

(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
2012年8月30日(30.08.2012)



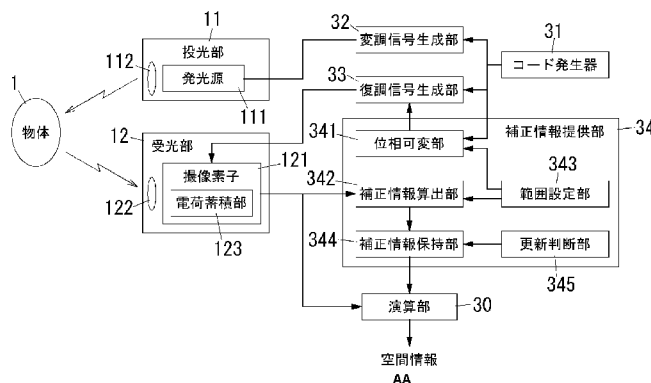
(10) 国際公開番号
WO 2012/115083 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/32 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054064
 - (22) 国際出願日: 2012年2月21日(21.02.2012)
 - (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 2011-035030 2011年2月21日(21.02.2011) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 村上 憲一(MURAKAMI, Kenichi), 橋本 裕介(HASHIMOTO, Yusuke).
 - (74) 代理人: 西川 恵清, 外(NISHIKAWA, Yoshikiyo et al.); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田1丁目12番17号 梅田スクエアビル9階 北斗特許事務所 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, 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, 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, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: SPATIAL INFORMATION DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 空間情報検出装置

[図1]



- 1 Body
- 11 Light emitting unit
- 111 Light source
- 12 Light receiving unit
- 121 Image capturing element
- 122 Charge accumulation unit
- 32 Modulation signal generation unit
- 33 Demodulation signal generation unit
- 341 Phase varying unit
- 342 Correction information calculation unit
- 344 Correction information holding unit
- 30 Arithmetic unit
- AA Spatial information
- 31 Code generator
- 34 Correction information provision unit
- 343 Range setting unit
- 345 Update determination unit

(57) Abstract: A spatial information detection device generates a modulation signal that is a square-wave signal, the lengths of the high-level period and the low-level period of which are randomly determined from the length of an integral multiple of a unit period. The spatial information detection device emits signal light that is light modulated by the modulation signal to a space including an object zone. The spatial information detection device generates a demodulation signal having the same waveform as the modulation signal or the inverted modulation signal. The spatial information detection device generates signal charge by accumulating charge generated in response to light from the space during a collection period determined by the demodulation signal. The spatial information detection device generates correction information relating to the influence of light from a non-object zone between the object region and the spatial information detection device. Using the correction information, the spatial information detection device corrects the amount of the signal charge to the amount of object charge corresponding to charge generated by a light receiving unit due to light from the object zone, and generates spatial information on the basis of the amount of the object charge.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/115083 A1



空間情報検出装置は、ハイレベルである期間とロウレベルである期間との長さが単位期間の整数倍の長さから乱数的に決定された方形波信号である変調信号を生成する。前記空間情報検出装置は、対象区域を含む空間に変調信号で変調された光である信号光を放射する。前記空間情報検出装置は、前記変調信号または反転された前記変調信号と同じ波形を有する復調信号を生成する。前記空間情報検出装置は、前記復調信号で決定される集積期間に前記空間からの光に応じて生成される電荷を蓄積して信号電荷を生成する。前記空間情報検出装置は、前記対象区域とこの間の非対象区域からの光の影響に関する補正情報を生成する。前記空間情報検出装置は、前記補正情報を利用して前記信号電荷の量を前記対象区域からの光に起因して前記受光部で生成される電荷に対応する対象電荷の量に補正し、前記対象電荷の量に基づいて前記空間情報を生成する。

明 細 書

発明の名称：空間情報検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、空間情報検出装置に関し、特に、検出対象となる空間に投光するとともに空間から受光することにより、当該空間に存在する物体までの距離、当該空間に存在する物体の反射率あるいは吸収率、当該空間における媒質の反射率あるいは吸収率、当該空間における物体の存否のような空間情報を検出するアクティブ型の空間情報検出装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、検出対象の空間に投光するとともに空間から受光することにより、空間情報を検出するアクティブ型の空間情報検出装置が提案されている。この種の空間情報検出装置は、空間に存在する物体までの距離、空間に存在する物体の反射率、空間における媒質の透過率、空間における物体の存否のような空間情報を検出する。また、検出する空間情報の種類に応じてそれぞれ構成されている。

[0003] 空間に存在する物体までの距離を空間情報として検出する空間情報検出装置には、投光された光が物体で反射された後に受光されるまでの時間を計測する飛行時間法（タイムオブフライト法）の原理を用いた構成が知られている。計測した時間は、物体までの距離に換算される。

[0004] この種の空間情報検出装置は、たとえば、正弦波形のように一定周期で強度が変化する変調波形を有した強度変調光（以下、「信号光」という）を投光し、信号光の投光時点と受光時点とにおける変調波形の位相差を計測する。変調波形の周期は一定であるから、位相差から物体までの距離が求められる。（たとえば、文献1〔日本国公開特許公報第2004-45304号〕参照）。

[0005] すなわち、信号光に同期した複数のタイミングで受光量に相当する電荷を求め、各タイミングごとの電荷の関係を用いることによって位相差を算出し

ている。この位相差は、投光した信号光が物体で反射された後に受光されるまでの時間差に相当するから、信号光の周期を T [s]、光速を c [m/s]、変調波形の位相差を ϕ [ラジアン] とすると、投光から受光までの時間差 r は、 $r = T (\phi / 2\pi)$ になる。また、物体までの距離 L は、 $L = (1/2) c \cdot r = (1/2) c \cdot T (\phi / 2\pi)$ として求めることができる。たとえば、信号光の周波数を 20 MHz とすれば、周期 T は 50 [ns] であるから、測定可能な最大距離（以下、「測定最大距離」という）は 7.5 [m] になる。すなわち、一定周期で強度が変化する信号光を用いているから、測定可能範囲の上限は信号光の半周期に対応した距離（半波長の距離）になる。

[0006] また、物体の反射率や吸収率、媒質の反射率や吸収率、物体の存否などの空間情報を検出する空間情報検出装置として、空間に信号光を投光する投光期間と、空間に信号光を投光しない非投光期間とを設ける構成が知られている。この構成では、投光期間と非投光期間とにおける受光量の相違を用いることによって、環境光ないし周囲光（以下、「環境光」と記載する）の影響を除去し、空間に投光した信号光に対応する反射光の成分のみを検出する（たとえば、文献 2 [日本国公開特許公報第 2006-121617 号] 参照）。

[0007] すなわち、非投光期間の受光量は環境光のみに対応した受光量になるが、投光期間の受光量は環境光と投光した信号光とに対応した受光量になるから、空間情報検出装置では、投光期間の受光量と非投光期間の受光量とに基づいて環境光に相当する成分を除去し、信号光の反射光に相当する成分を抽出している。言い換えると、信号光の反射光の強度に相当する空間情報を検出していることになる。

[0008] 前記文献 1、前記文献 2 では、空間からの受光に撮像素子を用いており、距離を求める場合には各画素値を距離値とした距離画像を生成し、反射光の強度を求める場合には各画素値を強度値とした濃淡画像を生成する。

[0009] 上述したように、前記文献 1、前記文献 2 に記載された技術では、空間に

投光した信号光の反射光によって空間情報を検出している。したがって、空間情報を検出しようとする空間と空間情報検出装置との間に光を透過させるガラスのような透明物体が存在していると、空間情報の検出対象となる空間からの光と、透明物体からの反射光との両方が受光されることがある。この場合、空間からの光に透明物体からの反射光が重畳され、受光量に空間以外の成分が含まれることになって、空間情報を正確に検出することができないという問題が生じる。

[0010] また、透明物体に限らず、空間情報検出装置の近傍に物体が存在していると、物体による反射光（主として拡散反射光）が空間情報検出装置に入射し、空間からの光に物体からの反射光が重畳され、空間情報を正確に検出することができない場合がある。ここに、空間情報検出装置の近傍とは、実質的に、空間情報の検出対象となる空間と空間情報検出装置との間の領域を意味している。

[0011] 上述のように、空間情報検出装置と空間との間に、空間情報を検出する対象ではない物体（以下、「非対象物体」という）が存在していると、非対象物体からの反射光が空間からの光に重畳されて空間情報検出装置に入射する。その結果、空間情報検出装置は、空間情報を正確に検出することができないという問題が生じる。

発明の開示

[0012] 本発明は、空間情報の検出対象となる空間との間に非対象物体が存在している場合であっても、非対象物体の影響を除去することによって空間情報の検出精度を向上させる空間情報検出装置を提供することを目的とする。

[0013] 本発明に係る第1の形態の空間情報検出装置は、所定の対象区域を含む空間に信号光を放射する投光部と、前記空間からの光を受ける受光部と、変調信号を生成して前記投光部に出力する変調信号生成部と、復調信号を生成して前記受光部に出力する復調信号生成部と、前記対象区域に関する空間情報を生成する演算部と、補正情報提供部と、を備える。前記変調信号は、ハイレベルである期間とロウレベルである期間との長さが所定の単位期間の整数

倍の長さから乱数的に決定された方形波信号である。前記投光部は、前記変調信号を受け取ると前記変調信号で光を変調して前記信号光を生成するように構成される。前記復調信号は、前記変調信号または反転された前記変調信号と同じ波形を有する信号である。前記受光部は、前記復調信号がハイレベルである第1期間とロウレベルである第2期間とのいずれか一方の期間で定義される集積期間の間に前記空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成し、前記集積期間の間に生成された電荷を前記集積期間よりも長い所定の蓄積期間に亘って蓄積して信号電荷を生成するように構成される。前記補正情報提供部は、前記投光部および前記受光部と前記対象区域との間の非対象区域からの光に起因して前記受光部で生成される電荷に関する補正情報を生成するように構成される。前記演算部は、前記補正情報を利用して前記信号電荷の量を前記対象区域からの光に起因して前記受光部で生成される電荷に対応する対象電荷の量に補正し、前記対象電荷の量に基づいて前記空間情報を生成するように構成される。

[0014] 本発明に係る第2の形態の空間情報検出装置は、第1の形態において、探索信号を生成して前記受光部に出力する探索信号生成部を備える。前記探索信号は、前記変調信号に対して所定の時間差を有する信号である。前記補正情報提供部は、位相可変部と、補正情報算出部と、を備える。前記受光部は、前記探索信号がハイレベルである第1期間とロウレベルである第2期間とのいずれか一方の期間で定義される第2集積期間の間に前記空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成し、前記第2集積期間の間に生成された電荷を前記第2集積期間よりも長い所定の第2蓄積期間に亘って蓄積して補正電荷を生成するように構成される。前記位相可変部は、前記時間差が異なる複数の前記探索信号を前記探索信号生成部が生成するように、所定の時間範囲内において前記時間差を前記単位期間より小さい変化幅で変化させるように構成される。前記補正情報算出部は、前記時間差が異なる前記探索信号毎に前記受光部から前記補正電荷を取得し、前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記補正情報を生成するように構成される。

[0015] 本発明に係る第3の形態の空間情報検出装置では、第2の形態において、前記空間情報は、前記対象区域に存在する対象物までの距離である。前記演算部は、前記信号光が前記投光部から放射されてから前記対象物で反射された前記信号光を前記受光部が受け取るまでにかかる飛行時間を前記対象電荷の量から算出し、前記飛行時間に基づいて前記距離を求めるように構成される。前記補正情報は、非対象成分と、非対象飛行時間とを含む。前記非対象成分は、前記非対象区域からの光に起因して前記受光部で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。前記非対象飛行時間は、前記信号光が前記投光部から放射されてから前記非対象区域に存在する非対象物体で反射された前記信号光を前記受光部が受け取るまでにかかる時間である。前記補正情報算出部は、前記時間差に対する前記補正電荷の量の変化率を算出するように構成される。前記補正情報算出部は、前記時間差に対して前記補正電荷の量が直線的に変化する範囲における前記変化率と、前記単位期間と、の積を前記非対象成分として求めるように構成される。前記補正情報算出部は、前記変化率が0に変わるときの前記時間差を前記非対象飛行時間として求めるように構成される。前記演算部は、前記非対象成分および前記非対象飛行時間を用いて前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に換算する換算式を、予め記憶するように構成される。前記演算部は、前記補正情報提供部から得た前記非対象成分および前記非対象飛行時間と、前記換算式とを用いて、前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に補正するように構成される。

[0016] 本発明に係る第4の形態の空間情報検出装置では、第3の形態において、前記復調信号生成部は、複数の前記復調信号を生成するように構成される。前記複数の復調信号は、前記変調信号と同じ波形を有する第1の復調信号と、前記第1の復調信号を反転させた信号である第2の復調信号と、前記第1の復調信号から前記単位期間遅延する第3の復調信号と、前記第3の復調信号を反転させた信号である第4の復調信号とのうち2つを含む。

[0017] 本発明に係る第5の形態の空間情報検出装置では、第2の形態において、前記空間情報は、前記対象区域における前記信号光の反射強度である。前記

補正情報は、非対象成分を含む。前記非対象成分は、前記非対象区域からの光に起因して前記受光部で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。前記補正情報算出部は、前記時間差に対する前記補正電荷の量の変化率を求めるように構成される。前記補正情報算出部は、前記時間差に対して前記補正電荷の量が直線的に変化する範囲における前記変化率と、前記単位期間との積を前記非対象成分として求めるように構成される。前記演算部は、前記非対象成分を用いて前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に換算する換算式を、予め記憶するように構成される。前記演算部は、前記補正情報提供部から得た前記非対象成分と、前記換算式とを用いて、前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に補正するように構成される。

[0018] 本発明に係る第6の形態の空間情報検出装置では、第5の形態において、前記投光部は、投光期間に前記信号光を放射し、非投光期間に前記信号光を放射しないように構成される。前記演算部は、前記投光期間に対応する前記対象電荷の量と前記非投光期間に対応する前記対象電荷の量との差に基づいて前記反射強度を求めるように構成される。

[0019] 本発明に係る第7の形態の空間情報検出装置では、第2～第6のうちいずれか1つの形態において、前記補正情報提供部は、前記対象電荷を含まない前記補正電荷が前記受光部から得られる前記時間差の有効範囲を指定する範囲設定部を備える。前記補正情報算出部は、前記範囲設定部で指定された前記有効範囲内の前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記補正情報を生成するように構成される。

[0020] 本発明に係る第8の形態の空間情報検出装置では、第7の形態において、前記補正情報提供部は、前記所定の時間範囲内の前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記有効範囲を決定する補正情報取得部を備える。前記範囲設定部は、前記補正情報取得部で決定された前記有効範囲を指定するように構成される。

[0021] 本発明に係る第9の形態の空間情報検出装置では、第1～第8のうちいずれか1つの形態において、前記補正情報提供部は、所定の更新条件が満たさ

れたかどうかを判定し、前記更新条件が満たされたと判定すると前記補正情報を更新するように構成される。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]実施形態1の空間情報検出装置を示すブロック図である。
[図2]前記実施形態1の空間情報検出装置の使用例を示す側面図である。
[図3]前記実施形態1の空間情報検出装置の使用例を示す側面図である。
[図4]前記実施形態1の空間情報検出装置の動作説明図である。
[図5]前記実施形態1の空間情報検出装置の動作説明図である。
[図6]前記実施形態1の空間情報検出装置の動作説明図である。
[図7]前記実施形態1の空間情報検出装置で測定された距離を示す図である。
[図8]比較例の空間情報検出装置で測定された距離を示す図である。
[図9]前記実施形態1の空間情報検出装置の動作説明図である。
[図10]実施形態2の空間情報検出装置を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

- [0023] 以下に説明する実施形態では、空間情報検出装置の例として、検出対象となる空間に存在する物体までの距離を計測する距離測定装置と、検出対象となる空間に存在する物体での反射光の強度を検出する強度検出装置とを例示する。また、空間から受光する受光部において撮像素子を用い、距離を計測する場合は画素値が距離値である距離画像を生成し、反射光の強度を検出する場合は画素値が濃淡値である濃淡画像を生成する例を示す。ただし、受光部において単一の受光領域（光電変換部）を備えた受光素子を用いて距離の計測や反射光の強度の計測を行う構成を採用してもよい。以下では、距離測定装置と強度検出装置との基本的な構成をそれぞれ説明する。

- [0024] （距離測定装置）

距離測定装置は、図1に示すように、検出対象となる空間に投光する投光部11と、当該空間から受光する受光部12とを備える。空間に物体（対象物）1が存在していると、投光部11から投光された光（以下、「信号光」という）は物体1で反射され、受光部12に物体1からの反射光が入射する

。したがって、信号光を投光部 1 1 から投光してから受光部 1 2 で受光されるまでの時間（飛行時間）に相当する物理量を計測することにより、物体 1 までの距離が計測される。すなわち、図示する距離測定装置は、飛行時間法（タイムオブフライト法）の原理を用いて距離を測定する。

[0025] 投光部 1 1 は、所定の対象区域を含む空間に信号光を放射するように構成される。対象区域は、例えば、物体 1 が存在する空間である。投光部 1 1 は、発光ダイオードやレーザダイオードのような発光素子からなる発光源 1 1 1 と、発光源 1 1 1 から出射された信号光の投光範囲を調節する投光光学系 1 1 2 とを備える。

[0026] 受光部 1 2 は、空間からの光を受けるように構成される。受光部 1 2 は、CCD エリアイメージセンサや CMOS エリアイメージセンサのような撮像素子 1 2 1 と、撮像素子 1 2 1 の視野を調節する受光光学系 1 2 2 とを備える。

[0027] 発光源 1 1 1 に用いる発光素子は光出力を高周波（たとえば、10MHz）で変調し、撮像素子 1 2 1 は発光源 1 1 1 の光出力が変化する時間と同程度の時間の受光強度の変化を検出する。発光源 1 1 1 は、1 個の発光素子のみを備えていてもよいが、光出力を大きくして信号光を遠方まで到達させるために複数個の発光素子を組み合わせることが好ましい。投光光学系 1 1 2 と受光光学系 1 2 2 とには、通常はレンズを用いるが、ミラーを用いてもよく、レンズとミラーとを組み合わせてもよい。

[0028] 撮像素子 1 2 1 は、電子シャッタの原理を用いることにより、光電変換により得られた電荷を集積する集積期間が制御され、光電変換を行う受光領域（光電変換部）ごとに多数回（たとえば、10000 回）ずつ集積した電荷を蓄積する。以下では、電荷を蓄積する期間を「蓄積期間」という。蓄積期間は、受光強度を一定とみなしてよい程度の短時間とする。撮像素子 1 2 1 は、受光量に相当する電荷を生成する受光部 1 2 の機能を備えるだけでなく、受光部 1 2 が指定された集積期間に生成した電荷を集積期間よりも十分に長い所定の蓄積期間に亘って蓄積する電荷蓄積部 1 2 3 としての機能も備

える。なお、受光部 1 2 として、撮像素子を用いずに、単一の受光領域を備えたフォトダイオードのような受光素子を用いる場合は、通常、受光素子とは別に電荷蓄積部を設けることになる。

[0029] このように、受光部 1 2 は、光電変換部と、電荷蓄積部 1 2 3 と、を備える。光電変換部は、復調信号がハイレベルである期間で定義される集積期間の間に空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成するように構成される。電荷蓄積部 1 2 3 は、集積期間の間に生成された電荷を集積期間よりも長い所定の蓄積期間に亘って蓄積し、蓄積された電荷を信号電荷として演算部 3 0 に出力するように構成される。

[0030] なお、集積期間は、復調信号がロウレベルである期間で定義されてもよい。すなわち、受光部 1 2 は、復調信号がハイレベルである第 1 期間とロウレベルである第 2 期間とのいずれか一方の期間で定義される集積期間の間に空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成してもよい。

[0031] 撮像素子 1 2 1 が、F T 型の C C D イメージセンサであれば、受光領域（光電変換部）は撮像領域の各画素に相当し、電荷蓄積部 1 2 3 は蓄積領域に相当する。また、I T 型の C C D イメージセンサであれば、受光領域は各撮像領域の画素に相当し、電荷蓄積部 1 2 3 は垂直転送部に相当する。なお、撮像素子 1 2 1 に設けた転送部は、電荷を取り出す電荷取出部として機能する。

[0032] 上述のように、受光量に応じた電荷を蓄積することにより、受光領域ごとの電荷量を増加させて信号レベルを高めることができるとともに、ショットノイズの影響を低減することができる。発光源 1 1 1 の光出力を 1 0 M H z 程度の周波数で変調している場合には、1 0 0 0 0 回程度の蓄積回数でも撮像素子 1 2 1 から電荷を外部に取り出す回数を 1 秒間に 3 0 回以上とすることができる。つまり、画素値を距離値とする距離画像について滑らかな動きの動画像を得ることが可能である。

[0033] ところで、物体 1 までの距離は、発光源 1 1 1 から投光する信号光の強度を変調する変調信号の信号パターン（信号波形）と、この信号パターンに応

じた撮像素子121での集積期間との関係を用いて算出している。

[0034] 変調信号は、図4(a)に示すように、Hレベル(ハイレベル)とLレベル(ロウレベル)との2値の各信号値の計測期間を乱数的に変化させた矩形波信号であり、HレベルとLレベルとが周期性を持たずに発生し、かつHレベルとLレベルとの発生確率が等しくなるように生成される。すなわち、変調信号は、ハイレベルである期間とロウレベルである期間との長さが所定の単位期間の整数倍の長さから乱数的に決定された方形波信号である。図4において、「1」はHレベルを示し、「0」はLレベルを示す。

[0035] このような変調信号は、スペクトル拡散の技術で用いられるPN(Pseudorandom Noise)符合を発生する技術(たとえば、Gold符合発生回路)を用いて生成された基準信号から生成される。基準信号は、PN符合と同様に、HレベルとLレベルとの各期間が単位期間の整数倍の長さを有するように生成される。以下では、PN符合にならってこの単位期間をチップ長と呼ぶ。チップ長は適宜に設定することができる。チップ長は、たとえば、100[ns]に設定される。

[0036] 基準信号を生成するためにコード発生器31が設けられ、コード発生器31から出力される基準信号は変調信号生成部32に入力される。変調信号生成部32は、基準信号から変調信号を生成する。変調信号生成部32が生成した変調信号は発光源111に与えられる。発光源111は、変調信号がHレベルである期間に点灯し、変調信号がLレベルである期間に消灯する。発光源111は変調信号の信号値に応じて点灯と消灯とを行い、強度が矩形波状に変化する信号光を空間に投光する。すなわち、投光部11は、変調信号を受け取ると変調信号で光を変調して信号光を生成するように構成される。

[0037] コード発生器31から出力される基準信号は、復調信号生成部33にも入力される。復調信号生成部33は、撮像素子121の各受光部12において電荷を集積する集積期間を指定する復調信号を生成する。復調信号生成部33は、復調信号を生成して受光部12に出力するように構成される。復調信号は、変調信号または反転された変調信号と同じ波形を有する信号である。

- [0038] 本実施形態の復調信号生成部33は、1枚の距離画像を生成するために異なる4種類の復調信号を生成する。撮像素子121で蓄積した電荷を外部に取り出すタイミングや後述する演算部30の動作タイミングを制御するタイミング信号はコード生成部31とは別に図示しないタイミング信号生成部により生成される。演算部30はマイコンを主構成として備え、適宜のプログラムをマイコンで実行することにより以下に説明する演算部30の機能を実現する。
- [0039] 以下の説明では、変調信号生成部32から出力される変調信号が、コード発生器31で生成された基準信号の位相と一致している場合を例として説明する。ただし、コード発生器31が生成した基準信号を復調信号の1つに用い、変調信号の位相を基準信号に対して偏移させてもよい。
- [0040] 図4には、変調信号と各復調信号との関係を示している。図4(a)は変調信号(信号光の強度)を示し、図4(b)は撮像素子121が受光した光の強度を示している。復調信号は、図4(c)~(f)に示すように、変調信号と以下の関係となるように生成される。
- [0041] 4種類の復調信号のうちの2種類は、図4(c)のように変調信号の非反転信号である第1の復調信号と、図4(d)のように変調信号とはHレベルとLレベルとを反転させた反転信号である第2の復調信号とになる。残りの2種類の復調信号は、図4(e)のように変調信号の非反転信号を1チップ長 T_c だけ遅延させた第3の復調信号と、図4(f)のように変調信号の反転信号を1チップ長 T_c だけ遅延させるとともにHレベルとLレベルとを反転させた第4の復調信号とになる。言い換えると、各復調信号は、変調信号と規定の関係として生成していることになる。このように、本実施形態の復調信号生成部33は、複数(4つ)の復調信号を生成するように構成される。複数の復調信号は、変調信号と同じ波形を有する第1の復調信号と、第1の復調信号を反転させた信号である第2の復調信号と、第1の復調信号から単位期間(1チップ長) T_c 遅延する第3の復調信号と、第3の復調信号を反転させた信号である第4の復調信号とを含む。

[0042] 発光源 1 1 1 から投光された信号光が物体 1 で反射された反射光が撮像素子 1 2 1 で受光されるまでの時間（飛行時間）は、物体 1 までの距離に応じて変化し、図 4（b）のように受光強度が変化する。したがって、撮像素子 1 2 1 の集積期間を、上述した 4 種類のいずれかの復調信号で指定すると、信号光に対応して撮像素子 1 2 1 で集積する電荷量は、図 4（c）～（f）に斜線部で示す部位の面積に相当する量になる。

[0043] したがって、4 種類の復調信号から選択した各 1 種類の復調信号により撮像素子 1 2 1 の集積期間を制御し、集積期間の種類毎に撮像素子 1 2 1 から電荷を取り出すと、4 種類の復調信号で指定した集積期間ごとの電荷量が得られることになる。以下では、各復調信号に対応して得られる電荷量を、それぞれ A 0、A 2、A 1、A 3 とする。

[0044] つまり、図 4（c）のように変調信号に一致する復調信号（第 1 の復調信号）で指定される集積期間に集積した電荷を蓄積期間に亘って蓄積した電荷量（第 1 の復調信号に対応する信号電荷の量）を A 0 とする。また、図 4（d）のように第 1 の復調信号を反転させた復調信号（第 2 の復調信号）で指定される集積期間に集積した電荷を蓄積期間に亘って蓄積した電荷量（第 2 の復調信号に対応する信号電荷の量）を A 2 とする。同様に、図 4（e）のように変調信号とは 1 チップ長 T_c だけ偏移した復調信号（第 3 の復調信号）で指定される集積期間に集積した電荷を蓄積期間に亘って蓄積した電荷量（第 3 の復調信号に対応する信号電荷の量）を A 1 とする。さらに、図 4（f）のように第 3 の復調信号を反転させた復調信号（第 4 の復調信号）で指定される集積期間に集積した電荷を蓄積期間に亘って蓄積した電荷量（第 4 の復調信号に対応する信号電荷の量）を A 3 とする。

[0045] 上述したように、撮像素子 1 2 1 では、電荷の集積を多数回行ってから（1 チップ長 T_c の多数倍の時間に亘って電荷を蓄積した後に）電荷を取り出すから、撮像素子 1 2 1 から取り出される電荷量は、変調信号の乱数性によって、投光から受光までの時間差（すなわち飛行時間） τ の一次関数で表される値に収束する。

[0046] したがって、図5に示すように、時間差 τ が $0 \leq \tau \leq T_c$ の範囲では、電荷量 A_0 、 A_3 は時間差 τ の増加に伴って減少し、電荷量 A_1 、 A_2 は時間差 τ の増加に伴って増加する。また、時間差 τ が $T_c < \tau \leq 2T_c$ の範囲では、電荷量 A_0 、 A_2 は一定になり、電荷量 A_1 は時間差 τ の増加に伴って減少し、電荷量 A_3 は時間差 τ の増加に伴って増加する。時間差 τ が $2T_c < \tau$ の範囲では、すべての電荷量 $A_0 \sim A_3$ は一定になる。なお、時間差 τ が負の領域は、現実には存在しないが、原理上では、時間差 τ が $-T_c \leq \tau < 0$ の範囲では、電荷量 A_1 、 A_3 は一定になり、電荷量 A_0 は時間差 τ の絶対値の増加に伴って減少し、電荷量 A_2 は時間差 τ の絶対値の増加に伴って増加する。

[0047] 電荷量 $A_0 \sim A_3$ は、理想的には、 $A_0 + A_2 = A_1 + A_3 = \text{一定}$ という関係を有している。さらに、時間差 τ が0であるときの電荷量 A_0 は、蓄積期間の全期間に亘って受光した場合の電荷量の2分の1の電荷量になる。同様に、時間差 τ が1チップ長 T_c であるときの電荷量 A_1 は、蓄積期間の全期間に亘って受光した場合の電荷量の2分の1の電荷量になる。

[0048] したがって、各復調信号で指定される集積期間における受光量に対応した電荷量 $A_0 \sim A_3$ は、信号光の成分を A とし、環境光の成分を B とすると、 $0 \leq \tau \leq T_c$ の範囲において、以下の式(1)～(4)のように表すことができる。

[0049]

[数1]

$$A0 = -\frac{A}{Tc}(\tau - Tc) + B \quad (1)$$

$$A1 = \frac{A}{Tc}\tau + B \quad (2)$$

$$A2 = \frac{A}{Tc}(\tau - Tc) + B \quad (3)$$

$$A3 = -\frac{A}{Tc}\tau + B \quad (4)$$

[0050] また、成分 A、B の値は、環境光ないし周囲光（以下、「環境光」という）の強度と、発光源 1 1 1 から空間に投光された信号光が撮像素子 1 2 1 に受光されるまでの経路における光の減衰率に依存する。この減衰率には、物体 1 による反射率、光が通過する媒質の透過率をパラメータに含んでいる。したがって、 (A/Tc) も環境光の強度と反射率と透過率とをパラメータに含んでいる。通常、媒質の透過率は一定とみなしてよいから、 (A/Tc) は物体 1 の反射率に依存するといえることができる。

[0051] ところで、上式から時間差 τ [s] を求めると、以下の式 (5) ようになる。

[0052] [数2]

$$\tau = \frac{Tc}{1 + \frac{A0 - A2}{A1 - A3}} \quad (5)$$

[0053] また、物体 1 までの距離を L [m] とし、光速を c [m/s] とすれば、距離 L は、時間差 τ を用いて、 $L = c \cdot \tau / 2$ と表すことができる。

[0054] たとえば、1 チップ長 Tc を 100 [ns] とすれば、 $0 \leq \tau \leq 100$ [ns] であるから、 $0 \leq L \leq 15$ [m] になり、15 [m] を測定可能範囲

の上限として物体 1 の距離の測定が可能になる。すなわち、空間情報検出部としての演算部 30 では、復調信号生成部 32 が生成した復調信号により指定される集積期間に生成された電荷を用いて上述した演算を行うことにより物体 1 までの距離を求める。

[0055] また、時間差 τ を求める式から明らかなように、電荷量 A_0 , A_2 の差分と、電荷量 A_1 , A_3 の差分とを用いているから、成分 B は除去され、さらに、電荷量同士の除算を行うことにより、成分 A も除去される。つまり、時間差 τ を上式で求めることによって、環境光の成分と、投受光の経路における光の減衰率とに影響されることなく、時間差 τ を求めることができる。

[0056] なお、上式から明らかなように、4 種類の電荷量 $A_0 \sim A_4$ のうちの 3 種類を用いるだけでも環境光の成分および光の減衰率に影響されることなく時間差 τ [s] を求めることができる。たとえば、 $A_1 - A_2 = A$ であり、 $A_1 - A_3 = 2 (A / T_c) \cdot \tau$ であるから、時間差 τ は次式 (6) で表される。

[0057] [数3]

$$\tau = \frac{T_c}{2} \cdot \frac{A_1 - A_3}{A_1 - A_2} \quad (6)$$

[0058] あるいはまた、環境光が存在しないという条件下において $A = B$ であることを利用し、既知の距離（既知の時間差 τ ）での電荷量 $A_0 \sim A_3$ のいずれか 2 種類を求めると、 (A / T_c) 、 A 、 B を決定することができる。つまり、4 種類の電荷量 $A_0 \sim A_4$ のうちの 2 種類の電荷量を組み合わせることで、時間差 τ [s] を求めることができる。

[0059] さらに、環境光が存在しないという条件下では $A = B$ になり、物体 1 の反射率が一定（不変）であれば $(A / T_c) = \text{一定}$ であるから、既知の距離（既知の時間差 τ ）で電荷量 $A_0 \sim A_3$ のいずれかを求めると、定数 (A / T_c) 、 A 、 B （実際には、いずれか 1 つの定数）を決定することができる。

すなわち、1種類の電荷量 A_0 を求めることによって、 $\tau = 2 \{1 - (A_0 / A)\} T_c$ などとして時間差 τ [s]を算出することができる。時間差 τ [s]は、電荷量 A_0 からだけではなく、他の電荷量 A_1 、 A_2 、 A_3 のうちの1種類から算出してもよい。

[0060] 上述のように4種類の復調信号に対応する電荷量 $A_0 \sim A_3$ を撮像素子121によって得るには、復調信号を1種類ずつ用いて集積期間を指定して電荷を蓄積し、各復調信号に対応する電荷量 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 をそれぞれ取り出せばよい。この場合、復調信号ごとに電荷量 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 を取り出すことになり、距離画像を生成するために電荷量 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 の取出を4回行うことになる。

[0061] 上述の動作は、1個の受光領域が1画素に対応する通常の撮像素子121を想定しているが、複数個の受光領域を1画素に対応付けた専用の撮像素子121を用いてもよい。距離画像を生成するための専用の撮像素子121には、隣接する4個（1列4個でも2列2個ずつでもよい）の受光領域をグループとし、グループに含まれる各1個の受光領域で各1種類の復調信号に応じた集積期間の電荷を集積してもよい。この構成の撮像素子121では、4個の受光領域を用いて1個の距離値を得るから、1個の受光領域を1個の距離値に対応付ける場合と受光領域の面積が等しい場合は解像度が低下する。ただし、4種類の電荷量 $A_0 \sim A_3$ を撮像素子121から1回で取り出すので、1画面の距離画像を生成するための電荷の読出回数を低減することで1画面の距離画像を得るのに要する時間が短縮される。すなわち、距離画像について滑らかな動画像を生成することが可能になる。

[0062] ところで、電荷量 $A_0 \sim A_3$ のうち電荷量 A_0 、 A_3 は、時間差 τ について $0 \leq \tau \leq T_c$ の範囲で負の傾きを持つ一次関数であるが、時間差 τ が1チップ長 T_c を超えると一定値 B になる。また、電荷量 A_1 、 A_2 は、時間差 τ について $0 \leq \tau \leq T_c$ の範囲で正の傾きを持つ一次関数であり、かつ $T_c < \tau \leq 2 T_c$ の範囲で負の傾きを持つ一次関数であるが、時間差 τ が2チップ長 T_c を超えると一定値 B になる。

[0063] すなわち、 $0 \leq \tau \leq T_c$ では、 $A_0 - A_2 = -2(A/T_c) \cdot \tau + 2A$ であるから、 $A_0 - A_2 = 2(A/T_c)(T_c - \tau) > 0$ であるのに対して、 $T_c < \tau$ では、 $A_0 - A_2 = 0$ になるから、物体1までの距離は計測することができない。言い換えると、 $\tau = T_c$ に対応する距離が測定可能範囲の上限になる。

[0064] (強度検出装置)

次に、物体1での反射光の強度を検出する強度検出装置について説明する。強度検出装置では、発光源111から空間に信号光を投光する投光期間と、発光源111から空間に信号光を投光しない非投光期間とを設け、投光期間に受光した光から非投光期間に検出される環境光の成分を除去することにより、反射光の強度を検出する。

[0065] 図1に示した距離測定装置では変調信号により変調した信号光を発光源111から連続的に出力しているのに対して、強度検出装置は、発光源111から信号光を出力する投光期間と信号光を出力しない非投光期間とを設けている点が相違する。すなわち、投光部11は、投光期間に信号光を放射し、非投光期間に信号光を放射しないように構成される。また、強度検出装置は、図1に示した距離測定装置に対して、演算部30において距離値を求めるのではなく濃淡値を求める点が相違する。

[0066] 投光部11から信号光を投光する投光期間および信号光を停止する非投光期間は、1チップ長 T_c に対して十分に長く設定される。演算部30では、発光源111から投光した信号光が物体1により反射した反射光の強度を画素値に持つ濃淡画像を生成する。すなわち、発光源111が空間に信号光を投光している投光期間に撮像素子121が受光する光は、信号光の成分と環境光の成分とを含み、発光源111が空間に信号光を投光していない非投光期間に撮像素子121が受光する光は、外光成分(環境光の成分)のみである。したがって、投光期間と非投光期間とを合わせた時間内で環境光の強度に変化が生じないとすれば、理想的には、投光期間に撮像素子121で蓄積された電荷量と、非投光期間に撮像素子121で蓄積された電荷量との差分

は、信号光の成分のみを含むことになる。

[0067] いま、電荷量 A_0 、 A_1 に着目すると、投光期間においては、電荷量 A_0 、 A_1 はそれぞれ次式 (7)、(8) のようになる。なお、投光期間における電荷量には接尾辞「L」を付加し、非投光期間における電荷量には接尾辞「D」を付加する。

[0068] [数4]

$$A_{0L} = -\frac{A}{T_c}(\tau - T_c) + B \quad (7)$$

$$A_{1L} = \frac{A}{T_c}\tau + B \quad (8)$$

[0069] また、投光期間と非投光期間との長さが一対一であれば、非投光期間においては、電荷量 A_0 (A_{0D})、 A_1 (A_{1D}) は、 $A_{0D} = A_{1D} = B$ になる。

[0070] したがって、投光期間と非投光期間との電荷量の差分は、電荷量 A_0 については、 $\Delta A_0 = A_{0L} - A_{0D} = (A/T_c)(T_c - \tau)$ になり、電荷量 A_1 については、 $\Delta A_1 = A_{1L} - A_{1D} = (A/T_c)\tau$ になる。両者の和を求めると、次式 (9) のようになり、結果的に信号光の成分 A を求めることができる。

[0071] [数5]

$$\Delta A_0 + \Delta A_1 = \frac{A}{T_c}(T_c - \tau) + \frac{A}{T_c}\tau = \frac{A}{T_c}T_c = A \quad (9)$$

[0072] このようにして得られた濃淡画像の画素値は、信号光の反射光に関する濃淡画像であって、環境光の成分が除去ないし低減されているから、環境光の成分を含んでいる通常の濃度値と区別するために、以下では「反射強度値」

という。また、反射強度値を画素値に持つ画像を、通常の濃淡画像と区別するために、以下では「反射強度画像」という。すなわち、演算部30で得られる画像は、信号光の投受光によって得られた反射強度値を画素値に持つ反射強度画像になる。したがって、強度検出装置は、発光源111から投光した信号光に対応した反射強度値を画素に持つ反射強度画像を生成するアクティブ型の撮像装置とすることができる。

[0073] このような反射強度画像は、環境光の成分が除去ないし低減されているから、一定の照明条件の下での物体1の濃淡画像とすることができ、たとえば画像に基づく顔認証を行う場合のように、物体1の特徴量を画像から抽出する用途において利便性が高くなる。

[0074] 上述の動作では、投光期間と非投光期間との長さが一対一である場合を想定して説明したが、投光期間と非投光期間との長さは一対一でなくてもよい。すなわち、投光期間と非投光期間との長さを適宜の比率とし、比率に応じた係数を電荷量に乗じて差分を算出してもよい。この場合、投光期間に対して非投光期間を短く設定すれば、投光期間と非投光期間とを一対一にする場合と比較すると、投光期間と非投光期間との合計時間を短縮することが可能になり、結果的に反射強度画像の生成に要する時間を短縮することができる。

[0075] 上述した動作から明らかなように、反射光の強度を検出するにあたっては、投光期間と非投光期間とを規定するための1種類の復調信号があればよい。すなわち、投光期間と非投光期間との受光量の差分を用いて信号成分のみを抽出しているから、1種類の復調信号を用いるだけで、外光成分の影響を受けずに反射光の強度を検出することができる。

[0076] 上述した動作例では、反射強度値を求めるために、電荷量A0と電荷量A1との組み合わせを用いたが、電荷量A0、A2のいずれかと、電荷量A1、A3のいずれかとの組み合わせであれば、どの組み合わせを用いてもよい。

[0077] さらに、距離測定装置のように4種類の電荷量A0、A1、A2、A3が

得られる場合であれば、2種類の電荷量の差分（ $A_0 - A_2$ ）、（ $A_1 - A_3$ ）を用いてもよい。電荷量の差分（ $A_0 - A_2$ ）、（ $A_1 - A_3$ ）は、以下の式（10）、（11）ようになる。

[0078] [数6]

$$A_0 - A_2 = 2 \frac{A}{T_c} (T_c - \tau) \quad (10)$$

$$A_1 - A_3 = 2 \frac{A}{T_c} \tau \quad (11)$$

[0079] したがって、両者を足し合わせると、以下の式（12）に示す関係が得られる。

[0080] [数7]

$$A_0 + A_1 - A_2 - A_3 = 2 \frac{A}{T_c} T_c = 2A \quad (12)$$

[0081] この手順であれば、電荷量の差分（ $A_0 - A_2$ ）、（ $A_1 - A_3$ ）を求める段階までは、距離測定装置と共通になるから、電荷量 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 を用いて、距離測定装置と強度検出装置との両方を行うことが可能になる。

[0082] （非対象物体による誤検出を防止する技術）

以下では、図2に示すように、空間情報検出装置3と検出対象となる空間（対象区域）との間に、非対象物体としてガラス板のような透明物体2が存在している場合に、空間情報の誤検出を防止する技術について説明する。透明物体2は、発光源111から投光する信号光が透過する物体を意味し、可視光は必ずしも透過しなくてもよい。また、空間情報検出装置3が、距離画像を生成する距離測定装置である場合を例にして説明するが、濃淡画像を生

成する強度検出装置である場合も同様の技術を採用可能である。さらに、受光部 1 2 として単一の受光領域を備えた受光素子を用いる場合も同様の技術を採用可能である。また、透明物体 2 ではなくとも、図 3 のように、空間情報の検出対象である空間（対象区域）と空間情報検出装置 3 との間となる領域（非対象区域）に、非対象物体である物体 4 が存在する場合にも、以下の技術により空間情報の誤検出を防止することができる。要するに、空間情報の検出対象である空間（対象区域）と空間情報検出装置 3 との間となる領域（非対象区域）に、透明物体 2 や物体 4 のような非対象物体が存在することによって、非対象物体からの反射光が空間情報検出装置 3 に入射する場合には、以下の技術により誤検出を防止できる。

[0083] (原理)

距離測定装置 3（空間情報検出装置）の誤検出の原因になる透明物体 2 は、窓板や仕切板を想定しており、距離測定装置の使用時において距離測定装置と透明物体との相対位置が変化しないとみなしてよい。したがって、距離測定装置 3 に対して透明物体 2 の存在位置が既知であって、距離測定装置 3 において生成する電荷から透明物体 2 に相当する成分を除去することができれば、透明物体 2 の影響を除去できると考えられる。

[0084] この知見に基づいて、以下では、透明物体 2 が存在する空間領域（非対象区域）に関する情報から補正情報を生成し、演算部 3 0 に補正情報を与えることにより、補正情報で補正した距離値を算出させる技術について説明する。すなわち、補正情報は、投光部 1 1 および受光部 1 2（すなわち空間情報検出装置）と対象区域との間の非対象区域からの光に起因して受光部 1 2 で生成される電荷に関する情報である。

[0085] 検出対象の空間に存在する物体 1 と距離測定装置 3 との間に透明物体 2 が存在しない場合には、上述したように、電荷量 A 0 は以下の式（1 3）で定義される関係で表される。

[0086]

[数8]

$$A0 = -\frac{A}{Tc}(\tau - Tc) + B \quad (13)$$

[0087] 一方、検出対象の空間と距離測定装置3との間に透明物体2が存在し、しかも当該空間に物体1が存在していなければ、電荷量A0に対応する電荷量gA0は、以下の式(14)で定義される関係で表される。

[0088] [数9]

$$gA0 = -\frac{gA}{Tc}(g\tau - Tc) + gB \quad (14)$$

[0089] ここに、gは透明物体2が存在していることを表すために接頭辞として付加する。したがって、gAは透明物体2からの反射による信号光の成分(信号光のうち非対象区域からの光に起因する成分)を意味し、gBは透明物体2のみが存在する場合の環境光の成分を意味し、gτは透明物体2からの反射による時間差(透明物体2に関する飛行時間)を意味する。すなわち、成分(非対象成分)gAは、非対象空間からの光に起因して受光部12で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。時間差gτは、信号光が投光部11から放射されてから非対象区域に存在する非対象物体(透明物体)2で反射された信号光を受光部12が受け取るまでにかかる飛行時間(非対象飛行時間)である。非対象物体は、非対象区域からの光の原因となる物体である。以下の説明においても同様に、透明物体2が存在していることを示す場合に、接頭辞gを付加する。

[0090] 検出対象の空間(対象区域)に物体1が存在し、かつ当該空間と距離測定装置3との間(すなわち非対象区域)に透明物体2が存在している場合には、電荷量A0に対応する電荷量bA0は、両者(A0, gA0)の加算値に

なり、以下の式（15）で定義される関係で表される。

[0091] [数10]

$$bA0 = A0 + gA0 = A0 - \frac{gA}{Tc}(g\tau - Tc) + gB \quad (15)$$

[0092] 同様にして、電荷量A1～A3に対応する電荷量bA1、bA2、bA3は、それぞれ以下の式（16）、（17）、（18）で定義される関係で表される。

[0093] [数11]

$$bA1 = A1 + gA1 = A1 + \frac{gA}{Tc}g\tau + gB \quad (16)$$

$$bA2 = A2 + gA2 = A2 + \frac{gA}{Tc}(g\tau - Tc) + gB \quad (17)$$

$$bA3 = A3 + gA3 = A3 - \frac{gA}{Tc}g\tau + gB \quad (18)$$

[0094] これらの関係を用いると、真の距離を求めるために必要になる（A0 - A2）、（A1 - A3）は、以下の式（19）、（20）で表される。

[0095] [数12]

$$A0 - A2 = (bA0 - bA2) + \frac{2gA}{Tc}(g\tau - Tc) \quad (19)$$

$$A1 - A3 = (bA1 - bA3) - \frac{2gA}{Tc}g\tau \quad (20)$$

[0096] これらの関係式において、（bA0 - bA2）と（bA1 - bA3）とは距離測定装置3において受光量に基づいて求められるから、未知の値は、透

明物体 2 の反射光に含まれる信号光の成分 $g A$ と、透明物体 2 による反射光の時間差 $g \tau$ とである。言い換えると、透明物体 2 に関して、信号光の成分 $g A$ と時間差 $g \tau$ とを求めることができれば、物体 1 と透明物体 2 との反射光が混在している状態で得られた電荷量 $b A 0$ 、 $b A 1$ 、 $b A 2$ 、 $b A 3$ に基づいて、 $(A 0 - A 2)$ 、 $(A 1 - A 3)$ を算出することができる。

[0097] すなわち、透明物体 2 について得られる信号光の成分 $g A$ と時間差 $g \tau$ とが補正情報になる。また、上式は距離測定装置 3 の電荷蓄積部が蓄積した電荷（受光量 $b A 0$ 、 $b A 1$ 、 $b A 2$ 、 $b A 3$ ）から透明物体 2 の存在により生じた電荷を除くことによって、物体 1 での反射により生じた電荷（受光量 $A 0$ 、 $A 1$ 、 $A 2$ 、 $A 3$ ）を求めていることになる。透明物体 2 の存在により生じる電荷は、主として透明物体 2 で反射することにより増加する電荷を想定しているが、透明物体 2 を透過することにより減衰する電荷を含んでいてもよい。

[0098] 以下では、補正情報である信号光の成分 $g A$ と時間差 $g \tau$ とを求める技術について説明する。上述したように、信号光を変調する変調信号として、2 値の信号値を持つ矩形波信号を用い、しかも、矩形波信号の各信号値の継続期間が、1 チップ長（単位期間） $T c$ の整数倍であって乱数的に変化する。そのため、上述のように、電荷量 $A 0 \sim A 3$ から求められる物体 1 までの測定可能範囲に上限がある。たとえば、1 チップ長 $T c$ を $100 [ns]$ とした場合、第 1 の復調信号の位相が変調信号と一致していれば、測定可能範囲は $0 \sim 15 [m]$ になる。この場合の第 1、第 2、第 3、第 4 の各復調信号を、以下では、それぞれ第 1、第 2、第 3、第 4 の基準復調信号と呼ぶ。

[0099] 各基準復調信号の互いの時間関係を維持した状態で、各基準復調信号をそれぞれ時間軸方向に偏移させて復調信号に用いると、偏移させた時間に相当する距離だけ測定可能範囲も偏移する。すなわち、基準復調信号を復調信号に用いると、電荷量 $A 0$ は、 $\tau = 0$ で最大になり、 $\tau = T c$ で最小になるが、復調信号を基準復調信号に対してシフト時間 $t d$ だけ偏移させると、電荷量 $A 0$ は、 $\tau = t d$ で最大になり、 $\tau = T c + t d$ で最小になる。したがっ

て、測定可能範囲は、 $L_d = c \cdot t_d / 2$ だけ変化することになる。

[0100] このように復調信号を基準復調信号に対してシフト時間 t_d だけ偏移させたときに電荷量 A_0 (他の電荷量 A_1 、 A_2 、 A_3 でもよい) に変化が生じることを利用すれば、以下に説明するように、透明物体 2 の影響による電荷量の変化を求めることができる。すなわち、基準復調信号に対して復調信号を偏移させるシフト時間 t_d を種々設定し、各シフト時間 t_d に対する電荷量を求めると、透明物体 2 の影響を除去するための補正情報を求めることができる。以下では、基準復調信号に対してシフト時間 t_d だけ時間軸方向に偏移させた復調信号を探索復調信号 (探索信号) と呼ぶ。以下の説明において、シフト時間 t_d が正であることは、探索信号が基準復調信号に対してシフト時間 t_d だけ遅れていることを示す。また、シフト時間 t_d が負であることは、探索信号が基準復調信号に対してシフト時間 t_d だけ進んでいることを示す。

[0101] なお、上述の説明では、変調信号を基準にして基準復調信号を生成しており、基準復調信号に対して探索復調信号を時間軸方向に偏移させているが、基準復調信号を探索復調信号に用いるとともに変調信号を時間軸方向に偏移させる場合と等価である。すなわち、第 1 の基準復調信号を基準信号に一致させて第 2、第 3、第 4 の基準復調信号を生成し、第 1 の基準復調信号に対して変調信号を時間軸方向に偏移させてもよい。ただし、基準復調信号を偏移させる場合と変調信号を偏移させる場合とでは、時間軸に対する偏移の向きが逆向きになる。

[0102] 距離測定装置の距離測定範囲において透明物体 2 のみが存在する場合において、シフト時間 t_d が 0 、 $-t_a$ 、 $-(T_c - g\tau)$ 、 $-t_b$ であるときに、電荷量 $gA_0 [0]$ 、 $gA_0 [-t_a]$ 、 $gA_0 [-(T_c - g\tau)]$ 、 $gA_0 [-t_b]$ は、それぞれ以下の式 (21)、(22)、(23)、(24) で表される。ただし、 $gA_0 [t_d]$ は、シフト時間 t_d ごとの電荷量 gA_0 を意味する。また、 $-t_a > -(T_c - g\tau) > -t_b$ である。

[0103]

[数13]

$$gA0[0] = -\frac{gA}{Tc}(g\tau - Tc) + gB \quad (21)$$

$$gA0[-ta] = -\frac{gA}{Tc}(g\tau - ta - Tc) + gB \quad (22)$$

$$gA0[-(Tc - g\tau)] = gB \quad (23)$$

$$gA0[-tb] = gB \quad (24)$$

[0104] 図6 (a) (b) (c) (d) に、それぞれシフト時間 t_d が 0 、 $-ta$ 、 $-(Tc - g\tau)$ 、 tb の場合について、各電荷量 $gA0[0]$ 、 $gA0[-ta]$ 、 $gA0[-(Tc - g\tau)]$ 、 $gA0[tb]$ の関係を図示する。図6 (a) (b) (c) (d) において、左側は電荷量 $gA0$ と透明物体2までの距離との関係を示しており、右側は透明物体2からの反射光が得られる時間差 τ が $g\tau$ である場合の電荷量 $gA0$ とシフト時間 t_d との関係を示している。

[0105] 図6を見ればわかるように、シフト時間 t_d が $-(Tc - g\tau)$ 以下になると、電荷量 $gA0$ は環境光の成分 gB のみなり一定値になる。このことから、シフト時間 t_d を変化させるとともに、シフト時間 t_d に対応する電荷量 $gA0$ を求めると、電荷量 $gA0$ に変化が生じなくなったときのシフト時間 t_d から時間差 $g\tau$ を求めることができる。つまり、透明物体2までの距離が計測されることになる。また、シフト時間 t_d に対して電荷量 $gA0$ が変化する範囲 ($-(Tc - g\tau) \leq t_d \leq 0$) において、複数のシフト時間 t_d について電荷量 $gA0$ を求めると、シフト時間 t_d に対する電荷量 $gA0$ の変化率 ($= gA / Tc$) を算出できる。この変化率と既知の情報 (単位時間 Tc) とから信号光の成分 gA が算出される。すなわち、透明物体2の

存在に対する補正情報としての信号光の成分 g_A と時間差 g_τ とが求められる。

[0106] 補正情報 g_A 、 g_τ が求められると、上述のように、距離測定装置において物体 1 までの距離を計測する際に得られる電荷量 b_{A0} 、 b_{A1} 、 b_{A2} 、 b_{A3} に対して補正情報 g_A 、 g_τ を適用することにより、透明物体 2 の影響を除去することができる。つまり、下記の式 (25)、(26) で定義される関係を用い、距離測定装置で得られた電荷量 ($b_{A0} - b_{A2}$)、($b_{A1} - b_{A3}$) から、透明物体 2 の影響を除去して ($A_0 - A_2$)、($A_1 - A_3$) の値を求めることができる。

[0107] [数14]

$$A_0 - A_2 = (b_{A0} - b_{A2}) + \frac{2g_A}{T_c}(g_\tau - T_c) \quad (25)$$

$$A_1 - A_3 = (b_{A1} - b_{A3}) - \frac{2g_A}{T_c} g_\tau \quad (26)$$

[0108] この技術を適用した場合の測定例を図 7、8 に示す。図 8 は補正情報 (g_A 、 g_τ) を適用した場合を示し、図 8 は補正情報 (g_A 、 g_τ) を適用しない場合の比較例を示している。また、図 7、8 において、 a_b は透明物体 2 が存在しない場合において算出された物体 1 までの距離、 e_x は透明物体 2 が存在する場合において算出された物体 1 までの距離を示している。図 8 では、透明物体 2 の有無に応じて計測した距離に大きな差が生じているのに対して、図 7 からは、計測した距離が透明物体 2 の有無による影響を受けていないことがわかる。

[0109] 上述の説明では、非対象物体として透明物体 2 について説明したが、図 3 に示したように、透明物体 2 ではない物体 4 が距離測定装置 3 (空間情報検出装置) の近傍 (非対象区域) に存在する場合にも同様の原理で物体 4 の有無による影響を除去することができる。つまり、非対象物体である物体 4 が距離測定装置 3 の近隣に存在していると、透明物体 2 が存在する場合と同様

に、物体 4 の表面で散乱した反射光（二次反射成分）が距離測定装置 3 に入射し、物体 4 の非存在時よりも受光量（電荷量）が増加する場合がある。二次反射成分の影響は、距離測定装置 3 から物体 4 までの距離が近いほど大きくなる。物体 4 による二次反射成分は、透明物体 2 による反射光の成分とは距離測定装置 3 に入射する経路が異なるが、いずれの成分も物体 1 からの反射光の成分に加算されるから、物体 4 の有無による影響は、透明物体 2 による反射光の成分と同様に扱うことができる。したがって、上述の原理を用いることにより、物体 4 の有無による影響を除去することができる。

[0110] （実施形態 1）

本実施形態の空間情報検出装置は、図 1 に示すように、投光部 1 1 と、受光部 1 2 と、演算部 3 0 と、コード発生器 3 1 と、変調信号生成部 3 2 と、復調信号発生部 3 3 と、補正情報提供部 3 4 と、を備える。すなわち、本実施形態は、距離画像を生成する基本の構成に対し、補正情報提供部 3 4 を付加している。

[0111] 補正情報提供部 3 4 は、距離値（空間情報）の算出の際に用いる補正情報 g_A 、 g_τ を演算部 3 0 に提供する。補正情報提供部 3 4 は、演算部 3 0 に補正情報 g_A 、 g_τ を提供するだけでなく補正情報 g_A 、 g_τ を求める機能も備える。すなわち、補正情報提供部 3 4 は、投光部 1 1 および受光部 1 2 と対象区域との間の非対象区域からの光に起因して受光部 1 2 で生成される電荷に関する補正情報を生成し、補正情報を演算部 3 0 に出力するように構成される。

[0112] 演算部 3 0 は、補正情報提供部 3 4 から補正情報 g_A 、 g_τ が与えられることにより、原理として説明したように、電荷量 $(b_{A0} - b_{A2})$ 、 $(b_{A1} - b_{A3})$ から透明物体 2 の影響を除去して $(A_0 - A_2)$ 、 $(A_1 - A_3)$ の値を求める。つまり、演算部 3 0 は、補正情報 g_A 、 g_τ を用いることにより、電荷蓄積部が蓄積した電荷から透明物体 2 による反射で生じた電荷を除いて空間情報を算出する。換言すれば、演算部 3 0 は、補正情報を利用して信号電荷の量 $(b_{A0} - b_{A2}$ 、 $b_{A1} - b_{A3})$ を対象区域から

の光に起因して受光部 1 2 で生成される電荷に対応する対象電荷の量 ($A_0 - A_2$, $A_1 - A_3$) に補正し、対象電荷の量に基づいて空間情報 (距離 L) を生成するように構成される。

[0113] 補正情報を求めるには、上述した原理から明らかなように、変調信号と探索復調信号との相対的な位相 (シフト時間 t_d) を様々に変更し、シフト時間 t_d と電荷量 $b A_0$ との関係を求める必要がある。ここに、シフト時間 t_d は 1 チップ長 T_c よりも短い単位で変化させる。また、補正情報 g_A 、 g_τ は、物体 1 までの距離を計測する前に、あらかじめ算出しておく必要がある。したがって、物体 1 までの距離を計測する動作とは別に、透明物体 2 に関する補正情報 g_A 、 g_τ を求める動作を行う必要がある。

[0114] 補正情報提供部 3 4 は、補正情報 g_A 、 g_τ を求める動作を適宜のタイミングで行う。たとえば、補正情報提供部 3 4 は、あらかじめ定めたタイミングで定期的に補正情報 g_A 、 g_τ を取得すればよい。また、空間情報の検出対象となる空間 (対象区域) における物体 1 の存否を検出し、物体 1 が存在しないと判断したときに補正情報 g_A 、 g_τ を取得するようにしてもよい。物体 1 の存否を判断するには、たとえば、物体 1 が存在しない状態で得られる空間情報 (画像など) を記憶させておき、空間情報の取得毎に記憶している空間情報と比較すればよい。すなわち、補正情報提供部 3 4 は、空間情報の取得毎に、空間情報に実質的に差が生じないときに物体 1 が存在しないと判断する。

[0115] シフト時間 t_d は、変調信号と探索復調信号との相対的な位相 (シフト時間 t_d) に対応する。補正情報提供部 3 4 は、この位相 (シフト時間 t_d) を変化させて補正情報 g_A 、 g_τ を求めるために、位相可変部 3 4 1 を備える。

[0116] 本実施形態では、復調信号生成部 3 3 は、探索信号 (探索復調信号) を生成して受光部 1 2 に出力する探索信号生成部として機能する。探索信号は、変調信号に対して所定の時間差 (シフト時間 t_d) を有する信号である。

[0117] 受光部 (光電変換部) 1 2 は、探索信号がハイレベルである期間で定義さ

れる集積期間（第2集積期間）の間に空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成するように構成される。受光部（電荷蓄積部）12は、集積期間（第2集積期間）の間に生成された電荷を集積期間（第2集積期間）よりも長い所定の蓄積期間（第2蓄積期間）に亘って蓄積し、蓄積された電荷を補正電荷として補正情報提供部34に出力するように構成される。

[0118] なお、第2集積期間は、探索信号がロウレベルである期間で定義されてもよい。すなわち、受光部12は、探索信号がハイレベルである第1期間とロウレベルである第2期間とのいずれか一方の期間で定義される第2集積期間の間に空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成してもよい。

[0119] 位相可変部341は、時間差（シフト時間 t_d ）が異なる複数の探索信号を復調信号生成部（探索信号生成部）33が生成するように、所定の時間範囲（探索範囲）内において時間差（シフト時間 t_d ）を単位期間（1チップ長 T_c ）より小さい変化幅で変化させるように構成される。

[0120] すなわち、位相可変部341は、コード発生器31が生成した基準信号を時間軸方向に偏移させる（つまり、位相を偏移させる）機能を有している。ただし、上述のように、シフト時間 t_d は、1チップ長 T_c を単位とするのではなく、1チップ長 T_c よりも短い単位で変化させる。

[0121] 位相可変部341によってシフト時間 t_d を変化させる範囲（探索範囲）は、範囲設定部343により設定される。すなわち、範囲設定部343は、シフト時間 t_d を変化させる範囲を、透明物体2に関する補正情報を取得する範囲に設定する機能を備える。換言すれば、本実施形態の範囲設定部343は、位相可変部341の探索範囲を指定する。

[0122] 範囲設定部343には、手動で範囲を設定する構成と、後述するように自動的に範囲を設定する構成とがある。手動で範囲を設定する場合には、距離測定装置3の設置時に、透明物体2との距離を計測あるいは目視によって取得し、取得した距離を範囲設定部343に設定すればよい。範囲設定部343では、設定された距離から、その距離の前後において透明物体2に関する補正情報を検出するように、シフト時間 t_d を位相可変部341に指示する

。すなわち、範囲設定部343は、設定された距離に基づいて時間範囲（探索範囲）を決定する。

[0123] 補正情報提供部34は、補正情報 g_A 、 g_τ を算出する補正情報算出部342を備えている。補正情報算出部342は、時間差（シフト時間 t_d ）が異なる探索信号毎に受光部12から補正電荷を取得し、時間差（シフト時間 t_d ）と補正電荷の量との関係に基づいて補正情報を生成するように構成される。

[0124] すなわち、補正情報算出部342は、原理として説明したように、電荷蓄積部123が蓄積した電荷量（補正電荷の量） g_{A0} （他の電荷量 g_{A1} 、 g_{A2} 、 g_{A3} を用いてもよい）とシフト時間 t_d との関係を用いて補正情報 g_A 、 g_τ を算出する。言い換えると、補正情報提供部34における補正情報算出部342は、位相可変部341が変化させた位相（シフト時間 t_d ）と位相ごとの電荷量（補正電荷の量） g_{A0} との関係を用いて透明物体2に関する補正情報 g_A 、 g_τ を算出する。

[0125] 補正情報提供部34は、補正情報算出部342が算出した補正情報 g_A 、 g_τ を記憶する補正情報保持部344を備える。物体1に関する距離画像を演算部30において生成する際には、補正情報算出部342によりあらかじめ算出されて補正情報保持部344に記憶されている補正情報 g_A 、 g_τ を採用し、原理として説明した関係式に補正情報 g_A 、 g_τ を適用して距離を求める。すなわち、演算部30は、補正情報保持部344に記憶された補正情報 g_A 、 g_τ を用いて空間情報を算出する。このように距離画像を生成する際に、補正情報 g_A 、 g_τ を適用するから、透明物体2の影響を除去した距離画像を生成することができる。

[0126] ところで、補正情報 g_A 、 g_τ は、透明物体2に付着した汚れ、透明物体2の傷、温度変化などによって変化することがある。したがって、補正情報は適時に更新することが望ましい。そのため、補正情報提供部34は、あらかじめ定めた更新条件が満たされたときに補正情報保持部344に記憶されている補正情報 g_A 、 g_τ の更新を（補正情報算出部342に）指示する更

新判断部 345 を備える。すなわち、補正情報提供部 34 は、所定の更新条件が満たされたかどうかを判定し、更新条件が満たされたと判定すると補正情報を更新するように構成される。

[0127] 更新判断部 345 が判断する更新条件には、たとえば、あらかじめ定められた更新時間を用いる。すなわち、一定時間ごとに補正情報 g_A 、 g_τ を更新するか、補正情報 g_A 、 g_τ を更新する時刻をあらかじめ指定すればよい。また、上述した反射強度画像を用いて媒質の透過率に相当する空間情報を取得し、透過率が初期値に対して規定値を超えて低下することを更新条件として補正情報 g_A 、 g_τ を更新してもよい。

[0128] 次に、本実施形態の空間情報検出装置の動作について説明する。

[0129] 本実施形態の空間情報検出装置は、空間情報を生成する処理（空間情報作成処理）と、補正情報を生成する処理（補正情報生成処理）とを行う。補正情報生成処理は、空間情報生成処理の前に実行される。

[0130] 補正情報生成処理では、範囲設定部 343 が探索範囲を設定する。たとえば、探索範囲は、 $-t_b \leq t_d \leq 0$ に設定される。

[0131] 位相可変部 341 は、範囲設定部 343 で設定された探索範囲内において時間差（シフト時間 t_d ）を選択する。たとえば、位相可変部 341 は、シフト時間 t_d として 0 を選択する。

[0132] 探索信号生成部（復調信号生成部）33 は、位相可変部 341 で指定されたシフト時間 t_d を有する探索信号を生成して、受光部 12 に出力する。たとえば、探索信号は、第 1 の復調信号を基準として生成される。

[0133] したがって、変調信号生成部 32 は変調信号を投光部 11 に出力し、探索信号生成部 33 は探索信号を受光部 12 に出力する。

[0134] 投光部 11 は、変調信号を受け取ると、受け取った変調信号によって変調された光である信号光を、対象区域を含む空間に放射する。

[0135] 受光部 12 は、探索信号を受け取ると、受け取った探索信号がハイレベルである期間を集積期間（第 2 集積期間）として用いて、蓄積期間（第 2 蓄積期間）に亘って空間からの電荷を蓄積する。受光部 12 は、受け取った探索

信号に応じて蓄積した電荷を補正電荷として補正情報算出部342に出力する。

[0136] 探索信号について補正電荷が得られると、位相可変部341は、探索範囲内において時間差（シフト時間 t_d ）を単位期間（1チップ長 T_c ）より小さい変化幅で変化させる。たとえば、位相可変部341はシフト時間 t_d として t_a を選択する。

[0137] 位相可変部341がシフト時間 t_d を選択する毎に、位相可変部341で選択されたシフト時間 t_d を有する探索信号に対応する補正電荷が得られる。

[0138] 補正情報算出部342は、シフト時間 t_d が異なる探索信号毎の補正電荷の量（本例では、電荷量 g_{A0} に対応する）に基づいて補正情報（ g_A 、 g_τ ）を求める。たとえば、補正情報算出部342は、シフト時間 t_d と補正電荷の量 g_{A0} との関係を調べる（図6参照）。

[0139] 補正情報算出部342は、シフト時間 t_d に対する補正電荷の量 g_{A0} の変化率が0に変わるときのシフト時間 t_d を求める。シフト時間 t_d に対する補正電荷の量 g_{A0} の変化率が0に変わるときのシフト時間 t_d が時間差 g_τ となる。なお、変化率は厳密に0ではなく、0である（すなわち、補正電荷の量 g_{A0} が一定である）とみなせる値であればよい。

[0140] 補正情報算出部342は、シフト時間 t_d に対して補正電荷の量 g_{A0} が変化する範囲（ $-(T_c - g_\tau) \leq t_d \leq 0$ ）において、シフト時間 t_d に対する電荷量 g_{A0} の変化率（ $= g_A / T_c$ ）を求める。補正情報算出部342は、求めた変化率（ g_A / T_c ）と単位期間（ T_c ）との積を求める。この積が非対象区域からの光に対応する非対象電荷の量 g_A となる。

[0141] 補正情報算出部342は、補正情報 g_A 、 g_τ を補正情報保持部344に記憶させる。

[0142] このように、本実施形態の空間情報検出装置は、補正情報生成処理を実行して、補正情報（ g_A 、 g_τ ）を生成する。

[0143] 次に、本実施形態の空間情報検出装置は、空間情報生成処理を実行する。

- [0144] 空間情報生成処理では、復調信号生成部33は、探索信号ではなく、第1～第4の復調信号を生成する（図4（c）～（f）参照）。
- [0145] したがって、変調信号生成部32は変調信号を投光部11に出力し、復調信号生成部33は第1～第4の復調信号を受光部12に出力する。
- [0146] 投光部11は、変調信号を受け取ると、受け取った変調信号によって変調された光である信号光を、対象区域を含む空間に放射する。
- [0147] 受光部12は、復調信号を受け取ると、受け取った復調信号がハイレベルである期間を集積期間として用いて、蓄積期間に亘って空間からの電荷を蓄積する。受光部12は、受け取った復調信号に応じて蓄積した電荷を信号電荷として演算部30に出力する。
- [0148] その結果、演算部30は、第1～第4の復調信号に個別に対応する信号電荷（信号電荷の量 $bA0$ 、 $bA1$ 、 $bA2$ 、 $bA3$ ）を得る。また、演算部30は、補正情報保持部344より補正情報（ gA 、 $g\tau$ ）を取得する。演算部30は、信号電荷の量 $bA0$ 、 $bA1$ 、 $bA2$ 、 $bA3$ 、補正情報 gA 、 $g\tau$ 、1チップ長 Tc を次式（27）に代入して飛行時間 τ を求める。そして、演算部30は、飛行時間 τ から距離 L を求める（上式（5）参照）。
- [0149] [数15]

$$\tau = \frac{(bA1 - bA3)Tc - 2gA \cdot g\tau}{bA0 + bA1 - bA2 - bA3 - 2gA} \quad (27)$$

- [0150] これによって、非対象区域からの影響が除去された距離 L を得ることができ。つまり、演算部30は、補正情報（ gA 、 $g\tau$ ）を利用して信号電荷の量（電荷量 $bA0$ 、 $bA1$ 、 $bA2$ 、 $bA3$ ）を、対象区域からの光に起因して受光部12で生成される電荷に対応する対象電荷の量（ $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ ）に補正する。演算部30は、対象電荷の量に基づいて空間情報（距離 L ）を生成する。
- [0151] なお、演算部30で用いられる式は、上記（27）に限定されない。この式は、復調信号生成部33で生成される復調信号の種類や数に応じて適宜変

更される。

[0152] 以上述べたように本実施形態の空間情報検出装置は、投光部 1 1 と、受光部 1 2 と、電荷蓄積部 1 2 3 と、変調信号生成部 3 2 と、復調信号生成部 3 3 と、演算部 3 0 と、補正情報提供部 3 4 とを備える。投光部 1 1 は、検出対象となる空間（対象区域）に投光するように構成される。受光部 1 2 は、空間から受光し受光量に相当する電荷を生成するように構成される。電荷蓄積部 1 2 3 は、受光部 1 2 が指定された集積期間に生成した電荷を集積期間よりも長い所定の蓄積期間に亘って蓄積するように構成される。変調信号生成部 3 2 は、変調信号を生成し投光部 1 1 の光出力を変調信号により変調して信号光を投光させるように構成される。変調信号は、2 値の各信号値の継続期間がそれぞれ単位期間の整数倍でありかつ蓄積期間において継続期間が乱数的に変化する矩形波信号である。復調信号生成部 3 3 は、変調信号に対して所定の位相を有する復調信号を生成し復調信号を用いて集積期間を指定するように構成される。演算部 3 0 は、電荷蓄積部 1 2 3 が蓄積した電荷から空間に関する空間情報を算出するように構成される。補正情報提供部 3 4 は、投光部 1 1 および受光部 1 2 と空間との間の領域に非対象物体が存在し受光部 1 2 に非対象物体からの反射光が入射する場合に、非対象物体の存在により生じた電荷に関する補正情報を演算部 3 0 に与えて電荷蓄積部 1 2 3 が蓄積した電荷から非対象物体の存在により生じた電荷による影響を除いて空間情報を算出させるように構成される。

[0153] 換言すれば、本実施形態の空間情報検出装置は、投光部 1 1 と、受光部 1 2 と、変調信号生成部 3 2 と、復調信号生成部 3 3 と、演算部 3 0 と、補正情報手胸部 3 4 と、を備える。変調信号生成部 3 2 は、変調信号を生成して投光部 1 1 に出力するように構成される。変調信号は、ハイレベルである期間とロウレベルである期間との長さが所定の単位期間の整数倍の長さから乱数的に決定された方形波信号である。投光部 1 1 は、所定の対象区域を含む空間に信号光を放射するように構成される。投光部 1 1 は、変調信号を受け取ると変調信号で光を変調して信号光を生成するように構成される。復調信

号生成部 33 は、復調信号を生成して受光部 12 に出力するように構成される。復調信号は、変調信号または反転された変調信号と同じ波形を有する信号である。受光部 12 は、空間からの光を受けるように構成される。受光部 12 は、復調信号がハイレベルである第 1 期間とロウレベルである第 2 期間とのいずれか一方の期間で定義される集積期間の間に前記空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成するように構成される。受光部 12 は、集積期間の間に生成された電荷を集積期間よりも長い所定の蓄積期間に亘って蓄積して信号電荷を生成するように構成される。補正情報提供部 34 は、投光部 11 および受光部 12 と対象区域との間の非対象区域からの光に起因して受光部 12 で生成される電荷に関する補正情報を生成するように構成される。演算部 30 は、対象区域に関する空間情報を生成するように構成される。演算部 30 は、補正情報 (g_A , g_τ) を利用して信号電荷 (信号電荷の量 b_{A0} , b_{A1} , b_{A2} , b_{A3}) を補正して対象区域からの光に起因して受光部 12 で生成される電荷に対応する対象電荷の量 (A_0 , A_1 , A_2 , A_3) を求めるように構成される。演算部 30 は、対象電荷の量 (A_0 , A_1 , A_2 , A_3) に基づいて空間情報 (距離 L) を生成するように構成される。

[0154] また、本実施形態の空間情報検出装置では、補正情報提供部 34 は、変調信号と復調信号との位相を単位期間 (1 チップ長 T_c) よりも短い単位で相対的に変化させる位相可変部 341 と、位相可変部 341 が変化させた位相と位相ごとの電荷蓄積部 123 が蓄積した電荷との関係を用いて非対象物体に関する補正情報を算出する補正情報算出部 342 とを備える。

[0155] 換言すれば、本実施形態の空間情報検出装置は、探索信号生成部 (復調信号生成部) 33 を備える。探索信号生成部 33 は、探索信号を生成して受光部 12 に出力するように構成される。探索信号は、変調信号に対して所定の時間差を有する信号である。補正情報提供部 34 は、位相可変部 341 と、補正情報算出部 342 と、を備える。受光部 12 は、探索信号がハイレベルである第 1 期間とロウレベルである第 2 期間とのいずれか一方の期間で定義

される第2集積期間の間に空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成するように構成される。受光部12は、第2集積期間の間に生成された電荷を第2集積期間よりも長い所定の第2蓄積期間に亘って蓄積して補正電荷を生成するように構成される。位相可変部341は、時間差（シフト時間 t_d ）が異なる複数の探索信号を探索信号生成部（復調信号生成部）33が生成するように、所定の時間範囲（探索範囲）内において時間差（シフト時間 t_d ）を単位期間（1チップ長 T_c ）より小さい変化幅で変化させるように構成される。補正情報算出部342は、時間差（シフト時間 t_d ）が異なる探索信号毎に受光部12から補正電荷を取得し、時間差（シフト時間 t_d ）と補正電荷の量との関係に基づいて補正情報を生成するように構成される。

[0156] また、本実施形態の空間情報検出装置では、補正情報提供部34は、補正情報を記憶する補正情報保持部344と、あらかじめ定めた更新条件が満たされたときに補正情報保持部344に記憶された補正情報の更新を指示する更新判断部345を備える。換言すれば、補正情報提供部34は、所定の更新条件が満たされたかどうかを判定し、更新条件が満たされたと判定すると補正情報を更新するように構成される。

[0157] 以上述べた本実施形態の空間情報検出装置によれば、空間情報の検出対象となる空間（対象区域）との間に非対象物体が存在している場合であっても、非対象物体に関する補正情報を用いて空間情報を補正するから、非対象物体の影響が除去され、空間情報の検出精度が向上するという利点がある。

[0158] 特に、本実施形態では、補正情報提供部34は、補正情報として、成分 g_A と、時間差 g_τ とを算出する。成分 g_A は、非対象空間からの光に起因して受光部12で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。時間差 g_τ は、信号光が投光部11から放射されてから非対象物体（非対象区域からの光の原因となる物体）で反射された信号光を受光部12が受け取るまでにかかる時間（すなわち非対象物体に関する飛行時間）である。

[0159] 補正情報提供部34は、シフト時間 t_d と補正電荷の量 g_{A0} との関係に基づいて、成分 g_A と時間差 g_τ を求める。

- [0160] 成分 g_A は、シフト時間 t_d に対して補正電荷の量 g_{A0} が直線的に変化する範囲 ($-(T_c - g_\tau) \leq t_d \leq 0$) におけるシフト時間 t_d に対する電荷量 g_{A0} の変化率 ($= g_A / T_c$) と単位期間 (T_c) との積である。よって、補正情報算出部 342 は、シフト時間 t_d に対して補正電荷の量 g_{A0} が直線的に変化する範囲 ($-(T_c - g_\tau) \leq t_d \leq 0$) において、シフト時間 t_d に対する電荷量 g_{A0} の変化率 ($= g_A / T_c$) を求める。補正情報算出部 342 は、求めた変化率 (g_A / T_c) と単位期間 (T_c) との積を成分 (非対象電荷の量) g_A として求める。
- [0161] 時間差 g_τ は、シフト時間 t_d に対する補正電荷の量 g_{A0} の変化率が 0 に変わるときのシフト時間 t_d と定義される。よって、補正情報提供部 34 は、シフト時間 t_d に対する補正電荷の量 g_{A0} の変化率が 0 に変わるときのシフト時間 t_d を時間差 g_τ として求める。
- [0162] 演算部 30 は、成分 g_A および時間差 g_τ を用いて信号電荷の量 (b_{A0} , b_{A1} , b_{A2} , b_{A3}) を対象電荷の量 (A_0 , A_1 , A_2 , A_3) に換算する換算式 (上式 (15) ~ (20), (25) ~ (27) 参照) を予め記憶する。演算部 30 は、補正情報提供部 34 から得た成分 g_A と時間差 g_τ と換算式を用いて、信号電荷の量を対象電荷の量に補正する。
- [0163] なお、補正情報提供部 34 は、非対象区域に非対象物体 (たとえば、透明物体 2) が存在するか否かを判定してもよい。すなわち、補正情報提供部 34 は、非対象物体が存在しないと判断すると補正情報を算出しない。この場合、演算部 30 は、信号電荷の量から空間情報を求める。一方、補正情報提供部 34 は、非対象物体が存在すると判断すると補正情報を算出する。この場合、演算部 30 は、補正情報を用いて信号電荷の量を対象電荷の量に補正し、対象電荷の量から空間情報を求める。
- [0164] このように、本実施形態の空間情報検出装置では、空間情報は、対象区域に存在する対象物 (物体) 1 までの距離 (L) である。演算部 30 は、信号光が投光部 11 から放射されてから対象物 (物体) 1 で反射された信号光を受光部 12 が受け取るまでにかかる飛行時間 τ を対象電荷の量 (たとえば、

電荷量 A_0, A_1, A_2, A_3) から算出する。演算部 30 は、飛行時間 τ に基づいて距離 L を求めるように構成される。

[0165] 補正情報は、非対象成分 g_A と、非対象飛行時間 g_τ とを含む。非対象成分 g_A は、非対象区域からの光に起因して受光部 12 で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。非対象飛行時間 g_τ は、信号光が投光部 11 から放射されてから非対象区域に存在する非対象物体で反射された信号光を受光部 12 が受け取るまでにかかる時間である。補正情報算出部 342 は、時間差 (シフト時間) t_d に対する補正電荷の量 g_{A0} の変化率を算出するように構成される。補正情報算出部 342 は、時間差 (シフト時間) t_d に対して補正電荷の量 g_{A0} が直線的に変化する範囲における変化率 (g_A / T_c) と、単位期間 (T_c) と、の積を非対象成分 g_A として求めるように構成される。補正情報算出部 342 は、変化率が 0 に変わるときの時間差 (シフト時間) t_d を非対象飛行時間 g_τ として求めるように構成される。演算部 30 は、非対象成分 g_A および非対象飛行時間 g_τ を用いて信号電荷の量 ($b_{A0}, b_{A1}, b_{A2}, b_{A3}$) を対象電荷の量 (A_0, A_1, A_2, A_3) に換算する換算式 (たとえば (15) ~ (20), (25) ~ (27)) を、予め記憶するように構成される。演算部 30 は、補正情報提供部 34 から得た非対象成分 g_A および非対象飛行時間 g_τ と、換算式とを用いて、信号電荷の量を対象電荷の量に補正するように構成される。

[0166] なお、本実施形態の空間情報検出装置では、演算部 30 は、非対象成分 g_A と非対象飛行時間 g_τ と信号電荷の量 ($b_{A0}, b_{A1}, b_{A2}, b_{A3}$) とから飛行時間 τ を直接求める換算式 (たとえば上式 (27)) を記憶している。

[0167] また、本実施形態の空間情報検出装置では、復調信号生成部 33 は、複数の復調信号を生成するように構成される。複数の復調信号は、変調信号と同じ波形を有する第 1 の復調信号と、第 1 の復調信号を反転させた信号である第 2 の復調信号と、第 1 の復調信号から単位期間 (1 チップ長 T_c) 遅延する第 3 の復調信号と、第 3 の復調信号を反転させた信号である第 4 の復調信

号とのうち2つを含む。

[0168] このように、本実施形態の空間情報検出装置では、復調信号生成部33は、変調信号と2値の関係が等しい第1の復調信号と、第1の復調信号の2値を反転させた第2の復調信号と、変調信号を単位期間分だけ遅延させた第3の復調信号と、第3の復調信号の2値を反転させた第4の復調信号とのうちの少なくとも2種類の復調信号を生成する。演算部30は、復調信号生成部33で生成された各復調信号でそれぞれ指定した集積期間において生成され蓄積期間に蓄積した電荷の電荷量に補正情報を適用することによって算出される投光から受光までの時間差（飛行時間 τ ）を用いて空間に存在する物体までの距離 L を空間情報として求める。

[0169] （実施形態2）

実施形態1では、透明物体2のみが存在する範囲において補正情報 g_A 、 g_τ を算出する技術を説明したが、補正情報 g_A 、 g_τ を算出する際に透明物体2のみが存在する状態とするのが困難な場合がある。そこで、距離測定装置に対して、距離の測定を行う空間よりも透明物体2との距離のほうが小さいことを利用して、透明物体2に関する補正情報 g_A 、 g_τ を取得する技術について説明する。

[0170] すなわち、透明物体2が物体1より近距離に位置していると、物体1からの反射光に対応する電荷量 A_0 と、透明物体2からの反射光に対応する電荷量 g_A0 とは、シフト時間 t_d の変化に対して図9(a)のように変化する。図中、 o_b は物体1に対応し、 f_n は透明物体2に対応している。すなわち、シフト時間 t_d の変化に応じて変化する範囲を比較すると、物体1からの反射光に対応した電荷量 A_0 に対応する範囲（有効範囲）は、透明物体2からの反射光に対応した電荷量 g_A0 に対応する範囲よりも狭くなる。

[0171] なお、図9(a)では説明を簡単にするために、電荷量 A_0 と電荷量 g_A0 との信号光の成分の最大値および環境光の成分を等しくして表しているが、実際には異なっていることが多い。ただし、着目する情報はシフト時間 t_d の変化に応じて変化する領域と変化が生じなくなる領域との境界点である

から、成分の大きさはとくに考慮しなくてもよい。

[0172] 距離測定装置で検出する反射光では、物体 1 からの反射光と透明物体 2 からの反射光とが合成されているから、実際に検出される電荷量 $b A 0$ は、図 9 (b) のように、シフト時間 $t d$ の変化に対して複数の屈曲点 $P b 1$ 、 $P b 2$ 、…を含む。透明物体 2 は物体 1 よりも距離測装置からの距離が小さいから、電荷量 $b A 0$ がシフト時間 $t d$ の変化によらず一定になる領域と、電荷量 $b A 0$ がシフト時間 $t d$ の変化に応じて変化する領域との境界点 $P b 1$ は、透明物体 2 により生じていると考えられる。すなわち、図 9 (b) において、左から 1 つめの屈曲点 $P b 1$ と 2 つ目の屈曲点 $P b 2$ との間の領域は、透明物体 2 からのみの反射光で得られた受光量 $g A 0$ の変化であると判断できる。

[0173] 上述の知見を用いると、以下の手順で透明物体 2 に関する補正情報 $g A$ 、 $g \tau$ を求めることができる。まず、シフト時間 $t d$ の変化に応じた電荷量 $b A 0$ の変化を求めた後、シフト時間 $t d$ の変化によらず電荷量 $b A 0$ が一定になる境界点のシフト時間を求める。この境界点が 1 つめの屈曲点 $P b 1$ になる。次に、境界点のシフト時間よりも短い側で、シフト時間 $t d$ に対する電荷量 $b A 0$ の変化率を求め、変化率が規定値以上に変化する点を求める。この点が 2 つ目の屈曲点 $P b 2$ になる。

[0174] 以上のようにして 2 個の屈曲点 $P b 1$ 、 $P b 2$ を求めることができれば、両屈曲点 $P b 1$ 、 $P b 2$ の間の領域における変化率を、透明物体 2 からの反射光のみによって得られた電荷量 $g A 0$ の変化率とみなすことができる。したがって、この領域に基づいてシフト時間 $t d$ を変化させる範囲を設定すれば、透明物体 2 に関する補正情報 $g A$ 、 $g \tau$ を求めるのに必要な情報を得ることができる。すなわち、屈曲点 $P b 1$ 、 $P b 2$ に対応するシフト時間 $t d$ を範囲設定部 343 に与えることによって、補正情報 $g A$ 、 $g \tau$ を算出するのに必要なシフト時間 $t d$ の変化範囲が自動的に決定される。

[0175] 本実施形態では、上述したように、補正情報 $g A$ 、 $g \tau$ を求めるのに必要なシフト時間 $t d$ の範囲を自動的に検出する。したがって、図 10 に示すよ

うに、図1に示した補正情報提供部34に補正情報取得部346を付加している。補正情報取得部346は、屈曲点Pb1、Pb2を自動的に求める探索モードと、探索モードで求めた屈曲点Pb1、Pb2とからシフト時間tdを変化させる範囲を自動的に決定する設定モードとを備える。

[0176] 探索モードでは、補正情報取得部346は、位相可変部341に複数種類の位相をそれぞれ設定することによって、上述した屈曲点Pb1、Pb2を求める。

[0177] たとえば、補正情報取得部346は、時間差（シフト時間td）と補正電荷の量（bA0）の関係に基づいて、シフト時間tdの変化によらず電荷量bA0が一定になる境界点のシフト時間tdを求める。境界点は、補正情報取得部346は、シフト時間tdに対する電荷量bA0の変化率が0になる点である。たとえば、補正情報取得部346は、時間差（シフト時間td）に対する補正電荷の量の変化率を求める。補正情報取得部346は、変化率（ gA/t_d ）と時間差（td）との関係に基づいて、境界点を検出する。境界点は、たとえば、図9（b）における屈曲点Pb1である。屈曲点Pb1は有効範囲の下限を定める。

[0178] 補正情報取得部346は、シフト時間tdが境界点に相当するシフト時間tdよりも大きい範囲で、シフト時間tdに対する電荷量bA0の変化率が規定値以上に変化する変化点を求める。変化点は、たとえば、図9（b）における屈曲点Pb2である。屈曲点Pb2は有効範囲の上限を定める。たとえば、規定値は、変化率が規定値未満であれば有効範囲において変化率が一定（傾きが一定）であるとみなせるような大きさに設定される。

[0179] 補正情報取得部346は、このようにして2つの屈曲点Pb1、Pb2で定義される有効範囲を求める。

[0180] また、設定モードでは、探索モードにおいて求めた屈曲点Pb1、Pb2に対応するシフト時間td（位相）に基づいて自動的に決定した情報を範囲設定部343に与える。範囲設定部343に与える情報は、手動で範囲設定部343に情報を与える場合と同様である。この動作により範囲設定部34

3は、補正情報 g_A 、 g_τ を算出するのに必要な範囲でシフト時間 t_d を変化させ、補正情報 g_A 、 g_τ を算出する。

[0181] また、本実施形態の空間情報検出装置では、補正情報提供部34は、位相可変部341が位相を変化させる範囲（探索範囲）を電荷蓄積部123に蓄積される電荷が、空間からの光により生成される電荷を含む範囲（図9（b）における屈曲点Pb2より右側の範囲）と空間からの光により生成される電荷を含まない範囲（図9（b）における屈曲点Pb2より左側の範囲）との境界点（屈曲点Pb2）に対応する位相（シフト時間 t_d ）よりも小さい範囲に制限して設定する範囲設定部343を備える）。

[0182] 換言すれば、補正情報提供部34は、対象電荷（ A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_4 ）を含まない補正電荷が受光部12から得られる時間差（シフト時間 t_d ）の有効範囲を指定する範囲設定部343を備える。補正情報算出部342は、範囲設定部343で指定された有効範囲内の時間差（シフト時間 t_d ）と補正電荷の量（ g_{A_0} 、 g_{A_1} 、 g_{A_2} 、 g_{A_3} ）との関係に基づいて補正情報を生成するように構成される。

[0183] また、本実施形態では、範囲設定部343は、時間経過に伴って位相可変部341に位相（シフト時間 t_d ）を変化させ、変化させた位相と位相ごとの受光部12での受光量との関係を用いて非対象物体のみによる反射で電荷を生じる位相の範囲（有効範囲）を自動的に求める。

[0184] 換言すれば、補正情報提供部34は、所定の時間範囲（探索範囲）内の時間差（シフト時間 t_d ）と補正電荷の量（ g_{A_0} 、 g_{A_1} 、 g_{A_2} 、 g_{A_3} ）との関係に基づいて有効範囲を決定する補正情報取得部346を備える。範囲設定部343は、補正情報取得部346で決定された有効範囲を指定するように構成される。

[0185] ところで、透明物体2に関する補正情報 g_A 、 g_τ を求めるにあたって、1種類の電荷量（上述した例では、第1の復調信号で指定した集積期間に対応する電荷量）を用いている。したがって、電荷量の最小値と最大値の差は電荷量 g_A であり、しかも透明物体2からの反射光に対する電荷量 g_A であ

るから、シフト時間 t_d の変化に対する電荷量 g_A の変化は比較的小さくなる。一方、第 1 の復調信号で指定した集積期間に対応する電荷量 A_0 と、第 3 の復調信号で指定した集積期間に対応する電荷量 A_2 とは、相反する関係であり、シフト時間 t_d の変化に対して一方が増加する向きに変化する場合には、他方は減少する向きに変化する関係になっている。すなわち、両電荷量 g_{A_0} 、 g_{A_2} の差分 ($g_{A_0} - g_{A_2}$) を用いると、シフト時間 t_d に対する電荷量 ($g_{A_0} - g_{A_2}$) の変化が 2 倍になる。

[0186] このことを利用し、補正情報提供部 34 において、電荷量 g_{A_0} を用いる代わりに、電荷量 ($g_{A_0} - g_{A_2}$) を用いることにより、透明物体 2 での反射による信号光の成分 (非対象空間からの光に起因して受光部 12 で生成された電荷に対応する非対象電荷の量) g_A と時間差 g_τ とを補正情報 g_A 、 g_τ として求めるのが好ましい。補正情報 g_A 、 g_τ を電荷量 ($g_{A_0} - g_{A_2}$) から求めることにより、電荷量 g_{A_0} から補正情報 g_A 、 g_τ を求める場合よりも、補正情報 g_A 、 g_τ の精度を高めることができる。

[0187] (実施形態 3)

上述した各実施形態では、距離測定装置について透明物体 2 の存在下における動作を説明したが、強度検出装置を用いる場合でも、補正情報 g_A 、 g_τ を用いることにより、透明物体 2 の存在により生じた電荷を除いて空間情報を算出することができる。すなわち、本実施形態の空間情報検出装置は、強度検出装置として用いられる。

[0188] すなわち、透明物体 2 が存在しない場合、時間差 τ が $0 \leq \tau \leq T_c$ となる範囲に存在する物体 1 に対して、投光期間に次式 (28) が成立する。なお、投光期間における電荷量には接尾辞「L」を付加し、非投光期間における電荷量には接尾辞「D」を付加する。

[0189]

[数16]

$$A0L = -\frac{A}{Tc}(\tau - Tc) + B \quad (28)$$

[0190] 説明を簡単にするために、投光期間と非投光期間との長さが一対一であるとすれば、非投光期間の受光量 $A0$ ($A0D$) は、 $A0$ ($A0D$) = B になる。すなわち、反射強度値は、投光期間と非投光期間との電荷量の差分 ($A0L - A0D$) であり、次式 (29) で表される。

[0191] [数17]

$$A0L - A0D = \frac{A}{Tc}(Tc - \tau) \quad (29)$$

[0192] 一方、透明物体 2 が存在している場合、投光期間における受光量 $bA0$ ($bA0L$) は、下式 (30) で表される。

[0193] [数18]

$$bA0L = A0L + gA0L = A0 - \frac{gA}{Tc}(g\tau - Tc) + gB \quad (30)$$

[0194] また、非投光期間の受光量 $bA0$ ($bA0D$) は、 $bA0D = B + gB$ になる。

[0195] したがって、反射強度値は、投光期間と非投光期間との電荷量の差分 $\Delta bA0$ ($= bA0L - bA0D$) は次式 (31) で表される。

[0196]

[数19]

$$\Delta bA0 = \frac{A}{Tc}(Tc - \tau) + \frac{gA}{Tc}(Tc - g\tau) \quad (31)$$

[0197] 同様にして、受光量 $bA1$ から反射強度値 $\Delta bA1$ ($= bA1L - bA1D$) を求めると、次式 (32) のようになる。

[0198] [数20]

$$\Delta bA1 = \frac{A}{Tc}\tau + \frac{gA}{Tc}g\tau \quad (32)$$

[0199] したがって、次式 (33) が得られる。

[0200] [数21]

$$\Delta bA0 + \Delta bA1 = \frac{A}{Tc}Tc + \frac{gA}{Tc}Tc = A + gA \quad (33)$$

[0201] 上式において、補正情報 gA が既知であるから、電荷量 $bA0$ 、 $bA1$ を用いて信号光の成分 A (すなわち、反射強度値) が求められる。なお、同様の動作は、電荷量 $bA0$ 、 $bA1$ の組み合わせではなく、電荷量 $bA0$ 、 $bA2$ のいずれかと、電荷量 $bA1$ 、 $bA3$ のいずれかとの組み合わせによっても行うことができる。

[0202] すなわち、本実施形態では、補正情報提供部 34 は、補正情報として非対象区域からの光 (非対象物体からの反射光) に起因する電荷の量 gA を求める。

[0203] 復調信号生成部 33 は、変調信号との時間差が異なる 2 つの復調信号 (以下、「第 1 のタイミング信号」および「第 2 のタイミング信号」という) を生成して受光部 12 に出力する。

- [0204] 演算部30は、投光期間における第1のタイミング信号に対応する電荷量（第1電荷量、たとえば、 $bA0L$ ）と、非投光期間における第1のタイミング信号に対応する電荷量（第2電荷量、たとえば、 $bA0D$ ）とを取得し、第1電荷量と第2電荷量との差分値（第1差分値、たとえば、 $bA0L - bA0D$ ）を求める。
- [0205] また、演算部30は、投光期間における第2のタイミング信号に対応する電荷量（第3電荷量、たとえば、 $bA1L$ ）と、非投光期間における第4のタイミング信号に対応する電荷量（第4電荷量、たとえば、 $bA1D$ ）とを取得し、第3電荷量と第4電荷量との差分値（第2差分値、たとえば、 $bA1L - bA1D$ ）を求める。
- [0206] 演算部30は、第1差分値と第2差分値との合計から補正情報（ gA ）を差し引いて、反射強度値（ A ）を求める。このように、演算部30は、投光期間に対応する対象電荷の量と非投光期間に対応する対象電荷の量との差に基づいて反射強度（反射強度値 A ）を求める。
- [0207] このように、本実施形態の空間情報検出装置では、空間情報は、対象区域における信号光の反射強度である。
- [0208] 補正情報は、非対象成分 gA を含む。非対象成分 gA は、非対象区域からの光に起因して受光部12で生成された電荷に対応する非対象電荷の量である。補正情報算出部342は、時間差（シフト時間） t_d に対する補正電荷の量 $gA0$ の変化率を算出するように構成される。補正情報算出部342は、時間差（シフト時間） t_d に対して補正電荷の量 $gA0$ が直線的に変化する範囲における変化率（ gA/T_c ）と、単位期間（ T_c ）と、の積を非対象成分 gA として求めるように構成される。演算部30は、非対象成分 gA を用いて信号電荷の量（ $bA0$, $bA1$, $bA2$, $bA3$ ）を対象電荷の量（ $A0$, $A1$, $A2$, $A3$ ）に換算する換算式（たとえば上式（33））を、予め記憶するように構成される。演算部30は、補正情報提供部34から得た非対象成分 gA と、換算式とを用いて、信号電荷の量を対象電荷の量に補正するように構成される。

[0209] また、本実施形態の空間情報検出装置では、投光部 11 は、投光期間に信号光を放射し、非投光期間に信号光を放射しないように構成される。演算部 30 は、投光期間に対応する対象電荷の量と非投光期間に対応する対象電荷の量との差に基づいて反射強度を求めるように構成される。

[0210] 以上述べたように、本実施形態の空間情報検出装置は強度検出装置として用いられる。すなわち、変調信号生成部 32 は、投光部 11 から空間に信号光を投光する投光期間と、投光部 11 から空間への信号光を停止する非投光期間とを設ける。演算部 30 は、投光期間において電荷蓄積部 123 が蓄積した電荷（信号電荷）と、非投光期間において電荷蓄積部 123 が蓄積した電荷（信号電荷）とを用いて、受光部 12 が投光期間に受光した電荷の電荷量から、受光部 12 が非投光期間に受光した環境光に相当する電荷の電荷量を除去するとともに、補正情報を適用することによって、信号光の反射強度を空間情報として求める。

[0211] さらに、2種類の電荷量の差分（ $bA0 - bA2$ ）、（ $bA1 - bA3$ ）を用いて反射強度値を求めることも可能である。すなわち、下式（34）、（35）が成立する。

[0212] [数22]

$$bA0 - bA2 = A0 - A2 - 2 \frac{gA}{Tc} (g\tau - Tc) \quad (34)$$

$$bA1 - bA3 = A1 - A3 + 2 \frac{gA}{Tc} g\tau \quad (35)$$

[0213] 両者を足し合わせると、次式（36）が成立する。

[0214] [数23]

$$bA0 + bA1 - bA2 - bA3 = A0 + A1 - A2 - A3 + 2gA = 2(A + gA) \quad (36)$$

[0215] よって、反射強度値（A）は次式（37）で表される。

[0216] [数24]

$$A = \frac{bA0 + bA1 - bA2 - bA3}{2} - gA \quad (37)$$

[0217] 以上述べたように、本変形例では、復調信号生成部33は、上述したように、第1の復調信号と、第2の復調信号と、第3の復調信号と、第4の復調信号と、を生成する。演算部30は、第1の復調信号に対応する電荷量bA0と、第2の復調信号に対応する電荷量bA1と、第3の復調信号に対応する電荷量bA2と、第4の復調信号に対応する電荷量bA3と、補正情報（gA）と、上式（37）に代入して、反射強度値（A）を求める。

[0218] 上式（37）の関係を用いることによって、透明物体2からの反射の影響を含む電荷量bA0、bA1、bA2、bA3に補正情報gAを適用して、信号光の成分A（すなわち、反射強度値）を求めることができる。すなわち、演算部30では、上式（37）を用いた演算を行うことにより、反射強度値における透明物体2の影響を除去することができる。

請求の範囲

[請求項1]

所定の対象区域を含む空間に信号光を放射する投光部と、
前記空間からの光を受ける受光部と、
変調信号を生成して前記投光部に出力する変調信号生成部と、
復調信号を生成して前記受光部に出力する復調信号生成部と、
前記対象区域に関する空間情報を生成する演算部と、
補正情報提供部と、
を備え、

前記変調信号は、ハイレベルである期間とロウレベルである期間との長さが所定の単位期間の整数倍の長さから乱数的に決定された方形波信号であり、

前記投光部は、前記変調信号を受け取ると前記変調信号で光を変調して前記信号光を生成するように構成され、

前記復調信号は、前記変調信号または反転された前記変調信号と同じ波形を有する信号であり、

前記受光部は、前記復調信号がハイレベルである第1期間とロウレベルである第2期間とのいずれか一方の期間で定義される集積期間の間に前記空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成し、前記集積期間の間に生成された電荷を前記集積期間よりも長い所定の蓄積期間に亘って蓄積して信号電荷を生成するように構成され、

前記補正情報提供部は、前記投光部および前記受光部と前記対象区域との間の非対象区域からの光に起因して前記受光部で生成される電荷に関する補正情報を生成するように構成され、

前記演算部は、前記補正情報を利用して前記信号電荷の量を前記対象区域からの光に起因して前記受光部で生成される電荷に対応する対象電荷の量に補正し、前記対象電荷の量に基づいて前記空間情報を生成するように構成される

ことを特徴とする空間情報検出装置。

- [請求項2] 探索信号を生成して前記受光部に出力する探索信号生成部を備え、前記探索信号は、前記変調信号に対して所定の時間差を有する信号であり、
- 前記補正情報提供部は、位相可変部と、補正情報算出部と、を備え、
- 前記受光部は、前記探索信号がハイレベルである第1期間とロウレベルである第2期間とのいずれか一方の期間で定義される第2集積期間の間に前記空間から受け取った光の強度に応じた電荷を生成し、前記第2集積期間の間に生成された電荷を前記第2集積期間よりも長い所定の第2蓄積期間に亘って蓄積して補正電荷を生成するように構成され、
- 前記位相可変部は、前記時間差が異なる複数の前記探索信号を前記探索信号生成部が生成するように、所定の時間範囲内において前記時間差を前記単位期間より小さい変化幅で変化させるように構成され、
- 前記補正情報算出部は、前記時間差が異なる前記探索信号毎に前記受光部から前記補正電荷を取得し、前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記補正情報を生成するように構成される
- ことを特徴とする請求項1記載の空間情報検出装置。
- [請求項3] 前記空間情報は、前記対象区域に存在する対象物までの距離であり、
- 前記演算部は、前記信号光が前記投光部から放射されてから前記対象物で反射された前記信号光を前記受光部が受け取るまでにかかる飛行時間を前記対象電荷の量から算出し、前記飛行時間に基づいて前記距離を求めるように構成され、
- 前記補正情報は、非対象成分と、非対象飛行時間とを含み、
- 前記非対象成分は、前記非対象区域からの光に起因して前記受光部で生成された電荷に対応する非対象電荷の量であり、
- 前記非対象飛行時間は、前記信号光が前記投光部から放射されてか

ら前記非対象区域に存在する非対象物体で反射された前記信号光を前記受光部が受け取るまでにかかる時間であり、

前記補正情報算出部は、前記時間差に対する前記補正電荷の量の変化率を算出するように構成され、

前記補正情報算出部は、前記時間差に対して前記補正電荷の量が直線的に変化する範囲における前記変化率と、前記単位期間と、の積を前記非対象成分として求めるように構成され、

前記補正情報算出部は、前記変化率が0に変わるときの前記時間差を前記非対象飛行時間として求めるように構成され、

前記演算部は、前記非対象成分および前記非対象飛行時間を用いて前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に換算する換算式を、予め記憶するように構成され、

前記演算部は、前記補正情報提供部から得た前記非対象成分および前記非対象飛行時間と、前記換算式とを用いて、前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に補正するように構成される

ことを特徴とする請求項2記載の空間情報検出装置。

[請求項4]

前記復調信号生成部は、複数の前記復調信号を生成するように構成され、

前記複数の復調信号は、前記変調信号と同じ波形を有する第1の復調信号と、前記第1の復調信号を反転させた信号である第2の復調信号と、前記第1の復調信号から前記単位期間遅延する第3の復調信号と、前記第3の復調信号を反転させた信号である第4の復調信号とのうち2つを含む

ことを特徴とする請求項3記載の空間情報検出装置。

[請求項5]

前記空間情報は、前記対象区域における前記信号光の反射強度であり、

前記補正情報は、非対象成分を含み、

前記非対象成分は、前記非対象区域からの光に起因して前記受光部

で生成された電荷に対応する非対象電荷の量であり、

前記補正情報算出部は、前記時間差に対する前記補正電荷の量の変化率を求めるように構成され、

前記補正情報算出部は、前記時間差に対して前記補正電荷の量が直線的に変化する範囲における前記変化率と、前記単位期間との積を前記非対象成分として求めるように構成され、

前記演算部は、前記非対象成分を用いて前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に換算する換算式を、予め記憶するように構成され、

前記演算部は、前記補正情報提供部から得た前記非対象成分と、前記換算式とを用いて、前記信号電荷の量を前記対象電荷の量に補正するように構成される

ことを特徴とする請求項2記載の空間情報検出装置。

[請求項6]

前記投光部は、投光期間に前記信号光を放射し、非投光期間に前記信号光を放射しないように構成され、

前記演算部は、前記投光期間に対応する前記対象電荷の量と前記非投光期間に対応する前記対象電荷の量との差に基づいて前記反射強度を求めるように構成される

ことを特徴とする請求項5項記載の空間情報検出装置。

[請求項7]

前記補正情報提供部は、前記対象電荷を含まない前記補正電荷が前記受光部から得られる前記時間差の有効範囲を指定する範囲設定部を備え、

前記補正情報算出部は、前記範囲設定部で指定された前記有効範囲内の前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記補正情報を生成するように構成される

ことを特徴とする請求項2～6のうちいずれか1項記載の空間情報検出装置。

[請求項8]

前記補正情報提供部は、前記所定の時間範囲内の前記時間差と前記補正電荷の量との関係に基づいて前記有効範囲を決定する補正情報取

得部を備え、

前記範囲設定部は、前記補正情報取得部で決定された前記有効範囲を指定するように構成される

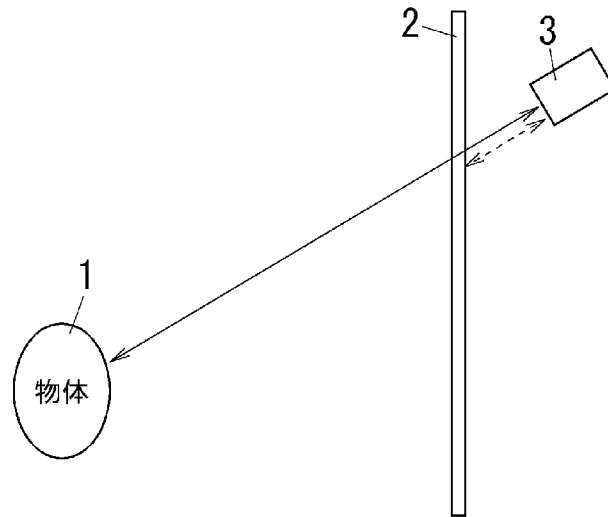
ことを特徴とする請求項 7 記載の空間情報検出装置。

[請求項9]

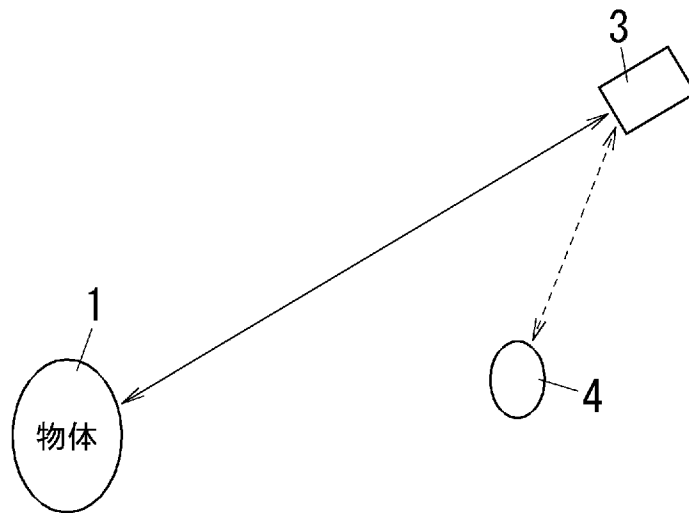
前記補正情報提供部は、所定の更新条件が満たされたかどうかを判定し、前記更新条件が満たされたと判定すると前記補正情報を更新するように構成される

ことを特徴とする請求項 1～8 のうちいずれか 1 項記載の空間情報検出装置。

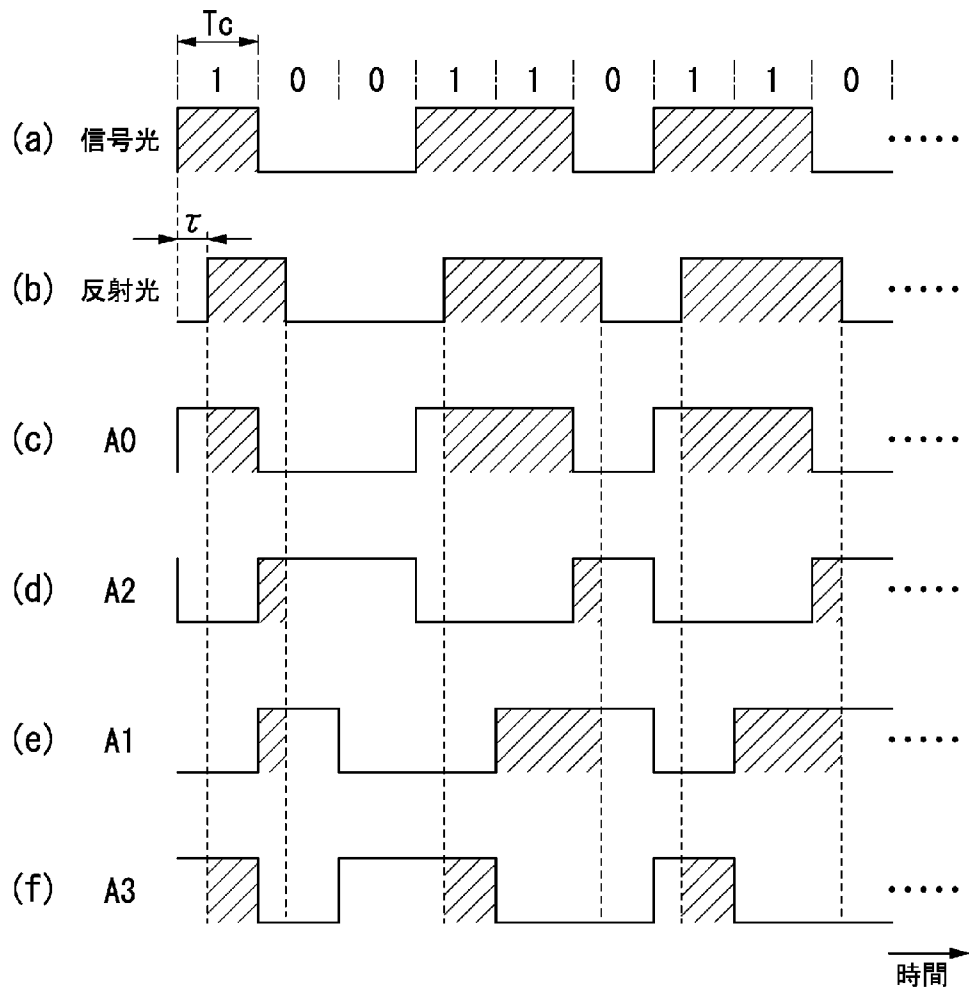
[図2]



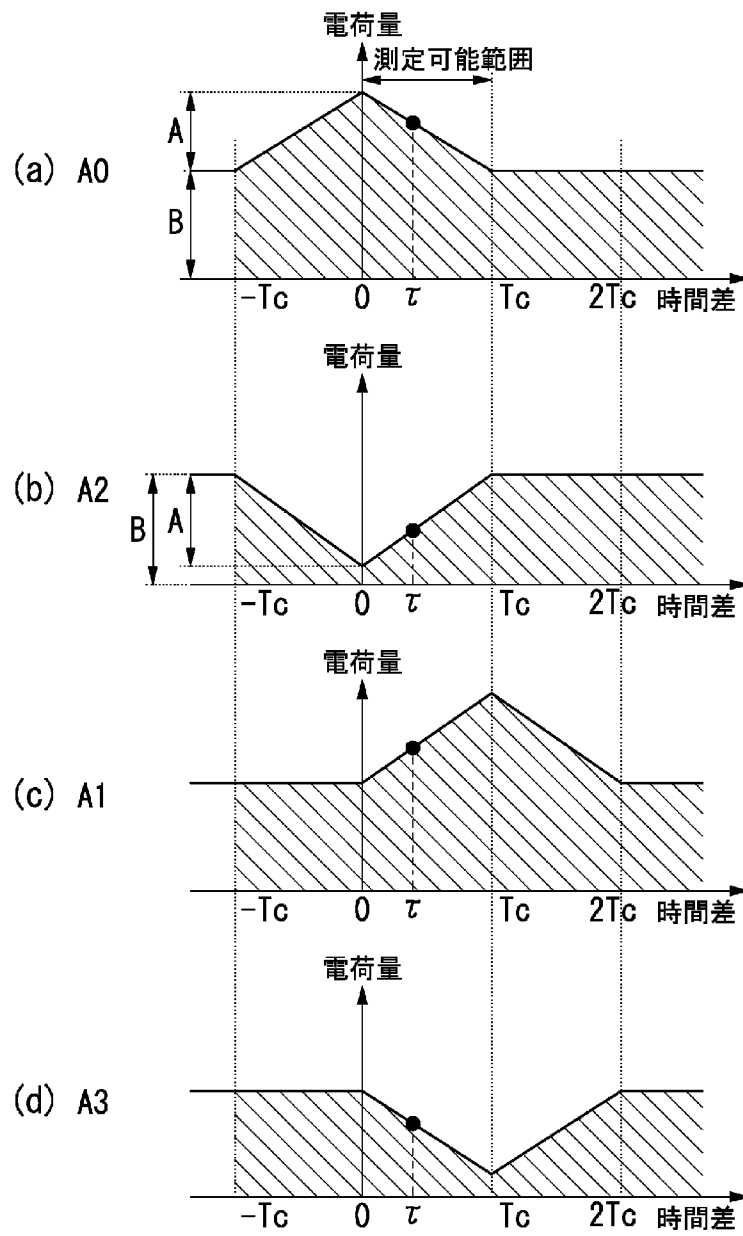
[図3]



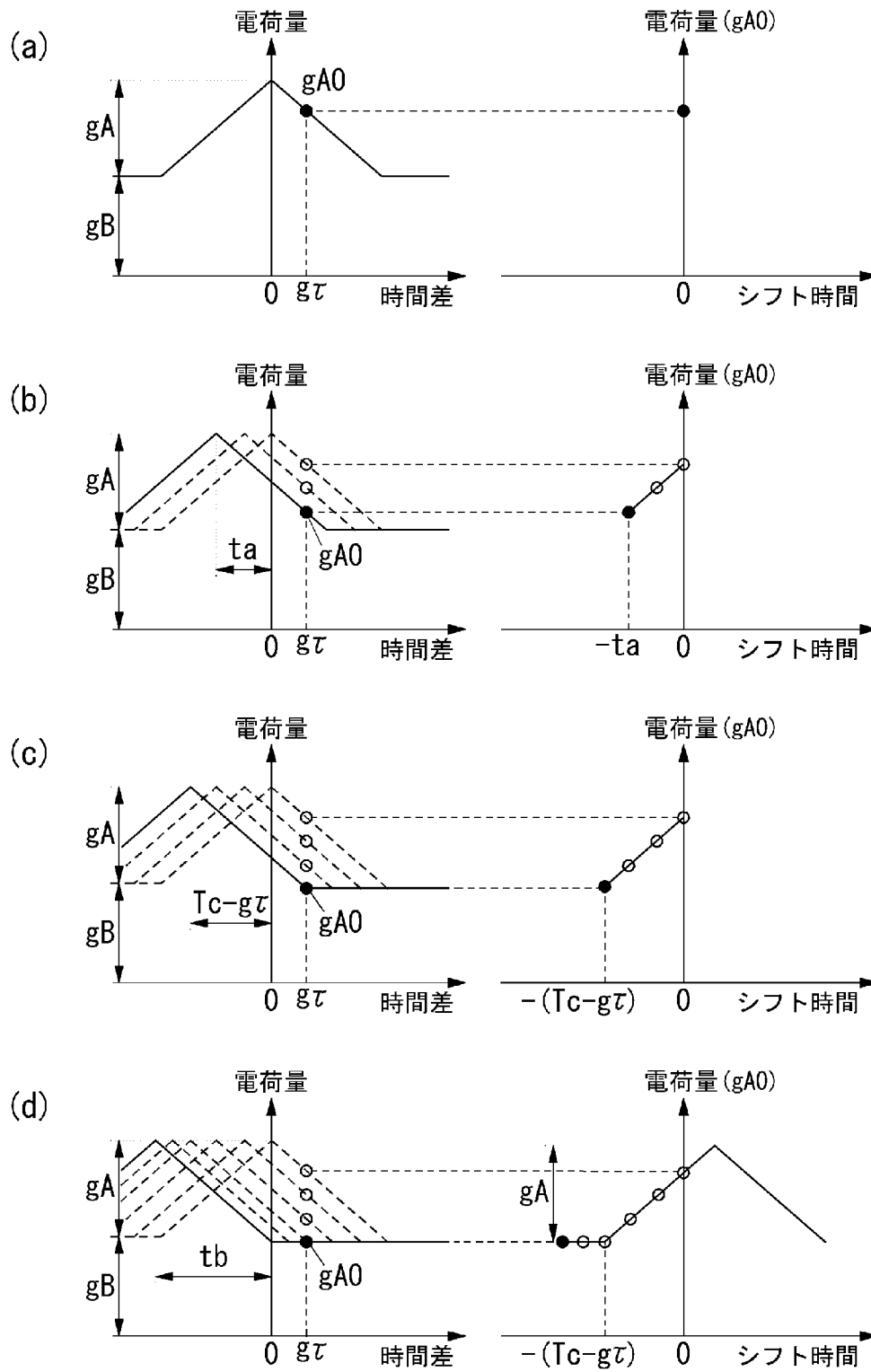
[図4]



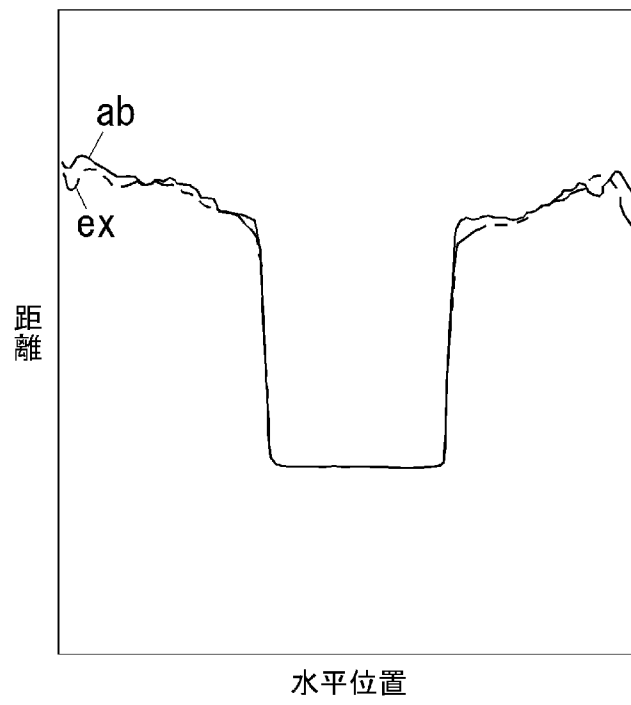
[図5]



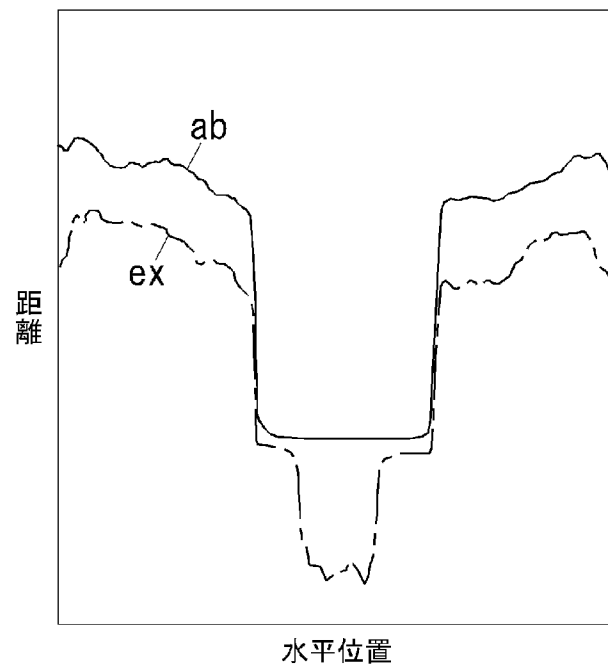
[図6]



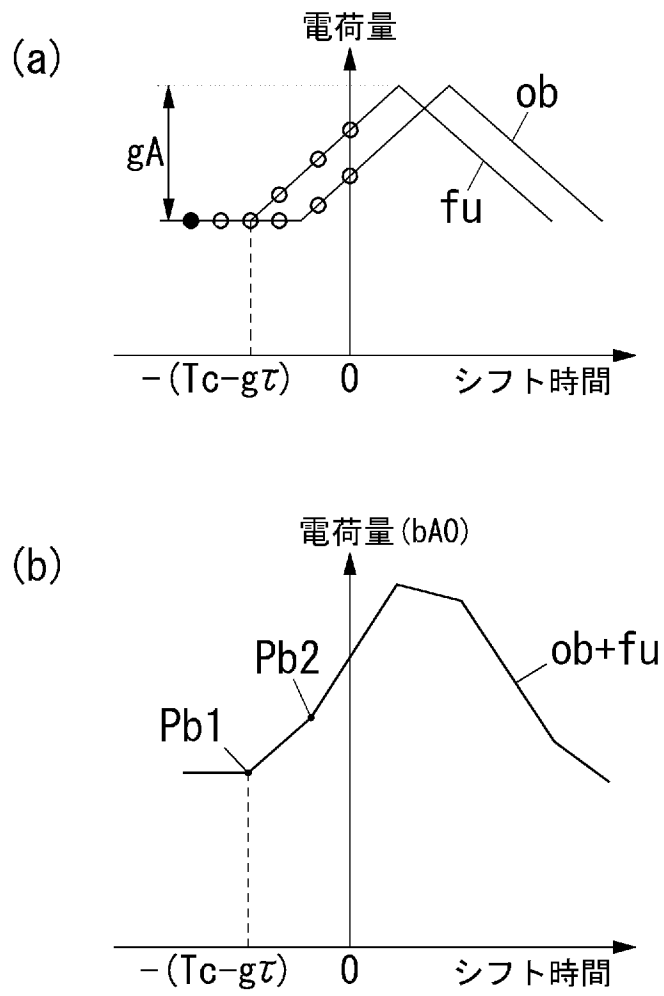
[図7]



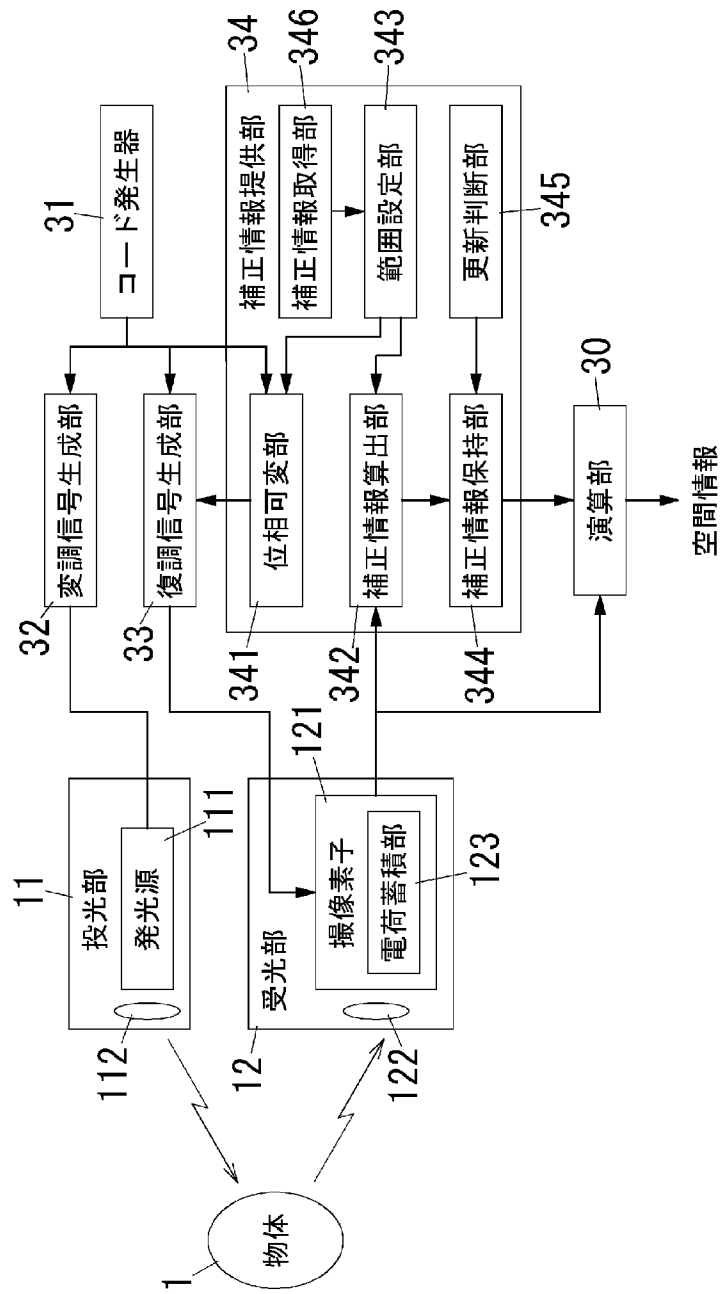
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/32 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S17/32

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X A	WO 2010/098454 A1 (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 02 September 2010 (02.09.2010), paragraphs [0019] to [0054], [0107] to [0111]; fig. 1 to 4 & US 2012/0050716 A1 & EP 2402783 A1 & KR 1020110126724 A	1, 9 2-8
A	JP 2011-22088 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), paragraphs [0031] to [0068]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-9

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
12 March, 2012 (12.03.12)

Date of mailing of the international search report
19 March, 2012 (19.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054064

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-22089 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), paragraphs [0033] to [0070]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01S17/32(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. G01S17/32		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
X A	WO 2010/098454 A1 (パナソニック電工株式会社) 2010.09.02, 段落 0019-0054, 0107-0111, 図 1-4 & US 2012/0050716 A1 & EP 2402783 A1 & KR 1020110126724 A	1, 9 2-8
A	JP 2011-22088 A (パナソニック電工株式会社) 2011.02.03, 段落 0031-0068, 図 1-7 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2011-22089 A (パナソニック電工株式会社) 2011.02.03, 段落 0033-0070, 図 1-7 (ファミリーなし)	1-9
<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、一般的な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 12.03.2012	国際調査報告の発送日 19.03.2012	
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 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 3 2 0 6