

(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
2013年10月10日(10.10.2013)



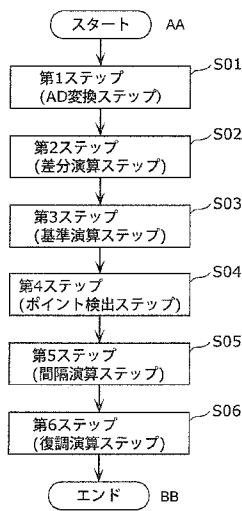
(10) 国際公開番号
WO 2013/150716 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/116 (2013.01) H04B 10/69 (2013.01)
H04B 10/524 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/001397
- (22) 国際出願日: 2013年3月6日(06.03.2013)
- (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 2012-084552 2012年4月3日(03.04.2012) JP
- (71) 出願人: パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 後藤 誠 (GOTOU, Makoto). 池原 正成 (IKEHARA, Masaaki). 松川 善彦 (MATSUKAWA, Yoshihiko).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号タナカ・イトピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: VISIBLE LIGHT RECEPTION DEVICE AND VISIBLE LIGHT RECEPTION METHOD

(54) 発明の名称: 可視光受信装置および可視光受信方法



- S01 First step (AD conversion step)
- S02 Second step (difference calculation step)
- S03 Third step (reference calculation step)
- S04 Fourth step (point detection step)
- S05 Fifth step (interval calculation step)
- S06 Sixth step (demodulation calculation step)
- AA Start
- BB End

(57) Abstract: A reception device (10) having: a first conversion unit (11); an amplification unit (12); and a microcomputer (13). The microcomputer (13) has: a second conversion unit (14) that performs A/D conversion on a voltage signal at each sampling time; a first calculation unit (15) that calculates a difference digital value by means of a difference calculation; a second calculation unit (16) that calculates a plus-side reference value and a minus-side reference value; a detection unit (17) that detects a rising point for which the difference digital value is greater than the plus-side reference value and a falling point for which the difference digital value is smaller than the minus-side reference value; a third calculation unit (18) that calculates a first sample period and a second sample period; and a fourth calculation unit (19) that calculates a demodulation signal for each symbol time on the basis of the first sample period and the second sample period.

(57) 要約: 受信装置(10)は、第1変換部(11)と、増幅部(12)と、マイクロコンピュータ(13)とを具備し、マイクロコンピュータ(13)は、サンプリング時間毎に電圧信号をAD変換値にAD変換する第2変換部(14)と、差分演算により差分デジタル値を算出する第1演算部(15)と、+側基準値と-側基準値とを算出する第2演算部(16)と、差分デジタル値が+側基準値よりも大きくなる立上ポイントと差分デジタル値が-側基準値よりも小さくなる立下ポイントとを検出する検出部(17)と、第1サンプル期間と第2サンプル期間とを算出する第3演算部(18)と、第1サンプル期間と第2サンプル期間とに基づいてシンボル時間毎の復調信号を算出する第4演算部(19)と、を有する。

WO 2013/150716 A1

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：可視光受信装置および可視光受信方法

技術分野

[0001] 本発明は、可視光照明の変化に基づいて識別ID情報を検出する可視光受信装置および可視光受信方法に関する。

背景技術

[0002] GPS (Global Positioning System) は、携帯端末の位置を計測する目的で利用されている。GPSは、複数個の衛星からの電波を受信することで、携帯端末の位置を測位する。そのため、衛星からの電波が遮られる地下街や建物内においては、GPSを利用することが難しい。

[0003] そこで、地下街や建物内における携帯端末の位置を検出するために、照明器具を用いた可視光通信システムが検討されている（例えば、特許文献1、2参照）。

[0004] 特許文献1には、照明器具として利用可能な可視光通信システムが記載されている。図9に、特許文献1にかかる可視光通信システムの構成を示す。

[0005] この可視光を用いた通信システム100は、送信装置110と受信装置130から構成される。この通信システム100は、送信装置110の発光素子117から出力される可視光を、高周波の搬送波を用いたQAM (Quadrature Amplitude Modulation) 信号に応じて変調させた後、受信装置130の受光素子133によって受信したQAM変調信号を、復調する構成である。ここで、QAM変調信号は、QAM変調された可視光の信号である。この通信システム100は、受信信号のレベルを、AGC (Automatic Gain Control) 136を用いて一定に保つ機能を有する。AGC 136は、強いレベルの信号が入力されたときは利得 (Gain) を下げて信号飽和を防ぎ、弱いレベルの信号が入力されたときは利得 (Gain) を上げて信号を増強することで、信号のレベルを一定に保つ機能を有する。

[0006] また、特許文献2にかかる通信システムは、副搬送波を変調する変調部と

、変調信号に基づいて可視光を点滅させる点滅制御部と、発光時間の比率を変化させて可視光を発光させる比率制御部を有する。

[0007] 特許文献1または特許文献2に記載された可視光通信システムでは、高周波の搬送波を用いた変調信号を使用することで、安定したデータ通信を行うことができる。具体的には、特許文献1では、搬送波を用いて周波数を多重化したQAM変調信号を使用し、特許文献2では、副搬送波を用いた変調信号により可視光を点滅させることで、安定したデータ通信を可能としている。

[0008] これらの通信システムを用いて、地下街に設置された照明器具（送信装置）からの識別ID情報を含む可視光を、携帯端末（受信装置）により受信すれば、地下街においても携帯端末の位置を計測することが可能である。

[0009] ここで、照明器具と携帯端末の間の通信距離は、携帯端末の使用者の位置によって変化し、使用者の歩行時には時々刻々と変化する。可視光通信では、送信装置と受信装置の間の通信距離が長くなるにつれて、受信信号のレベルが急激に減衰する。例えば、通信距離0.5mの場合の受信信号のレベルに比べて、通信距離4mの場合の受信信号のレベルは、およそ1/64に減衰する。このような大幅な受信信号のレベルの変化に対して、特許文献1では、AGC136により出力信号のレベルを一定に自動調整し、その後にAGC回路の出力信号を使って可視光信号の復調を行っている。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開2010-239350号公報
特許文献2：特開2007-97071号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、このような従来の通信システムでは、AGCの回路構成が複雑である。例えば、信号のレベルが1から1/64まで変化する受信信号

に対して、安定に動作するAGCを実現することは、非常に難しい。また、高周波の搬送波を用いた場合、AGCの構成は簡易になるが、発信器や受信器の回路構成が複雑になる。

[0012] また、AGCを用いて利得の自動調整を行った場合、回路応答に遅れが生じて、AGCの出力信号に歪みを生じさせることがある。例えば、送信装置から受信装置への通信路（可視光路）が遮蔽から接続に切り替わった場合は、AGCの過渡応答遅れによって数秒間にわたって復調不能になり、受信装置が動作するまでの待ち時間が長くなることがある。

[0013] すなわち、従来の可視光受信装置は、回路構成が複雑で応答が遅い場合があるという課題を有していた。

[0014] 本発明は、上記従来の課題を解決するためのものであり、AGCを用いずに、可視光の信号のレベルの大きな変化に対応でき、かつ、短時間に可視光の信号を受信し復調することができる可視光受信装置および可視光受信方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するために、本発明の可視光受信装置は、シンボル時間毎に位置変調した変調信号に応じて強弱変化する可視光を受光し、前記可視光の受光光量に応じた電圧信号を出力する第1変換部と、前記電圧信号に含まれる直流分をカットすると共に交流分を増幅して出力する増幅部と、前記増幅部から出力された電圧信号を処理して、前記変調信号に対応する復調信号を出力する処理部と、を具備し、前記処理部は、サンプリング時間毎に、前記増幅部から出力された前記電圧信号をAD変換値にAD変換する第2変換部と、複数の前記AD変換値を用いた差分演算により、差分デジタル値を算出する第1演算部と、複数の前記差分デジタル値のピーク値に応じた+側基準値と-側基準値とを算出する第2演算部と、前記差分デジタル値が前記+側基準値よりも大きくなる立上ポイントと、前記差分デジタル値が前記-側基準値よりも小さくなる立下ポイントとを検出する検出部と、前記立上ポイントと該立上ポイントの直後に検出される前記立下ポイントとの間の第1

サンプル期間と、前記立下ポイントと該立下ポイントの直後に検出される立上ポイントとの間の第2サンプル期間と、を算出する第3演算部と、時系列的に交互に生じる前記第1サンプル期間と前記第2サンプル期間とに基づいて、前記シンボル時間毎の前記復調信号を算出する第4演算部と、を有することを特徴とする。

[0016] また、上記課題を解決するために、本発明の可視光受信方法は、可視光に含まれる情報を取得する可視光受信方法であって、前記可視光受信方法は、受光した可視光に応じた電圧信号を、第1変換部によりサンプリング時間毎にAD変換値にAD変換する第1ステップと、複数の前記AD変換値を用いた差分演算により、差分デジタル値を算出する第2ステップと、複数の前記差分デジタル値のピーク値に応じた+側基準値と-側基準値とを算出する第3ステップと、前記差分デジタル値が前記+側基準値よりも大きくなる立上ポイントと、前記差分デジタル値が前記-側基準値よりも小さくなる立下ポイントと、を検出する第4ステップと、前記立上ポイントと該立上ポイントの直後に検出される前記立下ポイントとの間の第1サンプル期間と、前記立下ポイントと該立下ポイントの直後に検出される立上ポイントとの間の第2サンプル期間と、を算出する第5ステップと、時系列的に交互に生じる前記第1サンプル期間と前記第2サンプル期間とに基づいて、シンボル時間毎の前記電圧信号に対応する復調信号を算出する第6ステップと、を含むことを特徴とする。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、AGCを用いずに、可視光の信号のレベルの大きな変化に対応でき、かつ、短時間に可視光の信号を受信し復調することができる可視光受信装置および可視光受信方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、実施の形態1にかかる受信装置を含む可視光通信システムの構成図である。

[図2A]図2Aは、実施の形態1にかかるマイクロコンピュータの構成図であ

る。

[図2B]図2Bは、実施の形態1にかかるマイクロコンピュータの処理ステップを示すフローチャートである。

[図3]図3は、実施の形態1にかかる受信装置の動作を説明するための波形図であって、(a)は照明光 L_m と外乱光 D_t を示す図であり、(b)は電圧信号 J_m を示す図であり、(c)は増幅信号 K_m を示す図であり、(d)は立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態1の変形例にかかる受信装置の動作を説明するための波形図であって、(a)は照明光 L_m と外乱光 D_t を示す図であり、(b)は電圧信号 J_m を示す図であり、(c)は増幅信号 K_m を示す図であり、(d)は立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す図である。

[図5]図5は、実施の形態2にかかる受信装置を含む可視光通信システムの構成図である。

[図6]図6は、実施の形態2にかかるマイクロコンピュータ部の処理ステップを示すフローチャートである。

[図7]図7は、実施の形態2にかかる受信装置の動作を説明するための波形図であって、(a)は照明光 L_m と外乱光 D_t を示す図であり、(b)は電圧信号 J_m を示す図であり、(c)は増幅信号 K_m を示す図であり、(d)は立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態3にかかる受信装置を接続した携帯端末を含む位置情報提供システムの構成図である。

[図9]図9は、従来の通信システムの構成図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、同じ構成要素には同じ符号を付しており、説明を省略する場合もある。また、図面は理解しやすくするために、それぞれの構成要素を主体に模式的に示している。

[0020] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の一具体例を示すも

のである。以下の実施の形態で示される数値、形状、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、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、任意の構成要素として説明される。

[0021] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1にかかる受信装置10を含む可視光通信システムの構成図である。受信装置10は、可視光受信装置の一例である。図2Aは、実施の形態1にかかるマイクロコンピュータ13の構成図である。マイクロコンピュータ13は、処理部の一例である。図2Bは、マイクロコンピュータ13の処理ステップを示すフローチャートである。図3の(a)～(d)は、受信装置10の動作を説明するための波形図である。

[0022] 図1に示すように、本実施の形態にかかる可視光通信システムは、受信装置10と、照明装置20とから構成される。照明装置20は、可視光照明装置(可視光送信装置)の一例である。

[0023] 受信装置10は、第1変換部11と、増幅部12と、マイクロコンピュータ13とにより構成されている。第1変換部11は、光を電圧(電気信号)に変換する光電圧変換部の一例である。増幅部12は、電圧信号の直流成分をカットして交流成分を増幅する直流カット増幅部の一例である。

[0024] 第1変換部11は、受光素子(図示せず)を有している。受光素子は、受光した照明光を電気信号に変換する。本実施の形態1における照明光は、照明装置20から照射された可視光である。また、本実施の形態1において、照明光は、副搬送波を使用しない光であり、所定のシンボル時間毎に位置変調した変調信号に応動して強弱する光である。第1変換部11は、受光した照明光の強弱に応じた電圧信号 J_m を、増幅部12に出力する。なお、本実施の形態1では、変調信号を構成する単位パルスの幅を、スロット時間と定義し、4スロット時間分の期間を、1シンボル時間と定義している。

[0025] また、第1変換部11から出力された電圧信号 J_m の直流成分を増幅部1

2でカットすることにより、電圧信号 J_m に含まれる電圧信号のうち、一定強度を有する外乱光に応じた直流成分がカットされる。このように、増幅部12を用いて直流成分をカットすることで、電圧信号からノイズ成分を除去することができる。また、増幅部12は、電圧信号 J_m の直流成分をカットすると共に、電圧信号 J_m の交流成分を所定の利得 (Gain) で増幅する。このように、増幅部12を用いて電圧信号 J_m の交流成分を増幅することで、識別ID情報に応じた電圧信号が、より検出し易くなる。増幅された電圧信号 J_m の交流成分は、出力信号 K_m として、マイクロコンピュータ13に出力される。

[0026] マイクロコンピュータ13は、第2変換部14と、第1演算部15と、第2演算部16と、検出部17と、第3演算部18と、第4演算部19とを有している。ここで、第2変換部14はAD変換部の一例である。また、第1演算部15は差分演算部の一例であり、第2演算部16は基準演算部の一例であり、検出部17はポイント検出部の一例であり、第3演算部18は間隔演算部の一例であり、第4演算部19は復調演算部の一例である。

[0027] AD変換部の一例である第2変換部14は、所定のサンプリング時間 T_s 毎に、増幅部12から出力された出力信号 K_m をAD変換値にAD変換し、変換されたAD変換値を第1演算部15に出力する。ここで、出力信号 K_m はアナログ信号であり、AD変換値はデジタル信号である。

[0028] 第1演算部15は、複数のサンプリング時点それぞれにおける複数のAD変換値を用いて、これら複数のAD変換値の差分を演算する。そして、第1演算部15は、この差分の演算により得られた差分デジタル値を、第2演算部16に出力する。

[0029] 第2演算部16は、4シンボル時間以上連続する差分デジタル値を抽出し、抽出した差分デジタル値のピーク値（もしくは、絶対ピーク値）を算出する。そして、+側のピーク値（もしくは、+側の絶対ピーク値）に応じた+側基準値と、-側のピーク値（もしくは、-側の絶対ピーク値）に応じた-側基準値とを、検出部17に出力する。

- [0030] なお、ピーク値とは、抽出した差分デジタル値の極値（部分的に突出した値）を意味し、絶対ピーク値とは、抽出した差分デジタル値の絶対値の極値を意味する。また、本実施の形態1における+側基準値とは、例えば、所定値とピーク値（もしくは、絶対ピーク値）の最大値のおよそ $1/3$ とを加算した値である。また、-側基準値とは、例えば、+側基準値に -1 を乗算した値である。なお、所定値とは、 0 を含む正の値であり、 0 であってもよい。
- [0031] 検出部17は、時系列における立上ポイントと立下ポイントの中から、時系列的に交互に生じる立上ポイントと立下ポイントとを、選出立上ポイントと選出立下ポイントとして検出する。ここで、本実施の形態1では、時系列において差分デジタル値が+側基準値よりも大きくなる時点を立上ポイントとし、時系列において差分デジタル値が-基準値よりも小さくなる時点を立下ポイントとしている。そして、検出した選出立上ポイントと選出立下ポイントとを、第3演算部18に出力する。
- [0032] また、第3演算部18は、第1サンプル期間を、レベル1サンプル数として検出する。第1サンプル期間は、選出立上ポイントから直後の選出立下ポイントの間における差分デジタル値のサンプル数（第1サンプル期間）である。同様に、第3演算部18は、第2サンプル期間を、レベル0サンプル数として検出する。第2サンプル期間は、選出立下ポイントから直後の選出立上ポイントの間における差分デジタル値のサンプル数（第2サンプル期間）である。そして、検出されたレベル1サンプル数又はレベル0サンプル数を、第4演算部19に出力する。
- [0033] 第4演算部19は、時系列的に交互に生じる第1サンプル期間および第2サンプル期間、すなわち、レベル1サンプル数とレベル0サンプル数に基づいて、シンボル時間毎の復調コード（復調信号）を算出する。これにより、増幅部12から出力された出力信号 K_m に応じた復調信号が、マイクロコンピュータ13から出力される。この復調信号に基づいて、受信装置10において、当該受信装置10の位置が検出される。

- [0034] 可視光送信装置である照明装置 20 は、駆動部 21 と、照明部 22 により構成されている。
- [0035] 駆動部 21 は、位置変調駆動部の一例であり、識別 ID 情報を有する変調信号を生成する。本実施の形態 1 に係る駆動部 21 は、例えば、副搬送波を使用しないものであり、識別 ID 情報をシンボル時間毎に 4 PPM (Pulse Position Modulation) 方式で位置変調した変調信号を、作成する。
- [0036] 照明部 22 は、駆動部 21 の変調信号に応じて照明光の強弱を変化させる。照明部 22 は、白色 LED (Light-Emitting Diode) を含んで構成され、変調信号に対応して白色可視光の発光光量を強弱させる。発光光量の強弱の周期は、例えば 1 kHz 程度である。なお、照明部 22 は、赤色 LED や青色 LED などの有色の可視光 LED により構成されていてもよい。
- [0037] また、一般的に、照明装置 20 の近くには、蛍光灯や表示ディスプレイ等、パルス的な外乱光を発生させる外乱光源 25 が存在していることが多い。
- [0038] ここで、本実施の形態 1 の可視光通信システムを使用している状況について考える。
- [0039] 受信装置 10 は、使用されている場所における照明装置 20 からの照明光と、その近くの外乱光源 25 からの外乱光の両方を受光する。
- [0040] 照明光と外乱光を受光すると、受信装置 10 の第 1 変換部 11 は、電圧信号 J_m を出力する。電圧信号 J_m は、受光した照明光や外乱光などの可視光の受光光量に応じて変化する。
- [0041] 電圧信号 J_m が入力された増幅部 12 は、増幅信号 K_m を出力する。増幅信号 K_m は、第 1 変換部 11 の電圧信号 J_m の交流分を所定の利得 (Gain) にて増幅した信号である。
- [0042] マイクロコンピュータ 13 は、図 2 B に示すように、後述する AD 変換ステップである第 1 ステップ S01 と、差分演算ステップである第 2 ステップ S02 と、基準演算ステップである第 3 ステップ S03 と、ポイント検出ステップである第 4 ステップ S04 と、間隔演算ステップである第 5 ステップ S05 と、復調演算ステップである第 6 ステップ S06 とを含む ID 検出ス

トップ（後述する第12ステップ）を実行する。マイクロコンピュータ13は、これら第1ステップS01～第6ステップS06を行うことで、増幅部12の増幅信号をAD変換入力して、信号の復調動作を行う。

[0043] 本実施の形態1にかかる受信装置10は、このようにして、受信装置10と照明装置20との通信距離が変化した場合でも、照明装置20の識別ID情報を精度よく復調することができる。

[0044] 識別ID情報を精度よく復調することができる理由は、本実施の形態1では、受信装置10と照明装置20との通信距離の変化に応じた受信信号である第1変換部11の電圧信号 J_m が変化しても、識別ID情報の復調への影響が小さい構成としているためである。そのため、本実施の形態1にかかる受信装置10は、従来の可視光受信装置で必要であったAGC (Automatic Gain Control) を使用することなく、受光光量が大きく変化した場合でも対応できる構成となっている。

[0045] さらに、本実施の形態1にかかる受信装置10は、マイクロコンピュータ13の処理ステップの動作を工夫しているため、外乱光源25のパルス的な外乱光にも対応できる構成である。

[0046] 以下、図3の(a)～(d)を参照して、図1の受信装置10の構成と動作、およびその効果を説明する。

[0047] 図3の(a)では、照明装置20による照明光 L_m を実線で示し、パルス的な外乱光 D_t を破線で示す。また、図3の(b)では、照明光 L_m による電圧信号 J_m を実線で示し、外乱光 D_t による電圧信号 J_{md} を破線で示す。また、図3の(c)では、照明光 L_m による増幅信号 K_m を実線で示し、外乱光 D_t による増幅信号 K_{md} を破線で示す。また、図3の(d)には、立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す。なお、図3の(a)～(d)において、横軸は時間を示し、縦軸は各信号の強度を示す。

[0048] 可視光通信では、所定のコード長さの識別ID情報を、複数個のシンボル時間を時間的に連結させた変調信号により表す。そのために、可視光通信における照明装置20は、変調信号に対応して可視光の強弱を変化させて、発

光する。

- [0049] ここで、図1に示す照明装置20の駆動部21は、図3の(a)に示すように、1シンボル時間 B_y 毎に4PPM方式の変調信号を作り出し、照明部22に供給する。1シンボル時間 B_y は、4個のロット時間(ロット時間 C_1 , C_2 , C_3 , C_4)により構成される。4PPMの変調信号は、パルス状の1つのロット時間の時間的な位置が1シンボル時間 B_y 内で変調された信号である。
- [0050] 例えば、図3の(a)において、左から1番目のシンボル時間 B_{y1} では、4つ目のロット時間(ロット時間 C_4)が位置変調している。左から2番目のシンボル時間 B_{y2} では、2つ目のロット時間(ロット時間 C_2)が位置変調している。左から3番目のシンボル時間 B_{y3} では、1つ目のロット時間(ロット時間 C_1)が位置変調している。左から4番目のシンボル時間 B_{y4} では、3つ目のロット時間(ロット時間 C_3)が位置変調している。
- [0051] 図1に示す照明装置20の照明部22は、変調信号に対応して強弱が変化した可視光の照明光を、発光する。その結果、照明装置20からは、識別ID情報に基づいて、シンボル時間 B_y 毎に連続する4個のロット時間 C_1 , C_2 , C_3 , C_4 のいずれかのロット時間における照明光が他のロット時間における照明光より弱い照明光が、出力される。
- [0052] 例えば、識別ID情報がコード“00”の場合は、ロット時間 C_1 が弱い照明光を出力する。識別ID情報がコード“01”の場合は、ロット時間 C_2 が弱い照明光を出力する。識別ID情報がコード“10”の場合は、ロット時間 C_3 が弱い照明光を出力する。識別ID情報がコード“11”の場合は、ロット時間 C_4 が弱い照明光を出力する。
- [0053] なお、本実施の形態1では、変調信号として、高周波の副搬送波を使用していない。
- [0054] また、本実施の形態1の照明装置20の照明光は、強弱変化部分 L_a (変調信号に対応して信号強度が強弱変化する部分)と一定部分 L_b (信号強度

が一定の部分)とを、合成した光になっている。つまり、図3の(a)に実線で示すように、受信装置10で受光(受信)する照明装置20の照明光 L_m は、強弱変化部分 L_a と一定部分 L_b とが合成されたものである。また、外乱光源25はパルス状の外乱光を発生させているため、図3の(a)に破線で示すように、受信装置10で受光する外乱光源25からの外乱光 D_t は、パルス状である。

[0055] 受信装置10の第1変換部11は、受光素子(図示せず)の受光光量に応じた電圧信号 J_m を出力する。

[0056] 図3の(b)に、第1変換部11から出力された電圧信号 J_m を示す。第1変換部11の受光素子は、照明装置20の照明光 L_m と外乱光源25の外乱光 D_t を重畳して受光するため、両者の合成光量に対応した電圧信号 J_m が得られる。そのため、図3の(b)に示す電圧信号 J_m は、照明光 L_m の影響分と外乱光 D_t の影響分(図3の(b)に示す J_{md} の部分)を合成した信号になっている。

[0057] 受信装置10の増幅部12は、第1変換部11から入力された電圧信号 J_m に対して、電圧信号 J_m の直流分をカット(削除)し、交流分を所定の固定利得(固定Gain)にて増幅する。そして、増幅部12は、増幅した増幅信号 K_m を出力する。

[0058] 図3の(c)に、増幅信号 K_m を示す。図3の(c)に示す増幅信号 K_m は、電圧信号 J_m の交流分を、所定の固定利得にて反転かつ増幅した信号波形になっている。そのため、増幅信号 K_m は、照明光 L_m の影響分と外乱光 D_t の影響分(図3の(c)に示す K_{md} の部分)を合成した信号になっている。増幅部12から出力された増幅信号 K_m は、マイクロコンピュータ13に入力される。なお、増幅部12の構成は、第1変換部11の電圧信号 J_m の直流分を完全にカットする構成以外に、電圧信号 J_m の直流分の影響を大幅に低減する構成を採用することも可能である。すなわち、本実施の形態1におけるカットの意味は、大幅な低減も含んでいる。

[0059] マイクロコンピュータ13に入力された増幅信号 K_m は、受信装置10の

マイクロコンピュータ13において以下のように処理される。

- [0060] マイクロコンピュータ13は、一定時間毎もしくは使用者によるトリガ毎に、図2Bのフローチャートに示す処理ステップを、繰り返し実行する。すなわち、マイクロコンピュータ13は、第1ステップ（AD変換ステップ）S01と、第2ステップ（差分演算ステップ）S02と、第3ステップ（基準演算ステップ）S03と、第4ステップ（ポイント検出ステップ）S04と、第5ステップ（間隔演算ステップ）S05と、第6ステップ（復調演算ステップ）S06と、を含み、これらのステップを順次または一部並行して実行する。
- [0061] ここで、第1ステップS01は、AD変換ステップの一例である。第1ステップS01は、第2変換部14により、所定のサンプリング時間 T_s 毎に増幅部12から出力された増幅信号 K_m をAD変換し、AD変換値を得るステップである。
- [0062] また、第2ステップS02は、差分演算ステップの一例である。第2ステップS02は、第1演算部15により、複数のサンプリング時点のAD変換値を用いて差分演算を行い、差分デジタル値を算出するステップである。
- [0063] また、第3ステップS03は、基準演算ステップの一例である。第3ステップS03は、第2演算部16により、4シンボル時間以上の連続する差分デジタル値を抽出した後、抽出した差分デジタル値のピーク値（もしくは絶対ピーク値）に応じた+側基準値と-側基準値とを算出するステップである。
- [0064] また、第4ステップS04は、ポイント検出ステップの一例である。第4ステップS04は、検出部17により、時系列の立上ポイントと立下ポイントの中から、時系列的に交互に生じる選出立上ポイントと選出立下ポイントとを検出するステップである。
- [0065] また、第5ステップS05は、間隔演算ステップの一例である。第5ステップS05は、第3演算部18により、レベル1サンプル数とレベル0サンプル数とを検出するステップである。

- [0066] また、第6ステップS06は、復調演算ステップの一例である。第6ステップS06は、第4演算部19により、時系列的に交互に生じるレベル1サンプル数とレベル0サンプル数とに基づいて、シンボル時間毎の復調コードを算出するステップである。
- [0067] 以下、前述の各ステップについて詳しく説明する。
- [0068] まず、第1ステップS01について説明する。第1ステップS01において、第2変換部14は、入力されたアナログ信号である増幅信号 K_m を所定のサンプリング時間 T_s 毎にAD変換し、デジタル化したAD変換値を所定の時間長分だけ取得する。ここで、本実施の形態1では、サンプリング時間 T_s は、シンボル時間 B_y よりも十分に小さく選定されている。また、所定の時間長は、十分に長く設定され、照明装置20の識別ID情報を十分に含む時間長になっている。第2変換部14は、必要に応じて、第2変換部14で変換された時系列のAD変換値を記憶部の一例であるメモリ（図示せず）に記憶させる。
- [0069] 続いて、第2ステップS02について説明する。第2ステップS02において、第1演算部15は、複数個のサンプリング時点のAD変換値を用いて差分演算を行い、サンプリング時点毎に差分デジタル値を算出して、時系列の差分デジタル値をメモリに記憶させる。ここでは、サンプリング時点のAD変換値とその2つ前のサンプリング時点のAD変換値の差を演算し、演算結果をその時点の差分デジタル値としてメモリに記憶する。このように、順次、サンプリング時点を移動させてサンプリング時点毎に差分デジタル値を演算し、時系列の差分デジタル値を取得する。第1演算部15は、必要に応じて、時系列の差分デジタル値をメモリに記憶させる。第2ステップS02では、順次、サンプリング時点を移動させて、サンプリング時点毎に差分デジタル値を演算し、時系列の差分デジタル値を取得する。
- [0070] 続いて、第3ステップS03について説明する。第3ステップS03において、第2演算部16は、シンボル時間4つ以上の連続する差分デジタル値を抽出し、抽出した差分デジタル値のピーク値（もしくは絶対ピーク値）に

応じた+側基準値と-側基準値を得る。なお、第3ステップS03では、所定値を大きな正の値にしておき、時系列の差分デジタル値が所定値よりも小さくなった時に識別ID情報の復調をできないようにしてもよい。また、第3ステップS03では、第2演算部16は、抽出した差分デジタル値のピーク値（もしくは絶対ピーク値）の平均値に応じた+側基準値と-側基準値を得ても良い。これにより、照明光Lmが小さく（または大きく）なっても、照明光Lmに含まれる変調信号の大きさに応じた基準値を簡単に得ることができる。その結果、第4ステップS04の立上ポイントや立下ポイントの検出動作を安定させることができる。すなわち、この第3ステップS03における動作により、照明光Lmの平均値が100倍変化しても、第4ステップS04を安定して動作させることができる。

[0071] 続いて、第4ステップS04について説明する。第4ステップS04において、検出部17は、立上ポイントと立下ポイントとを検出する。ここで、立上ポイントは、時系列の差分デジタル値が+側基準値よりも大きくなる時点であり、立下ポイントは、時系列の差分デジタル値が-側基準値よりも小さくなる時点である。

[0072] 図3の(d)に、立上ポイントRmと立下ポイントFmを示す。例えば、外乱光源25の外乱光Dtによって、立下ポイントFn+1と立上ポイントRn+1が発生している。検出部17は、時系列の立上ポイントと立下ポイントの中から、時系列的に交互に生じる選出立上ポイントと選出立下ポイントとを、選出する。例えば、立上ポイントが連続的に生じていた場合や立下ポイントが連続的に生じていた場合であっても、選出立上ポイントと選出立下ポイントとは、時系列的に交互に生じるように選出される。

[0073] ここで、第4ステップS04では、検出部17は、立下ポイントが時系列的に連続した場合に、2番目の立下ポイントおよびそれに後続する立上ポイントを、選出立下ポイントおよび選出立上ポイントに選出しない。すなわち、検出部17は、2番目の立下ポイントおよびそれに後続する立上ポイントを、検出対象から除外する。同様に、第4ステップS04では、検出部17

は、立上ポイントが時系列的に連続した場合に、2番目の立上ポイントおよびそれに後続する立下ポイントを、選出立上ポイントおよび選出立下ポイントとして選出しない。すなわち、検出部17は、2番目の立上ポイントおよびそれに後続する立下ポイントを、検出対象から除外する。これにより、外乱光によって生じた立下ポイント F_{n+1} と立上ポイント R_{n+1} を、除去できる。なお、ここで、立上ポイントとは、時系列の差分デジタル値が+側基準値よりも大きくなる最初のサンプリング時点を意味する。また、立下ポイントとは、時系列の差分デジタル値が-側基準値よりも小さくなる最初のサンプリング時点を意味する。

[0074] 続いて、第5ステップS05について説明する。第5ステップS05において、第3演算部18は、レベル1サンプル数として検出し、レベル0サンプル数として検出する。ここで、第5ステップS05では、選出立上ポイントから直後の選出立下ポイントの間の差分デジタル値のサンプル数をレベル1サンプル数とし、選出立下ポイントから直後の選出立上ポイントの間の差分デジタル値のサンプル数をレベル0サンプル数としている。

[0075] 続いて、第6ステップS06について説明する。第6ステップS06において、第4演算部19は、時系列的に交互に生じるレベル1サンプル数とレベル0サンプル数とに基づいて、シンボル時間毎の復調コードを得る。第4演算部19は、複数個のシンボル時間にわたる復調コードに基づいて識別ID情報を検出する。これにより、受信装置10がいずれの照明装置20の識別ID情報を取得したのかがわかる。したがって、受信装置10の位置を検出することができる。なお、第4演算部19は、第6ステップS06において、識別ID情報に付加されたスタートブロックコードを検出して、識別ID情報のコード復調を始める最初のシンボル時間を見つけてもよい。

[0076] 以上、本実施の形態にかかる受信装置10は、AGC (Automatic Gain Control) などの複雑な回路を使用しない簡素な構成で、可視光送信装置である照明装置20の識別ID情報を安定して検出することができる。これにより、受信装置10をモジュール化して小形軽量の携帯端末（例えば、スマート

フォンなど)に内蔵して一体化することや、スマートフォンなどの携帯端末へアタッチメント接続することができる。

[0077] ここで、例えば、その携帯端末が、使用者により常時携帯されている状態を考える。この状態で、増幅部12の増幅信号 K_m の振幅は、使用者の保持する受信装置10と照明装置20との通信距離に応じて、例えば、50~5000mVと大幅に変化する。だが、本実施の形態1では、マイクロコンピュータ13による第1ステップS01~第6ステップS06までの一連の動作を行うことにより、受信装置10において精度よく照明装置20の識別ID情報を受信して復調することができる。すなわち、本実施の形態1にかかる受信装置10は、受信した可視光信号のレベルが大幅に変化しても、正常な復調動作を行うことができる。例えば、受信信号のレベルが100倍に変化した場合、通信距離に換算すると、距離が約10倍に変化する。本実施の形態1にかかる受信装置10は、この特性を利用しているため、可視光通信の通信距離が大幅に変化する用途、例えば、照明装置20の可視光照明を受信する携帯端末等で使用する用途に適した構成になっている。

[0078] また、本実施の形態1にかかる増幅部12は、単に電圧信号 J_m の直流分をカット(大幅な低減)しているだけなので、電圧信号 J_m の交流分に対する応答遅れは、ほとんど生じない。そのため、例えば、受信装置10は、受信装置10と照明装置20の間の可視光の通信路が遮断されても、その通信路が回復すれば、時間遅延なく速やかに可視光信号を受信し復調することができる。その結果、本実施の形態1にかかる受信装置10は、可視光の通信路の遮断と回復とが頻繁に行われる用途、例えば、照明装置20の可視光照明を受信する携帯端末等で使用する用途に適した構成になっている。

[0079] なお、本実施の形態1にかかる受信装置10は、照明装置20などの可視光照明器具の識別ID情報の検出に適した構成であるが、そのような場合に限定されない。例えば、本実施の形態1にかかる受信装置10を用いて、空間的な信号伝送の可視光通信システムを構成しても良い。

[0080] また、受信装置10や照明装置20は、1シンボル時間内に4スロット時

間を有する変調信号に限らず、1シンボル時間内に3スロット時間または5スロット時間を有する変調信号に対応させても良い。

[0081] また、本実施の形態1では、マイクロコンピュータ13において第1ステップS01～第6ステップS06が順次処理されるように説明したが、マイクロコンピュータ13の処理はそのような場合に限定されない。すなわち、本実施の形態1のマイクロコンピュータ13は、これらのステップの処理を部分的に並列に行ってもよいし、必要な演算処理に限定して行ってもよい。例えば、第2ステップS02と第3ステップS03と第4ステップS04を混在させて処理し、時系列の差分デジタル値を記憶せずに立上ポイントと立下ポイントを得てもよい。

[0082] また、検出部17は、第4ステップS04において、連続する2個の立上ポイント（または立下ポイント）を検出した場合に、いずれか一方の立上ポイント（または立下ポイント）を出力するようにしたが、このような構成に限定されない。例えば、検出部17は、連続する2個の立上ポイント（または立下ポイント）を検出した場合に、マイクロコンピュータ13におけるその後の復調処理を行わないようにしてもよい。

[0083] また、本実施の形態1にかかるマイクロコンピュータ13は、第4ステップS04において、時系列的に交互に生じる選出立上ポイントと選出立下ポイントを選出しているので、パルス的な外乱光ノイズが発生している場合でも精度よく復調コードと識別ID情報とを検出できる。

[0084] なお、上述の第4ステップS04では、外乱光ノイズによる立上ポイントと立下ポイントをペアで除去する方法を説明したが、そのような構成に限定されない。以下、検出部17の変形例について説明する。

[0085] （実施の形態1の変形例）

以下に、実施の形態1の変形例について説明する。図4の(a)～(d)は、本変形例にかかる可視光受信装置の動作を説明する波形図である。

[0086] 本変形例にかかる第4ステップS04における検出部17の動作について説明する。検出部17は、2個の立下ポイントを時系列的に連続して検出し

た場合に、直前または直後の立上ポイントから1番目の立下ポイントまでの第1サンプル数を計測し、該立上ポイントから2番目の立下ポイントまでの第2のサンプル数を計測する。そして、検出部17は、第1サンプル数と第2サンプル数とに基づいて、一方の立下ポイントを選出立下ポイントとして選出する。また、検出部17は、2個の立上ポイントを時系列的に連続して検出した場合に、直前または直後の立下ポイントから1番目の立上ポイントまでの第1サンプル数を計測し、該立下ポイントから2番目の立上ポイントまでの第2サンプル数を計測し、第1サンプル数と第2サンプル数に基づいて、一方の立上ポイントを選出立上ポイントとして選出する。

[0087] これについて、図4の(a)～(d)を参照して説明する。図4の(a)は、照明装置20による照明光 L_m を実線で示し、パルス的な外乱光 D_t を破線で示す。また、図4の(b)は、照明光 L_m による電圧信号 J_m を実線で示し、外乱光 D_t による電圧信号 J_{md} を破線で示す。また、図4の(c)は、照明光 L_m による増幅信号 K_m を実線で示し、外乱光 D_t による増幅信号 K_{md} を破線で示す。また、図4(d)は、立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す。なお、図4の(a)～(d)において、横軸は時間、縦軸は各信号の強度を示す。

[0088] 図4の(a)に示す外乱光源25の外乱光 D_t が混入すると、増幅信号 K_m には、図4の(c)に示した外乱光の影響分 K_{md} が生じる。そのため、立上ポイント R_m や立下ポイント F_m は、図4の(d)に示すようになる。

[0089] この例では、図4の(d)に示すように、2個の立上ポイント R_n と R_{n+1} は、時系列的に連続して生じている。立上ポイント R_n の直前の立下ポイント F_n を基準にとり、立下ポイント F_n から1番目の立上ポイント R_{n+1} までの間隔をスロット時間(サンプリングポイント)の数で計測し、第1サンプル数 H_1 を得る。同様に、立下ポイント F_n から2番目の立上ポイント R_{n+1} までの間隔をスロット時間(サンプリングポイント)の数で計測し、第2サンプル数 H_2 を得る。

[0090] ここで、第1サンプル数 H_1 よりも第2サンプル数 H_2 の方が、スロット

時間の整数倍に近い。また、第1サンプル数 H_1 は、1スロット時間よりも短い。したがって、検出部17は、第1サンプル数 H_1 に対応した立上ポイント R_n は外乱光の影響によるものと判断して、選定立上ポイントとしては選出しない。すなわち、検出部17は、立上ポイント R_n を、検出対象から除外する。検出部17は、第2サンプル数 H_2 に対応した立上ポイント R_{n+1} を選定立上ポイントとして選出する。このようにすることで、第4ステップS04において外乱光の影響による信号変化分が取り除かれ、その後の第5ステップS05および第6ステップS06を経て、照明装置20の識別ID情報を精度よく得ることが可能となる。なお、この方法は、立上ポイントが3個以上連続して検出された場合にも、利用可能である。

[0091] 本実施の形態1では、このようにして、直前の立下ポイントを信頼性の高い選出ポイントとして基準にして、後続の選出ポイントを選んでいる。しかし、本発明は、そのような場合に限定されず、例えば、立上ポイント R_{n+1} の直後の立下ポイント F_{n+1} を基準のポイントとしてもよい。

[0092] なお、本実施の形態1にかかる第1演算部15は、第2ステップS02において、一のサンプリング時点のAD変換値と、該一のサンプリング時点から2サンプリング間隔離れた他のサンプリング時点のAD変換値との差分演算を行い、その時点の差分デジタル値を得ている。すなわち、1個飛ばしのAD変換値の差分を取ってその時点の差分デジタル値を演算し、順次サンプリング時点を移動させて時系列の差分デジタル値を得ている。このように処理することにより、検出部17は、増幅部12の出力信号 J_m に波形鈍り（なまり）が生じている場合でも、第4ステップS04において、立上ポイントや立下ポイントの検出を安定かつ確実に行うことができる。なお、一のサンプリング時点と他のサンプリング時点は、2サンプリング間隔に限らず、3サンプリング間隔以上離れていてもよい。

[0093] ここで、1個飛ばしのAD変換値の差分を取ってその時点の差分デジタル値を演算する第2ステップS02を用いた場合に、第5ステップS05および第6ステップS06において、第3演算部18および第4演算部19をそ

れぞれ安定に動作させるためには、第1ステップS01のサンプリング時間に制約があることが、発明者らの考察によりわかった。具体的には、発明者らの考察により、第1演算部15が、一のサンプリング時点のAD変換値とそれより2サンプリング間隔以上離れた他のサンプリング時点のAD変換値の差を演算し、演算結果をその時点の差分デジタル値とする場合には、サンプリング時間 T_s はシンボル時間 B_y の $1/12$ 以下にすることが効果的であることがわかった。例えば、発明者らの実験においては、可視光信号にノイズが含まれないと仮定した場合、受光した可視光信号から識別ID情報を取得できる確率は、サンプリング時間 T_s がシンボル時間 B_y の $1/12$ 以下の場合にはほぼ100%であったが、サンプリング時間 T_s がシンボル時間 B_y の $1/12$ より大きい場合には50~60%程度であった。なお、本実施の形態1および本変形例では、サンプリング時間 T_s をシンボル時間 B_y のおよそ $1/20$ にしている。これにより、第5ステップS05および第6ステップS06において、第3演算部18および第4演算部19は、より安定した処理を行うことができると共に、識別ID情報の復調をより安定して行うことができる。

[0094] (実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2について説明する。

[0095] 図5は、本実施の形態2にかかる受信装置50を含む可視光通信システムの構成図である。図6は、マイクロコンピュータ53の処理ステップを示すフローチャートである。図7の(a)~(d)は、受信装置50の動作を説明するための波形図である。

[0096] 本実施の形態2にかかる受信装置50は、太陽光や蛍光灯などの外乱光源55による影響を回避して、大きな光量の外乱光源55に比べて微弱な光量の照明装置20を用いた場合であっても、精度よく識別ID情報を検出できるようにしたものである。

[0097] 図5に示すように、本実施の形態2にかかる可視光通信システムは、照明装置20と、受信装置50とから構成される。照明装置20は、可視光通信

装置（可視光送信装置）の一例であり、前述の実施の形態 1 に示した照明装置 20 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0098] 受信装置 50 は、第 1 変換部 51 と、増幅部 52 と、マイクロコンピュータ 53 とにより構成される。マイクロコンピュータ 53 は、前述の実施の形態 1 に示したマイクロコンピュータ 13 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0099] 第 1 変換部 51 は、照明光や外乱光などの可視光を電気信号に変換する受光素子 61 と、抵抗 62、オペアンプ 63 および直流電源 64 により構成された増幅器と、電流注入回路 81 とを有している。第 1 変換部 51 は、増幅器（抵抗 62、オペアンプ 63 および直流電源 64）によって、受光素子 61 の吸収電流に比例した電圧信号 J_m を作り出す。

[0100] 受光素子 61 で受光された可視光は、電気信号に変換される。ここで、可視光とは、識別 ID 情報を所定シンボル時間毎に位置変調した変調信号に応動して強弱する照明光や、外乱光である。受光素子 61 から出力された電気信号は、増幅器（抵抗 62、オペアンプ 63 および直流電源 64）により増幅される。第 1 変換部 51 は、受光素子 61 で受光した照明光の強弱に応じた電圧信号 J_m を増幅部 52 に出力する。

[0101] 電流注入回路 81 は、スイッチ 82 と抵抗 83 とを備え、スイッチ 82 を閉じることにより、電源 V_{cc} からオペアンプ 63 へ直流電流を出力する。具体的には、電流注入回路 81 は、マイクロコンピュータ 53 からのシフト指示信号 P_m に応動してスイッチ 82 をオンにし、抵抗 83 を介して受光素子 61 に所定の直流電流を供給する。すなわち、電流注入回路 81 は、マイクロコンピュータ 53 のシフト指示信号 P_m がオンの時に受光素子 61 に直流電流を注入する。外乱光が太陽光の場合、電源 V_{cc} は、一例として 3 V 程度である。電流注入回路 81 のスイッチ 82 は、アナログスイッチ回路やトランジスタ回路によって構成されている。

[0102] 増幅部 52 は、コンデンサ 71 によって第 1 変換部 51 から増幅部 12 に出力された電圧信号 J_m の直流分をカットし、抵抗 72 と抵抗 73 とオペア

ンプ74によって電圧信号 J_m の交流分を所定の固定利得（固定Gain）にて増幅する。これにより、増幅部52の出力信号 K_m は、第1変換部51の電圧信号 J_m の交流分を所定利得（所定Gain）にて増幅した信号になる。ここでは、直流カット増幅部として、ハイパスフィルタ型の増幅部52を図示しているが、バンドパス型の増幅部であってもよい。また、増幅部52は、電圧信号 J_m の直流分を完全にカットする構成に限らず、直流分を大幅に低減する構成であっても良い。すなわち、本実施の形態2におけるカットの意味は、大幅な低減も含んでいる。増幅した電圧信号 J_m の交流分は、出力信号 K_m としてマイクロコンピュータ53に出力される。

[0103] マイクロコンピュータ53には、増幅部52から出力された出力信号 K_m と第1変換部51から出力された電圧信号 J_m が入力される。

[0104] 照明装置20は、駆動部21と照明部22により構成される。駆動部21は、副搬送波を使用せずに、識別ID情報を所定シンボル時間毎に位置変調した変調信号を作成する。照明部22は、駆動部21の変調信号に応じて照明光の強弱を変化させる。

[0105] また、一般に、照明装置20の近くには、太陽光や白熱電球などのような強力な光量の外乱光を発生させる外乱光源55が存在している場合がある。

[0106] 図7の(a)は、受信装置50の第1変換部51の受光素子61の場所における照明装置20による照明光 L_m を実線で示し、外乱光源55による外乱光 D_t を一点鎖線で示す。また、図7の(b)は、照明光 L_m による電圧信号 J_{mp} を破線で示し、外乱光 D_t による電圧信号 J_m を実線で示す。また、図7の(c)は、照明光 L_m による増幅信号 K_{mp} を破線で示し、外乱光 D_t による増幅信号 K_m を実線で示す。また、図7の(d)は、立上ポイント R_m と立下ポイント F_m を示す。なお、図7の(a)～(d)の横軸は、時間、縦軸は各信号の強度を示す。

[0107] 照明装置20の照明光 L_m は、前述の実施の形態1に示した照明装置20と同様に、強弱変化部分 L_a と一定部分 L_b とが合成されている。また、外乱光源55は、変動の少ない強力な外乱光 D_t を発生させている。そのため

、外乱光 D_t は、照明装置20の微弱な照明光 L_m よりもかなり大きな光量となっている。ここでは、外乱光源55の外乱光 D_t は照明光 L_m よりも5倍程度大きいものとする。

[0108] 受信装置50の第1変換部51は、受光素子61の受光光量に応じた電圧信号 J_m を出力する。図7の(b)に電圧信号 J_m を示す。

[0109] 第1変換部51の受光素子61は、照明装置20の照明光 L_m と外乱光源55の外乱光 D_t を重畳して受光するので、両者の合成光量に応じた電圧信号 J_m が得られる。外乱光 D_t の光量が非常に大きい場合、従来の可視光受信装置では、第1変換部51は回路的な飽和を起こし、図7の(b)に実線で示すように、電圧信号 J_m が上限電圧に張り付いた状態、つまり、電圧信号 J_m として一定値(上限電圧)が出力され続ける状態になっている。そのため、増幅部52の出力信号 K_m は、図7の(c)に実線で示すように、一定になる。この場合、マイクロコンピュータ53が増幅部52から一定値の出力信号 K_m を入力しても、立上ポイントおよび立下ポイントを検出できないため、照明装置20の識別ID情報を受信して復調することはできない。

[0110] そこで、本実施の形態2にかかる受信装置50のマイクロコンピュータ53は、図6のフローチャートに示す処理ステップを実行している。この処理ステップについて説明する。

[0111] マイクロコンピュータ53は、第1変換部51の電圧信号 J_m を入力し、第1変換部51の出力電圧 J_m に応じてシフト指示信号 P_m をオンまたはオフにする電圧モニタステップである第11ステップS11と、ID検出ステップである第12ステップS12と、少なくとも第1ステップS01(図2B参照)の動作の完了後にシフト指示信号 P_m をオフにするシフト解除ステップである第13ステップS13と、を順次または一部並行しながら実行する。

[0112] 第12ステップS12は、ID検出ステップの一例であり、第11ステップS11の動作後に実施する。第12ステップS12は、前述の実施の形態

1に示したID検出ステップと同様であり、第1ステップS01～第6ステップS06（それぞれ、図2B参照）からなる。

[0113] マイクロコンピュータ53は、まず、第11ステップS11を実行し、第1変換部51の電圧信号Jmが所定レベル以上である場合に、シフト指示信号Pmをオンにする。シフト指示信号Pmがオンになると、第1変換部51の電流注入回路81のスイッチ82がオン（導通）に変化し、直流電源Vccから抵抗83を介して受光素子61に所定の直流電流が注入される。その結果、第1変換部51から出力される電圧信号Jmの直流分のレベルが変化し、図7の(b)に破線で示した電圧信号Jmpになる。すなわち、外乱光Dtに対応する直流電圧が電流注入回路81から出力される直流電流により打ち消され、第1変換部51は、照明光Lmに反応して変化する交流分を含んだ電圧信号Jmpを出力する。これに伴って、増幅部52は、照明光Lmに反応して変化する交流の増幅信号Kmpを、マイクロコンピュータ53に出力する。

[0114] マイクロコンピュータ53は、増幅部52の出力信号Kmpが入力されることで、第12ステップS12によって照明装置20の識別ID情報を検出する。

[0115] 第12ステップS12を実施した後に、第13ステップS13において、マイクロコンピュータ53は、シフト指示信号Pmをオフにする。これにより、電流注入回路81は、シフト指示信号Pmに反応してスイッチ82をオフ（非導通）にし、受光素子61への電流注入を解除する。これにより、次の識別ID情報検出時に、外乱光が低減または消滅していても、照明装置20の識別ID情報を精度よく検出することができる。

[0116] なお、第13ステップS13は、第1ステップS01の動作後にシフト指示信号Pmをオフにすればよく、第12ステップS12内の第2ステップS02～第6ステップS06（それぞれ、図2B参照）と順序を入れ替えることが可能である。

[0117] 以上、本実施の形態2にかかる受信装置50は、外乱光源55から発光さ

れる外乱光 D_t が大きい場合であっても、電流注入回路 81 を設けることにより、外乱光 D_t に対応する直流電圧が電流注入回路 81 から出力される直流電流により打ち消すことができる。これにより、第 1 変換部 51 は、照明光 L_m に応動して変化する交流分を含んだ電圧信号 J_{mp} を出力することができる。

[0118] (実施の形態 3)

次に、本発明の実施の形態 3 について説明する。本実施の形態 3 にかかる可視光受信装置を用いた位置情報システムについて、図 8 を参照して説明する。図 8 は、本実施の形態 3 にかかる可視光受信装置を接続した携帯端末を含む位置情報提供システムの構成図である。本実施の形態 3 では、可視光受信装置として実施の形態 2 にかかる受信装置 50 を用いた場合について説明する。なお、可視光受信装置は、前述の実施の形態 2 にかかる受信装置 50 に限らず、前述の実施の形態 1 にかかる受信装置 10 であってもよい。

[0119] 図 8 に示すように、モジュール化された受信装置 50 は、通信接続部 92 を介して携帯端末 95 にアタッチメント接続される。このようにして、携帯端末 95 は、受信装置 50 と一体化される。受信装置 50 の受光素子（図示せず）は、レンズ 91 により集光された可視光照明を受光し、所定の立体角内の可視光照明装置を検出するようにしている。

[0120] 通信接続部 92 は、例えば、USB (Universal Serial Bus) 通信を行う USB 部である。受信装置 50 は、照明装置 20 の識別 ID 情報を、通信接続部 92 を通じて携帯端末 95 に伝送する。

[0121] 携帯端末 95 は、例えば、スマートフォンなどの携帯電話やタブレット PC であり、伝送された照明装置 20 の識別 ID 情報を位置情報サーバ 96 に無線で問い合わせる。

[0122] 位置情報サーバの一例であるサーバ 96 は、問い合わせのあった識別 ID 情報に対応する位置情報を、携帯端末 95 に返信する。携帯端末 95 は、サーバ 96 の返信情報に基づいて、識別 ID 情報に対応した地図上の位置を、画面上に表示する。

[0123] このようにして、使用者は、携帯端末 95 にアタッチメント接続可能した受信装置 50 を用いることで、地下街や建物内における自分の位置を簡易に知ることができる。特に、本実施の形態 3 にかかる受信装置 50 は、安定かつ迅速に照明装置 20 の識別 ID 情報を検出できるため、使用者が歩行時であっても利用することができる。

[0124] なお、このような目的を実現するために、本実施の形態 3 では、識別 ID 情報の異なる複数個の照明装置 20 を地下街や建物内の所要の場所に設置することを想定している。また、受信装置 50 と携帯端末 95 を接続する通信接続部 92 は、USB 部に限らず、シリアル通信部 (RS-232C) や無線通信部 (Bluetooth (登録商標) や Wi-Fi) などを用いてもよい。

[0125] 以上、本実施の形態 3 によれば、上記した受信装置を備えた可視光通信システムについて携帯端末 95 を例として説明をした。本実施の形態 3 の構成により、受信装置は、安定かつ迅速かつ容易に照明装置 20 の識別 ID 情報を検出できる。よって、使用者が歩行時であっても利用することができる。

[0126] 以上、本発明にかかる可視光受信装置および可視光受信方法について、上記した実施の形態に基づいて説明した。だが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の範囲内に含まれる。

産業上の利用可能性

[0127] 本発明の可視光受信装置および可視光受信方法は、可視光照明器具の識別 ID 情報の検出が可能であり、地下街や建物内での携帯端末の位置検出等に有用である。

符号の説明

[0128] 10、50 受信装置
11、51 第 1 変換部
12、52 増幅部
13、53 マイクロコンピュータ

- 1 4 第2変換部
- 1 5 第1演算部
- 1 6 第2演算部
- 1 7 検出部
- 1 8 第3演算部
- 1 9 第4演算部
- 2 0 照明装置
- 2 1 駆動部
- 2 2 照明部
- 2 5、5 5 外乱光源
- 6 1、1 3 3 受光素子
- 6 2、7 2、7 3、8 3 抵抗
- 6 3、7 4 オペアンプ
- 6 4 直流電源
- 7 1 コンデンサ
- 8 1 電流注入回路
- 8 2 スイッチ
- 9 5 携帯端末
- 9 6 位置情報サーバ
- 1 0 0 可視光通信システム
- 1 1 0 送信装置
- 1 3 0 受信装置
- 1 3 6 A G C

請求の範囲

[請求項1]

シンボル時間毎に位置変調した変調信号に応じて強弱変化する可視光を受光し、前記可視光の受光光量に応じた電圧信号を出力する第1変換部と、

前記電圧信号に含まれる直流分をカットすると共に交流分を増幅して出力する増幅部と、

前記増幅部から出力された電圧信号を処理して、前記変調信号に対応する復調信号を出力する処理部と、を具備し、

前記処理部は、

サンプリング時間毎に、前記増幅部から出力された前記電圧信号をA/D変換値にA/D変換する第2変換部と、

複数の前記A/D変換値を用いた差分演算により、差分デジタル値を算出する第1演算部と、

複数の前記差分デジタル値のピーク値に応じた+側基準値と-側基準値とを算出する第2演算部と、

前記差分デジタル値が前記+側基準値よりも大きくなる立上ポイントと、前記差分デジタル値が前記-側基準値よりも小さくなる立下ポイントとを検出する検出部と、

前記立上ポイントと該立上ポイントの直後に検出される前記立下ポイントとの間の第1サンプル期間と、前記立下ポイントと該立下ポイントの直後に検出される立上ポイントとの間の第2サンプル期間と、を算出する第3演算部と、

時系列的に交互に生じる前記第1サンプル期間と前記第2サンプル期間とに基づいて、前記シンボル時間毎の前記復調信号を算出する第4演算部と、を有する、

可視光受信装置。

[請求項2]

前記第1変換部は、さらに、

前記処理部から出力されるシフト指示信号に基づいてオン又はオフ

となる回路を備え、

前記処理部は、

前記第2変換部によるAD変換を実行する前に、前記回路をオンにするシフト指示信号を出力し、

少なくとも前記AD変換を実行した後に、前記回路をオフにするシフト指示信号を出力する、

請求項1に記載の可視光受信装置。

[請求項3] 前記第2演算部は、前記差分デジタル値のピーク値の最大値または平均値に比例した+側基準値および-側基準値を算出する、

請求項1または2に記載の可視光受信装置。

[請求項4] 前記検出部は、2個の立下ポイントが時系列的に連続した場合に、連続する2個の前記立下ポイントのうちの2番目の立下ポイントおよび前記2番目の立下ポイントに後続する立上ポイントを、検出対象から除外する、

請求項1から3のいずれか1項に記載の可視光受信装置。

[請求項5] 前記検出部は、2個の立上ポイントが時系列的に連続した場合に、連続する2個の前記立上ポイントのうちの2番目の立上ポイントおよび前記2番目の立上ポイントに後続する立下ポイントを、検出対象から除外する、

請求項1から3のいずれか1項に記載の可視光受信装置。

[請求項6] 前記検出部は、

2個の立下ポイントが時系列的に連続した場合に、連続する2個の前記立下ポイントのうちの1番目の立下ポイントの直前または2番目の立下ポイントの直後の立上ポイントから、前記1番目の立下ポイントまでの前記第1サンプル期間および該立上ポイントから前記2番目の立下ポイントまでの前記第2サンプル期間を計測し、

前記第1サンプル期間および前記第2サンプル期間のうちスロット時間の整数倍の長さの時間に近い側の一方の立下ポイントを検出する

と共に、他方の立下ポイントを検出対象から除外する、
請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の可視光受信装置。

[請求項7] 前記検出部は、2 個の立上ポイントが時系列的に連続した場合に、
連続する 2 個の前記立上ポイントのうちの 1 番目の立上ポイントの直
前または 2 番目の立上ポイントの直後の立下ポイントから、前記 1 番
目の立上ポイントまでの前記第 1 サンプル期間および該立下ポイント
から前記 2 番目の立上ポイントまでの前記第 2 サンプル期間を計測し
、

前記第 1 サンプル期間および前記第 2 サンプル期間のうちスロット
時間の整数倍の長さの時間に近い側の一方の立上ポイントを検出する
と共に、他方の立上ポイントを検出対象から除外する、
請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の可視光受信装置。

[請求項8] 前記第 1 演算部は、一のサンプリング時点の前記 A/D 変換値と該一
のサンプリング時点から 2 サンプル間隔以上離れた他のサンプリ
ング時点の前記 A/D 変換値とを差分演算して前記差分デジタル値を算
出し、

前記サンプリング時間を前記シンボル時間の $1/12$ 以下にする、
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の可視光受信装置。

[請求項9] 請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の可視光受信装置と、
可視光送信装置と、から構成された、
可視光通信システム。

[請求項10] 請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の可視光受信装置を内蔵した
、
携帯端末。

[請求項11] 可視光に含まれる情報を取得する可視光受信方法であって、
前記可視光受信方法は、
受光した可視光に応じた電圧信号を、第 1 変換部によりサンプリン
グ時間毎に A/D 変換値に A/D 変換する第 1 ステップと、

複数の前記AD変換値を用いた差分演算により、差分デジタル値を算出する第2ステップと、

複数の前記差分デジタル値のピーク値に応じた+側基準値と-側基準値とを算出する第3ステップと、

前記差分デジタル値が前記+側基準値よりも大きくなる立上ポイントと、前記差分デジタル値が前記-側基準値よりも小さくなる立下ポイントと、を検出する第4ステップと、

前記立上ポイントと該立上ポイントの直後に検出される前記立下ポイントとの間の第1サンプル期間と、前記立下ポイントと該立下ポイントの直後に検出される立上ポイントとの間の第2サンプル期間と、を算出する第5ステップと、

時系列的に交互に生じる前記第1サンプル期間と前記第2サンプル期間とに基づいて、シンボル時間毎の前記電圧信号に対応する復調信号を算出する第6ステップと、を含む、
可視光受信方法。

[請求項12]

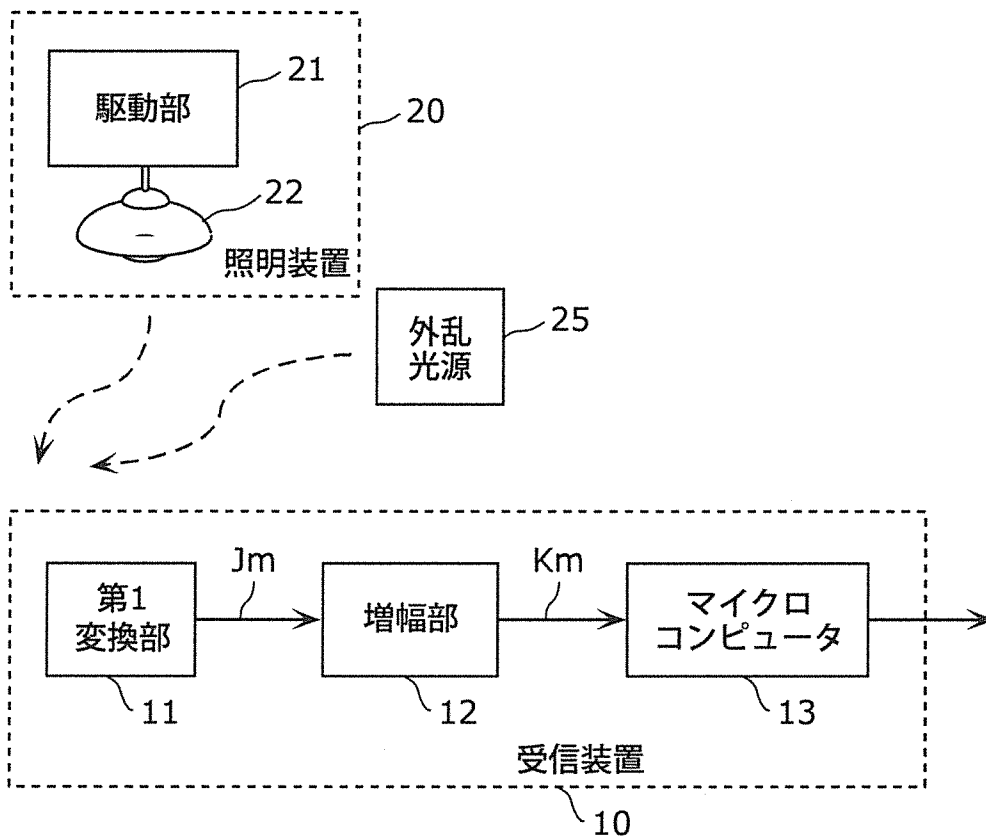
前記可視光受信方法は、さらに、

前記第1ステップを実行する前に、回路をオンにするシフト指示信号を出力する第1-1モニタステップを含み、

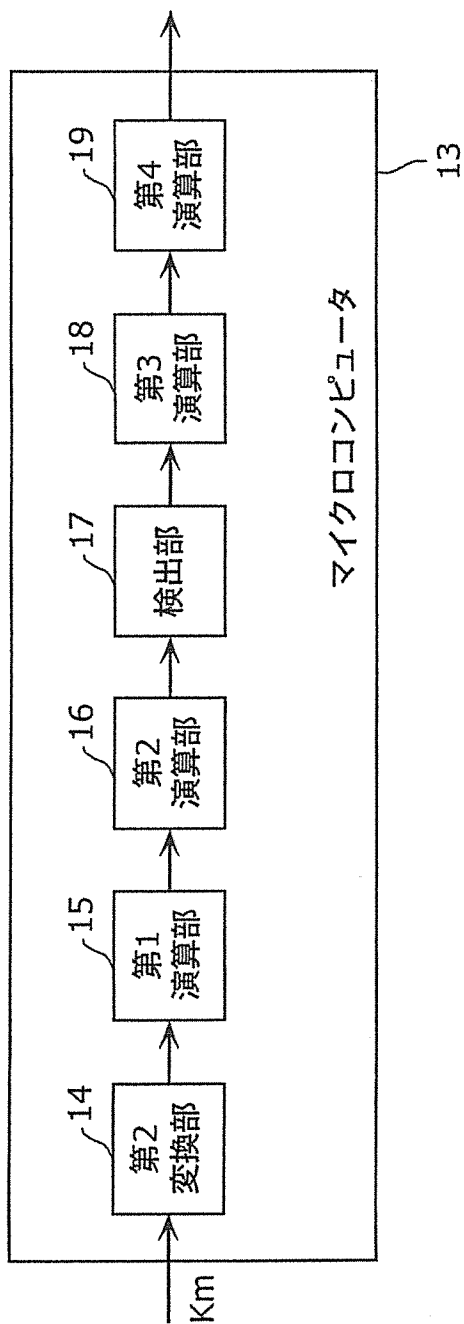
少なくとも前記第1-1を実行した後に、前記回路をオフ支持にするシフト指示信号を出力する第1-3ステップを含む、

請求項1-1に記載の可視光受信方法。

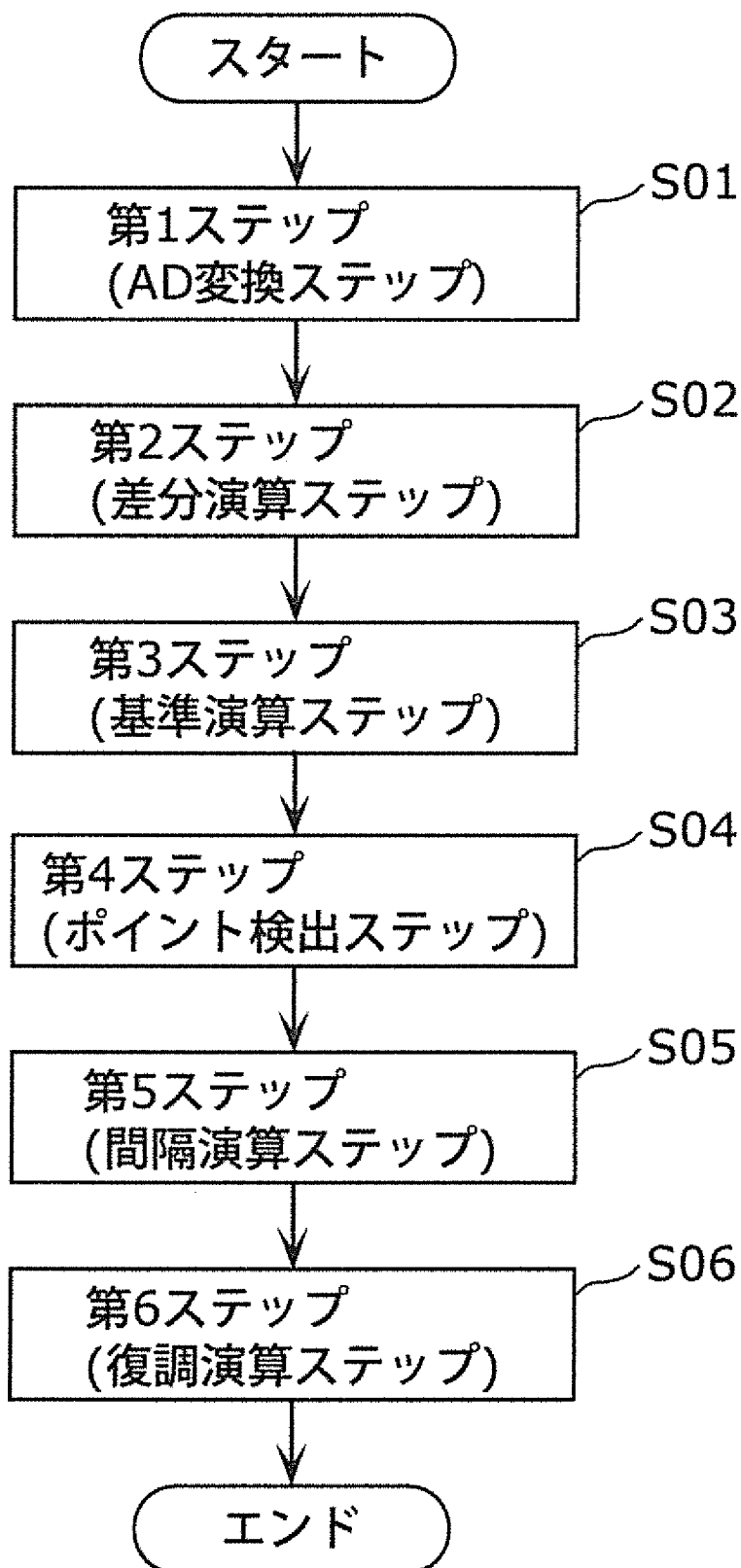
[図1]



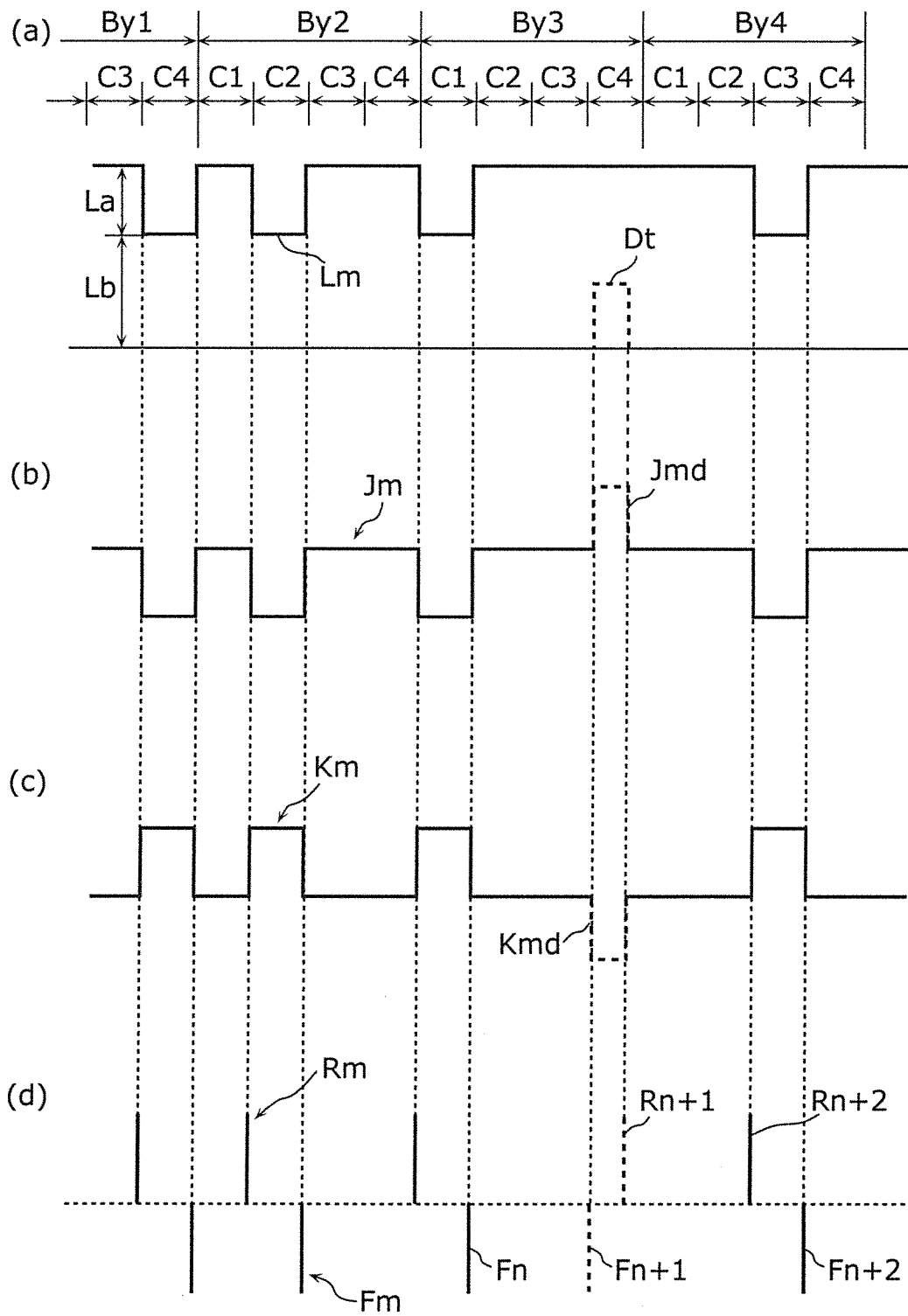
[図2A]



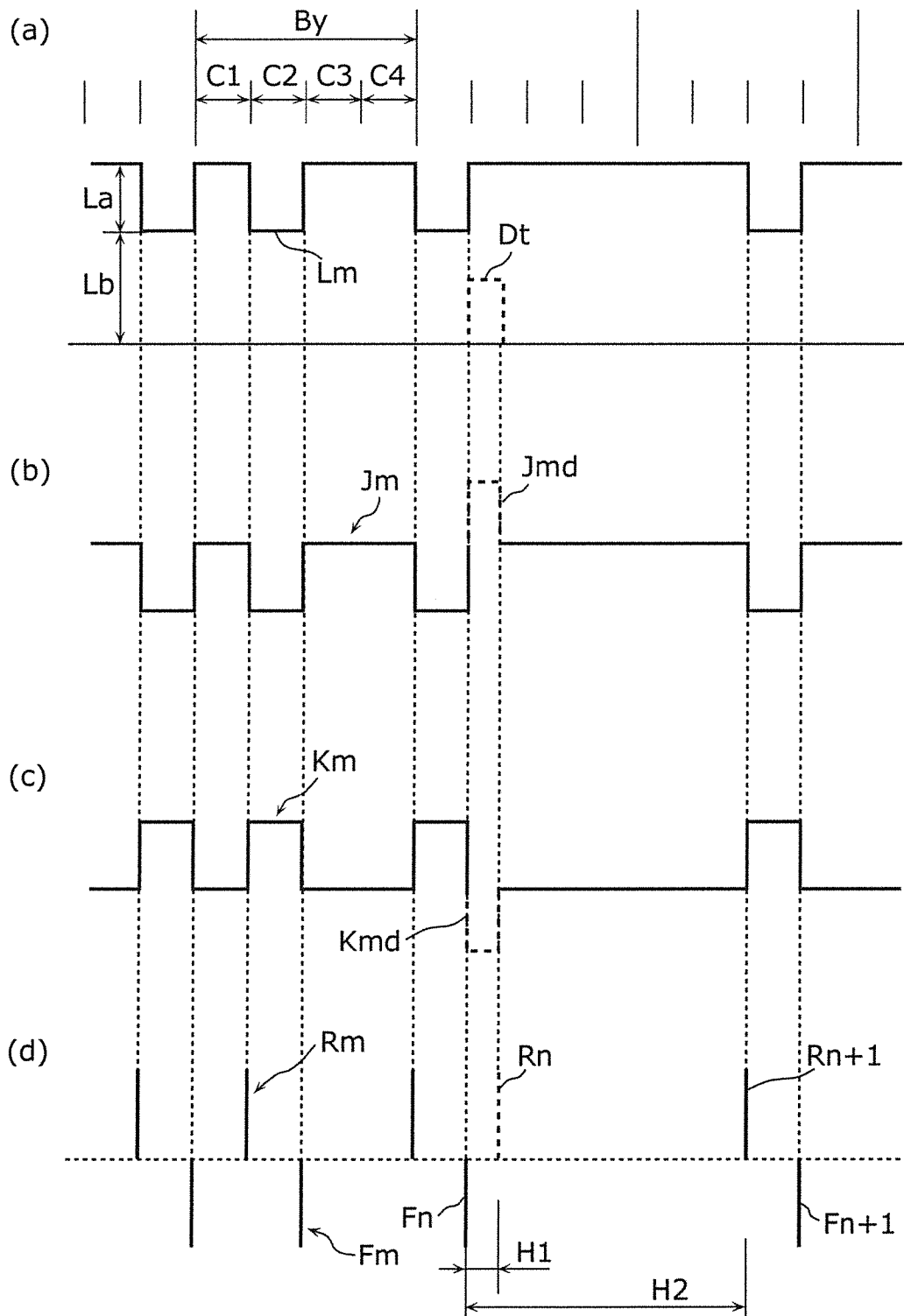
[図2B]



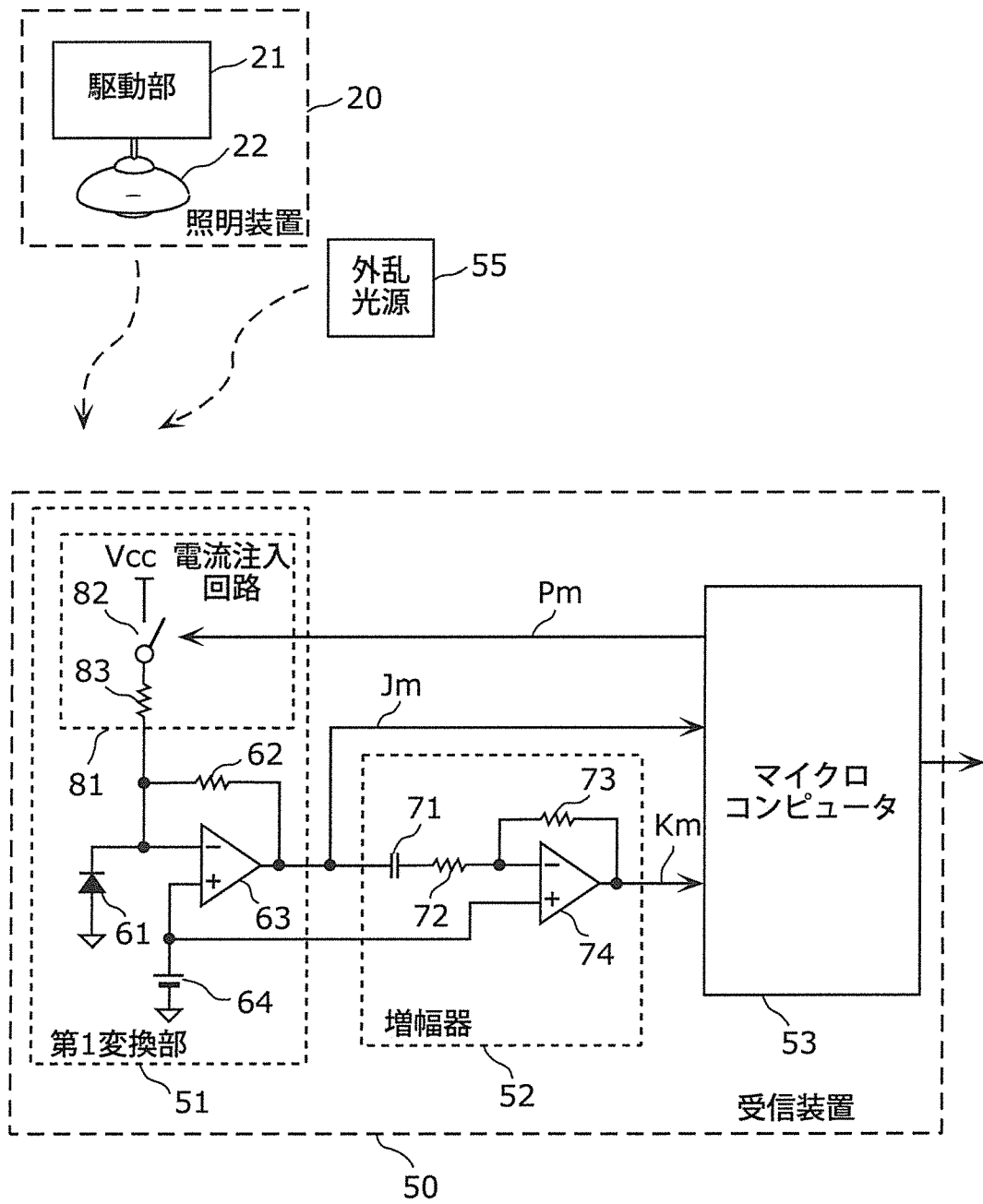
[図3]



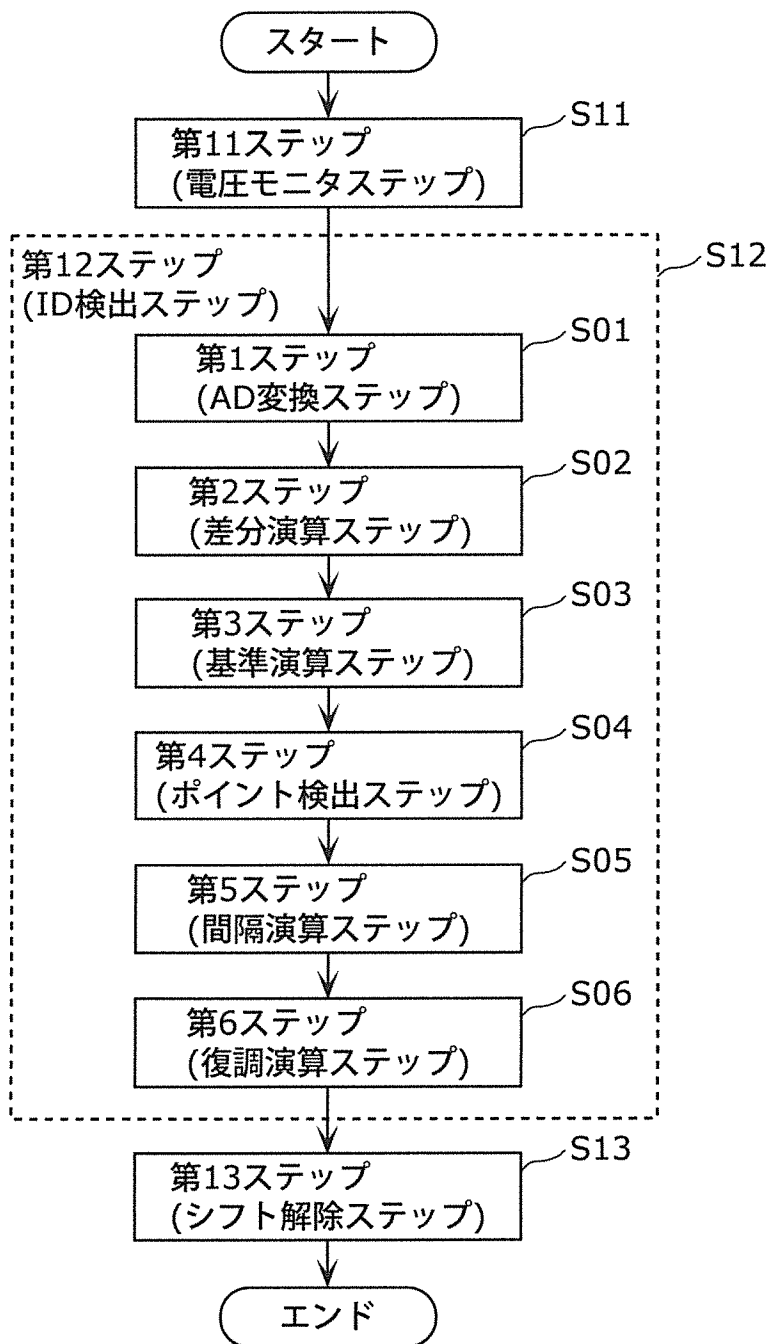
[図4]



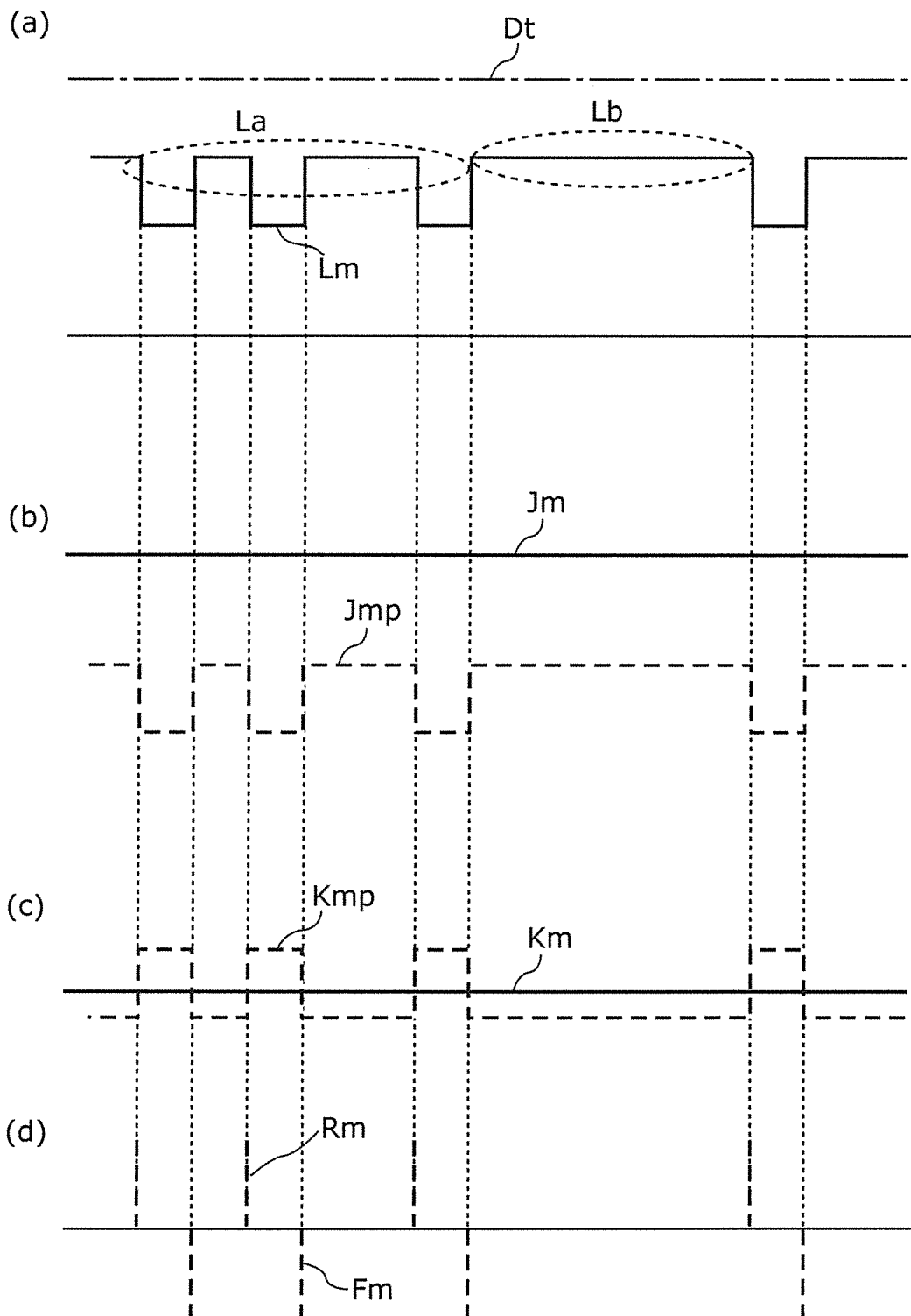
[図5]



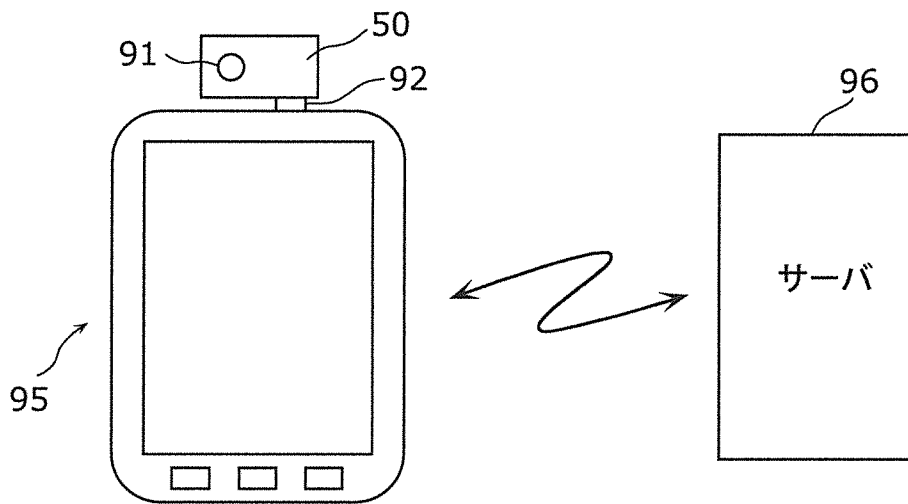
[図6]



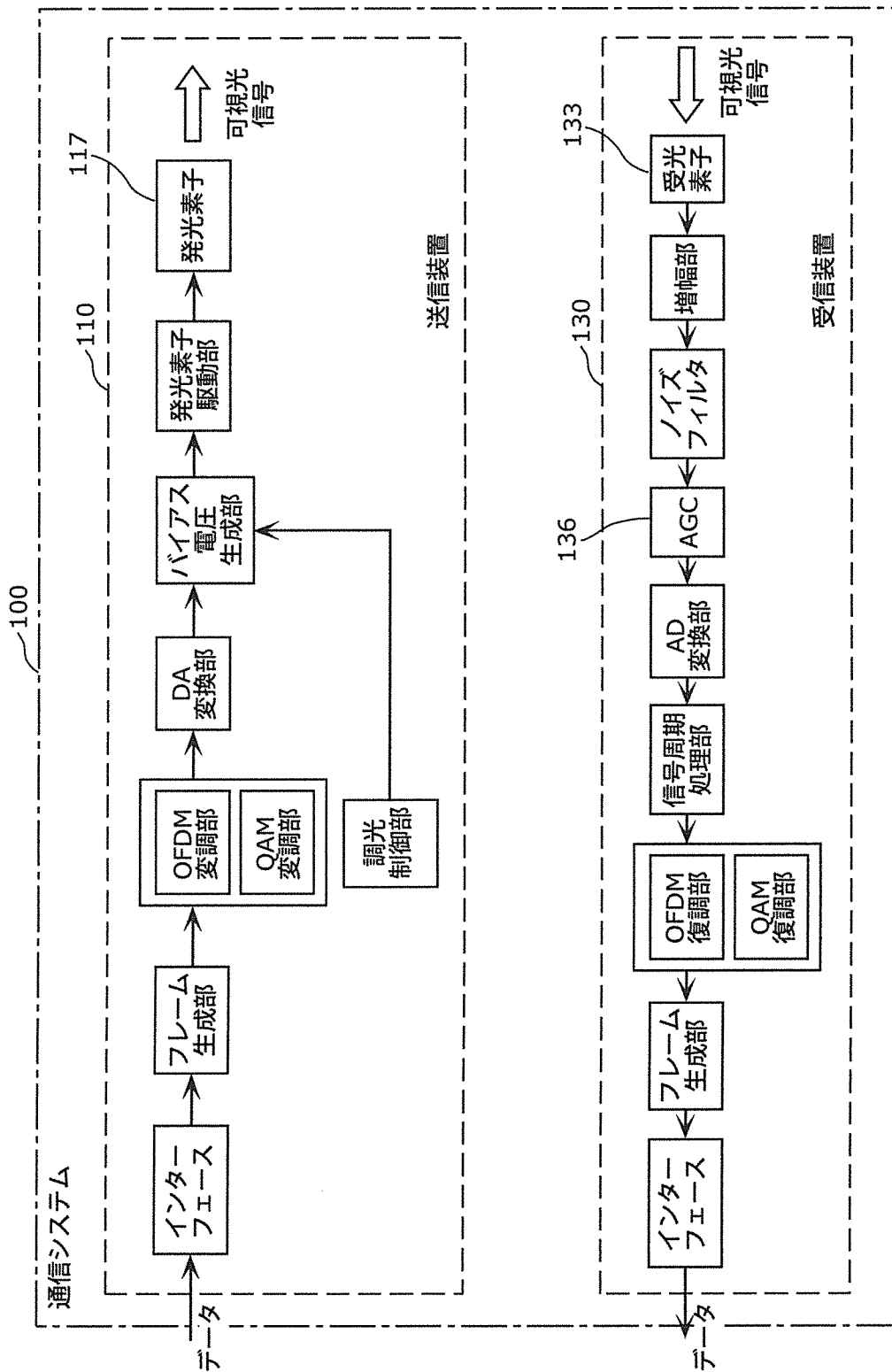
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B10/116(2013.01) i, H04B10/524(2013.01) i, H04B10/69(2013.01) 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)

H04B10/116, H04B10/524, H04B10/69

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-193701 A (Oerlikon Space AG), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraphs [0036] to [0067] & US 2008/0187322 A1 & EP 1956734 A1	1-12
A	JP 2008-104020 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0011] to [0053] (Family: none)	1-12
A	JP 2001-512918 A (Motorola, Inc.), 28 August 2001 (28.08.2001), paragraphs [0009] to [0041] & US 6043920 A & WO 1999/007086 A1	1-12

 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
09 May, 2013 (09.05.13)Date of mailing of the international search report
21 May, 2013 (21.05.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H04B10/116(2013.01)i, H04B10/524(2013.01)i, H04B10/69(2013.01)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. H04B10/116, H04B10/524, H04B10/69		
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 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-193701 A (エリコン・スペース・アクチェンゲゼルシャフト) 2008.08.21, 段落【0036】 - 【0067】 & US 2008/0187322 A1 & EP 1956734 A1	1-12
A	JP 2008-104020 A (松下電工株式会社) 2008.05.01, 段落【0011】 - 【0053】 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2001-512918 A (モトローラ・インコーポレイテッド) 2001.08.28, 段落【0009】 - 【0041】 & US 6043920 A & WO 1999/007086 A1	1-12
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 09.05.2013	国際調査報告の発送日 21.05.2013	
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) 角田 慎治 電話番号 03-3581-1101 内線 3534	5 J 9466