

(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
2014 年 10 月 30 日(30.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/175283 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/17 (2006.01) *G01T 1/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/061327
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 22 日(22.04.2014)
- (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 2013-091917 2013 年 4 月 25 日(25.04.2013) JP
- (71) 出願人: 日立アロカメディカル株式会社(HITA-CHI ALOKA MEDICAL, LTD.) [JP/JP]; 〒1818622 東京都三鷹市牟礼 6 丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 勝山 啓(KATSUYAMA, Hiraku); 〒1818622 東京都三鷹市牟礼 6 丁目 2 番 1 号 日立アロカメディカル株式会社内 Tokyo (JP). 加藤 徹(KATO, Tooru); 〒1818622 東京都三鷹市牟礼 6 丁目 2 番 1 号 日立アロカメディカル株式会社内 Tokyo (JP). 小幡 敏朗(OBATA, Toshiro); 〒1818622 東京都三鷹市牟礼 6 丁目 2 番 1 号 日立アロカメディカル株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所 (YKI PATENT ATTORNEYS); 〒1800004 東京都武

蔵野市吉祥寺本町一丁目 3 4 番 1 2 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, 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, 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.

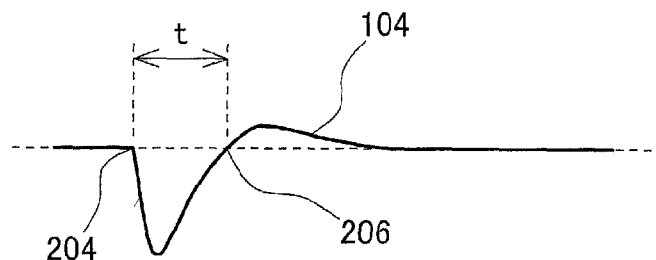
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: RADIATION MEASURING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 放射線測定装置



(57) Abstract: Preprocessing is conducted on a unipolar pulse output from a photomultiplier tube, to thereby generate a bipolar signal (bipolar pulse). In the bipolar signal, the falling waveform portion (back slope) of the initial peak waveform is steep, and also cuts across the baseline, whereby it is possible to accurately identify the falling point as the zero crossing point. The accuracy of identification of the pulse width t can be improved thereby. In addition to the pulse width, further reference may be made to the crest value of the unipolar pulse, the crest value of the bipolar pulse, and the like, when determining line type.

(57) 要約: 光電子増倍管から出力された単極性パルスに対して前処理が施され、これによってバイポーラ信号(両極性パルス)が生成される。バイポーラ信号において、最初のピーク波形における立ち下がり波形部分(後側スロープ)は、急峻であり、またベースラインを横切ることになるから、立ち下がり点をゼロクロス点として精度良く特定することが可能である。これによってパルス幅 t の特定精度を向上できる。線種判別にあたっては、上記パルス幅の他に、単極性パルスの波高値、バイポーラ信号の波高値、等がさらに参照されてもよい。



WO 2014/175283 A1

明 細 書

発明の名称：放射線測定装置

技術分野

[0001] 本発明は放射線測定装置に関し、特に、 α 線及び β 線を区別して検出する放射線測定装置に関する。

背景技術

[0002] α 線及び β 線を測定する放射線測定装置においては、 α 線検出により生じた検出パルス（ α 線検出パルス）と β 線検出により生じた検出パルス（ β 線検出パルス）との間における周波数特性及び波高値の相違を利用して、検出器から出力される α 線検出パルス及び β 線検出パルスを区別している。例えば、特許文献1、2には、 α 線分離フィルタ及び波高値弁別回路を有する放射線測定装置が開示されている。特許文献3には、2つの光電子増倍管から出力されたパルスに対する同時計数処理によりノイズをカットした上で、同時計数処理後のパルスのパルス幅に基づいて α 線検出パルス及び β 線検出パルスを区別する放射線測定装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開平5－19061号公報
特許文献2：特開平9－304538号公報
特許文献3：特開平9－230052号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0004] 例えば、シンチレータ及び光電子増倍管により構成される検出器から出力される検出パルスは、負極側（または正極側）に現れる単極性パルスである。その単極性パルスは、通常、立ち上がり点からピーク点までの急峻な立ち上がり部分（leading edgeとも言う）と、ピーク点からベースラインまでに達する比較的なだらかな立ち下がり部分（trailing edgeとも言う）と、を含

む。そのような検出パルスのパルス幅（例えばベースライン付近の時間幅）は線種に依存する。一般に、 α 線検出パルスのパルス幅は β 線検出パルスのパルス幅よりも大きい。よって、パルス幅を線種弁別の基準とすることが可能である。例えば、検出パルスの波形が閾値レベルと比較され、閾値レベルを横切る点として立ち上がり点及び立ち下がり点が特定され、それらの間がパルス幅として特定される。なお、本願明細書では、極性にかかわらず、ベースラインから離れる振幅変化を「立ち上がり」と称し、ベースラインに近づく振幅変化を「立ち下がり」と称する。「立ち上がり点」は、一般に、ピーク点の直前に存在するスロープにおける開始点又は前 endpoint（それらに相当する点を含む）であり、「立ち下がり点」は、一般に、ピーク点の直後に存在するスロープにおける終了点又は後 endpoint（それらに相当する点を含む）である。

[0005] 核種弁別においてパルス幅を利用する場合、パルス幅の特定精度が線種の弁別精度を左右することになるから、できる限りパルス幅を正確に特定できるように回路を構成する必要がある。しかし、検出パルスにおける立ち下がり部分においては、特にベースライン付近で、なだらかな形状となっているため、その部分の形状の微妙な変動によって、閾値レベルを横切る点が時間軸方向に変動し易いという問題がある。

[0006] なお、弁別精度の観点から、パルス幅を弁別基準とすることに加えて、パルス波高値も弁別基準とするのが望ましい。検出パルスのパルス幅は波高値に依存し、特に小振幅の場合に誤差が大きくなる傾向が認められるからである。線種判別に当たっては、ノイズ重畳、増幅後の信号飽和、近接パルスの影響等も考えられる。一般に、 α 線検出パルスの波高値がとり得る範囲と、 β 線検出パルスの波高値がとり得る範囲は、部分的にオーバーラップするので、波高値だけから α 線検出パルスと β 線検出パルスを弁別するのは難しい。よって、波高値基準とパルス幅基準の両基準をもって線種の弁別を行うのが望ましい。

[0007] 本発明の目的は、 α 線検出パルスと β 線検出パルスとの弁別精度を高める

ことにある。特に、検出パルスにおける立ち下がり部分の形状変動による弁別精度の低下という問題を解消又は軽減することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係る放射線測定装置は、 α 線及び β 線を検出して単極性パルスを出力する検出器と、前記検出器から出力された単極性パルスの波形処理により両極性パルスを生成する前処理回路と、前記両極性パルスにおける立ち上がり点から立ち上がり点までのパルス幅を示すパルス幅信号を生成するパルス幅信号生成回路と、少なくとも前記パルス幅信号に基づいて前記単極性パルスを生じさせた放射線について線種判別を行う線種判別回路と、を含むことを特徴とする。

[0009] 上記構成によれば、単極性パルスを両極性パルス（つまりバイポーラ信号）に変換してからパルス幅が特定されるので、パルス幅の特性精度を向上できる。すなわち、両極性パルスにおいては、単極性パルスに比べて、最初の立ち下がり部分がベースライン付近でより急峻となり、また単極性パルスとは異なり、その立ち下がり部分がベースラインを突き抜けるから、立ち下がり点の特定精度を高められる。立ち下がり点は、立ち下がり部分が所定の閾値を横切る点として特定でき、その場合において、所定の閾値がベースラインであれば、立ち下がり点はベースラインを横切るクロス点として定義される。クロス点を特定するのは容易である。ベースラインが電位0のレベルからオフセットされているレベルであってもよく、その場合においてもベースラインを横切る点をもってクロス点と称することができる。なお、立ち上がり点をベースラインから離れた点としてあるいはベースラインを横切る点として特定することも可能である。立ち上がり点及び立ち下がり点を特定するレベルは必ずしも同一でなくてもよく、つまりパルス幅信号生成回路がヒステリシス特性をもっているもよい。前処理回路として、直列接続された微分回路及び積分回路を設けてもよい。いずれにしても、単極性パルスから両極性パルスを生成するのが上記構成における特徴事項である。

[0010] 望ましくは、前記両極性パルスは、ベースラインから一方側へ突出した第

1 部分と、前記第 1 部分に続く部分であって前記ベースラインから他方側へ突出した第 2 部分と、を含み、前記立ち上がり点は前記第 1 部分の前端点であり、前記立ち下がり点は前記第 1 部分の後端点である。

[0011] 望ましくは、上記の検出器は 1 又は複数の光電子増倍管を含む。特に望ましくは、単一の光電子増倍管を有する。そのような単一の光電子増倍管の出力信号だけから α 線検出と β 線検出とを総合的に判別できるように構成するのが望ましい。

[0012] 望ましくは、前記パルス幅信号生成回路は、前記両極性パルス平滑化することにより参照信号を生成する参照信号生成回路と、前記両極性パルスを前記参照信号と比較することにより前記立ち上がり点及び前記クロス点を特定する比較回路と、を含む。この構成によれば、両極性パルスからパルス幅信号を生成するに際して、両極性パルス自身から生成される参照信号が利用される。参照信号は両極性パルスに対して平滑化を行うことにより生成され、それは両極性パルスのベースラインに相当する。よって、両極性パルスのベースラインにシフトが生じて、参照信号も同様にシフトすることになるから、そのようなシフトに影響されない比較処理を実現できる。つまり、上記構成によれば、ベースラインのレベル変動の影響を受けない又は受けにくいという利点を得られる。両極性パルスを参照信号と比較する場合、立ち上がり点をよりの確に特定するために、両極性パルスに対して、立ち上がり方向とは逆の方向へ若干のオフセットを加えるのが望ましい。

[0013] 望ましくは、前記線種判別回路は、前記両極性パルスのパルス幅に加えて、前記両極性パルスの波高値及び前記単極性パルスの波高値に基づいて前記線種判別を行う。この構成によれば多面的又は総合的に判別を行うことができるので、判別精度を向上できる。特に、両極性パルスを生成する元になった単極性パルスを評価すれば、前処理の影響を受けていない信号の評価結果も考慮して核種判別を行える。

[0014] 望ましくは、前記単極性パルスがラージパルス弁別レベルよりも高いラージパルスであることを示すラージパルス検出信号を生成し、それを前記線種

判別回路へ出力するラージパルス検出信号生成回路を含み、前記ラージパルス弁別レベルはそれを超えれば α 線検出とみなせるレベルである。

[0015] 望ましくは、前記両極性パルスがノイズカットレベルよりも大きい有効パルスであることを示す有効パルス判別信号を生成し、それを前記線種判別回路へ出力する有効パルス弁別信号生成回路を含み、前記ノイズカットレベルはノイズと有効パルスとを弁別するレベルである。

[0016] 望ましくは、前記両極性パルスが中間レベルよりも高いか低いかに示す高レベル弁別信号を生成して前記線種判別回路へ出力する高レベル弁別信号生成回路を含み、前記中間レベルは、 α 線検出及び β 線検出の場合に生じ得る高い波高値と、 β 検出の場合にだけ生じ得る低い波高値と、を弁別するレベルである。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明に係る放射線測定装置の好適な実施形態を示す回路図である。

[図2]単極性パルスとしての β 線検出パルス及び α 線検出パルスを示す図である。

[図3]両極性パルス（バイポーラ信号）を示す図である。

[図4]パルス幅信号の生成を説明するための図である。

[図5]ラージパルス弁別レベル、ノイズカットレベル及び中間レベルを示す図である。

[図6]判定回路における判定ルールを説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

[0019] 図1には、本発明に係る放射線測定装置の好適な実施形態が示されており、図1はその回路図である。本実施形態における放射線測定装置は、例えばサーベイメータである。もちろん、それ以外の放射線測定装置に本発明を適用することも可能である。

[0020] 図1に示す放射線測定装置は、検出器としてのシンチレータ及び光電子増倍管を有している。シンチレータは α 線及び β 線の入射により発光を生じる

ものである。その光が光電子増倍管に入ると、そこで光が電氣的なパルスに変換される。ちなみに、本実施形態においては、単一の光電子増倍管のみが設けられている。その出力パルス100は、本実施形態において、一方極性側に生じる単極性パルスである。複数の光電子増倍管を設けてもよい。

[0021] 本実施形態に係る放射線測定装置は、第1アンプ12、第2アンプ14、パルス幅信号生成回路16、有効パルス弁別信号生成回路18、ラージパルス反転信号生成回路20、高レベル弁別信号生成回路22、判定回路24、及び、マイコン26を備えている。以下、それぞれの回路について詳述する。

[0022] 第1アンプ12には、光電子増倍管からの出力パルス100が入力されている。出力パルス100は、ベースラインから負極性側へ突出した形態を有している。第1アンプ12の入力側にはコンデンサC1及び抵抗R1が設けられている。第1アンプ12は、反転増幅を行う回路であり、反転増幅機能をもったオペアンプ28を有している。オペアンプ28の一端子には上記の出力パルス100が入力されており、オペアンプ28の+端子には参照信号（REF1）が入力されている。参照信号は基準電位を表す信号である。

[0023] オペアンプ28の動作特性がRC回路によって設定されており、そのRC回路は抵抗R2及びコンデンサC2からなるものである。この第1アンプ12から反転増幅された信号102が出力される。その信号102は第2アンプ14へ入力されている。

[0024] 第2アンプ14は、本実施形態において、単極性パルスである信号102を両極性パルス（バイポーラ信号）に変換する前処理を実行する回路である。第2アンプ14は直列接続された微分回路14A及び積分回路14Bを有している。微分回路14Aは、並列的に設けられた2つのコンデンサC3、C4と、同じく並列的に設けられた抵抗R3、R4と、を有している。積分回路14Bはオペアンプ30を有している。オペアンプ30の一端子には微分回路14Aからの出力信号が与えられており、オペアンプ30の+端子には参照信号（REF2）が与えられている。その参照信号は基準電位を表す

信号である。オペアンプ30の動作特性がRC回路により定められており、それは具体的には抵抗R5及びコンデンサC5により構成されている。

[0025] なお、第1アンプ12の前段には保護回路が設けられているが、図1において保護回路は図示省略されている。各参照信号の電位については、制御回路により可変設定することが可能である。制御回路については図示省略されている。

[0026] 上記の第2アンプ14の作用により、単極性パルスから両極性パルスすなわちバイポーラ信号が生成され、図1においてそのバイポーラ信号が符号104で示されている。バイポーラ信号104は第2アンプ14の後段に設けられたパルス幅信号生成回路16、有効パルス弁別信号生成回路18、及び、高レベル弁別信号生成回路22に並列的に出力されている。ちなみに、第1アンプ12の出力信号102は、第2アンプ14へ出力され、また、それを經由せずにラージパルス判定信号生成回路20へ出力されている。

[0027] パルス幅信号生成回路16は、バイポーラ信号104に基づいてパルス幅信号P(W)を生成するものである。パルス幅信号生成回路16は、オペアンプ32を有し、それはコンパレータとして機能する。オペアンプ32の＋端子106には、抵抗R6を介してバイポーラ信号104が入力されている。その信号は注目信号106と言える。オペアンプ32の－端子には参照信号108が入力されている。

[0028] 本実施形態において、その参照信号108はバイポーラ信号104それ自身に基づいて生成されており、すなわちバイポーラ信号104に対して平滑化処理を適用することにより、参照信号108が生成されている。このような構成により、バイポーラ信号104のベースラインのレベルが変動しても、それによる影響を受けずにパルス幅信号P(W)を生成することが可能である。バイポーラ信号104の平滑化のために、抵抗R7及びコンデンサC6が設けられている。抵抗R8は電位を決定するためのものである。

[0029] 帰還抵抗としての抵抗R9は、注目信号106のレベルをベースラインから正極側に若干持ち上げて、注目信号106に対してオフセットを与えるた

めのものである。このようなシフト処理を適用することにより、注目信号 106 における立ち上がり点を確実に検出することが可能である。本実施形態では、ベースラインとのゼロクロスポイントが、立ち上がり点として検出される。すなわち、パルス幅信号生成回路 16 はヒステリシス特性を有している。

[0030] パルス幅信号生成回路 16 からの出力信号 110 は、抵抗 R10 を介して、パルス幅信号 P (W) として判定回路 24 へ出力されている。パルス幅信号 P (W) は、後に詳述するように、バイポーラ信号 104 における最初の立ち上がり点からその後のゼロクロスポイントまでの期間（パルス幅）を表す信号である。 α 線を検出した場合、例えば $1.0 \mu s \sim 3.0 \mu s$ のパルス幅を持った信号が生成され、 β 線を検出した場合、 $1.0 \mu s$ 未満のパルス幅を持った信号が生成される。

[0031] 有効パルス弁別信号生成回路 18 は、コンパレータとして機能するオペアンプ 34 を有している。その＋端子には、バイポーラ信号 104 が抵抗 R11 を介して注目信号 112 として与えられている。なお、抵抗 R11 の出力側と、グラウンドと、の間に抵抗 R13 が設けられている。また、R14 は帰還抵抗である。

[0032] オペアンプ 34 の－端子には、参照信号 114 が入力されている。その参照信号 114 はバイポーラ信号 104 それ自身に基づいて生成されている。すなわち、バイポーラ信号を平滑化することにより参照信号が生成されている。平滑化のために抵抗 R12 及びコンデンサ C7 が設けられている。このような構成によれば、上記同様にバイポーラ信号 104 におけるベースラインのレベルが変動しても、その影響を受けずに信号の比較処理を行うことが可能である。ちなみに、－端子への入力ラインには、コントロール信号 116 が与えられている。そのコントロール信号 116 により、参照信号 114 の電位を外部から制御することが可能である。これによって、ノイズカットレベルを可変設定することが可能である。コントロール信号 116 による電位操作のために抵抗 R15, R16 及びコンデンサ C8 が設けられている。

- [0033] 有効パルス弁別信号生成回路 18 は、ノイズカットレベルを超えるパルスを有効パルスであるとして弁別し、それを表す有効パルス弁別信号 P (D) を出力するものである。具体的には、オペアンプ 34 の出力信号 118 が抵抗 R 17 を介して有効パルス弁別信号 P (D) として判定回路 24 へ送られている。
- [0034] 高レベル弁別信号生成回路 22 は、有効パルスが高い波高値を有することを示す高レベル弁別信号 P (A) を生成する回路である。具体的には、高レベル弁別信号生成回路 22 は、オペアンプ 38 を有し、それはコンパレータとして機能する。オペアンプ 38 の + 端子には、抵抗 R 20 を介してバイポーラ信号 104 が入力されており、オペアンプ 38 の - 端子には参照信号 (REF 4) が与えられている。参照信号は基準電位を与えるものである。その基準電位はピークの波高値を弁別する中間レベルを表すものである。中間レベルよりも高い波高値が入力された場合に高レベル弁別信号 P (A) が出力されている。具体的には、オペアンプ 38 の出力信号 122 が抵抗 R 21 を介して高レベル弁別信号 P (A) として判定回路 24 へ出力されている。
- [0035] ラージパルス判定信号生成回路 20 は、第 1 アンプ 12 の出力信号を評価する回路である。すなわち、第 2 アンプ 14 において前処理が施される前の信号 102 を参照することにより、元のパルス波形との関係でより忠実な判定を行うものである。これにより、第 2 アンプ 14 において飽和が生じるような場合であっても、飽和前の信号を評価することが可能である。ラージパルス判定信号生成回路 20 はコンパレータとして機能するオペアンプ 36 を有しており、その + 端子には、抵抗 R 18 を介して第 1 アンプ 12 の出力信号 102 が入力されている。その出力信号 102 は正極側に生じた単極性パルスである。オペアンプ 36 の - 端子には参照信号 (REF 3) が与えられている。それは、ラージパルスを判定する電位を示すものである。オペアンプ 36 はその電位よりも高いパルスが入力された場合にラージパルス判定信号 P (L) を出力する。具体的にはオペアンプ 36 の出力信号 120 は、抵抗 R 19 を介して、ラージパルス判定信号 P (L) として判定回路 24 へ出

力されている。

[0036] 判定回路 24 は、入力されるパルス幅信号 P (W)、有効パルス弁別信号 P (D)、ラージパルス判定信号 P (L)、及び、高レベル弁別信号 P (A) に基づいて、多面的又は総合的に線種を判別する回路である。 α 線検出が判別された場合に検出パルス 124 が出力され、 β 線検出が判定された場合に β 検出パルス 126 が出力されている。マイコン 26 はそのようなパルス 124, 126 を個別的に計数し、これによって α 線計数結果及び β 線計数結果を独立して求める。それらに基づいて線量、線量率、線量当量等の各種の計測値が演算される。そのような演算結果は表示器に表示される。ちなみに、マイコン 26 は上述したコントロール信号 116 の電位を制御している。

[0037] 次に、図 1 に示した回路の動作を説明する。図 2 には、上述した単極性パルスが示されている。これは、光電子増倍管の出力パルスである。具体的には (A) には β 線の検出により生じる β 線検出パルス 100a が示され、(B) には、 α 線の検出により生じる α 線検出パルス 100b が示されている。 β 線検出パルス 100a において、 a_1 がパルス波高値（ベースラインからピーク点までの高さ）を示しており、 t_1 がパルス幅（時間軸上の範囲）を示している。 α 線検出パルス 100b において、 a_2 がパルス波高値を示しており、 t_2 がパルス幅を示している。一般に $a_1 < a_2$ であり、 $t_1 < t_2$ である。問題となるのは、パルス幅 t_1 , t_2 であり、単極性パルスにおいては立ち下がり波形部分がベースラインに近づくにしたがってなだらかなるので、パルス幅を正確に特定するのが困難である。

[0038] そこで、本実施形態においては、パルス幅をより精度よく特定するために、図 3 に示すように単極性パルスがバイポーラ信号に変換されている。すなわち、バイポーラ信号は、単極性パルスから生じる両極性パルスであり、図 1 に示した構成においては、第 1 アンプ 12 の出力信号に対して微分処理及び積分処理を段階的に施すことにより、このバイポーラ信号 104 が生成されている。バイポーラ信号 104 は、ベースラインから一方側（負極側）へ

突出した山状の第1部分と、ベースラインから他方側（正極側）へ突出した山状の第2部分と、を有している。第1部分の直後に第2部分が生じており、両者は連なっている。

[0039] バイポーラ信号104においては、最初のピーク点の直前に存在する最初の立ち上がり部分（leading edgeとしてのスロープ）がかなり急峻であり、最初の立ち上がり点204を明確に特定することが可能である。最初の立ち上がり点は、上記立ち上がり部分（又は上記第1部分）の開始点又は前端点に相当する。また、最初のピーク点の直後に存在する立ち下がり部分（trailing edgeとしてのスロープ）は、単極性パルスにおける立ち下がり部分に比べて急峻であり、しかもそれはベースラインを横切っている。よって、立ち下がり点あるいはゼロクロス点206を明確に特定することが可能である。立ち下がり点は、上記立ち下がり部分（又は第1部分）の終了点又は後端点に相当する。以上のように、バイポーラ信号を基礎として、パルス幅 t を精度よく特定することが可能である。これにより、 α 線検出及び β 線検出の弁別精度を高められる。

[0040] 図4には、図1に示したパルス幅信号生成回路の作用が示されている。（A）には、入力されるバイポーラ信号が示されている。具体的には、符号104（ β ）は β 線の検出によって生じるバイポーラ信号を示しており、符号104（ α ）は α 線の検出により生じたバイポーラ信号を示している。この例において、両者のピーク点のレベルが a で示されている。（B）には、パルス幅信号 $P(W)$ が示されている。ここにおいて、 $t(\beta)$ は β 線の検出により生じたバイポーラ信号104（ β ）におけるパルス幅を表しており、 $t(\alpha)$ は α 線の検出により生じたバイポーラ信号104（ α ）におけるパルス幅を示している。このように、 β 線を検出した場合と、 α 線を検出した場合とでは、大きくパルス幅が異なることになるので、そのような現象を利用して線種の弁別を行うことが可能である。ちなみに、本実施形態においては、パルス幅が $1\mu s$ を超えるか否かによって線種の弁別が行われている。

[0041] なお、（C）には、判定ゲート期間が示されている。それは立ち上がり点

のタイミングT 1から例えば0. 5 sの期間として定められており、その判定ゲート期間内において、有効パルス弁別信号P (D)、ラージパルス判定信号P (L)、及び、高レベル弁別信号P (A)が生じたか否かが判断されている。

[0042] 図5には、波形と対比される各種の弁別レベルが示されている。(A)には、図1に示した第1アンプの出力信号が示されている。なお、横軸は時間軸であり、縦軸は振幅を表している。符号208はベースラインである。a5はラージパルス弁別レベルを示している。これは上述したREF3に相当する。(A)に示されるように出力信号の波高値a0がラージパルス弁別レベルa5を超えた場合に、上述したラージパルス判定信号P (L)が出力される。

[0043] (B)には上述したバイポーラ信号が示されている。縦軸は振幅を表しており、横軸は時間軸である。符号208はベースラインを示している。a3はノイズカットレベルであり、これは図1に示した信号114に相当する。a4は中間レベルを示しており、これは上述したREF4に相当する。ノイズカットレベルa3を波高値aが超えた場合に、そのパルスが有効パルスであると判定され、逆に言えば、ノイズカットレベルa3に波高値aが到達しなかった場合には、その信号はノイズであるとみなされる。

[0044] したがって、ノイズカットレベルa3を超えた信号は、有効パルスであるとみなされる。そのパルスの大きさを評価するために中間レベルa4が定められている。本実施形態においては、中間レベルa4を波高値aが超えた場合には、 β 線検出及び α 線検出の可能性が認定され、これを表す高レベル弁別信号P (A)が出力される。中間レベルa4を波高値aが超えなかった場合、その信号は β 線検出パルスであるとみなされる。

[0045] 図6には、図1に示した判定回路における判定ルールの例が示されている。判定回路においては、まずP (D)の有無が判断される。符号212で示すように、P (D)が得られていない場合、符号214, 216で示すように他の信号の内容に関わらず、その信号はノイズであるとみなされる。すな

わち、 α 線検出及び β 線検出のいずれも判定されない。一方、符号210で示されるように、P(D)が得られた場合、他の信号の内容によって判定結果が変わり得る。

[0046] そのような場合において、符号218で示すように、P(L)が得られたと判断された場合、すなわち非常に大きなパルスが得られたと判断された場合、他の信号の内容に関わらず、符号234, 236で示すように、 α 線検出が判定される。一方、P(D)が有りであつP(L)が無しの場合においては、P(A)の有無及びP(W)の大きさによって判定結果が変わり得る。

[0047] そのような場合で、P(A)が無ければ、符号224で示すように、 β 線検出が判定されることになる。すなわち、パルスの波高値が小さいため、 α 線検出は考えられず、 β 線検出の場合においては常にパルス幅が $1\mu s$ よりも小さくなるはずであるため、 β 線検出が判定される。仮に、そのような場合において、パルス幅が $1\mu s$ 以上であれば、それは符号226に示すようにエラーである。

[0048] 一方、符号228で示すように、P(A)が得られた場合、P(W)が示すパルス幅が $1\mu s$ よりも小さければ、符号230で示されるように β 線検出と判定され、一方、パルス幅が $1\mu s$ よりも大きければ、符号232で示されるように α 線検出が判定される。

[0049] 以上のように、判定回路においては、まずノイズカットレベル以上の有効信号があることを前提として判定を行っており、その場合において、第2アンプで処理される前の第1アンプの出力信号の大きさが巨大である場合には無条件で α 線検出が判定されており、そうでない場合には、中間レベルとの比較結果及びパルス幅が総合的に考慮され、 β 線検出または α 線検出が判定されている。よって、各種の状況に応じて精度よく線種の判別を行えるという利点が得られる。

[0050] 特に、本実施形態においては、単極性パルスをバイポーラ信号に変換した上で、パルス幅を計測しているので、特にパルスの立ち下がり点を特定する

にあたって誤差を少なくでき、すなわち特定精度を向上できるという利点
得られる。上記実施形態においては、立ち下がり部分とベースラインのクロ
スポイントをもってゼロクロス点とみなしたが、ベースラインからシフトし
たレベルを設定し、それを横切るポイントとして立ち下がり点を特定するこ
とも可能である。これと同様に、立ち上がり点についても、ベースラインか
ら一定のオフセットをもった閾値との比較により、立ち上がり点を特定する
ことも可能である。バイポーラ信号は上述した判定回路における利用のみな
らずパルス幅の評価にあたって一般的に利用可能である。上記実施形態にお
いては、パルス幅信号の生成にあたって、バイポーラ信号それ自身を基礎と
して参照信号を生成したのでバイポーラ信号におけるベースラインのレベル
変動の影響を受けにくいという利点を得られる。このことは有効パルス弁別
信号生成回路における参照信号の生成にあたって同様に言えることである
。

[0051] 上記の構成によれば、単一の光電子増倍管から出力された出力パルスのみ
によって α 線検出及び β 線検出を弁別することが可能であるから、放射線測
定装置全体としての構成を簡略化しつつも α 線及び β 線を精度良く弁別でき
るという利点を得られる。よって、実用的なサーベイメータ等を提供できる
。

請求の範囲

- [請求項1] α 線及び β 線を検出して単極性パルスを出力する検出器と、
前記検出器から出力された単極性パルスの波形処理により両極性パルス生成する前処理回路と、
前記両極性パルスにおける立ち上がり点から立ち下がり点までのパルス幅を示すパルス幅信号を生成するパルス幅信号生成回路と、
少なくとも前記パルス幅信号に基づいて前記単極性パルスを生じさせた放射線について線種判別を行う線種判別回路と、
を含むことを特徴とする放射線測定装置。
- [請求項2] 請求項1記載の装置において、
前記両極性パルスは、ベースラインから一方側へ突出した第1部分と、前記第1部分に続く部分であって前記ベースラインから他方側へ突出した第2部分と、を含み、
前記立ち上がり点は前記第1部分の前端点であり、
前記立ち下がり点は前記第1部分の後端点である、
ことを特徴とする放射線測定装置。
- [請求項3] 請求項2記載の装置において、
前記立ち下がり点は前記ベースラインを横切るクロス点である、
ことを特徴とする放射線測定装置。
- [請求項4] 請求項3記載の装置において、
前記パルス幅信号生成回路は、
前記両極性パルスを平滑化することにより参照信号を生成する参照信号生成回路と、
前記両極性パルスを前記参照信号と比較することにより前記立ち上がり点及び前記クロス点を特定する比較回路と、
を含む、ことを特徴とする放射線測定装置。
- [請求項5] 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の装置において、
前記線種判別回路は、前記両極性パルスのパルス幅、前記両極性パ

ルスの波高値、及び、前記単極性パルスの波高値に基づいて、前記線種判別を行う、

ことを特徴とする放射線測定装置。

[請求項6]

請求項5記載の装置において、

前記単極性パルスがラージパルス弁別レベルよりも高いラージパルスであることを示すラージパルス検出信号を生成し、それを前記線種判別回路へ出力するラージパルス検出信号生成回路を含み、

前記ラージパルス弁別レベルはそれを超えれば α 線検出とみなせるレベルである、

ことを特徴とする放射線測定装置。

[請求項7]

請求項5記載の装置において、

前記両極性パルスがノイズカットレベルよりも大きい有効パルスであることを示す有効パルス弁別信号を生成し、それを前記線種判別回路へ出力する有効パルス弁別信号生成回路を含み、

前記ノイズカットレベルはノイズと前記有効パルスとを弁別するレベルである、

ことを特徴とする放射線測定装置。

[請求項8]

請求項5記載の装置において、

前記両極性パルスが中間レベルよりも高いか低いかに示す高レベル弁別信号を生成して前記線種判別回路へ出力する高レベル弁別信号生成回路を含み、

前記中間レベルは、 α 線検出及び β 線検出の場合に生じ得る高い波高値と、 β 線検出の場合にだけ生じ得る低い波高値と、を弁別するレベルである、

ことを特徴とする放射線測定装置。

[請求項9]

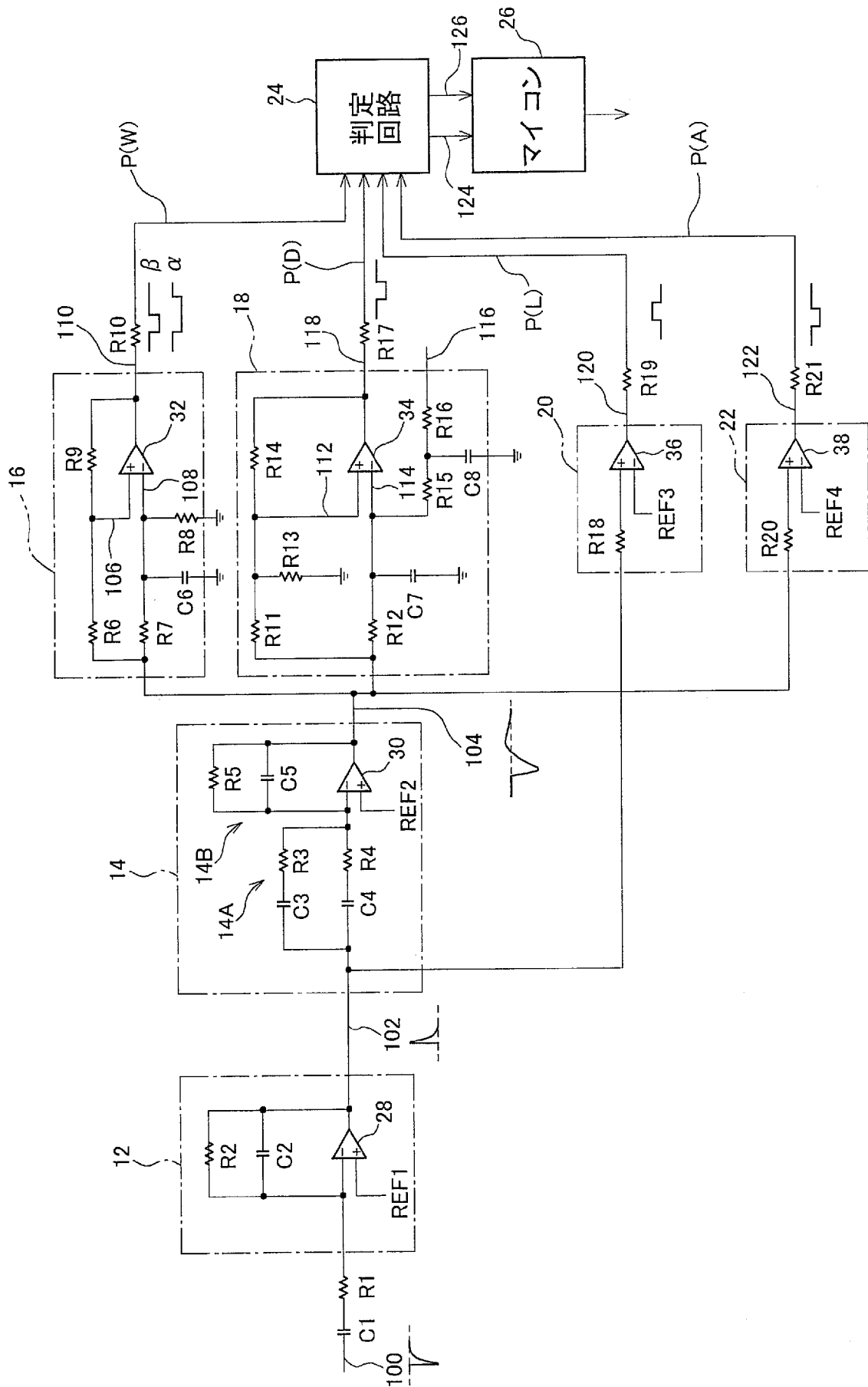
請求項1記載の装置において、

前記前処理回路は微分回路と積分回路とを含む、

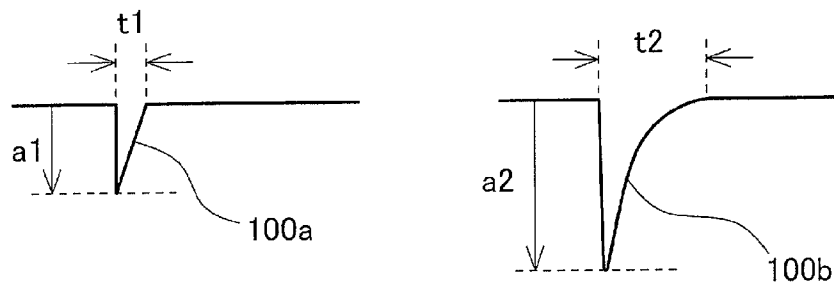
ことを特徴とする放射線測定装置。

[請求項10] 請求項1記載の装置において、
前記検出器は単一の光電子増倍管を含む、
ことを特徴とする放射線測定装置。

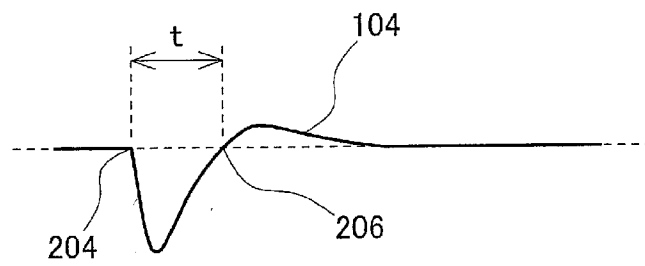
[図1]



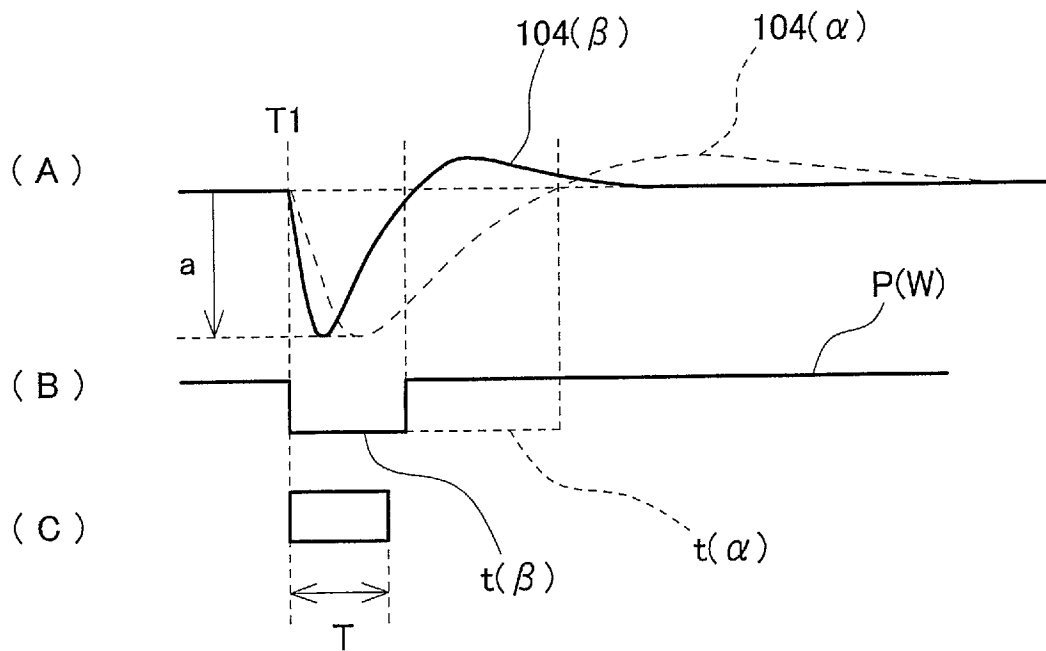
[図2]



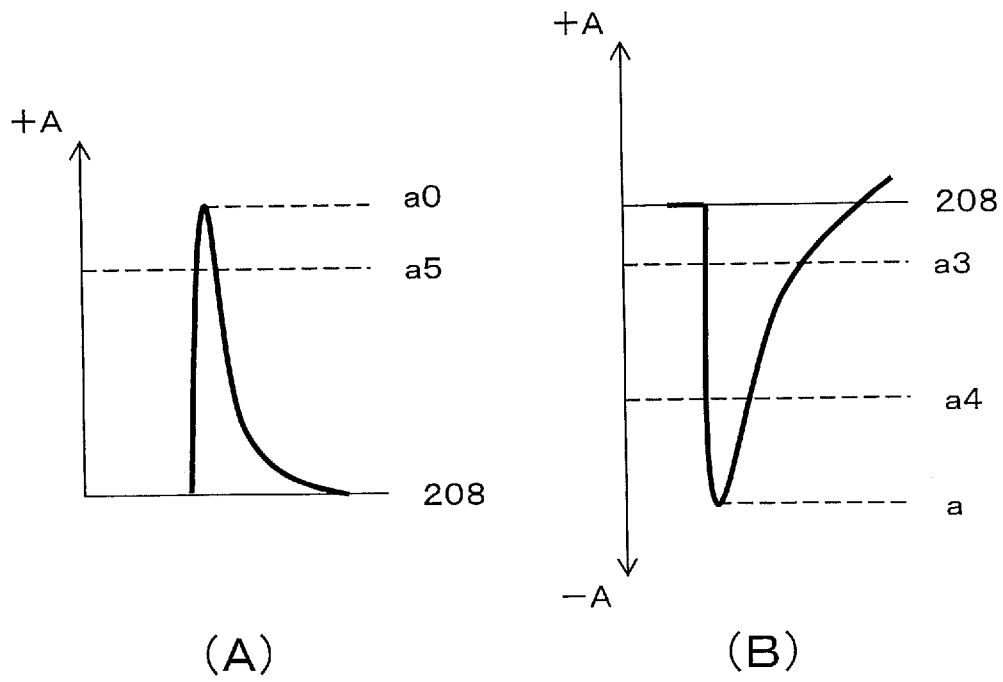
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

		222	220	210	228	218	212
P(D)の有無		P(L)無し		P(D)有り			P(D)無し
P(L)の有無		P(A)無し		P(L)無し		P(L)有り	
P(A)の有無		P(A)無し		P(A)有り			
PW	1 μ 以下	β	β	β	α		無視
	1 μ 以上	-	α	α	α		無視

214

216

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061327

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/17(2006.01)i, G01T1/20(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)

G01T1/17, G01T1/20

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 57-119275 A (Aloka Co., Ltd.), 24 July 1982 (24.07.1982), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
Y	JP 2000-227479 A (JEOL Ltd.), 15 August 2000 (15.08.2000), paragraphs [0001], [0008] (Family: none)	1-10
Y	JP 61-71381 A (Japan Atomic Energy Research Institute), 12 April 1986 (12.04.1986), page 1, lower left column, line 4 to page 2, upper left column, line 20; fig. 1, 2 (Family: none)	1-10

☒ 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
20 May, 2014 (20.05.14)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061327

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 2002-350545 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 04 December 2002 (04.12.2002), paragraphs [0001], [0143], [0144] & US 2003/0033097 A1 & WO 2002/097471 A1 & CN 1511266 A	4
Y	JP 8-82681 A (Toshiba Corp.), 26 March 1996 (26.03.1996), paragraphs [0001], [0031] (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/17(2006.01)i, G01T1/20(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. G01T1/17, G01T1/20

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 57-119275 A（アロカ株式会社）1982.07.24, 全文、全図（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2000-227479 A（日本電子株式会社）2000.08.15, 段落【0001】、【0008】（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 61-71381 A（日本原子力研究所）1986.04.12, 第1頁左下欄第4行～第2頁左上欄第20行、第1図、第2図（ファミリーなし）	1-10

☒ 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

2 0 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 6 . 2 0 1 4

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）

林 靖

2 I

3 4 8 9

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 2002-350545 A (浜松ホトニクス株式会社) 2002. 12. 04, 段落【0001】、【0143】、【0144】 & US 2003/0033097 A1 & W0 2002/097471 A1 & CN 1511266 A	4
Y	JP 8-82681 A (株式会社東芝) 1996. 03. 26, 段落【0001】、【0031】 (ファミリーなし)	7