

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 157 656

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 23 15169

51 Int Cl⁸ : H 01 J 29/46 (2024.01), H 01 J 31/50, G 02 B 23/12,
G 01 S 17/74

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.12.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.06.25 Bulletin 25/26.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PHOTONIS FRANCE Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : LAURENT Nicolas et HIDDEMA Arend.

73 Titulaire(s) : PHOTONIS FRANCE Société par actions
simplifiée.

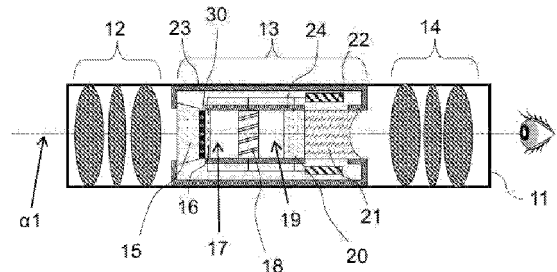
74 Mandataire(s) : LAURENT ET CHARRAS.

54 SYSTEME D'IDENTIFICATION D'AU MOINS UNE BALISE.

57 Un système d'identification d'au moins une balise (B)
comprenant des jumelles de vision nocturne ou une lunette
intégrant un tube amplificateur d'images (13).

Le tube amplificateur d'images (13) comprend un réseau
de diffraction (20) placé entre une fenêtre d'entrée (15) et
une photocathode (16) de sorte à diffracter les photons dans
ladite photocathode et à permettre à la photocathode de
présenter une efficacité quantique (QE) :— supérieure à 1%
dans une gamme de longueurs d'onde de formation d'image
et ;— comprise entre 0.001 et 1% dans une gamme de lon-
gueurs d'onde de détection, distincte de ladite gamme de
longueurs d'onde de formation d'image, ladite gamme de
longueurs d'onde de détection étant au minimum comprise
entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres ;le tube ampli-
ficateur d'images étant configuré pour capter un rayonne-
ment électromagnétique émis par ladite balise dans ladite
seconde gamme de longueurs d'onde de détection.

Figure pour l'abrégé : Fig 5



FR 3 157 656 - A1



Description

Titre de l'invention : SYSTEME D'IDENTIFICATION D'AU MOINS UNE BALISE

Domaine de l'invention

- [0001] Le domaine technique de l'invention concerne les systèmes d'identification de balises par des jumelles de vision nocturne ou une lunette de vision nocturne, notamment en condition de faible luminosité. Les balises peuvent être portées par des individus, des animaux, des véhicules ou placées en des endroits stratégiques.
- [0002] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine militaire. En effet, pour l'identification ami ou ennemi sur un terrain d'opération militaire, également connu sous l'acronyme anglo-saxon IFF pour « Identification Friend or Foe », les balises peuvent être portées par les soldats. Dans ce contexte, l'invention permet à un soldat équipé d'une lunette ou de jumelles d'identifier les forces amies, de manière fiable et discrète. Ainsi, ce système permet de prévenir les incidents de tirs fratricides et d'optimiser la coordination entre les unités amies, tout en offrant une capacité de réponse adaptable aux divers scénarios opérationnels.

Etat de la technique

- [0003] Dans le contexte d'opérations militaires, il est connu d'utiliser des dispositifs de vision nocturne **110**. Tel que schématiquement illustré sur les figures 1 et 3 de l'état de la technique, un dispositif de vision nocturne **110** se présente classiquement sous la forme d'une lunette destinée à être placée devant un capteur, l'œil d'un utilisateur, ou les deux yeux lorsque deux dispositifs sont juxtaposés pour former des jumelles de vision nocturne, également connu sous l'acronyme anglo-saxon **NVG** pour « Night Vision Goggle ».
- [0004] Ce dispositif de vision nocturne **110** intègre plusieurs éléments placés sur l'axe optique **α1** du capteur ou de l'œil de l'utilisateur, afin de transformer l'image de la scène observée. Plus précisément, la lunette comporte, depuis la scène extérieure au capteur ou à l'œil de l'utilisateur, un objectif **12**, un tube intensificateur d'images **130** et un oculaire **14**. L'objectif **12** comprend classiquement une ou plusieurs lentilles permettant de capturer les photons du rayonnement électromagnétique de la scène observée. L'oculaire **14**, de manière similaire à l'objectif **12**, comprend une ou plusieurs lentilles permettant de capturer et accessoirement de visualiser les photons du signal lumineux émis par le tube intensificateur d'images **130**.
- [0005] Le tube intensificateur d'images **130** comprend au moins trois éléments distincts : une photocathode **16**, un multiplicateur d'électrons **18**, et un écran phosphorescent **20**.
- [0006] La photocathode **16** se présente sous la forme d'une couche photosensible semi-

transparente recevant les photons du rayonnement électromagnétique incident, c'est-à-dire les photons transmis par l'objectif **12**. Pour ce faire, une fenêtre d'entrée **15** transmet les photons depuis l'objectif **12** sur la photocathode **16** tout en garantissant l'herméticité de la paroi externe **23** du tube intensificateur d'images **130**.

- [0007] La photocathode **16** est généralement réalisée sous la forme d'une fine couche de métal ou de semi-conducteur apposée sur une couche en verre ou en matériau transparent à la lumière. Le matériau de la photocathode **16** est choisi en fonction de sa sensibilité à l'image de la scène observée. L'interaction des photons du rayonnement électromagnétique incident de la scène observée avec la photocathode **16** produit, par effet photoélectrique, une émission d'électrons, appelés photoélectrons.
- [0008] Ces photoélectrons sont ensuite soumis à un premier champ électrique au sein d'une première zone d'accélération **17**, permettant de diriger les photoélectrons vers le multiplicateur d'électrons **18**. Ce premier champ électrique est réalisé en appliquant une tension entre la photocathode **16** et le multiplicateur d'électrons **18**, typiquement une tension de l'ordre de 50 à 500 volts pour garantir au mieux un trajet rectiligne des électrons.
- [0009] Le multiplicateur d'électrons **18**, également appelé amplificateur d'électrons, comporte classiquement une galette de microcanaux **25** recouverte par des électrodes. Cette galette de microcanaux est également connue sous l'acronyme GMC ou MCP pour « microchannel plate » dans la littérature anglo-saxonne. Elle est réalisée dans une plaque de matériau résistif ou diélectrique avec une épaisseur typiquement comprise entre 0.2 et 1 millimètre.
- [0010] Les microcanaux **25** de cette galette présentent un axe de révolution α_2 incliné d'un angle α_3 de quelques degrés, typiquement entre 4 et 12 degrés, par rapport à la normale de la surface du multiplicateur d'électrons **18**, de sorte à induire de multiples collisions des photoélectrons **28** dans les microcanaux **25**.
- [0011] Outre le premier champ électrique créé entre la photocathode **16** et le multiplicateur d'électrons **18**, un deuxième champ électrique est créé entre l'entrée et la sortie du multiplicateur d'électrons **18** au moyen des électrodes placées de part et d'autre entre l'entrée et la sortie de la galette de microcanaux **25**.
- [0012] Ce champ électrique permet de charger la couche semiconductrice interne des microcanaux **25**, de sorte que les multiples collisions des photoélectrons **28** dans les microcanaux **25** génèrent un grand nombre d'électrons secondaires **29**. Ce champ électrique permet également, d'une part, d'accélérer les premiers électrons secondaires **29** à l'intérieur des micro-canaux **25**, de sorte que ces premiers électrons secondaires **29** collisionnent à nouveau avec la surface des microcanaux **25** produisant à leur tour d'autres électrons secondaires **29**, et ainsi de suite générant par ce processus physique un grand nombre d'électrons secondaires **29** ; et d'autre part d'accélérer les électrons

secondaires **29** par apport d'énergie, afin de les orienter depuis l'entrée des microcanaux **25** jusqu'à la sortie des microcanaux **25**. Typiquement, les photoélectrons **28** sont multipliés par un facteur compris entre 10^2 et 10^4 dans le multiplicateur d'électrons **18**.

- [0013] A la sortie des microcanaux **25**, ces électrons secondaires **29** sont ensuite déplacés linéairement en direction de l'écran phosphorescent **20**, au sein d'une seconde zone d'accélération **19**, sous l'effet d'un troisième champ électrique généré entre la sortie du multiplicateur d'électrons **18** et l'écran phosphorescent **20**, typiquement un champ électrique généré par une tension comprise entre 4 et 10 kV.
- [0014] L'écran phosphorescent **20** permet de transformer les électrons secondaires **29** en photons produisant une intensité lumineuse. Il se présente sous la forme d'une couche phosphorescente ou d'une couche d'un matériau luminophore déposée sur un substrat, classiquement en verre. A la sortie de l'écran phosphorescent **20**, l'image formée est transmise à l'oculaire **14** par des moyens optiques, classiquement un réseau de fibres optiques **21**, permettant éventuellement de retourner l'image formée sur l'écran phosphorescent **20** pour obtenir une visualisation correcte de la scène observée.
- [0015] Pour générer les trois champs électriques, des composants électroniques **22** sont classiquement disposés autour d'une enceinte interne sous vide **24**. Le système de vision nocturne **110** ainsi formé présente donc des éléments optiques, des composants électroniques **22**, et éventuellement un système de visualisation de la scène observée sur l'oculaire **14**.
- [0016] Un système de vision nocturne **110** actuellement disponible sur le marché permet classiquement de capter et d'amplifier des photons sur une gamme de longueurs d'onde λ comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres. Plus précisément, la gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle d'un système de vision nocturne **110** est principalement conditionnée par le spectre de sensibilité de la photocathode **16**.
- [0017] Tel qu'illustré sur la [Fig.2], le spectre de sensibilité de la photocathode **16** est défini en fonction de la longueur d'onde des photons reçus par la photocathode **16** et de l'efficacité quantique, également connu sous l'acronyme anglo-saxon **QE** pour « Quantum Efficiency », c'est-à-dire du rapport entre le nombre de photoélectrons **28** générés et le nombre de photons reçus par la photocathode **16**. Pour un spectre de sensibilité d'un système de vision nocturne **110** de l'état de la technique, l'efficacité quantique **QE** est classiquement supérieure à 1% entre 450 nanomètres et 900 nanomètres et inférieure à 0.001% en dehors de cette gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle.
- [0018] Outre les photons de la scène observée, cette gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle permet également de capter des signaux.
- [0019] Par exemple, tel que décrit dans le document EP 0 560 470, un système

d'identification ami ou ennemi (IFF) peut être mis en œuvre en utilisant des jumelles de vision nocturne **NVG** pour détecter une balise **B** portée par un allié. La [Fig.4] de l'état de la technique illustre une implémentation possible de l'enseignement du document EP 0 560 470. Dans cet exemple, les jumelles de vision nocturne **NVG** sont associées à un dispositif d'activation **310** de la balise **B**. Ce dispositif d'activation **310** génère un signal **Sa** qui active la balise **B** de sorte que la balise **B** produise en retour un signal de manifestation **Sm** détectable via les jumelles de vision nocturne **NVG**. Pour ce faire, la balise **B** peut utiliser une diode infrarouge qui clignote dans la gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle des jumelles de vision nocturne **NVG** lorsqu'elle est activée.

[0020] D'autres solutions analogues sont décrites dans les documents US5299227, US5375008, US20070236384 et WO2022/103941.

[0021] Dans toutes ces solutions, la détection de balises **B** est réalisée dans la gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle du système de vision nocturne **110**. Or, la détection d'une balise **B** dans la gamme de longueurs d'onde λ opérationnelle vient nécessairement dégrader la qualité de l'image obtenue car le signal reçu d'une balise **B** vient se substituer aux informations de la scène observée.

[0022] En outre, le développement des systèmes de vision nocturne **110** sur les terrains d'opération engendre une diminution de la furtivité des porteurs de balises **B** car les opposants/ennemis peuvent être équipés de jumelles de vision nocturne **NVG** permettant également de détecter le signal de manifestation **Sm** émis par les balises **B** car les jumelles de vision nocturne **NVG** sont pratiquement toutes sensibles dans la gamme de longueurs d'onde λ comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres.

[0023] Il existe donc un besoin d'améliorer les systèmes d'identification de balises de l'état de la technique de sorte à garantir la qualité d'image et à préserver la furtivité des porteurs de balises.

Exposé de l'invention

[0024] L'invention propose de répondre à ce problème technique en utilisant des jumelles de vision nocturne ou une lunette intégrant un tube avec une gamme de longueurs d'onde opérationnelle étendue de sorte à réaliser la détection des balises en dehors de la gamme de longueurs d'ondes utilisée pour former les images de la scène.

[0025] Plus précisément, l'invention est issue d'une observation selon laquelle l'utilisation d'un réseau de diffraction intercalé entre la fenêtre d'entrée et la photocathode permet de modifier la forme de la gamme de longueurs d'onde opérationnelle et d'obtenir une efficacité quantique comprise entre 0.001 et 1% dans une gamme de longueurs d'onde spécifique, comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres.

[0026] L'invention propose donc d'utiliser des balises émettant un signal de manifestation

entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres associées à des jumelles de vision nocturne ou une lunette intégrant un tube amplificateur d'images fonctionnant dans une première gamme de longueurs d'onde, appelée gamme de longueurs d'onde de formation d'image, pour observer la scène et dans une seconde gamme de longueurs d'onde, appelée gamme de longueurs d'onde de détection, pour détecter les balises.

[0027] En effet, bien que l'efficacité quantique ne soit pas suffisante dans la gamme de longueurs d'onde de détection comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres pour former une image de la scène, cette efficacité quantique est suffisante pour capteur des signaux de manifestation de balises.

[0028] Ainsi, l'invention concerne un système d'identification d'au moins une balise, la balise intégrant un dispositif d'émission de rayonnement électromagnétique à une longueur d'onde comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres, le système comprenant des jumelles de vision nocturne ou une lunette intégrant un tube amplificateur d'images comprenant :

- une fenêtre d'entrée configurée pour recevoir et transmettre les photons ;
- une photocathode, fixée sur une face interne de ladite fenêtre d'entrée, apte à convertir des photons transmis par la fenêtre d'entrée en photoélectrons ; la photocathode présentant un spectre de sensibilité défini en fonction de la longueur d'onde des photons reçus par la photocathode et de l'efficacité quantique de la photocathode, c'est-à-dire du rapport entre le nombre de photoélectrons générés et le nombre de photons reçus par la photocathode ;
- un multiplicateur d'électrons apte à démultiplier les photoélectrons en électrons secondaires ; et
- un écran phosphorescent transformant les électrons secondaires en photons.

[0029] L'invention se caractérise en ce que le tube amplificateur d'images comprend également un réseau de diffraction placé entre la fenêtre d'entrée et la photocathode de sorte à diffracter les photons dans ladite photocathode et à permettre à la photocathode de présenter une efficacité quantique :

- supérieure à 1% dans une gamme de longueurs d'onde de formation d'image et ;
- comprise entre 0.001 et 1% dans une gamme de longueurs d'onde de détection, distincte de ladite gamme de longueurs d'onde de formation d'image, ladite gamme de longueurs d'onde de détection étant au minimum comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres ;

ledit tube amplificateur d'images étant configuré pour capter un rayonnement électromagnétique émis par ladite balise dans ladite seconde gamme de longueurs d'onde de détection.

[0030] L'invention permet ainsi de détecter les balises sans dégrader les images formées car la longueur d'onde de détection des balises n'est pas comprise dans la gamme de

longueurs d'onde de formation d'image, par exemple comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres.

- [0031] En outre, l'invention améliore également la furtivité des porteurs de balises. En effet, les jumelles de vision nocturne classiques, qui détectent des photons dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres, ne peuvent pas capter les signaux de manifestation des balises dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres. De préférence, le tube amplificateur d'images est configuré pour capter des signaux de manifestation issus de l'au moins une balise à une longueur d'onde de 1064 nanomètres.
- [0032] De préférence, pour obtenir une détection efficace dans la gamme de longueurs d'onde de détection, la photocathode est formée à base d'antimoine et d'au moins un métal alcalin, tels que les alliages NaKCs, SbNa KCs, SbNaK, SbKCs, SbRbKCs ou SbRbCs.
- [0033] Outre le tube amplificateur d'images, les jumelles de vision nocturne ou la lunette peuvent également comprendre un dispositif d'activation de la balise. Préférentiellement, ce dispositif d'activation de la balise est configuré pour émettre un signal d'activation alors que la balise comprend un module de réception dudit signal d'activation de sorte à transmettre le rayonnement électromagnétique à la longueur d'onde comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres sous la forme d'un signal de manifestation en réponse au signal d'activation émis par le dispositif d'activation.
- [0034] Par exemple, le dispositif d'activation de la balise peut être constitué d'un émetteur radiofréquence ou d'un émetteur optique, le module de réception de la balise correspondant respectivement à une antenne ou un récepteur optique. Pour un émetteur/récepteur optique, l'émetteur optique peut être une diode laser avec une longueur d'onde comprise entre 1400 nanomètres et 1800 nanomètres, et le module de réception de la balise peut correspondre à une photodiode apte à capter une longueur d'onde comprise entre 1400 nanomètres et 1800 nanomètres. En effet, l'émission et la réception de ce signal d'activation dans cette gamme de longueurs d'onde assure également une furtivité importante au porteur de la balise.
- [0035] En outre, pour améliorer la portée de la détection, les jumelles de vision nocturne ou la lunette peuvent être configurées pour observer une scène dans laquelle est placée une zone d'observation spécifique définie par l'angle d'émission dudit dispositif d'activation et l'angle de vision des jumelles de vision nocturne ou de la lunette, la détection de ladite balise étant réalisée uniquement dans ladite zone d'observation spécifique. En effet, en visant une zone spécifique de la zone d'observation, l'angle d'émission du dispositif d'activation peut être réduite afin d'améliorer la portée du signal d'activation. Typiquement, il est possible d'obtenir une détection d'une balise à plus de trois kilomètres avec cette stratégie.

- [0036] Par ailleurs, le tube amplificateur d'images peut comprendre un mécanisme de régulation du gain lumineux en vue d'adapter la luminance de sortie du tube. Cette fonction est appelée « auto-gating » dans la littérature anglo-saxonne et permet de limiter la saturation et d'augmenter la dynamique pour les scènes avec de très fortes variations d'intensité lumineuses. Ce mécanisme s'appuie sur la détection rapide des variations de lumière pour ajuster, en quelques millisecondes, la génération des photoélectrons et stabiliser la brillance en sortie du tube intensificateur d'images typiquement entre 6 et 12 candela/m² selon les types de phosphore utilisés (P43 vert ou P45 blanc).
- [0037] La mise en œuvre de ce mécanisme de régulation du gain lumineux est réalisée en ajustant périodiquement le potentiel électrique de la photocathode. Ainsi, lorsqu'une importante variation de la luminosité est détectée en sortie du tube intensificateur d'images, le mécanisme de régulation du gain lumineux intervient pour modifier, en quelques millisecondes, le rapport cyclique de la tension périodique appliquée à la photocathode. Cette modification du rapport cyclique permet d'adapter le nombre de photoélectrons générés par la photocathode qui seront ensuite multipliés par le multiplicateur d'électrons. La tension appliquée aux bornes du multiplicateur d'électrons sera elle-même ajustée pour adapter le nombre d'électrons secondaires et, en conséquence, la luminance de sortie du tube.
- [0038] Ce principe d'adaptation de charges électriques internes au tube permet de ne pas dépasser le seuil de luminance prédéterminé. Ce seuil est par exemple un seuil MOB, acronyme pour l'expression « Maximum of Brightness » dans la littérature anglo-saxonne.
- [0039] Ce contrôle dynamique de l'amplification garantit non seulement une protection du tube intensificateur d'images contre les risques liés à une trop forte intensité lumineuse, mais offre également une meilleure vision de la scène observée en adaptant la résolution de l'image aux conditions environnantes, sans phénomène de saturation ou d'éblouissement visuel. En conséquence, les opérateurs bénéficient d'une vision nocturne plus claire et plus stable, même face à des variations lumineuses soudaines, ce qui est crucial pour des applications telles que les opérations militaires ou de surveillance.
- [0040] Cependant, la période d'activation spécifique au niveau de la photocathode du mécanisme de régulation du gain lumineux induit des phases dans lesquelles le tube amplificateur d'images ne peut pas détecter de balise. Pour éviter que la balise n'émette un signal de manifestation qu'en dehors des plages de détection du tube amplificateur d'images, la balise peut être configurée pour émettre un signal durant une durée importante et supérieure à la période d'activation spécifique du mécanisme de régulation du gain lumineux.

[0041] Cependant, cette solution augmente la consommation et donc l'encombrement des balises. Pour résoudre ce problème par une détection asynchrone, le dispositif d'activation peut présenter une période d'activation variable. Avec ce mode de réalisation, la balise peut être détectée lorsque la période d'activation spécifique du tube amplificateur d'images coïncide avec la période d'activation du dispositif d'activation. Cette solution limite la durée d'émission nécessaire des balises mais peut engendrer une latence dans la vitesse de détection des balises, le temps que les deux périodes d'activations coïncident.

[0042] Pour éviter cette latence, une détection synchrone peut être réalisée en connectant le dispositif d'activation avec le dispositif de gestion de la période d'activation spécifique du mécanisme de régulation du gain lumineux. Dans ce mode de réalisation, le dispositif d'activation présente une période d'activation synchronisée sur la période d'activation spécifique du mécanisme de régulation du gain lumineux du tube amplificateur d'images.

Brève description des figures

[0043] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée uniquement à titre d'exemple, et réalisée en relation avec les dessins annexés, dans lesquels des références identiques désignent des éléments identiques ou analogues, et dans lesquels :

[0044] La [Fig.1] illustre une vue schématique en section d'un dispositif de vision nocturne de l'état de la technique ;

[0045] La [Fig.2] illustre l'évolution de l'efficacité quantique du dispositif de vision nocturne de la [Fig.1] ;

[0046] La [Fig.3] illustre une vue en perspective du dispositif de vision nocturne de la [Fig.1] ;

[0047] La [Fig.4] illustre une vue schématique d'un système d'identification d'une balise de l'état de la technique mettant en œuvre deux dispositifs de vision nocturne de la [Fig.1] ;

[0048] La [Fig.5] illustre une vue schématique en section d'un dispositif de vision nocturne selon l'invention ;

[0049] La [Fig.6] illustre l'évolution de l'efficacité quantique du dispositif de vision nocturne de la [Fig.5] ;

[0050] La [Fig.7] illustre une vue schématique d'un système d'identification d'une balise selon l'invention mettant en œuvre deux dispositifs de vision nocturne de la [Fig.5] ;

[0051] La [Fig.8] illustre un exemple d'images observées par des lunettes de vision nocturne intégrant deux dispositifs de vision nocturne de la [Fig.7] ;

[0052] La [Fig.9] illustre quatre chronogrammes de déclenchement asynchrone d'une balise

avec le système d'identification de la [Fig.7] ; et

[0053] La [Fig.10] illustre quatre chronogrammes de déclenchement synchrone d'une balise avec le système d'identification de la [Fig.7].

Description détaillée de l'invention

[0054] La [Fig.5] illustre un dispositif de vision nocturne **11** intégrant un tube intensificateur d'images **13** conforme à l'invention. Tel qu'illustré sur la [Fig.1] de l'état de la technique, le dispositif de vision nocturne **11** se présente sous la forme d'une lunette destinée à être placée devant un capteur, l'œil d'un utilisateur, ou les deux yeux lorsque deux dispositifs sont juxtaposés pour former des jumelles de vision nocturne. Ce dispositif de vision nocturne **11** intègre plusieurs éléments placés sur l'axe optique **α1** du capteur ou de l'œil de l'utilisateur afin de transformer l'image de la scène observée. Plus précisément, la lunette comporte, depuis la scène extérieure au capteur ou à l'œil de l'utilisateur, un objectif **12**, le tube intensificateur d'images **13** de l'invention et un oculaire **14**.

[0055] Tel que décrit précédemment, l'objectif **12** comprend une ou plusieurs lentilles permettant de capturer les photons du rayonnement électromagnétique de la scène observée. L'oculaire **14**, de manière similaire à l'objectif **12**, comprend une ou plusieurs lentilles permettant de capturer et accessoirement de visualiser les photons du signal lumineux émis par le tube intensificateur d'images **13**.

[0056] Le tube intensificateur d'images **13** comprend au moins trois éléments distincts intégrés dans une enceinte interne sous vide **24** : une photocathode **16**, un multiplicateur d'électrons **18**, et un écran phosphorescent **20**.

[0057] Tel que décrit précédemment, la photocathode **16** se présente sous la forme d'une couche photosensible semi-transparente recevant les photons du rayonnement électromagnétique incident, c'est-à-dire les photons transmis par l'objectif **12**. Pour ce faire, une fenêtre d'entrée **15** transmet les photons depuis l'objectif **12** sur la photocathode **16** tout en garantissant l'herméticité d'une paroi externe **23** du tube intensificateur d'images **13**.

[0058] La photocathode **16** est généralement réalisée sous la forme d'une fine couche de métal ou de semi-conducteur apposée sur une couche en verre ou en matériau transparent à la lumière. Le matériau de la photocathode **16** est choisi en fonction de sa sensibilité à l'image de la scène observée. L'interaction des photons du rayonnement électromagnétique incident de la scène observée avec la photocathode **16** produit, par effet photoélectrique, une émission d'électrons.

[0059] Plus précisément, la photocathode **16** est fixée sur un réseau de diffraction **30**, lui-même fixé sur une face interne de la fenêtre d'entrée **15**.

[0060] Le réseau de diffraction **30** est formé d'un arrangement périodique de motifs, par

exemple des échancrures, des entailles, des évidements, des encoches ou des rayures, ménagés dans la fenêtre d'entrée **15**. Un matériau de diffraction est préférentiellement placé entre les motifs du réseau de diffraction **30** de la fenêtre d'entrée **15** pour former une surface plane de dépôt de la photocathode **16**. Par exemple, la fenêtre d'entrée **15** peut être réalisée en verre, en quartz ou en verre borosilicate. Les motifs du réseau de diffraction **30** de la fenêtre d'entrée **15** peuvent être réalisés par des techniques connues de gravure, telles que les techniques d'holographie, de gravure ionique et/ou de gravure par diamant.

- [0061] Les motifs sont ensuite préférentiellement remplis par un matériau de diffraction dont l'indice de réfraction optique n est différent de celui de la fenêtre d'entrée **15**, comme par exemple de l' Al_2O_3 ($n \sim 1,7$), du TiO_2 ($n \sim 2,3-2,6$), du Ta_2O_5 ($n \sim 2,2$), ou du HfO_2 . Ce matériau de diffraction peut être déposé par des techniques connues de dépôt physique en phase vapeur, telles que la pulvérisation cathodique, l'évaporation, ou le dépôt physique en phase vapeur à faisceau d'électrons, également connu sur l'acronyme EBPVD pour « electron beam physical vapour deposition » dans la littérature anglo-saxonne.
- [0062] La différence entre les indices optiques du matériau de diffraction présent dans lesdits motifs et du matériau de la fenêtre d'entrée **15** est préférentiellement supérieure ou égale à 0,2.
- [0063] La photocathode **16** est préférentiellement réalisée en un matériau semi-conducteur, de préférence un composé alcalin à base d'antimoine. Un tel matériau alcalin peut être choisi parmi les matériaux suivants : SbNaKCs , SbNa_2KCs , SbNaK , SbKCs , SbRbKCs ou SbRbCs . De préférence, la photocathode **16** est formée d'antimoine et de sodium.
- [0064] A la sortie de la photocathode **16**, les électrons émis, nommés photoélectrons, sont ensuite soumis à un premier champ électrique au sein d'une première zone d'accélération **17** permettant de diriger les photoélectrons vers le multiplicateur d'électrons **18**. Ce premier champ électrique est réalisé en appliquant une tension entre la photocathode **16** et le multiplicateur d'électrons **18**, typiquement une tension comprise entre 50 et 500 volts pour garantir un trajet rectiligne des électrons.
- [0065] Outre le premier champ électrique créé entre la photocathode **16** et le multiplicateur d'électrons **18**, un deuxième champ électrique est créé entre les deux faces du multiplicateur d'électrons **18** au moyen des électrodes placées de part et d'autre de la galette de microcanaux **25**.
- [0066] Ce champ électrique permet de charger la couche semiconductrice interne des microcanaux **25** de sorte que les multiples collisions des photoélectrons **28** dans les microcanaux **25** génèrent un grand nombre d'électrons secondaires **29**. Ce champ électrique permet également, d'une part, d'accélérer les premiers électrons secondaires **29** à l'intérieur des micro-canaux **25**, de sorte que ces premiers électrons secondaires

29 collisionnent à nouveau avec la surface des microcanaux **25** produisant à leur tour d'autres électrons secondaires **29**, et ainsi de suite générant par ce processus physique un grand nombre d'électrons secondaires **29** ; et d'autre part d'accélérer les électrons secondaires **29** par apport d'énergie, afin de les orienter depuis l'entrée des microcanaux **25** jusqu'à la sortie des microcanaux **25**. Typiquement, les photoélectrons **28** sont multipliés par un facteur compris entre 10^3 et 10^6 dans le multiplicateur d'électrons **18**. A la sortie des microcanaux **25**, ces électrons secondaires **29** sont ensuite déplacés linéairement en direction de l'écran phosphorescent **20**, au sein d'une seconde zone d'accélération **19**, sous l'effet d'un troisième champ électrique généré entre le multiplicateur d'électrons **18** et l'écran phosphorescent **20**, typiquement un champ électrique généré par une tension comprise entre 4 et 10 kV.

- [0067] L'écran phosphorescent **20** permet de transformer les électrons secondaires **29** en photons produisant une intensité lumineuse. Il se présente sous la forme d'une couche phosphorescente ou d'une couche d'un matériau luminophore déposée sur un substrat, classiquement en verre.
- [0068] A la sortie de l'écran phosphorescent **20**, l'image formée est transmise à l'oculaire **14** par des moyens optiques, classiquement un réseau de fibres optiques **21** permettant éventuellement de retourner l'image formée sur l'écran phosphorescent **20** pour obtenir une visualisation correcte de la scène observée.
- [0069] Pour générer les trois champs électriques, des composants électroniques **22** sont classiquement disposés autour de l'enceinte interne sous vide **24**. Le système de vision nocturne **11** ainsi formé présente donc des éléments optiques, des composants électroniques **22**, et éventuellement un système de visualisation de la scène observée sur l'oculaire **14**.
- [0070] Tel qu'illustré sur la [Fig.6], le tube intensificateur d'images **13** ainsi formé, avec l'association de la photocathode **16** et du réseau de diffraction **30**, présente un spectre de sensibilité avec une efficacité quantique **QE** dont le maximum est inférieur au maximum d'efficacité quantique **QE** d'un tube intensificateur d'images **130** de l'état de la technique.
- [0071] En outre, on constate que le spectre de sensibilité est également plus étendu. Il est donc possible de détecter des photons entre 400 nanomètres et 1064 nanomètres, et non plus entre 450 nanomètres et 900 nanomètres.
- [0072] Plus précisément, selon l'invention, le tube intensificateur d'images **13** ainsi formé présente une efficacité quantique **QE**:
- supérieure à 1% dans une gamme de longueurs d'onde de formation d'image et ;
 - comprise entre 0.001 et 1% dans une gamme de longueurs d'onde de détection, distincte de ladite gamme de longueurs d'onde de formation d'image, la gamme de longueurs d'onde de détection étant au minimum comprise entre 1050 nanomètres et

1075 nanomètres.

- [0073] Cette gamme de longueurs d'onde de détection permet de capter un signal de manifestation **Sm** d'au moins une balise **B**. Ainsi, tel qu'illustré sur la [Fig.7], l'invention propose d'utiliser des jumelles de vision nocturne **NVG**, ou une lunette de vision nocturne, intégrant un tube intensificateur d'images **13**, tel que précédemment décrit, pour capter un signal de manifestation **Sm** d'au moins une balise **B** dans la gamme de longueurs d'onde de détection. De préférence la balise **B** émet un signal de manifestation **Sm** à la longueur d'onde précise de 1064 nanomètres.
- [0074] La balise **B** peut être constituée d'un boîtier électronique intégrant une alimentation électrique et des moyens d'émission du signal de manifestation **Sm**, par exemple une diode infrarouge.
- [0075] Par ailleurs, la balise **B** peut émettre un signal de manifestation **Sm** en permanence ou en réponse à un signal d'activation **Sa**. De préférence, tel qu'illustré sur la [Fig.7], le signal d'activation **Sa** peut être émis depuis les jumelles de vision nocturne **NVG**, ou la lunette de vision nocturne. Pour ce faire, les jumelles de vision nocturne **NVG**, ou la lunette de vision nocturne, intègre un dispositif d'activation **31**.
- [0076] Le dispositif d'activation **31** peut être constitué d'un tube intégrant une alimentation électrique et des moyens d'émission du signal d'activation **Sa**. Il est à noter que l'alimentation électrique du dispositif d'activation **31** peut être assurée par les jumelles de vision nocturne **NVG**, ou la lunette de vision nocturne, par exemple par les composants électroniques **22**.
- [0077] Le signal d'activation **Sa** peut être lumineux ou radiofréquence. Ainsi, lorsque le dispositif d'activation **31** de la balise **B** intègre un émetteur radiofréquence, la balise **B** intègre une antenne et le signal de manifestation **Sm** est émis uniquement en réponse à la réception du signal d'activation **Sa**.
- [0078] En variante, lorsque le dispositif d'activation **31** de la balise **B** intègre un émetteur optique, par exemple une diode laser, la balise **B** intègre un récepteur optique, par exemple une photodiode, et le signal de manifestation **Sm** est également émis uniquement en réponse à la réception du signal d'activation **Sa**. La diode laser et la photodiode peuvent être configurées pour fonctionner à une longueur d'onde comprise entre 1400 nanomètres et 1800 nanomètres, par exemple 1550 nanomètres.
- [0079] Pour que la balise **B** reçoive le signal d'activation **Sa**, il est nécessaire que la portée de propagation et l'angle de propagation **F31** du dispositif d'activation **Sa** soient réglés de sorte que le signal d'activation **Sa** atteigne la balise **B**. De la même manière, la puissance et l'angle de propagation **Fb** de la balise **B** doivent être configurés pour que le signal de manifestation **Sm** atteigne l'angle de détection **Fnvg** des jumelles de vision nocturne **NVG**, ou de la lunette de vision nocturne.
- [0080] Pour augmenter la portée de détection d'une balise **B**, il est possible de réduire

l'angle de propagation **F31** du signal d'activation **Sa**. Il est également possible d'utiliser un angle de propagation **F31** du signal d'activation **Sa** plus faible que l'angle de vision **F_{nv}** des jumelles de vision nocturne **NVG**, ou de la lunette de vision nocturne. Dans ce mode de réalisation, les balises **B** ne peuvent être détectées que sur une zone d'observation spécifique **Zp** des images observées par des jumelles de vision nocturne **NVG**, ou de la lunette de vision nocturne.

[0081] Dans l'exemple de la [Fig.8], des jumelles de vision nocturne **NVG** permettent de visualiser des images nocturnes binoculaires et, dans ces images, une zone d'observation spécifique **Zp** centrale permet la détection de balises **B**.

[0082] Par ailleurs, les jumelles de vision nocturne **NVG**, ou la lunette de vision nocturne, peuvent intégrer un mécanisme de régulation du gain lumineux, également appelé « auto-gating » dans la littérature anglo-saxonne, limitant la durée d'ouverture du tube amplificateur d'images **13** à chaque période d'activation spécifique **Pal** du mécanisme de régulation du gain lumineux. Pour éviter que la balise **B** n'émette un signal de manifestation **Sm** qu'en dehors des plages de détection du tube amplificateur d'images **13**, la balise **B** peut être configurée pour émettre un signal durant une durée importante et supérieure à la période d'activation spécifique **Pal** du mécanisme de régulation du gain lumineux.

[0083] En variante, avec une détection asynchrone telle qu'illustrée sur la [Fig.9], le dispositif d'activation **31** peut présenter une période d'activation **P31** variable. Avec ce mode de réalisation, la balise **B** peut être détectée lorsque la période d'activation spécifique **Pal** du tube amplificateur d'images **13** coïncide avec la période d'activation **P31** du dispositif d'activation **31**. Ainsi, sur le dernier chronogramme de la [Fig.9] relatif à la détection du tube amplificateur d'images **13**, la balise **B** n'est pas détectée sur les deux premiers signaux de manifestation **Sm** émis mais elle est détectée sur les deux derniers signaux de manifestation **Sm**.

[0084] Avec une détection synchrone telle qu'illustrée sur la [Fig.10], le dispositif d'activation **31** est connecté avec le dispositif de gestion de la période d'activation spécifique **Pal** du mécanisme de régulation du gain lumineux, par exemple par les composants électroniques **22**. Dans ce mode de réalisation, le dispositif d'activation **31** présente une période d'activation **P31** synchronisée sur la période d'activation spécifique **Pal** du mécanisme de régulation du gain lumineux du tube amplificateur d'images **13**. Ainsi, dans ce mode de réalisation, sur le dernier chronogramme de la [Fig.10] relatif à la détection du tube amplificateur d'images **13**, la balise **B** est détectée sur les quatre signaux de manifestation **Sm** émis.

[0085] Ainsi, l'invention permet de détecter des balises **B** sans dégrader les images formées par le tube amplificateur d'images **13** car la longueur d'onde de détection des balises **B** n'est pas comprise dans la gamme de longueurs d'onde de formation d'image, par

exemple comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres. En outre, l'invention améliore également la furtivité des porteurs de balises **B** car la longueur d'onde de détection des balises **B** n'est pas détectée par les systèmes de vision nocturne classiques qui captent des photons dans la gamme de longueurs d'onde λ comprise entre 450 nanomètres et 900 nanomètres.

Revendications

[Revendication 1]

Système d'identification d'au moins une balise (B), la balise (B) intégrant un dispositif d'émission de rayonnement électromagnétique à une longueur d'onde comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres, le système comprenant des jumelles de vision nocturne (NVG) ou une lunette intégrant un tube amplificateur d'images (13) comprenant :

- une fenêtre d'entrée (15) configurée pour recevoir et transmettre les photons ;
- une photocathode (16), fixée sur une face interne de ladite fenêtre d'entrée (15), apte à convertir des photons transmis par la fenêtre d'entrée (15) en photoélectrons (28) ; la photocathode (16) présentant un spectre de sensibilité défini en fonction de la longueur d'onde des photons reçus par la photocathode (16) et de l'efficacité quantique (QE) de la photocathode (16), c'est-à-dire du rapport entre le nombre de photoélectrons (28) générés et le nombre de photons reçus par la photocathode (16) ;
- un multiplicateur d'électrons (18) apte à démultiplier les photoélectrons (28) en électrons secondaires (29) ; et
- un écran phosphorescent (20) transformant les électrons secondaires (29) en photons ;

caractérisé en ce que le tube amplificateur d'images (13) comprend également un réseau de diffraction (20) placé entre la fenêtre d'entrée (15) et la photocathode (16) de sorte à diffracter les photons dans ladite photocathode (16) et à permettre à la photocathode (16) de présenter une efficacité quantique (QE) :

- supérieure à 1% dans une gamme de longueurs d'onde de formation d'image et ;
- comprise entre 0.001 et 1% dans une gamme de longueurs d'onde de détection, distincte de ladite gamme de longueurs d'onde de formation d'image, ladite gamme de longueurs d'onde de détection étant au minimum comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres ; le tube amplificateur d'images (13) étant configuré pour capter un rayonnement électromagnétique émis par ladite balise (B) dans ladite seconde gamme de longueurs d'onde de détection.

[Revendication 2]

Système d'identification d'au moins une balise (B) selon la revendication 1, **dans lequel** la photocathode (16) est formée à base

- d'antimoine et d'au moins un métal alcalin.
- [Revendication 3] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon la revendication 1 ou 2, **dans lequel** le tube amplificateur d'images (13) est configuré pour capter des signaux de manifestation (Sm) issus de l'au moins une balise (B) à une longueur d'onde de 1064 nanomètres.
- [Revendication 4] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon l'une des revendications 1 à 3, **dans lequel** les jumelles de vision nocturne (NVG) ou la lunette comprend également un dispositif d'activation (31) de la balise (B), configuré pour émettre un signal d'activation (Sa), ladite balise (B) comprenant un module de réception dudit signal d'activation (Sa) de sorte à transmettre le rayonnement électromagnétique à la longueur d'onde comprise entre 1050 nanomètres et 1075 nanomètres sous la forme d'un signal de manifestation (Sm) en réponse au signal d'activation (Sa) émis par le dispositif d'activation (31).
- [Revendication 5] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon la revendication 4, **dans lequel** le dispositif d'activation (31) de la balise (B) est constitué d'un émetteur radiofréquence, le module de réception de ladite balise (B) étant constitué d'une antenne.
- [Revendication 6] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon la revendication 4, **dans lequel** le dispositif d'activation (31) de la balise (B) est constitué d'un émetteur optique, le module de réception de ladite balise (B) étant constitué d'un récepteur optique.
- [Revendication 7] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon la revendication 6, **dans lequel** l'émetteur optique est une diode laser avec une longueur d'onde comprise entre 1400 nanomètres et 1800 nanomètres, le module de réception de ladite balise (B) étant constitué d'une photodiode apte à capter une longueur d'onde comprise entre 1400 nanomètres et 1800 nanomètres.
- [Revendication 8] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon l'une des revendications 4 à 7, **dans lequel** les jumelles de vision nocturne (NVG) ou la lunette sont configurées pour observer une scène (Sc) dans laquelle est placée une zone d'observation spécifique (Zp) définie par l'angle d'émission (F31) dudit dispositif d'activation (31) et l'angle de vision (F_{nv}) des jumelles de vision nocturne (NVG) ou de la lunette, la détection de ladite balise (B) étant réalisée uniquement dans ladite zone d'observation spécifique (Zp).
- [Revendication 9] Système d'identification d'au moins une balise (B) selon l'une des revendications 4 à 8, **dans lequel** le tube amplificateur d'images (13)

[Revendication 10] comprend un mécanisme de régulation du gain lumineux, le dispositif d'activation (31) présentant une période d'activation (P31-1) variable. Système d'identification d'au moins une balise (B) selon l'une des revendications 4 à 8, **dans lequel** le tube amplificateur d'images (13) comprend un mécanisme de régulation du gain lumineux avec une période d'activation spécifique (Pal), le dispositif d'activation (31) présentant une période d'activation (P31-2) synchronisée sur ladite période d'activation spécifique (Pal) du mécanisme de régulation du gain lumineux dudit tube amplificateur d'images (13).

[Fig. 1]

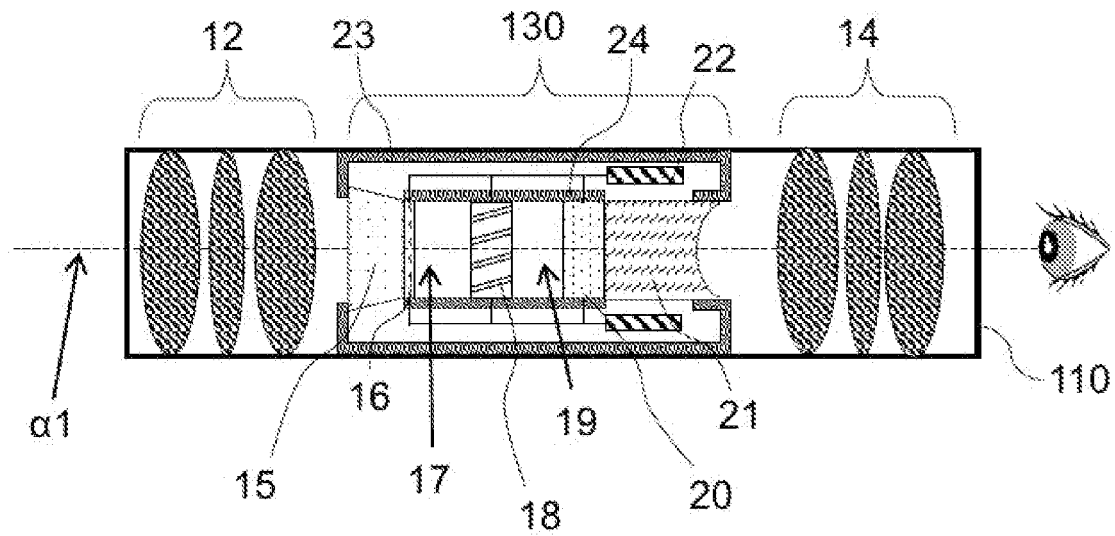


Fig. 1

Etat de la technique

[Fig. 2]

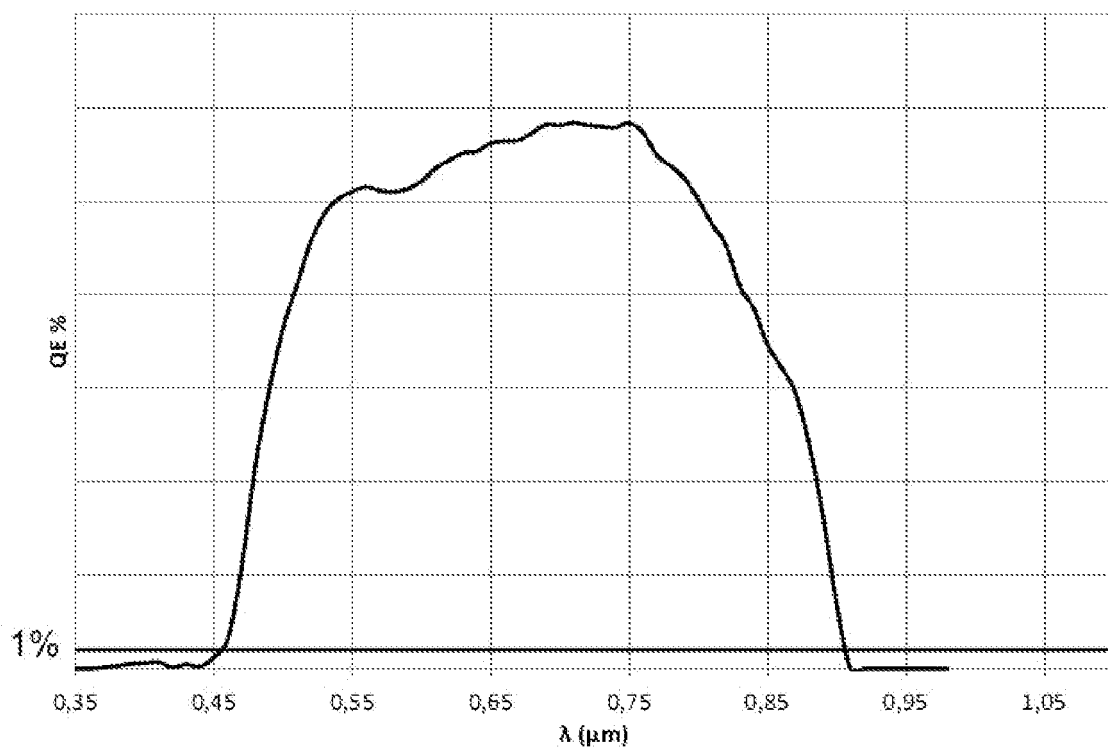
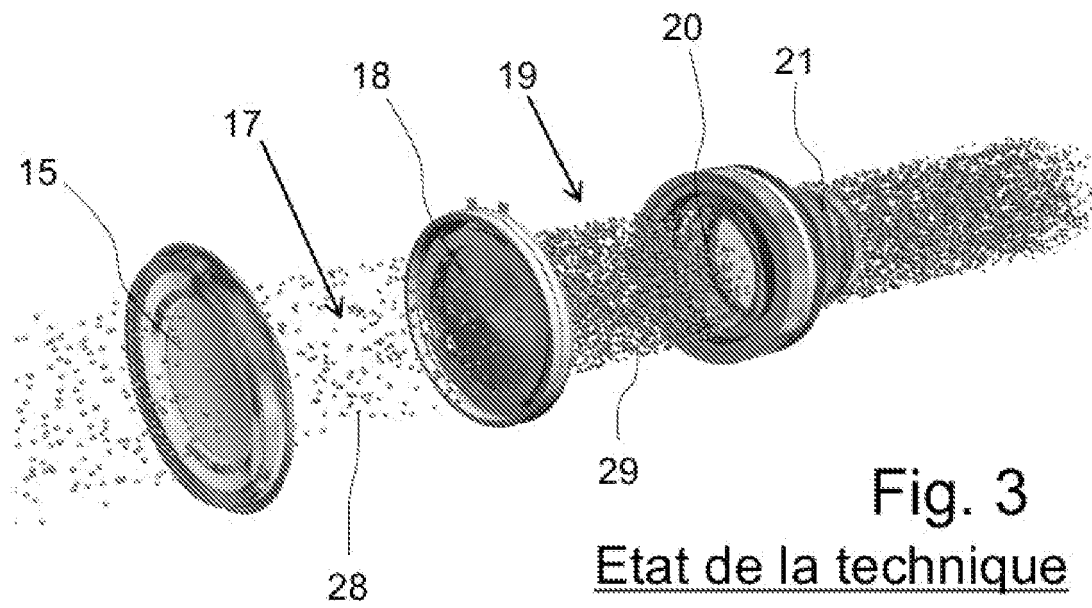


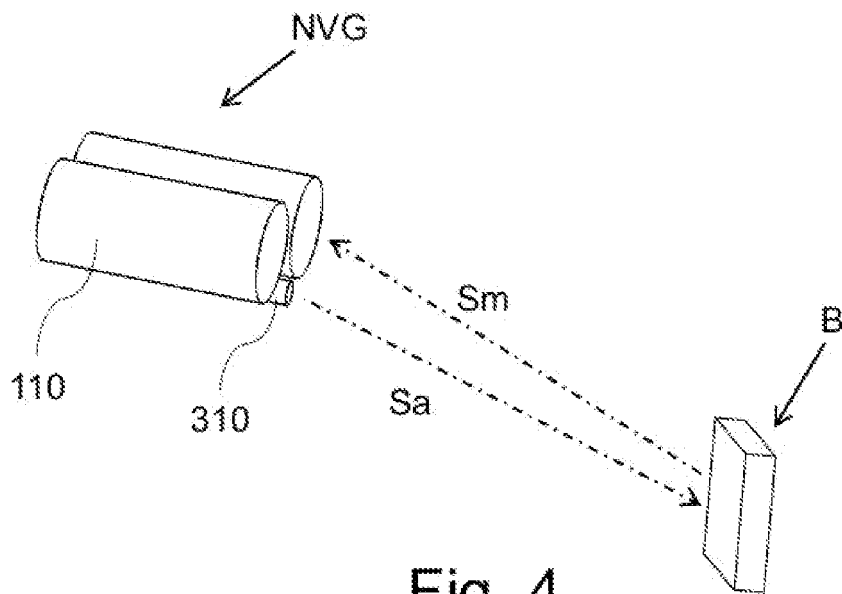
Fig. 2

Etat de la technique

[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]

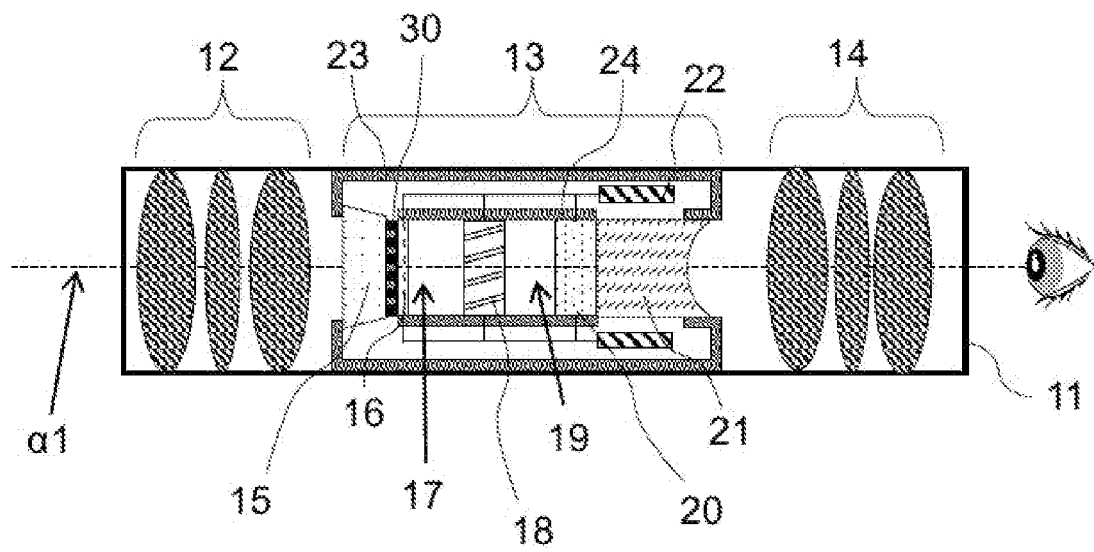


Fig. 5

[Fig. 6]

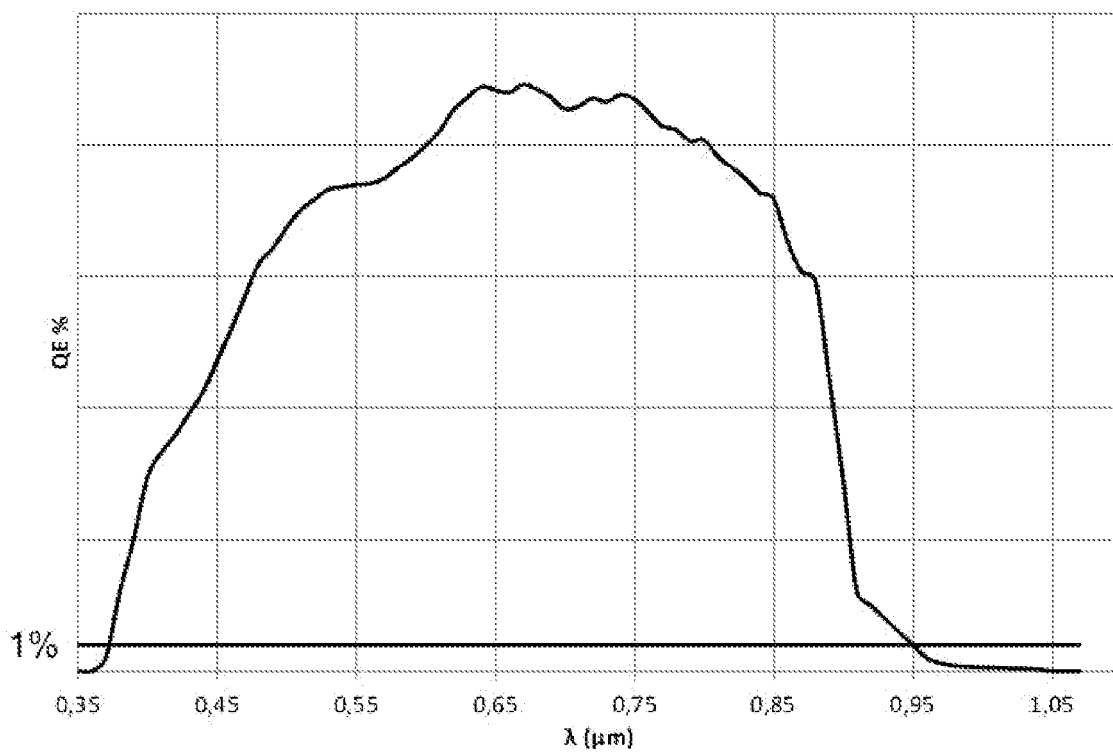


Fig. 6

[Fig. 7]

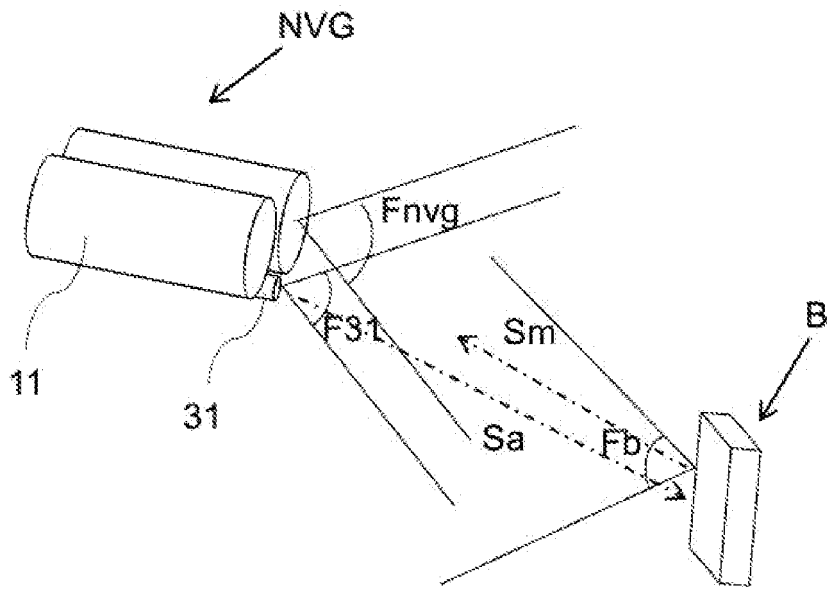


Fig. 7

[Fig. 8]

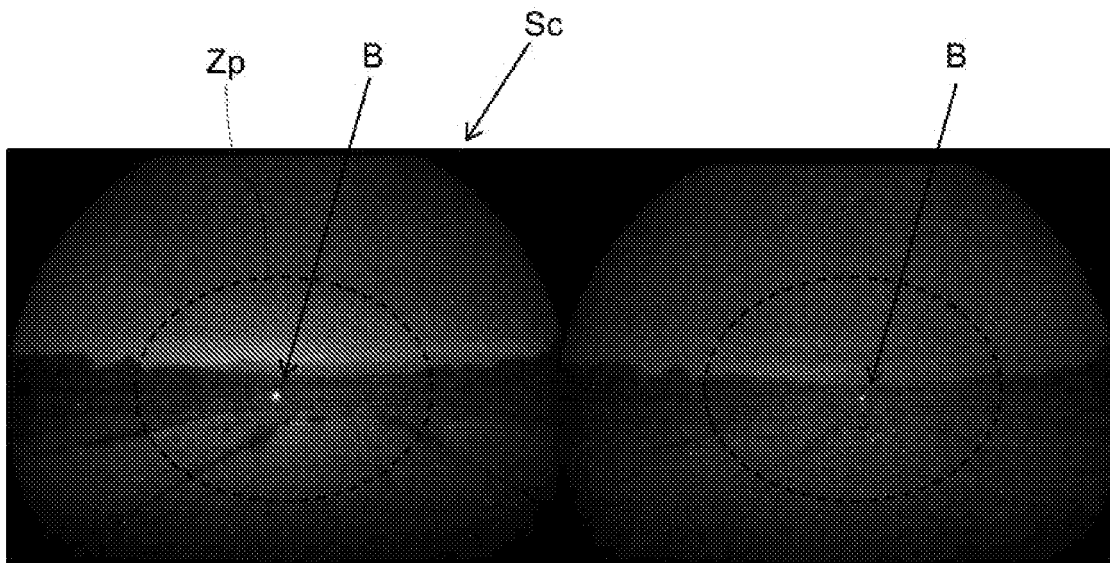


Fig. 8

[Fig. 9]

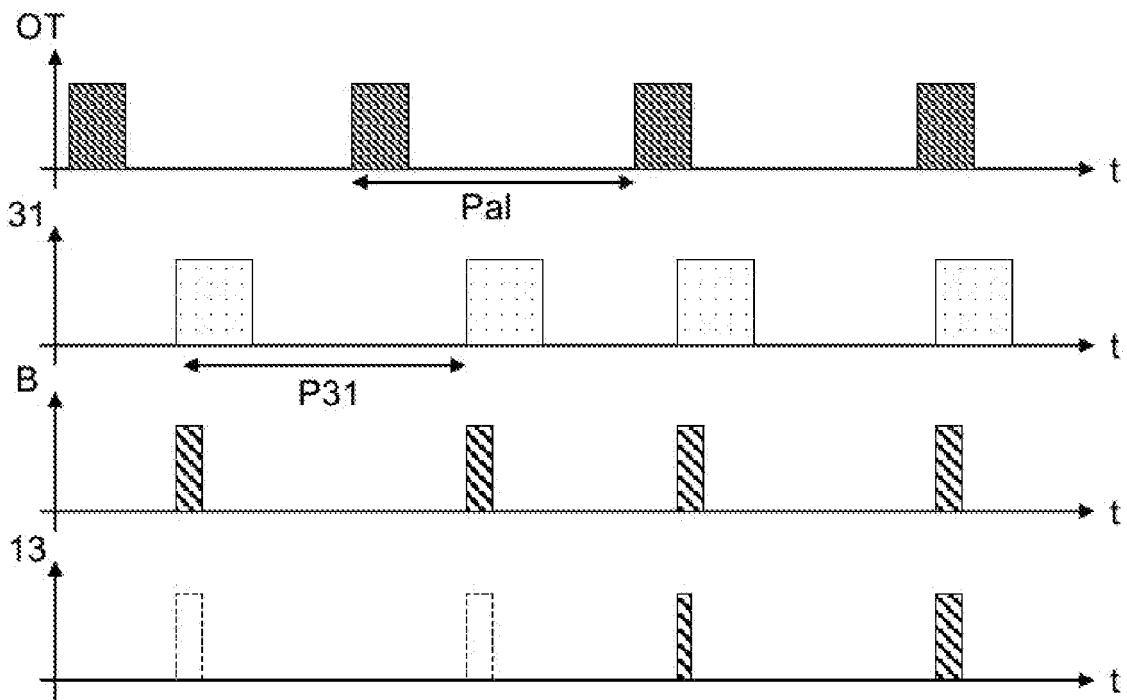


Fig. 9

[Fig. 10]

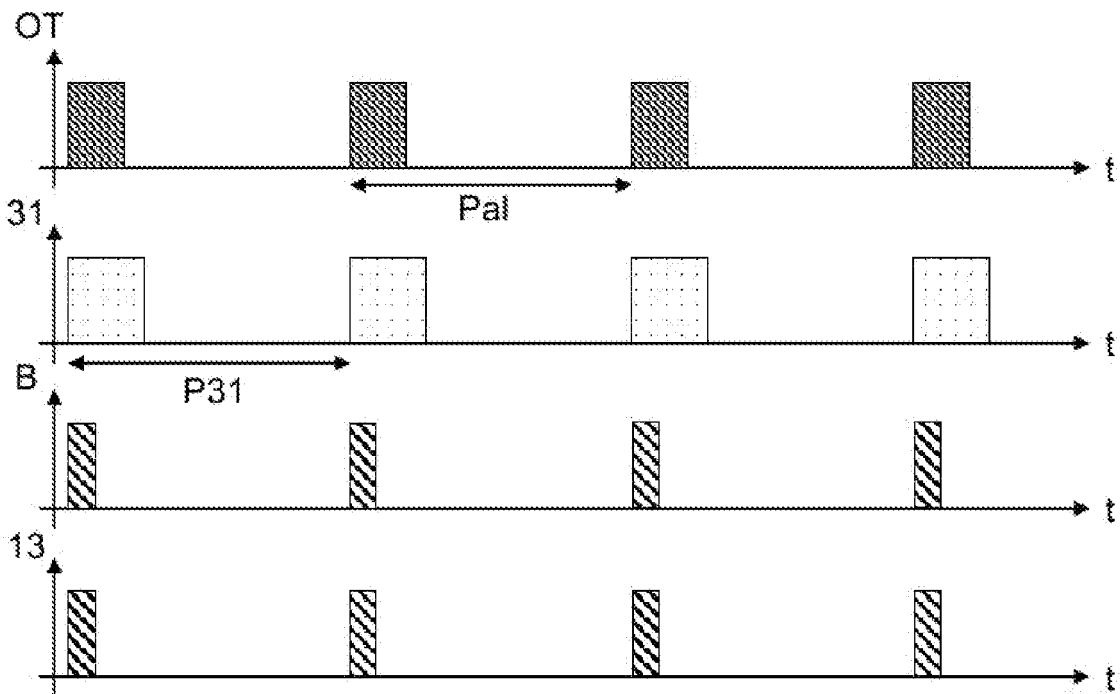


Fig. 10



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 928867
FR 2315169

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 2023/073329 A1 (PHOTONIS [FR]) 4 mai 2023 (2023-05-04) * page 1, ligne 6 - page 2, ligne 6; figure 1 *	1-10	G01S 17/74 G02B 23/12 H01J 29/46 H01J 31/50
A	CHRZANOWSKI K ED - SKARBK WLAD: "Review of night vision technology", OPTO-ELECTRONICS REVIEW, WARSZAWA, PL, vol. 21, no. 2, 15 mars 2013 (2013-03-15), pages 153-181, XP035349513, ISSN: 1230-3402, DOI: 10.2478/S11772-013-0089-3 [extrait le 2013-03-15] * pages 153-160; figures 12, 13, 15 * * pages 164-165; figure 18 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F41G G02B H04N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 juillet 2024		Seide, Stephan	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2315169 FA 928867**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 15 - 07 - 2024
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2023073329 A1	04 - 05 - 2023	CA 3229264 A1	04 - 05 - 2023
		CN 118140168 A	04 - 06 - 2024
		FR 3128796 A1	05 - 05 - 2023
		IL 311046 A	01 - 04 - 2024
		KR 20240089135 A	20 - 06 - 2024
		WO 2023073329 A1	04 - 05 - 2023
