



(51) Classification internationale des brevets :  
H01J 27/18 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2014/077776

(22) Date de dépôt international :  
15 décembre 2014 (15.12.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1362557 13 décembre 2013 (13.12.2013) FR

(71) Déposant : CENTRE NATIONAL DE LA RE-  
CHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, Rue Michel  
Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs : SORTAIS, Pascal; 30, Chemin de Rochas-  
son, F-38240 Meylan (FR). ANGOT, Julien; 9, Chemin  
des Sources, F-38340 Voreppe (FR). LAMY, Thierry; 5,  
Rue Buffon, F-38000 Grenoble (FR). SOLE, Patrick; 215,  
Route de Clémencière, F-38950 Quaix En Chartreuse (FR).  
JACOB, Josua; 8, Rue Elie Vernet, F-38000 Grenoble  
(FR).

(74) Mandataire : CABINET BEAUMONT; 1, Rue Cham-  
pollion, F-38000 Grenoble (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,  
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,  
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ION SOURCE WITH ELECTRON CYCLOTRON RESONANCE

(54) Titre : SOURCE D'IONS A RESONANCE CYCLOTRONIQUE ELECTRONIQUE

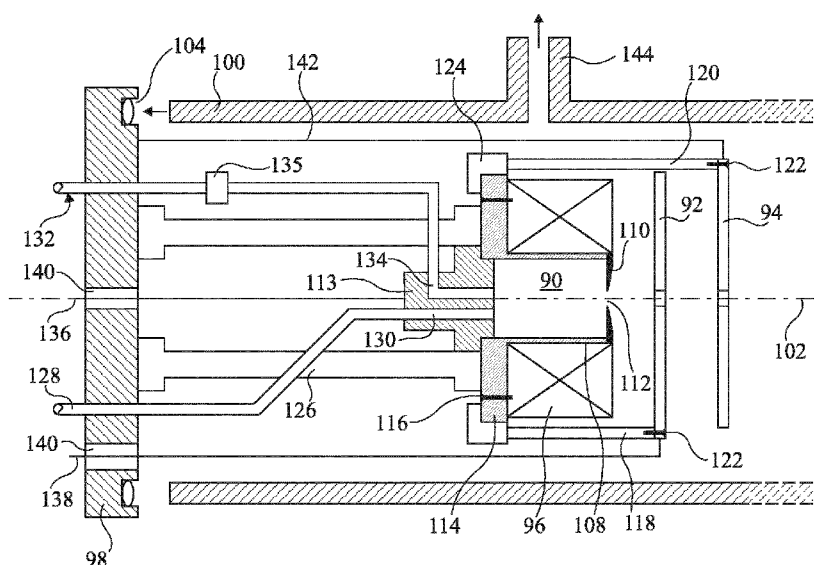


Fig 3

(57) Abstract : The present invention relates to a device generating ions with electron cyclotron resonance including a plate (98) to which a plasma chamber (90) and a removable magnetic module (96) surrounding the plasma chamber are connected so as to produce a magnetic field in the plasma chamber, the device being suitable for being placed in a vacuum chamber (100), the plate being sealingly mounted on the vacuum chamber.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

---

La présente invention concerne un dispositif générateur d'ions à résonance cyclotronique électronique comprenant une platine (98) à laquelle sont liés une chambre à plasma (90) et un module magnétique amovible (96) entourant la chambre à plasma pour produire un champ magnétique dans la chambre à plasma, le dispositif étant adapté à être placé dans une chambre à vide (100), la platine étant montée de façon étanche sur la chambre à vide.

## SOURCE D'IONS A RESONANCE CYCLOTRONIQUE ELECTRONIQUE

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR13/62557 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

### Domaine

5 La présente demande concerne une source d'ions à résonance cyclotronique électronique.

### Exposé de l'art antérieur

En fonction de l'énergie cinétique et de la charge des ions extraits, les sources d'ions trouvent de nombreuses applications dans le domaine de l'implantation ionique, de la microgravure et des accélérateurs de particules utilisés dans le domaine médical et scientifique.

La figure 1 représente partiellement et en coupe un exemple d'une source d'ions à filament telle que décrite dans la demande de brevet EP0439220. La source comprend une platine support 1 à laquelle est fixée l'extrémité d'un cylindre 2. L'autre extrémité du cylindre 2 porte une chambre à arc 4.

La chambre à arc 4 comprend une fente 6 d'extraction d'ions, un filament 8, une arrivée de gaz 10 et une électrode répulsive 12. Le métal à ioniser 14 est disposé dans la chambre à arc 4 sur un support 16. Des moyens de polarisation (non représentés) des éléments de la source d'ions et une

alimentation en gaz (non représentée) traversent la platine support 1.

La platine support est adaptée à être assemblée de façon étanche à une chambre à vide 26.

5           La source d'ions est suffisamment simple et compacte pour que les éléments la constituant soient disposés dans la chambre à vide 26. Des éléments de la source d'ions polarisés à haute tension, c'est-à-dire plusieurs dizaines de kV, sont ainsi avantageusement isolés par le vide.

10           Toutefois, cette source d'ions simple permet seulement de générer des ions monochargés positifs ou négatifs mais, dans le deuxième cas, de manière non optimale. Pour produire des ions monochargés de manière optimale ou des ions multichargés on a recours à des sources d'ions ECR ("Electron Cyclotron Resonance"  
15 - résonance cyclotronique électronique) où l'on prévoit des moyens de génération de champ magnétique. Les sources ECR connues permettant de générer des ions multichargés ou monochargés de manière optimale comportent des éléments disposés à l'extérieur d'une chambre à vide. Certains de ces éléments à  
20 l'extérieur de la chambre à vide sont polarisés à haute tension. Il faut alors prévoir de larges zones de sécurité. Un exemple d'une telle source ECR complexe est illustré en figure 2.

La figure 2 est une reproduction partielle de la figure 1 de la demande de brevet FR2680275 représentant une  
25 source d'ions ECR pour produire des ions multichargés. Dans cette figure, de mêmes éléments qu'en figure 1 sont désignés par de mêmes références. La source d'ions comprend :

- un guide d'onde 50 constituant l'enceinte d'une chambre à plasma 32,
- 30 - des aimants permanents 36a de génération d'un champ magnétique de symétrie axiale dans la chambre à plasma 32,
- des aimants permanents 36b de génération d'un champ magnétique de symétrie radiale dans la chambre à plasma 32,
- une alimentation en gaz 10 de la chambre à plasma, et

- un système 52 de génération d'une onde haute fréquence, l'onde étant injectée dans la chambre à plasma 32 par l'intermédiaire d'une cavité de couplage 54 disposée à une extrémité du guide d'onde 50.

5 L'extrémité du guide d'onde 50, du côté opposé à la cavité de couplage 54, comprend une plaque 56 ouverte en son centre. Une électrode d'extraction 46 supportée par une structure isolante 58 est disposée au-delà de la plaque 56.

10 Les aimants 36a et 36b entourant la chambre à plasma sont encombrants et sont disposés à l'extérieur de la chambre à vide 26. Les aimants 36a et 36b étant polarisés à haute tension et étant exposés à l'air, il faut prévoir une large zone de sécurité 60 autour des aimants 36a et 36b, c'est-à-dire autour de la source.

15 L'article "Performance of the LBL AECR source at various frequencies" de Z.Q. Xie et al. paru en 1992 propose une source ECR dans laquelle des aimants sont disposés sous vide. Toutefois la source est entourée de bobines polarisées à des hautes tensions et qui ne sont pas disposées sous vide. Comme  
20 pour la source de la figure 2, on prévoit alors une large zone de sécurité autour de la source.

#### Résumé

Il existe donc un besoin pour une source d'ions de type ECR qui soit aussi simple que la source décrite en relation  
25 avec la figure 1.

On souhaite également réaliser une source d'ions qui soit simplement modifiable pour produire divers types d'ions.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un dispositif générateur d'ions à résonance cyclotronique électronique  
30 comprenant une platine à laquelle sont liés une chambre à plasma et un module magnétique amovible entourant la chambre à plasma pour produire un champ magnétique dans la chambre à plasma, le dispositif étant adapté à être placé dans une chambre à vide, la platine étant montée de façon étanche sur la chambre à vide.

Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible comprend au moins une bague support munie d'une ouverture centrale cylindrique de même périmètre que le périmètre externe de la chambre à plasma, la ou chaque bague support comportant une paroi externe et une paroi interne cylindriques et concentriques à un axe ; et des réceptacles à aimant autour de l'ouverture centrale entre la paroi externe et la paroi interne.

Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible comprend une seule bague support dont les réceptacles à aimant accueillent chacun un aimant permanent, le vecteur d'aimantation des aimants permanents étant parallèle à l'axe.

Selon un mode de réalisation, une cale en un matériau non magnétique est disposée dans chaque réceptacle à aimant du côté aval par rapport au sens de propagation des ions.

Selon un mode de réalisation, une cale en un matériau non magnétique est disposée dans chaque réceptacle à aimant du côté amont par rapport au sens de propagation des ions.

Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible comprend deux bagues support empilées, une première bague support étant disposée du côté aval du module par rapport au sens de propagation des ions et comprenant des premiers réceptacles à aimant accueillant chacun un premier aimant permanent, une deuxième bague support étant disposée du côté amont du module et comprenant des deuxième réceptacles à aimant accueillant chacun un deuxième aimant permanent, les vecteurs d'aimantation des premiers aimants étant opposés aux vecteurs d'aimantation des deuxième aimants, les vecteurs d'aimantation des premiers et deuxième aimants étant parallèles à l'axe.

Selon un mode de réalisation, la hauteur de la deuxième bague support est supérieure à la hauteur de la première bague support.

Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible comprend trois bagues support empilées parmi lesquelles une première bague support est disposée du côté aval du module

par rapport au sens de propagation des ions et comprend des premiers réceptacles à aimant accueillant chacun un premier aimant permanent ; une deuxième bague support est disposée du côté amont du module et comprend des deuxième réceptacles à aimant accueillant chacun un deuxième aimant permanent ; et une troisième bague support est disposée entre la première et la deuxième bague support et comprend des troisièmes réceptacles à aimant accueillant chacun deux troisièmes aimants permanents et alternativement un quatrième, un cinquième, un sixième et un septième aimant permanent, le vecteur d'aimantation des premiers et sixièmes aimants étant dirigé de la paroi externe vers la paroi interne de la troisième bague, le vecteur d'aimantation des deuxième et quatrième aimants étant dirigé de la paroi interne vers la paroi externe de la troisième bague support, le vecteur d'aimantation des troisièmes aimants étant dirigé selon le sens de propagation des ions et le vecteur d'aimantation des cinquièmes et septièmes aimants étant dirigé sensiblement vers le quatrième aimant d'un troisième réceptacle voisin.

Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible comprend une cloison intermédiaire cylindrique disposée entre les parois externe et interne de la troisième bague support, la cloison intermédiaire et la paroi externe de la troisième bague support étant concentriques, la cloison intermédiaire séparant chaque troisième réceptacle à aimant en deux sous-réceptacles, un sous-réceptacle externe entre la cloison intermédiaire et la paroi externe de la troisième bague accueillant deux troisièmes aimants ; et un sous-réceptacle interne entre la cloison intermédiaire et la paroi interne de la troisième bague accueillant alternativement un quatrième, un cinquième, un sixième, ou un septième aimant, une cloison de séparation orthogonale au faisceau d'ions et reliant la paroi intermédiaire et la cloison externe de la troisième bague support séparant les deux troisièmes aimants d'un même sous-réceptacle externe.

Selon un mode de réalisation, les hauteurs des première et deuxième bagues support sont égales à 10 % près, chacune de ces hauteurs étant inférieure à la hauteur de la troisième bague support.

5            Selon un mode de réalisation deux bagues support sont séparées l'une de l'autre par une plaque intermédiaire.

            Selon un mode de réalisation, le module magnétique amovible a une hauteur égale à 10 % près à la hauteur de la chambre à plasma, le module magnétique amovible étant fermé du  
10 côté amont et du côté aval par rapport au sens de propagation des ions, respectivement par une plaque amont et par une plaque aval.

            Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre une collerette de montage ; des piliers électriquement  
15 isolants, chaque pilier ayant une première extrémité fixée à la platine et une deuxième extrémité fixée à la collerette de montage ; et des premiers moyens de fixation adaptés à monter de façon démontable le module magnétique amovible sur la collerette de montage.

20            Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des premières et des deuxièmes tiges isolantes fixées perpendiculairement à la collerette de montage, la longueur des deuxièmes tiges étant supérieure à la longueur des premières tiges ; et des deuxièmes moyens de fixation adaptés à monter de  
25 façon démontable une première électrode et une deuxième électrode respectivement sur les extrémités des premières tiges et sur les extrémités des deuxièmes tiges, les première et deuxième électrodes étant circulaires et leurs bords présentant des renforcements pour permettre respectivement le passage des  
30 deuxièmes tiges et l'accès aux deuxièmes moyens de fixation.

            Selon un mode de réalisation, les premiers moyens de fixation et les deuxièmes moyens de fixation sont des vis.

#### Brève description des dessins

35            Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes

de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, décrite précédemment, est une reproduction partielle de la figure 2 de la demande de brevet  
5 EP0439220 ;

la figure 2, décrite précédemment, est une reproduction partielle de la figure 1 de la demande de brevet FR2680275 ;

la figure 3 est une vue en coupe longitudinale schématique d'un mode de réalisation d'une source d'ions à  
10 résonance cyclotronique électronique ;

la figure 4 est une vue éclatée et en perspective d'une partie de la source d'ions de la figure 3 ;

les figures 5A à 5C sont des vues schématiques illustrant un premier mode de réalisation d'un module magnétique amovible ;  
15

les figures 5D et 5E sont des vues en coupe schématiques de la figure 5A illustrant deux variantes de réalisation du premier mode de réalisation ;

20 les figures 6A à 6D sont des vues schématiques illustrant un deuxième mode de réalisation d'un module magnétique amovible ; et

les figures 7A à 7E sont des vues schématiques illustrant un troisième mode de réalisation d'un module magnétique amovible.  
25

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle.

#### Description détaillée

30 Dans la suite, les termes "amont" et "aval" sont utilisés en référence au sens de propagation des ions extraits d'une chambre à plasma considérée ici.

La figure 3 est une vue en coupe longitudinale schématique d'un mode de réalisation d'une source d'ions ECR  
35 ("Electron Cyclotron Resonance" - résonance cyclotronique

électronique). La source comprend un ensemble constitué d'une chambre à plasma 90, d'électrodes d'extraction 92 et 94 et d'un module magnétique amovible 96. Cet ensemble est lié à une platine support 98.

5           La platine support 98 est adaptée à être montée de façon étanche sur une chambre à vide 100 de sorte que l'ensemble chambre - module magnétique puisse être disposé dans la chambre à vide. La platine support 98 peut être circulaire et peut présenter un axe de symétrie 102. Une gorge de joint annulaire  
10 104 est formée à la périphérie de la platine support 98, du côté de la face aval de la platine. La gorge de joint 104 comprend un moyen pour assurer l'étanchéité entre la platine support 98 et la chambre à vide 100, par exemple un joint torique. Le diamètre de la platine support 98 peut être compris entre 50 et 400 mm.

15           Dans l'exemple représenté, la chambre à plasma 90 est cylindrique et est centrée sur l'axe 102. La chambre à plasma 90 comporte :

- une enceinte cylindrique 108,
- une plaque 110 fermant l'extrémité aval de l'enceinte 108 à  
20 l'exclusion d'une ouverture d'extraction 112, et
- un bloc 113 fermant l'extrémité amont de l'enceinte 108.

          Du côté amont, l'enceinte 108 est solidaire d'une collerette de montage 114. Les éléments constituant la chambre à plasma 90 sont en métal. La hauteur de la chambre peut être  
25 comprise entre 10 et 1000 mm, par exemple 45 mm. Le diamètre de la chambre peut être compris entre 1 et 1000 mm, par exemple 41 mm.

          Le module magnétique amovible 96 a la forme d'une bague entourant la chambre. Le module magnétique 96 vient buter  
30 sur la collerette de montage 114, et est fixé à celle-ci par des moyens de fixation 116, par exemple des vis, de façon à pouvoir être maintenu en position ou libéré, comme cela sera décrit plus en détail en relation avec la figure 4. La hauteur du module magnétique amovible est sensiblement égale à la hauteur de la  
35 chambre à plasma.

Des électrodes d'extraction 92 et 94 sont disposées l'une derrière l'autre en aval de la chambre à plasma 90. Chaque électrode est constituée d'une plaque conductrice munie d'une ouverture centrale alignée selon l'axe 102 avec l'ouverture d'extraction 112. Les électrodes d'extraction 92 et 94 sont fixées respectivement à des tiges isolantes 118 et 120 par l'intermédiaire de moyens de fixation 122. Les tiges isolantes 118 et 120 sont fixées orthogonalement à la collerette de montage 114, par exemple sur des blocs isolants 124 eux-mêmes fixés au bord externe de la collerette 114. Les moyens de fixation 122, par exemple des vis, sont adaptés à maintenir en position ou à libérer les électrodes d'extraction 92 et 94 pour dégager le module magnétique 96. Les électrodes d'extraction 92 et 94 sont en métal.

L'ensemble constitué de la chambre à plasma 90, du module magnétique amovible 96 et des électrodes d'extraction 92 et 94 est lié à la platine support 98 par exemple par l'intermédiaire de piliers isolants 126.

Un conduit d'alimentation en gaz 128 traverse la platine support 98. L'extrémité aval du conduit est reliée à un tunnel d'alimentation 130 traversant le bloc 113 et débouchant dans la chambre à plasma. Dans l'exemple représenté, la partie amont du conduit d'alimentation en gaz est en un matériau isolant électriquement. Le débit de gaz est contrôlé pour assurer dans la chambre des conditions de formation d'un plasma.

Un moyen de propagation 132 d'une onde hyperfréquence traverse la platine support 98. L'extrémité aval du moyen de propagation 132 est connectée à un élément de propagation 134 propageant l'onde hyperfréquence à travers le bloc 113 jusque dans la chambre à plasma 90. Les parties aval et amont du moyen de propagation 132 sont isolées électriquement l'une de l'autre, par exemple par un coupleur 135. A titre d'exemple, le moyen de propagation 132 de l'onde hyperfréquence est un câble coaxial ou un guide d'onde. La fréquence de l'onde hyperfréquence peut être comprise entre 0,3 et 100 GHz, par exemple 5,8 GHz.

Deux conducteurs 136 et 138 traversent la platine 98 et permettent d'appliquer respectivement une haute tension V1 à la chambre à plasma et une haute tension V2 à l'électrode d'extraction 92. Les conducteurs 136 et 138 sont entourés de  
5 moyens d'isolation 140 au niveau de leur traversée de la platine. La tension V1 peut être comprise entre 50 V et 200 kV, par exemple 40 kV. Pour des ions positifs, la tension V2 est inférieure à la tension V1 et peut être comprise entre 40 V et 180 kV, par exemple 30 kV.

10 La platine support est mise à la masse. Un conducteur 142 relie la platine support 98 à l'électrode d'extraction 94 pour mettre l'électrode 94 à la masse.

La chambre à plasma peut être refroidie par un fluide caloporteur isolant circulant dans la collerette de montage 114.  
15 Des conduits de fluide caloporteur (non représentés) traversent la platine support. A titre d'exemple, le fluide caloporteur peut être de l'air ou de l'eau désionisée.

La source d'ions est suffisamment compacte pour être insérée dans la chambre à vide 100. Les connexions au conduit  
20 d'alimentation en gaz, au moyen de propagation d'onde hyperfréquence, aux éléments conducteurs et aux conduits d'alimentation en fluide caloporteur sont disposées du côté amont de la platine support 98. Ainsi la source d'ions peut facilement être mise en place ou démontée d'une seule pièce avec  
25 la platine support 98.

Une fois la platine 98 montée sur la chambre à vide 100, la source d'ions est mise sous vide, le vide pouvant être assuré par une pompe à vide reliée à un manchon de pompage 144. La source d'ions étant sous vide et étant entourée de la chambre  
30 à vide 100 au potentiel de masse, elle est efficacement isolée électriquement. Ainsi, il n'est pas nécessaire de prévoir une large zone de sécurité autour de la source d'ions en fonctionnement comme c'est le cas pour la source d'ions de la figure 2.

La figure 4 est une vue éclatée et en perspective d'une partie d'un mode de réalisation de la source d'ions de la figure 3. On y voit le module magnétique amovible 96, les électrodes 92 et 94 et la chambre à plasma 90 montée sur la collerette 114.

Lors du montage du module magnétique amovible 96 celui-ci, qui comporte une ouverture centrale 146, est emboîté autour de la chambre à plasma. Des vis 116 sont vissées pour maintenir le module magnétique amovible sur la collerette de montage 114. Les vis 116 traversent des orifices 147 percés dans la collerette.

Les électrodes 92 et 94 sont ensuite montées sur les tiges 118 et 120 respectivement. Chacune des électrodes 92 et 94 a la forme d'un disque dont le bord externe présente des renforcements 148, les renforcements 148 de l'électrode 92 permettant le passage des tiges 120. Les électrodes 92 et 94 sont fixées par des vis 122 aux tiges respectives 118 et 120, les vis 122 traversant des orifices 149 percés à la périphérie des électrodes.

Pour démonter le module magnétique 96, on retire les électrodes 92 et 94 et on libère le module magnétique en retirant les vis 116.

Afin de produire plusieurs types d'ions, par exemple monochargés positifs, monochargés négatifs ou multichargés, différents modes de réalisation du module magnétique amovible permettent d'obtenir différentes configurations de champ magnétique dans la chambre à plasma 90.

Les figures 5A à 5C représentent schématiquement un premier mode de réalisation du module magnétique amovible 96. Les figures 5B et 5C sont des vues en coupe schématiques du module magnétique 96 de la figure 5A respectivement selon les plans de coupe BB et CC, le plan BB étant orthogonal à l'axe de symétrie 102 du module magnétique et le plan CC incluant l'axe 102. La vue en coupe de la figure 5B est vue depuis l'aval vers l'amont. En figures 5A et 5C, et dans les figures suivantes

correspondantes, on considère que les ions sont extraits vers le haut, qui correspond au côté aval du module.

Dans les figures 5A à 5C, le module magnétique 96 comprend une bague 150 de support d'aimants. La bague support 5 150 est fermée du côté aval et du côté amont respectivement par une plaque aval 152 et par une plaque amont 154. La bague support 150 a une paroi interne 156 et une paroi externe 158. Les parois sont en forme de cylindre droit à section polygonale et sont concentriques à l'axe 102. Des cloisons radiales 160 10 orthogonales aux plaques amont et aval relient régulièrement la paroi interne 156 à la paroi externe 158 formant ainsi des réceptacles pour des aimants permanents 162. Dans l'exemple représenté, la bague support 150 comprend huit réceptacles à aimant.

15 Les aimants permanents 162 entourent l'ouverture 146 au centre du module magnétique 96. Chaque aimant permanent 162 s'étend entre la plaque aval 152 et la plaque amont 154 de sorte que son vecteur d'aimantation est aligné avec l'axe 102, dirigé de la plaque amont 154 à la plaque aval 152 dans l'exemple 20 représenté.

Lorsque le module magnétique est monté autour de la chambre à plasma 90 comme cela a été décrit en relation avec les figures 3 et 4, le champ magnétique obtenu dans la chambre à plasma 90 est un champ à symétrie axiale selon l'axe 102. Dans 25 les conditions de résonance cyclotronique électronique, on obtient un plasma au centre de la chambre à plasma 90 permettant de générer des ions monochargés positifs et négatifs.

Les figures 5D et 5E sont des vues en coupe schématiques selon le plan de la figure 5C illustrant deux 30 variantes du premier mode réalisation décrit en relation avec les figures 5A à 5C.

Dans les variantes de la figure 5D et de la figure 5E, des cales 164 en un matériau non magnétique, par exemple une matière plastique, sont disposées dans les réceptacles à aimant 35 de la bague support 150, respectivement du côté de la plaque

aval 152 et du côté de la plaque amont 154. Chaque aimant permanent 162 s'étend entre une cale 164 et, respectivement, la plaque amont 154 et la plaque aval 152.

5 Dans les conditions de résonance cyclotronique électronique, en plaçant des cales 164 d'un côté ou de l'autre des aimants permanents 162, on optimise la position de la résonance dans la chambre pour favoriser la génération d'un flux d'ions positifs ou négatifs.

10 Les figures 6A à 6D représentent schématiquement un deuxième mode de réalisation du module magnétique 96. Les figures 6B, 6C et 6D sont des vues en coupe schématiques du module magnétique 96 de la figure 6A respectivement selon les plans de coupe BB, CC et DD. Les plans BB et CC sont orthogonaux à l'axe de symétrie 102 du module magnétique et le plan DD  
15 inclut l'axe 102. Les vues en coupe des figures 6B et 6C sont vues depuis l'aval vers l'amont.

Dans les figures 6A à 6D, le module magnétique 96 est constitué d'un empilement comprenant les éléments successifs suivants :

- 20 - une plaque aval 170,  
- une bague 172 de support d'aimants,  
- une plaque intermédiaire 174,  
- une bague 176 de support d'aimants, et  
- une plaque amont 178.

25 Les plaques aval 170 et amont 178 ferment le module magnétique respectivement du côté aval et du côté amont. La plaque intermédiaire 174 sépare les bagues support 172 et 176 l'une de l'autre.

30 Les bagues support 172 et 176 ont chacune une paroi interne 180 et une paroi externe 182, les parois étant cylindriques et concentriques à l'axe 102. Des cloisons radiales 184 orthogonales aux plaques amont et aval relient régulièrement la paroi interne 180 à la paroi externe 182 formant ainsi des réceptacles pour des aimants permanents. Des aimants permanents  
35 186 et 188 sont maintenus en place dans les bagues support 172

et 176 respectivement. Dans l'exemple représenté, chacune des bagues support 172 et 176 comprend huit réceptacles à aimant. La hauteur de la bague support 176 selon l'axe 102 est supérieure à la hauteur de la bague support 172.

5           Chaque aimant permanent 186 s'étend entre la plaque aval 170 et la plaque intermédiaire 174 et chaque aimant permanent 188 s'étend entre la plaque intermédiaire 174 et la plaque amont 178. Les vecteurs d'aimantation des aimants 186 et 188 sont alignés avec l'axe 102, les vecteurs d'aimantation des  
10 aimants 188 étant opposés aux vecteurs d'aimantation des aimants 186. Dans l'exemple représenté, les vecteurs d'aimantation des aimants 186 sont dirigés de la plaque aval 170 à la plaque intermédiaire 174.

Lorsque le module magnétique est monté autour de la  
15 chambre à plasma 90 comme cela a été décrit en relation avec les figures 3 et 4, le champ magnétique obtenu dans la chambre à plasma 90 est un champ à symétrie axiale selon l'axe 102 dont le module est minimum au voisinage du centre de la chambre à plasma 90. Dans les conditions de résonance cyclotronique électronique,  
20 on obtient un plasma confiné au centre de la chambre à plasma 90 permettant de générer des ions faiblement multichargés.

Les figures 7A à 7E représentent schématiquement un troisième mode de réalisation du module magnétique 96. Les figures 7B, 7C, 7D et 7E sont des vues en coupe du module  
25 magnétique 96 de la figure 7A respectivement selon les plans de coupe BB, CC, DD et EE. Les plans BB, CC et DD sont orthogonaux à l'axe de symétrie 102 du module magnétique et le plan EE inclut l'axe 102. Les vues en coupe des figures 7B, 7C et 7D sont vues depuis l'aval vers l'amont.

30           Dans les figures 7A à 7E, le module magnétique 96 est constitué d'un empilement comprenant :

- une plaque aval 200,
- des bagues 202, 204 et 206 de support d'aimants,
- deux plaques intermédiaires 208 et 210, et
- 35 - une plaque amont 212.

La bague support 206 repose sur la plaque amont 212 et est séparée de la bague support 204 par la plaque intermédiaire 210. La plaque intermédiaire 208 sépare la bague support 204 de la bague support 202, la plaque aval 200 reposant sur la bague support 202.

Les bagues support 202 et 206 (voir figures 7B, 7C et 7E) ont la même forme et comprennent chacune une paroi externe 214 et une paroi interne 216, les parois 214 et 216 étant cylindriques et concentriques à l'axe 102. Les parois 214 et 216 sont régulièrement reliées entre elles par des cloisons radiales 218 orthogonales aux plaques amont et aval formant ainsi des réceptacles à aimant. Dans l'exemple représenté, chacune des bagues support 202 et 206 comprend huit réceptacles à aimant.

Des aimants 220 sont disposés dans les réceptacles à aimant de la bague support 202. Chaque aimant 220 s'étend entre la plaque aval 200 et la plaque intermédiaire 208 de sorte que son vecteur d'aimantation est dirigé de la paroi externe 214 vers la paroi interne 216.

Des aimants 222 sont disposés dans les réceptacles à aimant de la bague support 206. Chaque aimant 222 s'étend entre la plaque amont 212 et la plaque intermédiaire 210 de sorte que son vecteur d'aimantation est dirigé de la paroi interne 216 vers la paroi externe 214.

La bague support 204 (voir figures 7D et 7E) a une paroi externe 224 et une paroi interne 226 cylindriques et concentriques à l'axe 102. Les parois 224 et 226 sont régulièrement reliées entre elles par des cloisons radiales 228 orthogonales aux plaques amont et aval formant ainsi des réceptacles à aimant. Une cloison intermédiaire 230 concentrique à l'axe 102 et orthogonale aux plaques amont et aval sépare chaque réceptacle à aimant en un sous-réceptacle externe et un sous-réceptacle interne.

Chaque sous-réceptacle externe est délimité par la paroi externe 224, la cloison intermédiaire 230 et deux cloisons radiales 228 voisines. Chaque sous-réceptacle externe accueille

deux aimants permanents 232, un aimant 232 étant disposé du côté aval et un aimant 232 étant disposé du côté amont du sous-réceptacle externe. Deux aimants 232 d'un même sous-réceptacle externe sont séparés l'un de l'autre par une cloison de  
5 séparation 234 orthogonale à l'axe 102 et disposée à mi-hauteur entre les plaques intermédiaire 208 et 210, l'épaisseur d'une cloison de séparation 234 étant par exemple de l'ordre de la moitié de la hauteur de la bague support 204. Chaque aimant 232 est disposé de sorte que son vecteur d'aimantation soit dirigé  
10 de la plaque amont 212 à la plaque aval 200. Dans l'exemple représenté, la bague support 204 comprend seize sous-réceptacles externes pour les aimants 232.

Chaque sous-réceptacle interne est délimité par la paroi interne 226, la cloison intermédiaire 230 et deux cloisons  
15 radiales 228 voisines. Chaque sous-réceptacle interne accueille un aimant permanent 236a, 236b, 236c ou 236d. Les aimants 236a, 236b, 236c et 236d sont disposés dans des sous-réceptacles internes successifs et forment un motif magnétique multipôle, le motif magnétique étant répété, par exemple quatre fois. Chaque  
20 aimant 236a, 236b, 236c et 236d s'étend en hauteur entre les plaques intermédiaires 210 et 208, et en largeur entre la paroi interne 226 et la cloison intermédiaire 230. Les aimants 236a et 236b ont leurs vecteurs d'aimantation dirigés respectivement de la paroi interne 216 à la cloison intermédiaire 230 et de la  
25 cloison intermédiaire à la paroi interne. Les aimants 236b et 236d ont leurs vecteurs d'aimantation dirigés d'un aimant 236c voisin vers un aimant 236a voisin. Dans l'exemple représenté, la bague support 204 a seize sous-réceptacles internes pour les aimants 236a, 236b, 236c et 236d. Bien que le motif magnétique  
30 multipôle décrit ici soit constitué de quatre aimants, le motif magnétique multipôle peut être composé de deux aimants au moins dont les vecteurs d'aimantation sont orthogonaux à l'axe 102 et régulièrement orientés les uns par rapport aux autres, la forme de la bague support étant modifiée en conséquence.

Les bagues support 202 et 206 ont par exemple la même hauteur, la hauteur de ces bagues étant par exemple inférieure à la hauteur de la bague support 204.

Lorsque le module magnétique 96 est monté autour de la  
5 chambre à plasma comme cela a été décrit en relation avec les figures 3 et 4, les aimants 220, 222, 232, 236a, 236b, 236c et 236d décrits en relation avec les figures 7A à 7E permettent d'obtenir dans la chambre à plasma 90 un champ magnétique à symétrie axiale auquel est superposé un champ magnétique à  
10 symétrie radiale, le module du champ axial étant minimum au voisinage du centre de la chambre à plasma. Dans les conditions de résonance cyclotronique électronique, on obtient un plasma confiné au centre de la chambre à plasma permettant de générer des ions multichargés, la superposition du champ magnétique  
15 radial permettant de confiner plus efficacement le plasma.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art.

Bien que l'on ait décrit plusieurs exemples de  
20 réalisation du module magnétique pour obtenir différentes configurations de champ magnétique dans la chambre à plasma, l'homme du métier pourra réaliser d'autres modules magnétiques amovibles en changeant par exemple le nombre et la disposition des aimants ou la forme des bagues support.

Bien que dans l'exemple illustratif décrit en relation avec les figures 3 et 4, le module magnétique soit maintenu en place par des vis 116 sur la collerette de montage 114, le module magnétique pourra être maintenu en place sur d'autres éléments de la source par d'autres moyens de fixation  
25 démontables. Les électrodes d'extraction 92 et 94 pourront elles aussi être maintenues en place par d'autres moyens que des vis et leur forme et leur nombre pourront être adaptés au faisceau d'ions que l'on souhaite extraire, focaliser et/ou guider.

Bien que le montage de la platine à l'extrémité d'une  
35 chambre à vide ait été mis en oeuvre au moyen d'une gorge de

joint annulaire, l'étanchéité étant assurée par un joint torique, d'autres moyens de montage ainsi que d'autres moyens d'assurer l'étanchéité pourront être envisagés.

La chambre à plasma pourra comprendre tout moyen connu  
5 de création et de maintien d'un plasma et utiliser tout gaz ou mélange de gaz approprié.

Enfin, bien que l'on ait décrit un dispositif dans lequel plusieurs pièces présentent une symétrie axiale par rapport à un même axe 102, certaines de ces pièces, par exemple  
10 la collerette de montage 114, pourront ne pas être centrées sur l'axe de symétrie et/ou ne pas être symétriques. Plus largement, l'homme de l'art pourra changer la forme des pièces constituant la source sans faire preuve d'activité inventive, par exemple les piliers isolants pourront être remplacés par un cylindre  
15 isolant comme en figure 1. De même les formes spécifiques des bagues support, des réceptacles à aimant et des aimants pourront être librement choisies par l'homme de l'art. De plus on notera qu'un aimant de taille donnée peut être remplacé par un aimant plus court prolongé par un matériau magnétique.

20 Par ailleurs, chaque fois que des dimensions, des égalités ou des plages de dimension sont mentionnées ici, on comprendra que les valeurs indiquées doivent être interprétées à 10 % près.

REVENDICATIONS

1. Dispositif générateur d'ions à résonance cyclotronique électronique apte à produire des ions de l'un ou l'autre de différents types de charge, le dispositif comprenant une platine (98) à laquelle sont liés une chambre à plasma (90) et un module magnétique amovible (96) entourant la chambre à plasma pour y produire un champ magnétique, le dispositif étant adapté à être placé dans une chambre à vide (100), la platine étant montée de façon étanche sur la chambre à vide, le module magnétique amovible étant choisi selon le type de charge à produire.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le module magnétique amovible (96) comprend au moins une bague support (150 ; 172, 176 ; 202, 204, 206) munie d'une ouverture centrale (146) cylindrique de même périmètre que le périmètre externe de la chambre à plasma (90), la ou chaque bague support comportant :

une paroi externe (158 ; 182 ; 214, 224) et une paroi interne (156 ; 180 ; 216, 226) cylindriques et concentriques à un axe (102) ; et

des réceptacles à aimant autour de l'ouverture centrale (146) entre la paroi externe et la paroi interne.

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le module magnétique amovible (96) comprend une seule bague support (150) dont les réceptacles à aimant accueillent chacun un aimant permanent (162), le vecteur d'aimantation des aimants permanents étant parallèle à l'axe (102).

4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel une cale (164) en un matériau non magnétique est disposée dans chaque réceptacle à aimant du côté aval par rapport au sens de propagation des ions.

5. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel une cale (164) en un matériau non magnétique est disposée dans chaque réceptacle à aimant du côté amont par rapport au sens de propagation des ions.

6. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le module magnétique amovible (96) comprend deux bagues support (172, 176) empilées, une première bague support (172) étant disposée du côté aval du module par rapport au sens de propagation des ions et comprenant des premiers réceptacles à aimant accueillant chacun un premier aimant permanent (186), une deuxième bague support (176) étant disposée du côté amont du module et comprenant des deuxièmes réceptacles à aimant accueillant chacun un deuxième aimant permanent (188), les vecteurs d'aimantation des premiers aimants étant opposés aux vecteurs d'aimantation des deuxièmes aimants, les vecteurs d'aimantation des premiers et deuxièmes aimants étant parallèles à l'axe (102).

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel la hauteur de la deuxième bague support (176) est supérieure à la hauteur de la première bague support (172).

8. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le module magnétique amovible (96) comprend trois bagues support (202, 204, 206) empilées parmi lesquelles :

- une première bague support (202) est disposée du côté aval du module par rapport au sens de propagation des ions et comprend des premiers réceptacles à aimant accueillant chacun un premier aimant permanent (220) ;

- une deuxième bague support (206) est disposée du côté amont du module et comprend des deuxièmes réceptacles à aimant accueillant chacun un deuxième aimant permanent (222) ;  
et

- une troisième bague support (204) est disposée entre la première et la deuxième bague support et comprend des troisièmes réceptacles à aimant accueillant chacun deux troisièmes aimants permanents (232) et alternativement un quatrième (236a), un cinquième (236b), un sixième (236c) et un septième (236d) aimant permanent,

le vecteur d'aimantation des premiers (220) et sixièmes (236c) aimants étant dirigé de la paroi externe (224)

vers la paroi interne (226) de la troisième bague, le vecteur d'aimantation des deuxièmes (222) et quatrièmes (236a) aimants étant dirigé de la paroi interne vers la paroi externe de la troisième bague support, le vecteur d'aimantation des troisièmes  
5 aimants (232) étant dirigé selon le sens de propagation des ions et le vecteur d'aimantation des cinquièmes (236b) et septièmes (236d) aimants étant dirigé sensiblement vers le quatrième (236a) aimant d'un troisième réceptacle voisin.

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel  
10 une cloison intermédiaire (230) cylindrique est disposée entre les parois externe (224) et interne (226) de la troisième bague support (204), la cloison intermédiaire et la paroi externe de la troisième bague support étant concentriques, la cloison intermédiaire séparant chaque troisième réceptacle à aimant en  
15 deux sous-réceptacles :

- un sous-réceptacle externe entre la cloison intermédiaire et la paroi externe de la troisième bague accueillant deux troisièmes aimants (232) ; et

- un sous-réceptacle interne entre la cloison  
20 intermédiaire et la paroi interne de la troisième bague accueillant alternativement un quatrième (236a), un cinquième (236b), un sixième (236c), ou un septième (236d) aimant,

une cloison de séparation (234) orthogonale au faisceau d'ions et reliant la paroi intermédiaire et la cloison  
25 externe de la troisième bague support séparant les deux troisièmes aimants d'un même sous-réceptacle externe.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, dans lequel les hauteurs des première et deuxième bagues support sont égales à 10 % près, chacune de ces hauteurs  
30 étant inférieure à la hauteur de la troisième bague support.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel deux bagues support (172, 176 ; 202, 204 ; 204, 206) sont séparées l'une de l'autre par une plaque intermédiaire (174 ; 208 ; 210).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, dans lequel le module magnétique amovible (96) à une hauteur égale à 10 % près à la hauteur de la chambre à plasma (90), le module magnétique amovible étant fermé du côté  
5    amont et du côté aval par rapport au sens de propagation des ions, respectivement par une plaque amont (154 ; 178 ; 212) et par une plaque aval (152 ; 170 ; 200).

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, comprenant en outre :  
10        une collerette de montage (114) ;  
          des piliers (126) électriquement isolants, chaque pilier ayant une première extrémité fixée à la platine (98) et une deuxième extrémité fixée à la collerette de montage ; et  
          des premiers moyens de fixation (116) adaptés à  
15   monter de façon démontable le module magnétique amovible (96) sur la collerette de montage.

14. Dispositif selon la revendication 13, comprenant en outre :  
          des premières (118) et des deuxièmes (120) tiges  
20   isolantes fixées perpendiculairement à la collerette de montage (114), la longueur des deuxièmes tiges étant supérieure à la longueur des premières tiges ; et  
          des deuxièmes moyens de fixation (122) adaptés à monter de façon démontable une première électrode (92) et une  
25   deuxième électrode (94) respectivement sur les extrémités des premières tiges et sur les extrémités des deuxièmes tiges,  
          les première et deuxième électrodes étant circulaires et leurs bords présentant des renforcements (148) pour permettre respectivement le passage des deuxièmes tiges et  
30   l'accès aux deuxièmes moyens de fixation.

15. Dispositif selon la revendication 14, dans lequel les premiers moyens de fixation (116) et les deuxièmes moyens de fixation (122) sont des vis.

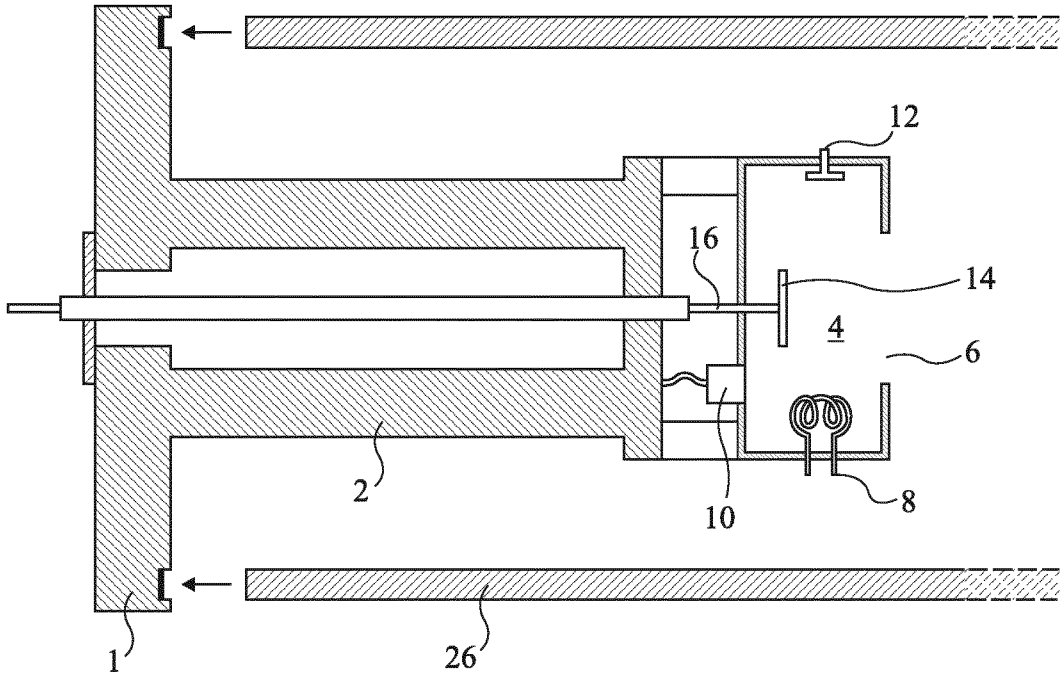


Fig 1

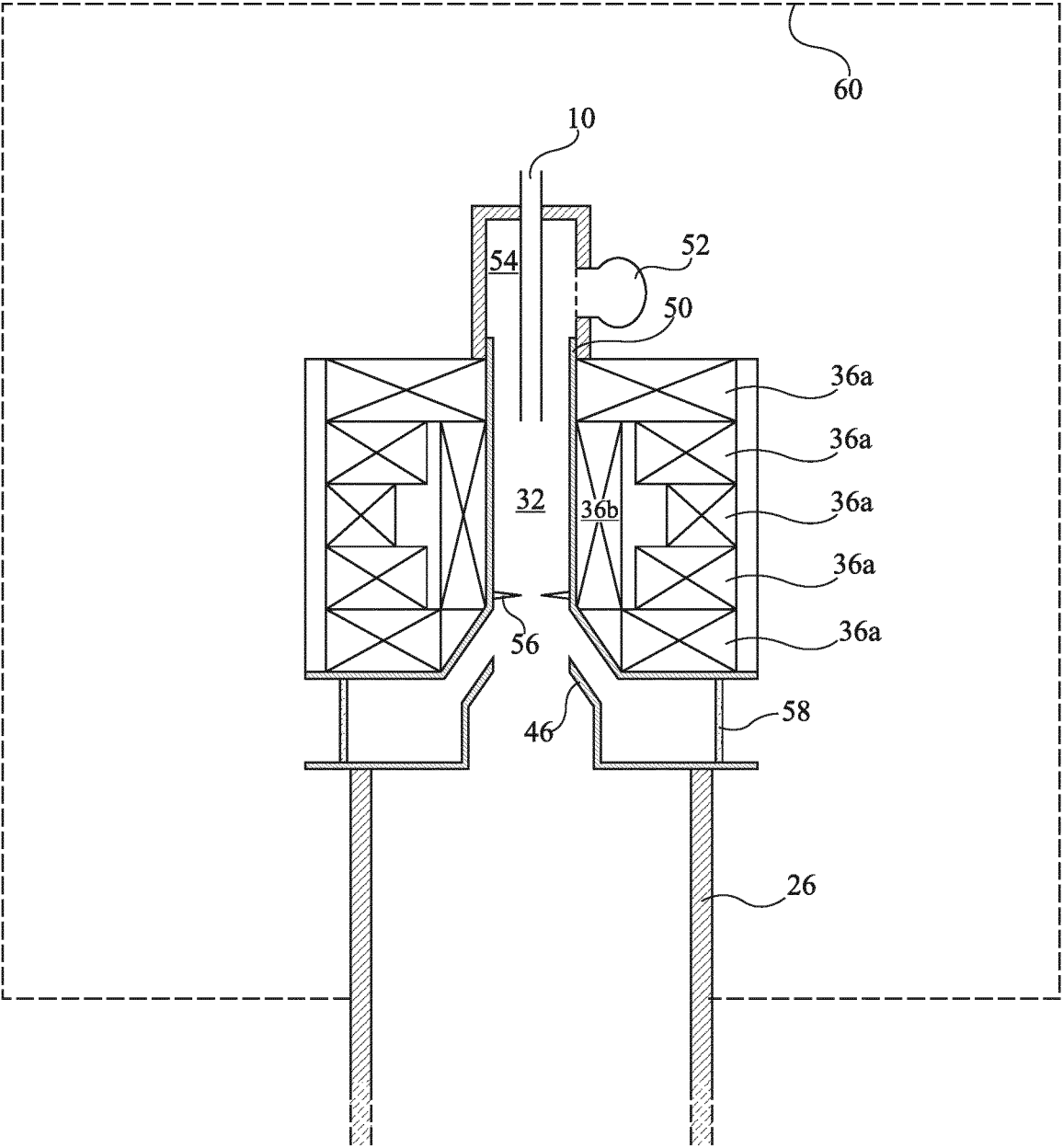


Fig 2

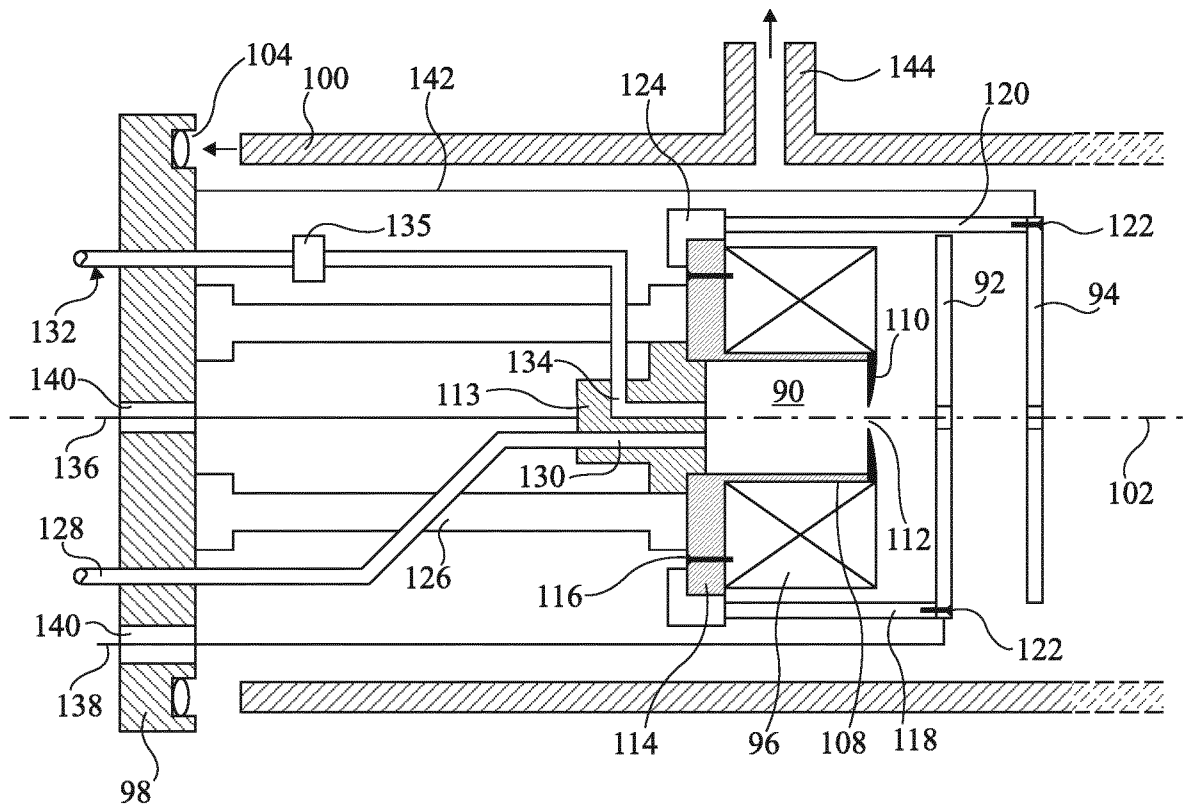


Fig 3

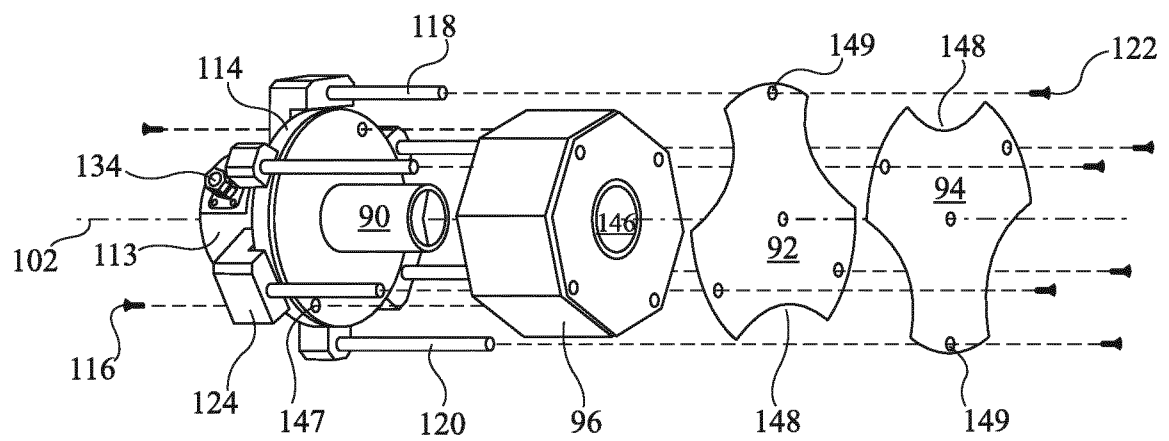


Fig 4

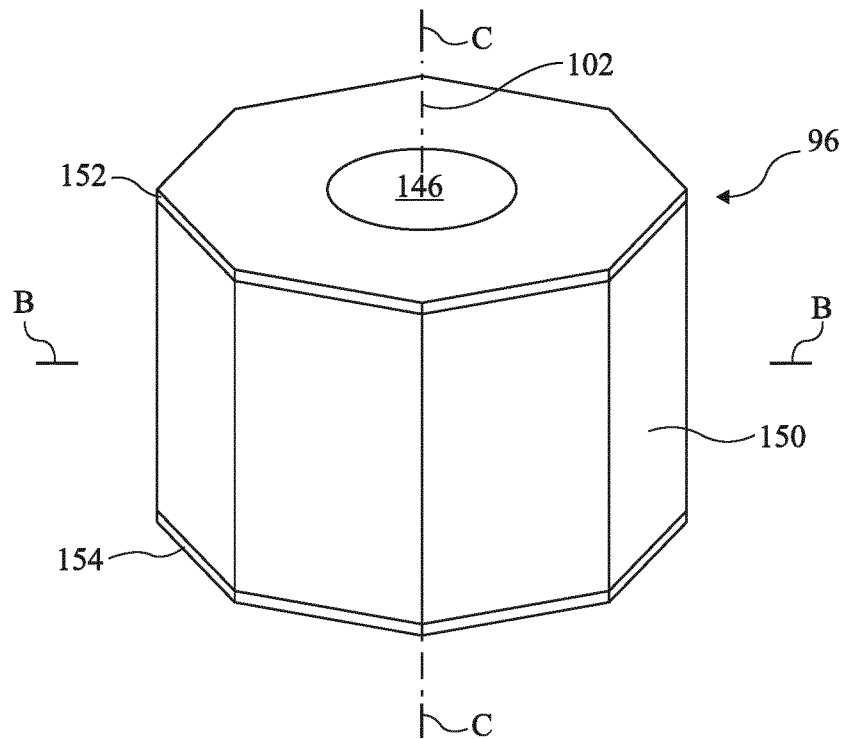


Fig 5A

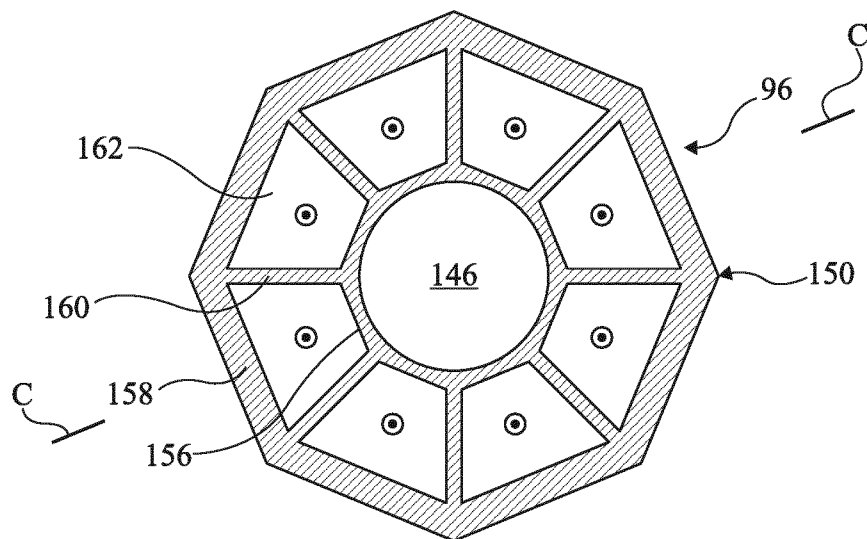


Fig 5B

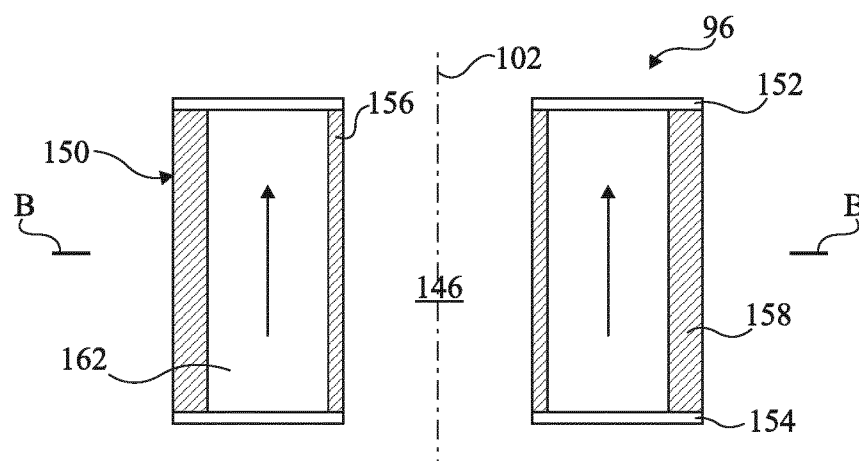


Fig 5C

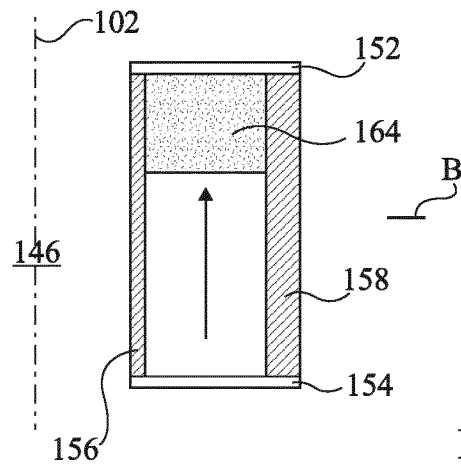
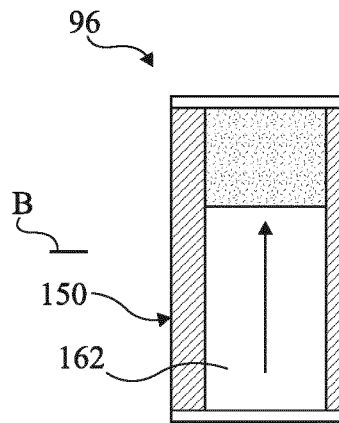


Fig 5D

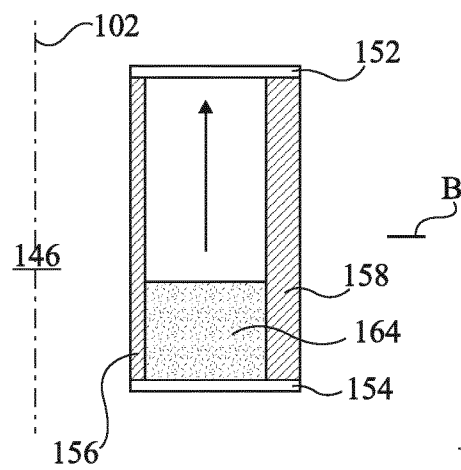
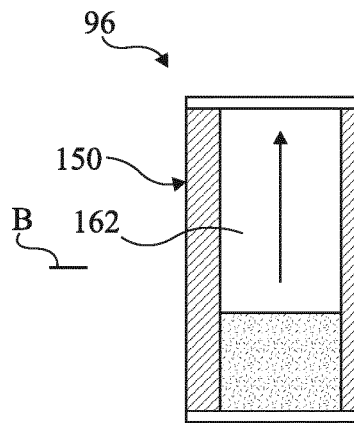


Fig 5E

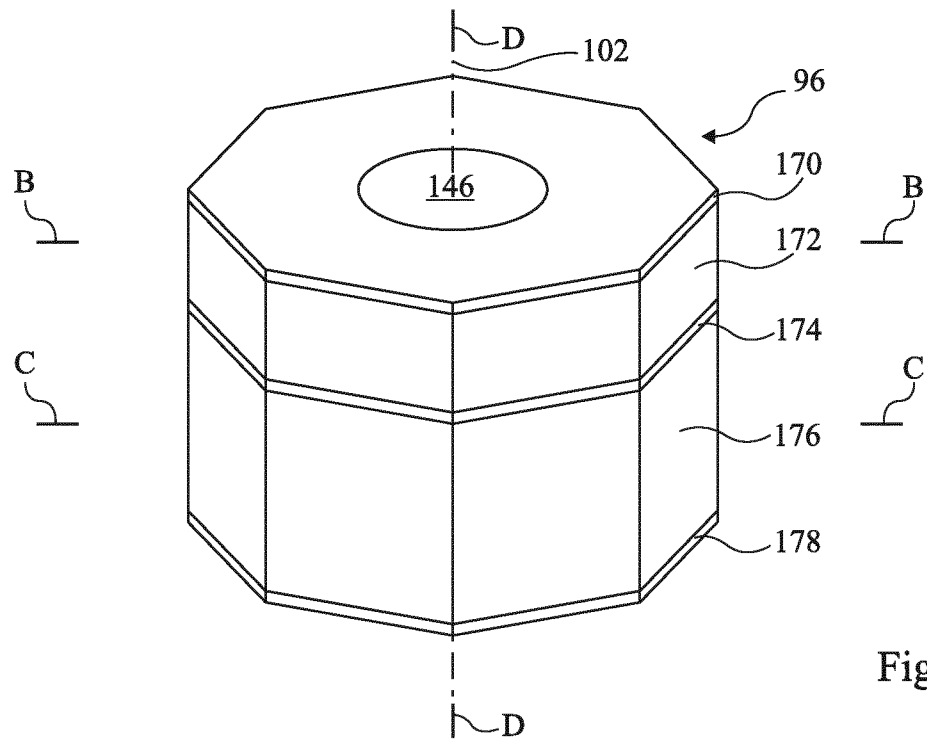


Fig 6A

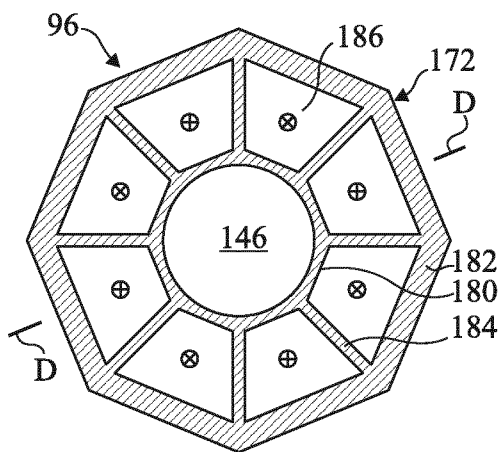


Fig 6B

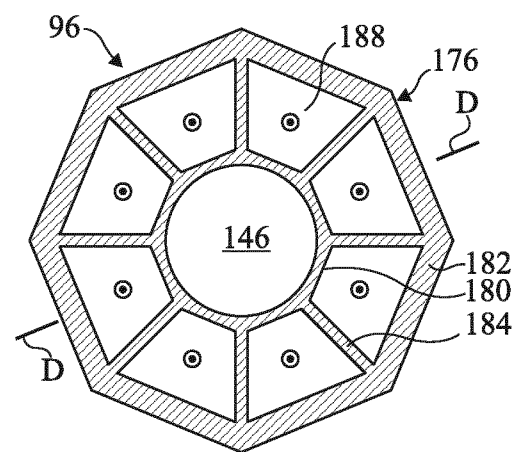


Fig 6C

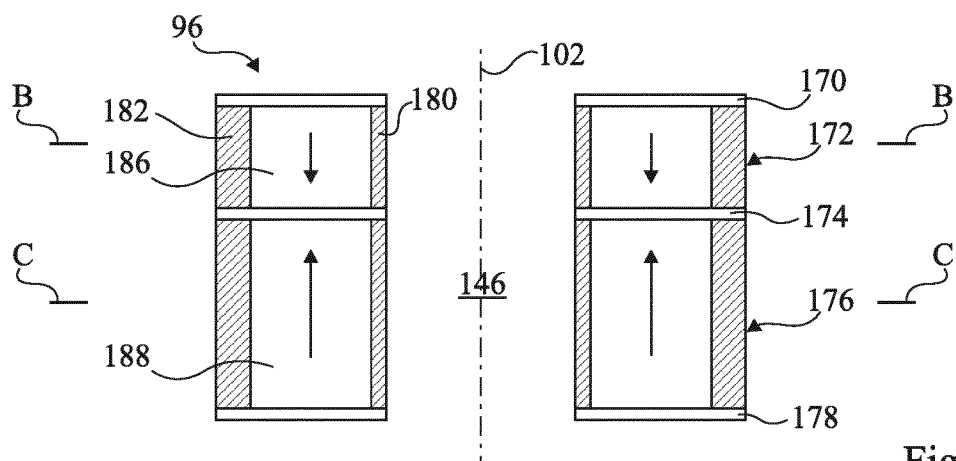


Fig 6D

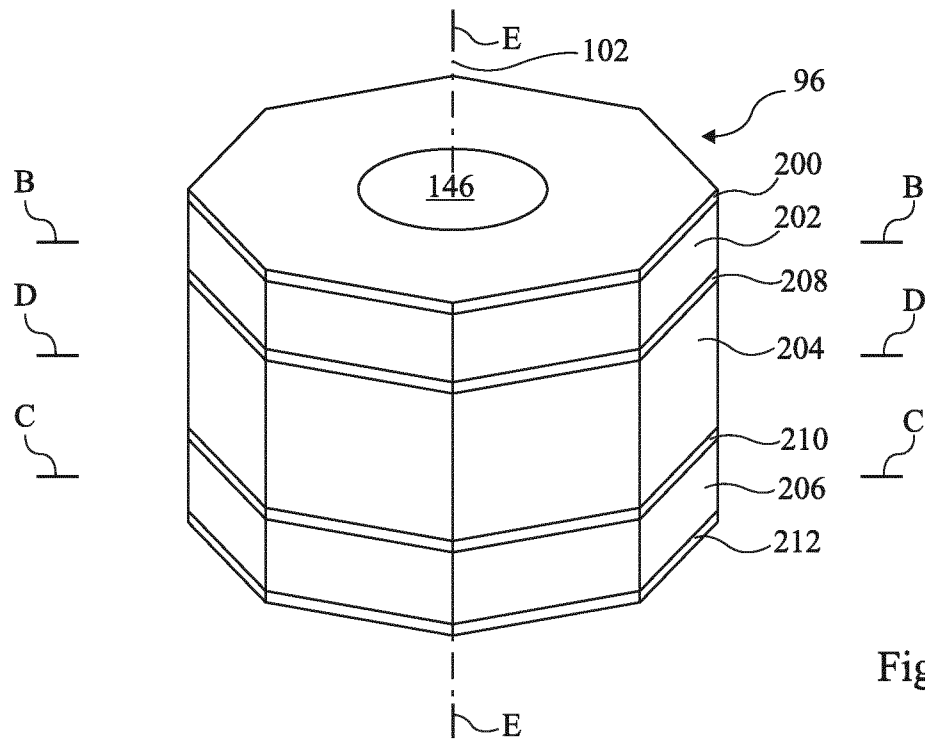


Fig 7A

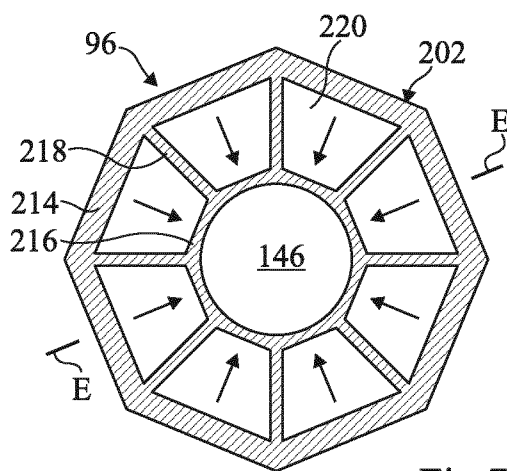


Fig 7B

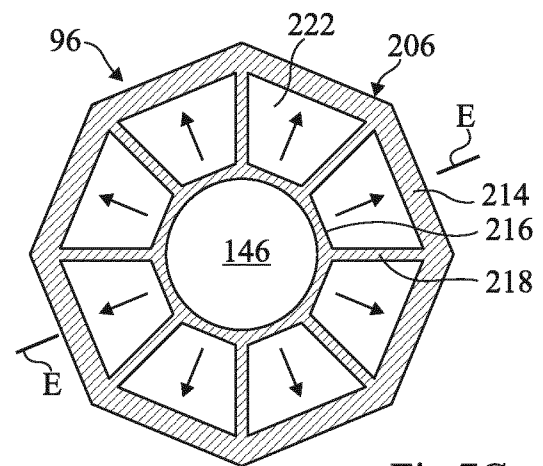


Fig 7C

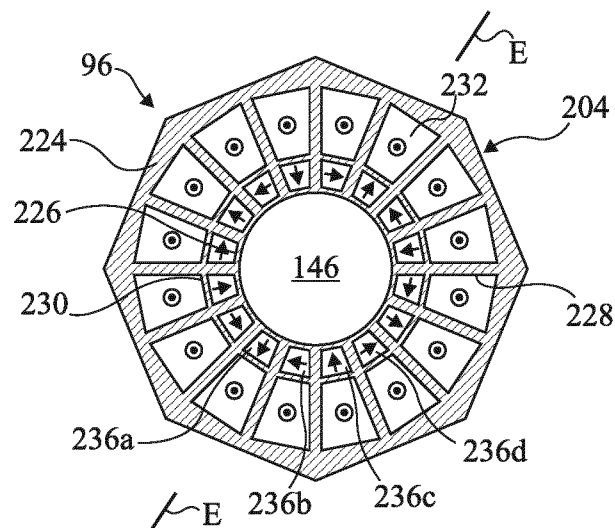


Fig 7D

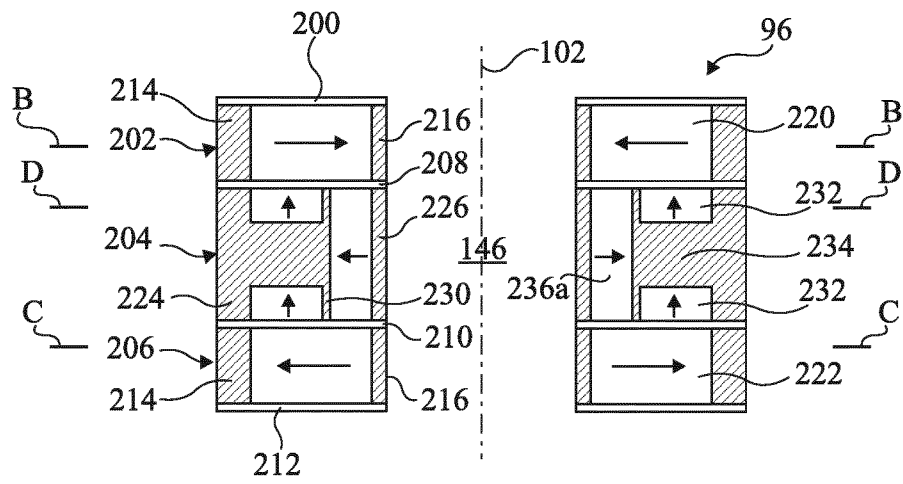


Fig 7E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2014/077776

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See continuation sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/077776

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01J27/18

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP S60 133646 A (HITACHI LTD)<br>16 July 1985 (1985-07-16)<br>abstract; figure 2                                                                                                                                                                                                                                                           | 1-15                  |
| Y         | GOBIN R ET AL: "High intensity ECR ion<br>source (H+, D+, H-) developments at<br>CEA/Saclay",<br>REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AIP,<br>MELVILLE, NY, US,<br>vol. 73, no. 2,<br>1 February 2002 (2002-02-01), pages<br>922-924, XP012039757,<br>ISSN: 0034-6748, DOI: 10.1063/1.1428783<br>page 924, right-hand column<br>-----<br>-/-- | 1-15                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2015

Date of mailing of the international search report

28/05/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Loiseleur, Pierre

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/077776

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No. |
| Y                                                    | US 5 523 652 A (SFERLAZZO PIERO [US] ET AL) 4 June 1996 (1996-06-04)<br>abstract; figure 2B<br>column 5 - column 8<br>-----                                                                                                                                                                                                              | 1-15                  |
| A                                                    | WO 00/62313 A1 (MAGNETIC SOLUTIONS HOLDINGS LI [IE]; HURLEY DAVID PATRICK [IE]; COEY J) 19 October 2000 (2000-10-19)<br>abstract; figure 1<br>-----                                                                                                                                                                                      | 2                     |
| Y                                                    | US 5 144 196 A (GEGENWART RAINER [DE] ET AL) 1 September 1992 (1992-09-01)<br>the whole document<br>-----                                                                                                                                                                                                                                | 6,7                   |
| Y                                                    | FR 2 680 275 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 12 February 1993 (1993-02-12)<br>cited in the application<br>the whole document<br>-----                                                                                                                                                               | 8-11                  |
| Y                                                    | US 3 217 160 A (DEREK CRAIG ROBERT ET AL) 9 November 1965 (1965-11-09)<br>the whole document<br>-----                                                                                                                                                                                                                                    | 13-15                 |
| A                                                    | "Adjustable ECR Broad Beam Ion Sources",<br>25 November 2013 (2013-11-25),<br>XP055189283,<br>Retrieved from the Internet:<br>URL: <a href="http://www.iot-gmbh.de/documents/datasheet/ecr_125_ECF125.pdf">http://www.iot-gmbh.de/documents/datasheet/ecr_125_ECF125.pdf</a><br>[retrieved on 2015-05-13]<br>the whole document<br>----- | 1-15                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/077776

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                                                            | Publication<br>date                                                                                                        |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JP S60133646 A                            | 16-07-1985          | JP H0619961 B2<br>JP S60133646 A                                                                                                                      | 16-03-1994<br>16-07-1985                                                                                                   |
| US 5523652 A                              | 04-06-1996          | CA 2159028 A1<br>DE 69507232 D1<br>DE 69507232 T2<br>EP 0703597 A1<br>ES 2127999 T3<br>JP 3843376 B2<br>JP H08212935 A<br>TW 295773 B<br>US 5523652 A | 27-03-1996<br>25-02-1999<br>19-08-1999<br>27-03-1996<br>01-05-1999<br>08-11-2006<br>20-08-1996<br>11-01-1997<br>04-06-1996 |
| WO 0062313 A1                             | 19-10-2000          | AU 3668100 A<br>WO 0062313 A1                                                                                                                         | 14-11-2000<br>19-10-2000                                                                                                   |
| US 5144196 A                              | 01-09-1992          | DE 4119362 A1<br>EP 0517999 A1<br>JP H05217535 A<br>US 5144196 A                                                                                      | 17-12-1992<br>16-12-1992<br>27-08-1993<br>01-09-1992                                                                       |
| FR 2680275 A1                             | 12-02-1993          | DE 69210501 D1<br>DE 69210501 T2<br>EP 0527082 A1<br>FR 2680275 A1                                                                                    | 13-06-1996<br>12-12-1996<br>10-02-1993<br>12-02-1993                                                                       |
| US 3217160 A                              | 09-11-1965          | GB 961334 A<br>US 3217160 A                                                                                                                           | 17-06-1964<br>09-11-1965                                                                                                   |

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-12

An electron cyclotron resonance ion generator device having a magnetic module with at least one ring.

2. Claims 13-15

An electron cyclotron resonance ion generator device having electrically insulating pillars.

**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

**Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☒ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n<sup>os</sup> :
4. ☐ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n<sup>os</sup> :

**Remarque quant à la réserve**

- ☒ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/077776

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. H01J27/18  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
H01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                                                                               | no. des revendications visées |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y          | JP S60 133646 A (HITACHI LTD)<br>16 juillet 1985 (1985-07-16)<br>abrégé; figure 2                                                                                                                                                                                                                            | 1-15                          |
| Y          | GOBIN R ET AL: "High intensity ECR ion source (H+, D+, H-) developments at CEA/Saclay",<br>REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AIP, MELVILLE, NY, US,<br>vol. 73, no. 2,<br>1 février 2002 (2002-02-01), pages 922-924, XP012039757,<br>ISSN: 0034-6748, DOI: 10.1063/1.1428783<br>page 924, colonne de droite | 1-15                          |
|            | -----<br>-/--                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 mai 2015

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/05/2015

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Loiseleur, Pierre

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/077776

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Catégorie*                                      | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                                                                                                      | no. des revendications visées |
| Y                                               | US 5 523 652 A (SFERLAZZO PIERO [US] ET AL) 4 juin 1996 (1996-06-04)<br>abrégé; figure 2B<br>colonne 5 - colonne 8<br>-----                                                                                                                                                                                                         | 1-15                          |
| A                                               | WO 00/62313 A1 (MAGNETIC SOLUTIONS HOLDINGS LI [IE]; HURLEY DAVID PATRICK [IE]; COEY J) 19 octobre 2000 (2000-10-19)<br>abrégé; figure 1<br>-----                                                                                                                                                                                   | 2                             |
| Y                                               | US 5 144 196 A (GEGENWART RAINER [DE] ET AL) 1 septembre 1992 (1992-09-01)<br>le document en entier<br>-----                                                                                                                                                                                                                        | 6,7                           |
| Y                                               | FR 2 680 275 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]) 12 février 1993 (1993-02-12)<br>cité dans la demande<br>le document en entier<br>-----                                                                                                                                                            | 8-11                          |
| Y                                               | US 3 217 160 A (DEREK CRAIG ROBERT ET AL) 9 novembre 1965 (1965-11-09)<br>le document en entier<br>-----                                                                                                                                                                                                                            | 13-15                         |
| A                                               | "Adjustable ECR Broad Beam Ion Sources",<br>25 novembre 2013 (2013-11-25),<br>XP055189283,<br>Extrait de l'Internet:<br>URL: <a href="http://www.iot-gmbh.de/documents/datasheet/ecr_125_ECF125.pdf">http://www.iot-gmbh.de/documents/datasheet/ecr_125_ECF125.pdf</a><br>[extrait le 2015-05-13]<br>le document en entier<br>----- | 1-15                          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/077776

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s)                                                                                                               | Date de<br>publication                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JP S60133646                                    | A  | 16-07-1985             | JP H0619961 B2<br>JP S60133646 A                                                                                                                      | 16-03-1994<br>16-07-1985                                                                                                   |
| US 5523652                                      | A  | 04-06-1996             | CA 2159028 A1<br>DE 69507232 D1<br>DE 69507232 T2<br>EP 0703597 A1<br>ES 2127999 T3<br>JP 3843376 B2<br>JP H08212935 A<br>TW 295773 B<br>US 5523652 A | 27-03-1996<br>25-02-1999<br>19-08-1999<br>27-03-1996<br>01-05-1999<br>08-11-2006<br>20-08-1996<br>11-01-1997<br>04-06-1996 |
| WO 0062313                                      | A1 | 19-10-2000             | AU 3668100 A<br>WO 0062313 A1                                                                                                                         | 14-11-2000<br>19-10-2000                                                                                                   |
| US 5144196                                      | A  | 01-09-1992             | DE 4119362 A1<br>EP 0517999 A1<br>JP H05217535 A<br>US 5144196 A                                                                                      | 17-12-1992<br>16-12-1992<br>27-08-1993<br>01-09-1992                                                                       |
| FR 2680275                                      | A1 | 12-02-1993             | DE 69210501 D1<br>DE 69210501 T2<br>EP 0527082 A1<br>FR 2680275 A1                                                                                    | 13-06-1996<br>12-12-1996<br>10-02-1993<br>12-02-1993                                                                       |
| US 3217160                                      | A  | 09-11-1965             | GB 961334 A<br>US 3217160 A                                                                                                                           | 17-06-1964<br>09-11-1965                                                                                                   |

**SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-12

Dispositif générateur d'ions à résonance cyclotronique  
électronique ayant un module magnétique comportant au moins  
une bague

---

2. revendications: 13-15

Dispositif générateur d'ions à résonance cyclotronique  
électronique ayant des piliers électriquement isolants

---