

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5876289号
(P5876289)

(45) 発行日 平成28年3月2日 (2016.3.2)

(24) 登録日 平成28年1月29日 (2016.1.29)

(51) Int.Cl.
GO 1 S 17/10 (2006.01)

F I
GO 1 S 17/10

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-288343 (P2011-288343)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成23年12月28日 (2011.12.28)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2013-137237 (P2013-137237A)		静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
(43) 公開日	平成25年7月11日 (2013.7.11)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成26年9月9日 (2014.9.9)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(74) 代理人	100122507
			弁理士 柏岡 潤二
		(72) 発明者	間瀬 光人
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 距離測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

飛行時間法により対象物に対する距離を求める距離測定装置であって、
変調光を放出する光源部と、

入射光に応じて電荷を発生する光感応領域、前記光感応領域で発生した電荷を蓄積する第 1 の蓄積領域及び第 2 の蓄積領域、前記光感応領域と前記第 1 の蓄積領域との間に設けられた第 1 の転送電極、前記光感応領域と前記第 2 の蓄積領域との間に設けられた第 2 の転送電極、前記第 1 の蓄積領域とリセット電位との間に設けられた第 1 のリセットスイッチ、並びに、前記第 2 の蓄積領域とリセット電位との間に設けられた第 2 のリセットスイッチを有するセンサ部と、

前記変調光の放出タイミング及び前記センサ部を制御して、距離を算出する処理部と、
を備え、

前記処理部は、

前記第 1 のリセットスイッチ及び前記第 2 のリセットスイッチを制御して前記第 1 の蓄積領域及び前記第 2 の蓄積領域を前記リセット電位に接続してから該第 1 の蓄積領域及び該第 2 の蓄積領域を次に前記リセット電位に接続するまでのフレーム期間内の複数の第 1 の電荷転送サイクルにおいて、一以上の放出期間に前記光源部に前記変調光を放出させ、前記一以上の放出期間に同期した一以上の第 1 の転送期間に前記第 1 の転送電極に与える電圧を制御して前記光感応領域で発生した電荷を前記第 1 の蓄積領域に蓄積させ、前記一以上の第 1 の転送期間と位相反転した一以上の第 2 の転送期間に前記第 2 の転送電極に

与える電圧を制御して前記光感応領域で発生した電荷を前記第 2 の蓄積領域に蓄積させ、

前記フレーム期間内の複数の第 2 の電荷転送サイクルであり前記複数の第 1 の電荷転送サイクルと交互の該複数の第 2 の電荷転送サイクルにおいて、前記光源部に前記変調光を放出させず、第 3 の転送期間に前記第 1 の転送電極に与える電圧を制御して前記光感応領域で発生した電荷を前記第 1 の蓄積領域に蓄積させ、前記第 3 の転送期間と位相反転した第 4 の転送期間に前記第 2 の転送電極に与える電圧を制御して前記光感応領域で発生した電荷を前記第 2 の蓄積領域に蓄積させ、

前記複数の第 1 の電荷転送サイクルのそれぞれに対応する複数の第 1 の読出しサイクルにおいて、該複数の第 1 の電荷転送サイクルのそれぞれと次の前記第 2 の電荷転送サイクルの間の時点に前記第 1 の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた第 1 の読出し値及び該時点に前記第 2 の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた第 2 の読出し値を、前記センサ部から取得し、

10

前記複数の第 2 の電荷転送サイクルのそれぞれに対応する複数の第 2 の読出しサイクルにおいて、該複数の第 2 の電荷転送サイクルのそれぞれと次の前記第 1 の電荷転送サイクルの間の時点に前記第 1 の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた別の第 1 の読出し値及び該時点に前記第 2 の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた別の第 2 の読出し値を、前記センサ部から取得し、

n 回目の前記第 1 の読出しサイクルの前記第 1 の読出し値の 2 倍の値から n 回目及び n - 1 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 1 の読出し値を差し引いた値である第 1 の値、及び、n 回目の前記第 1 の読出しサイクルの前記第 2 の読出し値の 2 倍の値から n 回目及び n - 1 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 2 の読出し値を差し引いた値である第 2 の値を算出して、M 個の第 1 の値及び M 個の第 2 の値を求め、ここで、n は前記複数の第 1 の読出しサイクル及び前記複数の第 2 の読出しサイクルの順番を示し、

20

前記 M 個の第 1 の値及び前記 M 個の第 2 の値に基づいて、距離を算出する、距離測定装置。

【請求項 2】

前記第 1 の電荷転送サイクルにおいて前記第 1 の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、前記第 1 の電荷転送サイクルにおいて前記第 2 の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、前記第 2 の電荷転送サイクルにおいて前記第 1 の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、及び、前記第 2 の電荷転送サイクルにおいて前記第 2 の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長は、実質的に同じ時間長である、請求項 1 に記載の距離測定装置。

30

【請求項 3】

前記複数の第 1 の電荷転送サイクルの各々は、一回の前記第 1 の転送期間、及び、一回の前記第 2 の転送期間を含む、請求項 1 又は 2 に記載の距離測定装置。

【請求項 4】

前記処理部は、

前記複数の第 2 の読出しサイクルのうち、前記別の第 1 の読出し値及び前記別の第 2 の読出し値が所定の閾値を超えない最終の第 2 の読出しサイクルを特定し、

該最終の第 2 の読出しサイクルまでに得られた一以上の前記第 1 の読出し値及び二以上の前記別の第 1 の読出し値に基づいて前記 M 個の第 1 の値を求め、該最終の第 2 の読出しサイクルまでに得られた一以上の前記第 2 の読出し値及び二以上の前記別の第 2 の読出し値に基づいて前記 M 個の第 2 の値を求める、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の距離測定装置。

40

【請求項 5】

前記処理部は、n 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 1 の読出し値と、n 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 1 の読出し値と n - 1 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 1 の読出し値との間の差分値との和、又は、n 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 2 の読出し値と、n 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 2 の読出し値と n - 1 回目の前記第 2 の読出しサイクルの前記別の第 2 の読出し値

50

との間の差分値との和が、所定の閾値を超える場合に、 $n + 1$ 回目以降の前記第 1 の読出しサイクル及び前記第 2 の読出しサイクルを停止し、

最終の読出しサイクルである n 回目の前記第 2 の読出しサイクルまでに得られた一以上の前記第 1 の読出し値及び二以上の前記別の第 1 の読出し値に基づいて前記 M 個の第 1 の値を求め、該最終の読出しサイクルまでに得られた一以上の前記第 2 の読出し値及び二以上の前記別の第 2 の読出し値に基づいて前記 M 個の第 2 の値を求める、

請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の距離測定装置。

【請求項 6】

前記処理部は、前記 M 個の第 1 の値の積算値及び前記 M 個の第 2 の値の積算値に基づいて、前記距離を算出する、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の距離測定装置。

10

【請求項 7】

前記処理部は、

前記 M 個の第 1 の値を順に積算して M 個の第 1 の積算値を算出し、前記 M 個の第 2 の値を順に積算して M 個の第 2 の積算値を算出し、

第 1 の推定値を前記 M 個の第 1 の積算値に基づく近似式を用いて算出し、第 2 の推定値を前記 M 個の第 2 の積算値に基づく近似式を用いて算出し、

前記第 1 の推定値及び前記第 2 の推定値に基づいて、前記距離を算出する、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の距離測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明の実施形態は、距離測定装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光源からパルス光を放出させ、対象物からの反射光を距離センサで受けることにより、対象物から距離センサまでの距離を測定する飛行時間 (TOF: Time-of-Flight) 法が知られている。

【0003】

下記の特許文献 1 ~ 2 には TOF 法に基づく距離測定装置が記載されている。特許文献 1 に記載された装置は、光源からパルス光を放出させ、一つのフレーム期間内の異なる長さのサブ期間のそれぞれにおいて距離センサのフォトダイオードで発生した電荷の量に応じた値の信号を当該距離センサから取得し、取得した複数の信号のうち最良の信号に基づいて距離を算出する。

30

【0004】

特許文献 2 に記載された装置は、距離センサの実効ダイナミックレンジを広げるための構成を有している。具体的には、この装置は、光源からパルス光を放出させ、距離センサのフォトダイオードで発生した電荷をキャパシタに蓄積し、キャパシタに生じる電圧が飽和電圧に達するとき当該電圧をリセットし、リセットの回数とキャパシタに生じた最終の電圧とに基づいて、距離を算出する。

【0005】

40

距離センサに入射する光には、光源から放出されたパルス光が対象物に反射することによって生じた信号光に加えて、背景光が含まれる。特許文献 1 及び 2 に記載された距離測定装置は、基本的には、距離センサからの信号に含まれる背景光成分等のノイズ成分の除去を考慮していない。

【0006】

下記の特許文献 3 には TOF 法に基づく別の距離測定装置が記載されている。特許文献 3 に記載された装置は、第 1 のフレーム期間において光源からパルス光を照射して距離センサからの信号を取得し、第 2 のフレーム期間においては光源を非発光として距離センサからの信号を取得する。ここで、フレーム期間とは、センサの光感応領域に発生した電荷を蓄積する蓄積領域の電荷をリセットしてから、次に当該蓄積領域の電荷をリセットする

50

までの期間である。この装置は、第1のフレーム期間の信号から第2のフレーム期間の信号を差し引くことで、信号内のノイズ成分を除去している。当該装置は、このようにノイズ成分を除去した信号に基づいて距離を算出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許7,379,100号明細書

【特許文献2】特表2006-523074号公報

【特許文献3】特開2008-122223号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献3に記載された装置では、フレーム期間ごとに異なる背景光等のノイズが生じると、距離の測定精度が劣化する。また、当該装置は、二つのフレーム期間を利用して距離を測定するので、フレームレートが低い。

【0009】

したがって、当技術分野においては、フレームレートを低下させず、短い期間で変動するノイズが生じても高い精度で距離を算出することができる距離測定装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

本発明の一側面は、飛行時間法により対象物に対する距離を求める距離測定装置に関するものである。この距離測定装置は、光源部、センサ部、及び、処理部を備えている。光源部は、変調光を放出する。センサ部は、入射光に応じて電荷を発生する光感応領域、光感応領域で発生した電荷を蓄積する第1の蓄積領域及び第2の蓄積領域、光感応領域と第1の蓄積領域との間に設けられた第1の転送電極、光感応領域と第2の蓄積領域との間に設けられた第2の転送電極、第1の蓄積領域とリセット電位との間に設けられた第1のリセットスイッチ、並びに、第2の蓄積領域とリセット電位との間に設けられた第2のリセットスイッチを有する。処理部は、変調光の放出タイミング及びセンサ部を制御して、距離を算出する。

30

【0011】

処理部は、フレーム期間、即ち、第1のリセットスイッチ及び第2のリセットスイッチを制御して第1の蓄積領域及び第2の蓄積領域をリセット電位に接続してから第1の蓄積領域及び第2の蓄積領域を次にリセット電位に接続するまでの期間内の(a1)複数の第1の電荷転送サイクルにおいて、一以上の放出期間に光源部に変調光を放出させ、(a2)一以上の放出期間に同期した一以上の第1の転送期間に第1の転送電極に与える電圧を制御して光感応領域で発生した電荷を第1の蓄積領域に蓄積させ、(a2)一以上の第1の転送期間と位相反転した一以上の第2の転送期間に第2の転送電極に与える電圧を制御して光感応領域で発生した電荷を第2の蓄積領域に蓄積させる。

【0012】

40

処理部は、フレーム期間内の複数の第2の電荷転送サイクルであり一以上の第1の電荷転送サイクルと交互の該一以上の第2の電荷転送サイクルにおいて、(b1)光源部に変調光を放出させず、(b2)第3の転送期間に第1の転送電極に与える電圧を制御して光感応領域で発生した電荷を第1の蓄積領域に蓄積させ、(b2)第3の転送期間と位相反転した第4の転送期間に第2の転送電極に与える電圧を制御して光感応領域で発生した電荷を第2の蓄積領域に蓄積させる。

【0013】

処理部は、一以上の第1の電荷転送サイクルのそれぞれに対応する一以上の第1の読出しサイクルにおいて、一以上の第1の電荷転送サイクルのそれぞれと次の前記第2の電荷転送サイクルの間の時点に第1の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた第1の読出し

50

値及び当該時点に第2の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた第2の読出し値を、センサ部から取得する。

【0014】

処理部は、一以上の第2の電荷転送サイクルのそれぞれに対応する一以上の第2の読出しサイクルにおいて、一以上の第2の電荷転送サイクルのそれぞれと次の第1の電荷転送サイクルの間の時点に第1の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた別の第1の読出し値及び当該時点に第2の蓄積領域に蓄積されている電荷量に応じた別の第2の読出し値を、センサ部から取得する。

【0015】

処理部は、 n 回目の前記第1の読出しサイクルの第1の読出し値の2倍の値から n 回目及び $n-1$ 回目の第2の読出しサイクルの別の第1の読出し値を差し引いた値である第1の値、及び、 n 回目の第1の読出しサイクルの第2の読出し値の2倍の値から n 回目及び $n-1$ 回目の第2の読出しサイクルの別の第2の読出し値を差し引いた値である第2の値を算出して、 M 個の第1の値及び M 個の第2の値を求める。ここで、 n は複数の第1の読出しサイクル及び複数の第2の読出しサイクルの順番を示す。処理部は、 M 個の第1の値及び M 個の第2の値に基づいて、距離を算出する。

【0016】

この距離測定装置では、一つのフレーム期間内に光源部に変調光を放出させて第1の蓄積領域及び第2の蓄積領域に電荷を振り分ける第1の電荷転送サイクル及び光源部に変調光を放出させずに第1の蓄積領域及び第2の蓄積領域に電荷を振り分ける第2の電荷転送サイクルが交互に行われる。第1の電荷転送サイクルでは、変調光に対する対象物からの反射光を含む入射光に基づく電荷が増加分の電荷として蓄積領域に蓄積され、第2の電荷転送サイクルにおいては、背景光等のノイズに基づく電荷が増加分の電荷として蓄積される。そして、第1の電荷転送サイクル直後の蓄積電荷量に応じた読出し値の2倍の値から、当該第1の電荷転送サイクルの直前の第2の電荷転送サイクルの直後の蓄積電荷量に応じた別の読出し値、及び、当該第1の電荷転送サイクルの次の第2の電荷転送サイクルの直後の蓄積電荷量に応じた別の読出し値を差し引いた値を求めることにより、各第1の電荷転送サイクルでの電荷量の増加分に対応する値（即ち、第1の値及び第2の値）が得られる。この距離測定装置は、これら第1の値及び第2の値に基づいて距離を算出するので、フレームレートを低下させず、短い期間で変動する背景光等のノイズが生じても高い精度で距離を算出することができる。また、この距離測定装置のセンサ部は、電荷振り分けのための二つの蓄積領域以外に、ノイズに基づく電荷を取得するための追加の蓄積領域を必要としないので、センサ部の構成を複雑化することがなく、また、センサ部における実装面積を有効に利用することができる。

【0017】

一実施形態においては、第1の電荷転送サイクルにおいて第1の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、第1の電荷転送サイクルにおいて第2の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、第2の電荷転送サイクルにおいて第1の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長、及び、第2の電荷転送サイクルにおいて第2の蓄積領域に電荷を蓄積させる時間長は、実質的に同じ時間長であってもよい。

【0018】

一実施形態においては、複数の第1の電荷転送サイクルの各々は、一回の第1の転送期間、及び、一回の第2の転送期間を含んでもよい。この実施形態によれば、第1の電荷転送サイクル及びこれに対応する第2の電荷転送サイクルの時間長を短くすることができる。その結果、より短い期間で変動するノイズが生じても高い精度で距離を算出することが可能となる。

【0019】

一実施形態においては、処理部は、(c1)複数の第2の読出しサイクルのうち、別の第1の読出し値及び別の第2の読出し値が所定の閾値を超えない最終の第2の読出しサイクルを特定し、(c2)最終の第2の読出しサイクルまでに得られた一以上の第1の読出

10

20

30

40

50

し値及び二以上の別の第1の読出し値に基づいてM個の第1の値を求め、当該最終の第2の読出しサイクルまでに得られた一以上の第2の読出し値及び二以上の別の第2の読出し値に基づいてM個の第2の値を求めてもよい。この実施形態によれば、所定の閾値を蓄積領域の飽和蓄積容量に対応する読出し値以上の値に設定することにより、飽和蓄積容量に対応する読出し値を超えない範囲の読出し値を利用して、距離を算出することが可能となる。その結果、より高い精度で距離を算出することが可能となる。

【0020】

一実施形態においては、処理部は、(d1)n回目の第2の読出しサイクルの別の第1の読出し値と、n回目の第2の読出しサイクルの別の第1の読出し値とn-1回目の第2の読出しサイクルの別の第1の読出し値との間の差分値との和、又は、n回目の第2の読出しサイクルの別の第2の読出し値と、n回目の第2の読出しサイクルの別の第2の読出し値とn-1回目の第2の読出しサイクルの別の第2の読出し値との間の差分値との和が、所定の閾値を超える場合に、n+1回目以降の第1の読出しサイクル及び第2の読出しサイクルを停止してもよく、(d2)最終の読出しサイクルであるn回目の第2の読出しサイクルまでに得られた一以上の第1の読出し値及び一以上の別の第1の読出し値に基づいてM個の第1の値を求め、最終の第2の読出しサイクルまでに得られた一以上の第2の読出し値及び一以上の別の第2の読出し値に基づいてM個の第2の値を求めてもよい。この実施形態では、所定の閾値を蓄積領域の飽和蓄積容量に対応する読出し値以上の値に設定することにより、飽和蓄積容量に対応する読出し値を超えない範囲の読出し値を利用して、距離を算出することが可能となる。また、測定距離のダイナミックレンジが向上され得る。さらに、この実施形態によれば、上述した和が所定の閾値を超える場合に、読出し値のセンサ部からの取得を停止することができるので、距離の算出を早期に開始することが可能となる。

【0021】

一実施形態においては、処理部は、(e1)M個の第1の値を順に積算してM個の第1の積算値を算出し、M個の第2の値を順に積算してM個の第2の積算値を算出し、(e2)第1の推定値をM個の第1の積算値に基づく近似式を用いて算出し、第2の推定値をM個の第2の積算値に基づく近似式を用いて算出し、(e3)第1の推定値及び第2の推定値に基づいて、前記距離を算出してもよい。この実施形態によれば、第1の値及び第2の値の一部が変動しても、近似式に基づく第1の推定値及び第2の推定値では、変動を含む値の影響が低減される。故に、この距離測定装置によれば、距離の測定精度が更に向上され得る。

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように、本発明の一側面及び実施形態によれば、フレームレートを低下させず、短い期間で変動するノイズが生じても高い精度で距離を算出することができる距離測定装置が提供され得る。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、一実施形態に係る距離測定装置を概略的に示す図である。

【図2】一実施形態に係るセンサの一例を概略的に示す図である。

【図3】一実施形態に係るセンサにおける一つの画素ユニットの一例を示す平面図である。

【図4】図3のIV-IV線に沿って取った断面図である。

【図5】図3のV-V線に沿って取った断面図である。

【図6】一実施形態に係るセンサ部の一つの画素ユニットと当該画素ユニット用の対応のサンプルホールド回路の回路図である。

【図7】一実施形態に係る処理部の制御及び演算を示すフローチャートである。

【図8】一実施形態に係る距離測定装置で利用される各種信号のタイミングチャートである。

10

20

30

40

50

【図 9】別の実施形態に係る処理部の制御及び演算を示すフローチャートである。

【図 10】更に別の実施形態に係る距離測定装置で利用される各種信号のタイミングチャートである。

【図 11】更に別の実施形態のセンサの一例を概略的に示す図である。

【図 12】更に別の実施形態に係るセンサ部の一つの画素ユニットと当該画素ユニット用の対応のサンプルホールド回路の回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

10

【0025】

図 1 は、一実施形態に係る距離測定装置を概略的に示す図である。図 1 に示す距離測定装置 10 は、飛行時間法 (TOF: Time-of-flight) 法により、対象物と当該距離測定装置 10 との距離を求める装置である。距離測定装置 10 は、光源部 12、センサ部 14、及び処理部 16 を備えている。

【0026】

光源部 12 は、変調光を放出する。一実施形態においては、光源部 12 は、レーザダイオード 12a 及びドライバ回路 12b を有し得る。ドライバ回路 12b は、処理部 16 からの駆動パルス信号に同期した変調電流を、レーザダイオード 12a に供給する。レーザダイオード 12a は、変調電流に応じて変調光を放出する。変調光は、例えば、一以上のパルス光を含み得る。

20

【0027】

センサ部 14 は、一実施形態においては、センサ 18、デジタル - アナログ変換部 (DAC) 20、及び、アナログ - デジタル変換部 (ADC) 22、を有し得る。DAC 20 は、処理部 16 の信号処理部 16a からのデジタル信号をアナログ信号に変換して、当該アナログ信号をセンサ 18 に供給する。ADC 22 は、センサ 18 からのアナログ信号をデジタル信号に変換して、当該デジタル信号を処理部 16 に供給する。

【0028】

処理部 16 は、光源部 12 の変調光の放出タイミング及びセンサ部 14 を制御して、距離を算出する。一実施形態においては、処理部 16 は、信号処理部 16a 及びメモリ 16b を含み得る。信号処理部 16a は、例えば、FPGA (Field-Programmable Gate Array) といった演算回路であり、メモリ 16b は、SRAM (Static Random Access Memory) である。

30

【0029】

図 2 は、一実施形態に係るセンサの一例を概略的に示す図である。センサ 18 は、撮像領域 IR、サンプルホールド回路群 SHG、スイッチ群 SWG、水平シフトレジスタ群 HSG、信号ライン H1 及び H2、並びに、出力アンプ OAP1 及び OAP2 を含んでいる。

【0030】

一実施形態においては、図 2 に示すように、センサ 18 は、一行の画像を取得するラインセンサとして構成されていてもよい。この実施形態においては、撮像領域 IR は、水平方向に配列された複数の画素ユニット P(j) を含んでいる。ここで、j は、1 ~ J の整数であり、J は、2 以上の整数であり、画素ユニットの個数を示している。

40

【0031】

図 3 は、一実施形態に係るセンサにおける一つの画素ユニットの一例を示す平面図である。図 4 は、図 3 の IV - IV 線に沿って取った断面図であり、図 5 は、図 3 の V - V 線に沿って取った断面図である。画素ユニット P(1) ~ P(J) は、図 3 ~ 図 5 に示す同一の構造を有している。

【0032】

図 4 及び図 5 に示すように、一実施形態においては、画素ユニット P(j) は、半導体

50

基板 S B を含んでいる。半導体基板 S B は、例えばシリコン基板である。半導体基板 S B は、第 1 の半導体領域 S R 1 及び第 2 の半導体領域 S R 2 を含んでいる。第 1 の半導体領域 S R 1 は、半導体基板 S B の一方の主面 S B F 1 を提供する p 型の半導体領域である。第 2 の半導体領域 S R 2 は、第 1 の半導体領域 S R 1 上に設けられた p - 型の半導体領域である。第 2 の半導体領域 S R 2 の不純物濃度は、第 1 の半導体領域 S R 1 の不純物濃度以下である。半導体基板 S B は、p 型の半導体基板上に、p - 型の半導体領域をエピタキシャル成長法により堆積させることにより、形成され得る。

【 0 0 3 3 】

半導体基板 S B の他方の主面 S B F 2 上には、絶縁膜 I S L が形成されている。絶縁膜 I S L は、例えば、 SiO_2 製である。絶縁膜 I S L 上には、フォトゲート電極 P G が設けられている。フォトゲート電極 P G は、例えば、ポリシリコンによって構成される。図 3 に示すように、一実施形態では、フォトゲート電極 P G は、略矩形の平面形状を有し得る。画素ユニット P (j) では、このフォトゲート電極 P G の下方に位置する領域が、入射光に感応して電荷を発生する光感応領域として機能する。

【 0 0 3 4 】

図 4 及び図 5 に示すように、絶縁膜 I S L 上には、第 1 の転送電極 T X 1、第 2 の転送電極 T X 2、及び第 3 の転送電極 T X 3 が設けられている。これら転送電極 T X 1 ~ T X 3 は、例えば、ポリシリコンによって構成される。図 3 ~ 図 5 に示すように、第 1 の転送電極 T X 1 及び第 2 の転送電極 T X 2 は、それらの間にフォトゲート電極 P G が存在するように、配置されている。

【 0 0 3 5 】

一実施形態では、図 3 に示すように、四つの第 3 の転送電極 T X 3 が絶縁膜 I S L 上に設けられている。二つの第 3 の転送電極 T X 3 は、第 1 の転送電極 T X 1 と第 2 の転送電極 T X 2 が配列されている方向（以下、「X 方向」という）に交差する方向（以下、「Y 方向」という）において、第 1 の転送電極 T X 1 がそれらの間に介在するように、配置されている。また、別の二つの第 3 の転送電極 T X 3 は、Y 方向において第 2 の転送電極 T X 2 がそれらの間に介在するように、配置されている。

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように、第 2 の半導体領域 S R 2 には、第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 が形成されている。第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 は、光感応領域から転送される電荷を蓄積する。第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 は、それらの間に光感応領域が介在するように配置されている。一実施形態では、第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 は、n 型の不純物が高濃度にドーピングされた n + 型の半導体領域である。絶縁膜 I S L は、第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 の上方において開口を画成している。これら開口内には、電極 1 3 が設けられている。電極 1 3 は、例えば、Ti / TiN 膜を介して設けられたタングステンから構成される。

【 0 0 3 7 】

X 方向においては、第 1 の転送電極 T X 1 は、第 1 の蓄積領域 f d 1 上の電極 1 3 とフォトゲート電極 P G との間に存在しており、第 2 の転送電極 T X 2 は、第 2 の蓄積領域 f d 2 上の電極 1 3 とフォトゲート電極 P G との間に配置されている。第 1 の蓄積領域 f d 1 に光感応領域から電荷を転送するときには、第 1 の転送電極 T X 1 の下方の半導体領域のポテンシャルを低減させる電圧 V T X 1 が第 1 の転送電極 T X 1 に与えられる。この電圧 V T X 1 は、信号処理部 1 6 a からのデジタル信号に基づいて D A C 2 0 から与えられる。また、第 2 の蓄積領域 f d 2 に光感応領域から電荷を転送するときには、第 2 の転送電極 T X 2 の下方の半導体領域のポテンシャルを低減させる電圧 V T X 2 が、第 2 の転送電極 T X 2 に与えられる。この電圧 V T X 2 は、信号処理部 1 6 a からのデジタル信号に基づいて D A C 2 0 から与えられる。

【 0 0 3 8 】

また、図 5 に示すように、第 2 の半導体領域 S R 2 には、n + 型の半導体領域 S R 3 が

形成されている。一実施形態では、四つの半導体領域 $S R 3$ が設けられている。一对の半導体領域 $S R 3$ 及び別的一对の半導体領域 $S R 3$ は、それらの間に光感応領域が介在するように設けられている。これら半導体領域 $S R 3$ の上方において、絶縁膜 $I S L$ は、開口を画成しており、これら開口内には、電極 $1 3$ が設けられている。電極 $1 3$ は、例えば、 $T i / T i N$ 膜を介して設けられたタングステンから構成される。X 方向において、一つの半導体領域 $S R 3$ 上の電極 $1 3$ とフォトゲート電極 $P G$ との間には、対応の第 3 の転送電極 $T X 3$ が介在している。半導体領域 $S R 3$ には、第 3 の転送電極 $T X 3$ に電圧 $V T X 3$ を与えて当該第 3 の転送電極 $T X 3$ の下方の半導体領域のポテンシャルを低減させることにより、光感応領域から電荷が転送される。この電圧 $V T X 3$ は、信号処理部 $1 6 a$ からのデジタル信号に基づいて $D A C 2 0$ から与えられる。半導体領域 $S R 3$ の電極 $1 3$ は、所定の電位 $V d d$ にも接続されている（図 6 参照）。この電位 $V d d$ は、信号処理部 $1 6 a$ からのデジタル信号に基づいて $D A C 2 0$ によって設定される。電圧 $V T X 3$ を与えて該第 3 の転送電極 $T X 3$ の下方の半導体領域のポテンシャルを低減させると、光感応領域の電荷はリセットされる。

10

【 0 0 3 9 】

以下、図 2 と共に図 6 を参照する。図 6 は、一実施形態に係るセンサ部の一つの画素ユニット及び当該画素ユニット用の対応のサンプルホールド回路の回路図である。図 2 及び図 6 に示すように、センサ $1 8$ のサンプルホールド回路群 $S H G$ は、J 個の第 1 のサンプルホールド回路 $S H 1$ 及び J 個の第 2 のサンプルホールド回路 $S H 2$ を含んでいる。各第 1 のサンプルホールド回路 $S H 1$ 及び各第 2 のサンプルホールド回路 $S H 2$ は、対応の画素ユニット $P (j)$ （画素ユニット $P (1) \sim P (J)$ のうち対応の画素ユニット）に接続されている。即ち、サンプルホールド回路群 $S H G$ は、各々が一つの第 1 のサンプルホールド回路 $S H 1$ 及び一つの第 2 のサンプルホールド回路を含む J 個のサンプルホールド回路対 $S H P (1) \sim S H P (J)$ を含んでいる。J 個のサンプルホールド回路対 $S H P (1) \sim S H P (J)$ はそれぞれ、画素ユニット $P (1) \sim P (J)$ に対応付けられている。

20

【 0 0 4 0 】

画素ユニット $P (j)$ は、第 1 のリセットスイッチ $R S 1$ 、第 2 のリセットスイッチ $R S 2$ 、並びに、電荷 - 電圧変換回路 $A 1$ 及び $A 2$ を更に含んでいる。第 1 のリセットスイッチ $R S 1$ は、リセット電位 $V r$ と第 1 の蓄積領域 $f d 1$ 上の電極 $1 3$ との間に設けられている。第 2 のリセットスイッチ $R S 2$ は、リセット電位 $V r$ と第 2 の蓄積領域 $f d 2$ 上の電極 $1 3$ との間に設けられている。リセット電位 $V r$ は、信号処理部 $1 6 a$ からのデジタル信号に基づいて $D A C 2 0$ によって設定される。

30

【 0 0 4 1 】

第 1 のリセットスイッチ $R S 1$ 及び第 2 のリセットスイッチ $R S 2$ には、信号処理部 $1 6 a$ からリセットパルス信号 $S r e s$ が与えられる。リセットパルス信号 $S r e s$ が第 1 のリセットスイッチ $R S 1$ 及び第 2 のリセットスイッチ $R S 2$ に与えられると、第 1 の蓄積領域 $f d 1$ 及び第 2 の蓄積領域 $f d 2$ は、リセット電位 $V r$ に接続される。これにより、第 1 の蓄積領域 $f d 1$ の電荷及び第 2 の蓄積領域 $f d 2$ の電荷がリセットされる。第 1 の蓄積領域 $f d 1$ 及び第 2 の蓄積領域 $f d 2$ の電荷がリセットされるタイミングから次ぎにリセットされるタイミングまでの間の期間は、フレーム期間 $T f$ （図 8 参照）となる。

40

【 0 0 4 2 】

回路 $A 1$ の入力、第 1 の蓄積領域 $f d 1$ 上の電極 $1 3$ に接続されており、回路 $A 1$ の出力は、サンプルホールド回路 $S H 1$ のスイッチ $S W 1 0$ に接続されている。回路 $A 1$ は、第 1 の蓄積領域 $f d 1$ の電荷量を電圧に変換し、当該電圧をサンプルホールド回路 $S H 1$ に提供する。回路 $A 2$ の入力、第 2 の蓄積領域 $f d 2$ 上の電極 $1 3$ に接続されており、回路 $A 2$ の出力は、サンプルホールド回路 $S H 2$ のスイッチ $S W 1 2$ に接続されている。回路 $A 2$ は、第 2 の蓄積領域 $f d 2$ の電荷量を電圧に変換し、当該電圧をサンプルホールド回路 $S H 2$ に提供する。

【 0 0 4 3 】

50

サンプルホールド回路 S H 1 は、スイッチ S W 1 0 及びキャパシタ C P 1 0 を含んでいる。また、サンプルホールド回路 S H 2 は、スイッチ S W 1 2 及びキャパシタ C P 1 2 を含んでいる。スイッチ S W 1 0 及びスイッチ S W 1 2 には、信号処理部 1 6 a からサンプリングパルス信号 S s a m p が与えられる。サンプリングパルス信号 S s a m p がスイッチ S W 1 0 及びスイッチ S W 1 2 に与えられると、回路 A 1 の出力とキャパシタ C P 1 0 とが接続され、回路 A 2 の出力とキャパシタ C P 1 2 が接続される。これにより、回路 A 1 の出力電圧がキャパシタ C P 1 0 の両端間に保持され、回路 A 2 の出力電圧がキャパシタ C P 1 2 の両端間に保持される。

【 0 0 4 4 】

センサ 1 8 のスイッチ群 S W G は、J 個のスイッチ S W 1 及び J 個のスイッチ S W 2 を含んでいる。各スイッチ S W 1 及び各スイッチ S W 2 はそれぞれ、画素ユニット P (1) ~ P (J) のうち対応の画素ユニット用のサンプルホールド回路 S H 1 のキャパシタ C P 1 0 、及びサンプルホールド回路 S H 2 のキャパシタ C P 1 2 に、接続されている。即ち、スイッチ群 S W G は、各々が一つのスイッチ S W 1 及び一つのスイッチ S W 2 を含む J 個のスイッチ対 S W P (1) ~ S W P (J) を含んでいる。J 個のスイッチ対 S W P (1) ~ S W P (J) はそれぞれ、サンプルホールド回路対 S H P (1) ~ S H P (J) に対応付けられている。

【 0 0 4 5 】

スイッチ S W 1 及びスイッチ S W 2 には、読み出しパルス信号 S r e a d が与えられる。読み出しパルス信号 S r e a d は、水平シフトレジスタ群 H S G から供給される。水平シフトレジスタ群 H S G は、J 個の水平シフトレジスタを有している。水平シフトレジスタは、例えば、フリップフロップを含み得る。これら水平シフトレジスタは、画素ユニット P (1) ~ P (J) の配列方向に配列されている。水平シフトレジスタ群 H S G 内の一端に設けられた水平シフトレジスタには、信号処理部 1 6 a からスタート信号が与えられる。また、全ての水平シフトレジスタには、信号処理部 1 6 a からクロック信号が与えられる。これらスタート信号及びクロック信号に応じて、J 個の水平シフトレジスタはそれぞれ、読み出しパルス信号 S r e a d をスイッチ対 S W P (1) ~ S W P (J) に順次与える。

このように読み出しパルス信号 S r e a d が与えられることにより、サンプルホールド回路対 S H P (1) ~ S H P (J) のサンプルホールド回路 S H 1 及びサンプルホールド回路 S H 2 が、信号ライン H 1 及び信号ライン H 2 に順次接続される。

【 0 0 4 6 】

より具体的には、読み出しパルス信号 S r e a d がスイッチ S W 1 及び S W 2 に与えられると、サンプルホールド回路 S H 1 のキャパシタ C P 1 0 及びサンプルホールド回路 S H 2 のキャパシタ C P 1 2 はそれぞれ、信号ライン H 1 及び信号ライン H 2 に接続される。これにより、サンプルホールド回路 S H 1 に保持された電圧が信号ライン H 1 を介して出力アンプ O A P 1 に入力される。また、サンプルホールド回路 S H 2 に保持された電圧が信号ライン H 2 を介して出力アンプ O A P 2 に入力される。出力アンプ O A P 1 及び出力アンプ O A P 2 はそれぞれ、入力された電圧を増幅して、増幅した電圧を A D C 2 2 に出力する。

【 0 0 4 7 】

A D C 2 2 は、入力された電圧信号を当該電圧信号の大きさに応じた値を有するデジタル値に変換する。A D C 2 2 によって出力されるデジタル値は、処理部 1 6 のメモリ 1 6 b に記憶される。本実施形態では、出力アンプ O A P 1 からの電圧信号に基づくデジタル値は、後述する第 1 の読出し値として、メモリ 1 6 b に記憶される。第 1 の読出し値は、第 1 の蓄積領域 f d 1 の蓄積電荷量が多いほど小さい値となる。また、出力アンプ O A P 2 からの電圧信号に基づくデジタル値は、後述する第 2 の読出し値として、メモリ 1 6 b に記憶される。第 2 の読出し値は、第 2 の蓄積領域 f d 2 の蓄積電荷量が多いほど小さい値となる。

【 0 0 4 8 】

以下、処理部 16 の制御及び演算について説明する。図 7 は、一実施形態に係る処理部 16 の制御及び演算を示すフローチャートである。また、図 8 は、一実施形態に係る距離測定装置で利用される各種信号のタイミングチャートである。処理部 16 は、各画素ユニットについて、図 7 及び図 8 を参照して以下に説明する制御及び演算を行う。

【0049】

一実施形態においては、処理部 16 の信号処理部 16 a は、まず、第 1 のリセットスイッチ RS 1 及び第 2 の RS 2 にリセットパルス信号 S r e s を与えて、第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 をリセット電位 V r に接続する。これにより、第 1 の蓄積領域 f d 1 に蓄積された電荷及び第 2 の蓄積領域 f d 2 に蓄積された電荷がリセットされて、フレーム期間 T f が開始される（ステップ S 1 1）。このフレーム期間は、次に、第 1 のリセットスイッチ RS 1 及び第 2 の RS 2 にリセットパルス信号 S r e s が与えられるまで継続する。

10

【0050】

次いで、処理部 16 は、第 1 の値 Q 1 d c (0) 及び第 2 の値 Q 2 d c (0) をセンサ部 1 4 から取得して、当該第 1 の値 Q 1 d c (0) 及び第 2 の値 Q 2 d c (0) を、初期値としてメモリ 1 6 b に記憶する（ステップ S 1 2）。

【0051】

具体的に、信号処理部 16 a は、初回の第 1 の電荷転送サイクル C y 1 の開始前に、サンプリングパルス信号 S s a m p を、スイッチ S W 1 0 及び S W 1 2 に与える。これにより、初回の第 1 の電荷転送サイクル C y 1 より前の時点に第 1 の蓄積領域 f d 1 に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 S H 1 に保持され、当該時点に第 2 の蓄積領域 f d 2 に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 S H 2 に保持される。

20

【0052】

次いで、信号処理部 16 a は、水平シフトレジスタから読み出しパルス信号 S r e a d がスイッチ S W 1 及び S W 2 に与えられるよう、水平シフトレジスタ群 H S G にスタート信号及びクロック信号を与える。これにより、第 1 の値 Q 1 d c (0) 及び第 2 の値 Q 2 d c (0) が取得される。第 1 の値 Q 1 d c (0) 及び第 2 の値 Q 2 d c (0) は、リセットパルス信号 S r e s の出力タイミングから最初のサンプリングパルス信号 S s a m p の出力タイミングまでの間に、第 1 の蓄積領域 f d 1 に蓄積された電荷量及び第 2 の蓄積領域 f d 2 に蓄積された電荷量にそれぞれ対応している。したがって、第 1 の値 Q 1 d c (0) 及び第 2 の値 Q 2 d c (0) は、光源部 1 2 からの変調光が対象物から反射することにより発生する信号光成分を反映していない。

30

【0053】

次いで、信号処理部 16 a は、n を 1 にセットして（ステップ S 1 3）、1 回目 ~ N 回目の第 1 及び第 2 の電荷転送サイクル及び 1 回目 ~ N 回目の第 1 及び第 2 の読み出しサイクルを以下に説明するように試みる。ここで、「N」は、予め設定された最大のサイクルの順番を示している。

【0054】

まず、信号処理部 16 a は、n 回目の第 1 の電荷転送サイクル C y 1 において、光源部 1 2 に駆動パルス信号 S L を与えて、光源部 1 2 から変調光を放出させる（ステップ S 1 4）。光源部 1 2 からの変調光の放出期間の時間長は、T 0 である。なお、信号処理部 16 a は、駆動パルス信号 S L として、期間 T 0 内に複数のパルス信号を光源部 1 2 に与えて、当該光源部 1 2 に複数のパルス光を放出させてもよい。

40

【0055】

信号処理部 16 a は、n 回目の第 1 の電荷転送サイクル C y 1 の第 1 の転送期間 T 1 内に第 1 の転送電極 T X 1 に H i g h レベルの電圧信号 V T X 1 が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 1 4 に与える。また、信号処理部 16 a は、n 回目の第 1 の電荷転送サイクル C y 1 の第 2 の転送期間 T 2 内に第 2 の転送電極 T X 2 に H i g h レベルの電圧信号 V T X 2 が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 1 4 に与える。

50

【 0 0 5 6 】

第 1 の転送期間 T_1 は、駆動パルス信号 S_L と同期している。即ち、駆動パルス信号 S_L の立ち上がりタイミングと電圧信号 V_{TX1} の立ち上がりのタイミングは略同期しており、駆動パルス信号 S_L の持続時間 T_0 と第 1 の転送期間 T_1 は、略同一の時間長である。

【 0 0 5 7 】

また、第 2 の転送期間 T_2 は、第 1 の転送期間 T_1 と位相反転している。即ち、第 2 の転送期間 T_2 の位相は、第 1 の転送期間 T_1 の位相から 180 度遅れている。より具体的には、電圧信号 V_{TX1} の立ち下がりタイミングと電圧信号 V_{TX2} の立ち上がりタイミングは略同期しており、第 1 の転送期間 T_1 と第 2 の転送期間 T_2 は、略同一の時間長である。なお、本実施形態では、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 は、一つの第 1 の転送期間 T_1 及び一つの第 2 の転送期間 T_2 を含んでいる。

10

【 0 0 5 8 】

また、一実施形態においては、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 の第 1 の転送期間 T_1 及び第 2 の転送期間 T_2 の間、信号処理部 16a は、第 3 の転送電極 TX_3 に Low レベルの電圧信号 V_{TX3} が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 14 に与える。第 3 の転送電極 TX_3 には、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 内の第 1 の転送期間 T_1 及び第 2 の転送期間 T_2 以外の期間に、 $High$ レベルの電圧信号 V_{TX3} が与えられる。したがって、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 の第 1 の転送期間 T_1 及び第 2 の転送期間 T_2 においては、光感応領域への入射光に応じた電荷は半導体領域 SR_3 に転送されないが、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 の第 1 の転送期間 T_1 及び第 2 の転送期間 T_2 以外の期間では、光感応領域に発生した電荷は半導体領域 SR_3 に転送されて、除去される。

20

【 0 0 5 9 】

次いで、信号処理部 16a は、第 1 の蓄積領域 fd_1 に蓄積された電荷の量に対応する第 1 の読出し値 $Q_{1ac}(n)$ 及び第 2 の蓄積領域 fd_2 に蓄積された電荷の量に対応する第 2 の読出し値 $Q_{2ac}(n)$ をセンサ部 14 から取得して、第 1 の読出し値 $Q_{1ac}(n)$ 及び第 2 の読出し値 $Q_{2ac}(n)$ をメモリ 16b に記憶する（ステップ S_{15} ）。

【 0 0 6 0 】

具体的に、信号処理部 16a は、 n 回目の第 1 の電荷転送サイクルの終了時点と n 回目の第 2 の電荷転送サイクルの開始時点との間の時点に、サンプリングパルス信号 S_{samp} をスイッチ SW_{10} 及びスイッチ SW_{12} に与える。これにより、第 1 の電荷転送サイクルの終了時と次の第 2 の電荷転送サイクルの開始時との間の時点に第 1 の蓄積領域 fd_1 に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 SH_1 に保持され、当該時点に第 2 の蓄積領域 fd_2 に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 SH_2 に保持される。

30

【 0 0 6 1 】

次いで、信号処理部 16a は、 n 回目の第 1 の読出しサイクルにおいて、水平シフトレジスタから読み出しパルス信号 S_{read} がスイッチ SW_1 及び SW_2 に与えられるよう、水平シフトレジスタ群 HSG にスタート信号及びクロック信号を与える。これにより、処理部 16 は、第 1 の読出し値 $Q_{1ac}(n)$ 及び第 2 の読出し値 $Q_{2ac}(n)$ をセンサ部 14 から取得する。第 1 の読出し値 $Q_{1ac}(n)$ は、 n 回目の第 1 の電荷転送サイクルの終了時と n 回目の第 2 の電荷転送サイクルの開始時との間の時点に第 1 の蓄積領域 fd_1 に蓄積されている電荷量に応じた値であり、第 2 の読出し値 $Q_{2ac}(n)$ は、当該時点に第 2 の蓄積領域 fd_2 に蓄積されている電荷量に対応する値である。

40

【 0 0 6 2 】

次いで、信号処理部 16a は、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 において、光源部 12 の変調光の放出を停止させる（ステップ S_{16} ）。即ち、第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 では、信号処理部 16a は、光源部 12 に駆動パルス信号を供給しない。

【 0 0 6 3 】

50

信号処理部 16 a は、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクル $Cy2$ の第 3 の転送期間 $T3$ 内に第 1 の転送電極 $TX1$ に $High$ レベルの電圧信号 V_{TX1} が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 14 に与える。また、信号処理部 16 a は、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクル $Cy2$ の第 4 の転送期間 $T4$ 内に第 2 の転送電極 $TX2$ に $High$ レベルの電圧信号 V_{TX2} が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 14 に与える。

【0064】

第 3 の転送期間 $T3$ の位相と第 4 の転送期間 $T4$ の位相との関係は、第 1 の転送期間 $T1$ の位相と第 2 の転送期間 $T2$ の位相との関係と同一である。また、第 1 の転送期間 $T1$ 、第 2 の転送期間 $T2$ 、第 3 の転送期間 $T3$ 、及び第 4 の転送期間 $T4$ は、略同一の時間長である。

10

【0065】

また、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクル $Cy2$ においても、第 3 の転送期間 $T3$ 及び第 4 の転送期間 $T4$ の間、信号処理部 16 a は、第 3 の転送電極 $TX3$ に Low レベルの電圧信号 V_{TX3} が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 14 に与える。また、信号処理部 16 a は、第 2 の電荷転送サイクル $Cy2$ 内の第 3 の転送期間 $T1$ 及び第 4 の転送期間 $T4$ 以外の期間に、第 3 の転送電極 $TX3$ に $High$ レベルの電圧信号 V_{TX3} が与えられるよう、デジタル信号をセンサ部 14 に与える。

【0066】

次いで、信号処理部 16 a は、第 1 の蓄積領域 $fd1$ に蓄積されている電荷量に対応する第 1 の読出し値 $Q1dc(n)$ 及び第 2 の蓄積領域 $fd2$ に蓄積されている電荷量に対応する第 2 の読出し値 $Q2dc(n)$ をセンサ部 14 から取得して、当該第 1 の読出し値 $Q1dc(n)$ 及び第 2 の読出し値 $Q2dc(n)$ をメモリ 16 b に記憶する（ステップ $S17$ ）。

20

【0067】

具体的に、信号処理部 16 a は、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクルの終了時と $n+1$ 回目の第 1 の電荷転送サイクルの開始時との間に、サンプリングパルス信号 S_{samp} をスイッチ $SW10$ 及びスイッチ $SW12$ に与える。これにより、第 2 の電荷転送サイクルの終了時と次の第 1 の電荷転送サイクルの開始時の間の時点に第 1 の蓄積領域 $fd1$ に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 $SH1$ に保持され、当該時点に第 2 の蓄積領域 $fd2$ に蓄積されている電荷量に対応する電圧がサンプルホールド回路 $SH2$ に保持される。

30

【0068】

次いで、信号処理部 16 a は、 n 回目の第 2 の読出しサイクルにおいて、水平シフトレジスタから読み出しパルス信号 S_{read} がスイッチ $SW1$ 及び $SW2$ に与えられるよう、水平シフトレジスタ群 HSG にスタート信号及びクロック信号を与える。これにより、処理部 16 は、第 1 の読出し値 $Q1dc(n)$ 及び第 2 の読出し値 $Q2dc(n)$ をセンサ部 14 から取得する。第 1 の読出し値 $Q1dc(n)$ は、 n 回目の第 2 の電荷転送サイクルの終了時と $n+1$ 回目の第 1 の電荷転送サイクルの開始時との間の時点に第 1 の蓄積領域 $fd1$ に蓄積されている電荷量に応じた値であり、第 2 の読出し値 $Q2dc(n)$ は、当該時点に第 2 の蓄積領域 $fd2$ に蓄積されている電荷量に対応する値である。

40

【0069】

次いで、信号処理部 16 a は、第 1 の値 $Q1(n)$ 及び第 2 の値 $Q2(n)$ を算出する（ステップ $S18$ ）。具体的には、第 1 の値 $Q1(n)$ は、第 1 の読出し値 $Q1ac(n)$ の 2 倍の値から第 1 の読出し値 $Q1dc(n-1)$ 及び第 1 の読出し値 $Q1dc(n)$ を差し引いた値として求められる。また、第 2 の値 $Q2(n)$ は、第 2 の読出し値 $Q2ac(n)$ の 2 倍の値から第 2 の読出し値 $Q2dc(n-1)$ 及び第 2 の読出し値 $Q2dc(n)$ を差し引いた値として求められる。

【0070】

次いで、信号処理部 16 a は、差分値 $k1(n)$ 及び差分値 $k2(n)$ を算出する（ステップ $S19$ ）。差分値 $k1(n)$ は、 n 回目の第 2 の読出しサイクルの第 1 の読出し値

50

$Q1dc(n)$ と $n - 1$ 回目の第2の読出しサイクルの第1の読出し値 $Q1dc(n - 1)$ との差分を求めることにより、得られる。また、差分値 $k2(n)$ は、 n 回目の第2の読出しサイクルの第2の読出し値 $Q2dc(n)$ と $n - 1$ 回目の第2の読出しサイクルの第2の読出し値 $Q2dc(n - 1)$ との差分を求めることにより、得られる。なお、第1の読出し値 $Q1dc(0)$ としては $Q1(0)$ が、第2の読出し値 $Q2dc(0)$ としては $Q2(0)$ が、代用され得る。

【0071】

次いで、信号処理部16aは、第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ 及び第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ を求める(ステップS20)。第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ は、第1の読出し値 $Q1dc(n)$ と差分値 $k1(n)$ との和を求めることにより、得られる。また、第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ は、第1の読出し値 $Q2dc(n)$ と差分値 $k2(n)$ との和を求めることにより、得られる。第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ は、 $n + 1$ 回目の第2の読み出しサイクルの第1の読出し値の予測値である。また、第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ は、 $n + 1$ 回目の第2の読み出しサイクルの第2の読出し値の予測値である。

【0072】

次いで、信号処理部16aは、第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ 及び第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ を所定の閾値 Qth と比較する(ステップS21)。一実施形態においては、閾値 Qth は、第1の蓄積領域fd1の飽和蓄積容量に対応する第1の読出し値以上、且つ、第2の蓄積領域fd2の飽和蓄積容量に対応する第2の読出し値以上の数値であるよう設定されている。第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ が閾値 Qth 以上であり、且つ、第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ が閾値 Qth 以上である場合には、ステップS21の判定結果は「No」となり、信号処理部16aの処理はステップS22に進む。ステップS22では、 n がN以上であるか否かがテストされる。ステップS22において n がNより小さい場合には、信号処理部16aは、 n の値を1だけ増分し(ステップS23)、ステップS14からの処理を繰り返す。一方、ステップS22において n がN以上である場合には、信号処理部16aの処理はステップS24に進む。

【0073】

また、ステップS21の比較の結果、第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ 又は第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ が閾値 Qth を超える、即ち、閾値よりも小さい場合には、信号処理部16aの処理はステップS24に進む。したがって、処理部16は、第1の予測値 $Q1dc(n + 1)$ 又は第2の予測値 $Q2dc(n + 1)$ が閾値 Qth を超える場合には、 $n + 1$ 回目以降の第1の読出しサイクル及び $n + 1$ 回目以降の第2の読出しサイクルの読出し値の取得及び記憶を停止する。

【0074】

閾値 Qth が、第1の蓄積領域fd1の飽和蓄積容量に対応する第1の読出し値及び第2の蓄積領域fd2の飽和蓄積容量に対応する第2の読出し値のうち大きい方の読出し値と同値である場合には、処理部16は、第1の蓄積領域fd1の飽和蓄積容量に対応する読出し値を超えない範囲の第1の読出し値を取得することができ、第2の蓄積領域fd2の飽和蓄積容量に対応する読出し値を超えない範囲の第2の読出し値を取得することができる。その結果、測定距離のダイナミックレンジが向上され得る。また、距離の測定精度が向上され得る。さらに、信号処理部16aのステップS24以後の演算を早期に開始することも可能である。

【0075】

一実施形態においては、閾値 Qth は、第1の蓄積領域fd1の飽和蓄積容量に対応する第1の読出し値及び第2の蓄積領域fd2の飽和蓄積容量に対応する第2の読出し値のうち大きい方の読出し値よりも大きな値に設定されていてもよい。この実施形態によれば、第1の蓄積領域fd1及び第2の蓄積領域fd2それぞれの蓄積電荷量と入射光量との関係の線形性が優れた範囲で、センサ部14を利用することができる。したがって、距離の測定精度がより向上され得る。

【 0 0 7 6 】

次に、信号処理部 1 6 a は、第 1 の推定値 $Q1est$ 及び第 2 の推定値 $Q2est$ を求める（ステップ S 2 4）。第 1 の推定値 $Q1est$ は、M 個の第 1 の値 $Q1(1, \dots, M)$ に基づいて算出される。具体的には、式 (1) に示すように、M 個の第 1 の値 $Q1(1, \dots, M)$ を積算した値に値 $Q1dc(0)$ を加算することにより、第 1 の推定値 $Q1est$ が算出される。

【数 1】

$$Q1est = \sum_{i=1}^M Q1(i) + Q1dc(0) \quad \dots(1)$$

10

また、第 2 の推定値 $Q2est$ は、M 個の第 2 の値 $Q2(1, \dots, M)$ に基づいて算出される。具体的には、式 (2) に示すように、M 個の第 2 の値 $Q2(1, \dots, M)$ を積算した値に値 $Q2dc(0)$ を加算することにより、第 2 の推定値 $Q2est$ が算出される。

【数 2】

$$Q2est = \sum_{i=1}^M Q2(i) + Q2dc(0) \quad \dots(2)$$

20

ここで、「n」が「N」である場合、即ち、予め定めた最大数 N まで、第 1 の読出しサイクル及び第 2 の読出しサイクルが行われている場合には、「M」は、「N」となる。一方、予め定めた最大数 N まで、第 1 の読出しサイクル及び第 2 の読出しサイクルが行われていない場合には、「M」は最終の第 1 の読出しサイクル及び第 2 の読出しサイクルの順番を示す数値となる。

【 0 0 7 7 】

次いで、信号処理部 1 6 a は、距離を算出する（ステップ S 2 5）。具体的には、信号処理部 1 6 a は、下記の式 (3) の演算により、距離 L を算出する。

【数 3】

$$L = (1/2) \times c \times T0 \times \{(Q2est \times \alpha) / (Q1est + Q2est \times \alpha)\} \quad \dots(3)$$

30

ここで、c は光速であり、 $T0$ は同量の入射光が第 1 の転送期間 $T1$ 及び第 2 の転送期間 $T2$ に光感応領域に入射したときの第 1 の読出し値と第 2 の読出し値の比である。

【 0 0 7 8 】

一実施形態においては、信号処理部 1 6 a は、各画素について算出した距離に応じた濃淡値を有する 1 行の距離画像を出力する。また、一実施形態においては、信号処理部 1 6 a はフレーム期間ごとに距離画像を更新するよう、図 7 及び図 8 を用いて説明した制御及び演算を繰り返してもよい。

【 0 0 7 9 】

ここで、 $Q1ac(n)$ 、 $Q1dc(n)$ 、 $Q2ac(n)$ 、 $Q2dc(n)$ は、下記の式 (4) により表わされる。

40

【数 4】

$$\left. \begin{aligned} Q1ac(n) &= \sum_{i=1}^n q1aa(i) + \sum_{i=1}^n q1ad(i) + \sum_{i=1}^{n-1} q1dd(i) \\ Q2ac(n) &= \sum_{i=1}^n q2aa(i) + \sum_{i=1}^n q2ad(i) + \sum_{i=1}^{n-1} q2dd(i) \\ Q1dc(n) &= \sum_{i=1}^n q1aa(i) + \sum_{i=1}^n q1ad(i) + \sum_{i=1}^n q1dd(i) \\ Q2dc(n) &= \sum_{i=1}^n q2aa(i) + \sum_{i=1}^n q2ad(i) + \sum_{i=1}^n q2dd(i) \end{aligned} \right\} \dots(4)$$

10

なお、 $q1aa$ は、 n 回目の第1の電荷転送サイクルにおける第1の蓄積領域の電荷量の増加分のうち変調光に対する対象物からの反射光、即ち信号光に基づく電荷量の増加分に対応する値である。 $q2aa$ は、 n 回目の第1の電荷転送サイクルにおける第2の蓄積領域の電荷量の増加分のうち信号光に基づく電荷量の増加分に対応する値である。 $q1ad$ は、 n 回目の第1の電荷転送サイクルにおける第1の蓄積領域の電荷量の増加分のうち信号光以外の要因に基づく電荷量の増加分に対応する値である。 $q2ad$ は、 n 回目の第1の電荷転送サイクルにおける第2の蓄積領域の電荷量の増加分のうち信号光以外の要因に基づく電荷量の増加分に対応する値である。 $q1dd$ は、 n 回目の第2の電荷転送サイクルにおける第1の蓄積領域の電荷量の増加分に対応する値である。また、 $q2dd$ は、 n 回目の第2の電荷転送サイクルにおける第2の蓄積領域の電荷量の増加分に対応する成分である。

20

【0080】

したがって、第1の値 $Q1(n)$ 及び第2の値 $Q2(n)$ は、下記の式(5)及び式(6)により表わされる。

【数 5】

$$\begin{aligned} & 2Q1ac(n) - Q1dc(n) - Q1dc(n-1) \\ &= 2\sum_{i=1}^n q1aa(i) + 2\sum_{i=1}^n q1ad(i) + 2\sum_{i=1}^{n-1} q1dd(i) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n q1aa(i) - \sum_{i=1}^n q1ad(i) - \sum_{i=1}^n q1dd(i) \\ &\quad - \sum_{i=1}^{n-1} q1aa(i) - \sum_{i=1}^{n-1} q1ad(i) - \sum_{i=1}^{n-1} q1dd(i) \\ &= q1aa(n) + q1ad(n) - q1dd(n) \approx q1aa(n) \end{aligned} \dots(5)$$

30

【数 6】

$$\begin{aligned} & 2Q2ac(n) - Q2dc(n) - Q2dc(n-1) \\ &= 2\sum_{i=1}^n q2aa(i) + 2\sum_{i=1}^n q2ad(i) + 2\sum_{i=1}^{n-1} q2dd(i) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n q2aa(i) - \sum_{i=1}^n q2ad(i) - \sum_{i=1}^n q2dd(i) \\ &\quad - \sum_{i=1}^{n-1} q2aa(i) - \sum_{i=1}^{n-1} q2ad(i) - \sum_{i=1}^{n-1} q2dd(i) \\ &= q2aa(n) + q2ad(n) - q2dd(n) \approx q2aa(n) \end{aligned} \dots(6)$$

40

50

よって、第1の値 $Q1(n)$ は、 n 回目の第1の電荷転送サイクルにおける第1の蓄積領域の電荷量の増加分のうち信号光に基づく電荷量の増加分を表している。また、第2の値 $Q2(n)$ は、 n 回目の第2の電荷転送サイクルにおける第2の蓄積領域の電荷量の増加分のうち信号光に基づく電荷量の増加分を表している。

【0081】

ステップS18、ステップS24、及びステップS25の演算を参照すれば明らかなように、第1の推定値 $Q1est$ は、第1の値 $Q1$ に基づいて算出されており、第2の推定値 $Q2est$ は第2の値 $Q2$ に基づいて算出されている。したがって、式(3)の演算により算出される距離 L は、第1の値 $Q1$ 及び第2の値 $Q2$ に基づいており、ノイズを除去した値に基づいて求められる。故に、距離測定装置10は、フレームレートを低下させず、短い期間で変動する背景光等のノイズが生じても高い精度で距離を算出することができる。

10

【0082】

また、上述した実施形態では、第1の読み出しサイクルに含まれる第1の転送期間の回数及び第2の転送期間の回数はそれぞれ、一回である。したがって、各サイクルの時間長を短くすることができる。故に、この実施形態によれば、より短い期間で変動するノイズが生じても、高い精度で距離を算出することが可能となる。

【0083】

一実施形態においては、信号処理部16aは、第1の推定値 $Q1est$ 及び第2の推定値 $Q2est$ を、以下に説明するように算出してもよい。即ち、信号処理部16aは、式(7)に示すように、第1の値 $Q1(1, \dots, M)$ を順に積算して、 M 個の第1の積算値 $Q1int(1, \dots, M)$ を求め、第2の値 $Q2(1, \dots, M)$ を順に積算して、 M 個の第2の積算値 $Q2int(1, \dots, M)$ を求める。

20

【数7】

$$\left. \begin{aligned} Q1int(j) &= \sum_{i=1}^j Q1(i) \quad (j=1, \dots, M) \\ Q2int(j) &= \sum_{i=1}^j Q2(i) \quad (j=1, \dots, M) \end{aligned} \right\} \dots(7)$$

30

【0084】

次いで、信号処理部16aは、 M 個の第1の積算値 $Q1int(1, \dots, M)$ に基づく近似式及び M 個の第2の積算値 $Q2int(1, \dots, M)$ に基づく近似式を用いて、第1の積算値 $Q1int$ の補正值及び第2の積算値 $Q2int$ の補正值を算出する。そして、信号処理部16aは、第1の積算値 $Q1int$ の補正值と値 $Q1dc(0)$ との和を求めることにより、第1の推定値 $Q1est$ を算出する。同様に、信号処理部16aは、第2の積算値 $Q2int$ の補正值と値 $Q2(0)$ との和を求めることにより、第2の推定値 $Q2est$ を算出する。一実施形態においては、第1の積算値 $Q1int$ の補正值は、 M 個の第1の値 $Q1(1, \dots, M)$ の全ての積算値の補正值であり、第2の積算値 $Q2int$ の補正值は、 M 個の第2の値 $Q2(1, \dots, M)$ の全ての積算値の補正值であり得る。なお、近似式は、最小自乗法に基づいて作成され得る。また、その他の公知の近似式の作成方法が用いられてもよい。

40

【0085】

この実施形態では、第1の推定値 $Q1est$ は、近似式を用いて算出した第1の積算値 $Q1int$ の補正值に基づいており、第2の推定値 $Q2est$ は、近似式を用いて算出した第2の積算値 $Q2int$ の補正值に基づいている。したがって、 M 個の第1の値 $Q1(1, \dots, M)$ 及び M 個の第2の値 $Q2(1, \dots, M)$ の一部が外乱等により変動しても、近似式に基づく第1の推定値 $Q1est$ 及び第2の推定値 $Q2est$ では、変動を含む読み出し値の影響が低減され得る。故に、距離の測定精度が更に向上され得る。

【0086】

50

以下、別の実施形態について説明する。図 9 は、別の実施形態に係る処理部の制御及び演算を示すフローチャートである。距離測定装置 10 の処理部 16 は、図 9 に示す制御及び演算を行ってもよい。距離測定装置 10 の処理部 16 は、図 9 のフローチャートに示す制御及び演算においては、図 7 のステップ S 18 ~ ステップ S 21 が行われない。即ち、予め定められた N 回の第 1 及び第 2 の読出しサイクルまでステップ S 14 ~ ステップ S 17 の処理が行われる。

【0087】

次いで、処理部 16 の信号処理部 16 a は、実行した N 回の第 1 及び第 2 の読出しサイクルのうち最良の M 回目の第 1 及び第 2 の読出しサイクルを特定する（ステップ S 26）。一実施形態では、最良の M 回目の読出しサイクルは、N 回の読出しサイクルのうち、所定の閾値を超えない、即ち所定の閾値以上である第 1 の読出し値 $Q1dc$ 及び第 2 の読出し値 $Q2dc$ が取得された最大の読出しサイクルとして求められ得る。この所定の閾値は、第 1 の蓄積領域 $f d 1$ の飽和電荷量に対応する読出し値、及び、第 2 の蓄積領域 $f d 2$ の飽和電荷量に対応する読出し値のうち大きい方の読出し値以上の値として設定され得る。

10

【0088】

次いで、第 1 の推定値 $Q1est$ 及び第 2 の推定値 $Q2est$ を算出する（ステップ S 27）。一実施形態においては、第 1 の推定値 $Q1est$ は、式 (8) に示すように、ステップ S 18 及びステップ S 24 にて上述した第 1 の値 $Q1(1, \dots, M)$ の積算値と値 $Q1dc(0)$ との加算により求められる。また、第 2 の推定値 $Q2est$ は、第 2 の値 $Q2(1, \dots, M)$ の積算値と値 $Q2dc(0)$ との加算により求められる。

20

【数 8】

$$\left. \begin{aligned} Q1est &= \sum_{i=1}^M (2 \times Q1ac(i) - Q1dc(i) - Q1dc(i-1)) + Q1dc(0) \\ Q2est &= \sum_{i=1}^M (2 \times Q2ac(i) - Q2dc(i) - Q2dc(i-1)) + Q2dc(0) \end{aligned} \right\} \dots(8)$$

【0089】

別の実施形態においては、第 1 の推定値 $Q1est$ は、M 個の第 1 の値 $Q1(1, \dots, M)$ を求め、式 (7) に示すように第 1 の値 $Q1(1, \dots, M)$ を順に積算して、M 個の第 1 の積算値 $Q1int(1, \dots, M)$ を求め、M 個の第 1 の積算値 $Q1int(1, \dots, M)$ に基づく近似式を用いて第 1 の積算値 $Q1int$ の補正值を算出し、当該補正值と $Q1dc(0)$ との和を求めることにより、得られる。また、第 2 の推定値 $Q2est$ は、M 個の第 2 の値 $Q2(1, \dots, M)$ を求め、式 (7) に示すように第 2 の値 $Q2(1, \dots, M)$ を順に積算して、M 個の第 2 の積算値 $Q2int(1, \dots, M)$ を求め、M 個の第 2 の積算値 $Q2int(1, \dots, M)$ に基づく近似式を用いて第 2 の積算値 $Q2int$ の補正值を算出し、当該補正值と $Q2dc(0)$ との和を求めることにより、得られる。

30

【0090】

図 9 に示すフローチャートにおいては、信号処理部 16 a は、ステップ S 27 で得られた第 1 の推定値 $Q1est$ 及び第 2 の推定値 $Q2est$ を用いて、式 (3) に従い距離 L を算出する。このように、予め定められた N 回の第 1 及び第 2 の読出しサイクルの後に、最良のサイクル M を特定して、距離 L を算出してもよい。

40

【0091】

次に、図 10 を参照して、更に別の実施形態について説明する。図 10 は、別の実施形態に係る距離測定装置で利用される各種信号のタイミングチャートである。図 10 のタイミングチャートに示すように、一実施形態においては、各第 1 の電荷転送サイクル $Cy1$ 内に、光源部 12 から変調光の複数回の放出期間が設けられている。即ち、各第 1 の電荷転送サイクル $Cy1$ における複数の放出期間において、駆動パルス信号が光源部 12 に与えられる。

50

【 0 0 9 2 】

図 10 においては、各第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 において、変調光の三回の放出期間が設けられている。各回の変調光の放出期間に同期して第 1 の転送期間 T_1 が設けられており、第 1 の転送期間 T_1 と位相反転した第 2 の転送期間 T_2 が設けられている。したがって、各第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 には、3 回の第 1 の転送期間 T_1 及び 3 回の第 2 の転送期間 T_2 が設けられている。また、各第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 の第 3 の転送期間 T_3 の時間長は、第 1 の転送期間 T_1 の 3 倍の時間長に設定されており、各第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 の第 4 の転送期間 T_4 の時間長は、第 2 の転送期間 T_2 の時間長の 3 倍の時間長に設定されている。

【 0 0 9 3 】

10

したがって、各第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 において第 1 の蓄積領域 fd_1 に電荷を蓄積させる時間長、各第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 において第 2 の蓄積領域 fd_2 に電荷を蓄積させる時間長、各第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 において第 1 の蓄積領域 fd_1 に電荷を蓄積させる時間長、及び、各第 2 の電荷転送サイクル Cy_2 において第 2 の蓄積領域 fd_2 に電荷を蓄積させる時間長は、実質的に同じ時間長となる。このように、第 1 の電荷転送サイクル Cy_1 内に、複数回の変調光の放出期間、複数回の第 1 の転送期間 T_1 、及び複数回の第 2 の転送期間 T_2 が設けられていてもよい。

【 0 0 9 4 】

以下、図 11 及び図 12 を参照して更に別の実施形態について説明する。図 11 は、更に別の実施形態に係るセンサの一例を示す図である。図 12 は、更に別の実施形態に係るセンサ部の一つの画素ユニットと当該画素ユニット用の対応のサンプルホールド回路の回路図である。距離測定装置 10 は、センサ 18 に代えて、図 11 に示すセンサ 18A を有していてもよい。センサ 18A は、 $I \times J$ 個の画素ユニット $P(i, j)$ を有する撮像領域 IR を有している。ここで、 i は $1 \sim I$ の整数であり、 j は $1 \sim J$ の整数であり、 I 及び J は 2 以上の整数である。 $I \times J$ 個の画素ユニット $P(i, j)$ は、 I 行 J 列に配列されている。撮像領域 IR には、画素ユニットの各列用の二つの垂直信号ライン $V_1(j)$ 及び $V_2(j)$ が設けられている。

20

【 0 0 9 5 】

図 12 に示すように、センサ 18A の画素ユニット $P(i, j)$ の回路 A1 の出力にはスイッチ SW_{20} が接続されており、当該スイッチ SW_{20} は対応の垂直信号ライン $V_1(j)$ を介して対応のサンプルホールド回路 SH_1 のスイッチ SW_{10} に接続されている。また、画素ユニット $P(i, j)$ の回路 A2 の出力にはスイッチ SW_{22} が接続されており、当該スイッチ SW_{22} は対応の垂直信号ライン $V_2(j)$ を介して対応のサンプルホールド回路 SH_2 のスイッチ SW_{12} に接続されている。

30

【 0 0 9 6 】

センサ 18A は、更に垂直シフトレジスタ群 VSG を更に有している。垂直シフトレジスタ群 VSG は、垂直方向に配列された複数の垂直シフトレジスタを含んでいる。各垂直シフトレジスタは例えばフリップフロップを含んでいる。配列方向において一端に設けられた垂直シフトレジスタには、信号処理部 16a からスタート信号が与えられる。また、全ての垂直シフトレジスタには、信号処理部 16a からクロック信号が与えられる。垂直シフトレジスタ群 VSG は、スタート信号及びクロック信号を受けると、複数の画素ユニット $P(i, j)$ のスイッチ SW_{20} 及びスイッチ SW_{22} に、行選択信号を行順に順次与える。これにより、各列の複数の画素ユニット (i, j) の回路 A1 及び A2 の出力は、対応の垂直信号ライン $V_1(j)$ 及び $V_2(j)$ に順次接続されて、複数の画素ユニット $P(i, j)$ の出力電圧が、対応のサンプルホールド回路 SH_1 及び SH_2 に、行順に順次保持される。また、各行内の複数の画素ユニット (j, i) の出力電圧が対応のサンプルホールド回路 SH_1 及び SH_2 に保持されると、サンプルホールド回路 SH_1 及び SH_2 に保持された電圧は、水平シフトレジスタ群 HSG から与えられる読み出しパルス信号により、信号ライン H_1 及び H_2 に列順に順次結合される。そして、図 7 又は図 9 で説明した演算を各画素ユニットについて行うことにより、信号処理部 16a は二次元の距離

40

50

画像を形成することができる。

【 0 0 9 7 】

なお、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、図 1 1 に示した実施形態では、画素ユニットの列ごとに対応のサンプルホールド回路 S H 1 及び S H 2 が設けられているが、画素ユニットごとに対応のサンプルホールド回路 S H 1 及び S H 2 が設けられていてもよい。また、撮像領域 I R の画素ユニットの個数は、一つであってもよい。また、図 7 及び図 9 で説明したフローチャートにおける複数のステップの順序は、それら実施形態の目的と矛盾しない範囲で任意に変更可能である。

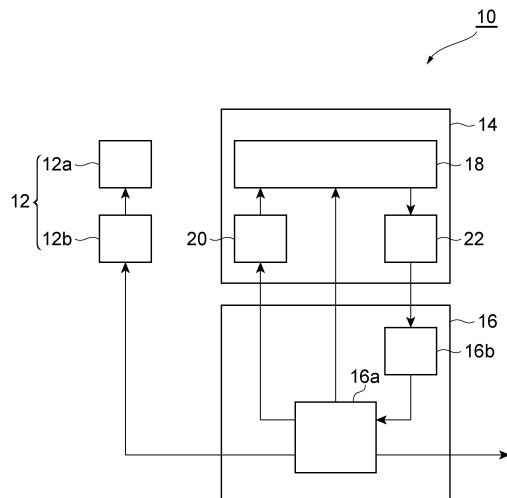
【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

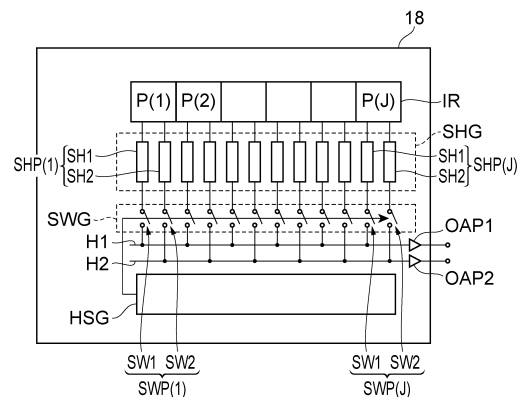
1 0 ... 距離測定装置、1 2 ... 光源部、1 2 a ... レーザダイオード、1 2 b ... ドライバ回路、1 4 ... センサ部、1 6 ... 処理部、1 6 a ... 信号処理部、1 6 b ... メモリ、1 8 ... センサ、2 0 ... D A C (デジタル - アナログ変換部)、2 2 ... A D C (アナログ - デジタル変換部)、f d 1 ... 第 1 の蓄積領域、f d 2 ... 第 2 の蓄積領域、T X 1 ... 第 1 の転送電極、T X 2 ... 第 2 の転送電極、A 1 ... 電荷 - 電圧変換回路 (第 1 の変換部)、A 2 ... 電荷 - 電圧変換回路 (第 2 の変換部)、S H 1 ... 第 1 のサンプルホールド回路、S H 2 ... 第 2 のサンプルホールド回路。

10

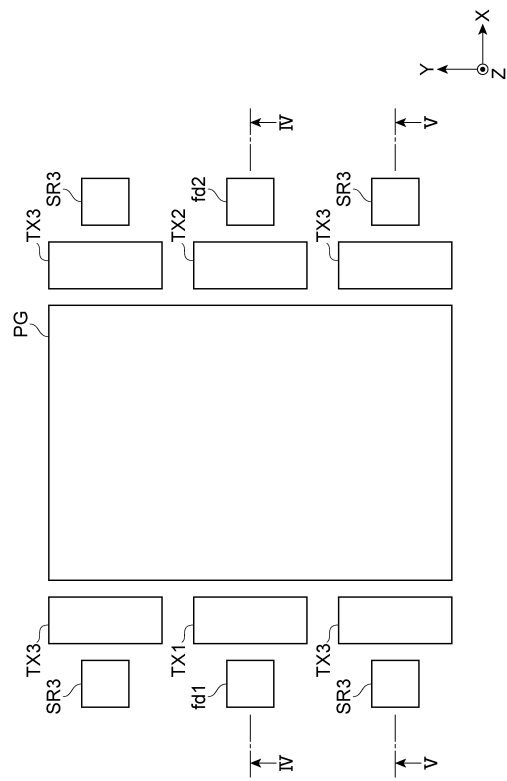
【 図 1 】



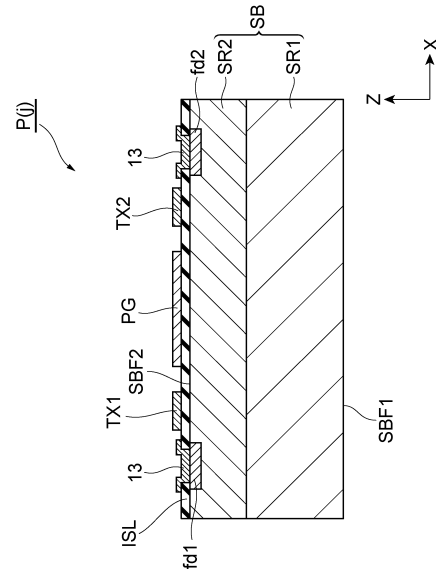
【 図 2 】



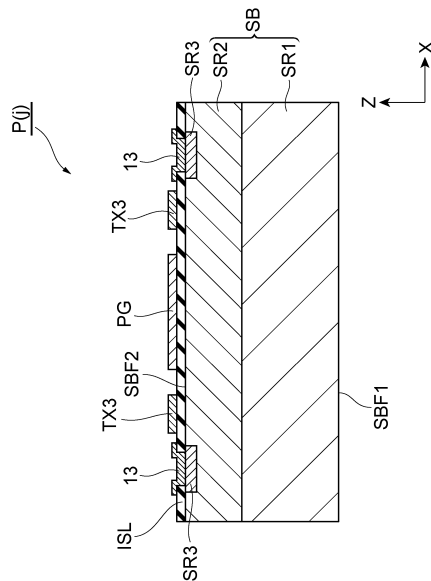
【図 3】



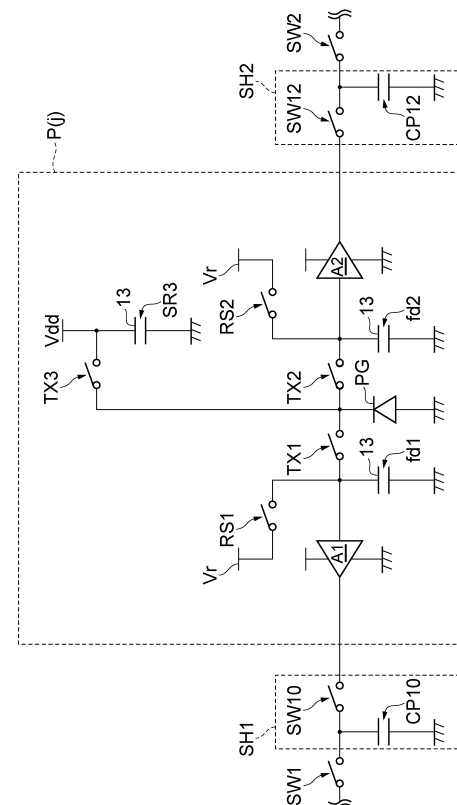
【図 4】



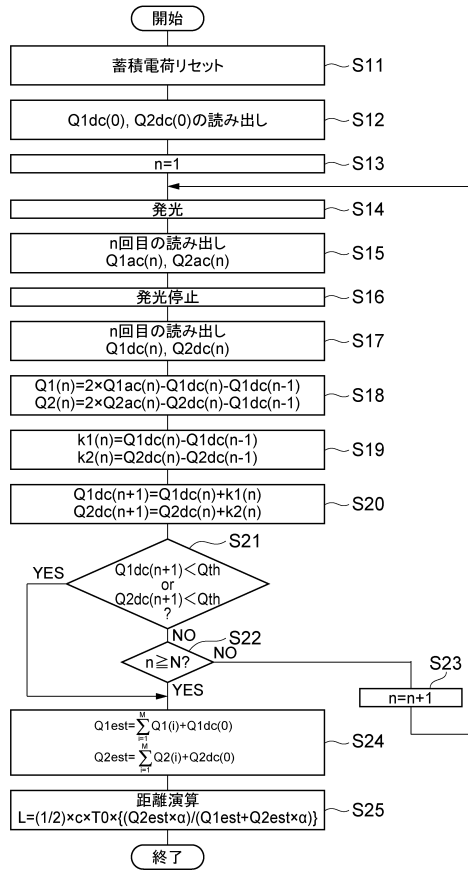
【図 5】



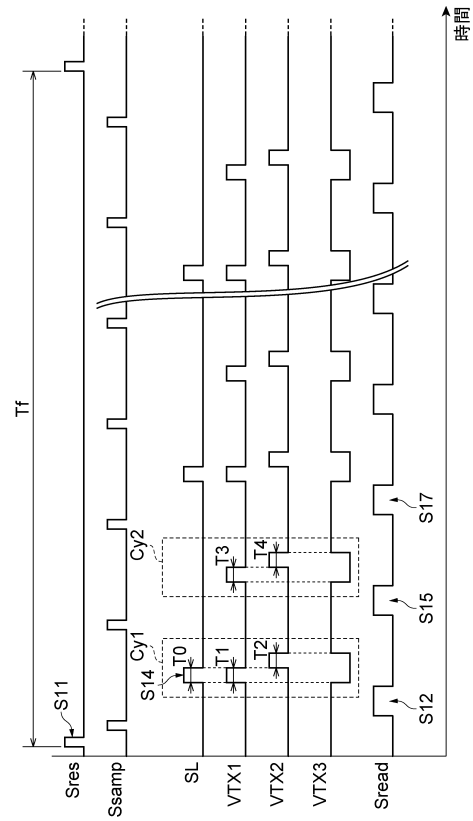
【図 6】



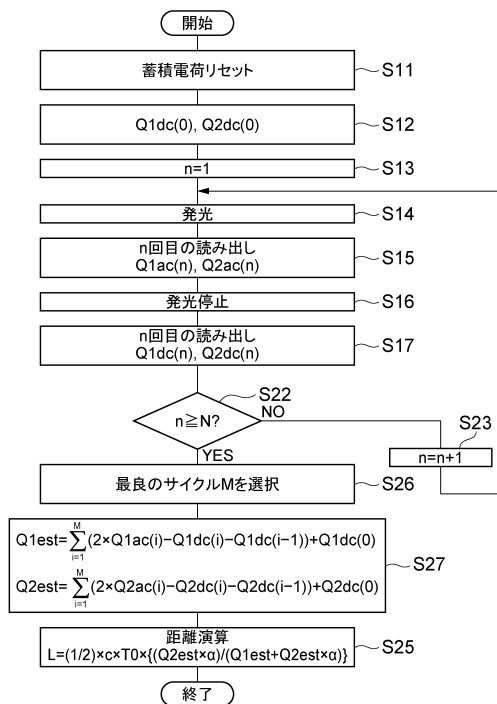
【図 7】



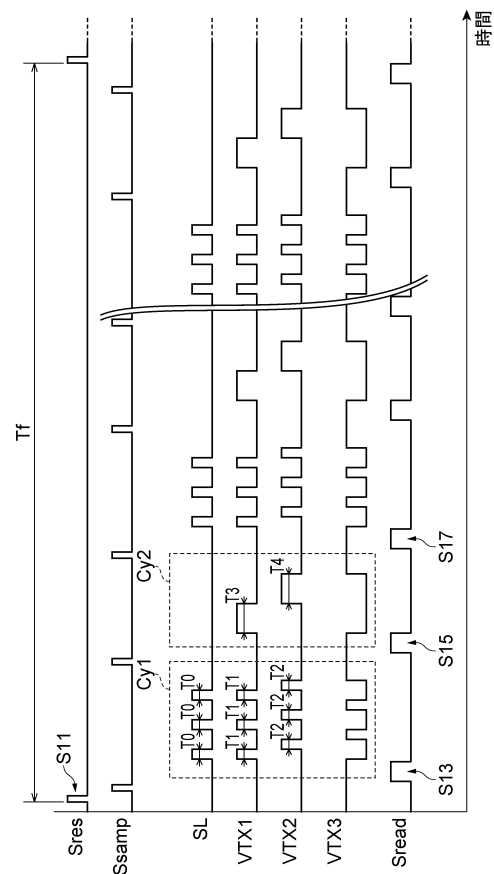
【図 8】



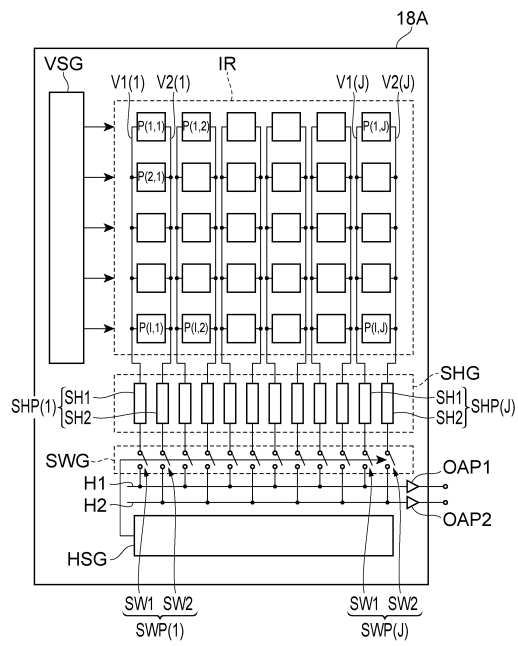
【図 9】



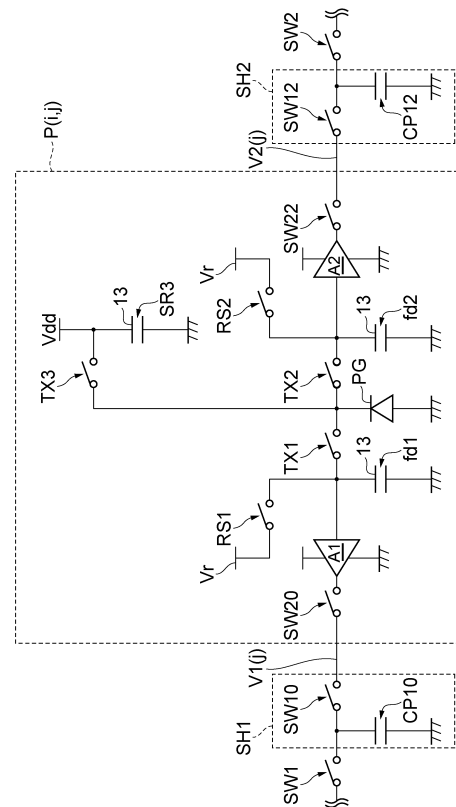
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 高志

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 平光 純

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 中村 説志

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 2 9 4 4 2 0 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 3 5 8 9 3 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 0 4 1 9 4 3 (J P , A)

特開昭 5 7 - 1 7 9 7 7 2 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 1 7 9 9 2 6 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 3 7 2 4 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 S 7 / 4 8 - 7 / 5 1

G 0 1 S 1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5