

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4731688号
(P4731688)

(45) 発行日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年4月28日(2011.4.28)

(51) Int.Cl.

G 2 1 C 17/06 (2006.01)
G O 1 T 1/202 (2006.01)

F 1

G 2 1 C 17/06
G O 1 T 1/202

R

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-566697 (P2000-566697)
 (86) (22) 出願日 平成11年8月17日 (1999.8.17)
 (65) 公表番号 特表2002-523754 (P2002-523754A)
 (43) 公表日 平成14年7月30日 (2002.7.30)
 (86) 國際出願番号 PCT/FR1999/002000
 (87) 國際公開番号 WO2000/011496
 (87) 國際公開日 平成12年3月2日 (2000.3.2)
 審査請求日 平成18年8月1日 (2006.8.1)
 (31) 優先権主張番号 98/10513
 (32) 優先日 平成10年8月18日 (1998.8.18)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 500033494
 コンパニー ジェネラール デ マチエー
 ル ヌクレイル
 フランス国 エフ - 78140 ベリ
 ジイ - ビヤクブレイ, リュ ポール
 ドティエ, 2
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100072822
 弁理士 森 徹
 (74) 代理人 100080263
 弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】核燃料要素の検査法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

既知の放射性元素、または既知の複数の放射性元素の既知の混合物を含んでいる各核燃料要素(16)から放射される放射線を検出する放射線検出器(D)の応答をシミュレートし、且つ、各核燃料要素(16)のアセンブリを検査する方法であって、前記放射線検出器(D)はカウント・システムを形成している電子的測定手段に接続されており、該方法は、

(a) 放射性元素または放射性元素の混合物を表す放射性放射スペクトルをメモリに記憶するステップと、

(b) 前記核燃料要素(16)から放射される放射線を検出する前記放射線検出器(D)の検出特性であって、検出される前に放射線が通過する前記核燃料要素(16)の厚さを表しているデータを含む検出特性をメモリに記憶するステップと、

(c) 検出された放射線の動作特性であって前記放射線検出器の開口角、検出されるエネルギー帯および前記電子的測定手段の電子増幅特性を含む動作特性をメモリに記憶するステップと、

(d) メモリ内にスペクトルが記憶されている放射性元素の中の放射性元素または放射性元素の混合物を選択するステップと、

(e) コンピュータを使用して、メモリ内に記憶されている前記検出特性、動作特性及びスペクトルを処理して、前記選択された放射性元素または放射性元素の混合物の放射線を再現し、該放射線の放射に対する放射線検出器の応答のシミュレーションを得るステッ

10

20

と、

- (f) 前記アセンブリの前記核燃料要素の何れかの実際の組成を分析するステップと、
- (g) 前記ステップ(f)によって実際の組成が分析された前記核燃料要素に対する放射線検出器(D)の実際の応答を得ると共に前記核燃料要素に関して該放射線検出器(D)を校正するステップと、
- (h) 前記ステップ(g)によって得られた前記放射線検出器の実際の応答が、実際の組成が既に分析された要素のシミュレートされた応答と一致するまで、前記ステップ(e)によって得られた応答のシミュレーションを訂正するステップと、
- (i) 前記ステップ(h)によってシミュレートされた応答が訂正された放射線検出器を用いて、すべての要素が検査されるステップと

を含む方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の方法において、前記シミュレートされた放射線検出器の応答から回帰直線を作成するステップを含む方法。

【請求項 3】

請求項1に記載の方法において、前記放射線検出器(D)が 線検出器である方法。

【請求項 4】

請求項1に記載の方法において、前記放射線検出器が環状のシンチレータ(1)を含む方法。

【請求項 5】

請求項1に記載の方法において、前記放射線検出器がヨード化ナトリウムのシンチレータ(1)を含む方法。

【請求項 6】

請求項1に記載の方法において、前記核燃料要素が核燃料棒であり、該燃料棒が核燃料のペレットのスタックを含む方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は、核燃料要素の検査方法に関する。

本発明は、特に、 線を放射しているペレットのスタックを含む核燃料棒の検査に適用することができる。

【0002】

(従来の技術)

所定の種類のペレットの均質性を検証するために、上述のタイプの燃料棒の一組(アセンブリ)を検査する方法が周知である。

この検査を行うために、その検査のために使用される 線測定システムについて予備校正が行われる。例えば、タリウムで活性化されたヨード化ナトリウムNaI(T1)から作られていることが好ましい環状のシンチレータを含むこのシステムのための検出器が、ドキュメントFR-A-2437002、EP-A-0009450および日本国特許第1527161に説明されている。

【0003】

また、この校正是特定の燃料棒を作成し、それらを検出器の前面を通過させ、統計学において回帰直線と呼ばれる直線を得ることも含む。この場合、その直線はペレットの中で使用されている混合粉末に対する検出器の応答を表わし、その応答は、燃料棒の均質な部分に対する、あるいは他の種類のペレットのグループの中で絶縁された特定の種類のペレットにおける、例えば、ウラニウムおよびブルトニウム等の成分の含有量によって変わる。

これは多数の測定値を必要とし、それと同等程度の多数の校正用燃料棒であってそれらの代表的な状態を代表する燃料棒を必要とし、また、原子炉の中では使用できない。

【0004】

10

20

30

40

50

(発明の開示)

本発明の目的は、核燃料棒、より一般的には、核燃料要素を経済的に制御することができる方法を提案することによって、上記欠点を克服することである。この方法においては、測定システムの予備校正は不要であり、それは測定システムの検出器の応答シミュレーションによって、すなわち、この測定システムによって行われるカウントによって置き換えられる。

【0005】

より詳細に説明すると、本発明の最初の目的は、放射性元素または放射性元素の混合物を含んでいる放射性物質から放射される放射線を検出する放射線検出器の応答をシミュレートするための方法であり、該方法は、

10

- 放射性元素または放射性元素の混合物を表す放射性のスペクトルが記憶されることと、
- 検出器の検出特性が決定されることと、
- 検出された放射線の動作特性が決定されることと、
- スペクトルが記憶されている放射性元素の中の放射性元素または放射性元素の混合物が選択されることと、
- その検出特性および動作特性が処理されて、選定された放射性元素または放射性元素の混合物に対して放射される放射線を個々に再生し、その検出器のシミュレートされた応答が得られるようにすることとを特徴とする。

【0006】

好適には、その検出特性は放射線が検出される前に通過する厚さを表すデータを含む。また、好適には、動作特性は検出器の開口角、検出されたエネルギー帯およびその検出器の電子的增幅特性も含む。

20

【0007】

本発明による方法の1つの好適な実施形態によれば、回帰直線はシミュレートされた応答から出発しても作られる。

例えば、その検出器は 線の検出器であってよく、本発明は、特に前記物質が核燃料要素である場合において適用することができる。

【0008】

また、本発明は、一組の核燃料要素のシミュレーション法（これらの要素から構成される物質に対して適用される）を使用した検査法にも関し、該検査法は、

30

- そのアセンブリの任意の要素の実際の組成が分析されることと、
- 実際の組成が分析されたこの要素について検出器が校正されることと、
- そのシミュレートされた応答が、校正時に得られたその検出器の応答を使用して補正されることと、
- すべての要素が検査されることとを含む。

【0009】

例えば、その要素は核燃料棒であってよく、これらの燃料棒はこの核燃料からのペレットのスタックを含んでいる。

例えば、この場合、検出器は環状のシンチレータを含むことができ、例えば、ヨード化ナトリウムのシンチレータを使用することができる。

40

本発明は、以下に与えられる実施形態の説明を読んだ後、添付の図面を参照することによってより良く理解することができる。その説明は情報提供のためだけであり、本発明を制限するものではない。

【0010】

(特定の実施形態の詳細な説明)

核燃料棒のバッチ（すなわち、1つの集合体）を検査する必要があると仮定する。各燃料棒は、例えば、酸化ウラニウム／または酸化プルトニウムを含んでいるペレットのスタックである。これらの燃料棒の中のペレットが個々に検査される。例えば、これは上記のドキュメントの中に記述されている検出器を使用して行うことができる。以下、この検出器の構造が、本詳細な説明の記載全体を通じて図1および図2を参照して説明される。

50

【0011】

線検出器は3つの光電子増倍管（フォトマルチプライヤ）2、3、および4に関連する環状のシンチレータ1を含む。図1および図2は、検査される燃料棒16を示し、この燃料棒16はペレット5から構成されている。また、この検出器は、ダイアフラムまたはコリメータ6も含む。このダイアフラムは、シンチレータに向かってこのペレットから放射される線fluxをほぼ各ペレットの長さにまで制限する。3つの光電子増倍管がシンチレータの周辺に一様に分配されている。これらの光電子増倍管からの出力は、後で説明されるカウント・システム7を形成している電子的測定手段に対して接続されている。

【0012】

10

シンチレータは、同じ構造のセクタ10、11および12に分割されており、それらは互いに光学的に絶縁され、それぞれ光電子増倍管2、3および4に関連付けられている。このシンチレータは、タリウムで活性化されるヨード化ナトリウム・タイプのものであることが好ましい。アルミニウムなどの光学的絶縁体の層13、14、および15が見られ、それはシンチレータの中の異なるセクタを光学的に絶縁する。

【0013】

図2は、測定を妨害する可能性がある外部線に対して検出器を保護する遮蔽された容器Eを示している。また、図2は燃料棒16の中のペレット5がクラッディング17の中に含まれていることを示している。この燃料棒が図には示されていない手段によって方向18に沿って移動される。図2はまた、ダイアフラム6を形成し、線に対して不透明な2つの環状の部分19および20も示している。2つの部分の間の間隔はeであり、それは図には示されていない手段によって調整することができる。検査される燃料棒がこの検出器の軸21に沿って動かされる。

20

【0014】

カウント・システム7は、光電子増倍管に関連する増幅器の安定器22と、入力がこれらの増幅器に接続されている加算器23と、入力がそれぞれ加算器23からの出力に接続されている单一チャネル・アナライザ24（図2に示されている例においては、4個）とを含む。これらの单一チャネル・アナライザ24から出力される信号を処理するために、コンピュータ25が設けられている。このコンピュータは、メモリ26とディスプレイ手段27と一緒に使用され、検出器の応答をシミュレートするために使用されるソフトウェアを実行するようにも設計されている。

30

【0015】

ペレット5において測定が行われる時、このペレットの中のすべての同位元素に対して全体のスペクトルが集計（エネルギーの関数としてのエネルギー・チャネル当たりのパルスの数）によって得られ、本発明によれば、ソフトウェアが検出器Dの応答をシミュレートし、従って、この合計のスペクトルとほぼ同一のスペクトルを発生することができる。

【0016】

検出器Dの応答のシミュレーションは、純粋にデジタルであり、メモリ26の中に格納されているソフトウェアに基づいており、その中にいくつかのアイテムが入力され、それらは、(a)いくつかの放射性元素またはそれらの混合物の、そしてメモリ26の中に記憶されるようにもなっている放射性放射スペクトル、(b)線が通過する厚さをモデル化している、従って、その減衰を表している係数およびデータの形式での検出器の特性、(c)受信した線の動作特性、特に、その検出器の開口角、検出されるエネルギー帯および電子回路の増幅度を表している動作特性および、(d)選定された放射性元素または選定された放射性元素の混合物に対して放射される線の個々を再現するための数学的モーダである。

40

【0017】

代表的な放射カウントの発生が、乱数を使用したモンテカルロ法によってシミュレートされる。

それ故、検出器Dのシミュレートされた応答が真の測定を行うことなしに従来の技術にお

50

いて使用されるものと同様な回帰直線を作り上げるために得られる。その検出器は検査されるバッチの中の任意の燃料棒について単純に校正される。その燃料棒については実際の組成が前もって分析されている。この燃料棒について得られた検出器Dの応答を使用して、それ以降のすべての計算において有用となる架空の質量を計算することができる。

【0018】

次の記述は、上記のシミュレーションに関する情報を更に提供する。

ソフトウェアによって、カウント数が計算され、そして実際のペレットに対するカウント数を再現するための試みがなされる。校正のために使用された燃料棒がそのソフトウェアを「校正する」ために使用される。この燃料棒の中の各ペレットの中の各放射性元素の同位元素の組成およびパーセントは既知である。シミュレーションが行われる時、この同位元素の放射能の強度がそのスペクトルに寄与している各同位元素*i*に対して計算され、その際、すべてのエネルギーjおよびシンチレータと架空のペレットとの間のすべての減衰kが考慮される。

10

【0019】

数学的モータは、その分解能の関数としてのエネルギーのガウス分布を作る。その結果が、考慮される各同位元素*i*に対するシミュレートされたスペクトルである。すべての同位元素に対する合計のスペクトルが集計によって得られる。従って、検出器の応答がシミュレートされる。次のステップ（または別の特定の実施形態における前のステップ）は、校正用燃料棒を使用するステップである。真のカウントが検出器Dを使用してその校正用燃料棒の中の各ペレットに対して得られる。

20

【0020】

そのシミュレーションが開始される。このようにして検査されるペレットに対するパラメータがコンピュータの中に入力される。そのコンピュータは、対象とする領域に対するスペクトル（すなわち、問題としている1つまたはいくつかのエネルギー帯）に対するスペクトルを計算する。シミュレーションによって得られたこのカウント値が高過ぎた場合、あるいは十分に高くなかった場合、得られるカウント値が実際に検査されたペレットで得られたカウント値と同じになるまで、架空の質量が訂正される（架空の質量は、スペクトルの形状ではなく、その振幅を使用して検出器による応答をシミュレートするために必要であるペレットの質量である）。等価のカウントが得られた時、すなわち、正しい架空の質量が得られた時、この値がセーブされ、回帰直線上のすべての他の点を計算するために使用される。

30

【0021】

環状のヨード化ナトリウムのシンチレータ検出器の代わりに他の多くの検出器を使用することができる。例えば、平面状のNaIシンチレータ検出器またはGeLiシンチレータ検出器も使用することができる。

【0022】

本発明は、ペレットが普通は円筒形状である上記燃料棒以外に、他の燃料要素をシミュレートし、検査するためにも使用することができる。例えば、円筒形状でないペレットを含んでいる板型の要素をシミュレートし、検査することができる。さらに、本発明は核燃料要素のシミュレーションおよび検査に限定されない。それは他の多くの放射性物質、例えば、量産され、放射性物質を含んでいるレセプタクルをシミュレートし、検査するために使用することができる。

40

【0023】

いくつかのプルトニウム同位元素（以下の計算において考慮される唯一の同位元素）を含んでいるウラニウム・マトリックスによって形成されている核燃料ペレット5に対する上記検出器D（図1および図2）の応答をシミュレートするために使用することができる計算ループについての以下の説明は、手引きとして与えられるに過ぎず、本発明を制限するものではない。

【0024】

1) 同位元素(*i*)に対するループの開始

50

放射能_(i) = (A_v / A_(i)) × M × t_i × % 同位元素_(i) × (i)
 ここで、

A_v = アボガドロ数 = 6.022 × 10²³

A_(i) = 同位元素 (i) の原子量

M = ペレットの架空質量

t_i = 同位元素の含有量 = マトリックスの中の P u のパーセンテージ

% 同位元素_(i) = そのマトリックスの中に含まれている同位元素 (i) のパーセンテージ

_(i) = 同位元素 (i) の崩壊定数

【0025】

1.1) エネルギー (j) に対するループの開始

10

分解能_(j) = エネルギー_(j) ×

初期フラックス_(i,j) = 放射能_(i) × % エミッション_(i,j) × / s

ここで、

= その検出器の幾何学的効率

= 実験的に定義されているエネルギーとは独立の分解能のパーセンテージ 分解能_(j)

= エネルギー (j) に対する検出器の分解能

s = 検出器シンチレータの表面積

【0026】

1.1.1) 減衰要素 (k) に対するループの開始

20

$$\mu_{a(i,j,k)} = \left[\frac{\sigma a}{PE_{(i,j,k)}} + \frac{\sigma a}{PP_{(i,j,k)}} + \frac{Z_{(k)} \times \sigma a}{C_{(i,j,k)}} \right] \times \rho_{(k)} \times Av / A_{(k)}$$

ここで、

$\frac{\sigma a}{PE_{(i,j,k)}}$ = 実効光電吸収断面積

$\frac{\sigma a}{PP_{(i,j,k)}}$ = コンプトン効果の吸収断面積

30

$\frac{\sigma a}{C_{(i,j,k)}}$ = ペアの発生のための実効断面積

Z_(k) = 減衰要素 (k) の原子数

ρ_(k) = 減衰要素 (k) の密度

A_(k) = 減衰要素 (k) の原子量

減衰係数_(i,j,k) = e × p (- μ_{a(i,j,k)} × X_(k))

ここで、X_(k) = 減衰要素 (k) の厚さ

40

最終のフラックス_(i,j,k) = 初期フラックス_(i,j,k-1) × 減衰係数_(k)

【0027】

1.1.2) k = 1 に対する初期フラックス_(i,j,k-1) = 初期フラックス_(i,j) である、減衰要素 (k) に対するループの終り

Na I シンチレータ :

$$\mu_{a^{(NaI)}_{(i,j)}} = \left[\frac{\sigma a^{(NaI)}}{PE_{(j)}} + \frac{Z_{(NaI)} \times \sigma a^{(NaI)}}{C_{(j)}} \right] \times \frac{Av}{A_{(NaI)}} \times \rho_{(NaI)}$$

50

吸收_{(i, j) (NaI)} = 最終フラックス_(i, j, k) × μ_{a(NaI)(i, j)} × X_(NaI)
ここで、

$$\frac{\sigma a^{(NaI)}}{PE_{(j)}} = NaI \text{に対する実効光電吸収断面積}$$

Z_(NaI) = NaI の平均原子番号

$$\frac{\sigma a^{(NaI)}}{C_{(j)}} = NaI \text{に対するコンプトン実効吸収断面積}$$

A_(NaI) = NaI の平均原子量

ρ_(NaI) = NaI の平均密度

X_(NaI) = NaI シンチレータの厚さ

10

【0028】

1.1.3) 光電吸収およびコンプトン吸収に対する値を引き出すための手順のためのループの開始

N = 1200 値 v n はエネルギー(j)に等しい平均値に中心を置き、標準偏差が分解能_(j)に等しいガウス分布に従って乱数を引くことによって計算される。

20

$$Vn = v n \times \text{吸収}_{(i, j)} NaI$$

$\sum_{n=1}^N Vn$ は吸収スペクトル_{(i, j) NaI}を与える。

【0029】

1.1.4) 光電吸収およびコンプトン吸収に対する値を引き出すためのループの終了
コンプトン・ドーム：

$$\text{エネルギー}_{(j')} = h_{(j)} / (1 + 2 h_{(j)} / 0.511)$$

分解能_(j') = エネルギー_(j') ×

ドーム散乱_(j') =

$$\frac{\sigma dif}{C_{(j')}} (NaI) \times Z_{(NaI)} \times \text{flux final}_{(i, j', k)} \times \frac{Av}{A_{(NaI)}} \times \rho_{(NaI)} \times X_{(NaI)}$$

30

ここで、

h = プランクの定数

(j) = エネルギー(j)で表されているエネルギーに対応している周波数、NaI に特有のコンプトン・ドーム・エネルギー、そしてエネルギー_(j')で指定されているエネルギーはエネルギー_(j)より小さい散乱されたフォトンのエネルギーである。

$$\frac{\sigma dif}{C_{(j')}} = \text{実効コンプトン散乱断面積}$$

40

【0030】

1.1.5) コンプトン散乱のための値を引き出すためのループの開始

N = 1200 値 v n は、エネルギー_(j')に等しい平均値に中心を置き、標準偏差が分解能_(j')に等しいガウス分布を使用して乱数を引き出すことによって計算される。

$$Vn = v n \times \text{ドーム散乱}_{(\perp)} NaI$$

$\sum_{n=1}^N Vn$ は、散乱スペクトル_{(i, \perp) NaI}を与える。

【0031】

1.1.6) コンプトン散乱に対する値を引き出すためのループの終り

コンプトン・フロント(エネルギー_(j'')で示され、エネルギー_(j)より小さいコンプトン・フロントのエネルギー)

50

$$\begin{aligned} \text{エネルギー}_{(j)} &= \{ (2 \times h_{(j)} / 0.511) / [1 + (2 \times h_{(j)} / 0.511)] \} \times h_{(j)} \\ \text{分解能}_{(j)} &= \text{エネルギー}_{(j)} \times \\ \text{フロント散乱}_{(j)} \end{aligned}$$

$$= \frac{\sigma_{\text{dif}}}{C_{(j)}} (N_a I) \times Z_{(N_a I)} \times \text{最終フラックス}_{(i, j, k)} \times (A_v / A_{(N_a I)}) \times \rho_{(N_a I)} \times X_{(N_a I)}$$

ここで、

$$\frac{\sigma_{\text{dif}}}{C_{(j)}} (N_a I)$$

= 実効コンプトン・フロント散乱の断面積

【0032】

1.1.7) コンプトン・フロントに対する値を引き出すためのループの開始

$N = 1200$ 値 v_n は、エネルギー $_{(j)}$ に等しい平均値に中心を置き、標準偏差が分解能 $_{(j)}$ に等しいガウス分布を使用して乱数を引き出すことによって計算される。

$$V_n = v_n \times \text{フロント散乱}_{(j)}, N_a I$$

$\sum_{n=1}^N V_n$ は、散乱スペクトル $_{(i, j)}$ $N_a I$ を与える。

【0033】

1.1.8) コンプトン・フロント散乱に対する値を引き出すためのループの終り

コンプトン・バックグラウンドの計算（コンプトン・バックグラウンドのエネルギーは、エネルギー $_{(j)}$ で示され、エネルギー $_{(j)}$ より小さい）。

$$\text{エネルギー}_{(j)} = h_{(j)} / (1 + 2h_{(j)} / 0.511)$$

分解能 $_{(j)}$ ：経験によって固定されている

バックグラウンド散乱 $_{(j)}$

$$= \frac{\sigma_{\text{dif}}}{C_{(j)}} (N_a I) \times Z_{(N_a I)} \times \text{最終フラックス}_{(i, j, k)} \times (A_v / A_{(N_a I)}) \times \rho_{(N_a I)} \times X_{(N_a I)}$$

ここで、

$$\frac{\sigma_{\text{dif}}}{C_{(j)}} (N_a I)$$

= 実効コンプトン・バックグラウンド散乱の断面積

【0034】

1.1.9) コンプトン・バックグラウンド散乱に対する値を引き出すためのループの開始

$N = 1200$ 値 v_n は、エネルギー $_{(j)}$ に等しい平均値に中心があり、標準偏差が分解能 $_{(j)}$ に等しいガウス分布を使用して乱数を引き出すことによって計算される。

$$V_n = v_n \times \text{バックグラウンド散乱}_{(i, j)}, N_a I$$

$\sum_{n=1}^N V_n$ は、散乱スペクトル $_{(i, j)}$ $N_a I$ を与える。

【0035】

1.1.10) コンプトン・バックグラウンド散乱に対する値を引き出すためのループの終り

【0036】

1.2) エネルギー $_{(j)}$ に対するループの終り

【0037】

10

20

30

40

50

2) 同位元素 (i) に対するループの終り

問題のエネルギー帯に対する問題の領域が次に選定され（例えば、7.5 keV から 100 keV まで）、このエネルギー帯において $S = \sum_{i,j} N_{N=1}$ (吸収スペクトル $(i, j) N_a$ I に対する v_n) が計算される。従って、散乱を無視したが、それは別の特定の実施形態においては考慮に入れることができる。

【0038】

検出器 D のカウント・システム 7 に固有のグローバルなアイドル時間のパーセンテージである T_m が、次に実験的に求められ、 $S \times t_m$ が計算される。

その後、すべての計算を問題の他の領域、すなわち、異なるエネルギー帯に対して繰り返すことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】 検出器の概略図であり、それに対して、この検出器の軸に垂直の平面上で検出器の応答がシミュレートされる。

【図 2】 軸に平行な平面に沿ってその遮蔽された容器の中で示されている検出器の概略図である。

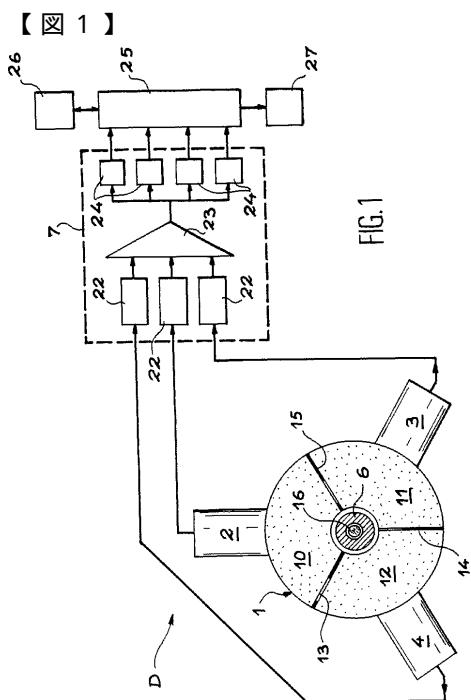


FIG. 1

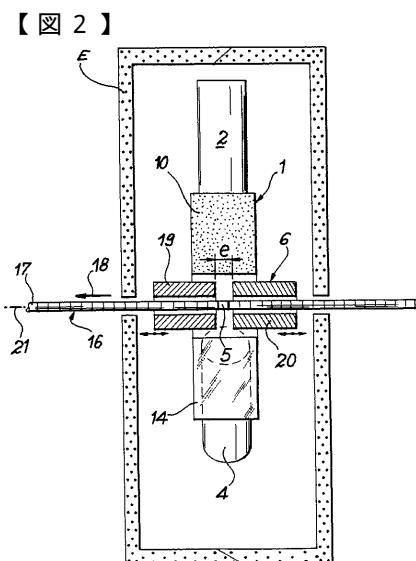


FIG. 2

フロントページの続き

(72)発明者 レイシェンノエ、パトリック
フランス国 マノスク、シュマン デ エスキュ、18

審査官 中塚 直樹

(56)参考文献 特開昭55-045000(JP,A)
特開平04-029083(JP,A)
特開平02-194397(JP,A)
特開昭63-229392(JP,A)
ニコラス ツルファニディス 著/阪井 英次 訳, 放射線計測の理論と演習(上)基礎編, 日本, 現代工学社, 1993年12月15日, 第2版, 第8章

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/16-7/12

G21C 17/06