



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : 94400716.0

(51) Int. Cl.⁵ : H01J 47/02

(22) Date de dépôt : 01.04.94

(30) Priorité : 07.04.93 FR 9304118

(43) Date de publication de la demande :
12.10.94 Bulletin 94/41

(84) Etats contractants désignés :
DE GB

(71) Demandeur : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE
31-33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)

(71) Demandeur : COMPAGNIE GENERALE DES
MATERIALS NUCLEAIRES (COGEMA)
2, rue Paul Dautier
B.P. 4
F-78141 Velizy-Villacoublay Cédex (FR)

(72) Inventeur : Bignan, Gilles

56 Le pré de ville

F-13650 Meyrargues (FR)

Inventeur : Cloue, Jean

11, rue des Muriers

F-04100 Manosque (FR)

Inventeur : Le Peron, Alain

La Tuilisse,

Chemin du Clos de Bouichard

F-04180 Villeneuve (FR)

(74) Mandataire : Dubois-Chabert, Guy et al
c/o BREVATOME
25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

(54) Chambre d'ionisation à haute efficacité de détection de rayonnement gamma.

(57) L'invention concerne une chambre d'ionisation pour la détection de rayonnement γ comportant :

— une enceinte (1) réalisée en Aluminium et en Plomb et remplie d'Argon sous une pression de 5 à 10 bars, et

— deux électrodes (3,4) situées à l'intérieur de l'enceinte, ces électrodes étant électriquement isolées et séparées l'une de l'autre afin de créer un champ électrique (E) entre elles et de permettre le passage, dans ce champ électrique, de particules ionisantes produisant des ions pouvant être collectés par lesdites électrodes.

Application aux réacteurs nucléaires et aux usines de retraitement de combustible nucléaire.

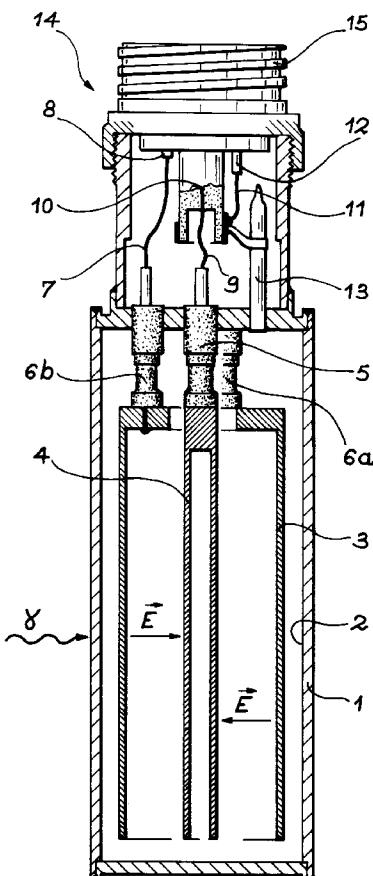


FIG. 2

Domaine technique

La présente invention a pour objet une chambre d'ionisation à haute efficacité de détection de rayonnement γ (gamma). Elle trouve des applications dans les domaines des réacteurs nucléaires et des usines de retraitement de combustible nucléaire.

Etat de la technique

Dans les installations comportant des réacteurs nucléaires ainsi que dans les usines de retraitement, il est généralement nécessaire de connaître la quantité de rayonnement γ pouvant traverser un milieu particulier de ces installations. Pour cela, il est connu d'utiliser des postes de mesure mettant en oeuvre la méthode de gammadensitométrie. Cette méthode consiste à placer, d'un côté du milieu que l'on cherche à caractériser, une source de rayonnement γ et, de l'autre côté de ce milieu, un détecteur apte à déterminer la quantité de rayons γ ayant traversé le milieu. Cette méthode de gammadensitométrie permet d'évaluer des paramètres physiques tels que, par exemple, le taux de vide dans la branche chaude d'un réacteur à eau pressurisé ou encore la masse de noyaux lourds contenue dans les godets de dissolution d'une usine de retraitement.

Pour mettre en oeuvre une telle méthode, les sources de rayonnement γ généralement employées sont des sources de Césium ou des sources de Cobalt. De ce fait, le rayonnement γ à détecter a une énergie d'environ 661 kev pour une source de Césium et d'environ 1 170 à 1 300 kev pour une source de Cobalt. La plage d'énergie du rayonnement γ à détecter est donc comprise entre 500 et 1 500 kev.

Par ailleurs, un bruit de fond est très souvent présent lors de ces mesures de rayonnement γ . Ce bruit de fond est, dans le cas des usines de retraitement, la conséquence des rayons γ diffusés de la solution de dissolution. Dans le cas d'une installation à réacteur nucléaire, ce bruit de fond est dû aux différents produits d'activation du milieu considéré. L'énergie d'un tel bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 kev.

Pour mettre en oeuvre cette méthode de gammadensitométrie, il est connu d'utiliser, comme poste de mesure, des chambres d'ionisation telles que décrites dans l'ouvrage intitulé "Capteurs en instrumentation industrielle", pages 693 à 699, édité aux éditions DUNOD. De telles chambres d'ionisation ont pour avantage de pouvoir être implantées dans des milieux hostiles où règnent de très hautes températures, un fort débit de dose, un taux important de contamination, la corrosion, etc.

De nombreux types de chambres d'ionisation sont connus de l'homme de l'art.

L'un de ces types est une chambre d'ionisation comportant des boîtiers cylindriques remplis d'air à la pression atmosphérique dans lesquels l'application

d'une haute tension sur une électrode centrale permet l'obtention d'un champ électrique, grâce auquel des électrons créés par l'ionisation de l'air sont collectés sur l'électrode.

Une telle chambre d'ionisation (que l'on appelle aussi, plus généralement, détecteur γ) ne possède qu'une faible efficacité de détection ; son efficacité de détection étant de l'ordre de 10^{-9} A/Gy/h (Ampères par dose absorbée de rayonnement γ par heure) lorsqu'une source de cobalt est utilisée comme source de rayonnement γ .

Un autre type de chambre d'ionisation consiste en une enceinte cylindrique réalisée en Inox et remplie de Xénon porté à une pression de 7 bars. Cette chambre comporte deux électrodes cylindriques et coaxiales disposées dans l'enceinte. Ces électrodes sont électriquement isolées et permettent de créer entre elles un champ électrique. Le passage des particules ionisantes dans ce champ électrique produit des ions qui sont collectés par les électrodes.

Une chambre d'ionisation de ce type est décrite dans le catalogue des détecteurs de PHILIPPS PHOTONIQUE.

Une telle chambre a une efficacité de détection du rayonnement γ d'environ $5 \cdot 10^{-8}$ A/Gy/h pour une source de Cobalt. En outre, la courbe C1 de réponse en énergie, représentée selon une échelle logarithmique sur la figure 1 annexée, présente un maximum d'efficacité aux environs de 100 kev, ce qui s'explique, essentiellement, par la forte section efficace d'ionisation du Xénon dans le domaine photo-électrique de 50 à 400 kev d'interaction gamma/matière.

En outre, si l'on définit un rapport d'efficacité RE comme étant le rapport du signal utile correspondant à une énergie des rayons γ compris entre 500 et 1 500 kev sur le bruit de fond qui correspond à une énergie des rayons γ de l'ordre de 80 à 100 kev, ce rapport d'efficacité RE est :

$$RE = \frac{E \text{ signal utile}}{E \text{ bruit de fond}} \approx \frac{5 \cdot 10^{-8}}{2,5 \cdot 10^{-6}} \approx 2 \cdot 10^{-2},$$

où l'énergie du signal utile (E signal utile) est évaluée à environ $2,5 \cdot 10^{-6}$ A/Gy/h par lecture sur la figure 1 et l'énergie du bruit de fond (E bruit de fond) est évaluée à environ $5 \cdot 10^{-8}$ A/Gy/h.

Exposé de l'invention

La présente invention a justement pour but de remédier aux inconvénients cités précédemment et de permettre d'augmenter le rapport d'efficacité de façon considérable.

De façon plus précise, l'invention a pour objet une chambre d'ionisation pour la détection de rayonnement γ et comportant :

- une enceinte remplie d'un gaz, et
- deux électrodes situées à l'intérieur de l'enceinte, ces électrodes étant électriquement isolées et séparées l'une de l'autre afin de

créer un champ électrique entre elles et de permettre le passage, dans ce champ électrique, de particules ionisantes produisant des ions pouvant être collectées par lesdites électrodes.

Elle se caractérise par le fait que le gaz remplaçant l'enceinte est de l'Argon porté à une pression comprise entre sensiblement 5 et 10 bars.

Avantageusement, l'enceinte comporte une paroi extérieure réalisée en Aluminium et recouverte, sur sa face intérieure, d'une couche de Plomb apte à absorber des photons d'énergie inférieure à 100 kev.

Brève description des dessins.

- La figure 1, déjà décrite, représente la courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation de l'art antérieur ;
- la figure 2 représente, schématiquement, une vue en coupe d'une chambre d'ionisation selon l'invention ;
- la figure 3 représente la courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation comportant une enceinte en Inox, remplie d'Argon ;
- la figure 4 représente les courbes de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation dont l'enceinte, remplie de Xénon, est recouverte, sur sa paroi intérieure, de Plomb ; chaque courbe correspondant à une épaisseur de Plomb différente ;
- la figure 5 représente les courbes de réponse en énergie de la chambre d'ionisation de l'art antérieur et de la chambre d'ionisation de l'invention.

Exposé détaillé de modes de réalisation

Sur la figure 2, on a représenté une vue en coupe de la chambre d'ionisation selon l'invention.

La structure globale de cette chambre est sensiblement identique à celle décrite dans l'art antérieur. Cependant, les matériaux utilisés pour sa réalisation et le gaz remplaçant ladite chambre d'ionisation diffèrent de ceux habituellement employés.

Cette chambre d'ionisation comporte donc comme dans l'art antérieur, une enceinte 1. Cependant, cette enceinte 1 est réalisée en Aluminium. La paroi intérieure 2 de cette enceinte 1 est recouverte d'une couche de Plomb dont l'épaisseur peut varier de sensiblement 0,5 mm à 1 mm. Cette enceinte 1 est remplie d'Argon sous une pression pouvant être de environ 5 à 10 bars.

Cette chambre d'ionisation comporte, en outre, deux électrodes : l'électrode haute tension référencée 3 et l'électrode centrale référencée 4. Ces électrodes 3 et 4 sont cylindriques et coaxiales. L'électrode centrale 4 est supportée par un support d'électrode 5. L'électrode haute tension 3 (ou électrode HT)

est supportée par trois supports d'électrode disposés à 120 degrés l'un de l'autre par rapport au support 5 central. La chambre d'ionisation étant représentée selon une vue en coupe, seuls deux de ces supports d'électrode haute tension 3 sont représentés sur la figure 2. Ces supports d'électrode HT 3 sont référencés 6a et 6b. Comme leur nom l'indique, ces supports d'électrode 5, 6a et 6b, permettent de maintenir les électrodes respectives 4 et 3 dans une position fixe à l'intérieur de l'enceinte 1.

Ces supports d'électrodes 5, 6a et 6b sont réalisés dans des matériaux conducteurs recouverts d'un matériau isolant. De cette façon, le support 5 et l'un des supports 6 de l'électrode HT 3 peuvent être connectés à une source électrique via un moyen de connexion introduit dans l'embase filetée 15 de l'enceinte 1. Ce moyen de connexion ainsi que la source électrique ne sont pas représentés sur cette figure par mesure de simplification de la figure 2. Sur la figure 2, c'est le support 6b qui est connecté à la source électrique. Ce support 6b de l'électrode haute tension 3 est donc connecté à la source électrique par l'intermédiaire du fil de connexion 7 et de la broche de connexion 8 ainsi que du moyen de connexion introduit dans l'embase filetée 15. En outre, le support 5 de l'électrode centrale 4 est connecté, par l'intermédiaire du fil de connexion 9, à une broche de connexion centrale 10 elle-même connectée à la source électrique par le fil de connexion 11 et par la broche de connexion 12.

Cette chambre d'ionisation comporte en outre un queusot 13 permettant le remplissage de l'enceinte 1 en gaz, c'est-à-dire en Argon. Ce queusot 13 est connecté à la broche centrale 10 par un fil de masse, ledit queusot 13 étant lui-même à la masse. Cet ensemble de broches de connexion, de fils de connexion, de queusot et de supports d'électrodes sont inclus dans l'embase, référencée 14, de la chambre d'ionisation. Cette embase 14 est montée sur l'enceinte 1 et comporte à sa surface le pas de vis constituant l'embase filetée 15 et permettant de fixer l'ensemble de la chambre d'ionisation sur le milieu dont on cherche à détecter le rayonnement γ , c'est-à-dire, par exemple, sur la branche chaude d'un réacteur à eau pressurisée.

Les électrodes 4 et 3, ainsi connectées à une source électrique, peuvent être portées à une tension telle qu'une différence de potentiel continu s'établisse entre l'électrode centrale 4 et l'électrode haute tension 3. Un champ électrique E s'établit alors entre ces électrodes dans le volume de gaz qui se trouve entre lesdites électrodes, ce volume de gaz étant appelé le volume utile. Le rayonnement incident γ qui traverse ce détecteur ionise l'Argon situé dans l'enceinte 1, et libère, de ce fait, des charges électriques qui sont collectées par les électrodes 3 et 4. De façon plus précise, les ions libérés par les particules ionisantes traversant l'Argon se dirigent soit vers l'élec-

trode haute tension 3 soit vers l'électrode centrale 4 selon le signe de leur charge.

Sur la figure 3, on a représenté la courbe C2 de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation réalisée dans un matériau identique à celle décrite dans l'art antérieur, c'est-à-dire une chambre d'ionisation comportant une enceinte en Inox ; mais cette enceinte est remplie d'Argon. La courbe C2 QUI est représentée selon une échelle logarithmique, comme toutes les courbes des figures 1, 3, 4 et 5, a pour but de montrer l'avantage d'une enceinte remplis d'Argon par rapport à l'enceinte de l'art antérieur remplie de Xénon. La courbe de réponse en énergie de la chambre d'ionisation de l'art antérieur est référencée C1 et correspond à la courbe C1 montrée sur la figure 1. La courbe C2 est donc la courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation réalisée en Inox et remplie d'Argon. Sur ces courbes C1 et C2, les gaz utilisés sont respectivement sous une pression de 7 bars (pour la courbe C1) et de 9 bars (pour la courbe C2).

Contrairement au Xénon, le gaz utilisé dans l'invention pour remplir l'enceinte 1, à savoir l'Argon, est un gaz qui ne présente pas une efficacité intrinsèque particulièrement forte ; on entend par "efficacité intrinsèque" l'efficacité du point de vue création du nombre d'électrons. Au contraire, l'Argon est un gaz qui optimise le rapport RE d'efficacité entre la gamme d'énergie de 500 à 1 500 kev représentant le signal utile, et l'énergie moyenne de 80 à 100 kev représentant le signal parasite, c'est-à-dire le bruit de fond. Afin d'optimiser ce rapport d'efficacité RE, l'Argon est porté à une pression allant de 5 à 10 bars. Selon le mode de réalisation représenté sur cette figure 3, l'Argon est porté à une pression de 9 bars. Comme cela est montré sur la figure 3, le fait d'utiliser de l'Argon dans une chambre d'ionisation permet d'obtenir une contribution du rayonnement à 80-100 kev largement inférieur à la contribution du rayonnement à 80-100 kev produit par la chambre d'ionisation de l'art antérieur.

On voit, en effet, sur cette figure 3, que pour une gamme d'énergie d'environ 80 à 100 kev, c'est-à-dire une énergie correspondant au bruit de fond, l'efficacité de détection de la chambre d'ionisation relative à la courbe C2 est de l'ordre de 3.10^{-8} A/Gy/h. En outre, pour une gamme d'énergie variant de 500 à 1500 kev, l'efficacité de détection représentée sur la courbe C2 équivaut à environ $1.5.10^{-8}$ A/Gy/h. Le rapport d'efficacité RE équivaut alors à environ :

$$RE = \frac{1.5.10^{-8}}{3.10^{-8}} = 0,5$$

Sur la figure 4, on a représenté les courbes de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation dont l'enceinte, remplie de Xénon, est recouverte sur sa paroi intérieure d'une couche de Plomb de, respectivement, 0,5 et 1 mm d'épaisseur.

Sur cette figure 4, la courbe C1 représente la courbe de réponse en énergie de la chambre d'ioni-

sation de l'art antérieur, c'est-à-dire la chambre d'ionisation remplie de Xénon et dont l'enceinte est réalisée en Inox. La courbe C3 représente la courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation remplie de Xénon et dont l'enceinte est réalisée en Aluminium recouverte sur sa face intérieure d'une couche de 0,5 mm de Plomb. La courbe C4 représente une courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation dont l'enceinte est remplie de Xénon et réalisée en Aluminium recouverte, sur sa face, intérieure d'une couche de Plomb de 1 mm d'épaisseur.

L'enceinte 1, ainsi réalisée en Aluminium recouvert de Plomb, permet de réduire de façon significative la contribution du rayonnement d'énergie moyenne de l'ordre de 80 à 100 kev par rapport à l'enceinte de la chambre d'ionisation de l'art antérieur, représentée par la courbe C1. En outre, cette réalisation de l'enceinte 1 ne modifie sensiblement pas la contribution du rayonnement γ d'énergie comprise dans la gamme 500 à 1 500 kev, c'est-à-dire qu'elle ne modifie guère le nombre d'électrons créés, le Plomb ayant pour caractéristique d'absorber des photons dont l'énergie est inférieure à 100 kev.

On peut donc lire sur cette figure 4 que, pour la courbe C3 représentant une chambre d'ionisation comportant une couche de Plomb d'épaisseur 0,5 mm, le signal utile est sensiblement équivalent à la valeur du signal utile de la courbe C1, c'est-à-dire 5.10^{-8} A/Gy/h, et que le signal du bruit de fond vaut sensiblement 3.10^{-7} A/Gy/h. Selon cette courbe C3, le rapport d'efficacité vaut :

$$RE = \frac{5.10^{-8}}{3.10^{-7}} = 0,167$$

Pour la courbe C4 qui représente la courbe de réponse en énergie d'une chambre d'ionisation comportant une couche de Plomb de 1 mm d'épaisseur, on peut lire sur la figure 4 que le signal utile équivaut sensiblement à la valeur du signal utile de la courbe C1 à savoir 5.10^{-8} A/Gy/h, et que le signal du bruit de fond équivaut à environ $1.5.10^{-7}$ A/Gy/h. Le rapport d'efficacité RE équivaut alors à :

$$RE = \frac{5.10^{-8}}{1.5.10^{-7}} = 0,333$$

Sur la figure 5, on a représenté les courbes de réponse en énergie de la chambre d'ionisation de l'art antérieur, et de chambres d'ionisation selon l'invention, dans lesquelles la couche de Plomb de l'enceinte 1 est, respectivement, de 0,5 mm et de 1 mm d'épaisseur. La courbe C1 représente, comme sur les figures 1, 3 et 4, la courbe de réponse en énergie de la chambre d'ionisation de l'art antérieur. La courbe C5 représente la réponse en énergie d'une chambre d'ionisation selon l'invention dans laquelle l'enceinte 1 est recouverte, sur sa face intérieure, d'une couche de Plomb de 0,5 mm d'épaisseur. Et la courbe C6 représente la réponse en énergie d'une chambre d'ionisation selon l'invention dont l'enceinte est recouverte d'une couche de Plomb d'épaisseur 1 mm.

Sur cette figure 5, on peut lire les valeurs des signaux utiles et des signaux de bruit de fond des courbes C5 et C6. De façon plus précise, le signal utile est sensiblement le même pour la courbe C5 et pour la courbe C6 ; il a une valeur d'environ $1,5 \cdot 10^{-8}$ A/Gy/h. Le signal de bruit de fond de la courbe C5 est sensiblement de $6 \cdot 10^{-9}$ A/Gy/h et le signal de bruit de fond de la courbe C6 est d'environ $2 \cdot 10^{-9}$ A/Gy/h. Ainsi, le rapport d'efficacité RE de la courbe C5 équivaut à :

$$RE = \frac{1,5 \cdot 10^{-8}}{6 \cdot 10^{-9}} = 2,5$$

Et le rapport d'efficacité RE de la courbe C6 équivaut à :

$$RE = \frac{1,5 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 10^{-9}} = 7,5$$

La lecture de ces figures 1, 3, 4, et surtout de la figure 5, permet de comprendre que l'efficacité absolue de la chambre d'ionisation selon l'invention est sensiblement diminuée par rapport à l'efficacité absolue de la chambre d'ionisation de l'art antérieur, mais que le rapport d'efficacité du signal utile sur le signal du bruit de fond est considérablement augmenté. De façon plus précise, ce rapport d'efficacité qui était de l'ordre de $2 \cdot 10^{-2}$ pour la chambre d'ionisation de l'art antérieur est, pour la chambre d'ionisation selon l'invention, de l'ordre de 7,5, ce qui permet un gain d'un facteur d'environ 375, dans le cas de la réalisation particulière où l'Argon est porté à une pression de 9 bars et où l'épaisseur de Plomb de l'enceinte est de 1 mm.

Une telle chambre d'ionisation, avec un tel gain en rapport signal utile/signal de bruit de fond, permet, à précision de mesure équivalente, d'utiliser des sources de rayonnement y d'intensité moins élevée que celle habituellement utilisée ; ce qui entraîne, par conséquent, à un coût moindre des postes de mesure par gammadensitométrie.

Revendications

1. Chambre d'ionisation pour la détection de rayonnement γ et comportant :

- une enceinte (1) remplie d'un gaz, et
- deux électrodes (3, 4) situées à l'intérieur de l'enceinte, ces électrodes étant électriquement isolées et séparées l'une de l'autre afin de créer un champ électrique (E) entre elles et de permettre le passage, dans ce champ électrique, de particules ionisantes produisant des ions pouvant être collectés par lesdites électrodes,

caractérisée en ce que le gaz remplissant l'enceinte est de l'Argon porté à une pression comprise entre sensiblement 5 et 10 bars.

2. Chambre d'ionisation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'enceinte comporte une

paroi réalisée en Aluminium.

3. Chambre d'ionisation selon la revendication 2, caractérisée en ce que la paroi est recouverte, sur une face intérieure (2), d'une couche de Plomb.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

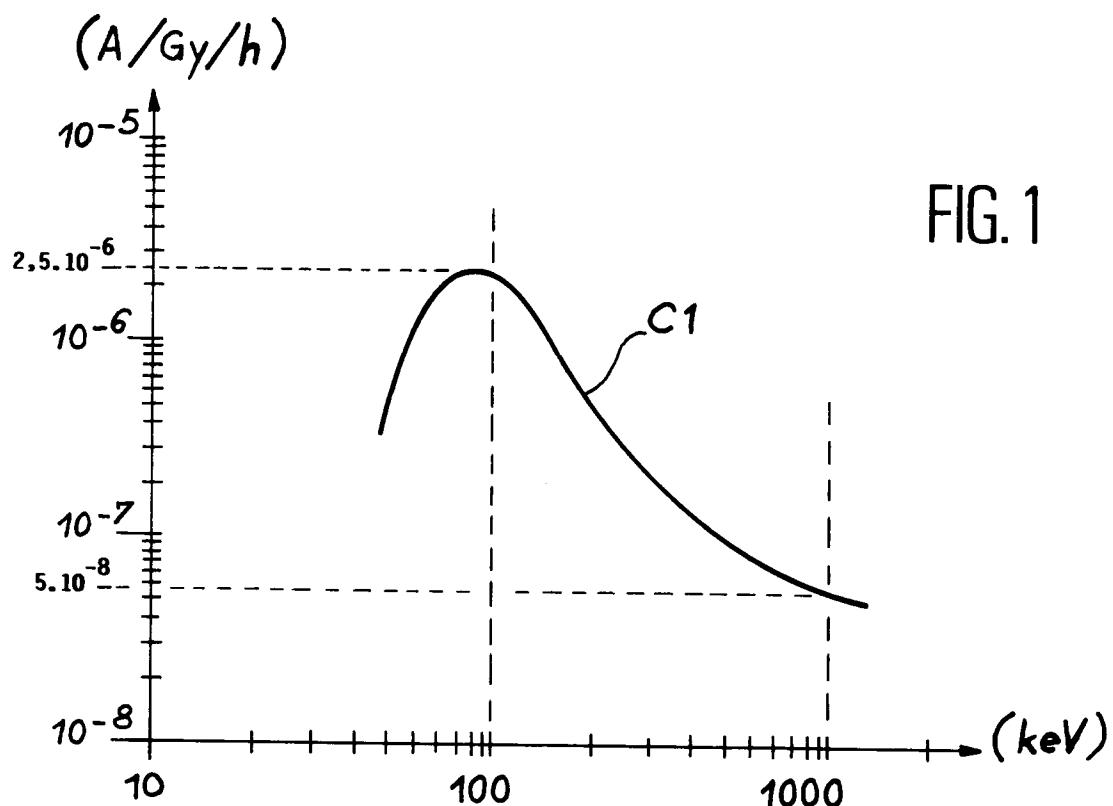


FIG. 1

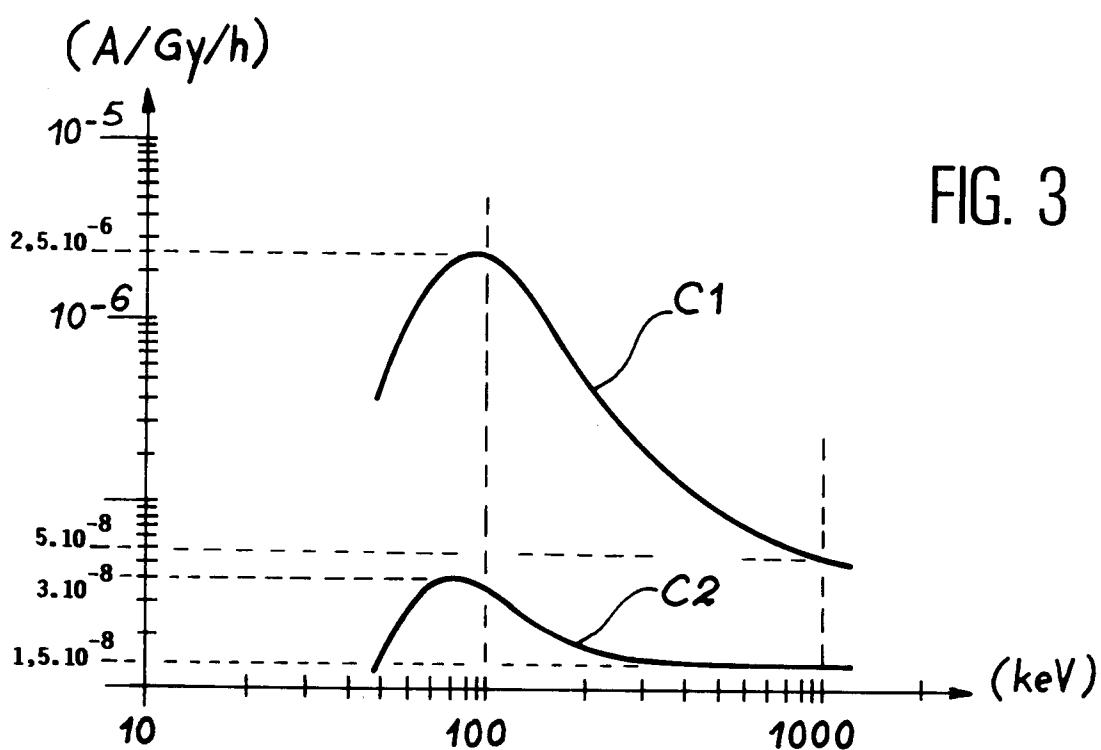


FIG. 3

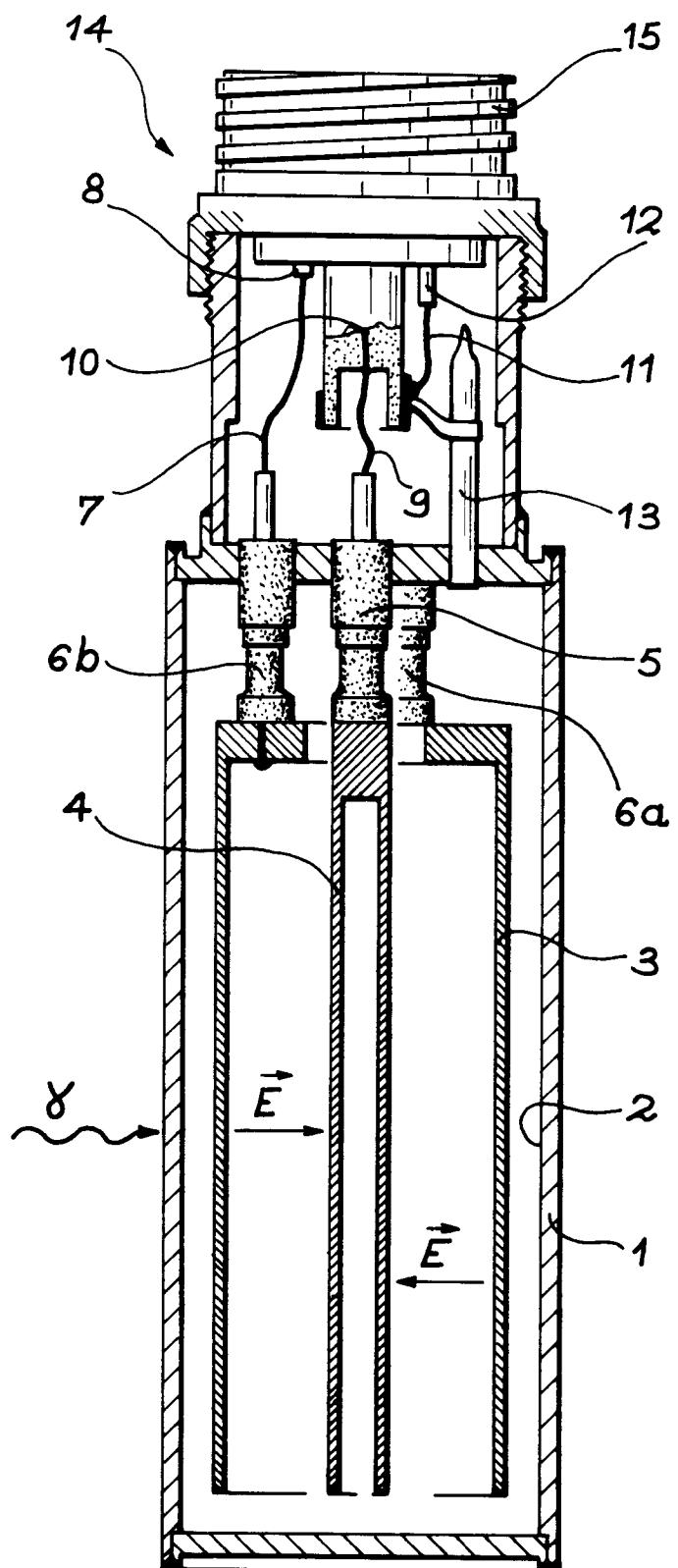
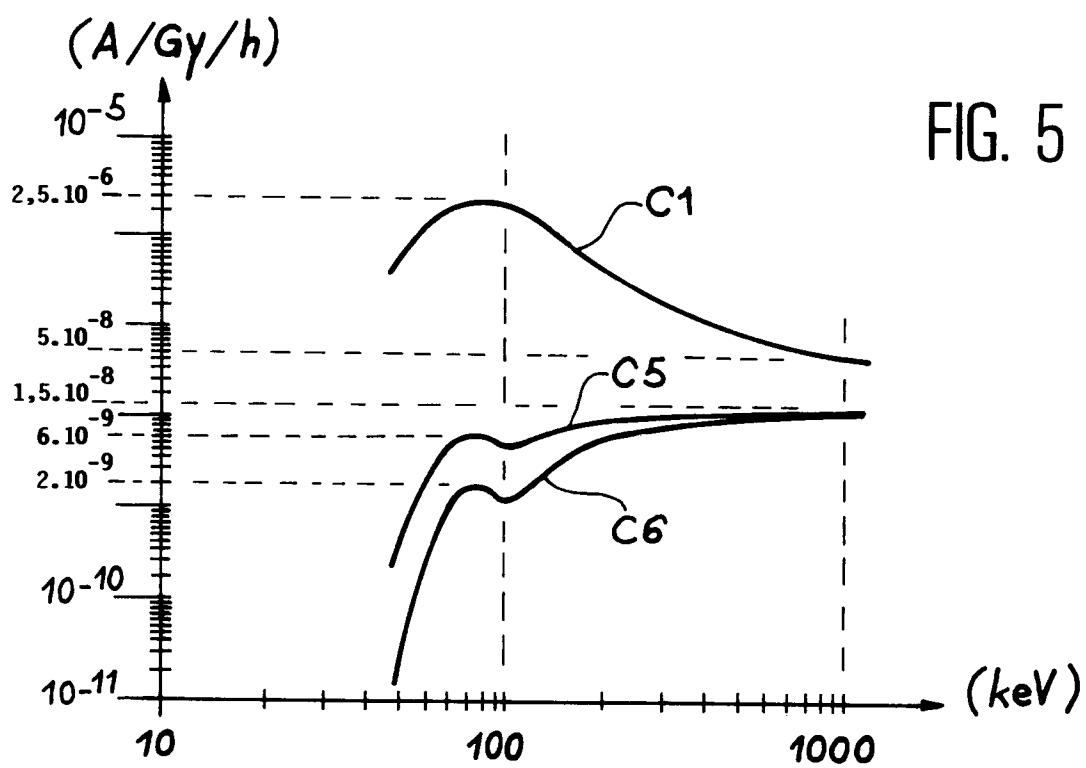
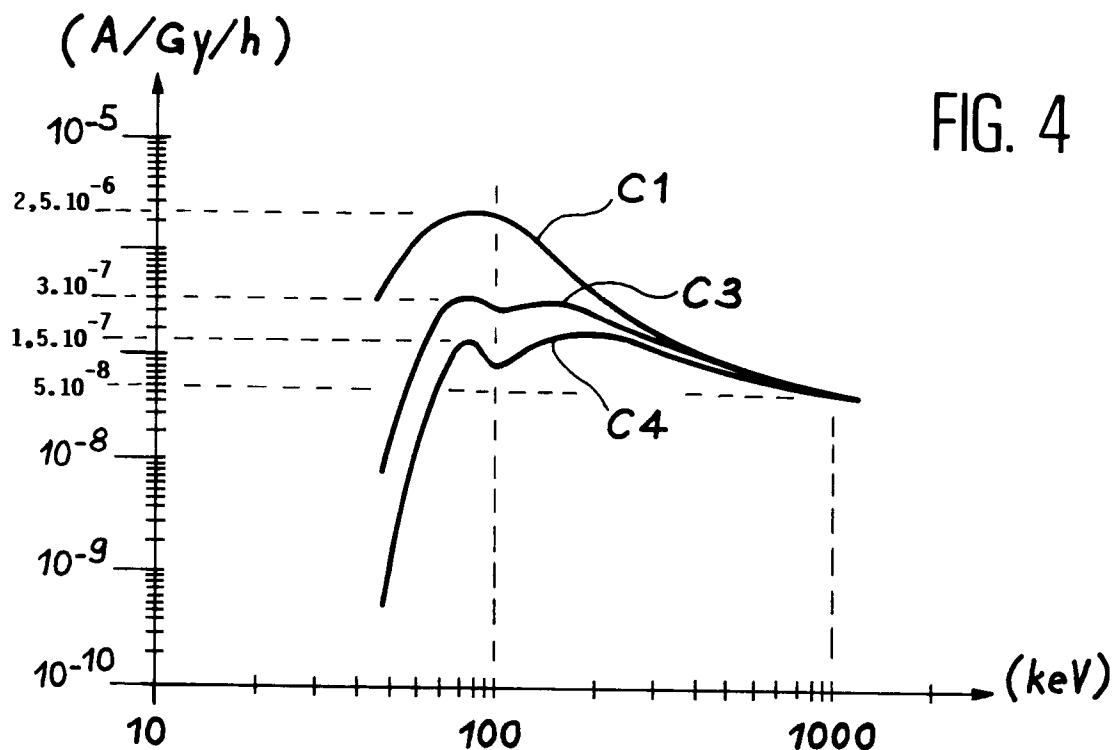


FIG. 2





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 94 40 0716

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
A	EP-A-0 099 300 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * page 1, alinéa 1 - alinéa 2 * * page 5, ligne 15 - page 6, ligne 35 * * page 7, ligne 27 - page 8, ligne 17 * * page 9, ligne 9 - ligne 16; figure 1 * --- HERFORTH UND KOCH 'Radiophysikalischs und radiochemisches Grundpraktikum', BERLIN (1959) * page 55, alinéa 3 - page 56, alinéa 1 * * page 156, alinéa 1 - page 157, alinéa 1; figures 20,65 * --- EP-A-0 341 140 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * page 2, alinéa 1; revendication 1 * * page 3, ligne 26 - page 4, ligne 1; figure 1 * -----	1,2 1,3 1	H01J47/02
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	13 Juillet 1994	Greiser, N	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			
A : arrière-plan technologique			
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire			