図 1 0 の画素パターンとなるように補正する。

#### 【 0 0 3 3 】

以上のように、この実施の形態 4 によれば、受信ビームよりも送信ビームに広がりを持たせると共に、狭い受信ビームに対しては、送信ビームの広がりよりも広い範囲をカバーする複数の受光素子により反射波を受信するようにしたので、その反射波の受信信号の角度ずれを補正することにより、高速なビーム走査を行う場合にも、角度計測が正確になり、歪みのない画像を得ることができる。なお、この実施の形態 4 は、実施の形態 2 のレーダ装置の構成に適用した場合を例に説明してきたが、実施の形態 1 の構成にも適用できるものである。

#### 【 0 0 3 4 】

なお、上記各実施の形態では、パルス変調された波動としてレーザ光を用いたレーダ装置を例にして発明を説明してきたが、この発明は、電波や音波などの波動を用いた装置にも同様に適用することができるものであり、同様な効果を奏するものである。

例えば電波を用いた場合、放射部 3 0 は反射鏡アンテナやレンズアンテナなど、一般に良く使用されるレーダアンテナを用い、受信ビーム形成部 5 0 も同様のレーダアンテナを受信アンテナとして用いる。受信部 ( 受光部 6 0 に相当 ) は、受信アンテナの一次放射器を、位置をずらして複数配置することにより実現される。ビーム走査部 4 0 は、放射部 3 0、受信ビーム形成部 5 0、受信部 ( 受光部 6 0 に相当 ) 全体を機械的に回転させる駆動機構により実現される。なお、送信波としてミリ波帯の電波を用いることなどにより、レーダ装置全体の寸法が小さくなる場合は、レーダ装置全体を機械的に回転させる駆動機構とすることも考えられる。

また、音波を用いた場合も、放射部 3 0 および受信ビーム形成部 5 0 は、例えばパラボラ反射鏡により実現できる。受信部 ( 受光部 6 0 に相当 ) は受信ビーム形成部 5 0 となるパラボラ反射鏡の焦点付近に位置をずらして配置した複数のマイクロホンにより実現される。ビーム走査部 4 0 は、放射部 3 0、受信ビーム形成部 5 0、受信部 ( 受光部 6 0 に相当 ) 全体を機械的に回転させる駆動機構、または、レーダ装置全体を機械的に回転させる駆動機構により実現される。

#### 【 図面の簡単な説明 】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 に係る受信ビーム方向に対する受光素子への結像状態を模式的に表した説明図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 に係る送信に対する受光素子の切替タイミングの例を表す説明図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 に係る 2 つの受光素子にまたがった結像状態を模式的に表した説明図である。

【 図 5 】 この発明の実施の形態 1 に係る送信に対する受光素子の切替タイミングの別例を表す説明図である。

【 図 6 】 この発明の実施の形態 2 によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 この発明の実施の形態 3 によるレーダ装置の機能構成を示すブロック図である。

【 図 8 】 この発明の実施の形態 4 に係る送受信ビームの形状の関係を表す説明図である。

【 図 9 】 この発明の実施の形態 4 に係る反射波の受信ビームが受信された状態を画素パターンで表した模式図である。

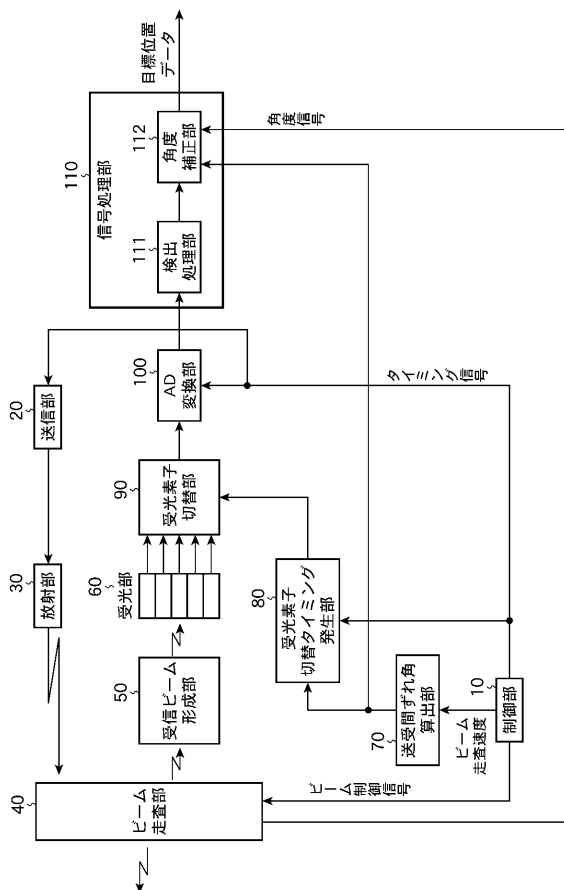
【 図 10 】 この発明の実施の形態 4 に係る角度補正後の状態を画素パターンで表した模式図である。

【 符号の説明 】

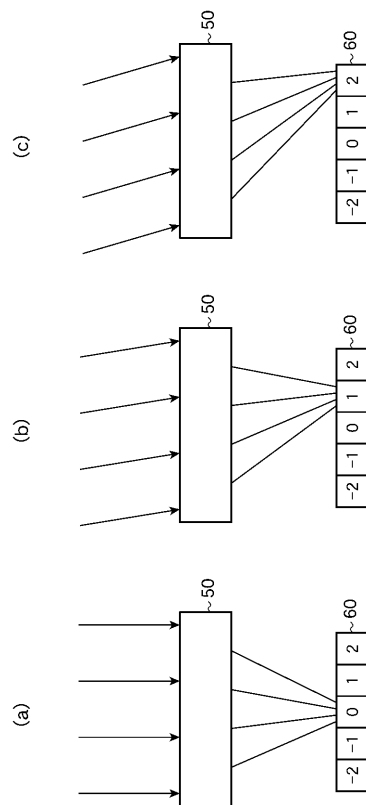
【 0 0 3 6 】

20 送信部、30 放射部、40 ビーム走査部、50 受信ビーム形成部、60 受光部（受信手段）、70 送受間ずれ角算出部、80 受光素子切替タイミング発生部（受信素子切替タイミング発生手段）、90 受光素子切替部（受信素子切替手段）、100 AD変換部、111 検出処理部、112 角度補正部、121 検出処理部、122 検出データ選択部。

【 図 1 】

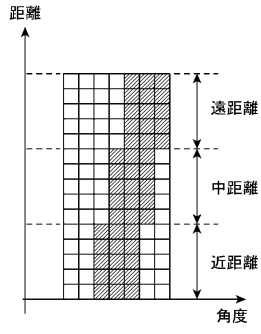


【 図 2 】

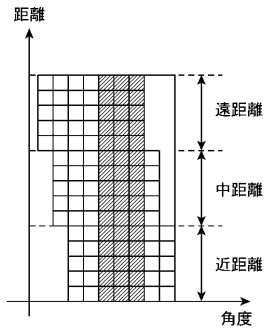




【圖 9】



【圖 10】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5J070 AB01 AC01 AC02 AC11 AD06 AG03 AK04 AK22  
5J084 AA04 AA05 AA10 AD01 BA03 BA11 BA39 BA49 DA10 EA04