

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4965931号
(P4965931)

(45) 発行日 平成24年7月4日 (2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月6日 (2012.4.6)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 0 0 S
G 0 1 T 1/20 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 5 0 S
H 0 4 N 5/225 (2006.01)	G 0 1 T 1/20 G
H 0 4 N 5/32 (2006.01)	G 0 1 T 1/20 F
H 0 1 L 27/144 (2006.01)	G 0 1 T 1/20 B

請求項の数 10 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-215855 (P2006-215855)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年8月8日 (2006.8.8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-75598 (P2007-75598A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成19年3月29日 (2007.3.29)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成21年8月5日 (2009.8.5)		弁理士 阿部 琢磨
(31) 優先権主張番号	特願2005-236773 (P2005-236773)	(74) 代理人	100124442
(32) 優先日	平成17年8月17日 (2005.8.17)		弁理士 黒岩 創吾
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	横山 啓吾
			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	遠藤 忠夫
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線撮像装置、放射線撮像システム、その制御方法、及び制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線を電荷に変換する変換素子が2次元に複数配列された検出部と、
前記検出部を駆動する駆動回路と、
前記検出部からの前記電荷に基づく電気信号を読み出す読み出し回路と、
前記検出部に放射線が照射されて行われる第1の蓄積動作と該第1の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第1の信号値を読み取る第1の読み取り動作とを行う第1のフレーム動作と、該第1のフレーム動作の前に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第2の蓄積動作と該第2の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第2の信号値を読み取る第2の読み取り動作とを行う第2のフレーム動作と、前記第1のフレーム動作の後に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第3の蓄積動作と該第3の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第3の信号値を読み取る第3の読み取り動作とを行う第3のフレーム動作と、を選択的に実行する制御部と、
前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部と、を含み、
前記第1のフレーム動作と、前記第2のフレーム動作と、前記第3のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われ、
前記信号処理部は、前記第2の信号値と前記第3の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第1の信号値から減算する放射線撮像装置。

【請求項 2】

前記信号処理部は、前記撮影のフレームレートの速さに応じて前記第 2 の信号値と前記第 3 の信号値とに 1 対 1 で重み付けをして加算する処理をすることにより、前記第 2 の信号値と前記第 3 の信号値とを平均化処理をして得られた前記補正用の信号値を、前記第 1 の信号値から減算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】

前記信号処理部は、前記第 1 の信号値を記憶する第 1 の記憶手段と、前記第 2 の信号値を記憶する第 2 の記憶手段と、前記第 3 の信号値を記憶する第 3 の記憶手段と、前記補正用の信号値を記憶する第 4 の記憶手段を有する請求項 1 又は 2 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 4】

前記変換素子は、放射線を光に変換する波長変換体と、該光を前記電荷に変換する光電変換素子と、を有する請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 5】

前記波長変換体は、 Gd_2O_3 、 Gd_2O_2S 及び CsI のうちから選ばれた 1 種を母体材料として含む請求項 4 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 6】

前記光電変換素子は、絶縁基板上に設けられたアモルファスシリコンを主材料とする半導体層を有する請求項 4 又は 5 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 7】

検出部は、前記変換素子と、前記変換素子に応じたスイッチ素子と、を含む画素が 2 次元に複数配列される請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置と、放射線発生手段と、を含み、前記制御手段が前記放射線発生手段及び前記放射線撮像装置の動作を制御することにより、被写体を透過した放射線画像を読み取る放射線撮像システム。

【請求項 9】

放射線撮像装置の動作を制御する制御方法であって、

2 次元に複数配列された放射線を電荷に変換する変換素子を有する検出部に放射線が照射されて行われる第 1 の蓄積動作と該第 1 の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動回路が駆動して読み出し回路が前記検出部から第 1 の信号値を読み取る第 1 の読み取り動作とを行う第 1 のフレーム動作と、該第 1 のフレーム動作の前に前記第 1 の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第 2 の蓄積動作と該第 2 の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第 2 の信号値を読み取る第 2 の読み取り動作とを行う第 2 のフレーム動作と、前記第 1 のフレーム動作の後に前記第 1 の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第 3 の蓄積動作と該第 3 の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第 3 の信号値を読み取る第 3 の読み取り動作とを行う第 3 のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われ、

前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部が、前記第 2 の信号値と前記第 3 の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第 1 の信号値から減算する制御方法。

【請求項 10】

放射線を電荷に変換する変換素子が 2 次元に複数配列された検出部と、前記検出部を駆動する駆動回路と、前記検出部からの前記電荷に基づく電気信号を読み出すための読み出し回路と、前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部と、を備えた放射線撮像装置の動作をコンピュータに制御させるために記憶媒体に記憶されたプログラムであって、

前記検出部に放射線が照射されて行われる第 1 の蓄積動作と該第 1 の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第 1 の信号値を読み取る第 1 の読み取り動作とを行う第 1 のフレーム動作と、該第 1 のフレーム動作の

10

20

30

40

50

前に前記第 1 の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第 2 の蓄積動作と該第 2 の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第 2 の信号値を読み取る第 2 の読み取り動作とを行う第 2 のフレーム動作と、前記第 1 のフレーム動作の後に前記第 1 の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第 3 の蓄積動作と該第 3 の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第 3 の信号値を読み取る第 3 の読み取り動作とを行う第 3 のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われるようにコンピュータに選択的に実行させ、

前記信号処理部が前記第 2 の信号値と前記第 3 の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第 1 の信号値から減算する手順をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療用の診断や工業用の非破壊検査等に用いて好適な放射線撮像装置及びその制御方法に関する。なお、本発明においては、X線、線などの電磁波や線、線を放射線に含めるものとする。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子にアモルファスシリコンなどの非単結晶薄膜半導体を用い、静止画像を撮影できる放射線撮像装置が実用化された。アモルファスシリコン薄膜半導体の作製技術を用い、人体胸部の大きさをカバーする40cm角を超える大面積化が実現されている。その作製プロセスが比較的容易であるため、将来的には安価な検出装置の提供が期待されている。しかもアモルファスシリコンは1mm以下の薄いガラスに作製可能であるため、ディテクタとしての厚さを非常に薄く作製できる長所がある。また、静止画及び動画の撮影を1つの装置で実施することが可能であるため、それらに専用の装置を総計で2つ準備する必要がない。

20

【0003】

このような放射線撮像装置は、X線などの放射線を電気信号に変換する複数の変換素子とスイッチ素子とがマトリクス状に配列された光電変換回路と、この光電変換回路からの電気信号を読み出すための読み出し用回路とを有している。ここで、変換素子は放射線を直接電気信号に変換する材料を用いて構成してもよいし、放射線を可視光に変換する波長変換体と変換された可視光を電気信号に変換する光電変換素子によって構成してもよい。

30

【0004】

アモルファスSiを用いた固体撮像素子を有する放射線撮像装置によって画像を撮影する際には、実際に読み出した画像には光電変換回路や読み出し回路で生成されるオフセットが含まれる。従って、この信号値に含まれるオフセット成分を除く必要がある。

【0005】

放射線の爆射により得た画像の信号値から、固定パターンノイズやダーク成分などのオフセット成分を含む暗出力像の信号値（暗信号値）を減算することによって、オフセット成分の補正を行うこと（以下、オフセット補正ともいう）が知られている。この減算によって得られた値を補正值とすると、補正值は、「補正值 = 信号値 - オフセット成分」で求められる。なお、オフセット成分は、放射線の爆射を伴わずに変換回路からの信号読み出し（補正用読み取り動作）を行うことにより、得ることができる。

40

【0006】

例えば動画撮影では、放射線の爆射開始前に予めオフセット成分を取得し、メモリ等とその信号値を記憶しておく。そして、以後のフレームで得られる信号値をその記憶されたオフセット成分により減算することで補正值を取得する。ここでは、1回のオフセット成分取得の動作も信号値取得の動作同様に1フレームと数えることとする。

【0007】

50

従来の方法では、動画開始直後、即ち放射線の爆射命令直後に、先ず、オフセット成分の取得を行う。そして、取得されたオフセット成分をオフセットメモリに格納する。オフセット成分取得完了後、放射線の爆射を開始して信号値出力を取得する。そして、取得された信号値を信号値メモリに記憶する。その後、信号値メモリ中の信号値から予め取得してあるオフセット成分を減算回路にて減算することにより、補正值を得る。以降のフレームにおいても、同様に信号値を取得する。但し、この際には、前のフレームで使用した信号値メモリに信号を上書きしてかまわない。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来の方法では、放射線の爆射を伴う動画撮影において、正確なオフセット成分が得ることができず、実際に得られる補正值に誤差が生じるという課題がある。実際の動画撮影の信号値には、画像信号値出力成分及びオフセット成分の他に残像成分が含まれることが知られている。ここで、残像とはオフセット補正により信号値を補正しても、画像信号値出力成分以外に残ってしまう成分をいう。従って、信号値は、「信号値 = 画像信号値出力成分 + オフセット成分 + 残像」で表される。これを書き換えると、「補正值 = 信号値 - オフセット成分 = 画像信号値出力成分 + 残像」となる。このように、従来の技術では、補正值に残像が残っているため、動画画像が劣化してしまっているのである。

【 0 0 0 9 】

従来のオフセット補正では、オフセット取得後に正の残像が発生すると補正值がその分だけ実際より多く出力されてしまう。即ち、従来の装置には、動画撮影において残像の影響を受け画質が劣化するという課題がある。

【 0 0 1 0 】

また、通常の読み取り動作で得られる信号値に含まれるランダムノイズの標準偏差を σ_1 、補正用読み取り動作で得られるオフセット成分に含まれるランダムノイズの標準偏差を σ_2 とすると、補正值に含まれるランダムノイズの標準偏差 σ_t は、数 1 で表される。

【 0 0 1 1 】

【数 1】

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

【 0 0 1 2 】

そして、このオフセット成分に含まれるランダムノイズ分だけ、補正前に比べてランダムノイズが増加してしまう。

【 0 0 1 3 】

なお、ランダムノイズを削減する技術は、例えば特許文献 1 においては、放射線曝射前の複数の暗出力の平均値、もしくは放射線曝射後の複数の暗出力の平均値を放射線曝射による画像信号から減算する補正方法が開示されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 0 8 0 7 4 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 4 】

しかしながら、放射線曝射前の複数の暗出力の平均値を減算する方法では、オフセット成分の補正を行うことは可能であっても、放射線曝射によって発生するランダムノイズを補正することはできない。一方、放射線曝射後の複数の暗出力の平均値を減算する方法では、ランダムノイズを低減させることは可能であっても、複数の暗出力を読み出し、平均化し、といった工程を画像情報取得後に行うことになる。そのため、画像出力までの時間が遅延してしまう。このため、特に動画取得の際には、画像出力の遅れが問題となってしまう。また、フレームレートも低下してしまう。また、特許文献 1 には、残像という概念がなく、ランダムノイズと同時に残像を十分補正することはできない。特に、アモルフ

10

20

30

40

50

アス材料を光電変換層に用いた場合、アモルファス中のトラップ準位に光電変換によって生じたキャリアがトラップされるので、残像が多く発生する。

【 0 0 1 5 】

本発明は、前記課題を鑑みてなされたものであり、フレームレートを低下させることなくオフセット成分及びランダムノイズを低減することができる放射線撮像装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

本願発明者は、前記課題を解決すべく鋭意検討を重ねた結果、以下に示す発明の諸態様に想到した。

【 0 0 1 7 】

本発明に係る放射線撮像装置は、放射線を電荷に変換する変換素子が2次元に複数配列された検出部と、前記検出部を駆動する駆動回路と、前記検出部からの前記電荷に基づく電気信号を読み出す読み出し回路と、前記検出部に放射線が照射されて行われる第1の蓄積動作と該第1の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第1の信号値を読み取る第1の読み取り動作とを行う第1のフレーム動作と、該第1のフレーム動作の前に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第2の蓄積動作と該第2の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第2の信号値を読み取る第2の読み取り動作とを行う第2のフレーム動作と、前記第1のフレーム動作の後に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第3の蓄積動作と該第3の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動して第3の信号値を読み取る第3の読み取り動作とを行う第3のフレーム動作と、を選択的に実行する制御部と、前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部と、を含み、前記第1のフレーム動作と、前記第2のフレーム動作と、前記第3のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われ、前記信号処理部は、前記第2の信号値と前記第3の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第1の信号値から減算する。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る放射線撮像システムは、上記放射線撮像装置と、放射線発生部と、を有し、前記制御部が前記放射線発生部及び前記放射線撮像装置の動作を制御することにより、被写体を透過した放射線画像を読み取ることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本発明に係る放射線撮像装置の制御方法は、2次元に複数配列された放射線を電荷に変換する変換素子を有する検出部に放射線が照射されて行われる第1の蓄積動作と該第1の蓄積動作が行われた前記検出部を駆動回路が駆動して読み出し回路が前記検出部から第1の信号値を読み取る第1の読み取り動作とを行う第1のフレーム動作と、該第1のフレーム動作の前に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されないウェイトと前記放射線が照射されることなく行われる第2の蓄積動作と該第2の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第2の信号値を読み取る第2の読み取り動作とを行う第2のフレーム動作と、前記第1のフレーム動作の後に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第3の蓄積動作と該第3の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第3の信号値を読み取る第3の読み取り動作とを行う第3のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われ、前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部が、前記第2の信号値と前記第3の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第1の信号値から減算する。

【 0 0 2 0 】

本発明に係るプログラムは、放射線を電荷に変換する変換素子が2次元に複数配列された検出部と、前記検出部を駆動する駆動回路と、前記検出部からの前記電荷に基づく電気

10

20

30

40

50

信号を読み出すための読み出し回路と、前記読み出し回路から出力された前記電気信号を処理する信号処理部と、を備えた放射線撮像装置の動作をコンピュータに制御させるために記憶媒体に記憶されたプログラムであって、前記検出部に放射線が照射されて行われる第1の蓄積動作と該第1の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第1の信号値を読み取る第1の読み取り動作とを行う第1のフレーム動作と、該第1のフレーム動作の前に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第2の蓄積動作と該第2の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第2の信号値を読み取る第2の読み取り動作とを行う第2のフレーム動作と、前記第1のフレーム動作の後に前記第1の蓄積動作と同じ長さの時間で前記検出部に放射線が照射されることなく行われる第3の蓄積動作と該第3の蓄積動作が行われた前記検出部を前記駆動回路が駆動して前記読み出し回路が前記検出部から第3の信号値を読み取る第3の読み取り動作とを行う第3のフレーム動作と、が同じ撮影のフレームレートで行われるようにコンピュータに選択的に実行させ、前記信号処理部が前記第2の信号値と前記第3の信号値とを前記撮影のフレームレートの速さに応じた重み付けをして加算する処理をして得られた補正用の信号値を、前記第1の信号値から減算する手順をコンピュータに実行させる。

10

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、第1の信号値を取得する前後の第2の信号値と第3の信号値とから得られた補正用の信号値を用いて第1の信号値の補正を行うため、残像を著しく低減することができる。また、この補正に伴うランダムノイズの増加も抑制されるため、画質及び信頼性が優れた放射線画像を取得することができる。更に、第1～第3の信号値を取得するフレームレートを速くするほど残像を低減することが可能である。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。図1は、本発明の実施形態に係るX線撮像装置（放射線撮像装置）を示す図である。

【0023】

本実施形態に係る放射線撮像装置には、検出回路部101、駆動回路部103、X線源（放射線発生装置）109、読み出し回路部107、信号処理回路部108、及びX線源109の駆動制御を行う制御ユニット105が設けられている。また、この放射線撮像装置では、動画撮影モードと静止画撮影モードとを選択的に設定自在とされている。なお、この実施形態では、X線撮像装置について説明するが、本発明はこれに限定されることなく、線、線、線等も放射線の範疇に含まれる。

30

【0024】

検出回路部101、駆動回路部103及び読み出し回路部107を含むフラットパネルディテクタの回路構成を図2に示す。なお、図2では、便宜上変換素子を3×3画素分のみ記載しているが、検出回路部101には、例えば2000×2000程度の変換素子が配列される。

【0025】

40

図2において、S1-1～S3-3は変換素子を構成する光電変換素子、T1-1～T3-3はスイッチ素子（TFT：Thin Film Transistor）である。1つの画素は、光電変換素子S1-1とスイッチ素子T1-1を有している。また放射線を光電変換素子S1-1～S3-3が感知可能な波長に変換する波長変換体（不図示）が光電変換素子S1-1～S3-3の入射面上に配置されている。変換素子はこの波長変換体と光電変換素子S1-1～S3-3を含んでいる。G1～G3はスイッチ素子をオンまたはオフさせるためのゲート配線、M1～M3は信号配線、Vs線は光電変換素子に蓄積バイアスを与えるための配線である。本実施形態では、光電変換素子S1-1～S3-3、スイッチ素子T1-1～T3-3、駆動配線G1～G3、信号配線M1～M3及びVs線が検出回路部101に含まれている。Vs線は、電源Vsによりバイアスされる。10

50

3は駆動配線G1～G3に駆動用のパルス電圧を与える駆動回路部であり、スイッチ素子のオンまたはオフを切り替える電圧Vgは駆動回路部103の外部から供給される。

【0026】

読み出し回路部107は、検出回路部101内の信号配線M1～M3の並列信号出力を増幅し、直列変換して出力する。RES1～RES3は信号配線M1～M3をリセットするスイッチ、A1～A3は信号配線M1～M3の信号を増幅するアンプである。CL1～CL3はアンプA1～A3により増幅された信号を一時的に記憶するサンプルホールド容量、Sn1～Sn3はサンプルホールドするためのスイッチ、B1～B3はバッファアンプである。Sr1～Sr3は並列信号を直列変換するためのスイッチ、SR2はスイッチSr1～Sr3に直列変換するためのパルスを与えるシフトレジスタである。104は直列変換された信号を出力するバッファアンプである。

10

【0027】

本実施形態の放射線撮像装置の動作について説明する。図3は、図2に示す本実施形態の放射線撮像装置の動作を示すタイムチャートである。

【0028】

まず、変換期間（放射線照射期間）について説明する。スイッチ素子T1-1～T3-3の全てがオフとなっている状態において、放射線源109をパルス的にオンさせる。すると夫々の光電変換素子S1-1～S3-3に波長変換体（不図示）から放射線量に応じた光が照射される。光電変換素子S1-1～S3-3で光の量に対応した電荷が変換され、変換された電荷は素子容量に蓄積される。波長変換体を用いていれば、放射線の量に対応した可視光を光電変換素子側に導光するような部材を用いるか、又は蛍光体を光電変換素子の極近傍に配置すればよい。なお、放射線源が放射を終了した後でも素子容量に光電変換された電荷は保持される。

20

【0029】

次に、読み出し期間について説明する。読み出し動作は、S1-1～S1-3の1行目、次にS2-1～S2-3の2行目、次にS3-1～S3-3の3行目の順で行われる。まず、1行目の光電変換素子S1-1～S1-3を読み出しするために、1行目のスイッチ素子（TF T）T1-1～T1-3に接続される駆動配線G1にシフトレジスタSR1からゲートパルスを与える。これにより、1行目のスイッチ素子T1-1～T1-3がオン状態になり、1行目の光電変換素子S1-1～S1-3の電荷が、信号配線M1～M3に転送される。M1～M3の信号配線には、読み出し容量CM1～CM3が付加されており、電荷はスイッチ素子を介し、読み出し容量CM1～CM3に転送されることになる。例えば、信号配線M1の付加されている読み出し容量CM1は、M1に接続されているスイッチ素子T1-1～T3-1のゲート-ソース間の電極間容量（Cgs）の総和（3個分）である。信号配線M1～M3に転送された電荷は、アンプA1～A3で増幅される。そして、容量CL1～CL3に転送され、SMP L信号をオフするとともにホールドされる。

30

【0030】

次に、シフトレジスタSR2からスイッチSr1、Sr2、Sr3の順番で、パルスを印加することにより、容量CL1～CL3にホールドされていた信号が、CL1、CL2、CL3の順でアンプ104から出力される。バッファアンプB1、B2、B3のアナログ信号出力がアンプ104から出力される。このことから、シフトレジスタSR2とスイッチSr1～Sr3とを含めてアナログマルチプレクサと称する。結果として、1行分の光電変換素子S1-1、S1-2、S1-3の電荷に応じた信号がアナログマルチプレクサにより順次出力されることになる。2行目の光電変換素子S2-1～S2-3の読み出し動作、3行目の光電変換素子S3-1～S3-3の読み出し動作も同様に行われる。

40

【0031】

1行目のSMP L信号により信号配線M1～M3の信号をCL1～CL3にサンプルホールドすれば、M1～M3をCRES信号によりGND電位にリセットし、その後にG2のゲートパルス印加することができる。即ち、1行目光電変換素子S1-1～S3-3

50

からの信号を直列変換動作をする間に、同時に２行目の光電変換素子 $S_{2-1} \sim S_{2-3}$ の電荷を信号配線 $M_1 \sim M_3$ に転送することができる。

【 0 0 3 2 】

以上の動作により、第１行から第３行全ての光電変換素子で発生した放射線に応じた電荷を出力することができる。そして、このような動作を繰り返し行うことにより、動画の撮影が可能となる。

【 0 0 3 3 】

ここで、検出回路部 101 に含まれる MIS 型光電変換素子とスイッチ素子（薄膜トランジスタ： $TFET$ ）の断面構造について説明する。図４は、 MIS 型光電変換素子及び薄膜トランジスタの構造を示す断面図である。 MIS 型光電変換素子 121 及び $TFET$ 120 は、アモルファス Si を主材料として構成されている。光電変換素子 121 を構成する部分では、絶縁性基板 100 上に、光電変換素子アノード側電極 115、 SiN からなる絶縁層 114、 i 型（真性）アモルファス Si からなる半導体層 113、 n 型アモルファス Si からなるホールプロッキング層として機能する不純物半導体層 112 及び光電変換素子カソード側電極 111 が順に形成されている。一方、薄膜トランジスタ（ $TFET$ ）120 を構成する部分では、基板 100 上に、 $TFET$ ゲート電極 119、 SiN からなるゲート絶縁層 118、 i 型アモルファス Si からなる半導体層 117、 n 型アモルファス Si からなるオーミックコンタクト層として機能する不純物半導体層 112 及びソース・ドレイン電極 116 が順に形成されている。ここで光電変換素子 121 は図２の光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{3-3}$ に相当し、薄膜トランジスタ 120 は図２のスイッチ素子 $T_{1-1} \sim T_{3-3}$ に相当する。そして、光電変換素子 121 及び $TFET$ 120 を覆う絶縁層 122 が形成され、この上に X 線などの放射線を可視光に変換する波長変換体（シンチレータ）110 が形成されている。波長変換体は 110、例えば、 Gb_2O_3 、 Gb_2O_2S 及び CsI のうちから選ばれた１種を母体材料として構成されている。

【 0 0 3 4 】

このような変換素子の構造では、波長変換体 110 により X 線などの放射線が可視光線に変換され、この可視光線が光電変換素子 121 により電荷に変換される。なお、変換素子として波長変換体を介さずに、光電変換素子 121 が放射線を吸収して直接的に電気信号に変換する機能を有するように構成してもよい。この場合、その半導体層の材料として、例えば、アモルファスセレン、ヒ素化ガリウム、ヨウ化水銀、ヨウ化鉛から選ばれた１種を使用することができる。また、光電変換素子 121 を PIN 型光電変換素子としてもよい。

【 0 0 3 5 】

次に、信号処理回路部 108 について説明する。図５は、信号処理回路部 108 の構成を示すブロック図である。この信号処理回路部 108 には、読み出し用回路部 107 からのアナログ出力をデジタル変換する AD コンバータ（ ADC ）7、２回分のオフセット成分（暗出力像）を格納する２つのオフセットメモリ 1 及び 2 が設けられている。また、放射線が照射された後の読み出し動作による信号値を格納する信号値メモリ 3 も設けられている。また、信号処理回路部 108 の全体を統括制御し、オフセットメモリ 1 及び 2 並びに信号値メモリ 3 に記憶されたデータに後述するような信号処理を施す CPU （中央演算処理装置）4 が設けられている。更に、 CPU 4 からのタイミングパルスが入力されるシフトレジスタ 5、 CPU 4 からのタイミングパルス及びシフトレジスタ 5 からの出力が入力される演算増幅器 8 並びに演算増幅器 8 からの出力が入力されるシフトレジスタ 6 が設けられている。

【 0 0 3 6 】

次に、本実施形態における読み取り動作（駆動方法）について説明する。図６は、読み取り動作を示すタイミングチャートである。ここでは、フレーム $No.$ （フレーム数）が 30 であり、オフセット成分（ FPN ）取得と信号値取得とを交互に行う例を示す。紙面右側に向かう方向が時間の経過を意味する。このタイミングチャートでは、放射線照射期間を「 X 」で表し、読み出し期間を「 H 」で表している。即ち、「 H 」は、信号値の読み

10

20

30

40

50

取り動作の期間であり、本読み期間又は本読み動作と称す。「W」はX線照射期間「X」と同じタイムスケールであるが、このタイミングではX線の照射を行わない。「W」は言わば光電変換素子のダークを蓄積している期間であり、ウェイト期間と称する。「K」及び「F」はそのウェイト期間の後の読み出し動作を示しており、検出回路部101の動作は読み出し期間「H」と何ら違いはない。「K」及び「F」は、互いに全く同じ読み出し動作であるが、その違いは、読み出し動作によって得られた信号を、放射線像を取得する情報として使用するか否かである。「K」は空読み（カラヨミ）期間又は空読み動作と称し、「F」はオフセット成分（FPN）読み取り期間又はオフセット成分（FPN）読み取り動作と称する。放射線像を取得する情報としては「F」が採用される。

【0037】

10

図6では、放射線爆射による信号値の取得と、オフセット成分の取得を交互に行っている。まず、放射線撮像装置は、「W」と「K」とを交互に動作させる。この時、実際の撮影現場では、例えば、X線技師（撮影者）は、検出回路部101の受光面上で、患者（被撮影者）の撮影部位の位置合わせを行う。X線技師（撮影者）は、患者の位置合わせが終了し撮影の準備が整ったならば、装置の曝射命令を発する。曝射命令を受けた放射線撮像装置は、その時点のウェイト動作「W」と空読み動作「K」（便宜上「K」と書くが実際には「F」である。）を行い、その後「X」、「H」、「W」、「F」、「X」、・・・と交互に信号値及びオフセット成分の取得を行っていく。

【0038】

次に、信号処理回路部108の動作について説明する。図7は、信号処理回路部108の動作を示すフローチャートである。図7の横軸は動画撮影のフレーム数を表しており、縦軸はフレーム毎の読み出し回路部107からの出力及び信号処理回路部108中での処理動作を表している。

20

【0039】

まず、動画開始前（図6において「K」を行っているフレーム）では、シフトレジスタ5及び6を用いてゲートG11にタイミングパルスを送り、読み出し回路部107から信号処理回路部108に出力されるオフセット成分出力をオフセットメモリ1に格納する。そして、曝射命令が出るまで、オフセットメモリ1に読み出し回路部107から出力されるオフセット成分出力を上書きし続ける。曝射命令がなされると、その直後にX線の爆射が開始され、読み出し回路部107から信号値出力を取得する。

30

【0040】

そして、シフトレジスタ5を用いてゲートG13にタイミングパルスを送り、得られた信号値を信号値メモリ3に格納する。次のフレームでは、前記同様にオフセット成分取得後にシフトレジスタ5及び6を用いてゲートG12にタイミングパルスを送り、読み出し回路部107から出力されたオフセット成分出力をオフセットメモリ2に格納する。この際に、CPU4において、オフセットメモリ1とオフセットメモリ2との信号を0.5で重み付けして加算することによって補正用の信号値を取得し、この補正用の信号値を信号値メモリの信号値から減算する。ここで、上記の単純な平均化処理を行う場合は、オフセットメモリ1とオフセットメモリ2との信号を加算し、信号値メモリの信号値を桁上げ（2倍）したものから減算処理するだけなのでCPU4への負荷が少ない。また、重み付けの重みに関して、オフセットメモリ1とオフセットメモリ2との信号を撮影のフレームレートに応じて重み付けを変えて加算する方法と、オフセットメモリ1とオフセットメモリ2との信号をフレームレートによらず一定の重み付けで加算する方法を選択できる。

40

【0041】

この減算値を補正值とする。そして、以後同様の手順で補正值を得る。

【0042】

この補正法をX線画像の信号を取得する前後のオフセット成分を用いた補正であるので前後オフセット補正と称する。

【0043】

なお、上述のように、これらの信号処理が行われている間の検出回路部101、駆動回

50

路部（シフトレジスタ）１０３及び読み出し回路部１０７での信号処理は、図２及び図３に示す信号処理と同様である。

【００４４】

本実施形態によれば、従来の放射線撮像装置と比較して残像を著しく低減することができる。即ち、従来の放射線撮像装置では、矩形の光信号（Ｘ線信号）を受光した際は、矩形波入力直前及び直後に大きな残像が生じる。これに対し、本実施形態のように図７に示す信号処理を実施して、矩形の光信号を受光した場合には、図８Ａ及び図８Ｂに示すように、残像が低減される。なお、図８Ａには、矩形の光照射があった際の信号値、前後オフセット補正量、補正值及び残像についてフレーム数毎の信号値を表している。また、比較のために、図９に従来の放射線撮像装置において矩形の光照射があった際の信号値、オフセット成分補正量、補正值及び残像についてフレーム数毎の信号値を示す。

10

【００４５】

特に、図８Ａ及び図８Ｂにおいて、光照射（放射線照射）終了直後の残像について注目すると、従来の方法では予め取得したオフセット成分（ＦＰＮ）を主とするオフセット成分出力で補正する。それに対し、本実施形態では、前後オフセット補正量として、放射線（Ｘ線）画像情報を有する信号値の直前及び直後に取得したオフセット成分出力を用いて補正用の信号値を取得し、それを用いて補正している。このため、放射線（光照射）終了後に放射線（光）入力がないにも拘わらず発生する残像成分を含む信号値を感知して正確に補正することができ、残像を著しく低減することができる。

【００４６】

20

更に、図１０Ａ及び図１０Ｂに示すように、動画撮影時のフレームレートが速ければ速いほど、残像が低減される。図１０Ａ及び図１０Ｂでは、図８Ａ及び図８Ｂと同様に、放射線（光）照射終了後に光入力がないにも拘わらず発生する残像成分を含む信号値に着目している。ここで図１０Ａ及び図１０Ｂでは、撮影直前に取得したオフセット成分と撮影直後に取得したオフセット成分を１：１（０．５：０．５）で重み付け（平均化）して加算し、信号値から減算している。

【００４７】

ここで、フレームレートＡ（図１０Ａ）はフレームレートＢ（図１０Ｂ）の２倍のフレームレートであり、フレームレートが速いフレームレートＡで発生する残像は、フレームレートＢに比べ少ないことがわかる。フレームレートが速くなると、残像成分を含む信号値が時間を追って変化するために、より短い時間内でオフセット成分出力の取得及び信号値の取得が行われ、短時間内で補正值が取得される。このことが残像の減少につながっているのである。従って、本実施形態で採用している補正方法（前後オフセット補正法）は、フレームレートを上げることで更に残像を削減することができるといえる。また、最適な重み付けを行うことによって、更に残像を削減できる。図１０Ｃでは、フレームレートは、図１０Ａと同じであるが、撮影直前に取得したオフセット成分と撮影直後に取得したオフセット成分を３：７（０．３：０．７）で重み付けして加算して補正用の信号値を取得し、信号値から減算している。これにより図１０Ａに比べ、残像を更に削減できている。

30

【００４８】

40

本実施形態によって得る補正值に含まれるランダムノイズについて説明する。通常の読み取り動作で得られる信号値に含まれるランダムノイズの標準偏差を σ_1 、補正用読み取り動作で得られるオフセット成分出力に含まれるランダムノイズの標準偏差を σ_2 、撮影直前に取得したオフセット成分の重みを a 、撮影直後に取得したオフセット成分の重みを b とすると、本実施形態による前後オフセット補正值に含まれるランダムノイズの標準偏差 σ_t は、数２で表される。

【００４９】

【数 2】

$$\sigma_{\text{noise}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 \times \frac{(a^2 + b^2)}{(a+b)^2}} \quad \frac{a^2 + b^2}{(a+b)^2} \leq 1$$

【0050】

特に、撮影直前に取得したオフセット成分と撮影直後に取得したオフセット成分を 1 : 1 (0 . 5 : 0 . 5) で重み付けして加算している場合は、数 3 で表される。

【0051】

10

【数 3】

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} / 2$$

【0052】

従って、本実施形態によればランダムノイズを削減することもできる。

【0053】

次に、本発明の実施形態に係る放射線撮像装置の放射線撮像システムへの応用例について説明する。図 11 は、放射線撮像システムの構成を示す模式図である。

20

【0054】

X 線チューブ 6050 (X 線源 109) で発生した X 線 6060 は患者又は被験者 6061 の胸部 6062 を透過し、本発明の実施形態に係る放射線撮像装置を内部に備えたイメージセンサ 6040 に入射する。イメージセンサ 40 に、上述の実施形態における検出回路部 101、駆動回路部 103、読み出し回路部 107 及び信号処理回路部 108 が含まれている。この入射した X 線には患者 6061 の体の内部の情報が含まれている。X 線の入射に対応してシンチレータ (蛍光体) は発光し、これを検出回路部 101 の光電変換素子が光電変換して、電気的情報を得る。イメージセンサ 6040 は、この情報を電気信号 (デジタル信号) としてイメージプロセッサ 6070 に出力する。画像処理手段としてのイメージプロセッサ 6070 は、受信した信号に対して画像処理を施して、制御室の表示手段であるディスプレイ 6080 に出力する。ユーザは、ディスプレイ 6080 に表示された画像を観察して、患者 6061 の体の内部の情報を得ることができる。なお、イメージプロセッサ 6070 は、制御手段の機能も有しており、動画 / 静止画の撮影モードを切り換えたり、X 線チューブ (放射線発生装置) 6050 の制御を行ったりすることも可能である。即ち、イメージプロセッサ 6070 は、上述の実施形態における制御ユニット 105 としても機能する。

30

【0055】

また、イメージプロセッサ 6070 は、イメージセンサ 6040 から出力された電気信号を電話回線 6090 等の伝送処理手段を介して遠隔地へ転送し、ドクタールーム等の別の場所にある表示手段 (ディスプレイ) 6081 に表示することもできる。また、イメージセンサ 6040 から出力された電気信号を光ディスク等の記録手段に保存し、この記録手段を用いて遠隔地の医師が診断することも可能である。また、記録手段となるフィルムプロセッサ 6100 によりフィルム 6110 に記録することもできる。

40

【0056】

なお、本発明の光電変換素子の構造は、特に限定されるものではない。例えば、アモルファスシリコンを主原料とし、放射線を可視光に変換する波長変換体からの可視光を吸収し電気信号に変換する光電変換素子が用いられてもよい。このような素子としては、例えば、アクセプタ不純物をドーピングした P 層と、真性半導体層である I 層と、ドナー不純物をドーピングした N 層と、を有する P I N 型の光電変換素子があげられる。また、基板上に形成された金属薄膜層と、この金属薄膜層上に形成され、電子及び正孔の通過を阻止するアモ

50

ルファス窒化シリコンからなる絶縁層と、この絶縁層上に形成された水素化アモルファスシリコンからなる半導体層と、この半導体層上に形成され、正孔の注入を阻止するN型の不純物半導体層と、この不純物半導体層上に形成された導電層と、を有するMIS型の光電変換素子等が挙げられる。MIS型の光電変換素子では、導電層は透明導電層であってもよく、また、導電層が注入阻止層上の一部に形成されていてもよい。変換素子として、これらの光電変換素子が用いられ、波長変換体が必要とされる場合、波長変換体としては、例えば Gd_2O_2S 、 Gd_2O_3 又は CsI を主成分とする蛍光体を用いることができる。更に、変換素子として、波長変換体を用いず半導体層の材料としてアモルファスセレン、ガリウム砒素、ヨウ化鉛又はヨウ化水銀を含有し、照射された放射線を吸収し直接電気信号に変換する素子を用いてもよい。

10

【0057】

また、読み出し回路部107の構造も特に限定されるものではなく、例えば、検出回路部101から読み出した信号を増幅する増幅手段と、この増幅手段により増幅された信号を蓄積する蓄積手段と、この蓄積手段により蓄積された信号をシリアル変換するシリアル変換手段と、を有するものを用いることができる。

【0058】

なお、本発明の実施形態は、例えば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ができる。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。上記のプログラム、記録媒体、伝送媒体及びプログラムプロダクトは、本発明の範疇に含まれる。

20

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明は、医療用の診断や工業用の非破壊検査等に用いて好適な放射線撮像装置に好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明に係る放射線撮像装置を示す概略図である。

30

【図2】本発明の放射線撮像装置に含まれるフラットパネルディテクタを示す概略的回路図である。

【図3】本発明に係る放射線撮像装置に含まれるフラットパネルディテクタの動作を示すタイミングチャートである。

【図4】本発明に係る放射線撮像装置の1画素の断面図である。

【図5】本発明に係る放射線撮像装置の信号処理回路部の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明に係る放射線撮像装置の読み取り動作を示すタイミングチャートである。

【図7】本発明に係る放射線撮像装置の信号処理回路部の動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明に係る放射線撮像装置に対して矩形の放射線（光）照射があった際の信号値、オフセット補正量、補正值及び残像についてフレーム数毎に示す図である。

40

【図9】従来の放射線撮像装置に対して矩形の放射線（光）照射があった際の信号値、オフセット補正量、補正值及び残像についてフレーム数毎に示す図である。

【図10】本発明に係る放射線撮像装置において、残像の大きさを示すグラフである。

【図11】本発明の放射線撮像装置を用いた放射線撮像システムの構成を示す模式図である。

【符号の説明】

【0061】

- 1、2 オフセットメモリ
- 3 信号値メモリ

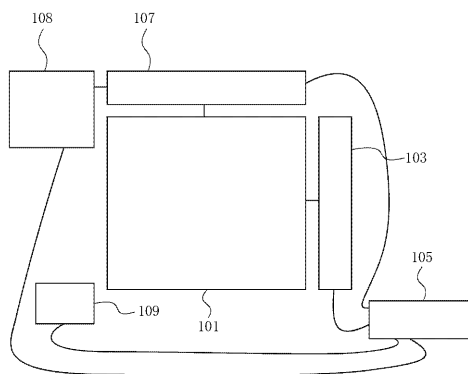
50

- 4 CPU
 5、6 シフトレジスタ
 7 ADコンバータ
 8 演算増幅器
 101 光電変換回路部
 103 駆動回路部
 105 制御ユニット
 107 読み出し用回路部
 108 信号処理回路部
 109 X線源
 S1-1 ~ S3-3 光電変換素子
 T1-1 ~ T3-3 スwitchング素子
 G1 ~ G3 ゲート駆動配線
 M1 ~ M3 マトリクス信号配線
 Vs 光電変換素子のバイアス線
 CM1 ~ CM3 読み出し容量
 RES1 ~ RES3 スイッチ
 A1 ~ A3、B1 ~ B3、104 アンプ
 Sn1 ~ Sn3 転送スイッチ
 Sr1 ~ Sr3 読み出し用スイッチ

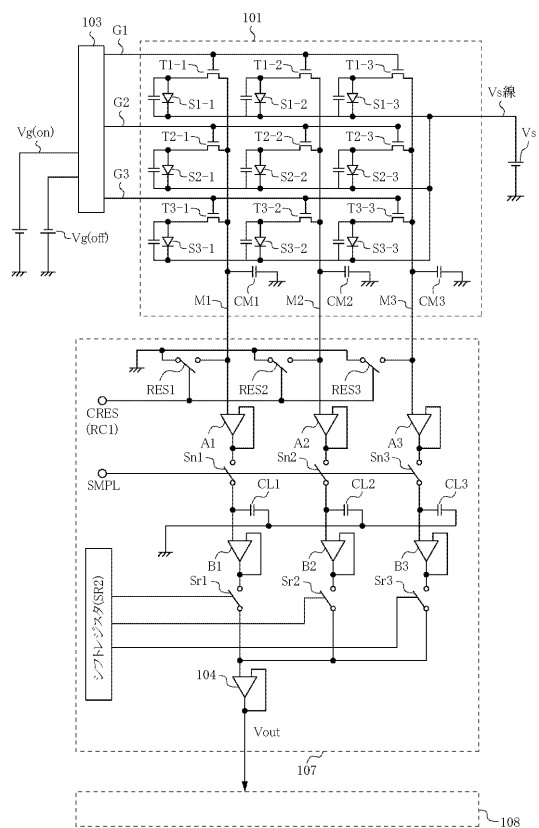
10

20

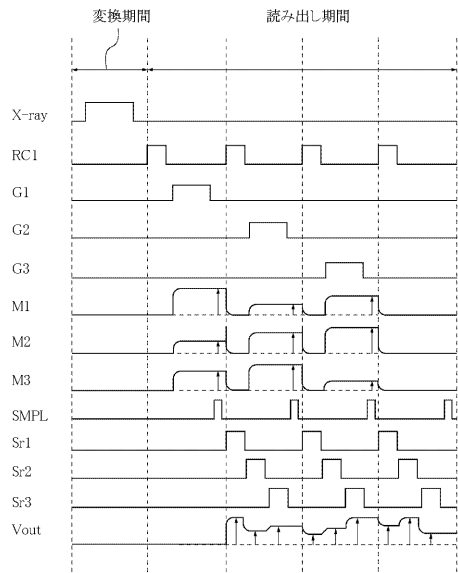
【図1】



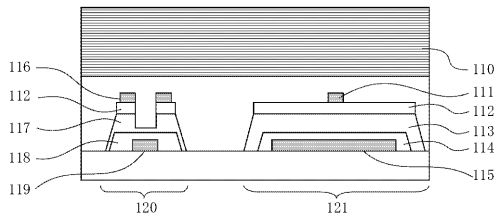
【図2】



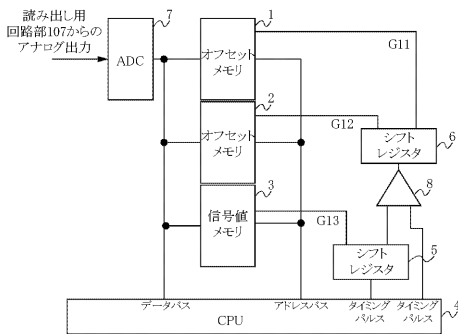
【図 3】



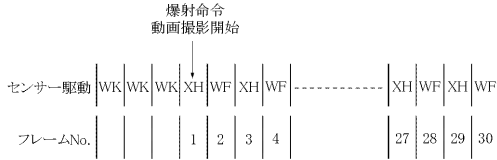
【図 4】



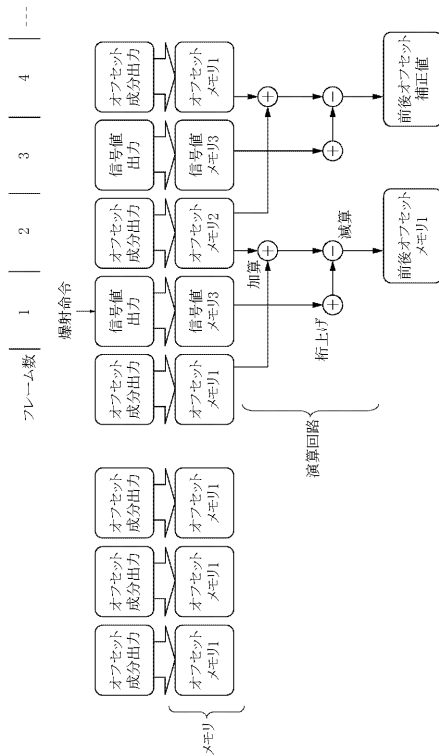
【図 5】



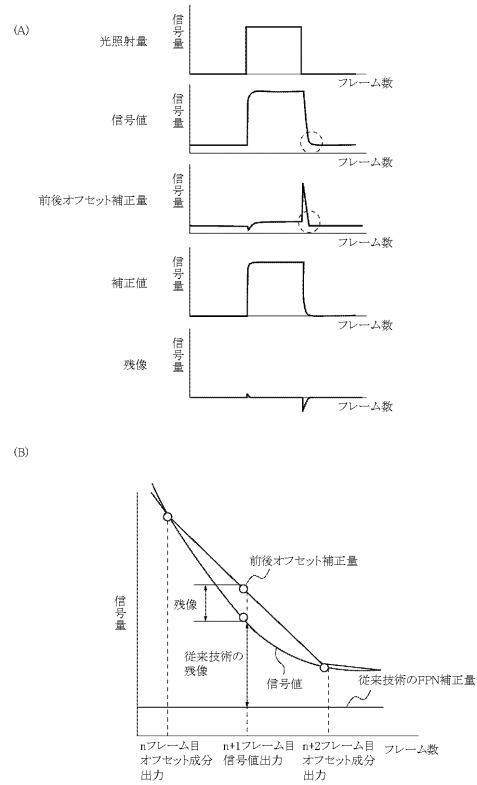
【図 6】



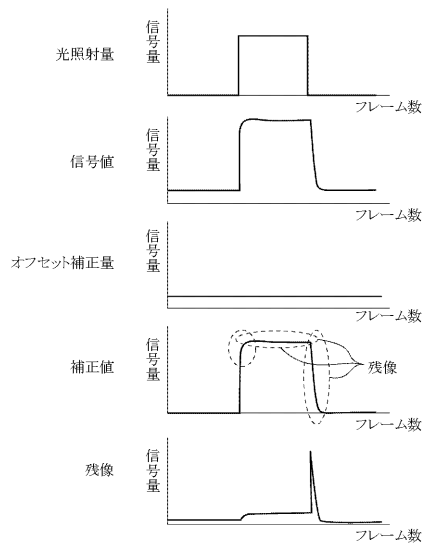
【図 7】



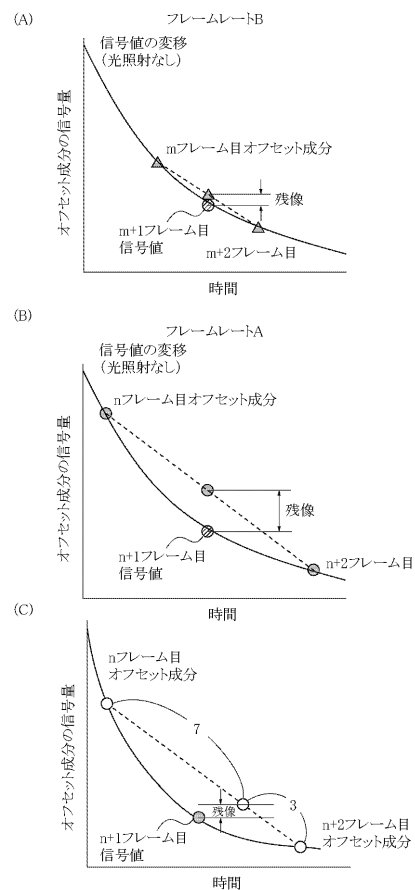
【図 8】



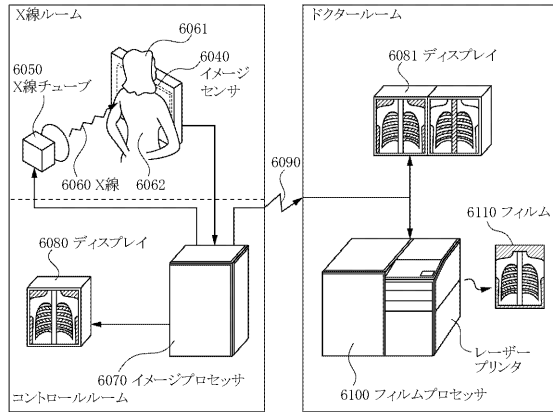
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 T 1/24 (2006.01) G 0 1 T 1/20 E
H 0 4 N 5/225 C
H 0 4 N 5/32
H 0 1 L 27/14 K
G 0 1 T 1/24

(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

審査官 亀澤 智博

(56)参考文献 特開平10-208016(JP,A)
国際公開第2004/110056(WO,A1)
特開2004-344249(JP,A)
特開2004-020300(JP,A)
特開2004-201784(JP,A)
特開2003-348448(JP,A)
特開2001-099944(JP,A)
特開2000-070250(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 6 1 B 6 / 0 0
G 0 1 T 1 / 2 0
G 0 1 T 1 / 2 4
H 0 1 L 2 7 / 1 4
H 0 4 N 5 / 2 2 5
H 0 4 N 5 / 3 2