

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月2日(02.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/187971 A1

(51) 国際特許分類:
G01T 1/17 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014863

(22) 国際出願日: 2017年4月11日(11.04.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-091492 2016年4月28日(28.04.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社堀場製作所(HORIBA, LTD.)
[JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 大橋 聡史(OHASHI, Satoshi); 〒6018510
京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).

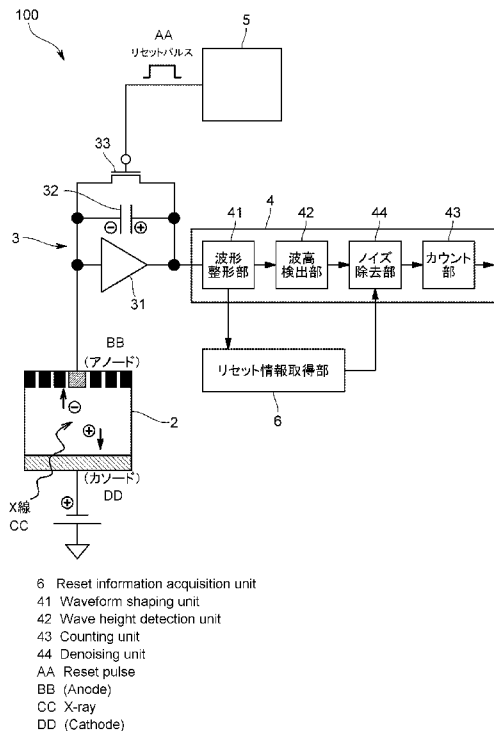
(74) 代理人: 西村 竜平(NISHIMURA, Ryuhei);
〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町280
番地 ヤサカ烏丸御所南ビル3F Kyoto (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: RADIATION DETECTOR AND SIGNAL PROCESSING DEVICE FOR RADIATION DETECTION

(54) 発明の名称: 放射線検出装置及び放射線検出用信号処理装置



(57) Abstract: The present invention reduces adverse effects due to reset signal crosstalk, and suppresses increases in dead time. The invention is provided with: a plurality of radiation detection units 2 that output an electric charge generated by incident radiation; a plurality of conversion units 3 that are correspondingly provided to the plurality of radiation detection units 2, and convert the integrated amount of the generated electric charge to an integrated signal corresponding to the integrated amount; a signal processing unit 4 that generates radiation information by processing the integrated signal from the plurality of conversion units 3; a reset control unit 5 that outputs a reset signal to a conversion unit 3 and resets the electric charge that has accumulated in the conversion unit 3; and a reset information acquisition unit 6 that uses the integrated signal from the plurality of conversion units or a signal obtained therefrom to acquire reset information indicating that any of the conversion units 3 has been reset. The signal processing unit 4 has a denoising unit 44 (46) that removes noise caused by the reset from the integrated signal from a conversion unit 3B, which differs from a conversion unit 3A that has been reset, or a signal obtained therefrom, on the basis of the reset information.



ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明は、リセット信号のクロストークによる悪影響を低減するとともに、不感時間（デッドタイム）の増加を抑制するものであり、放射線が入射することにより発生した電荷を出力する複数の放射線検出部2と、複数の放射線検出部2に対応して設けられ、発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号に変換する複数の変換部3と、複数の変換部3からの積算信号を処理して放射線情報を生成する信号処理部4と、変換部3にリセット信号を出力して変換部3に蓄積された電荷をリセットするリセット制御部5と、複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部3がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部6とを備え、信号処理部4は、リセット情報に基づいて、リセットされた変換部3 Aとは別の変換部3 Bからの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセットに起因するノイズを除去するノイズ除去部4 4（4 6）を有する。

明 細 書

発明の名称：放射線検出装置及び放射線検出用信号処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出装置及び当該放射線検出装置に用いられる信号処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来の放射線検出装置としては、特許文献 1、2 に示すように、SDD (Silicon Drift Detector) 等の半導体放射線検出素子を有する放射線検出部から出力される電荷の積算量を、CSA (Charge Sensitive Amplifier) 等の変換部によりその積算量に応じた積算信号（例えば電圧信号）に変換して、DPP (Digital Pulse Processor) 等のパルスプロセッサに入力する構成とされている。このパルスプロセッサは、積算信号を例えば台形波形からなるパルス信号に整形する。このパルス信号の波高値は、放射線のエネルギーに対応している。そして、このパルス信号をMCA (Multi Channel Analyzer) 等のカウンタで波高別にカウントすることによって、放射線スペクトルを得ることができる。

[0003] ここで、CSA等の変換部は、放射線検出部から出力される電荷を蓄積するためのコンデンサと、当該コンデンサに蓄積された電荷をリセット（放電）させるためのスイッチとを有している。そして、このスイッチには、コンデンサの電荷が飽和する前の所定のタイミングで外部からリセット信号を入力して、スイッチを所定時間オンにしてコンデンサの電荷をリセットする必要がある。複数の出力チャンネルを有する放射線検出部の場合には、当該出力チャンネル毎に変換部が設けられているため、各変換部毎にリセットを行う必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平10-186041号公報

特許文献2：特開平 1 1－1 0 9 0 3 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、複数の変換部のコンデンサをリセットする方式として、（１）各コンデンサの蓄積電荷（電圧）が所定値になった時点で、各コンデンサ毎に個別にリセットを行う非同期リセット方式と、（２）何れかのコンデンサの蓄積電荷（電圧）が所定値になった時点で、全ての変換部のコンデンサをリセットするとともに、そのリセット期間において全ての変換部が放射線検出部からの信号を取り込まない同期リセット方式とが考えられている。

[0006] しかしながら、非同期リセット方式では、リセットパルスによるクロストークがリセットされていない変換部の出力電圧にノイズとして乗ってしまい、疑似放射線入力パルスとして処理されてしまう。そうすると、放射線スペクトルの分解能を低下させたり、また、低エネルギー領域に疑似スペクトルを形成したりする。

[0007] また、同期リセット方式では、何れかのコンデンサをリセットする毎に全ての変換部が放射線検出部からの信号を取り込まないことになり、不感時間（デッドタイム）が増加してしまう。そうすると、マッピングにおいては、全ての変換部において同時に放射線入力処理ができない状況になり、リセット期間に該当する画素で極端に計数率が低下し、ドット抜けのようになってしまう。

[0008] そこで本発明は、上記問題点を一挙に解決すべくなされたものであり、リセット信号のクロストークによる悪影響を低減するとともに、不感時間（デッドタイム）の増加を抑制することをその主たる課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0009] すなわち本発明に係る放射線検出装置は、放射線が入射することにより発生した電荷を出力する複数の放射線検出部と、前記複数の放射線検出部に対応して設けられ、前記発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号に変換する複数の変換部と、前記複数の変換部からの積算信号を処理して放

射線情報を生成する信号処理部と、前記変換部にリセット信号を出力して前記変換部に蓄積された電荷をリセットするリセット制御部と、前記複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部とを備え、前記信号処理部は、前記リセット情報に基づいて、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセットに起因するノイズを除去するノイズ除去部を有することを特徴とする。

[0010] この放射線検出装置によれば、複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得して、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号からリセットに起因するノイズを除去するので、リセット信号のクロストークにより、放射線スペクトルの分解能を低下させたり、低エネルギー領域に疑似スペクトルを形成したりすることを防止することができる。また、本発明は、同期リセット方式のように何れかの変換部をリセットする毎に全ての変換部が放射線検出部からの信号を取り込まない構成では無いので、不感時間の増大を抑制することができる。さらに、変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて何れかの変換部がリセットされたことを検出しているので、リセット制御部からリセット情報を取得する必要も無い。

[0011] 前記リセット情報取得部は、前記積算信号又はそれから得られた信号の変化によりリセット開始時点を取得するものであり、前記ノイズ除去部は、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセット開始時点に基づいて定まる所定期間の信号を除去するものであることが望ましい。

この構成であれば、リセット開始時点を取得するだけでよく、当該リセット開始時点に基づいて予め設定された所定期間の積算信号又はそれから得られた信号を画一的に取り除けばよいので、信号処理が容易となる。

[0012] また、前記リセット情報取得部は、前記積算信号又はそれから得られた信号の変化によりリセット終了時点を取得するものであり、前記ノイズ除去部は、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセット終了時点に基づいて定まる所定期間の信号を除去するものであることが望ましい。

この構成であれば、リセット終了時点を取得するだけでよく、当該リセット終了時点に基づいて予め設定された所定期間の積算信号又はそれから得られた信号を画一的に取り除けばよいので、信号処理が容易となる。また、リセット終了時点を取得することにより、リセット終了時点後の電圧信号を無駄に取り除くことを防ぐこともできる。

[0013] 信号処理部の具体的な実施の態様としては、前記信号処理部は、前記変換部からの積算信号をパルス信号に整形する波形整形部と、前記波形整形部により整形されたパルス信号の波高値を検出する波高検出部と、前記波高検出部により得られた波高値を、波高別にカウントするカウント部とをさらに備え、前記ノイズ除去部は、前記リセット情報に基づいて、前記波高検出部により得られた波高値からノイズを除去するものであることが望ましい。

[0014] また、信号処理部の別の実施の態様としては、前記信号処理部は、前記変換部からの積算信号を所定時間遅延させる遅延部と、前記遅延部により遅延された積算信号をパルス信号に整形する波形整形部と、前記波形整形部により整形されたパルス信号の波高値を検出する波高検出部と、前記波高検出部により得られた波高値を、波高別にカウントするカウント部とをさらに備え、前記ノイズ除去部は、前記リセット情報に基づいて、前記遅延部により遅延された積算信号からクロストークノイズを除去するものであることが望ましい。

[0015] 前記複数の放射線検出部は、半導体ブロックの表面が複数の放射線検出領域に分割されており、各領域に収集電極が設けられることにより構成されていることが望ましい。

この構成では、半導体ブロックに複数の収集電極が設けられており、リセ

ットパルスのクロストークノイズが乗り易い。そのため、本発明の効果を一層顕著にすることができる。また、半導体ブロックを複数の放射線検出領域に分割することにより、各収集電極当たりの面積が小さくなり、同じドリフト電界を作るのに必要なバイアス電圧を低くできるので、リーク電流を小さくすることができ、信号のS/N比が向上する。

[0016] また、本発明に係る放射線検出用信号処理装置は、放射線が入射することにより発生した電荷を出力する複数の放射線検出部に対応して設けられ、前記発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号に変換する複数の変換部と、前記複数の変換部から積算信号を処理して放射線情報を生成する信号処理部と、前記変換部にリセット信号を出力して前記変換部に蓄積された電荷をリセットするリセット制御部と、前記複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部とを備え、前記信号処理部は、前記リセット情報に基づいて、前記リセットに起因するノイズを除去するノイズ除去部を有することを特徴とする。

発明の効果

[0017] このように構成した本発明によれば、複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得して、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号からリセットに起因するノイズを除去するので、リセット信号のクロストークによる悪影響を低減するとともに、不感時間（デッドタイム）の増加を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本実施形態のX線検出装置の構成を示す模式図である。

[図2]同実施形態の1つの半導体検出部に接続される回路を示す模式図である。

[図3]同実施形態のX線検出部の構成を示す模式図である。

[図4]同実施形態のリセット情報取得部を示す機能構成図である。

[図5]同実施形態のリセット期間における各変換部の電圧信号及びリセット変換部の電圧信号から得られたファスト系出力波形を示す図である。

[図6]変形実施形態の1つの半導体検出部に接続される回路を示す模式図である。

[図7]変形実施形態のリセット情報取得部を示す機能構成図である。

[図8]変形実施形態の信号処理の概要を示す図である。

符号の説明

- [0019] 1 0 0 . . . X線検出装置
2 . . . X線検出部
3 . . . 変換部
4 . . . 信号処理部
4 4 . . . ノイズ除去部
4 6 . . . ノイズ除去部
5 . . . リセット制御部
6 . . . リセット情報取得部

発明を実施するための形態

[0020] 以下に本発明に係る放射線検出装置の一態様であるX線検出装置について図面を参照して説明する。

[0021] 本実施形態のX線検出装置100は、図1及び図2に示すように、X線が入射することにより発生した電荷を出力する複数のX線検出部2と、複数のX線検出部2それぞれに対応して設けられ、発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号である電圧信号に変換する複数の変換部3と、複数の変換部3からの電圧信号を処理してX線情報を生成する信号処理部4と、を備えている。

[0022] 複数のX線検出部2は、シリコンドリフト検出器（SDD（Silicon Drift Detector））である。なお、シリコンドリフト検出器は、同心状の電極構造により中心部の収集電極に発生した電荷を集めるものである。そして、このシリコンドリフト検出器では、入射したX線を空乏層で吸収し、当該空乏層

において入射したX線のエネルギーに比例した数の電子-正孔対が生成される。生成された電子は、シリコンドリフト検出器内の電位勾配に従って、発生した電子は収集電極（アノード）に流れる。これにより、シリコンドリフト検出器は、入射したX線のエネルギーに比例した電荷を出力する。

[0023] 具体的に複数のX線検出部2は、図3に示すように、単一の半導体ブロック200の表面が複数のX線検出領域R1～R4に分割されており、各領域R1～R4に収集電極E1～E4が設けることにより単一の検出器として構成されている。つまり、各X線検出領域R1～R4に対応する部分が各X線検出部2となる。また、収集電極E1～E4は、それぞれ出力チャネルCh1～Ch4に接続されている。なお、複数の出力チャネルCh1～Ch4には、それぞれ変換部3が接続される。

[0024] 各変換部3は、電荷増幅器（CSA（Charge Sensitive Amplifier））であり、各X線検出部2から出力された電荷をオペアンプ31及びコンデンサ32により積分・増幅して、X線のエネルギーに比例した電圧信号（アナログ信号）に変換するものである。各変換器3は、オペアンプ31と、オペアンプ31の入力端子（反転入力端子）及び出力端子の間に接続されたコンデンサ32と、コンデンサ32の電荷をリセット（放電）させる半導体スイッチ（例えばFET）等のスイッチ33とを有する。

[0025] 前記スイッチ33は、そのオンオフがリセット制御部5により制御される。

リセット制御部5は、スイッチ33を所定時間オンにするリセット信号を出力して、当該スイッチ33に対応するコンデンサ32の蓄積電荷を放電させてリセットするものである。

[0026] 具体的にリセット制御部5は、各オペアンプ31から出力される電圧信号を取得して、所定のリセット開始閾値と比較し、当該電圧信号がリセット開始閾値を超えた場合に、そのコンデンサ32に対応するスイッチ33にリセット信号を出力して、スイッチ33をオンにする。また、リセット制御部5は、前記電圧信号が所定のリセット終了閾値と比較し、当該電圧信号がリセ

ット終了閾値以下となった場合に、前記スイッチ 33 をオフにする。あるいは、リセット制御部 5 は、スイッチ 33 にリセット信号を出力して所定の一定期間経過した後に、前記スイッチ 33 をオフにする。なお、各コンデンサ 32 の電圧を検出する電圧検出手段を設けておき、リセット制御部 5 は、当該電圧検出手段により得られた電圧が所定の電圧値となったときに、その積分コンデンサ 32 に対応するスイッチ 33 にリセット信号を出力するように構成しても良い。その他、リセット制御部 5 を、各積分コンデンサ 32 毎に予め設定されたリセット周期毎にリセット信号を出力するように構成しても良い。

[0027] ここで、リセット信号は、前記スイッチ 33 が FET の場合には、そのゲート電圧をゲート閾値電圧（例えば 0 V）から、ゲート電圧をゲート閾値電圧以上であって所定時間一定電圧とするパルス信号である。

[0028] 信号処理部 4 は、変換部 3 からの電圧信号をパルス信号に整形する波形整形部 41 と、波形整形部 41 により整形されたパルス信号の波高値を検出する波高検出部 42 と、波高検出部 42 により得られた波高値を、波高別にカウントするカウント部 43 とを備えている。

[0029] 波形整形部 41 及び波高検出部 42 は、デジタルパルスプロセッサ（DPP (Digital Pulse Processor)）であり、複数の変換部 3 に対応して複数設けられている。

[0030] 波形整形部 41 は、変換部 3 により変換された電圧信号から例えば台形波形のパルス信号（デジタル信号）を生成する。なお、このパルス信号の波高値は、X 線のエネルギーに比例している。また、波高検出部 42 は、ピークホールドにより、入力されたパルス信号の波高値を検出する。

[0031] ここで、本実施形態の波形整形部 41 は、スロー系波形出力部とファスト系波形出力部とを備えている。スロー系波形出力部は、X 線のエネルギーに対して高分解能を有するものであり、大きい時定数を用いて、変換部 3 からの電圧信号をフィルタ処理することにより、時間幅の大きい台形波形のパルス信号を生成するものである。なお、このスロー系波形出力部により得られ

た時間幅の大きいパルス信号は、波高検出部 4 2 及びカウント部 4 3 に出力されて X 線情報の生成に用いられる。また、ファスト系波形出力部は、X 線の入射検出に対して高時間分解能を有するものであり、スロー系波形出力部よりも小さい時定数を用いて、変換部 3 からの電圧信号をフィルタ処理することにより、時間幅の小さいパルス信号（タイミングパルス）を生成するものである。なお、このファスト系波形出力部により得られた時間幅の小さいパルス信号は、パイルアップの検出等に用いられるだけでなく、後述するリセット検出部 6 に出力されて、リセットされた変換部 3 の検出に用いられる。

[0032] カウント部 4 3 は、マルチチャンネルアナライザ（MCA）であり、複数の波高検出部 4 2 により得られた波高値を処理する単一のものである。そして、カウント部 4 3 は、波高別に、パルス信号の波高が入力された回数をカウントして、X 線情報である X 線スペクトルを生成する。

[0033] しかし、本実施形態の X 線検出装置 100 は、図 2 及び図 4 に示すように、複数の変換部 3 からの電圧信号から得られたパルス信号を用いて、何れかの変換部 3 がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部 6 を備えている。

[0034] リセット情報取得部 6 は、図 4 に示すように、各波形整形部 4 1 のファスト系波形出力部により得られたパルス信号（出力波形）を受け付けて、それらパルス信号を用いて何れかの変換部 3 がリセットされたことを示すリセット情報を検出するリセット情報検出部 6 1 を有している。以下、リセット信号が出力された変換部をリセット変換部 3 A ともいう。具体的にリセット情報検出部 6 1 は、各波形整形部 4 1 のファスト系波形出力部により得られたパルス信号と所定のリセット検出閾値（例えばマイナス値）とを比較する（図 5（C）、（D）参照）。そして、リセット情報検出部 6 1 は、前記出力信号が所定の閾値を下回った場合に、その下回った出力信号を出力した波形整形部 4 1 に接続された変換部 3 を、リセット変換部 3 A とする。

[0035] さらにリセット情報検出部 6 1 は、図 5（D）に示すように、前記出力信

号が前記所定の閾値を下回ったタイミングをリセット開始時点として検出する。また、リセット情報検出部61は、前記リセット開始時点を検出した後に、前記パルス信号が前記所定の閾値を上回ったタイミングをリセット終了時点として検出する。これらリセット情報検出部61により検出された情報は、リセット情報格納部62に格納される。なお、リセット情報がリセット情報格納部62に格納されることには、瞬間的な短時間格納されることや、リセット情報検出部61から信号処理部4に受け渡す（リセット情報が通過する）だけのことも含む。また、リセット情報取得部6は、リセット変換部3Aの情報とともに、それらリセット開始時点及びリセット終了時点の情報を含む検出信号を信号処理部4に出力する。

[0036] なお、リセット情報検出部61は、ファスト系波形出力部により得られたパルス信号の変化量（時刻 $t + 1$ のパルス信号と時刻 t のパルス信号との差）が所定の閾値を超えた場合に、そのパルス信号を出力した波形整形部41に接続された変換部3を、リセット変換部3Aとして検出しても良い。また、リセット情報検出部61は、変換部から出力される電圧信号の変化量（時刻 $t + 1$ の電圧信号と時刻 t の電圧信号との差）が所定の閾値を超えた場合に、その電圧信号を出力した変換部3を、リセット変換部3Aとして検出しても良い。

[0037] そして、本実施形態の信号処理部4は、前記リセット変換部3Aとは別の変換部3Bからの電圧信号を用いてX線情報を生成する場合に、リセット変換部3Aへのリセット信号に起因するクロストークノイズを除去する。

[0038] ここで、別の変換部3Bは、例えば、リセット変換部3Aに隣接する変換部（1つとは限らない。）である。なぜならば、リセット変換部3Aに隣接する変換部3Bは、クロストークノイズの影響が最も大きいと考えられるからである。また、リセット変換部3Aに隣接する変換部3Bとは、リセット変換部3Aが接続された出力チャネルChに隣接する出力チャネルChに接続された変換部である。

[0039] 具体的に信号処理部4は、リセット情報検出部61により得られたリセッ

ト情報に基づいて、波高検出部 4 2 により得られた波高値からノイズを除去するノイズ除去部 4 4 を有している。

[0040] このノイズ除去部 4 4 は、リセットに伴うノイズの影響を受けている前記別の変換部 3 B からの信号（波高値）を除去するものである。具体的にノイズ除去部 4 4 は、前記別の変換部 3 B からの電圧信号により得られた波高値のうち、クロストークノイズにより生じた波高値を、カウント部 4 3 によるカウントから除外するために、除去するものである。

[0041] より詳細には、ノイズ除去部 4 4 は、前記リセット情報検出部 6 1 により得られたリセット開始時点及びリセット終了時点に基づいて定まる所定期間に含まれる波高値を除去する。ここで、所定期間とは、予め設定された期間であり、リセット信号の立ち上がり時にクロストークノイズが生じる時点からリセット信号の立ち下がり時に生じるクロストークノイズが無視できる程度に減衰する時点までを含む期間である。本実施形態では、リセット開始時点に基づいて定まる第 1 の所定期間に含まれる波高値と、リセット終了時点に基づいて定まる第 2 の所定期間に含まれる波高値とを除去している。このノイズ除去部 4 4 により、クロストークノイズにより生じた波高値が除去されたその他の波高値が、カウント部 4 3 によりカウントされる。なお、ノイズ除去部 4 4 の機能をカウント部 4 3 に持たせても良い。

[0042] <本実施形態の効果>

このように構成した本実施形態の X 線検出装置 1 0 0 によれば、複数の変換部 3 からの電圧信号を用いて、何れかの変換部 3（3 A）がリセットされたことを示すリセット情報を取得して、その変換部 3 A とは異なる変換部 3 B からの電圧信号からリセットに起因するノイズを除去するので、リセット信号のクロストークにより、X 線スペクトルの分解能を低下させたり、また、低エネルギー領域に疑似スペクトルを形成したりすることを防止することができる。また、同期リセット方式のように何れかの変換部 3 A をリセットする毎に全ての変換部 3 が放射線検出部 2 からの信号を取り込まない構成では無いので、不感時間の増大を抑制することができる。さらに、変換部 3 か

らの電圧信号を用いて何れかの変換部 3 がリセットされたことを検出しているので、リセット制御部 5 からリセット情報を取得する必要も無い。

[0043] なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

[0044] 例えば、前記実施形態の信号処理部は、カウント部に入力される前の波高値からノイズを除去するように構成しているが、その他、次のようにしてクロストークノイズを除去するようにしても良い。

[0045] つまり、X線検出装置 100 は、図 6 及び図 7 に示すように、変換部 3 からの電圧信号を所定時間遅延させる遅延部 45 と、リセット変換部 3A が検出された場合に、前記遅延部 45 により遅延された別の変換部 3B の電圧信号からリセット情報に基づいてクロストークノイズを除去するノイズ除去部 46 とを備えている。

[0046] そして、X線検出装置 100 は、図 8 に示すように、遅延される前の電圧信号を波形整形部 41 のファスト系波形出力部に入力し、リセット情報検出部 61 によりリセットされた変換部 3A を検出する（図 8（A）参照）。リセット情報取得部 6 は、図 7 に示すように、リセット情報検出部 61 からのリセット情報を別の変換部 3B に対応するノイズ除去部 45 に出力し、そのノイズ除去部 45 は、前記遅延部 44 により遅延された別の変換部 3B の電圧信号から所定の除去期間の前後の値で直線補間等によりクロストークノイズを除去する（図 8（C）、（D）参照）。

[0047] このように別の変換部 3B においてはノイズ除去部 45 でクロストークノイズが除去された電圧信号が、波形整形部 41 に入力されて、当該波形整形部 41 のスロー系波形出力部により波形整形されてパルス信号が生成される。このパルス信号の波高値が波高検出部 42 により検出されて、カウント部 43 により波高別にカウントされる。

[0048] 前記実施形態では、ノイズ除去部 44 は第 1 の所定期間及び第 2 の所定期間のそれぞれに含まれる波高値を除去するように構成していたが、リセット開始時点及びリセット終了時点を含む連続した期間に含まれる波高値を除去するように構成しても良い。

- [0049] また、前記実施形態のリセット情報取得部 6 は、リセット開始時点又はリセット終了時点の一方のみを取得するものであっても良い。この場合、ノイズ除去部 4 4 は、リセット開始時点に基づいた所定期間又はリセット終了時点に基づいた所定期間に含まれる波高値を除去するように構成される。
- [0050] また、ノイズ除去部 4 4 は、リセット開始時点に基づいた所定期間又はリセット終了時点に基づいた所定期間に含まれる波高値を除去する他、複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号と、予め定めた上限閾値及び／又は下限閾値とを比較することによって、それらの大小関係から信号又は波高値をノイズとして除去しても良い。さらに、ノイズ除去部 4 4 は、前記所定期間に含まれる信号を除去するだけでなく、その所定期間に含まれる信号のノイズを、実験などにより予め定めた基準値や範囲等を用いてそれらに当てはまるか否かにより特定し、その特定したノイズを除去するようにしても良い。
- [0051] また、前記実施形態のノイズ除去部 4 4 はカウント部 4 3 の前段に設けられてカウント部 4 3 に入力される波高値からノイズを除去する構成であったが、ノイズ除去部 4 4 をカウント部 4 3 の後段に設けて、カウント部 4 3 により得られたカウント値からノイズによるカウント分を除去するように構成しても良い。具体的は、ノイズ情報取得部 6 のノイズ情報格納部 6 2 により記憶されたりセット開始時点又はリセット終了時点を用いて、そのリセット開始時点又はリセット終了時点に基づいて定まる所定期間にカウントされた値を差し引いて除去することが考えられる。
- [0052] さらに、ノイズ除去部 4 4 は、波形整形部 4 1 の前段に設けられたものであっても良いし、波形整形部 4 1 及び波高検出部 4 2 の間に設けられたものであっても良い。
- [0053] また、前記実施形態では、波形整形部及び波高検出部をパルスカウンタにより構成し、カウント部をマルチチャネルアナライザにより構成していたが、例えば専用又は汎用のコンピュータ（CPU、メモリ、AD変換器等を有する。）を用いて構成しても良い。

- [0054] 前記実施形態では、複数の変換部3に対応して複数のパルスプロセッサ（波形整形部及び波高検出部）が設けられていたが、複数の変換部3に対して共用のパルスプロセッサを用いても良い。
- [0055] 前記実施形態では、リセット情報取得部6は、複数の変換部3に対して共通のものであったが、リセット情報取得部6は複数の変換部3それぞれに対応して複数設けられるものであっても良いし、複数の変換部3のうちの一部で共用されるものであっても良い。
- [0056] 前記実施形態では、1つのリセット制御部5が複数の変換部3に対してリセット信号を出力する構成であったが、複数の変換部3に対応して複数のリセット制御部5を設ける構成としても良い。
- [0057] 前記実施形態では、リセット変換部3に隣接する変換部3に対してクロストークノイズの補正処理を行うものであったが、それ以外の変換部3に対してクロストークノイズの補正処理を行うものであっても良い。
- [0058] また、リセット変換部3が接続されるチャネルから十分に離れてクロストークノイズが実質的に問題にならない出力チャネルC_hに接続される変換部3や、シールド等の他のクロストーク対策が施されているチャネルC_hに接続される変換部3に対しては、クロストークノイズの補正処理を行わないものであっても良い。なお、上述のリセット変換部3が接続されるチャネルから十分に離れているとは、実験等により予め定められた所定距離離れていることを含む。
- [0059] さらに、前記実施形態では、X線検出部2の出力チャネルを介したクロストークノイズについて説明したが、信号処理部4のチャネルを介したクロストークノイズ、X線検出部や変換部3を実装している基板の配線間又はその基板から信号処理部4までの配線間でのクロストークについても同様である。
- [0060] さらに、X線検出器としては、Si（Li）型検出器等のその他の半導体検出器を用いることができる。
- [0061] その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で

種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0062] 本発明によれば、放射線検出装置においてリセット信号のクロストークによる悪影響を低減するとともに、不感時間（デッドタイム）の増加を抑制することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 放射線が入射することにより発生した電荷を出力する複数の放射線検出部と、
- 前記複数の放射線検出部に対応して設けられ、前記発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号に変換する複数の変換部と、
- 前記複数の変換部からの積算信号を処理して放射線情報を生成する信号処理部と、
- 前記変換部にリセット信号を出力して前記変換部に蓄積された電荷をリセットするリセット制御部と、
- 前記複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部とを備え、
- 前記信号処理部は、前記リセット情報に基づいて、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセットに起因するノイズを除去するノイズ除去部を有する放射線検出装置。
- [請求項2] 前記リセット情報取得部は、前記積算信号又はそれから得られた信号の変化によりリセット開始時点を取得するものであり、
- 前記ノイズ除去部は、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセット開始時点に基づいて定まる所定期間の信号を除去するものである請求項1記載の放射線検出装置。
- [請求項3] 前記リセット情報取得部は、前記積算信号又はそれから得られた信号の変化によりリセット終了時点を取得するものであり、
- 前記ノイズ除去部は、リセットされた変換部とは異なる変換部からの積算信号又はそれから得られた信号から、前記リセット終了時点に基づいて定まる所定期間の信号を除去するものである請求項1記載の放射線検出装置。

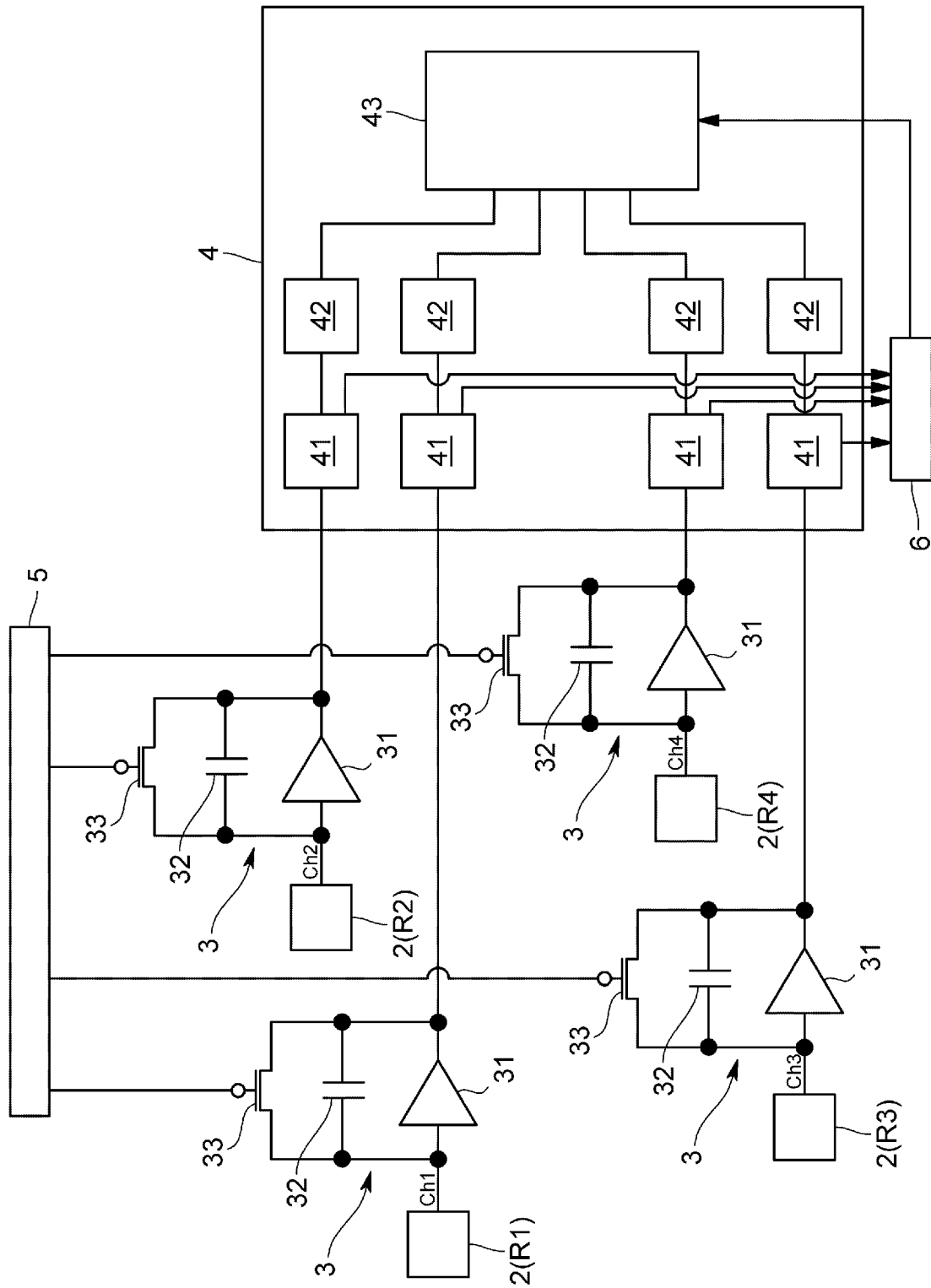
- [請求項4] 前記信号処理部は、
前記変換部からの積算信号をパルス信号に整形する波形整形部と、
前記波形整形部により整形されたパルス信号の波高値を検出する波高検出部と、
前記波高検出部により得られた波高値を、波高別にカウントするカウント部とをさらに備え、
前記ノイズ除去部は、前記リセット情報に基づいて、前記波高検出部により得られた波高値からノイズを除去するものである請求項2又は3記載の放射線検出装置。
- [請求項5] 前記信号処理部は、
前記変換部からの積算信号を所定時間遅延させる遅延部と、
前記遅延部により遅延された積算信号をパルス信号に整形する波形整形部と、
前記波形整形部により整形されたパルス信号の波高値を検出する波高検出部と、
前記波高検出部により得られた波高値を、波高別にカウントするカウント部とをさらに備え、
前記ノイズ除去部は、前記リセット情報に基づいて、前記遅延部により遅延された積算信号からクロストークノイズを除去するものである請求項2又は3記載の放射線検出装置。
- [請求項6] 前記複数の放射線検出部は、半導体ブロックの表面が複数の放射線検出領域に分割されており、各領域に収集電極が設けられることにより構成されている請求項1記載の放射線検出装置。
- [請求項7] 放射線が入射することにより発生した電荷を出力する複数の放射線検出部に対応して設けられ、前記発生した電荷の積算量をその積算量に応じた積算信号に変換する複数の変換部と、
前記複数の変換部から積算信号を処理して放射線情報を生成する信号処理部と、

前記変換部にリセット信号を出力して前記変換部に蓄積された電荷をリセットするリセット制御部と、

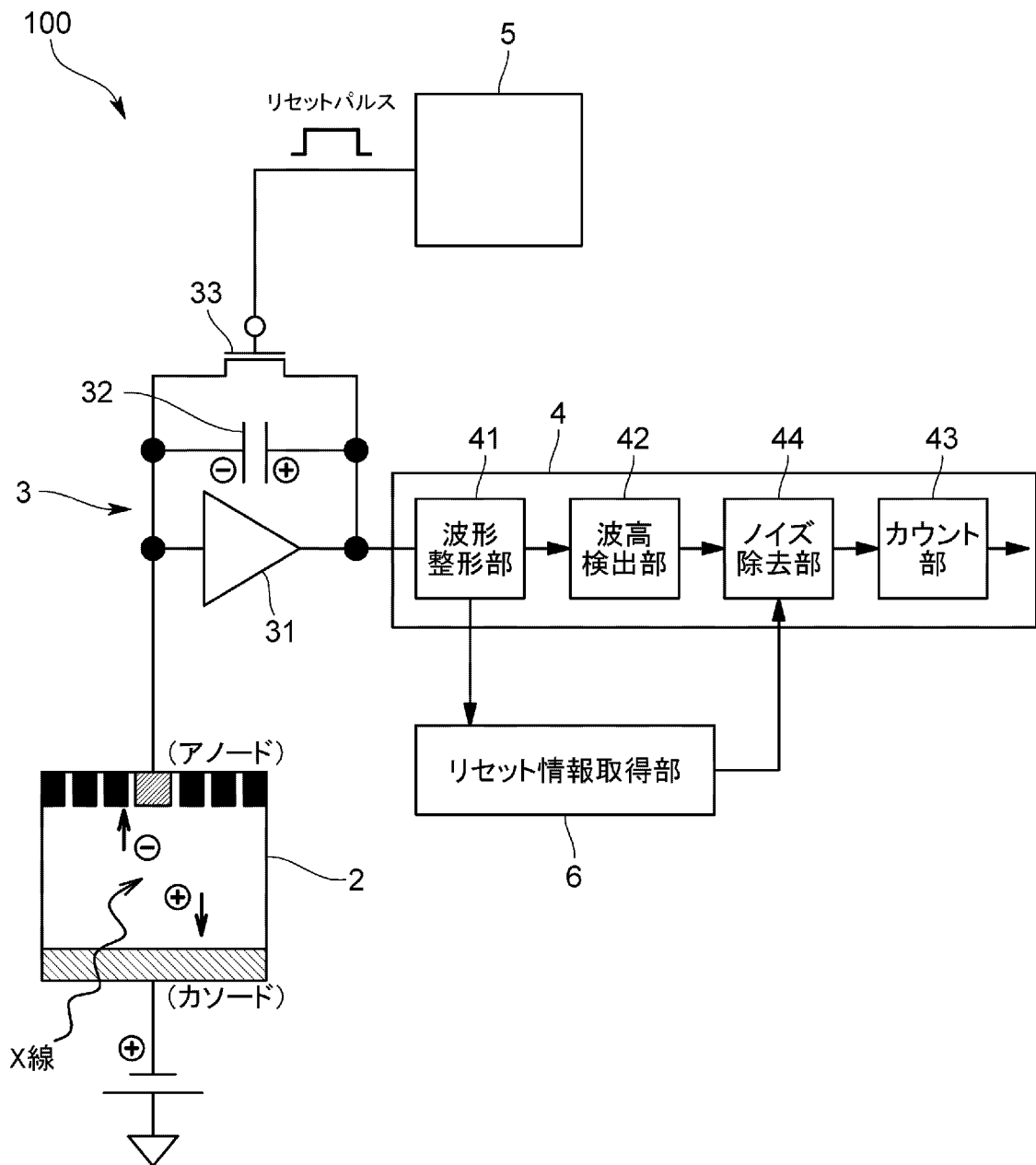
前記複数の変換部からの積算信号又はそれから得られた信号を用いて、何れかの変換部がリセットされたことを示すリセット情報を取得するリセット情報取得部とを備え、

前記信号処理部は、前記リセット情報に基づいて、前記リセットに起因するノイズを除去するノイズ除去部を有する放射線検出用信号処理装置。

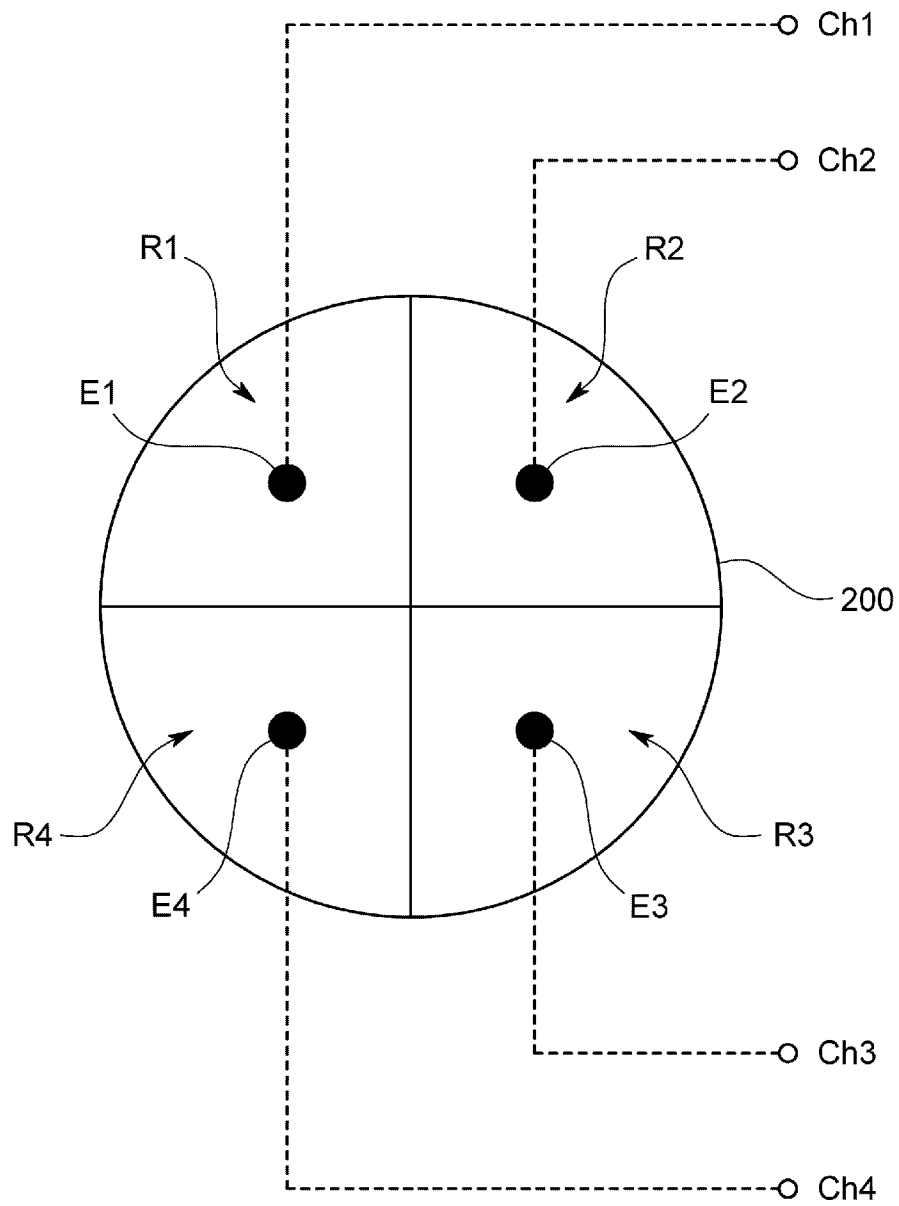
[図1]



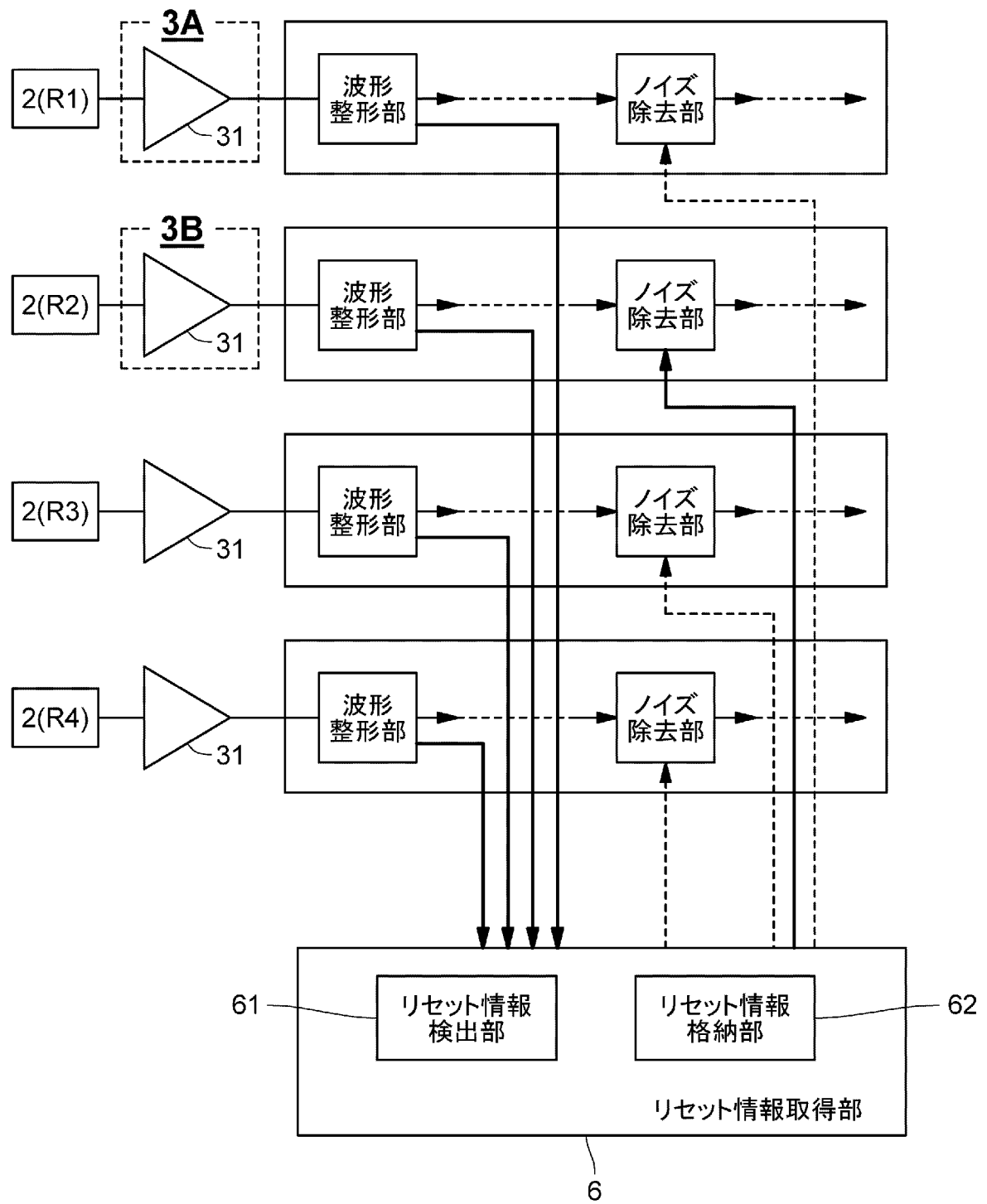
[図2]



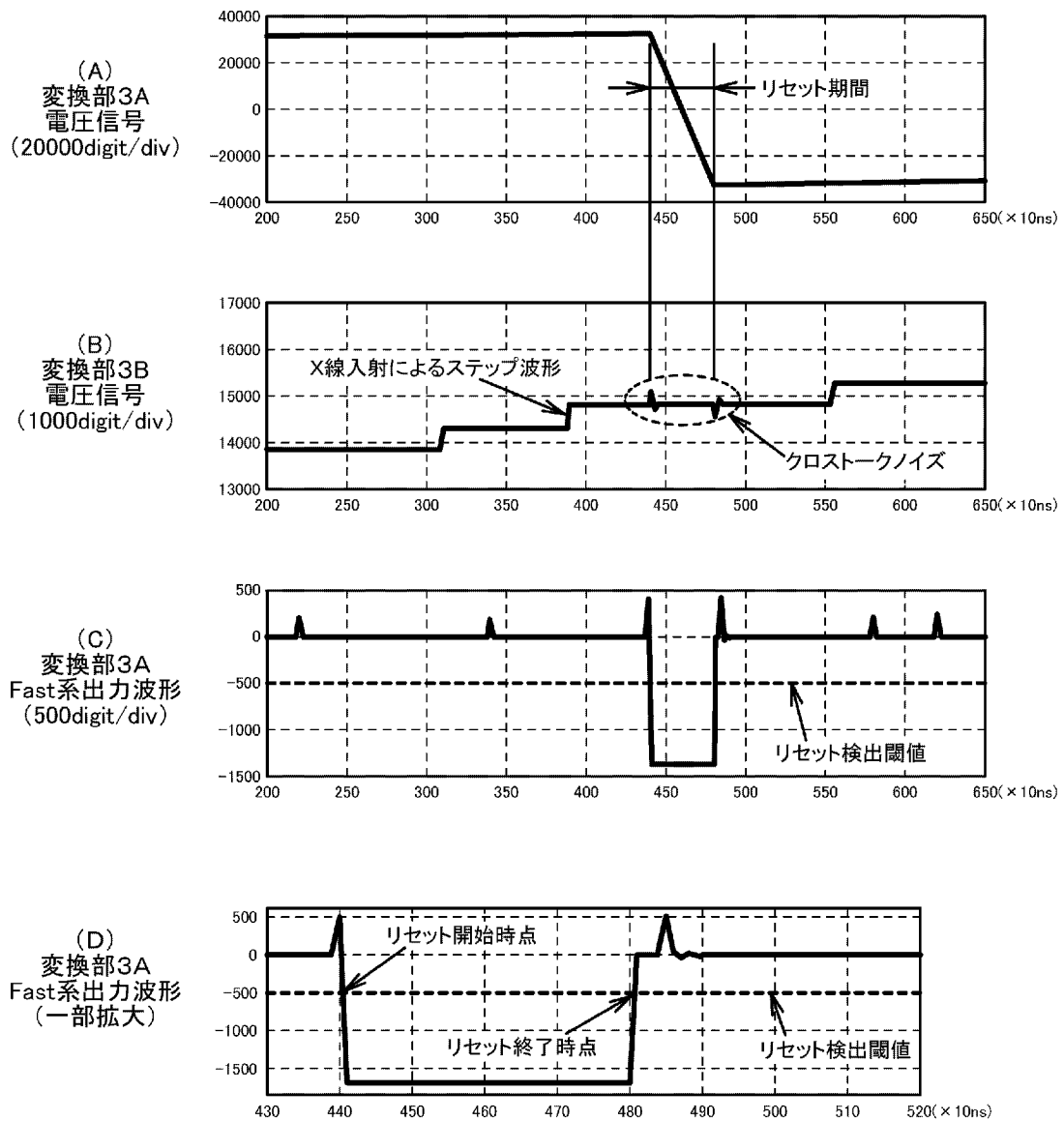
[図3]



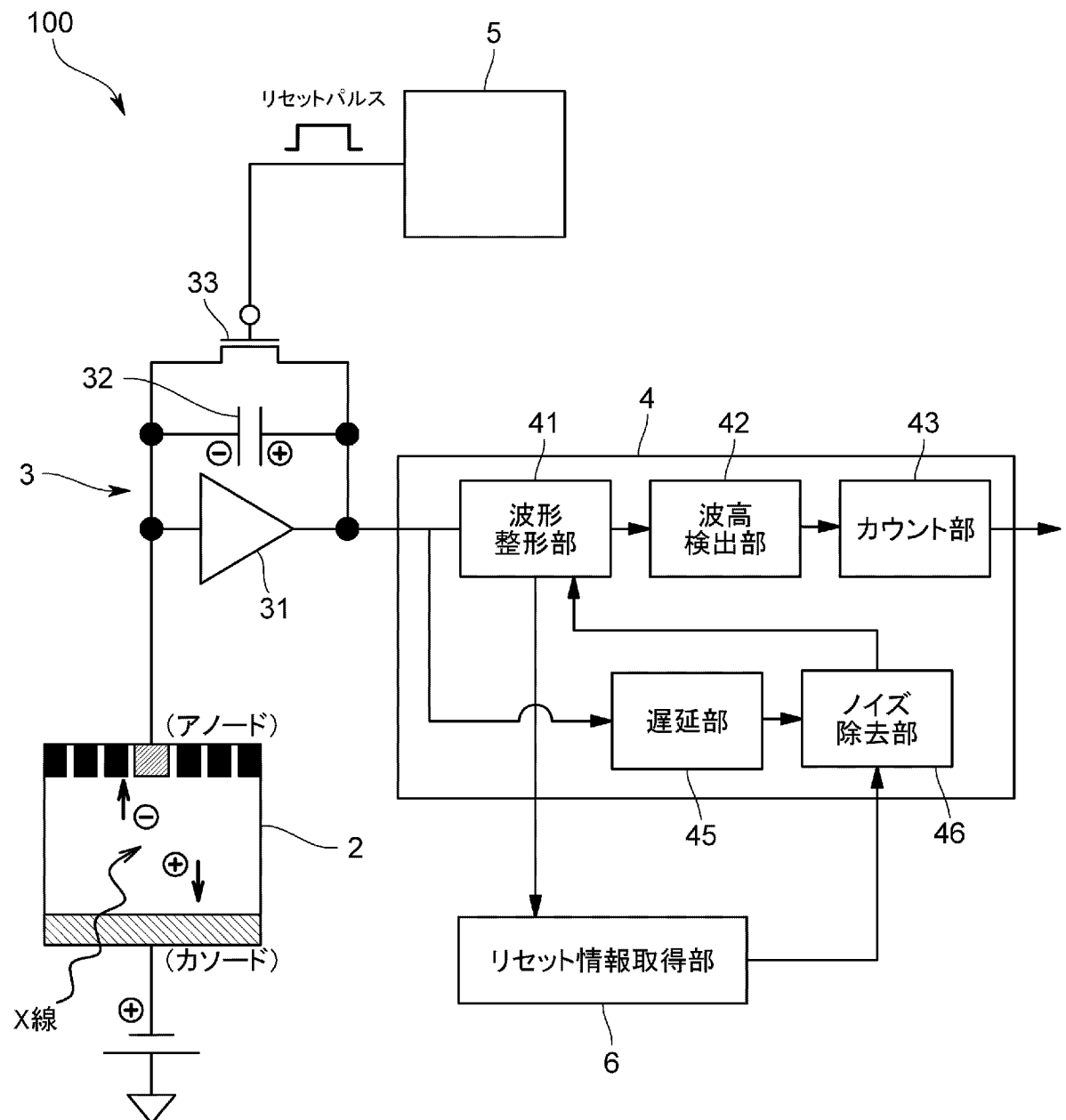
[図4]



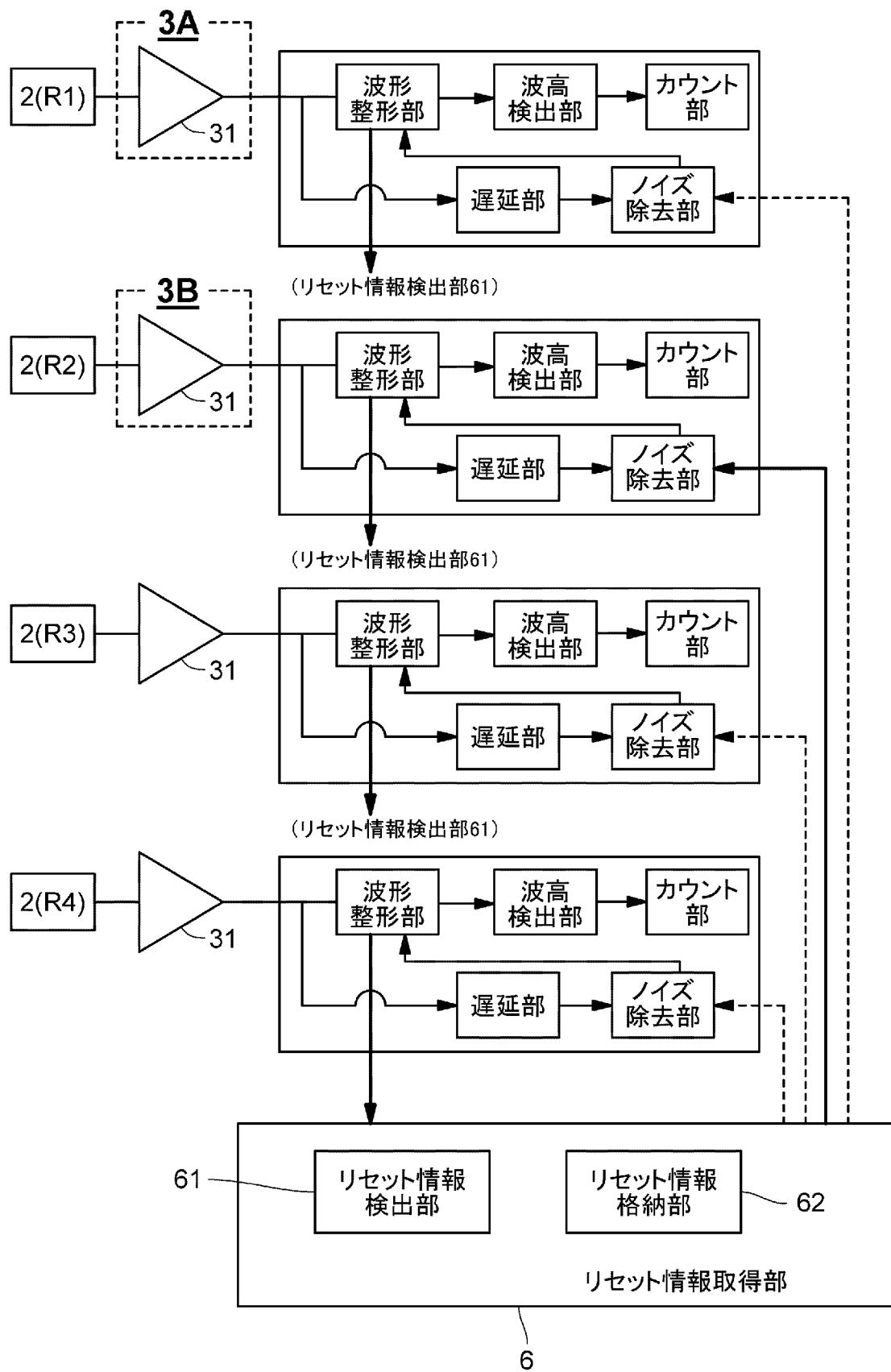
[図5]



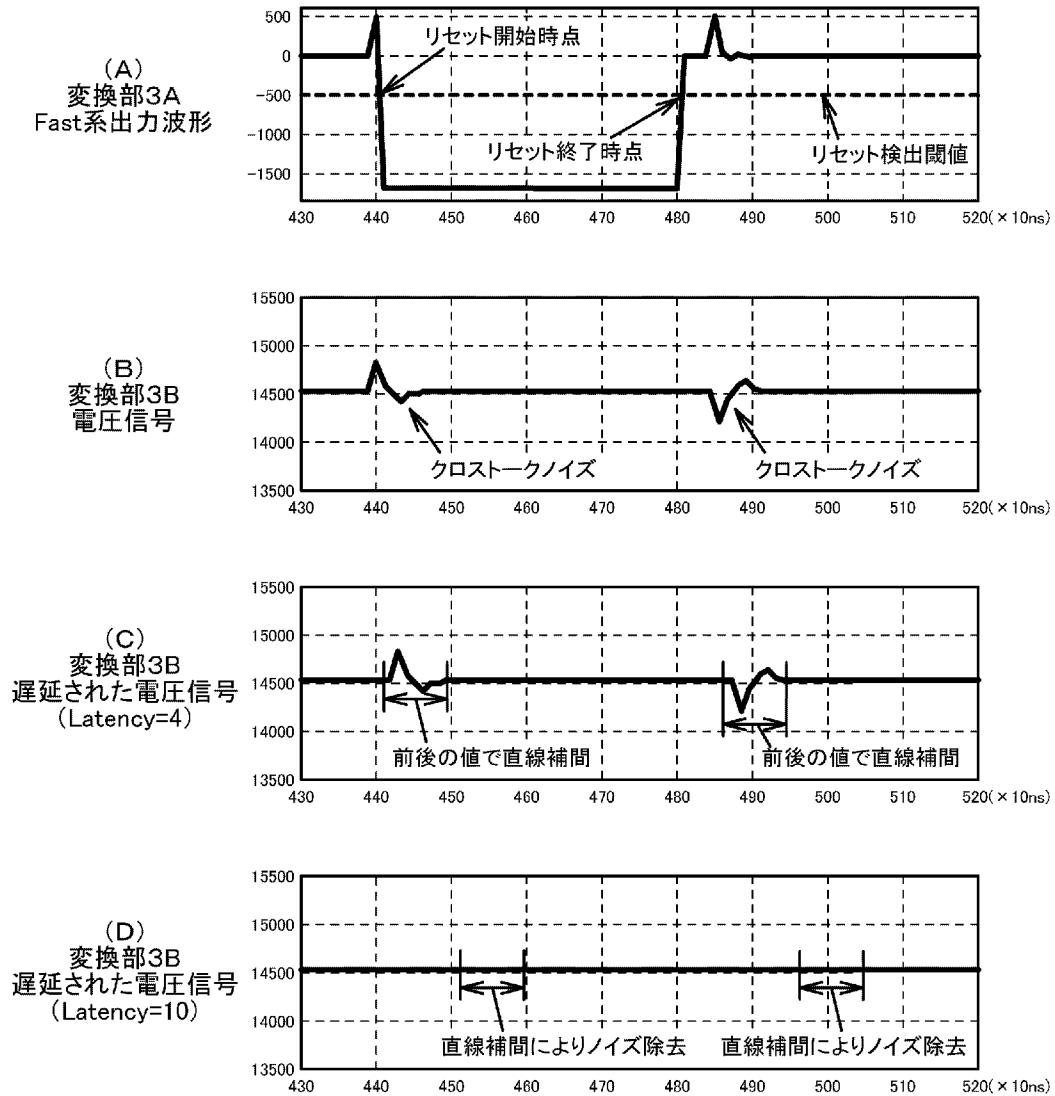
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014863

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/17(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G011/16, 1/167-7/12, A61B6/00-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-197053 A (Sterling Diagnostic Imaging, Inc.), 31 July 1997 (31.07.1997), paragraphs [0001], [0036] to [0040], [0064] to [0071]; fig. 1 to 3, 7 & US 5648660 A column 1, lines 6 to 13; column 4, line 56 to column 6, line 59; column 8, line 39 to column 9, line 65; fig. 1 to 2, 4, 6 & EP 788277 A2	7
A	JP 2011-247605 A (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.), 08 December 2011 (08.12.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

— See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

☐ document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance☐ earlier application or patent but published on or after the international filing date☐ document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)☐ document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means☐ document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed☐ later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention☒ document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone☐ document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art☐ document member of the same patent familyDate of the actual completion of the international search
27 June 2017 (27.06.17)Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014863

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-538245 A (Pulsetor, LLC), 09 December 2010 (09.12.2010), entire text; all drawings & US 2009/0032715 A1 entire text; all drawings & WO 2009/032452 A1 & EP 2183578 A1 & CN 101809434 A	1-7
A	US 5393982 A (PRINCETON GAMMA TECH, INC.), 28 February 1995 (28.02.1995), entire text; all drawings & WO 1994/028438 A1 & EP 705446 A1	1-7
A	JP 2002-199292 A (Canon Inc.), 12 July 2002 (12.07.2002), entire text; all drawings & US 2002/0050940 A1 entire text; all drawings	1-7
A	JP 2014-3542 A (Canon Inc.), 09 January 2014 (09.01.2014), entire text; all drawings & US 2013/0342514 A1 entire text; all drawings & CN 103517002 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01T1/17(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G011/16, 1/167-7/12, A61B6/00-6/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 9-197053 A (スターリング ダイアグナスティック イメージング インク.) 1997.07.31, 段落[0001], [0036]-[0040], [0064]-[0071], 図1-3, 図7 & US 5648660 A, 第1カラム6行-13行, 第4カラム56行-第6カラム59行, 第8カラム39行-第9カラム65行, 図1-2, 図4, 図6 & EP 788277 A2	7
A	JP 2011-247605 A (コニカミノルタエムジー株式会社) 2011.12.08, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

右田 純生

電話番号 03-3581-1101 内線 3224

2G

8355

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-538245 A (パルセータ, エルエルシー) 2010.12.09, 全文, 全図 & US 2009/0032715 A1, 全文, 全図 & WO 2009/032452 A1 & EP 2183578 A1 & CN 101809434 A	1-7
A	US 5393982 A (PRINCETON GAMMA TECH, INC.) 1995.02.28, 全文, 全図 & WO 1994/028438 A1 & EP 705446 A1	1-7
A	JP 2002-199292 A (キヤノン株式会社) 2002.07.12, 全文, 全図 & US 2002/0050940 A1, 全文, 全図	1-7
A	JP 2014-3542 A (キヤノン株式会社) 2014.01.09, 全文, 全図 & US 2013/0342514 A1, 全文, 全図 & CN 103517002 A	1-7