(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-28216
(P2024-28216A)
(43)公開日　令和6年3月1日(2024.3.1)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
G01T 1/17 (2006.01)		G01T	1/17	H	2G188
A61B 6/42 (2024.01)		G01T	1/17	G	4C093
		A61B	6/42	500S	

審査請求　未請求　請求項の数　19　ＯＬ　外国語出願　（全22頁）

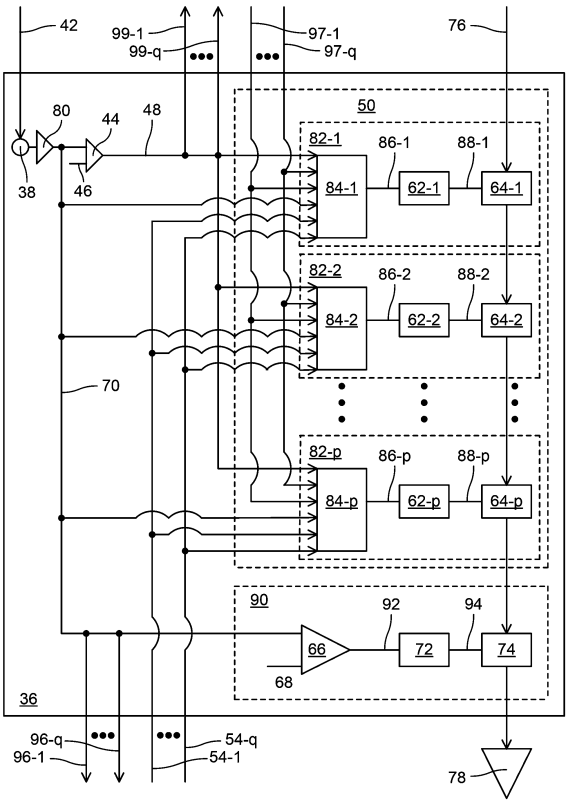
(21)出願番号　特願2023-132924(P2023-132924)
(22)出願日　令和5年8月17日(2023.8.17)
(31)優先権主張番号　2250970-7
(32)優先日　令和4年8月17日(2022.8.17)
(33)優先権主張国・地域又は機関
スウェーデン(SE)
(31)優先権主張番号　23172736
(32)優先日　令和5年5月11日(2023.5.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

(71)出願人　521265793
ダイレクト コンバージョン エービー
スウェーデン、ダンデリード １８２ ３３ スヴァルトヴェーゲン ２３
(74)代理人　110000877
弁理士法人ＲＹＵＫＡ国際特許事務所
(72)発明者　ウルバーグ クリスター
スウェーデン、ダンデリード １８２ ３３ スヴァルトヴェーゲン ２３ ダイレクト コンバージョン エービー内

Ｆターム（参考）　2G188　AA02 BB02 CC29 DD05 EE12 EE17 EE27 EE31 FF04
4C093　AA22 CA13 EA07 EB13 EB17 EB20 FD09 FD11

(54)【発明の名称】　読み出し回路、放射線検出器、撮像装置、及び入射放射線を処理する方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】複数の画素を備えた放射線検出器のための画素間で電荷を共有する光子を二重にカウントするリスクを軽減することができる読み出し回路。
【解決手段】読み出し回路３６は、複数の画素のうち、読み出し回路に対する一次画素からの入力信号４２を処理するように構成され、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２と、非共有回路９０とを備え、各電荷共有補正回路は、複数の画素のうち、読み出し回路に対する少なくとも１つの二次画素を含む画素の集合からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号を処理するように構成され、非共有回路は、少なくとも１つの電荷共有補正回路による電荷共有電気信号の処理と同時に、一次画素のみに関連付けられ、かつ一次画素からの放射線エネルギーを表す一次電気信号７０を処理するように構成される。
【選択図】図５



【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の画素を備えた放射線検出器のための読み出し回路であって、
前記読み出し回路は、前記複数の画素のうち、前記読み出し回路に対する一次画素からの入力信号を処理するように構成され、
前記複数の画素のうち、前記読み出し回路に対する少なくとも１つの二次画素を含む画素の集合からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号を処理するように、それぞれが構成された少なくとも１つの電荷共有補正回路と、
前記少なくとも１つの電荷共有補正回路による前記電荷共有電気信号の前記処理と同時に、前記一次画素のみに関連付けられ、かつ前記一次画素からの放射線エネルギーを表す一次電気信号を処理するように構成された非共有回路と、
を備える、読み出し回路。
【請求項２】
共通入力信号に応じて、前記非共有回路は、非共有データを提供するように構成され、前記少なくとも１つの電荷共有補正回路のうちの１つ以上は、共有データを提供するように構成される、請求項１に記載の読み出し回路。
【請求項３】
前記少なくとも１つの二次画素は、前記一次画素に隣接している、請求項１に記載の読み出し回路。
【請求項４】
各電荷共有補正回路は、前記電荷共有電気信号を固有の共有閾値と比較するように構成された共有比較器を備える、請求項１に記載の読み出し回路。
【請求項５】
各電荷共有補正回路は、前記共有比較器に関連付けられた共有データをカウントするように構成された共有カウンタを備える、請求項４に記載の読み出し回路。
【請求項６】
各電荷共有補正回路は、前記共有カウンタに関連付けられ、かつ前記関連する共有カウンタからの共有カウントデータを処理するように構成された共有レジスタを備える、請求項５に記載の読み出し回路。
【請求項７】
各非共有回路は、前記一次電気信号を非共有閾値と比較するように構成された非共有比較器を備える、請求項１に記載の読み出し回路。
【請求項８】
各非共有回路は、前記非共有比較器に関連付けられた非共有データをカウントするように構成された非共有カウンタを備える、請求項７に記載の読み出し回路。
【請求項９】
各非共有回路は、前記非共有カウンタに関連付けられ、かつ前記関連する非共有カウンタからの非共有カウントデータを処理するように構成された非共有レジスタを備える、請求項８に記載の読み出し回路。
【請求項１０】
前記複数の画素と、請求項１による少なくとも１つの読み出し回路とを備えた放射線検出器であって、各読み出し回路は、前記複数の画素のうち、固有の画素に関連付けられる、放射線検出器。
【請求項１１】
前記放射線検出器は、前記少なくとも１つの電荷共有補正回路から共有カウントデータを読みだすことと、前記非共有回路から非共有カウントデータを読みだすこととを、前記読み出し回路ごとに同時に行うように構成される、請求項１０に記載の放射線検出器。
【請求項１２】
請求項１０または１１に記載の放射線検出器を備えた撮像装置。
【請求項１３】

少なくとも１つのデータ処理デバイスと、少なくとも１つのコンピュータプログラムを格納した少なくとも１つのメモリと、を含む制御システムをさらに備えた、請求項１２に記載の撮像装置。

【請求項１４】

前記少なくとも１つのコンピュータプログラムは、プログラムコードを有し、前記プログラムコードは、前記少なくとも１つのデータ処理デバイスにより実行されると、前記少なくとも１つのデータ処理デバイスに、前記少なくとも１つの非共有回路のうちの１つ以上からの非共有カウントデータに基づいて、前記少なくとも１つの電荷共有補正回路のうちの１つ以上からの共有カウントデータを修正させる、請求項１３に記載の撮像装置。

【請求項１５】

前記少なくとも１つのコンピュータプログラムは、プログラムコードを有し、前記プログラムコードは、前記少なくとも１つのデータ処理デバイスにより実行されると、前記少なくとも１つのデータ処理デバイスに、

前記非共有回路からの非共有カウントデータに基づいて、出力カウントレートを特定することと、

前記出力カウントレートに基づいて、入力カウントレートを特定することと、

前記入力カウントレートに基づいて、少なくともいくつかの共有カウントデータを無視することと、

を、読み出し回路ごとに実行させる、請求項１３に記載の撮像装置。

【請求項１６】

入射放射線を処理する方法であって、

入射放射線の放射線エネルギーを検出するように構成された複数の画素を設けることと、

読み出し回路を設けることであって、前記読み出し回路は、前記複数の画素のうち、前記読み出し回路に対する一次画素からの入力信号を処理するように構成される、設けることと、

前記読み出し回路の少なくとも１つの電荷共有補正回路により、前記複数の画素のうち、前記読み出し回路に対する少なくとも１つの二次画素を含む画素の集合からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号を処理することと、

前記少なくとも１つの電荷共有補正回路による前記電荷共有電気信号の前記処理と同時に、前記読み出し回路内の非共有回路により、前記一次画素のみに関連付けられ、かつ前記一次画素からの放射線エネルギーを表す一次電気信号を処理することと、

を含む、方法。

【請求項１７】

各電荷共有補正回路内の共有比較器により、前記電荷共有電気信号を共有閾値と比較することと、

各電荷共有補正回路内の共有カウンタにより、前記各自の共有比較器に関連付けられた共有データをカウントして、共有カウントデータを提供することと、

各電荷共有補正回路内の共有レジスタにより、前記各自の共有カウンタからの前記共有カウントデータを処理することと、

前記非共有回路内の非共有比較器により、前記一次電気信号を非共有閾値と比較することと、

前記非共有回路内の非共有カウンタにより、前記非共有カウンタに関連付けられた非共有データをカウントして、非共有カウントデータを提供することと、

前記非共有回路内の非共有レジスタにより、前記非共有カウンタからの前記非共有カウントデータを処理することと、

をさらに含む、請求項１６に記載の方法。

【請求項１８】

前記非共有カウントデータに基づいて、前記共有カウントデータを修正することをさらに含む、請求項１７に記載の方法。

【請求項１９】
前記読み出し回路ごとに、
前記非共有回路からの非共有カウントデータ基づいて、出力カウントレートを特定することと、
前記出力カウントレートに基づいて、入力カウントレートを特定することと、
前記入力カウントレートに基づいて、少なくともいくつかの共有カウントデータを無視することと、
をさらに含む、請求項１７または１８に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、概して、放射線検出に関する。具体的には、放射線検出器のための読み出し回路、複数の画素及び少なくとも１つの読み出し回路を備えた放射線検出器、放射線検出器を備えた撮像装置、ならびに入射放射線を処理する方法が提供される。
【背景技術】
【０００２】
当技術分野では、電離放射線を検出するための様々な放射線検出器が知られている。放射線源は、患者などの対象に放射線を透過させ、放射線検出器が減衰した放射線を測定する。放射線は、電気信号に変換され、制御システムがこれらの信号を処理して、所望の画像が提供され得る。
【０００３】
複数の画素を備えた放射線検出器の場合、パルスは、局所的な画素クラスタにわたり合計され得る。このようにして、画素間で電荷を共有する光子を二重にカウントするリスクを軽減することができる。合計は、１つ以上のエネルギー閾値と比較され得、ヒット（及びエネルギー）は、最大エネルギー蓄積を有する画素に即応し得る。この技術は、電荷共有補正と称される。このような電荷共有補正の一例は、参考文献１に記載されており、参考文献１は、参照により本明細書に組み込まれるものとする。
【０００４】
参考文献１：「Ｍｅｄｉｐｉｘ２，　ａ　６４ｋ　ｐｉｘｅｌ　ｒｅａｄ　ｏｕｔ　ｃｈｉｐ　ｗｉｔｈ　５５　μｍ　ｓｑｕａｒｅ　ｅｌｅｍｅｎｔｓ　ｗｏｒｋｉｎｇ　ｉｎ　ｓｉｎｇｌｅ　ｐｈｏｔｏｎ　ｃｏｕｎｔｉｎｇ　ｍｏｄｅ」；Ｘ．　Ｌｌｏｐａｒｔ、Ｍ．　Ｃａｍｐｂｅｌｌ、Ｄ．　Ｓａｎ　Ｓｅｇｕｎｄｏ、Ｅ．　Ｐｅｒｎｉｇｏｔｔｉ、Ｒ．　Ｄｉｎａｐｏｌｉ；ＩＥＥＥ　２００２　０－７８０３－７３２４－３／０２。
【発明の概要】
【０００５】
本開示の１つの目的は、改良された読み出し回路を提供することである。
【０００６】
本開示のさらなる目的は、改良された放射線検出器を提供することである。
【０００７】
本開示のさらなる別の目的は、改良された撮像装置を提供することである。
【０００８】
本開示のさらなる別の目的は、入射放射線を処理する改良された方法を提供することである。
【０００９】
これらの目的は、添付の特許請求項１に記載の読み出し回路、添付の特許請求項１０に記載の放射線検出器、添付の特許請求項１２に記載の撮像装置、及び添付の特許請求項１６に記載の方法により、達成される。
【００１０】
第１の態様によれば、複数の画素を備えた放射線検出器のための読み出し回路が提供され、読み出し回路は、複数の画素のうち、読み出し回路に対する一次画素からの入力信号

を処理するように構成され、少なくとも１つの電荷共有補正回路と、非共有回路とを備え、各電荷共有補正回路は、複数の画素のうち、読み出し回路に対する少なくとも１つの二次画素を含む画素の集合からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号を処理するように構成され、非共有回路は、少なくとも１つの電荷共有補正回路による電荷共有電気信号の処理と同時に、一次画素のみに関連付けられ、かつ一次画素からの放射線エネルギーを表す一次電気信号を処理するように構成される。

【００１１】

第２の態様によれば、複数の画素と、第１の態様による少なくとも１つの読み出し回路とを備えた放射線検出器が提供され、各読み出し回路は、複数の画素のうち、固有の画素に関連付けられる。

【００１２】

第３の態様によれば、第２の態様による放射線検出器を備えた撮像装置が提供される。

【００１３】

第４の態様によれば、入射放射線を処理する方法が提供され、方法は、入射放射線の放射線エネルギーを検出するように構成された複数の画素を設けることと、複数の画素のうち、読み出し回路に対する一次画素からの入力信号を処理するように構成された読み出し回路を設けることと、読み出し回路内の少なくとも１つの電荷共有補正回路により、複数の画素のうち、読み出し回路に対する少なくとも１つの二次画素を含む画素の集合からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号を処理することと、少なくとも１つの電荷共有補正回路による電荷共有電気信号の処理と同時に、読み出し回路内の非共有回路により、一次画素のみに関連付けられ、かつ一次画素からの放射線エネルギーを表す一次電気信号を処理することとを含む。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】放射線検出器を備えた撮像装置を概略的に表す。

【図２】放射線検出器の上面図を概略的に表す。

【図３】図２のＡ‐Ａ断面における放射線検出器の部分的断面側面図を概略的に表す。

【図４】放射線検出器の読み出し回路を概略的に表す。

【図５】図４の読み出し回路のより詳細な実施態様の一例を概略的に表す。

【図６】読み出し回路の電荷共有補正セクションの一部を概略的に表す。

【図７】２つの異なる読み出し回路の電荷共有補正回路及び非共有回路により処理される電荷を概略的に示す。

【図８】異なる入力カウントレートに対する電荷共有補正回路及び非共有回路の出力カウントレートを概略的に示す。

【図９】方法の全体的なステップを概説するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

下記では、放射線検出器のための読み出し回路、複数の画素及び少なくとも１つの読み出し回路を備えた放射線検出器、放射線検出器を備えた撮像装置、ならびに入射放射線を処理する方法が説明される。同じまたは同様の構造的特徴を示すために、同じまたは同様の参照番号が使用される。

【００１６】

従来技術による既知の電荷共有補正の実施態様はすべて、入力カウントレートを増加させるパルスパイルアップにより、最大出力カウントレートが低下していた。単一画素カウントと電荷共有補正カウントを同時に取得できる放射線検出器の読み出し回路を提供することにより、放射線検出器の性能を向上させることができる。

【００１７】

図１は、撮像装置１０の一例を概略的に表す。撮像装置１０は、放射線検出器１２と、制御システム１４とを備える。撮像装置１０は、コンピュータ断層撮影（ＣＴ）スキャンに使用され得る。

【００１８】
撮像装置１０はさらに、Ｘ線を放出するＸ線管などの放射線源１６を備え、例えば患者の身体などの撮像する対象１８にＸ線を透過させる。Ｘ線は、対象１８を透過した後、放射線検出器１２に到達し、放射線検出器１２にて、Ｘ線は検出され、対象１８の空間分解投影画像を表す信号に変換される。
【００１９】
制御システム１４は、放射線検出器１２に動作可能に接続される。制御システム１４は、放射線検出器１２から放射線データを読み取るように構成される。制御システム１４は、２Ｄ投影画像を取得するように構成され得る。取得された２Ｄ画像は、特にコンピュータ断層撮影の既知の原理を用いて、対象１８の例えば３Ｄ画像を再構築するために使用され得る。
【００２０】
制御システム１４は、データ処理デバイス２０と、メモリ２２とを備える。メモリ２２には、コンピュータプログラムが格納されている。コンピュータプログラムは、プログラムコードを含み、プログラムコードは、データ処理デバイス２０により実行されると、データ処理デバイス２０に、本明細書に記載の様々なステップを実行させる、またはその実行を命令させる。
【００２１】
図２は、放射線検出器１２の上面図を概略的に表す。放射線検出器１２は、複数の画素２４‐１１から２４‐ｎｍを備える。放射線検出器１２は、例えば、少なくとも１０００個の画素２４‐１１から２４‐ｎｍを備え得る。各画素２４‐１１から２４‐ｎｍは、参照番号「２４」で言及される場合もある。画素２４は、放射線検出器１２全体など、放射線検出器１２の少なくとも大部分にわたり分散配置される。この実施例では、画素２４は、二次元配列を形成する。放射線検出器１２は、ｎ行の画素２４と、ｍ列の画素２４とを備え、ｎ及びｍのそれぞれは正の整数である。
【００２２】
図２はさらに、画素２４‐２２及び２４‐２３のクラスタすなわち集合２６を示す。集合２６では、画素２４‐２２は一次画素であり得、画素２４‐２３は、一次画素２４‐２２に対する二次画素であり得る。図２に示されるように、二次画素２４‐２３は、一次画素２４‐２２に隣接している。図２の集合２６は、多数の実施例のうちの１つにすぎない。図２のような正方形の形状を有する画素２４の場合、集合２６は、一次画素２４‐２２に並んで配置される１つ以上の隣接画素２４（画素２４‐１２、２４‐２１、２４‐２３、及び２４‐３２など）、及び／または一次画素２４‐２２の対角方向に隣接して配置される１つ以上の隣接画素２４（画素２４‐１１、２４‐１３、２４‐３１、及び２４‐３３など）を含み得る。また画素２４は、正方形の形状である必要はない。画素２４の代替形状の例には、非正方形の長方形形状及び六角形形状が含まれる。
【００２３】
放射線検出器１２の各画素２４は、画素２４の固有の集合２６に関連付けられ得、その画素２４は、一次画素２４であり、その集合２６の他の画素２４は、二次画素２４である。本明細書で説明されるように、集合２６は、画素２４間の電荷共有補正に使用される。
【００２４】
図３は、図２の断面Ａ‐Ａにおける放射線検出器１２の部分的断面側面図を概略的に表す。放射線検出器１２は、変換素子２８と、例えば読み出し特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）基板などの読み出し基板３０とを備える。放射線検出器１２はさらに、支持基板３２を備える。画素２４は、変換素子２８に設けられる。
【００２５】
変換素子２８は、テルル化カドミウム（ＣｄＴｅ）またはテルル化カドミウム亜鉛（ＣｄＺｎＴｅまたはＣＺＴ）の基板など、少なくとも１つの半導体基板により構築され得る。変換素子２８は、１つの連続した変換基板またはいくつかの別々の変換部分を備え得る。

【００２６】
この実施例の変換素子２８はさらに、ここでは接触パッドとして実装される複数の電荷収集電極３４を備える。各画素２４は、電荷収集電極３４により画定される。
【００２７】
Ｘ線（または他の種類の電離放射線）が変換素子２８に衝突すると、吸収されたエネルギーに応じて、変換素子２８の内部に電子正孔対が生成される（よって用語「直接変換」が使用される）。変換素子２８にわたり印加された電界の影響を受けて、これらの電子（正孔）は、関連する電荷収集電極３４へ転送される。よって、変換素子２８は、入射放射線に応じて１つ以上の電荷キャリアを生成するように構成される。例えば、変換素子２８は、入射Ｘ線光子を捕捉し、直接、電荷に変換することができる。
【００２８】
読み出し基板３０は、複数の読み出し回路３６‐２１、３６‐２２、及び３６‐２３から３６‐２ｍを備える。各読み出し回路３６‐２１、３６‐２２、及び３６‐２３から３６‐２ｍは、参照番号「３６」で言及される場合もある。各読み出し回路３６は、ここでは接触パッドとして実装される読み出し電極３８を備える。放射線検出器１２は、各画素２４に関連付けられた１つの読み出し回路３６を備える。
【００２９】
放射線検出器１２はさらに、複数の相互接続４０を備える。１つの画素２４と、１つの読み出し回路３６との各対は、相互接続４０により接続される。図２では、相互接続４０は、電荷収集電極３４と、関連する読み出し電極３８との間のはんだバンプとして例示される。これにより、各読み出し電極３８は、関連する読み出し回路３６への入力として機能する。しかしながら、他の種類の相互接続４０もあり得る。
【００３０】
各読み出し回路３６は、関連する画素２４に特有の機能を有する電子装置を備える。読み出し回路３６は、変換素子２８に入射する放射線により生成される信号を処理するように配置される。
【００３１】
図４は、放射線検出器１２の読み出し回路３６のうちの１つを概略的に表す。示されるように、読み出し電極３８は、関連する画素２４から電気入力信号４２を受信する。読み出し回路３６が入力信号４２を受信する画素２４は、読み出し回路３６に対する一次画素２４である。放射線検出器１２は、例えば、少なくとも１０００個の画素２４と、各画素２４に関連付けられた、図４による読み出し回路３６とを備え得る。読み出し回路３６は、読み出し回路３６に対する一次画素２４からの入力信号４２を処理するように構成される。読み出し回路３６はまた、下記に説明されるように、集合２６のうち、読み出し回路３６に対する１つ以上の二次画素２４からの入力信号４２（または入力信号４２から導出される信号）を処理するように構成される。
【００３２】
この実施例の読み出し回路３６は、電荷感知増幅器８０を備える。電荷感知増幅器８０は、読み出し回路３６に関連付けられた一次画素２４から入力信号４２を受信して増幅し、一次電気信号７０を出力するように構成される。
【００３３】
読み出し回路３６はさらに、電荷共有補正セクション５０を備える。電荷共有補正セクション５０は、電荷共有補正機能を実行し、異なる画素２４間のイベントを処理する。
【００３４】
電荷共有補正セクション５０は、加算器５２を備える。加算器５２は、読み出し回路３６に対する一次画素２４からの一次電気信号７０と、一次画素２４に隣接する二次画素２４など、一次画素２４に対するそれぞれの二次画素２４からの１つ以上の入力一次電気信号５４‐１及び５４‐２とを合計する。各入力一次電気信号５４‐１及び５４‐２は、参照番号「５４」で言及される場合もある。加算器５２は、電荷共有電気信号５６を出力する。

【００３５】
電荷共有補正セクション５０はさらに、少なくとも１つの共有比較器５８を備える。電荷共有補正セクション５０は、ｐ個の共有比較器５８‐１及び５８‐２から５８‐ｐなど、複数の共有比較器を備え得、ｐは正の整数である。各共有比較器５８‐１、５８‐２から５８‐ｐは、参照番号「５８」で言及される場合がある。各共有比較器５８は、固有の共有閾値６０‐１及び６０‐２から６０‐ｐを有する。例えば、第１の共有比較器５８‐１は、第１の共有閾値６０‐１を有し、第２の共有比較器５８‐２は、第１の共有閾値６０‐１とは異なる第２の共有閾値６０‐２を有する。各共有比較器５８は、電荷共有電気信号５６を、関連する共有閾値６０と比較するように構成される。
【００３６】
電荷共有補正セクション５０はさらに、各共有比較器５８に関連付けられた１つの共有カウンタ６２を備える。例えば、各共有比較器５８の出力は、共有カウンタ６２の入力に接続される。図４には、ｐ個の共有カウンタ６２‐１及び６２‐２から６２‐ｐが示される。各共有カウンタ６２‐１及び６２‐２から６２‐ｐは、参照番号「６２」で言及される場合もある。各共有カウンタ６２は、各自の共有比較器５８から直接的または間接的に到来するパルスをカウントする。
【００３７】
電荷共有補正セクション５０はさらに、各共有カウンタ６２に関連付けられた１つの共有レジスタ６４を備える。例えば、各共有カウンタ６２の出力は、共有レジスタ６４の入力に接続される。図４には、ｐ個の共有レジスタ６４‐１及び６４‐２から６４‐ｐが示される。各共有レジスタ６４‐１及び６４‐２から６４‐ｐは、参照番号「６４」で言及される場合もある。
【００３８】
読み出し回路３６はさらに、非共有比較器６６を備える。読み出し回路３６は、任意で複数の非共有比較器６６を備え得る。非共有比較器６６は、非共有閾値６８を有する。この実施例では、一次電気信号７０が非共有比較器６６に送信される。一次電気信号７０は、一次画素２４のみの放射線エネルギーを表し、集合２６の二次画素２４のうちのいずれの放射線エネルギーも表さない。非共有比較器６６は、一次電気信号７０を非共有閾値６８と比較するように構成される。非共有閾値６８は、いずれの値に設定されてもよいが、通常は低い値に設定される。各共有閾値６０は、非共有閾値６８とは無関係に、個別に設定され得る。
【００３９】
読み出し回路３６はさらに、非共有比較器６６に関連付けられた非共有カウンタ７２を備える。例えば、非共有比較器６６の出力は、非共有カウンタ７２の入力に接続される。非共有カウンタ７２は、非共有比較器６６から直接的または間接的に到来するパルスをカウントする。
【００４０】
読み出し回路３６はさらに、非共有カウンタ７２に関連付けられた非共有レジスタ７４を備える。例えば、非共有カウンタ７２の出力は、非共有レジスタ７４の入力に接続される。各共有レジスタ６４及び非共有レジスタ７４は、ここではシフトレジスタとして例示される。
【００４１】
図４にはさらに、信号線７６が示される。読み出し回路３６は、信号線７６を介して、放射線検出器１２の１つ以上の他の読み出し回路３６から、シリアルデータを受信する。その後、シリアルデータに対し、１つ以上の共有レジスタ６４からのデータ及び非共有レジスタ７４からのデータの両方が加えられ、次の読み出し回路３６に渡され、最後の読み出し回路３６からシリアルデータ７８が読み出されるまで、同様に繰り返される。
【００４２】
図５は、図４の読み出し回路３６のより詳細な実施態様の一例を概略的に表す。この実施例の読み出し回路３６はさらに、グローバル比較器４４を備える。グローバル閾値４６

がグローバル比較器４４に設定される。グローバル比較器４４は、入力信号４２または入力信号４２から導出される信号を、グローバル閾値４６と比較し、二次電気信号４８を出力する。この実施例では、グローバル比較器４４は、電荷感知増幅器８０からの一次電気信号７０を、グローバル閾値４６と比較する。二次電気信号４８のパルス長は、一次画素２４に蓄積された電荷に比例する。グローバル閾値４６は、例えば、ノイズレベルの３倍など、ノイズレベルよりわずかに高いレベルに設定され得る。

【００４３】

この実施例の電荷共有補正セクション５０は、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２を備える。電荷共有補正セクション５０は、ｐ個の電荷共有補正回路８２‐１及び８２‐２から８２‐ｐなど、複数の電荷共有補正回路を備え得る。各電荷共有補正回路８２‐１及び８２‐２から８２‐ｐは、参照番号「８２」で言及される場合もある。各電荷共有補正回路８２は、複数の画素２４のうちの画素２４の集合２６からの放射線エネルギーの合計を表す各自の電荷共有電気信号５６を処理するように構成される。

【００４４】

各電荷共有補正回路８２は、比較器セクション８４‐１及び８４‐２から８４‐ｐを備える。各比較器セクション８４‐１及び８４‐２から８４‐ｐは、参照番号「８４」で言及される場合もある。各比較器セクション８４は、共有比較器５８のうちの１つを備える。さらに、各電荷共有補正回路８２は、共有カウンタ６２のうちの１つと、共有レジスタ６４のうちの１つとを備える。

【００４５】

各比較器セクション８４は、各自の共有データ８６‐１及び８６‐２から８６‐ｐを出力するように構成される。共有データ８６‐１及び８６‐２から８６‐ｐは、参照番号「８６」で言及される場合もある。

【００４６】

各共有カウンタ６２は、共有データ８６をカウントし、各自の共有カウントデータ８８‐１及び８８‐２から８８‐ｐを出力するように構成される。共有カウントデータ８８‐１及び８８‐２から８８‐ｐは、参照番号「８８」で言及される場合もある。各共有レジスタ６４は、関連する共有カウンタ６２から各自の共有カウントデータ８８を受信し、処理するように構成される。

【００４７】

図５ではさらに、読み出し回路３６が非共有回路９０を備えることが示される。非共有回路９０は、非共有比較器６６、非共有カウンタ７２、及び非共有レジスタ７４を備える。非共有回路９０は、追加のコンポーネントを含んでもよく、または含まなくてもよい。非共有回路９０は、一次画素２４のみに関連付けられた一次電気信号７０を処理するように構成される。

【００４８】

非共有比較器６６は、非共有データ９２を出力するように構成される。非共有カウンタ７２は、非共有データ９２をカウントし、非共有カウントデータ９４を出力するように構成される。非共有レジスタ７４は、非共有カウントデータ９４を受信し、処理するように構成される。共有データ８６及び非共有データ９２は、共通の入力信号４２に応じて、少なくとも１つの比較器セクション８４及び非共有比較器６６により、それぞれ提供される。

【００４９】

この実施例では、二次画素２４からの入力一次電気信号５４‐１から５４‐ｑのそれぞれは、一次画素２４の一次電気信号７０に対応する。すなわち、一次電気信号７０と、一次画素２４との関係は、入力一次電気信号５４‐１から５４‐ｑと、関連する二次画素２４との各関係に対応する。

【００５０】

図５ではさらに、この実施例の読み出し回路３６が、少なくとも１つの出力一次電気信号９６‐１から９６‐ｑを有することが示される。よって、読み出し回路３６は、ｑ個の

出力一次電気信号を有し得、ｑは正の整数である。各出力一次共有電気信号９６‐１から９６‐ｑは、参照番号「９６」で言及される場合もある。各出力一次電気信号９６は、ここでは一次電気信号７０により構築される。

【００５１】

図５ではさらに、この実施例の読み出し回路３６が、少なくとも１つの入力二次電気信号９７‐１から９７‐ｑと、少なくとも１つの出力二次電気信号９９‐１から９９‐ｑを有することが示される。各入力二次電気信号９７‐１から９７‐ｑ及び各出力二次電気信号９９‐１から９９‐ｑは、それぞれ参照番号「９７」及び「９９」で言及される場合もある。

【００５２】

図５ではさらに、入力一次電気信号５４の数、出力一次電気信号９６の数、入力二次電気信号９７の数、及び出力二次電気信号９９の数が同じであり得ることが示される。入力一次電気信号５４、出力一次電気信号９６、入力二次電気信号９７、及び出力二次電気信号９９の各グループは、一次画素２４に関連付けられた読み出し回路３６と、集合２６内の二次画素２４に関連付けられた読み出し回路３６との間でルーティングされ得る。各出力一次電気信号９６は、集合２６内の二次画素２４に一次電気信号７０を出力する。各入力一次電気信号５４は、集合２６内の二次画素２４から一次電気信号７０を入力する。各出力二次電気信号９９は、集合２６内の二次画素２４に二次電気信号４８を出力する。各入力二次電気信号９７は、集合２６内の二次画素から二次電気信号４８を入力する。

【００５３】

放射線検出器１２の各画素２４は、電荷共有補正セクション５０と、非共有回路９０とを備える。電荷共有補正セクション５０及び非共有回路９０は、それ自体、放射線検出器１２内の読み出し回路３６ごとに同一であり得る。しかし、各電荷共有補正セクション５０は画素２４の固有の集合２６と通信するという点で、電荷共有補正セクション５０は異なる。したがって、第１の画素２４の第１の電荷共有補正セクション５０は、入力一次電気信号５４及び入力二次電気信号９７を受信するが、これらは、別の画素２４の第２の電荷共有補正セクション５０に対する入力一次電気信号５４及び入力二次電気信号９７とは異なる。

【００５４】

図６は、電荷共有補正セクション５０の一部を概略的に表す。この具体的かつ非限定的な実施態様では、各比較器セクション８４は、ＯＲゲート９８、割り当て比較器１００、加算器１０１、共有比較器５８、及びＡＮＤゲート１０２を備える。よって、読み出し回路３６全体に対する共通の加算器５２の代わりに、加算器１０１が各比較器セクション８４に実装され得る。

【００５５】

複数の比較器セクション８４が使用される事例では、すなわち、読み出し回路３６が複数の電荷共有補正回路８２を備える場合、比較器セクション８４は、固有の共有閾値６０のみ、互いに異なり得る。

【００５６】

下記では、比較器セクション８４‐１が説明される。この説明は、読み出し回路３６内のさらなる比較器セクション８４‐２から８４‐ｐのそれぞれにも当てはまる。

【００５７】

ＯＲゲート９８‐１は、集合２６内のすべての二次画素２４の読み出し回路３６からの１つ以上の入力二次電気信号９７を受信するように構成される。ＯＲゲート９８‐１は、ＯＲゲート出力信号１０４‐１を出力するように構成される。

【００５８】

加算器１０１‐１は、一次電気信号７０と、集合２６内のすべての二次画素２４の読み出し回路３６からの１つ以上の入力一次電気信号５４とを受信するように構成される。加算器１０１‐１は、入力信号を加算し、加算値を電荷共有電気信号５６‐１として出力するように構成される。

【００５９】
割り当て比較器１００‐１は、ＯＲゲート出力信号１０４‐１を受信し、ＯＲゲート出力信号１０４‐１に基づいて割り当て閾値を設定するように構成される。割り当て比較器１００‐１は、二次電気信号４８を割り当て閾値と比較し、二次電気信号４８がＯＲゲート出力信号１０４‐１より大きい場合に、割り当て出力信号１０６‐１を出力するように構成される。
【００６０】
共有比較器５８‐１は、電荷共有電気信号５６‐１を共有閾値６０‐１と比較し、電荷共有電気信号５６‐１が共有閾値６０‐１よりも大きい場合に、電荷共有出力信号１０８‐１を出力するように構成される。
【００６１】
ＡＮＤゲート１０２‐１は、割り当て出力信号１０６‐１と電荷共有出力信号１０８‐１の両方がハイである場合にのみ、ハイ出力を共有データ８６‐１として出力するように構成される。
【００６２】
このようにして、電荷共有補正回路８２は、集合２６のすべての画素２４からの単一光子ヒットの放射線エネルギーを合計し、集合２６のうち最も高い電荷が割り当てられる画素２４にのみ、放射線エネルギーの合計を割り当て得る（この放射線エネルギーの合計が各自の共有閾値６０を上回ることを所与とする）。したがって、最も高い電荷を受ける画素２４においてのみ、イベントはカウントされ、同時にその電荷のレベルは、集合２６内のすべての電荷の合計である。
【００６３】
一変形例形態によれば、１つ以上の入力二次電気信号９７は、１つ以上の入力一次電気信号５４の代わりに加算器１０１‐１に入力される。このようにしてまた、集合２６のすべての画素２４からの単一光子ヒットの放射線エネルギーが加算され得る。入力二次電気信号９７及び出力二次電気信号９９ではなく、出力一次電気信号９６及び入力一次電気信号５４を利用して、集合２６のうち最も高い電荷が割り当てられる画素２４にのみ、放射線エネルギーの合計を割り当てることも可能である。
【００６４】
電荷共有補正は、入射放射線から改良されたエネルギーレベル情報を提供することができるが、下記に詳述されるように、各電荷共有補正回路８２は、パルスパイルアップが原因で、非共有回路９０よりも遅い。電荷共有補正回路８２及び非共有回路９０のそれぞれでは、新たなパルスをトリガーできるようになるまでに、パルスが共有閾値６０及び非共有閾値６８をそれぞれ下回る必要がある。所与の共有閾値６０の集合に関して、集合２６内の画素２４の数が増加するにつれて、集合２６に関連付けられた電荷共有補正回路８２のデッドタイムも、通常、増加する。
【００６５】
電荷共有補正を行わない非共有回路９０を設けることにより、読み出し回路３６は、共有カウントデータ８８と、非共有カウントデータ９４とを同時に取得することができる。非共有回路９０による処理は、１つ以上の電荷共有補正回路８２の処理よりも高速であるため、非共有回路９０からの非共有カウントデータ９４を使用して、１つ以上の電荷共有補正回路８２からの共有カウントデータ８８を修正することができる。したがって、高束によりパルスパイルアップが生じ得るすべての放射線検出器は、このソリューションの恩恵を受けるであろう。
【００６６】
図７は、入射放射線からの電荷により生成されるパルスの非限定的な例を概略的に示す。パルスは、２つの異なる読み出し回路３６の電荷共有補正回路８２‐１及び８２‐２ならびに非共有回路９０により処理され、ここでは、１つの読み出し回路３６は、集合２６の第１の画素２４‐２２に関連付けられ、１つの読み出し回路３６は、集合２６の第２の画素２４‐２３に関連付けられる。放射線検出器１２は、測定フレーム内で繰り返し放射

線を検出するように構成され、各測定フレームは、データ取得期間と、読み出し期間とを含む。図７は、データ取得期間中のカウントを示す。データ取得期間の後に、読み出し期間が続く。各読み出し期間中に、すべての共有レジスタ６４からの共有カウントデータ８８と、非共有レジスタ７４からの非共有カウントデータ９４とが、制御システム１４に同時に読み出される。データ取得期間と読み出し期間とのペアで、フレームが形成される。

【００６７】

図７は、６つのグラフＡからグラフＦを示す。グラフＡは、第１の画素２４‐２２の第１の電荷共有補正回路８２‐１によるカウントと、第１の共有閾値６０‐１とを示す。グラフＢは、第１の画素２４‐２２の第２の電荷共有補正回路８２‐２によるカウントと、第２の共有閾値６０‐２とを示す。グラフＣは、第１の画素２４‐２２の非共有回路９０によるカウントと、非共有閾値６８とを示す。グラフＤは、第２の画素２４‐２３の第１の電荷共有補正回路８２‐１によるカウントと、第１の共有閾値６０‐１とを示す。グラフＥは、第２の画素２４‐２３の第２の電荷共有補正回路８２‐２によるカウントと、第２の共有閾値６０‐２とを示す。グラフＦは、第２の画素２４‐２３の非共有回路９０によるカウントと、非共有閾値６８とを示す。

【００６８】

時刻ｔ１にて、光子からの電荷は、第１の画素２４‐２２に記録されるが、第２の画素２４‐２３には記録されない。グラフＣに示されるように、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、第１の画素２４‐２２の非共有カウンタ７２は、１にインクリメントされる。さらに、グラフＡに示されるように、集合２６における対応パルスの合計も第１の共有閾値６０‐１より大きいため、かつパルスは第１の画素２４‐２２において最大であるため、第１の画素２４‐２２の第１の共有カウンタ６２‐１は、１にインクリメントされる。

【００６９】

第２の画素２４‐２３にはパルスが記録されないため、第２の画素２４‐２３の非共有カウンタ７２は、インクリメントされない（グラフＦ）。さらに、集合２６における対応パルスの合計は第１の共有閾値６０‐１より大きいが、第２の画素２４‐２３より第１の画素２４‐２２の方がパルスは大きいため、第２の画素２４‐２３の第１の共有カウンタ６２‐１は、インクリメントされない（グラフＤ）。

【００７０】

時刻ｔ２にて、光子からの電荷は、第１の画素２４‐２２に記録されるが、第２の画素２４‐２３には記録されない。対応パルスは、時刻ｔ１のパルスより大きい。グラフＣに示されるように、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、第１の画素２４‐２２の非共有カウンタ７２は、２にインクリメントされる。さらに、グラフＡ及びグラフＢに示されるように、集合２６における対応パルスの合計も第１の共有閾値６０‐１及び第２の共有閾値６０‐２の両方より大きいため、かつパルスは第１の画素２４‐２２において最大であるため、第１の画素２４‐２２の第１の共有カウンタ６２‐１は、２にインクリメントされ、第１の画素２４‐２２の第２の共有カウンタ６２‐２は、１にインクリメントされる。

【００７１】

時刻ｔ３にて、光子からの電荷は、第１の画素２４‐２２及び第２の画素２４‐２３のそれぞれに記録される。第２の画素２４‐２３より第１の画素２４‐２２の方が、対応パルスは大きい。第１の画素２４‐２２及び第２の画素２４‐２３のそれぞれにおいて、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、グラフＣに示されるように、第１の画素２４‐２２の非共有カウンタ７２は、３にインクリメントされ、グラフＦに示されるように、第２の画素２４‐２３の非共有カウンタ７２は、１にインクリメントされる。さらに、対応パルスの合計は第１の共有閾値６０‐１及び第２の共有閾値６０‐２の両方より大きいため、かつパルスは第１の画素２４‐２２において最大であるため、グラフＡに示されるように、第１の画素２４‐２２の第１の共有カウンタ６２‐１は、３にインクリメントされ、グラフＢに示されるように、第１の画素２４‐２２の第２の共有カウンタ６２‐２は

、２にインクリメントされる。
【００７２】
時刻ｔ４にて、光子からの電荷は、第１の画素２４－２２及び第２の画素２４－２３のそれぞれに記録される。第１の画素２４－２２より第２の画素２４－２３の方が、対応パルスは大きい。第１の画素２４－２２及び第２の画素２４－２３のそれぞれにおいて、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、グラフＣに示されるように、第１の画素２４－２２の非共有カウンタ７２は、４にインクリメントされ、グラフＦに示されるように、第２の画素２４－２３の非共有カウンタ７２は、２にインクリメントされる。さらに、対応パルスの合計は第１の共有閾値６０－１及び第２の共有閾値６０－２の両方より大きいため、かつパルスは第２の画素２４－２３において最大であるため、グラフＤに示されるように、第２の画素２４－２３の第１の共有カウンタ６２－１は、１にインクリメントされ、グラフＥに示されるように、第２の画素２４－２３の第２の共有カウンタ６２－２は、１にインクリメントされる。
【００７３】
時刻ｔ５にて、光子からの電荷は、第２の画素２４－２３に記録されるが、第１の画素２４－２２には記録されない。グラフＦに示されるように、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、第２の画素２４－２３の非共有カウンタ７２は、３にインクリメントされる。さらに、グラフＤに示されるように、集合２６における対応パルスの合計も第１の共有閾値６０－１より大きいため、かつパルスは第２の画素２４－２３において最大であるため、第２の画素２４－２３の第１の共有カウンタ６２－１は、２にインクリメントされる。
【００７４】
時刻ｔ６にて、光子からの電荷は、第１の画素２４－２２に記録されるが、第２の画素２４－２３には記録されない。グラフＣに示されるように、対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、第１の画素２４－２２の非共有カウンタ７２は、５にインクリメントされる。さらに、集合２６における対応パルスの合計も第１の共有閾値６０－１及び第２の共有閾値６０－２より大きいため、かつパルスは第１の画素２４－２２において最大であるため、グラフＡに示されるように、第１の画素２４－２２の第１の共有カウンタ６２－１は、４にインクリメントされ、グラフＢに示されるように、第１の画素２４－２２の第２の共有カウンタ６２－２は、３にインクリメントされる。
【００７５】
時刻ｔ７にて、光子からの電荷は、第２の画素２４－２３に記録されるが、第１の画素２４－２２には記録されない。グラフＦに示されるように、時刻ｔ７における光子からの対応パルスは非共有閾値６８より大きいため、第２の画素２４－２３の非共有カウンタ７２は、４にインクリメントされる。しかし、時刻ｔ６における光子からの電荷が、時刻ｔ７において第１の画素２４－２２に依然として記録されているため、合計パルスは、第１の共有閾値６０－１及び第２の共有閾値６０－２のいずれも下回らない。その結果、パルスが第１の共有閾値６０－１及び第２の共有閾値６０－２を上回っているにもかかわらず、及び第１の画素２４－２２より第２の画素２４－２３の方がパルスは大きいにもかかわらず、時刻ｔ７において、第１の共有カウンタ６２－１及び第２の共有カウンタ６２－２のいずれもインクリメントされない。このようにして、電荷共有補正のデッドタイムにより、電荷共有補正セクション５０からの情報が見過ごされ得る。
【００７６】
時刻ｔ８にて、光子からの電荷が第１の画素２４－２２に記録される一方、ｔ７からのパルスが第２の画素２４－２３に依然として記録されている。グラフＣに示されるように、時刻ｔ８におけるパルスにより、第１の画素２４－２２の非共有カウンタ７２は、６にインクリメントされる。さらに、グラフＢに示されるように、時刻ｔ７のパルスと時刻ｔ８のパルスとの合計は、第２の共有閾値６０－２よりわずかに下回るため、かつ時刻ｔ８にてパルスは第１の画素２４－２２において最大であるため、第１の画素２４－２２の第２の共有カウンタ６２－２は、４にインクリメントされる。しかし、時刻ｔ７のパルスと

時刻ｔ８のパルスとの合計は、時刻ｔ８にて第１の共有閾値６０‐１を下回らないため、パルスは第１の画素２４‐２２において最大ではあるが、第１の画素２４‐２２の第１の共有カウンタ６２‐１は、インクリメントされない。このようにしてまた、電荷共有補正のデッドタイムにより、電荷共有補正セクション５０からの情報が見過され得る。

【００７７】

パルスが検出閾値を上回るまでには一定の時間がかかるため、時間的に近い別のパルスが必ずしもカウントされない場合もある。よって、２つのパルスは、デッドタイムよりも近い場合、１つとしてカウントされる場合がある。

【００７８】

図８は、共通の読み出し回路３６内の電荷共有補正回路８２のうちの１つ及び非共有回路９０に関する、異なる入力カウントレート１１２に対する出力カウントレート１１０の具体的かつ非限定的な例を概略的に示す。入力カウントレート１１２及び出力カウントレート１１０の単位は、カウント／ｓ×ｍｍ^2（平方ミリメートルあたりの毎秒カウント）である。入力カウントレート１１２は通常、異なる画素２４間で、その画素２４の放射線曝露に応じて異なる。例えば、対象１８と相互作用していない放射線を受ける画素２４の入力カウントレート１１２は通常、対象１８と相互作用した放射線を受ける画素２４の入力カウントレート１１２よりも、実質的に高い。

【００７９】

この具体的かつ非限定的な例における非共有曲線１１４は、１５ｋｅＶの非共有閾値６８及び４１ｎｓのシミュレートデッドタイムを有する非共有回路９０における出力カウントレート１１０を表す。この具体的かつ非限定的な例における電荷共有補正曲線１１６は、１５ｋｅＶの共有閾値６０及び１１７ｎｓのシミュレートデッドタイムを有する電荷共有補正回路８２における出力カウントレート１１０を表す。電荷共有補正は、低い入力カウントレート１１２では良好に機能するが、電荷共有補正回路８２のデッドタイムがより長いため、非共有回路９０よりも電荷共有補正回路８２の方が、より低い入力カウントレート１１２で飽和問題が発生する。電荷共有補正曲線１１６により示されるように、記録されたイベントが減少すると同時に、入力カウントレート１１２は増加し得る。

【００８０】

図８に示されるように、非共有曲線１１４上の出力カウントレート１１０の値は、ゼロから少なくとも比較的高い入力カウントレート１１２まで（図８の具体的な例ではゼロから少なくとも４×１０^{8}カウント／ｓ×ｍｍ^{2}まで）、入力カウントレート１１２の値に一意に対応する。対照的に、電荷共有補正曲線１１６では、出力カウントレート１１０の値は、実質的により低い入力カウントレート１１２まで（図８の具体的な例ではゼロから約１．８×１０^{8}カウント／ｓ×ｍｍ^{2}まで）、入力カウントレート１１２の値に一意に対応する。約１．８×１０^{8}カウント／ｓ×ｍｍ^{2}を上回る入力カウントレート１１２では、入力カウントレート１１２が増加するのに対して、電荷共有補正曲線１１６上の出力カウントレート１１０は減少する。この理由は、非共有回路９０よりも電荷共有補正回路８２の方が、デッドタイムが長いためである。電荷共有補正回路８２のうちのいずれかで記録されたイベントに基づくのではなく、非共有回路９０で記録されたイベントに基づいて、出力カウントレート１１０を特定することにより、より高い入力カウントレート１１２に対する出力カウントレート１１０を正確に特定することができる。入力カウントレート１１２が増加するのに対して、電荷共有補正回路８２のうちのいずれかにおける出力カウントレート１１０は減少する入力カウントレート１１２に、カウントレート閾値１１８が設定され得る。入力カウントレート１１２が増加するのに対して、電荷共有補正回路８２のうちのいずれかにおける出力カウントレート１１０は減少するような入力カウントレート１１２の検出は、シミュレーション、計算、及び／または実験により行われ得る。例えば、図８に関して、電荷共有補正曲線１１６のピークレベル、ここでは入力カウントレート１１２に関する出力カウントレート１１０の導関数がゼロである入力カウントレート１１２のレベルに、カウントレート閾値１１８が設定されていることが分かる。カウントレート閾値１１８は、制御システム１４により設定され得る。各読み出し回路３６は同じ

ハードウェアを有することから、すべての読み出し回路３６でカウントレート閾値１１８は同じであり得る。

【００８１】

撮像装置１０、例えばその制御システム１４は、非共有カウントデータ９４に基づいて、各読み出し回路３６の入力カウントレート１１２を特定し得る。入力カウントレート１１２がカウントレート閾値１１８を上回る場合、その読み出し回路３６に関して、共有カウントデータ８８は無視され得る。この方法は、非共有回路９０からの非共有カウントデータ９４に基づいて、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２からの共有カウントデータ８８を修正する一例を構成する。

【００８２】

出力カウントレートCR_{output}（または１１０）は、次のように特定され得る。

【数１】

$$CR_{output} = \frac{C_{nsc}}{t*A} \quad (1)$$

C_{nsc}は、非共有回路９０によりカウントされるカウント数（データ取得期間中のカウント数など）であり、ｔは、期間（データ取得期間など）であり、Ａは、非共有回路９０に関連付けられた一次画素２４の面積である。次いで、出力カウントレート１１０に基づいて、入力カウントレート１１２が特定され得る。例えば、非共有回路９０の出力カウントレート１１０と入力カウントレート１１２との関係、すなわち図８の非共有曲線１１４を表す数式またはシミュレーションに基づいて、入力カウントレート１１２は特定され得る。読み出し回路３６のうちの１つ、いくつか、またはすべてに関する入力カウントレート１１２が特定され得る。

【００８３】

対象１８を通過するＸ線の数がより少ないため、対象１８を通過しない放射線の入力カウントレート１１２は、対象１８を通過する放射線の入力カウントレート１１２よりも実質的に高くあり得る。よって、例えば、対象１８を通過しない放射線の入力カウントレート１１２がカウントレート閾値１１８を上回り、かつ対象１８を通過する放射線の入力カウントレート１１２がカウントレート閾値１１８を下回るように、カウントレート閾値１１８は設定され得る。カウントレート閾値１１８を上回る入力カウントレート１１２を有する画素２４からの共有カウントデータ８８を、例えば再構成中に制御システム１４が無視する場合、画像処理を高速化することができる。さらに、対象１８を通過しない放射線は関心対象のいずれのスペクトル情報も含み得ないことから、画質を劣化させることなく、画像処理を高速化することができる。

【００８４】

さらに、電荷共有補正回路８２よりも短いデッドタイムを有する非共有回路９０から非共有カウントデータ９４を読み出すことにより、１つ以上の電荷共有補正回路を備えるが非共有回路は備えない従来の放射線検出器と比較して、放射線検出器１２には、はるかに高い入力カウントレート１１２の範囲で優れた分解能がもたらされる。

【００８５】

したがって、放射線検出器１２は、対象１８と相互作用していない放射線を受ける画素２４における高い入力カウントレート１１２を処理することと、対象１８と相互作用した低い入力カウントレート１１２の放射線を受ける画素２４において、電荷共有補正により高いエネルギー分解能を提供することとを、同時に行うことができる。

【００８６】

図９は、入射放射線を処理する方法の全体的なステップを概説するフローチャートである。方法は、入射放射線の放射線エネルギーを検出するように構成された複数の画素２４

を設けることＳ１０を含む。方法はさらに、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する一次画素２４からの入力信号４２を処理するように構成された読み出し回路３６を設けることＳ１２を含む。方法はさらに、読み出し回路３６内の少なくとも１つの電荷共有補正回路８２により、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する少なくとも１つの二次画素２４を含む画素２４の集合２６からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号５６を処理することＳ１４を含む。方法はさらに、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２による電荷共有電気信号５６の処理Ｓ１４と同時に、読み出し回路３６内の非共有回路９０により、一次画素２４のみに関連付けられ、かつ一次画素２４からの放射線エネルギーを表す一次電気信号７０を処理することＳ１６を含む。

【００８７】

この実施例の方法はさらに、各電荷共有補正回路８２内の共有比較器５８により、電荷共有電気信号５６を共有閾値６０と比較することＳ１８を含む。この実施例の方法はさらに、各電荷共有補正回路８２内の共有カウンタ６２により、各自の共有比較器５８に関連付けられた共有データ８６をカウントして、共有カウントデータ８８を提供することＳ２０を含む。この実施例の方法はさらに、各電荷共有補正回路８２内の共有レジスタ６４により、各自の共有カウンタ６２からの共有カウントデータ８８を処理することＳ２２を含む。

【００８８】

この実施例の方法はさらに、非共有回路９０内の非共有比較器６６により、一次電気信号７０を非共有閾値６８と比較することＳ２４を含む。この実施例の方法はさらに、非共有回路９０内の非共有カウンタ７２により、非共有カウンタ７２に関連付けられた非共有データ９２をカウントして、非共有カウントデータ９４を提供することＳ２６を含む。この実施例の方法はさらに、非共有回路９０内の非共有レジスタ７４により、非共有カウンタ７２からの非共有カウントデータ９４を処理することＳ２８を含む。この実施例では、比較Ｓ１８、カウントＳ２０、及び処理Ｓ２２は、比較Ｓ２４、カウントＳ２６、及び処理Ｓ２８と、同時に実行される。

【００８９】

この実施例の方法はさらに、非共有カウントデータ９４に基づいて共有カウントデータ８８を修正することＳ３０を含む。この実施例では、修正Ｓ３０は、読み出し回路３６ごとに、非共有回路９０からの非共有カウントデータ９４に基づいて、出力カウントレート１１０を特定することＳ３２と、出力カウントレート１１０に基づいて、入力カウントレート１１２を特定することＳ３４と、入力カウントレート１１２に基づいて、少なくともいくつかの共有カウントデータ８８を無視することＳ３６と、を含む。

【００９０】

いくつかの実施形態は、複数の画素２４を備えた放射線検出器１２のための読み出し回路３６を含み、読み出し回路３６は、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する一次画素２４からの入力信号４２を処理するように構成され、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２と、非共有回路９０とを備え、各電荷共有補正回路８２は、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する少なくとも１つの二次画素２４を含む画素２４の集合２６からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号５６を処理するように構成され、非共有回路９０は、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２による電荷共有電気信号５６の処理と同時に、一次画素２４のみに関連付けられ、かつ一次画素２４からの放射線エネルギーを表す一次電気信号７０を処理するように構成される。

【００９１】

読み出し回路３６は、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２による電荷共有電気信号５６の処理が、非共有回路９０による一次電気信号７０の処理と同時に実行されるように構成され得る。したがって、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２と非共有回路９０は、同時に活動状態になり得る。

【００９２】

各画素２４は、画素２４の固有の集合２６に関連付けられ得る。画素２４の各集合２６

は、一次画素２４と少なくとも１つの二次画素２４との対応関係を有し得る。画素２４の各集合２６は、一次画素２４に加えて、一次画素２４に対する複数の二次画素２４を含み得る。

【００９３】

いくつかの実施形態では、共通入力信号４２に応じて、非共有回路９０は、非共有データ９２を提供するように構成され、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２のうちの１つ以上は、共有データ８６を提供するように構成される。

【００９４】

いくつかの実施形態では、少なくとも１つの二次画素２４は、一次画素２４に隣接している。２つの隣接する画素２４は、並んで配置されてもよく、または互いに斜めに隣接してもよい。

【００９５】

いくつかの実施形態では、各電荷共有補正回路８２は、電荷共有電気信号５６を固有の共有閾値６０と比較するように構成された共有比較器５８を備える。

【００９６】

いくつかの実施形態では、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２は、第１の共有比較器５８‐１を有する第１の電荷共有補正回路８２‐１と、第２の共有比較器５８‐２を有する第２の電荷共有補正回路８２‐２とを備え、第１の共有比較器５８‐１は、電荷共有電気信号５６‐１を第１の共有閾値６０‐１と比較するように構成され、第２の共有比較器５８‐２は、電荷共有電気信号５６‐２を、第１の共有閾値６０‐１とは異なる第２の共有閾値６０‐２と比較するように構成される。

【００９７】

いくつかの実施形態では、各電荷共有補正回路８２は、共有比較器５８に関連付けられた共有データ８６をカウントするように構成された共有カウンタ６２を備える。

【００９８】

いくつかの実施形態では、各電荷共有補正回路８２は、共有カウンタ６２に関連付けられ、かつ関連する共有カウンタ６２からの共有カウントデータ８８を処理するように構成された共有レジスタ６４を備える。

【００９９】

いくつかの実施形態では、各非共有回路９０は、一次電気信号７０を非共有閾値６８と比較するように構成された非共有比較器６６を備える。

【０１００】

いくつかの実施形態では、非共有閾値６８は、各共有閾値６０よりも低くあり得る。

【０１０１】

いくつかの実施形態では、各非共有回路９０は、非共有比較器６６に関連付けられた非共有データ９２をカウントするように構成された非共有カウンタ７２を備える。

【０１０２】

いくつかの実施形態では、各非共有回路９０は、非共有カウンタ７２に関連付けられ、かつ関連する非共有カウンタ７２からの非共有カウントデータ９４を処理するように構成された非共有レジスタ７４を備える。

【０１０３】

いくつかの実施形態は、複数の画素２４と、本開示による少なくとも１つの読み出し回路３６とを備えた放射線検出器１２を含み、各読み出し回路３６は、複数の画素２４のうち、固有の画素２４に関連付けられる。放射線検出器１２は、それぞれが固有の画素２４に関連付けられた、少なくとも１００個の読み出し回路３６などの複数の読み出し回路３６を備え得る。非共有閾値６８は、すべての読み出し回路３６で同じであり得、及び／または各共有閾値６０（例えば第１の共有閾値６０‐１及び第２の共有閾値６０‐２）は、すべての読み出し回路３６で同じであり得る。

【０１０４】

いくつかの実施形態では、放射線検出器１２は、少なくとも１つの電荷共有補正回路８

２から共有カウントデータ８８を読みだすことと、非共有回路９０から非共有カウントデータ９４を読みだすこととを、読み出し回路３６ごとに同時に行うように構成される。

【０１０５】

いくつかの実施形態は、本開示による放射線検出器１２を備えた撮像装置１０を含む。

【０１０６】

いくつかの実施形態では、撮像装置１０はさらに、制御システム１４を備え、制御システム１４は、少なくとも１つのデータ処理デバイス２０と、少なくとも１つのコンピュータプログラムを格納した少なくとも１つのメモリ２２とを含む。

【０１０７】

いくつかの実施形態では、少なくとも１つのコンピュータプログラムは、プログラムコードを有し、プログラムコードは、少なくとも１つのデータ処理デバイス２０により実行されると、少なくとも１つのデータ処理デバイス２０に、少なくとも１つの非共有回路９０のうちの１つ以上からの非共有カウントデータ９４に基づいて、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２のうちの１つ以上からの共有カウントデータ８８を修正させる。

【０１０８】

いくつかの実施形態では、少なくとも１つのコンピュータプログラムは、プログラムコードを有し、プログラムコードは、少なくとも１つのデータ処理デバイス２０により実行されると、少なくとも１つのデータ処理デバイス２０に、非共有回路９０からの非共有カウントデータ９４に基づいて、出力カウントレート１１０を特定することと、出力カウントレート１１０に基づいて、入力カウントレート１１２を特定することと、入力カウントレート１１２に基づいて、少なくともいくつかの共有カウントデータ８８を無視することとを、読み出し回路３６ごとに実行させる。

【０１０９】

出力カウントレート１１０は、非共有回路９０によりカウントされたカウント数を時間で割り、それを非共有回路９０に関連付けられた一次画素２４の面積で割ることで、特定され得る。次に、出力カウントレート１１０に基づいて、例えば数式またはシミュレーションにより、入力カウントレート１１２が特定され得る。読み出し回路３６のうちの１つ、いくつか、またはすべてに関する入力カウントレート１１２が特定され得る。

【０１１０】

共有カウントデータ８８のうちの少なくともいくつかを無視することは、読み出し回路３６ごとに、その読み出し回路３６の入力カウントレート１１２がカウントレート閾値１１８より高い場合、共有カウントデータ８８を無視することを含み得る。カウントレート閾値１１８は、１つ以上の電荷共有補正回路８２のうちの少なくとも１つで飽和が生じる入力カウントレート１１２に設定され得る。

【０１１１】

いくつかの実施形態は、入射放射線を処理する方法を含み、方法は、入射放射線の放射線エネルギーを検出するように構成された複数の画素２４を設けることＳ１０と、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する一次画素２４からの入力信号４２を処理するように構成された読み出し回路３６を設けることＳ１２と、読み出し回路３６内の少なくとも１つの電荷共有補正回路８２により、複数の画素２４のうち、読み出し回路３６に対する少なくとも１つの二次画素２４を含む画素２４の集合２６からの放射線エネルギーの合計を表す電荷共有電気信号５６を処理することＳ１４と、少なくとも１つの電荷共有補正回路８２による電荷共有電気信号５６の処理Ｓ１４と同時に、読み出し回路３６内の非共有回路９０により、一次画素２４のみに関連付けられ、かつ一次画素２４からの放射線エネルギーを表す一次電気信号７０を処理することＳ１６と、を含む。

【０１１２】

いくつかの実施形態では、方法はさらに、各電荷共有補正回路８２内の共有比較器５８により、電荷共有電気信号５６を共有閾値６０と比較することＳ１８と、各電荷共有補正回路８２内の共有カウンタ６２により、各自の共有比較器５８に関連付けられた共有データ８６をカウントして、共有カウントデータ８８を提供することＳ２０と、各電荷共有補

正回路８２内の共有レジスタ６４により、各自の共有カウンタ６２からの共有カウントデータ８８を処理することＳ２２と、非共有回路９０内の非共有比較器６６により、一次電気信号７０を非共有閾値６８と比較することＳ２４と、非共有回路９０内の非共有カウンタ７２により、非共有カウンタ７２に関連付けられた非共有データ９２をカウントして、非共有カウントデータ９４を提供することＳ２６と、非共有回路９０内の非共有レジスタ７４により、非共有カウンタ７２からの非共有カウントデータ９４を処理することＳ２８と、を含む。

【０１１３】

いくつかの実施形態では、方法はさらに、非共有カウントデータ９４に基づいて、共有カウントデータ８８を修正することＳ３０を含む。

【０１１４】

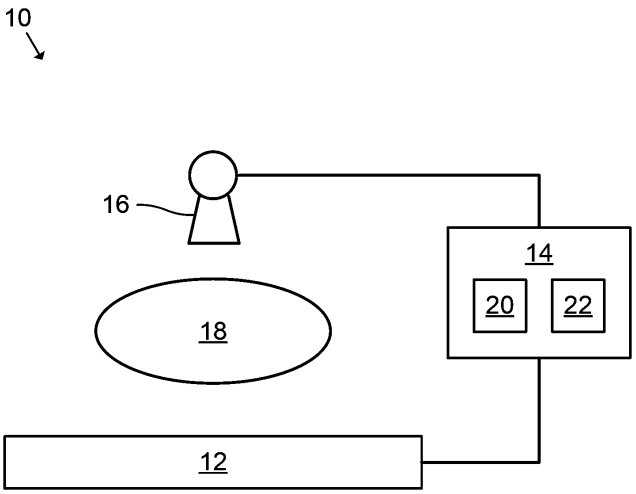
いくつかの実施形態では、方法はさらに、読み出し回路３６ごとに、非共有回路９０からの非共有カウントデータ９４に基づいて、出力カウントレート１１０を特定することＳ３２と、出力カウントレート１１０に基づいて、入力カウントレート１１２を特定することＳ３４と、入力カウントレート１１２に基づいて、少なくともいくつかの共有カウントデータ８８を無視することＳ３６と、を含む。

【０１１５】

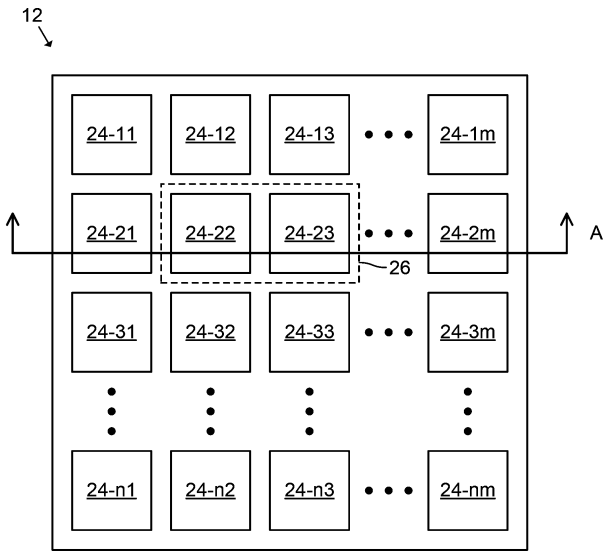
本開示は例示的な実施形態を参照して説明されたが、前述されたことに本発明は限定されないことを理解されたい。例えば、必要に応じて部品の寸法を変えてもよいことを理解されたい。したがって、本発明は、本明細書に添付される特許請求の範囲によってのみ制限され得ることが意図される。

【図面】

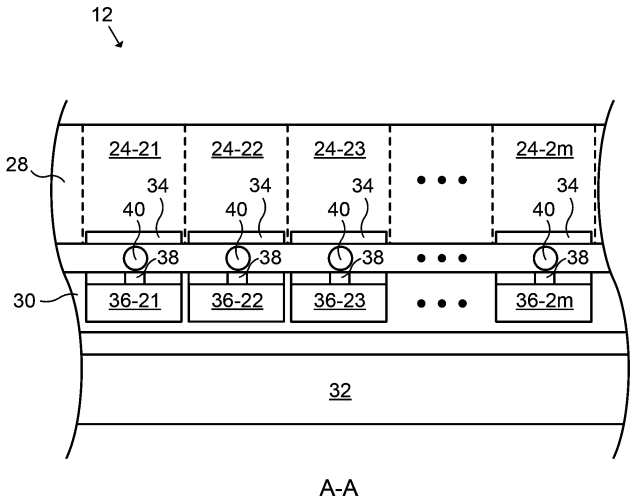
【図１】



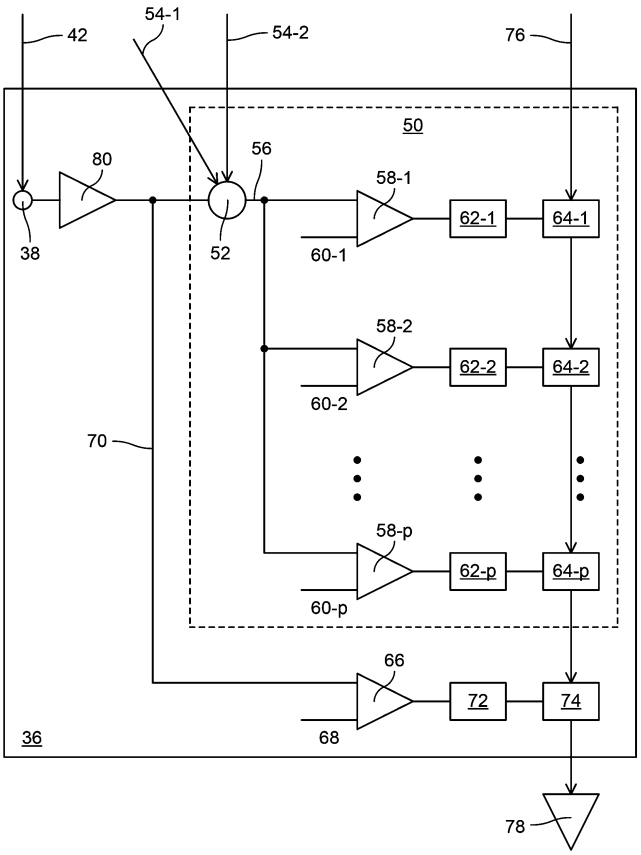
【図２】



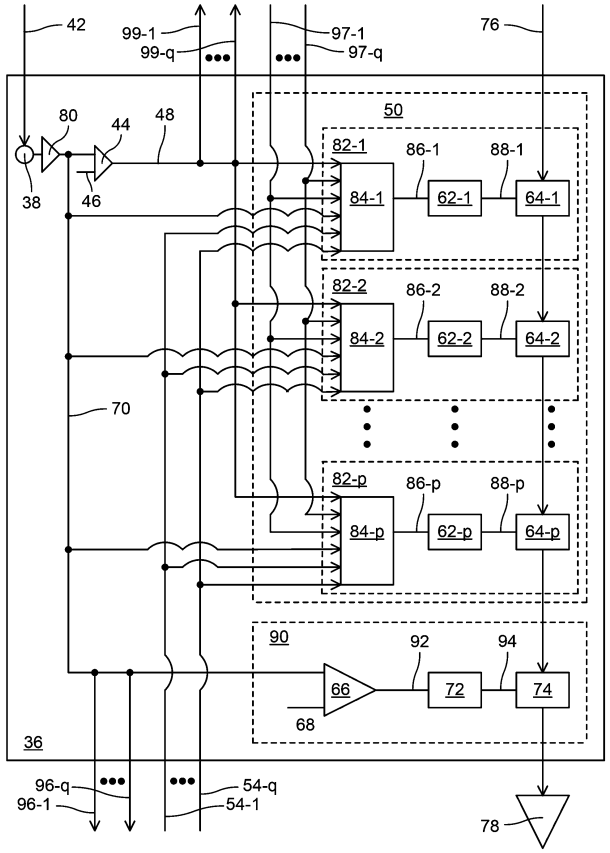
【図３】


12
28
24-21
24-22
24-23
24-2m
34
40
38
30
36-21
36-22
36-23
36-2m
32
A-A

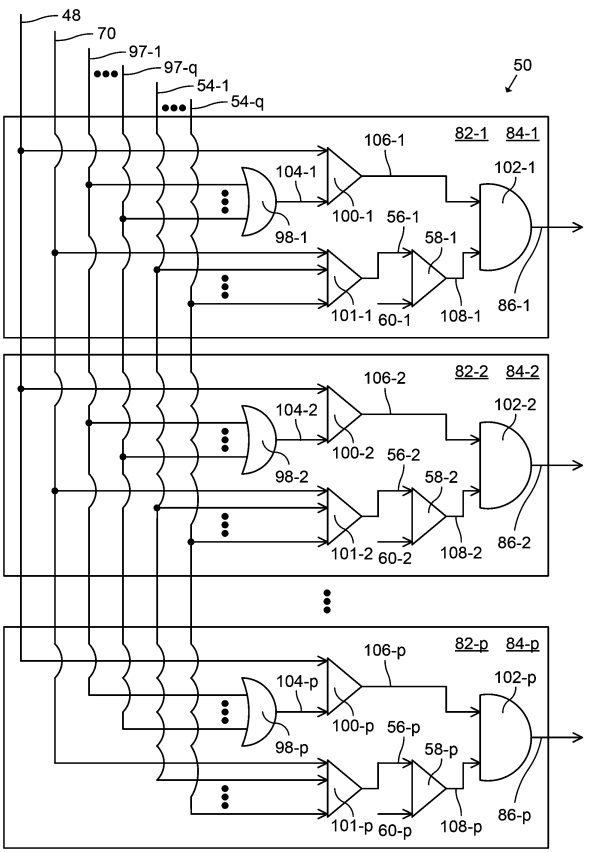
【図４】


42
54-1
54-2
76
50
80
56
38
52
58-1
60-1
62-1
64-1
58-2
60-2
62-2
64-2
70
58-p
60-p
62-p
64-p
66
68
72
74
36
78

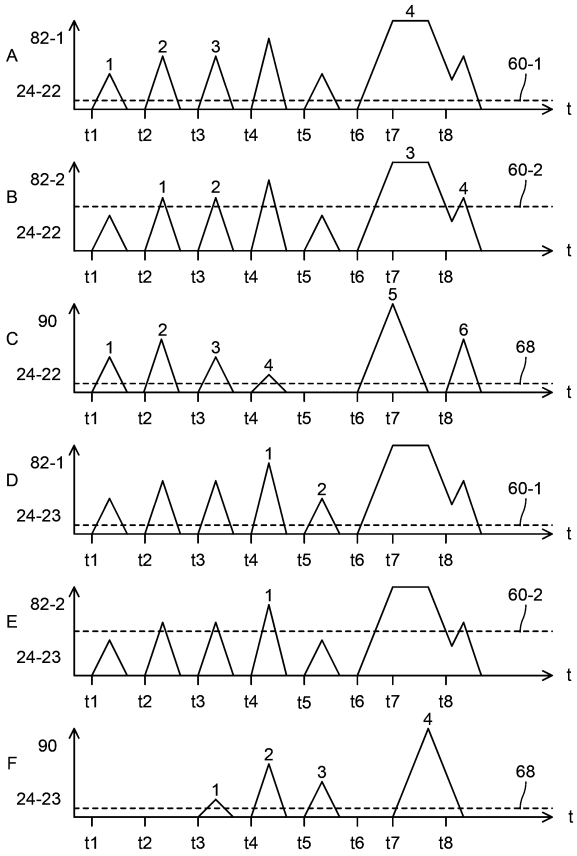
【図５】


42
99-1
99-q
97-1
97-q
76
50
80
44
48
38
46
82-1
86-1
88-1
84-1
62-1
64-1
82-2
86-2
88-2
84-2
62-2
64-2
70
82-p
86-p
88-p
84-p
62-p
64-p
90
92
94
66
72
74
68
36
96-q
96-1
54-q
54-1
78

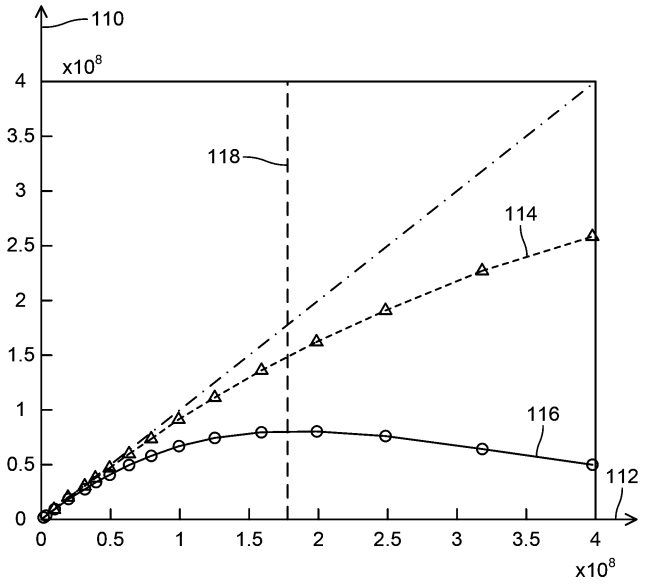
【図６】


48
70
97-1
97-q
54-1
54-q
50
82-1
84-1
106-1
102-1
104-1
100-1
98-1
56-1
58-1
101-1
60-1
108-1
86-1
82-2
84-2
106-2
102-2
104-2
100-2
98-2
56-2
58-2
101-2
60-2
108-2
86-2
82-p
84-p
106-p
102-p
104-p
100-p
98-p
56-p
58-p
101-p
60-p
108-p
86-p

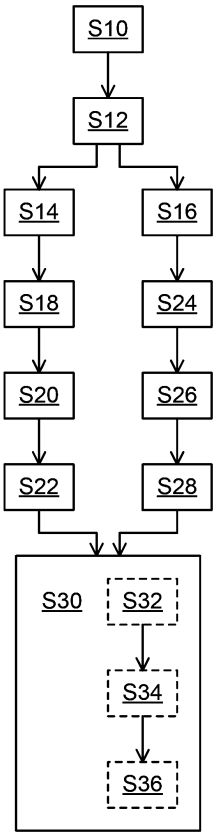
【図７】



【図８】



【図９】



【外国語明細書】

20240282160000012.pdf