

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6501827号
(P6501827)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 N 5/341 (2011.01)

H O 4 N 5/341

H O 4 N 5/32 (2006.01)

H O 4 N 5/32

H O 4 N 5/357 (2011.01)

H O 4 N 5/357 7 0 0

G O 1 T 7/00 (2006.01)

G O 1 T 7/00 A

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 0 0 S

請求項の数 50 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-123527 (P2017-123527)

(22) 出願日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(62) 分割の表示 特願2016-94150 (P2016-94150)
の分割

原出願日 平成25年2月28日(2013.2.28)

(65) 公開番号 特開2017-225126 (P2017-225126A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

審査請求日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(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 100076428

弁理士 大塚 康德

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74) 代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74) 代理人 100134175

弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線撮像装置及び放射線撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイと、

前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、

前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、

1つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を繰り返す駆動部と、

前記複数の駆動線の少なくとも1つに前記オン電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第1値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第2値とを取得する取得部と、

前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、

前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項2】

放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイ

と、

前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、

前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、

1つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を繰り返す駆動部と、

前記複数の駆動線の少なくとも1つに前記オン電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を通る電流を表す第1値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を通る電流を表す第2値とを取得する取得部と、

10

前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、

前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項3】

前記取得部は、前記初期化動作を繰り返している間に前記第1値と前記第2値とを複数回取得することを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線撮像装置。

【請求項4】

前記駆動部は、ある1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから、次の1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでを1の駆動周期として、ある1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オフ電圧へ戻した後、時間間隔をおいて、次の1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替え、

20

前記算出部は、前記第1値を有効値とし、前記第2値をノイズ値として、前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出することを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項5】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と、当該駆動周期について取得された前記第2値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値の少なくとも一方とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

【請求項6】

30

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と当該駆動周期について取得された前記第2値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

【請求項7】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

【請求項8】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と、当該駆動周期について取得された前記第2値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値と、に基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

40

【請求項9】

前記算出部は、1つ以上の前記第1値から算出される値と、1つ以上の前記第2値から算出される値との差分に基づいて前記放射線情報を算出し、

前記判定部は、前記放射線情報を閾値と比較することによって前記判定を行うことを特徴とする請求項4乃至8の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項10】

前記取得部は、前記駆動周期ごとに、前記第2値を複数回取得し、

前記算出部は、前記1つ以上の第2値から算出される値を、複数の前記第2値に重みを

50

付けて加算することによって算出することを特徴とする請求項 9 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 1】

前記算出部は、前記放射線情報を算出するために用いられる第 1 値に対して近い時刻に取得された第 2 値ほど大きな重みを付けることを特徴とする請求項 1 0 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 2】

前記取得部は、前記駆動周期ごとに、前記第 1 値を複数回取得し、

前記算出部は、前記 1 つ以上の第 1 値から算出される値を、複数の前記第 1 値に重みを付けて加算することによって算出することを特徴とする請求項 9 又は 1 0 に記載の放射線撮像装置。

10

【請求項 1 3】

前記算出部は、前記第 1 値と、当該第 1 値の取得とは時間間隔をおいて取得された第 2 値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項 3 乃至 1 2 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 4】

前記駆動部は、ある 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから、次の 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでを 1 の駆動周期として、ある 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オフ電圧に切り替えるとともに、次の 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧に切り替え、

20

前記算出部は、前記第 1 値を有効値と、前記第 2 値をノイズ値として、ある駆動周期について取得された前記第 1 値と、当該駆動周期とは異なる駆動周期で取得された前記第 1 値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 5】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第 1 値と、当該駆動周期の直後の駆動周期で取得された前記第 1 値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第 1 値の少なくとも一方とに基づいて算出することを特徴とする請求項 1 2 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 6】

30

前記算出部は、前記駆動部がある 1 つ以上の駆動線への前記駆動信号を前記オン電圧に切り替えた後、所定の遅延時間が経過した後に前記取得部が取得した 1 つ以上の前記第 1 値と、当該 1 つ以上の前記第 1 値の取得とは時間をおいて取得された 1 つ以上の前記第 2 値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 7】

前記所定の遅延時間は、前記駆動線の時定数と前記バイアス線の時定数との少なくとも一方に基づいて決定されることを特徴とする請求項 1 6 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 8】

前記バイアス線を複数備えるとともに、複数の前記バイアス線のそれぞれについて前記取得部を備え、

40

前記所定の遅延時間は、前記取得部ごとに決定されることを特徴とする請求項 1 7 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 9】

前記放射線情報を記憶するためのメモリを更に備え、

前記判定部は、ある 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから次の 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでのある駆動周期について算出された前記放射線情報と、当該駆動周期で前記オン電圧が供給された 1 つ以上の駆動線について、当該駆動周期よりも前の駆動周期で算出されて、前記メモリに記憶された放射線情報との差分に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定することを

50

特徴とする請求項 1 乃至 16 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 20】

前記取得部は A / D 変換器を含み、

前記第 1 値及び前記第 2 値は、前記バイアス線を通る電流を表すアナログ信号値を前記 A / D 変換器がサンプリングすることによって得られたデジタル信号値であることを特徴とする請求項 1 乃至 19 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 21】

前記駆動部は、ある 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから次の 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでのある駆動周期で前記オン電圧が供給される 1 つ以上の駆動線と、次の駆動周期で前記オン電圧が供給される 1 つ以上の駆動線とが互いに隣接しないように前記駆動信号を供給することを特徴とする請求項 1 乃至 20 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

10

【請求項 22】

前記駆動部は、前記画素アレイの 1 辺から数えて奇数本目にある前記駆動線への前記駆動信号を順次に前記オン電圧に切り替えた後、偶数本目にある前記駆動線への前記駆動信号を順次に前記オン電圧に切り替えることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 23】

前記駆動部は、2 つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給することを特徴とする請求項 1 乃至 22 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

20

【請求項 24】

前記判定部が前記画素アレイへ放射線が照射されていると判定した場合に、前記駆動部は前記駆動信号の前記オン電圧への切り替えを終了することを特徴とする請求項 1 乃至 23 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 25】

請求項 1 乃至 24 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置と、

前記放射線撮像装置から出力される信号を処理するプロセッサとを備えることを特徴とする放射線撮像システム。

【請求項 26】

放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイと、

30

前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、

前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、

1 つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を、ある 1 つ以上の駆動線の単位への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから次の 1 つ以上の駆動線の単位への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでの駆動周期ごとに行い、且つ、前記初期化動作を繰り返す駆動部と

40

、前記複数の駆動線の少なくとも 1 つに前記オン電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第 1 値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第 2 値とを取得する取得部と、

前記第 1 値及び前記第 2 値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、

前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項 27】

放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイ

50

と、

前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、

前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、

1つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を、ある1つ以上の駆動線の単位への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから次の1つ以上の駆動線の単位への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでの駆動周期ごとに行い、且つ、前記初期化動作を繰り返す駆動部と、

前記複数の駆動線の少なくとも1つに前記オン電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を流れる電流を表す第1値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を流れる電流を表す第2値とを取得する取得部と、

前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、

前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項28】

前記取得部は、前記初期化動作を繰り返している間に前記第1値と前記第2値とを複数回取得することを特徴とする請求項26又は27に記載の放射線撮像装置。

【請求項29】

前記駆動部は、ある1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オフ電圧へ戻した後、時間間隔において、次の1つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替え、

前記算出部は、前記第1値を有効値とし、前記第2値をノイズ値として、前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出することを特徴とする請求項26乃至28の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項30】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と、当該駆動周期について取得された前記第2値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値の少なくとも一方とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項29に記載の放射線撮像装置。

【請求項31】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と当該駆動周期について取得された前記第2値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項29に記載の放射線撮像装置。

【請求項32】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項29に記載の放射線撮像装置。

【請求項33】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第1値と、当該駆動周期について取得された前記第2値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第2値と、に基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項29に記載の放射線撮像装置。

【請求項34】

前記算出部は、1つ以上の前記第1値から算出される値と、1つ以上の前記第2値から算出される値との差分に基づいて前記放射線情報を算出し、

前記判定部は、前記放射線情報を閾値と比較することによって前記判定を行うことを特徴とする請求項29乃至33の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項35】

前記取得部は、前記駆動周期ごとに、前記第2値を複数回取得し、

10

20

30

40

50

前記算出部は、前記１つ以上の第２値から算出される値を、複数の前記第２値に重みを付けて加算することによって算出することを特徴とする請求項３４に記載の放射線撮像装置。

【請求項３６】

前記算出部は、前記放射線情報を算出するために用いられる第１値に対して近い時刻に取得された第２値ほど大きな重みを付けることを特徴とする請求項３５に記載の放射線撮像装置。

【請求項３７】

前記取得部は、前記駆動周期ごとに、前記第１値を複数回取得し、

前記算出部は、前記１つ以上の第１値から算出される値を、複数の前記第１値に重みを付けて加算することによって算出することを特徴とする請求項３４又は３５に記載の放射線撮像装置。

10

【請求項３８】

前記算出部は、前記第１値と、当該第１値の取得とは時間間隔をおいて取得された第２値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項２８乃至３７の何れか１項に記載の放射線撮像装置。

【請求項３９】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第１値と、当該駆動周期とは異なる駆動周期で取得された前記第１値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項２６又は２７に記載の放射線撮像装置。

20

【請求項４０】

前記算出部は、ある駆動周期について取得された前記第１値と、当該駆動周期の直後の駆動周期で取得された前記第１値及び当該駆動周期の直前の駆動周期について取得された前記第１値の少なくとも一方とに基づいて算出することを特徴とする請求項３７に記載の放射線撮像装置。

【請求項４１】

前記算出部は、前記駆動部がある１つ以上の駆動線への前記駆動信号を前記オン電圧に切り替えた後、所定の遅延時間が経過した後に前記取得部が取得した１つ以上の前記第１値と、当該１つ以上の前記第１値の取得とは時間をおいて取得された１つ以上の前記第２値とに基づいて前記放射線情報を算出することを特徴とする請求項２６乃至４０の何れか１項に記載の放射線撮像装置。

30

【請求項４２】

前記所定の遅延時間は、前記駆動線の時定数と前記バイアス線の時定数との少なくとも一方に基づいて決定されることを特徴とする請求項４１に記載の放射線撮像装置。

【請求項４３】

前記バイアス線を複数備えるとともに、複数の前記バイアス線のそれぞれについて前記取得部を備え、

前記所定の遅延時間は、前記取得部ごとに決定されることを特徴とする請求項４２に記載の放射線撮像装置。

【請求項４４】

40

前記放射線情報を記憶するためのメモリを更に備え、

前記判定部は、ある駆動周期について算出された前記放射線情報と、当該駆動周期で前記オン電圧が供給された１つ以上の駆動線について、当該駆動周期よりも前の駆動周期で算出されて、前記メモリに記憶された放射線情報との差分に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定することを特徴とする請求項２６乃至４１の何れか１項に記載の放射線撮像装置。

【請求項４５】

前記取得部はＡ／Ｄ変換器を含み、

前記第１値及び前記第２値は、前記バイアス線を通る電流を表すアナログ信号値を前記Ａ／Ｄ変換器がサンプリングすることによって得られたデジタル信号値であることを

50

特徴とする請求項 2 6 乃至 4 4 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 4 6】

前記駆動部は、ある 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えてから次の 1 つ以上の駆動線への駆動信号を前記オン電圧へ切り替えるまでのある駆動周期で前記オン電圧が供給される 1 つ以上の駆動線と、次の駆動周期で前記オン電圧が供給される 1 つ以上の駆動線とが互いに隣接しないように前記駆動信号を供給することを特徴とする請求項 2 6 乃至 4 5 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 4 7】

前記駆動部は、前記画素アレイの 1 辺から数えて奇数本目にある前記駆動線への前記駆動信号を順次に前記オン電圧に切り替えた後、偶数本目にある前記駆動線への前記駆動信号を順次に前記オン電圧に切り替えることを特徴とする請求項 2 6 乃至 4 6 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

10

【請求項 4 8】

前記駆動部は、2 つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給することを特徴とする請求項 2 6 乃至 4 7 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 4 9】

前記判定部が前記画素アレイへ放射線が照射されていると判定した場合に、前記駆動部は前記駆動信号の前記オン電圧への切り替えを終了することを特徴とする請求項 2 6 乃至 4 8 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 5 0】

20

請求項 2 6 乃至 4 9 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置と、
前記放射線撮像装置から出力される信号を処理するプロセッサと
を備えることを特徴とする放射線撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線撮像装置及び放射線撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

放射線発生装置と放射線撮像装置との間の同期を取るために、放射線撮像装置が放射線照射の有無を検知する構成が提案されている。特許文献 1 は、放射線撮像装置に放射線が照射された場合に、バイアス電位を画素へ供給するバイアス線に電流が流れることを利用して、放射線照射の有無を検知する放射線撮像装置を提案する。具体的には、バイアス線に流れる電流が所定の閾値を超えた場合に、放射線が照射されていると判定される。バイアス線には、放射線に起因する電流以外にも様々な要因でノイズ電流が流れる。このノイズ電流が大きい場合に、放射線撮像装置に放射線が照射されていないにもかかわらず、照射されたと誤検知してしまうことがある。誤検知を防ぐために、特許文献 1 では、バイアス線に流れる暗電流を保持するためのサンプルホールド回路を有し、ある時点でバイアス線に流れている電流から、この保持された暗電流を減じた値を閾値と比較する。

30

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2 0 0 2 - 5 4 3 6 8 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の提案するような暗電流を減じる方法では、バイアス電流の温度ドリフトのような非常に遅い周波数成分（例えば 1 Hz 以下）のノイズしか除去できない。従って、商用電源から混入するノイズ（50 ～ 60 Hz）や、筐体に圧力や衝撃を加えた際に生じるノイズ（数 Hz ～ 数 kHz）による誤検知に対応できない。そこで、本発明の 1 つの側

50

面は、放射線撮像装置に放射線が照射されているか否かの判定の誤検知を抑制するための技術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】

【0005】

上記課題に鑑みて、本発明の1つの側面は、放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイと、前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、1つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を繰り返す駆動部と、前記複数の駆動線の少なくとも1つに前記オン電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第1値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されていることに応じて前記バイアス線を通る電流を表す第2値とを取得する取得部と、前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置を提供する。また、本発明の1つの側面は、放射線を電荷に変換し蓄積する変換素子及び前記変換素子を信号線に接続するスイッチ素子を含む複数の画素が複数の行および複数の列を構成するように配列された画素アレイと、前記複数の画素の前記変換素子にバイアス電位を与えるためのバイアス線と、前記複数の画素の前記スイッチ素子の制御端子に接続された複数の駆動線と、1つ以上の駆動線ごとに駆動信号を供給する駆動部であって、各駆動信号を、前記スイッチ素子を非導通状態にするオフ電圧から、前記スイッチ素子を導通状態にするオン電圧に切り替え、前記オフ電圧に戻す初期化動作を繰り返す駆動部と、前記複数の駆動線の少なくとも1つに前記オン電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を通る電流を表す第1値と、前記複数の駆動線のそれぞれに前記オフ電圧が供給されている期間内の少なくとも一時点において前記バイアス線を通る電流を表す第2値とを取得する取得部と、前記第1値及び前記第2値に基づいて放射線情報を算出する算出部と、前記放射線情報に基づいて前記画素アレイへの放射線の照射の有無を判定する判定部とを備えることを特徴とする放射線撮像装置を提供する。

【発明の効果】

【0006】

上記手段により、放射線撮像装置に放射線が照射されているか否かの判定の誤検知を抑制するための技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1実施形態の放射線撮像装置の構成例を説明する図。

【図2】図1の検知回路の構成例を説明する図。

【図3】図1の放射線撮像装置の動作例を説明するフローチャート。

【図4】図1の放射線撮像装置の動作例を説明するタイミングチャート。

【図5】図1の放射線撮像装置の詳細な動作例を説明する図。

【図6】図1の放射線撮像装置の詳細な動作例を説明する図。

【図7】図1の放射線撮像装置の詳細な動作例の効果説明する図。

【図8】図1の放射線撮像装置の別の詳細な動作例を説明する図。

【図9】図1の放射線撮像装置の別の詳細な動作例の効果説明する図。

【図10】図1の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。

【図11】図1の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例の効果説明する図。

【図12】図1の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。

【図13】図1の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。

【図14】図1の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。

- 【図 1 5】図 1 の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。
【図 1 6】図 1 の放射線撮像装置のさらに別の詳細な動作例を説明する図。
【図 1 7】図 1 の放射線撮像装置の別の動作例を説明するタイミングチャート。
【図 1 8】第 2 実施形態の放射線撮像装置の構成例を説明する図。
【図 1 9】第 3 実施形態の放射線撮像装置の構成例を説明する図。
【図 2 0】第 4 実施形態の放射線撮像装置の動作例を説明するフローチャート。
【図 2 1】第 2 実施形態の放射線撮像装置の積分回路の構成例を説明する図。
【図 2 2】他の実施形態の放射線撮像システムの構成を説明する図。
【発明を実施するための形態】
【0008】

10

添付の図面を参照しつつ本発明の実施形態について以下に説明する。様々な実施形態を通じて同様の要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。また、各実施形態は適宜変更、組み合わせが可能である。

【0009】

[第 1 実施形態]

図 1 を参照しながら本発明の 1 つの実施形態の放射線撮像装置 100 の全体構成を説明する。放射線撮像装置 100 は、放射線によって形成される像を撮像するように構成されている。像は、不図示の放射線源から放射され被検体を透過した放射線によって形成される。放射線は、例えば、X 線、 γ 線、 β 線または α 線でありうる。

【0010】

20

放射線撮像装置 100 は、画素アレイ 101 と、駆動回路（駆動部）102 と、読み出し回路 103 と、検知回路 120 と、基準バイアス電位発生回路 126 と、制御部 106、算出部 130 と、判定部 131 とを含む。放射線撮像装置 100 は、その他、信号処理部（プロセッサ）105 を含みうる。

【0011】

画素アレイ 101 は、複数の行および複数の列を構成するように二次元状に配列された複数の画素 P I X を有する。図 1 に示す例では、画素 P I X が 3 行 3 列を構成するように配列されているが、実際には、より多くの行および列を構成するように、より多くの画素 P I X が配列される。例えば 17 インチの放射線撮像装置では約 2800 行・約 2800 列の画素を有する。各画素 P I X は、放射線または光を電荷に変換する変換素子 201 と、その電荷に応じた電気信号を信号線 S i g に出力するスイッチ素子 T とを含み、放射線を検知するように構成される。

30

【0012】

変換素子 201 は、例えば、光を電荷に変換する光電変換素子 S と、放射線を光電変換素子が検知可能な波長の光に変換する波長変換体（シンチレータ）とを含む間接型の変換素子でありうる。あるいは、変換素子 201 は、放射線を直接電荷に変換する直接型の変換素子でありうる。光電変換素子 S は、例えば、ガラス基板等の絶縁性基板の上に配置されたアモルファスシリコンを主材料とする P I N 型フォトダイオードでありうる。変換素子 201 の光電変換素子が P I N 型フォトダイオードである場合、変換素子 201 は、容量 C s を有しうる。

40

【0013】

スイッチ素子 T は、制御端子と 2 つの主端子とを有するトランジスタ、例えば薄膜トランジスタ（T F T）でありうる。変換素子 201 の一方の電極はスイッチ素子 T の 2 つの主端子の一方の電極に電気的に接続され、変換素子 201 の他方の電極は共通のバイアス線 V s に電気的に接続される。バイアス線 V s には、検知回路 120 によってバイアス電位 V V s が供給される。

【0014】

スイッチ素子 T の制御端子（ゲート）は、駆動回路 102 によって駆動される駆動線 G に接続されている。駆動回路 102 は、画素アレイ 101 における選択すべき行の駆動線 G をアクティブレベルに駆動する。駆動線 G を通してアクティブレベルの駆動信号がスイ

50

ッチ素子Tのゲートに供給されると、そのスイッチ素子Tが導通状態となる。これによって、選択された行の画素PIXの変換素子201に蓄積されていた電荷に応じた信号が複数の信号線Sigに並列に出力される。

【0015】

信号線Sigに出力された信号は、読み出し回路103によって読み出される。読み出し回路103は、複数の増幅回路207と、マルチプレクサ208とを含む。複数の増幅回路207は、1つの増幅回路207が1つの信号線Sigに対応するように設けられている。複数の信号線Sigに並列に出力されてくる選択された行の画素PIXの信号は、複数の増幅回路207によって並列に増幅される。

【0016】

各増幅回路207は、例えば、積分増幅器203と、積分増幅器203からの信号を増幅する可変増幅器204と、可変増幅器204からの信号をサンプルしホールドするサンプルホールド回路205と、バッファアンプ206とを含みうる。積分増幅器203は、例えば、信号線Sigに出力された信号と基準電源107からの基準電位Vref1との差分を増幅する演算増幅器と、積分容量と、リセットスイッチとを含みうる。積分増幅器203は、積分容量の値を変えることで増幅率を変更することができる。演算増幅器の反転入力端子には、信号線Sigに出力された信号が供給され、非反転入力端子には、基準電源107から基準電圧Vref1が供給され、出力端子は、可変増幅器204の入力端子に接続されている。積分容量およびリセットスイッチは、演算増幅器の反転入力端子と出力端子との間に並列に接続されている。サンプルホールド回路205は、例えば、サンプリングスイッチと、サンプリング容量とによって構成されうる。

【0017】

マルチプレクサ208は、複数の信号線Sigにそれぞれ対応する複数の増幅回路207から並列に読み出された信号を順次を選択して出力する。読み出し回路103は、マルチプレクサ208からの信号をバッファリングするバッファ増幅器209を含みうる。バッファ増幅器209は、インピーダンス変換器として機能しうる。読み出し回路103は、A/D変換器210を有しうる。A/D変換器210は、例えば、バッファ増幅器209から出力されたアナログの信号をデジタル信号に変換するように配置されうる。

【0018】

読み出し回路103から出力された信号は、信号処理部105に提供されうる。信号処理部105は、読み出し回路103から出力された信号を処理してコンピュータ108に供給するように構成されうる。信号処理部105は、図1に示されるように放射線撮像装置100に内蔵されてもよいし、放射線撮像装置100の外部装置として提供されてもよい。

【0019】

制御部106は、放射線撮像装置100全体の動作を制御し、例えば駆動回路102を制御する制御信号や読み出し回路103を制御する制御信号などを生成する。図1では制御部106から各回路への接続を表す線を省略する。駆動回路102は、制御部106からの制御信号に応じて、信号を読み出すべき行の画素PIXのスイッチ素子Tを導通状態にする。読み出し回路103を制御する制御信号は、例えば、リセット信号RC、サンプルホールド信号SH、クロック信号CLKを含みうる。リセット信号RCは積分増幅器203のリセットスイッチを制御する信号、サンプルホールド信号SHはサンプルホールド回路205を制御する信号、クロック信号CLKはマルチプレクサ208を制御する信号である。

【0020】

以下、図2を参照しながら検知回路120について説明する。検知回路120は、バイアス線Vsを流れる電流（以下、バイアス電流）を検知して、該電流を示すバイアス電流信号VSDを算出部130に提供する。すなわち、検知回路120はバイアス電流信号VSDを取得する取得部として機能しうる。検知回路120は、例えば、電流電圧変換アンプ310と、電圧増幅アンプ320と、フィルタ回路330と、A/D変換器340とを

10

20

30

40

50

含みうる。電流電圧変換アンプ 310 は、バイアス線 V_s を流れる電流を電圧に変換する。電圧増幅アンプ 320 は、電流電圧変換アンプ 310 から出力される信号（電圧信号）を増幅する。電圧増幅アンプ 320 は、例えば、計装アンプで構成されうる。フィルタ回路 330 は、電圧増幅アンプ 320 から出力された信号の帯域を制限するフィルタであり、例えば、ローパスフィルタでありうる。A/D変換器 340 は、フィルタ回路 330 から出力された信号（アナログ信号値）をデジタル信号値に変換したバイアス電流信号 V_{SD} を算出部 130 に供給する。

【0021】

検知回路 120、具体的にはその電流電圧変換アンプ 310 は、バイアス線 V_s を流れる電流を検知するほか、基準バイアス電位発生回路 126 から与えられる基準バイアス電位 V_{s_ref} に応じた電位をバイアス線 V_s に供給する。電流電圧変換アンプ 310 は、トランスインピーダンスアンプでありうる。電流電圧変換アンプ 310 は、例えば、演算増幅器 311 と、演算増幅器 311 の反転入力端子（第 2 入力端子）と出力端子との間に配置されたフィードバック経路 312 とを含む。演算増幅器 311 の非反転入力端子（第 1 入力端子）には、基準バイアス電位 V_{s_ref} が与えられる。フィードバック経路は、例えば、演算増幅器 311 の反転入力端子と出力端子とを抵抗 R_{f1} で短絡する第 1 経路と、該反転入力端子と該出力端子とを抵抗 R_{f2} で短絡する第 2 経路と、該反転入力端子と該出力端子とを導電線 C_L で短絡する第 3 経路とを含みうる。

【0022】

抵抗 R_{f1} には、位相補償容量 C_{f1} が並列に接続されうる。抵抗 R_{f2} には、位相補償容量 C_{f2} が並列に接続されうる。位相補償容量 C_{f1} 、 C_{f2} は、例えば、電流電圧変換アンプ 310 が発振することを防止するために効果的である。抵抗 R_{f2} を含む経路には、スイッチ SW_C が直列に配置されうる。導電線 C_L で構成された経路には、スイッチ SW_B が直列に配置されうる。

【0023】

制御部 106 は、制御信号 V_{SX} を検知回路 120 に供給することによって第 1 経路、第 2 経路および第 3 経路を含む複数の経路のうち有効にする経路を選択することによってフィードバックインピーダンスを制御する。ここで、スイッチ SW_B を閉じると、導電線 C_L で構成された第 3 経路が有効になり、抵抗 R_{f1} を含む第 1 経路、および、抵抗 R_{f2} を含む第 2 経路が無効になる。スイッチ SW_B を開き、スイッチ SW_C を閉じると、第 3 経路が無効になり、第 1 経路と第 2 経路が有効になる。

【0024】

演算増幅器 311 の反転入力端子と接地との間には、スイッチ SW_A と抵抗 R とが直列に配置されてもよい。演算増幅器 311 の反転入力端子と接地との間には、容量 C が配置されてもよい。電流電圧変換アンプ 310 は、フィードバック経路 312 を有することにより、演算増幅器 311 の非反転入力端子（第 1 入力端子）に与えられる基準バイアス電位 V_{s_ref} に応じた電位を反転入力端子（第 2 入力端子）に発生するように機能する。より具体的には、電流電圧変換アンプ 310 は、差動増幅回路 211 の非反転入力端子に与えられる基準バイアス電位 V_{s_ref} とほぼ同一の電位を反転入力端子に発生するように機能する。ここで、電流電圧変換アンプ 310 のフィードバック経路 312 のインピーダンス（以下、フィードバックインピーダンス）は、制御部 106 によって制御される。

【0025】

フィードバックインピーダンスが大きいことは、電流電圧変換アンプ 310 のゲインが大きいことを意味する。一方で、フィードバックインピーダンスが大きいと、これによってバイアス電流 I_{V_s} の大きさが制限され、バイアス線 V_s の電位が不安定になりうる。そこで、放射線撮像装置 100 の動作、例えば、画素アレイ 101 への放射線の照射を検知する検知動作および画素 P_{IX} からの信号の読み出し動作などの動作に応じてフィードバックインピーダンスが制御されることが望まれる。以下、これをより具体的に説明する。

【 0 0 2 6 】

この実施形態では、算出部 1 3 0 が検知回路 1 2 0 からの出力、即ちバイアス電流信号 VSD に基づいて放射線情報を算出し、この放射線情報に基づいて判定部 1 3 1 が画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の開始を検知する。該検知に応じて制御部 1 0 6 が複数の画素 PIX による電荷の蓄積動作を制御する。つまり、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の開始を速やかに検知するためには、バイアス線 Vs を流れる電流を検知回路 1 2 0 によって高い感度で検知する必要がある。そこで、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射を検知する検知動作においては、フィードバックインピーダンスが大きいことが望ましい。

【 0 0 2 7 】

一方、変換素子 2 0 1 の容量 Cs に蓄積された電荷をスイッチ素子 T を介して信号線 Sig に転送する際、フィードバックインピーダンスが大きいと、変換素子 2 0 1 の第 2 電極 $s2$ 側へのバイアス線 Vs からの電流供給が遅くなる。特に、画素アレイ 1 0 1 に対して部分的に強い放射線が入射している場合には、変換素子 2 0 1 の第 2 電極 $s2$ 側へのバイアス線 Vs からの電流供給の遅れによって、撮像された画像にノイズが生じやすい。そこで、変換素子 2 0 1 の容量 Cs に蓄積された電荷をスイッチ素子 T を介して信号線 Sig に転送する際は、フィードバックインピーダンスを小さくすることが望ましい。

【 0 0 2 8 】

そこで、制御部 1 0 6 は、放射線の照射を検知する検知動作時におけるフィードバックインピーダンスが画素 PIX からの信号の読み出し動作時におけるフィードバックインピーダンスよりも大きくなるようにフィードバックインピーダンスを制御する。以下に、抵抗 $Rf1$ よりも抵抗 $Rf2$ が小さい場合の例を示す。この場合、抵抗 $Rf2$ を含む第 2 経路が選択されるとゲインが高くなる。

【 0 0 2 9 】

制御部 1 0 6 は、例えば、放射線の照射を検知する検知動作では、スイッチ SWB を開き、画素 PIX からの信号の読み出し動作では、スイッチ SWB を閉じる。この場合において、スイッチ SWC の状態は、放射線の照射を検知する検知動作および画素 PIX からの信号の読み出し動作の双方において、どちらでもよい。

【 0 0 3 0 】

これに代えて、制御部 1 0 6 は、放射線の照射を検知する検知動作では、スイッチ SWB を開き、スイッチ SWC を閉じ、画素 PIX からの信号の読み出し動作では、スイッチ SWB を閉じる（スイッチ SWB を閉じるので、スイッチ SWC はどちらでもよい。）。

【 0 0 3 1 】

スイッチ SWA および抵抗 R は必須ではないが、スイッチ SWA および抵抗 R が設けられる場合、スイッチ SWA は、検知回路 1 2 0 の非動作期間には閉じられ、放射線の照射を検知する検知動作では開かれうる。例えば、検知回路 1 2 0 の非動作期間は、放射線の照射を検知する検知動作、後述する蓄積動作及び画像出力動作を除く期間でありうる。また、画素 PIX からの信号の読み出し動作では、スイッチ SWA は閉じられても、開かれてもよい。ここで、抵抗 R は、抵抗 $Rf1$ 及び抵抗 $Rf2$ よりも大きくてもよい。例えば、抵抗 R が $10K$ 、抵抗 $Rf1$ が $1K$ 、抵抗 $Rf2$ が 1050 に設定されうる。

【 0 0 3 2 】

電圧増幅アンプ 3 2 0 は、ゲインが可変のアンプとして構成されうる。例えば、スイッチ SWD を閉じるか開くかによって電圧増幅アンプ 3 2 0 のゲインを変更することができる。

【 0 0 3 3 】

放射線撮像装置 1 0 0 の動作は、初期化動作、蓄積動作、読み出し動作を含む。初期化動作は、画素アレイ 1 0 1 の複数の画素 PIX を行単位で初期化する動作である。蓄積動作は、画素アレイ 1 0 1 の各画素 PIX において放射線の照射によって発生する電荷を蓄積する動作である。読み出し動作は、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射によって画素アレイ 1 0 1 の各画素 PIX に蓄積された電荷に応じた信号を画素アレイ 1 0 1 から読み出して画像（画像信号）として出力する動作である。

【 0 0 3 4 】

初期化動作から蓄積動作へは、検知回路 1 2 0 からの出力に基づいて判定部 1 3 1 が放射線撮像装置 1 0 0 への放射線の照射の開始を検知することによって移行する。蓄積動作から読み出し動作へは、例えば、蓄積動作の開始から所定時間が経過したことに応じて移行する。

【 0 0 3 5 】

図 3 および図 4 を参照しながら放射線撮像装置 1 0 0 の動作を説明する。制御部 1 0 6 は、ステップ S 3 1 0 において、初期化動作を開始する。初期化動作では、制御部 1 0 6 は、第 1 行から最終行までの駆動線 G を順次にアクティブレベルにするとともにリセット信号 R C をアクティブレベルにする動作を繰り返す。ここで、リセット信号 R C がアクティブレベルにされると、積分増幅器 2 0 3 はボルテージフォロウ状態となり、基準電位 V_{ref1} が信号線 S i g に供給される。この状態で、駆動線 G がアクティブレベルにされた行のスイッチ T が導通状態となり、変換素子 2 0 1 の容量 C s に蓄積されていた電荷が初期化される。図 4 において、 $V_g(0)$ 、 $V_g(1)$ 、 $V_g(2)$ 、 \dots 、 $V_g(Y_s)$ 、 $V_g(Y_s + 1)$ 、 \dots 、 $V_g(Y - 1)$ は、画素アレイ 1 0 1 の第 1 行から最終行の駆動線 G に供給される駆動信号を示している。すなわち、Y は画素アレイ 1 0 1 の行数、すなわち駆動線 G の本数を表す。以下では、制御部 1 0 6 が何れかの駆動線 G にアクティブレベルの信号を供給し始めてから、次の駆動線 G にアクティブレベルの信号を供給するまでの動作を 1 回の初期化動作と呼ぶ。また、すべての駆動線 G に 1 回ずつアクティブレベルの信号が供給されるまでの期間をフレームと呼ぶ。図 4 の例では、1 フレームに Y 回の初期化動作が行われ、1 回の初期化動作で 1 行の画素が初期化される。

【 0 0 3 6 】

初期化動作の期間において、検知回路 1 2 0 は、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射量に相関のある情報を検知し、該情報に対応する検知信号を算出部 1 3 0 に供給する。本実施形態では、検知回路 1 2 0 は、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射量に相関のある情報として、バイアス線 V s を流れる電流 I_{V_s} を検知し、該情報に対応する検知信号として、該電流を示すバイアス電流信号 V S D を算出部 1 3 0 に供給する。

【 0 0 3 7 】

初期化動作中に、ステップ S 3 2 0 において、判定部 1 3 1 は、放射線の検知処理を行う。具体的には、算出部 1 3 0 がバイアス電流信号 V S D に基づいて放射線情報を算出し、判定部 1 3 1 がこの放射線情報に基づいて画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の開始を判定する。本実施形態では 1 回の初期化動作ごとに判定部 1 3 1 が 1 回の検知処理を行う場合を扱うが、判定部 1 3 1 は複数回の初期化動作ごとに 1 回の検知処理を行ってもよい。ここで、制御部 1 0 6 は、放射線の照射を検知する検知動作時のフィードバックインピーダンスを画素 P I X からの信号の読み出し動作時のフィードバックインピーダンスよりも大きく設定する。

【 0 0 3 8 】

制御部 1 0 6 は、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の開始が検知されるまでは、初期化動作の反復を継続する(ステップ S 3 7 0)。制御部 1 0 6 は、画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の開始を検知すると(ステップ S 3 2 0 において Y E S)、ステップ S 3 3 0 において蓄積動作を開始する。即ち、放射線の照射の開始が検知されると(図 4 には、「照射開始検知」として示されている。)、初期化動作から蓄積動作に移行する。ステップ S 3 2 0 における検知処理の詳細については後述する。

【 0 0 3 9 】

蓄積動作中は、制御部 1 0 6 は、ステップ S 3 4 0 において、放射線の照射の終了を判定する。放射線の終了の判定方法は、特に限定されないが、例えば、蓄積動作の開始から所定時間が経過したことによって放射線の照射が終了したものと判定することができる。あるいは、制御部 1 0 6 は、バイアス電流信号 V S D に基づいて画素アレイ 1 0 1 への放射線の照射の終了を検知することができる。

【 0 0 4 0 】

制御部 106 は、画素アレイ 101 への放射線の照射が終了したと判定するまで蓄積動作を継続する（ステップ S380）。制御部 106 は、画素アレイ 101 への放射線の照射が終了したと判定すると（ステップ S340 において YES）、ステップ S350 において、読み出し動作を開始する。即ち、放射線の照射が終了したと判定されると（図 4 には、「照射終了検知」として示されている。）、蓄積動作から読み出し動作に移行する。読み出し動作では、画素アレイ 101 の先頭行の画素から最終行の画素まで順番に信号が読み出される。

【0041】

図 5 には、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置 100 の動作例が示されている。図 5 において、 $Vg(Ys-2)$ 、 $Vg(Ys-1)$ 、 $Vg(Ys)$ 、 $Vg(Ys+1)$ は、画素アレイ 101 の第 $(Ys-2)$ 行から第 $(Ys+1)$ の駆動線 G に供給される駆動信号を示している。本実施形態ではスイッチ素子 T はハイアクティブであり、駆動線 G にハイレベルの電圧（オン電圧）が印加された場合に導通状態になり、ローレベルの電圧（オフ電圧）が印加された場合に非導通状態になる。これに代えて、スイッチ素子 T はローアクティブであってもよい。

【0042】

放射線撮像装置 100 は、バイアス線 Vs に流れるバイアス電流に関して、以下のような特徴を有しうる。

（1）放射線の照射中は、単位時間当たりの放射線の照射量に比例した電流がバイアス線 Vs に流れる。この電流は、図 5 に「第 1 信号」として示されている。この電流は、画素 PIX のスイッチ素子 T が非導通状態にある場合よりも、導通状態にある場合の方が多く流れうるが、図では簡単のために一定で表す。

（2）放射線が照射された画素 PIX のスイッチ素子 T を導通すると、スイッチ素子 T を導通するまでに当該画素 PIX の変換素子 201 に蓄積された電荷量に比例した電流がバイアス線 Vs に流れる。この電流は、図 5 に「第 2 信号」として示されている。

（3）画素 PIX のスイッチ素子 T の導通・非導通を切り替えると、バイアス線 Vs に電流が流れる。この電流は、スイッチングノイズと呼ばれうるものである。

（4）放射線撮像装置 100 に衝撃や磁界を加えると、バイアス線 Vs に電流が流れる。この電流は、外来ノイズと呼ばれうるものであり、図 5 に「外来ノイズ」として示されている。例えば、商用電源から生じた電磁界の影響により、バイアス線 Vs に 50 ~ 60 Hz 程度の電流が流れうる。また、放射線撮像装置 100 に衝撃を与えると、バイアス線 Vs に数 Hz ~ 数 kHz の電流が流れうる。

（5）放射線撮像装置 100 に磁界や衝撃を加えなくても、放射線撮像装置 100 自体が発生する電磁波や検知回路 120 の内部雑音などにより、バイアス線 Vs に電流が流れる。この電流は、システムノイズと呼ばれうるものである。図 5 の「バイアス電流」では、第 1 信号・第 2 信号・外来ノイズが時間を通じて一定であるように示されるが、図 5 はこれらがどのタイミングで現われるかを概念的に示しているだけであり、時間を通じて一定であるとは限らない。

【0043】

放射線の照射、より具体的には放射線の照射の開始を検知するためには、検知信号としてのバイアス電流信号 VSD のサンプル値をそのまま用いてもよい。しかしながら、本実施形態では、衝撃や磁界の影響などによる外来ノイズの影響を低減するため、算出部 130 が複数のバイアス電流信号 VSD に処理を施して放射線情報を算出し、この放射線情報に基づいて判定部 131 が放射線の照射を検知する。例えば、判定部 131 は、放射線情報又は放射線情報の積分値が所定の閾値を上回った場合に放射線が照射されていると判断する。

【0044】

図 5 に示されるように、駆動回路 102 の駆動周期を TI で表す。すなわち、放射線撮像装置 100 は時間 TI ごとに 1 回の初期化動作を行う。時間 TI のうち、駆動回路 102 がハイレベルの駆動信号を供給する時間（以下、オン時間）を TH で表し、ローレベル

の駆動信号を供給する時間（以下、オフ時間）を T_L で表す。本実施形態では、 $T_H = T_L$ となるように制御部106は駆動回路102を制御する。すなわち、1回の初期化動作の開始とともに、駆動回路102は、ある駆動線Gの駆動信号をローレベルからハイレベルに切り替え、時間 T_H が経過した後にローレベルに戻し、さらに同じ長さの時間 T_L が経過した後に次の初期化動作を開始する。例えば、 $T_H = T_L = 16 \mu\text{秒}$ としうる。また、検知回路120のA/D変換器340のサンプリング周期を T_S で表す。この場合に、検知回路120は時間 T_S ごとにバイアス電流信号 V_{SD} の1つのサンプル値を算出部130に供給する。図5に示されるように、本実施形態では、 $T_H = T_L = T_S$ となるように検知回路120はサンプリングを行う。この場合に、検知回路120は1回の初期化動作ごとにバイアス電流信号 V_{SD} の2つのサンプル値を出力する。そこで、画素PIXのスイッチ素子Tが導通状態である場合について検知回路120が出力するサンプル値を有効値Sと呼び、画素PIXのスイッチ素子Tが非導通状態である場合について検知回路120が出力するサンプル値をノイズ値Nと呼ぶ。算出部130は、有効値Sとノイズ値Nとの差分を取ることで外來ノイズを除去することができ、放射線情報として第2信号のみを取り出せる。

【0045】

外來ノイズは時間経過に伴い変動するため、算出部130は、互いに近い時刻にサンプリングされた有効値Sとノイズ値Nとを用いて放射線信号を算出してもよい。例えば、y回目（yは任意の自然数）の初期化動作において出力された有効値S、ノイズ値Nをそれぞれ $S(y)$ 、 $N(y)$ とし、ステップS320（図3）で判定部131がy回目の初期化動作についての放射線照射の検知に用いる放射線情報を $X(y)$ とする。この場合に、算出部130は（1）式～（3）式のような演算によって $X(y)$ を算出しうる。（1）式～（3）式は、スイッチ素子Tが導通状態である場合のバイアス電流信号 V_{SD} （検知信号）とスイッチ素子Tが非導通状態である場合のバイアス電流信号 V_{SD} （検知信号）との差分の演算を意味する。

$$X(y) = S(y) - N(y) \quad \dots (1)$$

$$X(y) = S(y) - N(y - 1) \quad \dots (2)$$

$$X(y) = S(y) - \{N(y) + N(y - 1)\} / 2 \quad \dots (3)$$

【0046】

以上のようにして外來ノイズを低減する方法を、本願明細書ではCDS（相関二重サンプリング）と称する。CDSの演算は、上記の演算方法に限定されるものではない。例えば、算出部130は、 $S(y - 1)$ や $N(y - 2)$ 等の隣接しないサンプル値を用いて $X(y)$ を算出してもよい。また、算出部130は、バイアス電流信号 V_{SD} の複数個のサンプル値に対して他の四則演算および微分・積分を行ってから放射線情報を算出してもよい。また、y回目のサンプリングした $S(y)$ や $N(y)$ として、当該期間に複数回（例えば8回）サンプリングをして得られた複数個のサンプル値を加算したものをを用いてもよい。

【0047】

続いて、図6を参照して、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置100の別の動作例を説明する。図5の例とは、検知回路120のA/D変換器340のサンプリング周期 T_S が異なっている。その他の点は図5の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図6の例では、A/D変換器340のサンプリング周期 T_S を駆動回路102の駆動周期 T_I の $1/2$ よりも短く設定する。そして、オン時間 T_H の後半にサンプリングされたバイアス電流信号 V_{SD} のサンプル値を有効値Sとし、オフ時間 T_L の前半にサンプリングされたバイアス電流信号 V_{SD} のサンプル値をノイズ値Nとする。図5の例と同様に、y回目の初期化動作において出力された有効値S、ノイズ値Nをそれぞれ $S(y)$ 、 $N(y)$ とし、ステップS320（図3）で判定部131がy回目の初期化動作について放射線照射の検知に用いる放射線情報を $X(y)$ とする。この場合に、算出部130は、（4）式のような演算によって $X(y)$ を算出しうる。

$$X(y) = S(y) - N(y) \quad \dots (4)$$

サンプリング周期 T_S を短くすることで、有効値 S に含まれる外来ノイズの値とノイズ値 N に含まれる外来ノイズの値とを近づけることができる。これにより、放射線情報における外来ノイズの影響を低減できる。

【0048】

図7にサンプリング周期 T_S を様々な値に設定した場合のノイズ除去比を計算した実験結果を示す。図7のグラフでは、横軸が外来ノイズの周波数を示し、縦軸がノイズ除去比を示す。駆動信号のオン時間 T_H 及びオフ時間 T_L をそれぞれ $16 \mu\text{秒}$ とする。このとき、曲線701、702、703、704はそれぞれ、サンプリング周期 T_S を $16 \mu\text{秒}$ 、 $10.6 \mu\text{秒}$ 、 $8 \mu\text{秒}$ 、 $5.3 \mu\text{秒}$ とした場合の各周波数におけるノイズ除去比を示す。図から読み取れるように、低周波領域では、サンプリング周期 T_S が短いほど効率よくノイズが除去される。

【0049】

続いて、図8を参照して、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置100のさらに別の動作例を説明する。図5の例とは、駆動回路102による駆動タイミング（オン時間 T_H 、オフ時間 T_L ）と検知回路120のA/D変換器340のサンプリング周期 T_S とが異なっている。その他の点は図5の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図8の例では、オフ時間 T_L がオン時間 T_H よりも長い。例えば、オフ時間 T_L がオン時間 T_H の3倍となるように駆動回路102が動作する。そして、サンプリング周期 T_S をオン時間 T_H と同じにする。この場合に、検知回路120は1回のリセット動作について、1つの有効値 S と3つのノイズ値 N とを出力する。そこで、 y 回目（ y は任意の自然数）の初期化動作において出力された有効値 S 、3つのノイズ値 N をそれぞれ $S(y)$ 、 $N1(y)$ 、 $N2(y)$ 、 $N3(y)$ とする。また、ステップS320（図3）で判定部131が y 回目の初期化動作について放射線照射の検知に用いる放射線情報を $X(y)$ とする。ただし、 $N1(y)$ 、 $N2(y)$ 、 $N3(y)$ は早い時刻にサンプリングされた値から順に並んでいる。

【0050】

算出部130が有効値 S 及びノイズ値 N を用いて $X(y)$ を算出する様々な方法を以下に説明する。算出部130は、図5で説明した例と同様に、以下の式(5)～式(7)の何れかに従って $X(y)$ を算出してもよい。

$$X(y) = S(y) - N1(y) \quad \dots (5)$$

$$X(y) = S(y) - N3(y-1) \quad \dots (6)$$

$$X(y) = S(y) - \{N1(y) + N3(y-1)\} / 2 \quad \dots (7)$$

式(5)～式(7)は、 y 回目の初期化動作において得られた有効値 $S(y)$ と、この前後でサンプリングされたノイズ値 $N1(y)$ 、 $N3(y-1)$ とを用いて $X(y)$ を算出する。

【0051】

これに代えて、算出部130は以下の式(8)に従って $X(y)$ を算出してもよい。

$$X(y) = S(y) - \{3 \times N1(y) - 3 \times N2(y) + N3(y)\} \quad \dots (8)$$

この式(8)では、ノイズ値 N （上記の例では $N1(y) \sim N3(y)$ ）に重みが付されている。すなわち、ノイズ値 N に異なる係数が与えられている。式(8)は同一の初期化動作において得られた1つの有効値 S 及び複数のノイズ値 N について、隣接する値同士の減算を繰り返し行うことで得られる。具体的には、算出部130はまず、同一の初期化動作の隣接するサンプル値同士の減算を行い、有効値 S とノイズ値 N との差分を新たな有効値 S とし、ノイズ値 N 同士の差分を新たなノイズ値 N とする。算出部130は、上記の演算を1つの値が得られるまで繰り返す。従って、1回の初期化動作で得られたノイズ値 N が n 個の場合に、算出部130は上記の演算を n 段繰り返すことになる。この処理を数式で表すと以下のようなになる。ここで、更新された有効値及びノイズ値を「'」を付けて表す。

【0052】

10

20

30

40

50

1 段目の演算：

$$S'(y) = S(y) - N1(y)$$

$$N1'(y) = N1(y) - N2(y)$$

$$N2'(y) = N2(y) - N3(y)$$

2 段目の演算：

$$S''(y) = S'(y) - N1'(y)$$

$$N1''(y) = N1'(y) - N2'(y)$$

3 段目の演算：

$$X(y) = S''(y) - N1''(y)$$

【0053】

式(8)では、算出部130は、1つの有効値Sと、その後に連続して得られた3つのノイズ値Nとを用いて放射線情報を算出した。これに代えて、以下の式(9)のように、算出部130は、1つの有効値Sと、その前に連続して得られた3つのノイズ値Nとを用いて放射線情報を算出してもよい。

$$X(y) = S(y) - \{3 \times N3(y-1) - 3 \times N2(y-1) + N1(y-1)\} \dots (9)$$

この式(8)も、式(7)と同様の計算によって得られる。

【0054】

さらに別の実施例では、以下の式(10)で示すように、算出部130は、式(8)で得られた放射線情報と式(9)で得られた放射線情報とを平均することによって放射線情報を算出してもよい。

$$X(y) = S(y) - \{3 \times N1(y) - 3 \times N2(y) + N3(y) + 3 \times N3(y-1) - 3 \times N2(y-1) + N1(y-1)\} / 2 \dots (10)$$

式(10)では、算出部130は、1つ有効値Sと、その前後に連続して得られた6つのノイズ値Nに重みを付したものとに基づいて放射線情報を算出する。

【0055】

式(8)～式(10)の何れも、有効値Sとノイズ値Nとの切り替わりのタイミングの近くにサンプリングされたノイズ値Nに大きな重みを付している。ここで、重みが大きいとは、放射線情報への影響が大きいことを意味し、具体的にはノイズ値Nの係数の絶対値が大きいことを意味する。以下の例でも同様である。

【0056】

図9に放射線情報X(y)を様々な方法で算出した場合のノイズ除去比を計算した実験結果を示す。図9のグラフでは、横軸が外来ノイズの周波数を示し、縦軸がノイズ除去比を示す。駆動信号のオン時間THを8μ秒とし、オフ時間TLを24μ秒とする。このとき、曲線801、802、803、804はそれぞれ、式(5)、式(7)、式(8)、式(10)で放射線情報X(y)を算出した場合の各周波数におけるノイズ除去比を示す。比較のため、図7の曲線701も図9に示される。図から読み取れるように、低周波領域では、複数のノイズ値Nに重みを付して放射線情報を算出することで、効率よくノイズが除去される。

【0057】

式(8)～式(10)の放射線情報は、隣接するサンプル値同士の減算を逐次計算することによって算出されてもよいし、これらの式に従ってサンプル値に係数を乗じたものを加算・減算することによって算出されてもよい。後述する式に従って放射線情報を算出する場合も同様である。また、放射線撮像装置100に圧力や衝撃が加わった際に流れる外来ノイズは、放射線照射時にバイアス線Vsに流れる電流の10～100倍の値をとりうる。そこで、検知回路120のダイナミックレンジは、外来ノイズが飽和することなくサンプリングできるように設定されうる。検知回路120のダイナミックレンジを広げた場合に、除算による量子化誤差の発生を軽減するために、放射線情報と閾値とを整数倍して、加算・減算・乗算のみで放射線情報が算出されるように制御部106が構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

続いて、図 10 を参照して、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置 100 のさらに別の動作例を説明する。図 5 の例とは、検知回路 120 の A/D 変換器 340 のサンプリング周期 TS が異なっている。その他の点は図 5 の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図 10 の例では、オフ時間 TL とオン時間 TH とは等しい。そして、サンプリング周期 TS をオン時間 TH よりも短くする。例えば、サンプリング周期 TS をオン時間 TH の 1/3 に設定する。この場合に、検知回路 120 は 1 回のリセット動作について、3 つの有効値 S と 3 つのノイズ値 N とを出力する。そこで、y 回目 (y は任意の自然数) の初期化動作において出力された 3 つの有効値 S、3 つのノイズ値 N をそれぞれ S1(y)、S2(y)、S3(y)、N1(y)、N2(y)、N3(y) とする。また、ステップ S320 (図 3) で制御部 106 が y 回目の初期化動作について放射線照射の検知に用いる放射線情報を X(y) とする。ただし、S1(y)、S2(y)、S3(y)、N1(y)、N2(y)、N3(y) は早い時刻にサンプリングされた値から順に並んでいる。

10

【 0 0 5 9 】

算出部 130 が有効値 S 及びノイズ値 N を用いて X(y) を算出する様々な方法を以下に説明する。例えば、算出部 130 は、X(y) を以下の式 (11) ~ 式 (13) の何れかに従って算出してもよい。

$$X(y) = S1(y) + S2(y) + S3(y) - \{N1(y) + N2(y) + N3(y)\} \quad \dots (11)$$

20

$$X(y) = S1(y) + S2(y) + S3(y) - \{N1(y-1) + N2(y-1) + N3(y-1)\} \quad \dots (12)$$

$$X(y) = 2 \times S1(y) + 2 \times S2(y) + 2 \times S3(y) - \{N1(y) + N2(y) + N3(y) + N1(y-1) + N2(y-1) + N3(y-1)\} \quad \dots (13)$$

式 (11) ~ 式 (13) では、算出部 130 は、y 回目の初期化動作において得られた 3 つの有効値 S(y) と、この前後でサンプリングされた 3 つのノイズ値 N 又は 6 つのノイズ値 N を用いて X(y) を算出する。ここで、上述の理由から、算出部 130 は、放射線情報を有効値・ノイズ値の加算・減算のみで算出しており、除算を用いていない。

【 0 0 6 0 】

これに代えて、以下の式 (14) に従って算出部 130 が X(y) を算出してもよい。

30

$$X(y) = \{11 \times S1(y) + 5 \times S2(y) + 2 \times S3(y)\} / 18 - \{11 \times N3(y-1) + 5 \times N2(y-1) + 2 \times N1(y-1)\} / 18 \quad \dots (14)$$

この式 (14) では、有効値 S・ノイズ値 N (上記の例では S1(y) ~ S3(y)、N1(y-1) ~ N3(y-1)) に重みが付されている。すなわち、有効値 S・ノイズ値 N に異なる係数が与えられている。式 (14) は、y 回目の初期化動作において得られた 3 つの有効値 S と、その直前の y-1 回目の初期化動作において得られた 3 つのノイズ値 N のうち、隣接する k 個同士の平均の差分を、k = 1 ~ 3 まで平均することで得られる。この処理を数式で表すと以下ようになる。ここで、有効値 S の平均とノイズ値 N の平均との差分を D1 ~ D3 で表す。

【 0 0 6 1 】

40

1 個同士の差分：

$$D1 = S1(y) - N3(y-1)$$

2 個の平均同士の差分：

$$D2 = \{S1(y) + S2(y)\} / 2 - \{N3(y-1) + N2(y-1)\} / 2$$

3 個の平均同士の差分：

$$D3 = \{S1(y) + S2(y) + S3(y)\} / 3 - \{N3(y-1) + N2(y-1) + N1(y-1)\} / 3$$

差分の平均：

$$X(y) = (D1 + D2 + D3) / 3$$

【 0 0 6 2 】

50

式(14)で算出部130は3つ有効値Sと、その前に連続して得られた3つのノイズ値Nとを用いて放射線情報を算出した。これに代えて、以下の式(15)のように、算出部130は3つの有効値Sと、その後連続して得られた3つのノイズ値Nとを用いて放射線情報を算出してもよい。

$$X(y) = \{11 \times S3(y) + 5 \times S2(y) + 2 \times S1(y)\} / 18 - \{11 \times N1(y) + 5 \times N2(y) + 2 \times N3(y)\} / 18 \quad \dots (15)$$

この式(15)も、式(14)と同様の計算によって得られる。さらに別の実施例では、算出部130は式(14)で得られた放射線情報と式(15)で得られた放射線情報とを平均することによって放射線情報を算出してもよい。この場合に、算出部130は、y回目の初期化動作についての放射線情報を、y回目の初期化動作で得られた3つの有効値Sと、この前後に隣接して取得された6つのノイズ値Nに重みを付けた値とに基づいて算出することになる。式(14)、式(15)の何れも、有効値Sとノイズ値Nとの切り替わりのタイミングの近くにサンプリングされたノイズ値Nに大きな重みを付している。

【0063】

図11に放射線情報X(y)を様々な方法で算出した場合のノイズ除去比を計算した実験結果を示す。図11のグラフでは、横軸が外来ノイズの周波数を示し、縦軸がノイズ除去比を示す。駆動信号のオン時間THを16μ秒とし、オフ時間TLを16μ秒とする。また、サンプリング時間TSを5.3μ秒とする。このとき、曲線1101、1102はそれぞれ、式(14)と、式(14)及び式(15)の平均とで放射線情報X(y)を算出した場合の各周波数におけるノイズ除去比を示す。比較のため、図7の曲線701も図11に示される。図から読み取れるように、低周波領域では、複数のノイズ値Nに重みを付して放射線情報を算出することで、効率よくノイズが除去される。

【0064】

続いて、図12を参照して、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置100のさらに別の動作例を説明する。図5の例とは、検知回路120のA/D変換器340のサンプリング周期TSと、オフ時間TLとが異なっている。その他の点は図5の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図12の例では、駆動回路102の駆動周期TIがオン時間THに等しく、オフ時間TLが0である。すなわち、1回の初期化動作において、駆動回路102は対象の駆動線Gへの駆動信号をアクティブレベルに維持する。その結果、ある行への駆動信号がハイレベルからローレベルへ切り替わると同時に、次の行への駆動信号がローレベルからハイレベルに切り替わる。また、サンプリング周期TSをオン時間THよりも短くする。例えば、サンプリング周期TSをオン時間THの1/3に設定する。この場合に、検知回路120は1回のリセット動作について、3つの有効値Sを出力する。

【0065】

一般的に、スイッチ素子Tの導通・非導通を切り替えると、バイアス線Vsに電流が流れることが知られている。この電流はスイッチングノイズと呼ばれうる。図12に示されるように、ある画素行のスイッチ素子Tへの駆動信号の立ち下がり、別の画素行のスイッチ素子Tへの駆動信号の立ち上がりとを重ねることによって、スイッチングノイズを打ち消しあうことができる。従って、図12の例はスイッチングノイズが大きい場合に有効である。

【0066】

y回目(yは任意の自然数)の初期化動作において出力された3つの有効値SをそれぞれS1(y)、S2(y)、S3(y)とする。また、ステップS320(図3)で判定部131がy回目の初期化動作について放射線照射の検知に用いる放射線情報をX(y)とする。ただし、S1(y)、S2(y)、S3(y)は早い時刻にサンプリングされた値から順に並んでいる。

【0067】

この場合に、算出部130は、X(y)を以下の式(16)に従って算出してもよい。

$$X(y) = \{11 \times S1(y) + 5 \times S2(y) + 2 \times S3(y)\} / 18 - \{11$$

$$\times S3(y-1) + 5 \times S2(y-1) + 2 \times S1(y-1) \} / 18 \dots (16)$$

この式(16)は、式(14)と同様に、y回目の初期化動作において得られた3つの有効値Sと、y-1回目の初期化動作において得られた3つの有効値Sのうち、隣接するk個同士の平均の差分を、k=1~3まで平均することで得られる。この処理を数式で表すと以下ようになる。ここで、y回目の初期化で得られた有効値Sの平均とy-1回目の初期化で得られた有効値Nの平均との差分をD1~D3で表す。

【0068】

1個同士の差分：

$$D1 = S1(y) - S3(y-1)$$

2個の平均同士の差分：

$$D2 = \{ S1(y) + S2(y) \} / 2 - \{ S3(y-1) + S2(y-1) \} / 2$$

3個の平均同士の差分：

$$D3 = \{ S1(y) + S2(y) + S3(y) \} / 3 - \{ S3(y-1) + S2(y-1) + S1(y-1) \} / 3$$

差分の平均：

$$X(y) = (D1 + D2 + D3) / 3$$

【0069】

式(16)は、外来ノイズに対して式(14)と同じ演算を行っているので、式(14)と同様のノイズ除去特性を有しうる。式(16)で得られる放射線情報X(y)は、連続する初期化動作で得られた複数の有効値Sに重みを付して差分を取った値である。判定部131はこの値が閾値を超えた場合に放射線の照射を検知する。

【0070】

続いて、図13を参照して、初期化動作から蓄積動作へ移行するタイミングに着目した放射線撮像装置100のさらに別の動作例を説明する。図5の例とは、駆動回路102による駆動タイミング(オン時間TH、オフ時間TL)が異なっている。その他の点は図5の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図13の例では、駆動回路102は前後して供給する2つの駆動信号の立ち下がりとし、立ち上がりとしを重ねる。例えば、駆動回路102は奇数回目の初期化動作における駆動信号の立ち下がりとし、偶数回目の初期化動作における駆動信号の立ち上がりとしを重ねる。言い換えると、駆動回路102は奇数回目の初期化動作におけるオフ時間TLをゼロにする。その結果、奇数回目と偶数回目とは駆動周期TIが異なる。図13の例では、Ys-1行目の駆動線Gへ供給する駆動信号の立ち下がりとし、Ys行目の駆動線Gへ供給する駆動信号の立ち上がりとしが重なっている。

【0071】

A/D変換器340のサンプリング周期TSと、オン時間THと、オフ時間TLとを互いに等しくすると、検知回路120は奇数回目のリセット動作で1つの有効値Sを出力し、偶数回目のリセット動作で1つの有効値Sと1つのノイズ値Nとを出力する。y回目(yは任意の奇数)の初期化動作において出力された有効値SをS(y)とし、その直後のy+1回目の初期化動作において出力された有効値S、ノイズ値NをそれぞれS(y+1)、N(y+1)とする。また、ステップS320(図3)で判定部131がy回目の初期化動作について放射線照射の検知に用いる放射線情報をX(y)とする。

【0072】

この場合に、算出部130は、X(y)を以下の式(16)に従って算出してもよい。

$$X(y) = [S(y) + S(y+1) - \{ N(y+1) - N(y-1) \}] / 18 \dots (17)$$

この式では、単位時間当たりの放射線信号量を増加させることができる。

【0073】

続いて、図14を参照して、検知回路120のサンプリングタイミングの別の例を示す。放射線が照射された画素PIXのスイッチ素子Tを導通するまでに当該画素PIXの変換素子201に蓄積された電荷量に比例してバイアス線Vsに流れる電流(第2信号)は

、以下の性質を有しうる。すなわち、この電流は、駆動信号の立ち上がりとともに（時刻 t_0 で）流れ始め、スイッチ素子 T が導通状態になると（時刻 t_1 で）ピークとなり、その後（時刻 t_2 で）流れ終わるスパイク状の電流である。駆動信号の立ち上がりからスイッチ素子 T が導通状態となるまでの時間は駆動線 G の抵抗及び寄生容量の時定数で定まる。

【0074】

そこで、図14に示される例では、検知回路120は、1回の初期化動作において駆動回路102が（時刻 t_0 で）駆動信号を立ち上げた後、遅延時間 T_D の経過後に（時刻 t_1 で）バイアス線 V_s に流れる電流をサンプリングする。この場合に検知回路120から出力されるサンプル値が有効値 S となる。また、検知回路120は、1回の初期化動作において駆動回路102が（時刻 t_3 で）駆動信号を立ち下げた後、同じ遅延時間 T_D の経過後に（時刻 t_4 で）バイアス線 V_s に流れる電流をサンプリングする。この場合に検知回路120から出力されるサンプル値がノイズ値 N となる。有効値 S 及びノイズ値 N から放射線情報を算出する方法は上述の何れの方法を用いてもよい。スイッチ素子 T のスイッチングノイズは、駆動信号の立ち上がり及び立ち下がりと同時に流れ始め、スイッチ素子 T が導通状態・非導通状態に切り替わった後には流れなくなることが知られている。そのため、検知回路120が上述のタイミングでサンプリングを行うことによって、放射線信号からスイッチングノイズの影響を軽減できる。

【0075】

遅延時間 T_D は、バイアス線 V_s を流れる電流のピークのタイミング（例えば、時刻 t_1 ）でサンプリングが行われるように設定される。例えば、遅延時間 T_D は、駆動線 G の時定数や、バイアス線 V_s の時定数に基づいて決定される。また、遅延時間 T_D は、検知回路120のうち A/D 変換器340の前段の回路の処理時間にさらに基づいて決定されてもよい。

【0076】

図15を参照して、遅延時間 T_D を決定する方法の一例を説明する。制御部106は、図14のサンプリング間隔よりも短い時間間隔で、バイアス線 V_s に流れる電流をプリサンプリングする。放射線撮像装置100の製造者は、プリサンプリングが行われている間に、テスト用の放射線を放射線撮像装置100へ照射する。そして、制御部106は、1回の初期化動作における駆動信号の立ち上がり時刻と、この初期化動作に対してバイアス電流信号 VSD のサンプル値が最大となったサンプリング時刻との間の時間を遅延時間 T_D として記憶する。

【0077】

テスト用の放射線を使用する代わりに、画素 PIX に蓄積された暗電荷によってバイアス線 V_s に流れる電流を利用してもよい。制御部106は、所定の期間、駆動回路102の供給する駆動信号をローレベルに維持して、画素 PIX に暗電荷が蓄積されるのを待つ。その後、図15に示した初期化動作を開始する。スイッチ素子 T が導通状態になると、バイアス線 V_s に暗電荷に応じた電流が流れるので、制御部106はこの電流に基づいて遅延時間 T_D を決定する。

【0078】

駆動線 G の時定数や、バイアス線 V_s の時定数、検知回路120の処理時間は、製品出荷後の経年劣化や使用環境の温度などによっても変わりうる。そこで、上述の遅延時間 T_D の決定方法を製品出荷後にも行えるようにしてもよい。例えば、放射線撮像装置100は、上述のプリサンプリングを実行する調整モードと、通常のサンプリングを実行する通常モードとを切り替えられるように構成されてもよい。調整モードにおいて、放射線撮像装置100のユーザは、テスト用の放射線を放射線撮像装置100へ照射する。これに代えて、放射線撮像装置100は、暗電荷を蓄積する動作モードに移行してもよい。そして、制御部106は、1回の初期化動作における駆動信号の立ち上がり時刻と、この初期化動作に対してバイアス電流信号 VSD のサンプル値が最大となったサンプリング時刻との間の時間を遅延時間 T_D として記憶する。放射線撮像装置100が通常モードに変更され

た場合に、記憶された遅延時間 T_D に従って検知回路 120 がサンプリングを行う。

【0079】

上述のように、バイアス線 V_s を流れる電流のピークのタイミングでサンプリングを行うことによって、 S/N 比が向上し、放射線の照射の検知の精度が向上する。図 14 では、図 5 に示した駆動回路 102 の駆動タイミングに基づいて説明したが、図 12 や図 13 の駆動タイミングでも同様に遅延時間の経過後にサンプリングを行ってもよい。

【0080】

続いて、図 16 を参照して、放射線撮像装置 100 の別の動作例を説明する。図 5 の例とは、検知回路 120 の A/D 変換器 340 のサンプリング周期 T_S が異なっている。その他の点は図 5 の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。図 16 の例では、オン時間 T_H = オフ時間 T_L = 16μ 秒とし、サンプリング周期 T_S = 1μ 秒とする。この場合に、1 回の初期化動作に対して 32 個のバイアス電流信号 V_{SD} が検知回路 120 から出力される。

【0081】

y 回目の初期化動作において、時刻 t_0 で Y_s 行目の駆動線 G へ供給される駆動信号がハイレベルに切り替わるとする。そして、駆動信号がハイレベルに切り替わったことによる、検知回路 120 の A/D 変換器 340 へ入力されるアナログ信号への影響が時刻 t_1 で現われるとする。この場合に、時刻 t_1 ~ 時刻 t_5 までに検知回路 120 が出力する 16 個のサンプル値が y 回目の初期化動作におけるスイッチ素子 T が導通状態にある場合に対応する。算出部 130 はこの 16 個のサンプル値のうち、時刻 t_3 ~ 時刻 t_4 に出力された中頃の 8 個のサンプル値の合計値を y 回目の初期化動作に対する有効値 $S(y)$ とする。同様に、時刻 t_5 ~ 時刻 t_9 までに検知回路 120 が出力する 16 個のサンプル値が y 回目の初期化動作におけるスイッチ素子 T が非導通状態にある場合に対応する。算出部 130 はこの 16 個のサンプル値のうち、時刻 t_7 ~ 時刻 t_8 に出力された中頃の 8 個のサンプル値の合計値を y 回目の初期化動作に対するノイズ値 $N(y)$ とする。そして、算出部 130 は、例えば上述の式 (1) ~ (3) に従って放射線情報を算出する。

【0082】

続いて、図 17 を参照しながら放射線撮像装置 100 の動作の別の例を説明する。図 4 の例とは、駆動回路 102 が初期化動作において駆動線 G に供給する駆動信号のタイミングが異なっている。その他の点は図 4 の例と同じであってもよいので、重複する説明を省略する。駆動回路 102 は、1 フレームの初期化動作において、画素アレイ 101 の 1 辺から数えて奇数本目の駆動線 G にハイレベルの駆動信号を順次に供給した後、偶数本目の駆動線 G にハイレベルの駆動信号を順次に供給する。放射線が実際に照射され始めてから、放射線の照射が検知され蓄積動作に移行するまでの間、画素 P_{IX} が放射線情報を蓄積しているにもかかわらず、放射線撮像装置 100 はこの画素 P_{IX} に対して初期化動作を行ってしまう。そのため、この間に初期化された画素行からは、放射線情報の一部が失われてしまう。図 17 の例のように、隣接する画素行が時間的に連続してリセットされないようにすることで、放射線情報の一部が失われた画素行を画像データ内で分散させることができる。これにより、正常に放射線が取得された画素行の情報を用いて、失われた放射線情報を補完して、画像データを補正することが容易になる。

【0083】

また、図 17 の例では、駆動回路 102 は 2 本の駆動線 G に同時にハイレベルの駆動信号を供給する。これにより、1 回の初期化動作において、バイアス線 V_s に 2 行分の画素に蓄積された電荷に比例した電流が流れる。その結果、バイアス電流信号の S/N 比を向上できる。図 17 の例では 2 本の駆動線 G が同時に駆動されたが、2 本以上の任意の本数の駆動線 G を含む駆動線グループであってもよい。また、図 17 とは異なり、同時に駆動される駆動線 G が互いに隣接していてもよい。放射線撮像装置 100 は、ユーザによる入力により、同時に駆動される駆動線の本数を変更可能なように構成されてもよい。この場合に、同時に駆動される駆動線の本数の増加に伴い、スイッチングノイズも増加するので、制御部 106 は駆動線の本数に応じて検知回路 120 のゲインを切り替えてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

以上のように、本実施形態では、様々な駆動タイミング、サンプリング周期、算出式によって放射線情報が取得される。しかしながら、本発明は上述の実施形態に限られるものではない。例えば、オン時間 T_H がオフ時間 T_L よりも長くてもよい。また、1回の初期化動作において、複数の有効値 S と1つのノイズ値 N とがサンプリングされてもよい。また、算出部 130 は、1回の初期化動作において得られた複数の有効値 S のうちの1つ以上と、複数のノイズ値 N のうちの1つ以上とを用いて放射線情報を算出してもよい。また、算出部 130 は、有効値 S とノイズ値 N との両方を用いて放射線情報を算出する必要はなく、複数の有効値 S を用いて放射線情報を算出してもよいし、複数のノイズ値 N を用いて放射線情報を算出してもよい。図5を参照して説明したように、バイアス電流の第1信号はスイッチ素子 T の導通・非導通に限らず、画素アレイ 101 に放射線が照射されている場合に流れる。従って、算出部 130 は、放射線が照射されている場合の有効値 S と、その前に取得された放射線が照射されていない場合の有効値 S との差分を放射線情報としてもよい。同様に、算出部 130 は、放射線が照射されている場合のノイズ値 N と、その前に取得された放射線が照射されていない場合のノイズ値 N との差分を放射線情報としてもよい。一般に、算出部 130 は、検知回路 120 から供給されたバイアス電流信号 V_{SD} の複数回取得されたサンプル値に基づいて放射線情報を算出し、判定部 131 は、これを閾値と比較することによって、放射線照射の有無を判定しうる。また、有効値 S ・ノイズ値 N への重みについても、上述のような方法で決定された値に限られず、1つ以上の有効値 S 及び1つ以上のノイズ値 N のそれぞれに任意の重みを付してもよい。

【 0 0 8 5 】

[第2実施形態]

図18を参照しながら本発明の別の実施形態の放射線撮像装置 1800 の全体構成を説明する。放射線撮像装置 1800 は、メモリ 132 及び加算器 133 をさらに有する点で図1の放射線撮像装置 100 とは異なる。その他の構成は第1実施形態と同様であってもよいので、重複する説明を省略する。

【 0 0 8 6 】

メモリ 132 は、算出部 130 から出力された放射線情報を1フレーム分（上述の例では Y 個）蓄積可能であり、格納した順に $FIFO$ 方式で加算器 133 に出力する。加算器 133 は、算出部 130 から出力された放射線情報から、メモリ 132 から出力された放射線情報を減算して判定部 131 へ供給する。例えば、算出部 130 から y 回目の初期化動作について得られた放射線情報 $X(y)$ が出力される場合に、判定部 131 には $X(y) - X(y - Y)$ が供給される。すなわち、判定部 131 には、1フレーム分前の放射線情報との差分が供給される。

【 0 0 8 7 】

発明者らは、スイッチングノイズの量が駆動線 G ごとに異なりうるものの、同一の駆動線 G については再現性が高いことを見出した。そこで、上述のように、ある駆動線 G を駆動することによって得られた放射線情報から、以前に同一の駆動線 G を駆動することによって得られた放射線情報を減算することによって、スイッチングノイズを効果的に除去できる。これをフレーム補正と呼ぶ。

【 0 0 8 8 】

上述の例では現在の放射線情報から1フレーム前の放射線情報を減算したが、 k フレーム（ k は2以上）前の放射線情報を減算してもよいし、同じ駆動線 G についての複数フレーム分の放射線情報の平均値（単純平均や加重平均）を減算してもよい。また、メモリ 132 を算出部 130 と判定部 131 との間ではなく、検知回路 120 と算出部 130 との間に配置して、算出部 130 に供給されるバイアス電流信号 V_{SD} の段階で減算を行ってもよい。このように、フレーム間で差分をとる場合には、フレームごとに、駆動信号の駆動タイミングと A/D 変換器 340 のサンプル・ホールドタイミングとを一定に揃えることによって効果的にスイッチングノイズを除去しうる。そのため、共通のクロック生成器から駆動回路 102 と A/D 変換器 340 とにクロックが供給されてもよい。

【 0 0 8 9 】

放射線検出装置 1 8 0 0 は、加算器 1 3 3 と判定部 1 3 1 との間に、図 2 1 に示される積分回路 5 0 0 を含んでもよい。積分回路 5 0 0 は、シフトレジスタ 5 0 1 と、加算器 5 0 2 a、5 0 2 b と、積分値を保持するレジスタ 5 0 3 a、5 0 3 b とを含みうる。判定部 1 3 1 は、比較器 5 0 4 a、5 0 4 b と、論理和回路 5 0 5 とを含みうる。図 2 1 において、加算器 1 3 3 から出力された最新の放射線情報は、X として記載されている。

【 0 0 9 0 】

まず、シフトレジスタ 5 0 1 に格納されている値 $X[n]$ およびレジスタ 5 0 3 a、5 0 3 b に保持されている積分値 $Sum[m]$ を初期化する。これを積分器のリセットと呼ぶ。次に、不図示のクロックがシフトレジスタ 5 0 1 に与えられる度に、シフトレジスタ 5 0 1 に格納された $X[n]$ をシフトする。すなわち、シフトレジスタ 5 0 1 は、以下の式で表わされる処理を行う。

$$X[n] = X[n - 1] \quad (n > 1)$$

$$X[n] = X \quad (n = 0)$$

【 0 0 9 1 】

加算器 5 0 2 a、5 0 2 b と積分値を保持するレジスタ 5 0 3 a、5 0 3 b とは、不図示のクロックが与えられる度に累積加算（積分）を行う。すなわち、加算器 5 0 2 a、5 0 2 b およびレジスタ 5 0 3 a、5 0 3 b は、以下の式で表わされる処理を行う。加算器 5 0 2 a およびレジスタ 5 0 3 a によって 1 つの積分器が構成され、加算器 5 0 2 b およびレジスタ 5 0 3 b によって他の 1 つの積分器が構成される。

$$Sum[m] = X + Sum[m] - X[W[m]]$$

【 0 0 9 2 】

例えば、リセットが行われてから k クロック後の放射線情報 X_k とすると、 $W[m] = 4$ のときの $Sum[m]$ の値は、以下のように変化する。 $Sum[m]$ は、放射線情報 X を積分区間 $W[m]$ で積分した値である。

$$Sum[m] = 0 \quad (\text{リセット直後})$$

$$Sum[m] = X_1 \quad (k = 1)$$

$$Sum[m] = X_2 + X_1 \quad (k = 2)$$

$$Sum[m] = X_3 + X_2 + X_1 \quad (k = 3)$$

$$Sum[m] = X_4 + X_3 + X_2 + X_1 \quad (k = 4)$$

$$Sum[m] = X_5 + X_4 + X_3 + X_2 \quad (k = 5)$$

$$Sum[m] = X_6 + X_5 + X_4 + X_3 \quad (k = 6)$$

...

$$Sum[m] = X_K + X_{K-1} + X_{K-2} + X_{K-3} \quad (k = K)$$

【 0 0 9 3 】

すなわち、シフトレジスタ 5 0 1 のタップ（読み出し位置）により決定される積分区間で積分値を計算することができる。このような積分値の計算は 1 クロックで完了するため、照射開始判定の所要時間を大幅に短縮することができる。

【 0 0 9 4 】

上記のような積分器を M 個配置することにより、第 m 積分区間 $W[m]$ における第 m 積分値 $Sum[m]$ を得ることができる ($m = 1 \sim M$)。また、比較器 5 0 4 a、5 0 4 b のような比較器も M 個配置される。比較器は、第 m 閾値 $T[m]$ と第 m 積分値 $Sum[m]$ の比較を行う。論理和回路 5 0 5 により、いずれかの比較器において $Sum[m] > T[m]$ となる場合は、放射線の照射が開始されたものと判定できる。いずれの比較器において $Sum[m] > T[m]$ とならない場合は、放射線が照射されていないと判定する。

【 0 0 9 5 】

図 2 2 に示された構成例では、積分値を保持するレジスタごとに加算器および比較器が設けられているが、これは一例に過ぎない。例えば、1 つの加算器および比較器を複数のレジスタで共有してもよい。シフトレジスタ 5 0 1 は、単一のブロックで構成されうるが、複数のブロックに分割されてもよい。シフトレジスタ 5 0 1 を構成する複数のブロック

10

20

30

40

50

は、例えば、FPGA上の互いに異なるメモリ区画に実装されうる。図22に示された構成は、ソフトウェアで実現されてもよい。

【0096】

判定部131は、放射線情報又は放射線情報の積分値が所定の閾値を上回った場合に放射線が照射されていると判断する。また、図10で示したように、複数の有効値Sの加算値と、複数のノイズ値Nの加算値に対してCDSを行う構成が用いられうる。これらの演算は順不同である。ただし、扱うデータ量を少なくために、加算、CDS、フレーム補正、積分の順に信号処理を行った後、所定の閾値との比較を行ってもよい。

【0097】

[第3実施形態]

図19を参照しながら本発明の別の実施形態の放射線撮像装置1900の全体構成を説明する。放射線撮像装置1900は、画素列ごとにバイアス線Vsが配置されており、検知回路120及び基準バイアス電位発生回路126を複数備える点で図1の放射線撮像装置100とは異なる。1本のバイアス線Vsごとに検知回路120及び基準バイアス電位発生回路126が設けられている。その他の構成は第1実施形態と同様であってもよいので、重複する説明を省略する。また、放射線撮像装置1900は、第2実施形態のように算出部130と判定部131との間にメモリ132を有してもよい。また、放射線撮像装置1900は、1本のバイアス線Vsごとに検知回路120及び基準バイアス電位発生回路126を有する代わりに、2本以上のバイアス線Vsごとに検知回路120及び基準バイアス電位発生回路126を有してもよい。

【0098】

図14を参照して上述したように、駆動信号が立ち上がってから、バイアス電流の第2信号がピークとなるまでの時間は、駆動回路102からスイッチ素子Tまでの駆動線Gの部分の時定数に依存する。そこで、本実施形態では、駆動回路102からスイッチ素子Tまでの駆動線Gの部分の長さが互いに等しい、列方向に並んだ画素PIXに共通にバイアス線Vsを接続し、バイアス線Vsごとに検知回路120及び基準バイアス電位発生回路126を設ける。この場合に、バイアス電流の第2信号のピークの位置は検知回路120ごとに異なりうるので、検知回路120ごとに上述の方法で遅延時間TDを決定し、サンプリングを行う。複数の検知回路120のそれぞれから出力されたバイアス電流信号VSDは加算されて算出部130に供給される。以降の処理は第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。本実施形態では、バイアス電流信号のS/N比をさらに向上できる。

【0099】

[第4実施形態]

本実施形態に係る放射線撮像装置の構成は、上述の第1実施形態から第3実施形態の何れの放射線撮像装置と同じであってもよいので、放射線撮像装置100を例として説明する。本実施形態では、放射線撮像装置100は放射線が照射されていない場合に発生しているノイズを測定し、このノイズの量に基づいて自身の動作設定を変更する。ここで、動作設定とは、上述のオン時間TH、オフ時間TL、サンプリング周期TS、放射線情報を算出するための数式、同時に駆動する駆動線Gの本数、判定部131が放射線情報と比較する閾値などの、図3の放射線検知動作に関する設定でありうる。

【0100】

図20を参照して、本実施形態における放射線撮像装置100の動作例を説明する。S2010で、制御部106はノイズ測定を開始する。制御部106は、放射線撮像装置100のユーザからの入力に応じてノイズ測定を開始してもよいし、放射線撮像装置100の電源投入後に自動的にノイズ測定を開始してもよい。

【0101】

S2020で、制御部106はノイズ測定終了条件を満たしたかを判定する。ノイズ測定の終了条件は、例えばノイズ測定の開始から所定の時間が経過したことであってもよいし、ユーザから終了を示す入力があったことであってもよい。ノイズ測定終了条件を満たしていない場合(S2020でNO)に、制御部106はS2030で初期化動作を継続

10

20

30

40

50

する。ここでの初期化動作とは、図3の初期化動作S370と同様であるが、判定部131は放射線照射の有無を判定する代わりに、算出部130から供給された放射線情報を格納する。例えば、判定部131は最新の1フレーム分の放射線情報を格納しうる。そして、処理はS2020に戻り、制御部106は、ノイズ測定終了条件を満たすかを判定する。

【0102】

ノイズ測定終了条件を満たした場合(S2020でYES)に、S2040で、制御部106は、判定部131に格納された放射線情報が所定の値よりも大きいかなかを判定する。図20のノイズ判定処理では、放射線撮像装置100に放射線が照射されないため、放射線情報は、上述のCDS動作によっても除去されなかったノイズを表す。このノイズが大きい状態では、図3の処理を開始したとしても、放射線照射の有無を正常に判定できない場合がある。そこで、ノイズが所定の値よりも大きい場合(S2040でYES)に、S2050で、制御部106は動作設定を変更する。例えば、制御部106は判定部131がS320で放射線情報との比較に用いる閾値を大きくしてもよいし、検出されたノイズの周波数特性に応じて、外来ノイズの影響を減らすように、駆動回路102の駆動周期を変更してもよい。ノイズが所定の値よりも小さい場合(S2040でNO)に、制御部106は、図3のS310に移行し、撮像待機開始状態を開始する。この場合に、制御部106は動作設定を変更してもよい。例えば、制御部106は判定部131がS320で放射線情報との比較に用いる閾値を小さくしてもよい。

【0103】

S2050で、動作設定を変更した後、更にS2020に戻ってノイズ測定を繰り返してもよい。また、S2040で、ノイズの値が所定の値を大幅に超えて上回った場合に、制御部106はこの結果をユーザに提示してもよい。この場合に、制御部106は撮像待機状態への移行を禁止してもよい。

【0104】

図22は、本発明に係る放射線撮像装置をX線診断システム(放射線撮像システム)に応用した例を示した図である。放射線撮像システムは、放射線撮像装置6040(上記の放射線撮像装置100、1800、1900に対応)と、放射線撮像装置6040から出力される信号を処理するイメージプロセッサ6070とを備える。X線チューブ(放射線源)6050で発生したX線6060は患者あるいは被験者6061の胸部6062を透過し、放射線撮像装置6040に入射する。この入射したX線には被験者6061の体内部の情報が含まれている。イメージプロセッサ(プロセッサ)6070は、放射線撮像装置6040から出力される信号(画像)を処理し、例えば、処理によって得られた信号に基づいて制御室のディスプレイ6080に画像を表示させることができる。

【0105】

また、イメージプロセッサ6070は、処理によって得られた信号を伝送路6090を介して遠隔地へ転送することができる。これにより、別の場所のドクタールームなどに配置されたディスプレイ6081に画像を表示させたり、光ディスク等の記録媒体に画像を記録したりすることができる。記録媒体は、フィルム6110であってもよく、この場合、フィルムプロセッサ6100がフィルム6110に画像を記録する。

【0106】

上述の各実施形態の一部の動作は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することもできる。また、プログラムをコンピュータに供給するための手段、例えばかかるプログラムを記録したCD-ROM等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体又はかかるプログラムを伝送するインターネット等の伝送媒体も本発明の実施形態として適用することができる。また、上記のプログラムも本発明の実施形態として適用することができる。

【符号の説明】

【0107】

100 放射線撮像装置、101 画素アレイ、102 駆動回路、105 信号処理回

10

20

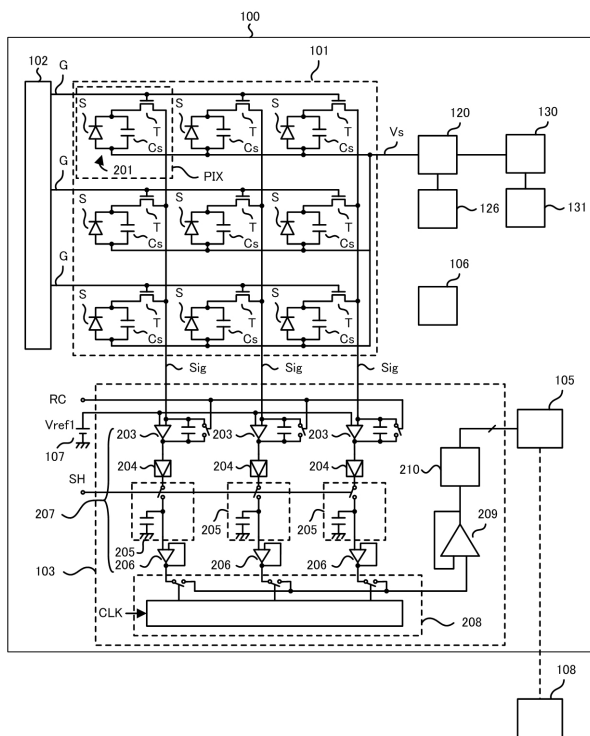
30

40

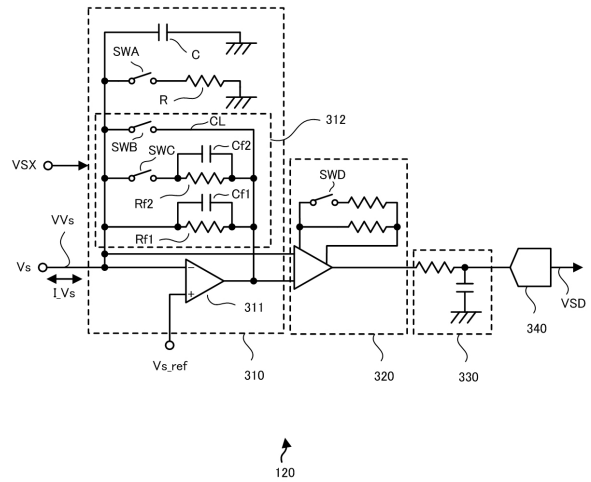
50

路、106 制御部

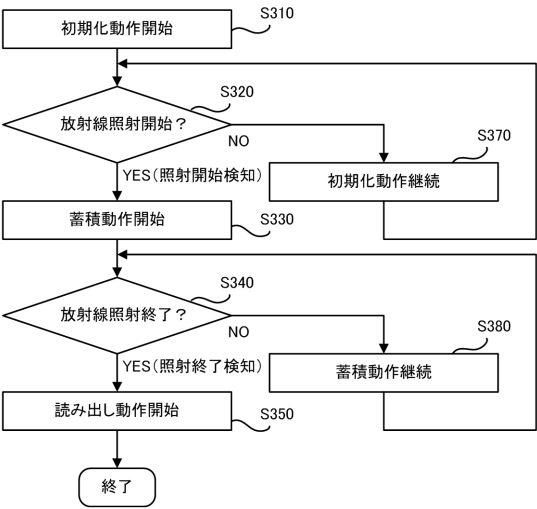
【図1】



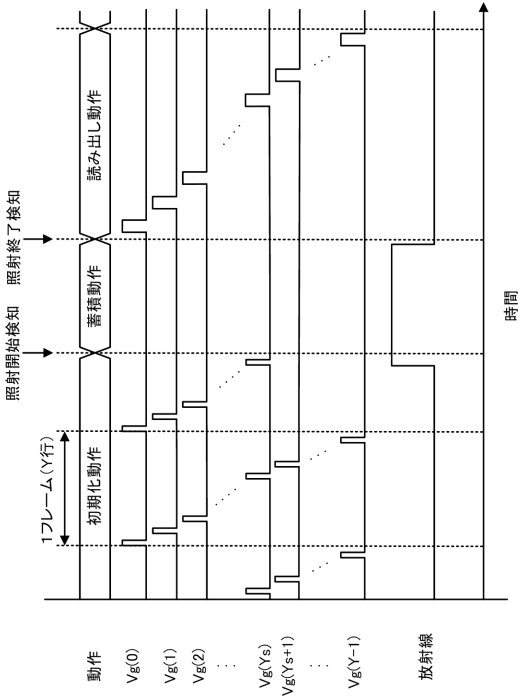
【図2】



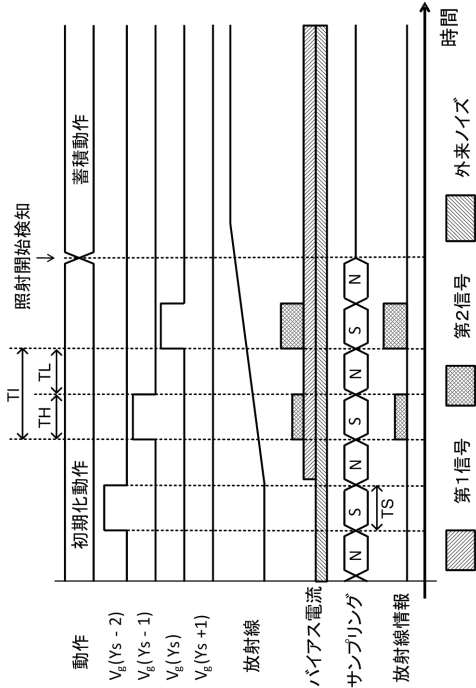
【図 3】



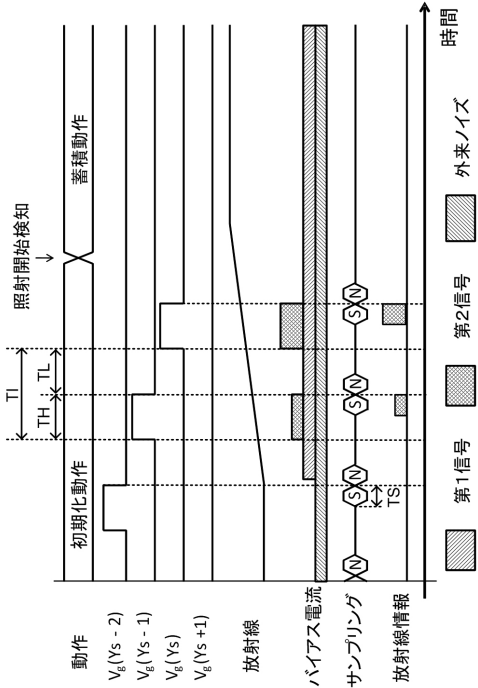
【図 4】



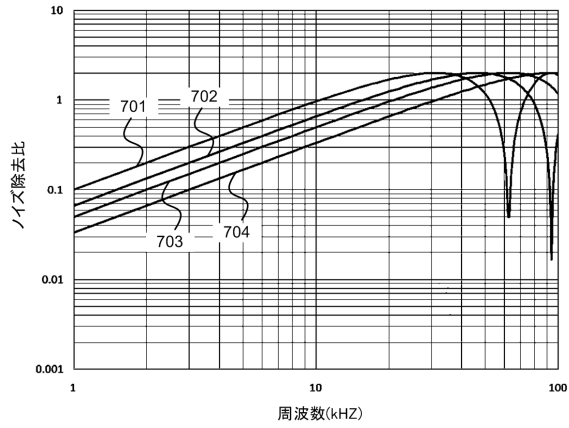
【図 5】



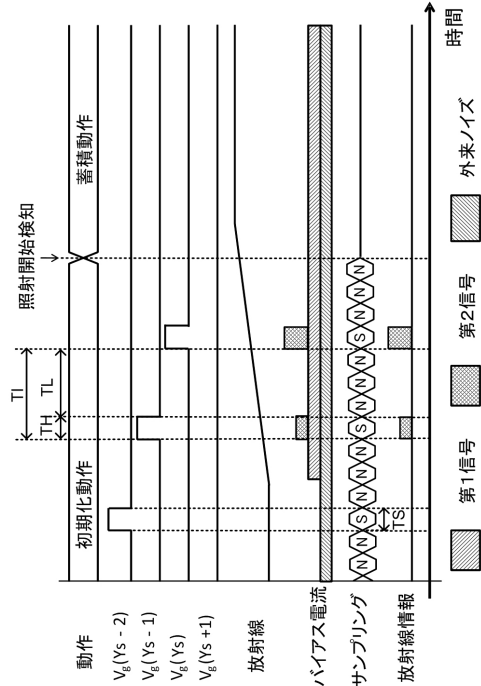
【図 6】



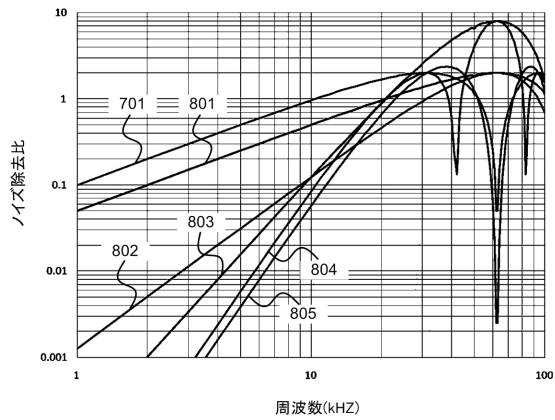
【図 7】



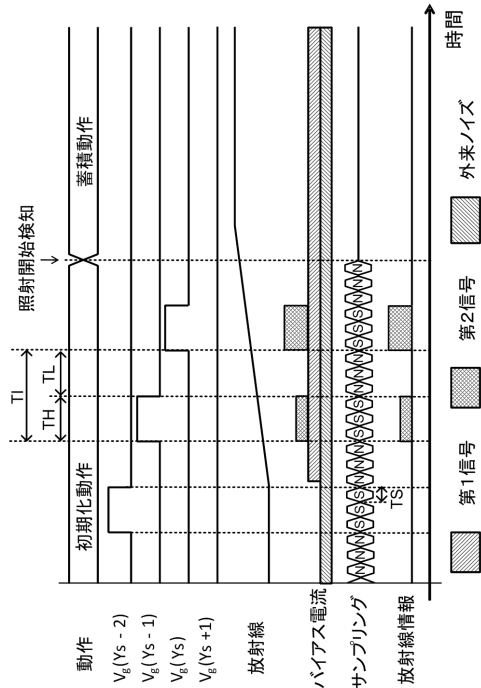
【図 8】



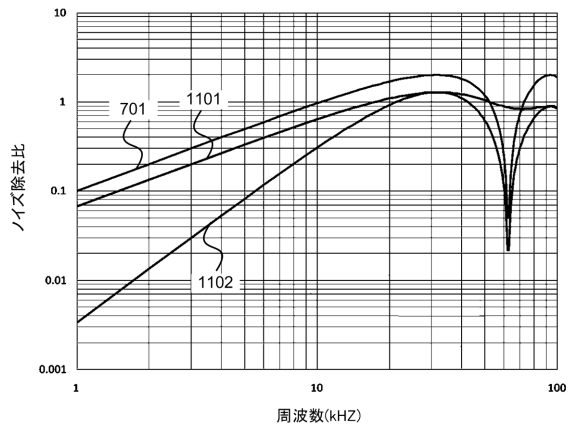
【図 9】



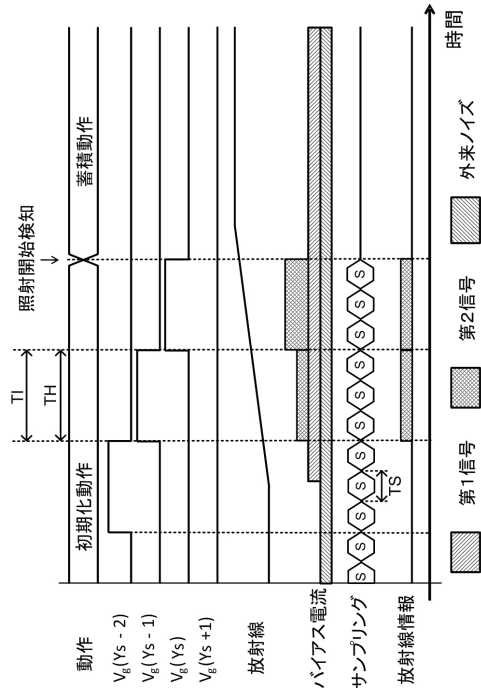
【図 10】



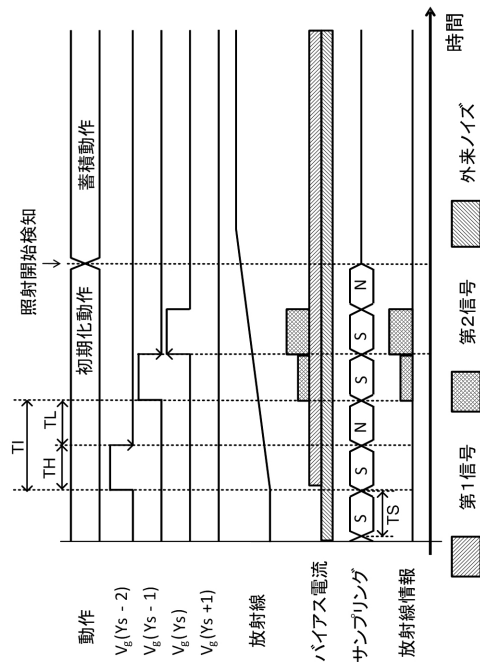
【図 1 1】



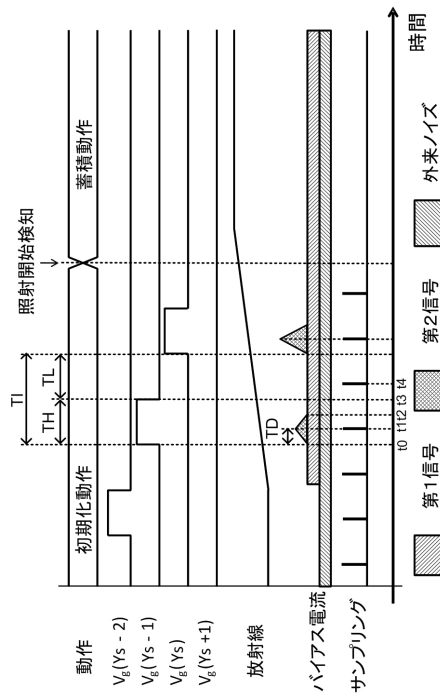
【図 1 2】



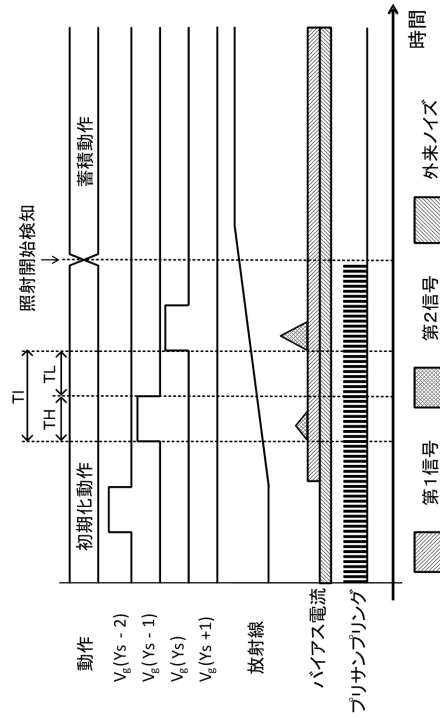
【図 1 3】



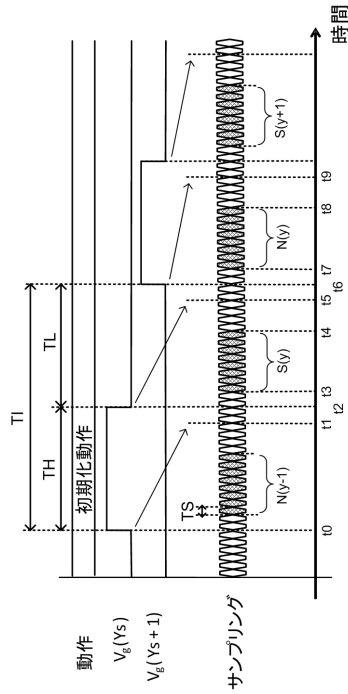
【図 1 4】



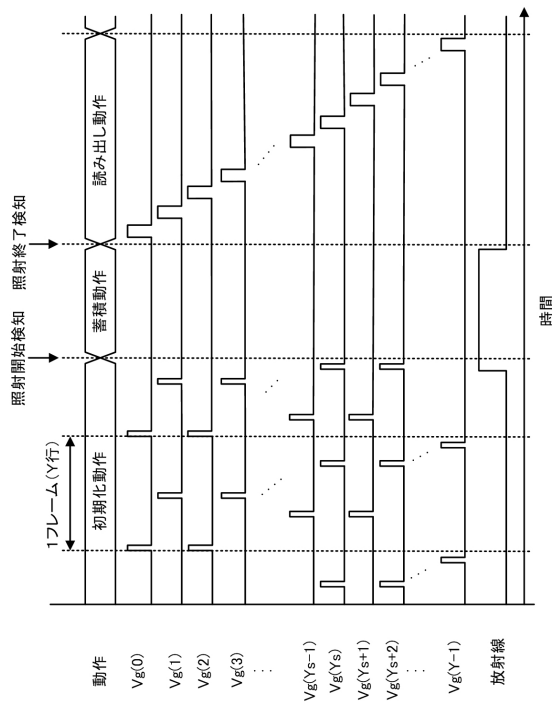
【図 15】



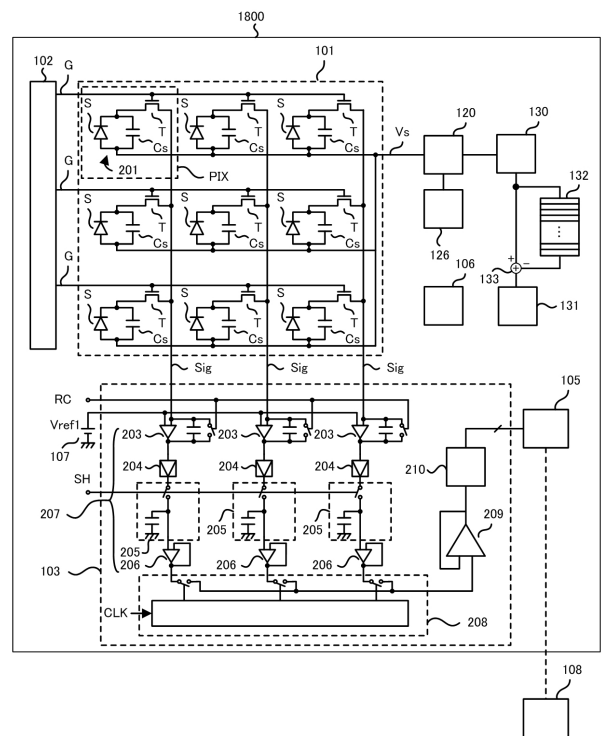
【図 16】



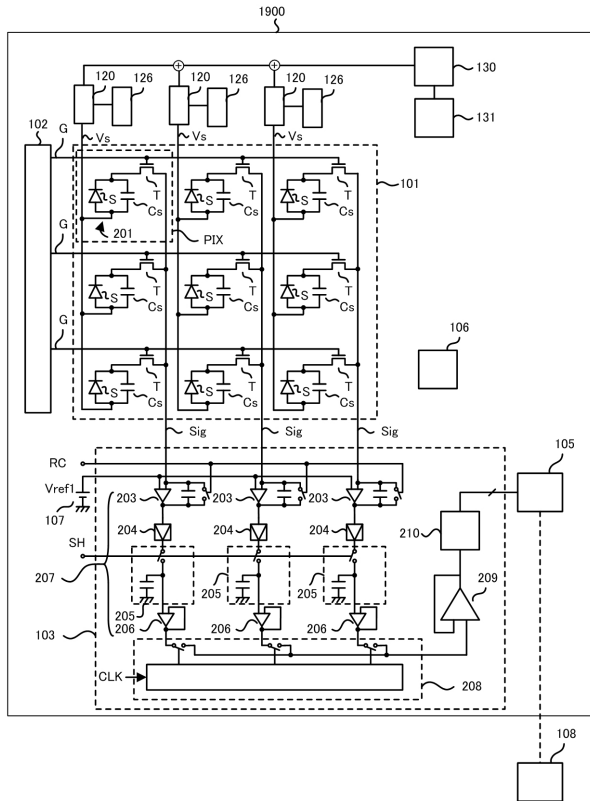
【図 17】



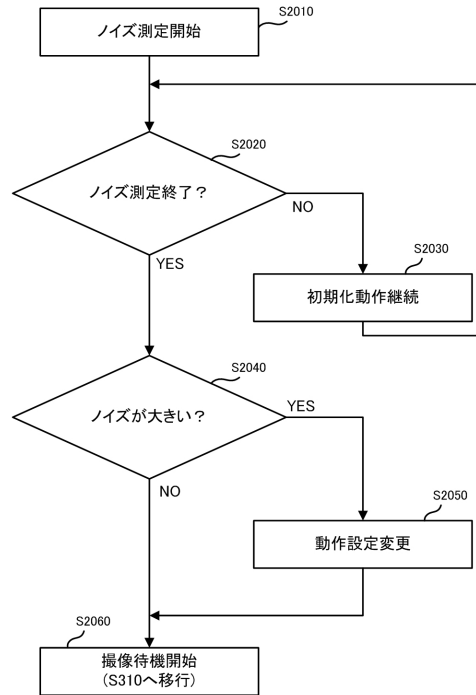
【図 18】



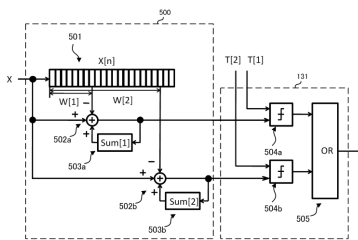
【図 19】



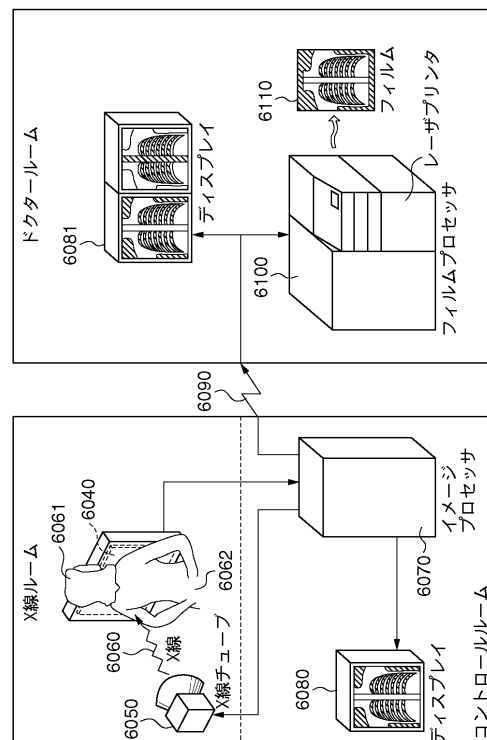
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
A 6 1 B 6/00 3 2 0 Z

- (72)発明者 岩下 貴司
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
- (72)発明者 亀島 登志男
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
- (72)発明者 八木 朋之
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
- (72)発明者 竹中 克郎
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
- (72)発明者 岡田 英之
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
- (72)発明者 佐藤 翔
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
- (72)発明者 佐藤 恵梨子
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
- (72)発明者 笠 拓哉
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 鈴木 明

(56)参考文献 国際公開第2011/104991(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 N 5 / 3 0 - 5 / 3 7 8
A 6 1 B 6 / 0 0
G 0 1 T 7 / 0 0