

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4898522号
(P4898522)

(45) 発行日 平成24年3月14日 (2012. 3. 14)

(24) 登録日 平成24年1月6日 (2012. 1. 6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/30 (2006. 01)

H O 4 N 5/30

H O 1 L 27/146 (2006. 01)

H O 1 L 27/14

C

H O 1 L 27/14 (2006. 01)

H O 1 L 27/14

K

G O 1 T 1/20 (2006. 01)

G O 1 T 1/20

G

H O 4 N 5/374 (2011. 01)

G O 1 T 1/20

F

請求項の数 11 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-92029 (P2007-92029)
 (22) 出願日 平成19年3月30日 (2007. 3. 30)
 (65) 公開番号 特開2007-312361 (P2007-312361A)
 (43) 公開日 平成19年11月29日 (2007. 11. 29)
 審査請求日 平成22年3月26日 (2010. 3. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-118325 (P2006-118325)
 (32) 優先日 平成18年4月21日 (2006. 4. 21)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (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 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】 撮像装置、放射線撮像システム、及び、撮像装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光又は放射線を電気信号に変換する変換素子とスイッチ素子とを有する画素が行及び列方向に複数配置されたセンサアレーと、列方向の複数の前記スイッチ素子に接続された信号配線と、前記信号配線に接続された読み出し回路部と、を有する撮像装置であって、

前記スイッチ素子はゲート電極、ソース電極及びドレイン電極を有し、

前記信号配線は列方向の複数の前記スイッチ素子のソース電極及びドレイン電極の一方に接続されており、

前記読み出し回路部は、第1の電源電圧が供給された第1の増幅回路と、前記第1の増幅回路の後段に接続されており、第2の電源電圧が供給された第2の増幅回路とを有し、前記第1の電源電圧が、前記第2の電源電圧より大きいことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記第1の増幅回路は前記信号配線に接続され、積分容量 C_f を有し、前記スイッチ素子のゲート及びソース間の寄生容量を C_{gs} 、前記スイッチ素子のオン電圧を V_{on} 、前記スイッチ素子のオフ電圧を V_{off} とすると、前記第1の電源電圧である V_1 は、

$$V_1 > C_{gs} \times (V_{on} - V_{off}) / C_f$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記第1の電源電圧である V_1 は、

$$V_1 / 2 \quad C_{gs} \times (V_{on} - V_{off}) / C_f$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記第 1 の増幅回路及び前記第 2 の増幅回路は、同一の結晶シリコン基板に形成された集積回路であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記第 1 の増幅回路は、一方の入力端子が前記信号配線に接続された演算増幅器を有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記演算増幅器は、積分容量が接続された電荷読み出しアンプを構成することを特徴とする請求項 5 に記載の撮像装置。

10

【請求項 7】

前記読み出し回路部は、前記第 2 の電源電圧が供給された A / D 変換器を有していることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記 A / D 変換器は、前記信号配線に対応した数だけ設けられていることを特徴とする請求項 7 に記載の撮像装置。

【請求項 9】

さらに、前記第 1 の電源電圧と前記第 2 の電源電圧のうちの少なくとも一方を変化させることが可能な制御部を有することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の撮像装置と、放射線を発生する放射線発生手段と、を有することを特徴とする放射線撮像システム。

【請求項 11】

光又は放射線を電気信号に変換する変換素子とスイッチ素子とを有する画素が行及び列方向に複数配置されたセンサアレーと、列方向の複数の前記スイッチ素子に接続された信号配線と、前記信号配線に接続された読み出し回路部と、を有する撮像装置の制御方法であって、

前記スイッチ素子はゲート電極、ソース電極及びドレイン電極を有し、

前記信号配線は列方向の複数の前記スイッチ素子のソース電極及びドレイン電極の一方に接続されており、

30

前記読み出し回路部は、第 1 の増幅回路と、前記第 1 の増幅回路の後段に接続された第 2 の増幅回路とを有しており、

前記第 2 の増幅回路に供給されている電源電圧よりも大きい電源電圧が前記第 1 の増幅回路に供給されていることを特徴とする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、撮像装置、及び放射線撮像システムに関する。なお、本明細書では、X 線、線などの電磁波や 線、 線も放射線に含めるものとして説明する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、ガラス等の絶縁基板上に成膜、形成したアモルファスシリコンやポリシリコンを材料とし、光電変換素子と T F T で構成される画素を二次元的に配列したエリアセンサアレーを用いたフラットパネル型の光電変換装置や放射線撮像装置が知られている。これらは光電変換素子で光電変換された電荷を、T F T を用いてマトリクス駆動を行うことにより、読み出し回路部へ転送して読み出すものが一般的である。

【0003】

以下で従来技術について説明する。従来のフラットパネル型エリアセンサは、ガラス基板上に形成された、アモルファスシリコンの P I N 型フォトダイオードと薄膜トランジス

50

タ(TFT)からなる画素を二次元に配列したセンサアレーを有する。そのエリアセンサは、マトリクス駆動される。各画素のPIN型フォトダイオードの共通電極側には電源からバイアス電圧が印加されている。また各画素のTFTのゲート電極は共通ゲート線に接続されており、共通ゲート線はシフトレジスタ等で構成されるゲート駆動回路部に接続される。

【0004】

一方、各TFTのソース電極は共通信号線に接続され、演算増幅器、サンプルホールド、アナログマルチプレクサ、バッファアンプ等で構成される読み出し回路部に接続される。

【0005】

読み出し回路部から出力されるアナログ信号は、A/Dコンバータでデジタル化され、メモリ、プロセッサ等で構成される画像処理手段で処理され、モニタ等の表示装置に出力、又はハードディスク等の記録装置に保管される。

【0006】

上述のようにエリアセンサアレーを読み出し回路部とゲート駆動回路部を用いてマトリクス駆動を行い、画像信号を得るフラットパネル型の光電変換装置あるいは放射線装置に関しては、以下の特許文献1～3に詳細に記されている。

【0007】

いずれの文献においても、エリアセンサの基本的動作に加えて、読み出し回路部が各共通信号線に接続された初段増幅器、マルチプレクサ等を有する構成について記されている。またいくつかの文献においては、読み出し回路部はさらに複数段の増幅器等を有している。さらには増幅器が結晶半導体で形成されている例等も開示されている。

【特許文献1】特開平09-307698号公報

【特許文献2】特開平04-212456号公報

【特許文献3】特開2004-031658号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

一般に医療用のX線撮像システム等に用いられる放射線撮像装置においては、民生品の撮像装置と比較して、消費電力特性、ノイズ特性、ダイナミックレンジ特性等の項目でより厳しい性能が求められる。

【0009】

特に透視撮影(=動画撮影)と静止画撮影の両方を実施可能な医療用のX線撮像システムを実現するためには、低消費電力でありながら、低ノイズであること及び十分なダイナミックレンジを有することが求められる。しかし、従来技術例においてはこれらすべての特性が満足されているとは言えない。

【0010】

たとえば、特許文献3においては、消費電力低減とノイズ低減の両立という課題に対して、読み出し回路部の複数段増幅回路の各回路領域における供給電流を以下のように変更・制御可能とする構成について記されている。

【0011】

すなわち、透視(動画)撮影では、ノイズ低減のために複数段増幅回路への供給電流を大に制御し、静止画撮影では、複数段増幅回路への供給電流を小に制御する。この特許文献3は透視撮影、静止画撮影で供給電流を一定とする構成と比較すれば、総合的な消費電力は低減される。

【0012】

しかしながら一般に撮影時間、すなわち読み出し回路部への通電時間を考慮すると、「透視撮影時間 > 静止画撮影時間」の関係があるため、実質的な効果の点で十分とは言えない場合があった。

【0013】

10

20

30

40

50

特に透視撮影をメインに行うシステムに適用する場合、消費電力による発熱は無視できず、温度による画質の劣化や、冷却機構を要することによる装置の大型化という弊害を生む場合があった。

【0014】

また特許文献3を除く上記文献においては、消費電力特性といった概念そのものが記されておらず、また上記文献のすべてにおいてエリアセンサレーに接続される読み出し回路部に必要とされるダイナミックレンジ特性の概念が記されていない。

【0015】

上述のように、特許文献1～3はいずれも、消費電力特性、ノイズ特性、ダイナミックレンジ特性の改善という課題の概念がなく、またこれらを解決可能な構成の具体的開示がない。

10

【0016】

本発明は上記背景を鑑みてなされたもので、消費電力特性、ノイズ特性、ダイナミックレンジ特性を向上させることができる撮像装置、放射線撮像装置及び放射線撮像システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の撮像装置は、光又は放射線を電気信号に変換する変換素子とスイッチ素子とを有する画素が行及び列方向に複数配置されたセンサレーと、列方向の複数の前記スイッチ素子に接続された信号配線と、前記信号配線に接続された読み出し回路部とを有し、前記スイッチ素子はゲート電極、ソース電極及びドレイン電極を有し、前記信号配線は列方向の複数の前記スイッチ素子のソース電極及びドレイン電極の一方に接続されており、前記読み出し回路部は、第1の電源電圧が供給された第1の増幅回路と、前記第1の増幅回路の後段に接続されており、第2の電源電圧が供給された第2の増幅回路と、を有し、前記第1の電源電圧が、前記第2の電源電圧より大きいことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、撮像装置において、読み出し回路部の消費電力を、ひいては撮像装置全体の消費電力を低減することができる。また、消費電力による発熱を低減しつつ、低ノイズで十分なダイナミックレンジを実現することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

(第1の実施形態)

ここで本発明者が見出した、読み出し回路部に必要とされるダイナミックレンジ特性について図13(a)及び(b)を用いて説明する。図13(a)はセンサレーの1画素と、信号線に接続される読み出し回路部の等価回路である。実際には各信号線に接続される画素は複数であるが、ここでは簡単のために省略している。また読み出し回路部の増幅器等も実際には複数であるが、同様に省略している。

【0020】

図中、 V_{on} はTFT(スイッチ素子)のゲート電極に対しゲート駆動回路部から印加されるオン電圧であり、 V_{off} はゲート駆動回路部からTFTのゲート電極に印加されるオフ電圧である。また信号線に接続される演算増幅器は基準電圧を V_{ref} 、電源電圧を V_{dd}/GND とし、容量 C_f を有し、電荷読み出し回路を構成している。さらに図中、 C_{gs} はTFTのゲート-ソース間寄生容量である。

40

【0021】

図13(b)は、図13(a)の等価回路が動作する際の各部の信号を示すタイミング図である。まずRC信号がハイレベルになると演算増幅器のスイッチRCが閉じ、信号線及びアンプ出力が V_{ref} にリセットされる。スイッチRCがオフした後、続いてTFTがオンし光電変換素子に蓄積されていた信号電荷が読み出し回路部の容量 C_f に転送され、電圧に変換される。

50

【 0 0 2 2 】

ここで留意すべき点は、T F T がオンした際に寄生容量により、概略以下の式で示される電荷 Q_c が一時的に読み出し回路部に注入されることである。

寄生容量による注入電荷 $Q_c = C_{gs} \times (V_{on} - V_{off})$

これは初段の増幅器の出力電圧 V_{out} が T F T をオンする際、一時的に以下の式のようになることを示す。

初段増幅器出力電圧 $V_{out} = V_{ref} - (Q_c / C_f)$

上式の関係は以下のことを示唆している。すなわち、エリアセンサアレーに接続される読み出し回路部において、消費電力低減のために徒に電源電圧を下げることは、T F T をオンした際に増幅回路の飽和を生じさせ、ダイナミックレンジ特性を悪化させる可能性がある。したがって、読み出し回路部の電源電圧は注意深く選択する必要がある。

10

【 0 0 2 3 】

以下で本発明の第 1 の実施形態について図を用いて詳しく説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の放射線撮像装置の模式図である。センサアレー 1 0 1 は、変換素子を構成する P I N 型フォトダイオード 1 0 2 とスイッチ素子としての薄膜トランジスタ (T F T) 1 0 3 を有する。T F T 1 0 3 は、ゲート、ソース及びドレイン電極を有する。ゲートドライバ (駆動回路部) 1 0 4 は、T F T 1 0 3 のゲート線 (駆動配線) に電圧を供給する。読み出し回路部 (読み出し回路部) 1 0 5 は、第 1 領域 (第 1 の動作領域) 1 0 6 及び第 2 領域 (第 2 の動作領域) 1 0 7 を有し、T F T 1 0 3 のソースに接続される信号線 (信号配線) 1 0 8 に接続される。第 1 領域 1 0 6 には、増幅器 2 0 1 を有し、電源電圧 V_1 (5 V) が供給される。第 2 領域 1 0 7 には、電源電圧 V_2 (3 . 3 V) が供給される。

20

【 0 0 2 4 】

センサアレー 1 0 1 は、行及び列方向に複数配置されたアモルファスシリコンの P I N 型フォトダイオード (光電変換素子) 1 0 2 と T F T (スイッチ素子) 1 0 3 からなる画素が二次元に配列され、マトリクス駆動される。各画素の P I N 型フォトダイオード 1 0 2 の共通電極側 (本図ではダイオードのカソード側) にはバイアス電圧が印加されている。また各画素の T F T 1 0 3 のゲート電極は共通にゲート線 (駆動配線) に接続されており、ゲート線はシフトレジスタ等で構成されるゲートドライバ 1 0 4 に接続される。信号線 1 0 8 は、列方向の複数の T F T 1 0 3 に接続される。

30

【 0 0 2 5 】

図 2 は、図 1 の読み出し回路部 1 0 5 の具体的構成を示す模式的回路図であり、図 4 (a)、(b) は、第 1 の実施形態のダイナミックレンジ特性の説明図である。読み出し回路部 1 0 5 は、モノリシックな集積回路で構成されている。第 1 領域 1 0 6 は、演算増幅器 2 0 1、サンプルホールド回路 (S / H) 2 0 3、アナログマルチプレクサ 2 0 2、電荷蓄積容量 C_f 及びスイッチ R C を有する。第 2 領域 1 0 7 は、プログラマブルゲインアンプ 2 1 1、A / D コンバータ (A / D 変換器) 2 1 2 及びロジック部 2 1 3 を有する。電源電圧 V_1 は、第 1 領域 1 0 6 内の演算増幅器 2 0 1 及びアナログマルチプレクサ 2 0 2 に供給される。電源電圧 V_2 は、第 2 領域 1 0 7 内のプログラマブルゲインアンプ 2 1 1、A / D コンバータ 2 1 2 及びロジック部 2 1 3 に供給される。

40

【 0 0 2 6 】

信号線 1 0 8 は、列方向の複数の T F T 1 0 3 のソース電極又はドレイン電極の一方に接続される。第 1 領域 1 0 6 は、信号線 1 0 8 に接続される。第 2 の領域 1 0 7 は、第 1 領域 1 0 6 の後段に接続される。第 1 領域 1 0 6 は、信号線 1 0 8 に接続された演算増幅器 (増幅回路) 2 0 1 を有する。第 2 領域 1 0 7 は、第 1 領域 1 0 6 の後段に接続されたプログラマブルゲインアンプ (増幅回路) 2 1 1 を有する。

【 0 0 2 7 】

電圧 V_{on} は、T F T 1 0 3 のゲート電極に対しゲートドライバ 1 0 4 から印加されるオン電圧である。電圧 V_{off} は、ゲートドライバ 1 0 4 から T F T 1 0 3 のゲート電極に印加されるオフ電圧である。また、信号線 1 0 8 に接続される演算増幅器 2 0 1 は、基

50

準電圧を V_{ref} 、電源電圧を V_1 / GND (グランド) とし、電荷蓄積用の積分容量 C_f を有し、電荷読み出しアンプを構成している。さらに図中、容量 C_{gs} は $TFT103$ のゲート及びソース間の寄生容量である。

【0028】

各 $TFT103$ のソース電極は共通信号線 108 に接続され、演算増幅器 201 、サンプルホールド回路 203 、アナログマルチプレクサ 202 、プログラマブルアンプ 211 、 A/D コンバータ 212 等で構成される読み出し回路部 105 に接続される。

【0029】

アナログ信号は A/D コンバータ 212 でデジタル化され、図示しないメモリ、プロセッサ等で構成される画像処理手段で処理され、図示しないモニタ等の表示装置に出力される、あるいはハードディスク等の記録装置に保管される。

10

【0030】

放射線照射手段から被写体情報を含む放射線が蛍光体などの波長変換体によって光に変換され、変換された光がエリアセンサレー 101 に入射する。フォトダイオード 102 は、光電変換により、光を電気信号に変換する。さらにリセット信号により、増幅器 201 に設けられたリセットスイッチ RC がオンして、増幅器 201 の積分容量 C_f 及び各共通信号線 108 がリセットされる。続いて、第 1 ラインの共通ゲート線に転送パルスが印加され、第 1 ラインの共通ゲート線に接続された $TFT103$ がオンし、フォトダイオード 102 で発生した信号電荷が、共通信号線 108 を介して、読み出し回路部 105 へ転送される。転送された電荷は、各信号線 108 に接続された増幅器 201 で電圧へ変換される。

20

【0031】

次に、サンプルホールド回路 203 にサンプルホールド信号が印加され、演算増幅器 201 からの電圧出力がサンプリングされる。この後、サンプルホールド回路 203 の容量にサンプリングされた電圧が保持され、その電圧がアナログマルチプレクサ 202 でシリアル変換され、プログラマブルゲインアンプ 211 を介してアナログ信号として A/D コンバータ 212 に入力される。 A/D コンバータ 212 に入力されたアナログ信号はデジタル信号に変換され、 A/D コンバータ 212 の分解能に応じてデジタル信号として画像処理手段へ入力される。

【0032】

30

続いて、再びスイッチ RC により増幅器 201 の積分容量 C_f 及び各共通信号線 108 がリセットされた後、第 2 ラインの共通ゲート線に転送パルスが印加され、第 2 ラインのフォトダイオード 102 の電荷が $TFT103$ を介して読み出される。同様の動作が 3 ライン目以降のゲート線に対して繰り返され、センサレー全体の電荷すなわち画像出力データが読み出される。

【0033】

図 3 は、第 1 の実施形態のセンサレー 101 の画素断面図である。ガラス基板 301 上には、フォトダイオード 310 、 $TFT311$ 及び配線部 312 が設けられる。フォトダイオード 310 は、上電極層 306 、 n 層 307 、半導体層 309 、 p 層 308 及び下電極層 305 を有する。 $TFT311$ は、ゲート電極 302 、ドレイン電極 303 及びソース電極 304 を有する。保護層 313 は、フォトダイオード 310 、 $TFT311$ 及び配線部 312 を覆う。接着層 314 は、保護層 313 の上に設けられる。蛍光体層 315 は、接着層 314 の上に設けられる。 X 線 316 は、蛍光体層 315 の上方から入射する。ここで、蛍光体 315 は接着層 314 上に必ずしも設けられなくてもよく、保護層 313 上に直接蒸着などにより設けられても良い。蛍光体層 315 は、 $Gd_2O_2S : Tb$ や $Gd_2O_3 : Tb$ 等のガドリニウム系、あるいはヨウ化セシウム (CsI) 等のアルカリハライド系を主材料として用いることができる。

40

【0034】

各画素の PIN 型フォトダイオード 310 は、ガラス基板 301 上に、下電極層 305 、アモルファスシリコン p 層 308 、アモルファスシリコン半導体層 309 、アモルファ

50

スシリコン n 層307、上電極層306が積層された構成である。TFT311は、ゲート電極層(下電極)302、絶縁層(アモルファスシリコン窒化膜)、アモルファスシリコン半導体層、アモルファスシリコン n 層、ソース電極層(上電極)304及びドレイン電極層(上電極)303が積層された構成である。ガラス基板301上に成膜、形成されているフォトダイオード310、TFT311、及び配線部312上には読み取る放射線316に対して透過率の高いアモルファスシリコン窒化膜等の保護層313が設けられ、全体を覆っている。蛍光体層315は、X線316を光に変換する。フォトダイオード310は、その光を電気信号(電荷)に変換する。蛍光体層315及びフォトダイオード310は、X線(放射線)316を電気信号に変換する変換素子である。

【0035】

10

図14(a)は、本実施形態の放射線撮像装置の読み出し回路部に用いられるアンプの模式的表記を示す。図14(b)及び(c)は、図14(a)のアンプの模式的表記を具体的な回路構成として記したものである。図14(b)はMOSトランジスタを組み合わせでテレスコピック型でアンプを構成した例であり、図14(c)はフォールデッド・カスコード型でアンプを構成した例である。いずれの型のアンプも前述の読み出し回路部の電源電圧 V_1 、 V_2 のどちらの領域にも用いることができる。また電源電圧や、要求される特性(ゲイン、ダイナミックレンジ)などにより、図14(b)又は(c)のいずれかのアンプを選択することが望ましく、読み出し回路部内で異なる型を採用しても良い。さらには、当然ながら図14(b)、(c)以外の型を選択しても良い。

【0036】

20

はじめに図1を用いて、本実施形態の放射線撮像装置の構成について説明する。読み出し回路部105が少なくとも電源電圧 V_1 (ここでは+5V)/GNDで動作する第1領域106と、電源電圧 V_2 (ここでは3.3V)/GNDで動作する第2領域107を有しており、 $V_1 > V_2$ の関係がある。第1領域106にはエリアセンサアレー101の各信号線108に対応して増幅器201が設けられている。

【0037】

本図では読み出し回路部105を複数(ここでは2個)設けて説明しているが、これは本質的ではなく、単数でも複数でもよい。また電源電圧 V_1 及び V_2 も5V及び3.3Vの片電源で説明しているが、 \pm 電源でもよく、電源範囲として V_1 (例えば $\pm 5V$) $> V_2$ (例えば $\pm 3.3V$)の関係を満たせばよい。第1領域106の電源電圧範囲 V_1 の最大値は、第2領域107の電源電圧範囲 V_2 の最大値より大きい。すなわち、演算増幅器201の電源電圧範囲 V_1 の最大値は、プログラマブルゲインアンプ211の電源電圧範囲 V_2 の最大値より大きい。

30

【0038】

図2は、第1の実施形態の放射線撮像装置に用いられる読み出し回路部105の具体的な構成及び第1領域106、第2領域107を詳しく説明したものである。本図では、センサアレー101の信号線108に一方の入力端子が接続された初段増幅器201及びサンプルホールド回路203、アナログマルチプレクサ202等が電源電圧 V_1 (ここでは5V)で駆動される第1領域106に形成される。また、アナログマルチプレクサ202からの出力を受けるプログラマブルゲインアンプ211、A/Dコンバータ212、及び高速のクロック等を処理するロジック部213等は電源電圧 V_2 (ここでは3.3V)で駆動される第2領域107に形成される。

40

【0039】

さらに本実施形態では第1領域106及び第2領域107を含む読み出し回路部105は同一の結晶シリコン基板にモノリシックに形成された集積回路であり、かつA/Dコンバータ212を第2領域107に形成してデジタル出力としている点が特徴である。

【0040】

本図のように、電源電圧 V_1 の第1領域106と電源電圧 V_2 の第2領域107を設けることにより、すべてを電源電圧 V_1 で形成した場合と比較して消費電力を飛躍的に低減することが可能となる。

50

【 0 0 4 1 】

また、 $V_1 > V_2$ とすることにより、信号線 1 0 8 に接続された初段増幅器 2 0 1 のゲインを上げることができるため、ノイズ的に有利な読み出し回路部 1 0 5 を構成可能である。さらに、プログラマブルゲインアンプ 2 1 1 に直接接続された A / D コンバータ 2 1 2 を内蔵している点もノイズ特性的に有利な構成である。

【 0 0 4 2 】

さらに、 $V_1 > V_2$ とすることにより、T F T をオンする際の初段増幅器への電荷注入による飽和を防ぐことが可能となり、良好なダイナミックレンジ特性を得ることが可能となる。

【 0 0 4 3 】

本図では、信号線 1 0 8 に接続された初段増幅器 2 0 1、サンプルホールド回路 2 0 3、アナログマルチプレクサ 2 0 2 を第 1 領域 1 0 6 に、マルチプレクサ 2 0 2 後のプログラマブルゲインアンプ 2 1 1、A / D コンバータ 2 1 2 を第 2 領域 1 0 7 に形成する。これは消費電力的に好ましい例であるが、第 1 領域 1 0 6 と第 2 領域 1 0 7 の境界はこの例に限定されるものではない。さらに図 2 のようにクロック等の高速ロジック部 2 1 3 を第 2 領域 1 0 7 に形成することは消費電力の観点で望ましい。

【 0 0 4 4 】

また本図では簡易的に 2 本の信号線 1 0 8 (2 チャンネル) に相当する回路で説明しているが、6 4 ~ 2 5 6 本の信号線に対応する回路 (すなわち 6 4 ~ 2 5 6 チャンネル) をモノリシックで形成することが望ましい。

【 0 0 4 5 】

一方で、第 1 領域 1 0 6、第 2 領域 1 0 7 をモノリシックに形成することは、必ずしも必要条件ではなく、異なるシリコン基板に形成した後、ハイブリッド的に形成した集積回路でもよい。ハイブリッド的に同じパッケージに形成すれば、独立のチップに構成する場合と比較して、配線を短くすることが可能となり、外来ノイズや信頼性的に有利となる。

【 0 0 4 6 】

またセンサアレー 1 0 1 の光電変換素子 1 0 2 は、アモルファスシリコンの P I N 型フォトダイオードに限定されず、ポリシリコン又は有機材料を主材料とするものでもよい。また、光電変換素子 1 0 2 と蛍光体 3 1 5 によって構成される変換素子は、アモルファスセレン、ガリウム砒素、ガリウムリン、ヨウ化鉛、ヨウ化水銀、C d T e、C d Z n T e 等、X 線等の放射線を直接電荷に変換する直接型変換素子でもよい。

【 0 0 4 7 】

さらに T F T 1 0 3 の材料は、絶縁基板上に形成されたアモルファスシリコンに限定されず、ポリシリコンや有機材料を主材料とする T F T (スイッチ素子) であってもよい。

【 0 0 4 8 】

図 4 (a)、(b) を用いて本実施形態のより好ましい形態を説明する。図 4 (b) に示すようにスイッチ R C のオン信号により信号線 1 0 8 及び増幅器 2 0 1 の出力は電圧 V_{ref} にリセットされる。続いて、T F T 1 0 3 がオンする際、寄生容量 C_{gs} により下記の電荷 Q_c が注入され、初段増幅器 2 0 1 の出力電圧 V_{out} は一時的にほぼ次式となる。

$$Q_c = C_{gs} \times (V_{on} - V_{off})$$

$$V_{out} = V_{ref} - (Q_c / C_f)$$

すなわち、 $V = Q_c / C_f = C_{gs} \times (V_{on} - V_{off}) / C_f$ が出力に対する寄生容量の影響である。今、信号線 1 0 8 に接続された初段増幅器 2 0 1 のダイナミックレンジがほぼ電圧 V_1 (ここでは 5 V) と仮定する。その場合、読み出し回路部 1 0 5 が光電変換素子 1 0 2 からの電荷を正確に読み出すために、第 1 領域 1 0 6 の電源電圧 V_1 と V の間に以下の関係が成り立つことが望ましい。

$$V_1 > V = C_{gs} \times (V_{on} - V_{off}) / C_f$$

さらに、十分なダイナミックレンジを得て、良好な画像を得るには以下の関係が成り立つことがより望ましい。

10

20

30

40

50

$$V1/2 \quad V = Cgs \times (Von - Voff) / Cf$$

(第2の実施形態)

図5は、本発明の第2の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。本実施形態の基本的な構成については図1と同様であり、読み出し回路部105の内部の構成のみが図2で説明した第1の実施形態と異なる。

【0049】

本実施形態で留意すべき第1の実施形態との差異は、プログラマブルゲインアンプ211及びA/Dコンバータ212が信号線108に対応した数だけ設けられ、A/D変換後のデジタルデータをデジタルマルチプレクサ501で切り替えて出力している点である。デジタルマルチプレクサ501は、図2のアナログマルチプレクサ202の代わりに設けられ、2個のA/Dコンバータ212の出力信号をシリアル信号に変換し、出力する。第2領域107内のデジタルマルチプレクサ501には、電源電圧V2が供給される。

10

【0050】

本実施形態では、第1領域106及び第2領域107がモノリシックに形成されている。各信号線108に接続される演算増幅器201で構成された電荷読み出しアンプ、サンプルホールド回路203が電源電圧V1(ここでは5V)の第1領域106に形成される。プログラマブルゲインアンプ211、A/Dコンバータ212、デジタルマルチプレクサ501が電源電圧V2(ここでは3.3V)の第2領域107に形成される。

【0051】

本実施形態は、第1の実施形態と比較して、A/Dコンバータ212の数が多く回路的に複雑だが、A/D変換の速度を低くできるため、ノイズ特性の観点でより有利な構成である。

20

【0052】

(第3の実施形態)

図6は、本発明の第3の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。本実施形態の基本的な動作については図1と同様であり、読み出し回路部105の内部の構成のみが図2、図5で説明した第1の実施形態、第2の実施形態と異なる。

【0053】

すなわち、本実施形態で留意すべき第1の実施形態、第2の実施形態との差異は、モノリシックに形成された読み出し回路部105がA/Dコンバータ212を有しておらず、アナログ出力の構成である点である。

30

【0054】

第2領域107は、電源電圧V2が供給されるプログラマブルゲインアンプ211、アナログマルチプレクサ601及び出力用アンプ602を有する。アナログマルチプレクサ601は、2個のプログラマブルゲインアンプ211の出力信号をシリアル信号に変換し、出力用アンプ602に出力する。出力用アンプ602は、アナログマルチプレクサ601の出力信号を増幅して出力する。

【0055】

(第4の実施形態)

図7は、本発明の第4の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。基本的な構成は第1の実施形態の図1と類似しているが、下記の点が異なる。

40

【0056】

すなわち、本実施形態で留意すべき点は、放射線撮像装置が図1の第1の実施形態に加えて制御部701を有しており、かつ制御部701が電源電圧V1及び/又はV2を変更に制御可能な構成である点である。しかしながら、本実施形態においても以下の関係は保たれる。

・電源電圧V1で駆動される第1領域106がセンサアレー101の各信号線108に接続されること

・ $V1 > V2$ であること

制御部701は、図示しないタイマーや、温度センサ、X線モニタ、読み出し回路部1

50

05の出力モニタ等の信号を基に、電源電圧V1及びV2の両方又は一方を変更可能であることが望ましい。例えば、X線量が少ない場合、温度センサで検出される放射線撮像装置の温度上昇が大きい場合に、電源電圧V1を下げる制御を行うこと等が望ましい。

【0057】

(第5の実施形態)

図8、図9及び図10は、本発明の第5の実施形態の放射線撮像装置の説明図である。図8は模式的回路図であり、図9は読み出し回路部105の内容をさらに詳しく説明する模式的回路図であり、図10は第5の実施形態で用いられるエリアセンサアレー101の画素断面図である。

【0058】

基本的な動作はそれぞれ第1の実施形態の図1、図2、図3と類似しているが、本実施形態は以下の点が異なる。

【0059】

すなわち、本実施形態ではエリアセンサアレー101の光電変換素子はアモルファスシリコンのMIS型光電変換素子801である点で留意すべきである。また、図9に示すように、演算増幅器201の入力端子のうち、信号線108に接続されていない方の電位を電圧VA又はVBに変化可能な構成である点に留意すべきである。

【0060】

MIS型光電変換素子801を有するエリアセンサアレー101を駆動する場合、図9に示すように、信号線108に接続されていない方の演算増幅器201の入力電位をVA又はVBに変化させるリフレッシュ駆動を行う場合がある。

【0061】

この際、電源電圧V1と電圧VA、VBの間には、 $V1 > VA > VB$ の関係を持たすことが望ましく、かつ電圧VAとVBの電位差は大きいほど望ましい。この観点からも、第1領域106に供給する電源電圧V1を第2領域107に供給する電源電圧V2より高く設定することが望ましい。

【0062】

図10の断面図を用いて、第5の実施形態の放射線撮像装置に用いられるエリアセンサアレー101についてさらに詳細に説明する。MIS型センサ1001の層構成は、ガラス基板301から順に、下電極(メタル)層1002、アモルファスシリコン窒化膜等の絶縁層1003、アモルファスシリコン半導体層1004、アモルファスシリコン n^+ 層1005、上電極(メタル)層1006、アモルファスシリコン窒化膜等の保護層313を積層した構造である。

【0063】

本実施形態は、X線撮像装置の例を示しているため、保護層313の上には接着層314を介して蛍光体層315が設けられている。蛍光体層315は、ガドリニウム系及びヨウ化セシウム等が用いられる。ここで、蛍光体315は必ずしも接着層314を介して設けられなくてもよく、保護層313上に直接蒸着などにより設けられても良い。

【0064】

(第6の実施形態)

図11は、本発明の第6の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。本実施形態において、エリアセンサアレー101の画素はPIN型フォトダイオード1101、リセット用TFET1104、ソースフォロアTFET1102、転送TFET1103で構成されている。リセット用TFET1104は、PIN型フォトダイオード1101及びソースフォロアTFET1102のゲートをリセットし、画素を初期化するためのものである。各画素の転送用TFET1103のソース電極に接続される共通信号線108が読み出し回路部105の電源電圧V1で駆動される第1領域106に接続されている。これまで説明した他の実施形態同様、読み出し回路部105には電源電圧V2で駆動される第2領域107があり、 $V1 > V2$ の関係にある。

【0065】

10

20

30

40

50

フォトダイオード 1101 のカソードには、バイアス電圧源 1108 が接続される。ゲートドライバ 104a は、リセット T F T 1104 のゲートに電圧を供給する。リセット T F T 1104 は、リセット電源電圧 1105 に接続される。ソースフォロア T F T 1102 は、ソースフォロア電源電圧 1106 に接続される。ゲートドライバ 104b は、転送 T F T 1103 のゲートに電圧を供給する。信号線 108 は、定電流源 1107 に接続される。

【0066】

ゲートドライバ 104a の制御によりリセット T F T 1104 がオンすると、フォトダイオード 1101 の電荷はリセットされる。フォトダイオード 1101 は、光電変換により、電荷を生成して蓄積する。ソースフォロア T F T 1102 は、フォトダイオード 1101 の蓄積電荷量に応じた電圧を出力する。転送 T F T 1103 は、ゲートドライバ 104b の制御に応じてオンし、ソースフォロア T F T 1102 の出力電圧を信号線 108 に転送する。

10

【0067】

画素にソースフォロア T F T 1102 を有するエリアセンサレー 101 は出力電荷量が大きいため、本実施形態の構成はより望ましい。

【0068】

(第7の実施形態)

図15は、本発明の第7の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。なお、図15において、上述の実施形態で説明されたものと同一の構成要素は同一の番号を付与し、詳細な説明は割愛する。

20

【0069】

本実施形態は、図8に示される第5の実施形態と類似しているが、本実施形態は第5の実施形態と以下の点で相違する。

【0070】

第5の実施形態では、1つの画素に M I S 型光電変換素子 801 と転送用 T F T 103 を有していたが、本実施形態では、更にリフレッシュ用 T F T 1503 を有している。リフレッシュ用 T F T 1503 は、M I S 型光電変換素子をリフレッシュし、画素を初期化するためのものである。また、転送用 T F T に共通に接続されるゲート線(第1の駆動配線) $VgT(n)$ がゲートドライバ(第1の駆動回路) 104 に接続されていることは第5の実施形態と同様である。本実施形態では、更にリフレッシュ用 T F T 1503 に共通に接続されるゲート線(第2の駆動配線) $VgR(n)$ がゲートドライバ(第2の駆動回路) 1504 に接続されている。

30

【0071】

図15は、本実施形態の動作を説明するためのタイミング図である。図15に示されているように、本実施形態では、所定行のゲート線 $VgR(n)$ とその次行のゲート線 $VgT(n+1)$ とに同時にオン電圧が印加されるように駆動信号が与えられている。ただし、本発明はそれに限定されるものではなく、所定行のゲート線 $VgR(n)$ とその次行のゲート線 $VgT(n+1)$ とが異なるタイミングでオン電圧が印加されるように駆動信号が与えられてもよい。

40

【0072】

ここで、本実施形態では、以下の点に留意する必要がある。第5の実施形態と比べて、リフレッシュ用のゲート線 VgT と信号線 108 との交点に寄生容量 CA が存在し、T F T 1503 がオンする際の、寄生容量 CA による電荷がさらに注入される。そのため本実施形態において $V1 > V2$ とすることは、さらに大きな効果を生む。

【0073】

ここで、転送用 T F T 103 のオン電圧を $Von1$ 、オフ電圧を $Voff1$ 、リフレッシュ用 T F T 1503 のオン電圧を $Von2$ 、オフ電圧を $Voff2$ とする。所定行のゲート線 $VgR(n)$ とその次行のゲート線 $VgT(n+1)$ とが異なるタイミングでオン電圧が印加される場合には、 $V1$ は以下の式を満たすように設定される。

50

$$V1 > V1 = Cgs \times (Von1 - Voff2) / Cf \quad \text{且つ}$$

$$V1 > V2 = CA \times (Von2 - Voff2) / Cf$$

更に、十分なダイナミックレンジを得て、良好な画像を得るには以下の関係が成り立つことがより望ましい。

$$V1 / 2 \quad V1 = Cgs \times (Von1 - Voff2) / Cf \quad \text{且つ}$$

$$V1 / 2 \quad V2 = CA \times (Von2 - Voff2) / Cf$$

また、所定行のゲート線 $VgR(n)$ とその次行のゲート線 $VgT(n+1)$ とに同時にオン電圧が印加される場合には、 $V1$ は以下の式を満たすように設定される。

$$V1 > V1 + V2 = (Cgs \times (Von1 - Voff2) / Cf) + (CA \times (Von2 - Voff2) / Cf)$$

10

更に、十分なダイナミックレンジを得て、良好な画像を得るには以下の関係が成り立つことがより望ましい。

$$V1 / 2 \quad V = (Cgs \times (Von1 - Voff1) / Cf) + (CA \times (Von2 - Voff2) / Cf)$$

本実施形態は、MIS型光電変換素子を用いた例を用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、PIN型フォトダイオードを用いてもよい。その場合、TF1503は、PIN型フォトダイオードをリセットして画素を初期化するよう動作するものである。

【0074】

(第8の実施形態)

20

図12は、本発明の第8の実施形態によるX線撮像システムのシステム図である。本実施形態は、第1～第7の実施形態の放射線撮像装置をX線撮像システムに応用したものである。本X線撮像システムの特徴は、以下の点である。すなわち、エリアセンサレー101、ゲートドライバ104、104a、104b、読み出し回路部105等で構成されたフラットパネル型放射線撮像装置が、イメージセンサ6040内部に設けられている。イメージプロセッサ6070は、X線チューブ(X線発生装置)6050、イメージセンサ6040、表示装置6080、及び通信手段6090を制御している。

【0075】

X線ルームでは、X線チューブ(放射線発生手段)6050は、X線(放射線)6060を発生し、被撮影者6062を介してイメージセンサ6040にX線(放射線)6060を照射する。イメージセンサ6040は、被撮影者6062の画像情報を生成する。

30

【0076】

コントロールルームでは、イメージプロセッサ6070は、その画像情報をディスプレイ6080に表示したり、通信手段6090を介してフィルムプロセッサ6100に送信することができる。

【0077】

ドクタールームでは、フィルムプロセッサ6100は、その画像情報をディスプレイ6081に表示したり、その画像情報をレーザープリンタによりフィルム6110に印刷させることができる。

【0078】

40

第1～第7の実施形態の放射線撮像装置を適用することにより、低消費電力でさらにノイズ特性、ダイナミックレンジ特性に優れた医療用のX線撮像システムを実現することが可能となる。

【0079】

また消費電力が小さく発熱が小さいため、熱による画質劣化が少ない、あるいは大規模な放熱機構を必要としない高信頼性で安価でありながら、画質に優れたX線撮像システムを実現することができる。消費電力を低減することができる。また、消費電力による発熱を低減しつつ、低ノイズで十分なダイナミックレンジを有する医療用の透視X線撮像システム等に好適な、放射線撮像装置を実現することができる。

【0080】

50

なお、上記実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、又はその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【0081】

本発明の撮像装置及び放射線撮像装置は、医療用の放射線撮像システムや非破壊検査用の放射線撮像システムに好適に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の第1の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の放射線撮像装置に用いられる読み出し回路部の模式的回路図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の放射線撮像装置に用いられるエリアセンサアレーの画素断面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態の放射線撮像装置の動作説明図である。

【図5】本発明の第2の実施形態の放射線撮像装置に用いられる読み出し回路部の模式的回路図である。

【図6】本発明の第3の実施形態の放射線撮像装置に用いられる読み出し回路部の模式的回路図である。

【図7】本発明の第4の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。

【図8】本発明の第5の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。

【図9】本発明の第5の実施形態の放射線撮像装置に用いられる読み出し回路部の模式的回路図である。

【図10】本発明の第5の実施形態の放射線撮像装置に用いられるエリアセンサアレーの画素断面図である。

【図11】本発明の第6の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。

【図12】本発明の第7の実施形態のX線撮像システム図である。

【図13】本発明の放射線撮像装置の課題を説明する図である。

【図14】本発明の第1の実施形態の放射線撮像装置の読み出し回路部に用いられる増幅回路を示す図である。

【図15】本発明の第7の実施形態の放射線撮像装置の模式的回路図である。

【図16】本発明の第7の実施形態の放射線撮像装置の動作説明図である。

【符号の説明】

【0083】

- 101 センサアレー
- 102 フォトダイオード
- 103 TFT
- 104 ゲートドライバ
- 105 読み出し装置
- 106 第1領域
- 107 第2領域
- 108 信号線
- 201 演算増幅器

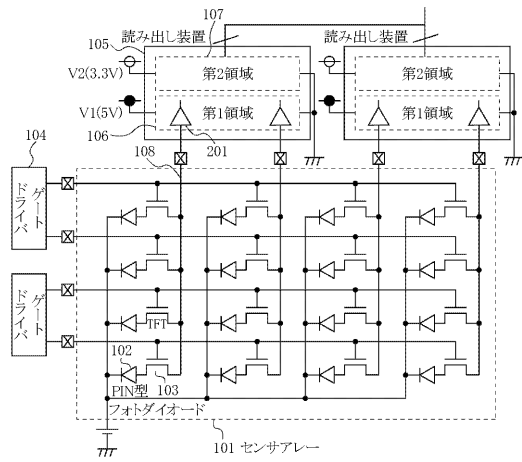
10

20

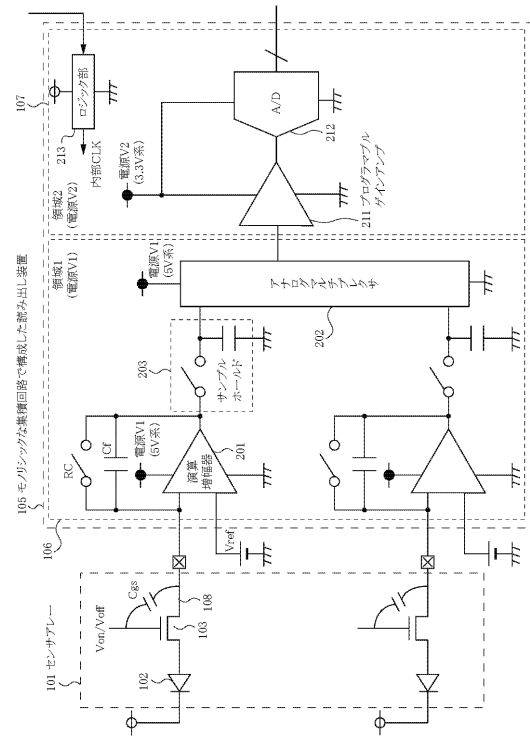
30

40

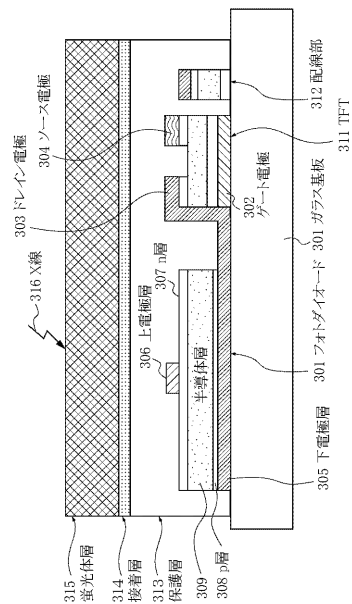
【図 1】



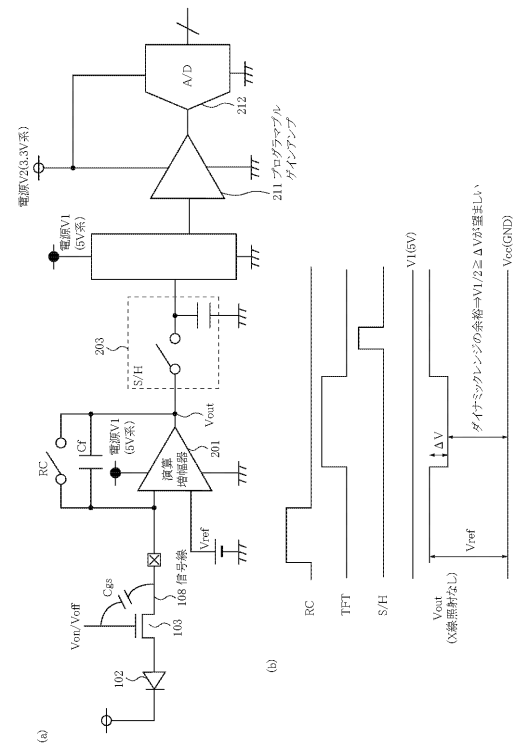
【図 2】

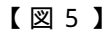


【図 3】

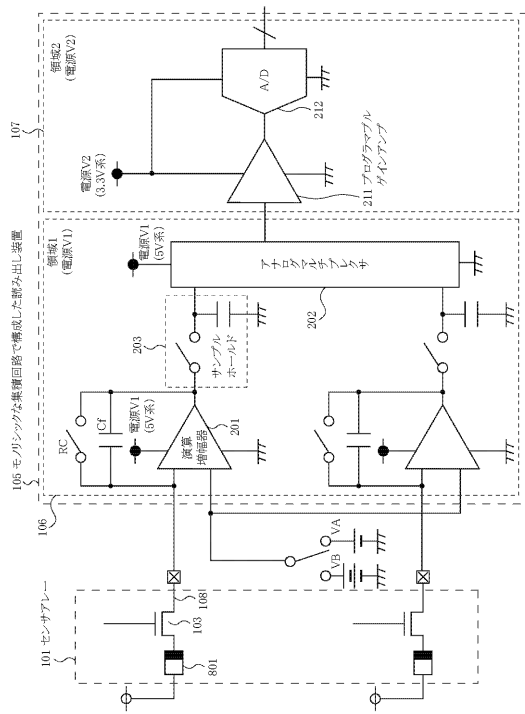


【図 4】

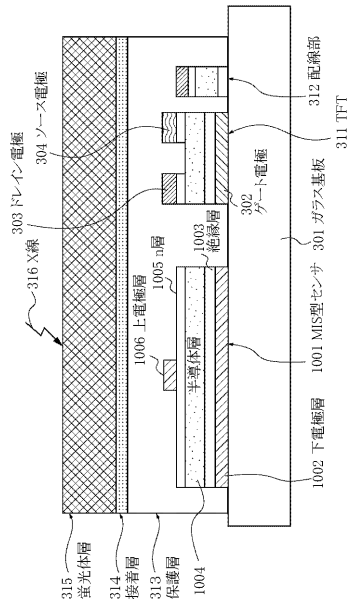




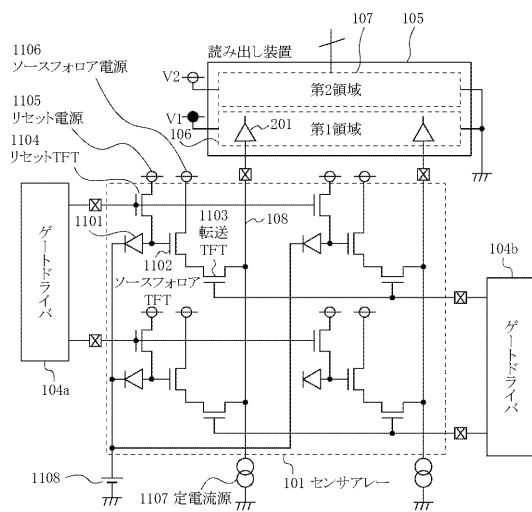
【 図 9 】



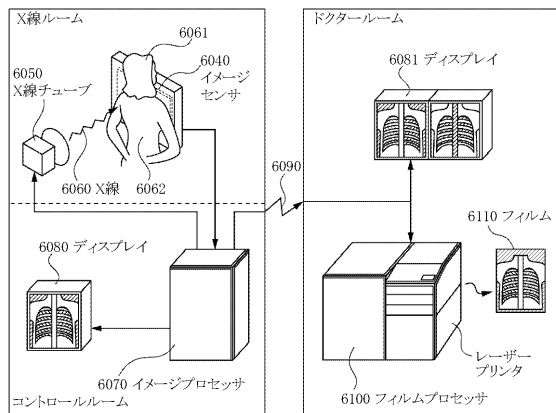
【 図 1 0 】



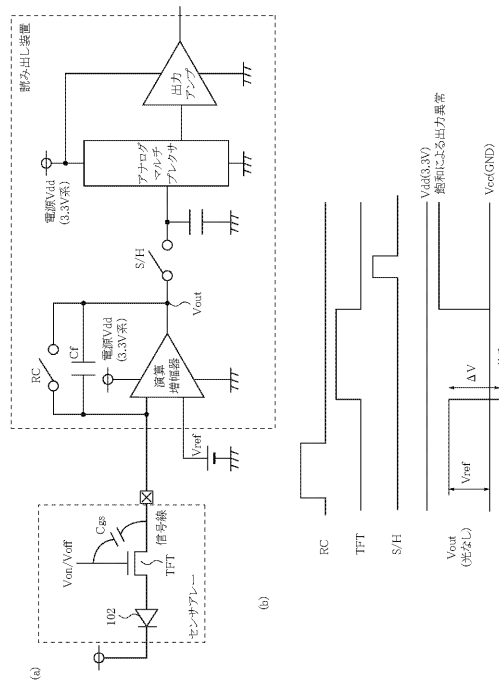
【 ㊦ 1 1 】



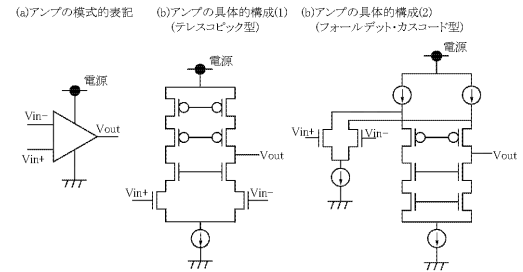
【 図 1 2 】



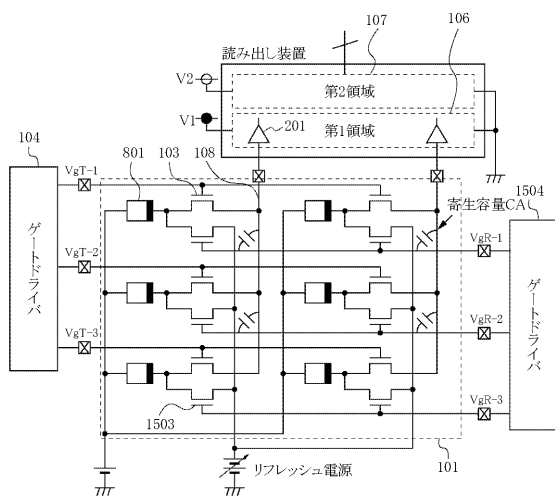
【図 13】



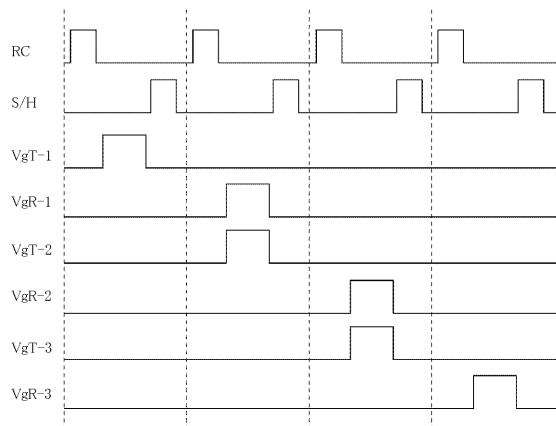
【図 14】



【図 15】



【図 16】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 T 1/24 (2006.01) H 0 4 N 5/335 7 4 0
 G 0 1 T 1/24

(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 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

審査官 若林 治男

(56)参考文献 特開2002-199292(JP,A)
 特開2000-224495(JP,A)
 国際公開第03/085964(WO,A1)
 特開平11-308534(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 H 0 4 N 5 / 3 0 - 5 / 3 7 8
 G 0 1 T 1 / 2 0
 G 0 1 T 1 / 2 4
 H 0 1 L 2 7 / 1 4
 H 0 1 L 2 7 / 1 4 6
 H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7