

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 338 619
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 89200928.3

(51) Int. Cl.4: H05H 6/00

(22) Date de dépôt: 13.04.89

(30) Priorité: 19.04.88 FR 8805147

(43) Date de publication de la demande:
25.10.89 Bulletin 89/43(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(71) Demandeur: SOCIETE ANONYME D'ETUDES
ET REALISATIONS NUCLEAIRES - SODERN
1 Avenue Descartes
F-94450 Limeil Brevannes(FR)

(34) FR

Demandeur: N.V. Philips'
Gloeilampenfabrieken
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

(84) DE GB

(72) Inventeur: Verschoore, Gérard
Société Civile S.P.I.D. 209 Rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)

(74) Mandataire: Lemoyne, Didier et al
S.P.I.D. 209, rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)

(54) Générateur de neutrons à haut flux avec cible à grande durée de vie.

(57) Générateur de neutrons avec une cible (16) frappée par un faisceau d'ions isotopes de l'hydrogène et constituée par une structure comportant une mince couche active absorbante (19) élaborée sur une couche support (18). Selon l'invention, on superpose aux deux couches précédentes, un empilage de couches actives (21, 23, 25, 27) identiques à la couche (19), séparées les unes des autres par les barrières de diffusion (20, 22, 24, 26 respectivement). L'épaisseur de chacune desdites couches actives est de l'ordre de la profondeur de pénétration des ions deutérium venant frapper la cible.

Application : générateurs de neutrons à haut flux.

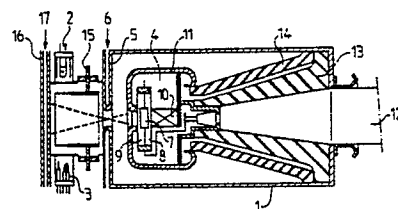


FIG. 1a

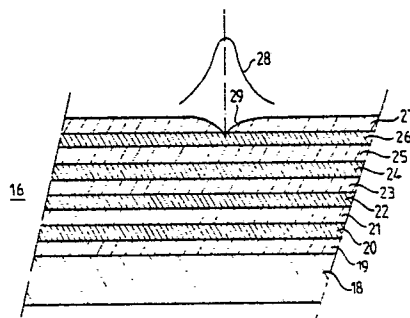


FIG. 1b

EP 0 338 619 A1

Générateur de neutrons à haut flux avec cible à grande durée de vie.

L'invention concerne un générateur de neutrons à haut flux avec une cible frappée par un faisceau d'ions isotopes de l'hydrogène, ladite cible étant constituée par une structure comportant une couche métallique à coefficient d'absorption élevé vis à vis de l'hydrogène, élaborée sur une couche de support réalisée en un métal à grand coefficient de thermoconductibilité et à faible degré de volatilisation.

De tels générateurs sont utilisés par exemple dans les techniques d'examen de la matière par neutrons rapides, thermiques, épithermiques ou froids.

Les neutrons sont engendrés par des réactions entre noyaux des isotopes lourds de l'hydrogène : le deutérium et le tritium. Ces réactions se produisent du fait qu'une cible, contenant du deutérium et du tritium, est soumise au bombardement d'un faisceau d'ions de deutérium et d'ions de tritium accélérés sous une différence de potentiel élevée. Les ions de deutérium et les ions de tritium sont formés dans une source d'ions dans laquelle un mélange gazeux de deutérium et de tritium est ionisé. La collision entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium fournit un neutron nanti d'une énergie de 14 MeV, et une particule α nantie d'une énergie de 3,6 MeV.

Pour obtenir le rendement de réaction maximum, il convient notamment d'avoir la densité de noyaux cibles la plus élevée possible. Un moyen couramment utilisé pour réaliser de telles cibles avec les isotopes de l'hydrogène consiste à fixer les noyaux dans le réseau cristallin d'un matériau hydrurable.

Parmi ces matériaux, le titane est souvent utilisé en raison de son plus faible pouvoir d'arrêt, ce qui a pour résultat un meilleur rendement neutronique. En revanche, ces matériaux présentent l'inconvénient d'une tenue mécanique insuffisante dès lors que la concentration en hydrogène est élevée et le matériau en "couche épaisse" (phénomène de délitement entraînant la dispersion de particules métalliques, ce qui est préjudiciable à la tenue en tension des dispositifs d'accélération du faisceau ionique).

En conséquence, ces matériaux doivent être utilisés en couches minces sur un support ou un substrat qui doit présenter un faible coefficient d'absorption et de diffusion vis à vis de l'hydrogène, une bonne conductibilité thermique permettant l'évacuation de l'énergie dissipée et une bonne résistance à la corrosion vis à vis du fluide de refroidissement. Un support en cuivre par exemple répond partiellement à ces critères mais présente un coefficient de pulvérisation élevé. Une cible de

bonne tenue mécanique est difficilement réalisable avec ce support du fait que le coefficient de dilatation linéaire du titane est très différent de celui du cuivre. De plus, dans le cas d'un faisceau à densité d'énergie non uniforme, la durée de vie de la cible serait très limitée du fait qu'après érosion de la couche de titane aux endroits de forte densité du faisceau d'ions, le cuivre du support se trouverait rapidement pulvérisé sur la surface de titane environnante et ralentirait considérablement l'énergie des ions et par suite le rendement en neutrons ; on aboutirait simultanément au percement de la couche de support.

Un moyen d'éviter ce phénomène consiste à élaborer entre la couche support et la couche métallique superficielle absorbant l'hydrogène, une couche intermédiaire d'un matériau tel que le molybdène plus résistant à l'érosion ionique et moins perméable à l'hydrogène et à ses isotopes. Ainsi la concentration en ions hydrogène de la couche superficielle augmente rapidement jusqu'à l'établissement d'un état d'équilibre dans lequel la quantité d'hydrogène qui pénètre dans ladite couche superficielle est égale à celle qui en sort par diffusion. On atteint alors le maximum de concentration d'atomes de tritium dans la mince couche de titane et par conséquent le rendement neutronique le plus élevé.

Dans le brevet français n° 2 438 153, l'élaboration d'une deuxième couche intermédiaire en un matériau tel que le vanadium dont le coefficient de dilatation linéaire est situé entre ceux de la couche support et de la première couche intermédiaire, permet une meilleure adhérence des surfaces en contact.

Les améliorations successives apportées à l'élaboration de la cible dans les réalisations précitées visaient à prolonger sa durée de vie en ralentissant le processus d'érosion du substrat sous l'effet du bombardement ionique, étant entendu par ailleurs que le faisceau est constitué d'un mélange équimoléculaire deutérium-tritium de telle sorte que les ions extraits de la source et implantés dans la cible après accélération ne conduisent pas à un appauvrissement des noyaux cible au profit des noyaux du faisceau.

A ce stade, l'implantation ionique du faisceau s'effectue dans des couches des matériaux supports dont le pouvoir d'arrêt, beaucoup plus élevé que dans la couche active, fait chuter fortement l'émission neutronique entraînant la fin de vie opérationnelle du tube.

Le but de l'invention est de procurer un générateur de neutrons avec une cible qui est frappée par un faisceau d'ions d'hydrogène, la durée de vie

de cette cible soumise à l'influence d'un bombardement par faisceau d'ions à grande intensité étant plus longue que la durée de vie des cibles de générateurs de neutrons connues.

Conformément à l'invention, le générateur de neutrons du genre mentionné dans le préambule est remarquable en ce que la couche activée à fort coefficient d'absorption est constituée d'un empilage de couches identiques isolées les unes des autres par une barrière de diffusion, l'épaisseur desdites couches à fort coefficient d'absorption étant égale par exemple à la profondeur de pénétration des ions deutérium qui viennent frapper la cible.

De cette façon, l'hydruration des couches profondes ne s'effectue que par étapes au fur et à mesure du percement des barrières de diffusion sous l'effet de l'érosion due au bombardement. La durée de vie des cibles connues comportant une seule couche active peut ainsi être multipliée par le nombre de couches actives superposées dans la cible de l'invention.

De plus, la limitation de la diffusion du tritium à l'épaisseur d'une couche permet de ne pas diluer la concentration des noyaux cible au-delà de la zone de pénétration du faisceau, ce qui présente le double avantage d'accélérer l'imprégnation de la cible et d'améliorer le rendement neutronique.

Un autre avantage consiste en la réduction de la quantité totale de mélange deutérium-tritium nécessaire au fonctionnement du tube, surtout marqué en ce qui concerne la quantité de tritium dont on sait qu'il se décompose progressivement en He3, ce qui augmente corrélativement la pression résiduelle dans le tube.

Le métal des couches très perméables à l'hydrogène appartient au groupe comportant le titane, le zirconium, le scandium, l'yttrium et les lanthanides, alors que le métal formant la couche de support appartient au groupe comportant le molybdène, le tungstène, le tantale, le chrome et le niobium.

Les barrières de diffusion peuvent être élaborées par des moyens chimiques tels que nitruration en plasma réactif, dépôt de couche passivée par oxydation ou par des moyens physiques tels que dépôts de couche métallique appropriée, implantation ionique etc...

La description suivante en regard du dessin annexé, le tout donné à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1a est une coupe longitudinale schématique d'un générateur de neutrons équipé de la cible conforme à l'invention.

La figure 1b représente à plus grande échelle une partie de la cible du générateur représenté par la figure 1a.

Dans le générateur de neutrons que représente la figure 1a, une enveloppe 1 contient un mélange gazeux en proportions égales de deutérium et de tritium sous une pression de l'ordre de quelques millièmes de millimètre de mercure. Ce mélange gazeux est fourni par l'intermédiaire d'un régulateur de pression 2. La pression gazeuse est contrôlée à l'aide d'un manomètre d'ionisation 3. Le mélange de deutérium et de tritium est ionisé dans la source d'ions 4 et un faisceau ionique en est extrait par l'électrode d'accélération 5 solidaire de l'enveloppe 1 et refroidie en 6 par une circulation d'eau. Par rapport à cette électrode 5, l'anode 7 est portée à un potentiel de très haute tension positif (+ THT).

La source d'ions 4 de type Penning comporte en outre deux cathodes 8 et 9 portées à un même potentiel négatif de l'ordre de 5 kV par rapport à l'anode 7 et un aimant permanent 10 créant un champ magnétique axial et dont le circuit magnétique est fermé par la douille ferromagnétique 11 qui enveloppe la source d'ions 4. La haute tension positive +THT est appliquée à la source par le câble 12 dont l'extrémité est entourée par les manchons isolants 13 et 14.

Le faisceau d'ions passe par l'électrode supresseuse 15 et frappe la cible 16 refroidie en 17 par une circulation d'eau. Une partie de cette cible est représentée à plus grande échelle sur la figure 1b.

La cible 16 est constituée d'un substrat en molybdène 18 formant la couche support sur laquelle est formée une couche de titane 19. Selon l'invention on élabore successivement une première barrière de diffusion de l'hydrogène 20 suivie d'une couche de titane 21, puis de la même façon, les barrières de diffusion 22, 24 et 26 en alternance avec les couches de titane de même épaisseur 23, 25 et 27 respectivement.

Le choix de l'épaisseur desdites couches est en relation avec la profondeur de pénétration des ions deutérium venant frapper la cible en titane pour y engendrer par collision avec les ions tritium implantés, une émission neutronique de 14 MeV. On évite ainsi l'appauvrissement de la concentration superficielle de la cible en noyaux tritium qui résulterait de leur diffusion vers l'intérieur d'une couche plus épaisse.

La régénération des noyaux cible tritium est convenablement assurée si le mélange deutérium-tritium à l'intérieur du tube neutronique de la figure 1a se trouve en quantités égales.

Du fait de la répartition non uniforme en densité du faisceau ionique indiquée en 28, il y a implantation de tritium en plus grande quantité dans la zone de cible frappée par la partie centrale du faisceau et corrélativement une érosion de plus en plus accentuée de la première couche de titane 27, au fur et à mesure qu'on se rapproche de cette

partie centrale tel qu'indiqué en 29. Le perçage de la couche 27 se produit donc dans cette même partie centrale suivi de l'érosion puis du perçage de la barrière de diffusion 26. La couche de titane 25 déjà partiellement imprégnée par les ions ayant franchi les zones érodées de la couche 27 et de la barrière 26 commence alors à être directement imprégnée par le faisceau tandis que la barrière 24 remplit son rôle protecteur pour limiter la diffusion des ions hydrogène et donc maintenir leur concentration sensiblement au même niveau qu'elle avait dans la couche immédiatement supérieure.

Ainsi de proche en proche, après chaque percement d'une barrière de diffusion, on va imprégner la couche de titane sous-jacente tout en prévenant par la barrière suivante la pénétration par diffusion des ions tritium vers les couches inférieures. Il en résulte que le taux de concentration en ions hydrogène dans les couches de titane successives et par suite le niveau d'émission neutronique sont maintenus sensiblement constants au fur et à mesure de l'érosion de ces couches successives.

On s'est limité à la réalisation d'une cible à cinq couches actives permettant un gain voisin de cinq sur la durée de vie, la multiplication d'un nombre de couches supérieur à la valeur ci-dessus risquant de poser des problèmes plus complexes à maîtriser.

La cible de l'invention peut être réalisée selon une méthode de pulvérisation cathodique comportant les étapes suivantes :

1 - On dépose une couche de titane sur un substrat en molybdène constituant l'anode du dispositif de pulvérisation dont la cathode est une cible en titane. Cette cible est bombardée par les ions d'un gaz neutre et lourd tel que l'argon à coefficient de pulvérisation élevé. Les atomes d'argon ionisés sont ensuite projetés sur le substrat jusqu'à ce que l'épaisseur désirée soit atteinte.

2 - On évacue l'argon que l'on remplace par de l'azote, gaz moins lourd et non neutre à partir duquel il va se déposer une couche de nitrure de titane qui constitue la barrière de diffusion par dessus la couche précédente de titane.

3 - On évacue l'azote pour le remplacer par de l'argon afin de déposer une autre couche de titane.

4 - Les étapes 2 et 3 sont renouvelées autant de fois qu'on le désire en introduisant alternativement de l'argon et de l'azote dans le bâti de pulvérisation sans interrompre nécessairement le processus de dépôt.

Cette méthode d'obtention des barrières de diffusion par nitruration en plasma réactif n'est pas limitative. Elle n'exclut évidemment pas l'utilisation des barrières obtenues par tout autre procédé chimique tel que l'oxydation, ou procédé physique tel

que le dépôt de couches métalliques intermédiaires ou de barrières réalisées par implantation ionique.

Revendications

1. Générateur de neutrons avec une cible frappée par un faisceau d'ions isotopes de l'hydrogène, ladite cible étant constituée par une structure comportant une couche métallique à coefficient d'absorption élevé vis à vis de l'hydrogène, élaborée sur une couche de support réalisée en un métal à grand coefficient de thermoconductibilité et à faible degré de volatilisation, caractérisé en ce que la couche active à fort coefficient d'absorption est constituée d'un empilage de couches identiques isolées les unes des autres par une barrière de diffusion, l'épaisseur desdites couches à fort coefficient d'absorption étant égale par exemple à la profondeur de pénétration des ions deutérium qui viennent frapper la cible.

2. Générateur de neutrons selon la revendication 1, caractérisé en ce que le métal desdites couches à coefficient d'absorption élevé appartient au groupe comportant le titane, le zirconium, le scandium, l'yttrium et les lanthanides, alors que le métal formant ladite couche de support appartient au groupe comportant le molybdène, le tungstène, le tantale, le chrome et le niobium.

3. Générateur de neutrons selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'épaisseur de chacune desdites couches à coefficient d'absorption élevé est de l'ordre de quelques microns.

4. Générateur de neutrons selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdites barrières de diffusion sont élaborées par des moyens chimiques tels que nitruration en plasma réactif, dépôt de couche passivée par oxydation ou par des moyens physiques tels que dépôts de couche métallique appropriée, implantation ionique etc...

5. Cible, caractérisée en ce qu'elle est destinée à un générateur de neutrons selon l'une quelconque des revendications précédentes.

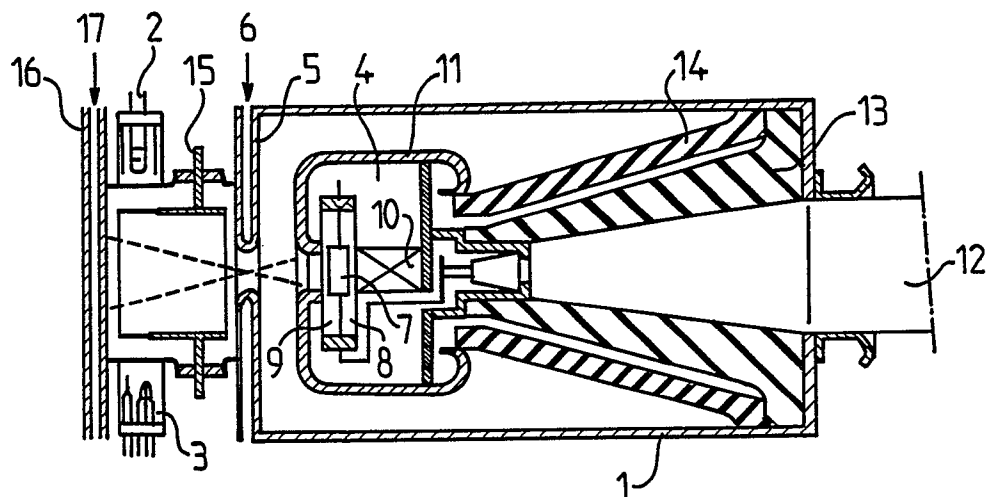


FIG. 1a

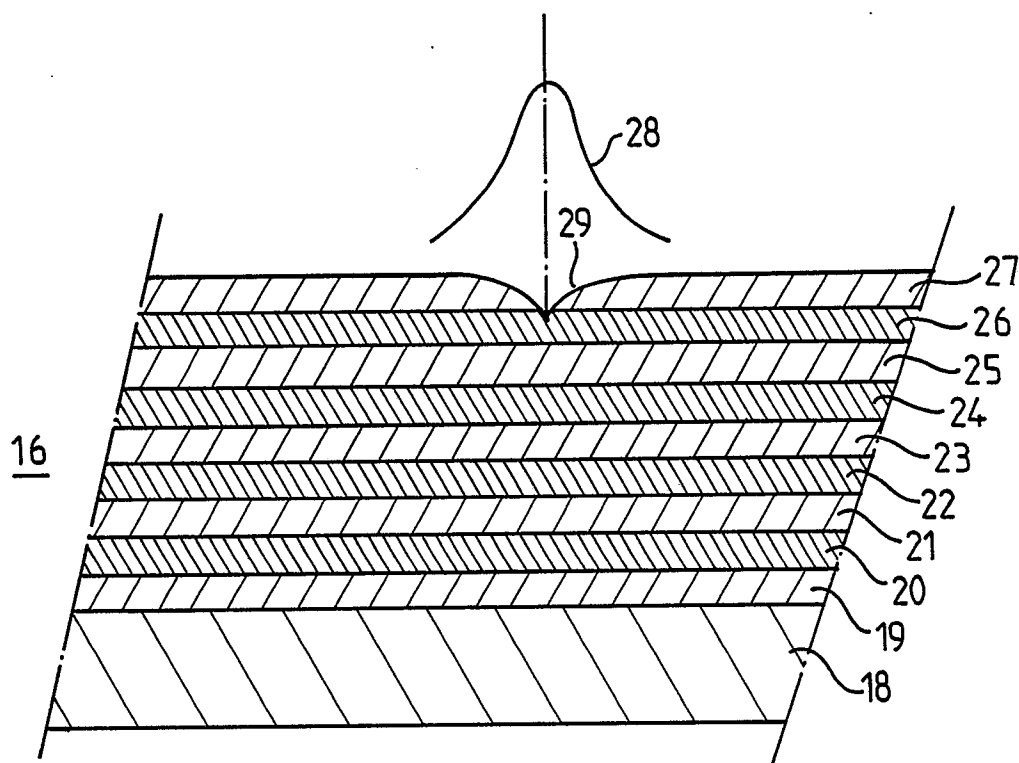


FIG. 1b



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.4)
A	US-A-3 924 137 (D.L. ALGER) * Abrégé; colonne 2, lignes 59-63; colonne 3, lignes 51-54; colonne 5, lignes 26-30,48-67; revendications 1,10; figure 2 * ---	1,5	H 05 H 6/00
A,D	FR-A-2 438 953 (N.V. PHILIPS/ GLOEILAMPENFABRIEKEN) * Page 1, ligne 23 - page 2, ligne 32; figure 1 * ---	1,5	
A	US-A-3 963 934 (J.H. ORMROD) * Abrégé; revendications 1-5; figure * -----	1,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			H 05 H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12-07-1989	Examineur WINKELMAN, A. M. E.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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 L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	