

(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
09 janvier 2020 (09.01.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/007622 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 27/146 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/066468

(22) Date de dépôt international :
21 juin 2019 (21.06.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
18/00717 05 juillet 2018 (05.07.2018) FR

(71) Déposants : **THALES** [FR/FR] ; TOUR CARPE DIEM,
Place des Corolles, Esplanade Nord, 92400 COURBEVOIE
(FR). **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**

ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR] ; 25
rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", 75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **DELGA, Alexandre** ; chez Thales Research
& Technology, 1 rue Augustin Fresnel, 91767 Palaiseau
Cedex (FR). **REVERCHON, Jean-Luc** ; chez Thales Re-
search & Technology, 1 rue Augustin Fresnel, 91767 Palai-
seau Cedex (FR).

(74) Mandataire : **JOUBERT, Cécile** ; Immeuble "Visium",
22, avenue Aristide Briand, 94117 ARCUEIL Cedex (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, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,

(54) Title: IMPROVED BI-SPECTRAL DETECTOR

(54) Titre : DÉTECTEUR BI-SPECTRAL AMÉLIORÉ

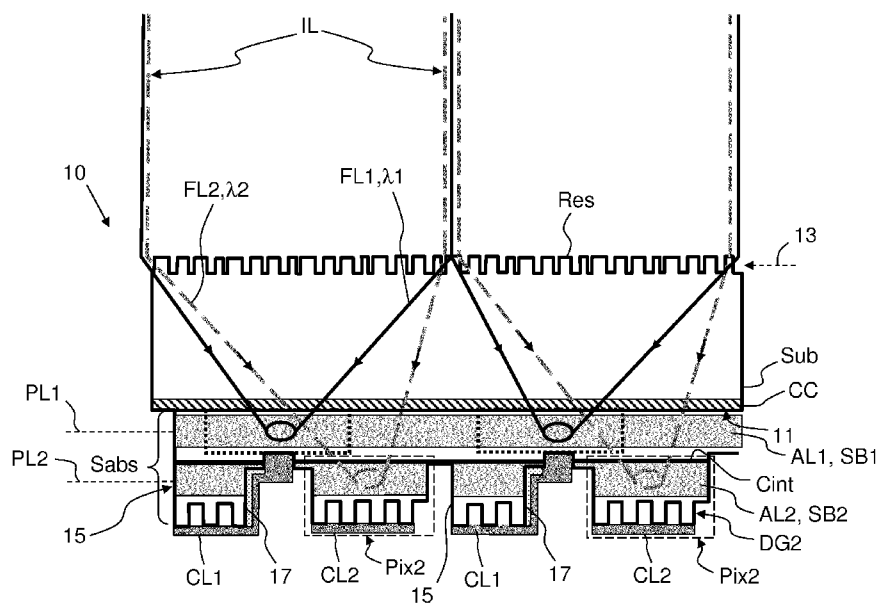


FIG.8

(57) Abstract: The invention relates to an optical detector (10) that is sensitive in at least two infrared wavelength ranges denoted first spectral band (SB1) and second spectral band (SB2), and having a set of pixels, comprising: - an absorbent structure (Sabs) disposed on a lower face (11) of a substrate (Sub) and comprising a stack of at least one absorbent layer (AL, AL1, AL2) made of semi-conductor material; - the detector further comprising a plurality of dielectric resonators (Res) on the upper surface (12) of said substrate forming an upper surface denoted metasurface (13), the metasurface being configured to diffuse, deflect and focus in the pixels of the detector in a resonant manner, when illuminated by the incident light (IL), a first beam (FL1) having at least one first wavelength (A1) included in the first spectral band (SB1) and a second beam (FL2) having at least one second wavelength (A2) included in the second band, the

[Suite sur la page suivante]

KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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))

metasurface also being configured so that said first (FL1) and second (FL2) beams are focused on different pixels of the detector.

(57) **Abstrégé** : L'invention concerne un détecteur optique (10) sensible dans au moins deux plages de longueur d'onde infrarouges dénommées première bande spectrale (SB1) et deuxième bande spectrale (SB2), et présentant un ensemble de pixels, comprenant : -une structure absorbante (Sabs) disposée sur une face inférieure (11) d'un substrat (Sub) et comprenant un empilement d'au moins une couche absorbante (AL, AL1, AL2) en matériau semi-conducteur, -le détecteur comprenant en outre une pluralité de résonateurs diélectriques (Res) sur la face supérieure (12) dudit substrat formant une surface supérieure dénommée meta-surface (13), la meta-surface étant configurée pour diffuser, défléchir et focaliser dans les pixels du détecteur de manière résonnante, lorsqu'éclairée par la lumière incidente (IL), un premier faisceau (FL1) présentant au moins une première longueur d'onde (A1) comprise dans la première bande spectrale (SB1) et un deuxième faisceau (FL2) présentant au moins une deuxième longueur d'onde (A2) comprise dans la deuxième bande, la meta-surface étant en outre configurée pour que lesdits premier (FL1) et deuxième (FL2) faisceaux soient focalisés sur des pixels différents du détecteur.

Détecteur Bi-spectral amélioré

DOMAINE DE L'INVENTION

- 5 L'invention concerne un détecteur bi-spectral amélioré, pour les domaines de l'imagerie infrarouge IR. Plus particulièrement l'invention concerne un détecteur bi-spectral, c'est-à-dire sensible dans deux bandes spectrales IR, par exemple dans la bande MWIR (Medium Wavelength Infra Red en anglais) typiquement comprise entre 3 μm et 5 μm et dans la bande LWIR
10 (Long Wavelength Infra Red en anglais) typiquement comprise entre 8 μm et 12 μm .

ETAT DE LA TECHNIQUE

- 15 Dans l'imagerie infrarouge thermique, on distingue principalement deux gammes de longueur d'onde bénéficiant de la transmission de l'atmosphère :
-le moyen infrarouge ou MWIR de 3 à 5 μm , lui-même subdivisé en deux fenêtres de part et d'autre de la bande d'absorption du CO_2 . L'émission du
20 corps noir varie fortement avec la température et la transmission est moins perturbée par l'humidité.
-le lointain infrarouge ou LWIR de 8 à 12 μm . Il correspond au pic d'émission d'un corps noir à température ambiante. Il est peu sensible aux phénomènes de diffusion de la lumière.
25 Chacune de ses deux fenêtres présente donc des avantages en fonction des conditions opérationnelles (zone maritime, côtière, désertique...) au-delà des qualités intrinsèques des imageurs permettant d'adresser ces deux gammes de longueur d'onde (uniformité, détectivité...).
Aussi, une offre basée sur une caméra bi-spectrale MWIR/LWIR est
30 proposée dans les années 2000.

Selon une première technologie dénommée matrice de Bayer, le détecteur comprend une couche semi-conductrice absorbante simultanément dans les deux bandes IR, et des filtres interférentiels sont disposés sur les pixels pour

2

détecter une image LWIR Im_L et une image MWIR Im_M . La réalisation de ces filtres est complexe, la sensibilité et la résolution sont faibles, et les deux images Im_L et Im_M récupérées par le détecteur ne présentent pas de cohérence spatiale.

- 5 On entend par cohérence spatiale entre les deux images le fait que la lumière incidente sur un même pixel de chaque image provienne de la même zone de la scène. Les pixels LWIR et MWIR étant ici adjacents, il ne peut y avoir de cohérence spatiale entre les deux images.

La détection de deux images cohérentes présente l'intérêt de pouvoir
10 comparer précisément la signature MWIR et LWIR d'un élément de la scène qui ne s'étend parfois que sur quelques pixels.

Une deuxième technologie permettant de conserver la cohérence spatiale est basée sur un détecteur comprenant deux couches absorbantes
15 superposées, une sensible dans le LWIR et une dans le MWIR, tel qu'illustré figure 1.

Dans cet exemple chaque étage est constitué d'un QWIP (pour « Quantum Well Infrared Photodetector » en anglais) à base de GaAs/AlGaAs. Le pixel présente une structure en méso correspondant à une gravure des couches
20 actives pour délimiter le pixel, celles-ci se retrouvant alors en contact avec l'air. Il convient dans ce type de structure de prendre un contact par couche (C_{LWIR} et C_{MWIR}) et un contact commun CC. Préférentiellement ces trois contacts sont reportés sur un même plan, pour faciliter le raccordement au circuit de lecture.

25 La technologie QWIP est une technologie de type inter sous bande (ISB) dans laquelle les photo-porteurs sont générés d'une sous bande de la bande de conduction vers une autre sous bande de la bande de conduction.

Les principaux problèmes rencontrés sont un mauvais couplage optique de l'étage MWIR compromettant le rendement quantique critique dans la
30 gamme MWIR. Des problématiques de diaphonie optique à travers le contact commun ont compliqué la réalisation.

De manière générale la mise en œuvre de deux prises de contacts est délicate au niveau matriciel pour ces structures à deux étages.

Pour un pixel en mésa, le contact entre la couche active et l'air crée un courant d'obscurité, ceci étant particulièrement critique pour les détecteurs fondés sur la détection inter bande, c'est-à-dire par génération de photo-porteurs de la bande de valence vers la bande de conduction. On citera à titre d'exemple un capteur en super-réseaux de type II sur GaSb présentant une structure mésa sur au moins un niveau. Pour les détecteurs basés sur la détection inter bande il convient donc de passiver la structure mesa, ce qui pose des problèmes technologiques.

10 Ainsi, aucune des approches pour l'imagerie bi-spectrale IR selon l'état de la technique n'a vraiment réussi à s'imposer pour des raisons de complexité de l'optique et du détecteur.

Un but de la présente invention est de pallier certains inconvénients précités en proposant un détecteur bi-spectral amélioré présentant une technologie simplifiée, une meilleure résolution et/ou FTM (Fonction de Transfert de Modulation), et/ou un meilleur gain et/ou une meilleure sensibilité.

20 DESCRIPTION DE L'INVENTION

La présente invention a pour objet un détecteur optique sensible dans au moins deux plages de longueur d'onde infrarouges dénommées première bande spectrale et deuxième bande spectrale, et présentant un ensemble de pixels, comprenant :

-une structure absorbante disposée sur une face inférieure d'un substrat et comprenant un empilement d'au moins une couche absorbante en matériau semi-conducteur, sensible dans les deux bandes spectrale et apte à photogénérer des porteurs par absorption d'un faisceau incident sur une face supérieure dudit substrat, la structure absorbante étant en outre reliée à un circuit de lecture par au moins un ensemble de contacts associés auxdits pixels,

-le détecteur comprenant en outre une pluralité de résonateurs diélectriques sur la face supérieure dudit substrat formant une surface supérieure dénommée meta-surface, la meta-surface étant configurée pour diffuser,

défléchir et focaliser dans les pixels du détecteur de manière résonnante, lorsqu'éclairée par la lumière incidente, un premier faisceau présentant au moins une première longueur d'onde comprise dans la première bande spectrale et un deuxième faisceau présentant au moins une deuxième
5 longueur d'onde comprise dans la deuxième bande, la meta-surface étant en outre configurée pour que lesdits premier et deuxième faisceaux soient focalisés sur des pixels différents du détecteur.

Avantageusement la première bande spectrale est comprise dans la bande 3-5 μm et la deuxième bande spectrale est comprise dans la bande 8-12 μm .

10

Selon une première variante l'empilement comprend une seule couche absorbante sensible à la fois dans la première et la deuxième bande spectrale, le premier faisceau étant focalisé sur un premier sous ensemble de pixels dénommés premiers pixels, et le deuxième faisceau étant focalisé
15 sur un deuxième sous ensemble de pixels dénommés deuxièmes pixels, lesdits premier et deuxième pixels étant disposés dans un même plan.

Selon une deuxième variante l'empilement comprend une première couche absorbante sensible dans la première bande spectrale et disposée dans un
20 premier plan, et une deuxième couche absorbante sensible dans la deuxième bande spectrale et disposée dans un deuxième plan différent du premier plan, la première couche absorbante étant la plus proche du substrat, le premier faisceau étant focalisé sensiblement dans le premier plan sur un premier sous ensemble de pixels dénommés premiers pixels, et le
25 deuxième faisceau étant focalisé sensiblement dans le deuxième plan sur un deuxième sous ensemble de pixels dénommés deuxièmes pixels.

Selon un mode de réalisation la deuxième couche absorbante est discontinue et gravée de sorte qu'un deuxième pixel présente une structure en méssa. Préférentiellement la deuxième couche absorbante réalise une
30 détection inter sous bande.

Selon un mode de réalisation un deuxième pixel comprend un réseau de diffraction configuré pour diffracter en réflexion le deuxième faisceau.

Selon une sous variante la première couche absorbante est continue.

Avantageusement la première couche absorbante (AL1) réalise une
35 détection inter bande.

Selon un mode de réalisation chaque premier pixel (Pix1) est relié à un premier contact et chaque deuxième pixel est relié à un deuxième contact, et une structure en mesa d'un deuxième pixel sur deux est utilisée comme pilier
5 de manière à rapporter les premiers contacts sur sensiblement un même plan horizontal que les deuxièmes contacts.

Selon un mode de réalisation chaque premier pixel est relié à un premier contact et chaque deuxième pixel est relié à un deuxième contact, et la
10 première couche absorbante est discontinue et gravée de sorte que chaque premier pixel présente une structure en méso servant de base à la structure en méso du deuxième pixel.

Selon un mode de réalisation une structure en mesa d'un deuxième pixel sur deux est utilisée comme pilier (15) de manière à rapporter le premier contact
15 (CL1) sur sensiblement un même plan horizontal que le deuxième contact (CL2).

Selon un mode de réalisation on définit une première meta-lentille comme la fraction de la meta-surface focalisant le premier faisceau dans un premier
20 pixel associé, et une deuxième meta-lentille comme la fraction de la meta-surface focalisant le deuxième faisceau dans un deuxième pixel associé, et dans lequel la meta-surface est configurée de sorte que les premières et les deuxièmes meta-lentilles soient décalées l'une par rapport à l'autre.

Selon un autre mode de réalisation on définit une première meta-lentille
25 comme la fraction de la metasurface focalisant le premier faisceau dans un premier pixel associé, et une deuxième meta-lentille comme la fraction de la metasurface focalisant le deuxième faisceau dans un deuxième pixel associé, et dans lequel la meta-surface est configurée de sorte que les premières et deuxième meta-lentilles soient superposées.

30 Préférentiellement la somme des surfaces respectives d'un premier et d'un deuxième pixel est inférieure ou égale à la surface d'une meta-lentille.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard
35 des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

La figure 1, déjà citée, illustre un détecteur bi-spectral avec pixel en méso selon l'état de la technique.

Le figure 2 illustre une première variante de détecteur selon l'invention à un
5 seul niveau combinée à un agencement des meta-lentilles en mode décalé.

La figure 3 illustre des exemples de formes de résonateurs selon l'invention, la figure 3a illustre un résonateur de forme ronde et la figure 3b illustre un résonateur de forme carrée.

La figure 4 illustre un agencement de meta-lentille de type entrelacé appliqué
10 à la première variante du détecteur selon l'invention, en vue de dessus.

La figure 5 illustre une première variante de détecteur selon l'invention à un seul niveau combinée à un agencement des meta-lentilles en mode superposé.

La figure 6 illustre un agencement de meta-lentille de type superposé du
15 détecteur selon l'invention, combinée à un agencement de type « dilué » des pixels, en vue de dessus.

La figure 7 illustre la sous variante à première couche absorbante continue d'une deuxième variante de détecteur selon l'invention à deux niveaux, combinée à un agencement de type décalé des meta-lentilles et présentant
20 une géométrie de contact simplifiée, tous les contacts étant rapportés sur un même plan.

La figure 8 illustre la sous variante à première couche absorbante continue de la deuxième variante de détecteur selon l'invention à deux niveaux, combinée à un agencement de type superposé des meta-lentilles et
25 présentant une géométrie de contact simplifiée, tous les contacts étant rapportés sur un même plan.

La figure 9 illustre la sous variante à première couche absorbante continue de la deuxième variante de détecteur selon l'invention à deux niveaux, combinée à un agencement de type superposé des meta-lentilles et
30 présentant un agencement de type « dense » des pixels.

La figure 10 illustre un agencement de meta-lentille de type superposé du détecteur selon l'invention, combinée à un agencement de type « dense » des pixels, en vue de dessus.

La figure 11 illustre la sous variante à double méso de la deuxième variante
35 de détecteur selon l'invention à deux niveaux, combinée à un agencement de

type superposé des meta-lentilles et présentant un agencement de type « dilué » des pixels.

5 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

L'invention concerne un détecteur optique 10 sensible dans au moins deux plages de longueur d'onde infra rouge dénommées première bande spectrale SB1 et deuxième bande spectrale SB2, communément dénommé détecteur bi-spectral.

Selon un mode de réalisation préféré la première bande spectrale SB1 est comprise dans la bande 3-5 μm MWIR et la deuxième bande spectrale SB2 est comprise dans la bande 8-12 μm LWIR.

Et d'autres configurations bi-spectrales sont possibles, telles :

- MWIR « bleu » autour de 4.2 μm et MWIR « rouge » autour de 4.8 μm , c'est-à-dire de part et d'autre de la bande d'absorption du CO_2 (pour faciliter la détection de points chauds par exemple),
- LWIR [8-10 μm] et LWIR [10-12 μm],
- MWIR et proche infrarouge (dit SWIR).

Le détecteur bi-spectral selon l'invention comprend un ensemble de pixels, préférentiellement agencés sous forme de matrice, subdivisé en un premier sous ensemble de pixels dénommés premiers pixels Pix1 configurés pour détecter un signal lumineux dans SB1, et un deuxième sous ensemble de pixels dénommés deuxièmes pixels Pix2 configurés pour détecter un signal lumineux dans SB2.

Différentes variantes du détecteur 10 selon l'invention sont illustrées figures 2, 5, 7, 8, 9 et 11 qui seront décrites séparément plus loin.

Il comprend une structure absorbante Sabs disposée sur une face inférieure 11 d'un substrat Sub comprenant un empilement d'au moins une couche absorbante en matériau semi-conducteur, également dénommée couche active, l'empilement étant sensible dans les deux bandes spectrale SB1, SB2 et apte à photo-générer des porteurs par absorption d'un faisceau lumineux incident IL sur une face supérieure 12 du substrat Sub. Typiquement l'épaisseur du substrat est comprise entre quelques dizaines à quelques

centaines de μm et le matériau du substrat est choisi parmi : InP, GaAs, GaSb, Si, SiC, Diamant.

La structure absorbante comprend typiquement, outre la ou les couches actives, plusieurs autres couches (non représentées) telles des couches d'injection de porteurs.

Une couche active peut être constituée d'un grand nombre de sous couches, telles des multi-puits quantiques ou des super-réseaux. Des exemples de matériau semi-conducteur pour la couche absorbante sont: InGaAs ; InAsSb ; super réseau InAsSb/InAs ; InSb ; super réseau GaSb/InAs ; GaN ; AlGaIn, AlGaAsSb ; multi-puits quantiques GaAs/AlGaAs ou InGaAs/AlInAs, super-réseau InAs/AlSb.

Dans une première variante illustrée figures 2 et 5, l'empilement comprend une seule couche absorbante AL sensible à la fois dans la première bande spectrale SB1 et la deuxième bande spectrale SB2.

Dans une deuxième variante illustrée figures 7, 8, 9 et 11, l'empilement comprend une première couche absorbante AL1 sensible dans la première bande spectrale SB1 disposée dans un premier plan PL1, et une deuxième couche absorbante AL2 sensible dans la deuxième bande spectrale SB2 disposée dans un deuxième plan PL2 différent du premier plan. Les deux plans PL1 et PL2 sont superposés. Par convention la première couche absorbante AL1 est la plus proche du substrat.

La structure absorbante est en outre reliée à un circuit de lecture (non représenté sur les figures) via au moins un ensemble de contacts associés aux pixels, et il existe en outre un contact commun à tous les pixels CC, par exemple constitué d'une zone très dopée à l'extrémité du substrat située du côté de la couche absorbante AL ou AL1.

Le détecteur selon l'invention comprend en outre un ensemble de résonateurs diélectriques Res sur la face supérieure 12 du substrat Sub formant une surface supérieure dénommée meta-surface 13 .

Lorsqu'elle est éclairée par le faisceau incident IL, la meta-surface 13 est configurée pour diffuser de manière résonnante et focaliser dans les pixels

du détecteur, un premier faisceau lumineux FL1 présentant au moins une première longueur d'onde λ_1 comprise dans la première bande spectrale SB1 et un deuxième faisceau lumineux FL2 présentant au moins une deuxième longueur d'onde λ_2 comprise dans la deuxième bande spectrale SB2.

La meta-surface est en outre configurée pour que le premier faisceau FL1 et le deuxième faisceau FL2 soient focalisés sur des pixels différents du détecteur, elle sépare spatialement les deux longueurs d'onde λ_1 , λ_2 .

Le premier faisceau FL1 est focalisé sur un premier sous ensemble de pixels constitué de premiers pixels Pix1, et le deuxième faisceau FL2 est focalisé sur un deuxième sous ensemble de pixels constitué de deuxièmes pixels Pix2. La meta-surface 13 permet donc de focaliser le flux incident sur les pixels voulus.

Pour la première variante du détecteur selon l'invention illustrée figures 2 et 5 les premier et deuxième pixels sont disposés dans un même plan, le détecteur ne présente qu'un seul niveau. La sélectivité spectrale s'opère par « tri de photon » (« photon sorting » en anglais) au moyen de la meta-surface.

On définit des contacts CL1 associés aux pixels Pix1 et des contacts CL2 associés aux pixels Pix2.

Le circuit de lecture reconstitue, à partir du faisceau incident IL provenant d'une scène, une image Im1 à SB1 provenant des pixels Pix1, et une image Im2 à SB2 provenant des pixels Pix2, à partir de signaux électriques issus des photo-porteurs arrivant respectivement sur les contacts CL1 et CL2.

Pour la première variante, la couche AL étant sensible dans les deux bandes spectrales, c'est la meta-surface 13 qui détermine les pixels Pix1 qui détectent l'image Im1 et les pixels Pix2 qui détectent l'image Im2.

Les résonateurs Res de la meta-surface 13 sont soit gravés directement dans le substrat Sub (dans ce cas ils ne présentent pas de différence d'indice avec le substrat) soit réalisés sur une autre surface rapportée sur le substrat.

De manière générale cet ensemble de résonateurs forme une meta-surface de Huygens qui agit sur la lumière incidente de manière à réaliser une ou plusieurs fonctions optiques. Ces éléments constituent une monocouche de

nano-antennes diélectriques qui fonctionnent de façon résonnante, exaltant la réponse au voisinage d'une fréquence de résonance λ_R (largeur spectrale de la résonance centrée sur λ_R) tout en coupant le flux lumineux autour de cette largeur spectrale de résonance. Chaque résonateur est un
5 dipôle rayonnant ou dipôle de Huygens et un nombre important de modes d'antenne sont accessibles en jouant sur la forme, la taille et l'agencement de ces dipôles. Ils composent un assemblage de nano-antennes dont les dimensions et l'espacement sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de résonance, ou sub-longueur d'onde. Chaque résonateur imprime
10 une phase spécifique au signal incident, phase contrôlée à la fois dans SB1 et SB2.

Plus généralement chaque nano-antenne peut être vue comme une valeur locale d'impédance de surface aux deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 .

Les résonateurs jouent le rôle de microlentilles convergentes permettant de
15 focaliser la lumière incidente dans une bande spectrale autour de la longueur d'onde de résonance, au plus près du contact du pixel. Le profil effectif de la lentille est contrôlé par la disposition des antennes.

Comparé aux structures optiques de type indice effectif (type lentille de Fresnel digitalisée) le principe physique diffère : le front d'onde est modelé
20 du fait d'une phase conférée de manière abrupte, sur une distance très courte devant la longueur d'onde, et non accumulée le long du chemin optique. Un photon incident sur un point de la microlentille est capté par une nano antenne précise, interagit avec elle et est réémis avec une phase donnée. Les profils de lentille accessibles sont plus variés que pour les
25 structures à indice effectif et on contrôle de manière très précise la focale de la lentille, qui peut être très courte.

La meta-surface de l'invention est configurée pour résonner simultanément à λ_1 et λ_2 (avec respectivement une largeur spectrale autour de ces deux
30 longueurs d'onde). La capacité d'une même meta-surface à focaliser, c'est-à-dire résonner simultanément sur plusieurs longueurs d'ondes a été démontrée pour des longueurs d'onde télécoms, avec cofocalisation de 3 longueurs d'ondes dans la publication Aieta et al : « Multiwavelength achromatic metasurfaces by dispersive phase compensation » Science, 347
35 (6228), 1342-1345 (2015). La focalisation s'effectue au moyen d'une

assemblée de *résonateurs hybrides* formés de plusieurs sous résonateurs couplés. Ainsi, l'ingénierie du couplage permet d'obtenir le profil d'impédance voulu à plusieurs longueurs d'ondes de résonance.

- 5 Les dimensions des résonateurs sont inférieures aux dimensions des pixels du détecteur. On dénomme première meta-lentille ML1 la fraction de la meta-surface 13 focalisant le premier faisceau FL1 dans un premier pixel Pix1 associé, et deuxième meta-lentille ML2 la fraction de la meta-surface focalisant le deuxième faisceau FL2 dans un deuxième pixel Pix2 associé.
- 10 Par exemple sur les figures 2 et 5 les flèches 21 et 22 illustrent respectivement la dimension de la pupille de ML1 et de ML2. Chaque meta-lentille est constituée d'une pluralité de résonateurs, typiquement au moins 5x5 résonateurs.

- Typiquement au moins une dimension d'un résonateur Res, choisie parmi
- 15 largeur, longueur, hauteur, est comprise dans l'intervalle $[\lambda_R/2n - 50\% ; \lambda_R/2n + 50\%]$ ou dans l'intervalle $[\lambda_R/n - 50\% ; \lambda_R/n + 50\%]$, avec :

λ_R longueur d'onde de résonance = λ_1 ou λ_2 ,

n indice du matériau dans lequel sont gravés les résonateurs.

- La figure 3 illustre deux exemples de motif de base de résonateurs Res selon
- 20 l'invention. Typiquement ils présentent une forme circulaire (figure 3a) ou rectangulaire (figure 3b). Ils peuvent être sous forme de parois, le centre étant creux, ou pleins.

- Selon la fonction optique souhaitée, des sous motifs peuvent être gravés dans le motif de base constituant le résonateur, comme les trous au centre
- 25 des structures des figures 3a et 3b, constituant des sous motifs.

- Grâce à la meta-surface, on limite drastiquement les phénomènes de diaphonie optique et électrique (« cross talk »), on augmente la sensibilité du capteur ou on permet une diminution de la taille des pixels en maintenant
- 30 une sensibilité acceptable.

En outre l'utilisation de résonateurs selon l'invention permet de réaliser les microlentilles avec une technologie simple en une seule étape, et dont les motifs sont plus larges que ceux nécessaires pour des lentilles de Fresnel digitalisées.

Pour la première variante illustrée figures 2 et 5, grâce à la meta-surface selon l'invention les filtres diélectriques sont supprimés, ce qui simplifie grandement le procédé de fabrication du détecteur. De plus le détecteur ainsi réalisé ne présente qu'un seul niveau de contact, d'où une fabrication
5 largement simplifiée.

Pour la couche absorbante AL sensible dans SB1 et SB2, avec SB1 comprise dans MWIR et SB2 comprise dans LWIR, selon une option on utilise un matériau semi-conducteur avec un « gap » dans le LWIR, tout en
10 prenant garde à ce que le substrat n'absorbe ni dans le LWIR ni dans le MWIR. Il est aminci le cas échéant. La sensibilité de la couche détectrice AL couvre SB1 – SB2 et la plage entre les deux (couche AL dite large bande). Par exemple elle est réalisée en MCT ou avec un super-réseau.

15 Selon une autre option la sensibilité de la couche est bi-spectrale, obtenue par exemple avec un détecteur à cascade quantique dit QCD (pour « Quantum Cascade Detector » en anglais) bi-spectral, ou avec une structure hybride QW/QCD. Ici les longueurs d'ondes hors résonances, non focalisées, traversent la couche sans engendrer un signal de fond car elles
20 ne sont pas « vues » par la couche AL.

Les meta-lentilles ML1 forment un premier sous ensemble de meta-lentilles constituant un premier réseau bidimensionnel, et les meta-lentilles ML2 forment un deuxième sous ensemble constituant un deuxième réseau
25 bidimensionnel de meta-lentilles. Les deux réseaux peuvent s'agencer entre eux de différentes manières.

Selon un mode de réalisation illustré figure 2 les meta-lentilles ML1 et ML2 sont agencées selon un mode décalé.

Une vue de dessus d'un exemple d'agencement décalé (interlacé) adapté à
30 la première variante à un seul niveau est illustré figure 4. Dans cet exemple les pixels sont carrés, les meta-lentilles présentent des pupilles sensiblement carrées et décalées de 45° par rapport aux carrés formant les pixels, et le premier et le deuxième réseau de meta-lentilles sont décalés selon une dimension du carré des pixels d'une distance d correspondant à la distance
35 entre deux pixels dans cette même dimension. On ne perd aucun flux

incident, et la perte de résolution spatiale est moitié moindre que dans les configurations « diluées » décrites ci-après.

- Selon un mode de réalisation illustré figure 5 la meta-surface est configurée de sorte que les premières et deuxièmes meta-lentilles soient superposées. Les meta-lentilles ML1 et ML2 fonctionnent alors hors d'axe et sont imbriquées l'une dans l'autre. Dans ce cas la lumière atteignant deux pixels Pix1 et Pix2 adjacents et respectivement associés à ML1 et ML2 superposées provient du même point de la scène. On dit alors qu'il y a cohérence spatiale entre les deux images Im1 et Im2 respectivement détectées par le premier sous ensemble de premiers pixels et le deuxième sous ensemble de deuxièmes pixels. La cohérence spatiale entre les deux images Im1 et Im2 permet de détecter la signature bi-spectrale de très petites zones dans la scène.
- La figure 6 illustre un agencement entre pixels Pix1, Pix2 et meta-lentilles ML1, ML2 compatible avec un agencement superposé des meta-lentilles. Cet agencement est dénommé « dilué » car la surface des pixels est inférieure à la surface d'une meta-lentille. Les points 60 et 61 représentent schématiquement respectivement le focus de ML1 et de ML2.
- Typiquement la somme des surfaces respectives d'un premier et d'un deuxième pixel est inférieure ou égale à la surface d'une meta-lentille. Le fait de réaliser un pixel avec une surface « électrique » (surface de détection) inférieure à la surface « optique » (pupille) de la meta-lentille présente l'avantage d'augmenter le rapport signal sur bruit lorsque le composant est limité par le bruit d'obscurité : le signal correspondant à la surface optique, et le bruit à la surface électrique.

Selon la deuxième variante du détecteur selon l'invention les couches AL1 et AL2 sont séparées, superposées, et situées dans deux plans différents PL1 et PL2 (empilement vertical). La sensibilité de AL1 et AL2 est alors optimisée pour respectivement SB1 et SB2.

Le faisceau FL1 est focalisé sensiblement dans PL1 sur le premier sous ensemble de pixels Pix1 et FL2 est focalisé sensiblement dans PL2 sur le deuxième sous ensemble de pixels Pix2. Les distances focales des meta-lentilles ML1 et ML2 sont ajustées pour focaliser dans la couche associée et

sont donc différentes. Chaque couche AL1, AL2 présente une sensibilité optimisée indépendamment de l'autre et est donc plus performante qu'une couche AL large bande ou bi-spectrale. Dans cette deuxième variante il est nécessaire de réaliser deux niveaux de contact

5

Préférentiellement la deuxième couche absorbante AL2 est discontinue et gravée de sorte qu'un deuxième pixel Pix2 présente une structure en méso, tel qu'illustré figures 7, 8, 9 et 11 pour permettre la prise de contact intermédiaire. Pour ce type de structure il est préférable que la deuxième

10

couche absorbante AL2 réalise une détection inter sous bande dite ISB facile à passiver, par exemple du type QWIP ou QCD. Selon un mode de réalisation chaque deuxième pixel Pix2 comprend un réseau de diffraction DG2 configuré pour diffracter en réflexion le deuxième faisceau FL2. Ce réseau est situé sur le sommet du méso du côté opposé à

15

celui par lequel arrive le flux de lumière, soit du côté du circuit de lecture (non représenté sur les figures). Selon un fonctionnement connu ces réseaux sont configurés pour diffracter une onde évanescente qui est absorbée par la couche AL2.

20

Pour SB2 correspondant au LWIR, et pour un détecteur sur substrat GaSb, typiquement une couche AL2 en QCD est préférée au QWIP du fait d'un fort offset de la bande de conduction.

25

Selon une première sous variante de la deuxième variante la première couche absorbante AL1 est continue, tel qu'illustré figures 7 à 9. La technologie est alors simplifiée et on n'est pas obligé de choisir une couche AL1 compatible d'une structure en méso. Préférentiellement la première

30

couche absorbante AL1 réalise une détection inter bande. Pour SB1 correspondant au MWIR, et un détecteur sur substrat GaSb, typiquement on privilégie une couche AL1 de type nBn InAsSb planaire. A

35

noter que cette configuration peut fonctionner sans méso surface 13. Ce type d'architecture AL1 continue/AL2 en méso permet de réaliser une prise de contact simplifiée, tel qu'illustré figures 7 et 8.

Selon un mode de réalisation on utilise une structure en mesa d'un deuxième pixel Pix2 sur deux comme pilier 15 sur lequel est déposé une couche

isolante 17 puis un contact CL1. La couche isolante 17 isole le méso du contact CL1. Cette structure en méso 15 n'est donc pas utilisée comme pixel de détection Pix2, elle sert de support à un contact CL1. Un contact intermédiaire Cint est réalisé entre AL1 et AL2, et le contact CL1 est pris
5 avec la couche AL1 au travers du contact intermédiaire Cint via un trou 19. Le contact CL1 s'étend donc depuis le sommet du méso 15 jusqu'au trou 19 vers la couche AL1.

La diode de détection d'un pixel Pix1 est donc réalisée entre le contact commun CC et CL1, tandis que la diode de détection d'un pixel Pix2 est
10 réalisée entre le contact intermédiaire Cint et CL2, le contact Cint faisant office de contact commun pour les pixels Pix2. Rappelons que chaque pixel de la matrice doit avoir un contact commun et un contact individuel.

On rapporte ainsi les premiers contacts CL1 sur sensiblement un même plan horizontal que les deuxièmes contacts CL2, ce qui simplifie grandement le
15 raccordement de la partie détection du détecteur au circuit de lecture (hybridation standard). Cette configuration des contacts est rendue possible par la focalisation sélective réalisée par la meta-surface 13, sans elle le signal électrique proviendrait d'une zone trop étendue, générant une diaphonie réductrice.

20

La première sous variante est compatible d'un agencement des meta-lentilles en décalé comme illustré figure 7 et d'un agencement des meta-lentilles en superposé comme illustré figure 8. Dans cette dernière configuration de la figure 8, on a donc cohérence spatiale entre les deux
25 images détectées, et un agencement de type « dilué » des pixels tel qu'illustré figure 6 est préconisé.

Selon un autre mode de réalisation de la première sous variante AL1 continue/AL2 en méso tous les méso de Pix2 sont utilisés comme pixel de
30 détection et recouverts d'un contact CL2, tel qu'illustré figure 9. Dans ce cas le contact CL1 reste localisé au niveau du fond de l'espace inter-méso 23, et il faudra venir chercher ce contact de la même manière que ce qui est fait pour le détecteur de l'état de la technique illustré figure 1 (cette remontée du contact n'est pas représentée).

Cette architecture a cependant l'avantage de présenter la plus haute résolution spatiale des différentes variantes de l'invention, tout en garantissant une FTM améliorée par rapport à l'état de l'art.

Cette architecture combinée au mode superposé des meta-lentilles est compatible avec une architecture dite dense des pixels illustrée figure 10 dans laquelle la dimension de Pix1 et Pix2 est sensiblement égale à celle des meta-lentilles, lentilles et pixels étant tous superposés. Plus précisément les endroits où sont collectés les porteurs sont décalés entre Pix1 et Pix2, mais les contacts électriques définissant les pixels électriques sont superposés.

Selon une deuxième sous variante de la deuxième variante la première couche absorbante AL1 est discontinue et gravée de sorte que chaque premier pixel Pix1 présente une structure en méso servant de base à la structure en méso du deuxième pixel Pix2. Cette structure en double méso est illustrée figure 11. Ici la couche AL1 est préférentiellement également de type ISB comme la couche AL2. Cette structure double méso est compatible d'un agencement superposé des meta-lentilles de la meta-surface 13 garantissant la cohérence spatiale (illustré figure 11) et d'un agencement décalé non illustré.

Selon un mode de réalisation une structure en méso d'un deuxième pixel sur deux est utilisée comme pilier 15 de manière à rapporter le premier contact CL1 sur sensiblement un même plan horizontal que le deuxième contact CL2. La couche AL1 est divisée en un sous ensemble de premiers méso, mais seul un premier méso sur deux 24 est utilisé pour réaliser un pixel opérationnel Pix1. Le deuxième méso 15 structurant la couche AL2 et disposé au dessus de ce premier méso 24 sert alors de pilier pour le contact CL1, et n'est donc pas un pixel de détection Pix2.

Selon une option un pixel Pix1 opérationnel comprend un réseau de diffraction DG1 configuré pour diffracter en réflexion le premier faisceau FL1. Le premier méso disposé en dessous d'un pixel Pix2 opérationnel n'est pas utilisé non plus pour la détection. Le contact intermédiaire Cint entre AL2 et AL1 est, pour ce double méso, relié au contact commun via la couche 18. Le contact CL1 d'un pixel Pix1 opérationnel s'étend du sommet du méso 15 au sommet restant libre du premier méso lui servant de base.

La diode de détection d'un pixel Pix1 est donc réalisée entre le contact commun CC et CL1, tandis que la diode de détection d'un pixel Pix2 est réalisée entre le contact intermédiaire Cint relié au contact commun et CL2.

5 Cette structure double méssa est compatible d'un agencement « dilué » des pixels, et d'un agencement « dense », ce dernier étant cependant difficile à réaliser. En effet dans ce cas il faut perdre une partie de la surface de Pix2 pour ramener le contact Cint sur le plan de CL2 au niveau de chaque pixel. On revient à la difficulté d'hybridation évoquée dans l'état de la technique.

REVENDEICATIONS

1. Détecteur optique (10) sensible dans au moins deux plages de longueur d'onde infrarouges dénommées première bande spectrale (SB1) et deuxième bande spectrale (SB2), et présentant un ensemble de pixels, comprenant :
- 5 -une structure absorbante (Sabs) disposée sur une face inférieure (11) d'un substrat (Sub) et comprenant un empilement d'au moins une couche absorbante (AL, AL1, AL2) en matériau semi-conducteur, sensible dans les deux bandes spectrales (SB1, SB2) et apte à photo-générer des porteurs par absorption d'un faisceau (IL) incident sur une face supérieure (12) dudit
- 10 substrat,
- la structure absorbante étant en outre reliée à un circuit de lecture par au moins un ensemble de contacts (CL1, CL2) associés auxdits pixels,
- le détecteur comprenant en outre une pluralité de résonateurs diélectriques (Res) sur la face supérieure (12) dudit substrat formant une surface
- 15 supérieure dénommée meta-surface (13),
- la meta-surface étant configurée pour diffuser, défléchir et focaliser dans les pixels du détecteur de manière résonnante, lorsqu'éclairée par la lumière incidente (IL), un premier faisceau (FL1) présentant au moins une première longueur d'onde (λ_1) comprise dans la première bande spectrale (SB1) et un
- 20 deuxième faisceau (FL2) présentant au moins une deuxième longueur d'onde (λ_2) comprise dans la deuxième bande,
- la meta-surface étant en outre configurée pour que lesdits premier (FL1) et deuxième (FL2) faisceaux soient focalisés sur des pixels différents du détecteur.
- 25
2. Détecteurs selon la revendication 1 dans lequel la première bande spectrale (SB1) est comprise dans la bande 3-5 μm (MWIR) et la deuxième bande spectrale est comprise dans la bande 8-12 μm (LWIR).
- 30 3. Détecteur selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'empilement comprend une seule couche absorbante (AL) sensible à la fois dans la première et la deuxième bande spectrale,
- le premier faisceau (FL1) étant focalisé sur un premier sous ensemble de pixels dénommés premiers pixels (Pix1), et le deuxième faisceau (FL2) étant

focalisé sur un deuxième sous ensemble de pixels dénommés deuxièmes pixels (Pix2), lesdits premier et deuxième pixels étant disposés dans un même plan.

- 5 4. Détecteur selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel ledit empilement comprend une première couche absorbante (AL1) sensible dans la première bande spectrale (SB1) et disposée dans un premier plan (PL1), et une deuxième couche absorbante (AL2) sensible dans la deuxième bande spectrale (SB2) et disposée dans un deuxième plan (PL2) différent du
10 premier plan, la première couche absorbante étant la plus proche du substrat,

le premier faisceau (FL1) étant focalisé sensiblement dans le premier plan (PL1) sur un premier sous ensemble de pixels dénommés premiers pixels (Pix1), et le deuxième faisceau (FL2) étant focalisé sensiblement dans le
15 deuxième plan (PL2) sur un deuxième sous ensemble de pixels dénommés deuxièmes pixels (Pix2).

5. Détecteur selon la revendication précédente dans lequel la deuxième couche absorbante (AL2) est discontinue et gravée de sorte qu'un deuxième
20 pixel (Pix2) présente une structure en méssa.

6. Détecteur selon la revendication précédente dans lequel la deuxième couche absorbante (AL2) réalise une détection inter sous bande (ISB).

- 25 7. Détecteur selon l'une des revendications 5 ou 6 dans lequel un deuxième pixel (Pix2) comprend un réseau de diffraction (DG2) configuré pour diffracter en réflexion le deuxième faisceau (FL2).

8. Détecteur selon l'une des revendications 4 à 7 dans lequel la première
30 couche absorbante (AL1) est continue.

9. Détecteur selon l'une des revendications 4 à 8 dans lequel la première couche absorbante (AL1) réalise une détection inter bande.

10. Détecteur selon l'une des revendications 5 à 9 dans lequel chaque premier pixel (Pix1) est relié à un premier contact (CL1) et chaque deuxième pixel (Pix2) est relié à un deuxième contact (CL2), et dans lequel une structure en mesa d'un deuxième pixel sur deux est utilisée comme pilier (15) de manière à rapporter les premiers contacts (CL1) sur sensiblement un même plan horizontal que les deuxièmes contacts (CL2).

11. Détecteur selon l'une des revendications 5 à 7 dans lequel chaque premier pixel (Pix1) est relié à un premier contact (CL1) et chaque deuxième pixel (Pix2) est relié à un deuxième contact (CL2), et dans lequel la première couche absorbante (AL1) est discontinue et gravée de sorte que chaque premier pixel (Pix1) présente une structure en méssa servant de base à la structure en méssa du deuxième pixel (Pix2).

12. Détecteur selon la revendication 11 dans lequel une structure en mesa d'un deuxième pixel sur deux est utilisée comme pilier (15) de manière à rapporter le premier contact (CL1) sur sensiblement un même plan horizontal que le deuxième contact (CL2).

13. Détecteur selon l'une des revendications précédentes dans lequel on définit une première meta-lentille (ML1) comme la fraction de la meta-surface focalisant le premier faisceau dans un premier pixel associé, et une deuxième meta-lentille (ML2) comme la fraction de la meta-surface focalisant le deuxième faisceau dans un deuxième pixel associé, et dans lequel la meta-surface est configurée de sorte que les premières et les deuxièmes meta-lentilles soient décalées l'une par rapport à l'autre.

14. Détecteur selon l'une des revendications 1 à 12 dans lequel on définit une première meta-lentille (ML1) comme la fraction de la metasurface focalisant le premier faisceau dans un premier pixel associé, et une deuxième meta-lentille (ML2) comme la fraction de la metasurface focalisant le deuxième faisceau dans un deuxième pixel associé, et dans lequel la meta-surface est configurée de sorte que les premières et deuxième meta-lentilles soient superposées.

15. Détecteur selon l'une des revendications 13 ou 14 dans lequel la somme des surfaces respectives d'un premier et d'un deuxième pixel est inférieure ou égale à la surface d'une meta-lentille.

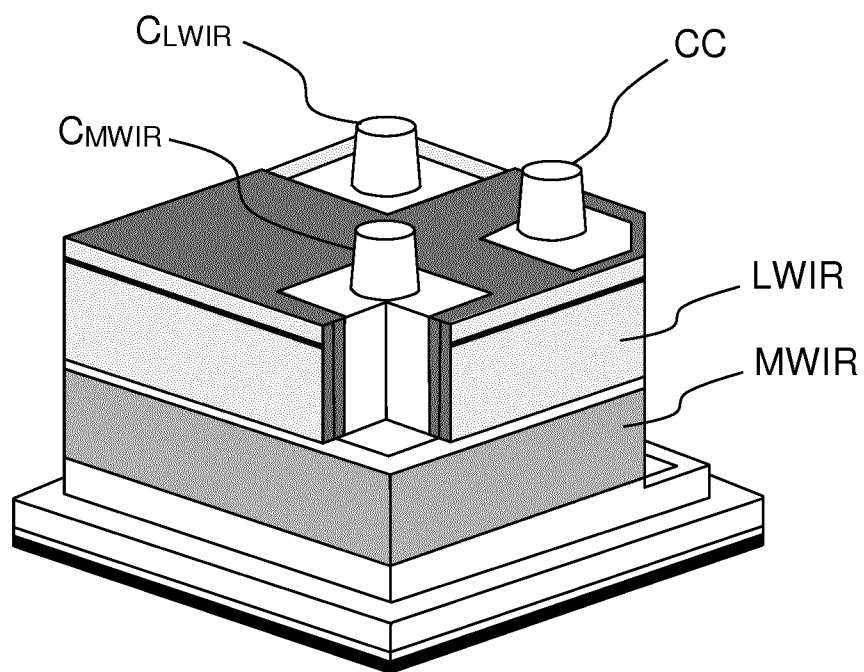


FIG.1

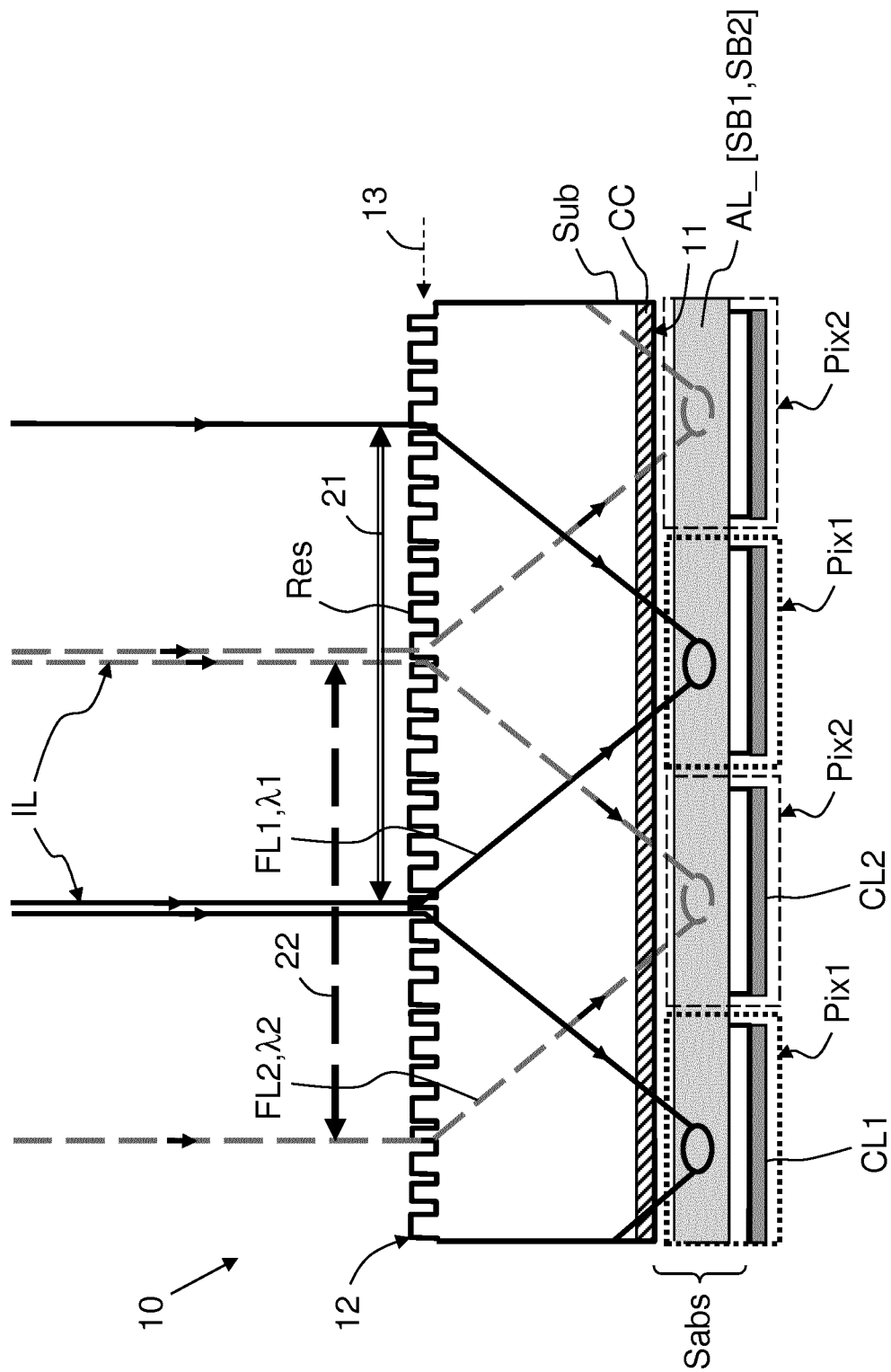


FIG. 2

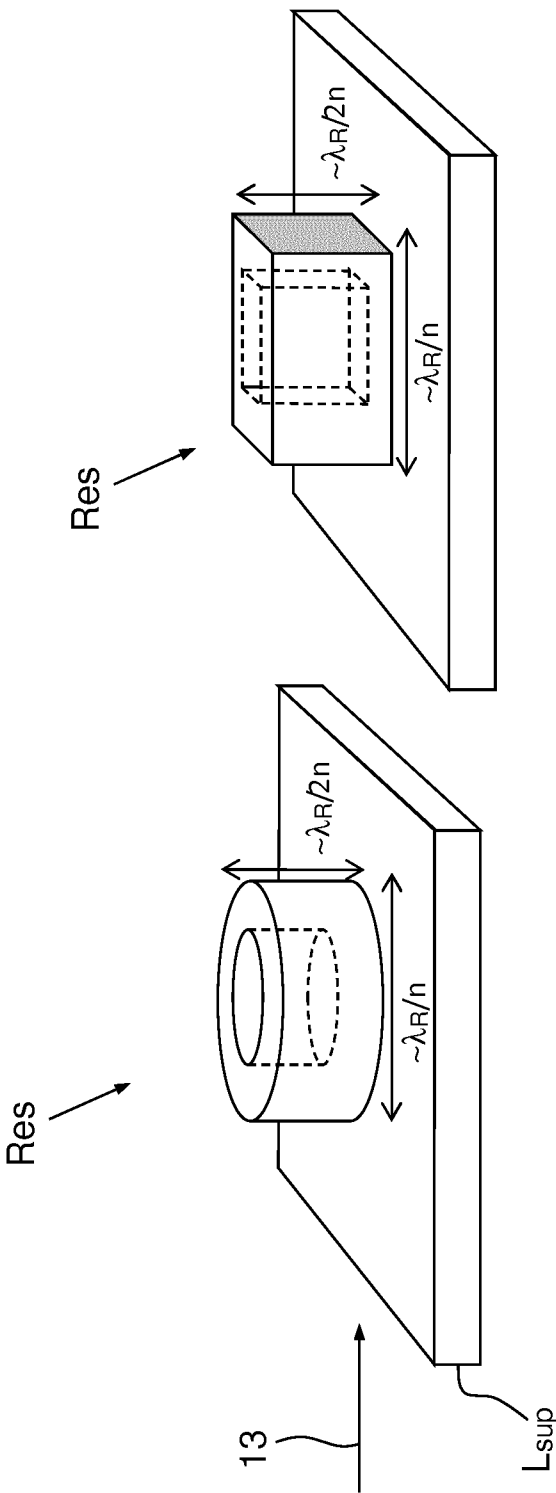


FIG.3b

FIG.3a

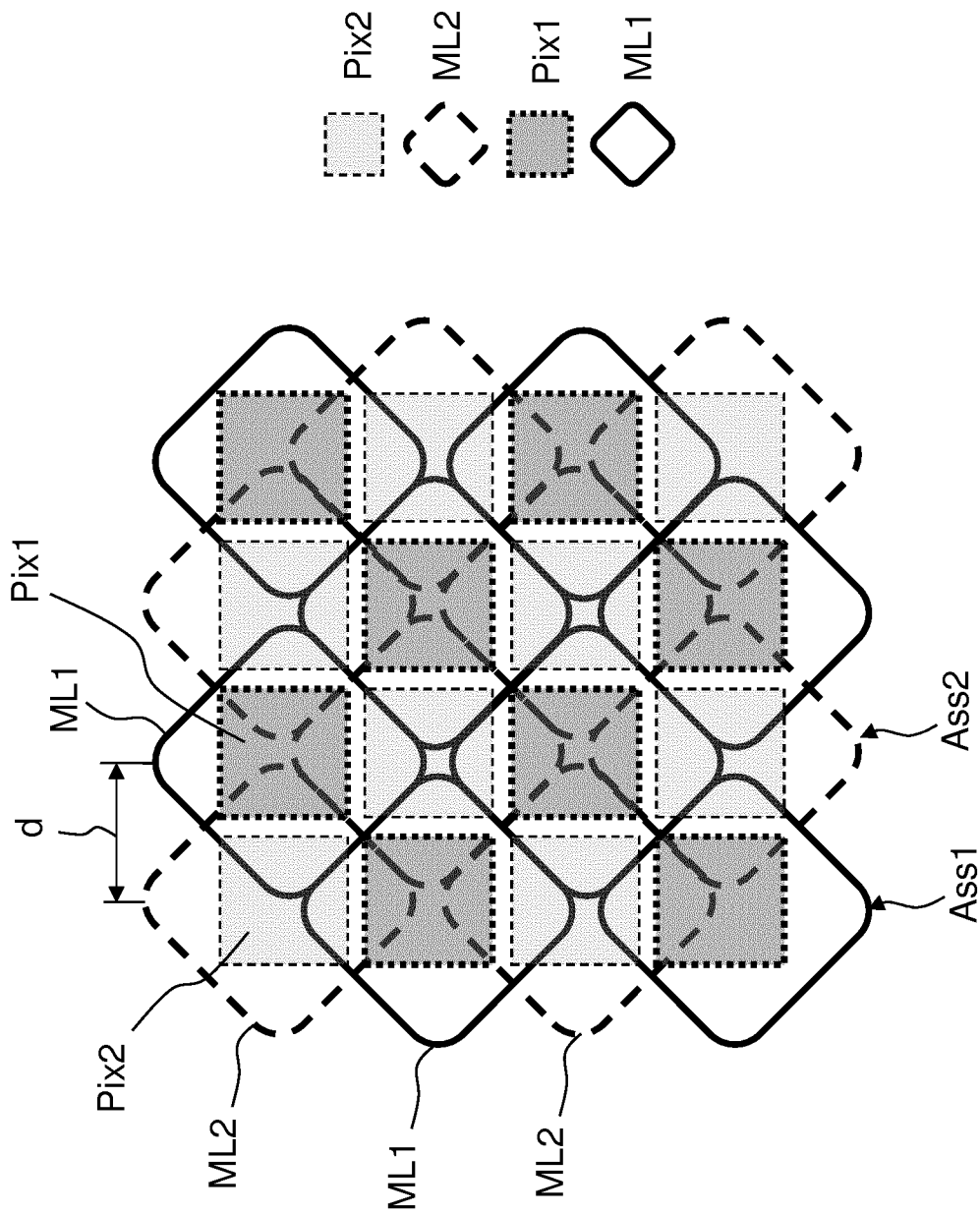


FIG.4

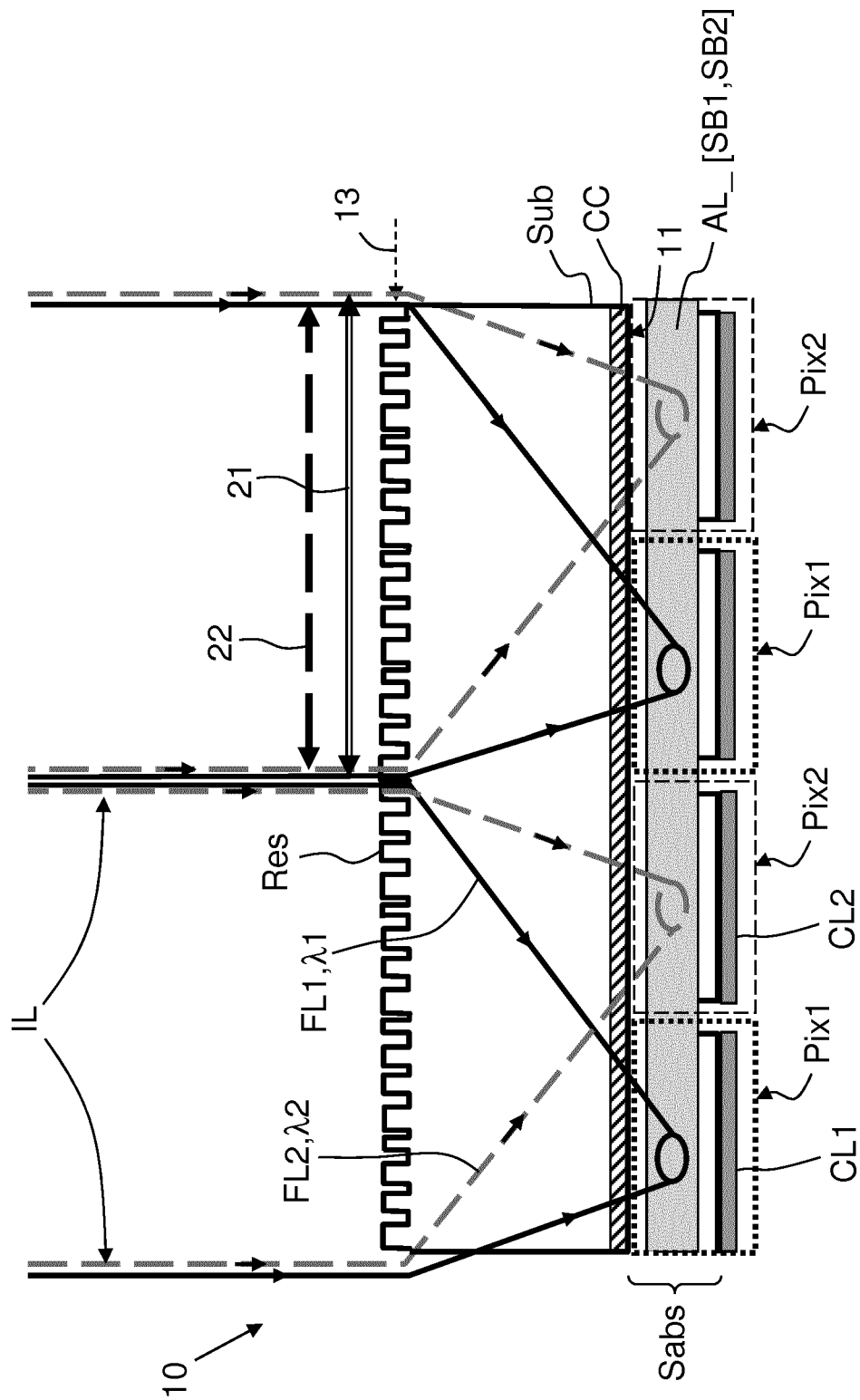


FIG. 5

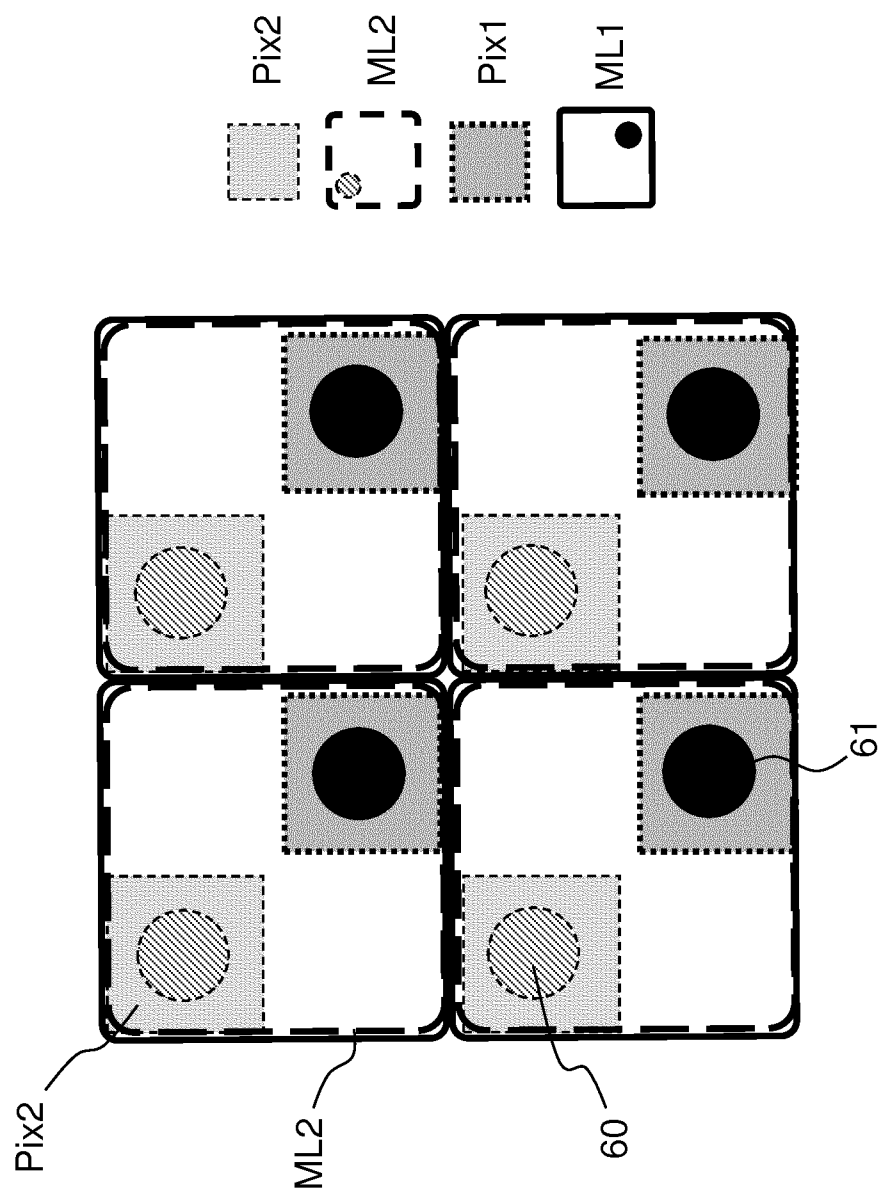


FIG.6

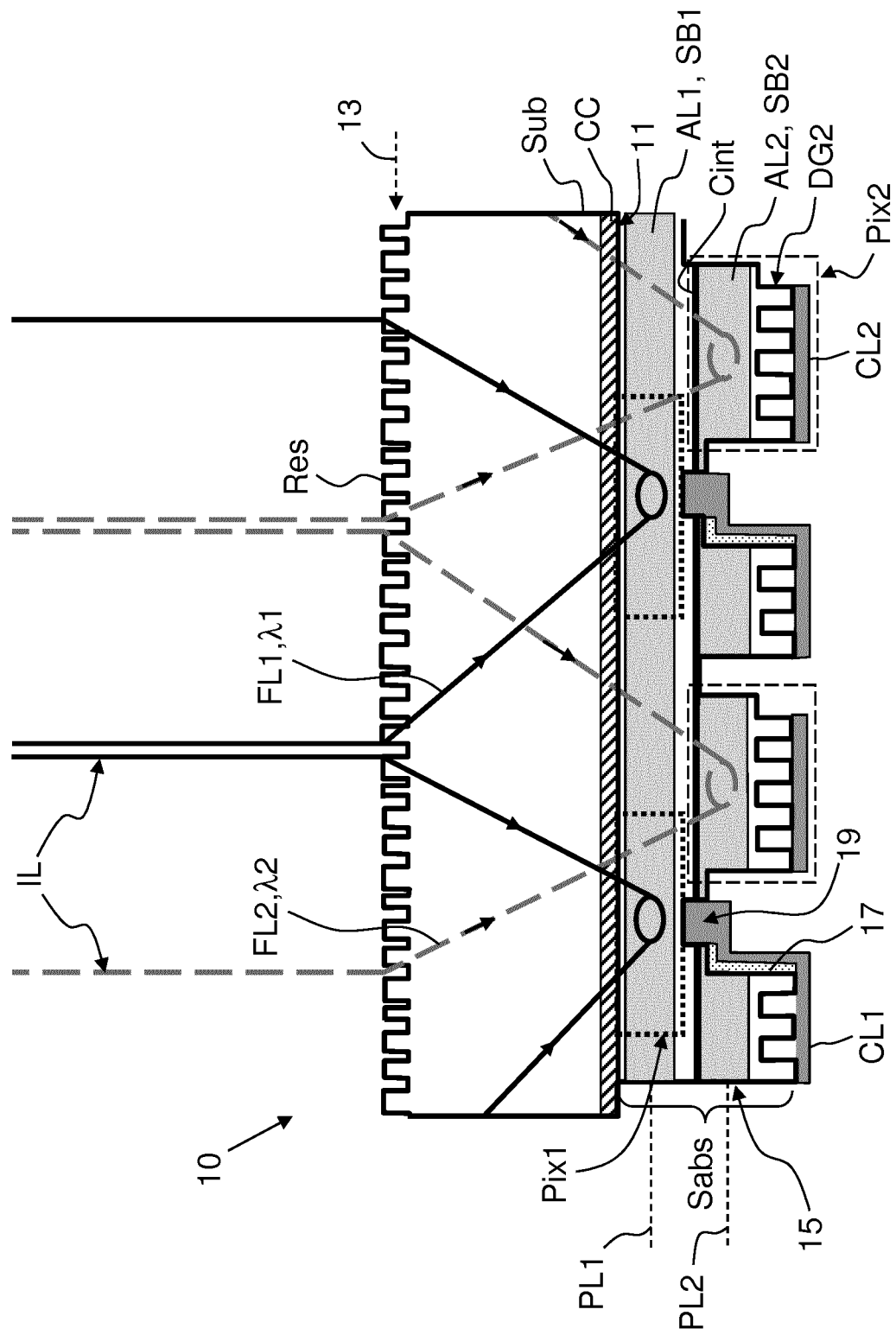


FIG. 7

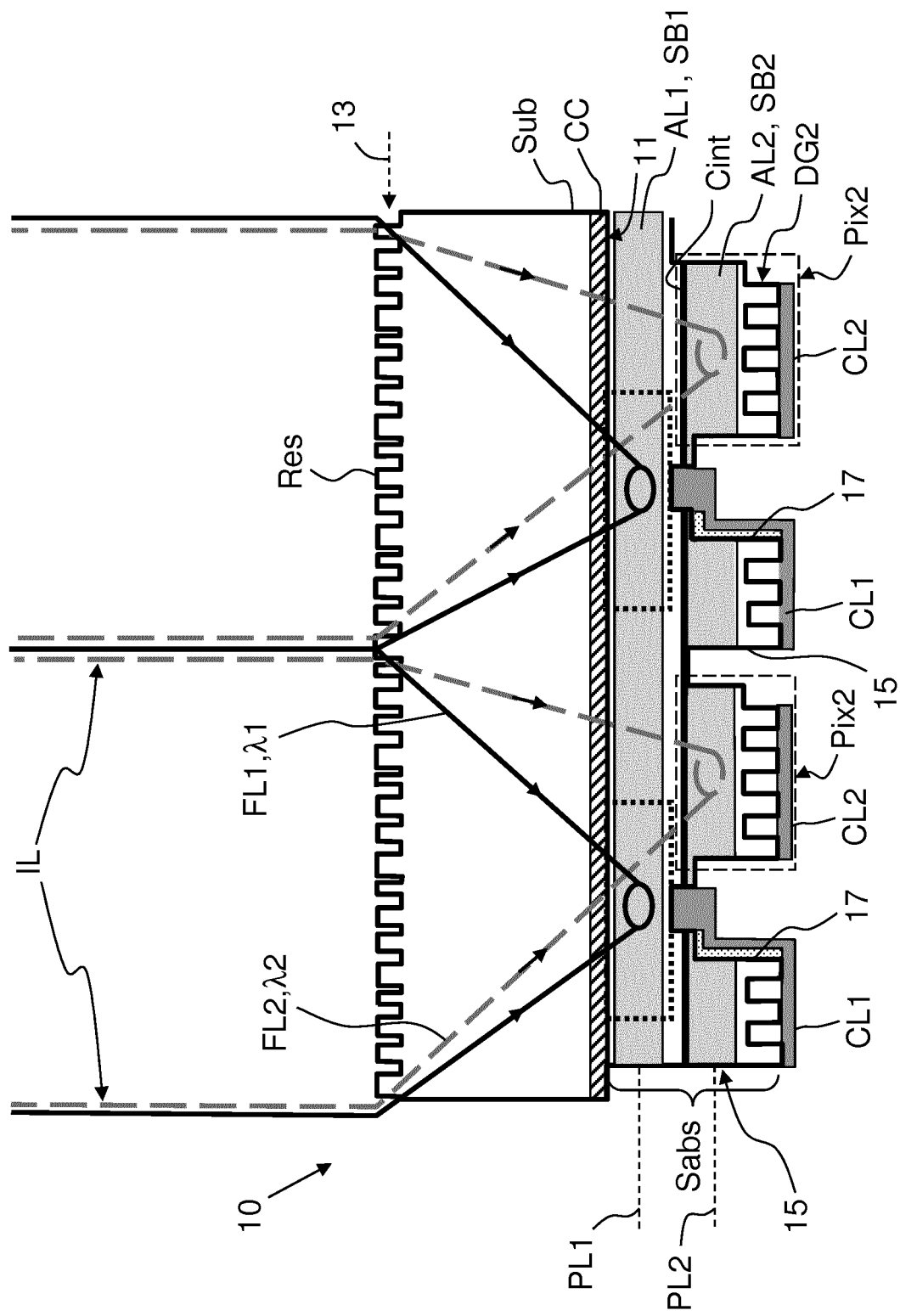


FIG.8

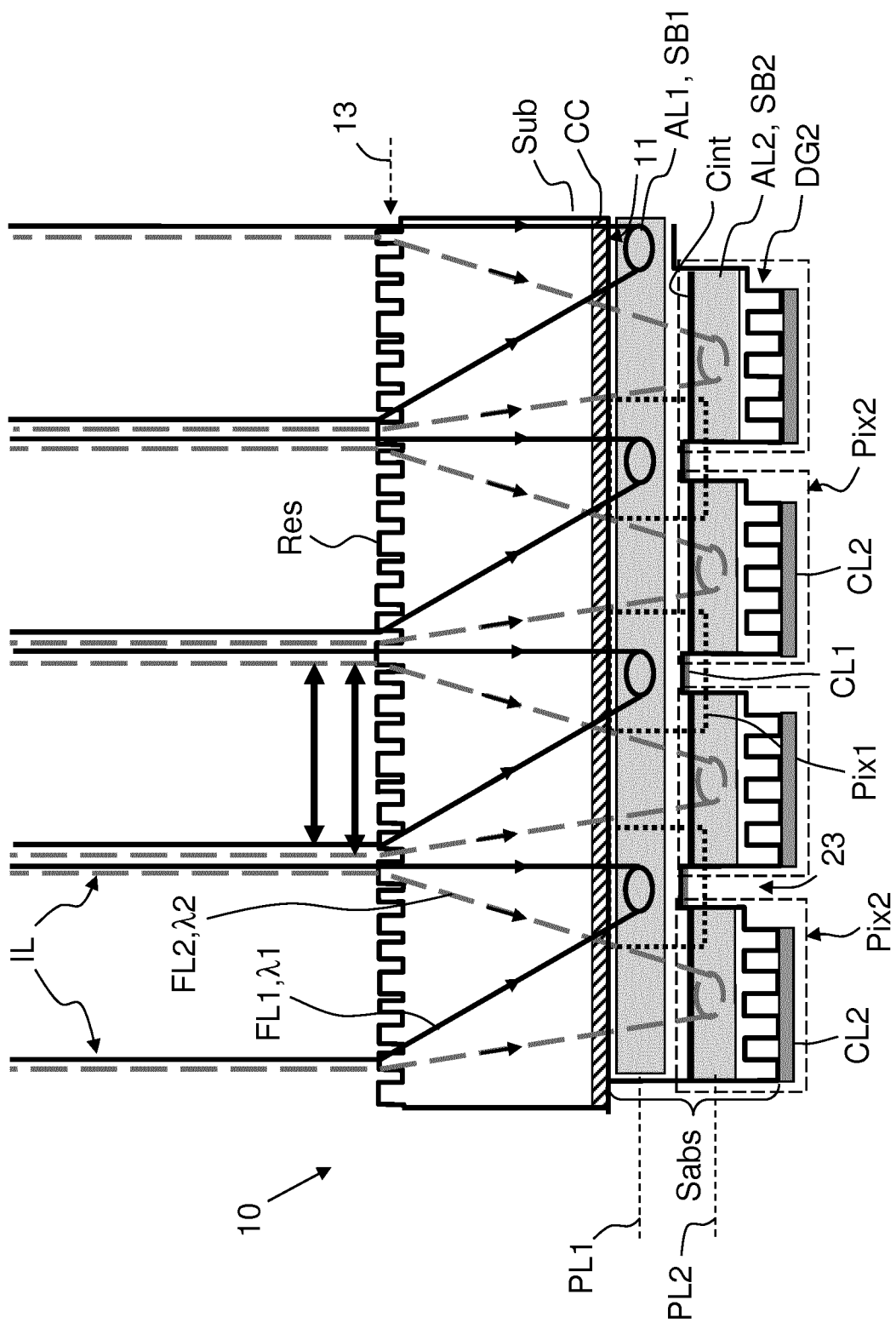


FIG. 9

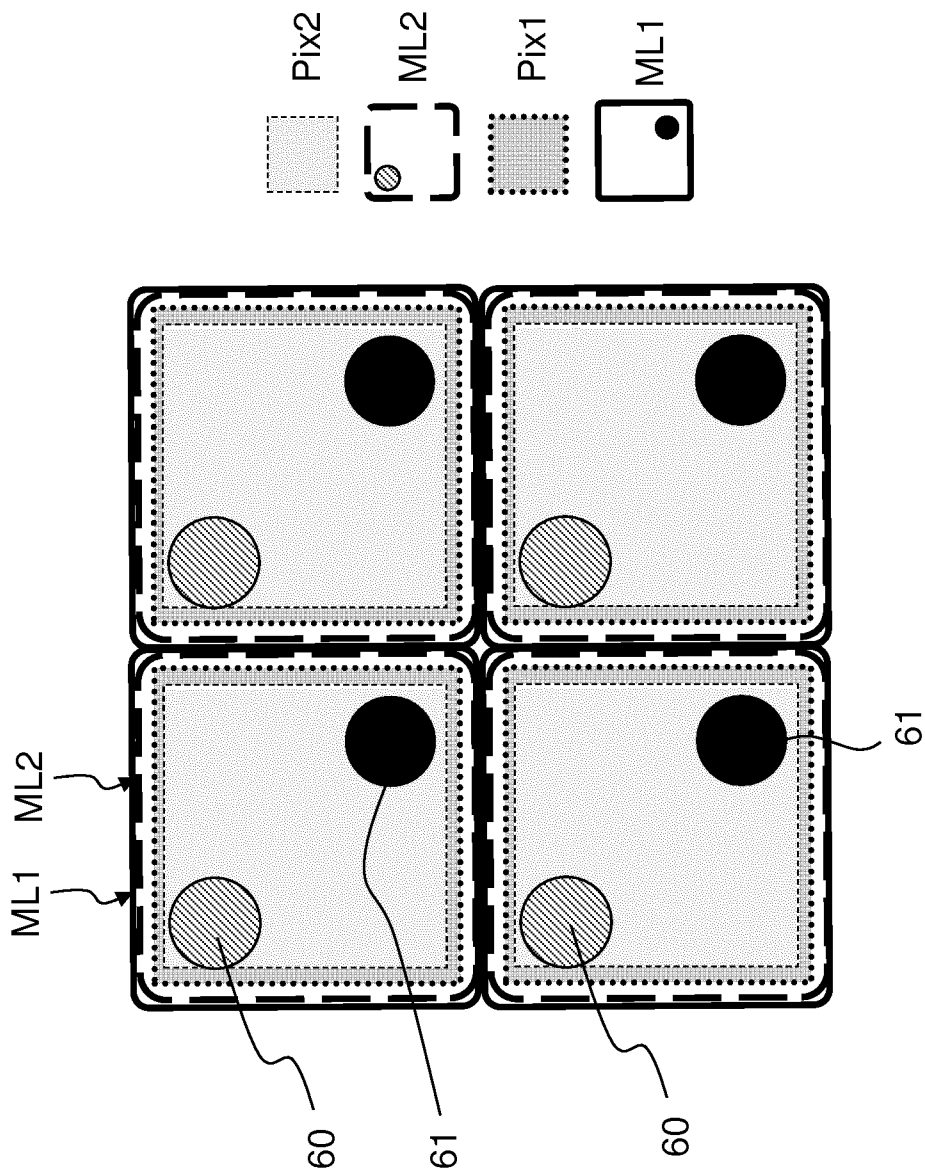


FIG.10

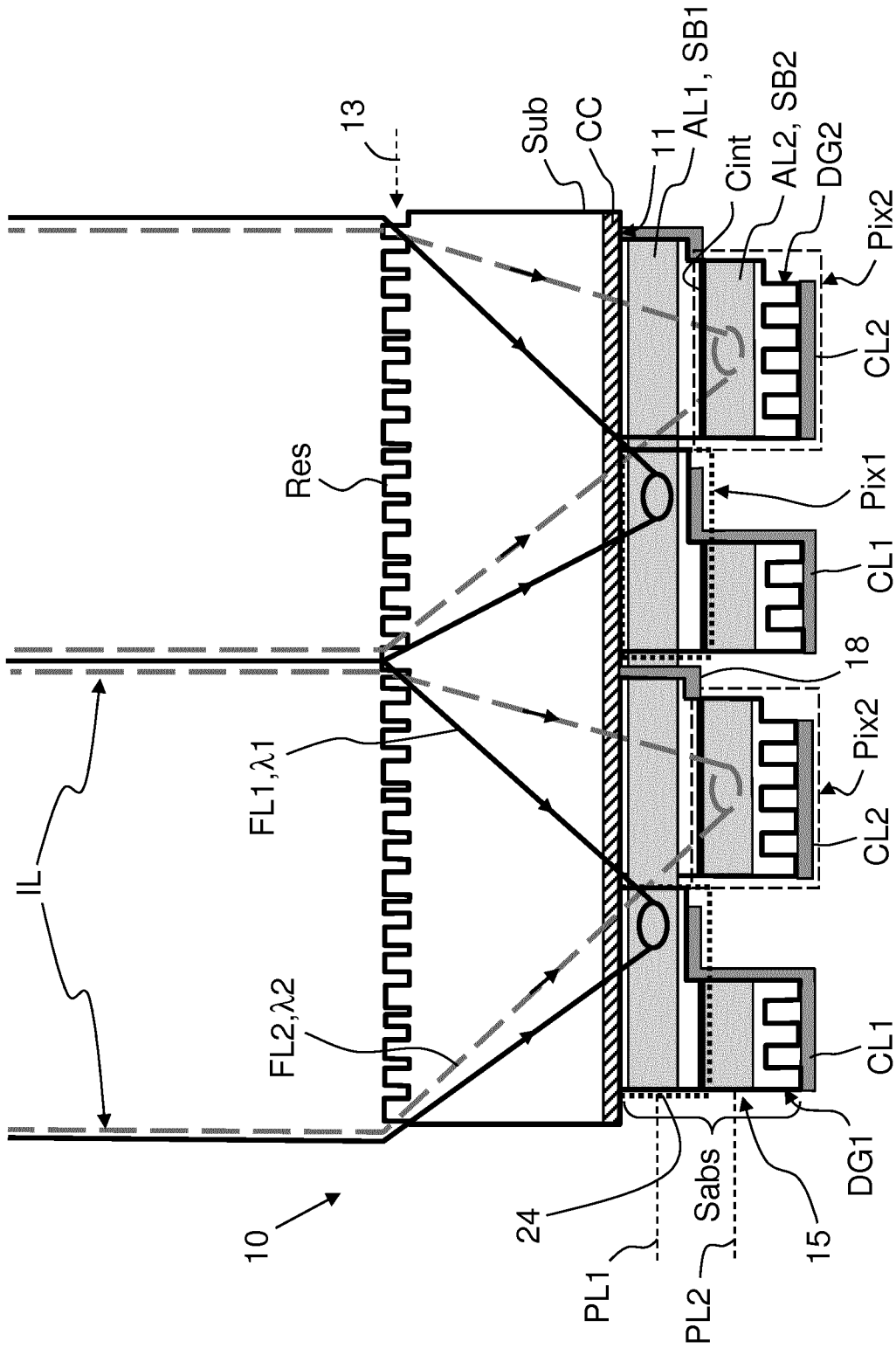


FIG.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/066468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 27/146**(2006.01)i

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 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.
A	A ROGALSKI. "Infrared detectors: an overview" <i>INFRARED PHYSICS & TECHNOLOGY</i> , Vol. 43, No. 3-5, 01 June 2002 (2002-06-01), pages 187-210 DOI: 10.1016/S1350-4495(02)00140-8 ISSN: 1350-4495, XP055007585 page 17, paragraph 5.2 - page 19; figures 22-24	1-15
A	US 2016322516 A1 (PORTIER BENJAMIN [FR] ET AL) 03 November 2016 (2016-11-03) paragraphs [0068] - [0071], [0081] - [0087], [0106], [0107]; figures 3A, 3B	1-15
A	EP 2180511 A2 (THALES SA [FR]) 28 April 2010 (2010-04-28) figures 3a,3b,4-6	1-15

☐ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 September 2019

Date of mailing of the international search report

10 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Cabrita, Ana

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/066468

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2016322516	A1	03 November 2016	CN	105981179	A	28 September 2016
				EP	3084843	A1	26 October 2016
				FR	3015113	A1	19 June 2015
				JP	2017500743	A	05 January 2017
				US	2016322516	A1	03 November 2016
				WO	2015091709	A1	25 June 2015
EP	2180511	A2	28 April 2010	EP	2180511	A2	28 April 2010
				FR	2937792	A1	30 April 2010
				US	2010108861	A1	06 May 2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/066468

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L27/146 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
A	A ROGALSKI: "Infrared detectors: an overview", INFRARED PHYSICS & TECHNOLOGY, vol. 43, no. 3-5, 1 juin 2002 (2002-06-01) , pages 187-210, XP055007585, ISSN: 1350-4495, DOI: 10.1016/S1350-4495(02)00140-8 page 17, alinéa 5.2 - page 19; figures 22-24	1-15
A	----- US 2016/322516 A1 (PORTIER BENJAMIN [FR] ET AL) 3 novembre 2016 (2016-11-03) alinéas [0068] - [0071], [0081] - [0087], [0106], [0107]; figures 3A, 3B	1-15
A	----- EP 2 180 511 A2 (THALES SA [FR]) 28 avril 2010 (2010-04-28) figures 3a,3b,4-6 -----	1-15
☐ 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 4 septembre 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 10/09/2019
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 Cabrita, Ana

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/066468

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2016322516	A1	03-11-2016	CN	105981179 A	28-09-2016
			EP	3084843 A1	26-10-2016
			FR	3015113 A1	19-06-2015
			JP	2017500743 A	05-01-2017
			US	2016322516 A1	03-11-2016
			WO	2015091709 A1	25-06-2015

EP 2180511	A2	28-04-2010	EP	2180511 A2	28-04-2010
			FR	2937792 A1	30-04-2010
			US	2010108861 A1	06-05-2010
