

(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
2009年11月5日(05.11.2009)

PCT

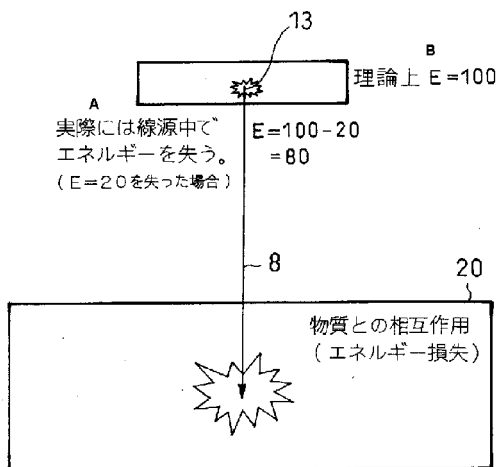
(10) 国際公開番号
WO 2009/133627 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/058431
- (22) 国際出願日: 2008年5月2日(02.05.2008)
- (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, 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, 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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: METHOD, DEVICE AND PROGRAM FOR EVALUATING CHARGED PARTICLE ENERGY EMITTED FROM RADIATION SOURCE, METHOD AND DEVICE FOR CALIBRATING RADIATION DETECTOR, AND RADIATION SOURCE

(54) 発明の名称: 放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法、装置、プログラム、放射線検出器の校正方法、装置、及び、放射線源

[図5]



A ACTUALLY ENERGY IS LOST IN RADIATION SOURCE. (IN CASE E=20 IS LOST)
B THEORETICALLY E=100
20 INTERACTION WITH SUBSTANCES (ENERGY LOSS)

(57) Abstract: In evaluation of the charged particle energy emitted from a radiation source, the charged particle energy emitted from the radiation source is evaluated accurately by subtracting energy loss arising when charged particles pass through the radiation source in consideration of the emission direction and source of the charged particles. Such a method allows energy calibration of a radiation detector, measurement of absolute quantity and measurement of resolution to be accurately carried out.

(57) 要約: 放射線源から放出される荷電粒子エネルギーを評価する際に、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じることによって、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーを高精度に評価する。これにより、放射線検出器のエネルギーの校正、絶対量測定及び解像度測定を高精度で行なうことが可能となる。

WO 2009/133627 A1

明 細 書

放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法、装置、プログラム、放射線検出器の校正方法、装置、及び、放射線源

技術分野

[0001] 本発明は、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法、装置、プログラム、放射線検出器の校正方法、装置、及び、放射線源に係り、特に、従来無視されていた、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失を考慮して、荷電粒子エネルギーを高精度で評価することが可能な荷電粒子エネルギーの評価方法、装置、プログラム、これらを利用した放射線検出器の校正方法、装置、及び、放射線源に関する。

背景技術

[0002] 通常、図1に例示する如く、物質6中を通過する、アルファ線やベータ線を構成する荷電粒子(ヘリウム原子核又は電子)8は、物質6との相互作用により、物質6中でエネルギーを損失(ΔE)し、この損失 ΔE は物質の質量及び厚さ t に比例する。

[0003] 一方、近年、理学、生物、化学、及び医学、その他の分野において、放射線検出器の校正や生物実験等のために、放射線源の使用が日々増加している。又、これらの研究及び実験での結果に基づき、他の放射線量やエネルギーの比較等が行われている。そのため、放射性同位元素(ラジオアイソトープ:以下、単にアイソトープと称する)から放出される粒子のエネルギー・量の見積を精度よく行う必要がある。

[0004] 単一エネルギーである内部転換電子やベータ線等の荷電粒子を放出する放射線源(例えば、 ^{137}Cs 、 ^{207}Bi 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、及び ^{90}Sr …等)は、アイソトープを外傷から保護するために膜で覆われている。又、荷電粒子の膜中でのエネルギー損失を減らすために薄膜が用いられてきた。そのため、薄膜中でのエネルギーの損失が無視できると仮定の基、様々な研究及び実験が行われてきた。

[0005] 図2に、薄膜ベータ線源10の一例を示す。図2において、12は、例えば ^{137}Cs でなるアイソトープ、14は、例えばアルミニウムでなる薄膜である。

[0006] 従来は、図3に示す如く、この線源10からそのまま100%のエネルギーEが出たも

のとして、例えば、シンチレーション検出器(シンチレータと光変換装置)や半導体検出器やガス検出器等からなる放射線検出器20で測定していた。

[0007] しかしながら、発明者の研究の結果、図4及び図5に示す如く、実際には線源10中で、荷電粒子8の発生場所13と放出方向に応じて、線源10を出るまでにエネルギー ΔE を失うことが判明した。

[0008] 従来、特開2004-221082に記載されているように、放射線源からの放射線の放射率を調節したり、特開2006-275664に記載されているように、線源変動の影響を緩和したり、特開2007-263804に記載されているように、測定対象物の放射線量を精度良く測定する試みは種々なされているが、放射線源内のエネルギー損失に着目したものは、皆無であった。

発明の開示

[0009] 本発明は、このような知見に基づいてなされたもので、従来無視されてきた放射線源中でのエネルギー損失を考慮して、線源のエネルギーを正しく評価することを課題とするもので、線源から放出されるエネルギー評価の歴史を塗り替える可能性がある発明である。

[0010] 本発明は、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーを評価する際に、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じるようにして、前記課題を解決したものである。

[0011] ここで、前記荷電粒子の進行方向を全方向に設定して精度を高めることができる。

[0012] 又、前記エネルギー損失分を、荷電粒子の分布関数 $F(E)$ と、次式

$$R(E) = \int F(E_i) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(E-E_i)^2}{2\sigma^2}} dE_i \quad (3)$$

で示される $R(E)$ 関数を用いて求めることができる。

[0013] 又、前記エネルギー損失分を、各殻からの内部転換電子、ベータ線、ガンマ線に対して、個々に放射線源中でのエネルギー損失による分布関数 $F_k(E)$ を求め、各放出率 τ_k を考慮して求めることができる。

[0014] 又、前記放射線源を、薄膜放射線源、ベータ線源又はアルファ線源とすることがで

きる。

- [0015] 本発明は、又、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じるステップを含むことを特徴とする、放射線源から放出される荷電粒子エネルギー評価用のコンピュータプログラムを提供するものである。
- [0016] ここで、前記コンピュータプログラムを、記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え不能に書き込まれ、且つそのプログラムの処理部を備えた従来の評価装置における前記評価を修正するためのコンピュータプログラムとすることができる。
- [0017] この場合、修正プログラムをインストールした修正機を用意し、従来機の実出力値を読み取って修正機にマニュアル入力するか、従来機に出力インターフェースのある場合は修正機にライン入力し、修正機の修正プログラムで補正した出力値で正しい値を知ることになる。
- [0018] あるいは、前記コンピュータプログラムを、記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え可能に書き込まれ、且つそのプログラムの処理部を備えた従来の評価装置に書き込むためのコンピュータプログラムとすることができる。
- [0019] 本発明は、又、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーを評価するための評価装置であって、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じる補正手段を備えたことを特徴とする、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価装置を提供するものである。
- [0020] ここで、前記補正手段が、放射線源の種類と形状に応じたエネルギー損失の換算表を含むことができる。
- [0021] 本発明は、又、前記の評価方法で荷電粒子エネルギーが評価された放射線源を用いることを特徴とする放射線検出器の校正方法を提供するものである。
- [0022] 本発明は、又、前記の評価装置を含むことを特徴とする放射線検出器の校正装置を提供するものである。

- [0023] 本発明は、又、前記荷電エネルギー評価修正用のコンピュータプログラムがインストールされたことを特徴とする放射線検出器の校正装置を提供するものである。
- [0024] 本発明は、又、前記の評価方法で評価されたことを特徴とする放射線源を提供するものである。
- [0025] 本発明によれば、荷電粒子が放射線源から放出される際に、従来無視されていた、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギーを考慮して、荷電粒子エネルギーを高精度で評価することが可能になる。従って、今後発売される放射線源だけでなく、既に市場に出回っている放射線源についても、エネルギーを再評価して、高精度で放射線検出器のエネルギーの校正を行なうことが可能となる。本発明は、これまで測定されてきた各種放射線のデータを覆す可能性がある重要な発明であり、放射線測定の新しい国際標準になり得る可能性がある。従って、過去に発明された放射線源のエネルギーや放射線検出器の変換率の見直しが必要となる可能性がある。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]荷電粒子が物質を透過している状態を示す模式図
- [図2]薄膜ベータ線源の構成例を示す断面図
- [図3]従来の放射線源の評価方法を示す模式図
- [図4]放射線源中のエネルギー損失を示す断面図
- [図5]従来の問題点を説明するための模式図
- [図6]本発明の原理を説明するための、放射線源から放出される625.6keV K殻内部転換電子のエネルギースペクトルを示す図
- [図7]同じく¹³⁷Csアイソトープの崩壊図
- [図8]同じく¹³⁷Csアイソトープからの放射線をプラスチックシンチレータで測定した結果を示す図
- [図9]同じく²⁰⁷Biアイソトープからの放射線をプラスチックシンチレータで測定した結果を示す図
- [図10]本発明の実施形態の処理手順を示す流れ図
- [図11]本発明を実施するための評価装置の一例の構成を示すブロック図

[図12]本発明を実施するための校正装置の一例の構成を示すブロック図

[図13]本発明を実施するための校正装置の他の例の構成を示すブロック図

発明を実施するための最良の形態

[0027] 以下、購入した(社団法人日本アイソトープ協会などから)薄膜線源を用いて、放射線検出器(シンチレーション検出器、半導体検出器、ガス検出器など)を高精度で校正する方法を説明する。

[0028] [薄膜線源]

先ず、校正に用いるアイソトープ12は、図2に示したように、上下二枚のアルミニウム蒸着ポリエステルフィルム(～1mg/cm²)14で固定されている。このフィルムを、厚さに換算すると～3mmである。この膜中での荷電粒子のエネルギー損失を、いかに考慮するかが正しく校正を行うために重要な鍵となる。

[0029] 又、荷電粒子を放出するアイソトープ12自体が体積を持つため、図4に示したように、自身によるエネルギーの損失についても考量する必要がある。一般に使用される放射線源の場合、アイソトープは、厚さ～4nm、面積～φ5 mm²以内に分布している。厚さの方向によるエネルギーの損失は、無視できるほど小さいが、面積方向による損失は考慮する必要がある。

[0030] [荷電粒子と物質の相互作用]

荷電粒子と物質の相互作用については、ランダウ達によって計算されてきた。その結果、図1に示した如く、物質6に垂直入射したエネルギーEを持つ荷電粒子8の物質6中でのエネルギー損失のピークの最確値 ΔE_p は、次の式で与えられる。つまり、この ΔE_p だけ、物質6中でエネルギーを落とすことになる。

[0031]

$$\Delta E_p = -W \left\{ \ln \frac{2m_0 V_0^2}{I(1-\beta^2)} W - \beta^2 + K \right\} \quad \dots(1)$$

[0032] 但し、

$$W \approx 0.075t \frac{z^2}{\beta^2} \quad \dots(2)$$

[0033] ここで、 t は物質の面積質量、 z は荷電粒子の電荷数、 β は荷電粒子の相対速度、 $m_0 V_0^2 = 0.511 \text{ MeV}$ 、 $K = 0.37$ である。

[0034] 例えば、 ^{137}Cs アイソトープから、 625.6 keV のK殻内部転換電子が、放射線源保護用のアルミニウム蒸着ポリエステルフィルム (1 mg/cm^2) に垂直入射した場合、 $\Delta E_p = 0.9 \text{ keV}$ のエネルギー損失がある。(この時点で、放出されている荷電粒子のエネルギーに $\sim 1 \text{ keV}$ 程度のズレが生じている。)

[0035] しかし実際に、アイソトープから放出される荷電粒子は、全方向 (4π 方向) に放射される。又、放射されるアイソトープの位置により、エネルギー損失が異なるために、物質に垂直入射した理想的な状況のみで計算されている式(1)では表現することはできない。式(1)が実際に測定で得られた結果と合わないということは、業界では非常によく知られている。これは、上記理由のためでもある。

[0036] そこで、アイソトープ上での荷電粒子の放射角と放射位置を考慮したシミュレーションにより、放射線源内でのエネルギー損失を見積もる。

[0037] [モンテカルロシミュレーション]

このシミュレーションで重要になるのは、どのような幾何学的な配置で計算を行うかにある。そこで、次の4つの項目を考慮して、式(1)を用い薄膜中でのエネルギー損失を見積もる。

- [0038] A) アイソトープ (activity) 12の面積・厚さ
B) アイソトープ保護薄膜14の面積・厚さ
C) 荷電粒子の放出角
D) 荷電粒子の放射位置

[0039] ここでは、荷電粒子がアイソトープ12内に一様分布し、且つ 4π 方向に放出されると仮定してシミュレーションを行う。

[0040] 例として、 ^{137}Cs 放射線源の幾何学条件(放射線源販売元のデータシート)を忠実に再現し、実際に放射線源外へ放出される単一エネルギーとされる 625.6 keV のK殻内部転換電子のエネルギースペクトルを求めた。

[0041] 図6は、放射線源から放出される 625.6 keV K殻内部転換電子のエネルギースペクトルである。

[0042] 単一エネルギーであったK殻内部転換電子が、アイソトープ自身と薄膜でのエネルギー損失のために、図6で示すようにエネルギーの関数で分布を持つ。以降、この分布を $F(E)$ と表現する。又、ピーク的位置が、エネルギー損失のために1keV程度低エネルギー側へシフトしていることも容易に確認できる。

[0043] このため、放射線源から放出される荷電粒子を扱う場合、放出されている荷電粒子が(1)単一エネルギーでないこと、(2)エネルギーの分布を持つことを考慮しなければ、正しく放射線検出器の性能を評価することができない。

[0044] [検出器の分解能]

これまで、放射線検出器(シンチレーション検出器(シンチレータと光電変換装置)、半導体検出器、ガス検出器等)の性能を評価する際に、薄膜放射線源から放出される荷電粒子が多々使用されてきた。しかし、図5に示した如く、放出された荷電粒子の膜中でのエネルギー損失による分布を考量しなければ、放射線検出器20の性能(分解能など)を正しく評価することが出来ない。また、薄膜中でのエネルギー損失によるピーク値のズレを考慮せずエネルギー校正を行うと必ず間違いが生ずる。

[0045] [薄膜中でのエネルギーの考慮]

そこで、実際に放射線検出器で得られた結果に対し、シミュレーションで得た荷電粒子のエネルギー損失 $F(E)$ を基に開発した下記の $R(E)$ 関数により、検出器の性能を高精度で評価する。

[0046]

$$R(E) = \int F(E_i) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(E-E_i)^2}{2\sigma^2}} dE_i \quad \dots(3)$$

[0047] 単一エネルギー E を持つ場合、 $F(E_i)$ は $E_i = E$ の時のみ有限値であるため、 $R(E)$ は、次の従来からのガウス関数になる。

[0048]

$$R(E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(E-E_j)^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(4)$$

[0049] シミュレーションによって得られた荷電粒子の分布関数 $F(E)$ と式(3)を用いること

により、薄膜中でのエネルギー損失を考慮した校正を行うことを可能にした。

[0050] [放射線源から放出される荷電粒子]

内部転換電子は、原子内のK殻、L殻、M殻などの電子殻からも放出されるために、一つの原子核の励起準位について、何本かの異なったエネルギーを持つ内部転換電子が放出される。そこで、原子核毎の内部転換率を計算することにより、殻と放出率を求める。

[0051] 例えば、 ^{137}Cs アイソトープからは、主にK殻、L1殻、L2殻、L3殻から内部転換電子が主として放出される。それぞれ、625.6keV、655.9keV、656.3keV、656.6keVのエネルギーで放出される。そのため、狭いエネルギー領域で各内部転換電子が重畳する。又、図7の崩壊図が示すように、 ^{137}Cs アイソトープからは、複数の放射線(ベータ線、ガンマ線)も内部転換電子と同様に放出される。

[0052] 薄膜放射線源を用いて検出器の校正を高精度で行うためには、主である荷電粒子のみならず、重畳している各殻からの内部転換電子やベータ線、ガンマ線を考慮した解析を行わなければならない。

[0053] 本実施形態では、放射線群(内部転換電子及びベータ線、ガンマ線等)に対して個々に線源中でのエネルギー損失による分布関数 $F_k(E)$ を求め、各放出率 τ_k (内部転換率、崩壊率)を考慮して、エネルギーの校正及び検出器の性能評価を行う。

[0054] ここで、式(3)を用いて、測定で得られた結果を次式で表すことができる。

[0055]

$$R_{total}(E) = \sum_k \tau_k \times R_k(E) = \sum_k \tau_k \times \left(\int F_k(E_i) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(E-E_i)^2}{2\sigma^2}} dE_i \right) \dots (4)$$

[0056] ここでkは、放出される各種放射線の数を示す。

[0057] [実施例]

実施例として ^{137}Cs と ^{207}Bi 薄膜放射線源から放出される放射線群を、プラスチックシンチレータ($6 \times 6 \times 1\text{cm}^3$)で測定した際に得られるエネルギースペクトルと、式(4)を用いて評価した検出器の分解能の結果を図8と図9に示す。

[0058] ^{137}Cs からは、図8に示す如く、K殻625.6keV、L1殻655.9keV、L2殻656.3keV、L3殻656.6keVの内部転換電子と、Q値513.9keVベータ線、661.6keVガン

マ線の計6本の放射線が主として放出される。

- [0059] ^{207}Bi アイソトープからは、図9に示す如く、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、更に、569.7keV、1063.6keV、1770.2keVのガンマ線の計12本の放射線が主として放出される。
- [0060] 狭い領域に重畳している各放射線と薄膜中でのエネルギー損失を考慮することにより、プラスチックシンチレータのエネルギー分解能は、 ^{137}Cs の625.6keV内部転換電子に対して $\sigma=4.7\%$ 、 ^{207}Bi の975.6keV内部転換電子に対して $\sigma=3.8\%$ であることが分かった。
- [0061] これまでの解析では、線源中でのエネルギー損失を考慮しなかったために、検出器(例えば、プラスチックシンチレータ)の分解能等を悪く見積もっていたことになる。
- [0062] 以下、具体的な実施形態を詳細に説明する。
- [0063] 本実施形態の処理は、図10に示す如く、ステップS1で、先に説明した線源シミュレーションを行なっておき、ステップS2で入力されたデータを、ステップS3で線源シミュレーションにより得られたエネルギー損失に応じて補正することによって、ステップS4でエネルギーを決定し、解像度を決定することによって行なわれる。
- [0064] 本発明を実施するための評価装置の一例は、図11に示す如く、データ入力装置40と、線源シミュレーションによって求められた、放射線源の種類と形状に応じたエネルギー損失分を補正するためのエネルギー換算表(以下、単に換算表と称する)42の記憶装置と、該換算表42を用いて、データ入力装置40から入力されたデータを補正するデータ補正装置44とから構成される。
- [0065] 記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え不能に書き込まれた従来の評価装置50に用いるのに好適な、本発明を実施するための校正装置の一例60の構成を図12に示す。図において、52はシンチレーション検出器、半導体検出器、ガス検出器などからなる検出部、54は、検出部52から出力される電気信号などの検出信号を後段に適した形で送る検出信号インターフェース、56、64は、それぞれ、例えばCPU56A、64AとROM56B、

64Bを含む処理部、58、66は出力インターフェース、68はコンピュータプログラムである。コンピュータプログラム68は、従来の評価装置50の出力インターフェース58から出力される評価値を本発明の技術に基づいて修正するプログラムである。

[0066] 記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え可能に書き込まれた従来の評価装置60に用いるのに好適な、本発明を実施するための校正装置の一例70の構成を図13に示す。図において、72はシンチレーション検出器、半導体検出器、ガス検出器などからなる検出部、74は検出部72から出力される電気信号などの検出を後段に適した形で送る検出信号インターフェース、76は、例えばCPU76AとROM76Bを含む処理部、78は出力インターフェース、82はコンピュータプログラムである。

[0067] コンピュータプログラム82は、ROM76Bに書き込まれているプログラムの全部あるいは一部書き換えプログラム、あるいは追加書き込みプログラムなど76Bに書き込まれているプログラムに応じて予め作成しておくことができる。

[0068] また、従来のコンピュータプログラムをPCに読み込み、そのPC上で書き換えるようにコンピュータプログラム82を作成しておくこともできる。

[0069] 前記実施例においては、いずれも、換算表を用いているので、処理が容易且つ高速である。なお、計算式を用いて計算する方法など換算表以外の方法で評価を修正することも可能である。

[0070] 又、前記説明においては、モンテカルロシミュレーションを用いていたが、シミュレーションの方法は、これに限定されない。

[0071] 又、評価対象の放射線源も薄膜ベータ線源に限定されず、他の形状の線源や他の核種の線源にも同様に適用できる。

[0072] 又、校正対象の放射線検出器もプラスチックシンチレータに限定されない。
産業上の利用の可能性

[0073] 放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価、及び、放射線検出器の校正に利用できる。

請求の範囲

- [1] 放射線源から放出される荷電粒子のエネルギーを評価する際に、放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じることを特徴とする、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。
- [2] 前記荷電粒子の進行方向を全方向に設定することを特徴とする、請求項1に記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。
- [3] 前記エネルギー損失分を、荷電粒子の分布関数 $F(E)$ と、次式

$$R(E) = \int F(E_i) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(E-E_i)^2}{2\sigma^2}} dE_i$$

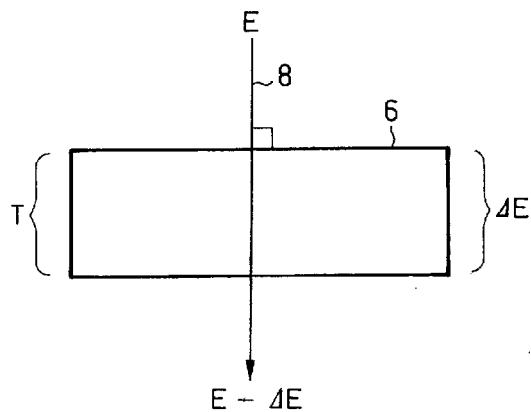
で示される $R(E)$ 関数を用いて求めることを特徴とする、請求項1又は2に記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。

- [4] 前記エネルギー損失分を、各殻からの内部転換電子、ベータ線、ガンマ線に対して、個々に放射線源中でのエネルギー損失による分布関数 $F_k(E)$ を求め、各放出率 τ_k を考慮して求めることを特徴とする、請求項3に記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。
- [5] 前記放射線源が、薄膜放射線源であることを特徴とする、請求項1乃至4のいずれかに記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。
- [6] 前記放射線源が、ベータ線源又はアルファ線源であることを特徴とする、請求項1乃至5のいずれかに記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価方法。
- [7] 放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じるステップを含むことを特徴とする、放射線源から放出される荷電粒子エネルギー評価用のコンピュータプログラム。
- [8] 記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え不能に書き込まれ、且つそのプログラムの処理部を備えた従来の評価装置における前記評価を修正するための、請求項7に記載のコンピュータプ

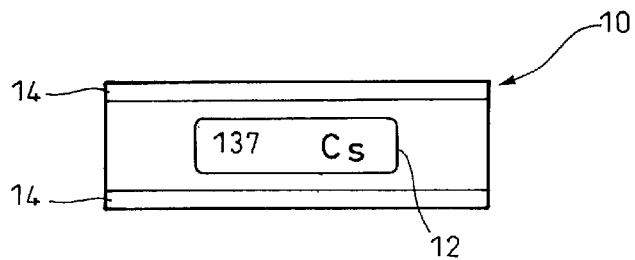
プログラム。

- [9] 記憶部に従来の方法に基づく放射線から放出される荷電粒子エネルギーの評価プログラムが書き換え可能に書き込まれ、且つそのプログラムの処理部を備えた従来の評価装置に書き込むための、請求項7に記載のコンピュータプログラム。
- [10] 放射線源から放出される荷電粒子エネルギーを評価するための評価装置であつて、
放射線源内を荷電粒子が通過する際に失われるエネルギー損失分を、荷電粒子の放出方向と発生源を考慮して減じる補正手段を備えたことを特徴とする、放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価装置。
- [11] 前記補正手段が、放射線源の種類と形状に応じたエネルギー損失の換算表を含むことを特徴とする、請求項10に記載の放射線源から放出される荷電粒子エネルギーの評価装置。
- [12] 請求項1乃至6のいずれかに記載の評価方法で荷電粒子エネルギーが評価された放射線源を用いることを特徴とする放射線検出器の校正方法。
- [13] 請求項10又は11に記載の評価装置を含むことを特徴とする放射線検出器の校正装置。
- [14] 請求項7に記載のコンピュータプログラムがインストールされたことを特徴とする放射線検出器の校正装置。
- [15] 請求項1乃至6のいずれかに記載の評価方法で、評価されたことを特徴とする放射線源。

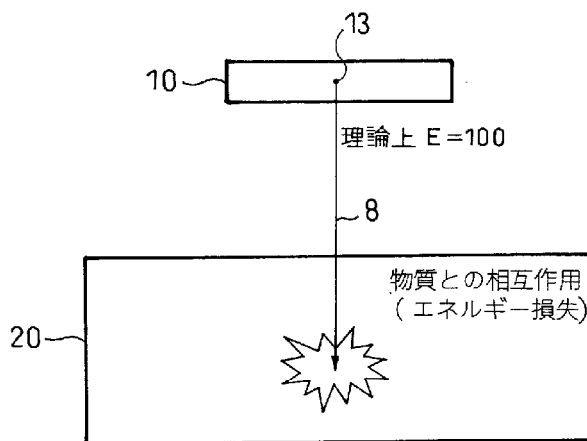
[図1]



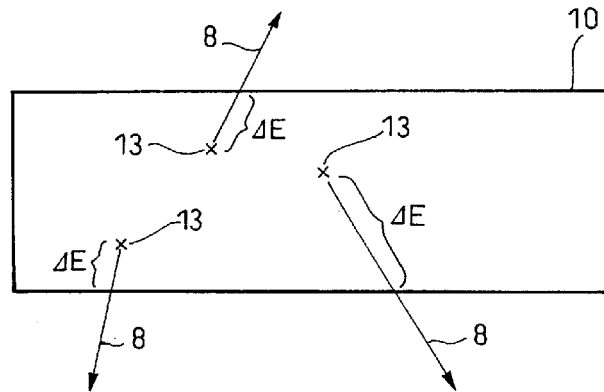
[図2]



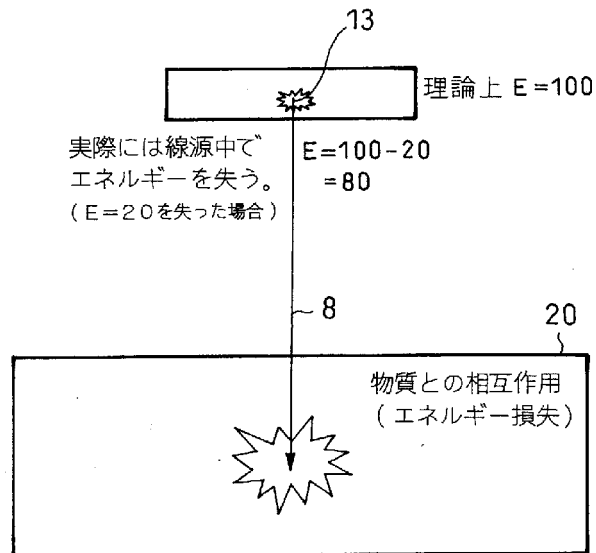
[図3]



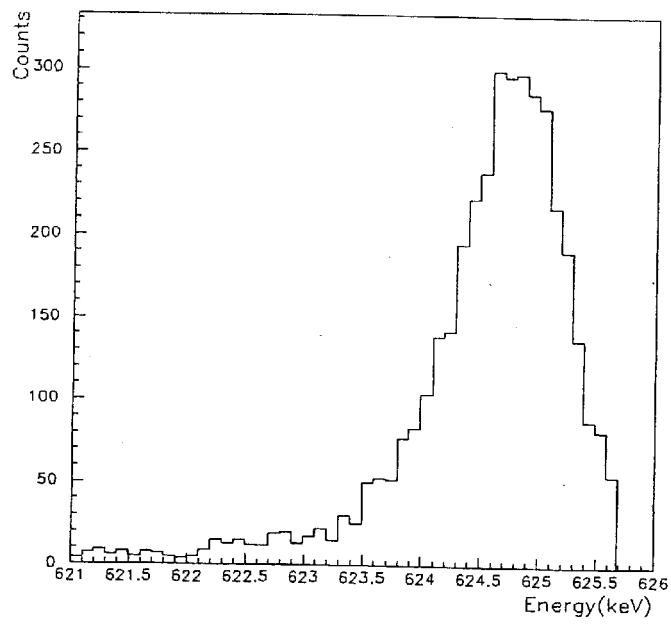
[図4]



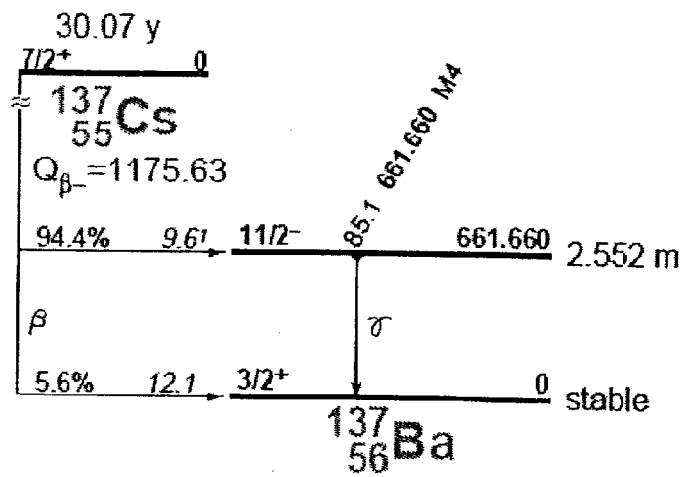
[図5]



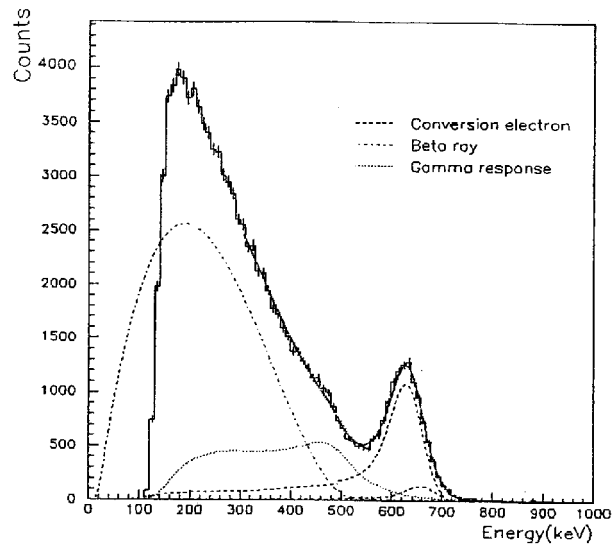
[図6]



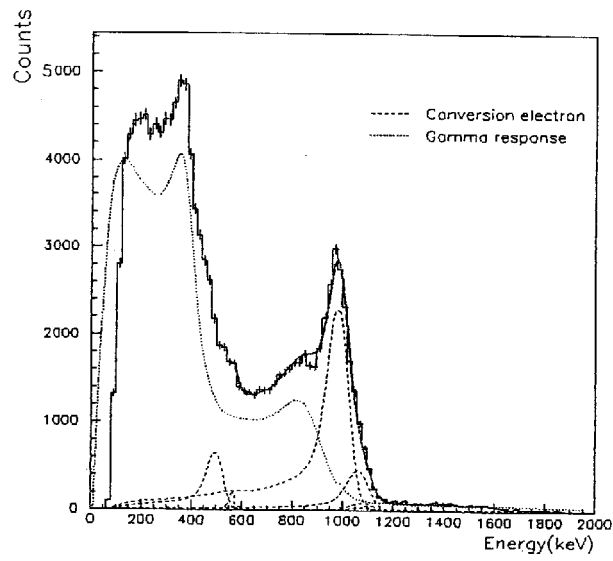
[図7]



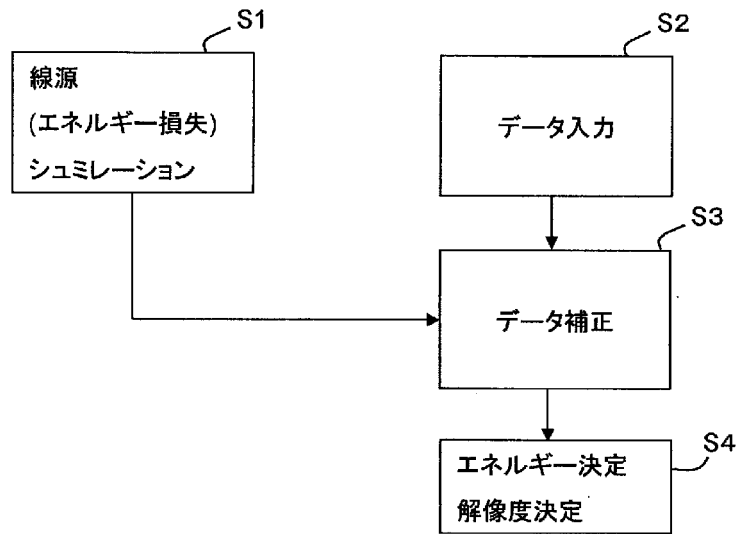
[図8]



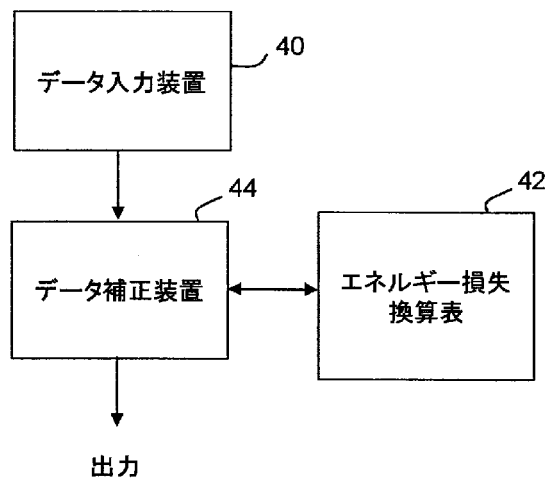
[図9]



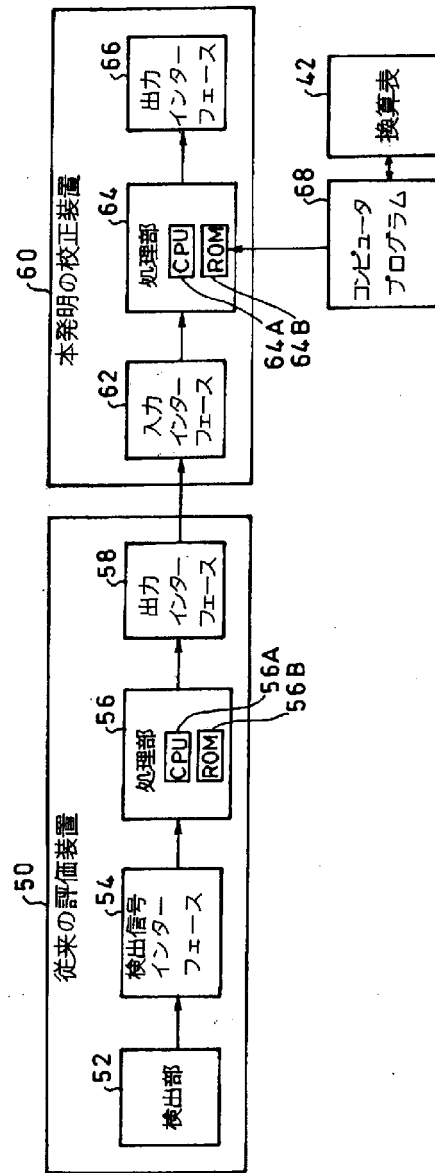
[図10]



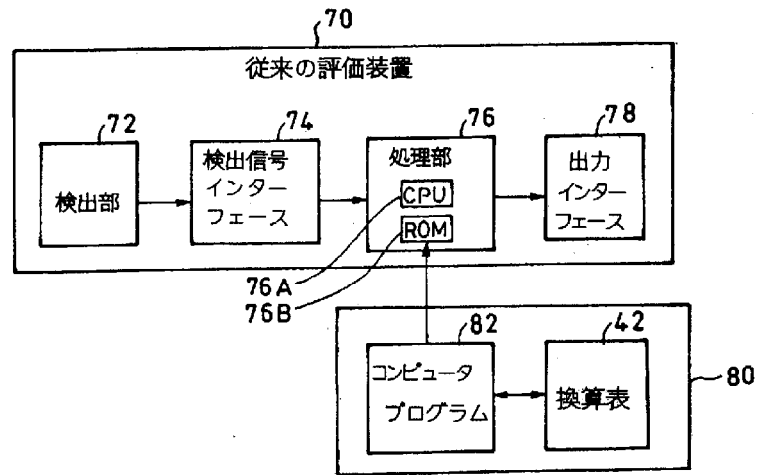
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/058431

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII),
Science Citation Index Expanded (Web of Science)

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	A.Martin Sanchez et al, "An experimental study of symmetric and asymmetric peak-fitting parameters for alpha-particle spectrometry", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 1994.01.22, Vol.339, No.1/2, pages 127 to 130	1-3 4-15
Y	C.John BLAND et al, "An Observed Correlation between Alpha-Particle Peak-fitting Parameters", Applied Radiation and Isotopes International Journal of Radiation Applications and Instrumentation Part A, 1992.02, Vol.43, No.1/2, pages 223 to 227	4-15

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 22 May, 2008 (22.05.08)	Date of mailing of the international search report 03 June, 2008 (03.06.08)
--	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/058431

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Written by Nicholas Tsoulfanidis, translated by Eiji SAKAI, 'Hoshasen Keisoku no Riron to Enshu last volume Oyohen', 2nd edition, 2nd print, Gendai Kogaku Sha, 25 January, 2004 (25.01.04), pages 393 to 398	1-15

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	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008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), JST7580(JDreamII), Science Citation Index Expanded(Web of Science)

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 請求の範囲の番号
X	A.Martin Sanchez et al, "An experimental study of symmetric and asymmetric peak-fitting parameters for alpha-particle spectrometry", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 1994.01.22, 第339巻第1/2号, 第127-130頁	1-3
Y	C. John BLAND et al, "An Observed Correlation between Alpha-Particle Peak-fitting Parameters", Applied Radiation and Isotopes International Journal of Radiation Applications and Instrumentation Part A, 1992.02, 第43巻第1/2号, 223-227頁	4-15
Y	C. John BLAND et al, "An Observed Correlation between Alpha-Particle Peak-fitting Parameters", Applied Radiation and Isotopes International Journal of Radiation Applications and Instrumentation Part A, 1992.02, 第43巻第1/2号, 223-227頁	4-15

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

22.05.2008

国際調査報告の発送日

03.06.2008

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

中塚 直樹

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

21

3608

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 請求の範囲の番号
A	Nicholas Tsoulfanidis 著 阪井英次 訳, 「放射線計測の理論と演習 下巻 応用編」, 第2版第2刷, 現代工学社, 2004.01.25, 第393-398頁	1-15