

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 89202463.9

51 Int. Cl.⁵: H05H 3/06 , H01J 27/04

22 Date de dépôt: 02.10.89

30 Priorité: 07.10.88 FR 8813185

43 Date de publication de la demande:
11.04.90 Bulletin 90/15

84 Etats contractants désignés:
CH DE FR GB IT LI NL

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

84 FR

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

84 CH DE GB IT LI NL

72 Inventeur: **Bernardet, Henri**
Societe Civile S.P.I.D. 209 rue de L'Univerité
F-75007 Paris(FR)

Inventeur: **Godechot, Xavier**
Societe Civile S.P.I.D. 209 rue de L'Univerité
F-75007 Paris(FR)

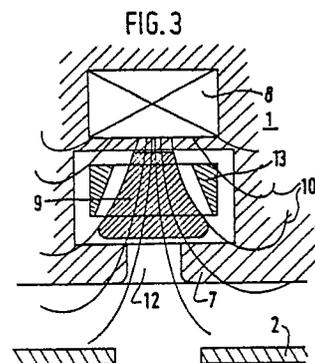
Inventeur: **Lejeune, Claude**
Societe Civile S.P.I.D. 209 rue de L'Univerité
F-75007 Paris(FR)

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

54 **Dispositif de perfectionnement de la source d'ions de type Penning dans un tube neutronique.**

57 Dans un tube neutronique scellé à haut flux muni d'une source d'ions (1) de type Penning, le champ magnétique de confinement du gaz ionisé (9) est rendu plus divergent en direction de la zone d'émission des ions par action sur le système d'aimants (8) de la source d'ions. Le faisceau ionique issu du plasma est accéléré (2) et projeté sur une cible (4). La géométrie et la position de l'anode (13) à l'intérieur de la source d'ions s'adaptent à la topographie des lignes de force, pour une interception minimale des trajectoires des électrons ionisants oscillant dans la structure, adaptation obtenue en particulier par l'utilisation d'une anode tronconique dont les génératrices épousent les lignes de force.

EP 0 362 945 A1



DISPOSITIF DE PERFECTIONNEMENT DE LA SOURCE D'IONS DE TYPE PENNING DANS UN TUBE NEUTRONIQUE

L'invention concerne un dispositif de source d'ions de type Penning d'un tube neutronique scellé à haut flux dans lequel ladite source d'ions à deux électrodes (anode et cathode) forme un gaz ionisé canalisé par un champ magnétique de confinement créé par des aimants ou par tout autre moyen de création dudit champ et à partir duquel un faisceau ionique de grande énergie est projeté sur une électrode cible au moyen d'un dispositif d'extraction et d'accélération pour y produire une réaction de fusion entraînant une émission de neutrons.

Les tubes neutroniques du même genre sont utilisés dans les techniques d'examen de la matière par neutrons rapides, thermiques, épithermiques ou froids : neutronographie, analyse par activation, analyse par spectrométrie des diffusions inélastiques ou des captures radiatives, diffusion des neutrons etc...

L'obtention de la pleine efficacité de ces techniques nucléaires nécessite d'avoir, pour les niveaux d'émission correspondants, des durées de vie de tubes plus longues.

La réaction de fusion $d(3H, 4He)n$ délivrant des neutrons de 14 MeV est habituellement la plus utilisée en raison de sa grande section efficace pour des énergies d'ions relativement faibles. Toutefois, quelle que soit la réaction utilisée, le nombre de neutrons obtenu par unité de charge transitant dans le faisceau est toujours croissant au fur et à mesure que l'énergie des ions dirigés vers une cible épaisse est elle-même croissante et ceci largement au delà des énergies des ions obtenus dans les tubes scellés actuellement disponibles et alimentés par une THT n'excédant pas 250 kV.

Parmi les principaux facteurs limitatifs de la durée de vie d'un tube neutronique, l'érosion de la cible par le bombardement ionique est l'un des plus déterminants.

L'érosion est fonction de la nature chimique et de la structure de la cible d'une part, de l'énergie des ions incidents et de leur profil de répartition en densité sur la surface d'impact d'autre part.

Dans la plupart des cas, la cible est constituée par un matériau hydrurable (Titane, Scandium, Zirconium, Erbium etc...) capable de fixer et de relâcher des quantités importantes d'hydrogène sans perturbation notable de sa tenue mécanique ; la quantité totale fixée est fonction de la température de la cible et de la pression d'hydrogène dans le tube. Les matériaux cibles utilisés sont déposés sous forme de couches minces dont l'épaisseur est limitée par des problèmes d'adhérence de la couche sur son support. Un moyen de retarder l'éro-

sion de la cible consiste par exemple à former la couche active absorbante d'un empilage de couches identiques isolées les unes des autres par une barrière de diffusion. L'épaisseur de chacune des couches actives est de l'ordre de la profondeur de pénétration des ions deutérium venant frapper la cible.

Une autre façon de protéger la cible et donc d'accroître la durée de vie du tube consiste à agir sur le faisceau d'ions de manière à améliorer son profil de répartition en densité sur la surface d'impact. A courant d'ions total constant sur l'électrode cible, ce qui entraîne une émission neutronique constante, cette amélioration résultera d'une répartition aussi uniforme que possible de la densité de courant sur l'ensemble de la surface offerte par la cible au bombardement d'ions.

Dans un tube neutronique scellé, les ions sont en général fournis par une source d'ions de type Penning qui a l'avantage d'être robuste, d'être à cathode froide (d'où une longue durée d'utilisation), de donner des courants de décharge importants pour de faibles pressions (de l'ordre de 10 A/torr), d'avoir un rendement d'extraction élevé (de 20 à 40 %) et d'être de faibles dimensions.

Ce type de source présente par contre l'inconvénient de nécessiter un champ magnétique de l'ordre du millier de gauss qui introduit une inhomogénéité importante de densité du courant des ions à l'intérieur de la décharge et au niveau de la zone d'émission des ions.

Le but de l'invention est de rendre la densité d'ions plus homogène au niveau de l'émission par la modification de la structure Penning selon l'art antérieur.

A cet effet et conformément à l'invention, ledit champ magnétique est rendu plus divergent en direction de la zone d'émission des ions, par action sur lesdits aimants ou sur tout autre moyen de création dudit champ, la modification du confinement des électrons ionisants de la décharge et par conséquent de l'ionisation qui en résulte, étant compensée par l'adaptation de la forme et/ou des dimensions et/ou du positionnement de l'anode dans ladite source d'ions.

Cette adaptation peut être mise en oeuvre au moyen des artifices suivants :

- l'anode est de forme tronconique avec le plus grand diamètre du côté des valeurs faibles du champ magnétique pour tenir compte de la divergence des lignes de force en direction de la zone d'émission des ions.
- l'anode de forme circulaire est réduite en hauteur et rapprochée de la cathode dans la zone de fort

gradient du champ magnétique.

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

La figure 1 représente le schéma de principe d'un tube neutronique scellé selon l'état de l'art antérieur.

La figure 2 montre les effets de l'érosion en profondeur de la cible et le profil radial de densité de bombardement d'ions.

Les figures 3 et 4 représentent respectivement les schémas d'une première variante et d'une seconde variante de dispositifs d'extraction des ions selon l'invention.

Sur ces figures, les éléments identiques seront indiqués par les mêmes signes de référence.

Le schéma de la figure 1 montre les principaux éléments de base d'un tube neutronique scellé 11 renfermant un mélange gazeux sous faible pression à ioniser tel que deutérium-tritium et qui comporte une source d'ions 1 et une électrode d'accélération 2 entre lesquelles existe une différence de potentiel très élevée permettant l'extraction et l'accélération du faisceau d'ions 3 et sa projection sur la cible 4 où s'effectue la réaction de fusion entraînant une émission de neutrons à 14 MeV par exemple.

La source d'ions 1 solidaire d'un isolateur 5 pour le passage du connecteur d'alimentation en THT (non représenté) est une source de type Penning par exemple, constituée d'une anode cylindrique 6, d'une structure cathodique 7 à laquelle est incorporé un aimant 8 à champ magnétique axial qui confine le gaz ionisé 9 aux alentours de l'axe du cylindre d'anode et dont les lignes de force 10 accusent une certaine divergence. Un canal d'émission des ions 12 est pratiqué dans ladite structure cathodique en vis-à-vis de l'anode.

Les schémas de la figure 2 représentent les effets de l'érosion sur la cible au fur et à mesure que s'accroît le phénomène.

La figure 2a montre le profil de la densité J de bombardement des ions suivant une direction radiale quelconque Or , à partir du point d'impact 0 de l'axe central du faisceau sur la surface de la cible. La forme de ce profil met en valeur le caractère inhomogène de ce faisceau dont la densité très élevée dans la partie centrale décroît rapidement lorsqu'on s'en éloigne.

Sur la figure 2b l'érosion s'effectue en fonction de la densité de bombardement et toute la couche de matériau hydrurable d'épaisseur e déposée sur un substrat S est saturée en mélange deutérium-tritium. La profondeur de pénétration des ions énergétiques deutérium-tritium représentée en traits pointillés s'effectue sur une profondeur l_1 fonction de cette énergie.

Sur la figure 2c, l'érosion de la couche est

telle que la profondeur de pénétration l_2 est supérieure à l'épaisseur e dans la partie la plus bombardée ; une partie des ions incidents s'implante dans le substrat et très rapidement les atomes de deutérium et de tritium sont en sursaturation.

Sur la figure 2d, les atomes de deutérium et de tritium se sont rassemblés pour donner des bulles qui, en éclatant ont formé des cratères et accru très rapidement l'érosion de la cible sur la profondeur l_3 .

Ce dernier processus précède de peu la fin de vie du tube en entraînant soit un accroissement drastique des claquages (présence de microparticules résultant des éclatements de bulles), soit une pollution de la surface de la cible par les atomes pulvérisés absorbant l'énergie des ions incidents.

Dans la source d'ions 1 de type Penning représentée sur la figure 1, l'anode cylindrique 6 est portée à un potentiel supérieur de l'ordre de 4 kV à celui de la cathode 7 portée elle-même à une très haute tension de 250 kV par exemple.

L'ensemble d'aimants 8 fournit un champ magnétique important de l'ordre du millier de gauss.

Le rôle de ce champ magnétique est de limiter le mouvement transverse des charges formées à l'intérieur de l'anode par ionisation d'un mélange gazeux deutérium-tritium. Ce gaz ionisé est ainsi confiné aux alentours de l'axe de l'anode et en densité beaucoup plus élevée suivant cet axe. Il en résulte une inhomogénéité importante à l'intérieur de la décharge.

Les ions sont extraits à partir du canal d'émission 12 pratiqué dans la cathode jouant ainsi le rôle d'électrode d'émission, au moyen de l'électrode d'accélération 2 portée ainsi que l'électrode cible 4 au potentiel 0 de la masse.

L'inhomogénéité du gaz ionisé va se répercuter au niveau de l'extraction des ions plus importante sur l'axe que sur la périphérie du faisceau. Ainsi ce type d'inhomogénéité contribue pour une large part à l'érosion de la cible et par suite à la limitation de la durée de vie du tube.

Afin de rendre la densité d'ions plus homogène au niveau de l'extraction, l'idée de l'invention consiste à modifier le confinement du gaz ionisé en agissant sur la disposition des aimants de l'ensemble 8 de façon que le champ magnétique soit plus divergent. La réduction du courant de décharge qui en résulte peut être avantageusement compensée au moyen des solutions sur les figures 3 et 4.

Sur la figure 3, on a remplacé l'anode circulaire par une anode tronconique 13 dont les génératrices ont tendance à épouser les lignes de force du champ magnétique 10. Le gaz ionisé 9 est plus étalé du fait de ladite modification du confinement. Les diamètres de l'anode tronconique devront être accrus afin d'éviter l'interception des électrons.

Sur la figure 4, l'anode circulaire 14 est réduite en hauteur et décalée vers la zone de fort champ à proximité de la partie supérieure de la cathode de façon à éviter toujours l'interception des électrons.

Ces modifications assurent une compensation sensible du courant de décharge en même temps qu'une meilleure homogénéité du faisceau.

Revendications

1. Dispositif de source d'ions de type Penning d'un tube neutronique scellé à haut flux dans lequel une source d'ions à deux électrodes (anode et cathode) forme un gaz ionisé canalisé par un champ magnétique de confinement créé par des aimants ou par tout autre moyen de création dudit champ et à partir duquel un faisceau ionique de grande énergie est projeté sur une électrode cible au moyen d'un dispositif d'extraction et d'accélération pour y produire une réaction de fusion entraînant une émission de neutrons, caractérisé en ce que ledit champ magnétique est rendu plus divergent en direction de la zone d'émission des ions par action sur lesdits aimants ou sur tout autre moyen de création dudit champ, la modification du confinement des électrons ionisants de la décharge et par conséquent de l'ionisation qui en résulte, étant compensée par l'adaptation de la forme et/ou des dimensions et/ou du positionnement de l'anode dans ladite source d'ions.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la forme de ladite anode est tronconique avec le plus grand diamètre du côté du champ magnétique faible pour tenir compte de la configuration des lignes de force dudit champ.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite anode de forme circulaire est réduite en hauteur et rapprochée de la cathode dans la zone de fort champ magnétique.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

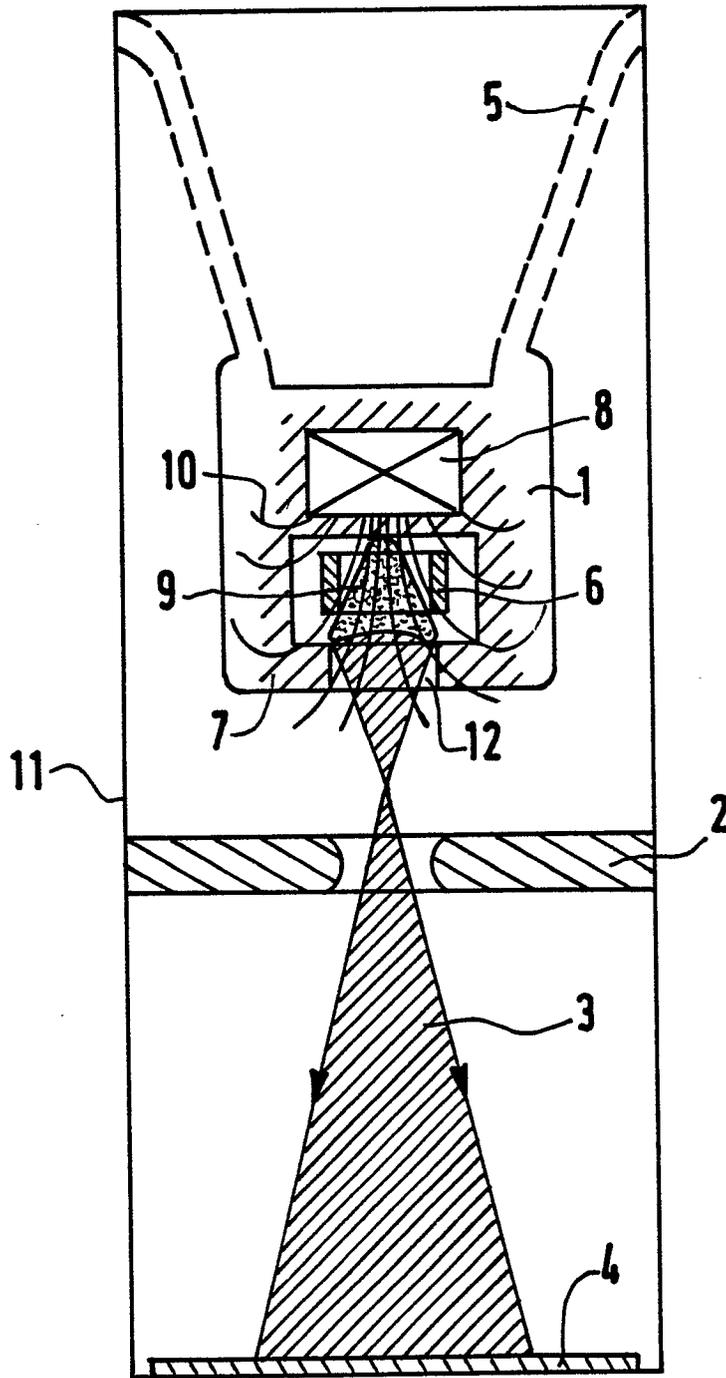


FIG.1

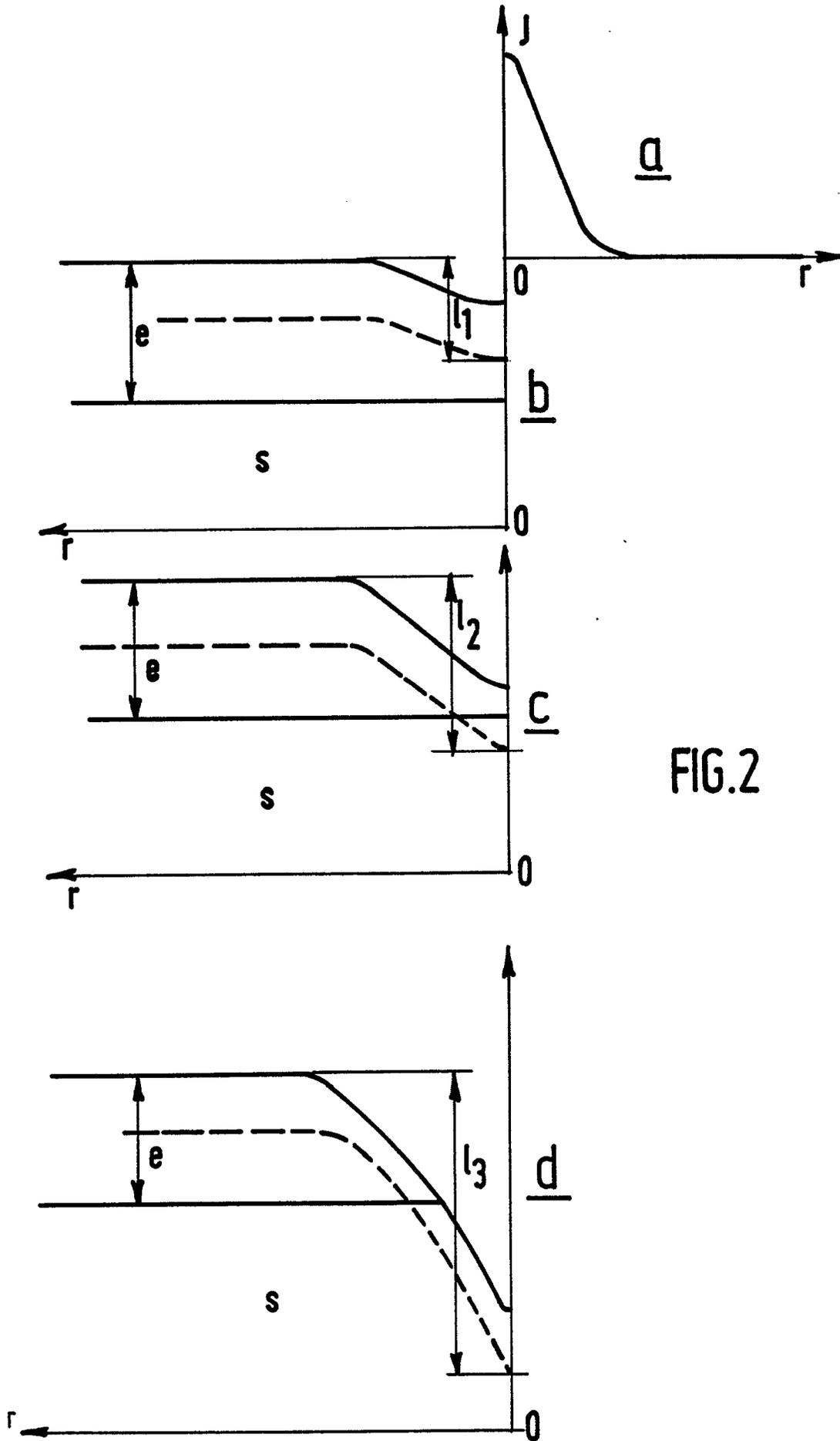


FIG.2

FIG. 4

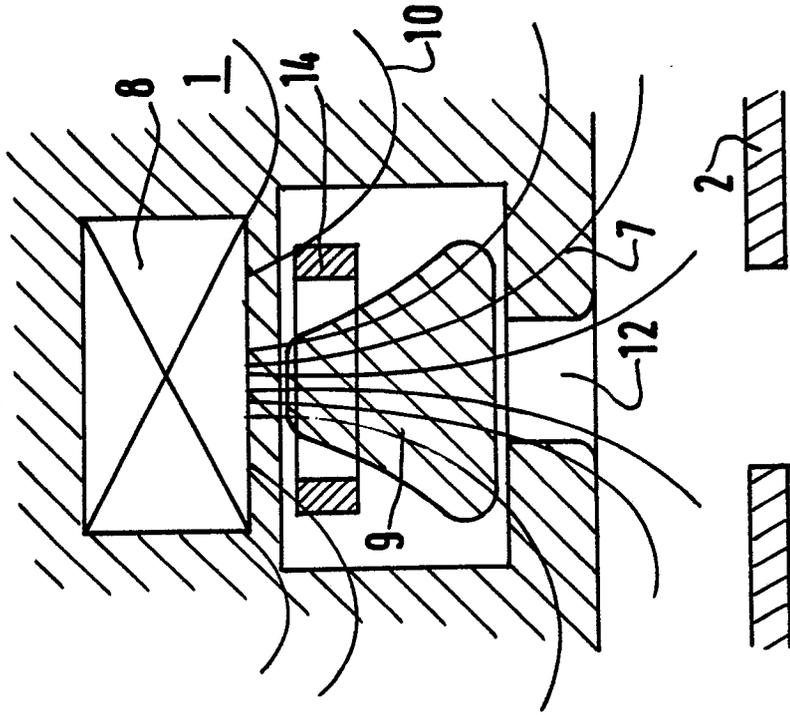
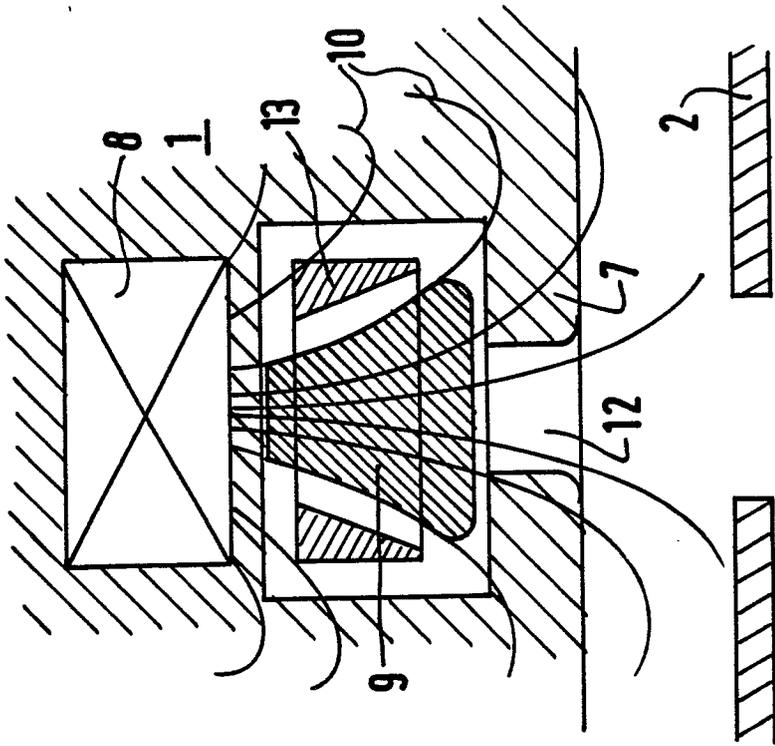


FIG. 3





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	PULSED NEUTRON RESEARCH, PROC. SYMP., Karlsruhe, vol. II, 10-14 mai 1965, pages 609-622; C.W. ELENGA et al.: "The generation of neutron pulses and modulated neutron fluxes with sealed-off neutron tubes" * Figures 2a,2b; page 615, paragraph 2; page 616, paragraphe 2 - page 617, paragraphe 1 * ---	1	H 05 H 3/06 H 01 J 27/04
A	US-A-2 806 161 (J.S. FOSTER, Jr.) * Figure 1; colonne 2, ligne 27; colonne 2, lignes 32-40; colonne 3, lignes 33-54; colonne 4, lignes 56-71 * ---	1,3	
A	LU-A- 46 217 (CEA) * Figures 1,2; page 5, ligne 30 - page 6, ligne 2 * ---	2	
A	REVUE DE PHYSIQUE APPLIQUEE, vol. 12, no. 12, décembre 1977, pages 1835-1848; C. LEJEUNE et al.: "Multiduoplasmatron et multiduopigatorm: sources de plasma uniforme pour la formation de faisceaux d'ions multiampères" * "Figure 10; page 1845, colonne de gauche, dernier paragraphe - colonne de droite, paragraphe 1 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) H 05 H H 01 J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 05-12-1989	Examineur FRITZ S.C.
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	