

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7132799号

(P7132799)

(45)発行日 令和4年9月7日(2022.9.7)

(24)登録日 令和4年8月30日(2022.8.30)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 N 5/335(2011.01)

H 0 4 N 5/335 5 0 0

H 0 4 N 5/3745(2011.01)

H 0 4 N 5/3745 5 0 0

請求項の数 20 (全36頁)

(21)出願番号 特願2018-167213(P2018-167213)
 (22)出願日 平成30年9月6日(2018.9.6)
 (65)公開番号 特開2019-103121(P2019-103121 A)
 (43)公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)
 審査請求日 令和3年9月3日(2021.9.3)
 (31)優先権主張番号 特願2017-235207(P2017-235207)
 (32)優先日 平成29年12月7日(2017.12.7)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 110003281
 特許業務法人大塚国際特許事務所
 (72)発明者 池戸 秀樹
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 キヤノン株式会社内
 審査官 豊田 好一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 撮像素子、撮像装置及び撮像方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光子の受光頻度に応じた頻度でパルスを発するセンサ部と、前記センサ部から発せられる信号のパルス数をカウントするカウンタと、がそれぞれ備えられた複数の画素と、前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が第1の閾値に達したかどうかを検出する検出部と、

前記検出部が前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が前記第1の閾値に達したことを検出した場合に、前記複数の画素の各画素ごとに前記カウント値に基づく信号を積算する積算部と、を備えることを特徴とする撮像素子。

【請求項2】

前記検出部が前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が前記第1の閾値に達したことを検出した場合に、前記複数の画素それぞれに備えられた前記カウンタをリセットすることを特徴とする請求項1に記載の撮像素子。

【請求項3】

前記カウンタによって得られたカウント値を前記複数の画素の各画素ごとに保持するメモリを更に備え、

前記カウンタによって得られたカウント値が前記メモリに保持された後に、前記複数の画素それぞれに備えられた前記カウンタをリセットする

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の撮像素子。

【請求項 4】

前記メモリは前記画素にそれぞれ備えられている
ことを特徴とする請求項 3 に記載の撮像素子。

【請求項 5】

前記画素の外部に設けられているとともに、前記カウンタによって得られたカウント値
を順次選択して、前記複数の画素の各画素ごとに保持するメモリを更に備え、

前記カウンタによって得られたカウント値を読み出した後に、前記複数の画素それぞれ
に備えられた前記カウンタをリセットする

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の撮像素子。

【請求項 6】

前記複数の画素は、それぞれ、　

　前記検出部と、

前記カウンタによって得られたカウント値を保持するメモリと、

前記積算部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像素子。

【請求項 7】

前記検出部による検出の結果に基づいて、前記複数の画素のうちの所定の画素に備えら
れた前記カウンタによって得られたカウント値が前記第 1 の閾値に達したことを示す信号
の出力を防止する出力防止手段を更に備える

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 8】

前記複数の画素のうちの所定の画素に備えられた前記センサ部からのパルスの出力を防
止する出力防止手段を更に備える

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 9】

前記所定の画素は欠陥画素である

ことを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の撮像素子。

【請求項 10】

前記検出部は、前記複数の画素のうちの所定の画素に対しては、前記カウンタによるカ
ウント値が前記第 1 の閾値に達したことを無視する

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 11】

測光手段を更に有し、

前記所定の画素は、前記測光手段による測光の結果、第 2 の閾値以上の輝度を有する被
写体に対応する画素である

ことを特徴とする請求項 10 に記載の撮像素子。

【請求項 12】

操作手段を更に有し、

前記所定の画素は、前記操作手段により選択された画素である

ことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の撮像素子。

【請求項 13】

前記検出部による検出を行う第 1 のモードと、

前記検出部による検出を行わない第 2 のモードとで動作することが可能である

ことを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 14】

測光手段を更に有し、

前記測光手段による測光の結果、第 3 の閾値以上の輝度を有する被写体が存在する場合
に、前記第 1 のモードで動作し、前記第 3 の閾値以上の輝度を有する被写体が存在しない
場合に、前記第 2 のモードで動作する

ことを特徴とする請求項 13 に記載の撮像素子。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

撮影条件を設定する設定手段を更に有し、

前記設定手段により設定された撮影条件に基づいて、前記第1のモードで動作するか、前記第2のモードで動作するかを切り替えることを特徴とする請求項13または14に記載の撮像素子。

【請求項 16】

前記第1のモードで動作している場合であって、前記検出部により前記カウント値が前記第1の閾値に達したことが検出されなかった場合に、前記第2のモードに切り替え、

前記第2のモードで動作している場合であって、前記カウンタによるカウント値のうち、第3の閾値以上のカウント値がある場合に、前記第1のモードに切り替える

ことを特徴とする請求項13に記載の撮像素子。

10

【請求項 17】

複数の異なる撮影モードのいずれかを選択する選択手段と、

前記選択手段により選択された撮影モードに応じて、前記第1の閾値を変更する

ことを特徴とする請求項1に記載の撮像素子。

【請求項 18】

前記センサ部はアバランシェフォトダイオードを備える

ことを特徴とする請求項1から17のいずれか1項に記載の撮像素子。

【請求項 19】

光子の受光頻度に応じた頻度でパルスを発するセンサ部と、前記センサ部から発せられる信号のパルス数をカウントするカウンタと、それぞれ備えられた複数の画素と、前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が閾値に達したかどうかを検出する検出部と、前記検出部が前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタのカウント値が前記閾値に達したことを検出した場合に、前記複数の画素の各画素ごとに前記カウント値に基づく信号を積算する積算部と、を備える撮像素子と、

20

前記撮像素子から出力される信号に対して所定の処理を行う処理部とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 20】

光子の受光頻度に応じた頻度で、複数の画素の各画素に備えられたセンサ部から発せられる信号のパルス数をカウンタによりカウントするステップと、前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタのカウント値が閾値に達したかどうかを検出するステップと、

30

前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が前記閾値に達したことを検出した場合に、前記複数の画素の各画素ごとに前記カウント値に基づく信号を積算するステップと

を有することを特徴とする撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素子、撮像装置及び撮像方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体を用いたイメージセンサとして、CCDイメージセンサ及びCMOSイメージセンサが広く知られている。CCDイメージセンサ及びCMOSイメージセンサは、露光期間中に画素に入射される光をフォトダイオードによって電荷に変換し、電荷に応じた信号を出力する。

【0003】

近年では、露光期間中にフォトダイオードに入射する光子（光子）の数をカウントし、光子のカウント値を信号値として出力する光子カウンティング方式のイメージセンサが提案されている。例えば、特許文献1には、アバランシェフォトダイオードと

50

、カウンタとが用いられた固体撮像装置が開示されている。アバランシェフォトダイオードに、降伏電圧より大きい逆バイアス電圧を印加すると、単一フォトン入射によって生成されるキャリアがアバランシェ増倍を生じさせ、大きな電流が当該アバランシェフォトダイオードに流れる。単一フォトン入射に応じたパルス信号を、カウンタによってカウントすることによって、単一フォトン入射の数に応じた信号を得ることができる。フォトンカウンティング方式のイメージセンサは、フォトダイオードに入射したフォトン入射の数をそのまま信号値として用いるため、CCDイメージセンサ及びCMOSイメージセンサと比較して、ノイズの影響を受けにくい。このため、フォトンカウンティング方式のイメージセンサは、微弱な光環境においても良好な画像を得ることが可能である。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【文献】特開昭61-152176号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、提案されている技術では、必ずしも階調の良好な画像が得られないことが懸念される。

【0006】

本発明の目的は、階調の良好な画像を取得し得る撮像素子、撮像装置及び撮像方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態の一観点によれば、光子の受光頻度に応じた頻度でパルスを発するセンサ部と、前記センサ部から発せられる信号のパルス数をカウントするカウンタと、がそれぞれ備えられた複数の画素と、前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が第1の閾値に達したかどうかを検出する検出部と、前記検出部が前記複数の画素の1つに備えられた前記カウンタによるカウント値が前記第1の閾値に達したことを検出した場合に、前記複数の画素の各画素ごとに前記カウント値に基づく信号を積算する積算部と、を備えることを特徴とする撮像素子が提供される。

30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、階調の良好な画像を取得し得る撮像素子、撮像装置及び撮像方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態による撮像装置を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態による固体撮像素子を示す図である。

【図3】第1実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素を示す図である。

【図4】センサ部の動作を示す図である。

40

【図5】第1実施形態による固体撮像素子のレイアウトの例を示す図である。

【図6】第1実施形態による固体撮像素子の動作の例を示すタイミングチャートである。

【図7】第2実施形態による固体撮像素子を示す図である。

【図8】第2実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素を示す図である。

【図9】第2実施形態による固体撮像素子の動作の例を示すタイミングチャートである。

【図10】第3実施形態による固体撮像素子を示す図である。

【図11】第3実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素を示す図である。

【図12】第4実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素を示す図である。

【図13】第5実施形態による撮像装置を示すブロック図である。

【図14】第5実施形態による固体撮像素子を示す図である。

50

【図 1 5】第 5 実施形態による測光部の測光エリアの例を示す図である。
【図 1 6】第 5 実施形態による固体撮像素子によって取得される画像の例を示す図である。
【図 1 7】第 5 実施形態による撮像装置の制御の流れを表すフローチャートである。
【図 1 8】第 5 実施形態による撮像装置の別の制御の流れを表すフローチャートである。
【図 1 9】第 6 実施形態による撮像装置を示すブロック図である。
【図 2 0】第 6 実施形態による撮像装置の制御の流れを表すフローチャートである。
【図 2 1】第 6 実施形態による撮像装置の別の制御の流れを表すフローチャートである。
【図 2 2】第 6 実施形態による撮像装置のさらに別の制御の流れを表すフローチャートである。

【図 2 3】第 7 実施形態による撮像装置を示すブロック図である。
【図 2 4】第 7 実施形態による撮像装置の制御の流れを表すフローチャートである。
【図 2 5】第 8 実施形態による撮像装置を示すブロック図である。
【図 2 6】第 8 実施形態による撮像装置の制御の流れを表すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の実施の形態について図面を用いて以下に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、適宜変更可能である。また、以下に示す実施形態を適宜組み合わせるようにしてもよい。

【0011】

[第 1 実施形態]

第 1 実施形態による固体撮像素子、撮像装置及び撮像方法について図 1 乃至図 6 を用いて説明する。図 1 は、本実施形態による撮像装置を示すブロック図である。図 1 に示すように、本実施形態による撮像装置 120 は、固体撮像素子 100 と、信号処理部 101 と、レンズ駆動部 103 と、制御部 104 と、メモリ部 105 と、表示部 106 と、記録部 107 と、操作部 108 とを備えている。また、撮像装置 120 には、撮影レンズ（撮像光学系、レンズユニット）102 が備えられる。撮影レンズ 102 は、撮像装置 120 のボディ（本体）から着脱可能であってもよいし、着脱不能であってもよい。

【0012】

固体撮像素子 100 は、撮影レンズ 102 によって形成される被写体の光学像を光電変換することによって撮像信号を生成し、生成した撮像信号を出力する。固体撮像素子 100 に備えられた単位画素 201（図 2 参照）には、フォトダイオード 303（図 3 参照）とカウンタ 306（図 3 参照）とが備えられており、入射したフォトンの数をカウントして信号値として出力し得る。また、本実施形態では、カウンタ 306 のカウント値が露光期間中に飽和しないようになっている。この点の詳細については、図 2 及び図 3 を用いて後述する。

【0013】

撮影レンズ 102 は、被写体の光学像を固体撮像素子 100 の撮像面に結像させる。レンズ駆動部 103 は、撮影レンズ 102 を駆動するものであり、ズーム制御、フォーカス制御、絞り制御等を行う。撮影レンズ 102 は、被写体の光学像を形成し、形成した光学像を固体撮像素子 100 の撮像面に入射させる。

【0014】

信号処理部 101 は、固体撮像素子 100 から出力される画像信号（画像データ）に対して補正処理等の所定の信号処理（画像処理）等を行う。

【0015】

制御部（全体制御・演算部、制御手段）104 は、撮像装置 120 全体の制御を司るとともに、所定の演算処理等を行う。制御部 104 は、撮像装置 120 の各機能ブロックを駆動するための制御信号や、固体撮像素子 100 を制御するための制御データ等を出力する。制御部 104 は、信号処理部 101 によって信号処理等が施された撮像信号に対して、現像や圧縮等の所定の信号処理（画像処理）等を行う。

【0016】

10

20

30

40

50

メモリ部 105 は画像データ等を一時的に記憶する。

【0017】

表示部 106 は、制御部 104 によって信号処理等が施された撮像信号や、撮像装置 120 の各種設定情報等を表示する。

【0018】

記録部（記録制御部）107 には、不図示の記録媒体が備えられる。かかる記録媒体は、記録部 107 から着脱可能であってもよいし、着脱不能であってもよい。記録部 107 は、制御部 104 によって信号処理等が施された撮像信号等を記録媒体に記録する。かかる記録媒体としては、例えばフラッシュメモリ等の半導体メモリ等が挙げられる。

【0019】

操作部 108 は、撮影モードや蓄積期間等の設定を行うためのものであり、ユーザからの操作入力を受け付ける。操作部 108 は、例えば、ボタン、ダイヤル等によって構成されている。なお、表示部 106 がタッチパネルである場合には、当該タッチパネルも操作部 108 に該当する。

【0020】

図 2 は、本実施形態による固体撮像素子を示す図である。図 2 に示すように、固体撮像素子 100 は、画素アレイ 200、垂直制御回路 202、水平制御回路 203、タイミングジェネレータ（TG）204、飽和検出部 205、フレームメモリ 206、加算回路 207、及び、デジタル出力部 208 を備えている。

【0021】

画素アレイ（画素アレイ領域）200 には、複数の単位画素（画素）201 が行列状に配されている。ここでは、説明を簡単にするために、 4×4 の単位画素 201 の配列が図示されているが、実際には、多数の単位画素 201 が画素アレイ 200 に配されている。単位画素 201 は、当該単位画素 201 に入射したフォトンのカウントし、カウントによって得られたデジタルの信号を出力することが可能である。この点の詳細については、図 3 を用いて後述する。

【0022】

飽和検出部 205 は、画素アレイ 200 に備えられた複数の単位画素 201 のうちのいずれかにおいてフォトンのカウント値が露光期間中に所定の閾値 C_{th} に達したことを検出する。複数の単位画素 201 のうちのいずれかにおいてフォトンのカウント値が閾値 C_{th} に達したことを検出すると、飽和検出部 205 は、その旨を示す情報をタイミングジェネレータ 204 に供給する。

【0023】

フォトンのカウント値が閾値 C_{th} に達した単位画素 201 は、フォトンのカウント値が閾値 C_{th} に達したことを示す信号である閾値到達信号 P_{SAT} （図 3 参照）を、配線 212 を介して飽和検出部 205 に出力する。閾値到達信号 P_{SAT} は、行毎に備えられた共通の配線 212 を介して飽和検出部 205 に送信される。各々の配線 212 には、プルアップ抵抗 211 がそれぞれ接続されている。プルアップ抵抗 211 の一端は配線 212 に接続されており、プルアップ抵抗 211 の他端は電源電圧 V_{DD} に接続されている。

【0024】

なお、ここでは、行毎に備えられた共通の配線 212 を介して閾値到達信号 P_{SAT} が飽和検出部 205 に出力される場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば、列毎に備えられた共通の配線を介して閾値到達信号 P_{SAT} が飽和検出部 205 に送信されるようにしてもよい。また、全ての単位画素 201 に対して共通に備えられた配線を介して閾値到達信号 P_{SAT} が飽和検出部 205 に出力されるようにしてもよい。

【0025】

閾値到達信号 P_{SAT} が露光期間中に飽和検出部 205 に供給されると、飽和検出部 205 は当該閾値到達信号 P_{SAT} を検出し、閾値到達信号 P_{SAT} を検出したことを示す信号をタイミングジェネレータ 204 に送信する。タイミングジェネレータ 204 は、閾値到達信号 P_{SAT} が検出されたことを示す信号を飽和検出部 205 から受け取ると、各

10

20

30

40

50

々の単位画素 201 から画素信号を出力させるための制御信号を、垂直制御回路 202 及び水平制御回路 203 に対して供給する。なお、タイミングジェネレータ 204 は、不図示の配線を介して、フレームメモリ 206、加算回路 207、デジタル出力部 208 に、制御信号をそれぞれ供給する。

【0026】

垂直制御回路 202 は、画素アレイ 200 に備えられた複数の単位画素 201 をスイッチ 209 によって行単位で選択する。また、垂直制御回路 202 は、画素アレイ 200 に備えられた複数の単位画素 201 に対して、不図示の配線を介して行毎に制御信号を供給する。制御信号の詳細については、図 3 を用いて後述する。

【0027】

水平制御回路 203 は、画素アレイ 200 に備えられた複数の単位画素 201 をスイッチ 210 によって列単位で選択する。

【0028】

垂直制御回路 202 と水平制御回路 203 との組み合わせによって順次選択される単位画素 201 からの画素信号が、フレームメモリ 206 に保持される。

【0029】

フレームメモリ 206 は、各々の単位画素 201 から出力されるデジタルの画素信号を保持する。フレームメモリ 206 は、一時メモリ領域 206a と積算メモリ領域 206b とを備えている。

【0030】

一時メモリ領域 206a は、各々の単位画素 201 から出力されるデジタルの画素信号を一時的に保持する。積算メモリ領域 206b は、露光期間中に一時メモリ領域 206a に保持された画素信号を同一アドレス毎（同一画素毎）に積算し、積算により得られた画素信号を保持する。一時メモリ領域 206a に保持される画素信号（データ）のビット幅は、単位画素 201 から出力されるデジタルの画素信号のビット幅と同等とすることができる。一方、積算メモリ領域 206b に保持される画素信号のビット幅は、単位画素 201 から出力されるデジタルの画素信号のビット幅に対して十分に大きい。

【0031】

加算回路 207 は、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持されている画素信号と、フレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に新たに保持された画素信号とを加算する。加算回路 207 は、このような加算処理を同一アドレス毎（同一画素毎）に行う。加算回路 207 によって行われる加算によって得られる画素信号は、積算メモリ領域 206b に保持される。こうして、積算メモリ領域 206b に保持される画素信号が更新される。

【0032】

デジタル出力部 208 は、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持された画素信号（画像信号、撮像信号）を固体撮像素子 100 の外部に出力する。

【0033】

なお、ここでは、フレームメモリ 206 及び加算回路 207 が固体撮像素子 100 に備えられている場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。フレームメモリ 206 及び加算回路 207 を固体撮像素子 100 の外部に設けるようにしてもよい。

【0034】

図 3 は、本実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素を示す図である。図 3 に示すように、単位画素 201 には、センサ部（受光部）301 と、計数部 302 とが備えられている。センサ部 301 には、フォトダイオード 303 と、クエンチ抵抗 304 と、反転バッファ 305 とが備えられている。フォトダイオード 303 は、アバランシェフォトダイオードである。フォトダイオード 303 のアノードは接地電位に接続されており、フォトダイオード 303 のカソードはクエンチ抵抗 304 の一端に接続されている。クエンチ抵抗 304 の他端にはバイアス電圧（逆バイアス電圧） V_{bias} が印加される。フォトダイオード 303 には、クエンチ抵抗 304 を介してフォトダイオード 303 の降伏

10

20

30

40

50

電圧以上のバイアス電圧 V_{bias} が印加される。このため、フォトダイオード 303 は、ガイガーモードで動作する。即ち、フォトダイオード 303 にフォトンが入射するとアバランシェ増倍現象を引き起こす。これにより、アバランシェ電流が生じ、クエンチ抵抗 304 において電圧降下が生ずる。クエンチ抵抗 304 は、フォトダイオード 303 のアバランシェ増倍現象を停止させるための抵抗素子である。クエンチ抵抗 304 は、トランジスタの抵抗成分を利用して構成し得る。フォトダイオード 303 においてアバランシェ増倍現象によってアバランシェ電流が生じると、クエンチ抵抗 304 において電圧降下が生じ、フォトダイオード 303 に印加される逆バイアス電圧が降下する。逆バイアス電圧が降伏電圧まで降下するとアバランシェ増倍現象が停止する。その結果、アバランシェ電流が流れなくなり、フォトダイオード 303 には、再びバイアス電圧 V_{bias} が印加される。反転バッファ 305 は、クエンチ抵抗 304 で発生した電圧変化をパルス信号 PLS として取り出すために設けられる。フォトダイオード 303 に光子が入射すると、反転バッファ 305 からパルス信号 PLS が出力される。このように、センサ部 301 からは、フォtonsの受光頻度に応じた頻度でパルスが発せられる。

【0035】

ここで、センサ部 301 の動作について図 4 を用いて説明する。図 4 は、センサ部 301 の動作を示す図である。図 4 には、フォトダイオード 303 にフォトンが入射した際のカソード端子電圧 V_{out} の時間変化と、反転バッファ 305 から出力されるパルス信号 PLS の時間変化とが示されている。図 4 の横軸は時刻である。カソード端子電圧 V_{out} は、フォトダイオード 303 に印加される逆バイアス電圧の大きさでもある。

【0036】

タイミング t_{401} において、フォトダイオード 303 には、降伏電圧 V_{br} 以上のバイアス電圧 V_{bias} が印加されている。このため、フォトダイオード 303 はガイガーモードで動作する。

【0037】

タイミング t_{402} において、フォトダイオード 303 にフォトンが入射すると、フォトダイオード 303 において生成されたキャリアがアバランシェ増倍現象を引き起こし、アバランシェ電流が生ずる。このアバランシェ電流によって、クエンチ抵抗 304 に接続されたフォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} が低下し始める。

【0038】

タイミング t_{403} において、フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は、閾値 V_{th} まで低下し、この後、フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は更に低下し続ける。フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} が閾値 V_{th} まで低下するタイミング t_{403} において、反転バッファ 305 から出力されるパルス信号 PLS は L レベルから H レベルに遷移する。

【0039】

フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は、タイミング t_{404} において、降伏電圧 V_{br} まで低下する。フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} が降伏電圧 V_{br} まで低下すると、アバランシェ増倍現象が停止する。そうすると、バイアス電圧 V_{bias} を供給している電源からクエンチ抵抗 304 を介して再充電が行われるようになるため、フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は上昇し始める。

【0040】

タイミング t_{405} において、フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は閾値 V_{th} まで上昇する。フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} が閾値 V_{th} に達するタイミング t_{405} において、反転バッファ 305 から出力されるパルス信号 PLS は H レベルから L レベルに遷移する。

【0041】

この後、タイミング t_{406} において、再充電が完了する。再充電が完了した段階では、フォトダイオード 303 のカソード端子電圧 V_{out} は、バイアス電圧 V_{bias} に戻っている。なお、再充電に要する時間は、クエンチ抵抗 304 の抵抗値と寄生容量とに依

10

20

30

40

50

存する。このように、1回のフォトンの入射によって、パルス幅 T_p の1つのパルス信号 PLS がセンサ部 301 から出力される。

【0042】

図3に示すように、計数部 302 には、カウンタ（カウンタ回路）306 と、画素メモリ 307 と、反転バッファ 308 とが備えられている。

【0043】

カウンタ 306 には、センサ部 301 にフォトンが入射することによって生ずるパルス信号 PLS が入力され、カウンタ 306 はパルス信号 PLS が L レベルから H レベルに変化した回数をパルス数としてカウントする。カウンタ 306 によるパルスのカウント値は、画素信号となる。カウンタ 306 には、パルスをカウントする状態とパルスをカウントしない状態とを切り替えるためのイネーブル制御端子 EN が備えられている。また、カウンタ 306 には、カウンタ 306 をリセットするためのリセット端子 RES が備えられている。カウンタ 306 のイネーブル制御端子 EN には、垂直制御回路 202 からイネーブル信号 PEN が供給される。また、カウンタ 306 のリセット端子 RES には、垂直制御回路 202 からリセット信号 $PRES$ が供給される。カウンタ 306 に供給されるイネーブル信号 PEN が H レベルの状態、パルス信号 PLS が L レベルから H レベルに変化すると、カウンタ 306 のカウント値は1つずつ増加する。イネーブル信号 PEN が L レベルの状態においては、パルス信号 PLS が L レベルから H レベルに変化しても、カウンタ 306 のカウント値は増加しない。また、カウンタ 306 に供給されるリセット信号 $PRES$ が L レベルから H レベルに変化すると、カウンタ 306 のカウント値は0にリセットされる。

【0044】

画素メモリ 307 は、カウンタ 306 によってカウントされた画素信号であるカウント値を一時的に保持する。画素メモリ 307 には、垂直制御回路 202 からラッチ信号 $PLAT$ が供給される。ラッチ信号 $PLAT$ が L レベルから H レベルに変化すると、画素メモリ 307 は、カウンタ 306 のカウント値を取り込み、取り込んだカウント値を保持する。画素メモリ 307 に取り込まれたカウント値は、画素信号として用いられる。

【0045】

垂直制御回路 202 と水平制御回路 203 とによって選択される単位画素 201 の画素メモリ 307 に保持されているカウント値（画素信号）が、フレームメモリ 206 に送信される。

【0046】

なお、本実施形態においては、イネーブル信号 PEN 、リセット信号 $PRES$ 及びラッチ信号 $PLAT$ は、画素アレイ 200 に備えられたすべての単位画素 201 に対して垂直制御回路 202 から同時に供給される。

【0047】

カウンタ 306 は、不図示の比較回路を備えている。カウンタ 306 は、カウント値が所定の閾値 Cth 以上になった際には、カウント値が閾値 Cth 以上になったことを示す信号である閾値到達信号 $PSAT$ をオープンドレイン出力の反転バッファ 308 を介して出力する。カウント値が閾値 Cth 未満の状態においては、カウンタ 306 から反転バッファ 308 を介して出力される閾値到達信号 $PSAT$ はハイレベル（ H レベル）である。一方、カウント値が閾値 Cth 以上になると、カウンタ 306 から反転バッファ 308 を介して出力される閾値到達信号 $PSAT$ はローレベル（ L レベル）となる。上述したように、同一行に位置する単位画素 201 から出力される閾値到達信号 $PSAT$ は、共通の配線 212 を介して出力される。配線 212 は、プルアップ抵抗 211 によってプルアップされている。従って、各々の単位画素 201 から出力される閾値到達信号 $PSAT$ は、ワイヤード OR 接続された状態になっている。

【0048】

同一行に位置する複数の単位画素 201 のうちのいずれにおいてもカウント値が閾値 Cth 未満である場合には、配線 212 を介して飽和検出部 205 に供給される閾値到達信

10

20

30

40

50

号 P S A T は H レベルである。一方、同一行に位置する複数の単位画素 2 0 1 のうちのいずれかにおいてカウント値が閾値 C t h 以上になった場合には、配線 2 1 2 を介して飽和検出部 2 0 5 に供給される閾値到達信号 P S A T は L レベルとなる。飽和検出部 2 0 5 には、すべての行から閾値到達信号 P S A T が供給される。このため、飽和検出部 2 0 5 は、画素アレイ 2 0 0 に備えられた複数の単位画素 2 0 1 のうちのいずれかにおいてカウント値が閾値 C t h 以上になったことを検出することができる。

【 0 0 4 9 】

図 5 は、本実施形態による固体撮像素子 1 0 0 のレイアウトの例を示す図である。固体撮像素子 1 0 0 は、複数のセンサ部 3 0 1 が行列状に配されたセンサ部基板 5 0 1 と、複数の計数部 3 0 2 が行列状に配された計数部基板 5 0 2 と、フレームメモリ 2 0 6 が配されたフレームメモリ基板 5 0 3 とを積層させた構成となっている。センサ部基板 5 0 1 に備えられた電極（図示せず）と計数部基板 5 0 2 に備えられた電極（図示せず）とが、互いに電氣的に接続されている。また、計数部基板 5 0 2 に備えられた電極（図示せず）とフレームメモリ基板 5 0 3 に備えられた電極（図示せず）とが、互いに電氣的に接続されている。こうして、センサ部基板 5 0 1 に備えられたセンサ部 3 0 1 から出力されるパルス信号 P L S が、計数部基板 5 0 2 に備えられた計数部 3 0 2 に入力されるようになっている。計数部基板 5 0 2 には、垂直制御回路 2 0 2、水平制御回路 2 0 3、タイミングジェネレータ 2 0 4、及び、飽和検出部 2 0 5 が備えられている。フレームメモリ基板 5 0 3 には、フレームメモリ 2 0 6、加算回路 2 0 7、及び、デジタル出力部 2 0 8 が備えられている。センサ部 3 0 1 と計数部 3 0 2 とが別個の基板に備えられているため、センサ部 3 0 1 の面積を広く確保することができる。また、フレームメモリ基板 5 0 3 をセンサ部基板 5 0 1 及び計数部基板 5 0 2 よりも微細なプロセスで製造すれば、フレームメモリ 2 0 6 には十分に大きなビット幅のデータを記録し得る。なお、固体撮像素子 1 0 0 の構成は、上記のような構成に限定されるものではない。例えば、同一の基板にセンサ部 3 0 1 と計数部 3 0 2 とを備えるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

図 6 は、本実施形態による固体撮像素子の動作の例を示すタイミングチャートである。ここでは、動画像を構成する複数のフレームのうちの 1 つのフレームの画像を取得する場合を例に説明するが、これに限定されるものではない。

【 0 0 5 1 】

タイミング t 6 0 1 において、撮影開始の指示が操作部 1 0 8 を介してユーザ等によって行われると、制御部 1 0 4 は、固体撮像素子 1 0 0 に対してパルス状の撮影開始信号 S T A R T を供給する。撮影開始信号 S T A R T が H レベルになると、タイミングジェネレータ 2 0 4 はセンサ部 3 0 1 にバイアス電圧 V b i a s を供給する。センサ部 3 0 1 にバイアス電圧 V b i a s が供給されると、フォトダイオード 3 0 3 の降伏電圧以上の逆バイアス電圧がフォトダイオード 3 0 3 に印加され、フォトダイオード 3 0 3 はガイガーモードで動作するようになる。これにより、センサ部 3 0 1 は、フォトダイオード 3 0 3 に入射するフォトンに応じてパルス信号 P L S を出力するようになる。図 6 には、画素アレイ 2 0 0 に備えられた複数の単位画素 2 0 1 のうちの任意の 3 つの単位画素 2 0 1、即ち、単位画素 A、B、C の各々のセンサ部 3 0 1 からそれぞれ出力されるパルス信号 P L S __ A、P L S __ B、P L S __ C が示されている。ここでは、単位画素 A に入射するフォトン数が単位画素 C に入射するフォトン数より多く、単位画素 C に入射するフォトン数が単位画素 B に入射するフォトン数より多い場合を例に説明する。

【 0 0 5 2 】

図 6 に示すカウント値 C O U N T __ A、C O U N T __ B、C O U N T __ C は、単位画素 A、B、C の各々のカウンタ 3 0 6 によって得られるカウント値を示している。カウンタ 3 0 6 は、カウント下限値 0 からカウント上限値 C m a x までをカウントすることが可能である。カウンタ 3 0 6 のカウント値が閾値 C t h 以上になると、カウント値が閾値 C t h 以上になったカウンタ 3 0 6 が備えられている単位画素 2 0 1 から出力される閾値到達信号 P S A T が H レベルから L レベルに変化する。これにより、当該単位画素 2 0 1 が位

10

20

30

40

50

置している行に備えられた配線 2 1 2 の電位が H レベルから L o w レベルに変化する。H レベルから L レベルに変化した閾値到達信号 P S A T は、飽和検出部 2 0 5 によって検出される。閾値到達信号 P S A T __ A、P S A T __ B、P S A T __ C は、各々の単位画素 A、B、C が備えられている行における閾値到達信号 P S A T を示している。

【 0 0 5 3 】

タイミング t 6 0 1 において、リセット信号 P R E S は H レベルになっている。また、タイミング t 6 0 1 において、各々の単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 は 0 にリセットされている。

【 0 0 5 4 】

タイミング t 6 0 2 において、タイミングジェネレータ 2 0 4 は、画素アレイ 2 0 0 のすべての行に L レベルのリセット信号 P R E S を同時に供給する。これにより、画素アレイ 2 0 0 に備えられた全ての単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 のリセットが解除される。また、タイミングジェネレータ 2 0 4 は、画素アレイ 2 0 0 の全ての行に H レベルのイネーブル信号 P E N を供給する。これにより、画素アレイ 2 0 0 に備えられた全ての単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 はイネーブル状態となり、各々の単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 において、入力されるパルス信号 P L S に応じてカウント値が増加ようになる。こうして、動画像を構成する複数のフレームのうちの 1 つのフレームの撮像が開始される。この後、イネーブル信号 P E N が L レベルに変化するタイミング t 6 0 8 まで当該フレームにおけるカウントが継続される。従って、タイミング t 6 0 2 からタイミング t 6 0 8 までが、露光期間に相当する。フォトンが入射する頻度は単位画素 A が最も高いため、カウント値 C O U N T __ A の増加率が最も大きい。

【 0 0 5 5 】

タイミング t 6 0 3 において、カウント値 C O U N T __ A が閾値 C t h に達すると、単位画素 A が備えられている行の閾値到達信号 P S A T __ A が L レベルになる。飽和検出部 2 0 5 は、いずれかの行の閾値到達信号 P S A T が L レベルに変化したことを検出すると、閾値到達信号 P S A T が検出されたことを示す信号をタイミングジェネレータ 2 0 4 に対して送信する。閾値到達信号 P S A T が検出されたことを示す信号をタイミングジェネレータ 2 0 4 が受信すると、タイミングジェネレータ 2 0 4 は、以下のように動作する。即ち、タイミングジェネレータ 2 0 4 は、垂直制御回路 2 0 2 から全ての単位画素 2 0 1 に供給されるラッチ信号 P L A T が一斉に H レベルとなるように、垂直制御回路 2 0 2 に対して制御信号を供給する。これにより、各々の単位画素 2 0 1 に備えられたカウンタ 3 0 6 のカウント値が、各々のカウンタ 3 0 6 に対応する画素メモリ 3 0 7 にそれぞれ保持される。

【 0 0 5 6 】

タイミング t 6 0 4 において、リセット信号 P R E S が H レベルになると、各々の単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 のカウント値が 0 にリセットされる。そして、リセット信号 P R E S が L レベルに戻ると、カウンタ 3 0 6 のリセットが解除され、各々の単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 は、再び入射したフォトンに応じてカウントを開始する。また、単位画素 A のカウント値が 0 にリセットされたことにより、閾値到達信号 P S A T __ A は L レベルから H レベルに戻る。

【 0 0 5 7 】

タイミング t 6 0 5 において、タイミングジェネレータ 2 0 4 から垂直制御回路 2 0 2 に対して信号 V C L K の供給が開始される。信号 V C L K が H レベルになる毎に、各行のスイッチ 2 0 9 が順次オン状態となり、画素アレイ 2 0 0 に備えられた複数の単位画素 2 0 1 を垂直制御回路 2 0 2 が 1 行ずつ選択していく。任意の 1 行が垂直制御回路 2 0 2 によって選択されると、タイミングジェネレータ 2 0 4 から水平制御回路 2 0 3 に信号 H C L K が供給され、各列のスイッチ 2 1 0 を順次オン状態にする。これにより、選択行の単位画素 2 0 1 の画素メモリ 3 0 7 に保持されていたカウント値（画素信号）がフレームメモリ 2 0 6 の一時メモリ領域 2 0 6 a に順次格納される。そして、加算回路 2 0 7 は、フレームメモリ 2 0 6 の一時メモリ領域 2 0 6 a に保持された画素信号と、フレームメモリ

10

20

30

40

50

206の積算メモリ領域206bに保持されている同一アドレスの画素信号とを加算する。そして、加算回路207は、加算することにより得られる画素信号を積算メモリ領域206bに再び格納する。なお、フレームメモリ206による画素信号の保持と並行して、加算回路207による加算処理が行われる。タイミングt605～t606において行われる加算処理、即ち、最初の加算処理においては、フレームメモリ206の積算メモリ領域206bには画素信号が保持されていない。このため、各々の単位画素201から出力されて一時メモリ領域206aに格納された画素信号は、そのまま積算メモリ領域206bに保持される。

【0058】

タイミングt607において、カウント値COUNT_Aが再び閾値Cthに達すると、閾値到達信号PSAT_AがLレベルとなる。そして、タイミングt603～t606の際と同様に、各々の単位画素201の画素信号がフレームメモリ206の一時メモリ領域206aに格納される。そして、一時メモリ領域206aに格納された画素信号と積算メモリ領域206bに保持されている画素信号とが加算され、加算により得られた画素信号が積算メモリ領域206bに格納される。この後も、いずれかの単位画素201のカウント値が露光期間中に閾値Cthに達するたびに上記と同様の処理が繰り返される。

【0059】

このように、タイミングt605～t606においては、各々の単位画素201の画素メモリ307に保持されているカウント値（画素信号）が、フレームメモリ206の一時メモリ領域206aに順次格納される。各々の単位画素201の画素メモリ307に保持されているカウント値をフレームメモリ206の一時メモリ領域206aに格納する処理は、単位画素201のカウント値が再び閾値Cthに達するタイミングt607より前に完了していることが好ましい。パルス信号PLSのパルス幅をTpとすると、カウント値が0から閾値Cthに達するまでの時間は、最短でTp×Cthである。従って、各々の単位画素201のカウント値をフレームメモリ206の一時メモリ領域206aに格納する処理が(Tp×Cth)よりも短い時間で完了するように、信号VCLK、HCLKの周波数を設定することが好ましい。また、各々の単位画素201のカウント値をフレームメモリ206の一時メモリ領域206aに格納する処理に要する時間よりも(Tp×Cth)が長くなるように、カウンタ306の閾値Cthを設定するようにしてもよい。

【0060】

タイミングt608において、露光期間が終了すると、イネーブル信号PENがLレベルとなる。これにより、各々の単位画素201のカウンタ306がディセーブル状態となり、カウンタ306にパルス信号PLSが入力されてもカウント値が増加しなくなる。また、センサ部301に対してバイアス電圧Vbiasが供給されなくなり、センサ部301はパルス信号PLSを出力しなくなる。

【0061】

この後、タイミングジェネレータ204は、露光終了時におけるカウンタ306のカウント値をフレームメモリ206に格納するために、以下のような処理を行う。即ち、タイミングジェネレータ204は、タイミングt609において、ラッチ信号PLATをLレベルからHレベルに変化させる。ラッチ信号PLATがLレベルからHレベルに変化すると、画素メモリ307は、カウンタ306のカウント値を取り込み、取り込んだカウント値を保持する。この後、タイミングジェネレータ204から供給されたラッチ信号PLATを、HレベルからLレベルに戻す。また、タイミングジェネレータ204は、リセット信号PRES信号をHレベルにし、カウンタ306のカウント値を0にリセットする。

【0062】

タイミングt610～t611においては、タイミングt605～606と同様に、各々の単位画素201の画素信号がフレームメモリ206の一時メモリ領域206aに保持される。そして、加算回路207によって加算処理された画素信号がフレームメモリ206の積算メモリ領域206bに保持される。積算メモリ領域206bに保持される画素信

10

20

30

40

50

号は、タイミング $t_{602} \sim t_{608}$ の露光期間中に画素メモリ 307 から取得される画素信号を加算回路 207 によって積算することにより得られる信号である。こうして得られる画素信号は、露光期間中に入射したフォトンの数に応じた信号となる。このように、本実施形態によれば、カウンタ 306 のカウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができる。

【0063】

なお、画素メモリ 307 に保持されている画素信号をフレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に順次送信している最中に、露光終了のタイミング t_{608} が到来する場合もある。このような場合には、各々の単位画素 201 の画素メモリ 307 に保持されている画素信号をフレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に格納し終わってから、露光終了時のカウンタ 306 のカウント値を画素メモリ 307 に格納するようにすればよい。

10

【0064】

タイミング $t_{612} \sim t_{613}$ では、タイミングジェネレータ 204 からデジタル出力部 208 に制御信号 O U T C L K が供給される。これにより、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持された画素信号、即ち、露光期間中に積算された画素信号が、デジタル出力部 208 を介して固体撮像素子 100 の外部に順次出力される。固体撮像素子 100 の外部への画素信号の出力が完了すると、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持されている画素信号は 0 にリセットされる。

【0065】

20

このように、本実施形態では、各々の単位画素 201 のカウンタ 306 のカウント値が閾値 C_{th} に達するたびに、カウント値の取得及びリセット動作が行われる。このため、本実施形態によれば、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができ、階調の良好な画像を得ることができる。

【0066】

なお、上述したように、タイミング t_{603} においてラッチ信号 P L A T が H レベルになると、カウンタ 306 のカウント値が画素メモリ 307 に保持される。そして、タイミング t_{604} においてリセット信号 P R E S が L レベルから H レベルに変化し、カウンタ 306 がリセットされる。そして、リセット信号 P R E S が H レベルから L レベルに戻ると、カウンタ 306 のリセットが解除される。このように、ラッチ信号 P L A T が H レベルになるタイミング t_{603} からカウンタ 306 のリセットが解除されるタイミングまでの期間は、パルス信号 P L S の数をカウンタ 306 によってカウントできなくなる。このことは、当該期間の分だけ露光期間が短くなったことに相当する。従って、この期間の分だけ露光期間を延長するようにしてもよい。

30

【0067】

また、図 6 に示すような駆動モード（第 1 の駆動モード）と異なる駆動モード（第 2 の駆動モード）で固体撮像素子 100 を駆動できるようにしてもよい。第 2 の駆動モードにおいては、例えば、飽和検出部 205 の動作を無効とする。第 2 の駆動モードでは、カウンタ 306 によって露光期間中にカウントされるカウント値は、露光期間中にはフレームメモリ 206 に出力されない。第 2 の駆動モードでは、カウンタ 306 によるカウント値が、露光期間が終了した後にフレームメモリ 206 に出力される。例えば、高照度環境下においては、第 1 の駆動モードで固体撮像素子 100 を駆動し、低照度環境下においては、第 2 の駆動モードで固体撮像素子 100 を駆動するようにしてもよい。

40

【0068】

[第 2 実施形態]

第 2 実施形態による固体撮像素子、撮像装置及び撮像方法を図 7 乃至図 9 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 6 に示す第 1 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【0069】

本実施形態による固体撮像素子は、各々の単位画素 701 の計数部 801 に画素メモリ

50

307 (図3参照)が備えられていないものである。

【0070】

図7は、第2実施形態による固体撮像素子100を示す図である。画素アレイ200には、複数の単位画素701が備えられている。垂直制御回路202は、画素アレイ200に備えられた複数の単位画素701をスイッチ209によって行単位で選択する。スイッチ209は、垂直制御回路202から配線703を介して供給される行選択信号PSELによって行単位で制御される。

【0071】

画素アレイ200と水平制御回路203との間には、列メモリ702が備えられている。列メモリ702は、垂直制御回路202によって行単位で選択される単位画素701から出力される各列の画素信号を一時的に保持する。

10

【0072】

図8は、本実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素701を示す図である。図8に示すように、単位画素701には、センサ部301と、計数部801とが備えられている。計数部801には、カウンタ306と、反転バッファ308とが備えられている。計数部801には、画素メモリ307 (図3参照)は備えられていない。計数部801に画素メモリ307が備えられていないため、本実施形態では、カウンタ306のカウント値が画素メモリ307を介することなく列メモリ702に行単位で保持される。

【0073】

カウンタ306のリセット端子RESには、垂直制御回路202からリセット信号PRESが行単位で供給される。従って、カウンタ306のカウント値は行単位でリセットされる。

20

【0074】

図9は、本実施形態による固体撮像素子の動作を示すタイミングチャートである。ここでは、動画像を構成する複数のフレームのうちの1つのフレームの画像を取得する場合を例に説明するが、これに限定されるものではない。

【0075】

図9には、画素アレイ200に備えられた複数の単位画素701のうちの任意の2つの単位画素701、即ち、単位画素D、Eの各々のセンサ部301からそれぞれ出力されるパルス信号PLS_D、PLS_Eが示されている。単位画素Dは、画素アレイ200の第1番目の行に配されており、画素信号の出力時には最初に読み出される。一方、単位画素Eは、画素アレイ200の最終行に配されており、画素信号の出力時には最後に読み出される。ここでは、単位画素Eに入射するフォトン数が最も多い場合を例に説明する。

30

【0076】

図9に示すカウント値COUNT_D、COUNT_Eは、単位画素D、Eの各々のカウンタ306によって得られるカウント値を示している。カウンタ306は、カウント下限値0からカウント上限値C_{max}までをカウントすることが可能である。カウンタ306のカウント値が閾値C_{th}以上になると、カウント値が閾値C_{th}以上になったカウンタ306が備えられている単位画素701から出力される閾値到達信号PSATがHレベルからLレベルに変化する。これにより、当該単位画素701が位置している行に備えられた配線212の電位がHレベルからLowレベルに変化する。HレベルからLレベルに変化した閾値到達信号PSATは、飽和検出部205によって検出される。閾値到達信号PSAT_D、PSAT_Eは、各々の単位画素D、Eが備えられている行における閾値到達信号PSATを示している。行選択信号PSEL_Dは、単位画素Dが配されている行、即ち、画素アレイ200の第1番目の行に供給される。行選択信号PSEL_Eは、単位画素Eが配されている行、即ち、画素アレイ200の最終行に供給される。行選択信号PSELがHレベルになると、対応する行のスイッチ209がオン状態になる。スイッチ209がオン状態になると、当該スイッチ209に対応する単位画素701のカウンタ306のカウント値が列メモリ702に出力され、当該カウント値が列メモリ702によって保持される。リセット信号PRES_Dは、単位画素Dが配されている行、即ち、画

40

50

素アレイ 200 の第 1 番目の行に供給される。リセット信号 $PRES_E$ は、単位画素 E が配されている行、即ち、画素アレイ 200 の最終行に供給される。リセット信号 $PRES$ が H レベルになると、対応する行のカウンタ 306 のカウント値が 0 にリセットされる。
【0077】

出力開始信号 $PVST$ は、各々の単位画素 701 において取得されたカウント値の列メモリ 702 への出力を開始するための信号であり、タイミングジェネレータ 204 から垂直制御回路 202 に供給される。出力開始信号 $PVST$ が L レベルから H レベルに変化すると、カウンタ 306 によって得られたカウント値を列メモリ 702 に出力する動作と、カウンタ 306 をリセットする動作とが、画素アレイ 200 の第 1 番目の行から順に行単位で行われる。

10

【0078】

タイミング $t901$ において、撮影開始の指示が操作部 108 を介してユーザ等によって行われると、制御部 104 は、固体撮像素子 100 に対してパルス状の撮影開始信号 $START$ を供給する。撮影開始信号 $START$ が H レベルになると、タイミングジェネレータ 204 はセンサ部 301 にバイアス電圧 $Vbias$ を供給する。センサ部 301 にバイアス電圧 $Vbias$ が供給されると、フォトダイオード 303 の降伏電圧以上のバイアス電圧がフォトダイオード 303 に印加され、フォトダイオード 303 はガイガーモードで動作するようになる。これにより、センサ部 301 は、フォトダイオード 303 に入射する光子に応じてパルス信号 PLS を出力するようになる。

【0079】

20

タイミング $t901$ において、リセット信号 $PRES$ は H レベルになっている。また、タイミング $t901$ において、各々の単位画素 701 のカウンタ 306 は 0 にリセットされている。

【0080】

タイミング $t902$ において、タイミングジェネレータ 204 は、画素アレイ 200 のすべての行に L レベルのリセット信号 $PRES$ を同時に供給する。これにより、画素アレイ 200 に備えられた全ての単位画素 701 のカウンタ 306 のリセットが解除される。また、タイミングジェネレータ 204 は、画素アレイ 200 の全ての行に H レベルのイネーブル信号 PEN を供給する。これにより、画素アレイ 200 に備えられた全ての単位画素 701 のカウンタ 306 はイネーブル状態となり、各々の単位画素 701 のカウンタ 306 において、入力されるパルス信号 PLS に応じてカウント値が増加するようになる。この後、イネーブル信号 PEN が L レベルに変化するタイミング $t909$ まで当該フレームにおけるカウントが継続される。従って、タイミング $t902$ からタイミング $t909$ までが、露光期間に相当する。光子が入射する頻度は単位画素 E が最も高いため、カウント値 $COUNT_E$ の増加率が最も大きい。

30

【0081】

タイミング $t903$ において、カウント値 $COUNT_E$ が閾値 Cth に達すると、単位画素 E が備えられている行の閾値到達信号 $PSAT_E$ が L レベルになる。飽和検出部 205 は、いずれかの行の閾値到達信号 $PSAT$ が L レベルに変化したことを検出すると、パルス状の出力開始信号 $PVST$ を出力し、これにより画素信号の読み出しの動作が開始される。

40

【0082】

タイミング $t904$ において、画素アレイ 200 の第 1 番目の行にパルス状の行選択信号 SEL_D が供給されると、単位画素 D が配された行である第 1 番目の行に配された各々の単位画素 701 のカウント値が列メモリ 702 に出力される。そして、画素アレイ 200 の第 1 番目の行にパルス状のリセット信号 $PRES_D$ が供給されると、単位画素 D が配された行である第 1 番目の行に配された各々の単位画素 701 のカウント値が 0 にリセットされる。このような動作と並行して、タイミングジェネレータ 204 から水平制御回路 203 に信号 $HCLK$ 信号が供給され、各列のスイッチ 210 を順次オン状態にする。これにより、列メモリ 702 に保持されていたカウント値、即ち、第 1 番目の行に位

50

置する単位画素 701 によって取得された画素信号が、フレームメモリ 206 に順次出力され、当該画素信号はフレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に保持される。

【0083】

第1番目の行に位置する単位画素 701 によって取得された画素信号の全てが列メモリ 702 からフレームメモリ 206 に転送されると、画素アレイ 200 の2番目の行にパルス状の行選択信号 PSEL が供給され、この後も、上記と同様の動作が順次行われる。即ち、カウンタ 306 によって得られたカウント値を列メモリ 702 に出力する動作と、カウンタ 306 をリセットする動作とが順次行われる。このような動作が、画素アレイ 200 の最終行まで繰り返される。画素信号のフレームメモリ 206 への格納と並行して、加算回路 207 によって以下のような処理が行われる。即ち、フレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に保持された画素信号と、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持された同一アドレスの画素信号との加算処理が加算回路 207 によって行われる。加算回路 207 による加算によって得られた画素信号は、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持される。

10

【0084】

タイミング t905 において、画素アレイ 200 の最終行にパルス状の行選択信号 PSEL_E が供給されると、単位画素 E が配された行である最終行に配された各々の単位画素 701 のカウント値が列メモリ 702 に出力される。そして、タイミング t906 において、画素アレイ 200 の最終行にパルス状のリセット信号 PRES_E が供給されると、単位画素 E が配された行である最終行に配された各々の単位画素 701 のカウント値が 0 にリセットされる。タイミング t906 においては、単位画素 E が配された行である最終行の閾値到達信号 PSAT_E が L レベルから H レベルに戻る。

20

【0085】

タイミング t907 においては、画素アレイ 200 の最終行に位置する単位画素 701 から出力される画素信号がフレームメモリ 206 に格納される。画素アレイ 200 の最終行に位置する単位画素 701 から出力される画素信号に対して加算回路 207 による加算処理が完了すると、画素アレイ 200 の全ての単位画素 701 から出力される画素信号のフレームメモリ 206 への格納が完了する。

【0086】

タイミング t903 から t907 までの期間においては、単位画素 701 から出力される画素信号のフレームメモリ 206 への格納が完了していないため、タイミングジェネレータ 204 は新たな出力開始信号 PVST 信号を垂直制御回路 202 に供給しない。

30

【0087】

タイミング t904 ~ t907 において行われる加算処理、即ち、最初の加算処理においては、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b には画素信号が保持されていない。このため、各々の単位画素 701 から出力されて一時メモリ領域 206a に格納された画素信号が、そのまま積算メモリ領域 206b に保持される。

【0088】

タイミング t908 において、カウント値 COUNT_E が再び閾値 C_{th} に達すると、単位画素 E が備えられている行の閾値到達信号 PSAT_E が L レベルになる。そして、タイミング t903 ~ t907 の処理と同様に、各々の単位画素 701 の画素信号がフレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に格納される。そして、一時メモリ領域 206a に格納された画素信号と積算メモリ領域 206b に保持されている画素信号とが加算回路 207 によって加算され、加算により得られた画素信号が積算メモリ領域 206b に格納される。この後も、いずれかの単位画素 701 のカウント値が露光期間中に閾値 C_{th} に達するたびに上記と同様の処理が繰り返される。

40

【0089】

なお、画素アレイ 200 の最終行に配された単位画素 E のカウント値 COUNT_E は、タイミング t903 において閾値 C_{th} に達した後も、入射した光子の数に応じてタイミング t906 まで増加し続ける。即ち、画素アレイ 200 の最終行に配された単位

50

画素 701 から出力される画素信号のフレームメモリ 206 への格納が完了し、カウンタ 306 がリセットされるまで、カウンタ 306 のカウント値は増加する。画素アレイ 200 に備えられた全ての単位画素 701 の画素信号のフレームメモリ 206 への格納が完了する前に、最終行の単位画素 701 のカウント値がカウント上限値 C_{max} に達しないようにすべく、閾値 C_{th} を以下の式 (1) を満たすように設定する。

【0090】

$$C_{th} < C_{max} - T_{rd} / T_p \cdots (1)$$

【0091】

ここで、 T_{rd} は、タイミング t_{903} からタイミング t_{906} までの期間に対応している。即ち、 T_{rd} は、出力開始信号 $PVST$ が供給されるタイミングから、画素アレイ 200 の最終行に位置する単位画素 701 に対してリセット信号 $PRES_E$ が供給されるまでの期間である。 T_p は、センサ部 301 から出力されるパルス信号 PLS の最小のパルス幅である。

10

【0092】

なお、上記の (1) では、閾値 C_{th} を一律に設定したが、これに限定されるものではない。例えば、以下の式 (2) のように、閾値 C_{th} を行毎に異ならせてもよい。

【0093】

$$C_{th}(n) < C_{max} - T_{1h} \times n / T_p \cdots (2)$$

【0094】

ここで、 n は、第 n 番目の行であることを示している。 $C_{th}(n)$ は、第 n 番目の行の閾値 C_{th} を示している。 T_{1h} は、1 行分の画素信号をフレームメモリ 206 に転送するのに要する時間を示している。即ち、 T_{1h} は、ある行に対する行選択信号 $PSEL$ 信号が H レベルになってから次の行に対する行選択信号 $PSEL$ が H レベルになるまでの時間に相当する。

20

【0095】

タイミング t_{909} において、露光期間が終了すると、イネーブル信号 PEN は L レベルとなる。これにより、各々の単位画素 701 のカウント値は、フォトンが当該単位画素 701 に入射しても増加しなくなる。また、タイミング t_{909} において、センサ部 301 にバイアス電圧 V_{bias} が供給されなくなり、センサ部 301 はパルス信号 PLS を出力しなくなる。

30

【0096】

この後、タイミングジェネレータ 204 は、露光終了時におけるカウンタ 306 のカウント値をフレームメモリ 206 に格納するために、以下のような処理を行う。即ち、タイミングジェネレータ 204 は、タイミング t_{910} において、パルス状の出力開始信号 $PVST$ を出力する。これにより、タイミング $t_{903} \sim t_{907}$ と同様に、各々の単位画素 701 の画素信号がフレームメモリ 206 の一時メモリ領域 206a に保持される。そして、加算回路 207 によって加算処理された画素信号がフレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持される。

【0097】

積算メモリ領域 206b に保持される画素信号は、タイミング $t_{902} \sim t_{909}$ の露光期間中にカウンタ 306 から取得される画素信号を加算回路 207 によって積算することにより得られる信号である。こうして得られる画素信号は、露光期間中に入射したフォトンの数に応じた信号となる。このように、本実施形態によっても、カウンタ 306 のカウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができる。

40

【0098】

タイミング $t_{911} \sim t_{912}$ では、タイミングジェネレータ 204 からデジタル出力部 208 に制御信号 $OUTCLK$ が供給される。これにより、フレームメモリ 206 の積算メモリ領域 206b に保持された画素信号、即ち、露光期間中に積算された画素信号が、デジタル出力部 208 を介して固体撮像素子 100 の外部に順次出力される。固体撮像素子 100 の外部への画素信号の出力が完了すると、フレームメモリ 206 の積算メモリ

50

領域 2 0 6 b に保持されている画素信号は 0 にリセットされる。

【 0 0 9 9 】

このように、本実施形態においても、各々の単位画素 2 0 1 のカウンタ 3 0 6 のカウント値が閾値 C t h に達するたびに、カウント値の取得及びリセット動作が行われる。このため、本実施形態においても、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができる。階調の良好な画像を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

[第 3 実施形態]

第 3 実施形態による固体撮像素子、撮像装置及び撮像方法を図 1 0 及び図 1 1 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 9 に示す第 1 又は第 2 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【 0 1 0 1 】

本実施形態による固体撮像素子は、飽和検出部 1 1 0 4、加算回路 1 1 0 5 及び積算メモリ 1 1 0 6 が単位画素 1 1 0 1 に備えられているものである。

【 0 1 0 2 】

図 1 0 は、本実施形態による固体撮像素子 1 0 0 を示す図である。画素アレイ 2 0 0 には、複数の単位画素 1 1 0 1 が行列状に配されている。

【 0 1 0 3 】

図 1 1 は、本実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素 1 1 0 1 を示す図である。

【 0 1 0 4 】

単位画素 1 1 0 1 には、センサ部 3 0 1 と、計数部 1 1 0 2 と、積算部 1 1 0 3 とが備えられている。

【 0 1 0 5 】

計数部 1 1 0 2 には、カウンタ 3 0 6 と、画素メモリ 3 0 7 と、飽和検出部 1 1 0 4 とが備えられている。カウンタ 3 0 6 のカウント値が露光期間中に所定の閾値 C t h に達すると、閾値到達信号 P S A T が L レベルから H レベルに変化する。カウンタ 3 0 6 から出力される閾値到達信号 P S A T は、飽和検出部 1 1 0 4 に供給されるようになっている。飽和検出部 1 1 0 4 は、閾値到達信号 P S A T が L レベルから H レベルに変化すると、画素メモリ 3 0 7 にラッチ信号 P L A T を供給する。飽和検出部 1 1 0 4 から画素メモリ 3 0 7 にラッチ信号 P L A T が供給されると、カウンタ 3 0 6 によって取得されたカウント値が画素メモリ 3 0 7 によって保持される。この後、飽和検出部 1 1 0 4 は、OR ゲート 1 1 0 7 の一方の入力端子にリセット信号を供給する。これにより、飽和検出部 1 1 0 4 から出力されるリセット信号は、OR ゲート 1 1 0 7 を介してカウンタ 3 0 6 のリセット端子 R E S に供給される。飽和検出部 1 1 0 4 から OR ゲート 1 1 0 7 を介してカウンタ 3 0 6 にリセット信号が供給されると、カウンタ 3 0 6 はカウント値をリセットする。垂直制御回路 2 0 2 から供給されるリセット信号 P R E S が、OR ゲート 1 1 0 7 の他方の入力端子に供給されるようになっている。また、垂直制御回路 2 0 2 から出力されるリセット信号 P R E S も、OR ゲート 1 1 0 7 を介してカウンタ 3 0 6 のリセット端子 R E S に入力される。このため、カウンタ 3 0 6 は、飽和検出部 1 1 0 4 から供給されるリセット信号によってリセットされると共に、垂直制御回路 2 0 2 から供給されるリセット信号 P R E S によってもリセットされる。

【 0 1 0 6 】

積算部 1 1 0 3 には、加算回路 1 1 0 5 と、積算メモリ 1 1 0 6 とが備えられている。加算回路 1 1 0 5 は、図 2 を用いて上述した加算回路 2 0 7 に相当する。積算メモリ 1 1 0 6 は、図 2 を用いて上述したフレームメモリ 2 0 6 の積算メモリ領域 2 0 6 b に相当する。積算メモリ 1 1 0 6 は、画素メモリ 3 0 7 に保持された画素信号を露光期間中に積算して保持する。積算メモリ 1 1 0 6 のビット幅は、カウンタ 3 0 6 のビット幅に対して十分に大きく、また、画素メモリ 3 0 7 のビット幅に対しても十分に大きい。

【 0 1 0 7 】

10

20

30

40

50

飽和検出部 1104 は、画素メモリ 307 にラッチ信号 PLAT を供給した後、加算回路 1105 に加算制御信号 PADD を供給する。飽和検出部 1104 から加算回路 1105 に加算制御信号 PADD が供給されると、加算回路 1105 は、画素メモリ 307 に保持された画素信号と積算メモリ 1106 に保持された画素信号とを加算する。そして、加算回路 1105 は、加算することにより得られた画素信号を積算メモリ 1106 に保持する。

【0108】

各々の単位画素 1101 の積算メモリ 1106 に保持された画素信号は、露光期間が終了した後、垂直制御回路 202 と水平制御回路 203 とによる制御に応じて、デジタル出力部 208 に順次出力される。このような動作は、第 1 実施形態における動作と同様であるため、詳細な説明は省略する。

10

【0109】

このように、各々の単位画素 1101 に飽和検出部 1104、加算回路 1105 及び積算メモリ 1106 が備えられていてもよい。本実施形態においても、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができ、階調の良好な画像を得ることができる。

【0110】

[第 4 実施形態]

第 4 実施形態による固体撮像素子、撮像装置及び撮像方法について図 12 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 11 に示す第 1 乃至第 3 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

20

【0111】

本実施形態による固体撮像素子は、欠陥のある単位画素である欠陥画素から好ましくない閾値到達信号 PSAT が出力されるのを防止し得るものである。

【0112】

フォトダイオード 303 に結晶欠陥が存在すると、結晶欠陥に起因して暗電流が生じ、フォトダイオード 303 に光子が入射していないにもかかわらず、アバランシェ増倍現象が当該フォトダイオード 303 において生ずる場合がある。結晶欠陥が存在するフォトダイオード 303 が備えられたセンサ部 301 においては、光子がフォトダイオード 303 に入射していないにもかかわらず、パルス信号 PLS が高頻度で出力され得る。このような欠陥のあるフォトダイオード 303 が備えられた単位画素は、欠陥画素と称される。

30

【0113】

図 12 (a) は、本実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素 1201 を示す図である。画素アレイ 200 には、複数の単位画素 1201 が行列状に配されている。本実施形態による固体撮像素子の構成は、単位画素 1201 以外は、第 1 実施形態による固体撮像素子と同様である。

【0114】

単位画素 1201 には、センサ部 301 と、計数部 1202 とが備えられている。計数部 1202 には、カウンタ 306 と、画素メモリ 307 と、欠陥制御部 1203 と、イネーブル端子付きの反転バッファ 1204 とが備えられている。カウンタ 306 から出力される閾値到達信号 PSAT は、反転バッファ 1204 を介して出力される。欠陥制御部 1203 から反転バッファ 1204 に供給されるイネーブル信号が L レベルである場合、反転バッファ 1204 はオフ状態となる。反転バッファ 1204 がオフ状態の場合、当該反転バッファ 1204 の出力は常にハイインピーダンスとなり、当該反転バッファ 1204 からは閾値到達信号 PSAT が出力されない。一方、欠陥制御部 1203 から反転バッファ 1204 に供給されるイネーブル信号が H レベルである場合、反転バッファ 1204 はオン状態となる。反転バッファ 1204 がオン状態の場合、当該反転バッファ 1204 は、図 3 を用いて上述した反転バッファ 308 と同様に動作し得る。

40

【0115】

欠陥制御部 1203 は、各々の単位画素 1201 が欠陥画素であるか否かを示す欠陥情

50

報に基づいて、反転バッファ 1204 にイネーブル信号を供給する。ある単位画素 1201 が欠陥画素である場合、当該単位画素 1201 においては、欠陥制御部 1203 から反転バッファ 1204 に供給されるイネーブル信号は L レベルとなり、反転バッファ 1204 はオフ状態となる。一方、当該単位画素 1201 が欠陥画素でない場合、当該単位画素 1201 においては、欠陥制御部 1203 から反転バッファ 1204 に供給されるイネーブル信号は H レベルとなり、反転バッファ 1204 はオン状態となる。単位画素 1201 が欠陥画素であるか否かを示す欠陥情報は、垂直制御回路 202 及び水平制御回路 203 を用いて各々の単位画素 1201 の欠陥制御部 1203 に予め供給され、各々の単位画素 201 の欠陥制御部 1203 においてそれぞれ保持される。欠陥制御部 1203 と反転バッファ 1204 とは、当該単位画素 1201 に備えられたカウンタ 306 のカウント値が閾値に達したことを示す信号の出力を防止する出力防止手段として機能し得る。

10

【0116】

欠陥画素である単位画素 1201 から出力される画素信号は、信号処理部 101 又は制御部 104 によって補正処理される。

【0117】

なお、ここでは、イネーブル端子付きの反転バッファ 1204 を計数部 1202 に設ける場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。図 12 (b) は、本実施形態による固体撮像素子に備えられた単位画素 1201 の他の例を示す図である。図 12 (b) に示すように、センサ部 301 には、フォトダイオード 303 と、クエンチ抵抗 304 と、イネーブル端子付きの反転バッファ 1205 とが備えられている。計数部 1202 には、カウンタ 306 と、画素メモリ 307 と、欠陥制御部 1203 と、反転バッファ 1206 が備えられている。計数部 1202 に備えられた欠陥制御部 1203 から出力されるイネーブル信号が、センサ部 301 に備えられたイネーブル端子付きの反転バッファ 1205 のイネーブル端子に入力される。このように、イネーブル端子付きの反転バッファ 1205 をセンサ部 301 に設けるようにしてもよい。欠陥制御部 1203 と反転バッファ 1205 とは、当該単位画素 1201 に備えられたセンサ部 301 からのパルスの出力を防止する出力防止手段として機能し得る。

20

【0118】

本実施形態によれば、欠陥画素から閾値到達信号 P S A T が出力されるのを防止し得る。このため、本実施形態によれば、フレームメモリ 206 への画素信号の転送が欠陥画素に起因して頻発するのを防止することができる。

30

【0119】

[第 5 実施形態]

第 5 実施形態による固体撮像素子、撮像装置及び撮像方法について図 13 乃至図 18 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 12 に示す第 1 乃至第 4 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【0120】

本実施形態による撮像装置は、測光部 1303 を備え、測光部 1303 からの測光結果に基づいて、図 14 に示す画素アレイ 200 の各ブロック 1401 の閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とするように制御することができる。また、本実施形態による撮像装置は、操作部 108 を介してユーザー操作によって、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とするように制御することもできる。

40

【0121】

図 14 は、本実施形態による固体撮像素子 100 を示す図である。図 14 には、画素アレイ 200 と飽和検出部 1403 とが抜き出して示されている。画素アレイ 200 及び飽和検出部 1403 以外の構成要素については、第 1 実施形態における固体撮像素子 100 と同様である。図 13 においては、説明を簡略化するために 4 行 × 4 列の 16 個の単位画素 201 が図示されているが、実際には多数の単位画素 201 が画素アレイ 200 に備えられている。

【0122】

50

図 1 4 に示すように、例えば 2 行 × 2 列の 4 つの単位画素 2 0 1 によって 1 つのブロック 1 4 0 1 が構成されている。閾値到達信号 P S A T を伝達する配線 1 4 0 2 は、各々のブロック 1 4 0 1 において共有されている。各々のブロック 1 4 0 1 にそれぞれ備えられた複数の単位画素 2 0 1 のうちのいずれかから出力される閾値到達信号 P S A T は、配線 1 4 0 2 を介して飽和検出部 1 4 0 3 に供給される。

【 0 1 2 3 】

図 1 3 に戻り、測光部 1 3 0 3 は、不図示の C C D や C M O S などの測光用の撮像素子を備え、撮影レンズ 1 0 2 を通して入射した光を不図示の可動式ミラー等を介して受光する。測光部 1 3 0 3 は、図 1 5 に示すような複数の測光エリア 1 5 0 1 を備え、測光エリア 1 5 0 1 毎に被写体輝度を測定し、その測光結果を制御部 1 0 4 に送る。

10

【 0 1 2 4 】

制御部 1 0 4 は、P S A T 選択部 1 3 0 1 及び駆動設定部 1 3 0 2、現像処理部 1 3 0 4 を備える。

【 0 1 2 5 】

P S A T 選択部 1 3 0 1 は、測光部 1 3 0 3 からの測光結果を受け取り、画素アレイ 2 0 0 の各ブロック 1 4 0 1 の内、閾値到達信号 P S A T を無効とするブロックを決定する。また、閾値到達信号 P S A T を無効としなかったブロックでは、閾値到達信号 P S A T は有効となる。また、P S A T 選択部 1 3 0 1 は、操作部 1 0 8 を介したユーザー操作によって、選択的に閾値到達信号 P S A T を無効とするブロックを決定することもできる。画素アレイ 2 0 0 の各ブロックの閾値到達信号 P S A T を有効とするか無効とするかの情報（以下、P S A T 選択情報）は、駆動設定部 1 3 0 2 に送信される。

20

【 0 1 2 6 】

駆動設定部 1 3 0 2 は、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 を制御するための制御信号を送信する。また、P S A T 選択部 1 3 0 1 から送信された P S A T 選択情報をもとに、画素アレイ 2 0 0 の各ブロック 1 4 0 1 の閾値到達信号 P S A T を有効又は無効にするための制御信号を固体撮像素子 1 0 0 へ送信する。

【 0 1 2 7 】

飽和検出部 1 4 0 3 では、駆動設定部 1 3 0 2 からの制御信号に基づいて、各々のブロック 1 4 0 1 から供給される閾値到達信号 P S A T を有効とするか無効とするかを設定する。あるブロック 1 4 0 1 から出力される閾値到達信号 P S A T を無効とするように飽和検出部 1 4 0 3 が設定されている場合、飽和検出部 1 4 0 3 は、以下のように動作する。即ち、飽和検出部 1 4 0 3 は、当該ブロック 1 4 0 1 から飽和検出部 1 4 0 3 に閾値到達信号 P S A T が供給された場合、当該閾値到達信号 P S A T を無効なものとして取り扱う。従って、当該ブロック 1 4 0 1 内に位置する複数の単位画素 2 0 1 のうちのいずれかにおいてカウンタ 3 0 6 のカウント値が閾値 C t h に達した場合であっても、ラッチ信号 P L A T が画素アレイ 2 0 0 の各々の単位画素 2 0 1 に供給されない。このように、飽和検出部 1 4 0 3 は、複数の単位画素 2 0 1 のうちの所定の単位画素 2 0 1 に対しては、カウンタ 3 0 6 によるカウント値が閾値に達したことを無視する。一方、あるブロック 1 4 0 1 から出力される閾値到達信号 P S A T を有効とするように飽和検出部 1 4 0 3 が設定されている場合、飽和検出部 1 4 0 3 は、以下のように動作する。即ち、飽和検出部 1 4 0 3 は、当該ブロック 1 4 0 1 から飽和検出部 1 4 0 3 に閾値到達信号 P S A T が供給された場合、当該閾値到達信号 P S A T を有効なものとして取り扱う。従って、当該ブロック 1 4 0 1 内に位置する複数の単位画素 2 0 1 のうちのいずれかにおいてカウンタ 3 0 6 のカウント値が閾値 C t h に達した場合には、ラッチ信号 P L A T が画素アレイ 2 0 0 の各々の単位画素 2 0 1 に供給される。

30

40

【 0 1 2 8 】

なお、ここでは、2 行 × 2 列の 4 つの単位画素 2 0 1 が備えられたブロック 1 4 0 1 において閾値到達信号 P S A T が共通化されている場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ブロック 1 4 0 1 に備えられた単位画素 2 0 1 が 4 つでなくてもよい。また、例えば閾値到達信号 P S A T を列単位で共通化するようにしてもよい。

50

【 0 1 2 9 】

現像処理部 1 3 0 4 には、固体撮像素子 1 0 0 から出力され、信号処理部 1 0 1 で各種の補正処理が行われた画像データが入力される。現像処理部 1 3 0 4 は、この画像データにデモザイク等の現像処理を行う。現像処理が行われた画像データは、例えば、表示部 1 0 6 に表示される。

【 0 1 3 0 】

図 1 6 は、本実施形態による撮像装置によって取得される画像 1 6 0 0 の例を示す図である。ここでは、ブロック 1 6 0 1 から供給される閾値到達信号 P S A T を無効とし、ブロック 1 6 0 1 以外から供給される閾値到達信号 P S A T を有効とする場合を例に説明する。ブロック 1 6 0 1 は、太陽に対応している。ブロック 1 6 0 1 から供給される閾値到達信号 P S A T は無効とされているため、ブロック 1 6 0 1 については良好な階調の画像信号が得られない。ブロック 1 6 0 1 以外から供給される閾値到達信号 P S A T については有効とされているため、ブロック 1 6 0 1 以外については良好な階調の画像信号が得られる。なお、太陽に対応する画素信号は、飽和していても特段の問題はない。

10

【 0 1 3 1 】

図 1 7 に、測光部 1 3 0 3 からの測光結果をもとに、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とするように制御して撮影する流れを表すフローチャートを示す。

【 0 1 3 2 】

始めに、S 1 7 0 1 で、測光部 1 3 0 3 が測光を行い、複数の測光エリア 1 5 0 1 毎に被写体輝度を測定する。その測光結果は、P S A T 選択部 1 3 0 1 に送信される。

20

【 0 1 3 3 】

次に、S 1 7 0 2 で、P S A T 選択部 1 3 0 1 が、測光部 1 3 0 3 からの測光結果をもとに、画素アレイ 2 0 0 の各ブロック 1 4 0 1 の中から閾値到達信号 P S A T を無効とするブロックを決定する。ここでは、被写体輝度がある閾値以上になる測光エリア 1 5 0 1 に対応するブロック 1 4 0 1 の閾値到達信号 P S A T を無効とする。これにより、例えば、太陽のように極端に高輝度被写体のあるブロックの閾値到達信号 P S A T を無効にできる。各ブロックの閾値到達信号 P S A T を有効とするか無効とするかの情報 (P S A T 選択情報) は、駆動設定部 1 3 0 2 に送信される。

【 0 1 3 4 】

S 1 7 0 3 では、駆動設定部 1 3 0 2 が、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 へ撮像を行うための制御信号を送信する。また、P S A T 選択部 1 3 0 1 から送信された P S A T 選択情報をもとに、画素アレイ 2 0 0 の各ブロック 1 4 0 1 の閾値到達信号 P S A T を有効又は無効にするための制御信号を固体撮像素子 1 0 0 へ送信する。

30

【 0 1 3 5 】

S 1 7 0 4 では、固体撮像素子 1 0 0 が上述したようにして撮像を行う。固体撮像素子 1 0 0 から出力された画像データは、信号処理部 1 0 1 で各種の補正処理が行われ、制御部 1 0 4 に送られる。その後現像処理部 1 3 0 4 で現像処理が行われたのち、表示部 1 0 6 に表示される。

【 0 1 3 6 】

このように、本実施形態によれば、測光部 1 3 0 3 の測光結果をもとに、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とすることができる。例えば、太陽等に対応する単位画素 2 0 1 から発せられる閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とすることができる。このため、本実施形態によれば、例えば太陽に対応する領域以外の領域について階調の良好な画像を得ることができる。

40

【 0 1 3 7 】

また、閾値到達信号 P S A T を有効にするか無効にするかの切り替えを、操作部 1 0 8 を介してユーザが行うようにしてもよい。

【 0 1 3 8 】

図 1 8 に、操作部 1 0 8 を介してユーザ操作によって、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とするように制御して撮影する流れを表すフローチャートを示す。

50

【 0 1 3 9 】

始めに、S 1 8 0 1 で、固体撮像素子 1 0 0 が撮像を行い、信号処理部 1 0 1 における各種の補正処理及び現像処理部 1 3 0 4 における現像処理が行われた画像が、表示部 1 0 6 にライブビュー画像として表示される。

【 0 1 4 0 】

次に S 1 8 0 2 で、ユーザーが表示部 1 0 6 に表示されたライブビュー画像をもとに、操作部 1 0 8 を介して、閾値到達信号 P S A T を無効にしたい領域を選択する。選択された領域の情報は P S A T 選択部 1 3 0 1 に入力される。また、表示部 1 0 6 がタッチパネルである場合は、表示部 1 0 6 は操作部 1 0 8 として機能する。ユーザー操作によって選択された各ブロックの閾値到達信号 P S A T を有効とするか無効とするかの情報 (P S A T 選択情報) は、P S A T 選択部 1 3 0 1 から駆動設定部 1 3 0 2 に送信される。

10

【 0 1 4 1 】

S 1 8 0 3 では、駆動設定部 1 3 0 2 が、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 へ撮像を行うための制御信号を送信する。また、P S A T 選択部 1 3 0 1 から送信された P S A T 選択情報をもとに、画素アレイ 2 0 0 の各ブロック 1 4 0 1 の閾値到達信号 P S A T を有効又は無効にするための制御信号を固体撮像素子 1 0 0 へ送信する。

【 0 1 4 2 】

S 1 8 0 4 では、固体撮像素子 1 0 0 が上述したようにして撮像を行う。固体撮像素子 1 0 0 から出力された画像データは、信号処理部 1 0 1 で各種の補正処理が行われ、制御部 1 0 4 に送られる。その後現像処理部 1 3 0 4 で現像処理が行われたのち、表示部 1 0 6 に表示される。

20

【 0 1 4 3 】

このように、本実施形態によれば、操作部 1 0 8 を介したユーザー操作によって、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とすることができる。例えば、太陽等に対応する単位画素 2 0 1 から発せられる閾値到達信号 P S A T を選択的に無効とすることができる。このため、本実施形態によれば、例えば太陽に対応する領域以外の領域について階調の良好な画像を得ることができる。

【 0 1 4 4 】

なお、S 1 8 0 1 でライブビュー画像表示用の撮影を行う際は、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効にする処理は行わなくてもよい。もしくは、S 1 8 0 1 よりも前の撮影で P S A T 選択情報を設定していた場合は、その情報にもとづいて、閾値到達信号 P S A T を選択的に無効にして撮影してもよい。

30

【 0 1 4 5 】

[第 6 実施形態]

第 6 実施形態による撮像装置及びその制御方法について図 1 9 乃至図 2 2 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 1 8 に示す第 1 乃至第 5 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【 0 1 4 6 】

図 1 9 は、本実施形態による撮像装置のブロック図である。図 1 9 に示す撮像装置は、図 1 に示す構成と比較して、測光部 1 3 0 3 を有し、制御部 1 0 4 が、駆動設定部 1 3 0 2 及び露出制御部 1 9 0 1 を備えるところが異なる。

40

【 0 1 4 7 】

露出制御部 1 9 0 1 は、測光部 1 3 0 3 からの測光結果にもとづいて、露光時間や、I S O 感度、撮影レンズ 1 0 2 の絞り値などの撮影条件を決定し、その情報を駆動設定部 1 3 0 2 やレンズ駆動部 1 0 3 に送信する。また、露出制御部 1 9 0 1 は、操作部 1 0 8 を介したユーザー操作によって、露光時間や、I S O 感度、絞り値などの撮影条件を決定することも可能である。

【 0 1 4 8 】

例えば、露出制御部 1 9 0 1 で設定された露光時間の情報は、駆動設定部 1 3 0 2 に送信され、設定された露光時間で固体撮像素子 1 0 0 を駆動するための制御データが駆動設

50

定部 1 3 0 2 から固体撮像素子 1 0 0 に送信される。また、露出制御部 1 9 0 1 で設定された ISO 感度の情報は駆動設定部 1 3 0 2 に送信される。そして、駆動設定部 1 3 0 2 から信号処理部 1 0 1 に ISO 感度に応じた制御信号が送られる。信号処理部 1 0 1 ではこの制御信号によって、ISO 感度に応じたデジタルゲインを画像データに乗算する。例えば、ISO 1 0 0 では、信号処理部 1 0 1 で $\times 1$ のデジタルゲインが画像データに乗算され、ISO 2 0 0 では、 $\times 2$ のデジタルゲインが画像データに乗算される。また、露出制御部 1 9 0 1 で設定された絞り値の情報は、レンズ駆動部 1 0 3 に送信され、撮影レンズ 1 0 2 の絞り制御に使用される。

【 0 1 4 9 】

更に、露出制御部 1 9 0 1 は、測光部 1 3 0 3 からの測光結果に基づいて、固体撮像素子 1 0 0 を、飽和検出部 2 0 5 を動作させる第 1 の駆動モードと、飽和検出部 2 0 5 の動作を無効にした第 2 の駆動モードのどちらで駆動するかを決定する。

10

【 0 1 5 0 】

図 2 0 に、測光部 1 3 0 3 からの測光結果に基づいて、飽和検出部 2 0 5 を動作させる第 1 の駆動モードと、飽和検出部 2 0 5 の動作を無効にした第 2 の駆動モードとを切り替えて撮影する流れを表すフローチャートを示す。

【 0 1 5 1 】

始めに、S 2 0 0 1 において、測光部 1 3 0 3 が測光を行い、図 1 5 に示す複数の測光エリア 1 5 0 1 毎に被写体輝度を測定する。測光結果は、露出制御部 1 9 0 1 に送信される。

20

【 0 1 5 2 】

S 2 0 0 2 では、露出制御部 1 9 0 1 が測光結果に基づいて、露光時間や、ISO 感度、絞り値などの撮影条件を決定する。例えば、測光部 1 3 0 3 からの測光結果にもとづいて、画像領域の全体の平均が適正露光量になるように露光時間や、ISO 感度、絞り値などの撮影条件が設定される。

【 0 1 5 3 】

また、露出制御部 1 9 0 1 では、固体撮像素子 1 0 0 を第 1 の駆動モードと第 2 の駆動モードのどちらで駆動するかも決定する。例えば、測光結果から、一部の領域に高輝度被写体が存在し、設定された撮影条件では、露光期間中に一部の画素のカウント値が飽和すると露出制御部 1 9 0 1 が判断した場合は、第 1 の駆動モードが選択される。それ以外では第 2 の駆動モードが選択される。このように、測光結果から、高輝度被写体が存在する場合（もしくは、高照度環境下の場合）には、第 1 の駆動モード、高輝度被写体が存在しない場合（もしくは、低照度環境下の場合）には、第 2 の駆動モードが選択される。

30

【 0 1 5 4 】

S 2 0 0 2 では、駆動設定部 1 3 0 2 が、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 へ撮像を行うための制御信号を送信する。この際、露出制御部 1 9 0 1 で、選択された駆動モードで固体撮像素子 1 0 0 を駆動させるための制御信号が固体撮像素子 1 0 0 へ送信される。

【 0 1 5 5 】

S 2 0 0 3 では、固体撮像素子 1 0 0 が駆動設定部 1 3 0 2 から送信された制御信号にもとづいて、第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードのいずれかで駆動して撮像を行う。この動作は第 1 実施形態と同様であるため、その説明は省略する。固体撮像素子 1 0 0 から出力された画像データは、信号処理部 1 0 1 で各種の補正処理が行われ、制御部 1 0 4 に送られる。

40

【 0 1 5 6 】

このように、本実施形態によれば、測光部 1 3 0 3 の測光結果をもとに、高輝度被写体が存在する場合（もしくは、高照度環境下の場合）には、第 1 の駆動モードで撮影が行われる。従って、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができ、階調の良好な画像を得ることができる。

【 0 1 5 7 】

50

また、本実施形態の別の制御方法として、測光部 1303 の測光結果を用いずに、露光時間や、ISO 感度、絞り値の撮影条件のいずれかに応じて第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードを切り替えるように制御してもよい。

【0158】

図 21 に、操作部 108 を介してユーザーが設定した撮影条件に応じて、第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードを切り替えて撮影する流れを表すフローチャートを示す。

【0159】

S2101 では、操作部 108 を介して、ユーザーが露光時間や、ISO 感度、絞り値の撮影条件を設定する。設定した撮影条件の情報は露出制御部 1901 に送信される。

【0160】

S2102 では、露出制御部 1901 で、S2101 で設定された撮影条件にもとづいて、第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードのどちらで駆動するかが決定される。ここでは、例えば、ISO 感度が所定の閾値よりも低い場合に第 1 の駆動モードが選択され、それ以外の場合は第 2 の駆動モードが選択される。これにより、一般的に高照度環境下で使用される低 ISO 感度設定時に第 1 の駆動モードを選択することで、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができる。

【0161】

また、S2102 における決定方法は、ISO 感度に限られるものではない。例えば、撮影レンズ 102 の絞り値に応じて、ある閾値となる絞り値よりも開放側では、第 1 の駆動モードを選択し、小絞り側では、第 2 の駆動モードを選択してもよい。もしくは、露光時間に応じて、ある閾値となる秒時よりも長秒では、第 1 の駆動モードを選択し、短秒では第 2 の駆動モードを選択してもよい。また、上述した撮影条件の少なくとも 1 つが第 1 の駆動モードに対応する場合に、第 1 の駆動モードで駆動するようにしても良い。

【0162】

S2103 以降の動作は、図 20 の S2003 以降の動作と同様であるため、その説明は省略する。

【0163】

また、本実施形態のさらに別の制御方法として、固体撮像素子 100 から 14 ビットの画像データを出力するスタンダードダイナミックレンジ (SDR) モードと 16 ビットの画像データを出力するハイダイナミックレンジ (HDR) モードの撮影モードを備えた撮像装置に本発明を適用した例を説明する。本実施形態では、例えば、図 3 に示すカウンタ 306 は 14 ビットのビット幅を備え、SDR モード時には、第 2 の駆動モードで動作し、飽和検出部 205 の動作を無効にして、固体撮像素子 100 からは 14 ビットの画像データを出力する。HDR モード時には、カウンタ 306 は 14 ビットのビット幅しか持たないが、第 1 の駆動モードで動作させることで、カウンタ 306 のカウント値が閾値 C_{th} に達するたびに、カウント値の取得及びリセット動作が行われるため、14 ビット以上の階調を得ることができる。したがって、例えば、固体撮像素子 100 からは 16 ビットの画像データを出力する。

【0164】

図 22 に、操作部 108 を介してユーザーが設定した撮影モード (SDR モード、HDR モード) に応じて、第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードを切り替えて撮影する流れを表すフローチャートを示す。

【0165】

S2201 では、操作部 108 を介してユーザーが撮影モード (SDR モード、HDR モード) を設定する。設定した撮影条件の情報は、露出制御部 1901 に送信される。

【0166】

S2202 では、露出制御部 1901 で、撮影条件の情報に基づいて、第 1 の駆動モード、第 2 の駆動モードのどちらで駆動するかを決定する。ここでは、例えば、SDR モード時には、第 2 の駆動モード、HDR モード時には、第 1 の駆動モードが選択される。

【0167】

10

20

30

40

50

S 2 2 0 3 以降の動作は、図 2 0 の S 2 0 0 3 以降の動作と同様であるため、その説明は省略する。

【 0 1 6 8 】

以上の動作により、H D R モード時に第 1 の駆動モードで撮影を行うことで、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができ、高諧調の画像を得ることができる。

【 0 1 6 9 】

[第 7 実施形態]

第 7 実施形態による撮像装置及びその制御方法について図 2 3 及び図 2 4 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 2 2 に示す第 1 乃至第 6 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【 0 1 7 0 】

図 2 3 は、本実施形態による撮像装置のブロック図である。図 2 3 に示す本実施形態による撮像装置は、図 1 に示す構成と比較して、制御部 1 0 4 内に駆動切り替え部 2 3 0 1 及び駆動設定部 1 3 0 2 を備えたところが異なる。

【 0 1 7 1 】

駆動切り替え部 2 3 0 1 には、信号処理部 1 0 1 を介して、固体撮像素子 1 0 0 から出力された画像データが入力され、画像データ中に飽和した画素信号があるか否かを検出する。また、駆動切り替え部 2 3 0 1 には、図 2 の飽和検出部 2 0 5 から出力される閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号が、配線 2 3 0 2 を介して入力される。そして、駆動切り替え部 2 3 0 1 は、閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号と、入力された画像データ中に飽和した画素信号があるか否かを検出した結果に基づいて、第 1 の駆動モードと第 2 の駆動モードのどちらで固体撮像素子 1 0 0 を駆動するかを決定する。

【 0 1 7 2 】

駆動設定部 1 3 0 2 は、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 へ撮像を行うための制御信号を送信する。この際、駆動切り替え部 2 3 0 1 で、選択された駆動モードで固体撮像素子 1 0 0 を駆動させるための制御信号が固体撮像素子 1 0 0 へ送信される。

【 0 1 7 3 】

図 2 4 は、本実施形態による撮像装置の制御の流れを表すフローチャートを示す。撮影が開始すると、S 2 4 0 1 において、駆動切り替え部 2 3 0 1 が第 2 の駆動モードを選択し、その情報が駆動設定部 1 3 0 2 に送信される。S 2 4 0 2 では、駆動設定部 1 3 0 2 が、駆動切り替え部 2 3 0 1 で選択された駆動モードで固体撮像素子 1 0 0 を駆動させるための制御信号を固体撮像素子 1 0 0 へ送信する。そして、固体撮像素子 1 0 0 が撮影を行い、撮影された画像データは信号処理部 1 0 1 を介して、駆動切り替え部 2 3 0 1 に入力される。

【 0 1 7 4 】

S 2 4 0 3 では、駆動切り替え部 2 3 0 1 が、S 2 4 0 2 における撮影が第 1 の駆動モードで行われたか否かを判定する。第 1 の駆動モードの場合は S 2 4 0 4 の判定 1 に移り、第 2 の駆動モードの場合は S 2 4 0 5 の判定 2 に移る。

【 0 1 7 5 】

S 2 4 0 4 の判定 1 では、S 2 4 0 2 の撮影時に配線 2 3 0 2 を介して入力される閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号を受信しなかったか否かを判定する。閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号を受信しなかった場合 (Y E S) は、S 2 4 0 6 に移り、駆動切り替え部 2 3 0 1 は、第 2 の駆動モードを選択する。閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号を受信した場合 (N O) は、駆動モードの切り替えは行わずに、S 2 4 0 8 に移る。

【 0 1 7 6 】

一方、S 2 4 0 5 の判定 2 では、駆動切り替え部 2 3 0 1 で、信号処理部 1 0 1 を介して、入力された画像データ中に飽和した画素信号があるか否かを検出する。飽和した画素信号がある場合 (Y E S) 、S 2 4 0 7 に移り、駆動切り替え部 2 3 0 1 は、第 1 の駆動モードを選択する。飽和した画素信号がない場合 (N O) は、駆動モードの切り替えは行

10

20

30

40

50

わずに、S 2 4 0 8 に移る。

【 0 1 7 7 】

S 2 4 0 8 では、撮影を継続するかの判定を行い、例えば、ユーザーが操作部 1 0 8 を介して、撮影終了の操作をした場合は、撮影が終了する。撮影が継続する場合は、S 2 4 0 2 に戻り、駆動切り替え部 2 3 0 1 が選択している駆動モードで撮影が行われる。

【 0 1 7 8 】

以上のように制御することで、第 2 の駆動モード時に撮影画像の中に飽和した画素信号がある場合に、第 1 の駆動モードに移行できる。また、第 1 の駆動モード時に閾値到達信号 P S A T を検出したことを示す信号を受信しなかった場合には、第 2 の駆動モードに移行できる。

【 0 1 7 9 】

このように、本実施形態によれば、撮影画像に飽和した画素信号がある場合に、第 1 の駆動モードに移行できるため、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができる。階調の良好な画像を得ることができる。

【 0 1 8 0 】

[第 8 実施形態]

第 8 実施形態による撮像装置及びその制御方法について図 2 5 及び図 2 6 を用いて説明する。なお、図 1 乃至図 2 4 に示す第 1 乃至第 7 実施形態による固体撮像素子等と同一の構成要素には、同一の符号を付して説明を省略又は簡潔にする。

【 0 1 8 1 】

図 2 5 は、本実施形態による撮像装置のブロック図である。図 2 5 に示す本実施形態による撮像装置は、図 1 に示す構成と比較して、制御部 1 0 4 内に撮影モード選択部 2 5 0 1 及び駆動設定部 2 5 0 2 を備えたところが異なる。

【 0 1 8 2 】

本実施形態における固体撮像素子 1 0 0 は、第 2 実施形態において、図 7 及び図 8 に示した固体撮像素子と同じ構成を有し、図 9 のタイミングチャートに示すように駆動される。また、本実施形態による固体撮像素子 1 0 0 のカウンタ 3 0 6 の閾値 C t h の値は、撮影モードに応じて駆動設定部 2 5 0 2 により設定可能である。

【 0 1 8 3 】

撮影モード選択部 2 5 0 1 は、例えば、操作部 1 0 8 を介したユーザー操作等により、撮影モードを選択し、選択した撮影モードの情報を駆動設定部 2 5 0 2 に送信する。撮影モードの例として、例えば、画素アレイ 2 0 0 のすべての画素の信号を出力する全画面読み出しモードや、画素アレイ 2 0 0 の一部の画素の信号を出力するクロップ読み出しモードなどがある。

【 0 1 8 4 】

駆動設定部 2 5 0 2 は、固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 を撮影モード選択部 2 5 0 1 で選択した撮影モードで駆動するための制御信号を送信する。また、駆動設定部 2 5 0 2 は、撮影モード選択部 2 5 0 1 で選択した撮影モードに応じて、固体撮像素子 1 0 0 の各画素のカウンタ 3 0 6 の閾値 C t h の値を設定するための制御信号も送信する。ここで、駆動設定部 2 5 0 2 が設定する閾値 C t h の値は、例えば、第 2 実施形態の式 (2) に示す値となる。ここで、式 (2) の読み出し行数を示す n や、1 行分の画素信号をフレームメモリ 2 0 6 に転送するのに要する時間である T 1 h は、全画面読み出しモードやクロップ読み出しモードなどの撮影モードに応じた値が用いられる。

【 0 1 8 5 】

図 2 6 に、操作部 1 0 8 を介してユーザーが設定した撮影モード (全画面読み出しモード、クロップ読み出しモード) に応じて、閾値 C t h を設定して撮影する流れを表すフローチャートを示す。

【 0 1 8 6 】

S 2 6 0 1 では、撮影モード選択部 2 5 0 1 が、操作部 1 0 8 を介したユーザー操作等により撮影モード (全画面読み出しモード、クロップ読み出しモード) を選択する。選択

10

20

30

40

50

した撮影モードの情報は駆動設定部 2 5 0 2 に送信される。

【 0 1 8 7 】

S 2 6 0 2 では、駆動設定部 2 5 0 2 が固体撮像素子 1 0 0 及び信号処理部 1 0 1 に選択された撮影モードで駆動するための制御信号を送信する。また、駆動設定部 2 5 0 2 は、撮影モード選択部 2 5 0 1 で選択した撮影モードに応じて、固体撮像素子 1 0 0 の各画素のカウンタ 3 0 6 の閾値 C t h の値を設定するための制御信号を固体撮像素子 1 0 0 に送信する。

【 0 1 8 8 】

S 2 6 0 3 では、固体撮像素子 1 0 0 が S 2 6 0 1 で選択された撮影モードで撮影を行う。このとき、カウンタ 3 0 6 の閾値 C t h は、S 2 6 0 1 で選択された撮影モードに応じた値が用いられる。

10

【 0 1 8 9 】

以上の動作により、本実施形態による撮像装置は、カウンタ 3 0 6 の閾値 C t h を撮影モードに応じて変更可能である。また、本実施形態においても、第 2 実施形態と同様に、カウント値が露光期間中に飽和するのを防止することができ、階調の良好な画像を得ることができる。

【 0 1 9 0 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。

【 0 1 9 1 】

20

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記録媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、A S I C）によっても実現可能である。

【符号の説明】

【 0 1 9 2 】

1 0 0 : 固体撮像素子、1 0 1 : 画像処理部、1 0 4 : 制御部、1 0 6 : 表示部、1 0 8 : 操作部、2 0 0 : 画素アレイ、2 0 1 , 1 1 0 1 : 単位画素、2 0 2 : 垂直制御回路、2 0 3 : 水平制御回路、2 0 4 : タイミング発生回路、2 0 5 , 1 4 0 3 : 飽和検出部、2 0 6 : フレームメモリ、2 0 6 a : 一時メモリ領域、2 0 6 b : 積算メモリ領域、2 0 7 : 加算回路、2 0 8 : デジタル出力部、2 0 9 , 2 1 0 : スイッチ、2 1 1 : プルアップ抵抗、2 1 2 : 配線、3 0 6 : カウンタ、2 0 7 , 3 0 7 : 画素メモリ、1 2 0 2 : 欠陥制御部、1 3 0 1 : P S A T 選択部、1 3 0 2 , 2 5 0 2 : 駆動設定部、1 3 0 3 : 測光部、1 9 0 1 : 露出制御部、2 3 0 1 : 駆動切り替え部、2 5 0 1 : 撮影モード選択部

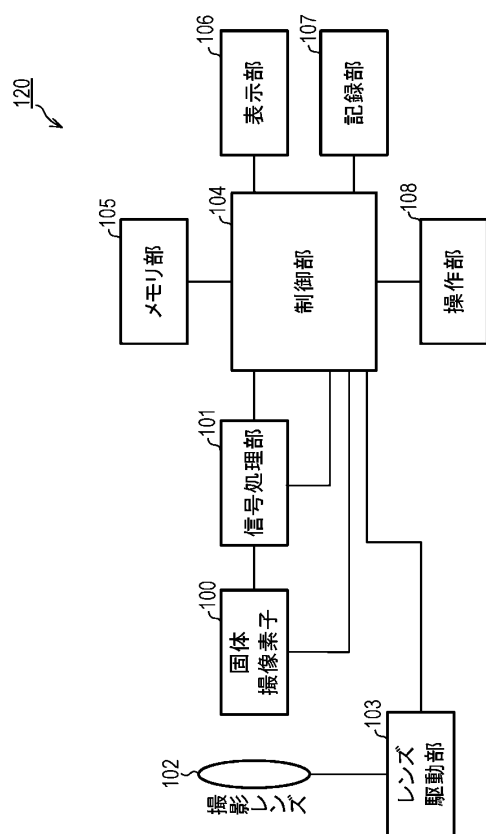
30

40

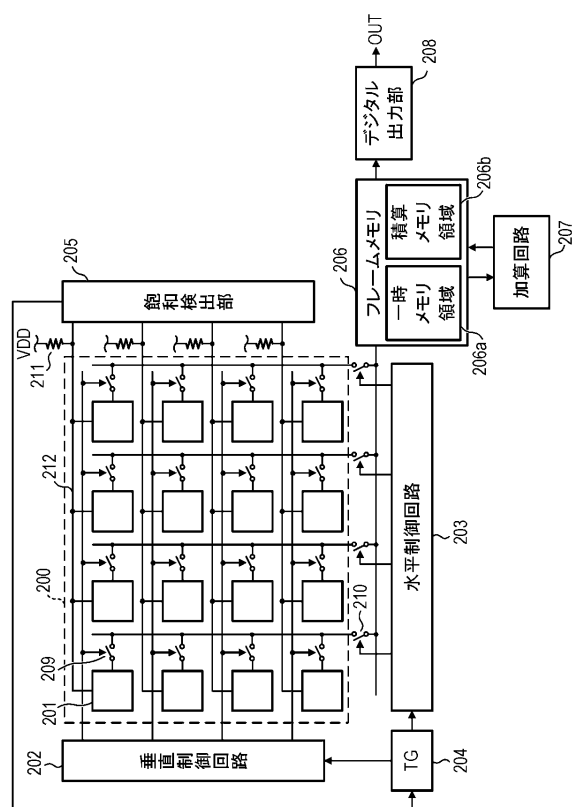
50

【図面】

【 図 1 】



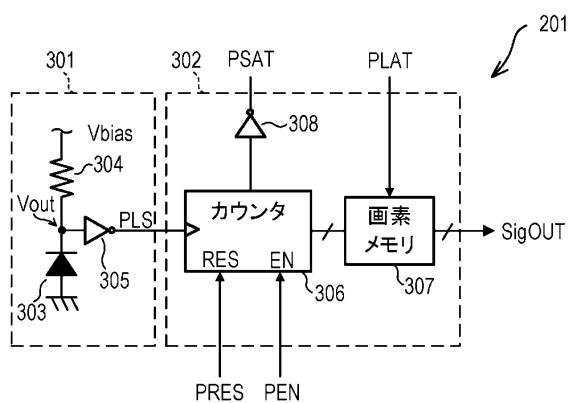
【圖 2】



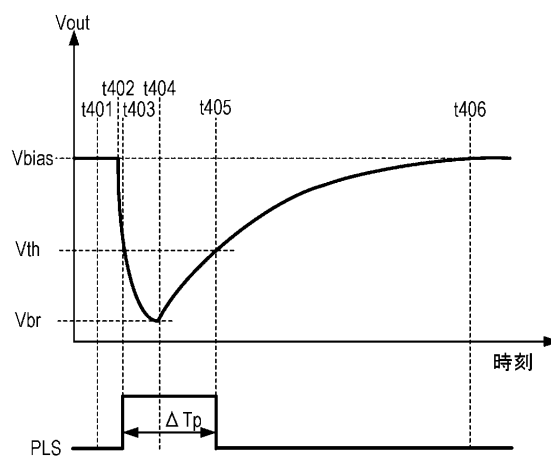
10

20

【 図 3 】



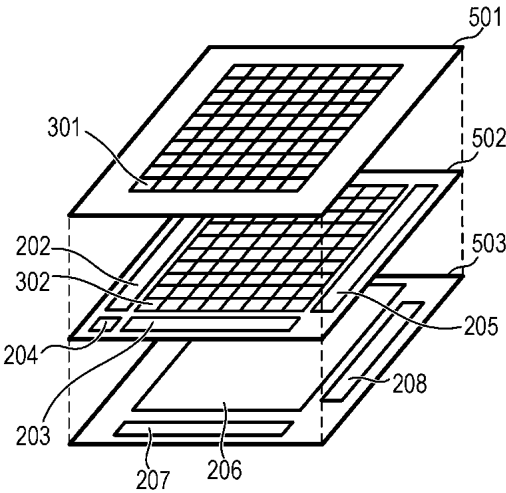
【圖 4】



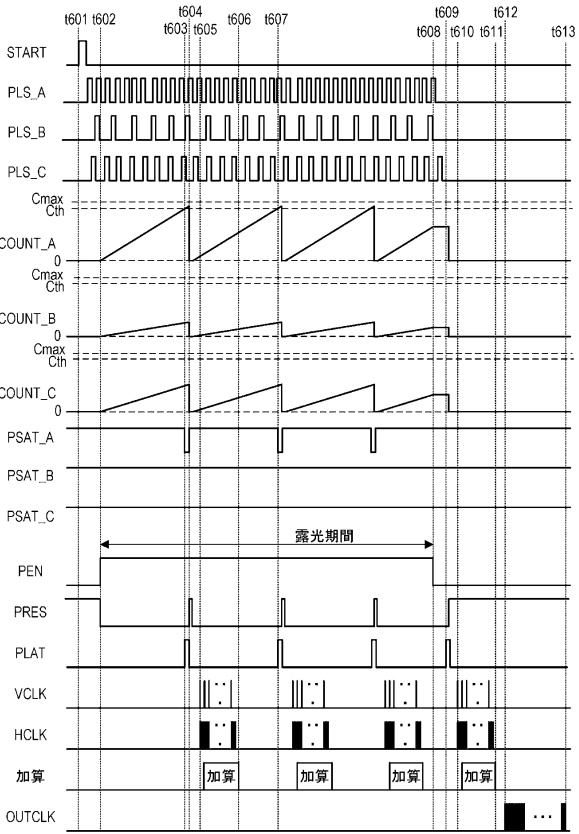
30

40

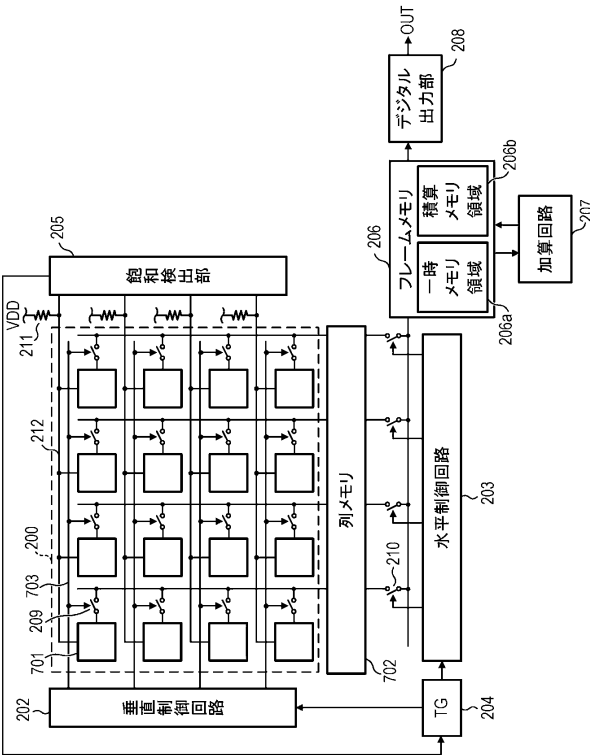
【図 5】



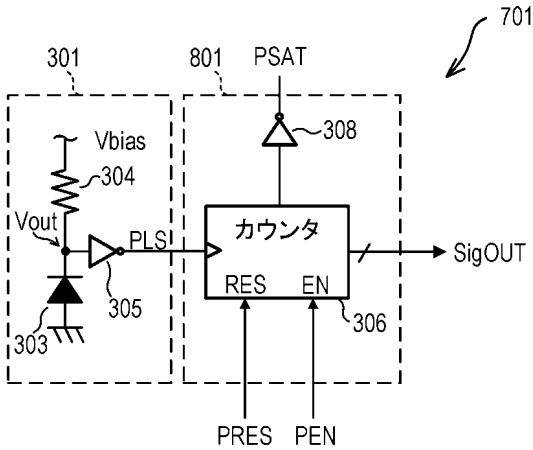
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

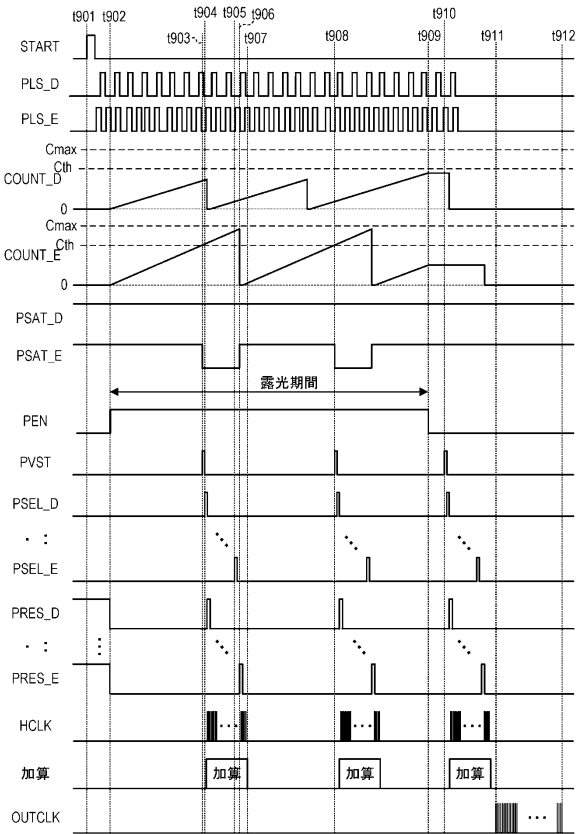
20

30

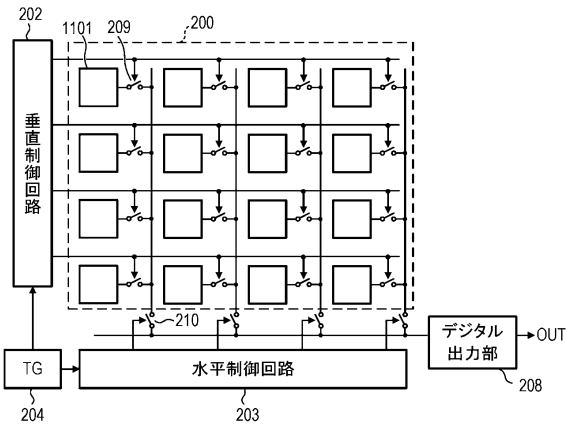
40

50

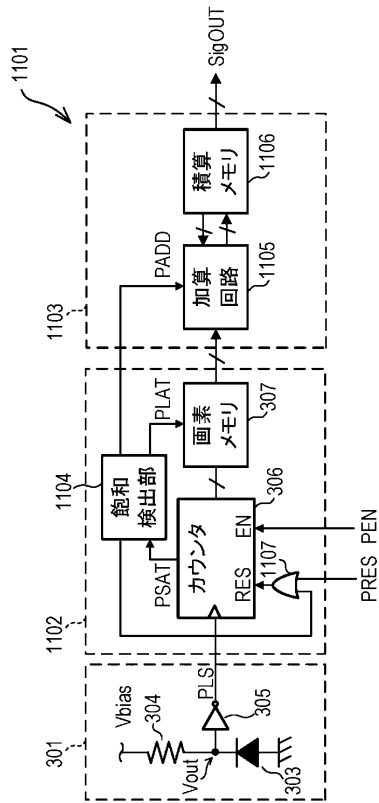
【図 9】



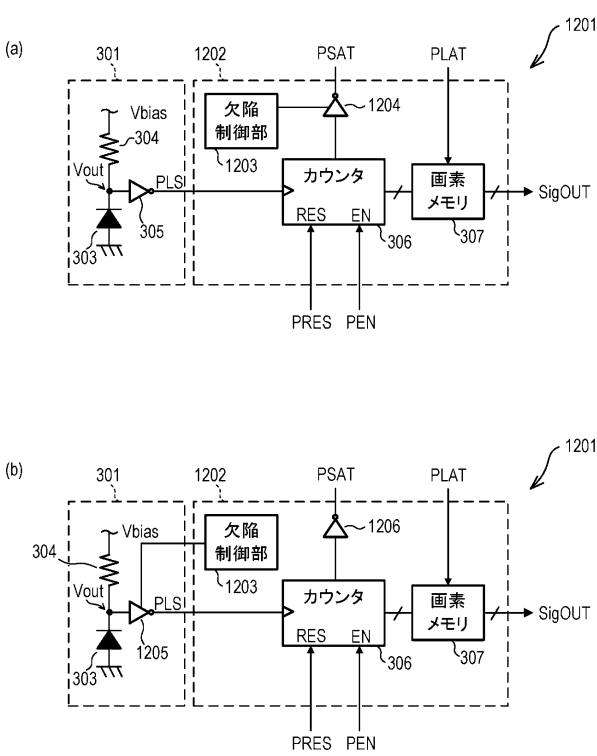
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

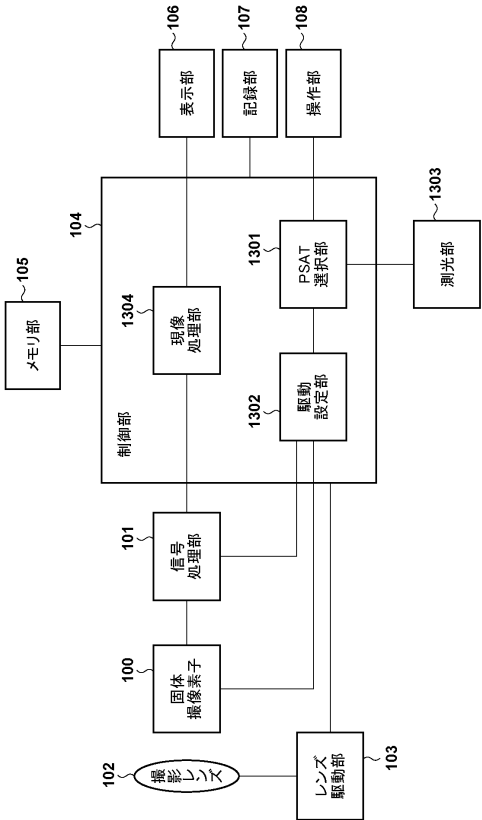
20

30

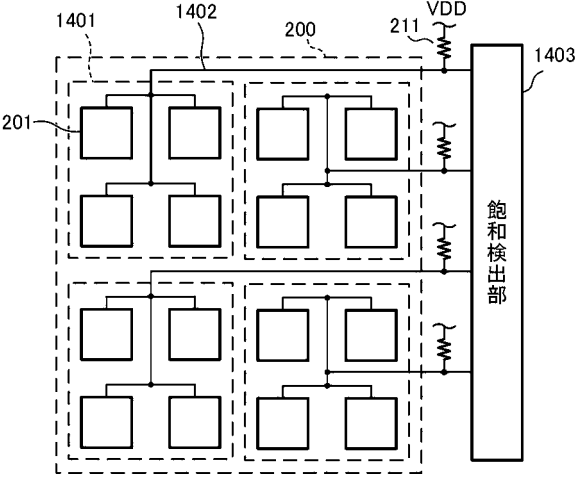
40

50

【図 1 3】



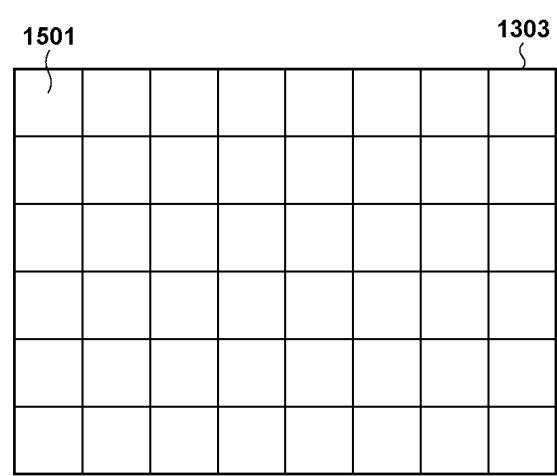
【図 1 4】



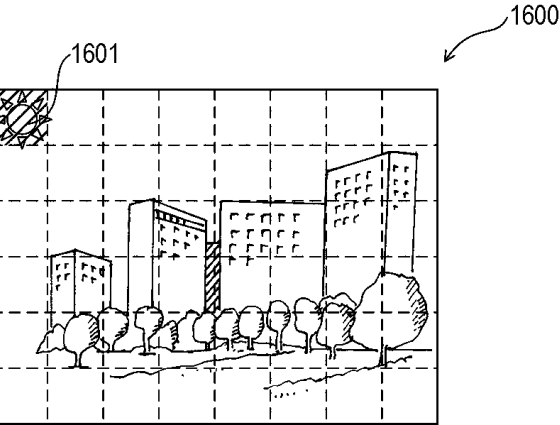
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

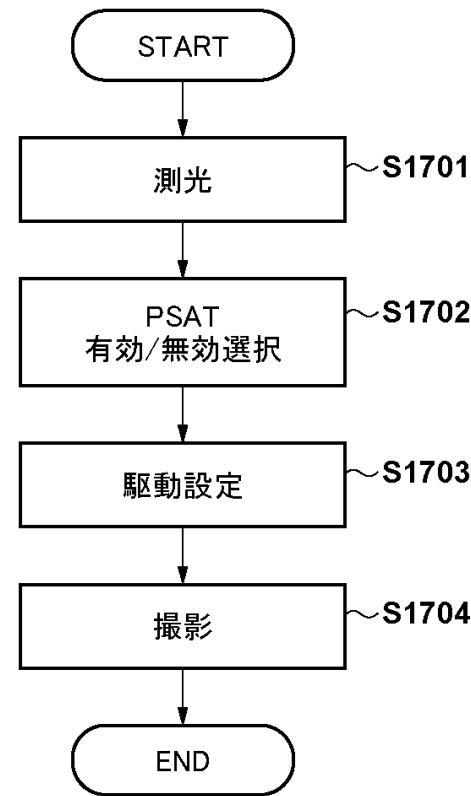


30

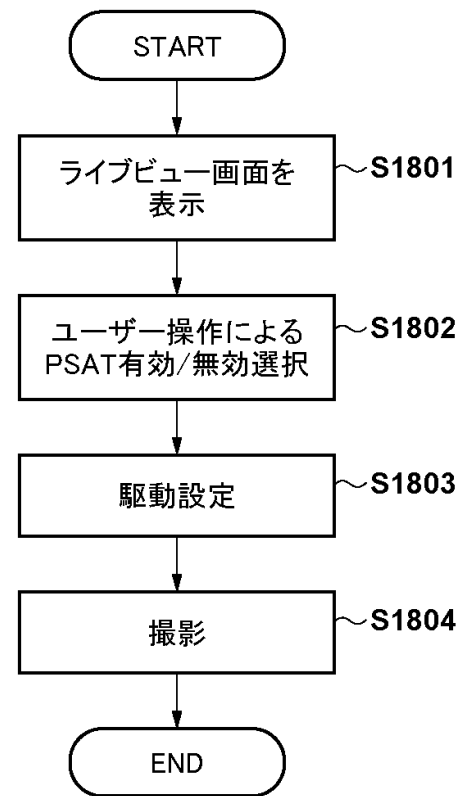
40

50

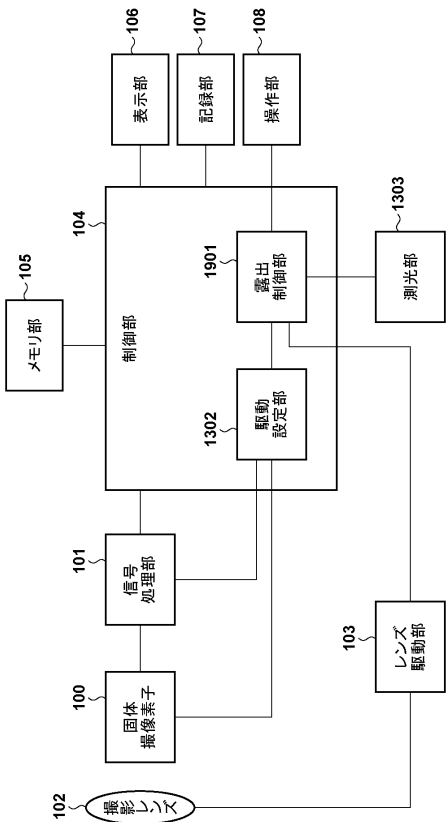
【図 1 7】



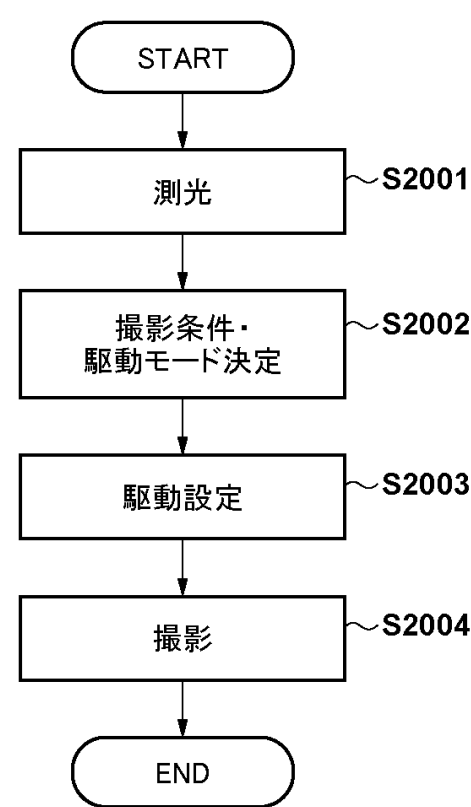
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



10

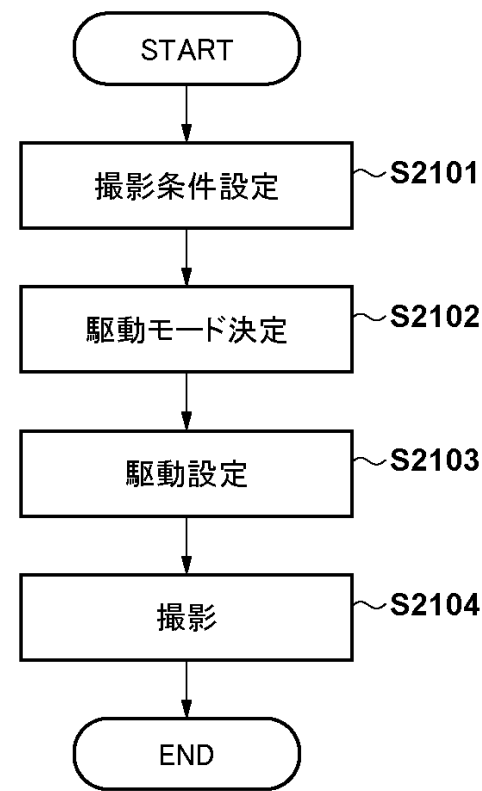
20

30

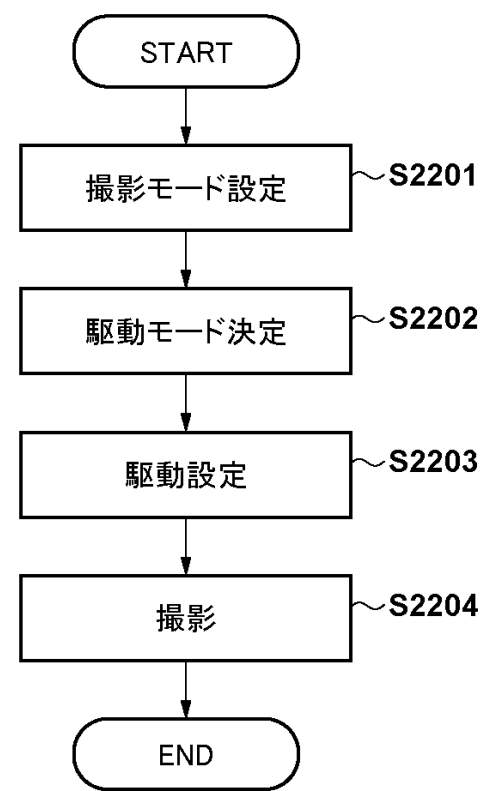
40

50

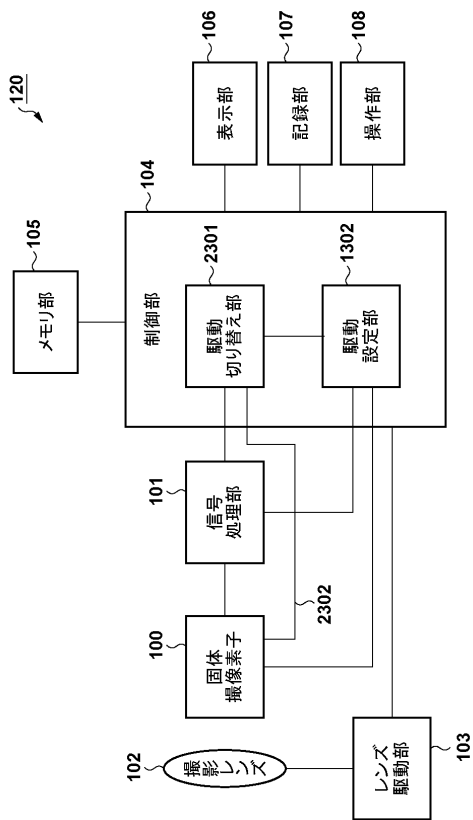
【図 2 1】



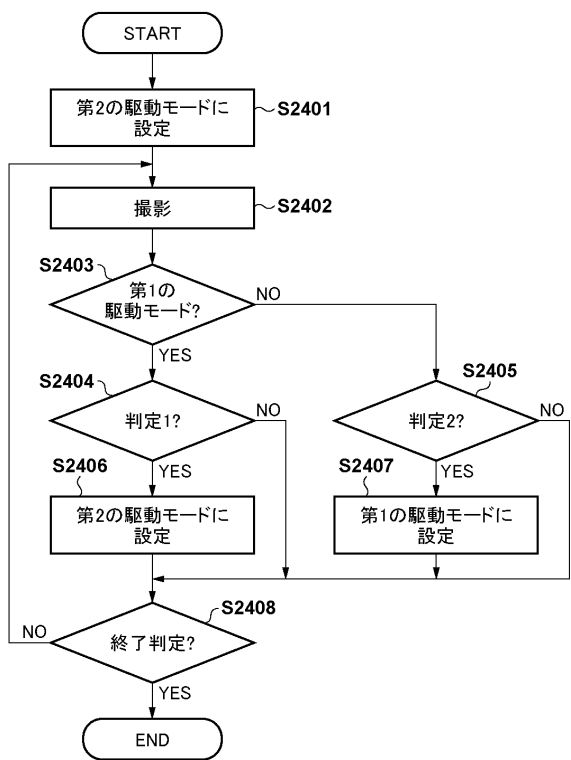
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



10

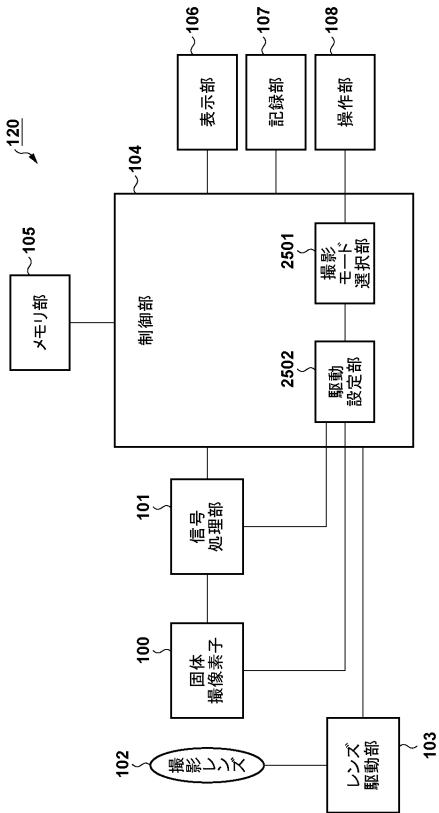
20

30

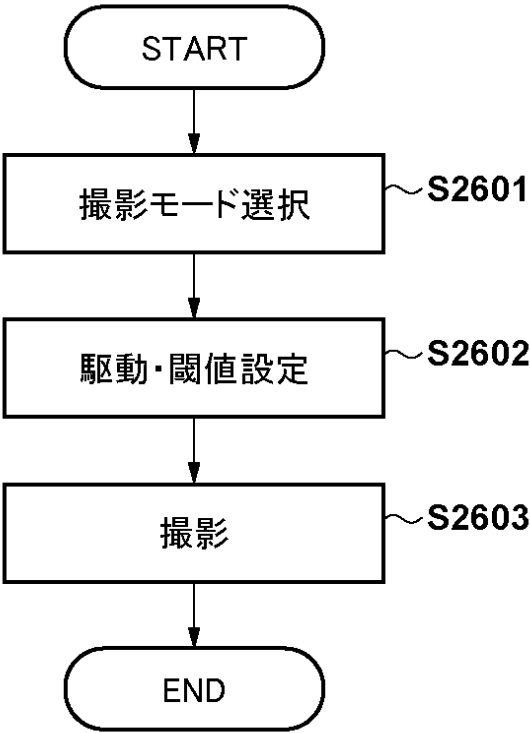
40

50

【図 25】



【図 26】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 9 0 1 3 9 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 4 2 6 5 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 3 4 2 9 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 N 5 / 3 0 - 3 7 8