(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 145 209***
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 00631**

(51) Int Cl[8] : ***G 01 J 5/061*** *(2023.01), G 01 J 5/12*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) Dispositif de détection de rayonnement électromagnétique.

(22) **Date de dépôt :** 24.01.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 26.07.24 Bulletin 24/30.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 18.04.25 Bulletin 25/16.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(○) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** DAVENEL ARNAUD, RUOCCO-ANGARI Bernard, DUVAL Nicolas et COTTEREAU Bertrand.

(73) **Titulaire(s) :** SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** Ernest Gutmann - Yves Plasseraud.

FR 3 145 209 - B1

Description

Titre de l'invention : Dispositif de détection de rayonnement électromagnétique

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne les dispositifs de détection de rayonnement électromagnétique (tel qu'infrarouge), destinés notamment à équiper les autodirecteurs de projectiles autoguidés (missiles, roquettes, etc.) ou encore les caméras thermiques, jumelles et lunettes nocturnes, télescopes, et plus généralement tout dispositif d'observation basé sur le principe de la détection de rayonnement électromagnétique, par exemple utilisant un capteur dit refroidi.

Etat de la technique antérieure

[0002] Les dispositifs de détection de rayonnement électromagnétique sont généralement équipés d'un capteur de rayonnement électromagnétique (couramment dénommé " FPA ", acronyme de l'anglais " Focal Plane Array ") qui ne peut fonctionner que sous vide et à basse température.

[0003] Le capteur, placé dans un boîtier définissant une enceinte à vide et muni d'une fenêtre transparente au rayonnement électromagnétique pour la transmission de celui-ci au capteur, est généralement monté sur une paroi terminale d'un doigt froid dans lequel est logé un échangeur de chaleur assurant le refroidissement cryogénique du capteur, à une température inférieure à 200 K, en particulier inférieure à 150 K, en particulier inférieure à 100 K.

[0004] La plupart des capteurs employés à ce jour présentent une surface constituée d'une matrice de pixels sensibles au rayonnement électromagnétique, qui peuvent percevoir celui-ci dans le cône plat défini par la surface du capteur, c'est- à-dire à 2π stéradians. Il est nécessaire de limiter le cône de perception pour que celui-ci n'inclue pas des sources externes de rayonnement électromagnétique (dites hors champ), constituant un rayonnement parasite.

[0005] C'est pourquoi un écran muni d'un diaphragme est généralement interposé entre le capteur et la fenêtre : cet écran est censé faire barrage au rayonnement électromagnétique parasite.

[0006] Néanmoins, l'interposition d'un écran n'est pas suffisante pour éviter que des rayonnements parasites n'atteignent le capteur, et ce pour au moins deux raisons. D'une part, l'écran lui-même peut s'avérer source de rayonnement électromagnétique. Pour limiter ce rayonnement, il est coutume de refroidir l'écran en mettant à contribution la source cryogénique précitée. A cet effet, l'écran est généralement peint en noir mat et monté sur le doigt froid, l'écran étant ainsi maintenu en fonctionnement à une tem-

pérature inférieure à la température ambiante. D'autre part, il est courant que le rayonnement électromagnétique issu d'une source hors champ, bien que n'atteignant pas directement le capteur, l'atteigne par réflexion sur la paroi de l'écran, à l'intérieur de celui- ci.

[0007] De nombreuses solutions ont été proposées pour remédier à ce problème, par exemple la forme de l'écran peut être optimisée pour réduire le nombre de rayons hors champ incidents et pouvant atteindre le capteur, et/ou l'écran peut comprendre une superposition de baffles qui piègent les rayons incidents issus de sources hors champs.

[0008] Si de telles solutions permettent effectivement de réduire l'incidence des rayonnements parasites sur les performances du capteur, elles présentent toutefois le double inconvénient de la complexité et du coût de fabrication.

[0009] L'invention vise notamment à remédier aux inconvénients précités des écrans froids connus, en proposant une solution permettant de minimiser l'influence du rayonnement parasite et de limiter le coût.

Résumé de l'invention

[0010] A cet effet, l'invention propose un dispositif de détection de rayonnement électromagnétique comprenant :

- un boîtier comprenant une première enceinte et une seconde enceinte hermétiques et juxtaposées,

[0011] - un capteur agencé dans la première enceinte et formé par une surface plane sensible audit rayonnement électromagnétique, ledit capteur ayant un axe optique centré par rapport audit capteur,

dans lequel :

[0012] - la première enceinte comprend une fenêtre transparente au rayonnement électromagnétique arrangée en regard dudit capteur et la seconde enceinte comprend une première fenêtre recevant le rayonnement électromagnétique de l'extérieur du boîtier et une seconde fenêtre transparent au rayonnement électromagnétique et adjacente à la fenêtre de la première enceinte,

- la seconde enceinte comprend un élément froid comprenant une base arrangée du côté de la seconde fenêtre de la seconde enceinte et une extrémité définissant un diaphragme arrangée du côté de la première fenêtre de la seconde enceinte, l'élément froid comprenant une paroi latérale reliant la base et ladite extrémité et présentant une révolution autour de l'axe optique,

[0013] dans lequel la section de l'élément froid dans chaque plan comprenant l'axe optique est une partie d'ellipse, la distance entre chaque foyer de ladite ellipse et l'axe optique étant supérieure ou égale au rayon d'un cercle circonscrit dudit capteur.

[0014] Ainsi, la première enceinte peut être maintenue à une température différente de la

seconde enceinte de façon simple et efficace. En effet, la première enceinte et la seconde enceinte sont thermiquement étanches l'une à l'autre. Chaque enceinte peut être refroidie au juste besoin, c'est-à-dire à la température de fonctionnement du capteur ou à la température de refroidissement de l'élément froid qui suffit pour limiter voire éliminer le rayonnement parasite.

[0015] La seconde fenêtre de la seconde enceinte peut être arrangée en-dessous de la fenêtre de la première enceinte suivant l'axe optique, de sorte que ladite seconde fenêtre de la seconde enceinte et la fenêtre de la première enceinte peuvent être superposées.

[0016] Les foyers de l'ellipse peuvent être agencés dans le plan comprenant le capteur, en particulier situés dans le capteur ou dans une zone d'intérêt dudit capteur.

[0017] La zone d'intérêt du capteur peut être une zone circulaire ou carrée comprise dans le capteur. Par exemple, le capteur peut avoir une dimension de 640pixels*512pixels dont la zone d'intérêt peut être un cercle inscrit de rayon 512 pixels.

[0018] Le rayonnement électromagnétique peut être un rayonnement infrarouge, en particulier le rayonnement infrarouge long ayant une gamme de longueurs d'ondes comprises entre 7 et 14 microns, ou le rayonnement infrarouge moyen ayant une gamme de longueurs d'ondes comprise entre 3 et 5 microns.

[0019] Le capteur peut comprendre une matrice de pixels sensibles au rayonnement électromagnétique.

[0020] En particulier, l'axe optique peut être perpendiculaire à la surface du capteur et passant par le centre de celle-ci.

[0021] Le diaphragme de l'élément froid peut être centré autour de l'axe optique. L'élément froid permet de limiter le flux perçu par chaque pixel du capteur à un cône de perception dont la génératrice s'appuie sur le bord du diaphragme.

[0022] Le cercle circonscrit peut être le cercle le plus petit dans lequel s'inscrit le capteur, ou la zone d'intérêt du capteur, dans le plan du capteur.

[0023] Le dispositif peut comprendre un premier moyen de refroidissement de la première enceinte à une première température et un second moyen de refroidissement de la seconde enceinte à une seconde température. Ladite première température peut être inférieure à ladite seconde température.

[0024] En effet, l'élément froid n'a pas besoin d'être refroidi autant que le capteur. Ceci permet de réduire le coût de fonctionnement, en particulier de refroidissement, du dispositif. En outre, la séparation du capteur et de l'élément froid en deux enceintes étanches thermiquement, permet de réduire le temps de mise en œuvre du refroidissement à la température de fonctionnement de respectivement le capteur et l'élément froid. En effet, le dispositif permet de ne pas refroidir inutilement l'élément froid.

[0025] Le premier moyen de refroidissement peut être un moyen de refroidissement basé sur

le froid Stirling. Le second moyen de refroidissement peut être un moyen de refroidissement thermoélectrique.

[0026] La première température peut être comprise entre 70K (Kelvin) et 150K, en particulier comprise entre 80K et 90K, en particulier égale à 150 K. La seconde température peut être comprise entre 170K et 250K, en particulier égale à 170K.

[0027] Le second moyen de refroidissement peut être agencé entre la première fenêtre et l'élément froid.

[0028] Le premier moyen de refroidissement peut comprendre une plateforme sur laquelle est posée le capteur. Le capteur peut être agencé entre le premier moyen de refroidissement et la fenêtre de la première enceinte.

[0029] Le dispositif peut comprendre un baffle entourant le capteur et muni d'un diaphragme arrangé pour le passage du rayonnement électromagnétique. Ledit baffle peut comprendre une surface interne tournée vers le capteur et une surface externe opposée. Ladite surface externe peut comprendre un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique. Ladite surface interne peut être une surface ayant une émissivité proche de 1. Par exemple, ladite surface interne peut comprendre un revêtement noir mat. Le revêtement réfléchissant peut être un miroir ou un revêtement métallique en particulier poli.

[0030] Le baffle peut être cylindrique comprenant une première extrémité ouverte et agencé au niveau du capteur et l'entourant.

[0031] Le diaphragme du baffle peut être agencé au niveau d'une seconde extrémité du baffle opposée à la première extrémité.

[0032] Un tel baffle permet de limiter le rayonnement parasite perçu par le capteur.

[0033] Le baffle peut être refroidi par le premier moyen de refroidissement. Par exemple, la première extrémité du baffle peut être posée sur la plateforme du premier moyen de refroidissement.

[0034] La paroi latérale de l'élément froid peut comprendre un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face interne tournée vers le capteur.

[0035] La paroi latérale de l'élément froid peut comprendre un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face externe opposée à ladite face interne.

[0036] Le revêtement réfléchissant peut être un revêtement métallique, en particulier poli, ou un miroir.

[0037] Selon un mode de réalisation, le capteur peut être rectangulaire. Selon un autre mode de réalisation, le capteur, ou la zone d'intérêt du capteur, peut prendre d'autres formes telles que carrée ou circulaire.

[0038] La seconde enceinte peut comprendre un élément froid supplémentaire, en particulier en plus de l'élément froid dit principal, arrangé entre l'élément froid et la seconde fenêtre. Ledit élément froid supplémentaire peut comprendre une base arrangée du côté

de la seconde fenêtre de la seconde enceinte et une extrémité définissant un diaphragme arrangé du côté de l'élément froid. L'élément froid supplémentaire peut comprendre une paroi latérale reliant la base et ladite extrémité et présentant une révolution autour de l'axe optique. En particulier, la section de l'élément froid supplémentaire dans chaque plan comprenant l'axe optique peut être une partie d'ellipse, la distance entre chaque foyer de ladite ellipse et l'axe optique étant supérieure ou égale au rayon du cercle circonscrit dudit capteur, ou de la zone d'intérêt du capteur.

[0039] L'adjonction de deux éléments froids dans la seconde enceinte permettent de limiter le diamètre de l'élément froid principal et ainsi réduire sa hauteur. Ceci permet de réduire l'encombrement du dispositif.

[0040] Par exemple, l'élément froid supplémentaire peut être imbriqué dans l'élément froid principal.

[0041] De façon similaire à l'élément froid principal, l'élément froid supplémentaire peut être centré par rapport à l'axe optique.

[0042] L'élément froid principal peut comprendre une partie cylindrique au niveau de sa base. Ladite paroi latérale à section elliptique peut relier l'extrémité de l'élément froid à la partie cylindrique. Le diamètre de la partie cylindrique peut être égale ou légèrement supérieure au diamètre externe de la base de l'élément froid supplémentaire. On entend par la base de l'élément froid supplémentaire, la partie ayant le plus grand diamètre de l'élément froid supplémentaire.

[0043] L'élément froid supplémentaire peut présenter une face interne, tournée vers le capteur, ayant un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique.

[0044] L'élément froid peut être une tôle, en particulier métallique, d'une épaisseur inférieure à 200 microns , en particulier égale à 100 microns. Par exemple, l'élément froid principal ou supplémentaire peut être formée par emboutissage de tôle. L'élément froid peut être réalisé en un alliage d'aluminium.

[0045] Le dispositif peut comprendre au moins un moyen de mise sous-vide de la première enceinte et/ou de la seconde enceinte. Chaque enceinte peut être reliée à un moyen de mise sous-vide. La mise sous-vide des enceintes permet de réduire les pertes par convection.

[0046] Selon un mode de réalisation, le diaphragme peut présenter un contour circulaire ou toute autre forme convenable.

[0047] Le dispositif peut être destinés notamment à équiper les autodirecteurs de projectiles autoguidés ou encore les caméras thermiques, jumelles et lunettes nocturnes, télescopes, et plus généralement tout dispositif d'observation basé sur le principe de la détection de rayonnement électromagnétique.

Brève description des figures

[0048] [Fig.1] représente une vue en perspective et partiellement en coupe d'un premier exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

[0049] [Fig.2] représente une vue en coupe du dispositif de la [Fig.1],

[0050] [Fig.3] représente une vue en perspective d'un élément froid équipant le dispositif des figures 1 et 2,

[0051] [Fig.4] la figure 4a représente une section dans un plan passant par l'axe de révolution de l'élément froid de la [Fig.3], et la figure 4b représente une vue en perspectives d'une pluralité de sections dans différents plans passant par l'axe de révolution de l'élément froid de la [Fig.3].

[0052] [Fig.5] représente une vue en coupe d'un second exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0053] Les figures 1 et 2 représentent un premier exemple de réalisation d'un dispositif 100 de détection de rayonnement électromagnétique. Le rayonnement électromagnétique est avantageusement un rayonnement infrarouge, en particulier le rayonnement infrarouge long ayant une gamme de longueurs d'ondes comprises entre 7 et 14 microns, ou le rayonnement infrarouge moyen ayant une gamme de longueurs d'ondes comprise entre 3 et 5 microns.

[0054] Le dispositif 100 comprend une première enceinte 102 et une seconde enceinte 104. Chacune des enceintes 102 et 104 est étanche, en particulier thermiquement étanche. Le dispositif comprend au moins un moyen de mise sous-vide relié par des raccordements 106 et 108 à la première enceinte 102 et la seconde enceinte 104, respectivement. En particulier, un moyen de mise sous-vide est prévu pour chaque enceinte 102 et 104.

[0055] La seconde enceinte 104 comprend une paroi latérale cylindrique fermée hermétiquement par une paroi supérieure 110 et une paroi inférieure 112. La paroi supérieure 110 est munie d'une fenêtre supérieure 111 recevant le rayonnement électromagnétique depuis l'extérieur du dispositif 100 et la paroi inférieure 112 est munie d'une fenêtre inférieure 113. Lesdites fenêtres 111 et 113 sont transparentes au rayonnement électromagnétique.

[0056] La première enceinte 102 est délimitée par une paroi latérale cylindrique, une paroi supérieure 114 et une paroi inférieure 116 portée par un support 117 du dispositif 100. La paroi supérieure 114 comprend une fenêtre 115 transparente au rayonnement électromagnétique et adjacente à la fenêtre 113 de la seconde enceinte 104. En particulier, la fenêtre 115 de la première enceinte 102 et la fenêtre 115 de la seconde enceinte 104 présentent les mêmes dimensions à savoir les mêmes diamètres et épaisseurs.

[0057] Sur les figures, les fenêtres 111, 113 et 115 présentent un contour circulaire mais

peuvent présenter d'autres formes de contour, par exemple rectangulaire, carrée, etc.

[0058] Le support 117 du dispositif 100 est raccordé à un moyen de fixation 118 permettant de monter le dispositif 100 sur tout appareil approprié comme un boîtier de caméra, des jumelles, un télescope, etc.

[0059] La première enceinte 102 comprend en outre un capteur 120 ayant une surface comprenant une matrice de pixels sensibles au rayonnement électromagnétique. Le capteur 120 présente un axe optique X perpendiculaire à la surface du capteur 120 et passant par le centre de celle-ci. Le capteur 120 est positionné sur une plateforme 122 refroidie par un premier moyen de refroidissement 124 approprié. Le premier moyen de refroidissement 124 peut comprendre un doigt portant la plateforme 122 et refroidi par effet Stirling.

[0060] Le premier moyen de refroidissement 124 est configuré pour refroidir le capteur 120 à une première température T1 comprise entre 70K et 150K.

[0061] La première enceinte 102 comprend aussi un baffle 126 ayant une paroi latérale cylindrique et une paroi supérieure munie d'un diaphragme en regard du capteur 120. Le baffle 126 comprend une base ouverte agencée au niveau du capteur 120 et entourant ce dernier. Le baffle 126, en particulier son diaphragme, est centré autour de l'axe optique X.

[0062] La surface interne du baffle 126, celle tournée vers le capteur 120, comprend un revêtement noir mat. On entend par revêtement noir mat, toute surface ayant une émissivité proche de 1. La surface externe du baffle 126 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique, par exemple un revêtement métallique poli ou en miroir.

[0063] Un tel baffle 126 permet de limiter le rayonnement parasite perçu par le capteur 120.

[0064] La base du baffle 126 est posée sur la plateforme 122 du premier moyen de refroidissement 124, ce qui permet de refroidir le baffle 126 en fonctionnement et de réduire les rayonnements parasites venant du baffle 126.

[0065] Pour réduire les rayons incidents issus de sources hors champs, la seconde enceinte 104 comprend un élément froid 128, représenté plus en détail aux figures 3 et 4. L'élément froid 128 comprend une base 128-14 posée sur la paroi inférieure 112 de la seconde enceinte 104 et un diaphragme 128-12, formée par une ouverture au niveau de l'extrémité supérieure de l'élément froid 128, celle du côté de la paroi supérieure 110 de la seconde enceinte 104. Le diaphragme 128-12 permet le passage du rayonnement électromagnétique. Une paroi latérale 128-10 relie la base 128-14 au diaphragme 128-12.

[0066] Le diaphragme du baffle 126 et le diaphragme 128-12 de l'élément froid 128 limitent le flux perçu par le capteur 120 et définissent ainsi le champ de vision 127 du capteur 120.

[0067] Le diaphragme du baffle 126 et le diaphragme 128-12 sont centrés autour de l'axe optique X.

[0068] L'élément froid 128 est refroidi par un second moyen de refroidissement 130 agencé entre la paroi supérieure 110 de la seconde enceinte 104 et l'élément froid 128. Le second moyen de refroidissement 130 refroidi l'élément froid 128 à une seconde température comprise entre 170K et 250K. Le second moyen de refroidissement 130 est un moyen de refroidissement thermoélectrique.

[0069] Le second moyen de refroidissement 130 comprend une partie annulaire maintenue par des méplats 128-16 agencés au niveau supérieur de la paroi latérale 128-10 de l'élément froid 128. Les méplats 128-16 peuvent être au nombre de 4 et répartis circonférentiellement autour de l'axe optique X. Les méplats 128-16 sont rigides mais peuvent être souples.

[0070] Alternativement, les méplats 128-16 peuvent être remplacés par une surface courbe.

[0071] L'élément froid 128 n'a pas besoin d'être refroidi autant que le capteur 120 pour assurer la limitation du rayonnement parasite. Le recours à deux enceintes séparées et refroidies indépendamment permet de réduire le coût de fonctionnement, en particulier le coût du refroidissement, du dispositif et de réduire le temps de mise en œuvre du refroidissement à la température de fonctionnement respectivement du capteur 120 et de l'élément froid 128.

[0072] En outre, la section 128-18 de l'élément froid 128 dans chaque plan comprenant l'axe optique X est une partie d'ellipse telle que montrée à la figure 4a. Les foyers f1 et f2 de ladite ellipse sont agencés de sorte que la distance entre chaque foyer f1 et f2 et l'axe optique X est supérieure ou égale au rayon d'un cercle circonscrit 123 du capteur 120. Le cercle circonscrit 123 est le plus petit cercle dans lequel s'inscrit le capteur 120 ou une zone d'intérêt du capteur, c'est-à-dire le cercle passant par tous les sommets du capteur 120 ou par tous les sommets de la une zone d'intérêt du capteur 120.

[0073] Les foyers f1 et f2 sont agencés dans le plan du capteur 120, en particulier dans la surface définie par le capteur 120.

[0074] Alternativement, les foyers f1 et f2 peuvent être agencés en dehors du plan du capteur 120, par exemple dans un demi-espace supérieur défini par le plan du capteur et orienté vers la paroi supérieure du diaphragme 126. Le demi-espace supérieur est encore délimité par une paroi tronconique reliant le pourtour du diaphragme 126 et le cercle circonscrit 123 du capteur 120.

[0075] Les foyers f1 et f2 peuvent encore être agencés en dehors du plan du capteur 120, par exemple dans un demi-espace inférieur opposé au demi-espace supérieur par rapport au plan du capteur 120.

[0076] Le capteur 120 est rectangulaire mais peut prendre d'autres formes comme circulaire, carrée, triangulaire, etc.

[0077] Tous les rayons passant entre les foyers de l'ellipse se réfléchissant sur l'ellipse repassent entre les deux foyers de ladite ellipse. Ainsi, la forme de l'élément froid 128 permet que chaque rayonnement 131 issu du cercle défini par la rotation autour de l'axe optique des foyers se réfléchit sur l'ellipse et revient dans ledit cercle.

[0078] La seconde enceinte 204 comprend un hublot 129 agencé sur le diaphragme 128-12 et peut être tout type de lentille.

[0079] La paroi latérale 128-10 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face interne.

[0080] La paroi latérale 128-10 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face externe.

[0081] La [Fig.5] représente un second exemple de réalisation d'un dispositif 200 selon l'invention. Le dispositif 200 comprend les mêmes éléments que le dispositif 100. A la différence, le dispositif 200 comprend un premier élément froid 202 et un second élément froid 204 imbriqué dans le premier élément froid 202.

[0082] Le premier élément froid 202, de façon similaire à l'élément froid 128, comprend une base 202-14, un diaphragme 202-12 et une paroi latérale 202-10 reliant la base 202-14 au diaphragme 202-12.

[0083] Le second élément froid 204 comprend également une base 204-14, un diaphragme 204-12 et une paroi latérale 204-10 reliant la base 204-14 au diaphragme 204-12.

[0084] Chacune de la paroi latérale 202-10 et de la paroi latérale 204-10 présente dans chaque plan comprenant l'axe optique X une section ayant une partie d'ellipse. Les foyers de ladite ellipse sont agencés de sorte que la distance entre chaque foyer et l'axe optique X est supérieure ou égale au rayon du cercle circonscrit 123 du capteur 120.

[0085] La superposition de deux éléments froids 202 et 204 permet de réduire le diamètre de la base 202-14 du premier élément froid 202. En particulier, la base 202-14 est cylindrique et présente un diamètre égal ou légèrement supérieure au diamètre de la base 204-14 du second élément froid 204.

[0086] La hauteur du second élément froid 204, c'est-à-dire la distance entre le diaphragme 204-12 et la base 204-14, est inférieure à la hauteur du premier élément froid 202, c'est-à-dire la distance entre le diaphragme 202-12 et la base 202-14.

[0087] Ainsi, le premier élément froid 202 permet de contenir le rayonnement 131 issu du premier élément froid 202 et le second élément froid 204 permet de contenir le rayonnement 131-1 issu du second élément froid 204.

[0088] Le second moyen de refroidissement 130 est agencé entre le premier élément froid 202 et la paroi supérieure 110 de la seconde enceinte 204.

[0089] Le second moyen de refroidissement 130 refroidi la seconde enceinte 104 et permet de refroidir chacun du premier élément froid 202 et du second élément froid 204.

[0090] La paroi latérale 202-10 de l'élément froid 202 comprend un revêtement réfléchissant

le rayonnement magnétique sur sa face interne.

[0091] La paroi latérale 202-10 de l'élément froid 202 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face externe.

[0092] La paroi latérale 204-10 de l'élément froid 204 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face interne.

[0093] La paroi latérale 204-10 de l'élément froid 204 comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face externe.

Revendications

[Revendication 1] Dispositif (100,200) de détection de rayonnement électromagnétique comprenant :
- un boîtier comprenant une première enceinte (102) et une seconde enceinte (104) hermétiques et juxtaposées,
- un capteur (120) agencé dans la première enceinte (102) et formé par une surface plane sensible audit rayonnement électromagnétique, ledit capteur ayant un axe optique (X) centré par rapport audit capteur (120),
dans lequel :
- la première enceinte (102) comprend une paroi supérieure (114) munie d'une fenêtre (115) transparente au rayonnement électromagnétique arrangée en regard dudit capteur (120) et la seconde enceinte (104) comprend une première fenêtre (111) recevant le rayonnement électromagnétique de l'extérieur du boîtier et une paroi inférieure (112) munie d'une seconde fenêtre (113) transparente au rayonnement électromagnétique et adjacente à la fenêtre (115) de la première enceinte,
- dans la seconde enceinte (104) est disposé un élément froid (128,202) comprenant une base (128-14) arrangée du côté de la seconde fenêtre (113) de la seconde enceinte (104) et une extrémité définissant un diaphragme (128-12) arrangée du côté de la première fenêtre (111) de la seconde enceinte (104), l'élément froid (128,202) comprenant une paroi latérale (128-10) reliant la base (128-14) et ladite extrémité et présentant une révolution autour de l'axe optique (X),
dans lequel la section (128-18) de l'élément froid (128,202) dans chaque plan comprenant l'axe optique (X) est une partie d'ellipse, la distance entre chaque foyer (f1,f2) de ladite ellipse et l'axe optique (X) étant supérieure ou égale au rayon d'un cercle circonscrit dudit capteur (120).

[Revendication 2] Dispositif (100,200) selon la revendication 1, comprenant un premier moyen de refroidissement (124) de la première enceinte (102) à une première température et un second moyen de refroidissement (130) de la seconde enceinte (104) à une seconde température, ladite première température étant inférieure à ladite seconde température.

[Revendication 3] Dispositif (100,200) selon la revendication 1 ou 2, comprenant un baffle (126) entourant le capteur (120) et muni d'un diaphragme arrangé pour le passage du rayonnement électromagnétique, ledit baffle (126) comprenant une surface interne tournée vers le capteur (120) et une surface externe opposée, ladite surface externe comprenant un re-

vêtement réfléchissant le rayonnement magnétique.

[Revendication 4] Dispositif (100,200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la paroi latérale (128-10) de l'élément froid (128) comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face interne tournée vers le capteur (120).

[Revendication 5] Dispositif (100,200) selon la revendication 4, dans lequel la paroi latérale (128-10) de l'élément froid (128) comprend un revêtement réfléchissant le rayonnement magnétique sur sa face externe opposée à ladite face interne.

[Revendication 6] Dispositif (100,200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le capteur (120) est de forme rectangulaire.

[Revendication 7] Dispositif (200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la seconde enceinte (104) comprend un élément froid supplémentaire (204) arrangé entre l'élément froid (202) et la seconde fenêtre (113), ledit élément froid supplémentaire (204) comprenant une base (204-14) arrangée du côté de la seconde fenêtre de la seconde enceinte (104) et une extrémité définissant un diaphragme (204-12) arrangé du côté de l'élément froid, l'élément froid supplémentaire (204) comprenant une paroi latérale (204-10) reliant la base et ladite extrémité et présentant une révolution autour de l'axe optique (X), la section de l'élément froid supplémentaire (204) dans chaque plan comprenant l'axe optique (X) est une partie d'ellipse, la distance entre chaque foyer de ladite ellipse et l'axe optique étant supérieure ou égale au rayon du cercle circonscrit dudit capteur (120).

[Revendication 8] Dispositif (200) selon la revendication précédente, dans lequel l'élément froid (202) comprend une partie cylindrique au niveau de sa base (202-14), ladite paroi latérale à section elliptique reliant l'extrémité (202-12) de l'élément froid (202) à la partie cylindrique (202-14).

[Revendication 9] Dispositif (100,200) selon l'une des revendications 2 à 8, dans lequel la première température est comprise entre 70K et 150K et la seconde température est comprise entre 170K et 250K.

[Revendication 10] Dispositif (100,200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément froid (128,202,204) est une tôle d'une épaisseur inférieure à 200 microns, en particulier égale à 100 microns.

[Revendication 11] Dispositif (100,200) selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins un moyen de mise sous-vide de la première enceinte (102) et/ou de la seconde enceinte (104).

[Fig. 1]

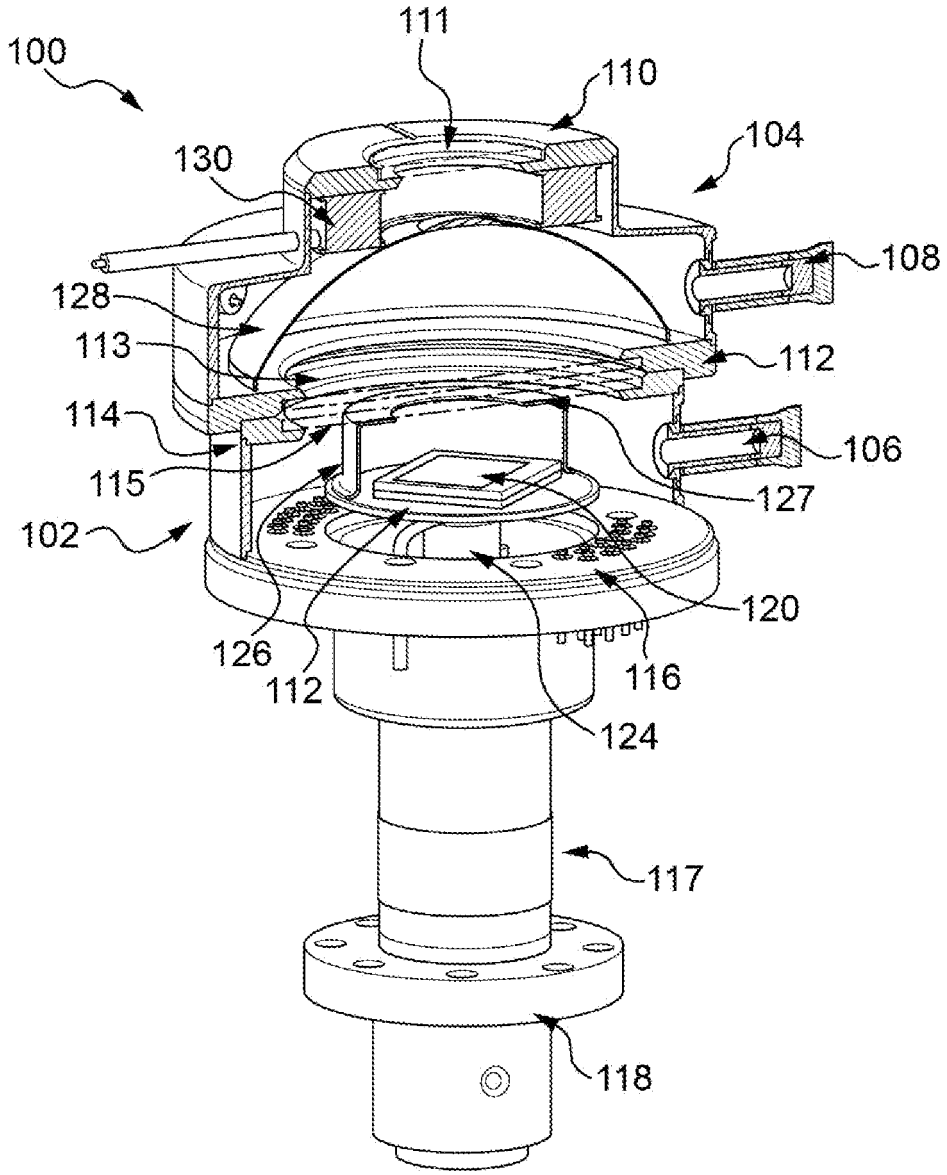

100
111
110
104
130
108
128
113
112
114
106
115
127
102
120
126
112
116
124
117
118

FIG. 1

[Fig. 2]

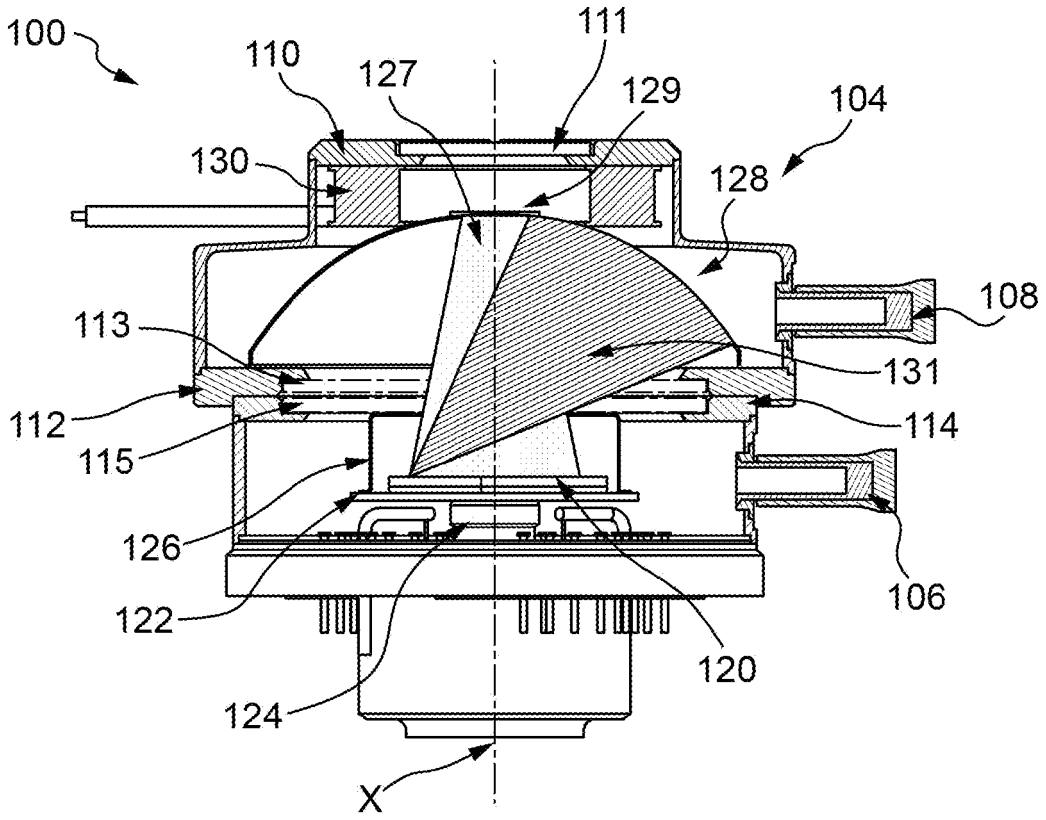


FIG. 2

[Fig. 3]

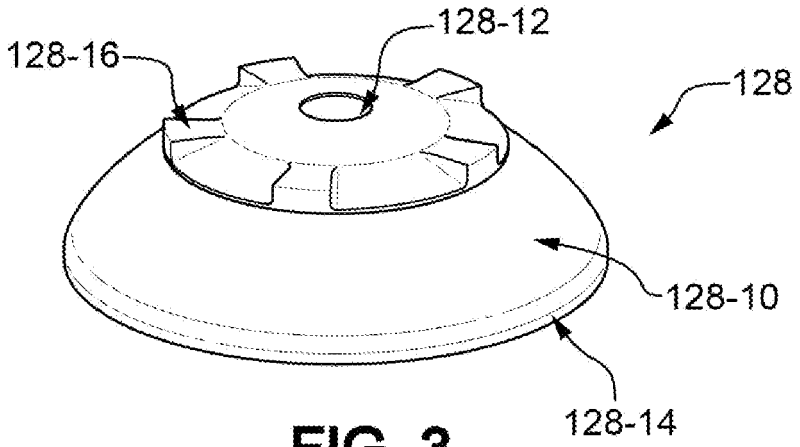


FIG. 3

[Fig. 4]

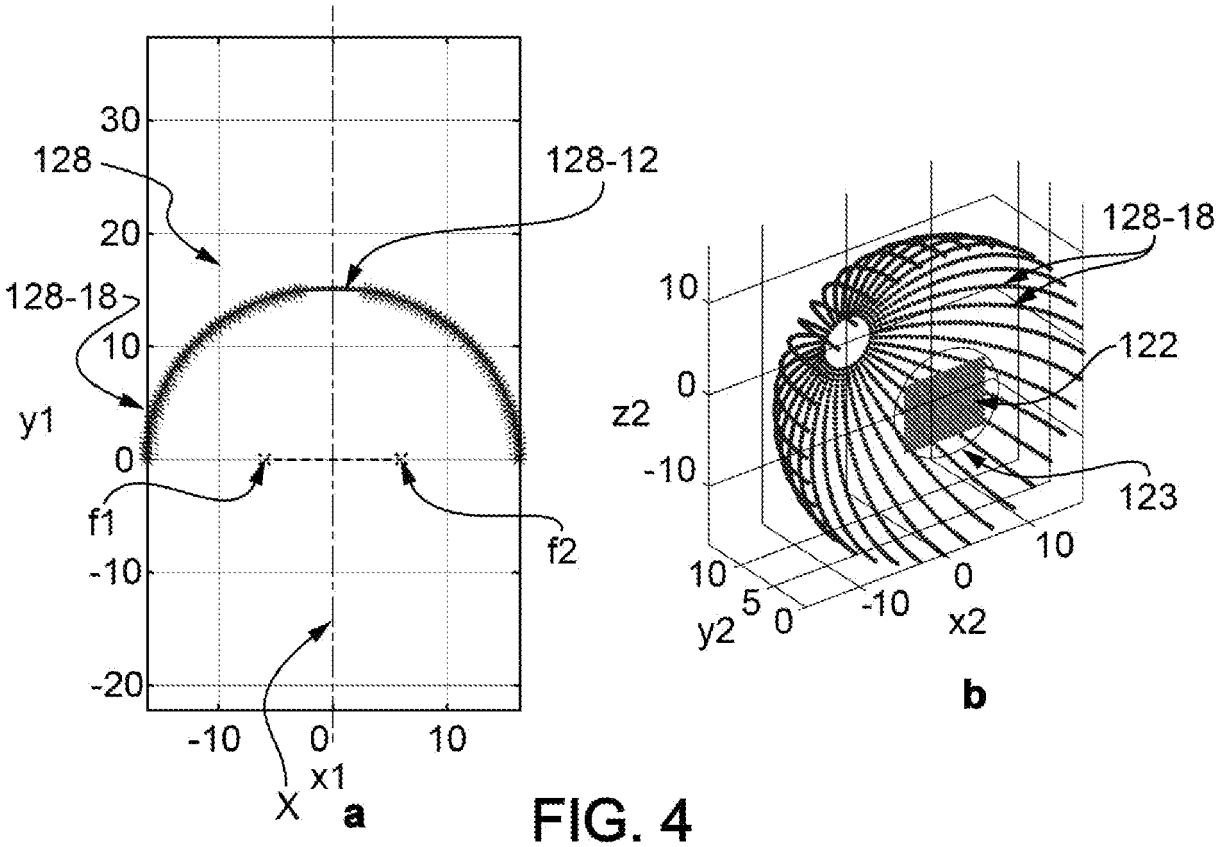


FIG. 4

[Fig. 5]

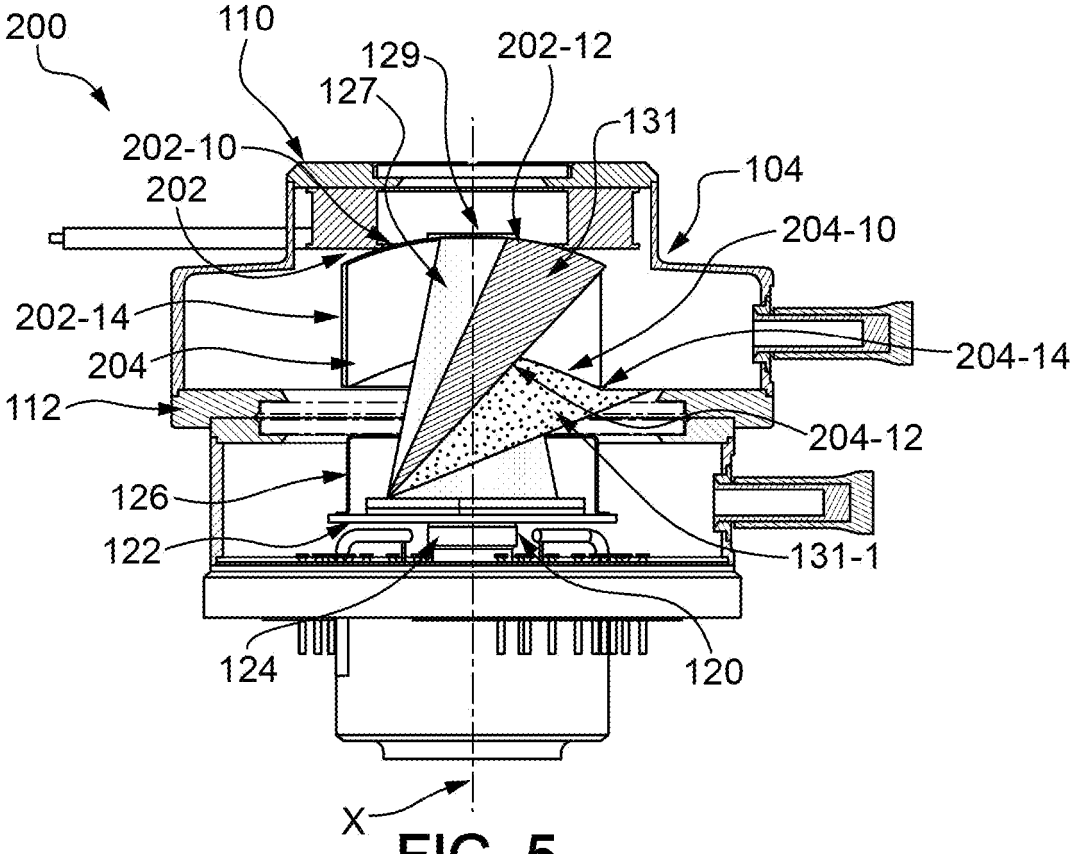


FIG. 5

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 8 674 308 B2 (SINGER MICHAEL [IL] ET AL.)
18 mars 2014 (2014-03-18)

EP 0 747 744 A1 (HUGHES MISSILE SYSTEMS [US])
11 décembre 1996 (1996-12-11)

FR 2 913 768 B1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR])
12 juin 2009 (2009-06-12)

GB 2 115 143 A (BRITISH AEROSPACE)
1 septembre 1983 (1983-09-01)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT