

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 856 868 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
05.08.1998 Bulletin 1998/32

(51) Int Cl.⁶: **H01J 9/02, H01J 1/30**

(21) Numéro de dépôt: **98201095.1**

(22) Date de dépôt: **24.04.1995**

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT

(30) Priorité: **25.04.1994 FR 9404948**
22.11.1994 FR 9413972

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
95400910.6 / 0 689 222

(71) Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE**
ATOMIQUE
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Meyer, Robert**
38330 Saint Nazaire Les Eymes (FR)

• **Vaudaine, Pierre**
38100 Seyssins (FR)
• **Rambaud, Philippe**
38640 Claix (FR)

(74) Mandataire: **Dubois-Chabert, Guy et al**
c/o BREVATOME
25, rue de Ponthieu
75008 Paris (FR)

Remarques:

Cette demande a été déposée le 07 - 04 - 1998
comme demande divisionnaire de la demande
mentionnée sous le code INID 62.

(54) **Procédé de réalisation de sources d'électrons à micropointes et source d'électrons à micropointes obtenue par ce procédé**

(57) Source d'électrons à micropointes comportant un système de conducteurs cathodiques (8), de grilles (10a) superposées avec un isolant intermédiaire (23) et de micropointes (18) déposées dans des trous (16) pratiqués dans les grilles et l'isolant, les grilles étant géométriquement comprises entre un plan inférieur (I) et un plan supérieur (S), les micropointes comportant respectivement au moins deux parties :

- une première partie (20) de forme tronconique, de hauteur H, et constituée d'un premier matériau conducteur,
- une deuxième partie (22), constituant une pointe conique déposée sur la première partie et étant constituée d'un second matériau conducteur,

le premier et le second matériau étant choisis de façon à ce que le second matériau soit apte à être affiné par une gravure sélective par rapport au premier matériau.

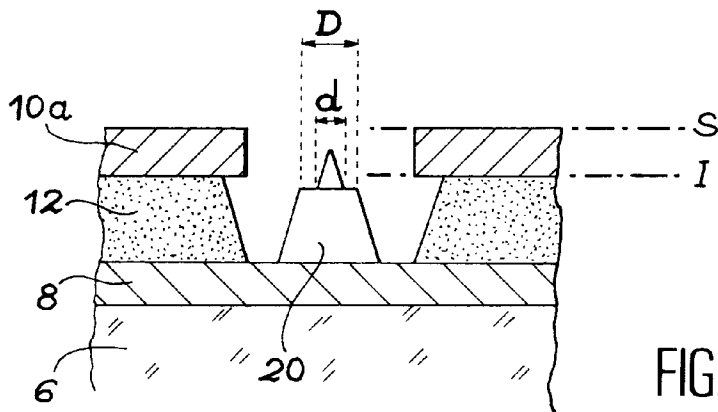


FIG. 8b

EP 0 856 868 A2

Description

La présente invention se rapporte d'une manière générale aux systèmes cathodiques émissifs utilisant l'émission électronique par effet de champ tels que par exemple ceux des écrans plats matriciels utilisés pour l'affichage d'images ; elle se rapporte de façon plus précise, à un procédé permettant d'améliorer les caractéristiques des cathodes à micropointes et leur uniformité sur de grandes surfaces.

Un tel système émissif à micropointes et son procédé de fabrication sont décrits en détail par exemple dans le document FR-A-2 593 953 du 24/01/1986. On commencera d'abord par rappeler la technique connue de fabrication de telles micropointes dans une structure de ce genre, telle qu'elle ressort du document précité en se référant aux figures 1, 2 et 3 ci-jointes.

La figure 1 montre une structure déjà élaborée, comprenant sur un substrat 6 surmonté d'un isolant 7, un système de conducteurs cathodiques 8 et de grilles 10a superposées sous forme croisée avec un isolant intermédiaire 12 et une couche par exemple de nickel 23 déposée en surface pour servir de masque lors des opérations de réalisation des micropointes. Cette couche 23 de nickel, les grilles 10a et l'isolant 12 sont percés de trous 16, dans le fond desquels il s'agit de venir déposer les futures micropointes constituées d'un métal conducteur en liaison électrique avec l'électrode cathodique 8.

Pour la réalisation des micropointes, on s'y prend de la façon suivante, en se référant à la figure 2. On commence d'abord par effectuer par exemple le dépôt d'une couche en molybdène 18a sur l'ensemble de la structure. Cette couche 18a présente une épaisseur environ de 1,8 µm. Elle est déposée sous incidence normale par rapport à la surface de la structure ; cette technique de dépôt permet d'obtenir des cônes 18 en molybdène logés dans les trous 16 ayant une hauteur de 1,2 à 1,5 µm. On réalise ensuite la dissolution sélective de la couche de nickel 23 par un procédé électrochimique de façon à dégager, comme représenté sur la figure 3, les grilles par exemple en niobium 10a perforées et à faire apparaître les micropointes 18 émettrices d'électrons.

A quelques variantes technologiques près, la méthode connue ainsi décrite en se référant aux figures 1, 2 et 3 est toujours celle que l'on applique jusqu'à ce jour pour réaliser les micropointes des systèmes à cathode émissive.

Malheureusement, les micropointes ainsi obtenues présentent certains défauts. ces défauts proviennent d'abord du fait que la méthode précédente permet difficilement l'obtention de micropointes dont la forme soit reproductible d'une pointe à l'autre et/ou d'une cathode à l'autre, surtout sur de grandes surfaces lors d'une production en série. Ils proviennent également du fait que, d'autre part, les micropointes obtenues sont loin d'avoir toujours la forme conique parfaite que l'on a représen-

tée sous la référence 18 sur les figures 2 et 3. Le plus souvent en effet, elles ont des inégalités de forme et une majorité a un rayon de courbure beaucoup trop élevé, ce qui leur donne un profil en dôme tel qu'on peut le voir sur la figure 4. Ce profil en dôme diminue notamment leur émissivité d'une façon considérable, c'est-à-dire la densité de courant émise pour une tension grille micropointe déterminée.

D'autre part, la réalisation de la cathode nécessite au moins une étape de photolithographie intervenant après la réalisation des pointes notamment pour la définition des bandes conductrices formant les grilles. Cette étape crée des risques de pollution importants sur les pointes (résidus organiques, traces de nettoyage,...).

Or, l'émissivité d'une pointe varie de façon exponentielle avec la forme de la pointe et son état de surface.

Dans ces conditions, seule une faible proportion des micropointes assure le courant électronique du système ; de ce fait, l'effet de moyenne joue mal et l'émission n'est pas uniforme sur l'ensemble de la cathode.

Selon la demande de brevet EP -434330, il est connu de faire une attaque des pointes après leur fabrication de façon à affiner leur rayon de courbure. Mais ce procédé marche mal pour des cathodes de grandes surfaces.

Exposé de l'invention

La présente invention a précisément pour objet un procédé de réalisation de sources d'électrons à micropointes qui permet à la fois d'uniformiser l'état de surface et d'affiner la géométrie des micropointes.

Ce procédé permet ainsi en réduisant fortement les dispersions de caractéristiques d'une pointe à l'autre et d'une source à l'autre de pallier aux inconvénients précédents et de rendre plus facile la production de cathodes à micropointes ayant des caractéristiques uniformes et reproductibles, ainsi qu'un haut niveau d'émission.

De façon plus précise, la présente invention a pour objet un procédé de réalisation d'une source d'électrons à micropointes comportant un système de conducteurs cathodiques, de grilles superposées avec un isolant intermédiaire, et de micropointes, les grilles étant géométriquement comprises entre un plan inférieur et un plan supérieur, caractérisé en ce que l'on soumet les micropointes à :

- une première étape de nettoyage,

puis à :

- une étape d'affinage par gravure superficielle

En d'autres termes, après la fabrication des micropointes, telle qu'elle est expliquée par exemple dans le

document FR-A-2 593 953, l'invention propose de réaliser, dans un premier temps une première étape de nettoyage qui permet d'uniformiser l'état de surface et, dans un deuxième temps, une étape d'affinage qui consiste en une gravure complémentaire pour donner aux micropointes un profil aussi proche que possible de l'idéal souhaité, c'est-à-dire avec un rayon de courbure aussi faible que possible (inférieur à quelques dizaines de nanomètres).

En pratique, cette optimisation consiste en la recherche, pour les micropointes, d'un profil se rapprochant le plus possible d'un cône à pointe effilée, autrement dit en la recherche d'un effet de pointes augmenté pour garantir une amplitude importante du champ électrique.

Avantageusement, on fait suivre l'étape d'affinage d'une deuxième étape de nettoyage, consistant en un nettoyage chimique humide.

De préférence, la première étape de nettoyage comporte une première sous-étape de nettoyage chimique humide et une deuxième sous-étape de nettoyage par un plasma, par exemple par plasma O₂.

Conformément à l'invention, l'étape d'affinage par gravure superficielle peut être réalisée par l'une quelconque des méthodes connues qui sont en particulier l'attaque chimique ou électrochimique contrôlée, l'attaque par gravure ionique réactive et l'attaque par bombardement ionique.

Selon une caractéristique de mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, l'attaque superficielle des micropointes est effectuée sur une épaisseur de quelques dizaines à quelques milliers d'Angströms.

L'un des avantages du procédé objet de la présente invention, est qu'il s'applique au traitement de très grandes surfaces émissives, telles qu'on en rencontre précisément dans les écrans plats d'affichage. Le procédé permet ainsi de corriger très simplement la forme approximative des micropointes obtenues jusqu'à ce jour et, en supprimant les dispersions de caractéristiques d'émission d'une pointe à l'autre, de permettre un niveau d'émission électronique très élevé et nettement accru par rapport à ceux de l'art antérieur, et donc de permettre la réduction de la tension d'alimentation nécessaire entre les grilles et les conducteurs cathodiques pour extraire les électrons.

En somme, le principe de l'invention consiste à choisir une méthode de réalisation des micropointes qui donne pour celles-ci une forme approximative (plus facile à réaliser sur de grandes surfaces et moins coûteuse) puis à nettoyer les micropointes et enfin à améliorer et homogénéiser leur rayon de courbure à l'aide, en particulier, d'une gravure ionique réactive ou d'autres méthodes de gravures chimiques ou électrochimiques.

L'invention est de mise en oeuvre particulièrement intéressante lorsque les micropointes sont réalisées respectivement en au moins deux parties :

- une première partie servant de base, de forme sen-

siblement tronconique, et étant constituée d'un premier matériau conducteur, choisi de telle façon qu'il ne soit pas ou très peu attaqué par l'étape d'affinage,

- 5 - une deuxième partie constituant la pointe proprement dite et étant déposée sur la première partie, cette deuxième partie étant constituée d'un second matériau conducteur choisi de telle façon à ce qu'il soit attaqué par l'étape d'affinage.

On englobe également, dans le terme "matériau conducteur", les matériaux semi-conducteurs.

De préférence, la première partie (base) est de hauteur telle que son sommet est à peu près au même niveau que le plan inférieur de la grille.

- 10 15 L'intérêt de mettre en oeuvre l'invention dans ce cas particulier est le suivant.

Lorsque les micropointes sont constituées d'un matériau unique, sensible à l'étape d'affinage, le temps d'affinage doit être contrôlé : s'il est trop important, le sommet de la pointe peut rapidement se trouver en-dessous du plan inférieur de la grille, ce qui est très défavorable à l'émission électronique. S'il est trop faible, le rayon de courbure n'est pas optimum et l'effet recherché par l'affinage n'est pas atteint.

Au contraire, lorsque les micropointes sont constituées de deux parties, comme décrit ci-dessus, le temps d'affinage doit être suffisant pour obtenir le rayon de courbure optimum de la pointe, mais s'il est plus long, le sommet de la pointe reste toujours au-dessus du plan inférieur de la grille puisqu'il repose sur le matériau non attaqué ou peu attaqué.

Selon un exemple de réalisation, la première partie est en niobium (Nb), la deuxième partie est en molybdène, ou en chrome, ou en silicium, ou en fer, ou en nickel.

L'invention a également pour objet une source d'électrons à micropointes comportant un système de conducteurs cathodiques, de grilles superposées avec un isolant intermédiaire et de micropointes déposées dans des trous pratiqués dans les grilles et l'isolant, les grilles étant géométriquement comprises entre un plan inférieur et un plan supérieur, caractérisée en ce que les micropointes comportent respectivement au moins deux parties :

- une première partie de forme tronconique, de hauteur H, et constituée d'un premier matériau conducteur,
- 50 - une deuxième partie, constituant une pointe conique déposée sur la première partie et étant constituée d'un second matériau conducteur, le premier et le second matériaux étant choisis de façon à ce que le second matériau soit apte à être affiné par une gravure sélective par rapport au premier matériau, cette gravure étant du type attaque chimique ou électrochimique contrôlée, gravure ionique réactive ou bombardement ionique.

De préférence, la hauteur H est telle que le sommet de la première partie soit sensiblement au niveau du plan inférieur des grilles.

L'invention s'applique ainsi à des sources dans lesquelles les micropointes ne sont pas déposées directement sur les conducteurs cathodiques mais par exemple sur une couche résistive intercalée entre les micropointes et les conducteurs cathodiques.

Brève description des figures

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation, donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1 à 3 illustrent différentes étapes de formation de micropointes, selon un procédé connu de l'art antérieur,
- la figure 4 représente schématiquement la forme des micropointes obtenues par un procédé connu,
- la figure 5 représente schématiquement le profil en cône idéal souhaité,
- les figures 6a et 6b illustrent l'émissivité des micropointes d'une part avant et après traitement d'affinage et d'autre part avant et après la seconde étape de nettoyage,
- les figures 7a, 7b et 7c montrent schématiquement les formes obtenues pour une micropointe en un seul métal, dans le cas d'un affinage respectivement trop poussé, insuffisant et optimal,
- les figures 8a à 8c illustrent le procédé d'affinage pour une micropointe en deux parties.

Exemple détaillé de modes de réalisation

Les étapes du procédé selon l'invention complètent les procédés connus de formation de cathodes à micropointes émettrices d'électrons. Un tel procédé est décrit par exemple dans le document FR-A-2 593 953 (Brevet américain correspondant : US-A-4 857 161). De façon résumée il comporte les étapes suivantes :

- dépôt par pulvérisation cathodique sur le substrat 6, d'une couche d'oxyde de silicium 7 (voir figure 1), d'environ 100 nm,
- dépôt par pulvérisation cathodique, sur la couche 7, d'une première couche conductrice en oxyde d'indium dans laquelle seront réalisées les conducteurs cathodiques 8 (épaisseur environ 160 nm),
- gravure de la première couche conductrice pour former des premières bandes conductrices parallèles ou conducteurs cathodiques 8,
- dépôt chimique en phase vapeur (à partir des gaz de silane, phosphine, oxygène) d'une seconde couche isolante d'oxyde de silicium d'épaisseur environ

1 μ m (12),

- dépôt, par évaporation sous vide, sur la couche d'oxyde de silicium, d'une troisième couche, conductrice, dans laquelle seront formées les grilles 10a (niobium, épaisseur environ 0,4 μ m),
- ouverture de trous 16 (diamètre environ 1,3 μ m) dans la troisième couche conductrice, par gravure ionique réactive (GIR) en utilisant un plasma de SF₆, et dans la seconde couche 12 par gravure ionique réactive dans un plasma de CHF₃ ou par attaque chimique dans une solution d'acide fluorhydrique et de fluorure d'ammonium.
- dépôt d'une couche de nickel 23 (figure 2) par évaporation sous vide, sous incidence rasante par rapport à la surface de la structure. L'angle α formé entre l'axe d'évaporation et la surface de la couche 10a est voisin de 15°. La couche de nickel présente une épaisseur d'environ 150 nm,
- formation des micropointes par un procédé décrit dans l'introduction de la présente demande, en liaison avec les figures 2 et 3,
- gravure de la troisième couche pour former des deuxièmes bandes conductrices parallèles aux grilles.

Selon l'invention, ces étapes sont suivies d'abord par une étape de nettoyage qui a pour fonction d'uniformiser l'état de surface avant toute autre étape. Cette étape de nettoyage peut comprendre deux sous-étapes :

- un nettoyage chimique humide dans un bain de lessive (TFD4 à 10% dans de l'eau), à 60°C, assisté par ultrasons, le tout pendant une durée de 5 minutes environ,
- un nettoyage par gravure ionique réactive dans un plasma d'oxygène, par exemple à l'aide d'un équipement vendu dans le commerce sous l'appellation NEXTRAL 550.

Cette dernière opération qui dure une dizaine de minutes environ est faite par exemple avec une puissance de 250 Watts, une pression du plasma de 100 millitorrs et un débit de 100 cm³/mn.

L'étape de nettoyage est suivie d'une étape d'affinage ou gravure des pointes, par exemple pour des pointes en molybdène par gravure ionique réactive dans un plasma SF₆ (même équipement que celui mentionné ci-dessus). Cette étape permet l'élimination d'une couche d'oxyde de molybdène qui peut s'être formée au moment du nettoyage sous plasma O₂. Elle permet également une gravure des micropointes permettant de modifier leur forme et notamment de réduire leur rayon de courbure. Les conditions d'action du plasma d'hexafluorure de soufre sont par exemple les suivantes : l'opération dure environ 20 secondes avec une puissance de 400 W, un débit de 40 cm³/mn sous une pression du plasma de 30 millitorrs. A la sortie de ce traitement, une

forte proportion de micropointes ont le même profil qui se rapproche du profil en cône idéal de la figure 5 et un état de surface très uniforme.

La figure 6a est une courbe montrant l'émissivité des micropointes avant le traitement d'affinage (courbe en pointillé) et après le traitement d'affinage (courbe en trait plein). Sur ce graphique, la densité de courant en microampères par millimètre carré est portée en ordonnées et la tension grille-micropointes en volts est portée en abscisses. L'augmentation d'émissivité consécutive au traitement apparaît immédiatement comme étant considérable. On obtient donc effectivement des micropointes, pour lesquelles le rayon de courbure de l'extrémité est inférieur à quelques dizaines de nanomètres.

La figure 6b montre l'émissivité (mêmes unités que sur la figure 6a) des micropointes après affinage, mais avant (courbe en pointillé) et après la deuxième étape de nettoyage (courbe en trait plein). On voit que cette deuxième étape de nettoyage permet encore d'améliorer l'émissivité d'un facteur important.

D'autres procédés d'affinage des pointes peuvent être utilisés alternativement à celui décrit ci-dessus, par exemple par attaque chimique (ou électrochimique) contrôlée ou par bombardement ionique.

Avantageusement, on peut réaliser en outre la deuxième étape de nettoyage chimique humide dans le bain de lessive mentionné ci-dessus, pendant une durée d'environ 30 minutes.

La durée, pendant laquelle on réalise l'étape d'affinage, doit être contrôlée dans le cas où les micropointes sont constituées d'un seul métal, sensible à l'affinage, par exemple le molybdène.

La grille 10a est géométriquement comprise entre ou délimitée par deux plans, un plan inférieur (I) et un plan supérieur (S) (voir figure 7a, sur laquelle, tout comme sur les figures 7b, 7c, 8a-c, les références 6, 8, 10a, 12 ont la même signification que sur les figures 1 à 5).

Si la durée d'affinage est trop importante, le sommet de la pointe 18 peut rapidement se trouver, comme illustré sur la figure 7a, en-dessous du plan inférieur I de la grille 10a, ce qui est très défavorable à l'émission.

Si la durée d'affinage est trop faible, le rayon de courbure n'est pas optimum (voir figure 7b) et l'effet recherché n'est pas atteint.

En fait, avec la structure à un seul métal, le temps d'affinage doit être suffisamment important pour obtenir le rayon de courbure optimum, mais malgré tout pas trop long pour que la pointe reste au-dessus du plan inférieur I de la grille (figure 7c).

Au contraire, quand la pointe est constituée d'au moins deux métaux superposés, le temps d'affinage est comme nous allons le voir, beaucoup moins critique.

La structure de la pointe avant affinage est illustrée sur la figure 8a, et comporte :

- une première partie ou base 20 qui a une forme tronconique, de hauteur H. Elle est constituée d'un premier matériau choisi de telle façon qu'il ne soit

pas ou très peu attaqué par l'étape d'affinage décrite ci-dessus. Ce matériau peut être par exemple du niobium,

- une deuxième partie 22 qui constitue la pointe proprement dite. Elle est déposée directement sur la première partie. Elle est constituée d'un deuxième matériau sensible à l'étape d'affinage, par exemple du molybdène, ou du chrome (Cr), ou du silicium (Si), ou du fer (Fe), ou du nickel (Ni).

Un procédé pour obtenir des micropointes ayant cette structure est dérivé du procédé déjà décrit en introduction pour fabriquer des micropointes constituées d'un seul matériau. On commence par réaliser le dépôt d'une couche 18a par exemple en niobium sur la couche de nickel 23, par évaporation sous vide sous incidence normale, comme sur la figure 2. Il y a un rapport direct entre la hauteur de matériau déposé dans le trou 16 et la durée d'évaporation sous vide. On peut donc interrompre cette évaporation lorsque la hauteur H désirée du tronc de cône formant la base 20 est atteinte, et poursuivre ensuite l'évaporation avec le second matériau tel que du molybdène de façon à obtenir la deuxième partie 22. L'ensemble a alors la forme globale sensiblement conique de la figure 8a.

En fait, la hauteur H de la base 20 doit être suffisante pour que le sommet A du cône obtenu se situe au-dessus du plan inférieur de la grille 10a. De préférence, A se situera, après les opérations de dépôt qui viennent d'être décrites, au-dessus du plan supérieur de la grille 10a ; à cet effet, la hauteur H sera sensiblement égale à l'épaisseur de l'isolant 12, c'est-à-dire dans cet exemple de réalisation, à la distance séparant le conducteur cathodique 8 du plan inférieur de la grille 10a.

Si une couche résistive est intercalée entre les micropointes et les conducteurs cathodiques il faudra évidemment tenir compte de l'épaisseur de cette couche résistive.

On peut ensuite procéder aux opérations de nettoyage et d'affinage qui ont été précédemment décrites. Du fait du choix initial des matériaux dont sont constitués les parties 20 et 22, la seule partie attaquée par l'affinage est la partie 22. La structure obtenue par le procédé (figures 8b ou 8c) a la forme suivante :

- une première partie, sensiblement tronconique, de hauteur H, H est de préférence sensiblement égale à la distance séparant le conducteur cathodique 8 du plan inférieur I de la grille 10a, c'est-à-dire sensiblement égale à l'épaisseur e de l'isolant 12 ; par exemple H sera comprise entre 0,8e et 1, 1e, (là encore, il faut tenir compte de la présence éventuelle d'une couche résistive entre les micropointes et les conducteurs cathodiques),
- une deuxième partie conique, dont la base est de diamètre d inférieur au diamètre D de la section supérieure du tronc de cône 20.

La durée pendant laquelle on réalise l'affinage doit être suffisante pour obtenir le rayon de courbure recherché (figure 8b), mais si cette durée est plus longue, le sommet A' de la pointe reste toujours au-dessus du plan inférieur de la grille 10a, puisque la partie 22, attaquée par l'affinage, repose sur la partie 20, non attaquée par l'affinage. La pointe ne pourrait donc disparaître qu'après un temps d'attaque nettement plus long.

Selon un exemple de réalisation non limitatif :

- l'isolant est en silice d'une épaisseur proche de 1 μm ,
- la grille est en niobium (Nb) d'une épaisseur d'environ 0,4 μm ; les trous dans la grille ont un diamètre de l'ordre de 1,4 μm ,
- le métal constituant la base 20 de la pointe est en Nb d'une épaisseur comprise entre 0,8 et 1,1 μm ,
- la partie 22 est en molybdène d'une épaisseur suffisante pour constituer la pointe, par exemple 1 μm avant affinage, l'affinage de cette partie pouvant se faire de la même façon que décrit précédemment dans l'exemple de réalisation où les micropointes sont entièrement en molybdène.

Enfin, une cathode à micropointes obtenue par la méthode décrite dans la présente invention peut être associée à une structure comportant au moins une anode et un matériau cathodoluminescent pour réaliser un dispositif de visualisation tel que décrit dans les brevets US.4 857 161 (FR-2 593 953), US.4 940 916, US.5 225 820 (FR-2 633 763) ou US.5 194 780 (FR-A-2 663 462).

Revendications

1. Source d'électrons à micropointes comportant un système de conducteurs cathodiques (8), de grilles (10a) superposées avec un isolant intermédiaire (23) et de micropointes (18) déposées dans des trous (16) pratiqués dans les grilles et l'isolant, les grilles étant géométriquement comprises entre un plan inférieur (I) et un plan supérieur (S), les micropointes comportant respectivement au moins deux parties :

- une première partie (20) de forme tronconique, de hauteur H, et constituée d'un premier matériau conducteur,
- une deuxième partie (22), constituant une pointe conique déposée sur la première partie et étant constituée d'un second matériau conducteur, le premier et le second matériau étant choisis de façon à ce que le second matériau soit apte à être affiné par une gravure sélective par rapport au premier matériau.

2. Source d'électrons à micropointes selon la revendication 1, la gravure sélective étant du type attaque

chimique ou électrochimique contrôlé, gravure ionique réactive ou bombardement ionique.

3. Source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 ou 2, la hauteur H de la première partie étant telle que son sommet est sensiblement au même niveau que le plan inférieur (I) des grilles (10a).
4. Source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 à 3, la première partie (20) étant en niobium (Nb).
5. Source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 à 4, la deuxième partie (22) étant en molybdène (Mo), en silicium (Si), en chrome (Cr), en fer (Fe) ou en nickel (Ni).
6. Source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 à 5, les micropointes ayant été soumises à une étape de nettoyage.
7. Source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 à 6, la deuxième partie des micropointes ayant été soumise à une étape d'affinage par gravure superficielle.
8. Dispositif de visualisation par cathodoluminescence, comprenant une source d'électrons à micropointes selon l'une des revendications 1 à 7.

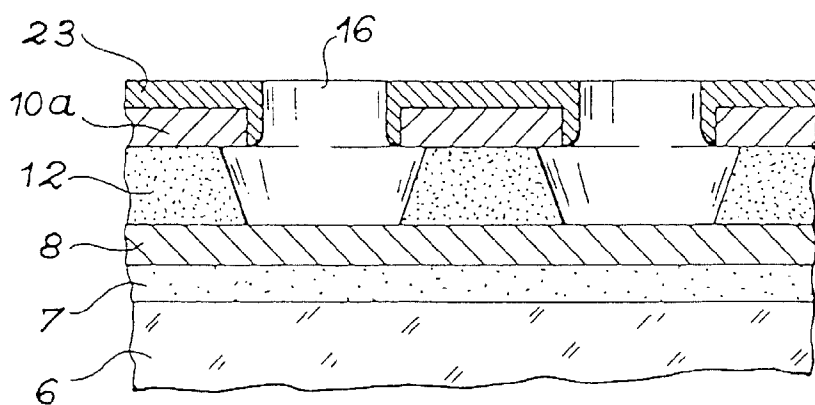


FIG. 1

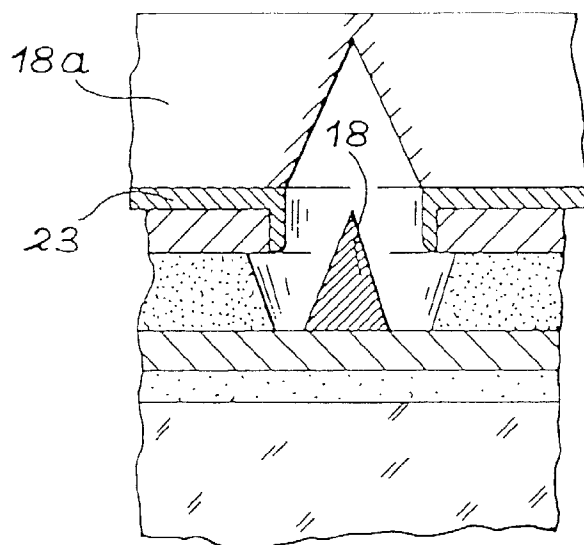


FIG. 2

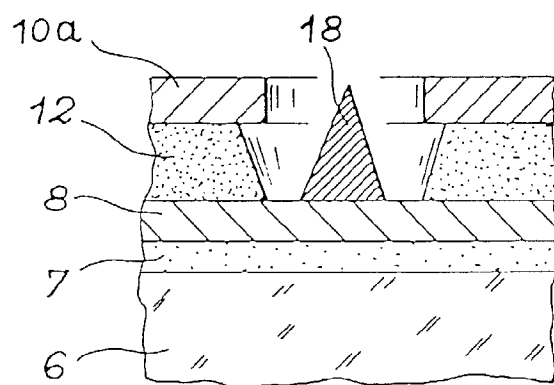


FIG. 3

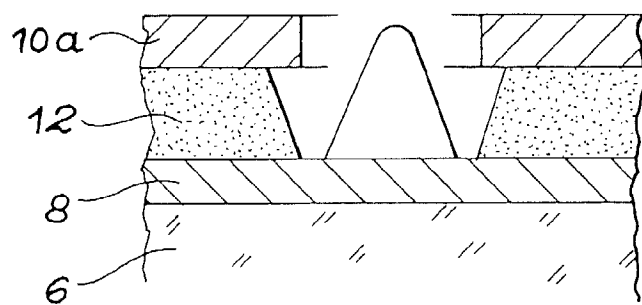


FIG. 4

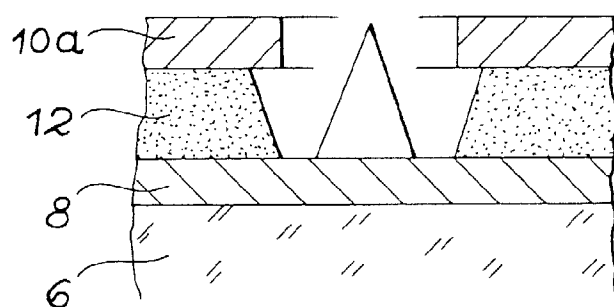


FIG. 5

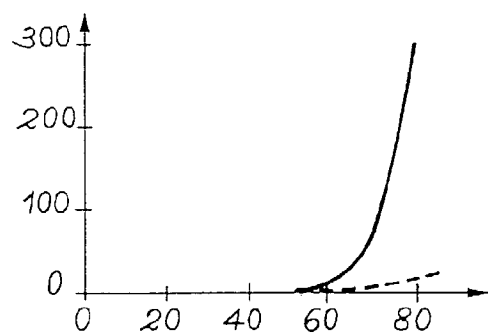


FIG. 6 a

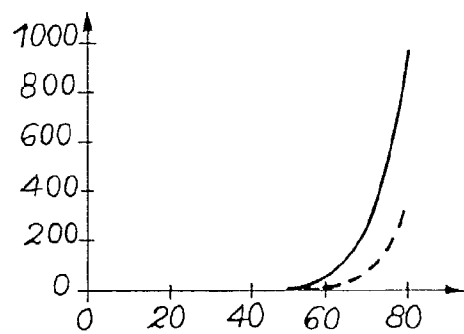


FIG. 6 b

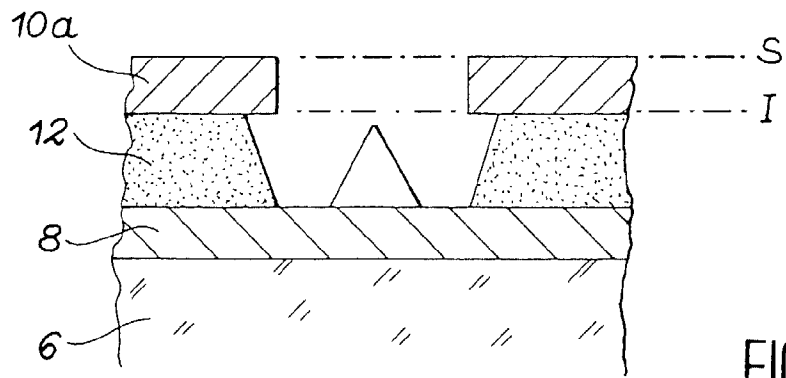


FIG. 7a

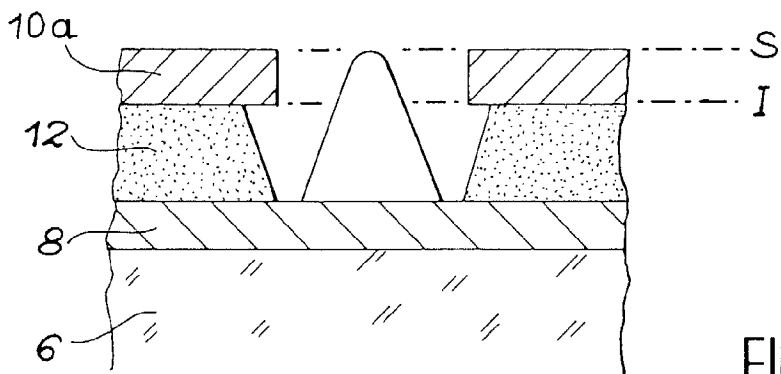


FIG. 7b

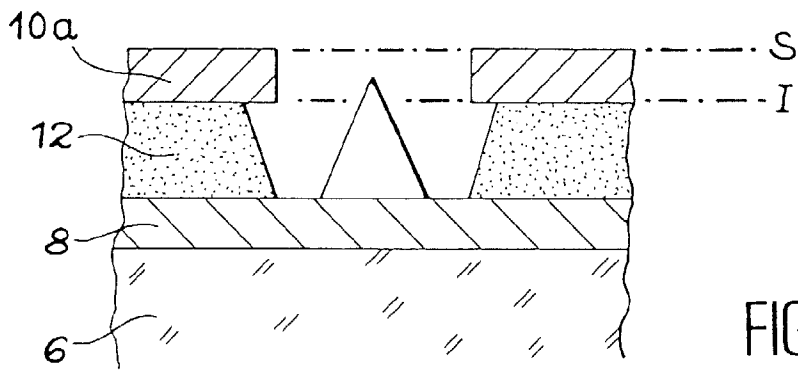


FIG. 7c

