



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.02.1996 Bulletin 1996/08

(51) Int Cl.⁶: H01J 9/02

(21) Numéro de dépôt: 95401863.6

(22) Date de dépôt: 09.08.1995

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT

(30) Priorité: 16.08.1994 FR 9410041

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

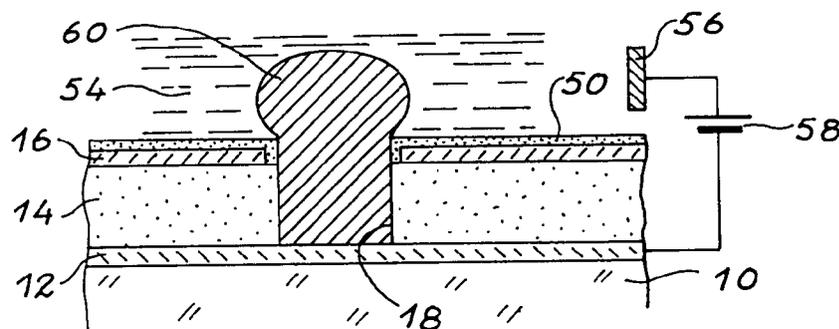
(72) Inventeurs:
• Delapierre, Gilles
F-38180 Seyssins (FR)
• Meyer, Robert
F-38330 Saint Ismier (FR)

(74) Mandataire: Dubois-Chabert, Guy et al
F-75008 Paris (FR)

(54) Procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes

(57) Selon ce procédé, on fabrique une structure comprenant un substrat isolant (10) portant au moins un conducteur cathodique (12), une couche isolante (14), une couche de grille (16), des trous étant formés à travers ces couches, au niveau du conducteur cathodique. On forme dans les trous des micropointes en un matériau métallique en formant une couche de protection isolante (50) sur la couche de grille, en formant un dépôt chimique (60) du matériau métallique au fond des trous jusqu'à ce que ce matériau déborde de ceux-ci, en éliminant la couche de protection et en réalisant une attaque électrolytique du matériau métallique. Application à la fabrication d'écrans plats.

FIG. 6 C



Description

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes ("microtips"). Elle s'applique notamment à la fabrication de dispositifs de visualisation plats.

5 Lorsqu'une différence de potentiel est appliquée entre deux électrodes dont l'une est pointue, le champ électrique ainsi engendré peut facilement atteindre, à l'extrémité de cette électrode pointue, une valeur de l'ordre de 10^7 V/cm, valeur suffisante pour que des électrons soient extraits de cette électrode.

Un tel principe est utilisé pour réaliser des sources froides d'électrons, capables de remplacer les filaments chauffants émetteurs d'électrons, du fait que de telles sources froides ont une réponse plus rapide, une plus faible consommation électrique et sont susceptibles d'une plus grande miniaturisation que ces filaments chauffants.

10 L'une des applications les plus importantes de ces sources froides d'électrons, encore appelées "sources à micropointes", est la fabrication de tubes plats de télévision.

On rappelle le principe de ces tubes plats, ou écrans plats, en faisant référence aux figures 1 et 2.

15 La figure 1 est une vue en coupe schématique et partielle d'un tel écran plat et la figure 2 est une vue en perspective schématique et partielle de cet écran plat.

L'écran plat des figures 1 et 2 comprend une source d'électrons à micropointes 2 et un substrat en verre 4 qui est séparé de la source 2 par un espace de faible épaisseur dans lequel on a fait le vide.

20 Le substrat 4 porte, en regard de la source 2, une couche transparente, électriquement conductrice 6, par exemple en oxyde d'indium et d'étain, cette couche 6 portant elle-même des éléments cathodoluminescents 8, encore appelés "luminophores".

La source à micropointes 2 comprend, sur un substrat électriquement isolant 10, par exemple en verre, un ensemble de conducteurs cathodiques parallèles 12 qui constituent les colonnes de l'écran.

Ces conducteurs cathodiques sont recouverts par une couche 14 d'un matériau électriquement isolant tel que la silice.

25 Un ensemble d'autres conducteurs électriques parallèles 15 est placé au-dessus de la couche isolante 14 et ces autres conducteurs 15, ou grilles, sont perpendiculaires aux conducteurs cathodiques 12 pour constituer les lignes de l'écran.

30 Au niveau des intersections entre les conducteurs cathodiques et les grilles, des trous 18, 19 sont formés à travers la couche isolante 14 et ces grilles 15 et des micropointes 20 faites d'un matériau émetteur d'électrons sont formées dans ces trous et reposent sur les conducteurs cathodiques 12.

Les luminophores 8 sont formés sur la couche conductrice transparente 6, en regard de ces intersections, comme on le voit sur la figure 2.

35 Les électrons sont extraits par application de tensions électriques appropriées entre les grilles et les micropointes puis ces électrons sont accélérés grâce à des tensions électriques appropriées appliquées entre les grilles et la couche conductrice 6 constituant l'anode de l'écran.

Chaque luminophore 8 excité par des électrons 22 émet de la lumière 24.

Un balayage de tension approprié sur les lignes et les colonnes de l'écran permet de former une image.

40 Seules les micropointes situées à l'intersection d'une ligne et d'une colonne alimentées en tension émettent des électrons pour former un élément d'image ou pixel.

Chaque pixel est en fait "excité" par plusieurs centaines de micropointes dont les dimensions sont de l'ordre de 1 μm , généralement de 1,5 μm , et qui sont espacées les unes des autres d'une distance de l'ordre de quelques micromètres, typiquement de 5 μm .

45 Ces petites dimensions sont indispensables, pour, d'une part, ne pas avoir à utiliser des tensions trop élevées entre les grilles et les micropointes (tensions de l'ordre de 50 V) et, d'autre part, pour avoir une émission de courant suffisamment élevée par unité de surface (environ 1 mA/mm²).

Un écran plat utilise ainsi typiquement de l'ordre de 10000 micropointes par millimètre carré sur des surfaces de plusieurs décimètres carrés.

50 Les écrans plats actuellement fabriqués ont des surfaces de l'ordre de 5 dm² et on envisage de fabriquer des écrans plats dont les surfaces iraient jusqu'à environ 1 m².

Cependant, il n'est pas facile d'obtenir des sources à micropointes ayant d'aussi grandes surfaces avec les procédés connus de fabrication des micropointes.

Le procédé le plus utilisé pour fabriquer ces micropointes est le procédé dit de Spindt (du nom de son inventeur).

On consultera à ce sujet par exemple le document suivant :

55 (1) C.A. Spindt, J. Appl. Phys., vol.39, p.3504, 1968.

On voit sur la figure 3, qui illustre schématiquement ce procédé, une structure comprenant le substrat isolant 10 sur lequel sont formés les conducteurs cathodiques 12, et la couche isolante 14 qui est formée sur ces conducteurs

cathodiques et qui porte une couche de grille 16 électriquement conductrice.

Les grilles proprement dites sont obtenues à partir de cette couche de grille 16, après avoir formé les micropointes comme on va le voir.

5 Après avoir gravé par attaque chimique les trous 18 et 19 respectivement dans la couche isolante 14 et dans la couche de grille 16, une couche en nickel 16a est déposée sur la couche de grille 16 par évaporation sous vide et sous incidence rasante.

On obtient les micropointes 20 par évaporation d'un matériau émetteur d'électrons 26.

Une couche 28 de ce matériau se forme alors à la surface de la couche de grille 16a.

10 De ce fait, les trous 19 formés dans ces couches 16 et 16a diminuent progressivement au fur et à mesure que l'épaisseur de la couche 28 augmente.

L'évaporation étant très directive, le diamètre des dépôts de matériau 26 dans les trous 18 de la couche isolante 14 varie comme le diamètre des trous de la couche 16a et de la couche de grille 16, ce qui conduit à la forme en pointe des dépôts dans les trous 18, c'est-à-dire aux micropointes 20.

15 On élimine ensuite la couche 28 par dissolution sélective de la couche en nickel 16a, ce qui fait apparaître ces micropointes.

Le principal avantage de ce procédé connu est qu'il ne demande pas d'alignement précis de masques de microlithographie puisque ce sont les trous de la couche de grille qui définissent eux-mêmes les micropointes.

20 Il serait en effet quasiment irréalisable de graver d'abord les micropointes puis les trous de la couche de grille par des méthodes classiques de microlithographie, avec une précision d'alignement supérieure au micromètre sur de grandes surfaces.

Un autre procédé connu de fabrication des micropointes est décrit dans le document suivant :

(2) Oxidation-Sharpener Gated Field Emitter Array Process, N.E. McGruer et al., IEEE Transactions on Electron Devices, (38) 1991 October, n° 10.

25

Cet autre procédé est schématiquement illustré par la figure 4.

On voit sur cette figure 4 un substrat en silicium 30.

On commence par oxyder superficiellement ce substrat puis des disques 32 sont formés à partir de la couche de silice qui résulte de cette oxydation.

30 Une gravure ionique réactive du substrat de silicium 30 permet alors la formation de piédestals 34 en silicium, les disques 32 servant de masques.

On forme ensuite une couche de silice 36 sur le substrat 30 par évaporation de silice 38.

Il se forme alors une couche 40 de silice sur chaque disque 32.

35 Les piédestals 34 sont ensuite oxydés thermiquement, ce qui conduit à la formation de micropointes 42 à partir de ces piédestals.

On forme ensuite une couche de grille 44 par évaporation d'un matériau électriquement conducteur sur la couche de silice 36.

Au cours de cette évaporation, une couche 46 de ce matériau se forme également sur la couche 40 de silice associée à chaque disque 32.

40 On élimine ensuite la silice qui recouvre les micropointes 42 ainsi que les disques 32 et les couches 40 et 46 correspondantes.

L'inconvénient des procédés connus que l'on vient de décrire est qu'ils nécessitent des évaporations très directives.

45 En reprenant par exemple l'exemple de la figure 3, l'angle d'incidence θ d'un faisceau d'évaporation F varie en fonction de la position des trous 19 de la couche de grille 16, ce qui conduit au phénomène illustré sur la figure 5, c'est-à-dire à des micropointes dont les axes Y sont d'autant moins perpendiculaires à la surface du substrat 10 que l'angle d'incidence θ est grand.

Il en résulte une variation de la forme des micropointes, variation qui induit une dispersion des caractéristiques d'émission des électrons, et, à la limite, un court-circuit entre des micropointes et la couche de grille.

50 Pour résoudre ce problème, on peut songer à augmenter la distance L entre la source d'évaporation 48 (contenant le matériau 26) et la surface de la structure sur laquelle on évapore ce matériau 26, afin de maintenir l'angle θ dans des limites acceptables.

Cependant ceci conduit à une augmentation trop importante de la taille des équipements de fabrication des micropointes ainsi qu'à une trop grande diminution de la vitesse de dépôt.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients.

55 Elle a pour objet un procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes, procédé selon lequel :

- on fabrique une structure comprenant un substrat électriquement isolant, au moins un conducteur cathodique sur ce substrat, une couche électriquement isolante qui recouvre chaque conducteur cathodique, une couche de grille

EP 0 697 710 A1

électriquement conductrice qui recouvre cette couche électriquement isolante, des trous étant formés à travers cette couche de grille et la couche électriquement isolante, au niveau de chaque conducteur cathodique, et

- on forme, dans chaque trou, une micropointe qui est faite en un matériau métallique émetteur d'électrons et qui repose sur le conducteur cathodique correspondant à ce trou,

ce procédé étant caractérisé en ce que la formation des micropointes comprend les étapes suivantes :

- on forme une couche de protection électriquement isolante sur la couche de grille,
- on forme un dépôt chimique, de préférence électrolytique, du matériau métallique émetteur d'électrons au fond des trous jusqu'à ce que ce matériau métallique déborde de ceux-ci,
- on élimine la couche de protection, et
- on réalise une attaque électrolytique du matériau métallique déposé, de manière à obtenir les micropointes à partir de ce matériau métallique.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, préféré pour sa simplicité de mise en oeuvre, on utilise la couche de grille comme cathode pour l'attaque électrolytique du matériau métallique.

Pendant cette phase de dissolution, il est avantageux de renouveler, par tout moyen connu, l'électrolyte se situant autour du matériau métallique de façon à éviter une surconcentration en ions métalliques qui pourrait freiner la dissolution et provoquer un redépôt important de ce matériau sur la grille autour des micropointes en formation.

Un faible redépôt ou un redépôt contrôlé qui s'étale sur l'ensemble de la grille est toléré ; il entraîne une réduction sensible du diamètre des trous, qui est plutôt favorable à l'émission d'électrons par les micropointes.

La couche de protection peut être formée en déposant, sous incidence rasante, une couche d'un matériau électriquement isolant sur la couche de grille.

Cependant, cette couche de protection est de préférence formée par oxydation anodique de la couche de grille.

La couche de grille peut être faite d'un matériau choisi dans le groupe comprenant le niobium, le tantale et l'aluminium.

Le matériau métallique peut être choisi dans le groupe comprenant le fer, le nickel, le chrome, le Fe-Ni, l'or, l'argent et le cuivre.

La couche de protection peut être éliminée par attaque chimique.

Cette couche de protection peut également être éliminée par gravure ionique réactive.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, est une vue en coupe schématique et partielle d'un écran plat,
- la figure 2, déjà décrite, est une vue schématique et partielle en perspective de cet écran plat,
- la figure 3, déjà décrite, illustre schématiquement un procédé connu de fabrication des micropointes d'une source d'électrons à micropointes,
- la figure 4, déjà décrite, illustre schématiquement un autre procédé connu de fabrication des micropointes d'une source d'électrons à micropointes,
- la figure 5, déjà décrite, illustre schématiquement des inconvénients de ces procédés connus, et
- les figures 6A à 6E illustrent schématiquement des étapes d'un mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention.

Selon ce mode de mise en oeuvre particulier, on commence par former (figure 6A) une structure 49 du genre de celle qui est représentée sur la figure 3 et qui comprend le substrat électriquement isolant 10 sur lequel sont formés les conducteurs cathodiques 12, la couche électriquement isolante 14 formée sur ces conducteurs cathodiques et la couche de grille 16 formée sur cette couche électriquement isolante 14 (étant entendu que, dans d'autres modes de mise en oeuvre particuliers, la structure pourrait ne comprendre qu'un seul conducteur cathodique).

On voit également les trous sensiblement circulaires 18 et 19 respectivement formés à travers la couche isolante

14 et à travers la couche de grille 16.

Les procédés permettant d'obtenir une telle structure sont connus dans l'état de la technique.

A titre d'exemple, le substrat 10 est en verre, les conducteurs cathodiques sont constitués d'une bicouche de chrome et de cuivre, la couche 14 est en silice et la couche de grille 16 est en niobium, en tantale ou en aluminium.

On forme ensuite une couche de protection sur la couche de grille 16 (figure 6B).

Pour ce faire, on peut réaliser une évaporation de silice, sous incidence rasante, sur la couche de grille 16, pour recouvrir celle-ci de silice.

Cependant, de préférence, on réalise une oxydation anodique de la couche de grille 16, ce qui conduit à la formation d'une couche 50 d'oxyde de niobium ou d'oxyde de tantale ou d'oxyde d'aluminium dans l'exemple considéré, qui recouvre la partie restante de la couche de grille 16, comme on le voit sur la figure 6B.

Cette oxydation anodique conduit à une couverture plus fiable de la couche de grille que l'évaporation sous incidence rasante mentionnée plus haut et est plus simple de mise en oeuvre.

On réalise ensuite un dépôt électrolytique d'un matériau métallique au fond des trous 18 jusqu'à ce que ce matériau métallique déborde de ces trous comme on le voit sur la figure 6C, une partie de ce matériau étant alors au-dessus de la couche 50.

Pour ce faire, on place la structure 49, comprenant la couche protectrice 50, dans un bain électrolytique approprié 54 (contenant des ions du matériau métallique à déposer) et l'on place également dans ce bain électrolytique un bloc 56 de ce matériau métallique.

Quand ce matériau métallique est du fer-nickel, on peut utiliser le bain électrolytique dont la composition est la suivante :

NiCl₂, 6H₂O 50 g.l⁻¹

NiSO₄, 6H₂O 21 g.l⁻¹

FeSO₄ 2 g.l⁻¹

H₃BO₃ 25 g.l⁻¹

Saccharinate de Na 0,8 g.l⁻¹

On applique ensuite une tension électrique appropriée, grâce à une source de tension 58, entre les conducteurs cathodiques 12 et ce bloc 56.

Dans le cas où le matériau métallique est le fer-nickel, on peut utiliser les conditions suivantes pour le dépôt électrolytique :

densité de courant : 0,5 à 2 mA/cm²

tension : 1 à 2V

température ambiante.

Pour l'électrolyse, les conducteurs cathodiques 12 servent de cathode et le bloc 56 sert d'anode.

Les éléments électriquement conducteurs 60, qui résultent du dépôt du matériau métallique au fond des trous 18, sont en contact avec les conducteurs cathodiques mais sont électriquement isolés de la couche grille 16 grâce à la couche protectrice 50 qui recouvre cette dernière.

On élimine ensuite cette couche protectrice 50 par une attaque chimique ou par gravure ionique réactive (figure 6D).

On réalise ensuite une attaque électrolytique des éléments électriquement conducteurs 60 de manière à former les micropointes 62 à partir de ceux-ci (figure 6E).

Pour ce faire, on place la structure, où la couche protectrice 50 a été supprimée, dans un bain électrolytique approprié 64 (contenant par exemple 10% de HCl à 37% et 90% de H₂O pour la dissolution du fer nickel) et, au moyen d'une source de tension électrique appropriée 66, on établit une tension électrique (par exemple 1 à 2V pour la dissolution du fer-nickel) entre les conducteurs cathodiques 12 qui, dans ce cas, servent d'anode, et la couche de grille 16 qui sert de cathode.

De préférence on assure un renouvellement de l'électrolyte par agitation et/ou par circulation, de façon à éviter une concentration en ions autour du matériau des éléments 60.

Au cours de l'électrolyse, le matériau des éléments 60 est éliminé de façon sensiblement symétrique autour de l'axe Z des trous 18 et les ions métalliques produits par l'attaque chimique du matériau des éléments 60 sont pour partie éliminés grâce au renouvellement de l'électrolyte et pour partie redéposés sur la couche de grille.

En fonction du matériau des éléments 60 et du taux de renouvellement de l'électrolyte, la fraction redéposée des ions est plus ou moins importante et peut être contrôlée.

L'usure des éléments conducteurs 60 par électrolyse conduit à l'obtention :

- d'éléments pointus qui affleurent sensiblement à la surface de la couche de grille 16 et constituent les micropointes 62, et
- de parties 68 qui se détachent de ces micropointes et restent dans le bain électrolytique comme on le voit sur la figure 6E.

De préférence, cette étape de formation des micropointes se fait avec le substrat de verre au-dessus et le bain électrolytique au-dessous, de façon à permettre aux parties 68 de tomber dans le bain électrolytique.

On termine ensuite la formation de la source d'électrons à micropointes en réalisant de manière connue, à partir de la couche de grille 16, des grilles parallèles (non représentées) faisant un angle avec les conducteurs cathodiques (mais s'il n'y avait qu'un conducteur cathodique, on garderait la couche de grille telle quelle).

L'intérêt du procédé objet de la présente invention est de permettre la fabrication de micropointes auto-alignées sur les trous de la couche de grille 16, au moyen d'une technique non directive, en milieu liquide isotrope (bain électrolytique 64).

Ce procédé objet de l'invention est donc indépendant de la surface de la structure où l'on veut former les micropointes.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes, procédé selon lequel :

- on fabrique une structure (49) comprenant un substrat électriquement isolant (10), au moins un conducteur cathodique (12) sur ce substrat, une couche électriquement isolante (14) qui recouvre chaque conducteur cathodique, une couche de grille électriquement conductrice (16) qui recouvre cette couche électriquement isolante, des trous (18, 19) étant formés à travers cette couche de grille et la couche électriquement isolante, au niveau de chaque conducteur cathodique, et
- on forme, dans chaque trou, une micropointe (62) qui est faite d'un matériau métallique émetteur d'électrons et qui repose sur le conducteur cathodique correspondant à ce trou,

ce procédé étant caractérisé en ce que la formation des micropointes comprend les étapes suivantes :

- on forme une couche de protection électriquement isolante (50) sur la couche de grille (16),
- on forme un dépôt chimique du matériau métallique émetteur d'électrons au fond des trous jusqu'à ce que ce matériau métallique déborde de ceux-ci,
- on élimine la couche de protection (50), et
- on réalise une attaque électrolytique du matériau métallique déposé, de manière à obtenir les micropointes (62) à partir de ce matériau métallique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dépôt chimique du matériau métallique émetteur d'électrons est un dépôt électrolytique.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications let 2, caractérisé en ce qu'on utilise la couche de grille (16) comme cathode pour l'attaque électrolytique du matériau métallique.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on forme la couche de protection (50) en déposant, sous incidence rasante, une couche d'un matériau électriquement isolant sur la couche de grille (16).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on forme la couche de protection par oxydation anodique de la couche de grille (16).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la couche de grille (16) est faite d'un matériau choisi dans le groupe comprenant le niobium, le tantale et l'aluminium.

EP 0 697 710 A1

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le matériau métallique est choisi dans le groupe comprenant le fer, le nickel, le chrome, le Fe-Ni, l'or, l'argent et le cuivre.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la couche de protection (50) est éliminée par attaque chimique.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la couche de protection (50) est éliminée par gravure ionique réactive.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

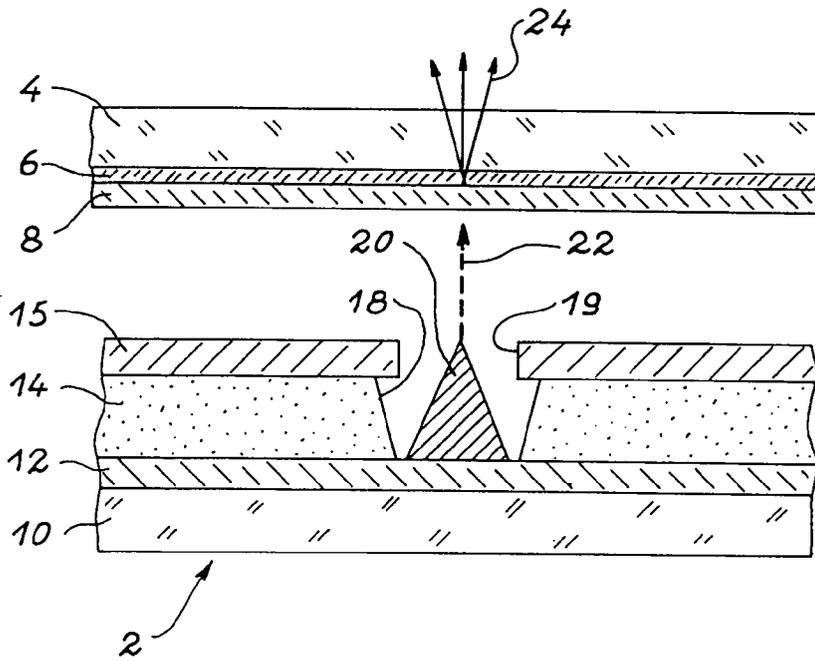


FIG. 1

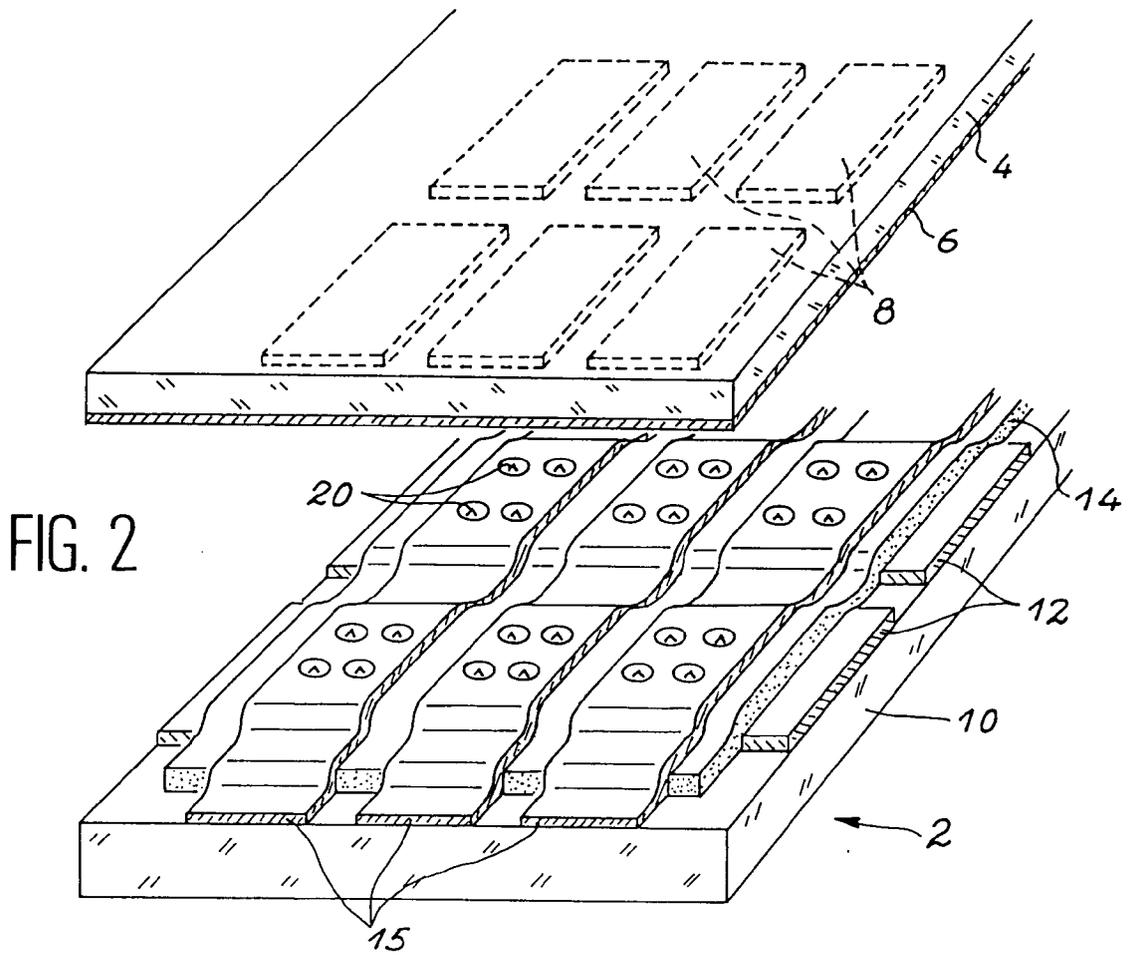


FIG. 2

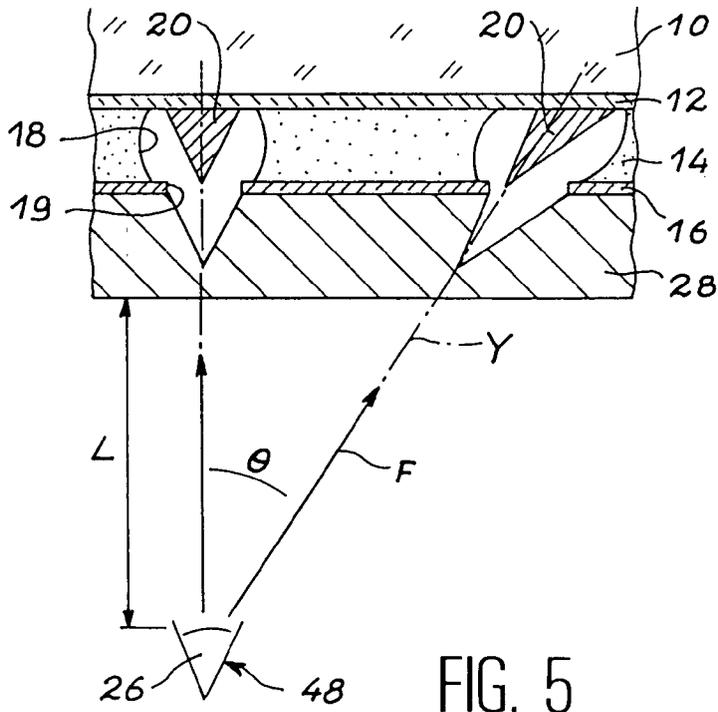
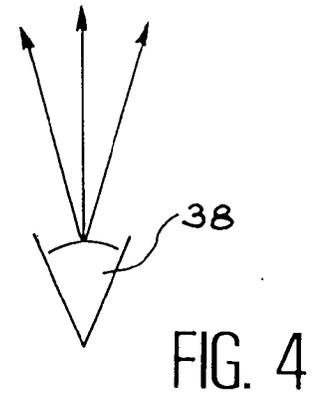
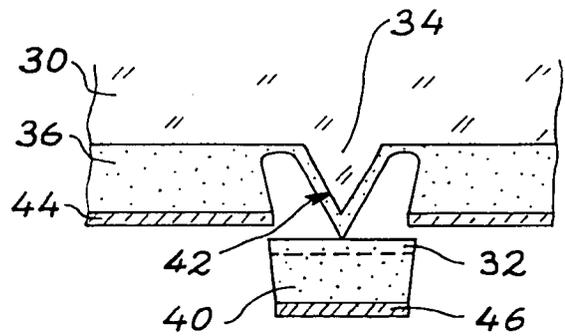
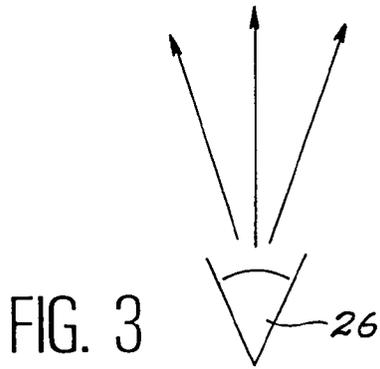
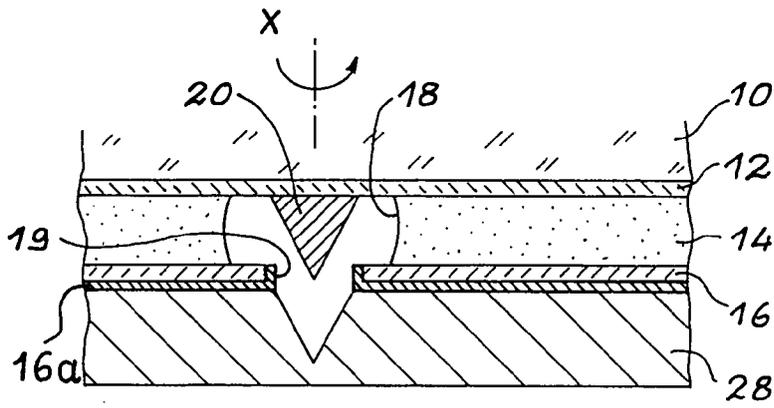
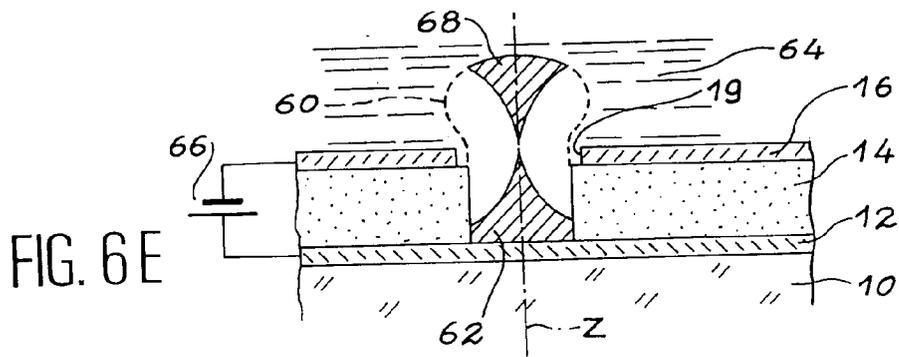
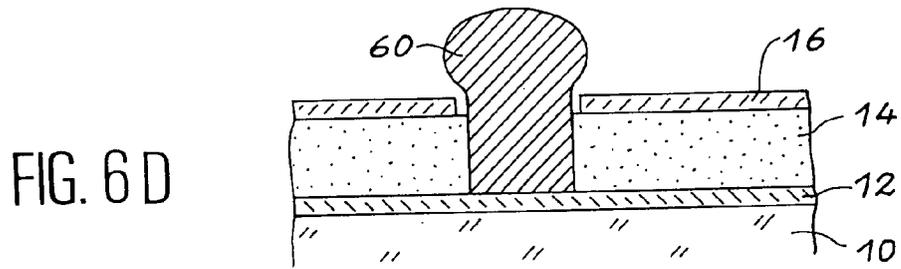
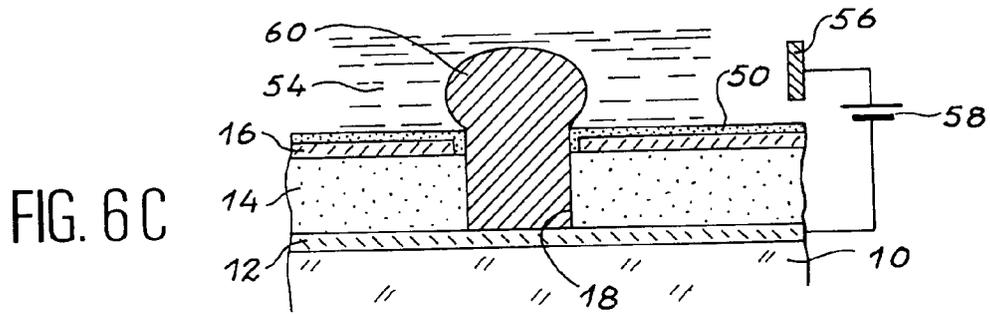
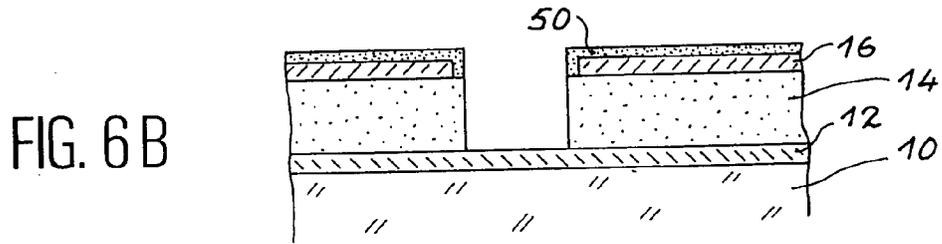
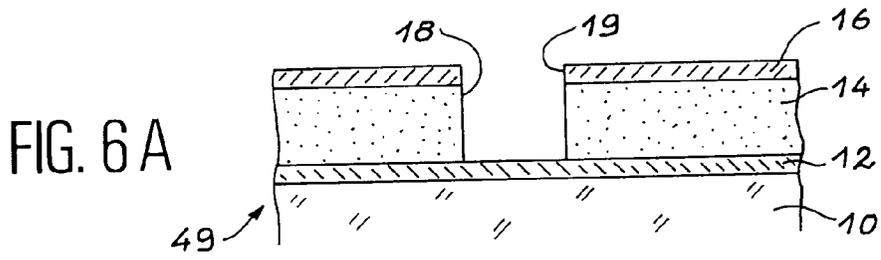


FIG. 5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 40 1863

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | |
|---|---|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6) |
| X | US-A-5 151 061 (SANDHU GURTEJ S) 29 Septembre 1992 * revendications 1-42 * --- | 1 | H01J9/02 |
| A | WO-A-89 09479 (THOMSON CSF) 5 Octobre 1989 * page 10, ligne 7 - page 12 * --- | 1,9 | |
| A | EP-A-0 461 990 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 18 Décembre 1991 * colonne 6, ligne 24 - ligne 49 * ----- | 1 | |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
| | | | H01J |
| Lieu de la recherche | Date d'achèvement de la recherche | Examineur | |
| LA HAYE | 27 Octobre 1995 | Van den Bulcke, E | |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)