

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 563 344**

à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction

②1 N° d'enregistrement national : **84 06305**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : G 01 T 1/202; A 61 B 6/02.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 20 avril 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 25 octobre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE, établissement de caractère scientifique, tech-  
nique et industriel.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Michel Laval et Jacques Vacher.

⑦3 Titulaire(s) :

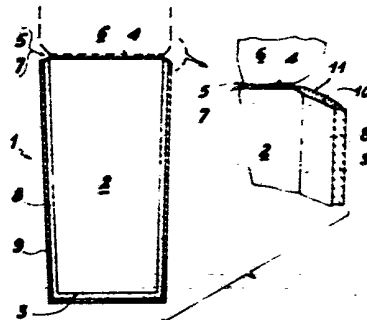
⑦4 Mandataire(s) : Brevatome.

⑤4 Photoscintillateur très rapide, à haute résolution, et détecteur à scintillation utilisant ce photoscintillateur.

⑤7 Photoscintillateur très rapide, à haute résolution, et détec-  
teur à scintillation utilisant ce photoscintillateur.

Le photoscintillateur 2 est en fluorure de baryum transparent à partir d'environ 200 nm et pourvu d'une face de couplage 4 avec un photodétecteur 6. Il est poli sur toute sa surface et recouvert, excepté sur sa face de couplage, d'une couche de poudre hautement réfléchissante 8 dont les grains ont une taille moyenne entre 0,1 et 1  $\mu\text{m}$  et qui est maintenue exempte de liquide. Avantageusement, sa forme est prévue pour réduire le trajet de la lumière qu'il engendre, vers le photodétecteur.

Application en tomographie à positons et à temps de vol.



FR 2 563 344 - A1

D

PHOTOSCINTILLATEUR TRES RAPIDE, A HAUTE RESOLUTION,  
ET DETECTEUR A SCINTILLATION UTILISANT CE  
PHOTOSCINTILLATEUR

5 La présente invention concerne un photo-  
scintillateur très rapide, à haute résolution, et un  
détecteur à scintillation utilisant ce photoscintil-  
lateur et permettant ainsi une détection très rapide  
de photons de grande énergie (photons  $\gamma$ ). Elle trouve  
une application dans la réalisation de tomographes à  
10 positons et plus particulièrement de tomographes à po-  
sitons et à temps de vol.

Le fluorure de baryum transparent dans un  
domaine de longueurs d'onde s'étendant à partir d'en-  
viron 200 nm et pouvant aller jusqu'à 600 nm est connu  
15 et utilisé pour fabriquer des fenêtres transparentes  
aux rayons ultraviolets. A cet effet, il est commer-  
cialement disponible auprès des laboratoires MERCK-  
CLEVENOT par exemple.

Ce matériau, qui, sous l'impact de photons  
20 de grande énergie, est sujet à une émission de lumière  
comportant non seulement une composante lente corres-  
pondant à des longueurs d'onde supérieures à 250 nm et  
pouvant aller jusqu'à 600 nm, avec une constante de  
temps élevée, de l'ordre de 0,6  $\mu$ s, mais encore une  
25 composante rapide correspondant à des longueurs d'onde  
allant d'environ 200 nm à environ 250 nm, avec une  
constante de temps très courte, de l'ordre de 0,8 ns,  
est apparu comme étant utilisable pour réaliser des  
photoscintillateurs très rapides, préférables aux  
30 photoscintillateurs en fluorure de césium, du fait de  
leur commodité d'emploi, résultant notamment de leur  
absence d'affinité pour l'eau, et de leurs plus gran-  
des performances temporelles.

La présente invention vise à optimiser les  
35 caractéristiques des photoscintillateurs en fluorure

de baryum ci-dessus et des détecteurs à scintillation réalisés à l'aide de tels photoscintillateurs, en ce qui concerne, premièrement, leur résolution en énergie, et deuxièmement, leur résolution temporelle.

5 De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un photoscintillateur très rapide réalisé en fluorure de baryum transparent dans un domaine de longueurs d'onde s'étendant à partir d'environ 200 nm et pourvu d'une face de couplage destinée  
10 à un couplage optique avec un photodétecteur, photoscintillateur caractérisé en ce qu'il est poli sur toute sa surface, et en ce qu'il est recouvert, excepté sur sa face de couplage, d'une couche de poudre dont le pouvoir de réflexion optique est élevé, qui  
15 est formée de grains ayant une taille moyenne comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$ , et qui est maintenue exempte de liquide. De préférence ladite taille moyenne est sensiblement égale à 0,3  $\mu\text{m}$ .

Ainsi, la quasi-totalité des photons lumineux produits à chaque interaction d'un photon  $\gamma$  avec  
20 le photoscintillateur atteint-elle le photodétecteur et ce photodétecteur collecte donc toujours sensiblement la même quantité de photons lumineux résultant d'interactions successives, dans le photoscintillateur, de photons  $\gamma$  de même énergie, quels que soient  
25 les lieux de ces interactions. On dispose ainsi d'un photoscintillateur à haute résolution en énergie.

Selon un mode de réalisation particulier du photoscintillateur objet de l'invention, celui-ci est  
30 disposé dans un boîtier étanche, ouvert à une extrémité correspondant à la face de couplage, la couche de poudre étant comprise entre les parois du boîtier et le photoscintillateur, et la surface de la couche de poudre bordant la face de couplage est recouverte  
35 d'une matière étanche.

De préférence, la poudre est une poudre d'alumine ou de magnésie.

5 Dans un mode de réalisation avantageux du photoscintillateur objet de l'invention, la forme de celui-ci est déterminée de façon à réduire le temps mis par la lumière susceptible d'être engendrée en un point du photoscintillateur, pour aller de ce point jusqu'à la face de couplage.

10 Pour ce faire, on peut réaliser le photoscintillateur de façon qu'il s'étende en se rétrécissant, à partir de sa face de couplage.

15 On obtient ainsi un photoscintillateur qui présente non seulement une haute résolution en énergie mais encore une haute résolution temporelle. En effet, cette forme donnée au photoscintillateur permet d'optimiser la rapidité de collection, par le photodétecteur, des photons lumineux résultant d'interactions de photons  $\gamma$  avec le photoscintillateur et notamment des photons lumineux émis dans un sens tendant à les éloigner du photodétecteur.

20 Enfin, la présente invention a également pour objet un détecteur à scintillation comprenant un photoscintillateur et un photodétecteur optiquement couplé à ce dernier par l'intermédiaire d'une substance de couplage, détecteur caractérisé en ce que le photoscintillateur est conforme au photoscintillateur en fluorure de baryum selon l'invention et en ce que la substance de couplage est transparente dans un domaine de longueurs d'onde s'étendant d'environ 200 nm à environ 600 nm et a un indice de réfraction de l'ordre de celui dudit fluorure de baryum. Le photodétecteur est par exemple un photomultiplicateur.

30 On obtient ainsi un détecteur à scintillation très rapide, qui a une haute résolution en énergie et, si la forme du photoscintillateur est adaptée

comme on l'a expliqué plus haut, a également une haute résolution temporelle.

5 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

10 - la figure 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du photoscintillateur objet de l'invention, et

- les figures 2 et 3 montrent des formes particulières que l'on peut donner à ce photoscintillateur afin que celui-ci présente une haute résolution temporelle.

15 Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier du photoscintillateur 1 objet de l'invention. Il comprend un bloc 2 constitué par un cristal de fluorure de baryum qui est transparent dans un domaine de longueurs  
20 d'onde commençant à environ 200 nm et pouvant aller jusqu'à 500 à 600 nm et qui, frappé par des photons  $\gamma$ , est capable d'émettre de la lumière dans un domaine de longueurs d'onde commençant à environ 200 nm et pouvant aller jusqu'à 600 nm, la lumière correspondant au  
25 domaine 200-250 nm étant émise avec une constante de temps très courte de l'ordre de 0,8 ns.

30 Le bloc 2 présente une forme allongée. Il est délimité transversalement par une première face 3 et par une seconde face 4 appelée face de couplage et prévue pour le couplage du photoscintillateur avec la  
fenêtre d'entrée 5 d'un photomultiplicateur 6, par l'intermédiaire d'une couche 7 réalisée en une substance de couplage appropriée dont il sera question par  
la suite, la fenêtre 5 ayant bien entendu un indice de  
35 réfraction proche de celui du fluorure de baryum qui vaut 1,48.

Le bloc 2 présente une forme évasée dans le sens de la collection de lumière, c'est-à-dire de sa première face 3 à sa face de couplage 4. La rapidité de la collection de lumière est ainsi optimisée, ce qui améliore les performances de temps de vol du photoscintillateur. Un léger évasement suffit. Le bloc 2 présente par exemple la forme d'un tronc de cône de révolution d'axe  $Z_1$  dont la conicité  $\alpha$  est faible, de l'ordre de 1 à 3 degrés par exemple (figure 2) ou la forme d'un tronc de pyramide d'axe  $Z_2$  dont les faces latérales présentent une légère inclinaison  $\alpha$  par rapport à l'axe  $Z_2$ , de l'ordre de 1 à 3 degrés par exemple (figure 3), les grandes bases du tronc de cône et du tronc de pyramide constituant bien entendu la-dite face de couplage.

Par ailleurs, le bloc 2 est poli sur toute sa surface de manière à utiliser au mieux la réflexion vitreuse.

Le bloc 2 est recouvert, sauf sur sa face de couplage 4, d'une couche 8 de poudre ayant un pouvoir de réflexion élevé notamment dans l'ultraviolet, par exemple constituée de poudre de magnésie, ou mieux, d'alumine. En outre, la valeur moyenne de la taille des grains de la poudre est comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$  et, de préférence, sensiblement égale à 0,3  $\mu\text{m}$ .

Le bloc 2 est placé dans un boîtier 9 étanche et ouvert à l'une de ses extrémités pour laisser apparaître la face de couplage 4. La taille du boîtier est légèrement supérieure à celle du bloc 2 de façon qu'il subsiste un espace entre ce dernier et le boîtier 9, pour disposer dans cet espace la couche de poudre 8, celle-ci étant ainsi maintenue contre la surface du bloc 2 par le boîtier. On choisit ledit espace suffisamment grand, par exemple de l'ordre de 1 à 1,5 mm, pour pouvoir faire pénétrer la poudre entre

le bloc et le boîtier et introduire un outil dans l'espace considéré afin de compacter la poudre au maximum, ce qui permet non seulement de maintenir correctement le bloc de fluorure de baryum dans le boîtier, mais encore de réaliser une couche de poudre se comportant, vis-à-vis de la lumière, comme une couche quasi-continue et ayant ainsi un pouvoir de réflexion très proche de 100%.

Afin de conserver un pouvoir de réflexion élevé au cours du temps, la couche de poudre est maintenue très sèche, en évitant qu'un liquide (ou plus généralement qu'une substance quelconque) ne pénètre dans cette couche ou ne s'interpose entre celle-ci et le bloc de fluorure de baryum 2. Ainsi, la "lame" d'air présente entre les grains de la poudre et la surface du bloc 2 est conservée, la valeur de l'indice optique relatif du fluorure de baryum par rapport à l'air l'est également et la réflexion vitreuse, qui est totale pour des angles d'incidence supérieurs à l'angle limite de réflexion (de l'ordre de  $41,8^\circ$  pour le dioptré fluorure de baryum-air) est utilisée au maximum.

On peut d'ailleurs interpréter l'existence d'un optimum pour la taille moyenne des grains de la poudre par la présence de la "lame" d'air entre le bloc de fluorure de baryum et la poudre : si cette valeur moyenne est trop faible (inférieure à  $0,1 \mu\text{m}$ ), la "lame" d'air n'existe pratiquement pas et seul est utilisé le pouvoir réflecteur de la poudre d'alumine ou de magnésie, qui n'est pas tout à fait égal à 100%, ce qui implique une perte de lumière, et si la valeur moyenne considérée est trop forte (supérieure à  $1 \mu\text{m}$ ), la réflexion vitreuse est bien utilisée mais la couche de poudre n'est plus quasi-continue vis-à-vis de la lumière, qui pénètre alors dans cette couche et s'y

trouve absorbée, provoquant une diminution du pouvoir de réflexion de la couche.

5 Pour empêcher la pénétration de toute substance, en particulier de la substance de couplage du photoscintillateur au photomultiplicateur 6, dans la couche de poudre ou entre celle-ci et le bloc 2, on recouvre la surface 10 de la poudre bordant la face de couplage 4, d'une couche de matière étanche 11 s'appuyant sur le boîtier 9 et sur le pourtour de la face de couplage 4, pourtour sur lequel on peut préa-

10 lablement réaliser un chanfrein.

La matière étanche en question est par exemple un vernis très volatil de façon qu'il ne pénètre que très peu dans la couche de poudre. De préférence, la couche de vernis est obtenue à l'aide d'une

15 solution à 50% de colle époxy et d'alcool éthylique, qui est appliquée au moyen d'un pinceau, en deux ou trois dépôts successifs espacés par des périodes de polymérisation de l'époxy après évaporation de l'alcool éthylique. Ceci a également pour effet de durcir une épaisseur de l'ordre de 0,3 à 0,5 mm de la surface de la couche de poudre et donc de rendre cette surface mécaniquement résistante.

20

La couche 7 de substance permettant le couplage optique entre le photoscintillateur et le photomultiplicateur doit avoir un indice de réfraction compatible avec ceux du fluorure de baryum et de la fenêtre d'entrée du photomultiplicateur (environ 1,5) et être transparente à la lumière émise par le photoscintillateur sous l'impact de photons  $\gamma$ , lumière dont la longueur d'onde appartient au domaine qui s'étend à partir d'environ 200 nm et peut aller jusqu'à environ 600 nm.

25

30

Or, il est très difficile de trouver des substances qui sont transparentes à des longueurs

35

d'onde inférieures à 250 nm et qui permettent en même temps de fixer la face de couplage du photoscintillateur à la fenêtre d'entrée du photomultiplicateur.

5 On a seulement trouvé deux produits capables d'assurer un couplage optique convenable entre ces dernières et présentant une transmission correcte (de l'ordre de 90%) notamment pour les longueurs d'onde comprises entre 200 et 250 nm :

- 10 - une graisse silicone commercialisée par la société RHONE POULENC sous la référence 47V100000, qui permet de réaliser des couplages d'essai que l'on peut défaire facilement, mais dont la durée de vie ne dépasse pas un mois environ ; en effet, la fluidité de cette graisse est telle que, environ un mois
- 15 après son dépôt, la graisse quitte l'interface photoscintillateur-photomultiplicateur, en étant remplacée petit à petit par une lame d'air, ce qui détruit complètement le couplage optique, et
- 20 - une colle silicone à deux composants, polymérisable à température ambiante, également commercialisée par la société RHONE POULENC sous la référence RTV141.

Bien entendu, l'un ou l'autre des deux produits cités est disposé à l'interface des deux éléments que constituent la face de couplage du photoscintillateur et la fenêtre d'entrée du photomultiplicateur. Pour ce faire, de façon classique, on dépose

25 une goutte du produit choisi au centre de l'un des deux éléments, l'autre élément est mis au contact du précédent de telle façon que la face de couplage et la

30 fenêtre d'entrée soient parallèles et la goutte est étendue à l'aide de légers mouvements de rotation, en évitant ainsi toute inclusion d'air.

REVENDEICATIONS

5 1. Photoscintillateur très rapide réalisé en fluorure de baryum transparent dans un domaine de longueurs d'onde s'étendant à partir d'environ 200 nm et pourvu d'une face de couplage (4) destinée à un couplage optique avec un photodétecteur (6), photoscintillateur caractérisé en ce qu'il est poli sur toute sa surface, et en ce qu'il est recouvert, excepté sur sa face de couplage, d'une couche de poudre (8) dont le pouvoir de réflexion optique est élevé, qui est formée de grains ayant une taille moyenne comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$ , et qui est maintenue exempte de liquide.

15 2. Photoscintillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite taille moyenne est sensiblement égale à 0,3  $\mu\text{m}$ .

20 3. Photoscintillateur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il est disposé dans un boîtier étanche (9), ouvert à une extrémité correspondant à la face de couplage (4), la couche de poudre (8) étant comprise entre les parois du boîtier et le photoscintillateur, et en ce que la surface (10) de la couche de poudre bordant la face de couplage (4) est recouverte d'une matière étanche (11).

25 4. Photoscintillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la poudre est une poudre d'alumine ou de magnésie.

30 5. Photoscintillateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que sa forme est déterminée de façon à réduire le temps mis par la lumière susceptible d'être engendrée en un point du photoscintillateur, pour aller de ce point jusqu'à la face de couplage (4).

35

6. Photoscintillateur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il s'étend en se rétrécissant, à partir de sa face de couplage (4).

5 7. Détecteur à scintillation comprenant un photoscintillateur (1) et un photodétecteur (6) optiquement couplé à ce dernier par l'intermédiaire d'une substance de couplage, détecteur caractérisé en ce que le photoscintillateur est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6 et en ce que la substance de  
10 couplage est transparente dans un domaine de longueurs d'onde s'étendant d'environ 200 nm à environ 600 nm et a un indice de réfraction de l'ordre de celui dudit fluorure de baryum.

1,1

FIG.1

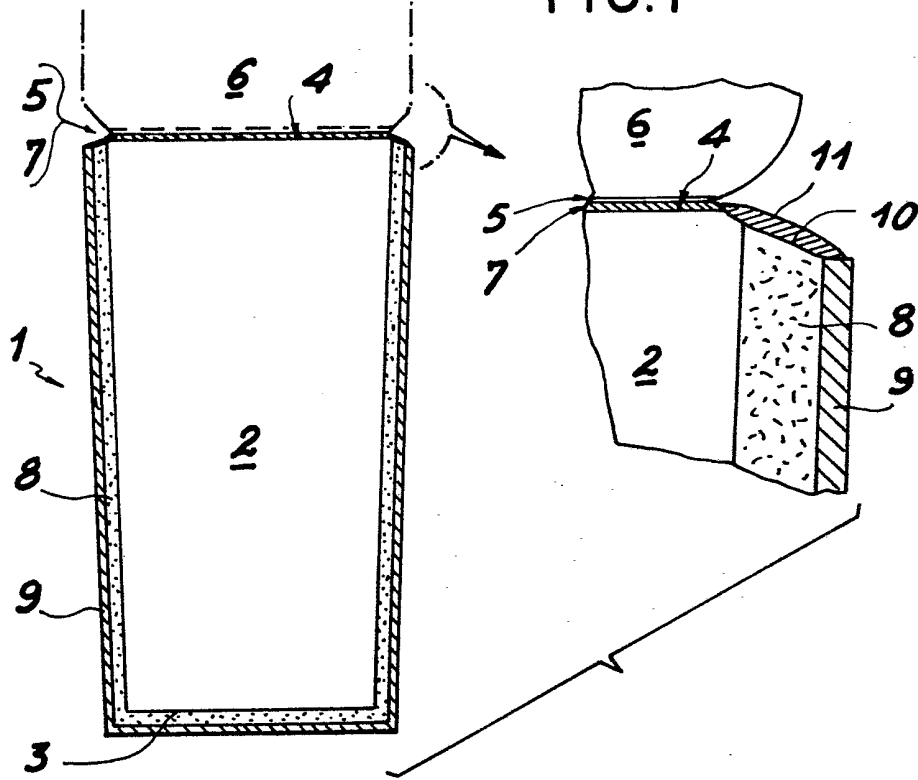


FIG.2

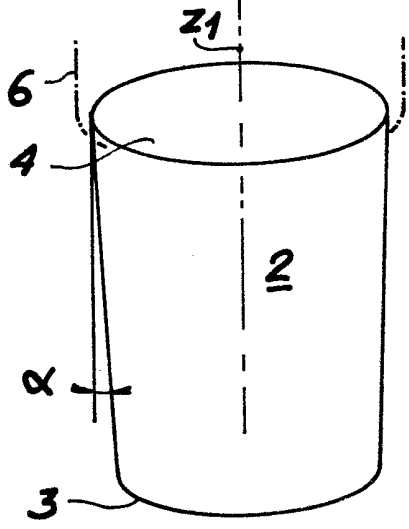


FIG.3

