



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

 Numéro de dépôt: 86401784.3

 Int. Cl.⁴: **H 01 J 27/02**
H 01 J 27/14

 Date de dépôt: 08.08.86

 Priorité: 12.08.85 FR 8512278

 Date de publication de la demande:
 11.03.87 Bulletin 87/11

 Etats contractants désignés: DE GB NL

 Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
Etablissement de Caractère Scientifique Technique et Industriel
 31/33, rue de la Fédération
 F-75015 Paris (FR)

 Inventeur: **Bourgeois, Christian**
 39, rue Philippe Genreau
 F-21000 Dijon (FR)

Roche, Michel
 12, rue de Saulx-Tavannes
 F-21000 Dijon (FR)

 Mandataire: **Mongrédiën, André et al**
 c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
 F-75008 Paris (FR)

 **Diode à ions à miroir magnétique.**

 Diode à ions à miroir magnétique.

La diode comprend une anode (20), une cathode (22) et un enroulement (24) créant, derrière l'anode, un champ magnétique divergent. Les électrons qui franchissent l'anode sont repoussés vers celle-ci.

Application comme source d'ions.

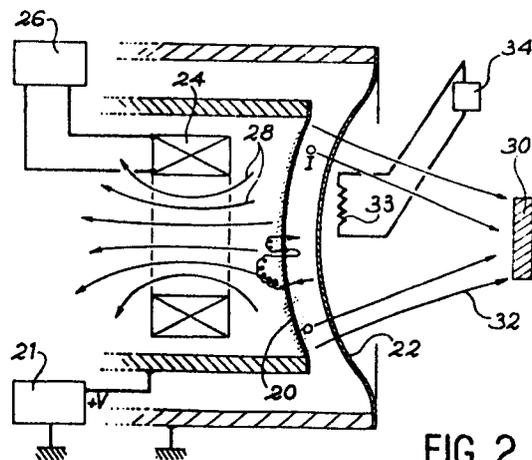


FIG. 2

Description

DIODE A IONS A MIROIR MAGNETIQUE

La présente invention a pour objet une diode à ions à miroir magnétique. Elle trouve de nombreuses applications notamment comme source d'ions et comme moyen de déposer de l'énergie de grande densité sur un substrat pour créer des plasmas denses et chauds comme on en recherche en physique et en particulier dans les études sur la fusion thermonucléaire.

Pour engendrer les faisceaux d'ions de grande intensité requis pour la fusion inertielle, de nombreux laboratoires dans le monde ont imaginé et développé des diodes à ions. La conception de ces dispositifs est toujours guidée par le problème fondamental de l'élimination du courant d'électrons, lequel est inévitablement présent avec une intensité toujours beaucoup plus grande (de 10 à 100 fois) que le courant d'ions. Ce problème est très important puisqu'il conditionne le rendement énergétique du dispositif.

On connaît deux façons de supprimer le faisceau d'électrons dans une diode à ions :

1°) en appliquant dans la diode un champ magnétique perpendiculaire au champ électrique accélérateur, ce qui courbe les trajectoires électroniques au point d'interdire aux électrons la traversée de l'intervalle accélérateur,

2°) en réalisant une diode qui comporte une anode très mince avec un miroir électrique placé à l'arrière, ce qui crée une structure "reflex" dans laquelle les électrons oscillent un très grand nombre de fois de part et d'autre de l'anode avant d'être arrêtés dans celle-ci.

Ces deux solutions sont décrites dans un article de synthèse dû à S. HUMPHRIES intitulé "Intense Pulsed Ion Beams for Fusion Application" publié dans la revue Nuclear Fusion, vol.20, n° 12, (1980) pp 1549-1572.

De nombreuses diodes exploitent le premier principe. Mais la présente invention retient le second et utilise un dispositif "reflex". Une diode à ions selon ce principe connu est représentée sur la figure 1. Elle comprend une anode 10 en forme de grille, une première cathode 11 disposée devant l'anode et une seconde cathode 12 disposée derrière l'anode. Son fonctionnement est le suivant. Les électrons e extraits de la cathode 11 sont accélérés par le champ électrique présent entre l'anode et la cathode et se dirigent vers l'anode 10 qu'ils traversent. Ils sont alors décélérés par le champ électrique qui règne derrière l'anode (et qui est symétrique du champ accélérateur). La seconde cathode se comporte ainsi comme un "miroir" électrique. Les électrons rebroussement chemin et se dirigent à nouveau vers l'anode qu'ils traversent en sens inverse. Ils sont à nouveau décélérés et le processus se poursuit jusqu'à absorption complète par l'anode. Il se forme autour de celle-ci un plasma 14 qui engendre des ions I, lesquels sont accélérés, franchissent la cathode 11 et sont ensuite dirigés vers une cible.

Un tel dispositif présente de nombreux inconvénients :

- le courant d'ions est émis en fait par les deux faces de l'anode et comme il ne peut être utilisé que d'un côté, le rendement de la diode est divisé par 2,
5 - la structure plane de la diode ne permet pas une focalisation du faisceau d'ions,
- le "miroir" électrique formé par la seconde cathode est sujet à des claquages qui, en pratique, rendent le système difficilement utilisable.

10 Le dispositif suivant l'invention évite ces inconvénients grâce à l'utilisation d'un "miroir" magnétique qui :

15 - n'est pas sujet à des claquages,
- permet de ne pas avoir de champ électrique derrière l'anode et donc de n'accélérer les ions que d'un seul côté,
- autorise une configuration quasi-sphérique qui permet de focaliser le faisceau d'ions.

20 De façon plus précise, ce miroir magnétique est obtenu par un enroulement parcouru par un courant, cet enroulement étant coaxial à l'anode et à la cathode. Il est placé derrière l'anode, aux lieu et place de la seconde électrode négative des dispositifs antérieurs.

25 De toute façon, l'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, d'un exemple de réalisation donné à titre explicatif et nullement limitatif. Cette description se réfère à des dessins annexés sur lesquels :

30 - la figure 1, déjà décrite, représente une diode selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente, en coupe, une diode selon l'invention.

35 Le dispositif représenté sur la figure 2 comprend une anode 20 portée à une haute tension positive +V délivrée par une source 21, une cathode 22 reliée à la masse, et, derrière l'anode, un enroulement 24 coaxial à l'anode et à la cathode. Cet enroulement est alimenté en courant par un générateur 26. Les lignes de champ magnétique sont référencées 28. Elles sont fortement divergentes en direction de l'anode (ou convergentes si l'on considère la direction opposée). En d'autres termes le champ est fortement non homogène.

40 On observera que l'anode et la cathode présentent la forme de calottes sphériques dont la concavité est dirigée vers une cible 30. De cette manière, le faisceau d'ions 32 présente une certaine focalisation.

45 Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant. La partie située entre l'anode et la cathode fonctionne comme dans l'art antérieur. Les électrons sont extraits de la cathode, sont accélérés dans l'espace interélectrode, tombent sur l'anode et la traversent. Ces électrons sont ensuite soumis au champ magnétique de l'enroulement 24. Leurs trajectoires s'enroulent autour des lignes de champ et se couchent vers l'axe de la diode. Les électrons 50 finissent par rebrousser chemin pour retomber sur l'anode et la retraverser. Le champ électrique interélectrode les décélère d'abord, leur fait à nouveau rebrousser chemin puis les accélère à nouveau vers l'anode qu'ils retraversent. Le champ

magnétique incurve à nouveau leurs trajectoires pour finalement les diriger à nouveau vers l'anode, etc...

Les électrons oscillent ainsi un grand nombre de fois autour de l'anode. A chaque passage, ils cèdent de l'énergie à l'anode, ce qui contribue à créer autour de celle-ci un plasma. Les ions sont extraits de ce plasma et accélérés vers l'avant par le champ électrique interélectrode. Comme il n'y a pas de champ électrique à l'arrière de l'anode, seul un faisceau d'ions 32 est émis vers l'avant, en direction de la cible 30.

La présence des électrons au voisinage de l'anode crée, au voisinage de celle-ci, une charge d'espace négative qui compense la charge d'espace positive du faisceau d'ions, elle-même responsable de la limitation du courant. Cet effet est donc bénéfique.

Le champ électrique entre anode et cathode peut être de l'ordre de 200 kV/cm à 2 MV/cm. Il est continu ou impulsionnel.

Dans une variante de réalisation, la cathode 22 est une grille et un filament chauffé 33 est utilisé en liaison avec une source de courant 34. Les électrons issus du filament 33 diffusent jusqu'à la grille 22, puis pénètrent dans l'espace interélectrode où ils sont accélérés. Le processus est ensuite le même que celui qui est décrit plus haut.

Divers modes de réalisation sont possibles pour l'anode et la cathode. Elles peuvent être étanches aux gaz et délimiter ainsi des chambres étanches où règnent des pressions réduites de gaz (quelques torrs). Mais elles peuvent être aussi réalisées sous forme de grilles métalliques.

Par ailleurs, l'anode peut comporter dans sa masse ou sous forme de couche superficielle, les espèces atomiques devant constituer le faisceau d'ions.

Revendications

1. Diode à ions comprenant une anode (20) et une cathode (22) et des moyens (21) pour créer entre elles un champ électrique, la cathode (22) étant suffisamment mince pour être traversée par les ions qui ont été accélérés par ce champ, cette diode comprenant en outre un moyen situé derrière l'anode pour repousser les électrons qui, venant de la cathode ont traversé l'anode, caractérisée par le fait que ce moyen est constitué par un enroulement (24) parcouru par un courant et créant un champ magnétique (28) fortement divergent en direction de l'anode (22), cet enroulement (24), l'anode (20) et la cathode (22) possédant un même axe de symétrie.

2. Diode à ions selon la revendication 1, caractérisée par le fait que l'anode (20) et la cathode (22) sont des calottes sphériques ayant une concavité tournée à l'opposé de l'enroulement (24) vers une cible (30) où sont dirigés les ions sous forme de faisceau focalisé.

3. Diode à ions selon la revendication 1,

caractérisée par le fait qu'elle comprend en outre un filament électro-émissif chauffé (33) disposé à proximité de la cathode (22).

4. Diode à ions selon la revendication 1, caractérisée par le fait que l'anode (20) et la cathode (22) sont étanches au gaz et délimitent des chambres étanches où règnent des pressions réduites de gaz.

5. Diode à ions selon la revendication 1, caractérisée par le fait que l'anode (20) et la cathode (22) sont des grilles métalliques.

6. Diode à ions selon la revendication 1, caractérisée par le fait que l'anode (20) comporte dans sa masse ou sous forme de couche superficielle, les espèces atomiques devant constituer le faisceau d'ions.

7. Diode à ions selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'est maintenue, dans l'espace situé entre l'anode et l'enroulement, une pression convenable d'un gaz comprenant l'espèce atomique devant constituer le faisceau d'ions.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

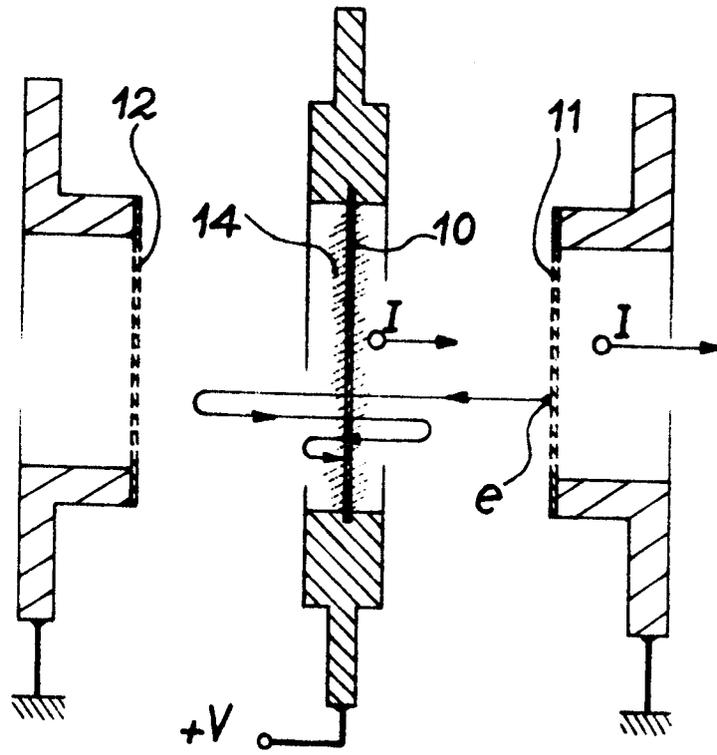


FIG. 1

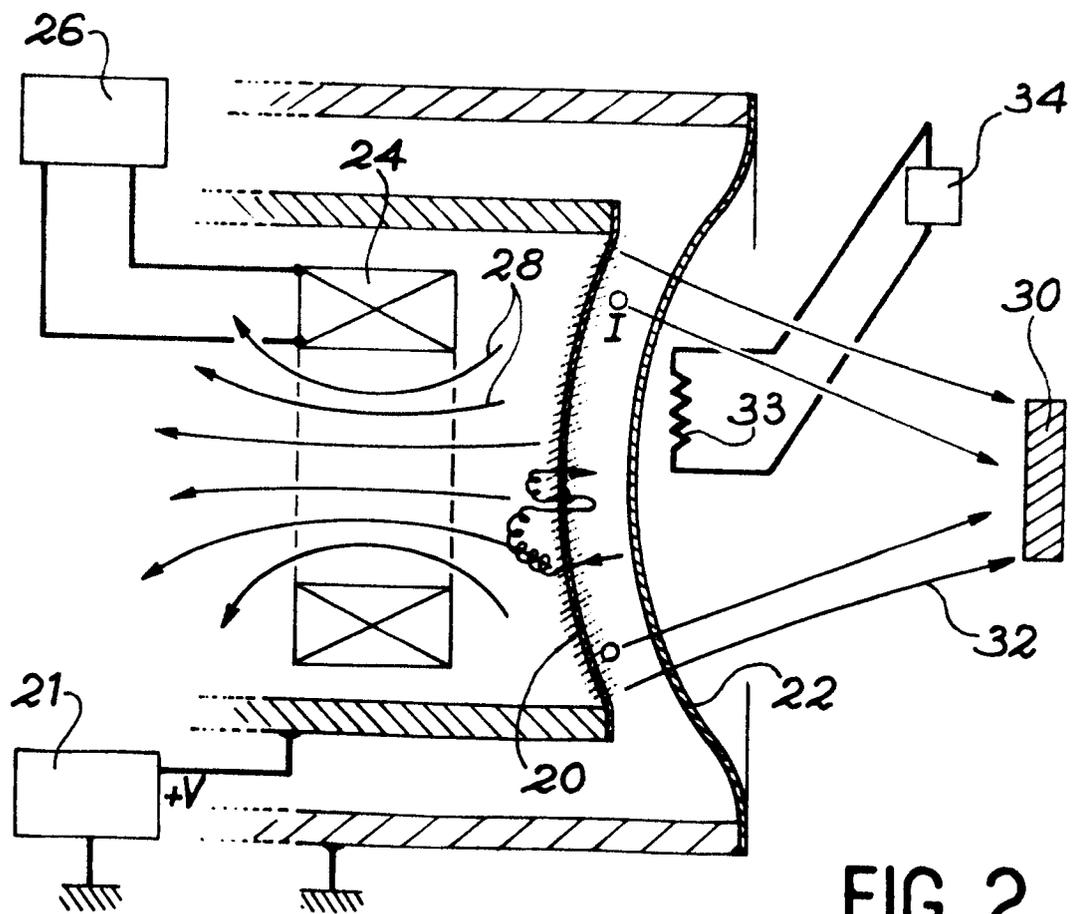


FIG. 2



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, D	NUCLEAR FUSION, vol. 20, no. 12, 1980, pages 1549-1612, Vienne, AT; S. HUMPHRIES, Jr.: "Intense pulsed ion beams for fusion applications" * Pages 1553-1555: paragraphe 2.2 "The reflex triode" et paragraphe 2.2.1 "Space-charge-limited reflex triode"; figures 3,4 *	1,4-6	H 01 J 27/02 H 01 J 27/14
A	--- US-A-4 126 806 (KAPETANAKOS) * Abrégé; colonne 7, lignes 3-13; colonne 8, lignes 61-67; colonne 9, lignes 59-62 *	1,6	
A	--- US-A-2 806 161 (FOSTER) * Colonne 2, lignes 23-27 et 32-40 et 60-70; colonne 3, lignes 17-64; figures 1,2 *	1,3,7	
A	--- US-A-2 785 311 (LAWRENCE) * Colonne 1, lignes 1-3 et 71-72; colonne 2, lignes 1-19; figure *	1,3,5,7	H 01 J H 05 H
A	--- GB-A- 931 076 (UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION) * Page 2, lignes 43-62; page 4, lignes 49-52; page 7, ligne 47 - page 8, ligne 14; figure 1 *	1	

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12-11-1986	Examineur WINKELMAN, A. M. E.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>			