



⑪ Numéro de publication : **0 559 550 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

②① Numéro de dépôt : 93400530.7

⑤¹ Int. Cl.⁵: **H01J 31/50**

②② Date de dépôt : 02.03.93

③① Priorité : 06.03.92 FR 9202721

④3 Date de publication de la demande :
08.09.93 Bulletin 93/36

⑧4 Etats contractants désignés :
DE FR NL

**(71) Demandeur : THOMSON TUBES
ELECTRONIQUES
13, avenue Morane-Saulnier, Bâtiment
Chavez, Velizy Espace
F-78140 Velizy (FR)**

(72) Inventeur : Beauvais, Yves
THOMSON-CSF SCPI, BP 329
F-92402 Courbevoie Cedex (FR)
Inventeur : de Groot, Paul
THOMSON-CSF SCPI, BP 329
F-92402 Courbevoie Cedex (FR)

**(74) Mandataire : Guérin, Michel et al
THOMSON-CSF, SCPI, B.P. 329, 50, rue
Jean-Pierre Timbaud
F-92402 Courbevoie Cédex (FR)**

(54) **Tube intensificateur d'image, notamment radiologique, due type à galette de microcanaux.**

(57) L'invention concerne les tubes intensificateurs d'image radiologique du type comportant une galette (44) de microcanaux.

Le tube intensificateur d'image de l'invention comporte une photocathode (43) directement formée sur la face d'entrée (FE) de la galette (44).

On élimine ainsi, entre autres, les problèmes qui dans l'art antérieur sont liés au positionnement relatif entre la photocathode (43) et la galette (44) de microcanaux.

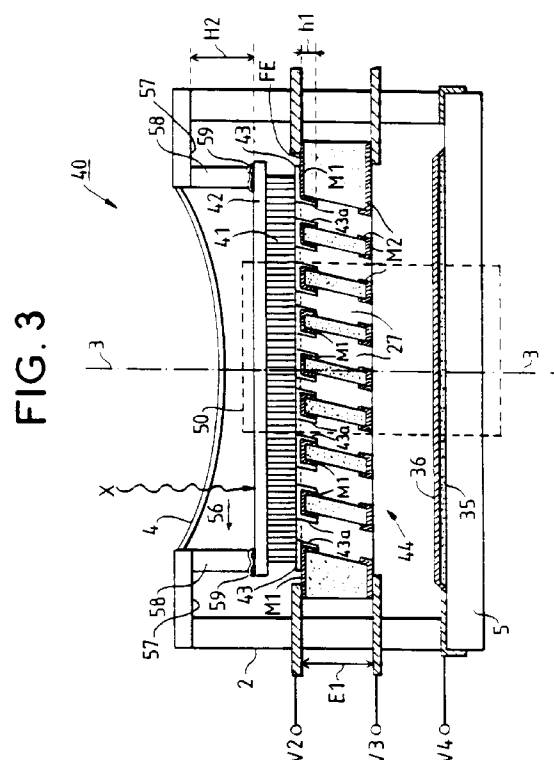


FIG. 3

L'invention se rapporte aux tubes intensificateurs d'image dans lesquels, d'une part, on convertit en photons visibles ou proches du visible un rayonnement ionisant incident, et dans lesquels d'autre part on utilise une galette de microcanaux pour réaliser un gain en électrons.

Des tubes intensificateurs d'image sont d'un usage courant dans les domaines de la radiologie et tout particulièrement dans le radiodiagnostic, où ils sont appelés "tubes intensificateurs d'image radiologique" ou en abrégé "tubes IIR".

Le principe d'un tube IIR est bien connu. Il est illustré schématiquement à la figure 1, par une vue en coupe d'un tube IIR 1.

Le tube IIR 1 comporte une enceinte sous vide, constituée par un corps central 2 de révolution disposé autour d'un axe longitudinal 3. Le corps 2 est fermé à une extrémité par une fenêtre d'entrée 4, et à l'autre extrémité par un hublot de sortie 5.

Des rayons X incidents pénètrent dans le tube IIR par la fenêtre d'entrée 4 qui, à cet effet, doit être aussi transparente que possible à ces rayons : la fenêtre 4 est généralement constituée par une feuille mince d'aluminium, ou tantale, ou verre, etc... Une forme et des caractéristiques mécaniques adaptées confèrent à la fenêtre 4 une résistance mécanique, suffisante pour résister à la pression atmosphérique qui s'exerce de l'extérieur vers l'intérieur du tube.

Les rayons X rencontrent ensuite un ensemble appelé écran primaire 15 qui convertit le rayonnement X incident en électrons émis dans le vide, à partir du point où ce rayonnement est absorbé. L'écran primaire est généralement constitué par un "sandwich" qui comprend successivement : un support 6 transparent aux rayons X, une couche 7 de matériau scintillateur qui convertit le rayonnement X en rayonnement de plus basse énergie, généralement en lumière visible, et une photocathode 8, déposée sur le scintillateur 7, qui émet des électrons dans le vide sous l'effet du rayonnement émis par le scintillateur.

Le support 6 de scintillateur doit être transparent aux rayons X : il est constitué généralement par une mince feuille de métal, ou de verre à base de silice, etc...

Le scintillateur 7 est souvent constitué par une couche d'iodure de césium d'une épaisseur de l'ordre de 0,2 à 0,8 mm.

La photocathode 8 est formée par une couche d'un matériau photoémissif ayant généralement une très faible épaisseur (souvent inférieure à 1 micromètre).

Le tube IIR 1 comprend en outre un ensemble ou système d'électrodes 10 portées à des potentiels (non représentés) appropriés à accélérer et focaliser tous les électrons émis par un même point de la photocathode 8, sur un point homologue d'un écran luminescent 11 situé du côté du hublot de sortie 5. Ce sys-

tème d'électrodes est désigné comme l'optique électronique du tube IIR 1.

L'écran luminescent 11 est composé d'une couche déposée sur un support transparent 12, situé à l'intérieur du tube et derrière le hublot de sortie 5. On peut ainsi observer à travers le hublot de sortie, l'image visible convertie de l'image de rayons X qui a été projetée sur l'écran primaire 15 à travers la fenêtre d'entrée 4 du tube.

Dans un tel intensificateur d'image radiologique, chaque photon X incident d'énergie primaire comprise entre 30 à 100 kV, absorbé dans le scintillateur 7, donne typiquement naissance à plusieurs milliers de photons lumineux, et, par là, à l'émission de plusieurs centaines d'électrons dans le vide, le rendement quantique de la photocathode 8 étant généralement compris entre 10 et 20 %.

Chacun de ces électrons, accélérés sous une tension de 10 à 30 kV, provoque à son tour l'émission de plusieurs centaines de photons lumineux en venant bombarder l'écran luminescent. Chaque photon X absorbé par l'écran primaire 15 est ainsi converti en un nombre de photons lumineux proche de 10 000, émis par l'écran luminescent 11.

De plus, l'optique électronique du tube concentre généralement l'image de sortie sur un format beaucoup plus petit que celui de l'image d'entrée, typiquement 1/10 à 1/5, ce qui s'accompagne d'un gain important de luminance pour cette image de sortie. Le dégrandissement d'image fait aussi que les détails de 1 mm au niveau de l'écran primaire sont réduits à environ 1/10 mm au niveau de l'écran luminescent, et que la résolution d'image requise au niveau de l'écran luminescent est ainsi beaucoup plus élevée que celle qui est détectée au niveau de l'écran primaire.

Le gain photonique, et le gain de luminance apporté par le dégrandissement, permettent d'obtenir, avec des doses radiologiques supportables par les patients, une image de sortie suffisamment lumineuse pour être observée et enregistrée par le biais d'une caméra cinématographique ou d'une caméra de prise de vue de télévision, en constituant des systèmes radioscopiques fonctionnant en temps réel.

Dans les tubes intensificateurs d'image lumineux ou en abrégé "tube IIL" (Intensificateurs d'image dans lesquels le rayonnement incident est en lumière visible et qui donc ne comportent pas de scintillateur) de la seconde et troisième génération, il est connu d'ajouter une galette de microcanaux en vue d'augmenter encore le gain électronique. Mais dans les tubes IIR tels que ceux montrés à la figure 1, le gain photonique est considéré comme suffisant dans pratiquement toutes les applications, et généralement il n'est pas jugé utile de l'augmenter en ajoutant une galette de microcanaux, bien que de tels montages aient déjà été proposés.

Cependant, l'utilisation d'une galette de microcanaux dans les tubes IIR, en remplacement de l'opti-

que électronique, est considérée comme susceptible de présenter de grands avantages, tels que par exemple : forte réduction de l'épaisseur, c'est-à-dire de la distance entre la fenêtre d'entrée et le hublot de sortie ; résolution uniforme sur tout le champ image (même pour images de grandes dimensions) ; possibilité de réaliser beaucoup plus facilement des formats carrés ou rectangulaires mieux adaptés aux formats d'images habituelles, ou d'écrans de télévision.

Des tubes IIR utilisant une galette de microcanaux en remplacement de l'optique électronique sont souvent appelés "tubes IIR à double focalisation de proximité". De tels tubes sont décrits notamment dans "Channel Electron Multiplier Plates in X-Ray Image Intensification", par I.C.P. Millar et al., dans *Advances in Electronics and Electron Physics*, volume 33, Academic Press, 1972. Dans le tube IIR décrit dans cette publication, l'écran primaire est plan. Il est tendu parallèlement et à une faible distance de la face d'entrée de la galette de microcanaux, tandis que l'écran luminescent est placé parallèlement à la face de sortie de la galette, et à une faible distance de celle-ci. Pour éviter que la dispersion des électrons entre la photocathode et l'entrée de la galette, d'une part, et entre la sortie de la galette et l'écran luminescent, d'autre part, ne dégradent la résolution, il faut maintenir des distances très faibles, typiquement inférieures à 1 millimètre, entre ces électrodes.

La figure 2 montre de manière schématique un tel tube IIR 20 d'un type semblable à celui décrit dans la publication ci-dessus mentionnée.

Comme dans l'exemple de la figure 1, le tube IIR 20 comporte un corps de tube 2 disposé autour d'un axe longitudinal 3. Le corps 2 est fermé à une extrémité par une fenêtre d'entrée 4 et à l'autre extrémité par un hublot de sortie 5.

Les rayons X incidents pénètrent dans le tube 20 par la fenêtre 4 d'entrée et rencontrent ensuite un écran primaire 21.

A la différence de l'écran primaire 15 de la figure 1, l'écran primaire 21 de cette version est plan. Il comporte un support 22 de scintillateur, un scintillateur 23 et une photocathode 24 qui peuvent être d'une même nature et qui assurent les mêmes fonctions que le support, le scintillateur et la photocathode montrés à la figure 1.

Les électrons (non représentés) émis par la photocathode 24 sont dirigés par un champ électrique, vers la face d'entrée 26 d'une galette 25 de microcanaux. A cet effet un premier et un second potentiels de polarisation V1, V2 sont appliqués respectivement à la photocathode 24 et à la face d'entrée 26, avec le second potentiel V2 plus positif que le premier potentiel V1.

La galette 25 de microcanaux est un assemblage d'une multitude de petits canaux ou microcanaux 27 parallèles séparés par des cloisons 28, et assemblés sous la forme d'une plaque rigide. Chaque électron

primaire (émis par la photocathode) qui pénètre dans un microcanal 27 est multiplié par un phénomène d'émission secondaire en cascade sur les parois du microcanal, de sorte que le courant électronique en sortie de la galette peut être plus de mille fois supérieur au courant à l'entrée. Le diamètre d1 des microcanaux peut être compris entre 10 et 100 micromètres. Les microcanaux 27 sont inclinés par rapport à la normale au plan de la galette, afin que des électrons émis par la photocathode 24 parallèlement à cette normale ne puisse émerger d'un microcanal sans avoir donné lieu à un phénomène d'émission secondaire. En vue de réduire le nombre des électrons qui frappent la face d'entrée 26 de la galette 25 en dehors des microcanaux, il est courant de réaliser un évasement 30 à l'entrée de ces microcanaux et donc à ce niveau de réduire l'épaisseur des cloisons 28. L'épaisseur E de la plaque formant la galette 25 de microcanaux est typiquement comprise entre 1 et 5 mm. Le gain électronique de la galette peut être ajusté dans une grande plage de valeurs, par exemple entre 1 et 5000, en fonction de la tension développée entre la face d'entrée 26 et une face de sortie 31 de cette galette 25, face de sortie 31 à laquelle est appliqué un troisième potentiel de polarisation V3.

La face d'entrée 26 et la face de sortie 31 sont chacune recouverte d'une couche de métallisation respectivement M1, M2 (représentées sur la figure 2 en traits épais, grâce auxquelles les potentiels V2, V3 sont répartis sur les faces d'entrée et de sortie. Bien entendu ces métallisations M1, M2 ne doivent pas obstruer les microcanaux 27. Il est à noter qu'il est courant de déposer les couches de métallisation M1, M2 sur les parois des microcanaux 27 aux extrémités de ces microcanaux c'est-à-dire à l'entrée et à la sortie de ces derniers. Généralement, les couches de métallisation M1, M2 sont déposées sur les faces d'entrée et de sortie 26, 31 des galettes de microcanaux par une méthode d'évaporation sous vide d'un matériau conducteur (tel que par exemple du chrome, nickel-chrome, Inconel, etc...), par effet Joule, en utilisant, le plus fréquemment, un canon à électrons pour sublimer le métal à évaporer.

Cette technique est classique. Pour limiter la pénétration du métal dans les canaux 27, l'évaporation s'effectue en incidence rasante (en "biais") .

Par ailleurs, les galettes de microcanaux sont supportées, pendant l'évaporation, sur un système de planétaire qui permet, par rotation continue, d'exposer la surface des galettes au flux métallique selon toutes les directions, tout en conservant l'incidence rasante. La pénétration du métal à l'intérieur des canaux 27 est ainsi uniforme, pour chaque canal, et pour l'ensemble des canaux.

Les électrons en sortie de la galette de microcanaux sont accélérés et focalisés par un champ électrique, sur un écran luminescent 35 disposé en regard de la galette, parallèlement à celle-ci, et à une distance

ce D de l'ordre de 1 à 5 mm. L'écran luminescent 35 a des dimensions sensiblement égales à celles de l'écran primaire. Il émet localement une quantité de lumière proportionnelle au courant d'électrons incident et il restitue donc une image visible et intensifiée de l'image de rayons X projetée sur le scintillateur, à travers la fenêtre d'entrée du tube. L'écran luminescent 35 est une couche de quelques micromètres d'épaisseur, constituée par des grains de matériaux lumino-phore, et qui peut être déposée sur le hublot de sortie 5. La face de l'écran luminescent 35 tournée vers la galette 25 de microcanaux, est revêtue d'une couche métallique 36 très mince, en aluminium par exemple. Cette métallisation permet la polarisation électrique de l'écran (par l'application d'un quatrième potentiel V4 plus positif que le troisième potentiel V3), et sert de réflecteur pour la lumière émise vers l'arrière par cet écran.

L'écran primaire 21 et la galette 25 de microcanaux sont solidarisés au corps 2 du tube, à l'aide par exemple de pattes 29, scellées dans ce corps, et auxquelles sont appliqués en outre les potentiels de polarisation V1, V2, V3. L'écran primaire 21 et la galette 25 sont ainsi fixés de manière à être électriquement isolés l'un de l'autre, tout en étant séparés par une distance D1 relativement faible, de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres (Il est à noter que pour plus de clarté des figures, l'échelle des dimensions n'est pas respectée).

Une telle structure de tube IIR est difficile à réaliser, en particulier pour les images de grandes dimensions. Il est difficile en effet de réaliser et maintenir parallèlement à la galette de microcanaux, et à une distance très faible et uniforme, un écran primaire parfaitement plan. Ceci est pourtant nécessaire pour limiter la dispersion angulaire des électrons (effet qui réduit la résolution spatiale), et pour obtenir une bonne résolution d'image sur l'ensemble du champ.

Une autre difficulté vient de ce que le scintillateur 23 et son support 22 ne possèdent pas les mêmes coefficients de dilatation : ils sont constitués tous les deux par des couches minces qui tendent à se déformer, et entraînent une déformation de la photocathode et donc une modification locale de la distance entre cette dernière et la galette de microcanaux.

Ces difficultés sont d'autant plus prononcées que la dimension des tubes IIR est grande, alors que les applications envisagées d'un tube IIR à galette de microcanaux (c'est-à-dire d'un tube IIR à double focalisation de proximité) demandent de grandes surfaces utiles, typiquement supérieures à 15 cm de diamètre, ou de format rectangulaire de surface équivalente.

La présente invention concerne les tubes intensificateurs d'image utilisant à la fois un scintillateur pour convertir un rayonnement ionisant en rayonnement lumineux ou proche du visible, et une galette de microcanaux pour réaliser l'amplification en élec-

trons. L'invention a pour but d'apporter une solution aux problèmes ci-dessus mentionnés liés à l'utilisation des galettes à microcanaux.

L'invention propose de disposer directement la photocathode sur la face d'entrée de la galette de microcanaux. On répond ainsi à la fois aux problèmes liés à l'uniformité de l'écartement entre la photocathode et la galette de microcanaux, et aux problèmes d'isolation électrique entre ces deux éléments. On simplifie l'alimentation électrique, car la face d'entrée de la galette de microcanaux et la photocathode peuvent être à un même potentiel.

Cette disposition permet en outre de supprimer les effets, sur la photocathode, engendrés par les différences de coefficient de dilatation entre le scintillateur et son support, et peut permettre même de supprimer ce support. Le scintillateur est alors déposé sur la galette de microcanaux qui a préalablement été revêtue d'une photocathode. Ceci évite de prévoir un support spécifique pour le scintillateur, support qui absorbe une partie des rayons X du fait qu'il est du côté du rayonnement X incident. Le scintillateur n'est pas assez rigide pour tenir sans support et la galette de microcanaux sert alors avantageusement de support. La photocathode peut aussi être déposée sur le scintillateur, qui est ensuite appliquée contre la galette, ou en partie sur le scintillateur et en partie sur la galette, le scintillateur revêtu étant appliqué contre la galette revêtue.

L'invention concerne donc un tube intensificateur d'image, comportant un scintillateur, une photocathode, une galette de microcanaux, une face d'entrée de la galette de microcanaux étant au moins partiellement recouverte par une couche électriquement conductrice, caractérisé en ce que la photocathode est constituée par au moins une couche en contact avec la couche électriquement conductrice.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages qu'elle apporte apparaîtront à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 déjà décrite représente un tube IIR de l'art antérieur, du type à optique électronique ;
- la figure 2 déjà décrite représente schématiquement par une vue en coupe, un tube IIR de l'art antérieur, du type à galette de microcanaux ;
- la figure 3 montre schématiquement par une vue en coupe, un tube IIR du type à galette de microcanaux conforme à l'invention ;
- la figure 4 est une vue agrandie d'une partie d'une galette de microcanaux montrée à la figure 3 ;
- la figure 5 représente plus particulièrement l'entrée de microcanaux montrés aux figures 3 et 4 ;
- la figure 6 est une vue semblable à la figure 3,

et illustre la présence d'une couche de photocathode réalisée sur un scintillateur.

Pour simplifier les figures et faciliter leur lecture, l'échelle des dimensions n'est pas respectée.

La figure 3 représente un tube intensificateur d'image 40 agencé suivant l'invention, un tube IIR par exemple. Le tube IIR 40 comporte une enceinte étanche au vide, constituée par un corps de tube 2 fermé à une extrémité par une fenêtre d'entrée 4, et à l'autre extrémité par un hublot de sortie 5. Cette enceinte contient un scintillateur 41, un support de scintillateur 42, une photocathode 43, une galette 44 de microcanaux et un écran luminescent 35, porté par le hublot de sortie 5, tous ces éléments assurant des fonctions semblables à celles assurées par le support 22, le scintillateur 23, la photocathode 24, la galette 25 et l'écran luminescent 35 du tube IIR montré à la figure 2.

Suivant une caractéristique de l'invention, la photocathode 43 est directement appuyée sur la face d'entrée FE de la galette 44 (face qui est orientée vers la fenêtre d'entrée 4 et vers le scintillateur 41). Plus précisément, dans l'exemple non limitatif représenté à la figure 3, la photocathode 3 est réalisée sur une couche conductrice, appelée première couche de métallisation M1, formée sur la face d'entrée FE.

Pour le reste, la galette 44 de microcanaux est constituée de façon classique, et elle est semblable à la galette 25 de la figure 2 : une seconde couche de métallisation M2 est déposée sur la face de sortie FS de la galette 44 (face orientée vers l'écran luminescent). Cette seconde métallisation M2 coopère avec la première couche de métallisation M1, pour établir un champ électrique sur la longueur des microcanaux 27 que comporte la galette 44, c'est-à-dire entre l'entrée et la sortie de ces microcanaux qui respectivement aboutissent dans la face d'entrée FE et dans la face de sortie FS. Ce champ électrique est obtenu par l'application des second et troisième potentiels de polarisations V2, V3 aux couches de métallisation respectivement M1, M2, avec le troisième potentiel V3 plus positif que le second potentiel V2. Il est à noter que le potentiel V3 appliqué à la seconde couche de métallisation M1 sert en outre comme dans l'art antérieur, à définir un champ électrique entre la face de sortie FS de la galette de microcanaux, et l'écran luminescent 35, en vue d'un fonctionnement à ce niveau semblable à celui de l'art connu.

Pour favoriser l'établissement du champ électrique dans les microcanaux 27, les métallisations M1 et M2 sont déposées non seulement sur les faces d'entrée et de sortie FE, FS, mais aussi sur les parois des microcanaux 27, à l'entrée et à la sortie de ces derniers dans lesquels elles pénètrent ainsi légèrement d'une profondeur h1. A cet effet la méthode de dépôt des couches métallisées M1, M2 utilise une technique d'évaporation en incidence rasante comme déjà expliqué dans le préambule.

Cette légère pénétration de la première couche métallisée M1 dans une partie de chaque microcanal 27, partie qui constitue l'entrée de chaque microcanal, est mise à profit dans l'invention où elle constitue le support de la photocathode 43 conforme à l'invention. La couche formant la photocathode 43 est ainsi réalisée sur la face d'entrée FE, ainsi que dans l'entrée de chacun des microcanaux 27 où elle constitue une microphotocathode 43a ; par suite la photocathode 43 comporte autant de microphotocathodes 43a qu'il y a de microcanaux 27.

Le scintillateur 41 est disposé au-dessus de la photocathode 43, et dans l'exemple non limitatif décrit, il est directement appuyé sur la face d'entrée FE de la galette 44 c'est-à-dire directement en contact avec la photocathode 43.

Le scintillateur 41 peut être solidaire de façon classique d'un support 42 comme dans l'exemple non limitatif représenté à la figure 3, et l'ensemble formé par le scintillateur et son support peut être fixé à la galette 44 de microcanaux par exemple sous la poussée d'un ou plusieurs organes de poussée 56. Les organes de poussée 56 peuvent être constitués de différentes manières, en fonction notamment des modes de fabrication propres à chaque tube IIR.

Dans l'exemple non limitatif de la description, les organes de pression 56 prennent appui sur une partie périphérique intérieure 57 de la fenêtre d'entrée 4, cette partie périphérique étant plus massive que la partie centrale qui elle doit absorber le moins possible le rayonnement X incident. Dans l'exemple représenté à la figure 2, ces organes de poussée 56 comportent une entretoise rigide 58 et une rondelle ressort 59 : la rondelle ressort 59 est placée sur le support 42 (dans une zone périphérique de ce dernier, et l'entretoise 58 est disposée entre la fenêtre d'entrée 4 et la rondelle ressort 59. Les entretoises 58 ont une hauteur H2 appropriée à maintenir appliqués le scintillateur 41 et son support 42 contre la face d'entrée de la galette 44, à l'aide des rondelles ressort 59. Plusieurs tels organes de poussée peuvent être utilisés, répartis sur le tour des scintillateurs 41.

En vue d'une part d'améliorer la fixation de l'ensemble scintillateur-support 41, 42, et d'autre part de limiter, voire annuler les déformations mécaniques résultant des différences de coefficients de dilatation du scintillateur et du support, il est possible (mais non obligatoire) de conférer à cet ensemble scintillateur-support 41, 42, avant sa fixation sur la galette 44, une forme (non représentée) légèrement concave (vue de la fenêtre d'entrée). Avec une telle forme, quand l'ensemble scintillateur-support 41, 42 est placé au-dessus de la galette 44, c'est d'abord par sa partie centrale qu'il est au contact de la face d'entrée FE sur laquelle est formée la photocathode 43. En assurant ensuite une pression régulière sur la périphérie de l'ensemble scintillateur-support 41, 42 lors de sa fixation à l'aide des organes de poussée 56, on obtient un

appui uniforme de cet ensemble sur la face d'entrée FE, en jouant sur son élasticité.

Une telle forme concave de l'ensemble formé par le scintillateur 41 et son support 42, peut résulter d'une tension mécanique interne qui peut elle-même résulter d'une forme concave donnée initialement au support 42 avant le dépôt du scintillateur 41 sur ce support. Le coefficient de dilatation de l'iodure de césium est généralement supérieur à celui du support, et ce scintillateur est déposé à chaud sur ce support. De la sorte, la tension exercée par le scintillateur 41 tend à réduire la concavité initiale, et il faut donner au support 42 une concavité un peu supérieure à celle qui est finalement nécessaire. On pourra par exemple donner une flèche initiale voisine de 1 millimètre, pour un support 5 en alliage d'aluminium de 0,5 millimètre d'épaisseur, et de 15 à 25 centimètres de diamètre.

Mais, dans cette configuration où le scintillateur 41 est appliqué sur la face d'entrée FE de la galette, la présence d'un support 42 de scintillateur n'est pas obligatoire. En effet, il est connu qu'un convertisseur de rayonnement ou scintillateur pour tube IIR peut être réalisé sur un support provisoire, support qui peut être éliminé après réalisation du scintillateur. Une telle technique est décrite par exemple dans un brevet français au nom de THOMSON-CSF, publié sous le n° 2 530 367. Ce brevet décrit un procédé pour réaliser un écran scintillateur en iodure de césium avec une structure en aiguilles (ce type de scintillateur est celui qui est le plus couramment utilisé dans les tubes IIR), sur un support provisoire qui est ensuite séparé du scintillateur. Dans un tel cas, le scintillateur 41 (n'ayant pas de support) peut être fixé sur la face d'entrée FE de la galette 44 à l'aide par exemple des organes de poussée 56, comme ci-dessus expliqué. Cependant dans le cas d'un scintillateur 41 débarrassé de son support ou substrat, les problèmes de différence de coefficients de dilatation ne se posent plus, et il est donc moins utile de conférer une forme concave (avant sa fixation) au scintillateur 41.

Avec l'invention, la photocathode 43 étant réalisée sur la face d'entrée FE de la galette de microcanaux, on répond aux problèmes posés dans l'art antérieur par les déformations de l'écran primaire, et d'une façon générale au problème du positionnement de la photocathode par rapport à la galette de microcanaux.

L'invention apporte en outre une simplification dans l'alimentation électrique du tube IIR 40, par rapport à l'art connu c'est-à-dire par rapport à l'alimentation du tube IIR de la figure 2. En effet, avec le tube IIR de l'invention, la photocathode 43 étant en contact avec la première couche de métallisation M1, elle est portée au même second potentiel de polarisation V2 que la face d'entrée FE, et les électrons qu'elle émet sont immédiatement placés sous l'influence du champ électrique qui règne dans chacun des microcanaux 27.

Dans ces conditions, par rapport au tube IIR classique de la figure 2, les potentiels nécessaires au fonctionnement du tube IIR de l'invention sont limités à :

- second potentiel de polarisation V2 alimentant simultanément la face d'entrée FE et la photocathode 43 ;
- troisième potentiel de polarisation V3 (plus positif que le second potentiel V2) appliqué à la face de sortie FS ;
- et un quatrième potentiel de polarisation V4 (plus positif que le troisième potentiel V3) appliqué à l'écran luminescent 35.

On constate que par rapport au tube IIR classique de la figure 2, le premier potentiel de polarisation V1 est supprimé, lequel premier potentiel V1 sert dans l'art antérieur à établir un champ électrique entre la photocathode et la face d'entrée de la galette de microcanaux.

Il est à noter en outre que ceci conduit, avec le tube IIR suivant l'invention, non seulement à réduire le nombre de potentiels de polarisation, mais aussi à réduire de façon importante la différence de potentiel appliquée à ce tube.

La figure 4 est une vue agrandie des éléments contenus dans un encadré 50 de la figure 3, permettant de mieux illustrer le fonctionnement du tube IIR de l'invention. La figure 4 montre partiellement, le scintillateur 41 et son support 42, la galette 44 de microcanaux et la photocathode 43 située entre cette dernière et le scintillateur 41, et l'écran luminescent 35 situé à l'opposé du scintillateur 41 par rapport à la galette 44.

Le scintillateur 41 est constitué, par exemple, par une couche uniforme d'iodure de césium formé en aiguilles 41a par croissance par évaporation sur le support 42, suivant une méthode classique. Cependant comme il a déjà été expliqué plus haut, le support 41 ne joue plus le rôle mécanique qu'il remplit dans l'art antérieur ; il peut donc être supprimé, si on réalise le scintillateur sur un support provisoire. L'épaisseur E1 de scintillateur est typiquement 0,5 millimètre.

Le scintillateur 41 est disposé au contact de la photocathode 43, qui elle-même est réalisée sur la face d'entrée FE de la galette 44 de microcanaux.

La galette 44 de microcanaux comprend les microcanaux 27 parallèles, séparés par des cloisons 28. Les microcanaux 27 sont légèrement inclinés par rapport à la normale au plan de la galette, c'est-à-dire par rapport à l'axe longitudinal 3 du tube. La face d'entrée FE comporte la première couche de métallisation M1, à laquelle est appliqué le second potentiel de polarisation V2. La face de sortie FS comporte la seconde couche de métallisation M2 à laquelle est appliqué le troisième potentiel V3. A titre indicatif, une galette 44 ayant une épaisseur E de l'ordre de 2 millimètres, et des microcanaux 27 dont le diamètre d1 est d'environ 50 micromètres, convient pour cette application.

L'écran luminescent 35 est situé par rapport à la face de sortie FS de la galette 44, à une distance D de l'ordre de 1 millimètre. L'écran luminescent 35 reçoit le troisième potentiel de polarisation V3, par lequel il est porté à un potentiel positif de quelques milliers de volts par rapport à la face de sortie FS de la galette.

La couche formant la photocathode 43 est déposée par évaporation sous vide sur la face d'entrée FE c'est-à-dire sur la première couche de métallisation M1, et tout particulièrement à l'entrée des microcanaux pour y constituer les microphotocathodes 43a. Ceci peut être réalisé, comme pour les métallisations M1, M2, par une technique d'évaporation en biais c'est-à-dire en incidence rasante, comme déjà expliqué (la galette 44 de microcanaux étant par exemple sur un support tournant). Cette technique permet d'évaporer les microphotocathodes 43a dans les microcanaux 27 jusqu'à une profondeur h2 correspondant à environ deux fois le diamètre d1 des microcanaux : soit environ 100 micromètres pour des microcanaux de 50 micromètres de diamètre. La photocathode 43 recouvre la première métallisation M1, et peut même dépasser celle-ci, vers l'intérieur des microcanaux 27.

Lorsqu'un photon X est absorbé dans le scintillateur 41, il donne lieu à l'émission de plusieurs milliers de photons visibles. Cette lumière, canalisée par les aiguilles 41a du scintillateur, est émise vers l'entrée des microcanaux 27 (comme illustré à la figure 4 par un photon lumineux Ph1) où elle a une forte probabilité de venir exciter la photocathode 43 (dont la partie efficace est principalement constituée par les microphotocathodes 43a). Des électrons émis par la photocathode, en conséquence, sont attirés vers l'intérieur des microcanaux 27 par le champ électrique, où ils se multiplient par émission secondaire en cascade, à la suite des chocs sur les parois des microcanaux, selon le processus bien connu des galettes de microcanaux. A la sortie des microcanaux 27, les électrons sont accélérés vers l'écran luminescent 35 où ils restituent, par cathodoluminescence, une image visible homologue de l'image de rayons X absorbée par le scintillateur 41.

Il est à noter que les photons visibles émis dans le scintillateur 41, sont canalisés dans ce dernier soit en direction de la galette 44 (comme illustré par le photon Ph1), soit dans la direction opposée c'est-à-dire vers le support 42. Si le support 42 est réfléchissant, tous les photons seront renvoyés vers la galette 44, ce qui améliore la sensibilité au détriment du contraste. Si le support 42 choisi est absorbant, ou s'il n'y a pas de support, la sensibilité du tube IIR sera réduite, au bénéfice de la résolution et du contraste. Le choix se fera selon les applications envisagées.

Une partie des photons visibles émis dans le scintillateur 41 en direction de la galette 44, est perdue : pour une part, ces photons perdus (non repré-

sentés) sont ceux qui sont dirigés vers les cloisons 28 et qui ne pénètrent pas dans les microcanaux 27 ; les autres photons visibles perdus sont ceux qui sont émis vers l'axe des microcanaux 27 et qui par suite ne rencontrent pas la photocathode 43 ou plus précisément les microphotocathodes 43a.

Dans l'un et l'autre des cas, on peut réduire la proportion de photons perdue en évasant l'entrée des microcanaux 27, comme il est davantage expliqué dans une suite de la description faite en référence à la figure 5.

Au total, la fraction des photons utiles peut excéder 20 % des photons lumineux émis, ce qui est très suffisant, compte tenu du gain électronique apporté par la galette 44 de microcanaux elle-même. Le nombre d'électrons arrachés à la photocathode 43, pour chaque photon X absorbé dans le scintillateur 41, reste supérieur à plusieurs dizaines, ce qui est suffisant pour n'apporter qu'un bruit négligeable dans l'image détectée.

La figure 5 montre particulièrement les entrées de deux microcanaux 27 contenus dans un encadré 60 de la figure 4, afin d'illustrer la forme évasée susceptible d'être conférée aux microcanaux et la forme qui en résulte des microphotocathodes 43a.

L'évasement de l'entrée des microcanaux 27 (à proximité de la face d'entrée FE) peut être obtenu, de façon en elle-même classique, par exemple à l'aide d'une méthode d'attaque chimique sélective appropriée, accomplie avant le dépôt de la première couche de métallisation M1.

Cette attaque chimique a pour effet d'ôter de la matière sur les parois des microcanaux (à proximité de la surface d'entrée) et donc de réduire à ce niveau l'épaisseur E3 des cloisons 28, d'où résulte l'évasement. La première couche de métallisation M1 puis la couche formant la photocathode 43 sont ensuite déposées, comme il a été précédemment indiqué. On diminue ainsi la superficie de photocathode déposée en surface, au profit des microphotocathodes 43a formées à l'entrée des microcanaux, et donc on augmente la partie efficace de la photocathode 43.

Pour obtenir un évasement de l'entrée des microcanaux 27, il est possible aussi de prolonger l'extrémité (symbolisée à la figure 5 par une limite en traits pointillés) des cloisons 28, par un dépôt additionnel 29 d'épaisseur E3 décroissante, obtenu par une technique de dépôt en phase vapeur. Ce dépôt additionnel 29 peut être, de préférence, en un matériau présentant un coefficient de dilatation voisin de celui de la galette 44, de la silice par exemple si la galette est en verre. Ce dépôt additionnel ou prolongement est ensuite recouvert par la première couche de métallisation M1, puis par la photocathode 43.

La description du tube intensificateur d'image de l'invention a été faite en référence à un tube IIR, mais l'invention s'applique à tous tubes intensificateur d'image utilisant un écran scintillateur, pour convertir

le rayonnement incident en un rayonnement visible ou proche du visible.

La réalisation d'un tube intensificateur suivant l'invention, peut s'effectuer à l'aide de techniques toutes bien connues des spécialistes.

On peut préciser cependant, à titre uniquement indicatif, qu'un tube intensificateur d'image selon l'invention doit, pratiquement, être réalisé par une méthode de transfert sous vide. En effet, la photocathode 43 doit être évaporée sous vide sur son substrat (sur la galette de microcanaux dans le cas de l'invention), et il faut pour cela le dégagement nécessaire.

Le tube de l'invention peut être introduit dans un bâti de transfert de vide (non représenté) sous la forme de trois sous-ensembles :

- le premier sous-ensemble comprend le corps du tube, la galette du microcanaux, l'écran luminescent, le hublot de sortie (l'écran luminescent étant, par exemple, déposé directement sur la face interne du hublot), tous ces éléments étant fixés de façon définitive.
- le second sous-ensemble est constitué par le scintillateur sur son support (on un support provisoire).
- le troisième sous-ensemble est constitué par la fenêtre d'entrée, munie par exemple d'une bride (non représentée) pouvant venir se fermer sur le corps du tube.

A l'intérieur du bâti, sous vide, on procédera comme habituellement au dégazage des différentes pièces, puis on réalisera le dépôt de la photocathode sur l'entrée de la galette par une évaporation en biais, par exemple en se servant de sources d'antimoine et de métaux alcalin (K, Cs) disposées sur les côtés. Le contrôle de l'évaporation de la photocathode s'effectuera selon un procédé connu.

Une fois la photocathode réalisée, un système de bras manipulateurs sous vide, permet de venir déposer et fixer le scintillateur sur la galette, puis de venir poser et sceller, de manière étanche au vide, la fenêtre d'entrée sur le corps du tube.

Le tube sera alors remis à l'air ambiant, prêt à être utilisé.

La figure 6 illustre un mode de réalisation dans lequel la photocathode 43 est constituée non seulement par une couche déposée sur la face d'entrée FE de la galette 44, mais aussi par une seconde couche 43s déposée sur une face du scintillateur 41 orientée vers la galette 44. Pour le reste, la figure 6 est semblable à la figure 3.

Le scintillateur 41 étant appliqué contre la face d'entrée FE, la seconde couche 43s est en contact avec la première couche photoémissive 43, et se trouve ainsi polarisée au même potentiel que cette dernière.

Il est à noter qu'il est possible aussi, dans l'esprit de l'invention, que la photocathode soit constituée par une unique couche 43s déposée sur le scintilla-

teur 41 ; dans un tel cas, la couche 43s déposée sur le scintillateur 41 serait directement en contact avec la première métallisation M1.

La seconde couche 43s photoémissive permet d'améliorer le rendement électronique, au prix d'une complication dans la réalisation, cette complication étant cependant parfaitement surmontable.

En effet, la réalisation de la photocathode 43 sur la face d'entrée FE de la galette de microcanaux, avant de reporter le scintillateur 41 sur cette face d'entrée et de le maintenir en position comme décrit ci-dessus, de même que la fermeture étanche de la fenêtre d'entrée 4, nécessitent un équipement complexe (bien qu'en lui-même bien connu) permettant la manipulation sous vide des diverses parties du tube (corps du tube équipé de l'écran de sortie et de la galette, écran primaire ou scintillateur, fenêtre d'entrée). Dans ce même équipement sous vide, il faut disposer des sources d'évaporation des matériaux constituant la photocathode (antimoine et métaux alcalins), et des possibilités de mouvement relatifs (système planétaire), ou de sources multiples, permettant l'évaporation uniforme de la photocathode sur la face d'entrée de la galette.

Dans ce système relativement complexe, on pourra disposer le scintillateur 41, pendant la réalisation de la photocathode 43, dans une position symétrique de celle de la galette 44, par rapport aux sources d'évaporation, de sorte que l'on réalisera simultanément une photocathode sur la face d'entrée de la galette, et sur la face choisie du scintillateur 41.

Revendications

1. Tube intensificateur d'image comportant un écran scintillateur (41), une photocathode (43), une galette (44) d'amplification électronique, la galette (44) comportant une pluralité de microcanaux (27), une face d'entrée (FE) de la galette (44) orientée vers l'écran scintillateur (41) étant au moins partiellement recouverte par une couche de métallisation (M1), caractérisé en ce que la photocathode (43) comporte au moins une couche photoémissive (43a, 43s) en contact avec la couche de métallisation (M1).
2. Tube intensificateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la couche photoémissive (43a, 43s) de photocathode (43) est déposée sur la face d'entrée (FE) de la galette (44).
3. Tube intensificateur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la couche de photocathode (43) pénètre dans l'entrée des microcanaux (27) sur au moins une partie des parois des microcanaux.

4. Tube intensificateur suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'écran scintillateur (41) est appuyé sur la face d'entrée (FE) de la galette (44). 5
5. Tube intensificateur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'écran scintillateur (41) est appuyé sur la face d'entrée (FE) de la galette (44), et en ce que la photocathode (43) comporte en outre au moins une couche photoémissive (43s) déposée sur l'écran scintillateur (41). 10
6. Tube intensificateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'écran scintillateur (41) est appuyé sur la face d'entrée (FE) de la galette (44), et en ce que la couche photoémissive (43s) en contact avec la couche de métallisation (M1) est déposée sur l'écran scintillateur (41). 15
7. Tube intensificateur suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entrée des microcanaux (27) a une forme évasée. 20
8. Tube intensificateur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que des cloisons (28) qui séparent les microcanaux (27), sont prolongés du côté de la face d'entrée (FE) par un dépôt additionnel (29) dont l'épaisseur (E3) varie, afin de réaliser la forme évasée à l'entrée des microcanaux (27). 25
9. Tube intensificateur suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'écran scintillateur (41) est appuyé sur la galette (44), et en ce que la galette (44) constitue l'unique support de l'écran scintillateur (41). 30 35

40

45

50

55

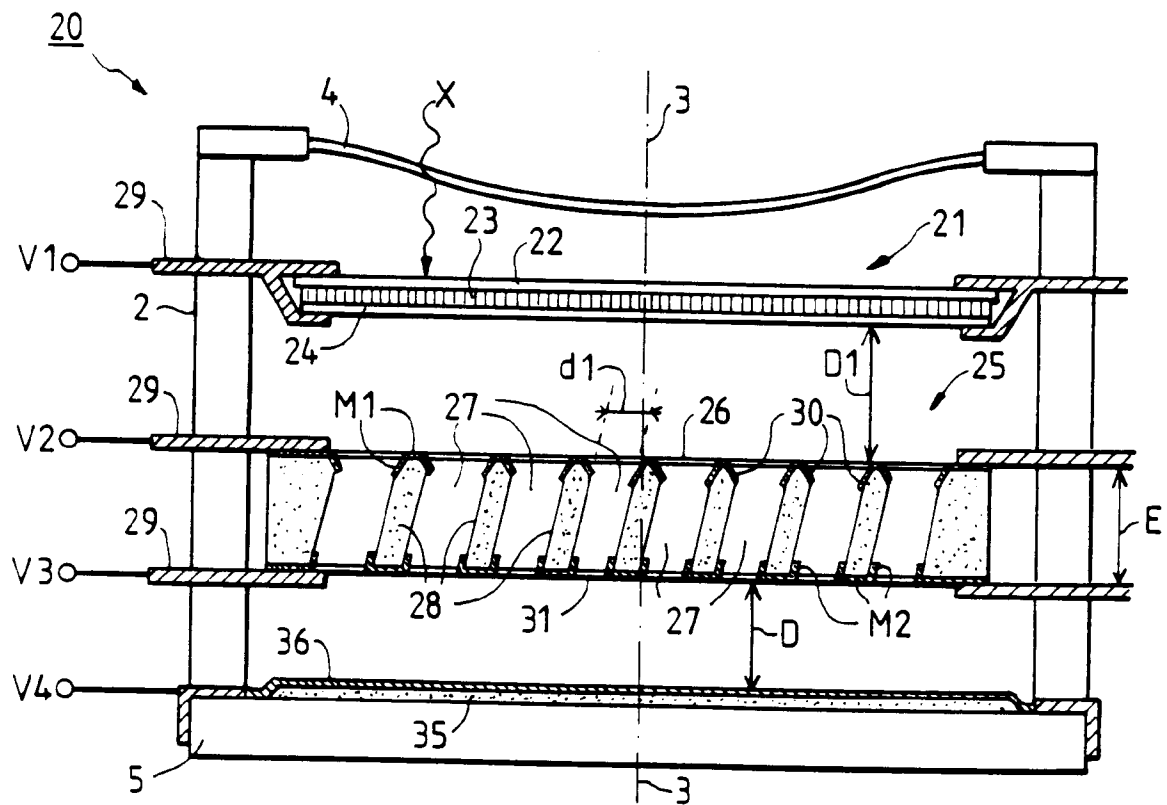
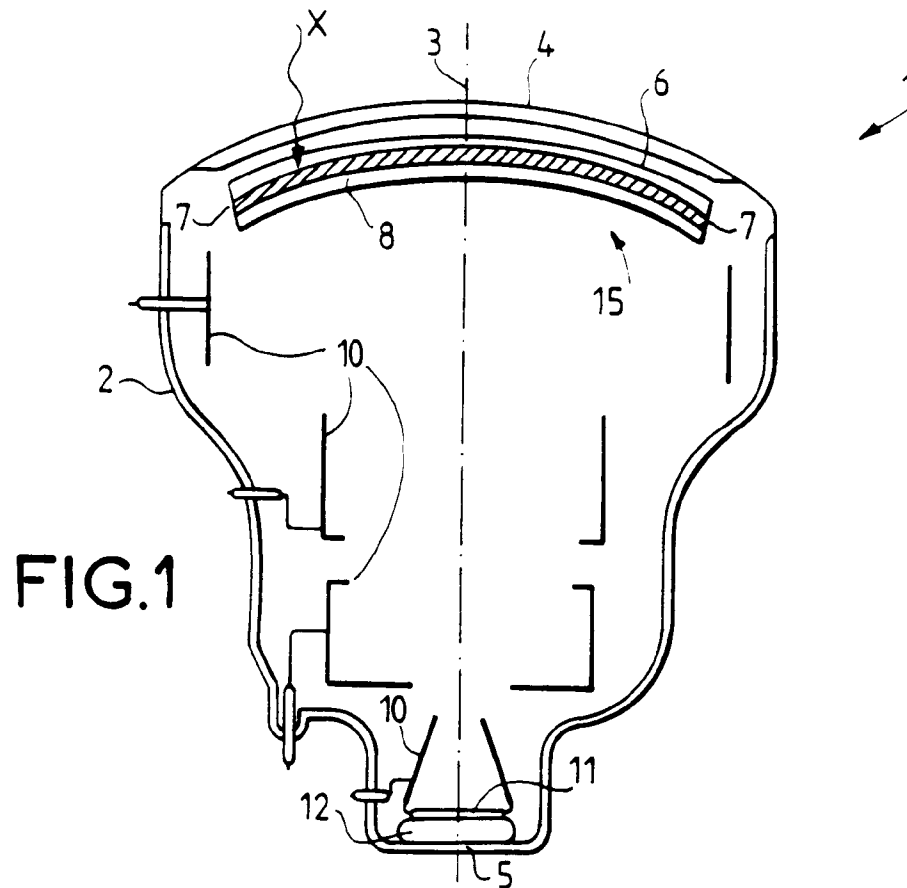
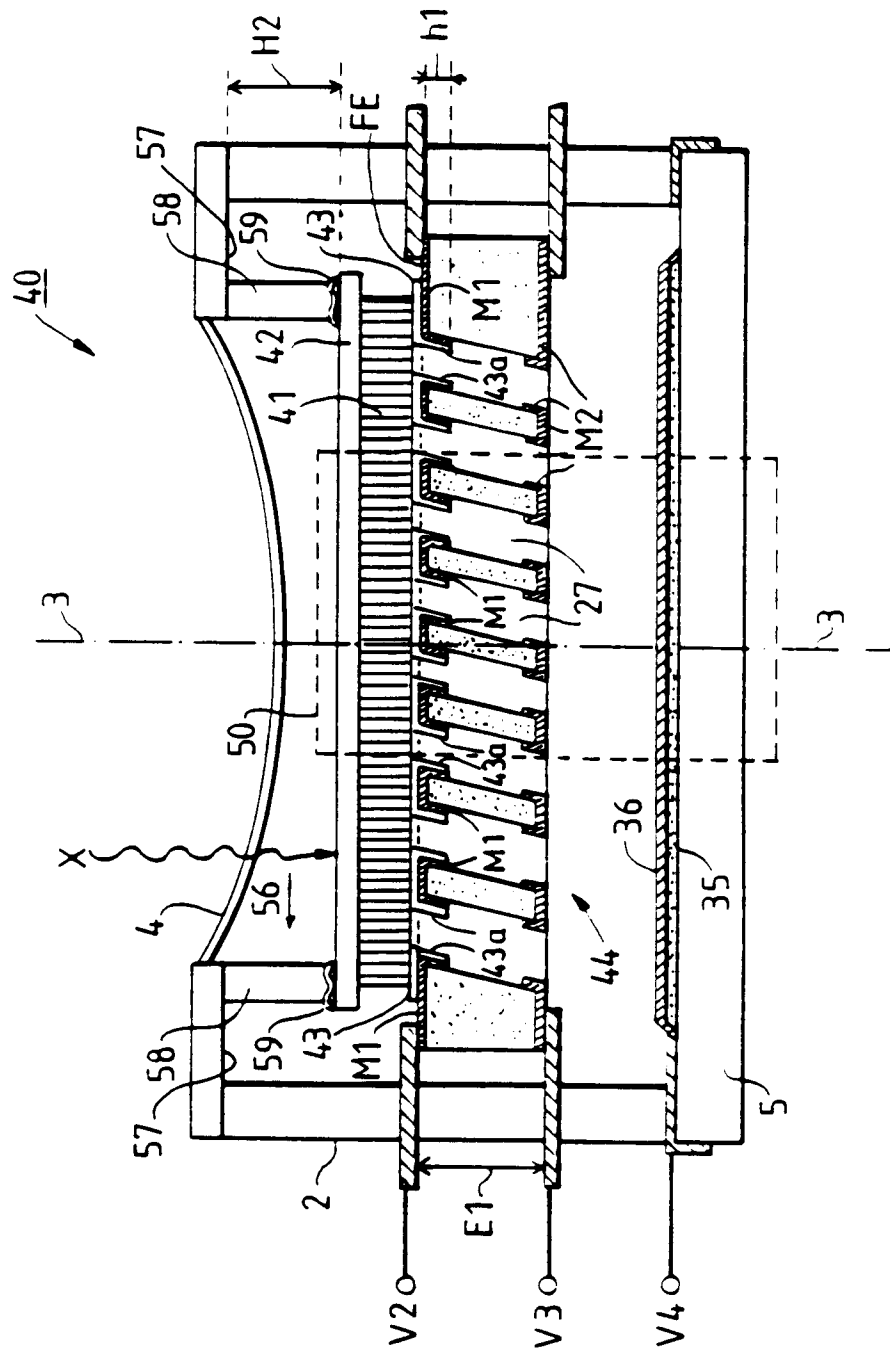


FIG.2

FIG. 3



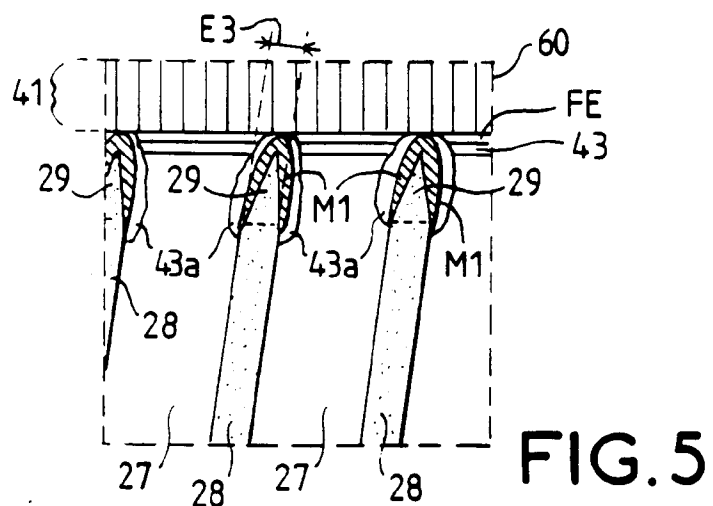
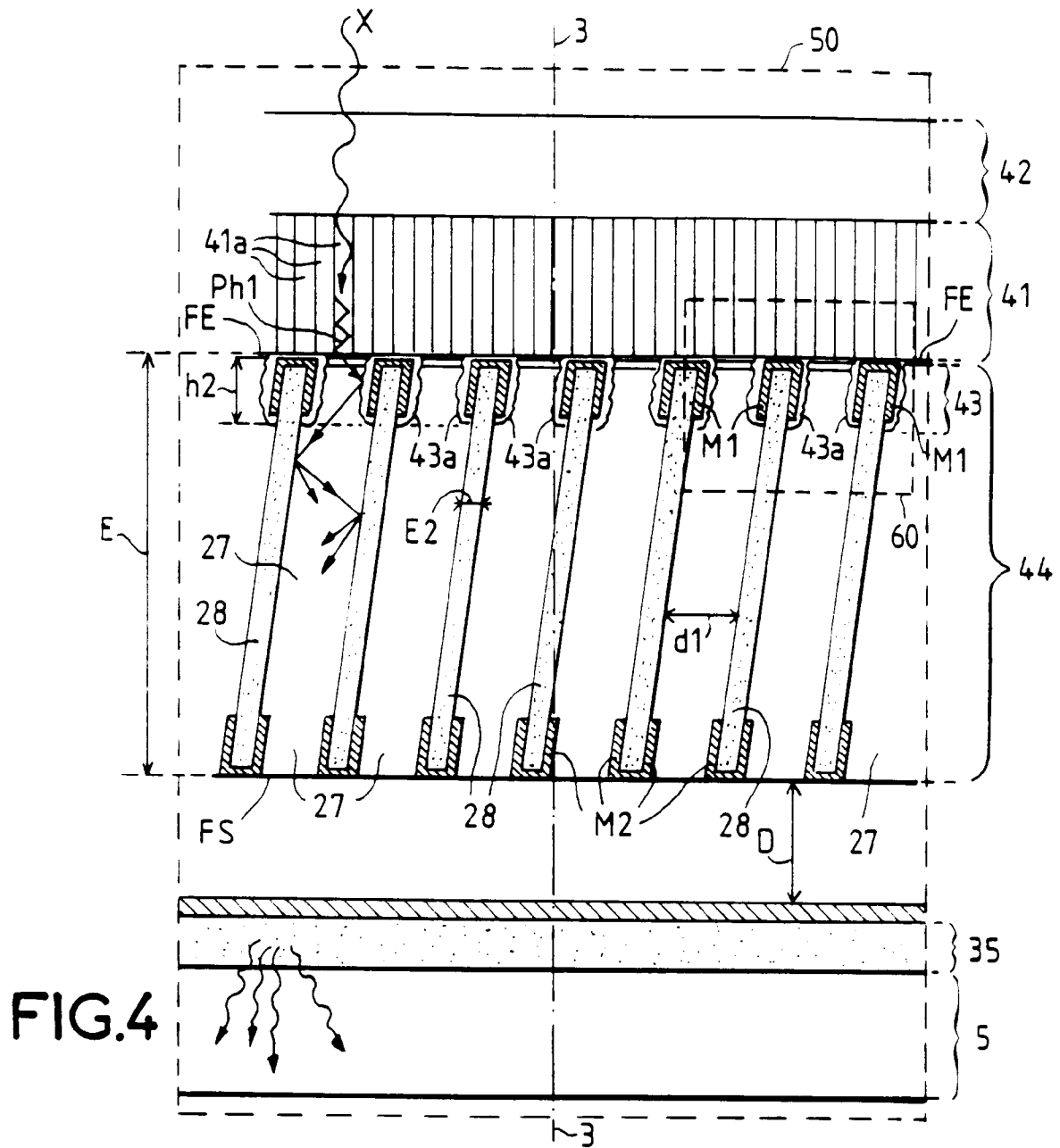
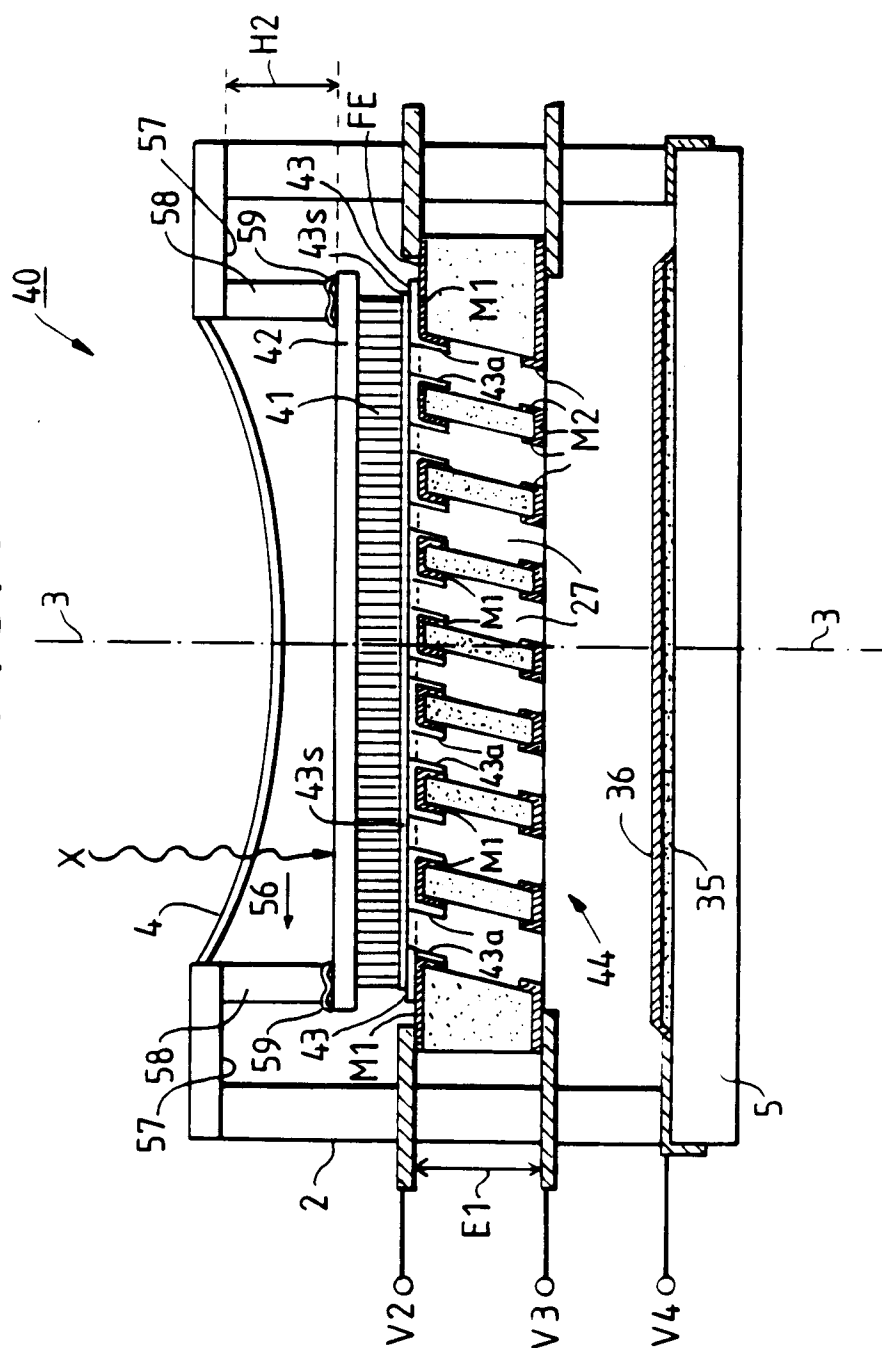


FIG. 6





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0530

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.5)
Y	DE-A-3 704 716 (KERFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH) * colonne 2, ligne 17 - ligne 41 * * colonne 4, ligne 27 - ligne 41 * * figure *	1-3,7,8	H01J31/50
Y	US-A-4 691 099 (JOHNSON) * abrégé; figures 2,3 * * colonne 2, ligne 35 - ligne 52 * * colonne 2, ligne 65 - colonne 3, ligne 2 *	1-3,7,8	
A	US-A-3 497 759 (MANLEY) * colonne 1, ligne 31 - ligne 41 * * colonne 2, ligne 5 - ligne 16 * * colonne 2, ligne 41 - ligne 50 * * colonne 2, ligne 64 - colonne 3, ligne 3 * * colonne 6, ligne 12 - ligne 17 * * figures *	1-3,7,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11 JUIN 1993	Examineur COLVIN G.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)