

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.09.04.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.03.06 Bulletin 06/11.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : PHOTONIS SAS Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : BASCLE PHILIPPE et LAVOUTE PASCAL.

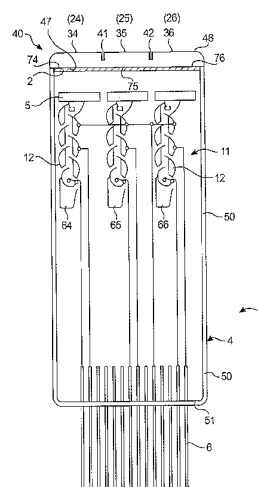
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 TUBE PHOTOMULTIPLICATEUR MULTIVOIES A FENETRE DE TRANSPARENCE STRIEE.

57 Tube photomultiplicateur (1) multivoies (21-29) comportant une enveloppe étanche (4) ayant une fenêtre de transparence (40) à des photons, ayant une face externe (48) et une face interne (47), et renfermant:

- une photocathode (2) recevant des photons ayant traversé la fenêtre de transparence (40) et émettant des électrons,
- un multiplicateur (11) d'électrons multipliant les électrons émis initialement par la photocathode (2),
- un ensemble d'anodes (61-69),
- un ensemble de conducteurs (6) électriques traversant l'enveloppe étanche (4) caractérisé en ce que
- la fenêtre de transparence (40) comporte sur l'une de ses faces (47, 48) des stries (41-44), délimitant des zones (71-79) de photocathode (2) correspondant aux différentes voies (21-29), les stries (41-44) étant comblées par une matière (45) ayant un pouvoir réfléchissant ou absorbant des photons.



TUBE PHOTOMULTIPLICATEUR MULTIVOIES À FENÊTRE DE
TRANSPARENCE STRIÉE

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention est relative à un tube multiplicateur d'électrons à plusieurs voies

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 Un tube photomultiplicateur à plusieurs voies comporte en général à l'intérieur d'une enveloppe étanche vide de gaz, une électrode sensible à la lumière, appelée photocathode, une optique électronique de répartition, un multiplicateur d'électrons pour multiplier les électrons émis par la cathode et une
15 anode par voie qui collecte les électrons multipliés dans chacune des voies.

La photocathode émet des électrons sensiblement proportionnellement à l'intensité d'un flux lumineux reçu. La photocathode est en général
20 formée sur une paroi interne dudit tube à vide.

L'optique électronique de répartition a pour fonction de répartir les électrons entre différentes voies, chaque voie correspondant à une zone de la cathode. De cette façon il existe une
25 correspondance biunivoque entre les électrons provenant d'une partie de la cathode et la voie à laquelle ils sont affectés et le long de laquelle ils sont multipliés. L'optique électronique a également en général une fonction de première multiplication des

électrons de la cathode. Dans ce cas elle constitue également une première dynode.

En aval de l'optique, le tube comporte le multiplicateur d'électrons à plusieurs voies comportant
5 en général un empilement d'électrodes appelées dynodes. Chaque électron incident sur une dynode produit plusieurs électrons secondaires. De ce fait le nombre d'électrons correspondant à un électron initial émis par la cathode va en augmentant le long d'un parcours
10 amont aval allant de la photocathode, à l'anode, à travers les dynodes successives. Chaque électrons incident sur une dynode va produire par exemple 4 électrons. Ainsi avec un tube photomultiplicateur comportant par exemple 10 dynodes, un électron émis par
15 la photocathode se traduira par 410 électrons au niveau de l'anode. Ce gain, d'environ un million, dépend pour une bonne part des tensions appliquées sur les différentes dynodes. Ces tensions vont en croissant en valeur algébrique de la photocathode à l'anode. De la
20 sorte les électrons se propagent de la photocathode vers l'anode au travers des différentes dynodes. Les dynodes, à l'exception éventuelle de la première dynode, peuvent ou non être communes à toutes les voies. Au niveau des dynodes communes, la séparation
25 des voies est réalisée de façon matérielle par le fait qu'il existe sur chacune des dynodes des zones inactives de séparation entre les zones actives.

Enfin en aval de l'empilement de dynodes, le tube comporte un ensemble d'anodes comportant autant
30 d'anodes électriquement isolées les unes des autres que

de voies. L'ensemble d'anodes est placé en aval ou parfois immédiatement en amont de la dernière dynode.

Le fonctionnement d'un tube est le suivant :

5 Les électrons provenant d'une partie de la photocathode correspondant à une voie sont dirigés par l'optique d'entrée vers les parties de dynodes correspondant à cette voie et sont multipliés à chacun des étages de dynodes. L'accumulation d'électrons
10 provenant de cette multiplication est ensuite traitée sous forme d'un signal présent sur la partie d'anode correspondant à la voie.

Du point de vue architecture d'ensemble l'enveloppe externe étanche dans laquelle est maintenu
15 un vide poussé est formée par une partie cylindrique longitudinale à base polygonale régulière, par exemple hexagonale ou carrée. L'enveloppe est complétée par deux parois transversales perpendiculaires à la partie cylindrique, une paroi supérieure transparente sur la
20 paroi interne de laquelle est déposée une couche d'un matériau photo émetteur formant la photocathode, et une paroi inférieure traversée de façon étanche par les broches de raccordement du tube. Les parois longitudinales et transversales sont reliées deux à
25 deux par des parties arrondies de rayon aussi petit que possible. Les différentes dynodes, l'électrode formant l'optique de répartition, la photocathode et les conducteurs formant ensemble l'anode sont chacun reliés à une broche traversant de façon étanche l'enveloppe du
30 tube. La paroi portant les broches est la paroi transversale inférieure du tube. Cette architecture

permet un rangement jointif d'un grand nombre de tubes. Dans l'arrangement jointif de plusieurs tubes, les parois supérieures des tubes sont rangées de façon jointive, pour former de grandes surfaces réceptrices de photons. Les broches de raccordement jaillissant des parois inférieures des tubes sont elles raccordées à des connexions elles même connectées à des sources de tension ou à des moyens de traitement.

Des arrangements de plusieurs tubes monovoie ou bi voies sont utilisés pour la saisie et le traitement de rayonnements couvrant de grande surfaces et pour lesquelles la surface de cathode correspondant à un pixel est relativement grande. Lorsqu'on veut saisir et traiter des rayonnements pour lesquels on a besoin d'une répartition plus fine, alors le tube multivoies s'impose. Il présente l'avantage de présenter des zones de cathode formant pixels plus petites en général, que ce que l'on peut obtenir avec un tube monovoie ou bi voies. Ils permettent surtout un arrangement plus jointif des différentes zones de photocathode formant pixels car ces zones ne sont pas séparées entre elles par les parois formant les enveloppes externes des tubes.

L'avantage présenté par les tubes multivoies est contrebalancé par le fait qu'il est très difficile de maintenir une indépendance entre voies internes à un même tube. Ce problème est connu sous le nom de diaphotie.

La demande de brevet EP 0 487 178 A2 attribuée à Burle Technologies Inc, décrit des moyens pour réduire cette diaphotie et notamment une structure

de protection et de séparation des voies immédiatement en aval de la cathode. Cette structure est constituée par des croisillons formés par des plans perpendiculaires entre eux et à la surface de la photocathode. Chaque plan correspond à une limite de séparation entre des zones de photocathode correspondant à des voies différentes.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La solution de réduction de la diaphotie décrite dans la demande précitée représente une amélioration par rapport à l'art antérieur décrit dans cette demande. Il présente toutefois l'inconvénient que des parties de surface éclairées de la fenêtre de transparence du tube sont de fait neutralisées, car les électrons de photocathode correspondants sont arrêtés par la structure de protection et de séparation des voies. Les différents pixels correspondant aux différentes zones de la photocathode ne sont ainsi pas aussi contigus l'un par à l'autre que ce qu'on peut espérer par la suppression des enveloppes extérieures de tubes lorsqu'on utilise un ensemble de tubes adjacents les uns aux autres.

La présente invention vise comme la demande précitée à un tube multivoies dans lequel la diaphotie entre voies est réduite. Pour ce faire, il est prévu selon l'invention de placer une grille de séparation des voies non pas en aval de la cathode mais en amont.

Ainsi l'invention est relative à un tube photomultiplicateur à plusieurs voies comportant une enveloppe étanche ayant une paroi formant fenêtre de

transparence à des photons, l'enveloppe étanche renfermant,

- une photocathode disposée de façon à recevoir des photons lumineux ayant traversé la fenêtre
5 de transparence et émettant des électrons,

- un multiplicateur d'électrons formé par un ensemble de dynodes multipliant les électrons émis initialement par la photocathode,

- une anode par voie, chaque anode de voie
10 étant électriquement isolée par rapport aux anodes des autres voies, un signal présent sur une anode de voie étant une fonction d'un flux photonique reçu sur une zone de la photocathode correspondant à cette voie,

- un ensemble de conducteurs électriques
15 traversant l'enveloppe étanche et formant à l'extérieur de cette enveloppe des conducteurs de raccordement notamment pour la photocathode, des différentes dynodes du multiplicateur d'électrons et pour les anodes,

caractérisé en ce que

20 - la paroi formant fenêtre de transparence à des photons comporte des stries, les stries délimitant des zones de photocathode correspondant aux différentes voies, les stries étant comblées par une matière ayant un pouvoir réfléchissant ou absorbant des photons.

25 Les stries comblées par une matière ayant un pouvoir réfléchissant ou absorbant des photons peuvent être creusées sur la paroi formant fenêtre de transparence, soit à partir de la face externe ou de la face interne de la paroi formant fenêtre de
30 transparence du tube.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

Un mode de réalisation de l'invention sera maintenant décrit à titre d'exemple non limitatif en regard des dessins annexés dans lesquels :

5 La figure 1 représente une coupe longitudinale schématique d'un tube photomultiplicateur selon un mode de réalisation l'invention.

10 La figures 2 représente une vue en perspective d'une partie d'un tube photomultiplicateur selon un autre mode de réalisation l'invention.

Les figures 3 et 4 représentent chacune un schéma destiné à illustrer la séparation de voies obtenue grâce à l'invention.

15 Dans les différentes figures, des références identiques désignent des éléments identiques ou ayant même fonction.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

20 La figure 1 représente une coupe longitudinale schématique d'un tube photomultiplicateur 1 selon un mode de réalisation de l'invention. Le tube 1 comporte 9 voies indépendantes référencées 21-29. Chaque voie comporte une zone 31-39 de la fenêtre de transparence 40, une zone correspondante 71-79 de photocathode.

25 L'ensemble photomultiplicateur peut comme expliqué dans la description de l'art antérieur avoir des dynodes communes aux différentes voies, des parties de chaque dynode étant spécifiques aux différentes voies ou avoir un jeu individuel de dynodes par voie. Sur la figure 1

30 on a représenté un tube 1 avec jeu individuel de dynodes et sur la figure 2 avec des dynodes communes

aux différentes voies. Le tube loge à l'intérieur d'une
enveloppe étanche 4, par exemple en verre, la
photocathode 2, le multiplicateur 11 d'électrons, un
ensemble de 9 anodes 61-69 à raison de une anode par
5 voie 21-29. sur les figures 1 et 2 les références des
voies 21-29 sont entre parenthèses pour indiquer que la
référence correspondante, par exemple, la partie 34 de
la fenêtre de transparence 40, la partie 74 de
photocathode 2 correspondent respectivement à la voie
10 24. L'enveloppe étanche 4 est formée par une paroi 50
de forme cylindrique à base rectangulaire, carrée dans
l'exemple représenté. La paroi 50 de forme cylindrique
est complétée à une première extrémité par une paroi
51, perpendiculaire à la paroi cylindrique 50, au
15 travers de laquelle passe de façon étanche des broches
6 de connexion du tube 1 à des sources de tension ou à
des moyens de traitement de signal. La paroi
cylindrique 50 est complétée à une seconde extrémité
par une paroi 40 formant fenêtre de transparence à des
20 photons. La paroi 40 est également perpendiculaire à la
paroi cylindrique 50. Elle comporte une face interne 47
et une face externe 48. Les parois 50, 40 et 51 forment
ensemble l'enveloppe étanche 4.

De façon classique et connue la photocathode 2
25 est constituée par une couche 2 d'un matériau photo
émetteur émettant des électrons lorsqu'il reçoit un
flux photonique. La couche photo émettrice 2 est
disposée sur la face interne 47 de la fenêtre de
transparence 40, de façon à recevoir des photons
30 lumineux ayant traversé la fenêtre de transparence 40.

Conformément à l'invention la paroi 40 formant
fenêtre de transparence comporte des stries 41-44, par
exemple des rainures tracées à partir sa face interne
47 ou de sa face externe 48. Dans l'exemple représenté
5 sur les figures 1 et 2 les stries ou rainures sont
formées à partir de la surface externe 48. Il y a deux
stries 41, 42 parallèles à l'un des côtés du carré
formé par la face externe 48, et deux stries 43, 44
parallèles entre elles et perpendiculaires aux deux
10 premières stries 41, 42. Les stries 41-44 ont ainsi des
formes de segment de droite constituant ensemble un
quadrillage. Les quatre stries 41-44 délimitent avec
les quatre côtés du carré formé par la face externe 48,
les 9 régions 31-39 de la face externe 48, sensiblement
15 égales les unes aux autres. Les stries 41-44 sont
comblées dans cet exemple, par un matériau
réfléchissant les ondes lumineuses, par exemple de
l'aluminium.

Dans l'exemple représenté, du fait que les
20 stries sont tracées à partir de la face externe 48, la
couche photoconductrice 2 est physiquement d'un seul
tenant. Elle est de façon fictive divisée en 9 zones
71-79 situées selon une direction axiale du tube
perpendiculaire à la fenêtre de transparence 40 au
25 droit des régions 31-39. La photocathode 2 est divisée
de façon réelle en ses différentes zones 71-79, lorsque
les stries sont réalisés à partir de la face interne 47
de la fenêtre de transparence et après le dépôt de la
couche 2 de matériau photo émetteur formant la
30 photocathode 2.

Le reste du tube 1 est de conception en elle - même connue. Il sera succinctement décrit ci-après.

Il comporte logés à l'intérieur de l'enveloppe étanche 4 :

- 5 - un multiplicateur 11 d'électrons formé par un ensemble de dynodes 12 multipliant les électrons émis initialement par la photocathode 2,
- un ensemble d'anodes 61-69 à raison de une anode par voie 21-29. Chaque anode 61-69 de voie est
- 10 électriquement isolée par rapport aux anodes 61-69 des autres voies 21-29. Un signal présent sur l'une des anodes 61-69 de voie 21-29 est une fonction d'un flux photonique reçu sur la partie 71-79 de la photocathode 2 correspondant à cette voie 21-29. Compte tenu des
- 15 vues présentées sur les figures 1 et 2 toutes les références mentionnées des parties correspondant aux différentes voies ne sont pas apparentes et donc portées sur ces figures.

Sur la figure 1 on a représenté en outre

20 sous forme schématique par des rectangles 5, des optiques électroniques de focalisation. Sur la figure 1 les dynodes 12 correspondant à chacune des voies 21-29 sont des dynodes en structure linéaire focalisante dites de Rajchman. Sur la figure 2 on a représenté des

25 dynodes 12 de type feuille. L'invention est utilisable avec n'importe quelle type de dynodes.

Les figures 3 et 4 sont destinées à expliquer l'intérêt de l'invention. Elle représente une section droite d'une partie de la fenêtre de

30 transparence 40. La partie représentée comporte des parties des régions 35 et 36 de la face externe 48 de

la fenêtre de transparence 40. Ces régions 35 et 36 sont séparées l'une de l'autre par la strie ou rainure 42. Un rayon lumineux R est incident sur la face 48 en un point I. Ce rayon présente l'incidence maximum pour ne pas être totalement réfléchi par la face 48. Il est réfracté par la fenêtre 40 et suit une trajectoire telle qu'il arrive sur la photocathode 2 en passant tangentiellement à un point P situé en fond de rainure 42. Sur la figure 3 on a représenté ce rayon R réfracté comme arrivant sur la photocathode 2, au point S d'intersection de cette cathode 2 avec l'axe de la rainure 42. Le point S représente ainsi la délimitation entre les zones 75 et 76 de la photocathode 2. Tout rayon lumineux arrivant entre le point I et le point J d'intersection de l'axe de la rainure 42 avec la face 48 sera ou non transmis à la photocathode 2, ou réfléchi vers une partie de la photocathode 2 appartenant à la zone 75 de cette photocathode 2, zone située au droit de la région 35 de la face externe 48. Ainsi la zone 71-79 de photocathode 2 correspondant à une voie, n'émettra des électrons que pour les photons reçus sur la partie correspondante 31-39 de la face externe 48. Toute la surface de la photocathode 2 est utilisée.

La figure 4 représente le même schéma que la figure 3, mais pour le cas où les rainures 41-44 sont tracées à partir de la face 47 interne de la fenêtre de transparence 40. Cette fois le rayon R présentant l'incidence maximum pour ne pas être totalement réfléchi par la face 48, est incident au point J d'intersection de la surface 48 avec l'axe de

la rainure ou strie 42. la partie réfractée du rayon R atteint la cathode 2 en un point S' en passant tangentielllement à un point P' situé en fond de rainure 42. un autre rayon R' présentant la même incidence que
5 le rayon R est incident en un point I. le rayon réfracté correspondant atteint un point S'' situé à l'intersection d'un bord de la rainure 42 avec la face 47. Tout rayon incident sur la face externe 48 entre les points I et J n'atteindra pas la photocathode 2.
10 Ainsi tous les rayons incidents sur la région 35 de la face externe 48, ou ne seront pas transmis ou seront transmis vers une zone 75 de photocathode 2 située au droit de la région 35.

Pour arriver à ce résultat, il conviendra
15 de choisir la largeur et la profondeur des stries 41-44 en fonction de l'indice optique du matériau formant la fenêtre de transparence 40 et de l'épaisseur de cette fenêtre de transparence.

REVENDEICATIONS

1. Tube photomultiplicateur (1) à plusieurs
voies (21-29) comportant une enveloppe étanche (4)
ayant une paroi (40) ayant une face externe (48) et une
5 face interne (47) et formant fenêtre de transparence
(40) à des photons, l'enveloppe étanche (4) renfermant
- une photocathode (2) disposée de façon à
recevoir des photons lumineux ayant traversé la fenêtre
de transparence (40) et émettant des électrons,
 - 10 - un multiplicateur (11) d'électrons formé par
un ensemble de dynodes (12) multipliant les électrons
émis initialement par la photocathode (2),
 - un ensemble d'anodes (61-69) à raison d'une
anode par voie (21-29), un signal présent sur une anode
15 (61-69) de voie (21-29) étant une fonction d'un flux
photonique reçu sur une partie (71-79) de la
photocathode (2) correspondant à cette voie,
 - un ensemble de conducteurs (6) électriques
traversant l'enveloppe étanche (4) et formant à
20 l'extérieur de cette enveloppe (4) des conducteurs (6)
de raccordement notamment pour la photocathode (2), les
différentes dynodes (12) du multiplicateur (11)
d'électrons et pour les anodes (61-69),
- caractérisé en ce que
- 25 - la paroi (40) formant fenêtre de
transparence à des photons comporte sur l'une de ses
faces externe ou interne des stries (41-44), les stries
(41-44) délimitant réellement ou fictivement des zones
(71-79) de photocathode (2) correspondant aux
30 différentes voies (21-29), les stries (41-44) étant

comblées par une matière (45) ayant un pouvoir réfléchissant ou absorbant des photons.

2. Tube photomultiplicateur (1) à plusieurs voies (21-29) selon la revendication 1 caractérisé en
5 ce que les stries (41-44) sont tracées à partir de la face externe (48) de la fenêtre de transparence (40).

3. Tube photomultiplicateur (1) à plusieurs voies (21-29) selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que les stries (41-44) ont des formes
10 de segment de droite constituant ensemble un quadrillage.

1/3

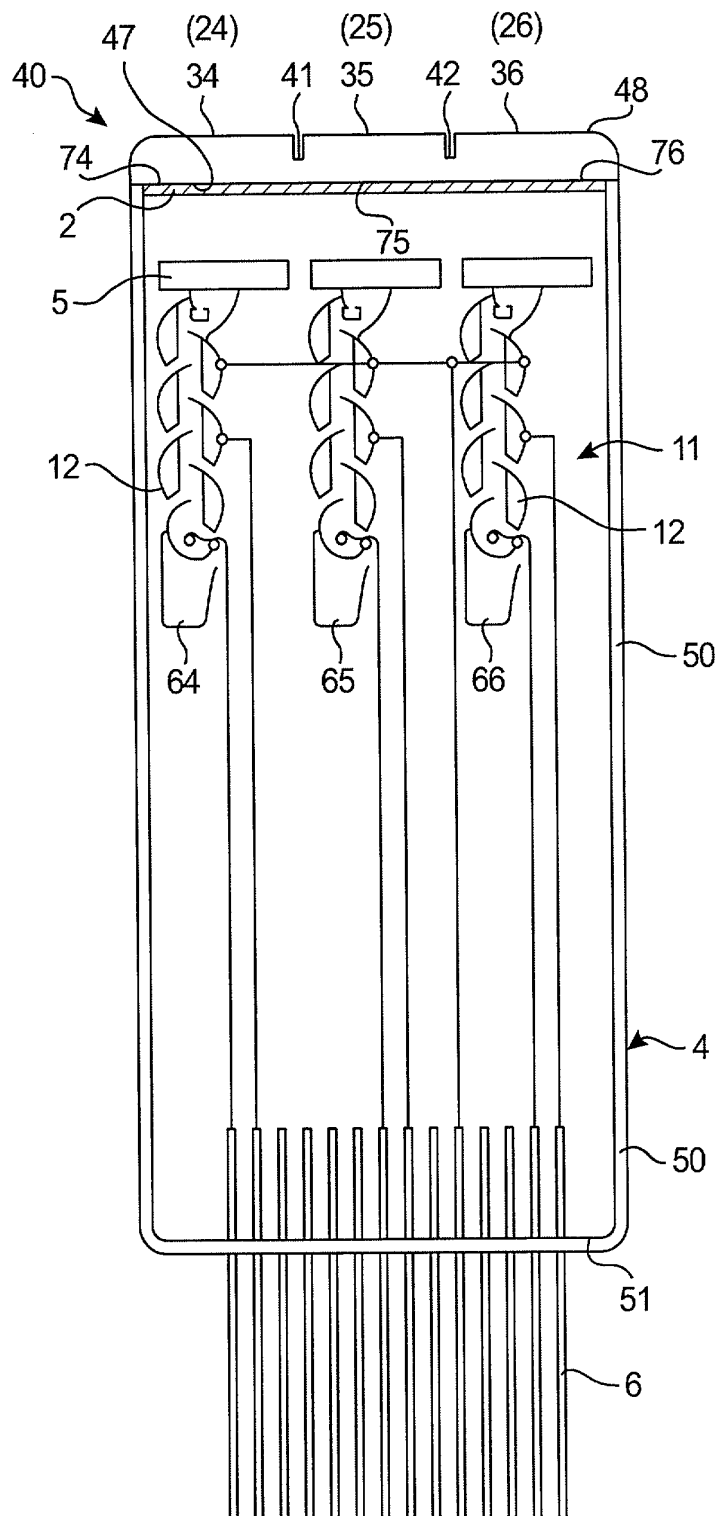


FIG. 1

2/3

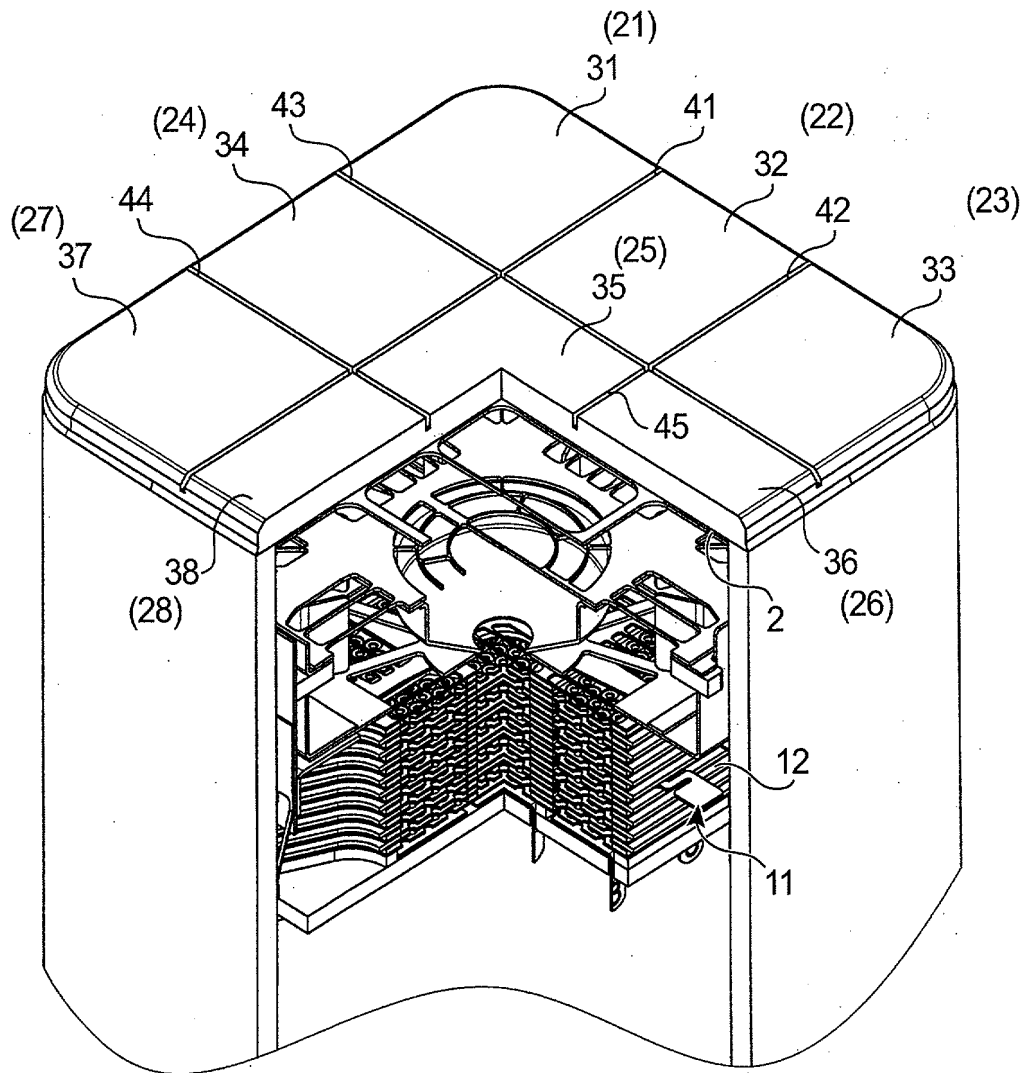


FIG. 2

3/3

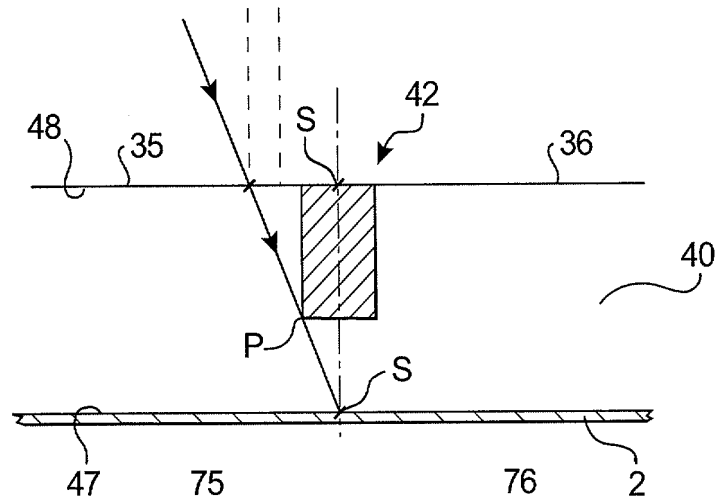


FIG. 3

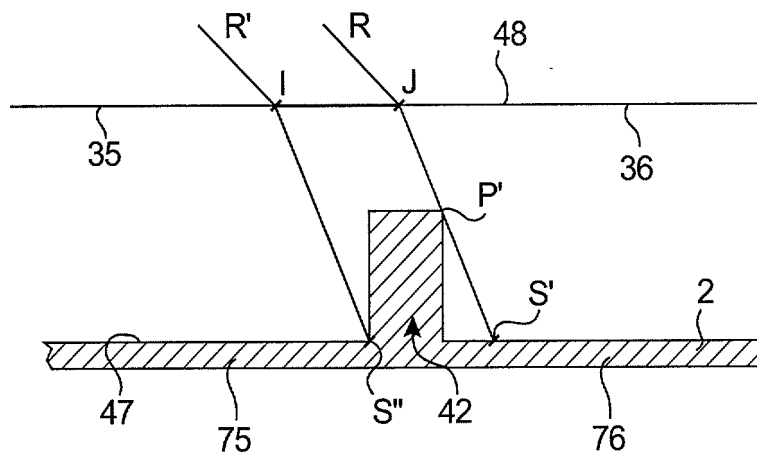


FIG. 4



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 653753
FR 0452056

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 117 366 A (DAVIS ET AL) 26 septembre 1978 (1978-09-26) * colonne 2, ligne 43 - colonne 3, ligne 28; figure 2b *	1-3	H01J43/04 H01J43/28
X	----- EP 1 369 899 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K) 10 décembre 2003 (2003-12-10) * alinéa [0042] - alinéa [0045]; figures *	1-3	
X	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 045 (E-160), 23 février 1983 (1983-02-23) & JP 57 194445 A (KOGYO GIJUTSUIN; others: 0J), 30 novembre 1982 (1982-11-30) * abrégé *	1-3	
D,A	----- EP 0 487 178 A (BURLE TECHNOLOGIES, INC) 27 mai 1992 (1992-05-27) * abrégé; figures *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			H01J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 juin 2005		Schaub, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0452056 FA 653753**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-06-2005**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4117366	A	26-09-1978	GB 1490695 A	02-11-1977
			DE 2451382 A1	28-05-1975
			FR 2207497 A5	14-06-1974

EP 1369899	A	10-12-2003	EP 1369899 A1	10-12-2003
			US 2004069932 A1	15-04-2004
			EP 1369900 A1	10-12-2003
			WO 02067287 A1	29-08-2002
			WO 02067288 A1	29-08-2002
			US 2004100193 A1	27-05-2004

JP 57194445	A	30-11-1982	JP 1217583 C	17-07-1984
			JP 58041617 B	13-09-1983

EP 0487178	A	27-05-1992	US 5077504 A	31-12-1991
			DE 69112778 D1	12-10-1995
			DE 69112778 T2	22-02-1996
			EP 0487178 A2	27-05-1992
			JP 5036372 A	12-02-1993
			JP 5059539 B	31-08-1993
