

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線撮像装置であって、

第 1 画素と、前記第 1 画素よりも放射線に対する感度が低い第 2 画素と、その他の画素と、を含む複数の画素と、

前記複数の画素から読み出される信号を増幅するための演算増幅器を有する増幅部と、前記複数の画素のうち前記第 1 画素および前記第 2 画素から読み出された信号の値に基づいて前記放射線撮像装置に照射中の前記放射線の量を決定するために前記増幅部を介して前記第 1 画素および前記第 2 画素から電荷を読み出す第 1 読み出し動作とともに前記その他の画素に電荷を蓄積する蓄積動作を前記放射線の照射中に行い、前記放射線に基づく画像を形成するための信号を取得するために前記その他の画素から電荷を読み出す第 2 読み出し動作を前記放射線の照射中の第 1 読み出し動作が終了した後に行う第 1 動作と、前記画像のオフセット補正に用いるためのオフセット画像を取得するために、前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記第 2 読み出し動作と、を前記放射線の照射を伴わずに前記第 1 動作の後に行う第 2 動作と、

前記蓄積動作とともに前記放射線の量を補正するための前記第 1 画素の値に基づく第 1 補正值および前記第 2 画素の値に基づく第 2 補正值を 1 回以上の前記第 1 読み出し動作により読み出された信号に基づき取得する取得動作と、前記複数の画素に蓄積した電荷をリセットするリセット動作と、を前記第 1 動作の前に行う第 3 動作と、

前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記リセット動作と、を前記第 1 動作および前記第 2 動作の間に行う第 4 動作と、

を実行する制御部と、を備え、

前記第 3 動作の実行中に前記第 1 動作に移行するための信号を受信した場合、前記第 4 動作における前記増幅部の電流供給能力で前記第 3 動作を行うこと

を特徴とする放射線撮像装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記第 3 動作における前記取得動作を実行中に前記第 1 動作に移行するための信号を受信した場合は、前記リセット動作へ移行することを特徴とする請求項 1 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記放射線撮像装置の電源が投入されてから初回の前記第 1 補正值および前記第 2 補正值が取得されるまで、前記第 1 動作への移行を行わないことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記第 4 動作における前記蓄積動作および第 1 読み出し動作の期間を、前記第 3 動作における前記取得動作の期間より短くすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記第 3 動作の前に、前記取得動作と、前記リセット動作と、を行う第 5 動作を実行することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記第 5 動作において、前記取得動作とリセット動作の間に、前記取得動作と前記リセット動作のいずれも行わない待機期間を有することを特徴とする請求項 5 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記第 3 動作の実行中に前記第 1 動作に移行するための信号を受信した時点で前記リセット動作を実行中である場合は、前記第 4 動作における前記蓄積動作を行う期間の前記電流供給能力を、前記待機期間と等しくすることを特徴とする請求項 6 に記載の放射線撮像装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記制御部は、前記電流供給能力を大きい順に、前記読み出し動作、前記リセット動作、前記待機期間の順に設定することを特徴とする請求項 6 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の放射線撮像装置と、前記放射線撮像装置からの信号を処理する信号処理部と、を備えることを特徴とする放射線撮像システム。

【請求項 10】

第 1 画素と、前記第 1 画素よりも放射線に対する感度が低い第 2 画素と、その他の画素と、を含む複数の画素と、前記複数の画素から読み出される信号を増幅するための演算増幅器を有する増幅部と、を含む放射線撮像装置の制御方法であって、前記複数の画素のうち前記第 1 画素および前記第 2 画素から読み出された信号の値に基づいて前記放射線撮像装置に照射中の前記放射線の量を決定するために前記増幅部を介して前記第 1 画素および前記第 2 画素から電荷を読み出す第 1 読み出し動作とともに前記その他の画素に電荷を蓄積する蓄積動作を前記放射線の照射中に行い、前記放射線に基づく画像を形成するための信号を取得するために前記その他の画素から電荷を読み出す第 2 読み出し動作を前記放射線の照射中の第 1 読み出し動作が終了した後に行う第 1 動作と、前記画像のオフセット補正に用いるためのオフセット画像を取得するために、前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記第 2 読み出し動作と、を前記放射線の照射を伴わずに前記第 1 動作の後に行う第 2 動作と、前記蓄積動作とともに前記放射線の量を補正するための前記第 1 画素の値に基づく第 1 補正值および前記第 2 画素の値に基づく第 2 補正值を 1 回以上の前記第 1 読み出し動作により読み出された信号に基づき取得する取得動作と、前記複数の画素に蓄積した電荷をリセットするリセット動作と、を前記第 1 動作の前に行う第 3 動作と、前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記リセット動作と、を前記第 1 動作および前記第 2 動作の間に行う第 4 動作と、を行い、前記第 3 動作の実行中に前記第 1 動作に移行するための信号を受信した場合、前記第 4 動作における前記増幅部の電流供給能力で前記第 3 動作を行うことを特徴とする放射線撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線撮像装置、放射線撮像システム、および、放射線撮像装置の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

自動露出制御 (Automatic Exposure Control: AEC) 機能を有する放射線撮影装置が知られている。このような放射線撮像装置は、照射中の放射線量を測定し、その結果に応じて放射線の照射を終了させることができる。放射線撮像装置は、例えば、放射線検出用に設定された画素のみを放射線照射中に高速に駆動させることによって放射線量をモニターする。特許文献 1 には、放射線照射の開始要求を受信するまでに、放射線検出用の画素のオフセット信号を取得する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2020 - 89714 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

しかしながら特許文献 1 には放射線検出用の画素のオフセット信号を取得している最中に放射線照射の開始要求が出された際の対応について開示がない。仮に放射線検出用の画素のオフセット信号を取得している最中に放射線照射の開始要求が出された場合、読み出し回路の駆動モードによっては画像アーチファクトが発生して画像品位を低下させる可能性がある。そこで本発明では、放射線検出用の画素のオフセット信号を取得している最中の放射線照射の開始要求に対応しつつ、画像アーチファクトを抑制し、画像品位の向上をする技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題は、放射線撮像装置であって、第 1 画素と、前記第 1 画素よりも放射線に対する感度が低い第 2 画素と、その他の画素と、を含む複数の画素と、前記複数の画素から読み出される信号を増幅するための演算増幅器を有する増幅部と、前記複数の画素のうち前記第 1 画素および前記第 2 画素から読み出された信号の値に基づいて前記放射線撮像装置に照射中の前記放射線の量を決定するために前記増幅部を介して前記第 1 画素および前記第 2 画素から電荷を読み出す第 1 読み出し動作とともに前記その他の画素に電荷を蓄積する蓄積動作を前記放射線の照射中に行い、前記放射線に基づく画像を形成するための信号を取得するために前記その他の画素から電荷を読み出す第 2 読み出し動作を前記放射線の照射中の第 1 読み出し動作が終了した後に行う第 1 動作と、前記画像のオフセット補正に用いるためのオフセット画像を取得するために、前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記第 2 読み出し動作と、を前記放射線の照射を伴わずに前記第 1 動作の後に行う第 2 動作と、前記蓄積動作とともに前記放射線の量を補正するための前記第 1 画素の値に基づく第 1 補正值および前記第 2 画素の値に基づく第 2 補正值を 1 回以上の前記第 1 読み出し動作により読み出された信号に基づき取得する取得動作と、前記複数の画素に蓄積した電荷をリセットするリセット動作と、を前記第 1 動作の前に行う第 3 動作と、前記第 1 読み出し動作と、前記蓄積動作と、前記リセット動作と、を前記第 1 動作および前記第 2 動作の間に行う第 4 動作と、を実行する制御部と、を備え、前記第 3 動作の実行中に前記第 1 動作に移行するための信号を受信した場合、前記第 4 動作における前記増幅部の電流供給能力で前記第 3 動作を行うことを特徴とする放射線撮像装置によって解決される。

【発明の効果】

【0006】

放射線検出用の画素のオフセット信号を取得している最中に放射線照射の開始要求を受け付けた場合でも、画像アーチファクトを抑制でき、画像品位が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】本発明の第一の実施形態に係る放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 2】本発明の第一の実施形態に係る増幅部の構成を示す図。

【図 3】本発明の第一の実施形態に係る各画素の構成を示す平面図。

【図 4】本発明の第一の実施形態に係る各画素の構成を示す断面図。

【図 5】本発明の放射線撮像装置を含む放射線撮像システムの構成例を示す図。

【図 6】本発明の第一の実施形態に係る放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 7】本発明の第一の実施形態に係る検出画素および補正画素の位置関係を示す図。

【図 8】本発明の第一の実施形態に係る検出画素および補正画素の位置関係を示す図。

【図 9】本発明の第一の実施形態に係る検出画素および補正画素の位置関係を示す図。

【図 10】本発明の第一の実施形態に係る検出画素および補正画素の位置関係を示す図。

【図 11】本発明の第二の実施形態に係る放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 12】本発明の第三の実施形態に係る放射線撮像システムの構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

(第一の実施形態)

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、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】

図1は、本発明の第1実施形態に係る放射線撮像装置100の構成例を示す。放射線撮像装置100は、複数の行および複数の列を構成するように撮像領域IRに配列された複数の画素と、複数の駆動線110と、複数の信号線120とを有する。複数の駆動線110は、画素の複数の行に対応して配置されており、各駆動線110が何れか1つの画素行に対応する。複数の信号線120は、画素の複数の列に対応して配置されており、各信号線120が何れか1つの画素列に対応する。

【0010】

複数の画素は、放射線画像を取得するために用いられる複数の撮像画素101と、放射線の照射量をモニターするために用いられる1つ以上の検出画素104と、放射線の照射量を補正するために用いられる1つ以上の補正画素107とを含む。放射線に対する補正画素107の感度は、放射線に対する検出画素104の感度よりも低い。

【0011】

撮像画素101は、放射線を電気信号に変換する変換素子102と、対応する信号線120と変換素子102とを互いに接続するスイッチ素子103とを含む。

【0012】

検出画素104は、放射線を電気信号に変換する変換素子105と、対応する信号線120と変換素子105とを互いに接続するスイッチ素子106とを含む。検出画素104は、複数の撮像画素101によって構成される行および列に含まれるように配置される。

【0013】

補正画素107は、放射線を電気信号に変換する変換素子108と、信号線120と変換素子108とを互いに接続するスイッチ素子109とを含む。補正画素107は、複数の撮像画素101によって構成される行および列に含まれるように配置される。図1および後続の図面では、変換素子102、変換素子105および変換素子108に対して相異なるハッチングを付すことによって撮像画素101、検出画素104および補正画素107を区別する。

【0014】

変換素子102、変換素子105および変換素子108は、放射線を光に変換するシンチレータおよび光を電気信号に変換する光電変換素子によって構成されてもよい。シンチレータは、一般的に、撮像領域IRを覆うようにシート状に形成され、複数の画素によって共有される。これに代えて、変換素子102、変換素子105および変換素子108は、放射線を直接に電気信号に変換する変換素子で構成されてもよい。

【0015】

スイッチ素子103、スイッチ素子106およびスイッチ素子109は、例えば、非晶質シリコンまたは多結晶シリコンなどの半導体で活性領域が構成された薄膜トランジスタ(TFT)を含んでもよい。

【0016】

変換素子102の第1電極は、スイッチ素子103の第1主電極に接続され、変換素子102の第2電極は、バイアス線130に接続される。1つのバイアス線130は、列方向に延びていて、列方向に配列された複数の変換素子102の第2電極に共通に接続される。バイアス線130は、電源回路140からバイアス電圧Vsを受ける。1つの列に含まれる1つ以上の撮像画素101のスイッチ素子103の第2主電極は、1つの信号線120に接続される。1つの行に含まれる1つ以上の撮像画素101のスイッチ素子103の制御電極は、1つの駆動線110に接続される。

【0017】

検出画素104および補正画素107も撮像画素101と同様の画素構成を有しており、対応する駆動線110および対応する信号線120に接続される。検出画素104と補正画素107とは、信号線120に排他的に接続されている。すなわち、検出画素104が

10

20

30

40

50

接続されている信号線 120 に補正画素 107 は接続されていない。また、補正画素 107 が接続されている信号線 120 に検出画素 104 は接続されていない。撮像素素 101 は、検出画素 104 又は補正画素 107 と同じ信号線 120 に接続されてもよい。

【0018】

駆動回路 150 は、制御部 180 からの制御信号に従って、複数の駆動線 110 を通じて、駆動対象の画素に対して駆動信号を供給するように構成される。本実施形態では、駆動信号は、駆動対象の画素に含まれるスイッチ素子をオンにするための信号である。

【0019】

各画素のスイッチ素子は、ハイレベルの信号でオンとなり、ローレベルの信号でオフとなる。そのため、このハイレベルの信号を駆動信号と呼ぶ。画素に駆動信号が供給されることによって、この画素の変換素子に蓄積された信号が読出回路 160 によって読み出し可能な状態となる。駆動線 110 が検出画素 104 および補正画素 107 の少なくとも一方に接続されている場合に、その駆動線 110 を検出駆動線 111 と呼ぶ。

10

【0020】

読出回路 160 は、複数の信号線 120 を通じて、複数の画素から信号を読み出すように構成される。読出回路 160 は、複数の増幅部 161 と、マルチプレクサ 162 と、アナログデジタル変換器（以下、AD変換器）163 とを含む。

【0021】

複数の信号線 120 のそれぞれは、読出回路 160 の複数の増幅部 161 のうち対応する増幅部 161 に接続される。1つの信号線 120 は、1つの増幅部 161 に対応する。マルチプレクサ 162 は、複数の増幅部 161 を所定の順番で選択し、選択した増幅部 161 からの信号を AD変換器 163 に供給する。AD変換器 163 は、供給された信号をデジタル信号に変換して出力する。

20

【0022】

撮像素素 101 から読み出された信号は、信号処理部 170 に供給され、信号処理部 170 によって演算、記憶などの処理がなされる。具体的に、信号処理部 170 は演算部 171 および記憶部 172 を含んでおり、演算部 171 が撮像素素 101 から読み出された信号に基づいて放射線画像を生成し、制御部 180 へ供給する。検出画素 104 および補正画素 107 から読み出された信号は、信号処理部 170 に供給され、その演算部 171 によって演算、記憶などの処理がなされる。

30

【0023】

具体的に、信号処理部 170 は、検出画素 104 および補正画素 107 から読み出された信号に基づいて、放射線撮像装置 100 に対する放射線の照射を示す情報を出力する。例えば、信号処理部 170 は、放射線撮像装置 100 に対する放射線の照射を検出したり、放射線の照射量および/または積算照射量を決定したりする。

【0024】

制御部 180 は、信号処理部 170 からの情報に基づいて、駆動回路 150 および読出回路 160 を制御する。制御部 180 は、信号処理部 170 からの情報に基づいて、例えば、露出（撮像素素 101 による照射された放射線に対応する電荷の蓄積）の開始および終了を制御する。

40

【0025】

制御部 180 は、駆動回路 150 および読出回路 160 に制御信号を送ることで、複数の動作を実行する。例えば、各画素に電荷を蓄積する動作を蓄積動作と呼ぶ。また、駆動線 110 に駆動信号を供給し、各画素のスイッチ素子を導通状態として各画素の変換素子に蓄積した電荷を除去する動作をリセット動作と呼ぶ。

【0026】

また、各画素に信号線 120 を通じて信号を供給し、撮像素素 101、検出画素 104 および補正画素 107 の各画素に蓄積した電荷を読み出す動作を読み出し動作と呼ぶ。読み出し動作により、撮像素素 101 から放射線画像を形成するための信号を読み出したり、検出画素 104 および補正画素 107 から放射線の照射量をモニターするための信号を読

50

み出ししたりする。

【 0 0 2 7 】

また、制御部 1 8 0 は、放射線の照射量を決定するために、駆動回路 1 5 0 を制御することによって、検出駆動線 1 1 1 のみを走査し、検出画素 1 0 4 および補正画素 1 0 7 からの信号だけを読み出し可能な状態にする。次に、制御部 1 8 0 は、読出回路 1 6 0 を制御することによって、検出画素 1 0 4 および補正画素 1 0 7 に対応する列の信号を読み出し、放射線の照射量を示す情報として出力する。

【 0 0 2 8 】

以上の動作を照射中に繰り返すことにより、放射線撮像装置 1 0 0 は、検出画素 1 0 4 における照射情報を放射線照射中に得ることができるので、放射線の照射量を決定することができる。 10

【 0 0 2 9 】

図 2 は、増幅部 1 6 1 の詳細な回路構成例を示す図である。増幅部 1 6 1 は、差動増幅回路 A M P およびサンプルホールド回路 S H を含む。差動増幅回路 A M P は、信号線 1 2 0 に現れた信号を増幅して出力する。制御部 1 8 0 は、差動増幅回路 A M P のスイッチ素子に制御信号 R を供給することによって、信号線 1 2 0 の電位をリセットできる。差動増幅回路 A M P からの出力は、サンプルホールド回路 S H によって保持可能である。

【 0 0 3 0 】

制御部 1 8 0 は、サンプルホールド回路 S H のスイッチ素子に制御信号 S H を供給することによって、サンプルホールド回路 S H に信号を保持させる。サンプルホールド回路 S H に保持された信号は、マルチプレクサ 1 6 2 によって読み出される。 20

【 0 0 3 1 】

本実施形態では、この差動増幅回路 A M P は演算増幅器の出力部の電流供給能力の違いによって、読み出しモード、省電力モード 1、省電力モード 2、の 3 つの動作モードを有する。

【 0 0 3 2 】

読み出しモードは 3 つの動作モードで最も演算増幅器の出力部の電流供給能力が高く、信号線 1 2 0 のインピーダンスを低くする事で信号の読み出しをスムーズに行うためのモードである。省電力モード 1 は 3 つの動作モードで最も演算増幅器の電流供給能力が低く、主に読み出し動作もリセット動作もしていない待機中に選択されるモードである。省電力モード 2 は省電力モード 1 と読み出しモードの略中間程度の演算増幅器の電流供給能力を有しており、主にリセット動作の最中に選択されるモードである。 30

【 0 0 3 3 】

このようにして、読み出し動作を行っていない時の演算増幅器の電流供給能力をコントロールする事で、撮影全体での省電力化を達成する事が可能である。増幅部 1 6 1 の動作モードの詳細な設定については後述する。

【 0 0 3 4 】

図 3 および図 4 を参照して、放射線撮像装置 1 0 0 の画素の構造例について説明する。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、放射線撮像装置 1 0 0 における撮像画素 1 0 1、検出画素 1 0 4 および補正画素 1 0 7 の構成を示す平面図である。平面図は、放射線撮像装置 1 0 0 の撮像領域 I R に平行な面への正投影と等価である。ハッチングで示すように、補正画素 1 0 7 の変換素子 1 0 8 の上に金属層が配置されており、この金属層によって変換素子 1 0 8 が遮光されている。 40

【 0 0 3 6 】

図 4 (a) は、図 3 の A - A ' 線に沿った撮像画素 1 0 1 の断面図である。検出画素 1 0 4 の断面図は撮像画素 1 0 1 の断面図と同様である。ガラス基板等の絶縁性の支持基板 4 0 0 の上にスイッチ素子 1 0 3 が配置されている。スイッチ素子 1 0 3 は、T F T (薄膜トランジスタ) であってもよい。スイッチ素子 1 0 3 の上に、層間絶縁層 4 0 1 が配置されている。層間絶縁層 4 0 1 の上に変換素子 1 0 2 が配置されている。 50

【 0 0 3 7 】

この変換素子 1 0 2 は、光を電気信号に変換可能な光電変換素子である。変換素子 1 0 2 は、例えば電極 4 0 2、PIN フォトダイオード 4 0 3、電極 4 0 4 で構成される。変換素子 1 0 2 は、PIN 型のフォトダイオードであるかわりに、MIS 型のセンサによって構成されてもよい。

【 0 0 3 8 】

変換素子 1 0 2 の上に、保護膜 4 0 5、層間絶縁層 4 0 6、バイアス線 1 3 0、保護膜 4 0 7 が順に配置されている。保護膜 4 0 7 の上に、不図示の平坦化膜およびシンチレータが配置されている。電極 4 0 4 は、コンタクトホールを介してバイアス線 1 3 0 に接続されている。電極 4 0 4 の材料として、光透過性を有する ITO が用いられ、不図示のシンチレータで放射線から変換された光を透過可能である。

10

【 0 0 3 9 】

図 4 (b) は、図 3 の B - B ' 線に沿った補正画素 1 0 7 の断面図である。補正画素 1 0 7 は、変換素子 1 0 8 が遮光部材 4 0 8 によって覆われている点で撮像素素 1 0 1 および検出画素 1 0 4 とは異なり、他の点は同じであってもよい。遮光部材 4 0 8 は、例えばバイアス線 1 3 0 と同層の金属層によって形成される。補正画素 1 0 7 の変換素子 1 0 8 は遮光部材 4 0 8 によって覆われているので、放射線に対する補正画素 1 0 7 の感度は、撮像素素 1 0 1 および検出画素 1 0 4 の感度と比べて著しく低い。補正画素 1 0 7 の変換素子 1 0 8 に蓄積される電荷は放射線に起因しないということもできる。

【 0 0 4 0 】

図 5 は、放射線撮像装置 1 0 0 を含む放射線撮像システム 5 0 0 の構成例を示す。放射線撮像システム 5 0 0 は、放射線撮像装置 1 0 0 と、放射線源 5 0 1 と、放射線源インターフェース 5 0 2 と、通信インターフェース 5 0 3 と、コントローラ 5 0 4 とを備える。

20

【 0 0 4 1 】

コントローラ 5 0 4 に、線量、照射上限時間 (m s)、管電流 (m A)、管電圧 (k V)、放射線をモニターすべき領域である関心領域 (R O I) などが入力される。放射線源 5 0 1 に付属された曝射スイッチが操作されると、コントローラ 5 0 4 は、放射線撮像装置 1 0 0 に開始要求信号を送信する。

【 0 0 4 2 】

開始要求信号は、放射線の照射開始を要求する信号である。放射線撮像装置 1 0 0 は、開始要求信号を受信したことに応じて、放射線の照射を受け入れる準備を開始する。放射線撮像装置 1 0 0 は、準備が整ったら、通信インターフェース 5 0 3 を介して放射線源インターフェース 5 0 2 に開始可能信号を送信する。開始可能信号は、放射線の照射開始が可能であることを通知する信号である。放射線源インターフェース 5 0 2 は、開始可能信号を受信したことに応じて、放射線源 5 0 1 に放射線の照射を開始させる。

30

【 0 0 4 3 】

放射線撮像装置 1 0 0 は、照射された放射線の線量の積算値の閾値に到達したら、通信インターフェース 5 0 3 を介して放射線源インターフェース 5 0 2 に終了要求信号を送信する。終了要求信号は、放射線の照射終了を要求する信号である。

【 0 0 4 4 】

放射線源インターフェース 5 0 2 は、終了要求信号を受信したことに応じて、放射線源 5 0 1 に放射線の照射を終了させる。線量の閾値は、線量の入力値、放射線照射強度、各ユニット間の通信ディレイ、処理ディレイ等に基づいて、制御部 1 8 0 によって決定される。放射線の照射時間が、入力された照射上限時間に達した場合に、放射線源 5 0 1 は、終了要求信号を受信していなくても、放射線の照射を停止する。

40

【 0 0 4 5 】

放射線の照射停止後、放射線撮像装置 1 0 0 は、撮像素素 1 0 1 のみが接続された駆動線 1 1 0 (検出駆動線 1 1 1 以外の駆動線 1 1 0) を順次走査し、各撮像素素 1 0 1 の画像信号を读出回路 1 6 0 により読み出すことによって、放射線画像を取得する。

【 0 0 4 6 】

50

検出画素 104 に蓄積された電荷は放射線の照射中に読み出されており、補正画素 107 は遮光されているため、これらの画素からの信号は放射線画像の形成に使用できない。そこで、放射線撮像装置 100 の信号処理部 170 は、検出画素 104 および補正画素 107 の周囲の撮像画素 101 の画素値を用いて補間処理を行うことによって、これらの画素の位置における画素値を補間する。

【0047】

図 6 を参照して、放射線撮像装置 100 の動作例について説明する。

【0048】

図 6 において、「放射線」は、放射線撮像装置 100 に放射線が照射されているか否かを示す。ローの場合に放射線が照射されておらず、ハイの場合に放射線が照射されている。「Vg1」～「Vgn」は、駆動回路 150 から複数の駆動線 110 に供給される駆動信号を示す。「Vgk」は k 行目 (k = 1, . . . , 駆動線の合計本数) の駆動線 110 に対応する。

10

【0049】

上述のように、複数の駆動線 110 の一部は、検出駆動線 111 と呼ばれる。j 番目の検出駆動線 111 を「Vdj」(j = 1, . . . , 検出駆動線の合計本数) と表す。SH は、増幅部 161 のサンプルホールド回路 SH に供給される制御信号のレベルを示す。

R は、増幅部 161 の差動増幅回路 AMP に供給される制御信号のレベルを示す。

【0050】

「検出画素信号」は、検出画素 104 から読み出された信号の値を示す。「補正画素信号」は、補正画素 107 から読み出された信号の値を示す。「積算照射量」は、放射線撮像装置 100 に照射された放射線の積算値を示す。この積算値の決定方法については後述する。

20

【0051】

なお、図 6 における t0 ~ t14 に行う各動作と、本発明における第 1 動作 ~ 第 5 動作との関係は、以下の通りである。t5 ~ t9 の動作が、本発明における第 1 動作である。以下同様に、t12 ~ t14 が第 2 動作、t3 ~ t5 が第 3 動作、t10 ~ t12 が第 4 動作、t0 ~ t3 が第 5 動作である。以下、t0 から順に時系列で動作の詳細を説明する。

【0052】

時刻 t0 で、制御部 180 は、複数の画素のリセット動作を開始する。制御部 180 は、リセット動作により、1 行目の駆動線 110 に接続された各画素をリセットする。続いて、制御部 180 は、2 行目の駆動線 110 に接続された各画素をリセットする。制御部 180 は、このリセット動作を最後の行の駆動線 110 まで繰り返す。この時、増幅部 161 は省電力化の為に、リセット動作が開始されるまでの待機期間においては省電力モード 1 (図 6 中では省電力 1 と記載) に設定されており、リセット動作中は省電力モード 2 (図 6 中では省電力 2 と記載) に設定されている。

30

【0053】

時刻 t1 において、制御部 180 は、検出画素 104 および補正画素 107 から読み出す読み出し動作により 1 回以上読み出しを行い、補正值を決定する。補正值について詳細に説明する。

40

【0054】

制御部 180 は、補正值を決定するために、読み出し動作を 1 回以上の所定の回数行う。信号処理部 170 は、所定の回数の読み出し動作によって検出画素 104 から読み出された信号に基づく補正值 Od と、この所定の回数の読み出し動作によって補正画素 107 から読み出された信号に基づく補正值 Oc とを決定する。

【0055】

補正值 Oc、Od の決定について詳細に説明する。所定の回数が 1 回であれば、検出画素 104 から読み出される信号は 1 つであるので、信号処理部 170 はその信号の値を補正值 Od とする。所定の回数が複数回の場合に、信号処理部 170 は、読み出された複数個の信号の平均値を補正值 Od とする。平均値に代えて他の統計値が用いられてもよい。補

50

正画素 107 から読み出された信号に基づいて、補正值 O_c も同様に決定される。

【0056】

信号処理部 170 は、このようにして決定した補正值 O_d 、 O_c を記憶部 172 に格納し、後続の処理に使用可能にする。この時、補正值 O_d 、 O_c を決定するための読み出し動作の回数を例えば数千回程度行い平均化する事で、補正值 O_d 、 O_c のノイズ影響を小さくし、補正精度を向上できる。この読み出し動作の最中は増幅部 161 の動作モードは読み出しモードに設定されている。

【0057】

所定の回数の読み出し動作を行った後、時刻 t_2 で、制御部 180 は、リセット動作を再び繰り返す。この時の増幅部 161 の動作モードは先ほど同様に、リセット動作が開始されるまでの待機中は省電力モード 1、リセット動作が行われている最中は省電力モード 2 に設定されている。

【0058】

時刻 t_3 で制御部 180 は、再び検出画素 104 および補正画素 107 から読み出す読み出し動作により 1 回以上読み出しを行い、上述の補正值 O_d 、 O_c を決定する。この検出画素 104 および補正画素 107 について読み出し動作から補正值 O_d 、 O_c を決定する一連の動作を取得動作と呼ぶ。この時増幅部 161 の動作モードは読み出しモードに設定される。補正值 O_d 、 O_c については、温度などの環境変化に対応する為、定期的に更新される。例えば数分～数 10 分程度の周期で更新される。それによって環境変化にも対応しやすくなる。

【0059】

読み出し動作の実行中に、時刻 t_4 で放射線照射の開始要求信号を受信すると、検出画素 104 および補正画素 107 から読み出す読み出し動作からリセット動作へ移行する。最後行までリセット動作を行った後（このとき増幅部 161 は省電力モード 2 に設定される）、時刻 t_5 で放射線撮像装置 100 に照射中の放射線の量を決定するための動作に移行する。この動作中において増幅部 161 は読み出しモードに設定される。この期間において制御部 180 は、1 つ以上の検出駆動線 111 に一時的に駆動信号を供給することにより、検出画素 104 および補正画素 107 から信号を読み出す動作を繰り返し実行する。

【0060】

その後、制御部 180 は、制御信号 SH を一時的にハイレベルにすることによって、信号線 120 を通じて画素から読出回路 160 に読み出された信号をサンプルホールド回路 SH に保持する。その後、制御部 180 は、制御信号 R を一時的にハイレベルにすることによって、読出回路 160（具体的にはその増幅部 161 の差動増幅回路 AMP ）をリセットする。撮像領域 IR 内に関心領域が設定されている場合に、この関心領域に含まれない検出画素 104 からは信号を読み出さなくてもよい。

【0061】

検出画素 104 および補正画素 107 から信号を読み出す動作を 1 回以上終了すると、制御部 180 は、時刻 t_6 で、放射線源インターフェース 502 へ放射線の照射が可能であることを示す開始可能信号を送信する。

【0062】

信号処理部 170 は、読み出し動作ごとに放射線の照射量 $DOSE$ を測定し、その積算値が閾値を超えたか否かを判定する。時刻 t_6 の後に時刻 t_7 から放射線の照射が開始される。照射中は、撮像画素 101 について蓄積動作を行い、並行して検出画素 104 および補正画素 107 からの信号を読み出し動作によって取得して、照射量 $DOSE$ を決定する。

【0063】

照射量 $DOSE$ の決定方法について以下に説明する。直近の読み出し動作によって検出画素 104 から読み出された信号の値を S_d と表す。直近の読み出し動作によって補正画素 107 から読み出された信号の値を S_c と表す。信号処理部 170 は、 S_d 、 S_c 、 O_d および O_c を以下の式 (1) に適用することによって、 $DOSE$ を算出する。

10

20

30

40

50

$DOSE = (S_d - O_d) - (S_c - O_c) \dots$ 式(1)

【0064】

この式では、開始可能信号を送信した後に補正画素107から読み出された信号の値 S_c と、開始可能信号を送信する前に補正画素107から読み出された信号に基づいて決定された補正值 O_c との差分に基づいて $DOSE$ が決定される。

【0065】

また、信号処理部170は、式(1)に代えて、 S_d 、 S_c 、 O_d および O_c を以下の式(1)に適用することによって、 $DOSE$ を算出してもよい。

$DOSE = S_d - O_d \times S_c / O_c \dots$ 式(2)

【0066】

この式では、開始可能信号を送信した後に補正画素107から読み出された信号の値 S_c と、開始可能信号を送信する前に補正画素107から読み出された信号に基づいて決定された補正值 O_c との比率に基づいて $DOSE$ が決定される。

【0067】

本実施形態では、補正画素107から読み出された信号の値(S_c および O_c)をさらに用いて照射量 $DOSE$ を決定する。補正画素107は放射線に対する感度が非常に低いため、放射線の照射開始後に補正画素107から読み出された信号の値 S_c は、検出画素104から読み出された信号の値 S_d のオフセット成分を表すとみなせる。

【0068】

さらに、本実施形態では、放射線の照射開始前に検出画素104および補正画素107から読み出された信号に基づく補正值 O_d および O_c を用いて照射量 $DOSE$ を決定している。それによって、各画素の固有の特性違い(検出回路のチャンネルの差異、各画素寄生抵抗、寄生容量の差異など)を補正できる。

【0069】

制御部180は、時刻 t_8 で積算照射量が閾値に到達したら、放射線源インターフェース502に終了要求信号を送信する。これに代えて、制御部180は、積算照射量が閾値に到達する時刻を推定し、この推定時間に終了要求信号を送信してもよい。

【0070】

時刻 t_9 で、放射線源インターフェース502は、終了要求信号の受信に応じて、放射線源501に放射線の照射を終了させる。照射終了後、 $V_{g1} \sim V_{gn}$ まで順次ハイレベルの信号を印可し、撮像素子101の読み出しを行う。この時は増幅部161の動作モードは読み出しモードに設定される。

【0071】

時刻 $t_{10} \sim t_{13}$ では $t_3 \sim t_9$ と同じ駆動方法を実行する。ただし信号読み出しは行わないので SH や R はローレベルに固定しておく。また、この時、増幅部161の動作モードについても $t_3 \sim t_9$ と同様にしておく。増幅部161の動作モードはそれぞれ演算増幅器の電流供給能力が異なるため、動作モードごとに信号線120の電位状態が異なる。画像のための信号取得時と、オフセット画像用の信号取得時の電位状態が異なると、補正時のアーチファクトの原因となる。

【0072】

そこで増幅部161の動作モードを合わせる事によって、 t_{13} 時点(オフセット画像のための信号読み出し開始時)の信号線120の電位状態と、 t_9 時点(画像のための信号読み出し開始時)の信号線120の電位状態とを合わせる事ができる。電位状態を合わせる事により補正の精度が向上し、画像アーチファクトが抑制される。

【0073】

なお、リセット動作($t_2 \sim t_3$)の実行中に放射線照射の開始要求信号が来た場合には、 $t_{10} \sim t_{11}$ は省電力モード1に設定するのが良い。あくまでも、 $t_{10} \sim t_{11}$ の増幅部161の動作モードは、放射線照射の開始要求信号が来た時の増幅部161の動作モードに合わせるのが重要である。

【0074】

10

20

30

40

50

時刻 t_{13} では $V_{g1} \sim V_{gn}$ に順次ハイレベルの信号を印可し、撮像素子 101 のオフセット画像のための信号の読み出しを行う。ここで得られた信号を用いて、 $t_9 \sim t_{10}$ で得られた撮像素子 101 の信号を補正すれば高品位な画像を得る事ができる。また、放射線撮像装置 100 に電源を投入してから初回の補正值 O_d 、 O_c の取得が完了するまでは、放射線の開始要求信号が来ても許可をせずに、補正值 O_d 、 O_c を取得するのが望ましい。上述したように補正值 O_d 、 O_c は温度などの環境変化の影響を受けやすいため、常に最新の補正值 O_d 、 O_c を使用するのが望ましい。

【0075】

図7～図10を参照して、検出画素104と補正画素107との位置関係について説明する。これらの図では検出画素104と補正画素107の位置を明確にするため、撮像素子101を省略する。これらの例で、撮像領域IRの一部に関心領域ROI_A～ROI_Eが設定されている。

10

【0076】

関心領域とは、AECでモニターされる領域であり、この関心領域のそれぞれに検出画素104が配置される。オフセット成分の変動量（又は変動率）は、リセット動作から読み出し動作に切り替わるための動作方法および動作時間によって主に定まり、検出画素104と補正画素107の位置関係がオフセット成分の変動量に及ぼす寄与は少ない。そのため、検出画素104の個数に対して補正画素107の個数は少なくてもよい。

【0077】

例えば、数個～数十個の検出画素104に対して1個の割合で補正画素107が配置されてもよい。さらに、信号線120ごとに取得された上述の S_d 、 S_c 、 O_d および O_c はそれぞれ、複数の信号線120にわたって平均化されてもよい。これによって、ノイズを低減できる。

20

【0078】

図7の例で、検出画素104および補正画素107は関心領域ROI_A～ROI_E内にのみ配置されており、それ以外の領域に配置されていない。図8の例で、検出画素104は関心領域ROI_A～ROI_E内にのみ配置されており、それ以外の領域に配置されていない。一方、補正画素107は、関心領域ROI_A～ROI_E内と、それ以外の領域との両方に配置されている。

【0079】

図9の例で、検出画素104は関心領域ROI_A～ROI_E内にのみ配置されており、それ以外の領域に配置されていない。一方、補正画素107は、関心領域ROI_A～ROI_E内に配置されず、それ以外の領域に配置されている。このような配置では、関心領域内の検出画素104の個数を増やすことができる。また、補正画素107は、撮像領域IRの端の近くに配置されている。

30

【0080】

補正画素107は、最端部のような有効画素領域の外に配置されてもよい。補正画素107は放射線に対する感度が低いため、画像信号を取得するために用いることができない。このように、補正画素107を撮像領域IRの端の近くに配置することによって、放射線画像の欠損の影響を低減できる。

40

【0081】

図10の例で、検出画素104は関心領域ROI_A～ROI_E内にのみ配置されており、それ以外の領域に配置されていない。一方、補正画素107は、関心領域ROI_A～ROI_E内と、それ以外の領域との両方に配置されている。具体的に、補正画素107は、各関心領域の周辺に配置されている。各関心領域の重心と、その関心領域に対応して配置された複数の補正画素107の重心とは略一致する。このように配置することによって、画素の抵抗や容量の微小な相違や、検出駆動線111を伝わる駆動信号の伝わり方の相違によるオフセット補正への影響を軽減できる。

【0082】

(第二の実施形態)

50

次に、図 11 を用いて、本発明の第二の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態と重複する箇所については説明を省略する。

【0083】

第一の実施形態との差異は、 $t_{10} \sim t_{11}$ の期間に V_{d1} と V_{d2} を駆動させず、待機とする事である。本発明で重要となるのは、 t_{13} 時点での信号線 120 の電位状態を、 t_9 時点の信号線 120 の電位状態と合わせる事である。したがって、 $t_{10} \sim t_{11}$ の時に V_{d1} と V_{d2} は駆動させなくても良い。

【0084】

また、本実施形態では $t_{10} \sim t_{11}$ の期間を、 $t_3 \sim t_4$ より短くしている。先に述べた通り、本発明においては信号線 120 の電位状態が $t_9 \sim t_{10}$ と $t_{13} \sim t_{14}$ で同様になっていることが重要であり、省電力化のために $t_{10} \sim t_{11}$ の期間を画像アーチファクトが問題とならない範囲で短くすることが可能である。

【0085】

(第三の実施形態)

以下、図 12 を参照しながら放射線撮像装置 100 を放射線撮影システムに応用した例を説明する。放射線源である X 線チューブ 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、前述の放射線撮像装置 100 に代表される放射線撮像装置 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。

【0086】

X 線の入射に対応してシンチレータは発光し、これを光電変換素子で光電変換して、電気的情報を得る。この情報はデジタルに変換され信号処理部となるイメージプロセッサ 6070 により画像処理され制御室の表示部となるディスプレイ 6080 で観察できる。

【0087】

また、この情報は電話回線 6090 等の伝送処理部により遠隔地へ転送でき、別の場所のドクタールームなど表示部となるディスプレイ 6081 に表示もしくは光ディスク等の記録部に保存することができ、遠隔地の医師が診断することも可能である。また記録部となるフィルムプロセッサ 6100 により記録媒体となるフィルム 6110 に記録することもできる。

【符号の説明】

【0088】

- 100 放射線撮像装置
- 101 撮像画素
- 104 検出画素
- 107 補正画素
- 110 駆動線
- 111 検出駆動線
- 120 信号線
- 150 駆動回路
- 160 読出回路
- 170 信号処理部
- 180 制御部

10

20

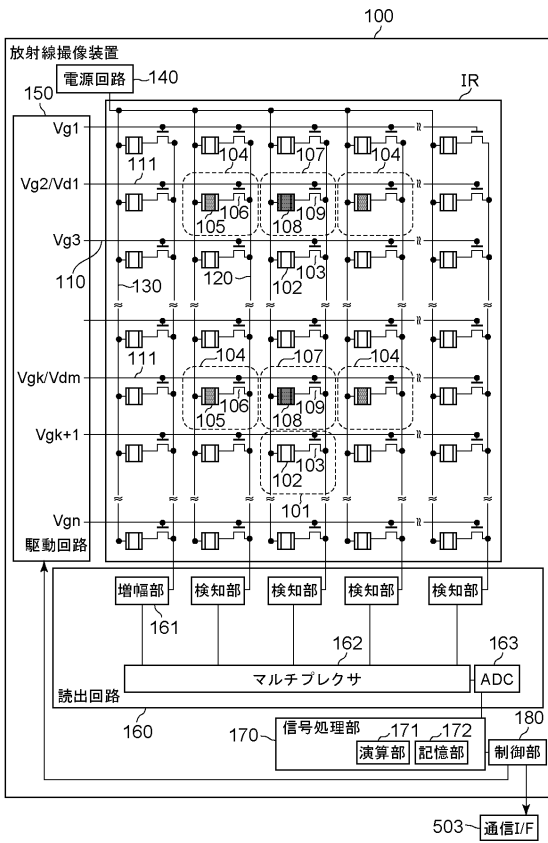
30

40

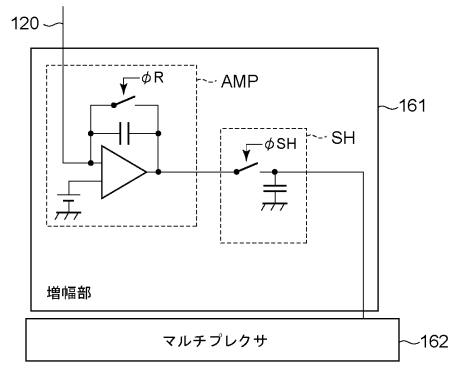
50

【 図 面 】

【 図 1 】



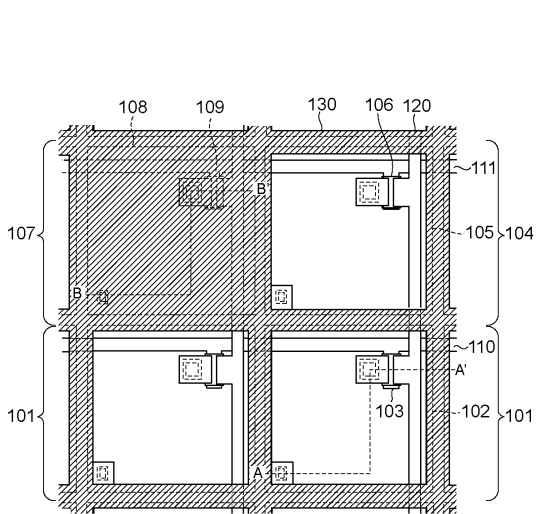
【 図 2 】



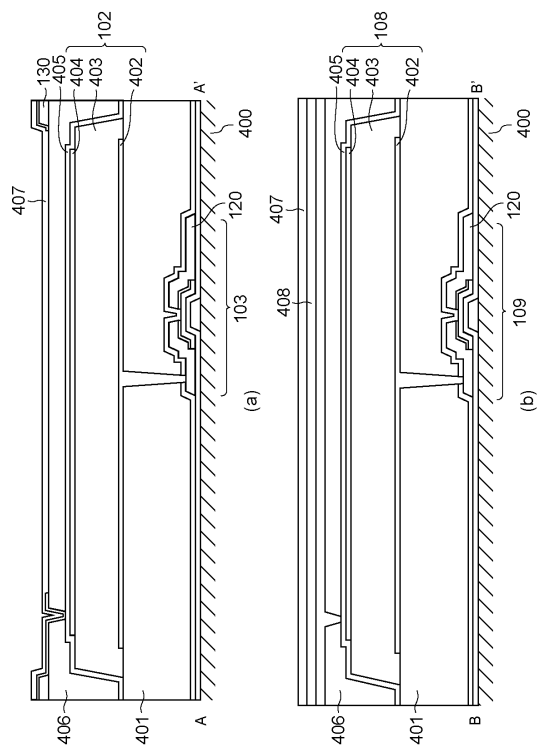
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 4 N **5/365(2011.01)**

F I

H 0 4 N 5/32

H 0 4 N 5/365 1 0 0

テーマコード (参考)

Fターム (参考)

FF12

4C093 AA03 CA13 EB12 EB17 FA18 FA32

5C024 AX11 CX04 CX67 CY17 EX56 GX09 GY31 HX18