(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年3月25日(25.03.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/053958 A1

(51) 国際特許分類:
G01C 3/06 (2006.01) *G01S 7/486* (2020.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/027978

(22) 国際出願日： 2020年7月18日(18.07.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-169114 2019年9月18日(18.09.2019) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(**SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 平野 広之 (**HIRANO Hiroyuki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 山本 孝久, 外(**YAMAMOTO Takahisa et al.**); 〒1410032 東京都品川区大崎4丁目3番2号 秋葉ビル3階1号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** LIGHT RECEPTION DEVICE, DISTANCE MEASUREMENT DEVICE, AND DISTANCE MEASUREMENT DEVICE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： 受光装置、並びに、測距装置及び測距装置の制御方法

[図5]

図５Ａ

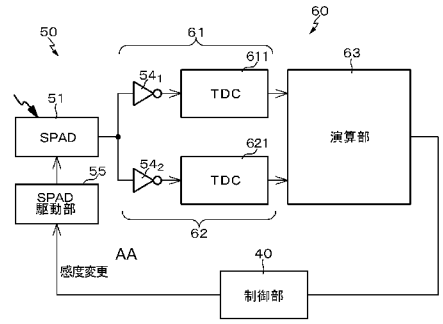
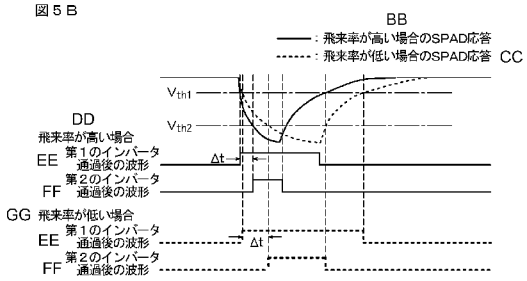


図５Ｂ



40 Control unit
55 SPAD drive unit
63 Calculation unit
AA Sensitivity change
BB SPAD response when the flight arrival rate is high
CC SPAD response when the flight arrival rate is low
DD When the flight arrival rate is high
EE Waveform after passage through first inverter
FF Waveform after passage through second inverter
GG When the flight arrival rate is low

(57) **Abstract:** A light reception device according to this disclosure comprises: a light reception element for receiving light that has been emitted from a light source and reflected by a subject, a time calculation unit for calculating the rising time or falling time of a light reception response based on the incidence of light on the light reception element, and a control unit for outputting a control signal for controlling at least one from among the amount of light emitted from the light source and the sensitivity of the light reception element on the basis of the rising time or falling time calculated by

WO 2021/053958 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

the time calculation unit.

(57) 要約：本開示の受光装置は、光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

受光装置、並びに、測距装置及び測距装置の制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、受光装置、並びに、測距装置（距離測定装置）及び測距装置の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 受光素子として、光子の受光に応じて信号を発生する素子を用いた受光装置がある。この種の受光装置では、測定対象物（被写体）までの距離を測定する測定法として、測定対象物に向けて光源から照射した光が、当該測定対象物で反射されて戻ってくるまでの時間を計測するＴｏＦ（Time of Flight：飛行時間）法が採用されている。

[0003] このＴｏＦ法では、時間の計測を所定の時間に亘って複数回実行し、複数回計測した時間を積み上げたヒストグラムのピークの位置を検出することで時間を計測し、この計測した時間を基に、測定対象物（被写体）までの距離を求める動作が行われる。このとき、光子の飛来率（＝受光素子入射時の光子束密度／レーザ光発射時の光子束密度）が一定であることが重要となる。

[0004] ところで、同じ測定対象物であっても、受光装置に入射する、測定対象物からの反射光の強弱によってヒストグラムのピークの位置が変化する。例えば、測定対象物からの反射光が強かった場合に、ヒストグラムのピークの位置が前よりになる現象が生じる。これにより、ヒストグラムのピークの位置を距離とするＴｏＦ法の場合、ピーク位置の変化が測距誤差となる。

[0005] 測距誤差を補正するために、従来は、測定対象物からの反射光を受光した際の受光パルスのパルス幅を検出し、この検出した受光パルスのパルス幅と、光源から光を照射してから戻ってくるまでの時間差とに基づいて補正量を算出し、時間差と補正量とに基づいて距離を算出するようにしていた（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１６－１４２５３４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、特許文献１に記載の従来技術では、受光パルスのパルス幅を検出し、この検出した受光パルスのパルス幅に基づいて補正量を算出するようにしている。しかしながら、光子の飛来率が一定であることが求められるＴｏＦ法にあっては、受光パルスのパルス幅が飛来率と相関を持たない場合、受光パルスのパルス幅に基づく制御を行う従来技術では、測距の信頼性が低下することになる。

[0008] 本開示は、信頼性の高い測距を行うことができる受光装置、並びに、当該受光装置を用いる測距装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するための本開示の受光装置は、

光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える。

[0010] 上記の目的を達成するための本開示の測距装置は、

測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を検出する受光装置を備える。そして、

受光装置は、

光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える。

[0011] 上記の目的を達成するための本開示の測距装置の制御方法は、

測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置、

を備える測距装置において、

光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子の受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出し、

この算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、本開示に係る技術が適用される測距装置の一例を示す概略構成図である。

[図2]図２Ａ及び図２Ｂは、本適用例に係る測距装置の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

[図3]図３は、ＳＰＡＤ素子を用いた基本的な画素回路の一例を示す回路図である。

[図4]図４Ａは、ＳＰＡＤ素子のＰＮ接合の電流－電圧特性を示す特性図であり、図４Ｂは、画素回路の回路動作の説明に供する波形図である。

[図5]図５Ａは、本開示の実施形態に係る受光装置の構成の一例を示すブロック図であり、図５Ｂは、図５Ａの受光装置の各部の応答波形を示す波形図である。

[図6]図６は、本開示の実施形態に係る受光装置の積層構造の一例を示す概略

斜視図である。

[図7]図７は、本開示の実施形態に係る測距装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図8]図８は、本開示の実施形態に係る測距装置による測距処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]図９は、実施例１に係る演算部を含む受光装置の構成例を示すブロック図である。

[図10]図１０Ａは、ＴｏＦヒストグラムを示す図であり、図１０Ｂは、信号光の強度が強すぎる場合の立ち下がり時間t_fヒストグラムを示す図であり、図１０Ｃは、信号光の強度が適切な場合のヒストグラムを示す図である。

[図11]図１１は、実施例２に係るデバイス配置の構成例を示す図である。

[図12]図１２は、実施例３に係る演算部を含む受光装置の構成例を示すブロック図である。

[図13]図１３は、実施例４に係る受光装置の構成例を示すブロック図である。

[図14]図１４は、ＴＤＣを含む時間算出部を３つ備える場合の受光装置の構成例を示すブロック図である。

[図15]図１５は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

[図16]図１６は、測距装置の設置位置の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示に係る技術を実施するための形態（以下、「実施形態」と記述する）について図面を用いて詳細に説明する。本開示に係る技術は実施形態に限定されるものではない。以下の説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。尚、説明は以下の順序で行う。

１．本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法、全般に関する説明

２．本開示に係る技術が適用される測距装置
２－１．測距装置の具体的な構成例
２－２．ＳＰＡＤ素子を用いた基本的な画素回路例
２－３．ＳＰＡＤ素子を用いた画素回路の回路動作例
３．本開示の実施形態
３－１．実施形態に係る受光装置
３－２．実施形態に係る測距装置
３－３．実施例１（演算部の具体的な回路構成例）
３－４．実施例２（レーザ光源及びＳＰＡＤ素子のデバイス配置の例）
３－５．実施例３（補正用テーブルを用いて測距結果を補正する例）
３－６．実施例４（ＳＰＡＤ素子に対する第２の時間算出部の配置を間引く例）
４．変形例
５．本開示に係る技術の適用例（移動体の例）
６．本開示がとることができる構成

[0014] ＜本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法、全般に関する説明＞

本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、制御部について、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間が、所定の基準時間になるように、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御する構成とすることができる。また、所定の基準時間について、背景光の下で測距したときの受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間とすることができる。

[0015] 上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、制御部について、光源の駆動電流の電流値を変更することによって光源の発光量を制御する構成とすることができる。また、制御部について、受光素子への印加電圧の電圧値を変更することによって受光素子の感度を制御する構成とすることができる。

[0016] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、時間算出部にいて、互いに異なる閾値を有する複数の時間算出部から成る構成とすることができる。また、複数の時間算出部について、インバータ及び時間計測部の組み合わせから成る構成とすることができる。

[0017] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、複数の時間算出部の異なる閾値について、インバータの閾値電圧によって与えられる構成とすることができる。また、インバータは、ＣＭＯＳインバータであり、複数の時間算出部の異なる閾値について、ＣＭＯＳインバータを構成するトランジスタ毎の閾値電圧、あるいは、トランジスタ毎のサイズ比を異ならせることによって設定される構成とすることができる。

[0018] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、時間算出部について、複数の時間算出部の算出結果から得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する演算部を有する構成とすることができる。また、演算部について、複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、及び、ヒストグラム生成部が生成したヒストグラムの平均値を、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間とする平均演算部、を有する構成とすることができる。

[0019] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、制御部について、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方をフィードバック制御する構成とすることができる。また、演算部について、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間の算出結果から、光子束密度を取得する構成とすることができる。

[0020] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、演算部について、複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、減算器で得られる差分値情報に基づく光子束密度情報と、補正すべき距離情報とを対応させた補正用テーブル、及び、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を基に、補正用テーブルを用いて距離情報を補正する補正部、を有する構成とすることができる。

[0021] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、時間算出部について、第１閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第１の時間算出部、及び、第１閾値と異なる第２閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第２の時間算出部、有する構成とすることができる。そして、第２の時間算出部について、画素アレイ部の各受光素子に対して間引いて配置されている構成とすることができる。

[0022] また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置、並びに、測距装置及びその制御方法にあっては、受光素子について、光子の受光に応じて信号を発生する素子である構成とすることができる。また、受光素子について、単一光子アバランシェダイオードから成る構成とすることができる。

[0023] また、上述した好ましい構成を含む本開示の測距装置にあっては、光源及び受光素子が、１次元、２次元、又は、３次元アレイで構成されており、光源と受光素子とが、１対Ｎ（Ｎ≧１）の対応関係にあるとき、受光素子の照度情報に応じて、各光源の発光量を独立にフィードバック制御する構成とすることができる。

[0024] ＜本開示に係る技術が適用される測距装置＞

図１は、本開示に係る技術が適用される測距装置の一例を示す概略構成図である。本適用例に係る測距装置１は、測定対象物である被写体１０までの距離を測定する測定法として、被写体１０に向けて照射した光（例えば、赤

外の波長域にピーク波長を有するレーザ光）が、当該被写体１０で反射されて戻ってくるまでの飛行時間を測定するＴｏＦ法を採用している。ＴｏＦ法による距離測定を実現するために、本適用例に係る測距装置１は、光源２０及び受光装置３０を備えている。そして、受光装置３０として、後述する本開示の実施形態に係る受光装置を用いることができる。

[0025] ［測距装置の具体的な構成例］

本適用例に係る測距装置１の具体的な構成の一例を図２Ａ及び図２Ｂに示す。光源２０は、例えば、レーザ駆動部２１、レーザ光源２２、及び、拡散レンズ２３を有し、被写体１０に対してレーザ光を照射する。レーザ駆動部２１は、制御部４０による制御の下に、レーザ光源２２を駆動する。レーザ光源２２は、例えば半導体レーザから成り、レーザ駆動部２１によって駆動されることによってレーザ光を出射する。拡散レンズ２３は、レーザ光源２２から出射されたレーザ光を拡散し、被写体１０に対して照射する。

[0026] 受光装置３０は、受光レンズ３１、受光部である光センサ３２、及び、信号処理部３３を有し、レーザ照射部２０による照射レーザ光が被写体１０で反射されて戻ってくる反射レーザ光を受光する。受光レンズ３１は、被写体１０からの反射レーザ光を光センサ３２の受光面上に集光する。光センサ３２は、受光レンズ３１を経た被写体１０からの反射レーザ光を画素単位で受光し、光電変換する。光センサ３２としては、受光素子を含む画素が行列状（アレイ状）に２次元配置されて成る２次元アレイセンサ（所謂、エリアセンサ）を用いることができる。

[0027] 光センサ３２の出力信号は、信号処理部３３を経由して制御部４０へ供給される。制御部４０は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit：中央処理ユニット）等によって構成され、光源２０及び受光装置３０を制御するとともに、光源２０から被写体１０に向けて照射したレーザ光が、当該被写体１０で反射されて戻ってくるまでの時間の計測を行う。この計測した時間を基に、被写体１０までの距離を求めることができる。

[0028] 時間計測の方法としては、光源２０からパルス光を照射したタイミングで

タイマーをスタートさせ、受光装置３０が当該パルス光を受光したタイミングでタイマーをストップして時間を計測する。時間計測のその他の方法として、光源２０から所定の周期でパルス光を照射し、受光装置３０が当該パルス光を受光した際の周期を検出し、発光の周期と受光の周期との位相差から時間を計測してもよい。時間計測は複数回実行され、複数回計測された時間を積み上げたＴｏＦヒストグラムのピークの位置を検出することによって時間を計測する。

[0029] そして、本適用例に係る測距装置１では、光センサ３２として、画素の受光素子が、光子の受光に応じて信号を発生する素子、例えば、ＳＰＡＤ（Single Photon Avalanche Diode：単一光子アバランシェダイオード）素子から成るセンサを用いている。すなわち、本適用例に係る測距装置１における受光装置３０は、画素の受光素子がＳＰＡＤ素子から成る構成となっている。尚、受光素子は、ＳＰＡＤ素子に限定されるものではなく、ＡＰＤ（Avalanche Photo Diode）やＣＡＰＤ(Current Assisted Photonic Demodulator)等の種々の素子であってもよい。

[0030] ［ＳＰＡＤ素子を用いた基本的な画素回路例］

ＳＰＡＤ素子を用いた受光装置３０における基本的な画素回路の一例を図３に示す。ここでは、１画素分の基本構成を図示している。

[0031] ＳＰＡＤ素子を用いた画素５０の基本的な画素回路は、ＳＰＡＤ素子５１のカソード電極が、負荷であるＰ型ＭＯＳトランジスタQ_Lを介して、電圧V_{eb}が与えられる端子５２に接続され、アノード電極が、アノード電圧V_{bd}が与えられる端子５３に接続された構成となっている。アノード電圧V_{bd}としては、アバランシェ増倍が発生する大きな負電圧が印加される。アノード電極とグランドとの間には容量素子Ｃが接続されている。そして、ＳＰＡＤ素子５１のカソード電圧V_{CA}が、Ｐ型ＭＯＳトランジスタQ_p及びＮ型ＭＯＳトランジスタQ_nが直列接続されて成るインバータ（ＣＭＯＳインバータ）５４を介してＳＰＡＤ出力（画素出力）として導出される。

[0032] ＳＰＡＤ素子５１には、ブレークダウン電圧V_{BD}以上の電圧が印加される。

ブレークダウン電圧V_{BD}以上の過剰電圧は、エクセスバイアス電圧V_{EX}と呼ばれ、２－５Ｖ程度の電圧が一般的である。ＳＰＡＤ素子５１は、ＤＣ的な安定点が無いガイガーモードと呼ばれる領域で動作する。ＳＰＡＤ素子５１のＰＮ接合のＩ（電流）－Ｖ（電圧）特性を図４Ａに示す。

[0033] ［ＳＰＡＤ素子を用いた画素回路の回路動作例］

続いて、上記の構成の画素回路の回路動作の一例について、図４Ｂの波形図を用いて説明する。

[0034] ＳＰＡＤ素子５１に電流が流れていない状態では、ＳＰＡＤ素子５１には、$V_{eb}-V_{bd}$の値の電圧が印加されている。この電圧値（$V_{eb}-V_{bd}$）は、（$V_{BD}+V_{EX}$）である。そして、ＳＰＡＤ素子５１のＰＮ接合部で暗電子の発生レートＤＣＲ（Dark Count Rate）や光照射によって発生した電子がアバランシェ増倍を生じ、アバランシェ電流が発生する。この現象は、遮光されている状態（即ち、光が入射していない状態）でも確率的に発生している。これが暗電子の発生レートＤＣＲである。

[0035] カソード電圧V_{CA}が低下し、ＳＰＡＤ素子５１の端子間の電圧がＰＮダイオードのフレークダウン電圧V_{BD}になると、アバランシェ電流が停止する。そして、アバランシェ増倍で発生し、蓄積された電子が、負荷の抵抗素子Ｒ（又は、Ｐ型ＭＯＳトランジスタQ_L）によって放電し、カソード電圧V_{CA}が電圧V_{eb}まで回復し、再び初期状態に戻る。

[0036] ＳＰＡＤ素子５１に光が入射して１個でも電子－正孔対が発生すると、それが種となってアバランシェ電流が発生するので、光子１個の入射でも、ある検知効率ＰＤＥ（Photon Detection Efficiency）で検出することができる。この光子を検知できる検知効率ＰＤＥは、通常、数％～２０％程度のものが多い。

[0037] 以上の動作が繰り返される。そして、この一連の動作において、カソード電圧V_{CA}が、インバータ５４で波形整形され、１フォトンの到来時刻を開始点とするパルス幅Ｔのパルス信号がＳＰＡＤ出力（画素出力）となる。

[0038] ＜本開示の実施形態＞

次に、上記の構成の測距装置１として用いることができる本開示の実施形態に係る測距装置、及び、当該測距装置に用いることができる本開示の実施形態に係る受光装置について説明する。

[0039] ＳＰＡＤ素子５１へ光子が一度に大量に入射すると、ＳＰＡＤ素子５１の反応が速くなる。すなわち、測定対象物の反射率∝光子の飛来率令∝周辺環境の照度の関係にあり、周辺環境の照度によってＴｏＦヒストグラムに誤差が生じる。その結果、周辺環境の照度によって、測距の精度が低下する場合がある。

[0040] 本開示の実施形態では、周辺環境の照度に関わらず（照度の影響を受けることなく）、信頼性の高い測距を行えるようにすることを目的とする。そして、当該目的のために、本開示の実施形態に係る受光装置は、受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間t_r又は立ち下がり時間t_fを算出し、この立ち上がり時間t_r又は立ち下がり時間t_fに基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度（検知効率ＰＤＥ：Photon Detection Efficiency）の少なくとも一方を制御するようにする。また、上記の目的のために、本開示の実施形態に係る測距装置は、上記の構成の受光装置を用いる構成をとることができる。

[0041] 本実施形態に係る受光装置及び測距装置は、受光応答の立ち上がり時間t_r又は立ち下がり時間t_fを算出する時間算出部として、互いに異なる閾値を有する複数の時間計測部を有する。光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御する制御部は、複数の時間計測部を含む時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間が、所定の基準時間（基準値）になるように（具体的には、所定の基準値±αに収束するように）制御を行う。

[0042] 以下に、本開示の実施形態に係る受光装置、及び、本開示の実施形態に係る測距装置の具体的な構成について説明する。以下では、受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち下がり時間t_fを算出する場合を例に挙げて説明するが、立ち上がり時間t_rを算出する場合も、基本的に、立ち下がり時間t_f

を算出する場合と同じである。

[0043] ［実施形態に係る受光装置］

図５Ａは、本開示の実施形態に係る受光装置の構成の一例を示すブロック図である。本実施形態に係る受光装置は、受光応答の立ち下がり時間t_fを算出する時間算出部６０を備える構成となっている。時間算出部６０は、互いに異なる閾値を有する複数の時間計測部として例えば２つ（２系統）の時間計測部、即ち、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２を備え、更に、演算部６３を備えている。

[0044] 第１の時間算出部６１は、図３のインバータ５４に相当する第１のインバータ５４_1及びＴＤＣ（Time-to-Digital Converter：時間計測部）６１１から成り、第１閾値V_{th1}を有しており、ＳＰＡＤ素子５１への光の入射に基づく受光応答の立ち下がりを検出する。第１閾値V_{th1}は、第１のインバータ５４_1の閾値電圧である。第２の時間算出部６２は、図３のインバータ５４に相当する第２のインバータ５４_2及びＴＤＣ６２１から成り、第１閾値V_{th1}よりも小さい第２閾値V_{th2}（$V_{th1}>V_{th2}$）を有しており、ＳＰＡＤ素子５１への光の入射に基づく受光応答の立ち下がりを検出する。第２閾値V_{th2}は、第２のインバータ５４_2の閾値電圧である。

[0045] 互いに異なる第１閾値V_{th1}及び第２閾値V_{th2}については、図３に示すＣＭＯＳインバータ５４を構成するＰ型ＭＯＳトランジスタQ_p及びＮ型ＭＯＳトランジスタQ_nにおいて、トランジスタ毎の閾値電圧V_{th}、トランジスタ毎のサイズ比、即ち、Ｗ（チャネル幅）／Ｌ（チャネル長）、あるいは、電源電圧を異ならせることによって設定することができる。

[0046] 図５Ｂは、図５Ａの受光装置の各部の応答波形を示す波形図である。図５Ｂには、光子の飛来率（＝ＳＰＡＤ入射時の光子束密度／レーザ光発射時の光子束密度）が相対的に高い場合のＳＰＡＤ素子５１の応答波形を実線で示し、飛来率が相対的に低い場合のＳＰＡＤ素子５１の応答波形を点線で示している。また、飛来率が相対的に高い場合の第１のインバータ５４_1及び第２のインバータ５４_2を通過した後のＳＰＡＤ素子５１の応答波形を実線で示し

、飛来率が相対的に低い場合の第１のインバータ５４$_1$及び第２のインバータ５４$_2$を通過した後のＳＰＡＤ素子５１の応答波形を点線で示している。

[0047] 図５Ｂの波形図に示すように、第１のインバータ５４$_1$の出力は、飛来率が相対的に高い場合／低い場合のＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第１閾値Ｖ$_{th1}$を下回ったときに極性が反転する。第２のインバータ５４$_2$の出力は、飛来率が相対的に高い場合／低い場合のＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第２閾値Ｖ$_{th2}$を下回ったときに極性が反転する。受光装置では、ＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第１閾値Ｖ$_{th1}$を下回った時点から第２閾値Ｖ$_{th2}$を下回った時点までの時間Δｔを、ヒストグラム結果から求めることになる。

[0048] 第１の時間算出部６１は、第１のインバータ５４$_1$の出力の極性反転を検出し、ＴＤＣ６１１によってＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第１閾値Ｖ$_{th1}$を下回ったときの時間を計測する。第２の時間算出部６２は、第２のインバータ５４$_2$の出力の極性反転を検出し、ＴＤＣ６２１によってＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第２閾値Ｖ$_{th2}$を下回ったときの時間を計測する。演算部６３は、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２の各計測結果に基づいて、ＳＰＡＤ素子５１への光の入射に基づく受光応答の立ち下がり時間ｔ$_f$を算出する。

[0049] 演算部６３の算出結果、即ち、受光応答の立ち下がり時間ｔ$_f$の情報は、制御部４０に与えられる。制御部４０は、図２Ａの制御部４０に相当し、演算部６３が算出した受光応答の立ち下がり時間ｔ$_f$に基づいて、ＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）を制御するための制御信号を出力する。ＳＰＡＤ駆動部５５は、制御部４０が出力する制御信号を受けて、ＳＰＡＤ素子５１の感度を制御する。

[0050] 具体的には、ＳＰＡＤ駆動部５５は、制御部４０による制御の下に、受光応答の立ち下がり時間ｔ$_f$が、所定の基準値（基準時間）±αに収束するまで、ＳＰＡＤ素子５１の感度を下げる制御を行う。ここで、「所定の基準値」については、背景光は距離依存がないことから、事前に信号光無しでシステムを稼働させ、例えば、背景光の下で測距したときの受光応答の立ち下がり

時間t_fを取得し、背景光の立ち下がり時間t_fを基準値（基準時間）として設定することができる。室内の場合は、遠距離らしきポイントの立ち下がり時間t_fを基準値とすることができる。また、基準画素の立ち下がり時間t_fを基準値とすることもできる。

[0051] ＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）については、ＳＰＡＤ素子５１への印加電圧の電圧値（$V_{eb}-V_{bd}$）を変更することによって制御することができる。例えば、制御部４０は、ＳＰＡＤ素子５１への印加電圧の電圧値（$V_{eb}-V_{bd}$）を下げる制御を行うことにより、ＳＰＡＤ素子５１の感度を下げることができる。

[0052] 本実施形態に係る受光装置では、受光応答の立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）を取得する手段、即ち、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２について、異なる閾値電圧を有する第１のインバータ54_1及び第２のインバータ54_2と、ＴＤＣ６１１及びＴＤＣ６２１との組み合わせから成る構成としている。但し、この組み合わせは、低コスト化の観点では有利であるが、受光応答の立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）を取得する手段としては、上記の組み合わせから成る構成に限られるものではない。他の構成としては、例えば、異なる閾値設定のためのデジタル－アナログ変換器又は基準電圧源、コンパレータ、及び、ＴＤＣの組み合わせから成る構成とすることも可能である。

[0053] 上述したように、本実施形態に係る受光装置では、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fを取得し、当該立ち下がり時間t_fが基準値になるように（基準値$\pm\alpha$に収束するように）、ＳＰＡＤ素子５１の感度についてフィードバック制御を行うようにしている。このフィードバック制御により、飛来率を常に一定にすることができるため、受光応答のパルス幅に基づく制御の場合よりも、光子束密度が安定化し、信頼性の高い測距を行うことができる。

[0054] 上記の構成の本実施形態に係る受光装置のチップ構造としては、複数の半導体基板を積層した積層構造とすることができる。具体的には、図６に示す

ように、第１の半導体基板を上チップ１０１として、当該上チップ１０１にＳＰＡＤ素子５１を含む画素５０を形成し、第２の半導体基板を下チップ１０２として、当該下チップ１０２に第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２を形成する。そして、ＳＰＡＤ素子５１を含む画素５０が形成された上チップ１０１と、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２が形成された下チップ１０２とを積層する。

[0055] ［実施形態に係る測距装置］

図７は、本開示の実施形態に係る測距装置の構成の一例を示すブロック図である。本実施形態に係る測距装置は、図５Ａに示す受光装置の画素５０及び時間算出部６０の他に、光源２０、即ち、レーザ駆動部２１及びレーザ光源２２を備える構成となっている。

[0056] 本実施形態に係る測距装置において、制御部４０は、演算部６３が算出した受光応答の立ち下がり時間t_fに基づいて、レーザ光源２２の発光量又はＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）、あるいは、レーザ光源２２の発光量及びＳＰＡＤ素子５１の感度の両方、即ち、レーザ光源２２の発光量及びＳＰＡＤ素子５１の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する。

[0057] ＳＰＡＤ駆動部５５は、制御部４０が出力する制御信号を受けて、ＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）を制御する。具体的には、ＳＰＡＤ駆動部５５は、制御部４０による制御の下に、受光応答の立ち下がり時間t_fが、所定の基準値（基準時間）$\pm\alpha$に収束するように、例えば、ＳＰＡＤ素子５１への印加電圧の電圧値（$V_{eb}-V_{bd}$）を変更することにより、ＳＰＡＤ素子５１の感度を下げる制御を行う。

[0058] レーザ駆動部２１は、制御部４０が出力する制御信号を受けて、レーザ光源２２の発光量を制御する。具体的には、レーザ駆動部２１は、制御部４０による制御の下に、受光応答の立ち下がり時間t_fが、所定の基準値（基準時間）$\pm\alpha$に収束するように、例えば、レーザ光源２２の駆動電流の電流値を変更することにより、レーザ光源２２の発光量（強度）を弱める制御を行う

。

[0059] 本実施形態に係る測距装置による測距処理の一例を図８のローチャートに示す。この測距処理は、制御部４０による制御の下に実行される。

[0060] 制御部４０は、先ず、ある１フレームについて測距を行い（ステップＳ１１）、次いで、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２の各計測結果に基づいて、演算部６３が算出した受光応答の立ち下がり時間t_fが、あらかじめ設定した基準値（基準時間）よりも大きいか否かを判断し（ステップＳ１２）、基準値よりも立ち下がり時間t_fが大きくなければ（Ｓ１２のＮＯ）、本測距処理を終了する。

[0061] 制御部４０は、受光応答の立ち下がり時間t_fが基準値よりも大きいと判断した場合は（Ｓ１２のＹＥＳ）、受光応答の立ち下がり時間t_fが、所定の基準値（基準時間）$\pm\alpha$に収束するように、レーザ光源２２の発光量及びＳＰＡＤ素子５１の感度を制御し（ステップＳ１３）、しかる後、ステップＳ１１に戻る。レーザ光源２２の発光量の制御は、例えば、レーザ光源２２の駆動電流を変更することによって実現できる。ＳＰＡＤ素子５１の感度の制御は、ＳＰＡＤ素子５１への印加電圧の電圧値（$V_{eb}-V_{bd}$）を変更することによって実現できる。

[0062] 尚、ここでは、一例として、レーザ光源２２の発光量及びＳＰＡＤ素子５１の感度の両方を制御する場合について説明したが、制御部４０による制御の下に、レーザ光源２２の発光量のみ、あるいは、ＳＰＡＤ素子５１の感度のみを制御するようにしてもよい。

[0063] 上述したように、本実施形態に係る測距装置では、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）を取得し、当該立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）が基準値になるように（基準値$\pm\alpha$に収束するように）、ＳＰＡＤ素子５１の感度についてフィードバック制御を行う。このフィードバック制御により、飛来率を常に一定にすることができるため、受光応答のパルス幅に基づく制御の場合よりも、光子束密度が安定化し、信頼性の高い測距を行うことができる。

[0064] また、本実施形態に係る測距装置によれば、フィードバック制御であるために、取得した立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）について補正したり、補正のためのテーブルを作成したりする必要がないという利点もある。

[0065] 以下に、周辺環境の照度に関わらず、信頼性の高い測距を行えるようにするための、本実施形態に係る受光装置、又は、本実施形態に係る測距装置の具体的な実施例について説明する。

[0066] ［実施例１］

実施例１は、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_f（又は、立ち上がり時間t_r）を算出する演算部６３の具体的な回路構成例である。実施例１では、立ち下がり時間t_fを算出する場合を例に挙げて説明するが、立ち上がり時間t_rを算出する場合も、立ち下がり時間t_fを算出する場合と同じである。この点については、後述する各実施例においても同様である。

[0067] 実施例１に係る演算部６３を含む受光装置の構成の一例を図９に示す。図９に示すように、受光応答の立ち下がり時間t_fを算出する演算部６３は、減算器６３１、ＴｏＦヒストグラム生成部６３２、立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３、及び、平均演算部６３４を有する構成となっている。

[0068] 上記の構成の演算部６３において、減算器６３１は、第１閾値V_{th1}に基づく第１の時間算出部６１の計測結果（受光応答の立ち下がり時間t_f）と、第２閾値V_{th2}に基づく第２の時間算出部６２の計測結果（受光応答の立ち下がり時間t_f）との差分値を求める。

[0069] 第１の時間算出部６１での時間計測は、複数回実行される。ＴｏＦヒストグラム生成部６３２は、第１の時間算出部６１で複数回計測された、第１閾値V_{th1}に基づく計測時間を積み上げて、ＴｏＦのヒストグラムを生成する。ＴｏＦヒストグラムを図１０Ａに示す。このＴｏＦヒストグラムにおいて、ヒストグラムのピーク位置が距離情報となる。換言すれば、ＴｏＦヒストグラムのピーク位置の時間を計測することで、この時間を基に被写体までの距離を求めることができる。

[0070] ここで、信号光の強度が強すぎる場合、ＴｏＦヒストグラムが左シフトしている可能性があるため、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fを確認する必要がある。信号光の強度が強すぎる場合の立ち下がり時間t_fヒストグラムを図１０Ｂに示す。立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３は、減算器６３１の出力、即ち、第１の時間算出部６１の計測結果と第２の時間算出部６２の計測結果との差分値情報に基づいて、立ち下がり時間t_fのヒストグラムを生成する。平均演算部６３４は、立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３が生成した立ち下がり時間t_fのヒストグラムの平均値を、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fとして算出する。

[0071] 図１０Ｂに示すように、信号光の強度が強すぎる場合、信号光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムと背景光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムが分離する。尚、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２の分解能が細かい方が、信号光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムと背景光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムとが分離しやすく、正しく平均値をとることができる。但し、信号光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムと背景光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムが分離していなくても、フィードバック制御は可能であるため問題はない。

[0072] 信号光の強度が適切な場合、信号光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムと背景光の立ち下がり時間t_fのヒストグラムとが、図１０Ｃに示すように重なるまで、フィードバック制御を働かせて、レーザ光源２２の強度（発光量）を弱める、及び／又は、ＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）を下げる。

[0073] 上記の構成の実施例１に係る演算部６３を含む受光装置において、演算部６３は、減算器６３１の出力、即ち、第１の時間算出部６１の計測結果と第２の時間算出部６２の計測結果との差分値情報から、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fを求め、その演算結果から光子束密度（照度）を取得することができる。すなわち、実施例１に係る演算部６３を光子束密度計（照度計）として用いることができる。

[0074] 換言すれば、実施例１に係る演算部６３を含む受光装置は、減算器６３１の差分値情報から、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fを求め、その結果から光子束密度（照度）を取得する光子束密度計（照度計）を用いた受光装置ということができる。この場合、光子束密度計（照度計）で取得した光子束密度（照度）の情報に基づいて、意図した照度値になるまでレーザ光源２２の発光量及びＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）の少なくとも一方についてフィードバック制御を行うことになる。

[0075] 上述したように、実施例１に係る演算部６３を含む受光装置は、ＳＰＡＤ素子５１自体が保有するジッタ（揺らぎ）を活用し、第１の時間算出部６１の計測結果と第２の時間算出部６２の計測結果との差分値のヒストグラムを生成し、適切な平均演算を行う演算部６３を用いる構成となっている。この構成により、ＴＤＣの時間分解能は、測定対象のＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fよりも大きいとしても、ＴＤＣの時間分解能よりも遥かに細かい精度での立ち下がり時間t_fの測定が可能となる。

[0076] ［実施例２］

実施例２は、１次元、２次元、又は、３次元アレイで構成されているレーザ光源２２及びＳＰＡＤ素子５１の各デバイス配置の例である。

[0077] 実施例２に係るデバイス配置の構成例を図１１に示す。図１１では、図面の簡略化のために、演算部６３の平均演算部６３４及び制御部４０については図示を省略している。レーザ光源２２とＳＰＡＤ素子５１とは、１対Ｎ（Ｎ≧１）の対応関係にあり、ここでは、Ｎ＝２の場合、即ち、１つのレーザ光源２２に対して、ＳＰＡＤ素子５１が２つの場合を例示している。

[0078] 上記の構成の測距装置では、第１の時間算出部６１の計測結果と第２の時間算出部６２の計測結果との差分値に基づく各ＳＰＡＤ素子５１の照度情報に応じて、各レーザ光源２２を独立にレーザ強度（発光量）をフィードバック制御する。このフィードバック制御により、光子束密度が安定化するため、信頼性の高い測距を行うことができる。

[0079] 尚、ここでは、ＳＰＡＤ素子５１の照度情報に応じて、レーザ強度（レー

ザ光源２２の発光量）をフィードバック制御する場合を例示したが、レーザ強度のフィードバック制御に限られるものではなく、ＳＰＡＤ素子５１の感度（検知効率ＰＤＥ）をフィードバック制御するようにしてもよい。

[0080] ［実施例３］

実施例１は、ＳＰＡＤ素子５１の受光応答の立ち下がり時間t_fを取得し、この取得した情報を基に、レーザ光源２２の発光量／ＳＰＡＤ素子５１の感度についてフィードバック制御を行う例である。これに対して、実施例３は、演算部６３において、補正用テーブルを用いて測距結果（即ち、取得した距離情報）を補正する例である。

[0081] 実施例３に係る演算部６３を含む受光装置の構成の一例を図１２に示す。図１２に示すように、演算部６３は、減算器６３１、ＴｏＦヒストグラム生成部６３２、及び、立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３の他に、ＴｏＦ補正部６３５、及び、補正用テーブル記憶部６３６を有する構成となっている。補正用テーブル記憶部６３６としては、不揮発性メモリを用いることができる。不揮発性メモリについては、受光装置の内部に設ける構成をとることもできるし、受光装置の外部に設ける構成をとることもできる。

[0082] 補正用テーブル記憶部６３６には、第１の時間算出部６１の計測結果と第２の時間算出部６２の計測結果との差分値情報に基づく照度情報（光子束密度情報）と、補正すべき距離情報とを対応させた補正用テーブルがあらかじめ記憶されている。ＴｏＦ補正部６３５は、立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３で求められた受光応答の立ち下がり時間t_fを基に、補正用テーブル記憶部６３６に記憶された補正用テーブルを用いて、ＴｏＦヒストグラム生成部６３２で取得した距離情報を補正する。

[0083] 尚、ＴｏＦ補正部６３５による距離情報の補正に当たっては、電圧・温度情報６３６を用いるようにしてもよく、これによれば、距離情報の補正をより確実に行うことが可能となる。

[0084] ［実施例４］

実施例１乃至実施例３は、ＳＰＡＤ素子５１の応答波形が第２閾値V_{th2}を下

回ったときの時間を計測する第２の時間算出部６２を、全てのＳＰＡＤ素子５１に対して配置する例である。これに対して、実施例４は、ＳＰＡＤ素子５１に対する第２の時間算出部６２の配置を間引く例である。

[0085] 実施例４に係る受光装置の構成の一例を図１３に示す。図１３では、図面の簡略化のために、演算部６３の平均演算部６３４及び制御部４０については図示を省略している。受光応答の立ち下がり時間t_fを取得する第２の時間算出部６２については、全てのＳＰＡＤ素子５１に対して持つ必要はなく、画素アレイ部の各ＳＰＡＤ素子５１に対して第２の時間算出部６２を間引いて配置した、二次元的に粗い配置であってもよい。ここでは、画素アレイ部の３行を単位として、３行に１つ第２の時間算出部６２を配置する例を示している。

[0086] 図１３には、例えば、互いに隣接して配置された４行分の４つのＳＰＡＤ素子５１を図示し、便宜上、４つのＳＰＡＤ素子５１を、ＳＰＡＤ素子（１）、ＳＰＡＤ素子（２）、ＳＰＡＤ素子（３）、ＳＰＡＤ素子（４）としている。

[0087] 実施例４に係る受光装置は、照度計算部６３８及び照度補間部６３９を備えている。照度計算部６３８は、ＳＰＡＤ素子（１）について、立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３で求められた受光応答の立ち下がり時間t_fを用いて、ＳＰＡＤ素子５１の照度を計算する。ＳＰＡＤ素子（２）及びＳＰＡＤ素子（３）については、第２の時間算出部６２が配置されていないため、ＳＰＡＤ素子５１の照度の計算は行われない。

[0088] そこで、照度補間部６３９は、補間演算によって、第２の時間算出部６２が配置されていないＳＰＡＤ素子（２）及びＳＰＡＤ素子（３）について照度を求める。具体的には、照度補間部６３９は、ＳＰＡＤ素子（１）については、照度計算部６３８で求められた照度をそのまま出力する。ＳＰＡＤ素子（２）の照度については、補間演算により、ＳＰＡＤ素子（１）の照度、及び、ＳＰＡＤ素子（４）の照度から推定する。ＳＰＡＤ素子（３）の照度についても、ＳＰＡＤ素子（２）の照度と同様に、補間演算により、ＳＰＡ

Ｄ素子（１）の照度、及び、ＳＰＡＤ素子（４）の照度から推定する。

[0089] 実施例４に係る受光装置によれば、受光応答の立ち下がり時間t_fを取得する第２の時間算出部６２を、全てのＳＰＡＤ素子５１に対して配置するのではなく、間引いて配置しているため、全てのＳＰＡＤ素子５１に対して配置する場合に比べて、回路規模の縮小化を図ることができる。

[0090] ＜変形例＞

以上、本開示に係る技術について、好ましい実施形態に基づき説明したが、本開示に係る技術は当該実施形態に限定されるものではない。上記の実施形態において説明した受光装置及び測距装置の構成、構造は例示であり、適宜、変更することができる。例えば、上記の実施形態では、受光素子としてＳＰＡＤ素子を用いる場合を例に挙げて説明したが、受光素子としては、ＳＰＡＤ素子に限られるものではなく、ＡＰＤやＣＡＰＤ等の素子を用いた場合であっても同様の作用、効果を得ることができる。

[0091] また、上記の実施形態では、互いに異なる閾値を有する複数の時間計測部として、時間計測部を２つ（即ち、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２）を備える場合を例に挙げて説明したが、２つに限られるものではない。例えば、ＴＤＣを含む時間計測部を３つ（３系統）備える場合の構成を図１４に示す。

[0092] 本変形例に係る受光装置は、第１の時間算出部６１及び第２の時間算出部６２の他に、第３の時間算出部６２’を備えている。第３の時間算出部６２’は、図３のインバータ５４に相当する第３のインバータ５４_2’及びＴＤＣ６２１’から成り、第２閾値V_{th2}よりも小さい第３閾値V_{th3}（$V_{th1}>V_{th2}>V_{th3}$）を有しており、ＳＰＡＤ素子５１への光の入射に基づく受光応答の立ち下がりを検出する。

[0093] 第３の時間算出部６２’の後段には、減算器６３１’及び立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部６３３’が設けられている。減算器６３１’は、第２閾値V_{th2}に基づく第２の時間算出部６２の計測結果と、第３閾値V_{th3}に基づく第３の時間算出部６２’の計測結果との差分値を求める。立ち下がり時間t_f

ヒストグラム生成部６３３’は、減算器６３１’の出力、即ち、第２の時間算出部６２の計測結果と第３の時間算出部６２’の計測結果との差分値情報に基づいて、立ち下がり時間t_fのヒストグラムを生成する。

[0094] ＴＤＣを含む時間計測部を４つ（４系統）以上備える受光装置の場合に対しても、ＴＤＣを含む時間計測部を３つ（３系統）備える受光装置の場合と同様に、本開示の技術を適用することができる。

[0095] また、仮に遠距離測定用途や細かい測距性能を求めない場合で、且つ、光子束密度（照度）の調整の必要が無い場合は、不要な回路、例えば、受光応答の立ち下がり時間t_f／立ち上がり時間t_rの取得のみに必要なＴＤＣやヒストグラム生成部への電力供給を抑える仕組みを、パワーゲーティングやクロックゲーティングといった手段で持つようにすることもできる。

[0096] ＜本開示に係る技術の適用例＞

本開示に係る技術は、様々な製品に適用することができる。以下に、より具体的な適用例について説明する。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット、建設機械、農業機械（トラクター）などのいずれかの種類の移動体に搭載される測距装置として実現されてもよい。

[0097] ［移動体］

図１５は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システム７０００の概略的な構成例を示すブロック図である。車両制御システム７０００は、通信ネットワーク７０１０を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図１５に示した例では、車両制御システム７０００は、駆動系制御ユニット７１００、ボディ系制御ユニット７２００、バッテリ制御ユニット７３００、車外情報検出ユニット７４００、車内情報検出ユニット７５００、及び統合制御ユニット７６００を備える。これらの複数の制御ユニットを接続する通信ネットワーク７０１０は、例えば、ＣＡＮ（Controller Area Network）、ＬＩＮ（Local Interconnect N

etwork）、ＬＡＮ（Local Area Network）又はＦｌｅｘＲａｙ（登録商標）等の任意の規格に準拠した車載通信ネットワークであってよい。

[0098] 各制御ユニットは、各種プログラムにしたがって演算処理を行うマイクロコンピュータと、マイクロコンピュータにより実行されるプログラム又は各種演算に用いられるパラメータ等を記憶する記憶部と、各種制御対象の装置を駆動する駆動回路とを備える。各制御ユニットは、通信ネットワーク７０１０を介して他の制御ユニットとの間で通信を行うためのネットワークＩ／Ｆを備えるとともに、車内外の装置又はセンサ等との間で、有線通信又は無線通信により通信を行うための通信Ｉ／Ｆを備える。図１５では、統合制御ユニット７６００の機能構成として、マイクロコンピュータ７６１０、汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０、専用通信Ｉ／Ｆ７６３０、測位部７６４０、ビーコン受信部７６５０、車内機器Ｉ／Ｆ７６６０、音声画像出力部７６７０、車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０及び記憶部７６９０が図示されている。他の制御ユニットも同様に、マイクロコンピュータ、通信Ｉ／Ｆ及び記憶部等を備える。

[0099] 駆動系制御ユニット７１００は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット７１００は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。駆動系制御ユニット７１００は、ＡＢＳ（Antilock Brake System）又はＥＳＣ（Electronic Stability Control）等の制御装置としての機能を有してもよい。

[0100] 駆動系制御ユニット７１００には、車両状態検出部７１１０が接続される。車両状態検出部７１１０には、例えば、車体の軸回転運動の角速度を検出するジャイロセンサ、車両の加速度を検出する加速度センサ、あるいは、アクセルペダルの操作量、ブレーキペダルの操作量、ステアリングホイールの操舵角、エンジン回転数又は車輪の回転速度等を検出するためのセンサのう

ちの少なくとも一つが含まれる。駆動系制御ユニット７１００は、車両状態検出部７１１０から入力される信号を用いて演算処理を行い、内燃機関、駆動用モータ、電動パワーステアリング装置又はブレーキ装置等を制御する。

[0101] ボディ系制御ユニット７２００は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット７２００は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット７２００には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット７２００は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

[0102] バッテリ制御ユニット７３００は、各種プログラムにしたがって駆動用モータの電力供給源である二次電池７３１０を制御する。例えば、バッテリ制御ユニット７３００には、二次電池７３１０を備えたバッテリ装置から、バッテリ温度、バッテリ出力電圧又はバッテリの残存容量等の情報が入力される。バッテリ制御ユニット７３００は、これらの信号を用いて演算処理を行い、二次電池７３１０の温度調節制御又はバッテリ装置に備えられた冷却装置等の制御を行う。

[0103] 車外情報検出ユニット７４００は、車両制御システム７０００を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット７４００には、撮像部７４１０及び車外情報検出部７４２０のうちの少なくとも一方が接続される。撮像部７４１０には、ＴｏＦ（Time Of Flight）カメラ、ステレオカメラ、単眼カメラ、赤外線カメラ及びその他のカメラのうちの少なくとも一つが含まれる。車外情報検出部７４２０には、例えば、現在の天候又は気象を検出するための環境センサ、あるいは、車両制御システム７０００を搭載した車両の周囲の他の車両、障害物又は歩行者等を検出するための周囲情報検出センサのうちの少なくとも一つが含まれる。

[0104] 環境センサは、例えば、雨天を検出する雨滴センサ、霧を検出する霧センサ、日照度合いを検出する日照センサ、及び降雪を検出する雪センサのうちの少なくとも一つであってよい。周囲情報検出センサは、超音波センサ、レーダ装置及びＬＩＤＡＲ（Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging）装置のうちの少なくとも一つであってよい。これらの撮像部７４１０及び車外情報検出部７４２０は、それぞれ独立したセンサないし装置として備えられてもよいし、複数のセンサないし装置が統合された装置として備えられてもよい。

[0105] ここで、図１６は、撮像部７４１０及び車外情報検出部７４２０の設置位置の例を示す。撮像部７９１０，７９１２，７９１４，７９１６，７９１８は、例えば、車両７９００のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部のうちの少なくとも一つの位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部７９１０及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部７９１８は、主として車両７９００の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部７９１２，７９１４は、主として車両７９００の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部７９１６は、主として車両７９００の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部７９１８は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

[0106] 尚、図１６には、それぞれの撮像部７９１０，７９１２，７９１４，７９１６の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲ａは、フロントノーズに設けられた撮像部７９１０の撮像範囲を示し、撮像範囲ｂ，ｃは、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部７９１２，７９１４の撮像範囲を示し、撮像範囲ｄは、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部７９１６の撮像範囲を示す。例えば、撮像部７９１０，７９１２，７９１４，７９１６で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両７９００を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0107] 車両７９００のフロント、リア、サイド、コーナ及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部７９２０，７９２２，７９２４，７９２６，７９２８，７９３０は、例えば超音波センサ又はレーダ装置であってよい。車両７９００のフロントノーズ、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部７９２０，７９２６，７９３０は、例えばＬＩＤＡＲ装置であってよい。これらの車外情報検出部７９２０～７９３０は、主として先行車両、歩行者又は障害物等の検出に用いられる。

[0108] 図１５に戻って説明を続ける。車外情報検出ユニット７４００は、撮像部７４１０に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像データを受信する。また、車外情報検出ユニット７４００は、接続されている車外情報検出部７４２０から検出情報を受信する。車外情報検出部７４２０が超音波センサ、レーダ装置又はＬＩＤＡＲ装置である場合には、車外情報検出ユニット７４００は、超音波又は電磁波等を発信させるとともに、受信された反射波の情報を受信する。車外情報検出ユニット７４００は、受信した情報に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット７４００は、受信した情報に基づいて、降雨、霧又は路面状況等を認識する環境認識処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット７４００は、受信した情報に基づいて、車外の物体までの距離を算出してもよい。

[0109] また、車外情報検出ユニット７４００は、受信した画像データに基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等を認識する画像認識処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット７４００は、受信した画像データに対して歪補正又は位置合わせ等の処理を行うとともに、異なる撮像部７４１０により撮像された画像データを合成して、俯瞰画像又はパノラマ画像を生成してもよい。車外情報検出ユニット７４００は、異なる撮像部７４１０により撮像された画像データを用いて、視点変換処理を行ってもよい。

[0110] 車内情報検出ユニット７５００は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット７５００には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部７５１０が接続される。運転者状態検出部７５１０は、運転者を撮像するカメラ、運転者の生体情報を検出する生体センサ又は車室内の音声を集音するマイク等を含んでもよい。生体センサは、例えば、座面又はステアリングホイール等に設けられ、座席に座った搭乗者又はステアリングホイールを握る運転者の生体情報を検出する。車内情報検出ユニット７５００は、運転者状態検出部７５１０から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。車内情報検出ユニット７５００は、集音された音声信号に対してノイズキャンセリング処理等の処理を行ってもよい。

[0111] 統合制御ユニット７６００は、各種プログラムにしたがって車両制御システム７０００内の動作全般を制御する。統合制御ユニット７６００には、入力部７８００が接続されている。入力部７８００は、例えば、タッチパネル、ボタン、マイクロフォン、スイッチ又はレバー等、搭乗者によって入力操作され得る装置によって実現される。統合制御ユニット７６００には、マイクロフォンにより入力される音声を音声認識することにより得たデータが入力されてもよい。入力部７８００は、例えば、赤外線又はその他の電波を利用したリモートコントロール装置であってもよいし、車両制御システム７０００の操作に対応した携帯電話又はＰＤＡ（Personal Digital Assistant）等の外部接続機器であってもよい。入力部７８００は、例えばカメラであってもよく、その場合搭乗者はジェスチャにより情報を入力することができる。あるいは、搭乗者が装着したウェアラブル装置の動きを検出することで得られたデータが入力されてもよい。さらに、入力部７８００は、例えば、上記の入力部７８００を用いて搭乗者等により入力された情報に基づいて入力信号を生成し、統合制御ユニット７６００に出力する入力制御回路などを含んでもよい。搭乗者等は、この入力部７８００を操作することにより、車両制御システム７０００に対して各種のデータを入力したり処理動作を指示

したりする。

[0112] 記憶部７６９０は、マイクロコンピュータにより実行される各種プログラムを記憶するＲＯＭ（Read Only Memory）、及び各種パラメータ、演算結果又はセンサ値等を記憶するＲＡＭ（Random Access Memory）を含んでいてもよい。また、記憶部７６９０は、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等によって実現してもよい。

[0113] 汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０は、外部環境７７５０に存在する様々な機器との間の通信を仲介する汎用的な通信Ｉ／Ｆである。汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０は、ＧＳＭ（登録商標）（Global System of Mobile communications）、ＷｉＭＡＸ、ＬＴＥ（Long Term Evolution）若しくはＬＴＥ－Ａ（LTE－Advanced）などのセルラー通信プロトコル、又は無線ＬＡＮ（Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）ともいう）、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）などのその他の無線通信プロトコルを実装してよい。汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０は、例えば、基地局又はアクセスポイントを介して、外部ネットワーク（例えば、インターネット、クラウドネットワーク又は事業者固有のネットワーク）上に存在する機器（例えば、アプリケーションサーバ又は制御サーバ）へ接続してもよい。また、汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０は、例えばＰ２Ｐ（Peer To Peer）技術を用いて、車両の近傍に存在する端末（例えば、運転者、歩行者若しくは店舗の端末、又はＭＴＣ（Machine Type Communication）端末）と接続してもよい。

[0114] 専用通信Ｉ／Ｆ７６３０は、車両における使用を目的として策定された通信プロトコルをサポートする通信Ｉ／Ｆである。専用通信Ｉ／Ｆ７６３０は、例えば、下位レイヤのＩＥＥＥ８０２．１１ｐと上位レイヤのＩＥＥＥ１６０９との組合せであるＷＡＶＥ（Wireless Access in Vehicle Environment）、ＤＳＲＣ（Dedicated Short Range Communications）、又はセルラー通信プロトコルといった標準プロトコルを実装してよい。専用通信Ｉ／Ｆ７６３０は、典型的には、車車間（Vehicle to Vehicle）通信、路車

間（Vehicle to Infrastructure）通信、車両と家との間（Vehicle to Home）の通信及び歩車間（Vehicle to Pedestrian）通信のうちの１つ以上を含む概念であるＶ２Ｘ通信を遂行する。

[0115] 測位部７６４０は、例えば、ＧＮＳＳ（Global Navigation Satellite System）衛星からのＧＮＳＳ信号（例えば、ＧＰＳ（Global Positioning System）衛星からのＧＰＳ信号）を受信して測位を実行し、車両の緯度、経度及び高度を含む位置情報を生成する。尚、測位部７６４０は、無線アクセスポイントとの信号の交換により現在位置を特定してもよく、又は測位機能を有する携帯電話、ＰＨＳ若しくはスマートフォンといった端末から位置情報を取得してもよい。

[0116] ビーコン受信部７６５０は、例えば、道路上に設置された無線局等から発信される電波あるいは電磁波を受信し、現在位置、渋滞、通行止め又は所要時間等の情報を取得する。尚、ビーコン受信部７６５０の機能は、上述した専用通信Ｉ／Ｆ７６３０に含まれてもよい。

[0117] 車内機器Ｉ／Ｆ７６６０は、マイクロコンピュータ７６１０と車内に存在する様々な車内機器７７６０との間の接続を仲介する通信インタフェースである。車内機器Ｉ／Ｆ７６６０は、無線ＬＡＮ、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）、ＮＦＣ（Near Field Communication）又はＷＵＳＢ（Wireless USB）といった無線通信プロトコルを用いて無線接続を確立してもよい。また、車内機器Ｉ／Ｆ７６６０は、図示しない接続端子（及び、必要であればケーブル）を介して、ＵＳＢ（Universal Serial Bus）、ＨＤＭＩ（登録商標）（High-Definition Multimedia Interface）、又はＭＨＬ（Mobile High-definition Link）等の有線接続を確立してもよい。車内機器７７６０は、例えば、搭乗者が有するモバイル機器若しくはウェアラブル機器、又は車両に搬入され若しくは取り付けられる情報機器のうちの少なくとも１つを含んでいてもよい。また、車内機器７７６０は、任意の目的地までの経路探索を行うナビゲーション装置を含んでいてもよい。車内機器Ｉ／Ｆ７６６０は、これらの車内機器７７６０との間で、制御信号又はデータ信号を交換す

る。

[0118] 車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０は、マイクロコンピュータ７６１０と通信ネットワーク７０１０との間の通信を仲介するインタフェースである。車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０は、通信ネットワーク７０１０によりサポートされる所定のプロトコルに則して、信号等を送受信する。

[0119] 統合制御ユニット７６００のマイクロコンピュータ７６１０は、汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０、専用通信Ｉ／Ｆ７６３０、測位部７６４０、ビーコン受信部７６５０、車内機器Ｉ／Ｆ７６６０及び車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、各種プログラムにしたがって、車両制御システム７０００を制御する。例えば、マイクロコンピュータ７６１０は、取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット７１００に対して制御指令を出力してもよい。例えば、マイクロコンピュータ７６１０は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むＡＤＡＳ（Advanced Driver Assistance System）の機能実現を目的とした協調制御を行ってもよい。また、マイクロコンピュータ７６１０は、取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行ってもよい。

[0120] マイクロコンピュータ７６１０は、汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０、専用通信Ｉ／Ｆ７６３０、測位部７６４０、ビーコン受信部７６５０、車内機器Ｉ／Ｆ７６６０及び車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、車両と周辺の構造物や人物等の物体との間の３次元距離情報を生成し、車両の現在位置の周辺情報を含むローカル地図情報を作成してもよい。また、マイクロコンピュータ７６１０は、取得される情報に基づき、車両の衝突、歩行者等の近接又は通行止めの道路への進入等の危険を予測し、警告用信号を生成してもよい。警告用信号は、例えば、警

告音を発生させたり、警告ランプを点灯させたりするための信号であってよい。

[0121] 音声画像出力部７６７０は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図１５の例では、出力装置として、オーディオスピーカ７７１０、表示部７７２０及びインストルメントパネル７７３０が例示されている。表示部７７２０は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。表示部７７２０は、ＡＲ（Augmented Reality）表示機能を有していてもよい。出力装置は、これらの装置以外の、ヘッドホン、搭乗者が装着する眼鏡型ディスプレイ等のウェアラブルデバイス、プロジェクタ又はランプ等の他の装置であってもよい。出力装置が表示装置の場合、表示装置は、マイクロコンピュータ７６１０が行った各種処理により得られた結果又は他の制御ユニットから受信された情報を、テキスト、イメージ、表、グラフ等、様々な形式で視覚的に表示する。また、出力装置が音声出力装置の場合、音声出力装置は、再生された音声データ又は音響データ等からなるオーディオ信号をアナログ信号に変換して聴覚的に出力する。

[0122] 尚、図１５に示した例において、通信ネットワーク７０１０を介して接続された少なくとも二つの制御ユニットが一つの制御ユニットとして一体化されてもよい。あるいは、個々の制御ユニットが、複数の制御ユニットにより構成されてもよい。さらに、車両制御システム７０００が、図示されていない別の制御ユニットを備えてもよい。また、上記の説明において、いずれかの制御ユニットが担う機能の一部又は全部を、他の制御ユニットに持たせてもよい。つまり、通信ネットワーク７０１０を介して情報の送受信がされるようになっていれば、所定の演算処理が、いずれかの制御ユニットで行われるようになってもよい。同様に、いずれかの制御ユニットに接続されているセンサ又は装置が、他の制御ユニットに接続されるとともに、複数の制御ユニットが、通信ネットワーク７０１０を介して相互に検出情報を送受信して

もよい。

[0123] 以上、本開示に係る技術が適用され得る車両制御システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば、撮像部７４１０がＴｏＦカメラを含む場合に、当該ＴｏＦカメラに適用され得る。そして、本開示に係る技術を適用することにより、信頼性の高い測距を行うことができる受光装置を実現できる。そして、当該受光装置を測距装置の受光装置として搭載することで、例えば、測定対象物を高精度にて検出可能な車両制御システムを構築できる。

[0124] ＜本開示がとることができる構成＞

尚、本開示は、以下のような構成をとることもできる。

[0125] ≪Ａ．受光装置≫

［Ａ－１］光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える受光装置。

［Ａ－２］制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間が、所定の基準時間になるように、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御する、

上記［Ａ－１］に記載の受光装置。

［Ａ－３］所定の基準時間は、背景光の下で測距したときの受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間である、

上記［Ａ－２］に記載の受光装置。

［Ａ－４］制御部は、光源の駆動電流の電流値を変更することによって光源の発光量を制御する、

上記［Ａ－２］又は上記［Ａ－３］に記載の受光装置。

［Ａ－５］制御部は、受光素子への印加電圧の電圧値を変更することによって受光素子の感度を制御する、

上記［Ａ－２］又は上記［Ａ－３］に記載の受光装置。

［Ａ－６］時間算出部は、互いに異なる閾値を有する複数の時間算出部から成る、

上記［Ａ－１］乃至上記［Ａ－５］のいずれかに記載の受光装置。

［Ａ－７］複数の時間算出部は、インバータ及び時間計測部の組み合わせから成る、

上記［Ａ－６］に記載の受光装置。

［Ａ－８］複数の時間算出部の異なる閾値は、インバータの閾値電圧によって与えられる、

上記［Ａ－７］に記載の受光装置。

［Ａ－９］インバータは、ＣＭＯＳインバータであり、

複数の時間算出部の異なる閾値は、ＣＭＯＳインバータを構成するトランジスタ毎の閾値電圧、あるいは、トランジスタ毎のサイズ比を異ならせることによって設定される、

上記［Ａ－８］に記載の受光装置。

［Ａ－１０］時間算出部は、複数の時間算出部の算出結果から得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する演算部を有する、

上記［Ａ－６］乃至上記［Ａ－９］のいずれかに記載の受光装置。

［Ａ－１１］演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、及び、

ヒストグラム生成部が生成したヒストグラムの平均値を、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間とする平均演算部、

を有する、

上記［Ａ－１０］に記載の受光装置。

［Ａ－１２］制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方をフィードバック制御する、

上記［Ａ－１］乃至上記［Ａ－１２］のいずれかに記載の受光装置。

［Ａ－１３］演算部は、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間の算出結果から、光子束密度を取得する、

上記［Ａ－１０］に記載の受光装置。

［Ａ－１４］演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、

減算器で得られる差分値情報に基づく光子束密度情報と、補正すべき距離情報とを対応させた補正用テーブル、及び、

受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を基に、補正用テーブルを用いて距離情報を補正する補正部、

を有する、

上記［Ａ－１０］に記載の受光装置。

［Ａ－１５］時間算出部は、

第１閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第１の時間算出部、及び、

第１閾値と異なる第２閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第２の時間算出部、

有し、

第２の時間算出部は、画素アレイ部の各受光素子に対して間引いて配置されている、

上記［Ａ－６］乃至上記［Ａ－１４］のいずれかに記載の受光装置。

［Ａ－１６］受光素子は、光子の受光に応じて信号を発生する素子である、

上記［Ａ－１］乃至上記［Ａ－１５］のいずれかに記載の受光装置。

［Ａ－１７］受光素子は、単一光子アバランシェダイオードから成る、

上記［Ａ－１６］に記載の受光装置。

[0126]≪Ｂ．測距装置≫

［Ｂ－１］測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置、

を備え、

受光装置は、

光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える測距装置。

［Ｂ－２］制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間が、所定の基準時間になるように、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御する、

上記［Ｂ－１］に記載の測距装置。

［Ｂ－３］所定の基準時間は、背景光の下で測距したときの受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間である、

上記［Ｂ－２］に記載の測距装置。

［Ｂ－４］制御部は、光源の駆動電流の電流値を変更することによって光源の発光量を制御する、

上記［Ｂ－２］又は上記［Ｂ－３］に記載の測距装置。

［Ｂ－５］制御部は、受光素子への印加電圧の電圧値を変更することによって受光素子の感度を制御する、

上記［Ｂ－２］又は上記［Ｂ－３］に記載の測距装置。

［Ｂ－６］時間算出部は、互いに異なる閾値を有する複数の時間算出部から成る、

上記［Ｂ－１］乃至上記［Ｂ－５］のいずれかに記載の測距装置。

［Ｂ－７］複数の時間算出部は、インバータ及び時間計測部の組み合わせから成る、

上記［Ｂ－６］に記載の測距装置。

［Ｂ－８］複数の時間算出部の異なる閾値は、インバータの閾値電圧によって与えられる、

上記［Ｂ－７］に記載の測距装置。

［Ｂ－９］インバータは、ＣＭＯＳインバータであり、

複数の時間算出部の異なる閾値は、ＣＭＯＳインバータを構成するトランジスタ毎の閾値電圧、あるいは、トランジスタ毎のサイズ比を異ならせることによって設定される、

上記［Ｂ－８］に記載の測距装置。

［Ｂ－１０］時間算出部は、複数の時間算出部の算出結果から得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する演算部を有する、

上記［Ｂ－６］乃至上記［Ｂ－９］のいずれかに記載の測距装置。

［Ｂ－１１］演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、及び、

ヒストグラム生成部が生成したヒストグラムの平均値を、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間とする平均演算部、

を有する、

上記［Ｂ－１０］に記載の測距装置。

［Ｂ－１２］制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下が

り時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方をフィードバック制御する、

上記［Ｂ－１］乃至上記［Ｂ－１２］のいずれかに記載の測距装置。

［Ｂ－１３］演算部は、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間の算出結果から、光子束密度を取得する、

上記［Ｂ－１０］に記載の測距装置。

［Ｂ－１４］演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、

減算器で得られる差分値情報に基づく光子束密度情報と、補正すべき距離情報とを対応させた補正用テーブル、及び、

受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を基に、補正用テーブルを用いて距離情報を補正する補正部、

を有する、

上記［Ｂ－１０］に記載の測距装置。

［Ｂ－１５］時間算出部は、

第１閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第１の時間算出部、及び、

第１閾値と異なる第２閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第２の時間算出部、

有し、

第２の時間算出部は、画素アレイ部の各受光素子に対して間引いて配置されている、

上記［Ｂ－６］乃至上記［Ｂ－１４］のいずれかに記載の測距装置。

［Ｂ－１６］受光素子は、光子の受光に応じて信号を発生する素子である、

上記［Ｂ－１］乃至上記［Ｂ－１５］のいずれかに記載の測距装置。

［Ｂ－１７］受光素子は、単一光子アバランシェダイオードから成る、

上記［Ｂ－１６］に記載の測距装置。

［Ｂ－１８］光源及び受光素子は、１次元、２次元、又は、３次元アレイで構成されており、

光源と受光素子とが、１対Ｎ（Ｎ≧１）の対応関係にあるとき、

受光素子の照度情報に応じて、各光源の発光量を独立にフィードバック制御する、

上記［Ｂ－１］乃至上記［Ｂ－１８］のいずれかに記載の受光装置。

符号の説明

[0127] １・・・測距装置、１０・・・被写体（測定対象物）、２０・・・光源、２１・・・レーザ駆動部、２２・・・レーザ光源、２３・・・拡散レンズ、３０・・・受光装置、３１・・・受光レンズ、３２・・・光センサ、３３・・・信号処理部、４０・・・制御部、５０・・・画素、５１・・・ＳＰＡＤ素子、５４，54_1，54_2・・・インバータ、５５・・・ＳＰＡＤ駆動部、６０・・・時間算出部、６１・・・第１の時間算出部、６２・・・第２の時間算出部、６３・・・演算部、６３１・・・減算器、６３２・・・ＴｏＦヒストグラム生成部、６３３・・・立ち下がり時間t_fヒストグラム生成部、６３４・・・平均演算部、６３５・・・ＴｏＦ補正部は、６３６・・・補正用テーブル記憶部、６３７・・・電圧・温度情報記憶部、６３８・・・照度計算部、６３９・・・照度補間部

請求の範囲

[請求項1] 光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える受光装置。

[請求項2] 制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間が、所定の基準時間になるように、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御する、

請求項１に記載の受光装置。

[請求項3] 所定の基準時間は、背景光の下で測距したときの受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間である、

請求項２に記載の受光装置。

[請求項4] 制御部は、光源の駆動電流の電流値を変更することによって光源の発光量を制御する、

請求項２に記載の受光装置。

[請求項5] 制御部は、受光素子への印加電圧の電圧値を変更することによって受光素子の感度を制御する、

請求項２に記載の受光装置。

[請求項6] 時間算出部は、互いに異なる閾値を有する複数の時間算出部から成る、

請求項１に記載の受光装置。

[請求項7] 複数の時間算出部は、インバータ及び時間計測部の組み合わせから成る、

請求項６に記載の受光装置。

[請求項8] 複数の時間算出部の異なる閾値は、インバータの閾値電圧によって与えられる、

請求項７に記載の受光装置。

[請求項9] インバータは、ＣＭＯＳインバータであり、

複数の時間算出部の異なる閾値は、ＣＭＯＳインバータを構成するトランジスタ毎の閾値電圧、あるいは、トランジスタ毎のサイズ比を異ならせることによって設定される、

請求項８に記載の受光装置。

[請求項10] 時間算出部は、複数の時間算出部の算出結果から得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する演算部を有する、

請求項６に記載の受光装置。

[請求項11] 演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、及び、

ヒストグラム生成部が生成したヒストグラムの平均値を、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間とする平均演算部、

を有する、

請求項１０に記載の受光装置。

[請求項12] 制御部は、時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方をフィードバック制御する、

請求項１に記載の受光装置。

[請求項13] 演算部は、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間の算出結果から、光子束密度を取得する、

請求項１０に記載の受光装置。

[請求項14] 演算部は、

複数の時間算出部の算出結果を基に差分値情報を得る減算器、

減算器で得られる差分値情報に基づいて、受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間のヒストグラムを生成するヒストグラム生成部、

減算器で得られる差分値情報に基づく光子束密度情報と、補正すべき距離情報とを対応させた補正用テーブル、及び、

受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を基に、補正用テーブルを用いて距離情報を補正する補正部、

を有する、

請求項１０に記載の受光装置。

[請求項15] 時間算出部は、

第１閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第１の時間算出部、及び、

第１閾値と異なる第２閾値を基準に受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する第２の時間算出部、

有し、

第２の時間算出部は、画素アレイ部の各受光素子に対して間引いて配置されている、

請求項６に記載の受光装置。

[請求項16] 受光素子は、光子の受光に応じて信号を発生する素子である、

請求項１に記載の受光装置。

[請求項17] 受光素子は、単一光子アバランシェダイオードから成る、

請求項１６に記載の受光装置。

[請求項18] 測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置、

を備え、

受光装置は、

光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子、

受光素子への光の入射に基づく受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出する時間算出部、

時間算出部が算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する制御部、

を備える測距装置。

[請求項19] 光源及び受光素子は、１次元、２次元、又は、３次元アレイで構成されており、

光源と受光素子とが、１対Ｎ（Ｎ≧１）の対応関係にあるとき、

受光素子の照度情報に応じて、各光源の発光量を独立にフィードバック制御する、

請求項１８に記載の受光装置。

[請求項20] 測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置、

を備える測距装置の制御に当たって、

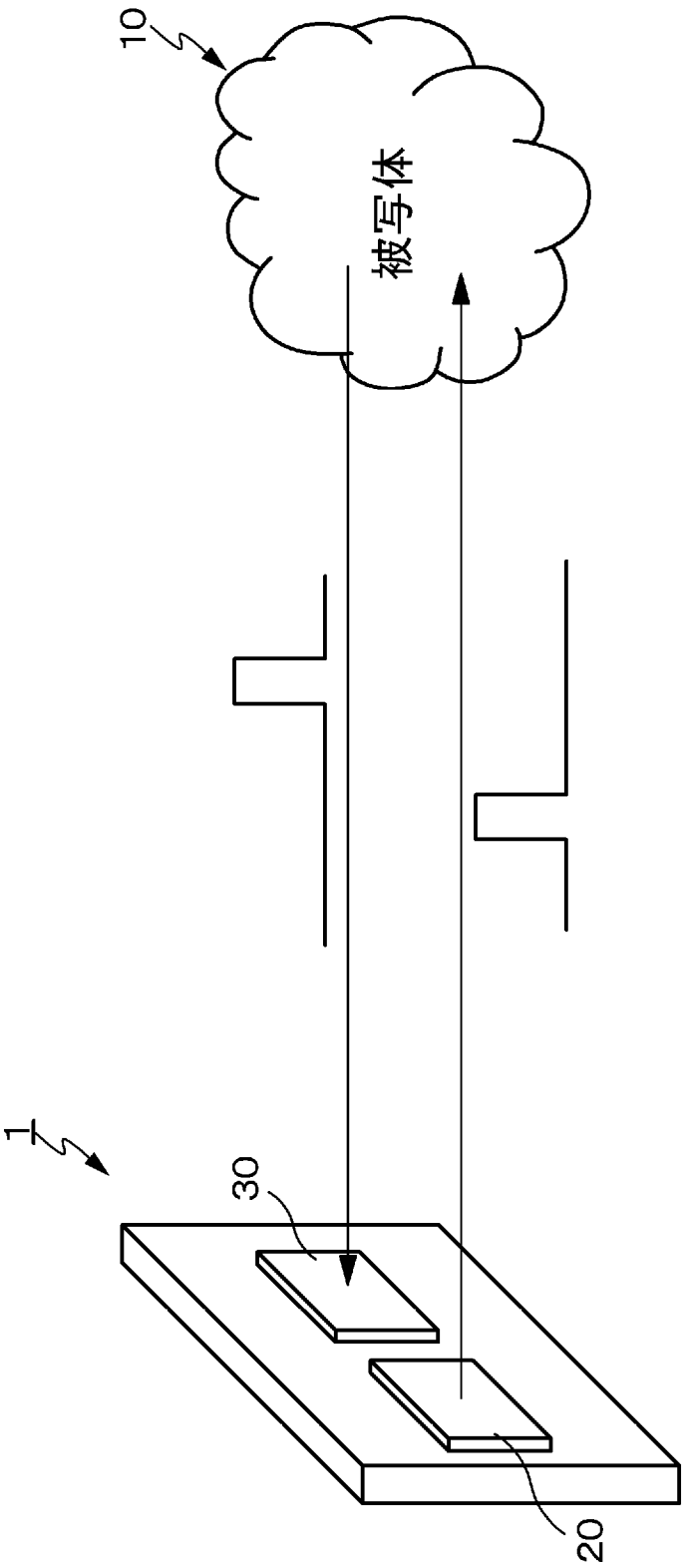
光源からの光の照射に基づく、被写体からの反射光を受光する受光素子の受光応答の立ち上がり時間又は立ち下がり時間を算出し、

この算出した立ち上がり時間又は立ち下がり時間に基づいて、光源の発光量、及び、受光素子の感度の少なくとも一方を制御するための制御信号を出力する、

測距装置の制御方法。

[図1]

図 1



[図2]

図２Ａ

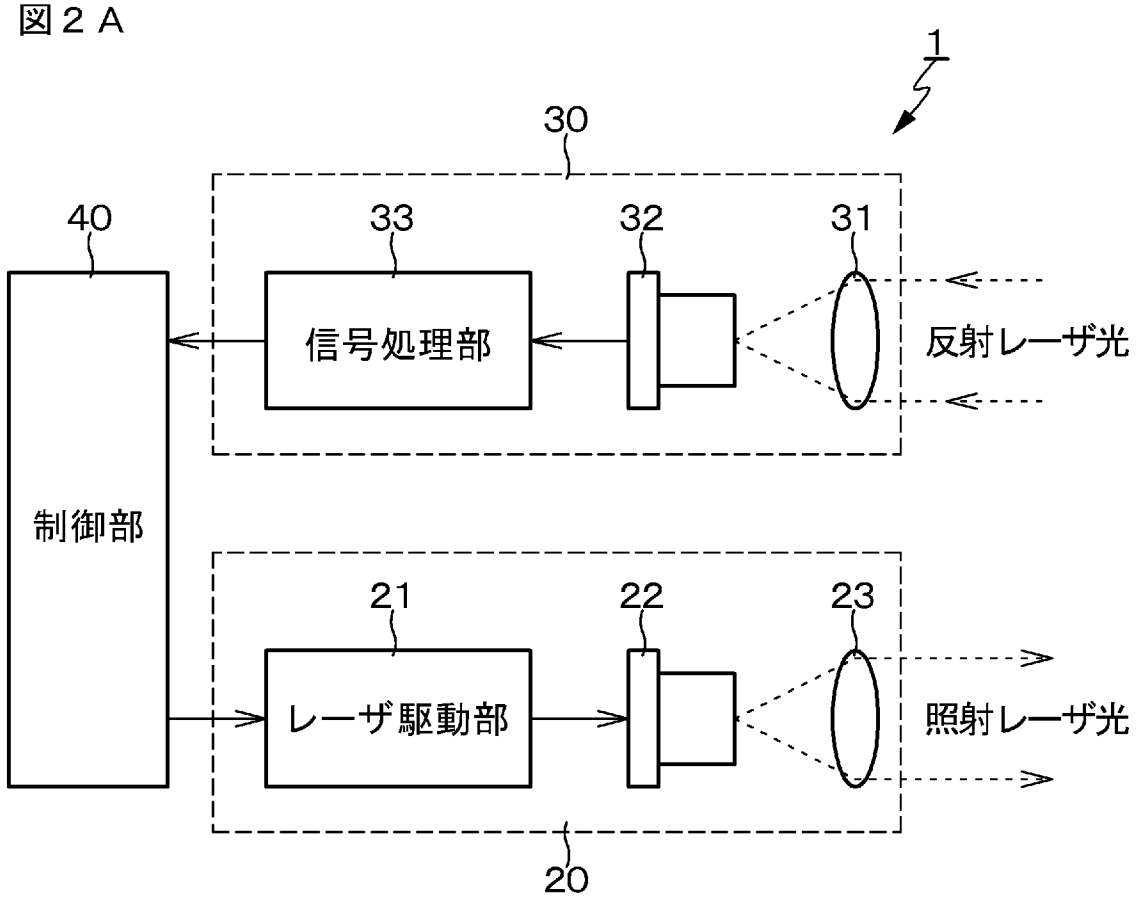
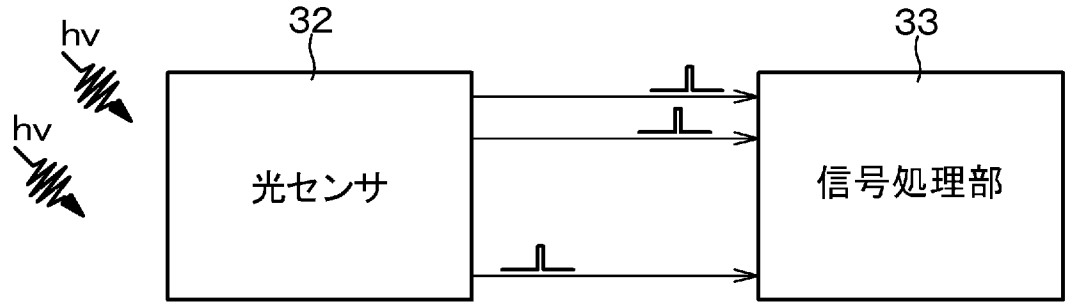
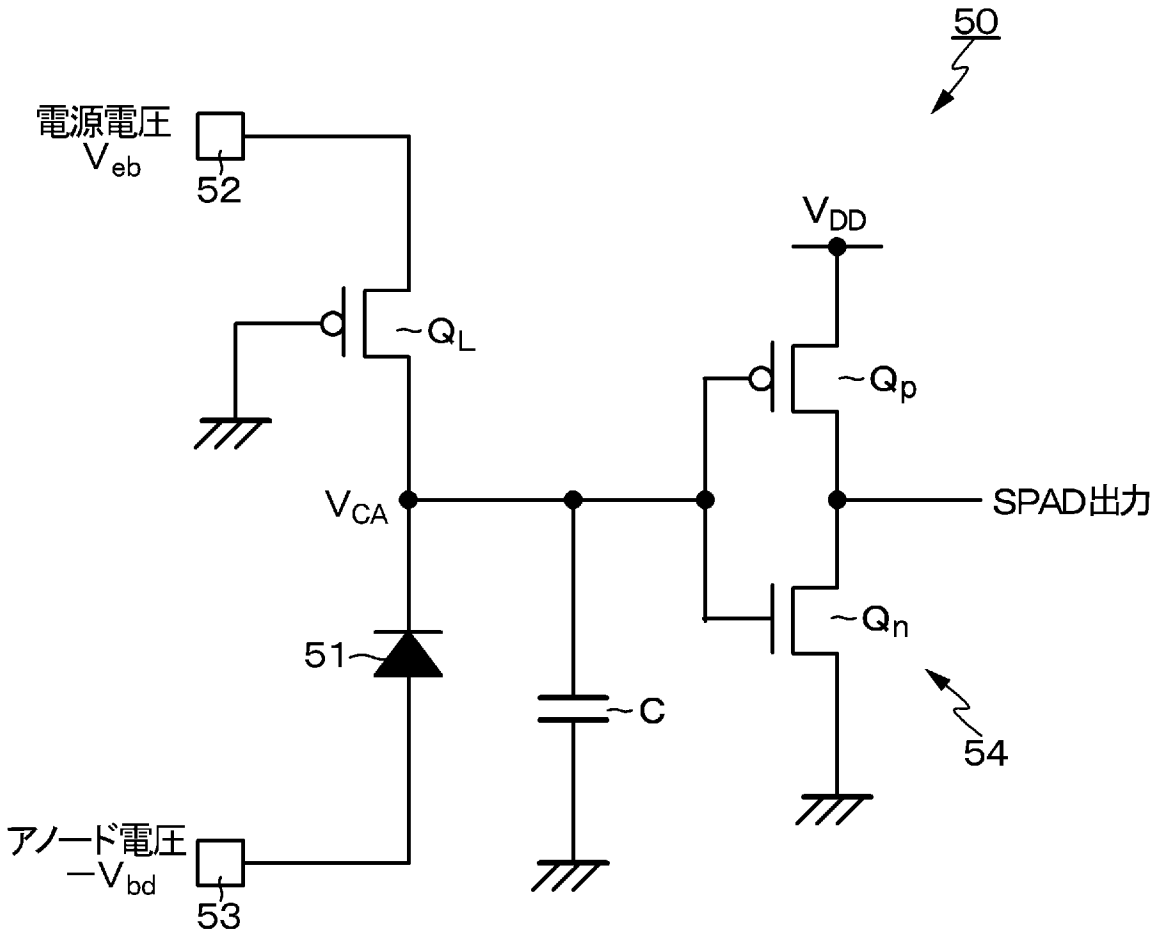

1
30
40
33
32
31
信号処理部
反射レーザ光
制御部
21
22
23
レーザ駆動部
照射レーザ光
20

図２Ｂ


hv
hv
32
光センサ
33
信号処理部

[図3]

図 3



[図4]

図４Ａ

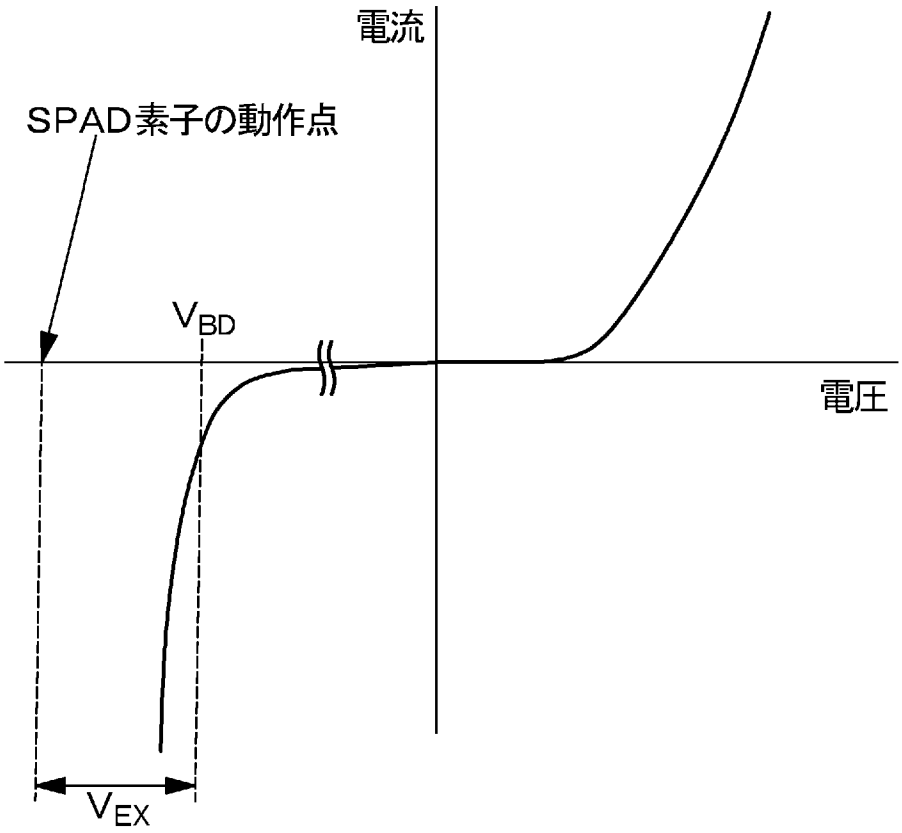
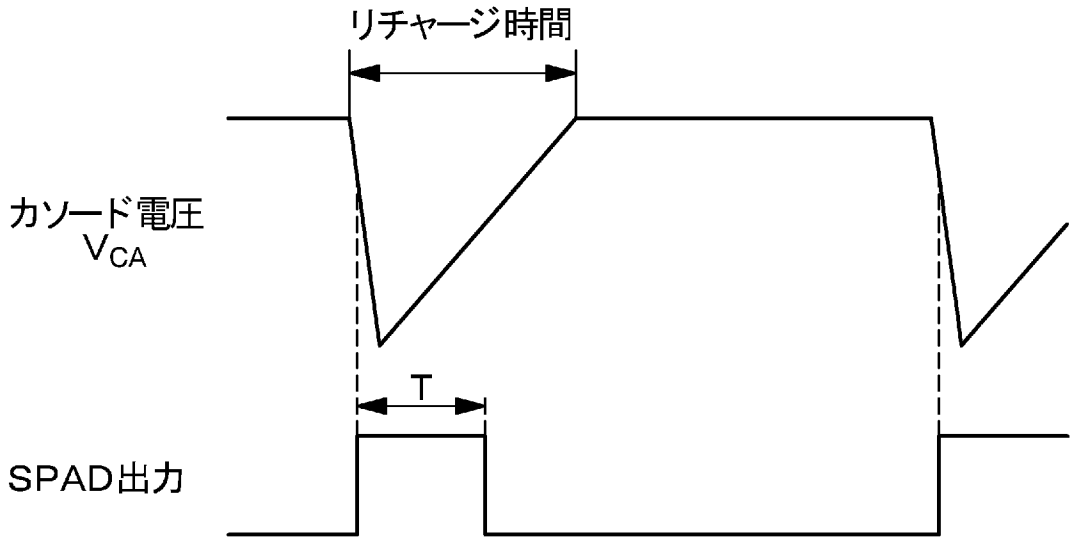


図４Ｂ



[図5]

図５Ａ

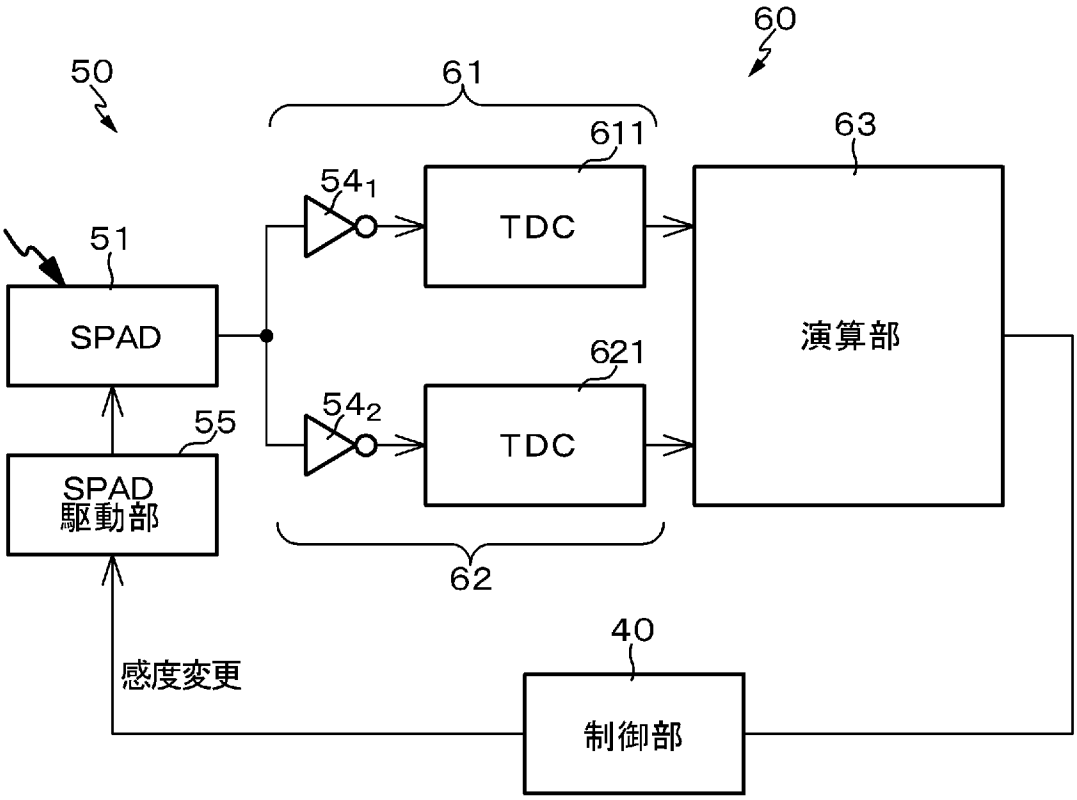
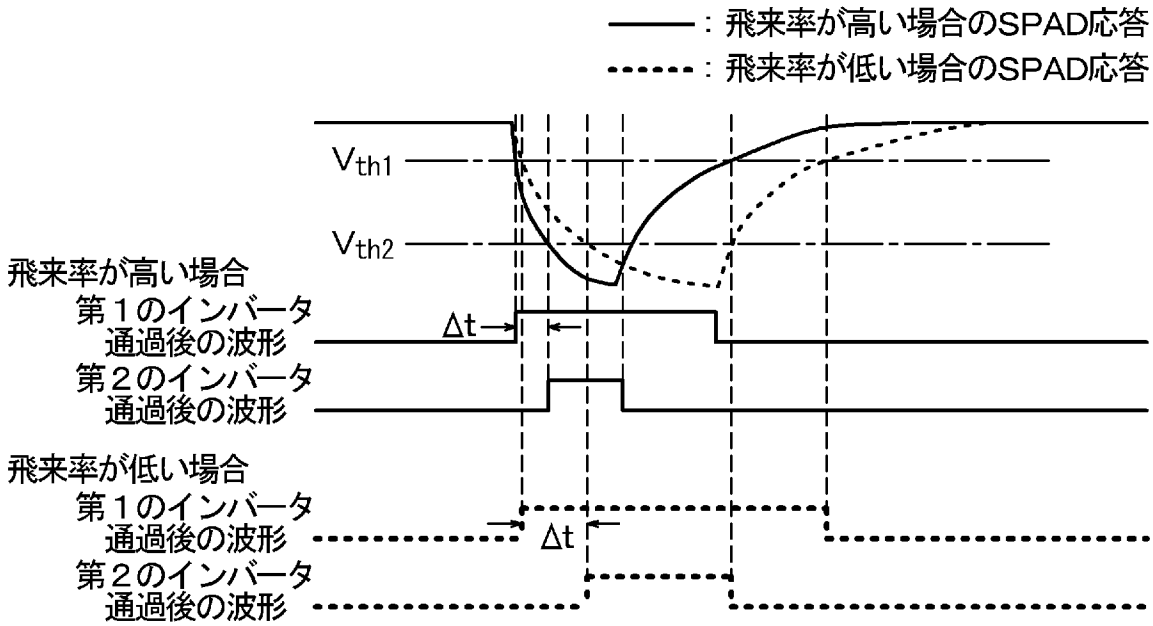
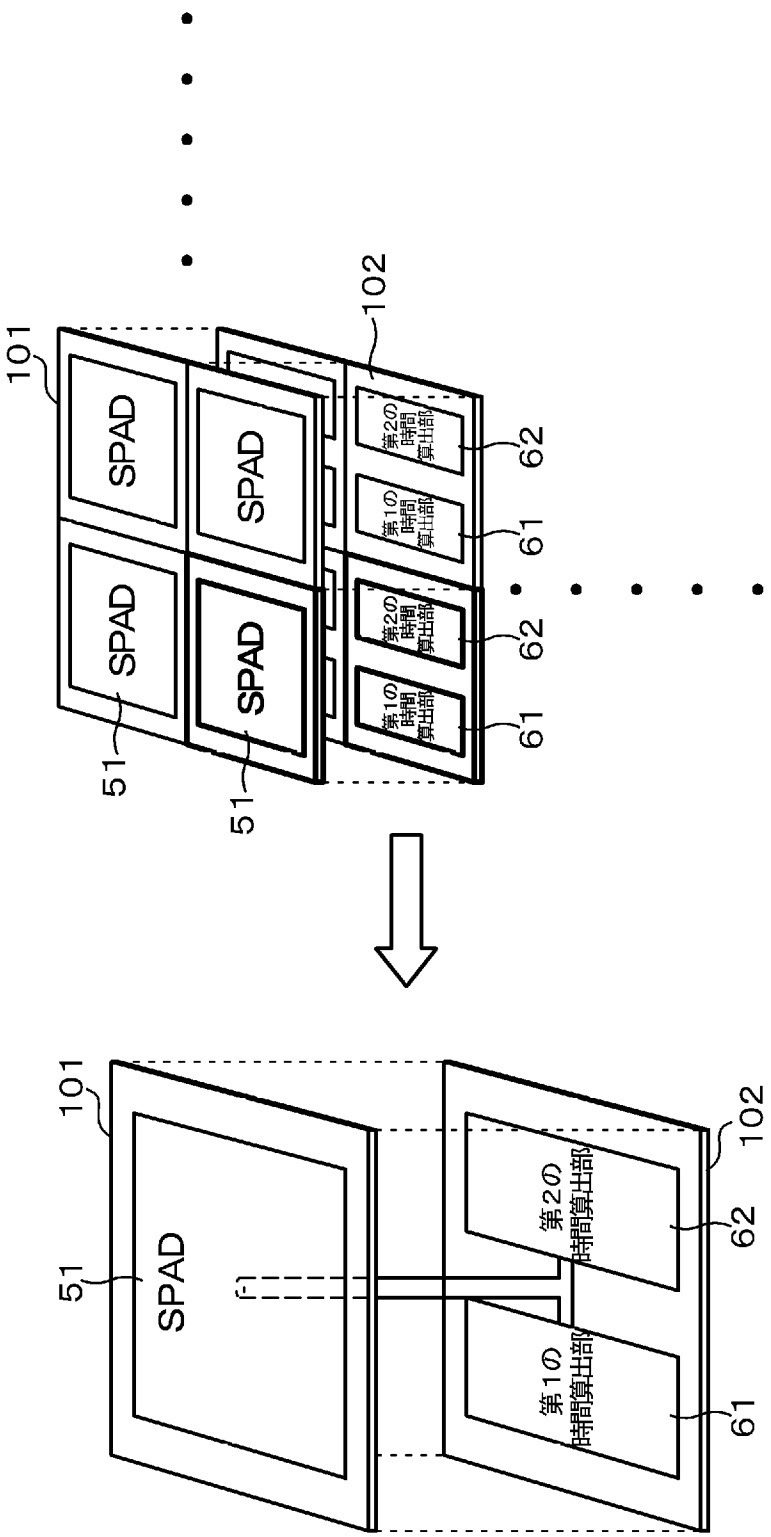

60
50
61
611
63
54_1
51
TDC
SPAD
演算部
621
54_2
55
TDC
SPAD
駆動部
62
40
感度変更
制御部

図５Ｂ


：飛来率が高い場合のSPAD応答
：飛来率が低い場合のSPAD応答
V_{th1}
V_{th2}
飛来率が高い場合
第１のインバータ
通過後の波形
Δt
第２のインバータ
通過後の波形
飛来率が低い場合
第１のインバータ
通過後の波形
Δt
第２のインバータ
通過後の波形

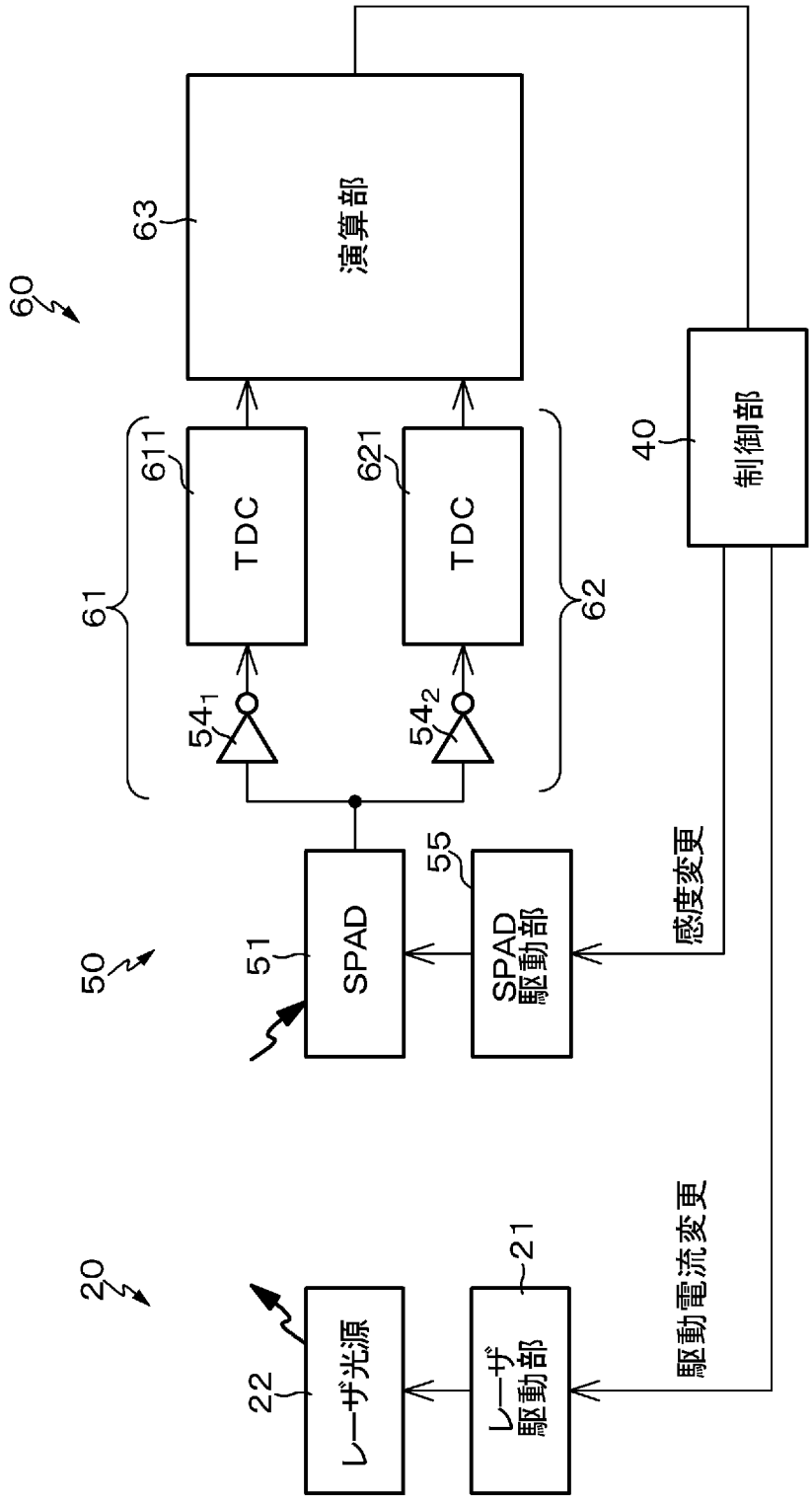
[図6]

図６


101
102
SPAD
SPAD
SPAD
SPAD
51
51
第2の時間算出部
第1の時間算出部
62
61
62
61
101
102
51
SPAD
第2の時間算出部
第1の時間算出部
62
61

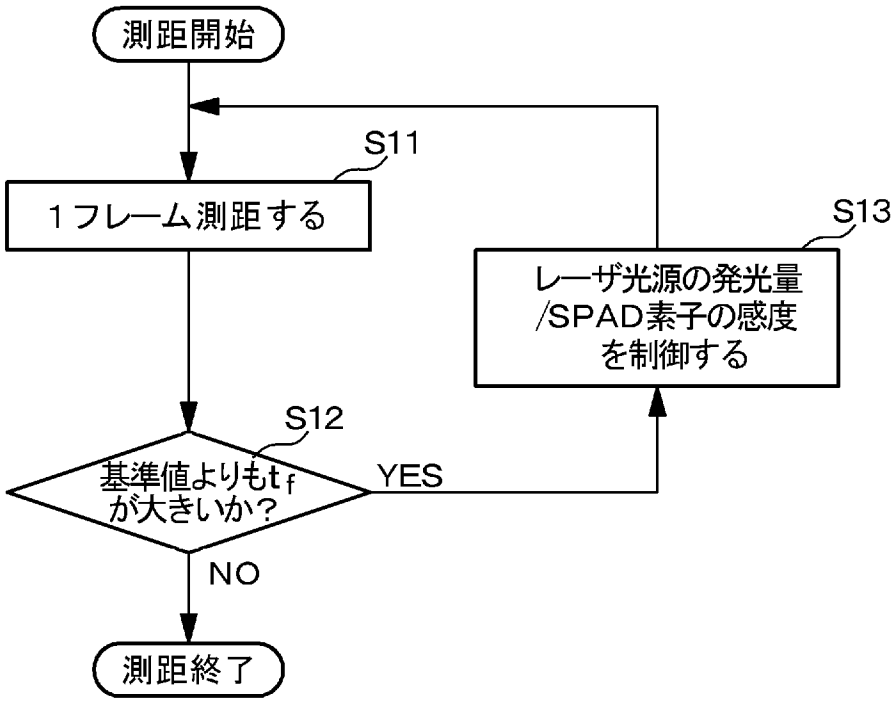
[図7]

図 7


60
63
演算部
40
制御部
611
TDC
621
TDC
61
62
54₁
54₂
50
51
SPAD
55
SPAD
駆動部
感度変更
20
22
レーザ光源
21
レーザ
駆動部
駆動電流変更

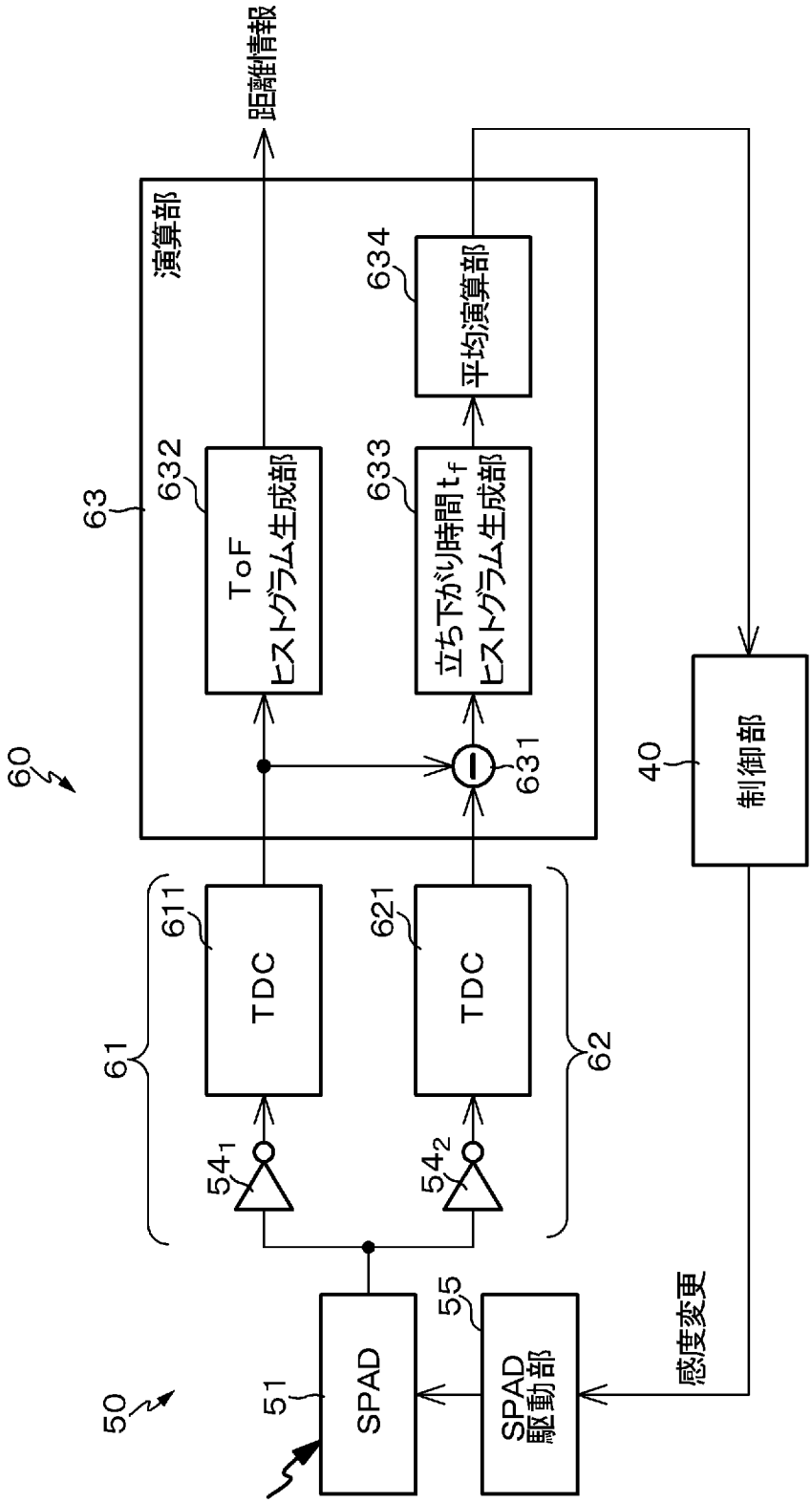
[図8]

図８


測距開始
S11
１フレーム測距する
S13
レーザ光源の発光量
/SPAD素子の感度
を制御する
S12
基準値よりもt_f
が大きいか？
YES
NO
測距終了

[図9]

図９


距離情報
演算部
63
632
ToF
ヒストグラム生成部
633
立ち下がり時間 t_f
ヒストグラム生成部
634
平均演算部
631
60
40
制御部
611
TDC
621
TDC
61
62
54_1
54_2
50
51
SPAD
55
SPAD
駆動部
感度変更

[図10]

図１０Ａ

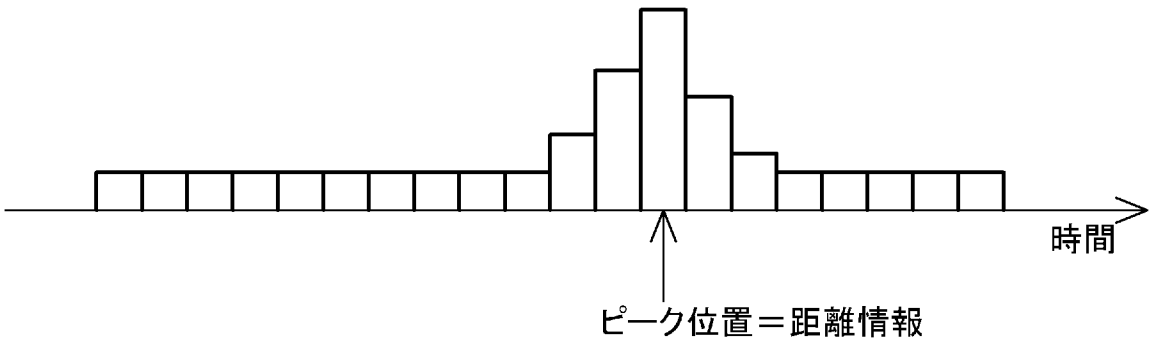


図１０Ｂ

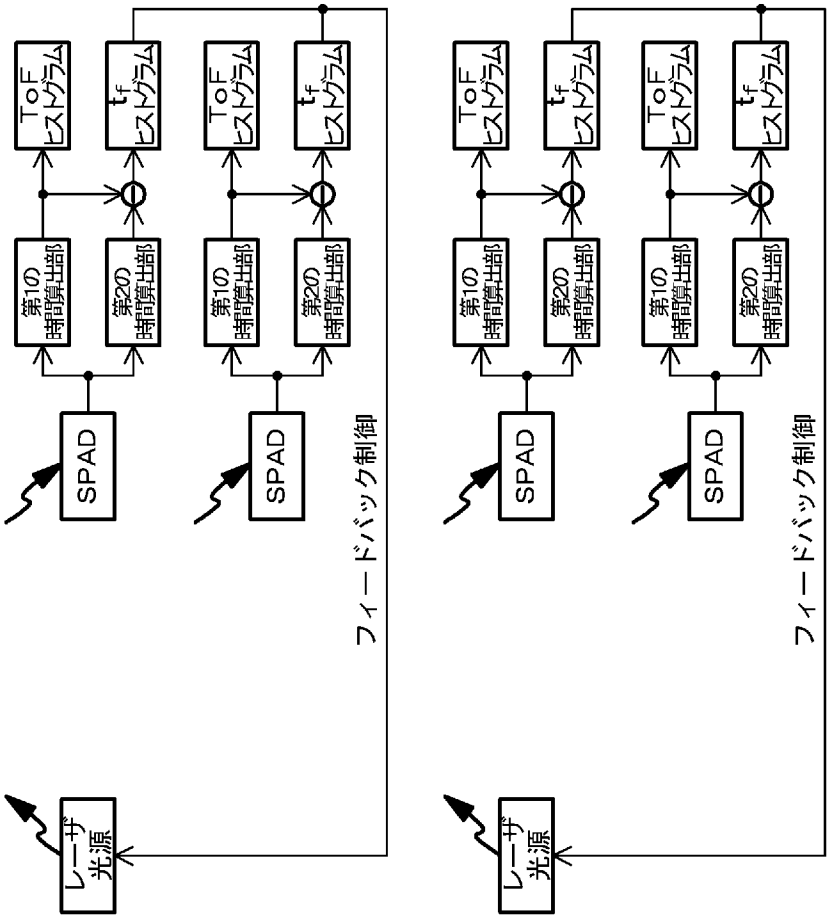


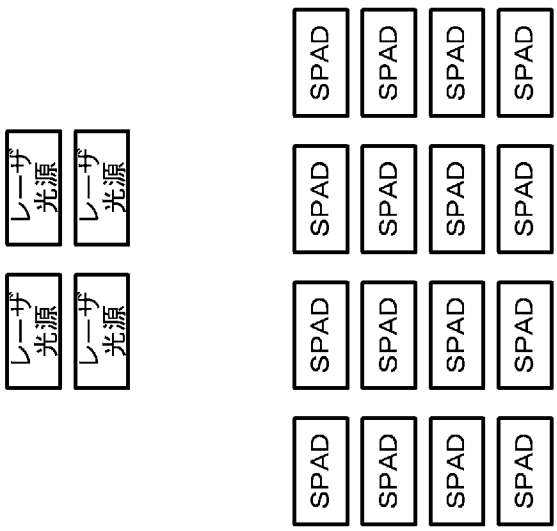
図１０Ｃ



[図11]

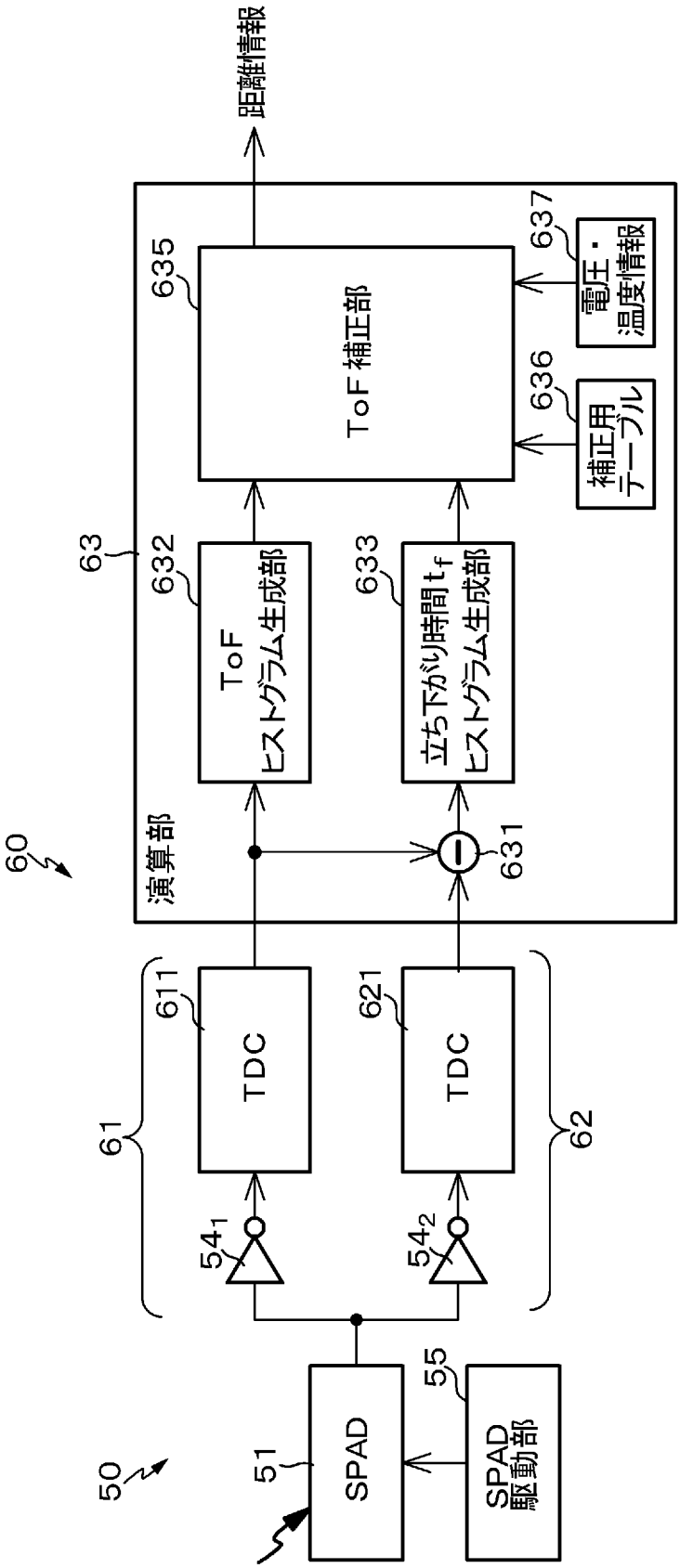
図１１


ToF ヒストグラム
t_f ヒストグラム
第1の時間算出部
第2の時間算出部
SPAD
フィードバック制御
レーザ光源


レーザ光源
SPAD

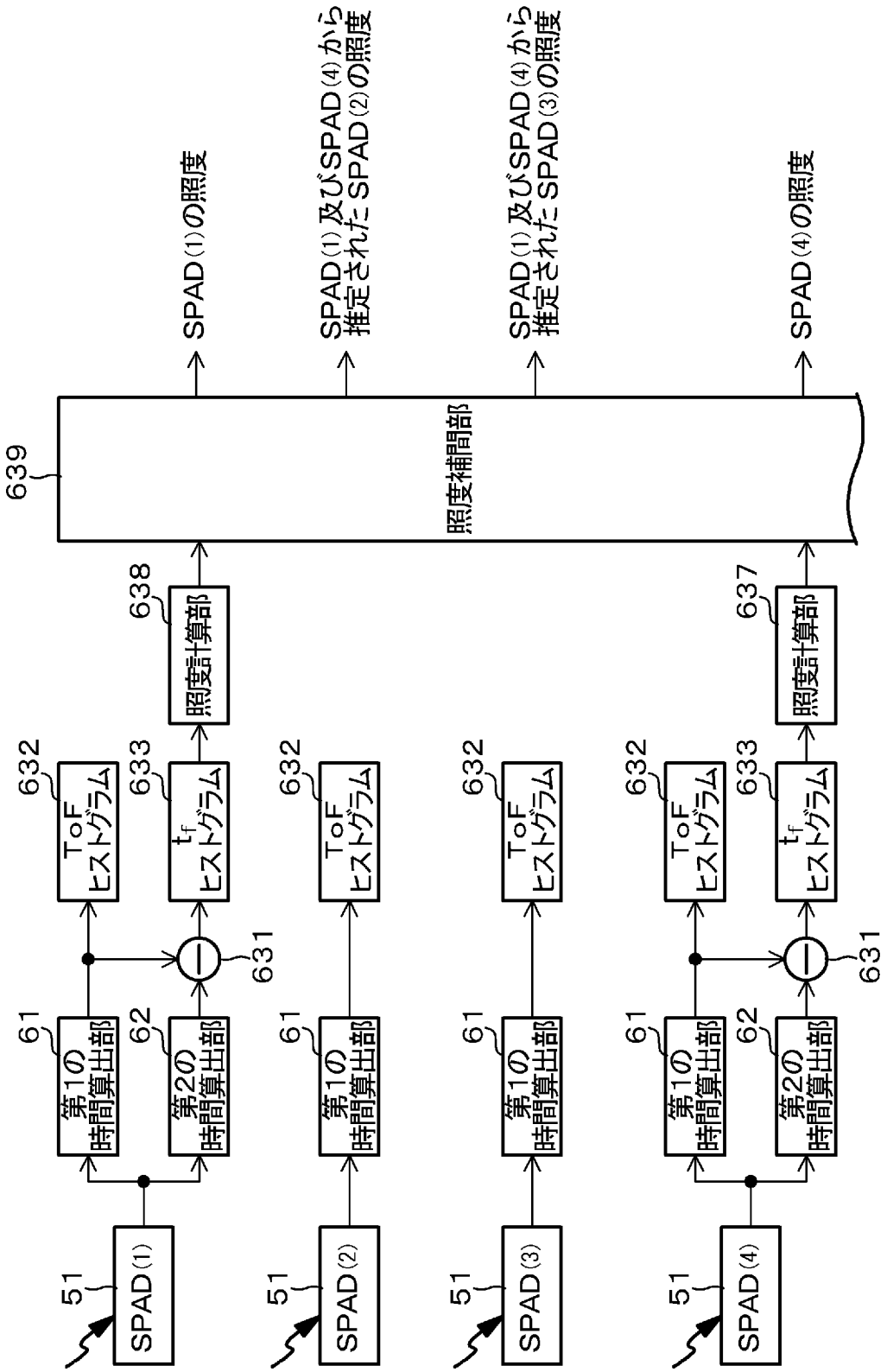
[図12]

図１２


距離情報
635
ToF 補正部
637
電圧・温度情報
636
補正用テーブル
63
632
ToF ヒストグラム生成部
633
立ち下がり時間 t_f ヒストグラム生成部
演算部
631
60
611
TDC
621
TDC
61
62
54_1
54_2
55
SPAD 駆動部
51
SPAD
50

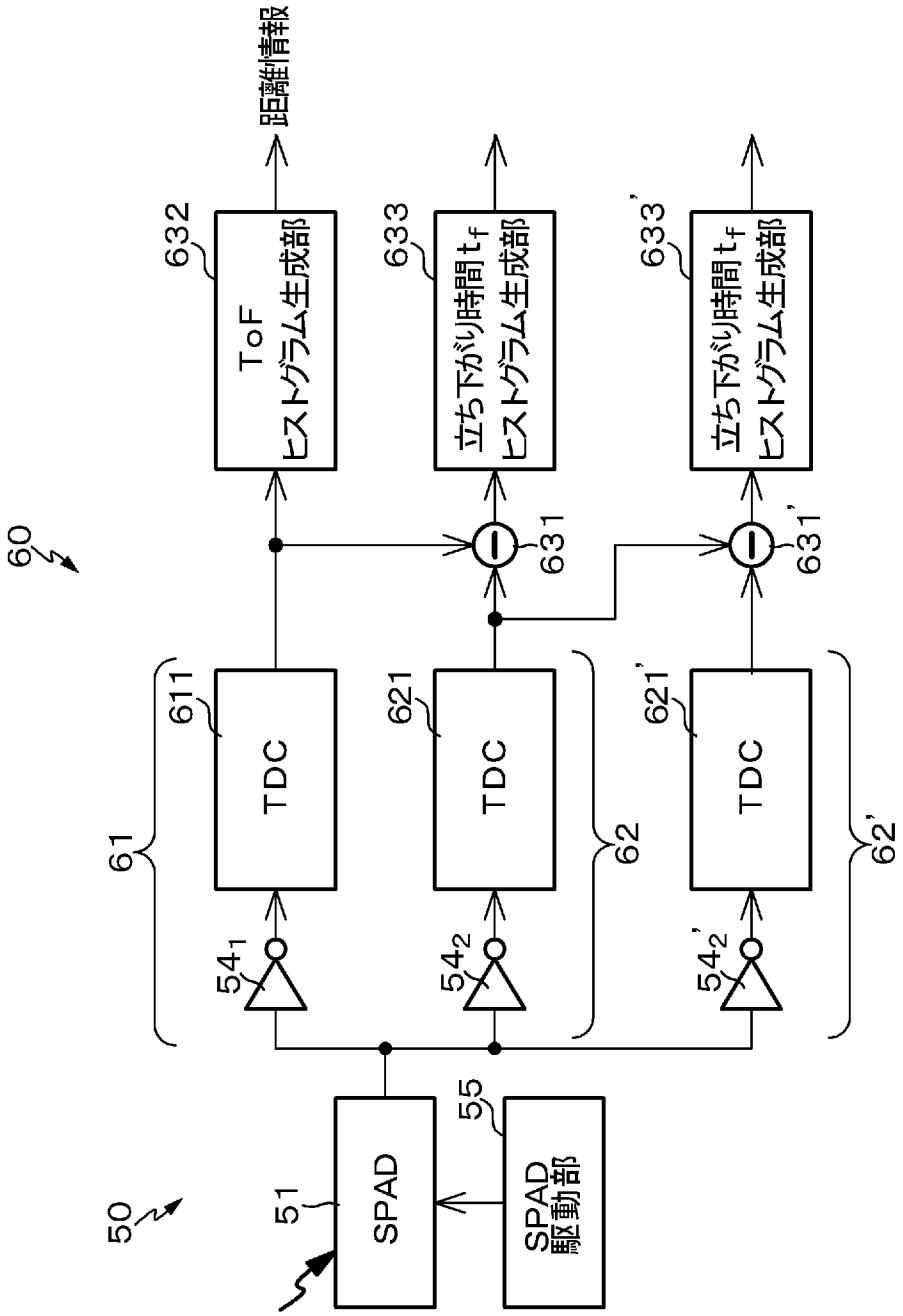
[図13]

図１３


SPAD(1)の照度
SPAD(1)及びSPAD(4)から推定されたSPAD(2)の照度
SPAD(1)及びSPAD(4)から推定されたSPAD(3)の照度
SPAD(4)の照度
照度補間部
639
照度計算部
638
照度計算部
637
ToFヒストグラム
632
t_fヒストグラム
633
631
第1の時間算出部
61
第2の時間算出部
62
SPAD(1)
SPAD(2)
SPAD(3)
SPAD(4)
51

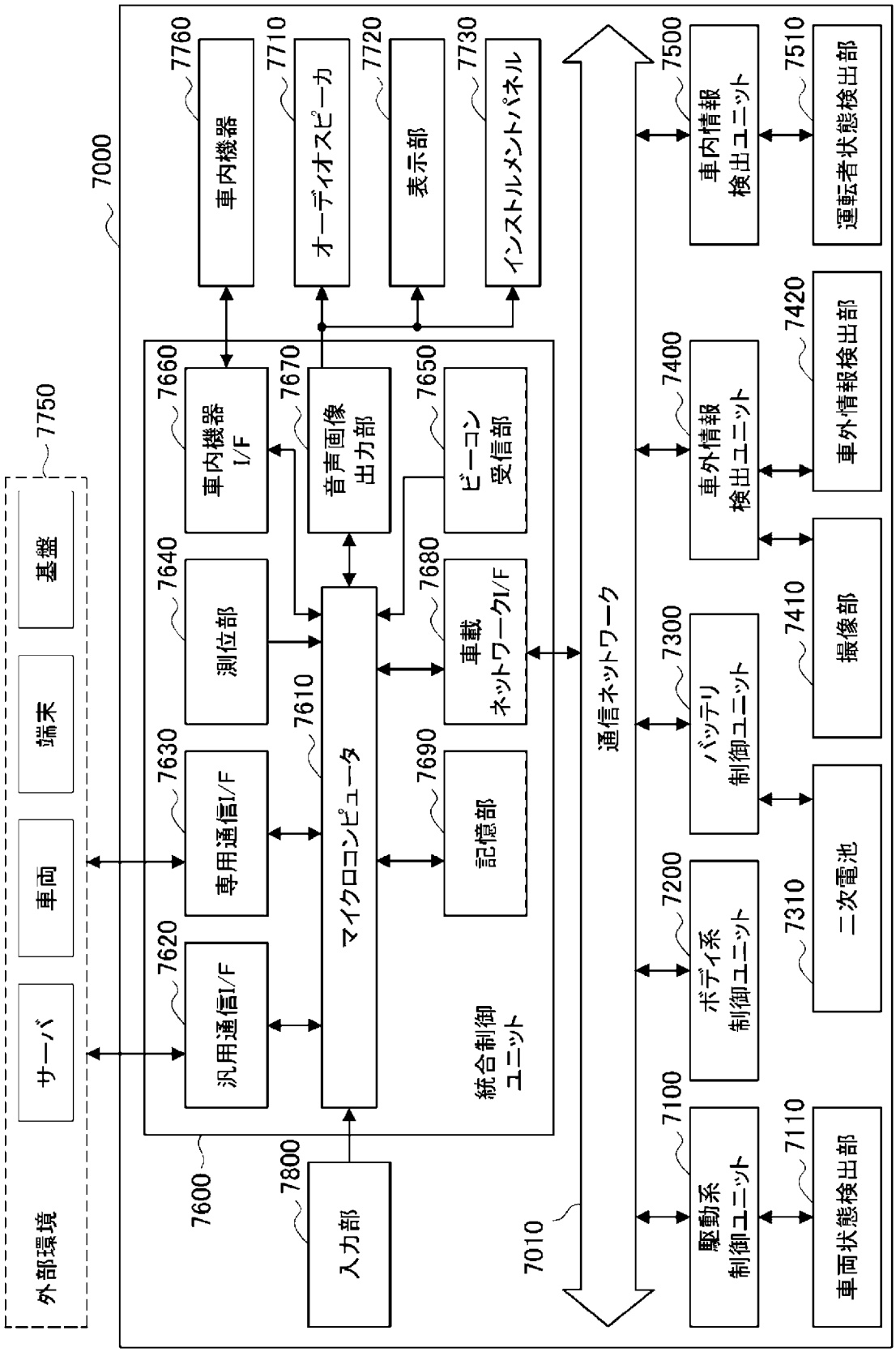
[図14]

図１４


距離情報
632
ToF
ヒストグラム生成部
633
立ち下がり時間 t_f
ヒストグラム生成部
633'
立ち下がり時間 t_f
ヒストグラム生成部
60
631
631'
611
621
621'
TDC
TDC
TDC
61
62
62'
54_1
54_2
54_2'
55
SPAD
SPAD
駆動部
50
51

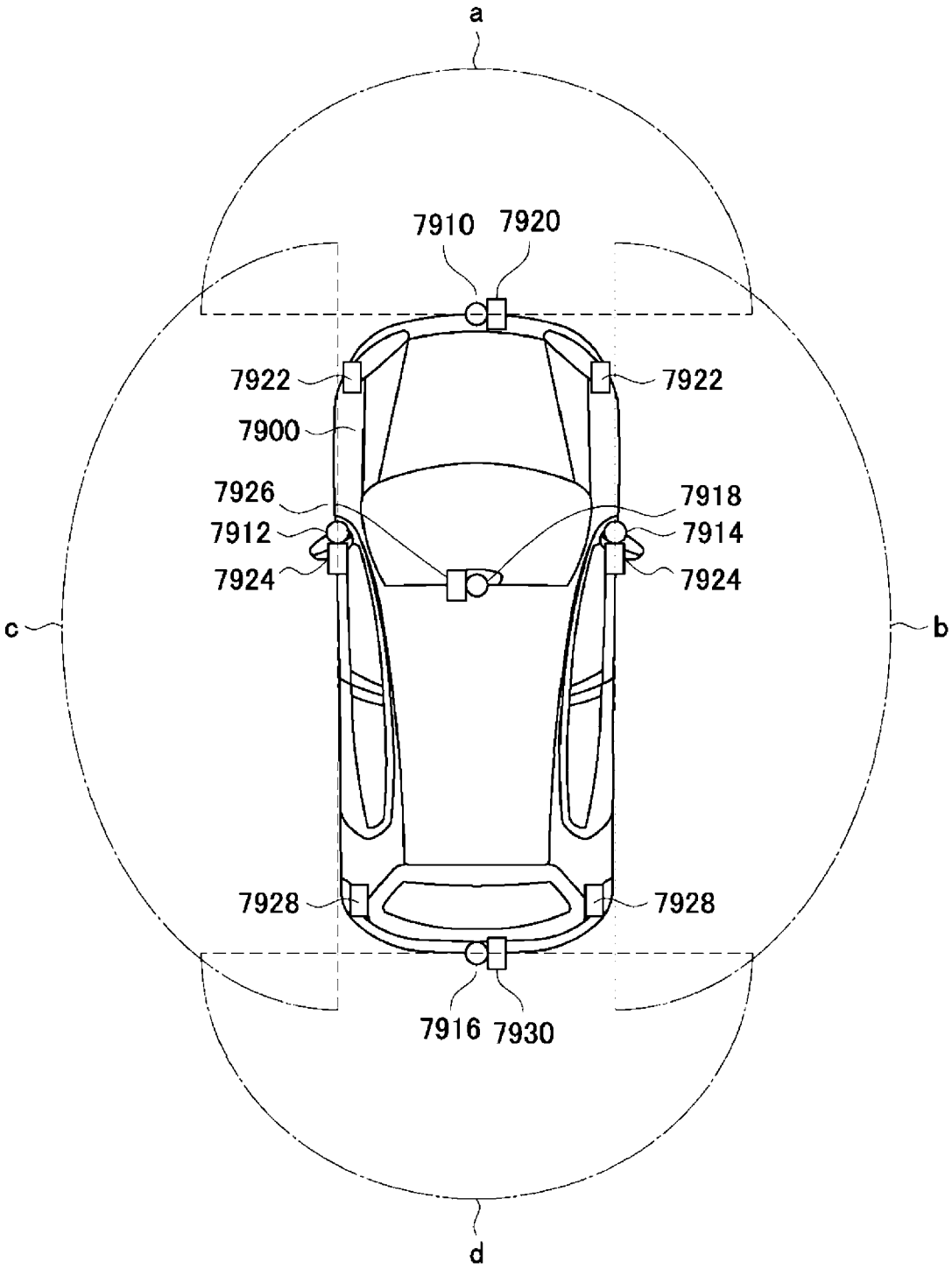
[図15]

図１５


外部環境
サーバ
車両
端末
基盤
7750
7000
車内機器
7760
オーディオスピーカ
7710
表示部
7720
インストルメントパネル
7730
車内情報
検出ユニット
7500
運転者状態検出部
7510
車外情報
検出ユニット
7400
車外情報検出部
7420
撮像部
7410
バッテリ
制御ユニット
7300
二次電池
7310
ボディ系
制御ユニット
7200
車両状態検出部
7110
駆動系
制御ユニット
7100
通信ネットワーク
7010
車内機器
I/F
7660
音声画像
出力部
7670
ビーコン
受信部
7650
車載
ネットワークI/F
7680
測位部
7640
専用通信I/F
7630
汎用通信I/F
7620
マイクロコンピュータ
7610
記憶部
7690
統合制御
ユニット
7600
入力部
7800

[図16]

図１６


a
7910
7920
7922
7922
7900
7926
7918
7912
7914
7924
7924
c
b
7928
7928
7916
7930
d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/027978

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01C3/06(2006.01)i, G01S7/486(2020.01)i
FI: G01S7/486, G01C3/06120Q

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G01C3/00-G01C3/32, G01S7/48-G01S7/51, G01S17/00-G01S17/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/042993 A1 (SONY CORPORATION) 16.03.2017 (2017-03-16), paragraphs [0026]-[0043], [0073]-[0095], fig. 12-14	1-20
Y	JP 2014-81254 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 08.05.2014 (2014-05-08), paragraphs [0030]-[0065]	1-20
Y	KURTTI, S. et al., A wide dynamic range CMOS laser radar receiver with a time-domain walk error compensation scheme, IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers, 2016.12.01, vol. 64, no. 3, pp. 550-561, DOI: 10.1109/TCSI.20162619762, p. 554, right column, l. 4 to p. 556, left column, l. 14	9
A	WO 2016/121531 A1 (SHARP CORPORATION) 04.08.2016 (2016-08-04), entire text, all drawings	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29.09.2020	13.10.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/027978

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018/0356502 A1 (HEXAGON TECHNOLOGY CENTER GMBM) 13.12.2018 (2018-12-13), entire text, all drawings	1-20
A	US 2012/0069322 A1 (KOSTAMOVAARA, J.) 22.03.2012 (2012-03-22), entire text, all drawings	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/027978

WO 2017/042993 A1	16.03.2017	US 2018/0259629 A1 paragraphs [0060]-[0078], [0113]-[0138], fig. 12-14 DE 112016004120 T5
JP 2014-81254 A	08.05.2014	(Family: none)
WO 2016/121531 A1	04.08.2016	(Family: none)
US 2018/0356502 A1	13.12.2018	EP 3415950 A1 CN 109085599 A
US 2012/0069322 A1	22.03.2012	WO 2009/156580 A1 EP 2300851 A1

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/027978

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01C 3/06(2006.01)i; G01S 7/486(2020.01)i
FI: G01S7/486; G01C3/06 120Q

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01C3/00-G01C3/32; G01S7/48-G01S7/51; G01S17/00-G01S17/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2017/042993 A1 (ソニー株式会社) 16.03.2017 (2017-03-16) 段落0026-0043,0073-0095,図12-14	1-20
Y	JP 2014-81254 A (株式会社豊田中央研究所) 08.05.2014 (2014-05-08) 段落0030-0065	1-20
Y	KURTTI,S. et al., A Wide Dynamic Range CMOS Laser Radar Receiver With a Time-Domain Walk Error Compensation Scheme, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS-I:REGULAR PAPERS, 2016.12.01, VOL.64,NO.3, pp.550-561, DOI:10.1109/TCSI.20162619762 第554頁右欄第4行-第556頁左欄第14行	9
A	WO 2016/121531 A1 (シャープ株式会社) 04.08.2016 (2016-08-04) 全文,全図	1-20
A	US 2018/0356502 A1 (HEXAGON TECHNOLOGY CENTER GMBH) 13.12.2018 (2018-12-13) 全文,全図	1-20
A	US 2012/0069322 A1 (KOSTAMOVAARA, JUHA) 22.03.2012 (2012-03-22) 全文,全図	1-20

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
29.09.2020	13.10.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
佐藤　宙子 2S 9316
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/027978

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2017/042993 A1	16.03.2017	US 2018/0259629 A1 段落0060-0078,0113-0138, 図12-14 DE 112016004120 T5	
JP 2014-81254 A	08.05.2014	（ファミリーなし）	
WO 2016/121531 A1	04.08.2016	（ファミリーなし）	
US 2018/0356502 A1	13.12.2018	EP 3415950 A1 CN 109085599 A	
US 2012/0069322 A1	22.03.2012	WO 2009/156580 A1 EP 2300851 A1	