

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
18 novembre 2010 (18.11.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/130950 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
H01L 27/146 (2006.01) H01L 27/148 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/050919
- (22) Date de dépôt international :
11 mai 2010 (11.05.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0953192 14 mai 2009 (14.05.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR];
Bâtiment Le Ponant D, 25, Rue Leblanc, F-75015 Paris
(FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CAZAUX,
Yvon [FR/FR]; 13, Rue Docteur Schweitzer, F-38100
Grenoble (FR). GIFFARD, Benoît [FR/FR]; 17, Cours
Jean Jaurès, F-38000 Grenoble (FR).
- (74) Mandataire : CABINET BEAUMONT; 1, Rue
Champollion, F-38000 Grenoble (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : BUILT-IN VERY HIGH SENSITIVITY IMAGE SENSOR

(54) Titre : CAPTEUR D'IMAGE INTEGRE A TRES GRANDE SENSIBILITE

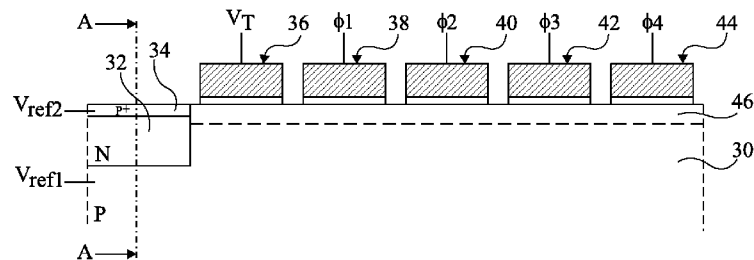


Fig 5

(57) Abstract : The invention relates to a basic device for an image sensor, including a photodiode consisting of a doped area having a first type of conductivity (32) and formed at the surface of a semiconductor substrate having a second type of conductivity (30), adapted to be biased at a first reference voltage (V_{ref1}), wherein the photodiode is combined with a device for the transfer (36), multiplication (38, 40, 42) and insulation (44) of charges, the photodiode being a fully depleted one and including, at the surface of the doped area having a first type of conductivity, a strongly doped region having the second type of conductivity (34) and adapted to be biased at a second reference voltage (V_{ref2}).

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif élémentaire d'un capteur d'image, comprenant une photodiode constituée d'une zone dopée d'un premier type de conductivité (32) formée en surface d'un substrat semiconducteur d'un second type de conductivité (30) adapté à être polarisé à une première tension de référence (V_{ref1}), la photodiode étant associée à un dispositif de transfert (36), de multiplication (38, 40, 42) et d'isolement (44) de charges, la photodiode étant de type complètement déplétée et comprenant, en surface de la zone dopée du premier type de conductivité, une région fortement dopée du second type de conductivité (34) adaptée à être polarisée à une seconde tension de référence (V_{ref2}).

CAPTEUR D'IMAGE INTEGRE A TRES GRANDE SENSIBILITEDomaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des capteurs d'image intégrés et, plus particulièrement, des capteurs permettant une bonne détection à faible éclairément.

5 Exposé de l'art antérieur

De nombreux dispositifs de capture d'image intégrés sont connus. La structure la plus courante de ces capteurs comprend une pluralité de dispositifs élémentaires de détection ou pixels, chacun comprenant une photodiode formée dans un
10 substrat semiconducteur, associée à un dispositif de transfert de charges et à un circuit de lecture des charges qui ont été transférées. On cherche généralement à minimiser le nombre d'éléments des capteurs en utilisant un circuit de lecture pour plusieurs photodiodes.

15 Lorsqu'un capteur d'image reçoit un faisceau lumineux, les photons incidents pénètrent dans le substrat semiconducteur et forment, dans ce substrat, des paires électrons/trous. Les électrons de ces paires sont ensuite capturés par la photodiode puis transférés par le transistor de transfert de charges vers
20 le circuit de lecture associé.

La demande de brevet US 2007/0176213 décrit une structure comprenant, en plus des éléments susmentionnés, des

dispositifs, associés à chaque pixel, permettant l'amplification des électrons photogénérés dans ce pixel pour améliorer la sensibilité des capteurs. Pour réaliser cette amplification, ou multiplication de charges, il est connu d'utiliser les techniques associées aux registres CCD (dispositif à transfert de charge), c'est-à-dire de former, en surface du substrat, un ensemble de grilles métalliques isolées polarisées en alternance. Cette polarisation alternée des grilles isolées permet, par un effet dit d'avalanche électronique, la multiplication des électrons photogénérés.

La figure 1 illustre un pixel d'un capteur d'image comprenant un étage de multiplication des charges et les figures 2A à 2E sont des courbes de potentiel illustrant le fonctionnement de ce pixel lors de différentes étapes de la détection.

Le pixel de la figure 1 est formé dans et sur un substrat 10 de type P polarisé à une tension de référence, par exemple la masse. Dans le substrat 10, en surface de celui-ci, est formée une photodiode constituée d'une région 12 fortement dopée de type N (N⁺). La photodiode est éclairée par un faisceau lumineux 13. Au voisinage de la photodiode est placée une grille de transfert 14 isolée commandée par un signal de transfert V_T . A côté de la grille de transfert 14 sont formées plusieurs grilles isolées permettant la multiplication des charges par effet d'avalanche. Dans l'exemple représenté, quatre grilles 16, 18, 20, 22 sont commandées, respectivement, par des signaux de commande Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 et Φ_4 . La représentation de la figure 1 est extrêmement schématique ; en particulier, on notera que dans un dispositif réel, la plus grande partie de la surface de chaque pixel est dévolue à la photodiode.

Les figures 2A à 2E illustrent le potentiel dans le substrat 10, dans le plan de la figure 1, lors de différentes étapes de la capture d'image. Dans ces figures, un unique cycle de stockage, de transfert et de multiplication des électrons est décrit. Le potentiel illustré, dans chacune de ces figures, est le potentiel dans le substrat 10 en suivant une ligne que l'on

appellera par la suite "ligne de potentiel maximum". Cette ligne passe, en profondeur dans le substrat, par les points de plus forte polarisation en regard des grilles isolées et dans la photodiode. On notera que, en fonction de la tension appliquée sur les différentes grilles isolées, la ligne de polarisation maximum passe par des points plus ou moins profonds dans le substrat. On notera que, dans la suite de la description, on appellera la grille 16 "première grille de multiplication" bien que cette grille joue également un rôle lors de l'étape initiale de transfert.

En figure 2A est représentée la courbe du potentiel dans la photodiode 12 et dans le substrat 10, lors d'une phase initiale de stockage des charges dans la photodiode 12. L'éclairement du capteur de la figure 1 provoque le stockage d'électrons dans la région 12 et le potentiel de cette région, initialement égal à V_1 , diminue pour atteindre une valeur V_2 qui est fonction du nombre d'électrons stockés et donc du nombre de photons incidents. Pendant la phase de stockage, la tension V_T appliquée à la grille de transfert est nulle pour former un mur de potentiel et éviter que des électrons ne sortent de la photodiode 12. Le potentiel Φ_1 , associé à la première grille de multiplication de charges 16 est, de préférence juste avant l'étape de transfert, fixé à une tension V_3 , supérieure à V_1 , en prévision de l'étape suivante.

A l'étape de la figure 2B, une tension de transfert V_T , sensiblement égale ou légèrement supérieure à V_1 , est appliquée sur la grille de transfert 14, tandis que la tension Φ_1 appliquée à la première grille de multiplication de charges 16 est égale à V_3 (supérieure à V_1) et que la tension Φ_2 appliquée à la deuxième grille de multiplication 18 est nulle. Les charges stockées dans la photodiode 12 sont ainsi transférées dans le puits de potentiel formé, dans le substrat 10, en dessous de la première grille de multiplication 16.

A l'étape de la figure 2C, la tension V_T (grille de transfert) repasse à un potentiel de référence tandis que la

tension Φ_2 reste à ce potentiel de référence, par exemple égal à zéro, ce qui bloque les électrons dans la région du substrat 10 située sous la grille 16. Une nouvelle phase de stockage de charges peut alors commencer au niveau de la photodiode 12.

5 A l'étape illustrée en figure 2D, on diminue la tension Φ_1 appliquée sur la grille 16 jusqu'à une tension V_4 faible. Le potentiel du substrat 10 situé en dessous de la grille 16 est ainsi abaissé. Pendant cette étape, les tensions V_T et Φ_2 appliquées, respectivement, aux grilles 14 et 18, sont nulles (potentiel de référence). De préférence, juste avant 10 l'étape suivante, la tension Φ_3 appliquée à la grille 20 est fixée à une tension V_5 très supérieure à la tension V_4 , en prévision de l'étape suivante.

A l'étape illustrée en figure 2E, la tension Φ_2 15 appliquée à la grille 18 augmente rapidement pour être de l'ordre de la tension V_4 , ou légèrement supérieure à V_4 . La tension Φ_3 étant égale à V_5 (très supérieure à V_4), les charges sont transférées vers la région du substrat située sous la grille 20. La différence de potentiel entre la région située 20 sous la grille 18 ($\approx V_4$) et sous la grille 20 (V_5) est suffisamment élevée pour permettre la multiplication des charges par effet d'avalanche électronique. Pendant cette étape, la grille 22 est polarisée à une tension nulle pour former un mur de potentiel et bloquer les charges au niveau de la grille 20. A 25 titre d'exemple, la tension V_4 peut être de l'ordre de 1 V et la tension V_5 de 10 V. On notera que l'étape de transfert de charges (figure 2B) pourra également participer à l'amplification de celles-ci, la tension appliquée à la grille 16 lors de cette étape étant alors adaptée à produire une multiplication 30 (tension élevée).

Pour que la multiplication des charges par effet d'avalanche soit significative, les étapes des figures 2D et 2E sont répétées plusieurs fois. Pour cela, on réalise des transferts en allers-retours au niveau des grilles 14, 16, 18, 20 et 35 22, ce qui permet de limiter le nombre de grilles à former.

Un problème se pose s'il survient une durée longue à très faible niveau d'éclairement, par exemple dans le cas où le capteur d'image est destiné à détecter des images dans un environnement sombre (images nocturnes par exemple). Dans ce cas, on montrera que le transfert des charges lors de l'étape de la figure 2B peut être incomplet ou être faussé. Le signal issu du détecteur présente alors des performances très dégradées, notamment en terme de rapport signal sur bruit.

Ainsi, il existe un besoin d'un dispositif permettant une détection et une transmission du signal de qualité, même à faible éclairement.

Résumé

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un capteur d'image permettant une bonne détection lors d'un éclairement faible.

Ainsi, un mode de réalisation de la présente invention prévoit un dispositif élémentaire d'un capteur d'image, comprenant une photodiode constituée d'une zone dopée d'un premier type de conductivité formée en surface d'un substrat semiconducteur d'un second type de conductivité adapté à être polarisé à une première tension de référence, la photodiode étant associée à un dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges, la photodiode étant de type complètement déplétée et comprenant, en surface de la zone dopée du premier type de conductivité, une région fortement dopée du second type de conductivité adaptée à être polarisée à une seconde tension de référence.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges comprend une grille de transfert, une grille d'isolement et une pluralité de grilles de multiplication adaptées à être polarisées de façon à fixer le potentiel du substrat sous-jacent et permettre le transfert, l'isolement et la multiplication des charges par effet d'avalanche électronique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges comprend au moins cinq grilles.

5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, les première et seconde tensions de référence sont égales et sont des tensions de masse.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, une couche dopée du premier type de conductivité est formée, en surface du substrat, en regard des grilles de transfert, d'isolement et de multiplication des charges.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dispositif comprend en outre un masque optique formé sur le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement des charges.

15 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le substrat est aminci et est destiné à être éclairé par la face opposée à celle sur laquelle est formé le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le premier type de conductivité est le type N.

La présente invention vise également un capteur d'image comprenant une pluralité de dispositifs élémentaires tels que ci-dessus.

Brève description des dessins

25 Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, illustre un capteur d'image à amplification de charge classique ;

les figures 2A à 2E sont des courbes de potentiel illustrant le fonctionnement du dispositif de la figure 1 lorsqu'il est soumis à un éclairage important ;

la figure 3 reprend la structure de la figure 1 et les figures 4A à 4C sont des courbes de potentiel illustrant un

35

problème susceptible d'être posé par cette structure en l'absence ou à faible niveau d'éclairement ;

la figure 5 illustre un capteur d'image selon un mode de réalisation de la présente invention ;

5 les figures 6 et 7 sont des courbes de potentiel dans le capteur de la figure 5 ; et

la figure 8 illustre une variante d'un dispositif selon un mode de réalisation de la présente invention.

10 Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, comme cela est habituel dans la représentation des circuits intégrés, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle.

Description détaillée

15 La figure 3 reprend la structure de la figure 1, dans un cas d'un éclairement quasi-nul (pas de faisceau lumineux 13). Le dispositif comprend une photodiode 12 constituée d'une région fortement dopée de type N (N+) formée en surface d'un substrat 10 de type P, une grille de transfert 14 isolée formée en
20 surface du substrat 10 et commandée par un signal de transfert V_T et des grilles isolées de multiplication de charges 16, 18, 20, 22 commandées, respectivement, par des signaux Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 .

25 Les figures 4A à 4C sont des courbes du potentiel dans le substrat 10, en suivant des lignes de potentiel maximum, pendant différentes étapes de fonctionnement du dispositif de la figure 3.

30 La figure 4A illustre le potentiel dans le substrat 10 lors d'une succession d'étapes de stockage et de transfert de charges (le potentiel V_T de la grille 14 variant entre zéro et V_1). Lorsque l'éclairement de la photodiode est nul, aucune paire électron/trou n'est créée et le potentiel de la photodiode devrait théoriquement rester constant. Cependant, il s'avère que celui-ci augmente progressivement au fil des cycles de

stockage/transfert, jusqu'à, dans l'exemple représenté, une tension V_1' (figure 4B).

L'augmentation du potentiel dans la photodiode, lors d'une succession de cycles en l'absence ou à très faible niveau d'éclairement, est due à un courant de fuite entre la photodiode 12 fortement dopée de type N et la zone de charge d'espace située en regard de la grille 16. Pendant les phases de transfert ($V_T = V_1$), les potentiels de la photodiode et du canal formé sous la grille 14 sont très proches et les charges de la région 12 fuient par le canal situé sous la grille 14 en direction du puits de potentiel formé sous la grille 16, selon une loi en courant de faible inversion dont l'expression est en $\exp(-qV/kT)$, q étant la charge élémentaire, V la différence de potentiel entre le potentiel de la grille 14 et de la photodiode 12, k la constante de Boltzmann et T la température. Ainsi, le potentiel de la région 12 devient supérieur au potentiel en regard de la grille 14. On notera que, en cas d'éclairement important, ce problème ne se pose pas puisque le courant de fuite est alors négligeable par rapport au courant issu de l'éclairement. Par contre, à faible niveau d'éclairement, ce phénomène vient perturber l'injection des charges dans l'étage multiplicateur, annulant l'intérêt de cet étage dans les cas les plus critiques où celui-ci est essentiel.

Une fois le potentiel V_1' atteint, si un faible éclairement intervient et qu'une faible quantité d'électrons se trouve stockée dans la photodiode 12 (figure 4C), l'efficacité de lecture de ces charges sera très mauvaise, une quantité réduite d'électrons réussissant à passer la barrière de potentiel formée par la région située sous la grille 14 lors d'un transfert. En effet, puisque le potentiel dans la photodiode est passé de V_1 à V_1' , on a $V_1' > V_T$ lors du transfert, ce qui forme un mur de potentiel ne permettant pas le transfert des électrons stockés dans la photodiode ou permettant seulement un transfert partiel. De plus, si une quantité d'électrons suffisante pour le transfert est stockée dans la photodiode 12, le transfert est

faussé du fait de la variation du potentiel pendant la période sans éclairage de la photodiode (on transfère moins de charges qu'il n'y en a eu de réellement stockées dans la photodiode 12).

Ainsi, dans le cas d'un très faible éclairage ou
5 d'un éclairage nul, la lecture des charges réalisée par le dispositif de la figure 3 n'est pas bonne.

Pour résoudre ce problème, les inventeurs proposent d'utiliser une photodiode particulière et, plus particulière-
ment, une photodiode dans laquelle le potentiel de la région de
10 capture d'électrons ne peut pas augmenter au-dessus d'un seuil prédéterminé. On peut ainsi lire correctement les charges photo-générées, y compris dans les cas de faible éclairage.

La figure 5 illustre une telle photodiode. Les inven-
teurs proposent d'utiliser une photodiode de type clampée et
15 complètement déplétée (en anglais fully depleted photodiode, ou pinned photodiode). La photodiode est formée dans un substrat 30 de type P et comprend une région de capture 32 dopée de type N en surface de laquelle s'étend une région 34 mince fortement dopée de type P (P+). Le substrat 30 est polarisé à un premier
20 potentiel de référence V_{ref1} et la région 34 fortement dopée de type P est polarisée à un second potentiel de référence, V_{ref2} . Les premier et second potentiels de référence, V_{ref1} et V_{ref2} , peuvent être égaux et correspondre à une tension de masse, mais on notera que l'on pourra également prévoir de polariser le
25 substrat 30 et la région 34 à des tensions de référence différentes.

La photodiode est associée à une grille de transfert
36, à des grilles de multiplication de charges 38, 40, 42, et à
une grille d'isolement 44 formées en surface du substrat 30, au
30 voisinage de la photodiode. Les grilles 36, 38, 40, 42, 44 ont des structures de grille isolées et sont commandées, respective-
ment, par des signaux de commande V_T , Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 . De préfé-
rence, on prévoit une couche de protection (non représentée), ou
masque optique, au-dessus de la grille de transfert 36, des
35 grilles d'amplification ou de multiplication 38, 40, 42 et de la

grille d'isolement 44, pour que des faisceaux lumineux incidents ne génèrent pas de charges dans le substrat situé sous ces grilles.

Les dopages des zones 32 et 34 sont ajustés de telle façon que la zone 34 fortement dopée de type P déplete complètement la zone 32 de type N. Ainsi, hors équilibre thermodynamique et en l'absence d'éclairement, le potentiel de la zone 32 est fixé uniquement par les dopages de la photodiode et du substrat, ce qui évite le régime de faible inversion lors du transfert des charges vers le substrat situé en regard de la grille 38. On notera que, contrairement à ce qui est représenté en figure 5, dans un dispositif réel, la plus grande partie de la surface de chaque pixel est dévolue à la photodiode (zone de détection du dispositif).

La figure 6 est une courbe du potentiel de la structure illustrée en figure 5 selon une coupe A-A, dans la hauteur du dispositif au niveau de la photodiode 32/34, dans le cas où $V_{ref1} = V_{ref2} = 0$ V. En l'absence d'éclairement de la photodiode, le potentiel au coeur de la région 34 de type N est complètement déterminé par les dopages des régions 30, 32, 34 et, ainsi, la région 32 atteint au maximum un potentiel V_{1max} .

On évite ainsi les inconvénients présentés en relation avec les figures 3 et 4A à 4C, à savoir la variation du potentiel maximum dans la région de capture de la photodiode en cas de faible éclairement. Lorsque la photodiode est éclairée, le potentiel de la région 32 diminue et lorsque le transfert des charges intervient, le potentiel de la région 32 revient à V_{1max} .

La figure 7 illustre une courbe de potentiel identique à celle représentée en figure 4A (selon la ligne de potentiel maximum) dans le cas du dispositif de la figure 5. Dans ce cas, même sans éclairement de la photodiode, le potentiel de la région 32 reste toujours égal ou inférieur à V_{1max} . Ainsi, toutes les charges photogénérées et stockées dans la photodiode sont transférées lors d'une phase de transfert où la tension V_T

5 passe à une tension V_4 , égale ou légèrement supérieure à V_{1max} , ce qui rend le capteur efficace même en cas de très faible éclairement ou après une longue période d'éclairement nul.

Une fois que le transfert des électrons de la photo-
5 diode vers la charge d'espace située sous la grille 38 est effectué, on réalise un cycle d'amplification des charges de façon classique, en appliquant un champ électrique important entre deux grilles adjacentes. On tire alors profit de l'effet d'avalanche électronique en forçant les charges à des allers-
10 retours sous les grilles 38, 40 et 42 afin d'obtenir une amplification significative. Le gain de l'amplification est ajusté en contrôlant le nombre d'allers-retours sous les grilles 38, 40 et 42. La grille de transfert 36 et la grille d'isolement 44 servent alors de murs de potentiel pour éviter que des charges
15 ne sortent du dispositif lors de l'amplification des charges. Les grilles 38 et 42 sont alternativement polarisées pour créer des différences de potentiel importantes permettant l'effet d'avalanche électronique. On notera que l'on pourra également former le dispositif de transfert, d'amplification et d'isole-
20 ment de charges en combinant plus de cinq grilles voisines.

Optionnellement, une fine couche 46 dopée de type N pourra être formée, en surface du substrat 30, en regard de la grille de transfert 36, de multiplication 38, 40, 42 et d'isole-
25 ment 44. Cette fine couche 46 permet d'éloigner légèrement le point de potentiel maximum de la surface du substrat pour éviter des phénomènes parasites (bruits) souvent présents aux inter-
faces entre isolant de grille et substrat semiconducteur.

La figure 8 illustre une variante du dispositif de la figure 5 dans laquelle le capteur d'image est éclairé par la
30 face arrière du substrat 30. Le dispositif de la figure 8 diffère de celui de la figure 5 en ce que le substrat 30 est aminci et est éclairé par la face opposée à celle sur laquelle sont formées la grille de transfert 36, les grilles de multipli-
cation de charges 38, 40, 42 et la grille d'isolement 44.
35 Pendant la phase d'accumulation, un faisceau lumineux 48

atteignant le substrat y génère des paires électrons/trous et les électrons de ces paires sont collectés dans le puits de potentiel formé par la photodiode 32. Avantageusement, et de façon classique, un faisceau arrivant par la face arrière d'un substrat rencontre moins d'obstacles et est plus facilement détectable qu'un faisceau arrivant sur la face avant du substrat. Le fonctionnement de ce dispositif est ensuite similaire à celui décrit ci-dessus.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que l'on ait décrit ici un dispositif dans lequel les charges photo-générées utiles sont les électrons, on notera que l'on pourra également prévoir des dispositifs similaires dans lesquels les charges utiles sont les trous. Pour cela, les types de conductivité des différentes régions dopées seront inversés, et les tensions appliquées aux différentes grilles pour les transferts de charges seront de signe opposé à celles présentées ci-dessus.

Les dispositifs des figures 5 et 8 pourront également être utilisés dans le cas de forts niveaux d'éclairement. Dans ce cas, on peut prévoir d'adapter le temps d'intégration, ou d'accumulation de charges, dans la photodiode en fonction de l'éclairement, à l'aide d'un circuit électronique adapté, pour éviter la saturation du pixel.

REVENDICATIONS

1. Dispositif élémentaire d'un capteur d'image, comprenant une photodiode constituée d'une zone dopée d'un premier type de conductivité (32) formée en surface d'un substrat semiconducteur d'un second type de conductivité (30) adapté à être polarisé à une première tension de référence (V_{ref1}), la photodiode étant associée à un dispositif de transfert (36), de multiplication (38, 40, 42) et d'isolement (44) de charges, la photodiode étant de type complètement déplétée et comprenant, en surface de la zone dopée du premier type de conductivité, une région fortement dopée du second type de conductivité (34) adaptée à être polarisée à une seconde tension de référence (V_{ref2}).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges comprend une grille de transfert (36), une grille d'isolement (44) et une pluralité de grilles de multiplication (38, 40, 42) adaptées à être polarisées de façon à fixer le potentiel du substrat (30) sous-jacent et permettre le transfert, l'isolement et la multiplication des charges par effet d'avalanche électronique.

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges comprend au moins cinq grilles (36, 38, 40, 42, 44).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les première et seconde tensions de référence (V_{ref1} , V_{ref2}) sont égales et sont des tensions de masse.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel une couche (46) dopée du premier type de conductivité est formée, en surface du substrat (30), en regard des grilles de transfert (36), d'isolement (44) et de multiplication des charges (38, 40, 42).

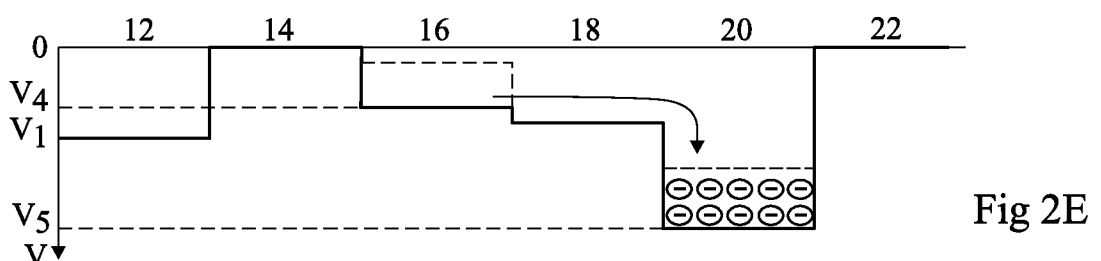
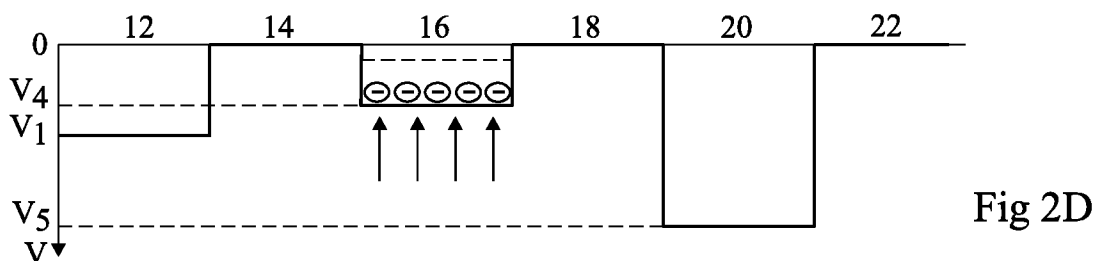
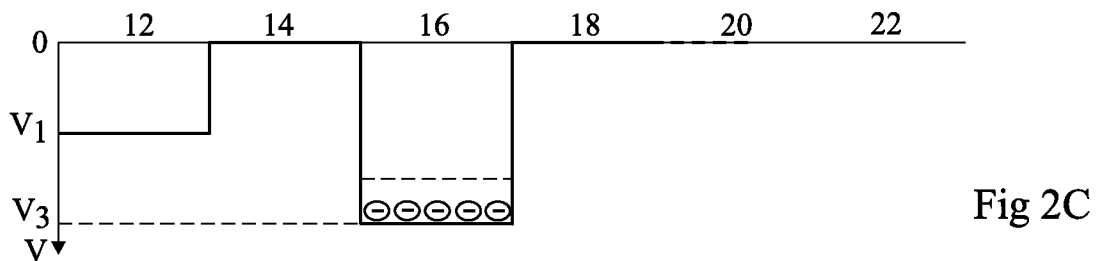
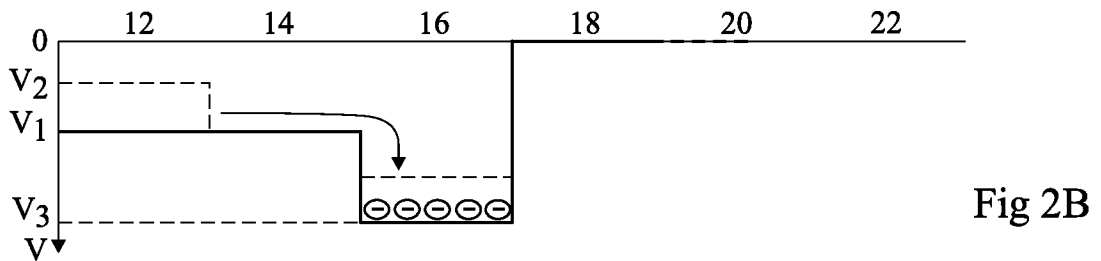
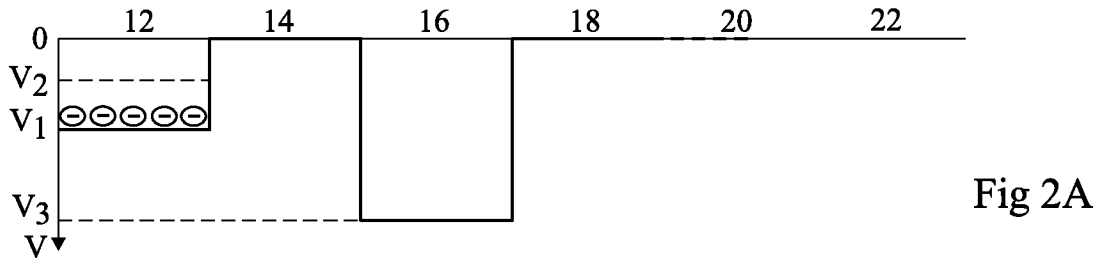
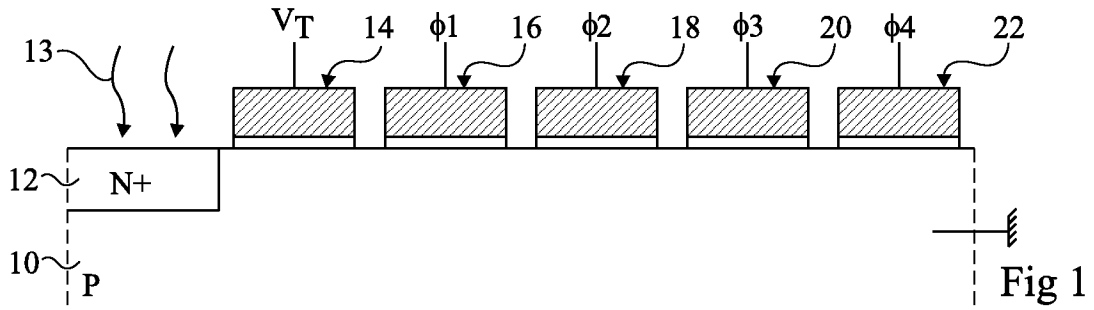
6. Dispositif élémentaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre un masque optique

formé sur le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement des charges.

7. Dispositif élémentaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le substrat (30) est aminci et
5 est destiné à être éclairé par la face opposée à celle sur laquelle est formé le dispositif de transfert, de multiplication et d'isolement de charges.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le premier type de conductivité est le
10 type N.

9. Capteur d'image comprenant une pluralité de dispositifs élémentaires selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.



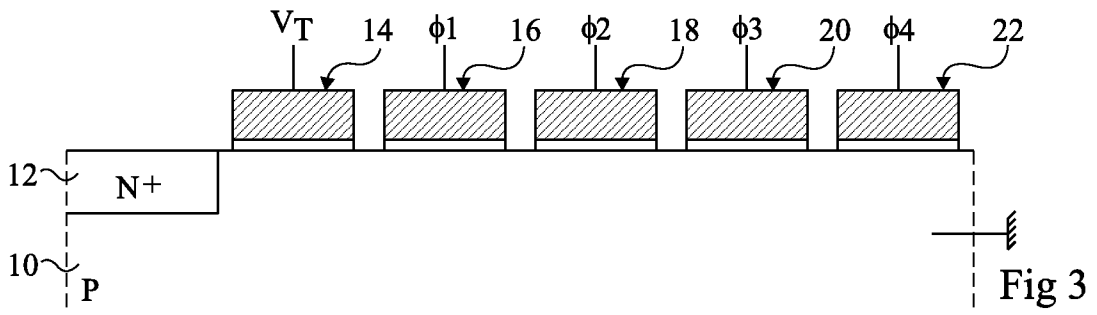


Fig 3

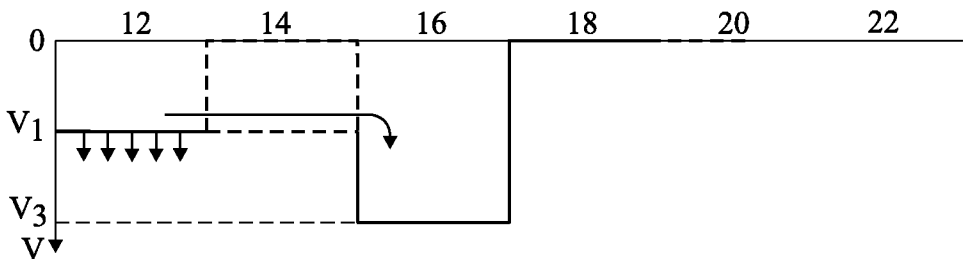


Fig 4A

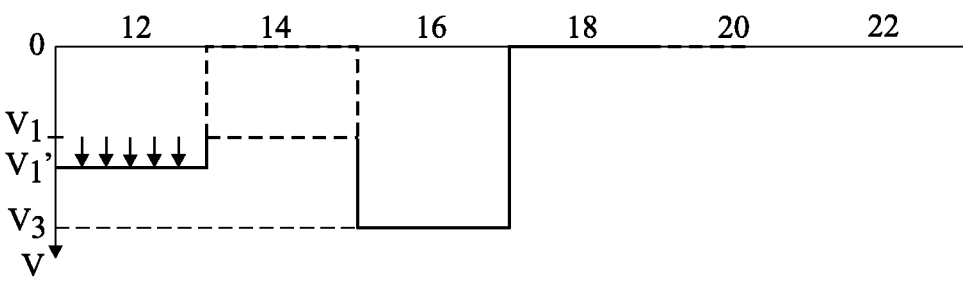


Fig 4B

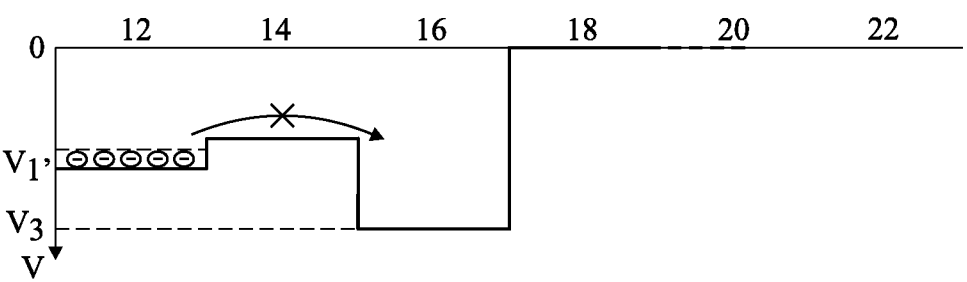


Fig 4C

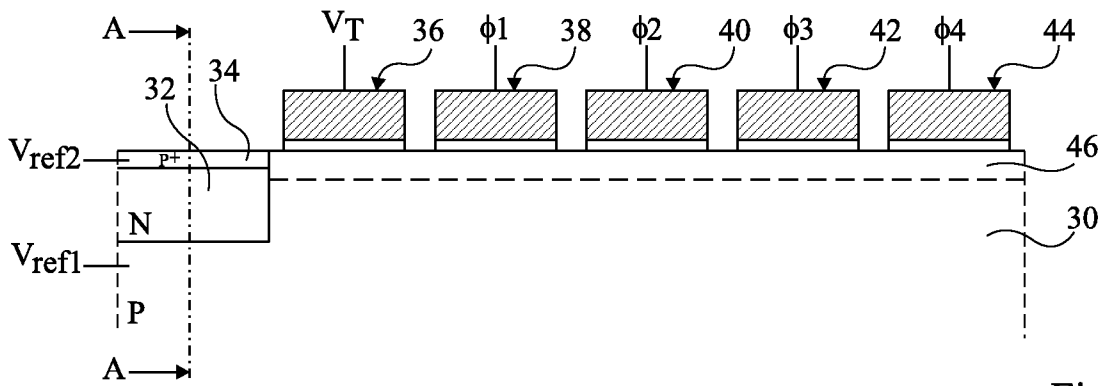


Fig 5

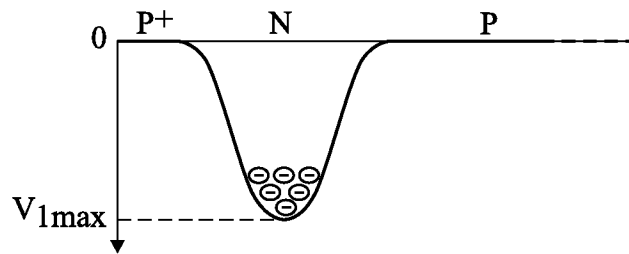


Fig 6

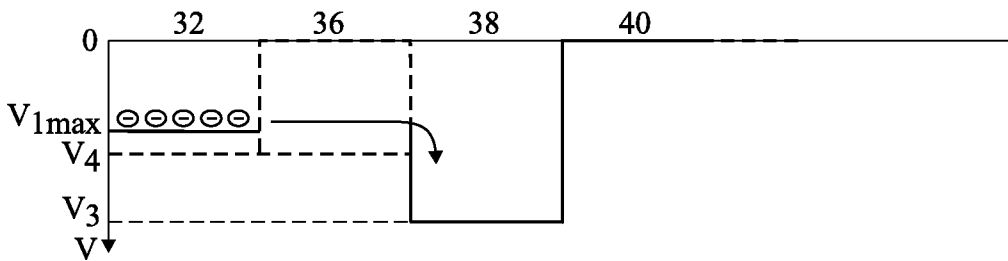


Fig 7

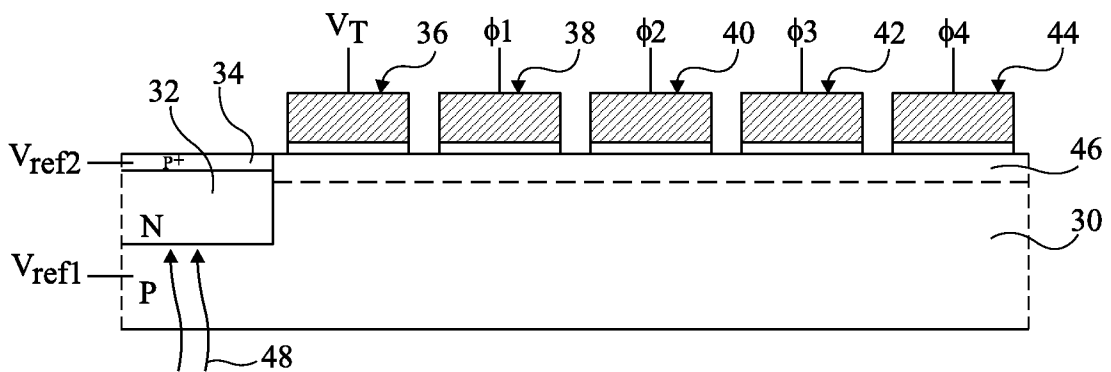


Fig 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/050919

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L27/146 H01L27/148
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/086055 A1 (TOWER JOHN ROBERTSON [US] ET AL) 2 April 2009 (2009-04-02) paragraphs [0023], [0024] figures 3A, 3B	1-4,6,7,9
X	JAROSLAV HYNECEK: "CCM-A NEW LOW-NOISE CHARGE CARRIER MULTIPLIER SUITABLE FOR DETECTION OF CHARGE IN SMALL PIXEL CCD IMAGE SENSORS" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, IEEE SERVICE CENTER, PISACATAWAY, NJ, US, vol. 39, no. 8, 1 August 1992 (1992-08-01), pages 1972-1975, XP000294808 ISSN: 0018-9383 page 1973 figures 1, 2	1,2,9
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2010

Date of mailing of the international search report

23/08/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040.
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Markmann, Markus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/050919

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 081 766 A1 (ISETEX INC [US]) 7 March 2001 (2001-03-07) paragraphs [0021] - [0033], [0050] figures 5, 6, 12 -----	1,2,5,6, 8,9
X	US 2005/029553 A1 (HYNCEK JAROSLAV [US]) 10 February 2005 (2005-02-10) paragraphs [0015], [0018] figure 3 -----	1,2,5,6, 8,9
X,P	EP 2 071 628 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 17 June 2009 (2009-06-17) paragraphs [0051], [0057] - [0066], [0068] - [0078] figures 3-4F -----	1,2,7,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/050919

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2009086055	A1	02-04-2009	EP	2198463 A1		23-06-2010
			WO	2009041985 A1		02-04-2009
EP 1081766	A1	07-03-2001	JP	2001127277 A		11-05-2001
			US	6278142 B1		21-08-2001
US 2005029553	A1	10-02-2005	EP	1624492 A2		08-02-2006
			JP	2005057772 A		03-03-2005
EP 2071628	A1	17-06-2009	FR	2924862 A1		12-06-2009
			US	2009167910 A1		02-07-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050919

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. H01L27/146 H01L27/148
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2009/086055 A1 (TOWER JOHN ROBERTSON [US] ET AL) 2 avril 2009 (2009-04-02) alinéas [0023], [0024] figures 3A, 3B	1-4,6,7,9
X	JAROSLAV HYNECEK: "CCM-A NEW LOW-NOISE CHARGE CARRIER MULTIPLIER SUITABLE FOR DETECTION OF CHARGE IN SMALL PIXEL CCD IMAGE SENSORS" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 39, no. 8, 1 août 1992 (1992-08-01), pages 1972-1975, XP000294808 ISSN: 0018-9383 page 1973 figures 1, 2	1,2,9

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 août 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Markmann, Markus

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2010/050919

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 081 766 A1 (ISETEX INC [US]) 7 mars 2001 (2001-03-07) alinéas [0021] - [0033], [0050] figures 5, 6, 12	1,2,5,6, 8,9
X	US 2005/029553 A1 (HYNECEK JAROSLAV [US]) 10 février 2005 (2005-02-10) alinéas [0015], [0018] figure 3	1,2,5,6, 8,9
X,P	EP 2 071 628 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 17 juin 2009 (2009-06-17) alinéas [0051], [0057] - [0066], [0068] - [0078] figures 3-4F	1,2,7,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050919

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2009086055	A1	02-04-2009	EP	2198463 A1		23-06-2010
			WO	2009041985 A1		02-04-2009
EP 1081766	A1	07-03-2001	JP	2001127277 A		11-05-2001
			US	6278142 B1		21-08-2001
US 2005029553	A1	10-02-2005	EP	1624492 A2		08-02-2006
			JP	2005057772 A		03-03-2005
EP 2071628	A1	17-06-2009	FR	2924862 A1		12-06-2009
			US	2009167910 A1		02-07-2009