

(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
2017年8月24日(24.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/141957 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/10 (2006.01) *G01S 7/487* (2006.01)
G01C 3/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005503
- (22) 国際出願日: 2017年2月15日(15.02.2017)
- (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 2016-028436 2016年2月17日(17.02.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 竹本 征人(TAKEMOTO Masato). 香山 信三(KOYAMA Shinzo). 石井 基範(ISHII Motonori). 齋藤 繁(SAITOU Shigeru). 井上 暁登(INOUE Akito).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).

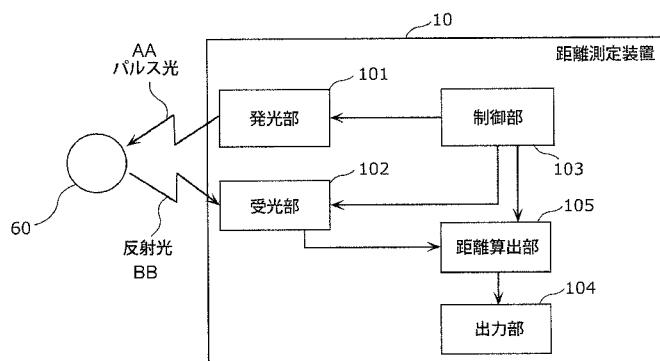
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: DISTANCE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 距離測定装置



- 10 Distance measuring device
101 Light emitting unit
102 Light receiving unit
103 Control unit
104 Output unit
105 Distance calculating unit
AA Pulse light
BB Reflected light

(57) Abstract: A distance measuring device (10) is provided with a control unit (103) and a distance calculating unit (105). In a first time period, the control unit (103) sets a first measurement time range which corresponds to a first measurement distance range, and causes a light emitting unit (101) to emit emission light so as to keep a light receiving unit (102) exposed to light during the first measurement time range. Further, in a second time period, the control unit (103) sets a second measurement time range which corresponds to a second measurement distance range, and causes the light emitting unit (101) to emit emission light so as to keep the light receiving unit (102) exposed to light during the second measurement time range. Here, at least one measurement condition is different between the first time period and the second time period. The distance calculating unit (105) calculates the distance from the distance measuring device (10) to an object (60) to be measured, on the basis of the time interval from a time at which the light emitting unit (101) emits emission light to a time at which the light receiving unit (102) receives the reflected light of the emission light at least in the first time period or the second time period.

(57) 要約:

[続葉有]



距離測定装置（１０）は、制御部（１０３）と距離算出部（１０５）とを備える。制御部（１０３）は、第１の期間中において、第１の測定距離範囲に対応する時間範囲である第１の測定時間範囲を設定し、第１の測定時間範囲において、発光部（１０１）に出射光を発せさせ、受光部（１０２）を露光中にし、さらに、第２の期間中において、第２の測定距離範囲に対応する時間範囲である第２の測定時間範囲を設定し、第２の測定時間範囲において、発光部（１０１）に出射光を発せさせ、受光部（１０２）を露光中にする。ここで、第１の期間と第２の期間は、少なくとも一つの測定条件が異なっており、距離算出部（１０５）は、第１の期間または第２の期間の少なくとも一方の期間における発光部（１０１）の出射光を発する時刻から受光部（１０２）が反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置（１０）から測定対象物（６０）までの距離を算出する。

明 細 書

発明の名称：距離測定装置

技術分野

[0001] 本開示は、距離測定装置に関する。

背景技術

[0002] 距離測定装置から測定対象の物体（以下、測定対象物）までの距離測定方法として、光を距離測定装置付近から測定対象物に向けて照射されてから、物体により反射し距離測定装置に帰還するまでの時間を測定するＴＯＦ（Time Of Flight）法がある。ＴＯＦ法は、複眼方式などの他の距離測定方法と比較すれば、距離測定装置の他に光源が必要になる点が短所である一方、光源を強くすれば、遠方にある物体の距離測定を高分解能で行うことができる点が長所である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００１－３３７１６６号公報

特許文献2：国際公開第２０１０／０１３７７９号

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、ＴＯＦ法では、測定範囲を遠方に設定すると、それに伴って、測定時間が長くなるという課題がある。

[0005] より具体的には、ＴＯＦ法では、測定対象物に光パルスを発光し、測定対象物からの反射光を、発光タイミングに同期した複数遅延量の露光タイミングで露光し、各露光での出力に基づいて対象物までの距離を算出する。そのため、測定対象物が遠方にあるほど、強い強度の光パルスを必要とするため、発光と露光とのペアのズレを防止するための待ち時間が長くなり、一組の発光と露光とに必要な時間が長くなる。また、測定対象物が遠方にある場合、高い距離分解能で距離測定を行うために、発光と露光のペアを数多く実行

する必要があり、測定時間が長くなる。

[0006] 本開示は、上記のような事情を鑑みてなされたものであり、その主な目的は、効率的に距離測定をすることができる距離測定装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る距離測定装置は、出射光を発する発光部と、前記出射光が測定対象物で反射した反射光を露光中に受光可能な受光部と、前記発光部および前記受光部の制御を行う制御部と、前記発光部が出射光を発してから前記受光部が反射光を受光するまでの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、算出された前記距離を出力する出力部とを備え、前記制御部は、第1の期間中において、第1の測定距離範囲に対応する時間範囲である第1の測定時間範囲を設定し、前記第1の測定時間範囲において、前記発光部に出射光を発せさせ、前記受光部を露光中にし、さらに前記制御部は、第2の期間中において、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を設定し、前記第2の測定時間範囲において、前記発光部に出射光を発せさせ、前記受光部を露光中にし、前記第1の期間と前記第2の期間では、少なくとも一つの測定条件が異なっており、前記距離算出部は、前記第1の期間または前記第2の期間の少なくとも一方の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が前記反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する。

[0008] また、上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る距離測定装置は、出射光を発する発光部と、前記出射光が測定対象物で反射した反射光を露光中に受光可能な受光部と、前記発光部および前記受光部の制御を行う制御部と、発光部の出射光を発してから前記受光部が反射光を受光するまでの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、算出された前記距離を出力する出力部とを備え、前記制御部

は、第1の期間中において、第1の測定距離範囲に対応する時間範囲である第1の測定時間範囲を設定し、前記第1の測定時間範囲において、前記発光部から出射光を発生させ、前記受光部を露光中にさせ、さらに、前記制御部は、第2の期間中において、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を K' 個(K' : 2以上の自然数)の区間に分割し、前記発光部の出射光を発する時間および前記第2の測定時間範囲を含む繰り返し期間を繰り返し、かつ、少なくとも一つの前記繰り返し期間において、前記 K' 個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光状態とし、前記距離算出部は、前記第1の期間または前記第2の期間の少なくとも一方の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が前記反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する。

[0009] なお、これらの全般的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたは記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0010] 本明細書において開示される発明によって得られる主な効果を簡単に説明すれば、以下の通りである。即ち、本開示によれば、効率的な距離測定が可能な距離測定装置を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、実施の形態1に係る距離測定装置の機能構成の一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、実施の形態1に係る距離測定装置の測定シーケンスの一例を示す図である。

[図3]図3は、実施の形態2に係る距離測定装置の測定シーケンスの一例を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態2に係る距離測定装置の測定シーケンスの別の一例

を示す図である。

[図5]図5は、実施の形態2に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。

[図6A]図6Aは、実施の形態2に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。

[図6B]図6Bは、実施の形態2に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。

[図6C]図6Cは、実施の形態2に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。

[図7]図7は、実施の形態3に係る距離測定装置の測距動作シーケンス一例を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態4に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの一例を示す図である。

[図9]図9は、実施の形態4に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの一例を示す図である。

[図10]図10は、実施の形態5に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの一例を示す図である。

[図11]図11は、実施の形態6の実施例1に係る画素回路の回路構成の一例を示す図である。

[図12]図12は、実施の形態6の実施例2に係るイメージセンサと対象物との距離とイメージセンサ内の像との関係を説明するための図である。

[図13]図13は、実施の形態6の実施例2に係る距離測定装置が測定する距離画像の一例である。

[図14A]図14Aは、実施の形態6の実施例3に係る距離測定装置の露光シーケンスを説明するための模式図である。

[図14B]図14Bは、実施の形態6の実施例3に係る距離測定装置の露光シーケンスを説明するための模式図である。

[図15]図15は、実施の形態6の実施例3に係る受光部の構成するイメージ

センサの一例を示す図である。

[図16]図 1 6 は、実施の形態 6 の実施例 3 に係る受光部の構成するイメージセンサの一例を示す図である。

[図17A]図 1 7 A は、実施の形態 6 の実施例 3 に係る受光部の構成するイメージセンサの一例を示す図である。

[図17B]図 1 7 B は、図 1 6 のイメージセンサの制御回路の一例を示す図である。

[図18]図 1 8 は、実施の形態 6 の実施例 3 に係る受光部の構成するイメージセンサの別の一例を示す図である。

[図19]図 1 9 は、実施の形態 6 の実施例 3 に係る読み出し時刻を制御する場合の一例を説明するための図である。

[図20]図 2 0 は、実施の形態 1 に係る画素回路の回路構成の一例を示す図である。

[図21]図 2 1 は、実施の形態 4 に係る全画素同一の露光シーケンスで、測定対象の距離に応じた異なる結果を得ることができることを説明するための図である。

[図22]図 2 2 は、実施の形態 5 に係る画素回路構成と露光シーケンスを示す図である。

[図23A]図 2 3 A は、実施の形態 7 の実施例 2 に係るシャッターアレイとイメージセンサの駆動について説明するための図である。

[図23B]図 2 3 B は、実施の形態 7 の実施例 2 に係るシャッターアレイとイメージセンサの駆動について説明するための図である。

[図24]図 2 4 は、実施の形態 1 の変形例に係る距離測定装置の測距動作シーケンスの一例を示す図である。

[図25]図 2 5 は、測定距離範囲の分割距離区間と、分割距離区間ごとの光源パラメータの変動を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示に係る実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。な

お、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。

[0013] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0014] (実施の形態1)

図1は、本実施の形態に係る距離測定装置10の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0015] 図1に示す距離測定装置10は、発光部101と、受光部102と、制御部103と、出力部104と、距離算出部105とを備える。なお、図1には、一例として測定対象物60が示されている。

[0016] 発光部101は、制御部103に制御され、出射光を発する。発光部101は、例えばレーザ光源などの光源を有し、所定の光パルス幅で発光させることで、光パルス（出射光）を射出する。なお、発光部101に用いられる光パルスの強度は、例えばクラス1またはクラス2の程度であり、予め定められた安全基準で危険なものとはみなされない程度である。

[0017] 光源は、単一波長、短パルス、高強度のものが距離測定に適しており、パルスレーザーを用いるとよい。また、光源には、発光ダイオード（LED）や、ハロゲンランプ等の異なる光源を用いることも可能である。また、光源の波長は、市街地等での利用を鑑みて赤外光の波長を用いるとよいが、特に限定するものではない。

[0018] 受光部102は、制御部103に制御され、出射光が測定対象物60で反射した反射光を受光する。受光部102は、制御部103により露光中に制御された間に反射光を受光可能となる。受光部102は、例えばフォトダイ

オードを用いて構成される。また、受光部１０２は、アバランシェフォトダイオードや光電子増倍管を用いるとしてもよいし、受光素子を二次元的に配列したイメージセンサを用いるとしてもよい。この場合、受光部１０２には、必要に応じて、レンズ等の光学系を含めるとよい。特に、イメージセンサを受光部に用いる場合の、独立した受光素子一つを画素と呼ぶ。さらに、受光部１０２にイメージセンサを用いる場合には、後段で画像処理や認識処理等のデータ解析を行うことができる。

[0019] また、受光部１０２に、特定の周波数の光を遮断あるいは透過するフィルターを設けるなどすることで、周波数の情報を得ることもできる。つまり、受光部１０２の構成によっては、本開示の権利は限定されない。

[0020] 制御部１０３は、発光部１０１および受光部１０２の制御を行う。制御部１０３は、第１の期間中に所定の測定条件の下で発光部１０１および受光部１０２の制御を行い、距離算出部１０５に、距離測定装置１０から測定対象物６０までの距離を算出させる。より具体的には、制御部１０３は、第１の期間中において、第１の測定時間範囲をＫ個（Ｋ：２以上の自然数）の区間に分割し、発光部１０１の出射光を発する時間および第１の測定時間範囲を含む繰り返し期間をＫ回繰り返す。そして、制御部１０３は、繰り返し期間ごとに発光部１０１に出射光を発せさせ、繰り返し期間ごとにＫ個の区間の少なくとも一の区間に受光部１０２を露光中にさせる。なお、制御部１０３は、第１の期間と第２の期間とは、測定条件を異ならせる制御を行う。

[0021] 本実施の形態では、制御部１０３は、第１の期間中において、所定位置を起点とする測定距離範囲に対応する時間範囲である測定時間範囲をＫ個（Ｋ：１以上の自然数）の区間（分割区間）に分割し、発光部１０１の出射光を発する時間および測定時間範囲を含む繰り返し期間をＫ回繰り返す。そして、制御部１０３は、繰り返し期間ごとに発光部１０１に出射光を発せさせ、繰り返し期間ごとにＫ個の区間の少なくとも一の区間に受光部１０２を露光中にさせる。ここで、制御部１０３は、第１の期間と前記第１の期間に続く第２の期間とは、少なくとも測定距離範囲を含む測定条件を異ならせる制御

を行う。

[0022] 距離算出部 105 は、第 1 の期間および第 2 の期間における発光部 101 の出射光を発する時刻から受光部 102 が受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離を算出する。

[0023] 出力部 104 は、算出された距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離を出力する。

[0024] 次に、以上のように構成された距離測定装置 10 の距離測定動作（測距動作）について説明する。

[0025] 図 2 は、本実施の形態に係る距離測定装置 10 の測距動作シーケンスの一例を示す図である。

[0026] 図 2 の（a）は、距離測定のシーケンスを示しており、縦線で区切られた各期間において距離データの測定を行う。本開示では、1 以上の期間で距離データの測定を行い、少なくとも 1 つの期間では、他の期間と異なる測定条件で距離測定を実施する。ここでの測定条件とは、出射光のパルス周期、パルス強度、パルス幅、パルス列の符号化の方法、受光部 102 の露光時間幅、露光周期、露光回数、受光部 102 の駆動回路の制御方法、および、受光部の画像読み出し範囲などのデータ処理の方法のうちの少なくともいずれか一つを含む。なお、測定条件は、上記に挙げた例に限らない。

[0027] なお、全ての期間で距離データの取得を行う必要は無く、輝度データの測定を含んでもよい。また、全ての期間での測定を完了した後にデータを出力してもよいし、一期間の測定が完了するごとにデータを出力してもよい。1 つの期間内で測定条件を異ならせながら測定を行う方法も、本開示の範囲に含まれる。

[0028] 図 2 の（b）では、各測定期間内での出射光、反射光、露光のシーケンスの一例が示されている。なお、本開示の権利範囲は図 2 を用いて説明する本距離測定方式には限定されない。

[0029] 制御部 103 は、まず、距離測定を実施する距離範囲 1 を決定し、時間軸上で、この距離に対応する時間範囲である、測定時間範囲 21/c を決定す

る。次に、決定した測定時間範囲を一つあるいは複数の区間に分割する。1区間の測定時間範囲の上限は光源の強度、受光部102の感度で決定し、測定対象で反射したパルス光が受光部102で検出できることが条件となる。測定時間範囲21/cの開始に同期して、あるいは、一定時間の遅延・先行して少なくとも一回のパルス光の出射を行い、分割した区間の内、少なくとも1の区間で露光を行う。当然、露光を行わない区間を設けてもよい。この動作を上記の分割した区間の数だけ繰り返し、各動作では、露光を行う区間を異ならせて測定を行う。露光中に反射光が帰還した場合のみ、光信号を検出できるため、分割した区間に対応して、測定対象の距離を決定できる。なお、露光を行う区間を限定するなど、分割した区間数と繰り返しの回数とが異なる場合も、本開示の権利範囲である。この際、繰り返し時間の下限は、出射したパルス光強度と受光部102の感度で決定し、パルス光強度が十分減衰し、次回の測定で光の誤検出が起こらないことを必要とする。

[0030] 測定時間範囲と、分割区間と、測定距離範囲と、距離分解能とは下記のとおり対応する。

[0031] すなわち、光源から発された光が距離dにある測定対象物60に反射して戻ってくる場合、その時間tは、下記の(式1)で表される。ここで、cは光速であり、数値「2」は光源から発された光の行きと帰りとの分を考慮している。

[0032] [数1]

$$t = \frac{2d}{c} \quad \text{----- (式1)}$$

[0033] 前記測定距離範囲をlとすると、この測定距離範囲lに対応する測定時間範囲 t_a は、(式1)を参考に、(式2)で表される。

[0034] [数2]

$$t_a = \frac{2l}{c} \quad \text{----- (式2)}$$

[0035] 測定時間範囲 t_a をN区間に等分割し、発光時刻から順に1, 2, 3, ...

・と番号を振る。(式3)で表される*i*区間の時間範囲に反射光が距離測定装置10に戻る場合、測定対象物は、距離範囲*d_i*(式4)に存在すると分かる。

[0036] [数3]

$$t_i = \frac{t_{a(i-1)}}{N} \sim \frac{t_{ai}}{N} \quad \text{----- (式3)}$$

[0037] [数4]

$$d_i = \frac{ct_{a(i-1)}}{2N} \sim \frac{ct_{ai}}{2N} \quad \text{----- (式4)}$$

[0038] ここで、*d_i*の幅は*c t_a* / 2*N*であり、この分解能で測定対象と自装置との距離を測定することができる。

[0039] なお、測定時間範囲の区間分割は、測定時間範囲と等分でなくてもよく、距離測定装置10中にアルゴリズムを構築してもよいし、使用者が任意に設定してもよい。

[0040] 次に、一つの分割区間*i*での、発光部101及び受光部102の駆動について詳細に説明する。

[0041] まず、制御部103は、発光部101に光パルス(出射光)を射出させる。射出された光パルスは距離*d*の測定対象物60に到達した後反射し、その反射光がパルス光の射出時(発光時)から時間*t*後に距離測定装置10に戻ってくる。この反射光を検出するために、制御部103は、当該一つの分割区間*i*に合わせて発光時から(式3)だけ遅れた時間範囲*t_i*において受光部102を露光中にさせる制御を行う。そして、制御部103は、この時間範囲*t_i*内(露光中)にあらかじめ設定した信号強度以上の光(反射光)を受光部102が受光した場合に、その時間範囲*t_i*に対応する距離範囲を示す距離(最小値や平均値などで示される距離)を測定対象物60までの距離として不図示のメモリなどに保存したり、出力部104に出力させたりする。

[0042] なお、図2の(b)の第1の期間では、区間数*N*が3の場合の例を示して

おり、発光部 101 は、繰り返し期間ごとに光パルス (P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13}) を発光し、受光部 102 は、繰り返し期間ごとに分割区間 (区間 11、区間 12、区間 13) の少なくとも一の区間が露光中 (露光時間 E_{11} 、 E_{12} および E_{13}) となる例が示されている。図 2 の (b) では、区間 13 に反射光が帰還するため、露光期間である露光時間 E_{13} を露光中とする第 3 の繰り返し期間に反射光を検出することとなる。

[0043] この例では、1つの期間中に全ての区間を露光しているが、その必要はない。例えば、第 1 の期間に区間 11 のみを露光し、第 2 の期間に区間 12、区間 13 を露光するといった方法でもよい。

[0044] 反射光検出の有無の判断は、下記のような 2 つの方法が考えられる。一つ目は、背景光強度を測定し、露光時の受光部 102 の信号強度と有意差が認められる場合に、その区間を測定対象物を検出したと判断する第 1 の方法である。二つ目は、各区間での信号強度を記録し、信号強度最大の区間で測定対象物を検出したと判断する第 2 の方法である。

[0045] 第 1 の方法の場合、信号の有無のみを確認し、信号強度の大きさを記録する必要は無いので、例えば、アバランシェフォトダイオードや、光電子増倍管など、1光子程度の微弱光の検出が可能な素子を用いて、検出効率を高める方法が有効である。また、第 2 の方法の場合、フォトダイオードを用いて、信号量を求める方法が考えられるが、アバランシェフォトダイオードや、光電子増倍管などを用いて、光子数を計数してもよい。また、第 2 の方法の場合、図 2 の (b) における、露光時間 $E_{11} \sim E_{13}$ の時間幅と区間 11 ~ 区間 13 の時間幅を必ずしも一致させなくてもよい。図 2 (b) では、パルス光の発光 (出射) と露光の組を 1 つの区間につき 1 つで記載しているが、1 つの区間の測定に対し、任意の回数のパルス列を発生させ、それぞれに対し、露光を行い積算することで、その和や平均値を距離データ算出の基準としてもよい。この際、光パルスの発光は完全な周期性を持つ必要は無く、ランダムに発光しない回を設ける、長い発光周期を用いる測定と短い発光周期を用いる測定を組み合わせてもよい。さらに、発光タイミングに遅延を与える

などの方法で、符号化を行い、誤検知防止を行ってもよい。発光パルス幅は露光幅より短いことが望ましいが、必ずしもその必要は無い。

[0046] 以上のような測距動作を行うことで測定対象物 60 と距離測定装置 10 との間の距離を算出することができる。

[0047] 図 2 の (c) は、第 1 の期間とは異なる第 2 の期間における測定シーケンスの一例である。図 2 (a) では、第 1 の期間と第 2 の期間が隣り合っているが、必ずしもその必要は無く、2 つの期間の間に背景光強度の測定など、その他の測定を導入してもよい。

[0048] 制御部 103 は、第 2 の期間における所定の測定距離範囲を決定し、決定した測定距離範囲を一つあるいは複数の区間（分割区間）に分割し、分割区間ごとに測距動作を行う。

[0049] より具体的には、図 2 の (c) で示される第 2 の期間では、測定距離範囲 l' は、第 1 の期間の測定距離範囲 l と異なっている。図 2 の (c) では、 N が 3 の場合の例を示しており、発光部 101 は、繰り返し期間ごとに光パルス (P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23}) を発光し、受光部 102 は、繰り返し期間ごとに分割区間（区間 21、区間 22、区間 23）の少なくとも一の区間が露光中（露光時間 E_{21} 、 E_{22} および E_{23} ）となる例が示されている。図 2 の (c) では、区間 23 に反射光が帰還するため、露光時間 E_{23} を露光中とする第 3 の繰り返し期間に反射光を検出することとなる。

[0050] つまり、図 2 の (b) に示す第 1 の期間では、距離測定装置 10 は、測定距離範囲 l 、分割区間の分割数 3、出射光の光パルス幅 t_p で測距動作を行う。一方、図 2 の (c) に示す第 2 の期間では、距離測定装置 10 は、測定距離範囲 l' 、分割の分割数 3、出射光の光パルス幅 $t_{p'}$ に、測定条件を変化させて測距動作を行う。

[0051] なお、測定条件は、上記に挙げたものの他、分割数、発光の強度、光源の繰り返し周期などを変化させてもよい。一例としては、第 1 の期間と第 2 の期間とで、直接方式以外の測定方式、輝度、色などの測定対象の物理量を変化させるとしてもよい。これらは、距離測定装置 10 が光強度と任意に設定

した閾値とを比較し大小を判断する機能と、光強度の測定を行う機能を併せ持つ回路構成を備えれば実現可能である。

[0052] 以上のように、本実施の形態に係る距離測定装置 10 では、第 1 の期間と第 2 の期間とで異なる測定条件下で適応的に発光と露光のペアを実行することができるので、発光と露光のペアの実行の数を少なくしても高い距離分解能（高い測距精度）で測距動作を行える。

[0053] なお、上記において、距離測定の前後や、距離測定中に、背景光強度の測定を行うなどの距離測定装置 10 の校正を、適宜行ってよい。

[0054] 以下、本実施の形態の画素回路の回路構成の一例について図を用いて説明する。図 20 は、本実施の形態に係る画素回路の回路構成の一例を示す図である。

[0055] 本実施の形態の画素回路は、図 20 に示すように、受光回路 201、カウンタ回路 202、比較回路 203、記憶回路 204、受光素子 205、トランスファトランジスタ 206、リセットトランジスタ 207、電荷蓄積コンデンサ 208、カウンタトランジスタ 209、カウンタ容量 210、直流カットコンデンサ 211、クランプトランジスタ 212、インバータ 213、入力トランジスタ 214、記憶コンデンサ 215、記憶ノードリセットトランジスタ 216、増幅トランジスタ 217 および選択トランジスタ 218 で構成される。ここで、230 は出力許可信号である。

[0056] まずは光強度と閾値との比較により距離測定を行う回路の動作について説明する。距離測定には、背景光を検知し閾値を設定する期間と、距離測定をする期間が含まれる。

[0057] 背景光検出の動作は、光源からの信号光をオフして動作を行う。このとき、距離測定装置 10 への入射光は、背景光によるものだけである。まずリセットトランジスタ 207 を ON してから、トランスファトランジスタ 206 を ON し、受光素子 205 をリセットする。その後、トランスファトランジスタ 206、リセットトランジスタ 207 を共に OFF してから、 t_a 秒間だけトランスファトランジスタ 206 を ON する。この t_a 秒間に光が入射すれ

ば、それに対応する電荷がトランスファトランジスタ206を介して電荷蓄積コンデンサ208に蓄積される。 t_a 秒後、トランスファトランジスタ206をOFFし、カウンタトランジスタ209のゲートに電圧を印加（カウンタトリガ）し、カウンタトランジスタ209をONすることで、その電荷をカウンタ容量210に転送する。その後、カウンタトリガをOFF、すなわち、カウンタトランジスタ209をOFFした後、リセットトランジスタ207をONし、電荷蓄積コンデンサ208の電荷をリセットする。この行程をb回繰り返す。その後、比較回路203の閾値設定信号をONし、この信号をクランプトランジスタ212に印加することで、背景光に対応するカウンタ容量210の電圧を直流カットコンデンサ211の両端の電圧として記憶しておく。この間、出力許可信号は任意の電圧Eに設定する。

- [0058] 距離測定の動作は、光源の発光をONにして実施する。下記の動作は、1つの繰り返し期間内での動作に相当する。下記では、i番目の分割区間の測定に対応する繰り返し期間での動作について説明する。まず背景光検出期間と同様、予めリセットトランジスタ207をONし、電荷蓄積コンデンサ208の電荷をリセットしておく。その後、信号光パルスを射出する。その光パルスに対し、（式3）で表される期間にトランスファゲートをONする。 t_a 秒間だけONしたあと、カウンタトリガをONし、受光素子205で生成した電荷をカウンタ容量210に転送する。この行程をb回繰り返す。そのあと、出力許可信号の電圧を0に変化させる。このとき、背景光検出期間で設定した比較回路203の閾値と任意に設定した電圧の閾値Eの和の絶対値よりもカウンタ容量210で記憶しているカウンタ値の絶対値が大きければ、比較回路内のインバータ213の状態が変わり、入力トランジスタ214をONする。この閾値は、カウンタ容量210の下端の電圧Eを変化することによって調節することができるので、使用環境に応じて適切な値に設定できる。また、ここでは出力許可信号の電圧値は背景光検出期間でE、距離測定期間で0としているが、これに限られることはなく、例えば、背景光検出期間で0、距離測定期間で $-E$ などとしてもよく、背景光検出期間における

設定値と距離測定期間での設定値に差があるように設定すればよい。

[0059] 入力トランジスタ 214 のドレインには距離信号に相当する時間信号（電圧）が印加される。例えば、 $(1 + i/R)$ ボルト（ R は任意の整数）などとすればよい。比較回路 203 によって入力トランジスタ 214 のゲートが ON されたとき、距離信号に相当する電圧が記憶コンデンサ 215 に記憶される。

[0060] 全期間が終了した後、各画素の記憶コンデンサ 215 には、測定対象物までの距離に相当する電圧が記憶されている。この信号を、距離信号出力期間中に出力する。まず、選択トランジスタ 218 が ON される。このとき、増幅トランジスタ 217 によって、記憶コンデンサ 215 に記憶された電圧が出力される。この電圧には増幅トランジスタ 217 固有のオフセット電圧が実際には重畳する。そのあと、記憶ノードリセットトランジスタ 216 を ON して、記憶コンデンサ 215 の電圧をリセットする。記憶ノードリセットトランジスタ 216 を OFF したあとの増幅トランジスタ 217 からの出力電圧を読み出す。読み出し線の後段には相関二重サンプリング（CDS）回路などを備えておき、上記オフセット電圧を除去して距離データを得る。

[0061] ここで、図 20 に示す画素回路の動作と上述した測距動作シーケンスとの関係について説明する。

[0062] 図 20 に示す画素回路では、露光前にトランスファトランジスタ 206、リセットトランジスタ 207、カウンタトランジスタ 209 を ON して、フォトダイオード 201 と電荷蓄積容量 208 とカウンタ容量 210 をリセット電圧に設定する。

[0063] 次に、カウンタトランジスタ 209 を OFF した後に、リセットトランジスタ 207 を OFF する。

[0064] これ以降、フォトダイオード 201 で光電変換された電子は、フォトダイオード 201 の寄生容量及び電荷蓄積容量 208 に蓄積されるので、これが露光開始に対応し、図 2（b）における露光時間 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} の開始時刻に相当する。

[0065] リセットトランジスタ207をOFFする時刻を変えることで、露光開始時刻を任意に変化できるため、図2(b)の第1の繰り返し期間では、露光時間 E_{11} の開始時刻にリセットトランジスタ207をOFFすればよく、図2(b)の第2の繰り返し期間では、露光時間 E_{12} の開始に同期してリセットトランジスタ207をOFFすればよく、図2(b)の第3の繰り返し期間では、露光時間 E_{13} の開始に同期してリセットトランジスタ207をOFFすればよい。

[0066] 次に、リセットトランジスタ207のOFF時刻から、一定時間 t_a だけ待った後に、トランスファトランジスタ206をOFFする。これ以降、受光素子205で光電変換された電子は電荷蓄積容量208に移動しないので、この時刻が露光終了の時刻となる。即ち、図2(b)における露光時間 E_{11} , E_{12} , E_{13} の終了時刻に相当する。

[0067] 分割区間の数を n とする場合、露光開始から露光終了までの時間 a を $21/n$ とすればよい。つまり、リセットトランジスタ207をOFFしてからトランスファトランジスタ206をOFFするまでの時間を $21/n$ とすればよい。

[0068] 分割区間における露光時間 E_{11} , E_{12} , E_{13} の開始時刻と終了時刻は、パルス発光に対する遅れ時間を計測することで決定する。発光と露光の間の同期方法の例としては、クロック回路を用いる方法が考えられる。光パルス発光からのクロック数をカウントして、露光開始時刻および露光終了時刻を決定できる。なお、発光と露光の同期方法は上記に限定しない。

[0069] なお、上述した距離測定装置10では、第1の期間と第2の期間とは、測定条件を異ならせながら、第1の期間または第2の期間とで距離測定を行うとしたが、第1の期間および第2の期間の少なくとも一方の期間において、距離測定を行うとしてもよい。すなわち、制御部103は、第1の期間中において、第1の測定距離範囲に対応する時間範囲である第1の測定時間範囲を設定し、第1の測定時間範囲において、発光部101に出射光を発生させ、受光部102を露光中にする。さらに制御部103は、第2の期間中にお

いて、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を設定し、第2の測定時間範囲において、発光部101に出射光を発せさせ、受光部102を露光中にする。制御部103は、第1の期間と第2の期間では、少なくとも一つの測定条件が異ならせる。そして、距離算出部105は、第1の期間または第2の期間の少なくとも一方の期間における発光部101の出射光を発する時刻から受光部102が反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置10から測定対象物60までの距離を算出すればよい。

[0070] また、距離測定装置10は、距離測定を複数回行い、うち1回において測定区間を分割して距離測定を行うとしてもよい。この場合の測距動作シーケンスの一例を図24に示す。

[0071] 図24は、実施の形態1の変形例に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの一例を示す図である。図2と同様の要素には同一の名称を付しているため、詳細な説明は省略する。

[0072] すなわち、図24に示す例のように、実施の形態1の変形例に係る距離測定装置10の制御部103は、第1の期間中において、第1の測定距離範囲に対応する時間範囲である第1の測定時間範囲を設定し、第1の測定時間範囲において、発光部101から出射光を発せさせ、受光部102を露光中にさせる。さらに、この制御部103は、第2の期間中において、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を K' 個(K' :2以上の自然数)の区間に分割し、発光部101の出射光を発する時間および第2の測定時間範囲を含む繰り返し期間を繰り返し、かつ、少なくとも一つの前記繰り返し期間において、前記 K' 個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光状態としてもよい。この場合、距離算出部105は、第1の期間または第2の期間の少なくとも一方の期間における発光部101の出射光を発する時刻から受光部102が反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置10から測定対象物60までの距離を算出すればよい。

[0073] (実施の形態2)

実施の形態 1 では、第 1 の期間と第 2 の期間の測定条件決定方法に限定がない場合を説明したが、下記のとおり、第 1 の期間における距離データの測定結果に応じて、第 2 の期間での測定条件を決定してもよい。つまり、制御部 103 は、第 1 の期間において算出された距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離に基づいて、第 2 の期間における測定条件を決定してもよい。以下、この場合について、実施の形態 1 と異なる点について実施の形態 2 として説明する。

[0074] 本実施の形態に係る距離測定装置 10 は、実施の形態 1 における距離測定装置 10 に対して、制御部 103 および距離算出部 105 の動作内容が異なることになる。

[0075] すなわち、制御部 103 は、第 1 の期間において、第 1 測定時間範囲を K 個 (K : 1 以上の自然数) の区間に分割し、発光部 101 の出射光を発する時間および第 1 測定時間範囲を含む第 1 繰り返し期間を K 回繰り返し、かつ、第 1 繰り返し期間ごとに発光部 101 に出射光を発せさせ、第 1 繰り返し期間ごとに K 個の区間の少なくとも一の区間に受光部 102 を露光中にさせる制御を行う。

[0076] 制御部 103 は、第 1 の期間において、受光部 102 が反射光を受光せず測定対象物 60 が第 1 測定距離範囲に存在しないことを確認した場合、第 2 の期間における第 2 測定距離範囲を変更する。そして、この第 2 測定距離範囲を用いて、受光部 102 の制御を行う。より具体的には、制御部 103 は、この場合、第 2 の期間において、第 1 の期間で用いた測定距離範囲に含まれない領域を含む第 2 測定距離範囲に対応する第 2 の測定時間範囲を用いて、受光部 102 の制御を行う。

[0077] また、制御部 103 は、受光部 102 が反射光を受光し測定対象物 60 が K 個の区間のうち第 L 区間 (L : K 以下の自然数) に存在することを確認したとする。このとき、制御部 103 は、第 2 の期間において、第 L 区間を含み且つ第 1 の期間で用いた第 1 の測定時間範囲よりも短い第 2 の測定時間範囲を K' 個 (K' : 2 以上の自然数) の区間に分割し、発光部 101 の出射

光を発する時間および第2の測定時間範囲を含む第2繰り返し期間を K' 回繰り返し、かつ、第2繰り返し期間ごとに前記 K' 個の区間の少なくとも一の区間に受光部102を露光中にさせる制御を行う。

[0078] そして、距離算出部105は、第2の期間における発光部101の出射光を発する時刻から受光部102が受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置10から測定対象物60までの距離を算出すればよい。

[0079] 次に、以上のように構成された本実施の形態に係る距離測定装置10の距離測定動作（測距動作）について説明する。

[0080] 図3は、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの一例を示す図である。図2と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0081] 図3の（a）では、実施の形態1の図2の（a）と比較すると、第1の期間と第2の期間とでは異なる測定条件で測距動作を行う点で同様であるが、第2の期間では第1の期間の測距動作の結果に応じて測定条件が決定する点で異なる。

[0082] 図3の（b）では、第1の期間において測定対象物60が検出できなかった場合について示されている。その他の動作については図2の（b）で説明した通りであるので、ここでの説明は省略する。

[0083] 図3の（c）に示される第2の期間では、図3の（b）に示される第1の期間の第1測定距離範囲の上限値よりも遠方の上限値の距離範囲を有する第2測定距離範囲を用いて測距動作を行う場合の例が示されている。より具体的には、第2の期間では、 N が3の場合の3つの分割区間（区間31、区間32、区間33）と発光部101がパルス光を発する時間とを含む繰り返し期間を3回繰り返す例が示されている。そして、発光部101は、繰り返し期間ごとにパルス光（ P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} ）を発光し、受光部102は、繰り返し期間ごとに分割区間（区間31、区間32、区間33）の少なくとも一の区間が露光中となっている。

[0084] なお、図3の（c）では、第1の期間で測距動作を行った第1測定時間範

囲（区間 1 1 ～ 1 3 の時間範囲）を含まない第 2 測定時間範囲（区間 3 1 ～ 3 3 の時間範囲）としているが、第 1 の期間で測距動作を行った第 1 測定時間範囲を含め測定時間範囲でもよい。また、第 2 の期間の測定時間範囲時間範囲は、任意に決定してよい。特に、第 1 の期間と第 2 の期間のみに限らず、第 3、第 4、・・・と期間数を任意の複数回にしてもよい。この場合、逐次的に測定距離範囲を増大する方法が考えられる。

[0085] 図 4 は、本実施の形態に係る距離測定装置 1 0 の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。図 2 および図 3 と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0086] 図 4 の（b）では、第 1 の期間において測定対象物 6 0 が検出された場合について示されている。その他の動作については図 2 の（b）で説明した通りであるので、ここでの説明は省略する。

[0087] 図 4 の（c）に示される第 2 の期間では、図 4 の（b）に示される第 1 の期間で測定対象物 6 0 を検出した分割区間（区間 1 3）内あるいは当該分割区間の近傍に限定した第 2 測定時間範囲を用いて測距動作を行う場合の例が示されている。より具体的には、第 2 の期間では、N が 3 の場合の 3 つの分割区間（区間 4 1、区間 4 2、区間 4 3）と発光部 1 0 1 がパルス光を発する時間とを含む繰り返し期間を 3 回繰り返す例が示されている。そして、発光部 1 0 1 は、繰り返し期間ごとにパルス光（ P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} ）を発光し、受光部 1 0 2 は、繰り返し期間ごとに分割区間（区間 4 1、区間 4 2、区間 4 3）の少なくとも一の区間で露光中となる例が示されている。

[0088] すなわち、本実施の形態では、制御部 1 0 3 は、第 1 の期間における測距動作の結果に応じて第 2 測定時間範囲を決定する。そして、制御部 1 0 3 は第 2 測定時間範囲を複数の区間（分割区間）に分割し、繰り返し期間を複数回繰り返すことでそれぞれの分割区間ごとの測距動作を行う。

[0089] ここで、制御部 1 0 3 は、受光部 1 0 2 が、第 1 の期間でパルス光を発光した時刻の分割区間から数えて i 番目の分割区間で反射光を検出した場合、第 2 の期間で測距動作を行う第 2 測定時間範囲を第 1 の期間で測定対象物 6

0を検出した分割区間 i に一致させる。

[0090] この場合、第1測定時間範囲を t_a 、第2測定時間範囲 t_b とすると、第2測定時間範囲の幅は $t_b = t_a / N$ と表現できる。第2測定時間範囲を M 分割し、時系列順に 1、2、・・・と番号を振ったとするとそのうちの j 区間目は、(式5)で表すことができる。

[0091] [数5]

$$t_j = \frac{t_a(i-1)}{N} + \frac{t_b(j-1)}{M} \sim \frac{t_a(i-1)}{N} + \frac{t_b j}{M}$$

$$\div \frac{t_a}{N} \left(i-1 + \frac{j-1}{M} \right) \sim \frac{t_a}{N} \left(i-1 + \frac{j}{M} \right) \text{ ----- (式5)}$$

[0092] (式5) から、第2測定時間範囲 t_b を M 区間に等分割した場合の測定分解能は t_a / MN となり、第1の期間での距離分解能である第1測定時間範囲 t_a / N と比較しても $1 / M$ 倍となり距離分解能が向上する。

[0093] なお、本実施の形態についても、第1測定時間範囲および第2測定時間範囲を分割する方法は、等間隔に限らず、任意である。また、図5に示したように、第3の期間以降でも、同様に、前の期間の結果を参照して測定時間範囲を逐次的に狭め、測定分解能を向上させてもよい。ここで、図5は、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。図4と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0094] なお、測定時間範囲は、前の期間で測定対象物を検出した区間と同一にすることが望ましいが、当該分割区間より広い時間範囲を選択してもよい。

[0095] また、測定時間範囲は、必ずしも、逐次的に狭め続ける必要は無く、例えば、測定時間範囲の狭い測定の間に、測定時間範囲の広い低分解能の期間測定を行う期間を追加してもよい。この方法の利点は、距離測定装置10の当該測定時間範囲外に物体が急に侵入した場合にも、測定時間範囲の広い測定により、測定対象物の距離測定ができることである。

[0096] この実施の形態の特殊な例として、 $K = 1$ の場合がある。この場合、第一の期間では測定対象の有無のみを確認し、測定対象物を発見した場合にのみ

、第2の期間で距離測定を行うというものである。

[0097] 特に光パルス幅より高い測定分解能で測距動作を行いたい場合には、露光時間幅を光パルス幅と同程度以下にし、露光開始の時刻を光パルス幅より小さい刻み幅で変化させて、検出した反射光の強度が最大となる露光開始時刻をもって測定対象物60の距離とする方法も考えられる。この場合、距離および輝度の両方の測定が必要であるので、後述する図10に記載の回路を用いるとよい。

[0098] また、受光部102がイメージセンサを用いて構成される場合、二次元の距離データ群を構成することができ、距離画像を得ることができる。この場合、一度の距離測定で複数個の測定対象（測定対象物60）を検出する可能性がある。この場合には、第2の期間で複数の測定時間範囲を選択する必要がある。つまり、この場合には、測定対象1が存在する測定時間範囲1、測定対象2が存在する測定時間範囲2、・・・の測定を一度に全て行ってもよいが、測定対象が多い場合には、測定時間が長引く可能性がある。これを防ぐために、例えば、測定対象1が存在する測定時間範囲1の測定と、測定対象2が存在する測定時間範囲2の測定の間に、第1の期間での測定条件と同じ条件の測定を行うとしてもよい。また、距離測定の分解能を高める測定を行う対象を、アルゴリズムで決定する、使用者が任意に定める、などの方法で限定してもよい。例えば、人、動物は距離分解能の高い測定を実施するが、家や壁、標識などに対しては実施しないなどである。限定の方法は上記に限らない。

[0099] なお、受光部102が、二次元的に配列された複数の距離測定装置を有し、距離画像を出力可能である場合には、複数の距離測定装置の測定結果を統合し、入射フォトン数の和、平均、分散等を計数し、背景光との有意差が認められた場合に、光子を検出したと判定する方法を用いることも可能である。この場合についての測定の流れを、以下、図を用いて説明する。

[0100] 図6A、図6Bおよび図6Cは、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの別の一例を示す図である。

[0101] 例えば図6Aには、第1の期間で低測定分解能での測距動作を行った後、第1の期間より測定分解能の高い第2の期間を n 回行う場合が示されている。より具体的には、距離測定装置10は、第1の期間で低測定分解能での測距動作を行い、物体1, 2, 3, ..., n が距離 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ にあることを算出したとする。この場合、距離測定装置10は、距離 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ にある物体1, 2, 3, ..., n のそれぞれに対して、第1の期間より測定分解能の高い第2-1の期間、第2-1の期間、...、第2- n フレームで測距動作を行う。

[0102] なお、期間の進行は、図6Aに示す場合に限らず、図6Bに示すように、第1の期間、第2-1の期間、第1の期間、第2-2の期間...などと、測定分解能の低い第1の期間と、測定分解能の高い第2の期間とを交互に進行させて測距動作を行ってもよい。

[0103] また、図6Bに示すように、測定分解能の高い第1の期間と測定分解能の低い第2の期間の比率を1:1としての期間を進行させるだけでなく、1:2など任意の比率としての期間を進行させてもよい。

[0104] また、図6Cに示すように、期間T1では、測定分解能の高い第2の期間を繰り返し行うなど、複数の第2の期間を行う時間をあらかじめ設定してもよい。なお、の期間の進行はこれらの例に限定されないのはいうまでもない。

[0105] (実施の形態3)

実施の形態1および2では、距離測定装置10および測定対象物60が移動等の運動する場合について言及しなかったので、本実施の形態では、距離測定装置10あるいは測定対象物60が移動している場合について、実施の形態1および2と異なる点を中心に説明する。

[0106] 本実施の形態に係る距離測定装置10は、実施の形態1、2における距離測定装置10に対して、制御部103および距離算出部105の動作内容が異なることになる。

[0107] すなわち、制御部103は、第2の期間において、受光部102が反射光

を受光し測定対象物 60 が K' (M) 個の区間のうち第 N 区間 ($N : K'$ (M) 以下の自然数) に存在することを確認したとする。この場合、制御部 103 は、第 2 の期間に続く第 3 の期間において、第 N 区間を含み且つ第 2 の期間で用いた第 2 測定時間範囲以下の第 3 測定時間範囲を O 個 (O : 2 以上の自然数) の区間に分割し、発光部 101 の出射光を発する時間および第 3 測定時間範囲を含む第 3 繰り返し期間を O 回繰り返し、かつ、第 3 繰り返し期間ごとに前記 O 個の区間の少なくとも一の区間に受光部 102 を露光中にさせる制御を行う。

[0108] そして、距離算出部 105 は、第 3 の期間における発光部 101 の出射光を発する時刻から受光部 102 が受光した時刻までの時間に基づいて、距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離を算出すればよい。

[0109] さらに、制御部 103 により、受光部 102 が反射光を受光し測定対象物 60 が O 個の区間のうち第 P 区間 ($P : O$ 以下の自然数) に存在することが確認されたときには、距離算出部 105 は、第 3 の期間において算出させた距離と第 2 の期間において算出させた距離との差分である距離差分を求めてもよい。そして、距離算出部 105 は、求めた距離差分と、第 2 の期間の第 N 区間の開始時刻から第 3 の期間の第 P 区間の開始時刻までの時間との比を計算することで、距離測定装置 10 の出射光の進行方向における速度を求めてもよい。ここで、第 N 区間の開始時刻と第 P 区間の開始時刻を用いているが、第 N 区間と第 P 区間の特徴的な時刻を用いればよく、例えば、第 N 区間の終了時刻と第 P 区間の終了時刻でもよい。

[0110] ここで、制御部 103 は、第 3 の期間の開始時刻からの期間第 4 の期間の開始時刻までの時間と前記速度とを乗算した距離値を、第 3 の期間において算出した距離に足すことで、第 4 の期間における測定対象物 60 の距離範囲を予測できる。そのため、制御部 103 は、第 4 の期間において、予測した距離範囲に対応する測定時間範囲を含み、且つ、第 3 測定時間範囲よりも短い第 4 測定時間範囲を決定し、前記の距離測定と同様、複数の区間に分割し、発光部 101 の出射光を発する時間および第 4 測定時間範囲を含む第 4 繰

り返し期間を複数回繰り返し、かつ、第4繰り返し期間ごとに当該複数の区間の少なくとも一の区間に受光部102を露光中にさせる制御を行う。

[0111] 次に、以上のように構成された本実施の形態に係る距離測定装置10の距離測定動作（測距動作）について説明する。

[0112] 図7は、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの一例を示す図である。図4と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0113] 本実施の形態では、図7の（a）に示すように、第1の期間、第2の期間、第3の期間、第4の期間での4回の測距動作を一つの組として行う。図7の（b）、（c）は、図4の（b）、（c）と同じのため説明を省略する。

[0114] 図7の（c）に示される第3の期間では、第2の期間と同等の距離分解能あるいは第2の期間よりも高い距離分解能の距離測定を行う。動作詳細は図4の（c）で説明した通りであるので、ここでの説明は省略する。

[0115] 制御部103が第2の期間で得た測定対象物60までの距離を z_1 、第3の期間で得た測定対象物60までの距離を z_2 とする。また、第2の期間において測定対象物60を検出した時刻から第3の期間において測定対象物を60検出した時刻までの時間を Δt_1 とする。この場合、制御部103は、測定対象物60の距離方向の速度 v_1 を、（式6）を用いて算出することができる。

[0116] [数6]

$$v_1 = \frac{z_2 - z_1}{\Delta t_1} \quad \text{----- (式6)}$$

[0117] なお、制御部103は、同様に、第4の期間において、第3の期間から第4の期間までの測定対象物60の距離方向の速度 v_2 を求めてもよく、制御部103は、第3の期間において測定対象物60を検出した時刻から第4の期間で測定対象物60を検出した時刻までの時間 Δt_2 および、速度 v_1 、 v_2 を用い、測定対象物60の加速度 a_1 を（式7）より算出してよい。

[0118]

[数7]

$$a_1 = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t_2} \quad \text{----- (式7)}$$

[0119] 図7の(e)に示される第4の期間では、制御部103は、図7の(d)に示される第3の期間において得た測定対象物60の速度 v_1 を用いて第4の期間における測定対象物60の距離(位置)を予測し、予測した距離(位置)を含む第4測定距離範囲を決定する。これにより、距離測定装置10は、第4の期間に測定対象物60が存在する距離(位置)を含む第4測定距離範囲を分割して測定分解能を高めることができるので、測定精度をさらに向上することができる。

[0120] 以下、より詳細に説明する。第3の期間において得た測定対象物60の距離 z_2 、速度 v_1 、第3の期間を代表する時刻から第4の期間を代表する時刻までの時間を Δt_2 とする。この場合、制御部103は、第4の期間に存在する測定対象物60の位置を、(式8)で予測することができる。

[0121] [数8]

$$z_3 = z_2 + v_1 \cdot \Delta t_2 \quad \text{----- (式8)}$$

[0122] このため、制御部103は、第4の期間において測定対象物60が存在すると予測される距離の近傍に限定して測距動作を行うことができ、より高分解能、より少ない測定回数で測定対象物60までの距離を算出することができる。この方法を以降の期間において繰り返し行うことによって、逐次的に距離測定の精度を向上することもできる。

[0123] たとえば、受光部102に受光素子を二次元アレイ状に並べた素子であるイメージセンサを用い、必要であれば、光学系を搭載することで、二次元状の距離データ、即ち、距離画像を測定して、人や動物を認識する用途も考えられる。この用途を、時速60kmで一般道路を走る車に距離測定装置10を搭載し、人や動物を認識したい場合に適用する場合、下記のような性能が要求される。一般的な動画のフレームレートである30fpsの動画撮像時

には、1フレーム間に人と装置の距離が、 $60 \times (1000 / 3600) \times (1 / 30) = 0.6$ mだけ変化する。

[0124] 人や動物の厚みはおよそ0.2 m程度であるので、人や動物を認識したい場合、測定分解能は、その厚みの半分の0.1 m程度を要する。一つの分割区間に対応する距離範囲を0.1 mとする場合、距離測定装置10が測定対象物60を見失わずに測距動作を行うためには、測定時間範囲の分割区間数は、距離変動分の0.6 mを含むよう、少なくとも6以上にする必要がある。60 km/hの車の停止距離は約35 mなので、人を認識し余裕をもって停止するためには、この三倍程度の100 m程度前方の距離画像を撮像する必要がある。ここで、発光部101に用いられるレーザ光源は、クラス1相当のものを考え、強度を1 mW程度とし、照射角10°とする。人を認識するにはイメージセンサの水平垂直方向の分解能が0.1 m程度必要であるので、この分解能になるようレンズの焦点距離を設計し、レンズ半径は1 cm程度とする。また、測定対象物60の反射率は0.1とする。レーザ光源が発する光パルスの波長が860 nmである場合、光パルスの光子数は1秒間に 4×10^{15} 個程度であり、測定対象物60に反射して戻ってくる反射光は1秒間におよそ 1×10^3 個と計算される。そのため、イメージセンサの量子効率を60%としても、1つの光子がセンサに帰還したのを検出するのに2 ms程度の時間がかかるので、6度の測定を実施するならば、12 msの測定時間がかかる。一般的な動画のフレームレートはおよそ30 fpsなので、1フレームは30 ms以下である必要があり、上記に示した従来の測距動作では3以上の人や動物を認識し、画像として出力することは不可能である。

[0125] このような場合でも、本実施の形態の測定方法を用いることで、各期間の分割区間数の下限は実質的に存在なくなり、1回の測定で、運動している測定対象物を確実に捉えることも可能となる。これにより、上記の例では、測定時間は最大1/6倍となるので、10程度の測定対象物を高い距離分解能で捉えることも可能となる。そのため、例えば、車載用途での遠方物体認

識などの用途で効果を見込むことができる。

[0126] 本実施の形態では、受光部 102 に距離測定装置を二次元アレイ状に配列し、必要があれば、レンズ等を用いて光学系を構築することで、距離測定データの二次元画像を測定可能な構成とした、距離測定装置を用いてもよい。この時、光学系を含めない、受光素子をイメージセンサと呼び、独立に測定結果を出力できる各々の素子を画素と呼ぶ。この場合には、距離データを二次元に配列した距離画像、輝度データを二次元に配列した輝度画像のそれぞれを得ることもできる。また、後段で距離画像を認識処理するなどの方法で、測定対象物 60 を認識することができる構成としてもよい。

[0127] 図 12 は、本実施の形態に係るイメージセンサ 31 と対象物 33 との距離に対し、イメージセンサ 31 内で測定対象物中の点 P が結像する位置の関係を説明するための図である。

[0128] ある時刻において、イメージセンサ 31 から距離 d にある対象物 33 上の点で、レンズ 32 の光軸から距離 r だけ離れた点 P において反射した光が、イメージセンサ 31 上の点で、レンズ光軸から距離 R だけ離れた点 Q に入射するとする。次の距離測定期間で、イメージセンサ 31 と対象物 33 との距離が d' に変化した場合の、点 P で反射した光が入射するイメージセンサ上の点と、レンズ光軸との距離 R' は、(式 9) に変化する。

[0129] [数 9]

$$R' = \frac{d-f}{d'-f} R \quad \text{----- (式 9)}$$

[0130] (式 9) を用いて、次のフレームで測定対象が現れるイメージセンサ中の領域を予測することができる。

[0131] この場合、画像認識処理を行うイメージセンサ上の領域を測定対象の近傍に限定することができ、画像認識処理にかかる時間を短縮できる。

[0132] また、画像中での測定対象物 60 の垂直・水平方向位置 (x, y) の差分 (Δx, Δy) をとり、差分を取った二つの測定の特徴的な時刻の差分 Δt で除算することにより、画面内での測定対象物 60 の速度 (v_x, v_y) = (

$\Delta x / \Delta t$, $\Delta y / \Delta t$) が求められるので、次の距離測定時に測定対象物 60 が存在する領域を予測し、画像認識処理を行う領域を決定してもよい。

[0133] また、距離測定装置 10 が移動している場合、本実施の形態で示した速度の測定により、距離測定装置 10 の速度を求めることができる。カメラシステムにあらかじめ静止物を登録しておく。静止物の例としては壁や建造物、道路標識などがあり、これに限定されない。

[0134] 静止物の速度 v_{st} を求めれば、この速度 v_{st} は静止物と距離測定装置 10 の相対速度であり、静止物の絶対速度は 0 m/s なので、(式 10) に示されるように相対速度 v_{st} に -1 を乗算した速度が距離測定装置の移動速度 V となる。

[0135] [数10]

$$V = -v_{st} \quad \text{----- (式10)}$$

[0136] 図 13 は、距離測定装置 10 が測定する距離画像の一例である。図 13 には、例えば人である物体 41 と、例えば車である物体 42 と、例えば標識である物体 43 が示されている。イメージセンサ 31 を備える距離測定装置 10 は、図 12 に示される人 (物体 41)、車 (物体 42)、標識 (物体 43) の三つの測定対象物 60 の中から止まっている標識 (物体 43) を認識し、その相対速度から距離測定装置 10 の速度を求めることができる。

[0137] たとえば、車載用途で本実施例における距離測定装置 10 を用いる場合、車速によって測定条件を変更する必要がある。例えば、車の速度が大きい場合には遠方の距離測定を実施したいが、速度が小さい場合には近方だけの距離測定を行いたい。そのため、距離測定装置 10 自体が自らの速度を認識することで、測定結果をフィードバックし、測定条件を変更しながら、距離測定を逐次的に行うことができる。

[0138] 車載用途の場合は、スピードメータと距離測定装置 10 の通信を行うこともできるが、通信の急な遅延・切断が起きた場合にも、距離測定装置 10 単独で距離測定動作を継続できるロバストなシステムを構築することができる。

。

[0139] また、当該カメラシステムがスピードメータとの通信が正常に動作している場合でも、スリップ・空転時など、スピードメータが正しく動作しない場合には、距離測定装置 10 が求めた速度をスピードメータに提供し、正しい車速を表示することができる。

[0140] (実施の形態 4)

実施の形態 2、3 では、第 1 の期間における測距動作の結果に応じて第 2 の期間の測定条件を決定する場合について説明したが、それに限らない。第 1 の期間の結果を参照せずに、第 2 の期間の測定を行い、2 つの期間の測定結果をデータ処理することで、距離データを得る方法を用いてもよい。以下、この場合について、実施の形態 1 と異なる点について実施の形態 4 として説明する。

[0141] 本実施の形態に係る距離測定装置 10 は、実施の形態 1 における距離測定装置 10 に対して、制御部 103 の動作内容が異なることになる。

[0142] すなわち、制御部 103 は、第 2 の期間では、第 1 測定時間範囲より短く、当該 K 個の区間のうち、測定対象物 60 が検出される区間の時間幅と同じ第 2 繰り返し期間を設ける。第 2 繰り返し期間と同じ周期で発光部 101 に出射光を発せさせ、第 2 繰り返し期間を M 個 (M : 2 以上の自然数) の区間に分割した分割区間のうちの一の区間に受光部 102 を露光中にさせる制御を行う。特に、実施の形態 1 ~ 3 では、繰り返し期間の時間幅の下限は、ある繰り返し期間の反射光が、他の繰り返し期間に誤検出されないように、十分減衰する時間として規定しているが、本実施の形態では本規定を行わない。

[0143] 制御部 103 は、第 1 の期間および第 2 の期間それぞれの結果を AND 処理することで、距離算出部 105 に測定対象物 60 の距離を測定 (算出) させる。

[0144] 下記に、本実施の形態の原理を示す。まず、第 1 の期間では、(式 4) で示される分解能で距離を決定する。第 2 の期間では、露光時間幅を、第 1 の

期間の分割区間幅の $1/M$ とするので、距離分解能も $1/M$ となる。第2の期間では、光パルスの減衰時間よりも短い発光周期で発光を行うことを想定しているため、発光パルスと受光パルスの対応を $1:1$ で決定できず、発光周期 T_d の整数倍で周期的な折り返しを考慮する必要がある。すなわち、 M 個の区間のうち、 j 番目の区間でパルス光を検出した場合、繰り返し期間の時間幅を T_d として、距離データは、下記の(式11)のようになる。

$$[0145] \quad t = (j - 1) T_d / M + k T_d \sim j T_d / M + k T_d \quad (\text{式 } 11)$$

[0146] ところで、 k は未知の0以上の整数で、 $k T_d$ が前記折り返し成分に対応する。(式4)は T_d の分解能で、一意に距離を決定できるので、(式11)の結果における、未知の整数 k を一意に決定することができ、分解能 T_d/M で測定対象の位置を決定できる。

[0147] 以上のように構成された本実施の形態に係る距離測定装置10の距離測定における発光及び露光の駆動方法(測距動作)について説明する。

[0148] 図8および図9は、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの一例を示す図である。図2と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0149] 図8の(b)では、第1の期間において測定対象物60が区間12で検出した場合について示されている。このとき、反射光の帰還タイミングは、 $t = T_d \sim 2 T_d$ の範囲に限られる。その他の動作については図2の(b)で説明した通りであるので、ここでの説明は省略する。

[0150] 図8の(c)に示される第2の期間では、制御部103は、第1測定時間範囲の第1分割区間(区間12、あるいは区間13、区間14)と同一の時間 T_d の周期で発光部101に光パルスを発光させる。また、第2の期間では、制御部103は、当該周期を3分割させた区間(第2分割区間)の一の区間で受光部102を露光中にする制御を行う。なお、図8の(c)では、積算を行う駆動の例を示しており、図中の *averaging* が一度の積算に対応する。当然、積算を行わず、1つの区間に対して、1つの光パルスのみを出射してもよい。積算を行う場合には、その平均値や和などを用いて距離

を算出する。図8(c)では、第2の期間において、2番目の区間に反射光が帰還する例を示している。(式12)に従うと、この場合、パルス光帰還のタイミングは $t = T_d / 3 + k T_d \sim 2 T_d / 3 + k T_d$ と分かる。前述のとおり、第1の期間での測定から、反射光の帰還タイミングは、 $t = T_d \sim 2 T_d$ なので、 $k = 1$ が分かり、 $t = 4 T_d / 3 \sim 5 T_d / 3$ と一意に決定することができる。

[0151] 特に、本駆動方法は、第1の期間での距離データを参照することなく、第2の期間での測定を実施し、後段での演算処理によって、距離データを決定することができる利点がある。測定対象の検出の有無の判断や、認識処理の時間が不要であるので、測定時間の短縮を図ることができる。特に、受光部102に一般的なイメージセンサのように、 10^6 個程度の高集積な距離測定装置アレイを使用する場合には、認識処理の時間が数ms程度かかるため、フレームレートに対する律速となりうるが、本測定方法では認識処理の時間を取らなくてすむ分、測定時間を短縮できる。本実施の形態で説明した測定方法は下記の2つの利点が存在する。1. 長距離の距離測定の効率化と、2. 距離画像測定における複数物体の高精度測定である。以下、例を挙げて説明する。

[0152] 1. 長距離の距離測定の効率化について説明する。すなわち、遠方の測定時には、測定対象で反射して帰還する光子数が低下するため、積算回数が多くなる。そのため、発光パルスの周期を短くし、積算回数を増加することが重要である。1例として、距離画像装置を用いて、250m遠方までの距離測定を行う状況を考える。例えば、パルス強度20W、光パルス幅100ns、射出角10度程度の光パルス源、量子効率60%、受光部面積10 μ mの受光部、F=2のレンズを用いて250m以上遠方の測定対象の距離を測定する場合、1つの光パルスに起因した光子一個が受光部に帰還し、光電変換される確率は2000分の1以下なので、2000回程度の積算が最低でも必要となる。実施の形態1～3の場合では、250m遠方の測定対象で光パルスが反射し、受光部まで帰還するのにかかる時間はおよそ1.6 μ

sなので、繰り返し時間の下限は $1.6 \mu s$ で規定され、光パルスの出射を2000回としても、一つの区間の測定に4msの時間が必要である。

[0153] 一方、本実施の形態の距離測定装置10による測定手法を用いた場合、第1の期間で測定距離範囲の刻み幅を10mにしたとすれば、第2の期間で光パルスを発光する周期は $1/25$ 倍でおよそ $0.06 \mu s$ になるため、2000回のパルス発光を行ったとしても、 $0.12 ms$ となる。これは、動画の一般的なフレームレート30fpsの場合の1フレームの時間30msに比べて $1/400$ 倍と無視できる程度の時間となる。

[0154] 2. 距離画像測定における複数物体の高精度測定について、下記で説明する。ここでの距離画像とは、2次元アレイ状に並んだ距離測定装置、及び必要であれば、レンズ等の光学系を有する測定装置系より出力される、二次元状の距離データ群を指す。実施の形態2で、測定対象が複数存在する場合、各測定対象の距離に応じて、対応する画素で反射光を検出するタイミングが異なるため、全ての測定対象について、別途距離分解能の高い測定を実施する必要がある。しかし、本実施の形態では、全画素同一の露光シーケンスで、測定対象の距離に応じた、異なる結果を得ることができる。これについて図21を用いて説明する。測定対象Aを検出する画素Aと測定対象Bを検出する画素Bについて、出射光、反射光、露光のシーケンスを示した。出射光は同一で、露光のタイミングは画素Aも画素Bも同一である。第1の期間に、画素Aは3番目の区間、画素Bは2番目の区間で光を検出し、第2の期間に、画素Aは2番目の区間、画素Bは1番目の区間で光を検出する。これにより、測定対象Aからの反射光は $t = 7T_d/3 \sim 8T_d/3$ の間に帰還し、測定対象Bからの反射光は $t = 4T_d/3 \sim 5T_d/3$ の間に帰還することが1度の測定で分かる。

[0155] ここで、第1の期間、第2の期間は、順不同に行ってもよい。また、当然、第3の期間、第4の期間、・・・を追加し、逐次的に分解能を高める操作を行ってもよい。

[0156] また、光パルスの発光から反射光が戻ってくるまでに時間がかかるため、

第2の期間での最初の露光は、最初のパルス光が確実に帰還していることが期待される時刻から開始することが望ましい。たとえば、図9の(a)に示される第2の期間では、一回目の露光時間 E_{31} では一発目の光パルス P_{31} の反射光 R_{31} が帰還しておらず、この露光時間 E_{31} は無駄な露光になっており、また、本来4回の積算の内、4回とも光検出されるべきところ、3回しか光検出されないため、検出漏れの可能性が高くなる。

[0157] そこで、図9の(b)に示すように、第2の期間の第一番目の露光開始時刻を、第1の期間での第一の測定時間範囲の最終区間の開始時刻以降とすれば、検出漏れを防止できる。つまり、第2の期間の第一番目の露光を露光時間 E_{33} から開始すればよい。なお、図9の(b)に示される第2の期間のように、パルス発光回数が露光回数よりも多くなるため、消費電力の上昇、測定時間の長大という欠点がある。しかし、遠方の距離測定、例えば、250m遠方の距離測定を行う場合、1000回以上のパルス発光が必要であり、これに対して、パルス発光回数の増加は、第1の測定の区間分割数と同程度で高々10回であるから、1%の増加でしかない。

[0158] (実施の形態5)

実施の形態1～4では、測定対象物60までの距離の決定方式は同一であったが、異なる方式を変更してもよく、以下の実施の形態5でこの場合について説明する。

[0159] 本実施の形態に係る距離測定装置10は、実施の形態1～4における距離測定装置10に対して、制御部103の動作内容が異なることになる。以下、実施の形態1～4と異なる点を中心に説明する。

[0160] すなわち、制御部103は、第1の期間および前記第2の期間において、測定時間範囲をK個(K:1以上の自然数)の区間に分割し、発光部101の出射光を発する時間および当該測定時間範囲を含む繰り返し期間をK回繰り返す。

[0161] 制御部103は、第1の期間において、繰り返し期間の開始時刻ごとに、当該区間の半分より短い時間である狭パルス幅で出射光を発光部101に発

せさせ、繰り返し期間ごとにK個の区間の少なくとも一の区間に受光部102を露光中にさせる制御を行う。

[0162] また、制御部103は、第2の期間において、繰り返し期間のK個の区間それぞれの開始時刻ごとに、当該区間の半分の時間である広パルス幅で出射光を発光部101に発せさせる。そして、制御部103は、繰り返し期間のK個の区間それぞれにおいて、当該区間の開始時刻ごとに、当該区間の半分の時間である第1時間だけ受光部102を露光中にさせる第1露光期間制御と、当該区間の開始時刻から第1時間経過した時刻から第1時間だけ受光部102を露光中にさせる第2露光期間制御とを行う。なお、第1露光期間は、以下のA露光期間に対応し、第2露光期間は、以下のB露光期間に対応する。

[0163] 次に、以上のように構成された本実施の形態に係る距離測定装置10の距離測定動作（測距動作）について説明する。

[0164] 図10は、本実施の形態に係る距離測定装置10の測距動作シーケンスの一例を示す図である。図2と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

[0165] 図10の（b）では、実施の形態1の図2の（a）と同様の測距方法を用いて測定対象物60の距離を測定する。反射光が戻ってくるのが区間12である点と、繰り返し期間の間に待ち時間がない点を除いて、図2の（a）と同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。なお、第1の期間で繰り返し期間の間に待ち時間があってもよい。

[0166] 図10の（c）に示される第2の期間では、発光部101は、発光・消光を同じ時間幅（第1時間）で交互に繰り返し、受光部102は発光部101の発光・消光にそれぞれ同期する2つの異なる露光シーケンスで受光を行う。そして、制御部103は、これらの露光シーケンスでそれぞれ得た反射光の強度の比から測定対象物60と距離測定装置10との距離を算出する。

[0167] 下記では、図10の（c）を参照し、より詳細に測定原理について述べる。本実施の形態では、発光部101は、第1時間T0だけ発光した後、第1

時間 T_0 だけ消光してこれを繰り返す。ここで、第 1 時間 T_0 は、第 1 測定時間範囲の分割区間の半分の時間である。制御部 103 は、受光部 102 を制御して、発光部 101 の発光に同期して行う A 露光（第 1 露光シーケンス）と消光に同期して行う B 露光（第 2 露光シーケンス）をそれぞれ行う。また、制御部 103 は、A 露光中に受光部 102 が検出した反射光の光強度 S_A と B 露光中に受光部 102 が検出した反射光の光強度 S_B とをそれぞれ不図示のメモリに保存する。

[0168] なお、受光部 102 において、A 露光と B 露光とは異なる画素で行っても、同一の画素で行ってもよい。

[0169] ここで、測定対象物 60 までの距離を z_4 、反射光が距離測定装置 10 に帰還する時刻を発光から τ とし、まず反射光が帰還する時刻 $\tau = (2z_4/c) < \text{第 1 時間 } T_0$ の場合を考える。この場合、A 露光期間に受光する反射光の時間幅は $T_0 - \tau$ で、B 露光期間に受光する反射光の時間幅は $T_0 - (T_0 - \tau) = \tau$ となることから、A 露光中に受光部 102 が検出した反射光の光強度 S_A と B 露光中に受光部 102 が検出した反射光の光強度 S_B との比（強度比）は（式 12）で表すことができる。そして、測定対象物 60 と距離測定装置 10 との距離は（式 13）で表すことができる。

[0170] [数11]

$$\frac{S_A - S_B}{S_A + S_B} = \frac{T_0 - 2\tau}{T_0} \quad \text{----- (式12)}$$

[0171] [数12]

$$z_4 = \frac{c\tau}{2} = \frac{cT_0}{2} \left(1 - \frac{S_A - S_B}{S_A + S_B}\right) \quad \text{----- (式13)}$$

[0172] したがって、図 10 の（c）に示される第 2 の期間において位相差方式で測距動作を行う場合には、反射光の信号強度比 $(S_A - S_B) / (S_A + S_B)$ を用いると距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離を連続値で求めることができる。このような第 2 の期間は、分割区間の時間幅で定められる分解能でしか距離を求められない第 1 の期間に対して利点がある。

[0173] なお、測定対象物 60 までの距離が遠い ($\tau > T_0$) の場合には、第 1 番目の発光 (光パルス) の反射光が第 2 番目の発光時刻以降で検出されるため、光パルスの帰還する時刻がパルス帰還時刻 $\tau + 2nT_0$ (n : 整数) のいずれも (式 12) の値が同じになり区別ができない。

[0174] しかし、本実施の形態では、第 1 の期間において $2T_0$ の分解能で測定対象の距離が分かっているので、 $\tau + 2nT_0$ における n を決定できる。

[0175] これを式で表すと、第 1 の期間で、 i 番目の区間にパルス光が帰還した場合、 $\tau + 2nT_0$ は、(式 14) で表すことができるので、 n が一意に決定する。

[0176] [数13]

$$2(i-1)T_0 < \tau + 2nT_0 < 2iT_d \text{ ----- (式14)}$$

[0177] このように求めた $\tau + 2nT_0$ を (式 13) 中の τ に代入して得られる (式 15) が $\tau > T_0$ の場合の解となる。

$$z5 = c(\tau + 2nT_0) / 2 = cT_0 / 2 (1 - (S_A - S_B) / (S_A + S_B)) + cnT_0 \quad \text{(式 15)}$$

[0179] このように、2 回の測定で、測定対象の距離を連続値として得ることができる。

[0180] 本実施の形態の測定方法では、第 1 の期間の結果をフィードバックせずとも、第 1 の期間の結果と第 2 の期間の結果とを AND 処理 (論理積演算処理) を施すことによって、距離測定装置 10 から測定対象物 60 までの距離を一意に決定できるという利点がある。受光部 102 をイメージセンサとして画像処理を行う場合、認識処理の時間が数 ms 程度かかり、フレームレートに対する律速となりうるが、本測定方法では認識処理の時間がない分測定時間を短縮できる。

[0181] なお、第 1 の期間の結果をフィードバックして第 2 の期間の測定を行うとしてもよい。この場合、図 10 の (c) に示されるような、光パルスの発光・消光の繰り返しは行わなくてよい。第 1 の期間で反射光を検出した分割区

間の開始時刻からT Oだけ露光を行うA露光とA露光終了時からT Oだけ露光を行うB露光を一度限り行えばよい。これにより、露光回数を少なくし、背景光によるパルス的なノイズや熱ノイズ発生を防ぐことができるので、反射光の誤検知を防ぐことができる。

[0182] また、受光部102には、アバランシェフォトダイオード（APD）を用いてもよい。

[0183] APDでは、ブレイクダウン電圧以上の電圧をかけた状態である、ガイガーモードでは、単一のフォトンからの光信号を飽和値まで増倍することも可能であり、受光部102の感度を単一光子検出可能なレベルまで高めることができる。ガイガーモードは、フォトダイオードが飽和しやすく、またノイズも増幅されるため、光の有無を検出する用途には向いているが、光量の絶対値を求める用途には向いていない。ブレイクダウン電圧以下の電圧をかけた状態である、ノーマルモードでは、通常のフォトダイオードとして用いることができ、信号強度の絶対値を得る用途にも用いることができる。

[0184] したがって、本実施の形態では、第1の期間は露光期間中に光が帰還するか否か判定できればよいので、ガイガーモードで測定を行えばよい。これにより、帰還する光量が少ない遠方の測定も少ない積算回数で行うことができる。一方、第2の期間では、ノーマルモードで測定を行えばよい。このように、APDは印加電圧を変更するだけで光の検出特性を切り替え可能であるので、第1の期間および第2の期間それぞれの測定方式に適した駆動方法を単一の装置で実現でき、低強度光を高感度で検出しつつ、測定対象物60の距離を連続値として得ることが可能となる。

[0185] なお、この場合の画素回路は特許文献2を用いればよい。特に、特許文献2では、本回路を第2の期間の測定と同様の測定に用いているのみであるが、本回路を用いることで、第1の期間の測定をも効率的に実施することができるようになる。図22に画素回路構成と露光シーケンスを示す。図22の（a）に示すとおり、画素回路は二つの浮遊拡散領域（FD1、FD2）を有することを特徴とする。上記の第2の期間では、（式12）、（式13）

、（式 9）に示される S A の信号値を一方（例えば F D 1）に、S B の信号値をもう一方（例えば F D 2）に保存し、後段で和、差分を取ることで、（式 13）、（式 9）の距離値を測定することができる。第 1 の期間では、図 22 の（b）に示すとおり、F D 1 と F D 2 とで露光のタイミングを異ならせることで、同一の繰り返し期間中に、異なる二つの分割区間の測定を行うことができる。更に、後段で信号の差分処理を行えば、信号の正負を見るだけで、どちらの浮遊拡散容量に電荷が入ったかを容易に判定できる。例えば、後段に、F D 1 の信号量－F D 2 の信号量を計算する処理を設ければ、信号の符号が正であれば、F D 1 で露光を行った区間に反射光が帰還したと分かり、信号の符号が負であれば、F D 1 で露光を行った区間に反射光が帰還したと分かる。本方式を用いることにより、パルス発光の回数を半分に低減することができ、第 1 の期間の測定時間が半減する。

[0186] （実施の形態 6）

本実施の形態では、距離データだけでなく、輝度データの測定も行う方法について説明する。

[0187] 本実施の形態の距離測定装置 10 は、第 1 の期間において距離データを取得し、第 2 の期間において輝度データを取得することができる画素回路を備える。つまり、本実施の形態の画素回路は、距離データを取得する距離測定回路と輝度データを取得する輝度測定回路との両方を備えている。

[0188] 本実施の形態の画素回路の一例は、図 11 に示すような構成からなり、距離画像データと輝度画像データとの両方を同一の回路構成で測定することができる。また、距離測定と輝度測定とを同時に行うことも可能である。

[0189] 以下、本実施の形態の画素回路の回路構成の一例について図を用いて説明する。図 11 は、本実施の形態に係る画素回路の回路構成の一例を示す図である。

[0190] 本実施の形態の画素回路は、図 11 に示すように、受光回路 201、カウンタ回路 202、比較回路 203、記憶回路 204、受光素子 205、トランスファトランジスタ 206、リセットトランジスタ 207、電荷蓄積コン

デンサ208、カウンタトランジスタ209、カウンタ容量210、直流カットコンデンサ211、クランプトランジスタ212、インバータ213、入力トランジスタ214、記憶コンデンサ215、記憶ノードリセットトランジスタ216、増幅トランジスタ217、選択トランジスタ218、輝度画像用増幅トランジスタ219、輝度画像用選択トランジスタ220および輝度画像用回路221で構成される。ここで、230は出力許可信号である。

[0191] 距離測定を行う回路部分については、図20と全く同じなので、ここでの詳細は省略する。

[0192] 以下では、光強度を測定する回路について説明する。輝度画像用回路221と受光回路201部分を合わせると、通常のイメージセンサの画素回路と同じ構成である。まずリセットトランジスタ207をONしてから、トランスファゲート電圧をONし、受光素子205をリセットした後に、リセットトランジスタ207をOFFし、 t_a の間、受光を行うと、それに対応した電荷がトランスファトランジスタ206を介して電荷蓄積コンデンサ208に蓄積される。 t_a 秒後、トランスファトランジスタ206をOFFし、輝度画像用選択トランジスタ220をONすると、輝度画像用増幅トランジスタ219からの出力電圧を読み出し、信号を得る。このとき、後段にCDS回路を設け、オフセット電圧を除去して輝度信号を得ることが望ましい。このような回路構成では、単一の回路構成で距離と輝度の両方を得ることができる。

[0193] 本実施の形態では、受光部102に距離測定装置を二次元アレイ状に配列したイメージセンサと、必要があれば、レンズ等を用いて光学系を構築することで、距離測定データの二次元画像を測定可能な構成とした、固体撮像装置を用いてもよい。この場合には、複数の画素が出力した距離データを処理し、二次元状に配列、画像化して出力した距離画像、および、複数の画素が出力した輝度データを処理し、二次元状に配列、画像化して出力した輝度画像などの画像を得ることができる。

[0194] ここで、取得する画像データの種類は、距離と輝度に限定するものではなく、この他にも、例えば、受光部 102 の前面に特定の周波数の光を遮断あるいは透過するフィルターを設けるなどの方法で、周波数情報を得てもよい。

[0195] また、輝度画像と距離画像の取得の順番は本願の権利の範囲を限定せず、例えば、輝度画像測定と距離画像測定を交互に繰り返す方法、すなわち、例えば、実施の形態 1 における、第 1 の期間の距離測定の後に、輝度測定を行い、その後に、第 2 の期間の測定を行い、さらにその後に輝度測定を行う、という流れを繰り返す方法や、距離測定実施の前あるいは後に、輝度測定を行う方法などが考えられる。また、距離測定と輝度測定の実施回数の比についても、任意の比で行ってよい。

[0196] また、後段で距離画像および輝度画像を認識処理するなどの方法で、測定対象物 60 を認識することができる構成としてもよい。この場合、距離画像と輝度画像を組み合わせることで、認識処理の効率化を図ることができる。本実施の形態の距離測定装置 10 は、まず、距離画像に認識処理を施し、測定対象物 60 の境界を絞り込む。次に、本実施例の距離測定装置 10 は、輝度画像の認識処理を行うが、距離画像により絞り込まれた測定対象物 60 の境界内部に相当する領域で、再度認識処理を行う。この方法により、本実施例の距離測定装置 10 は、より効率的に画像認識を行うことができる。

[0197] また、距離画像と輝度画像で相補的に認識処理を行うことができる。測定対象物 60 が複数存在し、それらの距離が近く、距離の差分が、距離測定装置の分解能以下となる場合、距離画像では、二つの測定対象物 60 それぞれの形状を分けて認識できない。人と地面との境界や、壁と壁の近くにいる動物などがその例である。この場合、本実施例のように輝度画像を用いて、2 つの測定対象物 60 間の反射率の違いを識別し、2 つの測定対象物 60 を分けて認識できる。一方、輝度画像のみを用いて認識する場合には、離れた二つの測定対象物 60 の輝度がたまたま同程度になった場合に、輝度画像からは二つの測定対象物 60 を見分けることは不可能だが、距離画像を用いれば

、2つの測定対象物60を別々に認識できる。

[0198] (実施の形態7)

本実施の形態では、受光部102に、イメージセンサおよび、必要であれば、レンズ等の光学系を構築することで、距離測定データの二次元画像を測定可能とした、固体撮像装置を用いる。距離データを二次元に配列した距離画像、輝度データを二次元に配列した輝度画像のそれぞれを得ることもできる。また、後段で距離画像および輝度画像を認識処理するなどの方法で、測定対象物60を認識することができる構成としてもよい。

[0199] 実施の形態1～6では、受光部が複数の距離測定装置で構成されている場合にも、露光タイミングは全ての画素で同じく設定していたが、それぞれの画素で異なるタイミングでの露光を行ってもよい。

[0200] (実施例1)

図14Aおよび図14Bは、本実施例に係る距離測定装置10の露光シーケンスを説明するための模式図である。図14Aの(a)は、距離測定装置10が撮像した測定対象物60を含む画像の一例を示す模式図であり、距離 z_1 の物体41、距離 z_2 の物体42、距離 z_3 の物体43が示されている。

[0201] ここで、本願の実施の形態2で説明したように、測定対象の3つの物体41、42、43を第1の期間に検出し、第2の期間に、測定対象の各物体41、42、43の近傍に測定範囲を限定して、距離測定を行う場合の駆動を図14Aの(b)及び、図14Bの(c)に示している。

[0202] 測定対象の物体41、42、43は、距離画像内で異なる位置に存在しており、測定対象の物体41を検出する距離測定装置を画素1と呼び、露光シーケンスはExposure1とし、測定対象の物体42を検出する距離測定装置を画素2と呼び、露光シーケンスはExposure2とし、測定対象の物体43を検出する距離測定装置を画素3と呼び、露光シーケンスはExposure3として示されている。

[0203] 図14Aの(b)では、測定対象物60が複数個存在し、距離 z_1 の物体

4 1, 距離 z_2 の物体 4 2, 距離 z_3 の物体 4 3 のそれぞれに対応し、物体 4 1 からの反射光が $\tau_1 (= 2 z_1 / c)$ 、物体 4 2 からの反射光が $\tau_2 (= 2 z_2 / c)$ 、物体 4 3 からの反射光が $\tau_3 (= 2 z_3 / c)$ 、に帰ってくる。露光動作は実施の形態 2 の図 2 の (b) と同様、全画素一斉に行う。ここでの詳細な説明は省略する。

[0204] 図 1 4 B の (c) では、実施の形態 2 の図 4 の (c) および、図 6 A ~ 図 6 C で説明したとおり、検出した測定対象の近傍に測定範囲を限定して距離測定を行う動作を、測定対象物である物体 4 1, 4 2, 4 3 全てについて繰り返す。

[0205] 図 1 4 B の (c) の場合には、距離 z_1 の測定対象の物体 4 1, 距離 z_2 の測定対象の物体 4 2, 距離 z_3 の測定対象の物体 4 3 それぞれの近傍で更に細かい区間の距離測定を行うため、第 1 測定時間範囲の分割区間 1 1 をさらに分割した分割区間 2 1、分割区間 2 2、分割区間 2 3、及び、分割区間 1 2 をさらに分割した分割区間 2 4、分割区間 2 5、分割区間 2 6、及び、分割区間 1 3 をさらに分割した分割区間 2 7、分割区間 2 8、分割区間 2 9 の 9 つすべてに対して測定を行う必要があるため、測定時間が長大化する。

[0206] そこで、図 1 4 B の (d) に示したとおり、画素 1 では、測定対象の物体 4 1 の存在する距離 z_1 の近傍を、画素 2 では、測定対象の物体 4 2 の存在する距離 z_2 の近傍を、画素 3 では、測定対象の物体 4 3 の存在する距離 z_3 の近傍を、それぞれ測定する構成とすればよく、測定時間の短縮が可能となる。特に、本実施例で示した駆動により、各画素の露光回数が減少するので、背景光強度・熱ノイズの低減が見込まれ、誤検出防止の効果がある。

[0207] ここで、図 1 4 B の (d) のシーケンスを詳しく説明する。第 1 測定時間範囲の内、距離 z_1 に対応する時刻である $\tau_1 (= 2 z_1 / c)$ を含む分割区間 (図では区間 1 1) を更に分割した分割区間 2 1, 2 2, 2 3 では、第 1 の期間で測定対象物である物体 4 1 を検出した画素 1 を露光中にさせ、第 1 測定時間範囲の内、距離 z_2 に対応する時刻である $\tau_2 (= 2 z_2 / c)$ を含む分割区間 (図では区間 1 2) を更に分割した分割区間 2 4, 2 5, 2 6 では、

第1の期間で測定対象の物体42を検出した画素2を露光中にさせ、第1測定時間範囲の内、距離 z_3 に対応する時刻である τ_3 ($= 2 z_3 / c$) を含む分割区間 (図では区間13) を更に分割した分割区間27, 28, 29では、第1の期間で測定対象の物体43を検出した画素3を露光中にさせる。より具体的には、本実施例の距離測定装置10では、受光部102は、それぞれ受光可能である二次元的に配列された複数の画素を有し、受光部102は、複数の領域に分割されている。ここで、各画素は、複数の領域のいずれかに属している。制御部103は、第1の期間において、第1の測定時間範囲をK個 (K: 1以上の自然数) の区間に分割し (第1分割期間)、発光部101の出射光を発する時間および第1の測定時間範囲を含む繰り返し期間をK回繰り返す (第1繰り返し期間)。制御部103は、当該繰り返し期間の開始時刻ごとに、出射光を発光部101に発せさせ、繰り返し期間のK個の区間それぞれにおいて、前記複数の領域の内、全ての領域について、その領域に含まれる全ての画素を露光中にさせる制御を行う。第2の期間においては、上記の第1分割期間のうち、測定対象物60を検出した区間の近傍のみを測定時間範囲 (第2測定時間範囲) と規定して測定を行う。第2測定時間範囲をL個 (L: 1以上の自然数) の区間に分割し、発光部101の出射光を発する時間および測定時間範囲を含む繰り返し期間をL回繰り返す。制御部103は、当該繰り返し期間の開始時刻ごとに、出射光を発光部101に発せさせ、繰り返し期間のL個の区間それぞれにおいて、複数の領域の一を露光中にさせる制御を行う。特に、制御部103は、複数の領域のそれぞれについて、異なる前記領域を、異なる前記第2分割区間において露光中にさせる制御を行う。換言すると、制御部103は、複数の領域のそれぞれについて異なる領域を、繰り返し期間のK個の区間のうちの異なる区間において露光中にさせる制御を行う。

[0208] なお、制御部103は、第1の期間において、受光部102が反射光を複数受光することにより複数の測定対象物である物体41、42、43があり、かつ、K個の区間のうちの異なる区間に存在することを確認したとする。

この場合、制御部 103 は、第 2 の期間において、複数の領域のそれぞれについて異なる測定距離範囲を設定し、設定した異なる測定距離範囲に応じて第 2 の測定時間範囲を K' 個の区間に分割すればよい。これにより、複数の画素（領域）それぞれに対する測定範囲を決めて距離測定することができる。

[0209] 以下では、実際の画素及び画素回路の構成を具体的に説明する。

[0210] 一般的なイメージセンサでは、受光部 102 に露光をさせる駆動回路は全ての画素で共通であるが、本実施例では、複数の駆動回路により、画素ごとに露光のタイミングを異ならせる。図 15、図 16 および図 17 A は、本実施例に係る受光部 102 の構成するイメージセンサの一例を示す図である。図 17 B は、図 17 A のイメージセンサの制御回路の一例を示す図である。

[0211] 図 15 のように、イメージセンサの画素アレイ 102 a を縦 N 行、横 M 列（ N 、 M は自然数）の小領域に分割する方法が考えられる。この小区画領域それぞれには一つまたは複数の画素が含まれている。小区画領域の行および列それぞれには、対応する露光用ゲートドライバが設けられており、独立に動作する。換言すると、小区画領域における縦の N 行、横の M 列それぞれに対応して、露光用の行パルス電源を N 個、列パルス電源を M 個接続し、それぞれ独立に動作できるようにする。行パルス電源が ON になると行選択トランジスタ 1301 が ON となり、列パルス電源が ON になると列選択トランジスタ 1302 が ON になるので、行選択トランジスタ 1301、列選択トランジスタ 1302 の両方が ON になった小領域のみ、行選択トランジスタ 1301、列選択トランジスタ 1302 を介して電源電圧 1303 が画素回路に印加される。

[0212] ここで、前記小領域に含まれる画素の回路は例えば図 20 や、図 11 に示す構成が考えられる。この場合、リセットトランジスタ 207 のトリガ電源として電源電圧 1303 を用いる回路構成とすることで、露光を行う画素回路を図 15 の方式で決定することができ、イメージセンサの前記小領域ごとに露光を独立化できる。

- [0213] 画素アレイの内、独立に露光を行う領域の決め方として、たとえば、図16のように、画素アレイ102bの中央部と外周部の二区画に分割する、同心円状に分割する、など分割の方法は問わない。当然、全画素独立に露光を行ってもよい。また、分割した小領域各々で、測定条件を変えてもよい。例えば、図16の場合、外周部では画面外からの物体（測定対象物60）の侵入を早く捉えることができるよう、測定距離範囲を広く、低分解能で測定するよう、露光時間幅を長く取り、中央部では画面内の測定対象物60を高い分解能で距離測定を行うよう、露光時間幅を狭く取ってもよい。
- [0214] また、図17Aに示すように、受光部102は、異なる2以上の露光用電源に接続された画素を交互に配列してもよい。
- [0215] この場合、画素Aのみ、あるいは画素Bのみで、もとの画像と同じ撮像範囲の距離画像を出画することができる利点がある。当然、画素A、画素Bで得た距離画像を合成してから、最終的な画像を出力してもよい。
- [0216] ここで、図17Aに示す画素アレイ102cを制御する制御回路は、例えば図17Bのように構成される。図17Bに示す制御回路では、パルス電源AがONすると、画素回路Aにのみ接続されているトランジスタがONし、画素Aにのみ電源電圧1701が印加され、画素Aのみ露光が行われる。また、パルス電源BがONすると、画素回路Bに接続したトランジスタがONし、画素Bにのみ電源電圧1701が印加され、画素Bのみ露光が行われる。
- [0217] 図15に示す画素アレイ102aと比較すると、図17Aに示す画素アレイ102cでは、用意する電源が2つで、トランジスタ数も各画素1つでよい。ため、回路構成が容易で、小型化しやすい利点がある。また、図15に示す画素アレイ102aでは、画面内での測定対象物60の位置によって、各画素領域の露光タイミングを選択する必要があるが、図17Aの方法では選択の必要は無い。
- [0218] また、解像度を犠牲にしても、測定時間を短くしたい場合には、図14A(b)に示した第1の期間において、1番目の繰り返し期間中に、例えば、

画素Aで区間11の露光を行い、画素Bで区間12の露光を行うなどの方法を用いることで、1つの繰り返し期間中に、二つの分割区間の測定を実施でき、測定時間を最大半減できる。

[0219] 3以上の露光用電源を用いる場合には、測定時間を露光用電源数分の1倍にまで短縮できる。

[0220] なお、図17Aでは、露光用電源Aに接続された画素Aと露光用電源Bに接続された画素Bを市松模様状に配列しているが、配列の種類はこれに限らない。例えば、露光用電源を3つ用意し、露光用電源Aに接続された画素A、露光用電源Bに接続された画素B、露光用電源Cに接続された画素Cを交互に繰り返してもよいし、露光用電源を更に増やし、繰り返し数を増やしてもよい。また、繰り返しの様式として、市松模様以外にも、行ごとに画素A、画素B、・・・を繰り返す配列、列ごとに画素A、画素B、・・・を繰り返す配列、ランダムな配列、など、どのような配列でも、露光用電源をいくつ用いてもよい。

[0221] (実施例2)

実施例1のように、受光部102の露光回路の電源を複数設ける方法のほかに、外部的に露光可能な領域を制御する素子を導入してもよい。

[0222] 具体的には、受光部102は受光素子の前面に、反射光の透過、遮断を制御できるシャッター機構を内蔵してもよい。より具体的には、距離測定装置10は、前記受光部102としてシャッター機構を備え、前記シャッターは、機械的、あるいは電氣的などの方法で、光を透過できる開状態と、光を遮断できる閉状態を切り替え可能である。

[0223] この場合について、図18を用いて説明する。図18は、本実施例に係る受光部102を構成するイメージセンサ102dおよびシャッターアレイ102eの一例を示す図である。

[0224] すなわち、本実施例では、イメージセンサ102dの上面に部分的な開閉を自由に行うことができるシャッターアレイ102eを導入する。図18の例では、シャッターアレイ102eの独立に開閉可能な領域は、アレイ状に

配列され、イメージセンサの画素ごとにシャッターの開状態および閉状態を独立に制御できる構成としている。開状態と閉状態の制御が独立なシャッターの配列方法は、上記のアレイ状配列に限定されるものではなく、自由な配列を用いてよい。例えば、行ごとに独立に制御可能な配列、行ごとに独立に制御可能な配列などが挙げられる。

[0225] シャッターアレイ 102e は、10ns から $1\mu\text{s}$ 程度の高速度動作が必要とされるので、電子的な駆動が望ましく、液晶シャッターがその 1 例として挙げられる。ただし、用いるシャッターの種類に限定はなく、その他の例として、遮光体を物理的に移動させるような機構的シャッターなどが挙げられる。

[0226] 本実施例では、シャッターの内、開状態と閉状態を独立に制御できる領域を、イメージセンサ 102d の 1 つの画素、あるいは複数の画素に対応させて、二次元に配列する。液晶シャッターの例では、例えば、電圧印加時のみ液晶体が光を透過する構成とすれば、電圧印加時がシャッターの開状態となる。

[0227] 下記では、シャッターアレイ 102e とイメージセンサ 102d の駆動について、図 23A および図 23B を用いて説明する。図 23A、図 23B では、距離 z_1 、 z_2 、 z_3 に測定対象である物体 41、42、43 がある場合を示しており、この時、発光から反射光が戻ってくるまでの時間は τ_1 、 τ_2 、 τ_3 ($\tau_i = 2z_i / c$) となる。また、測定対象の物体 41 を検出する画素を画素 1、測定対象の物体 42 を検出する画素を画素 2、測定対象の物体 43 を検出する画素を画素 3 とする。

[0228] 図 23A、図 23B では、物体対象の物体 41 からの反射光の帰還タイミングを *Reflected light 1*、物体対象の物体 42 からの反射光の帰還タイミングを *Reflected light 2*、物体対象の物体 43 からの反射光の帰還タイミングを *Reflected light 3*、画素 1 の露光タイミングを *Exposure 1*、画素 2 の露光タイミングを *Exposure 2*、画素 3 の露光タイミングを *Exposure 3*、画素

1 全面のシャッターの開閉を *Shutter 1*、画素 2 全面のシャッターの開閉を *Shutter 2*、画素 3 全面のシャッターの開閉を *Shutter 3* で示している。

[0229] 本実施例の制御部 103 は、第 1 の期間において、常にシャッターアレイ 102 e の全領域を開状態にする。イメージセンサ 102 d は図 2 (b) と同じ露光を行うので、詳細は省略する。第 2 の期間においては、時刻 t_i を含む期間には、シャッター i のみを開状態とし、その他の期間では、シャッターは閉状態とする。露光について、第 1 の期間で K 個に分割した区間を更に、 L 個に分割する。図 23 A に示す例の場合は、 $K = 3$ 、 $L = 3$ なので、区間は区間 21、区間 22、区間 23、区間 24、区間 25、区間 26、区間 27、区間 28、区間 29 の 9 つに分割される。

[0230] 第 2 の繰り返し期間 1 では、 L 個に分割した区間の内、最初の区間を全て露光する、つまり、図 23 B での区間 21、区間 24、区間 27 を露光中にする。第 2 の繰り返し期間 2 では、 L 個に分割した区間の内、2 番目の区間を全て露光する、つまり、図 23 B での区間 22、区間 25、区間 28 を露光中にする。第 2 の繰り返し期間 3 では、 L 個に分割した区間の内、3 番目の区間を全て露光する、つまり、図 23 B での区間 23、区間 26、区間 29 を露光中にする。この操作を L 回繰り返し、全ての区間が少なくとも一回露光中になるようにする。

[0231] 上記の動作の内、反射光を検出できるのは、シャッターが開状態かつ画素が露光中の場合に限られるので、第 2 の繰り返し期間中に複数回の露光が行われていても、光検出のタイミングは一意に決定できる。

[0232] (実施例 3)

上記の実施例では、露光のタイミングを制御したが、読み出しの範囲を制御する方法も考えられる。例えば、前記受光部 102 にイメージセンサを用い、前記第 1 の期間に距離画像の測定を行い、測定対象物を認識し、第 2 の期間では、認識した測定対象の近傍のみ読み出しを行うとしてもよい。また、当然、認識した測定対象の近傍のみの読み出しを行う期間を複数回繰り返した

、第3の期間、第4の期間、・・・を追加してもよいし、測定対象物を認識せずにあらかじめ規定した領域のみを読み出すとしてもよい。

[0233] この場合について、図19を用いて説明する。図19は、上記の読み出し範囲を制御する方法を用いて、画像を出力した際の画像シーケンスの一例である。まず、第1の期間に画面全体を読み出す。その後、第2の期間、第3の期間、・・・、第Nの期間（N：2以上の整数）には、画面内の一部の領域のみを読み出す。図19の例では、測定対象1901の周囲のみを読み出している。読み出し領域の決定の仕方は、使用者が任意に決定してもよいし、アルゴリズムで規定してもよく、この際には、画像の認識処理等を含めてもよい。

[0234] 信号を読み出す領域を限定することで、信号読み出し、および出画にかかる時間を短縮できる。これにより、例えば、測定対象の運動を高いフレームレートで動画撮影することができる。

[0235] 特に、実施の形態3に記載の、次の画像を予測しながら距離測定を行う方法と組み合わせることで、効果が期待できる。

[0236] 実施の形態3での、第Qの期間での測定（Q：4以上の整数）では、対象の距離をあらかじめ予測するが、この時、予測される結果と異なる結果が得られる場合がある。その時、予測外の結果が得られた画素のみで読み出しを行う距離測定を設けることで、急なデータの変化に高速に対応できる。例えば、人や動物などの画面内への急な侵入を高速に検出でき、例えば、車載用途の事故防止対策に利用できる。

[0237] 以上のように、本開示における技術の例示として、実施の形態を説明した。そのために、添付図面及び詳細な説明を提供した。

[0238] したがって、添付図面及び詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべき

ではない。

[0239] また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、請求の範囲又はその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

[0240] 例えば、上記の実施の形態では、測距動作の測定条件を、フレーム期間ごとに変更するとして説明したが、それに限らない。測定距離時間範囲の分割区間すなわち測定距離範囲の分割距離区間ごとに、発光部の光源パラメータの条件などの測定条件を変更するとしてもよい。たとえば、距離測定装置は、当該距離測定装置を起点とする測定距離範囲を距離範囲の異なる複数の区間である分割距離区間に分割してもよい。そして、当該距離測定装置は、分割距離区間の距離範囲に応じて、発光部の光源パラメータである光パルスの発光強度、発光回数およびパルス幅の積が、当該分割距離区間の最大測定距離の二乗に比例するように、光源パラメータを異ならせて、発光部に分割距離区間ごとに少なくとも1回発光させる制御を行い、分割距離区間ごとに測距動作を行ってもよい。

[0241] つまり、当該距離測定装置では、ユーザーにより設定された測定距離範囲を、1つ以上の区間（分割距離区間）に分割し、分割した分割距離区間（に対応する測定距離）に応じた測距動作を行う。分割数及び分割幅は、ユーザーにより都度決定されても良いし、事前に設定しておいても良い。

[0242] 図25は、測定距離範囲の分割距離区間と、分割距離区間ごとの光源パラメータの変動を説明するための図である。ここで、図25を用いて、測定距離範囲を、対応する測定距離が0～2のrange 1と、対応する測定距離2～4のrange 2、対応する測定距離が4～8のrange 3の各区間（分割距離区間）に分割する場合について説明する。なお、分割距離区間の数Kは自然数の中で自由にとることが出来る。また、分割距離区間の幅は均等でも良いし、図25に示すように分割距離区間に対応する測定距離に比例させても良い。また、ユーザーが特に着目する測定距離に対応する分割距離区間ではその幅を細かくしても良いし、測定距離と分割距離区間幅とが予め設定されているテ

ーブルに従って定めても良い。

[0243] 図25に示される一点鎖線の曲線Pは、各分割距離区間における発光部の光源パラメータである光パルスの発光強度I、発光回数Nおよびパルス幅Wの積Pが従う条件（測定条件）を示している。制御回路103Aは、各分割距離区間においてこの曲線に従う測定条件の下、発光部のレーザ光源を制御する。図25では、発光部の光源パラメータである光パルスの発光強度I、発光回数N、およびパルス幅Wの積Pが各分割距離区間の最大測定距離の二乗に比例するように制御されることが示されている。ここで、比例定数をA（Aは正の数）とすると、積Pの値は、各分割距離区間の最大測定距離の二乗に比例定数A掛けた値より大きい値に設定にしても良い。

[0244] したがって、例えば図25に示すように、例えばrange1の第1の期間と例えばrange2の第2の期間とでは、出射光であるパルス光の発光強度、発光回数および光パルス幅のうちの少なくとも一つの測定条件が異なってもよい。この場合、第1の測定距離範囲および第2の測定距離範囲の中点の位置のうち遠い方の測定距離範囲において、近い方の測定距離範囲と比べて、光パルスの発光強度、発光回数および光パルス幅の積の値が大きくなるように設定すればよい。

[0245] また、上述の実施の形態における任意の構成要素を組み合わせる別の実施の形態や、上記実施の形態に対して本発明の主旨を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例や、本開示の測距撮像装置を内蔵した各種機器も本発明に含まれる。

[0246] なお、本発明は、上述した特徴的な構成を備える距離測定装置として実現することができるだけでなく、当該距離測定装置の測距方法として実現することができる。

産業上の利用可能性

[0247] 本開示は、距離測定装置に利用でき、特に、衝突防止または自動運転のための自動車用機器、距離測定装置又はその測定方法を用いる機器に適用可能である。

符号の説明

- [0248] 1 0 距離測定装置
- 3 1、1 0 2 d イメージセンサ
- 3 2 レンズ
- 3 3 対象物
- 4 1、4 2、4 3 物体
- 6 0 測定対象物
- 1 0 1 発光部
- 1 0 2 受光部
- 1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c 画素アレイ
- 1 0 2 e シャッターアレイ
- 1 0 3 制御部
- 1 0 4 出力部
- 1 0 5 距離算出部
- 2 0 1 受光回路（フォトダイオード）
- 2 0 2 カウンタ回路
- 2 0 3 比較回路
- 2 0 4 記憶回路
- 2 0 5 受光素子
- 2 0 6 トランスファトランジスタ
- 2 0 7 リセットトランジスタ
- 2 0 8 電荷蓄積コンデンサ（電荷蓄積容量）
- 2 0 9 カウンタトランジスタ
- 2 1 0 カウンタ容量
- 2 1 1 直流カットコンデンサ
- 2 1 2 クランプトランジスタ
- 2 1 3 インバータ
- 2 1 4 入力トランジスタ

- 2 1 5 記憶コンデンサ
- 2 1 6 記憶ノードリセットトランジスタ
- 2 1 7 増幅トランジスタ
- 2 1 8 選択トランジスタ
- 2 1 9 輝度画像用増幅トランジスタ
- 2 2 0 輝度画像用選択トランジスタ
- 2 2 1 輝度画像用回路
- 1 3 0 1 行選択トランジスタ
- 1 3 0 2 列選択トランジスタ
- 1 3 0 3、1 7 0 1 電源電圧

請求の範囲

[請求項1]

距離測定装置であって、
出射光を発する発光部と、
前記出射光が測定対象物で反射した反射光を露光中に受光可能な受光部と、
前記発光部および前記受光部の制御を行う制御部と、
前記発光部が出射光を発してから前記受光部が反射光を受光するまでの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、
算出された前記距離を出力する出力部とを備え、
前記制御部は、
第1の期間中において、第1の測定距離範囲に対応する時間範囲である第1の測定時間範囲を設定し、
前記第1の測定時間範囲において、前記発光部に出射光を発せさせ、前記受光部を露光中にし、
さらに前記制御部は、第2の期間中において、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を設定し、
前記第2の測定時間範囲において、前記発光部に出射光を発せさせ、前記受光部を露光中にし、
前記第1の期間と前記第2の期間では、少なくとも一つの測定条件が異なり、
前記距離算出部は、前記第1の期間または前記第2の期間の少なくとも一方の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が前記反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する、
距離測定装置。

[請求項2]

前記測定条件は、測定距離範囲に対応する時間範囲、測定距離範囲に対応する時間範囲を複数の区間に分割するときの分割数、前記出射

光であるパルス光のパルス幅、前記パルス光のパルス数、前記パルス光の強度、露光時間、露光周期、露光回数、前記受光部の画像読み出し範囲、および、前記受光部の駆動回路の制御のうちの少なくともいずれか一つである、

請求項 1 に記載の距離測定装置。

[請求項3]

前記第 1 の期間と前記第 2 の期間とでは、前記出射光であるパルス光の発光強度、発光回数および光パルス幅のうちの少なくとも一つの測定条件が異なっており、

前記第 1 の測定距離範囲および第 2 の測定距離範囲の中点の位置のうち遠い方の測定距離範囲において、近い方の測定距離範囲と比べて、前記光パルスの発光強度、発光回数および光パルス幅の積の値が大きくなるように設定する、

請求項 1 に記載の距離測定装置。

[請求項4]

距離測定装置であって、

出射光を発する発光部と、

前記出射光が測定対象物で反射した反射光を露光中に受光可能な受光部と、

前記発光部および前記受光部の制御を行う制御部と、

発光部の出射光を発してから前記受光部が反射光を受光するまでの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、

算出された前記距離を出力する出力部とを備え、

前記制御部は、

第 1 の期間中において、第 1 の測定距離範囲に対応する時間範囲である第 1 の測定時間範囲を設定し、

前記第 1 の測定時間範囲において、前記発光部から出射光を発せさせ、前記受光部を露光中にさせ、

さらに、前記制御部は、

第2の期間中において、第2の測定距離範囲に対応する時間範囲である第2の測定時間範囲を K' 個(K' : 2以上の自然数)の区間に分割し、

前記発光部の出射光を発する時間および前記第2の測定時間範囲を含む繰り返し期間を繰り返し、かつ、少なくとも一つの前記繰り返し期間において、前記 K' 個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光状態とし、

前記距離算出部は、前記第1の期間または前記第2の期間の少なくとも一方の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が前記反射光を受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する、

距離測定装置。

[請求項5]

前記制御部は、

前記第1の期間中において、前記第1の測定時間範囲を K 個(K : 2以上の自然数)の区間に分割し、

前記発光部の出射光を発する時間および前記第1の測定時間範囲を含む繰り返し期間を K 回繰り返し、かつ、前記繰り返し期間ごとに前記発光部に出射光を発せさせ、前記繰り返し期間ごとに前記 K 個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光中にさせ、

前記第1の期間と前記第2の期間とは、測定条件を異ならせる制御を行い、

前記距離算出部は、前記第1の期間および前記第2の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する、

請求項4に記載の距離測定装置。

[請求項6]

前記制御部は、さらに、

前記第1の期間において算出された前記距離測定装置から前記測定

対象物までの距離に基づいて、前記第2の期間における測定条件を決定する、

請求項4に記載の距離測定装置。

[請求項7]

前記制御部は、

前記第1の期間において、前記受光部が前記反射光を受光せず前記測定対象物が第1の測定距離範囲に存在しないことを確認した場合、前記第2の期間における前記第2の測定距離範囲を変更する、

請求項6に記載の距離測定装置。

[請求項8]

前記制御部は、

前記第1の期間において、

前記受光部が前記反射光を受光し前記測定対象物が前記K個の区間のうち第L区間（L：K以下の自然数）に存在することを確認したとき、

前記第2の期間において、

前記第L区間を含み且つ前記第1の期間で用いた前記第1の測定時間範囲よりも短い前記第2の測定時間範囲をK'個（K'：2以上の自然数）の区間に分割し、前記発光部の出射光を発する時間および前記第2の測定時間範囲を含む第2繰り返し期間をK'回繰り返し、かつ、前記第2繰り返し期間ごとに前記K'個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光中にさせる制御を行い、

前記距離算出部は、前記第2の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する、

請求項6に記載の距離測定装置。

[請求項9]

前記制御部は、

前記第2の期間において、

前記受光部が前記反射光を受光し前記測定対象物が前記K'個の区間のうち第N区間（N：K'以下の自然数）に存在することを確認し

た場合に、

さらに、前記第2の期間に続く第3の期間において、

前記第N区間を含み且つ前記第2の期間で用いた前記第2の測定時間範囲以下の第3の測定時間範囲をO個（O：2以上の自然数）の区間に分割し、前記発光部の出射光を発する時間および前記第3の測定時間範囲を含む第3繰り返し期間をO回繰り返し、かつ、前記第3繰り返し期間ごとに前記O個の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光中にさせる制御を行い、

前記距離算出部は、前記第3の期間における前記発光部の出射光を発する時刻から前記受光部が受光した時刻までの時間に基づいて、前記距離測定装置から前記測定対象物までの距離を算出する、

請求項8に記載の距離測定装置。

[請求項10]

前記距離算出部は、

前記制御部により、前記受光部が前記反射光を受光し前記測定対象物が前記O個の区間のうち第P区間（P：O以下の自然数）に存在することを確認されたとき、

前記第3の期間において算出した距離と前記第2の期間において算出した距離との差分である差分距離を求め、

前記差分距離と、前記第2の期間の前記第N区間の開始時刻から前記第3の期間の前記第P区間の開始時刻までの時間との比を計算することで、前記距離測定装置の前記出射光の進行方向における速度を求める、

請求項9に記載の距離測定装置。

[請求項11]

前記制御部は、さらに、

前記第3の期間の開始時刻から前記第3の期間に続く第4の期間の開始時刻までの時間と前記速度とを乗算した値を、前記第3の期間において算出した距離に足すことで、前記第4の期間における前記測定対象物が存在する距離範囲を予測し、

前記第4の期間において、

予測した前記距離範囲に対応する時間範囲を含み、且つ、前記第3の測定時間範囲よりも短い第4の測定時間範囲を複数の区間に分割し、前記発光部の出射光を発する時間および前記第4の測定時間範囲を含む第4繰り返し期間を前記複数回繰り返し、かつ、前記第4繰り返し期間ごとに前記複数の区間の少なくとも一の区間に前記受光部を露光中にさせる制御を行う、

請求項10に記載の距離測定装置。

[請求項12]

前記受光部は、それぞれ受光可能である二次元的に配列された複数の画素を有し、

前記受光部は、複数の領域に分割され、前記複数の画素は、前記複数の領域のいずれかに属しており、

前記制御部は、

前記第1の期間および前記第2の期間のうち少なくとも前記第1の期間において、

前記第1の測定時間範囲をK個（K：2以上の自然数）の区間に分割し、前記発光部の出射光を発する時間および前記第1の測定時間範囲を含む繰り返し期間をK回繰り返し、

前記繰り返し期間の開始時刻ごとに、前記区間の半分より短い時間である狭パルス幅で出射光を前記発光部に発せさせ、

前記繰り返し期間の前記K個の区間それぞれにおいて、前記複数の領域の一を露光中にさせる制御を行う、

請求項4に記載の距離測定装置。

[請求項13]

前記制御部は、

前記複数の領域のそれぞれについて異なる領域を、前記繰り返し期間の前記K個の区間のうちの異なる区間において露光中にさせる制御を行う、

請求項12に記載の距離測定装置。

[請求項14] 前記制御部は、前記第1の期間において、前記受光部が前記反射光を複数受光することにより前記測定対象物が複数あり、かつ、前記K個の区間のうちの異なる区間に存在することを確認した場合、

前記第2の期間において、前記複数の領域のそれぞれについて異なる測定距離範囲を設定し、設定した前記異なる測定距離範囲に応じて前記第2の測定時間範囲を前記K'個の区間に分割する、

請求項12に記載の距離測定装置。

[請求項15] 前記複数の領域の行および列それぞれには、対応する露光用ゲートドライバが設けられており、前記露光用ゲートドライバのそれぞれは、独立に動作する、

請求項12に記載の距離測定装置。

[請求項16] 前記制御部は、

前記第1の測定時間範囲と前記第2の測定時間範囲とにおいて、前記発光部の出射光を発する周期を異ならせる、

請求項4に記載の距離測定装置。

[請求項17] 前記受光部は、それぞれ受光可能である二次元的に配列された複数の画素を有し、

前記制御部は、さらに、

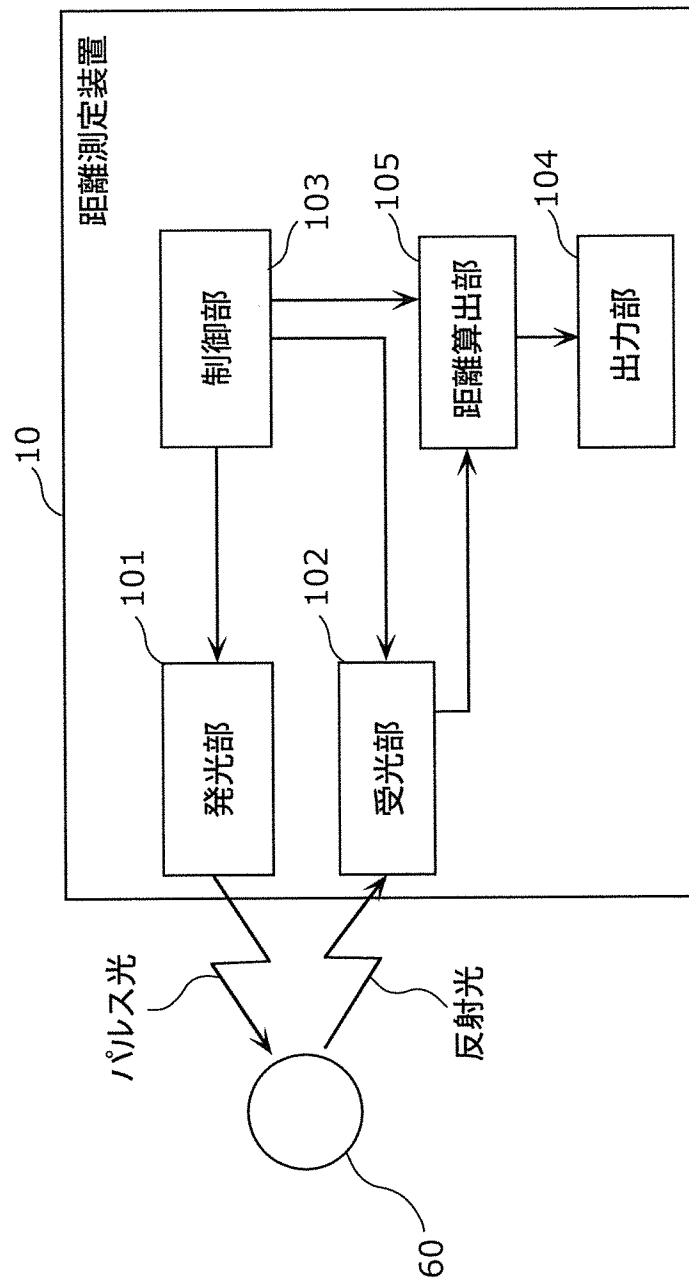
前記第1の期間および前記第2の期間のうちの少なくとも前記第1の期間において前記複数の画素が受光した反射光から前記測定対象物の距離に関する画像である距離画像を得、

前記第2の期間において前記複数の画素が受光した反射光の輝度を取得して前記測定対象物に関する輝度の画像である輝度画像を得、

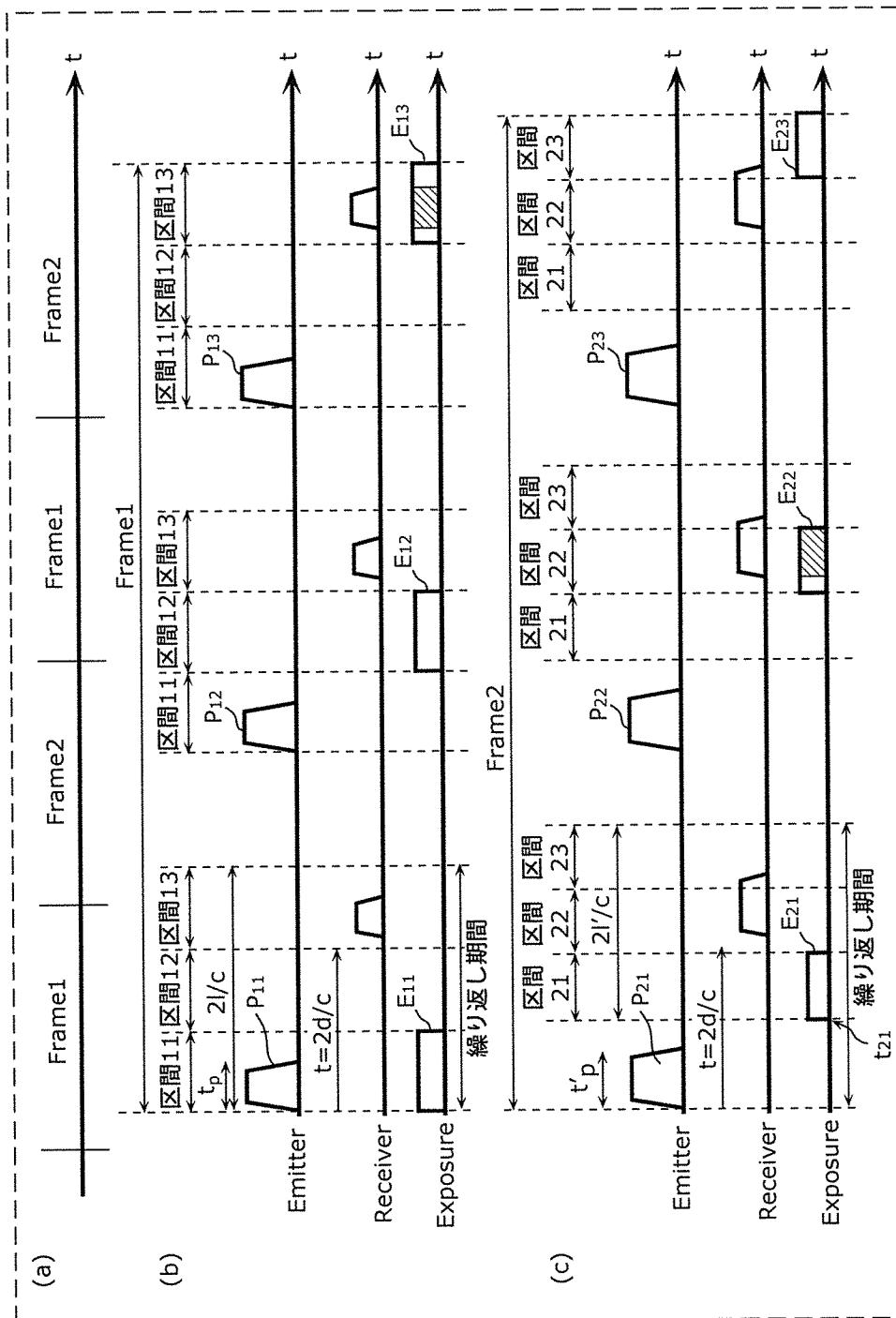
前記距離画像と前記輝度画像とに基づいて前記測定対象物を認識する、

請求項4に記載の距離測定装置。

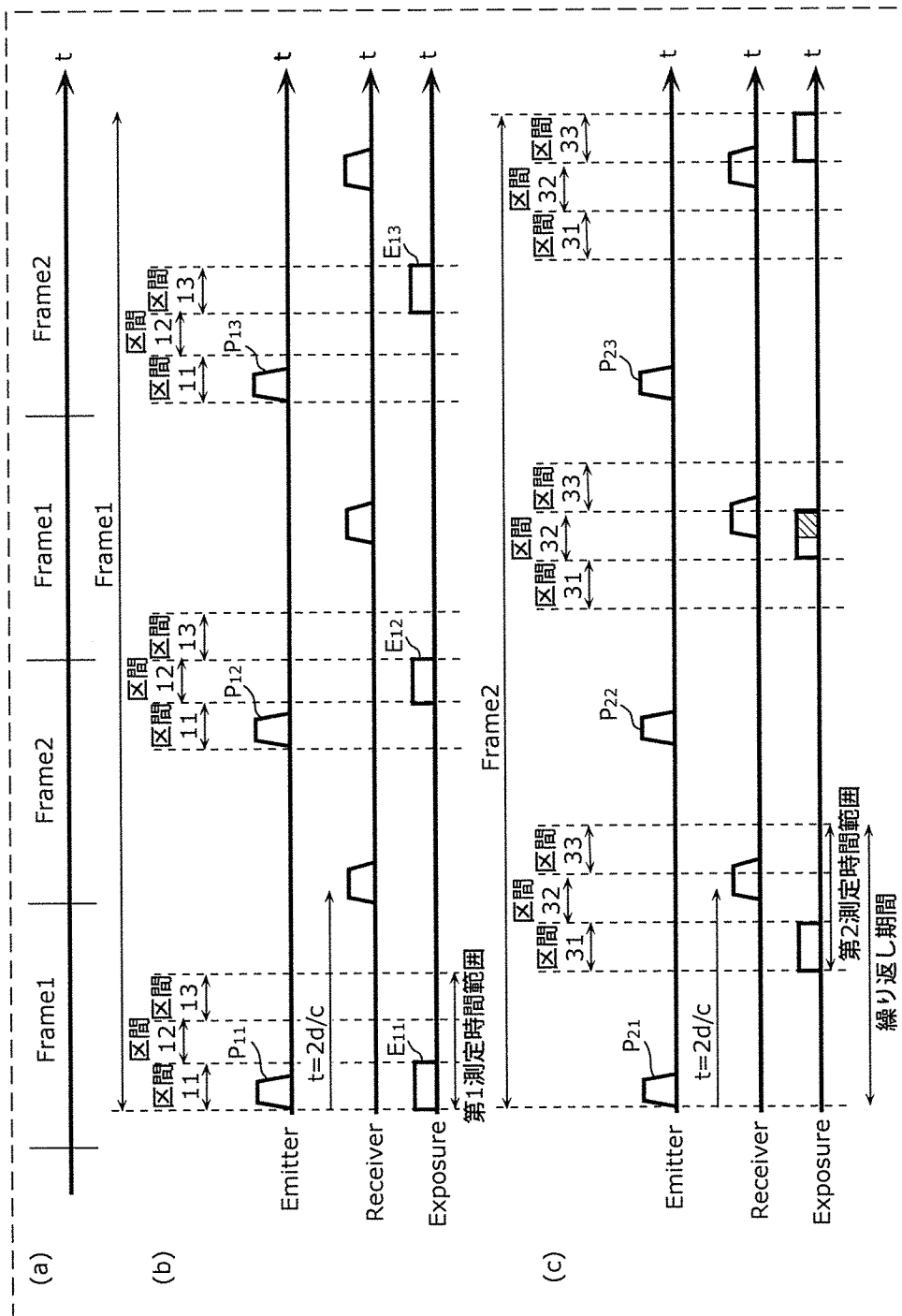
[図1]



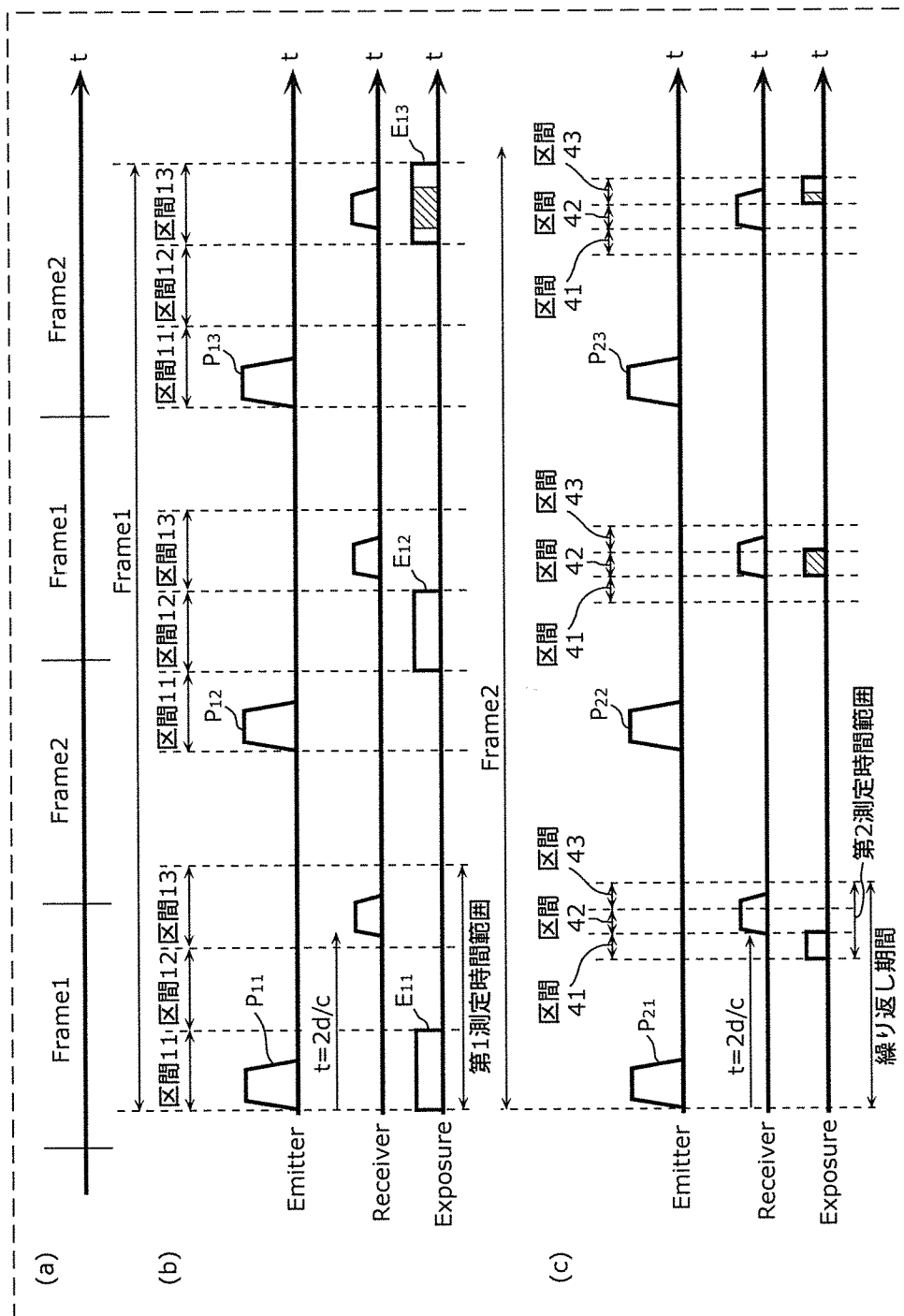
[図2]



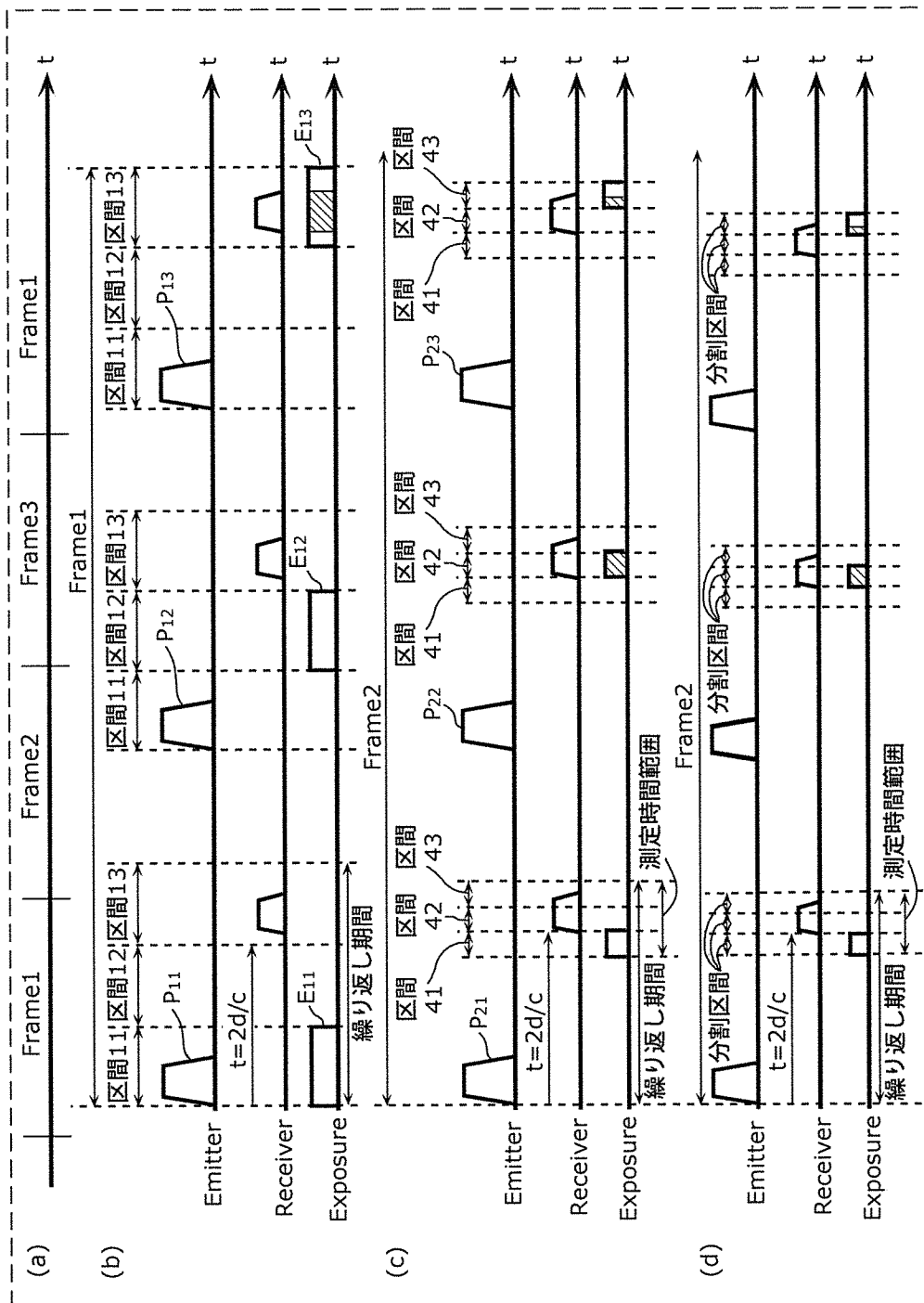
[図3]



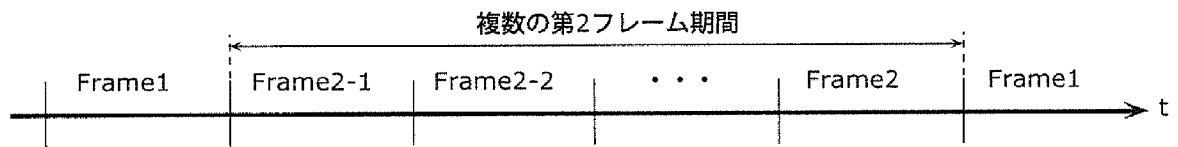
[図4]



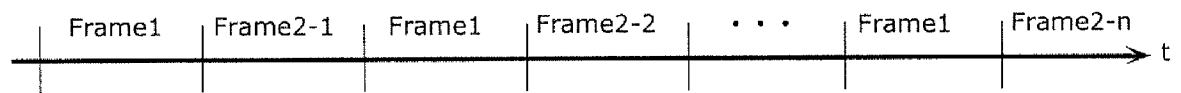
[図5]



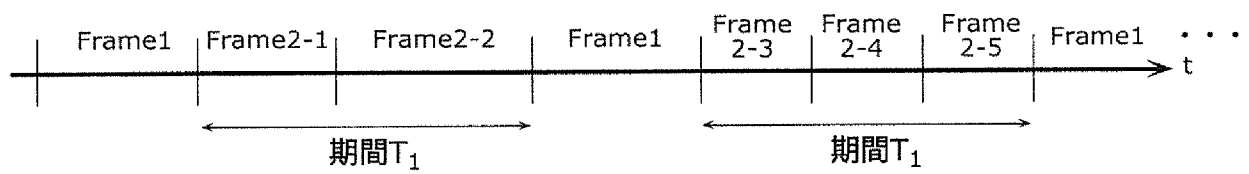
[図6A]



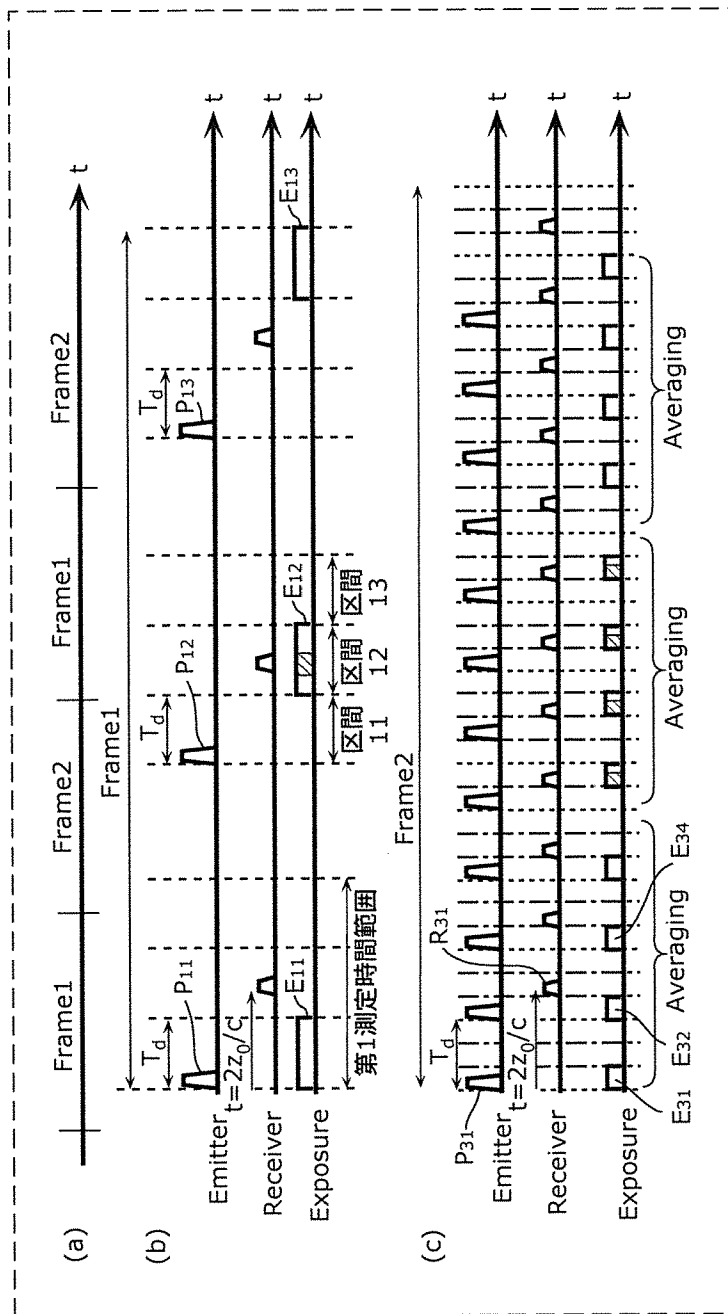
[図6B]



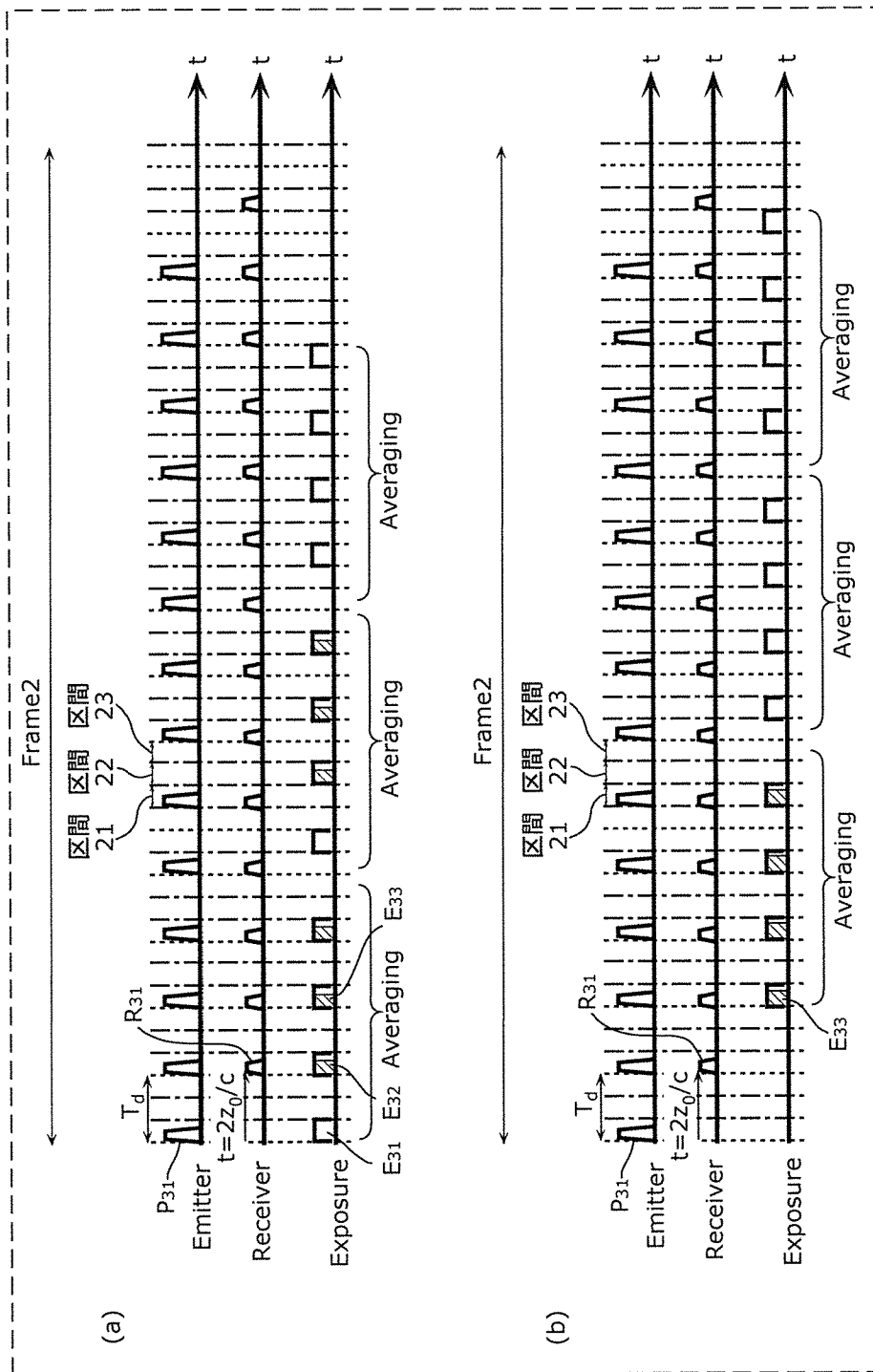
[図6C]



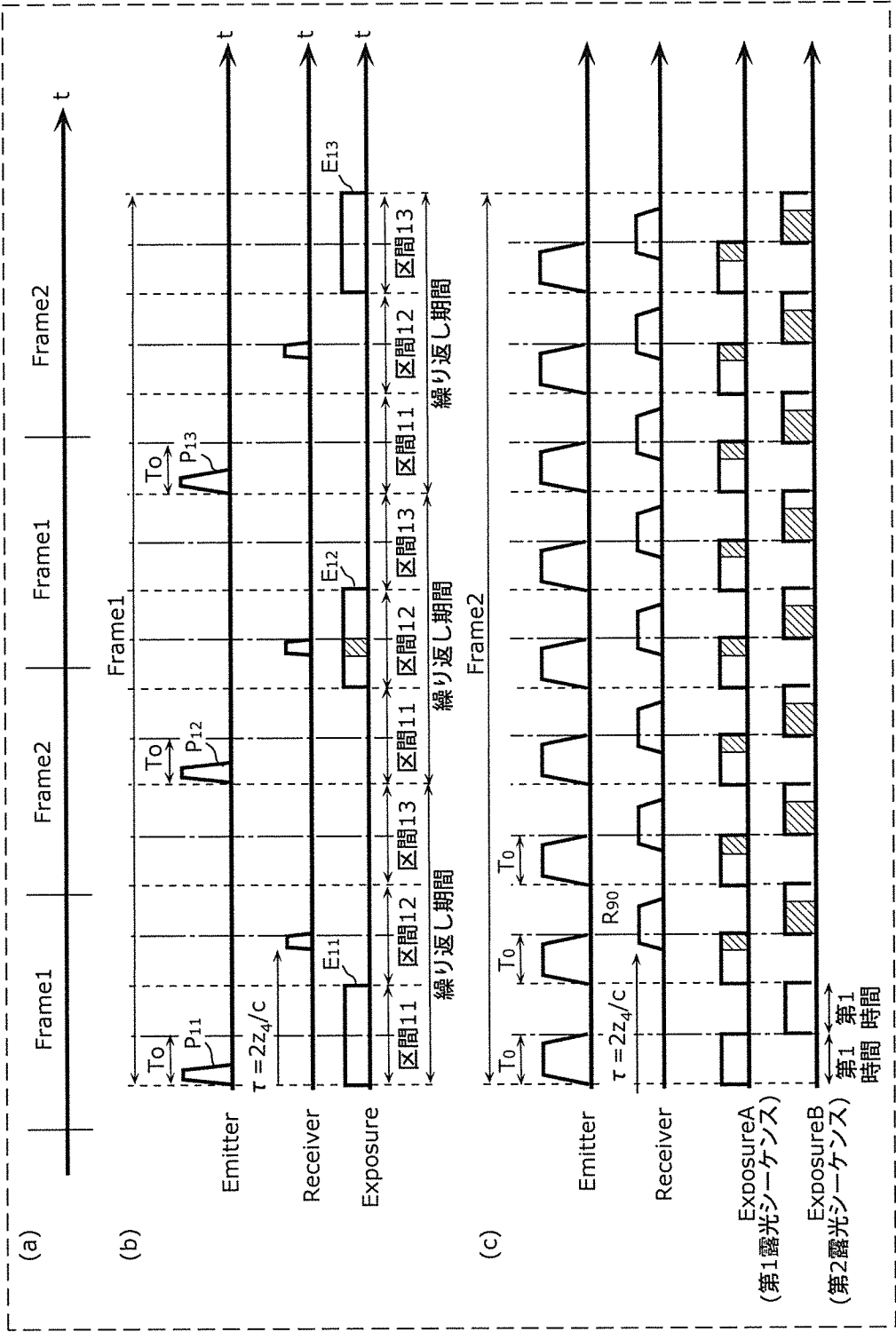
[図8]



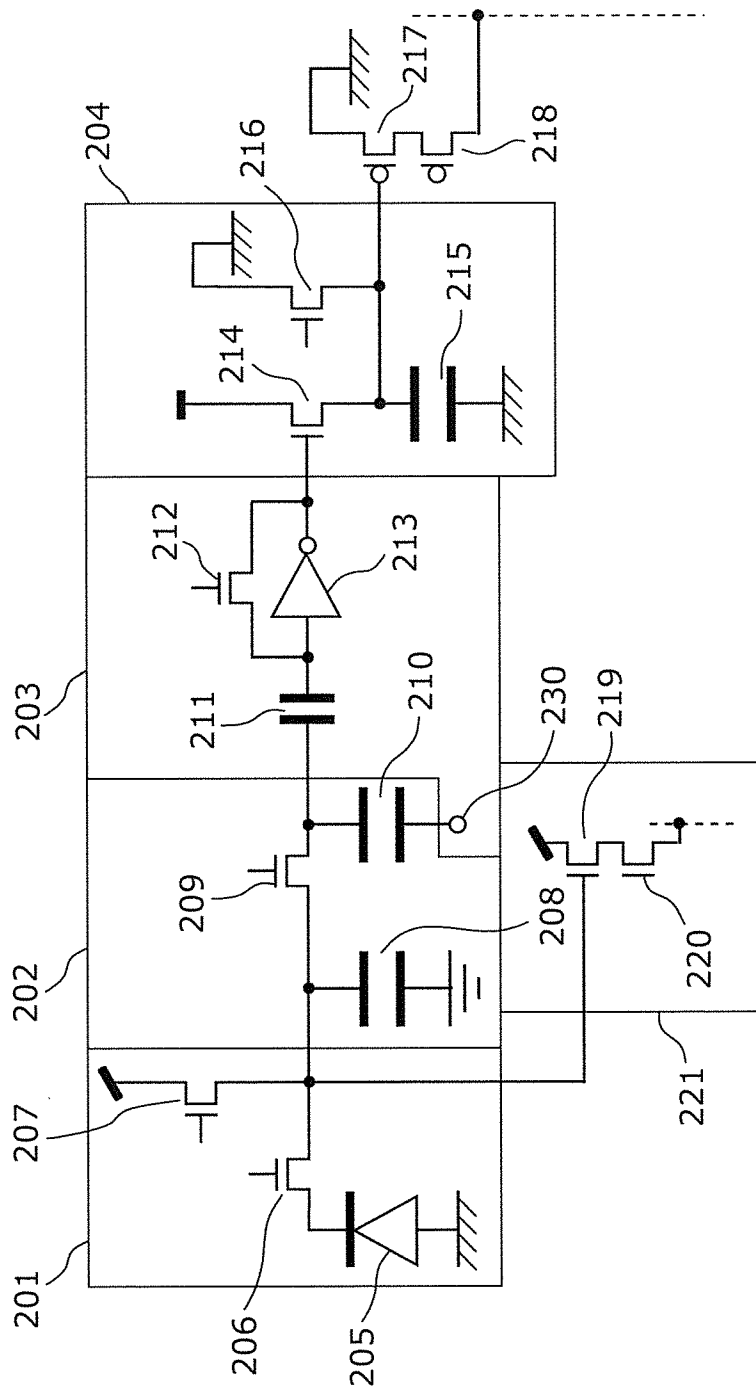
[図9]



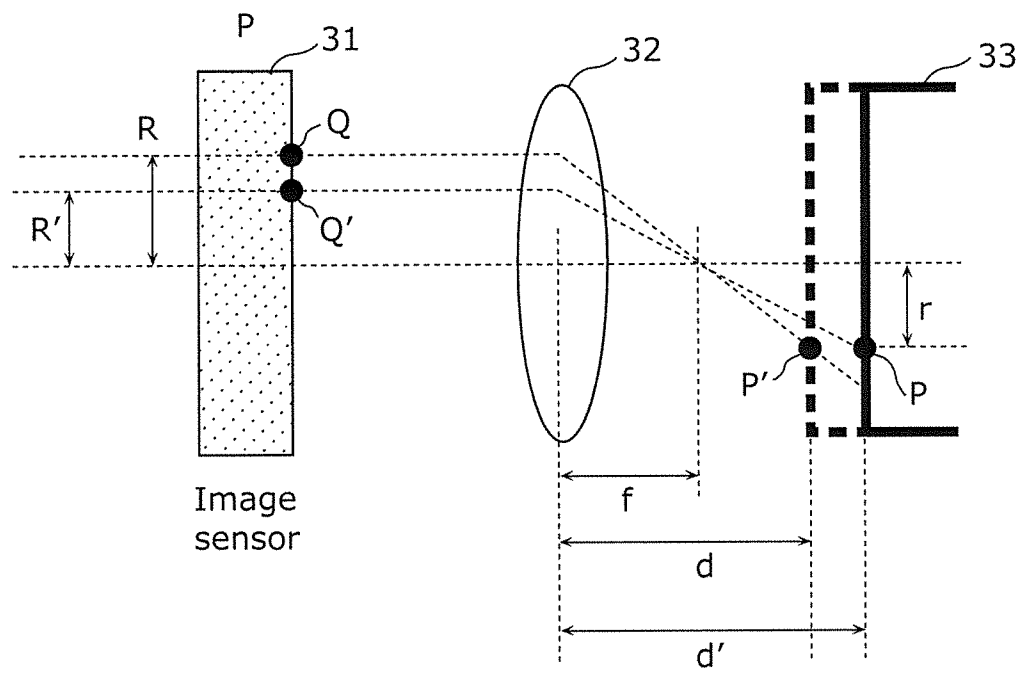
[図10]



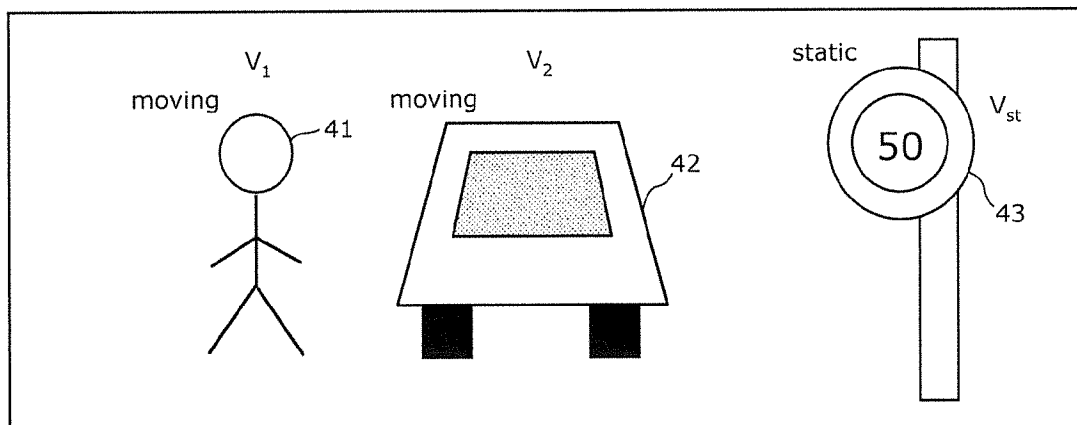
[図11]



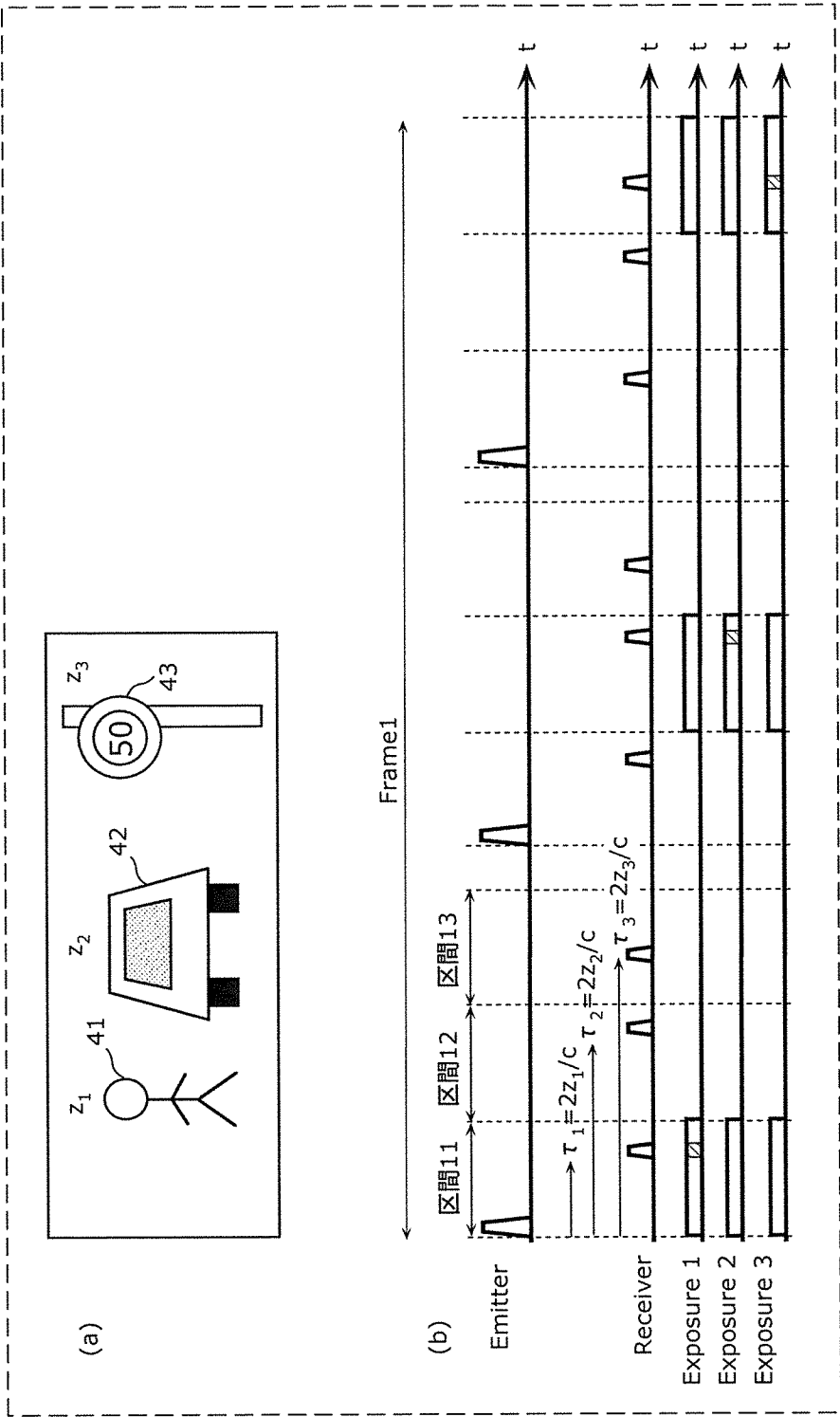
[図12]



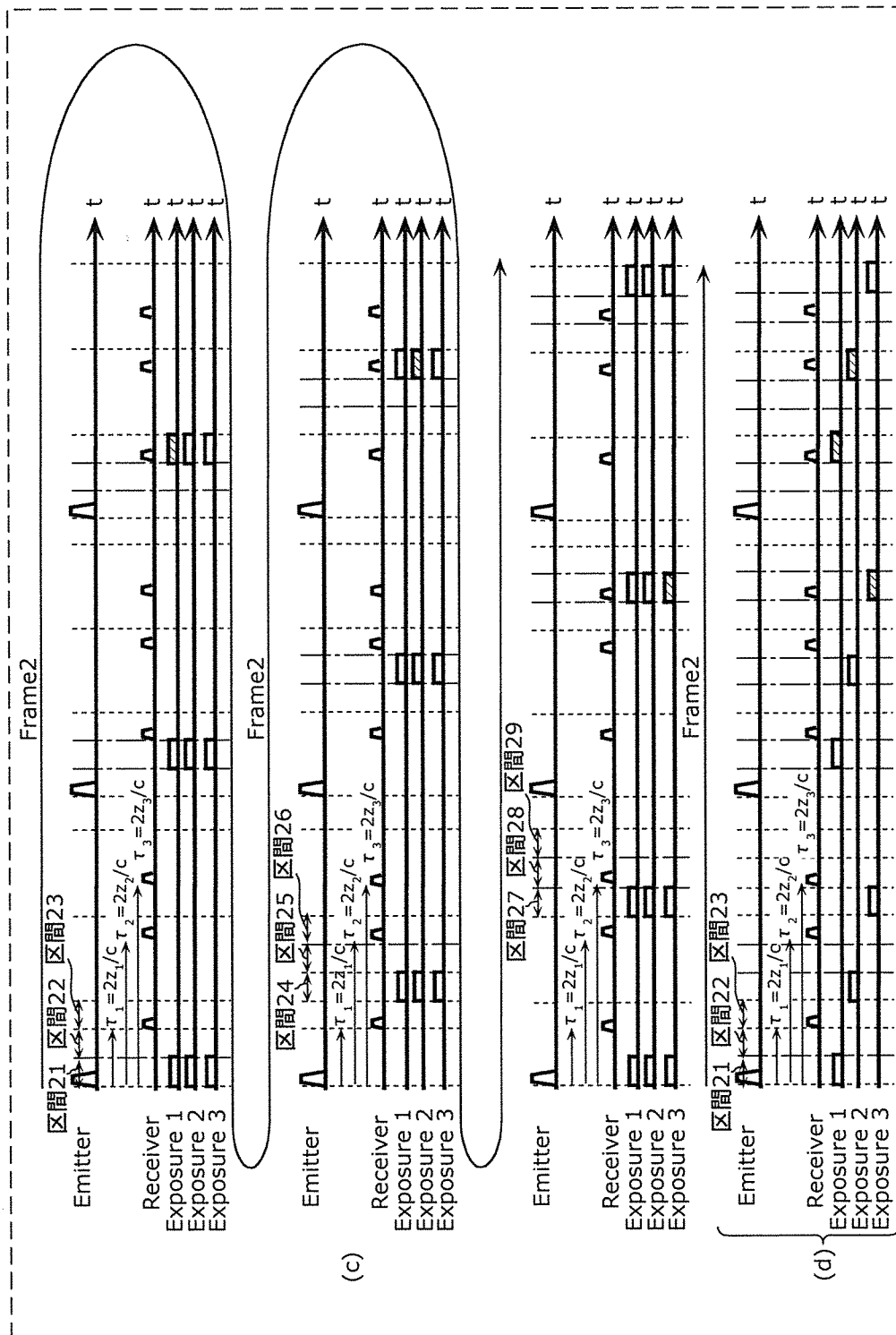
[図13]



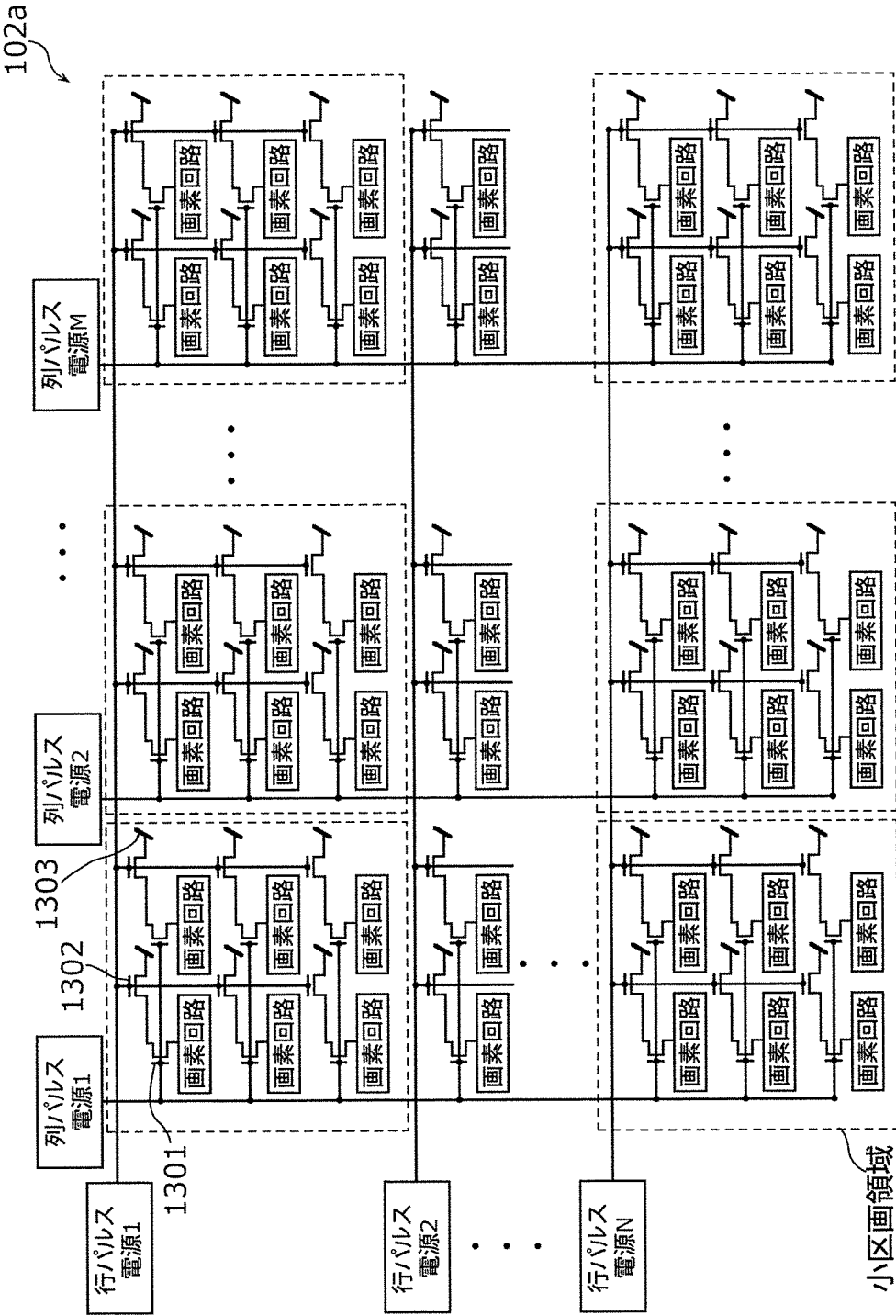
[図14A]



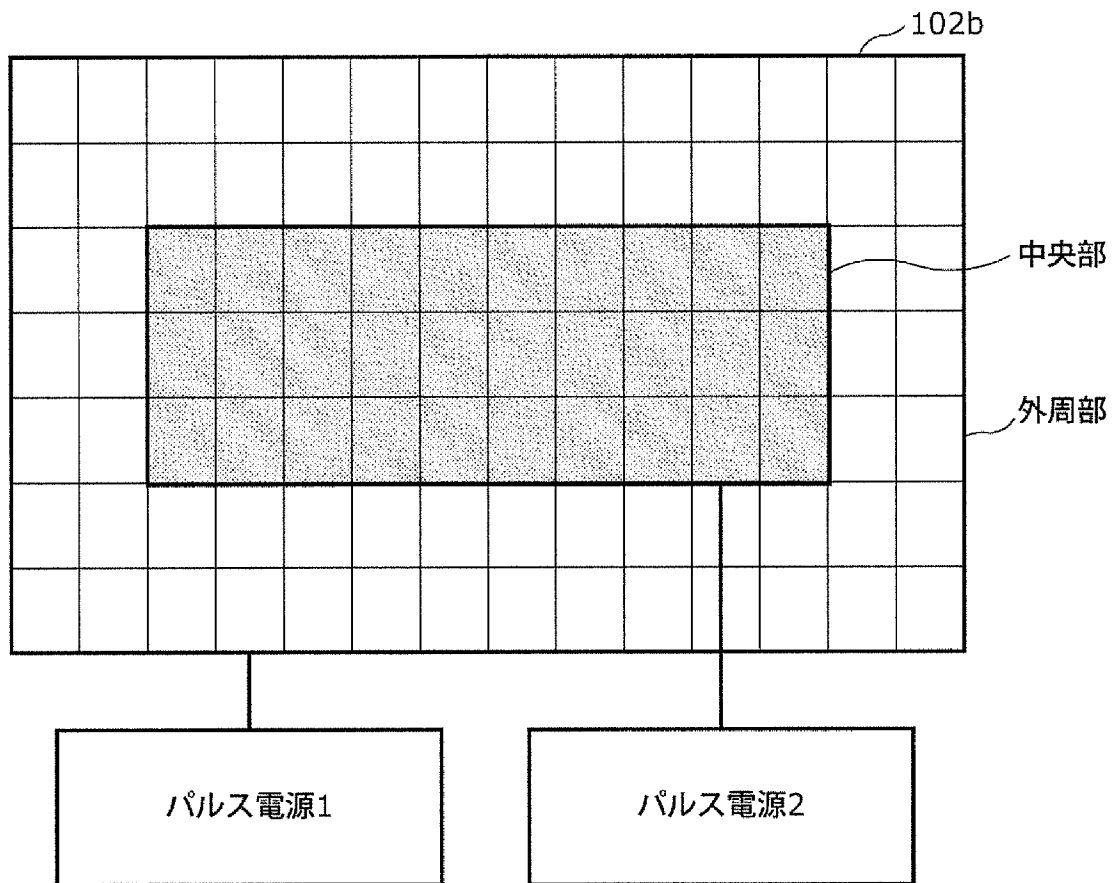
[図14B]



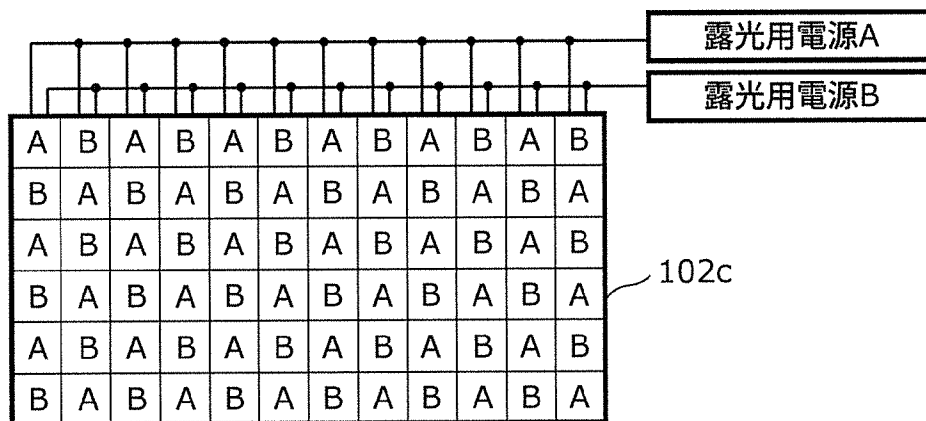
[図15]



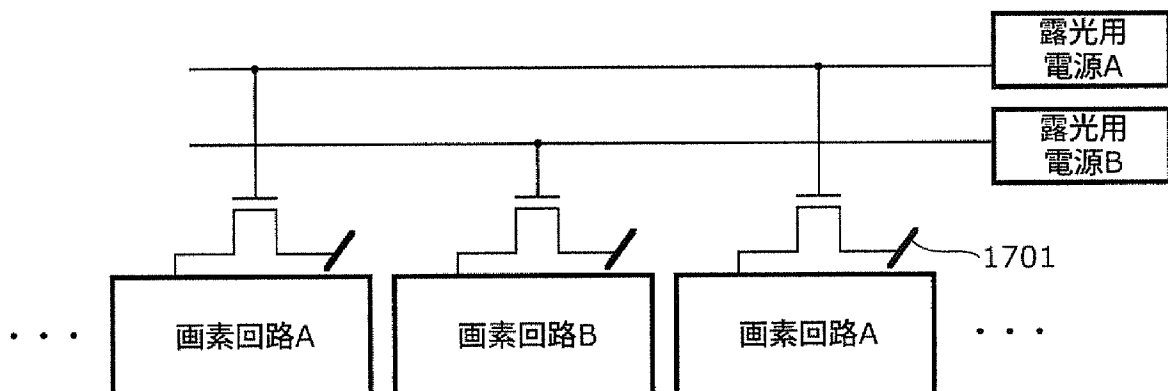
[図16]



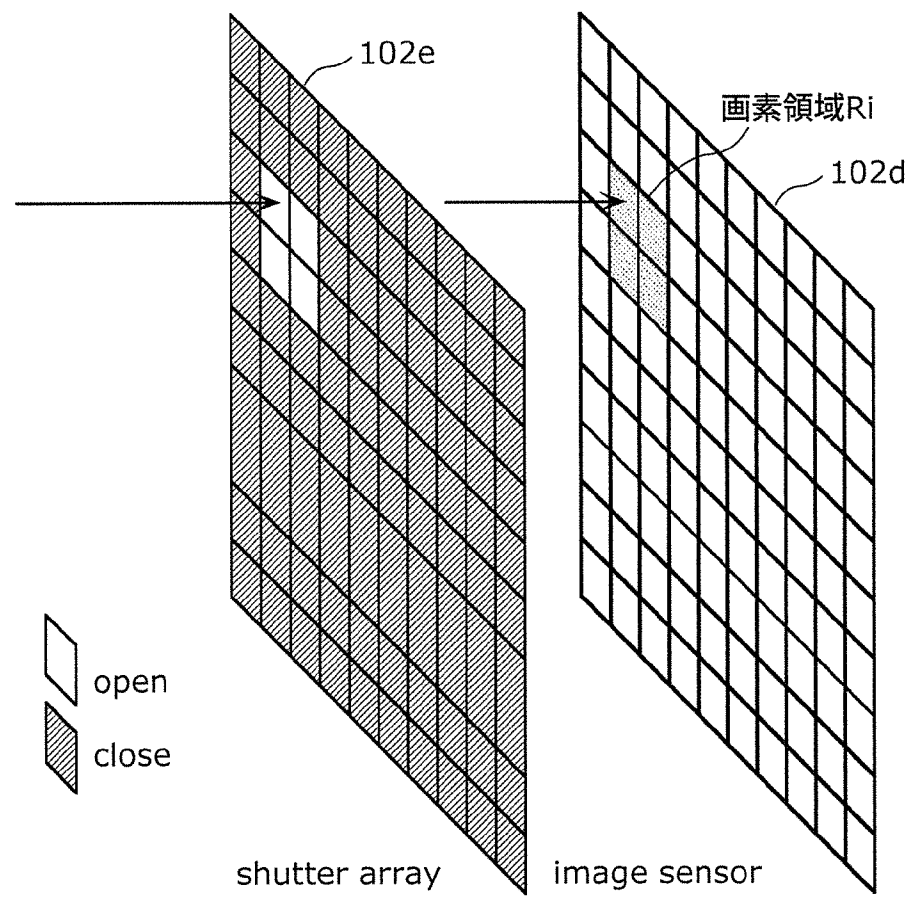
[図17A]



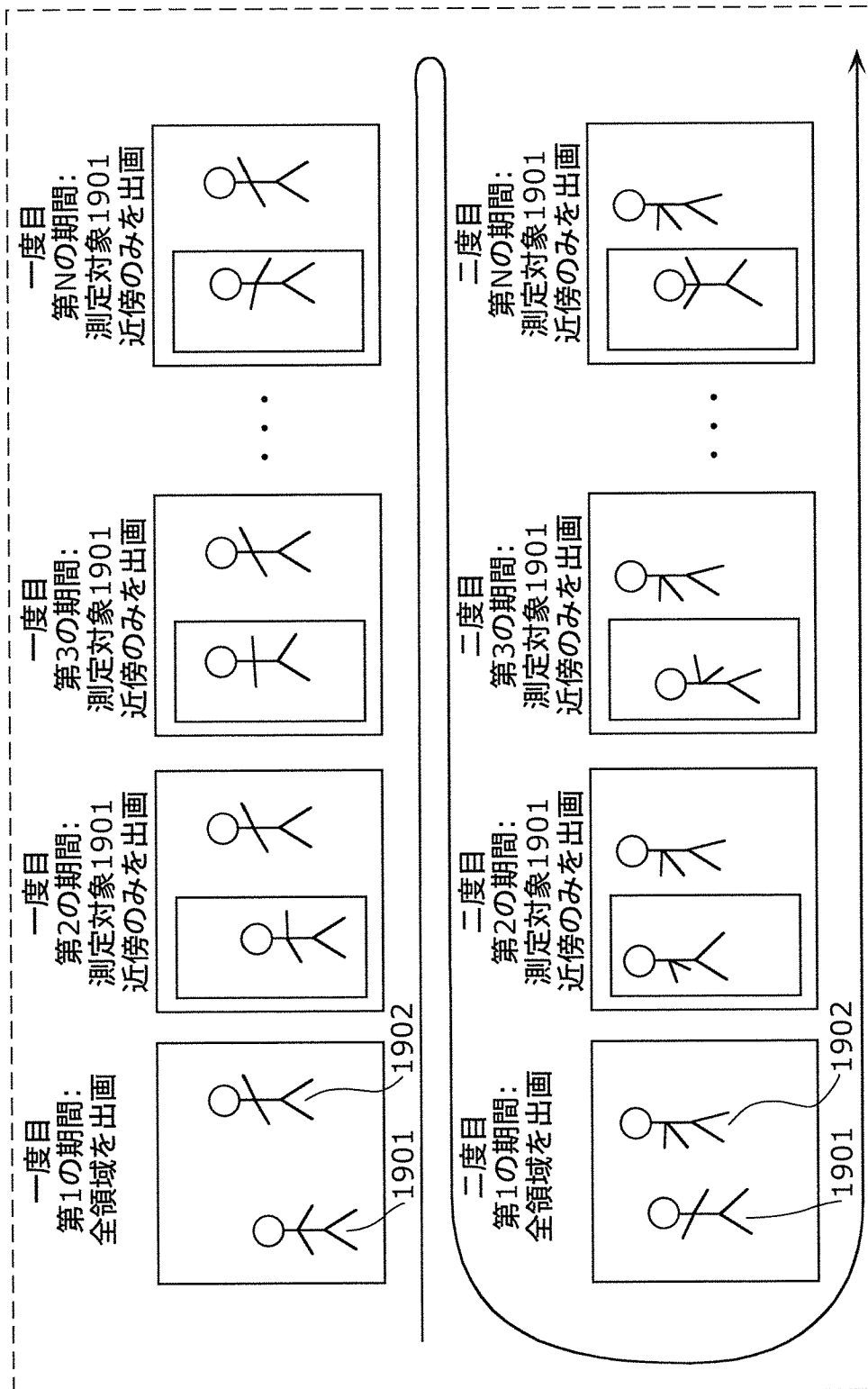
[図17B]



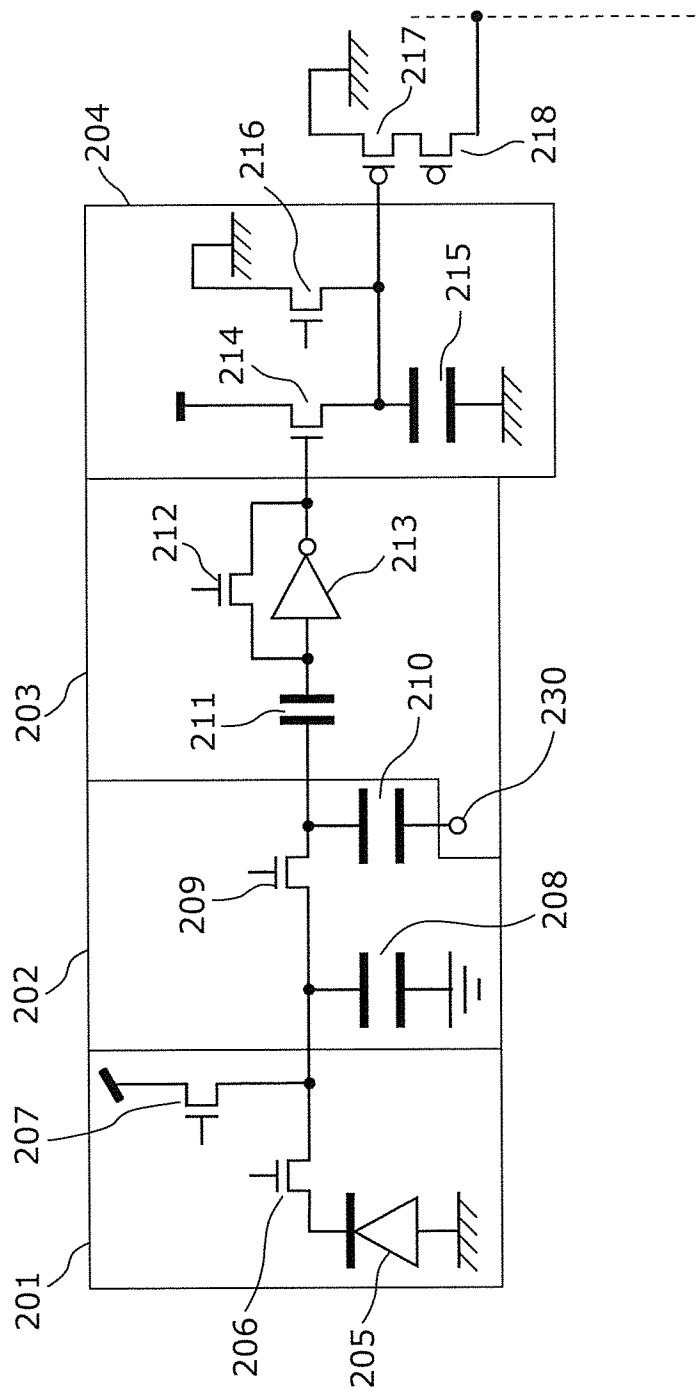
[図18]



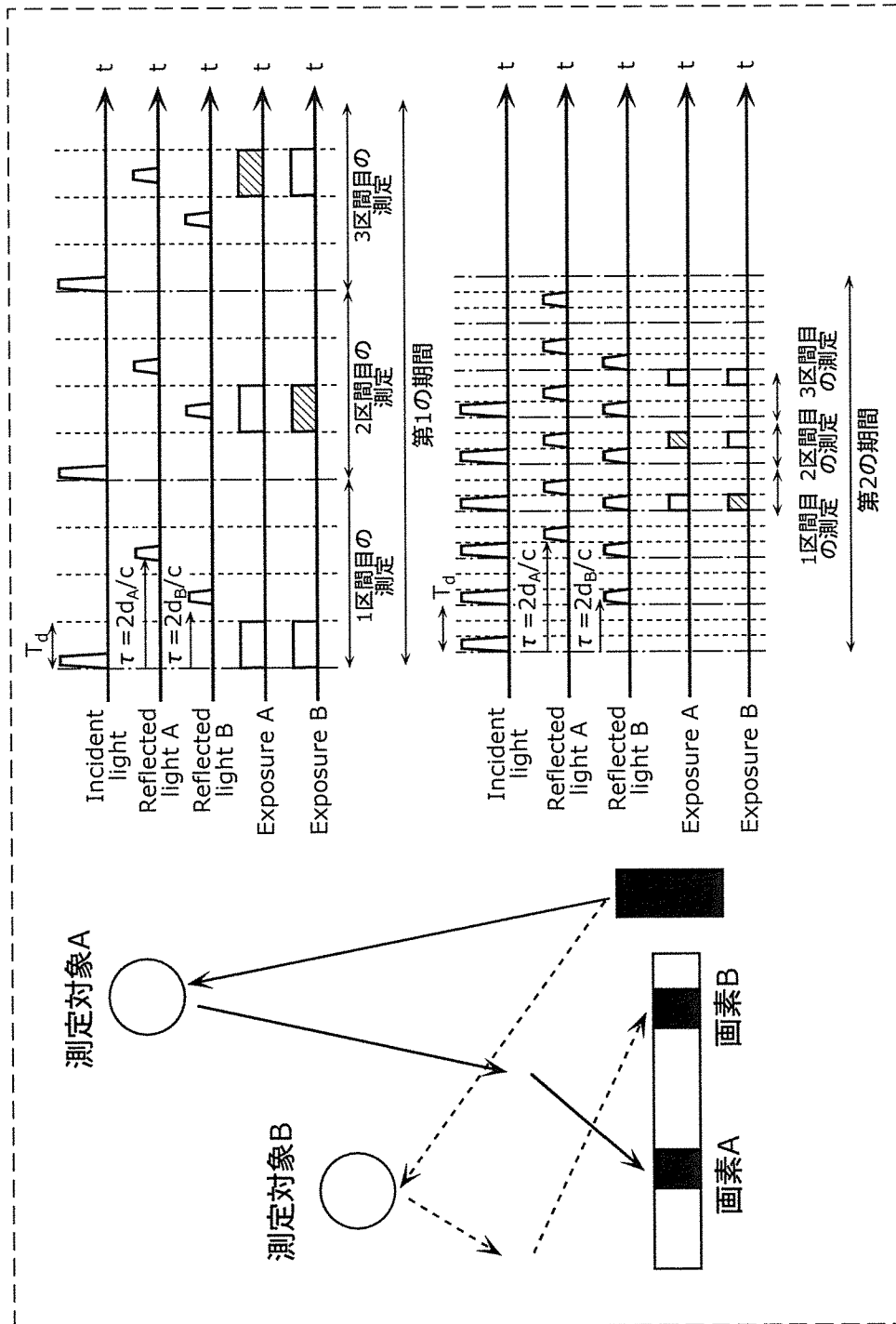
[図19]



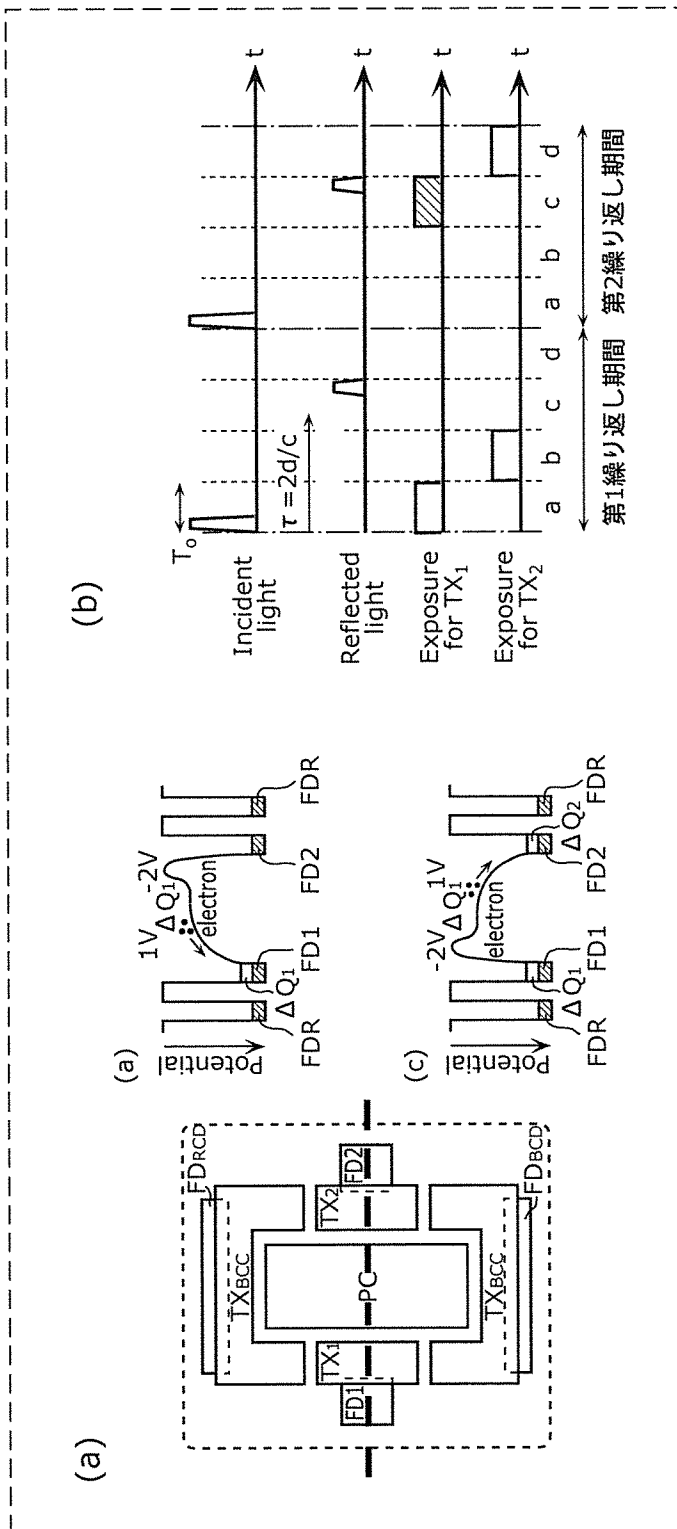
[図20]



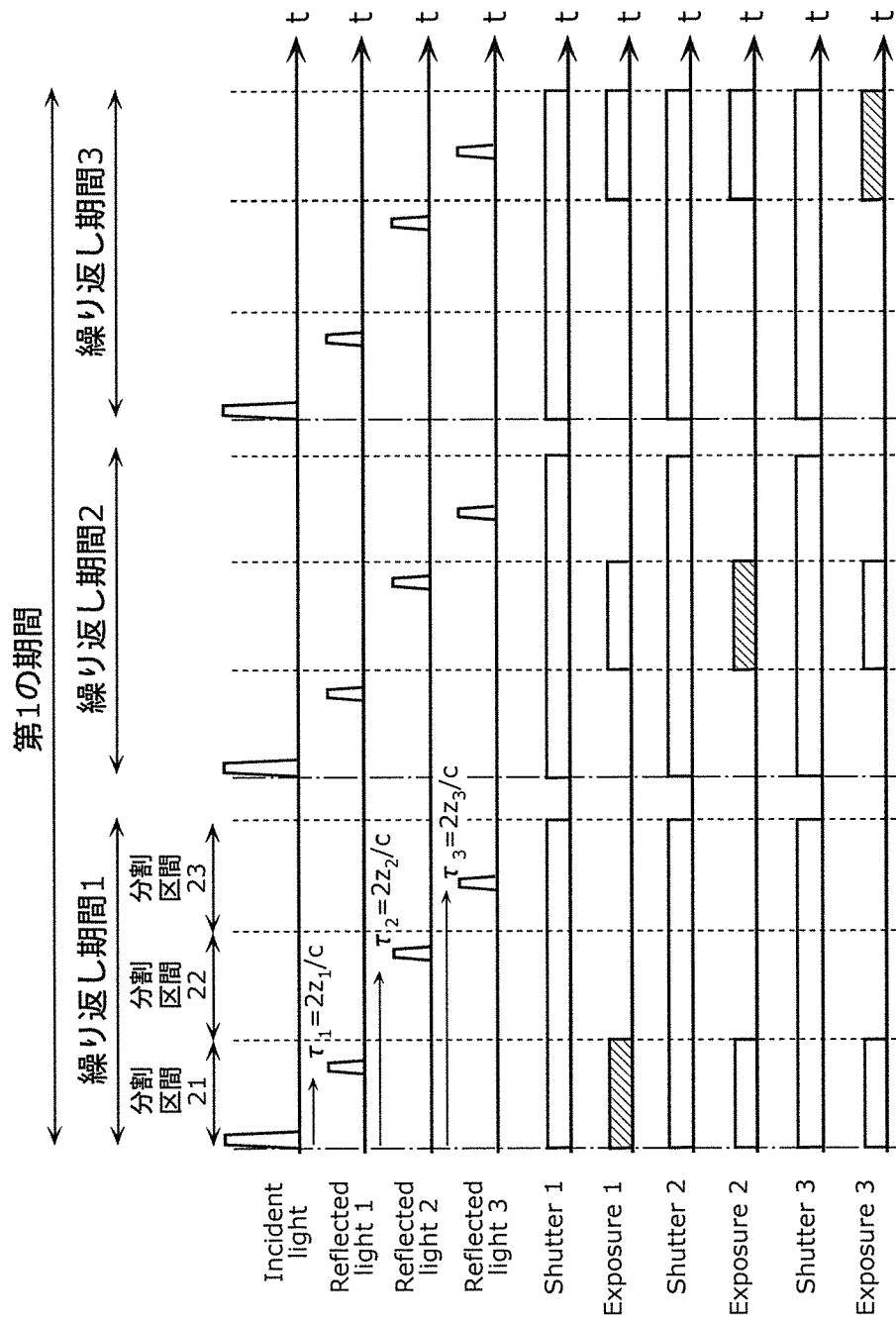
[図21]



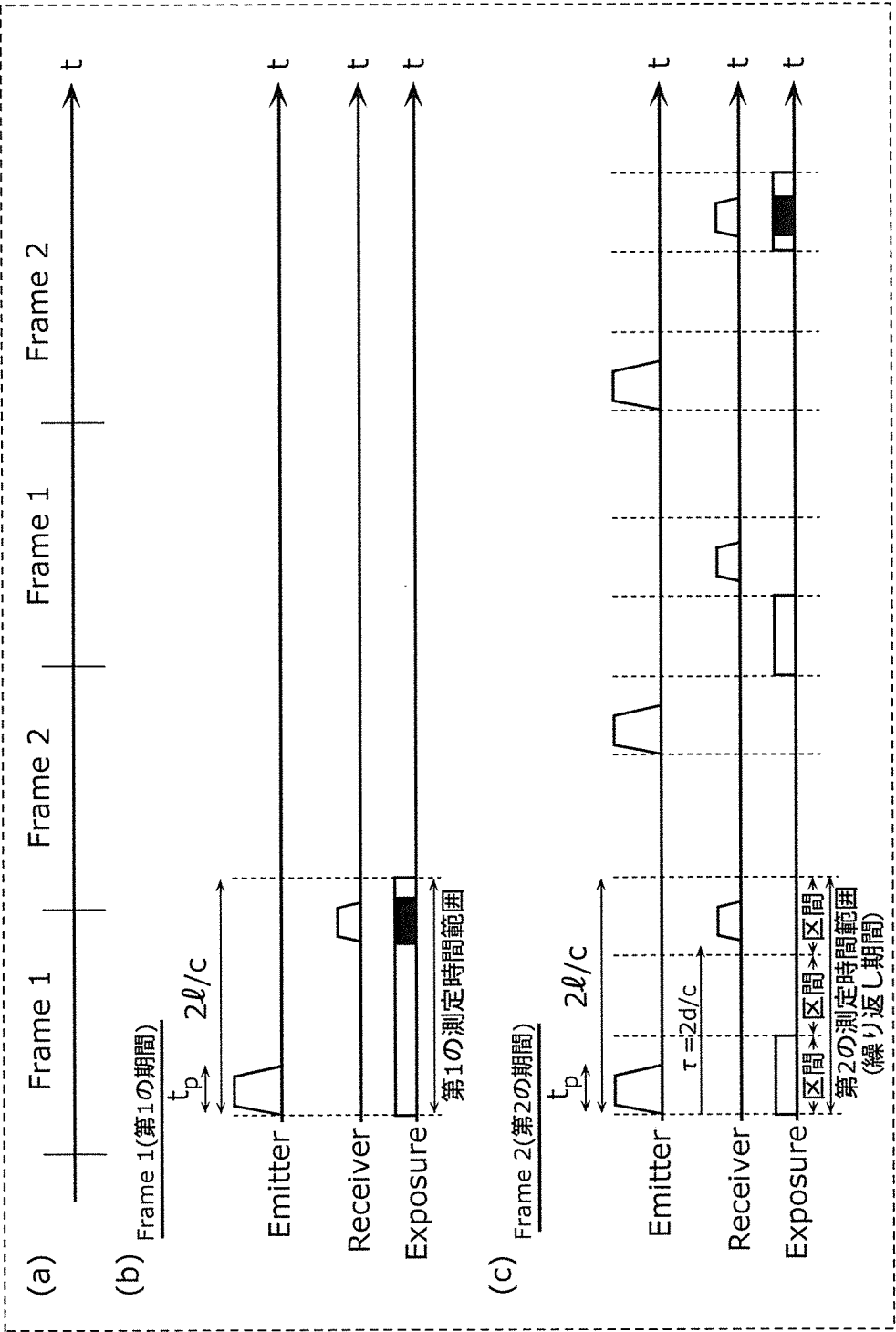
[図22]



[図23A]

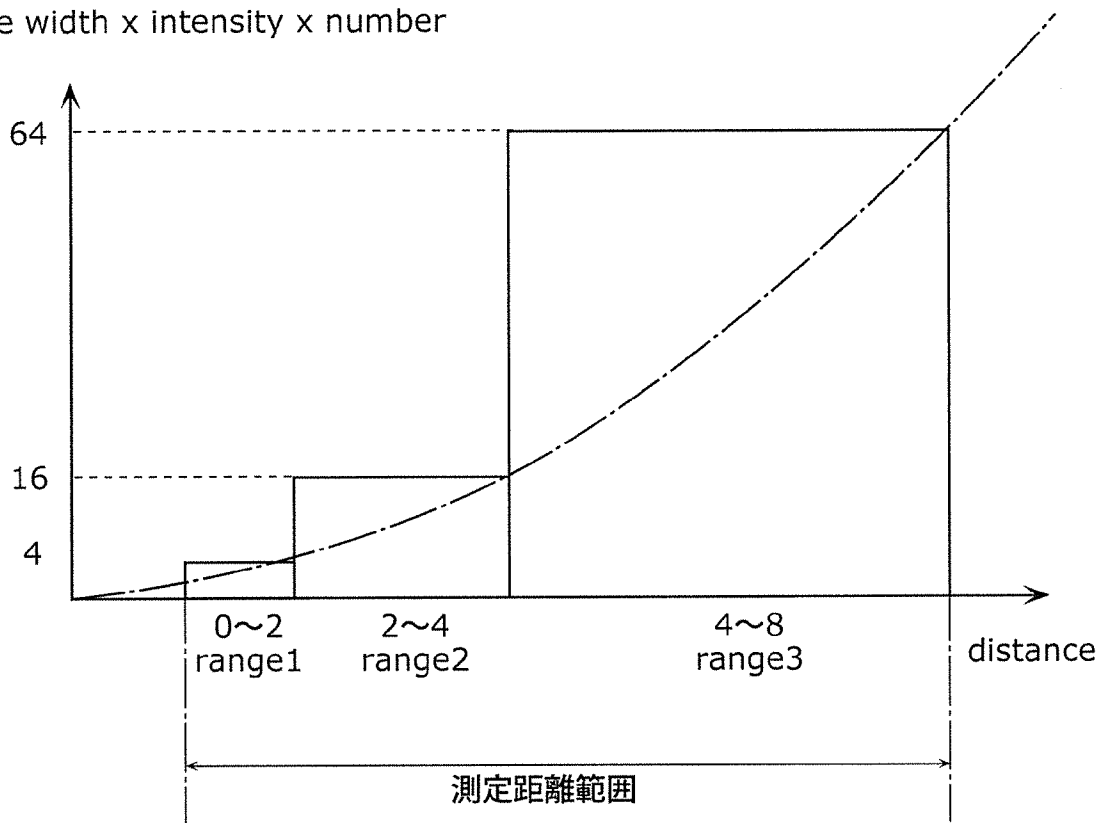


[図24]



[図25]

pulse width x intensity x number



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/10(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G01S7/487(2006.01)i

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)

G01S17/00-17/95, G01S7/42-7/51, G01C3/00-3/32

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y A	JP 2000-506971 A (Spectra Precision AB.), 06 June 2000 (06.06.2000), page 7, lines 5 to 12; page 8, line 4 to page 26, line 12; fig. 1 to 6 & US 6115112 A column 1, lines 5 to 18; column 1, line 50 to column 14, line 8; fig. 1A to 6 & WO 1997/033182 A1 & EP 885399 A1 & DE 69706653 T2 & SE 9600897 A	1-9, 16, 17 10-15
Y A	JP 2013-96941 A (Sony Corp.), 20 May 2013 (20.05.2013), paragraphs [0027] to [0115], [0174] to [0194]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-9, 16, 17 10-15

☒ 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
26 April 2017 (26.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005503

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 7-260937 A (Nikon Corp.), 13 October 1995 (13.10.1995), paragraphs [0008] to [0020]; fig. 1 to 4 (Family: none)	3, 7 1, 2, 4-6, 8-17
Y A	JP 2009-537832 A (Leica Geosystems AG.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0022] to [0064]; fig. 6 & US 2009/0185159 A1 paragraphs [0022] to [0065]; fig. 6 & WO 2007/134730 A1 & EP 1860462 A1 & CA 2650235 A1 & CN 101449181 A & AU 2007251977 A1	4-9, 16, 17 10-15
A	JP 2010-156711 A (Robert Bosch GmbH), 15 July 2010 (15.07.2010), paragraphs [0016] to [0079]; fig. 1 to 4 & US 2005/0083512 A1 paragraphs [0014] to [0079]; fig. 1 to 4 & WO 2004/017022 A1 & EP 1927821 A1 & DE 10232878 A1 & KR 10-1016565 B1	1-17
A	JP 2012-215481 A (Honda Motor Co., Ltd.), 08 November 2012 (08.11.2012), paragraphs [0060] to [0105]; fig. 11 to 18 (Family: none)	1-17
A	US 2013/0003041 A1 (SICK AG), 03 January 2013 (03.01.2013), paragraphs [0040] to [0076]; fig. 1 to 6 & EP 2541273 A1	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S17/10(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G01S7/487(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01S17/00-17/95, G01S7/42-7/51, G01C3/00-3/32

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y A	JP 2000-506971 A（スペクトラ プレシジョン アーベア） 2000.06.06, 第7頁第5-12行, 第8頁第4行-第26頁第12行, 図1-6 & US 6115112 A, 第1欄第5-18行, 第1欄第50行-第14欄第8行 , FIGs. 1A-6 & WO 1997/033182 A1 & EP 885399 A1 & DE 69706653 T2 & SE 9600897 A	1-9, 16, 17 10-15

☒ 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矛盾するものではなく、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

26.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

吉田 久

2S

3902

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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 A	JP 2013-96941 A (ソニー株式会社) 2013. 05. 20, 段落[0027]-[0115], [0174]-[0194], 図 1 - 5 (ファミリーなし)	1-9, 16, 17 10-15
Y A	JP 7-260937 A (株式会社ニコン) 1995. 10. 13, 段落[0008]-[0020], 図 1 - 4 (ファミリーなし)	3, 7 1, 2, 4-6, 8-17
Y A	JP 2009-537832 A (ライカ ジオシステムズ アクチュエゲゼルシ ヤフト) 2009. 10. 29, 段落[0022]-[0064], 図 6 & US 2009/0185159 A1, [0022]-[0065], Fig. 6 & WO 2007/134730 A1 & EP 1860462 A1 & CA 2650235 A1 & CN 101449181 A & AU 2007251977 A1	4-9, 16, 17 10-15
A	JP 2010-156711 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシヤフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング) 2010. 07. 15, 段落[0016]-[0079], 図 1 - 4 & US 2005/0083512 A1, [0014]-[0079], Figs. 1-4 & WO 2004/017022 A1 & EP 1927821 A1 & DE 10232878 A1 & KR 10-1016565 B1	1-17
A	JP 2012-215481 A (本田技研工業株式会社) 2012. 11. 08, 段落[0060]-[0105], 図 1 1 - 1 8 (ファミリーなし)	1-17
A	US 2013/0003041 A1 (SICK AG) 2013. 01. 03, 段落[0040]-[0076], FIGs. 1-6 & EP 2541273 A1	1-17