

(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
2011年6月9日(09.06.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/067952 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) *G01T 1/203* (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057753
- (22) 国際出願日: 2010年5月6日(06.05.2010)
- (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:
PCT/JP2009/070380 2009年12月4日(04.12.2009) JP
- (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: 辻居 幸一, 外(TSUJII Koichi et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内3丁目3番1号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

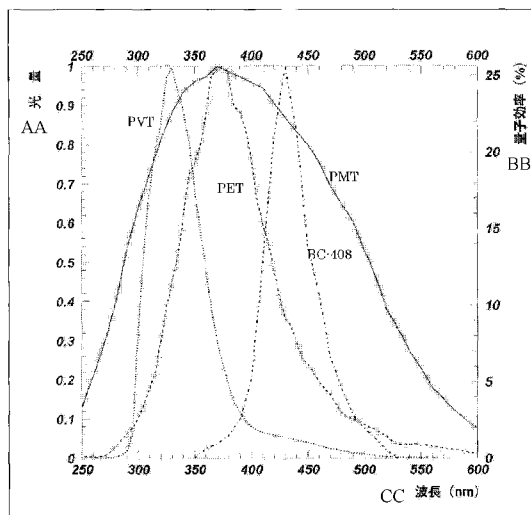
[続葉有]

(54) Title: RADIATION DETECTION ELEMENT

(54) 発明の名称: 放射線検出用素子

[図6]

FIG.6



AA LIGHT QUANTITY
BB QUANTUM EFFICIENCY (%)
CC WAVELENGTH (nm)

(57) Abstract: Disclosed is a radiation detection element which can be manufactured at low cost. The detection element having, as a main component, a base resin not containing phosphor at all is used for radiation measurement.

(57) 要約: 安価に製造することができる放射線検出用素子を提供すること。蛍光体を全く含まない母体樹脂を主成分とする検出用素子を放射線測定に使用した。



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, 添付公開書類:
SN, TD, TG).

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

規則 4.17 に規定する申立て:

- 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に
関する申立て (規則 4.17(v))

明 細 書

発明の名称：放射線検出用素子

技術分野

[0001] 本発明は理学、工学、医学をはじめとする幅広い科学の分野で使用される、放射線測定のための放射線検出用素子に関する。

背景技術

[0002] 一般に α 線、 β 線等の荷電粒子である放射線は、物質を通過する際にその物質中の原子又は分子を電離、励起又は解離し、エネルギーを失う。物質に伝達されたエネルギーはさらに熱運動エネルギーもしくは電磁波として放出される。この物質が蛍光を発する物質等である場合、そのエネルギーの多くの部分が可視領域の光として放出され、この現象をシンチレーション、放出される光をシンチレーション光という。

[0003] さらに γ 線や中性子線等のような電荷を有しない放射線の場合も、前記放射線が物質と相互作用する際に放出される二次的な荷電粒子により同様の現象が起こるため、このシンチレーション現象を利用して放射線の検出が行われている。

[0004] シンチレーション光の測定には光電子増倍管が使用される。光電子増倍管は、光電効果を利用して光エネルギーを電気エネルギーに変換する光電管を基本に、電流増幅（＝電子増倍）機能を付加した高感度光検出器である。

[0005] シンチレーション現象を起こす物質を一般にシンチレータと総称し、放射線測定分野においてはNaI（Tl）に代表される無機結晶を含む無機シンチレータ、アントラセンのような有機結晶、ターフェニル等の放射線が入射すると蛍光を発する蛍光体をキシレン等の有機溶媒に溶かした液体シンチレータ、また蛍光体をポリスチレン等の透明樹脂に溶解分散させたプラスチックシンチレータを含む有機シンチレータが使用されている。

[0006] 特にプラスチックシンチレータはその取り扱いの容易さ、および任意かつ大型の形状に成形することが可能である等の利点により、半世紀に渡り非常

に多く利用されてきた。

[0007] 代表的なプラスチックシンチレータは、ポリスチレン（PS）またはポリビニルトルエン（PVT）等のスチロール系の母体樹脂に、2，5-ジフェニルオキサゾール（DPO）、1，4-ビス（5-フェニル-2-オキサゾール）ベンゼン（POPOP）、p-テトラフェニル（P-TP）、p-クオーターフェニル（P-QP）及び2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1，3，4-オキサジアゾール（B-PBD）等の第1蛍光体及びビス（O-メチルスチル）ベンゼン（ビス-MSB）、9，10-ジフェニルアントラセン、9，10-ジメチルアントラセン等の第2蛍光体を添加したものである。

[0008] 技術分野における長年の常識として、プラスチックシンチレータには蛍光体の添加が必要とされている。その主な理由は、放射線の照射により励起された母体樹脂が放出する電磁波の波長が150～300nmと短いものが報告されていたために、1）測定に使用される光電子増倍管の測定に適した波長範囲、300～400nmに合わない、2）母体樹脂による自己吸収が起こり検出部まで到達する光の量が十分でないことが挙げられる。この点、蛍光体を添加することにより、母体樹脂が出す電磁波のエネルギーを第1蛍光体により～350nm、第2蛍光体により～420nmの光に変換することができ、測定に適し、透過率が高く自己吸収されにくい波長のシンチレーション光を得ることができるとされている。

[0009] 従って、シンチレータに蛍光体の添加は必須のものであるというのが当該技術分野における技術常識であり、測定技術の向上のため、様々な母体樹脂と蛍光体の組み合わせに関する研究が行われてきた。

[0010] しかしながら、前述の通りシンチレータに蛍光体の添加は必須であるという技術常識から母体樹脂のみを放射線検出用素子として使用するという試みはこれまで報告されていない。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] シンチレータの製造において添加される蛍光体の種類や量などはメーカーのノウハウによるところが大きく、そのメーカーの数も限られることから市場がほぼ独占されている。その為一般にシンチレータは高価であり、これを使用する放射線検出器の価格も非常に高価である。本発明の目的は、安価に製造することができる放射線検出用素子を提供し、より低価格な放射線の測定を可能にすることである。

課題を解決するための手段

[0012] 放射線測定分野における長年の技術常識に反して、本発明は蛍光体を全く含まない母体樹脂のみから成る放射線検出用素子、すなわち以下に示す放射線検出用素子を提供するものである。

1. 母体樹脂を主成分とし、蛍光体を含まないことを特徴とする、放射線検出用素子。
2. 母体樹脂が芳香環を有するポリマーである、上記の放射線検出用素子。
3. 芳香環を有するポリマーが、ポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリエチレンテレフタレート及びそれらのコポリマー又は混合物から選択されるポリマーである、上記の放射線検出用素子。
4. ペットボトル再生樹脂を主成分とする放射線検出用素子
5. 蛍光体を含まないことを特徴とする、ペットボトル再生樹脂を主成分とする放射線検出用素子。
6. 有感波長ピークが300nm～500nmにある光電子倍增管用である、上記の放射線検出用素子。
7. 上記の放射線検出用素子の放射線検出における使用。
8. 放射線と相互作用を行って発光する相互作用部と該相互作用部による発光を検出する検出部とからなる放射線検出器であって、前記相互作用部が上記放射線検出用素子からなる放射線検出器。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、従来のプラスチックシンチレータに使用される母体樹脂を、蛍光体を添加することなく放射線検出用素子として使用することにより

、放射線の検出が可能である。

また本発明によれば、従来の蛍光体を含むプラスチックシンチレータと比較して、優れた分解能を得ることができる。

さらに本発明によれば、シンチレータの製造においてより安価な材料が使用可能であり、放射線検出器のコストダウンを実現することが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]²⁰⁷B i 線源から放出された放射線群（11本）の複合エネルギー分布。エネルギーの大きさの異なる3本のガンマ線（569.7 keV、1063.6 keV、1770.2 keV）と8本の内部転換電子（K殻975.6 keV, L1殻1047.8 keV, L2殻1048.4 keV, L3殻1050.6 keV, K殻481.6 keV, L1殻553.8 keV, L2殻554.5 keV, L3殻556.6 keV）を示す。

[図2]²⁰⁷B i 線源から放出された976 keV K殻内部転換電子のみのエネルギー分布。線源中でのエネルギー損失のために、非対称なエネルギー分布を示す。

[図3]¹³⁷C s 線源から放出された放射線群（計6本）の複合エネルギー分布。1本のガンマ線と1本のベータ線、そしてエネルギーの異なる4本の内部転換電子（K殻625.6 keV, L1殻655.9 keV, L2殻656.3 keV, L3殻656.6 keV）を分離している。

[図4] 蛍光体を含まない母体樹脂（ポリビニルトルエン）と、従来の蛍光体を含んだプラスチックシンチレータ（Saint-Gobain社製 型番：BC-408）のエネルギー分解能の比較。データは、²⁰⁷B i 線源からの976 keVと482 keVのK殻内部転換電子と、¹³⁷C s 線源からの626 keVのK殻内部転換電子である。

[図5]²⁰⁷B i 線源から放出された放射線群（11本）の複合エネルギー分布。図1と比較すると分かるように、ピークは976 keVのK殻内部転換電子である。

[図6] ポリビニルトルエン樹脂、ペットボトル再生樹脂、従来のプラスチック

シンチレータ（BC-408）からの発光スペクトル。横軸は蛍光波長（nm単位）、縦軸は光量／量子効率をあらわす。

発明を実施するための形態

- [0015] 本発明に使用される母体樹脂としては、公知のプラスチックシンチレータの母体樹脂として使用されているポリマーが挙げられる。本発明において母体樹脂を主成分とするとは、好ましくは母体樹脂がシンチレータ中に80wt%以上、好ましくは90wt%以上、さらに好ましくは95wt%以上含まれることを意味し、またシンチレータが母体樹脂のみからなることを排除するものではない。

特に、芳香環を主鎖又は側鎖に含む芳香族ポリマーであることが望ましく、芳香族ポリイミド、芳香族ポリアミド、芳香族ポリエステル、芳香族ポリカーボネート、芳香族ポリエーテル等が挙げられる。

- [0016] 例えば一般に市販されているポリスチレンを使用することができる。また低級アルキル基で置換されたフェニル基を側鎖として有するポリマーであるポリビニルトルエン等、ポリエチレンテレフタレート等の芳香族ポリエステルも使用可能であるがこれらに限定されない。これらの芳香族ポリマーは、2種以上を併用しても良く、コポリマー又は混合物を使用しても良い。

さらに、使用済みのペットボトルを原料として製造したペットボトル再生樹脂を使用することができる。ここで使用するペットボトルは、食料品（しょうゆ、乳製品等）、清涼飲料、酒類等を充填するための容器として用いられる、主としてPET（ポリエチレンテレフタレート）を原料とする樹脂ボトルであって、その製造方法、組成の例としては、例えば米国特許第3,733,309号に開示されている。現在流通している再生可能なペットボトルであれば、ペットボトル、耐圧ペットボトル、圧ペットボトル、常温無菌充填ペットボトル等、特に限定されない。ペットボトル再生樹脂は、ペットボトルの洗浄、異物除去、粉碎等の通常行われる再生工程で処理した再生原料を使用して製造した樹脂であり、必要に応じて可塑剤、安定剤、滑剤、帯電防止剤、酸化防止剤等の通常使用される添加剤、再生原料ではないポリエ

チレンテレフタレートを含んでも良い。

[0017] 本明細書において「蛍光体」とは、2, 5-ジフェニルオキサゾール (DPO)、1, 4-ビス (5-フェニル-2-オキサゾール) ベンゼン (POPOP)、p-テトラフェニル (P-TP)、p-クオーターフェニル (P-QP) 及び2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール (B-PBD)、2-(4-tert-ブチルフェニル)-2-(4-ビフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール (ブチルPBD) あるいはビス (O-メチルスチル) ベンゼン (ビス-MSB)、9, 10-ジフェニルアントラセン、9, 10-ジメチルアントラセン等、あるいは、4, 4'-ビス-(2, 5-ジメチルスチリル) ビフェニル (BDB) 等の蛍光体、蛍光性分子、あるいはシンチレーション物質と称される分子である。

本明細書において、「蛍光体を含まない」とは、上述した分子を単離した状態、あるいは母体樹脂に結合 (共有結合、イオン結合等を含む) した状態においても含まないことを意味する。

[0018] (素材の形態)

本発明において、放射線検出素子の形状は特に限定されないが、例えば5×5×10mm程度の直方体、円柱等が挙げられる。検出部で検出する場合に支障となる光学的ひずみを生じない範囲、または光量ロスが生じない範囲において、さらに大きくすることもできる。

[0019] (素材の加工)

本発明の実施態様においては、相互作用部の母体樹脂内部で生じた光を有効に検出部に導き、計測効率を向上させるために加工を行っても良い。例えば、検出用素子の表面を内部の全反射を利用する目的で研磨し、鏡面加工してもよい。加工面は、少なくとも1つの面以上が望ましい。また、検出用素子表面に光の反射層を設ける加工を行ってもよい。

反射層としては、母体樹脂内部で生じた光を反射可能であれば特に制約は無いが、例えばアルミやテフロン (登録商標) 等が望ましい。

[0020] (放射線検出器の種類)

本発明を用いて放射線を測定することができる放射線検出器は、放射線と相互作用を行って発光する相互作用部と前記発光を検出する検出部を備える。発光部としては光電子増倍管あるいは半導体検出器を用いることができる。例えば浜松ホトニクス社製の光電子増倍管R8900-00-M16、H5773、H6780、H7195、H7732、H9305等を使用することが出来るが、これに限られる物ではない。ポリビニルトルエン樹脂、ペットボトル再生樹脂等を母体樹脂として用いる場合には、有感波長ピークが300nm～500nm、より好ましくは300～400nmにある光電子増倍管を用いることが好ましい。

また、380nm以下の紫外線に高い感度を有する酸化亜鉛(ZnO)単結晶を基に作成された紫外線センサー(半導体検出器)を用いることも可能である。

相互作用部は、上述した本発明の放射線検出用素子からなる。

本発明の放射線検出器は上述した相互作用部と検出部を備えていればどのような形状、構成であってもよい。

[0021] (測定可能な線種)

本発明においては、母体樹脂からの短波長領域の蛍光を十分に検出できることから、各種放射線(β 線・ γ 線・内部転換電子等)の分光測定が可能である。

実施例

[0022] 本発明の、蛍光体が添加されていない母体樹脂から成る放射線検出用素子を用いた放射線測定の実施例を以下に記載する。

[0023] 実施例1 放射線源の測定

純度100%のポリビニルトルエン(PVT)からなる62mm×62mm×10mmの大きさの検出用素子を作製した。検出用素子からの蛍光を効率よく検出するため、検出用素子の62mm×10mmの4つ側面にそれぞれ光電子増倍管(型番H7195、浜松ホトニクス)を配置した。検出用素

子の上面と下面 $62\text{ mm} \times 62\text{ mm}$ には、鏡面加工を施した。放射線源から放出されるエネルギーや種類の異なる放射線間による偶発的な事象を低減するため鉛コリメーター（サイズ $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ であり、中央に径 10 mm の穴）を使用し、検出用素子の中央に配置した。放射線源には、社団法人日本アイソトープ協会より購入した ^{207}Bi 線源と ^{137}Cs 線源を用いた。

[0024] 測定データの解析方法は、H. Nakamura, et al., Rad. Res. 170, 811 (2008)に基づいて行った。すなわち従来は、線源自体及びその周りの保護膜によりエネルギーを損失した実測値と理論値を同一であると仮定して測定値を校正していたところ、実際には誤差があることに着目し、放射線測定器の実測によるエネルギー分布から誤差成分を分離する校正を行った。

この方法は放射線測定器におけるエネルギー分解能を飛躍的に向上させることから、特に複数の放射線が放出される放射線源の計測において有効である。

[0025] (^{207}Bi 放射線源を用いた性能評価)

^{207}Bi 線源からは、主としてエネルギーの異なる3本のガンマ線と、エネルギーの異なる8本の内部転換電子（K殻、L1, L2, L3殻の内部転換電子が2組）、計11本の放射線が放射線源から放出される。

検出用素子により得られたエネルギースペクトルを図1に、また、そのエネルギースペクトルからK殻内部転換電子のみを抽出した結果を図2に示す。

ここで、理論上 976 KeV の単一エネルギーを持つK殻内部転換電子が、対称な正規分布を示さずに非対称なエネルギー分布を示したのは、放射線源中でのエネルギー損失が原因である。

この測定結果から示された、検出用素子のエネルギー分解能は、 976 KeV 領域に対して、 $\sigma = 3.58 \pm 0.02\%$ であることが分かった。通常のプラスチックシンチレータを用いた結果 $\sigma = 3.7 \sim 4.1\%$ より、高い

性能を示した。

[0026] (^{137}Cs 線源を用いた性能評価)

^{137}Cs 線源からは、主としてガンマ線とベータ線、そしてエネルギーの異なる4本の内部転換電子(K殻、L1, L2, L3殻の内部転換電子が1組)、計6本の放射線が放出される。エネルギースペクトルは図3に示されている。検出用素子による測定の結果、図4に示されるようにエネルギー分解能は、625 KeV領域に対して、 $\sigma = 4.57 \pm 0.01$ であることが分かった。

[0027] (線源の結果のまとめ)

^{207}Bi 線源と ^{137}Cs 線源から得られたエネルギー分解能の結果をまとめると、純度100%ポリビニルトルエンは、 $\sigma = 3.5 / E (\text{MeV})^{1/2} \%$ であり、同サイズのプラスチックシンチレータ (Saint-Gobain crystals社製、BC408) にて同実験および解析を行った際に得られた結果 $\sigma = 3.7 / E (\text{MeV})^{1/2} \%$ を凌ぐ値であった。その結果は、図4に示されている。

つまり、蛍光体を含む従来のプラスチックシンチレータではなく、蛍光体を含まない母体樹脂のみから成る検出用素子でも十分に放射線の検出が可能であり、プラスチックシンチレータを凌ぐ分解能を示す事が示された。

また、通常スペックの光電子増倍管を用いても、検出用素子からの短波長領域の蛍光を十分に検出でき、各種放射線 (β 線・ γ 線・内部転換電子等) の分光測定が可能である事が実証された。さらに短波長領域に感度の高い光電子増倍管等の検出部を用いることで、更に高感度の測定が可能となること が示された。

[0028] 実施例2 ペットボトル再生樹脂を用いた放射線測定可能性の評価

(^{207}Bi 線源を用いた性能評価)

次に、蛍光体を含まない、不純物を含む母体樹脂から成る検出用素子を用いた例を示す。ここでは、日本製のペットボトルを使用したペットボトル再生樹脂 (以下、再生PET樹脂ともいう) 製ブロックを用いて放射線測定の

可能性の可否を検討した。このブロックは複雑な形状（階段状の形状であって、検出に使用した部分の外寸50mm×110mm×5mm）をしており、測定のための表面加工を行っていないため、底面（50mm×110mmの面）に光電子増倍管（型番H7195，浜松ホトニクス社製）を1本だけ設置し、 ^{207}Bi 線源を用いて対面から入射した放射線により励起された光を測定した。その結果、図5に示すように、ポリビニルトルエン同様、976keVのK殻内部転換電子のピークを十分に見る事が出来た。

これにより、純度が100%でない母体樹脂を使用しても放射線検出用素子として使用することが可能であること、さらに特殊な加工を行わない状態でも十分に放射線計測が出来ることが明らかになった。

[0029] 実施例1及び2のPVT樹脂及び再生PET樹脂の特性を下記表に示す。

表

物質	純度100%PVT樹脂	従来のプラスチックシンチレータ(BC-408)	再生PET樹脂
製造者	Saint-Gobain	Saint-Gobain	三井化学
樹脂組成	$(\text{C}_9\text{H}_{10})_n$	$(\text{C}_9\text{H}_{10})_n$	$(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$
屈折率	1.58	1.58	1.64
最大発光波長	330nm	425nm	380nm

[0030] (ポリビニルトルエン樹脂及びペットボトル再生樹脂からの発光スペクトル)

実施例1のポリビニルトルエン樹脂及び実施例2のペットボトルを使用したペットボトル再生樹脂からの蛍光の発光スペクトルを日立分光蛍光光度計（F-2700形）で測定した。また、日立分光蛍光光度計に散乱ピーク除去フィルター（Hitachi High-Technologies社製）を挿入し、樹脂自体による散乱ピークの影響を除去した。ペットボトル再生樹脂に330nmの光を入射し、そのペットボトル再生樹脂から放出される蛍光を測定した。図6に、実施例2のペットボトル再生樹脂からの放出される蛍光の発光スペクトルを破線で、実施例1で用いた純度100%ポリビニルトルエンからの発光スペクトルを点線で、また従来のプラスチックシンチレータ（BC-408）か

らの発光スペクトルを一点鎖線で示した。

ここで、ポリビニルトルエン樹脂及びペットボトル再生樹脂の蛍光ピーク 330 nm 及び 380 nm と、線で示した光電子増倍管の有感波長のピークはほぼ合致している。つまり、ポリビニルトルエン樹脂とペットボトル再生樹脂は、光電子増倍管の最も感度が高い波長を発光し、放射線計測に極めて適していることが示された。

[0031] ポリビニルトルエン樹脂及びペットボトル再生樹脂から放出される蛍光の発光スペクトルの波長領域は、従来のプラスチックシンチレータ、例えば Saint-Gobain crystals 社製のプラスチックシンチレータ（型番 BC-418、BC-420 等）（355 nm～500 nm の発光ピークを示す。Saint-Gobain crystals 社の製品データシートを参照のこと、参照 URL: http://www.detectors.saint-gobain.com/uploadedFiles/SGdetectors/Documents/Product_Data_Sheets/BC418-420-422-Data-Sheet.pdf）とほぼ同じ領域にあることが分かる。

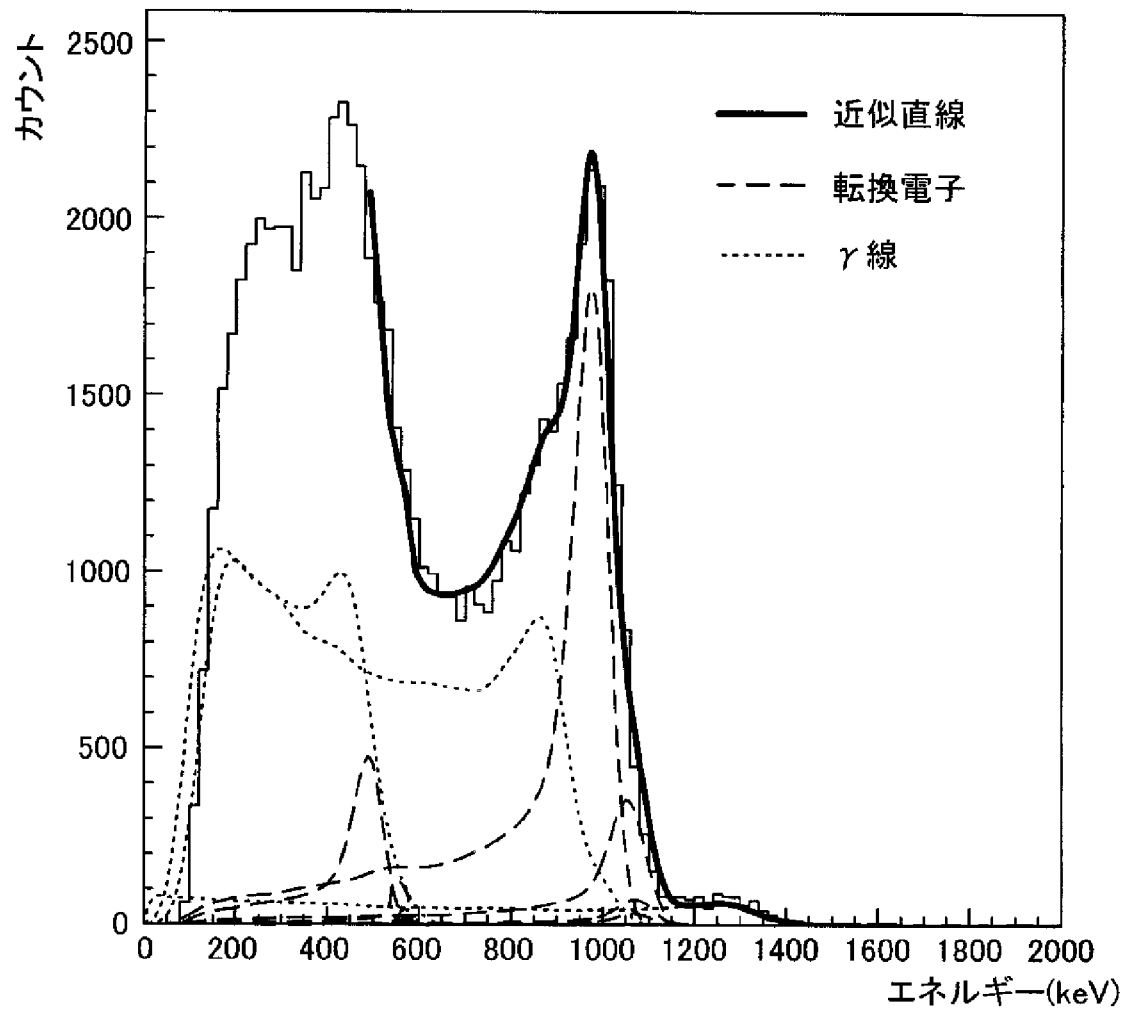
以上より、ポリビニルトルエン樹脂とペットボトル再生樹脂から放出される蛍光が従来のプラスチックシンチレータと変わらない波長領域の光を発光しており、ポリビニルトルエン樹脂及びペットボトル再生樹脂が従来のプラスチックシンチレータと同様に 300 nm 未満の短波長領域の光を検出することができない従来の光電子増倍管を用いても放射線検出用素子として使用することが可能であることが示された。

請求の範囲

- [請求項1] 母体樹脂を主成分とし、蛍光体を含まないことを特徴とする、放射線検出用素子。
- [請求項2] 母体樹脂が芳香環を有するポリマーである、請求項1記載の放射線検出用素子。
- [請求項3] 芳香環を有するポリマーが、ポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリエチレンテレフタレート及びそれらのコポリマー又は混合物から選択されるポリマーである、請求項2記載の放射線検出用素子。
- [請求項4] ペットボトル再生樹脂を主成分とする放射線検出用素子。
- [請求項5] 蛍光体を含まないことを特徴とする、請求項4記載の放射線検出用素子。
- [請求項6] 有感波長ピークが300nm～500nmにある光電子倍增管用である、請求項1～5のいずれか一項に記載の放射線検出用素子。
- [請求項7] 請求項1～5のいずれか一項に記載の放射線検出用素子の放射線検出における使用。
- [請求項8] 放射線と相互作用を行って発光する相互作用部と該相互作用部による発光を検出する検出部とからなる放射線検出器であって、前記相互作用部が請求項1～5のいずれか一項に記載の放射線検出用素子からなる放射線検出器。

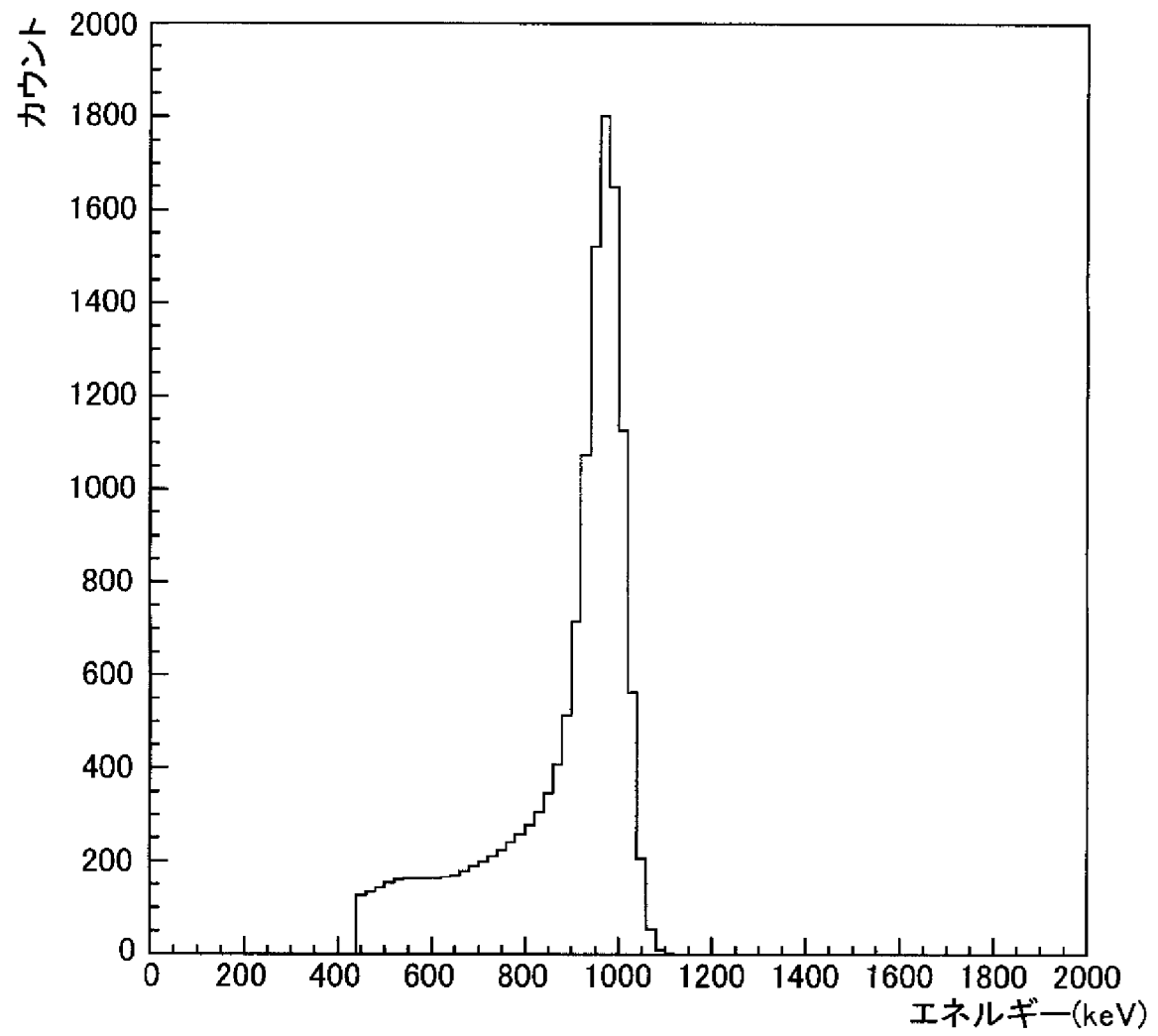
[図1]

FIG.1



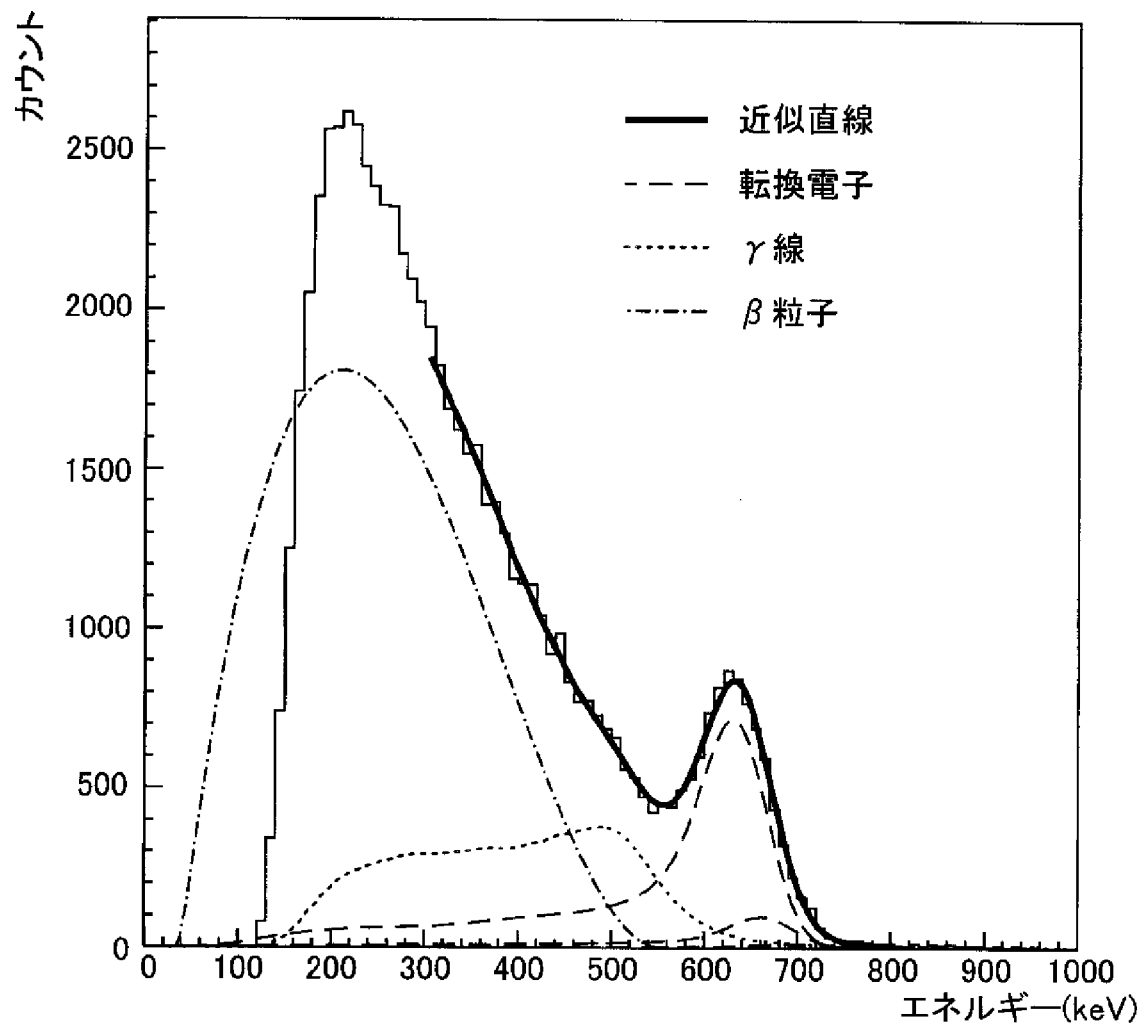
[図2]

FIG.2



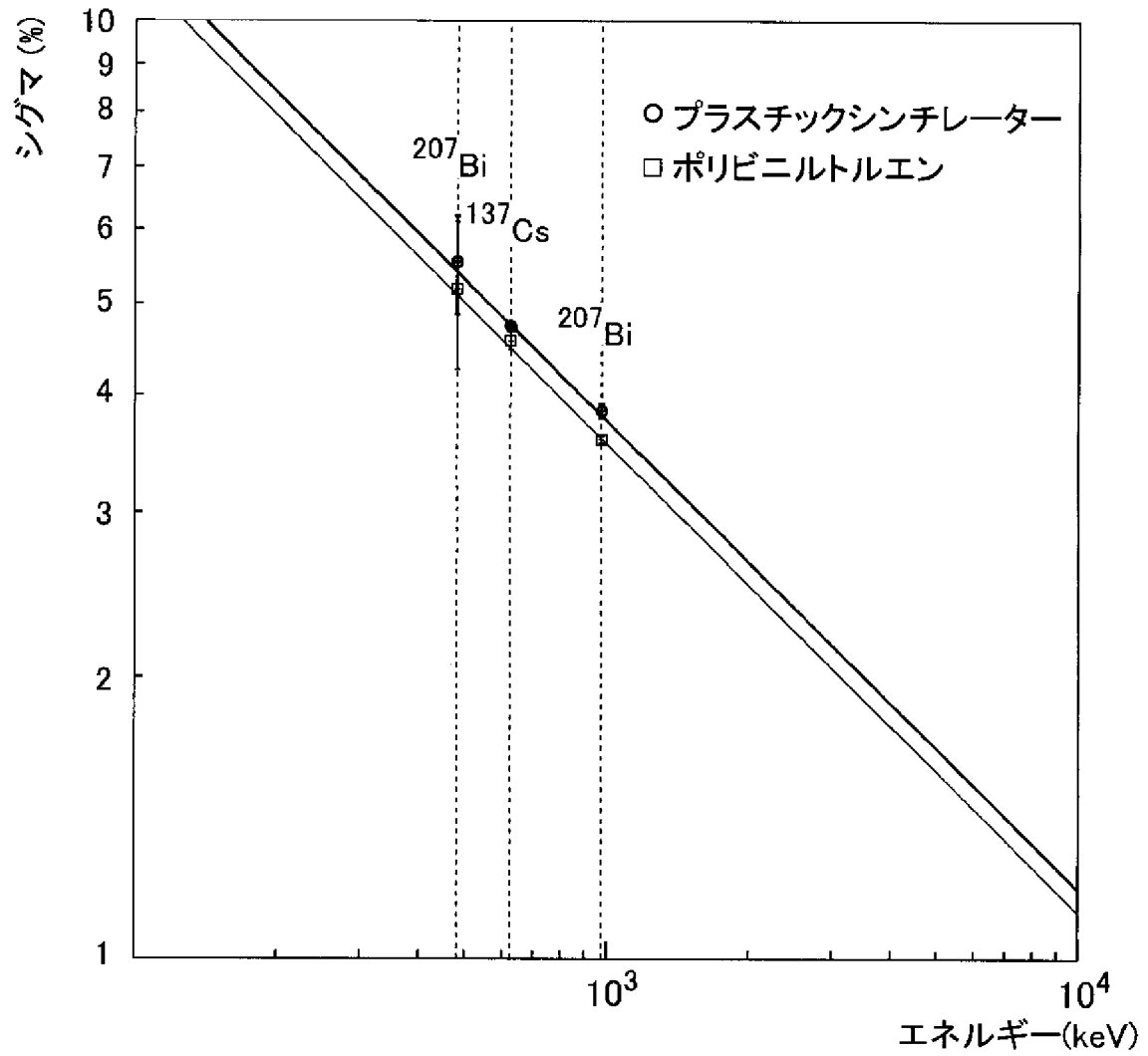
[図3]

FIG.3



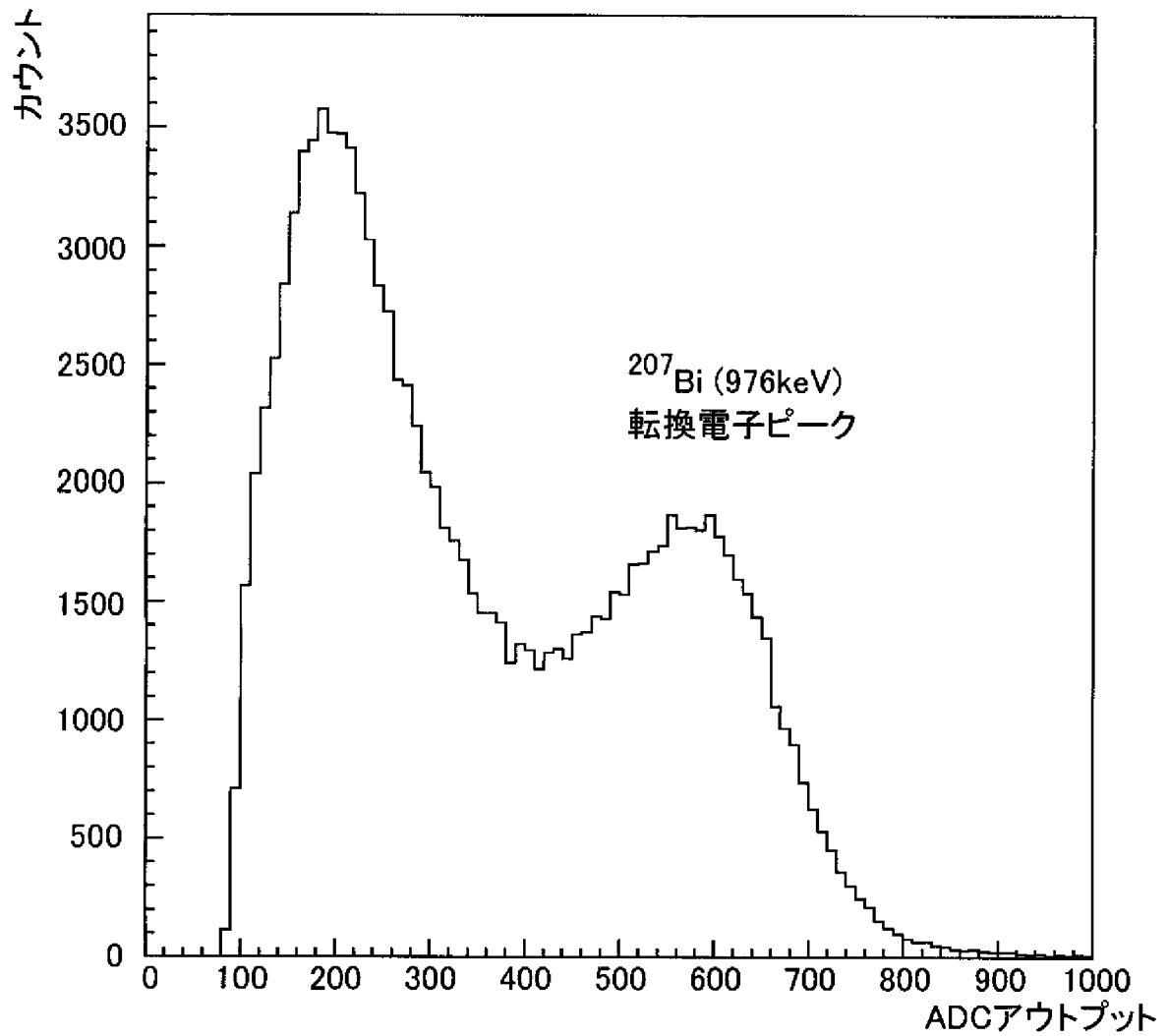
[図4]

FIG.4



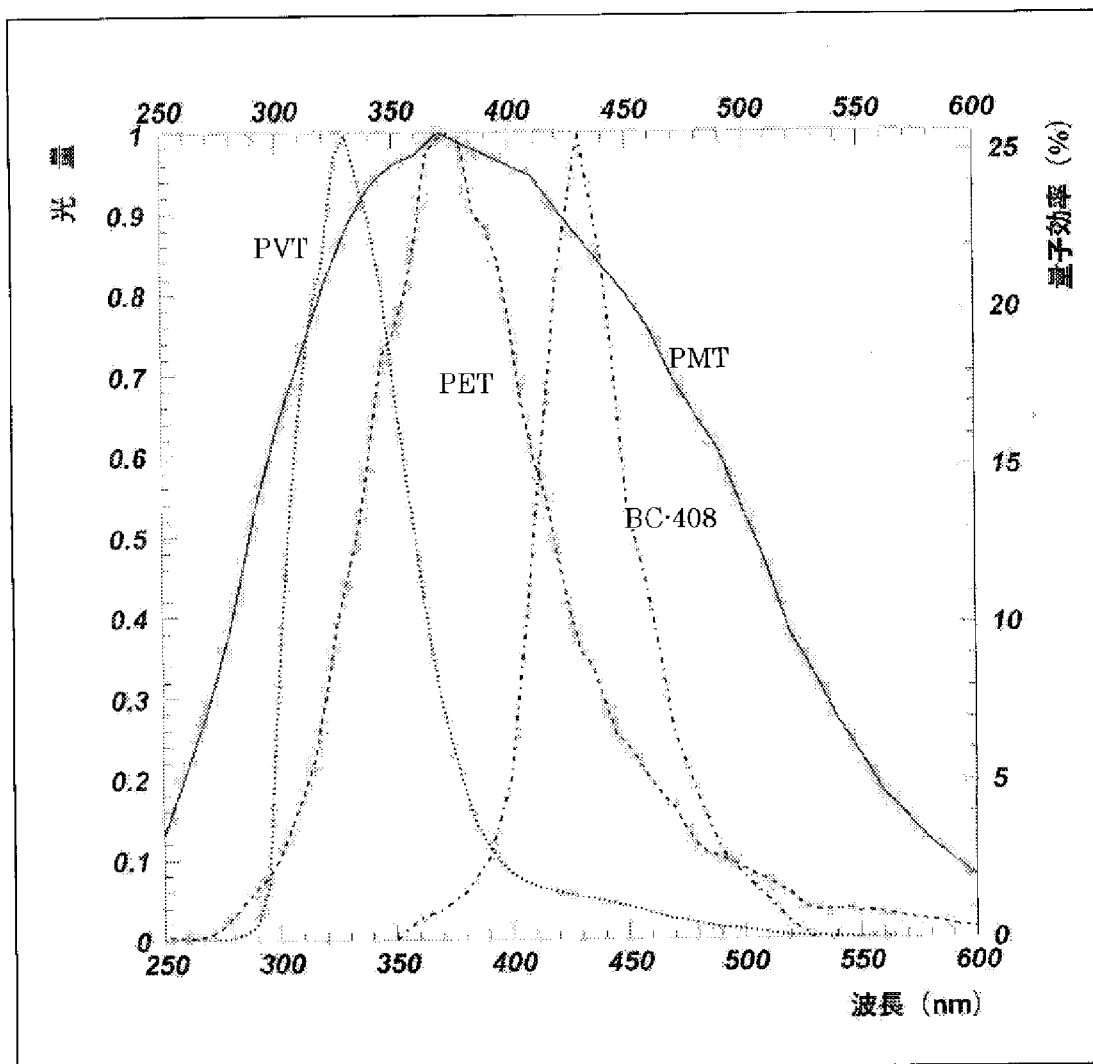
[図5]

FIG.5



[図6]

FIG.6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057753

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/20(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i, G01T1/203(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)

G01T1/20, C09K11/06, G01T1/203

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 1-168787 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 04 July 1989 (04.07.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-3
X Y	Kazuo GODA, Hisao SHIMADA, "Shigaisen Shosha Polyethylene Terephthalate (PET) no Toon Hakko Kiko", Research Bulletin of Meisei University, School of Science and Engineering, 20 March 2002 (20.03.2002), no.38, pages 37 to 40	1-3, 6-8 1-8
X Y	Hidehito NAKAMURA et al., "Plastic o Mochiita Spectroscopy", 52th Proceedings of the Annual Meeting of the Japan Radiation Research Society, 01 November 2009 (01.11.2009), page 151	1-3, 7-8 1-8



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

30 July, 2010 (30.07.10)

Date of mailing of the international search report

10 August, 2010 (10.08.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057753

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 63-129304 A (Kuraray Co., Ltd.), 01 June 1988 (01.06.1988), page 1, right column, lines 5 to 17; page 2, lower right column, line 16 to page 3, upper right column, line 2 (Family: none)	1-8
Y	JP 61-8693 A (Kyowa Gas Chemical Industry Co., Ltd.), 16 January 1986 (16.01.1986), page 1, left column, line 12 to page 2, upper right column, line 18; page 3, upper left column, line 10 to page 4, upper left column, line 9 (Family: none)	1-8
Y	Tetsuo IGUCHI, "Scintillating Fibers", Oyo Butsuri, 1994, vol.63, no.6, pages 576 to 583	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057753

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 invention in claim 1 cannot be recognized to have novelty in the light of the document cited in this international search report, i.e., JP 1-168787 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 4 July 1989 (04.07.1989), entire text, all drawings (Family: none), Kazuo GODA, Hisao SHIMADA, "Shigaisen Shosha Polyethylene Terephthalate (PET) no Toon Hakko Kiko", Research Bulletin of Meisei University, School of Science and Engineering, 20 March 2002 (20.03.2002), no.38, pages 37 to 40, Hidehito NAKAMURA et al., "Plastic o Mochiita Spectroscopy", 52th Proceedings of the Annual Meeting of the Japan Radiation Research Society, 01 November 2009 (01.11.2009), page 151.

(continued to 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 additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the 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/JP2010/057753

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

Therefore, the inventions in claims 1 - 8 do not have one or more same or corresponding special technical feature, and cannot be recognized to comply with unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/20(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i, G01T1/203(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. G01T1/20, C09K11/06, G01T1/203

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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）

JSTPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 1-168787 A（浜松ホトニクス株式会社）1989.07.04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3
X Y	合田一夫 島田尚男, 紫外線照射ポリエチレンテレフタレート (P E T) の等温発光機構, 明星大学理工学部研究紀要, 2002.03.20, 第 38号, 第37-40頁	1-3, 6-8 1-8

☒ 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

3 0 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 8 . 2 0 1 0

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
X Y	中村秀仁ら, プラスチックを用いたスペクトロスコーピー, 日本放射線影響学会 第 52 回大会講演要旨集, 2009. 11. 01, 第 151 頁	1-3, 7-8 1-8
Y	JP 63-129304 A (株式会社クラレ) 1988. 06. 01, 第 1 頁右欄 5-17 行, 第 2 頁右下欄 16 行-第 3 頁右上欄 2 行 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 61-8693 A (協和ガス化学工業株式会社) 1986. 01. 16, 第 1 頁左欄 12 行-第 2 頁右上欄 18 行, 第 3 頁左上欄 10 行-第 4 頁左上欄 9 行 (ファミリーなし)	1-8
Y	井口哲夫, シンチレーションファイバー, 応用物理, 1994, 第 63 巻, 第 6 号, 第 576-583 頁	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に係る発明は、この国際調査報告で引用されたJP 1-168787 A（浜松ホトニクス株式会社）1989.07.04, 全文, 全図（ファミリーなし）、合田一夫 島田尚男, 紫外線照射ポリエチレンテレフタレート（PET）の等温発光機構, 明星大学理工学部研究紀要, 2002.03.20, 第38号, 第37-40頁、中村秀仁ら, プラスチックを用いたスペクトロスコーピー, 日本放射線影響学会 第52回大会講演要旨集, 2009.11.01, 第151頁により、その新規性を認めることができない。したがって、請求項1-8に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

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。