

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **86402618.2**

51 Int. Cl.⁴: **H 01 J 1/34**
H 01 J 29/38

22 Date de dépôt: **25.11.86**

30 Priorité: **29.11.85 FR 8517719**

43 Date de publication de la demande:
08.07.87 Bulletin 87/28

84 Etats contractants désignés: **DE GB NL**

71 Demandeur: **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

72 Inventeur: **Munier, Bernard**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

De Groot, Paul
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

Weisbuch, Claude
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

Henry, Yves
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

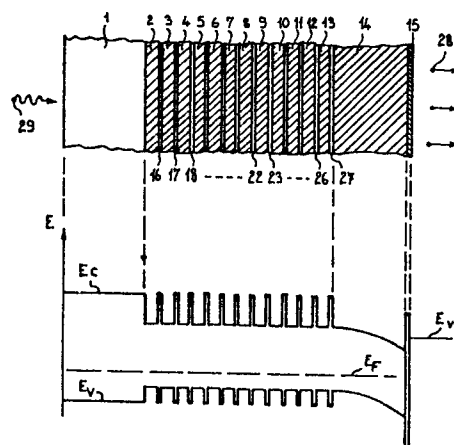
74 Mandataire: **Turlègue, Clotilde et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

54 Photocathode à rendement élevé.

57 Un exemple de réalisation comporte :

- Une couche transparente (1) constituée d'un matériau semi-conducteur de type P+ dans la largeur de bande interdite est suffisamment grande pour que cette couche soit transparente pour les photons (29) de la lumière à détecter ;
- Une couche d'absorption constituée de dix premières sous-couches (2 à 13) constituées d'un matériau semi-conducteur de type P+ ayant une largeur de bande interdite suffisamment petite pour posséder des propriétés électroniques bi-dimensionnelles afin de convertir efficacement les photons (29) en paires électron-trou et dix secondes sous-couches (16 à 27) intercalées entre les premières et constituées du même matériau que la couche transparente (1), ces secondes sous-couches (16 à 27) étant suffisamment minces pour permettre la traversée des électrons par effet tunnel, et les premières sous-couches (2 à 13) ayant une épaisseur suffisante pour permettre l'absorption des photons (29) de toutes les longueurs d'onde de la lumière à détecter ;
- Une couche de transport (14) constituée du même matériau que les premières sous-couches (2 à 13) ;
- Une couche (15) de Cs + O permettant d'abaisser le potentiel du vide pour permettre l'émission d'électrons (28) dans le vide.

Application aux tubes de prise de vues de télévision et aux tubes intensificateurs d'image.



Description

Photocathode à rendement élevé.

L'invention concerne une photocathode à rendement élevé pour tubes de prise de vues, tels que les tubes de caméra de télévision et les tubes intensificateurs d'image.

Il est connu de réaliser une photocathode comportant principalement :

- une couche, dite couche fenêtre, constituée de semi-conducteur de type P+ dont la bande interdite est suffisamment large pour que cette couche soit transparente pour les longueurs d'onde de la lumière à détecter, et qui est collée sur une paroi de verre recevant la lumière à détecter ;
- une couche, dite couche d'absorption, constituée d'un semi-conducteur de type P+ dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible pour convertir en paires d'électron-trou les photons de la lumière à détecter ;
- une couche, dite couche d'émission, constituée d'un matériau donnant à l'extrémité de la couche d'absorption une affinité électronique négative pour émettre dans le vide les électrons libérés dans la couche d'absorption.

La longueur d'onde maximale détectable est limitée par la largeur de la bande interdite du matériau constituant la couche d'absorption. En appliquant une polarisation positive à l'extrémité de cette couche opposée à la couche fenêtre, il est possible d'utiliser des matériaux ayant une faible largeur de bande interdite tout en conservant un bon rendement d'émission, et donc il est possible de détecter de la lumière de longueur d'onde plus grande. Une polarisation de la couche d'absorption peut être appliquée au moyen d'une connexion avec cette couche, ou par une électrode métallique très mince intercalée entre cette couche et la couche d'émission. Une telle photocathode est décrite dans l'article de : J.J. ESCHER et al, IEEE-EDL2, 123-125 (1981).

Une telle photocathode a un rendement qui est limité notamment par les caractéristiques de la couche d'absorption. En effet, l'épaisseur de cette couche est déterminée en réalisant un compromis entre, d'une part, une absorption élevée des photons de la lumière à détecter, qui nécessite une épaisseur aussi grande que possible, et, d'autre part, un rendement élevé de la transmission des électrons ainsi qu'un faible courant d'obscurité, qui nécessitent une épaisseur aussi faible que possible de la couche d'absorption et pour obtenir une quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des électrons et des trous dans le plan des sous-couches.

Habituellement l'épaisseur de cette couche est de l'ordre de 1 micron, ce qui permet une bonne efficacité de transmission des électrons mais est insuffisant pour absorber tous les photons de la lumière à détecter, notamment les photons correspondant aux longueurs d'onde les plus grandes. Le but de l'invention est de réaliser une photocathode ayant un meilleur rendement que la photocathode de type connu. L'objet de l'invention est une photoca-

thode comportant une couche d'absorption constituée d'une pluralité de sous-couches particulières procurant à la fois une très bonne absorption des photons, une bonne efficacité de transmission des électrons libérés par les photons, et un faible courant d'obscurité.

Selon l'invention une photocathode à rendement élevé, est caractérisée en ce qu'elle comporte une couche dite d'absorption comportant une pluralité de premières sous-couches constituées d'un matériau semiconducteur ayant une largeur de bande interdite suffisamment petite et ayant une épaisseur suffisamment grande pour convertir en paires électron-trou les photons de la lumière à détecter, alternées avec une pluralité de secondes sous-couches constituées d'un matériau semi-conducteur ayant une largeur de bande interdite supérieure à celle des premières sous-couches, ayant une épaisseur suffisamment faible pour que les électrons puissent les traverser par effet tunnel, les premières et les secondes sous-couches ayant un dopage permettant d'obtenir une quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des électrons et des trous dans le plan des premières sous-couches et ajustant le niveau de Fermi près du niveau de valence des premières sous-couches.

La figure représente, dans sa partie supérieure, une coupe d'une portion d'un exemple de réalisation de la photocathode selon l'invention et, dans sa partie inférieure, un diagramme des niveaux d'énergie E des porteurs dans cet exemple de réalisation.

Cet exemple de réalisation comporte :

- Une première couche 1, collée sur une paroi de verre non représentée et à travers laquelle elle reçoit des photons 29, cette couche 1 étant transparente pour toutes les longueurs d'onde de la lumière à détecter et ayant pour fonction de permettre le collage de la photocathode sur la paroi de verre ;
- Une couche d'absorption constituée de douze premières sous-couches 2 à 13 et de douze secondes sous-couches 16 à 27 alternées avec les premières ;
- Une couche 14 dite couche de transport, ayant pour fonction de transmettre vers le vide des électrons libérés dans la couche d'absorption ;
- Une dernière couche 15 constituée d'un matériau qui diminue l'affinité électronique de la surface de la couche 14 pour lui permettre d'émettre dans le vide des électrons 28.

La partie inférieure de la figure représente les courbes E_c et E_v des niveaux d'énergie de la bande de conduction et de la bande de valence dans les couches de semi-conducteur, le niveau de Fermi E_F de ces couches, et le potentiel du vide E_{vi} .

La couche 1 est constituée d'un matériau semi-conducteur de type P+ constitué de $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ dopé avec 5.10^{17} atomes de zinc par cm^3 , dont la largeur de bande interdite est égale à 2e.V et qui est donc transparent pour toutes les longueurs d'onde de la lumière à détecter. Les premières sous-couches 2 à 13 et la couche 14 sont constituées d'un

semi-conducteur de type P+ ayant une largeur de bande interdite inférieure à celle du matériau de la couche 1, par exemple 1,4 e.V, pour absorber tous les photons à convertir en paires électron-trou. Dans cet exemple, les sous-couches 2 à 13 sont constituées de Ga As dopé avec 10^{19} atomes de zinc par cm^3 et ont chacune une épaisseur de 0,025 microns. La couche 14 est constituée de Ga As dopé avec 10^{19} atomes de zinc par cm^3 et a une épaisseur de 0,1 micron. Son épaisseur doit être supérieure à celle de la zone de charge d'espace due à la présence de la surface du semi-conducteur, la largeur de cette zone étant inférieure à 0,05 micron.

Les secondes sous-couches 16 à 27 sont constituées du même matériau que la couche 1, dans cet exemple de réalisation, et ont donc la même largeur de bande interdite. Elles sont peu ou non dopées de manière à ce que les courbes des niveaux d'énergie permettent d'obtenir dans les sous-couches 2 à 13 une quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des électrons et des trous. Cette quantification bi-dimensionnelle procure une augmentation du coefficient d'absorption des photons. Les sous-couches 16 à 27 ont chacune une épaisseur de 0,003 micron qui permet aux électrons de les traverser par effet tunnel et qui procure un bon rendement de transmission des électrons libérés par les photons dans les sous-couches 2 à 13. L'épaisseur des sous-couches 16 à 27 doit être inférieure à 0,0045 micron pour qu'il y ait un bon rendement de transmission. L'épaisseur des sous-couches 2 à 13 doit être inférieure à 0,03 micron pour obtenir l'augmentation du coefficient d'absorption due à la quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des électrons et des trous dans le plan des sous-couches 2 à 13, mais doit être suffisamment grande pour ne pas trop élever le seuil d'absorption des photons par effet de confinement quantique pour permettre l'absorption des photons de grande longueur d'onde.

Le niveau d'énergie E_c de la bande de conduction et le niveau d'énergie E_v de la bande de valence comportent des marches de potentiel, correspondant aux sous-couches 16 à 27. Il est possible de démontrer par le calcul que cette alternance de sous-couches procure un coefficient d'absorption des photons plus élevée qu'une couche d'absorption constituée d'un matériau semi-conducteur homogène. Dans cet exemple de réalisation le coefficient d'absorption est multiplié par un facteur 3 par rapport à une photocathode de type connu.

La couche 15 est constituée d'une couche très mince de Cs + O ayant pour effet d'abaisser le potentiel du vide E_v en dessous du niveau de la bande de conduction des sous-couches 2 à 13 pour faciliter l'émission des électrons 28 dans le vide. La couche 15 étant extrêmement mince, les électrons la traversent par effet tunnel.

La portée de l'invention ne se limite pas à l'exemple de réalisation décrit ci-dessus. De nombreuses variantes sont à la portée de l'homme de l'art, notamment en ce qui concerne le nombre des sous-couches et les matériaux qui les constituent. Le matériau constituant les sous-couches 16 à 27 peut-être différent du matériau de la couche fenêtre

1, avec peu ou pas de dopage, de type P ou N. Le dopage des sous-couches 2 à 13 doit être choisi en conséquence afin que le niveau de Fermi E_F de l'ensemble des sous-couches 2 à 13 et 16 à 27 soit proche du niveau de la bande de valence des sous-couches 2 à 13 et qu'il y ait quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des porteurs dans le plan des sous-couches 2 à 13. Il est à la portée de l'homme de l'art de choisir les matériaux réalisant ces deux conditions. Par exemple, les sous-couches 2 à 13 peuvent être constituées de $\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x\text{In}_x\text{P}_{1-y}$ et les sous-couches 16 à 27 peuvent être constituées alors de InP . Dans une autre variante, les sous-couches 2 à 13 peuvent être constituées de GaSb et les sous-couches 16 à 27 sont alors constituées de GaAlAsSb . Cependant il peut être souhaitable que le matériau semi-conducteur utilisé pour réaliser les sous-couches 16 à 27 ait un paramètre de maille proche de celui du matériau des sous-couches 2 à 13 afin de ne pas augmenter le courant d'obscurité de la photocathode.

Dans l'exemple de réalisation décrit précédemment le niveau de Fermi E_F des différentes couches de semi-conducteur est identique, il n'est pas prévu de polarisation. Pour permettre la détection de photons de longueur d'onde supérieure, il peut être prévu une polarisation réalisée d'une manière analogue à celle de l'art antérieur, au moyen d'une électrode métallique mince située entre la couche 14 et la couche 15 ou au moyen d'une connexion reliant la couche 14 à la borne positive d'un générateur dont la borne négative est connectée à la couche 1.

L'invention peut être appliquée aux tubes de prise de vues pour caméra de télévision et aux tubes intensificateurs d'image.

Revendications

1. Photocathode à rendement élevé, caractérisé en ce qu'elle comporte une couche dite d'absorption comportant une pluralité de premières sous-couches (2 à 13) constituées d'un matériau semi-conducteur ayant une largeur de bande interdite suffisamment petite et ayant une épaisseur suffisamment grande pour convertir en paires électron-trou les photons (29) de la lumière à détecter, alternées avec une pluralité de secondes sous-couches (16 à 27) constituées d'un matériau semi-conducteur ayant une largeur de bande interdite supérieure à celle des premières sous-couches (2 à 13), ayant une épaisseur suffisamment faible pour que les électrons puissent les traverser par effet tunnel, les premières et les secondes sous-couches (2 à 13 et 16 à 27) ayant un dopage permettant d'obtenir une quantification bi-dimensionnelle des niveaux d'énergie des électrons et des trous dans le plan des premières sous-couches (2 à 13) et ajustant le niveau de Fermi près du niveau de valence des premières sous-couches (2 à 13).

2. Photocathode selon la revendication 1, caractérisée en ce que les premières sous-

couches (2 à 13) composant la couche d'absorption sont constituées de Ga As et ont une épaisseur inférieure à 0,03 micron chacune ; et en ce que les secondes sous-couches (16 à 27) sont constituées de $\text{Ga}_{0,6}\text{Al}_{0,4}\text{As}$ et ont une épaisseur inférieure à 0,0045 micron.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

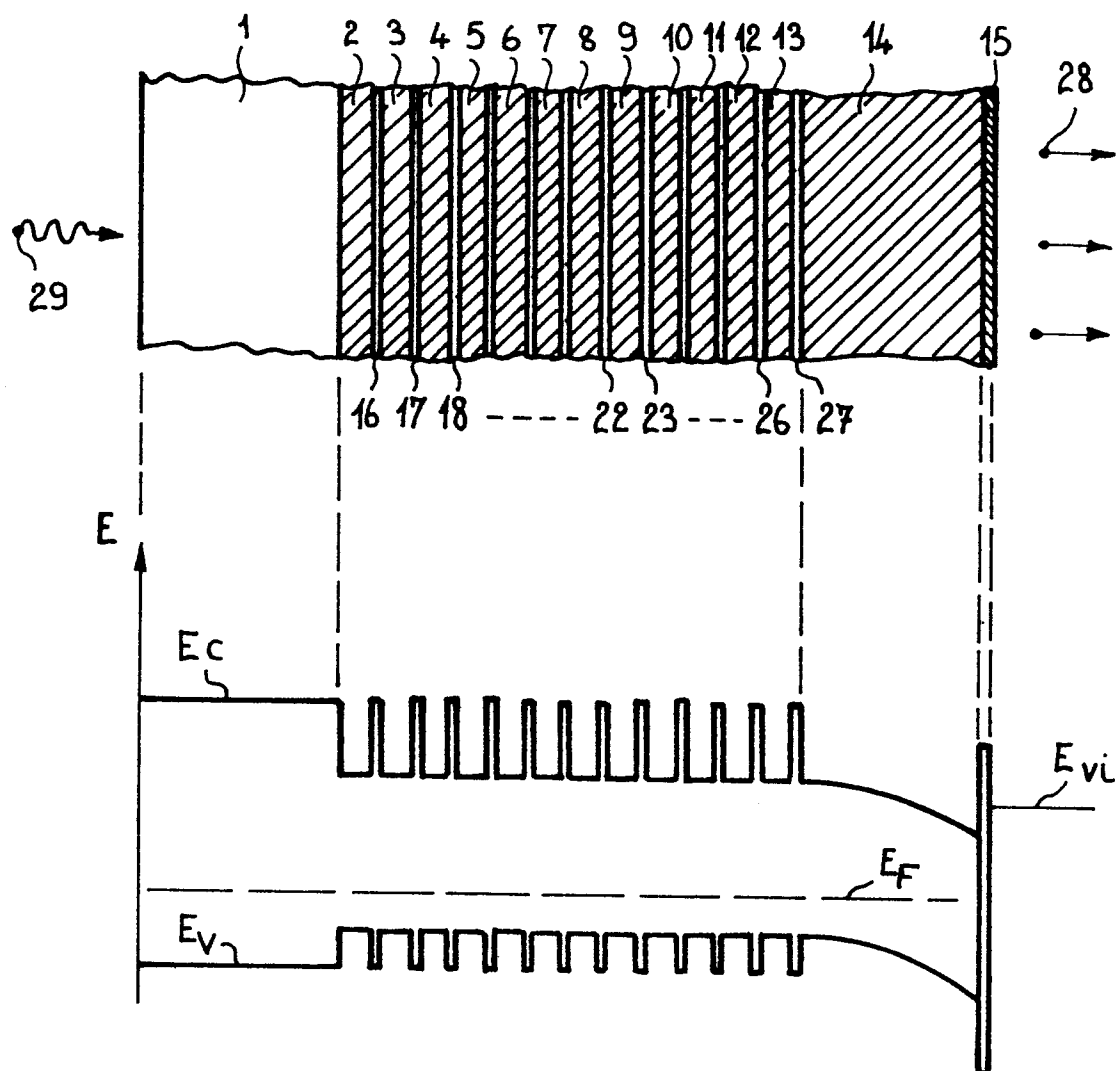
50

55

60

65

4





EP 86 40 2618

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. 4)
A	FR-A-2 075 693 (VARIAN) * Page 16, lignes 13-36 *	1	H 01 J 1/34 H 01 J 29/38
A	--- US-A-4 063 269 (K. HARA et al.)		
D, A	--- IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, vol. EDL-2, no. 5, mai 1981, pages 123-125, IEEE, New York, US; J.S. ESCHER et al.: "Photoelectric imaging in the 0.9-1.6 micron range" -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			H 01 J 1/00 H 01 J 29/00
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11-03-1987	Examineur ANTHONY R.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	