

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 491 677

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 21345

(54) Multiplicateur d'électrons, procédé de fabrication et tubes images comportant ledit multiplicateur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 J 43/00, 9/12, 31/50.

(22) Date de dépôt 6 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 9-4-1982.

(71) Déposant : HYPERELEC, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Gilbert Eschard.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Didier Lemoyne, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

"MULTIPLICATEUR D'ELECTRONS, PROCEDE DE FABRICATION
ET TUBES IMAGES COMPORTANT LEDIT MULTIPLICATEUR"

La présente invention concerne un multiplicateur d'électrons comportant, répartis autour d'un axe, une pluralité d'éléments multiplicateurs s'ouvrant chacun en un point d'une face principale d'entrée dudit multiplicateur et aboutissant chacun en un point d'une face principale de sortie opposée à ladite face d'entrée.

La présente invention concerne également un procédé de réalisation de tels multiplicateurs et les tubes images les comportant, notamment les tubes inverseurs.

La plupart des tubes images à photocathode, intensificateurs d'images pour vision nocturne ou convertisseurs d'images pour rayons X ont une photocathode courbe. C'est, en fait, le cas de tous les tubes inverseurs d'image.

En effet, on ne sait pas à l'heure actuelle, compte tenu des aberrations "chromatiques", c'est-à-dire des différences de vitesse des électrons au départ, faire, avec une cathode plane, une optique électrostatique donnant une bonne qualité d'image et ayant une longueur raisonnable. Les aberrations "chromatiques" ne peuvent être compensées par une optique électrostatique qu'avec une optique sphérique, donc des cathodes sphériques.

Cette courbure des photocathodes des tubes images notamment de ceux qui sont inverseurs est souvent très gênante.

On désire par exemple que l'écran primaire des tubes images convertisseurs, écran primaire sur lequel repose la photocathode, soit plat. D'abord cela permet de le mettre plus près de l'objet étudié ce qui, corrélativement permet une meilleure image. Ensuite, pour l'emploi en tomographie,

il est bon et même nécessaire pour une bonne mise au point, que l'écran primaire coïncide avec le plan conjugué du plan que l'on examine donc qu'il soit plan lui-même.

On dispose également, comme photocathodes, des corps
5 dits III-V parce qu'ils sont composés d'au moins un élément de la colonne III et d'au moins un élément de la colonne V du tableau périodique des éléments (par exemple le GaAs et le GaInAs), bien supérieurs à ceux de que l'on utilise actuellement. De telles cathodes dont la face émissive est
10 obtenue par clivage d'un monocristal ne peuvent être que rigoureusement plates ; on ne peut donc les utiliser dans ces tubes.

La technologie actuelle pallie souvent ces inconvénients en rejetant le multiplicateur d'électrons dans l'espace
15 "image" de l'optique électronique du tube, c'est-à-dire, entre cette dernière et l'écran luminescent, à faible distance de celui-ci. Les électrons issus de la photocathode sont, après traversée d'une optique électronique non inverseuse, multipliés par la galette de microcanaux, leur ré-partition spatiale étant conservée jusqu'à l'écran luminescent par focalisation de proximité, la proximité limitant 20 en fait la défocalisation des électrons.

Or, le champ que peut supporter la galette étant limité, cette proximité même empêche d'augmenter la tension entre
25 la galette et l'écran luminescent au-delà de 7 kV environ. Si cette tension est suffisante pour amener l'image intensifiée à un niveau de brillance satisfaisante pour des utilisateurs dont la vision est normale, elle reste cependant nettement insuffisante pour permettre à des déficients visuels tels que les héméralopes, de récupérer une possibilité 30 de vision normale. De plus, de tels tubes non inverseurs imposent l'usage d'une fibre optique de retournement, lourde, encombrante et coûteuse.

Le but de la présente invention est de remédier à ces
35 inconvénients.

Cette invention est basée sur la reconnaissance du fait qu'un multiplicateur d'électrons donne aux électrons qui

en émergent une direction privilégiée et qu'il joue ainsi, en plus de son rôle de multiplicateur d'électrons, un rôle d'optique électronique dont la récente invention prend avantage.

5 La présente invention concerne un multiplicateur d'électrons comportant, répartis autour d'un axe, une pluralité d'éléments multiplicateurs s'ouvrant chacun en un point d'une face principale d'entrée dudit multiplicateur et aboutissant chacun en un point d'une face principale de sortie 10 opposée à ladite face d'entrée, notamment remarquable en ce que la direction de chacun desdits éléments à son aboutissement fait, avec ledit axe, un angle θ dont la valeur croît quand la distance d entre ledit point d'aboutissement dudit élément à ladite face et ledit axe augmente.

15 Un tel multiplicateur dirige les électrons émergeants et les focalise vers un point ou une zone, jouant ainsi le rôle d'une électrode de focalisation.

Ces électrons peuvent être repris avant ou au voisinage de la zone de focalisation par une optique électronique 20 destinée à les traiter d'une manière ou d'une autre.

Le multiplicateur focalisant selon l'invention peut alors être avantageusement placé dans l'espace "objet" de l'optique électronique d'un tube image inverseur à photocathode, que ledit tube soit principalement intensificateur 25 ou convertisseur.

Suivant que l'on désire focaliser tous les électrons au même point sans l'adjonction d'une optique électronique supplémentaire de concentration ou que l'on préfère ajouter une électrode de concentration pour éviter la défocalisation 30 ou pour renforcer la focalisation, suivant aussi que l'on préfère pour la face de sortie du multiplicateur focalisant selon l'invention une forme plane ou courbe (notamment une forme de calotte sphérique), la distribution de l'angle θ peut être choisie de différentes manières.

35 On désigne dans ce mémoire par distance d la longueur de la normale abaissée sur l'axe du multiplicateur à partir du point d'aboutissement d'un élément multiplicateur sur

la face de sortie. De ce fait, suivant que la face principale de sortie dudit multiplicateur est plate ou qu'elle a une autre forme, notamment celle d'une calotte sphérique, les lois mathématiques reliant ladite distance et ledit 5 angle prennent des formes différentes pour des structures homologues. Certaines de ces lois sont explicitées plus loin dans ce mémoire.

Selon une distribution particulière de la direction des éléments du multiplicateur focalisant selon l'invention, 10 ledit angle θ croît de manière que lesdits éléments multiplicateurs convergent en un foyer.

Dans un mode de réalisation particulier du multiplicateur focalisant selon l'invention, la face principale de sortie a la forme d'une calotte sphérique. Si le centre de 15 courbure en est sensiblement confondu avec le foyer de convergence des éléments multiplicateurs, la direction préférentielle d'émergence des électrons est sensiblement normale aux équipotentielles au voisinage dudit multiplicateur ce qui est assez favorable à la convergence des électrons 20 en un point.

Dans ce qui suit, les termes "les éléments (ou les microcanaux) convergent en un foyer", n'impliquent pas qu'il en est rigoureusement de même en ce qui concerne les électrons qui en sont issus, le trajet de ceux-ci dépendant des 25 équipotentielles. En l'absence d'une optique électronique complémentaire, le point de convergence des électrons a tendance à être situé au-delà du foyer de convergence des éléments multiplicateurs, c'est-à-dire plus loin du multiplicateur que celui-ci.

30 Préférentiellement, les éléments de chacun des anneaux élémentaires concentriques constituant le multiplicateur convergent en un foyer plus proche dudit multiplicateur que le foyer vers lequel convergent les éléments de l'anneau élémentaire qui lui est extérieur. Cette disposition "sur-35 convergente" permet d'éviter ou de réduire les phénomènes de défocalisation des électrons et de favoriser leur convergence. Cela est notamment important pour les multiplicateurs

dont, la face de sortie étant plane, les premières équipo-tentielles sont également planes ou sensiblement planes.

Dans une première forme de réalisation, ledit multiplicateur focalisant selon l'invention est du type "multiplicateur à feuilles" constitué notamment d'une pluralité d'électrodes en feuilles percées chacune d'une multiplicité d'orifices répartis autour d'un axe commun auxdites électrodes, chacun des orifice d'une feuille correspondant à un orifice de la feuille précédente et/ou à un orifice de la feuille suivante, et remarquable notamment en ce que au moins l'orifice de la feuille la plus proche de la face de sortie et l'orifice correspondant de la feuille précédente sont décalés l'un par rapport à l'autre, la ligne qui joint leurs centres faisant sensiblement avec ledit axe ledit angle θ .

Cette forme de réalisation est d'une mise en oeuvre simple et particulièrement adaptée aux tubes images dits convertisseurs notamment pour rayons X.

Dans une deuxième forme de réalisation, ledit multiplicateur est du type galette de microcanaux. Cette forme de réalisation est particulièrement adaptée aux tubes images dits intensificateurs d'image.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une galette de microcanaux en verre, selon la deuxième forme de réalisation du multiplicateur focalisant selon l'invention à partir d'un faisceau de microcanaux parallèles à une même direction, ledit procédé comportant notamment une phase d'étirage à chaud dans ladite direction notamment remarquable en ce que le procédé comporte les stades suivants :

-on prolonge ledit étirage jusqu'à la formation d'une zone de microcanaux radiaux convergeant sensiblement en un point, puis on prélève dans ledit faisceau une tranche aux faces principales sensiblement perpendiculaires à ladite direction d'étirage, une face principale au moins étant dans ladite zone de microcanaux radiaux.

-on modèle ensuite une courbure desdites faces principales si nécessaire.

La présente invention concerne également les tubes images comportant, alignés le long d'un axe, notamment, outre une photocathode et un organe récepteur d'électrons, un multiplicateur d'électrons focalisant selon la présente 5 invention.

Dans une première forme de réalisation ledit multiplicateur est placé au voisinage de l'organe récepteur.

Dans une deuxième forme de réalisation préférentielle, ledit tube image est également remarquable en ce que la 10 distance entre ladite photocathode et ledit multiplicateur est telle que ledit multiplicateur reçoit par focalisation de proximité les électrons de la photocathode tandis que l'organe récepteur est situé au-delà du point de convergence des électrons issus du multiplicateur focalisant.

Avantageusement, ledit tube comporte également entre ledit multiplicateur et ledit organe récepteur des éléments 15 d'une optique électronique d'inversion.

Par analogie avec la terminologie de l'optique classique des rayons lumineux, on désigne dans la suite de ce mémoire 20 par le terme de "centre de l'optique électronique" un point (ou zone) où les conditions de champ sont telles que les électrons venus de toutes les directions le traversent sans que leur trajectoire soit infléchie.

Le foyer de convergence des éléments multiplicateurs 25 coïncide sensiblement avec le centre de ladite optique électronique ou avantageusement est situé avant ce centre, les électrons convergeant préférentiellement au voisinage dudit centre.

Ainsi, les électrons issus de la photocathode sont-ils 30 transmis directement par focalisation de proximité au multiplicateur qui les multiplie et focalise les électrons de multiplication vers un point ou une zone focale où ces électrons sont repris par une optique qui crée sur le récepteur une image électronique.

Les avantages d'une telle disposition sur les tubes 35 images sont multiples.

Elle permet d'employer sans aberrations une cathode plane, donc d'utiliser pour réaliser celle-ci un corps monocristallin, notamment les corps dits III-V parce qu'ils sont composés d'un élément de la troisième colonne et d'un élément de la cinquième colonne du tableau périodique des éléments par exemple l'AsGa (Arséniure de Gallium) ou, GaInAs, GaInP, GaAsP, etc. et de bénéficier des avantages de ceux-ci : plus grande sensibilité à la lumière, plus faible vitesse initiale des électrons, permettant elle-même de donner plus facilement aux électrons une direction précise, et donc d'obtenir une meilleure image. Elle permet de faire un tube image inverseur avec une cathode III-V ce qui, pour l'instant était impossible.

Cet avantage est particulièrement intéressant dans le cas des tubes images convertisseurs de rayons X pour tomographie dans lesquels la planéité de la photocathode est essentielle. Celle-ci est disposée sur l'écran primaire qui reçoit directement les rayons X et doit être dans le plan conjugué du plan examiné. Il est donc important que cette photocathode soit plane. De plus, la planéité de la cathode permet de rapprocher l'objet examiné de l'écran primaire.

Dans le cas des tubes images intensificateurs d'image dans lesquels le multiplicateur d'électrons est préférentiellement une galette de microcanaux, grâce à cette disposition, la "distance focale" est courte et le tube peut être ramassé sur lui-même.

La présence d'une optique électronique qui fait sur l'écran une image électronique de la face de sortie de la galette permet d'accroître la distance entre galette et écran en limitant les phénomènes de défocalisation. On peut, de ce fait, sans dépasser le champ que la galette peut accepter, sans augmenter le courant dans cette galette, augmenter la tension entre la galette et l'écran luminescent jusqu'à 10 et 20 kV et obtenir ainsi une plus grande brillance et une plus grande luminosité de l'image intensifiée.

- De plus, l'image électronique est inversée. Si le dispositif récepteur est un écran luminescent, l'inversion du faisceau permet d'éviter l'emploi d'une fibre optique de retournement, le dispositif coûteux qui allonge le tube et le rend pesant et incommodé. Ces tubes sont, en effet, utilisés à la suite d'une optique lumineuse qui projette sur la photocathode une image inversée, et le tube selon l'invention inverse l'image déjà inversée la remettant dans le sens adéquat pour l'utilisateur.
- On dispose ainsi d'un tube à haute luminosité utilisable, notamment, par les héméralopes et par les gens normaux en vision nocturne. Le fait que ce tube soit raccourci, compact, que son poids et son encombrement soient diminués est important pour des handicapés qui doivent le porter tout ou une grande partie de la journée.

Selon un mode de réalisation particulier des tubes images selon l'invention, ladite optique électronique d'inversion comporte une électrode en forme de tronc de cône, et le point de convergence des électrons est placé au milieu de la petite base dudit tronc de cône.

Une variante d'exécution des tubes images intensificateurs selon l'invention fait usage de la structure dite "fontaine" du tube décrit par Monsieur EVRARD dans les pages 133 à 141 du 52ème Volume de la série "Advances in Electronics and Electron Physics" publié en 1979 chez Academic Press.

Dans cette variante d'exécution, ladite optique électronique comporte notamment une plaque conductrice sensiblement plane percée d'un orifice et disposée perpendiculairement audit axe, ledit orifice étant sensiblement audit point de convergence des électrons, ladite plaque étant suivie d'une électrode répulsive et portant ledit organe récepteur sur sa face en regard de ladite électrode répulsive.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif, permettra de mieux comprendre la présente invention.

La figure 1 représente très schématiquement en coupe un moltiplicateur d'électrons focalisant selon l'invention.

Les figures 2, 3, 4, 5 et 6 représentent en coupe des variantes de moltiplicateurs focalisant selon l'invention.

5 La figure 7 représente la première forme de réalisation de l'invention sous forme d'un moltiplicateur à feuilles.

La figure 8 représente un détail d'un élément de la figure 7.

10 La figure 9 représente un cas particulier de la deuxième forme de réalisation de l'invention sous forme de galette de microcanaux.

La figure 10 représente une vue en coupe d'un faisceau de microcanaux étiré à chaud.

15 La figure 11 est le schéma en coupe d'un tube image utilisant le moltiplicateur d'électrons focalisant représenté figure 1.

La figure 12 est une vue en coupe d'une réalisation du tube de la figure 11 comportant le moltiplicateur de la figure 7.

20 La figure 13 est une vue en coupe d'une réalisation du tube de la figure 11 comportant le moltiplicateur de la figure 1.

25 La figure 14 est une vue en coupe d'une variante d'exécution du tube de la figure 13 comportant le moltiplicateur de la figure 3.

Il est à remarquer que les figures sont schématiques et que les proportions n'y sont pas respectées afin de les rendre plus claires.

30 Sur la figure 1, on a représenté un moltiplicateur 1 dont les éléments 4 sont répartis autour d'un axe 10 avec lequel ils font un angle θ .

35 Sur ce moltiplicateur, la face principale d'entrée 2 et la face principale de sortie 3 sont planes et perpendiculaires audit axe. La distance d est la longueur de la normale de l'axe 10 abaissée depuis la point d'aboutissement 4a d'un élément 4 sur la face de sortie 3.

-10-

Selon la présente invention, l'angle θ augmente quand la distance d augmente.

Sur la figure 1, $\theta = 0$ lorsque $d = 0$ et les éléments sont radiaux et convergent au foyer F. Si l'on considère que 5 la distance de F au multiplicateur est égale à l'unité, la loi des variations est $d = \operatorname{tg} \theta$ ou $\theta = \operatorname{Arctg} d$.

Les électrons issus des différents éléments ont à leur émergence une direction privilégiée vers F et ils ont tendance à converger ou à se rabattre vers l'axe 10.

10 Leur point de convergence effectif dépend de la forme des équipotentielles dans l'espace situé entre le multiplicateur et le point F. Comme les premières équipotentielles P₁, P₂, etc. ont tendance à être planes, les électrons issus des éléments marginaux les plus éloignés de l'axe 10, tel 15 l'élément 404, sont défocalisés et vont converger au-delà de F en Q et l'ensemble des électrons émergeants converge entre F et Q.

20 Sur la figure 2, on a représenté un multiplicateur également plan dans lequel les éléments 96 de l'anneau élémentaire extérieur 91 convergent vers un foyer F₀ plus proche du multiplicateur que le foyer F₁ vers lequel convergent les éléments 97 de l'anneau élémentaire moyen 92, lui-même plus proche du multiplicateur que le foyer F₂ vers lequel convergent les éléments 98 de l'anneau élémentaire 93.

25 On a θ pour F₀, plus grand que θ pour F₁, lui-même plus grand que θ pour F₂. Le système est en quelque sorte "sur-convergent".

30 Une telle disposition dans laquelle θ croît plus vite que la fonction arc tangente réduit les conséquences des phénomènes de défocalisation des électrons issus des anneaux extrêmes particulièrement susceptibles de défocalisation en raison de la forme relativement plane des premières équipotentielles, non représentées sur cette figure, au voisinage de la face plane de sortie 13. Les électrons issus des anneaux extrêmes dont les éléments convergent vers F₀ et F₁ se focalisent vers F₂.

Il peut également être intéressant d'utiliser une répartition non représentée sur les figures dans lesquelles il croît moins qu'un arc tangente, par exemple pour favoriser une focalisation tout en utilisant un moltiplicateur (par exemple une galette) plus facile à fabriquer.

La figure 3 représente un moltiplicateur 21 dont la face principale de sortie 23 est une calotte sphérique dont le sommet S et le centre F3 sont sur l'axe 10.

Les éléments 6 de ce moltiplicateur sont radiaux et convergent vers le point F3, centre de la calotte sphérique. La distance d étant toujours la longueur de la perpendiculaire abaissée du point 6a d'aboutissement des éléments 6 sur l'axe 10, si l'on égale à l'unité la distance F3S qui est le rayon de courbure de la calotte sphérique 23,

$$15 \quad \theta = \text{arc sin } d.$$

Dans un tel moltiplicateur, la direction préférentielle d'émergence des électrons est sensiblement perpendiculaire aux premières équipotentielles (non représentées sur la figure) ce qui constitue un avantage en ce qui concerne la focalisation.

La figure 4 représente un moltiplicateur 31 dont la face principale de sortie 33 est également une calotte sphérique de sommet S1 et de centre C. Les éléments 7 de ce moltiplicateur convergent radialement vers le point F4 situé entre le sommet S1 et le centre C de ladite calotte sphérique.

Le moltiplicateur 41 représenté figure 5 comporte une face principale de sortie 43 et une face principale d'entrée 42 en forme de calottes sphériques de même centre F5 et de sommets S2 et S'2 disposés sur l'axe 10.

Les éléments 8, 408, de ce moltiplicateur sont radiaux et convergent vers le centre F5 des deux calottes. Un tel moltiplicateur est adapté notamment à l'usage avec une photocathode en forme de calotte sphérique qui peut être ou non concentrique aux faces principales dudit moltiplicateur.

De plus, les différents éléments 8, 408, etc. ont la même longueur. De ce fait, l'amplification lumineuse est la même

-12-

au centre et sur les bords du multiplicateur donc sur toute la surface de l'image.

Le multiplicateur 51 représenté figure 6 comporte une face principale de sortie 53 et une face principale d'entrée 52 en forme de calottes sphériques dont les centres F'6 et F"6 et les sommets S3 et S'3 sont situés sur l'axe 10, le centre F"6 de la face d'entrée 52 étant plus éloigné des sommets que le centre F'6 de la face de sortie 53. Les éléments 9 sont radiaux et convergent vers le centre F'6. 5
Ce multiplicateur présente l'avantage que, utilisé avec une photocathode concentrique à la face d'entrée 52, les électrons issus normalement à la photocathode ne peuvent traverser l'élément sans impact multiplicateur. 10

Un résultat aussi avantageux peut être obtenu également 15 avec un multiplicateur non représenté sur la figure, à faces en forme de calottes sphériques concentriques, comportant des éléments convergeant en un foyer ou en des foyers différents du centre, et préférentiellement situés entre le centre et le sommet.

20 Dans une première forme de réalisation représentée figure 7 dont un élément est représenté plus en détail figure 8, le multiplicateur focalisant selon l'invention est du type "à feuilles". Un tel multiplicateur 61 est constitué notamment des feuilles 64, 65, 66. La feuille 64 porte la 25 face d'entrée 62 dudit multiplicateur focalisant ou de la partie focalisante dudit multiplicateur. La feuille 66 porte la face de sortie 63 dudit multiplicateur. L'élément multiplicateur 70 est constitué des orifices 67, 68 et 69 percés respectivement dans les feuilles 64, 65 et 66, les deux derniers 68 et 69 au moins étant décalés de manière que l'axe 30 72 qui joint leurs centres 76 et 77 vienne rencontrer l'axe 10 au foyer de convergence F7 avec lequel il fait un angle θ .

On a représenté sur les figures 7 sans en référencer les composants un autre élément multiplicateur 71 dont l'axe 73 35 vient également couper l'axe 10 en F7.

Sur la figure 8 qui représente plus en détail l'élément 70, on a figuré notamment les parois 168, 169, 268 et 269

des orifices 67, 68 et 69 sensiblement parallèles à l'axe 72.

Dans une deuxième forme de réalisation, le multiplicateur focalisant selon l'invention est une galette de microcanaux. Les figures de 1 à 6 peuvent être considérées comme
5 des schémas de telles galettes dans lesquelles les éléments des microcanaux sont sensiblement rectilignes.

La figure 9 représente une galette 81 comportant des éléments 84 constitués de deux parties : 84a qui s'ouvre sur la face d'entrée et 84b qui aboutit à la face de sortie.

10 Ladite partie 84b qui fait avec l'axe 10 un angle θ est focalisante tandis que la partie 84a ne l'est pas. Cette structure brisée présente notamment l'avantage d'obliger les électrons à des impacts multiplicateurs et d'éviter que certains d'entre eux ne traversent directement la galette sans impact.

15 La figure 10 représente en coupe un faisceau 341 de microcanaux étiré à chaud dans la direction de la flèche 351, ledit faisceau étant porté, dans la zone 344 de transition à l'aide d'un four 349, à une température comprise entre la température de ramollissement et la température de fusion du
20 verre constituant le faisceau 341. Une tranche 342 dudit faisceau 341 est découpée perpendiculairement à l'axe 343 du faisceau 341, dans la région 344 de transition située entre le plan 344b la limitant de la zone étirée 345 et le plan 344a la limitant de la zone non étirée 346 dudit faisceau 341.

25 C'est, en effet, dans cette région 344 de transition que les lignes 350 des microcanaux subissent une inflexion qui les orientent vers un centre ou un foyer 315 commun situé sur l'axe 343 du faisceau 341. Les faces 347, 348 principales de la tranche 342 peuvent ensuite être polies en forme de calottes sphériques dont le centre de courbure est éventuellement confondu avec ledit centre 315 commun aux directions desdits microcanaux 350 dans la région 344 de transition.

30 Un autre tranche, non représentée sur la figure pour éviter la confusion, peut avantageusement être découpée dans le faisceau de microcanaux entre le plan 348 et le plan 344a

pour obtenir une galette dont les éléments ont une structure brisée analogue à celle des microcanaux 84 de la galette 81 de la figure 9.

La figure 11 est le schéma en coupe d'un tube inverseur 5 comportant le moltiplicateur focalisant 101 constitué des éléments 104 et décrit en regard de la figure 1, et comportant également, alignés sur l'axe 10 dudit moltiplicateur, au moins une photocathode 110 dont la face photoémissive est repérée par 111 et un organe récepteur 115. Le moltiplicateur d'électrons focalisant 101 est placé à proximité de ladite photocathode, la face 112 principale d'entrée du moltiplicateur 101 étant située en regard de ladite face photoémissive 111 de la cathode.

Les éléments 104 sont radiaux et convergent au foyer F10, 15 l'organe récepteur 115 étant situé au-delà dudit foyer.

Les électrons issus du moltiplicateur 101 convergent sensiblement au point F10 et dans la zone qui entoure ce point et vont former une image électronique inversée sur le récepteur 115.

20 Le récepteur 115 peut être par exemple une mosaïque de diodes alignées que, par un système à transfert de charge, on lit ligne par ligne. Il peut aussi être un écran luminescent dans lequel l'image électronique induit une image luminescente. On a symbolisé sur la figure par l'encadré 114 une optique électronique d'inversion dont le centre est placé 25 par exemple au point de convergence des éléments F10 ou légèrement derrière celui-ci.

Dans le but de conserver la répartition spatiale des électrons émis par la photocathode, la face photoémissive 111 de 30 ladite photocathode est à une distance de la face principale d'entrée 112 du moltiplicateur inférieure à 1 mm.

Dans le mode de réalisation particulier d'un tube image 300 selon l'invention représenté en coupe à la figure 12, le moltiplicateur focalisant 311 selon l'invention est un 35 moltiplicateur à feuilles symbolisé par une seule feuille. Les éléments moltiplicateurs marginaux 314 convergent en F12 et les éléments moltiplicateurs moyens 315 en F11.

Ce multiplicateur reçoit par sa face d'entrée 312 des électrons issus d'une photocathode plane 305, par exemple en arséniure de gallium.

L'optique électronique d'inversion comporte notamment 5 une électrode 320 en forme de tronc de cône.

Pour obtenir une électroaccélération qui restitue le plus près possible du multiplicateur la courbure nécessaire des équipotentielles on rajoute les électrodes 340.

Le foyer F12 de convergence des éléments de multiplication moyens 315 est placé sur l'axe 10 un peu à l'avant du centre de la petite base dudit tronc de cône constituant l'électrode 320. Les électrons issus de la face 313 du multiplicateur 311 viennent y converger et sont ensuite reçus sur l'écran 330 qui peut être déposé sur une partie de l'enveloppe 301.

Du fait que la photocathode 305 est plane elle peut avantageusement être réalisée en une mince (400 Å) tranche obtenue par exemple par clivage d'un composé dit III-V : GaAs, GaInAs, GaInP, GaAsP à l'état monocristallin, cathode partiellement émissive.

Dans l'exemple de la figure 12, cette photocathode repose sur un écran primaire lumineux 304 déposé lui même sur une feuille 303 de métal léger (aluminium par exemple) disposée derrière une fenêtre 302 en titane que traversent des rayons X.

Ainsi, ce tube image convertisseur de rayons X présente-t-il de nombreux avantages dûs à la planéité de la cathode ; l'utilisation des composés III-V monocristallins permet une plus grande luminosité sur l'écran 330. D'autre part, le plan de l'écran primaire peut être vraiment le conjugué du plan étudié par une tomographie ce qui permet des résultats précis sur toute la surface.

Dans le mode de réalisation particulier du tube image intensificateur 200 selon l'invention, représenté en coupe 35 à la figure 13, l'optique 114 électronique d'inversion est constituée par une électrode 127 de focalisation portée au même potentiel que la face principale 113 de sortie de la

galette 101 et par une électrode 128 en forme de tronc de cône portée au même potentiel que l'écran luminescent 125. Cette configuration permet d'appliquer entre la galette selon l'invention 101 et l'écran 125 une différence de potentiel pouvant atteindre 20 kV. Le point de focalisation des électrons voisin du foyer des canaux latéraux 104 de la galette 101 est placé sensiblement au centre 129 de la petite base dudit tronc de cône formant l'électrode 128.

On peut ainsi obtenir un tube inverseur compact sur lequel on n'est pas limité en tension, ce qui permet d'appliquer 15 000 V et de gagner en brillance d'écran de manière substantielle.

La figure 14 représente en coupe une variante de réalisation d'un tube image de type intensificateur dans laquelle 15 ladite optique électronique d'inversion comporte une plaque anode conductrice 135 sensiblement plane percée en son milieu d'un orifice 132 et disposée perpendiculairement à l'axe 10. Cette anode peut avantageusement être précédée d'au moins une électrode de concentration 140.

20 L'orifice 132 est disposé sensiblement au foyer de convergence des microcanaux 204. Cette disposition pourrait être différente, ledit orifice étant notamment plus éloigné de la galette que le foyer de convergence des microcanaux.

Cette anode 135 est suivie d'une électrode répulsive 131 25 douée de transparence et porte l'écran luminescent 125 sur sa face en regard de ladite électrode répulsive 131.

Cette électrode 131 peut être réalisée par une couche d'oxyde d'étain déposée sur du verre, par exemple sur celui de l'enveloppe. Elle peut aussi être en forme de grille perpendiculaire à l'axe 10 de la galette 101, et portée à un potentiel inférieur à celui de l'écran 125.

30 L'écran luminescent 125 peut être fait par des procédés connus de sédimentation ou de centrifugation d'une poudre en sulfure de zinc sur une plaque qui peut être en acier dit "Inox" poli préalablement.

Le diamètre d'un tel tube intensificateur d'image peut être de l'ordre de 20 mm, la distance entre le point 136 où

l'axe 10 coupe la photocathode 122 et l'orifice 132 est de l'ordre de 35 mm et la distance entre cet orifice et le point 137 où l'axe 10 coupe l'électrode répulsive 131 de l'ordre de 15 mm, ce qui en fait un tube compact et léger.

5 En utilisation, la galette est de préférence à la tension nulle et à ce qu'il est convenu d'appeler la masse, la tension entre cathode et plaque porte écran de l'ordre de 15 kV, l'électrode répulsive étant à une tension inférieure à celle de la plaque porte écran et positive par rapport à la galette.

10 Les électrons issus de la photocathode traversent la galette de multiplication, se focalisent au point 132 et traversent la plaque, l'électrode répulsive 131 donne aux électrons des trajectoires dont les exemples extrêmes sont représentés en 138 et 139. Les électrons se répartissent en constituant une image entre ces deux extrêmes.

15 On peut ainsi obtenir un tube compact sans distorsion dans lequel les aberrations chromatiques de sphéricité sont automatiquement compensées. Comme on n'est pas limité en tension, on peut appliquer 15 000 V et gagner en brillance d'écran de façon substantielle et le tube est encore plus court.

- REVENDICATIONS -

- 1.- Multiplicateur (1) d'électrons comportant, répartis autour d'un axe (10), une pluralité d'éléments (4) multiplicateurs s'ouvrant chacun en un point d'une face principale d'entrée (2) dudit multiplicateur et aboutissant chacun en un point (4a) d'une face principale de sortie (3) opposée à ladite face d'entrée, caractérisé en ce que la direction de chacun desdits éléments à son aboutissement fait, avec ledit axe (10), un angle (θ) dont la valeur croît quand la distance (d) entre le point d'aboutissement (4a) dudit élément à ladite face et ledit axe (10) augmente.
5
- 2.- Multiplicateur d'électrons (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit angle (θ) croît de manière que lesdits éléments (4) convergent radialement en un foyer (F).
15
- 3.- Multiplicateur d'électrons (11) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments (97) de chacun des anneaux élémentaires (92) concentriques constituant le multiplicateur convergent en un foyer (F1) plus proche dudit multiplicateur (11) que le foyer (F2) vers lequel convergent 20 les éléments (91) de l'anneau élémentaire (96) qui lui est extérieur.
- 4.- Multiplicateur d'électrons selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit angle (θ) est sensiblement une fonction linéaire de l'arc tangente de ladite distance (d);
25
- 5.- Multiplicateur d'électrons selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit angle (θ) croît plus que ne le ferait une fonction linéaire de l'arc tangente de ladite distance (d).
30
- 6.- Multiplicateur d'électrons selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit angle (θ) croît moins que ne le ferait une fonction linéaire de l'arc tangent de ladite distance (d).
35
- 7.- Multiplicateur d'électrons (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que au moins la dite face de sortie (3) est plane et perpendiculaire audit axe (10).

8.- Multiplicateur d'électrons (21) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que au moins la face principale de sortie est une calotte sphérique (23) dont le centre (F3) et le sommet (S) sont sur ledit axe.

5 9.- Multiplicateur d'électrons (21) selon l'ensemble des revendications 5 et 8, caractérisé en ce que ledit foyer vers lequel lesdits éléments (6) convergent radialement est ledit centre (F3) de ladite calotte sphérique (23).

10 10.- Multiplicateur d'électrons (31) selon l'ensemble des revendications 5 et 8, caractérisé en ce que ledit foyer (F4) vers lequel lesdits éléments (7) convergent radialement est situé entre le centre (C) et le sommet (S1) de la calotte sphérique (33) de sortie.

15 11.- Multiplicateur d'électrons (41) selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite face principale d'entrée (42) est également une calotte sphérique dont le centre (F5) et le sommet (S2) sont sur ledit axe (10).

20 12.- Multiplicateur d'électrons (41) selon la revendication 11, caractérisé en ce que la calotte sphérique de la face d'entrée (42) est concentrique à la calotte sphérique de la face principale de sortie (43).

25 13.- Multiplicateur d'électrons (51) selon la revendication 11, caractérisé en ce que le centre (F"6) de la calotte sphérique de la face d'entrée (52) est plus éloigné des sommets (S3,S'3) que le centre (F'6) de la calotte sphérique de la face de sortie (53).

30 14.- Multiplicateur d'électrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit multiplicateur est du type multiplicateur "à feuilles" constitué notamment d'une pluralité d'électrodes en feuilles percées chacune d'une multiplicité d'orifices, chacun des orifices d'une feuille correspondant à un orifice de la feuille précédente et/ou à un orifice de la feuille suivante, et en ce que au moins l'orifice de la feuille la plus proche de la face de sortie et l'orifice correspondant de la feuille précédente sont décalés l'un par rapport à l'autre, la ligne qui joint leur centre faisant sensiblement avec ledit axe ledit angle (θ).

15.- Multiplicateur d'électrons selon la revendication 14, caractérisé en ce que les parois desdits orifices sont sensiblement parallèles à ladite droite qui joint leur centre.

16.- Multiplicateur d'électrons selon l'une quelconque des 5 revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit multiplicateur d'électrons est du type galette de microcanaux.

17.- Procédé de fabrication d'une galette de microcanaux en verre selon la revendication 16 à partir d'un faisceau (341) de microcanaux parallèles à une même direction (351), 10 ledit procédé comportant notamment une phase d'étirage à chaud dans ladite direction, caractérisé en ce que ce procédé comporte les stades suivants : on prolonge ledit étirage jusqu'à la formation d'une zone (344) de microcanaux convergeant sensiblement en un point (315), puis on prélève une tranche 15. (342) aux faces principales (347 et 348) sensiblement perpendiculaires à ladite direction d'étirage (351), la face principale de sortie (347) au moins étant dans ladite zone (344).

18.- Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'on modèle ensuite la courbure des faces principales 20 (347, 348).

19.- Tube image comportant, alignés sur un axe, notamment une photocathode (110) et un organe récepteur (115) d'électrons, caractérisé en ce qu'il comporte également au moins un multiplicateur d'électrons (101) selon l'une des revendications 1 à 16.

20.- Tube image selon la revendication 19, caractérisé en ce que la distance entre ladite photocathode (110) et ledit multiplicateur (101) est telle que ledit multiplicateur (101) reçoit directement par focalisation de proximité les électrons de la photocathode (111) tandis que l'organe récepteur (115) est situé sensiblement au point de convergence (F10) des électrons issus dudit multiplicateur.

21.- Tube image selon la revendication 19, caractérisé en ce que la distance entre la photocathode (110) et la face d'entrée (112) du multiplicateur (101) est inférieure à 1 mm.

- 22.- Tube image selon l'une quelconque des revendications
19 à 21, caractérisé en ce que ledit tube comporte également
entre ledit multiplicateur (101) et ledit organe récepteur
(115) des éléments (114) d'une optique électronique d'inver-
5 sion.
- 23.- Tube image selon la revendication 22, caractérisé en
ce que le centre de ladite optique électronique d'inversion
et le point (F10) de convergence des électrons sont sensible-
ment confondus.
- 10 24.- Tube image selon l'une quelconque des revendications
22 et 23, caractérisé en ce que ladite optique électronique
(114) comporte une électrode en forme de tronc de cône (128)
et en ce que ledit point de convergence des électrons est
placé sensiblement au centre (129) de la petite base dudit
15 tronc de cône.
- 25.- Tube image du type "intensificateur d'image" selon
l'une quelconque des revendications 22 et 23, caractérisé
en ce que ladite optique électronique comporte notamment une
plaqué (135) conductrice sensiblement plane percée d'un ori-
20 fice (132) et disposée perpendiculairement audit axe (10),
ladite plaque (135) étant suivie d'une électrode répulsive
(131) et ladite plaque (135) portant ledit organe récepteur
(125) sur sa face en regard de ladite électrode répulsive
(131), ledit orifice (132) étant sensiblement audit point
25 de convergence des électrons dudit multiplicateur.
- 26.- Tube image selon la revendication 25, caractérisé
en ce que ladite électrode répulsive (131) est douée de
transparence, et en ce que ledit organe récepteur est un
écran luminescent.

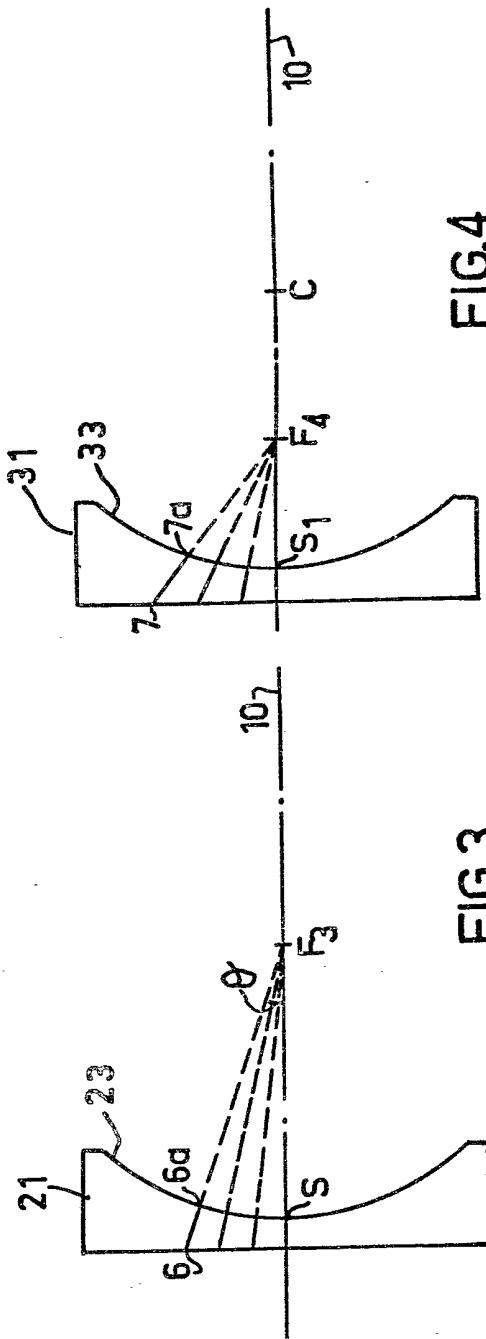
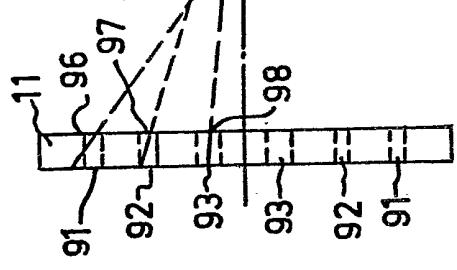
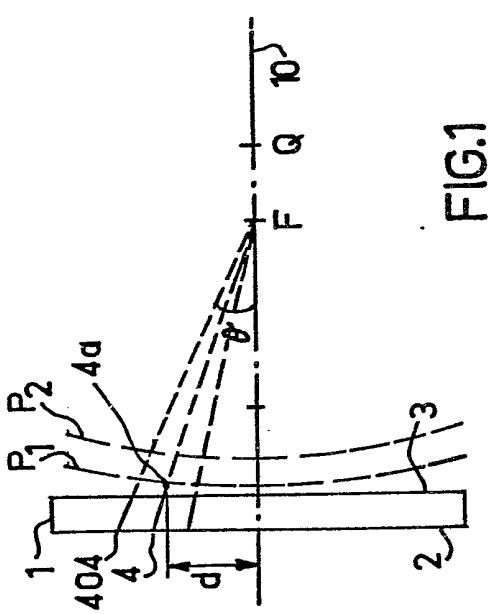
$\frac{1}{5}$ 

FIG.4

2 | 5

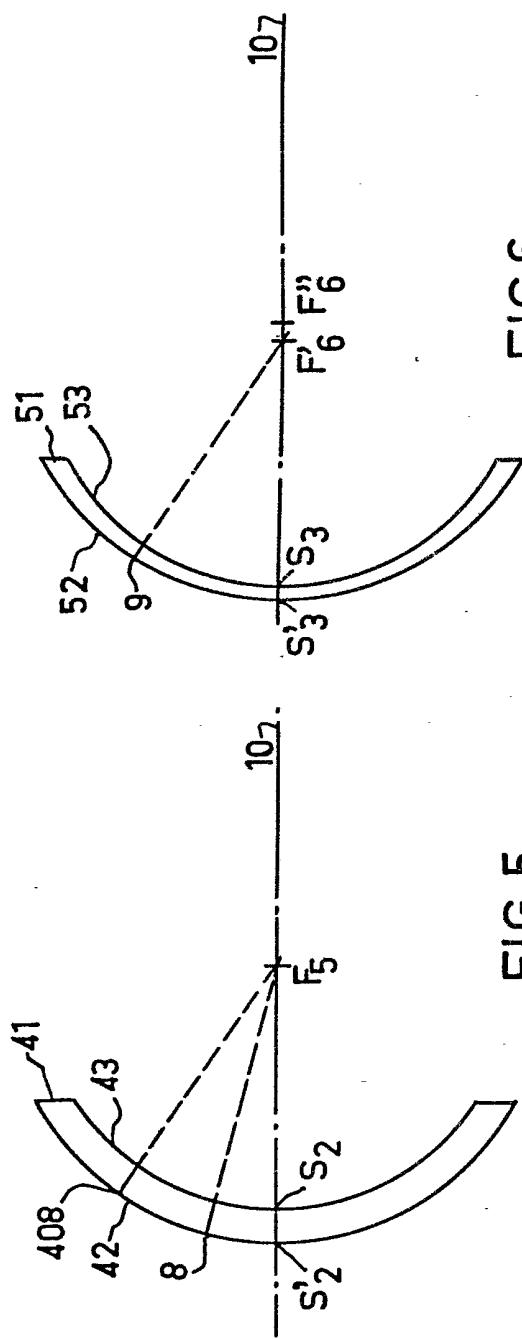


FIG. 6

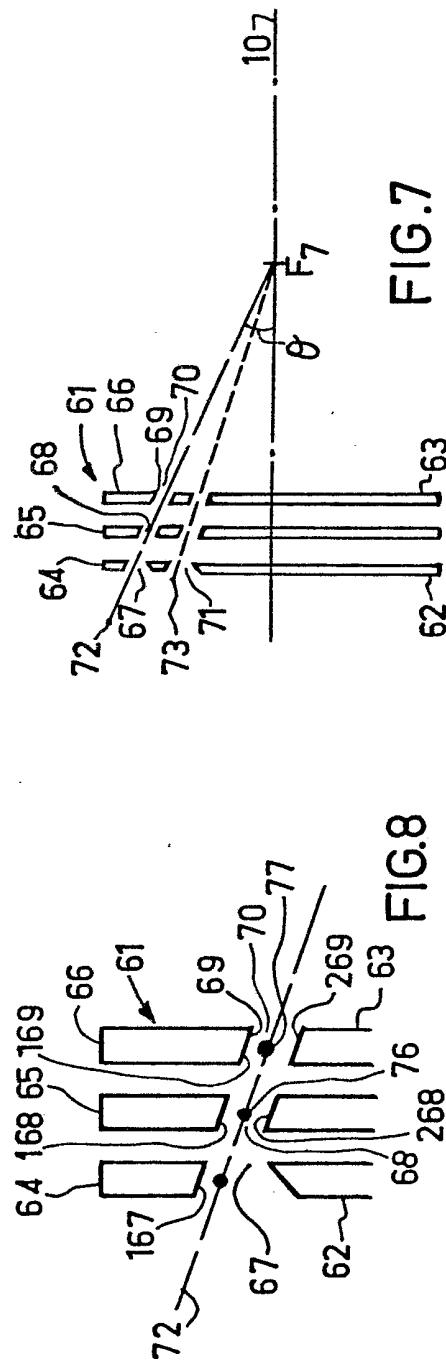


FIG. 7

FIG. 8

3/5

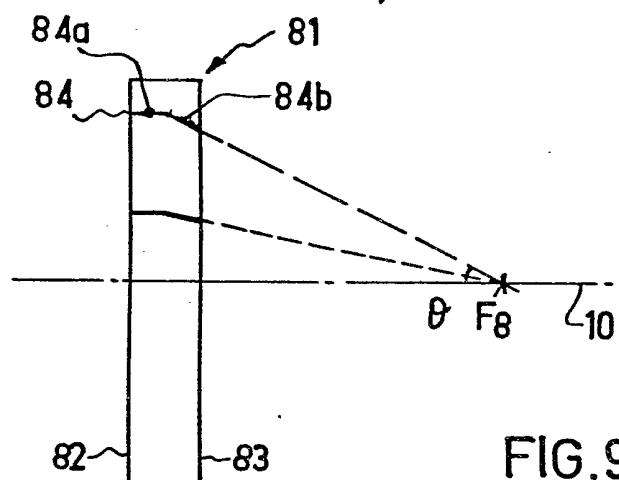


FIG. 9

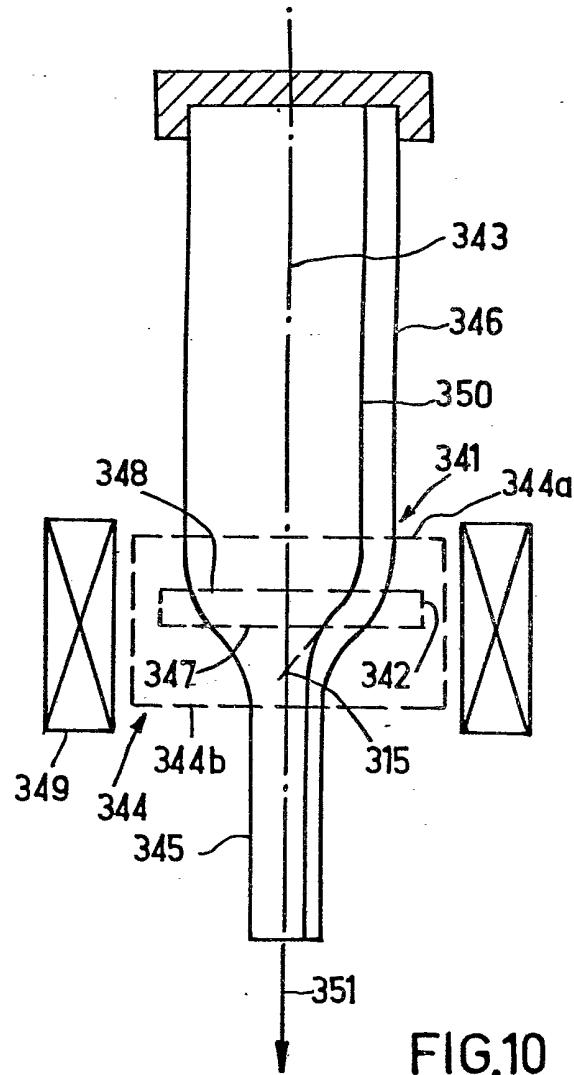


FIG. 10

4/5

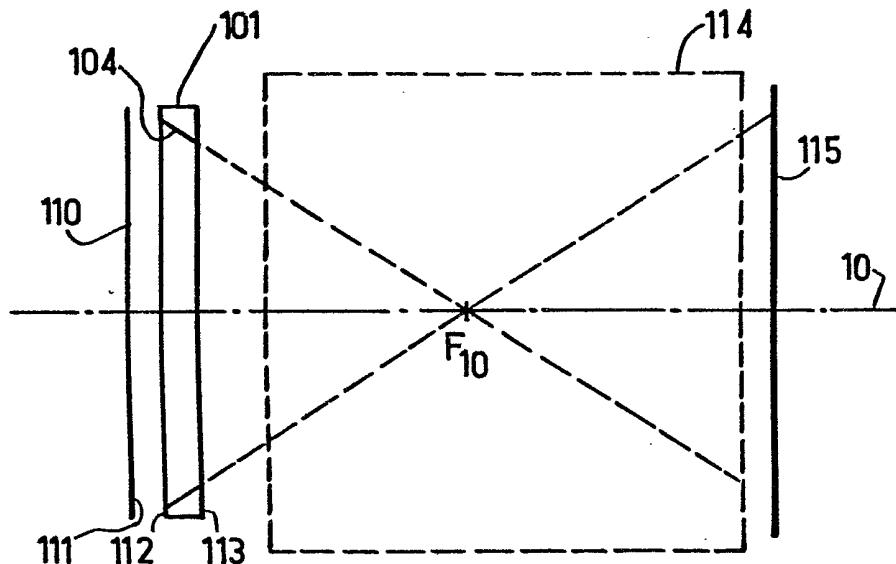


FIG.11

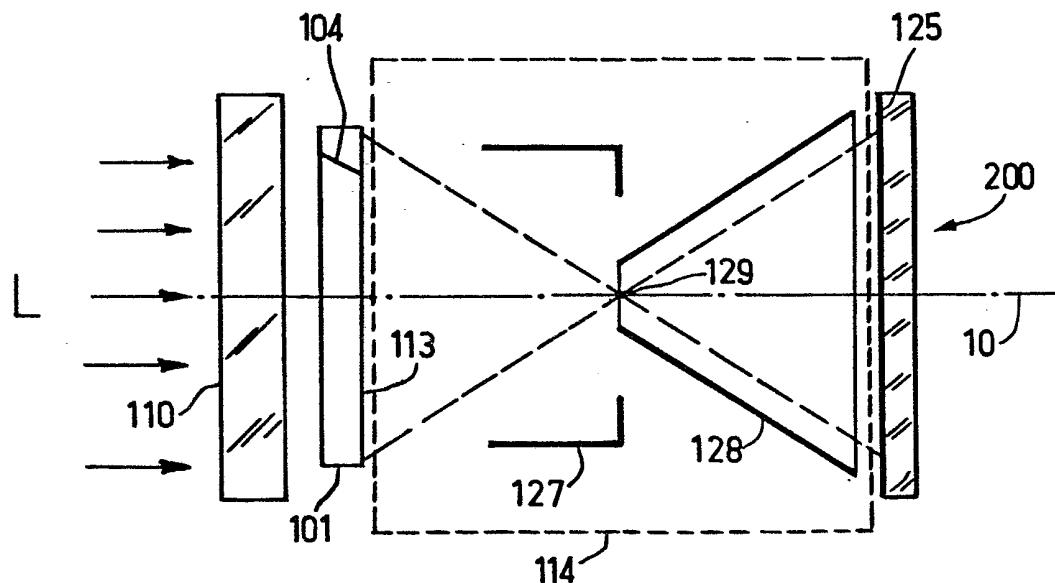


FIG.13

5/5

