

(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2018-9829

(P2018-9829A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.

G01S 7/497 (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01)
G01C 3/06 (2006.01)

F 1

GO 1 S 7/497
 GO 1 S 17/42
 GO 1 C 3/06

テーマコード(参考)

2 F 1 1 2
 5 J 0 8 4

1 2 O Q

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願2016-137420 (P2016-137420)

(22) 出願日

平成28年7月12日 (2016.7.12)

(71) 出願人 000005016

パイオニア株式会社

東京都文京区本駒込二丁目28番8号

(74) 代理人 100107331

弁理士 中村 聰延

(72) 発明者 林 幸雄

埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア
株式会社 川越事業所内

(72) 発明者 阿部 義徳

埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア
株式会社 川越事業所内

F ターム(参考) 2F112 AD01 BA07 DA40 FA33

最終頁に続く

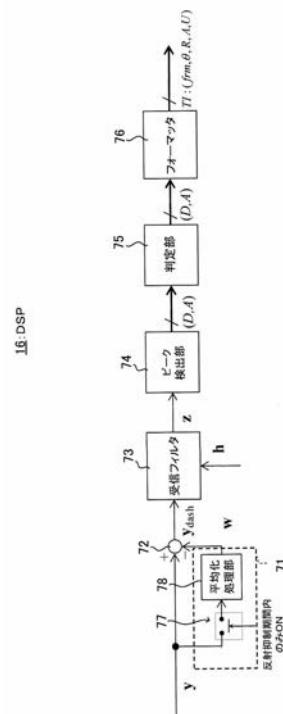
(54) 【発明の名称】情報処理装置、光学機器、制御方法、プログラム及び記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】受光部の出力信号に重畠されるノイズを好適に
低減することが可能な情報処理装置を提供する。

【解決手段】ライダ1は、照射方向を変えながら、パル
ストリガ信号P Tに応じて射出光L oを照射する走査部
5 5と、所定の照射方向に配置され、射出光L oを吸収
する吸収体7と、射出光L oの戻り光L rを受光するA
P D 4 1と、D S P 1 6とを備える。D S P 1 6は、射
出光L oの照射方向が吸収体7に照射される方向である
ときのA P D 4 1の出力信号に基づいて、パルストリガ
信号P T等に起因するノイズ信号である推定同期妨害w
を算出する同期妨害推定部7 1を備える。

【選択図】図11



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を備える光学機器の前記受光部の出力信号を処理する情報処理装置であって、

前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部を備える情報処理装置。

【請求項 2】

前記レーザ光の照射方向ごとの区間信号を前記出力信号から抽出する区間信号抽出部をさらに備え、

前記推定部は、前記所定の照射方向に対応する少なくとも1つの区間信号に基づいて、前記ノイズ信号を推定する請求項1に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記受光部の出力信号から、前記推定部によって推定されたノイズ信号を減算する減算部をさらに備える請求項1または2に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記吸収体は、多重反射構造を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記推定部は、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの照射角度ごとの前記出力信号を平均化することで、前記ノイズ信号を推定する請求項1～4のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

前記推定部は、前記照射部が前記所定の照射方向に対して複数回走査したときにそれぞれ得られた前記出力信号を平均化することで、前記ノイズ信号を推定する請求項1～5のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記第1の信号は、パルス信号であり、

前記照射部は、前記パルス信号に基づき、異なる照射方向ごとにパルス光を前記レーザ光として照射する請求項1～6のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、

前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、

前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部と、
を備える光学機器。

【請求項 9】

照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、

前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器が実行する制御方法であって、

前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定工程
を有する制御方法。

【請求項 10】

照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、

前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器の前記受光部の出力信号

10

20

30

40

50

を処理するコンピュータが実行するプログラムであって、

前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部として前記コンピュータを機能させるプログラム。

【請求項11】

請求項10に記載のプログラムを記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ光を利用した光学機器の情報処理技術に関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来から、光を利用した測距装置として、パルス光を測定対象物に対して射出し、測定対象物で反射したパルス光の受光タイミングに基づいて測定対象物までの距離を測定するように構成されたものが広く利用されている。例えば、特許文献1には、制御部でトリガ信号が生成され、トリガ信号を起点としてパルス光を測定対象物に対して射出し、測定対象物で反射したパルス光を受光部により受光して受光信号を生成する測距装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】 20

【0003】

【特許文献1】特開2007-256191号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

パルス光を射出するタイミングを規定するトリガ信号は、受光部の出力レベルに対して非常に大きいため、トリガ信号の立ち上がり及び立下りに含まれる高周波成分に起因したノイズが受光部の出力信号に重畠された場合に誤差の原因となる。

【0005】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、受光部の出力信号に重畠されるノイズを好適に低減することが可能な情報処理装置を提供することを主な目的とする。 30

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項に記載の発明は、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を備える光学機器の前記受光部の出力信号を処理する情報処理装置であって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部を備える。

【0007】

請求項に記載の発明は、光学機器であって、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部と、を備える。 40

【0008】

また、請求項に記載の発明は、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器が実行する制御方法であって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前 50

記第1の信号に起因するノイズ信号を推定するノイズ推定工程を有する。

【0009】

また、請求項に記載の発明は、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器の前記受光部の出力信号を処理するコンピュータが実行するプログラムであって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部として前記コンピュータを機能させる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例に係るライダの全体構成を示す。

【図2】トランスマッタ及びレシーバの構成を示す。

【図3】走査光学部の構成を示す。

【図4】同期制御部が生成する制御信号のレジスタ設定例を示す。

【図5】同期制御部が生成する制御信号の時間的関係を示す。

【図6】ADC出力信号とゲートの関係を示すグラフである。

【図7】ロータリーエンコーダのパルス列の時間的関係を示す。

【図8】定常状態でのエンコーダパルスとセグメントスロットの時間関係を示す

【図9】パルストリガ信号と受信セグメント信号との関係を示す。

【図10】吸収体の配置を概略的に示した図である。

【図11】第1実施例においてDSPの行う信号処理のブロック図を示す。

【図12】1つのセグメント期間内における基準受信パルス及びインパルス応答の波形を示す。

【図13】フィルタードセグメントの例である。

【図14】反射体の配置を概略的に示した図である。

【図15】第2実施例においてDSPの行う信号処理のブロック図を示す。

【図16】吸収体及び反射体の配置を概略的に示した図である。

【図17】1セグメント期間内の受信セグメントにおける吸収体からの反射成分と、同期妨害成分と、反射体からの反射成分とをそれぞれ示す。

【図18】第3実施例においてDSPの行う信号処理のブロック図を示す。

【図19】同期妨害第2推定部が実行する信号処理のブロック図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の好適な実施形態によれば、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を備える光学機器の前記受光部の出力信号を処理する情報処理装置であって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部を備える。

【0012】

上記情報処理装置は、照射方向を変えながら第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、吸収体と、受光部とを備える光学機器の受光部の出力信号を処理するものであって、推定部を備える。推定部は、レーザ光の照射方向が吸収体の配置された所定の照射方向であるときの受光部の出力信号に基づいて、第1の信号に起因するノイズ信号を推定する。この態様では、情報処理装置は、所定の照射方向に配置された吸収体を利用することで、受光部が受光する戻り光が発生しない又は戻り光の光量が極めて小さいときの受光部の出力信号を意図的に生成する。これにより、情報処理装置は、照射部がレーザ光を照射するタイミングを規定する第1の信号の高周波成分等に起因して受光部の出力信号に重畠されるノイズ信号を、的確に推定することができる。

【0013】

10

20

30

40

50

上記情報処理装置の一態様では、情報処理装置は、前記レーザ光の照射方向ごとの区間信号を前記出力信号から抽出する区間信号抽出部をさらに備え、前記推定部は、前記所定の照射方向に対応する少なくとも1つの区間信号に基づいて、前記ノイズ信号を推定する。この態様により、情報処理装置は、各区間信号に重畠される第1の信号に起因したノイズ信号を、吸収体が配置される照射方向に対応する区間信号に基づいて好適に推定することができる。

【0014】

上記情報処理装置の他の一態様では、情報処理装置は、前記受光部の出力信号から、前記推定部によって推定されたノイズ信号を減算する減算部をさらに備える。この態様により、情報処理装置は、第1の信号に起因したノイズ信号が除去された受光部の出力信号を好適に生成することができる。10

【0015】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記吸収体は、多重反射構造を有する。この態様により、吸収体は好適に低反射率を実現することができるため、情報処理装置は、戻り光が発生しない又は戻り光の光量が低いときの受光部の出力信号を取得することができる。

【0016】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記推定部は、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの照射角度ごとの前記出力信号を平均化することで、前記ノイズ信号を推定する。この態様により、情報処理装置は、ノイズ信号を高精度に推定することができる。20

【0017】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記推定部は、前記照射部が前記所定の照射方向に対して複数回走査したときにそれぞれ得られた前記出力信号を平均化することで、前記ノイズ信号を推定する。この態様により、情報処理装置は、吸収体が配置される照射方向の角度の大きさによらず、高精度なノイズ信号の推定値を好適に算出することができる。

【0018】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記第1の信号は、パルス信号であり、前記照射部は、前記パルス信号に基づき、異なる照射方向ごとにパルス光を前記レーザ光として照射する。この態様では、情報処理装置は、照射部のレーザ光の照射タイミングを規定するパルス信号の立ち上がり及び立下りに含まれる高周波成分に起因したノイズ信号を好適に推定することができる。30

【0019】

本発明の他の好適な実施形態では、光学機器は、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部と、を備える。この態様により、光学機器は、照射部がレーザ光を照射するタイミングを規定する第1の信号の高周波成分等に起因して受光部の出力信号に重畠されるノイズ信号を、的確に推定することができる。

【0020】

本発明の他の好適な実施形態によれば、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレーザ光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器が実行する制御方法であって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定するノイズ推定工程を有する。光学機器は、この制御方法を実行することで、照射部がレーザ光を照射するタイミングを規定する第1の信号の高周波成分等に起因して受光部の出力信号に重畠されるノイズ信号を、的確に推定することができる。40

【0021】

本発明の他の好適な実施形態によれば、照射方向を変えながら、第1の信号に応じてレ

ーベル光を照射する照射部と、所定の照射方向に配置され、前記レーザ光を吸収する吸収体と、前記レーザ光の戻り光を受光する受光部と、を有する光学機器の前記受光部の出力信号を処理するコンピュータが実行するプログラムであって、前記レーザ光の照射方向が前記所定の照射方向であるときの前記出力信号に基づいて、前記第1の信号に起因するノイズ信号を推定する推定部として前記コンピュータを機能させる。コンピュータは、このプログラムを実行することで、照射部がレーザ光を照射するタイミングを規定する第1の信号の高周波成分等に起因して受光部の出力信号に重畠されるノイズ信号を、的確に推定することができる。好適には、上記プログラムは、記憶媒体に記憶される。

【実施例】

【0022】

10

以下、図面を参照して本発明の好適な実施例について説明する。

【0023】

<基本説明>

まず、実施例に係るライダの基本的な構成について説明する。

【0024】

(1) 全体構成

図1は、実施例に係るライダの全体構成を示す。ライダ1は、繰り返し射出される光パルスの射出方向(以下、「走査方向」という。)を適切に制御することにより周辺空間を走査し、その戻り光を観測することにより、周辺に存在する物体に関する情報(例えば距離やその存在確率あるいは反射率など)を把握する。具体的に、ライダ1は、光パルス(以下、「射出光」と呼ぶ。)Loを射出し、外部の物体(ターゲット)により反射された光パルス(以下、「戻り光」と呼ぶ。)Lrを受光することにより、物体に関する情報を生成する。ライダ1は、本発明における「光学機器」の一例である。

20

【0025】

図1に示すように、ライダ1は、大別して、システムCPU5と、ASIC10と、トランスマッタ30と、レシーバ40と、走査光学部50とを備える。トランスマッタ30は、ASIC10から供給されるパルストリガ信号PTに応じて幅5nsec程度のレーザ光パルスを繰り返し出力する。トランスマッタ30から出力された光パルスは走査光学部50に導かれる。

30

【0026】

走査光学部50は、トランスマッタ30が出力する光パルスを、適切な方向に射出するとともに、この射出光が空間中の物体に出会い反射あるいは散乱されることにより戻ってきた戻り光Lrを集光してレシーバ40に導く。走査光学部50は、本発明における「照射部」の一例である。レシーバ40は、戻り光Lrの強度に比例した信号をASIC10に出力する。レシーバ40は、本発明における「受光部」の一例である。

【0027】

ASIC10は、レシーバ40の出力信号を解析することにより、走査空間中の物体に関するパラメータ、例えばその距離を推測して出力する。また、ASIC10は、適切な走査がなされるように、走査光学部50を制御する。更にASIC10はトランスマッタ30とレシーバ40に対して夫々が必要とする高電圧を供給する。

40

【0028】

システムCPU5は、少なくとも、通信インターフェースを通じてASIC10の初期設定、監視、制御を行う。その他の機能は、アプリケーションに応じて異なる。最も単純なライダの場合には、システムCPU5は、ASIC10が出力するターゲット情報TIを適切なフォーマットに変換して出力するのみである。システムCPU5は、例えば、ターゲット情報TIを汎用性の高い点群フォーマットに変換した後、USBインターフェースを通じて出力する。

【0029】

(2) トランスマッタ

トランスマッタ30は、ASIC10から供給されるパルストリガ信号PTに応じて、

50

幅 5 nsec 程度の光パルスを出力する。トランスマッタ 30 の構成を図 2 (A) に示す。トランスマッタ 30 は、充電抵抗 31 と、ドライバ回路 32 と、キャパシタ 33 と、充電ダイオード 34 と、レーザダイオード (LD) 35 と、CMOSスイッチ 36 を備える。

【0030】

ASIC 10 から入力されるパルストリガ信号 PT は、ドライバ回路 32 を介して CMOSなどのスイッチ 36 を駆動する。ドライバ回路 32 は、スイッチ 36 を高速駆動するために挿入されている。パルストリガ信号 PT の非アサート期間ではスイッチ 36 は開いており、トランスマッタ 30 内のキャパシタ 33 が ASIC 10 から供給される高電圧 V_{Tx} で充電される。一方、パルストリガ信号 PT のアサート期間では、スイッチ 36 は閉じ、キャパシタ 33 に充電されていた電荷が LD 35 を通じて放電される。この結果、LD 35 から光パルスが出力される。

10

【0031】

(3) レシーバ

レシーバ 40 は、物体からの戻り光 Lr の強度に比例した電圧信号を出力する。一般的に、PD あるいは APD などの光検出素子は電流出力であるため、レシーバ 40 はこの電流を電圧に変換 (I/V 変換) して出力する。レシーバ 40 の構成を図 2 (B) に示す。レシーバ 40 は、APD (Avalanche Photodiode) 41 と、I/V 変換部 42 と、抵抗 45 と、キャパシタ 46 と、ローパスフィルタ (LPF) 47 を備える。I/V 変換部 42 は、帰還抵抗 43 と、オペアンプ 44 を備える。

20

【0032】

本実施例では、光検出素子として APD 41 が使用されている。APD 41 には、ASIC 10 から供給される高電圧 V_{Rx} が逆バイアスとして印加されており、物体からの戻り光 Lr に比例した検出電流が流れる。APD 41 の降伏電圧に近い逆バイアスを印加することにより、高いアバランチゲインを得ることができ、微弱な戻り光も検出することが可能となる。最終段の LPF 47 は、ASIC 10 内の ADC 20 によるサンプリングに先立って、信号の帯域幅を制限する目的で設置されている。本実施例では、ADC 20 のサンプリング周波数は 512 MHz であり、LPF 47 の遮断周波数は 250 MHz 程度となっている。

30

【0033】

(4) 走査光学部

走査光学部 50 は、トランスマッタ 30 から入力される光パルスを射出光 Lo として適切な方向に射出するとともに、この射出光 Lo が空間中の物体に出会って反射あるいは散乱されることにより戻ってきた戻り光 Lr をレシーバ 40 に導く。走査光学部 50 の構成例を図 3 に示す。走査光学部 50 は、回転ミラー 61 と、コリメータレンズ 62 と、集光レンズ 64 と、光学フィルタ 65 と、同軸ミラー 66 と、ロータリーエンコーダ 67 を備える。

【0034】

トランスマッタ 30 の LD 35 から出力された光パルスは、コリメータレンズ 62 に入射する。コリメータレンズ 62 は、レーザ光を適切な発散角度に（一般的には 0 ~ 1° 程度に）コリメートする。コリメータレンズ 62 からの射出光は小型の同軸ミラー 66 により鉛直下方に反射され、回転ミラー 61 の回転軸（中心）に入射する。回転ミラー 61 は、鉛直上方より入射するレーザ光を水平方向に反射して、走査空間に射出する。回転ミラー 61 はモータ 54 の回転部に取り付けられており、回転ミラー 61 によって反射されたレーザ光はモータ 54 の回転に伴って射出光 Lo として水平平面を走査する。

40

【0035】

走査空間に存在する物体により反射あるいは散乱されることでライダ 1 に戻ってきた戻り光 Lr は、回転ミラー 61 により鉛直上方向に反射され、光学フィルタ 65 に入射する。光学フィルタ 65 には、戻り光 Lr に加えて、物体が太陽等により照らされていることによって生じる背景光も入射する。光学フィルタ 65 は、こうした背景光を選択的に排除

50

するために設置されている。具体的には、光学フィルタ 65 は、射出光 LO の波長（本実施例では 905 nm）の前後 ± 10 nm 程度の成分のみを選択的に通過せしめる。光学フィルタ 65 の通過帯域が広い場合には、多くの背景光が後続段のレシーバ 40 に入光することになる。この結果、レシーバ 40 内の APD 41 の出力には大きな DC 電流成分が現れることとなり、この DC 成分に起因するショット雑音（背景光ショット雑音）の影響により SN が劣化することとなり、好ましくない。しかしながら、通過帯域が過度に狭い場合には、射出光自体も抑圧されることになり、好ましくない。集光レンズ 64 は、光学フィルタ 65 を通過した光を集光して、レシーバ 40 の APD 41 へと導く。

【0036】

モータ 54 には、走査方向を検出するために、ロータリーエンコーダ 67 が取り付けられている。ロータリーエンコーダ 67 は、モータ回転部に取り付けられた回転盤 68 と、モータベースに取り付けられたコード検出器 69 とを備える。回転盤 68 の外周にはモータ 54 の回転角度を表すスリットが刻まれてあり、コード検出器 69 はこれを読み取り出力する。なお、ロータリーエンコーダ 67 の具体的な仕様、及びその出力に基づくモータ制御については、後述する。

【0037】

以上の構成では、コリメータレンズ 62 が図 1 に示す送信光学系 51 を構成し、回転ミラー 61 とモータ 54 が図 1 に示す走査部 55 を構成し、光学フィルタ 65 と集光レンズ 64 が図 1 に示す受信光学系 52 を構成し、ロータリーエンコーダ 67 が図 1 における走査方向検出部 53 を構成している。

【0038】

(5) ASIC

ASIC 10 は、射出光パルスのタイミング制御、APD 出力信号の AD 変換などを行う。また、ASIC 10 は、AD 変換出力に対して適切な信号処理を施すことにより、物体に関するパラメータ（距離、戻り光強度など）の推定を行い、その推定結果を外部に出力する。図 1 に示すように、ASIC 10 は、レジスタ部 11 と、クロック生成部 12 と、同期制御部 13 と、ゲート抽出部 14 と、受信セグメントメモリ 15 と、DSP 16 と、トランスマッタ用高電圧生成部 (TXHV) 17 と、レシーバ用高電圧生成部 (RXHV) 18 と、プリアンプ 19 と、AD 変換器 (ADC) 20 と、走査制御部 21 とを備える。

【0039】

レジスタ部 11 には、外部プロセッサであるシステム CPU 5 との通信用のレジスタが配置されている。レジスタ部 11 に設けられるレジスタは、外部からの参照のみが可能な R レジスタと、外部から設定が可能な W レジスタとに大別される。R レジスタは、主に ASIC 内部のステータス値を保持しており、システム CPU 5 はこれらの値を通信インターフェースを通じて読み取ることで、ASIC 10 の内部ステータスを監視できる。一方、W レジスタは、ASIC 10 の内部で参照される各種パラメータ値を保持する。これらの各種パラメータ値は、通信インターフェースを通じてシステム CPU 5 から設定できる。なお、通信用レジスタは、フリップフロップにより実現してもよく、RAM として実現してもよい。

【0040】

クロック生成部 12 は、システムクロック SCK を生成し、ASIC 10 内の各ブロックに供給する。ASIC 10 の多くのブロックは、システムクロック SCK に同期して動作する。本実施例ではシステムクロック SCK の周波数は 512 MHz とする。システムクロック SCK は、外部より入力されるリファレンスクロック RCK に同期するように、PLL で生成される。通常、リファレンスクロック RCK の発生源には水晶発振器が用いられる。

【0041】

TXHV 17 は、トランスマッタ 30 が必要とする DC 高電圧 (100 V 程度) を生成する。この高電圧は、DCDC コンバータ回路によって、低電圧 (5 V ~ 15 V 程度) を

10

20

30

40

50

昇圧することによって生成される。

【0042】

R X H V 1 8 は、レシーバ40が必要とするD C高電圧(100V程度)を生成する。この高電圧は、D C D Cコンバータ回路によって、低電圧(5V~15V程度)を昇圧することによって生成される。

【0043】

同期制御部13は、各種の制御信号を生成し出力する。本実施例における同期制御部13は、2つの制御信号、即ち、パルストリガ信号P TとA Dゲート信号G Tを出力する。これらの制御信号の設定例を図4に示し、それらの時間的関係を図5に示す。図5に示すように、これらの制御信号は所定の間隔で分割された時間区間(セグメントスロット)に同期して生成される。セグメントスロットの時間区間幅(セグメント周期)は「n Seg」で設定可能である。本実施例では、特記ない範囲において、「n Seg = 8192」に設定されているものとする。

10

【0044】

パルストリガ信号P Tは、A S I C 1 0 の外部に設けられたトランスマッタ30に供給される。トランスマッタ30は、パルストリガ信号P Tに応じて光パルスを出力する。パルストリガ信号P Tについては、セグメントスロット始点に対する遅延「d Trg」とパルス幅「w Trg」を設定可能である。なお、パルス幅w Trgは、狭すぎるとトランスマッタ30が反応しないため、トランスマッタ30のトリガ応答仕様に鑑みて決定される。

20

【0045】

A Dゲート信号G Tは、ゲート抽出部14に供給される。後述するように、ゲート抽出部14は、A D C 2 0 から入力されるA D C出力信号のうち、A Dゲート信号G Tのアサート区間のみを抽出して受信セグメントメモリ15に格納する。A Dゲート信号G Tについては、セグメントスロット始点に対する遅延時間「d Gate」とゲート幅「w Gate」を設定可能である。

30

【0046】

プリアンプ19は、A S I C 1 0 の外部に設置されたレシーバ40から入力されるアナログ電圧信号を電圧増幅し、後続のA D C 2 0 に供給する。なお、プリアンプ19の電圧ゲインはWレジスタにより設定可能である。

30

【0047】

A D C 2 0 は、プリアンプ19の出力信号をA D変換してデジタル系列に変換する。本実施例においては、A D C 2 0 のサンプリングクロックとしてシステムクロックS C Kが使用されており、A D C 2 0 の入力信号は512M H zでサンプリングされる。

40

【0048】

ゲート抽出部14は、A D C 2 0 から入力されるA D C出力信号のうち、A Dゲート信号G Tのアサート区間のみを抽出して受信セグメントメモリ15に格納する。ゲート抽出部14により抽出された区間信号を以下「受信セグメント信号R S」と呼ぶ。即ち、受信セグメント信号R Sは、ベクター長がゲート幅w Gateに等しい実数ベクトルである。ゲート抽出部14は、本発明における「区間信号抽出部」の一例である。

40

【0049】

ここで、A D C出力信号と受信セグメントとの関係、及びゲート位置の設定について説明する。図6(A)はセグメントスロットを示している。図6(B)に示すように、パルストリガ信号P Tはセグメントスロット始点に対してd Trgだけ遅れてアサートされる。図6の例ではd Trg = 0であるので、パルストリガ信号P Tはセグメントスロット始点でアサートされる。図6(C)は、ライダの走査原点に物体が置かれている場合のA D C出力信号(受信セグメント信号R S)を示している。即ち、図6(C)は、ターゲット距離(動径R)が0mの場合の受信セグメント信号R Sを例示している。図示のように、R = 0mの場合であっても、受信パルスの立ち上がりは、パルストリガ信号の立ち上がりよりシステム遅延D sysだけ遅れて観測される。なお、システム遅延D sysの発生要

50

因としては、トランスマッタ 3 0 内の L D ドライバ回路の電気的遅延、送信光学系 5 1 の光学的遅延、受信光学系 5 2 での光学的遅延、レシーバ 4 0 での電気的遅延、A D C 2 0 での変換遅延などが考えられる。

【0050】

図 6 (D) は、物体が動径 R に置かれている場合の受信セグメント信号 R S を例示している。この場合には、図 6 (C) と比べて、走査原点から物体までの光の往復時間だけ、遅延が増加することになる。この増加した遅延が、いわゆる「T O F (Time Of Flight) 遅延」である。この T O F 遅延を D サンプルとするならば、動径 R は下記の式で算出できる。

【0051】

【数1】

$$R = D(c/2) / F_{smp}$$

図 6 (F) は、d G a t e = 0 の場合の A D ゲート信号 G T を例示するものである。前述したとおり、ゲート抽出部 1 4 は、A D C 出力信号から、A D ゲート信号 G T のアサート区間のみを抽出する。後述する D S P 1 6 は、この抽出区間のみに基づいて、物体に関するパラメータ推定を行う。したがって、T O F 遅延時間が大きい場合には、物体からの戻りパルス成分がゲートからはみ出してしまい正当なパラメータ推定が行えない。正当なパラメータ推定が行われるためにには T O F 遅延時間 D が次式を満たしていることが必要となる。

【0052】

【数2】

$$D \leq D_{MAX} \equiv wGate - D_{SYS} - L_{IR}$$

ここで L_{IR} はシステムの総合インパルス応答の長さであり、 D_{MAX} は正当なパラメータ推定が可能な最大 T O F 遅延時間として定義される。図 6 (E) は、T O F 遅延時間がこの最大 T O F 遅延時間に等しい場合の受信セグメント信号 R S を例示している。

【0053】

なお、図 6 の例に代えて、ゲート遅延 d G a t e がシステム遅延時間に等しく設定されてもよい。このように設定することで、より遠い距離の物体まで、正当なパラメータ推定が可能となる。

【0054】

走査制御部 2 1 は、A S I C 1 0 の外部に設置されたロータリーエンコーダ 6 7 の出力を監視し、これに基づいてモータ 5 4 の回転を制御する。具体的には、走査制御部 2 1 は、走査光学部 5 0 のロータリーエンコーダ 6 7 (走査方向検出部 5 3) から出力される走査方向情報 S D I に基づいて、トルク制御信号 T C をモータ 5 4 に供給する。本実施例におけるロータリーエンコーダ 6 7 は、A 相と Z 相の 2 つのパルス列 (以下、「エンコーダパルス」と呼ぶ。) を出力する。両パルス列の時間関係を図 7 (A) に示す。図示のように、A 相については、モータ 5 4 の回転 1 ° 每に 1 パルスが生成出力される。従って、モータ 5 4 の 1 回転毎に 3 6 0 の A 相エンコーダパルスが生成出力されることになる。一方、Z 相については、モータ 5 4 の 1 回転につき 1 パルスが、所定の回転角に対応して、生成出力される。

【0055】

走査制御部 2 1 は、エンコーダパルスの立ち上がり時刻をシステムクロック S C K のカウンタ値として計測し、これが所望の値となるようにモータ 5 4 のトルクを制御する。即ち、走査制御部 2 1 は、エンコーダパルスとセグメントスロットが所望の時間関係となる

ようにモータ54をPLL制御する。

【0056】

エンコーダパルスとセグメントスロットの時間関係は、図7(B)に示されるWレジスタによって設定可能となっている。「nPr」には、モータ回転毎のA相エンコーダパルス数が設定される。これは、ロータリーエンコーダ67の仕様で決まる値であり、本実施例では前述の360が設定される。「nRpf」はフレーム毎の回転数を与えるものであり、「nSpf」はフレーム毎のセグメント数を与えるものである。また、「dSmpha」、「dSmph」は、エンコーダパルスの立ち上がりとセグメントスロットとの時間関係をサンプルクロック単位で調整するために用意されており、エンコーダパルスのセグメントスロット始点に対する遅延を規定することができる。一方、「dSegZ」は、Z相パルスの立ち上がりとフレームとの時間関係をセグメント単位で調整するために用意されている。10

【0057】

定常状態でのエンコーダパルスとセグメントスロットの時間関係を図8に示す。図示のように、デフォルト設定においては、1フレームは1800のセグメントから構成され、1フレームでモータ54は1回転することになる。

【0058】

(6) DSP

DSP16は、受信セグメントメモリ15から受信セグメント $y_{frm, seg}$ を順次的に読み出して、これに対して処理を行う。ここで、「frm」はフレームインデックス、「seg」はセグメントインデックスである。以下、誤解の恐れのない範囲でこれらインデックスの表記を省略する。受信セグメント y はベクター長wGateの実数ベクトルであり、次式で表される。20

【0059】

【数3】

$$\mathbf{y} = \{y_k : k = 0, 1, \dots, wGate - 1\}$$

DSP16の詳細な構成については、第1～第3実施例で説明する。DSP16は、本発明における「情報処理装置」の一例である。30

【0060】

ここで、受信セグメント y （即ち受信セグメント信号RS）には、電磁的飛びつきやグランドに流れる電流の影響等に起因して、セグメント周期に同期した妨害（単に「同期妨害」とも呼ぶ。）が重畠される。図9は、パルストリガ信号PTと受信セグメント信号RSとの関係を示す。図9の例では、パルストリガ信号PTのアサートにより射出される射出光Loに対してAPD41が受光する戻り光Lrの強度が仮に0である場合の受信セグメント信号RSを示している。

【0061】

図9の例では、パルストリガ信号PTの立ち上がり及び立下りに含まれる高周波成分が受信セグメント信号RSに重畠されている。ここで、パルストリガ信号PTのTTTレベルは通常3.3V又は5Vであり、APD41が出力する電流レベルはnA又はpAのオーダーとなる。従って、この場合、APD41の出力に対する同期妨害の影響が相対的大きいため、同期妨害がライダ1の物体検出性能や測距性能の低下の原因となり得る。以上を勘案し、以下に述べる第1及び第3実施例では、DSP16は、同期妨害を推定することで、同期妨害の影響を好適に低減する。なお、パルストリガ信号PTは本発明における「第1の信号」の一例であり、同期妨害は本発明における「ノイズ信号」の一例である。40

【0062】

<第1実施例>

まず、第1実施例について説明する。概略的には、ライダ1は、特定の走査方向の射出光Loを吸収する吸収体を備え、DSP16は、当該吸収体に入射する走査方向に対応する受信セグメントyを平均化することで、同期妨害を推定する。そして、DSP16は、推定した同期妨害を受信セグメントyから減算する。これにより、同期妨害の影響を好適に低減させる。

【0063】

図10(A)は、吸収体7の配置を概略的に示した図である。図10(A)では、吸収体7は、走査部55等を収容する略円筒状のライダ1の筐体25付近に配置されている。ここで、吸収体7は、走査部55により走査される360度の射出光Loの照射方向のうち、ライダ1が対象物を検出する対象とする方向以外の方向である検出対象外方向(矢印A1参照)に設けられている。図10(A)の例では、吸収体7は、角度「a」(例えば60度)分の射出光Loが照射されるライダ1の後方の筐体25の壁面に存在している。この場合、吸収体7は、例えば、射出光Lo及び戻り光Lrを透過させる筐体25の透明カバーの内側に設けられる。他の例では、吸収体7は、上述の筐体25の透明カバーのうち射出光Loを吸収するように加工(例えば黒塗り)された部分であってもよい。以後では、走査部55による1回分の走査が行われる期間(即ち1つのフレーム期間)内において、吸収体7に照射された射出光LoをAPD41が受光する期間を「反射抑制期間Ttag1」とも呼ぶ。反射抑制期間Ttag1は、吸収体7に射出光Loが照射される各走査角度に対応する複数のセグメント期間を含む。吸収体7に射出光Loが照射される走査角度に関する情報(例えばセグメントインデックス等)は、DSP16が参照できるようにWレジスタ等に予め記憶される。
10

【0064】

図10(B)は、図10(A)の例において、吸収体7が配置される方向に射出光Loが射出された状態を示す。吸収体7は、射出光Loが入射した場合、射出光Loの少なくとも一部を吸収することで、後述する同期妨害の推定に影響を与えない反射率、即ち同期妨害のレベルに対して十分に小さいレベルのAPD41の出力信号を発生させる反射率(例えば0.1%)を実現する。この場合、吸収体7で反射された射出光Loである戻り光Lrは、APD41が検知する同期妨害の出力レベルに対して十分に小さい強度となって走査部55に到達する。なお、吸収体7が射出光Loを完全に吸収する素材である場合には、戻り光Lrは発生しない。
20

【0065】

ここで、吸収体7は、例えば、非常に低い反射率の素材により射出光Loの反射面が形成される。他の例では、吸収体7は、多重反射構造を有し、各反射構造の内面(反射面)がそれぞれ低反射率となるビームダンパ等であってもよい。
30

【0066】

図11は、第1実施例においてDSP16が実行する信号処理のブロック図を示す。図11に示すように、第1実施例に係るDSP16は、同期妨害推定部71と、減算器72と、受信フィルタ73と、ピーク検出部74と、判定部75と、フォーマッタ76とを備える。DSP16は、受信セグメントメモリ15から受信セグメントyを順次的に読み出して、これに対して処理を行う。
40

【0067】

同期妨害推定部71は、反射抑制期間Ttag1内に生成された受信セグメントyを平均化し、平均化された受信セグメントyを、推定された同期妨害(「推定同期妨害w」とも呼ぶ。)として減算器72に供給する。同期妨害推定部71の詳細については後述する。減算器72は、受信セグメントyから、同期妨害推定部71から供給される推定同期妨害wを減算し、推定同期妨害wが減算された受信セグメントy(「補正受信セグメントydash」とも呼ぶ。)を受信フィルタ73へ供給する。同期妨害推定部71は本発明における「推定部」の一例であり、減算器72は本発明における「減算部」の一例である。

【0068】

受信フィルタ73は、補正受信セグメントydashに対して、所定のインパルス応答
50

「 h 」を畳み込んで（巡回畳み込み）、フィルタードセグメント「 z 」を算出する。ピーク検出部74は、フィルタードセグメント z 内で振幅が最大となる点、即ちピーク点を検出し、当該ピーク点の遅延「 D 」と振幅「 A 」を出力する。判定部75は、振幅 A が所定の閾値「 $t_{D e t}$ 」より大きい点のみを選択的にフォーマッタ76に送る。フォーマッタ76は、遅延 D と振幅 A 、及び当該セグメントのフレームインデックス $f_r m$ 、セグメントインデックス $s_e g$ を、適切なフォーマットに変換し、ターゲット情報 T_I としてシステムCPU5に出力する。

【0069】

以下、各ブロックについて詳しく説明する。

【0070】

10

同期妨害推定部71は、スイッチ77と、平均化処理部78とを含む。スイッチ77は、反射抑制期間 T_{tag1} 内のみオンとなるように制御されたスイッチであり、反射抑制期間 T_{tag1} 内に生成された受信セグメント y を平均化処理部78に供給する。なお、スイッチ77は、反射抑制期間 T_{tag1} の全ての期間でオンとなる必要はなく、反射抑制期間 T_{tag1} の一部の期間においてオンとなるように設定されてもよい。

【0071】

20

平均化処理部78は、スイッチ77がオンとなる期間に供給された受信セグメント y を平均化し、平均化された受信セグメント y を、推定同期妨害 w として減算器72に供給する。推定同期妨害 w は、ベクター長 $wGate$ の実数ベクトルである。この場合、例えば、平均化処理部78は、1つのフレーム期間内にスイッチ77から順次供給される受信セグメント y を積算し、積算した受信セグメント y を積算した受信セグメント y の数により除算することで平均化した受信セグメント y を、推定同期妨害 w として算出する。他の例では、平均化処理部78は、1つのフレーム期間内に算出した受信セグメント y の平均をさらにIIRフィルタ等によりフレーム方向に（即ち異なるフレームインデックス間で）平均化したものを、推定同期妨害 w として算出する。

【0072】

30

受信フィルタ73は、補正受信セグメント $y_{d_a s_h}$ に対して、インパルス応答 h を畳み込んでフィルタードセグメント z を算出する。受信フィルタ部73のインパルス応答 h は、Wレジスタで設定可能であり、例えばフィルタ出力でのSNRが大きくなるように予めシステムCPU5によって設定される。例えば、インパルス応答 h は、次式を満たすように設定される。このように設定することで、雑音が白色である場合で、かつシステム総合インパルス応答が $wGate$ に対して有意に短い場合には、オプティマルな性能（高SNR）を実現できる。

【0073】

【数4】

$$\begin{aligned} \mathbf{h} &= \{h_k : k = 0, 1, \dots, N-1\} & N = wGate \\ \mathbf{g} &= \{g_k : k = 0, 1, \dots, N-1\} \end{aligned}$$

$$h_k = \begin{cases} g_0 & \text{for } k = 0 \\ g_{N-k} & \text{for } k = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

40

上式（「関係式A」とも呼ぶ。）において、基準受信パルス「 g 」は走査原点（ $R = 0$ m）に物体を置いた場合に観測される受信セグメント波形であり、トランスマッタ30とレシーバ40を含むシステム全体の総合インパルス応答を代表している。実際に走査原点に物体を置くことが困難な場合には、例えば「 $R = 1$ m」での受信セグメント波形を観測し、これを数学的に時間シフトすることで、等価的に基準受信パルスを測定すれば良い。

50

【0074】

図12(A)は、1つのセグメント期間内における基準受信パルスg及びインパルス応答hの波形を示す。図12(A)に示すように、基準受信パルスgとインパルス応答hとは、上式に規定されるように、セグメント期間内で時間反転された関係となる。図12(B)は、走査原点($R = 0\text{ m}$)に物体を置いた場合に観測される補正受信セグメント $y_{d_{a_s}h}$ 及びフィルタードセグメントzの波形を示し、図12(C)は、「 $R = 10\text{ m}$ 」の場合に観測される補正受信セグメント $y_{d_{a_s}h}$ 及びフィルタードセグメントzの波形を示す。受信フィルタ73は、補正受信セグメント $y_{d_{a_s}h}$ に対してインパルス応答hを畠み込むことで、雑音除去のフィルタリングを行うと共に、図12(B)、(C)に示すように、システム遅延 D_{SYs} (図6(C)参照)分だけ位相を調整している。

10

【0075】

なお、受信フィルタ71の巡回畠み込み演算は、DFTを用いて周波数領域で実現されてもよい。こうすることで、演算量を大幅に削減できる。この場合、インパルス応答hをWレジスタで設定可能とする代わりに、インパルス応答hを予めDFT演算して周波数応答Hを求めて、周波数応答Hを設定可能にしておくとよい。

【0076】

ピーク検出部74は、フィルタードセグメント内で振幅が最大となる点、即ち、ピーク点をサブサンプル精度で検出し、当該ピーク点の遅延Dと振幅Aを出力する。図13に、「 $R = 10\text{ m}$ 」の場合のフィルタードセグメントを例示する。図中の曲線が標本化する前の連続時間波形を表しており、丸点が標本点を示している。ピーク検出部74は、標本化系列に基づいて連続時間系でのピーク位置を算出する。図13の例ではフィルタードセグメント $\{z_k : k = 0, 1, \dots, wGate - 1\}$ 上でサンプル単位でのピーク位置は「 $k = 34$ 」である。一方、連続時間波形での、即ち、サブサンプル精度でのピーク位置は、

$$D = R \cdot F_{smp} / (c / 2) = 34.157$$

である。ピーク検出部74は、このサブサンプル精度でのピーク点について、その遅延Dと、その振幅Aを推定算出する。

20

【0077】

サブサンプル精度でのピーク点検出処理には、各種のアルゴリズムが適用可能である。以下にその一例を示す。

30

(手順1) 振幅が最大であるサンプル点(図13ではP点)を求める。

(手順2) 手順1で求めた点(P点)、及びその前後の点(A点、B点)について、これら3点を通る二次曲線を求める。

40

(手順3) 手順2で求めた二次曲線の極大点として遅延D、振幅Aを求める。

【0078】

判定部75は、ピーク検出部74から出力されるピーク点情報D、A(遅延D、振幅A)に基づいて、当該検出点に物体が存在するか否かの判定を行う。この判定は、ピーク点の振幅Aと判定閾値「 $tDec$ 」とを比較することによって行われる。具体的には、判定部75は、 $A > tDec$ の場合に「物体が存在する」と判定し、当該ピーク点情報を出力する。一方、判定部75は、 $A \leq tDec$ の場合には「物体が存在しない」と判定し、当該ピーク点情報を出力しない。

【0079】

フォーマッタ76は、判定部75から出力されるピーク点情報D、Aと当該ピーク点に対応する走査情報(フレームインデックスfrm、セグメントインデックスseg)をユーザー(上位システム)が使いやすい形式に変換する。本実施例におけるフォーマッタ76は、以下のフォーマット変換を行う。

50

(1) フレームインデックスfrmは、そのまま出力する。

(2) セグメントインデックスsegは、水平走査角度に変換して出力する。

(3) 遅延Dは、動径(距離)Rに変換して出力する($R = D(c/2)/F_{smp}$)。

(4) 振幅Aは、そのまま出力する。

(5) 振幅 A、動径 R から反射率 U を算出して出力する ($U = A / (R)$)。

【0080】

ここで、反射率 U を算出するための関数「 (R) 」は反射率変換テーブルであり、外部 CPU から設定可能である。同テーブルを、動径 R に設置された反射率 100% のランバート拡散体から得られるピーク振幅の期待値に設定しておくことで、誤差の少ない反射率推定が可能となる。

【0081】

以上説明したように、第 1 実施例に係るライダ 1 は、照射方向を変えながら、パルストリガ信号 PT に応じて射出光 Lo を照射する走査部 55 と、所定の照射方向に配置され、射出光 Lo を吸収する吸収体 7 と、射出光 Lo の戻り光 Lr を受光する APD41 と、DSP16 とを備える。DSP16 は、射出光 Lo の照射方向が吸収体 7 に照射される方向であるときの APD41 の出力信号に基づいて、パルストリガ信号 PT 等に起因するノイズ信号である推定同期妨害 w を算出する同期妨害推定部 71 を備える。これにより、ライダ 1 は、同期妨害に起因した物体検出性能や測距性能の劣化を好適に抑制することができる。10

【0082】

< 第 2 実施例 >

次に、第 2 実施例について説明する。第 2 実施例に係るライダ 1 は、吸収体 7 に代えて、反射体を備える。そして、DSP16 は、反射体で反射された戻り光 Lr に対する受信セグメント y を平均化することで、基準受信パルス g を推定する。以後では、第 1 実施例と同様の要素については適宜同一の要素を付し、その説明を省略する。20

【0083】

まず、基準受信パルス g を推定することの効果について説明する。基準受信パルス g を特定既知として予め測定して W レジスタに記憶させた基準受信パルス g を用いる場合、個体差や経年変化等に基づく誤差の影響が生じ、結果として物体検出性能や測距性能が低下するという問題がある。具体的には、ライダ 1 の開発工程で基準受信パルス g の測定を実行する場合には、LD35 の送信パルス形状や時間遅延に対する個体差やレシーバ 40 の個体差等に対応できないという問題がある。一方、ライダ 1 の製造工程で基準受信パルス g の測定を実行する場合であっても、上述の送信パルス形状等の経年変化や温度等の周囲環境に起因した変化に対応できないという問題がある。以上を勘案し、第 2 実施例に係る DSP16 は、現在のライダ 1 の状態や周辺環境等に適した基準受信パルス g を推定することで、物体検出性能や測距性能の低下を好適に抑制する。30

【0084】

図 14 (A) は、反射体 8 の配置を概略的に示した図である。図 14 (A) では、反射体 8 は、走査部 55 等を収容する略円筒状のライダ 1 の筐体 25 付近に配置されている。ここで、反射体 8 は、走査部 55 により走査される 360 度の射出光 Lo の照射方向のうち、ライダ 1 が対象物を検出する対象とする方向以外の方向である検出対象外方向 (矢印 A1 参照) に設けられている。図 14 (A) の例では、反射体 8 は、角度「 b 」(例えば 60 度) 分の射出光 Lo が照射されるライダ 1 の後方の筐体 25 の壁面に存在している。この場合、反射体 8 は、例えば、射出光 Lo 及び戻り光 Lr を透過させる筐体 25 の透明カバーの内側に設けられる。他の例では、反射体 8 は、上述の筐体 25 の透明カバーのうち射出光 Lo を反射するように加工された部分であってもよい。以後では、走査部 55 による 1 回分の走査が行われる期間 (即ち 1 つのフレーム期間) 内において、反射体 8 に照射された射出光 Lo を APD41 が受光する期間を「基準反射期間 Ttag2」とも呼ぶ。基準反射期間 Ttag2 は、反射体 8 に射出光 Lo が照射される各走査角度に対応する複数のセグメント期間を含む。反射体 8 に射出光 Lo が照射される走査角度に関する情報 (例えばセグメントインデックス等) は、DSP16 が参照できるように W レジスタ等に予め記憶される。40

【0085】

図 14 (B) は、図 14 (A) の例において、反射体 8 が配置される方向に射出光 Lo

50

が射出された状態を示す、反射体 8 は、射出光 L_o が入射した場合、所定の反射率により射出光 L_o を戻り光 L_r として反射させて戻り光 L_r を走査部 55 に到達させる。ここで、反射体 8 の反射率は、反射体 8 で反射された戻り光 L_r が A P D 41 に入射した場合に、A D C 20 に入力されるアナログ電圧信号のレベルが A D C 20 の入力ダイナミックレンジ内に収まる（即ち、雑音に対して小さすぎず、かつ、飽和状態が発生しない）反射率の範囲となる。言い換えると、反射体 8 の反射率は、反射体 8 によって反射された戻り光 L_r を A P D 41 が受光したときに A D C 20 に入力される信号が、ノイズに対して識別可能な値であって、かつ、A D C 20 において飽和しない値となるような反射率である。反射体 8 がこのような反射率を有することで、D S P 16 は、的確に基準受信パルス g の推定を行うことが可能である。

10

【 0 0 8 6 】

図 15 は、第 2 実施例において D S P 16 が実行する信号処理のブロック図を示す。図 15 に示すように、第 2 実施例に係る D S P 16 は、基準受信パルス推定部 80 と、マッチドフィルタ 81 と、ピーク検出部 74 と、判定部 75 と、フォーマッタ 76 とを備える。D S P 16 は、受信セグメントメモリ 15 から受信セグメント y を順次的に読み出して、これに対して処理を行う。

【 0 0 8 7 】

基準受信パルス推定部 80 は、基準反射期間 T_{tag} 2 内に生成された受信セグメント y を平均化し、平均化された受信セグメント y を、基準受信パルス g としてマッチドフィルタ 81 へ供給する。基準受信パルス推定部 80 は、スイッチ 77A と、平均化処理部 78A とを有する。

20

【 0 0 8 8 】

スイッチ 77A は、基準反射期間 T_{tag} 2 内のみオンとなるように制御されたスイッチであり、基準反射期間 T_{tag} 2 内に生成された受信セグメント y を平均化処理部 78A に供給する。なお、スイッチ 77A は、基準反射期間 T_{tag} 2 の全ての期間でオンとなる必要はなく、基準反射期間 T_{tag} 2 の一部の期間においてオンとなるように設定されてもよい。

30

【 0 0 8 9 】

平均化処理部 78A は、スイッチ 77A がオンとなる期間に供給された受信セグメント y を平均化し、平均化された受信セグメント y を、推定された基準受信パルス g としてマッチドフィルタ 81 へ供給する。この場合、例えば、平均化処理部 78A は、1つのフレーム期間内にスイッチ 77A から順次供給される受信セグメント y を積算し、積算した受信セグメント y を積算した受信セグメント y の数により除算することで平均化した受信セグメント y を、推定された基準受信パルス g として算出する。他の例では、平均化処理部 78A は、1つのフレーム期間内に算出した受信セグメント y の平均をさらに I I R フィルタ等によりフレーム方向に（即ち異なるフレームインデックス間で）平均化したものと、推定された基準受信パルス g として算出する。

【 0 0 9 0 】

マッチドフィルタ 81 は、受信フィルタ 73A と、時間反転部 79 とを含む。時間反転部 79 は、上述した関係式 A に基づき、基準受信パルス g からインパルス応答 h を生成する。この場合、基準受信パルス g とインパルス応答 h とは、図 12 (A) に示したように、セグメント期間内で時間反転させた関係となる。受信フィルタ 73A は、受信セグメント y に対して、時間反転部 79 が output するインパルス応答 h を畳み込んでフィルタードセグメント z を算出する。この場合、受信フィルタ 73A に供給されるインパルス応答 h は、現在のライダ 1 の状態や周辺環境等に即した基準受信パルス g から生成されている。よって、受信フィルタ 73A は、送信パルス形状等の経年変化や温度等の周囲環境に起因した変化によらず、雑音や時間遅延等を的確に補正したフィルタードセグメント z をピーク検出部 74 に出力することができる。

40

【 0 0 9 1 】

ピーク検出部 74 は、フィルタードセグメント z 内で振幅が最大となるピーク点を検出

50

し、当該ピーク点の遅延Dと振幅Aを出力する。判定部75は、振幅Aが閾値tDetより大きい点のみを選択的にフォーマッタ76に送る。フォーマッタ76は、遅延Dと振幅A、及び当該セグメントのフレームインデックスfrm、セグメントインデックスsegを、適切なフォーマットに変換し、ターゲット情報TIとしてシステムCPU5に出力する。

【0092】

以上説明したように、第2実施例に係るライダ1は、照射方向を変えながら射出光Loを照射する走査部55と、所定の照射方向に配置され、射出光Loを反射する反射体8と、対象物にて反射された射出光Loの戻り光Lrを受光するAPD41と、DSP16とを備える。DSP16は、反射体8によって反射された戻り光LrをAPD41が受光したときのAPD41の出力信号に基づいて、マッチドフィルタ81によって利用される基準受信パルスgを推定する基準受信パルス推定部80を備える。これにより、ライダ1は、送信パルス形状等の経年変化や温度等の周囲環境の変化に対応した基準受信パルスgを好適に推定して高SNRを実現することができる。10

【0093】

<第3実施例>

次に、第3実施例について説明する。第3実施例では、DSP16は、第1実施例で説明した推定同期妨害wの算出処理と、第2実施例で説明した基準受信パルスgの推定処理との両方を実行する。この場合、DSP16は、吸収体7での反射率が理想値（即ち実質0%）でない場合を想定し、吸収体7により反射された戻り光Lrの影響を排除する処理を実行する。これにより、DSP16は、受信セグメントyに影響を与える吸収体7からの戻り光Lrが発生する場合であっても、推定同期妨害w及び基準受信パルスgを的確に推定する。20

【0094】

まず、吸収体7及び反射体8の配置例について説明する。図16(A)は、吸収体7及び反射体8の配置を概略的に示した図である。

【0095】

図16(A)では、吸収体7及び反射体8は、略円筒状のライダ1の筐体25付近に配置されている。この場合、走査部55に対する吸収体7の距離と、走査部55に対する反射体8の距離とは略等距離となっている。さらに、吸収体7及び反射体8は、第1及び第2実施例と同様、走査部55により走査される360度の射出光Loの照射方向のうち、ライダ1が対象物を検出する対象とする方向以外の検出対象外方向(矢印A1参照)にそれぞれ設けられている。なお、図16(A)では、吸収体7と反射体8とは隣接して設けられているが、これに限らず所定間隔だけ離れて設けられてもよい。30

【0096】

次に、吸収体7により反射された戻り光Lrの影響について説明する。図16(B)は、図16(A)の例において、吸収体7が配置される方向に射出光Loが射出された状態を示す。

【0097】

図16(B)の場合、理想的には、吸収体7の反射率が実質的に0となり、APD41が受光する戻り光Lrの強度が実質的に0になることが望ましい。しかし、実際には、そのような反射率を有する吸収体7を用意するのが困難であったり、仮にそのような反射率を有する吸収体7を設けた場合であっても、経年変化等に起因して徐々に反射率が理想値から乖離してしまったりすることが考えられる。この場合には、無視できない程度の光量を有する吸収体7からの戻り光Lrが走査部55に到達し、受信セグメントyに影響を与えることになる。40

【0098】

図17(A)～(C)は、それぞれ、受信セグメントyに重畠される吸収体7からの反射成分と、同期妨害成分と、反射体8からの反射成分とをそれぞれ示す。ここで、反射抑制期間Ttag1では、受信セグメントyの波形は、図17(A)に示す吸収体7からの50

反射成分と図17(B)に示す同期妨害成分との和(より詳細にはランダム雑音も加わる)に相当する。よって、第1実施例で説明した同期妨害推定部71による推定同期妨害wの算出方法では、推定同期妨害wに図17(B)に示す同期妨害成分に加えて、図17(A)に示す吸収体7からの反射成分が含まれることになり、的確に同期妨害成分の推定ができなくなる。

【0099】

一方、吸収体7と反射体8は、それぞれ走査部55に対して略等距離に配置されていることから、図17(A)、(C)に示すように、吸収体7からの反射成分のピーク位置と、反射体8からの反射成分のピーク位置とはほぼ等しい。以上を勘案し、DSP16は、後述するように、反射抑制期間 T_{tag} 1で得られる受信セグメントy(即ち吸収体7からの反射成分が重畠された推定同期妨害w)に対し、図17(C)に示す反射体8からの反射成分との相関を算出することで、図17(A)に示す吸収体7からの反射成分のレプリカを好適に生成し、反射成分が重畠された推定同期妨害から反射成分のレプリカを減算することで好適に同期妨害のみを推定する。

10

【0100】

図18は、第3実施例においてDSP16が実行する信号処理のブロック図を示す。図18に示すように、第3実施例に係るDSP16は、同期妨害第1推定部71Xと、同期妨害第2推定部71Yと、減算器72と、基準受信パルス推定部80Aと、マッチドフィルタ81Aと、ピーク検出部74と、判定部75と、フォーマッタ76とを備える。DSP16は、受信セグメントメモリ15から受信セグメントyを順次的に読み出して、これに対して処理を行う。

20

【0101】

同期妨害第1推定部71Xは、第1実施例の同期妨害推定部71と同様の処理を実行することで、反射抑制期間 T_{tag} 1内の受信セグメントyから第1実施例の推定同期妨害wに相当する補正前推定同期妨害「v」を生成する。具体的には、同期妨害第1推定部71Xは、反射抑制期間 T_{tag} 1のみオンとなるスイッチを有し、反射抑制期間 T_{tag} 1での受信セグメントyを抽出する。そして、同期妨害第1推定部71Xは、抽出した反射抑制期間 T_{tag} 1での受信セグメントyを第1実施例の平均化処理部78と同様の平均化処理を実行することで、ベクター長wGateの実数ベクトルである補正前推定同期妨害vを生成する。

30

【0102】

同期妨害第2推定部71Yは、反射抑制期間 T_{tag} 1の終了時点において、後述する基準受信パルス推定部80Aが推定した基準受信パルスg及び同期妨害第1推定部71Xが算出した補正前推定同期妨害vに基づき、図17(A)に示した吸収体7からの反射成分を補正前推定同期妨害vから除去した推定同期妨害wを算出する。同期妨害第2推定部71Yのブロック構成例については後述する。なお、同期妨害第2推定部71Yが推定同期妨害wを算出するまでの期間では、同期妨害第2推定部71Yは、補正前推定同期妨害vを推定同期妨害wとして減算器72に供給する。

【0103】

減算器72は、第1実施例と同様に、受信セグメントyから推定同期妨害wを減算し、補正受信セグメント y_{dash} を基準受信パルス推定部80A及びマッチドフィルタ81Aにそれぞれ供給する。この場合、補正受信セグメント y_{dash} は、図17(B)に示す同期妨害成分が減算器72により減算されている。なお、図17(A)に示す吸収体7からの反射成分を含んだ補正前推定同期妨害vが推定同期妨害wとして減算器72に入力される期間では、減算器72は、後述するように、図17(B)に示す同期妨害成分に加えて、図17(A)に示す吸収体7の反射成分の減算を行うことになる。その結果、補正受信セグメント y_{dash} は、図17(A)に示す吸収体7の反射成分だけ過剰に減算されることになる。

40

【0104】

基準受信パルス推定部80Aは、補正受信セグメント y_{dash} に対して第2実施例の

50

基準受信パルス推定部 80 と同様の処理を実行することで、基準受信パルス g を推定する。具体的には、基準受信パルス推定部 80A は、第 2 実施例のスイッチ 77A 及び平均化処理部 78A に相当する要素を有し、基準反射期間 T_{tag2} 内に生成された補正受信セグメント y_{dash} を抽出して平均化し、平均化された補正受信セグメント y_{dash} を基準受信パルス g として推定する。基準受信パルス推定部 80A は、推定した基準受信パルス g を、同期妨害第 2 推定部 71Y 及びマッチドフィルタ 81A にそれぞれ供給する。

【0105】

ここで、基準受信パルス推定部 80A に供給される補正受信セグメント y_{dash} は、補正前推定同期妨害 v が推定同期妨害 w として減算器 72 に入力される期間では、図 17 (A) に示す吸收体 7 の反射成分だけ過剰に減算された状態となっている。従って、この期間中では、基準受信パルス推定部 80A は、図 17 (A) に示す吸收体 7 の反射成分だけ過剰に減算された基準受信パルス g を同期妨害第 2 推定部 71Y に供給する。

10

【0106】

マッチドフィルタ 81A は、補正受信セグメント y_{dash} に対して第 2 実施例のマッチドフィルタ 81 と同様の処理を行うことで、フィルタードセグメント z を生成してピーク検出部 74 へ供給する。具体的には、マッチドフィルタ 81A は、第 2 実施例の受信フィルタ 73A と時間反転部 79 に相当する要素を有し、基準受信パルス g から関係式 A に基づきインパルス応答 h を生成した後、補正受信セグメント y_{dash} に対してインパルス応答 h を畳み込んでフィルタードセグメント z を算出する。

20

【0107】

ピーク検出部 74 は、フィルタードセグメント z 内で振幅が最大となるピーク点を検出し、当該ピーク点の遅延 D と振幅 A を出力する。判定部 75 は、振幅 A が閾値 t_{Det} より大きい点のみを選択的にフォーマッタ 76 に送る。フォーマッタ 76 は、遅延 D と振幅 A 、及び当該セグメントのフレームインデックス frm 、セグメントインデックス seg を、適切なフォーマットに変換し、ターゲット情報 TI としてシステム CPU 5 に出力する。

20

【0108】

図 19 は、同期妨害第 2 推定部 71Y が実行する信号処理のブロックを示す。図 19 に示すように、同期妨害第 2 推定部 71Y は、相関算出部 86 と、レプリカ生成部 87 と、減算器 88 とを有する。また、図 19 では、補正前推定同期妨害 v が推定同期妨害 w として減算器 72 に入力される期間における各入出力の波形を一点鎖線枠 90 ~ 93 内に示している。

30

【0109】

相関算出部 86 は、同期妨害第 1 推定部 71X から供給される補正前推定同期妨害 v と、基準受信パルス推定部 80A から供給される基準受信パルス g との相関を計算することで、吸收体 7 からの反射成分（図 17 (A) 参照）のピーク位置での振幅の推定値に相当する振幅推定値「 A_{dark} 」を算出する。具体的には、相関算出部 86 は、以下の式に示すように、ベクター長がゲート幅 $wGate$ （ここでは 1024）に等しい実数ベクトルである補正前推定同期妨害 v と正規化した基準受信パルス g とのスカラー積（内積）を計算することで、振幅推定値 A_{dark} を算出する。

40

【0110】

【数 5】

$$A_{dark} = \frac{1}{\| \mathbf{g} \|} \sum_{k=0}^{k < wGate} v_k g_k \quad \| \mathbf{g} \| = \sqrt{\sum_{k=0}^{k < wGate} |g_k|^2}$$

ここで、上式に基づく振幅推定値 A_{dark} の算出の妥当性について説明する。基準受信パルス g は、図 17 (A) に示す吸收体 7 の反射成分だけ過剰に減算された状態で基準受信パルス推定部 80A から相関算出部 86 に供給される。従って、この場合、基準受信

50

パルス g は、一点鎖線枠 9 1 内に示されるように、図 17 (C) に示す反射体 8 からの反射成分と吸収体 7 からの反射成分に起因した過剰減算分との和に相当する。また、相関算出部 8 6 に供給される補正前推定同期妨害 v は、一点鎖線枠 9 0 内に示されるように、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分と、図 17 (B) に示した同期妨害成分との和に相当する。この場合、反射体 8 からの反射成分と吸収体 7 からの反射成分に起因した過剰減算分とは、ピーク位置が略一致し、これらの和に相当する基準受信パルス g のピーク位置は、吸収体 7 からの反射成分のピーク位置と略一致することになる。従って、相関算出部 8 6 は、上式に基づき、基準受信パルス g と補正前推定同期妨害 v との相関を算出することで、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分のピーク位置の振幅を的確に推定することができる。なお、上述の振幅推定値 A_{dark} の算出式では、ルート演算を避け、かつ、後述するレプリカ u の算出の際の基準受信パルス g の大きさによる除算を省くため、補正前推定同期妨害 v と基準受信パルス g とのスカラー積が基準受信パルス g の大きさの 2 乗により除算されている。

10

【0111】

レプリカ生成部 8 7 は、相関算出部 8 6 が出力する振幅推定値 A_{dark} と基準受信パルス g に基づき、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分のレプリカ「 u 」を生成する。レプリカ u は、ベクター長がゲート幅 w_{Gate} に等しい実数ベクトルである。ここで、レプリカ生成部 8 7 は、基準受信パルス g のピーク位置が図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分のピーク位置と略一致することを勘案し、以下の式に示すように、基準受信パルス g とピーク位置が一致し、ピーク位置での振幅が振幅推定値 A_{dark} に相当する振幅となるようにレプリカ u を生成する。

20

【0112】

【数 6】

$$\mathbf{u} = A_{dark} \mathbf{g}$$

このようにすることで、レプリカ生成部 8 7 は、一点鎖線枠 9 2 内に示すように、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分のレプリカを好適に生成することができる。

30

【0113】

減算器 8 8 は、レプリカ生成部 8 7 が生成したレプリカ u を補正前推定同期妨害 v から減算する。この場合、一点鎖線枠 9 3 内に示すように、推定同期妨害 w は、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分が補正前推定同期妨害 v から好適に除去されている。その後、推定同期妨害 w は減算器 7 2 に供給され、減算器 7 2 は、推定同期妨害 w を受信セグメント y から減算した補正受信セグメント y_{dash} を生成して基準受信パルス推定部 8 0 A 及びマッチドフィルタ 8 1 A に供給する。この場合、基準受信パルス推定部 8 0 A は、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分の影響分が除かれた基準受信パルス g (図 17 (C) 参照) を生成する。マッチドフィルタ 8 1 A は、同期妨害成分が除去された補正受信セグメント y_{dash} に対し、吸収体 7 からの反射成分の影響分が除かれた基準受信パルス g に基づくフィルタリングを行う。これにより、マッチドフィルタ 8 1 A は、雑音や時間遅延等を的確に補正したフィルタードセグメント z をピーク検出部 7 4 に出力する。

40

【0114】

ここで、図 18 に示す DSP 16 のブロック構成において、同期妨害第 2 推定部 7 1 Y を設けることの効果についてさらに補足説明する。図 18 に示す構成に代えて、仮に同期妨害第 2 推定部 7 1 Y を設けない構成の場合 (即ち、第 1 実施例の同期妨害推定部 7 1 と第 2 実施例の基準受信パルス推定部 8 0 とを単に並べた構成の場合)、反射抑制期間 T_{tag1} で算出される推定同期妨害 w は、図 17 (B) に示した同期妨害成分に加えて、図 17 (A) に示した吸収体 7 からの反射成分が含まれることになる。この場合、ライダ 1

50

の検出対象方向の走査期間においても、吸収体 7 からの反射成分が含まれる推定同期妨害 w に基づき補正受信セグメント $y_{d\ a\ s\ h}$ が生成されるため、補正受信セグメント $y_{d\ a\ s\ h}$ に基づく反射率や測距の推定に誤差が生じることになる。また、基準反射期間 $T_{tag\ 2}$ で算出される基準受信パルス g は、図 19 の一点鎖線枠 9 1 に示すように、吸収体 7 からの反射成分に起因した過剰減算分が含まれることになり、基準受信パルス g の推定精度が低下することになる。以上を勘案し、第 3 実施例に係る DSP 1 6 は、推定同期妨害 w から吸収体 7 からの反射成分を除去するための同期妨害第 2 推定部 7 1 Y を有することで、吸収体 7 からの反射成分に起因した誤差等の発生を好適に抑制することができる。

【 0 1 1 5 】

以上説明したように、第 3 実施例に係るライダ 1 は、照射方向を変えながら射出光 L_o を照射する走査部 5 5 と、第 1 照射方向に配置され、射出光 L_o を反射する反射体 8 と、第 2 照射方向に配置され、射出光 L_o を吸収する吸収体 7 と、戻り光 L_r を受光する APD 4 1 と、DSP 1 6 とを備える。DSP 1 6 は、射出光 L_o の照射方向が第 1 照射方向及び第 2 照射方向であるときの各々の APD 4 1 の出力信号に基づいて、吸収体 7 の反射成分のレプリカ u を生成する。これにより、ライダ 1 は、レプリカ u を補正前推定同期妨害 v から除去して推定同期妨害 w を推定することができ、吸収体 7 からの反射成分に起因した誤差等の発生を好適に抑制することができる。

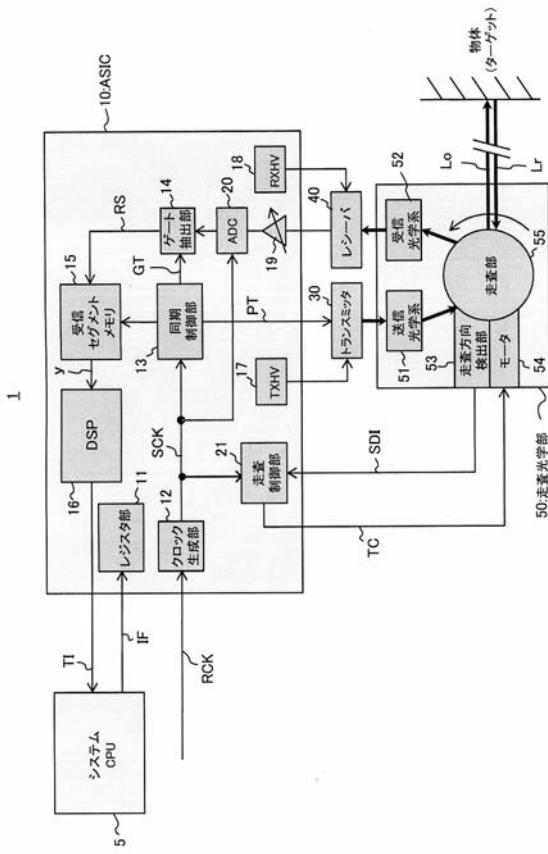
10

【 符号の説明 】

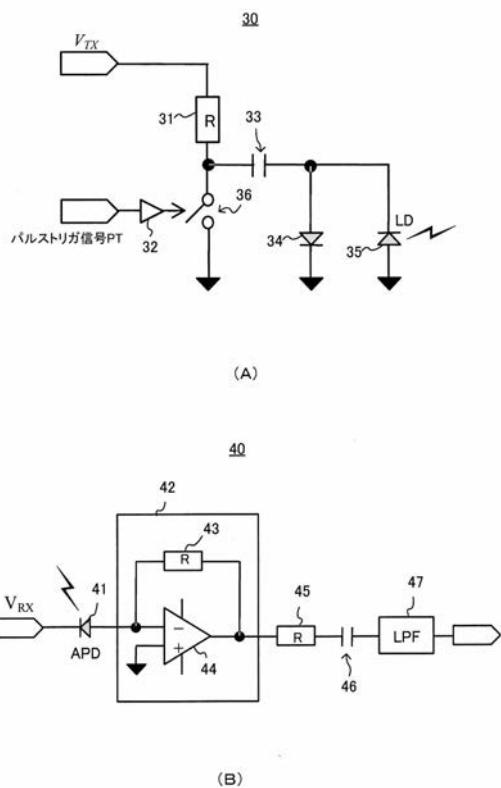
【 0 1 1 6 】

- | | | |
|-----|----------|----|
| 1 | ライダ | 20 |
| 5 | システム CPU | |
| 7 | 吸収体 | |
| 8 | 反射体 | |
| 1 0 | ASIC | |
| 3 0 | トランスマッタ | |
| 4 0 | レシーバ | |
| 5 0 | 走査光学部 | |

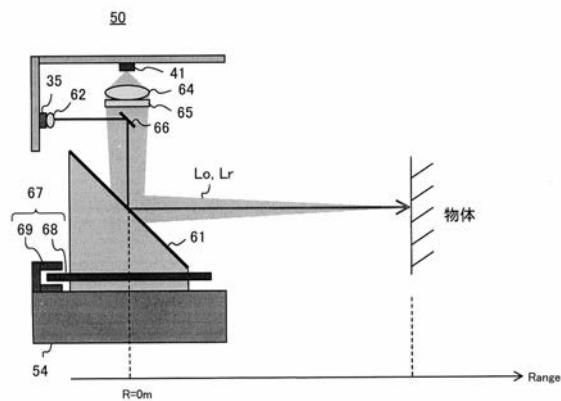
【図1】



【図2】



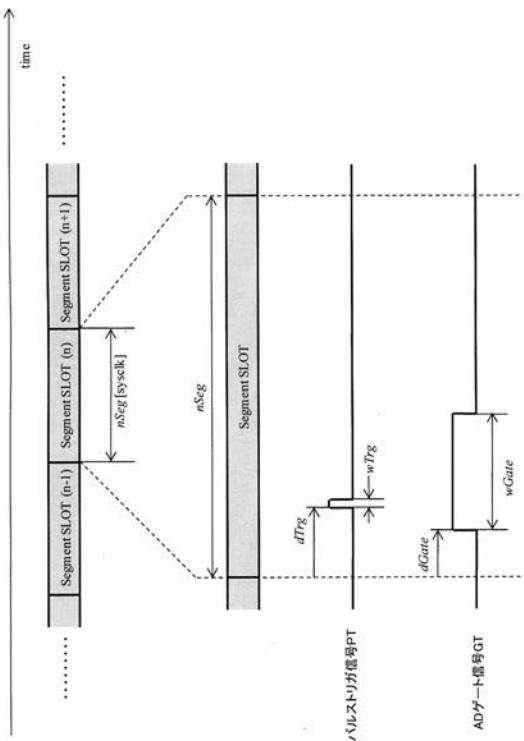
【図3】



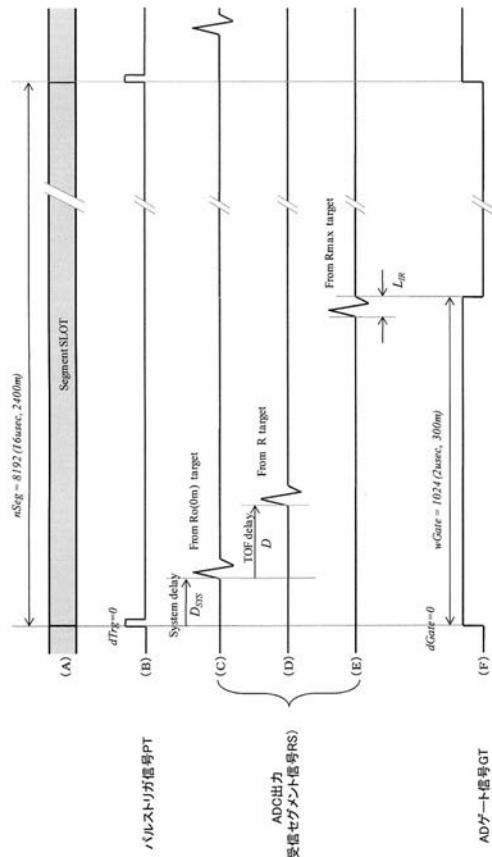
【図4】

Name	Definition	Format	Default	Unit
<i>nSeg</i>	セグメント周期	unsigned	8192	Tsys
<i>dTrg</i>	トリガ遅延	signed	0	Tsys
<i>wTrg</i>	トリガ幅	unsigned	64	Tsys
<i>dGate</i>	ゲート遅延	signed	0	Tsys
<i>wGate</i>	ゲート幅	unsigned	1024	Tsys

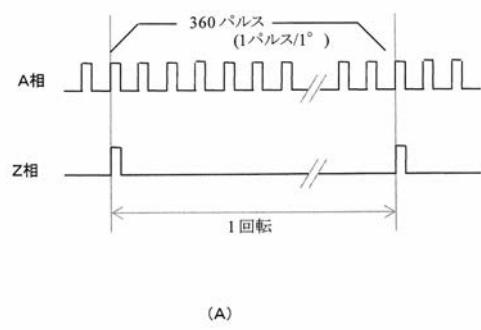
【図5】



【図6】



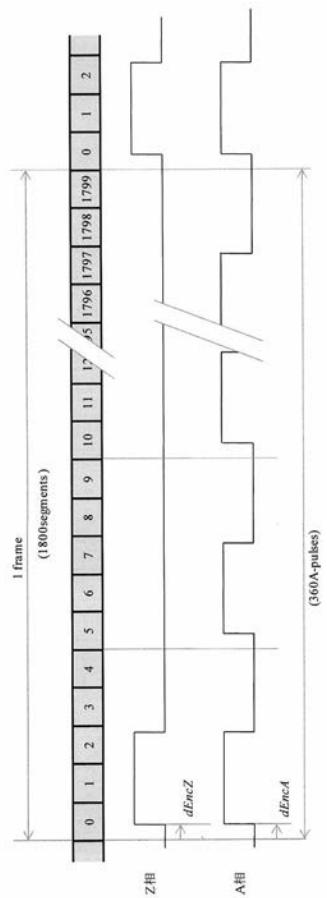
【図7】



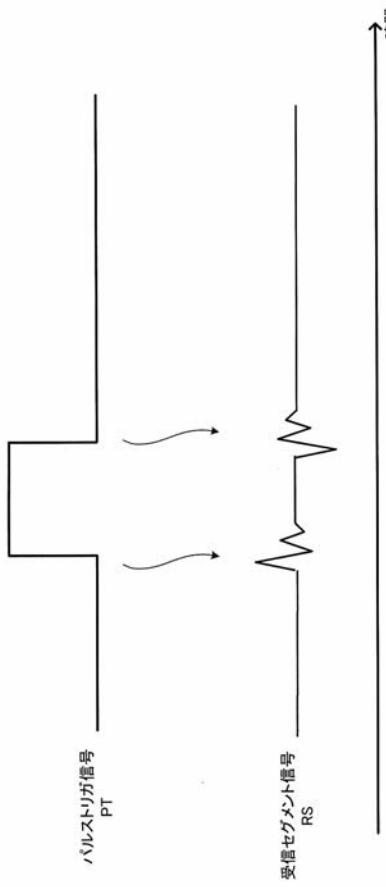
(A)

(B)

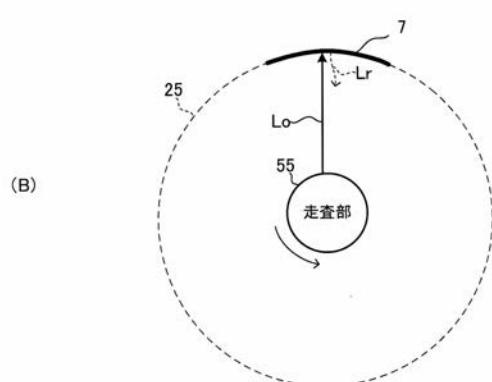
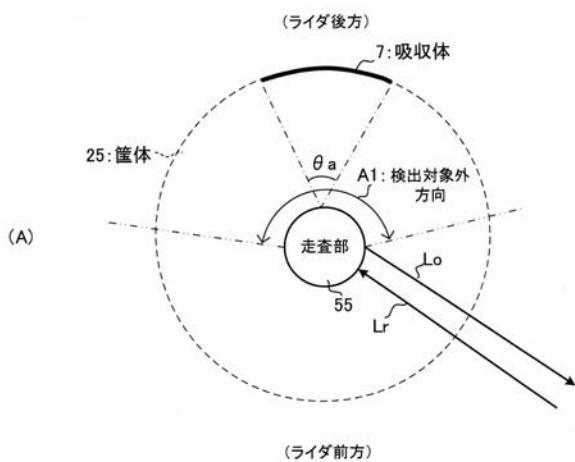
【図8】



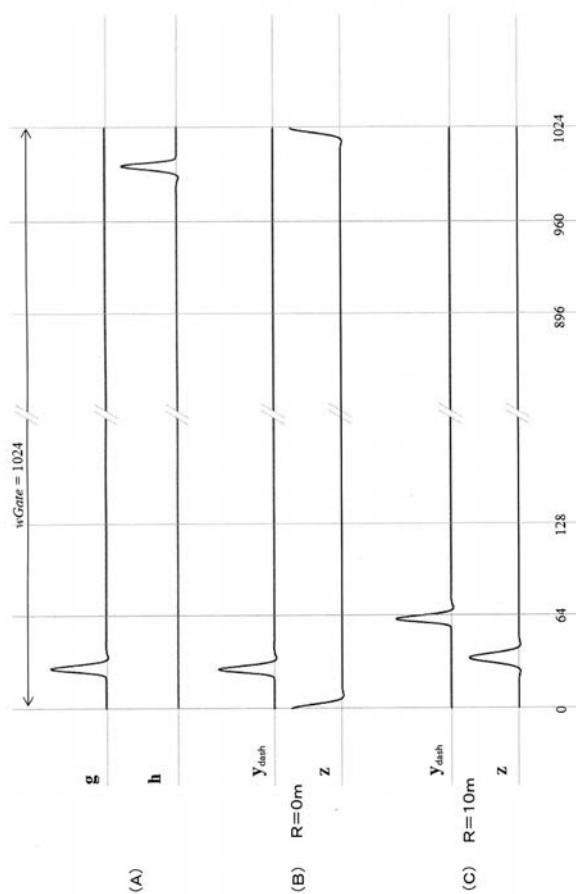
【図9】



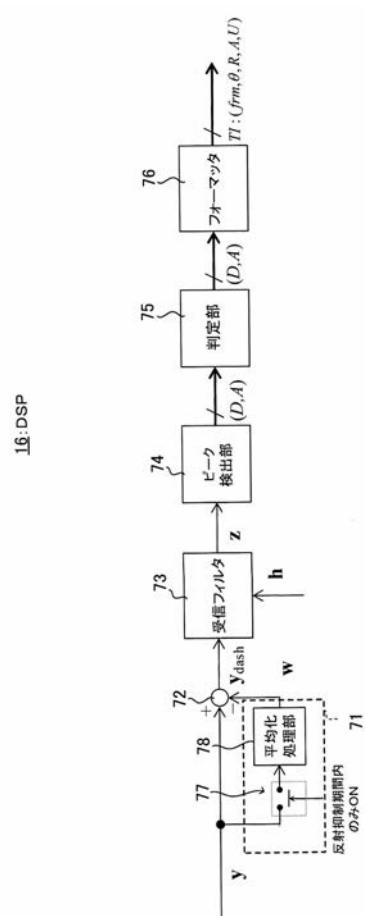
【図 1 0】



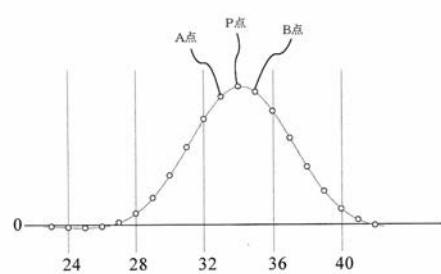
【図 1 2】



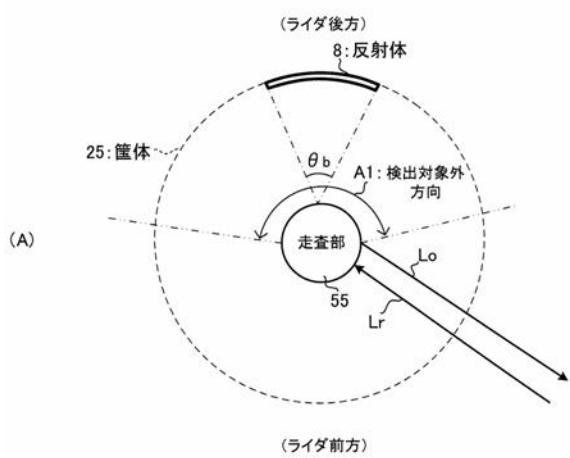
【図 1 1】



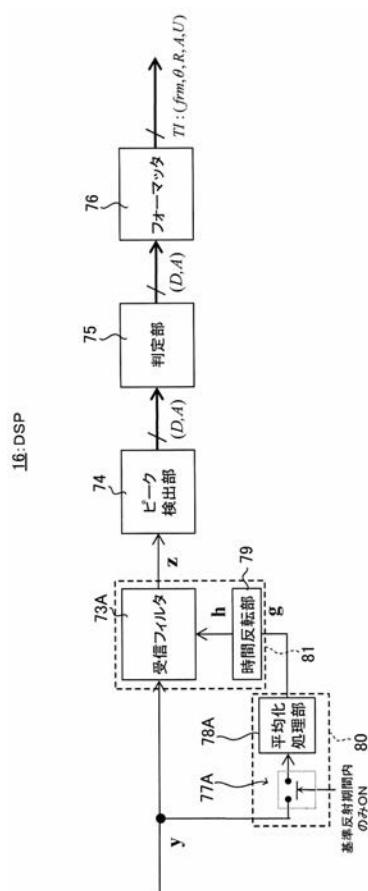
【図 1 3】



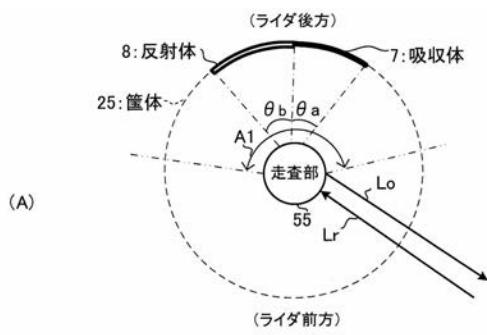
【図 1 4】



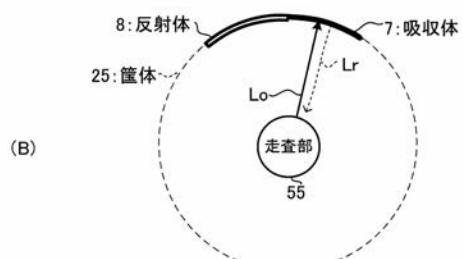
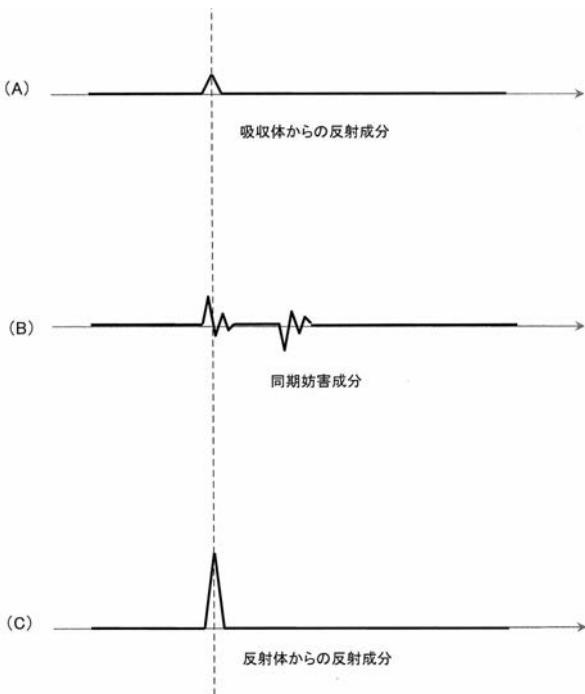
【図 1 5】



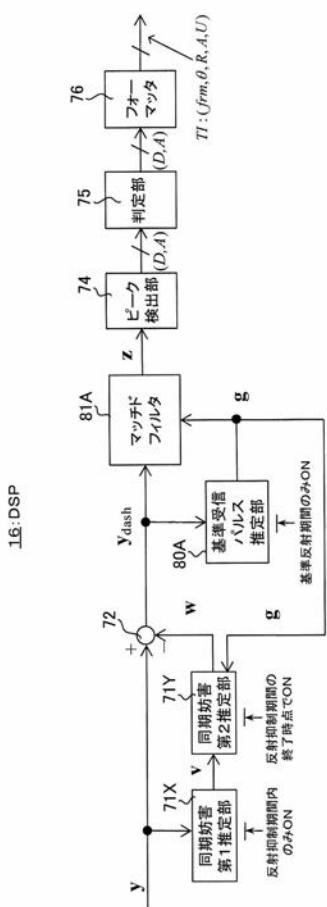
【図 1 6】



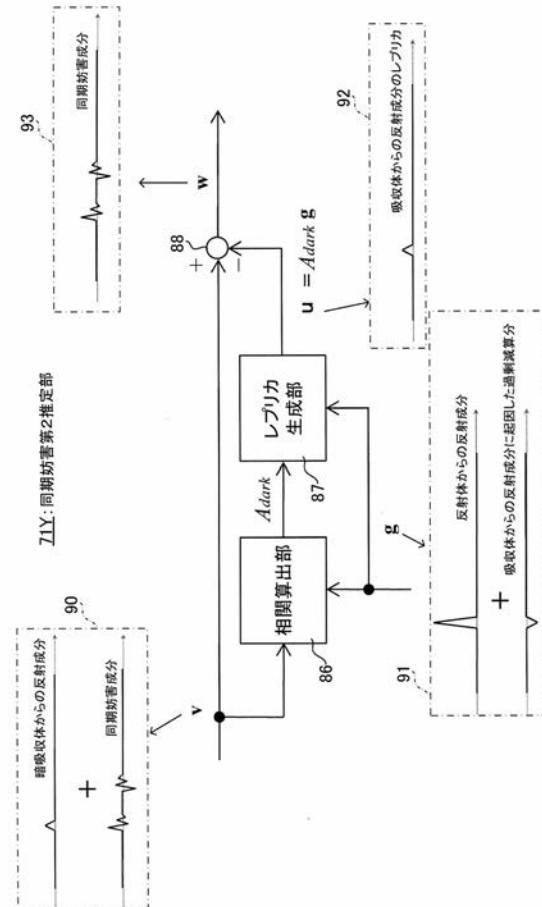
【図 1 7】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5J084 AA05 AA10 AD01 BA03 BA36 BA49 BA51 BB04 BB28 BB38
CA03 CA18 CA20 CA26 CA32 CA49 CA52 DA01 DA08 DA09
EA01