

(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
30 mars 2023 (30.03.2023)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/046893 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H04N 17/00 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2022/076509

(22) Date de dépôt international :
23 septembre 2022 (23.09.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2110092 24 septembre 2021 (24.09.2021) FR

(71) Déposant : LYNRED [FR/FR] ; Avenue de la Vauve, CS
20018, 91127 PALAISEAU (FR).

(72) Inventeurs : **JOBERT, Gabriel** ; c/o LYNRED, 364 Route de Valence, Actipole - CS 10021, 38113 VEUREY-VORROIZE (FR). **BRENIERE, Xavier** ; c/o LYNRED, 364 Route de Valence, Actipole - CS 10021, 38113 VEUREY-VORROIZE (FR). **GORECKI, Alexia** ; c/o LYNRED, 364 Route de Valence, Actipole - CS 10021, 38113 VEUREY-VORROIZE (FR). **BRUNNER, Alexandre** ; c/o LYNRED, 364 Route de Valence, Actipole - CS 10021, 38113 VEUREY-VORROIZE (FR).

(74) Mandataire : **CABINET BEAUMONT** ; 4 Place Robert Schuman, B.P. 1529, 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) Title: INFRARED IMAGING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF D'IMAGERIE INFRAROUGE

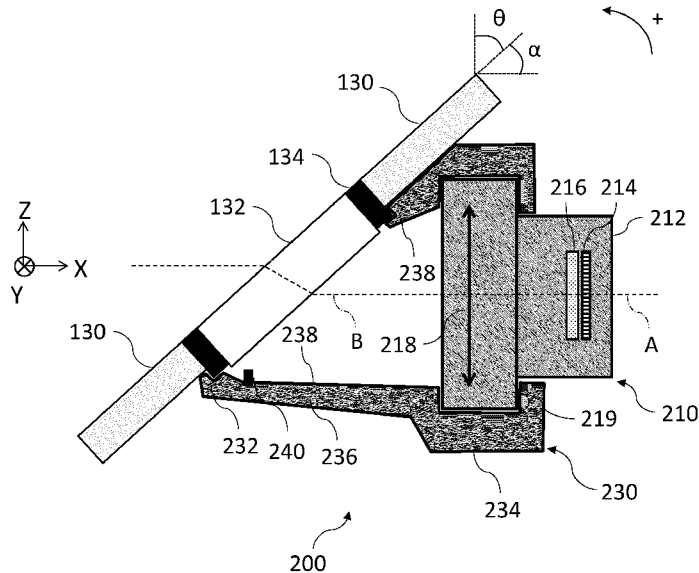


FIG. 2A

(57) Abstract: The present disclosure relates to an infrared imaging device (200) comprising an infrared camera (210) that has an optical axis (A) and is intended to detect infrared radiation in a spectral range through a transparent element (1323) that is transparent to the infrared radiation, the transparent element being surrounded by a frame (134), the transparent element with the frame being suitable for being inserted into an opening in a wall (130), the transparent element and the wall being inclined by an angle of inclination (α) greater than 0° and less than 90° or less than 0° and greater than -90° relative to the optical axis (A) of the infrared camera; the device further comprising: - an interface element (230) suitable for forming an interface between the infrared camera (210) and the frame (134).

HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

(57) Abrégé : Dispositif d'imagerie infrarouge La présente description concerne un dispositif d'imagerie infrarouge (200) comprenant une caméra infrarouge (210) ayant un axe optique (A) et destinée à détecter un rayonnement infrarouge dans une gamme spectrale à travers un élément transparent (132) audit rayonnement infrarouge, ledit élément transparent étant entouré par une monture (134), l'élément transparent avec la monture étant adapté à être inséré dans une ouverture d'une paroi (130), l'élément transparent et la paroi étant inclinés d'un angle d'inclinaison (α) supérieur à 0° et inférieur à 90° ou inférieur à 0° et supérieur à -90° par rapport à l'axe optique (A) de la caméra infrarouge; le dispositif comprenant en outre : - un élément d'interface (230) adapté à réaliser une interface entre la caméra infrarouge (210) et la monture (134).

DESCRIPTION

Dispositif d'imagerie infrarouge

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale le domaine de l'imagerie infrarouge et concerne en particulier une caméra infrarouge dans lequel une image est détectée par ladite caméra infrarouge à travers un hublot transparent aux rayonnements infrarouges.

Technique antérieure

[0002] Dans le domaine de l'imagerie infrarouge, on peut utiliser une caméra infrarouge ("caméra IR"), adaptée à capturer des images thermiques d'une scène. Une caméra IR comprend en général un agencement de détecteurs sensibles à l'infrarouge formant une matrice de pixels. Chaque pixel de la matrice de pixels convertit une température mesurée au niveau du pixel en un signal de tension correspondant, qui est converti par un convertisseur numérique-analogique (ADC) en un signal de sortie numérique. Un micro-bolomètre est un exemple de pixel utilisé pour une caméra infrarouge non refroidie à matrice de pixels, adaptée à capturer des images thermiques d'une scène d'image.

[0003] Dans certaines applications, une caméra IR peut être positionnée dans une enceinte, ou a minima être disposée derrière une paroi de sorte que les rayonnements sont détectés par la caméra IR au travers de la paroi. Cette paroi peut être inclinée selon un angle non nul par rapport à la verticale. Lorsque le matériau de la paroi n'est pas transparent aux rayonnements IR, la paroi est munie d'un élément transparent aux rayonnements IR, par exemple un hublot, ce hublot étant positionné de manière à ce que la caméra IR puisse recevoir les rayonnements IR au travers dudit hublot.

Généralement, un tel hublot présente des dimensions latérales les plus réduites possible.

[0004] Cependant, lorsque la paroi est inclinée, le hublot l'est également. La présence d'un hublot incliné dont des dimensions latérales sont réduites peut générer un phénomène de vignettage non souhaité sur l'image capturée par la caméra IR, c'est-à-dire une diminution de la luminosité sur les bords de l'image (dit autrement, une augmentation de l'opacité sur les bords de l'image). Le phénomène peut s'aggraver lorsque la distance entre le hublot et la caméra IR augmente.

Résumé de l'invention

[0005] Il existe un besoin de maîtriser le phénomène de vignettage d'une caméra infrarouge destinée à être positionnée derrière une paroi.

[0006] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients précités.

[0007] Un mode de réalisation prévoit un dispositif d'imagerie infrarouge comprenant une caméra infrarouge ayant un axe optique et destinée à détecter un rayonnement infrarouge dans une gamme spectrale à travers un élément transparent audit rayonnement infrarouge, ledit élément transparent étant entouré par une monture, l'élément transparent avec la monture étant adapté à être inséré dans une ouverture d'une paroi, l'élément transparent et au moins une partie de la paroi dans laquelle l'élément transparent est inséré étant inclinés d'un angle d'inclinaison supérieur à 0° et inférieur à 90° ou inférieur à 0° et supérieur à -90° par rapport à l'axe optique de la caméra infrarouge ; le dispositif comprenant en outre :

- un élément d'interface adapté à réaliser une interface entre la caméra infrarouge et la monture.

[0008] L'élément transparent comprend deux faces, une face d'entrée et une face de sortie, de préférence sensiblement planes et parallèles entre elles.

[0009] L'élément transparent est de préférence inclus dans le volume libéré par l'ouverture de la paroi, c'est-à-dire le volume correspondant à l'ouverture de la paroi. Par exemple, l'élément transparent ne dépasse pas latéralement de part et d'autre de l'ouverture.

[0010] De préférence, la paroi est également inclinée de l'angle d'inclinaison autour de l'ouverture. Par exemple, la paroi est entièrement inclinée de l'angle d'inclinaison.

[0011] Selon un mode de réalisation, au moins une surface intérieure de l'élément d'interface est conformée de manière à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra.

[0012] Selon un mode de réalisation, au moins une surface intérieure de l'élément d'interface est en un matériau adapté à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra.

[0013] Selon un mode de réalisation, au moins une surface intérieure de l'élément d'interface est recouverte d'un revêtement adapté à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra.

[0014] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface comprend une première extrémité adaptée à s'accrocher à la monture de l'élément transparent, par exemple par complémentarité de forme avec ladite monture.

[0015] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface comprend une deuxième extrémité adaptée à s'accrocher à la caméra infrarouge, par exemple par complémentarité de forme avec au moins une partie de ladite caméra infrarouge.

- [0016] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface comprend une première extrémité conformée pour s'accrocher à la monture et une deuxième extrémité conformée pour s'accrocher à la caméra. Par exemple, l'élément d'interface comprend un corps entre la première et la deuxième extrémité.
- [0017] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface est en deux pièces assemblées de part et d'autre de la caméra infrarouge. Selon un mode de réalisation particulier, l'élément d'interface est d'un seul tenant.
- [0018] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface présente une forme creuse.
- [0019] Selon un mode de réalisation, la caméra infrarouge comprend au moins une lentille et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, la deuxième extrémité de l'élément d'interface étant adaptée à s'accrocher à la monture de lentille, par exemple par complémentarité de forme avec ladite monture de lentille. Selon un exemple, la monture de lentille entoure au moins partiellement la au moins une lentille.
- [0020] Selon un autre mode de réalisation, la caméra infrarouge comprend au moins une lentille et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, l'élément d'interface et la monture de lentille étant d'un seul tenant. Selon un exemple, la monture de lentille entoure au moins partiellement la au moins une lentille.
- [0021] Selon un autre mode de réalisation, la caméra infrarouge comprend au moins une lentille et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, au moins une lentille et/ou la monture de lentille comprenant une face tronquée adaptée à être positionnée en regard de la paroi. Selon un exemple, la

monture de lentille entoure au moins partiellement la au moins une lentille.

[0022] Selon un exemple, l'angle de troncature de la face tronquée par rapport à l'axe optique de la caméra infrarouge est sensiblement égal à l'angle d'inclinaison de la partie de paroi et de l'élément transparent.

[0023] Selon un exemple, l'élément d'interface comprend au moins une partie adaptée à recouvrir la face tronquée, ladite partie formant par exemple une protection thermique de la face tronquée et/ou une protection de ladite face tronquée vis-à-vis de rayonnements infrarouges.

[0024] Selon un mode de réalisation, la caméra infrarouge comprend :

- au moins une lentille et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille ; et

- un capteur d'image sensible au rayonnement infrarouge de la gamme spectrale ;

le capteur et la au moins une lentille définissant l'axe optique de la caméra infrarouge, le capteur étant disposé sensiblement dans le plan focal image de ladite au moins une lentille. Selon un exemple, la monture de lentille entoure au moins partiellement la au moins une lentille.

[0025] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface est adapté à réaliser un assemblage étanche aux fluides entre la paroi et la caméra infrarouge.

[0026] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface est en un matériau de faible conduction thermique, par exemple de conduction thermique inférieure à $10 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

[0027] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface est muni d'au moins une sonde de température, au moins une sonde de température étant par exemple reliée à un module de

traitement de flux lumineux parasite, par exemple un flux lumineux parasite émis par le dispositif.

[0028] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un élément d'obturation amovible adapté à obturer la caméra infrarouge. Selon un exemple, l'élément d'obturation est recouvert d'un revêtement émissif sur une face dudit élément d'obturation située en regard de la caméra infrarouge.

[0029] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface comprend une surface intérieure émettrice orientée en regard de la caméra infrarouge et adaptée à être positionnée à proximité de l'élément transparent, par exemple contre la monture de l'élément transparent. Selon un exemple, ladite surface intérieure émettrice est recouverte d'un revêtement émissif.

[0030] Selon un mode de réalisation, l'élément d'interface comprend une portion adaptée à être positionnée en regard d'une région de l'élément transparent, par exemple un bord dudit élément transparent, de manière à former un écran entre ladite région de l'élément transparent et la caméra infrarouge, ladite portion comprenant une face émettrice orientée en regard de la caméra infrarouge. Selon un exemple, ladite face émettrice est recouverte d'un revêtement émissif.

[0031] Selon un mode de réalisation, la caméra infrarouge comprend un capteur d'image à matrice de pixels comprenant un pixel angulaire adapté à capturer un flux lumineux provenant d'une zone intérieure de l'élément d'interface orientée en regard du capteur d'image et du champ de vue du pixel angulaire, par exemple une zone intérieure destinée à être positionnée autour de l'élément transparent. Selon un exemple, ladite zone intérieure est recouverte d'un revêtement émissif.

[0032] Un mode de réalisation prévoit un système d'imagerie infrarouge comprenant :

- un dispositif d'imagerie infrarouge selon un mode de réalisation, et
 - une paroi comportant une ouverture dans laquelle un élément transparent au rayonnement infrarouge d'une gamme spectrale, entouré par une monture, est inséré ;
- la caméra infrarouge du dispositif étant adaptée à détecter un rayonnement infrarouge de la gamme spectrale à travers l'élément transparent ;
- l'élément transparent et au moins une partie de la paroi dans laquelle l'élément transparent est inséré étant inclinés d'un angle d'inclinaison supérieur à 0° et inférieur à 90° ou inférieur à 0° et supérieur à -90° par rapport à l'axe optique de la caméra.

Brève description des dessins

- [0033] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0034] la figure 1A, et
- [0035] la figure 1B sont des vues en coupe d'un exemple de caméra infrarouge disposée derrière une paroi inclinée ;
- [0036] la figure 2A est une vue en coupe d'un exemple de dispositif d'imagerie infrarouge selon un mode de réalisation ;
- [0037] la figure 2B est une vue en coupe d'une variante de l'exemple de dispositif d'imagerie infrarouge de la figure 2A ;
- [0038] la figure 2C est une vue en coupe d'une autre variante de l'exemple de dispositif d'imagerie infrarouge de la figure 2A ;

[0039] la figure 2D est une vue en coupe d'une autre variante de l'exemple de dispositif d'imagerie infrarouge de la figure 2A ;

[0040] la figure 3A est une vue en coupe d'une variante de caméra infrarouge ;

[0041] la figure 3B est une vue en coupe d'une autre variante de caméra infrarouge ;

[0042] la figure 4 est une vue en coupe d'un autre exemple de dispositif d'imagerie infrarouge selon un mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0043] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0044] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, l'optique, par exemple les lentilles et leur monture, et le capteur d'image, par exemple le capteur d'image matriciel sous forme de matrice de micro-bolomètres ou de matrice de photodiodes, ne sont détaillés, étant connus par la personne du métier dans le domaine de l'invention.

[0045] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

[0046] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à un dispositif d'imagerie IR dans une position normale d'utilisation.

[0047] Lorsqu'on fait référence aux termes, "devant/derrière", ou "avant/arrière", il est fait référence au sens de propagation des rayons/du rayonnement lumineux, c'est-à-dire depuis l'élément transparent vers la caméra infrarouge.

[0048] Lorsqu'on fait référence à des valeurs d'angles, il faut comprendre que ces valeurs sont données dans le sens trigonométrique, représenté par La flèche en quart de cercle avec le signe "+" dans les figures. Une valeur d'angle négative correspond ainsi à un angle orienté dans le sens des aiguilles d'une montre.

[0049] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0050] Un exemple de caméra infrarouge (IR) est représenté en figures 1A et 1B. La caméra infrarouge 110 comprend un boîtier 112 contenant un capteur d'image 114 sensible au rayonnement dans l'infrarouge, ainsi qu'une fenêtre 116 située en regard du capteur d'image 114 et apte à transmettre les rayonnements IR dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR. Le capteur d'image est avantageusement un capteur d'image matriciel constitué d'une matrice de micro-bolomètres. De manière alternative, le capteur d'image est un

capteur d'image matriciel constitué d'une matrice de photodiodes à base de matériaux semi-conducteurs.

[0051] La caméra IR comprend en outre une pluralité de lentilles 118 (une seule a été représentée mais il y en a généralement plusieurs) aptes à opérer dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra de sorte à former une image sur le capteur d'image (la caméra est dans le plan focal image des lentilles), les lentilles étant maintenues dans une monture de lentille 119 assemblée au boîtier 112. La monture de lentille 119 est positionnée de sorte que la fenêtre 116 soit disposée entre ladite monture et le capteur d'image 114. Le capteur et les lentilles définissent l'axe optique A de la caméra. Dans l'exemple représenté, l'axe optique est dans la direction horizontale X.

[0052] La caméra IR 110 peut être positionnée dans une enceinte, ou du moins être disposée derrière une paroi 130, de sorte que les rayonnements sont détectés par la caméra IR au travers de la paroi. Une telle enceinte ou paroi peut remplir une fonction de protection mécanique et/ou thermique de la caméra, et/ou une protection de la caméra vis à vis de l'environnement, et/ou une fonction aérodynamique, et/ou une fonction de protection d'un utilisateur (par exemple un bouclier, notamment un pare-brise), voire une fonction d'esthétisme (par exemple pour masquer la caméra).

[0053] La paroi 130 peut être une paroi plane, comme représenté. Alternativement, elle peut comprendre localement, au voisinage de la caméra, au moins une portion de paroi plane.

[0054] La paroi peut être non transparente aux rayonnements IR, être inapte à transmettre une image, par exemple être rugueuse ou diffusante, ou encore peut ne pas transmettre les rayonnements IR avec une qualité suffisante dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR, qui est par exemple comprise entre 1 et 20 μm , de préférence entre 8 et 14 μm ,

voire entre 8 et 12 μm . Dans ce cas, un hublot 132 transparent aux rayonnements IR dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR peut être inséré dans une ouverture de la paroi. Le hublot 132 peut par exemple être inséré dans la paroi à l'aide d'une monture de hublot 134.

[0055] Le hublot 132 est adapté à transmettre les rayonnements IR à la caméra IR 110. Par exemple, le hublot peut être formé à partir d'une plaque en sulfure de zinc (ZnS), séléniure de zinc (ZnSe), silicium (Si), germanium (Ge), fluorure de baryum (BaF_2), fluorure de calcium (CaF_2), saphir, verre de chalcogénure ou de tout autre matériau transparent aux rayonnements IR dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR.

[0056] Le hublot 132 est caractérisé par deux faces sensiblement parallèles d'une surface d'occupation (dite "pupille") donnée, les deux faces étant séparées par une distance (épaisseur). Les dimensions des deux faces (dimensions de la pupille) sont par exemple de l'ordre du centimètre, ou de la dizaine de centimètres, avec une épaisseur de l'ordre de quelques millimètres.

[0057] Dans certaines applications, la paroi 130 et le hublot 132 peuvent être inclinés d'un angle d'inclinaison θ par rapport au plan focal des lentilles (dans l'exemple représenté, le plan focal est parallèle au plan vertical YZ dont on a représenté la direction verticale Z dans les vues en coupe), strictement compris entre 0 et 90°, et plus spécifiquement entre 30° et 70°, par exemple autour de 60°. Dit autrement, la paroi 130 et le hublot 132 peuvent être inclinés d'un angle α par rapport à l'axe optique A qui est représenté dans la direction horizontale X. L'angle α est complémentaire de l'angle θ , donc strictement compris entre 0 et 90°, et plus spécifiquement entre 20° et 60°, par exemple autour de 30°.

[0058] En outre, il est parfois recherché que la pupille du hublot soit la plus réduite possible. En effet, étant donné que la surface occupée par la paroi est soustraite de la surface occupée par le hublot et éventuellement par la monture de hublot, cela réduit la capacité de la paroi à remplir sa fonction, par exemple sa fonction de protection ou d'esthétisme. De plus, augmenter la pupille du hublot peut altérer l'intégrité mécanique de la paroi. En outre, le matériau utilisé pour former la pupille du hublot a un coût non négligeable, que l'on cherche à réduire en réduisant la pupille et, dans une moindre mesure, son épaisseur.

[0059] Cependant, la réduction de la pupille du hublot, lorsque celui-ci est incliné, a pour conséquence et inconvénient de limiter le champ de vue de la caméra IR (dit "FOV" pour "Field Of View" en anglais), en provoquant un phénomène de vignettage, puisque les rayons aux extrémités du champ de vue sont coupés par le bord du hublot. En particulier, le champ de vue vertical ("VFOV" pour "Vertical Field Of View" en anglais) peut être dégradé par rapport au champ de vue horizontal ("HFOV" pour "Horizontal Field Of View" en anglais) en raison de l'inclinaison du hublot.

[0060] Le phénomène de vignettage s'aggrave lorsque la distance entre le hublot et la caméra IR augmente. Ainsi, il est avantageux de positionner la caméra IR au plus proche du hublot, dans la limite de l'espacement entre la caméra IR 110 et la paroi 130 (cette limite est repérée par les cercles en pointillés dans les figures 1A et 1B). Cet espacement est d'autant plus réduit que l'angle d'inclinaison θ par rapport à la direction verticale est important.

[0061] De plus, si l'axe optique A de la caméra IR 110 est centré sur l'axe optique B réfracté du hublot 132, c'est-à-dire l'axe optique après déviation par effet de réfraction dans ledit hublot, comme illustré en figure 1A, alors la

caméra IR peut présenter un vignettage vertical asymétrique, par exemple un vignettage favorisant la partie supérieure du champ de vue vertical. Un vignettage symétrique peut être obtenu en décentrant verticalement d'une distance D l'axe optique A de la caméra IR 110 par rapport à l'axe optique B réfracté du hublot 132, comme représenté dans la figure 1B (même si cela a pour effet de réduire davantage l'espacement entre la caméra IR et la paroi, comme on peut le voir en comparant les figures 1A et 1B).

[0062] Il existe donc un besoin de positionner précisément une caméra infrarouge vis-à-vis d'un hublot incliné afin de maîtriser le phénomène de vignettage. De plus, dans certaines applications, par exemple lorsque la caméra IR peut être amenée à subir des accélérations et/ou des chocs, il serait avantageux que le positionnement puisse être maintenu et maîtrisé de manière sûre même en cas d'accélération et/ou de choc. En d'autres termes, il existe un besoin de positionner précisément, et de préférence de manière robuste, une caméra IR vis-à-vis d'un hublot incliné.

[0063] Les inventeurs proposent un dispositif d'imagerie infrarouge permettant de répondre à ces besoins.

[0064] Des exemples de dispositifs d'imagerie infrarouge vont être décrits ci-après. Ces exemples sont non limitatifs et diverses variantes apparaîtront à la personne du métier à partir des indications de la présente description.

[0065] Le domaine infrarouge est caractérisé par une gamme spectrale comprenant les longueurs d'ondes de $1\text{ }\mu\text{m}$ à $20\text{ }\mu\text{m}$.

[0066] Avantageusement, la caméra infrarouge et le dispositif d'imagerie selon un mode de réalisation sont adaptés à fonctionner dans une gamme spectrale comprise dans le domaine infrarouge lointain ("LWIR" pour "Long-Wave Infrared" en

anglais) qui est un domaine spectral s'étendant entre 8 μm et 12 μm .

[0067] Selon un autre exemple, la caméra infrarouge et le dispositif d'imagerie selon un mode de réalisation sont adaptés à fonctionner dans une gamme spectrale comprise dans le domaine infrarouge court ("SWIR" pour "Short-Wave Infrared" en anglais) qui est un domaine spectral s'étendant entre 1 μm et 2,5 μm .

[0068] Selon un autre exemple, la caméra infrarouge et le dispositif d'imagerie selon un mode de réalisation sont adaptés à fonctionner dans une gamme spectrale comprise dans le domaine infrarouge moyen ("MWIR" pour "Medium-Wave Infrared" en anglais) qui est un domaine spectral s'étendant entre 3 μm et 5 μm .

[0069] Selon un autre exemple, la caméra infrarouge et le dispositif d'imagerie selon un mode de réalisation sont adaptés à fonctionner dans une gamme spectrale comprise dans le domaine infrarouge très lointain ("VLWIR" pour "Very Long-Wave Infrared" en anglais) qui est un domaine spectral s'étendant entre 12 μm et 22 μm .

[0070] Evidemment, la caméra infrarouge et le dispositif peuvent être adaptés à fonctionner dans une gamme spectrale s'étendant dans plusieurs des gammes précitées.

[0071] La figure 2A est une vue en coupe d'un exemple de dispositif d'imagerie IR selon un mode de réalisation, comprenant une caméra infrarouge 210 représentée derrière une paroi 130 (la paroi ne faisant pas partie du dispositif).

[0072] Similairement à la caméra infrarouge 110 décrite en relation avec les figures 1A et 1B, la caméra infrarouge 210 comprend un boîtier 212 contenant un capteur d'image 214 sensible au rayonnement dans l'infrarouge, ainsi qu'une fenêtre 216 située en regard du capteur d'image 214 et apte

à transmettre les rayonnements IR dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR. Le capteur d'image est avantageusement un capteur d'image matriciel comprenant une matrice de micro-bolomètres. De manière alternative, le capteur d'image est un capteur d'image matriciel comprenant une matrice de photodiodes à base de matériaux semi-conducteurs.

[0073] La caméra IR comprend en outre une pluralité de lentilles 218 aptes à opérer dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra de sorte à former une image sur le capteur d'image, la caméra étant dans le plan focal image des lentilles. Les lentilles sont maintenues dans une monture de lentille 219 assemblée au boîtier 212, la monture de lentille 219 étant positionnée de sorte que la fenêtre 216 soit disposée entre ladite monture et le capteur 214. Le capteur et les lentilles définissent l'axe optique A de la caméra, représenté dans la direction horizontale X.

[0074] La paroi 130 est similaire à la paroi représentée dans les figures 1A et 1B. Ainsi, elle comprend un hublot 132 (également désigné par "élément transparent"), le hublot étant transparent aux rayonnements infrarouges dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR. Le hublot 132 est inséré avec une monture de hublot 134 dans une ouverture de la paroi 130. La paroi peut être un bouclier, par exemple un pare-brise. La paroi peut être une paroi d'une enceinte, par exemple une enceinte fermée, notamment une enceinte fermée apte à être régulée thermiquement.

[0075] Par exemple, le hublot peut être formé à partir d'une plaque en sulfure de zinc (ZnS), séléniure de zinc (ZnSe), silicium (Si), germanium (Ge), fluorure de baryum (BaF₂), fluorure de calcium (CaF₂), saphir, verre de chalcogénure ou de tout autre matériau transparent aux rayonnements IR dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR.

[0076] La paroi 130 et le hublot 132 sont inclinés d'un angle α par rapport à l'axe optique A qui est représenté dans la direction horizontale X. L'angle d'inclinaison α est strictement compris entre 0 et 90°, et plus spécifiquement entre 20° et 60°, par exemple autour de 30°.

[0077] La caméra infrarouge est adaptée à capturer une image thermique d'une scène image au travers du hublot incliné.

[0078] Le dispositif d'imagerie IR comprend en outre un élément d'interface 230 positionné entre la caméra infrarouge 210 et la monture 134 de hublot. L'élément d'interface 230 est adapté à réaliser une interface entre la caméra IR et la monture de hublot, et ce, afin de permettre un positionnement relatif du dispositif par rapport à l'élément transparent.

[0079] L'élément d'interface 230 représenté est un élément rigide, d'un seul tenant, présentant une forme de tronc de cône sensiblement oblique et creux, adaptée pour relier la caméra IR 210 et la monture 134. L'élément d'interface 230 représenté comprend :

- une première extrémité 232 conformée pour s'accrocher à la monture 134 de hublot par complémentarité de forme avec ladite monture, venant ainsi s'assembler à la paroi tout autour du hublot ;
- une deuxième extrémité 234 conformée pour s'accrocher à la monture de lentille 219 par complémentarité de forme avec ladite monture de lentille ;
- un corps 236 entre la première et la deuxième extrémité.

[0080] Le corps 236 forme une enveloppe de préférence opaque au rayonnement lumineux dans une gamme spectrale. Ladite enveloppe est ainsi de préférence adaptée à bloquer tout ou partie de rayons lumineux parasites provenant de l'arrière de la paroi 132, susceptibles de pénétrer dans l'espace entre la paroi et la caméra IR, par exemple dans le chemin optique

entre le hublot et la caméra IR, les rayons lumineux parasites pouvant générer une image parasite sur le capteur d'image 214.

[0081] Selon un exemple alternatif, la deuxième extrémité peut être conformée pour s'accrocher au boîtier 212 de la caméra IR, ou à la fois à la monture de lentille 219 et au boîtier 212.

[0082] Ainsi, l'élément d'interface 230 permet de positionner de manière précise la caméra infrarouge par rapport au hublot, c'est-à-dire de fixer la distance entre la caméra et le hublot dans la direction de l'axe optique A (la direction horizontale X dans l'exemple représenté), mais également la distance entre l'axe optique A de la caméra infrarouge et l'axe optique réfracté B du hublot dans une direction perpendiculaire à l'axe optique A (la direction verticale Z dans l'exemple représenté). Dans l'exemple de la figure 2A, l'axe optique A de la caméra 210 coïncide avec l'axe optique réfracté B du hublot 132. Dans les exemples des figures 2B et 2C, décrites plus après, l'axe optique A de la caméra est décalé d'une distance D par rapport à l'axe optique réfracté B du hublot 132 dans la direction verticale Z.

[0083] Dans l'exemple représenté, l'élément d'interface 230 est un élément distinct de la paroi 130 et de la caméra infrarouge 210. Cela permet de faciliter le remplacement des différents éléments de la paroi et/ou du dispositif d'imagerie IR, par exemple en cas de maintenance, ou lorsque l'élément d'interface doit être changé afin de pouvoir placer la caméra infrarouge derrière une paroi différente ou derrière une paroi identique avec un angle d'inclinaison différent, ou encore lorsque la paroi doit être remplacée, par exemple si elle est endommagée au cours de son utilisation.

[0084] Selon un exemple avantageux, l'élément d'interface 230 est apte à réaliser une fermeture étanche aux fluides entre la monture de hublot 134 et la caméra IR 210. Cela permet de

réduire les variations de composition du gaz, par exemple de l'air, dans l'espace compris entre le hublot et la caméra IR et contenu dans ledit élément d'interface. Par exemple, cela peut permettre de réduire l'humidité, les particules et/ou les poussières dans ledit espace, de manière à fournir une qualité d'image la plus constante possible ou du moins de limiter les variations de qualité d'image. Par exemple, l'espace compris entre le hublot et la caméra IR peut être saturé en azote, avec une faible concentration en particules et/ou en poussières avant d'être enfermé dans l'élément d'interface.

[0085] Selon un exemple, au moins une première surface intérieure de l'élément d'interface est formée à partir d'un matériau absorbant dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR ou est recouverte d'un revêtement absorbant dans ladite gamme spectrale.

[0086] Selon un exemple, au moins une deuxième surface intérieure de l'élément d'interface est formée à partir d'un matériau réfléchissant dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR, par exemple métallique, ou est recouverte d'un revêtement réfléchissant dans ladite gamme spectrale, par exemple un revêtement métallique.

[0087] Selon un exemple, l'élément d'interface comprend au moins une première surface intérieure formée à partir d'un matériau absorbant dans la gamme spectrale d'utilisation de la caméra IR ou recouverte d'un revêtement absorbant dans ladite gamme spectrale, et au moins une deuxième surface intérieure formée à partir d'un matériau réfléchissant dans ladite gamme spectrale, par exemple métallique, ou recouverte d'un revêtement réfléchissant dans ladite gamme spectrale, par exemple un revêtement métallique.

[0088] Les première et deuxième surfaces sont par exemple définies en fonction d'une exposition à un rayonnement

lumineux parasite et/ou en fonction d'un gradient de température susceptible de les impacter.

[0089] Selon un exemple, tout ou partie des surfaces intérieures 238 de l'élément d'interface 230 est conformée pour limiter l'émission de rayonnement lumineux parasite par ledit élément d'interface vers la caméra, par exemple les surfaces intérieures inclinées en regard de la caméra sont réduites, voire exclues.

[0090] Selon un exemple, l'élément d'interface comprend, à l'intérieur dudit élément, au moins une structure adaptée à limiter l'émission de rayonnement lumineux parasite par ledit élément d'interface vers la caméra, par exemple une structure de type écran, cache et/ou piège à lumière. Il peut s'agir d'une (ou de) structure(s) disposée(s) régulièrement autour de l'axe optique dans l'élément d'interface, ou de structures disposées irrégulièrement autour de l'axe optique dans l'élément d'interface.

[0091] Selon un exemple, l'élément d'interface est en un matériau à faible conduction thermique, par exemple de conduction thermique inférieure à $10 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Cela permet de favoriser l'isolation thermique entre le hublot et la caméra IR. En effet, l'environnement autour du hublot peut subir des variations de température, notamment en fonction des conditions extérieures à la paroi, or les variations de température peuvent dégrader les performances de la caméra infrarouge, notamment en générant un flux thermique parasite. Par exemple, lorsque la paroi est une paroi d'une enceinte apte à être régulée thermiquement, la combinaison régulation thermique dans l'enceinte et isolation thermique par l'élément d'interface permet d'obtenir de meilleures performances de la caméra infrarouge.

[0092] Selon un exemple, l'élément d'interface 230 est muni d'au moins une sonde de température 240. Une sonde de

température peut être disposée de préférence à l'intérieur dudit élément d'interface, mais peut également être disposée à l'extérieur dudit élément d'interface. Par exemple, plusieurs sondes de températures peuvent être positionnées à différents endroits de l'élément d'interface afin de pouvoir déterminer un gradient de température. Par exemple, une ou plusieurs sondes de température peu(ven)t être positionnée(s) au voisinage du hublot 132 de manière à estimer une température du hublot, et/ou une ou plusieurs sondes de température peu(ven)t être positionnée(s) au voisinage de la monture de lentille de manière à estimer une température de lentille, et/ou une ou plusieurs sondes de température peu(ven)t être positionnée(s) sur une ou plusieurs surface(s) intérieure(s) de l'élément d'interface de manière à estimer une valeur d'émission de rayonnement lumineux parasite (flux lumineux parasite) par ladite ou lesdites surface(s).

[0093] Selon un exemple, au moins une sonde de température est reliée à un module de traitement du flux lumineux parasite, c'est-à-dire du flux lumineux capturé par la caméra infrarouge mais provenant d'au moins une source autre que la scène image, par exemple un flux lumineux parasite émis par le dispositif d'imagerie et/ou le hublot. Le module de traitement du flux lumineux parasite peut être inclus dans ou relié à un module de traitement d'image afin de déterminer le flux lumineux issu essentiellement de la scène image, par exemple en le corrigeant du flux lumineux parasite.

[0094] Alternativement, tout ou partie du flux lumineux parasite peut être déterminé sans sonde de température, et ainsi simplifier le dispositif d'imagerie IR. Des exemples de moyens adaptés à déterminer un flux lumineux parasite sans sonde de température sont décrits dans la description qui suit, en relation avec les figures 2B et 2C.

[0095] La figure 2B est une vue en coupe d'une variante de l'exemple de dispositif d'imagerie IR de la figure 2A. Le dispositif 201 de la figure 2B se distingue du dispositif 200 de la figure 2A principalement en ce que :

- l'axe optique A de la caméra est décalé d'une distance D par rapport à l'axe optique réfracté B du hublot dans la direction verticale Z ; et
- la première extrémité 232 de l'élément d'interface 230 comporte une surface intérieure 231 orientée en regard de la caméra infrarouge 210 et positionnée contre un bord de la monture de hublot 134. La surface intérieure 231 est émettrice, par exemple elle est recouverte d'un revêtement émissif 233 ; le revêtement émissif permet à la surface ainsi recouverte d'être capturée plus efficacement par la caméra infrarouge.

[0096] La surface intérieure émettrice 231 est représentée dans une partie inférieure de la première extrémité 232, mais ceci est un exemple non limitatif. Alternativement, la surface intérieure émettrice peut être dans une autre partie de la première extrémité 232 et/ou être une autre surface intérieure de l'élément d'interface 230, par exemple une autre surface intérieure à proximité du hublot lorsqu'il s'agit de déterminer un flux lumineux parasite émis par le hublot et/ou une autre surface intérieure de l'élément d'interface lorsqu'il s'agit de déterminer un flux lumineux parasite émis par le dispositif d'imagerie. Plusieurs surfaces intérieures émettrices peuvent être prévues.

[0097] Ceci est un exemple de configuration permettant de dégrader volontairement le vignettage sur une région du champ de vue de la caméra infrarouge, de préférence une région non critique pour l'application visée, et de réaliser une image de la surface intérieure de l'élément d'interface en vis-à-vis de ladite région dégradée du champ de vue. La température déterminée par le capteur d'image dans cette région dégradée

du champ de vue peut ensuite être utilisée dans un module de traitement de flux lumineux parasite.

[0098] La figure 2C est une vue en coupe d'une autre variante de l'exemple de dispositif d'imagerie IR de la figure 2A. Le dispositif 202 de la figure 2C se distingue du dispositif 200 de la figure 2A en ce que :

- l'axe optique A de la caméra est décalé d'une distance D par rapport à l'axe optique réfracté B du hublot dans la direction verticale Z ; et
- la première extrémité 232 de l'élément d'interface 230 comporte une portion 235 formant écran d'une région 133 de l'élément transparent 132 vis à vis de la caméra infrarouge 210 ; la portion 235 comprend une face émettrice orientée en regard de la caméra infrarouge 210, par exemple recouverte d'un revêtement émissif 237.

[0099] La portion 235 est représentée comme étant une extension vers l'intérieur de la première extrémité 232, dans une partie supérieure de ladite première extrémité, mais ceci est un exemple non limitatif. Alternativement, la portion formant écran peut être une extension d'une autre partie de la première extrémité 232 et/ou être positionnée ailleurs dans l'élément d'interface 230, par exemple à proximité du hublot lorsqu'il s'agit de déterminer un flux lumineux parasite émis par le hublot, voire non nécessairement à proximité du hublot lorsqu'il s'agit de déterminer un flux lumineux parasite émis par le dispositif d'imagerie. Plusieurs portions formant écran peuvent être prévues.

[0100] Ceci est un autre exemple de configuration permettant de dégrader volontairement le vignettage sur une région du champ de vue de la caméra infrarouge, de préférence une région non critique pour l'application visée, et de réaliser une image de la surface intérieure de la portion de l'élément d'interface en vis-à-vis de ladite région dégradée du champ

de vue. La température déterminée par le capteur d'image dans cette région dégradée du champ de vue peut ensuite être utilisée dans un module de traitement de flux lumineux parasites.

[0101] Dans un autre exemple, la caméra infrarouge 214 peut comprendre un capteur d'image à matrice de pixels comprenant des pixels d'image et au moins un pixel angulaire.

[0102] Par pixel angulaire, on entend un pixel de détection de flux lumineux parasite, ou flux thermique parasite, qui est un pixel ayant un champ de vue modifié par rapport à celui des pixels d'image de la matrice de pixels, afin de favoriser la capture de flux thermique parasite. Par exemple, chaque pixel de détection de flux thermique parasite est agencé pour capturer une plus grande portion de flux thermique parasite que chaque pixel d'image de la matrice de pixels.

[0103] Le pixel angulaire est adapté à capturer un flux lumineux parasite provenant d'une zone intérieure de l'élément d'interface orientée en regard du capteur d'image et dans le champ de vue dudit pixel angulaire, par exemple une zone intérieure positionnée autour de l'élément transparent, la zone étant par exemple recouverte d'un revêtement émissif.

[0104] Des exemples de caméra infrarouge à pixel de détection de flux thermique parasite, de procédé d'étalonnage d'une telle caméra infrarouge, et de procédé de correction d'une image capturée par une telle caméra infrarouge sont décrits dans les demandes internationales de brevet WO2019234215A1 et WO2019234216A1, le contenu de ces demandes étant incorporées ici par référence.

[0105] Par rapport aux solutions décrites en relation avec les figures 2B et 2C, cela permet de ne pas avoir à dégrader

le champ de vue de la caméra, et en particulier de ne pas avoir à dégrader le vignettage.

[0106] La figure 2D est une vue en coupe d'une autre variante de l'exemple de dispositif d'imagerie IR de la figure 2A. Le dispositif 203 de la figure 2C se distingue du dispositif 200 de la figure 2A principalement en ce qu'il comprend un obturateur amovible 242 adapté à obturer la caméra infrarouge 210. L'obturateur 242 peut être sous la forme d'un volet obturant. L'obturateur 242 peut être assemblé à l'élément d'interface 230. De préférence, l'obturateur 242 est situé proche de la caméra IR, c'est à dire à une distance inférieure à la distance hyperfocale de la caméra IR. Cela permet de flouter les possibles inhomogénéités de l'obturateur, en termes d'émission infrarouge.

[0107] Un obturateur uniforme permet par exemple d'étalonner la caméra, l'obturateur formant une image d'étalonnage uniforme devant la caméra lorsqu'il est fermé.

[0108] L'obturateur peut être par exemple recouvert d'un revêtement émissif sur une face de l'obturateur située en regard de la caméra infrarouge.

[0109] Selon un exemple, l'obturateur 242 est en contact thermique avec l'élément d'interface 230 : dans ce cas, l'image d'étalonnage permet de quantifier la quantité de flux parasite émis par l'élément d'interface 230 en utilisation.

[0110] Les variantes des figures 2B à 2D peuvent être combinées l'une avec l'autre, ainsi qu'avec un ou plusieurs des exemples donnés en relation avec la figure 2A.

[0111] Comme décrit dans la description en relation avec les figures 1A et 1B, le phénomène de vignettage s'aggrave lorsque la distance entre le hublot et la caméra IR augmente, et il est donc avantageux de positionner la caméra IR au plus proche du hublot, dans la limite de l'espacement entre la caméra IR

et la paroi. Comme on peut le comprendre dans les figures 1A et 1B, dans l'exemple où la paroi est inclinée d'un angle strictement compris entre 0 et 90° par rapport à l'horizontale, lorsque la partie supérieure de la monture de lentille vient en contact avec la paroi inclinée, il n'est plus possible de réduire la distance entre la caméra IR et le hublot.

[0112] Les inventeurs ont donc pensé à réduire cette distance en tronquant la monture de lentille voire en tronquant une ou plusieurs lentilles, comme représenté dans les figures 3A et 3B.

[0113] La figure 3A représente une variante de caméra infrarouge 310 comprenant un capteur d'image 314, similaire au capteur d'image décrit en relation avec la figure 2A, une pluralité de lentilles 318 et une monture de lentille 319 tronquée selon un angle de troncature β par rapport à l'axe optique A de la caméra infrarouge. La troncature 317 est formée dans une portion de la monture de lentille destinée à être en regard d'une paroi inclinée, ici en partie supérieure arrière de la monture de lentille.

[0114] La figure 3B représente une autre variante de caméra infrarouge 320 comprenant un capteur d'image 324, similaire au capteur d'image décrit en relation avec la figure 2A, une pluralité de lentilles dont au moins une lentille 328 est tronquée selon un angle de troncature β par rapport à l'axe optique A de la caméra infrarouge et une monture de lentille 329 également tronquée du même angle de troncature β dans la continuité de la troncature de lentille. La troncature 327 est formée dans une portion de la lentille destinée à être en regard d'une paroi inclinée, ici en partie supérieure arrière de la lentille.

[0115] De préférence, la troncature de lentille est conçue pour ne pas dégrader les performances optiques de la lentille. Selon un exemple, une lentille tronquée présente au moins une

surface optique irrégulière (de type free-form). La surface optique irrégulière est au moins non axisymétrique.

[0116] Selon un exemple avantageux, la lentille tronquée est recouverte par une portion de monture de lentille ou par une autre pièce de recouvrement, adaptée à recouvrir la troncature de lentille. Cela permet de limiter, voire de supprimer, une dégradation des performances optiques de la lentille tronquée, par exemple lorsque la lentille tronquée subit des variations de température et/ou cela permet de protéger l'environnement proche de la troncature de lentille d'un flux lumineux parasite pouvant être induit par ladite troncature. La figure 4 représente un exemple de dispositif dans lequel la monture de lentille, qui est également l'élément d'interface, est adaptée à recouvrir une troncature de lentille.

[0117] La figure 4 représente un autre exemple de dispositif d'imagerie IR 400 selon un mode de réalisation comprenant un capteur d'image 414, similaire au capteur d'image décrit en relation avec la figure 2A, une pluralité de lentilles dont au moins une lentille 418 est tronquée selon un angle de troncature β par rapport à l'axe optique A de la caméra infrarouge. Le dispositif 400 comprend en outre un élément d'interface 430 formant également monture de lentille. En d'autres termes, l'élément d'interface 430 et la monture de lentille sont d'un seul tenant. En outre, l'élément d'interface 430 comprend une partie de recouvrement 434, adaptée à recouvrir la troncature 417 de lentille, et également adaptée à s'insérer entre la paroi inclinée 130 et ladite troncature.

[0118] Selon un exemple, au moins la partie de recouvrement 434, voire tout l'élément d'interface 430, est en un matériau adapté à protéger la troncature 417 de lentille d'un flux lumineux parasite externe, par exemple un matériau réfléchissant ou absorbant.

[0119] Selon un exemple, au moins la partie de recouvrement 434, voire tout l'élément d'interface 430, est en un matériau adapté à dissiper un flux thermique parasite.

[0120] Ainsi, l'élément d'interface 430 de la figure 4 se distingue de celui de la figure 2A principalement en ce qu'il est d'un seul tenant avec la monture de lentille et qu'il est adapté à une troncature de lentille. Cela permet de rapprocher la caméra infrarouge du hublot, et ainsi de diminuer le phénomène de vignettage. Cela permet en outre de disposer d'une seule pièce, par exemple compacte, limitant ainsi les jeux entre les pièces, et permettant un positionnement plus précis entre la caméra infrarouge et le hublot incliné.

[0121] Similairement à l'élément d'interface 230 de la figure 2A, l'élément d'interface 430 du dispositif 400 comprend une première extrémité 432 conformée pour s'accrocher à la monture 134 de hublot par complémentarité de forme avec ladite monture, venant ainsi s'assembler à la paroi autour du hublot. La deuxième extrémité 434 de l'élément d'interface est adaptée à s'assembler avec le capteur d'image 414, généralement avec un boîtier intégrant le capteur d'image et la fenêtre entre le capteur et les lentilles. Les autres exemples donnés dans la description de la figure 2A concernant l'élément d'interface peuvent s'appliquer à l'élément d'interface 430 de la figure 4.

[0122] Dans l'exemple représenté, l'angle de troncature β est sensiblement égal à l'angle d'inclinaison α de la paroi, ce qui permet de rapprocher au mieux la caméra infrarouge du hublot.

[0123] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. En particulier, tous

les modes de réalisation peuvent être réalisés avec ou sans décalage entre l'axe optique de la caméra infrarouge et l'axe optique réfracté. En outre, dans les modes de réalisation, le boîtier du capteur d'image et la monture de lentille peuvent être en un seul tenant.

[0124] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'imagerie infrarouge (200, 201, 202, 203, 400) comprenant une caméra infrarouge (210, 410) ayant un axe optique (A) et destinée à détecter un rayonnement infrarouge dans une gamme spectrale à travers un élément transparent (132) audit rayonnement infrarouge, ledit élément transparent comprenant deux faces, une face d'entrée et une face de sortie, sensiblement planes et parallèles entre elles, et étant entouré par une monture (134), l'élément transparent avec la monture étant adapté à être inséré dans une ouverture d'une paroi (130), l'élément transparent et au moins une partie de la paroi dans laquelle l'élément transparent est inséré étant inclinés d'un angle d'inclinaison (α) supérieur à 0° et inférieur à 90° ou inférieur à 0° et supérieur à -90° par rapport à l'axe optique (A) de la caméra infrarouge ; le dispositif comprenant en outre :
 - un élément d'interface (230, 430) adapté à réaliser une interface entre la caméra infrarouge (210, 410) et la monture (134).
2. Dispositif (200, 201, 202, 203, 400) selon la revendication 1, au moins une surface intérieure (238, 438) de l'élément d'interface (230, 430) étant conformée de manière à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra, et/ou étant en un matériau adapté à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra et/ou étant recouverte d'un revêtement adapté à diminuer l'émission de rayonnements infrarouges par ledit élément d'interface vers la caméra.
3. Dispositif (200, 201, 202, 203, 400) selon la revendication 1 ou 2, l'élément d'interface (230, 430) comprenant une première extrémité (232, 432) adaptée à s'accrocher à la

monture (134) de l'élément transparent (132), par exemple par complémentarité de forme avec ladite monture.

4. Dispositif (200, 201, 202, 203) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, l'élément d'interface (230) comprenant une deuxième extrémité (234) adaptée à s'accrocher à la caméra infrarouge (210), par exemple par complémentarité de forme avec au moins une partie de ladite caméra infrarouge.
5. Dispositif (200, 201, 202, 203) selon la revendication 4, la caméra infrarouge (210) comprenant au moins une lentille (218) et une monture de lentille (219), ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, la deuxième extrémité (234) de l'élément d'interface (230) étant adaptée à s'accrocher à la monture de lentille (219), par exemple par complémentarité de forme avec ladite monture de lentille.
6. Dispositif (400) selon la revendication 4, la caméra infrarouge (410) comprenant au moins une lentille (418) et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, l'élément d'interface (430) et la monture de lentille étant d'un seul tenant.
7. Dispositif (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, la caméra infrarouge (410) comprenant au moins une lentille (418) et une monture de lentille, ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille, au moins une lentille (418) et/ou la monture de lentille comprenant une face tronquée (417) adaptée à être positionnée en regard de la paroi (130).
8. Dispositif (400) selon la revendication 7, l'angle de troncature (β) de la face tronquée (417) par rapport à

l'axe optique (A) de la caméra infrarouge étant sensiblement égal à l'angle d'inclinaison (α) de la paroi (130) et de l'élément transparent (132).

9. Dispositif (400) selon la revendication 7 ou 8, l'élément d'interface (430) comprenant au moins une partie (434) adaptée à recouvrir la face tronquée (417), ladite partie formant par exemple une protection thermique de la face tronquée et/ou une protection de ladite face tronquée vis-à-vis de rayonnements infrarouges.
10. Dispositif (200, 201, 202, 203, 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, la caméra infrarouge (210, 410) comprenant :
 - au moins une lentille (218, 418) et une monture de lentille (219), ladite au moins une lentille étant maintenue par ladite monture de lentille ; et
 - un capteur d'image (214, 414) sensible au rayonnement infrarouge de la gamme spectrale ;le capteur et la au moins une lentille définissant l'axe optique (A) de la caméra infrarouge, le capteur étant disposé sensiblement dans le plan focal image de ladite au moins une lentille.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, l'élément d'interface étant adapté à réaliser un assemblage étanche aux fluides entre la paroi et la caméra infrarouge.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, l'élément d'interface étant en un matériau de faible conduction thermique, par exemple de conduction thermique inférieure à $10 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
13. Dispositif (200) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, l'élément d'interface étant muni

d'au moins une sonde de température (240), au moins une sonde de température étant par exemple reliée à un module de traitement de flux lumineux parasite, par exemple un flux lumineux parasite émis par le dispositif.

14. Dispositif (203) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comprenant un élément d'obturation amovible (242) adapté à obturer la caméra infrarouge (210), ledit élément d'obturation étant par exemple recouvert d'un revêtement émissif sur une face dudit élément d'obturation située en regard de la caméra infrarouge.
15. Dispositif (201) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, l'élément d'interface (230) comprenant une surface intérieure émettrice (231) orientée en regard de la caméra infrarouge (210) et adaptée à être positionnée à proximité de l'élément transparent (132), par exemple contre la monture (134) de l'élément transparent, ladite surface intérieure émettrice étant par exemple recouverte d'un revêtement émissif (233).
16. Dispositif (202) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, l'élément d'interface (230) comprenant une portion (235) adaptée à être positionnée en regard d'une région (133) de l'élément transparent (132), par exemple un bord dudit élément transparent, de manière à former un écran entre ladite région de l'élément transparent et la caméra infrarouge (210), ladite portion comprenant une face émettrice orientée en regard de la caméra infrarouge (210), par exemple recouverte d'un revêtement émissif (237).
17. Dispositif (200, 201, 202, 203) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, la caméra infrarouge (210) comprenant un capteur d'image (214) à matrice de pixels comprenant un pixel angulaire adapté à capturer un flux

lumineux provenant d'une zone intérieure de l'élément d'interface (230) orientée en regard du capteur d'image et du champ de vue du pixel angulaire, par exemple une zone intérieure destinée à être positionnée autour de l'élément transparent (132), ladite zone intérieure étant par exemple recouverte d'un revêtement émissif.

18. Système d'imagerie infrarouge comprenant :

- un dispositif d'imagerie infrarouge (200, 201, 202, 203, 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, et
- une paroi (130) comportant une ouverture dans laquelle un élément transparent (132) au rayonnement infrarouge d'une gamme spectrale, entouré par une monture (134), est inséré ;

la caméra infrarouge (210, 410) du dispositif étant adaptée à détecter un rayonnement infrarouge de la gamme spectrale à travers l'élément transparent ;

l'élément transparent (132) et au moins une partie de la paroi (130) dans laquelle l'élément transparent est inséré étant inclinés d'un angle d'inclinaison (α) supérieur à 0° et inférieur à 90° ou inférieur à 0° et supérieur à -90° par rapport à l'axe optique (A) de la caméra.

19. Dispositif d'imagerie infrarouge selon l'une quelconque des revendications 1 à 17 ou système d'imagerie infrarouge selon la revendication 18, dans lequel l'élément transparent est inclus dans le volume correspondant à l'ouverture de la paroi, et/ou ne dépasse pas latéralement de part et d'autre de l'ouverture de la paroi.

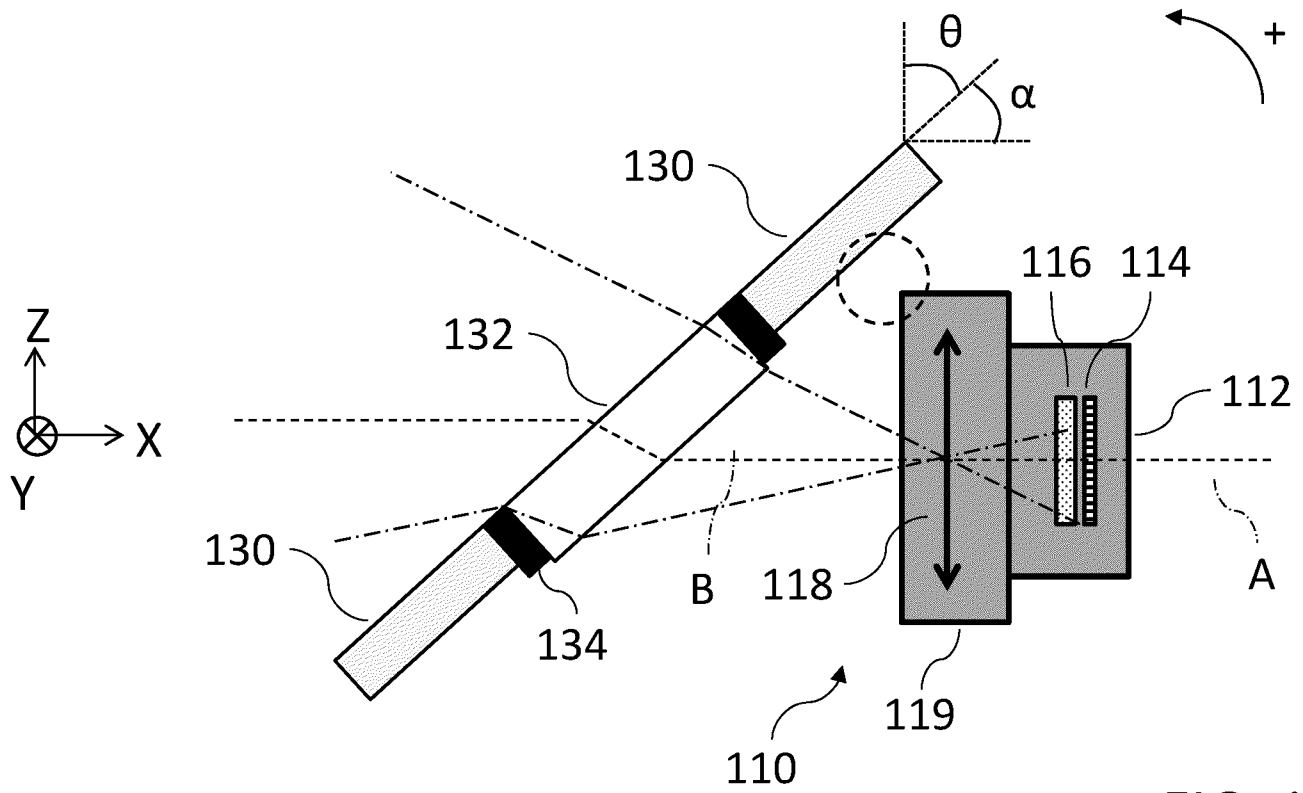


FIG. 1A

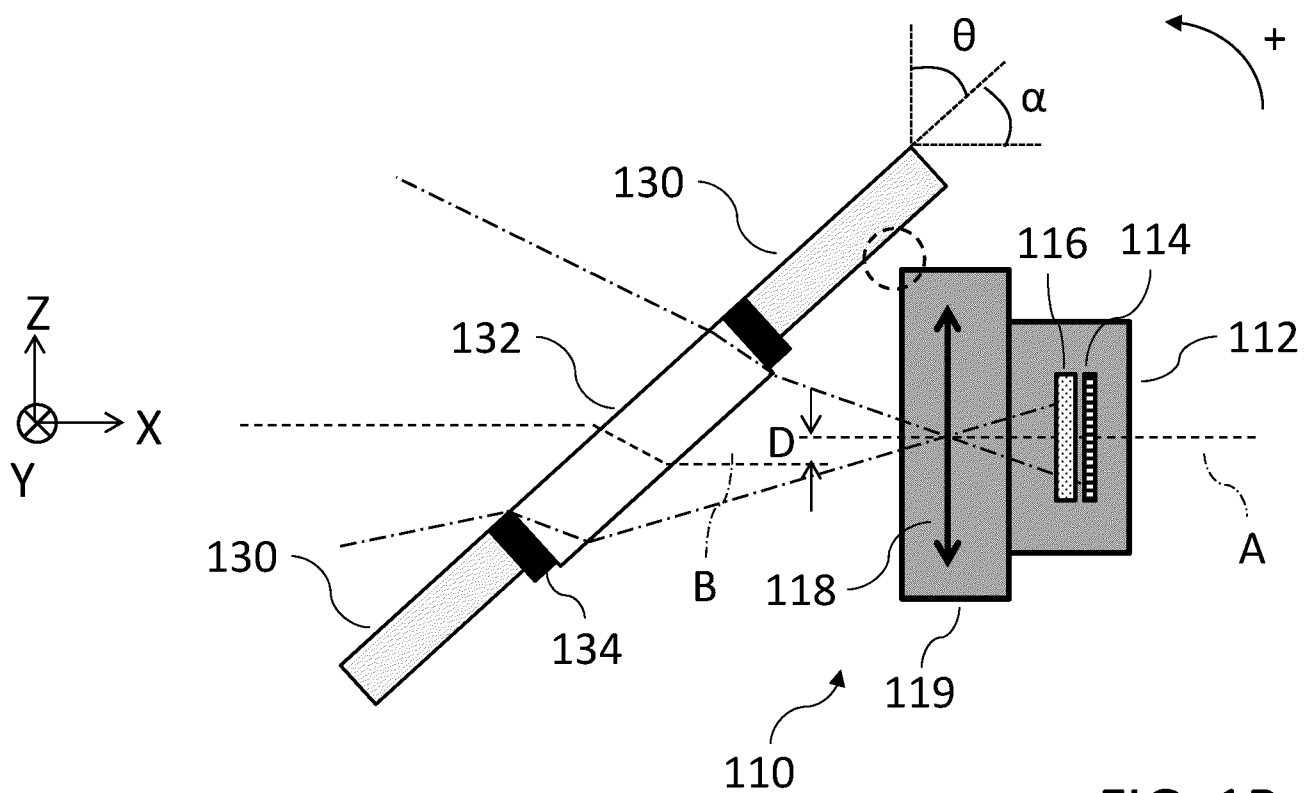


FIG. 1B

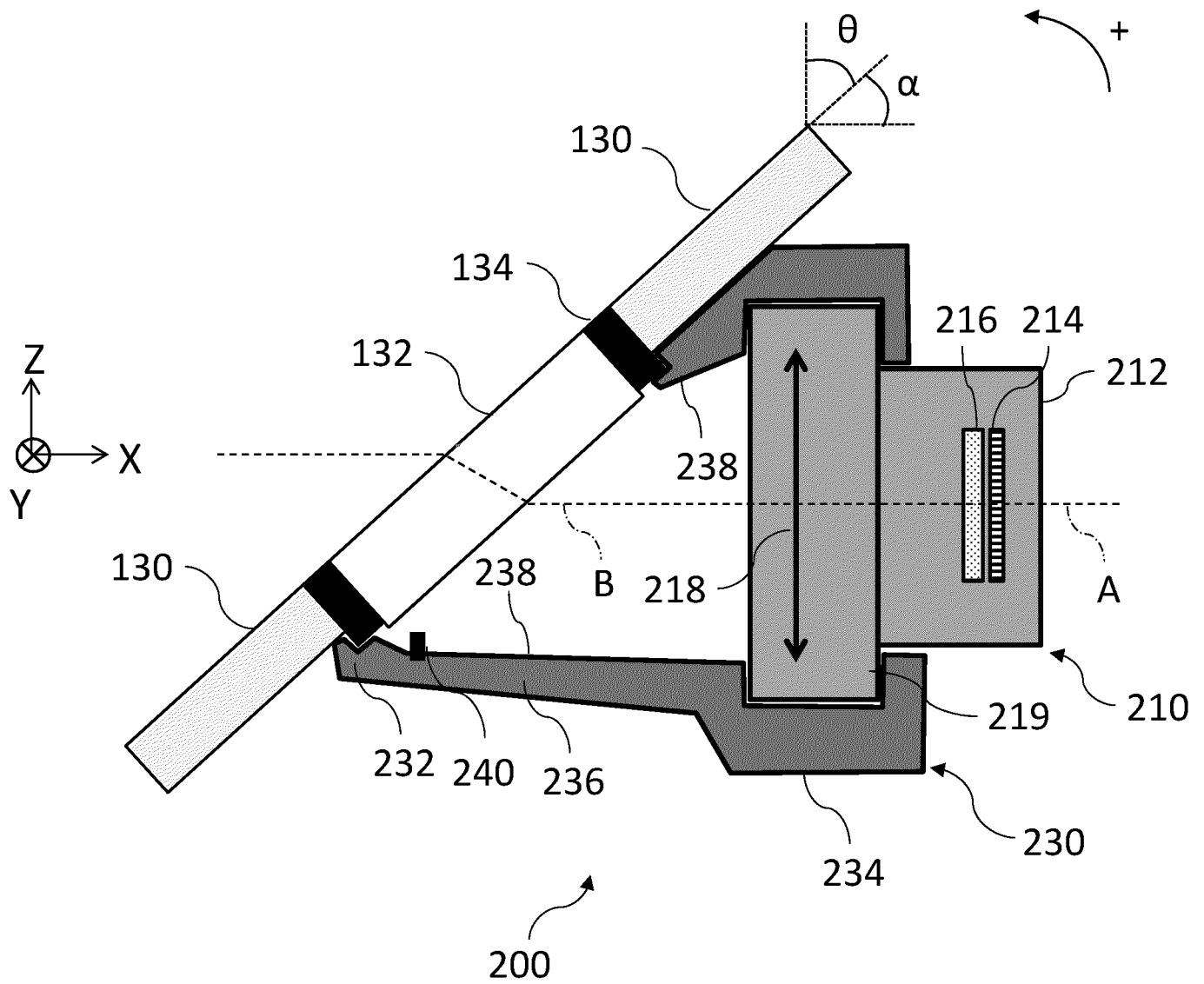


FIG. 2A

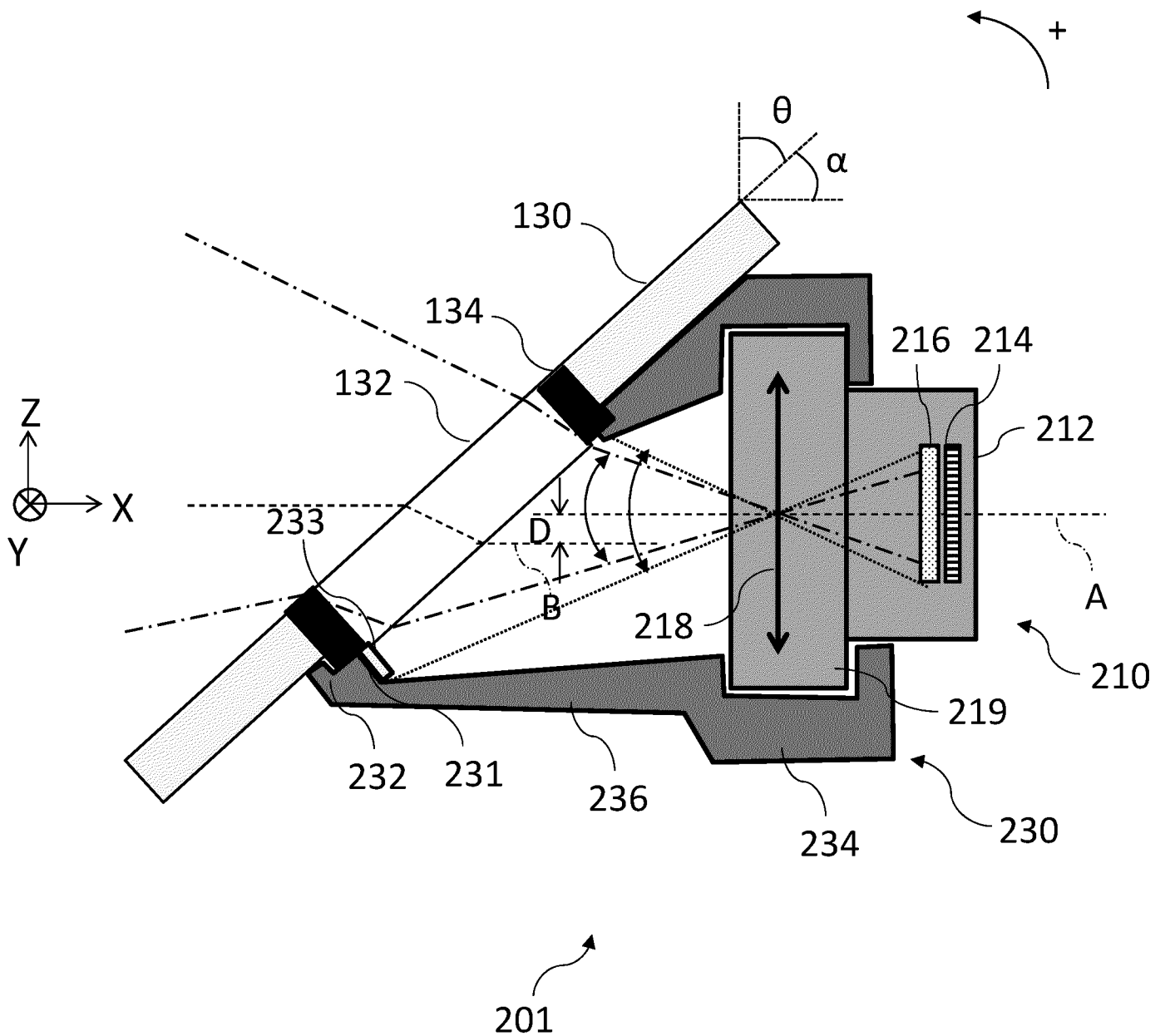


FIG. 2B

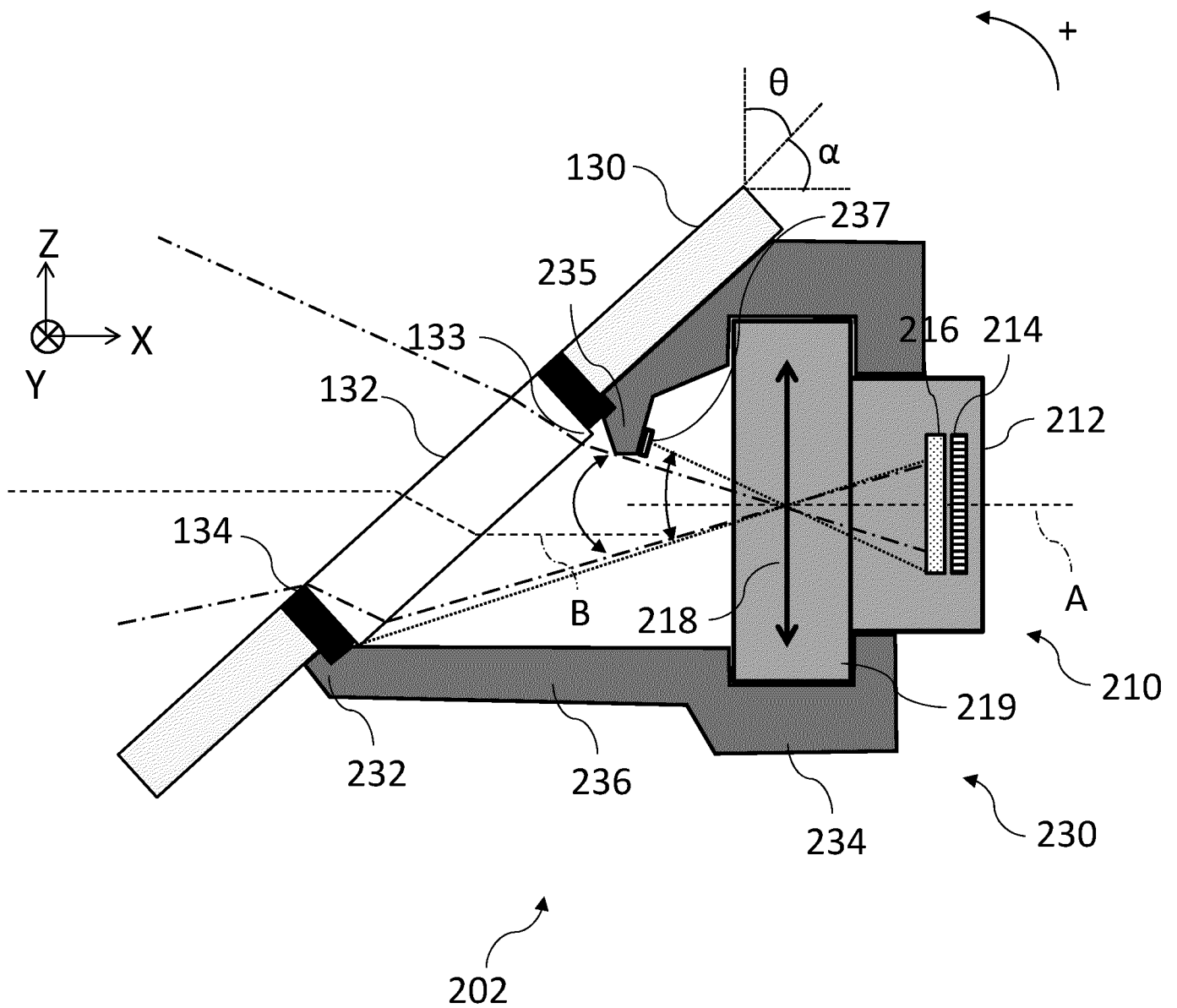


FIG. 2C

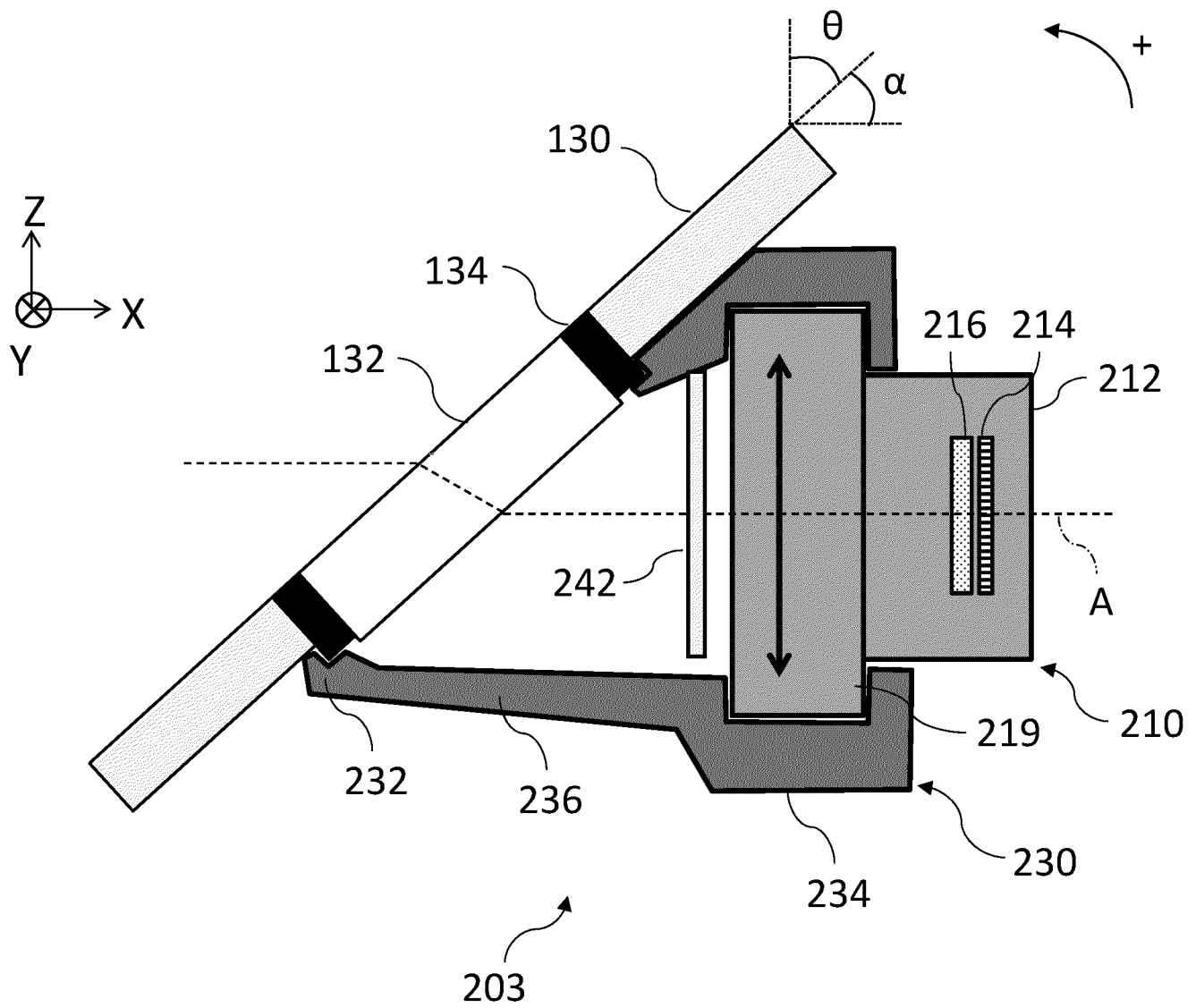


FIG. 2D

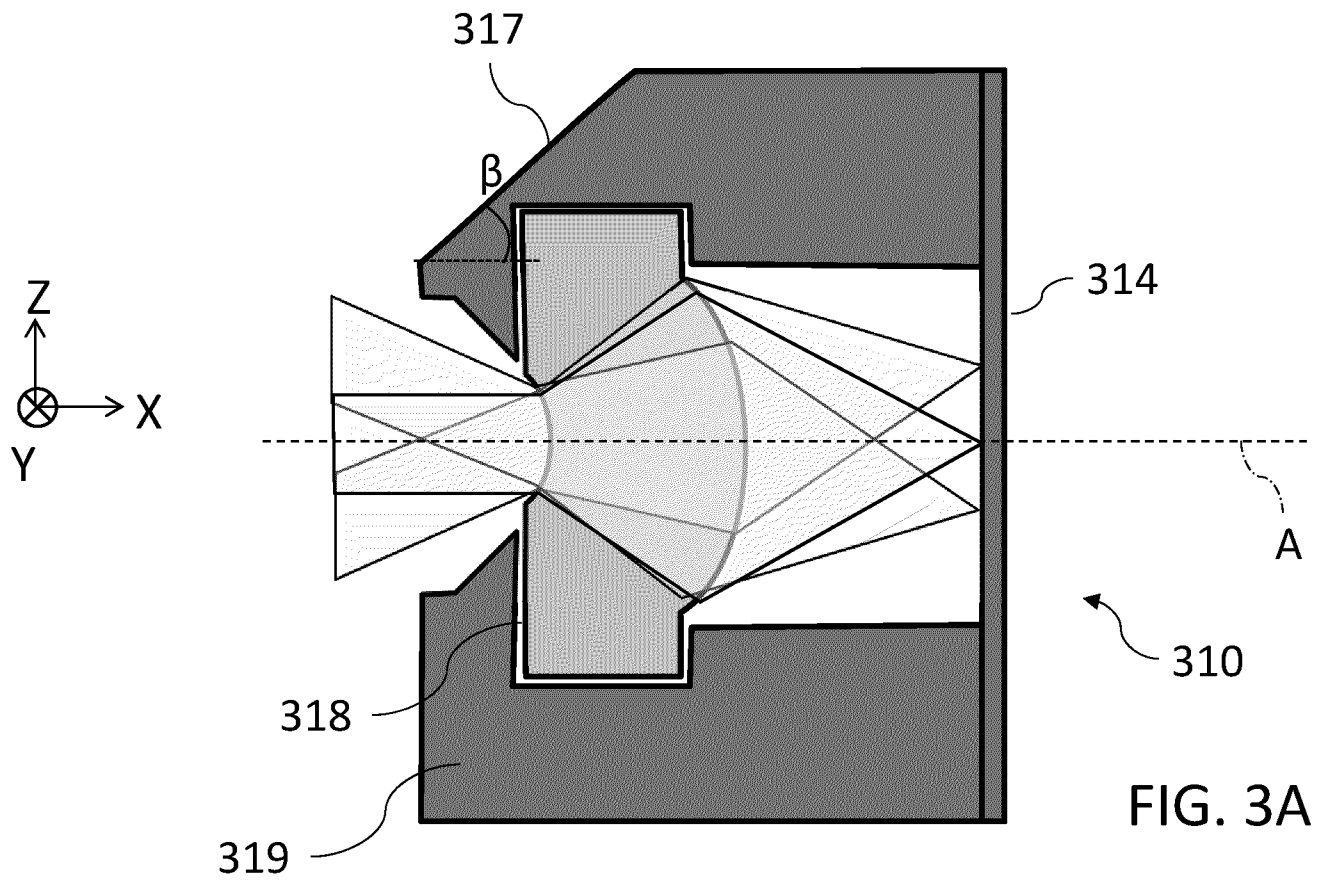


FIG. 3A

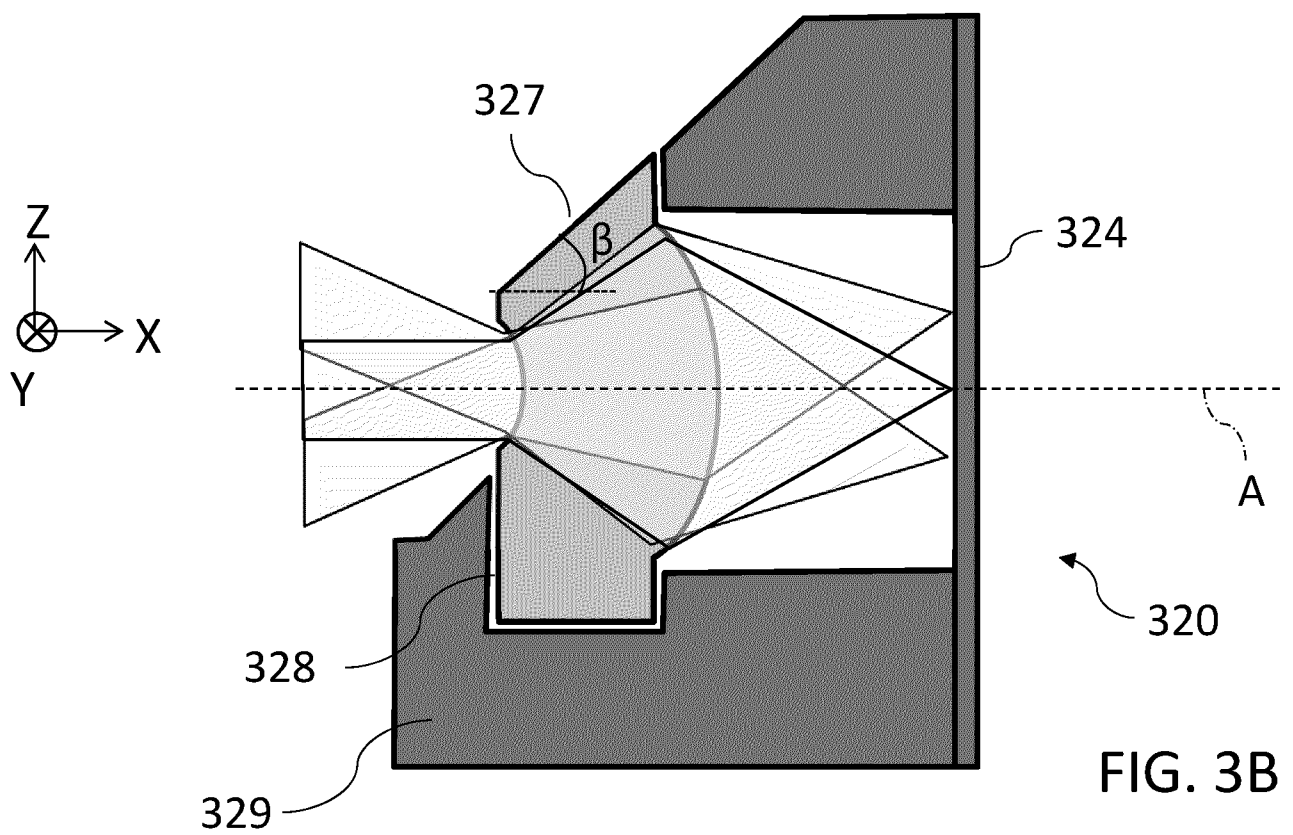


FIG. 3B

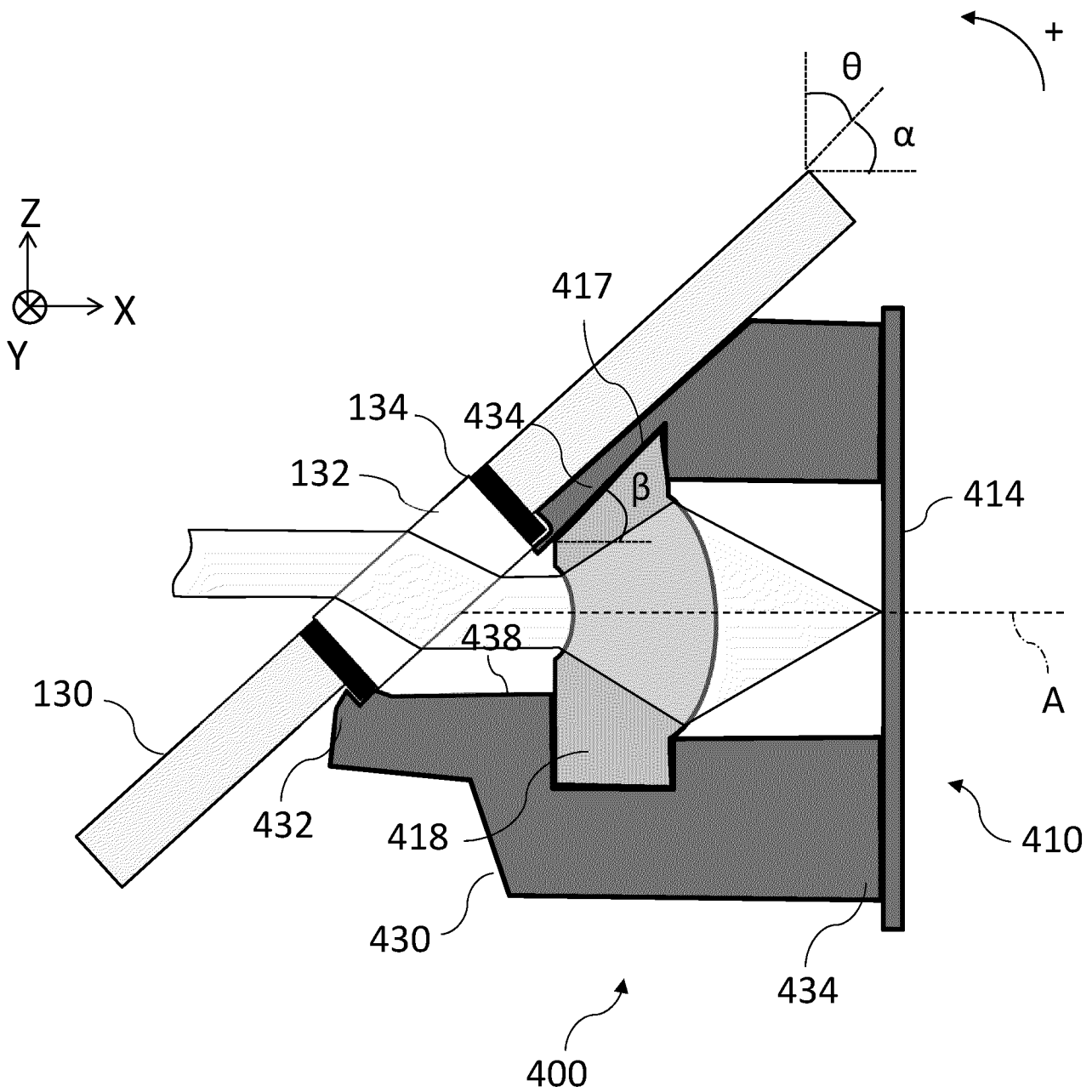


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/076509

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04N 17/00**(2006.01)i; **H04N 5/225**(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)

H04N; B60R; G08B; G02B; B64D

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 Y	US 2017057660 A1 (BADGER ASHLEY G [US] ET AL) 02 March 2017 (2017-03-02) paragraphs [0020] - [0022]; figure 2A paragraph [0023]; figure 2C paragraph [0024]; figures 3A-3B paragraphs [0025] - [0028]; figure 3C paragraphs [0029] - [0031]; figure 4B figure 5	1,2,4,5,10-12,14,18,19 7,8
X	US 2021099622 A1 (ICHIKI HIROSHI [JP]) 01 April 2021 (2021-04-01) figure 1 paragraphs [0045] - [0050]; figure 4	1,3,6,10,14,18
Y	US 2021088745 A1 (LI CAN [CN] ET AL) 25 March 2021 (2021-03-25) figure 4	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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2022

Date of mailing of the international search report

06 December 2022

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

Berne, Jean-François

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/076509

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017057660	A1	02 March 2017	US	2017057660	A1	02 March 2017
				US	2019185133	A1	20 June 2019
US	2021099622	A1	01 April 2021	EP	3770020	A1	27 January 2021
				JP	2019166964	A	03 October 2019
				US	2021099622	A1	01 April 2021
				WO	2019181112	A1	26 September 2019
US	2021088745	A1	25 March 2021	CN	110568575	A	13 December 2019
				EP	3816693	A1	05 May 2021
				US	2021088745	A1	25 March 2021
				WO	2019233276	A1	12 December 2019

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2022/076509

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. H04N17/00 H04N5/225

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)

H04N B60R G08B G02B B64D

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2017/057660 A1 (BADGER ASHLEY G [US] ET AL) 2 mars 2017 (2017-03-02)	1, 2, 4, 5, 10-12, 14, 18, 19
Y	alinéas [0020] - [0022]; figure 2A alinéa [0023]; figure 2C alinéa [0024]; figures 3A-3B alinéas [0025] - [0028]; figure 3C alinéas [0029] - [0031]; figure 4B figure 5	7, 8
X	US 2021/099622 A1 (ICHIKI HIROSHI [JP]) 1 avril 2021 (2021-04-01) figure 1 alinéas [0045] - [0050]; figure 4	1, 3, 6, 10, 14, 18
Y	US 2021/088745 A1 (LI CAN [CN] ET AL) 25 mars 2021 (2021-03-25) figure 4	7, 8



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

24 novembre 2022

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06/12/2022

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

Berne, Jean-François

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2022/076509

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017057660 A1	02-03-2017	US 2017057660 A1	02-03-2017
		US 2019185133 A1	20-06-2019
US 2021099622 A1	01-04-2021	EP 3770020 A1	27-01-2021
		JP 2019166964 A	03-10-2019
		US 2021099622 A1	01-04-2021
		WO 2019181112 A1	26-09-2019
US 2021088745 A1	25-03-2021	CN 110568575 A	13-12-2019
		EP 3816693 A1	05-05-2021
		US 2021088745 A1	25-03-2021
		WO 2019233276 A1	12-12-2019