

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6585910号  
(P6585910)

(45) 発行日 令和1年10月2日 (2019. 10. 2)

(24) 登録日 令和1年9月13日 (2019. 9. 13)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 4 N</b> 5/32 (2006. 01)	H O 4 N 5/32
<b>H O 4 N</b> 5/3745 (2011. 01)	H O 4 N 5/3745
<b>A 6 1 B</b> 6/00 (2006. 01)	A 6 1 B 6/00 3 O O S
<b>G O 1 T</b> 1/20 (2006. 01)	G O 1 T 1/20 E
<b>G O 1 T</b> 1/24 (2006. 01)	G O 1 T 1/24

請求項の数 15 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2015-60021 (P2015-60021)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年3月23日 (2015. 3. 23)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-222938 (P2015-222938A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年12月10日 (2015. 12. 10)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成30年3月19日 (2018. 3. 19)		弁理士 大塚 康德
(31) 優先権主張番号	特願2014-94875 (P2014-94875)	(74) 代理人	100112508
(32) 優先日	平成26年5月1日 (2014. 5. 1)		弁理士 高柳 司郎
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(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】 放射線撮像装置および放射線撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線画像の取得のために各々が放射線を電気信号に変換する第1変換素子と第1スイッチとを含む複数の撮像素子が複数の行及び複数の列に配列された撮像領域と、

前記複数の撮像素子の前記第1スイッチを駆動するための複数の第1駆動線と、

前記複数の撮像素子の夫々から信号が読み出されるように前記複数の列にそれぞれ対応する複数の列信号線と、

前記撮像領域における前記複数の行のうちのある行および前記複数の列のうちのある列で特定される位置に配置され、各々が放射線を電気信号に変換して蓄積する第2変換素子と第2スイッチとを含み、放射線の照射の開始の検知及び放射線の照射量のモニターの少なくとも一方に用いられる複数の検知画素と、

前記放射線が照射されている期間に前記第2スイッチを導通状態とするためのレベルと非導通状態とするためのレベルとを含む信号が印加される、前記複数の第1駆動線とは別の複数の第2駆動線と、

前記複数の列信号線とは別の複数の検知信号線と、を備え、

前記第1スイッチは、前記第1変換素子の第1電極と前記複数の列信号線のうちの対応する列信号線とに電気的に接続されており、前記複数の検知信号線と電気的に接続されておらず、前記第1変換素子の第2電極は、バイアス線に接続され、

前記第2スイッチは、前記複数の第2駆動線のうち対応する第2駆動線が接続された制御端子と、前記第2変換素子の第1電極と電気的に接続された第1主端子と、前記複数の

10

20

検知信号線のうち対応する検知信号線と電氣的に接続された第2主端子と、を有し、前記第2主端子は、前記複数の列信号線と電氣的に接続されておらず、前記第2変換素子の第2電極は、前記バイアス線に接続されている、

ことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項2】

前記撮像領域に平行な面への正投影において、前記検知信号線と前記第1変換素子とが重ならず、かつ、前記検知信号線と前記第2変換素子とが重ならない、

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】

放射線画像の取得のために各々が放射線を電気信号に変換する第1変換素子と第1スイッチとを含む複数の撮像画素が複数の行及び複数の列に配列された撮像領域と、

前記複数の撮像画素の前記第1スイッチを駆動するための複数の第1駆動線と、

前記複数の撮像画素の夫々から信号が読み出されるように前記複数の列にそれぞれ対応する複数の列信号線と、

前記撮像領域における前記複数の行のうちのある行および前記複数の列のうちのある列で特定される位置に配置され、各々が放射線を電気信号に変換する第2変換素子と第2スイッチとを含み、放射線の照射の開始の検知及び放射線の照射量のモニターの少なくとも一方に用いられる複数の検知画素と、

前記放射線が照射されている期間に前記第2スイッチを導通状態とするためのレベルと非導通状態とするためのレベルとを含む信号が印加される、前記複数の第1駆動線とは別の第2駆動線と、

前記複数の列信号線とは別の検知信号線と、を備え、

前記第1スイッチは、前記第1変換素子と前記複数の列信号線のうちの対応する列信号線とに電氣的に接続されており、前記検知信号線と電氣的に接続されておらず、

前記第2スイッチは、前記第2駆動線が接続された制御端子を有し、前記第2変換素子と前記検知信号線と電氣的に接続されており、前記複数の列信号線と電氣的に接続されておらず、

前記複数の列は、前記列信号線と前記検知信号線とが配置された列と、前記列信号線と前記第1スイッチおよび前記第2スイッチのいずれとも接続されていないダミー検知信号線とが配置された列とを含み、

前記複数の行は、前記複数の第1駆動線のうちのある第1駆動線と前記第2駆動線とが配置された行と、前記複数の第1駆動線のうちの他の第1駆動線と前記第1スイッチおよび前記第2スイッチのいずれとも接続されていないダミー駆動線とが配置された行とを含み、

前記ダミー検知信号線と前記ダミー駆動線とが相互に接続されている、

ことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項4】

前記ダミー検知信号線およびダミー駆動線に固定電位が与えられる、

ことを特徴とする請求項3に記載の放射線撮像装置。

【請求項5】

前記ダミー検知信号線および前記ダミー駆動線に現れる電気信号に基づいて前記撮像領域への放射線の照射を検知する検知部を更に備える、

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】

前記ダミー検知信号線と前記ダミー駆動線とが前記撮像領域の外側の領域において接続されている、

ことを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項7】

前記撮像領域は、格子を構成するように配列された複数の単位領域からなり、前記複数の単位領域は、前記撮像画素および前記検知画素のうち前記撮像画素のみを含む単位領域

10

20

30

40

50

と、前記撮像素素および前記検知画素の双方を含む単位領域とで構成される、  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 8】

前記第 2 駆動線に電氣的に接続され、前記放射線が照射されている期間に前記第 2 スイッチを導通状態とするためのレベルと非導通状態とするためのレベルとを含む信号を前記第 2 スイッチの制御端子に供給するための駆動部と、

前記検知信号線に現れる電気信号に基づいて放射線の照射量を検知する検知部と、を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 9】

前記検知部は、前記検知信号線の電位をリセットした後に前記第 2 スイッチを導通させない状態で前記検知信号線に現れる信号と、前記検知信号線の電位をリセットした後に前記第 2 スイッチを導通させることによって前記検知信号線に現れる信号との差分に基づいて放射線の照射量を検知する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 10】

前記検知部は、前記検知信号線の電位をリセットした後に前記第 2 スイッチを導通させない状態で前記検知信号線に現れる信号の変化量と、前記検知信号線の電位をリセットした後に前記第 2 スイッチを非導通状態から導通状態に変化させたときに前記検知信号線に現れる信号の変化量と、の差分に基づいて放射線の照射量を検知する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 11】

放射線の照射が開始されたことを検知する期間では、前記第 2 スイッチが導通状態に固定にされ、放射線の照射量をモニターする期間では、前記第 2 スイッチが断続的に導通状態にされる、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 12】

前記第 2 変換素子と前記列信号線との間に配置された第 3 スイッチを更に含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置。

【請求項 13】

放射線の照射中は、前記第 2 スイッチが導通されず、

放射線の照射が終了した後は、前記第 3 スイッチを導通させることによって、前記列信号線を介して前記検知画素から読み出される信号に基づいて画像信号が取得される、

ことを特徴とする請求項 12 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 14】

放射線の照射中に、前記複数の検知画素の一部の前記第 2 スイッチを導通させることによって、放射線の検知を行うための前記検知画素の数が変更される、

ことを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の放射線撮像装置。

【請求項 15】

放射線を発生する放射線源と、

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の放射線撮像装置と、

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、放射線撮像装置および放射線撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

X 線等の放射線による医療画像診断や非破壊検査に用いる放射線撮像装置として、TFT (薄膜トランジスタ) 等のスイッチと光電変換素子等の変換素子とを組み合わせた画素ア

10

20

30

40

50

レイを有するマトリクス基板を有する放射線撮像装置が実用化されている。

【0003】

近年、放射線撮像装置の多機能化が検討されている。その一つとして、放射線の照射をモニターする機能を内蔵することが検討されている。この機能によって、例えば、放射線源からの放射線の照射が開始されたタイミングの検知、放射線の照射を停止されるべきタイミングの検知、放射線の照射量または積算照射量の検知が可能になる。

【0004】

特許文献1には、放射線画像を取得するための画素と、放射線を検知するための画素とを備えた放射線検出装置が開示されている。特許文献1の放射線検出装置では、放射線画像を取得するための画素の信号と、放射線を検知するための画素の信号とが、それぞれスイッチを介して同じ信号線から読み出される。

10

【0005】

特許文献2にも、放射線画像を取得するための画素と、放射線を検知するための画素とを備えた放射線検出装置が開示されている。特許文献2の放射線検出装置では、放射線の検知のための専用の信号線が設けられていて、放射線を検知するための画素の光電変換素子が当該専用の信号線に直接に接続されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2012-15913号公報

20

【特許文献2】特開2011-174908号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1の放射線検出装置では、放射線画像を取得するための画素の信号と放射線を検知するための画素の信号とを同じ信号線を介して読み出す。したがって、該信号線の寄生容量が大きく、放射線を検知するための画素から信号を高速に読み出すことが難しい。そのため、露出の終了などの制御を正確に行うことが難しい。

【0008】

特許文献2の放射線検出装置では、任意の検知領域に対する放射線の照射を個別に検知するためには、検知領域の個数分の専用の信号線が必要である。特に、放射線の検知のための複数の画素を1つの列に配置した場合に、当該画素の個数分の専用の信号線をその列に配置する必要がある。これは、画素の配列ピッチの増大あるいは画素の感度の低下をもたらす。

30

【0009】

本発明は、画素の配列ピッチの増大あるいは画素の感度の低下を抑えながら放射線の照射を高い応答性でモニターするために有利な技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の1つの側面は、放射線撮像装置に係り、前記放射線撮像装置は、放射線画像の取得のために各々が放射線を電気信号に変換する第1変換素子と第1スイッチとを含む複数の撮像画素が複数の行及び複数の列に配列された撮像領域と、前記複数の撮像画素の前記第1スイッチを駆動するための複数の第1駆動線と、前記複数の撮像画素の夫々から信号が読み出されるように前記複数の列にそれぞれ対応する複数の列信号線と、前記撮像領域における前記複数の行のうちのある行および前記複数の列のうちのある列で特定される位置に配置され、各々が放射線を電気信号に変換して蓄積する第2変換素子と第2スイッチとを含み、放射線の照射の開始の検知及び放射線の照射量のモニターの少なくとも一方に用いられる複数の検知画素と、前記放射線が照射されている期間に前記第2スイッチを導通状態とするためのレベルと非導通状態とするためのレベルとを含む信号が印加される、前記複数の第1駆動線とは別の複数の第2駆動線と、前記複数の列信号線とは別の複数の

40

50

検知信号線と、を備え、前記第 1 スイッチは、前記第 1 変換素子の第 1 電極と前記複数の列信号線のうちの対応する列信号線とに電氣的に接続されており、前記複数の検知信号線と電氣的に接続されておらず、前記第 1 変換素子の第 2 電極は、バイアス線に接続され、前記第 2 スイッチは、前記複数の第 2 駆動線のうち対応する第 2 駆動線が接続された制御端子と、前記第 2 変換素子の第 1 電極と電氣的に接続された第 1 主端子と、前記複数の検知信号線のうち対応する検知信号線と電氣的に接続された第 2 主端子と、を有し、前記第 2 主端子は、前記複数の列信号線と電氣的に接続されておらず、前記第 2 変換素子の第 2 電極は、前記バイアス線に接続されている。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

10

本発明によれば、画素の配列ピッチの増大あるいは画素の感度の低下を抑えながら放射線の照射を高い応答性でモニターするために有利な技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 2】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 3】本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置の変形例の構成を示す図。

【図 4】本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 5】本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置における撮像画素および検知画素の構成を示す平面図。

20

【図 6】図 5 の A - A ' 線に沿った断面図 ( a ) および図 5 の B - B ' 線に沿った断面図 ( b )。

【図 7】検知画素の配置例を示す図。

【図 8】本発明の第 2 実施形態の放射線撮像装置における撮像画素および検知画素の構成を示す平面図。

【図 9】本発明の第 3 実施形態の放射線撮像装置における撮像画素および検知画素の構成を示す平面図。

【図 10】本発明の第 3 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 11】本発明の第 4 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 12】本発明の第 4 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

30

【図 13】本発明の第 5 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 14】比較例を示す図。

【図 15】本発明の第 5 実施形態の放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 16】本発明の第 6 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 17】本発明の第 6 実施形態の放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 18】本発明の第 7 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 19】本発明の第 7 実施形態の放射線撮像装置の動作を示す図。

【図 20】本発明の第 7 実施形態の放射線撮像装置の使用例を示す図。

【図 21】本発明の第 8 実施形態の放射線撮像装置の構成を示す図。

【図 22】本発明の第 8 実施形態の放射線撮像装置の動作を示す図。

40

【図 23】放射線検知システムの構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、添付図面を参照しながら本発明をその例示的な実施形態を通して説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 には、本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置 200 の構成が示されている。放射線撮像装置 200 は、複数の行および複数の列を構成するように撮像領域 I R に配列された複数の画素を有する。該複数の画素は、放射線画像の取得のための複数の撮像画素 101 と、放射線の検知のための検知画素 121 とを含む。該複数の画素は、図 6 に示されるように支持基板 100 に配列されうる。撮像画素 101 は、放射線を電気信号に変換する第

50

1 変換素子 1 0 2 と、列信号線 1 0 6 と第 1 変換素子 1 0 2 との間に配置された第 1 スイッチ 1 0 3 とを含む。検知画素 1 2 1 は、放射線を電気信号に変換する第 2 変換素子 1 2 2 と、検知信号線 1 2 5 と第 2 変換素子 1 2 2 との間に配置された第 2 スイッチ 1 2 3 とを含む。

【 0 0 1 5 】

第 1 変換素子 1 0 2 および第 2 変換素子 1 2 2 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とで構成されうる。シンチレータは、一般的には、撮像領域 I R 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うる。あるいは、第 1 変換素子 1 0 2 および第 2 変換素子 1 2 2 は、放射線を直接に光に変換する変換素子で構成されうる。

10

【 0 0 1 6 】

第 1 スイッチ 1 0 3 および第 2 スイッチ 1 2 3 は、例えば、非晶質シリコンまたは多結晶シリコン（好ましくは多結晶シリコン）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（T F T）を含みうる。

【 0 0 1 7 】

放射線撮像装置 2 0 0 は、複数の列信号線 1 0 6 および複数の駆動線 1 0 4 を有する。複数の列信号線 1 0 6 は、撮像領域 I R における複数の列にそれぞれ対応する。つまり、1 つの列信号線 1 0 6 は、撮像領域 I R における複数の列のうちの 1 つに対応する。複数の駆動線 1 0 4 は、撮像領域 I R における複数の行にそれぞれ対応する。つまり、1 つの駆動線 1 0 4 は、撮像領域 I R における複数の行のうちの 1 つに対応する。各駆動線 1 0 4 は、行選択部 2 2 1 によって駆動される。

20

【 0 0 1 8 】

第 1 変換素子 1 0 2 の第 1 電極は、第 1 スイッチ 1 0 3 の第 1 主電極に接続され、第 1 変換素子 1 0 2 の第 2 電極は、バイアス線 1 0 8 に接続される。ここで、1 つのバイアス線 1 0 8 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 1 0 2 の第 2 電極に共通に接続される。バイアス線 1 0 8 は、電源回路 2 2 6 からバイアス電圧  $V_s$  を受ける。1 つの列を構成する複数の撮像素素 1 0 1 の第 1 スイッチ 1 0 3 の第 2 主電極は、複数の列信号線 1 0 6 のうち当該列に対応する列信号線 1 0 6 に接続される。1 つの行を構成する複数の撮像素素 1 0 1 の第 1 スイッチ 1 0 3 の制御電極は、1 つの駆動線 1 0 4 に接続される。

30

【 0 0 1 9 】

複数の列信号線 1 0 6 は、読出部 1 3 0 に接続される。ここで、読出部 1 3 0 は、複数の検知部 1 3 2 と、マルチプレクサ 1 3 4 と、アナログデジタル変換器（以下、A D 変換器）1 3 6 とを含みうる。複数の列信号線 1 0 6 のそれぞれは、読出部 1 3 0 の複数の検知部 1 3 2 のうち対応する検知部 1 3 2 に接続される。ここで、1 つの列信号線 1 0 6 は、1 つの検知部 1 3 2 に対応する。検知部 1 3 2 は、例えば、差動増幅器を含む。マルチプレクサ 1 3 4 は、複数の検知部 1 3 2 を所定の順番で選択し、選択した検知部 1 3 2 からの信号を A D 変換器 1 3 6 に供給する。A D 変換器 1 3 6 は、供給された信号をデジタル信号に変換して出力する。

【 0 0 2 0 】

40

第 2 変換素子 1 2 2 の第 1 電極は、第 2 スイッチ 1 2 3 の第 1 主電極に接続され、第 2 変換素子 1 2 2 の第 2 電極は、バイアス線 1 0 8 に接続される。第 2 スイッチ 1 2 3 の第 2 主電極は、検知信号線 1 2 5 に電氣的に接続される。第 2 スイッチ 1 2 3 の制御電極は、駆動線 1 2 4 に電氣的に接続される。放射線撮像装置 2 0 0 は、複数の検知信号線 1 2 5 を有しうる。1 つの検知信号線 1 2 5 には、1 または複数の検知画素 1 2 1 が接続されうる。駆動線 1 2 4 は、駆動部 2 4 1 によって駆動される。1 つの駆動線 1 2 4 には、1 または複数の検知画素 1 2 1 が接続されうる。

【 0 0 2 1 】

検知信号線 1 2 5 は、読出部 1 4 0 に接続される。ここで、読出部 1 4 0 は、複数の検知部 1 4 2 と、マルチプレクサ 1 4 4 と、A D 変換器 1 4 6 とを含みうる。複数の検知信

50

号線 1 2 5 のそれぞれは、読出部 1 4 0 の複数の検知部 1 4 2 のうち対応する検知部 1 4 2 に接続されうる。ここで、1 つの検知信号線 1 2 5 は、1 つの検知部 1 4 2 に対応する。検知部 1 4 2 は、例えば、差動増幅器を含む。マルチプレクサ 1 4 4 は、複数の検知部 1 4 2 を所定の順番で選択し、選択した検知部 1 4 2 からの信号を A D 変換器 1 4 6 に供給する。A D 変換器 1 4 6 は、供給された信号をデジタル信号に変換して出力する。

#### 【 0 0 2 2 】

読出部 1 4 0 ( A D 変換器 1 4 6 ) の出力は、信号処理部 2 2 4 に供給され、信号処理部 2 2 4 によって処理される。信号処理部 2 2 4 は、読出部 1 4 0 ( A D 変換器 1 4 6 ) の出力に基づいて、放射線撮像装置 2 0 0 に対する放射線の照射を示す情報を出力する。具体的には、信号処理部 2 2 4 は、例えば、放射線撮像装置 2 0 0 に対する放射線の照射を検知したり、放射線の照射量および / または積算照射量を演算したりする。制御部 2 2 5 は、信号処理部 2 2 4 からの情報に基づいて、行選択部 2 2 1、駆動部 2 4 1 および読出部 1 3 0 を制御する。制御部 2 2 5 は、信号処理部 2 2 4 からの情報に基づいて、例えば、露出 ( 撮像素 1 0 1 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。

#### 【 0 0 2 3 】

図 2 には、放射線撮像装置 2 0 0 を含む放射線撮像システムの構成が例示されている。放射線撮像システムは、放射線撮像装置 2 0 0 の他、コントローラ 1 0 0 2、インターフェース 1 0 0 3、放射線源インターフェース 1 0 0 4、放射線源 1 0 0 5 を備えている。

#### 【 0 0 2 4 】

コントローラ 1 0 0 2 には、線量 A、照射時間 B ( m s )、管電流 C ( m A )、管電圧 D ( k V )、放射線をモニターすべき領域である放射線検知領域 ( R O I ) などの情報が入力されうる。入力された情報は、インターフェース 1 0 0 3 を介して、放射線撮像装置 2 0 0 に送られる。放射線源 1 0 0 5 に付属された爆射スイッチが操作されると、放射線源 1 0 0 5 から放射線が放射される。放射線撮像装置 2 0 0 は、例えば、放射線検知領域 ( R O I ) に配置された検知画素 1 2 1 を用いて、放射線の照射を検知する為の検知動作を行い、放射線の照射の開始タイミングを検知する。次に、放射線撮像装置 2 0 0 の制御部 2 2 5 は、例えば、放射線検知領域 ( R O I ) に配置された検知画素 1 2 1 から読み出された信号の積分値が線量 A ' に到達したら、インターフェース 1 0 0 3 を介して放射線源インターフェース 1 0 0 4 に曝射停止信号を送る。これにตอบสนองして、放射線源インターフェース 1 0 0 4 は、放射線源 1 0 0 5 に放射線の放射を停止させる。ここで、線量 A ' は、線量 A、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 2 2 5 によって決定されうる。放射線の照射時間が照射時間 B に達した場合は、放射線源 1 0 0 5 は、爆射停止信号の有無にかかわらず、放射線の照射を停止する。

#### 【 0 0 2 5 】

第 1 実施形態では、検知画素 1 2 1 が存在する箇所は、画像情報を読み出すことができないが、検知画素 1 2 1 の周囲の撮像素 1 0 1 の出力を用いて補間処理を行うことで、検知画素 1 2 1 が存在する箇所の画像情報を得ることができる。

#### 【 0 0 2 6 】

図 1 に示された構成例では、撮像素 1 0 1 からの信号と検知画素 1 2 1 からの信号とが別個の読出部 1 3 0、1 4 0 によって読み出されるが、図 3 に例示されるように、共通の読出部 1 4 0 によって読み出されてもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

図 4 には、本発明の第 1 実施形態の放射線撮像装置 2 0 0 の動作が例示されている。以下の説明において、撮像素 1 0 1 を駆動する駆動線 1 0 4 に印加される信号を  $V_{g1} \sim V_{gn}$  とし、検知画素 1 2 1 を駆動する駆動線 1 2 4 に印加される信号を  $V_{d1} \sim V_{dn}$  とする。第 1 スイッチ 1 0 3、第 2 スイッチ 1 2 3 は、ゲートに供給される信号がハイレベルであるときに導通状態となり、ゲートに供給される信号がローレベルであるときに非導通状態となる。

#### 【 0 0 2 8 】

期間 T 1 は、放射線の照射の開始を待つ期間である。具体的には、放射線撮像装置 2 0 0 の電源が投入され、放射線画像の撮像が可能な状態となってから放射線源 1 0 0 5 の曝射スイッチが操作され、放射線の照射が検知されるまでが期間 T 1 である。

【 0 0 2 9 】

期間 T 1 では、V d 1 ~ V d n がハイレベルに固定され、検知画素 1 2 1 の第 2 スイッチ 1 2 3 が導通状態に固定される。検知画素 1 2 1 から読出部 1 4 0 によって読み出された信号は、信号処理部 2 2 4 で処理され、放射線の照射の開始が検知される。放射線の照射の開始が検知されると、期間 T 2 に移行する。期間 T 1 では、変換素子 1 0 2 において発生するダーク電流を除去するために、変換素子 1 0 2 を定期的に定電位にリセットすることが望ましい。この例では、各駆動線 1 0 4 の電圧 V g 1 ~ V g n が順次にハイレベルにされ、変換素子 1 0 2 を定電圧に固定された列信号線 1 0 6 に電氣的に接続する。これによって、ダーク電流による電荷が変換素子 1 0 2 に長時間にわたって蓄積されることが防止される。期間 T 1 の長さは、撮影手法・条件等により大きく異なるが、例えば、数 s e c ~ 数 m i n でありうる。

【 0 0 3 0 】

期間 T 2 は、放射線が照射されている期間である。一例として、期間 T 2 は、放射線の照射の開始が検知されてから放射線の曝射量が最適線量となるまでの期間である。期間 T 2 は、放射線の照射量をモニターする期間であるとも言える。期間 T 2 では、V d 1 ~ V d n が断続的にハイレベルにされ、検知画素 1 2 1 の第 2 スイッチ 1 2 3 が断続的に導通状態にされる。

【 0 0 3 1 】

検知画素 1 2 1 から読出部 1 4 0 によって読み出された信号は、信号処理部 2 2 4 で処理され、線量が検知される。期間 T 2 では、各駆動線 1 0 4 に印加される信号 V g 1 ~ V g n がローレベルにされる。これにより、撮像素素 1 0 1 の第 1 変換素子 1 0 2 では、発生した電荷が蓄積される。期間 T 2 の長さは、撮影手法・条件等により大きく異なるが、例えば、1 m s e c ~ 数百 m s e c 程度でありうる。

【 0 0 3 2 】

制御部 2 2 5 は、放射線検知領域 ( R O I ) に配置された検知画素 1 2 1 から読み出された信号の積分値が線量 A ' に到達したら放射線撮像装置 2 0 0 の動作を期間 T 3 に移行させる。また、このとき、制御部 2 2 5 は、インターフェース 1 0 0 3 を介して放射線源インターフェース 1 0 0 4 に曝射停止信号を送る。

【 0 0 3 3 】

期間 T 3 は、放射線の照射が終了した後に、放射線により撮像素素 1 0 1 に蓄積された信号を読み出す期間である。期間 T 3 では、V d 1 ~ V d n がローレベルにされる。期間 T 3 では、検知信号線 1 2 5 がフローティングになることを防ぐために、検知信号線 1 2 5 を固定電位に接続することが好ましい。

【 0 0 3 4 】

期間 T 3 では、複数の行を走査するために、V g 1 ~ V g n が順次にハイレベルにされる。撮像素素 1 0 1 に蓄積された信号は、読出部 1 4 0 によって読み出される。この例では、各撮像素素 1 0 1 における蓄積時間が一定となるように、期間 T 1 において最後にハイレベルが印加された行に応じて、最初にハイレベルが印加される行が決定される。図 4 では、期間 T 1 において最後にハイレベルが印加された行が V g 1 に対応する行であるので、期間 T 3 では、V g 2 に対応する行から順にハイレベルが印加される。

【 0 0 3 5 】

第 1 実施形態では、検知画素 1 2 1 の変換素子である第 2 変換素子 1 2 2 が接続された検知信号線 1 2 5 は、撮像素素 1 0 1 から信号を読み出すための列信号線 1 0 6 とは別個に設けられた信号線であるので、撮像素素 1 0 1 が接続されていない。したがって、検知信号線 1 2 5 の寄生容量を小さくすることができ、これにより、放射線の照射を高い応答性でモニターすることができる。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50



また、第1実施形態では、検知画素121のスイッチである第2スイッチ123を設けることによって、検知信号線125の本数を少なくしながら検知画素121ごとに放射線の照射を検知することができる。ここで、検知画素121ごと、あるいは、少なくとも1つの検知画素121を含む放射線検知領域(ROI)ごとに放射線を検知することができる構成は、より適切な線量制御および露出制御の実現に寄与する。

#### 【0037】

図5は、本発明の第1実施形態の放射線撮像装置200における撮像素子101および検知画素121の構成を示す平面図である。ここで、平面図は、放射線撮像装置200の撮像領域IRに平行な面への正投影と等価である。図6(a)は、図5のA-A'線に沿った断面図、図6(b)は、図5のB-B'線に沿った断面図である。

10

#### 【0038】

図5および図6(a)に例示されるように、検知画素121は、第2変換素子122と、第2スイッチ123とを含む。第2変換素子122は、この例では、不図示のシンチレータによって放射線から変換された光を電荷に変換し蓄積する。ただし、第2変換素子122は、放射線を直接に電荷に変換するように構成されてもよい。第2スイッチ123は、第2変換素子122に蓄積された電荷に応じた電気信号を出力するTFT(薄膜トランジスタ)を含む。第2変換素子122は、例えば、PIN型のフォトダイオード154でありうる。第2変換素子122は、第2スイッチ123を介して、検知信号線125と接続される。第2変換素子122は、ガラス基板等の絶縁性の支持基板100の上に配置された第2スイッチ123の上に層間絶縁層129を挟んで配置されうる。第2変換素子122は、例えば、第1電極151、PINフォトダイオード154、第2電極157で構成されうる。

20

#### 【0039】

第2変換素子122の上には、保護膜158、第2層間絶縁層159、バイアス線108、保護膜160が順に配置されている。保護膜160の上には、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。第2電極157は、コンタクトホールを介してバイアス線108に接続されている。第2電極157には、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が透過可能な構成となっている。

#### 【0040】

図5および図6(b)に例示されるように、撮像素子101は、第1変換素子102と、第1スイッチ103とを含む。第1変換素子102は、第2変換素子122と同様に、不図示のシンチレータによって放射線から変換された光を電荷に変換し蓄積する。ただし、第1変換素子102は、放射線を直接に電荷に変換するように構成されてもよい。第1スイッチ103は、第1変換素子102に蓄積された電荷に応じた電気信号を出力するTFT(薄膜トランジスタ)を含む。第1変換素子102は、例えば、PIN型のフォトダイオード154でありうる。第1変換素子102は、第1スイッチ103を介して、列信号線106と接続される。第1変換素子102は、ガラス基板等の絶縁性の支持基板100の上に配置された第1スイッチ103の上に層間絶縁層129を挟んで配置されうる。第1変換素子102は、例えば、第1電極151、PINフォトダイオード154、第2電極157で構成されうる。第1変換素子102、第2変換素子122は、例えば、MIS型のセンサによって構成されてもよい。

30

40

#### 【0041】

図7には、検知画素121の配置例が示されている。なお、符号が付されていない画素は、撮像素子である。図7に示された配置例では、4つの放射線検知領域ROIが設けられている。各放射線検知領域ROIは、12個の画素で構成され、それらのうちの2個の画素が検知画素121であり、他の10個の画素が撮像素子である。ただし、これは一例に過ぎず、例えば、放射線検知領域ROIが50×50画素の領域を有し、それらのうちの5×5画素が検知画素121であるなど、検知画素121の配置および放射線検知領域ROIの構成は、用途に応じて自由になされうる。

#### 【0042】

50

図 7 に示された例では、1つの駆動線 124 と 1つの検知信号線 125 との選択によって 1つの検知画素 121 を指定することができる。例えば、V<sub>dm</sub>がハイレベルにされることによって検知信号線 125 a、125 c に接続された検知画素 121 から検知信号線 125 a、125 c に信号が出力され、読出部 140 によって、検知信号線 125 a、125 c から個別に信号を読み出すことができる。したがって、放射線検知領域 R O I の中の複数の検知画素 121 の出力を個別にモニターすることができる。換言すると、各放射線検知領域 R O I を複数のブロックに分割して照射線量をモニターすることができる。

【0043】

他の例では、放射線検知領域 R O I の中の複数の検知画素 121 を 1本の検知信号線 125 に接続してもよい。

10

【0044】

図 8 は、本発明の第 2 実施形態の放射線撮像装置 200 における撮像画素 101 および検知画素 121 の構成を示す平面図である。第 2 実施形態として言及しない事項は、第 1 実施形態に従いうる。図 8 に例示されているように、第 2 実施形態では、撮像領域 I R に平行な面への正投影において、検知信号線 125 と第 1 変換素子 102 とが重ならず、かつ、検知信号線 125 と第 2 変換素子 122 とが重ならない構成を有する。したがって、第 2 実施形態では、検知信号線 125 の寄生容量を小さくすることができ、これによって検知信号線 125 を介して検知画素 121 から信号を読み出す速度を向上させることができる。

【0045】

20

また、第 2 実施形態では、検知信号線 125 に対する撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 の第 1 電極 151 (図 6 参照) の電位変動の影響を低減することができる。具体的には、放射線が照射されている間は、撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 の第 1 電極 151 の電位は、電荷の蓄積によって変動する。よって、検知信号線 125 と撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 の第 1 電極 151 との間では、それらの間の寄生容量によって、クロストークが起こりうる。そこで、第 2 実施形態では、撮像領域 I R に平行な面への正投影において、検知信号線 125 と第 1 変換素子 102 とが重ならず、かつ、検知信号線 125 と第 2 変換素子 122 とが重ならない構成が採用されている。この構成によれば、検知信号線 125 と第 1 電極 151 との間の寄生容量が低減され、クロストークが低減される。

30

【0046】

第 2 実施形態では、検知信号線 125 が配置された列の撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 は、検知信号線 125 が配置されない列の撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 より小さくなりうる。しかし、これによる影響は、読出部 130 の検知部 132 のゲインを調整すること、あるいは、放射線撮像装置 200 から出力される画像を補正することによって、低減することができる。

【0047】

図 9 は、本発明の第 3 実施形態の放射線撮像装置 200 における撮像画素 101 および検知画素 121 の構成を示す平面図である。第 3 実施形態として言及しない事項は、第 1 または第 2 実施形態に従いうる。図 9 に例示されているように、第 3 実施形態の放射線撮像装置 200 は、ダミー検知信号線 195 および / またはダミー駆動線 194 を有する。

40

【0048】

ダミー検知信号線 195 は、撮像領域 I R における検知信号線 125 が配置されていない列に配置される。即ち、撮像領域 I R を構成する複数の列のうちの一部は、列信号線 106 および検知信号線 125 が配置された列である。そして、撮像領域 I R を構成する複数の列のうちの残りは、列信号線 106 と、第 1 スイッチ 103 および第 2 スイッチ 123 のいずれとも接続されていないダミー検知信号線 195 と、が配置された列である。

【0049】

ダミー駆動線 194 は、撮像領域 I R における駆動線 124 が配置されていない行に配置される。即ち、撮像領域 I R を構成する複数の行のうちの一部は、第 1 スイッチ 103

50

を駆動するための駆動線 104 と第 2 スイッチ 123 を駆動するための駆動線 124 とが配置された行である。そして、撮像領域 I R を構成する複数の行のうちの残りは、第 1 スイッチ 103 を駆動するための駆動線 104 と第 1 スイッチ 103 および第 2 スイッチ 123 のいずれとも接続されていないダミー駆動線 194 とが配置された行である。

#### 【0050】

ダミー検知信号線 195 および / またはダミー駆動線 194 を設けることによって、複数の撮像画素 101 において、第 1 変換素子 102 の容量を均一化することができる。これによってアーチファクトを低減することができる。ダミー検知信号線 195 およびダミー駆動線 194 は、フローティング状態であると、電位が変動しうるので、固定電位が与えられることが好ましい。

10

#### 【0051】

ダミー検知信号線 195 および / またはダミー駆動線 194 は、放射線の照射の開始を検知するために利用されてもよい。これは、ダミー検知信号線 195 および / またはダミー駆動線 194 に現れる電気信号、例えば、電流または電圧の変化を検知することによってなされう。図 10 には、ダミー検知信号線 195 およびダミー駆動線 194 を放射線の照射の開始を検知するために利用した構成が例示されている。図 10 に示された例では、複数のダミー検知信号線 195 および複数のダミー駆動線 194 が相互に接続され共通の検知線 S L を介して検知部 148 に接続されている。複数のダミー検知信号線 195 および複数のダミー駆動線 194 は、例えば、撮像領域 I R の外側の領域において相互に接続されう。

20

#### 【0052】

ダミー検知信号線 195 およびダミー駆動線 194 と第 1 変換素子 102 の第 1 電極 151 との間には、寄生容量が形成される。よって、ダミー検知信号線 195 およびダミー駆動線 194 と第 1 変換素子 102 の第 1 電極 151 とは、この寄生容量によって容量結合され、放射線の照射が開始されると、第 1 電極 151 の電位の変化に応じて検知線 S L に電流が流れる。検知部 148 は、検知線 S L を流れる電流に基づいて放射線の照射の開始を検知する。複数のダミー検知信号線 195 および複数のダミー駆動線 194 を共通の検知線 S L に接続することによって、放射線撮像装置 200 に対する放射線の照射の開始を検知する感度を向上させることができる。また、検知線 S L を利用して検知部 148 によって放射線の開始の検知する動作と、検知画素 121 を利用して放射線検知領域 R O I ごとに検知部 142 によって放射線の照射の開始を検知する動作とを併用してもよい。これによって放射線の照射の開始の検知精度を向上させることができる。

30

#### 【0053】

図 11 は、本発明の第 4 実施形態の放射線撮像装置 200 の構成を示す図である。図 12 は、本発明の第 4 実施形態の放射線撮像装置 200 における撮像画素 101 および検知画素 121 の構成を示す平面図である。第 4 実施形態として言及しない事項は、第 1 乃至第 3 実施形態に従いうる。

#### 【0054】

第 4 実施形態では、撮像領域 I R は、格子を構成するように配列された複数の単位領域からなる。該複数の単位領域は、撮像画素 101 および検知画素 121 のうち撮像画素 101 のみを含む単位領域と、撮像画素 101' および検知画素 121' の双方を含む単位領域とで構成される。つまり、第 1 乃至第 3 実施形態では、撮像画素が有しない単位領域が存在するが、第 4 実施形態では、全ての単位領域が撮像画素 101 または 101' を有する。撮像画素 101' は、第 1 変換素子 102' と第 1 スイッチ 103' とを含む。検知画素 121' は、第 2 変換素子 122' と第 2 スイッチ 123' とを含む。

40

#### 【0055】

撮像画素 101 の第 1 変換素子 102 と撮像画素 101' の第 1 変換素子 102' とは大きさが異なるので、撮像画素 101 と撮像画素 101' との間には感度差が存在しう。しかし、この感度差による影響は、読出部 130 の検知部 132 のゲインを調整すること、あるいは、放射線撮像装置 200 から出力される画像を補正することによって、低減

50

することができる。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 ~ 図 1 5 を参照して本発明の第 5 実施形態を説明する。第 5 実施形態は、読出部 1 4 0 の構成および動作の具体例を提供する。図 1 3 には、読出部 1 4 0 の構成例が示されている。図 1 4 には、比較例が示されている。図 1 5 には、第 5 実施形態の読出部 1 4 0 の動作例が示されている。

【 0 0 5 7 】

読出部 1 4 0 の検知部 1 4 2 は、増幅回路 A M P と、保持容量 H C と、サンプリングスイッチ S W とを含む。増幅回路 A M P は、第 1 入力端子、第 2 入力端子および出力端子を有する差動増幅器 D A と、該第 1 入力端子と該出力端子との間に並列に設けられた帰還容量 C f およびリセットスイッチ R S とを含む。該第 1 入力端子には、検知信号線 1 2 5 が接続され、該第 2 端子には基準電位 R E F が供給される。サンプリングスイッチ S W は、差動増幅器 D A ( 増幅回路 A M P ) の出力端子と保持容量 H C との間に配置されている。V A は、検知画素 1 2 1 の第 2 電極 1 5 1 の電位、V B は、差動増幅器 D A ( 増幅回路 A M P ) の出力端子の電位である。図 1 4 、図 1 5 中の「駆動信号」は、駆動線 1 2 4 に印加される信号である。

【 0 0 5 8 】

放射線の照射中 ( 図 4 における期間 T 2 ) は、撮像素子 1 0 1 の第 2 電極 1 5 1 の電位が変動する。これに伴って、第 2 電極 1 5 1 と検知信号線 1 2 5 との間の寄生容量を介したクロストークによって、検知信号線 1 2 5 の電位が変化する。したがって、図 1 4 ( 比較例 ) に例示されるように、差動増幅器 D A ( 増幅回路 A M P ) の出力端子の電位 V B も変動する。図 1 4 において、「クロストーク成分」は、クロストークによる検知信号線 1 2 5 の電位変化に対応する V B の変化を示している。また、「放射線成分」は、第 2 スイッチ 1 2 3 を導通することによる検知信号線 1 2 5 の電位変化 ( つまり、第 2 変換素子 1 2 2 に蓄積された電荷 ) に対応する V B の変化を示している。サンプリング信号 S H をハイレベルにしてサンプリングスイッチ S W を導通させることによって保持容量 H C に蓄積される信号は、「クロストーク成分」および「放射線成分」を含むことになる。

【 0 0 5 9 】

以下、図 1 5 を参照しながらクロストークの影響を低減するための動作を説明する。まず、時刻 t 0 でリセット信号 R がハイレベルにされ、リセットスイッチ R S が導通状態にされる。これによって、V B が基準電位 R E F にリセットされる。リセット信号 R がローレベルにされてリセットスイッチ R S が非導通状態になった瞬間 ( 時刻 t 1 ) から、V B がクロストークによって変化し始める。

【 0 0 6 0 】

次に、サンプリング信号 S H をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって保持容量 H C にサンプリングを行う ( ~ 時刻 t 2 ) 。これによって、クロストーク成分に相当する信号 S 1 が保持容量 H C に保持される。信号 S 1 は、マルチプレクサ 1 4 4 および A D 変換器 1 4 6 を介して出力される。

【 0 0 6 1 】

次に、時刻 t 3 でリセット信号 R がハイレベルにされ、リセットスイッチ R S が導通状態にされる。これによって、V B が基準電位 R E F にリセットされる。リセット信号 R がローレベルにされてリセットスイッチ R S が非導通状態になった瞬間 ( 時刻 t 4 ) から、V B が再びクロストークによって変化し始める。

【 0 0 6 2 】

次に、時刻 t 5 ~ t 6 において、駆動線 1 2 4 の電位をハイレベルにすることによって、第 2 スイッチ 1 2 3 を導通状態とする。このとき、第 2 変換素子 1 2 2 に蓄積されていた電荷の量に応じて V B が変化する。また、第 2 スイッチ 1 2 3 が導通状態となっている状態でも、放射線は当り続けているので、V b の電位は、クロストークによって変化し続ける。

【 0 0 6 3 】

次に、サンプリング信号 S H をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって保持容量 H C にサンプリングを行う（～時刻 t 7）。これによって、クロストーク成分および放射線成分に相当する信号 S 2 が保持容量 H C に保持される。信号 S 2 は、マルチプレクサ 1 4 4 および A D 変換器 1 4 6 を介して出力される。

【 0 0 6 4 】

時刻 t 3 ～ t 4 の期間にリセットスイッチ R S を導通させて、検知信号線 1 2 5 の電位を基準電位 R E F にリセットすることによって、信号 S 1 におけるクロストーク成分と信号 S 2 におけるクロストーク成分とが非常に近い値となる。したがって、信号処理部 2 2 4 が信号 S 2 と信号 S 1 との差分を演算することによって正味の放射線成分（放射線の照射量）を検出すること、即ちクロストーク成分を低減することができる。ここで、図 1 5

10

【 0 0 6 5 】

ここで、信号 S 1 は、検知信号線 1 2 5 の電位を基準電位 R E F にリセットした後に第 2 スイッチ 1 2 3 を導通させない状態で検知信号線 1 2 5 に現れる信号である。信号 S 2 は、検知信号線 1 2 5 の電位を基準電位 R E F にリセットした後に第 2 スイッチ 1 2 3 を導通させることによって検知信号線 1 2 5 に現れる信号である。

【 0 0 6 6 】

以上のようにクロストーク成分を除去することによって放射線の照射量を高い精度で検知することができる。特に、放射線の照射の開始の検知、放射線の積算照射量（線量）の検知などでは、短時間で信号を読み出す必要があることから、信号値が小さい。そのため、クロストーク成分を除去する意義は非常に大きい。

20

【 0 0 6 7 】

上記の例は、信号処理部 2 2 4 において信号 S 1 と信号 S 2 との差分を演算する例であるが、読出部 1 4 0 の中に差動回路を配置し、読出部 1 4 0 の中で信号 S 1 と信号 S 2 との差分の信号を取得してもよい。

【 0 0 6 8 】

図 1 5 に示された例では、信号 S 1 と信号 S 2 とをサンプリングするために、リセットスイッチ R S を t 0 ～ t 1 の期間と t 3 ～ t 4 の期間とで導通状態にする。ここで、リセットスイッチ R S を非導通状態にした瞬間に確定する K T C ノイズは、信号 S 1 と信号 S 2 との差分を演算することでは除去できない。しかし、列信号線 1 0 6 とは異なる検知信号線 1 2 5 を設けることにより、検知信号線 1 2 5 の寄生容量を小さくすることができるので、K T C ノイズを小さくすることができる。

30

【 0 0 6 9 】

図 1 6、図 1 7 を参照して本発明の第 6 実施形態を説明する。第 6 実施形態は、読出部 1 4 0 の構成および動作の他の具体例を提供する。図 1 6 には、読出部 1 4 0 の構成例が示されている。図 1 7 には、第 6 実施形態の読出部 1 4 0 の動作例が示されている。

【 0 0 7 0 】

第 6 実施形態では、検知部 1 4 2 は、増幅回路 A M P のほかに、第 1 サンプリングスイッチ S W 1、第 2 サンプリングスイッチ S W 2、第 1 保持容量 H C 1、第 2 保持容量 H C 2 を有する。

40

【 0 0 7 1 】

まず、時刻 t 0 でリセット信号 R がハイレベルにされ、リセットスイッチ R S が導通状態にされる。これによって、V B が基準電位 R E F にリセットされる。リセット信号 R がローレベルにされてリセットスイッチ R S が非導通状態になった瞬間（時刻 t 1）から、V B がクロストークによって変化し始める。

【 0 0 7 2 】

次に、第 1 サンプリング信号 S H 1 をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって第 1 保持容量 H C 1 にサンプリングを行う（～時刻 t 2）。これによって、時刻 t 2 におけるクロストーク成分に相当する信号 S 1 が第 1 保持

50

容量 H C 1 に保持される。

【 0 0 7 3 】

次に、第 2 サンプリング信号 S H 2 をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって第 2 保持容量 H C 2 にサンプリングを行う（～時刻 t 3）。これによって、時刻 t 3 におけるクロストーク成分に相当する信号 S 1 ' が第 2 保持容量 H C 2 に保持される。信号 S 1、S 1 ' は、マルチプレクサ 1 4 4 および A D 変換器 1 4 6 を介して出力される。信号 S 1 ' と信号 S 1 との差分 S 1 " は、期間 T T 1 におけるクロストーク成分に相当する。また、この差分 S 1 " は、リセットスイッチ R S を非導通状態にした後における 2 回のサンプリングの結果の差分であるので、K T C ノイズが除去されている。

10

【 0 0 7 4 】

次に、時刻 t 4 でリセット信号 R がハイレベルにされ、リセットスイッチ R S が導通状態にされる。これによって、V B が基準電位 R E F にリセットされる。リセット信号 R がローレベルにされてリセットスイッチ R S が非導通状態になった瞬間（時刻 t 5）から、V B が再びクロストークによって変化し始める。

【 0 0 7 5 】

次に、第 1 サンプリング信号 S H 1 をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって第 1 保持容量 H C 1 にサンプリングを行う（～時刻 t 6）。これによって、時刻 t 6 におけるクロストーク成分に相当する信号 S 2 が第 1 保持容量 H C 1 に保持される。

20

【 0 0 7 6 】

次に、t 7 ～ t 8 の期間において、駆動線 1 2 4 の電位をハイレベルにすることによって、第 2 スイッチ 1 2 3 を導通状態とする。このとき、第 2 変換素子 1 2 2 に蓄積されていた電荷の量に応じて V B が変化する。また、第 2 スイッチ 1 2 3 が導通状態となっている状態でも、放射線は当り続けているので、V b の電位は、クロストークによって変化し続ける。

【 0 0 7 7 】

次に、第 2 サンプリング信号 S H 2 をローレベルからハイレベルにし、更にハイレベルからローレベルにすることによって第 2 保持容量 H C 2 にサンプリングを行う（～時刻 t 9）。これによって、時刻 t 9 におけるクロストーク成分に相当する信号 S 2 ' が第 2 保持容量 H C 2 に保持される。信号 S 2、S 2 ' は、マルチプレクサ 1 4 4 および A D 変換器 1 4 6 を介して出力される。信号 S 2 ' と信号 S 2 との差分 S 2 " は、期間 T T 2 におけるクロストーク成分および放射線成分に相当する。また、この差分 S 2 " は、リセットスイッチ R S を非導通状態にした後における 2 回のサンプリングの結果の差分であるので、K T C ノイズが除去されている。

30

【 0 0 7 8 】

時刻 t 4 ～ t 5 の期間にリセットスイッチ R S を導通させて、検知信号線 1 2 5 の電位を基準電位 R E F にリセットすることによって、差分 S 1 " におけるクロストーク成分と差分 S 2 " におけるクロストーク成分とが非常に近い値となる。したがって、信号処理部 2 2 4 が差分 S 2 " と差分 S 1 " との差分を演算することによって正味の放射線成分（放射線の照射量）を検出すること、即ちクロストーク成分を低減することができる。また、差分 S 1 "、S 2 " が K T C ノイズを含まないので、差分 S 2 " と差分 S 1 " との差分も K T C ノイズを含まない。ここで、図 1 7 における T T 1 と T T 2 とを等しくすることによって、差分 S 1 " におけるクロストーク成分と差分 S 2 " におけるクロストーク成分との差を小さくすることができる。

40

【 0 0 7 9 】

上記の例は、信号処理部 2 2 4 において信号の差分を演算する例であるが、読出部 1 4 0 の中に差動回路を配置し、読出部 1 4 0 の中で信号の差分の信号を取得してもよい。

【 0 0 8 0 】

ここで、差分 S 1 " は、検知信号線 1 2 5 の電位を基準電位 R E F にリセットした後に

50

第2スイッチ123を導通させない状態で検知信号線125に現れる信号の変化量である。差分S2”は、と、検知信号線125の電位を基準電位REFにリセットした後に第2スイッチ123を非導通状態から導通状態に変化させたときに検知信号線125に現れる信号の変化量である。

【0081】

図18、図19を参照して本発明の第7実施形態を説明する。図18には、第7の実施形態の放射線撮像装置の構成が示されている。第7の実施形態の放射線撮像装置200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を有する。該複数の画素は、放射線画像の取得のための複数の撮像素素101と、放射線の検知のための検知画素121とを含む。該複数の画素は、支持基板100に配列されうる。撮像素素101は、放射線を電気信号に変換する第1変換素子102と、列信号線106と第1変換素子102との間に配置された第1スイッチ103とを含む。検知画素121は、放射線を電気信号に変換する第2変換素子122と、検知信号線125と第2変換素子122との間に配置された第2スイッチ123と、列信号線106と第2変換素子122との間に配置された第3スイッチ126を含む。

10

【0082】

第7実施形態では、検知画素121を、放射線の検出用に使用するか、画像取得用に使用するかを、撮像ごとに選択することができる。

【0083】

放射線の検知を行う場合、撮像する部位に応じて、放射線をモニターすべき領域である放射線検知領域(ROI)が変わりうる。その為、放射線検知領域(ROI)に配置されていない検知画素121は、画像信号を検出するために使用することができる。

20

【0084】

コントローラ1002に入力された情報に基づいて、撮像を行う前に、放射線をモニターすべき領域である放射線検知領域(ROI)が決定され、その情報が、インターフェース1003を介して、放射線撮像装置200に送られる。そして、ROIに配置された検知画素121と、ROI以外に配置された検知画素121とで、動作方法を変えることで、それらの検知画素121に異なる機能を持たせる。

【0085】

図19には、本発明の第7実施形態の動作が例示されている。図19(a)には、検知画素121が放射線の検出用に使用される場合の動作が示され、図19(b)には、検知画素121が画像取得用に使用される場合の動作が示されている。

30

【0086】

期間T1は、第1実施形態を示す図4と同じく、放射線の照射の開始を待つ期間である。期間T1では、検知画素121の動作は、放射線の検出用に使用される場合と画像取得用に使用される場合とで異ならない。期間T1では、撮像素素101の変換素子102において発生するダーク電流を除去するために、各第1駆動線104の電圧Vgが定期的にハイレベルにされる。これにより、変換素子102は、定電圧に固定された列信号線106に電氣的に接続される。この動作によって、ダーク電流による電荷が変換素子102に長時間にわたって蓄積されることが防止される。また、放射線の照射の開始を検知するために、期間T1では、検知画素121を駆動する第2駆動線124の電圧Vdがハイレベルに固定され、検知画素121の第2スイッチ123が導通状態に固定される。検知画素121から読出部140によって読み出された信号は、信号処理部224で処理され、放射線の照射の開始が検知される。放射線の照射の開始が検知されると、期間T2に移行する。

40

【0087】

期間T2は、第1実施形態の図4と同じく、放射線が照射されている期間である。期間T2は、放射線の照射量を検出する期間でもある。期間T2以降は、検知画素121の動作は、放射線の検出用に使用される場合と画像取得用に使用される場合とで異なる。

【0088】

50

放射線の検出に使用される検知画素 1 2 1 は、図 1 9 ( a ) に示されように、期間 T 2 において、放射線照射中に、対応する第 2 駆動線 1 2 4 が断続的にハイレベルにされることによって第 2 スイッチ 1 2 3 が導通状態にされる。この動作により、検知画素 1 2 1 の変換素子 1 2 2 で変換された電気信号、即ち放射線の照射量に応じた信号が、第 2 スイッチ 1 2 3 および検知信号線 1 2 5 を介して読出部 1 4 0 によって読み出される。制御部 2 2 4 は、読み出された信号に基づいて、放射線の照射量が最適な照射量に到達した段階で、インターフェース 1 0 0 3 を介して放射線源インターフェース 1 0 0 4 に曝射停止信号を送る。

#### 【 0 0 8 9 】

期間 T 3 において、第 1 駆動線 1 0 4 がハイレベルにされた段階で信号が読出部 1 3 0 によって読み出される。ここで、期間 T 2 において検知画素 1 2 1 の変換素子 1 2 2 の信号は読み出されている。よって、期間 T 3 では、検知画素 1 2 1 の変換素子 1 2 2 の信号については、期間 T 2 での読出の後に変換素子 1 2 2 に蓄積された電荷に相当する信号のみが第 3 スイッチ 1 2 6 および列信号線 1 0 6 を介して読出部 1 3 0 によって読み出される。

10

一方、画像取得用に使用される検知画素 1 2 1 は、図 1 9 ( b ) に示されるように、期間 T 2 において、対応する第 2 駆動線 1 2 4 がハイレベルに駆動されない。したがって、画像取得用に使用される検知画素 1 2 1 では、変換素子 1 2 2 で発生した電荷が保存されている。したがって、画像の読出期間である期間 T 3 において、第 1 駆動線 1 0 4 がハイレベルに駆動され第 3 スイッチ 1 2 6 が導通することによって、列信号線 1 0 6 を介して読出部 1 3 0 によって信号が読み出される。

20

#### 【 0 0 9 0 】

以上のように、第 7 実施形態では、検知画素 1 2 1 は、放射線の検出用の画素として使用することもできるし、画像の取得用の画素として使用することもできる。したがって、撮像部位に応じて放射線検出用として使用する必要が無いと判定された検知画素 1 2 1 は、画像取得用の駆動を行うことで、検知画素 1 2 1 の画素部からも画像信号を得ることができる。検知画素 1 2 1 から画像取得用の信号を読み出さない場合には検知画素 1 2 1 の周りの撮像素 1 0 1 の画像信号に基づいて検知画素 1 2 1 の位置における信号を生成する必要がある。しかし、第 7 実施形態では、画像取得用の駆動方法を行った検知画素 1 2 1 から真の信号を読み出すことが可能である。

30

#### 【 0 0 9 1 】

検知画素 1 2 1 を放射線検出用に使用する場合も、放射線を停止されるべきタイミングの検知の後に、実際に放射線が停止されるまでの間に照射された放射線量に応じた信号を第 3 スイッチ 1 2 6、信号線 1 0 6 を介して読出部 1 3 0 によって読み出すことができる。この信号量も画像の復元に寄与させることができる為、周囲の画素のみの信号を用いて実際の信号量を予測するよりも、精度良く信号量の予測が可能となる。

#### 【 0 0 9 2 】

また、第 7 実施形態では、検知画素 1 2 1 を画像取得用に使用するか、放射線検出用に使用するかを自由に選択できるため、放射線照射中において、放射線検出量に応じて、放射線検出用に使用する画素数を増やすことも可能である。

40

#### 【 0 0 9 3 】

図 2 0 を用いて放射線照射中に放射線検出用に使用する画素数を増やす例を示す。なお、A 画素および B 画素は、検知画素 1 2 1 である。図 2 0 ( a ) における時間 0 ~ t A の期間は、例えば、図 2 0 ( b ) における A 画素のみを放射線検出用に使用している。A 画素のみ使用した場合は、図 2 0 ( a ) に示すように、信号量が小さくノイズレベル程度の信号しか得られない場合、放射線量の検出が適正にできない場合がある。その為、例えば図 2 0 ( b ) における B 画素も放射線照射量の検出に使用する画素に切り替えることで、放射線照射量の検出感度を高くすることができる。図 2 0 ( a ) の時刻 t A では、放射線量の検出に使用する画素を図 2 0 ( b ) の A 画素と B 画素から検出できるようにすることで、検

50



出感度が増加する。そして、時刻  $t_B$  において、放射線照射量が判定レベルまで達し、照射量の検出を適正に判定可能となる。B 画素を途中から放射線検出用の画素に変更した場合も、B 画素は、それまで放射線照射によって変換素子で発生した電荷を蓄積しているので、放射線照射量を適正に検出することが可能である。

【0094】

以上のように、放射線の強度に合わせて放射線検出用に使用する画素数を変更（最適化）し、検出感度を調整することで、照射量を適正に検出することができる。検出用に使用する画素数を放射線の照射強度に合わせた最適数に設定することができる構成によれば、不要に放射線検出用に使用する画素 121 を少なくすることができる。そして、画像取得用に使用する画素 121 の数を増やし、より正確な放射線画像を取得することが可能となる。

10

【0095】

また、第7実施形態では、放射線照射開始の検知である期間  $T_1$  から記載しているが、放射線照射の開始を判定する必要が無い場合は、期間  $T_2$  から動作させてもよい。

【0096】

図21、図22を参照して本発明の第8実施形態を説明する。図21には、本発明の第8の実施形態である放射線撮像装置200の構成が示されている。第8実施形態では、任意の検知画素121を放射線の照射開始の検知、及び、放射線の照射量の検知に使用するかどうかを選択できる。

【0097】

20

第7実施形態では、検知画素121の第3スイッチ126が列信号線106に接続されているのに対して、第8実施形態では、第3スイッチ126が第2検知信号線127に接続されている。第3スイッチ126には、第3駆動線128が接続されている。また、第2検知信号線127は、読出部140'に接続されている。読出部140'は、複数の検知部142'と、マルチプレクサ144'と、AD変換器146'とを含みうる。検知部142'は、例えば、差動増幅器を含む。マルチプレクサ144'は、検知部142'からの信号をAD変換器146'に供給する。AD変換器146'は、供給された信号をデジタル信号に変換して出力する。

【0098】

読出部140'（AD変換器146'）の出力は、信号処理部227に供給され、信号処理部227によって処理される。信号処理部227は、読出部140'（AD変換器146'）の出力に基づいて、放射線撮像装置200に対する放射線の照射を示す情報出力する。具体的には、信号処理部227は、例えば、放射線撮像装置200に対する放射線の照射を検知する。制御部228は、信号処理部227からの情報に基づいて、行選択部221および駆動部241を制御する。制御部228は、信号処理部227からの情報に基づいて、例えば、放射線の照射開始の検知を行い、（撮像画素101による照射された放射線に対応する電荷の蓄積）の開始を制御する。

30

【0099】

図22を参照しながら第8実施形態の駆動方法を説明する。図22では、一例として、検知画素121aを放射線の照射開始を検知する画素として使用し、検知画素121bを放射線量を検知する画素として使用する例が示されている。

40

【0100】

期間  $T_1$  は、放射線の照射の開始を待つ期間である。具体的には、放射線撮像装置200の電源が投入され、放射線画像の撮像が可能な状態となってから放射線源1005の曝射スイッチが操作され、放射線の照射が検知されるまでが期間  $T_1$  である。撮像画素101の変換素子102、及び、撮像のために使用される検知画素121bの変換素子122において発生するダーク電流を除去するために、それらの変換素子102、122が定期的に定電位にリセットされる。具体的には、各第1駆動線104の電圧  $V_{g1} \sim V_{gn}$  が順次にハイレベルにされ、変換素子102を定電圧に固定された列信号線106に電氣的に接続する。また、放射線の照射の検知に使用されない検知画素121に接続された第2

50

駆動線 1 2 4 の電圧  $V_{d2}$  が順次にハイレベルにされ、検知画素 1 2 1 b における変換素子 1 2 2 を低電圧に固定された第 1 検知信号線 1 2 5 に電氣的に接続する。これによって、ダーク電流による電荷が撮像素素 1 0 1 の変換素子 1 0 2 および検知画素 1 2 1 b の変換素子 1 2 2 に長時間にわたって蓄積されることが防止される。

#### 【0101】

一方、放射線の検知に使用される検知画素 1 2 1 a は、期間  $T_1$  において、第 3 駆動線 1 2 8 の電圧  $V_{a1}$  がハイレベルに固定され、第 3 スイッチ 1 2 6 が導通状態に固定される。検知画素 1 2 1 a から、第 2 検知信号線 1 2 7 を介して、読出部 1 4 0' によって読み出された信号は、信号処理部 2 2 7 で処理され、放射線の照射の開始が検知される。放射線の照射の開始が検知されると、期間  $T_2$  に移行する。

10

#### 【0102】

期間  $T_2$  においては、放射線照射量の検知に使用される画素 1 2 1 b に接続された第 2 駆動線 1 2 4 の電圧  $V_{d1}$  が断続的にハイレベルにされる。これによって、他の実施形態と同様に、放射線照射量の検知がなされ、適正照射量まで達したと判断された段階で、放射線の照射を止め、期間  $T_3$  へ移行する。

#### 【0103】

期間  $T_3$  においては、第 1 駆動線 1 0 4 の電圧  $V_{g1} \sim V_{gn}$  が順次にハイレベルにされ、変換素子 1 0 2 を定電圧に固定された列信号線 1 0 6 に電氣的に接続することで、画像信号が読出部 1 3 0 によって読み出される。

#### 【0104】

20

第 8 実施形態によれば、任意の検知画素 1 2 1 を放射線照射の開始の検知に使用することができ、また、任意の検知画素 1 2 1 を放射線照射量の検知に使用することができる。その為、ある一部の領域のみを放射線照射開始の検知に使用するという利用が可能となる。

#### 【0105】

放射線照射開始の検知においては、 $SNR$  の向上や、高速読み出しが非常に重要である。例えば、第 8 実施形態を利用して、素抜け部などの放射線が強く当たる部分のみで検知を行うと、感度を確保しながら、検知信号線 1 2 7 の寄生容量を低減させることができる。これは、放射線があまり当たらない検知画素 1 2 1 は、第 2 検知信号線 1 2 7 に接続されないからである。その為、ノイズ低減や、リセット時間の短縮など、 $SNR$  の向上や、高速読み出しを実現することが可能となる。

30

#### 【0106】

また、第 8 実施形態では、放射線の照射開始の検知を行う際に、読出部 1 4 0' 以外の読出部 1 3 0、及び、読出部 1 4 0 を動作させる必要がない。また、画素 1 2 1 に蓄積された電荷を、第 2 検知信号線 1 2 7 を利用して、束ねて読み出すことが可能となる。例えば、複数の第 2 検知信号線を 1 本に束ねれば、読出部 1 4 0' は多くの IC を動作させる必要がなく、放射線開始の検知を行う為の消費電力を抑えることが可能となる。放射線の照射開始までの時間は、使用方法によっては、10min を超えることもある為、消費電力を抑えることは非常に重要である。

#### 【0107】

40

また、図 2 2 では、検知画素 1 2 1 a を放射線照射開始の検知にのみ使用される例が示されているが、検知画素 1 2 1 a を照射開始の検知に使用した後に、期間  $T_2$  において、放射線量の検知に使用することも可能である。以下、図 2 3 を参照しながら放射線撮像装置 2 0 0 を放射線検知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 6 0 5 0 で発生した X 線 6 0 6 0 は、患者あるいは被験者 6 0 6 1 の胸部 6 0 6 2 を透過し、前述の放射線撮像装置 2 0 0 に代表される放射線撮像装置 6 0 4 0 に入射する。この入射した X 線には被験者 6 0 6 1 の体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 2 1 6 は発光し、これを光電変換素子で光電変換して、電氣的情報を得る。この情報はデジタルに変換され信号処理手段となるイメージプロセッサ 6 0 7 0 により画像処理され制御室の表示手段となるディスプレイ 6 0 8 0 で観察できる。

50

## 【 0 1 0 8 】

また、この情報は電話回線 6 0 9 0 等の伝送処理手段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手段となるディスプレイ 6 0 8 1 に表示もしくは光ディスク等の記録手段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。また記録手段となるフィルムプロセッサ 6 1 0 0 により記録媒体となるフィルム 6 1 1 0 に記録することもできる。

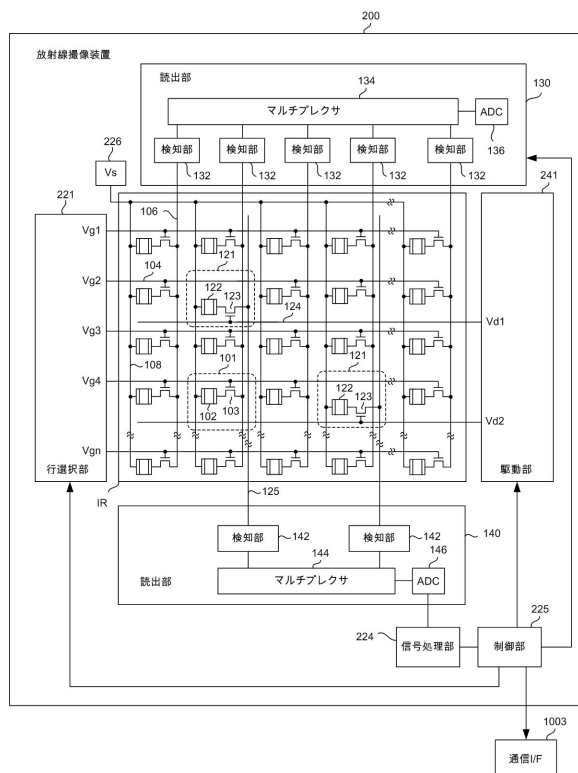
## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 0 9 】

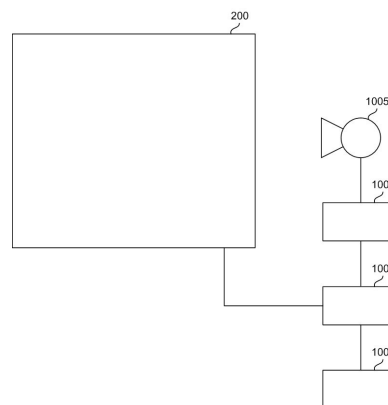
1 0 1 : 撮像素素、1 2 1 : 検知画素、2 0 0 : 放射線撮像装置、1 0 6 : 列信号線、1 2 5 : 検知信号線、1 0 2 : 第 1 変換素子 1 0 2、1 0 3 : 第 1 スイッチ、1 2 2 : 第 2 変換素子、1 2 3 : 第 2 スイッチ、I R : 撮像領域、1 2 6 : 第 3 スイッチ

10

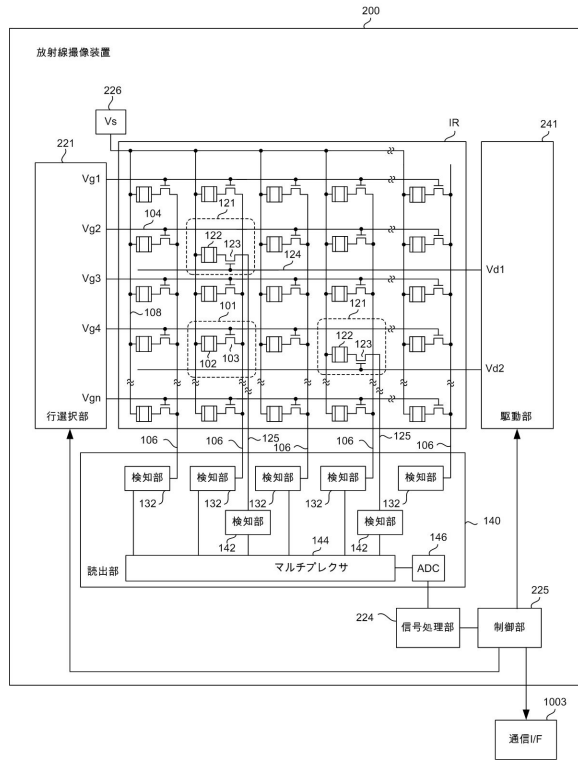
【 図 1 】



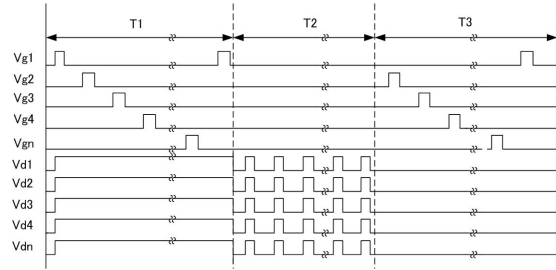
【 図 2 】



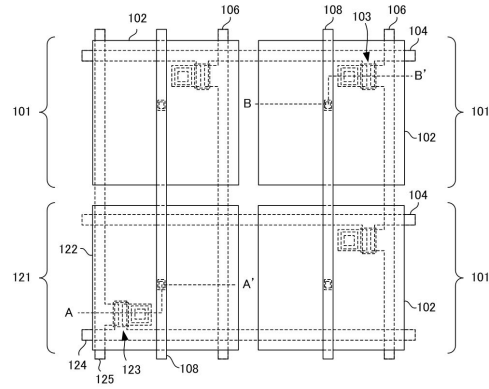
【図 3】



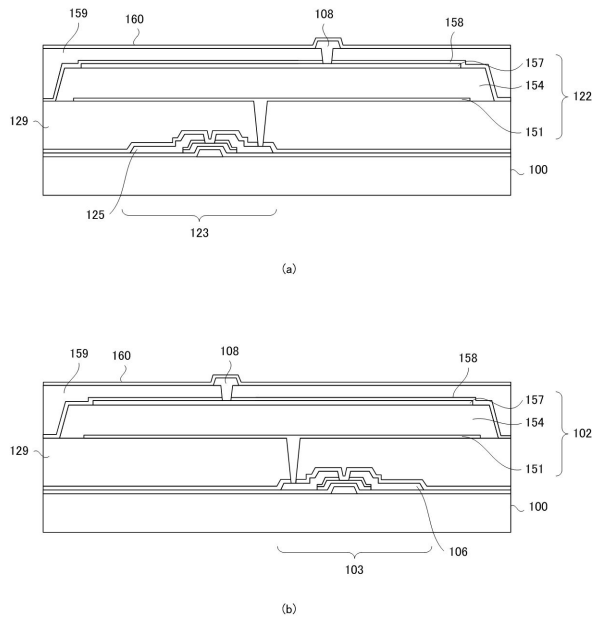
【図 4】



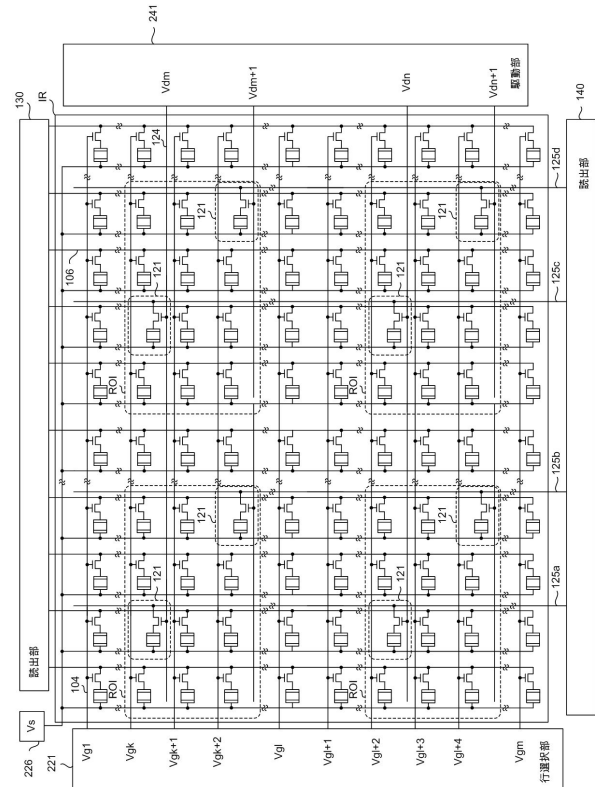
【図 5】



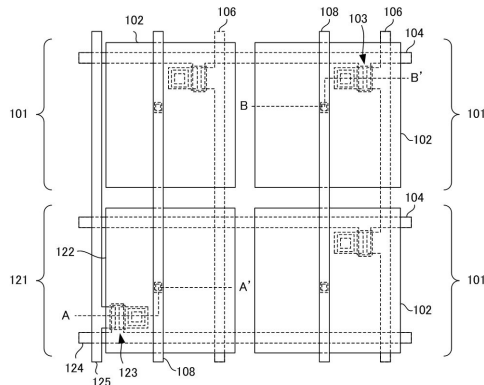
【図 6】



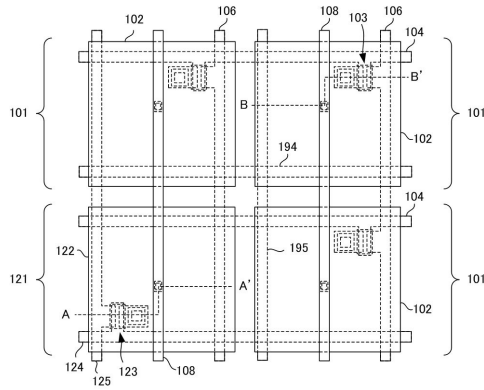
【図 7】



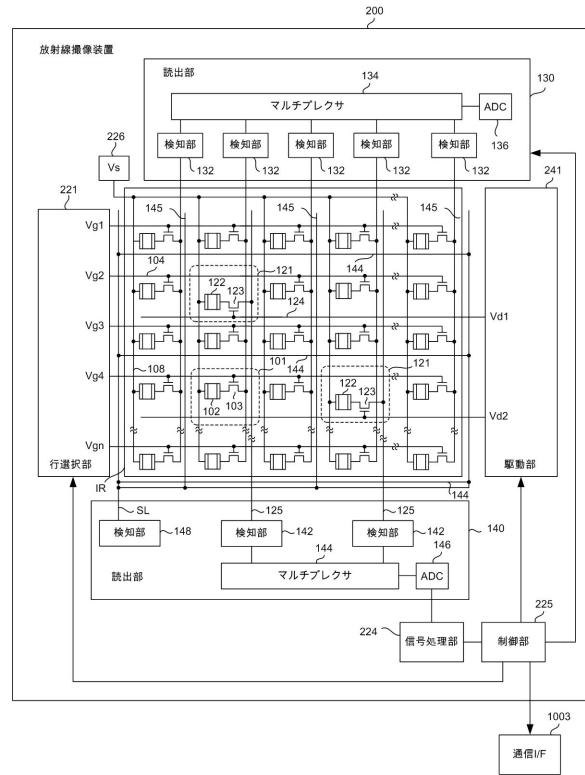
【図 8】



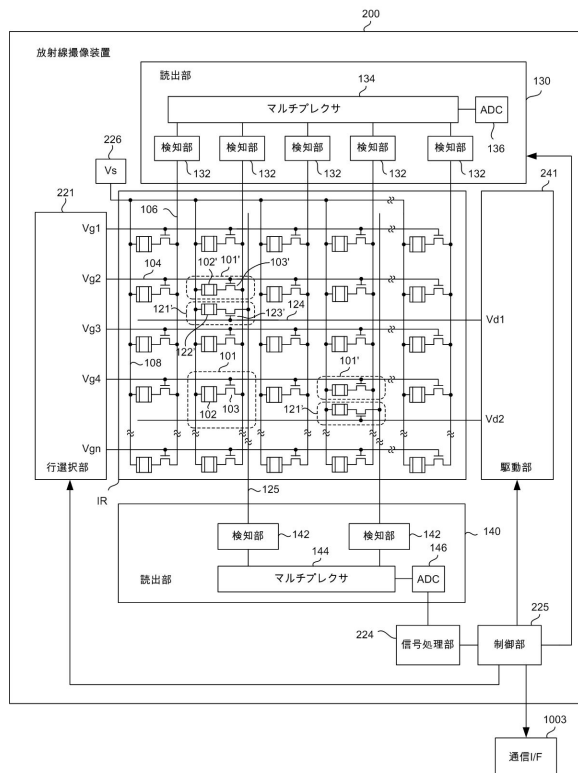
【図 9】



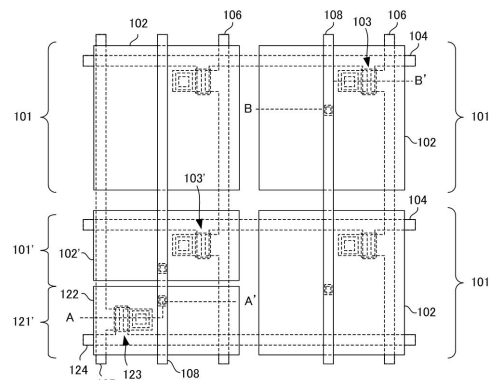
【図 10】



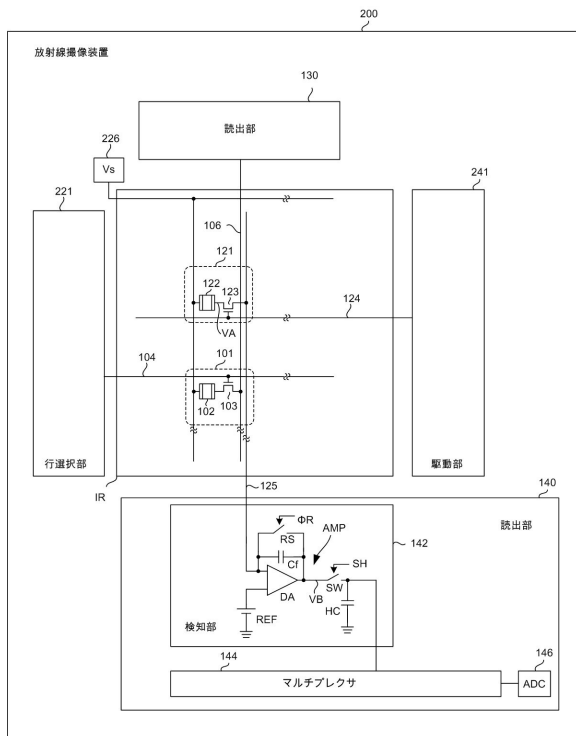
【図 11】



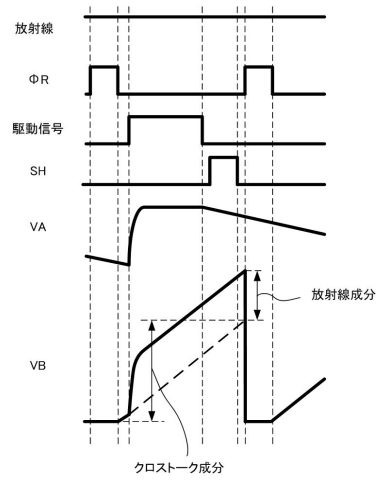
【図 12】



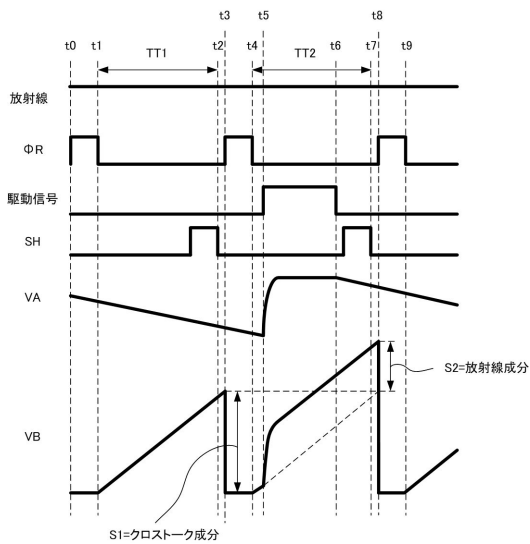
【図 13】



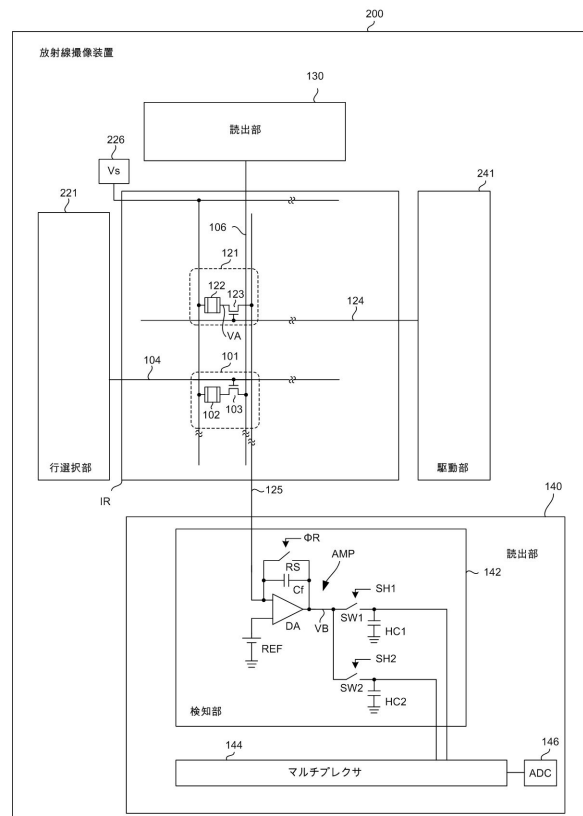
【図 14】



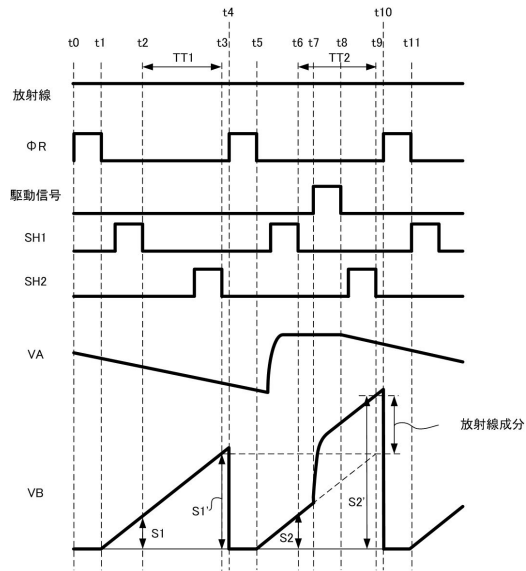
【図 15】



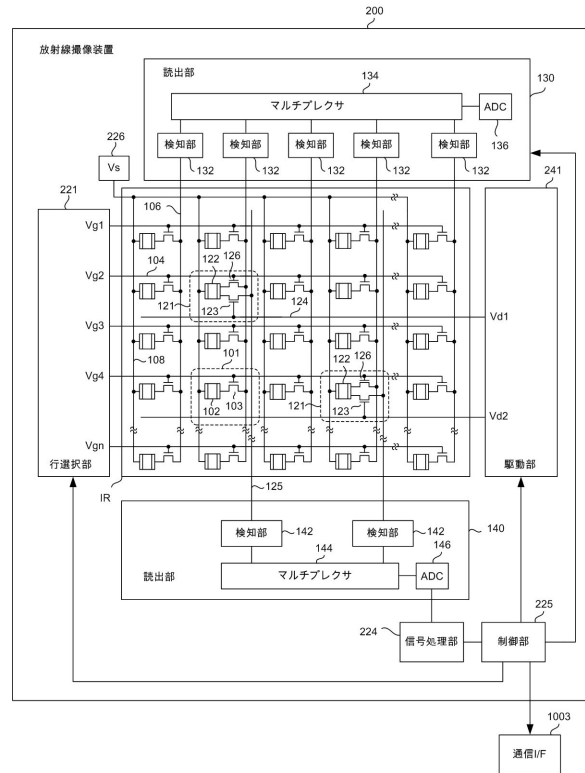
【図 16】



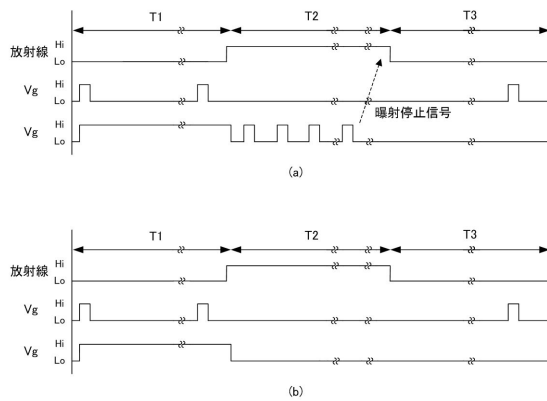
【図 17】



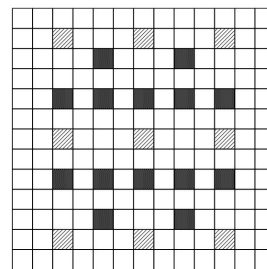
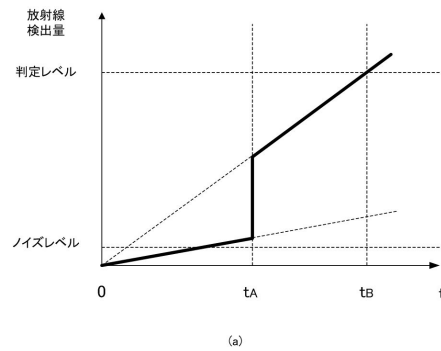
【図 18】



【図 19】

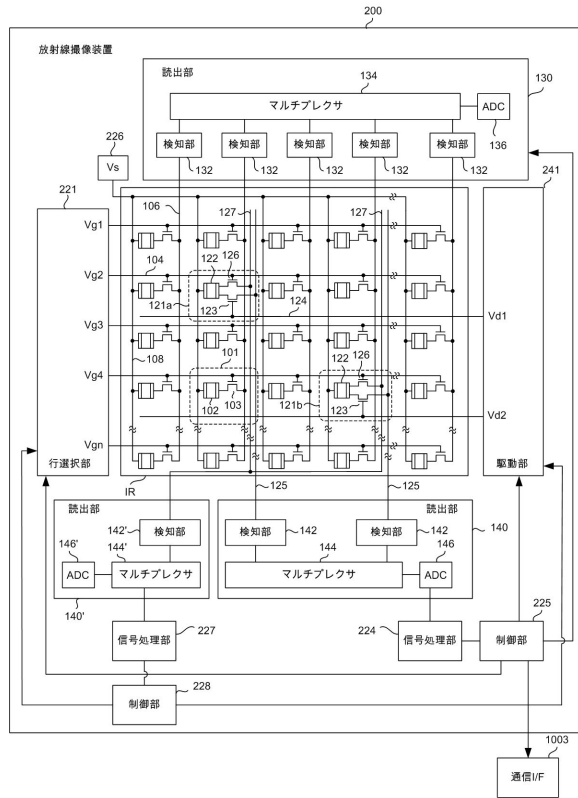


【図 20】

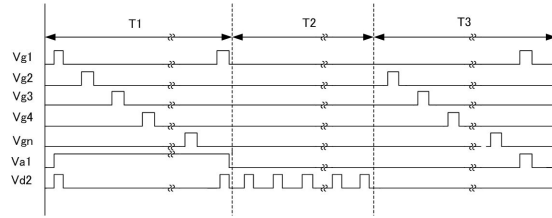


(b)

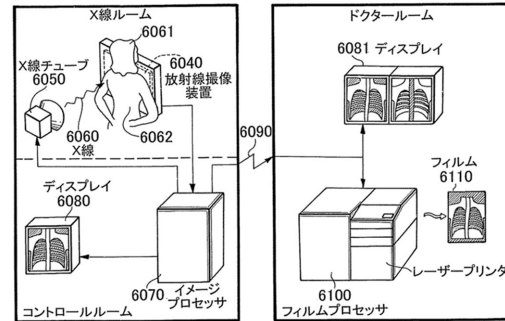
【図 21】



【図 22】



【図 23】





## フロントページの続き

- (72)発明者 藤吉 健太郎  
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 渡辺 実  
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
- (72)発明者 大藤 将人  
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 川鍋 潤  
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 和山 弘  
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 古本 和哉  
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 松永 隆志

- (56)参考文献 特開2004-228516(JP,A)  
特開2004-228517(JP,A)  
特開2014-059209(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/225 - 5/378  
H04N 9/00 - 9/11  
A61B 6/00  
G01T 1/20  
G01T 1/24