

DISPOSITIF DE VISION NOCTURNE AVEC AFFICHEUR INTÉGRÉ

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne de manière générale le domaine des dispositifs de vision nocturne utilisant un tube d'intensificateur de lumière (encore appelé intensificateur d'image). Elle s'applique notamment aux jumelles à vision nocturne (JVN).

10

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les dispositifs de vision nocturne sont généralement utilisés dans des théâtres d'opérations de faible luminosité voire d'obscurité, en environnement hostile, civil ou militaire. Ces dispositifs de vision nocturne opèrent dans le

15

La Fig. 1 représente de manière schématique un dispositif de vision nocturne conventionnel.

Celui-ci est construit à partir d'un corps de jumelle, 100, au sein duquel sont montés le long d'un axe optique, un objectif, 110, un tube intensificateur de lumière, 190, et un oculaire 140. Le tube intensificateur de lumière 190 comprend une photocathode, 121, recevant la lumière ayant traversé l'objectif, et convertissant les photons ainsi reçus en photoélectrons, une galette de micro-canaux ou MCP, 122, jouant le rôle d'un multiplicateur d'électrons en générant des électrons secondaires à partir des photoélectrons, un écran phosphore, 123, relié à une anode, convertissant le flux d'électrons secondaires en un flux lumineux.

20

25

Un guide optique de sortie, 130, généralement constitué d'un bloc de verre ou d'un faisceau de fibres optiques accolé à l'écran phosphore, est destiné à former une image dans le plan focal de l'oculaire, 140. Enfin, un module d'alimentation 150 fournit les tensions d'alimentation permettant de polariser les
5 différents éléments constitutifs du tube intensificateur de lumière. Ce module d'alimentation est relié à une batterie disposée à l'extérieur du tube en question.

La capacité de concentration de l'utilisateur étant généralement entièrement mobilisée par l'observation des images amplifiées, il lui est difficile de disperser son attention sur plusieurs terminaux pour prendre en compte des
10 informations supplémentaires (données GPS, indicateurs d'itinéraires, boussole, alertes etc.) susceptibles de les guider ou les aider dans leur mission.

Afin de remédier à cette situation, il a été proposé dans le brevet US-B-11054629 d'intégrer un micro-afficheur (micro-display) dans un dispositif à vision nocturne conventionnel. Ce micro-afficheur est disposé orthogonalement à l'axe
15 optique du tube, en aval du tube intensificateur de lumière et en amont de l'oculaire. L'image de l'afficheur de données est projetée sur une lame de verre inclinée à 45° (ou un prisme) sur l'axe optique du tube. L'image projetée est combinée avec celle reçue du tube intensificateur de lumière et l'utilisateur du dispositif perçoit alors la combinaison des deux images à travers l'oculaire.

20 Si ce montage permet effectivement de combiner l'image d'un afficheur de données et celle d'un tube intensificateur de lumière au sein d'un même dispositif, il ne peut être obtenu par simple rénovation (*retrofit*) d'un dispositif de vision nocturne existant. En outre, l'arrangement de l'afficheur en sortie du tube n'est pas stable mécaniquement. Enfin, la présence du micro-afficheur au sein du
25 dispositif, disposé orthogonalement à l'axe du tube, réduit par son encombrement, la surface de la pupille de sortie et, par conséquent, la taille de l'image vue à travers l'oculaire.

En outre, lorsque la luminance en sortie du tube intensificateur de lumière est faible, l'utilisateur du dispositif de vision nocturne peut être ébloui par

l'affichage sur l'écran de données. Il est donc nécessaire d'équilibrer l'intensité de de l'afficheur et celui du tube intensificateur.

Un objet de la présente invention est par conséquent de proposer un dispositif de vision nocturne qui ne présente pas les limitations de l'état de la technique, en particulier qui puisse être équipé d'un afficheur par simple
5 rénovation (*retrofit*), sans modification des distances focales de l'oculaire et de l'objectif, et sans altération de ses performances, notamment sans réduction de la taille des images amplifiées. Un but subsidiaire de la présente invention est de proposer un tel dispositif de vision nocturne à afficheur intégré qui maintienne un
10 bon niveau de contraste entre l'image de vision nocturne et l'image fournie par l'afficheur. Enfin, un autre but de l'invention est de proposer un tube intensificateur de lumière de remplacement permettant de rénover (*retrofit*) un dispositif de vision nocturne conventionnel en le transformant en un dispositif de vision nocturne à afficheur intégré.

15

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention est définie par un dispositif de vision nocturne comprenant un corps de jumelle dans lequel sont montés, le long d'un axe optique, un objectif, un tube intensificateur de lumière, et un oculaire, le tube
20 intensificateur de lumière comprenant une photocathode destinée à recevoir la lumière ayant traversé l'objectif et à convertir les photons ainsi reçus en photoélectrons, une galette de micro-canaux destinée à multiplier les photoélectrons reçus de la photocathode en générant des électrons secondaires, un écran phosphore destiné à fournir une image de vision nocturne à partir des
25 électrons secondaires l'impactant, un guide optique présentant une face d'entrée accolée à l'écran phosphore et une face de sortie destinée à former une image dans le plan focal de l'oculaire, le dispositif de vision nocturne étant original en ce que le tube intensificateur de lumière comprend en outre un afficheur sous la

forme d'une lame mince en verre ou d'un film mince comportant des éléments électroluminescents, la lame mince/le film mince étant disposé(e) directement sur la face de sortie du guide optique, un module d'alimentation et de contrôle, logé au sein du tube intensificateur de lumière, en périphérie du guide optique, 5 destiné à fournir les tensions de polarisation respectives de la photocathode, de l'intensificateur de lumière et de l'écran phosphore et à commander les éléments électroluminescents de l'afficheur.

Le guide optique peut être constitué par un bloc en verre ou par un faisceau de fibres optiques collées entre elles.

10 Selon un premier mode de réalisation, l'afficheur est réalisé par dépôt d'un film sur au moins une partie de la face de sortie, plane ou planarisée, le dépôt étant réalisé par une technique de dépôt de couches atomiques (ALD).

Le film mince comprend avantageusement une première couche diélectrique, un film électroluminescent et une seconde couche diélectrique, 15 l'ensemble constitué par la première couche diélectrique, le film électroluminescent et la seconde couche diélectrique étant pris en sandwich entre un premier réseau d'électrodes arrangées sous forme de colonnes et un second réseau d'électrodes transparentes organisées en lignes, orthogonal au premier.

20 Les éléments électroluminescents peuvent typiquement se présenter sous forme de segments.

Selon un second mode de réalisation, l'afficheur est réalisé par collage d'une lame de verre sur au moins une partie de la face de sortie, des segments en phosphore étant déposés sur la lame mince et adressables individuellement par 25 des pistes conductrices.

Quel que soit le mode de réalisation, selon une première variante, le module d'alimentation et de contrôle se présente sous la forme de deux unités distinctes, une première unité ayant pour fonction de fournir les hautes tensions de polarisation respectives de la photocathode, de la galette de micro-canaux et

de l'écran phosphore et une seconde unité ayant pour fonction de contrôler l'afficheur.

Le dispositif de vision nocturne peut comprendre en outre un module de communication relié à la seconde unité au moyen d'un bus, ledit module de communication présentant une interface radio sans fil, et fournissant des informations à afficher à la seconde unité via ledit bus, ladite première unité transmettant à la seconde unité un signal (D) de commande de la luminance des éléments électroluminescents à afficher.

Dans la première variante, le dispositif de vision nocturne peut comprendre en outre un module d'alimentation alimentant en basse tension les première et seconde unités, la première unité comprenant un multiplicateur de tension pour générer lesdites hautes tensions de polarisation à partir de ladite basse tension.

Dans ce cas, la première unité mesure le courant d'anode de l'écran phosphore et fournit cette mesure à la seconde unité, la seconde unité contrôlant la tension et/ou le rapport cyclique d'un signal de polarisation des éléments électroluminescents, de manière à limiter le rapport entre la luminance des éléments ainsi affichés et la luminance de l'image de vision nocturne à un niveau dans une fourchette de valeurs prédéterminées.

La seconde unité contrôle avantageusement la tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers varie par paliers successifs, l'évolution de la luminance des éléments électroluminescents suivant avec retard l'évolution de la luminance de l'image nocturne lorsque celle-ci croît ou décroît.

La seconde unité peut contrôler la tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers soit proportionnelle au courant d'anode filtré au moyen d'un filtre bas récursif.

Quel que soit le mode de réalisation précité, dans une second variante, le module d'alimentation et de contrôle se présente sous la forme d'une unité intégrée, fournissant d'une part les hautes tensions de polarisation respectives de la photocathode, de la galette de micro-canaux et de l'écran phosphore, et
5 contrôlant d'autre part l'afficheur.

Dans ce cas, ladite unité intégrée est adaptée à contrôler la tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers soit proportionnelle au courant d'anode filtré au moyen d'un filtre bas récursif.

10 L'invention concerne en outre un tube intensificateur de lumière de remplacement, destiné à rénover un dispositif de vision nocturne, ledit dispositif de vision nocturne comprenant un corps de jumelle dans lequel sont montés, le long d'un axe optique, un objectif, un tube intensificateur de lumière, et un oculaire, ledit tube intensificateur de lumière de remplacement étant destiné à
15 remplacer le tube intensificateur de lumière et comprenant une photocathode, destinée à recevoir la lumière ayant traversé l'objectif et à convertir les photons ainsi reçus en photoélectrons, une galette de micro-canaux destinée à multiplier les photoélectrons reçus de la photocathode en générant des électrons secondaires, un écran phosphore destiné à fournir une image de vision nocturne
20 à partir des électrons secondaires l'impactant, un guide optique présentant une face d'entrée accolée à l'écran phosphore et une face de sortie destinée à former une image dans le plan focal de l'oculaire, un afficheur sous la forme d'une lame mince en verre ou d'un film mince comportant des éléments électroluminescents, la lame mince/le film mince étant disposé(e) directement sur la face de sortie du
25 guide optique de remplacement, ledit tube intensificateur de lumière de remplacement comprenant en outre un module l'alimentation et de contrôle destiné à être logé au sein du corps du tube, en périphérie du guide optique, et à fournir les tensions de polarisation respectives de la photocathode, de

l'intensificateur de lumière et de l'écran phosphore ainsi qu'à commander les éléments électroluminescents de l'afficheur.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

La Fig. 1 représente, de manière schématique, un dispositif de vision nocturne connu de l'état de la technique ;

10 Les Figs. 2A à 2D représentent de manière schématique différentes variantes structurelles d'un dispositif de vision nocturne selon un mode de réalisation de l'invention ;

Les Figs. 3A et 3B représentent de manière schématique deux variantes d'un dispositif de vision nocturne selon un premier mode de réalisation de
15 l'invention ;

Les Figs. 3C et 3D représentent de manière schématique deux variantes d'un dispositif de vision nocturne selon un second mode de réalisation de l'invention ;

Les Figs. 3E et 3F représentent de manière schématique le principe de
20 régulation de contraste dans un dispositif de vision nocturne, respectivement selon le premier et le second mode de réalisation de l'invention ;

La Fig. 4 représente de manière schématique différents régimes de gain d'un intensificateur de lumière en fonction du niveau d'illumination en entrée ;

La Fig. 5 représente de manière schématique l'asservissement du courant
25 des segments de l'afficheur en fonction du courant d'anode d'un dispositif de vision nocturne selon un mode particulier de réalisation de l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Nous considérerons dans la suite un dispositif de vision nocturne ayant la structure générale présentée dans l'état de la technique.

5 Dans un tel dispositif, la face d'entrée du guide optique est accolée à l'écran phosphore au sein du tube intensificateur de lumière, et la face de sortie forme une image dans le plan focal de l'oculaire.

L'idée à la base de la présente invention est de prévoir sur la face de sortie du guide optique un afficheur sous la forme d'une lame mince/ film mince électroluminescent(e).

10 Cet afficheur permet de superposer les informations, par exemple des informations de localisation, d'orientation, de la symbologie, ou des informations tactiques, par exemple des indications de type IFF (*Identification Friend or Foe*), à l'image de la vision nocturne.

15 Les Figs. 2A à 2D représentent de manière schématique différentes variantes structurelles d'un dispositif de vision nocturne selon un mode de réalisation de l'invention.

Par souci de simplification, seuls ont été représentés dans ces figures, le module constitué par la photocathode, la galette de micro-canaux et l'écran phosphore, 220, le guide optique, 230, l'afficheur 260, et l'unité d'alimentation et de contrôle, 250, permettant d'alimenter et de commander les différents éléments du tube intensificateur de lumière ainsi que de l'afficheur.

25 Dans toutes variantes représentées, la face d'entrée du guide optique est accolée à l'écran phosphore du tube intensificateur de lumière. Le guide optique présente une face de sortie ne s'étendant pas nécessairement sur toute la surface en sortie du guide. La face de sortie peut être plane par construction (lame de verre par exemple) ou bien résulter d'une opération de planarisation mécanique ou autre (bloc de fibres optiques collées entre elles par exemple).

Selon une première variante de réalisation, représentée en Fig. 2A et Fig. 2B, l'afficheur est réalisé par une lame mince de verre, accolée à la face de sortie du guide optique. Des segments de phosphore sont déposés sur la lame mince et adressables individuellement par des pistes conductrices.

5 Cette lame mince peut s'étendre sur la totalité de la section de sortie du guide si celle-ci est plane (Fig. 2A) ou bien une portion, voire la totalité de la partie plane de cette dernière. Par exemple, dans une seconde variante, la surface de sortie peut présenter un ménisque dans sa partie centrale et une portion plane dans sa partie périphérique. La lame mince est alors fixée sur la
10 portion plane (Fig. 2B).

Selon une seconde variante de réalisation, représentée en Fig. 2C et Fig. 2D, l'afficheur est réalisé au moyen d'un film mince électroluminescent, déposé directement sur la face de sortie du guide, soit sur la totalité si la section de sortie est plane (Fig. 2C), soit une portion plane de celle-ci (Fig. 2D)

15 Avantageusement, ce film pourra être déposé par dépôt de couches minces atomiques (ALD) selon le procédé décrit dans la demande US-A-2019/0223268 incorporée ici par référence. Ce procédé comprend notamment le dépôt d'une première couche diélectrique, le dépôt d'une couche électroluminescente en sulfure de zinc dopé au manganèse (ZnS:Mn) sur la
20 première couche diélectrique, et enfin le dépôt d'une seconde couche diélectrique sur la couche lumineuse. Les première et seconde couches diélectriques sont transparentes et sont obtenues par exemple en alternant des sous-couches d'alumine (Al_2O_3) et des sous-couches d'oxyde de zirconium (ZrO_2). L'ensemble constitué par la couche électroluminescente et les couches de
25 diélectriques est pris en sandwich entre un premier réseau d'électrodes transparentes arrangées en colonnes et un second réseau d'électrodes transparentes organisées en lignes, orthogonal au premier. Un pixel ou un segment à l'intersection d'une électrode colonne et d'une électrode ligne est allumé lorsqu'une différence de potentiel est appliquée entre elles.

L'afficheur peut être du type matriciel ou du type à segments, de manière connue en soi. Sans préjudice de généralisation, nous supposons dans la suite que l'affichage est à segments pour des raisons de simplification.

5 L'épaisseur de la lame mince ou du film mince est choisie sensiblement inférieure à la profondeur de champ de l'oculaire de sorte que l'image de vision nocturne formée sur la face de sortie du guide optique et l'image générée par l'afficheur soient toutes deux nettes (ou aient un même degré élevé de netteté) et superposées, telles que vues à travers l'oculaire. Ainsi, un seul réglage de l'oculaire permet l'observation nette de l'image nocturne et des informations
10 affichées.

Pour les oculaires couramment utilisés dans les jumelles de vision nocturne, on pourra opter pour une épaisseur de lame/film de l'ordre de quelques centaines de microns préférentiellement entre 100 et 500 μm , typiquement égale à 300 μm .

15 Quelle que soit la variante envisagée, le module d'alimentation et de contrôle permet notamment la polarisation des segments du film électroluminescent, selon la nature des informations à afficher et les caractéristiques de luminance désirées.

20 Les Figs. 3A et 3B correspondent à un premier mode de réalisation de l'invention dans lequel le module d'alimentation et de contrôle est dissocié en deux unités distinctes, 351, 352, respectivement chargées de l'alimentation haute tension des différents éléments de l'intensificateur de lumière, et de la génération des signaux de commande de l'afficheur.

25 L'unité d'alimentation haute tension (HT PSU), 351, fournit les tensions HT1, HT2 et HT3 respectivement à la photocathode, 321, la galette de micro-canaux, 323, et l'écran phosphore, 330, du tube intensificateur de lumière. Ces hautes tensions sont générées par un multiplicateur de tension, à partir d'une basse tension BT fournie par une simple batterie 350.

L'unité de contrôle, 352, commande l'afficheur 360, situé directement sur la face de sortie du guide optique, 330. Cette unité de contrôle peut être alimentée par la batterie 350 et recevoir des informations à afficher de l'unité d'alimentation 351.

5

La variante de la Fig. 3B diffère de celle de la Fig. 3A en ce que les informations à afficher sont reçues par module de communication externe, 370, transmettant ces informations, par exemple via un bus I2C, le cas échéant après les avoir déchiffrées, à l'unité de contrôle 352 qui les traduit à son tour en signaux de commande. Ces signaux de commande contrôlent les segments d'affichage de la plaque/ du film électroluminescent de manière à former une image sur la face de sortie du guide optique.

Les Figs. 3C et 3D correspondent à un second mode de réalisation de l'invention dans lequel le module d'alimentation et de contrôle ne forme qu'une seule et même entité physique.

Autrement dit, les unités 351 et 352 des Figs. 3A et 3B sont intégrées au sein d'une seule unité, 355, située en périphérie du guide optique comme représenté en 250 dans les Figs. 2A-2D.

Dans la première variante du second mode de réalisation, l'unité 355 est autonome. Elle génère les hautes tensions HT1, HT2 et HT3 pour les différents éléments du tube intensificateur de lumière à partir de la basse tension fournie par une batterie 350. A cette fin, l'unité intégrée 355 pourra comprendre un multiplicateur de tension connu en soi. L'unité intégrée 355 génère en outre les signaux de commande qui contrôlent les différents segments de l'afficheur 360.

Dans la seconde variante, l'unité 355 reçoit les informations à afficher du module de communication externe, 370, via un bus I2C. Comme dans le premier mode de réalisation, le module de communication externe peut recevoir les

informations à afficher, le cas échéant sous forme chiffrée, au moyen d'une interface de communication radio.

Quel que soit le mode de réalisation envisagé et la variante considérée, la luminance de l'afficheur est avantageusement asservie de manière à maintenir
5 un contraste borné entre l'image de l'afficheur et l'image de vision nocturne. Plus précisément, le rapport entre la luminance (ou la brillance) des segments affichés et la luminance de l'image de vision nocturne est maintenue inférieure à une valeur maximale prédéterminée. Le cas échéant, ce même rapport de luminance pourra être également maintenu supérieur à une valeur de seuil prédéterminée.

10 De manière générale, à éclairiment constant de la photocathode, la luminance de l'image de vision nocturne est une fonction croissante du courant d'anode, I_A , celui-ci dépendant pour l'essentiel de la tension aux bornes de la galette de micro-canaux, V_{MCP} , autrement dit dans le cas présent de HT1 et HT2 et du rapport cyclique de l'alimentation de la photocathode.

15 La luminance des segments est quant à elle fonction de la tension de polarisation entre les deux réseaux d'électrodes, de quelques dizaines à quelques centaines de volts. Ce signal de polarisation est généralement pulsé (avec une fréquence de récurrence allant quelques dizaines à quelques milliers d'Hertz). En
20 jouant sur ces deux paramètres (niveau de tension et rapport cyclique du signal de polarisation) voire l'un deux seulement, il est possible d'ajuster la luminance de l'écran de l'afficheur.

Le principe de l'asservissement de contraste est représenté en Figs. 3E et
25 3F, respectivement pour le premier et le second mode de réalisation.

Dans le cas du premier mode de réalisation, le courant d'anode I_A est lu par l'unité d'alimentation haute tension 351 et celle-ci fournit en conséquence un signal de commande régulant la tension de polarisation des réseaux d'électrodes

en sus des signaux de commande des différents segments, pour assurer l'asservissement de contraste désiré.

Dans le cas du second mode de réalisation, le courant d'anode I_A est lu par l'unité intégrée 355 qui fournit alors elle-même la tension de polarisation des réseaux d'électrodes.

Comme indiqué précédemment, la luminance des segments affichés pourra être contrôlée en agissant sur le niveau de la tension de polarisation et/ou son rapport cyclique.

La Fig. 4 représente schématiquement l'évolution de l'intensité du courant d'anode, I_A , en fonction du niveau d'éclairement de la photocathode.

Ce diagramme fait apparaître différents régimes de gain en fonction du niveau d'éclairement (encore dénommé niveau de nuit) en entrée du tube intensificateur de lumière.

Dans un premier régime, dit régime linéaire, 410, pour de faibles niveaux de nuit (c'est-à-dire de faibles niveaux d'illumination), les hautes tensions appliquées à la galette de micro-canaux et à la photocathode sont fixes. Le rapport cyclique de la tension appliquée à la photocathode est également fixe, de l'ordre de 100%. Dans ce premier régime, le courant d'anode est proportionnel au niveau d'illumination de la photocathode.

Dans un second régime, dit régime de saturation, 420, intervenant à des niveaux d'illumination plus élevés, la luminance de l'image de vision nocturne sature à un niveau maximum prédéterminé de luminance ou MOB (*Maximum Output Brightness*). La luminance du tube intensificateur est maintenue au dit niveau maximum en jouant à la fois sur la haute tension appliquée à la galette de micro-canaux et sur le rapport cyclique de tension pulsée appliquée à la photocathode.

Que ce soit dans le régime linéaire ou le régime de saturation précédemment décrits, le niveau de tension (et/ou de rapport cyclique) du signal

de polarisation des segments est contrôlé (sont contrôlés) de manière à ce que le contraste entre l'image affichée, plus précisément les segments affichés, et l'image de vision nocturne reste inférieur à une valeur maximale et avantageusement dans une fourchette de valeurs prédéterminées. Selon une
5 variante, ce contrôle est effectué de manière à ce que le niveau de contraste évolue dans un intervalle centré sur une valeur moyenne, défini par une borne inférieure et une borne supérieure.

La Fig. 5 représente de manière schématique l'évolution du courant au
10 sein de l'afficheur en fonction du courant d'anode pour un dispositif de vision nocturne selon un mode de réalisation de l'invention.

Le niveau de tension du signal de polarisation de l'afficheur est contrôlé de manière à ce que le niveau de contraste entre l'image affichée et l'image de vision nocturne reste dans un intervalle centré sur une valeur moyenne.

15 On peut à nouveau distinguer les deux régimes de fonctionnement de l'intensificateur de lumière.

Dans le régime de saturation, 520, l'amplitude de la tension de polarisation (et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation lorsque celui-ci est pulsé) est maintenue sensiblement constante de manière à respecter un
20 niveau de contraste de consigne, S . Ce niveau de consigne peut être fixé à une valeur prédéterminée par le fabricant ou réglé par l'utilisateur en fonction de son confort visuel. Le niveau (et le cas échéant le rapport cyclique dans le cas d'un signal pulsé) de la tension de polarisation des segments de l'afficheur est fixé de manière à obtenir le niveau de contraste de consigne. Dans ce cas, le courant
25 entre les deux électrodes polarisant un segment est tel que $I_{\text{seg}} = S \cdot I_A$. Lorsque le signal de polarisation est pulsé, le courant moyen du segment est à prendre en compte en lieu et place du courant instantané.

Dans le régime linéaire, 510, il est également possible de contrôler le niveau de la tension de polarisation (et/ou son rapport cyclique) de manière à

assurer la relation $I_{\text{seg}} = S \cdot I_A$. Toutefois, pour éviter des fluctuations trop rapides de I_{seg} lorsque la luminance de l'image nocturne varie (image dynamique, utilisateur ou cible en mouvement), il peut être opportun de ne faire varier l'intensité I_{seg} que par paliers successifs. En d'autres termes, les variations de l'intensité I_{seg} pourront suivre les variations du courant d'anode qu'avec retard, les paliers successifs étant alors différents selon que la luminance de l'image nocturne croît ou décroît. Les cycles d'hystérésis correspondant aux différents paliers sont illustrés en Fig. 5.

Selon une variante, le niveau de tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation seront ajustés de manière à ce que $I_{\text{seg}} = S \cdot \text{LP}(I_A)$ où $\text{LP}(I_A)$ est le courant d'anode filtré par un filtre passe-bas, avantageusement par un filtre passe-bas récursif de premier ordre. Le coefficient d'oubli du filtre récursif pourra être, là encore, fixé à une valeur prédéterminée par le fabricant ou réglé par l'utilisateur.

L'homme du métier comprendra enfin que l'invention porte également sur un tube de remplacement, à afficheur intégré, permettant de rénover aisément un dispositif de vision nocturne conventionnel, tel que celui représenté en Fig. 1, en un dispositif de vision nocturne tel que représentés dans les Figs 2A-2D.

Plus précisément, ce tube à afficheur intégré se substitue à un tube standard dans le dispositif de vision nocturne. Le tube à afficheur intégré comprend une photocathode, une galette de micro-canaux, un écran phosphore, un guide optique en sortie de ce dernier destiné à former une image dans le plan focal de l'oculaire. Il comprend en outre un module d'alimentation et de contrôle destiné à être logé au sein du corps du tube, en périphérie du guide optique, pour fournir les tensions de polarisation respectives de la photocathode, de l'intensificateur de lumière et de l'écran phosphore et commander les éléments électroluminescents de l'afficheur.

REVENDEICATIONS

5 **1.** Dispositif de vision nocturne comprenant un corps de jumelle (100) dans lequel sont montés, le long d'un axe optique, un objectif (110), un tube intensificateur de lumière (190), et un oculaire (140), le tube intensificateur de lumière (190) comprenant une photocathode (121) destinée à recevoir la lumière ayant traversé l'objectif et à convertir les photons ainsi reçus en
10 photoélectrons, une galette de micro-canaux (122) destinée à multiplier les photoélectrons reçus de la photocathode en générant des électrons secondaires, un écran phosphore (123) destiné à fournir une image de vision nocturne à partir des électrons secondaires l'impactant, un guide optique (130) présentant une face d'entrée accolée à l'écran phosphore et une face de sortie destinée à former
15 une image dans le plan focal de l'oculaire, le dispositif de vision nocturne étant caractérisé en ce que le tube intensificateur de lumière comprend en outre un afficheur (260) sous la forme d'une lame mince en verre ou d'un film mince comportant des éléments électroluminescents, la lame mince/le film mince étant disposé(e) directement sur la face de sortie du guide optique, un module
20 d'alimentation et de contrôle (250), logé au sein du tube intensificateur de lumière, en périphérie du guide optique, destiné à fournir les tensions de polarisation respectives de la photocathode, de l'intensificateur de lumière et de l'écran phosphore et à commander les éléments électroluminescents de l'afficheur.

25

2. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 1, caractérisé en ce que le guide optique est constitué par un bloc en verre ou par un faisceau de fibres optiques collées entre elles.

3. Disposition de vision nocturne selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'afficheur est réalisé par dépôt d'un film sur au moins une partie de la face de sortie, plane ou planarisée, le dépôt étant réalisé par une technique de dépôt de couches atomiques (ALD).

5

4. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 3, caractérisé en ce que le film mince comprend une première couche diélectrique, un film électroluminescent et une seconde couche diélectrique, l'ensemble constitué par la première couche diélectrique, le film électroluminescent et la seconde couche diélectrique étant pris en sandwich entre un premier réseau d'électrodes arrangées sous forme de colonnes et un second réseau d'électrodes transparentes organisées en lignes, orthogonal au premier.

10

5. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments électroluminescents se présentent sous forme de segments.

15

6. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'afficheur est réalisé par collage d'une lame de verre sur au moins une partie de la face de sortie, des segments en phosphore étant déposés sur la lame mince et adressables individuellement par des pistes conductrices.

20

7. Dispositif de vision nocturne selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le module d'alimentation et de contrôle se présente sous la forme de deux unités distinctes (351, 352), une première unité (351) ayant pour fonction de fournir les hautes tensions de polarisation respectives de la photocathode, de la galette de micro-canaux et de l'écran phosphore et une seconde unité (352) ayant pour fonction de contrôler l'afficheur.

25

30

8. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module de communication (370) relié à la seconde unité (352) au moyen d'un bus, ledit module de communication présentant une interface radio sans fil, et fournissant des informations à afficher
5 à la seconde unité via ledit bus, ladite première unité transmettant à la seconde unité un signal (D) de commande de la luminance des éléments électroluminescents à afficher.

9. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 8, caractérisé
10 en ce qu'il comprend en outre un module d'alimentation (350) alimentant en basse tension les première et seconde unités, la première unité comprenant un multiplicateur de tension pour générer lesdites hautes tensions de polarisation à partir de ladite basse tension.

15 10. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 9, caractérisé en ce que la première unité mesure le courant d'anode de l'écran phosphore et fournit cette mesure à la seconde unité, la seconde unité contrôlant la tension et/ou le rapport cyclique d'un signal de polarisation des éléments électroluminescents, de manière à limiter le rapport entre la luminance des
20 éléments ainsi affichés et la luminance de l'image de vision nocturne à un niveau dans une fourchette de valeurs prédéterminées.

11. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 10, caractérisé en ce que la seconde unité contrôle la tension et/ou le rapport cyclique du signal
25 de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers varie par paliers successifs, l'évolution de la luminance des éléments électroluminescents suivant avec retard l'évolution de la luminance de l'image nocturne lorsque celle-ci croît ou décroît.

30

12. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 10, caractérisé en ce que la seconde unité contrôle la tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers soit proportionnelle au courant d'anode filtré au moyen d'un filtre bas récursif.

13. Dispositif de vision nocturne selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le module d'alimentation et de contrôle se présente sous la forme d'une unité intégrée (351, 352), fournissant d'une part les hautes tensions de polarisation respectives de la photocathode, de la galette de micro-canaux et de l'écran phosphore, et contrôlant d'autre part l'afficheur.

14. Dispositif de vision nocturne selon la revendication 13, caractérisé en ce que ladite unité intégrée est adaptée à contrôler la tension et/ou le rapport cyclique du signal de polarisation des éléments électroluminescents de manière à ce que la luminance de ces derniers soit proportionnelle au courant d'anode filtré au moyen d'un filtre bas récursif.

15. Tube intensificateur de lumière de remplacement destiné à rénover un dispositif de vision nocturne, ledit dispositif de vision nocturne comprenant un corps de jumelle (100) dans lequel sont montés, le long d'un axe optique, un objectif (110), un tube intensificateur de lumière (190), et un oculaire (140), ledit tube intensificateur de lumière de remplacement étant destiné à remplacer le tube intensificateur de lumière et comprenant une photocathode (121), destinée à recevoir la lumière ayant traversé l'objectif et à convertir les photons ainsi reçus en photoélectrons, une galette de micro-canaux (122) destinée à multiplier les photoélectrons reçus de la photocathode en générant des électrons secondaires, un écran phosphore (123) destiné à fournir une image de vision nocturne à partir des électrons secondaires l'impactant, un guide

optique (130) présentant une face d'entrée accolée à l'écran phosphore et une face de sortie destinée à former une image dans le plan focal de l'oculaire, un afficheur (260) sous la forme d'une lame mince en verre ou d'un film mince comportant des éléments électroluminescents, la lame mince/le film mince étant
5 disposé(e) directement sur la face de sortie du guide optique de remplacement, ledit tube intensificateur de lumière de remplacement comprenant en outre un module l'alimentation et de contrôle (250) destiné à être logé au sein du corps du tube, en périphérie du guide optique, et à fournir les tensions de polarisation respectives de la photocathode, de l'intensificateur de lumière et de l'écran
10 phosphore ainsi qu'à commander les éléments électroluminescents de l'afficheur.