

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **86402617.4**

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

㉑ Date de dépôt: **25.11.86**

③⑩ Priorité: **29.11.85 FR 8517718**

④③ Date de publication de la demande:
24.06.87 Bulletin 87/26

④④ 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)

Welsbuch, 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)

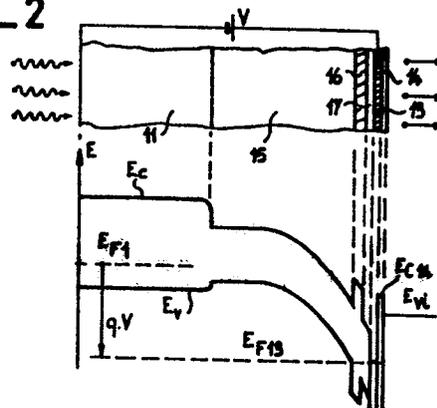
⑦④ Mandataire: **Turléque, Clotilde et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

④④ **Photocathode à faible courant d'obscurité.**

④⑦ L'invention concerne une photocathode comportant : une première couche (11) constituée d'un matériau semi-conducteur de type P+, transparent pour toutes les longueurs d'onde de la lumière à détecter ; une seconde couche (15, 17) constituée d'un semi-conducteur de type P+ dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible pour convertir en paires électron-trou les photons (8) de la lumière à détecter ; au moins une couche (16) intercalée à l'intérieur de la seconde couche (15, 17) et constituée d'un semi-conducteur de type P ou N créant une barrière de potentiel par rapport à la seconde couche (15, 17), et dont l'épaisseur est suffisamment faible pour permettre la traversée d'électrons (9) par effet tunnel avec une probabilité élevée, et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie d'un courant de trous ; une électrode métallique (13) permettant de polariser la photocathode pour accélérer les électrons (9) des paires électron-trou créées dans la seconde couche (15, 17) par la lumière ; une dernière couche (14), pour abaisser le potentiel du vide par rapport à la seconde couche (15, 17) pour émettre dans le vide les électrons (9) ainsi accélérés.

Application aux tubes de prise de vues et aux tubes intensificateurs d'images.

FIG. 2



Description

Photocathode à faible courant d'obscurité

L'invention concerne une photocathode pour tube de prise de vues dans des conditions de très faible éclairage, tube de caméra de télévision ou tube intensificateur 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.

En l'absence d'une polarisation appliquée à la couche d'absorption, l'affinité électronique négative ne peut être réalisée que pour des matériaux ayant une largeur de bande interdite supérieure à une limite donnée, ce qui impose une limite supérieure à la longueur d'onde détectable. Une polarisation positive de la couche d'absorption permet de réaliser des photocathodes ayant un bon rendement de photo-émission avec des matériaux de plus faible largeur de bande interdite, donc absorbant des longueurs d'onde plus grandes. 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).

Ce type de photocathode a pour inconvénient une émission d'obscurité importante. En effet, un courant de trous important circule dans la couche fenêtre et la couche d'absorption. Ce courant de trous crée, par ionisation, des paires électron-trou dans la couche d'absorption, créant ainsi un flux d'électrons parasites qui est émis dans le vide par la couche d'émission. Ces électrons constituent un important bruit de fond, qui est gênant lors des prises de vues dans des conditions de très faible éclairage. Par ailleurs, le courant de trous est la cause d'une forte consommation électrique et chauffe la photocathode.

Le but de l'invention est de réaliser une photocathode ayant un courant d'obscurité plus faible que les photocathodes de type connu. L'objet de l'invention est une photocathode comportant des couches analogues à celles de la photocathode de type connu mais comportant en outre, à l'intérieur de la couche d'absorption, une ou plusieurs couches supplémentaires constituées d'un matériau semi-conducteur ayant une bande interdite de

largeur supérieure à celle du matériau de la couche d'absorption, et ayant une épaisseur telle que cette couche ou ces couches sont pratiquement transparentes pour le courant d'électrons et sont pratiquement opaques pour le courant de trous.

Selon l'invention, une photocathode à faible courant d'obscurité, comportant une couche dite d'absorption constituée d'un matériau semi-conducteur de type P+, dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible pour convertir en paires électron-trou les photons de la lumière à détecter, est caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins une couche supplémentaire constituée d'un matériau semi-conducteur tel que cette couche supplémentaire ait une barrière de potentiel la plus élevée possible dans la bande de valence, tout en permettant une bonne transmission des électrons, et dont l'épaisseur est suffisamment faible pour permettre la traversée d'électrons par effet tunnel avec une probabilité élevée, et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie d'un courant de trous.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails apparaîtront à l'aide de la description ci-dessous et des figures l'accompagnant :

- la figure 1 représente une coupe d'une portion d'un exemple de réalisation d'une photocathode de type connu et un diagramme représentant le profil des extréma des bandes d'énergie dans cette photocathode ;

- la figure 2 représente une coupe d'une portion d'un exemple de réalisation de la photocathode selon l'invention et un diagramme représentant le profil des extréma des bandes d'énergie dans cet exemple de réalisation ;

- la figure 3 représente une variante de réalisation de la photocathode selon l'invention et un diagramme représentant ce profil des extréma des bandes d'énergie dans cette variante de réalisation.

Sur la figure 1, un exemple de réalisation de la photocathode de type connu comporte :

- une couche fenêtre 1, constituée de matériau $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ de type P+, d'épaisseur 1 micron, dopé par $5 \cdot 10^{17}$ atomes de zinc par cm^3 , servant uniquement à absorber les contraintes dues au collage de la photocathode sur une paroi de verre et constituant une fenêtre recevant des photons γ et les transmettant ;

- une couche d'absorption 2 constituée d'un semi-conducteur de type P+, par exemple GaAs d'épaisseur 1 micron, dopé par 10^{18} atomes de zinc par cm^3 , ayant pour fonction de convertir chaque photon transmis par la couche 1 en une paire électron-trou ;

- une électrode métallique 3 constituée d'une faible épaisseur d'argent, 0,005 micron par exemple, ou d'une grille en argent, et qui est reliée à la borne positive d'un générateur de tension V, dont la borne négative est reliée à la couche 1 ;

- une couche d'émission 4, très mince, constituée de $C_s + O$ permettant d'émettre dans le vide des électrons 9 fournis par la couche 2.

Le diagramme des énergies des porteurs représente : l'énergie E_c de la bande de conduction et l'énergie E_v de la bande de valence dans les matériaux semi-conducteurs des couches 1 et 2 ; l'énergie de Fermi E_{F1} de la couche 1 ; l'énergie de Fermi E_{F3} de la couche 3 ; le niveau E_{c4} de l'énergie de la bande de conduction ; et le potentiel du vide E_{vi} . La largeur de la bande interdite, c'est-à-dire $E_c - E_v$, dans la couche 1 est suffisamment large, 2 e.V. pour que la lumière à détecter ne soit pas absorbée dans la couche 1. Par contre, la largeur de la bande interdite dans la couche 2 est suffisamment faible pour permettre l'absorption de toutes les longueurs d'onde de la lumière détectée.

La présence de la couche 4 de $C_s + O$ abaisse le potentiel du vide E_{vi} en-dessous du niveau d'énergie E_c que possède la couche 2 dans sa partie la plus proche de la couche 1. Il subsiste une barrière de potentiel entre la couche 2 et le vide mais seulement sur une faible épaisseur proche de la surface.

Si q désigne la charge d'un électron, la tension V fournie par le générateur provoque un abaissement $q.V$ de l'énergie de Fermi E_{F3} de l'électrode 3 par rapport au niveau de l'énergie de Fermi E_{F1} de la couche 1 et donne ainsi aux électrons de la couche 2 une énergie cinétique supplémentaire pour franchir, les barrières de potentiel existant entre la couche 2 et le vide.

La tension V provoque aussi une injection de trous qui crée, par ionisation, des paires électron-trou dans la couche 2 et crée ainsi un flux d'électrons parasites, flux qui est émis dans le vide comme les électrons des paires électron-trou créés par la lumière. Ce flux d'électrons parasites émis constitue un courant d'obscurité.

La figure 2 représente un premier exemple de réalisation de la photocathode selon l'invention, comportant des couches 11, 13 et 14 analogues aux couches 1, 3, et 4, de la photocathode de type connu qui vient d'être décrite. La photocathode selon l'invention comporte, au lieu de la couche 2, trois couches 15, 16, et 17. Comme la couche 2 les couches 15 et 17 sont constituées d'un matériau semi-conducteur de type P^+ ayant une largeur de bande interdite plus faible que celle du matériau de la première couche 11, afin d'absorber les longueurs d'onde de la lumière à détecter.

La couche 16, intercalée entre les couches 15 et 17, est constituée d'un matériau semi-conducteur de type P peu dopé dont la largeur de bande interdite est plus élevée que celle de la bande interdite du matériau des couches 15 et 17 de manière à créer une barrière de potentiel dans la bande de conduction E_c et une barrière de potentiel dans la bande de valence E_v par rapport aux couches 15 et 17. Le dopage optimal de la couche 16 est celui qui donne la barrière la plus profonde dans la bande de valence E_v tout en permettant une bonne transmission des électrons. Cette barrière est destinée à diminuer le courant de trous circulant à travers la photocathode. D'autre part, l'épaisseur de la couche 16 est choisie suffisamment faible pour

permettre la traversée des électrons par effet tunnel avec une probabilité élevée, et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie du courant de trous, cette différence de transparence de la barrière de potentiel créée par la couche 16 étant due à la grande différence de masse effective entre les électrons et les trous.

Par exemple, la première couche 11 peut être constituée de $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ dopé avec 5.10^{17} atomes de zinc par cm^3 et d'épaisseur 1 micron, les couches 15 et 17 peuvent être constituées de $GaAs$ dopé avec 10^{18} atomes de zinc par cm^3 . La couche 15 a une épaisseur de 2 microns. La couche 16 peut être constituée de $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ ayant une épaisseur de 0,003 micron. La couche 17 a une épaisseur de 0,1 micron.

La figure 3 représente un second exemple de réalisation de la photocathode selon l'invention, permettant de réduire encore plus le courant d'obscurité. Dans ce second exemple de réalisation, la couche 2 de la photocathode de type connu est remplacée par des couches 22 et 31 à 40. Il comporte une couche fenêtre 21 et deux dernières couches 23 et 24 respectivement identiques aux couches 1, 3, et 4 de la photocathode de type connu. Les couches 31 à 40 sont constituées de couples de couches 31-32, 33-34, 35-36, 37-38, et 39-40 provoquant, dans le profil d'énergie de la bande de valence E_v , cinq barrières de potentiel qui additionnent leurs effets pour diminuer le courant de trous, ainsi le courant d'obscurité est encore diminué par rapport à celui obtenu dans le premier mode de réalisation.

Les couches 31, 33, 35, 37, 39 peuvent être constituées de $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ dopé avec 10^{18} atomes de zinc par cm^3 , et ayant une épaisseur de 0,003 micron. Elles provoquent aussi cinq barrières de potentiel dans la bande de conduction E_c . Comme la couche 16, elles doivent avoir une épaisseur suffisamment faible pour permettre la traversée des électrons et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie des trous. Les couches intermédiaires 32, 34, 36, 38, 40 peuvent être constituées de $GaAs$ pour que la largeur de bande interdite soit égale à 1,4 eV, dopé avec 10^{18} atomes de zinc par cm^3 , et peuvent avoir une épaisseur de 0,2 micron par exemple. Elles peuvent aussi être utilisées, si elles ont une épaisseur suffisante, pour créer des paires électrons-trous par collision des électrons sur les atomes, tout en ayant une épaisseur suffisamment faible pour que les électrons ne perdent pas leur énergie sous la forme de phonons échauffant le cristal. Cette épaisseur peut aller de quelques centièmes de micron à quelques dixièmes de micron.

La couche 22 est constituée du même matériau que les couches intermédiaires 32, 34, ... , 40 et a une épaisseur de 1,1 micron.

L'invention ne se limite pas aux deux exemples de réalisation décrits ci-dessus, de nombreuses variantes sont à la portée de l'homme de l'art, notamment en ce qui concerne le nombre, les dimensions, les matériaux et les dopages des couches, et les moyens pour polariser la couche d'absorption. La couche 22 est constituée d'un

matériau de type P+, dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible pour convertir en paires électrons-trous les photons, mais dont le matériau n'est pas forcément identique au matériau des couches 32, ... , 40. En particulier, il est possible de créer une barrière de potentiel dans la bande de valence de la couche 16, par rapport à la couche d'absorption 15, en utilisant un matériau ayant la même bande interdite que celui de la couche 15 mais de dopage N+ créant un puits de potentiel dans la bande de conduction et une barrière dans la bande de valence. Il en est de même pour la réalisation des couches 31, 33, 35, 37, 39.

L'invention peut être applicable notamment aux tubes de prise de vues de télévision et aux tubes intensificateurs d'image.

Revendications

1. Photocathode à faible courant d'obscurité, comportant une couche (15) dite d'absorption constituée d'un matériau semi-conducteur de type P+, dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible pour convertir en paires électron-trou les photons (8) de la lumière à détecter, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins une couche supplémentaire (16) constituée d'un matériau semi-conducteur tel que cette couche supplémentaire (16) ait une barrière de potentiel la plus élevée possible dans la bande de valence, tout en permettant une bonne transmission des électrons, et dont l'épaisseur est suffisamment faible pour permettre la traversée d'électrons (9) par effet tunnel avec une probabilité élevée, et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie d'un courant de trous.

2. Photocathode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité de premières couches supplémentaires (31, 33, 35, 37, 39) constituées d'un matériau semi-conducteur tel que ces couches supplémentaires (31, 33, 35, 37, 39) créent des barrières de potentiel les plus élevées possibles dans la bande de valence, tout en permettant une bonne transmission des électrons, l'épaisseur de chaque couche supplémentaire (31, 33, 35, 37, 39) étant suffisamment faible pour permettre la traversée d'électrons (9) par effet tunnel avec une probabilité élevée, et suffisamment forte pour arrêter une majeure partie du courant de trous ; et en ce que les premières couches (31, 33, 35, 37, 39) sont séparées par des secondes couches supplémentaires (32, 34, 36, 38, 40) constituées de matériau semi-conducteur de type P+ dont la bande interdite a une largeur suffisamment faible et dont l'épaisseur est suffisante pour convertir en paires électron-trou les photons (8) de la lumière à détecter.

3. Photocathode selon la revendication 2, caractérisée en ce que le matériau semi-conducteur de la couche supplémentaire (16)

ou de la pluralité de premières couches supplémentaires (31, 33, 35, 37, 39) est constitué de $Ga_{0,6}Al_{0,4}As$ et a pour épaisseur 0.003 micron.

4. Photocathode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre des moyens (13) pour polariser la couche d'absorption (15, 17) afin d'accélérer les électrons (9) libérés par les photons (8).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

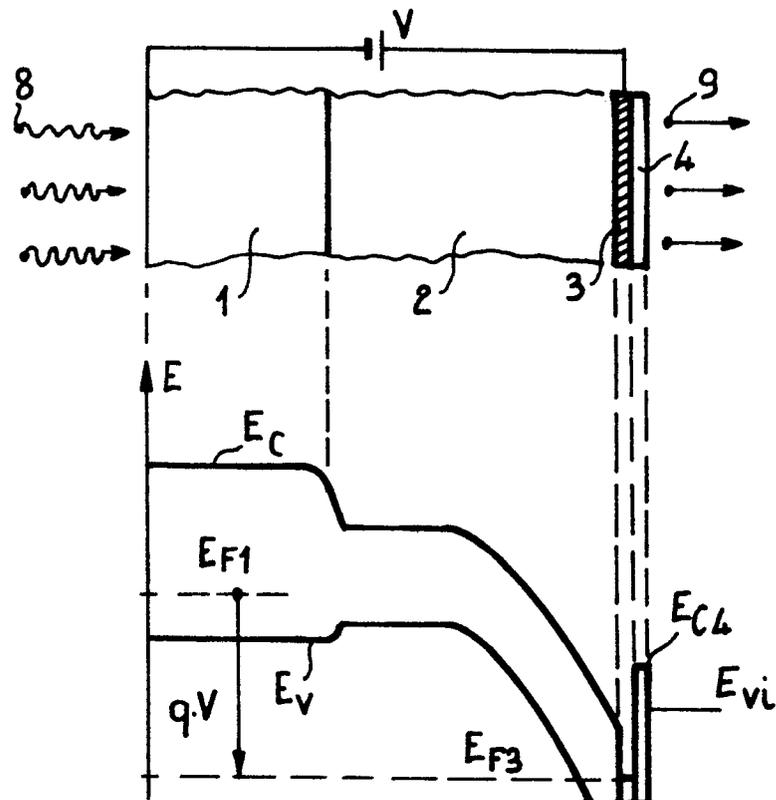
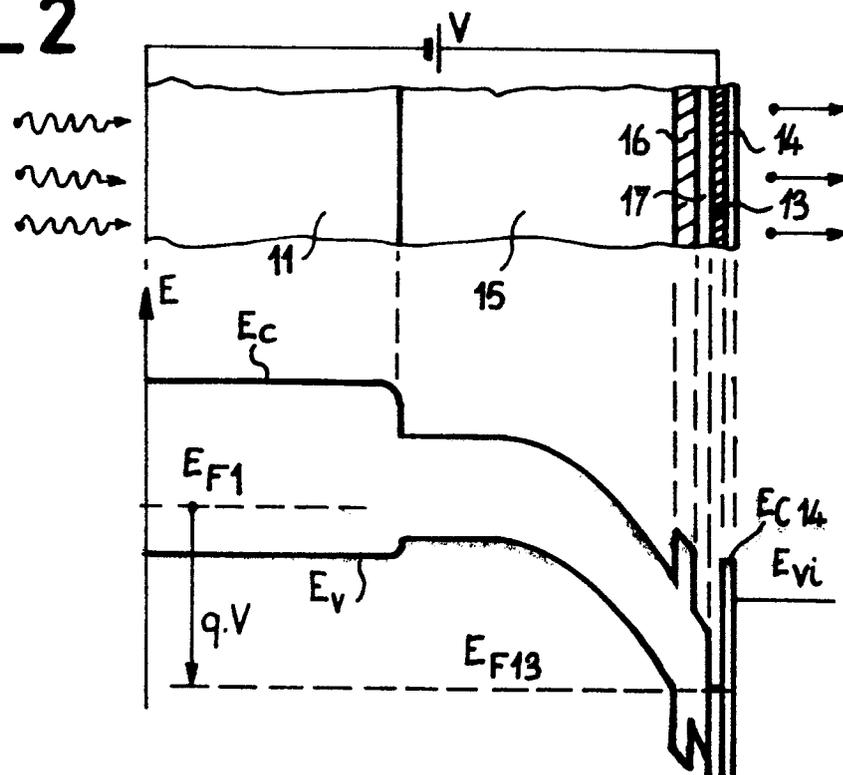
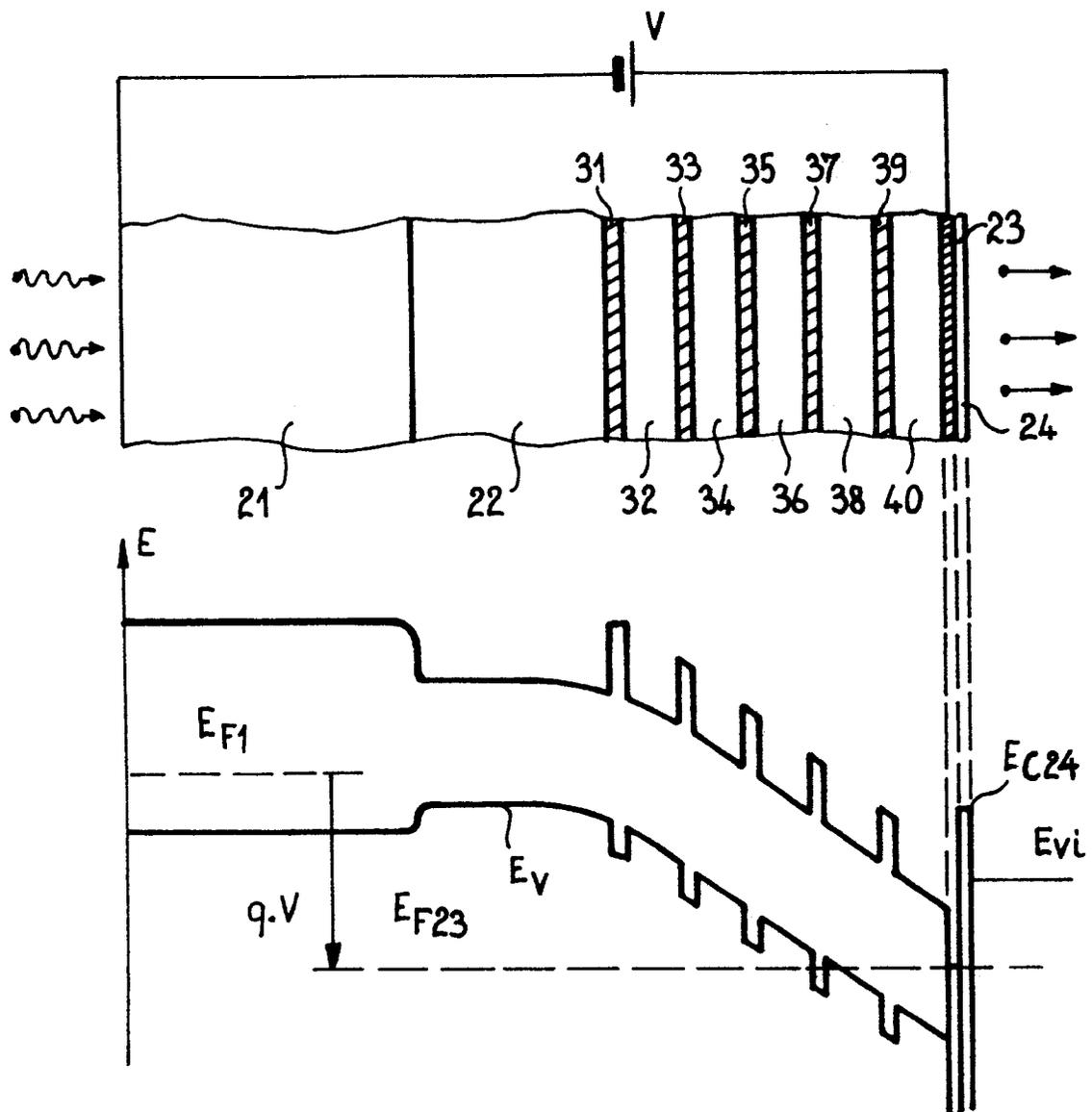


FIG. 2



FIG_3





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	US-A-4 015 284 (K. HARA et al.) * Colonne 3, ligne 61 - colonne 4, ligne 32; figures 2,3 *	1	H 01 J 1/34 H 01 J 29/38
A	FR-A-2 259 442 (INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC) * Page 2, lignes 26-35; page 9 *	1	
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 12-03-1987	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			