

(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
2012年4月5日(05.04.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/043788 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/24 (2006.01) H01L 27/14 (2006.01)
G01T 1/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/072528
- (22) 国際出願日: 2011年9月30日(30.09.2011)
- (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 2010-220514 2010年9月30日(30.09.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社(HITACHI CONSUMER ELECTRONICS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ▲高▼橋 勲(TAKAHASHI Isao) [JP/JP]; 〒1018971 東京都千代田区外神田4丁目14番1号 日立電線株式会社内 Tokyo (JP). 須永 義則(SUNAGA Yoshinori) [JP/JP]; 〒1018971 東京都千代田区外神田4丁目14番1号 日立電線株式会社内 Tokyo (JP). 井上 慎一(INOUE Shinichi) [JP/JP]; 〒

1018971 東京都千代田区外神田4丁目14番1号 日立電線株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

- (54) Title: RADIATION DETECTOR
- (54) 発明の名称: 放射線検出装置

[図3]

図 3

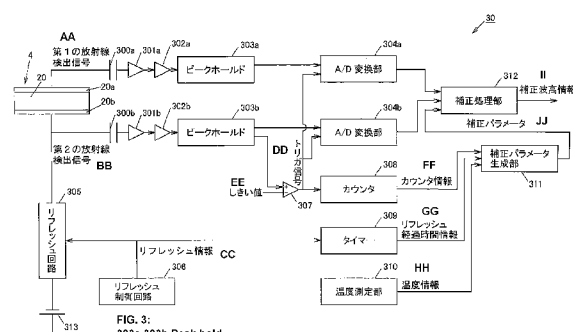


FIG. 3:
303a, 303b Peak hold
304a, 304b A/D converter
305 Refresh circuit
306 Refresh control circuit
308 Counter
309 Timer
310 Temperature measurement unit
311 Correction parameter generator
312 Correction processor
AA First radiation detection signal
BB Second radiation detection signal
CC Refresh information
DD Trigger signal
EE Threshold
FF Counter information
GG Refresh elapse time information
HH Temperature information
II Corrected wave height information
JJ Correction parameters

(57) Abstract: The present invention provides a radiation detector comprising: a CdTe element (20) (semiconductor element) which has a positive electrode (20a) and a negative electrode (20b) and outputs a radiation detection signal with respect to incident radiation (4); a correction parameter generator (311); and a correction processor (312), wherein the radiation detector is characterized in that the correction parameter generator (311) generates a correction parameter used to correct the wave height of the radiation detection signal which is lowered due to the recombination of carriers generated in the CdTe element (20) by the incident radiation (4), and the correction processor (312) performs a correction on the basis of the correction parameter generated by the correction parameter generator (311). The present invention makes it possible to improve the detection accuracy of the radiation detector because the wave height of the radiation detection signal can be corrected.

(57) 要約: 本発明は、陽電極20a及び陰電極20bを有し放射線4の入射に対して放射線検出信号を出力するCdTe素子20(半導体素子)と、補正パラメータ生成部311と、補正処理部312とを備えた放射線検出装置において、補正パラメータ生成部311は、放射線4の入射によりCdTe素子20

に生じたキャリアが再結合することによって低下した放射線検出信号の波高を補正する補正処理に用いる補正パラメータを生成し、補正処理部312は、補正パラメータ生成部311で生成された補正パラメータに基づいて補正処理を行うことを特徴とする。本発明によれば、放射線検出信号の波高を補正することができるため、放射線検出装置の検出精度を向上することができる。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：放射線検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の技術としては、例えば、特許文献１に記載されているように、微分手段と積分手段との組み合わせからなる準ガウス形フィルタを含む波形整形増幅手段と、上記微分手段の出力に関する信号波高と上記波形整形増幅手段の出力信号波高を比較することにより事象ごとの電荷収集時間情報を得る手段と、上記電荷収集時間情報に応じて事象ごとに上記波形整形増幅手段の出力信号波高を補正することにより電荷収集の不完全性に起因するエネルギー分解能の劣化を改善する補正手段とを有する半導体放射線検出装置が知られている。

[0003] 特許文献１に記載の半導体放射線検出装置によれば、電荷収集の不完全性及び波形整形増幅手段の入力信号の立ち上がり起因するエネルギー分解能の劣化を、検出効率を低下させずに改善することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開昭６１－１４５９０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の半導体放射線検出装置は、出力信号波高の補正に用いるパラメータが固定値であり、検出素子の温度及び分極（ポラリゼーション）等に起因するエネルギー分解能の劣化により、安定して放射線のエネルギーを検出することが困難である。

[0006] 本発明の目的は、放射線検出装置において、放射線のエネルギーの検出精度を向上することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の放射線検出装置においては、補正パラメータ生成部は、放射線の入射により半導体素子に生じたキャリアが再結合することによって低下した放射線検出信号の波高を補正する補正処理に用いる補正パラメータを生成し、補正処理部は、補正パラメータ生成部で生成された補正パラメータに基づいて補正処理を行うことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、放射線検出信号の波高を補正することができるため、放射線検出装置の検出精度を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施の形態に係る放射線検出装置を示す斜視図である。
[図2]第1の実施の形態に係る放射線検出器を示す斜視図である。
[図3]第1の実施の形態に係る放射線検出回路を示すブロック図である。
[図4A]第1の実施の形態に係る半導体素子における放射線の入射による電子及び正孔の対生成を示す模式図である。
[図4B]半導体素子に入射した放射線の入射位置を示す模式図である。
[図4C]半導体素子から読み出される電荷収集効率と時間との関係を示すグラフである。
[図5A]第1の実施の形態に係る補正パラメータの温度依存性を示すグラフである。
[図5B]補正パラメータのリフレッシュ後の経過時間依存性を示すグラフである。
[図6]第1の実施の形態に係る補正パラメータの温度依存性を示すグラフである。
[図7]第2の実施の形態に係る放射線検出回路を示すブロック図である。
[図8]第3の実施の形態に係る放射線検出回路を示すブロック図である。
[図9]第3の実施の形態に係る補正処理に用いるライズタイムとしきい値との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0010] 実施の形態に係る放射線検出装置は、陽電極及び陰電極を有し放射線の入射に対して放射線検出信号を出力する半導体素子と、補正パラメータ生成部と、補正処理部とを備え、補正パラメータ生成部は、放射線の入射により半導体素子に生じたキャリアが再結合することによって低下した放射線検出信号の波高を補正する補正処理に用いる補正パラメータを生成し、補正処理部は、補正パラメータ生成部で生成された補正パラメータに基づいて補正処理を行うことを特徴とする。
- [0011] 前記放射線検出装置は、さらに、半導体素子の温度を測定して温度情報を生成する温度測定部、半導体素子のリフレッシュ処理からの経過時間を示すリフレッシュ経過時間情報を生成する経過時間情報生成部、及び半導体素子に入射した放射線の計数率を示すカウント情報を生成するカウント情報生成部の少なくとも1つを備え、補正パラメータ生成部は、温度情報、リフレッシュ経過時間情報及びカウント情報の少なくとも1つに基づいて補正パラメータを生成することが望ましい。
- [0012] 前記放射線検出信号は、陽電極から出力される第1の放射線検出信号、及び陰電極から出力される第2の放射線検出信号とからなり、補正処理部は、第1の放射線検出信号と、第1の放射線検出信号よりも短い時定数で処理された信号（短時定数信号）又は第1の放射線検出信号よりも長い時定数で処理された信号（長時定数信号）である第2の放射線検出信号とに基づいて補正処理を行うことが望ましい。
- [0013] 前記放射線検出装置は、さらに、陽電極又は陰電極から出力された放射線検出信号を2つに分ける回路を設け、補正処理部は、2つに分けた一方の信号である短時定数信号と、この信号（短時定数信号）よりも長時定数信号とに基づいて補正処理を行うことが望ましい。
- [0014] 前記補正処理部は、放射線検出信号が第1のしきい値に達した時間と、第1のしきい値よりも大きい第2のしきい値に達した時間との時間差、及び放射線検出信号に基づいて補正処理を行うことが望ましい。

[0015] 以下、図面を用いて具体的に説明する。

[0016] [第 1 の実施の形態]

(放射線検出装置の構成の概要)

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る放射線検出装置の斜視図である。

[0017] 本図において、放射線検出装置 1 は、複数の放射線検出器 2 を平面的に（二次元的に）並べた構成である。放射線検出器 2 は、放射線検出器立て 1 a によって保持されている。放射線検出器立て 1 a は、基部 1 0 と、この基部 1 0 の上に設置された複数の支持体 1 1 と、複数のコネクタ 1 2 とで構成されている。コネクタ 1 2 は、基部 1 0 と支持体 1 1 との間に配置されている。支持体 1 1 には、定められた間隔で複数の溝 1 1 1 が形成されている。これらの溝 1 1 1 には、複数の放射線検出器 2 が挿入され、固定されている。

[0018] 支持体 1 1 は、基部 1 0 の上に放射線検出器 2 の幅に対応する間隔を有して設けられている。そして、複数の支持体 1 1 はそれぞれ、複数の壁部 1 1 0 を有しており、隣り合う壁部 1 1 0 の間に溝 1 1 1 が形成されている。壁部 1 1 0 は、一方の表面にくぼみ部 1 1 2 が設けられ、他方の表面は平坦面 1 1 3 である。

[0019] (放射線検出器の構成)

図 2 は、図 1 の放射線検出器 2 を拡大して示した斜視図である。

[0020] 本図において、放射線検出器 2 は、半導体素子である CdTe 素子 2 0、CdTe 素子 2 0 を接続した基板 2 1、フレキシブル基板 2 2、及びカードエッジ部 2 2 4 を有している。放射線検出器 2 のカードエッジ部 2 2 4 は、図 1 に示す放射線検出器立て 1 a のコネクタ 1 2 によって接続されるようになっている。

[0021] 放射線検出器 2 の弾性部材実装部 2 5 0 には、例えば、板金を用いて形成される弾性部材 2 5 1 が組み込まれている。図 2 に示す支持体 1 1 の溝 1 1 1 に放射線検出器 2 が挿入されると、放射線検出器 2 は、弾性部材 2 5 1 によって壁部 1 1 0 の平坦面 1 1 3 に押し付けられ、支持体 1 1 に放射線検出器 2 が固定される。なお、複数の支持体 1 1 はそれぞれ金属材料から切削等

により形成したものである。

[0022] 放射線検出器 2 は、 γ 線、X 線等の放射線 4 を検出する放射線検出器である。図 2 において放射線 4 は、放射線検出器 2 の半導体素子としての CdTe 素子 20 からカードホルダ 23 に向かう方向（図中の矢印の方向）に沿って伝搬して放射線検出器 2 に入射する。

[0023] 放射線 4 は、CdTe 素子 20 の入射面（図 2 においては、すべての CdTe 素子 20 が接する平面（側面））に入射する。このように半導体素子の側面を放射線 4 の入射面とする放射線検出器を、エッジオン型の放射線検出器と称する。

[0024] なお、放射線検出器 2 は、特定の方向（例えば、被検体から放射線検出器 2 に向かう方向）に沿って入射してくる放射線 4 が通過する複数の開口を有するコリメータを介して放射線 4 を検出する。なお、コリメータは、多孔平行コリメータであるが、これに限定されず、ピンホールコリメータ等を用いても良い。また、本実施の形態は、エッジオン型でない放射線検出器にも適用することができる。また、本実施の形態に係る放射線検出器 2 は、カード型の形状を呈する。

[0025] また、放射線検出器 2 の基板 21 は、カードホルダ 23 とカードホルダ 24 とに挟み込まれて支持されている。カードホルダ 23 とカードホルダ 24 とはそれぞれ、同一形状を有する。カードホルダ 23 には溝付穴 230 が設けてあり、カードホルダ 24 の突起部 240 が嵌め合わされている。カードホルダ 24 にも溝付穴（図示しない）が設けてあり、カードホルダ 23 の突起部 231 が嵌め合わされている。これにより、基板 21 はカードホルダ 23、24 に固定されている。

[0026] また、弾性部材実装部 250 は、放射線検出器立て 1a に放射線検出器 2 が挿入される際、放射線検出器 2 を図 2 に示す放射線検出器立て 1a に押し付けて固定する弾性部材 251 が設けられる部分である。なお、放射線検出器立て 1a は、カードエッジ部 224 が挿入されるコネクタ 12 を有しており、カードエッジ部 224 がコネクタ 12 に挿入されると、放射線検出器 2

は、カードエッジ部 224 に形成されたパターン 225 とコネクタ 12 とが電氣的に接続される。これにより、放射線検出器 2 は、外部の制御回路、外部からの電源線、グランド線等に電氣的に接続される。

[0027] 図 2 においては、例として、放射線検出器 2 は、基板 21 の両側にそれぞれ 4 個の C d T e 素子 20 が一定の間隔で配置されている。

[0028] フレキシブル基板 22 は、フィルム状の樹脂（例えば、ポリイミド）を用いて形成された基板である。

[0029] 図 2 に示すフレキシブル基板 22 は、略半円形状の接続部 220、221、222、223 を有する。接続部 220、221、222、223 は、導電性材料を用いて形成されたパターンであり、例えば、C u 等を用いて形成される。接続部 220 は、基板端子 210 と電氣的に接続するように構成されている。同様に、接続部 221 は基板端子 211 と、接続部 222 は基板端子 212 と、接続部 223 は基板端子 213 と、それぞれ、電氣的に接続されている。なお、図 2 においては、C d T e 素子 20 は基板 21 に対して対称に配置されており、図中、フレキシブル基板 22 の裏側に配置されたフレキシブル基板、及びこれと電氣的に接続された基板端子も設置されているが、図示は省略している。

[0030] また、図示していないが、C d T e 素子 20 は、表面に略等間隔で設けられた複数の溝部を有する。本実施の形態においては、C d T e 素子 20 は、7 本の溝部を有する。

[0031] これらの溝部で分けられる C d T e 素子 20 の部分のそれぞれは、放射線 4 を検出する 1 個の画素（ピクセル）に対応する。これにより、1 個の C d T e 素子 20 は、複数の画素を有することになる。よって、1 個の放射線検出器 2 が 8 個の C d T e 素子 20 を備え、1 個の C d T e 素子 20 が 8 個のピクセルを有する場合、1 個の放射線検出器 2 は、64 ピクセルの解像度を有することになる。溝部の数を増減させることにより、1 個の C d T e 素子 20 のピクセル数を増減させることができる。

[0032] 基板 21 は、複数の C d T e 素子 20 のそれぞれが設置される第 1 の端部

側の幅が、複数のCdTe素子20が設置される第1の端部側の反対側の第2の端部側よりも広く形成される。なお、第2の端部側において基板21は、カードホルダ23及びカードホルダ24によって支持される。また、第2の端部側には、放射線検出器2と外部の制御回路とを電氣的に接続可能とする複数のパターン225が設けられたカードエッジ部224が設けられる。また、CdTe素子20と電氣的に接続する基板21に形成された素子接続部（図示せず）とカードエッジ部224との間には、素子接続部を介して複数のCdTe素子20のそれぞれと電氣的に接続される抵抗、コンデンサ等の電子部品を設置する複数の電子部品設置部3が設けられる。なお、電子部品設置部3には、後述するApplication Specific Integrated Circuit (ASIC)、Field Programmable Gate Array (FPGA)等が設置される。

[0033] なお、基板21は、一例として、幅広の方向、すなわち長手方向は40mm程度の長さとしてある。そして、基板21は、幅広の部分の端部から幅が狭くなっている部分の端部まで、すなわち、素子接続部が設けられている部分の端からカードエッジ部224の端までの短手方向は、20mm程度の長さとしてある。

[0034] 本実施の形態において、半導体素子を構成する化合物半導体としては、例としてCdTeを用いたが、これに限定されるものではなく、 γ 線等の放射線を検出するCdZnTe (CZT) 素子、 HgI_2 素子等の化合物半導体素子を用いることもできる。

[0035] (放射線検出回路の構成)

図3は、第1の実施の形態に係る放射線検出回路のブロック図である。

[0036] 本実施の形態に係る放射線検出回路30は、図2に示す電子部品設置部3に設置される。放射線検出回路30の一部は、図1に示す放射線検出器立て1aに設置されるようにしてもよい。

[0037] 放射線検出回路30は、例えば、放射線4の入射によって半導体素子であるCdTe素子20に生じたキャリアが再結合することにより低下した放射

線検出信号の波高を補正する回路である。つまり、放射線検出回路30は、例えば、入射した放射線のエネルギーを正確に求めるために補正処理を行う。ここで、キャリアは、正孔及び電子である。

[0038] 放射線検出回路30は、図3に示すように、CdTe素子20と、コンデンサ300a、300bと、プリアンプ301a、301bと、シェーピングアンプ302a、302bと、ピークホールド303a、303bと、A/D変換部304a、304bと、リフレッシュ回路305と、リフレッシュ制御回路306と、コンパレータ307と、補正パラメータ生成部311と、補正処理部312と、を備えて概略構成されている。

[0039] また、放射線検出回路30は、カウンタ308、タイマー309及び温度測定部31の少なくとも1つを備えている。つまり、放射線検出回路30は、後述する補正式に用いる補正パラメータの依存性に基づいてカウンタ308、タイマー309及び温度測定部310の少なくとも1つを備えるように構成される。また、リフレッシュ回路305、リフレッシュ制御回路306、カウンタ308、タイマー309及び温度測定部310は、図2に示す放射線検出器2以外の機器に設置されていても良い。これらが放射線検出器2以外の機器に設置される場合、後述するカウンタ情報、リフレッシュ経過時間情報、温度情報等のパラメータは、外部から放射線検出回路30の補正パラメータ生成部311に入力される構成となる。

[0040] 図3に示すCdTe素子20は、1つのCdTe素子20が有する8つのピクセルのうちの1つのピクセルを示している。CdTe素子20は、陽電極20aと陰電極20bとに挟まれている。なお、図2に示す放射線検出器2は、例えば、ピクセルの数と同じ数の放射線検出回路30の一部の構成又は全ての構成を備える。

[0041] コンデンサ300aは、陽電極20a側に接続され、コンデンサ300bは、陰電極20b側に接続されている。このコンデンサ300a及びコンデンサ300bは、カップリングコンデンサであり、直流電圧成分を遮断し、CdTe素子20に生じた電荷の変化分のみがこのコンデンサ300a及び

コンデンサ300bを介してプリアンプ301a及びプリアンプ301bにそれぞれ伝達する。

[0042] プリアンプ301aは、コンデンサ300aの陽電極20a側の端子と反対の端子に接続されている。このプリアンプ301aは、コンデンサ300aを介して陽電極20aから出力された第1の放射線検出信号を増幅する。

[0043] プリアンプ301bは、コンデンサ300bの陰電極20b側の端子と反対の端子に接続されている。このプリアンプ301bは、コンデンサ300bを介して陰電極20bから出力された第2の放射線検出信号を増幅する。なお、プリアンプ301a及びプリアンプ301bからの出力は、後述の電荷収集効率に対応するものである。

[0044] シェーピングアンプ302aは、プリアンプ301aから出力された増幅信号の波形整形及び増幅を行う。

[0045] シェーピングアンプ302bは、プリアンプ301bから出力された増幅信号の波形整形及び増幅を行う。

[0046] ピークホールド303aは、シェーピングアンプ302aから出力された波形整形後の信号の波高の最大値を一定に保持する信号を出力するように構成されている。

[0047] ピークホールド303bは、シェーピングアンプ302bから出力された波形整形後の信号の波高の最大値を一定に保持する信号を出力するように構成されている。この陰電極20b側のピークホールド303bから出力された信号は、A/D変換部304bとコンパレータ307に入力する。

[0048] ここで、コンパレータ307は、+端子（正入力端子）にピークホールド303bから出力された信号が入力し、-端子（負入力端子）にしきい値が入力する。コンパレータ307は、ピークホールド303bから出力された信号が、しきい値よりも大きいとき、パルス形状のトリガ信号を生成し、A/D変換部304a、A/D変換部304b及びカウンタ308に出力する。

[0049] A/D変換部304aは、コンパレータ307から出力されたトリガ信号

が入力すると、ピークホールド303aから出力された信号をデジタル信号に変換して出力するように構成されている。このデジタル信号は、補正処理部312に入力する。

[0050] A/D変換部304bは、コンパレータ307から出力されたトリガ信号が入力すると、ピークホールド303bから出力された信号をデジタル信号に変換して出力するように構成されている。このデジタル信号は、補正処理部312に入力する。

[0051] ここで、電源313の負電極とCdTe素子20の陰電極20bとの間には、リフレッシュ回路305が設けられている。このリフレッシュ回路305は、リフレッシュ回路305とタイマー309との間に接続されたリフレッシュ制御回路306により制御される。このリフレッシュ回路305は、例えば、CdTe素子20のポラリゼーション解消のための回路である。

[0052] ポラリゼーションとは、電荷収集効率が時間と共に減少する現象である。半導体素子には、その結晶中に格子欠陥や残留不純物等が内在する。これらの欠陥により、半導体素子には、深い準位が形成され、結晶中のキャリアが捕捉されたり、放出されたりする。つまり、半導体素子に放射線が入射すると、発生したキャリアが結晶内のトラップに捕捉されたり、放出されたりする。従って、半導体素子は、例えば、キャリアとしての電子が結晶内に留まり、結晶内での散乱中心となったり、空間電荷を発生させたりすることで、キャリアの移動を妨げるので、電荷収集効率が時間と共に減少し、エネルギー分解能が劣化する。また、ポラリゼーションは、半導体素子の温度が高くなるほど、進行が速くなる。また、ポラリゼーションは、印加されるバイアス電圧にも依存し、バイアス電圧が低いほど進行が速くなる。しかし、ポラリゼーションは、半導体素子に印加するバイアス電圧を一時的に停止することにより、解消できる。

[0053] そこで、リフレッシュ制御回路306は、最後にリフレッシュ処理を行った時間からの経過時間を計測し、予め定められた時間が経過すると、リフレッシュ情報を生成し、リフレッシュ回路305に出力する。つまり、リフレ

ッシュ制御回路 306 は、クロックを有し、予め定められた時間間隔でリフレッシュ情報を出力するように構成されている。リフレッシュ回路 305 は、入力したリフレッシュ情報に基づいてリフレッシュ処理を行う。このリフレッシュ処理とは、半導体素子に印加するバイアス電圧を一時的に停止する処理である。

[0054] また、リフレッシュ制御回路 306 は、リフレッシュ情報をリフレッシュ回路 305 に出力すると共に、タイマー 309 にも出力する。タイマー 309 は、入力したリフレッシュ情報に基づいて最後の行われたリフレッシュ処理からの経過時間を計測してリフレッシュ経過時間情報を生成し、生成したリフレッシュ経過時間情報を補正パラメータ生成部 311 に出力する。

[0055] カウンタ 308 は、例えば、コンパレータ 307 から出力されるトリガ信号に基づいて放射線の計数率（1 分間当たりの放射線の入射回数）を算出し、算出した結果をカウンタ情報として補正パラメータ生成部 311 に出力する。ポラリゼーションは、計数率の増加に応じて進行が速くなる。

[0056] 温度測定部 310 は、CdTe 素子 20 の温度を測定し、測定した結果を温度情報として補正パラメータ生成部 311 に出力する。半導体素子の温度が高くなると、電子及び正孔の移動度が低下する。その結果、特に、正孔の再結合が増加し、波高が低下する。また、半導体素子の温度が高くなることで、ポラリゼーションの進行が速くなる。

[0057] 補正パラメータ生成部 311 は、カウンタ情報、リフレッシュ経過情報及び温度情報の少なくとも 1 つのパラメータを用いて補正パラメータを生成し、補正処理部 312 に出力する。

[0058] 補正処理部 312 は、補正パラメータ生成部 311 から出力された補正パラメータに基づいて A/D 変換部 304 a 及び A/D 変換部 304 b から出力された信号の波高を補正する。以下に、補正処理部 312 による補正処理の一例について説明する。

[0059] （補正処理について）

図 4 A は、第 1 の実施の形態に係る半導体素子における放射線の入射によ

る電子及び正孔の対生成を説明するための概略図であり、図4 Bは、半導体素子に入射した放射線の入射位置を示す概略図であり、図4 Cは、半導体素子から読み出される電荷収集効率と時間との関係を示す図である。

[0060] 図4 Aにおいて+を丸で囲った記号は正孔を表し、-を丸で囲った記号は電子を表す。また、図4 Bに示すd 1～d 5は、放射線が入射した位置を示すものである。

[0061] 図4 Cにおいて縦軸は電荷収集効率 (Charge Collection Efficiency) であり、横軸は時間 (μsec) である。また、図4 Cにおいてeは電子を表し、hは正孔を表す。図4 Cにおいて「e : h」は電子及び正孔の寄与率を表す。例えば、「e : h = 100 : 0」は、放射線検出により出力される放射線検出信号の生成に、電子が100%、正孔が0%寄与していることを示している。

[0062] 以下では、補正処理の一例であるBP (バイパラメトリック) 補正について説明する。

[0063] 図4 Aに示すように、放射線4がCdTe素子20に入射して相互作用 (光電効果、コンプトン散乱又は電子対生成) を生じることにより、CdTe素子20内の原子が電離し、電子及び正孔のペアが発生する。このペアの数は、入射する放射線4のエネルギーに比例するため、これを正確に読み出すことが優れたエネルギー決定精度 (エネルギー分解能) に繋がる。

[0064] CdTe素子20に発生した電子及び正孔は、ただCdTe素子20に入射しただけの場合、再結合して消滅する。そこで、CdTe素子20の陽電極20a及び陰電極20b間に高電圧 (例えば、600V) のバイアス電圧を印加して電極間に電場を発生させることで、図4 Aに示すように、電子は陽電極20aに向けて移動し、正孔は陰電極20bに向けて移動する。放射線検出器2は、この移動を信号として読み出すものである。

[0065] 放射線4が、図4 Bに示すように、陽電極20aに最も近い入射位置d 1に入射したとき、入射位置d 1で電子及び正孔が対生成し、電子は陽電極20aに向けて移動し、正孔は陰電極20bに向けて移動する。電子は、すぐ

に陽電極 20a に到達するため、誘起電荷は、主に、正孔の移動により生じる。つまり、放射線検出信号は、正孔 h がほぼ 100% 寄与する信号となる。しかし、正孔は、電子に比べて移動度が低いため、波高が最大となるまでの放射線検出信号の立ち上がり時間は長くなり、また、移動中の再結合により正孔の一部が消滅する。従って、図 4C に二点鎖線で示すように、図 4A に示す放射線検出信号の中で、信号の立ち上がり時間が最も長く、波高が最小となる。

[0066] 放射線 4 が、図 4B に示すように、陰電極 20b に最も近い入射位置 d5 に入射したとき、入射位置 d5 で電子及び正孔が対生成する。正孔は、すぐに陰電極 20b に到達するため、誘起電荷は、主に、電子の移動により生じる。つまり、放射線検出信号は、電子 e がほぼ 100% 寄与する信号となる。電子は、正孔に比べて移動度が高いため、放射線検出信号の立ち上がり時間は早くなり、また、移動中の再結合はほとんど生じない。従って、図 4C に実線で示すように、図 4A に示す放射線検出信号の中で、信号の立ち上がりが早く、波高が最大となる。なお、以下では、信号の立ち上がりの早さを表す数値として「時定数」を用いることにする。この「時定数」は、信号の立ち上がりの始まり（図 4C における横軸の 0）から所定の時刻までの時間を意味し、このように区切った場合に当該所定の時刻における信号の値である電荷収集効率（図 4C における縦軸）を比較するための数値である。図 4C においては、早い時刻を *fast* で示し、遅い時刻を *slow* で示してある。以下の記載において、「時定数 *fast*」又は「時定数 *slow*」という場合は、上記の信号の立ち上がりの始まりから当該所定の時刻までの時間を意味するとともに、便宜上、図 4C に示す時刻をも意味する。

[0067] 放射線 4 が、図 4B に示すように、陽電極 20a と陰電極 20b との中間の入射位置 d3 に入射したとき、電極までの距離が同じであることから、放射線検出信号は、電子 e がほぼ 50%、正孔 h がほぼ 50% 寄与する信号となる。よって、図 4C に間隔の長い点線で示すように、放射線検出信号の立ち上がり時間は、入射位置 d1 と入射位置 d5 とのおよそ中間となる。従っ

て、入射位置 d 3 の波高は、入射位置 d 5 の波高よりも少し低くなる。これは、正孔の一部が再結合により消滅するからである。

[0068] また、放射線 4 が、図 4 B に示すように、入射位置 d 1 と入射位置 d 3 との中間の入射位置 d 2 に入射したとき、入射位置が陽電極 20 a に近いことから、放射線検出信号は、電子 e がほぼ 25%、正孔 h がほぼ 75% 寄与する信号となる。よって、図 4 C に一点鎖線で示すように、信号の立ち上がりは、入射位置 d 1 と入射位置 d 3 とのおよそ中間となる。従って、入射位置 d 2 の波高は、入射位置 d 3 の波高よりも低くなる。これは、正孔の寄与率が高く、正孔の一部が再結合により消滅するからである。

[0069] さらに、放射線 4 が、図 4 B に示すように、入射位置 d 3 と入射位置 d 5 との中間の入射位置 d 4 に入射したとき、入射位置が陰電極 20 b に近いことから、放射線検出信号は、電子 e がほぼ 75%、正孔 h がほぼ 25% 寄与する信号となる。よって、図 4 C に間隔の短い点線で示すように、信号の立ち上がりは、入射位置 d 3 と入射位置 d 5 とのおよそ中間となる。従って、入射位置 d 4 の波高は、入射位置 d 5 の波高よりも少し低くなる。これは、正孔の寄与率が高いからである。

[0070] ここで、図 4 C に示すように、電子 e がほぼ 100% 寄与する放射線検出信号においては、時定数 f a s t における波高と時定数 s l o w における波高とは、ほぼ等しくなる。一方、正孔 h がほぼ 100% 寄与する放射線検出信号においては、時定数 f a s t における波高は、時定数 s l o w における波高よりも著しく小さい。

[0071] 従って、時定数 s l o w と時定数 f a s t との波高に強い相関があるので、放射線の入射位置は、時定数 f a s t における波高と時定数 s l o w における波高とを比較することによって推定することができる。つまり、この比較により、正孔の再結合の量を推定することができるので、再結合により失ったエネルギーを見積もることが可能となり、この失ったエネルギーを補正処理によって加算し、入射した放射線のエネルギーを精度良く求めることができる。

[0072] なお、陽電極 20 a 側に接続されたシェーピングアンプ 302 a は、時定数 $s l o w$ における波高の信号を出力するように時定数が設定されている。以下では、この時定数を時定数 $s l o w$ と記すものとする。また、陰電極 20 b 側に接続されたシェーピングアンプ 302 b は、時定数 $f a s t$ における波高の信号を出力するように時定数が設定されている。つまり、シェーピングアンプ 302 a から出力される信号は、シェーピングアンプ 302 b から出力された信号よりも長い時定数で処理された信号である。また、言い換えるならば、シェーピングアンプ 302 b から出力される信号は、シェーピングアンプ 302 a から出力された信号よりも短い時定数で処理された信号である。以下では、この時定数を時定数 $f a s t$ と記すものとする。なお、上記の時定数は、陽電極 20 a 側のシェーピングアンプ 302 a が $f a s t$ 、陰電極 20 b 側のシェーピングアンプ 302 b が $s l o w$ であっても良い。

[0073] 上記の B P 補正に用いる補正式の一例を示したものが下記式 (1) である。

$$[0074] \quad E = A \cdot H_{s l o w} (1 + B (H_{s l o w} - H_{f a s t}) / H_{s l o w}) \quad \cdots (1)$$

ここで、E は、B P 補正後の波高であり、A 及び B は、補正パラメータである。この式 (1) は、時定数 $f a s t$ における波高 ($H_{f a s t}$) が、時定数 $s l o w$ における波高 ($H_{s l o w}$) よりも著しく低い、つまり、正孔の寄与率が高い場合に、時定数 $s l o w$ における波高 ($H_{s l o w}$) と時定数 $f a s t$ における波高 ($H_{f a s t}$) との差に比例して波高を嵩上げる補正式である。

[0075] 図 5 A は、第 1 の実施の形態に係る補正パラメータの温度依存性に関するグラフであり、図 5 B は、補正パラメータのリフレッシュ後の経過時間依存性に関するグラフである。図 5 A は、横軸が C d T e 素子の温度 (°C) であり、左側の縦軸が補正パラメータ A のパラメータ値であり、右側の縦軸が補正パラメータ B のパラメータ値である。また、図 5 B は、横軸がリフレッシュ後の経過時間 (秒) であり、左側の縦軸が補正パラメータ A のパラメータ値であり、右側の縦軸が補正パラメータ B のパラメータ値である。なお、図

5 Aに示す補正パラメータの温度依存性は、同一のエネルギーを有する放射線を、それぞれの温度においてC d T e素子に向けて射出し、B P補正処理後の波高が、放射線のエネルギーから推定される波高と等しくなるように補正パラメータを算出し、図示したものである。また、図5 Bに示す補正パラメータのリフレッシュ処理後の経過時間依存性は、同一のエネルギーを有する放射線を、リフレッシュ処理終了からの経過時間を変えてC d T e素子に向けて射出し、B P補正処理後の波高が、放射線のエネルギーから推定される波高と等しくなるように補正パラメータを算出し、図示したものである。

[0076] 図5 A及び5 Bに示すように、特に、補正パラメータBが温度依存性及び経過時間依存性が高いことが分かる。従って、C d T e素子の温度、及びリフレッシュ処理終了後からの経過時間によって、補正処理に用いる補正パラメータを変更することにより、より正確に波高を補正することができる。

[0077] B P補正に用いる補正式の他の一例を示したものが下記式(2)である。

[0078]
$$E = A (B \cdot H_{slow} - H_{fast} + C \cdot H_{fast}^2) / H_{slow} \quad \dots (2)$$

図6は、第1の実施の形態に係る補正パラメータの温度依存性を示すグラフである。図6は、横軸がC d T e素子の温度(℃)であり、縦軸がパラメータ値である。この図6に示す補正パラメータの温度依存性は、同一のエネルギーを有する放射線を、それぞれの温度においてC d T e素子に向けて射出し、B P補正処理後の波高が、放射線のエネルギーから推定される波高と等しくなるように補正パラメータを算出し、図示したものである。

[0079] 図6に示すように、補正式が、上記式(1)と異なる上記式(2)であっても、各パラメータ値が温度によって変化することが分かる。従って、C d T e素子の温度によって、補正処理に用いる補正パラメータA、B及びCを変更することにより、より正確に波高を補正することができる。なお、補正処理に用いる補正式は、上記に例示した補正式以外にも様々な式が考えられる。従って、カウンタ308、タイマー309及び温度測定部310は、例えば、補正処理に採用する補正式の補正パラメータの依存性に基づいて放射線検出回路30に組み込まれるか否かが選択される。

[0080] 以下に、本実施の形態に係る放射線検出器の動作について説明する。

[0081] (第1の実施の形態の動作)

図3において、放射線4が放射線検出器2のCdTe素子20に入射すると、入射位置に応じた放射線検出信号が出力される。

[0082] 陽電極20a側から出力された第1の放射線検出信号は、コンデンサ300a、プリアンプ301a、シェーピングアンプ302a及びピークホールド303aを介してA/D変換部304aに入力され、A/D変換部304aは、時定数slowで出力された波高をデジタル信号に変換して補正処理部312に出力する。

[0083] 一方、陰電極20b側から出力された第2の放射線検出信号は、コンデンサ300b、プリアンプ301b、シェーピングアンプ302b及びピークホールド303bを介してA/D変換部304bに入力され、A/D変換部304bは、時定数fastで出力された波高をデジタル信号に変換して補正処理部312に出力する。また、ピークホールド303bは、A/D変換部304bに波高が一定となる信号を出力すると共に、コンパレータ307の+端子に当該信号を出力する。コンパレータ307は、-端子に入力するしきい値と+端子に入力する信号とを比較し、しきい値よりも信号の波高が大きいとき、トリガ信号を生成し、A/D変換部304a、A/D変換部304b及びカウンタ308に出力する。A/D変換部304a及びA/D変換部304bは、このトリガ信号に基づいて波高をデジタル信号に変換する。

[0084] カウンタ308は、トリガ信号をカウントし、カウンタ情報を生成し、補正パラメータ生成部311に出力する。

[0085] 補正パラメータ生成部311は、カウンタ情報、タイマー309から取得したリフレッシュ経過時間情報、及び温度測定部310から取得したCdTe素子20の温度情報に基づいて補正パラメータを生成する。補正パラメータ生成部311は、生成した補正パラメータを補正処理部312に出力する。

[0086] 補正処理部 312 は、時定数 *fast* の波高、時定数 *slow* の波高、及び補正パラメータに基づいて、放射線 4 のエネルギーに応じた波高が得られるように、補正処理を行う。補正処理部 312 は、補正処理によって得られた補正後の波高を、補正波高情報として出力する。この補正波高情報は、例えば、放射線 4 が入射するピクセルごとに出力され、外部装置により画像情報に変換され視覚化される。

[0087] (第 1 の実施の形態の効果)

第 1 の実施の形態に係る放射線検出器によれば、カウンタ情報、リフレッシュ経過情報及び温度情報のうち、少なくとも 1 つを用いて補正パラメータを生成するので、補正パラメータが固定値である場合と比べて、入射した放射線のエネルギーから推定される波高に近づくように、正確に波高を補正することができる。よって、本実施の形態に係る放射線検出器は、正確に波高を補正することができるので、放射線のエネルギーを精度良く検出することができる。

[0088] [第 2 の実施の形態]

第 2 の実施の形態は、陽電極側から出力される放射線検出信号から時定数 *fast* 及び時定数 *slow* における波高を生成する点で第 1 の実施の形態と異なっている。なお、以下に示す各実施の形態において、第 1 の実施の形態と同じ機能及び構成を有する部分については、第 1 の実施の形態と同じ符号を付し、その説明は、省略するものとする。

[0089] (放射線検出回路の構成)

図 7 は、第 2 の実施の形態に係る放射線検出回路のブロック図である。以下では、第 1 の実施の形態と異なっている部分を主に説明する。

[0090] 本実施の形態に係る放射線検出回路 30 は、図 7 に示すように、コンデンサ 300a 及びプリアンプ 301a を介して陽電極 20a から出力された放射線検出信号を 2 つに分け、一方は短時定数信号としてシェーピングアンプ 302a に出力し、他方は短時定数信号よりも長い時定数で処理された長時定数信号としてシェーピングアンプ 302b に出力するように構成されてい

る。

[0091] 本実施の形態に係る放射線検出回路 30 の他の構成は、第 1 の実施の形態と同じであり、シェーピングアンプ 302 a 及びシェーピングアンプ 302 b 以降の動作は、第 1 の実施の形態と同一である。なお、本実施の形態では、陽電極 20 a から出力される放射線検出信号を用いたが、これに限定されず、陰電極 20 b から出力される放射線検出信号を用いても良い。

[0092] (第 2 の実施の形態の効果)

第 2 の実施の形態に係る放射線検出器 2 は、陽電極 20 a 又は陰電極 20 b から出力される放射線検出信号に基づいて補正処理を行うので、陽電極 20 a 及び陰電極 20 b から出力される放射線検出信号を用いる場合と比べて、部品点数が削減され、放射線検出器 2 の製造コストを削減することができる。

[0093] [第 3 の実施の形態]

第 3 の実施の形態は、放射線検出信号の立ち上がりの早さ（ライズタイム）を用いて B P 補正を行う点で上記の各実施の形態と異なっている。

[0094] (放射線検出回路の構成)

図 8 は、第 3 の実施の形態に係る放射線検出回路のブロック図である。図 9 は、第 3 の実施の形態に係る補正処理に用いるライズタイムとしきい値との関係を示すグラフである。図 9 は、縦軸がしきい値であり、横軸が時間（ $\mu s e c$ ）である。

[0095] 図 8 に示すように、本実施の形態に係る放射線検出回路 30 は、主に、コンデンサ 300 a 及びプリアンプ 301 a を介して陽電極 20 a から出力された放射線検出信号を 2 つに分け、一方は短時定数信号としてシェーピングアンプ 302 a に出力し、他方は短時定数信号よりも長い時定数で処理された長時定数信号としてシェーピングアンプ 302 b に出力するように構成されている。この点は、第 2 の実施の形態と同様である。また、シェーピングアンプ 302 b から出力された信号は、コンパレータ 307 a の + 端子及びコンパレータ 307 b の + 端子に出力するように構成されている。なお、本

実施の形態では、陽電極 20 a から出力される放射線検出信号を用いたが、これに限定されず、陰電極 20 b から出力される放射線検出信号を用いても良い。

[0096] シェーピングアンプ 302 a は、例えば、時定数が *f a s t* 又は *s l o w* でも良く、本実施の形態における時定数は、*f a s t* であるものとする。

[0097] コンパレータ 307 a は、+端子に inputs するピークホールド 303 a から出力された信号と、-端子に inputs するしきい値とを比較し、ピークホールド 303 a から出力された信号の波高がしきい値よりも大きいときトリガ信号を生成し、A/D変換部 304 a 及びカウンタ 308 に出力する。

[0098] コンパレータ 307 b は、+端子に inputs するシェーピングアンプ 302 b から出力された信号と、-端子に inputs する第 1 のしきい値（低）とを比較し、シェーピングアンプ 302 b から出力された信号の波高が第 1 のしきい値よりも大きいときスタート信号を生成し、時間測定部 314 にスタート信号を出力する。

[0099] コンパレータ 307 c は、+端子に inputs するシェーピングアンプ 302 b から出力された信号と、-端子に inputs する第 2 のしきい値（高）とを比較し、シェーピングアンプ 302 b から出力された信号の波高が第 2 のしきい値よりも大きいときストップ信号を生成し、時間測定部 314 にストップ信号を出力する。なお、第 1 のしきい値（低）は、第 2 のしきい値（高）よりも小さい。

[0100] 時間測定部 314 は、コンパレータ 307 b から出力されたスタート信号と、コンパレータ 307 c から出力されたストップ信号とに基づいて図 9 に示すライズタイムを算出し、ライズタイム情報を生成する。このライズタイムは、スタート信号が inputs してからストップ信号が inputs するまでの時間間隔（時間差）である。

[0101] 時間測定部 314 は、生成したライズタイム情報を補正処理部 312 に出力する。このライズタイムが最も短いとき、電子がほぼ 100% 寄与した放射線検出信号であることが分かり、最も長いとき、正孔がほぼ 100% 寄与

した放射線検出信号であることが分かる。補正処理部 312 は、このライズタイムと、時定数 *fast* 又は時定数 *slow* における波高、及び補正パラメータとから BP 補正後の波高を算出する。

[0102] 本実施のカウンタ 308 は、コンパレータ 307 a から出力されたトリガ信号に基づいて放射線の入射をカウントする。

[0103] (第 3 の実施の形態の動作)

放射線 4 が、放射線検出器 2 の CdTe 素子 20 に入射すると、入射位置に応じた放射線検出信号が陽電極 20 a 側から出力される。

[0104] 陽電極 20 a から出力された放射線検出信号は、コンデンサ 300 a を介してプリアンプ 301 a に入力し、プリアンプ 301 a によって増幅された信号がシェーピングアンプ 302 a 及びシェーピングアンプ 302 b に入力する。

[0105] シェーピングアンプ 302 a に入力した信号は、波形整形された後、ピークホールド 303 a によって波高の最大値に固定された信号として A/D 変換部 304 a、及びコンパレータ 307 a の + 端子に出力される。

[0106] コンパレータ 307 a は、+ 端子に入力した信号と、- 端子に入力したしきい値とを比較し、入力した信号がしきい値よりも大きいとき、トリガ信号を生成して A/D 変換部 304 a 及びカウンタ 308 に出力する。A/D 変換部 304 a は、トリガ信号に基づいてピークホールド 303 a から出力された信号をデジタル信号に変換して補正処理部 312 に出力する。カウンタ 308 は、トリガ信号に基づいて放射線の計数率を算出し、算出した結果をカウンタ情報として補正パラメータ生成部 311 に出力する。

[0107] 一方、シェーピングアンプ 302 b に入力した信号は、波形整形され、コンパレータ 307 b の + 端子、及びコンパレータ 307 c の + 端子に入力する。

[0108] コンパレータ 307 b は、+ 端子に入力した信号と、- 端子に入力した第 1 のしきい値とを比較し、入力した信号が第 1 のしきい値よりも大きいとき、スタート信号を生成して時間測定部 314 に出力する。

- [0109] また、コンパレータ 307c は、+端子に入力した信号と、-端子に入力した第2のしきい値とを比較し、入力した信号が第2のしきい値よりも大きいとき、ストップ信号を生成して時間測定部 314 に出力する。
- [0110] 時間測定部 314 は、スタート信号が入力した時刻と、ストップ信号が入力した時刻との時間間隔を測定し、ライズタイム情報を生成して補正処理部 312 に出力する。
- [0111] 補正パラメータ生成部 311 は、カウンタ情報、タイマー 309 から取得したリフレッシュ経過時間情報、及び温度測定部 310 から取得した CdTe 素子 20 の温度情報に基づいて補正パラメータを生成する。補正パラメータ生成部 311 は、生成した補正パラメータを補正処理部 312 に出力する。
- [0112] 補正処理部 312 は、時定数 *fast* の波高又は時定数 *slow* の波高、ライズタイム情報及び補正パラメータに基づいて、放射線 4 のエネルギーに応じた波高が得られるように、補正処理を行う。補正処理部 312 は、補正処理によって得られた補正後の波高を、補正波高情報として出力する。この補正波高情報は、例えば、放射線 4 が入射するピクセルごとに出力され、外部装置により画像情報に変換され視覚化される。
- [0113] (第3の実施の形態の効果)
- 第3の実施の形態に係る放射線検出器 2 によれば、放射線検出信号の立ち上がりの早さを示すライズタイム情報を時定数 *fast* 又は時定数 *slow* の代わりに用いるので、時定数 *fast* 及び時定数 *slow* の両方の信号を用いる場合と比べて、簡単な構成となり、部品コストを抑制することができる。
- [0114] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、上記に記載した実施の形態及び変形例は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態の中で説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

符号の説明

[0115] 1 : 放射線検出装置、1 a : 放射線検出器立て、2 : 放射線検出器、3 : 電子部品設置部、4 : 放射線、10 : 支持板、11 : 支持体、12 : コネクタ、20 : CdTe素子、20 a : 陽電極、20 b : 陰電極、21 : 基板、22 : フレキシブル基板、23 : カードホルダ、24 : カードホルダ、30 : 放射線検出回路、31 : 温度測定部、110 : 壁部、111 : 溝、112 : くぼみ部、113 : 平坦面、210~213 : 基板端子、220~223 : 接続部、224 : カードエッジ部、225 : パターン、230 : 溝付穴、231 : 突起部、240 : 突起部、250 : 弾性部材実装部、251 : 弾性部材、300 a : コンデンサ、300 b : コンデンサ、301 a : プリアンプ、301 b : プリアンプ、302 a : シェーピングアンプ、302 b : シェーピングアンプ、303 a : ピークホールド、303 b : ピークホールド、304 a : A/D変換部、304 b : A/D変換部、305 : リフレッシュ回路、306 : リフレッシュ制御回路、307 : コンパレータ、307 a : コンパレータ、307 b : コンパレータ、307 c : コンパレータ、308 : カウンタ、309 : タイマー、310 : 温度測定部、311 : 補正パラメータ生成部、312 : 補正処理部、313 : 電源、314 : 時間測定部。

請求の範囲

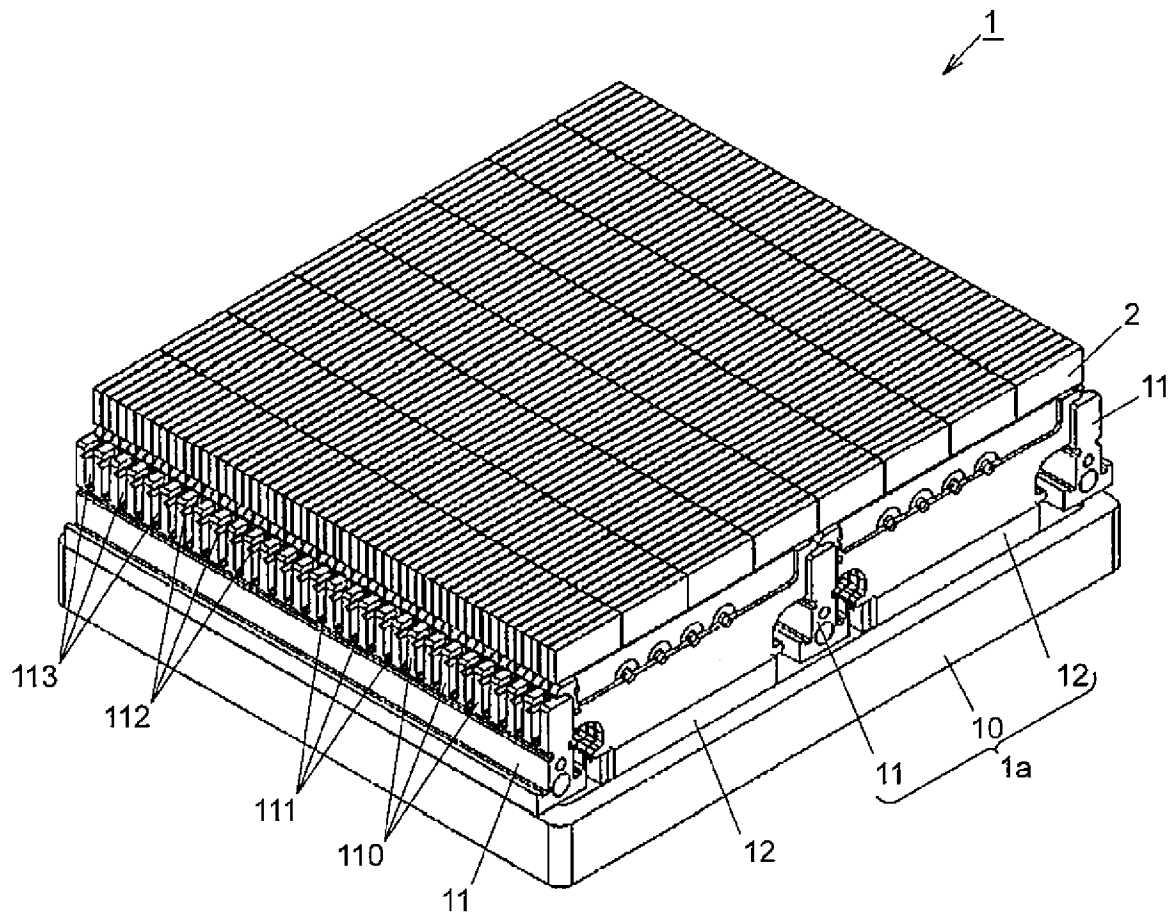
- [請求項1] 陽電極及び陰電極を有し放射線の入射に対して放射線検出信号を出力する半導体素子と、補正パラメータ生成部と、補正処理部とを備え、前記補正パラメータ生成部は、前記放射線の入射により前記半導体素子に生じたキャリアが再結合することによって低下した前記放射線検出信号の波高を補正する補正処理に用いる補正パラメータを生成し、前記補正処理部は、前記補正パラメータ生成部で生成された前記補正パラメータに基づいて前記補正処理を行うことを特徴とする放射線検出装置。
- [請求項2] さらに、前記半導体素子の温度を測定して温度情報を生成する温度測定部、前記半導体素子のリフレッシュ処理からの経過時間を示すリフレッシュ経過時間情報を生成する経過時間情報生成部、及び前記半導体素子に入射した前記放射線の計数率を示すカウント情報を生成するカウント情報生成部の少なくとも1つを備え、前記補正パラメータ生成部は、前記温度情報、前記リフレッシュ経過時間情報及び前記カウント情報の少なくとも1つに基づいて前記補正パラメータを生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] 前記放射線検出信号は、前記陽電極から出力される第1の放射線検出信号、及び前記陰電極から出力される第2の放射線検出信号とからなり、前記補正処理部は、前記第1の放射線検出信号と、前記第1の放射線検出信号よりも短い時定数で処理された信号又は前記第1の放射線検出信号よりも長い時定数で処理された信号である前記第2の放射線検出信号とに基づいて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項2に記載の放射線検出装置。
- [請求項4] さらに、前記陽電極又は前記陰電極から出力された前記放射線検出信号を2つに分ける回路を設け、前記補正処理部は、2つに分けた一方の信号である短い時定数で処理された信号と、この信号よりも長い時定数で処理された信号とに基づいて前記補正処理を行うことを特徴

とする請求項 2 に記載の放射線検出装置。

[請求項5] 前記補正処理部は、前記放射線検出信号が第 1 のしきい値に達した時間と、前記第 1 のしきい値よりも大きい第 2 のしきい値に達した時間との時間差、及び前記放射線検出信号に基づいて前記補正処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の放射線検出装置

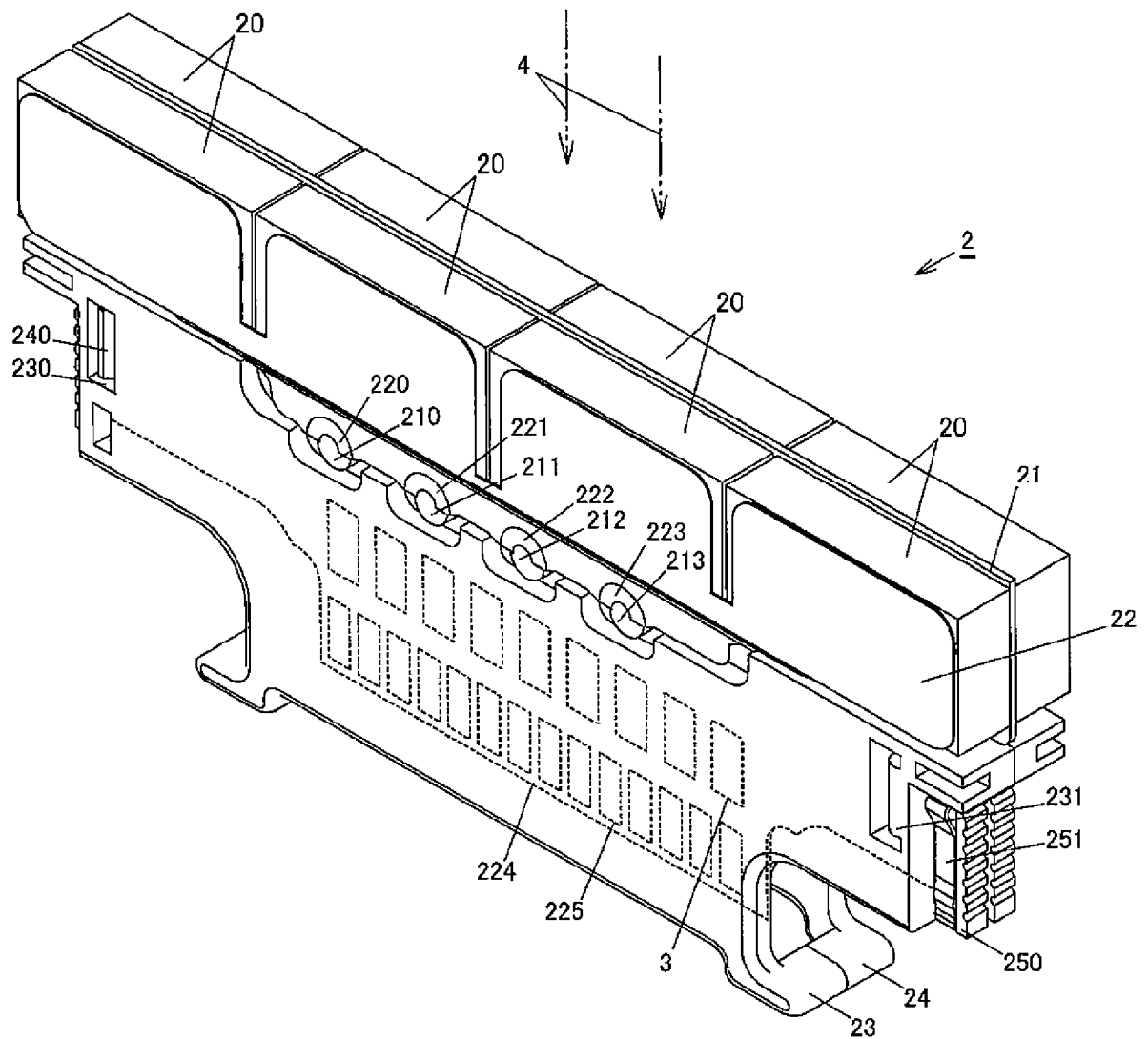
[図1]

図 1

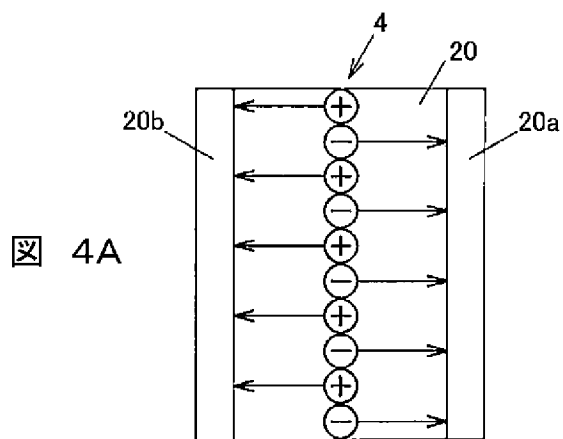


[図2]

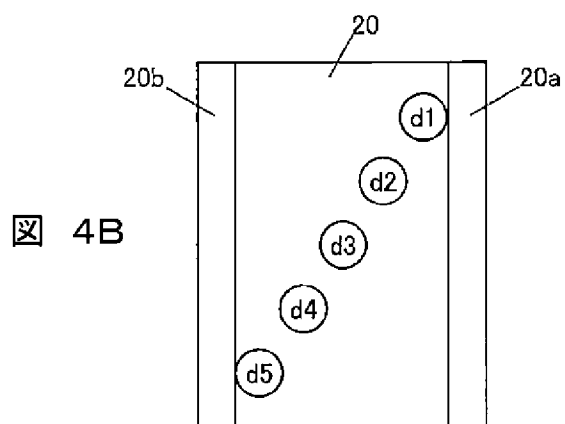
図 2



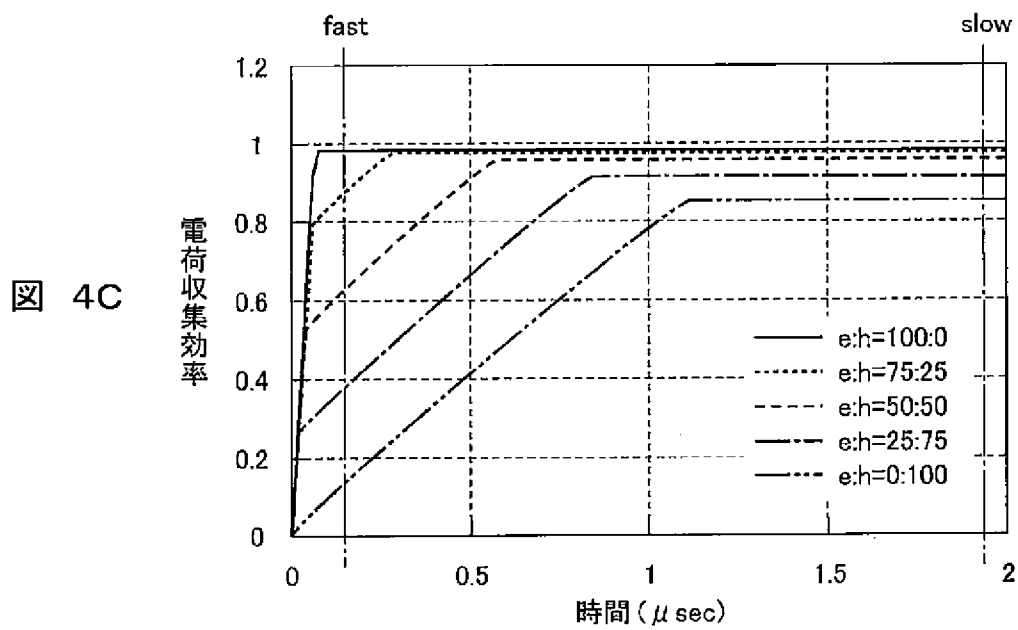
[図4A]



[図4B]

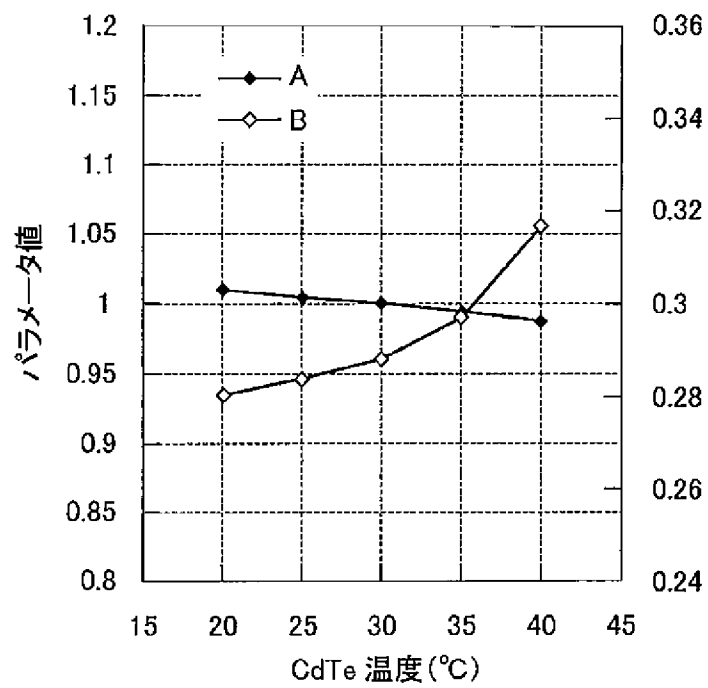


[図4C]



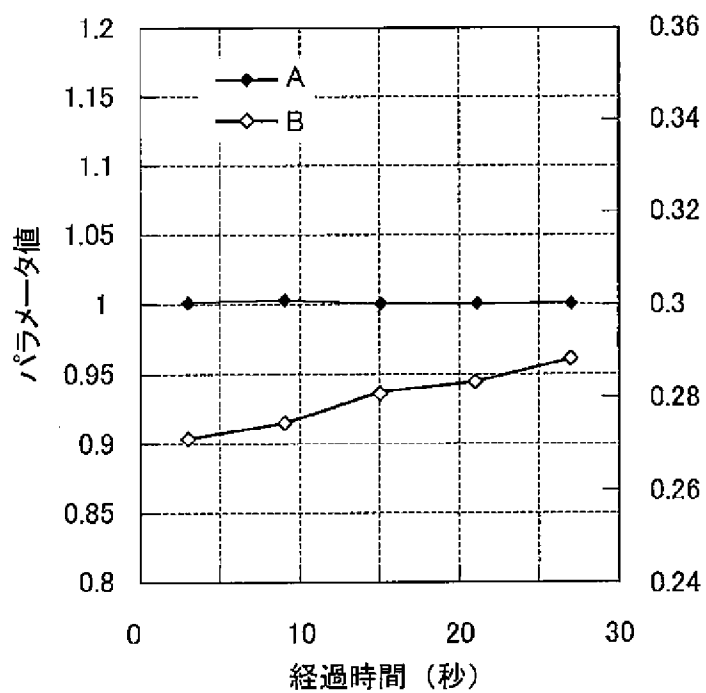
[図5A]

図 5A



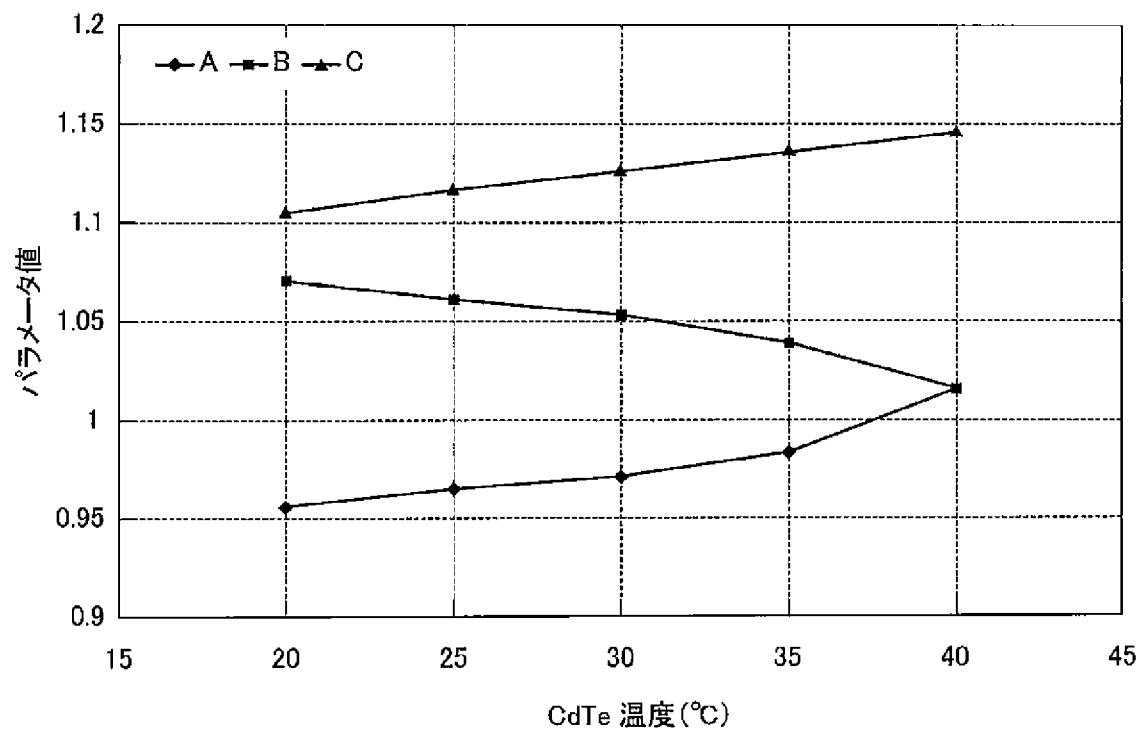
[図5B]

図 5B



[図6]

図 6



[図8]

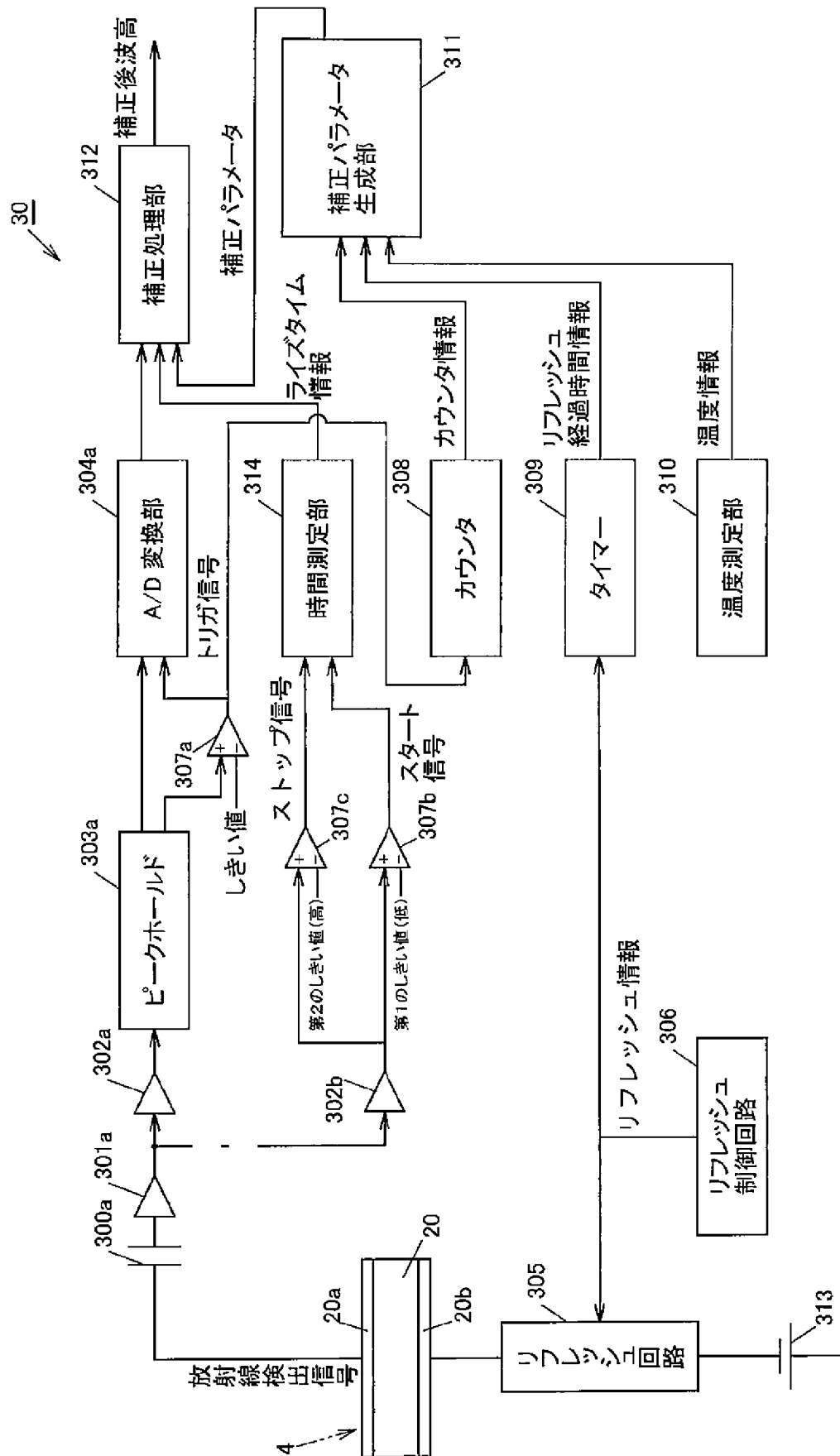
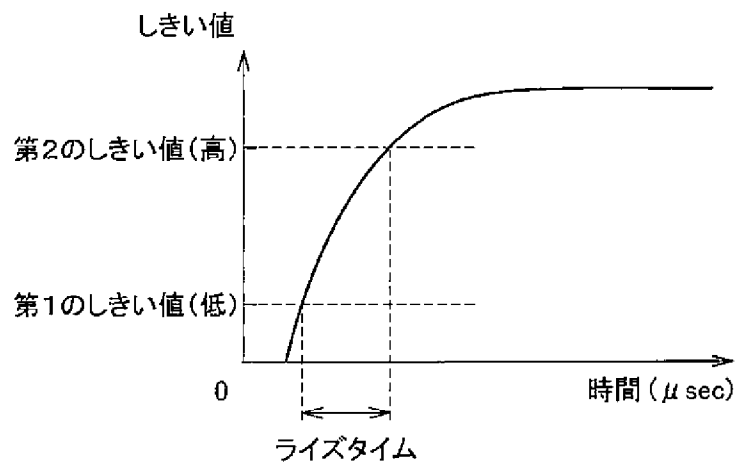


図 8

[図9]

図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/24(2006.01)i, G01T1/36(2006.01)i, H01L27/14(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)

G01T1/24, G01T1/36, H01L27/14

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
Y	JP 2006-71463 A (Hitachi, Ltd.), 16 March 2006 (16.03.2006), entire text; all drawings & JP 3622967 B & US 2006/0043309 A1 & EP 1650584 A2	1-5
Y	JP 2008-107326 A (Hitachi, Ltd.), 08 May 2008 (08.05.2008), entire text; all drawings & US 2009/0114826 A1 & US 2010/0282974 A1	1-5
Y	JP 2007-64776 A (Hitachi, Ltd.), 15 March 2007 (15.03.2007), entire text; all drawings & JP 3858933 B & US 2007/0051893 A1	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" 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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" 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

"X" 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

"Y" 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 family

Date of the actual completion of the international search
08 December, 2011 (08.12.11)Date of mailing of the international search report
20 December, 2011 (20.12.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072528

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-328173 A (Toshiba Corp.), 15 November 2002 (15.11.2002), paragraphs [0003], [0026] to [0027] (Family: none)	1-5
Y	JP 2003-294844 A (Hitachi, Ltd.), 15 October 2002 (15.10.2002), paragraphs [0010] to [0011] (Family: none)	1-5
Y	JP 8-68864 A (Shimadzu Corp.), 12 March 1996 (12.03.1996), paragraph [0003] (Family: none)	1-5
Y	Natalia Auricchio et al., Twin Shaping Filter Techniques to Compensate the Signals From CZT/ CdTe Detectors, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 2005.10, Vol.52/No.5, P.1982-1988	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/24(2006.01)i, G01T1/36(2006.01)i, H01L27/14(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（I P C））

Int.Cl. G01T1/24, G01T1/36, H01L27/14

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
Y	JP 2006-71463 A（株式会社日立製作所）2006.03.16, 全文, 全図 & JP 3622967 B & US 2006/0043309 A1 & EP 1650584 A2	1-5
Y	JP 2008-107326 A（株式会社日立製作所）2008.05.08, 全文, 全図 & US 2009/0114826 A1 & US 2010/0282974 A1	1-5
Y	JP 2007-64776 A（株式会社日立製作所）2007.03.15, 全文, 全図 & JP 3858933 B & US 2007/0051893 A1	1-5

☒ 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

0 8 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

山口 敦司

2 I

9 2 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

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
Y	JP 2002-328173 A (株式会社東芝) 2002. 11. 15, 段落 0003, 0026-0027 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2003-294844 A (株式会社日立製作所) 2002. 10. 15, 段落 0010-0011 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 8-68864 A (株式会社島津製作所) 1996. 03. 12, 段落 0003 (ファ ミリーなし)	1-5
Y	Natalia Auricchio et al., Twin Shaping Filter Techniques to Compensate the Signals From CZT/CdTe Detectors, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 2005. 10, Vol. 52/No. 5, P. 1982-1988	1-5