

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 956 581 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

03.12.2003 Bulletin 2003/49

(21) Numéro de dépôt: **98900630.9**

(22) Date de dépôt: **26.01.1998**

(51) Int Cl.7: **H01J 43/06**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB98/00097

(87) Numéro de publication internationale:
WO 98/033202 (30.07.1998 Gazette 1998/30)

(54) **TUBE PHOTOMULTIPLICATEUR DE LONGUEUR REDUITE**

PHOTOVERVIELFACHERRÖHRE REDUZIERTER LÄNGE

PHOTOELECTRIC MULTIPLIER TUBE OF REDUCED LENGTH

(84) Etats contractants désignés:
DE DK FR GB NL

(30) Priorité: **28.01.1997 FR 9700898**

(43) Date de publication de la demande:
17.11.1999 Bulletin 1999/46

(73) Titulaire: **Photonis**
19106 Brive-la-Gaillarde (FR)

(72) Inventeur: **L'HERMITE, Pierre**
NL-5656 AA Eindhoven (NL)

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard et al**
BREVALEX
3, rue du docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 495 589 **EP-A- 0 671 757**
US-A- 4 575 657

EP 0 956 581 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un tube photomultiplicateur comportant :

- une photocathode destinée à être placée à un premier potentiel électrique et présentant une couche photo-sensible semi-transparente destinée à recevoir depuis l'extérieur du tube un éclairage et à émettre vers l'intérieur du tube un flux d'électrons dont la densité dépend de l'intensité de l'éclairage reçu par la photocathode
- une optique focalisatrice comprenant une première dynode destinée à être portée à un deuxième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du premier, présentant une surface dite ré-émettrice constituée d'un matériau favorisant les phénomènes d'émission secondaire, laquelle surface est concave du côté de la photocathode, et
- une pluralité de dynodes de Rajkman disposées de part et d'autre d'un plan appelé plan des dynodes, dynodes dont la première est la plus proche de la sortie de l'optique focalisatrice et est destinée à être portée à un troisième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du deuxième, chacune des dynodes suivantes étant destinée à être portée à un potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du potentiel de la dynode qui la précède, pluralité de dynodes qui est destinée à recevoir et à amplifier le flux d'électrons provenant de l'optique focalisatrice.

[0002] Dans la plupart des tubes photomultiplicateurs mettant en oeuvre des dynodes de Rajkman suivant le principe décrit ci-dessus, le plan des dynodes est parallèle à l'axe du tube. La dimension du tube suivant cet axe, appelée longueur du tube, est donc importante. Ceci peut être prohibitif dans de nombreuses applications, par exemple lorsque le tube est utilisé au sein d'une gamma-caméra pour la détection de rayonnements, on souhaite disposer de tubes de longueur réduite afin de diminuer l'encombrement du dispositif dans lequel ils sont intégrés.

[0003] L'invention a pour but de remédier à cet inconvénient en proposant un tube photomultiplicateur dans lequel le plan des dynodes n'est pas parallèle à l'axe du tube.

[0004] En effet, un tube photomultiplicateur tel que décrit dans le paragraphe introductif est caractérisé selon la présente invention en ce que l'optique focalisatrice comporte en outre une deuxième dynode destinée à être portée à un potentiel dont la valeur est intermédiaire entre celles des deuxième et troisième potentiels, la deuxième dynode présentant une surface ré-émettrice concave du côté de la surface ré-émettrice de la première dynode, et en ce que le plan des dynodes présente par rapport à l'axe du tube, défini comme étant un axe qui est perpendiculaire à la photocathode en son

milieu, un angle supérieur à 45° , la concavité de la première dynode de Rajkman étant dirigée vers la surface ré-émettrice de la deuxième dynode.

[0005] Dans un tel tube photomultiplicateur, l'encombrement, considéré dans le sens de la longueur, du à la succession des dynodes de Rajkman est d'autant plus réduit que l'angle entre le plan des dynodes et l'axe du tube est important. La deuxième dynode permet de rediriger le flux d'électrons issu de la première dynode vers la première dynode de Rajkman. La deuxième dynode peut avantageusement être munie d'une grille conductrice placée en travers du trajet suivi par le flux d'électrons entre la première et la deuxième dynode, laquelle grille est alors portée à un potentiel voisin de celui de la deuxième dynode.

[0006] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le plan des dynodes présente par rapport à l'axe du tube un angle voisin de 90° .

[0007] Une telle configuration permet une réduction maximale de l'influence de la succession de dynodes de Rajkman sur la longueur totale du tube.

[0008] Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, un tube photomultiplicateur tel que décrit ci-dessus est caractérisé en ce qu'il comporte une grille, disposée entre la deuxième dynode et la première dynode de Rajkman, et destinée à être portée à un potentiel électrique voisin de celui auquel est portée la deuxième dynode de Rajkman.

[0009] La présence de la grille permet d'augmenter l'efficacité de collection au niveau de la première dynode de Rajkman, c'est-à-dire le rapport entre le nombre d'électrons reçus par la dite dynode et le nombre d'électrons émis par la deuxième dynode. En effet, la grille génère localement un champ électrique sensiblement parallèle au trajet entre la deuxième dynode et la première dynode de Rajkman, qui accélère les électrons à son voisinage et les dirige vers la première dynode de Rajkman.

[0010] EP-A-0 671 757 décrit un photomultiplicateur comprenant un ensemble de dynodes à boîtes et grilles, un ensemble de dynodes en ligne et, entre ces ensembles, une dynode de connexion.

[0011] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante d'un mode de réalisation, faite à titre d'exemple non-limitatif et en regard de la figure 1 qui représente schématiquement une vue en coupe d'un tube photomultiplicateur selon l'invention. Le plan de coupe est parallèle à un axe TAX, appelé axe du tube, et perpendiculaire à un plan appelé plan des dynodes, dont l'intersection avec le plan de coupe est représentée ici par un axe DP. Le tube photomultiplicateur présente une enveloppe extérieure en verre TU, qui peut par exemple présenter une symétrie de révolution par rapport à l'axe du tube TU et dont une face, perpendiculaire à l'axe du tube TAX, porte une photocathode PK destinée à être placée à un premier potentiel électrique et présentant une couche photo-sensible semi-transparente. Ce tube photomultiplicateur comporte de plus une

optique focalisatrice comprenant une première dynode D1 destinée à être portée à un deuxième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du premier, présentant une surface dite ré-émettrice constituée d'un matériau favorisant les phénomènes d'émission secondaire, laquelle surface est concave du côté de la photocathode PK. L'optique focalisatrice comporte en outre une deuxième dynode D2 destinée à être portée à un potentiel dont la valeur est supérieure à celle du deuxième potentiel, et présentant une surface ré-émettrice concave du côté de la surface ré-émettrice de la première dynode D1. Le tube photomultiplicateur comporte encore une pluralité de dynodes de Rajkman D3,...D8, destinées à recevoir et à amplifier le flux d'électrons provenant de l'optique focalisatrice, et disposées de part et d'autre du plan des dynodes, dynodes dont la première, D3, est la plus proche de la deuxième dynode D2 et est destinée à être portée à un troisième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du potentiel de la deuxième dynode D2. La concavité de la première dynode de Rajkman D3 est dirigée vers la surface ré-émettrice de la deuxième dynode D2. Chacune des dynodes suivantes D4,...D8 est destinée à être portée à un potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du potentiel de la dynode qui la précède. L'axe DP présente par rapport à l'axe du tube TAX un angle β voisin de 90° . Le tube photomultiplicateur comporte enfin une grille Gd, par exemple constituée de barreaux conducteurs, et disposée entre la deuxième dynode D2 et la première dynode de Rajkman D3, et destinée à être portée à un potentiel électrique voisin de celui auquel est portée la deuxième dynode de Rajkman D4.

[0012] Lorsque la photocathode PK est soumise à un éclairage, et que les photons reçus sont dotés d'une énergie suffisante, la couche photo-sensible émet vers l'intérieur du tube un flux d'électrons, dont la densité dépend ainsi de l'intensité de l'éclairage. Ces électrons sont collectés par la première dynode D1, du fait de la différence de potentiel existant entre la première dynode D1 et la photocathode PK qui crée un champ électrique dirigé depuis la première dynode D1 vers la photocathode PK. La première dynode D1 ré-émet, grâce aux phénomènes d'émission secondaire bien connus du spécialiste, un nombre d'électrons plus important que le nombre d'électrons collectés, et réalise ainsi une première amplification de la densité du flux d'électrons. Les électrons ré-émis par la première dynode D1 sont collectés par la deuxième dynode D2, du fait de la différence de potentiel existant entre la deuxième dynode D2 et la première dynode D1 qui crée un champ électrique dirigé depuis la deuxième dynode D2 vers la première dynode D1. Les électrons ré-émis par la deuxième dynode D2 sont accélérés par le champ électrique régnant localement autour de la grille Gd, ce qui permet de les diriger vers la première dynode de Rajkman D3, qui présente ainsi une grande efficacité de collection. Enfin, le flux d'électrons est soumis à des amplifications successives effectuées par les dynodes de Rajkman se-

lon un processus connu de l'homme du métier qu'il est inutile de développer ici, avant de parvenir à une anode AN qui constitue la sortie du tube et restitue une information électronique représentative de l'éclairage reçu par la photocathode PK.

[0013] La structure de l'optique focalisatrice D1, D2, permet donc de re-diriger le flux d'électrons vers la première dynode de Rajkman lorsque le plan des dynodes présente par rapport à l'axe du tube TAX un angle important. L'utilité de cette disposition est clairement visible dans cet exemple, où l'angle β est voisin de 90° , ce qui permet de réduire au maximum l'encombrement dû à la succession des dynodes de Rajkman D3,...D8, et donc la longueur totale du tube.

Revendications

1. Tube photomultiplicateur comportant :

- une photocathode (PK) destinée à être placée à un premier potentiel électrique et présentant une couche photo-sensible semi-transparente destinée à recevoir depuis l'extérieur du tube un éclairage et à émettre vers l'intérieur du tube un flux d'électrons dont la densité dépend de l'intensité de l'éclairage reçu par la photocathode
- une optique focalisatrice comprenant une première dynode (D1) destinée à être portée à un deuxième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du premier, présentant une surface dite ré-émettrice constituée d'un matériau favorisant les phénomènes d'émission secondaire, laquelle surface est concave du côté de la photocathode, et
- une pluralité de dynodes de Rajkman (D3 à D8) disposées de part et d'autre d'un plan (DP) appelé plan des dynodes, dynodes dont la première (D3) est la plus proche de la sortie de l'optique focalisatrice et est destinée à être portée à un troisième potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du deuxième, chacune des dynodes suivantes étant destinée à être portée à un potentiel électrique dont la valeur est supérieure à celle du potentiel de la dynode qui la précède, pluralité de dynodes qui est destinée à recevoir et à amplifier le flux d'électrons provenant de l'optique focalisatrice,

l'optique focalisatrice comportant en outre une deuxième dynode (D2) destinée à être portée à un potentiel dont la valeur est intermédiaire entre celles des deuxième et troisième potentiels, la deuxième dynode présentant une surface réémettrice concave du côté de la surface ré-émettrice de la première dynode (D1), le plan (DP) des dynodes présentant par rapport à l'axe (TAX) du tube, défini

comme étant un axe qui est perpendiculaire à la photocathode en son milieu, un angle supérieur à 45°, **caractérisé en ce que** la concavité de la première dynode de Rajkman (D3) est dirigée vers la surface ré-émettrice de la deuxième dynode (D2).

2. Tube photomultiplicateur selon la revendication 1, caractérisé en ce le plan (DP) des dynodes présente par rapport à l'axe (TAX) du tube un angle voisin de 90°.

3. Tube photomultiplicateur selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte une grille (Gd), disposée entre la deuxième dynode (D2) et la première dynode de Rajkman (D3) et destinée à être portée à un potentiel électrique voisin de celui auquel est portée la deuxième dynode de Rajkman (D4).

4. Tube photomultiplicateur selon la revendication 3, dans lequel la grille (Gd) est constituée de barreaux conducteurs.

Patentansprüche

1. Photovervielfacherröhre mit:

einer Photokathode (PK), die auf ein erstes elektrisches Potential eingestellt werden kann und eine photoempfindliche, halb lichtdurchlässige Schicht aufweist, die von außerhalb der Röhre eine Beleuchtung aufnehmen kann und ins Innere der Röhre einen Elektronenfluß abgeben kann, dessen Dichte von der Intensität der durch die Photokathode aufgenommenen Beleuchtung abhängt, einer Fokussierungsoptik, die eine erste Dynode (D1) umfaßt, die auf ein zweites elektrisches Potential gebracht werden kann, dessen Wert über dem des ersten liegt, und die eine sogenannte rückstrahlende Oberfläche aufweist, die aus einem Material gebildet ist, welches die Sekundär-Emissionserscheinungen begünstigt, wobei die Oberfläche auf der Seite der Photokathode konkav ist, und mehreren Rajkman-Dynoden (D3 bis D8), die auf beiden Seiten einer Dynodenebene genannten Ebene (DP) angeordnet sind, wobei die erste (D3) der Dynoden dem Ausgang der Fokussierungsoptik am nächsten gelegen ist und auf ein drittes elektrisches Potential gebracht werden kann, dessen Wert über dem des zweiten liegt, wobei jede der nachfolgenden Dynoden auf ein elektrisches Potential gebracht werden kann, dessen Wert über dem des Potentials der vorhergehenden Dynode

liegt, wobei die mehreren Dynoden den aus der Fokussierungsoptik kommenden Elektronenfluß aufnehmen und verstärken können,

wobei die Fokussierungsoptik außerdem eine zweite Dynode (D2) umfaßt, die auf ein Potential gebracht werden kann, dessen Wert zwischen demjenigen der zweiten und dritten Potentiale liegt, und die zweite Dynode eine konkave rückstrahlende Oberfläche auf der Seite der rückstrahlenden Oberfläche der ersten Dynode (D1) aufweist, wobei die Ebene (DP) der Dynoden im Verhältnis zur Röhrenachse (TAX), die als eine zur Mitte der Photokathode senkrechte Achse definiert ist, einen Winkel von über 45° aufweist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Konkavität der ersten Rajkman-Dynode (D3) zur rückstrahlenden Oberfläche der zweiten Dynode (D2) hin gerichtet ist.

2. Photovervielfacherröhre nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ebene (DP) der Dynoden im Verhältnis zur Röhrenachse (TAX) einen Winkel von annähernd 90° aufweist.

3. Photovervielfacherröhre nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie ein Gitter (Gd) umfaßt, das zwischen der zweiten Dynode (D2) und der ersten Rajkman-Dynode (D3) angeordnet ist und auf ein elektrisches Potential gebracht werden kann, das im Bereich von dem liegt, auf das die zweite Rajkman-Dynode (D4) gebracht wird.

4. Photovervielfacherröhre nach Anspruch 3, wobei das Gitter (Gd) aus leitenden Stäben gebildet ist.

Claims

1. Photomultiplier tube comprising:

- a photocathode (PK) designed to be raised to a first electrical potential and with a semi-transparent photo-sensitive layer designed to receive an illumination from outside the tube and to transmit an electron flux into the tube, the density of the flux depending on the intensity of the illumination received by the photocathode,
- focussing optics comprising a first dynode (D1) that will be raised to a second electrical potential, the value of which is higher than the first potential, that is provided with a "re-emitting" surface composed of a material encouraging secondary emission phenomena, the said surface being concave on the side of the photocathode, and,
- several Rajkman dynodes (D3 to D8) laid out on each side of a plane (DP) called the dynodes

plane and the first (D3) of the dynodes closest to the output from the focussing optics will be raised to a third electrical potential, the value of which is higher than the potential of the second dynode, each of the subsequent dynodes will be raised to an electrical potential higher than the potential of the preceding dynode, this series of dynodes being designed to receive and amplify the electron flux from the focussing optics,

- the focussing optics also comprise a second dynode (D2) that will be raised to a potential which is intermediate between the potential of the second and third dynodes, the second dynode having a concave re-emitting surface on the side of the re-emitting surface of the first dynode (D1), the angle between the plane (DP) of the dynodes and the centre line (TAX) of the tube, defined as being a centre line perpendicular to the photocathode at its midpoint, exceeds 45° , **characterized in that** the concave side of the first Rajkman dynode (D3) faces the re-emitting surface of the second dynode (D2).

2. Photomultiplier tube according to claim 1, **characterized in that** the angle between the plane (DP) of the dynodes and the centre line (TAX) of the tube is close to 90° .

3. Photomultiplier tube according to one of claims 1 or 2, **characterized in that** it comprises a grid (Gd) located between the second dynode (D2) and the first Rajkman dynode (D3), and the electrical potential of the tube will be made similar to the electrical potential of the second Rajkman dynode (D4).

4. Photomultiplier tube according to claim 3, wherein the grid (Gd) is constituted by conductor bars.

40

45

50

55

