

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2014/091093 A1

(43) Date de la publication internationale  
19 juin 2014 (19.06.2014)

- (51) Classification internationale des brevets :  
H01L 27/146 (2006.01) G01J 5/20 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2013/000331
- (22) Date de dépôt international :  
10 décembre 2013 (10.12.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
12/03348 12 décembre 2012 (12.12.2012) FR
- (71) Déposant : SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE DÉTECTEURS [FR/FR]; INFRAROUGES - SOFRADIR, 43/47 Rue Camille Pelletan, F-92290 Châtenay Malabry (FR).
- (72) Inventeurs : ZÉCRI, Michel; 27 impasse du mûrier, FR-38600 Bévénais (FR). JENOUVRIER, Pierre; 7 Place de Chantalouette, FR-38080 L'isle D'Abeau (FR). KESSLER, Antoine; 9, rue Branly, FR-38500 Voiron (FR).
- (74) Mandataire : TALBOT, Alexandre; Cabinet Hecke, 10, rue d'Arménie - Europole, BP 1537, F-38025 Grenoble cedex 1 (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : MULTISPECTRUM VISIBLE AND INFRARED MONOLITHIC IMAGER

(54) Titre : IMAGEUR MONOLITHIQUE MULTISPECTRAL VISIBLE ET INFRAROUGE

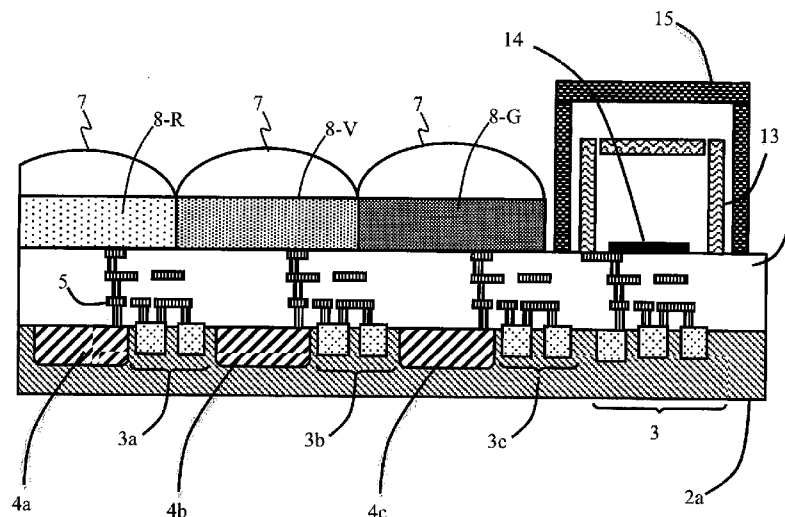


Figure 3

(57) Abstract : The invention concerns a radiation detection device comprising, on a silicon substrate (2), three visible photodiodes (4) and one infrared bolometer (11). The substrate comprises a light-sensitive area (4) and reading circuits (3). The radiation detection device also comprises a structure for filtering infrared radiation (8) which covers the light-sensitive area (4) without covering the infrared bolometer (11).

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de détection de rayonnement comprenant, sur un substrat en silicium (2), trois photodiodes visibles (4) et un bolomètre infrarouge

[Suite sur la page suivante]



WO 2014/091093 A1

---

(11). Le substrat comprend une zone photosensible (4), des circuits de lecture (3). Le dispositif de détection de rayonnement comprend également une structure de filtrage de rayonnement infrarouge (8) qui recouvre la zone photosensible (4) sans recouvrir le bolomètre infrarouge (11).

## IMAGEUR MONOLITHIQUE MULTISPECTRAL VISIBLE ET INFRAROUGE

### **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne le domaine des circuits de détection capables de détecter deux signaux dans deux bandes spectrales différentes.

### **État de la technique**

Dans le domaine des dispositifs de détection, il y a communément un photodétecteur associé à un circuit de lecture. Le photodétecteur délivre un signal représentatif de la scène observée et ce signal est traité par le circuit de lecture.

Afin d'obtenir toujours plus d'information sur la scène observée, un photodétecteur sensible à une couleur est associé à un photodétecteur additionnel qui est sensible à une autre couleur. De cette manière, la même scène peut fournir deux informations différentes selon que l'information provienne du premier photodétecteur ou du deuxième photodétecteur, si la scène émet deux signaux différents dans deux couleurs différentes. Un tel photodétecteur est décrit dans le document US 6,034,407 afin de capter deux signaux différents dans le domaine de l'infrarouge.

Dans le domaine de la détection du rayonnement visible, plusieurs pixels sont formés sur un substrat et sont arrangés par groupes. Chaque pixel du groupe est configuré pour détecter une couleur particulière, par exemple pour détecter un signal dans le bleu, un signal dans le rouge et un signal dans le vert.

La figure 1 illustre, de façon schématique, en coupe, une structure simplifiée d'un capteur d'image dans lequel les pixels sont réalisés en technologie CMOS.

Chaque pixel comprend une partie optique 1 assemblée sur un substrat 2. Le substrat 2 comprend un circuit de lecture 3 et une photodiode 4 formés dans une couche en silicium 2a. Les circuits de lecture 3 sont reliés aux photodiodes 4 et entre eux à l'aide d'interconnexions 5 qui sont formées au-dessus de la

couche 2a dans une couche d'un matériau électriquement isolant 6, comme la silice.

La partie optique 1 comprend des microlentilles 7, qui focalisent le rayonnement incident sur les photodiodes 4 respectives, et une matrice de filtres en résines colorées 8 en correspondance avec la matrice formée par les photodiodes 4. La matrice de filtres comprend des filtres 8-R, 8-V et 8-B correspondant respectivement aux couleurs élémentaires : rouge, vert, et bleu.

La réponse spectrale des photodiodes 4 dépend principalement du choix du matériau semi-conducteur photosensible 2a dans lequel elles sont formées. Les photons ne sont absorbés par le matériau semi-conducteur photosensible 2a que si leur énergie est supérieure à la largeur de la bande interdite. Cette dernière correspond à l'énergie qu'un électron doit absorber, sous la forme d'un photon, afin qu'il puisse quitter la bande de valence vers la bande de conduction. L'électron devient ainsi mobile : c'est un électron photo-généré.

Le matériau semi-conducteur le plus utilisé pour la réalisation des capteurs d'image est le silicium. Toutefois, pour la détection de longueurs d'onde au-delà du visible, l'utilisation d'une couche très épaisse de silicium est nécessaire. Le silicium reste néanmoins transparent pour des longueurs d'onde au-delà du micromètre, et ne peut être utilisé comme un matériau de détection des rayonnements infrarouges. Pour une détection au-delà d'un micromètre de longueur d'onde, on choisit des matériaux semi-conducteurs ayant une largeur de la bande interdite plus faible que celle du silicium, comme le germanium ou l'arséniure d'indium-gallium (InGaAs).

Pour des capteurs d'imagerie infrarouge, des matériaux semi-conducteurs III-V sont généralement utilisés puisqu'ils ont des capacités de photodétection très intéressantes dans cette gamme de longueur d'onde. Ce type de capteurs comprend une partie en silicium ou en un matériau équivalent servant de base à la technologie CMOS, dans laquelle des circuits de lecture sont réalisés. Un exemple de réalisation est illustré à la figure 2 avec des photodiodes infrarouges 9 réalisées faces aux photodiodes visibles 4. Les photodiodes infrarouges sont réalisées dans un matériau 10 différent de celui formant la couche 2a.

### **Objet de l'invention**

Dans certaines applications, il existe un besoin pour un capteur d'image hybride qui permet d'obtenir une image couleur et une image infrarouge tout en étant facile à réaliser et compact.

On tend à satisfaire ce besoin en prévoyant un dispositif de détection de rayonnement comprenant :

- une couche en silicium munie d'une face avant et d'une face arrière ;
- un photodétecteur visible comprenant au moins une photodiode formée sur la face avant de la couche en silicium ;
- un groupe de deux circuits de lecture formés sur la face avant, dans lequel un circuit de lecture est relié à la photodiode ; et
- un détecteur infrarouge décalé latéralement par rapport à la photodiode ;
- caractérisé en ce que le détecteur infrarouge est un bolomètre infrarouge relié au circuit de lecture restant du groupe de deux circuits de lecture.

Dans un mode de réalisation préférentiel, le photodétecteur visible comprend un groupe de trois photodiodes formées sur la face avant de la couche en silicium et dans lequel des groupe de quatre circuits de lecture formés sur la face avant, dans lequel trois circuits de lecture sont reliés aux trois photodiodes, le bolomètre infrarouge étant relié au circuit de lecture restant du groupe de quatre circuits de lecture.

### **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente de manière schématique, en coupe, un capteur d'image couleur dans le domaine visible selon l'art antérieur;

- la figure 2 représente de manière schématique, en coupe, un mode de réalisation d'un détecteur de rayonnement muni de capteurs visibles et de capteurs infrarouges selon l'art antérieur;
- les figures 3 et 4 illustrent deux modes de réalisation de dispositifs de détection bispectrale visible et infrarouge,
- les figures 5 et 6 illustrent deux modes de réalisation de matrices dispositifs de détection bispectrale visible et infrarouge.

### **Description d'un mode de réalisation préféré de l'invention**

Pour permettre à un même dispositif de détection de réaliser une image en couleur ou monochrome de grande qualité et une image dans le domaine de l'infrarouge avec également une grande sensibilité, il est avantageux d'utiliser un premier photodétecteur 4 adapté pour détecter le rayonnement visible et un deuxième détecteur 11 adapté pour détecter le rayonnement infrarouge.

De manière à avoir un dispositif compact, il est particulièrement avantageux de réaliser un dispositif de détection monolithique dans lequel le premier photodétecteur 4 et le deuxième détecteur 11 sont formés sur un même substrat semi-conducteur 2. Le substrat semi-conducteur 2 est avantageusement réalisé dans un matériau semi-conducteur configuré pour détecter l'un des deux rayonnements recherchés.

De manière particulièrement avantageuse, le premier photodétecteur visible 4 est un capteur polychromique qui est configuré pour détecter trois couleurs élémentaires du spectre visible. On entend par trois couleurs élémentaires, trois voies de décomposition spectrale nécessaires à la reproduction des couleurs. Le premier photodétecteur visible 4 comporte avantageusement, par exemple, trois photodiodes 4a, 4b et 4c. Il est également possible d'avoir un photodétecteur monochrome avec une seule photodiode ou deux photodiodes.

Comme le silicium est un matériau adapté à la détection du spectre visible, il est particulièrement avantageux de réaliser le premier photodétecteur visible 4 à base de silicium. Afin de réaliser l'association d'un photodétecteur couleur dans le domaine visible et d'un détecteur infrarouge 11 à grande sensibilité, on utilise une intégration hybride dans laquelle le photodétecteur visible est formé à côté de la structure CMOS dédiée à la détection dans le visible. Le substrat 1

comporte une couche 2a en matériau semi-conducteur configurée pour détecter le rayonnement visible, par exemple du silicium.

De cette manière, le dispositif de détection tire avantage des photodiodes 4a-c qui captent dans le rayonnement visible et qui sont réalisées avantageusement dans une technologie CMOS et encore plus avantageusement dans une technologie CMOS en silicium. Le dispositif de détection tire également avantage du détecteur infrarouge 11 qui est réalisé dans une technologie spécifique.

La figure 3, illustre schématiquement un mode de réalisation d'un photodétecteur de rayonnement visible 4. Le premier photodétecteur comprend une structure CMOS réalisée dans la couche 2a du substrat 2. La couche 2a est avantageusement une couche en silicium munie d'une face avant et d'une face arrière. Plusieurs photodiodes 4a-c et plusieurs circuits de lecture 12 sont formés sur la face avant. Un détecteur infrarouge 11 est associé à un circuit de lecture et chacune des photodiodes est associée à un circuit de lecture.

Ainsi, dans un premier mode de réalisation avec une seule photodiode 4, un groupe de deux circuits de lecture 3 est formés sur la face avant, dans lequel un circuit de lecture 3 est relié à la photodiode 4a. L'autre circuit de lecture est connecté au photodétecteur infrarouge.

Dans un autre mode de réalisation avec trois photodiodes, le premier circuit de lecture 3a est relié à la première photodiode 4a pour la détection d'une première composante du rayonnement visible. Le deuxième circuit de lecture 3b est relié à la deuxième photodiode 4b pour la détection d'une deuxième composante du rayonnement visible. Le troisième circuit de lecture 3c est relié à la troisième photodiode 4c pour la détection d'une troisième composante du rayonnement visible. Les trois composantes sont choisies pour permettre la reproduction des couleurs. Dans le groupe de quatre circuits de lecture, trois circuits de lecture sont connectés aux photodiodes et le quatrième circuit de lecture est connecté au photodétecteur infrarouge.

Les photodiodes 4 sont avantageusement associées à une partie optique 1 pour réaliser la décomposition de la lumière. La partie optique comprend avantageusement des microlentilles 7 et des filtres en résine 8. Les filtres 8 sont de préférence réalisés par une structure de filtres interférentiels.

Les filtres interférentiels sont, par exemple, formés par un empilement comprenant une alternance d'au moins deux couches métalliques et d'au moins deux couches diélectriques. Les couches métalliques peuvent être en argent (Ag) et les couches diélectriques peuvent être en nitrure de silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

Le photodétecteur visible comporte un groupe d'au moins trois photodiodes 4 associées à des filtres 8 pour décomposer la lumière visible. Les trois photodiodes 4 sont reliées électriquement à trois circuits de lecture. Il est également possible d'avoir des photodétecteurs monochromatiques

Pour chaque groupe de photodiodes, par exemple une photodiode, deux photodiodes ou trois photodiodes, la structure CMOS de la figure 3 est associée à un photodétecteur infrarouge 11 qui est un bolomètre infrarouge. Le photodétecteur infrarouge 11 est disposé de manière à être décalé latéralement par rapport aux photodiodes visibles 4a-c. De manière préférentielle, le détecteur infrarouge 11 est configuré pour détecter dans l'infrarouge lointain plus précisément entre 8 et 15 micromètres (la gamme LWIR en anglais). Cette gamme permet d'avoir une information complètement décorrélée de l'information fournie dans le domaine visible.

Le détecteur infrarouge 11 est un capteur à bolomètres c'est-à-dire un détecteur thermique utilisé pour mesurer une quantité de flux énergétique absorbée, grâce à une variation de résistance provoquée par l'échauffement d'une plaque ou d'une couche de détection. Le quatrième circuit de lecture 3d est relié électriquement au bolomètre infrarouge.

Cette configuration est susceptible de mesurer la puissance d'un rayonnement électromagnétique dans des domaines tels que les hyperfréquences ou le rayonnement infrarouge.

Un bolomètre est un capteur résistif dont la résistance varie avec la température et donc avec le flux de rayonnement provenant de la scène observée. Pour lire la valeur de la résistance du bolomètre qui correspond à un flux infrarouge, on peut par exemple imposer une tension et mesurer un courant.

De cette manière, comme pour les photodiodes 4 configurées pour collecter des informations dans le domaine du rayonnement visible, le circuit de lecture 3 peut imposer une tension de polarisation et il récupère un signal en courant

représentatif de la scène observée. Les mêmes circuits de lecture peuvent être employés pour le photodétecteur visible 4 et pour le détecteur infrarouge 11.

Le détecteur bolométrique 11 comprend une membrane suspendue 12, qui comporte une couche mince réalisée en matériau bolométrique, deux électrodes coplanaires et un absorbeur. L'absorbeur permet de capter le rayonnement infrarouge pour le convertir en chaleur à l'intérieur du détecteur. La membrane absorbante 12 est suspendue au-dessus du support 2 par l'intermédiaire de plots conducteurs 13 de l'électricité. Le support 2 est le substrat semi-conducteur qui sert à former les circuits de lecture 3 et les photodiodes 4 sensibles au rayonnement visible.

La couche mince en matériau bolométrique a une épaisseur avantageusement comprise entre 0.1 et 1 micromètre.

Sous l'effet du rayonnement électromagnétique infrarouge, la membrane absorbante 12 s'échauffe. Cette modification de température est avantageusement propagée à une couche de conversion, qui peut être une couche semi-conductrice. La couche de conversion peut comprendre par exemple un ou plusieurs thermistors qui permettent de transformer la variation de chaleur en une modification d'un signal électrique. De cette manière, la configuration du bolomètre permet de transformer une énergie rayonnante (dans l'infrarouge) en un signal électrique de mesure.

Cependant d'autres modes de fonctionnement sont également possibles, dans lesquels l'augmentation de température engendre la variation d'une propriété du matériau conversion, telle qu'une apparition de charges électriques par effet pyroélectrique, la variation de la capacité par changement de la constante diélectrique pour les détecteurs capacitifs, la variation de la tension par effet thermoélectrique pour les thermocouples, en plus de la variation de la résistance pour les détecteurs bolométriques.

De manière avantageuse, le détecteur bolométrique 11 est configuré pour réaliser simultanément les fonctions de thermométrie et d'absorption du rayonnement infrarouge incident.

Comme indiqué plus haut, le support 2 est avantageusement le substrat semi-conducteur dans lequel les circuits de lecture 3 et les photodiodes 4 sont formés. Le substrat semi-conducteur 2 peut également être recouvert par une

ou plusieurs couches conductrices ou isolantes afin de modifier l'influence du substrat vis-à-vis du détecteur bolométrique. Les couches isolantes ou conductrices peuvent être des couches isolantes ou conductrices d'un point de vue thermique et/ou d'un point de vue électrique.

Dans une configuration particulière, le détecteur bolométrique 11 peut comprendre des bras 13 dotés chacun d'une extrémité rattachée à la membrane 12 et d'une autre extrémité rattachée au support 2. Par exemple, le détecteur bolométrique 11 est solidarisé au substrat au moyen de plots d'ancrage. Dans cette architecture, la membrane absorbante 12 est maintenue en suspension au dessus du support 2. Les plots d'ancrage sont avantageusement conducteurs et servent à la fois à maintenir la membrane 12 au dessus du substrat 2 et à véhiculer des signaux électriques issus de la membrane et qui sont représentatifs d'une énergie thermique détectée.

Afin de limiter les pertes thermiques de la membrane absorbante 12, les bras 13 sont espacés de la membrane 12 sur une majeure partie de leur longueur. Cette configuration permet d'améliorer la sensibilité du détecteur 11.

Afin d'accroître les performances du détecteur infrarouge 11, le matériau sensible de la membrane absorbante 12 doit présenter une faible masse calorifique et il doit être bien isolé thermiquement par rapport au support 2. Cette architecture permet au bolomètre de présenter une meilleure sensibilité de conversion de l'échauffement en signal électrique.

Dans un mode de réalisation avantageux, une couche réfléchissante 14 configurée pour réfléchir les rayonnements électromagnétiques peut être placée sur le support 2, en regard de la membrane 12. Avantageusement, la distance entre la couche réfléchissante 14 et la membrane 12 est définie en fonction de la hauteur des plots d'ancrage 13. La distance qui sépare la membrane 12 et la couche réfléchissante 14 est préférentiellement égale au quart de la longueur d'onde détectée afin de créer une cavité quart d'onde permettant d'augmenter l'absorption de la membrane 12.

Dans un mode de réalisation avantageux, le matériau bolométrique de la membrane absorbante est réalisé en silicium polycristallin ou amorphe de type p ou n faiblement ou fortement résistif. En variante, le matériau bolométrique de la membrane absorbante 12 peut également être réalisé en oxyde de vanadium

( $V_2O_5$ ,  $VO_2$ ) ou d'un cuprate (YBaCuO) élaboré dans une phase semi-conductrice.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux qui peut être combiné avec les modes de réalisation précédents, le détecteur infrarouge 11 est encapsulé au sein d'un boîtier 15. L'encapsulation est avantageusement réalisée sous vide ou sous une faible pression de gaz inerte qui est conducteur de la chaleur. Le boîtier 15 est muni d'une fenêtre transparente à la bande de longueurs d'onde concernée pour permettre l'irradiation de la membrane absorbante. L'encapsulation du bolomètre 11 permet d'améliorer ses performances de fonctionnement.

De manière préférentielle, le détecteur infrarouge 11 présente des dimensions voisines de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde recherchée afin d'accroître son efficacité. Il existe un compromis entre la puissance collectée (proportionnelle à la surface du détecteur) et la résolution spatiale.

Les filtres 7 associés aux photodiodes 4 sont configurés pour décomposer un rayon lumineux en couleurs élémentaires et de manière avantageuse, ils sont également configurés pour filtrer la composante infrarouge du rayonnement incident. Chacun des trois filtres interférentiels 8-R, 8-V et 8-B permet de filtrer, à la fois la composante infrarouge et deux composantes associées à deux des trois couleurs élémentaires du rayonnement incident. Autrement dit, la structure de filtrage de rayonnement infrarouge 8 a une caractéristique spectrale de transmission correspondant au moins à une des trois voies de décomposition nécessaires à la reproduction des couleurs.

Les filtres de couleur 8 et le détecteur infrarouge 11 sont disposés sur la même face du substrat semi-conducteur 2. Dans un mode de réalisation illustré à la figure 3, les filtres de couleur 8 et le détecteur infrarouge 11 sont configurés pour réaliser une détection face avant. Dans cette configuration, les rayons provenant de la scène observée arrivent vers la face avant du substrat 2 et ils sont captés par les détecteurs visibles et infrarouge qui donnent une information sur la scène observée. Dans ce cas de figure, les grilles des transistors des circuits de lecture 3 sont formées sur la même face que le bolomètre 11 et que les filtres 8 de décomposition de la lumière.

Dans un autre mode de réalisation illustré à la figure 4, les filtres de couleur 8 et le détecteur infrarouge 11 sont configurés pour réaliser une détection face arrière. Dans cette deuxième configuration, les rayons arrivent vers la face arrière du substrat 2 et ils traversent le substrat 2 avant d'être captés par les détecteurs visibles 4 qui sont disposés sur la face avant. Le détecteur infrarouge 11 est disposé sur la face arrière tout comme les filtres 8. Dans ce cas de figure, les grilles des transistors des circuits de lecture 3 sur formées sur la face avant alors que le bolomètre 11 et les filtres de décomposition de la lumière 8 sont formés sur la face arrière du substrat 2.

L'épaisseur des filtres 8 est avantageusement inférieure à l'épaisseur du détecteur infrarouge 11 ce qui permet de limiter l'encombrement du dispositif de détection.

Une telle architecture peut être obtenue en réalisant les circuits de lecture 3 et les photodiodes visibles 4 sur le substrat. La structure de départ est avantageusement entièrement réalisée en technologie CMOS sur la face avant du substrat 2, avec le circuit de lecture 3 et les photodiodes 4. Ensuite, il est possible de réaliser le photodétecteur puis les filtres et les microlentille. En variante, il est possible de réaliser les filtres et les microlentilles puis le bolomètre 11. Il est également envisageable de réaliser une partie du bolomètre en même temps qu'une partie de la partie optique 1 du détecteur visible.

De ce fait, le dispositif de détection bénéficie des avantages de la technologie CMOS pour réaliser une image classique couleur et les détecteurs bolométriques.

Bien que l'on ait décrit la réalisation de quelques pixels incluant un pixel infrarouge, les techniques décrites ici s'appliquent à la réalisation d'un capteur matriciel comprenant des millions de pixels infrarouges et visibles (couleur ou noir et blanc).

De manière avantageuse, le dispositif de détection de rayonnement électronique magnétique dans le visible et dans l'infrarouge est associé à d'autres détecteurs identiques ou sensiblement identiques.

La pluralité de détecteurs est avantageusement agencée en matrice. Dans une première configuration, les photodétecteurs infrarouges sont agencés en ligne, c'est-à-dire une rangée ou une colonne. Les photodétecteurs visibles sont

également agencés en ligne. De cette manière, une ligne de photodétecteurs envoie une information relative au domaine infrarouge ou une information relative au domaine visible. Chaque ligne est reliée à un décodeur de ligne et chaque colonne est reliée à un décodeur de colonne. Les colonnes sont également reliées à une mémoire tampon de colonne qui est connectée à un circuit de traitement.

En fonction de la différence de dimension qui existe entre les trois photodétecteurs visibles et le bolomètre infrarouge, il est possible de prévoir, sur une même ligne, trois photodétecteurs visibles adjacents à un bolomètre infrarouge (non représenté). Il peut exister une alternance dans l'ordre des filtres cependant, cette répétition n'est pas obligatoire dans la mesure où un bolomètre est toujours associé au moins à trois photodétecteurs adjacents recevant trois couleurs différentes pour assurer la cohérence spatiale de l'information.

Il est également possible de prévoir une ligne de photodétecteurs infrarouges qui est décomposée en deux sous-lignes comme cela est illustré à la figure 5. Une première sous-ligne comporte les photodétecteurs associés à deux premières couleurs et la deuxième sous-ligne comporte le dernier photodétecteur associé à la troisième couleur. Dans cette configuration, il reste une place pour un photodétecteur, par exemple un photodétecteur additionnel utilisé pour assurer une autre fonctionnalité du dispositif de détection.

Ces premières configurations sont plus simples à mettre en œuvre car des photodétecteurs d'une même technologie sont réalisés sur une même ligne. Cependant, pour avoir un fonctionnement optimal de ces architectures, il est avantageux de prévoir un circuit de commande qui génère une lecture des lignes, c'est-à-dire une ligne infrarouge ou visible puis la ligne suivante qui est alors visible ou infrarouge. Les informations sur la scène observée sont acquises, par tous les photodétecteurs durant un temps d'exposition glissant (rolling frame mode en anglais).

Dans une autre configuration illustrée à la figure 6, les photodétecteurs sont disposés en damier. Sur une ligne, le photodétecteur infrarouge est séparé du photodétecteur infrarouge consécutif par un photodétecteur visible. Le photodétecteur visible comporte les trois photodiodes associées aux trois composantes élémentaires. Ce mode de réalisation offre plus de souplesse car

de bons résultats d'acquisition sont obtenus même lorsque le circuit de commande ne travaille pas avec une lecture successive des lignes.

Dans un mode de réalisation préférentiel, le dispositif de détection comporte un filtre additionnel disposé entre les photodétecteurs infrarouge/visibles et la scène observée. Le filtre est formé par une couche ou par un empilement de couches qui comporte au moins une zone gravée de manière à bloquer une partie du rayonnement transmis. Dans un mode de réalisation particulier, le matériau non texturé ne réalise pas de filtrage et le matériau texturé permet de bloquer une partie du spectre infrarouge. De manière avantageuse, le filtre additionnel présente des motifs débouchant ou non débouchant espacés les uns des autres selon un pas de répétition. Ce pas de répétition est configuré pour avantageusement former un filtre passe-haut, par exemple un filtre passe haut ayant un seuil de coupure à 7,7micromètre. Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, le filtre est réalisé par une couche de ZnSe qui comporte des zones structurées pour former des filtres passe-haut et des zones non structurées. Les zones non structurées sont avantageusement placées au dessus des photodiodes 4 alors que les zones structurées font faces aux détecteurs bolométriques 11.

## Revendications

### 1. Dispositif de détection de rayonnement comprenant :

- une couche en silicium (2a) munie d'une face avant et d'une face arrière ;
- un photodétecteur visible comprenant au moins une photodiode (4a-c) formée sur la face avant de la couche en silicium (2a) ;
- un groupe de deux circuits de lecture (3) formés sur la face avant, dans lequel un circuit de lecture (3) est relié à la photodiode (4a-c); et
- un détecteur infrarouge (11) décalé latéralement par rapport à la photodiode (4a-c);

caractérisé en ce que le détecteur infrarouge (11) est un bolomètre infrarouge relié au circuit de lecture (3) restant du groupe de deux circuits de lecture (3).

2. Dispositif de détection de rayonnement selon la revendication 1, dans lequel le photodétecteur visible comprend un groupe de trois photodiodes (4a-c) formées sur la face avant de la couche en silicium (2a) et dans lequel des groupe de quatre circuits de lecture (3) formés sur la face avant, dans lequel trois circuits de lecture (3) sont reliés aux trois photodiodes (4a-c), le bolomètre infrarouge étant relié au circuit de lecture (3) restant du groupe de quatre circuits de lecture (3).
3. une structure de filtrage de rayonnement infrarouge (8) recouvre le groupe de trois photodiodes (4) sans recouvrir le bolomètre infrarouge (11).
4. Dispositif de détection de rayonnement selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le bolomètre infrarouge (11) est configuré pour capter le rayonnement dans la gamme 8-15 micromètres.
5. Dispositif de détection de rayonnement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel une pluralité de détecteurs visibles et de détecteurs infrarouges sont intégrés en matrice.
6. Dispositif de détection de rayonnement selon la revendication 4, dans lequel les photodétecteurs visibles et infrarouges sont alternés sous la forme d'un damier.

7. Dispositif de détection de rayonnement selon la revendication 4, dans lequel les photodétecteurs visibles et infrarouges sont alternés sous la forme d'une ligne de photodétecteurs visibles séparée de la ligne consécutive de photodétecteurs visibles par une ligne de photodétecteurs infrarouges.
8. Dispositif de détection de rayonnement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel un filtre additionnel en ZnSe comporte une zone gravée avec des motifs séparés d'un pas de répétition configuré pour former un filtre passe-haut.

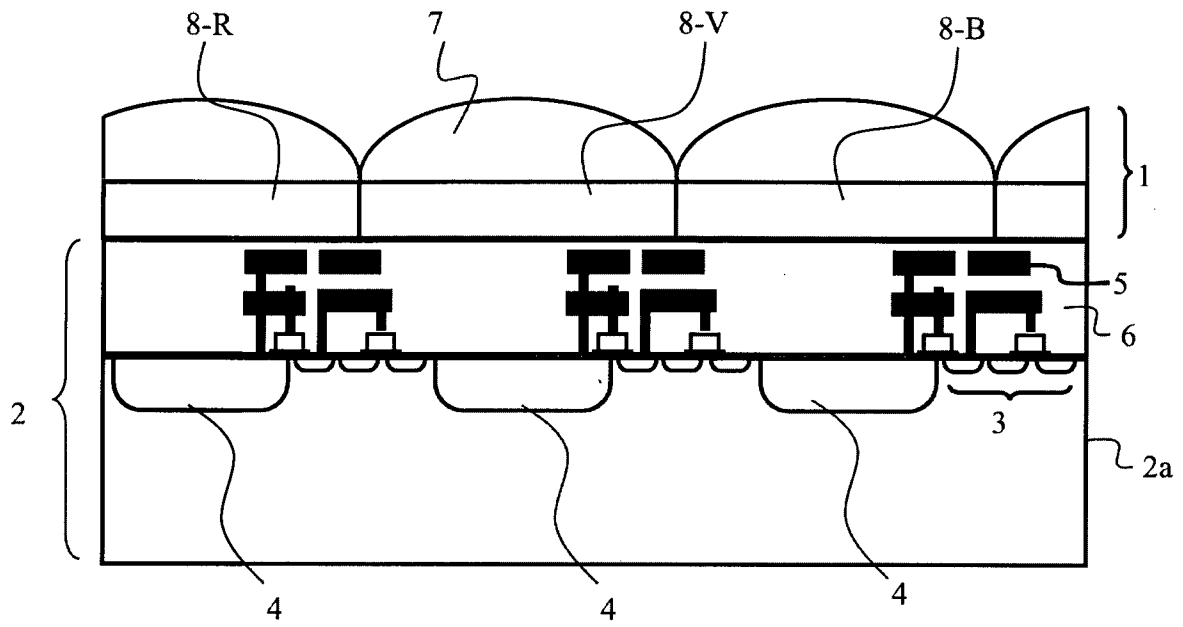


Figure 1

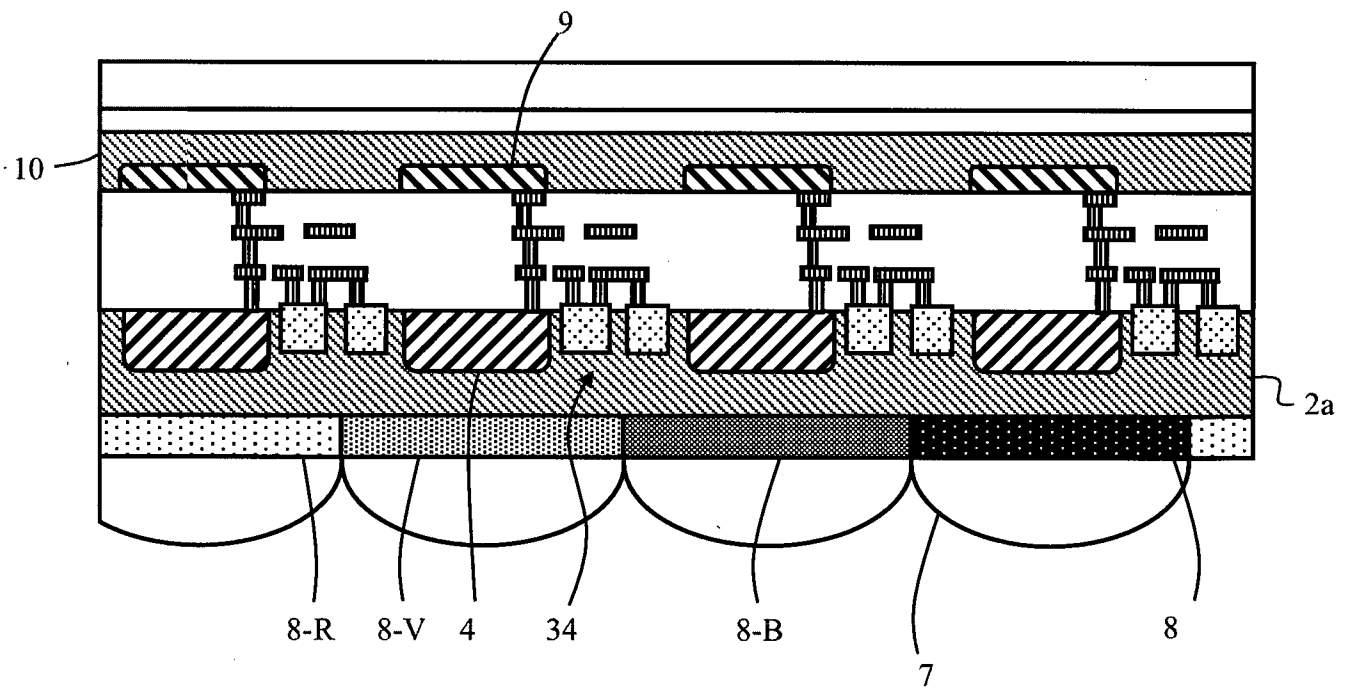


Figure 2

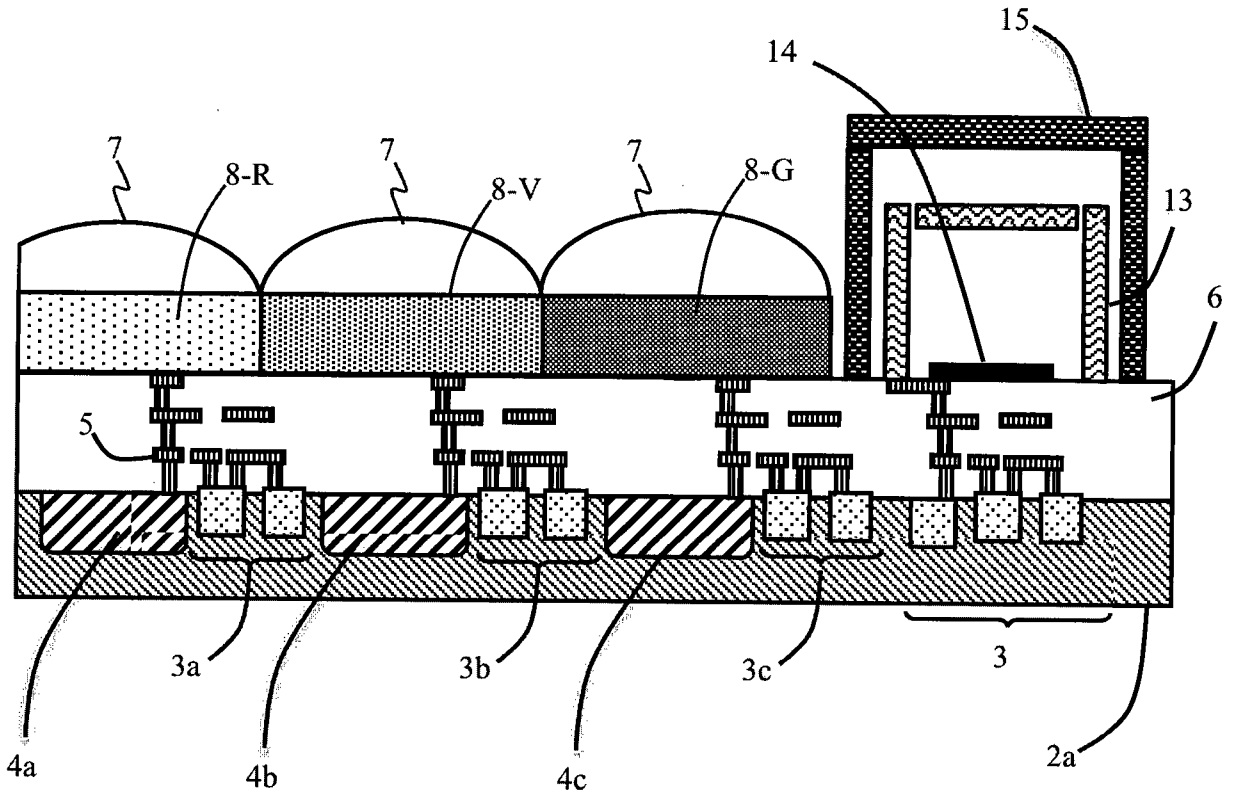


Figure 3

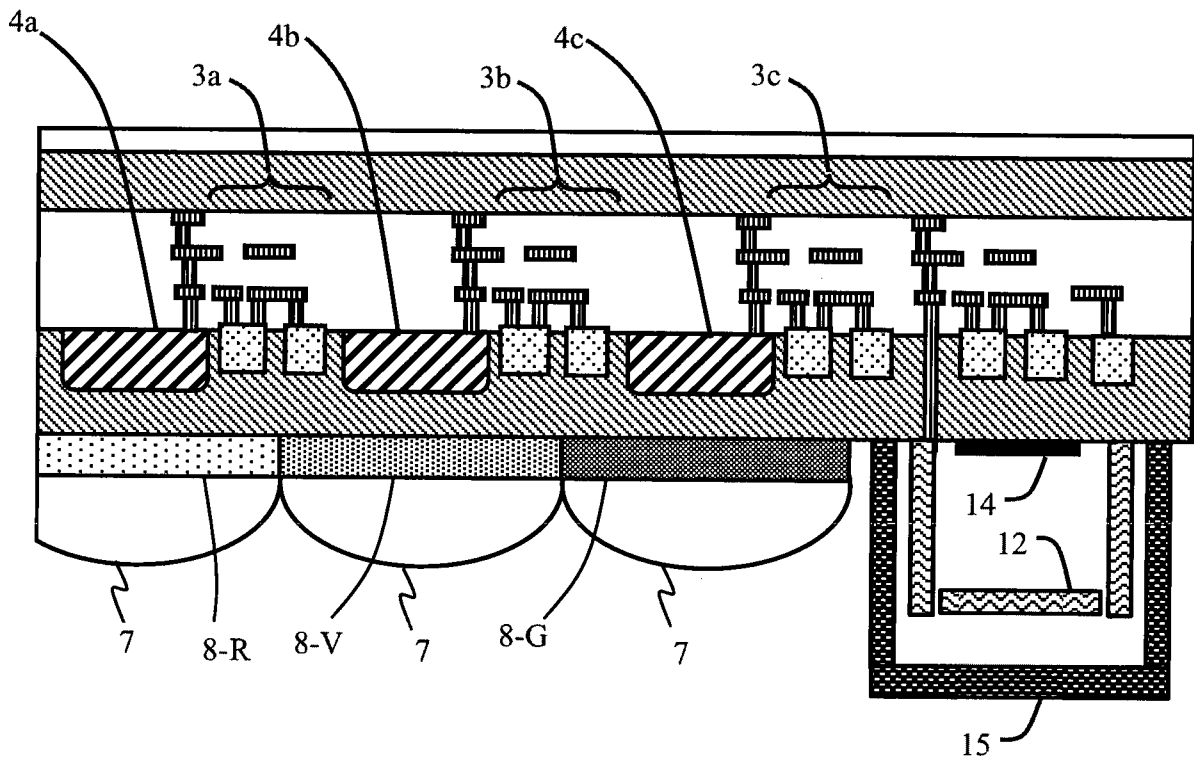


Figure 4

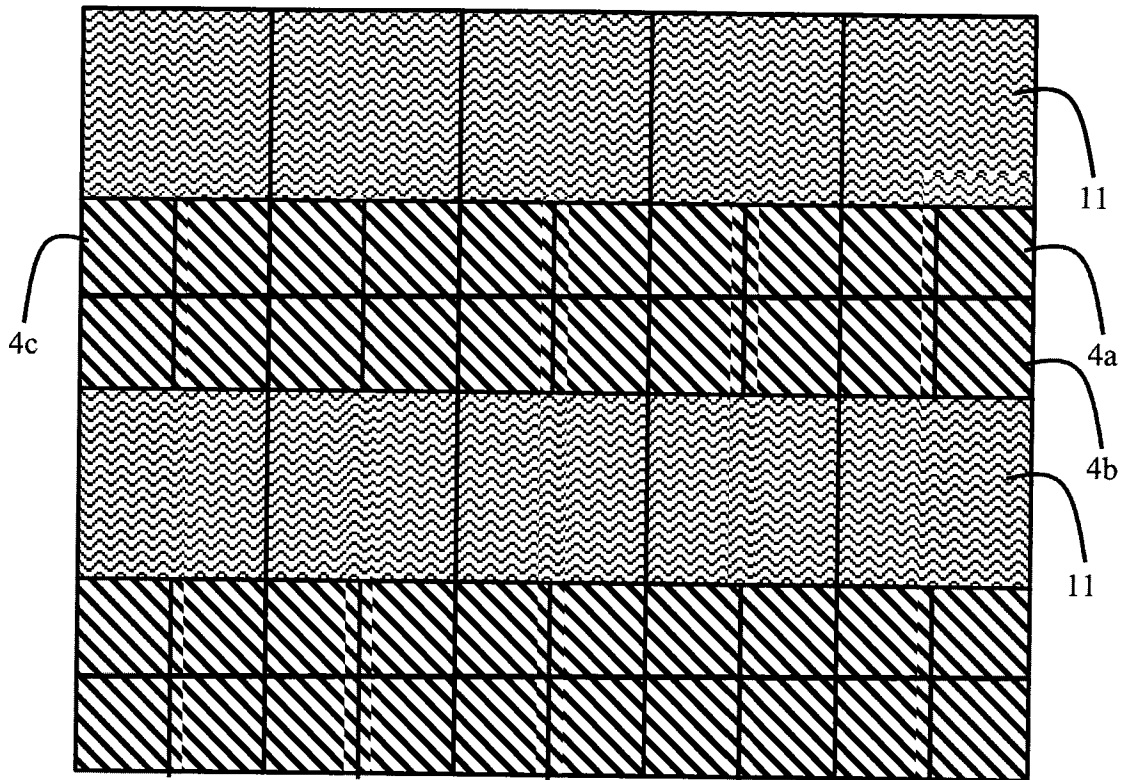


Figure 5

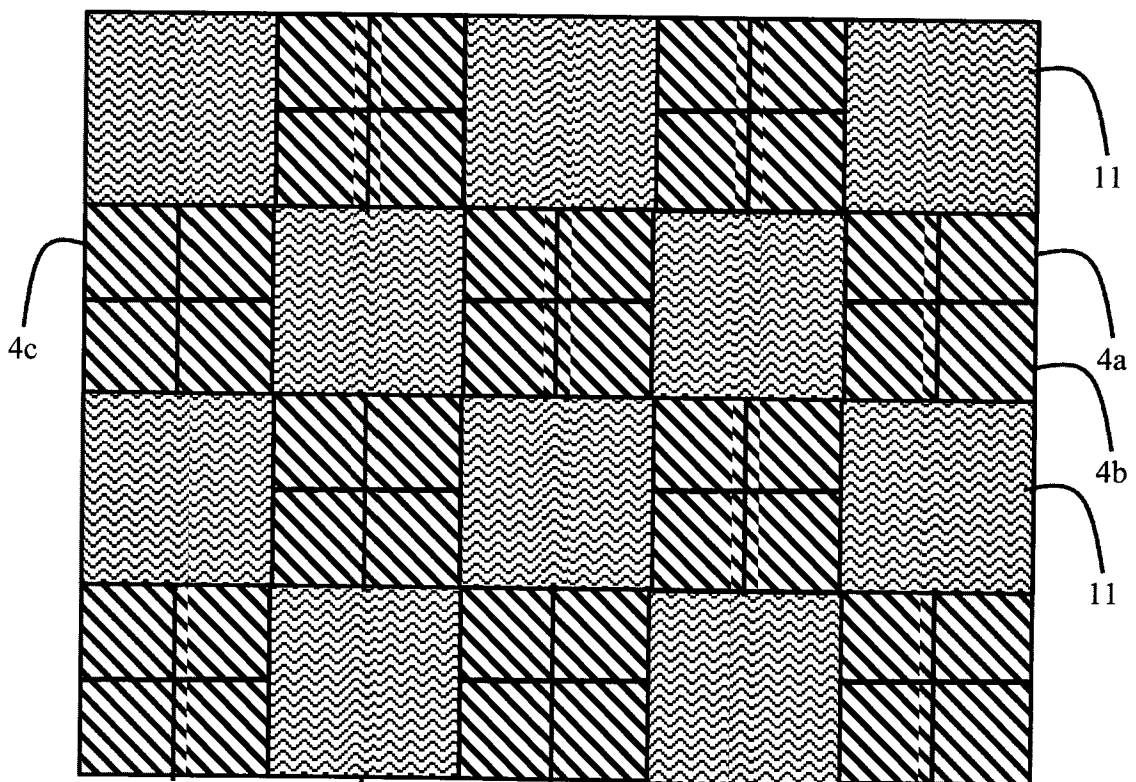


Figure 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/000331A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L27/146  
ADD. G01J5/20

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 G01J H04N G02B

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 practicable, 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 2007/284532 A1 (NAKANISHI JUNJI [JP] ET AL) 13 December 2007 (2007-12-13)	1-7
Y	paragraph [0023] - paragraph [0040] figures 1-4	8
	-----	
X	EP 0 977 275 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 2 February 2000 (2000-02-02)	1-7
Y	paragraph [0056] - paragraph [0061] figure 6	8
	-----	
X	JP 2006 343229 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 December 2006 (2006-12-21)	1-7
Y	paragraph [0005] paragraph [0024] - paragraph [0032] figures 5-7	8
	-----	
	-/--	

 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 application or patent 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 February 2014

Date of mailing of the international search report

18/02/2014

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

Kostrzewa, Marek

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/000331

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2005/089098 A2 (UNIV CALIFORNIA [US]; CHANG-HASNAIN CONNIE J [US]; MATEUS CARLOS FERNA) 29 September 2005 (2005-09-29) the whole document	8
A	----- FR 2 966 978 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 4 May 2012 (2012-05-04) page 10, line 23 - page 11, line 7 figure 6 -----	3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2013/000331
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007284532	A1	13-12-2007	JP 4901320 B2 21-03-2012
			JP 2007333464 A 27-12-2007
			US 2007284532 A1 13-12-2007
-----			
EP 0977275	A1	02-02-2000	DE 69935377 T2 15-11-2007
			EP 0977275 A1 02-02-2000
			FR 2781927 A1 04-02-2000
			US 6320189 B1 20-11-2001
-----			
JP 2006343229	A	21-12-2006	NONE
-----			
WO 2005089098	A2	29-09-2005	US 2007115553 A1 24-05-2007
			US 2007153860 A1 05-07-2007
			US 2010316079 A1 16-12-2010
			US 2010316083 A1 16-12-2010
			WO 2005089098 A2 29-09-2005
-----			
FR 2966978	A1	04-05-2012	EP 2636066 A1 11-09-2013
			FR 2966978 A1 04-05-2012
			US 2013214161 A1 22-08-2013
			WO 2012059656 A1 10-05-2012
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000331

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. H01L27/146 ADD. G01J5/20				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L G01J H04N G02B				
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				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	US 2007/284532 A1 (NAKANISHI JUNJI [JP] ET AL) 13 décembre 2007 (2007-12-13)	1-7		
Y	alinéa [0023] - alinéa [0040] figures 1-4	8		
	-----			
X	EP 0 977 275 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 2 février 2000 (2000-02-02)	1-7		
Y	alinéa [0056] - alinéa [0061] figure 6	8		
	-----			
X	JP 2006 343229 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 décembre 2006 (2006-12-21)	1-7		
Y	alinéa [0005] alinéa [0024] - alinéa [0032] figures 5-7	8		
	-----			
	-/--			
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe                 </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">11 février 2014</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">18/02/2014</div>		
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  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Kostrzewa, Marek</div>		

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000331

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2005/089098 A2 (UNIV CALIFORNIA [US]; CHANG-HASNAIN CONNIE J [US]; MATEUS CARLOS FERNA) 29 septembre 2005 (2005-09-29) le document en entier	8
A	FR 2 966 978 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 4 mai 2012 (2012-05-04) page 10, ligne 23 - page 11, ligne 7 figure 6	3

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000331

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007284532	A1	13-12-2007	JP 4901320 B2 21-03-2012
			JP 2007333464 A 27-12-2007
			US 2007284532 A1 13-12-2007
-----			
EP 0977275	A1	02-02-2000	DE 69935377 T2 15-11-2007
			EP 0977275 A1 02-02-2000
			FR 2781927 A1 04-02-2000
			US 6320189 B1 20-11-2001
-----			
JP 2006343229	A	21-12-2006	AUCUN
-----			
WO 2005089098	A2	29-09-2005	US 2007115553 A1 24-05-2007
			US 2007153860 A1 05-07-2007
			US 2010316079 A1 16-12-2010
			US 2010316083 A1 16-12-2010
			WO 2005089098 A2 29-09-2005
-----			
FR 2966978	A1	04-05-2012	EP 2636066 A1 11-09-2013
			FR 2966978 A1 04-05-2012
			US 2013214161 A1 22-08-2013
			WO 2012059656 A1 10-05-2012
-----			