

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6355387号
(P6355387)

(45) 発行日 平成30年7月11日 (2018. 7. 11)

(24) 登録日 平成30年6月22日 (2018. 6. 22)

(51) Int.Cl.	F I
HO 4 N 5/378 (2011. 01)	HO 4 N 5/378
HO 4 N 5/363 (2011. 01)	HO 4 N 5/363

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-73725 (P2014-73725)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年3月31日 (2014. 3. 31)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-198263 (P2015-198263A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年11月9日 (2015. 11. 9)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成29年3月28日 (2017. 3. 28)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(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】 撮像装置及び撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電荷を生成する画素と、
 前記画素から転送された電荷を積分する積分アンプと、
 前記積分アンプの出力が供給され、時定数が可変であるローパスフィルタと、
 前記画素から前記積分アンプに電荷が転送される前の前記ローパスフィルタの出力をサンプリングして保持する第1サンプルホールド回路と、
 前記画素から前記積分アンプに電荷が転送された後の前記ローパスフィルタの出力をサンプリングして保持する第2サンプルホールド回路と、
 前記第1サンプルホールド回路が保持する信号と前記第2サンプルホールド回路が保持する信号との差分を出力する差分回路と、
 前記ローパスフィルタの時定数を変更する制御回路とを備え、
 前記制御回路は、
 前記第1サンプルホールド回路によるサンプリングの終了後に前記ローパスフィルタの時定数を下げ、
 前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に前記ローパスフィルタの時定数を上げ、
 前記制御回路が前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に上げる前の前記ローパスフィルタの時定数を 1 とし、
 前記制御回路が前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に上げた後の

10

20

前記ローパスフィルタの時定数を 2 とし、

前記第 1 サンプルホールド回路によるサンプリングの終了時の前記ローパスフィルタの時定数を 3 とすると、

1 < 2 かつ 1 3 を満たすことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記制御回路は、前記画素から前記積分アンプに電荷を転送するための転送期間が終了してから所定の時間が経過したことに応じて、前記ローパスフィルタの時定数を上げること

【請求項 3】

前記制御回路は、前記第 2 サンプルホールド回路がサンプリングを開始する前に、前記ローパスフィルタの時定数を下げ

10

【請求項 4】

前記制御回路が前記ローパスフィルタの時定数を上げてから前記第 2 サンプルホールド回路によるサンプリングが終了するまでの時間を T2 とすると、

T2 < 3 × 2 を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

2 3 を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

2 < 3 を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 7】

前記制御回路は、1、2 及び 3 のうちの少なくとも何れかの値を撮像条件に応じて切り替えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記画素は、

電磁波を電荷に変換する変換素子と、

駆動線を通じて供給された制御信号に応じて、前記変換された電荷を信号線を通じて前記積分アンプに転送する転送スイッチとを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 9】

30

前記転送スイッチは薄膜トランジスタで構成されることを特徴とする請求項 8 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記画素から前記積分アンプに電荷を転送するための転送期間が終了してから前記制御回路が前記ローパスフィルタの時定数を上げるまでの時間を T1 とし、

前記駆動線の配線抵抗を Rvg とし、

前記駆動線と前記信号線との間の寄生容量を Cvg とすると、

T1 > Rvg × Cvg × 2 を満たすことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の撮像装置。

。

【請求項 11】

40

前記積分アンプに蓄積された電荷をリセットするスイッチを更に備え、

前記制御回路は、前記画素から前記積分アンプに電荷が転送される前に、前記積分アンプに蓄積された電荷をリセットすることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記画素は、前記撮像装置に入射した放射線に応じて電荷を生成することを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の撮像装置と、

前記撮像装置によって得られた信号を処理する信号処理手段と

50

を備えることを特徴とする撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及び撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、被写体を透過したX線等の放射線の照射を受けて被写体に関する画像信号を生成する放射線撮像装置を提案する。この放射線撮像装置の画素で生成された電荷は積分アンプに転送され、積分される。この放射線撮像装置は、積分アンプの出力から低周波ノイズを除去するために、2つのサンプルホールド回路を用いて積分アンプの出力に対して相関2重サンプリング(CDS)を行う。さらに、この放射線撮像装置は、積分アンプの出力から高周波ノイズを除去するために、積分アンプとサンプルホールド回路との間にローパスフィルタを有する。特許文献2も同様の構成を有する放射線撮像装置を提案する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4619640号公報

【特許文献2】特許第4448042号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1及び特許文献2の放射線撮像装置では、積分アンプの出力の応答が早く安定するように、ローパスフィルタの時定数を一時的に下げる。しかし、これらの放射線撮像装置では、積分アンプのリセット動作においてのみローパスフィルタの時定数を下げるので、画素信号の読み出し動作全体を十分に短縮できない。本発明は、撮像装置における画素信号の読み出しの短縮に有利な技術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】

【0005】

30

上記課題に鑑みて、電荷を生成する画素と、前記画素から転送された電荷を積分する積分アンプと、前記積分アンプの出力が供給され、時定数が可変であるローパスフィルタと、前記画素から前記積分アンプに電荷が転送される前の前記ローパスフィルタの出力をサンプリングして保持する第1サンプルホールド回路と、前記画素から前記積分アンプに電荷が転送された後の前記ローパスフィルタの出力をサンプリングして保持する第2サンプルホールド回路と、前記第1サンプルホールド回路が保持する信号と前記第2サンプルホールド回路が保持する信号との差分を出力する差分回路と、前記ローパスフィルタの時定数を変更する制御回路とを備え、前記制御回路は、前記第1サンプルホールド回路によるサンプリングの終了後に前記ローパスフィルタの時定数を下げ、前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に前記ローパスフィルタの時定数を上げ、前記制御回路が前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に上げる前の前記ローパスフィルタの時定数を 1 とし、前記制御回路が前記第2サンプルホールド回路によるサンプリングの途中に上げた後の前記ローパスフィルタの時定数を 2 とし、前記第1サンプルホールド回路によるサンプリングの終了時の前記ローパスフィルタの時定数を 3 とすると、 $1 < 2$ かつ $1 < 3$ を満たすことを特徴とする撮像装置が提供される。

40

【発明の効果】

【0006】

上記手段により、撮像装置における画素信号の読み出しの短縮に有利な技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 7 】

【図 1】一部の実施形態の放射線撮像装置の構成の一例を説明するブロック図。

【図 2】図 1 の放射線撮像装置の列アンプの構成の一例を説明する等価回路図。

【図 3】図 1 の放射線撮像装置の動作の一例を説明するタイミング図。

【図 4】図 3 の動作の一部を詳細に説明するタイミング図。

【図 5】図 1 の駆動線に流れる制御信号の変化を説明する図。

【図 6】図 2 の列アンプで発生するノイズを説明するタイミング図。

【図 7】図 1 の放射線撮像装置の動作の別の例を説明するタイミング図。

【図 8】図 1 の放射線撮像装置の動作の別の例を説明するタイミング図。

【図 9】図 1 の放射線撮像装置の列アンプの構成の別の例を説明する等価回路図。

10

【図 10】図 1 の放射線撮像装置の動作の別の例を説明するタイミング図。

【図 11】一部の実施形態の放射線撮像システムの構成を説明するブロック図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

添付の図面を参照しつつ本発明の実施形態について以下に説明する。様々な実施形態を通じて同様の要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。また、各実施形態は適宜変更、組み合わせが可能である。本発明は一般に入射された特定の波長帯の電磁波に応じた画像を生成する撮像装置に適用できる。以下では、撮像装置の一例として、X線などを含む放射線に応じた画像を生成する放射線撮像装置について説明する。

【 0 0 0 9 】

20

図 1 のブロック図を参照して、一部の実施形態に係る放射線撮像装置 100 の構成について説明する。放射線撮像装置 100 は、例えば画素アレイ 110 と、駆動回路 120 と、読み出し回路 130 と、制御回路 140 と、電源回路 150 とを備える。制御回路 140 は駆動回路 120 及び読み出し回路 130 に各種制御信号を供給して、これらの動作を制御する。電源回路 150 は画素アレイ 110、駆動回路 120、読み出し回路 130 及び制御回路 140 の動作に用いられる電圧を供給する。

【 0 0 1 0 】

画素アレイ 110 は複数の変換素子 S11 ~ S33 と複数の薄膜トランジスタ T11 ~ T33 とを含む。1つの変換素子と1つの薄膜トランジスタとの組によって1つの画素が構成され、画素アレイ 110 には複数の画素が2次元アレイ状に配されている。画素アレイ 110 はエリアセンサと称されることもある。図 1 の例で、画素アレイ 110 は 3 × 3 の画素を有するが、画素の配列はこれに限られない。

30

【 0 0 1 1 】

変換素子 S11 ~ S33 は入射した特定の波長帯の電磁波を電荷に変換し、この電荷を蓄積する。変換素子 S11 ~ S33 で変換される電磁波は、放射線撮像装置 100 に入射した放射線であってもよいし、放射線撮像装置 100 に入射した放射線がシンチレータ（不図示）によって変換された可視光であってもよい。変換素子 S11 ~ S33 は、PIN 型の変換素子であってもよいし、MIS 型の変換素子であってもよい。変換素子 S11 ~ S33 の一端には電源回路 150 からバイアス電圧が供給され、変換素子 S11 ~ S33 の他端は薄膜トランジスタ T11 ~ T33 を通じて信号線 Sig1 ~ Sig3 に接続される。

40

【 0 0 1 2 】

薄膜トランジスタ T11 ~ T33 のゲートには、駆動回路 120 から駆動線 Vg1 ~ Vg3 を通じて制御信号が供給される。駆動回路 120 から供給される制御信号に応じて、薄膜トランジスタ T11 ~ T33 のオン・オフが切り替わる。薄膜トランジスタ T11 ~ T33 がオンの場合に、変換素子 S11 ~ S33 に蓄積された電荷が信号線 Sig1 ~ Sig3 に転送される。薄膜トランジスタ T11 ~ T33 がオフの場合に、変換素子 S11 ~ S33 に電荷が蓄積されたままとなる。すなわち、薄膜トランジスタ T11 ~ T33 は転送トランジスタとして、より一般に転送スイッチとして動作する。

【 0 0 1 3 】

50

変換素子 $S_{11} \sim S_{33}$ から信号線 $Sig_1 \sim Sig_3$ に転送された電荷は、読み出し回路 130 に転送される。具体的に、変換素子 $S_{11} \sim S_{33}$ から転送された電荷は、読み出し回路 130 の列アンプ $CA_1 \sim CA_3$ に転送される。列アンプ $CA_1 \sim CA_3$ は電荷を電圧に変換して、マルチプレクサ MP に供給する。マルチプレクサ MP は列アンプ $CA_1 \sim CA_3$ から供給された信号を順に差分回路 Df に供給する。差分回路 Df はマルチプレクサ MP から供給された 2 つの信号の差分を取って AD 変換器 ADC に供給する。 AD 変換器 ADC は供給されたアナログ信号をデジタル信号に変換して出力する。

【0014】

続いて、図 2 の等価回路図を参照して、図 1 の列アンプ CA_1 の構成について説明する。図 2 では列アンプ CA_1 について説明するが、列アンプ CA_2 及び CA_3 も同様の構成を有する。列アンプ CA_1 は、積分アンプ IA と、ローパスフィルタ LPF と、第 1 サンプルホールド回路 SH_1 と、第 2 サンプルホールド回路 SH_2 とを有する。

10

【0015】

積分アンプ IA は、例えばオペアンプ OP とキャパシタ C_f とスイッチ SW_r とを有する。列アンプ CA_1 への入力、すなわち画素から転送される電荷信号は、オペアンプ OP の第 1 入力端子に供給される。オペアンプ OP の第 2 入力端子には基準電圧 V_{ref} が供給される。オペアンプ OP の出力端子はローパスフィルタ LPF に接続される。

【0016】

積分アンプ IA は画素から転送される電荷をキャパシタ C_f に蓄積し、この蓄積された電荷を電圧に変換して出力する。積分アンプ IA のゲインはキャパシタ C_f の容量値によって定まる。スイッチ SW_r は、制御回路 140 から供給される制御信号 RST によってそのオン・オフが制御される。スイッチ SW_r がオンの場合に、キャパシタ C_f の両端が短絡され、この両端の電圧が基準電圧 V_{ref} に等しくなり、キャパシタ C_f に蓄積された電荷がリセットされる。キャパシタ C_f に蓄積された電荷をリセットすることを、積分アンプ IA をリセットするという。スイッチ SW_r がオフの場合に、画素から転送された電荷に応じて、キャパシタ C_f に電荷が蓄積される。

20

【0017】

図 2 の例で、積分アンプ IA は 1 つのキャパシタ C_f を含む。しかし、積分アンプ IA は複数のキャパシタを含み、オペアンプ OP に接続されるキャパシタを選択可能なように構成されてもよい。このような構成は、放射線撮像装置 100 を撮像条件の異なる複数の撮影手技に用いる場合において、撮影手技ごとに適切なゲインに設定することを可能にする。

30

【0018】

ローパスフィルタ LPF は、抵抗 R_f と、3 つのスイッチ SW_f 、 SW_{s1} 、 SW_{s2} と、2 つのキャパシタ C_{h1} 、 C_{h2} とを有する。ローパスフィルタ LPF には積分アンプ IA の出力が供給される。ローパスフィルタ LPF によって、積分アンプ IA の出力から高周波成分が除去される。キャパシタ C_{h1} の容量値とキャパシタ C_{h2} の容量値とは互いに等しくてもよい。

【0019】

スイッチ SW_{s1} は、制御回路 140 から供給される制御信号 SMP_1 によってそのオン・オフが制御される。スイッチ SW_{s1} がオンの場合に、抵抗 R_f とキャパシタ C_{h1} とが接続され、抵抗 R_f とキャパシタ C_{h1} とによってローパスフィルタが構成される。スイッチ SW_{s1} がオフの場合に、キャパシタ C_{h1} にこのローパスフィルタの出力が保持される。すなわち、スイッチ SW_{s1} とキャパシタ C_{h1} とによって第 1 サンプルホールド回路 SH_1 が構成される。

40

【0020】

スイッチ SW_{s2} は、制御回路 140 から供給される制御信号 SMP_2 によってそのオン・オフが制御される。スイッチ SW_{s2} がオンの場合に、抵抗 R_f とキャパシタ C_{h2} とが接続され、抵抗 R_f とキャパシタ C_{h2} とによってローパスフィルタが構成される。スイッチ SW_{s2} がオフの場合に、キャパシタ C_{h2} にこのローパスフィルタの出力が保

50

持される。すなわち、スイッチ $SWs2$ とキャパシタ $Ch2$ とによって第2 サンプルホールド回路 $SH2$ が構成される。

【0021】

スイッチ SWf は、制御回路 140 から供給される制御信号 LPF によってそのオン・オフが制御される。スイッチ SWf がオンの場合に、抵抗 Rf の両端が短絡される。スイッチ SWf がオフの場合に、抵抗 Rf の両端が短絡されない。スイッチ SWf のオン・オフを切り替えることによって、ローパスフィルタ LPF の時定数が変化する。

【0022】

例えば、スイッチ $SWs1$ がオフであり、スイッチ $SWs2$ がオンであり、抵抗 Rf とキャパシタ $Ch2$ とによってローパスフィルタが構成される場合を検討する。以下の説明で、抵抗 Rf の抵抗値を r_f 、キャパシタ $Ch1$ の容量値を $ch2$ 、スイッチ SWf をオンにした場合のこの抵抗値を r_{on} とする。

10

【0023】

この場合に、スイッチ SWf がオンの場合のローパスフィルタ LPF の時定数 τ_1 は以下の式で与えられる。

$$\tau_1 = \{ r_{on} \times r_f / (r_{on} + r_f) \} \times ch2$$

$r_{on} \ll r_f$ とすると、 τ_1 は以下の式で近似される。

$$\tau_1 \approx r_{on} \times ch2$$

【0024】

一方、スイッチ SWf がオフの場合のローパスフィルタ LPF の時定数 τ_2 は以下の式で与えられる。

20

$$\tau_2 = r_f \times ch2$$

例えば、 $r_f = 50k$ 、 $r_{on} = 5$ とした場合に、 $\tau_2 / \tau_1 = 10000$ となる。このように、ローパスフィルタ LPF の時定数は可変である。

【0025】

ここで、 τ_1 は第2 サンプルホールド回路 $SH2$ によるサンプリングの開始前のローパスフィルタの時定数となり、 τ_2 は第2 サンプルホールド回路 $SH2$ がサンプリングを開始した直後のローパスフィルタの時定数となる。図2の例では、2つのサンプルホールド回路 $SH1$ 、 $SH2$ によって1つのローパスフィルタ LPF が構成されるが、サンプルホールド回路ごとに別個の抵抗が接続され、別個のローパスフィルタが構成されてもよい。また、図2の例では、サンプルホールド回路 $SH1$ 、 $SH2$ がローパスフィルタ LPF の一部を構成するが、ローパスフィルタ LPF とサンプルホールド回路 $SH1$ 、 $SH2$ とが別個の回路素子で構成されてもよい。

30

【0026】

続いて、図3のタイミングチャートを参照して、放射線撮像装置 100 の動作について説明する。図3において、「曝射ボタン」は、放射線撮像装置 100 へ放射線を曝射することの指示がなされたタイミングを示す。「放射線」は、放射線撮像装置 100 に照射される放射線の有無を示す。 RST 、 $SMP1$ 、 $SMP2$ はそれぞれ、制御回路 140 からスイッチ SWr 、 $SWs1$ 、 $SWs2$ に供給される制御信号を示す。 $Vg1 \sim Vg3$ は、駆動線 $Vg1 \sim Vg3$ に流れる制御信号を示す。 $ADCLK$ は AD 変換器 ADC に供給されるクロックを示す。 $ADOUT$ は AD 変換器 ADC からの出力を示す。

40

【0027】

制御回路 140 は、放射線の曝射の待機状態において、駆動線 $Vg1 \sim Vg3$ に供給する制御信号を順次ハイレベルに切り替えて、薄膜トランジスタ $T11 \sim T33$ を順次オンにする（図3の「画素リセット動作」）。この画素リセット動作によって、変換素子 $S11 \sim S33$ の内部で生じる暗電流による電荷が放出され、画素がリセットされる。

【0028】

放射線の曝射ボタンが押されると、制御回路 140 は駆動線 $Vg1 \sim Vg3$ に供給する制御信号をローレベルに維持する（図3の「蓄積動作」）。これにより、薄膜トランジスタ $T11 \sim T33$ がオフのままとなり、被写体を透過した放射線に応じた電荷が変換素子

50

S 1 1 ~ S 3 3 に蓄積される。

【 0 0 2 9 】

放射線の曝射が終了すると、制御回路 1 4 0 は変換素子 S 1 1 ~ S 3 3 に蓄積された電荷を読み出す（図 3 の「読み出し動作」）。まず、制御回路 1 4 0 は、制御信号 R S T をハイレベルに切り替えて、スイッチ S W r をオンにする。これにより、積分アンプ I A がリセットされる。積分アンプ I A がリセットされた後に、制御回路 1 4 0 は制御信号 S M P 1 をハイレベルに切り替えて、スイッチ S W s 1 をオンにする。これにより、抵抗 R f とキャパシタ C h 1 とによってローパスフィルタが構成されるとともに、第 1 サンプルホールド回路 S H 1 はこのローパスフィルタを通じた積分アンプ I A の出力のサンプリングを開始する。その後、制御回路 1 4 0 は制御信号 S M P 1 をローレベルに切り替えて、スイッチ S W s 1 をオフにする。これにより、第 1 サンプルホールド回路 S H 1 はサンプリングを終了し、その時点のローパスフィルタ L P F の出力がキャパシタ C h 1 に保持される。

10

【 0 0 3 0 】

続いて、制御回路 1 4 0 は、駆動線 V g 1 に供給する制御信号をハイレベルに切り替え、薄膜トランジスタ T 1 1 ~ T 1 3 をオンにする。これにより、変換素子 S 1 1 ~ S 1 3 に蓄積された電荷が列アンプ C A 1 ~ C A 3 に転送され、それぞれの積分アンプ I A に保持される。

【 0 0 3 1 】

続いて、制御回路 1 4 0 は制御信号 S M P 2 をハイレベルに切り替えて、スイッチ S W s 2 をオンにする。これにより、抵抗 R f とキャパシタ C h 2 とによってローパスフィルタが構成されるとともに、第 2 サンプルホールド回路 S H 2 はこのローパスフィルタを通じた積分アンプ I A の出力のサンプリングを開始する。その後、制御回路 1 4 0 は制御信号 S M P 2 をローレベルに切り替えて、スイッチ S W s 2 をオフにする。これにより、第 2 サンプルホールド回路 S H 2 はサンプリングを終了し、その時点のローパスフィルタ L P F の出力がキャパシタ C h 2 に保持される。

20

【 0 0 3 2 】

この時点で、キャパシタ C h 1 は画素の電荷の転送前の積分アンプ I A の出力を保持し、キャパシタ C h 2 は画素の電荷の転送後の積分アンプ I A の出力を保持する。その後、差分回路 D f は、これらの出力の差分を算出し、画素信号として A D 変換器 A D C に供給する。すなわち、差分回路 D f によって相関 2 重サンプリング（C D S）が行われる。相関 2 重サンプリングによって、積分アンプ I A の出力から低周波ノイズが除去される。また、上述のローパスフィルタ L P F によって積分アンプ I A の出力から高周波ノイズが除去される。その後、駆動線 V g 2、V g 3 についても同様の処理が行われる。

30

【 0 0 3 3 】

続いて、図 4 のタイミング図を参照して、図 3 のタイミング図の読み出し動作の一部について詳細に説明する。図 4 において、L P F は、制御回路 1 4 0 からスイッチ S W f に供給される制御信号を示す。O E は制御回路 1 4 0 から駆動回路 1 2 0 に供給される制御信号を示す。駆動回路 1 2 0 は、制御信号 O E がハイレベルの場合に、駆動線 V g 1 に供給する制御信号をハイレベルにし、制御信号 O E がローレベルの場合に、駆動線 V g 1 に供給する制御信号をローレベルにする。すなわち、制御信号 O E がハイレベルである期間が電荷の転送期間となる。L P F O u t はローパスフィルタ L P F の出力において観測される応答を示す。それ以外は図 3 と同じである。

40

【 0 0 3 4 】

制御回路 1 4 0 は、時刻 t 3 で第 1 サンプルホールド回路 S H 1 によるサンプリングが終了した後に、スイッチ S W f に供給する制御信号 L P F をハイレベルに切り替えてローパスフィルタ L P F の時定数を下げる。その後、制御回路 1 4 0 は、時刻 t 5 で第 2 サンプルホールド回路 S H 2 によるサンプリングの途中に、スイッチ S W f に供給する制御信号 L P F をローレベルに切り替えてローパスフィルタ L P F の時定数を上げる。図 4 の例では、制御回路 1 4 0 は、時刻 t 4 で制御信号 O E をローレベルに切り替えると同時に、

50

すなわち画素からの電荷の転送期間が終了すると同時に、ローパスフィルタLPFの時定数を下げる。このように、第2サンプルホールド回路SH2によるサンプリングの間のローパスフィルタLPFの時定数を下げることによって、ローパスフィルタLPFの出力における応答の完了までの時間が短縮される。これに応じて、第2サンプルホールド回路SH2によるサンプリングに要する時間を短縮できる。

【0035】

ローパスフィルタLPFの時定数の低下は、積分アンプIAの応答が完了するまで継続してもよい。例えば、電荷の転送期間が終了し、薄膜トランジスタT11～T33をオフにした後、積分アンプIAの応答が完了する前に、ローパスフィルタLPFの時定数を上げると、ローパスフィルタLPFの出力における応答は、図4の破線で示すようになる。破線で示す応答は、実線で示す応答よりも、収束するまで長い時間がかかってしまい、それに応じてサンプリングに要する時間も長くなる。

10

【0036】

図4に示すように、電荷の転送期間が終了してからローパスフィルタLPFの時定数を上げるまでの時間(すなわち、 $t_5 - t_4$)をT1とする。電荷の転送期間が終了した後の積分アンプIAの応答は、駆動線Vg1～Vg3を流れる制御信号の影響を受ける。そのため、時間T1は、駆動線Vg1～Vg3に流れる制御信号を考慮して決定されてもよい。

【0037】

図5は、放射線撮像装置100の駆動線Vg1及び信号線Sig1～Sig3に着目したブロック図である。駆動回路120から駆動線Vg1に供給されたパルス状の制御信号は、駆動線Vg1の配線抵抗と、駆動線Vg1と信号線Sig1～3との間の寄生容量とによって形成されるローパスフィルタの影響により、高周波成分が除去される。また、駆動線Vg1を流れる制御信号は、駆動線Vg1と信号線Sig1～Sig3との間の寄生容量を介して信号線Sig1～Sig3に伝達される。この伝達された信号が積分アンプIAに影響を与える。そこで、時間T1は、駆動線Vg1を流れる信号が十分に応答して安定するまでに要する時間よりも長くなるように決定される。

20

【0038】

例えば、駆動線Vg1の配線抵抗を R_{vg} とし、駆動線Vg1と信号線Sig1との間の寄生容量の容量値を C_{vg} とすると、 $T1 > R_{vg} \times C_{vg} \times 2$ を満たすように時間T1を決定してもよい。この駆動線Vg1の配線抵抗は、駆動線Vg1における、駆動回路120から信号線Sig1との交差部分までの部分の抵抗値であってもよい。T1 = $R_{vg} \times C_{vg} \times 5$ の場合に、時間T1が経過すると、積分アンプIAの出力は、薄膜トランジスタT11をオンにした時点と比較して、0.7%程度となる。

30

【0039】

時間T1を短く設定する場合には、応答が不十分な状態で第2サンプルホールド回路SH2がサンプリングを終了することになり、応答が完了しなかった分がオフセットとして画素信号に現れる。そこで、このオフセットが放射線撮像装置100のダイナミックレンジを圧迫して性能に影響を与えない程度に時間T1を短縮してもよい。発生するオフセットは、薄膜トランジスタT11～T33をオンにした際に駆動線Vg1～Vg3に流れる信号の波高、駆動線Vg1～Vg3と信号線Sig1～Sig3との間の寄生容量に依存する。さらに、オフセットは、同時にハイレベルの制御信号が流れる駆動線Vg1～Vg3の本数、キャパシタCfの容量値に依存する。そこで、これらの値を考慮して時間T1を決定してもよい。

40

【0040】

ローパスフィルタLPFの時定数を変更することによるサンプリング時間の短縮は、積分アンプIAのゲインが高いほど効果大きい。一般に積分アンプIAのゲインが高いときは、透視撮影等の画像読み出し期間が比較的短い場合が多く、加えて、積分アンプIAのゲインが高いと薄膜トランジスタT11～T33のオン・オフによる出力変化が大きくなる。そのため、応答しきれないままサンプリングしたときオフセットの絶対量が大きく

50

なるためである。

【 0 0 4 1 】

制御回路 1 4 0 は、ローパスフィルタ L P F の時定数を、第 2 サンプルホールド回路 S H 2 によるサンプリングの途中で上げる。具体的に、制御回路 1 4 0 は、転送期間が終了してから所定の時間（図 4 の T 1 ）が経過したことに応じて、ローパスフィルタ L P F の時定数を上げる。これによって、画素信号に含まれるノイズを低減できる。図 6 を参照してこの原理を説明する。図 6 は図 4 のタイミングチャートの一部に着目した図である。図 6 において、I n t O u t _ n は積分アンプ I A から出力されるノイズを表し、L P F O u t _ n は積分アンプ I A のノイズの影響でキャパシタ C h 2 に現れる信号を表す。

【 0 0 4 2 】

積分アンプ I A は、時刻 T 2 においてリセットが終了した後に、様々な周波数のノイズを出力する。このノイズの発生源は、信号線 S i g 1 ~ 3 の熱雑音や、積分アンプ I A の回路素子のノイズなどを含む。図 6 では、説明を簡単にするために、積分アンプ I A が一定の周波数のノイズを出力すると仮定する。時刻 t 4 において制御回路 1 4 0 がローパスフィルタ L P F の時定数を下げると、図 6 の実線で示すように、ローパスフィルタ L P F の出力において、積分アンプ I A から出力されるノイズと同じノイズが観測されるようになる。図 6 に示すように、ローパスフィルタ L P F の時定数を上げるタイミング（時刻 t 5 ）が、ローパスフィルタ L P F の出力において観測されるノイズのピークに重なるとする。この場合に、時刻 t 5 以降において、ノイズのピークを始点としてローパスフィルタ L P F によってノイズが減衰していく応答が発生する。そこで、このようなノイズが十分に低減するように、ローパスフィルタ L P F の時定数を上げてから第 2 サンプルホールド回路 S H 2 によるサンプリングを終了するまでの時間 T 2 （すなわち、t 6 - t 5 ）を設定する。

【 0 0 4 3 】

ローパスフィルタ L P F の時定数を下げない場合（すなわち、スイッチ S W f を常にオフにした場合）に、キャパシタ C h 2 において観測されるノイズは図 6 の破線のようにになる。そのため、時間 T 2 が短いと応答が不十分のままサンプリングが行われ、ノイズが増加する。

【 0 0 4 4 】

時間 T 2 は、ノイズ量と、時刻 t 5 以降のローパスフィルタ L P F の時定数（上述の 2 ）とによって決定されてもよい。例えば、時間 T 2 を様々に変更してノイズの増加量を測定し、放射線撮像装置 1 0 0 の性能に影響が出ない値を実験的に決定してもよい。または、時間 T 2 を以下のように定性的に決定してもよい。

【 0 0 4 5 】

画素からのノイズを N_s 、スイッチ S W f をオフにして測定した積分アンプ I A 及び信号線 S i g 1 のノイズを N_{amp1} 、スイッチ S W f をオンにして測定した積分アンプ I A 及び信号線 S i g 1 のノイズを N_{amp2} とおく。また、第 2 サンプルホールド回路 S H 2 の後段の回路におけるノイズを N_{ADC} とおく。この場合に、ノイズの増加分は、 N_{amp2} がそのまま出力されてくることに起因すると考えられる。そのため、システムのノイズの総量 N_{all} は、以下の式で与えられる。

$$N_{all}^2 = N_s^2 + N_{amp1}^2 + N_{amp2}^2 \times G^2 + N_{ADC}^2$$

ここで、 G は、時刻 t 5 以降におけるノイズの減衰量であり、 $G = \exp(-n)$ （ただし、 n は自然数）と表せる。

【 0 0 4 6 】

例えば、ローパスフィルタ L P F の時定数を上述のように変化させた場合の総ノイズが、この時定数を変化させない場合の総ノイズよりも 1 % だけ大きいとする場合に、以下の関係が成り立つ。

【 0 0 4 7 】

$$1.01^2 = (N_s^2 + N_{amp1}^2 + N_{amp2}^2 \times G^2 + N_{ADC}^2) / (N_s^2 + N_{amp1}^2 + N_{ADC}^2)$$

この式を変形すると、 $G^2 = (N_s^2 + N_{amp1}^2 + N_{ADC}^2) \times 0.0201 / N_{amp2}^2$ とな

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 4 8 】

($N_s^2 + N_{amp1}^2 + N_{ADC}^2$) は、スイッチ SWf をオフにしたままのノイズを測定することによって取得できる。 N_{amp2}^2 は、スイッチ SWf をオフにしたままのノイズと、スイッチ SWf をオンにしたままのノイズとから算出できる。

【 0 0 4 9 】

例えば、 $N_s = 100$ 、 $N_{amp1} = 200$ 、 $N_{amp2} = 220$ 、 $N_{ADC} = 50$ とすると、 $G = 0.148$ となる。従って、 $n = 1.9$ となる。そこで、時定数 2 の 1.9 倍の時間を $T2$ として設定することにより、目標のノイズ量を達成できる。例えば、 $2 = 10 \mu s$ であるならば、時間 $T2$ を $19 \mu s$ とする。一般に、 $T2 < 3 \times 2$ となるように時間 $T2$ を設定してもよい。

10

【 0 0 5 0 】

続いて、図 7 及び図 8 のタイミング図を参照して、放射線撮像装置 100 の動作の別の例について説明する。図 7 及び図 8 の動作は、ローパスフィルタ LPF の時定数を变化するタイミングが図 4 の動作とは異なり、他の点は同様であってもよい。図 7 の動作では、制御回路 140 は、第 1 サンプルホールド回路 $SH1$ によるサンプリングが終了後、電荷の転送期間中にローパスフィルタ LPF の時定数を下げる。また、図 8 の動作では、制御回路 140 は、第 1 サンプルホールド回路 $SH1$ によるサンプリングが終了後、第 2 サンプルホールド回路 $SH2$ によるサンプリングの途中に、電荷の転送期間中にローパスフィルタ LPF の時定数を下げる。いずれの場合であっても、第 2 サンプルホールド回路 $SH2$ によるサンプリングに要する時間を短縮できる。

20

【 0 0 5 1 】

また、上述の何れの動作においても、時刻 $t1$ における制御信号 RST の立ち上がりと制御信号 $SMP1$ の立ち上がりとは同時でなくともよく、スイッチ SWr がオンである状態でスイッチ $SWs1$ をオンにしてもよい。また、スイッチ SWr がオンである状態でスイッチ $SWs2$ をオンにしてもよい。

【 0 0 5 2 】

続いて、図 9 を参照して、列アンプ $CA1$ の別の構成例について説明する。図 9 では、ローパスフィルタ LPF が複数の抵抗 $Rf1 \sim Rf4$ と、これらにそれぞれ接続された複数のスイッチ $SWf1 \sim SWf4$ とを備える点で図 2 の例とは異なり、その他の点は同様でもよい。ローパスフィルタ LPF に含まれる抵抗の個数は 4 個に限られない。制御回路 140 は、スイッチ $SWf0 \sim SWf4$ のうち、オンにするスイッチを切り替えることによって、ローパスフィルタ LPF の時定数を 3 段階以上に变化させることが可能になる。例えば、制御回路 140 は、画素アレイ 110 の動作速度等の撮像条件に応じて、ローパスフィルタ LPF の各時点における時定数の値を切り替えてもよい。

30

【 0 0 5 3 】

続いて、図 10 のタイミング図を参照して、図 9 の列アンプ $CA1$ を用いた放射線撮像装置 100 の動作例について説明する。この動作例において、スイッチ $SWf3$ 、 $SWf4$ への制御信号は常にローレベルである（すなわち、これらのスイッチを使用しない）ので、これらの波形を省略する。

40

【 0 0 5 4 】

制御回路 140 は、時刻 $t2$ で積分アンプ IA のリセットが終了すると、第 1 サンプルホールド回路 $SH1$ によるサンプリングの途中に、スイッチ $SWf2$ をオンにして、ローパスフィルタ LPF の時定数を变化させる。スイッチ $SWf0$ 、 $SWf1$ がオフであり、スイッチ $SWf2$ がオンである状態のローパスフィルタ LPF の時定数を 3 で表す。制御回路 140 は、時刻 $t3$ で第 1 サンプルホールド回路 $SH1$ によるサンプリングが終了すると、スイッチ $SWf2$ をオフにして時定数を元に戻す。ローパスフィルタ LPF の時定数が 3 である期間の長さを $T3$ で表す。第 1 サンプルホールド回路 $SH1$ によるサンプリングの終了時のローパスフィルタ LPF の時定数は 3 である。

【 0 0 5 5 】

50

続いて、時刻 t_4 で電荷の転送期間が終了すると同時に、制御回路 140 は、スイッチ SWf_0 をオンにしてローパスフィルタ LPF の時定数を下げる。下げた後の時定数を、上記の例と同様に 1 とする。その後、制御回路 140 は、時刻 t_{5a} でスイッチ SWf_1 をオンにしてローパスフィルタ LPF の時定数を上げ、時刻 t_{5b} でスイッチ SWf_0 をオフにして、ローパスフィルタ LPF の時定数をさらに上げる。スイッチ SWf_0 、 SWf_2 がオフであり、スイッチ SWf_1 がオンである状態のローパスフィルタ LPF の時定数を 2 で表す。時定数が 1 の場合に、積分アンプ IA とサンプルホールド回路 SH_1 、 SH_2 とが短絡されるので、 $1 < 2$ かつ $1 = 3$ を満たす。

【0056】

積分アンプ IA のリセット完了後に発生するノイズは、積分アンプ IA をリセットする際に発生する kTC ノイズと、積分アンプ IA 自身のノイズと、積分アンプ IA を介して出力される信号線の配線ノイズとを含む。 kTC ノイズは周波数によって量が変化しないホワイトノイズである。積分アンプ IA 自身のノイズと、積分アンプ IA を介して出力される信号線の配線ノイズは、積分アンプ IA の周波数特性に依存し、ほとんどのケースで周波数が増加するとノイズ量は低下する傾向にある。よって、この期間において、ノイズを減ずるためにローパスフィルタ LPF の時定数を大きくして、 kTC ノイズを効果的に除去できるようにする。

【0057】

一方、第2サンプルホールド回路 SH_2 によるサンプリング時に発生するノイズは、積分アンプ IA 自身のノイズと、積分アンプ IA を介して出力される信号線の配線ノイズである。そのため、積分アンプ IA の周波数特性よりもローパスフィルタ LPF の時定数を大きくする必要はなく、この期間に求められる値に 2 を決定する。その結果として、 $2 = 3$ であってもよい。例えば、 $2 < 3$ であってもよい。このように、 2 と 3 とを個別に決定することによって、ノイズを更に低減しつつ、読み出し速度を向上できる。また、時間 T_3 は時間 T_1 や時間 T_2 とは個別に設定でき、例えば $T_3 = T_1 + T_2$ であってもよい。

【0058】

続いて、図 11 のブロック図を参照して、一部の実施形態に係る放射線撮像システム 1100 の構成例について説明する。放射線撮像システム 1100 は、撮像部 1110、放射線発生装置 1120 及び制御システム 1130 を含む。放射線発生装置 1120 は、放射線管球 1121 と、放射線管球 1121 を制御する放射線制御部 1122 と、放射線の曝射のオン・オフを切り替える曝射スイッチ 1123 とを含む。曝射スイッチ 1123 が押されると、放射線制御部 1122 は予め設定された条件にて放射線管球 1121 に放射線を曝射させる。

【0059】

撮像部 1110 は、上述の放射線撮像装置 100 と、画像取り込み部 1111 と、無線通信器 1112 と、バッテリー 1113 とを含む。画像取り込み部 1111 は放射線撮像装置 100 からの画像信号を取り込み、必要な処理を行う。無線通信器 1112 は、外部の装置、例えば制御システム 1130 との無線通信を行う。バッテリー 1113 は放射線撮像装置 100 に電力を供給する。放射線撮像システム 1100 が画像診断に用いられる場合に、画素アレイ 1110 の画素数は 2000×2000 画素以上になる場合がある。このように画素数が多い場合に、放射線撮像装置 100 は、読み出し回路 130 を複数備え、信号線 $Sig_1 \sim Sig_3$ のグループごとに画素信号の読み出しを行ってもよい。撮像部 1110 のサイズはフィルムカセットと同様のサイズであってもよく、従来の装置を改造せずに組み込むことができる。また撮像部 1110 の重量は可搬可能な 3 kg 程度であってもよく、病室等への持ち運びが容易である。

【0060】

制御システム 1130 は、撮像部 1110 と通信する無線通信器 1131 と、コンピュータ 1132 と、ディスプレイ 1133 とを含む。コンピュータ 1132 は、撮像部 1110 の動作を制御する機能や、病院内のネットワークと撮影に関連する情報の送受信を行

10

20

30

40

50

う機能、ディスプレイ 1133 の画面の制御機能、撮像部 1110 から取得した画像信号に信号処理を行う機能を有する。これらの機能は、ソフトウェア上で実現してもよいし、専用の IC やプログラム可能な IC を用いてハードウェア的に実現してもよい。

【0061】

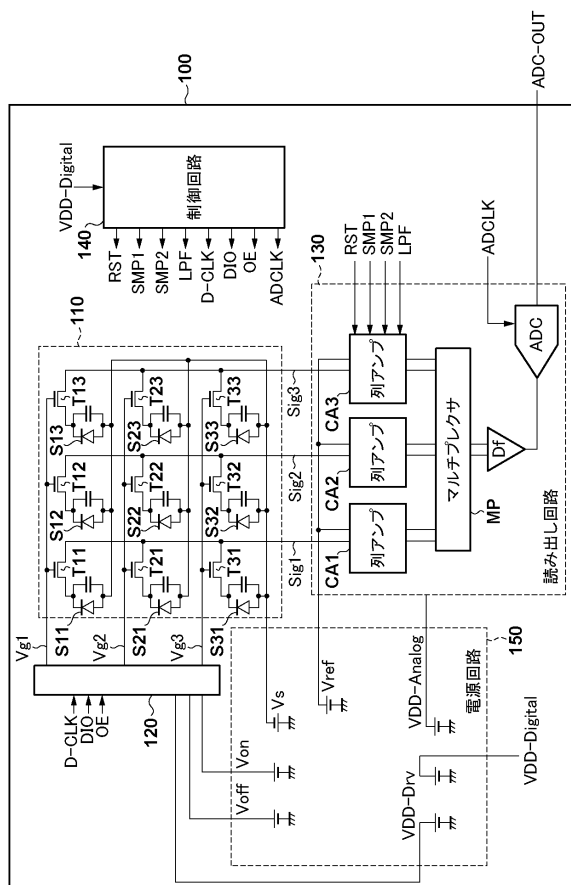
以上のような構成で、放射線が曝射されると被写体を透過した放射線が撮像部 1110 に到達し、撮像部 1110 はバイアス電流の変化を検知し、画素アレイ 110 を蓄積動作にして被写体を透過した放射線を電気信号に変換し蓄積する。さらに、撮像部 1110 は、放射線の曝射完了を検知した後、画像取り込み部 1111 がデジタル化された放射線画像信号を放射線撮像装置 100 から取り込み、制御システム 1130 に送信する。制御システム 1130 は、コンピュータ 1132 で適切な画像処理を行った後、放射線画像をディスプレイ 1133 に表示する。撮像部 1110 と制御システム 1130 との関係は、1 対 1 であってもよいし、1 対多、多対 1、多対多であってもよい。

【符号の説明】

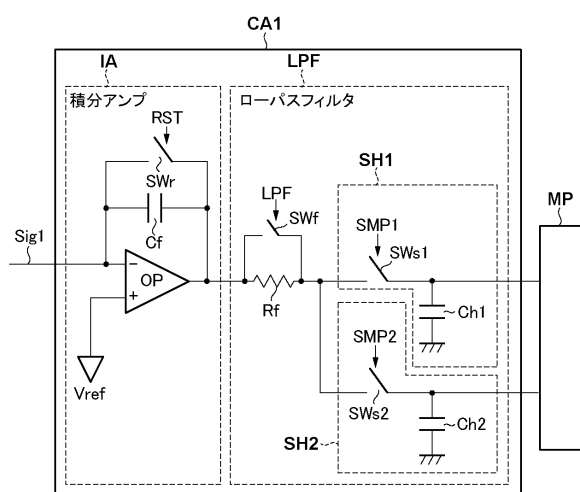
【0062】

100 放射線撮像装置； 120 駆動回路； 130 読み出し回路； 140 制御回路； 150 電源回路

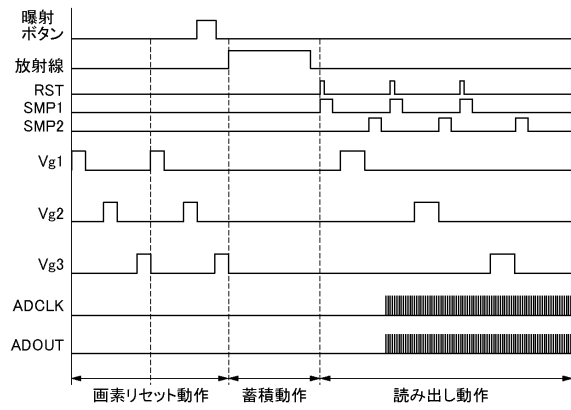
【図 1】



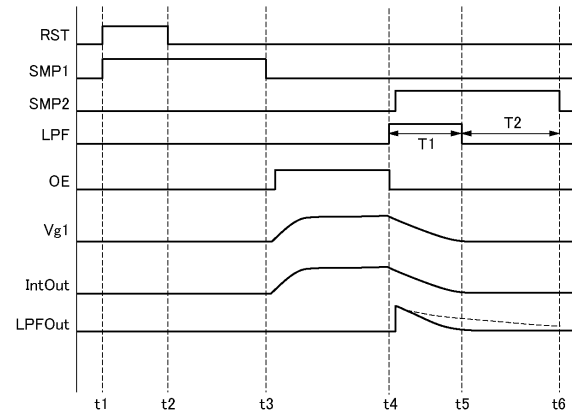
【図 2】



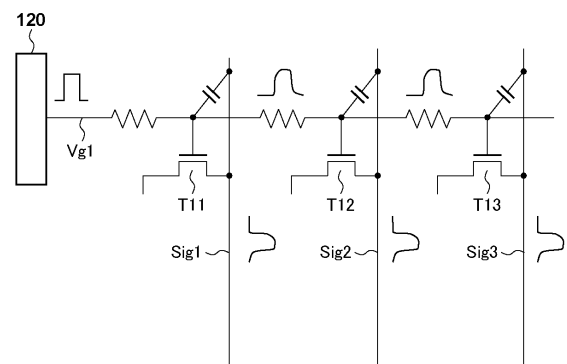
【図 3】



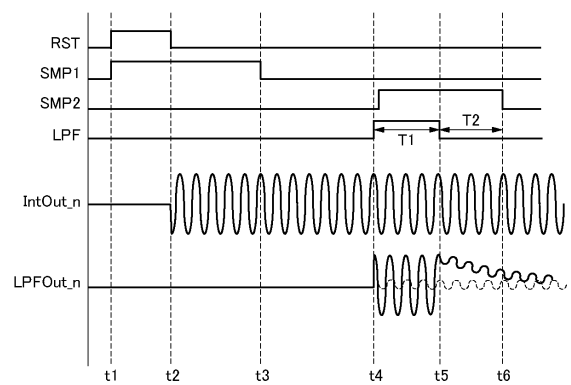
【図 4】



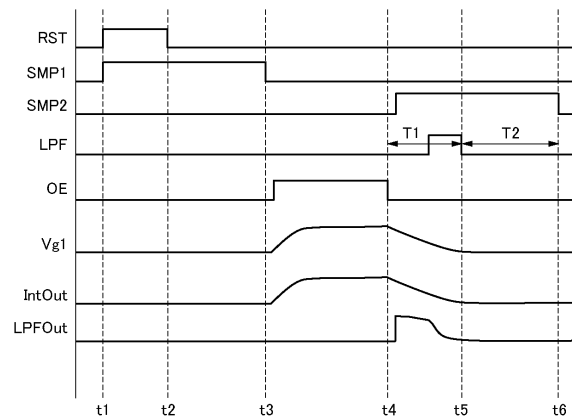
【図 5】



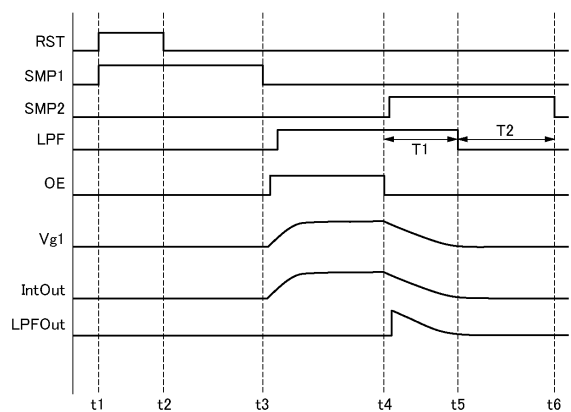
【図 6】



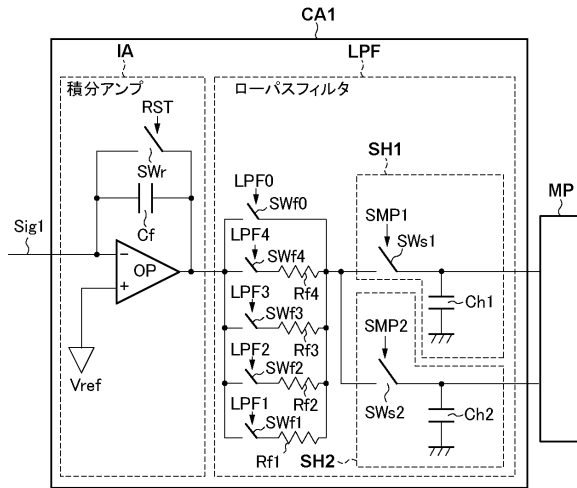
【図 8】



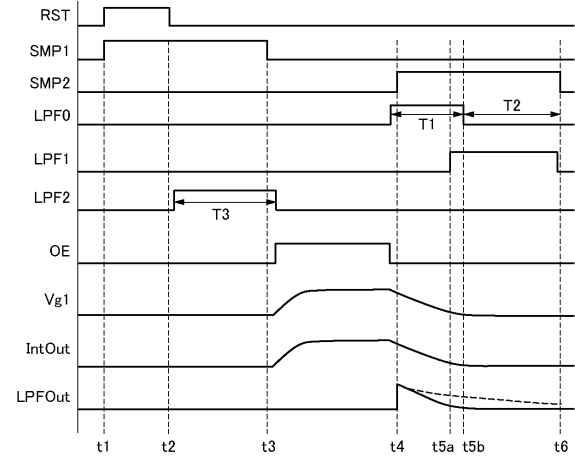
【図 7】



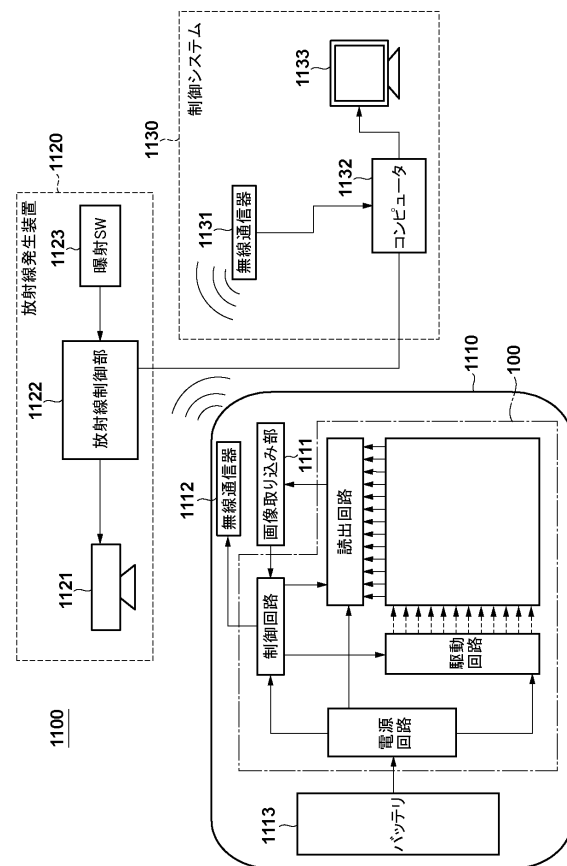
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (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 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 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 佐藤 翔
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 岡田 英之
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 岩下 貴司
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 菅原 恵梨子
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 笠 拓哉
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2009-207048(JP,A)
特開2011-182065(JP,A)
特開2005-253783(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 5/225 - 5/378
H04N 9/00 - 9/11