

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt: 88201511.8

⑤① Int. Cl.4: H01J 27/22 , H01J 27/08

⑳ Date de dépôt: 14.07.88

③③ Priorité: 22.07.87 FR 8710391

④③ Date de publication de la demande:  
25.01.89 Bulletin 89/04

⑥④ Etats contractants désignés:  
DE FR GB IT

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

⑥④ FR

⑦① Demandeur: N.V. Philips'  
Gloeilampenfabrieken  
Groenewoudseweg 1  
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

⑥④ DE GB IT

⑦② Inventeur: Bernardet, Henri Société Civile  
S.P.I.D.

209, rue de l'Université  
F-75007 Paris(FR)

Inventeur: Pauwels, Jean-Claude Société  
Civile S.P.I.D.

209, rue de l'Université  
F-75007 Paris(FR)

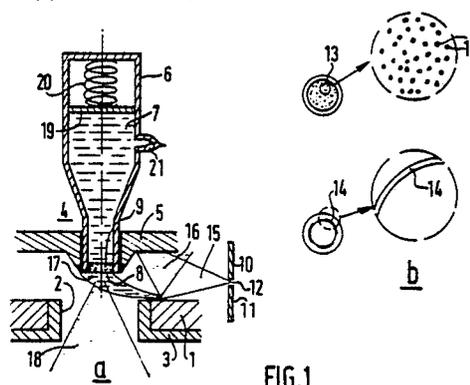
⑦④ Mandataire: Chaffraix, Jean et al  
Société Civile S.P.I.D. 209, rue de l'Université  
F-75007 Paris(FR)

⑤④ **Source d'ions de métaux liquides à arc sous vide.**

⑤⑦ Source d'ions de métaux liquides à arc sous vide utilisant le principe de création de spot anodique et dont la surface anodique (8) de faibles dimensions est alimenté en métal liquide (7) provenant d'un réservoir (6) à travers une paroi (9) constituée d'un matériau choisi de façon à présenter par rapport au métal liquide une grande différence des températures nécessaires à l'obtention d'une même tension de vapeur. Le mode d'alimentation de la surface anodique à travers cette paroi peut être obtenu au moyen d'un matériau poreux (13) ou de fentes contiguës (14). Les métaux liquides utilisables peuvent être liquides à température ambiante (gallium, caesium) ou liquéfiés par chauffage (étain, indium). La cathode (1) et la gachette de commande (10, 11) présentent une structure en forme de cou-

ronne dont l'ouverture centrale (2) est voisine de l'anode (8, 9), celle-ci étant disposée suivant l'axe de ladite couronne.

Application : implanteurs d'ions.



EP 0 300 566 A1

## SOURCE D'IONS DE METAUX LIQUIDES A ARC SOUS VIDE

L'invention concerne une source d'ions à arc sous vide comportant une cathode, une gachette de commande, une anode et des moyens de polarisation desdites cathodes, gachette de commande et anode de telle façon qu'un premier jet de plasma émanant de ladite cathode soit formé dans l'espace anode-cathode, les électrodes dudit plasma étant attirées sur l'anode pour en échauffer le matériau jusqu'à sa vaporisation et pour ioniser ensuite la vapeur émise afin de former un second jet de plasma émanant de l'anode et dirigés vers une électrode d'extraction.

Les sources d'ions sont utilisées dans de nombreux dispositifs : implantateurs, accélérateurs, tubes à neutrons, spectromètres de masse, etc.

Par rapport aux sources d'ions à décharge dans les gaz, les sources à arc sous vide offrent la possibilité de réduire les moyens de pompage entre la source d'ions et la zone d'accélération et de disposer de grandes surfaces d'extraction.

Dans un arc de configuration classique l'anode est un collecteur d'électrons tandis que la cathode est émetteur d'électrons et de plasma (formé à partir du matériau cathodique).

La réduction de la surface anodique exposée au flux électronique a pour effet d'entraîner une augmentation de la densité du bombardement électronique et par conséquent de l'énergie déposée.

Il en résulte pour une valeur seuil, fonction des matériaux anodique et cathodique, du courant d'arc et de la surface anodique exposée, l'apparition de zones lumineuses elles-mêmes émettrices de plasma à partir du matériau anodique. Les propriétés des plasmas émis sont proches de celles des spots cathodiques (angle, densité, vitesse), mais le flux de matière émis sous forme de plasma peut être contrôlé (structure géométrique, courant de l'arc, caractéristiques temporelles des impulsions) par l'intermédiaire de la température de l'anode qui résulte ainsi de l'énergie apportée par les électrons et de l'énergie dissipée, sur l'anode en particulier, dans la création de la vapeur émise et ensuite ionisée.

La durée d'utilisation d'une source d'ions à arc sous vide est généralement limitée. En utilisant le principe de création de spot anodique, la présente invention vise à créer une source de plasma pour laquelle cette durée d'utilisation est accrue.

A cet effet et conformément à l'invention, la source d'ions à arc sous vide comporte des moyens de fournir une couche d'un métal pour recouvrir la surface anodique, lesdits moyens comprenant un réservoir pour le métal et une paroi perméable au métal entre le réservoir et la surface

anodique.

En cours d'utilisation, le métal est vaporisé et ionisé sur la surface anodique. Pour compenser les pertes de métal, celui-ci est transféré du réservoir à la surface anodique à travers la paroi. La durée d'utilisation de la source d'ions est de ce fait augmentée.

La paroi perméable est réalisée de préférence dans un matériau qui présente par rapport au métal une grande différence de températures nécessaires à l'obtention d'une même tension de vapeur.

Le plasma sera alors composé exclusivement d'ions métal provenant de la couche métallique.

Ladite paroi perméable est de préférence disposée de façon à ne pas être obturée par le dépôt de matériau cathodique.

Ledit matériau cathodique est de préférence choisi de façon à ne pas perturber les caractéristiques de mouillabilité de l'anode.

Dans une première variante, ledit métal est un liquide et ladite paroi séparant le réservoir de la surface anodique est constituée d'un matériau comportant de nombreux pores permettant le passage du métal liquide par capillarité tel que par exemple un fritté en tungstène ou de nickel.

Dans une seconde variante, ledit métal est un liquide et ladite paroi de séparation réservoir-surface anodique est traversée par des fentes contiguës permettant l'alimentation de la surface de l'anode par diffusion superficielle.

Deux groupes de métaux liquides sont utilisables :

- les métaux liquides à température ambiante et à faible tension de vapeur (gallium, caesium, alliage gallium-indium...)
- les métaux liquéfiés par chauffage du réservoir et à faible tension de vapeur (étain, indium, bismuth, plomb...).

Une solution intéressante pour les matériaux liquides à température ambiante tel que le mercure est l'emploi d'une anode refroidie à basse température et susceptible d'être alimentée par la tension de vapeur importante (par exemple quelques  $10^{-3}$  torrs) de ce composé dans le vide résiduel. Le matériau se condense sur l'anode et est ainsi vaporisé et ionisé, comme pour les métaux en phase liquide, par les électrons de l'arc.

Une autre solution permettant d'augmenter la durée d'utilisation des sources d'ions est l'utilisation de matériau cathodique beaucoup moins réfractaire que l'anode mais compatible avec les propriétés de mouillabilité nécessaires : pour dés-obturer les pores ou les orifices d'arrivée du métal liquide (ou liquéfié), on fait fonctionner la source d'ions sans métal liquide, à des énergies plus

élevées permettant la création de spots anodiques sur le matériau cathodique déposé sur l'anode. L'énergie doit par contre rester inférieure au seuil conduisant à des spots anodiques sur matériau anodique massif. Ce mode (dit de conditionnement) est préparatoire au bon fonctionnement de la source d'ions.

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

La figure 1a représente le schéma de principe d'une source d'ions de métaux liquides à arc sous vide de type biplanaire conforme à l'invention.

La figure 1b représente des coupes d'anode poreuse et d'anode avec fentes.

A partir du schéma de principe de la figure 1a, on peut concevoir diverses structures de sources de plasma :

- Figure 2a : une structure "multipoints" constituée de nombreux éléments identiques.

- Figure 2b : une structure "en couronne" avec anode en forme de couronne et son système multispots cathodiques.

- Figure 3 : une structure "cylindrique" avec les cathodes disposées suivant les génératrices d'un cylindre.

- Figure 4 : une structure "multi-annulaire" à anodes sous forme de cylindres plats et cathodes disposées en couronne. Cette structure est constituée par la mise en parallèle d'éléments identiques.

La figure 5 représente le schéma de principe d'une source d'ions de métaux liquides à arc sous vide de type coplanaire conforme à l'invention.

On peut également concevoir les structures de sources suivantes intermédiaires entre la structure de type biplanaire et la structure de type coplanaire :

- Figure 6 : une structure à cathode cylindrique.

- Figures 7a et 7b : des structures à cathode tronconique.

Les éléments correspondants sur ces différentes figures seront indiqués par le même chiffre de référence.

Sur la figure 1a, une coupe suivant un plan vertical fait apparaître une cathode en métal 1 en forme de couronne circulaire dont la face en regard de l'ouverture 2 est protégée par un écran isolant 3.

L'anode 4 disposée en face de l'ouverture 2 suivant l'axe de la couronne et maintenue par un disque isolant 5 formant écran, comporte selon l'invention un réservoir 6 contenant le métal liquide 7. La partie inférieure de ce réservoir a une forme rétrécie de manière à présenter une zone superficielle 8 de petites dimensions constituant l'anode proprement dite séparée de la zone liquide du réservoir par une paroi 9.

Pour favoriser l'amorçage d'un arc entre la cathode et l'anode, on peut utiliser une décharge produite entre deux électrodes auxiliaires 10 et 11 en forme de couronne par exemple et séparées par un sillon 12 de l'ordre de 0,1 mm et constituant la gachette de commande. Cette décharge auxiliaire est indispensable au fonctionnement correct de la source ; elle pourrait être d'une autre définition et par exemple obtenue par une gachette anodique très proche de la cathode de la source.

Le rôle des écrans de cathode 3 et d'anode 5 est de servir de support respectivement à la couronne 1 et au réservoir 6 et de former écran aux microparticules éventuellement libérées par l'anode dans le volume où se produit l'ionisation et d'occulter la cathode et la gâchette qui émettent des ions parasites.

La paroi 9 séparant le métal liquide 7 de la surface anodique 8 est constituée d'un matériau comportant de nombreux pores 13, tels que représentés sur la figure 1b, montrant une coupe avec zone agrandie de cette paroi suivant un plan horizontal. On obtient ainsi le passage par capillarité de la partie réservoir à la surface anodique.

Le mode d'alimentation de cette surface anodique peut également être réalisé au moyen de fentes contiguës 14 traversant la paroi 9 telles que représentées sur la figure 1b montrant également une coupe avec zone agrandie de cette paroi suivant un plan horizontal. La surface anodique est ainsi recouverte par diffusion superficielle et le matériau anodique choisi est alors fonction de ses caractéristiques de mouillabilité par le métal liquide.

Selon l'invention, la paroi 9 est constituée par exemple par un système à fritté poreux tel que le tungstène. Ce fritté est entouré par le métal liquide qui a diffusé par capillarité vers la zone superficielle 8 de l'anode en regard de l'ouverture 2.

Les jets de plasma 15 et 16 émis respectivement par la gachette et la cathode produisent entre cathode et anode un flux d'électrons 17 qui vient échauffer de façon contrôlable la partie de l'anode constituée par l'élément fritté en contact intime avec l'élément métal diffusé.

Si par exemple l'élément métal est du gallium, celui-ci présente une tension de vapeur de 1 mm de mercure à la température de 300 °C, alors que le tungstène servant de matériau support présente la même tension de vapeur à 4500 °C.

Si donc la température de l'anode est bien contrôlée, l'élément métal sera seul vaporisé pour former après ionisation un jet de plasma 18 dirigé perpendiculairement à la surface anodique et composé exclusivement d'ions métal.

La pression du métal liquide dans le réservoir peut être fixée par un système à piston 19 et à ressort 20. Le réservoir est muni d'un queuecot de

vidange 21 auquel on peut substituer un robinet.

Un système de chauffage non représenté peut être disposé pour liquéfier les métaux non liquides à la température ambiante.

Diverses structures de sources de plasma peuvent être utilisées.

La figure 2a montre une structure dans laquelle on utilise une pluralité de sources identiques au modèle de base décrit ci-dessus. La partie supérieure et la partie inférieure sont respectivement une coupe verticale suivant le plan passant par AA' et une coupe horizontale suivant le plan passant par BB' sur lesquelles on a repéré les cathodes 1 avec leurs écrans 3, les gachettes 10, les surfaces anodiques 8 et les supports d'anode 5, le métal liquide 7 et les parties poreuses d'anode 9.

La figure 2b représente une structure avec anode en forme de couronne de faible épaisseur. Une multicouronne d'anodes concentriques 22 peut ainsi être disposée comme indiqué sur la coupe horizontale suivant le plan passant par BB'. Entourant chaque anode, la cathode 24 et son écran 23 ainsi que la gachette 25 sont également en forme de couronne. La coupe verticale suivant le plan passant par AA' ne diffère pas de celle représentée sur la figure 2a.

Sur la structure de la figure 3, les anodes 26 sont en forme de parallélépipèdes plats disposés à 90° ; elles sont séparées par les écrans 27. Les cathodes 28 et leur écran isolant 29, les gachettes 30 sont disposés suivant les génératrices d'un cylindre comme indiqué sur les coupes verticale suivant le plan passant par AA' et horizontale suivant le plan passant par BB'.

La figure 4 montre une structure à plusieurs anodes superposées, chacune d'elles 31 ayant la forme d'un cylindre plat. Les cathodes 32 et leurs écrans 33 ainsi que les gachettes 34 sont disposés en couronnes également superposées. Une colonne centrale verticale 35 commune aux multicylindres anodiques, permet leur alimentation en métal liquide, comme indiqué sur les coupes verticale suivant le plan AA' et horizontale suivant le plan BB'.

Les structures présentées sur les figures précédentes sont de type biplanaire, c'est-à-dire que l'anode et la cathode sont dans des plans différents et que les plasmas cathodiques et anodiques sont projetés dans des directions opposées. Un exemple d'une autre version dite coplanaire est présentée sur la figure 5 ; comme pour la version biplanaire, la cathode peut avoir la forme d'une couronne circulaire 36 dont l'anode 4 de petite dimension, serait située sur l'axe. Un matériau isolant 37 sépare les deux électrodes et les isole jusqu'à des tensions susceptibles de varier de quelques kilovolts à une vingtaine de kilovolts.

L'isolant a pour office également d'éloigner

l'émission des spots cathodiques de l'axe de façon à faciliter leur interception par un écran 38 percé en son centre d'un orifice laissant passer essentiellement et uniquement le plasma 18 émis par le spot anodique.

La gachette 10, 11 nécessaire à la commande peut être circulaire et de même structure que dans la source biplanaire.

Sous l'aspect fonctionnel, la structure biplanaire présente l'avantage d'être plus facile à initier (tension anode-cathode et courant de commande de gachette plus faibles) en raison du trajet plus court et plus direct des électrons.

L'invention couvre également toutes les versions de forme d'électrode cathodique intermédiaire entre les structures dites biplanaires et coplanaires comme le montrent les schémas de la figure 6, représentant une structure à cathode semi-cylindrique 39 et des figures 7a et 7b représentant des structures à cathodes tronconiques 40 et 41.

## Revendications

1. Source d'ions à arc sous vide comportant une cathode, une gachette de commande, une anode et des moyens de polarisation desdites cathodes, gachette de commande et anode de telle façon qu'un premier jet de plasma émanant de ladite cathode soit formé dans l'espace anode-cathode, les électrodes dudit plasma étant attirées sur l'anode pour en échauffer le matériau jusqu'à sa vaporisation et pour ioniser ensuite la vapeur émise afin de former un second jet de plasma émanant de l'anode et dirigés vers une électrode d'extraction, caractérisée en ce que la source d'ions à arc sous vide comporte des moyens de fournir une couche d'un métal pour recouvrir la surface anodique, lesdits moyens comprenant un réservoir pour le métal et une paroi perméable au métal entre le réservoir et la surface anodique.

2. Source d'ions selon la revendication 1, caractérisée en ce que la paroi perméable est réalisée dans un matériau qui présente par rapport au métal une grande différence de températures nécessaires à l'obtention d'une même tension de vapeur.

3. Source d'ions selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la paroi perméable est disposée de façon à ne pas être obturée par le dépôt de matériau cathodique.

4. Source d'ions selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisée en ce que le matériau cathodique est choisi de façon à ne pas perturber les caractéristiques de mouillabilité de l'anode.

5. Source d'ions selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit métal est liquide et ladite connexion séparant le réservoir de la surface anodique est constituée d'un matériau comportant de nombreux pores. 5

6. Source d'ions selon la revendication 5, caractérisée en ce que la paroi est un fritté de tungstène ou de nickel.

7. Source d'ions selon l'une des revendications 1, 2 ou 4, caractérisée en ce que ledit métal est liquide et ladite paroi séparant le réservoir de la surface anodique est traversée par des fentes contiguës permettant l'alimentation de la surface anodique par diffusion superficielle. 10

8. Source d'ions selon l'une des revendications 5, 6 ou 7, caractérisée en ce que le métal est un métal liquide à la température ambiante ayant une faible tension de vapeur. 15

9. Source d'ions selon la revendication 8, caractérisée en ce que le métal est un élément du groupe comprenant le gallium, le caesium et le mercure. 20

10. Source d'ions selon l'une des revendications 5, 6 ou 7, caractérisée en ce que le réservoir est muni de moyens de chauffage et le métal est liquéfiable par chauffage du réservoir, ledit métal ayant une faible tension de vapeur. 25

11. Source d'ions selon la revendication 10, caractérisée en ce que le métal est un élément du groupe comprenant l'étain, l'indium, le bismuth et le plomb. 30

35

40

45

50

55

5

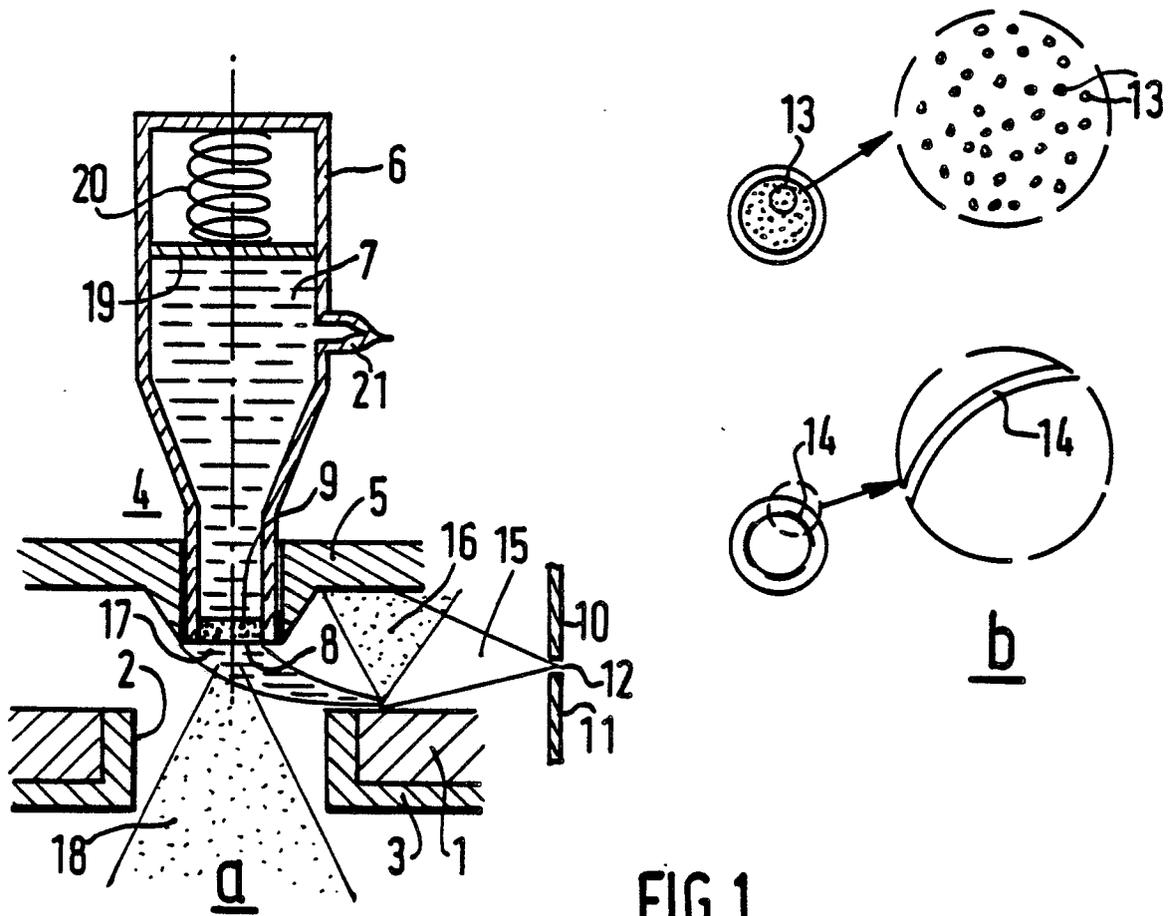


FIG. 1

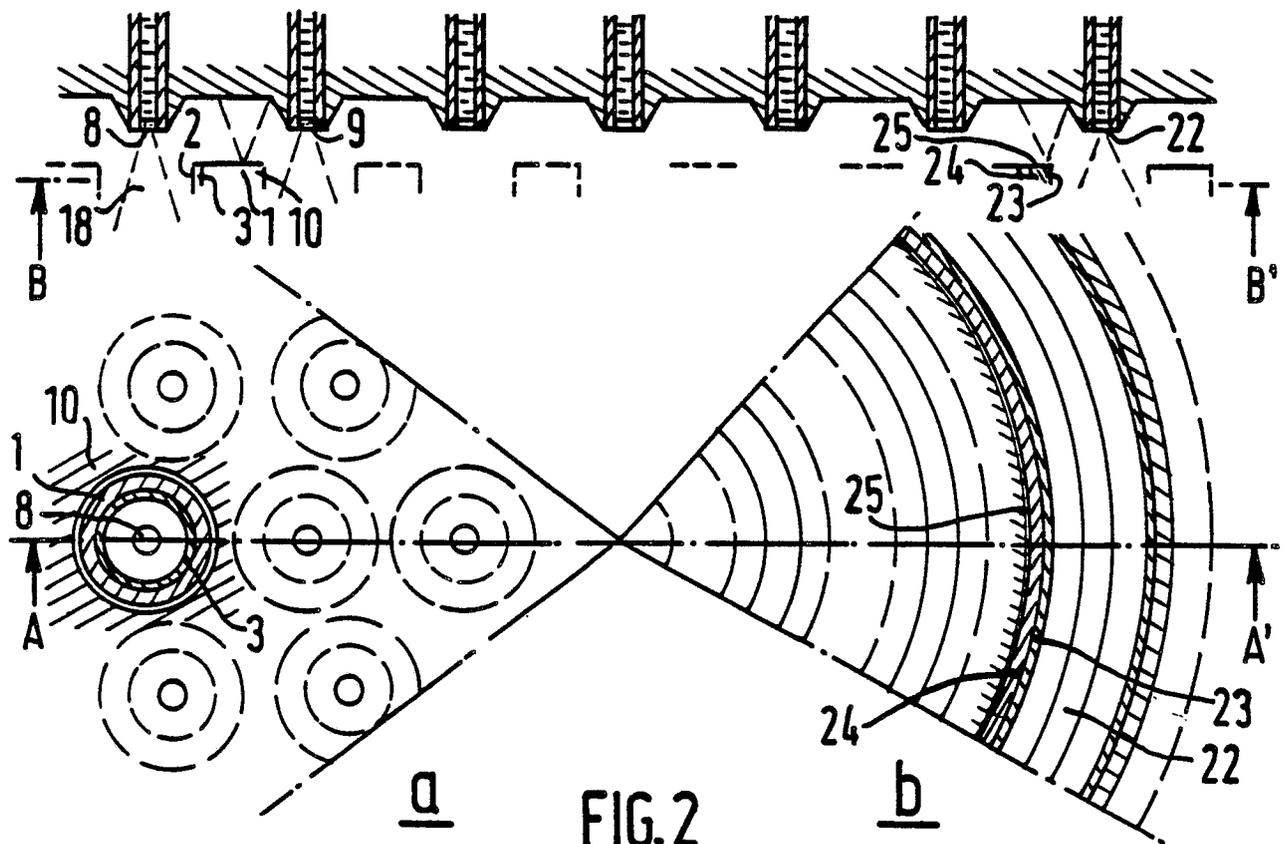


FIG. 2

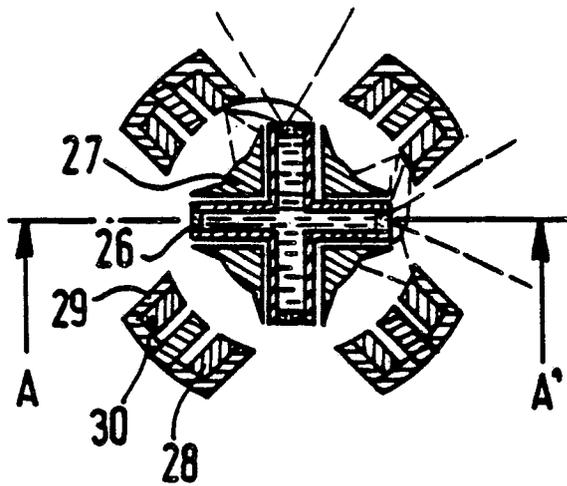
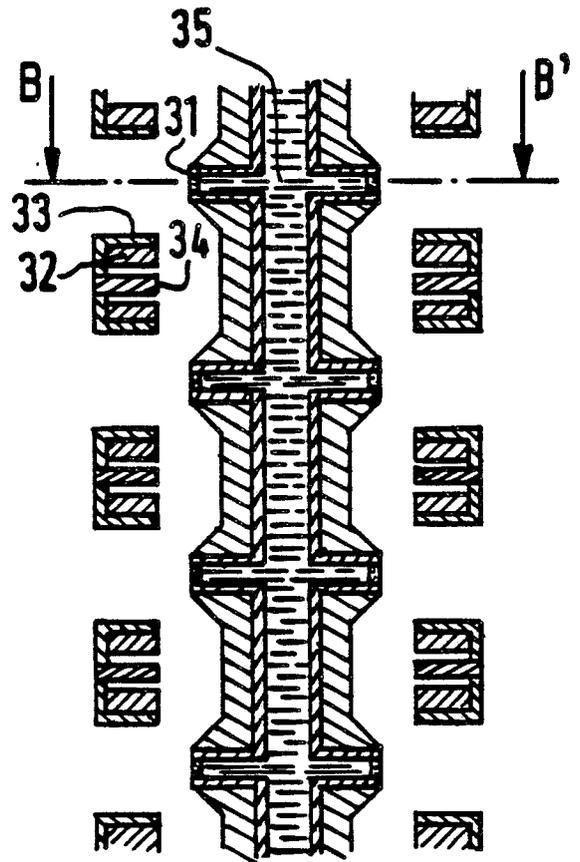
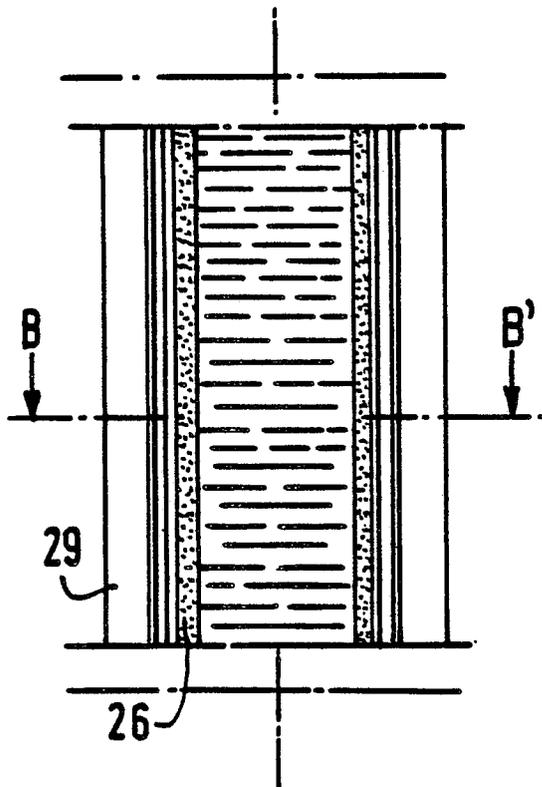


FIG. 3

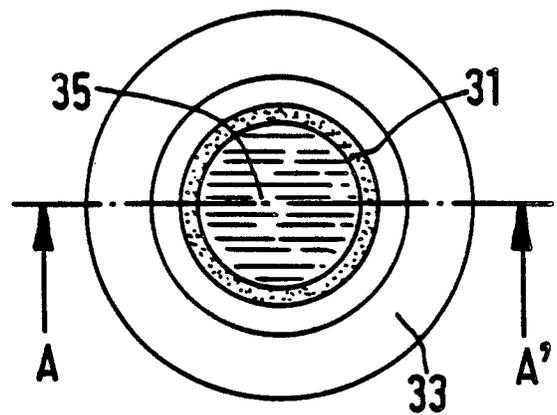


FIG. 4

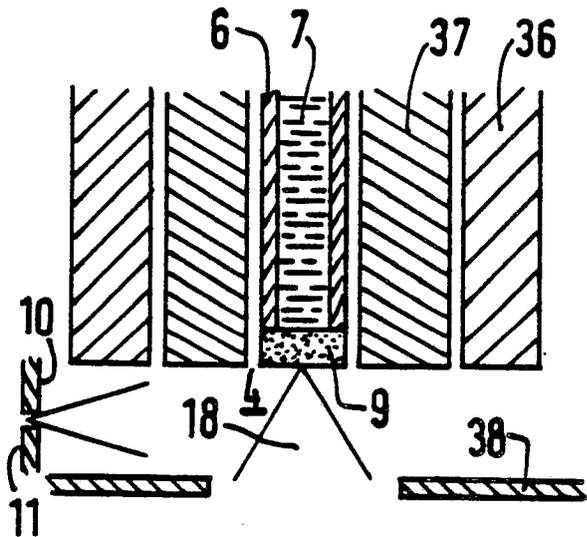


FIG. 5

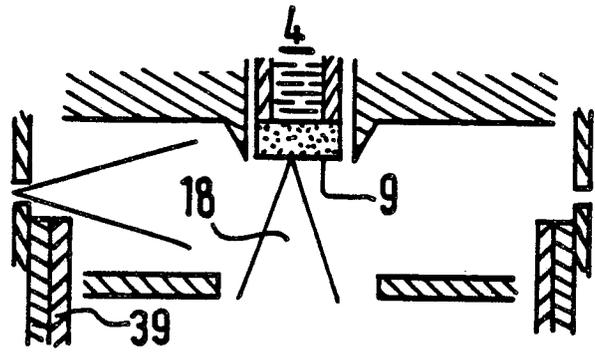
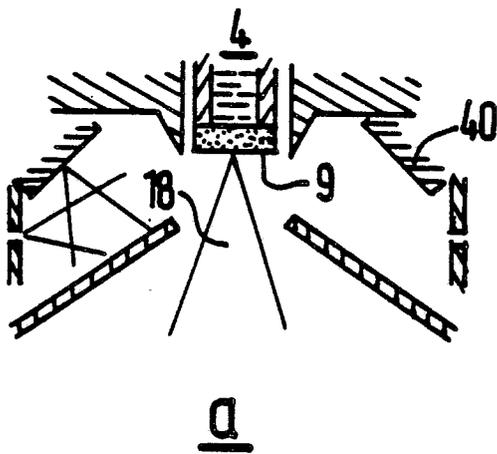
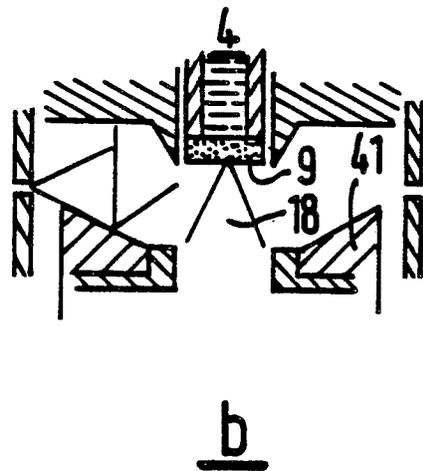


FIG. 6



a



b

FIG. 7



| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes   | Revendication concernée  | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)       |
| A   | REV. SCI. INSTRUM., vol. 57, no. 6, juin 1986, pages 1069-1083, American Institute of Physics; I.G. BROWN et al.: "Metal vapor vacuum arc ion source"<br>* Résumé; page 1073, colonne 1, ligne 27 - colonne 2, ligne 3; figure 4 *<br>--- | 1  | H 01 J 27/22<br>H 01 J 27/08               |
| A   | US-A-4 453 078 (R. SHIMIZU)<br>* Résumé *<br>---  | 1  |  |
| A   | US-A-4 638 217 (H. OKUBO et al.)<br>* Résumé *<br>---   | 1  |  |
| A   | J. APPL. PHYS., vol. 56, no. 11, 1er décembre 1984, pages 3050-3056, American Institute of Physics; J. ISHIKAWA et al.:<br>"Impregnated-electrode-type liquid metal ion source"<br>* Figure 1 *<br>-----                                  | 1  |  |
|   |   |  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) |
|   |   |  | H 01 J 27                                  |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |   |  |  |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE   |   | Date d'achèvement de la recherche<br>27-10-1988  | Examineur<br>GALANTI M.                    |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |   | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |  |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |   |  |  |