

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/133053

発行日 平成29年12月7日 (2017.12.7)

(43) 国際公開日 平成28年8月25日 (2016.8.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 17/89 (2006.01)	GO1S 17/89	2F112
GO1C 3/06 (2006.01)	GO1C 3/06 120Q	5J084
	GO1C 3/06 110B	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 22 頁)

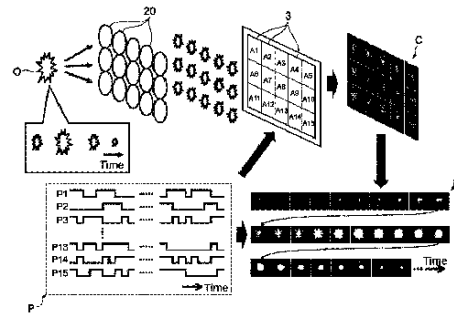
出願番号 特願2017-500669 (P2017-500669)	(71) 出願人 304023318 国立大学法人静岡大学 静岡県静岡市駿河区大谷836
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/054316	
(22) 国際出願日 平成28年2月15日 (2016.2.15)	
(31) 優先権主張番号 特願2015-32121 (P2015-32121)	(74) 代理人 100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(32) 優先日 平成27年2月20日 (2015.2.20)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(74) 代理人 100124800 弁理士 諏澤 勇司
	(72) 発明者 香川 景一郎 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立 大学法人静岡大学内
	(72) 発明者 川人 祥二 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立 大学法人静岡大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 距離画像計測装置

(57) 【要約】

この距離画像計測装置 1 は、光源 2 から照射され対象物 O にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部 1 2、当該受光部 1 2 から転送された電荷を蓄積する電荷蓄積部 1 3、当該受光部 1 2 から転送された電荷を排出する電荷排出部 1 4、及び、電荷の転送先を制御する複数の制御パターン P に従い、当該受光部 1 2 から電荷蓄積部 1 3 又は電荷排出部 1 4 への電荷の転送を制御するゲート電極 1 5、をそれぞれ有する複数の画素部 X_{ij} が配列された撮像素子 3 と、電荷蓄積部 1 3 に蓄積した複数の電荷量 Q 及び複数の制御パターン P に基づき、光源 2 から受光部 1 2 に至るまでのパルス光の光飛行時間を推定する制御手段 4 及び信号処理回路 5 と、を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部、前記受光部に接続され、当該受光部から前記電荷が転送されると共に当該電荷を蓄積することで電荷信号を出力する電荷蓄積部、及び、前記受光部に接続され、前記電荷の転送を制御する所定期間の複数の制御パターンに従い、当該受光部から前記電荷蓄積部への前記電荷の転送を制御するゲート部、をそれぞれ有する複数の画素部が 2 次元状に配列された撮像素子と、前記複数の制御パターンのそれぞれに従い前記ゲート部が前記電荷の転送を制御することで前記電荷蓄積部から出力された複数の前記電荷信号、及び、当該複数の制御パターンに基づき、前記受光部に至るまでの前記パルス光の光飛行時間を推定する処理部と、を備える距離画像計測装置。

10

【請求項 2】

前記処理部は、前記複数の電荷信号、及び、前記複数の制御パターンから逆問題を解くことで算出される光飛行時間ヒストグラムから前記光飛行時間を推定し、前記光飛行時間ヒストグラムは、前記受光部から前記電荷蓄積部へ前記電荷が転送されたタイミングの頻度分布に対応している請求項 1 に記載の距離画像計測装置。

【請求項 3】

前記処理部は、前記光飛行時間ヒストグラムのピーク位置から前記光飛行時間を推定する請求項 2 に記載の距離画像計測装置。

20

【請求項 4】

前記処理部は、前記光飛行時間ヒストグラムのピーク位置の近傍における前記頻度分布の重心から前記光飛行時間を推定する請求項 2 に記載の距離画像計測装置。

【請求項 5】

前記複数の制御パターンは、前記電荷の転送をオン/オフするランダムなパルス状のパターンである請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【請求項 6】

複数の前記撮像素子を有し、同一の前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、同一の前記制御パターンに従い前記電荷の転送を制御し、互いに異なる前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、互いに異なる前記複数の制御パターンに従い前記電荷の転送を制御する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

30

【請求項 7】

複数の前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、同一の前記制御パターンに従い前記電荷の転送を制御し、前記処理部は、複数の当該撮像素子のそれぞれから出力された複数の前記画素部の前記電荷信号を含む圧縮画像から、ステレオ法によりデプスマップを推定し、前記処理部は、当該デプスマップから得られる視差情報に基づき前記圧縮画像の視差及び倍率を補正し、補正された複数の前記圧縮画像、及び、複数の前記制御パターンに基づき前記光飛行時間を推定し、前記処理部は、前記画素部毎に求める距離として、所定距離以上の距離については当該光飛行時間から求まる距離を用いると共に、所定距離未満の距離については前記デプスマップにより得られる距離を用いる請求項 6 に記載の距離画像計測装置。

40

【請求項 8】

1 つの前記撮像素子を有し、前記画素部は、それぞれ、複数の前記電荷蓄積部を有し、前記画素部のそれぞれにおいて、前記ゲート部は、互いに異なる前記電荷蓄積部を前記電荷の転送先とする前記複数の制御パターンに順次従い、前記複数の電荷蓄積部への前記電荷の転送を制御する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

50

【請求項 9】

1つの前記撮像素子を有し、

前記画素部は、それぞれ、複数の前記電荷蓄積部を有し、

前記画素部のそれぞれにおいて、前記ゲート部は、前記電荷の転送先が互いに異なる前記複数の制御パターンを、前記電荷が複数の前記電荷蓄積部へ同時に転送されないように並列的に組み合わせた複合制御パターンに従い、前記電荷の転送を制御する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【請求項 10】

互いに近接している前記複数の画素部に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、互いに異なる前記複数の制御パターンに従い前記電荷の転送を制御し、

前記処理部は、互いに近接している前記複数の画素部の有する前記電荷蓄積部によって出力された前記複数の電荷信号、及び、前記複数の制御パターンに基づき前記光飛行時間を推定する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、距離画像計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、パルス光を対象物へ照射し、その反射光を検出することによって当該パルス光の光飛行時間を計測する距離画像計測装置が知られている。例えば、特許文献 1 に記載された距離計測装置では、パルス幅が受光部の応答時間よりも十分短いパルス光を対象物へ照射する照射タイミングが制御され、その照射タイミングを基準とした 2 種類の位相の制御パルス電圧がゲート電圧に印加される。これにより、受光部においてパルス光の入射に応じて変換された電荷が、電荷蓄積部に変調されて蓄積される。そして、これら 2 種類の位相の制御パルス電圧によって変調された第 1 及び第 2 の電荷が、電荷読出部によって第 1 及び第 2 の電気信号として読み出され、算出部によって第 1 及び第 2 の電気信号を基に対象物までの距離が算出される。これにより、対象物の距離画像が生成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2014/181619 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上述したような距離画像計測器は、例えば自動車の衝突防止・自動運転等を含む各種技術への応用が期待されている。しかしながら、これらの技術へ応用するためには、センサチップ上における電気信号の処理回路の巨大化を抑制しつつ、近距離から長距離までの距離計測レンジの広さと、距離分解能の高さと、を更に向上させることが望まれる。

【0005】

そこで、本発明の一形態は、簡素な処理回路によって、広い距離計測レンジ及び高い距離分解能を両立できる距離画像計測装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一形態に係る距離画像計測装置は、対象物にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部、受光部に接続され、当該受光部から電荷が転送されると共に当該電荷を蓄積することで電荷信号を出力する電荷蓄積部、及び、受光部に接続され、電荷の転送を制御する所定期間の複数の制御パターンに従い、当該受光部から電荷蓄積部への電荷の転送を制御するゲート部、をそれぞれ有する複数の画素部が 2 次

10

20

30

40

50

元状に配列された撮像素子と、複数の制御パターンのそれぞれに従いゲート部が電荷の転送を制御することで電荷蓄積部から出力された複数の電荷信号、及び、当該複数の制御パターンに基づき、受光部に至るまでのパルス光の光飛行時間を推定する処理部と、を備える。

【0007】

本発明の一形態に係る距離画像計測装置によれば、複数の画素部が2次元状に配列された撮像素子において、対象物にて反射されそれぞれの画素部の受光部へ入射したパルス光が電荷に変換される。この電荷は、複数の制御パターンに従い、ゲート部により電荷蓄積部への転送が制御される。電荷蓄積部へ転送された電荷は当該電荷蓄積部に蓄積された後、電荷信号として出力される。そして、処理部によって、電荷蓄積部から出力された複数の電荷信号、及び、複数の制御パターンに基づき、パルス光の光飛行時間が推定される。このように、電荷信号及び制御パターンから圧縮サンプリングにより光飛行時間を推定して距離画像を計測することにより、センサチップ上における電気信号の処理回路の巨大化を抑制できる。また、これによって、高効率の並列処理回路により処理できるため、近距離から長距離までの広い距離計測レンジ、及び、高い距離分解能を両立できる。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明の一形態によれば、簡素な処理回路によって、広い距離計測レンジ及び高い距離分解能を両立できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一形態に係る距離画像計測装置を用いた距離画像計測システムを示す概略構成図である。

【図2】図1の距離画像計測装置に用いられる撮像素子の概略構成を示すブロック図である。

【図3】図2の撮像素子内の画素部の概略構成を示す回路図である。

【図4】第1実施形態に係る距離画像計測装置を用いた距離画像の生成手順を示す概略図である。

【図5】光飛行時間ヒストグラムを示す概略図である。

【図6】第1実施形態の変形例において、複数の撮像素子のそれぞれに対応する制御パターンの一例を示す概略図である。

30

【図7】第1実施形態の変形例において、距離画像の生成時における距離画像計測装置の動作を示すフローチャートである。

【図8】第2実施形態に係る距離画像計測装置に用いられる画素部を示す概略平面図である。

【図9】第2実施形態における複数の制御パターンの一例を示す概略図である。

【図10】第2実施形態の変形例における複数の制御パターンの一例を示す概略図である。

【図11】第2実施形態の別の変形例における複数の制御パターンの一例を示す概略図である。

40

【図12】第2実施形態の更に別の変形例における複数の制御パターンの一例を示す概略図である。

【図13】実施例1における圧縮画像及び距離画像を示す図である。

【図14】実施例2における圧縮画像及び距離画像を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しつつ本発明に係る距離画像計測装置の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては、同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0011】

50

[第 1 実施形態]

図 1 は、本発明の一形態に係る距離画像計測装置を用いた距離画像計測システムを示す概略構成図である。図 1 に示されるように、距離画像計測システム 100 は、TOF (Time of flight) 法を用いて対象物 O の距離画像を生成する装置である。距離画像計測システム 100 は、距離画像計測装置 1 と、光源 2 と、を備えている。光源 2 は、対象物 O へレーザ光等のパルス光を照射するための装置である。

【 0012 】

距離画像計測装置 1 は、撮像素子 3 と、レンズ 20 と、制御手段 (処理部) 4 と、信号処理回路 (処理部) 5 と、を備えている。レンズ 20 は、対象物 O にて反射されたパルス光を集光して撮像素子 3 へ入射させる。本実施形態では、撮像素子 3 は複数設けられている。制御手段 4 は、複数の撮像素子 3 のそれぞれに対して、当該撮像素子 3 に適用する制御パターン P (詳細は後述) を出力する。これと共に、制御手段 4 は、出力した制御パターン P と同期するように、光源 2 の発光タイミングを制御する。また、制御手段 4 は、複数の撮像素子 3 のそれぞれに適用した複数の制御パターン P の情報を信号処理回路 5 へ出力する。信号処理回路 5 は、複数の撮像素子 3 から入力される複数の電荷信号と、制御手段 4 から入力される複数の制御パターン P と、に基づき、パルス光の光飛行時間を推定する。

【 0013 】

図 2 は、図 1 の距離画像計測装置に用いられる撮像素子の概略構成を示すブロック図である。図 2 に示されるように、撮像素子 3 には、複数の画素部 X_{ij} (i は 1 ~ m の整数、 j は 1 ~ n の整数) が 2 次元マトリクス状に配列されており、方形状の撮像領域を構成している。そして、この撮像領域の周辺部には、複数の画素部 X_{ij} の水平方向の画素行に沿って水平走査回路 (制御手段) 6 が設けられると共に、複数の画素部 X_{ij} の垂直方向の画素列に沿って垂直走査回路 (制御手段) 7 が設けられている。これらの水平走査回路 6 及び垂直走査回路 7 にはタイミング発生回路 (制御手段) 8 が接続されている。

【 0014 】

撮像素子 3 では、タイミング発生回路 8、水平走査回路 6 及び垂直走査回路 7 によって撮像素子 3 内の画素部 X_{ij} が順次走査され、画素信号の読み出しや初期化が実行される。すなわち、撮像素子 3 を垂直走査回路 7 によって各画素行単位で垂直方向に走査することにより、走査された画素列に含まれる各画素列の画素信号を画素列毎に設けられた垂直信号線によって読み出す構成となっている。各画素列の画素信号の読み出しは、垂直信号線毎に設けられたノイズキャンセル回路 (信号処理回路) 9、及び出力バッファ回路 (信号処理回路) 10 を経由して出力することにより行われる。さらに、各画素列の画素信号の読み出し時には、水平走査回路 6 によって画素部 X_{ij} の水平方向の走査が行われる。タイミング発生回路 8 は、上述したような撮像素子 3 の画素部 X_{ij} の垂直走査及び水平走査のタイミングの制御を行うと共に、光源 2 のパルス光の照射タイミングを基準にした各画素部 X_{ij} における電荷蓄積及び電荷排出のタイミングの制御を行う。

【 0015 】

図 3 は、図 2 の撮像素子内の画素部の概略構成を示す回路図である。図 3 に示されるように、画素部 X_{ij} 内には画素回路として機能する半導体素子 11 が複数配列されて設けられている。半導体素子 11 には、受光部 12 と、電荷蓄積部 13 と、電荷排出部 14 と、ゲート電極 (ゲート部) 15 と、がそれぞれ設けられている。受光部 12 は、半導体素子 11 に設けられた埋め込みフォトダイオードであり、光源 2 から照射され対象物 O にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する。電荷蓄積部 13 は、受光部 12 に接続され、受光部 12 が生成した電荷が受光部 12 から転送されると共に、この電荷を蓄積する。電荷排出部 14 は、受光部 12 に接続され、受光部 12 が生成した電荷が受光部 12 から転送されると共に、この電荷を排出する。ゲート電極 15 は、受光部 12 に接続され、受光部 12 と電荷排出部 14 との間に形成される転送チャネルの電位を制御して、受光部 12 から電荷蓄積部 13 又は電荷排出部 14 への電荷の転送を制御する。

。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

ゲート電極 1 5 に低電圧を印加した際には、受光部 1 2 と電荷排出部 1 4 との間に電位障壁が形成される。これにより受光部 1 2 と電荷排出部 1 4 との間の転送チャネルが閉じられ、パルス光の入射に伴って生成される電荷は全てが電荷蓄積部 1 3 に転送される。その一方で、ゲート電極 1 5 に高電圧を印加した際には、受光部 1 2 と電荷排出部 1 4 との間の電位障壁が無くなり電位勾配が形成される。これにより受光部 1 2 と電荷排出部 1 4 との間の転送チャネルが開かれ、パルス光の入射に伴って生成される電荷は全てが電荷排出部 1 4 に転送される。すなわち、ゲート電極 1 5 に高電圧を印加した際には、受光部 1 2 と電荷排出部 1 4 との間の転送チャネルの電荷転送効果の方が、受光部 1 2 と電荷蓄積部 1 3 との間の電荷転送効果よりも支配的であるため、生成される電荷は全てが電荷排出部 1 4 に転送される。このように、ゲート電極 1 5 は、受光部 1 2 から電荷蓄積部 1 3 又は電荷排出部 1 4 への電荷の転送を制御するためのバーチャルスイッチ 1 6 としての機能も併せ持つ。

10

【 0 0 1 7 】

ゲート電極 1 5 は、タイミング発生回路 8 から印加される制御パルス電圧 T D が与えられることにより、複数の制御パターン P に従い電荷の転送先を電荷蓄積部 1 3 とするか電荷排出部 1 4 とするかを制御を行う (図 4 参照) 。制御パターン P は、電荷の転送先として電荷蓄積部 1 3 又は電荷排出部 1 4 のいずれかを択一的に指定するようにオン / オフすると共に、所定期間においてその転送先を時間の経過に伴いランダムに変更するパルス状パターンである。また、複数の制御パターン P のそれぞれは、互いに異なるパターンで電荷の転送先を指定する。

20

【 0 0 1 8 】

更に、画素部 X_{ij} には、制御パターン P の印加に伴って電荷蓄積部 1 3 に蓄積された電荷を電気信号 (電荷信号) として読み出す電荷読出回路 1 8 が設けられている。この電荷読出回路 1 8 は、信号読み出しトランジスタ 1 8 a と、スイッチングトランジスタ 1 8 b と、リセットトランジスタ 1 8 c とを含んで構成されている。信号読み出しトランジスタ 1 8 a のゲート電極は電荷蓄積部 1 3 に接続され、信号読み出しトランジスタ 1 8 a のドレイン電極は電源に接続され、信号読み出しトランジスタ 1 8 a のソース電極は、画素選択用のスイッチングトランジスタ 1 8 b のドレイン電極に接続されている。スイッチングトランジスタ 1 8 b のソース電極は垂直信号線に接続され、スイッチングトランジスタ 1 8 b のゲート電極には、画素列の選択用制御信号 S が垂直走査回路 7 から与えられる。選択用制御信号 S をハイレベルに設定することにより、スイッチングトランジスタ 1 8 b が導通され、電荷蓄積部 1 3 に蓄積された電荷量 Q が信号読み出しトランジスタ 1 8 a で増幅され、増幅された電荷量に対応する電位の電気信号が垂直信号線に出力される。リセットトランジスタ 1 8 c は、そのソース電極が電荷蓄積部 1 3 に接続され、そのドレイン電極は電源に接続され、そのゲート電極には垂直走査回路 7 からリセット信号 R が与えられる。このリセットトランジスタ 1 8 c は、リセット信号 R がハイレベルに設定された際に、電荷蓄積部 1 3 に蓄積された電荷を吐き出すことにより電荷蓄積部 1 3 をリセットする。

30

【 0 0 1 9 】

距離画像計測装置 1 は、上述した撮像素子 3 を複数備えている。これらの撮像素子 3 は、2次元マトリクス状に配列されており、ここでは垂直方向に3行、水平方向に5列の合計15個の撮像素子3が配列されている。これらの撮像素子3のうち、同一の撮像素子3に含まれるゲート電極15のそれぞれは、同一の制御パターンPに従い電荷の転送を制御する。

40

【 0 0 2 0 】

上記構成に加えて、距離画像計測装置1の信号処理回路5は、算出回路19を備えている (図2参照) 。算出回路19は、タイミング発生回路8によるタイミング制御により画素部 X_{ij} から読み出された電気信号を基に、対象物 O の距離画像を生成する。具体的には、算出回路19は、複数の制御パターンPのそれぞれに従いゲート電極15が電荷の転送

50

を制御することで電荷蓄積部 13 から出力された複数の電気信号の示す電荷量 Q 、及び、これら複数の制御パターン P に基づき、光源 2 から受光部 12 に至るまでのパルス光の光飛行時間を画素部 X_{ij} 毎に推定する。そして、算出回路 19 は、この光飛行時間に基づき対象物 O の距離画像を生成する。

【0021】

次に、距離画像計測装置 1 の動作について説明する。図 4 は、第 1 実施形態に係る距離画像計測装置を用いた距離画像の生成手順を示す概略図であり、図 5 は、光飛行時間ヒストグラムを示す概略図である。図 4 に示されるように、光源 2 から照射され対象物 O にて反射されたパルス光は、複数（ここでは、15 個）の撮像素子 3 のそれぞれに対応する複数（ここでは、撮像素子 3 の数に対応して 15 個）のレンズ 20 によって集光されて、当該撮像素子 3 へ入射する。

10

【0022】

図 4 において $A_1 \sim A_{15}$ で示される 15 個の撮像素子 3 において、同一の撮像素子 3 に含まれるゲート電極 15 のそれぞれは、同一の制御パターン P に従い電荷の転送を制御する。また、上記 15 個の撮像素子 3 において、異なる撮像素子 3 に含まれるゲート電極 15 のそれぞれは、互いに異なる制御パターン P に従い電荷の転送を制御する。

【0023】

ある 1 つの撮像素子 3 に着目すると、当該撮像素子 3 の有する画素部 X_{ij} のそれぞれには、対象物 O のうち互いに異なる点にて反射されることで、その点のレンズ 20 からの距離に応じた光飛行時間のパルス光が入射する。そして、画素部 X_{ij} に入射した当該パルス光によって生成された電荷のうち、制御パターン P が電荷の転送先として電荷蓄積部 13 を指定しているタイミングで生成された電荷のみが、その画素部 X_{ij} の電荷蓄積部 13 に転送され蓄積される。このようにして撮像素子 3 のそれぞれの画素部 X_{ij} の電荷蓄積部 13 に蓄積された電荷の電荷量 Q から、圧縮画像 C が生成される。

20

【0024】

互いに異なる撮像素子 3 同士に着目すると、当該撮像素子 3 同士では対応する制御パターン P が互いに異なる。一例として、図 4 に示す例では、 $A_1 \sim A_{15}$ で示される 15 個の撮像素子 3 には、それぞれ $P_1 \sim P_{15}$ で示されるような互いに異なる 15 パターンの制御パターン P が対応する。このため、それぞれの撮像素子 3 の複数の電荷蓄積部 13 に蓄積される電荷の電荷量 Q は互いに異なることとなり、生成される圧縮画像 C も互いに異なる。

30

【0025】

続いて、算出回路 19 は、上記複数の撮像素子 3 において圧縮画像 C によって表される複数の電荷量 Q 、及び、これらの撮像素子 3 に対応する複数の制御パターン P に基づき時間画像 D を算出し、この時間画像 D に基づきパルス光の光飛行時間を推定する。具体的には、算出回路 19 は、圧縮画像 C によって表される複数の電荷量 Q 、及び、複数の制御パターン P から逆問題を解くことで時間画像 D を算出し、この時間画像 D により求められる光飛行時間ヒストグラムから光飛行時間を推定する。ここで、光飛行時間ヒストグラムは、受光部 12 から電荷蓄積部 13 へ電荷が転送された頻度（あるいは、入射するパルス光の光強度）を表す。逆問題を解くという処理については、例えば、Richard G. Braniuk, 「Compressive Sensing」, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, JULY 2007, p. 118 - 120、又は、平林晃, 「圧縮センシングの基礎と最近の話題」, システム/制御/情報, 2014年, Vol. 58, No. 10, p. 414 等の文献において開示された圧縮センシングの方法を用いることが好適である。なお、本実施形態において行っている逆問題を解くという処理では、複数の画素部 X_{ij} において、時間変調を行う制御パターン P を用いて時間変調された圧縮画像 C から画像の時間変化である時間画像 D が復元される。これに対し、上記の文献に記載された処理では、単一の画素において、空間変調を行う制御パターンを用いて空間変調した後、電荷量 Q を検出し、その検出結果から二次元画像が推定される。このような差異はあるものの、実質的には、上記の文献に記載された処理は本実施形態における処理と同様である。従って、本実施形態では、上記の文献と同一

40

50

の処理が適用できる。

【0026】

図5の光飛行時間ヒストグラムは、横軸に光飛行時間を示し、縦軸に各時刻における受光部12へのパルス光の入射の頻度（或いは、光強度）を示している。算出回路19は、画素部 X_{ij} 毎に光飛行時間ヒストグラムを算出し、そのピーク位置 p_k に対応する横軸の値を、各画素部 X_{ij} におけるパルス光の光飛行時間と推定する。算出回路19は、このようにして推定した画素部 X_{ij} 毎の光飛行時間から画素部 X_{ij} 毎の距離を算出し、距離画像を生成する。

【0027】

以上説明した距離画像計測装置1によれば、複数の画素部 X_{ij} が2次元状に配列された撮像素子3において、対象物Oにて反射されそれぞれの画素部 X_{ij} の受光部12へ入射したパルス光が電荷に変換される。この電荷は、複数の制御パターンPに従い、ゲート電極15により電荷蓄積部13への転送が制御される。電荷蓄積部13へ転送された電荷は当該電荷蓄積部13に蓄積された後、電荷信号として出力される。そして、制御手段4及び信号処理回路5によって、電荷蓄積部13から出力された複数の電荷信号、及び、複数の制御パターンPに基づき、パルス光の光飛行時間が推定される。このように、電荷信号及び制御パターンPから圧縮サンプリングにより光飛行時間を推定して距離画像を計測することにより、センサチップ上における電気信号の処理回路の巨大化を抑制できる。また、これによって、高効率の並列処理回路により処理できるため、近距離から長距離までの広い距離計測レンジ、及び、高い距離分解能を両立できる。

【0028】

ここで、本発明に係る距離画像計測装置1では、制御手段4及び信号処理回路5は、複数の電荷信号、及び、複数の制御パターンPから逆問題を解くことで算出される光飛行時間ヒストグラムから光飛行時間を推定し、光飛行時間ヒストグラムは、受光部12から電荷蓄積部13へ電荷が転送されたタイミングの頻度分布に対応している。このような構成によれば、圧縮サンプリングを好適に行うことができるため、電荷信号及び制御パターンPから光飛行時間を推定して距離画像を計測することを好適に実現できる。

【0029】

また、本発明に係る距離画像計測装置1では、制御手段4及び信号処理回路5は、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置 p_k から光飛行時間を推定する。このような構成によれば、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置 p_k を簡単に計算できるため、処理回路を簡素化することができる。

【0030】

また、本発明に係る距離画像計測装置1では、複数の制御パターンPは、電荷の転送をオン/オフするランダムなパルス状のパターンである。このような構成によれば、制御パターンPを簡単に設定できるため、処理回路を簡素化することができる。

【0031】

次に、第1実施形態の距離画像の生成手順の変形例について図6及び図7を用いて説明する。図6に示されるように、本変形例に係る距離画像計測装置1では、全ての撮像素子3のうち、図6においてA6及びA10で示される水平方向に離れた2つの撮像素子3に含まれる複数のゲート電極15のそれぞれは、図6においてP6で示される同一の制御パターンPに従い電荷の転送を制御する。それ以外の撮像素子3のそれぞれは、異なる制御パターンP1~P5, P7~P14に従い電荷の転送を制御する。これにより、A1~A15で示される15個全ての撮像素子3を用いて15個の圧縮画像Cが取得される（S01）。

【0032】

続いて、制御手段4及び信号処理回路5は、取得した圧縮画像CのうちのA6及びA10の撮像素子3によって取得された2つの圧縮画像Cに基づいて、複眼視差によるデプスマップを推定する。具体的には、制御手段4及び信号処理回路5は、これら2つの撮像素子3から出力された圧縮画像Cから、既存のステレオ法によりデプスマップを推定する（

10

20

30

40

50

S 0 2)。

【 0 0 3 3 】

また、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、デプスマップから得られる視差情報に基づき圧縮画像 C の視差及び倍率を補正し、補正された複数の圧縮画像 C、及び、複数の制御パターン P に基づき光飛行時間を推定する。電荷信号の補正手法として、具体的には、電荷信号から生成される複数の圧縮画像 C とデプスマップとの対応点を算出し、この対応点を基準としてそれぞれの圧縮画像 C の視差及び倍率について位置合わせの補正を行う。これにより、補正された複数の圧縮画像 C において、特に撮像素子 3 のレンズ 2 0 から比較的近い範囲における視差の影響が低減される (S 0 3)。

【 0 0 3 4 】

続いて、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、補正された複数の圧縮画像 C によって表される複数の電荷信号、及び、複数の制御パターン P から逆問題を解くことで時間画像 D を算出し、この時間画像 D により求められる光飛行時間ヒストグラムから光飛行時間を推定する。そして、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、推定された画素部 X_{ij} 毎の光飛行時間から画素部 X_{ij} 毎の距離を算出し、距離画像を生成する (S 0 4)。

【 0 0 3 5 】

一般に、ステレオ法を用いて生成された距離画像では、撮像素子 3 のレンズ 2 0 からの距離が近いほど、視差が大きくなるため分解能が向上する。その結果、撮像素子 3 のレンズ 2 0 から比較的近い範囲では、光飛行時間から求まる距離画像の分解能より、ステレオ法を用いて生成された距離画像の分解能の方が高くなり易い。一方、ステレオ法を用いて生成された距離画像では、撮像素子 3 のレンズ 2 0 からの距離が遠いほど、視差が小さくなるため分解能が相対的に悪化する。その結果、撮像素子 3 のレンズ 2 0 から比較的遠い範囲では、ステレオ法を用いて生成された距離画像の分解能より、光飛行時間から求まる距離画像の分解能の方が高くなり易い。以上により、ステレオ法と光飛行時間とのそれぞれを用いて生成された距離画像を距離の大小によって上記のように使い分けることによって、距離画像の精度を向上できる。

【 0 0 3 6 】

そこで、本変形例に係る距離画像計測装置 1 では、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、画素部 X_{ij} 毎に求める距離として、所定距離以上の距離については当該光飛行時間から求まる距離を用いると共に、所定距離未満の距離についてはデプスマップにより得られる距離を用いて、最終的なデプスマップを生成する (S 0 5)。

【 0 0 3 7 】

なお、デプスマップは、通常のステレオ法に限らず、マルチベースラインステレオ法によって推定してもよい。この場合、例えば 1 5 個の撮像素子 3 のうち、3 つ以上の複数の撮像素子 3 に含まれるゲート電極 1 5 のそれぞれが、同一の制御パターン P に従い電荷の転送を制御する。このため、互いに異なる制御パターン P が適用される撮像素子 3 の数は減少するものの、外れ値 (すなわち、比較的大きな推定ミス) となる画素部 X_{ij} を少なくできるため、結果としてデプスマップの推定精度を向上できる。

【 0 0 3 8 】

[第 2 実施形態]

次に、第 2 実施形態に係る距離画像計測装置 1 について説明する。第 2 実施形態に係る距離画像計測装置 1 は、1 つの撮像素子 3 を有している点と、画素部 X_{ij} の構成と、が第 1 実施形態と異なっている。すなわち、図 8 に示されるように、この撮像素子 3 の有する画素部 X_{ij} は、それぞれ、複数 (図 8 に示す例では、3 つ) の電荷蓄積部 1 3 を有している。この画素部 X_{ij} には、受光部 1 2 の四隅に 3 つの電荷蓄積部 1 3 及び 1 つの電荷排出部 1 4 がそれぞれ接続されている。また、この画素部 X_{ij} には、これらの電荷蓄積部 1 3 及び電荷排出部 1 4 への電荷の転送をそれぞれ制御する 4 つのゲート電極 1 5 が、電荷蓄積部 1 3 又は電荷排出部 1 4 と受光部 1 2 との間に設けられている。これらの電荷蓄積部 1 3 に対応するゲート電極 1 5 には、それぞれの電荷蓄積部 1 3 を転送先とする互いに異なる制御パターン P に基づく制御パルス電圧 T D が与えられる。このように、ゲート電極

10

20

30

40

50

15は、複数の電荷蓄積部13に対応する互いに異なる複数の制御パターンPに従い、電荷の転送を制御する。

【0039】

図9には、画素部 X_{ij} が、それぞれ16個の電荷蓄積部13を有する場合の制御パターンPの一例が示されている。図9に示されるように、画素部 X_{ij} のそれぞれにおいて、ゲート電極15は、互いに異なる電荷蓄積部13を電荷の転送先とする複数(ここでは、電荷蓄積部13の数に対応して16個)の制御パターンPに順次従い、電荷の転送を制御する。撮像素子3の有する画素部 X_{ij} のそれぞれには、対象物Oのうち互いに異なる点にて反射されることで、その点のレンズ20からの距離に応じた光飛行時間のパルス光が入射する。そして、画素部 X_{ij} に入射した当該パルス光によって生成された電荷は、パルス光の入射のタイミングで制御パターンPが電荷の転送先として指定している電荷蓄積部13へ転送され蓄積される。具体的には、図9においてP1~P16で表される16個の制御パターンPのうち、例えばP1で表される制御パターンPが実行されている間は、P1に対応する第1番目の電荷蓄積部13が電荷の転送先となる。P1で表される制御パターンPが完了した後は、P2で表される制御パターンPが実行され、この間は、P2に対応する第2番目の電荷蓄積部13が電荷の転送先となる。以下、P3で表される制御パターンPから、P16で表される制御パターンPまで順次実行されて、1回の繰り返し単位とされる。続いて、この1回の繰り返し単位の制御パターンPが、複数回繰り返して実行される。

10

【0040】

このように、第2実施形態に係る距離画像計測装置1では、第1実施形態と異なり、1つの撮像素子3において、複数の画素部 X_{ij} のそれぞれに接続された複数の電荷蓄積部13に蓄積された電荷の電荷量Qから、圧縮画像Cが生成される。また、この圧縮画像Cは、適用される制御パターンPによって互いに異なる画像が1つの撮像素子3に生成される。

20

【0041】

続いて、算出回路19は、撮像素子3における上記複数の電荷蓄積部13に蓄積された複数の圧縮画像Cによって表される複数の電荷量Q、及び、これらの複数の制御パターンPに基づき時間画像Dを算出する。算出回路19は、この時間画像Dに基づきパルス光の光飛行時間を推定する。具体的には、算出回路19は、圧縮画像Cによって表される複数の電荷量Q、及び、複数の制御パターンPから逆問題を解くことで時間画像Dを算出し、この時間画像Dにより求められる光飛行時間ヒストグラムから光飛行時間を推定する。そして、算出回路19は、画素部 X_{ij} 毎に光飛行時間ヒストグラムを算出し、各画素部 X_{ij} におけるパルス光の光飛行時間を推定する。算出回路19は、このようにして推定した画素部 X_{ij} 毎の光飛行時間から画素部 X_{ij} 毎の距離を算出し、距離画像を生成する。

30

【0042】

上記の距離画像計測装置1によれば、1つの撮像素子3を用いた簡素な構成とすることができる。また、複数の電荷蓄積部13に順次電荷の転送を行うことができるため、電荷蓄積部13への電荷の転送を効率良く行うことができる。

【0043】

次に、第2実施形態の変形例について説明する。図10に示されるように、本変形例に係る距離画像計測装置1においては、電荷の転送先が互いに異なる複数の制御パターンPを、電荷が複数の電荷蓄積部13へ同時に転送されないように並列的に組み合わせた制御パターン(以下、複合制御パターンと称する)が実行される。すなわち、画素部 X_{ij} のそれぞれにおいて、ゲート電極15は、複合制御パターンに従い電荷の転送を制御する。図10においてG1~G3等で表されるコードは、G1~G3等にそれぞれ対応するいずれの電荷蓄積部13へ電荷が転送されるかを示している。このコードが「1」のとき、対応する電荷蓄積部13へ電荷が転送され、このコードが「0」のとき、対応する電荷蓄積部13へは電荷は転送されない。なお、このコードを制御パターンPとして書き換えたものが、同図に示されるP1~P3である。制御パターンPを組み合わせた複合制御パターン

40

50

では複数の電荷蓄積部 13 へ同時に転送されないことが、同図によって示されている。このような複合制御パターンに従いゲート電極 15 が電荷の転送を制御する。これにより、当該複合制御パターンには各電荷蓄積部 13 が転送先となっているタイミングが含まれることから、各電荷蓄積部 13 にはそれぞれ互いに異なる圧縮画像 C が出力される。

【0044】

上記の距離画像計測装置 1 によれば、複数の電荷蓄積部 13 に並行して電荷の転送を行うことができるため、電荷蓄積部 13 への電荷の転送を効率良く行うことができると共に、電荷の転送に要する時間を短縮できる。

【0045】

次に第 2 実施形態の別の変形例を説明する。図 11 に示されるように、本変形例に係る距離画像計測装置 1 においては、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、互いに近接している複数の画素部 X_{ij} のいずれかが有する電荷蓄積部 13 に蓄積した複数の電荷の電荷量 Q と、これら複数の制御パターン P と、に基づき光飛行時間を推定する。例えば、図 11 に示す例では、 $X_1 \sim X_{16}$ で表される垂直方向に 4 行、水平方向に 4 列の合計 16 個の画素部 X_{ij} のそれぞれにおいて、ゲート電極 15 は、 $P_1 \sim P_{16}$ で示される互いに異なる制御パターン P に従い電荷の転送を制御する。制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、16 個の画素部 X_{ij} のそれぞれの電荷蓄積部 13 にそれぞれ蓄積した複数の電荷の電荷量 Q と、これら複数の制御パターン P と、に基づきパルス光の光飛行時間を推定する。

【0046】

上記の距離画像計測装置 1 によれば、複数の画素部 X_{ij} が仮想的に 1 つの画素として扱われるため、生成される距離画像の解像度は低下する。しかし、低解像度で明るいレンズ 20 を用いることができるため、受光部 12 へ入射するパルス光の光量が少ない場合にも適用が可能となる。このため、対象物 O が比較的遠い場合にも適用できる。

【0047】

なお、本変形例では、必ずしも画素部 X_{ij} に複数の電荷蓄積部 13 が含まれていなくてもよく、1 つの電荷蓄積部 13 のみが含まれていてもよい。

【0048】

次に、第 2 実施形態の更に別の変形例を説明する。図 12 に示されるように、本変形例に係る距離画像計測装置 1 においては、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、互いに近接している複数（ここでは、画素部 $X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$ 等で表される垂直方向に 2 行、水平方向に 2 列の合計 4 つ）の画素部 X_{ij} が有する電荷蓄積部 13 に蓄積した複数の電荷の電荷量 Q と、この複数の制御パターン P と、に基づき光飛行時間を推定する。また、これら 4 つの画素部 X_{ij} のそれぞれは、複数（ここでは、4 つ）の制御パターン P に順次従い、電荷の転送を制御する。図 12 において画素部 X_{11} に着目すると、各画素部 X_{ij} には、複数の電荷蓄積部 13（例えば、画素部 11 においては $Z_1 \sim Z_4$ で表される 4 つの電荷蓄積部 13）が設けられている。そして、距離画像計測装置 1 は、各電荷蓄積部 13 に対応する $P_1 \sim P_4$ で表される 4 パターンの制御パターン P による制御が実行される。そして、 $P_1 \sim P_4$ で表される 4 つの制御パターン P のうち、例えば P_1 で表される制御パターン P による制御が実行されている間は、 P_1 に対応する第 1 番目の電荷蓄積部 13 が電荷の転送先となる。 P_1 で表される制御パターン P が完了した後は、 P_2 で表される制御パターン P が実行され、この間は、 P_2 に対応する第 2 番目の電荷蓄積部 13 が電荷の転送先となる。以下、 P_3 で表される制御パターン P 、 P_4 で表される制御パターン P まで順次実行されて、1 回の繰り返し単位とされる。続いて、この 1 回の繰り返し単位の制御パターン P が、複数回繰り返し実行される。同様に、画素部 X_{12}, X_{21}, X_{22} では、 X_{11} と同時期に、それぞれ $P_5 \sim P_{16}$ で表される制御パターン P のうちの 4 つがそれぞれ順次実行される。そして、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、これら 4 つの画素部 $X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$ のそれぞれにおいて、互いに異なる 4 つの電荷蓄積部 13 にそれぞれ蓄積した合計 16 個の電荷の電荷量 Q と、これらに対応する互いに異なる 16 パターンの制御パターン P と、に基づきパルス光の光飛行時間を推定する。

【0049】

10

20

30

40

50

上記の距離画像計測装置 1 によれば、互いに近接している複数の画素部 X_{ij} に含まれる複数のゲート電極 15 のそれぞれは、互いに異なる複数の制御パターン P に従い電荷の転送を制御し、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、互いに近接している複数の画素部 X_{ij} の有する電荷蓄積部 13 によって出力された複数の電荷信号、及び、複数の制御パターン P に基づき光飛行時間を推定する。このような構成によれば、低解像度で明るいレンズ 20 を用いることができるため、受光部 12 へ入射するパルス光の光量が少ない場合にも適用が可能となる。このため、対象物 O が比較的遠い場合にも適用できる。

【0050】

次に、上記実施形態の実施例について説明する。図 13 は、実施例 1 における圧縮画像及び距離画像を示す図であり、図 14 は、実施例 2 における圧縮画像及び距離画像を示す図である。図 13 に示される実施例 1 では、第 1 実施形態に係る距離画像計測装置 1 において、垂直方向に 3 行、水平方向に 5 列の合計 15 個の撮像素子 3 を備えた構成とした。そして、対象物 O とレンズ 20 との距離を 35 cm とした。このような構成において、光源 2 から対象物 O に照射し、反射されたパルス光を検出した。

10

【0051】

図 13 (a) は、15 個の撮像素子 3 によって取得された圧縮画像 C である。互いに異なる制御パターン P を実行したことにより、検出されたパルス光の輝度が互いに異なっていることが分かる。図 13 (b) は、図 13 (a) に示された圧縮画像 C の生成に用いられた電荷蓄積部 13 に蓄積した電荷の電荷量 Q と、対応する制御パターン P と、に基づき生成された時間画像 D を表している。

20

【0052】

図 14 に示される実施例 2 では、実施例 1 と比較して、対象物 O とレンズ 20 との距離が 110 cm と遠くなっている点で条件が相違している。

【0053】

図 14 (a) は、15 個の撮像素子 3 によって取得された圧縮画像 C である。実施例 1 における図 13 (a) と同様に、互いに異なる制御パターン P を実行したことにより、検出されたパルス光の輝度が互いに異なっていることが分かる。図 14 (b) は、図 14 (a) に示された圧縮画像 C の生成に用いられた電荷蓄積部 13 に蓄積した電荷の電荷量 Q と、対応する制御パターン P と、に基づき生成された時間画像 D を表している。図 13 (b) と図 14 (b) とを比較すると、対象物 O とレンズ 20 との距離が異なることに起因して、パルス光が撮影されている距離が互いに異なっている。すなわち、光飛行時間に対応する時間画像 D が好適に撮影されていることが示されている。

30

【0054】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、制御手段 4 及び信号処理回路 5 は、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置 p_k の近傍における頻度の重心から光飛行時間を推定してもよい。このような構成によれば、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置 p_k を精度よく計算できるため、高い距離分解能を実現できる。

【0055】

ここで、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、処理部は、複数の電荷信号、及び、複数の制御パターンから逆問題を解くことで算出される光飛行時間ヒストグラムから光飛行時間を推定し、光飛行時間ヒストグラムは、受光部から電荷蓄積部へ電荷が転送されたタイミングの頻度分布に対応している。このような構成によれば、圧縮サンプリングを好適に行うことができるため、電荷信号及び制御パターンから光飛行時間を推定して距離画像を計測することを好適に実現できる。

40

【0056】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、処理部は、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置から光飛行時間を推定してもよい。このような構成によれば、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置を簡単に計算できるため、処理回路を簡素化することができる。

【0057】

50

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、処理部は、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置の近傍における頻度分布の重心から光飛行時間を推定してもよい。このような構成によれば、光飛行時間ヒストグラムのピーク位置を精度よく計算できるため、高い距離分解能を実現できる。

【0058】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、複数の制御パターンは、電荷の転送をオン/オフするランダムなパルス状のパターンとしてもよい。このような構成によれば、制御パターンを簡単に設定できるため、処理回路を簡素化することができる。

【0059】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、複数の撮像素子を有し、同一の撮像素子に含まれる複数のゲート部のそれぞれは、同一の制御パターンに従い電荷の転送を制御し、互いに異なる撮像素子に含まれる複数のゲート部のそれぞれは、互いに異なる複数の制御パターンに従い電荷の転送を制御してもよい。このような構成によれば、複数の撮像素子を用いることで、複数の電荷蓄積部に並行して電荷の転送を行うことができるため、計測時間を短縮できる。

10

【0060】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、複数の撮像素子に含まれる複数のゲート部のそれぞれは、同一の制御パターンに従い電荷の転送を制御し、処理部は、複数の当該撮像素子のそれぞれから出力された複数の画素部の電荷信号を含む圧縮画像から、ステレオ法によりデプスマップを推定し、処理部は、当該デプスマップから得られる視差情報に基づき圧縮画像の視差及び倍率を補正し、補正された複数の圧縮画像、及び、複数の制御パターンに基づき光飛行時間を推定し、処理部は、画素部毎に求める距離として、所定距離以上の距離については当該光飛行時間から求まる距離を用いると共に、所定距離未満の距離についてはデプスマップにより得られる距離を用いてもよい。一般に、ステレオ法を用いて生成された距離画像では、撮像素子のレンズからの距離が近いほど、視差が大きくなるため分解能が向上する。その結果、撮像素子のレンズから比較的近い範囲では、光飛行時間から求まる距離画像の分解能より、ステレオ法を用いて生成された距離画像の分解能の方が高くなり易い。一方、ステレオ法を用いて生成された距離画像では、撮像素子のレンズからの距離が遠いほど、視差が小さくなるため分解能が相対的に悪化する。その結果、撮像素子のレンズから比較的遠い範囲では、ステレオ法を用いて生成された距離画像の分解能より、光飛行時間から求まる距離画像の分解能の方が高くなり易い。以上により、ステレオ法と光飛行時間とのそれぞれを用いて生成された距離画像を距離の大小によって上記のように使い分けることによって、距離画像の精度を向上できる。

20

30

【0061】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、1つの撮像素子を有し、画素部は、それぞれ、複数の電荷蓄積部を有し、画素部のそれぞれにおいて、ゲート部は、互いに異なる電荷蓄積部を電荷の転送先とする複数の制御パターンに順次従い、複数の電荷蓄積部への電荷の転送を制御してもよい。このような構成によれば、1つの撮像素子を用いた簡素な構成とすることができる。また、複数の電荷蓄積部に順次電荷の転送を行うことができるため、電荷蓄積部への電荷の転送を効率良く行うことができる。

40

【0062】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、1つの撮像素子を有し、画素部は、それぞれ、複数の電荷蓄積部を有し、画素部のそれぞれにおいて、ゲート部は、電荷の転送先が互いに異なる複数の制御パターンを、電荷が複数の電荷蓄積部へ同時に転送されないように並列的に組み合わせた複合制御パターンに従い、電荷の転送を制御してもよい。このような構成によれば、複数の電荷蓄積部に並行して電荷の転送を行うことができるため、電荷蓄積部への電荷の転送を効率良く行うことができると共に、計測時間を短縮できる。

【0063】

また、本発明の一形態に係る距離画像計測装置では、互いに近接している複数の画素部

50

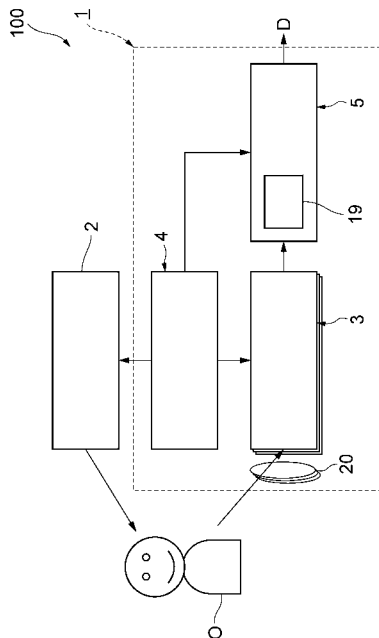
に含まれる複数のゲート部のそれぞれは、互いに異なる複数の制御パターンに従い電荷の転送を制御し、処理部は、互いに近接している複数の画素部の有する電荷蓄積部によって出力された複数の電荷信号、及び、複数の制御パターンに基づき光飛行時間を推定してもよい。このような構成によれば、低解像度で明るいレンズを用いることができるため、受光部へ入射するパルス光の光量が少ない場合にも適用が可能となる。このため、対象物が比較的遠い場合にも適用できる。

【符号の説明】

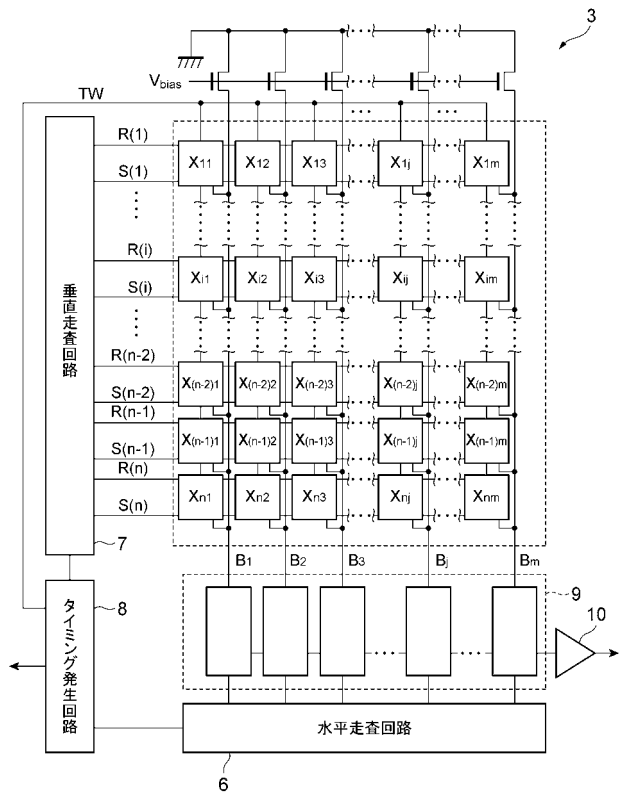
【0064】

1 ... 距離画像計測装置、2 ... 光源、3 ... 撮像素子、4 ... 制御手段（処理部）、5 ... 信号処理回路（処理部）、12 ... 受光部、13 ... 電荷蓄積部、14 ... 電荷排出部、15 ... ゲート電極、 X_{ij} ... 画素部、O ... 対象物、P ... 制御パターン、Q ... 電荷量。

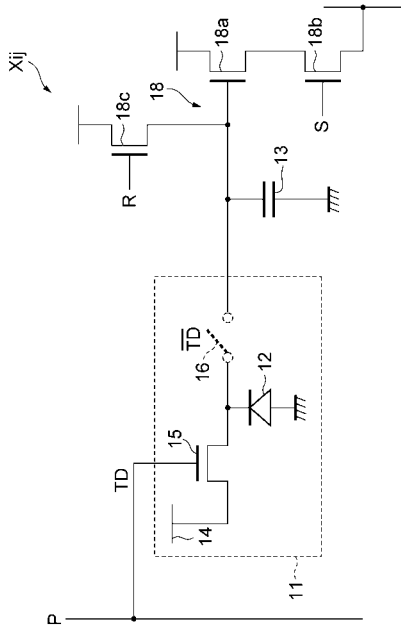
【図1】



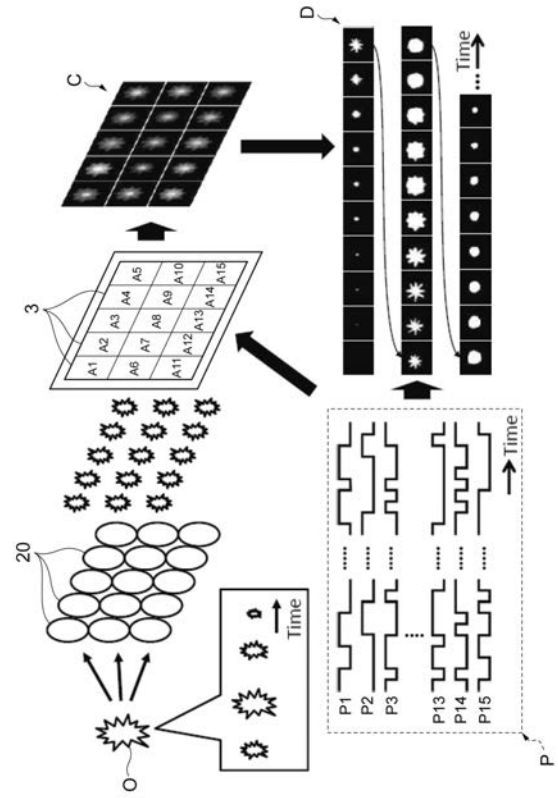
【図2】



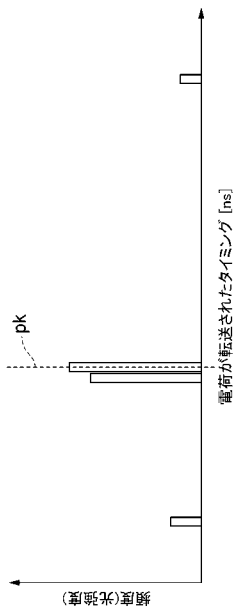
【 図 3 】



【 図 4 】



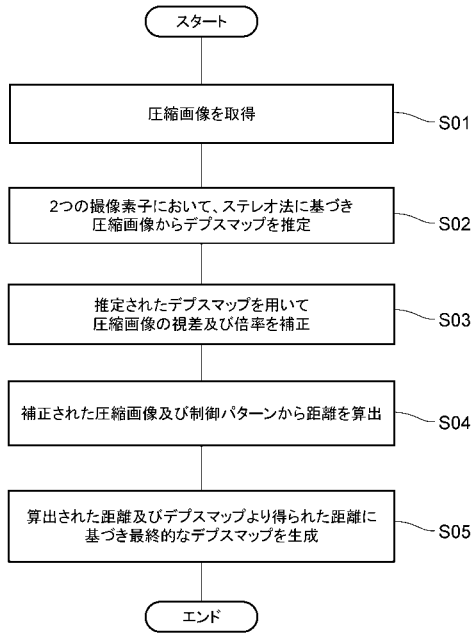
【 図 5 】



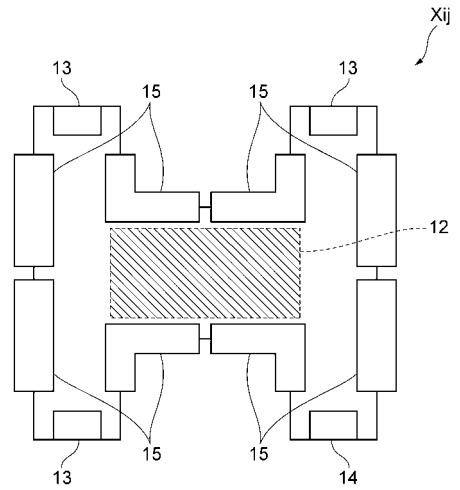
【 図 6 】

3	A1 (P1)	A2 (P2)	A3 (P3)	A4 (P4)	A5 (P5)
	A6 (P6)	A7 (P7)	A8 (P8)	A9 (P9)	A10 (P6)
	A11 (P10)	A12 (P11)	A13 (P12)	A14 (P13)	A15 (P14)

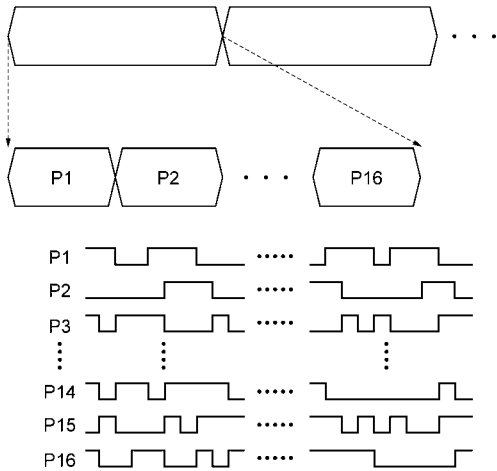
【 図 7 】



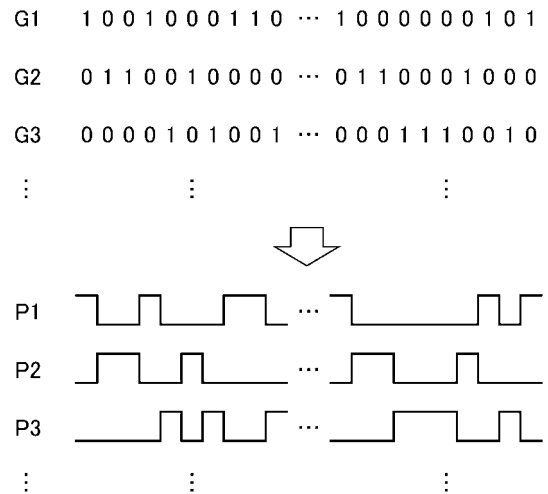
【 図 8 】



【 図 9 】

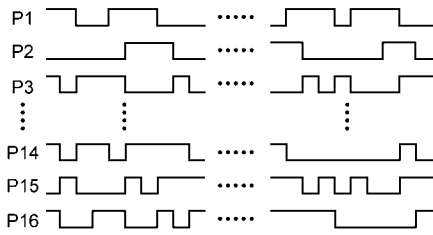


【 図 10 】



【 図 1 1 】

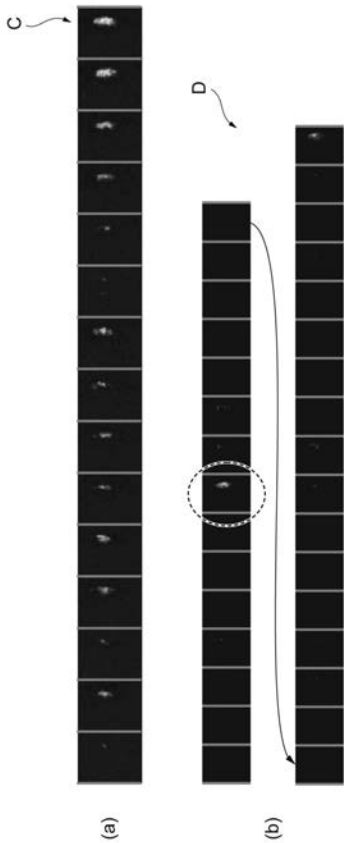
X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3	X4
X5	X6	X7	X8	X5	X6	X7	X8
X9	X10	X11	X12	X9	X10	X11	X12
X13	X14	X15	X16	X13	X14	X15	X16
X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3	X4
X5	X6	X7	X8	X5	X6	X7	X8
X9	X10	X11	X12	X9	X10	X11	X12
X13	X14	X15	X16	X13	X14	X15	X16



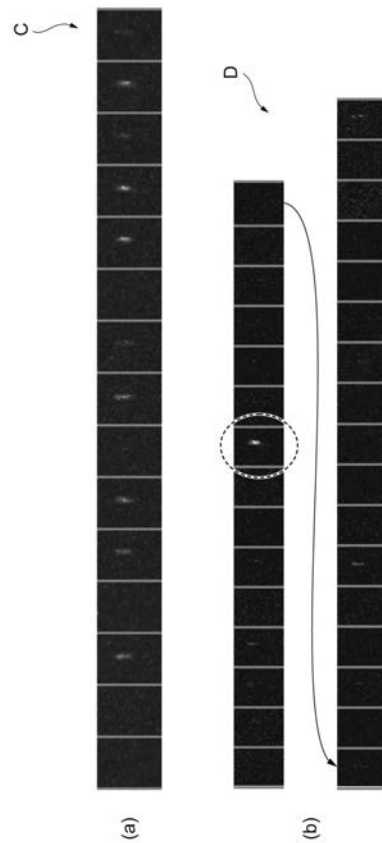
【 図 1 2 】

	Z10	Z10	Z12	Z14	Z16	Z10	Z12	Z14	Z16
	Z9	Z11	Z13	Z15	Z16	Z9	Z11	Z13	Z15
	Z2	Z4	Z6	Z8	Z8	Z2	Z4	Z6	Z8
X ₂₂	Z1	Z3	Z5	Z7	Z7	Z1	Z3	Z5	Z7
	Z10	Z12	Z14	Z16	Z16	Z10	Z12	Z14	Z16
X ₁₂	Z9	Z11	Z13	Z15	Z15	Z9	Z11	Z13	Z15
	Z2	Z4	Z6	Z8	Z8	Z2	Z4	Z6	Z8
X ₁₁	Z1	Z3	Z5	Z7	Z7	Z1	Z3	Z5	Z7

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【手続補正書】

【提出日】平成28年8月16日(2016.8.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部、前記受光部に接続され、当該受光部から前記電荷が転送されると共に当該電荷を蓄積することで電荷信号を出力する電荷蓄積部、及び、

前記受光部に接続され、前記電荷の転送を制御する所定期間の複数の制御パターンに従い、当該受光部から前記電荷蓄積部への前記電荷の転送を制御するゲート部、

をそれぞれ有する複数の画素部が2次元状に配列された撮像素子と、

前記複数の制御パターンのそれぞれに従い前記ゲート部が前記電荷の転送を制御することで前記電荷蓄積部から出力された複数の前記電荷信号、及び、当該複数の制御パターンに基づき、前記受光部に至るまでの前記パルス光の光飛行時間を推定する処理部と、

を備え、

前記処理部は、前記複数の電荷信号、及び、前記複数の制御パターンから逆問題を解くことで算出される光飛行時間ヒストグラムから前記光飛行時間を推定し、

前記光飛行時間ヒストグラムは、前記受光部から前記電荷蓄積部へ前記電荷が転送されたタイミングの頻度分布に対応している距離画像計測装置。

【請求項2】

(削除)

【請求項3】

前記処理部は、前記光飛行時間ヒストグラムのピーク位置から前記光飛行時間を推定する請求項1に記載の距離画像計測装置。

【請求項4】

前記処理部は、前記光飛行時間ヒストグラムのピーク位置の近傍における前記頻度分布の重心から前記光飛行時間を推定する請求項1に記載の距離画像計測装置。

【請求項5】

対象物にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部、前記受光部に接続され、当該受光部から前記電荷が転送されると共に当該電荷を蓄積することで電荷信号を出力する電荷蓄積部、及び、

前記受光部に接続され、前記電荷の転送を制御する所定期間の複数の制御パターンに従い、当該受光部から前記電荷蓄積部への前記電荷の転送を制御するゲート部、

をそれぞれ有する複数の画素部が2次元状に配列された撮像素子と、

前記複数の制御パターンのそれぞれに従い前記ゲート部が前記電荷の転送を制御することで前記電荷蓄積部から出力された複数の前記電荷信号、及び、当該複数の制御パターンに基づき、前記受光部に至るまでの前記パルス光の光飛行時間を推定する処理部と、

を備え、

前記複数の制御パターンは、前記電荷の転送をオン/オフするランダムなパルス状のパターンである距離画像計測装置。

【請求項6】

対象物にて反射されたパルス光の入射に応じて当該パルス光を電荷に変換する受光部、前記受光部に接続され、当該受光部から前記電荷が転送されると共に当該電荷を蓄積することで電荷信号を出力する電荷蓄積部、及び、

前記受光部に接続され、前記電荷の転送を制御する所定期間の複数の制御パターンに従い、当該受光部から前記電荷蓄積部への前記電荷の転送を制御するゲート部、

をそれぞれ有する複数の画素部が2次元状に配列された撮像素子と、
前記複数の制御パターンのそれぞれに従い前記ゲート部が前記電荷の転送を制御すること
で前記電荷蓄積部から出力された複数の前記電荷信号、及び、当該複数の制御パターン
に基づき、前記受光部に至るまでの前記パルス光の光飛行時間を推定する処理部と、
を備え、

複数の前記撮像素子を有し、

同一の前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、同一の前記制御パ
ターンに従い前記電荷の転送を制御し、

互いに異なる前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、互いに異なる
前記複数の制御パターンに従い前記電荷の転送を制御する距離画像計測装置。

【請求項7】

複数の前記撮像素子に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、同一の前記制御パ
ターンに従い前記電荷の転送を制御し、

前記処理部は、複数の当該撮像素子のそれぞれから出力された複数の前記画素部の前記
電荷信号を含む圧縮画像から、ステレオ法によりデプスマップを推定し、

前記処理部は、当該デプスマップから得られる視差情報に基づき前記圧縮画像の視差及
び倍率を補正し、補正された複数の前記圧縮画像、及び、複数の前記制御パターンに基づ
き前記光飛行時間を推定し、

前記処理部は、前記画素部毎に求める距離として、所定距離以上の距離については当該
光飛行時間から求まる距離を用いると共に、所定距離未満の距離については前記デプスマ
ップにより得られる距離を用いる請求項6に記載の距離画像計測装置。

【請求項8】

1つの前記撮像素子を有し、

前記画素部は、それぞれ、複数の前記電荷蓄積部を有し、

前記画素部のそれぞれにおいて、前記ゲート部は、互いに異なる前記電荷蓄積部を前記
電荷の転送先とする前記複数の制御パターンに順次従い、前記複数の電荷蓄積部への前記
電荷の転送を制御する請求項1～5のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【請求項9】

1つの前記撮像素子を有し、

前記画素部は、それぞれ、複数の前記電荷蓄積部を有し、

前記画素部のそれぞれにおいて、前記ゲート部は、前記電荷の転送先が互いに異なる前
記複数の制御パターンを、前記電荷が複数の前記電荷蓄積部へ同時に転送されないように
並列的に組み合わせた複合制御パターンに従い、前記電荷の転送を制御する請求項1～5
のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【請求項10】

互いに近接している前記複数の画素部に含まれる複数の前記ゲート部のそれぞれは、互
いに異なる前記複数の制御パターンに従い前記電荷の転送を制御し、

前記処理部は、互いに近接している前記複数の画素部の有する前記電荷蓄積部によっ
て出力された前記複数の電荷信号、及び、前記複数の制御パターンに基づき前記光飛行時
間を推定する請求項1～5のいずれか一項に記載の距離画像計測装置。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/054316
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01S7/487(2006.01)i, G01S17/87(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, G01C3/06 (2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/3745(2011.01)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) G01S7/48-7/51, G01S17/00-17/95, G01C3/00-3/32, G01B11/00-11/30, H04N5/222-5/257, H04N5/30-5/378, H01L27/14-27/148 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 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016 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	JP 2013-076645 A (Stanley Electric Co., Ltd.), 25 April 2013 (25.04.2013), paragraphs [0031] to [0038]; fig. 1, 2 (Family: none)	1,8-10 2-7
X A	JP 2012-057987 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 22 March 2012 (22.03.2012), paragraphs [0050] to [0059]; fig. 6, 7 (Family: none)	1,8-10 2-7
X A	JP 2004-294420 A (Shoji KAWAHITO), 21 October 2004 (21.10.2004), paragraphs [0016] to [0021]; fig. 4 & US 2006/0192938 A1 paragraphs [0041] to [0046]; fig. 4 & WO 2004/070313 A1	1,8-10 2-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 28 April 2016 (28.04.16)		Date of mailing of the international search report 17 May 2016 (17.05.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 5 4 3 1 6	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01S7/487(2006.01)i, G01S17/87(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/3745(2011.01)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. G01S7/48-7/51, G01S17/00-17/95, G01C3/00-3/32, G01B11/00-11/30, H04N5/222-5/257, H04N5/30-5/378, H01L27/14-27/148			
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 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016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	JP 2013-076645 A (スタンレー電気株式会社) 2013.04.25, [0031] - [0038]、[図1]、[図2] (ファミリーなし)	1,8-10 2-7	
X A	JP 2012-057987 A (浜松ホトニクス株式会社) 2012.03.22, [0050] - [0059]、[図6]、[図7] (ファミリーなし)	1,8-10 2-7	
X A	JP 2004-294420 A (川人 祥二) 2004.10.21, [0016] - [0021]、[図4] & US 2006/0192938 A1, [0041]-[0046], FIG. 4 & WO 2004/070313 A1	1,8-10 2-7	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。		☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的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		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 28.04.2016		国際調査報告の発送日 17.05.2016	
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) 三田村 陽平	2 S 4 0 0 1
		電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 望月 風太

静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学内

(72)発明者 安富 啓太

静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学内

Fターム(参考) 2F112 AA00 AD01 FA41

5J084 AA05 AD01 AD05 BA02 BA34 BA36 BA40 BA50 BB01 CA03

CA32 CA67 EA04 EA07 EA11

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。