

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.01.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.08.13 Bulletin 13/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : UNIVERSITE LYON 1 CLAUDE BERNARD — FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE — FR, ECOLE CENTRALE DE LYON — FR et INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON — FR.

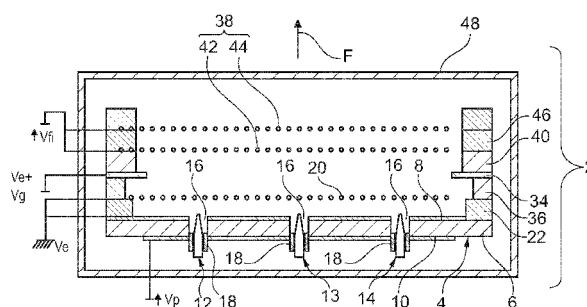
72 Inventeur(s) : SEMET VINCENT.

73 Titulaire(s) : UNIVERSITE LYON 1 CLAUDE BERNARD, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, ECOLE CENTRALE DE LYON, INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON.

74 Mandataire(s) : BREVINNOV.

54 SOURCE D'ELECTRONS A EMISSION DE CHAMP.

57 Cette source d'électrons à émission de champ comporte une pointe (12-14) émettrice d'électrons dont la plus grande largeur de sa section transversale est supérieure à 0,4 mm, la face extérieure de cette pointe étant réalisée dans un matériau composite formé d'une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conductrice la pointe. Les particules de carbone représentent moins de 40% en masse du matériau composite. Les particules de carbone sont des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de graphite et la pointe est entièrement réalisée dans ce matériau composite.



SOURCE D'ÉLECTRONS A ÉMISSION DE CHAMP

[001] L'invention concerne une source d'électrons à émission de champ ainsi qu'un procédé de fabrication de cette source d'électrons. L'invention a également pour objet
5 un spectromètre de masse incorporant cette source d'électrons ainsi qu'une utilisation d'un matériau composite pour la fabrication de cette source d'électrons à émission de champ.

[002] Les sources d'électrons à émission de champ sont également connues sous le terme de « cathode froide ».

10 [003] Des sources d'électrons connues comportent :

- une pointe émettrice d'électrons dont la plus grande largeur de sa section transversale est supérieure à 0,4 mm, la section transversale de cette pointe s'amenuisant de plus en plus au fur et à mesure que l'on se rapproche d'une
15 extrémité distale de la pointe, la face extérieure de cette pointe étant réalisée dans un matériau composite formé d'une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conductrice la pointe ,

- une électrode de polarisation électriquement raccordée à la pointe pour raccorder cette pointe à un premier potentiel,

20 - une électrode extractrice apte à extraire des électrons de la pointe lorsque celle-ci est raccordée à un second potentiel, cette électrode étant isolée électriquement de la pointe par une espace d'au moins 50 μm .

[004] Ici, par matériau isolant on désigne un matériau dont la résistivité est supérieure à 100 ou 200 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ à 25°C. A l'inverse, un matériau est considéré
25 comme conducteur si sa résistivité à 25°C est inférieure à 10 $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ ou 10 $\Omega\cdot\text{cm}$.

[005] Par exemple, une pointe d'une telle source d'électrons a été divulguée dans l'article A1 suivant :

R. Mouton, V. Semet, D. Kilgour, M. D. Brookes, Vu Thien Binh, « *Polymer embedded C nanopearls field emission cathodes for time of flight mass spectrometer* », J. Gac.

30 Sci. Technol. B26(2), mars/avril 2008.

[006] Dans cet article, le matériau composite utilisé est formé d'une matrice en polymère dans laquelle sont incorporées des nanoperles de carbone , déposée sur une pointe métallique. Comme décrit dans cet article, un tel matériau composite permet d'accroître sensiblement la durée de vie de la pointe en particulier dans des
35 vides peu poussés, c'est-à-dire des vides compris entre 10^{-5} et 10^{-4} Torr ou inférieur.

En effet, dans un vide peu poussé, il arrive fréquemment que les électrons émis heurtent une molécule et la ionisent. Cette molécule ionisée est alors attirée par la pointe et vient l'heurter violemment. Ce phénomène est connu sous le terme anglais de « back sputtering » ou rétro bombardement ionique en français. C'est à cause de

40 ce phénomène que les électrodes sont rapidement détruites. C'est ce phénomène qui

a poussé les fabricants de sources d'électrons à émission de champ à travailler dans des vides plus poussés, c'est-à-dire des vides correspondant à des pressions inférieures à 10^{-6} Torr ou 10^{-8} Torr voire à l'ultra-vide (10^{-10} Torr). En effet, dans de tels vides poussés, les molécules ionisables sont beaucoup moins nombreuses ce qui permet de prolonger la durée de vie des pointes. Les pointes peuvent aussi être endommagées par des arcs électriques qui apparaissent entre la pointe et l'électrode extractrice.

[007] Avec ce matériau composite, lorsque les particules de carbone sont détruites en surface du matériau composite, par exemple par rétro bombardement ionique, cela met à jour d'autres particules de carbone qui viennent remplacer les particules de carbone détruites. On dit que la pointe se régénère. C'est cette propriété du matériau composite qui accroît la durée de vie des pointes et les rend aptes à une utilisation dans des vides peu poussés. Pour être utilisée en tant que pointe émettrice d'électrons, la quantité de particules de carbone doit être suffisante pour rendre la pointe conductrice. A cet effet, le matériau composite de l'article A1 comporte plus de 45 % en masse de nanoperoles de carbone. Par ailleurs, plus la quantité de particules de carbone est élevée dans le matériau composite, plus celui-ci devient fragile et cassant. A cause de cela, il n'a pas été possible de réaliser une pointe entièrement dans le matériau composite décrit dans l'article A1 car il était trop fragile pour être monté dans une source d'électrons. Autrement dit, il existe une contradiction technique à résoudre entre :

- la nécessité d'avoir une quantité importante de particules de carbone pour que la pointe soit conductrice, et
- la nécessité d'avoir une faible quantité de particules de carbone pour que la pointe soit suffisamment robuste pour être montée dans une source d'électrons à émission de champ.

[008] On remarquera que cette contradiction n'existe que pour les pointes macroscopiques, c'est-à-dire les pointes présentant une section transversale dont la plus grande largeur est supérieure à 0,3 ou 0,4 mm. En effet, il a aussi été développé en parallèle des micropointes destinées à être utilisées notamment dans des écrans. Ces micropointes sont fabriquées avec les mêmes technologies que celles utilisées en microélectronique et, en particulier, par dépôt et gravure de couches minces. Ainsi, les micropointes, dont le diamètre est généralement inférieur à $10\ \mu\text{m}$, n'ont pas à être manipulées individuellement pour être assemblées dans une source d'électrons. La rigidité n'est donc pas un problème pour la fabrication de ces sources d'électrons.

[009] Dans l'article A1, la contradiction a été résolue de la façon suivante : le matériau composite est déposé sur une pointe métallique pour former un revêtement de cette pointe. Cela permet alors de manipuler simplement la pointe car sa rigidité est assurée par la pointe métallique et donc de la monter à l'intérieur d'une source

d'électrons. De plus, en recouvrant la pointe métallique du revêtement en matériau composite, on conserve la capacité de la pointe à régénérer la pointe.

[0010] Toutefois, un autre problème est apparu. En effet, il a été observé que le revêtement en matériau composite se décolle de la pointe métallique notamment
5 lorsque la pointe est traversée par un courant d'intensité supérieure à 10 μA . De plus, la fabrication et le dépôt de ce revêtement en matériau composite sur la pointe métallique est complexe.

[0011] L'invention vise à proposer une source d'électrons à émission de champ présentant les mêmes avantages que celle décrite dans l'article A1 sans pour autant
10 en présenter les inconvénients.

[0012] Elle a donc pour objet une source d'électrons à émission de champ dans laquelle :

- les particules de carbone représentent moins de 40% en masse du matériau composite,
- 15 - les particules de carbone sont des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m^2/g ou de poudre de graphite, et
- la pointe est entièrement réalisée dans ce matériau composite.

[0013] En utilisant des particules de noir de carbone ou de poudre de graphite en tant que particules de carbone, il est possible à la fois de rendre la pointe conductrice
20 tout en incorporant moins de 40 % en masse de particules de carbone dans la matrice. En effet, les nanoperles de carbone présentent une surface spécifique inférieure à 50 m^2/g ce qui explique qu'il en faut une grande quantité pour rendre la pointe conductrice. A l'inverse, les particules de noir de carbone utilisées ici présentent une surface spécifique supérieure à 150 m^2/g ce qui permet de rendre la
25 matrice conductrice avec beaucoup moins de particules de carbone. La poudre de graphite permet également de rendre conductrice la matrice avec beaucoup moins de particules de carbone. Dans le cas du graphite, cela semble s'expliquer par une meilleure conductivité électrique des particules de graphite ainsi que par leur forme qui facilite l'apparition de chemin de conduction dans la matrice.

[0014] Dès lors, le matériau composite présente une rigidité suffisante pour que la
30 pointe puisse être réalisée entièrement dans ce matériau composite. De cette manière le problème de décollement du revêtement en matériau composite est éliminé et la durée de vie de la pointe est accrue.

[0015] Enfin, l'utilisation de particules de noir de carbone ou de poudre de graphite
35 permet de simplifier la fabrication de la source d'électrons car ces particules sont particulièrement simples à obtenir.

[0016] Les modes de réalisation de cette source d'électrons peuvent comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le rayon de courbure de l'extrémité distale est supérieur à 1 μm ;
- 40 ■ la source comporte un circuit imprimé comprenant :

- une couche isolante en matériau présentant une rigidité diélectrique supérieure à 3 MV/m,
 - des couches de métallisation supérieure et inférieure disposées, respectivement, au-dessus et en dessous de la couche isolante, ces couches de métallisation supérieure et inférieure formant respectivement les électrodes extractrice et de polarisation,
 - au moins un trou traversant de part en part la couche isolante et les couches de métallisation, et
 - la pointe est insérée à l'intérieur du trou et maintenue sans aucun degré de liberté dans ce trou ;
- la source comporte un tube conducteur à l'intérieur duquel est reçue la pointe, ce tube étant fixé sans aucun degré de liberté au circuit imprimé et prolongeant le trou au-delà de la couche de métallisation inférieure, ce tube ayant une longueur supérieure ou égale à deux fois la plus grande largeur de la section transversale de la pointe ;
 - la source comporte :
 - une bague extérieure présentant un évidement central la traversant de part en part le long d'un axe central parallèle à la direction d'émission des électrons,
 - une bague intérieure comportant :
 - un anneau reçu à coulissement à l'intérieur de l'évidement, et
 - une collerette s'étendant transversalement et reposant sur une face d'appui de la bague extérieure,
 - au moins une grille conductrice déposée parallèlement à l'électrode extractrice et au-dessus de cette électrode extractrice dans la direction d'émission des électrons, la périphérie de cette grille étant coincée mécaniquement entre la collerette et la face d'appui de la bague extérieure.
- [0017] Ces modes de réalisations de la source d'électrons présentent en outre les avantages suivants :
- avoir un rayon de courbure supérieur à 1 μm permet d'avoir un plus grand nombre de particules de carbone possédant localement un rayon de courbure inférieur au micron, ce qui diminue l'intensité du courant traversant chacune de ces particules de carbone ;
 - l'utilisation d'un circuit imprimé conventionnel ou en céramique facilite la fabrication de la source d'électrons qui peut comporter un grand nombre de pointes intégrées dans le même dispositif;
 - l'utilisation d'un tube conducteur facilite l'insertion et le maintien de la pointe dans le trou du circuit imprimé ;

– l'utilisation d'un empilement d'une bague extérieure et d'une bague intérieure permet de fixer une grille conductrice pour remplir les fonctions de grille extractrice ou de filtre en énergie sans utiliser de matériau adhésif susceptible de relâcher des gaz dans l'enceinte sous vide.

5 [0018] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication de la source d'électrons à émission de champ ci-dessus. Ce procédé comporte une phase de fabrication d'une pointe émettrice d'électrons dont la plus grande largeur de sa section transversale est supérieure à 0,4 mm, la section transversale de cette pointe s'amenuisant de plus en plus au fur et à mesure que l'on se rapproche d'une
10 extrémité distale de la pointe, la face extérieure de cette pointe étant réalisée dans un matériau composite formé d'une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conductrice la pointe, cette phase comportant :

15 - le mélange d'un matériau électriquement isolant avec les particules de carbone, les particules de carbone étant des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de graphite, et
- le moulage ou l'extrusion de ce mélange pour former cette pointe en un seul bloc de la même matière.

20 [0019] Les modes de réalisation de ce procédé de fabrication peuvent comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

■ la phase de fabrication de la pointe émettrice comprend également l'affûtage de cette pointe ;

■ la phase de fabrication de la pointe émettrice comporte également :

25 - la fourniture d'un circuit imprimé comprenant :

- une couche isolante en matériau présentant une rigidité diélectrique supérieure à 3 MV/m,

- des couches de métallisation supérieure et inférieure disposées, respectivement, au-dessus et en dessous de la couche isolante, ces couches de métallisation
30 supérieure et inférieure formant respectivement les électrodes extractrice et de polarisation,

- au moins un trou traversant de part en part la couche isolante et les couches de métallisation, et

- l'insertion de la pointe dans le trou.

35 [0020] L'invention a également pour objet un spectromètre de masse comportant la source d'électrons ci-dessus.

[0021] Enfin, l'invention a également pour objet l'utilisation d'un matériau composite pour la fabrication d'une pointe émettrice d'électrons de la source d'électrons ci-dessus, ce matériau comprenant une matrice en matériau électriquement isolant à

l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conducteur ce matériau composite, dans lequel les particules de carbone sont des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de graphite.

5 [0022] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

– la figure 1 est une illustration schématique et en coupe d'une source d'électrons à émission de champ ;

10 – les figures 2 et 3 sont des illustrations schématiques et en coupe de détails de la source d'électrons de la figure 1 ;

– la figure 4 est une illustration schématique d'une particule de noir de carbone ;

– la figure 5 est un organigramme d'un procédé de fabrication de la source d'électrons de la figure 1 ;

15 – la figure 6 est une illustration schématique d'un spectromètre de masse incorporant la source d'électrons de la figure 1, et

– la figure 7 est une illustration schématique d'un autre mode de réalisation de la source d'électrons de la figure 1.

[0023] Dans ces figures, les mêmes références sont utilisées pour désigner les
20 mêmes éléments.

[0024] Dans la suite de cette description, les caractéristiques et fonctions bien connues de l'homme du métier ne sont pas décrites en détail.

[0025] La figure 1 représente une source 2 d'électrons à émission de champ. Cette source 2 émet un faisceau d'électrons le long d'une direction verticale F d'émission.

25 Dans cette description, les termes « supérieur », « inférieur », « au-dessus » et « dessous » sont définis par rapport à cette direction F.

[0026] La source 2 comprend un circuit imprimé 4 formé d'une couche isolante 6 sur les faces supérieure et inférieure de laquelle des couches électriquement conductrices 8 et 10 par exemple métalliques sont déposées. Ce circuit imprimé n'est
30 pas nécessairement plan, mais peut être sur deux faces opposées d'un circuit 3D de type MID (Molded Interconnect Device). Ici, les couches 8 et 10 sont directement déposées sur la couche 6. Les couches du circuit imprimé 4 s'étendent parallèlement à un plan horizontal. La couche 8 disposée sur la face supérieure remplit la fonction d'électrode extractrice. Elle est donc appelée par la suite « électrode extractrice ». La
35 couche 10 de métallisation déposée sur la face inférieure permet d'appliquer un potentiel sur des pointes d'émission d'électrons. Elle est appelée par la suite « électrode de polarisation ».

[0027] Sur cette figure, pour simplifier l'illustration, seules trois pointes 12 à 14 sont représentées. Toutefois, de préférence, le nombre de pointes est supérieur à quatre
40 ou dix.

[0028] Le circuit imprimé 4 est également traversé de part en part par des trous verticaux 16 destinés à recevoir chacun une des pointes 12 à 14.

[0029] Les électrodes extractrice 8 et de polarisation 10 s'étendent autour de chacun des trous 16 pour amener des potentiels respectifs au bord de ces trous. A cet effet, les électrodes extractrice et de polarisation sont réalisées dans un matériau très bon conducteur, c'est-à-dire dont la résistivité est inférieure à 10 Ω .cm. Par exemple, ces électrodes sont réalisées en métal tel que du cuivre.

[0030] L'épaisseur des électrodes 8 et 10 est typiquement supérieure à 20 nm et, de préférence, supérieure à 100 nm de manière à supporter sans destruction un courant continu d'intensité supérieure à 1 μ A et, de préférence supérieure à 100 μ A. Ici, les électrodes 8 et 10 ont la forme d'une pastille circulaire uniquement traversées par les trous 16. Le diamètre de l'électrode extractrice 8 est supérieur ou égal à 5 mm et, de préférence, supérieur à 1 cm. Ici, le diamètre de l'électrode extractrice 8 est égal à 1,4 cm.

[0031] Les électrodes 8 et 10 sont raccordées électriquement à des potentiels, respectivement, V_e et V_p , afin d'initier à l'apex de la pointe le champ électrostatique nécessaire à l'émission d'électrons, à partir de cette pointe, par émission de champ. La différence de potentiel δV_{ep} entre les potentiels V_e et V_p est supérieure ou égale à 500 Vdc et, typiquement, supérieure ou égale à 1 500 ou 2 000 Vdc. La différence de potentiel δV_{ep} est inférieure à 6 kVdc et, de préférence, inférieure ou égale à 3 kVdc.

[0032] Ici, l'électrode extractrice 8 est raccordée à la masse et l'électrode 10 de polarisation est raccordée à un potentiel négatif de -1 500 Vdc lors du fonctionnement de la source 2.

[0033] La couche isolante 6 est réalisée dans un matériau présentant une rigidité diélectrique importante, c'est-à-dire supérieure ou égale à 1 MV/m et, de préférence, supérieure ou égale à 3 MV/m ou 10 MV/m.

[0034] La couche isolante 6 est également épaisse pour empêcher l'apparition d'arcs électriques entre les électrodes 8 et 10. L'épaisseur le long de la direction F de la couche 6 est supérieure à 1 mm et, de préférence, supérieure à 4 ou 5 mm.

[0035] Dans le cas d'une utilisation de la source 2 dans un spectromètre de masse, le circuit imprimé 6 est réalisé dans un matériau non poreux pour éviter que ce matériau ne relâche des particules gazeuses à l'intérieur de l'enceinte. Par exemple, la couche 6 est alors réalisée en résine époxyde compatible avec le vide ou en céramique usinable ou en PEEK (polyether ethercétone).

[0036] Les trous 16 ont un diamètre intérieur constant. Ce diamètre est supérieur ou égal à 0,5 mm et, de préférence, supérieur ou égal à 0,8 ou 0,9 mm. Ils s'étendent verticalement et traversent les couches 8 et 10.

[0037] Chaque trou 16 se prolonge du côté de l'électrode 10 par un tube 18 de guidage.

[0038] Une extrémité supérieure de ce tube 18 est fixée à l'intérieur du trou 16. Par exemple, l'extrémité supérieure du tube 18 est insérée en force à l'intérieur du trou 16 sur au plus 1/4 ou 1/5^{ème} de la hauteur verticale du trou 16. Ici, chaque tube 18 est fixé à l'intérieur du trou par insertion en force ou par collage. La connexion électrique de ce tube 18 à l'électrode 10 est réalisée à l'aide d'une colle conductrice ou par soudage, ou encore par le dépôt d'une couche métallique.

[0039] La longueur du tube 18 dans la direction verticale est au moins deux fois et, de préférence, au moins quatre fois supérieure au diamètre du trou 16 ou des pointes 12 à 14 qu'il guide. A défaut de précision supplémentaire, dans cette description, par « diamètre » d'une pointe on désigne son plus grand diamètre horizontal. Ici, la longueur du tube 18 est supérieure à 3 mm et, de préférence, supérieure à 4 ou 5 mm.

[0040] Le diamètre intérieur D_t du tube est choisi en fonction du diamètre D_a de la pointe. Ici, le diamètre D_t est compris entre $D_a - 20 \mu\text{m}$ et $D_a + 100 \mu\text{m}$.

[0041] De préférence, le tube 18 est réalisé en métal.

[0042] Une grille extractrice 20 s'étend horizontalement au-dessus de l'électrode 8. Elle permet de créer une zone de potentiel uniforme avec l'électrode extractrice 8. L'apex des pointes 12 à 14 est située dans cette zone de potentiel uniforme. Cela permet de diminuer la quantité d'électrons qui vont être captés par l'électrode 8 et de diminuer la différence de potentiel δV_{ep} qui permet l'émission du courant par émission de champ.

[0043] La plus grande largeur des mailles de cette grille est inférieure à 150 μm et, de préférence, inférieure à 20 μm pour assurer une bonne homogénéité du champ électrique. Les mailles sont les espaces vides susceptibles d'être traversés par les électrons émis par les pointes.

[0044] Les mailles sont délimitées par des fils fins conducteurs. La transmission de cette grille 20 est supérieure à 80 % et, de préférence, supérieure à 88 %. La transmission est le rapport du cumul des surfaces des mailles sur la surface totale de la grille.

[0045] Lorsque des fils sont utilisés pour former la grille, ils peuvent être en or, en nickel ou en cuivre. La grille 20 peut aussi être formée par une membrane en carbone perforée. Ces membranes sont par exemple fabriquées selon le procédé de Holley Carbon ou Lacey Carbon.

[0046] La grille 20 est espacée de l'électrode 8 par une distance minimum d_{eg} . La distance d_{eg} est supérieure à 10 μm et, de préférence, supérieure ou égale à 0,5 mm.

[0047] De préférence, la grille 20 est fixée au-dessus de l'électrode 8 sans utiliser de colle ou d'autres matériaux adhésifs tels qu'un point de soudure. En effet, ces matériaux adhésifs sont généralement susceptibles de libérer des gaz qui faussent la mesure d'un spectromètre de masse.

[0048] Pour éviter ce problème, comme représenté plus en détail sur la figure 2, une bague extérieure isolante 22 d'épaisseur c_g est déposée sur le pourtour de l'électrode extractrice 8. L'évidement au centre de cette bague 22 permet de ne pas occulter les pointes 12 à 14.

5 [0049] La grille 20 est déposée sur une face supérieure 24 de cette bague 22 et recouvre la totalité de l'évidement central. Ici, la périphérie de la grille 20 recouvre également en partie, ici la majorité, de la face supérieure 24 de la bague 22. Une bague intérieure 26 est insérée à l'intérieur de la bague 22. Cette bague 26 présente un anneau 28 qui s'étend verticalement à l'intérieur de la bague 22. De préférence, le
10 diamètre extérieur de cet anneau 28 est égal au diamètre intérieur de la bague 22 à plus ou moins 50 μm .

[0050] La bague 26 présente également une collerette 30 qui s'étend horizontalement vers l'extérieur. Cette collerette 30 repose en grande partie sur la face supérieure 24 de la bague 22.

15 [0051] La périphérie de la grille 20 est coincée entre la collerette 30 et la face supérieure 24 d'appui. Cela permet de maintenir, et à la fois de tendre, la grille 20 en position assemblée.

[0052] La hauteur h_g entre l'extrémité inférieure de l'anneau 28 et le début de la collerette 30 ainsi que l'épaisseur c_g de la bague 22 sont choisies pour placer la grille
20 20 à la distance d_{eg} souhaitée.

[0053] Une lentille focalisatrice 34 est disposée au-dessus de la grille extractrice 20. Cette lentille 34 permet de focaliser les électrons émis vers un point en aval dans la direction d'émission F. Ici, la lentille 34 est formée d'au moins un anneau en matériau conducteur d'une épaisseur e_f . L'épaisseur e_f est supérieure au quart et, de
25 préférence, supérieure au tiers du diamètre de l'électrode extractrice 8. Ici, l'épaisseur e_f est supérieure ou égale à 3 ou 4 mm.

[0054] La lentille 34 est située 2 à 3 mm au-dessus de la grille 20. A cet effet, elle repose sur une bague 36 en matériau isolant dont l'épaisseur, dans la direction verticale, est de 2 à 3 mm. Le potentiel de la lentille 34 est égal à celui de la grille 20
30 auquel est ajoutée une différence δV_f de potentiel. C'est la valeur de cette différence δV_f de potentiels qui détermine la position du point focal de la lentille 34.

[0055] Un filtre 38 d'énergie d'électrons est disposé au-dessus de la lentille 34. Ce filtre permet de ne laisser passer que les électrons ayant une énergie inférieure à un seuil prédéterminé S_1 . Par exemple, ce seuil S_1 peut être fixé à 70 V si l'on souhaite
35 ioniser des molécules par arrachement d'électrons. Par contre, ce seuil S_1 est fixé à quelques volts typiquement 1 V, si l'on souhaite ioniser des molécules par attachement d'électrons à la molécule.

[0056] Le filtre 38 comprend au moins une grille conductrice électriquement raccordée à un potentiel V_{fi} . Le potentiel V_{fi} est pris égal au seuil S_1 . Le filtre 38 est

espacé de la lentille 34 par une distance supérieure à 4 mm à l'aide d'une bague annulaire 40 en matériau isolant.

[0057] Ici, le filtre 38 comprend deux grilles 42 et 44. Ces grilles 42 et 44 sont espacées l'une de l'autre d'un millimètre par une cale annulaire 46 en matériau conducteur. Ces grilles 42 et 44 sont par exemple identiques à la grille 20 précédemment décrite. De préférence, les grilles 42 et 44 sont fixées et tendues à l'aide de bagues extérieures et intérieures de façon similaire à ce qui a été décrit en référence à la figure 2.

[0058] L'ensemble des éléments ci-dessus est logé à l'intérieur d'une enceinte 48 étanche dans laquelle règne un vide inférieur à 10^{-4} Torr ($10^{-4} \times 133,32$ Pa) et, de préférence, inférieur ou égal à 10^{-5} Torr ($10^{-5} \times 133,32$ Pa). Toutefois, contrairement à d'autres sources d'électrons, il n'est pas nécessaire d'avoir un vide poussé, c'est-à-dire un vide correspondant à une pression inférieure à 10^{-6} Torr voire 10^{-8} Torr.

[0059] Les pointes 12 à 14 sont par exemple identiques, ainsi seule la pointe 12 est décrite ici en détail en référence à la figure 3. La pointe 12 présente une base cylindrique 50 dont la section transversale est constante puis la section transversale va en s'amenuisant au fur et à mesure que l'on avance dans la direction F vers l'apex. La partie de la pointe dans laquelle sa section transversale s'amenuise définit ici une surface conique 52. Par exemple, dans ce mode de réalisation, la base 50 a une section circulaire. Le diamètre de la base est compris entre 0,4 mm et 2 mm pour faciliter la fabrication de la pointe et sa manipulation lors de l'assemblage de la source 2. La base 50 s'étend parallèlement à la direction F à l'intérieur du tube 18. Ici, le diamètre de la base 50 est légèrement supérieur au diamètre intérieur D_t du tube 18 de guidage. Ainsi, la pointe 12 est fixée sans aucun degré de liberté au circuit imprimé 4 par insertion en force de cette pointe à l'intérieur du tube 18. Par exemple, le diamètre D_a de la pointe est égal au diamètre D_t du tube + 10 μm .

[0060] La pointe 12 est suffisamment pointue pour initier un champ électrostatique entraînant les électrons selon la direction F. Cette pointe permet donc de focaliser les électrons dans la direction d'émission. Elle permet, également, grâce à l'effet de pointe, d'abaisser la différence de potentiel δV_{ep} requise pour émettre une même quantité d'électrons.

[0061] Dans ce mode de réalisation, la section transversale de la pointe 12 décroît continûment à partir de la base 50 jusqu'à une extrémité distale 54 au-delà de laquelle la pointe 12 s'arrête.

[0062] Le rayon de courbure R_c de l'extrémité distale est inférieur au rayon de la base 50 et, de préférence, inférieur à $1/10^{\text{ème}}$ du rayon de cette base 50. Par exemple, le rayon de courbure de l'extrémité distale 54 est inférieur à 400 μm et, avantageusement, inférieur à 100 μm .

[0063] Typiquement, le rayon de courbure R_c est également supérieur à 1 μm et, de préférence, supérieur à 10 μm . En effet, un rayon de courbure R_c trop faible conduit à

diminuer le nombre de particules de carbone exposées à l'extérieur au niveau de cette extrémité distale 54, ce qui accroît l'intensité du courant traversant chaque particule de carbone pour atteindre un courant émis total fixé par l'utilisateur. On peut également noter que chaque particule en surface de l'apex de la pointe contribuant à l'émission d'électrons se comporte localement comme une micropointe permettant malgré l'augmentation globale du rayon de courbure de la pointe de conserver une tension d'émission raisonnable.

[0064] Ainsi l'extrémité 54 est située à une distance suffisamment proche de l'électrode 8 et de la grille 20 pour qu'une différence de potentiel δV_{ep} inférieur à 6 kVdc et, de préférence, inférieur ou égal à 2,5 kVdc ou 3 kVdc soit suffisante pour provoquer l'émission d'électrons. A cet effet, la pointe 12 est positionnée de telle sorte que la hauteur h_p entre l'extrémité 54 et le plan de l'électrode 8 soit comprise entre 0 et 500 μm et, de préférence, entre 0 et 100 μm . Dans ce mode de réalisation, l'extrémité 54 est donc soit affleurante avec l'électrode 8, soit dépasse, dans la direction F cette électrode 8.

[0065] La pointe 12 doit également être éloignée d'une distance d_g minimum de l'électrode 8. Cette distance d_g est la distance la plus courte entre la surface extérieure de la pointe 12 et l'électrode 8. En effet, si la pointe 12 est trop proche de l'électrode 8, alors des arcs électriques peuvent apparaître entre cette électrode et la pointe 12.

[0066] Ici, étant donné que la différence de potentiel δV_{ep} est supérieure à 300 Vdc et typiquement supérieure à 1 500 Vdc, la distance d_g est choisie supérieure à 50 μm et, de préférence, supérieure à 100 ou 300 μm .

[0067] De même, l'extrémité 54 doit également être éloignée d'une distance minimum d_e de la grille extractrice 20. Ici cette distance d_e est choisie de la même façon que ce qui a été expliqué pour la distance d_g .

[0068] La pointe 12 est entièrement réalisée dans un matériau composite. Ici, ce matériau composite comprend seulement une matrice isolante à l'intérieur de laquelle sont réparties de façon aléatoire des particules de carbone. La matrice permet de retenir les particules de carbone dans la pointe 52 sans présenter les inconvénients des matériaux conducteurs. En effet, les pointes en matériau conducteur comme par exemple des matrices métalliques présentent l'inconvénient de s'échauffer rapidement, entraînant la destruction de l'apex de la pointe. Cette déformation conduit à augmenter le rayon de courbure R_c de la pointe, ce qui diminue son efficacité pour émettre des électrons. Ainsi, ici, la matrice est réalisée dans un matériau présentant une résistivité électrique supérieure à 100 ou 200 $\text{M}\Omega\cdot\text{m}$.

[0069] Par exemple, la matrice est réalisée en polymère. Le polymère est par exemple un plastique tel que l'acétate de cellulose ou une résine époxyde ou encore du PDMS . Dans le cas d'une résine époxyde, celle-ci peut être celle connue sous le

nom de « Torr-seal ». La matrice peut également être réalisée dans d'autres matériaux isolants comme le verre ou une céramique.

[0070] Les particules de carbone sont incorporées dans la matrice pour que la pointe soit conductrice. A cet effet, le seuil de percolation doit être dépassé. Pour
5 cela, les particules de carbone représentent généralement au moins 5 % et, de préférence, au moins 10 % de la masse de la pointe 12. Avantageusement, les particules de carbone représentent moins de 40 % et, de préférence, moins de 30 ou 20 % de la masse de la pointe 12. Dans ce mode de réalisation, les particules de carbone représentent 15 % de la masse de la pointe 12.

10 [0071] Ici, les particules de carbone sont des particules de noir de carbone connu sous le terme anglais de « carbon black » obtenu par la décomposition thermique ou combustion incomplète de composés organiques telles que l'acétylène par exemple. Il s'agit donc de particules sphériques, une particule étant formée par une accumulation de feuillets de graphite de quelques nm pour former une sphère. Ces
15 sphères forment des chaînes ou des agrégats de particules. Une telle particule de carbone est schématiquement représentée sur la figure 4. Dans cette figure 4, les feuillets de graphite portent la référence 60. La particule de noir de carbone n'a cependant pas une structure cristalline. Le noir de carbone est constitué à plus de 95% en masse et, de préférence à plus de 98% en masse, de carbone élémentaire.
20 Le noir de carbone est produit industriellement en condition contrôlées.

[0072] On distingue principalement deux classes de noir de carbone, les noirs de carbone obtenus par décomposition thermique en absence d'oxygène (ou encore pyrolyse) de composés hydrocarbonés, et ceux obtenus par combustion incomplète de composés hydrocarbonés.

25 [0073] Dans la première catégorie on distingue deux types de synthèse, le noir « thermique » obtenu par décomposition pyrolytique de gaz naturel permettant d'obtenir des particules dont le diamètre varie entre 150 et 500 nm, et le noir d'acétylène, la pyrolyse de l'acétylène conduisant à la synthèse de nanoparticules plus petites avec un diamètre compris entre 70 et 150 nm.

30 Dans la deuxième classe de noir de carbone obtenu par combustion, on distingue le noir de fumée obtenu à partir de la combustion d'hydrocarbures de goudron (diamètre compris entre 50 et 100 nm), le noir de tunnel (connu sous le terme anglais de « channel black ») résultant de la combustion de gaz naturel (diamètre compris entre 10 et 30 nm), et le noir de fourneau (« furnace black » en anglais) résultant
35 également de la combustion de gaz naturel dans un four (diamètre compris entre 50 à 100 nm).

[0074] Le diamètre des particules de noir de carbone est donc généralement compris entre 10 nm et 1 μm et, communément, entre 100 nm et 400 nm.

[0075] La surface spécifique du noir de carbone utilisé ici est supérieure à 150 m^2/g
40 et, de préférence, supérieure à 200 m^2/g . La surface spécifique du noir de carbone

est par exemple déterminée par adsorption d'azote en relation avec sa pression à la température d'ébullition de l'azote liquide et sous une pression atmosphérique normale. Les informations sont interprétées selon le modèle de Brunauer, Emmett et Teller (méthode BET). Par exemple, l'instrument utilisé à cet effet est le Gemini 2375 de Micromeritics®.

[0076] En effet, en dessous de ce seuil, la quantité de noir de carbone nécessaire pour que la résistivité de la pointe tombe en dessous de quelques 30 $\Omega.m$ devient très importante. Or, une quantité importante de noir de carbone dans la pointe la rend fragile et cassante de sorte que celle-ci ne peut pas être manipulée sans être détériorée lors de son montage dans la source 2.

[0077] Par exemple, le noir de carbone utilisé est celui vendu sous la référence commerciale XC72-Vulcan par la société Cabot®. Ce noir de carbone présente une surface spécifique supérieure à 232 m^2/g et il est mélangé à la matrice pour représenter 15 % de la masse du matériau composite ainsi obtenu.

[0078] La fabrication de la source d'électrons va maintenant être décrite plus en détail en référence au procédé de la figure 5.

[0079] Ce procédé débute par une phase 70 de fabrication des pointes 12 à 14. Lors d'une étape 72, les particules de carbone sont mélangées à la matrice. Par exemple, 15 % de noir de carbone est mélangé avec de l'acétate de cellulose. De l'acétone est également introduit dans ce mélange pour le liquéfier.

[0080] Ensuite, lors d'une étape 74, ce mélange est moulé pour former la pointe. Plus précisément, le mélange est coulé dans un moule dessinant, en creux, le volume de la pointe. Ce moule peut être microstructuré afin de former des micropointes à la surface de la pointe moulée.

[0081] Lors d'une étape 76, on procède à la solidification du mélange. Dans le cas de l'acétate de cellulose, le polymère est dissous dans un solvant puis chauffée à une température de 80 °C jusqu'à ce que la polymérisation se produise. La solidification de la matrice est obtenue également par évaporation d'un solvant. Si la matrice est un polymère thermodurcissable, lors de l'étape 76 le polymère est chauffé et après moulage, polymérisé de façon irréversible. Dans le cas de polymère à deux composants un premier composant est mélangé avec les particules de carbone, un durcisseur étant ajouté afin d'activer la polymérisation.

[0082] Ceci sera par exemple le cas si la matrice est par exemple du PDMS pour polydiméthylsiloxane

[0083] Si la matrice est un verre tel qu'un xerogel, la solidification de la matrice consiste à gélifier puis à sécher ce gel. Dans ce cas, le mélange contenant les particules de carbone est obtenu en appliquant le procédé sol-gel.

[0084] La matrice peut également être une céramique. Dans ce cas, la solidification est obtenue en chauffant le mélange ou par frittage.

[0085] Si nécessaire, après l'étape 76, lors d'une étape 78, la pointe est affûtée. Par exemple, l'affûtage est réalisé à l'aide d'un polissage mécanique ou par taille électrolytique.

[0086] Enfin, également si nécessaire, l'étape 78 peut être suivie d'une étape 80 d'activation de la pointe 12. L'activation de la pointe 12 consiste à enlever une éventuelle couche de la matrice qui recouvre les particules de carbone au niveau de la pointe 52. Ainsi, des particules de carbone affleurent directement à l'extérieur au niveau de cette pointe 52 et plus particulièrement au niveau de son extrémité 54. L'activation peut être réalisée à l'aide d'une attaque électrochimique ou par un traitement chimique ou encore par traitement plasma ou laser.

[0087] Une fois la phase 70 terminée, lors d'une étape 82, on procède à la fourniture du circuit imprimé 4 et à l'assemblage des pointes sur ce circuit imprimé 4. Par exemple, les pointes 12 à 14 fabriquées sont insérées en force dans les tubes 18 ou collées à l'aide d'une colle électriquement conductrice compatible avec le vide à l'intérieur de ces tubes 18. Ensuite, lors d'une étape 84, la grille extractrice 20 est fixée au-dessus de l'électrode extractrice 8. Pour cela, la grille 20 est disposée sur la face supérieure 24 de la bague extérieure 22 puis la bague intérieure 26 est insérée à l'intérieur de la bague 22 jusqu'à ce que la collerette 30 vienne en appui sur la face 24 et coince ainsi la grille 20.

[0088] Une fois l'assemblage de la grille 20 terminé, on procède lors d'une étape 86, à l'assemblage de la lentille focalisatrice 34.

[0089] Lors d'une étape 88, le filtre 38 est assemblé sur la lentille focalisatrice 34 de façon similaire à ce qui a été décrit pour la grille 20.

[0090] Enfin, lors d'une étape 90, les différentes pièces précédemment assemblées sont introduites à l'intérieur de l'enceinte 48 puis refermée hermétiquement. Le vide est créé à l'intérieur de cette enceinte 48. Les matériaux utilisés rendent la source d'électrons compatible avec des vides pouvant atteindre 10^{-10} torr. Son utilisation est pleinement compatible avec le vide à l'intérieur de l'enceinte 48 qui est alors comprise entre 10^{-6} Torr et 10^{-4} Torr.

[0091] La figure 6 représente schématiquement un spectromètre de masse 100. Par exemple le spectromètre 100 est un spectromètre de masse à temps de vol plus connu sous l'acronyme TOF-MS (Time Of Flight Mass Spectrometers). Ce spectromètre 100 comporte notamment un dispositif 102 pour accélérer les molécules ionisées et mesurer leur temps de vol. Dans ce mode de réalisation, le spectromètre 100 comprend également la source 2 d'électrons à émission de champ. Les électrons émis par la source 2 étant utilisés ici pour ioniser les molécules accélérées par le dispositif 102.

[0092] La figure 7 représente un détail d'une source 110 d'électrons à émission de champ. La source 110 est identique à la source 2 sauf que le tube 18 est omis et le trou 16 est remplacé par un trou 112. Le trou 112 est formé d'un alésage traversant

114 étroit suivi d'un évasement 116 en allant dans la direction F. Le diamètre intérieur de l'alésage 114 est inférieur à celui de la base de la pointe 12 de manière à ce que la pointe 12 soit insérée en force à l'intérieur de cet alésage 114. L'évasement 116 est réalisé dans la face supérieure du circuit imprimé 4 et permet d'isoler
5 électriquement la pointe 12 de l'électrode extractrice 8. A cet effet, cet évasement s'étend en augmentant, du diamètre intérieur de l'alésage 114 vers un diamètre extérieur supérieur d'au moins 50 μm à celui du diamètre intérieur de l'alésage 114. Ici, l'évasement 116 est formé par un alésage de diamètre supérieur à celui de l'alésage 114.

10 [0093] De plus, dans ce mode de réalisation, la pointe 12 est remplacée par une pointe 118. La pointe 118 est identique à la pointe 12 sauf que les particules de carbone sont des particules d'une poudre de graphite. Dans ce cas, chaque particule a une organisation cristalline. Plus précisément, dans ce cas, la particule est formée par la superposition les uns au-dessus des autres de plusieurs feuillets de graphite
15 nommés graphènes. Typiquement, il s'agit de graphite hexagonal ou de graphite rhomboédrique. La surface spécifique des particules de poudre de carbone est généralement comprise entre 10 et 100 m^2/g . La conductivité électrique du graphite est supérieure à 800 ou 1000 S/cm.

[0094] De nombreux autres modes de réalisation sont possibles.

20 [0095] Par exemple, l'électrode 8 peut également être polarisée à un potentiel de +1500 V tandis que l'électrode 10 est reliée à la masse afin d'initier un champ similaire à celui précédemment décrit à l'apex de la pointe.

[0096] Les couches de métallisation formant les électrodes 8 et 10 peuvent être structurées ou pleines. Lorsqu'elles sont structurées, elles sont gravées pour former
25 des pistes conductrices électriquement isolées les unes des autres et entourant la périphérie de chaque trou 16.

[0097] En variante, l'électrode 10 est remplacée par un fil conducteur raccordant l'extrémité inférieure de chaque pointe 12 à 14 au potentiel V_p .

[0098] Une autre méthode consiste à utiliser un circuit imprimé métallisé initialement
30 sur une seule face cette face constituant l'électrode extractrice. Dans ce cas l'électrode 10 n'est réalisée qu'après l'insertion des pointes par métallisation sous vide par exemple assurant le contact des pointes avec l'électrode ainsi formée sans utilisation de colle conductrice ou de soudure.

[0099] La grille émettrice 20 peut être omise. Dans ce cas, la hauteur h_p de l'extrémité 54 par rapport à l'électrode 8 est comprise entre -500 μm et +500 μm et, de préférence, entre -100 μm et +100 μm .

[0100] L'électrode 10 peut aussi être réalisée dans un matériau résistif présentant une résistivité supérieure à 1 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ et inférieure à 200 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$. L'électrode de polarisation forme alors une résistance Ballast qui limite l'intensité du courant qui

traverse la pointe en cas d'arc électrique entre cette pointe et l'électrode extractrice ou la grille extractrice.

5 [00101] La pointe peut être maintenue dans le tube 18 par d'autres moyens qu'une insertion en force. Par exemple, la pointe est collée à l'intérieur du tube 18 grâce à une colle électriquement conductrice.

[00102] Les trous 16 ne sont pas nécessairement perpendiculaires au plan des électrodes 8 et 10. Le circuit imprimé n'est pas forcément plan, mais peut être constitué de deux surfaces conductrices disposé sur un substrat isolant de forme quelconque c'est à dire de type MID.

10 [00103] La lentille focalisatrice 34 peut être omise ou réalisée différemment. Par exemple, la lentille focalisatrice peut être remplacée par une lentille de Einzel.

[00104] Le filtre 38 peut être omis ou réalisé différemment. Par exemple, le filtre 38 peut ne comporter qu'une seule grille conductrice ou au contraire plus de deux grilles conductrices.

15 [00105] D'autres procédés de fabrication des pointes sont possibles. Par exemple, dans une variante, les étapes 74 et 76 sont remplacées, respectivement, par des étapes 120 et 122. Lors de l'étape 120, le mélange est durci puis lors de l'étape 122 le mélange est extrudé dans une extrudeuse de manière à former le corps de la pointe. Dans ce mode de réalisation, l'affûtage, lors de l'étape 78 est généralement
20 nécessaire.

[00106] Le moule permettant la fabrication de la pointe peut être microstructuré, permettant de répliquer à la surface de la pointe après moulage un ensemble de micropointes. La taille de la pointe dans ce mode de réalisation n'est alors pas nécessaire.

25 [00107] La façon de fixer une grille au-dessus de l'électrode extractrice 8 décrite en référence à la figure 2 peut être mise en œuvre indépendamment de l'utilisation des pointes 12 à 14. Ainsi, cette façon de fixer la grille peut être utilisée dans d'autres sources d'électrons que celles décrites ici.

REVENDEICATIONS

1. Source d'électrons à émission de champ, cette source comportant :
 - une pointe (12-14) émettrice d'électrons dont la plus grande largeur de sa section
5 transversale est supérieure à 0,4 mm, la section transversale de cette pointe s'amenuisant de plus en plus au fur et à mesure que l'on se rapproche d'une extrémité distale de la pointe, la face extérieure de cette pointe étant réalisée dans un matériau composite formé d'une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des
10 particules de carbone pour rendre électriquement conductrice la pointe ,
 - une électrode (10) de polarisation électriquement raccordée à la pointe pour raccorder cette pointe à un premier potentiel,
 - une électrode extractrice (8) apte à extraire des électrons de la pointe lorsque celle-ci est raccordée à un second potentiel, cette électrode étant isolée électriquement de
15 la pointe par une espace d'au moins 50 µm, caractérisée en ce que :
 - les particules de carbone représentent moins de 40% en masse du matériau composite,
 - les particules de carbone sont des particules de noir de carbone présentant une
20 surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de graphite, et
 - la pointe (52) est entièrement réalisée dans ce matériau composite.

2. Source selon la revendication 1, dans laquelle le rayon de courbure de l'extrémité distale est supérieur à 1 µm.
25

3. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la source comporte un circuit imprimé (4) comprenant :
 - une couche isolante (6) en matériau présentant une rigidité diélectrique supérieure à 3 MV/m,
 - 30 - des couches (8, 10) de métallisation supérieure et inférieure disposées, respectivement, au-dessus et en dessous de la couche isolante, ces couches de métallisation supérieure et inférieure formant respectivement les électrodes extractrice et de polarisation,
 - au moins un trou (16) traversant de part en part la couche isolante et les couches de
35 métallisation, et
 - la pointe (12-14) est insérée à l'intérieur du trou et maintenue sans aucun degré de liberté dans ce trou.

4. Source selon la revendication 3, dans laquelle la source comporte un tube conducteur (18) à l'intérieur duquel est reçue la pointe, ce tube étant fixé sans aucun degré de liberté au circuit imprimé et prolongeant le trou (16) au-delà de la couche (10) de métallisation inférieure, ce tube ayant une longueur supérieure ou égale à
- 5 deux fois la plus grande largeur de la section transversale de la pointe.
5. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la source comporte :
- une bague extérieure (22) présentant un évidement central la traversant de part en
 - 10 part le long d'un axe central parallèle à la direction d'émission des électrons,
 - une bague intérieure (26) comportant :
 - un anneau (28) reçu à coulissement à l'intérieur de l'évidement, et
 - une collerette (30) s'étendant transversalement et reposant sur une face (24)
 - d'appui de la bague extérieure,
 - 15 - au moins une grille conductrice (20) déposée parallèlement à l'électrode extractrice et au-dessus de cette électrode extractrice dans la direction d'émission des électrons, la périphérie de cette grille étant coincée mécaniquement entre la collerette et la face d'appui de la bague extérieure.
- 20 6. Procédé de fabrication d'une source d'électrons conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ce procédé comporte une phase (70) de fabrication d'une pointe émettrice d'électrons dont la plus grande largeur de sa section transversale est supérieure à 0,4 mm, la section transversale de cette pointe s'amenuisant de plus en plus au fur et à mesure que l'on se rapproche d'une
- 25 extrémité distale de la pointe, la face extérieure de cette pointe étant réalisée dans un matériau composite formé d'une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conductrice la pointe, caractérisé en ce que cette phase comporte :
- 30 - le mélange (72) d'un matériau électriquement isolant avec les particules de carbone, les particules de carbone étant des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de graphite, et
 - le moulage (74) ou l'extrusion (122) de ce mélange pour former cette pointe en
 - 35 un seul bloc de la même matière.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la phase de fabrication de la pointe émettrice comprend également l'affûtage (78) de cette pointe.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 7, dans lequel la phase de fabrication de la pointe émettrice comporte également :

- la fourniture (82) d'un circuit imprimé comprenant :

- 5 • une couche isolante en matériau présentant une rigidité diélectrique supérieure à 3 MV/m,
 - des couches de métallisation supérieure et inférieure disposées, respectivement, au-dessus et en dessous de la couche isolante, ces couches de métallisation supérieure et inférieure formant respectivement les électrodes
 - 10 extractrice et de polarisation,
 - au moins un trou traversant de part en part la couche isolante et les couches de métallisation, et
- l'insertion (82) de la pointe dans le trou.

15 9. Spectromètre de masse, caractérisé en ce qu'il comporte une source (2 ; 110) d'électrons conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5.

10. Utilisation d'un matériau composite pour la fabrication d'une pointe émettrice d'électrons d'une source d'électrons conforme à l'une quelconque des revendications

- 20 1 à 5, ce matériau comprenant une matrice en matériau électriquement isolant à l'intérieur de laquelle et à la surface de laquelle sont réparties aléatoirement des particules de carbone pour rendre électriquement conducteur ce matériau composite, caractérisé en ce que les particules de carbone sont des particules de noir de carbone présentant une surface spécifique de plus de 150 m²/g ou de poudre de
- 25 graphite.

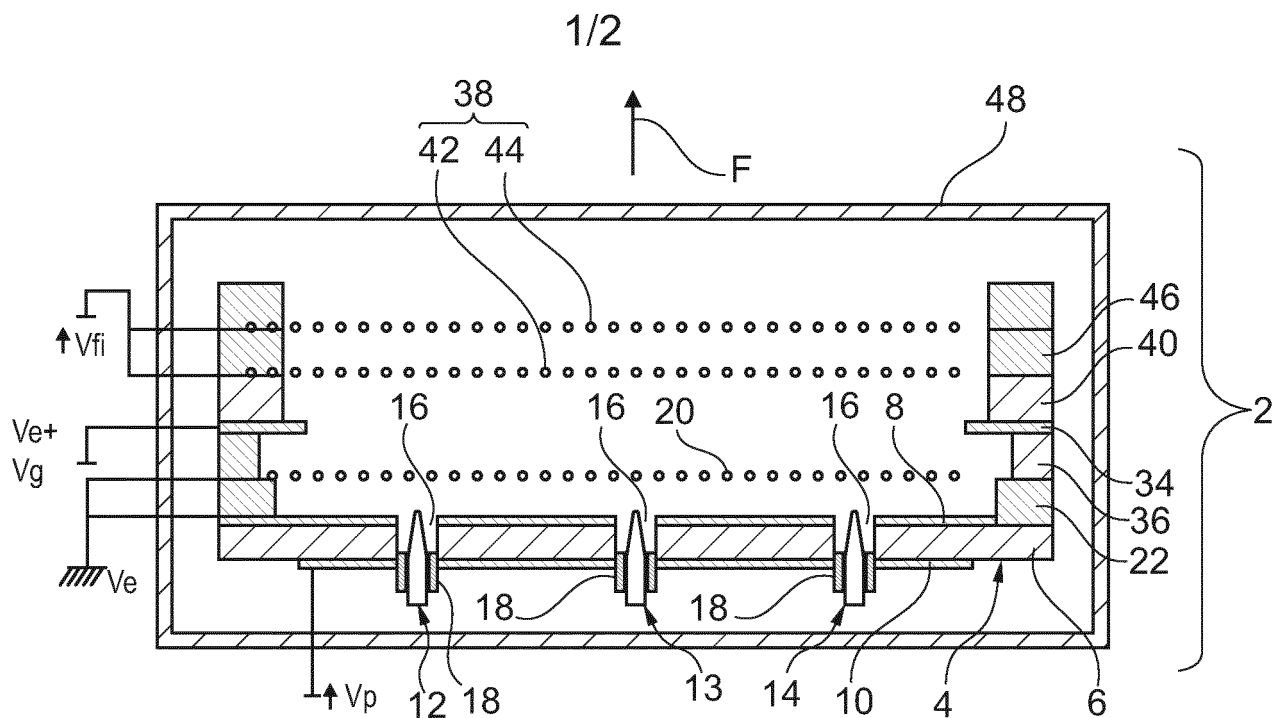


Fig. 1

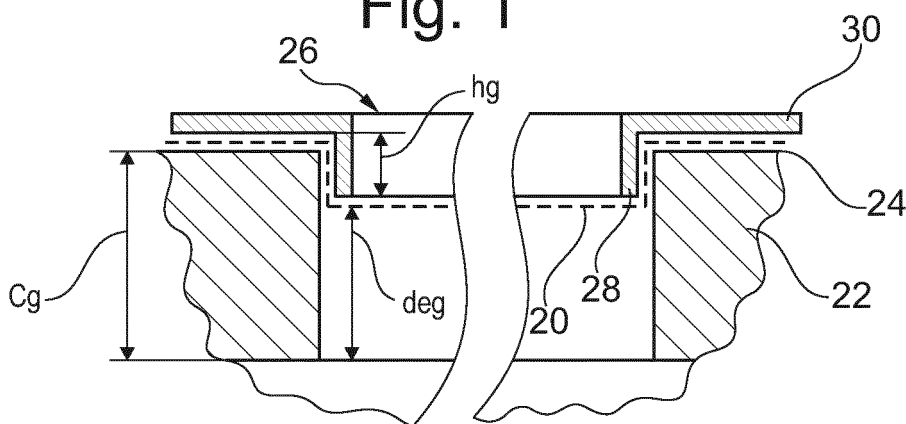


Fig. 2

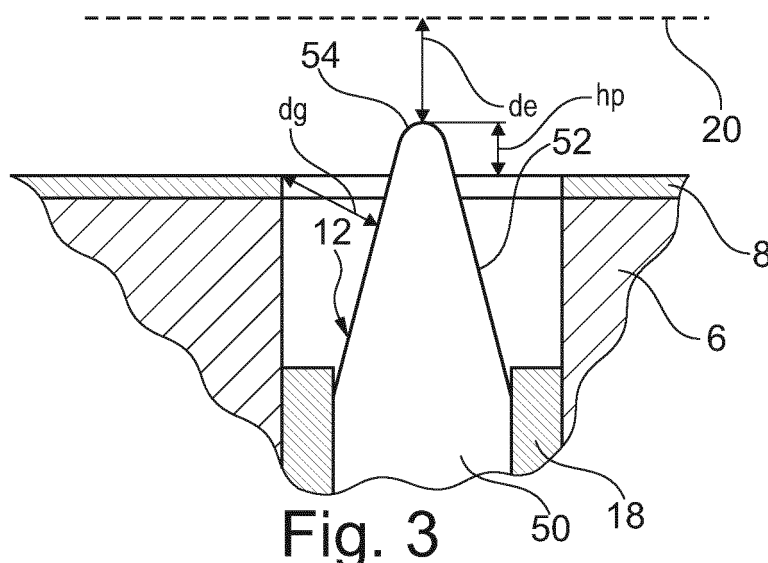


Fig. 3

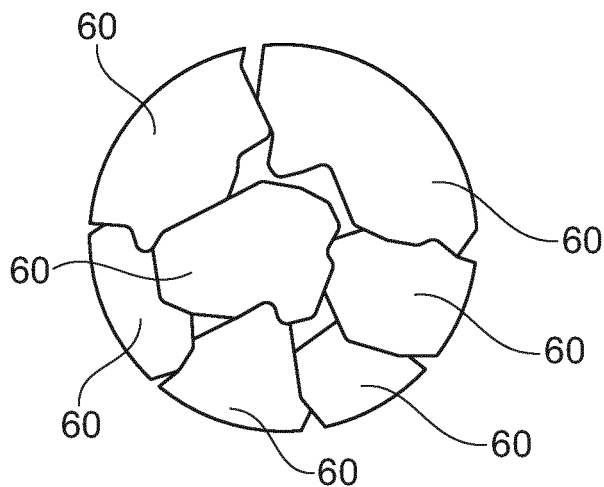


Fig. 4

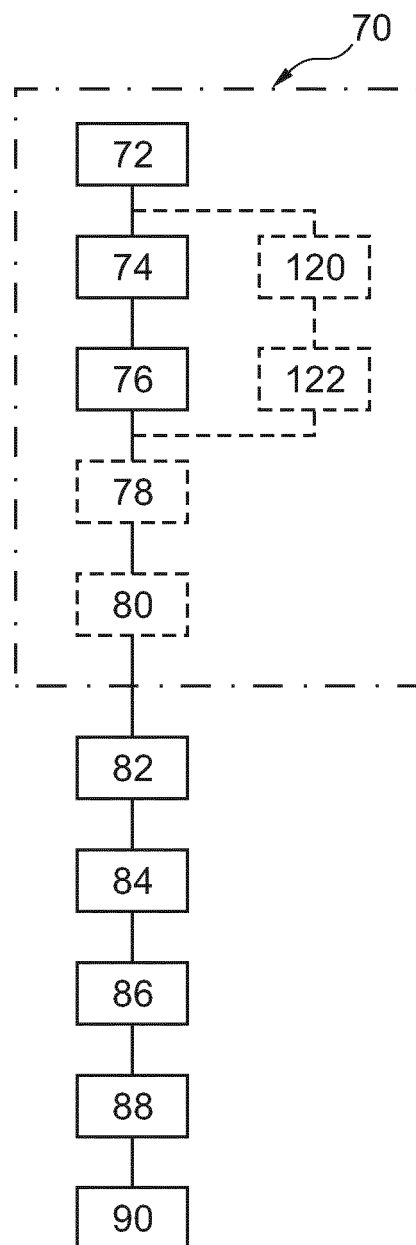


Fig. 5

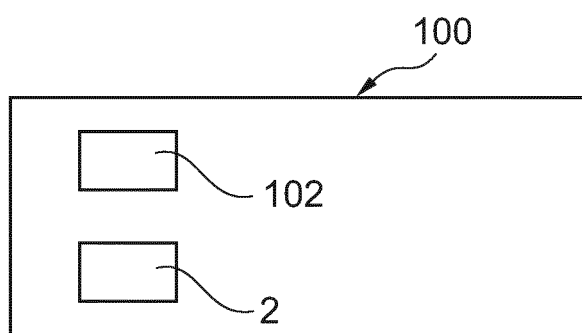


Fig. 6

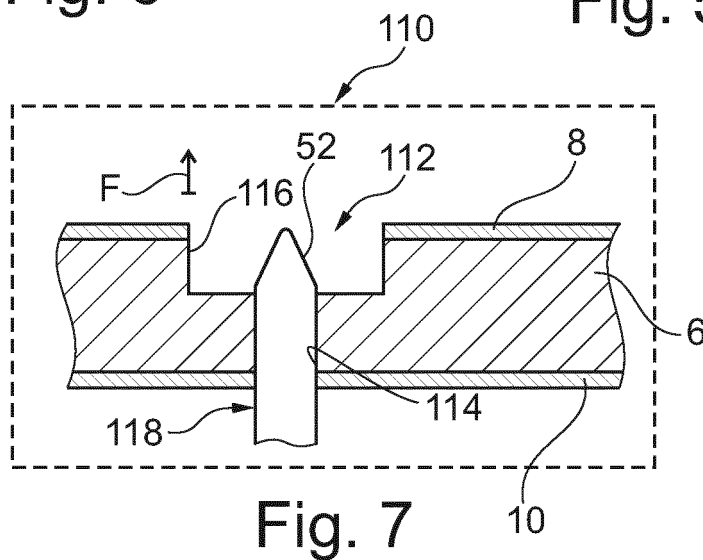


Fig. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 761985
FR 1250811

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A,D	MOUTON R ET AL: "Polymer embedded C nanoparticles field emission cathodes for time of flight mass spectrometers", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B, AVS / AIP, MELVILLE, NEW YORK, NY, US, vol. 26, no. 2, 1 avril 2008 (2008-04-01), pages 755-759, XP012114189, ISSN: 1071-1023, DOI: 10.1116/1.2805247 * page 755 - page 757; figures 1-7 *	1-10	H01J1/304 H01J9/02
A	US 6 565 403 B1 (AMEY JR DANIEL IRWIN [US] ET AL) 20 mai 2003 (2003-05-20) * abrégé * * colonne 11 * * revendications 1, 2, 11, 13 *	1-10	
A	US 4 324 999 A (WOLFE JOHN E) 13 avril 1982 (1982-04-13) * le document en entier *	1-10	
A	US 6 097 139 A (TUCK RICHARD ALLAN [GB] ET AL) 1 août 2000 (2000-08-01) * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01J
A	US 6 537 122 B1 (AMEY JR DANIEL IRWIN [US] ET AL) 25 mars 2003 (2003-03-25) * le document en entier *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 octobre 2012		Loiseleur, Pierre	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1250811 FA 761985**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 15-10-2012

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6565403	B1	20-05-2003	CN 1281585 A	24-01-2001
			EP 1040501 A1	04-10-2000
			JP 2002509338 A	26-03-2002
			KR 100550485 B1	09-02-2006
			TW 418417 B	11-01-2001
			US 6565403 B1	20-05-2003
			WO 9931700 A1	24-06-1999

US 4324999	A	13-04-1982	AUCUN	

US 6097139	A	01-08-2000	AU 6626096 A	05-03-1997
			CA 2227322 A1	20-02-1997
			CN 1192288 A	02-09-1998
			DE 69607356 D1	27-04-2000
			DE 69607356 T2	07-12-2000
			EP 0842526 A1	20-05-1998
			ES 2146890 T3	16-08-2000
			GB 2304989 A	26-03-1997
			JP H11510307 A	07-09-1999
			US 6097139 A	01-08-2000
			WO 9706549 A1	20-02-1997

US 6537122	B1	25-03-2003	CN 1281586 A	24-01-2001
			DE 69805333 D1	13-06-2002
			DE 69805333 T2	28-11-2002
			EP 1040503 A1	04-10-2000
			JP 2002509340 A	26-03-2002
			TW 423005 B	21-02-2001
			US 6537122 B1	25-03-2003
WO 9931702 A1	24-06-1999			
