



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1995/07/11

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1996/01/13

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/03/29

(30) Priorité/Priority: 1994/07/12 (94 08 632) FR

(51) Cl.Int.⁶/Int.Cl.⁶ G01J 1/44

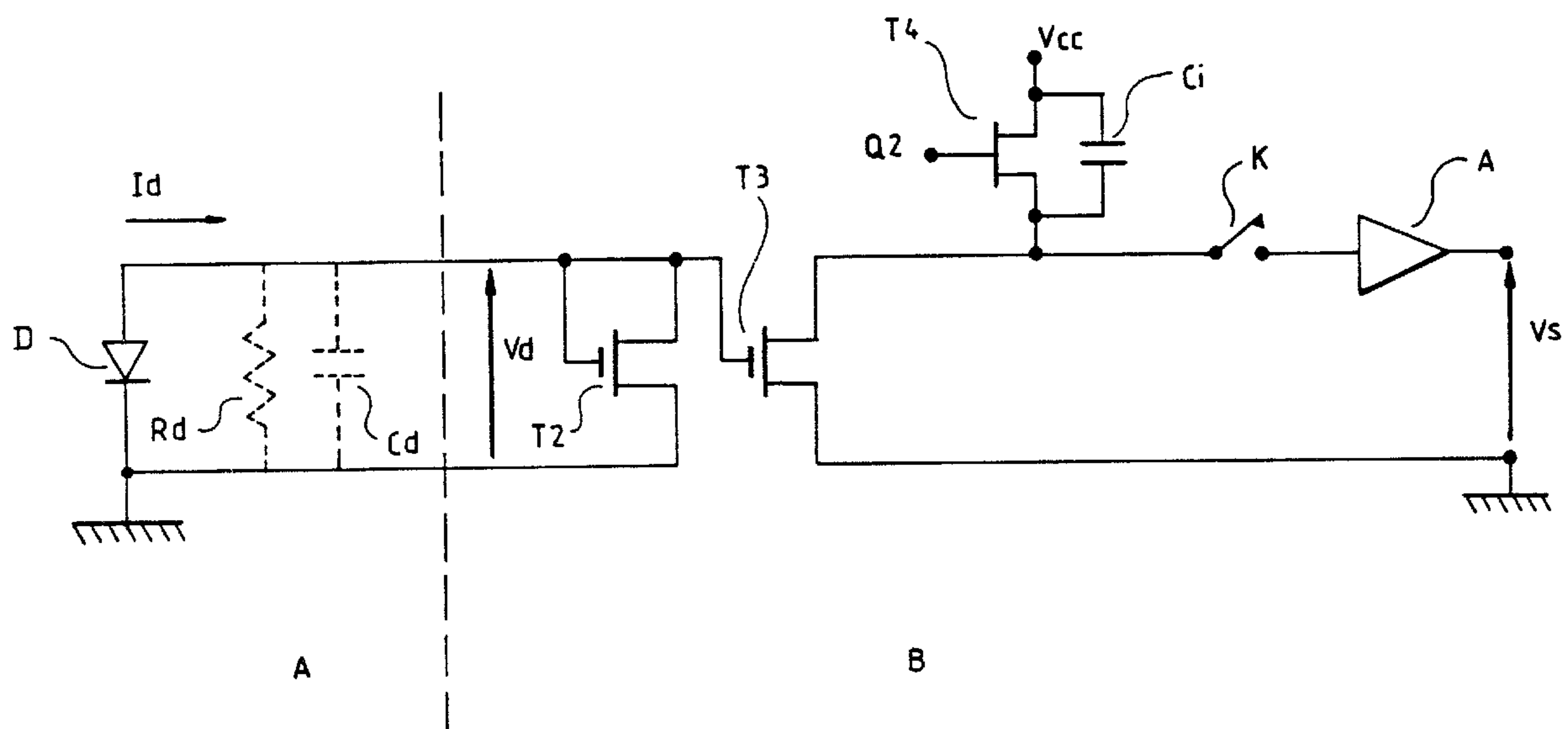
(72) Inventeur/Inventor:
DAUTRICHE, PIERRE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
ATMEL GRENOBLE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : CIRCUIT DE SUPPRESSION DE COURANT D'OBSCURITE DE PHOTODETECTEUR

(54) Title: CIRCUIT FOR SUPPRESSING THE DARK CURRENT IN A PHOTODETECTORS



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un photodétecteur comportant au moins une diode photosensible et au moins un circuit de lecture permettant de convertir les charges générées par effet photoélectrique dans ladite diode en une information de tension échantillonnée par un interrupteur (K), caractérisé en ce que ladite diode photosensible a une première borne reliée à la grille et au drain d'un premier transistor (T2) et une deuxième borne reliée à la source dudit premier transistor (T2) et à la masse dudit photodétecteur, en ce qu'un deuxième transistor (T3) de dimensions proportionnelles à celles dudit premier transistor (T2) est monté en miroir de courant dudit premier transistor (T2) et en ce qu'une capacité d'intégration (Ci) est reliée au drain dudit deuxième transistor de façon à recueillir à ses bornes ladite information de tension.



A B R E G E

CIRCUIT DE SUPPRESSION DE COURANT D'OBSCURITE DE
PHOTODETECTEUR

L'invention concerne un photodétecteur comportant au moins une diode photosensible et au moins un circuit de lecture permettant de convertir les charges générées par effet photoélectrique dans ladite diode en une information de tension échantillonnée par un interrupteur (K), caractérisé en ce que ladite diode photosensible a une première borne reliée à la grille et au drain d'un premier transistor (T2) et une deuxième borne reliée à la source dudit premier transistor (T2) et à la masse dudit photodétecteur, en ce qu'un deuxième transistor (T3) de dimensions proportionnelles à celles dudit premier transistor (T2) est monté en miroir de courant dudit premier transistor (T2) et en ce qu'une capacité d'intégration (Ci) est reliée au drain dudit deuxième transistor de façon à recueillir à ses bornes ladite information de tension.

Figure 2

CIRCUIT DE SUPPRESSION DE COURANT D'OBSCURITE DE PHOTODETECTEUR

La présente invention concerne un photodétecteur et plus particulièrement un circuit de lecture de courant de photodiode permettant de supprimer le mieux possible le courant d'obscurité de photodétecteur.

Les photodétecteurs, tels que ceux utilisés par exemple en imagerie visible ou infrarouge, sont constitués de deux principaux éléments: un élément photosensible et un multiplexeur. L'élément photosensible est constitué de photodiodes agencées sous forme de barrettes ou de matrices et permettant de générer des charges par effet photoélectrique. Le
10 multiplexeur convertit et transmet les charges ainsi générées en produisant un signal électrique utile.

Selon l'art antérieur, chaque photodiode est polarisée en inverse à une tension relativement élevée. Il s'en suit que le courant inverse qui parcourt la diode en l'absence de rayonnement, communément appelé courant d'obscurité, est lui aussi relativement élevé. En présence d'un rayonnement de faible amplitude, le signal détecté contient alors un fort niveau de bruit. Ceci est bien sûr un inconvénient.

Un autre inconvénient consiste en ce que les différentes photodiodes qui constituent la barrette ou la matrice ne sont pas parfaitement identiques.

Il s'en suit que leurs courants d'obscurité ont des valeurs
20 différentes. Il est alors nécessaire d'effectuer une opération de calibration du détecteur de façon à prendre en compte cette dispersion. Cette opération de calibration est une opération fastidieuse.

L'invention ne présente pas ces inconvénients.

La présente invention a pour objet un photodétecteur comportant des moyens permettant de supprimer le courant d'obscurité et donc le bruit de détection associé à ce courant d'obscurité.

La présente invention vise un photodétecteur comprenant au moins une diode photosensible (D) et un circuit de lecture du courant engendré par la photodiode,
30 le circuit de lecture comportant une charge non linéaire (T2) connectée aux bornes de la photodiode et apte à

limiter la tension aux bornes de la photodiode, caractérisé en ce que la charge est constituée par un premier transistor à effet de champ (T2) dont la grille est reliée au drain et à une première borne de la photodiode et dont la source est reliée à la deuxième borne de la photodiode, et en ce qu'il comporte par ailleurs un deuxième transistor (T3) monté en miroir de courant avec le premier pour recopier le courant dans le premier transistor, et un circuit de lecture (Ci, Q2, K, A) du courant recopié dans
10 le deuxième transistor.

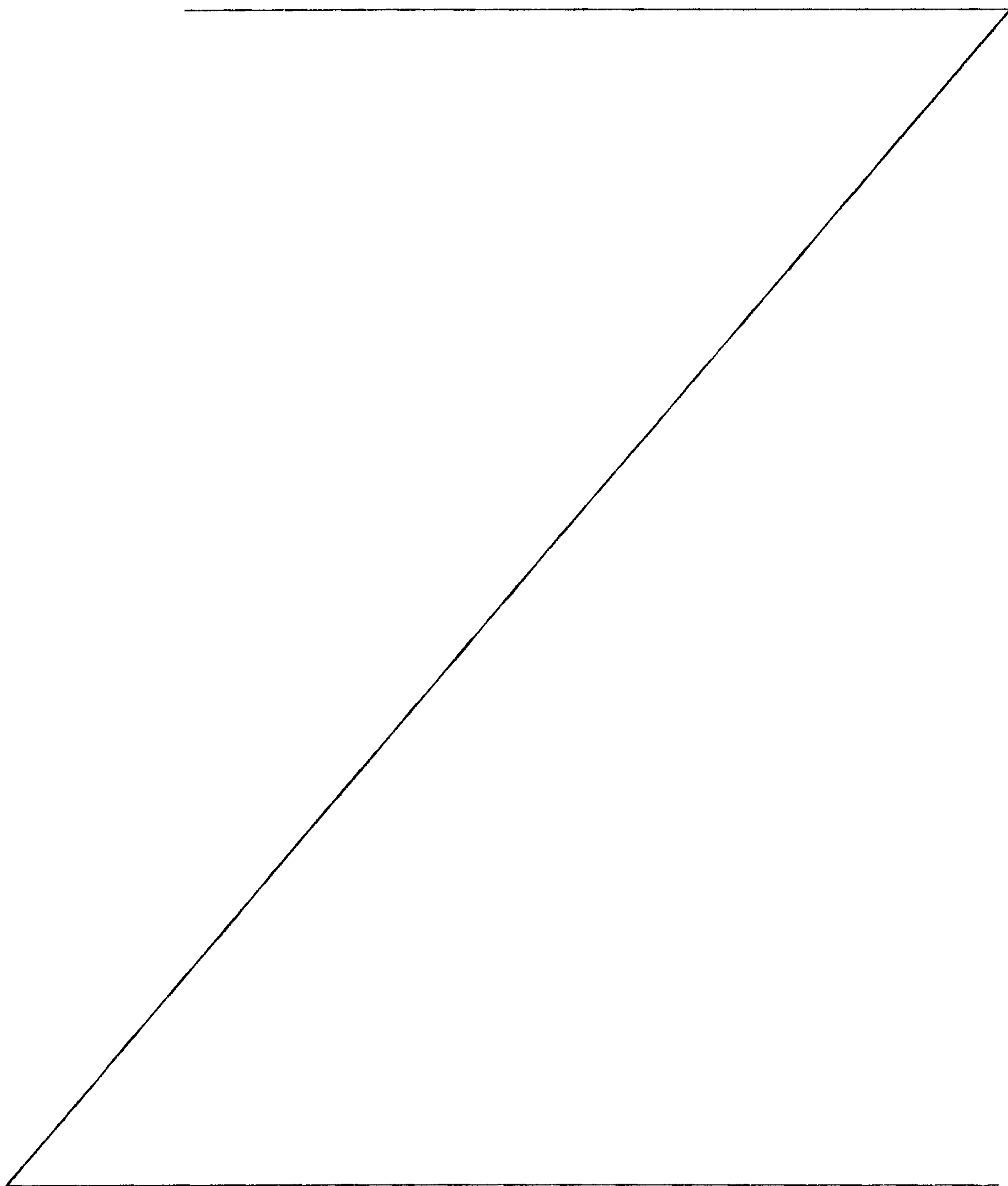
Selon l'invention, au lieu d'alimenter la photodiode par une tension de polarisation négative, on connecte aux bornes de la photodiode une charge non linéaire agissant en limiteur de tension, qui tend à maintenir la polarisation de la diode au voisinage de zéro volt, on recopie, par un circuit de recopie du type miroir de courant, le courant dans la charge non linéaire, et on mesure le courant ainsi recopié. La photodiode n'est pas alimentée par une source de tension comme dans l'art antérieur; la tension de polarisation qui s'établit à ses bornes est due uniquement à l'énergie photoélectrique engendrée par la photodiode.

Grâce à ce montage, le courant d'obscurité est faible car la
20 photodiode reste toujours polarisée à une tension très faible pour laquelle le courant d'obscurité est minimal; ce courant reste faible aussi bien en début d'une phase de mesure d'éclairement qu'à la fin de cette phase. Dans l'art antérieur, la polarisation initiale de la photodiode provoquait un courant d'obscurité élevé, et de plus la valeur du courant d'obscurité variait entre le début de la phase de mesure et la fin de la phase de mesure, la variation étant d'ailleurs fonction de l'éclairement. Le courant d'obscurité moyen pendant la mesure était d'autant plus grand que l'éclairement mesuré était faible, ce qui est particulièrement néfaste. Ces inconvénients sont éliminés par l'invention.

De préférence, la charge non linéaire est un transistor à effet de
30 champ dont la grille est reliée au drain et à une borne de la photodiode (anode si le transistor est à canal N, cathode pour un transistor à canal P), et dont la source est reliée à l'autre borne.

2a

De préférence, le circuit de recopie est alors simplement constitué par un autre transistor, de même type et de dimensions égales ou proportionnelles au premier, dont la grille et la source sont reliées respectivement à la grille et à la source du premier.



Le circuit de mesure du courant recopié peut comporter alors simplement une capacité d'intégration alimentée par le circuit de recopie, et un interrupteur commandé périodiquement pour décharger la capacité avant chaque nouvelle lecture.

L'invention est intéressante essentiellement dans le cas de barrettes ou matrices de plusieurs photodiodes, un circuit de lecture respectif étant associé à chaque photodiode. Elle s'applique tout particulièrement aux détecteurs infrarouge.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait avec référence aux figures ci-annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le schéma électrique de principe d'un circuit détecteur selon l'art antérieur ;

- la figure 2 représente le schéma électrique de principe d'un circuit détecteur selon l'invention.

Sur toutes les figures les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

20 La figure 1 représente le schéma électrique de principe d'un circuit détecteur selon l'art antérieur.

Ce circuit ne comprend qu'une seule photodiode D. Comme cela a été mentionné précédemment, les détecteurs se présentent sous forme de barrettes ou de matrices. Ils comprennent donc plusieurs photodiodes. C'est pour des raisons de simplicité de représentation que le circuit ne comprend qu'une seule photodiode.

30 La figure 1 est séparée en deux zones. Dans une première zone A sont représentés les éléments situés dans la partie photosensible du détecteur. Une photodiode D, dont les éléments du schéma équivalent R_d et C_d sont représentés en traits pointillés, a son anode reliée à une tension de polarisation positive $+V_{cc}$ par l'intermédiaire d'un transistor T1 commandé par le signal Q1 et sa cathode reliée à une tension positive $+V_k$ supérieure à V_{cc} .

Dans une deuxième zone B sont représentés les éléments du circuit électrique situés dans le multiplexeur et permettant de récupérer l'information aux bornes de la photodiode. Ces éléments sont constitués d'un

interrupteur K et d'un amplificateur A. L'interrupteur K relie l'anode de la photodiode à l'entrée de l'amplificateur A. La tension de sortie V_s du détecteur est prise entre la sortie de l'amplificateur A et la masse du circuit.

Comme cela est connu de l'homme de l'art, la tension positive $+V_{cc}$ est appliquée à l'anode de la photodiode D sous l'effet de la commande Q1. La capacité C_d de la photodiode se trouve alors chargée par application à ses bornes de la tension inverse $V_{inv} = V_k - V_{cc}$. L'interrupteur K étant ouvert, une décharge de la capacité C_d s'opère alors. Le point de fonctionnement de la photodiode est modifié lors de cette décharge : il décrit
10 la caractéristique courant/tension de la photodiode. Le courant qui parcourt la photodiode est un courant inverse constitué du courant d'obscurité et, dans le cas où la diode est éclairée, d'un photocourant. Lorsque l'interrupteur K est fermé, la tension échantillonnée est amplifiée par l'amplificateur A.

Comme cela a été mentionné précédemment, ceci présente de nombreux inconvénients. En particulier, les photodiodes de type III/V telles que les photodiodes de type InGaAs présentent de forts courants d'obscurité lorsqu'elles sont polarisées en inverse. Les modifications de leur point de polarisation sont alors importantes et entraînent, par la même, une variation
20 importante des courants d'obscurité. Plus particulièrement, dans le cas des détecteurs de type InGaAs où on lit des charges positives, la photodiode D se trouve fortement dépolarisée afin de pouvoir stocker une charge maximale. Cette dépolarisation provoque alors une forte tension d'obscurité limitant la résolution à bas niveau du détecteur.

D'autre part, le bruit d'échantillonnage dû à la commutation de la tension $+V_{cc}$ appliquée à intervalles réguliers sur la capacité C_d est relativement élevé. Le niveau N de ce bruit s'exprime approximativement par la formule : $N = 400\sqrt{C_d}$. La capacité C_d ayant une valeur de l'ordre de 0,5 pF, le niveau de bruit N peut être évalué à 280 électrons.

30 La figure 2 représente le schéma électrique de principe d'un circuit détecteur selon l'invention.

Pour les mêmes raisons que celles données précédemment, le circuit représenté en figure 2 ne comprend qu'une seule diode D bien que l'invention concerne des détecteurs possédant plusieurs photodiodes agencées sous forme de barrettes ou de matrices.

De même que pour la figure 1, la figure 2 est séparée en deux zones A et B. Dans une première zone A est représentée la photodiode D dont les éléments du schéma équivalent R_d et C_d sont représentés en traits pointillés. Dans une deuxième zone B sont représentés les éléments du circuit électrique permettant de récupérer l'information aux bornes de la photodiode. Les éléments de la zone B sont constitués de 3 transistors T2, T3, T4, d'une capacité d'intégration C_i , d'un interrupteur K et d'un amplificateur A.

Le transistor MOS T2, par exemple de type NMOS, est monté en
10 parallèle de la diode D.

Le transistor T2 a son drain et sa grille reliés entre eux et à l'anode de la photodiode D, et sa source reliée à la fois à la cathode de la photodiode et à la masse du circuit. Le transistor T3 a sa grille reliée à la grille du transistor T2 et son drain relié d'une part à une tension $+V_{cc}$, par exemple $+5V$, par l'intermédiaire d'un transistor T4 et d'autre part à l'une des bornes d'un interrupteur K dont l'autre borne est reliée à l'entrée d'un amplificateur A. La source du transistor T3 est reliée quant à elle à la masse du circuit. La capacité d'intégration C_i est montée en parallèle du transistor T4.

20 De même que dans l'art antérieur, la tension de sortie du détecteur est prise entre la sortie de l'amplificateur A et la masse du circuit.

Selon l'invention, aucune tension inverse n'est appliquée à la photodiode D, laquelle se trouve donc portée au potentiel zéro par sa résistance R_d . Un avantage de l'invention est donc la suppression du courant d'obscurité qui, selon l'art antérieur, parcourt la diode du fait de la polarisation inverse qui lui est appliquée. Lorsque la photodiode est éclairée, un photocourant circule dans le circuit constitué par la photodiode D et le transistor T2. La photodiode fonctionne alors comme un générateur de courant débitant dans la charge que constitue le transistor T2.

30 Le transistor T2 est choisi avec une tension de seuil relativement élevée, par exemple de l'ordre de 0,7 volts, de façon à travailler dans la zone de caractéristique connue de l'homme de l'art sous le nom de zone de faible inversion. Le courant I_d parcourant le transistor est alors relié à la tension V_d qui est à ses bornes par la relation :

$$I_d = I_s \exp \frac{qV_d}{kT}$$

avec

I_s = courant de saturation du transistor

q = charge de l'électron

k = constante de Boltzman

T = Température absolue du transistor

- 10 La tension V_d appliquée à la grille du transistor T2 est alors donnée en fonction du photocourant I_d par la relation :

$$V_d = \frac{kT}{q} \text{Log} \frac{I_d}{I_s}$$

Un avantage de l'invention est de faire varier la tension V_d de façon logarithmique en fonction du photocourant I_d , permettant ainsi de limiter les variations de la tension V_d en fonction du courant I_d .

- 20 Le courant de saturation I_s est proportionnel au rapport de la largeur de grille sur la longueur de grille du transistor. La géométrie du transistor T2 est alors choisie de façon que la tension V_d se stabilise à une valeur donnée, par exemple égale à 0,1 volt.

Comme cela a été mentionné précédemment, les grilles des transistors T2 et T3 sont reliées l'une à l'autre.

- 30 La tension V_d présente aux bornes de la diode D est donc appliquée à la grille du transistor T3. Ce dernier a des dimensions proportionnelles à celles du transistor T2. Le facteur de proportionnalité k est un nombre positif inférieur, supérieur ou égal à 1. Le transistor T3 constitue donc un miroir de courant du transistor T2. Il s'en suit que le courant I qui parcourt le transistor T3 a une intensité égale à kI_d . Un avantage de l'invention est donc de permettre de fournir un gain en courant dans le cas où k est supérieur à 1, ou encore une atténuation en courant dans le cas où k est inférieur à 1.

L'interrupteur K étant ouvert, le courant I_d qui parcourt le transistor T3 vient alors charger la capacité d'intégration C_i , celle-ci ayant

préalablement été déchargée par mise en court-circuit sous l'effet de la commande Q2 appliquée sur la grille du transistor T4. Lorsque l'interrupteur K est fermé, la tension détectée est amplifiée par l'amplificateur A.

Un avantage de l'invention est de supprimer le courant d'obscurité et donc le bruit de détection associé à ce courant d'obscurité. Un autre avantage de l'invention consiste à diminuer le bruit dû à la commutation de la tension appliquée sur la capacité d'intégration. Comme cela a été rappelé précédemment, le niveau N de ce bruit s'exprime par la formule

10
$$N = 400\sqrt{C_i}$$

Selon l'invention, la valeur de la capacité C_i peut être choisie, par exemple, de l'ordre de 0,05 pF. Avantageusement le niveau de bruit de commutation est alors ramené à environ 100 électrons.

Selon l'exemple de réalisation choisi, les transistors T2 et T3 sont de type NMOS et la photodiode D a sa cathode reliée à la masse du dispositif et son anode reliée à la grille et au drain du transistor T2.

L'invention concerne cependant d'autres modes de réalisation où les transistors T2 et T3 sont de type PMOS et où la photodiode D a son
20 anode reliée à la masse du dispositif et sa cathode reliée à la grille et au drain du transistor T2.

La présente invention s'applique à tout type de détecteur et plus particulièrement aux détecteurs infrarouges dont l'élément photosensible est constitué de photodiodes agencées sous forme matricielle couplées aux circuits électriques de détection contenus dans le multiplexeur par des billes d'indium.

A titre d'exemple de réalisation mettant en oeuvre la présente invention on peut citer une barrette de photodétecteurs infrarouges à base d'un matériau ternaire GaInAs reliée à l'étage d'entrée décrit ci-dessus,
30 lequel est lui-même relié à un registre CCD chargé de transférer les charges lues par le photodétecteur vers le circuit de traitement de l'information.

REVENDICATIONS

1. Photodétecteur comprenant au moins une diode photosensible (D) et un circuit de lecture du courant engendré par la photodiode, le circuit de lecture comportant une charge non linéaire (T2) connectée aux bornes de la photodiode et apte à limiter la tension aux bornes de la photodiode, caractérisé en ce que la charge est constituée par un premier transistor à effet de champ (T2) dont la grille est reliée au drain et à une première
10 borne de la photodiode et dont la source est reliée à la deuxième borne de la photodiode, et en ce qu'il comporte par ailleurs un deuxième transistor (T3) monté en miroir de courant avec le premier pour recopier le courant dans le premier transistor, et un circuit de lecture (Ci, Q2, K, A) du courant recopié dans le deuxième transistor.

2. Photodétecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites première et deuxième bornes sont respectivement l'anode et la cathode de la photodiode, et en que les premier et deuxième transistors (T2, T3) sont
20 des transistors MOS de type N.

3. Photodétecteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdites première et deuxième bornes sont respectivement la cathode et l'anode de la photodiode et en ce que lesdits premier et deuxième transistors (T2, T3) sont des transistors MOS de type P.

4. Photodétecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le deuxième transistor (T3) est de même type que le premier et de

dimensions égales ou proportionnelles au premier, et sa grille et sa source reliées respectivement à la grille et à la source du premier.

5. Photodétecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit premier transistor (T2) est choisi de façon à travailler dans la zone de caractéristique dite de faible inversion.

6. Photodétecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le circuit de
10 mesure du courant recopié comporte une capacité d'intégration (Ci) alimentée par le deuxième transistor, et un interrupteur (K) commandé périodiquement pour décharger la capacité avant chaque nouvelle lecture.

7. Photodétecteur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'un transistor (T4) est monté en parallèle de ladite capacité d'intégration (Ci) de façon à décharger celle-ci préalablement à la charge due au courant qui parcourt ledit deuxième transistor (T3).

8. Photodétecteur selon l'une quelconque des
20 revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les photodiodes (D) sont agencées sous forme de barrettes.

9. Photodétecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les photodiodes (D) sont agencées sous forme de matrices.

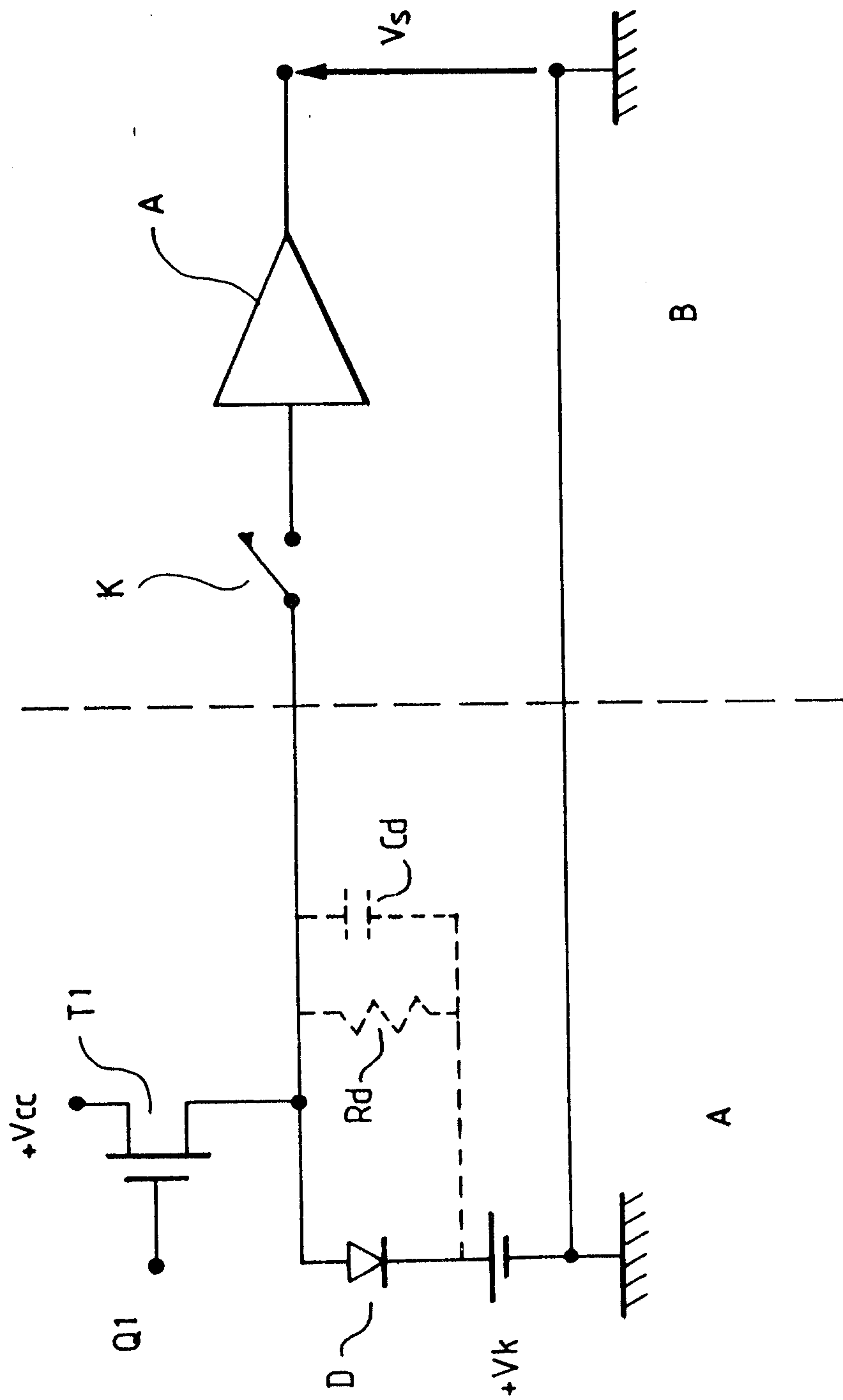


FIG. 1

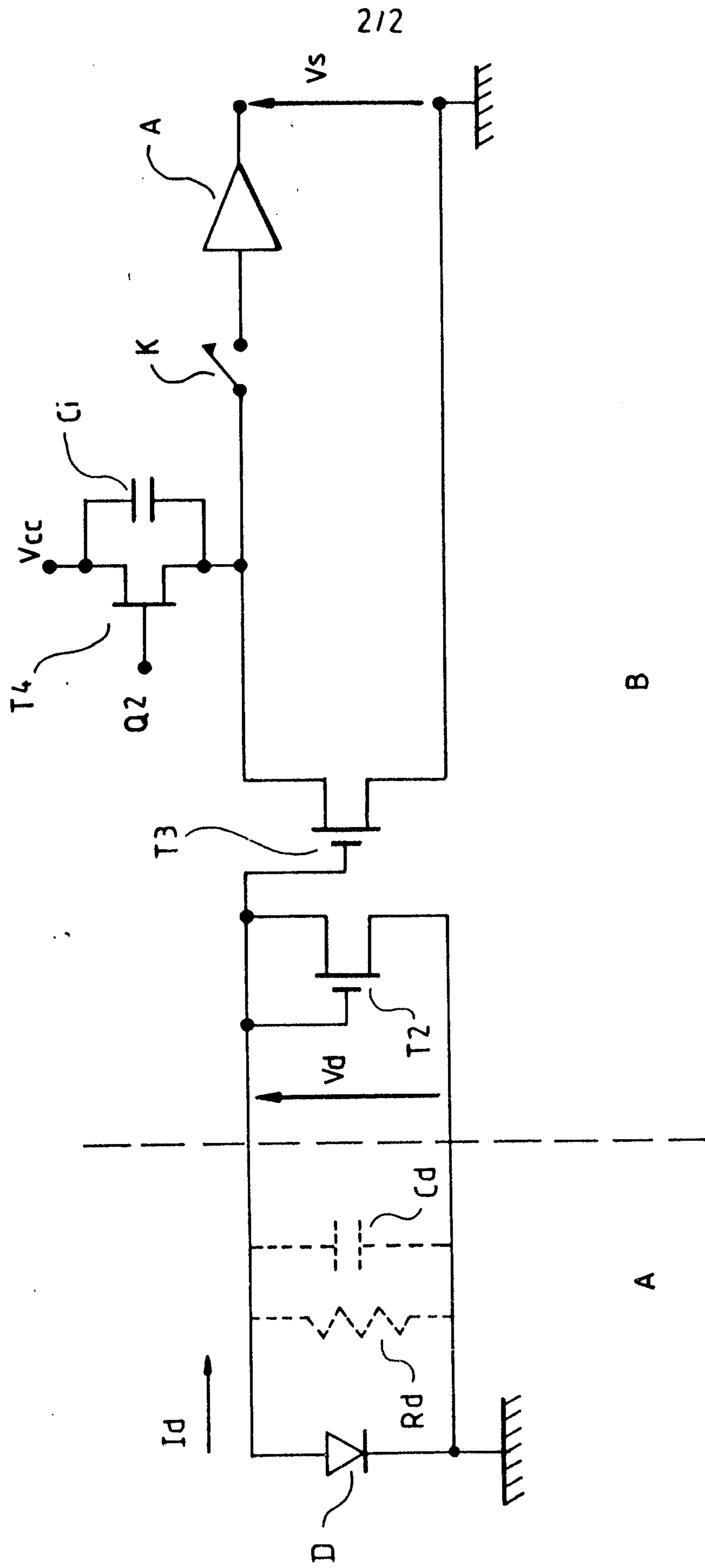


FIG. 2

