(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3839941号
(P3839941)
(45)発行日　平成18年11月1日(2006.11.1)　(24)登録日　平成18年8月11日(2006.8.11)

(51)Int.Cl.			F I		
G01T	1/20	(2006.01)	G01T	1/20	E
A61B	6/03	(2006.01)	A61B	6/03	320S

請求項の数 4　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平9-328618
(22)出願日　平成9年11月28日(1997.11.28)
(65)公開番号　特開平11-160440
(43)公開日　平成11年6月18日(1999.6.18)
審査請求日　平成15年4月30日(2003.4.30)

(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　100065385
弁理士　山下　穣平
(72)発明者　板橋　哲
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

審査官　青木　洋平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】放射線検出装置及び放射線検出方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、
該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、
を有する放射線検出装置において、
所望の信号対雑音をＳＮとした時、該ＳＮを得るため、前記放射線の照射が停止した後、少なくとも（ｎ×π１）［ただし、π１は前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数、ｎはｌｎ（ＳＮ）である。］遅延した後、最初の前記転送用ＴＦＴをｏｎさせて最初の前記画素に蓄積した信号を転送するよう制御する手段を有することを特徴とする放射線検出装置。
【請求項２】
前記ＴＦＴをアモルファスシリコン半導体薄膜を用いて構成することを特徴とする請求項１に記載の放射線検出装置。
【請求項３】
放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、
該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、

を有する放射線検出装置の駆動方法において、
所望の信号対雑音をＳＮとした時、該ＳＮを得るため、前記放射線の照射が停止した後、少なくとも（ｎ×π１）［ただし、π１は前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数、ｎはｌｎ（ＳＮ）である。］遅延した後、最初の前記転送用ＴＦＴをｏｎさせて最初の前記画素に蓄積した信号を転送するよう制御することを特徴とする放射線検出装置の駆動方法。
【請求項４】
放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、
該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、
を有する放射線検出装置において、
装置全体の所望の信号対雑音をＳＮとした場合、該ＳＮを得るために、以下の関係式を満たすことを特徴とする放射線検出装置。
（α×τ１＋β×τ２）≦１／ＩＦＰＳ
ＳＮ＝ｅｘｐ（α＋β）；
ただし、
ＩＦＰＳ：放射線検出装置の読み取りの１秒あたりのフレーム数；
τ１：シンチレーターの発光の立ち上がり及び減衰の時定数；
τ２：センサ素子容量と転送用ＴＦＴのｏｎ抵抗を掛けて得られる時定数；
α：［（センサ素子の光信号の蓄積時間）／τ１］の倍数：
また、シンチレーターに要求される信号対雑音をＳＮ１とした場合、
α＝ｌｎ（ＳＮ１）でもある；
β：転送用ＴＦＴがｏｎする時間の時定数の倍数：
また、転送用ＴＦＴがセンサ素子の容量に蓄積された信号の転送に要求される信号対雑音をＳＮ２とした場合、
β＝ｌｎ（ＳＮ２）でもある；
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、シンチレータとセンサ素子を用いる放射線検出装置及び方法に関し、特に、画像処理機能を有するリアルタイム放射線診断装置や、放射線治療装置に利用される放射線検出装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
Ｘ線等による放射線診断装置、Ｘ線撮影装置では、Ｘ線等の放射線を直接光センサで検出すると効率が悪く、放射線を可視光に変換するシンチレーターと光センサを組み合わせて用いることは従来より行われていた。
【０００３】
このシンチレーターの特性として、蛍光面残光特性と呼ばれる特性が有り、図５に示すように、シンチレーターの光の発生、消滅はある関数で発生、減衰し、遅い成分では数百ミリ秒の長い時定数を有することが指摘されている。その対策として、たとえば特開平５－２３７０９１ではアフターグローの減衰を補正するため、多数の信号サンプルを検出し、複雑な計算により補償値を算出し、信号から減じている。さらにこの計算のためには初期の減衰成分が無視出来るまで、遅延させている。
【０００４】
一方、薄膜半導体の光センサをシンチレーターと組み合わせてＸ線等による放射線診断装置、Ｘ線撮影装置に用いることがたとえば特表平７－５０２８６５で提案されている。この従来技術では、薄膜半導体からなるセンサとトランジスタによる時定数と装置の読み取り速度、Ｓ／Ｎの関係をあらわしている。この特表平７－５０２８６５ではＸ線が連続照

射のときの透視モードの読み取り方法と、Ｘ線がある短時間のみ照射し、すべてのセンサが同時に信号を蓄積する写真モードが紹介されている。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述の従来技術では、たとえば、特開平５－２３７０９１のように多数回信号を取り補償値を計算し補償値を信号から減じる計算をするためには高価な信号処理回路、演算装置が必要となる。さらに初期の減衰成分が無視出来るまで、遅延させているため、検出器からの信号を取り出すまで遅延時間分待たなければならない。

【０００６】

特表平７－５０２８６５ではＸ線が連続照射のときの透視モードと、Ｘ線がある短時間のみ照射する写真モードが紹介されているが、透視モードでＸ線が照射し続けていると人体のＸ線の被爆量が多くなるという心配がある。一方、写真モードでは、シンチレーターの光の発生、減衰の時定数が考慮されておらず、Ｘ線が終了してから瞬時に読み出しを開始すると、シンチレーターの光の減衰の時定数のために、読み出しの始めのラインでは暗電流が大きい間に読み出し、最後の方の読み出しラインでは暗電流成分が積分された信号が読み出される。このため、信号に混在するシンチレーターの遅延のある減衰特性による暗電流が読み取るラインの順番により大きく異なるという問題があった。

【０００７】

特表平７－５０２８６５では、ａ－Ｓｉよりなるセンサと薄膜トランジスタからなる大画面センサパネルを用いた、Ｘ線診断装置、あるいは放射線治療装置を紹介している。そしてリアルタイムイメージセンサとして必要な、センサの容量と薄膜トランジスタのｏｎ抵抗をかけた時定数と、Ｓ／Ｎ、フレーム周波数の関係を導いている。しかし、Ｘ線が連続で照射されている場合を想定しており、上述したようなシンチレーターの減衰特性については言及しておらず、Ｘ線が間欠で照射する場合の読み取りの設計については触れられていなかった。

【０００８】

また、シンチレーターの減衰特性は、写真モードのような場合は時間的に余裕があり、それほど問題になることはないが、循環器系の診断のようにフレーム数の多いフル動画の場合、光の残存成分がノイズとして影響を及ぼす事が考えられる。

【０００９】

しかし、このような場合について、シンチレーターの減衰特性と、センサパネルのセンサの容量と薄膜トランジスタのｏｎ抵抗からなる時定数読み取り特性と結び付け、設計することは提案されていなかった。

【００１０】

［発明の目的］

本発明の目的は、Ｘ線等の放射線の照射を間欠にし、被爆線量を低減した放射線診断装置等の放射線検出装置において、シンチレーターの減衰特性を考慮した読み出し方法をとることで、雑音が小さく、ばらつきの小さい、所望のＳＮの信号を読み出すことにある。

【００１１】

また、連続的に照射される放射線による診断、治療において、シンチレーターの減衰特性を考慮し最適な信号対雑音（ＳＮ）を得るための関係を導くことにある。

【００１２】

【課題を解決するための手段および作用】

本発明は、上記課題を解決するため、放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、を有する放射線検出装置において、所望の信号対雑音をＳＮとした時、該ＳＮを得るため、前記放射線の照射が停止した後、少なくとも（ｎ×π１）［ただし、π１は前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数、ｎはｌｎ（ＳＮ）である。］遅延した後、最初の前記転送用ＴＦＴをｏｎさせて最初の前記画素に

蓄積した信号を転送するよう制御する手段を有することを特徴とする。
【００１３】
また、本発明は、前記ＴＦＴをアモルファスシリコン半導体薄膜を用いて構成することを特徴とする。
【００１４】
更に、本発明は、放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、を有する放射線検出装置の駆動方法において、所望の信号対雑音をＳＮとした時、該ＳＮを得るため、前記放射線の照射が停止した後、少なくとも（ｎ×π１）［ただし、π１は前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数、ｎはｌｎ（ＳＮ）である。］遅延した後、最初の前記転送用ＴＦＴをｏｎさせて最初の前記画素に蓄積した信号を転送するよう制御することを特徴とする。
また、本発明は、放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーターと、該光を電気信号に変換するための光電変換素子と該電気信号を転送するために該光電変換素子に接続された転送用ＴＦＴとより構成され、行及び列のマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、を有する放射線検出装置において、装置全体の所望の信号対雑音をＳＮとした場合、該ＳＮを得るために、以下の関係式を満たすことを特徴とする。
（α×τ１＋β×τ２）≦１／ＩＦＰＳ
ＳＮ＝ｅｘｐ（α＋β）；
ただし、
ＩＦＰＳ：放射線検出装置の読み取りの１秒あたりのフレーム数；
τ１：シンチレーターの発光の立ち上がり及び減衰の時定数；
τ２：センサ素子容量と転送用ＴＦＴのｏｎ抵抗を掛けて得られる時定数；
α：［（センサ素子の光信号の蓄積時間）／τ１］の倍数：
また、シンチレーターに要求される信号対雑音をＳＮ１とした場合、
α＝ｌｎ（ＳＮ１）でもある；
β：転送用ＴＦＴがｏｎする時間の時定数の倍数：
また、転送用ＴＦＴがセンサ素子の容量に蓄積された信号の転送に要求される信号対雑音をＳＮ２とした場合、
β＝ｌｎ（ＳＮ２）でもある；
【００１５】
［作用］
本発明によれば、所定の幅のパルス時間の照射で行われる放射線を用いる放射線写真撮影に用いられる放射線検出装置であって、前記放射線を可視光領域の波長の輻射線に変換し蛍光面残光特性の時定数を有するシンチレーターと、各々が所定の容量を有する薄膜センサ素子と前記薄膜センサ素子に１対１で対応する所定のｏｎ抵抗を有する薄膜トランジスタ（転送用ＴＦＴ）で構成される画素がマトリクス状に配列し、１以上の所定の列毎に薄膜トランジスタ（転送用ＴＦＴ）をｏｎさせて駆動する光センサを有する放射線検出装置において、
前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数をτ_1とすると、前記放射線の照射が停止した後、時間（ｎ×τ_1）以上経過した後、薄膜トランジスタをｏｎさせて前記薄膜センサ素子に蓄積した信号を転送する放射線検出装置であり、
ＳＮ：システムが要求する信号対雑音
ｎ＝ｌｎ（ＳＮ）
ｎ×τ_1＝ｌｎ（ＳＮ）×τ_1
の関係を満たすようにシステムを設計することで、上記目的を達成出来る。
【００１６】
また、本発明によれば、放射線を用いる放射線撮影、放射線診断装置もしくは放射線治療装置に用いられる放射線検出装置であって、前記放射線を可視光領域の波長の輻射線に変

換し、蛍光面残光特性の時定数を有するシンチレーターと、各々が所定の容量を有する薄膜センサ素子と前記薄膜センサ素子に１対１で対応する所定のｏｎ抵抗を有する薄膜トランジスタで構成される画素がマトリクス状に配列し、１以上の所定の列毎に薄膜トランジスタをｏｎさせて駆動する光センサを有する放射線検出装置において、
前記シンチレーターの蛍光残光特性の時定数をτ_1とし、前記薄膜センサ素子の容量Ｃと薄膜トランジスタのｏｎ抵抗Ｒを乗じた時定数τ_2、
ＩＦＰＳ：放射線検出装置の読み取りの１秒あたりのフレーム数、
α：センサの光信号の蓄積時間の、シンチレーターの発光の立ち上がり、減衰の時定数の倍数、またはシンチレーターに要求されるSN_1に対して
$\alpha = \ln(SN_1)$、
β：転送用ＴＦＴがｏｎする時間の時定数の倍数、または薄膜トランジスタが薄膜センサ素子の容量に蓄積された信号の転送に要求されるSN_2に対して
$\alpha = \ln(SN_2)$、
また、システムとして必要な信号対雑音（ＳＮ）を、
$SN = \exp(\alpha+\beta)$、$1/SN = \exp(-\alpha-\beta)$とすると、
以下の式、
$(\alpha \times \tau_1 + \beta \times \tau_2) \leqq 1/IFPS$
で表わされる関係を満たす放射線検出装置とすることにより、所望の信号対雑音（ＳＮ）を得ることができ、上記目的を達成できる。

【００１７】

すなわち、本発明によれば、放射線、Ｘ線の照射を間欠にし、被爆線量を低減した放射線診断装置において、シンチレーターの減衰特性を考慮した読み出し方法をとることで、雑音が小さく、ばらつきの小さい、所望のＳＮの信号を読み出すことができる。

【００１８】

また、連続的に照射される放射線による診断、治療においてシンチレーターの減衰特性を考慮し最適な信号対雑音（ＳＮ）を得るための関係を導くことにより、所望のＳＮの放射線検出装置の設計を容易にすることができるものである。

【００１９】

本発明によれば、例えば、絶縁基板上にａ－Ｓｉからなる薄膜のセンサと薄膜トランジスタをマトリクス上に２次元に複数個並べた大画面センサパネルと大画面センサ表面にシンチレーターを配置した放射線検出装置において、センサの容量Ｃと薄膜トランジスタのｏｎ抵抗Ｒを掛けて得られる時定数τと読み取り速度とＳ／Ｎとシンチレーターの減衰特性とＸ線の照射タイミングを関係付けることにより、所望のＳＮの放射線検出装置を、容易に設計して得ることができるものである。

【００２０】

【実施例】

以下、図面を参照しつつ本発明の内容を詳細に説明する。

【００２１】

（実施例１）

図１は、本発明の実施例を説明するための、放射線検出装置１００を中心とした回路図である。

【００２２】

図１に示すように、本実施例は、放射線を光電変換可能な光に変換するシンチレーター１４と、該光を電気信号に変換するべくマトリクス状に配列された複数の画素を有するセンサ素子と、前記各画素の信号を順次転送すべく各画素に接続された転送用ＴＦＴ（Ｔ）と、を有する放射線検出装置において、
所望の信号対雑音をＳＮとした時、該ＳＮを得るため、放射線の照射が停止した後、（ｎ×τ_1）［ただし、τ_1は前記シンチレーターの蛍光面残光特性の時定数、ｎはｌｎ（ＳＮ）である。］以上遅延させる手段（図中、制御回路、ＣＰＵ、プログラムメモリ）により遅延した後、最初の上記転送用ＴＦＴをｏｎさせて前記画素に蓄積した信号を転送する

手段（図中、シフトレジスタ１０２）を有することを特徴とする放射線検出装置である。

【００２３】

放射線検出装置１００は、放射線１２を可視光に変換するシンチレーター１４と、可視光を受光し電気信号に変換するためのａ－Ｓｉからなる薄膜センサ素子（S_{1-1} ～S_{3-3}）と、薄膜センサ素子で光電変換された信号電荷をマトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３側へ転送するためのａ－Ｓｉからなる薄膜トランジスタ（転送用ＴＦＴ）（T_{1-1} ～T_{3-3}）による画素が２次元のマトリクス状に並んだ光電変換回路１０１と、薄膜トランジスタのゲート線（Ｇ１～Ｇ３）を駆動するシフトレジスタからなる。なお、ここでは説明を簡単にするために画素を３×３の構成にしてある。

【００２４】

マトリクス信号配線Ｍ１には、薄膜トランジスタの電極間容量（Ｃｇｓ）の３個分の容量が転送時において付加されており、図１内では容量素子としての表記をしていない。他のマトリクス信号配線Ｍ２，Ｍ３についても同様である。光電変換素子S_{1-1} ～S_{3-3}とスイッチング素子T_{1-1} ～T_{1-3}とゲート駆動配線Ｇ１～Ｇ３とマトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３が、図中光電変換回路部１０１内に表示されており、図示されていないが、それぞれ１つの絶縁基板上に配置されている。１０２はスイッチ素子T_{1-1} ～T_{3-3}を開閉するためのシフトレジスタ（ＳＲ１）で構成される駆動用回路部である。

【００２５】

Ｌ１～Ｌ３は、マトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の信号電荷を増幅し、インピーダンス変換するためのオペアンプであり、図中においては電圧ホロワ回路を構成したバッファーアンプとしてのみ記載してある。Ｓｎ１からＳｎ３はオペアンプＬ１～Ｌ３の出力すなわち各マトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の出力を読み出し、コンデンサCL_1 ～CL_3へ転送する転送スイッチである。読み出しコンデンサCL_1 ～CL_3は、電圧ホロワ回路を構成したバッファアンプＢ１～Ｂ３を介して読み出し用スイッチSr_1 ～Sr_3により読み出される。

【００２６】

１０３は読み出し用スイッチSr_1 ～Sr_3を切り替えるためのシフトレジスタ（ＳＲ２）である。CL_1 ～CL_3の並列信号は、Sr_1 ～Sr_3とシフトレジスタ（ＳＲ２）１０３により直列変換され、最終段の電圧ホロワ回路を構成したオペアンプ１０４に入力され、さらにＡ／Ｄ変換回路部１０５でディジタル化される。ＲＥＳ１～ＲＥＳ３はマトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３に付加された容量（３個分のＣｇｓ）に蓄えられた信号成分をリセットするためのリセット用スイッチであり、ＣＲＥＳ端子からのパルスによりあるリセット電位にリセット（図中ではＧＮＤ電位にリセット）される。

【００２７】

また、１０６は、光電変換素子S_{1-1} ～S_{3-3}にバイアスを与えるための電源である。読み出し用回路部１０７は、バッファアンプＬ１～Ｌ３、転送スイッチＳｎ１～Ｓｎ３、読み出しコンデンサCL_1 ～CL_3、バッファアンプＢ１～Ｂ３、読み出し用スイッチSr_1 ～Sr_3、シフトレジスタＳＲ２、最終段のオペアンプ１０４、リセット用スイッチＲＥＳ１～ＲＥＳ３で構成されている。

【００２８】

図６（ａ）は、光電変換素子及びスイッチング素子をアモルファスシリコン半導体薄膜を用いて構成した時の光電変換回路部の概略的上面図である、図６（ｂ）は、図６（ａ）中Ａ－Ｂにおける概略的断面構成図である。薄膜センサ素子３０１及び薄膜トランジスタ３０２（アモルファスシリコンＴＦＴ、以下単にＴＦＴと記す）は、同一のガラス基板３０３上に形成されており、薄膜センサ素子３０１の下部電極は、ＴＦＴ３０２の下部電極（ゲート電極）と同一の第１の金属薄膜層３０４で共有されており、薄膜センサ素子３０１の上部電極は、ＴＦＴ３０２の上部電極（ソース電極、ドレイン電極）と同一の第２の金属薄膜層３０５で共有されている。また、第１、第２の金属薄膜層は、光電変換回路部内の、ゲート駆動用配線３０６、マトリクス信号配線３０７も共有している。図６（ａ）においては、画素数として２×２の計４画素分が記載されている。図６（ａ）中ハッチング

部は、薄膜センサ素子の受光面である。３０９は薄膜センサ素子にバイアスを与える電源ラインである。また、３１０は薄膜センサ素子３０１とＴＦＴ３０２を接続するためのコンタクトホールである。

【００２９】

また薄膜センサ素子３０１は断面がＴＦＴ３０２と同じＭＩＳ型の構造をしており、薄膜センサ素子３０１とＴＦＴ３０２の絶縁膜３１１は、同時に形成された絶縁膜を用いている。

【００３０】

図７は、図６の光電変換回路部の等価回路である。薄膜センサ素子とＴＦＴからなる画素を便宜上四角形で表わしている。

【００３１】

各薄膜センサ素子に印加するバイアス線は４系統（V_{s1}～V_{s4}）に分けてあり、センサのリセットを４系統に分けて行うことができる。

【００３２】

図７は、画素がｎ×ｍ個のマトリクス状に並んでいる例を示しているが、センサバイアスを４系統に分けているので列数ｍは４の倍数となっている。

【００３３】

次に、本実施例の動作について説明する。図２は、図１に示される放射線写真撮影時の放射線検出装置の動作を示すタイミングチャートである。図を用いて動作の詳細を説明する。

【００３４】

Ｘ線源１１がＴ時間のみ照射し、照射を止めた後、配線Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３に残留している電荷をＣＲＥＳ電位をｏｎさせトランジスタＲＥＳ１～ＲＥＳ３をｏｎすることで除去し、Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３を接地電位とする。

【００３５】

Ｘ線源１１から照射され、人体１３を透過したＸ線１２はシンチレーター１４を照射し、透過したＸ線の量に応じた光をシンチレーター１４に発光させる。

【００３６】

シンチレーター１４で発生した光は、放射線検出装置１００内の各光電変換素子S_{1-1}，S_{1-2}，…S_{3-3}を照射し、各光電変換素子に入射した光の量に応じた信号電荷を発生させる。

【００３７】

センサ内で生じた信号電荷は、光電変換素子内で形成されている容量成分に一定の期間だけ蓄積される。第１行の光電変換素子S_{1-1}～S_{3-3}に蓄積されていた信号電荷は、シフトレジスタ（ＳＲ１）１０２のゲートパルス信号Ｇ１によりスイッチング素子T_{1-1}～T_{1-3}がｔ１時間だけ“ＯＮ”し、マトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の各配線に形成される容量成分（スイッチング素子T_{1-1}～T_{3-3}のＣｇｓ３個分の容量）に転送される。図２中Ｍ１～Ｍ３はその転送を示しており、各光電変換素子内に蓄えられた信号量が異なった場合を示している。すなわち、第１行の光電変換素子（S_{1-1}からS_{1-3}）においては、その出力レベルがS_{1-2}＞S_{1-1}＞S_{1-3}である。マトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の信号出力は、それぞれオペアンプＬ１～Ｌ３により増幅される。

【００３８】

その後、読み出し用回路部内のスイッチング素子Ｓｎ１～ＳＮ３が、図中に示されるＳＭＰＬパルスによりｔ２時間だけ“ＯＮ”し、読み出しコンデンサCL_1～CL_3にそれぞれ転送される。読み出しコンデンサCL_1～CL_3の信号は、それぞれバッファアンプＢ１～Ｂ３によりインピーダンス変換される。その後読み出し用スイッチSr_1～Sr_3がシフトレジスタ（ＳＲ２）１０３からのシフトパルスＳｐ１～Ｓｐ３により順次“ＯＮ”することにより、読み出し用コンデンサCL_1～CL_3に転送されていた並列の信号電荷が、直列変換され読み出される。Ｓｐ１，Ｓｐ２，Ｓｐ３のシフトパルスのパルス幅をＳｐ１＝Ｓｐ２＝Ｓｐ３＝ｔ３とすると、この直列変換読み出しに必要な時間はｔ３×３と

なる。直列変換された信号は最終段のオペアンプ１０４から出力され、さらにＡ／Ｄ変換回路部１０５によりディジタル化される。

【００３９】

図中に示されたＶｏｕｔは、Ａ／Ｄ変換回路部に入力される前のアナログ信号を示している。図に示しているように、第１行のS_{1-1}～S_{1-3}の並列信号すなわちマトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の信号電位の並列信号が、それらの信号の大小に比例してＶｏｕｔ信号上で、直列変換されている。

【００４０】

最後に、マトリクス信号配線Ｍ１～Ｍ３の信号電位はＣＲＥＳパルスがｔ４時間だけ“ＯＮ”することによりリセット用スイッチ素子ＲＥＳ１～ＲＥＳ３を介して一定のリセット電位（ＧＮＤ電位）にリセットされ、次の光電変換素子S_{2-1}～S_{2-3}の第２行の信号電荷の転送に備える。以下同様に第２行、第３行の光電変換された信号が繰り返し読み出される。

【００４１】

この時、センサはＴＦＴのゲート電圧（Ｇ１～Ｇ３）がｏｎするまでの時間、信号を蓄積する。従って、センサ信号を転送するために最初にｏｎするＧ１のｏｎまでの時間と最後にｏｎするＧ３のｏｎまでの時間にずれがあり、そのためシンチレーターの発光の減衰の影響がライン毎に異なる。これについて、図４を用いて説明する。図４は放射線照射が停止した後センサ出力がどのように変化するかを示したものである。

【００４２】

図４において、縦軸のセンサ出力が減衰する部分においては、減衰成分が信号成分として蓄積されていると考えられるため、図に示すように、減衰成分を信号成分Ｓとする。また、例えば、放射線がｏｆｆしてからＴｍ１時点で転送用ＴＦＴをｏｎさせて、蓄積された信号電荷を読み出す場合、すでに蓄積されているＳ’成分は信号として読み出すことが出来るが、Ｔｍ１以降発生するＮ’成分はまだ蓄積されていないため転送することができない残留成分となる。従って、この残留成分は、信号成分以外の雑音成分Ｎ’と言うことができる。

【００４３】

つまり、放射線ｏｆｆ後、早く、転送用ＴＦＴのゲートがｏｎしたラインのセンサは放射線が停止した後短い蓄積時間で転送が始まるために信号対雑音（Ｓ′／Ｎ′）は小さく、後で（例えば、Ｔｍ２で）ゲートがｏｎしたラインのセンサは信号対雑音（Ｓ／Ｎ）が大きくなる。このため、ラインによりばらつくことになり、システムとしての信号対雑音を低下させることになる。

【００４４】

しかし、シンチレーターの減衰の時定数τ_1に対してシステムとして必要な信号対雑音（ＳＮ）に対応する時間を、転送用ＴＦＴのゲート電圧をｏｎするまでに設定することにより、システムとして必要なＳＮを得ることが出来る。

【００４５】

照射が停止する直前のシンチレーターの発光量を１とすると、シンチレーターの減衰の時定数τ_1により放射線の照射が停止した$n\times\tau_1$後のシンチレーターの発光量は、$\exp(-n\times\tau_1)$になる。従って、この時システムとして必要なＳＮに対して１／ＳＮ＝ｅｘｐ（－ｎ）、ｌｎ（ＳＮ）＝ｎとおく事が出来る。

【００４６】

従って、照射が停止した後、センサの信号を取り出すために転送用ＴＦＴが最初にｏｎするまでの時間を、図４に示すように$Tm2=n\times\tau_1$以上に設定すれば、所望のＳＮが得られることになる。

【００４７】

次に、上述した$n\times\tau_1$以上遅延させるための本実施例の手段について、簡単に説明する。

【００４８】

転送用ＴＦＴが最初にｏｎするまでの遅延時間をｎ×τ_1以上に制御するための手段としては、例えば、マイクロコンピュータ（ＣＰＵ）により、制御プログラムを駆動し、図１の回路を例にとれば、放射線源１１の照射終了時から、カウントを開始し、ｎ×τ_1以上遅延させてから、シフトレジスタＳＲ１のＧ１出力を駆動すること等により、通常の技術で、容易に実施可能である。

【００４９】

また、シフトレジスタＳＲ１と、放射線源１１との間に、同期信号線と遅延回路を設けて、放射線源１１の照射終了信号を遅延回路で遅延した後、シフトレジスタのスタート信号として入力すること等によっても、容易に実施することができる。

【００５０】

（実施例２）

本実施例では、動画像を形成するために、多数のフレーム画像を連続的に読み出す場合について、所望のＳＮを得る例について説明する。

【００５１】

図１の光電変換回路部では放射線検出装置の画素は３×３であったが、本実施例では、画素がｍ行×ｎ列マトリクス状に並んで形成されている場合について述べる。この場合、一般的なのは、１秒間あたり３０フレームでセンサアレイを読み出す場合である。この時、１フレームのスキャン時間は１／３０（ｓｅｃ）＝３３ｍｓｅｃとなる。

【００５２】

図３に動画の放射線画像を読み出すタイミングチャートを示す。図３（Ａ）に示すように、放射線は連続で照射している。

【００５３】

図３（Ｂ）は、休みなく読み出し、もしくは信号の蓄積を行う場合である。

【００５４】

図３（Ｃ）は、全部のアレイが読み出した後、次の読み出しが始まるまで休止する場合（図中、点線部）である。この休止時間は、１フレーム当たりのスキャン時間t_f、各列の読み出し時間t_X、読み出す列数ｑ（≦ｎ）により、最大$t_f - t_X \cdot q$だけ設定することができる。

【００５５】

図３（Ｄ）は、各列一定のタイミングで読み取るが、各列の読み出し時間の間に休止（蓄積はしている）の時間が設けてある場合である。

【００５６】

図３（Ｅ）は、図３（Ｄ）と同様に各列の読み出し時間の間に休止が設定されている場合である。この休止の時間は、各列で蓄積も休みも行わない時間である。例えば、読み出しによってセンサから放電（充電）された後の、残留成分を除去する（リフレッシュ）駆動を行うことにより、さらにＳ／Ｎ比を向上させることができる。

【００５７】

放射線検出器を含むシステムで、読み出しに関係するパラメーターは、

（１）システムが要求するＳＮ

（２）画素毎のスイッチとセンサからなるＣＲ時定数τ_2

（３）装置が必要としているスキャン速度（フレーム数）

（４）シンチレーターの発光のＸ線が当たった時の立ち上がり、Ｘ線が当たらなくなった時の減衰の時定数τ_1

以上４つが必要である。以下、上記（１）～（４）を更に説明する。

【００５８】

（１）センサパネルからの信号のＳＮはスイッチにより転送された信号量Ｓと転送残り信号量Ｎで定義する。

【００５９】

（２）ＣＲ時定数τ_2は画素のセンサの蓄積容量Ｃと画素毎のスイッチ（ＴＦＴ）のｏｎ抵抗Ｒを掛けたものである。

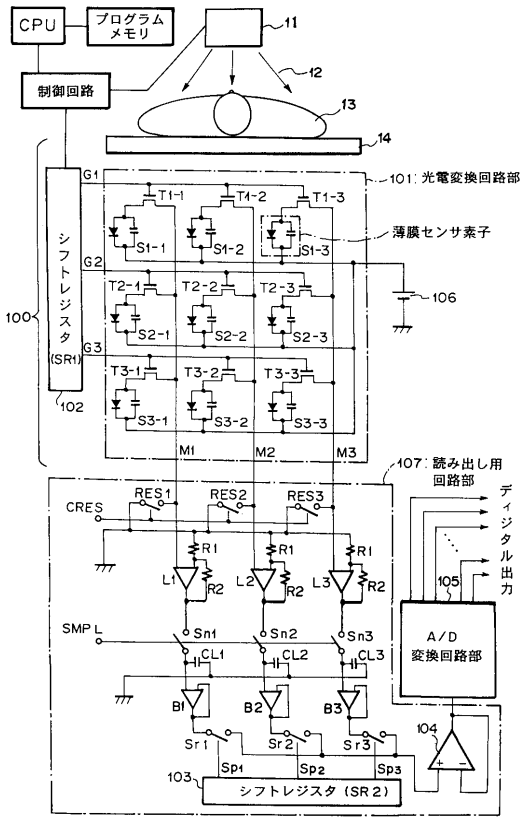
【００６０】
（３）スキャン速度（フレーム数）は１秒あたりのｎ列（必要に応じてｑ＜ｎ列）のスキャン数（フレーム数）である。通常のモニターでは３０フレーム／秒である。
【００６１】
（４）放射線が入射するときのシンチレーターの発光、放射線の入射が終了した後のシンチレーターの発光の減衰は、多重指数関数（$\Sigma \alpha t^n$）的な変化を示すが、ここでは時定数τ_1による指数関数で表わされるものとする。
【００６２】
図８は、ＴＦＴの転送時間と転送量及び転送残りの関係を示す図であり、光電変換素子（図１で言えば、S_{11}～S_{33}）内の容量に蓄積された信号電荷を１としたときの転送量を示すグラフである。図８を参照しながら、上記パラメータを用いて考察してみる。
【００６３】
上記（１）と（２）を組み合わせると、転送を時定数τ_2のβ倍行った場合（ただし、β＝ｔ／τ_2）、図８に示すように、信号成分Ｓの転送量のグラフは、Ｓ＝１－ｅｘｐ（－β）と表わすことができる。また、転送残り成分N_2は、図８に示すように、N_2＝ｅｘｐ（－β）となる。転送した信号成分をＳとすると、Ｓ＝１－N_2＝１－ｅｘｐ（－β）であるが、ｅｘｐ（－β）≪１であるため、規格化した場合、Ｓ　１と近似することができる。
【００６４】
また、SN_2＝Ｓ／N_2であるため、SN_2＝Ｓ／N_2＝１／ｅｘｐ（－β）となり、これより、逆数をとると、１／SN_2＝ｅｘｐ（－β）＝N_2となる。つまり、転送残り成分N_2は、SN_2の逆数となる。あるいはβ＝ｌｎSN_2となる。
【００６５】
次に、パラメーター（４）に基づく出力のばらつきについて、図４を参照しながら考えてみる。
【００６６】
▲１▼発光の時定数τ_1を持つシンチレーターの発光の立ち上がりによる時間ｔ後の出力Ｓは、飽和したときのセンサ出力をS_0とすると、
ｔ／τ_1＝αとおいた場合、
Ｓ＝S_0・（１－ｅｘｐ（－α））
▲２▼シンチレーターの発光の減衰の遅延による出力の変化は、
Ｓ＝S_0・ｅｘｐ（－α）
シンチレーターの立ち上がり、減衰の時定数が０すなわち瞬時で変化する場合はノイズがないが、時定数τ_1を有するために、ノイズ成分の割合として、ｅｘｐ（－α）のノイズ成分の割合が発生する。この時、出力の方は１で近似している。実際の読み取りでは、蓄積時間は、ほぼフレーム数の逆数で、たとえば３０フレーム／秒ならば３３ｍｓで、シンチレーターの時定数がｍｓオーダーであれば良い近似となる。
【００６７】
つまり、要求されるSN_1に対して、
１／SN_1＝ｅｘｐ（－α）となる。
【００６８】
システムとして外部から必要なＳＮは、ＴＦＴの時定数から生じるSN_2＝ｅｘｐ（β）とシンチレーターの時定数から生じるSN_1＝ｅｘｐ（α）の合成ＳＮとなる。
【００６９】
この合成ＳＮの逆数を１／ＳＮ＝ｅｘｐ（－α－β）とおく事が出来る。
【００７０】
ＴＦＴのセンサの信号の転送時間はβ×τ_2であり、シンチレーターからの光をセンサが受け信号を蓄積する時間はα×τ_1であり、α×τ_1とβ×τ_2の合計時間は１フレームの時間を超えることは出来ない。
【００７１】

従って、
（α×τ$_1$ ＋β×τ$_2$ ）≦１／ＩＦＰＳ
となる。ここで
ＩＦＰＳ：放射線センサの読み取りの１秒あたりのフレーム数
τ$_1$ ：シンチレーターに放射線が照射されたとき、放射線の照射が停止したときの発光の立ち上がり、減衰の時定数
τ$_2$ ：センサ容量とＴＦＴのｏｎ抵抗を掛けて得られる時定数
α：センサの光信号の蓄積時間の、シンチレーターの発光の立ち上がり、減衰の時定数の倍数
β：転送用ＴＦＴがｏｎする時間の時定数の倍数
従って、例えば、マイクロコンピュータを用いた制御システムで、センサの１フレームのスキャン時間を（α×τ$_1$ ＋β×τ$_2$ ）以上に設定することにより、所望の信号対雑音ＳＮ＝ｌｎ（α＋β）を持つ放射線装置を得ることが容易にできる。

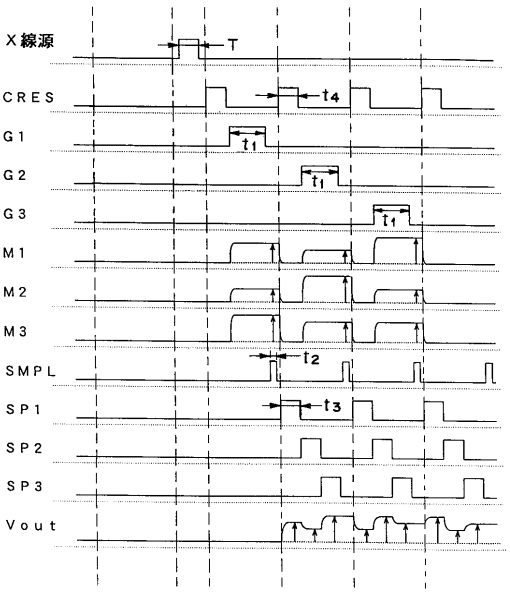
【００７２】
【発明の効果】
以上説明したように、シンチレーターを有する放射線検出装置を用いた、放射線写真撮影装置、放射線撮影装置、放射線診断装置、放射線治療装置のシステムも必要なＳＮと読み取り速度の関係を最適に設定することで、蛍光体の残光特性の時定数、薄膜センサ素子と薄膜トランジスタから生じる時定数を考慮したＳＮの良い各種放射線検出装置を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の放射線検出装置の構成を示す回路図である。
【図２】本発明は放射線写真撮影時の放射線検出装置の動作を示すタイミングチャートである。
【図３】本発明の放射線動画画像を読む時の放射線検出装置の動作を示すタイミングチャートである。
【図４】放射線が停止した後の蓄積時間でのＳＮを示すグラフである。
【図５】シンチレーターの残光特性を表わすグラフである。
【図６】本発明の実施例の光電変換部の上面図（ａ）と断面図（ｂ）である。
【図７】本発明の実施例の光電変換部の等価回路である。
【図８】ＴＦＴの転送時間と転送量、及び転送残りの関係を示すグラフである。
【符号の説明】
１１　放射線源（Ｘ線源）
１２　放射線（Ｘ線）
１３　被写体（人体）
１４　シンチレータ
１００　放射線検出器

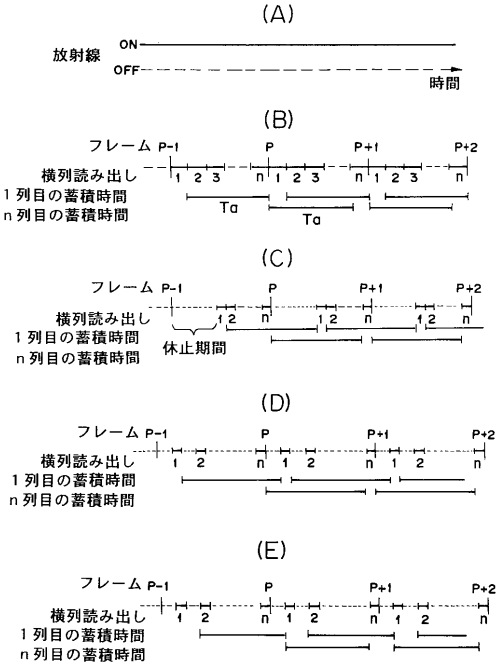
【図１】



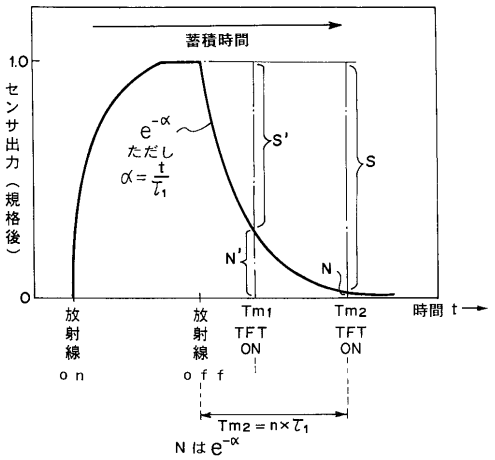
【図２】



【図３】



【図４】

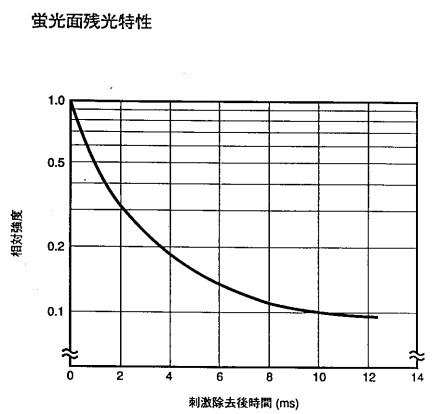


N は $e^{-\alpha}$

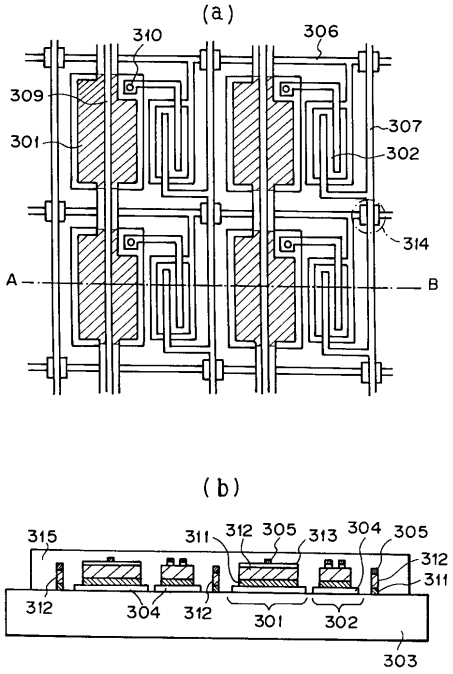
$$SN = \frac{S}{N} = \frac{1-e^{-\alpha}}{e^{-\alpha}} \approx \frac{1}{e^{-\alpha}} = e^{\alpha}$$

と近似している

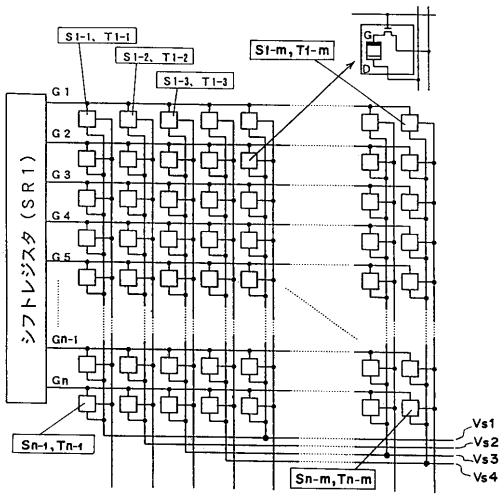
【図５】


蛍光面残光特性
相対強度
1.0
0.5
0.2
0.1
0
2
4
6
8
10
12
14
刺激除去後時間 (ms)

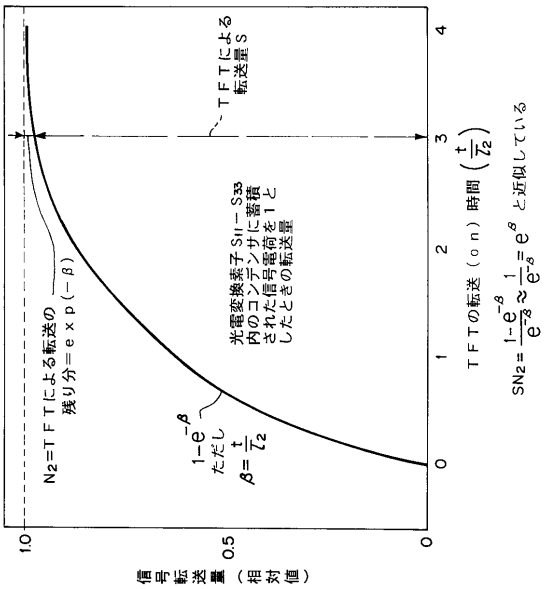
【図６】


(a)
310
306
309
307
301
302
314
A
B
(b)
315
311
312
305
313
304
305
312
311
312
304
312
301
302
303

【図７】


S1-1, T1-1
S1-2, T1-2
S1-3, T1-3
S1-m, T1-m
G
D
シフトレジスタ（SR1）
G1
G2
G3
G4
G5
Gn-1
Gn
Sn-1, Tn-1
Sn-m, Tn-m
Vs1
Vs2
Vs3
Vs4

【図８】


TFTによる転送量S
光電変換素子S11－S33内のコンデンサに蓄積された信号電荷を1としたときの転送量
N2=TFTによる転送の残り分=exp(−β)
1−e^−β
ただし
β=t/τ2
TFTの転送（on）時間 (t/τ2)
信号転送量（相対値）
1.0
0.5
0
0
1
2
3
4
SN2=(1−e^−β)/(e^τ2−1) ≈ 1/e^β = e^β と近似している

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０５－２３７０９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１４０６９１（ＪＰ，Ａ）
特表平０７－５０２８６５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01T 1/20
A61B 6/03