(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12月23日(23.12.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/256276 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 7/486 (2020.01) *G01S 17/931* (2020.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/021170

(22) 国際出願日： 2021年6月3日(03.06.2021)

(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 2020-103551 2020年6月16日(16.06.2020) 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).

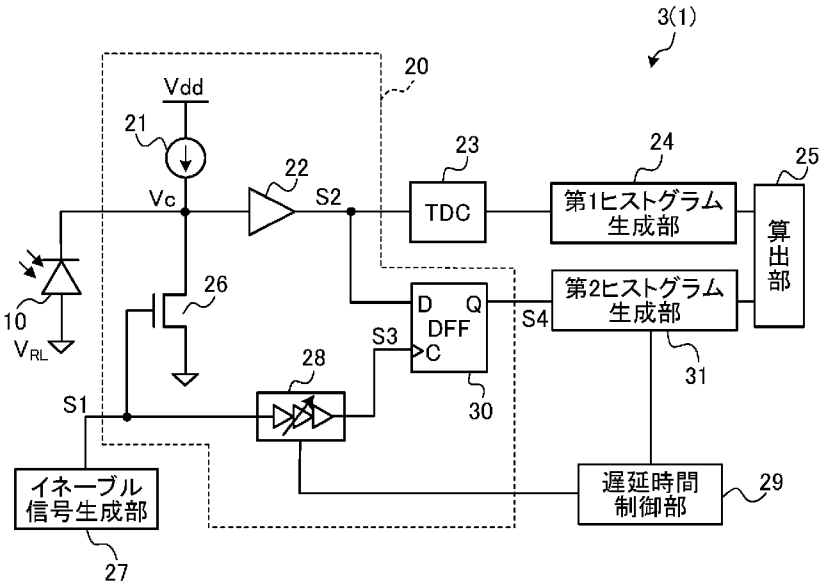
(72) 発明者: 佃 恭範 (**TSUKUDA, Yasunori**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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,

(54) **Title:** DISTANCE MEASURING DEVICE AND DISTANCE MEASURING SYSTEM

(54) 発明の名称： 測距装置および測距システム



24 First histogram generation unit
25 Calculation unit
27 Enable signal generation unit
29 Delay time control unit
31 Second histogram generation unit

(57) **Abstract:** A distance measuring device according to the present disclosure comprises an avalanche photodiode (APD) (10), a first histogram generation unit (24), an element operation unit (26), a second histogram generation unit (31), and a calculation unit (25). The first histogram generation unit (24) generates a first histogram that is a histogram for a period of time from a timing when the light source emits light to a timing when the APD (10) receives light. The element operation unit (26) enables the operation of the APD (10) on the basis of an enable signal (S1). The second histogram generation

WO 2021/256276 A1

[続葉有]

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, 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)）

unit (31) generates a second histogram that is a histogram for a period of time from a timing when the enable signal (S1) is switched to a timing when the APD (10) becomes enabled. The calculation unit (25) calculates a distance (D) to an object (X) to be measured, on the basis of at least one among the first histogram and the second histogram.

(57) 要約：本開示に係る測距装置は、ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）（１０）と、第１ヒストグラム生成部（２４）と、素子動作部（２６）と、第２ヒストグラム生成部（３１）と、算出部（２５）と、を備える。第１ヒストグラム生成部（２４）は、光源が発光したタイミングからＡＰＤ（１０）が受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する。素子動作部（２６）は、イネーブル信号（Ｓ１）に基づいてＡＰＤ（１０）の動作を有効にする。第２ヒストグラム生成部（３１）は、イネーブル信号（Ｓ１）が切り替わったタイミングからＡＰＤ（１０）が有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する。算出部（２５）は、第１ヒストグラムおよび第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物（Ｘ）までの距離（Ｄ）を算出する。

明　細　書

発明の名称 ： 測距装置および測距システム

技術分野

[0001]　本開示は、測距装置および測距システムに関する。

背景技術

[0002]　光を用いて被測定物までの距離を測定する測距方式の一つとして、直接ＴｏＦ(Time　of　Flight)方式と呼ばれる測距手法が知られている。直接ＴｏＦ方式による測距処理では、光源による光の射出を示す射出タイミングから、当該光が被測定物により反射された反射光が受光素子に受光される受光タイミングまでの時間を測定し、測定された時間に基づき、被測定物までの距離を求める。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－１１７９７０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、上述した従来技術では、測距範囲の拡大という点で更なる改善の余地があった。

[0005]　そこで、本開示では、直接ＴｏＦ方式において測距範囲を拡大することができる測距装置および測距システムを提案する。

課題を解決するための手段

[0006]　本開示によれば、測距装置が提供される。測距装置は、ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）と、第１ヒストグラム生成部と、素子動作部と、第２ヒストグラム生成部と、算出部と、を備える。第１ヒストグラム生成部は、光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する。素子動作部は、イネーブル信号に基づいて前記ＡＰＤの動作を有効にする。第２ヒストグラム生成部は、

前記イネーブル信号が切り替わったタイミングから前記ＡＰＤが有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する。算出部は、前記第１ヒストグラムおよび前記第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物までの距離を算出する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本開示の実施形態に適用可能である直接ＴｏＦ方式による測距を模式的に示す図である。

[図2]本開示の実施形態に係る測距システムにおける第１ヒストグラムの一例を示す図である。

[図3]本開示の実施形態に係る測距システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図4]本開示の実施形態に係る測距システムの受光部に適用可能なデバイスの構成の例を示す模式図である。

[図5]本開示の実施形態に係る受光部の構成を示すブロック図である。

[図6]本開示の実施形態に係る測距システムの動作をタイミングチャートで示す説明図である。

[図7]本開示の実施形態に係る第２ヒストグラム生成部の動作を説明するための図である。

[図8]本開示の実施形態に係る測距システムの動作をタイミングチャートで示す説明図である。

[図9]本開示の実施形態に係る第２ヒストグラム生成部の動作を説明するための図である。

[図10]本開示の実施形態に係る算出部が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

[図11]本開示の実施形態に係る信号遅延部の回路構成の一例を説明するための図である。

[図12]本開示の実施形態に係る信号遅延部の回路構成の別の一例を説明するための図である。

[図13]本開示の実施形態に係る信号遅延部の回路構成の別の一例を説明するための図である。

[図14]本開示の実施形態の変形例１に係る受光部の構成を示すブロック図である。

[図15]本開示の実施形態の変形例２に係る受光部の構成を示すブロック図である。

[図16]本開示の実施形態の変形例３に係る受光部の構成を示すブロック図である。

[図17]本開示の実施形態の変形例４に係る受光チップの構成を示すブロック図である。

[図18]本開示の実施形態の変形例５に係る受光部の構成を示すブロック図である。

[図19]本開示の実施形態の変形例５に係る測距システムの動作をタイミングチャートで示す説明図である。

[図20]本開示の実施形態の変形例５に係る測距システムの動作をタイミングチャートで示す説明図である。

[図21]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22]撮像部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

[0008] 以下に、本開示の各実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の各実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0009] 光を用いて被測定物までの距離を測定する測距方式の一つとして、直接ＴｏＦ(Time of Flight)方式と呼ばれる測距手法が知られている。直接ＴｏＦ方式による測距処理では、光源による光の射出を示す射出タイミングから、当該光が被測定物により反射された反射光が受光素子に受光される受光タイミングまでの時間を測定し、測定された時間に基づき、被測定物までの距

離を求める。

[0010] しかしながら、上述した従来技術では、測距範囲の拡大という点で更なる改善の余地があった。たとえば、上述した従来技術において、ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）をリチャージ動作させている間にかかるＡＰＤに光子が入射した場合、この光子の入射を検出することが困難であることから、近い距離の被測定物を測定することが困難であった。

[0011] そこで、上述の問題点を克服し、測距範囲を拡大することができる技術の実現が期待されている。

[0012] ［測距方法］

本開示は、光を用いて測距を行う技術に関するものである。そこで、本開示の実施形態の理解を容易とするために、図１および図２を参照しながら、実施形態に適用可能な測距方法について説明する。

[0013] 図１は、本開示の実施形態に適用可能である直接ＴｏＦ方式による測距を模式的に示す図である。実施形態では、測距方式として直接ＴｏＦ方式を適用する。

[0014] かかる直接ＴｏＦ方式は、光源部２からの射出光が被測定物Ｘにより反射した反射光を受光部３により受光し、光の射出タイミングと受光タイミングとの差分の時間に基づき測距を行う方式である。

[0015] 図１に示すように、実施形態に係る測距システム１は、光源部２と受光部３とを有する。光源部２は、光源の一例であり、受光部３は、測距装置の一例である。光源部２は、たとえばレーザダイオードであって、レーザ光をパルス状に発光するように駆動される。

[0016] 光源部２から射出された光は、被測定物Ｘにより反射され、反射光として受光部３に受光される。受光部３は、光電変換により光を電気信号に変換する受光素子を含み、受光した光に応じた信号を出力する。

[0017] ここで、光源部２が発光した時刻（発光タイミング）を時間Ｔｅｍ、光源部２から射出された光が被測定物Ｘにより反射された反射光を受光部３が受光した時刻（受光タイミング）を時間Ｔｒｅとする。

[0018] 定数ｃを光速度（２．９９７９×１０^{8}［ｍ／ｓｅｃ］）とすると、測距システム１と被測定物Ｘとの間の距離Ｄは、次式（１）により計算される。

Ｄ＝（ｃ／２）×（Ｔｅｍ－Ｔｒｅ）　・・・（１）

[0019] 測距システム１は、上述の処理を、複数回繰り返して実行する。受光部３が複数の受光素子を含み、各受光素子に反射光が受光された各受光タイミングに基づき距離Ｄをそれぞれ算出してもよい。

[0020] 実施形態に係る測距システム１は、光源部２の発光タイミングから受光部３の受光タイミングまでの時間Ｔｍ（受光時間Ｔｍと呼ぶ）を時間ビン（bins：階級）に基づき分類し、第１ヒストグラムを生成する。

[0021] なお、受光部３が受光時間Ｔｍに受光した光は、光源部２が発光した光が被測定物Ｘにより反射された反射光に限られない。たとえば、測距システム１（受光部３）の周囲の環境光も、受光部３に受光される。

[0022] 図２は、本開示の実施形態に係る測距システム１における第１ヒストグラムの一例を示す図である。図２において、横軸は時間ビン、縦軸は時間ビン毎の頻度を示す。時間ビンは、受光時間Ｔｍを所定の単位時間ｄ毎に分類したものである。

[0023] 具体的には、時間ビン＃０が０≦Ｔｍ＜ｄ、時間ビン＃１がｄ≦Ｔｍ＜２×ｄ、時間ビン＃２が２×ｄ≦Ｔｍ＜３×ｄ、…、時間ビン＃（Ｎ－２）が（Ｎ－２）×ｄ≦Ｔｍ＜（Ｎ－１）×ｄとなる。受光部３の露光時間を時間Ｔｅｐとした場合、Ｔｅｐ＝Ｎ×ｄである。

[0024] 測距システム１（図１参照）は、受光時間Ｔｍを取得した回数を時間ビンに基づき計数して時間ビン毎の頻度３１０を求め、第１ヒストグラムを生成する。ここで、受光部３（図１参照）は、光源部２（図１参照）から射出された光が反射された反射光以外の光も受光する。

[0025] このような、対象となる反射光以外の光の例として、上述した環境光がある。第１ヒストグラムにおいて範囲３１１で示される部分は、環境光による環境光成分を含む。環境光は、受光部３にランダムに入射される光であって、対象となる反射光に対するノイズとなる。

[0026] 一方、対象となる反射光は、特定の距離に応じて受光される光であって、第１ヒストグラムにおいてアクティブ光成分３１２として現れる。このアクティブ光成分３１２内のピークの頻度に対応する時間ビンが、被測定物Ｘ（図１参照）の距離Ｄに対応する時間ビンとなる。

[0027] 実施形態に係る測距システム１は、その時間ビンの代表時間（たとえば時間ビンの中央の時間）を上述した時間Ｔｒｅとして取得することで、上述した式（１）に従い、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出することができる。このように、複数の受光結果を用いることで、ランダムなノイズに対して適切な測距が実行可能となる。

[0028] ［測距システムの構成］

つづいて、実施形態に係る測距システム１の構成について、図３を参照しながら説明する。図３は、本開示の実施形態に係る測距システム１の構成の一例を示すブロック図である。図３に示すように、実施形態に係る測距システム１は、光源部２と、受光部３と、光学系４と、制御部５と、記憶部６とを備える。

[0029] 光源部２は、たとえばレーザダイオードであり、レーザ光をパルス状に発光するように駆動される。光源部２は、面光源としてレーザ光を射出するＶＣＳＥＬ（Vertical Cavity Surface Emitting LASER)を適用することができる。

[0030] なお、実施形態において、光源部２はＶＣＳＥＬに限られず、光源部２として、レーザダイオードをライン上に配列したアレイを用い、レーザダイオードアレイから射出されるレーザ光をラインに垂直の方向にスキャンする構成を適用してもよい。

[0031] さらにまた、単光源としてのレーザダイオードを用いて光源部２が構成され、レーザダイオードから射出されるレーザ光を水平および垂直方向にスキャンする構成を適用することもできる。

[0032] 受光部３は、１または複数の受光素子を有する。実施形態に係る受光素子は、たとえばＡＰＤである。なお、実施形態に係る受光素子はＡＰＤに限ら

れず、たとえばＳＰＡＤ（Single Photon Avalanche Diode）などであってもよい。

[0033] 受光部３が複数の受光素子を有する場合、かかる複数の受光素子は、たとえば２次元格子状に配列されて受光面を形成する。光学系４は、外部から入射する光をかかる受光面に導く。

[0034] 制御部５は、測距システム１の全体の動作を制御する。たとえば、制御部５は、受光部３に対して、光源部２を発光させるためのトリガである発光トリガを供給する。受光部３は、この発光トリガに基づくタイミングで光源部２を発光させるとともに、発光タイミングを示す時間Ｔｅｍを記憶する。また、制御部５は、たとえば外部からの指示に応じて、受光部３に対して、測距の際のパターンの設定を行う。

[0035] 受光部３は、受光面に光が受光されたタイミングを示す時間情報（受光時間Ｔｍ）を所定の時間範囲内でくり返し取得し、時間ビン毎の頻度を求めて上述した第１ヒストグラムを生成する。測距システム１は、さらに、生成した第１ヒストグラムに基づき、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。算出された距離Ｄを示す情報は、記憶部６に記憶される。

[0036] ［デバイスの構成］

つづいて、実施形態に係る測距システム１の受光部３に適用可能なデバイスの構成について、図４を参照しながら説明する。図４は、実施形態に係る測距システム１の受光部３に適用可能なデバイスの構成の例を示す模式図である。

[0037] 図４に示すように、測距システム１の受光部３は、それぞれ半導体チップからなる受光チップ２００と、ロジックチップ２１０とが積層されて構成される。なお、図４では、説明のため、受光チップ２００とロジックチップ２１０とを分離した状態で示している。

[0038] 受光チップ２００は、画素アレイ部２０１の領域において、ＡＰＤ１０が２次元格子状に複数配列される。また、各ＡＰＤ１０にそれぞれ接続される単位回路２０（図５参照）などの各種素子は、ロジックチップ２１０に形成

される。

[0039] 受光チップ２００に形成されるＡＰＤ１０と、ロジックチップ２１０に形成される単位回路２０との間は、たとえばＣＣＣ（Copper-Copper Connection）などによる結合部（図示せず）を介して接続される。

[0040] ロジックチップ２１０には、ＡＰＤ１０によって取得された信号を処理するロジックアレイ部２１１が設けられる。かかるロジックアレイ部２１１には、各ＡＰＤ１０にそれぞれ接続される複数の単位回路２０が設けられる。ロジックアレイ部２１１には、たとえば、複数の単位回路２０が複数のＡＰＤ１０と対応する位置に２次元格子状に配列される。

[0041] また、ロジックチップ２１０には、ロジックアレイ部２１１と近接して、信号処理部２１２と、装置制御部２１３とが設けられる。信号処理部２１２には、後述する図５に示すＴＤＣ２３や第１ヒストグラム生成部２４、算出部２５、遅延時間制御部２９、第２ヒストグラム生成部３１などが設けられる。

[0042] 装置制御部２１３は、受光部３としての動作を制御する。かかる装置制御部２１３は、基準クロックを生成するクロック生成部や、光源部２の発光を制御する発光制御部、外部との間で各種信号を送受信するインタフェースなどを含むことができる。

[0043] なお、受光チップ２００およびロジックチップ２１０上の構成は、上述の例に限定されない。たとえば、図４に示した配置以外にも、受光チップ２００およびロジックチップ２１０の任意の領域に、任意の機能を有する機能部を設けることができる。

[0044] ［受光部の構成および測距システムの動作］

つづいて、実施形態に係る受光部３の構成および測距システム１の動作について、図５～図１３を参照しながら説明する。図５は、本開示の実施形態に係る受光部３の構成を示すブロック図である。

[0045] 図５に示すように、実施形態に係る受光部３は、ＡＰＤ１０と、充電部２１と、出力部２２と、時間デジタル変換回路（以下、ＴＤＣとも呼称する。

）２３と、第１ヒストグラム生成部２４と、算出部２５とを備える。さらに、実施形態に係る受光部３は、素子動作部２６と、イネーブル信号生成部２７と、信号遅延部２８と、遅延時間制御部２９と、ＡＰＤ状態検出部３０と、第２ヒストグラム生成部３１とを備える。

[0046] 実施形態では、図５に示すように、これらの受光部３における各部のうち、充電部２１と、出力部２２と、素子動作部２６と、信号遅延部２８と、ＡＰＤ状態検出部３０とが単位回路２０に含まれる。

[0047] ＡＰＤ１０は、受光素子の一例である。ＡＰＤ１０のカソードは、定電流源である充電部２１の出力端子に接続され、ＡＰＤ１０のアノードは、かかるＡＰＤ１０の降伏電圧に対応する負電圧（V_{RL}）の電圧源に接続される。

[0048] 充電部２１は、たとえば、定電流源であり、所定の一定値の電流をＡＰＤ１０に供給する。そして、充電部２１から供給される電流によって、ＡＰＤ１０がリチャージ（充電）される。充電部２１の入力端子は、電源電圧Ｖｄｄに接続される。

[0049] なお、実施形態に係る受光部３において、充電部２１は定電流源で構成される場合に限られず、抵抗素子やゲートに所定の定電圧が印加されたトランジスタなどで構成されてもよい。

[0050] 出力部２２の入力端子はＡＰＤ１０のカソードに接続され、出力部２２の出力端子はＴＤＣ２３の入力端子に接続される。出力部２２は、たとえばオペアンプで構成される。出力部２２は、入力されるカソード電圧Ｖｃが所定のしきい電圧Ｖｔｈ（図６参照）以上になった場合、ハイレベルの状態信号Ｓ２を出力端子から出力する。

[0051] 一方で、入力されるカソード電圧Ｖｃがしきい電圧Ｖｔｈよりも小さい場合、出力部２２は、ローレベルの状態信号Ｓ２を出力端子から出力する。すなわち、出力部２２から出力される状態信号Ｓ２は、ＡＰＤ１０の電圧状態（実施形態では、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃの電圧状態）を示している。

[0052] ＴＤＣ２３は、出力部２２からの状態信号Ｓ２に基づいて時間を計測し、

かかる計測された時間をデジタル値による時間情報に変換する。ＴＤＣ２３は、たとえば、光源部２（図３参照）が光を発光した発光タイミングから、ＡＰＤ１０が光を受光した受光タイミングまでの時間をカウントするカウンタを含む。

[0053] かかるカウンタは、装置制御部２１３（図４参照）に含まれる発光制御部から供給される発光制御信号に同期して時間の計測（カウント）を開始する。カウンタは、出力部２２から供給される状態信号Ｓ２の反転タイミングに応じて時間の計測を終了する。

[0054] ＴＤＣ２３は、カウンタが時間の計測を開始してから終了するまでのカウント数をデジタル値に変換した時間情報を第１ヒストグラム生成部２４に出力する。

[0055] 第１ヒストグラム生成部２４は、ＴＤＣ２３から出力される時間情報をヒストグラムにしたがい分類し、ヒストグラムの対応する時間ビンの値をインクリメントする。これにより第１ヒストグラム生成部２４は、図２に示した第１ヒストグラムを生成する。

[0056] 算出部２５は、第１ヒストグラム生成部２４で生成される第１ヒストグラム、および第２ヒストグラム生成部３１で生成される第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物Ｘ（図１参照）までの距離Ｄ（図１参照）を算出する。かかる算出部２５の動作の詳細については後述する。

[0057] 素子動作部２６は、イネーブル信号生成部２７から供給されるイネーブル信号Ｓ１に基づいて、ＡＰＤ１０の動作を有効にする。素子動作部２６は、たとえば、Ｎ型トランジスタで構成され、かかるＮ型トランジスタのドレインがＡＰＤ１０のカソードに接続され、Ｎ型トランジスタのソースが接地される。また、Ｎ型トランジスタである素子動作部２６のゲートにイネーブル信号Ｓ１が供給される。

[0058] そして、素子動作部２６にハイレベルのイネーブル信号Ｓ１が供給される場合、素子動作部２６は導通状態となることから、充電部２１からの定電流はＡＰＤ１０ではなく素子動作部２６に流れる。これにより、ＡＰＤ１０が

充電されないことから、かかるＡＰＤ１０が無効状態となる。

[0059] 一方で、素子動作部２６にローレベルのイネーブル信号Ｓ１が供給される場合、素子動作部２６は切断状態となることから、充電部２１からの定電流はＡＰＤ１０に供給される。これにより、ＡＰＤ１０が充電されることから、かかるＡＰＤ１０が有効状態となる。

[0060] このように、実施形態では、イネーブル信号Ｓ１のレベルを切り替えることにより、ＡＰＤ１０を有効状態と無効状態とに切り替えることができる。

[0061] イネーブル信号生成部２７は、光源部２の発光タイミングなどに基づいたタイミングで切り替わったイネーブル信号Ｓ１を生成する。

[0062] 信号遅延部２８は、イネーブル信号生成部２７から供給されるイネーブル信号Ｓ１を所定の時間遅延させ、遅延させたイネーブル信号（以下、遅延イネーブル信号Ｓ３とも呼称する。）を出力する。

[0063] 具体的には、信号遅延部２８は、遅延時間制御部２９で設定される遅延時間に基づいてイネーブル信号Ｓ１を遅延させ、遅延イネーブル信号Ｓ３をＡＰＤ状態検出部３０に出力する。

[0064] 遅延時間制御部２９は、イネーブル信号Ｓ１の遅延時間を設定する。遅延時間制御部２９は、たとえば、所定の時間範囲内でスイープさせるように複数の遅延時間を設定し、かかる複数の遅延時間を信号遅延部２８に随時伝達する。

[0065] ＡＰＤ状態検出部３０は、ＡＰＤ１０の状態を検出する。具体的には、ＡＰＤ状態検出部３０は、遅延イネーブル信号Ｓ３がローレベルからハイレベルに遷移した場合において、ＡＰＤ１０が有効状態であるか無効状態であるかを検出する。

[0066] ＡＰＤ状態検出部３０は、たとえば、Ｄ型フリップフロップ（ＤＦＦ）で構成される。そして、かかるＤ型フリップフロップのＤ端子に状態信号Ｓ２が供給され、Ｃ端子に遅延イネーブル信号Ｓ３が供給される。

[0067] これにより、ＡＰＤ状態検出部３０は、遅延イネーブル信号Ｓ３がローレベルからハイレベルに遷移した場合においてＡＰＤ１０が有効状態である場

合、ハイレベルの信号Ｓ４をＱ端子から出力する。

[0068] 一方で、ＡＰＤ状態検出部３０は、遅延イネーブル信号Ｓ３がローレベルからハイレベルへの遷移がない場合、またはＡＰＤ１０が無効状態である場合、ローレベルの信号Ｓ４をＱ端子から出力する。

[0069] 第２ヒストグラム生成部３１は、ＡＰＤ状態検出部３０から出力される信号Ｓ４と、遅延時間制御部２９で設定される遅延イネーブル信号Ｓ３の遅延時間とに基づいて、第２ヒストグラムを生成する。この第２ヒストグラムは、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである。かかる第２ヒストグラム生成部３１の動作の詳細については後述する。

[0070] 図６は、本開示の実施形態に係る測距システム１の動作をタイミングチャートで示す説明図である。図６に示すように、実施形態に係る測距システム１では、光源部２が発光するタイミングである時間Ｔ１０において、イネーブル信号Ｓ１をハイレベルにすることにより、ＡＰＤ１０を無効状態にする。

[0071] これにより、測距システム１の筐体内などで反射した意図しない反射光がＡＰＤ１０に入射して、ＡＰＤ１０が無効状態になることを抑制することができる。

[0072] イネーブル信号生成部２７は、光源部２が発光した時間Ｔ１０から所定の時間経過した時間Ｔ１１で、イネーブル信号Ｓ１をローレベルに切り替える。これにより、充電部２１からＡＰＤ１０への定電流の供給（すなわち、ＡＰＤ１０のリチャージ）が開始され、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃが所定の電圧V_0から線形的に昇圧される。

[0073] そして、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}以上になった時間Ｔ１２で、出力部２２はハイレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃは、充電部２１によって所定の電圧V_1まで昇圧される。

[0074] このように、カソード電圧Ｖｃが電圧V_1まで昇圧され、所定の逆バイアス

電圧が印加されたＡＰＤ１０は、ガイガーモードと呼ばれるなだれ増幅が起きる寸前の状態になっている。

[0075] なお、実施形態では、素子動作部２６の動作と対応するように充電部２１を動作させて、ＡＰＤ１０が無効状態の際には充電部２１が動作しないように制御してもよい。これにより、充電部２１を常時動作させる必要がなくなることから、測距システム１の消費電力を低減することができる。

[0076] 上述したＡＰＤ１０の充電処理と平行して、信号遅延部２８は、イネーブル信号Ｓ１がローレベルに切り替わった時間Ｔ１１から、所定の時間だけ立ち上がりを遅延させた遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0077] ここで、信号遅延部２８は、図６に示すように、所定の時間範囲内でスイープさせるように設定された複数の遅延時間に基づいて、それぞれ異なる切替タイミングを有する複数の遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0078] そして、状態信号Ｓ２がハイレベルに切り替わった時間Ｔ１２よりも後で、かつ時間Ｔ１２から最も近い切り替わりタイミングを有する遅延イネーブル信号Ｓ３がハイレベルに切り替わった時間Ｔ１３で、ＡＰＤ状態検出部３０は、ハイレベルの信号Ｓ４を出力する。

[0079] 図７は、本開示の実施形態に係る第２ヒストグラム生成部３１の動作を説明するための図である。第２ヒストグラム生成部３１は、それぞれの遅延時間において信号Ｓ４がハイレベルである場合に、かかる遅延時間に対応する時間ビンの値をインクリメントする。

[0080] これにより、第２ヒストグラム生成部３１は、図７の（ａ）に示されるようなヒストグラムを生成する。この図７の（ａ）のヒストグラムは、信号Ｓ４の生カウント値に基づいて生成されるヒストグラムである。

[0081] そして、第２ヒストグラム生成部３１は、生成された生カウント値のヒストグラムを微分することにより、図７の（ｂ）に示されるような第２ヒストグラムを生成する。かかる第２ヒストグラムは、ＡＰＤ１０が有効に動作するようにイネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミング（時間Ｔ１１に相当）からＡＰＤ１０が有効状態になったタイミング（時間Ｔ１３に相当）まで

の時間を時間ビンに基づき分類したものとなる。

[0082] したがって、実施形態では、図７の（ｂ）に示した第２ヒストグラム内のピークの頻度に対応する時間ビンを、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間に対応する時間ビンとみなすことができる。

[0083] すなわち、実施形態では、信号遅延部２８、遅延時間制御部２９、ＡＰＤ状態検出部３０および第２ヒストグラム生成部３１によって、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間を計測することができる。

[0084] そして、図７の（ｂ）の例では、ピークの頻度に対応する時間ビンが所定のしきい値よりも小さいため、カソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}となるまでの間に、ＡＰＤ１０には光子が入射しなかった（ＡＰＤ１０は素早く充電された）とみなすことができる。

[0085] 図６の説明に戻る。ＡＰＤ１０がガイガーモードになった後の時間Ｔ１４で、被測定物Ｘからの反射光に起因する光子がＡＰＤ１０に入射すると、かかる光子の入射に応じて発生した電子に起因して、ＡＰＤ１０の内部でアバランシェ増倍が生じる。これにより、ＡＰＤ１０に電流が流れて電圧降下が発生し、カソード電圧Ｖｃが非線形的に低下する。

[0086] すなわち、ＡＰＤ１０は、１光子の入射に応じて大電流が流れる特性を有する。そして、ＡＰＤ１０では、かかる特性を利用することで、反射光に含まれる１光子の入射を高感度で検知することができる。

[0087] そして、時間Ｔ１５でカソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}より小さくなると、出力部２２はローレベルの状態信号Ｓ２を出力する。

[0088] そして、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃは、時間Ｔ１６でＡＰＤ１０内のなだれ増幅が停止することから、電圧V_0で下げ止まる。さらに、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃは、充電部２１によってＡＰＤ１０が再充電されることにより上昇する。

[0089] そして、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}以上になった時

間Ｔ１７で、出力部２２はハイレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃが所定の電圧V_1まで昇圧され、ＡＰＤ１０はガイガーモードに復帰する。

[0090] ここで、実施形態では、ＴＤＣ２３が、光源部２が光を発光した発光タイミング（時間Ｔ１０に対応）から、ＡＰＤ１０が光を受光した受光タイミング（時間Ｔ１４に対応）までの時間を計測する。

[0091] なお、実施形態では、状態信号Ｓ２がローレベルに切り替わった時間Ｔ１５を、ＡＰＤ１０が光を受光したタイミングとみなす。ＡＰＤ１０では１光子が入射した後、非常に短時間で電圧降下が生じるため、時間Ｔ１５をＡＰＤ１０が光を受光したタイミングとみなしても実用上問題はない。

[0092] 第１ヒストグラム生成部２４は、ＴＤＣ２３によって計測された発光タイミングから受光タイミングまでの時間に基づいて、図２に示した第１ヒストグラムを生成する。そして、第１ヒストグラムにピークが検出される場合、算出部２５は、上述の式（１）に基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0093] 図８は、本開示の実施形態に係る測距システム１の動作をタイミングチャートで示す説明図であり、上述した図６の例よりも被測定物Ｘが近い位置にある場合について示している。

[0094] 図８に示すように、実施形態に係る測距システム１では、図６の例と同様に、光源部２が発光するタイミングである時間Ｔ２０において、イネーブル信号Ｓ１をハイレベルにすることにより、ＡＰＤ１０を無効状態にする。

[0095] イネーブル信号生成部２７は、光源部２が発光した時間Ｔ２０から所定の時間経過した時間Ｔ２１で、イネーブル信号Ｓ１をローレベルに切り替える。これにより、ＡＰＤ１０のリチャージが開始され、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃが所定の電圧V_0から線形的に昇圧される。

[0096] しかしながら、図８の例では、被測定物Ｘが近い位置にあることから、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}以上になる前の時間Ｔ２２で、被測定物Ｘからの反射光に起因する光子がＡＰＤ１０に入射する。

[0097] すると、かかる光子の入射に応じて発生した電子に起因してＡＰＤ１０の内部でアバランシェ増倍が生じ、ＡＰＤ１０に電流が流れて電圧降下が発生するため、カソード電圧Ｖｃが非線形的に低下する。

[0098] そして、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃは、時間Ｔ２３でＡＰＤ１０内のなだれ増幅が停止することから、電圧V_0で下げ止まる。さらに、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃは、充電部２１によってＡＰＤ１０が再充電されることにより上昇する。

[0099] そして、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃがしきい電圧V_{th}以上になった時間Ｔ２４で、出力部２２はハイレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃが所定の電圧V_1まで昇圧され、ＡＰＤ１０はガイガーモードになる。

[0100] 上述したＡＰＤ１０の充電処理と平行して、信号遅延部２８は、イネーブル信号Ｓ１がローレベルに切り替わった時間Ｔ２１から、所定の時間だけ立ち上がりを遅延させた遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0101] 図６の例と同様に、信号遅延部２８は、所定の時間範囲内でスイープさせるように設定された複数の遅延時間に基づいて、それぞれ異なる切替タイミングを有する複数の遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0102] そして、状態信号Ｓ２がハイレベルに切り替わった時間Ｔ２４よりも後で、かつ時間Ｔ２４から最も近い切り替わりタイミングを有する遅延イネーブル信号Ｓ３がハイレベルに切り替わった時間Ｔ２５で、ＡＰＤ状態検出部３０は、ハイレベルの信号Ｓ４を出力する。

[0103] ここまで説明した図８の例では、ＡＰＤ１０において光を受光した受光タイミングをＴＤＣ２３が検出できないため、第１ヒストグラムには被測定物Ｘからの反射光に起因するピークが検出されない。したがって、図８の例では、算出部２５が、第１ヒストグラムを用いて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出することができない。

[0104] 一方で、図８の例では、近い位置にある被測定物Ｘからの反射光に起因して、ＡＰＤ１０が有効状態になるまでの時間が図６の例よりも長くなる。そ

こで、図８の例では、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間に基づいて、近い位置にある被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0105] 図９は、本開示の実施形態に係る第２ヒストグラム生成部３１の動作を説明するための図であり、図８の例における第２ヒストグラム生成部３１の動作を示している。第２ヒストグラム生成部３１は、それぞれの遅延時間において信号Ｓ４がハイレベルである場合に、かかる遅延時間に対応する時間ビンの値をインクリメントする。

[0106] これにより、第２ヒストグラム生成部３１は、図９の（ａ）に示されるようなヒストグラムを生成する。この図９の（ａ）のヒストグラムは、図８の例において、信号Ｓ４の生カウント値に基づいて生成されるヒストグラムである。

[0107] そして、第２ヒストグラム生成部３１は、生成された生カウント値のヒストグラムを微分することにより、図９の（ｂ）に示されるような第２ヒストグラムを生成する。かかる第２ヒストグラムは、ＡＰＤ１０が有効に動作するようにイネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミング（時間Ｔ２１に相当）からＡＰＤ１０が有効状態になったタイミング（時間Ｔ２４に相当）までの時間を時間ビンに基づき分類したものとなる。

[0108] したがって、実施形態では、図９の（ｂ）に示した第２ヒストグラム内のピークの頻度に対応する時間ビンを、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間に対応する時間ビンとみなすことができる。

[0109] すなわち、実施形態では、信号遅延部２８、遅延時間制御部２９、ＡＰＤ状態検出部３０および第２ヒストグラム生成部３１によって、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間を計測することができる。

[0110] そして、図９の（ｂ）の例では、ピークの頻度に対応する時間ビンが所定のしきい値以上であるため、ＡＰＤ１０は素早く充電されなかったことがわ

かる。すなわち、図９の（ｂ）の例では、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃがしきい電圧$Ｖ_{th}$となるまでの間に、ＡＰＤ１０に光子が入射したとみなすことができる。

[0111] そこで、図８の例では、イネーブル信号Ｓ１が切り替わった時間Ｔ２１と、信号Ｓ４がハイレベルになった時間Ｔ２５とに基づいて、ＡＰＤ１０に光子が入射した時間Ｔ２２を推定する。

[0112] なお、図８に示すように、ＡＰＤ１０を充電する際にはカソード電圧Ｖｃが線形的に昇圧される一方で、ＡＰＤ１０に光子が入射した際にはカソード電圧Ｖｃが非線形的に降圧する。したがって、実施形態では、時間Ｔ２２の推定処理の際に、カソード電圧Ｖｃにおける昇圧時と降圧時との非対称性を補正するように推定処理を行うとよい。

[0113] たとえば、実施形態では、測距システム１の記憶部６（図３参照）などに変換テーブルがあらかじめ記憶されており、かかる変換テーブルには、時間Ｔ２１の値と時間Ｔ２５の値とに応じた時間Ｔ２２の値が含まれている。

[0114] そして、実施形態では、かかる変換テーブルに含まれる時間Ｔ２２の値を、カソード電圧Ｖｃにおける昇圧時と降圧時との非対称性が補正された値にすればよい。これにより、時間Ｔ２２の値を精度よく推定することができることから、被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0115] なお、実施形態において、時間Ｔ２２の推定処理は、変換テーブルを用いて行う場合に限られず、たとえば、時間Ｔ２１の値と時間Ｔ２５の値とに応じて時間Ｔ２２の値を算出する変換式を用いて行われてもよい。またこの場合、かかる変換式の内部に、カソード電圧Ｖｃにおける昇圧時と降圧時との非対称性を補正する項が設けられるとよい。

[0116] 次に、算出部２５は、時間Ｔ２１の値と、上記にて推定された時間Ｔ２２の値とを上述の式（１）に入力することにより、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。これにより、被測定物Ｘが近い位置にある場合でも、かかる被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出することができる。

[0117] ここまで説明したように、実施形態では、第１ヒストグラムによる距離Ｄ

の算出処理に加えて、近距離の被測定物Ｘに対しても、第２ヒストグラムを用いて距離Ｄを算出することができる。したがって、実施形態によれば、直接ＴｏＦ方式において測距範囲を拡大することができる。

[0118] また、実施形態では、時間デジタル変換回路（ＴＤＣ）２３および第１ヒストグラム生成部２４を用いて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出することにより、ＡＰＤ１０が反射光を受光したタイミングを精度よく求めることができる。したがって、実施形態によれば、被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0119] また、実施形態では、信号遅延部２８と、遅延時間制御部２９と、ＡＰＤ状態検出部３０と、第２ヒストグラム生成部３１とを用いることにより、近い位置の被測定物Ｘからの反射光を受光したタイミングを求めることができる。

[0120] なお、実施形態では、信号遅延部２８、遅延時間制御部２９およびＡＰＤ状態検出部３０を時間デジタル変換回路に置き換えて、図８に示した状態信号Ｓ２が切り替わるタイミング（時間Ｔ２４に相当）をかかる時間デジタル変換回路で測定してもよい。

[0121] これによっても、第２ヒストグラム生成部３１は第２ヒストグラムを生成することができることから、近い位置の被測定物Ｘからの反射光を受光したタイミングを求めることができる。

[0122] 一方で、信号遅延部２８、遅延時間制御部２９およびＡＰＤ状態検出部３０は、時間デジタル変換回路よりも回路構成を簡素にすることができる。したがって、実施形態によれば、信号遅延部２８、遅延時間制御部２９およびＡＰＤ状態検出部３０を用いることにより、測距システム１を低コストで実現することができる。

[0123] また、実施形態では、図５に示すように、信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を、出力部２２などと同じ単位回路２０の内部（すなわち、ロジックアレイ部２１１の内部）に組み込んでいる。

[0124] これにより、出力部２２からの状態信号Ｓ２の伝達経路や信号遅延部２８

からの遅延イネーブル信号Ｓ３の伝達経路を短くすることができることから、状態信号Ｓ２や遅延イネーブル信号Ｓ３をＡＰＤ状態検出部３０に精度よく供給することができる。

[0125] したがって、実施形態によれば、近い位置の被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0126] 図１０は、本開示の実施形態に係る算出部２５が実行する処理の手順を示すフローチャートである。最初に、算出部２５は、第１ヒストグラム生成部２４で生成された第１ヒストグラムにピークが検出されるか否かを判定する（ステップＳ１０１）。

[0127] そして、第１ヒストグラムにピークが検出される場合（ステップＳ１０１，Ｙｅｓ）、算出部２５は、第１ヒストグラムのピーク位置に基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出し（ステップＳ１０２）、一連の処理を完了する。

[0128] 一方で、第１ヒストグラムにピークが検出されない場合（ステップＳ１０１，Ｎｏ）、算出部２５は、第２ヒストグラム生成部３１で生成された第２ヒストグラムにピークが検出されるか否かを判定する（ステップＳ１０３）。

[0129] そして、第２ヒストグラムにピークが検出される場合（ステップＳ１０３，Ｙｅｓ）、算出部２５は、第２ヒストグラムのピーク位置の時間ビンが所定のしきい値以上であるか否かを判定する（ステップＳ１０４）。

[0130] そして、第２ヒストグラムのピーク位置の時間ビンが所定のしきい値以上である場合（ステップＳ１０４，Ｙｅｓ）、算出部２５は、第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出し（ステップＳ１０５）、一連の処理を完了する。

[0131] 一方で、第２ヒストグラムのピーク位置の時間ビンが所定のしきい値より小さい場合（ステップＳ１０４，Ｎｏ）、算出部２５は、測距システム１の測定範囲内に被測定物Ｘは存在しないと判定し（ステップＳ１０６）、一連の処理を完了する。

[0132] また、ステップＳ１０３の処理において、第２ヒストグラムにピークが検出されない場合（ステップＳ１０３，Ｎｏ）、算出部２５は、ステップＳ１０６の処理に進む。

[0133] なお、算出部２５は、第１ヒストグラムおよび第２ヒストグラムにおいて、所定のカウント数以上でありかつ最もカウント数の大きい時間ビンをピークと判定することができる。

[0134] また、算出部２５は、第１ヒストグラムおよび第２ヒストグラムにおいて、各時間ビンのカウント値を微分して平滑化し、かかる平滑化された値が所定のカウント数以上でありかつ最も大きい時間ビンをピークと判定してもよい。

[0135] 図１０に示すように、実施形態に係る測距システム１は、第１ヒストグラムにピークが検出される場合、第２ヒストグラムは用いずに第１ヒストグラムのみを用いて距離Ｄの算出処理を実施する。

[0136] これにより、第２ヒストグラムの生成に関する処理を省略することができることから、測距システム１における測距処理を簡便に行うことができる。したがって、実施形態によれば、測距システム１の消費電力を低減することができる。

[0137] 図１１は、本開示の実施形態に係る信号遅延部２８の回路構成の一例を説明するための図である。図１１に示すように、信号遅延部２８は、論理ゲートの段数によってイネーブル信号Ｓ１の遅延量を選択してもよい。

[0138] なお、信号遅延部２８の回路構成は、図１１の例に限られない。図１２および図１３は、本開示の実施形態に係る信号遅延部２８の回路構成の別の一例を説明するための図である。

[0139] 図１２に示すように、信号遅延部２８は、電圧制御遅延段によってイネーブル信号Ｓ１の遅延量を選択してもよいし、図１３に示すように、Gated Ring Oscillator（ＧＲＯ）によってイネーブル信号Ｓ１の遅延量を選択してもよい。

[0140] ［変形例１］

つづいて、実施形態に係る測距システム１の各種変形例について説明する。図１４は、本開示の実施形態の変形例１に係る受光部３の構成を示すブロック図である。図１４に示すように、変形例１に係る受光部３では、単位回路２０Ａの構成が実施形態と異なる。

[0141] 具体的には、変形例１の単位回路２０Ａは、充電部２１と、出力部２２と、素子動作部２６とで構成される。すなわち、変形例１では、単位回路２０Ａに信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０が含まれない。

[0142] これにより、単位回路２０Ａの面積を小さくすることができることから、ロジックチップ２１０（図４参照）のロジックアレイ部２１１（図４参照）において、複数の単位回路２０Ａを高い密度で配置することができる。したがって、変形例１によれば、ロジックチップ２１０のチップ面積を小さくすることができる。

[0143] ［変形例２］

図１５は、本開示の実施形態の変形例２に係る受光部３の構成を示すブロック図である。図１５に示すように、変形例２に係る受光部３では、図１４に示した単位回路２０Ａがロジックチップ２１０のロジックアレイ部２１１に行列状に２次元配置される。

[0144] そして、変形例２では、同じ行に配置される複数の単位回路２０Ａが、一組の信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を共有する。かかる一組の信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０は、ロジックチップ２１０の信号処理部２１２に配置される。

[0145] これにより、すべての単位回路２０Ａに個別に信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を設ける場合と比べて、ロジックチップ２１０に設けられる信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０の数を減らすことができる。

[0146] したがって、変形例２によれば、ロジックチップ２１０の回路構成を簡素にすることができることから、測距システム１を低コストで実現することができる。

[0147] なお、変形例２では、同じ行に配置される複数の単位回路２０Ａが一組の

信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を共有する場合に限られない。たとえば、同じ列に配置される複数の単位回路２０Ａが一組の信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を共有してもよいし、所定の範囲に２次元配列される複数の単位回路２０Ａが一組の信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を共有してもよい。

[0148] ［変形例３］

図１６は、本開示の実施形態の変形例３に係る受光部３の構成を示すブロック図である。図１６に示すように、変形例３に係る受光部３では、変形例２と同様、複数の単位回路２０Ａが一組の信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０を共有する。

[0149] さらに変形例３では、一群の単位回路２０Ａに同じイネーブル信号Ｓ１が入力されるとともに、一群の単位回路２０ＡとＴＤＣ２３およびＡＰＤ状態検出部３０との間に、論理和回路３２が設けられる。

[0150] かかる回路構成によって、変形例３では、一群の単位回路２０Ａおよびかかる一群の単位回路２０に接続される一群のＡＰＤ１０（図１４参照）を１つの受光素子として動作させることができる。すなわち、変形例３に係る受光部３では、一群の単位回路２０Ａに接続される一群のＡＰＤ１０（図１４）のうち、いずれかのＡＰＤ１０に反射光が入射した場合に、かかる反射光に基づいて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出することができる。

[0151] したがって、変形例３によれば、測距システム１の感度を向上させることができる。

[0152] ［変形例４］

図１７は、本開示の実施形態の変形例４に係る受光チップ２００の構成を示すブロック図である。なお、図１７では、理解を容易にするため、互いに積層される画素アレイ部２０１とロジックアレイ部２０２とを並べて示している。

[0153] 図１７に示すように、変形例４に係る受光チップ２００は、画素アレイ部２０１と、ロジックアレイ部２０２とが積層されて構成される。画素アレイ

部２０１は、受光チップ２００における光入射側に設けられ、ロジックアレイ部２０２は、受光チップ２００において画素アレイ部２０１よりも奥側（光入射側とは反対側）に設けられる。

[0154] このように、ＡＰＤ１０と単位回路２０Ａとをいずれも受光チップ２００に設けることにより、ＡＰＤ１０から単位回路２０Ａへのカソード電圧Ｖｃ（図１４参照）の伝達経路を短くすることができる。

[0155] したがって、変形例４によれば、カソード電圧Ｖｃを単位回路２０Ａに精度よく供給することができることから、近い位置の被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0156] なお、この変形例４において、ロジックチップ２１０（図４参照）には信号処理部２１２（図４参照）と装置制御部２１３（図４参照）とが設けられ、ロジックアレイ部２１１は設けられない。

[0157] ［変形例５］

図１８は、本開示の実施形態の変形例５に係る受光部３の構成を示すブロック図である。図１８に示すように、変形例５に係る受光部３では、単位回路２０Ｂの構成が実施形態と異なる。

[0158] 具体的には、変形例５の単位回路２０Ｂでは、ＡＰＤ１０のカソードではなく、ＡＰＤ１０のアノードに出力部２２が接続される。すなわち、変形例５では、ＡＰＤ１０のカソード電圧Ｖｃではなく、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａが出力部２２に供給される。

[0159] 図１８に示す変形例５と、図５に示した実施形態とで構成が異なる点についてさらに説明する。ＡＰＤ１０のカソードは、電源電圧Ｖｄｄに接続され、ＡＰＤ１０のアノードは、定電流源である充電部２１の入力端子に接続される。定電流源である充電部２１の出力端子は接地される。

[0160] 変形例５に係る素子動作部２６Ａは、Ｐ型トランジスタで構成され、かかるＰ型トランジスタのソースが電源電圧Ｖｄｄに接続され、Ｐ型トランジスタのドレインがＡＰＤ１０と出力部２２との間に接続される。また、Ｐ型トランジスタである素子動作部２６Ａのゲートに、インバータ３３を介してイ

ネーブル信号Ｓ１が供給される。

[0161] そして、素子動作部２６Ａにハイレベルのイネーブル信号Ｓ１がインバータ３３を介して供給される場合、素子動作部２６Ａは導通状態となることから、充電部２１からの定電流はＡＰＤ１０ではなく素子動作部２６Ａに流れる。これにより、ＡＰＤ１０が充電されないことから、かかるＡＰＤ１０が無効状態となる。

[0162] 一方で、素子動作部２６Ａにローレベルのイネーブル信号Ｓ１がインバータ３３を介して供給される場合、素子動作部２６Ａは切断状態となることから、充電部２１からの定電流はＡＰＤ１０に供給される。これにより、ＡＰＤ１０が充電されることから、かかるＡＰＤ１０が有効状態となる。

[0163] このように、変形例５では、実施形態と同様に、イネーブル信号Ｓ１のレベルを切り替えることにより、ＡＰＤ１０を有効状態と無効状態とに切り替えることができる。

[0164] 図１９は、本開示の実施形態の変形例５に係る測距システム１の動作をタイミングチャートで示す説明図であり、実施形態の図６に対応する図である。図１９に示すように、変形例５に係る測距システム１では、光源部２が発光するタイミングである時間Ｔ３０において、イネーブル信号Ｓ１をハイレベルにすることにより、ＡＰＤ１０を無効状態にする。

[0165] これにより、測距システム１の筐体内などで反射した意図しない反射光がＡＰＤ１０に入射して、ＡＰＤ１０が無効状態になることを抑制することができる。

[0166] イネーブル信号生成部２７は、光源部２が発光した時間Ｔ３０から所定の時間経過した時間Ｔ３１で、イネーブル信号Ｓ１をローレベルに切り替える。これにより、ＡＰＤ１０のリチャージが開始され、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａが所定の電圧V_3から線形的に降圧される。

[0167] そして、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａがしきい電圧V_{th2}よりも小さくなった時間Ｔ３２で、出力部２２はローレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａは、充電部２１によって所定の電圧V_2

まで降圧される。このように、アノード電圧Ｖａが電圧$Ｖ_2$まで降圧され、所定の逆バイアス電圧が印加されたＡＰＤ１０は、ガイガーモードとなる。

[0168] 上述したＡＰＤ１０の充電処理と平行して、信号遅延部２８は、イネーブル信号Ｓ１がローレベルに切り替わった時間Ｔ３１から、所定の時間だけ立ち下がりを遅延させた遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0169] ここで、信号遅延部２８は、図１９に示すように、所定の時間範囲内でスイープさせるように設定された複数の遅延時間に基づいて、それぞれ異なる切替タイミングを有する複数の遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0170] そして、状態信号Ｓ２がローレベルに切り替わった時間Ｔ３２よりも後で、かつ時間Ｔ３２から最も近い切り替わりタイミングを有する遅延イネーブル信号Ｓ３がローレベルに切り替わった時間Ｔ３３で、ＡＰＤ状態検出部３０は、ローレベルの信号Ｓ４を出力する。

[0171] そして、変形例５では、実施形態と同様に、第２ヒストグラム生成部３１が信号Ｓ４に基づいた生カウント値のヒストグラムを生成し、かかる生カウント値のヒストグラムを微分して第２ヒストグラムを生成する。

[0172] かかる変形例５の第２ヒストグラムは、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミング（時間Ｔ３１に相当）からＡＰＤ１０が有効状態になったタイミング（時間Ｔ３３に相当）までの時間を時間ビンに基づき分類したものとなる。

[0173] すなわち、変形例５では、実施形態と同様に、信号遅延部２８やＡＰＤ状態検出部３０などによって、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間を計測することができる。

[0174] そして、図１９の例では、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａがしきい電圧$Ｖ_{th2}$となるまでの間に、ＡＰＤ１０には光子が入射しなかった（ＡＰＤ１０は素早く充電された）とみなすことができる。

[0175] ＡＰＤ１０がガイガーモードになった後の時間Ｔ３４で、被測定物Ｘからの反射光に起因する光子がＡＰＤ１０に入射すると、かかる光子の入射に応

じて発生した電子に起因して、ＡＰＤ１０の内部でアバランシェ増倍が生じる。これにより、ＡＰＤ１０に電流が流れて電圧降下が発生し、アノード電圧Ｖａが非線形的に上昇する。

[0176] そして、時間Ｔ３５でアノード電圧Ｖａがしきい電圧V_{th2}以上になると、出力部２２はハイレベルの状態信号Ｓ２を出力する。

[0177] そして、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａは、時間Ｔ３６でＡＰＤ１０内のなだれ増幅が停止することから、電圧V_3で上昇が停止する。さらに、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａは、充電部２１によってＡＰＤ１０が再充電されることにより低下する。

[0178] そして、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａがしきい電圧V_{th2}よりも小さくなった時間Ｔ３７で、出力部２２はローレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａが所定の電圧V_2まで降圧され、ＡＰＤ１０はガイガーモードに復帰する。

[0179] ここで、変形例５では、ＴＤＣ２３が、光源部２が光を発光した発光タイミング（時間Ｔ３０に対応）から、ＡＰＤ１０が光を受光した受光タイミング（時間Ｔ３４に対応）までの時間を計測する。なお、変形例５では、状態信号Ｓ２がハイレベルに切り替わった時間Ｔ３５を、ＡＰＤ１０が光を受光したタイミングとみなす。

[0180] 次に、ＴＤＣ２３によって計測された発光タイミングから受光タイミングまでの時間に基づいて、第１ヒストグラム生成部２４は、第１ヒストグラムを生成する。そして、第１ヒストグラムにピークが検出される場合、算出部２５は、上述の式（１）に基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0181] 図２０は、本開示の実施形態の変形例５に係る測距システム１の動作をタイミングチャートで示す説明図であり、上述した図１９の例よりも被測定物Ｘが近い位置にある場合について示している。

[0182] 図２０に示すように、変形例５に係る測距システム１では、図１９の例と同様に、光源部２が発光するタイミングである時間Ｔ４０において、イネーブル信号Ｓ１をハイレベルにすることにより、ＡＰＤ１０を無効状態にする

。

[0183] イネーブル信号生成部２７は、光源部２が発光した時間Ｔ４０から所定の時間経過した時間Ｔ４１で、イネーブル信号Ｓ１をローレベルに切り替える。これにより、ＡＰＤ１０の充電が開始され、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａが所定の電圧V_3から線形的に降圧される。

[0184] しかしながら、図２０の例では、被測定物Ｘが近い位置にあることから、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａがしきい電圧V_{th2}より小さくなる前の時間Ｔ４２で、被測定物Ｘからの反射光に起因する光子がＡＰＤ１０に入射する。

[0185] すると、かかる光子の入射に応じて発生した電子に起因してＡＰＤ１０の内部でアバランシェ増倍が生じ、ＡＰＤ１０に電流が流れて電圧降下が発生するため、アノード電圧Ｖａが非線形的に上昇する。

[0186] そして、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａは、時間Ｔ４３でＡＰＤ１０内のなだれ増幅が停止することから、電圧V_3で上昇が停止する。さらに、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａは、充電部２１によってＡＰＤ１０が再充電されることにより低下する。

[0187] そして、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａがしきい電圧V_{th2}よりも小さくなった時間Ｔ４４で、出力部２２はローレベルの状態信号Ｓ２を出力する。さらに、ＡＰＤ１０のアノード電圧Ｖａが所定の電圧V_2まで降圧され、ＡＰＤ１０はガイガーモードになる。

[0188] 上述したＡＰＤ１０の充電処理と平行して、信号遅延部２８は、イネーブル信号Ｓ１がローレベルに切り替わった時間Ｔ４１から、所定の時間だけ立ち下がりを遅延させた遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0189] 図１９の例と同様に、信号遅延部２８は、所定の時間範囲内でスイープさせるように設定された複数の遅延時間に基づいて、それぞれ異なる切替タイミングを有する複数の遅延イネーブル信号Ｓ３を出力する。

[0190] そして、状態信号Ｓ２がローレベルに切り替わった時間Ｔ４４よりも後で、かつ時間Ｔ４４から最も近い切り替わりタイミングを有する遅延イネーブル信号Ｓ３がローレベルに切り替わった時間Ｔ４５で、ＡＰＤ状態検出部３

０は、ローレベルの信号Ｓ４を出力する。

[0191] 次に、変形例５では、第２ヒストグラム生成部３１が信号Ｓ４に基づいた生カウント値のヒストグラムを生成し、かかる生カウント値のヒストグラムを微分して第２ヒストグラムを生成する。そして、算出部２５は、第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0192] ここまで説明したように、変形例５では、実施形態と同様に、第１ヒストグラムによる距離Ｄの算出処理に加えて、近距離の被測定物Ｘに対しても、第２ヒストグラムを用いて距離Ｄを算出することができる。したがって、変形例５によれば、直接ＴｏＦ方式において測距範囲を拡大することができる。

[0193] ［効果］

実施形態に係る測距装置（受光部３）は、ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）１０と、第１ヒストグラム生成部２４と、素子動作部２６と、第２ヒストグラム生成部３１と、算出部２５と、を備える。第１ヒストグラム生成部２４は、光源（光源部２）が発光したタイミングからＡＰＤ１０が受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する。素子動作部２６は、イネーブル信号Ｓ１に基づいてＡＰＤ１０の動作を有効にする。第２ヒストグラム生成部３１は、イネーブル信号Ｓ１が切り替わったタイミングからＡＰＤ１０が有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する。算出部２５は、第１ヒストグラムおよび第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0194] これにより、直接ＴｏＦ方式において測距範囲を拡大することができる。

[0195] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）は、出力部２２と、時間デジタル変換回路（ＴＤＣ）２３とをさらに備える。出力部２２は、ＡＰＤ１０の電圧状態を示す状態信号Ｓ２を出力する。時間デジタル変換回路（ＴＤＣ）２３は、状態信号Ｓ２に基づいて光源（光源部２）が発光したタイミングからＡＰＤ１０が受光したタイミングまでの時間を計測する。また、第１ヒ

ストグラム生成部２４は、時間デジタル変換回路（ＴＤＣ）２３の計測結果に基づいて第１ヒストグラムを生成する。

[0196] これにより、被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0197] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）は、信号遅延部２８と、ＡＰＤ状態検出部３０とをさらに備える。信号遅延部２８は、イネーブル信号Ｓ１を所定の時間遅延させた遅延イネーブル信号Ｓ３を生成する。ＡＰＤ状態検出部３０は、状態信号Ｓ２と、遅延時間がスイープされた遅延イネーブル信号Ｓ３とが入力されるＤ型フリップフロップで構成される。また、第２ヒストグラム生成部３１は、ＡＰＤ状態検出部３０からの出力を時間ビン毎にカウントしたカウント値を微分して、第２ヒストグラムを生成する。

[0198] これにより、近い位置の被測定物Ｘからの反射光を受光したタイミングを求めることができるとともに、測距システム１を低コストで実現することができる。

[0199] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）は、複数の単位回路２０が行列状に２次元配列される受光チップ２００と、受光チップ２００に積層され、複数の単位回路２０が行列状に２次元配列されるロジックチップ２１０とを備える。また、単位回路２０は、素子動作部２６と、信号遅延部２８と、ＡＰＤ状態検出部３０とを有する。

[0200] これにより、近い位置の被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0201] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）は、複数の単位回路２０Ａが行列状に２次元配列される受光チップ２００と、受光チップ２００に積層され、複数の単位回路２０Ａが行列状に２次元配列されるロジックチップ２１０とを備える。また、単位回路２０Ａは、素子動作部２６を有する。

[0202] これにより、ロジックチップ２１０のチップ面積を小さくすることができる。

[0203] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）において、複数の単位回路２０Ａが、ロジックチップ２１０に設けられる１組の信号遅延部２８およびＡ

ＰＤ状態検出部３０を共有する。

[0204] これにより、測距システム１を低コストで実現することができる。

[0205] また、実施形態に係る測距装置（受光部３）は、複数のＡＰＤ１０および複数の単位回路２０Ａがそれぞれ行列状に２次元配列される受光チップ２００と、受光チップ２００に積層されるロジックチップ２１０とを備える。また、単位回路２０Ａは、素子動作部２６を有し、ロジックチップ２１０に信号遅延部２８およびＡＰＤ状態検出部３０が設けられる。

[0206] これにより、近い位置の被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0207] また、実施形態に係る測距システム１において、算出部２５は、第１ヒストグラムにピークが検出される場合、第１ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。また、算出部２５は、第１ヒストグラムにピークが検出されず、かつ第２ヒストグラムにピークが検出される場合、第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0208] これにより、測距システム１の消費電力を低減することができる。

[0209] また、実施形態に係る測距システム１において、算出部２５は、第２ヒストグラムのピーク位置が所定のしきい値以上である場合に、第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物Ｘまでの距離Ｄを算出する。

[0210] これにより、近い位置の被測定物Ｘまでの距離Ｄを精度よく算出することができる。

[0211] ［移動体への応用例］

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。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、ロボット等のいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

[0212] 図２１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。

[0213] 車両制御システム１２０００は、通信ネットワーク１２００１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２１に示した例では、車両制御システム１２０００は、駆動系制御ユニット１２０１０、ボディ系制御ユニット１２０２０、車外情報検出ユニット１２０３０、車内情報検出ユニット１２０４０、及び統合制御ユニット１２０５０を備える。また、統合制御ユニット１２０５０の機能構成として、マイクロコンピュータ１２０５１、音声画像出力部１２０５２、及び車載ネットワークＩ／Ｆ（Interface）１２０５３が図示されている。

[0214] 駆動系制御ユニット１２０１０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１２０１０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。

[0215] ボディ系制御ユニット１２０２０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１２０２０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１２０２０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１２０２０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。

[0216] 車外情報検出ユニット１２０３０は、車両制御システム１２０００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１２０３０には、撮像部１２０３１が接続される。車外情報検出ユニット１２０３０は、撮像部１２０３１に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像

を受信する。車外情報検出ユニット１２０３０は、受信した画像に基づいて、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。

[0217] 撮像部１２０３１は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部１２０３１は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部１２０３１が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

[0218] 車内情報検出ユニット１２０４０は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット１２０４０には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部１２０４１が接続される。運転者状態検出部１２０４１は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１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。

[0219] マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で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１２０１０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１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うことができる。

[0220] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で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うことができる。

[0221] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット１２０２０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

[0222] 音声画像出力部１２０５２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２１の例では、出力装置として、オーディオスピーカ１２０６１、表示部１２０６２及びインストルメントパネル１２０６３が例示されている。表示部１２０６２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。

[0223] 図２２は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

[0224] 図２２では、撮像部１２０３１として、撮像部１２１０１、１２１０２、１２１０３、１２１０４、１２１０５を有する。

[0225] 撮像部１２１０１、１２１０２、１２１０３、１２１０４、１２１０５は、例えば、車両１２１００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等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１２１０１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１２１０５は、主として車両１２１００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１２１０２、１２１０３は、主として車両１２１００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１２１０４は、主として車両１２１００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１２１０５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。

[0226] なお、図２２には、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮影範囲の一例

が示されている。撮像範囲１２１１１は、フロントノーズに設けられた撮像部１２１０１の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１２，１２１１３は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部１２１０２，１２１０３の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１４は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部１２１０４の撮像範囲を示す。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４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１２１００を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0227] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0228] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を基に、撮像範囲１２１１１ないし１２１１４内における各立体物までの距離と、この距離の時間的変化（車両１２１００に対する相対速度）を求めることにより、特に車両１２１００の進行路上にある最も近い立体物で、車両１２１００と略同じ方向に所定の速度（例えば、０km/h以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ１２０５１は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように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うことができる。

[0229] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、２輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両１２１００の周辺の障害物を、車両１２１００のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイク

ロコンピュータ１２０５１は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ１２０６１や表示部１２０６２を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット１２０１０を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

[0230] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在するか否かを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ１２０５１が、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部１２０５２は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0231] 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、撮像部１２０３１に適用され得る。具体的には、図４の測距システム１は、撮像部１２０３１に適用することができる。撮像部１２０３１に本開示に係る技術を適用することにより、かかる撮像部１２０３１の測距範囲を拡大することができる。

[0232] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示の技術的範囲は、上述の実施形態そのままに限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。また、異なる実施形態及び変形例にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0233] また、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものでは無く、また他の効果があってもよい。

[0234] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

（１）

ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）と、

光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する第１ヒストグラム生成部と、

イネーブル信号に基づいて前記ＡＰＤの動作を有効にする素子動作部と、

前記イネーブル信号が切り替わったタイミングから前記ＡＰＤが有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する第２ヒストグラム生成部と、

前記第１ヒストグラムおよび前記第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物までの距離を算出する算出部と、

を備える測距装置。

（２）

前記ＡＰＤの電圧状態を示す状態信号を出力する出力部と、

前記状態信号に基づいて前記光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間を計測する時間デジタル変換回路と、

をさらに備え、

前記第１ヒストグラム生成部は、前記時間デジタル変換回路の計測結果に基づいて前記第１ヒストグラムを生成する

前記（１）に記載の測距装置。

（３）

前記イネーブル信号を所定の時間遅延させた遅延イネーブル信号を生成する信号遅延部と、

前記状態信号と、遅延時間がスイープされた前記遅延イネーブル信号とが入力されるＤ型フリップフロップで構成されるＡＰＤ状態検出部と、

をさらに備え、

前記第２ヒストグラム生成部は、前記ＡＰＤ状態検出部からの出力を時間ビン毎にカウントしたカウント値を微分して、前記第２ヒストグラムを生成する

前記（２）に記載の測距装置。

（４）

複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部と、前記信号遅延部と、前記ＡＰＤ状態検出部とを有する

前記（３）に記載の測距装置。

（５）

複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部を有する

前記（３）に記載の測距装置。

（６）

複数の前記単位回路が、前記ロジックチップに設けられる１組の前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部を共有する

前記（５）に記載の測距装置。

（７）

複数の前記ＡＰＤおよび複数の単位回路がそれぞれ行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部を有し、

前記ロジックチップに前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部が設けられる

前記（３）に記載の測距装置。

（８）

前記算出部は、

前記第１ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第１ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出し、

前記第１ヒストグラムにピークが検出されず、かつ前記第２ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

前記（１）～（７）のいずれか一つに記載の測距装置。

（９）

前記算出部は、

前記第２ヒストグラムのピーク位置が所定のしきい値以上である場合に、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

前記（８）に記載の測距装置。

（１０）

照射光を照射する光源部と、

前記照射光の反射光を受光する受光部と

を備え、

前記受光部は、

ＡＰＤ（Avalanche　Photodiode）と、

光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する第１ヒストグラム生成部と、

イネーブル信号に基づいて前記ＡＰＤの動作を有効にする素子動作部と、

前記イネーブル信号が切り替わったタイミングから前記ＡＰＤが有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する第２ヒストグラム生成部と、

前記第１ヒストグラムおよび前記第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物までの距離を算出する算出部と、

を有する測距システム。

（１１）

前記受光部は、

前記ＡＰＤの電圧状態を示す状態信号を出力する出力部と、

前記状態信号に基づいて前記光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間を計測する時間デジタル変換回路と、

をさらに有し、

前記第１ヒストグラム生成部は、前記時間デジタル変換回路の計測結果に基づいて前記第１ヒストグラムを生成する

前記（１０）に記載の測距システム。

（１２）

前記受光部は、

前記イネーブル信号を所定の時間遅延させた遅延イネーブル信号を生成する信号遅延部と、

前記状態信号と、遅延時間がスイープされた前記遅延イネーブル信号とが入力されるＤ型フリップフロップで構成されるＡＰＤ状態検出部と、

をさらに有し、

前記第２ヒストグラム生成部は、前記ＡＰＤ状態検出部からの出力を時間ビン毎にカウントしたカウント値を微分して、前記第２ヒストグラムを生成する

前記（１１）に記載の測距システム。

（１３）

前記受光部は、

複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を有し、

前記単位回路は、前記素子動作部と、前記信号遅延部と、前記ＡＰＤ状態検出部とを有する

前記（１２）に記載の測距システム。

（１４）

前記受光部は、

複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を有し、

前記単位回路は、前記素子動作部を有する

前記（１２）に記載の測距システム。

（１５）

複数の前記単位回路が、前記ロジックチップに設けられる１組の前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部を共有する

前記（１４）に記載の測距システム。

（１６）

前記受光部は、

複数の前記ＡＰＤおよび複数の単位回路がそれぞれ行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層されるロジックチップと、

を有し、

前記単位回路は、前記素子動作部を有し、

前記ロジックチップに前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部が設け

られる

前記（１２）に記載の測距システム。

（１７）

前記算出部は、

前記第１ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第１ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出し、

前記第１ヒストグラムにピークが検出されず、かつ前記第２ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

前記（１０）～（１６）のいずれか一つに記載の測距システム。

（１８）

前記算出部は、

前記第２ヒストグラムのピーク位置が所定のしきい値以上である場合に、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

前記（１７）に記載の測距システム。

符号の説明

[0235] １　測距システム

２　光源部（光源の一例）

３　受光部（測距装置の一例）

１０　ＡＰＤ

２０、２０Ａ、２０Ｂ　単位回路

２２　出力部

２３　ＴＤＣ（時間デジタル変換回路）

２４　第１ヒストグラム生成部

２５　算出部

２６、２６Ａ　素子動作部

２８　信号遅延部

３０　ＡＰＤ状態検出部

３１　第２ヒストグラム生成部

Ｓ１　イネーブル信号

Ｓ２　状態信号

Ｓ３　遅延イネーブル信号

２００　受光チップ

２１０　ロジックチップ

請求の範囲

[請求項1] ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）と、

光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する第１ヒストグラム生成部と、

イネーブル信号に基づいて前記ＡＰＤの動作を有効にする素子動作部と、

前記イネーブル信号が切り替わったタイミングから前記ＡＰＤが有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する第２ヒストグラム生成部と、

前記第１ヒストグラムおよび前記第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物までの距離を算出する算出部と、

を備える測距装置。

[請求項2] 前記ＡＰＤの電圧状態を示す状態信号を出力する出力部と、

前記状態信号に基づいて前記光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間を計測する時間デジタル変換回路と、

をさらに備え、

前記第１ヒストグラム生成部は、前記時間デジタル変換回路の計測結果に基づいて前記第１ヒストグラムを生成する

請求項１に記載の測距装置。

[請求項3] 前記イネーブル信号を所定の時間遅延させた遅延イネーブル信号を生成する信号遅延部と、

前記状態信号と、遅延時間がスイープされた前記遅延イネーブル信号とが入力されるＤ型フリップフロップで構成されるＡＰＤ状態検出部と、

をさらに備え、

前記第２ヒストグラム生成部は、前記ＡＰＤ状態検出部からの出力

を時間ビン毎にカウントしたカウント値を微分して、前記第２ヒストグラムを生成する

請求項２に記載の測距装置。

[請求項4] 複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部と、前記信号遅延部と、前記ＡＰＤ状態検出部とを有する

請求項３に記載の測距装置。

[請求項5] 複数の前記ＡＰＤが行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層され、複数の単位回路が行列状に２次元配列されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部を有する

請求項３に記載の測距装置。

[請求項6] 複数の前記単位回路が、前記ロジックチップに設けられる１組の前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部を共有する

請求項５に記載の測距装置。

[請求項7] 複数の前記ＡＰＤおよび複数の単位回路がそれぞれ行列状に２次元配列される受光チップと、

前記受光チップに積層されるロジックチップと、

を備え、

前記単位回路は、前記素子動作部を有し、

前記ロジックチップに前記信号遅延部および前記ＡＰＤ状態検出部が設けられる

請求項３に記載の測距装置。

[請求項8] 前記算出部は、

前記第１ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第１ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出し、

前記第１ヒストグラムにピークが検出されず、かつ前記第２ヒストグラムにピークが検出される場合、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

請求項１に記載の測距装置。

[請求項9] 前記算出部は、

前記第２ヒストグラムのピーク位置が所定のしきい値以上である場合に、前記第２ヒストグラムのピーク位置に基づいて被測定物までの距離を算出する

請求項８に記載の測距装置。

[請求項10] 照射光を照射する光源部と、

前記照射光の反射光を受光する受光部と

を備え、

前記受光部は、

ＡＰＤ（Avalanche Photodiode）と、

光源が発光したタイミングから前記ＡＰＤが受光したタイミングまでの時間のヒストグラムである第１ヒストグラムを生成する第１ヒストグラム生成部と、

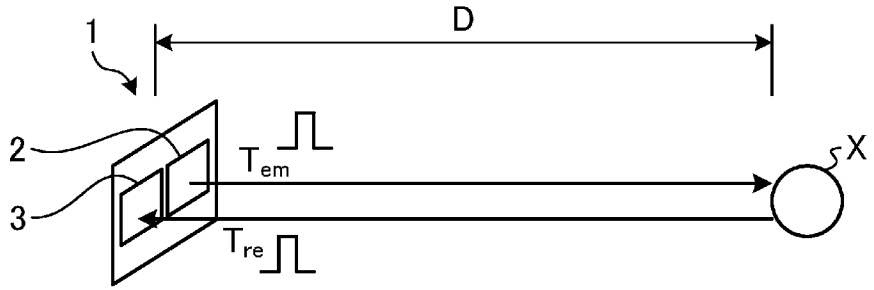
イネーブル信号に基づいて前記ＡＰＤの動作を有効にする素子動作部と、

前記イネーブル信号が切り替わったタイミングから前記ＡＰＤが有効状態になったタイミングまでの時間のヒストグラムである第２ヒストグラムを生成する第２ヒストグラム生成部と、

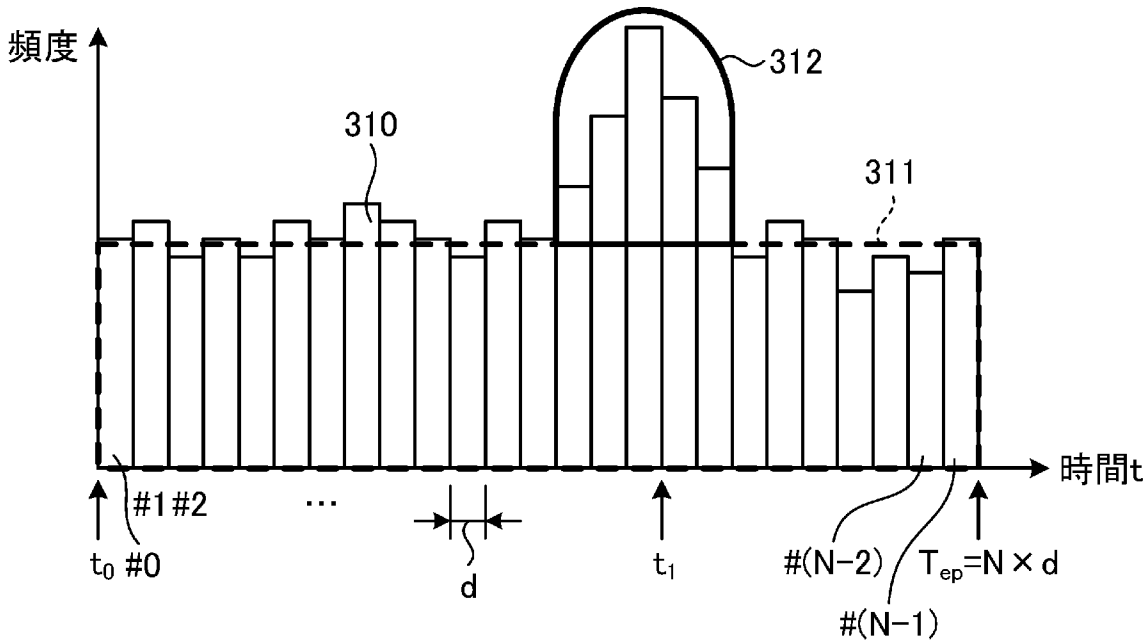
前記第１ヒストグラムおよび前記第２ヒストグラムの少なくとも一つに基づいて、被測定物までの距離を算出する算出部と、

を有する測距システム。

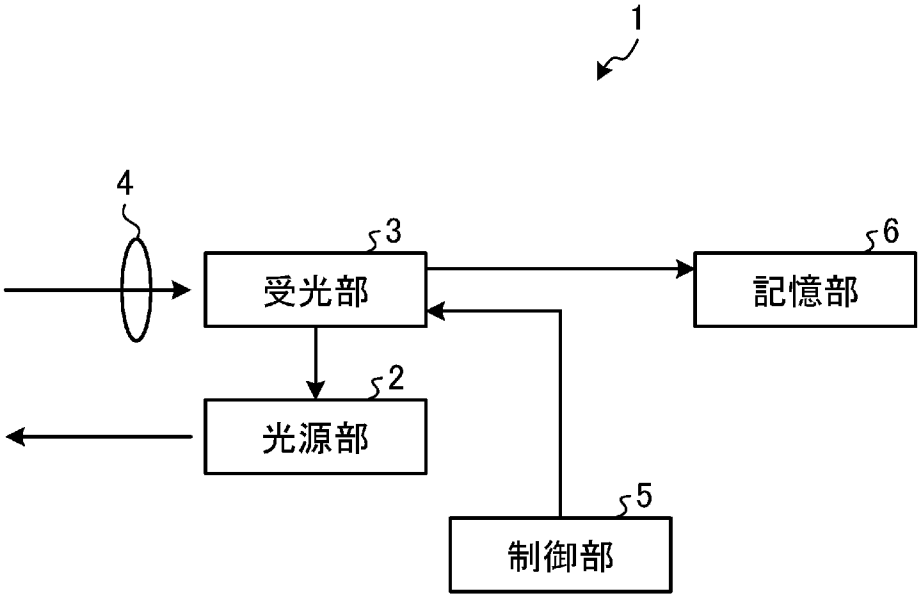
[図1]



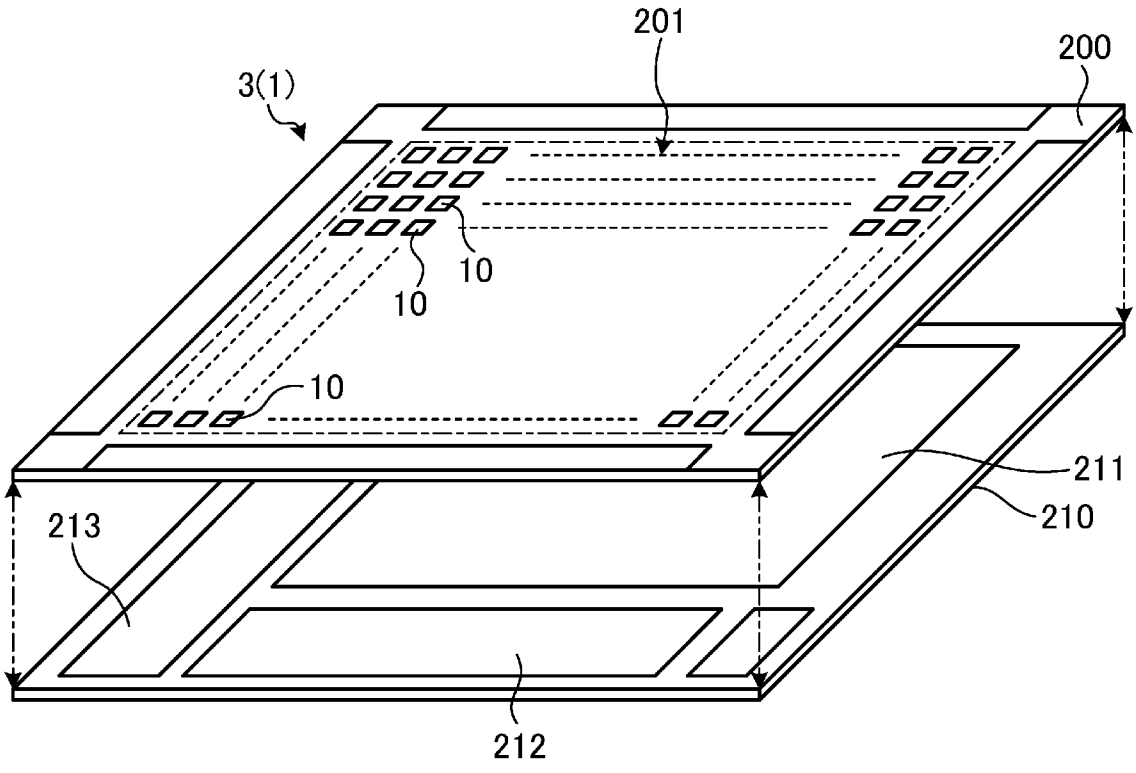
[図2]



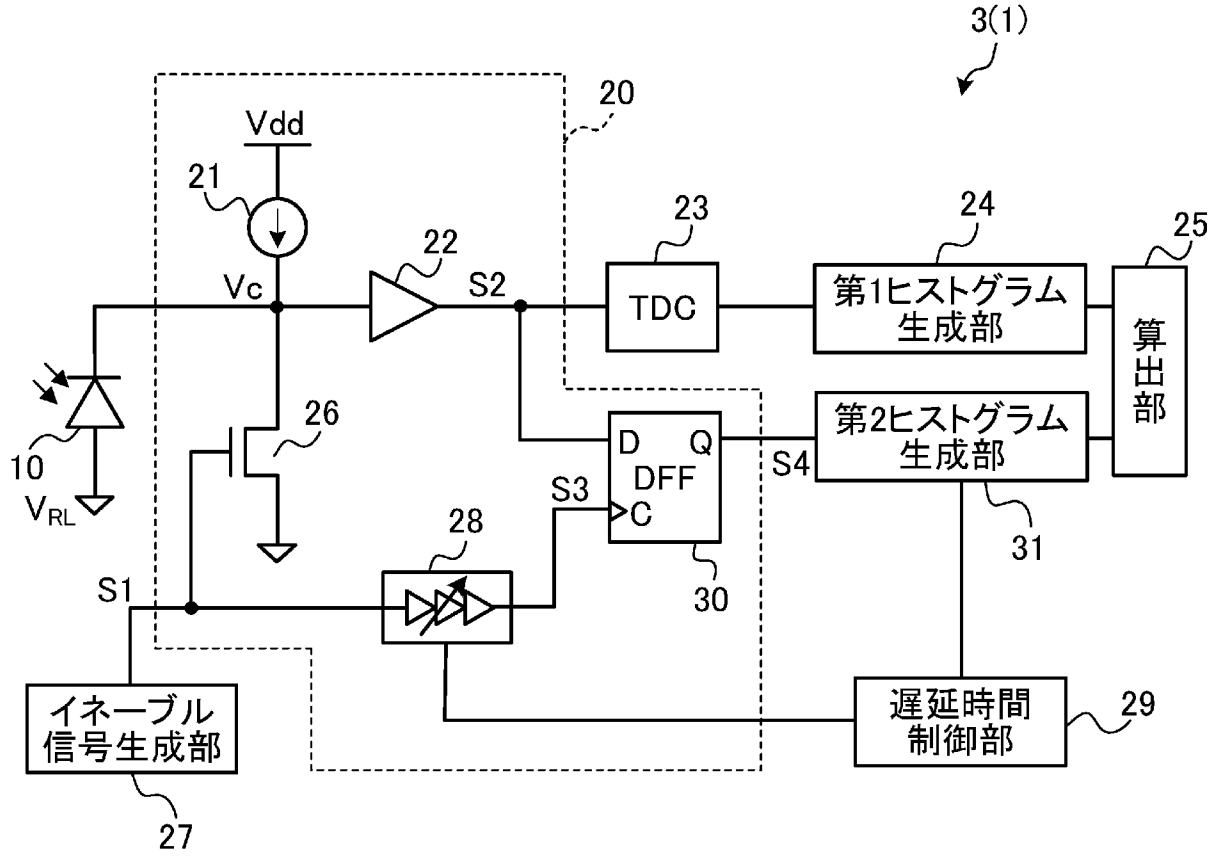
[図3]



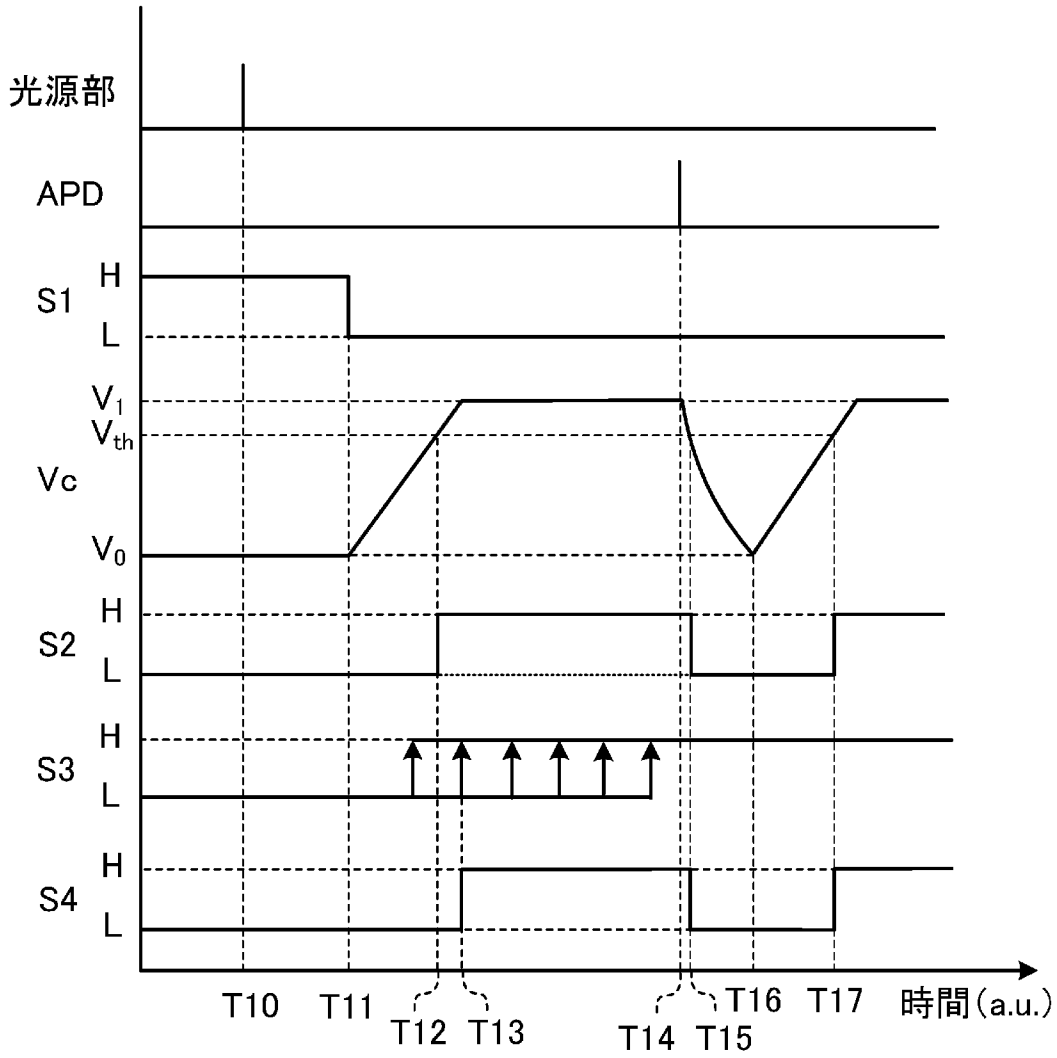
[図4]



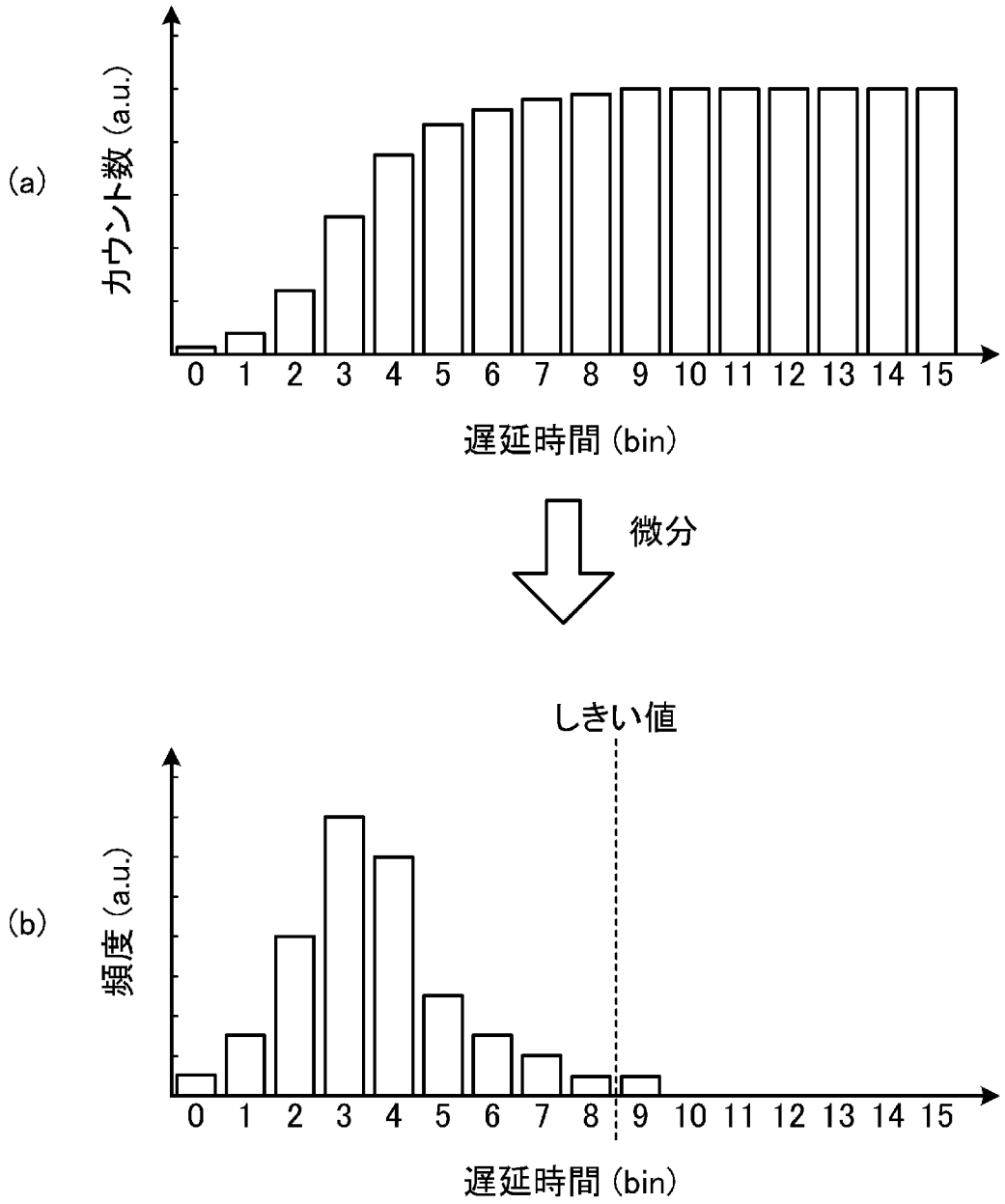
[図5]


3(1)
20
Vdd
21
22
23
24
25
Vc
S2
TDC
第1ヒストグラム
生成部
算出部
26
D
Q
DFF
C
S3
S4
第2ヒストグラム
生成部
10
V_{RL}
28
31
S1
30
イネーブル
信号生成部
遅延時間
制御部
29
27

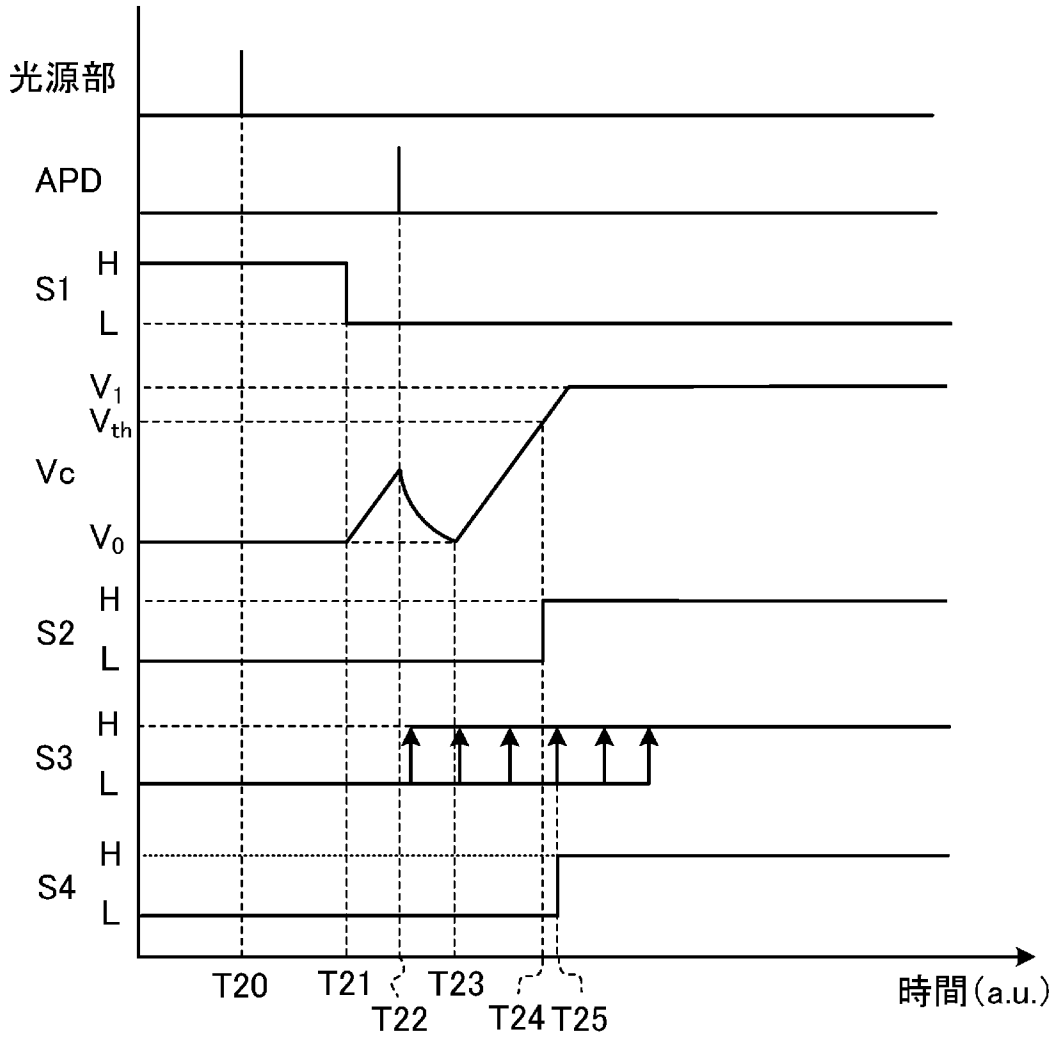
[図6]


光源部
APD
S1
H
L
Vc
V1
Vth
V0
S2
H
L
S3
H
L
S4
H
L
T10
T11
T12
T13
T14
T15
T16
T17
時間(a.u.)

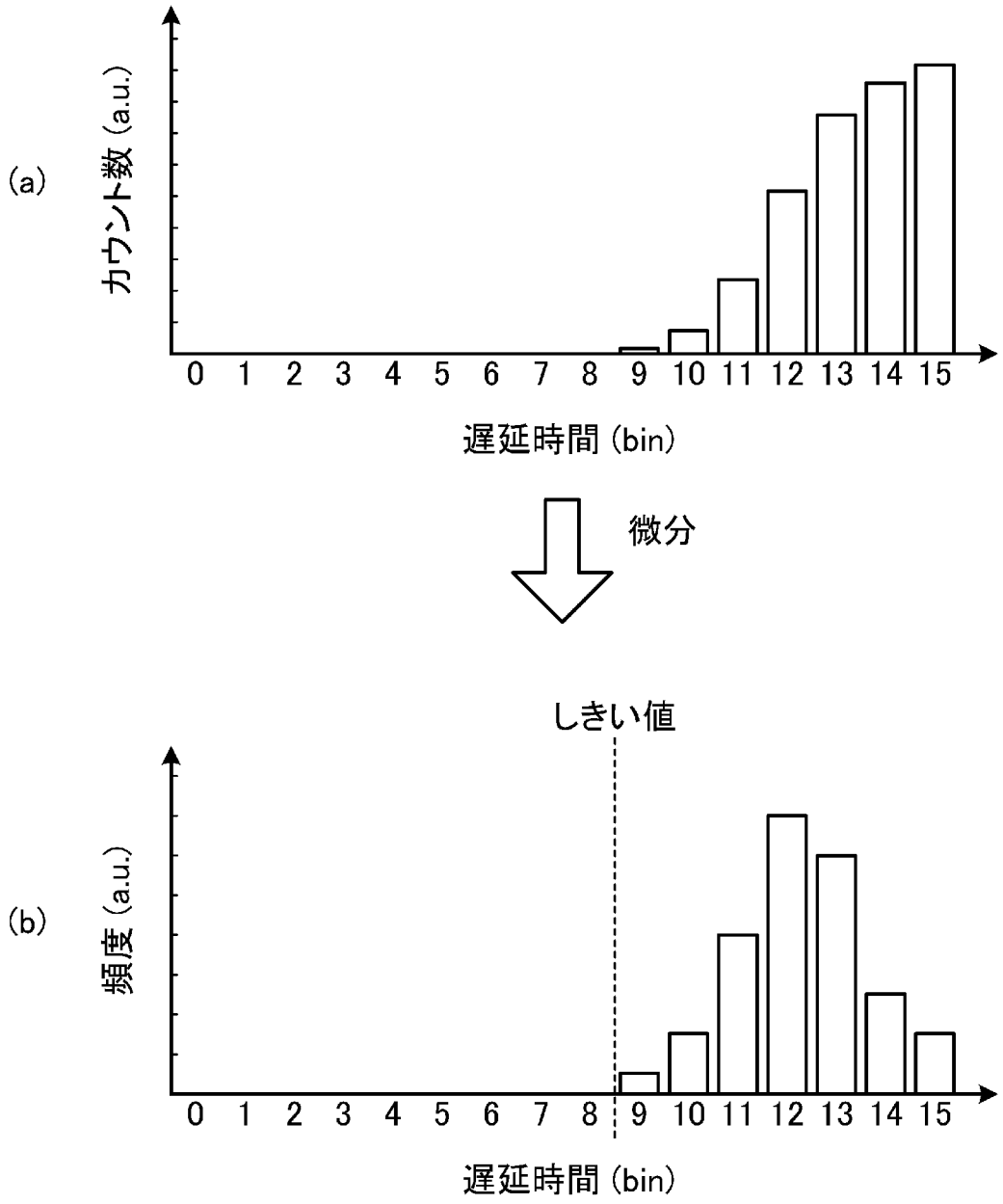
[図7]


(a)
カウント数 (a.u.)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
遅延時間 (bin)
微分
しきい値
(b)
頻度 (a.u.)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
遅延時間 (bin)

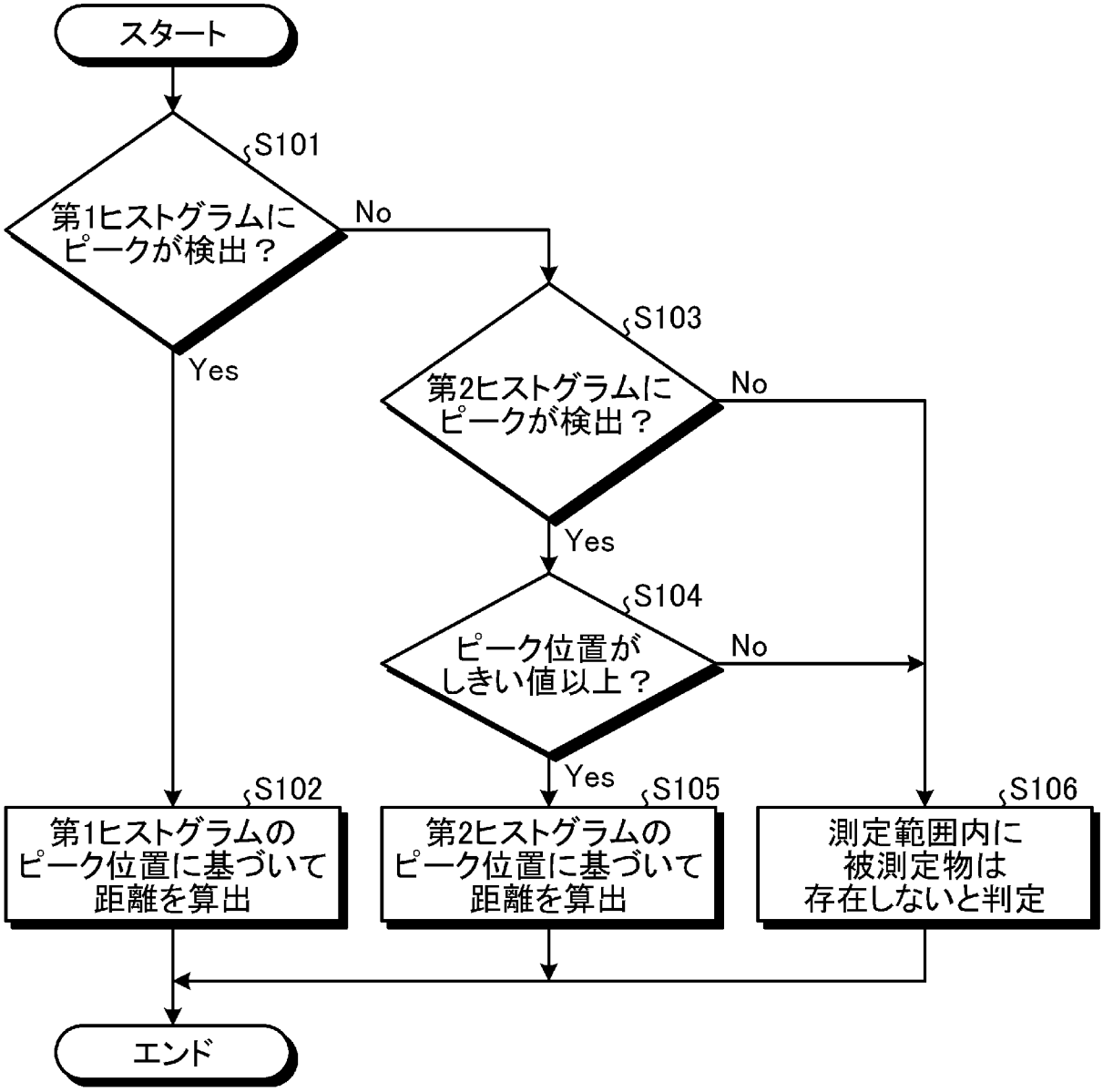
[図8]


光源部
APD
S1
H
L
V1
Vth
Vc
V0
S2
H
L
S3
H
L
S4
H
L
T20
T21
T22
T23
T24
T25
時間(a.u.)

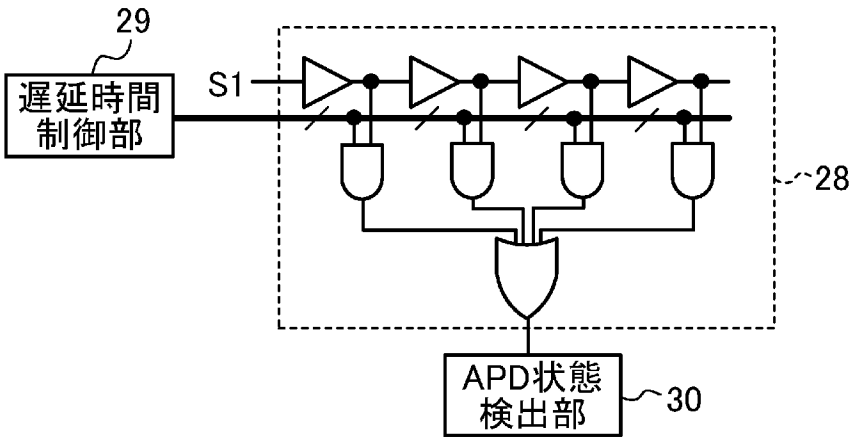
[図9]


(a)
カウント数 (a.u.)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
遅延時間 (bin)
微分
しきい値
(b)
頻度 (a.u.)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
遅延時間 (bin)

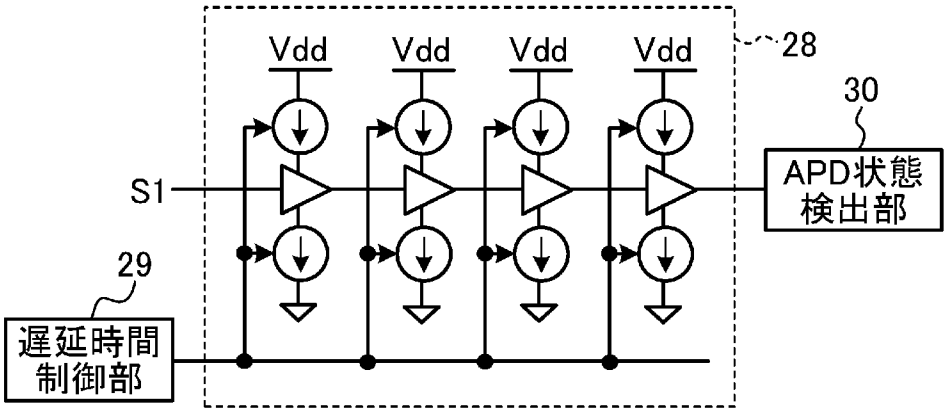
[図10]


スタート
S101
第1ヒストグラムにピークが検出？
No
Yes
S103
第2ヒストグラムにピークが検出？
No
Yes
S104
ピーク位置がしきい値以上？
No
Yes
S102
第1ヒストグラムのピーク位置に基づいて距離を算出
S105
第2ヒストグラムのピーク位置に基づいて距離を算出
S106
測定範囲内に被測定物は存在しないと判定
エンド

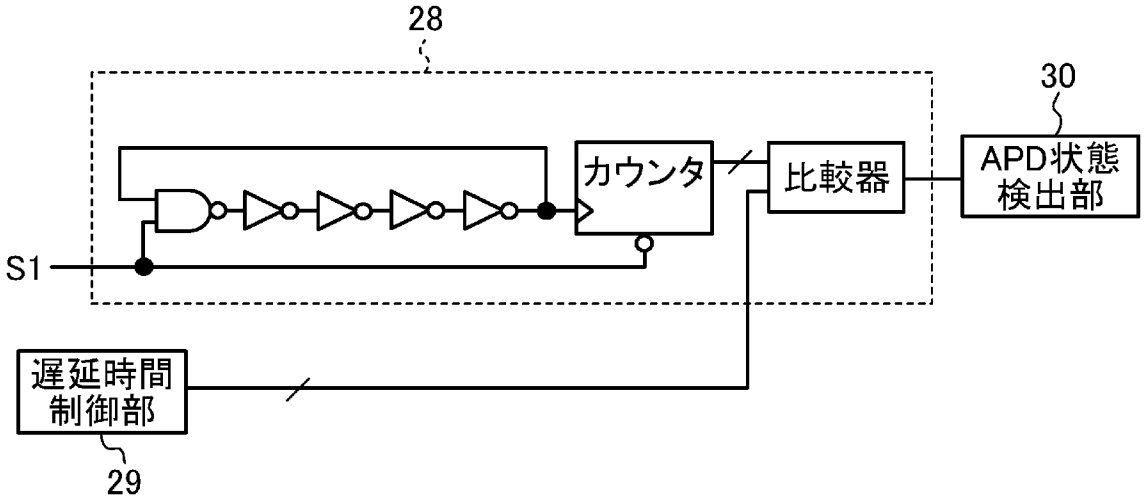
[図11]


29
遅延時間
制御部
S1
28
APD状態
検出部
30

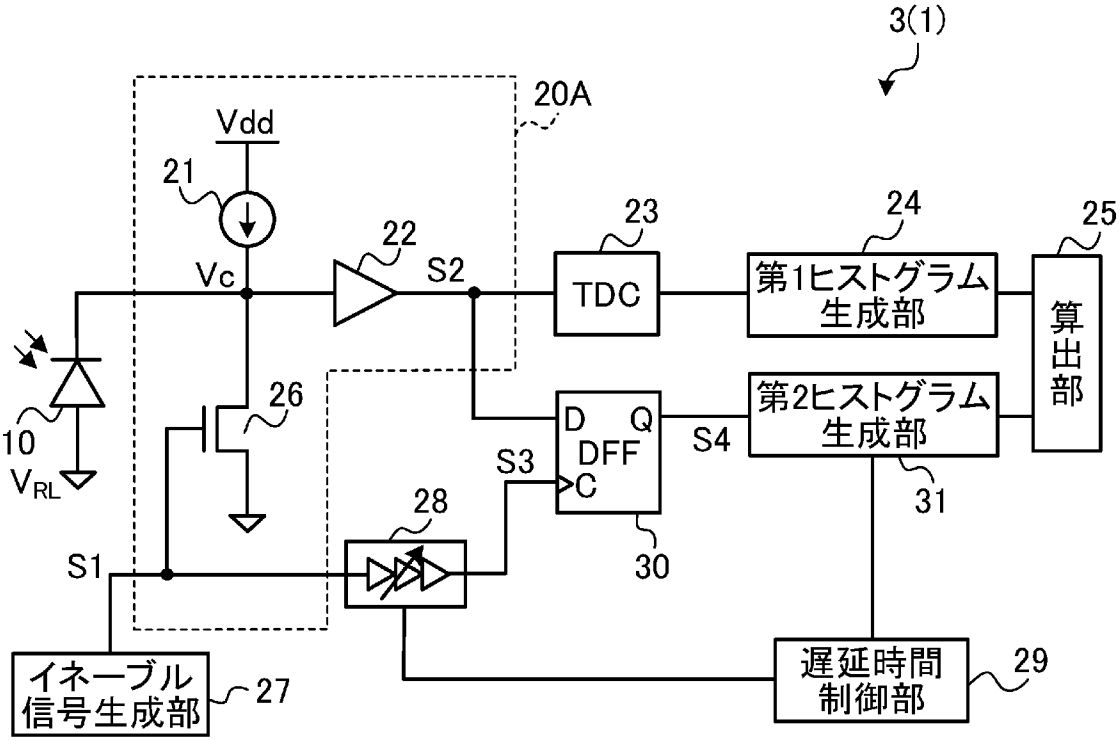
[図12]


Vdd
Vdd
Vdd
Vdd
28
30
APD状態
検出部
S1
29
遅延時間
制御部

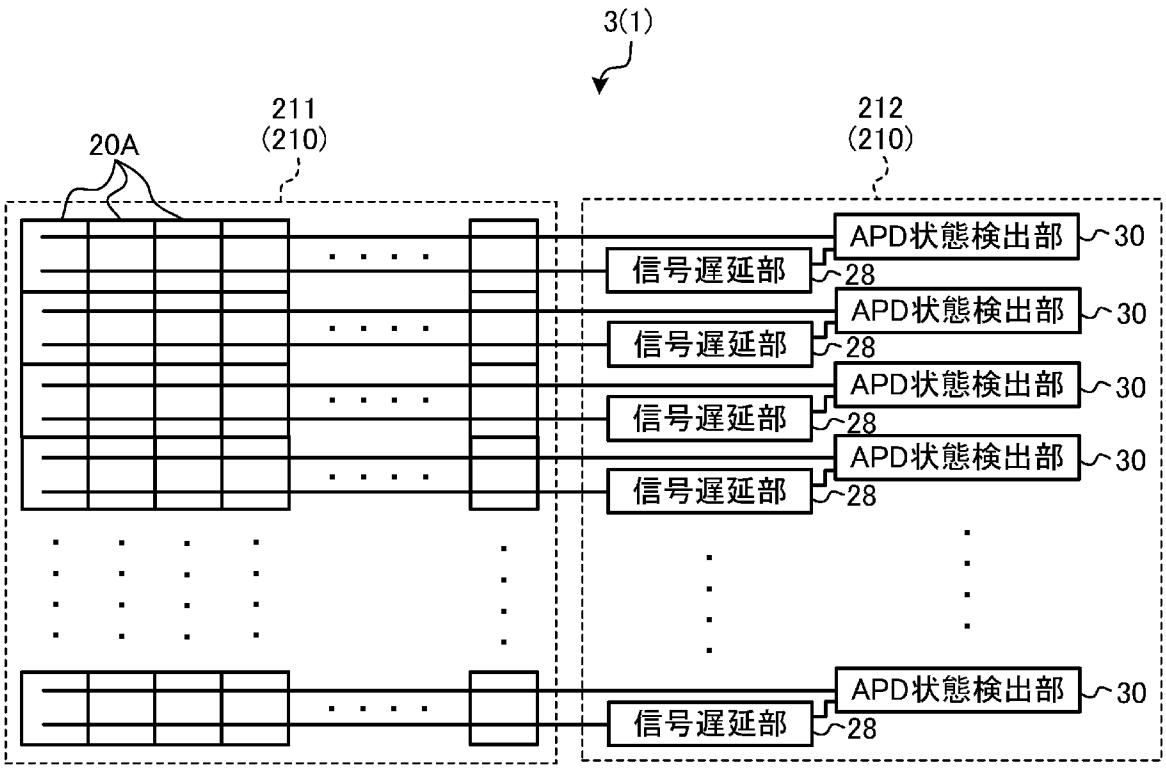
[図13]


28
30
カウンタ
比較器
APD状態
検出部
S1
遅延時間
制御部
29

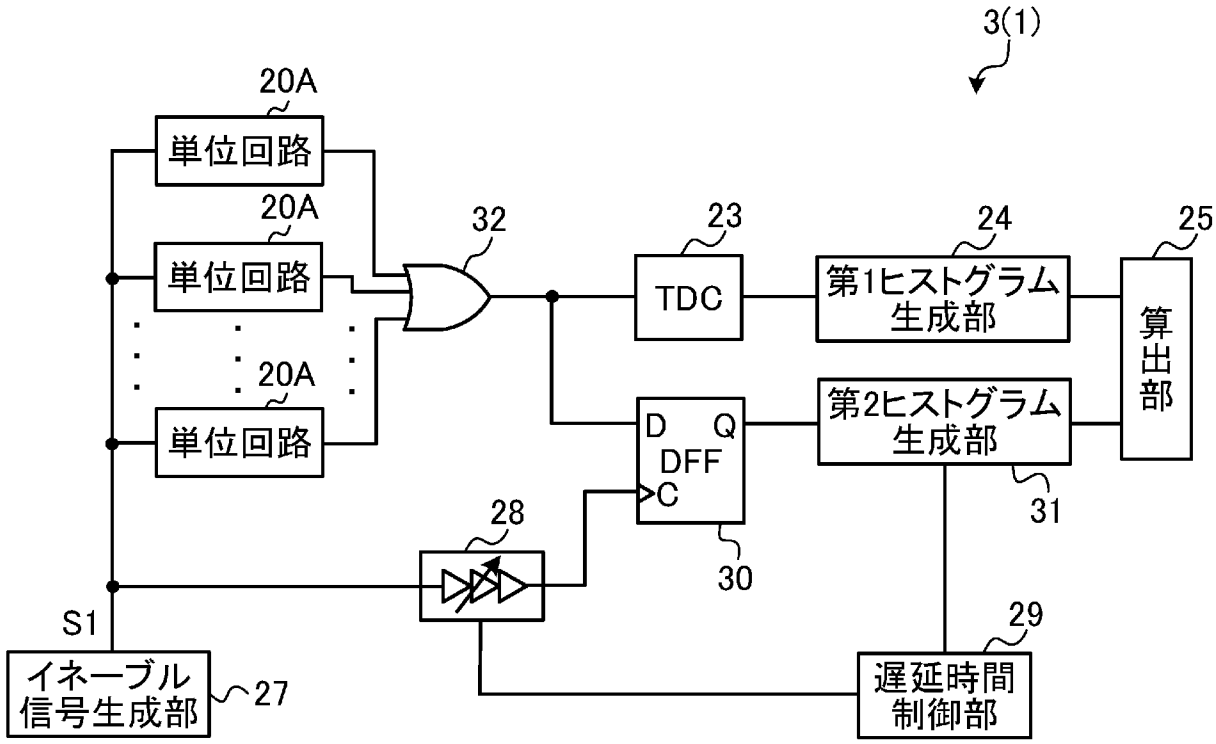
[図14]


3(1)
20A
Vdd
21
22
23
24
25
Vc
S2
TDC
第1ヒストグラム
生成部
算
出
部
26
D Q
DFF
C
S4
第2ヒストグラム
生成部
10
VRL
S3
28
31
30
S1
イネーブル
信号生成部
27
遅延時間
制御部
29

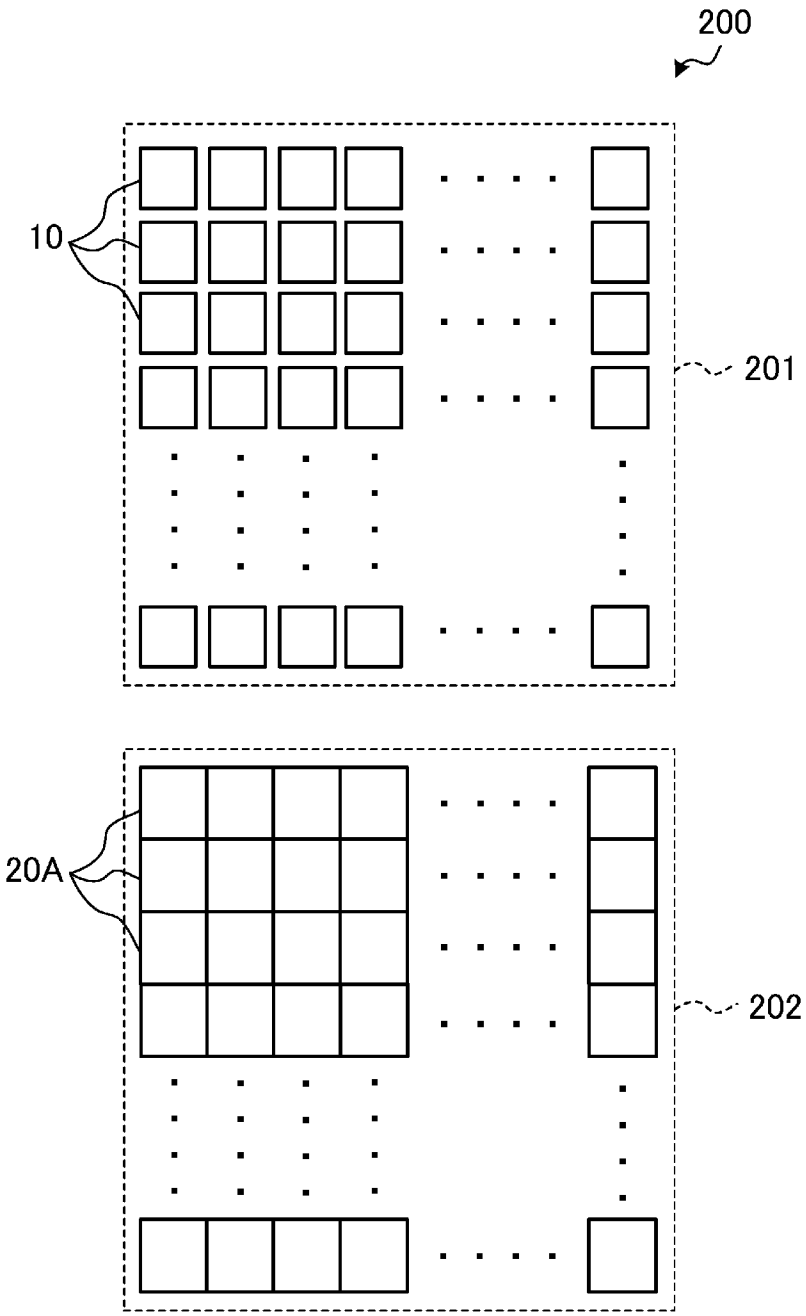
[図15]



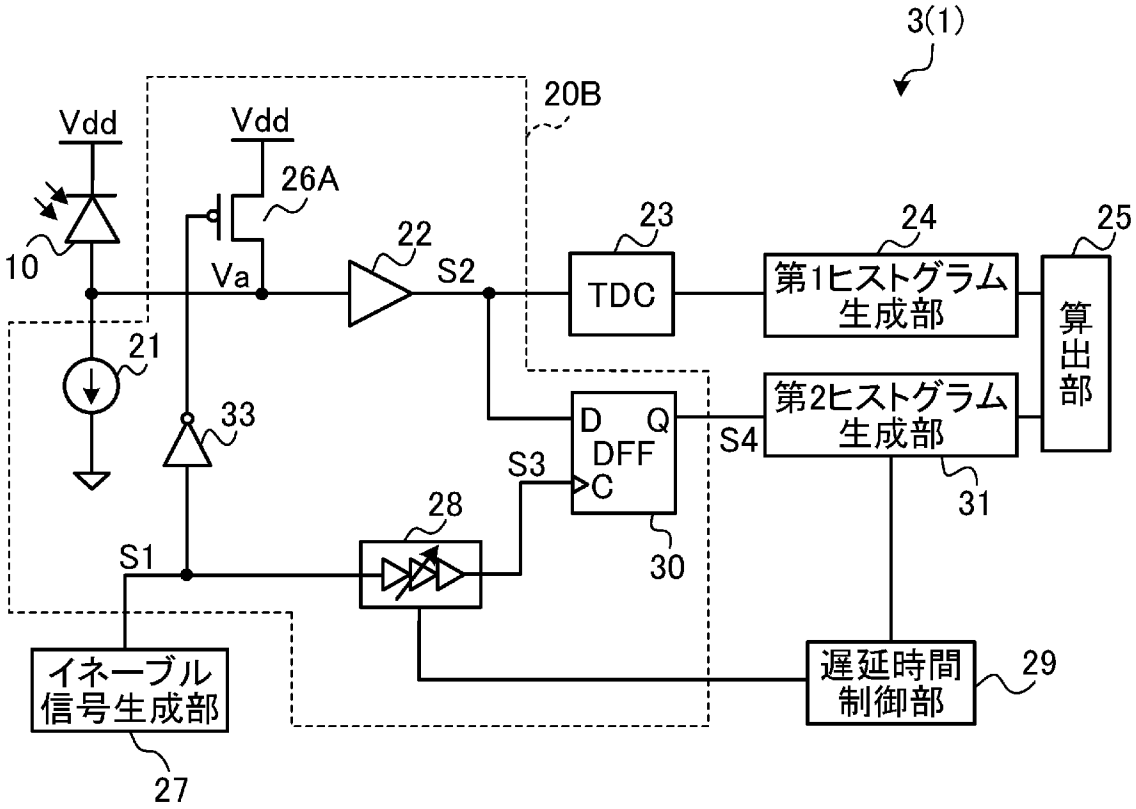
[図16]


3(1)
20A
単位回路
20A
単位回路
20A
単位回路
32
23
TDC
24
第1ヒストグラム生成部
25
算出部
D Q
DFF
C
第2ヒストグラム生成部
31
28
30
S1
イネーブル信号生成部
27
29
遅延時間制御部

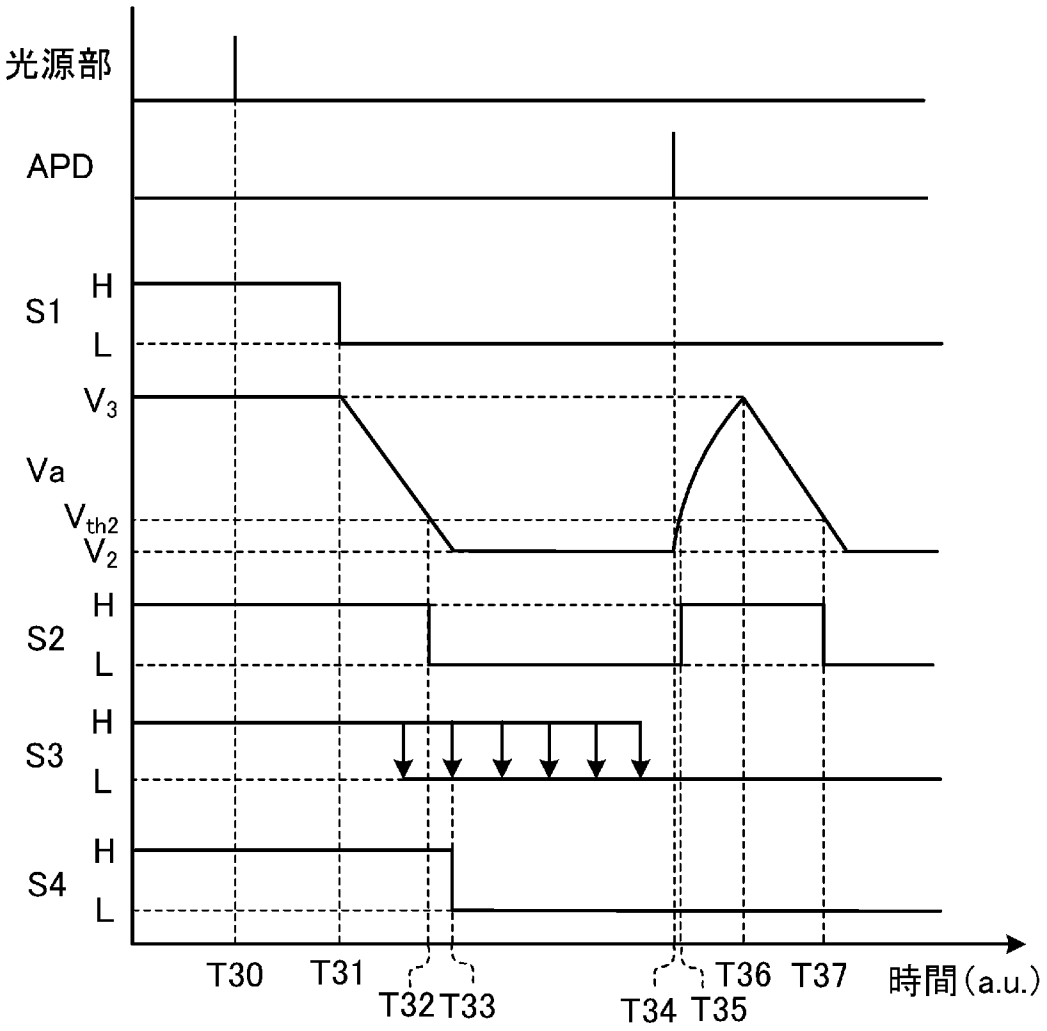
[図17]



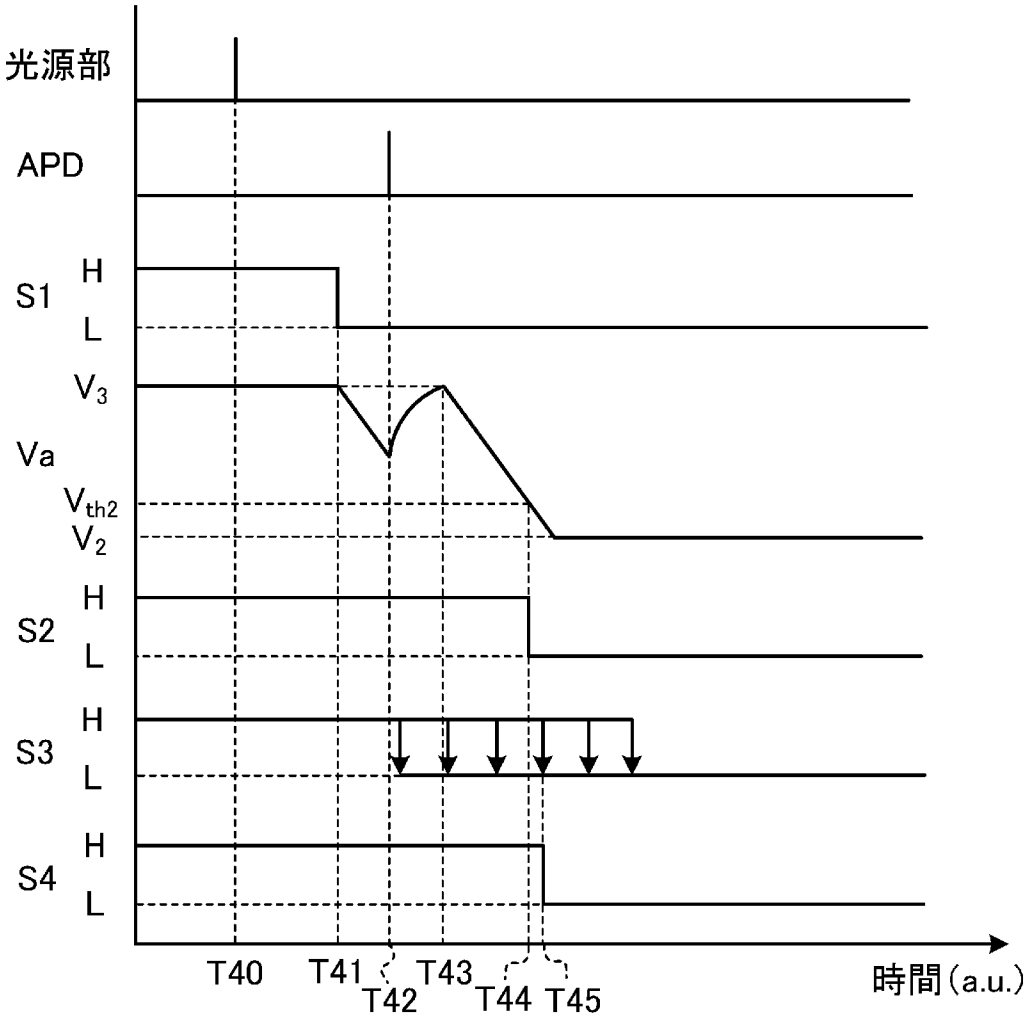
[図18]


3(1)
20B
Vdd
Vdd
26A
10
Va
22
S2
23
TDC
24
第1ヒストグラム生成部
25
算出部
21
33
D Q
DFF
C
S3
S4
第2ヒストグラム生成部
31
28
S1
30
イネーブル信号生成部
27
遅延時間制御部
29

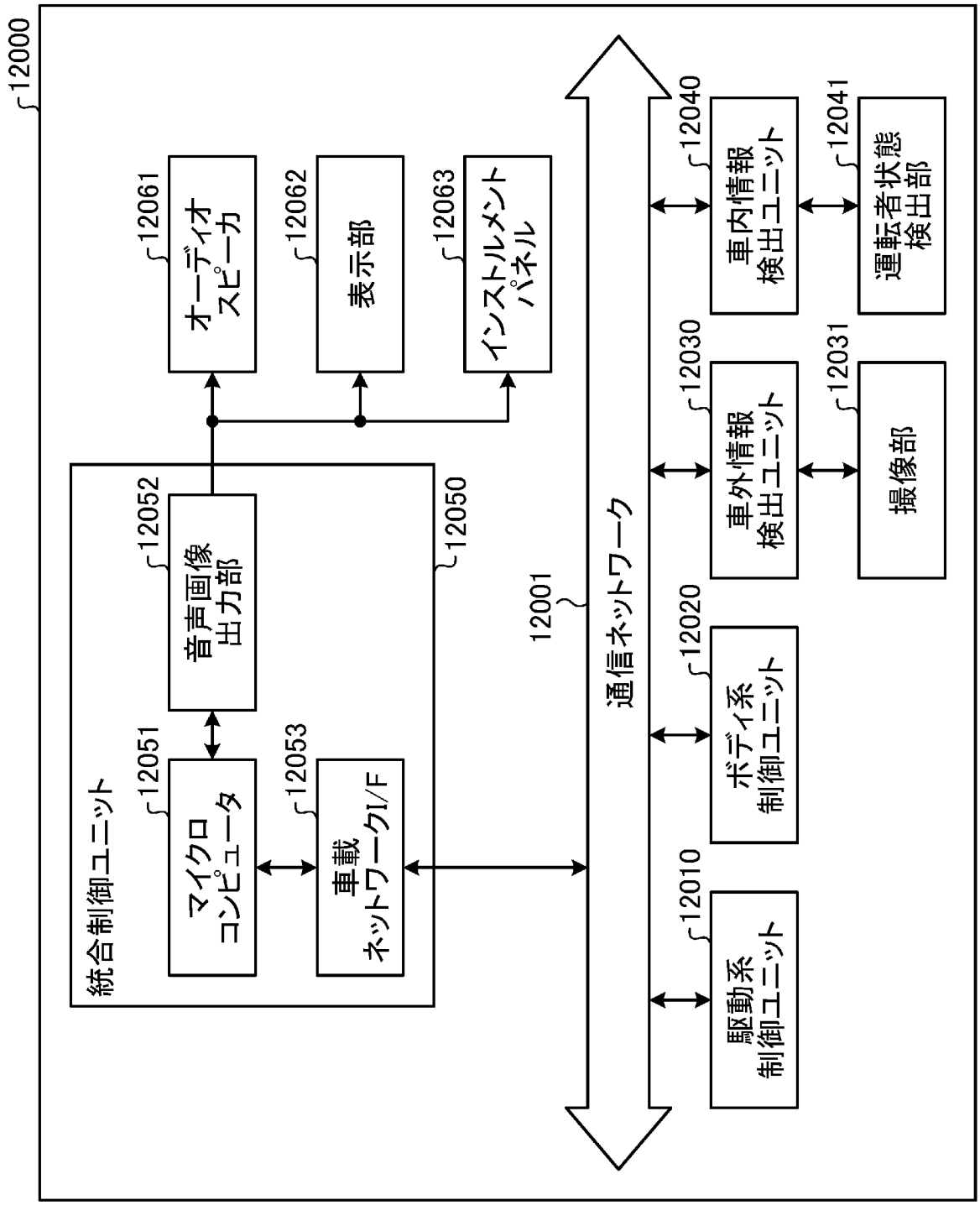
[図19]


光源部
APD
S1
H
L
V3
Va
Vth2
V2
S2
H
L
S3
H
L
S4
H
L
T30
T31
T32
T33
T34
T35
T36
T37
時間(a.u.)

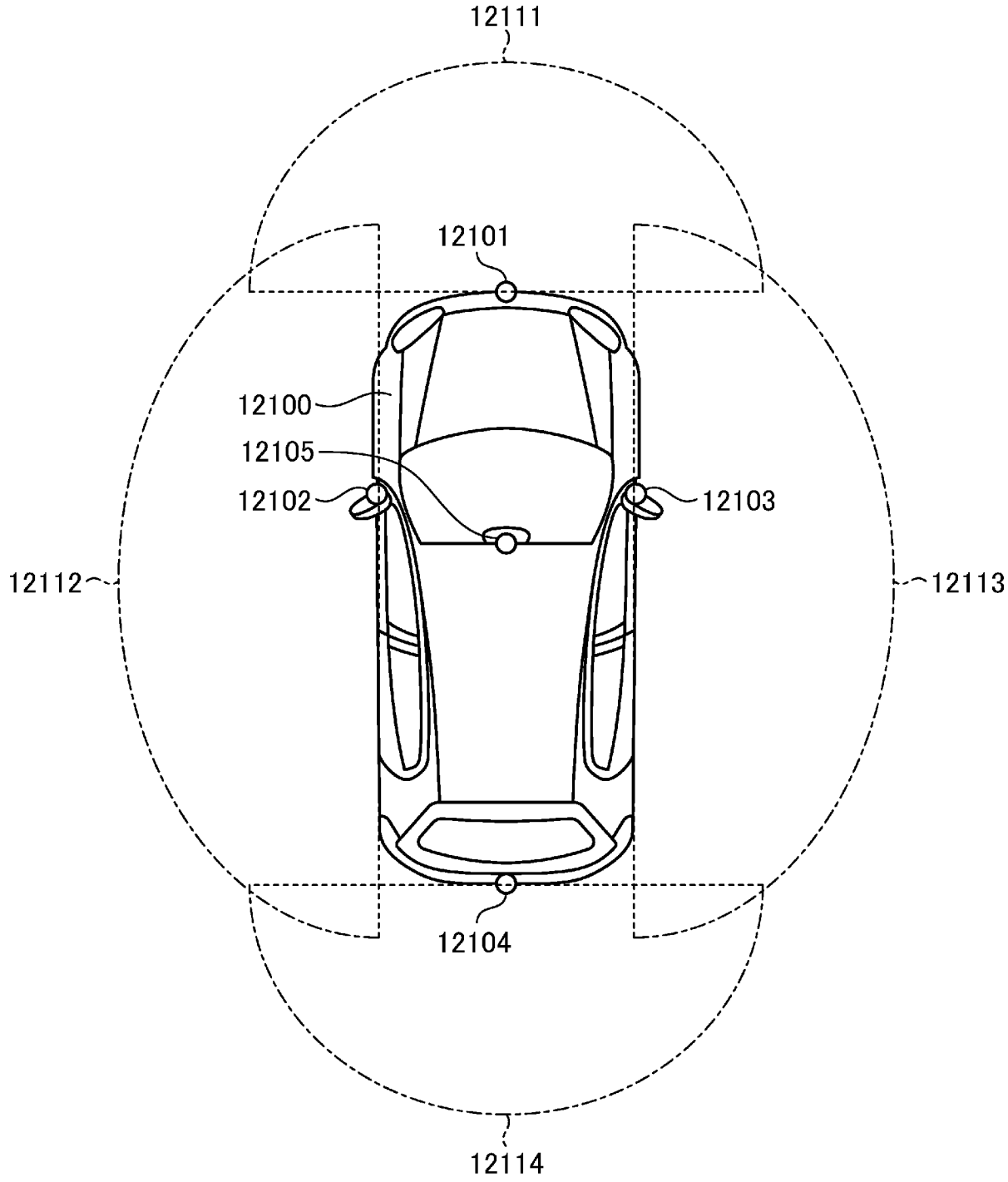
[図20]


光源部
APD
S1
H
L
V3
Va
Vth2
V2
S2
H
L
S3
H
L
S4
H
L
T40
T41
T42
T43
T44
T45
時間(a.u.)

[図21]


12000
統合制御ユニット
12050
マイクロコンピュータ
12051
音声画像出力部
12052
車載ネットワークI/F
12053
オーディオスピーカ
12061
表示部
12062
インストルメントパネル
12063
通信ネットワーク
12001
駆動系制御ユニット
12010
ボディ系制御ユニット
12020
車外情報検出ユニット
12030
撮像部
12031
車内情報検出ユニット
12040
運転者状態検出部
12041

[図22]


12111
12101
12100
12105
12102
12103
12112
12113
12104
12114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/021170

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01S7/486(2020.01)i, G01S17/931(2020.01)i
FI: G01S7/486, G01S17/931

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. G01C3/00-3/32, G01S7/48-7/51, 17/00-17/95

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-91377 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 22 April 2010 (2010-04-22), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-2760 A (OMRON AUTOMOTIVE ELECTRONICS CO., LTD.) 10 January 2019 (2019-01-10), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2015-520433 A (TK HOLDINGS INC.) 16 July 2015 (2015-07-16), entire text, all drawings	1-10
A	US 2017/0176577 A1 (STMICROELECTRONICS (RESERCH & DEVELOPMENT) LIMITED) 22 June 2017 (2017-06-22), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2015-117970 A (DENSO CORPORATION) 25 June 2015 (2015-06-25), entire text, all drawings	1-10

☐ 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
28 June 2021	13 July 2021

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/021170

JP 2010-91377 A	22 April 2010	(Family: none)
JP 2019-2760 A	10 January 2019	US 2018/0364340 A1 entire text, all drawings DE 102018209572 A1 CN 109085606 A
JP 2015-520433 A	16 July 2015	US 2013/0251194 A1 entire text, all drawings WO 2013/148519 A2 EP 2831840 A2 CN 104541302 A
US 2017/0176577 A1	22 June 2017	EP 3182156 A1 entire text, all drawings
JP 2015-117970 A	25 June 2015	(Family: none)

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/021170

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01S 7/486(2020.01)i; G01S 17/931(2020.01)i
FI: G01S7/486; G01S17/931

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））

G01C3/00-3/32; G01S7/48-7/51, 17/00-17/95

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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）

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
A	JP 2010-91377 A (トヨタ自動車株式会社) 22.04.2010 (2010-04-22) 全文全図	1-10
A	JP 2019-2760 A (オムロンオートモーティブエレクトロニクス株式会社) 10.01.2019 (2019-01-10) 全文全図	1-10
A	JP 2015-520433 A (ティーケー ホールディングス インコーポレーテッド) 16.07.2015 (2015-07-16) 全文全図	1-10
A	US 2017/0176577 A1 (STMICROELECTRONICS (RESERCH & DEVELOPMENT) LIMITED) 22.06.2017 (2017-06-22) 全文全図	1-10
A	JP 2015-117970 A (株式会社デンソー) 25.06.2015 (2015-06-25) 全文全図	1-10

☐ 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
28.06.2021	13.07.2021

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）
梶田　真也 2S 3303
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/JP2021/021170

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-91377 A	22.04.2010	（ファミリーなし）	
JP 2019-2760 A	10.01.2019	US 2018/0364340 A1 全文全図 DE 102018209572 A1 CN 109085606 A	
JP 2015-520433 A	16.07.2015	US 2013/0251194 A1 全文全図 WO 2013/148519 A2 EP 2831840 A2 CN 104541302 A	
US 2017/0176577 A1	22.06.2017	EP 3182156 A1 全文全図	
JP 2015-117970 A	25.06.2015	（ファミリーなし）	