

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.07.03.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.01.05 Bulletin 05/02.

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) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-
que et industriel — FR.

72 Inventeur(s) : ROSTAING JEAN PIERRE, AUDE-
BERT PATRICK et VILLARD PATRICK.

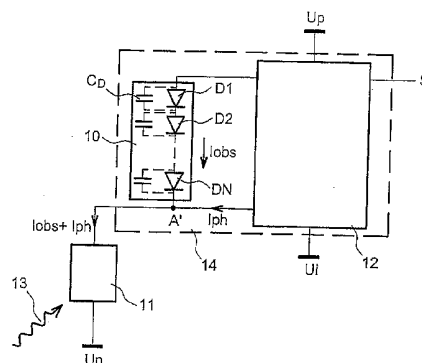
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : BREVATOME.

54 DISPOSITIF DE DETECTION DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE ET DE LECTURE D'UN SIGNAL
REPRESENTATIF DU RAYONNEMENT DETECTE A DISPOSITIF DE POLARISATION INTEGRE.

57 Il s'agit d'un dispositif de détection de rayonnement
électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du
rayonnement électromagnétique détecté comportant un dé-
tecteur de rayonnement électromagnétique (11) coopérant
avec un dispositif de polarisation (10). Le dispositif de po-
larisation (10) et le détecteur (11) sont en série et ont un point
commun (A') qui est relié en entrée d'un circuit de lecture
(12) intégrable. Le dispositif de polarisation (10) est formé
par au moins un élément intégrable de type diode à semi-
conducteur (D1, D2, DN) qui a un comportement de diode
permanent.

Application notamment en imagerie.



**DISPOSITIF DE DETECTION DE RAYONNEMENT
ELECTROMAGNETIQUE ET DE LECTURE D'UN SIGNAL
REPRESENTATIF DU RAYONNEMENT DETECTE A DISPOSITIF DE
POLARISATION INTEGRE**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention est relative à un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement détecté à dispositif de polarisation intégré, ce dispositif étant compact et intégrable. Un tel dispositif a une application notamment en imagerie que ce soit de l'imagerie visible ou non, par exemple de l'imagerie infrarouge, X, gamma ou autre.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Les dispositifs de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture de signaux représentatifs du rayonnement détecté connus, comme celui illustré sur la figure 1, comportent un détecteur de rayonnement électromagnétique 1 dont la sortie est reliée en entrée d'un circuit électronique de lecture 2. Le détecteur 1 délivre un signal provoqué par l'interaction de photons incidents 3 (particules fondamentales du rayonnement électromagnétique) avec le matériau du détecteur 1. Le signal est faible, par exemple si ce sont des charges, elles peuvent représenter seulement quelques milliers d'électrons. Le circuit de lecture 2, dont une entrée est reliée en

sortie du détecteur 1, reçoit un signal en courant représentatif des photons détectés. Il délivre en sortie un signal S en tension ou en courant représentatif des charges induites et donc des photons incidents 3. Pour séparer les charges induites dans le détecteur 1, il est nécessaire de le polariser en lui appliquant un champ électrique via un dispositif de polarisation de type résistance R. Cette résistance de polarisation R est montée en série avec le détecteur 1 et forme, avec le détecteur 1, un pont diviseur 4 qui est relié en entrée du circuit de lecture 2. Dans l'exemple décrit les deux extrémités de la résistance R sont reliées au circuit de lecture 2. Le détecteur 1 et la résistance de polarisation R ont un point commun A. C'est ce point commun A qui est connecté en entrée du circuit de lecture. Le détecteur 1 est relié d'un côté à la résistance de polarisation R et d'un autre côté à une borne d'alimentation U_n . Le circuit de lecture 2 est branché entre deux bornes d'alimentation référencées U_p et U_i . Actuellement le détecteur 1 et le circuit de lecture 2 sont réalisés avec un ou plusieurs circuits intégrés et aussi des composants discrets et la résistance de polarisation R est une résistance discrète comme illustré sur la figure 1. Par résistance discrète, on veut dire une résistance fabriquée à part et branchée ensuite dans un circuit électronique, c'est à dire une résistance qui n'est pas intégrée.

L'interaction d'un photon avec le matériau du détecteur 1 qui peut être par exemple du Si, CdTe, CdHgTe, etc., engendre un courant photonique I_{ph} . La résistance R est traversée par le courant I_{obs}

d'obscurité du détecteur 1. On rappelle que le courant d'obscurité I_{obs} est un courant mesuré à la sortie du détecteur 1 en l'absence de rayonnement électromagnétique incident (le détecteur 1 étant placé dans l'obscurité). Le circuit de lecture 2 est traversé par le courant photonique I_{ph} du détecteur 1 que l'on veut lire. Le détecteur 1 est traversé par la somme des deux courants I_{ph} et I_{obs} lorsqu'il est exposé à un rayonnement photonique 3.

Puisque les charges induites sont très faibles, le bruit des différents composants du dispositif doit être très faible devant le bruit intrinsèque du détecteur 1, sinon le courant photonique I_{ph} sera perdu car noyé dans le bruit. Une telle résistance R de polarisation discrète possède un bruit peu élevé.

Avec les développements des technologies microélectroniques, de plus en plus de circuits électroniques sont réalisés par des ASICs (abréviation anglo-saxonne pour Application Specific Integrated Circuit soit circuit intégré spécifique). Le circuit de lecture peut aisément être réalisé par un ASIC. Mais la résistance, elle, ne peut pas être intégrée à l'ASIC à cause de sa forte valeur.

En effet, le courant d'obscurité I_{obs} du détecteur 1 engendre un bruit de grenaille dont la densité spectrale est :

$S_{id}=2qI_{obs}$, exprimée en A^2Hz^{-1} , avec $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ C, charge de l'électron.

La densité spectrale de courant de bruit de la résistance R est :

$S_{iR} = \frac{4kT}{R}$, exprimée en A^2Hz^{-1} avec $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ JK^{-1} , constante de Boltzmann, T température absolue exprimée en Kelvin.

Le bruit de la résistance R est inférieur
 5 au bruit de grenaille du courant d'obscurité I_{obs} si :

$$R > \frac{2kT}{qI_{obs}} \text{ avec } \frac{kT}{q} = U_T \text{ et } U_T \text{ tension thermique}$$

sensiblement égale à 26mV à $T=300^\circ K$.

A titre d'exemple, dans la gamme des courants d'obscurité I_{obs} allant de 10pA à 1nA, il faut
 10 disposer d'une résistance R comprise entre $50M\Omega$ et $5G\Omega$.

Les plus fortes valeurs de résistances intégrées sont de l'ordre de $2k\Omega/\square$. On rappelle que la résistance R_0 d'un parallélépipède de matériau
 15 s'exprime, en fonction de sa résistivité ρ et de ses dimensions géométriques sa longueur L et sa largeur S , de la manière suivante : $R_0 = \rho \frac{L}{S}$ ou encore $R_0 = \rho \frac{L}{WT}$ avec W sa largeur et T son épaisseur.

Le rapport $\frac{\rho}{T}$ est un paramètre déterminé par
 20 la technologie employée.

Le rapport $\frac{L}{W}$ est donné par le dessin du motif. En posant $\frac{L}{W}=1$ on dessine un carré qui définit une résistance $R_\square = \frac{\rho}{T}$ appelée résistance par carré (ou résistance de couche) exprimée en $\Omega/\square$ et qui est une
 25 caractéristique de la technologie employée.

Une résistance de valeur R_0 est alors réalisée par un motif formé de M carrés avec $M=R_0/R_{\square}$.

Pour réaliser une résistance R de $2G\Omega$, il faudrait $M=\frac{2.10^9}{2.10^3}=10^6$.

5 En supposant un carré de 1 micromètre de côté, la résistance aurait une largeur de 1 micromètre et une longueur de 1 mètre et occuperait par exemple la surface d'un carré d'environ 1 millimètre de côté.

De telles dimensions sont bien sûr
10 excessives et non réalistes. Outre les dimensions excessives de la résistance R , sa capacité parasite atteindrait plusieurs pico farads, court-circuitant la résistance R en régime transitoire et rendant le dispositif de détection et de lecture inutilisable.

15 Dans la demande de brevet FR-A-2 634 900 au nom du demandeur, il est proposé de réaliser le dispositif de polarisation par un moyen réglable par exemple un transistor MOS qui est monté en parallèle avec le détecteur. La grille du transistor MOS est
20 portée à un potentiel ajustable, ce potentiel étant soit délivré par une source d'énergie réglable, soit obtenu par actionnement d'un interrupteur relié à une source d'énergie.

Un inconvénient de ce dispositif de
25 polarisation est qu'il nécessite une source d'énergie et éventuellement un interrupteur, ce qui le rend compliqué, encombrant et coûteux.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
5 représentatif du rayonnement détecté qui ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Un but de la présente invention est de réaliser le dispositif de polarisation du dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de
10 lecture d'un signal représentatif du rayonnement détecté, de manière simple et compacte en lui donnant des dimensions qui sont compatibles avec une intégration.

Un autre but de la présente invention est
15 de réaliser le dispositif de polarisation ayant une capacité parasite qui a une incidence négligeable sur le fonctionnement du dispositif de détection et de lecture.

Encore un autre but de l'invention est de
20 proposer un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement détecté comportant un détecteur de rayonnement électromagnétique qui est polarisé par un dispositif de polarisation introduisant
25 un bruit inférieur ou égal à celui du détecteur.

Pour atteindre ces buts, l'invention concerne plus précisément un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement électromagnétique détecté
30 comportant un détecteur de rayonnement électromagnétique coopérant avec un dispositif de

polarisation, le dispositif de polarisation et le détecteur sont en série et ont un point commun qui est relié en entrée d'un circuit de lecture intégrable, caractérisé en ce que le dispositif de polarisation est
5 formé par au moins élément intégrable de type diode à semi-conducteur ayant un comportement de diode permanent.

Les éléments de type diode sont montés en série les uns avec les autres lorsque le dispositif de
10 polarisation en comporte plusieurs.

L'élément de type diode et le circuit de lecture peuvent être intégrés au sein d'un même circuit ASIC.

L'élément de type diode peut être une
15 jonction PN ou NP qui peut être obtenue par exemple par un transistor bipolaire ou un transistor à effet de champ à jonction.

Dans un autre mode de réalisation, l'élément de type diode peut être un transistor à effet
20 de champ monté en diode.

Il est possible que le dispositif de polarisation ait une extrémité reliée à une borne d'alimentation du circuit de lecture.

Lorsque le circuit de lecture comporte un
25 amplificateur de charges à transimpédance, le dispositif de polarisation peut former une boucle de contre réaction avec l'amplificateur de charges. Ainsi le dispositif de polarisation sert d'une part à polariser le détecteur et d'autre part à la lecture, ce
30 qui conduit à un encombrement réduit.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement
5 limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 (déjà décrite) représente schématiquement un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
10 représentatif du rayonnement détecté de l'art antérieur ;

La figure 2 représente schématiquement un exemple de dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
15 représentatif du rayonnement détecté selon l'invention ;

La figure 3 représente schématiquement un autre exemple de dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
20 représentatif du rayonnement détecté dans lequel le dispositif de polarisation est à base de transistors bipolaires montés en diodes ;

La figure 4 représente schématiquement un autre exemple d'un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
25 représentatif du rayonnement détecté selon l'invention dans lequel le dispositif de polarisation est une jonction réalisée par un transistor à effet de champ à jonction (JFET) ;

30 La figure 5 représente schématiquement encore un autre exemple d'un dispositif de détection de

rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement détecté dans lequel le dispositif de polarisation est un unique transistor à effet de champ MOS monté en diode ;

5 La figure 6 représente schématiquement encore un autre exemple d'un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement détecté dans lequel le dispositif de polarisation sert également à la lecture
10 et comporte une série de transistors à effet de champ montés en diode.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à
15 faciliter le passage d'une figure à l'autre.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On se réfère à la figure 2 qui montre un exemple de dispositif de détection d'un rayonnement
20 électromagnétique et de lecture d'un signal représentatif du rayonnement électromagnétique détecté. Le détecteur de rayonnement électromagnétique porte la référence 11. Il peut s'agir par exemple d'un détecteur photoélectrique sensible à un rayonnement infra rouge,
25 visible, à un rayonnement gamma ou X ou autre et être formé par exemple d'une couche résistive, d'une diode photovoltaïque, d'un détecteur quantique. La référence 13 correspond à des photons incidents sur le détecteur
11. Le détecteur 11 est monté en série avec un
30 dispositif de polarisation 10. Le détecteur 11 et le dispositif de polarisation 10 ont un point commun A'

qui est relié en entrée d'un circuit de lecture intégré 12. Le circuit de lecture 12 n'est pas détaillé pour ne pas surcharger la figure. Il peut être similaire à ceux utilisés dans les dispositifs de l'art antérieur et
5 comporter par exemple un circuit intégrateur de charges intégré.

Selon l'invention, le dispositif de polarisation 10 est formé d'au moins un élément de type diode à semi-conducteur intégrable ayant un
10 comportement de diode permanent. Lorsqu'il y a plusieurs éléments de type diode, ils sont montés en série. Ces éléments peuvent être tous identiques ou non.

Sur la figure 2, les éléments de type diode
15 à semi-conducteur sont formés par des diodes de redressement D1, D2, DN. Le dispositif de polarisation 10 et le circuit de lecture 12 sont intégrés dans un même ASIC 14. Comme sur la figure 1, le détecteur 11 a une autre extrémité à l'opposé de celle reliée au point commun A' qui est reliée à une borne d'alimentation Un
20 (dans l'exemple négative ou basse). Le dispositif de polarisation 10 a une autre extrémité à l'opposé de celle reliée au point A' qui est reliée à une autre entrée du circuit de lecture 12. Le circuit de lecture
25 12 possède une sortie S' qui délivre un signal représentatif du rayonnement électromagnétique détecté par le détecteur 11. Le circuit de lecture 12 est monté entre une première borne d'alimentation Up (dans l'exemple positive ou haute) et une seconde borne
30 d'alimentation Ui (dans l'exemple égale à 0 V) de façon générale comprise entre Un et Up. Le dispositif de

polarisation 10 est traversé par le courant d'obscurité I_{obs} du détecteur 11. Le circuit de lecture 12 est traversé par le courant photonique I_{ph} du détecteur 11 qui est représentatif du rayonnement détecté. Le
 5 détecteur 11 est traversé par la somme des deux courants I_{ph} et I_{obs}. Le dispositif de polarisation 10 détourne le courant d'obscurité I_{obs} du circuit de lecture 12.

Supposons que le dispositif de polarisation
 10 10 ne comprenne qu'une seule diode. Le courant direct I_D qui traverse une diode est donné par :

$$I_D = I_S (e^{\frac{V_D}{U_T}} - 1) \quad (1)$$

avec I_S courant inverse ou courant de saturation de la diode, V_D tension directe de la diode
 15 et U_T tension thermique (environ 26mV à 300 °K). Le courant de saturation I_S est de l'ordre de 1 femto Ampère.

Le bruit de grenaille S_{iD} d'une diode est donné par :

$$20 \quad S_{iD} = 2qI_{obs} \quad (2)$$

tout comme le bruit de grenaille du détecteur. Avec une seule diode le bruit serait égal à celui du détecteur.

La résistance R_D en petits signaux de la
 25 diode est donnée par :

$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_T}{I} \quad (3)$$

La tension V_D aux bornes de la diode découle de l'équation (1) :

$$V_D \approx U_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right) \quad (4)$$

Cette tension V_D est une tension variable, elle est fonction du courant direct I_D et elle est inférieure à la tension de seuil V_{T0} de la diode qui est comprise entre environ 0,3 V et 0,7 V selon la
 5 technologie employée.

La capacité parasite C_D de la diode s'exprime par :

$$C_D = AC_u$$

avec A surface de la diode, C_u capacité
 10 surfacique de la diode. Cette capacité surfacique dépend de la technologie employée (oxyde, jonction).

Avec N diodes en série (N entier ≥ 2) on obtient les caractéristiques suivantes, en supposant que les diodes sont parcourues par le même courant
 15 I_{obs} :

- Le bruit S_{iND} s'exprime par :

$$S_{iND} = \frac{S_{iD}}{N} = 2q I_{obs} / N$$

Il est divisé par N par rapport au cas avec une seule diode.

- 20 • La résistance R_{ND} en petits signaux s'exprime par :

$$R_{ND} = NR_D$$

Elle est multipliée par N par rapport au cas précédent.

- 25 • La tension V_{ND} aux bornes des N diodes en série s'exprime par $V_{ND} = NV_D$

Cette tension est multipliée par N par rapport au cas précédent.

- La capacité parasite C_{ND} s'exprime par :

30 $C_{ND} = C_D / N$

Elle est divisée par N par rapport au cas précédent.

Le groupement en série de plusieurs diodes permet d'une part de réduire le bruit et la capacité parasite et d'autre part d'augmenter la résistance du
5 dispositif de polarisation.

On peut noter en conclusion que le bruit du dispositif de polarisation est égal au bruit du détecteur ou en est une fraction constante quel que
10 soit le courant d'obscurité I_{obs} .

La résistance équivalente du dispositif de polarisation varie comme l'inverse du courant qui le parcourt. Ainsi la chute de tension à ses bornes varie faiblement avec le courant d'obscurité qui le traverse.
15 Il y a une auto-adaptation de la chute de tension au courant d'obscurité, ce qui est favorable à l'intégration du dispositif de polarisation et du circuit de lecture dans un même ASIC.

La capacité parasite du dispositif de polarisation est très faible et d'autant plus faible qu'il y a plusieurs diodes en série. Elle atteint à peine quelques dizaines de femto farads.
20

L'élément de type diode peut être, comme on vient de le voir, une jonction réalisée par une diode de redressement mais ce n'est pas limitatif. Il peut
25 être réalisé par tout type de composant électronique présentant la même caractéristique intrinsèque ou extrinsèque qu'une diode à semi-conducteur, sous réserve qu'il soit isolé du circuit de lecture par soit
30 un matériau diélectrique, soit par implantation dans un caisson.

L'élément de type diode peut être formé par une jonction PN ou NP d'un transistor bipolaire. Ce transistor peut être de type NPN ou PNP et une jonction, sur les deux jonctions qu'il comporte, a été
5 neutralisée. En variante, cette jonction peut être la jonction d'un transistor à effet de champ à jonction (JFET).

La figure 3 illustre un exemple de dispositif de polarisation 10 réalisé par plusieurs transistors bipolaires PNP T1, T2, TN montés en série. Le collecteur du transistor T1 est connecté à l'émetteur du transistor T2 et ainsi de suite jusqu'au transistor TN. Le collecteur du transistor TN forme le point commun A'. L'émetteur du transistor T1 est relié
15 à la première borne d'alimentation haute Up de l'ASIC 14. Le reste du circuit est représenté comme sur la figure 2.

Un transistor bipolaire comporte deux jonctions semi-conductrices ou deux diodes l'une entre
20 son émetteur et sa base (diode émetteur) et l'autre entre son collecteur et sa base (diode collecteur). Un transistor bipolaire employé en tant que diode a une de ses jonctions neutralisées. Dans l'exemple représenté, c'est la diode collecteur qui est neutralisée, la base
25 et le collecteur des transistors T1, T2, TN étant reliés ensemble. Il est bien sûr envisageable que ce soit la diode collecteur qui soit neutralisée en reliant par exemple la base et le collecteur. Des transistors NPN auraient pu être employés en inversant
30 les bornes d'alimentation de manière appropriée.

La figure 4 illustre un exemple de dispositif de polarisation 10 réalisé par la jonction d'un unique transistor à effet de champ à jonction (JFET) référencé J à canal N. La grille du transistor J est reliée à la première borne d'alimentation Up. La source S et le drain D du transistor J sont reliées entre elles et reliées au point commun A'. Plusieurs transistors FET à jonction pourraient être utilisés au lieu d'un seul. La grille de l'un des transistors serait reliée à un point commun à la source et au drain d'un autre transistor voisin. Le reste du dispositif de détection a été représenté comme sur la figure 3.

La figure 5 illustre un exemple de dispositif de polarisation 10 réalisé avec un unique transistor à effet de champ monté en diode. Dans l'exemple il s'agit d'un transistor MOS de type P monté en diode. Ce transistor MOS est référencé Q. D'autres types de transistors à effet de champ pourraient être employés.

La grille G du transistor Q est reliée à son drain D de manière permanente. Ainsi la grille du transistor MOS Q n'est pas commandée par un signal extérieur, elle ne reçoit pas d'énergie de l'extérieur.

La source S du transistor Q est reliée à la première borne d'alimentation Up du circuit ASIC 14. Le drain D du transistor Q est relié au point commun A'. Le substrat du transistor MOS Q peut éventuellement être relié à la source S pour supprimer l'effet substrat. Il est possible bien sûr de relier le substrat à un autre potentiel tel que sa valeur soit supérieure à celle du potentiel de sa source dans le

cas d'un PMOS. (valeur inférieure à celle du potentiel de source pour un NMOS).

La tension grille-source V_{GS} du transistor MOS Q est $V_{GS} = V_0$ avec V_0 la tension de seuil du transistor MOS Q. Cette tension V_{GS} fixe la limite entre le régime faible inversion et le régime forte inversion du transistor, c'est-à-dire la limite entre la densité de courant drain-source faible et la densité de courant drain-source forte. Supposons que le transistor MOS Q est saturé, le courant drain-source I_{DS} ne dépend pas de la tension V_{DS} ($V_{DS} > 3U_T$ avec U_T tension thermique $\approx 26\text{mV}$ à 300°K).

En régime de faible inversion, le courant drain-source I_{DS} suit une loi exponentielle de la forme :

$$I_{DS} = I_S (e^{\frac{V_{GS}}{nU_T}} - 1)$$
 avec I_S courant de saturation du transistor, V_{GS} tension grille-source, n est le facteur de pente en faible inversion (soit subthreshold slope factor en langue anglaise).

Puisque le transistor MOS Q est monté en diode, son drain étant relié à sa grille, on obtient :

$$I_{DS} = I_S (e^{\frac{V_{GS}}{nU_T}} - 1)$$
 et cette expression correspond au courant de saturation d'une diode.

La conductance de transfert du transistor MOS Q s'exprime par :

$$G_m = \frac{dI_{DS}}{dV_{GS}} = \frac{1}{nU_T} I_S e^{\frac{V_{GS}}{nU_T}} \approx \frac{I_{DS}}{nU_T}$$

La densité spectrale S_{iQ} de courant de bruit du transistor MOS Q correspond à celle d'une diode :

$$S_{iQ} = 2qI_{DS} = 2qG_m nU_T$$

$$S_{iQ} = 2nkTG_m \text{ puisque } U_T = \frac{kT}{q}.$$

Cette densité spectrale de courant S_{iQ} est aussi équivalente à celle d'une résistance R_B de bruit qui s'exprime par $R_B = \frac{4kT}{S_{iQ}} = \frac{4kT}{2nkTG_m} = \frac{2}{nG_m}$

5 Cette résistance R_B est supérieure à celle d'une diode R_D qui est égale à $1/G_m$.

Le bruit basse fréquence $S_{1/f}$ en $1/f$ ou bruit de scintillement ou de papillotement (aussi connu sous la dénomination anglo-saxonne de « flicker
10 noise ») est dû à des impuretés dans le matériau.

Il est souvent formulé par :

$$S_{1/f} = \frac{K_F G_m^2}{C_{ox} W L f^{AF}}$$

K_F est une caractéristique du transistor MOS Q, C_{ox} est la capacité de l'oxyde de grille par unité de
15 surface, W et L représentent respectivement la largeur et la longueur du canal du transistor, f représente la fréquence et AF un coefficient supérieur ou égal à un, propre à chaque technologie et aux composants.

C'est en régime de faible inversion que le
20 bruit basse fréquence est le plus faible.

La capacité parasite introduite par le transistor MOS Q est égale à la capacité de grille C_{GS} du transistor. Elle vaut $C_{ox}WL$.

Un exemple de circuit de lecture 12 a été
25 schématisé sur la figure 5. Le circuit de lecture comporte un condensateur C_2 et un circuit amplificateur intégrateur de charges (A_1 , R_1 , C_1). Le condensateur C_2 est monté entre le point commun A' et l'entrée inverseuse d'un amplificateur opérationnel A_1 monté en

intégrateur de charges. Le point commun A' est relié en entrée du circuit amplificateur par une liaison capacitive. Le condensateur C2 a une fonction de filtre de la composante continue du signal. Un circuit RC
 5 parallèle formé d'une résistance R1 et d'un condensateur C1 d'intégration est monté entre l'entrée inverseuse de l'amplificateur A1 et sa sortie. Le signal S' représentatif du rayonnement électromagnétique détecté par le détecteur 11 est
 10 disponible à la sortie de l'amplificateur opérationnel A1. La résistance R1 en parallèle sur le condensateur C1 d'intégration sert à la remise à zéro du condensateur C1 et à polariser l'entrée de l'amplificateur A1.

15 La figure 6 montre maintenant un exemple de dispositif de polarisation 10 formé de N (N entier supérieur ou égal à 2) transistors PMOS Q1, Q2, ..., QN montés en diode et connectés en série les uns avec les autres. Les transistors Q1, Q2, QN ne sont pas
 20 forcément tous identiques.

Le montage en diode est identique à celui du transistor Q de la figure 5. Le drain du transistor Q1 est relié à la source du transistor Q2. Le drain du transistor QN est relié au point commun A' avec le
 25 détecteur 11.

Les caractéristiques théoriques de ce dispositif de polarisation 10 sont les suivantes :

Le courant I_{obs} qui le parcourt est inférieur à environ 1 microampère ce qui représente la
 30 limite en régime de faible inversion. La chute de tension aux bornes du dispositif de polarisation est V_{NQ}

= V_D avec $V_D \approx U_T \ln(\frac{I_D}{I_S})$ comme pour la diode. Elle est inférieure à environ 0,7 V.

La résistance du dispositif de polarisation

$$R_{NQ} = \frac{n}{G_m} \text{ avec } G_m \text{ conductance de transfert d'un des}$$

5 transistors MOS.

La résistance équivalente de bruit R_{NB} s'exprime par :

$$R_{NB} = \frac{2N}{nG_m} \text{ et donc } R_{NB} < R_{ND}$$

Des simulations électriques d'un dispositif
10 de polarisation comportant 6 transistors MOS de type P ont été faites. Les transistors dessinés avec $W = 2\mu m$ et $L = 2\mu m$ ont été réalisés en technologie standard dite 'bulk' (en français substrat).

Dans cette technologie, le substrat d'un
15 transistor MOS (par exemple NMOS) est la masse du support dopée P et au moins un transistor complémentaire (par exemple PMOS) est placé dans un caisson dopé N.

Les modèles du fondeur sont utilisés. Pour
20 une gamme de courant photonique I_{ph} du détecteur 11, compris entre environ 10 pico ampères et 1 nano ampère (fonctionnement en régime de faible inversion du dispositif de polarisation), la résistance du dispositif de polarisation est comprise entre 200 M Ω et
25 15 G Ω et la chute de tension à ses bornes est comprise entre 1,6 V et 2,6 V. On a bien une chute de tension comprise dans la plage de tension d'alimentation de l'ASIC qui était $U_p = 3,3$ V et $U_i = 0$ V.

Les simulations mettent en évidence que le bruit du dispositif de polarisation 10 est négligeable devant le bruit du détecteur 11 et qu'il représente une fraction constante du bruit total pour la gamme de courant investiguée.

Il est possible que le dispositif de polarisation 10 au lieu d'être monté entre le point commun A' et la première borne Up d'alimentation du circuit de lecture 12 soit monté entre le point commun A' et la sortie du circuit de lecture 12. Le point commun A' est relié en entrée du circuit de lecture 12. Le circuit de lecture 12 comporte un amplificateur A2 et le dispositif de polarisation 10 forme une contre réaction pour l'amplificateur A2. Il s'agit d'un montage à lecture de courant ou à transimpédance. L'amplificateur A2 et le dispositif de polarisation 10 qui lui est associé forment le circuit de lecture. Il s'agit d'un circuit de lecture en courant. Le dispositif de polarisation remplit un double rôle : il polarise le détecteur 11 et il contribue à la lecture du courant photonique Iph.

Il risque d'exister un décalage de tension entre l'entrée de l'amplificateur A2 et sa sortie. Le courant Iobs crée une différence de potentiel dans le circuit qui réduit d'autant la dynamique de l'amplificateur. Il faut trouver un compromis entre la valeur de la résistance du dispositif de polarisation que l'on souhaite voir élevée et la valeur de la chute de tension à ses bornes que l'on souhaite limitée pour être acceptable. La résistance et la chute de tension croissent toutes les deux avec le nombre N d'éléments

de type diode. Ce compromis consiste à ajuster le nombre N d'éléments de type diode à semi-conducteur en le réduisant et éventuellement en le limitant à un seul.

5 Le dispositif de polarisation de l'invention qui vient d'être décrit est simple, sans apport d'énergie et auto-adaptatif au courant d'obscurité du détecteur. Il ne fait pas plus de bruit que la résistance de l'art antérieur, il a une capacité
10 parasite faible et présente à ses bornes une chute de tension qui est compatible avec une intégration en microélectronique. Le fait que le dispositif de polarisation fonctionne sans apport d'énergie est un avantage incontestable, cela simplifie le dispositif de
15 détection et de lecture et réduit notablement son coût. Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du
20 cadre de l'invention. Les différentes variantes décrites notamment au niveau de la connexion du dispositif de polarisation et de sa structure doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres. Dans les exemples décrits, les éléments de
25 type diode peuvent être remplacés par leurs complémentaires en adaptant des tensions et les courants de manière appropriée.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de détection de rayonnement électromagnétique et de lecture d'un signal
5 représentatif du rayonnement électromagnétique détecté comportant un détecteur de rayonnement électromagnétique (11) coopérant avec un dispositif de polarisation (10), le dispositif de polarisation (10) et le détecteur (11) sont en série et ont un point
10 commun (A') qui est relié en entrée d'un circuit de lecture (12) intégrable, caractérisé en ce que le dispositif de polarisation (10) est formé par au moins un élément intégrable de type diode à semi-conducteur (D1, D2, DN) qui a un comportement de diode permanent.

15

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les éléments de type diode (D1, D2, DN) sont montés en série les uns avec les autres lorsque le dispositif de polarisation (10) en comporte plusieurs.

20

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel l'élément de type diode (D) et le circuit de lecture (12) sont intégrés au sein d'un même circuit ASIC (14).

25

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'élément de type diode (D) est une jonction PN ou NP.

30 5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel la jonction est une jonction d'un

transistor bipolaire (T1, T2, TN) ou d'un transistor FET à jonction (J).

6. Dispositif selon l'une des
5 revendications 1 à 3, dans lequel l'élément de type diode est un transistor à effet de champ (Q1, Q2, QN) monté en diode.

7. Dispositif selon l'une des
10 revendications 1 à 6, dans lequel le dispositif de polarisation (10) a une extrémité reliée à une borne d'alimentation (Up) du circuit de lecture (12).

8. Dispositif selon l'une des
15 revendications 1 à 6, dans lequel le circuit de lecture comporte un amplificateur de charges à transimpédance (A2), le dispositif de polarisation (10) formant une boucle de contre réaction avec l'amplificateur de charges (A2).

20

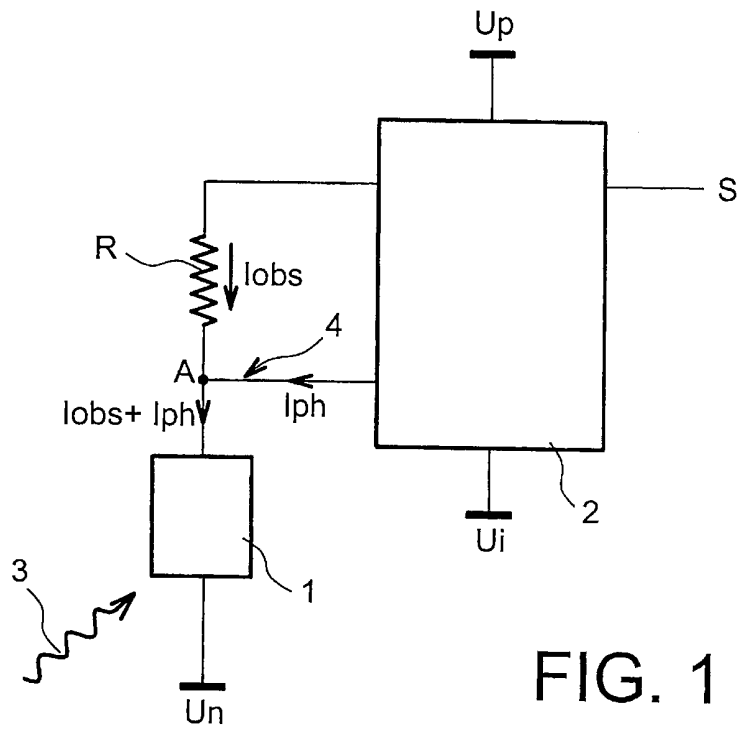


FIG. 1

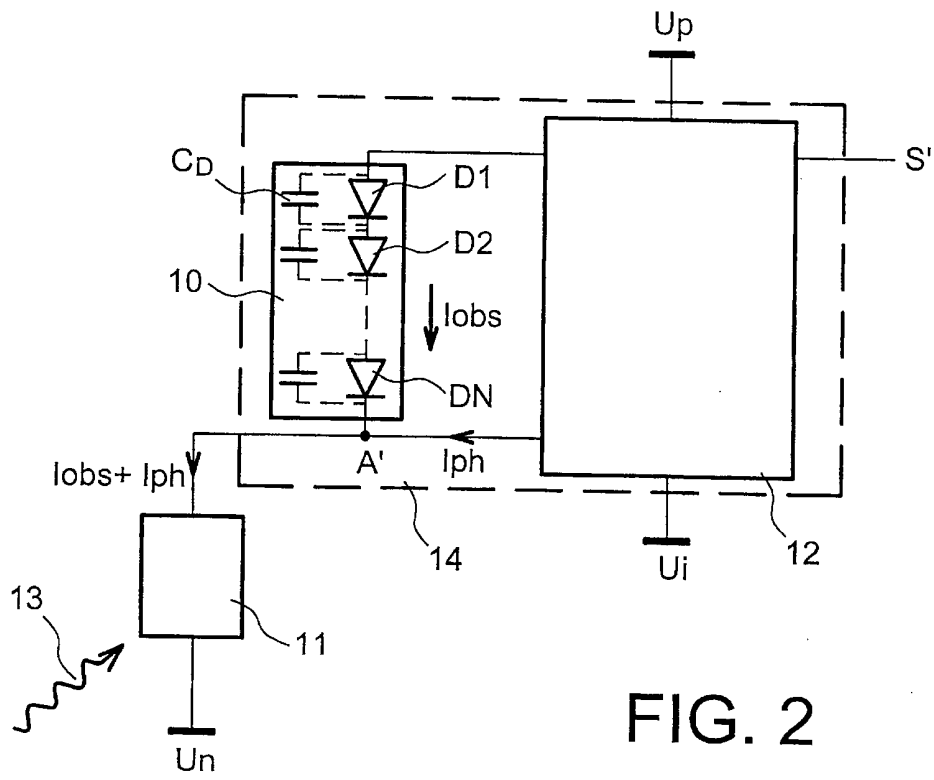


FIG. 2

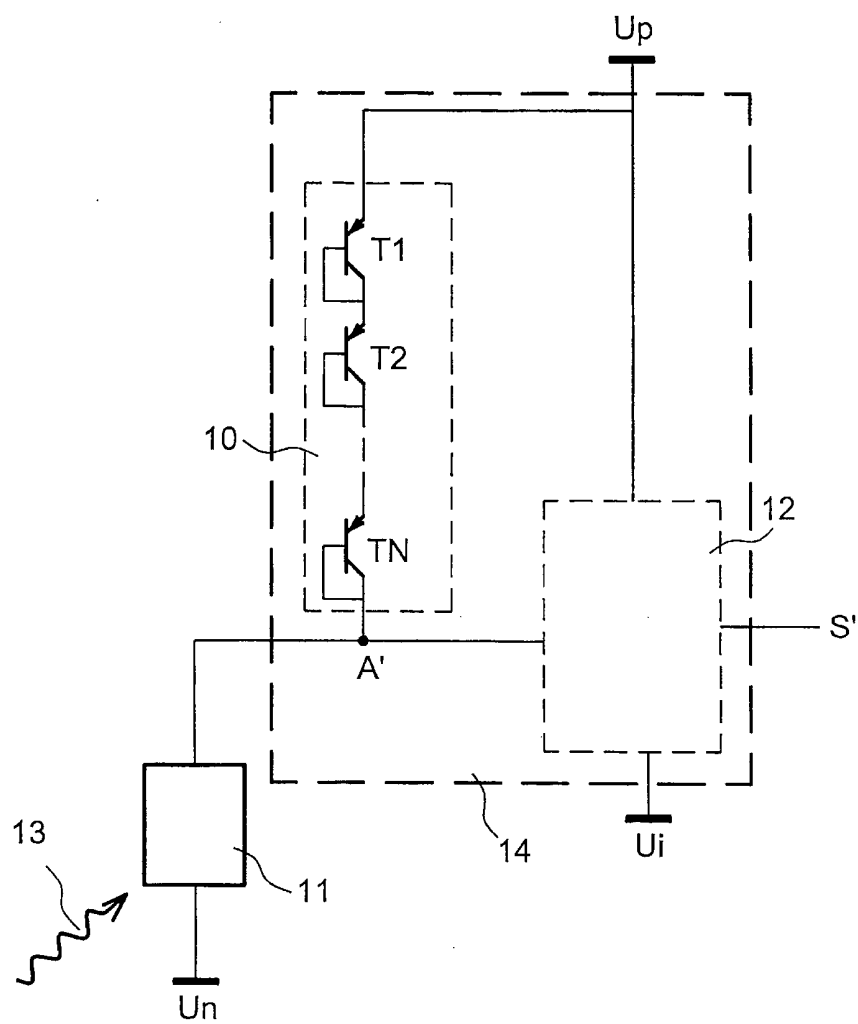


FIG. 3

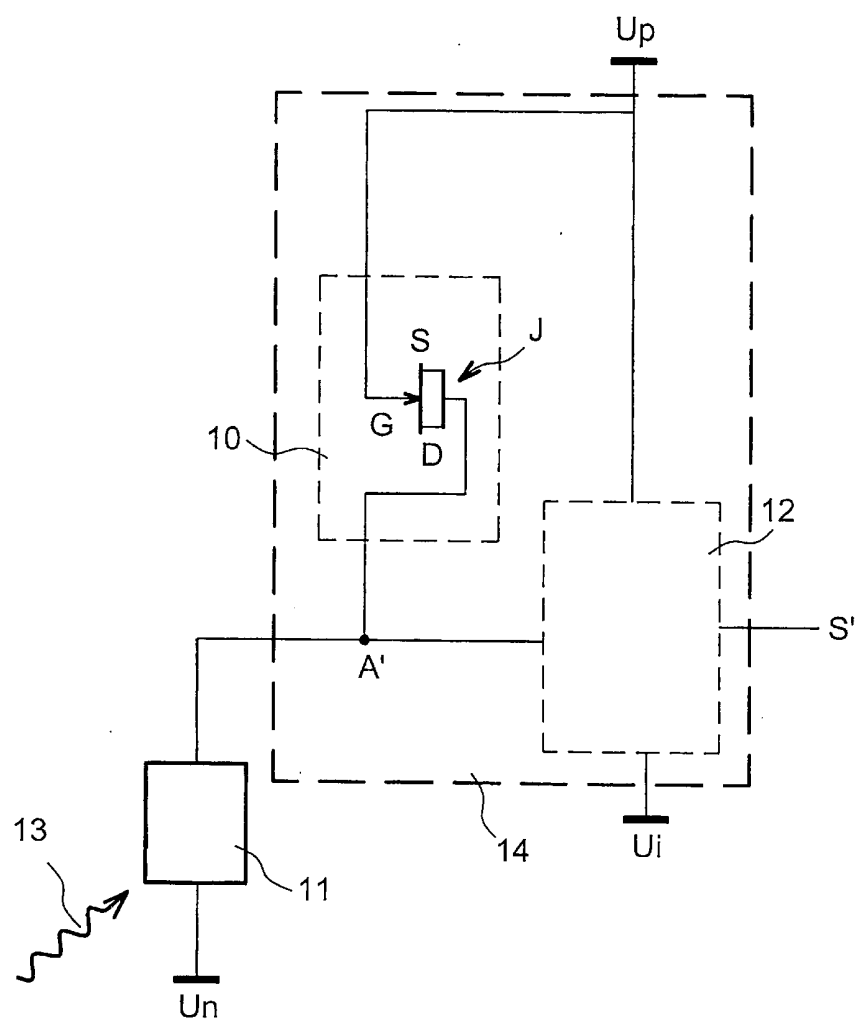


FIG. 4

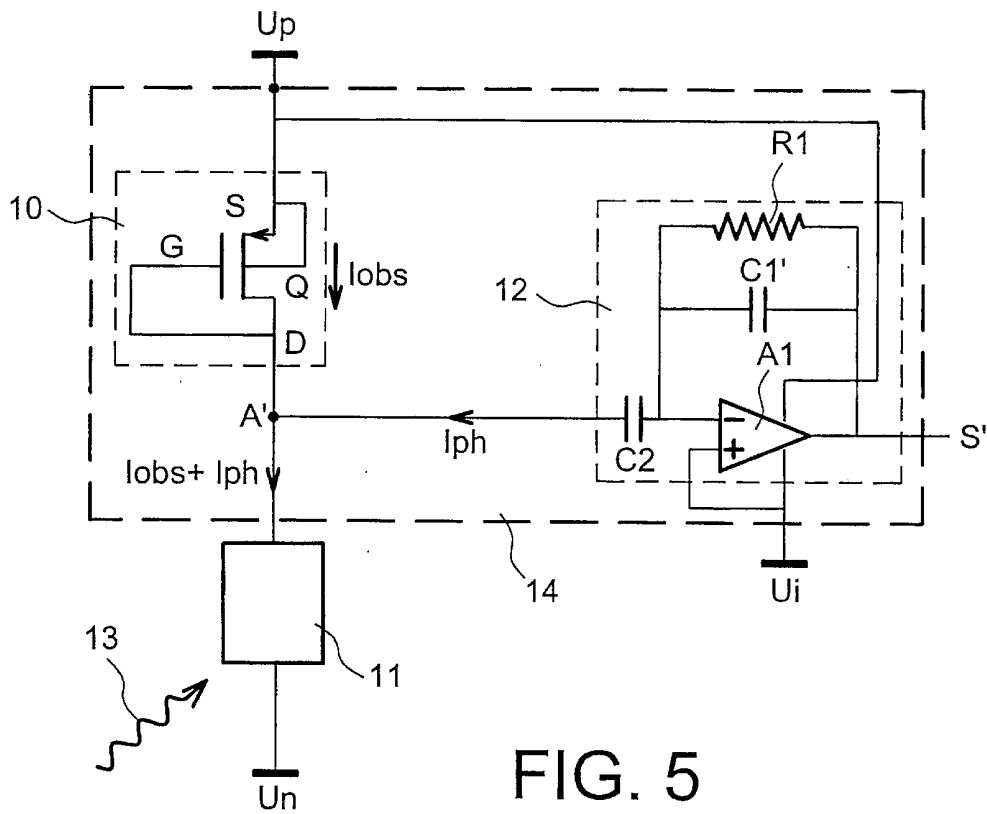


FIG. 5

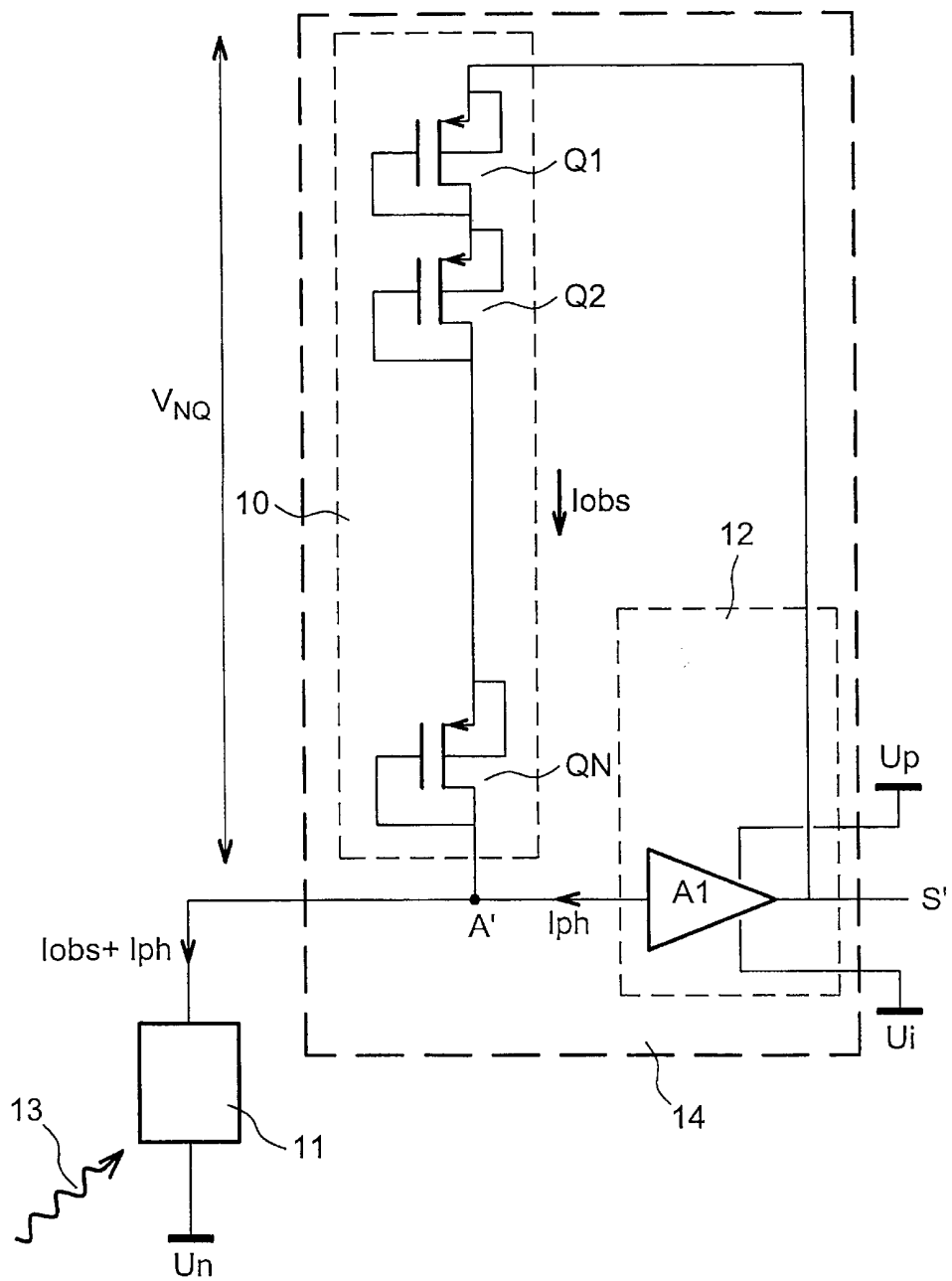


FIG. 6

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 642693
FR 0350303

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	EP 0 507 542 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 7 octobre 1992 (1992-10-07) * colonne 2, ligne 31 - colonne 4, ligne 14 *	1,3,4,8	H04N5/30 H01L27/14
X	EP 0 261 657 A (HONEYWELL INC) 30 mars 1988 (1988-03-30)	1,3-5	
A	* colonne 7, ligne 28 - colonne 9, ligne 16 *	7,8	
A	US 4 728 802 A (BARON YAIR) 1 mars 1988 (1988-03-01) * figures 5-7 *	2,5,6	
A	EP 1 016 882 A (INTEGRATED DETECTOR & ELECTRON) 5 juillet 2000 (2000-07-05) * alinéa [0010] - alinéa [0012] * * alinéa [0016] - alinéa [0024] *	1,3,7,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			H04N G01T G01J H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 juin 2004		Wentzel, J	
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 0350303 FA 642693**

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 **11-06-2004**
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
EP 0507542	A	07-10-1992	US 5144133 A	01-09-1992
			EP 0507542 A2	07-10-1992

EP 0261657	A	30-03-1988	US 4831257 A	16-05-1989
			US 4897547 A	30-01-1990
			US 4902894 A	20-02-1990
			AU 595376 B2	29-03-1990
			AU 7898087 A	31-03-1988
			EP 0261657 A2	30-03-1988
			JP 63164266 A	07-07-1988
			AU 589293 B2	05-10-1989
			AU 7898187 A	31-03-1988
			AU 595377 B2	29-03-1990
			AU 7898287 A	31-03-1988

US 4728802	A	01-03-1988	US 4731610 A	15-03-1988
			AT 135494 T	15-03-1996
			CA 1324210 C	09-11-1993
			DE 3751731 D1	18-04-1996
			DE 3751731 T2	25-07-1996
			EP 0233489 A2	26-08-1987
			ES 2085256 T3	01-06-1996
			JP 62173861 A	30-07-1987

EP 1016882	A	05-07-2000	EP 1016882 A2	05-07-2000
			JP 2000206249 A	28-07-2000
			NO 996539 A	03-07-2000
