

(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
2020年6月4日(04.06.2020)



(10) 国際公開番号

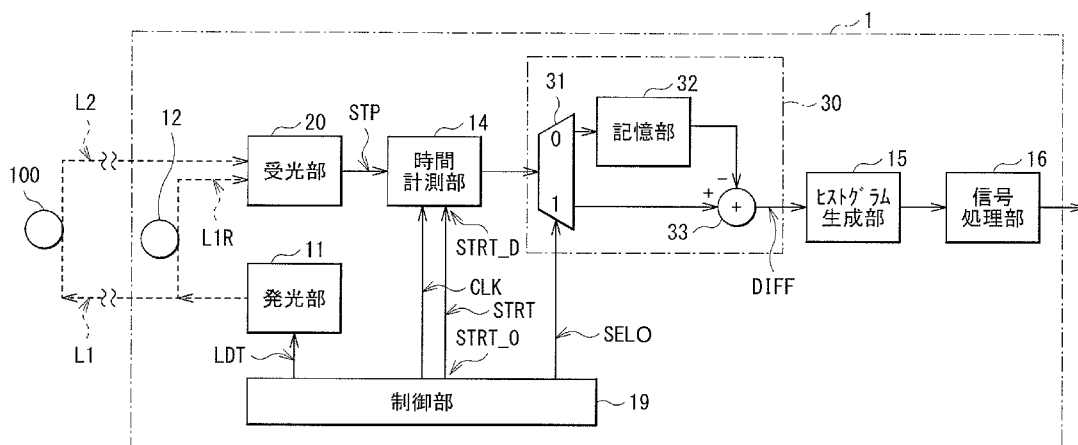
WO 2020/110475 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/10 (2006.01) G01S 7/486 (2006.01) 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039982 (72) 発明者: 樋山 拓己(HIYAMA, Hiroki); 〒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).
- (22) 国際出願日: 2019年10月10日(10.10.2019)
- (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 2018-224545 2018年11月30日(30.11.2018) 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
- (74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号さわだビル3階 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: TIME MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 時間計測装置

[図1]



- 11 Light emitting unit
14 Time measurement unit
15 Histogram generation unit
16 Signal processing unit
19 Control unit
20 Light receiving unit
32 Storage unit

(57) Abstract: A time measurement device of the present disclosure comprises: a first light receiving unit that can detect first pulse light corresponding to emitted pulse light emitted by a light emitting unit and second pulse light which is light reflected by a target; a first timing detecting unit that can detect a first light receiving timing of the first pulse light and a second light receiving timing of the second pulse light in the first light receiving unit on the basis of an output signal from the first light receiving unit; a first operation unit that can calculate a first time value by performing subtraction processing

[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, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

on the basis of the first light receiving timing and the second light receiving timing; and a histogram generation unit that can generate a histogram on the basis of a first time value.

(57) 要約: 本開示の時間計測装置は、発光部から出射した出射パルス光に応じた第1のパルス光、および出射パルス光に応じた、対象物による反射光である第2のパルス光を検出可能な第1の受光部と、第1の受光部の出力信号に基づいて、第1の受光部における第1のパルス光の第1の受光タイミングおよび第2のパルス光の第2の受光タイミングを検出可能な第1のタイミング検出部と、第1の受光タイミングおよび第2の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第1の時間値を算出可能な第1の演算部と、第1の時間値に基づいてヒストグラムを生成可能なヒストグラム生成部とを備える。

明 細 書

発明の名称： 時間計測装置

技術分野

[0001] 本開示は、光を射出したタイミングから光を検出したタイミングまでの時間を計測する時間計測装置に関する。

背景技術

[0002] 計測対象物までの距離を計測する際、しばしば、TOF (Time Of Flight) 法が用いられる。このTOF法では、光を射出するとともに、計測対象物により反射された反射光を検出する。そして、TOF法では、光を射出したタイミングおよび反射光を検出したタイミングの間の時間差を計測することにより、計測対象物までの距離を計測する（例えば特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-211881号公報

発明の概要

[0004] ところで、時間計測装置では、時間計測精度が高いことが望まれており、さらなる精度向上が期待されている。

[0005] 時間計測精度を高めることができる時間計測装置を提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態における時間計測装置は、第1の受光部と、第1のタイミング検出部と、第1の演算部と、ヒストグラム生成部とを備えている。第1の受光部は、発光部から出射した出射パルス光に応じた第1のパルス光、および出射パルス光に応じた、対象物による反射光である第2のパルス光を検出可能に構成される。第1のタイミング検出部は、第1の受光部の出力信号に基づいて、第1の受光部における第1のパルス光の第1の受光タイミングおよび第2のパルス光の第2の受光タイミングを検出可能に構成される。第1の演算部は、第1の受光タイミングおよび第2の受光タイミングに

基づいて、減算処理を行うことにより、第1の時間値を算出可能に構成される。ヒストグラム生成部は、第1の時間値に基づいてヒストグラムを生成可能に構成される。

[0007] 本開示の一実施の形態における時間計測装置では、第1の受光部において、発光部から出射した出射パルス光に応じた第1のパルス光が検出されるとともに、出射パルス光に応じた、対象物による反射光である第2のパルス光が検出される。第1のパルス光の第1の受光タイミング、および第2のパルス光の第2の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第1の時間値が算出される。そして、この第1の時間値に基づいてヒストグラムが生成される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の第1の実施の形態に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図2]図1に示した基準反射体の一構成例を表す説明図である。

[図3]図1に示した受光部の一構成例を表す回路図である。

[図4]図1に示したヒストグラム生成部が生成するヒストグラムの一例を表す説明図である。

[図5]図1に示した時間計測装置の一動作例を表すタイミング波形図である。

[図6]第1の実施の形態の変形例に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図7A]図6に示した時間計測装置の一動作例を表すタイミング波形図である。

[図7B]図6に示した時間計測装置の一動作例を表す他のタイミング波形図である。

[図8]第1の実施の形態の他の変形例に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図9]第1の実施の形態の他の変形例に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図10]図9に示した時間計測装置の一構成例を表す説明図である。

[図11]第2の実施の形態に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図12A]図11に示した時間計測装置の一動作例を表すタイミング波形図である。

[図12B]図11に示した時間計測装置の一動作例を表す他のタイミング波形図である。

[図13]第3の実施の形態に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図14]図13に示した時間計測装置の一動作例を表すタイミング波形図である。

[図15]第4の実施の形態に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図16]図15に示した受光部の一構成例を表す回路図である。

[図17]図15に示した時間計測装置の一動作例を表す説明図である。

[図18]図15に示した時間計測装置の一動作例を表すタイミング波形図である。

[図19]図15に示した時間計測装置の一動作例を表す他のタイミング波形図である。

[図20]図15に示した時間計測装置の一動作例を表す他のタイミング波形図である。

[図21]図15に示した時間計測装置の一動作例を表す他のタイミング波形図である。

[図22]第4の実施の形態の変形例に係る時間計測装置の一構成例を表すブロック図である。

[図23A]図22に示した時間計測装置の一動作例を表す説明図である。

[図23B]図22に示した時間計測装置の一動作例を表す他の説明図である。

[図24]車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図25]車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 第1の実施の形態
2. 第2の実施の形態
3. 第3の実施の形態
4. 第4の実施の形態
5. 移動体への応用例

[0010] <1. 第1の実施の形態>

[構成例]

図1は、第1の実施の形態に係る時間計測装置（時間計測装置1）の一構成例を表すものである。時間計測装置1は、光を射出するとともに、計測対象物100により反射された反射光を検出し、光を射出したタイミングおよび反射光を検出したタイミングの間の時間差を計測するように構成される。時間計測装置1は、発光部11と、基準反射体12と、受光部20と、時間計測部14と、演算部30と、ヒストグラム生成部15と、信号処理部16と、制御部19とを備えている。

[0011] 発光部11は、制御部19から供給されたトリガ信号LDTに基づいて、パルス幅PWを有するパルス光（出射パルス光L0）を射出するように構成される。発光部11は、例えば、赤外光を射出するパルスレーザ光源を含んで構成される。

[0012] 基準反射体12は、時間計測装置1における所定の位置に配置され、発光部11から出射した光の一部を反射させ、反射させた光を受光部20に導くように構成される。

[0013] 図2は、基準反射体12の一構成例を表すものである。時間計測装置1は、支持基板9と、遮光体13とを有している。発光部11、遮光体13、および受光部20は、この例では、支持基板9の表面の同一面内に、この順に

配置されている。これにより、時間計測装置 1 では、発光部 1 1 から出射した光が受光部 2 0 において直接検出されないようになっている。

[0014] この例では、基準反射体 1 2 は、ハーフミラー 1 2 A である。ハーフミラー 1 2 A は、発光部 1 1 から出射する光の光路上に、発光部 1 1 から離間して配置される。ハーフミラー 1 2 A は、発光部 1 1 から出射した出射パルス光 L_0 のうちの一部を受光部 2 0 に向かって反射させ、残りを透過させる。ハーフミラー 1 2 A により反射された光は、基準パルス光 $L_1 R$ として受光部 2 0 に向かって進む。この例では、ハーフミラー 1 2 A は、所定の位置に配置されているので、発光部 1 1 からこのハーフミラー 1 2 A を介して受光部 2 0 へ至る光の光路長（基準光路長 L_{EN} ）は、既知である。よって、パルス光が発光部 1 1 からハーフミラー 1 2 A を介して受光部 2 0 へ飛行する時間（飛行時間 $T_{OF R}$ ）もまた既知である。また、ハーフミラー 1 2 A を透過した光は、パルス光 L_1 として計測対象物 1 0 0 に向かって進む。そして、計測対象物 1 0 0 により反射された光が、反射パルス光 L_2 として受光部 2 0 に向かって進むようになっている。

[0015] 受光部 2 0（図 1）は、出射パルス光 L_0 に応じた、基準反射体 1 2 による反射光である基準パルス光 $L_1 R$ と、出射パルス光 L_0 に応じた、計測対象物 1 0 0 による反射光である反射パルス光 L_2 とを検出するように構成される。

[0016] 図 3 は、受光部 2 0 の一構成例を表すものである。受光部 2 0 は、受光素子 2 1 と、抵抗素子 2 2 と、インバータ 2 3 とを有している。

[0017] 受光素子 2 1 は、光を検出する光電変換素子であり、例えば、シングルフォトンアバランシェダイオード（SPAD）を含んで構成される。受光素子 2 1 のアノードには電圧 V_{and} が供給され、カソードは抵抗素子 2 2 およびインバータ 2 3 に接続される。なお、これに限定されるものではなく、シングルフォトンアバランシェダイオード以外の受光素子を用いてもよい。

[0018] 抵抗素子 2 2 の一端には電圧 V_{DDH} が供給され、他端は受光素子 2 1 のカソードおよびインバータ 2 3 に接続される。

- [0019] インバータ 23 の入力端子は受光素子 21 のカソードおよび抵抗素子 22 の他端に接続される。そして、インバータ 23 は信号 S T P を生成するようになっている。
- [0020] 受光素子 21 では、入射光に基づいて電子・正孔対が形成され、アバランシェブレークダウンが生じる。これにより、受光素子 21 のカソードにおける電圧（カソード電圧）は、電圧 V D D H から電圧 V A N D 付近の電圧にまで一旦低下する。そして、受光素子 21 においてアバランシェブレークダウンが終了すると、受光素子 21 のカソードが抵抗素子 22 に流れる電流により充電され、カソード電圧が電圧 V D D H に戻る。インバータ 23 は、このようなカソード電圧に基づいて、パルス信号である信号 S T P を生成するようになっている。
- [0021] 時間計測部 14 は、T D C（Time to Digital Converter）であり、制御部 19 から供給された信号 S T R T（信号 S T R T__D）に基づいて、制御部 19 から供給されたクロック信号 C L K に含まれるクロックパルスのカウントを開始し、信号 S T P に基づいてカウント値 C N T を出力するように構成される。時間計測部 14 から出力されるカウント値 C N T は、受光素子 21 がパルス光を検出したタイミングを示す。信号 S T R T__O は、制御部 19 の出力端子における信号であり、信号 S T R T__D は、時間計測部 14 の入力端子における信号である。すなわち、信号 S T R T__D は、制御部 19 から時間計測部 14 への信号経路の分だけ、信号 S T R T__O から遅延した信号である。
- [0022] 演算部 30 は、時間計測部 14 から供給されたカウント値 C N T に基づいて、差分値 D I F F を算出するように構成される。この差分値 D I F F は、後述するように、パルス光が発光部 11 から計測対象物 100 を介して受光部 20 へ飛行する飛行時間 T O F O に応じた値である。演算部 30 は、デマルチプレクサ 31 と、記憶部 32 と、減算部 33 とを有している。
- [0023] デマルチプレクサ 31 は、制御部 19 から供給された選択制御信号 S E L O に基づいて、時間計測部 14 から供給されたカウント値 C N T を、記憶部

32 または減算部33に選択的に供給するように構成される。具体的には、デマルチプレクサ31は、選択制御信号SEL0が低レベル（“0”）である場合には、時間計測部14から供給されたカウント値CNTを記憶部32に供給し、選択制御信号SEL0が高レベル（“1”）である場合には、時間計測部14から供給されたカウント値CNTを減算部33に供給するようになっている。

[0024] 記憶部32は、例えばレジスタを含んで構成され、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNTを記憶するように構成される。

[0025] 減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNTから、記憶部32から供給されたカウント値CNTを減算することにより、差分値DIFFを算出するように構成される。

[0026] ヒストグラム生成部15は、演算部30から供給された差分値DIFFに基づいてヒストグラムHISTを生成するように構成される。すなわち、時間計測装置1は、発光部11がパルス光を射出し受光部20が反射パルス光L2および基準パルス光L1Rを検出する動作を複数回繰り返すことにより、複数の差分値DIFFを算出する。ヒストグラム生成部15は、これらの複数の差分値DIFFに基づいてヒストグラムHISTを生成するようになっている。

[0027] 図4は、ヒストグラムHISTの一例を表すものである。図4において、横軸は差分値DIFFを示し、縦軸は頻度を示す。ヒストグラム生成部15は、演算部30から供給された複数の差分値DIFFに基づいて、このようなヒストグラムHISTを生成する。そして、ヒストグラム生成部15は、例えば、このヒストグラムHISTにおいて、最も頻度が高いような差分値DIFFを差分値DIFF_{peak}として求めるようになっている。

[0028] 信号処理部16は、ヒストグラム生成部15から供給された差分値DIFF_{peak}に基づいて、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFを算出するように構成される。なお、これに限定されるものではなく、信号処理部16は、さらに、例えば、この

飛行時間 T O F O と光速度とを乗算することにより時間計測装置 1 と計測対象物 1 0 0 との間の往復距離を求め、その往復距離を “2” で割ることにより、時間計測装置 1 と計測対象物 1 0 0 との間の距離を算出してもよい。

[0029] 制御部 1 9 は、時間計測装置 1 の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部 1 9 は、トリガ信号 L D T を発光部 1 1 に供給し、クロック信号 C L K および信号 S T R T を時間計測部 1 4 に供給し、選択制御信号 S E L O をデマルチプレクサ 3 1 に供給することにより、時間計測装置 1 の動作を制御するようになっている。

[0030] この構成により、時間計測装置 1 では、後述するように、時間計測装置 1 内で生じる様々な遅延の影響を抑え、パルス光の飛行時間 T O F O の計測精度を高めることができるようになっている。

[0031] ここで、発光部 1 1 は、本開示における「発光部」の一具体例に対応する。基準反射体 1 2 は、本開示における「基準反射体」の一具体例に対応する。受光部 2 0 は、本開示における「第 1 の受光部」の一具体例に対応する。出射パルス光 L 0 は、本開示における「出射パルス光」の一具体例に対応する。基準パルス光 L 1 R は、本開示における「第 1 のパルス光」の一具体例に対応する。反射パルス光 L 2 は、本開示における「第 2 のパルス光」の一具体例に対応する。時間計測部 1 4 は、本開示における「第 1 のタイミング検出部」の一具体例に対応する。演算部 3 0 は、本開示における「第 1 の演算部」の一具体例に対応する。ヒストグラム生成部 1 5 は、本開示における「ヒストグラム生成部」の一具体例に対応する。差分値 D I F F は、本開示における「第 1 の時間値」の一具体例に対応する。

[0032] [動作および作用]

続いて、本実施の形態の時間計測装置 1 の動作および作用について説明する。

[0033] (全体動作概要)

まず、図 1 を参照して、時間計測装置 1 の全体動作概要を説明する。制御部 1 9 は、発光部 1 1 にトリガ信号 L D T を供給し、時間計測部 1 4 に信号

S T R T およびクロック信号 C L K を供給し、演算部 3 0 に選択制御信号 S E L O を供給する。発光部 1 1 は、制御部 1 9 から供給されたトリガ信号 L D T に基づいて出射パルス光 L O を射出する。基準反射体 1 2 は、時間計測装置 1 における所定の位置に配置され、発光部 1 1 から出射した光の一部を反射させ、反射させた光を受光部 2 0 に導く。受光部 2 0 は、出射パルス光 L O に応じた、基準反射体 1 2 による反射光である基準パルス光 L 1 R と、出射パルス光 L O に応じた、計測対象物 1 0 0 による反射光である反射パルス光 L 2 とを検出する。時間計測部 1 4 は、制御部 1 9 から供給された信号 S T R T に基づいて、制御部 1 9 から供給されたクロック信号 C L K に含まれるクロックパルスのカウントを開始し、信号 S T P に基づいてカウント値 C N T を出力する。演算部 3 0 は、時間計測部 1 4 から供給されたカウント値 C N T に基づいて差分値 D I F F を算出する。ヒストグラム生成部 1 5 は、差分値 D I F F に基づいてヒストグラム H I S T を生成し、例えば、このヒストグラム H I S T において、最も頻度が高いような差分値 D I F F を差分値 D I F F peak として求める。信号処理部 1 6 は、ヒストグラム生成部 1 5 から供給された差分値 D I F F peak に基づいて、パルス光の飛行時間 T O F O を算出する。

[0034] (詳細動作)

時間計測装置 1 では、様々な遅延が生じ得る。これらの遅延には、例えば、制御部 1 9 から時間計測部 1 4 までの信号 S T R T の信号遅延、制御部 1 9 から発光部 1 1 までのトリガ信号 L D T の信号遅延、発光部 1 1 における内部遅延、受光部 2 0 における内部遅延、受光部 2 0 から時間計測部 1 4 への信号遅延などがある。時間計測装置 1 では、時間計測装置 1 内で生じるこれらの遅延の影響を抑え、パルス光の飛行時間 T O F O の計測精度を高めることができる。以下に、時間計測装置 1 の動作について、詳細に説明する。

[0035] 図 5 は、時間計測装置 1 の一動作例を表すものであり、(A) はクロック信号 C L K の波形を示し、(B) は時間計測部 1 4 におけるカウント値 C N T を示し、(C) は制御部 1 9 の出力端子における信号 S T R T (信号 S T

R T__O)の波形を示し、(D)は時間計測部14の入力端子における信号S T R T (信号S T R T__D)の波形を示し、(E)は制御部19の出力端子におけるトリガ信号L D Tの波形を示し、(F)は発光部11の発光面S 1 1におけるパルス光L outの波形を示し、(G)は受光部20の受光面S 2 0におけるパルス光L inの波形を示し、(H)は時間計測部14の入力端子における信号S T Pの波形を示し、(I)は選択制御信号S E L Oの波形を示す。

[0036] 時間計測装置1は、まず、期間P Rにおいて、基準反射体12による反射光である基準パルス光L 1 Rを検出し、次に、期間P Rに続く期間P Oにおいて、計測対象物100による反射光である反射パルス光L 2を検出する。そして、時間計測装置1は、基準パルス光L 1 Rの受光タイミングおよび反射パルス光L 2の受光タイミングの差分に基づいて、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間T O F Oを算出する。以下に、この動作について詳細に説明する。

[0037] まず、タイミングt 1において期間P Rが開始する。この期間P Rでは、制御部19は、選択制御信号S E L Oを低レベルに設定する(図5 (I))。

[0038] そして、このタイミングt 1において、制御部19は、トリガ信号L D Tを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミングt 1から所定の時間(パルス幅P W)が経過したタイミングにおいて、トリガ信号L D Tを高レベルから低レベルに変化させる(図5 (E))。これにより、発光部11は、タイミングt 1から時間T D 2だけ遅延したタイミングt 3において発光し、そのタイミングt 3から所定の時間(パルス幅P W)が経過したタイミングで消光することにより、パルス光L out (出射パルス光L O)を射出する(図5 (F))。この時間T D 2は、制御部19から発光部11までのトリガ信号L D Tの信号遅延の時間、および発光部11における内部遅延の時間の合計時間に対応する。

[0039] また、タイミングt 1において、制御部19は、信号S T R T (信号S T

R T__0) を低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t_1 から所定の時間が経過したタイミングにおいて、信号 S T R T (信号 S T R T__0) を高レベルから低レベルに変化させる (図 5 (C))。時間計測部 14 の入力端子における信号 S T R T (信号 S T R T__D) は、タイミング t_1 から時間 T D 1 だけ遅延したタイミング t_2 において、低レベルから高レベルに変化する (図 5 (D))。この時間 T D 1 は、上述した、制御部 19 から時間計測部 14 までの信号 S T R T の信号遅延の時間に対応する。そして、時間計測部 14 は、この信号 S T R T (信号 S T R T__D) に基づいて、クロック信号 C L K に含まれるクロックパルスのカウントを開始する (図 5 (A), (B))。これにより、時間計測部 14 におけるカウント値 C N T が増加し始める (図 5 (B))。

[0040] そして、タイミング t_3 から飛行時間 T O F R だけ遅延したタイミング t_4 において、受光部 20 は、基準反射体 12 による反射光である基準パルス光 L 1 R を検出する (図 5 (G))。この飛行時間 T O F R は、パルス光が発光部 11 から基準反射体 12 を介して受光部 20 へ飛行する時間である。図 2 に示したように、発光部 11 から基準反射体 12 を介して受光部 20 へ至る光の基準光路長 L E N は既知であるので、この飛行時間 T O F R は既知である。そして、このタイミング t_4 から時間 T D 3 だけ遅延したタイミング t_5 において、時間計測部 14 の入力端子における信号 S T P が低レベルから高レベルに変化する (図 5 (H))。この時間 T D 3 は、受光部 20 における内部遅延の時間、および受光部 20 から時間計測部 14 への信号遅延の時間の合計時間に対応する。そして、時間計測部 14 は、この信号 S T P に基づいて、カウント値 C N T (値 C R) を出力する。図 5 (I) に示したように、選択制御信号 S E L O は低レベル (“0”) であるので、演算部 30 のデマルチプレクサ 31 は、このカウント値 C N T (値 C R) を記憶部 32 に供給する。そして、記憶部 32 は、このカウント値 C N T (値 C R) を記憶する。

[0041] そして、タイミング t_6 において、期間 P R が終了するとともに、期間 P

Oが開始する。制御部19は、このタイミングt6において、選択制御信号SELOを低レベルから高レベルに変化させる(図5(I))。

[0042] 次に、タイミングt3から飛行時間TOFOだけ遅延したタイミングt7において、受光部20は、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2を検出する(図5(G))。この飛行時間TOFOは、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する時間である。そして、このタイミングt7から時間TD3だけ遅延したタイミングt8において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する(図5(H))。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT(値CO)を出力する。図5(I)に示したように、選択制御信号SELOは高レベル(“1”)であるので、演算部30のデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT(値CO)を減算部33に供給する。そして、減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNT(値CO)から、記憶部32から供給されたカウント値CNT(値CR)を減算することにより、差分値DIFFを算出する。

[0043] そして、タイミングt9において期間POが終了する。

[0044] カウント値CNTの値CRは、時間計測部14により得られたカウント値であるので、この値CRにクロック信号CLKの1周期分の時間を乗算することにより、時間TRに換算することができる。この時間TRは、図5に示したように、以下の式で表すことができる。

$$TR = TOFR + TD2 + TD3 - TD1 \quad \dots (EQ1)$$

[0045] 同様に、カウント値CNTの値COは、時間TOに換算することができる。この時間TOは、図5に示したように、以下の式で表すことができる。

$$TO = TOFO + TD2 + TD3 - TD1 \quad \dots (EQ2)$$

[0046] よって、差分値DIFFに対応する時間TDIFFは、以下の式で表すことができる。

$$TDIFF = TO - TR = TOFO - TOFR \quad \dots (EQ3)$$

この式(3)において、飛行時間TOFRは既知である。よって、時間計測

装置 1 は、この差分値 $DIFF$ に基づいて、飛行時間 TOF を求めることができる。

[0047] ヒストグラム生成部 15 は、演算部 30 から供給された差分値 $DIFF$ に基づいて、図 4 に示したようなヒストグラム $HIST$ を生成する。そして、ヒストグラム生成部 15 は、例えば、このヒストグラム $HIST$ において、最も頻度が高いような差分値 $DIFF$ を差分値 $DIFF_{peak}$ として求める。信号処理部 16 は、例えば、この差分値 $DIFF_{peak}$ に、クロック信号 CLK の 1 周期分の時間を乗算することにより時間 $TDIFF$ を算出し、この時間 $TDIFF$ に既知の飛行時間 $TOFR$ を加算することにより、飛行時間 $TOFO$ を算出することができる。

[0048] このように、時間計測装置 1 では、基準反射体 12 を設け、受光部 20 が、この基準反射体 12 による反射光である基準パルス光 $L1R$ と、計測対象物 100 による反射光である反射パルス光 $L2$ の両方を検出するようにした。そして、時間計測装置 1 では、基準パルス光 $L1R$ の受光タイミングおよび反射パルス光 $L2$ の受光タイミングの差分を求めるようにした。これにより、時間計測装置 1 では、時間計測装置 1 内で生じる様々な遅延による影響を互いに打ち消すことができるので、パルス光の飛行時間 $TOFO$ の計測精度を高めることができる。

[0049] また、時間計測装置 1 では、発光部 11 が 1 つの出射パルス光 $L0$ を射出し、受光部 20 はこの 1 つの出射パルス光 $L0$ に応じた 2 つのパルス光（基準パルス光 $L1R$ および反射パルス光 $L2$ ）を検出するようにした。これにより、例えば、発光部 11 が 2 つの出射パルス光（第 1 の出射パルス光および第 2 の出射パルス光）を射出し、受光部 20 が、第 1 の出射パルス光に応じた基準パルス光 $L1R$ を検出するとともに、第 2 の出射パルス光に応じた反射パルス光 $L2$ を検出する場合に比べて、出射パルス光 $L0$ の射出回数を減らすことができる。その結果、時間計測装置 1 では、消費電力を低減することができる。

[0050] [効果]

以上のように本実施の形態では、基準反射体を設け、受光部が、この基準反射体による反射光である基準パルス光と、計測対象物による反射光である反射パルス光の両方を検出するようにしたので、パルス光の飛行時間 T O F O の計測精度を高めることができる。

[0051] 本実施の形態では、発光部が 1 つのパルス光を射出し、受光部はこの 1 つのパルス光に応じた 2 つのパルス光を検出するようにしたので、消費電力を低減することができる。

[0052] [変形例 1 - 1]

上記実施の形態では、期間 P R において基準パルス光 L 1 R を検出し、その期間 P R に続く期間 P O において反射パルス光 L 2 を検出したが、これに限定されるものではない。これに代えて、例えば、期間 P O において反射パルス光 L 2 を検出し、その期間 P O に続く期間 P R において基準パルス光 L 1 R を検出してもよい。以下に、本変形例に係る時間計測装置 1 A について、詳細に説明する。

[0053] 図 6 は、時間計測装置 1 A の一構成例を表すものである。時間計測装置 1 A は、演算部 30 A と、制御部 19 A とを備えている。演算部 30 A は、記憶部 34 A を有している。記憶部 34 A は、デマルチプレクサ 31 から供給されたカウント値 C N T を記憶するように構成される。この構成により、デマルチプレクサ 31 は、選択制御信号 S E L O が “0” である場合には、時間計測部 14 から供給されたカウント値 C N T を減算部 33 に供給し、選択制御信号 S E L O が “1” である場合には、時間計測部 14 から供給されたカウント値 C N T を記憶部 34 A に供給する。そして、減算部 33 は、記憶部 34 A から供給されたカウント値 C N T から、デマルチプレクサ 31 から供給されたカウント値 C N T を減算することにより、差分値 D I F F を算出するようになっている。制御部 19 A は、時間計測装置 1 A の動作を制御するように構成される。

[0054] 図 7 A, 7 B は、時間計測装置 1 A の一動作例を表すものである。時間計測装置 1 A は、まず、期間 P O において、図 7 A に示したように、計測対象

物 100 による反射光である反射パルス光 L2 を検出し、次に、期間 P0 に続く期間 PR において、図 7 B に示したように、基準反射体 12 による反射光である基準パルス光 L1R を検出する。そして、時間計測装置 1A は、基準パルス光 L1R の受光タイミングおよび反射パルス光 L2 の受光タイミングの差分に基づいて、パルス光の飛行時間 T O F O を算出する。以下に、この動作について詳細に説明する。以下に、この動作について詳細に説明する。

[0055] まず、タイミング t11 において、期間 P0 が開始する。この期間 P0 では、制御部 19A は、選択制御信号 S E L O を高レベルに設定する（図 7 A（I））。

[0056] そして、このタイミング t11 において、制御部 19A は、トリガ信号 L D T を低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t11 から所定の時間（パルス幅 P W）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号 L D T を高レベルから低レベルに変化させる（図 7 A（E））。これにより、発光部 11 は、タイミング t1 から時間 T D 2 だけ遅延したタイミング t13 において発光し、そのタイミング t13 から所定の時間（パルス幅 P W）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光 L out（出射パルス光 L O）を射出する（図 7 A（F））。

[0057] また、タイミング t11 において、制御部 19A は、信号 S T R T（信号 S T R T__O）を低レベルから高レベルに変化させる（図 7 A（C））。時間計測部 14 の入力端子における信号 S T R T（信号 S T R T__D）は、タイミング t11 から時間 T D 1 だけ遅延したタイミング t12 において、低レベルから高レベルに変化する（図 7 A（D））。そして、時間計測部 14 は、この信号 S T R T（信号 S T R T__D）に基づいて、クロック信号 C L K に含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図 7 A（A），（B））。

[0058] 次に、タイミング t13 から飛行時間 T O F O だけ遅延したタイミング t14 において、受光部 20 は、計測対象物 100 による反射光である反射パ

ルス光 L_2 を検出する（図7A（G））。そして、このタイミング t_{14} から時間 TD_3 だけ遅延したタイミング t_{15} において、時間計測部14の入力端子における信号 STP が低レベルから高レベルに変化する（図7A（H））。時間計測部14は、この信号 STP に基づいて、カウント値 CNT （値 CO ）を出力する。図7A（I）に示したように、期間 PO では選択制御信号 SEL_0 は高レベル（“1”）であるので、演算部30Aのデマルチプレクサ31は、このカウント値 CNT （値 CO ）を記憶部34Aに供給する。そして、記憶部34Aは、このカウント値 CNT （値 CO ）を記憶する。

[0059] そして、タイミング t_{16} において期間 PO が終了する。

[0060] 次に、図7Bに示したように、タイミング t_{21} において期間 PR が開始する。この期間 PR では、制御部19Aは、選択制御信号 SEL_0 を低レベルに設定する（図7B（I））。

[0061] そして、このタイミング t_{21} において、制御部19Aは、トリガ信号 LD_T を低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t_{21} から所定の時間（パルス幅 PW ）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号 LD_T を高レベルから低レベルに変化させる（図7B（E））。これにより、発光部11は、タイミング t_{21} から時間 TD_2 だけ遅延したタイミング t_{23} において発光し、そのタイミング t_{23} から所定の時間（パルス幅 PW ）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光 L_{out} （出射パルス光 L_0 ）を射出する（図7B（F））。

[0062] また、タイミング t_{21} において、制御部19Aは、信号 $STRT$ （信号 $STRT_0$ ）を低レベルから高レベルに変化させる（図7B（C））。時間計測部14の入力端子における信号 $STRT$ （信号 $STRT_D$ ）は、タイミング t_{21} から時間 TD_1 だけ遅延したタイミング t_{22} において、低レベルから高レベルに変化する（図7B（D））。そして、時間計測部14は、この信号 $STRT$ （信号 $STRT_D$ ）に基づいて、クロック信号 CLK に含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図7B（A）,（B））。

[0063] そして、タイミング t_{23} から飛行時間 $TOFR$ だけ遅延したタイミング t_{24} において、受光部 20 は、基準反射体 12 による反射光である基準パルス光 $L1R$ を検出する（図 7 B (G)）。そして、このタイミング t_{24} から時間 $TD3$ だけ遅延したタイミング t_{25} において、時間計測部 14 の入力端子における信号 STP が低レベルから高レベルに変化する（図 7 B (H)）。そして、時間計測部 14 は、この信号 STP に基づいて、カウント値 CNT （値 CR ）を出力する。図 7 B (I) に示したように、期間 PR では選択制御信号 $SELO$ は低レベル（“0”）であるので、演算部 30A のデマルチプレクサ 31 は、このカウント値 CNT （値 CR ）を減算部 33 に供給する。そして、減算部 33 は、記憶部 32 から供給されたカウント値 CNT （値 CO ）から、デマルチプレクサ 31 から供給されたカウント値 CNT （値 CR ）を減算することにより、差分値 $DIFF$ を算出する。

[0064] そして、タイミング t_{26} において期間 PR が終了する。ヒストグラム生成部 15 および信号処理部 16 は、この差分値 $DIFF$ に基づいて、上記実施の形態の場合と同様に飛行時間 $TOFO$ を算出する。

[0065] [変形例 1-2]

上記実施の形態では、信号処理部 16 は、例えば、差分値 $DIFF_{peak}$ に対応する時間 $TDIFF$ に既知の飛行時間 $TOFR$ を加算することにより、飛行時間 $TOFO$ を算出したが、これに限定されるものではない。これに代えて、例えば、図 8 に示す時間計測装置 1B のように、演算部が、差分値 $DIFF$ に、既知の飛行時間 $TOFR$ に対応するカウント値 $CTOFR$ を加算してもよい。この時間計測装置 1B は、演算部 30B と、制御部 19B とを備えている。

[0066] 演算部 30B は、減算部 33B を有している。減算部 33B は、デマルチプレクサ 31 から供給されたカウント値 CNT 、および既知の飛行時間 $TOFR$ に対応するカウント値 $CTOFR$ の加算結果から、記憶部 32 から供給されたカウント値 CNT を減算することにより、差分値 $DIFF$ を算出するように構成される。言い換えれば、この差分値 $DIFF$ は、上記実施の形態

における差分値 $DIFF$ に、既知の飛行時間 $TOFR$ に対応するカウント値 $CTOFR$ を加算したものである。

[0067] ヒストグラム生成部 15 は、演算部 30 B から供給された差分値 $DIFF$ に基づいてヒストグラム $HIST$ を生成し、例えば、このヒストグラム $HIST$ において、最も頻度が高いような差分値 $DIFF$ を差分値 $DIFF_{peak}$ として求める。そして、信号処理部 16 は、この差分値 $DIFF_{peak}$ に、クロック信号 CLK の 1 周期分の時間を乗算することにより飛行時間 $TOFO$ を算出することができる。

[0068] 制御部 19 B は、時間計測装置 1 B の動作を制御するように構成される。制御部 19 B は、既知の飛行時間 $TOFR$ に対応するカウント値 $CTOFR$ を減算部 33 B に供給するようになっている。このカウント値 $CTOFR$ は、既知の飛行時間 $TOFR$ を、クロック信号 CLK の 1 周期分の時間で除算することにより得られる値である。

[0069] [変形例 1-3]

上記実施の形態では、1 つの受光部 20 を用いて時間計測装置 1 を構成したが、これに限定されるものではなく、2 つ以上の受光部 20 を用いて時間計測装置を構成してもよい。例えば、複数の受光部 20 をマトリクス状に配置した場合には、時間計測装置では、例えばデプス画像を生成することができる。以下に、2 つの受光部 20 を用いて時間計測装置を構成する例について、詳細に説明する。

[0070] 図 9, 10 は、本変形例に係る時間計測装置 1 C の一構成例を表すものである。時間計測装置 1 C は、回路 10 A, 10 B と、信号処理部 16 C と、制御部 19 C とを備えている。

[0071] 回路 10 A, 10 B のそれぞれは、受光部 20 と、時間計測部 14 と、演算部 30 と、ヒストグラム生成部 15 とを有している。図 10 に示したように、発光部 11、遮光体 13、回路 10 A の受光部 20 (受光部 20 A) および回路 10 B の受光部 20 (受光部 20 B) は、X 方向において、この順に配置される。受光部 20 A および受光部 20 B は、Y 方向において並設さ

れる。ハーフミラー 12A は、発光部 11 から出射した出射パルス光 L0 のうちの一部を受光部 20A, 20B に向かって反射させ、残りを透過させる。ハーフミラー 12A により反射された光は、基準パルス光 L1RA として受光部 20A に向かって進むとともに、基準パルス光 L1RB として受光部 20B に向かって進む。また、ハーフミラー 12A を透過した光は、パルス光 L1 として計測対象物 100A, 100B に向かって進む。計測対象物 100A および計測対象物 100B は、別の対象物であってもよいし、同じ対象物の別の部分であってもよい。そして、計測対象物 100A により反射された光が、反射パルス光 L2A として受光部 20A に向かって進み、計測対象物 100B により反射された光が、反射パルス光 L2B として受光部 20B に向かって進むようになっている。

[0072] 信号処理部 16C は、回路 10A のヒストグラム生成部 15 から供給された差分値 D1FF peak に基づいて、パルス光が発光部 11 から計測対象物 100A を介して受光部 20A へ飛行する飛行時間 TOFO (飛行時間 TOFOA) を算出するとともに、回路 10B のヒストグラム生成部 15 から供給された差分値 D1FF peak に基づいて、パルス光が発光部 11 から計測対象物 100B を介して受光部 20B へ飛行する飛行時間 TOFO (飛行時間 TOFOB) を算出するように構成される。

[0073] 制御部 19C は、時間計測装置 1C の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部 19C は、トリガ信号 LDT を発光部 11 に供給し、クロック信号 CLK および信号 STRT を回路 10A, 10B の時間計測部 14 に供給し、選択制御信号 SEL0 を回路 10A, 10B のデマルチプレクサ 31 に供給することにより、時間計測装置 1C の動作を制御するようになっている。

[0074] [その他の変形例]

また、これらの変形例のうちの 2 以上を組み合わせてもよい。

[0075] <2. 第 2 の実施の形態>

次に、第 2 の実施の形態に係る時間計測装置 2 について説明する。本実施

の形態は、パルス光の飛行時間 T O F O の計測方法が、第 1 の実施の形態とは異なるものである。なお、上記第 1 の実施の形態に係る時間計測装置 1 と実質的に同一の構成部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0076] 図 1 1 は、時間計測装置 2 の一構成例を表すものである。時間計測装置 2 は、反射体 4 1 と、シャッタ 4 2 と、演算部 5 0 と、記憶部 4 8 と、制御部 4 9 とを備えている。

[0077] 反射体 4 1 は、基準反射体 1 2 により反射されたパルス光を、基準反射体 1 2 に向かって反射させるように構成される。発光部 1 1、反射体 4 1、および受光部 2 0 は、例えば同一面内において、互いに近くに配置される。これにより、図 1 1 に示したように、受光部 2 0 は、2 つの基準パルス光 L 1 1 R, L 1 2 R を検出することができる。基準パルス光 L 1 1 R は、発光部 1 1、反射体 4 1、および受光部 2 0 と、基準反射体 1 2 との間を 1 往復するパルス光である。基準パルス光 L 1 2 R は、発光部 1 1、反射体 4 1、および受光部 2 0 と、基準反射体 1 2 との間を 2 往復するパルス光である。言い換えれば、基準パルス光 L 1 2 R の飛行時間 T O F R (飛行時間 T O F R 2) は、基準パルス光 L 1 1 R の飛行時間 T O F R (飛行時間 T O F R 1) の 2 倍である。

[0078] シャッタ 4 2 は、基準パルス光 L 1 1 R, L 1 2 R の光路上に配置され、選択制御信号 S E L M に基づいて開閉可能に構成される。これにより、時間計測装置 2 では、シャッタ 4 2 を開くことにより、2 つの基準パルス光 L 1 1 R, L 1 2 R が受光部 2 0 の受光面 S 2 0 に入射する。また、時間計測装置 2 では、シャッタ 4 2 を閉じることにより、基準パルス光 L 1 1 R, L 1 2 R の光路が遮断され、2 つの基準パルス光 L 1 1 R, L 1 2 R が受光部 2 0 の受光面 S 2 0 に入射しないようにすることができるようになっている。

[0079] 演算部 5 0 は、デマルチプレクサ 5 1 と、2 倍演算部 5 2 と、セクタ 5 3 と、記憶部 5 4 と、S R ラッチ 5 5 と、減算部 5 6, 5 7 と、セクタ 5 8 とを有している。

[0080] デマルチプレクサ 5 1 は、S R ラッチ 5 5 から供給された選択制御信号 S

E L Oに基づいて、時間計測部 1 4 から供給されたカウント値 C N T を、2 倍演算部 5 2 または減算部 5 6, 5 7 に選択的に供給するように構成される。具体的には、デマルチプレクサ 5 1 は、選択制御信号 S E L O が低レベル（“0”）である場合には、時間計測部 1 4 から供給されたカウント値 C N T を 2 倍演算部 5 2 に供給し、選択制御信号 S E L O が高レベル（“1”）である場合には、時間計測部 1 4 から供給されたカウント値 C N T を減算部 5 6, 5 7 に供給するようになっている。

[0081] 2 倍演算部 5 2 は、デマルチプレクサ 5 1 から供給されたカウント値 C N T を 2 倍にし、2 倍にされたカウント値 C N T を出力するように構成される。

[0082] セレクタ 5 3 は、選択制御信号 S E L M に基づいて、記憶部 4 8 から供給された値、および 2 倍演算部 5 2 から供給された値のうち的一方を選択し、選択された値を出力するように構成される。具体的には、セレクタ 5 3 は、選択制御信号 S E L M が高レベル（“1”）である場合には、2 倍演算部 5 2 から供給された値を選択し、選択制御信号 S E L M が低レベル（“0”）である場合には、記憶部 4 8 から供給された値を選択するようになっている。

[0083] 記憶部 5 4 は、例えばレジスタを含んで構成され、セレクタ 5 3 から供給された値を記憶するように構成される。また、記憶部 5 4 は、セレクタ 5 3 から供給された値を記憶する際、制御信号 S E T _ S E L を高レベル（“1”）にする機能をも有している。

[0084] S R ラッチ 5 5 は、制御信号 S E T _ S E L, R E S _ S E L に基づいて、選択制御信号 S E L O を生成するように構成される。S R ラッチ 5 5 の端子 S には制御信号 S E T _ S E L が供給され、端子 R には制御信号 R E S _ S E L が供給される。S R ラッチ 5 5 は、制御信号 S E T _ S E L が高レベル（“1”）になったときに選択制御信号 S E L O を高レベル（“1”）に設定し、制御信号 R E S _ S E L が高レベル（“1”）になったときに選択制御信号 S E L O を低レベル（“0”）に設定するようになっている。

- [0085] 減算部 56 は、デマルチプレクサ 51 から供給されたカウント値 C N T から、記憶部 54 から供給された値を減算するように構成される。減算部 57 は、記憶部 54 から供給された値から、デマルチプレクサ 51 から供給されたカウント値 C N T を減算するように構成される。
- [0086] セレクタ 58 は、選択制御信号 S E L M に基づいて、減算部 56 から供給された値、および減算部 57 から供給された値のうち的一方を選択し、選択された値を出力するように構成される。具体的には、セレクタ 58 は、選択制御信号 S E L M が低レベル（“0”）である場合には、減算部 56 から供給された値を選択し、選択制御信号 S E L M が高レベル（“1”）である場合には、減算部 57 から供給された値を選択するようになっている。
- [0087] 記憶部 48 は、例えばレジスタを含んで構成され、演算部 50 のセレクタ 58 から供給された値を記憶するように構成される。そして、記憶部 48 は、記憶している値を、セレクタ 53 およびヒストグラム生成部 15 に供給するようになっている。
- [0088] 制御部 49 は、時間計測装置 2 の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部 49 は、トリガ信号 L D T を発光部 11 に供給し、クロック信号 C L K および信号 S T R T を時間計測部 14 に供給し、制御信号 R E S _ S E L を S R ラッチ 55 に供給し、選択制御信号 S E L M をシャッタ 42 およびセレクタ 53, 58 に供給することにより、時間計測装置 2 の動作を制御するようになっている。
- [0089] ここで、反射体 41 は、本開示における「反射体」の一具体例に対応する。基準パルス光 L 11 R は、本開示における「第 1 のパルス光」の一具体例に対応する。基準パルス光 L 12 R は、本開示における「第 3 のパルス光」の一具体例に対応する。演算部 50 は、本開示における「第 1 の演算部」の一具体例に対応する。
- [0090] 図 12 A, 12 B は、時間計測装置 2 の一動作例を表すものであり、（A）はクロック信号 C L K の波形を示し、（B）は時間計測部 14 におけるカウント値 C N T を示し、（C）は制御部 49 の出力端子における信号 S T R

T (信号 S T R T__O) の波形を示し、(D) は時間計測部 14 の入力端子における信号 S T R T (信号 S T R T__D) の波形を示し、(E) は制御部 49 の出力端子におけるトリガ信号 L D T の波形を示し、(F) は発光部 11 の発光面 S 11 におけるパルス光 L out の波形を示し、(G) は受光部 20 の受光面 S 20 におけるパルス光 L in の波形を示し、(H) は時間計測部 14 の入力端子における信号 S T P の波形を示し、(I) は制御信号 R E S__S E L の波形を示し、(J) は制御信号 S E T__S E L の波形を示し、(K) は選択制御信号 S E L O の波形を示し、(L) は選択制御信号 S E L O の波形を示す。

[0091] 時間計測装置 2 は、まず、図 12 A に示したように、期間 P R 1 において、発光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 1 往復した基準パルス光 L 11 R を検出し、次に、期間 P R 1 に続く期間 P R 2 において、発光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 2 往復した基準パルス光 L 12 R を検出する。そして、時間計測装置 2 は、図 12 B に示したように、期間 P R 2 に続く期間 P O において、計測対象物 100 による反射光である反射パルス光 L 2 を検出する。そして、時間計測装置 2 は、基準パルス光 L 11 R, L 12 R の受光タイミングおよび反射パルス光 L 2 の受光タイミングに基づいて、パルス光が発光部 11 から計測対象物 100 を介して受光部 20 へ飛行する飛行時間 T O F O を算出する。以下に、この動作について詳細に説明する。

[0092] まず、タイミング t 31 において期間 P R 1 が開始する。期間 P R 1, P R 2 では、制御部 49 は、選択制御信号 S E L M を高レベルに設定する (図 12 A (L))。これにより、時間計測装置 2 では、シャッタ 42 が開き、2 つの基準パルス光 L 11 R, L 12 R が受光部 20 の受光面 S 20 に入射することができる状態になる。

[0093] このタイミング t 31 において、制御部 49 は、制御信号 R E S__S E L を低レベルから高レベルに変化させ、このタイミング t 31 から所定の時間が経過したタイミングにおいて、制御信号 R E S__S E L を高レベルから低

レベルに変化させる（図12A（I））。これにより、SRラッチ55は、選択制御信号SELOを低レベルに設定する（図12A（J））。

[0094] そして、このタイミング t_{31} において、制御部49は、トリガ信号LDTを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t_{31} から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号LDTを高レベルから低レベルに変化させる（図12A（E））。これにより、発光部11は、タイミング t_{31} から時間TD2だけ遅延したタイミング t_{33} において発光し、そのタイミング t_{33} から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光Lout（出射パルス光LO）を射出する（図12A（F））。

[0095] また、このタイミング t_{31} において、制御部49は、信号STRT（信号STRT__0）を低レベルから高レベルに変化させる（図12A（C））。時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D）は、タイミング t_{31} から時間TD1だけ遅延したタイミング t_{32} において、低レベルから高レベルに変化する（図12A（D））。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図12A（A）,（B））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNTが増加し始める（図12A（B））。

[0096] そして、タイミング t_{33} から飛行時間TOFR1だけ遅延したタイミング t_{34} において、受光部20は、発光部11、反射体41、および受光部20と、基準反射体12との間を1往復した基準パルス光L11Rを検出する（図12A（G））。そして、このタイミング t_{34} から時間TD3だけ遅延したタイミング t_{35} において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する（図12A（H））。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT（値CR1）を出力する。図12A（K）に示したように、選択制御信号SELOは低レベル（“0”）であるので、演算部50のデマルチプレクサ51は、このカウン

ト値CNT（値CR1）を2倍演算部52に供給する。2倍演算部52は、この値CR1を“2”を乗算する（ $2 \times CR1$ ）。図12A（L）に示したように、選択制御信号SELMは高レベル（“1”）であるので、セクタ53は、この2倍演算部52から供給された値（ $2 \times$ 値CR1）を記憶部32に供給する。そして、記憶部32は、この値（ $2 \times$ 値CR1）を記憶する。

[0097] そして、タイミングt36において、期間PR1が終了するとともに、期間PR2が開始する。このタイミングt36において、記憶部54は、制御信号SET__SELを低レベルから高レベルに変化させ、このタイミングt36から所定の時間が経過したタイミングにおいて、制御信号SET__SELを高レベルから低レベルに変化させる（図12A（J））。これにより、SRラッチ55は、このタイミングt36において、選択制御信号SELOを低レベルから高レベルに変化させる（図12A（K））。

[0098] そして、タイミングt33から飛行時間TOFR2（ $= 2 \times TOFR1$ ）だけ遅延したタイミングt37において、受光部20は、発光部11、反射体41、および受光部20と、基準反射体12との間を2往復した基準パルス光L12Rを検出する（図12A（G））。そして、このタイミングt37から時間TD3だけ遅延したタイミングt38において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する（図12A（H））。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT（値CR2）を出力する。図12A（K）に示したように、選択制御信号SELOは高レベル（“1”）であるので、演算部50のデマルチプレクサ51は、このカウント値CNT（値CR2）を減算部56，57に供給する。減算部57は、記憶部54から供給された値（ $2 \times$ 値CR1）から、デマルチプレクサ51から供給された値CR2を減算し、減算した結果をセクタ58に供給する。図12A（L）に示したように、選択制御信号SELMは高レベル（“1”）であるので、セクタ58は、減算部57から供給された値を記憶部48に供給する。記憶部48は、減算部57から供給され

た値を記憶する。

[0099] そして、タイミング t_{39} において期間 $P R 2$ が終了する。

[0100] カウント値 $C N T$ の値 $C R 1$ は、時間計測部 14 により得られたカウント値である。よって、記憶部 32 が記憶する値（ $2 \times$ 値 $C R 1$ ）は、クロック信号 $C L K$ の 1 周期分の時間を乗算することにより、時間 $T R 1$ に換算することができる。この時間 $T R 1$ は、図 $12A$ に示したように、以下の式で表すことができる。

$$T R 1 = 2 \times (T O F R 1 + T D 2 + T D 3 - T D 1) \quad \cdots (E Q 4)$$

[0101] 同様に、カウント値 $C N T$ の値 $C R 2$ は、時間 $T R 2$ に換算することができる。この時間 $T R 2$ は、図 $12A$ に示したように、以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} T R 2 &= T O F R 2 + T D 2 + T D 3 - T D 1 \\ &= 2 \times T O F R 1 + T D 2 + T D 3 - T D 1 \quad \cdots (E Q 5) \end{aligned}$$

[0102] よって、時間 $T R 1$ と時間 $T R 2$ の時間差 ΔT は、以下の式で表すことができる。

$$\Delta T = T R 1 - T R 2 = T D 2 + T D 3 - T D 1 \quad \cdots (E Q 6)$$

すなわち、時間差 ΔT は、時間計測装置 2 において生じる 3 つの遅延時間（時間 $T D 1 \sim T D 3$ ）を含む。記憶部 48 は、この時間差 ΔT に対応する値を記憶する。

[0103] 次に、図 $12B$ に示したように、タイミング t_{41} において、期間 $P O$ が開始する。制御部 49 は、このタイミング t_{41} において、選択制御信号 $S E L M$ を高レベルから低レベルに変化させる（図 $12B(L)$ ）。これにより、時間計測装置 2 では、シャッタ 42 が閉じ、 2 つの基準パルス光 $L 11 R$, $L 12 R$ の光路が遮断され、 2 つの基準パルス光 $L 11 R$, $L 12 R$ が受光部 20 の受光面 $S 20$ に入射しない状態になる。また、セクタ 53 は、記憶部 48 から供給された値を記憶部 54 に供給する。これにより、記憶部 54 は、式 $E Q 6$ に示した時間差 ΔT に対応する値を記憶する。

[0104] そして、このタイミング t_{41} において、記憶部 54 は、制御信号 $S E T$

SELを低レベルから高レベルに変化させ、このタイミングt41から所定の時間が経過したタイミングにおいて、制御信号SETSELを高レベルから低レベルに変化させる(図12B(J))。これにより、SRラッチ55は、このタイミングt41において、選択制御信号SELOを低レベルから高レベルに変化させる(図12B(K))。

[0105] そして、このタイミングt41において、制御部49は、トリガ信号LDTを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミングt41から所定の時間(パルス幅PW)が経過したタイミングにおいて、トリガ信号LDTを高レベルから低レベルに変化させる(図12B(E))。これにより、発光部11は、タイミングt41から時間TD2だけ遅延したタイミングt43において発光し、そのタイミングt43から所定の時間(パルス幅PW)が経過したタイミングで消光することにより、パルス光Lout(出射パルス光LO)を射出する(図12B(F))。

[0106] また、このタイミングt41において、制御部49は、信号START(信号START_0)を低レベルから高レベルに変化させる(図12B(C))。時間計測部14の入力端子における信号START(信号START_D)は、タイミングt41から時間TD1だけ遅延したタイミングt42において、低レベルから高レベルに変化する(図12B(D))。そして、時間計測部14は、この信号START(信号START_D)に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する(図12B(A), (B))。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNTが増加し始める(図12B(B))。

[0107] 次に、タイミングt43から飛行時間TOFOだけ遅延したタイミングt44において、受光部20は、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2を検出する(図12B(G))。そして、このタイミングt44から時間TD3だけ遅延したタイミングt5において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する(図12B(H))。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT

(値C O) を出力する。図12B (K) に示したように、選択制御信号S E L Oは高レベル (“1”) であるので、演算部50のデマルチプレクサ51は、このカウント値C N T (値C O) を減算部56, 57に供給する。減算部56は、デマルチプレクサ51から供給された値 (値C O) から、記憶部54から供給された値を減算し、減算した結果をセクタ58に供給する。図12B (L) に示したように、選択制御信号S E L Mは低レベル (“0”) であるので、セクタ58は、減算部56から供給された値を記憶部48に供給する。記憶部48は、減算部56から供給された値を記憶する。

[0108] そして、タイミングt 46において期間P Oが終了する。

[0109] カウント値C N Tの値C Oは、時間計測部14により得られたカウント値であるので、この値C Oにクロック信号C L Kの1周期分の時間を乗算することにより、時間T Oに換算することができる。この時間T Oは、図12Bに示したように、以下の式で表すことができる。

$$T O = T O F O + T D 2 + T D 3 - T D 1 \quad \dots (E Q 7)$$

[0110] 減算部56が、この時間T Oから、記憶部54から供給された値に対応する時間差 ΔT を減算することにより、次式のように、飛行時間T O F Oを得ることができる。

$$\begin{aligned} T O - \Delta T &= T O F O + T D 2 + T D 3 - T D 1 - (T D 2 + T D 3 - T D 1) \\ &= T O F O \quad \dots (E Q 8) \end{aligned}$$

[0111] ヒストグラム生成部15は、演算部50から供給された値 (差分値D I F F) に基づいて、図4に示したようなヒストグラムH I S Tを生成する。そして、ヒストグラム生成部15は、例えば、このヒストグラムH I S Tにおいて、最も頻度が高いような差分値D I F Fを差分値D I F F peakとして求める。信号処理部16は、例えば、この差分値D I F F peakに、クロック信号C L Kの1周期分の時間を乗算することにより、飛行時間T O F Oを算出することができる。

[0112] このように、時間計測装置2では、反射体41を設け、受光部20が、発

光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 1 往復した基準パルス光 L11R と、発光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 2 往復した基準パルス光 L12R とを検出するようにした。これにより、時間計測装置 2 では、式 EQ4～EQ6 に示したように、基準パルス光 L11R の飛行時間 TOFR1 および基準パルス光 L12R の飛行時間 TOFR2 をキャンセルすることができる。言い換えれば、時間計測装置 2 では、上記第 1 の実施の形態に係る時間計測装置 1 と異なり、基準パルス光 L11R、L12R の光路長を精度よく求めておく必要がない。その結果、例えば、時間計測装置 2 における、発光部 11、反射体 41、受光部 20、基準反射体 12 の配置位置の精度を緩和することができるので、製造工程における加工精度を緩和することができ、その結果、時間計測装置 2 を製造しやすくすることができる。

[0113] 以上のように本実施の形態では、反射体を設け、受光部が、発光部、反射体、および受光部と、基準反射体との間を 1 往復した基準パルス光 L11R と、発光部、反射体、および受光部と、基準反射体との間を 2 往復した基準パルス光 L12R とを検出するようにしたので、時間計測装置を製造しやすくすることができる。その他の効果は、上記第 1 の実施の形態の場合と同様である。

[0114] [変形例 2-1]

上記実施の形態では、受光部 20 が、発光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 1 往復した基準パルス光 L11R と、発光部 11、反射体 41、および受光部 20 と、基準反射体 12 との間を 2 往復した基準パルス光 L12R とを検出するようにしたが、これに限定されるものではなく、往復数が異なる複数の基準パルス光を検出することができる。

[0115] <3. 第 3 の実施の形態>

次に、第 3 の実施の形態に係る時間計測装置 3 について説明する。本実施の形態は、基準反射体 12 を設けずに、パルス光の飛行時間 TOFO を計測

するものである。なお、上記第１の実施の形態に係る時間計測装置１と実質的に同一の構成部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0116] 図１３は、時間計測装置３の一構成例を表すものである。時間計測装置３は、反射体６１と、演算部６０と、制御部６９とを備えている。

[0117] 反射体６１は、計測対象物１００により反射されたパルス光を、計測対象物１００に向かって反射させるように構成される。発光部１１、反射体６１、および受光部２０は、例えば同一面内において、互いに近くに配置される。これにより、図１３に示したように、受光部２０は、２つの反射パルス光Ｌ２１、Ｌ２２を検出することができる。反射パルス光Ｌ２１は、発光部１１、反射体６１、および受光部２０と、計測対象物１００との間を１往復するパルス光である。反射パルス光Ｌ２２は、発光部１１、反射体６１、および受光部２０と、計測対象物１００との間を２往復するパルス光である。言い換えれば、反射パルス光Ｌ２２の飛行時間ＴＯＦＯ（飛行時間ＴＯＦＯ２）は、反射パルス光Ｌ２１の飛行時間ＴＯＦＯ（飛行時間ＴＯＦＯ１）の２倍である。

[0118] 演算部６０は、デマルチプレクサ３１と、記憶部６２と、減算部３３と、ＳＲラッチ６５とを有している。記憶部６２は、例えばレジスタを含んで構成され、デマルチプレクサ３１から供給されたカウント値ＣＮＴを記憶するように構成される。また、記憶部６２は、デマルチプレクサ３１から供給されたカウント値ＣＮＴを記憶する際、制御信号ＳＥＴ＿ＳＥＬを高レベル（“１”）に設定する機能をも有している。ＳＲラッチ６５は、制御信号ＳＥＴ＿ＳＥＬ、ＲＥＳ＿ＳＥＬに基づいて、選択制御信号ＳＥＬＯを生成するように構成される。ＳＲラッチ６５の端子Ｓには制御信号ＳＥＴ＿ＳＥＬが供給され、端子Ｒには制御信号ＲＥＳ＿ＳＥＬが供給される。ＳＲラッチ６５は、制御信号ＳＥＴ＿ＳＥＬが高レベル（“１”）になったときに選択制御信号ＳＥＬＯを高レベル（“１”）に設定し、制御信号ＲＥＳ＿ＳＥＬが高レベル（“１”）になったときに選択制御信号ＳＥＬＯを低レベル（“０”）に設定するようになっている。

[0119] 制御部 6 9 は、時間計測装置 3 の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部 6 9 は、トリガ信号 L D T を発光部 1 1 に供給し、クロック信号 C L K および信号 S T R T を時間計測部 1 4 に供給し、制御信号 R E S _ S E L を S R ラッチ 6 5 に供給することにより、時間計測装置 3 の動作を制御するようになっている。

[0120] ここで、反射体 6 1 は、本開示における「反射体」の一具体例に対応する。反射パルス光 L 2 2 は、本開示における「第 1 のパルス光」の一具体例に対応する。反射パルス光 L 2 1 は、本開示における「第 2 のパルス光」の一具体例に対応する。演算部 6 0 は、本開示における「第 1 の演算部」の一具体例に対応する。

[0121] 図 1 4 は、時間計測装置 3 の一動作例を表すものであり、(A) はクロック信号 C L K の波形を示し、(B) は時間計測部 1 4 におけるカウント値 C N T を示し、(C) は制御部 4 9 の出力端子における信号 S T R T (信号 S T R T _ 0) の波形を示し、(D) は時間計測部 1 4 の入力端子における信号 S T R T (信号 S T R T _ D) の波形を示し、(E) は制御部 4 9 の出力端子におけるトリガ信号 L D T の波形を示し、(F) は発光部 1 1 の発光面 S 1 1 におけるパルス光 L out の波形を示し、(G) は受光部 2 0 の受光面 S 2 0 におけるパルス光 L in の波形を示し、(H) は時間計測部 1 4 の入力端子における信号 S T P の波形を示し、(I) は制御信号 R E S _ S E L の波形を示し、(J) は制御信号 S E T _ S E L の波形を示し、(K) は選択制御信号 S E L O の波形を示す。

[0122] 時間計測装置 3 は、まず、図 1 4 に示したように、期間 P O において、発光部 1 1、反射体 6 1、および受光部 2 0 と、計測対象物 1 0 0 との間を 1 往復した反射パルス光 L 2 1 を検出し、次に、発光部 1 1、反射体 6 1、および受光部 2 0 と、計測対象物 1 0 0 との間を 2 往復した反射パルス光 L 2 2 を検出する。そして、時間計測装置 3 は、反射パルス光 L 2 1, L 2 2 の受光タイミングに基づいて、パルス光が発光部 1 1 から計測対象物 1 0 0 を介して受光部 2 0 へ飛行する飛行時間 T O F O 1 を算出する。以下に、この

動作について詳細に説明する。

- [0123] まず、タイミング t_{51} において期間 P_O が開始する。このタイミング t_{51} において、制御部 69 は、制御信号 RES_SEL を低レベルから高レベルに変化させ、このタイミング t_{51} から所定の時間が経過したタイミングにおいて、制御信号 RES_SEL を高レベルから低レベルに変化させる（図 14（I））。これにより、SR ラッチ 65 は、選択制御信号 SEL_O を低レベルに設定する（図 14（J））。
- [0124] そして、このタイミング t_{51} において、制御部 69 は、トリガ信号 LDT を低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t_{51} から所定の時間（パルス幅 PW ）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号 LDT を高レベルから低レベルに変化させる（図 14（E））。これにより、発光部 11 は、タイミング t_{51} から時間 $TD2$ だけ遅延したタイミング t_{53} において発光し、そのタイミング t_{53} から所定の時間（パルス幅 PW ）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光 L_{out} （出射パルス光 L_O ）を射出する（図 14（F））。
- [0125] また、このタイミング t_{51} において、制御部 69 は、信号 $START$ （信号 $START_O$ ）を低レベルから高レベルに変化させる（図 14（C））。時間計測部 14 の入力端子における信号 $START$ （信号 $START_D$ ）は、タイミング t_{51} から時間 $TD1$ だけ遅延したタイミング t_{52} において、低レベルから高レベルに変化する（図 14（D））。そして、時間計測部 14 は、この信号 $START$ （信号 $START_D$ ）に基づいて、クロック信号 CLK に含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図 14（A），（B））。これにより、時間計測部 14 におけるカウント値 CNT が増加し始める（図 14（B））。
- [0126] そして、タイミング t_{53} から飛行時間 $TOFO1$ だけ遅延したタイミング t_{54} において、受光部 20 は、発光部 11、反射体 61、および受光部 20 と、計測対象物 100 との間を 1 往復した反射パルス光 L_{21} を検出する（図 14（G））。そして、このタイミング t_{54} から時間 $TD3$ だけ遅

延したタイミング t_{55} において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する（図14（H））。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT（値CO1）を出力する。図14（K）に示したように、選択制御信号SEL0は低レベル（“0”）であるので、演算部60のデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT（値CO1）を記憶部62に供給する。そして、記憶部62は、このカウント値CNT（値CO1）を記憶する。

[0127] そして、タイミング t_{56} において、記憶部62は、制御信号SET__SELを低レベルから高レベルに変化させ、このタイミング t_{56} から所定の時間が経過したタイミングにおいて、制御信号SET__SELを高レベルから低レベルに変化させる（図14（J））。これにより、SRラッチ65は、このタイミング t_{56} において、選択制御信号SEL0を低レベルから高レベルに変化させる（図14（K））。

[0128] そして、タイミング t_{53} から飛行時間TOFO2（ $=2 \times \text{TOFO1}$ ）だけ遅延したタイミング t_{57} において、受光部20は、発光部11、反射体61、および受光部20と、計測対象物100との間を2往復した反射パルス光L22を検出する（図14（G））。そして、このタイミング t_{57} から時間TD3だけ遅延したタイミング t_{58} において、時間計測部14の入力端子における信号STPが低レベルから高レベルに変化する（図14（H））。時間計測部14は、この信号STPに基づいて、カウント値CNT（値CO2）を出力する。図14（K）に示したように、選択制御信号SEL0は高レベル（“1”）であるので、演算部60のデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT（値CO2）を減算部33に供給する。減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNT（値CO2）から、記憶部62から供給されたカウント値CNT（値CO1）を減算することにより、差分値DIFFを算出する。

[0129] そして、タイミング t_{59} において期間POが終了する。

[0130] カウント値CNTの値CO1は、時間計測部14により得られたカウント

値であるので、クロック信号CLKの1周期分の時間を乗算することにより、時間TO1に換算することができる。この時間TO1は、図14に示したように、以下の式で表すことができる。

$$TO1 = TOFO1 + TD2 + TD3 - TD1 \quad \dots (EQ9)$$

[0131] 同様に、カウント値CNTの値CO2は、時間TO2に換算することができる。この時間TO2は、図14に示したように、以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} TO2 &= TOFR2 + TD2 + TD3 - TD1 \\ &= 2 \times TOFR1 + TD2 + TD3 - TD1 \quad \dots (EQ10) \end{aligned}$$

[0132] よって、差分値DIFFに対応する時間TDIFFは、以下の式で表すことができる。

$$TDIFF = TO2 - TO1 = TOFO1 \quad \dots (EQ11)$$

このようにして、時間計測装置3は、この差分値DIFFに基づいて、飛行時間TOFO1を求めることができる。

[0133] ヒストグラム生成部15は、演算部60から供給された差分値DIFFに基づいて、図4に示したようなヒストグラムHISTを生成する。そして、ヒストグラム生成部15は、例えば、このヒストグラムHISTにおいて、最も頻度が高いような差分値DIFFを差分値DIFF_{peak}として求める。信号処理部16は、例えば、この差分値DIFF_{peak}に、クロック信号CLKの1周期分の時間を乗算することにより飛行時間TOFO1を算出することができる。

[0134] このように、時間計測装置3では、反射体61を設け、受光部20が、発光部11、反射体61、および受光部20と、計測対象物100との間を1往復した反射パルス光L21と、発光部11、反射体61、および受光部20と、計測対象物100との間を2往復した反射パルス光L22とを検出するようにした。これにより、時間計測装置3では、式EQ9～EQ11に示したように、時間計測装置3内で生じる様々な遅延による影響を互いに打ち消すことができるので、パルス光の飛行時間TOFO1の計測精度を高める

ことができる。

[0135] 以上のように本実施の形態では、反射体を設け、受光部が、発光部、反射体、および受光部と、計測対象物との間を1往復した反射パルス光L21と、発光部、反射体、および受光部と、計測対象物との間を2往復した反射パルス光L22とを検出するようにしたので、パルス光の飛行時間の計測精度を高めることができる。

[0136] <4. 第4の実施の形態>

次に、第4の実施の形態に係る時間計測装置4について説明する。本実施の形態は、2つの受光部20における検出結果に基づいて1つのヒストグラムHISTを生成するものである。なお、上記第1の実施の形態に係る時間計測装置1と実質的に同一の構成部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0137] 図15は、時間計測装置4の一構成例を表すものである。時間計測装置4は、回路80A、80Bと、ヒストグラム生成部76と、制御部79とを備えている。

[0138] 回路80A、80Bのそれぞれは、受光部70と、時間計測部14と、演算部30とを有している。

[0139] 回路80Aの受光部70は、出射パルス光L0に応じた、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RAと、出射パルス光L0に応じた、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Aとを検出するように構成される。回路80Bの受光部70は、出射パルス光L0に応じた、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RBと、出射パルス光L0に応じた、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Bとを検出するように構成される。

[0140] 図16は、受光部70の一構成例を表すものである。受光部70は、受光素子21と、抵抗素子22と、インバータ71と、トランジスタ72、73と、バッファ74と、反転論理和回路(NOR)75とを有している。

[0141] インバータ71は、活性化信号ENを反転して出力するように構成される

。具体的には、回路80Aにおけるインバータ71は、活性化信号EN__Aを反転して出力し、回路80Bにおけるインバータ71は、活性化信号EN__Bを反転して出力するようになっている。

[0142] トランジスタ72は、P型のMOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタであり、ソースには電圧VDDHが供給され、ゲートはインバータ71の出力端子に接続され、ドレインは抵抗素子22の一端に接続される。

[0143] トランジスタ73は、N型のMOSトランジスタであり、ドレインは受光素子21のカソード、抵抗素子22の他端、および反転論理和回路75に接続され、ゲートはインバータ71の出力端子に接続され、ソースは接地される。

[0144] バッファ74の入力端子はインバータ71の出力端子に接続され、出力端子は反転論理和回路75に接続される。

[0145] 反転論理和回路75の第1の入力端子はバッファ74の出力端子に接続され、第2の入力端子は受光素子21のカソード、抵抗素子22の他端、およびトランジスタ73のドレインに接続される。そして、反転論理和回路75は、信号STPを生成するようになっている。

[0146] この構成により、受光部70は、活性化信号ENが高レベルである場合には、パルス光を検出可能な状態になる。また、受光部70は、活性化信号ENが低レベルである場合には、パルス光を検出出来ない状態になり、信号STPを低レベルに維持するようになっている。

[0147] 回路80Aのデマルチプレクサ31は、制御部79から供給された選択制御信号SELO__Aに基づいて、時間計測部14から供給されたカウント値CNTを、記憶部32または減算部33に選択的に供給するように構成される。回路80Bのデマルチプレクサ31は、制御部79から供給された選択制御信号SELO__Bに基づいて、時間計測部14から供給されたカウント値CNTを、記憶部32または減算部33に選択的に供給するように構成される。

[0148] ヒストグラム生成部76は、回路80Aの演算部30から供給された差分

値DIFF（差分値DIFF__A）、および回路80Bの演算部30から供給された差分値DIFF（差分値DIFF__B）に基づいて、1つのヒストグラムHISTを生成するように構成される。そして、ヒストグラム生成部76は、例えば、このヒストグラムHISTにおいて、最も頻度が高いような差分値DIFFを差分値DIFF_{peak}として求める。信号処理部16は、この差分値DIFF_{peak}に基づいて、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを算出する。すなわち、時間計測装置4では、2つの回路80A、90Bを1つの画素として動作させることにより1つのヒストグラムHISTを生成し、このヒストグラムHISTに基づいて、飛行時間TOFOを算出している。

[0149] 制御部79は、時間計測装置4の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部79は、トリガ信号LDTを発光部11に供給し、活性化信号EN__Aを回路80Aの受光部70に供給し、活性化信号EN__Bを回路80Bの受光部70に供給し、クロック信号CLKおよび信号STRTを回路80A、80Bの時間計測部14に供給し、選択制御信号SEL0__Aを回路80Aのデマルチプレクサ31に供給し、選択制御信号SEL0__Bを回路80Bのデマルチプレクサ31に供給することにより、時間計測装置4の動作を制御している。

[0150] 時間計測装置4は、回路80Aは、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RAを検出できるとともに、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Aを検出することができる。同様に、回路80Bは、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RBを検出できるとともに、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Bを検出することができる。制御部79は、2つの回路80A、80Bのうちの少なくとも一方が、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2（反射パルス光L2A、L2B）を計測するように、時間計測装置4の動作を制御する。

[0151] ここで、回路80Aの受光部70は、本開示における「第1の受光部」の

一具体例に対応する。回路80Bの受光部70は、本開示における「第2の受光部」の一具体例に対応する。受光素子21は、本開示における「受光素子」の一具体例に対応する。トランジスタ72は、本開示における「トランジスタ」の一具体例に対応する。基準パルス光L1RAは、本開示における「第1のパルス光」の一具体例に対応する。反射パルス光L2Aは、本開示における「第2のパルス光」の一具体例に対応する。基準パルス光L1RBは、本開示における「第4のパルス光」の一具体例に対応する。反射パルス光L2Bは、本開示における「第5のパルス光」の一具体例に対応する。回路80Aの時間計測部14は、本開示における「第1のタイミング検出部」の一具体例に対応する。回路80Bの時間計測部14は、本開示における「第2のタイミング検出部」の一具体例に対応する。回路80Aの演算部30は、本開示における「第1の演算部」の一具体例に対応する。回路80Bの演算部30は、本開示における「第2の演算部」の一具体例に対応する。差分値DIFF__Aは、本開示における「第1の時間値」の一具体例に対応する。差分値DIFF__Bは、本開示における「第2の時間値」の一具体例に対応する。ヒストグラム生成部76は、本開示における「ヒストグラム生成部」の一具体例に対応する。制御部79は、本開示における「制御部」の一具体例に対応する。

[0152] 図17は、時間計測装置4の一動作例を表すものである。時間計測装置4では、例えば、電源投入時などにおいて駆動D1を行い、その駆動D1に続いて、駆動D2を繰り返す。

[0153] 駆動D1では、時間計測装置4は、この例では、AR__BRモードでの動作を2回繰り返す。このAR__BRモードでは、回路80A、80Bの計測対象は基準反射体12である。これにより、上記第1の実施の形態に係る時間計測装置1と同様に、回路80A、80Bは、時間計測装置4の内部における遅延時間を計測する。

[0154] 駆動D2では、時間計測装置4は、この例では、AO__BRモード、AR__BOモード、AO__BOモード、AO__BOモードの順に動作を行う。

- [0155] AO__BRモードでは、回路80Aの計測対象は計測対象物100であり、回路80Bの計測対象は基準反射体12である。これにより、上記第1の実施の形態に係る時間計測装置1と同様に、回路80Aは、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを計測し、回路80Bは、時間計測装置4の内部における遅延時間を計測する。
- [0156] AR__BOモードでは、回路80Aの計測対象は基準反射体12であり、回路80Bの計測対象は計測対象物100である。これにより、上記第1の実施の形態に係る時間計測装置1と同様に、回路80Aは、時間計測装置4の内部における遅延時間を計測し、回路80Bは、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを計測する。
- [0157] AO__BOモードでは、回路80A、80Bの計測対象は計測対象物100である。これにより、上記第1の実施の形態に係る時間計測装置1と同様に、回路80A、80Bは、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを計測する。
- [0158] 回路80A、80Bは、飛行時間TOFOを計測する際、その計測以前に計測した、時間計測装置4の内部における遅延時間の計測結果を利用して、飛行時間TOFOを計測する。具体的には、図17に示したように、回路80Aは、駆動D2における3番目の期間P3での飛行時間TOFOの計測において、駆動D2における2番目の期間P2での遅延時間の計測結果を利用する。また、回路80Aは、駆動D2における4番目の期間P4での飛行時間TOFOの計測において、駆動D2における2番目の期間P2での遅延時間の計測結果を利用する。また、回路80Aは、2回目の駆動D2における1番目の期間P1での飛行時間TOFOの計測において、1回目の駆動D2における2番目の期間P2での遅延時間の計測結果を利用する。
- [0159] このように、駆動D2では、回路80A、80Bのうちの少なくとも一方が、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行

する飛行時間 T O F O を計測する。これにより、時間計測装置 4 では、時間計測装置 4 の内部における遅延時間の計測を行う際に、飛行時間 T O F O の計測を、中断することなく続けて行うことができるようになっている。

[0160] 図 18 は、A R _ B R モードにおける時間計測装置 4 の一動作例を表すものであり、図 19 は、A O _ B R モードにおける時間計測装置 4 の一動作例を表すものであり、図 20 は、A R _ B O モードにおける時間計測装置 4 の一動作例を表すものであり、図 21 は、A O _ B O モードにおける時間計測装置 4 の一動作例を表すものである。図 18 ~ 21 において、(A) はクロック信号 C L K の波形を示し、(B) は制御部 79 の出力端子における信号 S T R T (信号 S T R T _ 0) の波形を示し、(C) は制御部 79 の出力端子におけるトリガ信号 L D T の波形を示し、(D) は発光部 11 の発光面 S 11 におけるパルス光 L out の波形を示し、(E) は回路 80 A, 80 B における受光部 70 の受光面 S 20 におけるパルス光 L in の波形を示す。図 18 ~ 21 において、(F) ~ (J) は回路 80 A の動作を示し、(K) ~ (O) は回路 80 B の動作を示す。図 18 ~ 21 において、(F) は回路 80 A の時間計測部 14 におけるカウント値 C N T (カウント値 C N T _ A) を示し、(G) は回路 80 A における時間計測部 14 の入力端子における信号 S T R T (信号 S T R T _ D _ A) の波形を示し、(H) は活性化信号 E N _ A の波形を示し、(I) は選択制御信号 S E L O _ A の波形を示し、(J) は回路 80 A における時間計測部 14 の入力端子における信号 S T P (信号 S T P _ A) の波形を示す。図 18 ~ 21 において、(K) は回路 80 B の時間計測部 14 におけるカウント値 C N T (カウント値 C N T _ B) を示し、(L) は回路 80 B における時間計測部 14 の入力端子における信号 S T R T (信号 S T R T _ D _ B) の波形を示し、(M) は活性化信号 E N _ B の波形を示し、(N) は選択制御信号 S E L O _ B の波形を示し、(O) は回路 80 B における時間計測部 14 の入力端子における信号 S T P (信号 S T P _ B) の波形を示す。

[0161] (A R _ B R モード)

AR__BRモード（図18）では、制御部79は、選択制御信号SEL0__A, SEL0__Bを低レベルに設定する（図18（I）,（N））。そして、タイミングt61において、制御部79は、活性化信号EN__A, EN__Bを低レベルに設定する（図18（H）,（M））。これにより、回路80A, 80Bの受光部70は、パルス光を検出可能な状態になる。

[0162] そして、このタイミングt61において、制御部79は、トリガ信号LDTを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミングt61から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号LDTを高レベルから低レベルに変化させる（図18（C））。これにより、発光部11は、タイミングt61から時間TD2だけ遅延したタイミングt64において発光し、そのタイミングt64から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光Lout（出射パルス光LO）を射出する（図18（D））。

[0163] また、このタイミングt61において、制御部79は、信号STRT（信号STRT__0）を低レベルから高レベルに変化させる（図18（B））。

[0164] 回路80Aの時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D__A）は、タイミングt61から時間TD1__Aだけ遅延したタイミングt62において、低レベルから高レベルに変化する（図18（G））。この時間TD1__Aは、制御部79から回路80Aの時間計測部14までの信号STRTの信号遅延の時間に対応する。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__A）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図18（A）,（F））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Aが増加し始める（図18（F））。

[0165] 回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D__B）は、タイミングt61から時間TD1__Bだけ遅延したタイミングt63において、低レベルから高レベルに変化する（図18（L））。この時間TD1__Bは、制御部79から回路80Bの時間計測部14まで

の信号STRTの信号遅延の時間に対応する。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__B）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図18（A）,（K））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Bが増加し始める（図18（K））。

[0166] そして、タイミングt64から飛行時間TOFRだけ遅延したタイミングt65において、回路80A、80Bの受光部70は、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RA、L1RBを検出する（図18（E））。

[0167] そして、このタイミングt65から時間TD3__Aだけ遅延したタイミングt66において、回路80Aの時間計測部14の入力端子における信号STP__Aが低レベルから高レベルに変化する（図18（J））。この時間TD3__Aは、回路80Aの受光部70における内部遅延の時間、および受光部70から時間計測部14への信号遅延の時間の合計時間に対応する。そして、時間計測部14は、この信号STP__Aに基づいて、カウント値CNT__A（値CRA）を出力する。図18（I）に示したように、選択制御信号SELO__Aは低レベル（“0”）であるので、回路80Aのデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT__A（値CRA）を記憶部32に供給する。そして、記憶部32は、このカウント値CNT__A（値CRA）を記憶する。

[0168] また、このタイミングt65から時間TD3__Bだけ遅延したタイミングt67において、回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号STP__Bが低レベルから高レベルに変化する（図18（O））。この時間TD3__Bは、回路80Bの受光部70における内部遅延の時間、および受光部70から時間計測部14への信号遅延の時間の合計時間に対応する。そして、時間計測部14は、この信号STP__Bに基づいて、カウント値CNT__B（値CRB）を出力する。図18（N）に示したように、選択制御信号SELO__Bは低レベル（“0”）であるので、回路80Bのデマルチプレク

サ 3 1 は、このカウント値 CNT__B (値 CRB) を記憶部 3 2 に供給する。そして、記憶部 3 2 は、このカウント値 CNT__B (値 CRB) を記憶する。

[0169] そして、タイミング t 6 8 において、制御部 7 9 は、活性化信号 EN__A, EN__B を高レベルから低レベルに変化させる (図 1 8 (H), (M))。これにより、回路 8 0 A, 8 0 B の受光部 7 0 は、パルス光を検出出来ない状態になり、これ以降、信号 STP__A, STP__B は、低レベルに維持される (図 1 8 (J), (O))。

[0170] (AO__BRモード)

AO__BRモード (図 1 9) では、制御部 7 9 は、選択制御信号 SEL O__A を高レベルに設定し、選択制御信号 SEL O__B を低レベルに設定する (図 1 9 (I), (N))。そして、タイミング t 7 1 において、制御部 7 9 は、活性化信号 EN__A を低レベルに設定し、活性化信号 EN__B を高レベルに設定する (図 1 9 (H), (M))。これにより、回路 8 0 A の受光部 7 0 は、パルス光を検出出来ない状態になり、回路 8 0 B の受光部 7 0 は、パルス光を検出可能な状態になる。

[0171] そして、このタイミング t 7 1 において、制御部 7 9 は、トリガ信号 LDT を低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミング t 7 1 から所定の時間 (パルス幅 PW) が経過したタイミングにおいて、トリガ信号 LDT を高レベルから低レベルに変化させる (図 1 9 (C))。これにより、発光部 1 1 は、タイミング t 7 1 から時間 TD 2 だけ遅延したタイミング t 7 4 において発光し、そのタイミング t 7 4 から所定の時間 (パルス幅 PW) が経過したタイミングで消光することにより、パルス光 Lout (出射パルス光 LO) を射出する (図 1 9 (D))。

[0172] また、このタイミング t 7 1 において、制御部 7 9 は、信号 STRT (信号 STRT__O) を低レベルから高レベルに変化させる (図 1 9 (B))。

[0173] 回路 8 0 A の時間計測部 1 4 の入力端子における信号 STRT (信号 STRT__D__A) は、タイミング t 7 1 から時間 TD 1__A だけ遅延したタイ

ミング t_{72} において、低レベルから高レベルに変化する（図19（G））。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__A）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図19（A）,（F））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Aが増加し始める（図19（F））。

[0174] 回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D__B）は、タイミング t_{71} から時間TD1__Bだけ遅延したタイミング t_{73} において、低レベルから高レベルに変化する（図19（L））。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__B）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図19（A）,（K））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Bが増加し始める（図19（K））。

[0175] そして、タイミング t_{74} から飛行時間TOFRだけ遅延したタイミング t_{75} において、回路80Bの受光部70は、基準反射体12による反射光である基準パルス光L1RBを検出する（図19（E））。

[0176] そして、このタイミング t_{75} から時間TD3__Bだけ遅延したタイミング t_{76} において、回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号STP__Bが低レベルから高レベルに変化する（図19（O））。そして、時間計測部14は、この信号STP__Bに基づいて、カウント値CNT__B（値CRB）を出力する。図19（N）に示したように、選択制御信号SEL0__Bは低レベル（“0”）であるので、回路80Bのデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT__B（値CRB）を記憶部32に供給する。そして、記憶部32は、このカウント値CNT__B（値CRB）を記憶する。

[0177] そして、タイミング t_{77} において、制御部79は、活性化信号EN__Aを低レベルから高レベルに変化させるとともに、活性化信号EN__Bを高レベルから低レベルに変化させる（図19（H）,（M））。これにより、回路80Aの受光部70は、パルス光を検出可能な状態になる。また、回路80Bの受光部70は、パルス光を検出出来ない状態になり、これ以降、信号

STP__Bは、低レベルに維持される（図19（O））。

[0178] 次に、タイミングt 74から飛行時間TOFOだけ遅延したタイミングt 78において、回路80Aの受光部70は、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Aを検出する（図19（E））。そして、このタイミングt 78から時間TD3__Aだけ遅延したタイミングt 79において、時間計測部14の入力端子における信号STP__Aが低レベルから高レベルに変化する（図19（J））。時間計測部14は、この信号STP__Aに基づいて、カウント値CNT__A（値COA）を出力する。図19（I）に示したように、選択制御信号SELO__Aは高レベル（“1”）であるので、回路80Aのデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT__A（値COA）を減算部33に供給する。そして、減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNT__A（値COA）から、記憶部32から供給されたカウント値CNT__A（値CRA）を減算することにより、差分値DIFF__Aを算出する。

[0179] （AR__BOモード）

AR__BOモード（図20）では、制御部79は、選択制御信号SELO__Aを低レベルに設定し、選択制御信号SELO__Bを高レベルに設定する（図20（I），（N））。そして、タイミングt 81において、制御部79は、活性化信号EN__Aを高レベルに設定し、活性化信号EN__Bを低レベルに設定する（図20（H），（M））。これにより、回路80Aの受光部70は、パルス光を検出可能な状態になり、回路80Bの受光部70は、パルス光を検出出来ない状態になる。

[0180] そして、このタイミングt 81において、制御部79は、トリガ信号LDTを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミングt 81から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号LDTを高レベルから低レベルに変化させる（図20（C））。これにより、発光部11は、タイミングt 81から時間TD2だけ遅延したタイミングt 84において発光し、そのタイミングt 84から所定の時間（パルス幅PW）が経過

したタイミングで消光することにより、パルス光 L_{out} （出射パルス光 L_O ）を射出する（図 20（D））。

[0181] また、このタイミング t_{81} において、制御部 79 は、信号 $START$ （信号 $START_O$ ）を低レベルから高レベルに変化させる（図 20（B））。

[0182] 回路 80A の時間計測部 14 の入力端子における信号 $START$ （信号 $START_D_A$ ）は、タイミング t_{81} から時間 $TD1_A$ だけ遅延したタイミング t_{82} において、低レベルから高レベルに変化する（図 20（G））。そして、時間計測部 14 は、この信号 $START$ （信号 $START_D_A$ ）に基づいて、クロック信号 CLK に含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図 20（A），（F））。これにより、時間計測部 14 におけるカウント値 CNT_A が増加し始める（図 20（F））。

[0183] 回路 80B の時間計測部 14 の入力端子における信号 $START$ （信号 $START_D_B$ ）は、タイミング t_{81} から時間 $TD1_B$ だけ遅延したタイミング t_{83} において、低レベルから高レベルに変化する（図 20（L））。そして、時間計測部 14 は、この信号 $START$ （信号 $START_D_B$ ）に基づいて、クロック信号 CLK に含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図 20（A），（K））。これにより、時間計測部 14 におけるカウント値 CNT_B が増加し始める（図 20（K））。

[0184] そして、タイミング t_{84} から飛行時間 $TOFR$ だけ遅延したタイミング t_{85} において、回路 80A の受光部 70 は、基準反射体 12 による反射光である基準パルス光 L_{1RA} を検出する（図 20（E））。

[0185] そして、このタイミング t_{85} から時間 $TD3_B$ だけ遅延したタイミング t_{86} において、回路 80A の時間計測部 14 の入力端子における信号 STP_A が低レベルから高レベルに変化する（図 20（J））。そして、時間計測部 14 は、この信号 STP_A に基づいて、カウント値 CNT_A （値 CRA ）を出力する。図 20（I）に示したように、選択制御信号 SEL_O_A は低レベル（“0”）であるので、回路 80A のデマルチプレクサ 31 は、このカウント値 CNT_A （値 CRA ）を記憶部 32 に供給する。そ

して、記憶部32は、このカウント値CNT__A（値CRA）を記憶する。

[0186] そして、タイミングt87において、制御部79は、活性化信号EN__Aを高レベルから低レベルに変化させるとともに、活性化信号EN__Bを低レベルから高レベルに変化させる（図20（H），（M））。これにより、回路80Aの受光部70は、パルス光を検出出来ない状態になり、これ以降、信号STP__Aは、低レベルに維持される（図20（J））。また、回路80Bの受光部70は、パルス光を検出可能な状態になる。

[0187] 次に、タイミングt84から飛行時間TOFOだけ遅延したタイミングt88において、回路80Bの受光部70は、計測対象物100による反射光である反射パルス光L2Bを検出する（図20（E））。そして、このタイミングt88から時間TD3__Bだけ遅延したタイミングt89において、時間計測部14の入力端子における信号STP__Bが低レベルから高レベルに変化する（図20（O））。時間計測部14は、この信号STP__Bに基づいて、カウント値CNT__B（値COB）を出力する。図20（N）に示したように、選択制御信号SELO__Bは高レベル（“1”）であるので、回路80Bのデマルチプレクサ31は、このカウント値CNT__B（値COB）を減算部33に供給する。そして、減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値CNT__B（値COB）から、記憶部32から供給されたカウント値CNT__B（値CRB）を減算することにより、差分値DIFF__Bを算出する。

[0188] （AO__BOモード）

AO__BOモード（図21）では、制御部79は、選択制御信号SELO__A，SELO__Bを高レベルに設定する（図21（I），（N））。そして、タイミングt91において、制御部79は、活性化信号EN__A，EN__Bを低レベルに設定する（図121（H），（M））。これにより、回路80A，80Bの受光部70は、パルス光を検出出来ない状態になる。

[0189] そして、このタイミングt91において、制御部79は、トリガ信号LDTを低レベルから高レベルに変化させ、そのタイミングt91から所定の時

間（パルス幅PW）が経過したタイミングにおいて、トリガ信号LD Tを高レベルから低レベルに変化させる（図21（C））。これにより、発光部11は、タイミングt 91から時間TD 2だけ遅延したタイミングt 94において発光し、そのタイミングt 94から所定の時間（パルス幅PW）が経過したタイミングで消光することにより、パルス光L out（出射パルス光L O）を射出する（図21（D））。

[0190] また、このタイミングt 91において、制御部79は、信号STRT（信号STRT__O）を低レベルから高レベルに変化させる（図21（B））。

[0191] 回路80Aの時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D__A）は、タイミングt 91から時間TD 1__Aだけ遅延したタイミングt 92において、低レベルから高レベルに変化する（図21（G））。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__A）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図21（A）,（F））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Aが増加し始める（図21（F））。

[0192] 回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号STRT（信号STRT__D__B）は、タイミングt 91から時間TD 1__Bだけ遅延したタイミングt 93において、低レベルから高レベルに変化する（図21（L））。そして、時間計測部14は、この信号STRT（信号STRT__D__B）に基づいて、クロック信号CLKに含まれるクロックパルスのカウントを開始する（図21（A）,（K））。これにより、時間計測部14におけるカウント値CNT__Bが増加し始める（図21（K））。

[0193] そして、タイミングt 95において、制御部79は、活性化信号EN__A, EN__Bを低レベルから高レベルに変化させる（図21（H）,（M））。これにより、回路80A, 80Bの受光部70は、パルス光を検出可能な状態になる（図21（O））。

[0194] 次に、タイミングt 94から飛行時間TOFOだけ遅延したタイミングt 96において、回路80A, 80Bの受光部70は、計測対象物100によ

る反射光である反射パルス光 $L2A$ 、 $L2B$ を検出する（図21（E））。

[0195] そして、このタイミング $t96$ から時間 $TD3_A$ だけ遅延したタイミング $t97$ において、回路80Aの時間計測部14の入力端子における信号 STP_A が低レベルから高レベルに変化する（図21（J））。時間計測部14は、この信号 STP_A に基づいて、カウント値 CNT_A （値 COA ）を出力する。図21（I）に示したように、選択制御信号 $SEL0_A$ は高レベル（“1”）であるので、回路80Aのデマルチプレクサ31は、このカウント値 CNT_A （値 COA ）を減算部33に供給する。そして、減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値 CNT_A （値 COA ）から、記憶部32から供給されたカウント値 CNT_A （値 CRA ）を減算することにより、差分値 DIF_A を算出する。

[0196] また、このタイミング $t96$ から時間 $TD3_B$ だけ遅延したタイミング $t98$ において、回路80Bの時間計測部14の入力端子における信号 STP_B が低レベルから高レベルに変化する（図21（O））。時間計測部14は、この信号 STP_B に基づいて、カウント値 CNT_B （値 COB ）を出力する。図21（N）に示したように、選択制御信号 $SEL0_B$ は高レベル（“1”）であるので、回路80Bのデマルチプレクサ31は、このカウント値 CNT_B （値 COB ）を減算部33に供給する。そして、減算部33は、デマルチプレクサ31から供給されたカウント値 CNT_B （値 COB ）から、記憶部32から供給されたカウント値 CNT_B （値 CRB ）を減算することにより、差分値 DIF_B を算出する。

[0197] ヒストグラム生成部76は、回路80Aの演算部30から供給された差分値 DIF_A 、および回路80Bの演算部30から供給された差分値 DIF_B に基づいて、図4に示したような1つのヒストグラム $HIST$ を生成する。そして、ヒストグラム生成部76は、例えば、このヒストグラム $HIST$ において、最も頻度が高いような差分値 DIF を差分値 DIF_{peak} として求める。信号処理部16は、例えば、この差分値 DIF_{peak} に、クロック信号 CLK の1周期分の時間を乗算することにより時間 $TDIF$ を

算出し、この時間 T_{DIFF} に既知の飛行時間 T_{OFR} を加算することにより、飛行時間 T_{OFO} を算出することができる。

[0198] このように、時間計測装置 4 では、2つの回路 80A、80B を設け、回路 80A から供給された差分値 D_{IFF_A} 、および回路 80B から供給された差分値 D_{IFF_B} に基づいて、1つのヒストグラム H_{IST} を生成するようにしたので、ジッタの影響を低減することができ、パルス光の飛行時間 T_{OFO} の計測精度を高めることができる。

[0199] また、時間計測装置 4 では、駆動 D2 において、回路 80A、80B のうちの少なくとも一方が、飛行時間 T_{OFO} を計測するようにしたので、時間計測装置 4 の内部における遅延時間の計測を行う際に、飛行時間 T_{OFO} の計測を、中断することなく続けて行うことができる。

[0200] また、時間計測装置 4 では、活性化信号 EN を用いて、受光部 70 がパルス光を検出可能な状態にし、あるいは受光部 70 がパルス光を検出出来ない状態にするようにした。これにより、時間計測装置 4 では、受光素子 21 におけるいわゆるデッドタイムの影響を抑えることができる。すなわち、受光素子 21 では、フォトンが入射すると、アバランシェブレークダウンが生じ、カソード電圧が電圧 V_{AND} 付近の電圧にまで低下する。そして、その後に、アバランシェブレークダウンが終了すると、受光素子 21 のカソードが抵抗素子 22 に流れる電流により充電され、カソード電圧が電圧 V_{DDH} に戻る。カソード電圧が低下している期間（デッドタイム）では、受光素子 21 は、次のフォトンを検出することができない。よって、例えば、受光部 70 は、基準パルス光 L_{1R} を検出した直後には、反射パルス光 L_{2} を検出することができない。時間計測装置 4 では、例えば図 21 に示したように、受光部 70 が反射パルス光 L_{2} を検出すべき場合には、基準パルス光 L_{1R} が入射すべき期間において活性化信号 EN を低レベルにすることにより、受光部 70 が基準パルス光 L_{1R} を検出しないようにした。これにより、時間計測装置 4 では、活性化信号 EN をあらかじめ低レベルに設定しておき、例えば、基準パルス光 L_{1R} が入射すべき期間タイミングの直後に、活性化信号

ENを高レベルにすることにより、基準パルス光L1Rが入射した直後に反射パルス光L2が入射した場合でも、この反射パルス光L2を検出することができるので、受光素子21におけるデッドタイムの影響を抑えることができる。

[0201] [効果]

以上のように本実施の形態では、2つの回路80A、80Bを設け、回路80Aから供給された差分値DIFF_A、および回路80Bから供給された差分値DIFF_Bに基づいて、1つのヒストグラムを生成するようにしたので、パルス光の飛行時間の計測精度を高めることができる。

[0202] 本実施の形態では、回路80A、80Bのうちの少なくとも一方が、飛行時間を計測するようにしたので、飛行時間TOFOの計測を、中断することなく続けて行うことができる。

[0203] 本実施の形態では、活性化信号を用いて、受光部がパルス光を検出可能な状態にし、あるいは受光部がパルス光を検出出来ない状態にしたので、受光素子におけるいわゆるデッドタイムの影響を抑えることができる。

[0204] [変形例4-1]

上記実施の形態では、2つの回路80A、80Bを設けたが、これに限定されるものではなく、これに代えて、例えば、3つ以上の回路を設けてもよい。

[0205] [変形例4-2]

上記実施の形態では、図17に示したように、駆動D2において4つの期間P1~P4を設定し、この4つの期間P1~P4のうちの3つの期間において、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを計測し、4つの期間P1~P4のうちの1つの期間において、時間計測装置4の内部における遅延時間を計測したが、これに限定されるものではない。例えば、この4つの期間P1~P4のうちの2つの期間において、パルス光が発光部11から計測対象物100を介して受光部20へ飛行する飛行時間TOFOを計測し、4つの期間P1~P4のうち

の2つの期間において、時間計測装置4の内部における遅延時間を計測してもよい。また、駆動D2において、例えば5つ以上の期間を設定してもよい。

[0206] [変形例4-3]

上記実施の形態では、2つの回路80A、90Bからなる回路対を1つ設けるようにしたが、これに限定されるものではなく、このような回路対を複数設けるようにしてもよい。この場合には、時間計測装置では、変形例1-3と同様に、例えばデプス画像を生成することができる。

[0207] [変形例4-4]

上記実施の形態では、活性化信号ENを用いて、受光部70がパルス光を検出可能な状態にし、あるいは受光部70がパルス光を検出出来ない状態にしたが、これに限定されるものではない。以下に、本変形例に係る時間計測装置4Aについて詳細に説明する。

[0208] 図22は、時間計測装置4Aの一構成例を表すものである。時間計測装置4Aは、回路90A、90Bと、ハーフミラー91と、ミラー駆動部92と、制御部99とを備えている。

[0209] 回路90A、90Bのそれぞれは、受光部20と、時間計測部14と、演算部30とを有している。

[0210] ハーフミラー91は、上記実施の形態に係る基準反射体12として機能し、角度を変更可能に構成される。ミラー駆動部92は、ハーフミラー91を駆動することにより、ハーフミラー91の角度を変更させるように構成される。

[0211] 図23A、23Bは、ハーフミラー91の一動作例を表すものである。この例では、発光部11、遮光体13、回路90Aの受光部20（受光部20A）、回路90Bの受光部20（受光部20B）は、X方向において、この順に配置される。ハーフミラー91は、発光部11から出射した出射パルス光L0のうちの一部を受光部20Aまたは受光部20Bに向かって選択的に反射させ、残りを透過させる。ハーフミラー91は、Y方向に延伸する軸を

中心として回動可能に構成される。例えば、ハーフミラー 91 の角度が、図 23 A に示した角度に設定された場合には、ハーフミラー 91 により反射された光は、基準パルス光 L1 R A として受光部 20 A に向かって進む。また、ハーフミラー 91 の角度が、図 23 B に示した角度に設定された場合には、ハーフミラー 91 により反射された光は、基準パルス光 L1 R B として受光部 20 B に向かって進む。また、ハーフミラー 91 を透過した光は、パルス光 L1 として計測対象物 100 に向かって進む。そして、計測対象物 100 により反射された光は、反射パルス光 L2 A, L2 B として受光部 20 A, 20 B に向かってそれぞれ進むようになっている。

[0212] 制御部 99 は、時間計測装置 4 A の動作を制御するように構成される。具体的には、制御部 99 は、トリガ信号 L D T を発光部 11 に供給し、クロック信号 C L K および信号 S T R T を回路 90 A, 90 B の時間計測部 14 に供給し、選択制御信号 S E L O __ A を回路 90 A のデマルチプレクサ 31 に供給し、選択制御信号 S E L O __ B を回路 90 B のデマルチプレクサ 31 に供給し、ミラー駆動部 92 に制御信号を供給することにより、時間計測装置 4 の動作を制御するようになっている。

[0213] ここで、ハーフミラー 91 は、本開示における「基準反射体」の一具体例に対応する。回路 90 A の受光部 20 は、本開示における「第 1 の受光部」の一具体例に対応する。回路 90 B の受光部 20 は、本開示における「第 2 の受光部」の一具体例に対応する。回路 90 A の時間計測部 14 は、本開示における「第 1 のタイミング検出部」の一具体例に対応する。回路 90 B の時間計測部 14 は、本開示における「第 2 のタイミング検出部」の一具体例に対応する。回路 90 A の演算部 30 は、本開示における「第 1 の演算部」の一具体例に対応する。回路 90 B の演算部 30 は、本開示における「第 2 の演算部」の一具体例に対応する。制御部 99 およびミラー駆動部 92 は、本開示における「制御部」の一具体例に対応する。

[0214] 例えば、図 23 A に示した例では、ハーフミラー 91 により反射された光は、基準パルス光 L1 R A として受光部 20 A に向かって進む。すなわち、

受光部 20B は基準パルス光 L1RB を検出しない。よって、例えば、受光部 20B は、デッドタイムの影響を受けることなく、反射パルス光 L2B を検出することができる。同様に、例えば、図 23B に示した例では、ハーフミラー 91 により反射された光は、基準パルス光 L1RB として受光部 20B に向かって進む。すなわち、受光部 20A は基準パルス光 L1RA を検出しない。よって、例えば、受光部 20A は、デッドタイムの影響を受けることなく、反射パルス光 L2A を検出することができる。そして、時間計測装置 4A は、この図 23A に示した状態と、図 23B に示した状態とを交互に繰り返すことにより、飛行時間 T O F O の計測を、中断することなく続けることができる。

[0215] 特に、時間計測装置 4A では、上記第 4 の実施の形態に係る受光部 70 (図 16) に比べて、受光部 20 の構成をシンプルにすることができるので、電気的特性を高めることができる。すなわち、受光部 70 では、例えば、受光素子 21 のカソードにトランジスタ 73 が接続されるので、カソードでのキャパシタンスが大きくなり、応答時間が長くなるおそれがある。一方、受光部 20 では、受光部 70 に比べて、カソードでのキャパシタンスを小さくすることができ、応答時間を短くすることができる。

[0216] <5. 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。

[0217] 図 24 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。

[0218] 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 24 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

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。

[0219] 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。

[0220] 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inker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。

[0221] 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。

[0222] 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。

[0223] 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。

[0224] 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。

[0225] 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。

[0226] 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。

[0227] 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24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もよい。

[0228] 図25は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

[0229] 図25では、車両12100は、撮像部12031として、撮像部12101、12102、12103、12104、12105を有する。

[0230] 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。撮像部12101及び12105で取得される前方の画像は、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。

[0231] なお、図25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 1 2 1 1 4 は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部 1 2 1 0 4 の撮像範囲を示す。例えば、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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 1 2 1 0 0 を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0232] 撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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。

[0233] 例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 から得られた距離情報を基に、撮像範囲 1 2 1 1 1 ないし 1 2 1 1 4 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 1 2 1 0 0 に対する相対速度）を求めることにより、特に車両 1 2 1 0 0 の進行路上にある最も近い立体物で、車両 1 2 1 0 0 と略同じ方向に所定の速度（例えば、0 k m / 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 1 2 0 5 1 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。

[0234] 例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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 1 2 0 5 1 は、車両 1 2 1 0 0 の周辺の障害物を、車両 1 2 1 0 0 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 1 2 0 5 1 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 1 2 0 6 1 や表示部 1 2 0 6 2 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。

[0235] 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どう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。

[0236] 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。これにより、車両制御システム12000では、時間計測精度を高くすることができるので、車両の衝突回避あるいは衝突緩和機能、車間距離に基づく追従走行機能、車速維持走行機能、車両の衝突警告機能、車両のレーン逸脱警告機能等の精度を高めることができる。

[0237] 以上、いくつかの実施の形態および変形例、ならびにそれらの具体的な応用例を挙げて本技術を説明したが、本技術はこれらの実施の形態等には限定されず、種々の変形が可能である。

[0238] 例えば、上記の各実施の形態では、基準反射体12としてハーフミラーを用いたが、これに限定されるものではなく、発光部11から出射した光の一部を反射させ、反射させた光を受光部に導くことができる様々な反射体を用いることができる。

[0239] なお、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なく、また他の効果があってもよい。

[0240] なお、本技術は以下のような構成とすることができる。以下の構成の本技術によれば、時間計測精度を高めることができる。

[0241] (1) 発光部から出射した出射パルス光に応じた第1のパルス光、および前記出射パルス光に応じた、対象物による反射光である第2のパルス光を検出可能な第1の受光部と、

前記第1の受光部の出力信号に基づいて、前記第1の受光部における前記第1のパルス光の第1の受光タイミングおよび前記第2のパルス光の第2の受光タイミングを検出可能な第1のタイミング検出部と、

前記第1の受光タイミングおよび前記第2の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第1の時間値を算出可能な第1の演算部と、

前記第1の時間値に基づいてヒストグラムを生成可能なヒストグラム生成部と

を備えた時間計測装置。

(2) 所定の位置に設けられた基準反射体をさらに備え、

前記第1のパルス光は、前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光である

前記(1)に記載の時間計測装置。

(3) 前記対象物からの光を前記対象物に向かって反射可能な反射体をさらに備え、

前記第1のパルス光は、前記対象物、前記反射体、前記対象物により、この順で反射された反射光である

前記(1)に記載の時間計測装置。

(4) 前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第2の受光タイミングのうち的一方から他方を減算することにより前記第1の時間値を算出可能である

前記(2)または(3)に記載の時間計測装置。

(5) 前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第2の受光タイミングのうち的一方から他方を減算し、その減算結果に、前記発光部と前記基準反射体との間の距離および前記基準反射体と前記第1の受光部との間の距離の合計距離に応じた所定の時間値を加算することにより、前記第1の時間値を算出可能である

前記(2)または(3)に記載の時間計測装置。

(6) 所定の位置に設けられた基準反射体と、

前記基準反射体からの光を前記基準反射体に向かって反射可能な反射体をさらに備え、

前記出射パルス光は、互いに射出タイミングが異なる第1の射出パルス光および第2の射出パルス光を含み、

前記第1のパルス光は、前記第1の射出パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記第2のパルス光は、前記第2の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光であり、

前記第1の受光部は、前記第1の射出パルス光に応じた、前記基準反射体、前記反射体、および前記基準反射体によりこの順で反射された反射光である第3のパルス光をさらに検出可能であり、

前記第1のタイミング検出部は、前記受光部の出力信号に基づいて、前記受光部における前記第3のパルス光の第3の受光タイミングを検出可能であり、

前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミング、前記第2の受光タイミング、および前記第3の受光タイミングに基づいて減算処理を行うことにより、前記第1の時間値を算出可能である

前記(1)に記載の時間計測装置。

(7) 前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第3の受光タイミングに基づいて、時間パラメータを算出可能であり、前記第2の受光タイミングおよび前記時間パラメータに基づいて前記減算処理を行うこと

により、前記第 1 の時間値を算出可能である

前記（６）に記載の時間計測装置。

（８）所定の位置に設けられた基準反射体と、

前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光である第 4 のパルス光、および前記出射パルス光に応じた、前記対象物による反射光である第 5 のパルス光を受光可能な第 2 の受光部と、

前記第 2 の受光部の出力信号に基づいて、前記第 2 の受光部における前記第 4 のパルス光の第 4 の受光タイミングおよび前記第 5 のパルス光の第 5 の受光タイミングを検出可能な第 2 のタイミング検出部と、

前記第 4 の受光タイミングおよび前記第 5 の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第 2 の時間値を算出可能な第 2 の演算部と

をさらに備え、

前記第 2 のパルス光は、前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記ヒストグラム生成部は、前記第 1 の時間値および前記第 2 の時間値に基づいて前記ヒストグラムを生成可能である

前記（１）に記載の時間計測装置。

（９）前記出射パルス光は、互いに射出タイミングが異なる第 1 の射出パルス光および第 2 の射出パルス光を含み、

前記第 2 のパルス光は、前記第 1 の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光であり、

前記第 4 のパルス光は、前記第 1 の射出パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記第 5 のパルス光は、前記第 2 の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光である

前記（８）に記載の時間計測装置。

（１０）制御部をさらに備え、

前記第 1 の受光部は、受光素子と、オン状態にすることにより前記受光素

子にバイアス電圧を印加可能なトランジスタとを有し、

前記制御部は、前記トランジスタをオンオフすることにより、前記第 1 の受光部に対して、前記第 1 のパルス光および前記第 2 のパルス光のうちの一方を検出させ、他方を検出させないようにすることが可能である

前記（８）または（９）に記載の時間計測装置。

（１１）前記基準反射体の角度を制御することにより、前記第 1 の受光部に前記第 1 のパルス光を入射させ、あるいは前記第 1 の受光部に前記第 1 のパルス光を入射させないようにすることが可能な制御部をさらに備えた

前記（８）または（９）に記載の時間計測装置。

（１２）前記発光部をさらに備えた

前記（１）から（１１）のいずれかに記載の時間計測装置。

[0242] 本出願は、日本国特許庁において 2018 年 11 月 30 日に出願された日本特許出願番号 2018-224545 号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0243] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

- [請求項1] 発光部から出射した出射パルス光に応じた第1のパルス光、および前記出射パルス光に応じた、対象物による反射光である第2のパルス光を検出可能な第1の受光部と、
- 前記第1の受光部の出力信号に基づいて、前記第1の受光部における前記第1のパルス光の第1の受光タイミングおよび前記第2のパルス光の第2の受光タイミングを検出可能な第1のタイミング検出部と、
- 、
- 前記第1の受光タイミングおよび前記第2の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第1の時間値を算出可能な第1の演算部と、
- 前記第1の時間値に基づいてヒストグラムを生成可能なヒストグラム生成部と
- を備えた時間計測装置。
- [請求項2] 所定の位置に設けられた基準反射体をさらに備え、
- 前記第1のパルス光は、前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光である
- 請求項1に記載の時間計測装置。
- [請求項3] 前記対象物からの光を前記対象物に向かって反射可能な反射体をさらに備え、
- 前記第1のパルス光は、前記対象物、前記反射体、前記対象物により、この順で反射された反射光である
- 請求項1に記載の時間計測装置。
- [請求項4] 前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第2の受光タイミングのうち的一方から他方を減算することにより前記第1の時間値を算出可能である
- 請求項2に記載の時間計測装置。
- [請求項5] 前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第2の

受光タイミングのうち的一方から他方を減算し、その減算結果に、前記発光部と前記基準反射体との間の距離および前記基準反射体と前記第1の受光部との間の距離の合計距離に応じた所定の時間値を加算することにより、前記第1の時間値を算出可能である

請求項2に記載の時間計測装置。

[請求項6]

所定の位置に設けられた基準反射体と、

前記基準反射体からの光を前記基準反射体に向かって反射可能な反射体と

をさらに備え、

前記出射パルス光は、互いに射出タイミングが異なる第1の射出パルス光および第2の射出パルス光を含み、

前記第1のパルス光は、前記第1の射出パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記第2のパルス光は、前記第2の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光であり、

前記第1の受光部は、前記第1の射出パルス光に応じた、前記基準反射体、前記反射体、および前記基準反射体によりこの順で反射された反射光である第3のパルス光をさらに検出可能であり、

前記第1のタイミング検出部は、前記受光部の出力信号に基づいて、前記受光部における前記第3のパルス光の第3の受光タイミングを検出可能であり、

前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミング、前記第2の受光タイミング、および前記第3の受光タイミングに基づいて減算処理を行うことにより、前記第1の時間値を算出可能である

請求項1に記載の時間計測装置。

[請求項7]

前記第1の演算部は、前記第1の受光タイミングおよび前記第3の受光タイミングに基づいて、時間パラメータを算出可能であり、前記第2の受光タイミングおよび前記時間パラメータに基づいて前記減算

処理を行うことにより、前記第 1 の時間値を算出可能である

請求項 6 に記載の時間計測装置。

[請求項 8]

所定の位置に設けられた基準反射体と、

前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光である第 4 のパルス光、および前記出射パルス光に応じた、前記対象物による反射光である第 5 のパルス光を受光可能な第 2 の受光部と、

前記第 2 の受光部の出力信号に基づいて、前記第 2 の受光部における前記第 4 のパルス光の第 4 の受光タイミングおよび前記第 5 のパルス光の第 5 の受光タイミングを検出可能な第 2 のタイミング検出部と、

前記第 4 の受光タイミングおよび前記第 5 の受光タイミングに基づいて、減算処理を行うことにより、第 2 の時間値を算出可能な第 2 の演算部と

をさらに備え、

前記第 2 のパルス光は、前記出射パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記ヒストグラム生成部は、前記第 1 の時間値および前記第 2 の時間値に基づいて前記ヒストグラムを生成可能である

請求項 1 に記載の時間計測装置。

[請求項 9]

前記出射パルス光は、互いに射出タイミングが異なる第 1 の射出パルス光および第 2 の射出パルス光を含み、

前記第 2 のパルス光は、前記第 1 の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光であり、

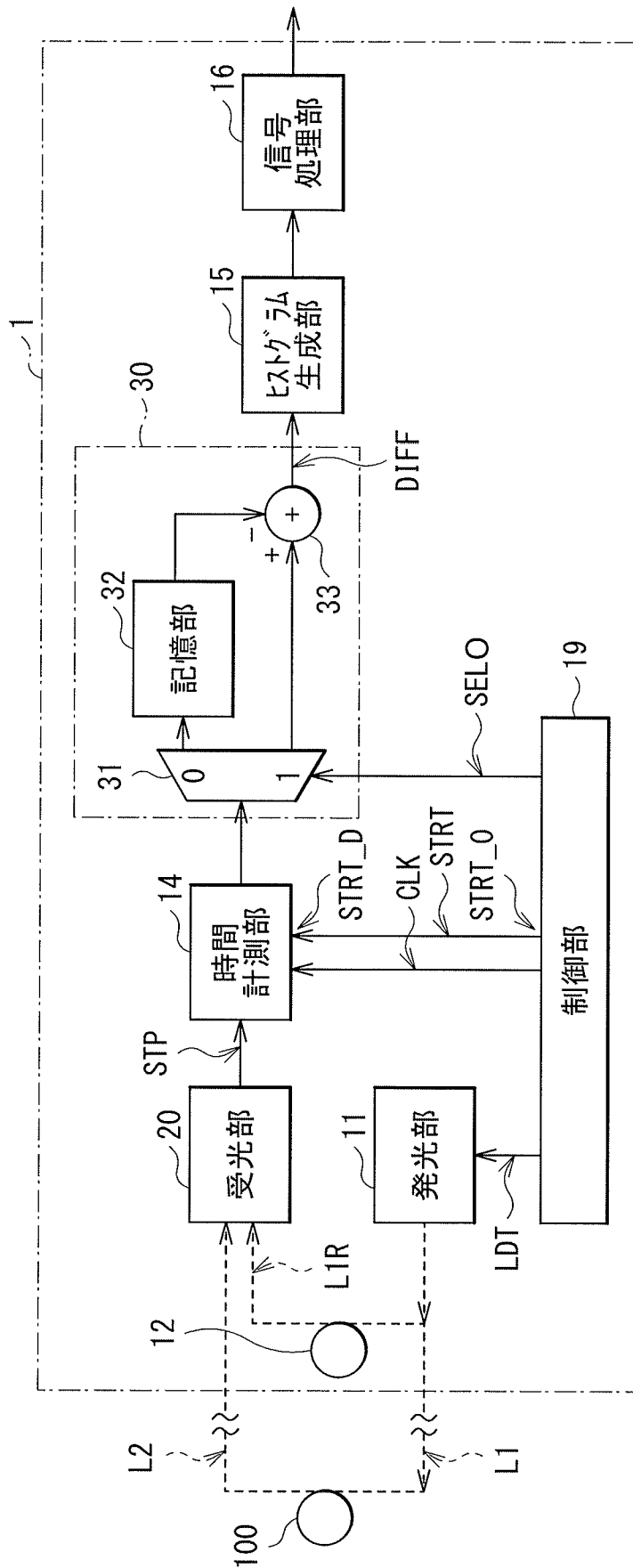
前記第 4 のパルス光は、前記第 1 の射出パルス光に応じた、前記基準反射体による反射光であり、

前記第 5 のパルス光は、前記第 2 の射出パルス光に応じた、前記対象物による反射光である

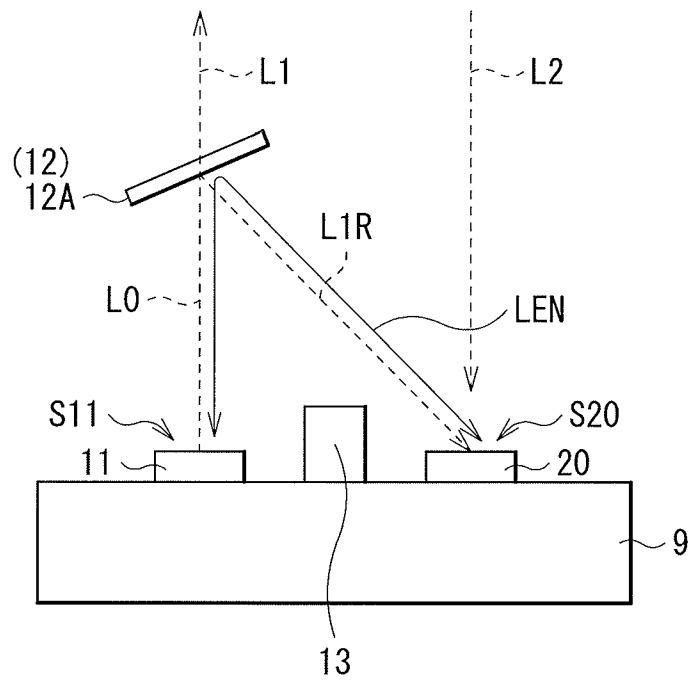
請求項 8 に記載の時間計測装置。

- [請求項10] 制御部をさらに備え、
- 前記第1の受光部は、受光素子と、オン状態にすることにより前記受光素子にバイアス電圧を印加可能なトランジスタとを有し、
- 前記制御部は、前記トランジスタをオンオフすることにより、前記第1の受光部に対して、前記第1のパルス光および前記第2のパルス光のうち的一方を検出させ、他方を検出させないようにすることが可能である
- 請求項8に記載の時間計測装置。
- [請求項11] 前記基準反射体の角度を制御することにより、前記第1の受光部に前記第1のパルス光を入射させ、あるいは前記第1の受光部に前記第1のパルス光を入射させないようにすることが可能な制御部をさらに備えた
- 請求項8に記載の時間計測装置。
- [請求項12] 前記発光部をさらに備えた
- 請求項1に記載の時間計測装置。

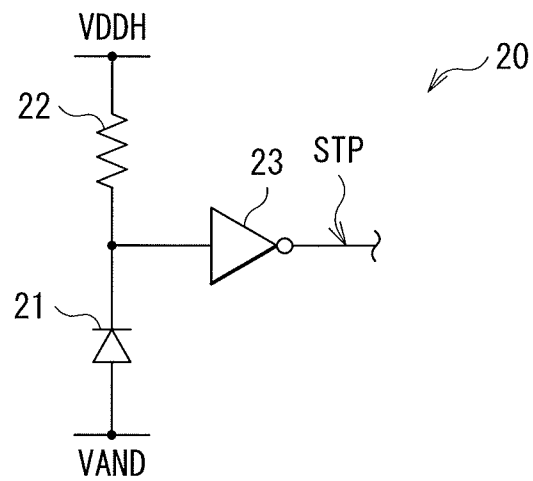
[図1]



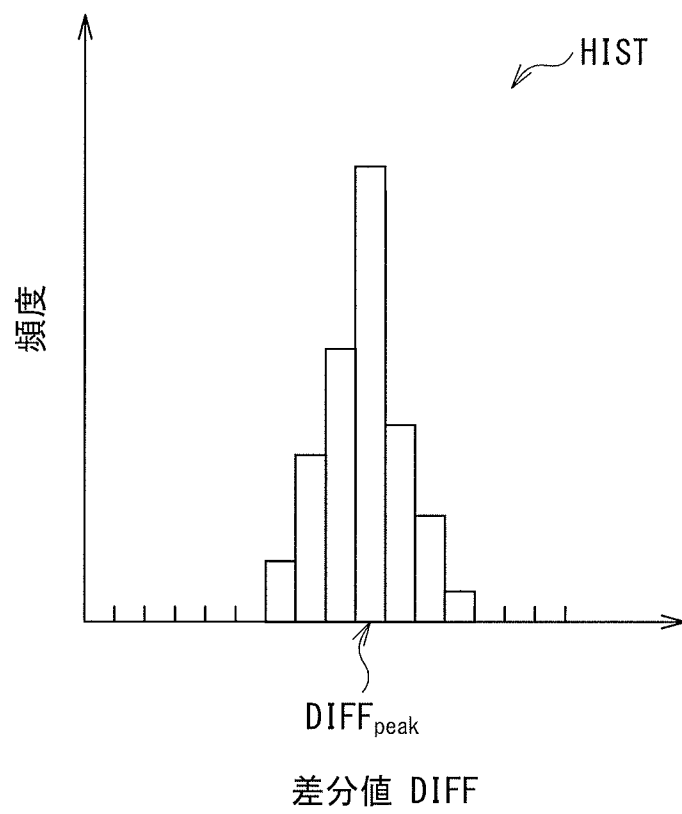
[図2]



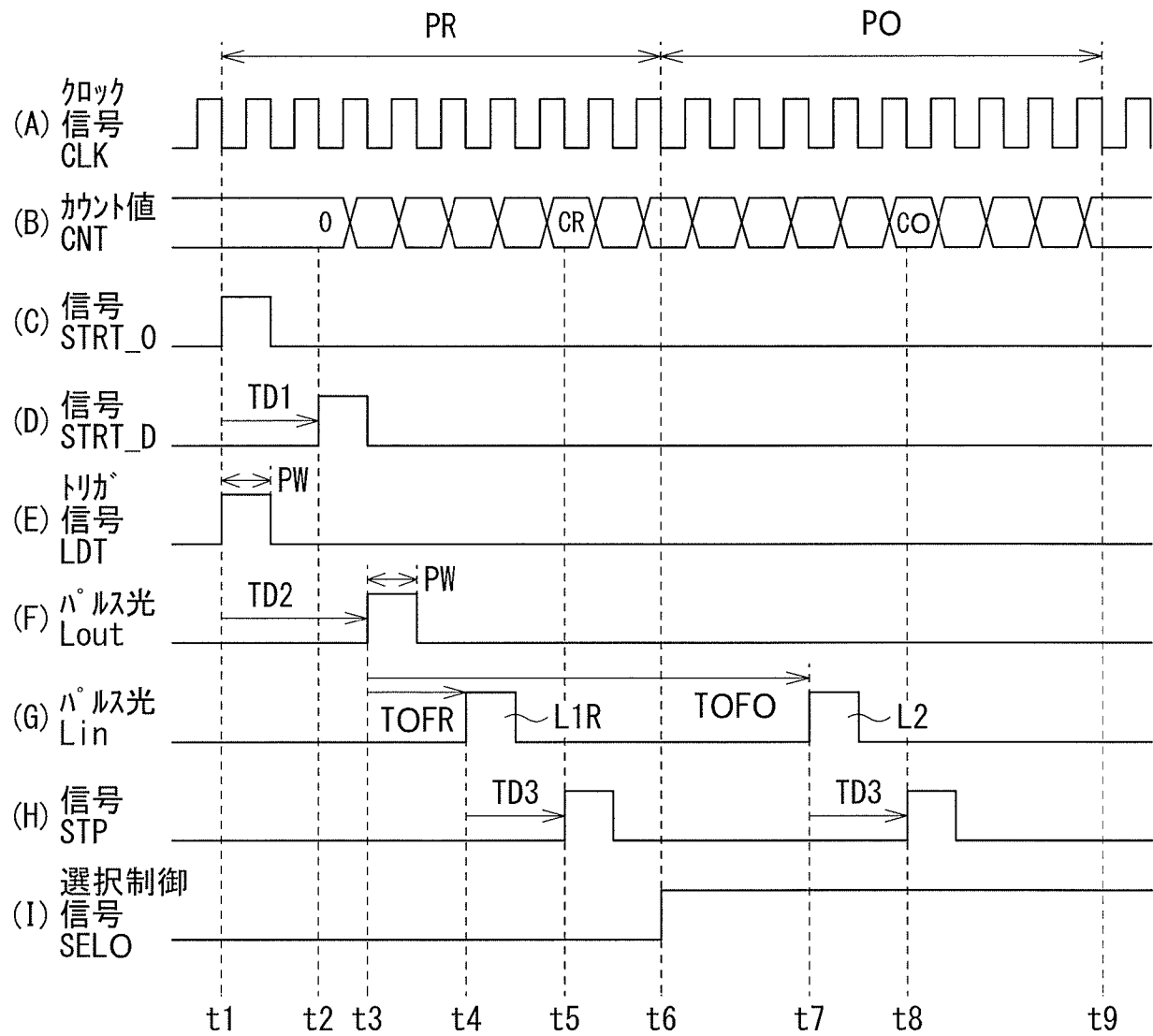
[図3]



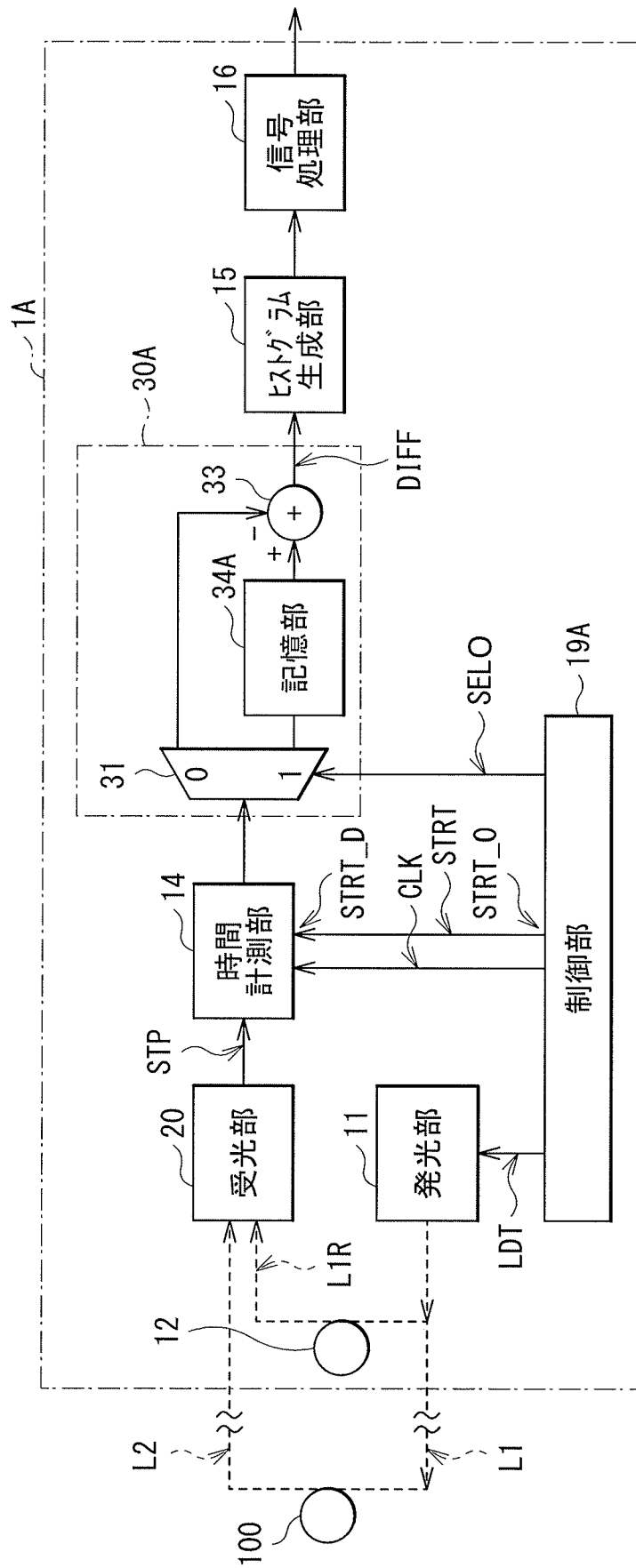
[図4]



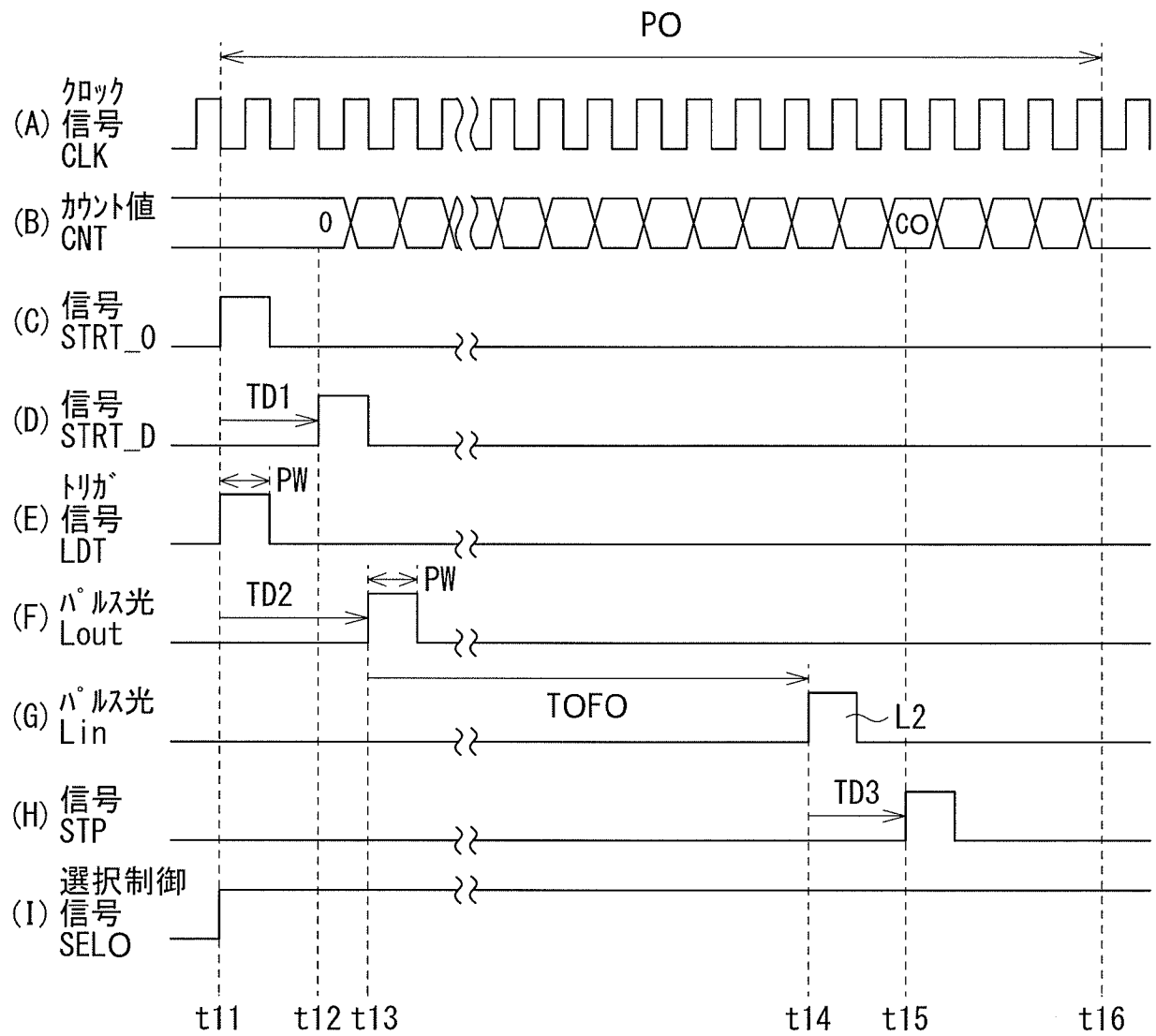
[図5]



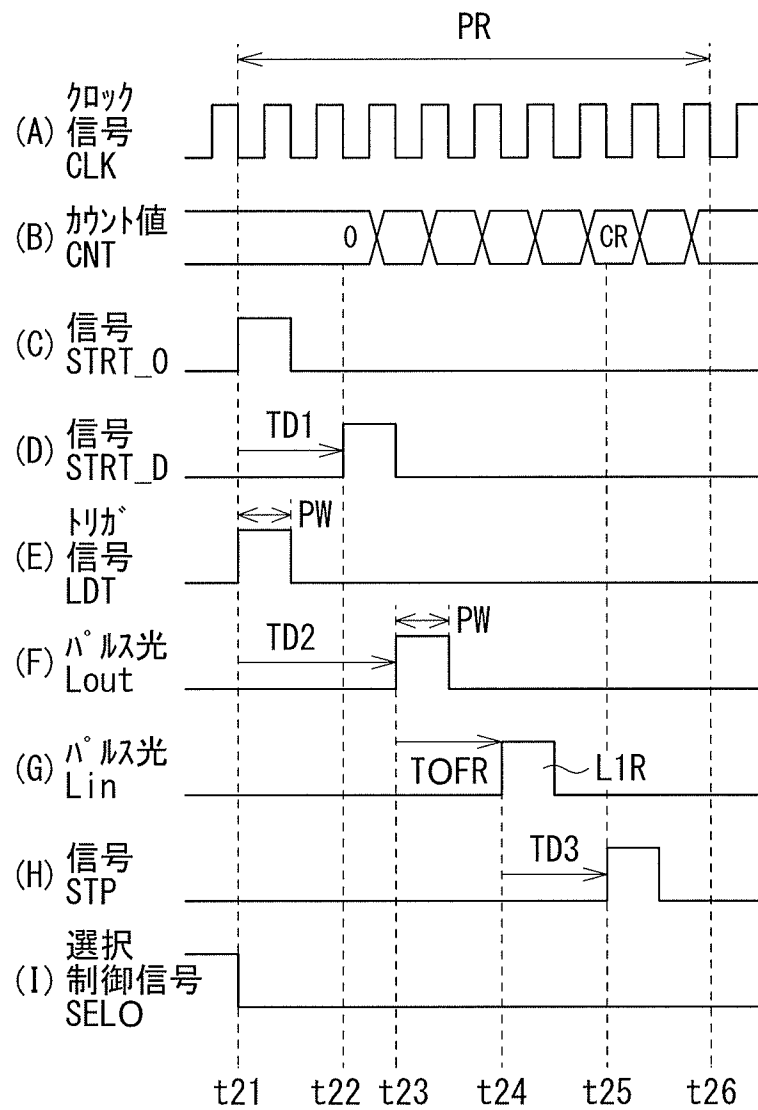
[図6]



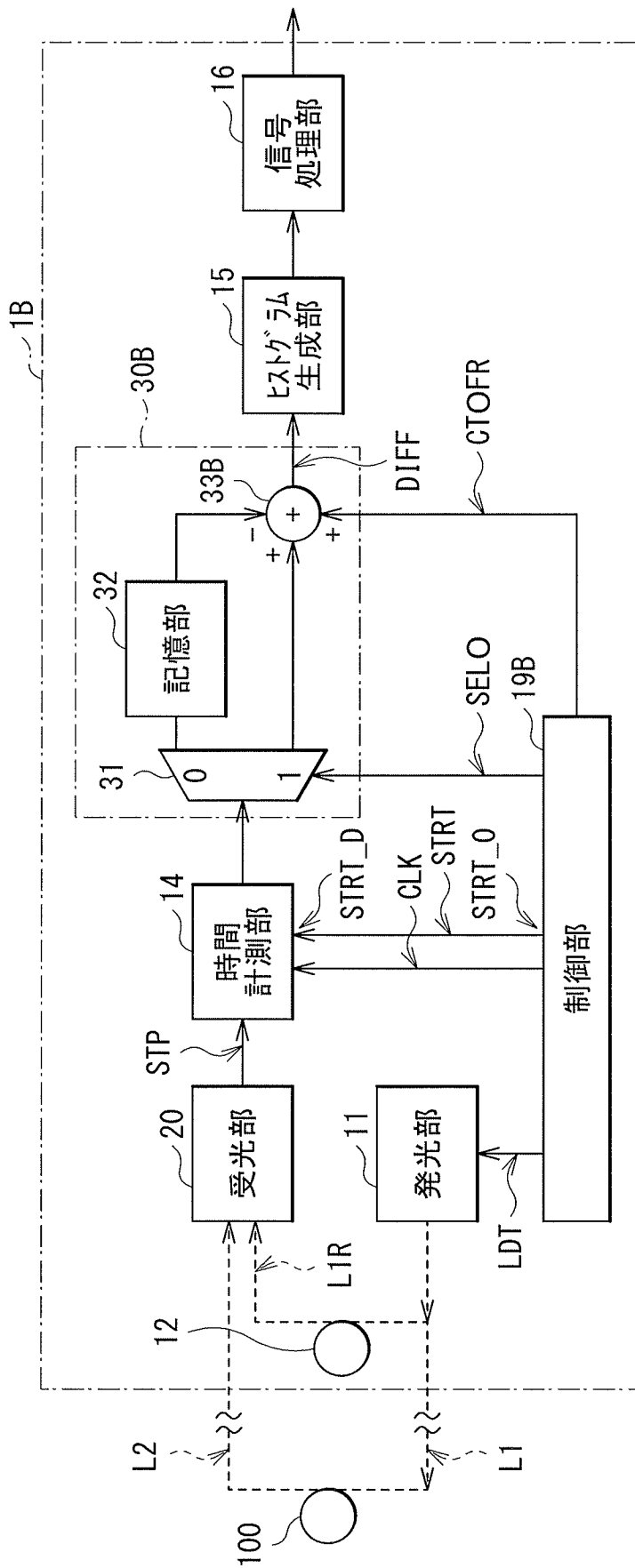
[図7A]



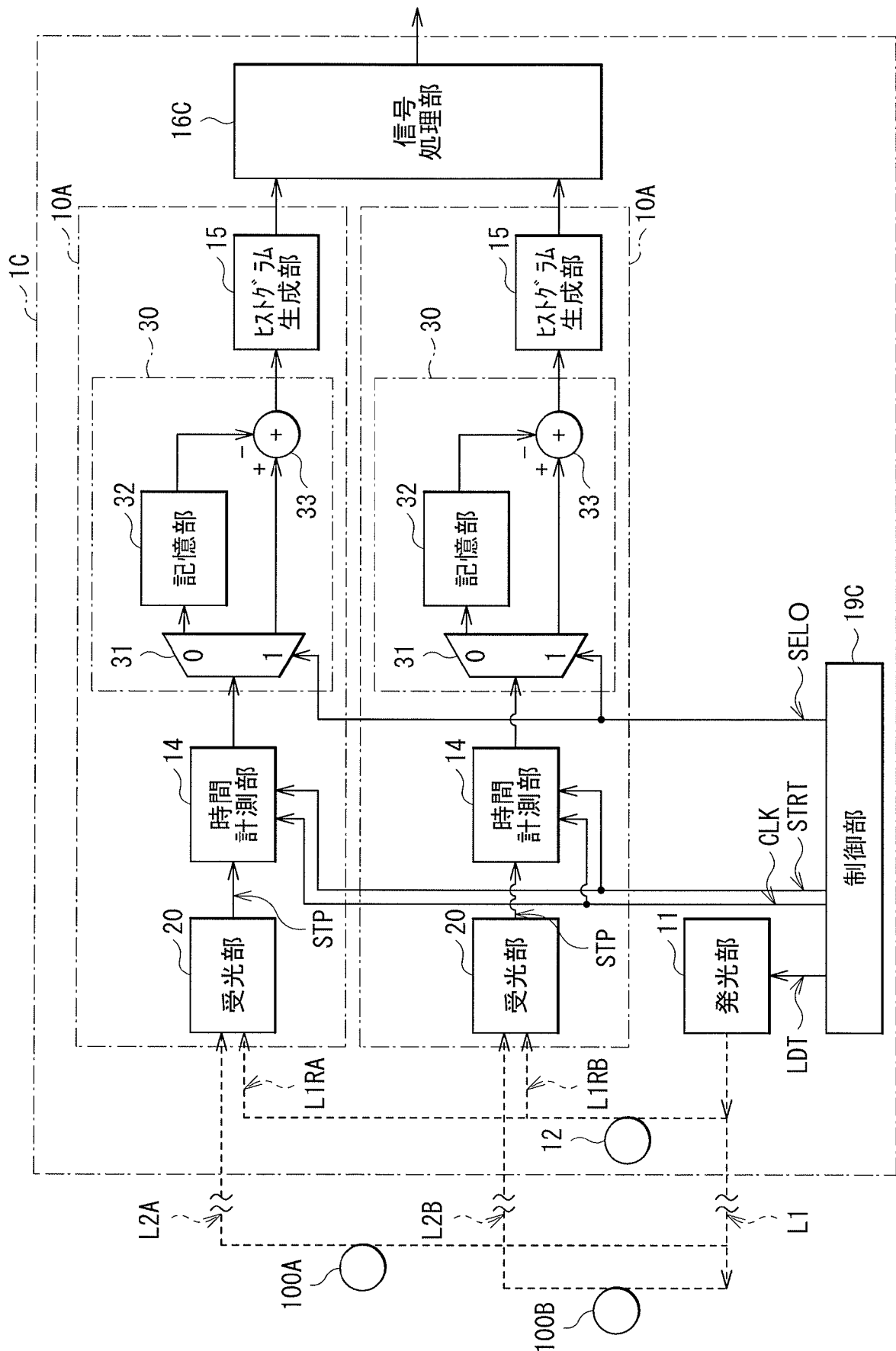
[図7B]



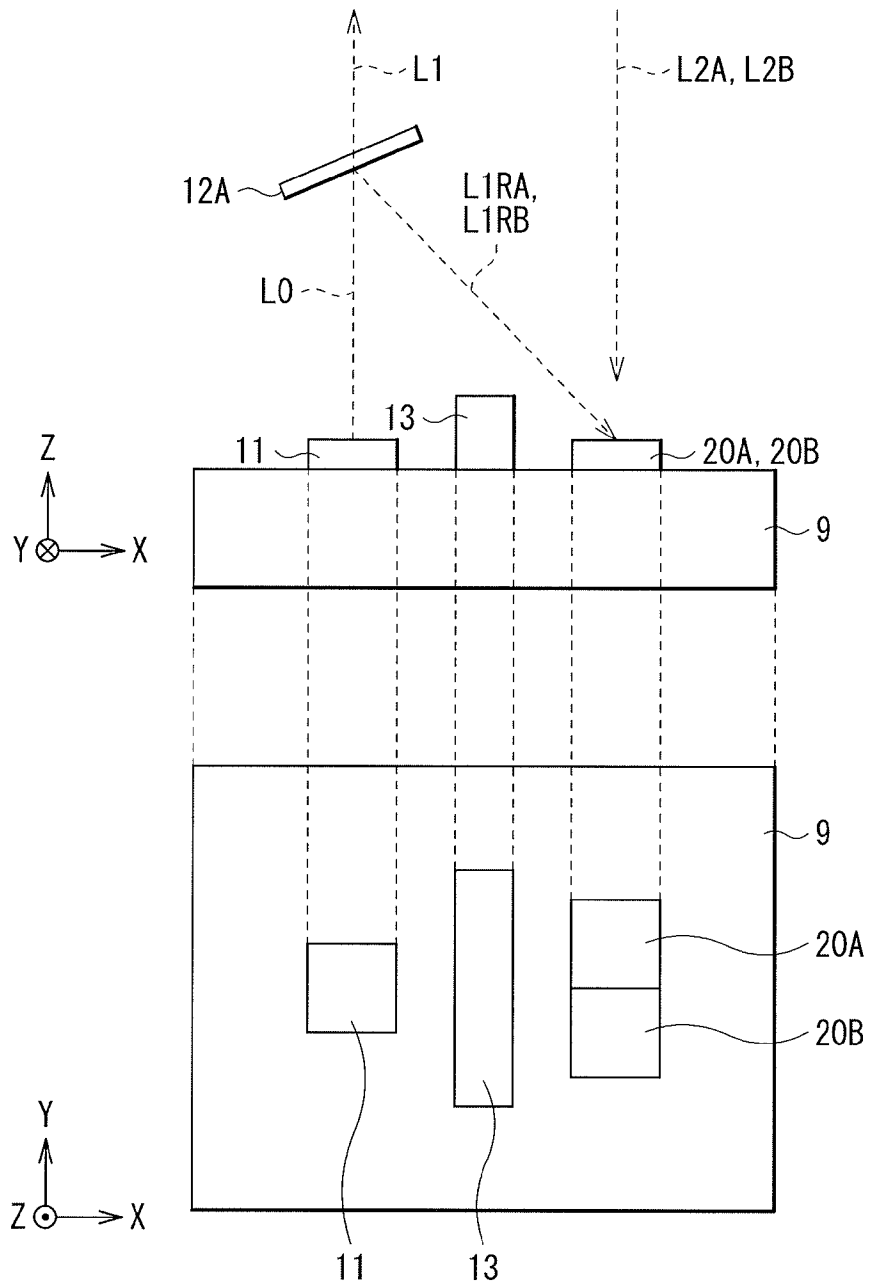
[図8]



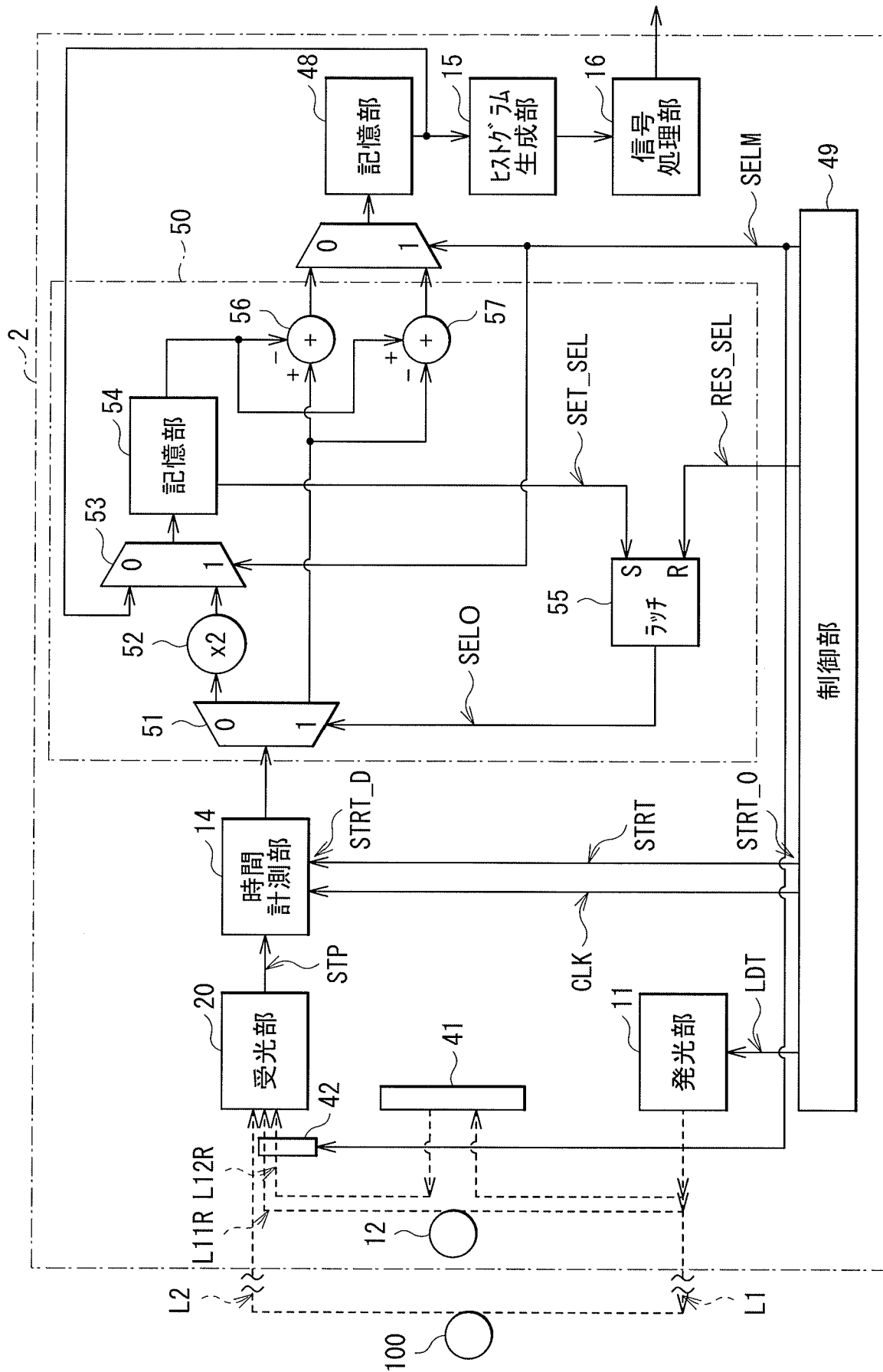
[図9]



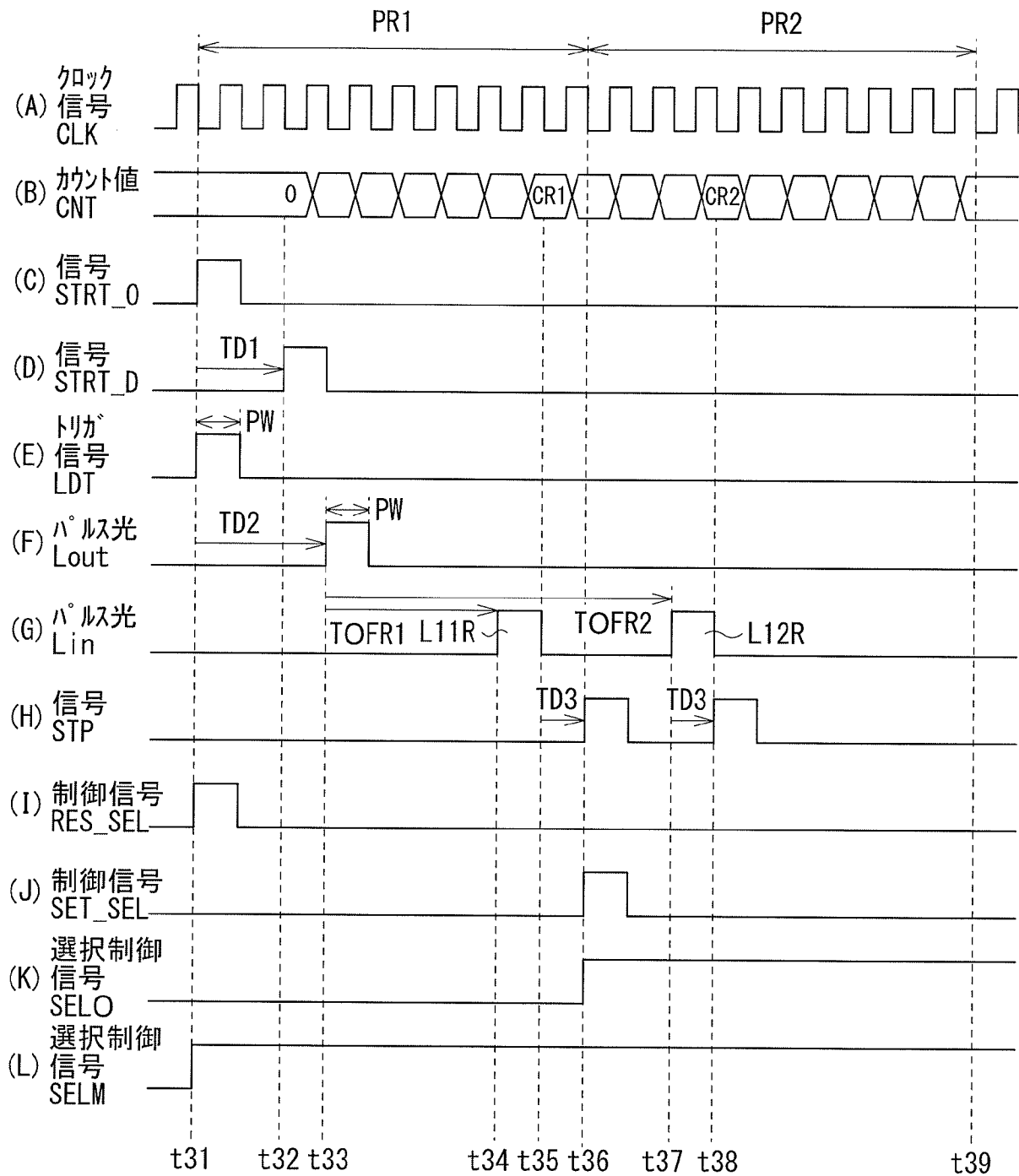
[図10]



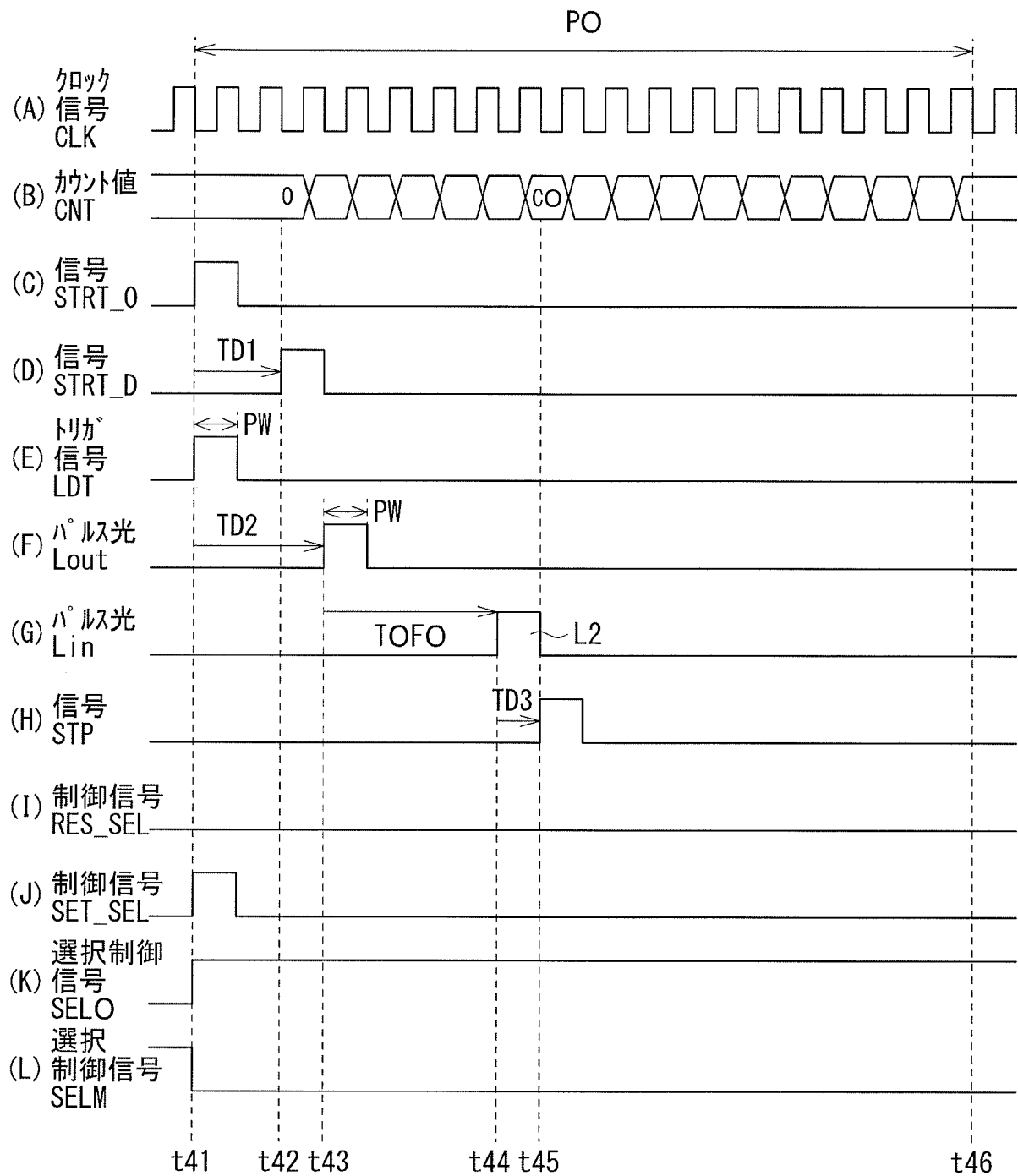
[図11]



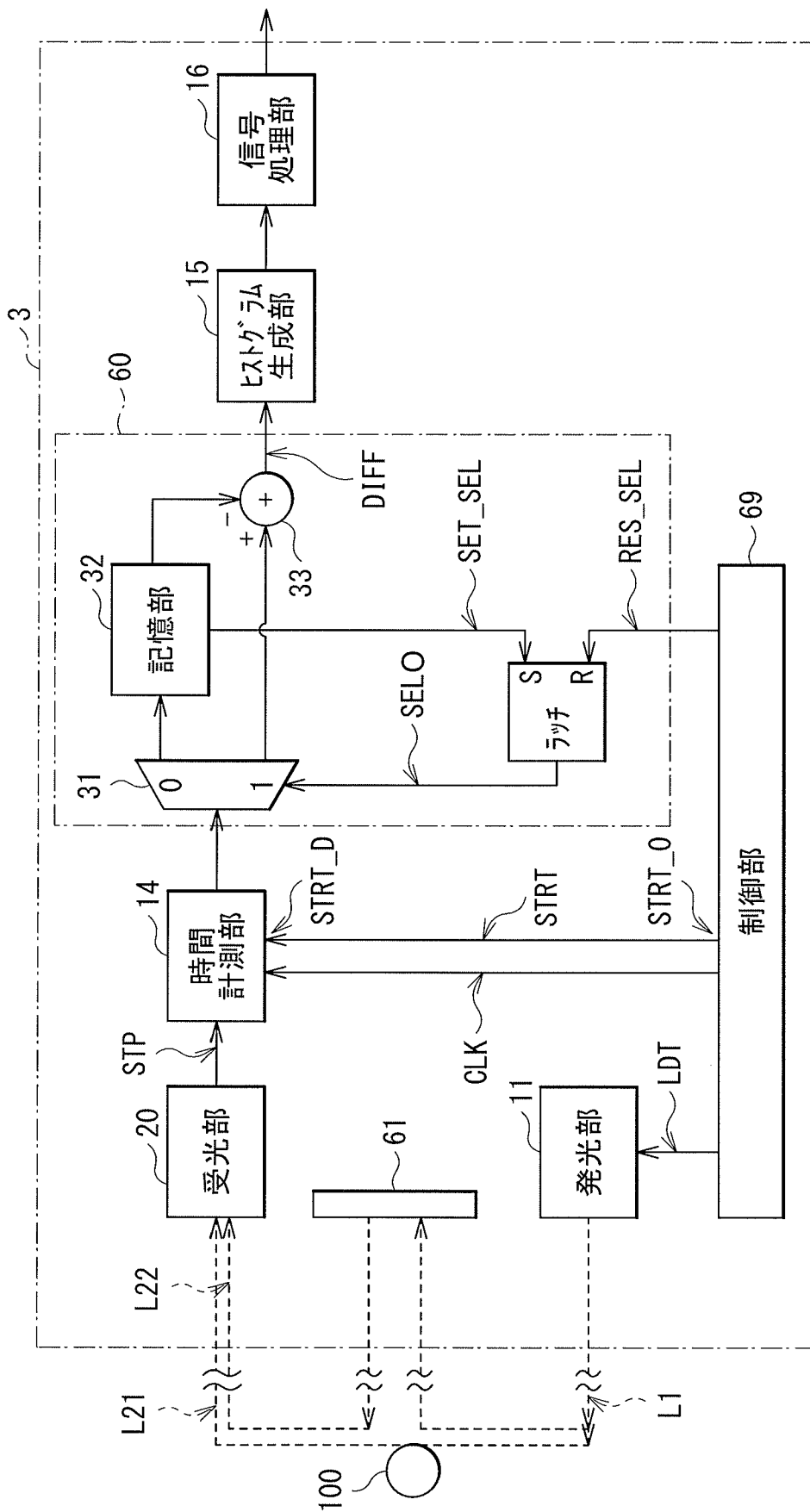
[図12A]



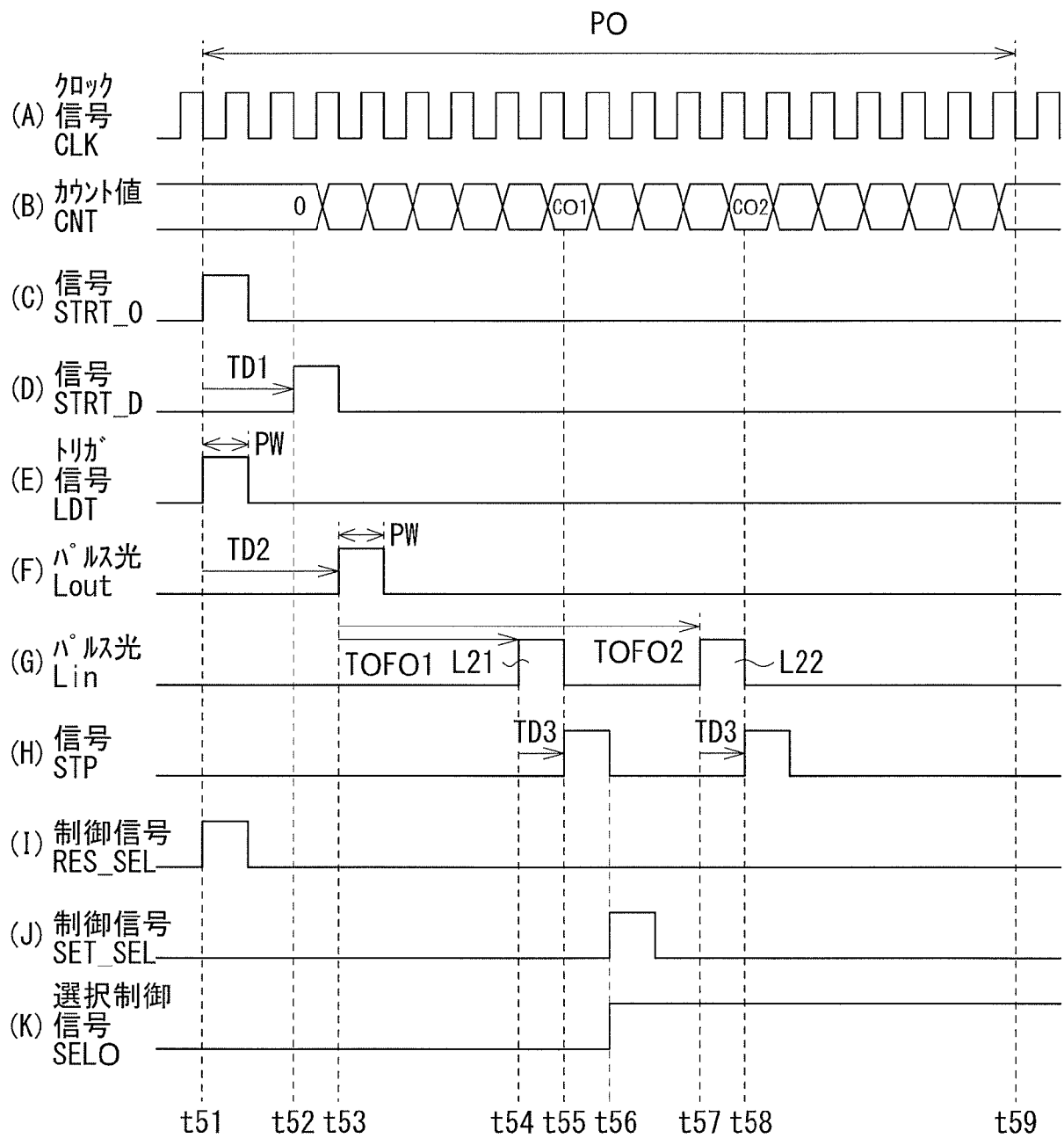
[図12B]



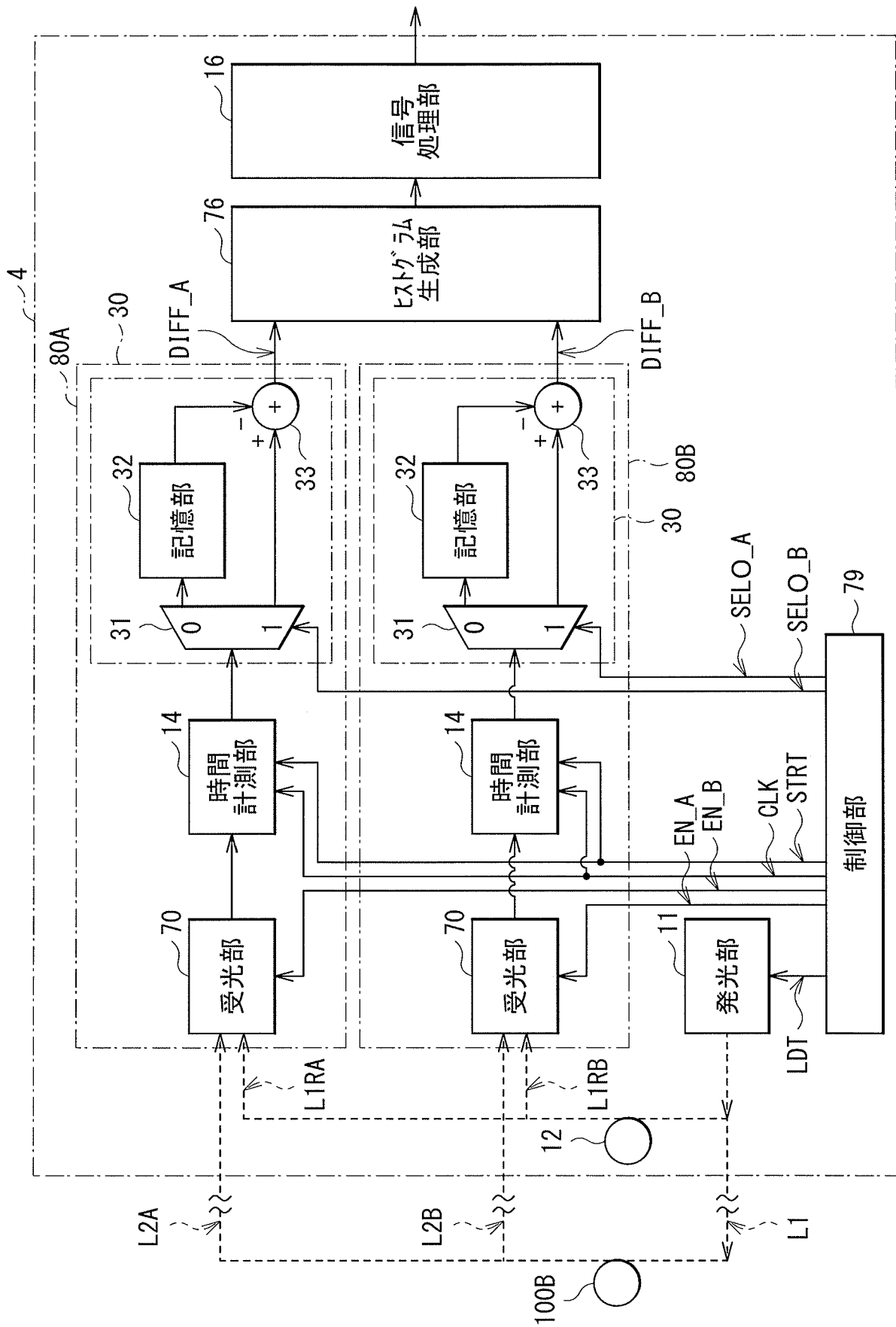
[図13]



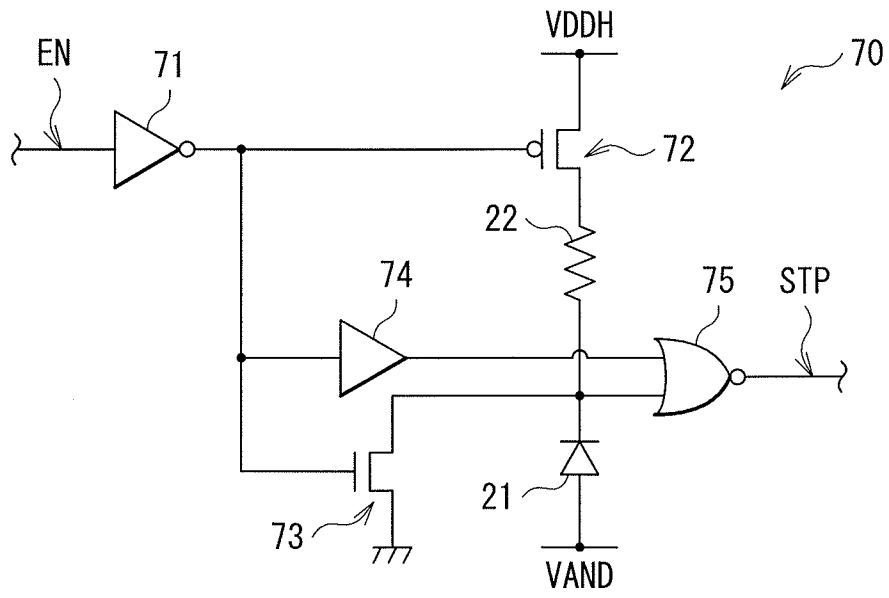
[図14]



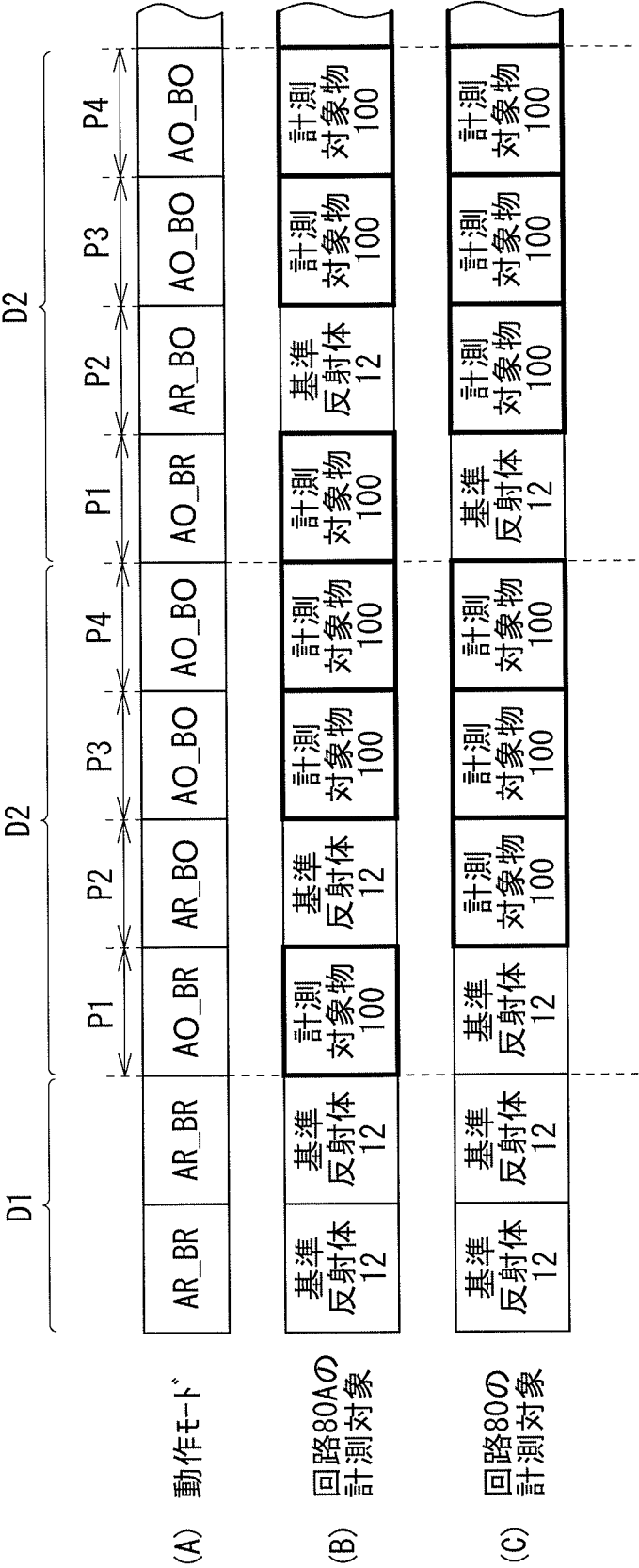
[図15]



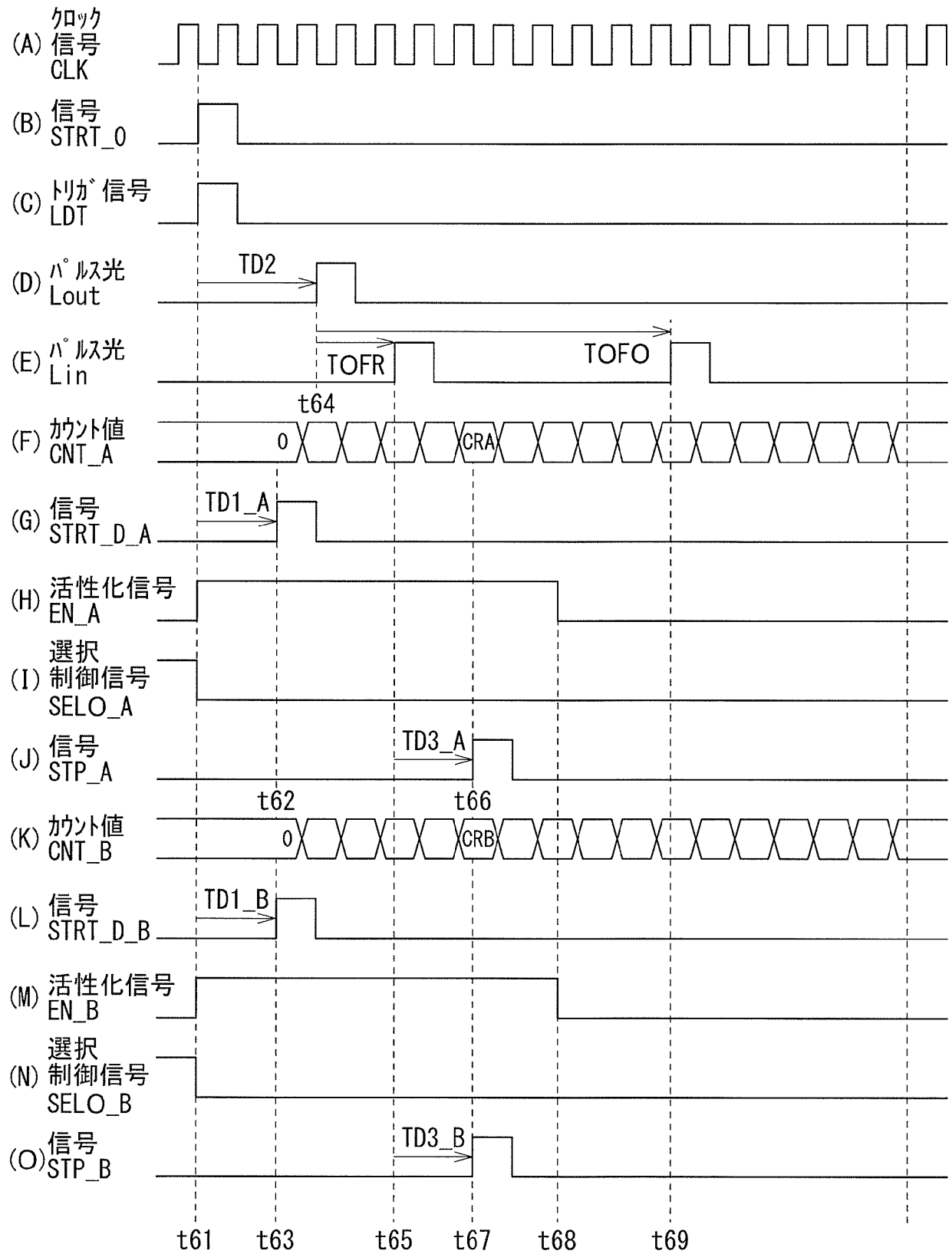
[図16]



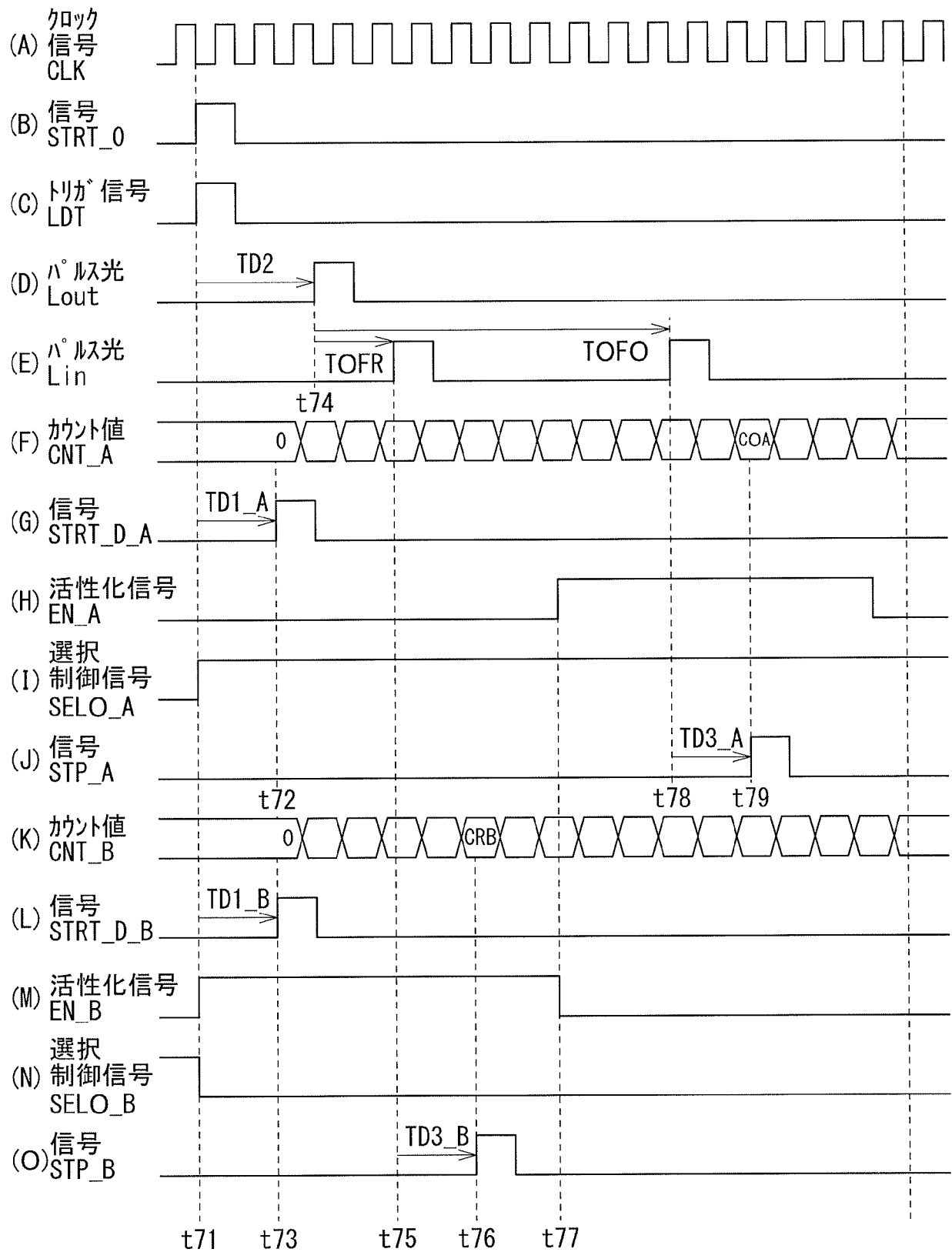
[図17]



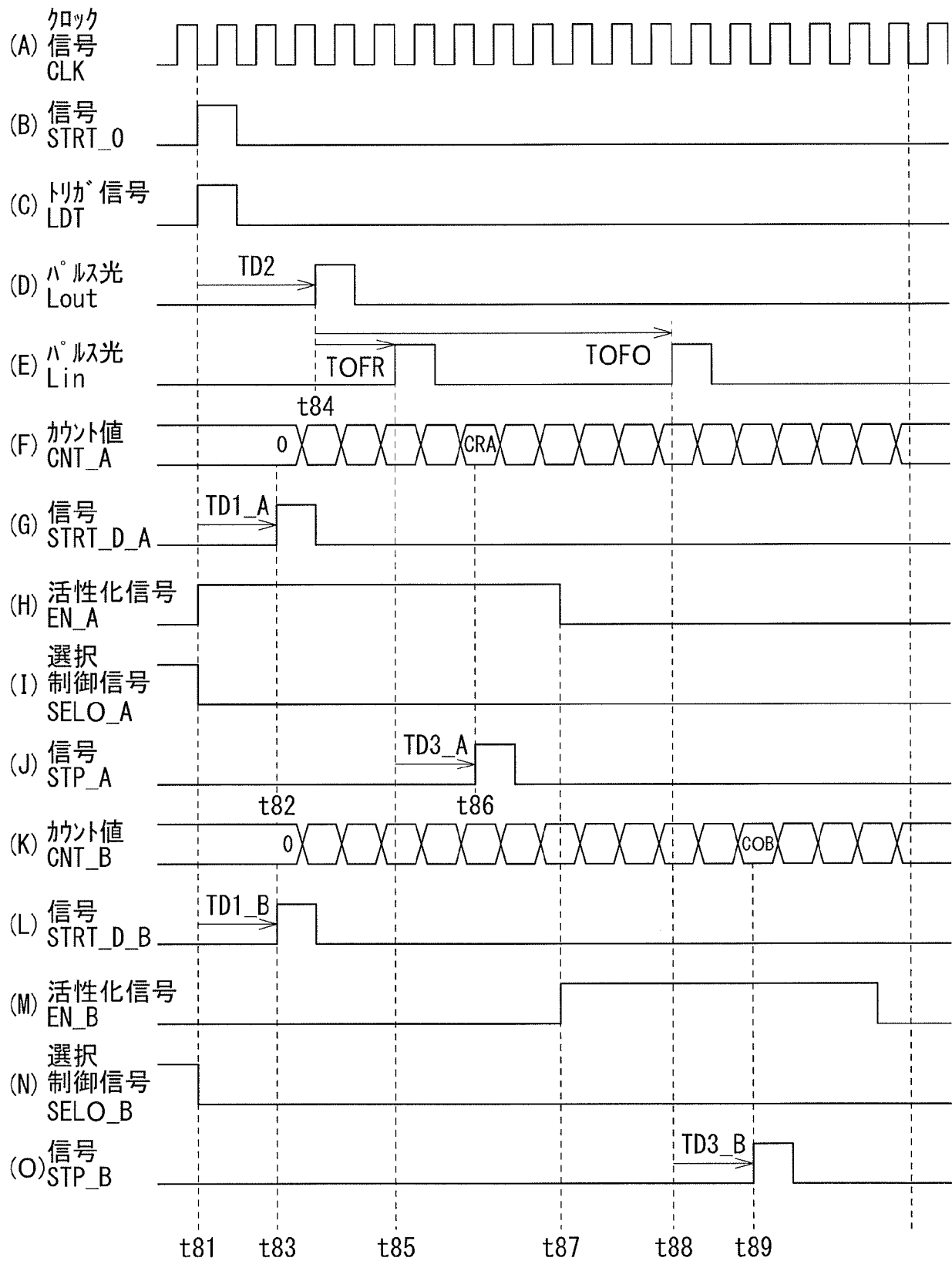
[図18]



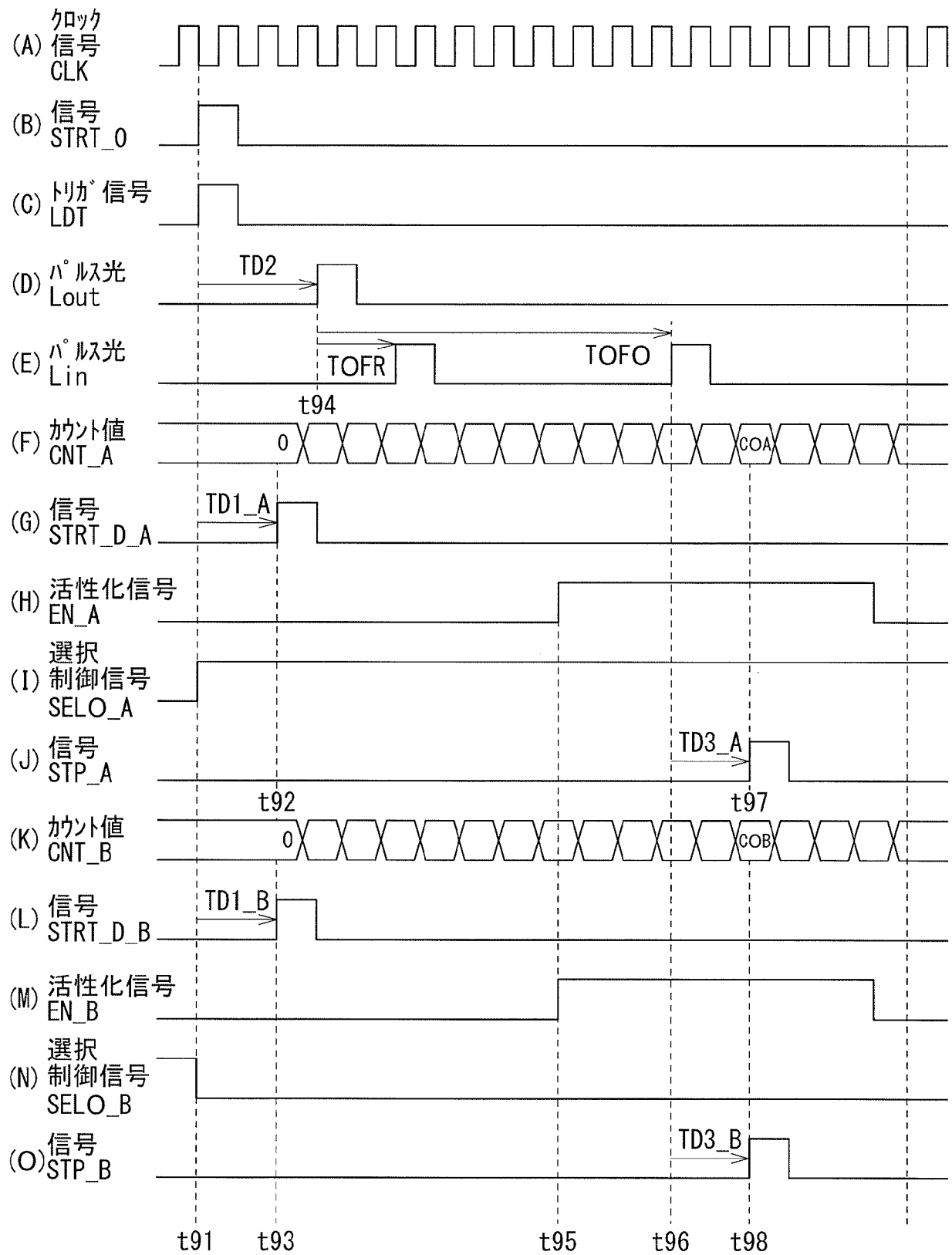
[図19]



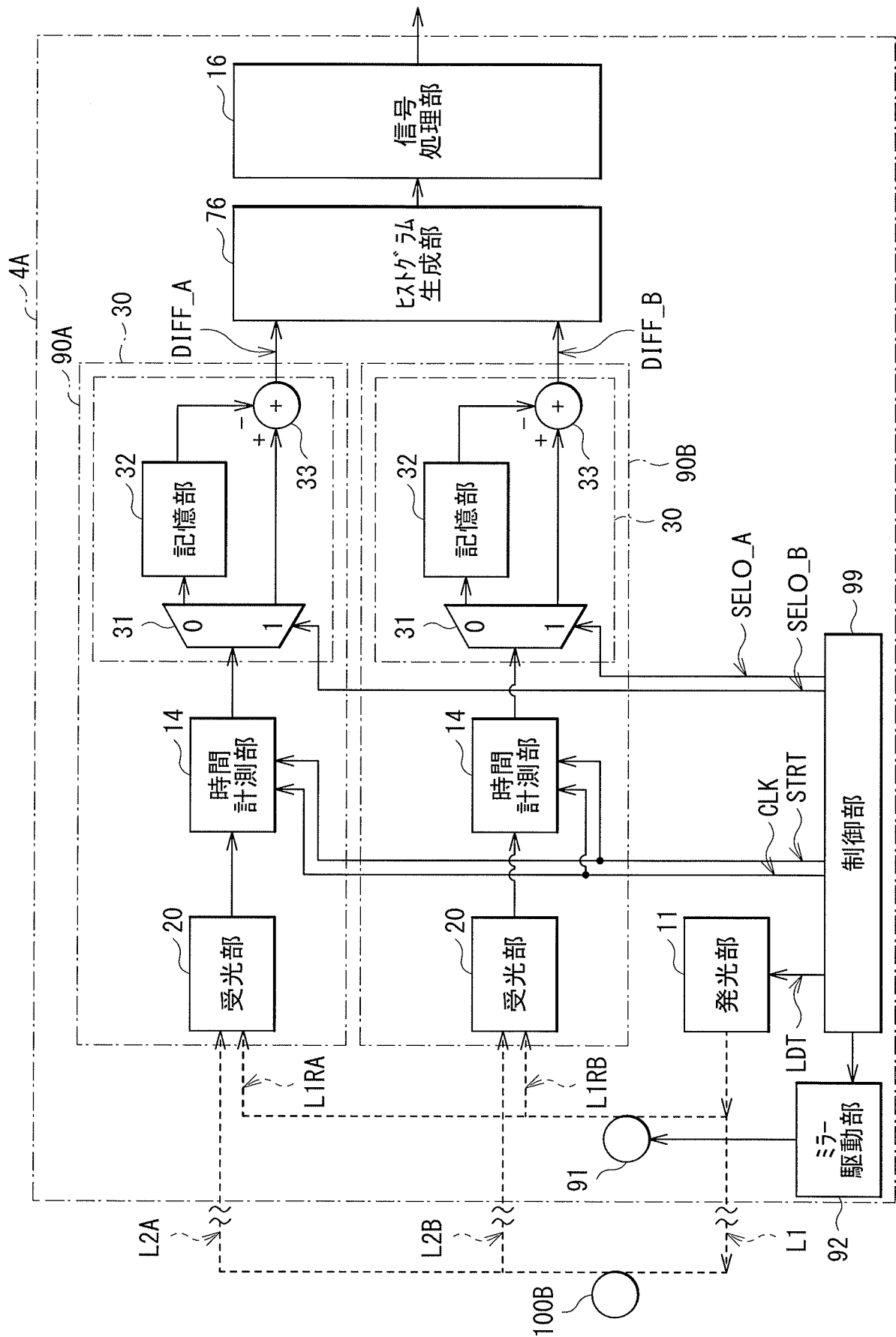
[図20]



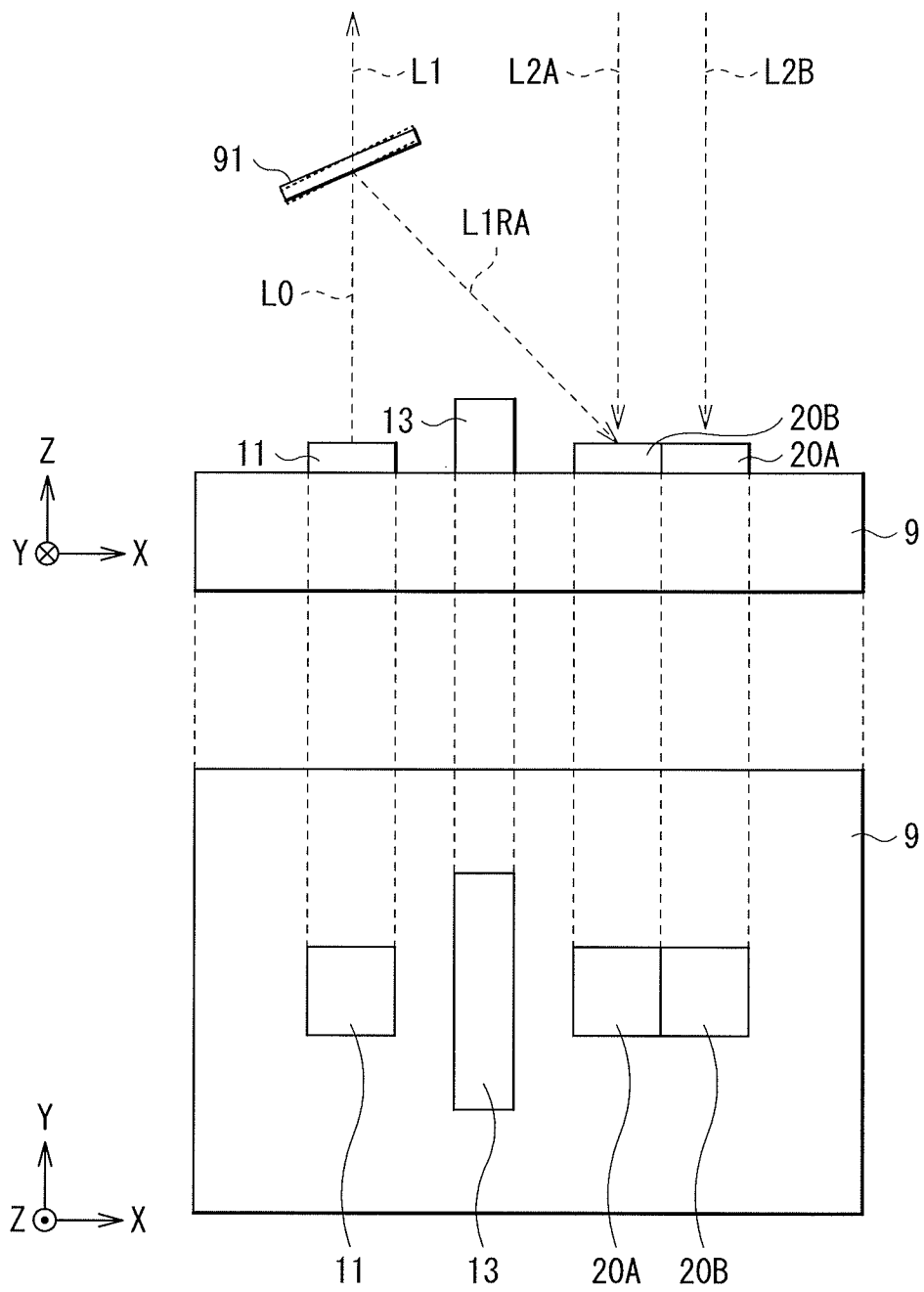
[図21]



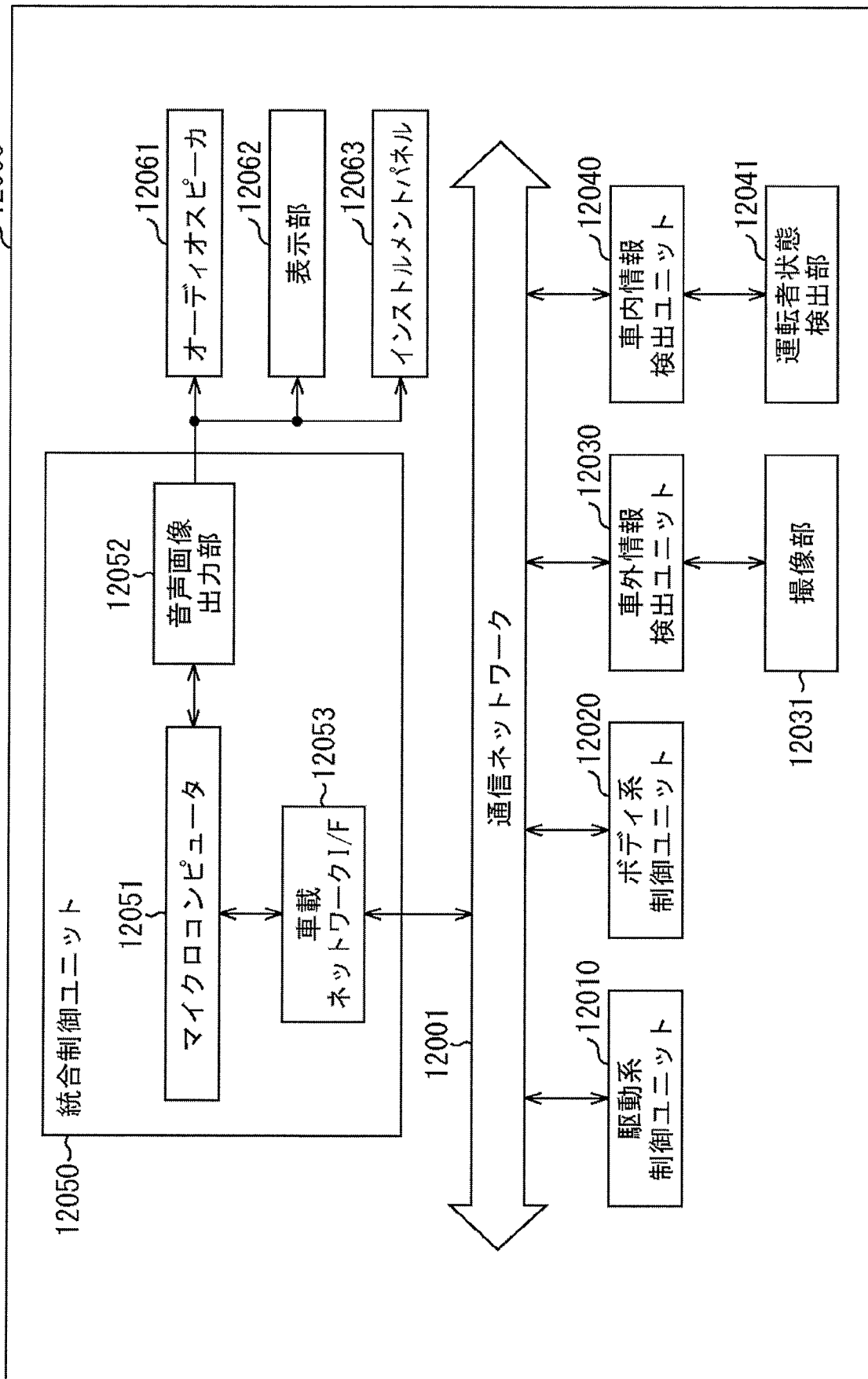
[図22]



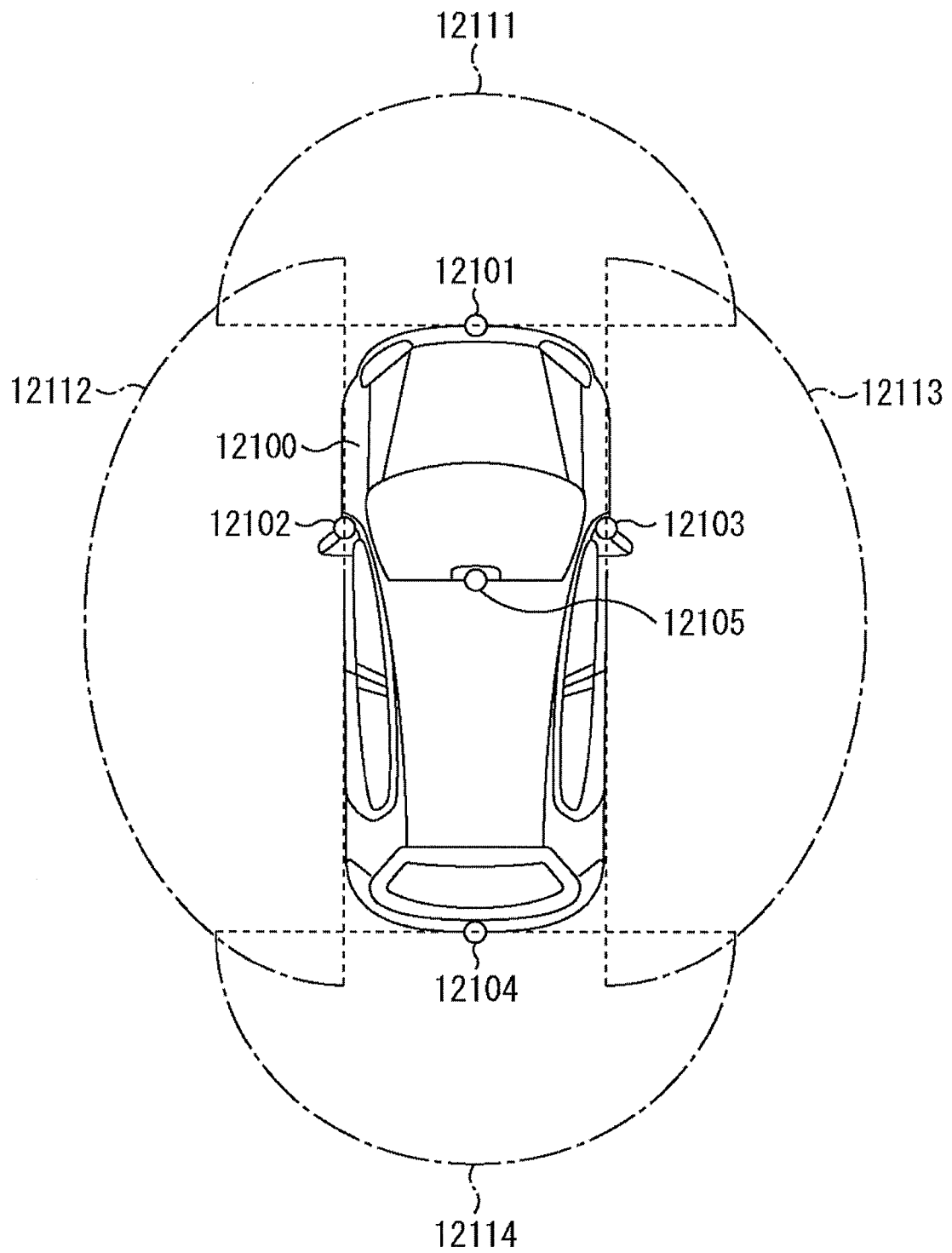
[図23A]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01S17/10 (2006.01) i, G01S7/486 (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)

Int. Cl. G01S17/10, G01S7/486

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	JP 11-326515 A (NIKON CORP.) 26 November 1999, paragraphs [0009]-[0021], fig. 1, 2 & US 6288775	1-2, 4-5, 8, 10-12
A	B1, column 3, line 47 to column 6, line 31, fig. 1-2B & EP 09957375 A2	3, 6-7, 9
Y	JP 6-289136 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 18 October 1994, paragraphs [0009]-[0011], [0018]-	1-2, 4-5, 8, 12
A	[0025], fig. 3-5 (Family: none)	3, 6-7, 9
Y	JP 2010-91377 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 22 April 2010, paragraph [0002] (Family: none)	1-2, 4-5, 8, 10-12
Y	WO 2018/211762 A1 (SHARP CORP.) 22 November 2018, paragraph [0006] (Family: none)	1-2, 4-5, 8, 10-12



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
04.12.2019

Date of mailing of the international search report
17.12.2019

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/JP2019/039982

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	US 2016/0033644 A1 (STMICROELECTRONICS (RESEARCH & DEVELOPMENT) LTD.) 04 February 2016, paragraphs [0041]-[0078], fig. 2-6 (Family: none)	2, 4-5, 8, 10-11 3, 6-7, 9
Y	JP 2-181689 A (TOPCON CORP.) 16 July 1990, page 4, upper right column, line 12 to lower left column, line 10 & US 5054911 A, column 3, line 44 to column 4, line 1	5
Y A	JP 2018-59898 A (SICK AG) 12 April 2018, paragraphs [0005], [0006], [0013] & EP 3279685 A1 & DE 102016114432 A1	8, 10-11 9
Y	JP 2015-117970 A (DENSO CORP.) 25 June 2015, paragraphs [0027], [0030], [0034], [0035], [0043]-[0047], fig. 4, 5 (Family: none)	10

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, G01S7/486(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. G01S17/10, G01S7/486

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	JP 11-326515 A（株式会社ニコン）1999. 11. 26, 段落 0009-0021, 図 1-2	1-2, 4-5, 8, 10-12
A	& US 6288775 B1, 第 3 欄第 47 行-第 6 欄第 31 行, 図 1-2B & EP 0957375 A2	3, 6-7, 9
Y	JP 6-289136 A（住友電気工業株式会社）1994. 10. 18, 段落 0009-0011, 0018-0025, 図 3-5（ファミリーなし）	1-2, 4-5, 8, 12
A		3, 6-7, 9

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

04. 12. 2019

国際調査報告の発送日

17. 12. 2019

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）

中村 説志

2 S

3 2 0 6

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	JP 2010-91377 A (トヨタ自動車株式会社) 2010. 04. 22, 段落 0002 (ファミリーなし)	1-2, 4-5, 8, 10-12
Y	WO 2018/211762 A1 (シャープ株式会社) 2018. 11. 22, 段落 0006 (ファミリーなし)	1-2, 4-5, 8, 10-12
Y A	US 2016/0033644 A1 (STMICROELECTRONICS (RESEARCH & DEVELOPMENT) LTD.) 2016. 02. 04, 段落 0041-0078, 図 2-6 (ファミリーなし)	2, 4-5, 8, 10-11 3, 6-7, 9
Y	JP 2-181689 A (株式会社トプコン) 1990. 07. 16, 第 4 頁右上欄第 12 行-左下欄第 10 行 & US 5054911 A, 第 3 欄第 44 行-第 4 欄第 1 行	5
Y A	JP 2018-59898 A (ジック アーゲー) 2018. 04. 12, 段落 0005-0006, 0013 & EP 3279685 A1 & DE 102016114432 A1	8, 10-11 9
Y	JP 2015-117970 A (株式会社デンソー) 2015. 06. 25, 段落 0027, 0030, 0034-0035, 0043-0047, 図 4-5 (ファミリーなし)	10