

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5143808号
(P5143808)

(45) 発行日 平成25年2月13日(2013.2.13)

(24) 登録日 平成24年11月30日(2012.11.30)

(51) Int.Cl. F I
HO4N 9/07 (2006.01) HO4N 9/07 A
HO4N 5/374 (2011.01) HO4N 5/335 740

請求項の数 12 (全 32 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-234365 (P2009-234365) (22) 出願日 平成21年10月8日 (2009.10.8) (65) 公開番号 特開2011-82859 (P2011-82859A) (43) 公開日 平成23年4月21日 (2011.4.21) 審査請求日 平成23年11月24日 (2011.11.24)</p>	<p>(73) 特許権者 000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号 (74) 代理人 100077665 弁理士 千葉 剛宏 (74) 代理人 100116676 弁理士 宮寺 利幸 (74) 代理人 100149261 弁理士 大内 秀治 (72) 発明者 神山 智幸 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内 審査官 内田 勝久</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、撮像システム及び演算方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

赤外線カットフィルタと、
 赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、
 前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる4つの光学フィルタと、
 前記撮像素子の画素が受光した画素信号を演算する演算装置と、
 を備え、
 前記4つの光学フィルタは、第1波長より長い波長の光を透過する第1フィルタと、第
 2波長より長い波長の光を透過する第2フィルタと、第3波長より長い波長の光を透過す
 る第3フィルタと、第4波長より長い波長の光を透過する第4フィルタとを有し、
 前記赤外線カットフィルタは、第5波長より短い波長の光を透過し、
 前記演算装置は、
 前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号
 と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青
 成分の画素信号を算出する青成分算出部と、
 前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第2フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を
 算出する緑成分算出部と、
 前記第2フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第3フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を

10

20

算出する赤成分算出部と、

を備え、

前記第 1、第 2、第 3、第 4、及び第 5 波長は、第 1 波長 < 第 2 波長 < 第 3 波長 < 第 4 波長 < 第 5 波長の関係を満たすことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の撮像装置であって、

前記第 4 波長は、赤外線帯域の波長であり、

前記第 4 フィルタを透過する光を受光する画素は、前記第 4 波長より長く、前記第 5 波長より短い赤外光を受光することを特徴とする撮像装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の撮像装置と、

前記撮像素子を制御する制御装置と、

被写体に対して前記第 4 波長より長く、前記第 5 波長より短い光を含む赤外光を所定期間出射する発光装置と、

を有する撮像システムであって、

前記撮像素子は、前記赤外線カットフィルタに入射した光、前記第 1 フィルタを透過した光、前記第 2 フィルタを透過した光、前記第 3 フィルタを透過した光をそれぞれ受光する複数の第 1 画素と、前記第 4 フィルタを透過した光を受光する複数の第 2 画素とを有し、

前記制御装置は、少なくとも前記発光装置が出射する光の反射光が前記撮像素子に入射する第 1 期間は、前記第 1 画素で発生した光電子を蓄積させずに、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第 2 期間に前記第 1 画素で発生した光電子を蓄積させるように前記第 1 画素を制御して、前記反射光に依存しない環境光の輝度情報を得ることを特徴とする撮像システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の撮像システムであって、

第 1 光電変換素子を有する前記第 1 画素は、

前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第 1 キャパシタと、

前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 1 キャパシタに転送する第 1 スイッチング素子と、

前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第 1 電荷排出部と、

前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 1 電荷排出部から排出させる第 2 スイッチング素子と、

をさらに有し、

前記制御装置は、前記第 1 期間に、前記第 1 スイッチング素子をオフに、前記第 2 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 1 電荷排出部から排出させ、前記第 2 期間に、前記第 2 スイッチング素子をオフに、前記第 1 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 1 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 1 キャパシタに転送させて、前記第 1 キャパシタに蓄積された電荷量に基づいて、前記反射光に依存しない環境光の輝度情報を得ることを特徴とする撮像システム。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 に記載の撮像システムであって、

前記制御装置は、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第 3 期間と、前記第 3 期間と同じ長さであり、且つ、少なくとも前記反射光が前記撮像素子に入射する第 4 期間とに前記第 2 画素が有する第 2 光電変換素子を露光させるように前記第 2 画素を制御し、

前記演算装置は、前記第 4 期間に第 2 光電変換素子から得られた画素信号から、前記第 3 期間に前記第 2 光電変換素子から得られた画素信号を減算して、環境光に依存しない前記反射光の輝度情報を得ることを特徴とする撮像システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の撮像システムであって、

10

20

30

40

50

第2光電変換素子を有する前記第2画素は、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第2キャパシタ及び第3キャパシタと、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第2電荷排出部と、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2キャパシタに転送する第3スイッチング素子と、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第3キャパシタに転送する第4スイッチング素子と、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2電荷排出部から排出させる第5スイッチング素子と、
 をさらに有し、

前記制御装置は、前記第3期間に、前記第4及び第5スイッチング素子をオフに、前記第3スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2キャパシタに転送させ、前記第4期間に、前記第3及び第5スイッチング素子をオフに、前記第4スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第3キャパシタに転送させ、前記3期間及び前記第4期間以外の期間に前記第3及び第4スイッチング素子をオフに、前記第5スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2電荷排出部から排出させ、
 前記演算装置は、前記第3キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、前記第2キャパシタに転送された電荷量に基づく電荷量に基づく画素信号を減算して、環境光に依存しない前記反射光の輝度情報を得ることを特徴とする撮像システム。

【請求項7】

請求項3又は4に記載の撮像システムであって、
 前記制御装置は、
 前記反射光が前記撮像素子に入射しない第6期間と、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第7期間と、前記第6期間と同じ長さであり且つ前記反射光が前記撮像素子に入射する第8期間と、前記発光装置が光の出射を終了した時点から前記第7期間と同じ長さの期間が終了する時点までの第9期間とに、前記第2画素が有する第2光電変換素子を露光させるように前記第2画素を制御し、
 前記第9期間は、前記反射光が前記撮像素子に入射する期間 P_{sr} と、前記反射光が前記撮像素子に入射しない期間 P_s とを含み、

前記演算装置は、
 前記第8期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号から、前記第6期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号を減算して、前記第8期間における前記反射光の光量情報を取得し、

前記第9期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号から、前記第7期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号を減算して、前記発光装置が光の出射を終了してから前記反射光が前記撮像素子に入射する前記期間 P_{sr} における前記反射光の光量情報を取得し、

前記第8期間における反射光の光量情報と前記期間 P_{sr} における前記反射光の光量情報との比、及び前記第8期間に基づいて、被写体までの距離を算出することを特徴とする撮像システム。

【請求項8】

請求項7に記載の撮像システムであって、
 前記第2光電変換素子を有する第2画素は、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第6キャパシタ、第7キャパシタ、第8キャパシタ、第9キャパシタと、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第2電荷排出部と、
 前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第6キャパシタに転送する第6スイッチング素子と、

前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 7 キャパシタに転送する第 7 スイッチング素子と、

前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 8 キャパシタに転送する第 8 スイッチング素子と、

前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 9 キャパシタに転送する第 9 スイッチング素子と、

前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 2 電荷排出部から排出させる第 10 スイッチング素子と、

をさらに有し、

前記制御装置は、

前記第 6 期間に、前記第 7 ~ 第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 6 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を第 6 キャパシタに転送させ、

前記第 7 期間に、前記第 6 スイッチング素子及び前記第 8 ~ 第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 7 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を第 7 キャパシタに転送させ、

前記第 8 期間に、前記第 6 及び第 7 スイッチング素子と前記第 9 及び第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 8 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が変換した電荷を第 8 キャパシタに転送させ、

前記第 9 期間に、前記第 6 ~ 第 8 スイッチング素子及び第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 9 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が変換した電荷を第 9 キャパシタに転送させ、

前記第 6 ~ 第 9 期間以外の期間に、前記第 6 ~ 第 9 スイッチング素子をオフに、前記第 10 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 2 電荷排出部から排出させ、

前記演算装置は、

前記第 8 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、第 6 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号を減算して、前記第 8 期間における反射光の光量情報を取得し、

前記第 9 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、前記第 7 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号を減算して、前記期間 P s r における前記反射光の光量情報を取得することを特徴とする撮像システム。

【請求項 9】

請求項 3 ~ 8 の何れか 1 項に記載の撮像システムであって、

前記発光装置は、一定の周期で、光を出射し、

前記制御装置、及び前記演算装置は、前記一定の周期毎に動作を実行することを特徴とする撮像システム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の撮像システムであって、

前記発光装置は、

パルス状の光を前記所定期間出射し、

前記所定期間を前記一定の周期の 1 パーセント以下であることを特徴とする撮像システム。

【請求項 11】

赤外線カットフィルタと、

赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、

前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる 4 つの光学フィルタと、

を備え、

前記 4 つの光学フィルタは、第 1 波長より長い波長の光を透過する第 1 フィルタと、第 2 波長より長い波長の光を透過する第 2 フィルタと、第 3 波長より長い波長の光を透過す

10

20

30

40

50

る第3フィルタと、第4波長より長い波長の光を透過する第4フィルタとを有し、
 前記赤外線カットフィルタは、第5波長より短い波長の光を透過し、
 前記第1、第2、第3、第4、及び第5波長は、第1波長<第2波長<第3波長<第4
 波長<第5波長の関係を満たす撮像装置が画素信号を演算する演算方法であって、
 前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号
 と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青
 成分の画素信号を算出する青成分算出工程と、
 前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第2フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を
 算出する緑成分算出工程と、
 前記第2フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第3フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を
 算出する赤成分算出工程と、
 を備えることを特徴とする演算方法。

10

【請求項12】

赤外線カットフィルタと、
 赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、
 前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる4つの光学フィルタと、
 前記撮像素子を制御する制御装置と、
 被写体に対して前記第4波長より長く、前記第5波長より短い光を含む赤外光を所定期
 間出射する発光装置と、
 を備え、

20

前記4つの光学フィルタは、第1波長より長い波長の光を透過する第1フィルタと、第
 2波長より長い波長の光を透過する第2フィルタと、第3波長より長い波長の光を透過す
 る第3フィルタと、第4波長より長い波長の光を透過する第4フィルタとを有し、
 前記赤外線カットフィルタは、第5波長より短い波長の光を透過し、
 前記第1、第2、第3、第4、及び第5波長は、第1波長<第2波長<第3波長<第4
 波長<第5波長の関係を満たし、

前記撮像素子は、前記赤外線カットフィルタに入射した光、前記第1フィルタを透過し
 た光、前記第2フィルタを透過した光、前記第3フィルタを透過した光をそれぞれ受光す
 る複数の第1画素と、前記第4フィルタを透過した光を受光する複数の第2画素とを有す
 る撮像システムが画素信号を演算する演算方法であって、

30

少なくとも前記発光装置が出射する光の反射光が前記撮像素子に入射する第1期間は、
 前記第1画素で発生した光電子を蓄積させずに、前記反射光が前記撮像素子に入射しない
 第2期間に前記第1画素で発生した光電子を蓄積させるように前記第1画素を制御する制
 御工程と、

前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号
 と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青
 成分の画素信号を算出する青成分算出工程と、

前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第2フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を
 算出する緑成分算出工程と、

40

前記第2フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第3フィ
 ルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を
 算出する赤成分算出工程と、

を備えることを特徴とする演算方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、色フィルタを有する撮像装置、撮像システム及び演算方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来から、黄フィルタ、赤フィルタ、補正フィルタを有し、入射光、黄フィルタを透過した光、赤フィルタを透過した光、補正フィルタを透過した光をそれぞれ受光して、RGBの各値を算出する技術がある（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-27667

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載の技術では、RGBの各値を得ることはできるが、赤外光の信号を得ることはできない。

【0005】

そこで本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたものであり、RGB値と赤外光の信号を得ることができる撮像装置、撮像システム、及び演算方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

20

上記目的を達成するために、本発明は、撮像装置であって、赤外線カットフィルタと、赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる4つの光学フィルタと、前記撮像素子の画素が受光した画素信号を演算する演算装置と、を備え、前記4つの光学フィルタは、第1波長より長い波長の光を透過する第1フィルタと、第2波長より長い波長の光を透過する第2フィルタと、第3波長より長い波長の光を透過する第3フィルタと、第4波長より長い波長の光を透過する第4フィルタとを有し、前記赤外線カットフィルタは、第5波長より短い波長の光を透過し、前記演算装置は、前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青成分の画素信号を算出する青成分算出部と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第2フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を算出する緑成分算出部と、前記第2フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第3フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を算出する赤成分算出部と、を備え、前記第1、第2、第3、第4、及び第5波長は、第1波長<第2波長<第3波長<第4波長<第5波長の関係を満たすことを特徴とする。

30

【0007】

前記第4波長は、赤外線帯域の波長であり、前記第4フィルタを透過する光を受光する画素は、前記第4波長より長く、前記第5波長より短い赤外光を受光することを特徴とする。

40

【0008】

上記目的を達成するために、本発明は、撮像システムであって、上記撮像装置と、前記撮像素子を制御する制御装置と、被写体に対して前記第4波長より長く、前記第5波長より短い光を含む赤外光を所定期間出射する発光装置とを有する撮像システムであって、前記撮像素子は、前記赤外線カットフィルタに入射した光、前記第1フィルタを透過した光、前記第2フィルタを透過した光、前記第3フィルタを透過した光をそれぞれ受光する複数の第1画素と、前記第4フィルタを透過した光を受光する複数の第2画素とを有し、前記制御装置は、少なくとも前記発光装置が出射する光の反射光が前記撮像素子に入射する第1期間は、前記第1画素で発生した光電子を蓄積させずに、前記反射光が前記撮像素子

50

に入射しない第2期間に前記第1画素で発生した光電子を蓄積させるように前記第1画素を制御して、前記反射光に依存しない環境光の輝度情報を得ることを特徴とする。

【0009】

第1光電変換素子を有する前記第1画素は、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第1キャパシタと、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を前記第1キャパシタに転送する第1スイッチング素子と、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第1電荷排出部と、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を前記第1電荷排出部から排出させる第2スイッチング素子と、をさらに有し、前記制御装置は、前記第1期間に、前記第1スイッチング素子をオフに、前記第2スイッチング素子をオンに制御して、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を前記第1電荷排出部から排出させ、前記第2期間に、前記第2スイッチング素子をオフに、前記第1スイッチング素子をオンに制御して、前記第1光電変換素子が光電変換した電荷を前記第1キャパシタに転送させて、前記第1キャパシタに蓄積された電荷量に基づいて、前記反射光に依存しない環境光の輝度情報を得ることを特徴とする。

10

【0010】

前記制御装置は、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第3期間と、前記第3期間と同じ長さであり、且つ、少なくとも前記反射光が前記撮像素子に入射する第4期間とに前記第2画素が有する第2光電変換素子を露光させるように前記第2画素を制御し、前記演算装置は、前記第4期間に第2光電変換素子から得られた画素信号から、前記第3期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号を減算して、環境光に依存しない前記反射光の輝度情報を得ることを特徴とする。

20

【0011】

第2光電変換素子を有する前記第2画素は、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第2キャパシタ及び第3キャパシタと、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第2電荷排出部と、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2キャパシタに転送する第3スイッチング素子と、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第3キャパシタに転送する第4スイッチング素子と、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2電荷排出部から排出させる第5スイッチング素子と、をさらに有し、前記制御装置は、前記第3期間に、前記第4及び第5スイッチング素子をオフに、前記第3スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2キャパシタに転送させ、前記第4期間に、前記第3及び第5スイッチング素子をオフに、前記第4スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第3キャパシタに転送させ、前記3期間及び前記第4期間以外の期間に前記第3及び第4スイッチング素子をオフに、前記第5スイッチング素子をオンに制御して、前記第2光電変換素子が光電変換した電荷を前記第2電荷排出部から排出させ、前記演算装置は、前記第3キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、前記第2キャパシタに転送された電荷量に基づく電荷量に基づく画素信号を減算して、環境光に依存しない前記反射光の輝度情報を得ることを特徴とする。

30

【0012】

前記制御装置は、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第6期間と、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第7期間と、前記第6期間と同じ長さであり且つ前記反射光が前記撮像素子に入射する第8期間と、前記発光装置が光の出射を終了した時点から前記第7期間と同じ長さの期間が終了する時点までの第9期間とに、前記第2画素が有する第2光電変換素子を露光させるように前記第2画素を制御し、前記第9期間は、前記反射光が前記撮像素子に入射する期間 P_{sr} と、前記反射光が前記撮像素子に入射しない期間 P_s とを含み、前記演算装置は、前記第8期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号から、前記第6期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号を減算して、前記第8期間における前記反射光の光量情報を取得し、前記第9期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号から、前記第7期間に前記第2光電変換素子から得られた画素信号を減算して、前記発光装置が光の出射を終了してから前記反射光が前記撮像素子に入射する前記

40

50

期間 P s r における前記反射光の光量情報を取得し、前記第 8 期間における反射光の光量情報と前記期間 P s r における前記反射光の光量情報との比、及び前記第 8 期間に基づいて、被写体までの距離を算出することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

前記第 2 光電変換素子を有する第 2 画素は、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を蓄積する第 6 キャパシタ、第 7 キャパシタ、第 8 キャパシタ、第 9 キャパシタと、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を排出する第 2 電荷排出部と、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 6 キャパシタに転送する第 6 スイッチング素子と、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 7 キャパシタに転送する第 7 スイッチング素子と、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 8 キャパシタに転送する第 8 スイッチング素子と、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 9 キャパシタに転送する第 9 スイッチング素子と、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 2 電荷排出部から排出させる第 10 スイッチング素子と、をさらに有し、前記制御装置は、前記第 6 期間に、前記第 7 ~ 第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 6 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を第 6 キャパシタに転送させ、前記第 7 期間に、前記第 6 スイッチング素子及び前記第 8 ~ 第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 7 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を第 7 キャパシタに転送させ、前記第 8 期間に、前記第 6 及び第 7 スイッチング素子と前記第 9 及び第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 8 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が変換した電荷を第 8 キャパシタに転送させ、前記第 9 期間に、前記第 6 ~ 第 8 スイッチング素子及び第 10 スイッチング素子をオフに、前記第 9 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が変換した電荷を第 9 キャパシタに転送させ、前記第 6 ~ 第 9 期間以外の期間に、前記第 6 ~ 第 9 スイッチング素子をオフに、前記第 10 スイッチング素子をオンに制御して、前記第 2 光電変換素子が光電変換した電荷を前記第 2 電荷排出部から排出させ、前記演算装置は、前記第 8 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、第 6 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号を減算して、前記第 8 期間における反射光の光量情報を取得し、前記第 9 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号から、前記第 7 キャパシタに転送された電荷量に基づく画素信号を減算して、前記期間 P s r における前記反射光の光量情報を取得することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

前記発光装置は、一定の周期で、光を出射し、前記制御装置、及び前記演算装置は、前記一定の周期毎に動作を実行することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

前記発光装置は、パルス状の光を前記所定期間出射し、前記所定期間を前記一定の周期の 1 パーセント以下であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記目的を達成するために、本発明は、赤外線カットフィルタと、赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる 4 つの光学フィルタと、を備え、前記 4 つの光学フィルタは、第 1 波長より長い波長の光を透過する第 1 フィルタと、第 2 波長より長い波長の光を透過する第 2 フィルタと、第 3 波長より長い波長の光を透過する第 3 フィルタと、第 4 波長より長い波長の光を透過する第 4 フィルタとを有し、前記赤外線カットフィルタは、第 5 波長より短い波長の光を透過し、前記第 1、第 2、第 3、第 4、及び第 5 波長は、第 1 波長 < 第 2 波長 < 第 3 波長 < 第 4 波長 < 第 5 波長の関係を満たし、前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号と、前記第 1 フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青成分の画素信号を算出する青成分算出工程と、前記第 1 フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第 2 フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を算出する緑成分算出工程と、前記第 2 フィルタを透過した光を受光

する画素から得られる画素信号と、前記第3フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を算出する赤成分算出工程と、を備えることを特徴とする。

【0017】

上記目的を達成するために、本発明は、赤外線カットフィルタと、赤外線カットフィルタを透過した光を受光する、複数の画素を有する撮像素子と、前記撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる4つの光学フィルタと、前記撮像素子を制御する制御装置と、被写体に対して前記第4波長より長く、前記第5波長より短い光を含む赤外光を所定期間出射する発光装置と、を備え、前記4つの光学フィルタは、第1波長より長い波長の光を透過する第1フィルタと、第2波長より長い波長の光を透過する第2フィルタと、第3波長より長い波長の光を透過する第3フィルタとを有し、第4波長より長い波長の光を透過する第4フィルタからなり、前記赤外線カットフィルタは、第5波長より短い波長の光を透過し、前記第1、第2、第3、第4、及び第5波長は、第1波長<第2波長<第3波長<第4波長<第5波長の関係を満たし、前記撮像素子は、前記赤外線カットフィルタに入射した光、前記第1フィルタを透過した光、前記第2フィルタを透過した光、前記第3フィルタを透過した光をそれぞれ受光する複数の第1画素と、前記第4フィルタを透過した光を受光する複数の第2画素とを有する撮像システムが画素信号を演算する演算方法であって、少なくとも前記発光装置が出射する光の反射光が前記撮像素子に入射する第1期間は、前記第1画素で発生した光電子を蓄積させずに、前記反射光が前記撮像素子に入射しない第2期間に前記第1画素で発生した光電子を蓄積させるように前記第1画素を制御する制御工程と、前記赤外線カットフィルタに入射した光をそのまま受光する画素から得られる画素信号と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号とを減算して青成分の画素信号を算出する青成分算出工程と、前記第1フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第2フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して緑成分の画素信号を算出する緑成分算出工程と、前記第2フィルタを透過した光を受光する画素から得られる画素信号と、前記第3フィルタを透過した光を受光した画素から得られる画素信号とを減算して赤成分の画素信号を算出する赤成分算出工程と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本願発明によれば、カラー画像を得ることができるとともに、赤外線画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施の形態に係る撮像システム100の概略構成を示す図である。

【図2】受光部124の構成を示す図である。

【図3】撮像素子202に設けられたオンチップの光学エッジフィルタ126を示す図である。

【図4】光学エッジフィルタ126のフィルタ特性を示す図である。

【図5】第1画素204aの回路を示す図である。

【図6】第2画素204bの回路を示す図である。

【図7】撮像システム100の動作を説明するための図である。

【図8】第2画素204bの回路を他の例を示す図である。

【図9】測距のためのサイクルのタイミングチャートである。

【図10】各第2蓄積期間Tca2での放射光、反射光、第6スイッチング素子～第10スイッチング素子のオン/オフタイミングの一例を示すタイミングチャートである。

【図11】各第2蓄積期間Tca2での放射光、反射光、第6スイッチング素子～第10スイッチング素子のオン/オフタイミングの他の例を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

10

20

30

40

50

本発明に係る撮像システムについて、好適な実施の形態を掲げ、添付の図面を参照しながら以下、詳細に説明する。

【0021】

図1は、実施の形態に係る撮像システム100の概略構成を示す図である。撮像システム100は、図1に示すように、発光装置102と、撮像装置104とを備える。撮像装置104は、受光装置110と、演算装置112と、制御装置114と、これら発光装置102、受光装置110、演算装置112及び制御装置114に所定の電源電圧を供給する第1電源116及び第2電源118とを有する。なお、簡単のため、図1において、第1電源116及び第2電源118から各装置への電源線の表示を省略する。

【0022】

発光装置102は、制御装置114からの指令に基づきパルス光 L_p を出力する発光部140を有する。この撮像システム100において、発光装置102の発光部140は、発光点(エミッタ)を直線状に設けた半導体レーザバーを積層(直列接続)して、面発光が可能とされたものである。

【0023】

発光部140は、赤外光を発光する。例えば、波長が870ナノメートル[nm]の赤外光を100ワット[W]の出力で放射可能であってよい。発光部140は、パルス光 L_p を100[ナノ秒]の出力時間(パルス幅)で出力する。換言すると、発光部140の駆動デューティは、0.1[%]である。

【0024】

なお、発光部140は、リニアアレイ状の発光点を有していてもよく、あるいは、マトリックス状に並べられた複数の発光点を有するものであってもよい。発光素子としてレーザダイオードや発光ダイオード(LED)等のその他の発光素子を用いてもよい。発光部140の出力は、その他の値でもよく、例えば、20[W]より大きく10[kW]以下としてもよい。さらにまた、パルス光 L_p のパルス幅は、その他の長さでもよく、例えば、10[ナノ秒]以上1[ミリ秒]以下としてもよい。加えて、発光部140の駆動デューティは、その他の値でもよく、例えば、0.01[%]以上1[%]以下としてもよい。

【0025】

この撮像システム100では、発光装置102から出射されたパルス光 L_p が被写体Wで反射し、受光装置110に入射する。なお、説明の便宜のため、発光装置102から被写体Wまでのパルス光 L_p を放射光 L_e と、被写体Wから受光装置110までのパルス光 L_p を反射光 L_r と呼ぶ。

【0026】

受光装置110は、レンズ120、赤外線カットフィルタ122、及び受光部124とを有する。レンズ120を通過した入射光 L_p 及び環境光 L_s は、赤外線カットフィルタ122を介して第1受光装置104Aに集光される。受光部124は、撮像素子と、撮像素子の受光面上に形成されたフィルタ特性が異なる4つのフィルタを有する光学エッジフィルタを有する。レンズ120は、直線状又はマトリックス状に配列された複数のレンズであってもよい。この場合は、赤外線カットフィルタ122は、レンズ120の入射方向側(前方)に設けられる。

【0027】

演算装置112は、光学エッジフィルタの第1フィルタY、第2フィルタR、第3フィルタIR1をそれぞれ透過した光を受光した画素の画素信号から、青成分の画素信号を算出する青成分算出部130、緑成分の画素信号を算出する緑成分算出部132、及び赤成分の画素信号を算出する赤成分算出部134を有する。また、演算装置112は、第4フィルタを透過した光を受光した画素の画素信号から、反射光 L_r の画素信号を得るための演算を行う。また、演算装置112は、第4フィルタを透過した光を受光した画素の画素信号から、被写体までの距離を求める演算を行う。制御装置114は、撮像システム100の各部(発光装置102、受光部124等)を制御する。例えば、制御装置114は、

10

20

30

40

50

発光装置が出射するタイミング、期間等を制御する。また、制御装置 114 は、受光部 124 が露光するタイミング、露光期間を制御する。また、制御装置 114 は、受光部 124 に蓄積された画素信号を読み出す。

【0028】

図 2 は、受光部 124 の構成を示す図である。受光部 124 は、マトリックス状に画素 204 が配置された撮像素子 202 と、ゲート駆動回路 206 と、垂直選択回路 208 と、サンプルホールド回路 210 と、水平選択回路 212 と、出力バッファ 214 と、A/D 変換器 216 とを有する。

【0029】

第 1 電源 116 は、撮像素子 202 に対して正の電源電圧 V_{dd} を印加し、第 2 電源 118 は、撮像素子 202 に対してリセット電圧 V_r を印加する。ゲート駆動回路 206 は、各種ゲート駆動信号を出力することにより撮像素子 202 の複数のスイッチング素子、及び複数のリセットスイッチを選択的にオン/オフ制御する。

【0030】

垂直選択回路 208 は、マルチプレクサ（図示せず）を有し、読出しを行う画素 204 が属する行に対して選択的に、当該画素 204 から蓄積電荷信号を出力させる。水平選択回路 212 は、別のマルチプレクサ（図示せず）を有し、読出しを行う画素 204 が属する列を選択する。読み出された画素はサンプルホールド回路 210 に一端蓄積された後、水平選択回路 212 を介して出力される。そして、バッファ 314 及び A/D 変換器 216 を介して演算装置 112 に出力される。

【0031】

図 3 は、撮像素子 202 に設けられたオンチップの光学エッジフィルタ 126 を示す図である。光学エッジフィルタ 126 は、複数のロングパスフィルタ（LPF）を有する。この複数のロングパスフィルタは、光学エッジフィルタ 126 は、入射された光のうち、第 1 波長以上の長波長帯域の光を透過する第 1 フィルタ Y と、第 2 波長以上の波長帯域の光を透過する第 2 フィルタ R と、第 3 波長以上の波長帯域の光を透過する第 3 フィルタ IR1 と、第 4 波長以上の波長帯域の光を透過する第 4 フィルタ IR2 とを有する。第 1 ~ 第 4 波長のうち、第 4 波長が最も大きく、次に、第 3 波長、第 2 波長の順に大きく、第 1 波長が最も小さい。また、W と示されている領域は、入射された光をフィルタする機能は有さず、入射された光をそのまま透過する。

【0032】

それぞれのフィルタは、画素 204 の上にオンチップで配置されている。第 1 フィルタ Y は、第 2 フィルタ R、第 3 フィルタ IR1、及び第 4 フィルタ IR2 は、1 画素に対応して配置されている。ここで、第 1 フィルタ Y、第 2 フィルタ R、及び第 3 フィルタ IR1 が配置される画素と、領域 W の画素とは、全て同じ面積の画素である。この画素 204 を第 1 画素 204 a と呼ぶ。また、第 4 フィルタ IR2 が配置される画素は、第 1 フィルタ Y、第 2 フィルタ R、及び第 3 フィルタ IR1 が配置される画素の 4 倍の面積を有する画素である。この画素 204 を第 2 画素 204 b と呼ぶ。つまり、本実施の形態の撮像素子は、第 1 の面積を有する複数の第 1 画素 204 a と、第 2 の面積を有する複数の第 2 画素 204 b を有することになる。また、第 2 画素 204 b は、第 1 画素 204 a より画素数が少なく、第 1 画素 204 a と第 2 画素 204 b との面積比に応じて、第 2 画素 204 b の数が決まる。

【0033】

図 4 は、光学エッジフィルタ 126 のフィルタ特性を示す図である。第 1 フィルタ Y は、約 450 nm 以下の波長の光をカット（透過を抑制）し、500 nm 以上の波長の光を透過するフィルタ特性を有する。また、第 1 フィルタ Y は、約 450 nm から 500 nm の間では、波長が長くなるにつれ透過率が增大していくフィルタ特性を有する。なお、第 1 フィルタ Y は、約 450 nm から約 550 nm の範囲内で透過率が変化するフィルタ特性を有すればよく、透過率が変化しない短波長側の光の透過を抑制し、透過率が変化しない長波長側の光を透過するフィルタであればよい。つまり、第 1 フィルタ Y は、第 1 波長

10

20

30

40

50

以上の光を透過するフィルタ特性を有し、第1波長は、約450nmから約550nmの間にある。

【0034】

第2フィルタRは、約570nm以下の波長の光をカットし、約620nm以上の波長の光を透過するフィルタ特性を有する。また、第2フィルタRは、約570nmから約620nmの間では、波長が長くなるにつれ透過率が增大していくフィルタ特性を有する。なお、第2フィルタRは、波長550nmから650nmの範囲内で透過率が変化するフィルタ特性を有すればよく、透過率が変化しない短波長側の光の透過を抑制し、透過率が変化しない長波長側の光を透過するフィルタであればよい。つまり、第2フィルタRは、第2波長以上の光を透過するフィルタ特性を有し、第2波長は、約550nmから650nmの間にある。

10

【0035】

第3フィルタIR1は、約650nm以下の波長の光をカットし、約700nm以上の波長の光を透過するフィルタ特性を有する。また、第3フィルタIR1は、約650nmから約700nmの間では、波長が長くなるにつれ透過率が增大していくフィルタ特性を有する。なお、第3フィルタIR1は、波長600nmから750nmの範囲内で透過率が変化するフィルタ特性を有すればよく、透過率が変化しない短波長側の光の透過を抑制し、透過率が変化しない長波長側の光を透過するフィルタであればよい。つまり、第3フィルタIR1は、第3波長以上の光を透過するフィルタ特性を有し、第3波長は、約600nmから750nmの間にある。

20

【0036】

第4フィルタIR2は、約840nm以下の波長の光をカットし、約860nm以上の波長の光を透過するフィルタ特性を有する。また、第4フィルタIR2は、約865nmから約860nmの間では、波長が長くなるにつれ透過率が增大していくフィルタ特性を有する。なお、第4フィルタIR2は、750nmから900nmの範囲内で透過率が変化するフィルタ特性を有すればよく、透過率が変化しない短波長側の光の透過を抑制し、透過率が変化しない長波長側の光を透過するフィルタであればよい。つまり、第4フィルタIR2は、第4波長以上の光を透過するフィルタ特性を有し、第4波長は、約750nmから900nmの間にある。

【0037】

また、第1波長から第4波長が、第1波長<第2波長<第3波長<第4波長、の関係を有する、第1フィルタY、第2フィルタR、第3フィルタIR1、及び第4フィルタIR2のフィルタ特性を用いる。したがって、第1フィルタY、第2フィルタR、第3フィルタIR1、及び第4フィルタIR2は、上記した関係を有するようにそれぞれのフィルタ特性が設定される。

30

【0038】

また、図4で示す点線は、光学系に設けられる赤外線カットフィルタのフィルタ特性を示す。赤外線カットフィルタは、約890nm以上の波長の光をカットし、約880nm以下の波長の光を透過するフィルタ特性を有する。また、光学フィルタは、約880nmから約890nmの間では、波長が長くなるにつれ透過率が減少していくフィルタ特性を有する。なお、赤外線カットフィルタは、透過率が変化しない長波長側の光の透過を抑制し、透過率が変化しない短波長側の光を透過するフィルタである。この赤外線カットフィルタは、光学系に設けられているので、赤外線カットフィルタを透過した光が撮像素子に入射される。

40

【0039】

W領域の第1画素204aは、入射した光をそのまま透過するので、W領域の第1画素204aを受光した画素の画素信号から、第1フィルタYを透過した光を受光する第1画素204aの画素の画素信号を減算することで、B(青)成分の画素信号を得ることができる。また、第1フィルタYを透過した光を受光する第1画素204aの画素の画素信号から、第2フィルタRを透過した光を受光する第1画素204aの画素の画素信号を減算

50

することで、G（緑）成分の画素信号を得ることができる。また、第2フィルタRを透過した光を受光する第1画素204aの画素の画素信号から、第3フィルタIR1を透過した光を受光する第1画素204aの画素の画素信号を減算することで、R（赤）成分の画素信号を得ることができる。このように、第1フィルタY、第2フィルタR、第3フィルタIR1によって、RGBの各値を求めることができる。これにより、それぞれの画素で近赤外域の波長に起因する光電子のクロストークが発生しても、減算してRGBの各画素信号を求めるので、クロストークによる影響を抑えることができ、正確なRGBの画素信号を得ることができる。

【0040】

また、第4フィルタIR2を透過する光は、第4フィルタIR2と赤外線カットフィルタで構成される波長帯域の光となり、第4フィルタIR2を透過する光を受光する第2画素204bは、図4の斜線領域の赤外光を受光することになる。第4フィルタIR2と赤外線カットフィルタとにより、発光装置102が発光する赤外光の波長帯域の少なくとも一部を透過するフィルタを構成することができる。したがって、発光装置102により発光された光の反射光Lrが第4フィルタIR2を透過するとともに、第4フィルタIR2を透過する環境光Lsを抑えることができる。また、第4フィルタIR2と赤外線カットフィルタとにより、透過する光の波長帯域を狭くすることで、さらに、環境光Lsの入射を抑えることができる。

【0041】

これにより、第4フィルタIR2を透過する光を受光する第2画素204bは、発光装置102が発光した光の反射光Lrを精度よく受光することができる。発光装置102が発光した光の反射光Lrを得たい場合に、環境光Lsが混じってしまうと、環境光Lsはノイズ成分と見ることができる。発光装置102が発光した光の反射光Lrに対する環境光Lsの比が大きい場合は、ノイズ成分が多い光となるからである。

【0042】

次に、画素204について説明する。図5は、第1画素204aの回路を示す図である。第1画素204aは、光電変換素子300、電荷集積部26と、第1キャパシタCa1、電荷排出部302、第1スイッチング素子SW1、第2スイッチング素子SW2、第1リセットスイッチSR1、及び第1アンプAP1を備える。

【0043】

第1スイッチング素子SW1は、例えば、nチャネル型MOSトランジスタで構成され、ソースが電荷集積部26に接続され、ドレインが第1キャパシタCa1に接続され、ゲートが図示しないゲート駆動回路206に接続されている。ゲート駆動回路206は、第1スイッチング素子SW1のゲートにゲート信号（第1読取信号Sg1）を供給することで第1スイッチング素子SW1のオン・オフを選択的に制御して、電荷集積部26に存在する電荷を第1キャパシタCa1に転送する。

【0044】

第2スイッチング素子SW2は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成され、ソースが電荷集積部26に接続され、ドレインに電荷排出部302が接続され、該電荷排出部302には、第1電源116からの正の電源電圧Vddが供給されている。また、ゲートには図示しないゲート駆動回路206が接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号（第1電荷排出信号Se1）を第2スイッチング素子SW2に供給することで（ゲートに供給される電圧を高レベルにすることで）、ゲートをオンにし、電荷集積部26に存在する電荷を、第1キャパシタCa1に転送することなく、電荷排出部302を通じて排出する。

【0045】

第1リセットスイッチSR1は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成され、ソースには第1スイッチング素子SW1と第1キャパシタCa1との接点a1が接続され、ドレインには第2電源118からのリセット電圧Vrが供給されている。また、ゲートには図示しないゲート駆動回路206が接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲ

10

20

30

40

50

ート駆動信号（第1リセット信号 S_{r1} ）をリセットスイッチ S_{E1} のゲートに供給することで、第1リセットスイッチ S_{R1} をオンにして、第1キャパシタ C_{a1} の電位を一定のリセット電位にする。すなわち、第1キャパシタ C_{a1} をリセットすることができる。

【0046】

第1アンプ A_{P1} は、例えば n チャネル型MOSトランジスタにて構成された第1出力素子 T_{R1} と、第1出力素子 T_{R1} のソースと出力ライン304との間に接続された例えば n チャネル型MOSトランジスタによる第1出力スイッチ S_{E1} とを有する。第1出力素子 T_{R1} のゲートには、第1スイッチング素子 S_{W1} と第1キャパシタ C_{a1} との接点 $a1$ が接続され、ドレインには第1電源116からの正の電源電圧 V_{dd} が供給され、ソースには第1出力スイッチ S_{E1} のドレインが接続されている。第1出力スイッチ S_{E1} は、ゲートに図示しないゲート駆動回路206が接続され、ソースに出力ライン304が接続されている。

10

【0047】

ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号（第1出力選択信号 S_{s1} ）を第1出力スイッチ S_{E1} のゲートに出力することで、第1出力スイッチ S_{E1} をオンにする。これにより、第1キャパシタ C_{a1} に蓄積された電荷量に応じた電圧が第1出力素子 T_{R1} で増幅されて第1出力電圧 V_{out1} として取り出されることになる。

【0048】

図6は、第2画素204bの回路を示す図である。第2画素204bは、光電変換素子310、電荷集積部26、第2キャパシタ C_{a2} 、第3キャパシタ C_{a3} 、電荷排出部306、第3スイッチング素子 S_{W3} 、第4スイッチング素子 S_{W4} 、第10スイッチング素子 S_{W10} 、第2リセットスイッチ S_{R2} 、及び第3リセットスイッチ S_{R3} を有する。

20

【0049】

第3スイッチング素子 S_{W3} は、例えば、 n 型チャネル型MOSトランジスタで構成され、ソースが電荷集積部26に接続され、ドレインが第2キャパシタ C_{a2} に接続され、ゲートが図示しないゲート駆動回路206に接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号（第2読取信号 S_{g2} ）を第3スイッチング素子 S_{W3} のゲートに供給することで、第3スイッチング素子 S_{W3} のオン・オフを制御して、電荷集積部26に存在する電荷を第2キャパシタ C_{a2} に転送する。

30

【0050】

第4スイッチング素子 S_{W4} は、例えば、 n チャネル型MOSトランジスタで構成され、ソースが電荷集積部26に接続され、ドレインが第3キャパシタ C_{a3} に接続され、ゲートが図示しないゲート駆動回路206に接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号（第1読取信号 S_{g3} ）を第4スイッチング素子 S_{W4} のゲートに供給することで、第4スイッチング素子 S_{W4} のオン・オフを制御して電荷集積部26に蓄積された電荷を第3キャパシタ C_{a3} に転送する。

【0051】

第5スイッチング素子 S_{W5} は、例えば、 n チャネル型MOSトランジスタで構成され、ソースに電荷集積部26が接続され、ドレインに電荷排出部306が接続され、電荷排出部306には、第1電源116からの正の電源電圧 V_{dd} が供給されている。また、ゲートには図示しないゲート駆動回路206が接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号（第2電荷排出信号 S_{e2} ）を第5スイッチング素子 S_{W5} のゲートに供給することで、ゲートをオンにし、電荷集積部26に存在する電荷を、第2キャパシタ C_{a2} 及び第3キャパシタ C_{a3} に転送することなく、電荷排出部306を通じて排出する。

40

【0052】

第2リセットスイッチ S_{R2} 及び第3リセットスイッチ S_{R3} は、例えば、 n チャネル型MOSトランジスタで構成されている。第2リセットスイッチ S_{R2} のソースに第3スイッチング素子 S_{W3} と第2キャパシタ C_{a2} との接点 $a1$ が接続され、第3リセットス

50

イッチSR3のソースに第4スイッチング素子SW4と第3キャパシタCa3との接点a2が接続されている。各ドレインには第2電源118からのリセット電圧Vrが供給され、各ゲートには図示しないゲート駆動回路206が接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号(第2リセット信号Sr2、第3リセット信号Sr3)を第2リセットスイッチSR2及び第3リセットスイッチSR3にそれぞれ供給することで、第2リセットスイッチSR2及び第3リセットスイッチSR3を選択的に又は一斉にオンにする。これにより、第2キャパシタCa2及び第3キャパシタCa3の電位をそれぞれ一定のリセット電圧にすることができる。

【0053】

第2アンプAPは、例えば、nチャネル型MOSトランジスタで構成された第2出力素子TR2と、第2出力素子TR2のソースと第1出力ライン308aとの間に接続された、例えば、nチャネル型MOSトランジスタによる第2出力スイッチSEL2とを有する。第2出力素子TR2のゲートには、第3スイッチング素子SW3と第2キャパシタCa2との接点a1が接続され、ドレインには第1電源116からの正の電源電圧Vddが供給され、ソースには第2出力スイッチSELのドレインが接続されている。

10

【0054】

第2出力スイッチSEL2は、ゲートに図示しないゲート駆動回路206が接続され、ソースに第1出力ライン308aが接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号(第2出力選択信号Ss2)を第2出力スイッチSEL2に供給することで、第2出力スイッチSEL2をオンにする。これにより、第2キャパシタCa2に蓄積された電荷量に応じた電圧が第2出力素子TR2で増幅されて第2出力電圧Vout2として取り出されることになる。

20

【0055】

第3アンプAPは、例えば、nチャネル型MOSトランジスタで構成された第3出力素子TR3と、第3出力素子TRのソースと第2出力ライン308bとの間に接続された、例えば、nチャネル型MOSトランジスタによる第3出力スイッチSEL3とを有する。第3出力素子TR3のゲートには、第4スイッチング素子SW4と第3キャパシタCa3との接点a2が接続され、ドレインには第1電源116からの正の電源電圧Vddが供給され、ソースには第3出力スイッチSEL3のドレインが接続されている。

【0056】

第3出力スイッチSEL3は、ゲートに図示しないゲート駆動回路206が接続され、ソースに第2出力ライン308bが接続されている。ゲート駆動回路206は、ゲート駆動信号(第3出力選択信号Ss3)を、第3出力スイッチSEL3のゲートに供給することで、第3出力スイッチSEL3をオンにする。これにより、第3キャパシタCa3に蓄積された電荷量に応じた電圧が第3出力素子TR3で増幅されて第3出力電圧Vout3として取り出されることになる。

30

【0057】

次に、撮像システム100の動作を、図7を用いて説明する。なお、図7において、発光装置102からのパルス光Lpの放射期間はWLであり、第1スイッチング素子SW1及び第2スイッチング素子SW2がオンしている期間は、それぞれWD1、WD2である。また、第3スイッチング素子SW3、第4スイッチング素子SW4、及び第10スイッチング素子SW10がオンしている期間は、それぞれWD3、WD4、WD5である。このWD1が第1画素204aの露光期間であり、WD3及びWD4が第2画素204bの露光期間である。

40

【0058】

撮像システム100の制御装置114は、一定の周期(サイクル)毎に、発光装置102を駆動して、サイクル毎に発光時間WLのパルス光Lpを放射する。発光装置102から出射されたパルス光Lp(放射光Le)が被写体Wで反射して、反射光Lrとして受光装置110に入射する。受光装置110に入射した光は、光電変換素子310で光電変換される。

50

【0059】

最初に、撮像システム100の初期設定として、第2スイッチング素子SW2及び第1リセットスイッチSR1を共にオンにして、第1スイッチング素子SW1及び第1出力スイッチSEL1を共にオフにする。また、撮像システム100の初期設定として、第5スイッチング素子SW5、第2リセットスイッチSR2、及び、第3リセットスイッチSR3を全てオンにし、第3スイッチング素子SW3、第4スイッチング素子SW4、第2出力スイッチSEL1、及び第3出力スイッチSEL3を全てオフにする。これにより、第1画素204a及び第2画素204bの電荷集積部26に存在する不要な電荷が電荷排出部302を通じて排出されると共に、キャパシタCaの電位がリセット電位Vrに設定される。その後、第1リセットスイッチSR1、第2リセットスイッチSR2、及び第3リセットスイッチSR3がオフにされる。

10

【0060】

初期設定が終了した後、反射光強度を取得するためのサイクルが1回のみ、あるいは複数回繰り返されることになる。

【0061】

各サイクルは、最初の時点t1において、制御装置114による発光装置102の駆動によって、発光装置102は放射期間WLが経過する時点t2まで1つのパルス光Lpが射出放射する。時点t1後も、第1スイッチング素子SW1をオフ、第2スイッチング素子SW2をオンのままにする。時点t3より長い期間WD2が経過する時点t4になるまで、第1スイッチ素子SW1はオフ、第2スイッチング素子SW2はオンの状態が維持される。この期間WD2は、撮像素子202が、発光装置102が発光したパルス光Lpの反射光Lrを受光する期間より長ければよい。これにより、第1画素204aの光電変換素子300は、反射光Lrを受光して光電変換されるが、蓄積された電荷は、第2スイッチング素子SW2を介して、電荷排出部302により排出される。つまり、レンズ120に入射した光、第1フィルタYを透過した光、第2フィルタRを透過した光、及び、第3フィルタIRを透過した光をそれぞれ受光する第1画素204aの画素値(電荷量)は捨てられることになる。

20

【0062】

その後、時点t4において、次にサイクル開始時点までの期間WD1にわたって第1スイッチング素子SW1をオンにし、第2スイッチング素子SW2をオフにする。なお、必ずしも第1スイッチング素子SW1を次のサイクル開始時点までオンにする必要はなく、期間WD1を短くしてもよい。これにより、期間WD1の間に第1画素204aに蓄積された環境光Lsの電荷が第1スイッチング素子SW1を介して、第1キャパシタCa1に転送される。

30

【0063】

所定回数のサイクルが終了した段階で、第1出力スイッチSEL1をオンにすることによって、出力ライン304には、第1キャパシタCa1に蓄積された電荷量に応じた電圧が第1出力素子TR1にて増幅されて第1出力電圧Vout1として出力される。第1出力電圧Vout1は、図示しないA/D変換器216によってデジタルデータに変換されて画素信号として演算装置112に出力される。つまり、露光とは、画素信号として用いられる電荷を受光して得ることをいい、排出される電荷を受光することは露光と言わない。

40

【0064】

そして、演算装置112は、出力された領域Wの画素の画素信号、第1フィルタYを透過した光を受光する画素の画素信号、第2フィルタRを透過した光を受光する画素の画素信号、第3フィルタIR1を透過した光を受光する画素の画素信号から、R成分、G成分、及びB成分の画素信号を算出する。詳しくは、青成分算出部130は、領域Wの画素の画素信号から、第1フィルタYを透過した光を受光する画素の画素信号を減算することで、青色成分の画素信号を算出する。また、緑成分算出部132は、第1フィルタYを透過した光を受光する画素の画素信号から、第2フィルタRを透過した光を受光する画素の画

50

素信号を減算することで、緑色成分の画素信号を算出する。赤色成分算出部 136 は、第 2 フィルタ R と透過した光を受光する画素の画素信号から、第 3 フィルタ I R 1 を透過した光を受光する画素の画素信号を減算することで、赤色成分の画素信号を算出する。この算出された R 成分、G 成分、及び B 成分の画素信号は、環境光 L s のみを受光した（発光装置 102 が射出した光の反射光 L r を含まない光）画素信号である。

【0065】

このように、発光装置 102 が射出する光の反射光が撮像素子 202 に入射する期間は、第 1 画素 204 a で発生した光電子（電荷）を蓄積させずに、反射光が撮像素子 202 に入射しない期間に第 1 画素で発生した光電子を蓄積させるようにしたので、発光装置 102 が射出した光の反射光があたって光電変換した光電子が、環境光によって発生した光電子と足しあわさって第 1 画素 204 a が飽和してしまい、ダイナミックレンジの低下を招くという事態を回避することができる。

10

【0066】

なお、発光装置 102 が射出した光の反射光を露光しても、減算法により R、G、B の各成分の画素信号を算出するので、環境光 L s の画素信号を算出することはできる。しかしながら、発光装置 102 が射出する光の強度が強い場合に、発光装置 102 が射出した光の反射光 L r を露光してしまうと、第 1 画素 204 a が飽和してオーバーフローしてしまい、正確な画素信号を得ることはできなくなってしまう。そこで、発光装置 102 が射出した反射光 L r を受光する期間は、第 1 画素 204 a は、光電変換した画素値を捨て、発光装置 102 が射出した反射光 L r を受光しない期間だけ、環境光 L s を受光することで、正確な環境光の画素信号を得ることができる。

20

【0067】

また、時点 t 1 から期間 W D 4 が経過する時点 t 3 まで、第 3 スイッチング素子 S W 3 をオフのままにし、第 4 スイッチング素子 S W 4 をオンにする。これにより、期間 W D 4 の間に第 2 画素 204 b に蓄積された電荷が第 4 スイッチング素子 S W 4 を介して、第 3 キャパシタ C a 3 に転送される。期間 W D 4 は、撮像素子 202 が、発光装置 102 が発光したパルス光 L p の反射光 L r を受光する期間以上の長さであることが好ましい。

【0068】

その後、時点 t 3 において、第 4 スイッチング素子 S W 4 をオフにして、時点 t 3 から期間 W D 3 が経過する時点 t 5 まで、第 3 スイッチング素子 S W 3 をオンにする。これにより、期間 W D 3 の間に第 2 画素 204 b に蓄積された環境光 L s の電荷が第 3 スイッチング素子 S W 3 を介して第 2 キャパシタ C a 2 に転送される。なお、期間 W D 3 は、期間 W D 4 と同じ長さである。

30

【0069】

その後、時点 t 5 において、第 3 スイッチング素子 S W 3 をオフにし、時点 t 5 から次のサイクルの開始時点までの期間 W D 5 にわたり第 5 スイッチング素子 S W 5 をオンに（第 3 スイッチング素子 S W 3 及び第 4 スイッチング素子 S W 4 はオフ）にする。これによって、期間 W D 5 において、第 2 画素 204 b に蓄積された不要な電荷は第 5 スイッチング素子 S W 5 を介して、電荷排出部 306 により排出される。

【0070】

所定回数のサイクルが終了した段階で、第 2 出力スイッチ S E L 2 をオンすることによって、第 1 出力ライン 308 a には、第 2 キャパシタ C a 2 に蓄積された電荷量に応じた電圧が、第 2 出力素子 T R 2 にて増幅されて第 2 出力電圧 V o u t 2 として出力される。また、第 3 出力スイッチ S E L 3 をオンすることによって、第 2 出力ライン 308 b には、第 3 キャパシタ C a 3 に蓄積された電荷量に応じた電圧が第 3 出力素子 T R 3 にて増幅された第 3 出力電圧 V o u t 3 として出力されることになる。

40

【0071】

第 1 出力ライン 308 a 及び第 2 出力ライン 308 b から出力された第 2 出力電圧 V o u t 2 及び第 3 出力電圧 V o u t 3 は、図示しない A / D 変換器 216 にてそれぞれデジタルの第 1 画素信号 D 1 及び第 2 画素信号 D 2 に変換されて演算装置 112 に出力される

50

【 0 0 7 2 】

演算装置 1 1 2 では、供給された第 2 画素信号 D 2 から第 1 画素信号 D 1 を減算することで、反射光強度画素データ D r を得る。演算装置 1 1 2 は、同一の画素から得られた第 2 画素信号 D 2 から第 1 画素信号 D 1 を減算する。

【 0 0 7 3 】

発光装置 1 0 2 は、パルス光 L p のパルス幅を 1 [ナノ秒] より長く、且つ、0 . 2 5 [秒] 未満としているため、パルス光 L p のパルス幅を 1 フレーム期間の 1 [%] 以下、例えば 0 . 1 [%] 以下の時間的長さに設定することが可能である。つまり、パルス幅を大幅に短く設定することができることから、1 つのパルス光 L p のパワーを高くすることができ、環境光成分に対する発光装置 1 0 2 が出射した光の反射光 L r の成分 (信号光) の S / N 比を大幅に向上させることができる。期間 W D 4 もパルス光 L p のパルス幅に合わせて短く設定することができ、しかも、環境光 L s のみを読み取る期間 W D 3 を上述した期間 W D 4 と同じ時間的長さにできる等、読取時間を短くすることができるため、環境光 L s の入射光量を低減でき、環境光 L s に起因する光ショットノイズ成分を低減することができる。

10

【 0 0 7 4 】

また、期間 W D 3 と期間 W D 4 に挟まれる時間的長さをほぼ 0 にすることができることから、被写体 W にパルス光 L p を照射しない期間 (期間 W D 3) における電荷の取り込み (未放射時の輝度値の取得) と、パルス光 L p を照射した期間 (期間 W D 2) における電荷の取り込み (放射時の輝度値の取得) を、短時間に切り換えることが可能となり、未放射時の輝度値と放射時の輝度値の取得にかかる同時性を格段に向上させることができる。

20

【 0 0 7 5 】

また、上述したサイクルを複数回繰り返す場合は、第 3 キャパシタ C a 3 及び第 4 キャパシタ C a 4 に蓄積される電荷の量を増やすことができる。この場合においても、パルス光列のパルス周期に対するパルス光 L p のデューティ比が 1 [%] 以下 (例えば 0 . 1 [%] 以下) に設定されることから、パルス光列に含まれる各パルス光 L p のパワーを連続光よりも高くすることが可能となり、各パルス幅での環境光 L s (ノイズ成分) に対する反射光 L r (信号光成分) の S / N 比を大幅に向上させることができる。しかも、複数サイクルにわたって第 3 キャパシタ C a 3 及び第 4 キャパシタ C a 4 にそれぞれ電荷を蓄積することから、信号光成分を増やすことができ、その後の信号処理の精度を高めることが可能となる。また、各サイクルにおいて、期間 W D 3 における電荷の取り込みと、期間 W D 2 における電荷の取り込みを、短時間に切り換えることができるため、未放射時の輝度値と放射時の輝度値の取得にかかる同時性を格段に向上させることができる。

30

【 0 0 7 6 】

以上に示した、実施例により、環境光による R G B の輝度情報と、環境光に影響しない発光装置 1 0 2 が出射した光の反射光 L r の輝度情報を得ることが可能となる。

【 0 0 7 7 】

なお、第 2 画素 2 0 4 b は、以下のような構成であってもよい。図 8 は、第 2 画素 2 0 4 b の回路の他の例を示す図である。このような構成を有することで、第 2 画素 2 0 4 b は、被写体までの距離を測距することができる。第 2 画素 2 0 4 b は、上述した光電変換素子 3 1 0、電荷集積部 2 6、第 6 キャパシタ C a 6 ~ 第 9 キャパシタ C a 9、電荷排出部 3 0 6、第 6 スイッチング素子 S W 6 ~ 第 1 0 スイッチング素子 S W 1 0、第 6 リセットスイッチ S R 6 ~ 第 9 リセットスイッチ S R 9、第 6 アンプ A P 6 ~ 第 9 アンプ A P 9 を有する。図 8 において、回路図を見易くするために、電荷集積部 2 6 を 2 つの接点で示したが、実際には 1 つの電荷集積部 2 6 にて構成されるものである。また、第 6 キャパシタ C a 6 と第 8 キャパシタ C a 8 は、電荷集積部 2 6 の中心に対して線対称の位置に配置され、第 7 キャパシタ C a 7 と第 8 キャパシタ C a 8 も、電荷集積部 2 6 の中心に対して線対称の位置に配置されている。同様に、第 6 キャパシタ C a 6 と第 7 キャパシタ C a 7 も、電荷集積部 2 6 の中心に対して線対称の位置に配置され、第 8 キャパシタ C a 8 と第

40

50

9 キャパシタ $C a 9$ も、電荷集積部 26 の中心に対して線対称の位置に配置されている。

【0078】

第6スイッチング素子 $SW 6$ 及び第6キャパシタ $C a 6$ は、上述した図6の第2画素 204bの第3スイッチング素子 $SW 3$ 及び第2キャパシタ $C a 2$ と同様の構成であるので説明を省略する。また、第7スイッチング素子 $SW 7$ 及び第7キャパシタ $C a 7$ は、上述した図6の第2画素 204bの第4スイッチング素子 $SW 4$ 及び第3キャパシタ $C a 3$ と同様の構成であるので説明を省略する。

【0079】

第8スイッチング素子 $SW 8$ は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成され、ソースが電荷集積部 26 に接続され、ドレインが第8キャパシタ $C a 8$ に接続され、ゲートがゲート駆動回路 206 に接続されている。ゲート駆動回路 206 は、ゲート駆動信号(第3読取信号 $S g 3$)を第8スイッチング素子 $SW 8$ のゲートに供給することで、第8スイッチング素子 $SW 8$ のオン・オフを制御して、電荷集積部 26 に蓄積された電荷を第8キャパシタ $C a 8$ に転送する。

10

【0080】

第9スイッチング素子 $SW 9$ は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成され、ソースが電荷集積部 26 に接続され、ドレインが第9キャパシタ $C 9$ に接続され、ゲートがゲート駆動回路 206 に接続されている。ゲート駆動回路 206 は、ゲート駆動信号(第4読取信号 $S g 4$)を第9スイッチング素子 $SW 9$ のゲートに供給することで、第9スイッチング素子 $SW 9$ のオン・オフを制御して、電荷集積部 26 に蓄積された電荷を第9キャパシタ $C a 9$ に転送する。

20

【0081】

第10スイッチング素子 $SW 10$ は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成され、ソースに電荷集積部 26 が接続され、ドレインに電荷排出部 306 が接続され、該電荷排出部 306 には、第1電源 116 からの正の電源電圧 $V d d$ が供給されている。また、ゲートにはゲート駆動回路 206 からの電荷排出信号 $S e$ が供給されるようになっている。

【0082】

従って、ゲート駆動回路 206 は、電荷排出信号 $S e 3$ を第10スイッチング素子 $SW 10$ のゲートに供給すること(ゲートに供給される電圧を高レベルにすること)により、ゲートをオンにし、電荷集積部 26 に存在する不要な光電子を、第6キャパシタ $C a 6$ ~ 第9キャパシタ $C a 9$ に転送することなく、電荷排出部 302 を通じて排出することができる。

30

【0083】

すなわち、第6スイッチング素子 $SW 6$ ~ 第9スイッチング素子 $SW 9$ の全てがオフにされているときに、ゲート駆動回路 206 から第10スイッチング素子 $SW 10$ のゲートに電荷排出信号 $S e 3$ を送信すること(ゲートに供給される電圧を高レベルにすること)により、第10スイッチング素子 $SW 10$ をオンにし、光電変換素子 310 で発生した不要な光電子を、第6キャパシタ $C a 6$ ~ 第9キャパシタ $C a 9$ に振り分けることなく、電荷排出部 306 に排出することができる。これにより、第6キャパシタ $C a 6$ ~ 第9キャパシタ $C a 9$ には、第6スイッチング素子 $SW 6$ ~ 第9スイッチング素子 $SW 9$ がオンしている期間に光電変換素子 310 で発生した光電子のみを振り分けることが可能となる。その結果、後述する方法により、対象物 W との距離 z を測定することが可能となる。

40

【0084】

第6リセットスイッチ $SR 6$ ~ 第9リセットスイッチ $SR 9$ は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成されている。第6リセットスイッチ $SR 6$ のソースに第6スイッチング素子 $SW 6$ と第6キャパシタ $C a 6$ との接点 $a 1$ が接続され、第7リセットスイッチ $SR 7$ のソースに第7スイッチング素子 $SW 7$ と第7キャパシタ $C a 7$ との接点 $a 2$ が接続されている。同様に、第8リセットスイッチ $SR 8$ のソースに第8スイッチング素子 $SW 8$ と第8キャパシタ $C a 8$ との接点 $a 3$ が接続され、第9リセットスイッチ $SR 9$

50

のソースに第9スイッチング素子SW9と第9キャパシタCa9との接点a4が接続されている。各ドレインには第2電源118からのリセット電圧Vrが供給され、各ゲートにはゲート駆動回路206が接続されている。

【0085】

従って、各ゲートに対するゲート駆動回路206からのゲート駆動信号(第6リセット信号Sr6~第9リセット信号Sr9)によって第6リセットスイッチSR6~第9リセットスイッチSR9を選択的に又は一斉にオンにすることにより、第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9の電位をそれぞれ一定のリセット電位にすることができる。すなわち、第6キャパシタCa6~第9リセットCa9をリセットすることができる。

【0086】

第6アンプAP6及び第7アンプAP7は、上述した図6の第2画素204bの第2アンプAP2及び第3アンプAP3と同様の構成を有するため、ここではその詳細説明を省略するが、第6アンプAP6の第6出力スイッチSEL6のソースが第1出力ライン308aに接続され、ゲートには垂直選択回路208からの第6出力選択信号Ss6が供給されるようになっている。同様に、第7アンプAP7の第7出力スイッチSEL7のソースが第1出力ライン308aに接続され、ゲートには垂直選択回路208からの第7出力選択信号Ss7が供給されるようになっている。

【0087】

従って、第6出力スイッチSEL6のゲートに対する第6出力選択信号Ss6によって第6出力スイッチSEL6をオンにすることにより、第6キャパシタCa6に蓄積された電荷量Q1に応じた電圧が第6出力素子TR6にて増幅され、第1出力ライン308aを介して第6出力電圧Vout6として取り出されることになる。同様に、第7出力スイッチSEL7のゲートに対する第7出力選択信号Ss7によって第7出力スイッチSEL7をオンにすることにより、第7キャパシタCa7に蓄積された電荷量Q2に応じた電圧が第7出力素子TR7にて増幅され、第1出力ライン308aを介して第7出力電圧Vout7として取り出されることになる。

【0088】

第8アンプAP8は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成された第8出力素子TR8と、第8出力素子TR8のソースと第2出力ライン308bとの間に接続された例えばnチャネル型MOSトランジスタによる第8出力スイッチSEL8とを有する。第8出力素子TR8のゲートには、第8スイッチング素子SW8と第8キャパシタCa8との接点a8が接続され、ドレインには第1電源116からの正の電源電圧Vddが供給され、ソースには第8出力スイッチSEL8のドレインが接続されている。第8出力スイッチSEL8は、ソースに第2出力ライン308bが接続され、ゲートには、垂直選択回路208からの第8出力選択信号Ss8が供給されるようになっている。

【0089】

従って、第8出力スイッチSEL8のゲートに対する第8出力選択信号Ss8によって第8出力スイッチSEL8をオンにすることにより、第8キャパシタCa8に蓄積された電荷量Q3に応じた電圧が第8出力素子TR8にて増幅され、第2出力ライン308bを介して第8出力電圧Vout8として取り出されることになる。

【0090】

第9アンプAP9は、例えばnチャネル型MOSトランジスタにて構成された第9出力素子TR9と、第9出力素子TR9のソースと第2出力ライン308bとの間に接続された例えばnチャネル型MOSトランジスタによる第9出力スイッチSEL9とを有する。第9出力素子TR9のゲートには、第9スイッチング素子SW9と第9キャパシタCa9との接点a9が接続され、ドレインには第1電源116からの正の電源電圧Vddが供給され、ソースには第9出力スイッチSEL9のドレインが接続されている。第9出力スイッチSEL9は、ソースに第2出力ライン308bが接続され、ゲートには、垂直選択回路208からの第9出力選択信号Ss9が供給されるようになっている。

【0091】

10

20

30

40

50

従って、第9出力スイッチSEL9のゲートに対する第9出力選択信号Ss9によって第9出力スイッチSEL9をオンにすることにより、第9キャパシタCa9に蓄積された電荷量Q4に応じた電圧が第9出力素子TR9にて増幅され、第2出力ライン308bを介して第9出力電圧Vout9として取り出されることになる。

【0092】

次に、撮像システム100と対象物Wとの距離zを測定する方法について説明する。

【0093】

(1) サイクルCm

図9に示すように、撮像システム100の第2画素204bでは、各サイクルCm(測定値を求める周期)[回/s]は、第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に電荷を累積的に蓄積する第1蓄積期間Tca1と、第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に累積的に蓄積された電荷を読み出す読出期間Trとからなる。さらに、第1蓄積期間Tca1は、第2画素204bにパルス光Lpを露光し、第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に電荷を蓄積する処理(電荷蓄積処理)を1回行うための第2蓄積期間Tca2を複数含む。第1蓄積期間Tca1及び読出期間Trは、10[ミリ秒]である。また、各第2蓄積期間Tca2は、100[マイクロ秒]である。さらに、各第2蓄積期間Tca2におけるパルス光Lpの出力時間(パルス幅)は、100[ナノ秒]である。したがって、各第2蓄積期間Tca2における発光部140の駆動デューティは、0.1[%]である。

【0094】

なお、上述したように、撮像システム100は、測定結果を三次元画像として出力可能であるため、各サイクルCmは、三次元画像のフレームレート[フレーム/s]としても定義可能である。

【0095】

撮像システム100では、第1蓄積期間Tca1において電荷蓄積処理を100回行い、これに伴って、第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に蓄積された電荷量Q1~Q4に基づいて往復期間P及び距離zを測定する。

【0096】

(2) 測定方法の概要(1つの電荷蓄積期間Tca2を対象とした場合)

上記のように、撮像システム100では、第1蓄積期間Tca1全体で第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に蓄積された電荷量Q1~Q4に基づいて往復期間P及び距離zを測定するが、発明の理解を容易化するため、以下では、まずは、1つの第2蓄積期間Tca2のみで第6キャパシタCa6~第9キャパシタCa9に蓄積された電荷量Q1~Q4に基づいて往復期間P及び距離zを求める場合を説明する。

【0097】

図10には、第2蓄積期間Tca2における放射光Le、反射光Lr、並びに第6スイッチング素子SW6~第10スイッチング素子SW10のオン/オフのタイミングチャートが示されている。

【0098】

詳細は後述するが、撮像システム100では、反射光Lrの強度Ir[W]が一定であれば、反射光Lrが光電変換素子310に入射した期間(反射光入射期間Psr)[s]と、反射光入射期間Psrにおける反射光Lrの累積光量(反射光測定光量Amr)[J]とが比例関係にあることを利用して、距離zを測定する。

【0099】

すなわち、第1基準期間としての期間P1において、環境光Lsのみが光電変換素子310に入射しているときの累積光量(環境光基準光量Ars)[J](第6キャパシタCa6の電荷量Q1)を求め、第2基準期間としての期間P3(=P1)において、環境光Ls及び反射光Lrが光電変換素子310に入射しているときの累積光量(合成光基準光量Ari)[J](第8キャパシタCa8の電荷量Q3)を求める。また、第1測定期間としての期間P2において、環境光Lsのみが光電変換素子310に入射しているときの

10

20

30

40

50

累積光量（環境光測定光量 A_{ms} ）[J]（第7キャパシタ C_{a7} の電荷量 Q_2 ）を求め、第2測定期間としての期間 P_4 （ $= P_2$ ）において、環境光 L_s 及び反射光 L_r が光電変換素子 310 に入射しているときの累積光量（合成光測定光量 A_{mi} ）[J]（第9キャパシタ C_{a9} の電荷量 Q_4 ）を求める。期間 P_4 では、環境光 L_s 及び反射光 L_r の両方が入射する期間（期間 P_{sr} ）[s]と、環境光 L_s のみが入射する期間（期間 P_s ）[s]が存在する。期間 P_{sr} は、対象物 W までの距離 z に比例する。この期間 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 が第2画素 204b の露光期間である。

【0100】

ここで、合成光基準光量 A_{ri} と環境光基準光量 A_{rs} との差（反射光基準光量 A_{rr} ）[J]と合成光測定光量 A_{mi} と環境光測定光量 A_{ms} との差（反射光測定光量 A_{mr} ）[J]との比（ $A_{ri} - A_{rs} : A_{mi} - A_{ms}$ ）と、期間 P_3 （ $= P_1$ ）と反射光入射期間 P_{sr} との比（ $P_3 : P_{sr}$ ）とが等しい。これを利用して、発光装置 102 から出射されたパルス光 L_p が対象物 W に当たって受光装置 110 に戻って来るまでの期間（往復期間 P ）を求める。そして、往復期間 P に基づいて受光装置 110 と対象物 W との距離 z を測定する。

10

【0101】

（3）測定方法の詳細（1つの第2蓄積期間 T_{ca2} を対象とした場合）

（a）タイミングチャートの説明

図10において、時点 T_{eu} は、放射光 L_e の放射開始時点、時点 T_{ed} は、放射光 L_e の放射終了時点、期間 P_e は、時点 T_{eu} から時点 T_{ed} までの期間を示す。時点 T_{ru} は、光電変換素子 310 に対する反射光 L_r の入射開始時点、時点 T_{rd} は、光電変換素子 310 に対する反射光 L_r の入射終了時点、期間 P_r は、時点 T_{ru} から時点 T_{rd} までの期間を示す。

20

【0102】

時点 T_{g1u} 、 T_{g2u} 、 T_{g3u} 、 T_{g4u} は、第6スイッチング素子 SW_6 ~ 第9スイッチング素子 SW_9 をオンする時点、ここから時点 T_{g1d} 、 T_{g2d} 、 T_{g3d} 、 T_{g4d} は、第6スイッチング素子 SW_6 ~ 第9スイッチング素子 SW_9 をオフする時点、期間 P_1 は、時点 T_{g1u} から時点 T_{g1d} までの期間、期間 P_2 は、時点 T_{g2u} から時点 T_{g2d} までの期間、期間 P_3 は、時点 T_{g3u} から時点 T_{g3d} までの期間、期間 P_4 は、時点 T_{g4u} から時点 T_{g4d} までの期間を示す。期間 P_{sr} は、時点 T_{g4u} から時点 T_{rd} までの期間、期間 P_s は、時点 T_{rd} から時点 T_{g4d} までの期間を示す。

30

【0103】

時点 T_{d1u} 、 T_{d2u} は、第10スイッチング素子 SW_{10} をオンする時点、時点 T_{d1d} 、 T_{d2d} は、第10スイッチング素子 SW_{10} をオフする時点、期間 P_5 は、時点 T_{d1u} から時点 T_{d1d} までの期間、期間 P_6 は、時点 T_{d2u} から時点 T_{d2d} までの期間を示す。

【0104】

反射光 L_r が光電変換素子 310 に入射している期間 P_r は、時点 T_{eu} から時点 T_{ru} まで又は時点 T_{ed} から時点 T_{rd} までの遅れ（往復期間 P ）が発生するものの、期間 P_e と等しく（ $P_e = P_r$ ）、例えば、10 [ナノ秒] 以上 1 [マイクロ秒] 以下に設定可能であり、撮像システム 100 では、100 [ナノ秒] である。また、制御装置 114 において、期間 P_1 と期間 P_3 及び期間 P_2 と期間 P_4 はそれぞれ等しく設定される（ $P_1 = P_3$ 及び $P_2 = P_4$ ）。期間 P_1 、 P_3 は、例えば、10 [ナノ秒] 以上 90 [ナノ秒] 以下に設定可能であり、撮像システム 100 では、30 [ナノ秒] である。期間 P_2 は、例えば、10 [ナノ秒] 以上 90 [ナノ秒] 以下に設定可能であり、撮像システム 100 では、70 [ナノ秒] である。また、期間 P_5 は、例えば、0 [秒] 以上 90 [ナノ秒] 以下に設定可能であり、撮像システム 100 では、70 [ナノ秒] である。期間 P_6 は、例えば、10 [マイクロ秒] 以上 1 [ミリ秒] 以下に設定可能であり、撮像システム 100 では、約 100 [マイクロ秒] である。このため、期間 P_1 ~ P_6 のうち期間 P

40

50

6 が非常に長い。

【0105】

図10からわかるように、撮像システム100の第2画素204bの第2蓄積期間Tca2では、先ず、第6スイッチング素子SW6をオンにし(期間P1)、第6スイッチング素子SW6をオフにするのと同時に第7スイッチング素子SW7をオンにする(期間P2)。第7スイッチング素子SW7をオフにするのと同時に対象物Wに対して放射光Leを出射し、第10スイッチング素子SW10をオンする(期間P5)。放射光Leの出力中(期間Pe)、光電変換素子310に対する反射光Lrの入射が開始する(時点Tru)。放射光Leの出射開始(時点Teu)から期間P5経過後に第10スイッチング素子SW10をオフにするると共に第8スイッチング素子SW8をオンにする(期間P3)。期間Peの経過後に、放射光Leの出射を終了すると共に第8スイッチング素子SW8をオフにし、第9スイッチング素子SW9をオンにする(期間P4)。第9スイッチング素子SW9をオンにしている間(期間P4)、光電変換素子310に対する反射光Lrの入射が終了する(時点Trd)。換言すると、期間P4が、撮像システム100の測定レンジ(測定可能な距離の範囲)[m]を規定する。第9スイッチング素子SW9をオフにするのと同時に第10スイッチング素子SW10をオンにする(期間P6)。期間P6が経過すると第10スイッチング素子SW10をオフにし、1回第2蓄積期間Tca2を終了する(時点Td2d)。それと同時に、次の第2蓄積期間Tca2が開始され、第6スイッチング素子SW6はオンとなる(時点Tg1u)。なお、発光装置102及び受光装置110の各部位の制御は、制御装置114において行われる。また、制御装置114を半導体プロセスにて作製する場合は、温度補償等の観点から、受光部124と共に同一のシリコン基板上にCMOSプロセスで作製することが望ましい。

10

20

【0106】

(b) 測定原理の説明

(i) 反射光基準光量Ar_rの演算

撮像システム100と対象物Wとがそれぞれ固定されていれば、対象物Wで反射して撮像システム100に戻って来る反射光Lrは、一定の強度(単位時間当たりの光量)であると言える。また、期間P1は、環境光Lsのみが光電変換素子310に入射する期間に設定されるため、第6キャパシタCa6には、環境光Lsのみに伴う光電子が蓄積される。一方、期間P3は、環境光Lsと反射光Lrの両方が光電変換素子310に入射する期間に設定されるため、第8キャパシタCa8には、環境光Lsと反射光Lrの両方に伴う光電子が蓄積される。さらに、期間P1と期間P3は同じ長さである。

30

【0107】

このため、第8キャパシタCa8に蓄積されている電荷量Q3と第6キャパシタCa6に蓄積されている電荷量Q1との差は、期間P3(=期間P1)における反射光Lrの累積光量(反射光基準光量Ar_r)を示す。

【0108】

(ii) 反射光測定光量Am_r及び往復期間Pの演算

撮像システム100と対象物Wとがそれぞれ固定されていれば、対象物Wで反射して撮像システム100に戻って来る反射光Lrは、一定の強度であると言える。また、期間P2は、環境光Lsのみが光電変換素子310に入射する期間に設定されるため、第7キャパシタCa7には、環境光Lsのみに伴う光電子が蓄積される。一方、期間P4は、環境光Lsと反射光Lrが光電変換素子310に入射する期間(期間Psr)と環境光Lsのみが光電変換素子310に入射する期間(期間Ps)の両方を含む期間に設定されるため、第9キャパシタCa9には、環境光Lsと反射光Lrの両方に伴う光電子が蓄積される。さらに、期間P2と期間P4は同じ長さである。

40

【0109】

このため、第9キャパシタCa9に蓄積されている電荷量Q4と第7キャパシタCa7に蓄積されている電荷量Q2との差は、期間P4(=期間P2)における反射光Lrの累積光量(反射光測定光量Am_r)を示す。ここで、撮像システム100では、期間P4は

50

、放射光 L_e の出射を終了する時点 T_{ed} と同時に開始される。このため、期間 P_4 では、パルス往復期間 P に対応する反射光 L_r が光電変換素子 310 に入射し、第 9 キャパシタ C_{a9} に光電子が蓄積される。従って、第 9 キャパシタ C_{a9} に蓄積されている電荷量 Q_4 は、期間 P_4 全体における環境光 L_s の累積光量（環境光測定光量 A_{ms} ）と、往復期間 P における反射光 L_r の累積光量（反射光測定光量 A_{mr} ）との和（合成光測定光量 A_{mi} ）に対応するものである。このため、電荷量 Q_4 と電荷量 Q_2 との差は、反射光測定光量 A_{mr} に対応する電荷量を示す。ここで、往復期間 P は、撮像システム 100 と対象物 W との距離 z に依存する。このため、反射光測定光量 A_{mr} （電荷量 Q_4 と電荷量 Q_2 の差に対応）と反射光基準光量 A_{rr} （電荷量 Q_3 と電荷量 Q_1 の差に対応）との比は、往復期間 P と期間 P_3 （＝期間 P_1 ）との比に等しい（ $A_{mr} : A_{rr} = Q_4 - Q_2 : Q_3 - Q_1 = P : P_3$ ）。従って、演算装置 112 は、下記の式（ F_3 ）により往復期間 P を演算する。

$$P = \{ (Q_4 - Q_2) / (Q_3 - Q_1) \} \times P_3 \dots\dots (F_3)$$

【0110】

(iii) 距離 z の演算

そして、演算装置 112 は、撮像システム 100 と対象物 W との距離 z を、下記の式（ F_4 ）により演算する。なお、式（ F_4 ）において、 c は、光速（約 30 万 [キロメートル毎秒]）を示す定数であり、また、 $c \times P$ を 2 で割っているのは、往復期間 P において、パルス光 L_p は、撮像システム 100 と対象物 W との間を往復し、距離 z の 2 倍の距離を進んでいるためである。

$$D = c \times P / 2 \dots\dots (F_4)$$

【0111】

(iv) その他

第 2 画素 $204b$ の初期設定（リセット動作）としては、下記のような処理がなされる。すなわち、先ず、第 6 リセットスイッチ S_{R6} ～第 9 リセットスイッチ S_{R9} に対して第 1 リセット信号 S_{r1} ～第 4 リセット信号 S_{r4} を送信すること（第 6 リセットスイッチ S_{R6} ～第 9 リセットスイッチ S_{R9} の各ゲートに供給される電圧を高レベルにすること）に応じて第 6 リセットスイッチ S_{R6} ～第 9 リセットスイッチ S_{R9} を一斉にオンにする。同時に、第 10 スイッチング素子 S_{W10} に電荷排出信号 S_{de} を送信すること（第 10 スイッチング素子 S_{W10} のゲートに供給される電圧を高レベルにすること）により、第 10 スイッチング素子 S_{W10} をオンにする。この時、第 6 スイッチング素子 S_{W6} ～第 9 スイッチング素子 S_{W9} に対してゲート駆動信号 S_{g1} ～ S_{g4} は送信されず（第 6 スイッチング素子 S_{W6} ～第 9 スイッチング素子 S_{W9} の各ゲートに供給される電圧を低レベルにし）、第 6 スイッチング素子 S_{W6} ～第 9 スイッチング素子 S_{W9} をオフしておく。この処理により、第 6 キャパシタ C_{a6} ～第 9 キャパシタ C_{a9} は、リセット電位に設定される。この後、第 6 リセットスイッチ S_{R6} ～第 9 リセットスイッチ S_{R9} に対する第 1 リセット信号 S_{r1} ～第 4 リセット信号 S_{r4} の送信を停止し（第 6 リセットスイッチ S_{R6} ～第 9 リセットスイッチ S_{R9} の各ゲートに供給される電圧を低レベルにし）た後、上述した図 10 に示すタイミングでの処理が行われる。

【0112】

(4) 測定方法の詳細（第 1 蓄積期間 T_{ca1} を対象とした場合）

上記項目（ 2 ）、（ 3 ）では、 1 個の第 2 蓄積期間 T_{ca2} を対象とした場合を説明したが、撮像システム 100 では、 100 個の第 2 蓄積期間 T_{ca2} （すなわち、第 1 蓄積期間 T_{ca1} ）において第 6 キャパシタ C_{a6} ～第 9 キャパシタ C_{a9} に蓄積した電荷量 $Q_1 \sim Q_4$ （ここでは、「電荷量 $s_{Q1} \sim s_{Q4}$ 」と称する。）を用いて、上記と同様に往復期間 P を演算する。

【0113】

電荷量 s_{Q1} は、第 1 番目から第 100 番目までの各第 2 蓄積期間 T_{ca2} で第 6 キャパシタ C_{a6} に蓄積された電荷量 Q_1 の合計である。同様に、電荷量 $s_{Q2} \sim s_{Q4}$ は、第 1 番目から第 100 番目までの各第 2 蓄積期間 T_{ca2} で第 7 キャパシタ C_{a7} ～第 9

10

20

30

40

50

キャパシタ C a 9 に蓄積された電荷量 Q 2 ~ Q 4 の合計である。

【 0 1 1 4 】

演算装置 1 1 2 は、上述した式 (F 3) に準じた下記の式 (F 5) により往復期間 P を演算する。

$$P = \{ (s Q 4 - s Q 2) / (s Q 3 - s Q 1) \} \times P 3 \dots\dots (F 5)$$

【 0 1 1 5 】

上記式 (F 5) にて求めた往復距離 P に基づいて、上述した式 (F 4) によって、演算装置 1 1 2 は、撮像システム 1 0 0 と対象物 W との距離 z を求める。

【 0 1 1 6 】

このように、1 0 0 個の第 2 蓄積期間 T c a 2 に、第 6 キャパシタ C a 6 ~ 第 9 キャパシタ C a 9 に蓄積された電荷量 s Q 1 ~ s Q 4 によって距離を求めるようにすれば、信号光成分を増やすことができ、その後の信号処理の精度 (距離演算の精度) を高めることが可能となる。

【 0 1 1 7 】

(5) その他

なお、撮像システム 1 0 0 では、複数の第 2 画素 2 0 4 b それぞれにおいて電荷量 Q 1 ~ Q 4 (電荷情報) を用いて、距離 z を測定する。これにより、各第 2 画素 2 0 4 b の距離情報を組み合わせることにより 3 次元画像を得ることができる。

【 0 1 1 8 】

[撮像システム 1 0 0 による効果]

以上のような撮像システム 1 0 0 では、距離測定にあたってのダイナミックレンジを向上させることができると共に、環境光 L s の影響を軽減又は排除することが可能となる。その結果、距離測定の精度を向上することが可能となる。

【 0 1 1 9 】

すなわち、撮像システム 1 0 0 では、光電変換素子 3 1 0 に環境光 L s のみが入射する期間 P 1 に蓄積される電荷量 Q 1 と、光電変換素子 3 1 0 に環境光 L s と反射光 L r の両方が入射する期間 P 3 に蓄積される電荷量 Q 3 を求める。期間 P 1 と期間 P 3 とは同じ長さ設定されることから、電荷量 Q 3 と電荷量 Q 1 の差 (Q 3 - Q 1) から、期間 P 3 における反射光 L r に対応する電荷量 (期間 P 3 における反射光 L r の基準光量 A r r に対応する) を求めることができる。

【 0 1 2 0 】

また、光電変換素子 3 1 0 に環境光 L s のみが入射する期間 P 2 に蓄積される電荷量 Q 2 と、期間 P 4 に蓄積される電荷量 Q 4 を求める。期間 P 4 には、環境光 L s と反射光 L r の両方が光電変換素子 3 1 0 に入射していた期間 (期間 P s r) と、環境光 L s のみが光電変換素子 3 1 0 に入射していた期間 (期間 P s) が含まれる。期間 P 2 と期間 P 4 は同じ長さ設定されることから、電荷量 Q 4 と電荷量 Q 2 の差 (Q 4 - Q 2) から、期間 P 4 のうち期間 P s r に対応する電荷量 (期間 P s r における反射光 L r の光量に対応する) を求めることができる。

【 0 1 2 1 】

ここで、反射光 L r が光電変換素子 3 1 0 に入射している間、反射光 L r の強度 I r が一定であるとすると、電荷量 Q 4 及び電荷量 Q 2 の差と電荷量 Q 3 及び電荷量 Q 1 の差との比 (Q 4 - Q 2 : Q 3 - Q 1) は、期間 P s r と期間 P 3 との比 (P s r : P 3) と等しい。このため、演算装置 1 1 2 は、期間 P s r を下記の式 (F 6) で求めることができる。

$$P s r = \{ (Q 4 - Q 2) / (Q 3 - Q 1) \} \times P 3 \dots\dots (F 6)$$

【 0 1 2 2 】

ここで、時点 T e d と時点 T g 4 u が等しいため、期間 P s r は往復期間 P と等しい。従って、上記式 (F 6) より往復期間 P を演算することが可能であり、その結果、往復期間 P と光速に基づき距離 z を求めることができる。

【 0 1 2 3 】

10

20

30

40

50

このように、撮像システム100では、環境光 L_s によって生じる電荷量 Q_2 を取り除くため、環境光 L_s の影響を排除又は軽減することができる。

【0124】

また、距離 z が短くなる程、反射光 L_r の入射期間（すなわち、期間 P_{sr} ）が短くなり、距離 z が長くなる程、期間 P_{sr} が長くなる。一般に、同じ対象物 W であれば、距離 z が短い程、反射光 L_r の強度 I_r は大きくなり、距離 z が長い程、強度 I_r は小さくなる。このため、距離 z が短い場合、強度 I_r の大きい反射光 L_r を短期間入射させ、距離 z が長い場合、強度 I_r の小さい反射光 L_r を長期間入射させることとなる。その結果、距離 z の変化量と比較して、期間 P_{sr} に入射する反射光 L_r の光量 A_r の変化量は小さくなる。このことは、撮像システム100のダイナミックレンジの向上につながる。

10

【0125】

撮像システム100では、各サイクル C_m にパルス光 L_p を100回放射し、第6キャパシタ C_a6 ～第9キャパシタ C_a9 それぞれに100回光電子を蓄積した後の電荷量 Q_1 ～ Q_4 を用いて往復期間 P を演算する。一般に、環境光 L_s （例えば、太陽光）の強度は常に変化している。各サイクル C_m にパルス光 L_p を100回放射し、これに応じた回数だけ光電子を蓄積した後の電荷量 Q_1 ～ Q_4 を用いて往復期間 P を演算することで、環境光 L_s の強度を平均化することができる。その結果、環境光 L_s によって生じる電荷量を取り除く精度を高め、測定精度を向上させることができる。

【0126】

撮像システム100では、パルス光 L_p のパルス幅（出力期間）は、10[マイクロ秒]（ $=100$ [ナノメートル] $\times 100$ 回）であり、各サイクル C_m （20[ミリ秒]）の0.05[%]としている。これに合わせて、第6スイッチング素子 SW_6 ～第9スイッチング素子 SW_9 をオンにする期間 P_1 ～ P_4 も短く設定している。このため、仮に同じ周波数のパルス光を用いている他の測距装置が周囲に存在した場合でも、他の測距装置がパルス光を出力するタイミングと撮像システム100がパルス光 L_p を出力するタイミングとが被る可能性が低くなる。その結果、他の測距装置との干渉（他の測距装置からのパルス光を撮像システム100からのパルス光 L_p と誤認識すること）の可能性を低くすることができる。

20

【0127】

加えて、第6スイッチング素子 SW_6 ～第9スイッチング素子 SW_9 をオンしている期間 P_1 ～ P_4 も短く設定しているため、期間 P_1 ～ P_4 において光電変換素子310に環境光 L_s が入射する期間を短くすることができる。これにより、ノイズ成分としての環境光 L_s の影響を小さくし、信号/ノイズ比（ S/N ）を向上することができる。特に、環境光 L_s が太陽光の場合、太陽光のショットノイズを低減することができる。

30

【0128】

撮像システム100では、各サイクル C_m に対して、第6スイッチング素子 SW_6 ～第9スイッチング素子 SW_9 をオンしている期間 P_1 ～ P_4 を非常に短く設定している。このため、前回以前のサイクル C_m で放射したパルス光 L_p が今回のサイクル C_m で検出される現象（エイリアシング現象）が生じる可能性を減少させることができる。すなわち、撮像システム100の各第2蓄積期間 T_{ca2} は100[マイクロ秒]であり、パルス光 L_p の放射期間 P_e が短いため、パルス光 L_p の放射間隔も約100[マイクロ秒]となる。光速 c は、約30万[キロメートル毎秒]であるため、対象物 W の実際の位置が、撮像システム100が出力した距離 z よりも15[キロメートル]（ $=100$ [μs] $\times 30$ [Mm/s]/2）遠い位置に存在すれば、エイリアシング現象が発生している可能性が存在する。しかし、発光部140により対象物 W に照射されるパルス光 L_p の強度は、距離 z の二乗に応じて減少するため、距離 z よりも15[キロメートル]遠い位置からの反射光 L_r の強度 I_r は、距離 z に対象物 W がある場合の強度 I_r と比べて非常に小さくなり、光電変換素子310ではほとんど検出できない。よって、撮像システム100では、エイリアシング現象の発生を防止することができる。

40

【0129】

50

[他のタイミングチャート]

上記の例では、図10のタイミングチャートにより、第6スイッチング素子SW6～第9スイッチング素子SW9を制御したが、これに限られない。例えば、図10の期間P3、P4を期間P1、P2より前に位置させてもよい。また、時点Tg1dと時点Tg2uを同時にしたが、時点Tg2uを時点Tg1dよりも後にすることもできる。時点Tg2dと時点Teuの関係、時点Tg3dと時点Tg4uの関係も同様である。さらに、時点Tg4uは、時点Tedとの相関関係がわかっているならば、時点Tedと同時でなくてもよい。

【0130】

図11には、時点Tedを時点Tg4uより後にしたタイミングチャートが示されている。この場合、演算装置112は、往復期間Pを下記の式(F7)により演算することができる。

$$P = [(Q 4 - Q 2) / (Q 3 - Q 1)] \times P 3 \quad (T e d - T g 4 u) \dots\dots\dots (F 7)$$

【0131】

あるいは、時点Tedを時点Tg4uより前にすることもできる。この場合、演算装置112は、往復期間Pを下記の式(F8)により演算することができる。

$$P = [(Q 4 - Q 2) / (Q 3 - Q 1)] \times P 3 + (T g 4 u - T e d) \dots\dots\dots (F 8)$$

【0132】

上記の例では、環境光Lsの影響を排除又は軽減するために期間P1、P2を設けたが、例えば、暗室等の環境光Lsが存在しない場所又は反射光Lrに対して環境光Lsが小さく、環境光Lsの影響が小さい場合であれば、期間P3、P4のみから往復期間Pを求めることもできる。すなわち、下記の式(F9)により演算装置112は、往復期間Pを演算する。

$$P = (Q 4 / Q 3) \times P 3 \quad \dots\dots\dots (F 9)$$

【0133】

このようにして、第4フィルタを透過した光を受光する第2画素204bを用いて、被写体までの距離を測定することができる。

【0134】

なお、図8に示す第2画素204bを用いる場合であっても、第1画素204aの動作は、同じであり、発光装置102が出射した光の反射光Lrを受光する期間は電荷を吐き捨て、発光装置102が出射した光の反射光Lrを受光しない期間に蓄積された電荷を演算装置112に出力する。

【0135】

上記実施の形態では、第1画素204aは、第2スイッチング素子SW2、電荷排出部302を有しなくてもよい。この場合は、電荷集積部26に存在する電荷は、排出されないが、電荷集積部26に存在する排出したい電荷を第1スイッチング素子SW1を介して第1キャパシタCa1に転送した後、第1リセットスイッチSR1のゲートに第1リセット信号Sr1を供給することで、第1キャパシタCの電位を一定のリセット電位にすることができる。つまり、第1キャパシタCa1に転送された電荷を排出することができる。

【0136】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【符号の説明】

【0137】

- 100 ... 撮像システム
- 102 ... 発光装置
- 104 ... 撮像装置
- 110 ... 受光装置

10

20

30

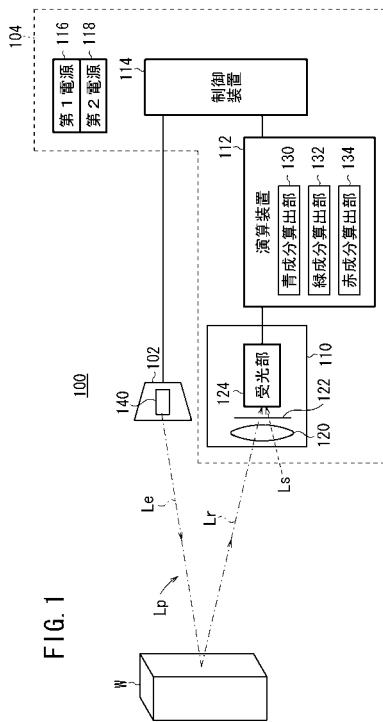
40

50

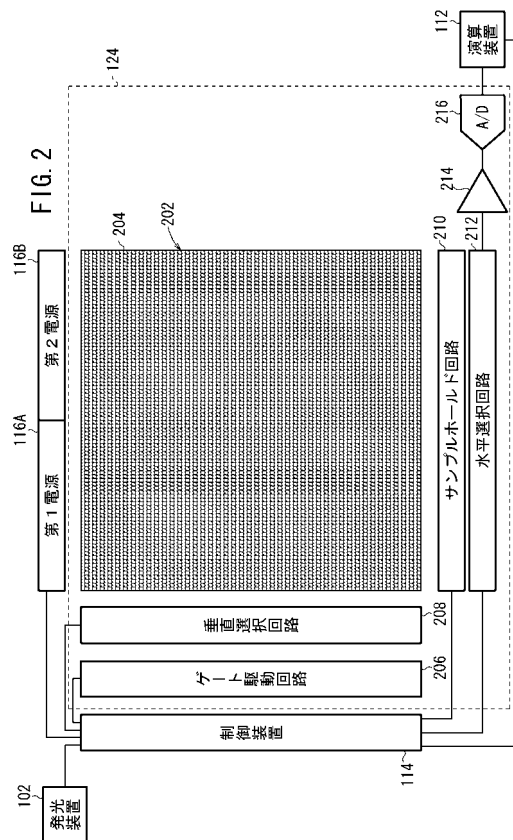
- 1 1 2 ... 演算装置
- 1 1 6 ... 第 1 電源
- 1 2 0 ... レンズ
- 1 2 4 ... 受光部
- 1 3 0 ... 青成分算出部
- 1 3 4 ... 赤成分算出部
- 2 0 2 ... 撮像素子
- 2 0 6 ... ゲート駆動回路

- 1 1 4 ... 制御装置
- 1 1 8 ... 第 2 電源
- 1 2 2 ... 赤外線カットフィルタ
- 1 2 6 ... 光学エッジフィルタ
- 1 3 2 ... 緑成分算出部
- 1 4 0 ... 発光部
- 2 0 4 ... 画素
- 3 0 0、3 1 0 ... 光電変換素子

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 7 】

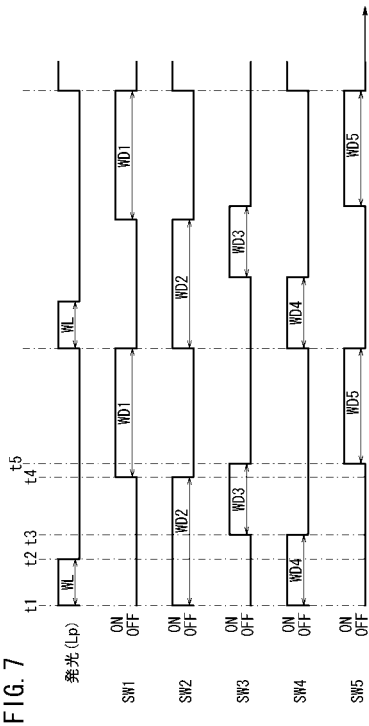


FIG. 7

【 図 9 】

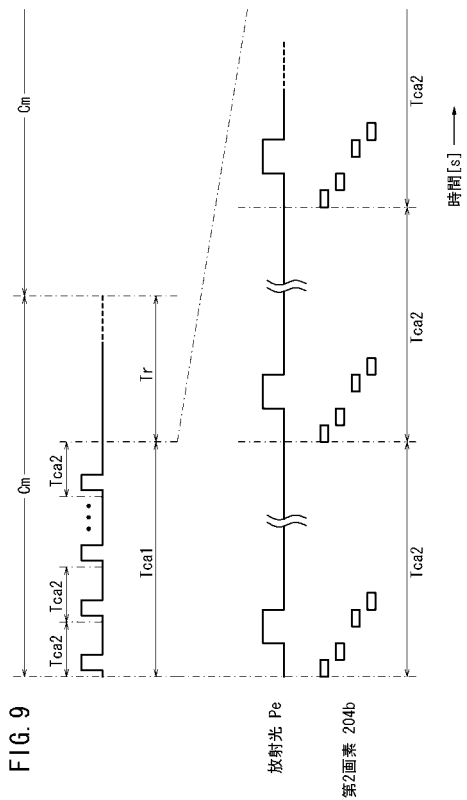


FIG. 9

【 図 8 】

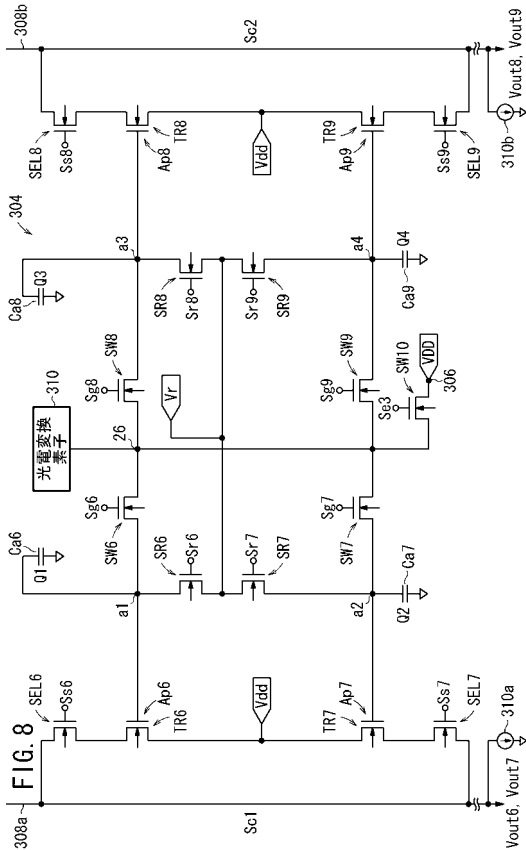


FIG. 8

【 図 10 】

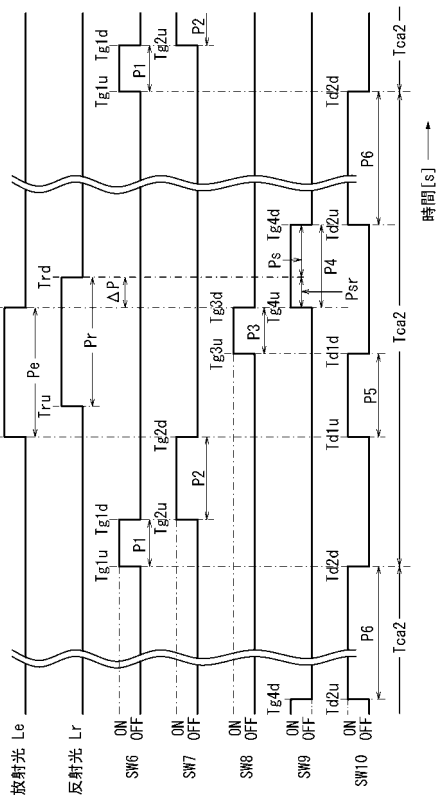
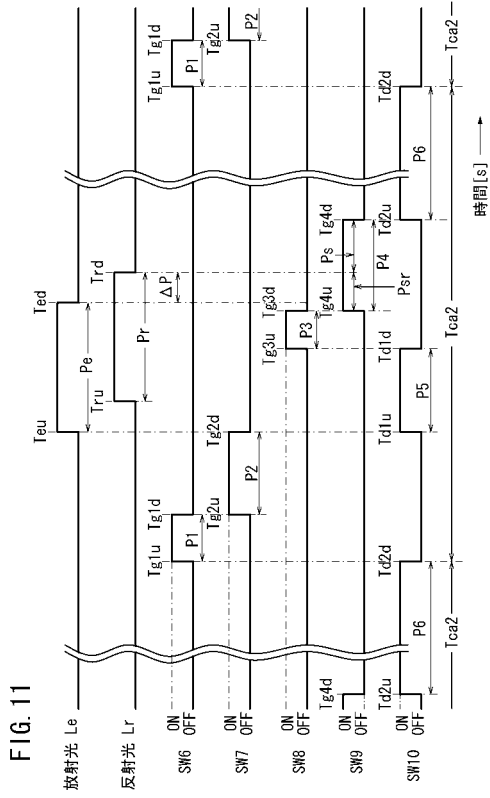


FIG. 10

【 図 11 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-024832(JP,A)
特開2007-027667(JP,A)
特開2008-289000(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 9/04 ~ 9/11
H04N 5/30 ~ 5/378