

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: **85402076.5**

Int. Cl.4: **H01J 27/16**

Date de dépôt: **25.10.85**

Priorité: **06.11.84 FR 8416884**

Date de publication de la demande:
11.06.86 Bulletin 86/24

Etats contractants désignés:
BE CH DE GB LI NL SE

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

Inventeur: **Gualandris, René**
30 avenue H. Pontier
F-13100 Aix en Provence(FR)
 Inventeur: **Ludwig, Paul**
1 bis chemin Vulcain
F-38000 Grenoble(FR)
 Inventeur: **Rocco, Jean-Claude**
Bouveyres Claix
F-38640 Claix(FR)
 Inventeur: **Zadworny, François**
8 avenue Charles de Foucauld
F-38700 Corenc(FR)

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

Procédé et dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence.

Le procédé d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonnante (9) alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système d'injection (8) dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction (14) des ions du plasma hors de la cavité, se caractérise en ce que la cavité étant du type multimode, on crée, au sein du milieu à ioniser, des germes électroniques et l'on entretient le plasma après son allumage à l'aide de la seule puissance hyperfréquence.

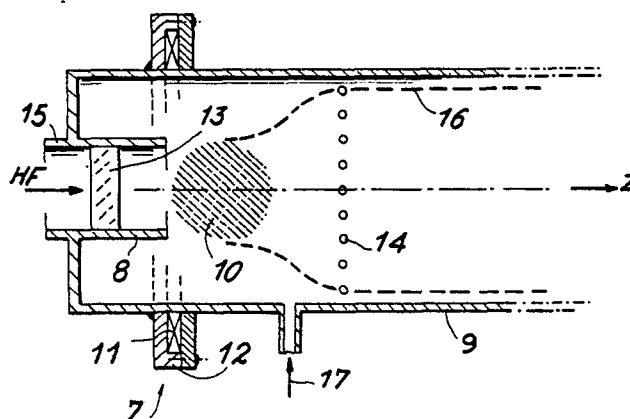


FIG.1

Procédé et dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence

La présente invention s'applique au domaine des sources d'ions hyperfréquence, utilisables aussi en source d'électrons ou en générateur de plasma.

Elle trouve de nombreuses applications, dans le domaine du "sputtering" de couches minces, de la microgravure, de l'implantation ionique, des irradiateurs à électrons, du chauffage par faisceau de particules neutres rapides du plasma des réacteurs à fusion, des accélérateurs "tandems", synchrocyclotrons et aussi du nettoyage et des traitements de surface.

Jusqu'à présent les réalisations des sources d'ions hyperfréquence se faisaient suivant le principe des sources d'ions à résonance cyclotronique des électrons.

Dans de telles sources connues, on provoque l'ionisation d'un gaz neutre et l'apparition d'un plasma en combinant, dans une cavité HF, les effets synergétiques d'un champ électromagnétique hyperfréquence de fréquence F et d'un champ magnétique B constant de façon à obtenir la résonance entre cette dernière fréquence et la pulsation $\omega = \frac{eB}{m}$ des électrons dans leurs trajectoires circulaires autour des lignes de force du champ B . Cette condition s'écrit donc : $F = \frac{eB}{2\pi m}$, formule dans laquelle e et m sont la charge et la masse de l'électron, B le champ magnétique constant présent dans la cavité, et qui donne la relation liant F et B pour obtenir la résonance cyclotronique électronique au sein du plasma. Les électrons décrivent alors des trajectoires en spirale autour des lignes de force du champ B en absorbant de l'énergie du champ B et en acquérant ainsi une énergie cinétique maximale pour provoquer l'ionisation par chocs des molécules de gaz neutre présentes dans la cavité HF de la source.

De telles sources d'ions sont décrites notamment par R. Geller, C. Jacquot et P. Sermet dans les "Proceedings of the Symposium on ion sources and formation of ion beams", Berkeley (Oct. 1974) et par F. Bourg, R. Geller, B. Jacquot, T. Lamy, M. Pontonnier et J.C. Rocco dans "Nuclear Instruments and Methods" North-Holland Publishing Company, 196 (1982) pp. 325-329. Elle sont basées sur l'établissement d'un confinement du plasma à l'aide d'une configuration magnétique en miroir avec des valeurs maximales du champ magnétique B supérieures à la valeur qui assure la résonance cyclotronique des électrons.

Le fonctionnement correct de telles sources d'ions connues nécessite néanmoins certaines précautions spéciales et impose une consommation d'énergie électrique importante, notamment pour la création des champs magnétiques constants de création de la résonance cyclotronique des électrons et d'extraction des ions.

Ainsi, par exemple, dans une source d'ions connue de cette nature, les valeurs maximale et minimale de l'induction magnétique sont de 0,42 et 0,32 Tesla respectivement et la résonance cyclotronique des électrons s'effectue à 0,36 Tesla, la fréquence de l'onde haute fréquence injectée étant fixée à environ 10 GHz.

Les ions créés dans le plasma sont extraits par un système d'extraction, constitué d'électrodes portées à des potentiels continus et qui se trouvent en aval du maximum du champ magnétique. Dans ces conditions, le courant d'ions émis par la source diminue proportionnellement à la valeur du champ au lieu d'extraction et, pour obtenir un courant d'ions intense, il faut extraire les ions dans un champ magnétique au moins du même ordre de grandeur que le champ de la résonance cyclotronique.

Cette nécessité est malheureusement incompatible avec une bonne qualité optique du faisceau d'ions extrait si on annule le champ magnétique avant l'impact des ions dans la zone d'utilisation. Dans ce cas en effet, les ions prennent de l'énergie transversale, le faisceau diverge et ses qualités optiques sont amoindries, selon l'effet décrit dans le théorème de Bush.

Pour conserver les qualités optiques du faisceau en aval de la source d'ions, il faut alors maintenir constant le champ magnétique dans tout l'espace de glissement du faisceau d'ions jusqu'à l'endroit de son application ou de la transformation des ions en particules neutres. Pour l'exemple décrit ci-dessus, le champ à maintenir constant correspond à une induction de 0,36 Tesla environ, et la puissance électrique consommée par les bobines créant ce champ magnétique est de l'ordre de 1 Mégawatt.

Dans le cas d'utilisation des ions à basse énergie (inférieures à 1 keV) le système d'extraction ne permet pas d'extraire les fortes densités. Pour augmenter cette dernière, on peut comprimer le faisceau d'ions en aval de la source d'ions.

Pour comprimer le faisceau d'ions, il faut augmenter le champ magnétique proportionnellement.

L'augmentation de la densité du courant des ions obtenus est donc limitée par les problèmes techniques qui se posent, concernant la production des champs magnétiques de cet ordre de grandeur.

En résumé, les sources d'ions selon l'état connu de la technique présentent les inconvénients principaux suivants :

- d'abord la consommation d'énergie pour établir la configuration magnétique est très élevée,

- ensuite, l'augmentation de la densité du courant d'ions à faible énergie cinétique est problématique à cause de la nécessité d'un champ magnétique élevé pour transporter ceux-ci en aval de l'extraction jusqu'au lieu d'utilisation.

Pour pallier ces inconvénients, diverses solutions ont été proposées, comme par exemple celle décrite dans la demande de brevet français N° 8308401 du 20 mai 1983 au nom du Commissariat à l'Energie Atomique.

Dans cette demande de brevet français non publiée, la configuration du confinement magnétique a été modifiée pour permettre l'extraction des ions dans un champ magnétique nettement inférieur à celui des sources d'ions de l'art antérieur. Ceci a déjà entraîné une économie considérable de l'énergie nécessaire pour créer la configuration magnétique dans la source d'une part et d'autre part en aval de l'extraction, lors d'un transport à basse énergie du faisceau extrait.

Toutefois, la source d'ions décrite dans ce brevet est toujours une source mettant en oeuvre le phénomène de résonance cyclotronique des électrons pour créer le plasma dans la cavité, et elle nécessite donc toujours dans cette cavité la présence d'un champ magnétique supérieur ou au moins égal à celui qui crée la résonance cyclotronique des électrons.

La présente invention a précisément pour objet un procédé d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence qui fonctionne sans recourir au phénomène de résonance cyclotronique des électrons et, par conséquent, sans la présence d'un champ magnétique constant régnant à cet effet dans la cavité HF.

Ce procédé d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonante alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système d'injection dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction des ions du plasma hors de la cavité, se caractérise en ce que la cavité étant du type multimode, on crée, au sein du milieu à ioniser, des germes électroniques et l'on entretient le plasma après son allumage à l'aide de la seule puissance hyperfréquence.

La nouveauté essentielle apportée par la présente invention réside dans le fait qu'il a été possible de réaliser, contrairement à toutes les idées reçues et affirmées par les hommes de l'art depuis plus de vingt ans, une source d'ions hyperfréquence fonctionnant à l'aide d'une cavité résonnante sans faire appel au phénomène de la résonance cyclotronique électronique, c'est-à-dire sans champ magnétique constant à l'intérieur de cette cavité. Autrement dit, le demandeur a mis en évidence qu'il était possible une fois le plasma allumé, de le maintenir en activité uniquement à l'aide de la seule puissance hyperfréquence injectée dans la cavité résonnante.

Ce résultat inattendu permet évidemment de réaliser des sources d'ions hyperfréquences beaucoup plus simples que celles de l'art antérieur et en particulier beaucoup plus économiques en raison de la suppression de la consommation électrique importante que nécessitait jusqu'à ce jour la présence d'un champ magnétique pour créer les conditions de résonance cyclotronique électronique.

Selon l'invention, l'allumage de la source d'ions par création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser, peut avoir lieu soit de façon unique lors de l'allumage initial, soit de façon répétitive, c'est-à-dire de temps à autre lorsque la nécessité s'en fait sentir, soit même de façon permanente, ce qui est d'ailleurs rarement indispensable.

Il est à noter qu'un seul allumage permet le fonctionnement de la source en régime pulsé, pour un temps de récurrence de l'ordre de 100 millisecondes.

Selon les applications envisagées, une configuration magnétique axiale et/ou multipolaire peut être néanmoins nécessaire et utilisée pour confiner et homogénéiser le plasma, mais dans ce cas, les valeurs des champs magnétiques sont nettement inférieures celles qui étaient autrefois nécessaires à la création des conditions de résonance cyclotronique des électrons.

Selon une autre caractéristique du procédé d'allumage objet de l'invention, la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser est obtenue par ensemencement direct d'électrons.

Selon une autre variante, la création de ces mêmes germes électroniques est obtenue par application temporaire et locale d'un champ magnétique d'intensité suffisante pour créer, dans un petit volume de la cavité, les conditions d'établissement d'une résonance cyclotronique électronique qui provoque à son tour la création du plasma.

Selon une autre variante du procédé d'allumage objet de l'invention, la création des mêmes germes électroniques au sein du milieu à ioniser est obtenue par application temporaire d'une surpression dans la cavité.

La présente invention a également pour objet un dispositif d'allumage d'une source hyperfréquence mettant en oeuvre le procédé précédent de façon particulièrement simple et à l'aide de moyens en soi connus et d'emploi facile.

Dans un premier mode de mise en oeuvre de l'invention, ce dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonnante multimode alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système

d'injection dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction des ions du plasma hors de la cavité, se caractérise en ce qu'il est constitué d'un électroaimant ceinturant la paroi externe de la cavité, à quelques centimètres en aval du système d'injection et dont la carcasse magnétique est appliquée sur cette cavité.

Grâce à cet électroaimant situé contre la paroi de la cavité, on met en oeuvre le procédé d'allumage qui consiste à créer dans un petit volume de la cavité, de façon temporaire et locale, les conditions d'établissement d'une résonance cyclotronique électronique qui provoque à son tour la création du plasma.

Selon d'autres modes de mise en oeuvre du dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence objet de l'invention, on utilise pour la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser un des moyens choisis dans le groupe comprenant les filaments chauffés, les pointes à émission de champ, les sources d'étincelles, les jauges d'ionisation, le dispositif choisi étant appliqué dans la cavité ou au travers de sa paroi.

Enfin, selon l'invention, chacune des trois dimensions de la cavité résonnante, longueur, largeur et hauteur, doit être supérieure au petit côté ou au diamètre du guide d'ondes du système d'injection de la puissance haute fréquence de la cavité. Cette condition s'est révélée effectivement nécessaire pour pouvoir obtenir l'allumage et l'auto-entretien d'un plasma dans une cavité résonnante multimode ayant cette forme particulière mais de fait très fréquemment utilisée.

Bien entendu, les sources d'ions hyperfréquence mettant en oeuvre le procédé d'allumage, objet de l'invention, peuvent être d'une nature quelconque connue et notamment comporter, comme les autres sources, les variantes ou perfectionnements de détail rappelés ci-dessous.

C'est ainsi par exemple qu'une telle source peut comporter une configuration magnétique située en aval du système d'extraction des ions du plasma ou des électrons pour réaliser dans de bonnes conditions, le transport du faisceau extrait et même pour obtenir sa compression radiale.

Dans d'autres variantes, le système d'extraction des ions ou des électrons peut être constitué par une seule électrode portée à un potentiel déterminé.

Enfin, selon d'autres caractéristiques, qui s'utilisent de façon préférentielle mais non obligatoire, le dispositif d'allumage de la source d'ions hyperfréquence est situé à une distance de l'ordre de quelques centimètres en aval de la zone de jonction entre l'injecteur hyperfréquence et la cavité de la source d'ions. Cet emplacement s'est révélé effectivement avantageux pour obtenir un bon allumage dans des conditions d'efficacité maximales.

De la même façon, il est avantageux de placer l'injection du gaz ou de la vapeur du matériau que l'on désire ioniser en amont du système d'extraction des ions ou des électrons et dans son voisinage, c'est-à-dire à une distance relativement faible de ce dernier.

De toute façon, la présente invention sera mieux comprise en se référant à la description qui va suivre donnée à titre explicatif et nullement limitatif, d'un exemple de mise en oeuvre d'une source d'ions utilisant le procédé selon l'invention. Cette description sera faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente en coupe selon l'axe une source d'ions à cavité résonnante hyperfréquence équipée du dispositif d'allumage selon l'invention,

- la figure 2 représente une source identique à celle de la

figure 1 sur laquelle on a placé en aval du faisceau une bobine supplémentaire de compression du plasma,

- la figure 3 montre un exemple de source d'ions munie d'un dispositif d'allumage sous forme d'une pointe à émission de champ. Sur la figure 3a, on a représenté une coupe selon l'axe Z de la source d'ions et sur la figure 3b une coupe transversale selon aa du même dispositif,

- la figure 4 montre un exemple de source d'ions munie de filament chauffé.

Selon l'invention, la figure 1 représente schématiquement et d'une manière simplifiée un exemple de réalisation d'une source d'ions, d'électrons ou de plasma, à hyperfréquence, en coupe transversale comprenant l'axe central Z de la source.

Dans une cavité 9 sous vide, de forme cylindrique de révolution par exemple, l'une des extrémités porte un injecteur 8 d'une puissance hyperfréquence au travers d'une fenêtre 13 et l'autre extrémité est reliée à l'endroit d'utilisation des ions, des électrons ou du plasma. Selon l'invention, et comme représenté sur les figures 1 et 2, le guide d'ondes 15, qui est de révolution, a un diamètre inférieur à celui de la cavité 9.

Il est à noter que la cavité 9 peut avoir une forme quelconque suivant la nature de l'utilisation. Notamment, le système d'injection d'une puissance hyperfréquence 8 peut être constitué par plusieurs injecteurs hyperfréquence en parallèle.

Conformément à l'invention, les dimensions relatives d'une source telle que celle des figures 1 et 2, vis-à-vis du système injecteur HF ne sont pas quelconques lorsque la cavité 9 est parallélépipédique. Dans ce cas, les dimensions des trois côtés de la cavité 9 doivent être supérieures au diamètre ou au petit côté du guide d'ondes qui injecte la puissance HF en 13, si l'on veut pouvoir allumer et surtout maintenir le plasma 10 en activité sans recourir à une résonance cyclotronique des électrons de ce plasma.

On introduit en 17 un gaz ou une vapeur destinée à former un plasma sous une pression faible de quelques 10^{-3} à 10^{-2} Torr en amont du système 14 d'extraction des ions et en son voisinage.

En fonctionnement multimode de la cavité, il existe en effet un gradient de pression dans la source, cette pression allant en croissant depuis la fenêtre 13 jusqu'à l'extraction, d'où le choix d'introduire le gaz à ioniser au voisinage de l'extraction.

Dans un autre mode de réalisation, le plasma peut être créé à un autre endroit et injecté ensuite dans la cavité 9.

Le système d'allumage 7 est constitué dans cet exemple par un électroaimant circulaire entourant la paroi 9 et comportant une bobine 11 annulaire et une carcasse de fer doux 12 appliquée contre la paroi 9. Cet électroaimant est capable d'allumer la décharge par une impulsion de champ en créant localement et temporairement dans la cavité un champ magnétique réalisant les conditions de résonance cyclotroniques des électrons, et le plasma s'allume en 10. Le système d'extraction des ions ou des électrons est représenté ici sous la forme d'une seule électrode 14.

Si on augmente la puissance hyperfréquence par unité de volume, le courant d'ions augmente. On peut alors extraire des courants d'ions plus grands ou bien réduire les dimensions des cavités, ce qui permet l'utilisation de "minicavités" à faible consommation de puissance hyperfréquence.

De toute façon, l'absence dans une source d'ions de ce type du champ magnétique élevé de création et d'entretien d'un phénomène de résonance cyclotronique électronique conduit à une économie très importante d'énergie, avantage majeur de la présente invention.

Enfin, le faisceau extrait de la source peut être comprimé, en aval des électrodes d'extraction par l'application d'un champ magnétique supplémentaire, c'est le cas par exemple de la bobine 15 sur l'exemple de la figure 2.

A titre d'exemple de mise en oeuvre, une source d'ions selon l'invention a fonctionné, sans champ magnétique de résonance cyclotronique dans les conditions suivantes :

- oscillateur 2,45 GHz,
- puissance HF fixe 1 kW,
- volume de la source 1 dm³,
- gaz N₂ - P 5.10^{-4} mbar
- densité électronique $n_e 2.10^{11}/\text{cm}^3$,
- température électronique $T_e = 6\text{eV}$;

la densité de coupure est $n_c = 7.10^{10}$, valeur que l'on ne peut atteindre dans une source RCE monomode à cette fréquence et pour ce gaz.

Sur la figure 3, on voit une source d'ions selon l'invention, munie d'un éclateur 18 de forme quelconque, pointue de préférence, isolé par rapport à la source d'ions 9 par un isolateur 19 et polarisé grâce à une alimentation 20 par rapport à cette même source d'ions 9.

Cette alimentation 20 peut être alternative (simple transformateur) ou continue dans ce cas la pointe 18 est portée à un potentiel négatif par rapport à la source 9.

La différence de potentiel (alternative ou continue) est de l'ordre de quelques kilovolts mais elle dépend de la pression et de la distance d entre la pointe et la paroi la plus éloignée de la source. Lorsque la source d'ions 9 est rectangulaire, il est préférable de mettre la pointe sur le petit côté de cette source 9 (figure 3b). Cet allumeur marche suivant le principe de la décharge lumineuse ("glow" discharge). Dans une variante de mise en oeuvre, on peut mettre deux pointes et appliquer la différence de potentiel entre les deux pointes. Une source conforme à la figure 3 fonctionne bien par exemple avec les paramètres suivants :

- P $\sim 5.10^{-4}$ mbar,
- d ~ 5 cm,
- V alternatif ~ 3000 volts,
- durée des impulsions ≤ 1 s.

Sur la figure 4, la source 9 comporte, en tant qu'élément créateur du germe d'ensemencement du plasma un filament 21 en métal réfractaire (W, Mo, Ta) émettant des électrons. Ce filament 21 traverse la paroi 9 de la source dans un isolant 22 ; l'alimentation 23 de chauffage du filament est continue ou alternative.

Des valeurs courantes des paramètres de fonctionnement sont : P $\sim 5.10^{-4}$ mbar avec un filament 21 ayant quelques mm² de surface porté à environ 2000°C pendant 1 seconde environ.

En conclusion, on peut dire, d'une part que la diminution, voire la suppression totale du champ magnétique de confinement au niveau de la source entraîne une économie d'énergie très importante dans le cas de l'utilisation de bobines ou un gain important sur les investissements dans le cas de l'utilisation d'aimants ; il en résulte, d'autre part, que, grâce à ces gains d'énergies hyperfréquence et magnétique, les sources selon l'invention trouvent des applications importantes sur des plate-formes à haute tension (Van de Graaf, synchrocyclotrons, etc...), ce qui n'était pas le cas des sources traditionnelles à résonance cyclotroniques des électrons.

Revendications

1. Procédé d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonnante (9) alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système d'injection (8) dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction (14) des ions du plasma hors de la cavité, caractérisé en ce que la cavité étant du type multimode, on crée, au sein du milieu à ioniser, des germes électroniques et l'on entretient le plasma après son allumage à l'aide de la seule puissance hyperfréquence.

2. Procédé d'allumage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser a lieu de façon unique lors de l'allumage initial.

3. Procédé d'allumage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser a lieu de façon répétitive.

4. Procédé d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser est obtenue par ensemencement direct d'électrons.

5. Procédé d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser est obtenue par

application temporaire et locale d'un champ magnétique d'intensité suffisante pour créer, dans un petit volume de la cavité, les conditions d'établissement d'une résonance cyclotronique électronique qui provoque à son tour la création du plasma.

6. Procédé d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la création de germes électroniques au sein du milieu à ioniser est obtenue par application temporaire d'une surpression dans la cavité.

7. Dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonnante multimode (9) alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système d'injection (8) dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction (14) des ions du plasma hors de la cavité, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un électroaimant (11, 12) ceinturant la paroi externe de la cavité, à quelques centimètres en aval du système d'injection (8) et dont la carcasse magnétique (12) est appliquée sur la paroi (9) de cette cavité.

8. Dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence utilisant de façon connue une cavité résonnante multimode (9) alimentée par un gaz ou une vapeur d'un matériau destiné à former un plasma, un système d'injection (8) dans la cavité d'une puissance hyperfréquence et un système d'extraction (14) des ions du plasma hors de la cavité, caractérisé en ce qu'il est choisi dans le groupe comprenant les filaments chauffés, les pointes à émission de champ, les sources d'étincelles, les jauges d'ionisation, le dispositif choisi étant appliqué dans la cavité ou au travers de sa paroi.

9. Dispositif d'allumage d'une source d'ions hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que les trois dimensions de la cavité résonnante multimode, longueur, largeur et hauteur, sont chacune supérieure au petit côté ou au diamètre du guide d'ondes du système d'injection de la puissance haute fréquence dans la cavité.

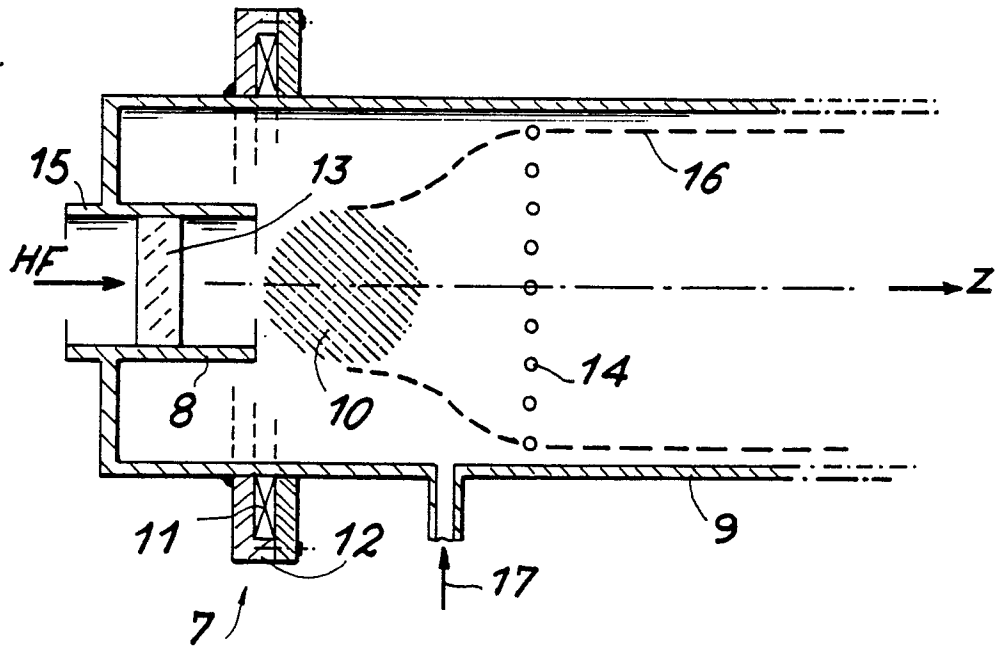


FIG. 1

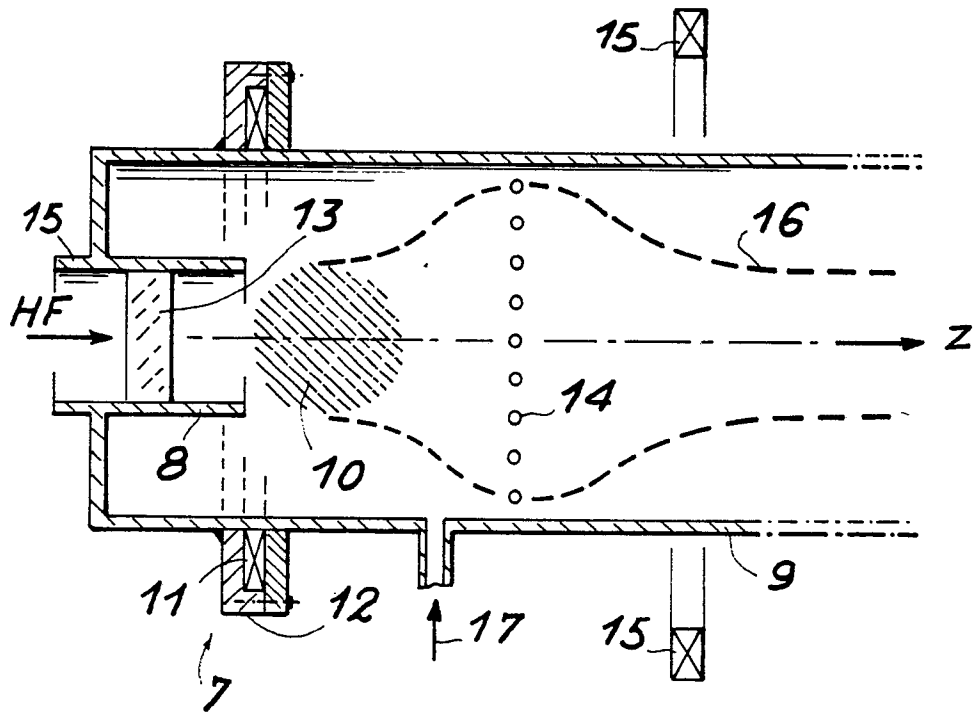
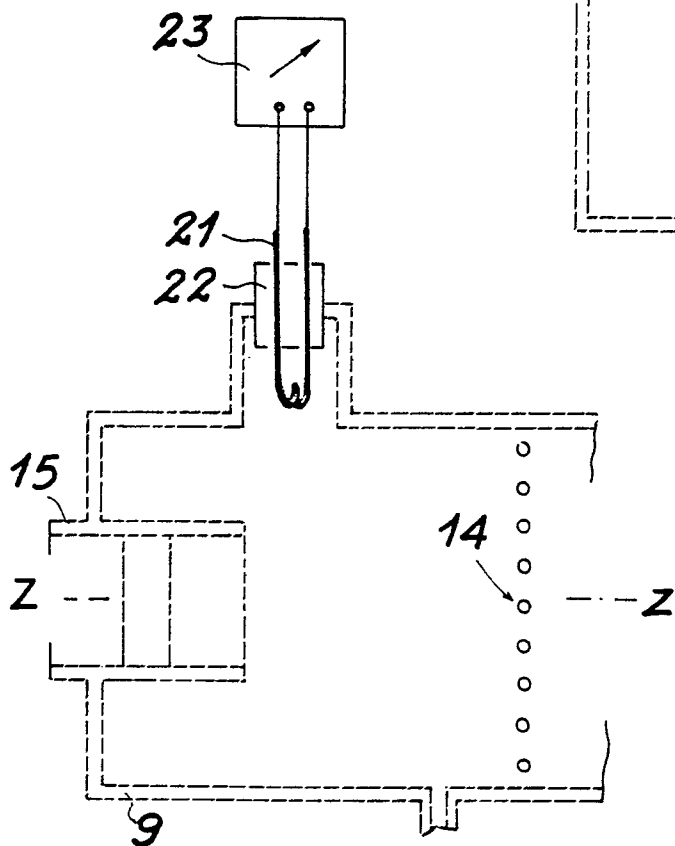
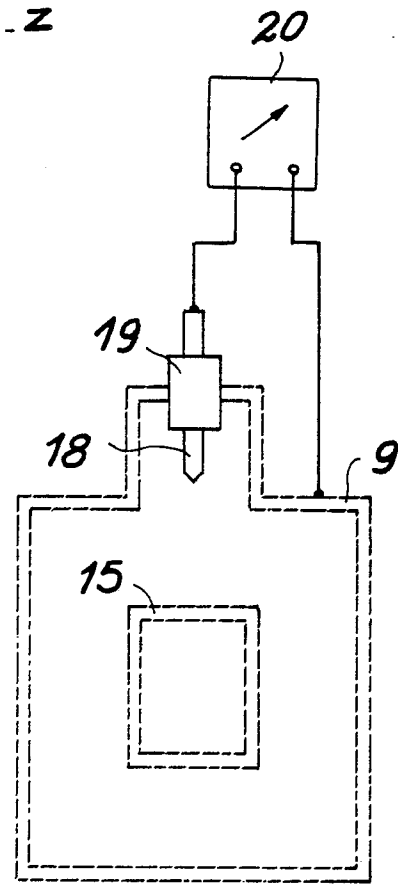
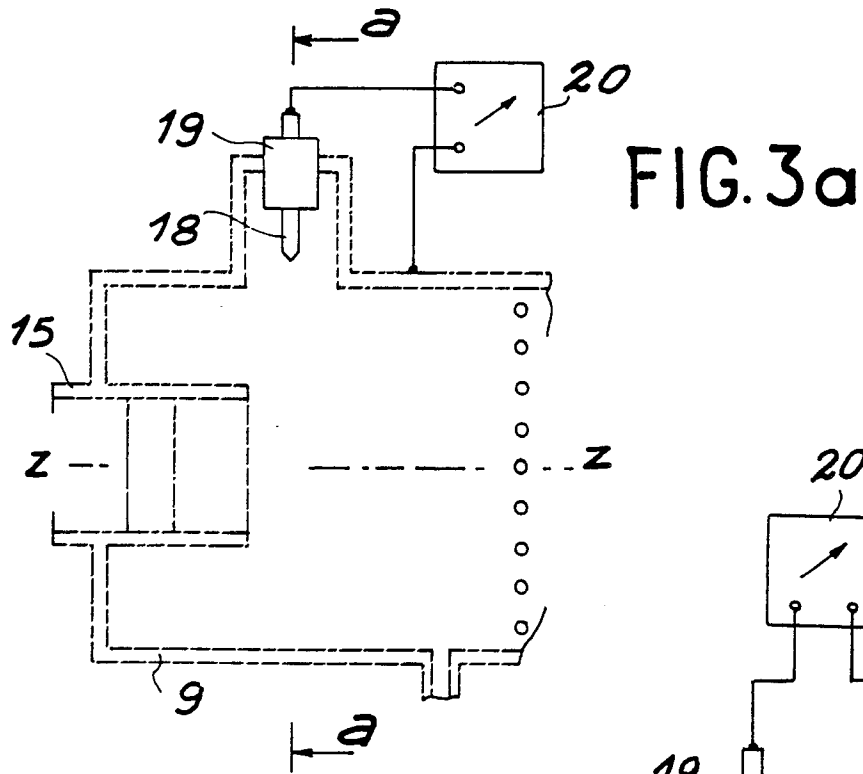


FIG. 2





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)												
D, A	NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS, vol. 196, no. 2/3, mai 1982, pages 325-329, North-Holland, Amsterdam, NL; F. BOURG et al.: "Source d'ions multicharges minimafios: nouvelles caracteristiques" * Figures 1,2 *	1,5,7	H 01 J 27/16												
A	--- APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 44, no. 4, février 1984, pages 396-398, American Institute of Physics, New York, US; J. ASMUSSEN et al.: "Characteristics of a microwave plasma disk ion source" * Page 396, colonne 2, lignes 1-10; page 398, colonne 1, lignes 7-14 *	1,7,8													
A	--- REVUE DE PHYSIQUE APPLIQUEE, vol. 12, no. 10, octobre 1977, pages 1655-1661, Paris, FR; Ph. BOULANGER et al.: "Une source d'ions de basse energie a flux élève chauffée en hyperfréquences" * Résumé; page 1656, colonne 1, ligne 57 - colonne 2, ligne 14 *	1,2,6,7,8	H 01 J H 05 H												
A	--- FR-A-2 174 678 (C.E.A.) * Page 2, lignes 7-25; figure 2 * -----	1-4,7,8													
Le present rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications															
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11-02-1986	Examineur GALANTI M.												
<table border="0"><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td>T : théorie ou principe à la base de l'invention</td></tr><tr><td>X : particulièrement pertinent à lui seul</td><td>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</td></tr><tr><td>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</td><td>D : cité dans la demande</td></tr><tr><td>A : arrière-plan technologique</td><td>L : cité pour d'autres raisons</td></tr><tr><td>O : divulgation non-écrite</td><td></td></tr><tr><td>P : document intercalaire</td><td>& : membre de la même famille, document correspondant</td></tr></table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention	X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande	A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons	O : divulgation non-écrite		P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention														
X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date														
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande														
A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons														
O : divulgation non-écrite															
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant														