

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7281718号  
(P7281718)

(45)発行日 令和5年5月26日(2023.5.26)

(24)登録日 令和5年5月18日(2023.5.18)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 N 25/62 (2023.01)

H 0 4 N 25/62

H 0 4 N 25/77 (2023.01)

H 0 4 N 25/77

H 0 4 N 25/705 (2023.01)

H 0 4 N 25/705

H 0 1 L 31/107 (2006.01)

H 0 1 L 31/10

B

H 0 1 L 31/10 (2006.01)

H 0 1 L 31/10

G

請求項の数 10 (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-561258(P2021-561258)

(86)(22)出願日 令和2年11月6日(2020.11.6)

(86)国際出願番号 PCT/JP2020/041462

(87)国際公開番号 WO2021/106521

(87)国際公開日 令和3年6月3日(2021.6.3)

審査請求日 令和4年2月25日(2022.2.25)

(31)優先権主張番号 特願2019-217324(P2019-217324)

(32)優先日 令和1年11月29日(2019.11.29)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(73)特許権者 314012076

パナソニックIPマネジメント株式会社

大阪府門真市元町2番6号

(74)代理人 100109210

弁理士 新居 広守

(74)代理人 100137235

弁理士 寺谷 英作

(74)代理人 100131417

弁理士 道坂 伸一

(72)発明者 石井 基範

日本国大阪府門真市大字門真1006番

地 パナソニック株式会社内

審査官 松永 隆志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光検出器、固体撮像装置、及び、距離測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の画素と、

前記複数の画素に接続された共通リセット線と、を備え、

前記複数の画素のそれぞれは、

アバランシェフォトダイオードと、

ゲート及びソースが前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続されたクエンチングトランジスタと、

ソース及びドレインの一方が、前記クエンチングトランジスタのドレインに接続され、

ソース及びドレインの他方が、前記共通リセット線に接続されたフォトダイオードリセッ

トトランジスタと、を有する

光検出器。

【請求項2】

前記複数の画素のそれぞれは、更に、

前記アバランシェフォトダイオードにより生成された電荷を蓄積する電荷蓄積部と、

ソース及びドレインの一方が、前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続され、

ソース及びドレインの他方が、前記電荷蓄積部に接続されたトランスファージェットト

ランジスタと、を有する

請求項1に記載の光検出器。

【請求項3】

更に、前記複数の画素に接続された読み出し線を備え、  
 前記複数の画素のそれぞれは、更に、  
 ソース及びドレインの一方が、前記電荷蓄積部に接続されたりセットトランジスタと、  
 ゲートが前記電荷蓄積部に接続された増幅トランジスタと、  
 ソース及びドレインの一方が、前記増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接  
 続され、ソース及びドレインの他方が、前記読み出し線に接続された選択トランジスタと  
 、を有する  
 請求項 2 に記載の光検出器。

【請求項 4】

前記複数の画素のそれぞれは、更に、前記アバランシェフォトダイオードのカソードと  
 、前記クエンチングトランジスタの前記ゲート及び前記ソースとの間に、  
 前記クエンチングトランジスタの前記ゲート及び前記ソースに接続された、前記アバラ  
 ンシェフォトダイオードにより生成された電荷を蓄積する電荷蓄積部と、  
 ソース及びドレインの一方が、前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続さ  
 れ、ソース及びドレインの他方が、前記電荷蓄積部に接続されたトランスファージェートト  
 ランジスタと、を有し  
 前記アバランシェフォトダイオードのカソードと前記クエンチングトランジスタの前記  
 ゲート及び前記ソースとが、前記電荷蓄積部と前記トランスファージェートトランジスタと  
 を介して接続される  
 請求項 1 に記載の光検出器。

【請求項 5】

更に、前記複数の画素に接続された読み出し線を備え、  
 前記複数の画素のそれぞれは、更に、  
 ゲートが前記電荷蓄積部に接続された増幅トランジスタと、  
 ソース及びドレインの一方が、前記増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接  
 続され、ソース及びドレインの他方が、前記読み出し線に接続された選択トランジスタと  
 、を有する  
 請求項 4 に記載の光検出器。

【請求項 6】

前記複数の画素のそれぞれは、更に、  
 ソース及びドレインの一方が、前記電荷蓄積部に接続されたカウントトランジスタと、  
 前記カウントトランジスタのソース及びドレインの他方に接続されたカウントキャパシ  
 タと、を有する  
 請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の光検出器。

【請求項 7】

前記クエンチングトランジスタは、前記アバランシェフォトダイオードのカソードの電  
 位が、アバランシェ増倍が停止する電位であるとき、弱反転状態である  
 請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の光検出器。

【請求項 8】

前記フォトダイオードリセットトランジスタがオン状態である場合に、前記アバランシ  
 ェフォトダイオードのカソードから前記共通リセット線までの電気経路の時定数が、10  
 0 p s 以上である  
 請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の光検出器。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の光検出器を含む固体撮像装置であって、  
 前記複数の画素が行列状に配置された画素アレイと、  
 前記複数の画素から、行単位で信号を読み出す列回路と、  
 前記列回路が信号を読み出す対象とする行を選択する垂直転送回路と、  
 前記複数の画素の全てに共通の信号線を駆動する全画素駆動ドライバと、  
 前記列回路により読み出された信号を転送する水平転送回路と、

10

20

30

40

50

前記水平転送回路により転送された信号を外部に出力する出力アンプと、を備える  
固体撮像装置。

【請求項 10】

被写体に照射する光を発光する光源と、

請求項 9 に記載の固体撮像装置であって、前記被写体による、前記光源から発光された  
光の反射光を受光する固体撮像装置と、

前記固体撮像装置から出力される信号に基づいて、前記被写体までの距離を算出する信  
号処理装置と、を備える

距離測定装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、光検出器、固体撮像装置、及び、距離測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、アバランシェフォトダイオードを用いた光検出器が知られている（例えば、特許  
文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【文献】国際公開第 2018/216400 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、アバランシェフォトダイオードのカソードの電位を精度よくリセットするこ  
とができる光検出器等を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様に係る光検出器は、複数の画素と、前記複数の画素に接続された共通リ  
セット線と、を備え、前記複数の画素のそれぞれは、アバランシェフォトダイオードと、  
ゲート及びソースが前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続されたクエンチ  
ングトランジスタと、ソース及びドレインの一方が、前記クエンチングトランジスタのド  
レインに接続され、ソース及びドレインの他方が、前記共通リセット線に接続されたフォ  
トダイオードリセットトランジスタと、を有する。

30

【0006】

本開示の一態様に係る固体撮像装置は、上記光検出器を含む固体撮像装置であって、前  
記複数の画素が行列状に配置された画素アレイと、前記複数の画素から、行単位で信号を  
読み出す列回路と、前記列回路が信号を読み出す対象とする行を選択する垂直転送回路と  
、前記複数の画素の全てに共通の信号線を駆動する全画素駆動ドライバと、前記列回路に  
より読み出された信号を転送する水平転送回路と、前記水平転送回路により転送された信  
号を外部に出力する出力アンプと、を備える。

40

【0007】

本開示の一態様に係る距離測定装置は、被写体に照射する光を発光する光源と、上記固  
体撮像装置であって、前記被写体による、前記光源から発光された光の反射光を受光する  
固体撮像装置と、前記固体撮像装置から出力される信号に基づいて、前記被写体までの距  
離を算出する信号処理装置と、を備える。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、アバランシェフォトダイオードのカソードの電位を精度よくリセット  
することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施の形態1に係る光検出器が備える画素の構成を示す回路図である。

【図2】図2は、実施の形態1に係る光検出器が行う動作の一例を示すシーケンス図である。

【図3】図3は、実施の形態2に係る光検出器が備える画素の構成を示す回路図である。

【図4】図4は、実施の形態2に係る光検出器が行う動作の一例を示すシーケンス図である。

【図5】図5は、実施の形態3に係る光検出器が備える画素の構成を示す回路図である。

【図6】図6は、実施の形態4に係る光検出器が備える画素の構成を示す回路図である。

10

【図7】図7は、実施の形態5に係る距離測定装置の構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、実施の形態5に係る距離測定装置が行う、サブレンジ画像を撮像する動作の一例を示すシーケンス図その1である。

【図9】図9は、実施の形態5に係る距離測定装置が行う、サブレンジ画像を撮像する動作の一例を示すシーケンス図その2である。

【図10】図10は、比較例に係る光検出器が備える画素の構成を示す回路図である。

## 【発明を実施するための形態】

【0010】

(本開示の一態様を得るに至った経緯)

従来、光検出器は、画像を高感度、高精細に撮像することに注力されてきたが、それに  
 加えて光検出器からの距離情報も取得できる機能を併せ持つものも近年登場してきた。画  
 像に距離情報が加われば光検出器の撮影対象の3次元的な情報が感知できることになる。  
 例えば、人物を撮影すれば、しぐさ(ジェスチャー)を3次元的に検知できるので、様々  
 な機器の入力装置として使用できる。さらに例示すると、自動車に搭載すれば、自車の周  
 囲に存在する物体、人物等との距離を認識できるので衝突防止や自動運転などに応用でき  
 る。

20

【0011】

光検出器から物体までの距離測定に使用される数々の方法の中に、光を光検出器付近か  
 ら物体に向けて照射してから、物体により反射し光検出器に帰還するまでの時間を測定す  
 るTOF(Time Of Flight)法がある。この方法によると、光源を強くすれば、遠方の物体ま  
 での距離を高分解能で測定できる。

30

【0012】

遠方の物体までの距離を測定するためには、物体からの微弱になる反射光を検出できる  
 だけの高感度を光検出器が持つことが必要である。さらに、反射光が光検出器に到達した  
 タイミングを検出出来ることも必要となる。これら2つの要求を満たすには、例えば、以  
 下に述べる構成の、アバランシェフォトダイオードを備える光検出器が考えられる。

【0013】

図10は、比較例に係る光検出器が備える画素501の構成を示す回路図である。

【0014】

図10に示すように、比較例に係る光検出器は、複数の画素501に加えて、複数の画  
 素501に接続された共通リセット線504と、複数の画素501に接続された読み出し  
 線512とを備える。

40

【0015】

共通リセット線504は、接続される画素501に含まれるアバランシェフォトダイオ  
 ード502(後述)のカソードにリセット電位を与えるための信号線であり、リセット電  
 位を供給する電源に接続される。

【0016】

読み出し線512は、接続される画素501に含まれる電荷蓄積部505(後述)に蓄  
 積される電荷に対応する信号を、画素501の外部に読み出すための信号線である。

【0017】

50

画素501は、アバランシェフォトダイオード502と、フォトダイオードリセットトランジスタ503と、電荷蓄積部505と、トランスファークロージングトランジスタ508と、リセットトランジスタ509と、増幅トランジスタ510と、選択トランジスタ511とを含んで構成される。

【0018】

アバランシェフォトダイオード502は、アバランシェ増倍と呼ばれる現象を利用して受光感度を上昇させたフォトダイオードである。アバランシェフォトダイオード502は、入射光があると、微弱光であっても生成した電子をアバランシェ増倍し、カソードに大きな電圧振幅を生じる。

【0019】

フォトダイオードリセットトランジスタ503は、アバランシェフォトダイオード502のカソードをリセット電位とするためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方がアバランシェフォトダイオード502のカソードに接続され、ソース及びドレインの他方が、共通リセット線504に接続される。フォトダイオードリセットトランジスタ503をオン状態とすることで、アバランシェフォトダイオード502のカソードをリセット電位とすることができる。

【0020】

電荷蓄積部505は、アバランシェフォトダイオード502により生成された電荷を蓄積する。電荷蓄積部505は、f Fオーダの容量が重畳されている。

【0021】

トランスファークロージングトランジスタ508は、アバランシェフォトダイオード502により生成された電荷を電荷蓄積部505に転送するためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方がアバランシェフォトダイオード502のカソードに接続され、ソース及びドレインの他方が、電荷蓄積部505に接続される。トランスファークロージングトランジスタ508をオン状態とすることで、アバランシェフォトダイオード502により生成された電荷を電荷蓄積部505に転送することができる。

【0022】

リセットトランジスタ509は、電荷蓄積部505をリセット電位とするためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方が電荷蓄積部505に接続される。ソース及びドレインの他方は、例えば、共通リセット線504に接続されてもよいし、リセット電位を供給する他の電源に接続された信号線に接続されてもよい。リセットトランジスタ509をオン状態とすることで、電荷蓄積部505をリセット電位とすることができる。

【0023】

増幅トランジスタ510は、電荷蓄積部505の電位に対応する信号を選択トランジスタ511に出力するためのトランジスタであって、ゲートが電荷蓄積部505に接続される。

【0024】

選択トランジスタ511は、増幅トランジスタ510が出力する信号を読み出し線512に出力するためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方が増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接続され、ソース及びドレインの他方が、読み出し線512に接続される。選択トランジスタ511をオン状態とすることで、増幅トランジスタ510が出力する信号を読み出し線512に出力することができる。

【0025】

発明者は、上記構成の比較例に係る光検出器では、以下の問題があることを見出した。

【0026】

上記構成の比較例に係る光検出器を、TOF法を利用して被写体までの距離を測定する距離測定装置に適用する場合、露光タイミングの直前に、全ての画素501のフォトダイオードリセットトランジスタ503を同時にオン状態として、全ての画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードをリセット電位とする必要がある。全ての画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードをリセット電位とする期間、す

10

20

30

40

50

なわち、全ての画素501のフォトダイオードリセットトランジスタ503をオン状態としている期間に、ある画素501のアバランシェフォトダイオード502でアバランシェ増倍が生じた場合には、その増倍電荷は、共通リセット線504を介して、隣接する画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードまで達してしまう。このため、その隣接する画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードを正しくリセット電位とすることができないという不具合が生じる。以下、上記不具合が生じる現象のことを「隣接画素への電荷流入問題」と称する。

【0027】

そこで、発明者は、複数の画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードをリセット電位とする期間において、ある画素501のアバランシェフォトダイオード502でアバランシェ増倍が生じた場合でも、他の画素501のアバランシェフォトダイオード502のカソードを正しくリセット電位にすべく、鋭意検討、実験等を行った。そして、下記本開示の一態様に係る光検出器等に想到した。

10

【0028】

本開示の一態様に係る光検出器は、複数の画素と、前記複数の画素に接続された共通リセット線と、を備え、前記複数の画素のそれぞれは、アバランシェフォトダイオードと、ゲート及びソースが前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続されたクエンチングトランジスタと、ソース及びドレインの一方が、前記クエンチングトランジスタのドレインに接続され、ソース及びドレインの他方が、前記共通リセット線に接続されたフォトダイオードリセットトランジスタと、を有する。

20

【0029】

上記構成の光検出器よれば、複数の画素のフォトダイオードリセットトランジスタをオン状態としている期間において、ある画素のアバランシェフォトダイオードでアバランシェ増倍が生じたとしても、クエンチングトランジスタによって、その増倍電荷の共通リセット線への流入が抑制される。従って、上記構成の光検出器によれば、アバランシェフォトダイオードのカソードの電位を精度よくリセットすることができる。

【0030】

また、前記複数の画素のそれぞれは、更に、前記アバランシェフォトダイオードにより生成された電荷を蓄積する電荷蓄積部と、ソース及びドレインの一方が、前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続され、ソース及びドレインの他方が、前記電荷蓄積部に接続されたトランスファージェートトランジスタと、を有するとしてもよい。

30

【0031】

これにより、アバランシェフォトダイオードにより生成された電荷を電荷蓄積部に蓄積することができる。

【0032】

また、更に、前記複数の画素に接続された読み出し線を備え、前記複数の画素のそれぞれは、更に、ソース及びドレインの一方が、前記電荷蓄積部に接続されたリセットトランジスタと、ゲートが前記電荷蓄積部に接続された増幅トランジスタと、ソース及びドレインの一方が、前記増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接続され、ソース及びドレインの他方が、前記読み出し線に接続された選択トランジスタと、を有するとしてもよい。

40

【0033】

これにより、電荷蓄積部に蓄積された電荷に対応する信号を画素の外部に読み出すことができる。

【0034】

また、前記複数の画素のそれぞれは、更に、前記アバランシェフォトダイオードのカソードと、前記クエンチングトランジスタの前記ゲート及び前記ソースとの間に、前記クエンチングトランジスタの前記ゲート及び前記ソースに接続された、前記アバランシェフォトダイオードにより生成された電荷を蓄積する電荷蓄積部と、ソース及びドレインの一方が、前記アバランシェフォトダイオードのカソードに接続され、ソース及びドレインの他

50

方が、前記電荷蓄積部に接続されたトランスファークエントランジスタと、を有し前記アバランシェフォトダイオードのカソードと前記クエンチングトランジスタの前記ゲート及び前記ソースとが、前記電荷蓄積部と前記トランスファークエントランジスタとを介して接続されるとしてもよい。

【0035】

これにより、アバランシェフォトダイオードにより生成された電荷を電荷蓄積部に蓄積することができる。

【0036】

また、更に、前記複数の画素に接続された読み出し線を備え、前記複数の画素のそれぞれは、更に、ゲートが前記電荷蓄積部に接続された増幅トランジスタと、ソース及びドレインの一方が、前記増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接続され、ソース及びドレインの他方が、前記読み出し線に接続された選択トランジスタと、を有するとしてもよい。

10

【0037】

これにより、電荷蓄積部に蓄積された電荷に対応する信号を画素の外部に読み出すことができる。

【0038】

また、前記複数の画素のそれぞれは、更に、ソース及びドレインの一方が、前記電荷蓄積部に接続されたカウントトランジスタと、前記カウントトランジスタのソース及びドレインの他方に接続されたカウントキャパシタと、を有するとしてもよい。

20

【0039】

これにより、電荷蓄積部に蓄積された電荷を、カウントキャパシタに転送することができる。

【0040】

また、前記クエンチングトランジスタは、前記アバランシェフォトダイオードのカソードの電位が、アバランシェ増倍が停止する電位であるとき、弱反転状態であるとしてもよい。

【0041】

これにより、アバランシェフォトダイオードと共通リセット線との間に流れる電荷量を、弱反転状態のクエンチングトランジスタに流れる電荷量以下とすることができる。

30

【0042】

また、前記フォトダイオードリセットトランジスタがオン状態である場合に、前記アバランシェフォトダイオードのカソードから前記共通リセット線までの電気経路の時定数が、 $100\text{ ps}$ 以上であるとしてもよい。

【0043】

これにより、アバランシェフォトダイオードと共通リセット線との間に流れる電荷量を、 $100\text{ ps}$ 以上の時定数によって定まる電荷量以下とすることができる。

【0044】

本開示の一態様に係る固体撮像装置は、上記光検出器を含む固体撮像装置であって、前記複数の画素が行列状に配置された画素アレイと、前記複数の画素から、行単位で信号を読み出す列回路と、前記列回路が信号を読み出す対象とする行を選択する垂直転送回路と、前記複数の画素の全てに共通の信号線を駆動する全画素駆動ドライバと、前記列回路により読み出された信号を転送する水平転送回路と、前記水平転送回路により転送された信号を外部に出力する出力アンプと、を備える。

40

【0045】

上記構成の固体撮像装置によれば、複数の画素のフォトダイオードリセットトランジスタをオン状態としている期間において、ある画素のアバランシェフォトダイオードでアバランシェ増倍が生じたとしても、クエンチングトランジスタによって、その増倍電荷の共通リセット線への流入が抑制される。従って、上記構成の固体撮像装置によれば、アバランシェフォトダイオードのカソードの電位を精度よくリセットすることができる。

50

## 【 0 0 4 6 】

本開示の一態様に係る距離測定装置は、被写体に照射する光を発光する光源と、上記固体撮像装置であって、前記被写体による、前記光源から発光された光の反射光を受光する固体撮像装置と、前記固体撮像装置から出力される信号に基づいて、前記被写体までの距離を算出する信号処理装置と、を備える。

## 【 0 0 4 7 】

上記構成の距離測定装置によれば、複数の画素のフォトダイオードリセットトランジスタをオン状態としている期間において、ある画素のアバランシェフォトダイオードでアバランシェ増倍が生じたとしても、クエンチングトランジスタによって、その増倍電荷の共通リセット線への流入が抑制される。従って、上記構成の距離測定装置によれば、アバランシェフォトダイオードのカソードの電位を精度よくリセットすることができる。

10

## 【 0 0 4 8 】

以下、本開示の一態様に係る光検出器等の具体例について、図面を参照しながら説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

## 【 0 0 4 9 】

なお、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略または簡略化される場合がある。

20

## 【 0 0 5 0 】

(実施の形態 1)

図 1 は、実施の形態 1 に係る光検出器の構成を示す回路図である。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 に示すように、実施の形態に係る光検出器は、複数の画素 1 0 1 に加えて、複数の画素 1 0 1 に接続された共通リセット線 1 0 4 と、複数の画素 1 0 1 に接続された読み出し線 1 1 3 とを備える。

## 【 0 0 5 2 】

共通リセット線 1 0 4 は、接続される画素 1 0 1 に含まれるアバランシェフォトダイオード 1 0 2 (後述)のカソードにリセット電位を与えるための信号線であり、リセット電位を供給する電源に接続される。

30

## 【 0 0 5 3 】

読み出し線 1 1 3 は、接続される画素 1 0 1 に含まれる電荷蓄積部 1 0 5 (後述)に蓄積される電荷に対応する信号を、画素 1 0 1 の外部に読み出すための信号線である。

## 【 0 0 5 4 】

画素 1 0 1 は、アバランシェフォトダイオード 1 0 2 と、フォトダイオードリセットトランジスタ 1 0 3 と、電荷蓄積部 1 0 5 と、トランスファーゲートトランジスタ 1 0 8 と、リセットトランジスタ 1 0 9 と、増幅トランジスタ 1 1 0 と、選択トランジスタ 1 1 1 と、クエンチングトランジスタ 1 1 2 とを含んで構成される。

## 【 0 0 5 5 】

画素 1 0 1 は、例えば、行列状に配置される。

40

## 【 0 0 5 6 】

アバランシェフォトダイオード 1 0 2 は、アバランシェ増倍と呼ばれる現象を利用して受光感度を上昇させたフォトダイオードである。アバランシェフォトダイオード 1 0 2 は、入射光があると、微弱光であっても生成した電子をアバランシェ増倍し、カソードに大きな電圧振幅を生じる。

## 【 0 0 5 7 】

フォトダイオードリセットトランジスタ 1 0 3 は、アバランシェフォトダイオード 5 0 2 のカソードを、クエンチングトランジスタ 1 1 2 を介してリセット電位とするためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方がクエンチングトランジスタのドレイン

50

に接続され、ソース及びドレインの他方が、共通リセット線104に接続される。フォトダイオードリセットトランジスタ103をオン状態とすることで、アバランシェフォトダイオード102のカソードを、クエンチングトランジスタ112を介してリセット電位とすることができる。

【0058】

電荷蓄積部105は、アバランシェフォトダイオード102により生成された電荷を蓄積する。電荷蓄積部105は、fFオーダーの容量が重畳されている。

【0059】

トランスファークエントトランジスタ108は、アバランシェフォトダイオード102により生成された電荷を電荷蓄積部105に転送するためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方がアバランシェフォトダイオード102のカソードに接続され、ソース及びドレインの他方が、電荷蓄積部105に接続される。トランスファークエントトランジスタ108をオン状態とすることで、アバランシェフォトダイオード102により生成された電荷を電荷蓄積部105に転送することができる。

【0060】

リセットトランジスタ109は、電荷蓄積部105をリセット電位とするためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方が電荷蓄積部105に接続される。ソース及びドレインの他方は、例えば、共通リセット線104に接続されてもよいし、リセット電位を供給する他の電源に接続された信号線に接続されてもよい。リセットトランジスタ109をオン状態とすることで、電荷蓄積部105をリセット電位とすることができる。

【0061】

増幅トランジスタ110は、電荷蓄積部105の電位に対応する信号を選択トランジスタ111に出力するためのトランジスタであって、ゲートが電荷蓄積部105に接続される。

【0062】

選択トランジスタ111は、増幅トランジスタ110が出力する信号を読み出し線113に出力するためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方が増幅トランジスタのソース及びドレインの一方に接続され、ソース及びドレインの他方が、読み出し線113に接続される。選択トランジスタ111をオン状態とすることで、増幅トランジスタ110が出力する信号を読み出し線113に出力することができる。

【0063】

実施の形態1に係る光検出器が備える画素101と、比較例に係る光検出器が備える画素501とが本質的に異なる点は、画素101が、クエンチングトランジスタ112を備える点である。

【0064】

クエンチングトランジスタ112は、ゲート及びソースがアバランシェフォトダイオード102のカソードに接続される。

【0065】

アバランシェフォトダイオード102のカソードには正孔でなく、電子が生じるので、アバランシェフォトダイオード102のカソードの電位は、共通リセット線104の電位よりも高くなることはない。そのため、クエンチングトランジスタ112のソース-ドレイン間電流はほぼクエンチングトランジスタ112の閾値電圧によって決定される。

【0066】

実施の形態1に係る光検出器は、画素101が、クエンチングトランジスタ112を備えることで、上述の隣接画素への電荷流入問題を解決することができる。以下、その理由について説明する。

【0067】

フォトダイオードリセットトランジスタ103がオン状態である場合において、アバランシェフォトダイオード102でアバランシェ増倍が開始されたときを考える。

【0068】

10

20

30

40

50

アバランシェフォトダイオード102の大きさによって異なるが、一般的には、アバランシェ増倍過程は100psのオーダで継続する。

【0069】

クエンチングトランジスタ112に十分電流が流れない場合には、アバランシェ増倍によって生じた電荷は、アバランシェフォトダイオード102内のPN接合部分に蓄積されていく。そして、蓄積電荷によりPN接合部分に印加される電荷が弱められていき、やがて電界がアバランシェ増倍を生じる閾値を下回ると、アバランシェ増倍過程が停止する。

【0070】

これに対して、クエンチングトランジスタ112に十分電流が流れる場合には、アバランシェ増倍によって生じた電子は、フォトダイオードリセットトランジスタ103及びクエンチングトランジスタ112を介して共通リセット線104に流出する。このため、アバランシェフォトダイオード102内のPN接合部分のN側に電子が蓄積されず、PN接合部分に印加される電荷が弱められない。従って、上記アバランシェ増倍過程の停止が起これば、アバランシェ増倍過程の期間中、アバランシェフォトダイオード102のカソードから共通リセット線104へ電子の流出が継続する。その流出速度は、共通リセット線104の電荷排出能力を上回る程であるため、共通リセット線104の電位が下がる。共通リセット線104に接続される他の画素101では、共通リセット線104から、その画素101のアバランシェフォトダイオード102のカソードに電子が流入する。その後、フォトダイオードリセットトランジスタ103がオフ状態となってリセット期間が終了することとなるが、その画素101では、上記電子の流入により、アバランシェフォトダイオード102のカソードの電位が正しくリセットされない。

【0071】

上記構成の画素101において、クエンチングトランジスタ112を、アバランシェフォトダイオード102のカソードの電位が、アバランシェ増倍が停止する電位であるとき、弱反転状態であるように設定する。すると、フォトダイオードリセットトランジスタ103がオン状態である場合において、アバランシェフォトダイオード102でアバランシェ増倍が開始されたとしても、アバランシェ増倍によって生じた電荷の、フォトダイオードリセットトランジスタ103及びクエンチングトランジスタ112を介した共通リセット線104への流出には多くの時間がかかるようになる。上述したように、アバランシェフォトダイオード102の増倍過程は100psのオーダで終了するため、この期間内でほとんど電荷流出は起こらない。すなわち、近接画素への電荷流入問題の発生を防止できる。

【0072】

より具体的には、クエンチングトランジスタ112の設定として、アバランシェフォトダイオード102のアバランシェ増倍過程が起こる100ps間にほとんど電流が流れないようにする。すなわち、クエンチングトランジスタ112を、フォトダイオードリセットトランジスタ103がオン状態である場合に、アバランシェフォトダイオード102のカソードから共通リセット線104までの電気経路の時定数が100ps以上となるように設定すればよい。例えば、アバランシェフォトダイオード102の容量を10fFとすると、アバランシェフォトダイオード102のカソードが1V変化するためには、10fCの電荷が必要である。この電荷を100psで供給するためには、100μAの電流が必要である。従って、クエンチングトランジスタ112を、クエンチングトランジスタ112のゲート-ソース間電圧が0Vの時に流れる電流が100μA以下となるように設定すればよい。

【0073】

一方で、クエンチングトランジスタ112に流れる電流があまりにも小さい場合には、逆に、アバランシェフォトダイオード102のカソードの電位が正しくリセットされなくなる。正しくリセットされるようにするためには、リセット工程を行うリセット期間を、アバランシェフォトダイオード102のアバランシェ増倍過程の期間よりも長く確保する必要がある。その上で、リセット期間内に、アバランシェフォトダイオード102のカソ

10

20

30

40

50

ードの電位が正しくリセットできるように、クエンチングトランジスタ 112 を設定すればよい。例えば、リセット期間を  $1 \mu s$  とし、アバランシェフォトダイオード 102 のアバランシェ増倍時の振幅を  $1 V$  とし、アバランシェフォトダイオード 102 の容量を  $10 fF$  とする。このとき、クエンチングトランジスタ 112 を、クエンチングトランジスタ 112 のゲート - ソース間電圧が  $0 V$  の時に流れる電流が  $0.1 \mu A$  以上となるように設定すればよい。

【0074】

以下、実施の形態 1 に係る光検出器が行う動作について説明する。

【0075】

図 2 は、実施の形態 1 に係る光検出器が行う動作の一例を示すシーケンス図である。

10

【0076】

図 2 に示すように、実施の形態 1 に係る光検出器は、グローバル露光期間において、フォトダイオードリセットトランジスタ 103 のゲートに接続される信号線 PRT を、全画素 101 同時にハイレベルにして、全画素 101 のアバランシェフォトダイオード 102 のカソードの電位のリセット動作を開始する。このとき、ある画素 101 のアバランシェフォトダイオード 102 でアバランシェ増倍が生じたとしても、そのアバランシェ増倍によって生じた電子は、その画素 101 のクエンチングトランジスタ 112 により、共通リセット線 104 に流出することが制限される。このため、隣接する画素 101 のアバランシェフォトダイオード 102 のカソードへの電子の流入が防止される。その後、実施の形態 1 に係る光検出器は、信号線 PRT を全画素同時にローレベルにして、リセット動作を

20

【0077】

その後、実施の形態 1 に係る光検出器は、トランスファージェートトランジスタ 108 のゲートに接続される信号線 TRN を全画素 101 同時にハイレベルにして、全画素 101 のトランスファージェートトランジスタ 108 をオン状態とする。この直後から、アバランシェフォトダイオード 102 で生じた増倍電荷は、電荷蓄積部 105 に転送される。その後、実施の形態 1 に係る光検出器は、信号線 TRN を全画素同時にローレベルにする。この、信号線 TRN がハイレベルとなる期間を、露光を行う期間に一致させることで、実施の形態 1 に係る光検出器による所望の露光動作が実現される。

【0078】

グローバル露光期間の後に、実施の形態 1 に係る光検出器は、各画素 101 の電荷蓄積部 105 に蓄積された電荷に対応する信号を、順次行送り動作（ローリング駆動動作）で読み出す。図 2 では、第  $k$  行目の読み出しの動作について図示している。

30

【0079】

実施の形態 1 に係る光検出器は、各行の読み出し動作において、選択トランジスタ 111 のゲートに接続される信号線 SEL を、対象とする行の画素 101 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 101 の選択トランジスタ 111 をオン状態とする。すると、電荷蓄積部 105 に蓄積された電荷に対応する信号（便宜上、この信号のことを「第 1 信号」と称する）が、増幅トランジスタ 110 から、読み出し線 113 に出力される。

【0080】

その後、実施の形態 1 に係る光検出器は、リセットトランジスタ 109 のゲートに接続される信号線 RST を、対象とする行の画素 101 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 101 のリセットトランジスタ 109 をオン状態とする。すると、電荷蓄積部 105 に蓄積された電荷が排出される。すると、電荷が排出された状態の電荷蓄積部 105 の電位に対応する信号（便宜上、この信号のことを「第 2 信号」とも称する）が、増幅トランジスタ 110 から、読み出し線 113 に出力される。

40

【0081】

その後、実施の形態 1 に係る光検出器は、信号線 RST を、その行の画素 101 だけ同時にローレベルにし、信号線 SEL を、その行の画素 101 だけ同時にローレベルにする。ここで、各行の読み出し動作が終了する。

50

## 【 0 0 8 2 】

その後、実施の形態 1 に係る光検出器又は外部の装置が、出力された第 1 信号と第 2 信号とに対して CDS ( Correlated Double Sampling ) 処理を行うことで、アバランシェフォトダイオード 1 0 2 が露光期間中にアバランシェ増倍を行ったか否かの情報が得られる。

## 【 0 0 8 3 】

( 実施の形態 2 )

図 3 は、実施の形態 2 に係る光検出器の構成を示す回路図である。以下では、実施の形態 2 に係る光検出器について、実施の形態 1 に係る光検出器の構成要素と同様の構成要素については、既に説明済みであるとして同じ符号を振ってその詳細な説明を省略し、実施の形態 1 に係る光検出器との相違点を中心に説明する。

10

## 【 0 0 8 4 】

図 3 に示すように、実施の形態 2 に係る光検出器は、実施の形態 1 に係る光検出器と、画素 1 0 1 が画素 2 0 1 に変更されている点において異なる。

## 【 0 0 8 5 】

画素 2 0 1 は、画素 1 0 1 に対して、カウントトランジスタ 2 0 6 と、カウントキャパシタ 2 0 7 とが追加されて構成される。

## 【 0 0 8 6 】

カウントトランジスタ 2 0 6 は、電荷蓄積部 1 0 5 に蓄積された電荷をカウントキャパシタ 2 0 7 に転送するためのトランジスタであって、ソース及びドレインの一方が電荷蓄積部 1 0 5 に接続される。カウントトランジスタ 2 0 6 をオン状態とすることで、電荷蓄積部 1 0 5 に蓄積された電荷をカウントキャパシタ 2 0 7 に転送することができる。

20

## 【 0 0 8 7 】

カウントキャパシタ 2 0 7 は、カウントトランジスタ 2 0 6 のソース及びドレインの他方に接続され、電荷蓄積部 1 0 5 から転送された電荷を蓄積する。カウントキャパシタ 2 0 7 の電位は、電荷蓄積部 1 0 5 から電荷を転送された回数に応じた電位となる。

## 【 0 0 8 8 】

上記構成の実施の形態 2 に係る光検出器は、実施の形態 1 に係る光検出器と同様の理由により、隣接画素への電荷流入問題を解決することができる。

## 【 0 0 8 9 】

以下、実施の形態 2 に係る光検出器が行う動作について説明する。

30

## 【 0 0 9 0 】

図 4 は、実施の形態 2 に係る光検出器が行う動作の一例を示すシーケンス図である。ここで例示する動作は、TOF法を利用して、被写体までの距離を検知するために行う動作の一例である。ここでは、実施の形態 2 に係る光検出器は、被写体に照射する光 ( 光パルス ) を発光する光源を備え、複数の画素 2 0 1 が、被写体による、光源より発光された光の反射光を受光するとして説明する。

## 【 0 0 9 1 】

図 4 に示すように、実施の形態 2 に係る光検出器は、第 1 パルス期間において、光源から光パルスを発光すると共に、信号線 P R T を、全画素 2 0 1 同時にハイレベルにして、全画素 2 0 1 のアバランシェフォトダイオード 1 0 2 のカソードの電位のリセット動作を開始する。

40

## 【 0 0 9 2 】

次に、実施の形態 2 に係る光検出器は、計測したい距離ゾーンの初めに対応するタイミング ( その距離を  $d$  とし、光速を  $c$  とすると、 $2d/c$  後 ) に、信号線 P R T を、全画素 2 0 1 同時にローレベルにして、リセット動作を停止すると共に、信号線 T R N を、全画素 2 0 1 同時にハイレベルにして、全画素 2 0 1 のトランスファークロークトランジスタ 1 0 8 をオン状態とする。この直後から、アバランシェフォトダイオード 1 0 2 で生じた増倍電荷は、電荷蓄積部 1 0 5 に転送される。その後、実施の形態 2 に係る光検出器は、計測したい距離ゾーンの終わりに対応するタイミングで、信号線 T R N を全画素 2 0 1 同時

50

にローレベルにして、アバランシェフォトダイオード 102 で生じた増倍電荷の、電荷蓄積部 105 への転送を終了させる。

【0093】

この一連の動作により、計測したい距離ゾーンに存在する被写体による反射光による増倍電荷のみが、電荷蓄積部 105 に蓄積される。

【0094】

その後、カウントトランジスタ 206 のゲートに接続される信号線 CNT を全画素 201 同時にハイレベルにして、全画素 201 のカウントトランジスタ 206 をオン状態とする。このとき、電荷蓄積部 105 に増倍電荷が蓄積されている場合には、その増倍電荷が、カウントキャパシタ 207 に転送されて、カウントキャパシタ 207 の電位が下がる。ここで、第 1 パルス期間が終了する。

10

【0095】

この後、実施の形態 2 に係る光検出器は、第 1 パルス期間の動作と同様の動作を繰り返すことにより、被写体を検出する確率を向上させることができる。

【0096】

各パルス期間において、信号線 TRN がハイレベルの期間に、アバランシェフォトダイオード 102 でアバランシェ増倍が生じると、カウントキャパシタ 207 に増倍電荷が転送され、カウントキャパシタ 207 の電位が変化する。一方で、アバランシェ増倍が生じなければ、カウントキャパシタ 207 の電位は変化しない。すなわち、カウントキャパシタ 207 の電位は、アバランシェ増倍が生じた回数に一对一対応する電位となる。

20

【0097】

第 1 パルス期間の動作と同様の動作を繰り返し行った後に、実施の形態 2 に係る光検出器は、各画素 101 のカウントキャパシタ 207 に蓄積された電荷に対応する信号を、順次行送り動作（ローリング駆動動作）で読み出す。図 4 では、第 k 行目の読み出しの動作について図示している。

【0098】

実施の形態 2 に係る光検出器は、各行の読み出し動作において、選択トランジスタ 111 のゲートに接続される信号線 SEL を、対象とする行の画素 201 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 201 の選択トランジスタ 111 をオン状態とする。その後、信号線 RST を、その行の画素 201 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 201 のリセットトランジスタ 109 をオン状態とする。すると、電荷蓄積部 105 に蓄積された電荷が排出される。

30

【0099】

その後、信号線 RST を、その行の画素 201 だけ同時にローレベルにして、その行の画素 201 のリセットトランジスタ 109 をオフ状態とする。すると、電荷が排出された状態の電荷蓄積部 105 の電位に対応する第 2 信号が、増幅トランジスタ 110 から、読み出し線 113 に出力される。

【0100】

その後、信号線 CNT を、その行の画素 201 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 201 のカウントトランジスタ 206 をオン状態とする。すると、カウントキャパシタ 207 に蓄積された電荷が、電荷蓄積部 105 に転送され、電荷蓄積部 105 に転送された電荷に対応する信号（便宜上、この信号のことを「第 3 信号」とも称する）が、増幅トランジスタ 110 から、読み出し線 113 に出力される。

40

【0101】

その後、実施の形態 2 に係る光検出器は、信号線 RST と信号線 CNT とを、その行の画素 201 だけ同時にハイレベルにして、その行の画素 201 のリセットトランジスタ 109 とカウントトランジスタ 206 とをオン状態とする。すると、電荷蓄積部 105 及びカウントキャパシタ 207 に蓄積された電荷が排出される。

【0102】

その後、実施の形態 2 に係る光検出器は、信号線 RST と信号線 CNT と信号線 SEL

50

とを、その行の画素 2 0 1 だけ順次ローレベルにする。ここで、各行の読み出し動作が完了する。

【 0 1 0 3 】

その後、実施の形態 2 に係る光検出器又は外部の装置が、出力された第 3 信号と第 2 信号とに対して C D S 処理を行うことで、複数回繰り返されたパルス期間における信号線 T R N がハイレベルの期間において、アバランシェフォトダイオード 1 0 2 がアバランシェ増倍を行った回数を示す情報が得られる。

【 0 1 0 4 】

(実施の形態 3)

図 5 は、実施の形態 3 に係る光検出器の構成を示す回路図である。以下では、実施の形態 3 に係る光検出器について、実施の形態 1 に係る光検出器の構成要素と同様の構成要素については、既に説明済みであるとして同じ符号を振ってその詳細な説明を省略し、実施の形態 1 に係る光検出器との相違点を中心に説明する。

10

【 0 1 0 5 】

図 5 に示すように、実施の形態 3 に係る光検出器は、実施の形態 1 に係る光検出器と、画素 1 0 1 が画素 3 0 1 に変更されている点において異なる。

【 0 1 0 6 】

画素 3 0 1 は、画素 1 0 1 に対して、リセットトランジスタ 1 0 9 が削除され、アバランシェフォトダイオード 1 0 2 と、クエンチングトランジスタ 1 1 2 のゲート及びソースとが、電荷蓄積部 1 0 5 とトランスファーゲートトランジスタ 1 0 8 とを介して接続されるよう、フォトダイオードリセットトランジスタ 1 0 3 とクエンチングトランジスタ 1 1 2 との配置位置が変更されて構成される。このため、電荷蓄積部 1 0 5 は、クエンチングトランジスタ 1 1 2 のゲート及びソースに接続され、トランスファーゲートトランジスタ 1 0 8 は、ソース及びドレインの他方が、電荷蓄積部 1 0 5 に接続される。

20

【 0 1 0 7 】

画素 3 0 1 の上記構成により、フォトダイオードリセットトランジスタ 1 0 3 は、実施の形態 1 に係るリセットトランジスタ 1 0 9 の機能を兼用することができる。

【 0 1 0 8 】

上記構成の画素 3 0 1 において、アバランシェフォトダイオード 5 0 2 のカソードの電位のリセットは、フォトダイオードリセットトランジスタ 1 0 3 とトランスファーゲートトランジスタ 1 0 8 とを同時にオン状態とすることで行う。

30

【 0 1 0 9 】

上記構成の実施の形態 3 に係る光検出器は、実施の形態 1 に係る光検出器と同様の理由により、隣接画素への電荷流入問題を解決することができる。

【 0 1 1 0 】

(実施の形態 4)

図 6 は、実施の形態 4 に係る光検出器の構成を示す回路図である。以下では、実施の形態 4 に係る光検出器について、実施の形態 3 に係る光検出器の構成要素と同様の構成要素については、既に説明済みであるとして同じ符号を振ってその詳細な説明を省略し、実施の形態 2 に係る光検出器との相違点を中心に説明する。

40

【 0 1 1 1 】

図 6 に示すように、実施の形態 4 に係る光検出器は、実施の形態 3 に係る光検出器と、画素 3 0 1 が画素 4 0 1 に変更されている点において異なる。

【 0 1 1 2 】

画素 4 0 1 は、画素 3 0 1 に対して、カウントトランジスタ 2 0 6 と、カウントキャパシタ 2 0 7 とが追加されて構成される。

【 0 1 1 3 】

カウントトランジスタ 2 0 6 は、ソース及びドレインの一方が電荷蓄積部 1 0 5 に接続される。

【 0 1 1 4 】

50

カウントキャパシタ 207 は、カウントトランジスタ 206 のソース及びドレインの他方に接続される。

【0115】

上記構成の実施の形態 4 に係る光検出器は、実施の形態 2 に係る光検出器と同様の動作により、カウントキャパシタ 207 の電位を、アバランシェ増倍が生じた回数に一一対応する電位とすることができる。

【0116】

また、上記構成の実施の形態 4 に係る光検出器は、実施の形態 1 に係る光検出器と同様の理由により、隣接画素への電荷流入問題を解決することができる。

【0117】

(実施の形態 5)

図 7 は、実施の形態 5 に係る距離測定装置 900 の構成を示すブロック図である。

【0118】

図 7 に示すように、距離測定装置 900 は、固体撮像装置 801 と、信号処理装置 809 と、光源 812 とを備える。

【0119】

光源 812 は、被写体に照射する光を発光する。

【0120】

固体撮像装置 801 は、実施の形態 2 に係る光検出器を含んで構成され、被写体による、光源 812 から発光された光の反射光を受光する。

【0121】

固体撮像装置 801 は、画素アレイ 804 と、列回路 805 と、垂直転送回路 803 と、全画素駆動ドライバ 808 と、水平転送回路 806 と、出力アンプ 807 とを備える。

【0122】

画素アレイ 804 は、実施の形態 1 に係る複数の画素 201 が行列状に配置されて構成される。

【0123】

列回路 805 は、複数の画素 201 から、行単位で信号を読み出す。列回路 805 は、更に、読み出した信号を増幅する列増幅回路と、CDS 処理を行う CDS 回路とを備えてもよい。

【0124】

垂直転送回路 803 は、列回路 805 が読み出す対象とする行を選択する。

【0125】

全画素駆動ドライバ 808 は、複数の画素 201 の全てに共通の信号線（例えば、信号線 RST、信号線 PTR 等）を駆動する。

【0126】

水平転送回路 806 は、列回路 805 により読み出された信号を転送する。

【0127】

出力アンプ 807 は、水平転送回路 806 により転送された信号を外部に出力する。

【0128】

信号処理装置 809 は、固体撮像装置 801 から出力される信号に基づいて、被写体までの距離を算出する。信号処理装置 809 は、更に、光源 812 及び固体撮像装置 801 の動作を制御する。信号処理装置 809 は、更に、固体撮像装置 801 から出力される信号を処理し、画像等に変換してもよい。

【0129】

信号処理装置 809 は、制御回路 810 と、ロジックメモリ回路 811 とを備える。

【0130】

制御回路 810 は、固体撮像装置 801 の動作を制御すると共に、出力アンプ 807 から出力される信号を処理する。例えば、制御回路 810 は、出力アンプ 807 からの出力がアナログ信号である場合には、デジタル信号に変換する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 1 】

ロジックメモリ回路 8 1 1 は、光源 8 1 2 の発光タイミングを制御すると共に、制御回路 8 1 0 から出力される信号に対して信号処理を行い、被写体までの距離を算出する。ロジックメモリ回路 8 1 1 は、例えば、信号処理結果を外部の計算機 8 1 3 に出力してもよい。

## 【 0 1 3 2 】

上記構成の距離測定装置 9 0 0 は、光源 8 1 2 の発光タイミングと、固体撮像装置 8 0 1 の露光タイミングとを同期させて動作させることで、被写体までの距離を算出する。

## 【 0 1 3 3 】

以下、距離測定装置 9 0 0 が行う被写体までの距離の算出について説明する。

10

## 【 0 1 3 4 】

距離測定装置 9 0 0 は、距離測定の対象とする被写体のある、距離測定装置 9 0 0 からの距離範囲を複数に分割する。以下、分割した各距離範囲のことを「サブレンジ」と称する。そして、各サブレンジ内にある被写体だけを撮像した各サブレンジ画像を、固体撮像装置 8 0 1 により撮像する。その後、距離測定装置 9 0 0 は、固体撮像装置 8 0 1 により撮像された複数のサブレンジ画像を、ロジックメモリ回路 8 1 1 により合成し、距離情報と画像情報とを併せ持つ距離画像を算出する。そして、算出した距離画像に基づいて、距離測定の対象とする被写体までの距離を算出する。

## 【 0 1 3 5 】

本開示において、サブレンジの数は、限定されるものではないが、ここでは、一例として、サブレンジが、サブレンジ 1 とサブレンジ 2 との 2 つであるとして説明する。

20

## 【 0 1 3 6 】

サブレンジ 1 は、距離測定装置 9 0 0 からの距離が  $d_1$  から  $d_1 + d_w$  までの距離範囲である。サブレンジ 2 は、距離測定装置 9 0 0 からの距離が  $d_2$  から  $d_2 + d_w$  までの距離範囲である。

## 【 0 1 3 7 】

距離測定装置 9 0 0 は、サブレンジ 1 に対応するサブレンジ画像 1 と、サブレンジ 2 に対応するサブレンジ画像 2 とを合成することで、距離の分解能  $d_w$ 、距離レンジ  $d_1 \sim d_2 + d_w$  を実現する。

## 【 0 1 3 8 】

図 8 は、距離測定装置 9 0 0 が行う、サブレンジ画像 1 を撮像する動作の一例を示すシーケンス図である。

30

## 【 0 1 3 9 】

図 8 に示されるように、距離測定装置 9 0 0 は、図 4 に示される実施の形態 2 に係る光検出器が行う動作と同様の動作を行うことで、サブレンジ画像 1 を撮像する。このため、ここでは、その詳細についての説明を省略するが、ここでの特徴は、光源 8 1 2 が光パルスを発光する時刻に対し、 $2d_1/c$  だけ経過したタイミングで、信号線 TRN を、全画素 2 0 1 同時にハイレベルにして、全画素 2 0 1 のトランスファークラック 1 0 8 をオン状態とし、固体撮像装置 8 0 1 において露光を開始することである。そして、この状態を  $d_w$  だけ保持した後、信号線 TRN をローレベルにして、全画素 2 0 1 のトランスファークラック 1 0 8 をオフ状態とする。これにより、距離測定装置 9 0 0 は、サブレンジ画像 1 を撮像する。

40

## 【 0 1 4 0 】

図 9 は、距離測定装置 9 0 0 が行う、サブレンジ画像 2 を撮像する動作の一例を示すシーケンス図である。

## 【 0 1 4 1 】

図 9 に示されるように、距離測定装置 9 0 0 は、図 4 に示される実施の形態 2 に係る光検出器が行う動作と同様の動作を行うことで、サブレンジ画像 2 を撮像する。このため、ここでは、その詳細についての説明を省略するが、ここでの特徴は、光源 8 1 2 が光パルスを発光する時刻に対し、 $2d_2/c$  だけ経過したタイミングで、信号線 TRN を、全画

50

素 2 0 1 同時にハイレベルにして、全画素 2 0 1 のトランスファークゲートトランジスタ 1 0 8 をオン状態とし、固体撮像装置 8 0 1 において露光を開始することである。そして、この状態を d w だけ保持した後、信号線 T R N をローレベルにして、全画素 2 0 1 のトランスファークゲートトランジスタ 1 0 8 をオフ状態とする。これにより、距離測定装置 9 0 0 は、サブレンジ画像 2 を撮像する。

【 0 1 4 2 】

サブレンジ画像 1 とサブレンジ画像 2 とが撮像されると、ロジックメモリ回路 8 1 1 は、これらサブレンジ画像 1 とサブレンジ画像 2 とを合成して距離画像を算出し、算出した距離画像に基づいて、距離測定の対象とする被写体までの距離を算出する。

【 0 1 4 3 】

( 補 足 )

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、実施の形態 1 ~ 実施の形態 5 について説明した。しかしながら、本開示による技術は、これらに限定されず、本開示の趣旨を逸脱しない限り、適宜、変更、置き換え、付加、省略等を行った実施の形態又は変形例にも適用可能である。

【 産 業 上 の 利 用 可 能 性 】

【 0 1 4 4 】

本開示に係る光検出器等は、光を検出する装置等に広く利用可能である。

【 符 号 の 説 明 】

【 0 1 4 5 】

1 0 1、2 0 1、3 0 1 画素

1 0 2 アバランシェフォトダイオード

1 0 3 フォトダイオードリセットトランジスタ

1 0 4 共通リセット線

1 0 5 電荷蓄積部

1 0 8 トランスファークゲートトランジスタ

1 0 9 リセットトランジスタ

1 1 0 増幅トランジスタ

1 1 1 選択トランジスタ

1 1 2 クエンチングトランジスタ

1 1 3 読み出し線

2 0 6 カウントトランジスタ

2 0 7 カウントキャパシタ

8 0 1 固体撮像装置

8 0 3 垂直転送回路

8 0 4 画素アレイ

8 0 5 列回路

8 0 6 水平転送回路

8 0 7 出力アンプ

8 0 8 全画素駆動ドライバ

8 0 9 信号処理装置

8 1 0 制御回路

8 1 1 ロジックメモリ回路

8 1 2 光源

8 1 3 計算機

10

20

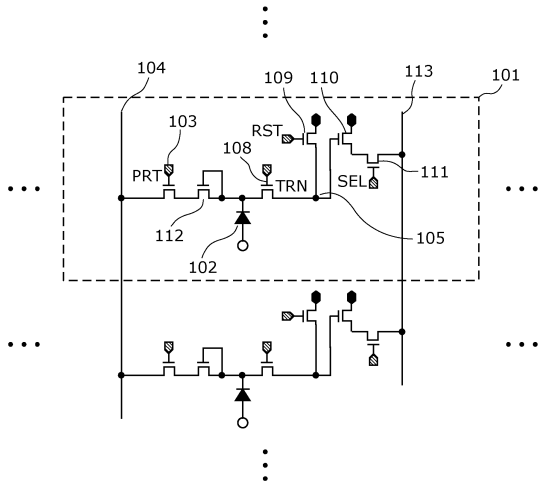
30

40

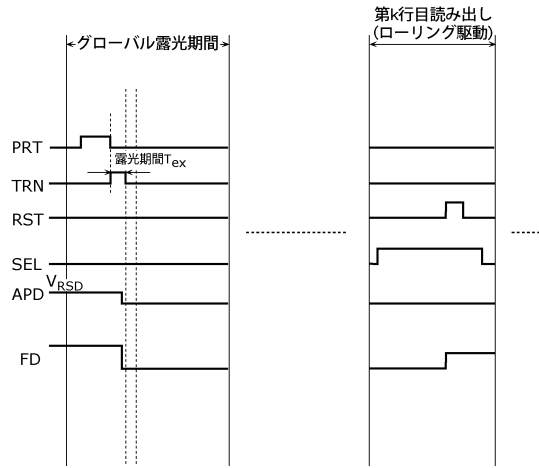
50

【図面】

【図 1】

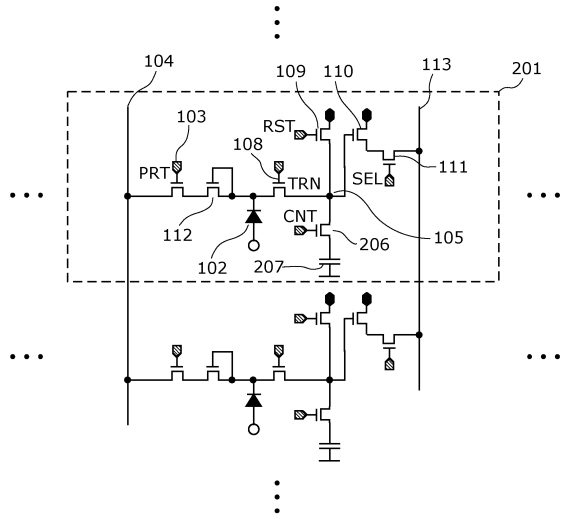


【図 2】

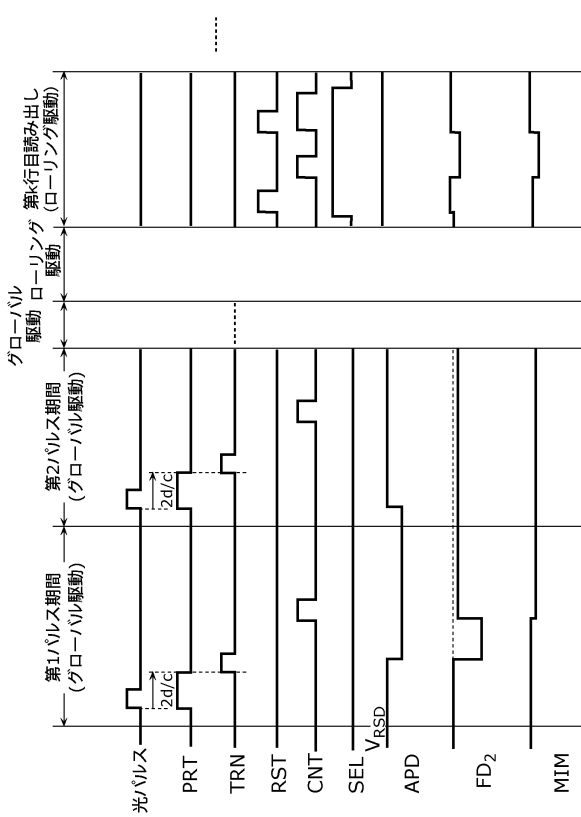


10

【図 3】



【図 4】

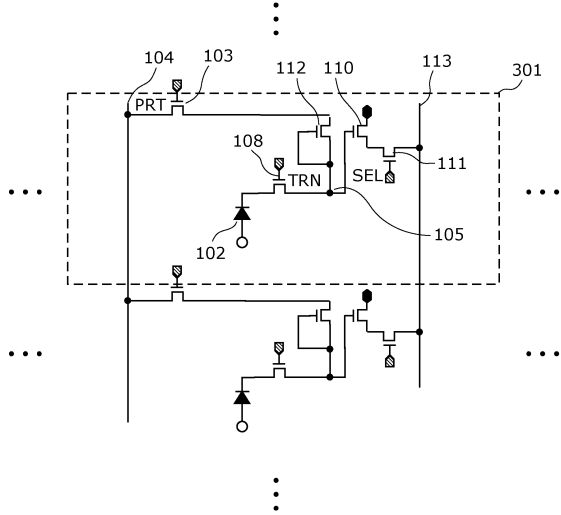


20

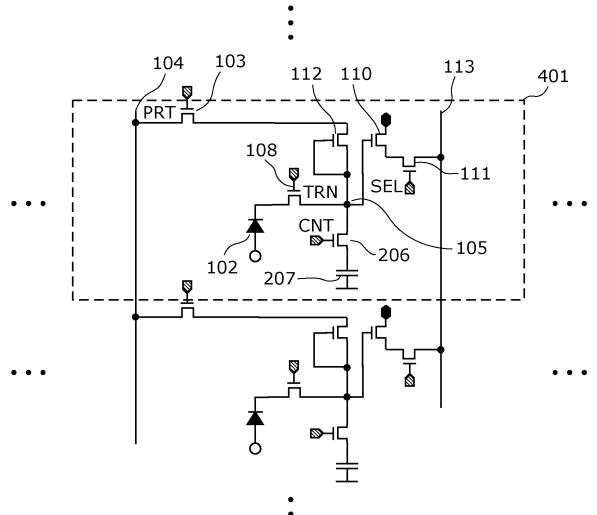
30

40

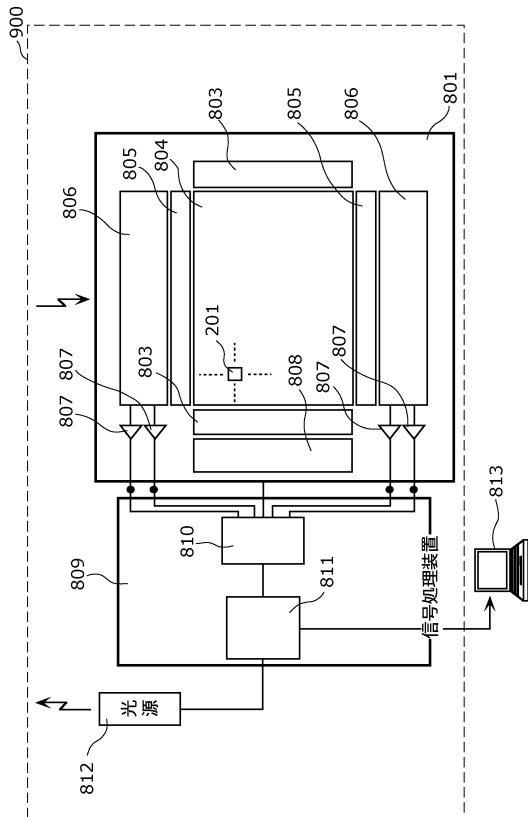
【図5】



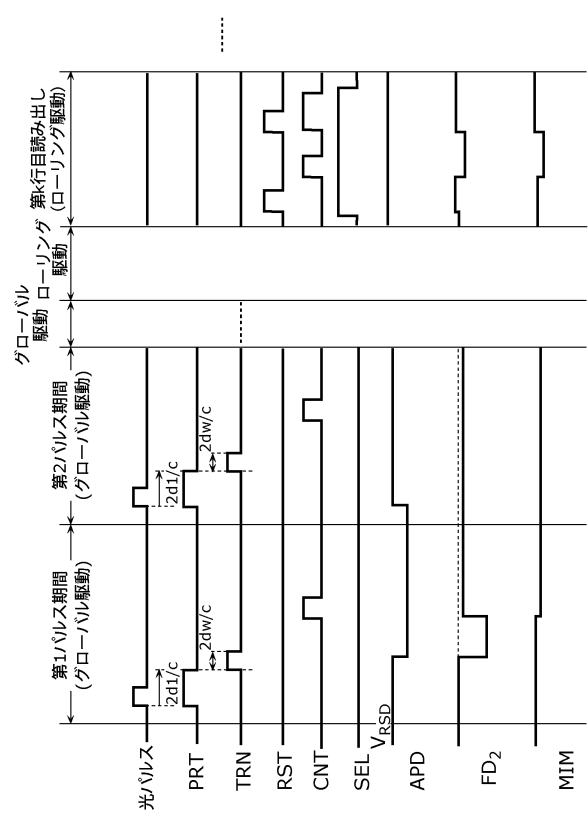
【図6】



【図7】



【図8】



10

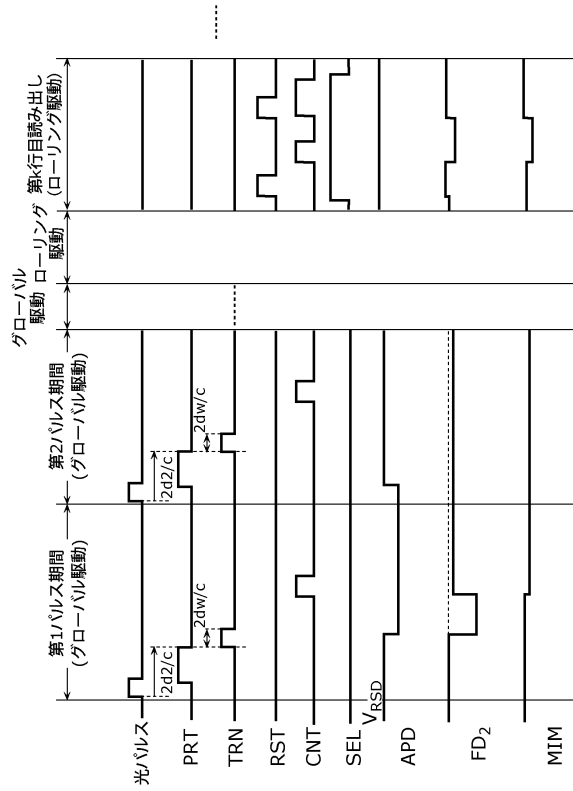
20

30

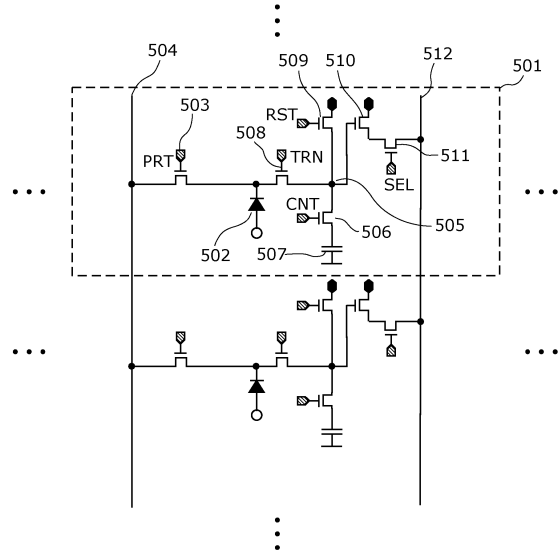
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類

**G 0 1 S 7/486(2020.01)**

F I

G 0 1 S 7/486

(56)参考文献

特開 2 0 0 4 - 3 6 3 4 3 7 ( J P , A )

国際公開第 2 0 1 8 / 2 1 6 4 0 0 ( W O , A 1 )

特開 2 0 0 0 - 3 5 0 1 0 3 ( J P , A )

国際公開第 2 0 1 8 / 1 1 8 7 8 7 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N 2 3 / 0 0 - 2 5 / 7 9

H 0 1 L 3 1 / 1 0 7

H 0 1 L 3 1 / 1 0

G 0 1 S 7 / 4 8 6