



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
15.01.1997 Bulletin 1997/03

(51) Int Cl. 6: H01J 9/02

(21) Numéro de dépôt: 96401500.2

(22) Date de dépôt: 08.07.1996

(84) Etats contractants désignés:  
DE GB IT

(72) Inventeurs:  
• Baptist, Robert  
38560 Jarrie (FR)  
• Bachelet, Franck  
71190 Etang sur Arroux (FR)

(30) Priorité: 10.07.1995 FR 9508302

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

(71) Demandeur: COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE  
75015 Paris Cédex 15 (FR)

(54) Procédé de détermination des caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes et structure de sources à micropointes obtenues par ce procédé

(57) L'invention concerne un procédé de détermination des caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes consistant, pour une maille choisie comportant n micropointes (i) (avec  $1 \leq i \leq n$ ) disposées sur une couche résistive (8) et entourées d'un cadre conducteur (6), une grille conductrice (12) étant disposée au-dessus de la maille : à définir (a) les spécifications recherchées pour cette maille ; à déterminer la capacité émissive de chaque micropointe (b) et des caractéristiques géométriques et physiques de la couche résistive et du cadre de la maille (c) à exprimer (d), par un premier système d'équations, les courants ( $I_i$ ) circulant du cadre vers chacune des micropointes ; à exprimer (e), par un second système d'équations, les courants émis par chaque micropointe (i), lorsqu'une différence de potentiel ( $V_{GC}$ ) est appliquée entre la grille et le cadre ; à égaliser (f) les deux systèmes d'équations pour déterminer le potentiel ( $V_i$ ) ; à introduire (g) ces potentiels ( $V_i$ ) dans l'un des systèmes d'équations pour déterminer les courants ( $I_i$ ) réellement émis par les micropointes de la maille ; à comparer (h) les valeurs des courants ( $I_i$ ) déterminés avec les spécifications définies et, éventuellement, à réitérer les étapes (b) ou (c) à (h)

Elle concerne également différentes structures de mailles ayant une distribution d'émission intra-maille contrôlée pour chaque micropointe.

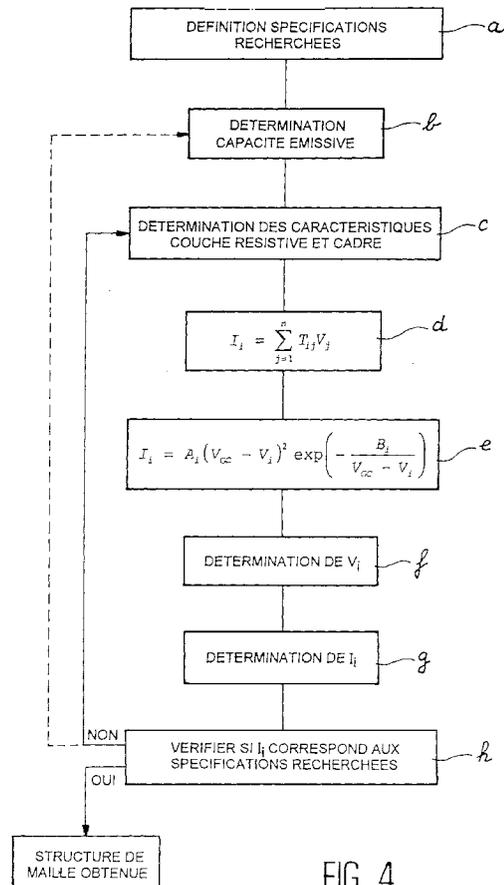


FIG. 4

**Description**Domaine de l'invention

5 L'invention concerne un procédé pour déterminer les caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes. Elle concerne également différentes sortes de sources à micropointes obtenues à partir de ce procédé.

L'invention trouve des applications dans le domaine de la vidéo, notamment pour la réalisation d'écrans plats de visualisation et dans le domaine de la transmission à haute fréquence, en particulier pour la réalisation de tubes à vide, tels que ceux utilisés en hyperfréquence. Elle trouve également des applications dans le domaine spatial, dans le domaine de l'instrumentation physique ou encore dans le domaine du soudage électronique.

Etat de la technique

15 Plusieurs sortes de sources d'émission à micropointes sont actuellement connues de l'homme de l'art. L'une de ces sources d'émission à micropointes est décrite dans la demande de brevet FR-A-2 663 462 et représentée, schématiquement, sur la figure 1.

Cette source, de structure matricielle, comporte un substrat 2 (par exemple un substrat en verre) qui est recouvert d'une couche de silice 4 sur laquelle est formée une pluralité d'électrodes 6 en forme de bandes conductrices, généralement parallèles les unes aux autres. Ces électrodes 6 jouent le rôle de conducteurs cathodiques et constituent les colonnes de la structure matricielle.

Les électrodes 6 sont recouvertes par une couche résistive 8 qui peut être continue, excepté aux extrémités des électrodes qui constituent des points de connexion pour les moyens de polarisation 1. Ce mode de réalisation est représenté sur la figure 2A.

25 Une couche électriquement isolante 10, par exemple en silice, recouvre la couche résistive 8. Au-dessus de la couche isolante 10 est formée une pluralité d'électrodes 12 en forme de bandes conductrices, généralement parallèles les unes aux autres et, en général, perpendiculaires aux électrodes 6. Ces électrodes 12 jouent le rôle de grilles et forment les lignes de la structure matricielle.

Par ailleurs, chaque électrode 6 est ajourée de façon à définir un maillage dont chaque maille est définie par un cadre conducteur refermé ou non sur lui-même. De façon générale, chaque zone élémentaire définie par l'intersection d'un conducteur cathodique 6 et d'une électrode 12, comporte une ou plusieurs mailles. La couche résistive 8 se trouve alors à l'intérieur du cadre et peut même le recouvrir.

30 Par exemple, la figure 2B représente une maille carrée d'un conducteur 6, dans laquelle le cadre conducteur n'est pas recouvert par la couche résistive 8 ; au contraire, la figure 2A représente, en coupe, un maillage dont le cadre conducteur 6 est recouvert par cette couche résistive 8.

Dans tous les cas, une ou plusieurs micropointes 14 sont disposées sur la couche résistive 8 à l'intérieur du cadre 6. Chacune de ces micropointes 14 constitue un émetteur d'électrons élémentaires.

Ainsi, une source d'émission, telle que celle représentée sur les figures 1, 2A et 2B, comporte une pluralité de mailles comprenant chacune une ou plusieurs micropointes 14.

40 Comme montré sur ces figures, les électrodes de lignes 12, ainsi que la couche isolante 10, comportent, dans une zone située en regard de chaque maille, une ou plusieurs ouvertures 16 pour ces micropointes 14.

La couche résistive 8 permet d'homogénéiser l'émission des micropointes en écrétant les courants émis par les micropointes les plus émissives, de façon à diminuer les grandes amplitudes du courant d'émission et à rendre l'émission spatialement homogène.

45 Plus précisément, cette couche résistive 8 permet d'introduire une chute de potentiel entre le conducteur cathodique 6 et les micropointes 14, ce qui entraîne une diminution de l'émission pour les micropointes qui ont le plus fort pouvoir émissif.

Ainsi, la couche résistive 8 sur laquelle les micropointes 14 sont déposées joue le rôle d'un régulateur d'émission pour les micropointes trop émissives. En outre, elle augmente la robustesse de la cathode vis-à-vis des micropointes en court-circuit avec la grille. Cette couche résistive 8 limite parfaitement l'émission des micropointes trop émissives, de sorte que l'émission de maille à maille soit rendue relativement homogène.

Dans le cas où une micropointe est en court-circuit avec la grille, cette couche résistive 8 permet que seule la maille contenant cette micropointe ne fonctionne pas, les autres mailles de la source d'émission n'étant alors pas perturbées.

55 Cependant, même si l'uniformité d'émission de maille à maille est globalement obtenue, lorsque les courants que peuvent émettre les micropointes sont très faibles ou lorsque le nombre des micropointes qui sont réellement en fonction est réduit, l'uniformité d'émission entre les micropointes d'une même maille n'est pas forcément obtenue. Par ailleurs, si les capacités d'émission des micropointes sont très élevées et si la maille comporte un nombre de micro-

pointes élevé, l'homogénéité inter-micropointes est également difficilement obtenue. En d'autres termes, plus une maille comporte de micropointes dont la capacité émissive est forte, plus l'uniformité d'émission entre une micropointe et ses voisines est difficile à obtenir.

5 On a représenté sur les figures 3A, 3B et 3C une même maille carrée comportant chacune seize micropointes (représentée symboliquement par des rectangles) disposées sur une couche résistive carrée, elle-même entourée par un conducteur cathodique 6 en forme de cadre carré. Pour chacune de ces micropointes (m1 - m16), on a noté la valeur de son intensité émise (figures 3A et 3B), ou la valeur de la tension à laquelle elle est portée lorsqu'une différence de potentiel de 100 Volts est appliquée entre la grille 12 et le conducteur du cadre cathodique 6, porté à un potentiel, par exemple nul (figure 3C).

10 Dans le cas de la figure 3A, les valeurs d'intensité inscrites sont exprimées en microampères et correspondent aux valeurs que l'on devrait obtenir théoriquement selon le brevet FR-A-2 663 462, pour des micropointes ayant une capacité émissive de 1 µA (microampères) à 100 Volts. Ceci signifie que, si l'on appliquait une tension de 100 Volts entre la grille et une micropointe, pour une cathode à une seule micropointe sans couche résistive, celle-ci émettrait une intensité de 1 µA.

15 Sur la figure 3B, on a noté, au contraire, l'intensité en microampères que l'on obtient réellement pour l'émission des seize micropointes (m1 - m16) réparties dans la maille carrée sur la couche résistive. Les valeurs notées ont été obtenues pour des conditions identiques à celles de la figure 3A, en supposant que les micropointes ont une capacité émissive de 1 µA à 100 Volts et qu'une différence de potentiel  $V_{GC}$  de 100 Volts est appliquée entre la grille et le conducteur cathodique 6, lui-même à 0 Volt.

20 En comparant les valeurs des micropointes de la maille de la figure 3A et les valeurs des micropointes de la maille de la figure 3B, on constate que, théoriquement d'après l'art antérieur, chacune des micropointes m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8, m9, m10, m11, m12, m13, m14, m15, m16 devrait avoir une intensité égale de 0,58 µA. L'intensité totale émise par cette maille serait donc de 9,33 microampères. Or, on constate, d'après les valeurs indiquées sur la maille de la figure 3B, qu'en réalité, lorsqu'on mesure l'intensité émise par chacune des micropointes m1 à m16 d'une telle maille carrée, que les micropointes m1, m4, m13 et m16 ont une valeur de 0,34 µA, tandis que les micropointes m2, m3, m5, m8, m9, m12, m14 et m15 ont une valeur de 0,28 µA et que les micropointes m6, m7, m10 et m11 ont une valeur de 0,23 µA. En totalité, cette maille émet donc une intensité de 4,53 microampères avec une émission qui n'est pas homogène sur la surface de la maille.

30 A titre indicatif, on a représenté, sur la figure 3C, les valeurs des tensions obtenues pour chacune des 16 micropointes m1 à m16 d'une maille carrée similaire aux mailles des figures 3A et 3B. La valeur de la tension  $V_i$  de chacune de ces micropointes  $i$  inscrite sur la figure 3C, représente le potentiel auquel est portée chaque micropointe relativement au cadre à 0 Volt. La différence (100 -  $V_i$ ) est maximale pour les micropointes m1, m4, m13, m16 qui émettent donc davantage que les micropointes du bord et surtout celles du centre.

35 Il apparaît donc clairement que les micropointes du centre de la maille émettent moins, voire beaucoup moins, que leurs voisines ; au contraire, les micropointes des coins de la maille, lorsqu'il s'agit d'une maille carrée, émettent beaucoup plus que les autres micropointes de la maille.

40 De façon plus générale, on sait que l'on peut exprimer le courant  $I_i$  qui traverse la couche résistive et atteint la micropointe  $i$  en fonction du potentiel de cette micropointe et des potentiels portés par les autres micropointes de la même maille. Ces courants  $I_i$  s'expriment donc à partir des équations de l'électrocinétique formellement équivalente à l'équation de LAPLACE (voir le document intitulé "Static and Dynamic Electricity, William R. SMYTHE, Mac GRAW-HILL, Book Company, 1950) : E1 :

$$\begin{aligned}
 I_1 &= T_{11} \cdot V_1 + T_{12} \cdot V_2 + \dots + T_{1n} \cdot V_n \\
 I_2 &= T_{21} \cdot V_1 + T_{22} \cdot V_2 + \dots + T_{2n} \cdot V_n \\
 I_i &= T_{i1} \cdot V_1 + T_{i2} \cdot V_2 + \dots + T_{in} \cdot V_n \\
 I_n &= T_{n1} \cdot V_1 + T_{n2} \cdot V_2 + \dots + T_{nn} \cdot V_n
 \end{aligned}$$

Ces équations peuvent s'exprimer sous une forme inversée :

$$E'1 : V_1 = R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + \dots + R_{1n} \cdot V_n$$

5

.

.

.

$$V_n = R_{n1}I_1 + R_{n2}I_2 + \dots + R_{nn}I_n$$

10

où la matrice  $R_{ij}$  est la matrice inverse de la matrice  $T_{ij}$ .

Ces équations montrent bien que le courant qui traverse les micropointes  $i$  au travers de la couche résistive 8, c'est-à-dire le courant qui entrera dans la micropointe à cause de l'émission de champ, dépend à la fois du potentiel  $V_i$  porté par la micropointe  $i$ , mais aussi des potentiels portés par les  $n - 1$  autres micropointes faisant partie de la même maille, au travers des coefficients  $T_{ij}$ . Il y a donc une influence et un écrantage entre les micropointes elles-mêmes, par l'intermédiaire de la couche résistive 8. Les coefficients  $T_{ij}$  pouvant être négatifs, si une micropointe  $j$  voit son potentiel  $V_j$  augmenter, alors le courant  $I_i$  de la micropointe  $i$  diminue. Par ailleurs, l'équation caractéristique du courant  $I$  ( $V$ ) d'une micropointe suit une loi d'émission telle que la loi de FOWLER-NORDHEIM et s'écrit en général sous la forme :

20

$$E2 : I_i \approx A_i (V_{GC} - V_i)^2 \exp\left(-\frac{B_i}{(V_{GC} - V_i)}\right)$$

25

où, par exemple,  $V_{GC} = 100$  V,  $A_i = 10^{-7} A \cdot V^{-2}$  et  $B_i = 920$  V, ces valeurs étant les valeurs théoriques attendues pour une micropointe qui émettrait à  $0,1 \mu A$  à  $100$  V.

30

Ce courant d'émission dépend de la différence de potentiel entre grille et micropointe, c'est-à-dire de la différence entre le potentiel appliqué  $V_{GC}$  et le potentiel  $V_i$  existant sur la micropointe. Comme expliqué précédemment, ce potentiel  $V_i$  dépend aussi de ce qui se passe dans la couche résistive 8.

Les valeurs du potentiel  $V_i$  qui interviennent dans les équations E1 et E2 satisfont le système d'équations suivantes :

35

$$E3 : T_{ij}x(V_i) = A_i (V_{GC} - V_i)^2 \exp\left(-\frac{B_i}{(V_{GC} - V_i)}\right)$$

40

qui doit être résolu afin de déterminer les valeurs d'équilibre  $V_i$ , puis les courants  $I_i$  réellement émis.

On comprendra donc que l'émission par effet de champ à partir des micropointes distribuées dans une maille dépend, d'une part, des capacités propres de ces micropointes (représentées par les paramètres  $A_i$  et  $B_i$ ), qui correspondent, notamment, à la surface émissive, au diamètre du trou dans la couche 10 et dans l'électrode 12, du rayon de courbure de la micropointe. Ces paramètres  $A_i$  et  $B_i$  peuvent être déterminés de façon classique, comme décrit dans le document "Vacuum Microelectronic Devices", Proceeding of the IEEE, 1994, vol. 82, n° 7, par I. BRODIE, P. R. SCHROEBEL.

45

Cette émission dépend, d'autre part, de la géométrie de la maille, ainsi que de la valeur de la résistivité de la couche résistive 8. Comme expliqué précédemment, elle dépend aussi de la position relative des micropointes par rapport au cadre métallique et aux autres micropointes dans cette maille.

50

Dans le cas des figures 3A à 3C, les couples ( $A_i$ ,  $B_i$ ) sont identiques pour chaque micropointe.

#### Exposé de l'invention

55

L'invention a justement pour but de remédier à ces inconvénients. A cette fin, elle propose un procédé de détermination des caractéristiques géométriques optimales d'une source d'émission à micropointes permettant de déterminer une structure de mailles adaptée à l'application choisie et dans laquelle, par exemple, l'uniformité d'émission

des micropointes au sein même de la maille peut être réalisée.

L'invention propose également différentes structures de mailles obtenues à partir de ce procédé.

De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de détermination des caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes consistant, pour une maille choisie comportant n micropointes i (avec  $1 \leq i \leq n$ ) disposées sur une couche résistive et entourées d'un cadre conducteur, une grille conductrice étant disposée au-dessus de la maille :

- a) à définir les spécifications recherchées pour cette maille ;
- b) à déterminer la capacité émissive de chaque micropointe ;
- c) à déterminer des caractéristiques géométriques et physiques de la couche résistive et du cadre de la maille ;
- d) à exprimer, par un premier système d'équations, les courants  $I_i$  aptes à circuler du cadre vers chacune des micropointes i, portée à un potentiel  $V_i$  ;
- e) à exprimer, par un second système d'équations, les courants aptes à être émis par chaque micropointe i portée au potentiel  $V_i$ , lorsqu'une différence de potentiel  $V_{GC}$  est appliquée entre la grille et le cadre de la maille ;
- f) à égaliser les deux systèmes d'équations exprimés aux étapes e) et d) de façon à déterminer, pour chaque micropointe, le potentiel  $V_i$  pris par cette micropointe ;
- g) à introduire ces valeurs de potentiels  $V_i$  dans le premier ou le second système d'équations pour déterminer les courants  $I_i$  réellement émis par les micropointes de la maille dont les caractéristiques ont été déterminées aux étapes b) et c) ;
- h) à comparer les valeurs des courants  $I_i$  déterminés à l'étape g) avec les spécifications définies à l'étape a) et, si les courants  $I_i$  ne correspondent pas aux spécifications recherchées, à modifier la capacité émissive et/ou les caractéristiques des étapes b) et/ou c) et répéter les étapes d) à h) jusqu'à l'obtention des spécifications recherchées.

Le procédé de l'invention modélise donc, d'une part, les phénomènes physiques qui se passent dans la couche résistive et dans le cadre (cf étape d)) et, d'autre part, les phénomènes physiques qui se produisent au niveau des micropointes (cf étape e)). Par l'égalisation des courants électriques modélisés aux étapes d) et e), l'invention permet d'accéder à la connaissance des courants réellement émis par les micropointes de la maille.

Les étapes du procédé de l'invention sont réalisées avantageusement au moyen d'un ordinateur et de programmes de simulation et de calcul tels que ceux connus sous la terminologie ANSYS et/ou EXCEL.

on notera que le terme "spécifications recherchées" désigne, par exemple, une émission homogène de micropointe à micropointe, un courant d'émission maximum au centre de la maille et plus faible ailleurs... etc.

Par ailleurs, on entend par caractéristiques géométriques et physiques, notamment l'épaisseur de la couche résistive, l'épaisseur et la largeur du cadre, la surface de la maille, le recouvrement ou non du cadre par la couche résistive, la résistivité de la couche résistive et du cadre ainsi que la disposition des micropointes dans la maille.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le premier système d'équations de l'étape d) s'écrit :

$$I_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} V_j$$

où  $T_{ij}$  représente une matrice de coefficients décrivant l'influence des différentes micropointes entre elles et du cadre sur les micropointes.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, la détermination de la matrice  $T_{ij}$  comporte les étapes suivantes :

- détermination d'une matrice  $R_{ij}$  de coefficients tels que :

$$V_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} I_j$$

puis

- inversion de la matrice  $R_{ij}$  pour obtenir la matrice  $T_{ij}$ .

De façon plus précise, pour déterminer la matrice  $R_{ij}$ , dans un premier temps, on fixe le cadre de la maille à un potentiel donné  $V_o$  (de préférence 0 Volt) et on fixe à un potentiel  $V_i$ , le potentiel de la micropointe  $i$ , tandis que les potentiels des autres micropointes sont laissés flottants ; on détermine alors (grâce au programme de simulation) les valeurs des potentiels pris par lesdites autres micropointes  $j$  et la valeur du courant  $I_i$  circulant entre la micropointe  $i$  et le cadre, le rapport  $V_j/I_i$  permettant alors de déterminer  $R_{ji}$  et le rapport  $V_i/I_i$  permettant de déterminer  $R_{ii}$ . Les coefficients  $R_{ij}$  étant égaux aux coefficients  $R_{ji}$ , lors de la première opération, c'est-à-dire pour la micropointe 1, l'ensemble des coefficients  $R_{11}$ ,  $R_{1j}$  et  $R_{j1}$  sont déterminés à partir des rapports  $V_1/I_1$  et  $V_j/I_1$ . Le traitement est ainsi effectué pour la micropointe 2 afin de déterminer les coefficients  $R_{22}$ ,  $R_{2j}$  et  $R_{j2}$  et ainsi de suite jusqu'à obtenir l'ensemble des coefficients  $R_{ij}$ .

Selon un mode avantageux de l'invention, le second système d'équations de l'étape e) s'écrit :

$$I_i = A_i (V_{GC} - V_i)^2 \exp\left(-\frac{B_i}{V_{GC} - V_i}\right),$$

où  $A_i$  et  $B_i$  correspondent à la capacité émissive de la micropointe  $i$ . Les paramètres  $A_i$  et  $B_i$  se déterminent de façon tout à fait classique comme on l'a vu précédemment.

L'invention concerne aussi différentes structures de sources d'émission à micropointes réalisées selon ce procédé et comportant une pluralité de mailles comprenant chacune  $n$  micropointes (avec  $n \geq 1$ ) disposées sur une couche résistive, entourées d'un cadre conducteur, une grille ayant  $n$  ouvertures étant disposée au-dessus de la maille, chaque ouverture étant située en regard d'une micropointe. Cette source d'émission se caractérise par le fait que chacune des micropointes de la maille a une disposition particulière dans la maille, par rapport aux autres micropointes voisines, de façon à ce que chacune des micropointes de la maille ait une émission contrôlée et pouvant être quasi-identique à celle de ses voisines dans ladite maille.

Cette source d'émission peut comporter, par exemple, une maille comprenant trois micropointes disposées symétriquement l'une par rapport aux autres, à l'intérieur d'un cadre triangulaire.

Selon un autre mode de réalisation, la maille comporte quatre micropointes disposées symétriquement l'une par rapport aux autres, à l'intérieur d'un cadre carré.

Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, la maille comporte une pluralité de micropointes alignées les unes avec les autres et disposées à l'intérieur d'un cadre rectangulaire.

Selon un autre exemple de structure de source d'émission, chaque maille de la source d'émission ne comporte qu'une seule et unique micropointe.

Selon encore un autre exemple de structure de source d'émission, la maille comporte une pluralité de micropointes alignées chacune avec sa voisine et disposées dans un cadre en forme sensiblement de spirale.

Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, la source d'émission à micropointes comprend une grille qui comporte des ouvertures ayant des diamètres différents en fonction de la position, à l'intérieur du cadre, de la micropointe qui lui fait face.

#### Brève description des figures

- La figure 1, déjà décrite, représente schématiquement une source d'émission à micropointes relative à l'art antérieur ;
- la figure 2A, déjà décrite, représente schématiquement une vue en coupe d'une source d'émission à micropointes dont la couche résistive recouvre le cadre de la maille ;
- la figure 2B, déjà décrite, représente schématiquement une vue en perspective d'une source d'émission à micropointes dont la couche résistive ne recouvre pas le cadre de la maille ;
- la figure 3A représente une maille à seize micropointes sur laquelle les valeurs du courant de chacune des micropointes sont indiquées en ne tenant pas compte des coefficients d'influence entre micropointes ;
- la figure 3B représente une maille identique à celle de la figure 3A sur laquelle les valeurs réelles des courants de chacune des micropointes sont indiquées ;
- la figure 3C représente la même maille que la figure 3A ou la figure 3B, sur laquelle les valeurs de la tension réelle de chacune des micropointes sont indiquées ;
- la figure 4 représente le diagramme fonctionnel du procédé de l'invention ;
- la figure 5 représente une structure de maille carrée, conforme à l'invention et ayant des trous de diamètres

variables ;

- la figure 6 représente schématiquement une structure de source d'émission dans laquelle chaque maille comporte une seule micropointe ;
- les figures 7A et 7B représentent schématiquement des structures de mailles symétriques, respectivement, triangulaire et carrée ;
- la figure 8 représente schématiquement une structure de maille quasi linéaire ; et
- la figure 9 représente schématiquement une structure de maille en spirale.

Description de modes de réalisation détaillés de l'invention

Sur la figure 4, on a représenté le diagramme fonctionnel du procédé de l'invention qui consiste à déterminer les caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes.

Plus précisément, ce procédé comporte une première étape a) consistant à définir les spécifications recherchées pour une maille de n micropointes, avec n entier positif non nul. Ces spécifications peuvent être, par exemple, l'uniformité d'émission entre micropointes d'une maille ou bien le courant maximum pour une surface de maille donnée ou encore le courant maximum pour une forme de maille donnée ou pour une distribution donnée des micropointes dans la maille. On précise, toutefois, que ces spécifications ne sont que des exemples et que d'autres spécifications peuvent être considérées.

Le procédé consiste ensuite en une étape b) de choix des valeurs A<sub>i</sub> et B<sub>i</sub> définissant les caractéristiques émissives de chaque micropointe en l'absence de couche résistive (Loi de FOWLER-NORDHEIM).

Le procédé selon l'invention consiste ensuite en une étape c) de choix des caractéristiques géométriques et physiques de la maille considérée. Ceci signifie que l'on choisit une géométrie de maille, ainsi que des grandeurs physiques, liées par exemple à la dimension de la maille choisie ou encore à la conductivité des différents éléments de la structure de cette maille ou des micropointes de cette maille. Ces caractéristiques sont choisies à priori, en fonction de l'application considérée.

Ce procédé comporte ensuite une étape d) qui consiste à exprimer au moyen d'un premier système d'équations E1, les courants I<sub>i</sub> aptes à circuler du cadre de la maille vers chacune des micropointes i. Pour cela, les micropointes i sont portées chacune à un potentiel V<sub>i</sub>. Ce système d'équations s'écrit :

$$I_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} V_j,$$

où T<sub>ij</sub> est une matrice de coefficients décrivant l'influence des différentes micropointes entre elles et du cadre sur les micropointes.

Avantageusement, cette matrice T<sub>ij</sub> est déterminée à partir de sa matrice inverse R<sub>ij</sub> donnée par l'équation :

$$V_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} I_j,$$

et dont chaque coefficient R<sub>ij</sub> est déterminé en fixant le cadre de la maille à un premier potentiel fixe V<sub>0</sub>, de préférence 0 Volt et en imposant tour à tour à chaque micropointe d'être portée à un second potentiel de référence V<sub>i</sub>. De préférence, le potentiel V<sub>i</sub> est de 1 Volt. Tandis que le potentiel V<sub>i</sub> de la micropointe i est porté à ce potentiel de référence, soit 1 Volt, le potentiel V<sub>j</sub> des autres micropointes j de la même maille n'est pas fixé. On fixe ainsi arbitrairement les conditions aux limites pour cette maille.

De cette façon, on détermine, tour à tour, par simulation, chaque rapport V<sub>i</sub>/I<sub>i</sub> qui permet d'en déduire le coefficient R<sub>ij</sub> et les rapports V<sub>j</sub>/I<sub>j</sub> qui permettent d'en déduire les coefficients R<sub>ij</sub>.

Sachant que R<sub>ij</sub> = R<sub>ji</sub>, on effectue le même traitement jusqu'à obtenir l'ensemble des coefficients R<sub>ij</sub> de R<sub>11</sub> à R<sub>nn</sub>.

En inversant la matrice symétrique R<sub>ij</sub>, on obtient la matrice T<sub>ij</sub>, elle aussi symétrique.

Le procédé de l'invention comporte ensuite une étape e) qui consiste à exprimer, par un second système d'équations, les courants aptes à être émis par chaque micropointe i portée au potentiel V<sub>i</sub>, lorsqu'une différence de potentiel V<sub>GC</sub> est appliquée entre la grille et le cadre de la maille.

Ce second système d'équations s'écrit :

$$I_i \approx A_i (V_{GC} - V_i)^2 \exp\left(-\frac{B_i}{V_{GC} - V_i}\right),$$

5

où  $A_i$  et  $B_i$  correspondent aux capacités émissives de la micropointe  $i$ . Ces paramètres  $A_i$  et  $B_i$  se déterminent de façon classique selon des méthodes exposées précédemment.

10 Le procédé de l'invention consistent ensuite en une étape f) d'égalisation de ces deux systèmes. Par cette égalisation, on peut déterminer, pour chaque micropointe  $i$ , la valeur du potentiel  $V_i$  prise par elle-même. Puis, en introduisant cette valeur  $V_i$  dans l'un quelconque des deux systèmes précédents, on en déduit la valeur du courant  $I_i$  réellement émis par la micropointe  $i$  (étape g)).

15 Le procédé selon l'invention consiste ensuite à vérifier si les spécifications obtenues à l'étape g) correspondent aux spécifications recherchées. Si c'est le cas, on peut alors utiliser la structure de maille ainsi obtenue. Dans le cas contraire, on réitère le procédé à partir de l'étape b) ou c) en modifiant la capacité émissive et/ou les caractéristiques géométriques et physiques de la couche résistive et du cadre.

20 Sur les figures 5 à 9, on a représenté différentes structures de mailles obtenues en mettant en oeuvre le procédé décrit précédemment, dans lequel la spécification recherchée est ici l'uniformité d'émission de chacune des micropointes de la maille.

Le procédé de calcul permet de manière plus générale de prévoir et de contrôler l'émission de toutes les micropointes réparties sur une couche résistive en fonction de leurs caractéristiques propres, de celles de la couche résistive et de leur position dans la maille.

25 Ainsi, sur la figure 5, on a représenté une maille carrée à trous variables dont chacune des micropointes a une émission égale à celle des autres micropointes de la maille, pour une tension d'extraction donnée  $V_{GC}$ .

Dans ce mode de réalisation, chaque trou réalisé dans la grille 12 et dans la couche isolante 10 a un diamètre adapté à la position de la micropointe qui lui fait face dans la maille.

L'homme de l'art sait, en effet, que plus le trou est petit et plus l'émission par la micropointe sera facilitée.

30 Or, comme on l'a vu sur la figure 3B, si toutes les micropointes, et leur trou d'extraction, étaient les mêmes, alors les micropointes situées aux quatre coins de la maille auraient tendance à émettre plus fortement que les micropointes au centre de la maille. Aussi, si l'on considère les micropointes  $m_1$ ,  $m_4$ ,  $m_{13}$  et  $m_{16}$ , on sait, d'après l'explication de la figure 3B, qu'elles auraient un courant d'intensité plus élevé que les micropointes  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_5$ ,  $m_8$ ,  $m_9$ ,  $m_{12}$ ,  $m_{14}$  et  $m_{15}$  et encore plus élevé que les micropointes  $m_6$ ,  $m_7$ ,  $m_{10}$  et  $m_{11}$ .

35 Or, comme un trou plus petit facilite l'émission par la micropointe, on a choisi une structure de maille dans laquelle les trous des micropointes  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_5$ ,  $m_8$ ,  $m_9$ ,  $m_{12}$ ,  $m_{14}$  et  $m_{15}$  ont un diamètre moyen et dans laquelle les micropointes  $m_6$ ,  $m_7$ ,  $m_{10}$  et  $m_{11}$  sont en regard d'un trou de diamètre plus petit que les trous des autres micropointes de la maille. Au contraire, les trous en regard des micropointes  $m_1$ ,  $m_4$ ,  $m_{13}$  et  $m_{16}$  sont plus grands que la moyenne, c'est-à-dire que les trous de micropointes  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_5$ , etc., de façon à limiter quelque peu l'émission de courant par ces micropointes. Les capacités à émettre sont donc facilitées pour les micropointes centrales dont les trous sont plus petits, tandis qu'elles sont rendues plus difficiles pour les micropointes des coins de la maille. Dans cet exemple particulier, les couples  $(A_i, B_i)$  sont les mêmes pour les micropointes  $m_1$ ,  $m_4$ ,  $m_{13}$ ,  $m_{16}$ ; de même, les couples  $(A_i, B_i)$  sont les mêmes pour les micropointes  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_5$ ,  $m_8$ ,  $m_9$ ,  $m_{12}$ ,  $m_{14}$  et mis et enfin, les couples  $(A_i, B_i)$  sont les mêmes pour les micropointes  $m_6$ ,  $m_7$ ,  $m_{10}$  et  $m_{11}$ . Par contre, les couples de chacun de ces groupes sont différents entre eux. On obtient ainsi, à une tension donnée, des émissions égales pour chacune des micropointes de la maille car l'émissivité d'une micropointe (par exemple, le diamètre du trou) est asservie à sa position dans la maille résistive.

45 Sur la figure 6, on a représenté une structure de maille à micropointes séparées. Dans cette structure, chaque micropointe est indépendante de ses voisines et donc l'écrantage d'une micropointe par ses voisines n'existe pas; l'uniformité d'émission entre les différentes micropointes est donc garantie à partir du moment où toutes les micropointes sont semblables, c'est-à-dire de même couple  $(A_i, B_i)$ .

50 Cette figure 6 montre donc, de façon plus précise, 16 mailles référencées de 1 à 16 et qui ont chacune une seule micropointe. Dans ce cas, les coefficients  $T_{ij}$  pour ces micropointes sont nuls, puisqu'il n'y a aucune interaction entre les différentes micropointes, chacune d'elles appartenant à une maille différente.

Sur les figures 7A et 7B, on a représenté des structures de mailles symétriques simples dans lesquelles les micropointes occupent des positions rigoureusement équivalentes vis-à-vis du cadre de la maille et de leur entourage.

55 De façon plus précise, la figure 7A représente une structure de maille triangulaire. Cette maille comprend un cadre ayant une forme de triangle équilatéral et trois micropointes  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  réparties symétriquement l'une par rapport aux autres. Dans cet exemple, les couples  $(A_i, B_i)$  sont égaux.

Sur la figure 7B, on a représenté une structure de maille carrée. Cette maille comporte un cadre carré ainsi que

quatre micropointes  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  et  $m_4$  situées symétriquement l'une par rapport aux autres, chaque micropointe étant située dans un coin de la maille.

Pour ces deux structures de mailles, on comprendra bien que, du fait de la symétrie des micropointes dans le cadre de la maille, les potentiels  $V_i$  sont identiques pour chacune des micropointes de la maille ; en conséquence, les coefficients d'influence  $T_{ij}$  sont égaux pour chaque micropointe. L'émission des micropointes dans la maille est donc uniforme.

Sur la figure 8, on a représenté une structure de maille quasi linéaire. Cette maille est de forme rectangulaire et comporte une pluralité de micropointes  $m_1, m_2, \dots, m_n$  alignées les unes avec les autres et présentant les mêmes couples  $(A_i, B_i)$ . Ainsi, la plupart des micropointes de la maille interagissent essentiellement avec les deux micropointes voisines. Seules les deux micropointes  $m_1$  et  $m_n$  situées aux extrémités de la maille interagissent différemment puisqu'elles n'ont qu'une seule voisine. Pour ces deux micropointes  $m_1$  et  $m_n$  l'interaction est donc différente de celle des micropointes  $m_2$  à  $m_{n-1}$ , mais cette différence est d'autant plus négligeable que le nombre de micropointes par maille est important. Les effets d'écrantage d'une micropointe par ses voisines sont donc minimisés, comparativement au cas d'une maille carrée classique à 16 ou 32 micropointes. L'émission des micropointes à l'intérieur d'une telle maille est donc considérée comme quasi-uniforme.

Sur la figure 9, on a représenté une autre structure de maille, à savoir une maille en spirale.

Cette maille comporte un cadre en forme de spirale carrée, à l'intérieur duquel est répartie une pluralité de micropointes  $m_1$  à  $m_n$  présentant également les mêmes couples  $(A_i, B_i)$ . Chaque micropointe étant entourée au plus de deux autres micropointes, on peut considérer que l'émission des micropointes au sein d'une telle maille est quasi-uniforme. En effet, tout comme le mode de réalisation de la figure 8, seules la première et la dernière micropointes ( $m_1$  et  $m_n$ ) ne sont essentiellement soumises qu'à l'influence d'une seule micropointe au lieu de deux, ce qui est d'autant plus négligeable que le nombre de micropointes dans la maille est élevé.

Dans ces deux cas de structures quasi linéaires, les coefficients d'influence  $T_{ij}$  de chaque micropointe sont sensiblement égaux, excepté pour la micropointe  $m_1$  et la micropointe  $m_n$  qui, toutefois, ne perturbent que très peu l'uniformité d'émission à l'intérieur de la maille.

Toutes les structures de mailles représentées sur les figures 5 à 9 ne sont évidemment que des exemples de structures de mailles déterminées à partir du procédé de l'invention. Le choix de ces structures dépend bien entendu de l'application concernée. D'autres structures de mailles peuvent être réalisées en mettant en oeuvre le procédé de l'invention, c'est-à-dire en tenant compte des interactions entre les micropointes d'une même maille et des inhomogénéités des courants d'émission de ces micropointes. Ces structures de mailles sont donc réalisées en prenant en compte les caractéristiques intrinsèques des micropointes, les caractéristiques géométriques et physiques de la couche résistive, la disposition des micropointes à l'intérieur d'une maille et, par conséquent, leur disposition relative résultant de l'influence mutuelle inter-micropointes.

## Revendications

1. Procédé de détermination des caractéristiques géométriques optimales des mailles d'une source d'émission à micropointes consistant, pour une maille choisie comportant  $n$  micropointes  $i$  (avec  $1 \leq i \leq n$ ) disposées sur une couche résistive (8), entourées d'un cadre conducteur (6), une grille conductrice (12) étant disposée au-dessus de la maille :

- a) à définir les spécifications recherchées pour cette maille ;
- b) à déterminer la capacité émissive de chaque micropointe ;
- c) à déterminer des caractéristiques géométriques et physiques de la couche résistive et du cadre de la maille ;
- d) à exprimer, par un premier système d'équations, les courants  $I_i$  aptes à circuler du cadre vers chacune des micropointes  $i$ , portée à un potentiel  $V_i$  ;
- e) à exprimer, par un second système d'équations, les courants aptes à être émis par chaque micropointe  $i$  portée au potentiel  $V_i$ , lorsqu'une différence de potentiel  $V_{GC}$  est appliquée entre la grille et le cadre de la maille ;
- f) à égaliser les deux systèmes d'équations exprimés aux étapes e) et d) de façon à déterminer, pour chaque micropointe, le potentiel  $V_i$  pris par cette micropointe ;
- g) à introduire ces valeurs de potentiels  $V_i$  dans le premier ou le second système d'équations pour déterminer les courants  $I_i$  réellement émis par les micropointes de la maille dont les caractéristiques ont été déterminées aux étapes b) et c) ;
- h) à comparer les valeurs des courants  $I_i$  déterminés à l'étape g) avec les spécifications définies à l'étape a) et, si les courants  $I_i$  ne correspondent pas aux spécifications recherchées, à modifier la capacité émissive et/ou les caractéristiques des étapes b) et/ou c) et réitérer les étapes d) à h) jusqu'à l'obtention des spécifications

recherchées.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier système d'équations de l'étape d) s'écrit :

5

$$I_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} V_j,$$

10 où  $T_{ij}$  est une matrice de coefficients décrivant l'influence des différentes micropointes entre elles et du cadre sur les micropointes.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la matrice de coefficients  $T_{ij}$  est déterminée par les étapes de :

15

- détermination d'une matrice  $R_{ij}$  de coefficients tels que :

20

$$V_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} I_j$$

puis

25

- inversion de la matrice  $R_{ij}$  pour obtenir la matrice  $T_{ij}$ .

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la matrice de coefficients  $R_{ij}$  est déterminée :

30

- en fixant le potentiel du cadre à un potentiel fixe  $V_0$  ;
- en fixant le potentiel de la micropointe  $i$  à  $V_i$ , les potentiels des autres micropointes étant flottants ;
- en déterminant les valeurs des potentiels par les autres micropointes  $j$ , ainsi que la valeur du courant  $I_i$  circulant entre la micropointe  $i$  et le cadre de la maille ;
- en déduisant le coefficient  $R_{ii}$  à partir du rapport  $V_i/I_i$  et les coefficients  $R_{ij}$  à partir du rapport  $V_j/I_i$ .

35

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le second système d'équations de l'étape e) s'écrit :

40

$$I_i = A_i (V_{GC} - V_i)^2 \exp\left(-\frac{B_i}{V_{GC} - V_i}\right),$$

où  $A_i$  et  $B_i$  correspondent à la capacité émissive de la micropointe  $i$ .

45

6. Source d'émission à micropointes réalisée selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant une pluralité de mailles ( $m_1, \dots, m_n$ ) comprenant chacune  $n$  micropointes (avec  $n > 1$ ) disposées sur une couche résistive (10) et entourées d'un cadre conducteur, une grille conductrice (12) ayant  $n$  ouvertures (16) étant disposée au-dessus de la maille, chaque ouverture étant située en regard d'une micropointe, caractérisée en ce que chacune des micropointes de la maille a une disposition particulière dans la maille, par rapport aux micropointes voisines de façon à ce que chacune des micropointes de la maille ait une émission contrôlée par rapport à celle de ses voisines dans ladite maille.

50

7. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'émission de chaque micropointe d'une maille est quasi identique à l'émission de ses voisines dans la maille.

55

8. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la maille comporte trois micropointes disposées symétriquement l'une par rapport aux autres, à l'intérieur d'un cadre triangulaire.

## EP 0 753 875 A1

9. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la maille comporte quatre micropointes disposées symétriquement l'une par rapport aux autres à l'intérieur d'un cadre carré.
- 5 10. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la maille comporte une pluralité de micropointes alignées les unes avec les autres et disposées à l'intérieur d'un cadre rectangulaire.
11. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que chaque maille comporte une unique micropointe.
- 10 12. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la maille comporte une pluralité de micropointes alignées chacune avec sa voisine et disposées dans un cadre en forme de spirale.
- 15 13. Source d'émission à micropointes selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la grille (12) comporte des ouvertures (16) ayant des diamètres différents en fonction de la position, dans le cadre, de la micropointe qui lui fait face.

20

25

30

35

40

45

50

55

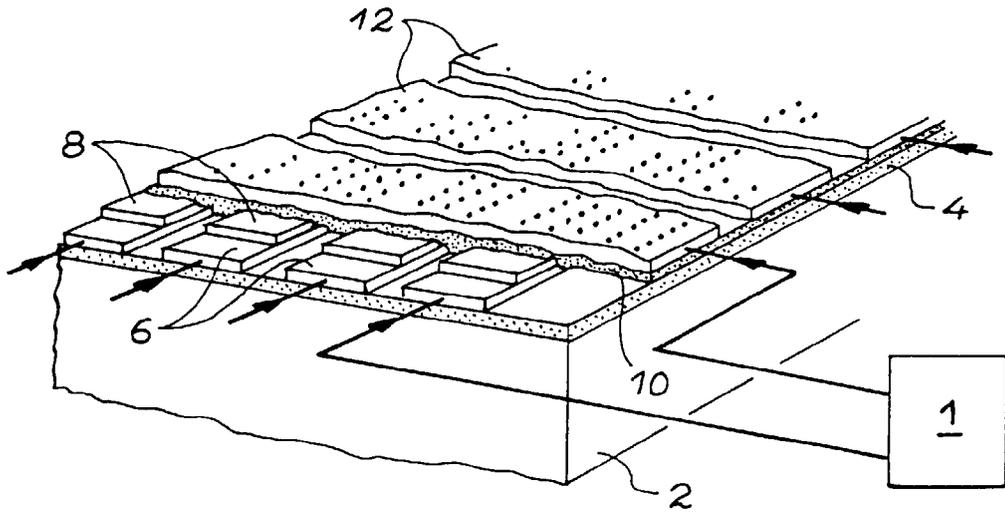


FIG. 1

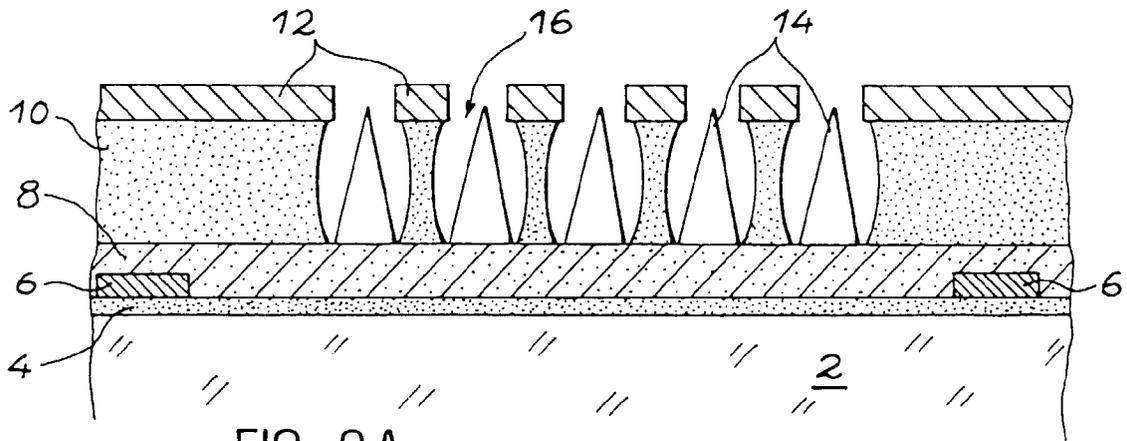


FIG. 2A

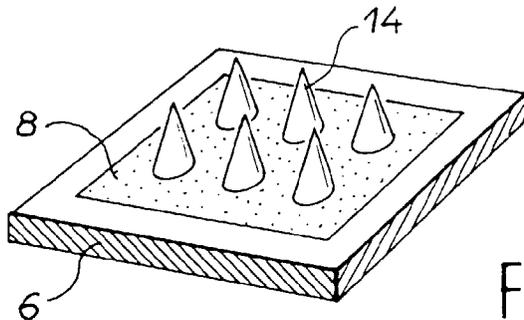


FIG. 2B

FIG. 3A

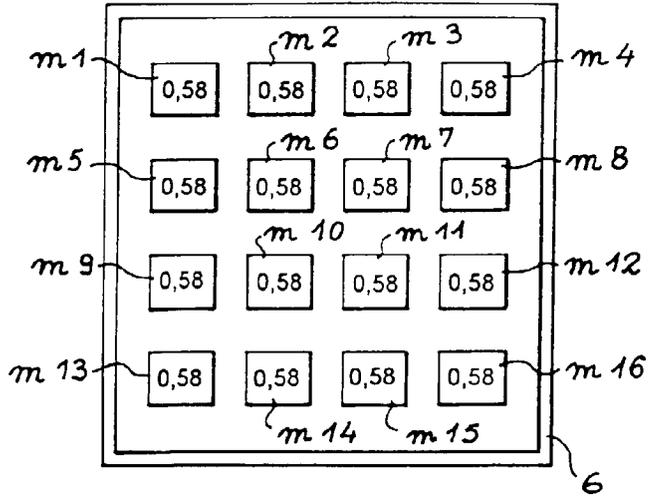


FIG. 3B

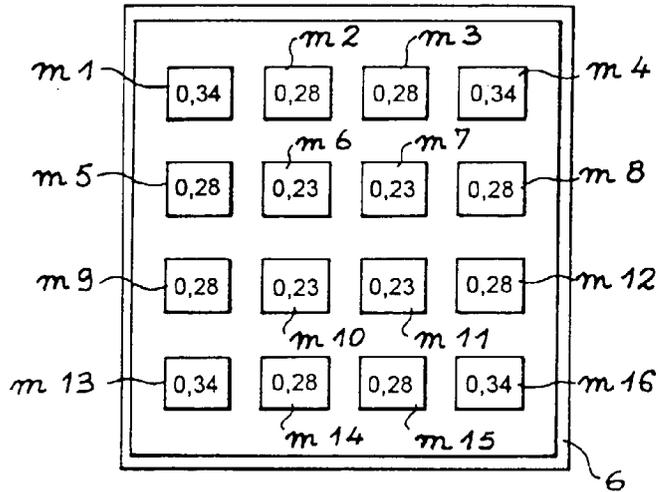
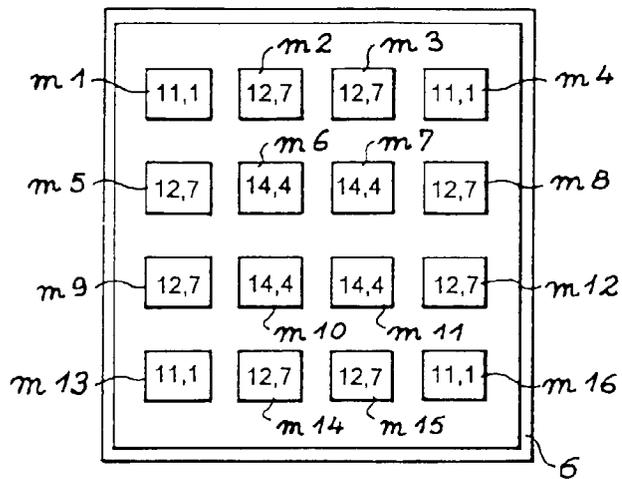


FIG. 3C



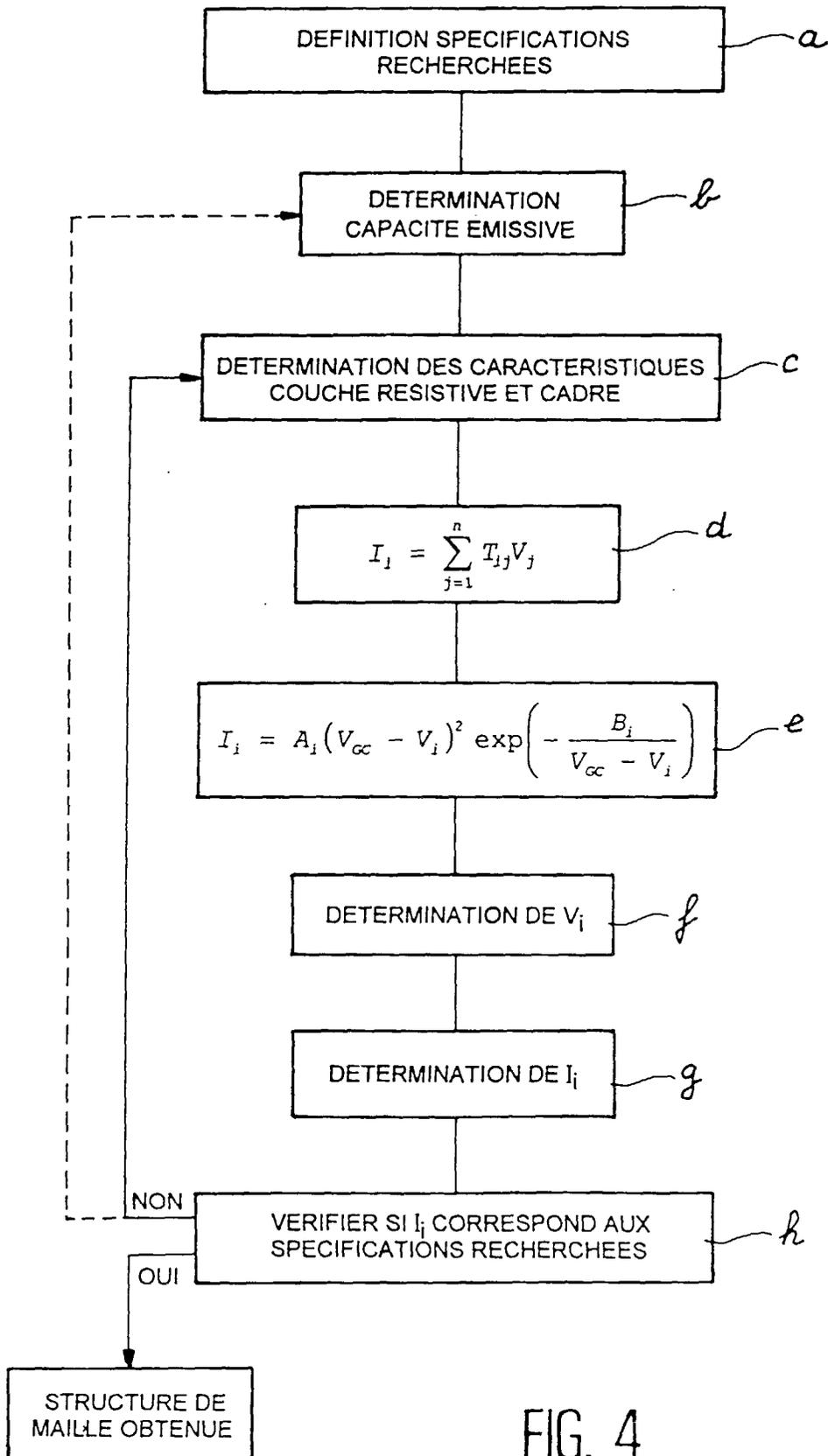


FIG. 4

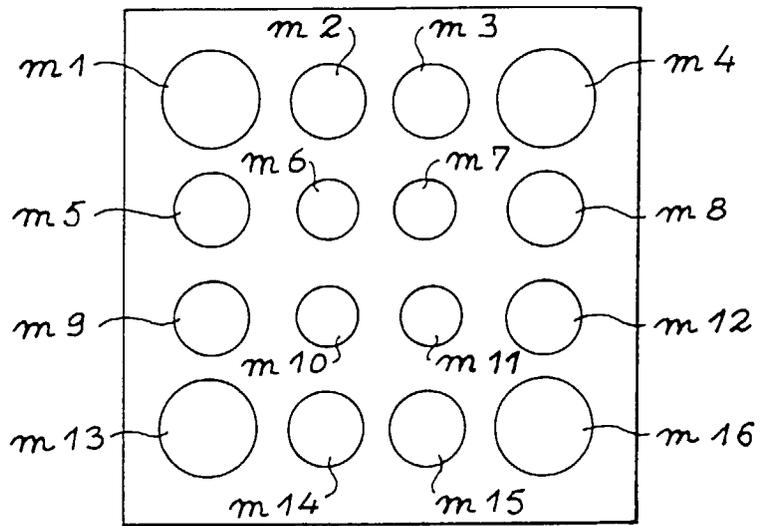


FIG. 5

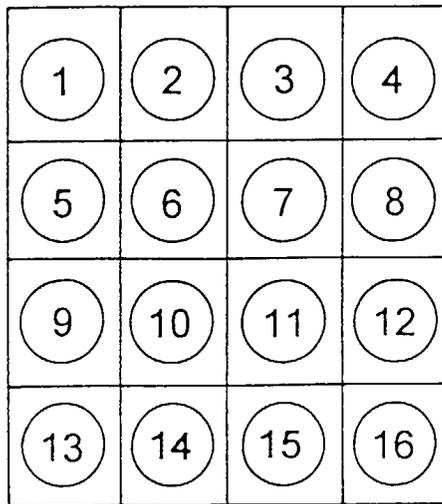


FIG. 6

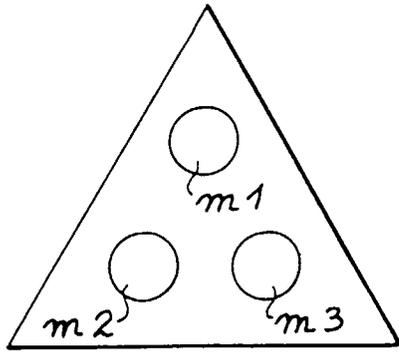


FIG. 7A

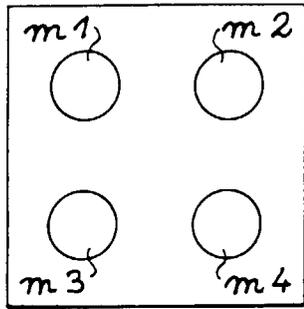


FIG. 7B

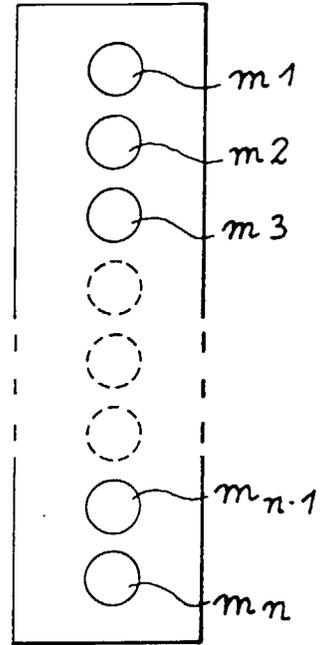


FIG. 8

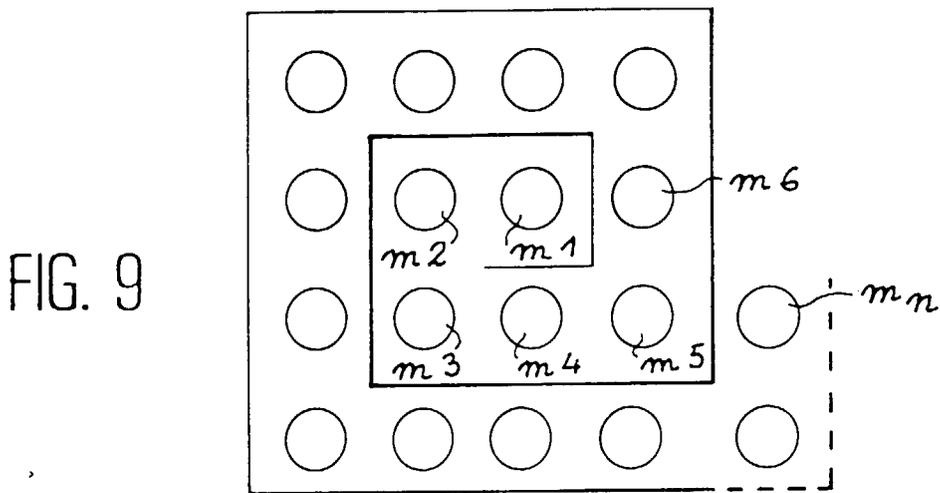


FIG. 9



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 96 40 1500

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)
A,D	FR-A-2 663 462 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 20 Décembre 1991 -----		H01J9/02
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)</b>
			H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>29 Août 1996</b>	Examineur <b>Van den Bulcke, E</b>
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>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</p> <p>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  .....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)