

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 14466**

---

(54) Réservoir pour source ionique à émission de champ, notamment pour propulseur ionique à applications spatiales, et procédé de fabrication d'un tel réservoir.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 01 J 27/26.

(22) Date de dépôt ..... 24 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demandé ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 4 du 28-1-1983.

---

(71) Déposant : AGENCE SPATIALE EUROPEENNE, organisation intergouvernementale. — FR.

(72) Invention de : Cesare Bartoli, Heinrich A. Pfeffer, Hans Herhudt Von Rohden, Johannes Blommers, Duncan Stewart et Dominique Valentian.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Claude Rodhain, conseils en brevets d'invention,  
30, rue La Boétie, 75008 Paris.

Réservoir pour source ionique à émission de champ, notamment pour propulseur ionique à applications spatiales, et procédé de fabrication d'un tel réservoir.

La présente invention concerne les réservoirs pour  
5 sources ioniques à émission de champ, telles que celles qui sont avantageusement utilisées comme moyens de propulsion dans les applications spatiales, ainsi que les procédés de fabrication de ces réservoirs.

Comme il est connu, les sources ioniques à émission  
10 de champ comprennent un boîtier métallique à l'intérieur duquel est ménagée une cavité qui est destinée à former réservoir pour un métal, ou un alliage métallique, ionisable et à l'état liquide, tel que du caesium, et qui communique avec  
15 pour l'évacuation de ce métal ou alliage. Ces sources comprennent en outre une électrode d'extraction qui est disposée à proximité de la sortie de ces moyens de passage, et une source de courant aux deux bornes de laquelle sont reliés respectivement le boîtier et cette électrode. Les moyens de  
20 passage de type capillaire pourraient être réalisés à l'aide d'un réseau d'aiguilles parallèles indépendant du boîtier, mais ils sont plus avantageusement réalisés sous la forme d'une fente ayant de préférence une très faible largeur, et c'est afin de simplifier la fabrication de la source ionique  
25 que ce dispositif capillaire d'évacuation a été réalisé de manière à faire partie intégrante du boîtier. Le boîtier est en général rempli en permanence à l'aide d'un passage d'alimentation et à partir d'une réserve principale extérieure de métal ou alliage à l'état liquide ou solide, le maintien à  
30 l'état liquide ou le passage de l'état solide à l'état liquide étant assuré par des moyens de chauffage disposés dans la cavité du boîtier, la réserve principale étant par ailleurs, de préférence, mise sous pression dans le cas de métal liquide.

Ainsi, du fait d'un tel agencement, la sortie des  
35 moyens de passage capillaire se trouve située dans le champ électrostatique qui est créé par la différence de potentiel

entretenu entre le boîtier et l'électrode, de sorte que la présence de ce champ provoque la création d'ions dans le métal ou alliage ionisable contenu dans la cavité, ainsi que leur déplacement dans les moyens de passage capillaire et leur éjection hors de ceux-ci sous forme de cônes espacés, dits cônes de Taylor. Ces moyens de passage capillaire peuvent présenter une disposition générale, soit plane, soit cylindrique ou autre forme fermée sur elle-même pour éviter les "effets d'extrémité". La différence de potentiel appliquée est couramment de 2 à 12 kV et l'émission ionique peut, en particulier dans le cas de l'application à des propulseurs spatiaux, fournir une densité de poussée de l'ordre de 1 mN par cm de largeur des moyens de passage, les vitesses d'éjection pouvant atteindre plusieurs dizaines de km/s.

Il se trouve toutefois que les sources ioniques connues et leurs procédés de fabrication connus offrent divers inconvénients. En effet, pour optimiser le fonctionnement de ces sources, de bonnes propriétés d'émission d'ions exige une fourniture régulière du métal ou alliage à l'extrémité précise des moyens de passage capillaire pour que le champ électrostatique puisse agir de manière efficace sur la surface du liquide et que se forment des cônes de Taylor régulièrement espacés et stables.

Or, cette régularité de la fourniture du métal pourrait s'obtenir, selon une première démarche de l'invention, en utilisant des moyens de passage capillaire dont la surface soit aisément mouillable par le liquide. Cette facilité de mouillage risquerait toutefois d'entraîner simultanément un cheminement du métal liquide le long des surfaces extérieures du boîtier voisines de la sortie des moyens de passage capillaire et donc un revêtement de ces surfaces à l'aide de ce métal, ce qui pourrait conduire à des formations "d'étincelles" et à des pertes en liquide neutre par évaporation, ce qui est particulièrement peu souhaitable, notamment lorsqu'il s'agit d'une source pour propulseur ionique.

C'est pourquoi la présente invention a pour but de supprimer ces inconvénients et, à cet effet, elle a pour objet un réservoir pour source ionique à émission de champ du type précité, caractérisé en ce que les surfaces intérieures de la  
5 cavité du boîtier et des moyens de passage capillaire sont constituées par un matériau offrant un bon mouillage au métal ou alliage liquide à utiliser, tandis que les surfaces extérieures de ce même boîtier sont constituées, au moins au voisinage de la sortie des moyens de passage capillaire, par un  
10 matériau qui n'est pas mouillé par ledit métal ou alliage.

Grâce à cet agencement, on évite une migration du métal ionisable sur la surface extérieure du boîtier tout en étant assuré d'un mouillage intérieur excellent, ce qui élimine tous les inconvénients précités.

15 Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, il peut être prévu que les surfaces extérieures du boîtier soient munies, au moins au voisinage de la sortie des moyens de passage capillaire, d'un revêtement en matériau qui n'est pas mouillé par le métal ou alliage liquide. Dans ce cas,  
20 l'ensemble du boîtier proprement dit pourrait être lui-même réalisé, comme cela était le cas dans les réservoirs connus, par un matériau offrant un bon mouillage au métal. Cette disposition permet en particulier avantageusement de pouvoir adapter sans difficulté les réservoirs déjà existants sans  
25 avoir à les remplacer. En variante toutefois, il peut être prévu que les seules surfaces intérieures du boîtier et des moyens de passage capillaire peuvent être munies d'un revêtement en un matériau offrant un bon mouillage au métal ionisable. Dans une autre variante, l'ensemble du boîtier pourrait être  
30 réalisé en un matériau qui n'est pas mouillé par le métal, tandis que seules les surfaces intérieures du boîtier et des moyens de passage capillaire seraient munies d'un revêtement en un matériau offrant un bon mouillage au métal.

De préférence, et notamment dans le mode de réalisation  
35 particulier précité, le matériau qui n'est pas mouillé par le métal ou alliage liquide peut être constitué par du

zirconium ou un composé de celui-ci. Avantageusement, ce composé de zirconium est un nitrure et, dans le cas d'un revêtement, ce dernier présente de préférence une épaisseur comprise entre 0,1 et 1 micron.

5 De manière également avantageuse, et plus particulièrement dans le cas où le matériau offrant un bon mouillage au métal peut être constitué par de l'indium ou un composé de celui-ci et de préférence par l'indium lui-même. Il peut également être constitué par un métal appartenant au groupe  
10 formé par le platine, le palladium et le nickel.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un réservoir pour source ionique, tel que mentionné jusqu'ici, ce procédé, du type consistant à réaliser un boîtier métallique en deux parties complémentaires et à ménager  
15 entre ces deux parties les moyens de passage capillaire, étant caractérisé en ce qu'il consiste, avant de déposer un revêtement sur certaines des surfaces du boîtier, à soumettre ces surfaces à un traitement de nettoyage de surface. Grâce à un tel traitement de nettoyage de surface poussé, on améliore  
20 en particulier la valeur du mouillage; en effet ce traitement permet d'obtenir un excellent mouillage initial du réservoir par le liquide, par exemple par trempage, à la suite de quoi on élimine le liquide du réservoir et on peut par la suite obtenir un mouillage convenable en service, ce "préconditionnement" étant en particulier important dans le cas où la  
25 source ionique est destinée à être montée sur un engin spatial.

De manière particulièrement avantageuse, ce traitement de nettoyage de surface consiste à polir lesdites surfaces à moins de 5 microns, puis à les dégraisser, les soumettre  
30 ensuite aux ultrasons dans un milieu de chlorothène, les soumettre encore aux ultrasons dans un milieu eau-savon, puis les rincer dans l'eau distillée, les rincer ensuite dans l'alcool et enfin les sécher au moyen d'air chaud. De préférence également, si le réservoir doit présenter un revêtement extérieur  
35 en composé de zirconium ou un revêtement extérieur en platine, palladium ou nickel, ce revêtement est appliqué par pulvérisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, et en regard des dessins annexés sur lesquels :

5           - La Fig. 1 représente une vue schématique et en coupe d'un réservoir pour source ionique suivant un mode de réalisation particulier conforme à l'invention.

          - Les Fig. 2 et 3 illustrent la réalisation de la fente de ce réservoir qui en constitue les moyens de passage  
10 capillaire.

          - La Fig. 4 est une vue en coupe et partielle correspondant à la zone de la fente capillaire et illustrant plus précisément les revêtements déposés conformément à l'invention.

15           Comme le montre la Fig. 1, le réservoir de la source ionique est constitué par un boîtier 1 de forme parallélépipédique et comportant une cavité intérieure 2 de forme correspondante, ce boîtier étant réalisé en deux parties complémentaires, symétriques, 1a et 1b, assemblées par des moyens de  
20 fixation classiques non représentés, se raccordant suivant un plan de joint P-P constituant le plan de symétrie de l'ensemble.

          Ce boîtier est complété par des moyens de passage capillaire formant partie intégrante avec lui et constitués  
25 par une fente 3 disposée suivant le plan P-P et traversant l'une des parois 4 du boîtier parallélépipédique. Les deux parties de cette paroi 4, appartenant respectivement aux deux éléments de boîtier 1a et 1b, présentent vers l'extérieur des parties en saillie 5a et 5b, dont les faces en regard sont  
30 parallèles de manière à ménager la fente 3, tandis que leurs faces extérieures sont convergentes en faisant chacune avec le plan P-P un angle  $\alpha$  qui doit être inférieur à  $30^\circ$ .

Pour constituer la source ionique, le réservoir 1 est complété par une électrode d'extraction 6 qui est disposée à proximité de la sortie 3a de la fente 3, et qui présente la forme d'une plaque perpendiculaire au plan P-P, et dans laquelle est ménagée une ouverture oblongue 6a s'étendant parallèlement à la sortie 3a de la fente. Il est enfin prévu une source d'énergie électrique 7 dont les bornes sont respectivement raccordées par des conducteurs 7a et 7b au boîtier 1 et à l'électrode 6.

10 Les deux parties 1a et 1b du boîtier sont des pièces métalliques symétriques qui sont réalisées de préférence en molybdène, en acier, en inconel ou en tungstène.

La fente 3 peut être réalisée pour moitié dans chacune des deux parties 1a et 1b, ou bien uniquement dans une seule de ces deux parties. Comme le montrent plus précisément les Fig. 2 et 3, on réalise cette fente 3 ou partie de fente, par exemple, sur l'élément 1b, représenté en perspective, en posant un masque ou plaquette de faible épaisseur, de forme rectangulaire, 9 sur la face intérieure de la partie en saillie 5b de la paroi 4. On dépose alors une fine couche métallique 10, sur toute la tranche de la pièce 1b qui délimite le plan de joint, à l'exception de l'emplacement occupé par le masque 9. Cette couche est prévue sous une épaisseur totale, (c'est-à-dire soit sur une seule des deux pièces 1a et 1b, soit sur les deux suivant que l'on réalise la fente sur une ou deux pièces), égale à celle voulue pour la fente.

On ôte alors le masque 9 qui laisse subsister la couche métallique 10 délimitant sur la partie en saillie 5b la fente ou partie de fente 3.

30 Des expériences en laboratoire, effectuées pour vérifier la qualité de l'émission ionique, ont démontré que pour assurer l'effet capillaire voulu, l'épaisseur de la fente 3 ne doit pas dépasser 0,02 mm.

Comme le montre plus précisément la Fig. 4, le boîtier 1 est muni sur ses deux parties 1a et 1b, d'une part, d'un revêtement intérieur 11 déposé sur toute la surface

intérieure de la cavité 2 et les surfaces en regard de la fente 3, et, d'autre part, d'un revêtement extérieur 12 qui s'étend sur toute la paroi 4 et sur les parties en saillie 5a et 5b de cette dernière et se terminant au niveau de la  
5 sortie 3a de la fente 3 par un congé arrondi 12a.

Comme le montre plus précisément cette figure, c'est à l'extrémité de sortie 3a de la fente 3, qu'apparaîtront les cônes de Taylor 13 d'émission ionique.

Avant que les revêtements 11 et 12 n'aient été appliqués sur les deux parties du boîtier 1, le procédé de  
10 fabrication de ce boîtier a consisté à prévoir un traitement de nettoyage de surface préalable. Ce traitement consiste tout d'abord à polir l'ensemble des surfaces intérieures et extérieures des pièces 1a et 1b, jusqu'à moins de 5 microns,  
15 ce polissage pouvant avantageusement atteindre 2 microns lorsque l'on utilise le caesium comme métal ionisable. On soumet ensuite les surfaces à une vibration par ultrasons dans du chlorothène ou dans du tétra-chlorure de carbone. On les soumet encore à une vibration aux ultrasons dans un mélange eau-savon, à la suite de quoi on procède à deux rinçages  
20 successifs, l'un dans l'eau distillée et l'autre dans l'alcool. Le traitement se termine enfin par un séchage à l'air chaud.

Le revêtement extérieur 12 est constitué par un composé de zirconium et plus particulièrement par un nitrure de  
25 zirconium, qui est déposé par pulvérisation ou pulvérisation réactive. L'épaisseur du dépôt est avantageusement comprise entre 0,1 et 1 micron. Ce revêtement spécial permet d'empêcher la migration du métal ionisable sur les surfaces extérieures du boîtier, une fois qu'il a quitté la sortie 3a de la fente, et  
30 ainsi d'empêcher la création de sites d'émissions parasites. En outre, ce revêtement résiste, dans le cas de l'application à la propulsion ionique, au bombardement électronique et ionique normalement rencontré dans l'espace.

En ce qui concerne le revêtement intérieur 11, celui-ci peut, en fonction des propriétés du métal ionisable utilisé,  
35 être constitué soit par un revêtement d'indium, soit par un



revêtement de platine, de palladium ou de nickel, soit encore par une combinaison des deux.

Pour réaliser ce revêtement qui ne doit être prévu que sur les surfaces intérieures de la cavité 2 et les surfaces de la fente 3, il est nécessaire d'appliquer un masque  
5 sur les surfaces extérieures des pièces 1a et 1b.

Pour appliquer le revêtement d'indium, on installe les pièces dans une chambre à vide et on les chauffe pendant une heure à 400°C sous pression maximale de  $1.10^{-6}$  Torr.

10 Après refroidissement, on soumet les pièces pendant une heure à un bombardement ionique d'argon en utilisant une tension de 400 V et une densité de courant de 0,6 milliampères par cm. A la suite de quoi on laisse les pièces se refroidir jusqu'à 30°C. On entame alors un procédé d'évaporation d'indium sous  
15 une pression de  $2.10^{-6}$  Torr. Lorsqu'une couche fine est déjà obtenue sur les pièces, on retire ces dernières de la chambre à vide et on pose sur chacune d'elles un morceau d'indium pour réintroduire l'ensemble dans la chambre à vide et réchauffer les pièces au-dessus du point de fusion de l'indium  
20 (155°) sous une pression de  $5.10^{-7}$  Torr. On obtient ainsi la formation du revêtement 11 voulu.

Dans le cas de l'application d'un revêtement intérieur 11 de platine, de palladium ou de nickel, cette application s'obtient par sputtering.

25 On dispose ainsi avantageusement d'un réservoir pour source ionique, qui offre un mouillage correct et efficace grâce au choix de son revêtement intérieur 11, tout en empêchant la migration du métal ionisable sur l'extérieur en raison du choix du revêtement extérieur 12.

REVENDEICATIONS

- 1°) - Réservoir pour source ionique à émission de champ, du type comprenant un boîtier métallique (1) à l'intérieur duquel est ménagée une cavité (2) qui est destinée à former réservoir pour un métal, ou un alliage métallique, ionisable, et à l'état liquide, et qui communique avec l'extérieur par des moyens de passage de type capillaire (3) pour l'évacuation de ce métal ou alliage, caractérisé en ce que les surfaces intérieures de la cavité (2) du boîtier (1) et des moyens de passage capillaire (3) sont constituées par un matériau (11) offrant un bon mouillage au métal ou alliage liquide à utiliser, tandis que les surfaces extérieures de ce même boîtier (1) sont constituées, au moins au voisinage de la sortie (3a) des moyens de passage capillaire (3) par un matériau (12) qui n'est pas mouillé par ledit métal ou alliage.
- 2°) - Réservoir selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces extérieures du boîtier (1) sont munies, au moins au voisinage de la sortie (3a) des moyens de passage capillaire (3), d'un revêtement (12) en matériau qui n'est pas mouillé par le métal ou alliage liquide.
- 3°) - Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le matériau (12) qui n'est pas mouillé par le métal ou alliage liquide est constitué par du zirconium ou un composé de celui-ci.
- 4°) - Réservoir selon la revendication 3, caractérisé en ce que le composé de zirconium est un nitrure.
- 5°) - Réservoir selon l'une quelconque des revendications 3 et 4 lorsqu'elles dépendent de la revendication 2, caractérisé en ce que le revêtement (12) de composé de zirconium présente une épaisseur comprise entre 0,1 et 1 micron.
- 6°) - Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le matériau (11) offrant un bon mouillage au métal ionisable est constitué par de l'indium.

7°) - Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le matériau (11) offrant un bon mouillage au métal ionisable est constitué par un métal appartenant au groupe formé par le platine, le palladium et le nickel.

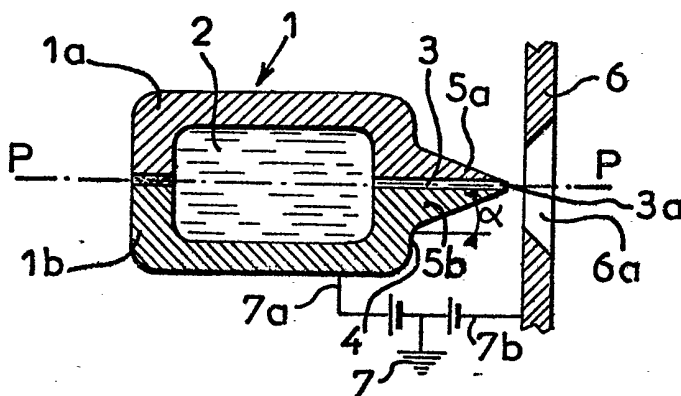
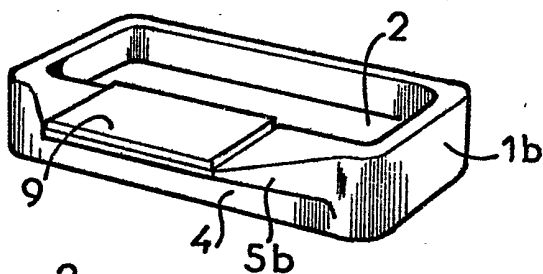
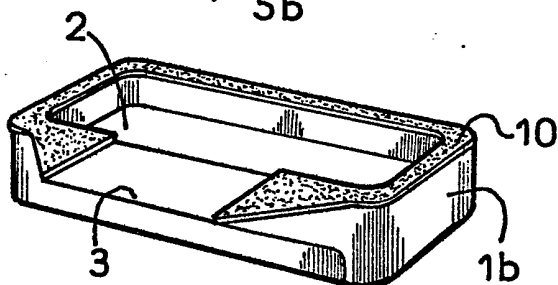
8°) - Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les seules surfaces intérieures du boîtier (1) et des moyens de passage capillaire (3) sont munies d'un revêtement en un matériau (11) offrant un bon mouillage au métal.

9°) - Procédé de fabrication d'un réservoir pour source ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, du type consistant à réaliser un boîtier métallique (1) en deux parties complémentaires (1a, 1b) et à aménager entre ces deux parties les moyens de passage capillaire (3), caractérisé en ce qu'il consiste, avant de déposer un revêtement (11, 12) sur certaines des surfaces du boîtier, à soumettre ces surfaces à un traitement de nettoyage de surface.

10°) - Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement de nettoyage de surface consiste à polir lesdites surfaces à moins de 5 microns, puis à les dégraisser, les soumettre ensuite aux ultrasons dans un milieu de chlorothène, les soumettre encore aux ultrasons dans un milieu eau-savon, puis les rincer dans l'eau distillée, les rincer ensuite dans l'alcool et enfin les sécher au moyen d'air chaud.

11°) - Procédé selon la revendication 9 lorsqu'il permet la fabrication d'un réservoir selon l'une quelconque des revendications 3, 4 et 7, caractérisé en ce que le revêtement (11, 12) est appliqué par pulvérisation.

1/1

FIG.1FIG.2FIG.3FIG.4