

(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
2010年10月7日(07.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/113280 A1

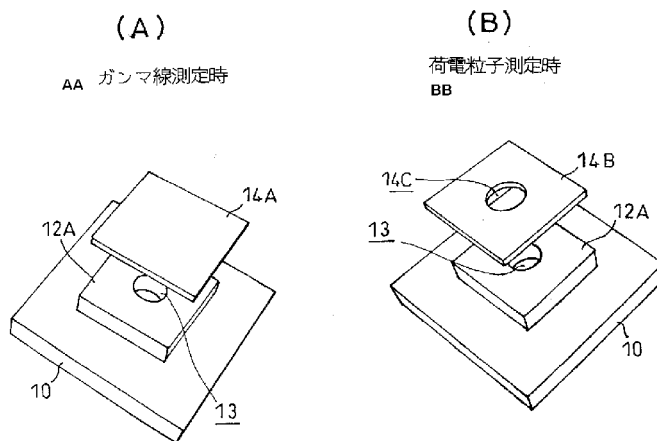
- (51) 国際特許分類:
G01T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/056704
- (22) 国際出願日: 2009年3月31日(31.03.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人放射線医学総合研究所(National Institute of Radiological Sciences) [JP/JP]; 〒2638555 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 中村 秀仁 (NAKAMURA, Hidehito) [JP/JP]; 〒2638555 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 高矢 諭, 外(TAKAYA, Satoshi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木二丁目10番12号 南新宿ビル 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, 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, JP, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: RADIATION LEAD FILTER, METHOD FOR EVALUATING PERFORMANCE OF RADIATION DETECTOR, AND RADIATION DETECTOR

(54) 発明の名称: 放射線鉛フィルター、放射線検出器の性能評価方法及び放射線検出器

[図5]



AA GAMMA-RAY MEASUREMENT
BB CHARGED-PARTICLE MEASUREMENT

(57) Abstract: A radiation lead filter for limiting the types of radiations when the radiations are detected by using a radiation source from which plural types of radiations are emitted is provided with an identification lead plate layer for identifying particles by making the distances passed by the radiations different, which is disposed between the radiation source and a radiation detector. Thus, a radiation to be measured can be selected, and the performance of the radiation detector can be evaluated with high precision.

(57) 要約: 複数種類の放射線が放出される放射線源を用いて放射線を検出する際に放射線種を限定するための放射線鉛フィルターであって、放射線源と放射線検出器の間に配置される、放射線の通過距離を異ならせることで粒子を識別する識別鉛板層を設ける。これにより、測定する放射線を選択でき、放射線検出器の性能を高精度で評価できる。



WO 2010/113280 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

放射線鉛フィルター、放射線検出器の性能評価方法及び放射線検出器
技術分野

[0001] 本発明は、放射線鉛フィルター、放射線検出器の性能評価方法、及び、放射線検出器に係り、特に、複数種類の放射線が放出される放射線源を用いて、放射線検出器の性能を評価する際に用いるのに好適な、放射線鉛フィルター、及び、これを用いた放射線検出器の性能評価方法、及び、放射線鉛フィルターを備えた放射線検出器に関する。

背景技術

[0002] 放射線源を放射線検出器の上に直接置いて、放射線検出器の性能を評価する方法が知られている。この方法は、1種類の放射線しか放出しない放射線源を、放射線検出器の性能評価に用いた場合は、特に問題は無い。

[0003] 一方、 ^{137}Cs 、 ^{207}Bi 、 ^{60}Co 等、複数の種類の放射線(放射線群)を放出する放射線源が存在する。これらの放射線源も、放射線検出器の性能評価に用いられる。

[0004] しかしながら、放射線群を用いた場合、複数の放射線が同時に放射線検出器に入る可能性があり、放射線検出器の性能を悪く見積もる可能性がある。即ち、複数の放射線を放射線検出器で同時に検出してしまった信号は、バックグラウンドになり、従来の方法では、放射線検出器の性能評価を正しく行なえない。又、解析を一段と複雑にさせる。

[0005] 例えば、2本の異なるエネルギーE1及びE2を放出する放射線源があるとする。この放射線源を、放射線検出器上に直接置いて放射線検出器の性能を評価する従来の方法では、図1(A)に示すように、放射線検出器の出力は、エネルギーE1の信号C1とエネルギーE2の信号C2だけでなく、両者が足し合わさった信号 $C3 = E1 + E2$ までも検出することになる。複数の種類の放射線の放出が同時に起こらないと仮定すれば、エネルギーE1の信号C1とエネルギーE2の信号C2だけ考えて解析すれば良いが、高精度で放射線検出器の性能を評価するためには、足し合わさったE1+E2の信号C3も考慮して解析しなければならない。

発明の開示

[0006] 本発明は、このような問題点を解決するべくなされたもので、複数種類の放射線が放出される放射線源を用いた場合に、測定する荷電粒子線と非荷電粒子線(ガンマ線やエックス線)とを選択できる放射線鉛フィルターを提供し、この放射線鉛フィルターを用いることで放射線検出器の性能を高精度で評価できるようにし、さらにこの放射線鉛フィルターを備えた放射線検出器を提供することを課題とする。本発明は、複数種類の放射線が放出される放射線源を用いて放射線を検出する際に放射線種を限定するための放射線鉛フィルターであって、放射線源と放射線検出器の間に配置される、放射線の通過距離を異ならせることで粒子を識別する識別鉛板層を設けたものであり、この放射線鉛フィルターを提供することにより、前記課題を解決したものである。また、放射線検出器の種類(シンチレーション検出器、半導体検出器、等)に依存しないで使用できるという特徴も備えている。

[0007] 識別鉛板層の放射線通過距離が極端に異なる例として、識別鉛板層が孔無しの鉛板と孔有りの鉛板である場合の違いをまとめて表1に示す。

[0008] [表1]

	孔無し	孔有り
荷電粒子の測定	不可	可
非荷電粒子線の測定	可	可

[0009] この表1から分かるように、図2(A)、図3(A)に示す如く、識別鉛板層に孔が無い無孔鉛板14Aを用いた場合は、放射線源8からの荷電粒子は、図2(A)に示すように無孔鉛板14Aで止まってしまうので、図3(A)に示すように、透過力の高い非荷電粒子線であるガンマ線のみ放射線検出素子(例えばシンチレータ10)で測定できる。一方、図2(B)、図3(B)に示すように、識別鉛板層に孔14Cが有る有孔鉛板14Bを用いた場合は、荷電粒子もガンマ線も両方とも放射線検出素子10で測定できる。

[0010] 従って、孔14Cの無い場合(A)と有る場合(B)で測定した結果を用いる事で、荷電粒子だけの測定結果を求める事が出来る。具体的には、孔有りの条件(B)で測定を行った結果から、孔無しの条件(A)で測定を行った結果を減算すれば良い。なお、

測定結果を減算する際には、測定数を測定時間で規格化する。

- [0011] 以上のように、物質の透過率が高いガンマ線を測定したい場合は、識別鉛板層に放射線通過距離の長い鉛部材を用い、物質の透過率が低い荷電粒子を測定したい場合には、識別鉛板層に放射線通過距離の短い鉛部材と前記放射線通過距離の長い鉛部材とを用いて測定する。例えば、物質の透過率が高いガンマ線を測定したい場合は、図3(A)に示した如く孔のあいていないすなわち無孔部が設けられている無孔鉛板14Aを用い、物質の透過率が低い荷電粒子を測定したい場合には、図2(B)に示した放射線通過距離が全くない孔14Cのあいたすなわち有孔部を設けた有孔鉛板14Bと、図2(A)に示した無孔鉛板14Aの両方を交代に用いて測定する。
- [0012] 従って、本発明によれば、数種類の放射線が放出される放射線源を用いた場合に、測定する荷電粒子線と非荷電粒子線とを選別できる放射線鉛フィルターが提供される。なお、識別鉛板層は、必ずしも孔があいていなくても孔部の厚みが適度に異なれば良い。
- [0013] ここで、前記識別鉛板層に有孔鉛板部と無孔鉛板部とを併設し、各部を専ら検出する放射線検出器の計測部も併設することができる。
- [0014] また、前記識別鉛板層を、交換可能な有孔鉛板と無孔鉛板とで構成して、計測部は共有とすることができる。
- [0015] また、前記有孔鉛板と無孔鉛板とが、ホルダーに交換可能に保持されるようにできる。
- [0016] 本発明のもう一つの特徴は、偶発的に起こるバックグラウンド事象を落とす事が可能な点である。放射線源は、ある程度の体積を持つために、ある時間内に同時に線源から放射線が放出される場合がある。又、同じ放射線ではなく、異なる放射線が同時に複数放出される可能性もある。
- [0017] 既存の汎用の放射線検出器の性能を評価するために標準放射線源の放射線を検出器のシンチレータに照射する場合に、ここでは簡単に、エネルギーの異なる2つの放射線(E1とE2)が同時に発生した場合を例として、本特徴を説明する。図4に示すのは、(A)従来の方法によるガイド鉛板層を用いないで放射線源8からの放射線を検出した場合と、(B)本発明によるガイド鉛板層12を用いた場合の概略図である。

- [0018] 図4(A)に示すガイド鉛板層を用いない従来の方法であると、エネルギーE1とE2の放射線が同時に放射線検出素子10に入る場合がある。この場合、放射線検出器からは、図1(A)に示したように、E1とE2のエネルギーの合算値(E1+E2)が出力される。このイベントは、2つの放射線のコインシデンスによるバックグラウンドである。
- [0019] これに対して、ガイド鉛板層12を設けた場合、図4(B)で示すように、どちらかの放射線がガイド鉛板層12の縦壁部で止まってしまう確率が著しく高くなる。これは、発生する放射線が同時に同じ方向へ放出する確率が少ないという事を利用したものである。角度が異なる放射線が放出される為に、一方の放射線が検出素子10に到達した場合、他方の放射線が検出素子10に到達できない可能性が高い。なお、この確率は、ガイド鉛板層の孔13の高さと大きさに依存する。そのため、図1(B)で示したように、放射線検出器から出力されるデータでは、バックグラウンドであるE1+E2のイベントを落とす事が可能になる。
- [0020] ここで、図4(C)に示すように、同時に発生した2本の放射線のなす角度が図中の二等辺三角形の角度 θ より小さい場合は両方が同時に検出される可能性がある。従って、その確率は角度 θ に依存し、角度 θ を小さくするほど小さくなるといえる。製造コストを考えると、本性能評価の目的では、孔は図5に示すごとく一つでも良いことが分かる。
- [0021] 一方、後出図13、14に示すように多数の孔を設けたガイド鉛板層は、製造コストは高くなるが、高さを低くできる特長がある。
- [0022] 本発明の放射線鉛フィルターは、さらに、図5に示す如く、前記識別鉛板層(14A又は14B)に、同時発生する放射線の同時入射を阻止するための孔13があいたガイド鉛板層(図5ではガイド鉛板12A)を重ねて設けたものである。
- [0023] より詳しく説明すると、2本のガンマ線が放出される放射線源がある場合、それぞれのガンマ線が放射線源より放射される方向は全方向(4π 方向)であるために、2本の放射線が同じ角度に飛ぶ確率は、 $1/(4 \times \pi)/(4 \times \pi)$ となる。従って、これらの2本のガンマ線が、たまたま近似方向に放出されることがあり、その場合放射線検出素子で2本のガンマ線を同時計測する可能性がある。ガイド鉛板層12は、放射線を平行に集束させるコリメータと違い、どちらか1本のガンマ線をガイド鉛板層の壁で遮蔽す

ることにより、1本のガンマ線だけを放射線検出素子10に導いて検出する可能性を高めるものである。従って、ガイド鉛板層12の穴13は、必ずしも平行にあいている必要はない。

[0024] 即ち、図4におけるガイド鉛板層12を用いると、2本のガンマ線が同時発生する場合、どちらか1本のガンマ線をガイド鉛板層12の壁で遮蔽することにより1本のガンマ線だけを検出する可能性を高めることができる。

[0025] ここで、前記ガイド鉛板層の有孔鉛板部あるいは無孔鉛板部に対応する孔を一つの孔とすることができる。

[0026] 本発明は、又、前記の放射線鉛フィルターを用いて放射線検出器の性能評価する方法を提供するものである。

[0027] 本発明は、又、前記放射線鉛フィルターを備えた放射線検出器を提供するものである。

[0028] 又、複数種類の放射線が放出される放射線源を用いた場合に、放射線検出器の性能を高精度で評価することが可能となる。

[0029] 又、複数種類の放射線が放出される放射線源から特定種類の放射線のみを検出可能な放射線検出器が提供される。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]放射線鉛フィルターの有無により測定で得られるエネルギースペクトルの違いを比較して示す図

[図2]本発明による荷電粒子の測定の様子を示す図

[図3]本発明によるガンマ線の測定の様子を示す図

[図4]本発明に係るガイド鉛板層の作用を示す図

[図5]本発明の基本的な構成を示す斜視図

[図6]本発明の実施形態の構成を示す斜視図

[図7]同じく全体構成を示す断面図

[図8]同じく識別鉛板層のホルダーの一例を示す斜視図

[図9]同じく識別鉛板層のホルダーの他の例を示す斜視図

[図10]同じく計測手順を示す流れ図

[図11]207Biから放出されるガンマ線を、孔のあいていない鉛板を装着した放射線鉛フィルターを用いて測定した結果を示す図

[図12]207Biから放出されるガンマ線及び内部転換電子を、孔のあいている鉛板を装着した放射線鉛フィルターを用いて測定した結果を示す図

[図13]本発明の実施例の構成を示す斜視図

[図14]前記実施例の変形例の要部を示す斜視図

[図15]本発明の他の実施例の構成を示す斜視図

[図16]同じく計測手順を示す流れ図

[図17]本発明に係る放射線鉛フィルターの実施例を示す分解斜視図

発明を実施するための最良の形態

[0031] 以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

[0032] 図6は、計測部21と光学結合する放射線検出素子(ここではシンチレータ)10を含む放射線検出器20の上に、ガイド鉛板層となるガイド鉛板12Aが設けられ、その上に識別鉛板層となる同一高さの(A)無孔鉛板14A又は(B)有孔鉛板14Bが重ねて配置されている、本発明に係る放射線鉛フィルターの実施形態の構成を示す。

[0033] ここで、有孔鉛板14Bが所定厚みの板材に孔14Cをあけて形成されているのは、ガイド鉛板層の機能を多少なりとも持たせるためと、放射線源に接触させて測定することにより放射線検出器20と放射線源の距離を、無孔鉛板14Aを用いて計測する場合と同一にするためである。

[0034] 前記シンチレータ10は、放射線が入力すると、相互作用によりそのエネルギーに応じた発光量で発光する。

[0035] 前記計測部21は、既知の技術により相互作用による発光をその発光量に対応した電気信号に変換出力する部であるが、その方法を限定するものではない。代表的な例では、図7に示す如く光電変換部22、処理部24及び出力部26で構成され、シンチレータ10の発光を受けると光電変換を行ない、その信号を処理部24に送って少なくともA/D変換を行い、出力部26から出力する。出力部26は図示しないコンピュータ等に設けられた演算部へつながる。図において、14は、識別鉛板層を形成する無孔鉛板14A又は有孔鉛板14Bである。

- [0036] また、12Aは、ガイド鉛板層12を形成する有孔鉛板であり、その中央部に放射線を通過させるための孔13Aがあげられている。
- [0037] 前記有孔鉛板14Bは、荷電粒子を通過させる孔14Cをあけた鉛板であり、無孔鉛板14Aは、荷電粒子の通過を阻止する孔なしの鉛板である。ガイド鉛板12Aの孔13Aと有孔鉛板14Bの孔14Cは同径の孔で、両板を重ね合わせると、ちょうど重なるように設けられている。
- [0038] 例えばガイド鉛板層12となる有孔鉛板12Aの厚みを8mm、識別鉛板層14となる無孔鉛板14Aと有効鉛板14Bの厚みを各2mmとすることができる。なお、ガイド鉛板12Aの孔13A及び有孔鉛板14Bの孔14Cは、互いに同径の丸孔としたが、これに限定するものではない。
- [0039] 前記有孔鉛板14Bと無孔鉛板14Aは、図8に示す如く、ホルダー18に差し替えて交換可能に保持することができる。この差し替え可能な有孔鉛板14B及び無孔鉛板14Aは、互いに係合する長溝181及び182に沿って滑らせて、ホルダー18から抜き差しが可能で、目的に応じて交換装着する。
- [0040] また、図9に示す如く、有孔鉛板14B及び無孔鉛板14Aを一体構造とし、ホルダー18に差し込んでおき、スライドさせてその位置を替えることで交換可能に保持することもできる。検出器(図示せず)は、長溝181及び182を連結する支持部材183及び184の間に、図の下方から差し込んで配置することができる。
- [0041] ガンマ線の計測は図10に示す手順で行う。まず無孔鉛板14Aをセットし(ステップS101)、被検体の被計測部に当接させて計測するとガンマ線が入射した場合に検出素子10が相互作用により発光する(ステップS102)。その発光を光電変換し発光量を計測すると、そのガンマ線の計測データ(E_{γ})が得られる(ステップS103)。そのデータはメモリに格納されたテーブル(γ)に順次書き込まれ(ステップS104)、例えば5分の計測が終了すると(ステップS105YES)、その計測データを集積する(ステップS106)。ガンマ線の計測である場合はステップS108へ進み(ステップS107YES)、その結果を出力する(ステップS108)とガンマ線の計測データが得られる。
- [0042] 一方荷電粒子線の計測である場合はステップS121へ進み(ステップS107No)有孔鉛板14Bをセットする(ステップS121)。被検体の被計測部に当接させて計測する

とガンマ線あるいは荷電粒子線が入射した場合に検出素子10が相互作用により発光する(ステップS122)。その発光を光電変換し発光量を計測するとそのガンマ線あるいは荷電粒子線の計測データ($E_{\gamma} + E_c$)が得られる(ステップS123)。そのデータはメモリに格納されたテーブル($\gamma + c$)に順次書き込まれる(ステップS104)。ステップS105と同じ計測時間計測し(ステップS125)、その計測データを集積する(ステップS126)。

- [0043] 次いで、ステップS106及びステップS126で集積したデータをメモリから読出し、集積値 $\Sigma(\gamma + c)$ から 集積値 $\Sigma(\gamma)$ を減算するように演算する(ステップS127)。そしてその演算結果を出力する(ステップS128)と荷電粒子の計測データが得られる。

実施例

- [0044] 実施例として、 ^{207}Bi 放射線源を用いて、放射線検出素子(ここでは、プラスチックシンチレータを用いる。そのサイズは $6.2\text{cm}^2 \times 1\text{cm}$ 厚である。)の性能を評価する。

- [0045] この ^{207}Bi 放射線源から放出される荷電粒子は、K殻 975.6keV 、L1殻 1047.8keV 、L2殻 1048.4keV 、L3殻 1050.6keV の内部転換電子群と、K殻 481.6keV 、L1殻 553.8keV 、L2殻 554.5keV 、L3殻 556.6keV の内部転換電子群であり、放出されるガンマ線は、 569.7keV 、 1063.6keV 、 1770.2keV のガンマ線であり、計11本の放射線が主として放出される。

- [0046] このような放射線群を放出する放射線源を用いる場合に、本発明の放射線鉛フィルターが能力を発揮する。図5を用いて放射線鉛フィルターの基本的な構成を説明する。ここで、ガイド鉛板層は、 $3\text{cm}^2 \times 8\text{mm}$ (厚さ)のガイド鉛板12Aであり、 3cm^2 の面上の中心に直径 1cm の孔13があいている。識別鉛板層14は、 $3\text{cm}^2 \times 2\text{mm}$ (厚さ)であり、 3cm^2 の面上の中心に直径 1cm の孔14Cがあいている有孔鉛板14Bと、孔があいていない無孔鉛板14Aの2種類がある。

- [0047] まず、ガイド鉛板12Aと無孔鉛板14Aを用い、図5(A)に相当するセットアップで、被検体から等距離に設定して ^{207}Bi からの3本のガンマ線を測定した。図11は、プラスチックシンチレータ10により得られたエネルギースペクトルの結果である。図11に示したように、測定で得られた3本のガンマ線がきれいに分離できる(図11中の破線

が各ガンマ線に相当する)。放射線鉛フィルターを用いなければ、3本又は2本のガンマ線が同時にプラスチックシンチレータ10に入射した場合等の複雑な条件を考慮しなければならないが、放射線鉛フィルターを用いることで、各放射線を個々に測定することが可能となり、高精度の測定が可能となる。

[0048] 又、 ^{207}Bi から放出されるガンマ線及び内部転換電子を、有孔鉛板14Bを装着した放射線鉛フィルターを用いて測定した結果を図12に示す。この場合も、放射線鉛フィルターを用いることで、各放射線を個々に測定することが可能となり、高精度の測定が可能となる。

[0049] なお、前記実施形態では、 ^{207}Bi を用いてプラスチックシンチレータの性能を評価していたが、本発明の適用対象は、これに限定されず、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 等、他の放射線源を用いた、他の放射線検出器の評価にも同様に適用できる。

[0050] 図13は、識別鉛板層を構成する識別鉛板14Dに有孔(鉛板)部14Bと無孔(鉛板)部14Aを併設し、各部を専ら検出する計測部も併設した放射線鉛フィルター専用の検出器の実施例を示す。

[0051] 識別鉛板14Dは、その放射線入射の半分の部分にハニカム状の孔14Eを多数設けて有孔部14Bとし、残りの半分の部分が無孔部14Aとしている。

[0052] 識別鉛板層の識別鉛板14Dの下方に重なるガイド鉛板層のガイド鉛板12Aには、識別鉛板14Dの有孔部14Bの下方部に孔が重なるようハニカム状の孔13Bを設け、さらに識別鉛板14Dの無孔部14Aの下方にも同様にハニカム状の孔13Aを同数設けている。

[0053] ガイド鉛板層(12A)の下方にはシンチレータ10が設けられ、さらにその下方にシンチレータ10での相互作用による発光を検出する検出器20が設けられている。シンチレータ10は図示の如く10Aと10Bに光学的に二つに分割されて、保持部材11で保持されている。

[0054] 検出器20には、識別鉛板14Dの有孔部14Bとその下方のガイド鉛板12Aのハニカム状の孔13Bを通過してシンチレータ10Bに入射し相互作用する放射線を専ら検出する計測部21Bと、識別鉛板14Dの無孔部14Aとその下方のガイド鉛板12Aに設けられたハニカム状の孔13Aを通過してシンチレータ10Aに入射し相互作用する

放射線を専ら検出する計測部21Aとが併設されている。さらに各計測部の検出したデータの出力も各々に設けられている。これらのパーツは四隅の孔にボルトを通して互いに密着するように結合される。

- [0055] 出力1と出力2を演算処理することにより、同時に荷電粒子とガンマ線の両方を測定することができる。
- [0056] ガイド鉛板12Aは、ハニカム状の孔13A及び13Bを設ける代わりに、図14に示す変形例のように、識別鉛板14Dの有孔部14Bに対応する一つの長方形の孔13A' と、無孔部14Aに対応する一つの長方形の孔13B' とを設けたガイド鉛板12A' のように形成することもできる。
- [0057] 検出器20の二つの検出部21A及び21Bは、それぞれさらに複数の検出部から構成し、例えば、検出部21Aを構成する全ての検出部が同時に放射線を検出した時のみ信号と見なし、それ以外の時はノイズと見なすようにプログラムすることもできる。
- [0058] 図15は、放射線鉛フィルターを構成する識別鉛板層とガイド鉛板層を計4枚の鉛板で構成し、放射線源側から1層目、3層目及び4層目をガイド鉛板層とし、2層目を識別鉛板層とした放射線鉛フィルター専用の検出器の別の実施例を示す。識別鉛板層を構成する識別鉛板14Fに有孔(鉛板)部14Bと無孔(鉛板)部14Aを併設し、各部を専ら検出する計測部も併設している。
- [0059] 識別鉛板層の識別鉛板14Fには、その放射線入射面に列間をあけてハニカム状の孔列14Gを5列設けることで、孔をあけた列部を有孔部14Bとし、孔をあけていない列間部を無孔部14Aとしている。これによりその放射線入射面の半分の部分を有孔部とし、残りの半分の部分を無孔部としている。
- [0060] ガイド鉛板層を構成する三枚のガイド鉛板12A、12B、12Cには、識別鉛板14Fのハニカム状の孔列14Gの下方部に孔が重なるよう同様なハニカム状の孔13Bを設け、無孔部の下方にも同様なハニカム状の孔13Bを設けている。
- [0061] ガイド鉛板の下方にはシンチレータ10が設けられ、さらにその下方にシンチレータ10での相互作用による発光を検出する検出器20が設けられている。これらのパーツは四隅の孔にボルトを通して互いに密着するように結合される。
- [0062] 検出器20には一つの計測部21が設けられているが、計測部21の発光入射面は

図14(B)に示すように多数の検出エリアに分割されており、各検出エリアは識別鉛板14Fの有孔部に対応する光電変換用の有孔部検出素子22Bと無孔部に対応する光電変換用の無孔部検出素子22Aとに分けられていて、有孔部検出素子22Bの計測信号はライン211Bにより、処理部24Bと出力部26Bを経由して出力1へつながり、無孔部検出素子22Aの計測信号はライン211Aにより、処理部24Aと出力部26Aを経由して出力2へつながり、図示していないコンピュータ処理部で識別鉛板14Fの有孔部と無孔部に対応するガイド鉛板の孔面積の比を考慮して二つの出力を演算処理することにより、同時に荷電粒子とガンマ線の両方を測定することができる。

[0063] 図16は、図15で示した実施例の計測方法を示すフローチャートである。

[0064] 識別鉛板14Fの有孔部14Bを通過したガンマ線あるいは荷電粒子線がシンチレータ10での相互作用により発光する(S201)と検出器20で計測される(S202)。計測されたデータ($E_{\gamma} + E_c$)は、図15に示した出力1から出力され、図示していないコンピュータ部のメモリに格納されたテーブル($\gamma + c$)に順次書き込まれる(S203)。

[0065] 一方、識別鉛板14Fの無孔部14Aを通過したガンマ線がシンチレータ10での相互作用により発光する(S211)と検出器20で計測される(S212)。計測されたデータ(E_{γ})は、図14に示した出力2から出力され、図示していないコンピュータ部のメモリに格納されたテーブル(γ)に順次書き込まれる(S213)。

[0066] あらかじめ設定された計測時間が終了し演算指令が出力され(S204)、ガンマ線の計測であるとステップ206へ進む(S205YES)。そして、ステップS203で書き込んだデータを集積する(S206)ことでガンマ線の計測データが得られ、出力する(S207)。

[0067] 一方荷電粒子線の計測であるとステップ214へ進む(S205NO)。そして、ステップS203及びステップS213で書き込んだデータを集積し(S214及びS215)、ステップ215で得た集積値 $\Sigma(\gamma + c)$ からステップS214で得た集積値 $\Sigma(\gamma)$ を減算するように演算する(ステップS216)ことで荷電粒子の測定データが得られ、出力する(S217)。演算指令は設定時間間隔で何度でも出力するようにできる。

[0068] 図17は放射線鉛フィルターの実施例であり、図17(A)は、図13に示した識別鉛板層の識別鉛板14Dのみを放射線鉛フィルターとした構成例を示す。図17(B)は、図

17(A)の識別鉛板14Dの下方に図13に示したガイド鉛板12Aを密着させて一体に形成したより好ましい放射線鉛フィルターの構成例を示す。

- [0069] これらの放射線鉛フィルターを、各々シンチレータ10と計測部21が一体となった検出器20のシンチレータ10の上面に載せ、四隅の孔にボルトを通して互いに固定することで放射線鉛フィルター付き放射線検出器を構成することができる。放射線鉛フィルターを検出器20に固定する方法は他の方法でも良い。
- [0070] ここで、識別鉛板14Dの層は、図8に示したホルダー18の構造と置き換えることもできる。その場合、検出器20の各検出エリアはまとめて一つの検出エリアとして扱う。
- [0071] 放射線鉛フィルターを検出器に取り付けた状態と取り付けない状態で同一放射線源を計測し、その検出値の差を検討することで、検出器の性能を評価することができる。
- [0072] なお、図15の実施例において、ハニカム状の孔列14G下方と列間下方のシンチレータは一体のシンチレータ10としたが、複数のシンチレータを組み合わせる構成することができる。例えば、孔列幅と列間幅に対応する幅の直方体のシンチレータを必要数用意し、反射材を挟んでそれらを交互に配設して構成することができる。
- [0073] これら二つの実施例では、識別鉛板層を交換する必要がないので、無人で検出するのに適している。

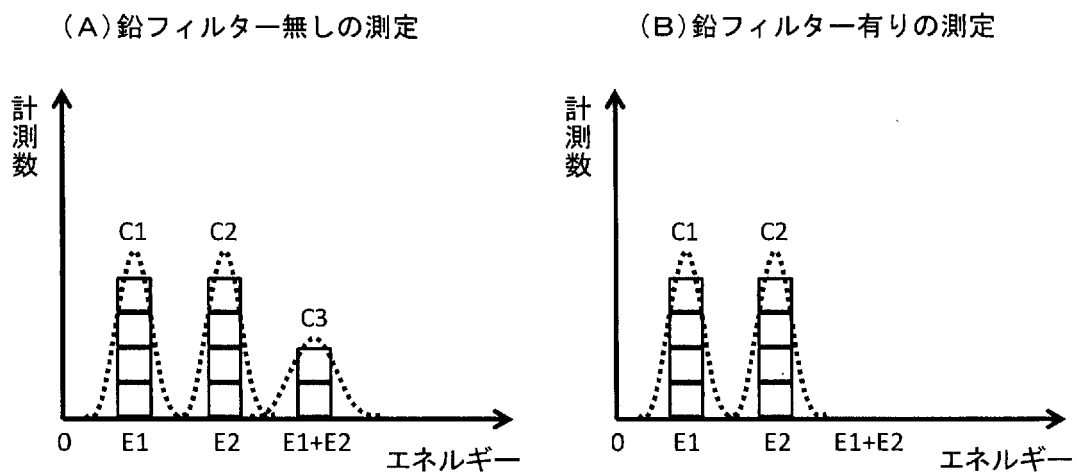
産業上の利用の可能性

- [0074] 荷電放射線と非荷電放射線を識別した放射線計測が可能になるので、 ^{137}Cs 、 ^{207}Bi 、 ^{60}Co 等の複数種類の放射線(放射線群)を放出する放射線源を用いて、放射線検出器の性能を高精度で評価できる放射線鉛フィルター、及び、これを用いた放射線検出器の性能評価方法、及び、放射線鉛フィルターを備えた放射線検出器を提供できる。

請求の範囲

- [1] 複数種類の放射線が放出される放射線源を用いて放射線を検出する際に放射線種を限定するための放射線鉛フィルターであって、
放射線源と放射線検出器の間に配置される、放射線の通過距離を異ならせる粒子識別用の識別鉛板層を設けたことを特徴とする放射線鉛フィルター。
- [2] 前記識別鉛板層に、同時発生する放射線の同時入射を阻止するための孔があいたガイド鉛板層を重ねて設けたことを特徴とする請求項1に記載の放射線鉛フィルター。
- [3] 前記識別鉛板層に有孔鉛板部と無孔鉛板部とを併設し、各部を専ら検出する放射線検出器の計測部も併設したことを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線鉛フィルター。
- [4] 前記識別鉛板層が、交換可能な有孔鉛板と無孔鉛板とで構成され、計測部は共有としたことを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線鉛フィルター。
- [5] 前記有孔鉛板と無孔鉛板とが、ホルダーに交換可能に保持されることを特徴とする請求項4に記載の放射線鉛フィルター。
- [6] 前記ガイド鉛板層の有孔鉛板部あるいは無孔鉛板部に対応する孔が一つの孔であることを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載の放射線鉛フィルター。
- [7] 請求項1乃至6のいずれかに記載の放射線鉛フィルターを用いることを特徴とする放射線検出器の性能評価方法。
- [8] 請求項1乃至7のいずれかに記載の放射線鉛フィルターを備えたことを特徴とする放射線検出器。

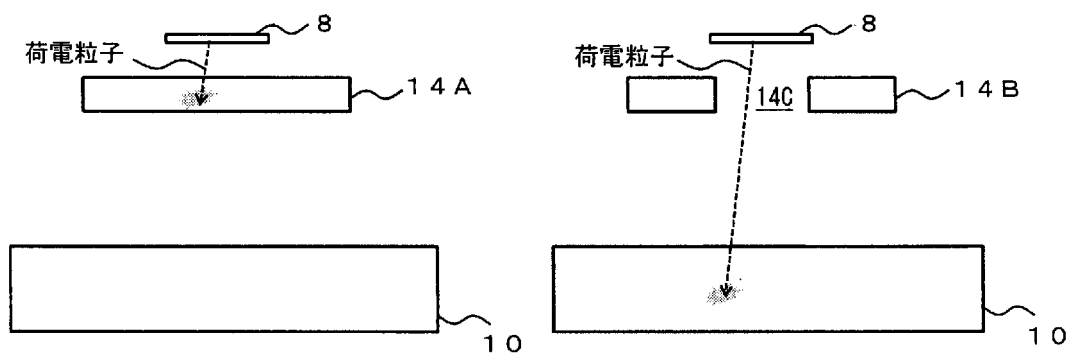
[図1]



[図2]

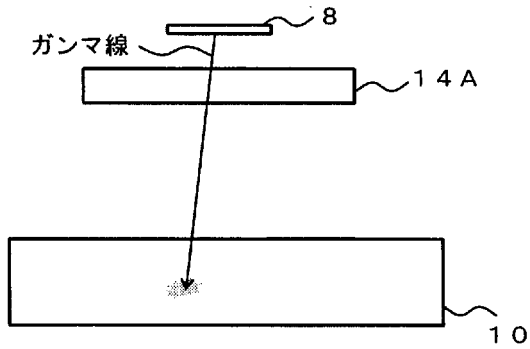
(A) 無孔識別鉛板層

(B) 有孔識別鉛板層

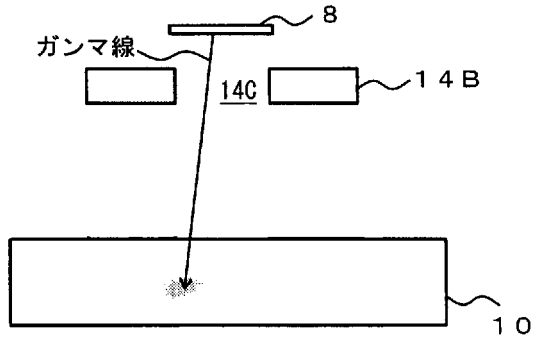


[図3]

(A) 無孔識別鉛板層

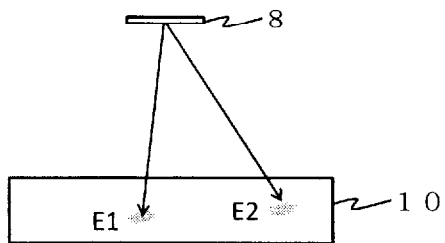


(B) 有孔識別鉛板層

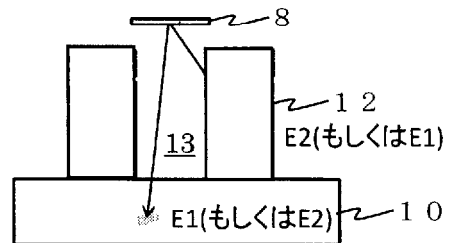


[図4]

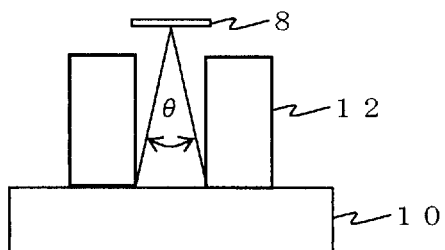
(A) ガイド鉛板層無し



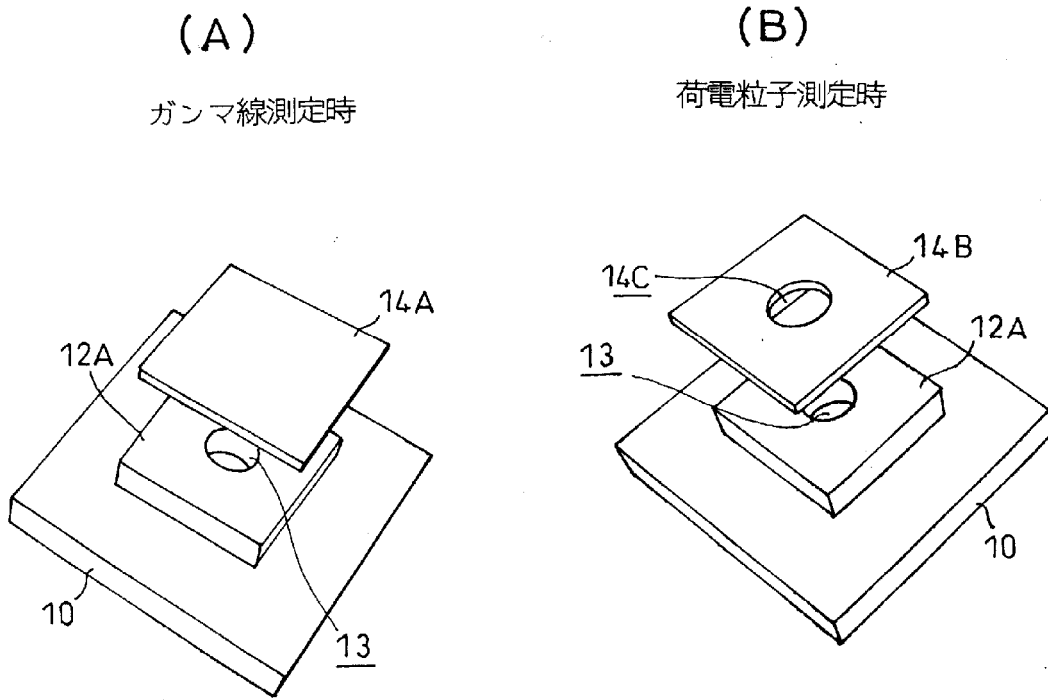
(B) ガイド鉛板層有り



(C)

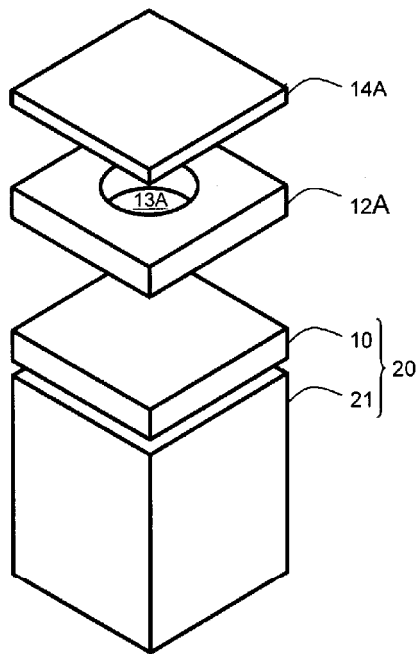


[図5]

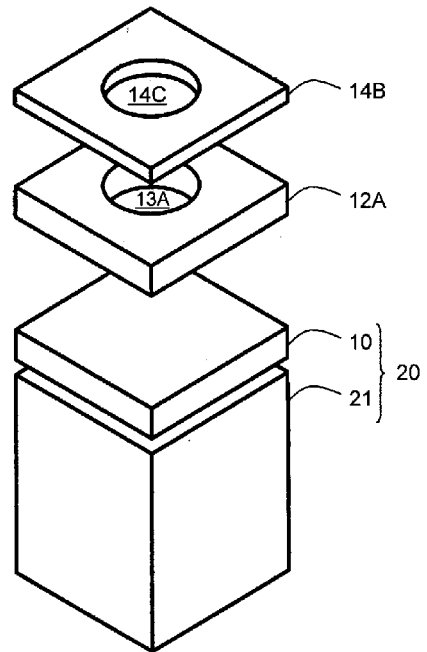


[図6]

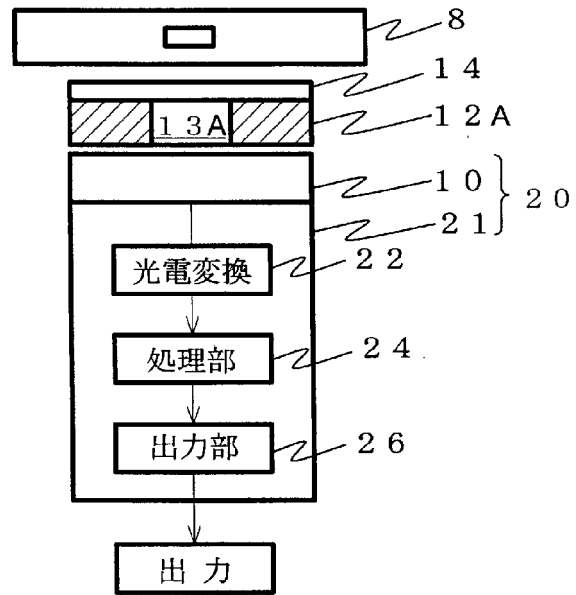
(A)



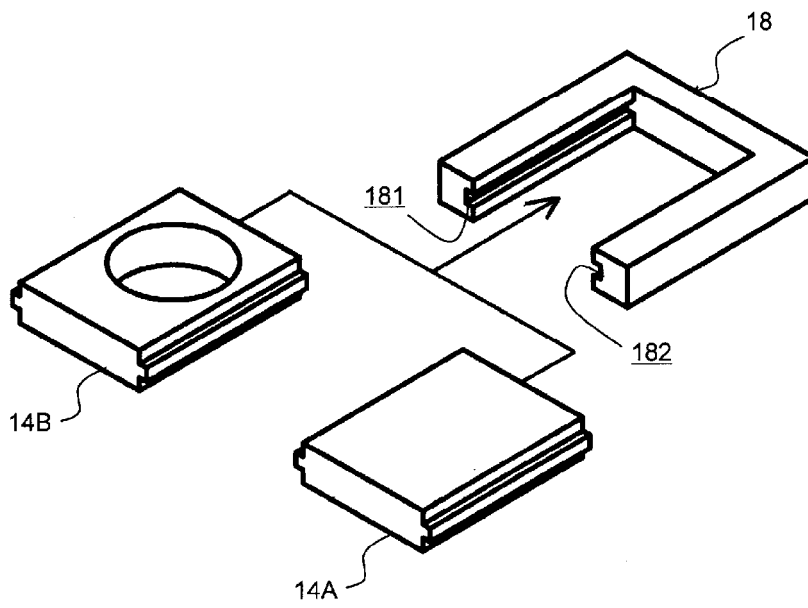
(B)



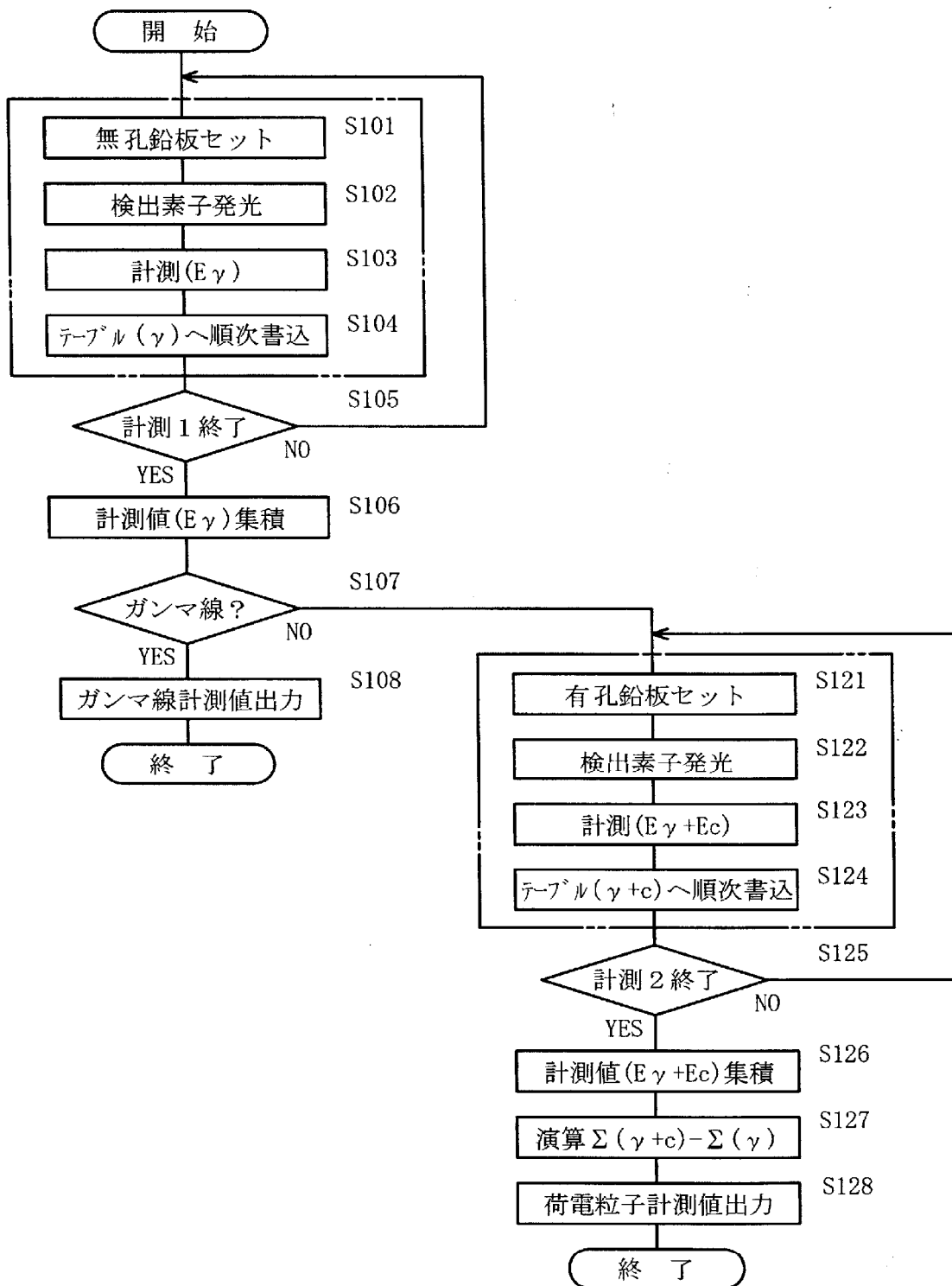
[図7]



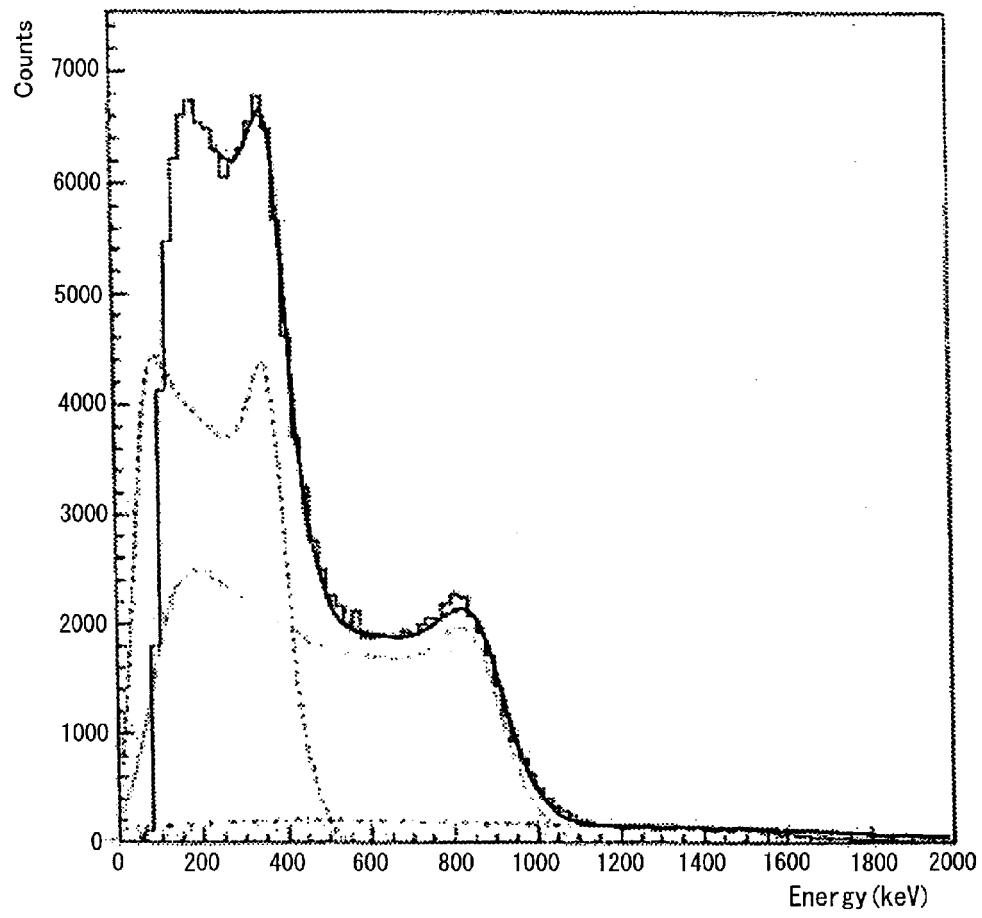
[図8]



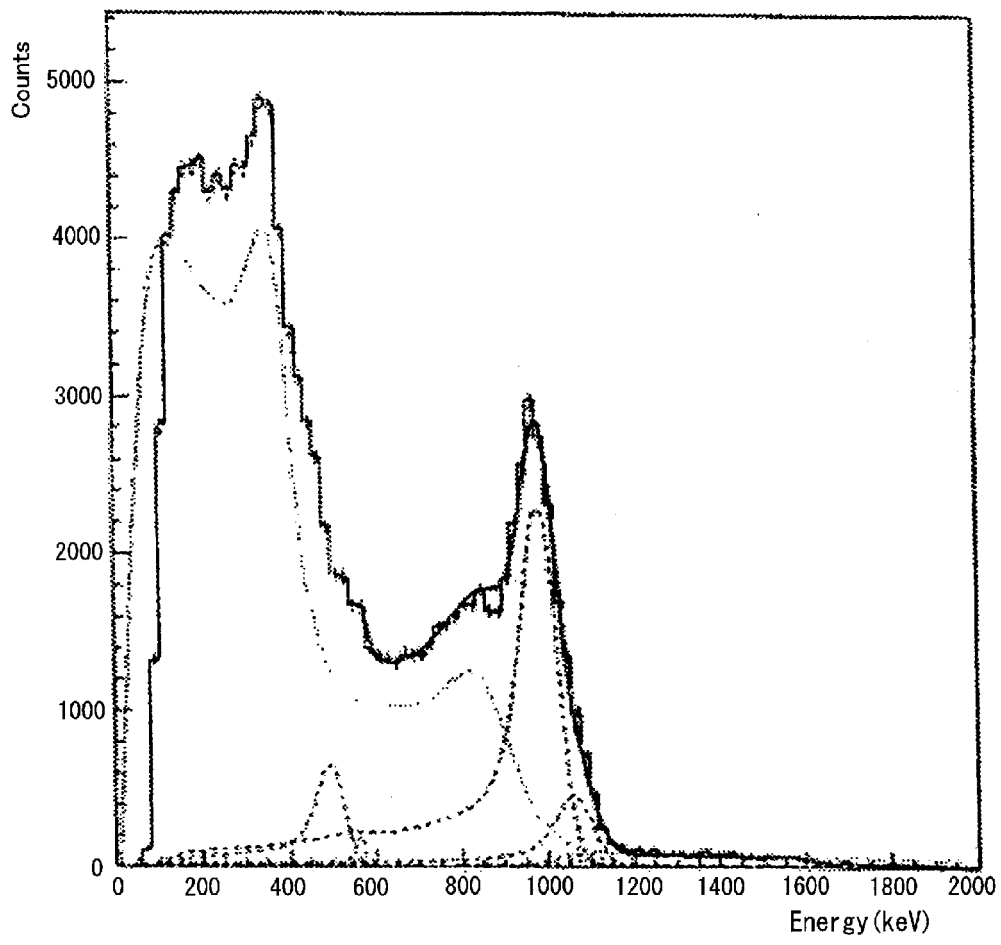
[図10]



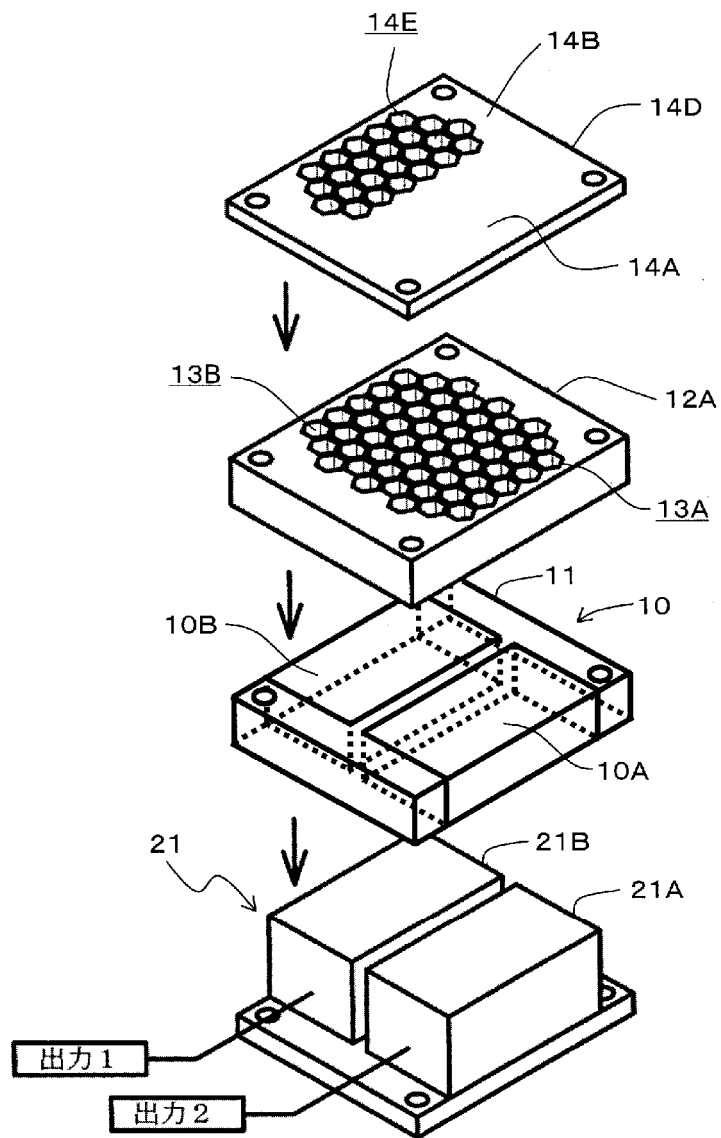
[図11]



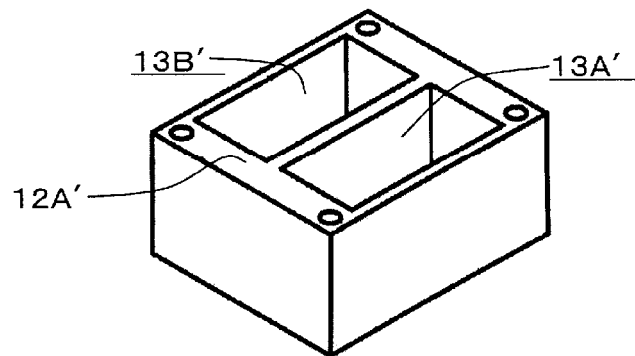
[図12]



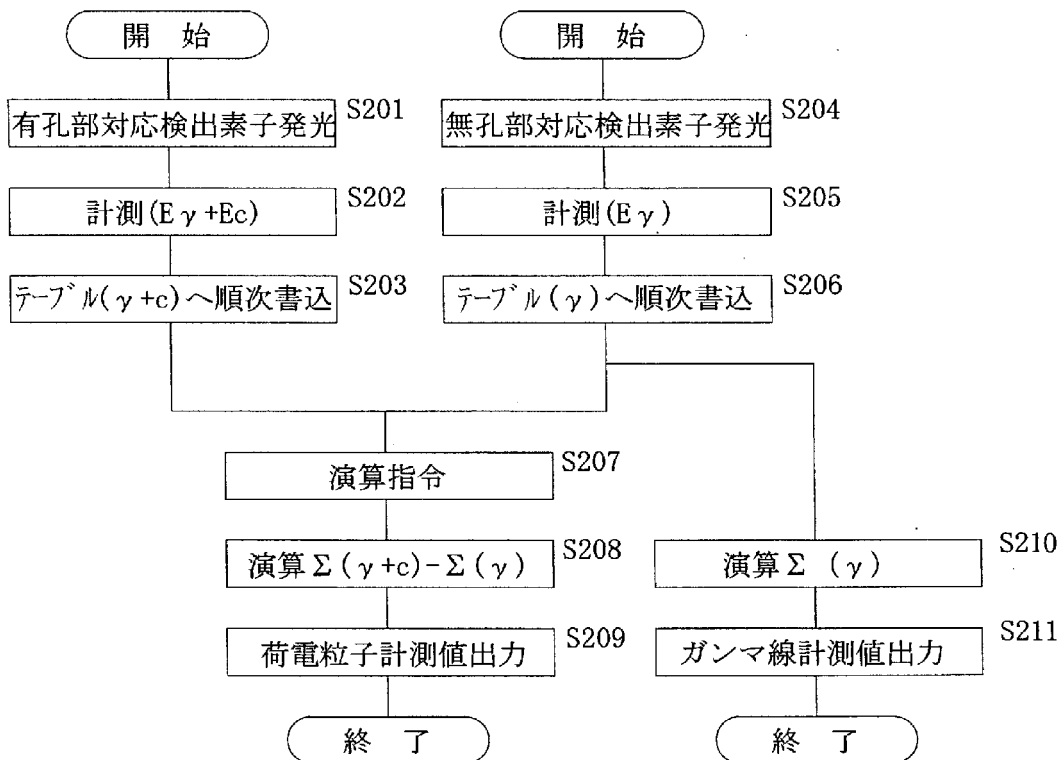
[図13]



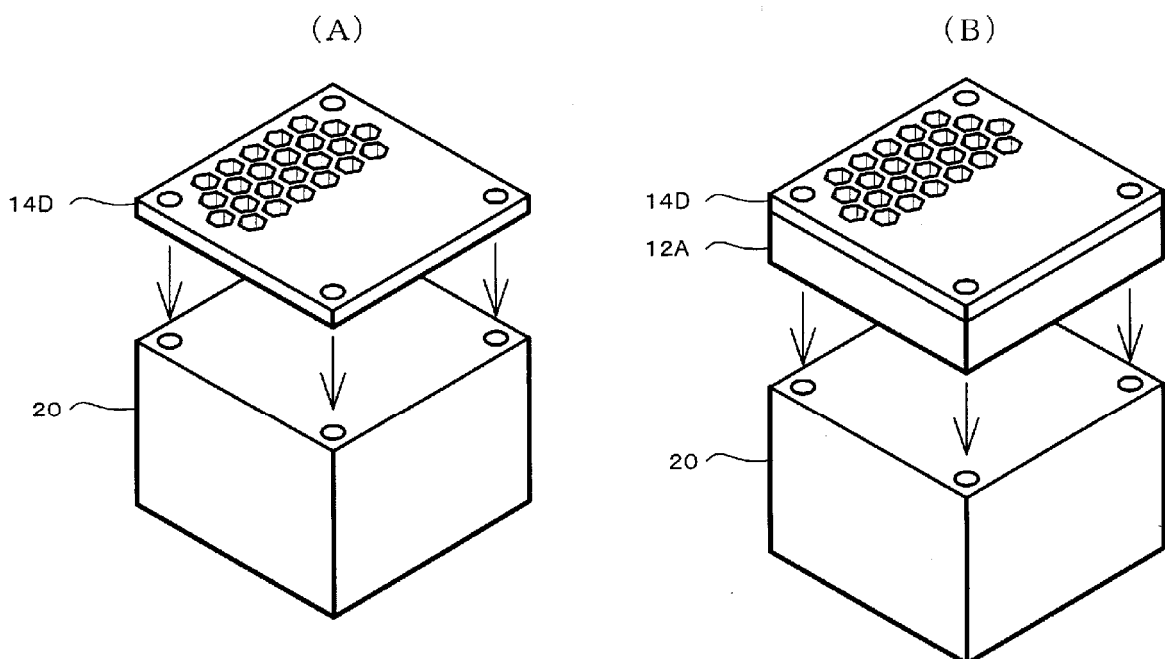
[図14]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2009/056704
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01T7/00 (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)
G01T7/00

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 Y	JP 2005-164450 A (Hitachi, Ltd.), 23 June, 2005 (23.06.05), Par. No. [0016]; Fig. 1 (Family: none)	1, 8 2-7
X Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 155837/1984 (Laid-open No. 70783/1986) (Toshiba Corp.), 14 May, 1986 (14.05.86), Full text; all drawings (Family: none)	1, 8 2-7

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 21 April, 2009 (21.04.09)	Date of mailing of the international search report 28 April, 2009 (28.04.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/056704

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 3-123881 A (Hitachi, Ltd.), 27 May, 1991 (27.05.91), Page 538, lower left column, lines 5 to 13; page 539, upper left column, lines 8 to 12 (Family: none)	2-7
Y	JP 2000-275347 A (Toshiba Corp.), 06 October, 2000 (06.10.00), Description of Figs. 18, 20 and explanations thereof & US 6326623 B1	3-7
A	JP 62-75366 A (Toshiba Corp.), 07 April, 1987 (07.04.87), Description of Fig. 1 and explanations thereof (Family: none)	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/056704

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The matter common to the inventions of claims 1-8 is the invention stated in claim 1.

However, the search has revealed that the invention stated in claim 1 is not novel since it is disclosed in document JP 2005-164450 A (Hitachi, Ltd.), 23 June, 2005 (23.06.05), paragraph [0016], Fig. 1.

In consequence, since the invention stated in claim 1 makes no contribution over the prior art, this common matter (the invention stated in claim 1) cannot be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence. (Continued to the extra sheet.)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/056704

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Therefore, the inventions of claims 1-8 obviously do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01T7/00(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. G01T7/00

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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 Y	JP 2005-164450 A (株式会社日立製作所) 2005.06.23, 段落【0016】、図1 (ファミリーなし)	1, 8 2-7
X Y	日本国実用新案登録出願59-155837号(日本国実用新案登録出願公開61-70783号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1986.05.14, 全文全図 (ファミリーなし)	1, 8 2-7

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

21.04.2009

国際調査報告の発送日

28.04.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

木下 忠

21

3904

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

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 3-123881 A (株式会社日立製作所) 1991.05.27, 第538頁左下欄第5～13行、第539頁左上欄第8～12行 (ファミリーなし)	2-7
Y	JP 2000-275347 A (株式会社東芝) 2000.10.06, 図18, 図20及びその説明の記載 & US 6326623 B1	3-7
A	JP 62-75366 A (株式会社東芝) 1987.04.07, 第1図及びその説明の記載 (ファミリーなし)	1-8

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
請求項1-8に係る発明の共通事項は、請求項1に記載の発明である。

しかしながら、調査の結果、請求項1に記載の発明は、文献 JP 2005-164450 A (株式会社日立製作所) 2005.06.23, 段落【0016】、図1に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。
結果として、請求項1に記載の発明は先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項(請求項1に記載の発明)は特別な技術的特徴ではない。よって、請求項1-8に係る発明は発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。