(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 137 979**

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 07130**

(51) Int Cl[8] : ***G 03 H 1/26*** *(2022.01), G 02 B 27/01, B 60 Q 1/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 12.07.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 19.01.24 Bulletin 24/03.

(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) :** *PSA AUTOMOBILES SA Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

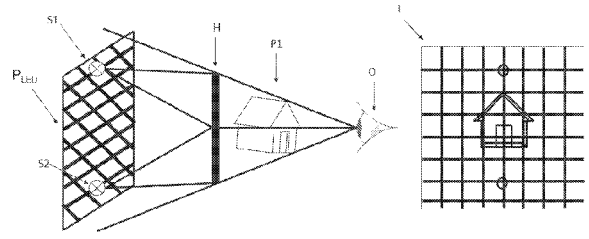
(72) **Inventeur(s) :** BARBOTIN THOMAS, LOPEZ THOMAS, GONCALVES WHILK MARCELINO et HEGGARTY Kevin.

(73) **Titulaire(s) :** STELLANTIS AUTO SAS Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) : intégrant les sources lumineuses d'un dispositif holographique multi-sources.**

(57) La présente invention concerne un dispositif holographique qui comprend une pluralité de sources lumineuses (S1, S2) produisant des ondes sphériques divergentes décentrées et un hologramme physique (H) destiné à être illuminé par la pluralité de sources lumineuses. L'hologramme physique (H) est fabriqué à partir d'un hologramme numérique calculé à partir, notamment, d'au moins un plan objet (PLED) porteur d'un motif géométrique adapté pour masquer la pluralité des sources lumineuses dans chaque image flottante (I) perçue par l'observateur (O) lorsque que l'hologramme physique est illuminé par la pluralité de source lumineuses.

Figure pour l'abrégé : Figure 5



FR 3 137 979 - A1

Description

Titre de l'invention : Hologramme intégrant les sources lumineuses d'un dispositif holographique multi-sources

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne la fabrication d'hologrammes physiques à partir d'hologrammes numériques calculés pour produire des images/effets tridimensionnels pour la signalisation et/ou l'information des usagers dans le domaine automobile lorsque les hologrammes physiques sont illuminés par plusieurs sources lumineuses.

Arrière-plan technologique

[0002] Les systèmes d'éclairage arrière et de signalisation sont généralement limités à des effets 2D à la surface d'optiques, ou à des effets 3D simples réalisés grâce à des diffuseurs ou éventuellement des miroirs partiellement transparents. En outre, les effets tels que l'effet d'objet « jaillissant » sont difficiles à réaliser car ils nécessiteraient des systèmes optiques trop volumineux pour être intégrés dans les systèmes d'éclairage arrière et de signalisation de véhicule.

[0003] Certaines interfaces Homme/Machine, qu'elles soient externes ou internes d'un véhicule, sont adaptées pour réaliser l'effet d'objet jaillissant mais cet effet est très limité car il est mis en œuvre par des systèmes optiques dont l'encombrement est important. Ce qui pose problème notamment lorsque ces interfaces Homme/Machine sont logées au niveau du tableau de bord de véhicule ou dans un système d'éclairage arrière.

[0004] Par ailleurs, la mise en œuvre d'un effet d'objet jaillissant peut entrainer un risque pour la sécurité oculaire des observateurs.

[0005] Des solutions holographiques ont été mises en œuvre pour remplacer les systèmes optiques complexes et volumineux. Ces solutions utilisent un élément plan sur lequel est disposé un hologramme. Une fois illuminé par une source lumineuse, cet hologramme génère un front d'onde qui peut être, par exemple, celui d'un objet 3D. Une image flottante se forme sur un plan image et un observateur voit alors une représentation de l'objet 3D.

[0006] Pour fabriquer un tel élément plan, une solution holographique, dite classique, consiste à illuminer l'objet physique par un laser via un système optique de mise en forme du faisceau lumineux. Grâce au phénomène d'interférence, les informations 3D de cet objet physique sont alors enregistrées dans un film photosensible, nommé hologramme physique.

[0007] Les solutions utilisant l'holographie classique proposent d'utiliser des hologrammes enregistrés optiquement, et donc difficilement reproductibles. De plus, l'obtention

d'une image flottante jaillissante, c'est-à-dire formée sur un plan image positionné entre un plan de l'hologramme et un observateur, avec de tels hologrammes nécessite un dispositif d'enregistrement complexe.

[0008] Une fois produit, un hologramme doit être éclairé avec une source lumineuse tel qu'un laser ou une LED (diode électroluminescente ou Light-Emitting Diode en anglais) unique, accompagné d'un système optique de mise en forme du faisceau lumineux produit par cette source lumineuse, ce qui requiert un volume important.

[0009] De plus, générer un effet d'objet jaillissant en holographie classique nécessite généralement d'enregistrer un hologramme avec un objet derrière le plan de l'hologramme puis d'enregistrer un nouvel hologramme à partir de cet hologramme.

[0010] Ces défauts rendent l'holographie classique difficile à mettre en œuvre à l'échelle industrielle.

[0011] Une autre solution holographique est d'obtenir un hologramme physique à partir d'un hologramme numérique calculé. On parle d'holographie calculée par ordinateur (Computer-Generated Holography (CGH) en anglais) ou encore d'holographie synthétique. L'objet physique est remplacé par un objet numérique 3D et la phase d'enregistrement est remplacé par un calcul de propagation de front d'onde puis par une gravure sur un élément plan de l'hologramme numérique calculé par nano-embossage par exemple. Autrement dit, l'hologramme numérique est calculé par ordinateur puis « transféré » sur un matériau de l'élément plan de manière beaucoup plus simple qu'en holographie classique. L'holographie synthétique est plus à même de répondre aux contraintes industrielles car la gravure de l'hologramme est aisément reproductible de manière industrielle.

[0012] Dans l'holographie synthétique, un hologramme numérique est calculé pour générer, à une position spatiale donnée appelée plan image, un front d'onde correspondant à une série d'images 2D d'un objet 3D. Chacune de ces images 2D est visible pour un angle de vue spécifique, de façon à créer pour un observateur une image dite flottante représentant l'objet 3D sur le plan image. Si ce plan image est positionné entre le plan de l'hologramme et un observateur, alors un effet jaillissant de l'objet 3D est perçu par l'observateur lorsque l'hologramme physique est illuminé par une source lumineuse.

[0013] [Fig.1] illustre schématiquement le principe de la restitution d'une image flottante à partir d'un hologramme fabriqué à partir d'un hologramme numérique selon l'état de la technique.

[0014] L'hologramme physique H est illuminé par une source de lumière cohérente S, typiquement un laser, via un système optique qui met en forme le faisceau lumineux issu de la source lumineuse. Un observateur O, regardant, selon différents points de vue, l'hologramme H illuminé, voit des séries d'images 2D différentes SI , chacune de ces séries d'images 2D donnant l'impression à l'observateur de voir un même objet

3D jaillissant sous différents points de vue.

[0015] Hao Zhang et al. dans leur article intitulé « Three-Dimensional computer-generated hologram with Fourier domain segmentation » (vol. 27, No. 8, 1(April 2019, OPTICS EXPRESS 11689) décrivent un algorithme de calcul d'hologrammes numériques basé sur une segmentation dans le domaine de Fourier de séries de vues d'un objet 3D.

[0016] L'algorithme commence par obtenir une série de vues 2D de l'objet 3D par projection parallèle. Chaque vue est associée à une image de profondeur et chaque couple vue/image de profondeur correspond à une direction de projection particulière d'une vue de l'objet 3D sur le plan de l'hologramme. L'image de profondeur représente une distance entre l'objet 3D et un capteur (virtuel) de vues. Seules les parties de l'objet 3D qui sont à une profondeur inférieure à l'information de profondeur portée par une image de profondeur associée à une vue correspondante sont visibles.

[0017] L'information de vue portée par chaque vue est alors « découpée » en plusieurs plans objet (layers en anglais) parallèles selon l'information de profondeur portée par l'image de profondeur associée à cette vue. Chaque plan objet correspond à une profondeur particulière.

[0018] Une série d'images 2D est formée par vue à partir de ces plans objets et le front d'onde associé à cette série d'images 2D est propagé jusqu'au plan de l'hologramme.

[0019] A cet effet, un spectre angulaire élémentaire par image 2D est obtenu par application d'une transformée de Fourier sur une image 2D de la série d'images 2D. Un spectre angulaire par direction de projection est calculé en sommant les spectres angulaires élémentaires ainsi obtenus pour une série d'images 2D. Plusieurs spectres angulaires peuvent être ainsi calculés selon des directions de projection différentes et le spectre complet de l'objet 3D dans le domaine de Fourier sur le plan de l'hologramme est alors formé par combinaison (juxtaposition) de ces spectres angulaires obtenus selon les différentes directions de projection. Chaque spectre angulaire a une position particulière dans le domaine de Fourier qui dépend de la direction de projection. Le champ de distribution sur le plan de l'hologramme physique dans le domaine spatial est alors obtenu en appliquant une transformée de Fourier inverse sur le spectre complet de l'objet 3D dans le domaine de Fourier.

[0020] Cet algorithme est adapté pour une illumination de l'hologramme physique par une onde plane, ce qui implique de fortes contraintes de mise en forme du faisceau lumineux. En effet, soit l'hologramme est éclairé avec un laser et il faut alors un élargisseur de faisceau afin que le faisceau éclaire la totalité de l'hologramme, soit l'hologramme est éclairé avec une LED et il faut alors collimater le faisceau lumineux issu de la LED, ou à minima de placer la LED à une distance très importante du plan de l'hologramme de sorte à ce que le forme du faisceau lumineux se rapproche de celle d'une onde plane. Sans cela, l'image flottante sera déformée car l'onde issue de la

LED sera trop divergente.

[0021] L'utilisation d'hologrammes physique fabriqués à partir d'hologrammes numériques calculés à partir de cet algorithme impose des systèmes d'illumination volumineux ce qui est incompatible lorsque ces systèmes d'illumination doivent être intégrés dans des systèmes d'éclairage arrière, des systèmes de signalisation ou des interfaces Homme/ machine de véhicule.

[0022] Pour réduire le volume de ces systèmes d'illumination, une solution est d'utiliser une pluralité de sources lumineuses produisant un front d'onde incident sur un plan de l'hologramme physique formé par la combinaison d'ondes sphériques divergentes décentrées, et d'adapter l'hologramme numérique calculé à la forme du front d'onde incident sur le plan de l'hologramme physique pour éviter toute déformation des images flottantes formées par l'hologramme physique lorsqu'il est illuminé par cette pluralité de sources lumineuses.

[0023] L'utilisation d'une pluralité de sources lumineuses induit toutefois un problème de visibilité de ces sources lumineuses dans les images flottantes formées par l'hologramme physique lorsqu'il est illuminé par cette pluralité de sources lumineuses. En effet, il existe toujours, en holographie synthétique, une quantité résiduelle de lumière non diffractée par l'hologramme physique, ce qui rend ces source lumineuses visibles à travers l'hologramme physique. Cette lumière, visible sous la forme de points lumineux SP1 et SP2, est très perturbante pour l'observateur tel que illustré sur la [Fig.2]. Ces points lumineux SP1 et SP2 correspondent ici à deux sources lumineuses S1 et S2 de l'image flottante I utilisées pour illuminer un hologramme physique H.

Résumé de la présente invention

[0024] Un objet de la présente invention est de résoudre au moins l'un des problèmes de l'arrière-plan technologique décrit précédemment.

[0025] Selon la présente invention, les points lumineux correspondants aux source lumineuses qui illuminent l'hologramme physique sont pris en compte dans le calcul de l'hologramme numérique.

[0026] A cet effet, au moins une image 2D représentant un motif géométrique adapté pour masquer les sources lumineuses dans chaque image flottante perçue par l'observateur est obtenue. Ladite au moins une image 2D est portée par au moins un plan objet positionné au même emplacement qu'un plan porteur des sources lumineuses.

[0027] Ainsi, les points lumineux qui apparaissaient sur les images flottantes sont masquées ou tout du moins atténués par ce motif géométrique.

[0028] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un procédé de de fabrication d'un hologramme physique à partir d'un hologramme numérique représentant des objets d'une scène 3D. Le procédé comprend une étape d'obtention d'une image 2D

par objet de la scène 3D et par angle de vue de la scène 3D, chaque image 2D étant destinée à être perçue par un observateur selon un angle de vue de la scène 3D sur un plan image positionné entre un plan de l'hologramme physique et un observateur lorsque l'hologramme physique est illuminé par une pluralité de sources lumineuses. Le procédé comprend en outre une étape d'obtention d'au moins une image 2D représentant un motif géométrique adapté pour masquer les sources lumineuses dans chaque image flottante perçue par l'observateur, ladite au moins une image 2D étant portée par au moins un plan objet positionné au même emplacement qu'un plan porteur des sources lumineuses. Le procédé comprend en outre une étape de calcul, par image 2D, d'un spectre angulaire élémentaire propagé sur le plan de l'hologramme physique par application d'une transformée de Fourier sur une image 2D obtenue; une étape de détermination d'un spectre angulaire par angle de vue de la scène 3D en sommant les spectres angulaires élémentaires obtenus correspondant à un même angle de vue de la scène 3D; une étape de détermination d'un spectre angulaire total par combinaison des spectres angulaires obtenus par angle de vue de la scène 3D; une étape de détermination de l'hologramme numérique dans le domaine spatial du plan de l'hologramme physique en appliquant une transformée de Fourier inverse sur le spectre angulaire total obtenu ; une étape de multiplication de l'hologramme numérique calculé par un conjugué d'un front d'onde incident sur le plan de l'hologramme physique, ledit front d'onde incident étant formé à partir d'ondes sphériques divergentes décentrées produites par la pluralité de sources lumineuses ; et une étape de fabrication de l'hologramme physique à partir d'un hologramme résultant de ladite multiplication.

[0029] Selon une variante, l'ensemble des sources lumineuses étant positionnées dans un même plan, une seule image 2D, porteuse d'un motif géométrique masquant l'ensemble des sources lumineuses, est obtenue, ladite image 2D étant portée par un seul plan objet correspondant au plan dans lequel sont positionnées l'ensemble des sources lumineuses.

[0030] Selon une variante, des sources lumineuses étant positionnées dans plus d'un plan, plusieurs plans objet sont positionnés, chacun correspond à un plan porteur de sources lumineuses, et chaque plan objet portant un motif géométrique qui masque des sources lumineuses portées par un même plan.

[0031] Selon un deuxième aspect, la présente invention concerne un dispositif de fabrication d'un hologramme physique, le dispositif comprenant une mémoire associée à un processeur configuré pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon le deuxième aspect de la présente invention.

[0032] Selon un troisième aspect, la présente invention concerne un dispositif holographique comprenant une pluralité de sources lumineuses produisant des ondes

sphériques divergentes décentrées, et un hologramme physique fabriqué à partir du procédé selon le premier aspect et destiné à être illuminé par la pluralité de sources lumineuses.

[0033] Selon un quatrième aspect, la présente invention concerne un programme d'ordinateur qui comporte des instructions adaptées pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect de la présente invention, ceci notamment lorsque le programme d'ordinateur est exécuté par au moins un processeur.

[0034] Un tel programme d'ordinateur peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme d'un code source, d'un code objet, ou d'un code intermédiaire entre un code source et un code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

[0035] Selon un cinquième aspect, la présente invention concerne un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect de la présente invention.

[0036] D'une part, le support d'enregistrement peut être n'importe quel entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une mémoire ROM, un CD-ROM ou une mémoire ROM de type circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique ou un disque dur.

[0037] D'autre part, ce support d'enregistrement peut également être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, un tel signal pouvant être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio classique ou hertzienne ou par faisceau laser autodirigé ou par d'autres moyens. Le programme d'ordinateur selon la présente invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

[0038] Alternativement, le support d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme d'ordinateur est incorporé, le circuit intégré étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

[0039] Selon un sixième aspect, la présente invention concerne un système d'éclairage ou de signalisation de véhicule comprenant un dispositif holographique selon le troisième aspect.

[0040] Selon un septième aspect, la présente invention concerne une interface homme/machine interne ou externe de véhicule comprenant un dispositif holographique selon le troisième aspect.

[0041] Selon un huitième aspect, la présente invention concerne un véhicule comprenant au moins un dispositif holographique selon le troisième aspect.

Brève description des figures

[0042] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description des exemples de réalisation particuliers et non limitatifs de la présente invention ci-après, en référence aux figures 1 à 6 annexées, sur lesquelles :

[0043] [Fig.1] illustre schématiquement le principe de la restitution d'une image flottante à partir d'un hologramme fabriqué à partir d'un hologramme numérique selon l'état de la technique ;

[0044] [Fig.2] illustre schématiquement le problème de visibilité de sources lumineuses apparaissant dans des images flottantes ;

[0045] [Fig.3] illustre schématiquement les différentes étapes d'un procédé 100 de fabrication d'un hologramme physique selon un exemple particulier et non limitatif de la présente invention ;

[0046] [Fig.4] illustre schématiquement un exemple d'une pluralité de 4 sources lumineuses produisant des fronts d'ondes sphériques divergentes décentrées selon un exemple particulier et non limitatif de la présente invention ;

[0047] [Fig.5] illustre schématiquement le masquage des sources lumineuses dans des images flottantes selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ; et

[0048] [Fig.6] illustre schématiquement un dispositif configuré pour mettre en œuvre le procédé de fabrication d'un hologramme physique décrit en relation avec la [Fig.3], selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention;

Description des exemples de réalisation

[0049] Un dispositif holographique, un procédé et un dispositif de fabrication d'un hologramme physique vont maintenant être décrits dans ce qui va suivre en référence conjointement aux figures 3 à 6. Des mêmes éléments sont identifiés avec des mêmes signes de référence tout au long de la description qui va suivre.

[0050] [Fig.3] illustre schématiquement les différentes étapes d'un procédé 100 de fabrication d'un hologramme physique selon un exemple particulier et non limitatif de la présente invention.

[0051] Un hologramme physique H est destiné à être illuminé par une pluralité de sources lumineuses S produisant des fronts d'ondes sphériques divergentes décentrées.

[0052] La [Fig.4] illustre schématiquement un exemple d'une pluralité de 4 sources lumineuses S.

[0053] Dans une première étape 110, une image 2D I est obtenue par objet d'une scène 3D et par angle de vue de la scène 3D. Chaque image 2D est destinée à être perçue par un observateur O selon un angle de vue de la scène 3D sur un plan image P1 positionné entre le plan P de l'hologramme physique H et l'observateur O lorsque l'hologramme physique H est illuminé par la pluralité de sources lumineuses ([Fig.5]).

[0054] Dans une deuxième étape 120, au moins une image 2D est obtenue. Chaque image

2D représente un motif géométrique représenté schématiquement par un treillis sur la [Fig.5]. Le motif géométrique est adapté pour masquer des sources lumineuses (S1 et S2 sur la [Fig.5]) dans chaque image flottante I perçue par l'observateur O. Ladite au moins une image 2D est portée par un plan objet positionné au même emplacement qu'un plan P_{LED} porteur des sources lumineuses.

[0055] Dans une troisième étape 130, un spectre angulaire élémentaire propagé sur le plan de l'hologramme physique est calculé par image 2D par application d'une transformée de Fourier sur une image 2D obtenue.

[0056] Dans une quatrième étape 140, un spectre angulaire est déterminé par angle de vue de la scène 3D en sommant les spectres angulaires élémentaires obtenus correspondant à un même angle de vue de la scène 3D.

[0057] Dans une cinquième étape 150, un spectre angulaire total déterminé par combinaison des spectres angulaires obtenu par angle de vue de la scène 3D;

[0058] Dans une sixième étape 160, un hologramme numérique H1 déterminé dans le domaine spatial du plan de l'hologramme physique en appliquant une transformée de Fourier inverse sur le spectre angulaire total obtenu.

[0059] Dans une septième étape 170, l'hologramme numérique H1 est adapté pour être illuminé par un front d'ondes sphériques divergentes décentrées en multipliant cet hologramme numérique H1 par le conjugué d'un front d'onde incident sur le plan de l'hologramme physique, ledit front d'onde incident étant formé à partir d'ondes sphériques divergentes décentrées produites par la pluralité de sources lumineuses. Un hologramme numérique H2 résulte de cette multiplication.

[0060] Dans une huitième étape 180, l'hologramme physique est fabriqué à partir de l'hologramme numérique H2 résultant de ladite multiplication.

[0061] Par exemple, l'hologramme physique peut être fabriqué par une gravure sur un élément plan de l'hologramme H2 par nano-embossage par exemple.

[0062] Selon une variante, les étapes 130 à 160 sont mises en œuvre de manière similaire aux étapes de l'algorithme de calcul et de propagation d'hologramme de l'article suscité.

[0063] Selon une variante, l'ensemble des sources lumineuses étant positionnées dans un même plan P_{LED}, une seule image 2D, porteuse d'un motif géométrique masquant l'ensemble des sources lumineuses, est obtenue, ladite image 2D étant portée par un seul plan objet correspondant au plan P_{LED} dans lequel sont positionnées l'ensemble des sources lumineuses.

[0064] Selon une variante, des sources lumineuses étant positionnées dans plus d'un plan P_{LED}, plusieurs plans objet sont positionnés, chacun correspond à un plan P_{LED} porteur de sources lumineuses, et chaque plan objet portant un motif géométrique qui masque des sources lumineuses portées par un même plan.

[0065] Selon un autre aspect, la présente invention concerne un dispositif holographique DH comprenant un hologramme physique fabriqué selon le procédé de la [Fig.3] et une pluralité de sources lumineuses produisant des ondes sphériques divergentes décentrées.

[0066] Par exemple, la pluralité de sources lumineuses est une matrice de LED.

[0067] Selon une variante, les sources lumineuses de la pluralité de sources lumineuses peuvent éclairer des zones de dimensions différentes.

[0068] [Fig.6] illustre schématiquement un dispositif 200 configuré pour mettre en œuvre le procédé de fabrication d'un hologramme décrit en relation avec la [Fig.3], selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.

[0069] Des exemples d'un tel dispositif 200 comprennent, sans y être limités, un équipement électronique tel qu'un ordinateur. Les éléments du dispositif 200, individuellement ou en combinaison, peuvent être intégrés dans un unique circuit intégré, dans plusieurs circuits intégrés, et/ou dans des composants discrets. Le dispositif 200 peut être réalisé sous la forme de circuits électroniques ou de modules logiciels (ou informatiques) ou encore d'une combinaison de circuits électroniques et de modules logiciels.

[0070] Le dispositif 200 comprend un (ou plusieurs) processeur(s) 201 configurés pour exécuter des instructions pour la réalisation des étapes du procédé et/ou l'exécution des instructions du ou des logiciels embarqués dans le dispositif 200. Le processeur 201 peut inclure de la mémoire intégrée, une interface d'entrée/sortie, et différents circuits connus de l'homme du métier. Le dispositif 200 comprend en outre au moins une mémoire 202 correspondant par exemple à une mémoire volatile et/ou non volatile et/ou comprend un dispositif de stockage mémoire qui peut comprendre de la mémoire volatile et/ou non volatile, telle que EEPROM, ROM, PROM, RAM, DRAM, SRAM, flash, disque magnétique ou optique.

[0071] Le code informatique du ou des logiciels embarqués comprenant les instructions à charger et exécuter par le processeur est par exemple stocké sur la mémoire 202.

[0072] Selon différents exemples de réalisation particuliers et non limitatifs, le dispositif 200 est couplé en communication avec d'autres dispositifs ou systèmes similaires et/ou avec des dispositifs de communication par exemple par l'intermédiaire d'un bus de communication ou au travers de ports d'entrée / sortie dédiés.

[0073] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif 200 comprend une interface de communication 203 qui permet d'établir une communication avec d'autres dispositifs via un canal de communication 204. L'interface de communication 203 correspond par exemple à un transmetteur configuré pour transmettre et recevoir des informations et/ou des données via le canal de communication 204 telles que des séries de vues 2D d'objets 3D et/ou des hologrammes numériques. L'interface de communication 203 correspond par exemple à un réseau

filaire de type Ethernet (standardisé par la norme ISO/IEC 802-3) par exemple.

[0074] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrits ci-avant mais s'étend à un procédé de fabrication d'un hologramme physique qui inclurait des étapes secondaires sans pour cela sortir de la portée de la présente invention. Il en serait de même d'un dispositif configuré pour la mise en œuvre d'un tel procédé.

[0075] Selon un autre aspect, la présente invention concerne un système d'éclairage, un système de signalisation et/ou une interface homme/machine de véhicule comprenant un dispositif holographique DH.

[0076] Selon un autre aspect, la présente invention concerne également un véhicule, par exemple automobile ou plus généralement un véhicule autonome à moteur terrestre, comprenant au moins un dispositif holographique DH.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de fabrication d'un hologramme physique à partir d'un hologramme numérique représentant des objets d'une scène 3D, ledit procédé comprenant :

- une étape (110) d'obtention d'une image 2D par objet de la scène 3D et par angle de vue de la scène 3D, chaque image 2D étant destinée à être perçue par un observateur selon un angle de vue de la scène 3D sur un plan image positionné entre un plan de l'hologramme physique et un observateur lorsque l'hologramme physique est illuminé par une pluralité de sources lumineuses;
- une étape (120) d'obtention d'au moins une image 2D représentant un motif géométrique adapté pour masquer les sources lumineuses dans chaque image flottante perçue par l'observateur, ladite au moins une image 2D étant portée par au moins un plan objet positionné au même emplacement qu'un plan (P_{LED}) porteur des sources lumineuses ;
- une étape (130) de calcul, par image 2D, d'un spectre angulaire élémentaire propagé sur le plan de l'hologramme physique par application d'une transformée de Fourier sur une image 2D obtenue;
- une étape (140) de détermination d'un spectre angulaire par angle de vue de la scène 3D en sommant les spectres angulaires élémentaires obtenus correspondant à un même angle de vue de la scène 3D;
- une étape (150) de détermination d'un spectre angulaire total par combinaison des spectres angulaires obtenus par angle de vue de la scène 3D;
- une étape (160) de détermination d'un hologramme numérique dans le domaine spatial du plan de l'hologramme physique en appliquant une transformée de Fourier inverse sur le spectre angulaire total obtenu ;
- une étape (170) de multiplication de l'hologramme numérique calculé par un conjugué d'un front d'onde incident sur le plan de l'hologramme physique, ledit front d'onde incident étant formé à partir d'ondes sphériques divergentes décentrées produites par la pluralité de sources lumineuses ; et
- une étape (180) de fabrication de l'hologramme physique à partir d'un hologramme résultant de ladite multiplication.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble des sources lumineuses étant positionnées dans un même plan (P_{LED}), une seule image 2D, porteuse d'un motif géométrique masquant l'ensemble des sources

lumineuses, est obtenue, ladite image 2D étant portée par un seul plan objet correspondant au plan (P_{LED}) dans lequel sont positionnées l'ensemble des sources lumineuses.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1, dans lequel des sources lumineuses étant positionnées dans plus d'un plan (P_{LED}), plusieurs plans objet sont positionnés, chacun correspond à un plan (P_{LED}) porteur de sources lumineuses, et chaque plan objet portant un motif géométrique qui masque des sources lumineuses portées par un même plan.

[Revendication 4] Dispositif (200) de fabrication d'un hologramme physique, le dispositif comprenant une mémoire associée à un processeur configuré pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'une des revendications précédentes.

[Revendication 5] Dispositif holographique (DH) comprenant :
- une pluralité de sources lumineuses produisant des ondes sphériques divergentes décentrées; et
- un hologramme physique fabriqué selon le procédé de l'une des revendications 1 à 3 et destiné à être illuminé par la pluralité de sources lumineuses.

[Revendication 6] Programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, lorsque ces instructions sont exécutées par un processeur.

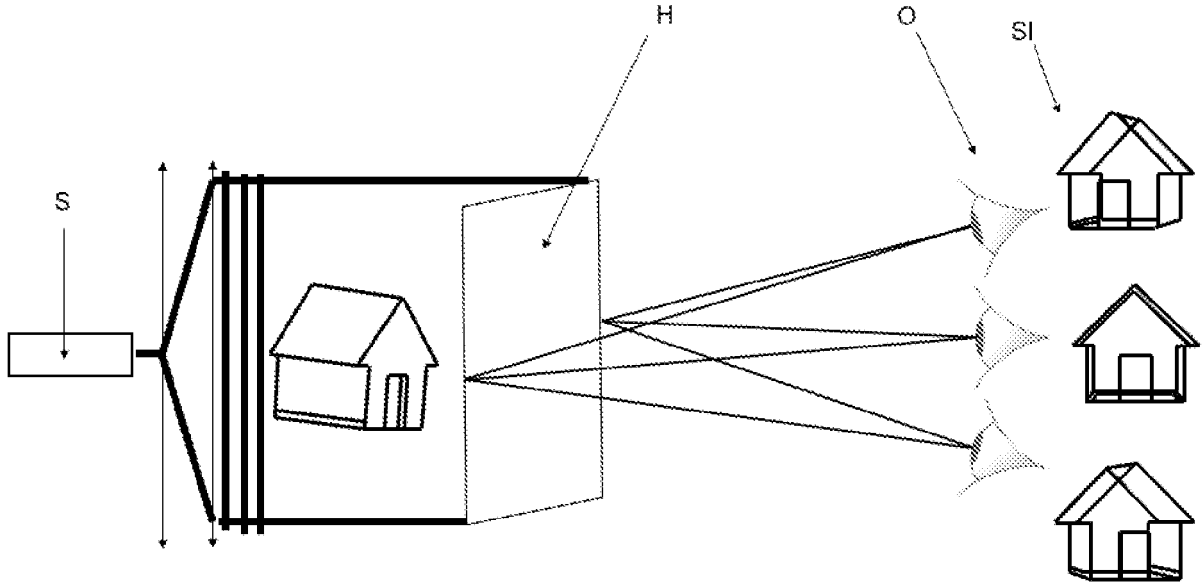
[Revendication 7] Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 3.

[Revendication 8] Système d'éclairage ou de signalisation de véhicule comprenant un dispositif holographique selon la revendication 5.

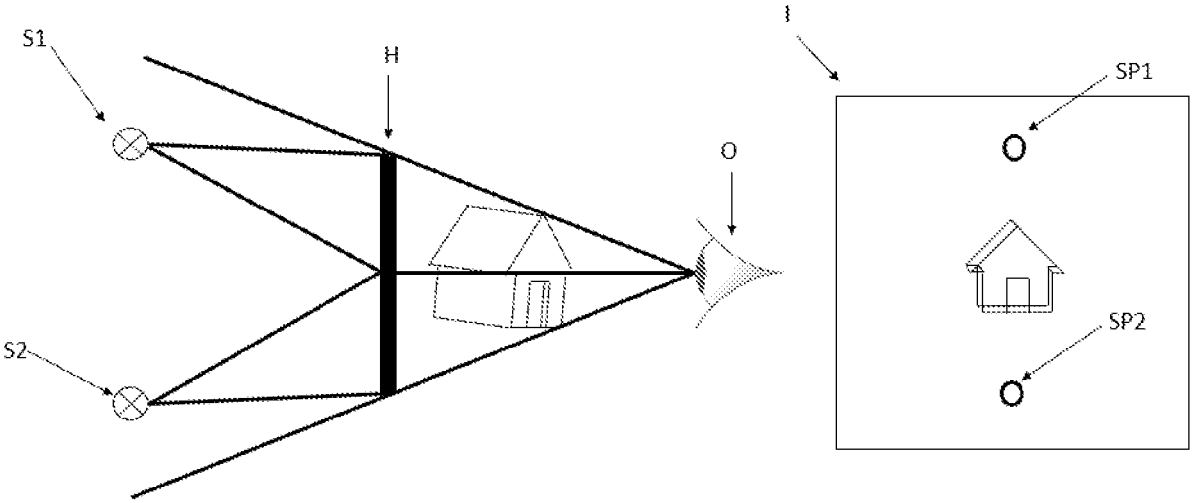
[Revendication 9] Interface Homme/machine interne ou externe d'un véhicule comprenant un dispositif holographique selon la revendication 5.

[Revendication 10] Véhicule comprenant un dispositif holographique selon la revendication 5.

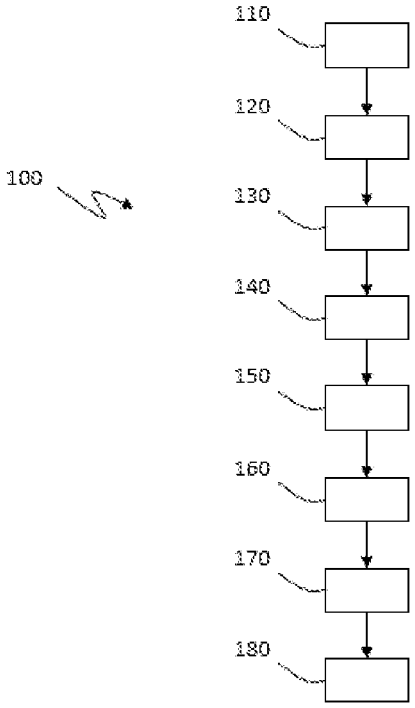
[Fig. 1]



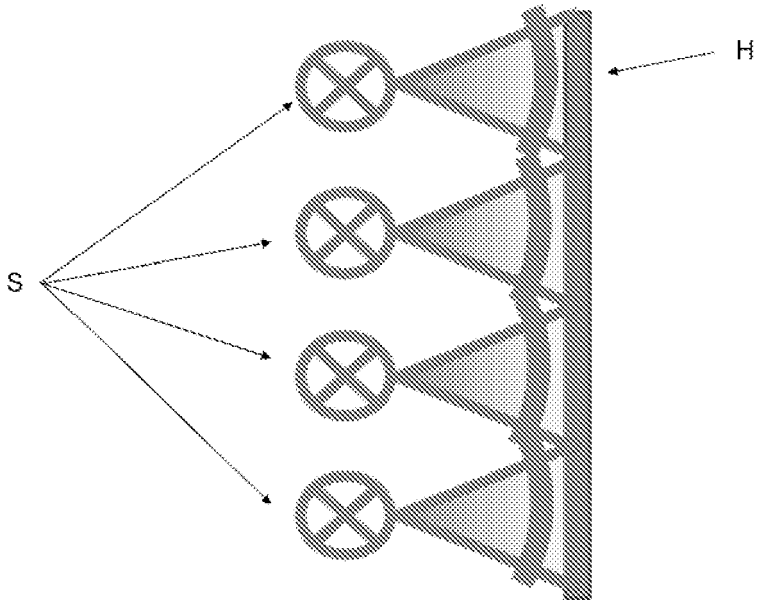
[Fig. 2]



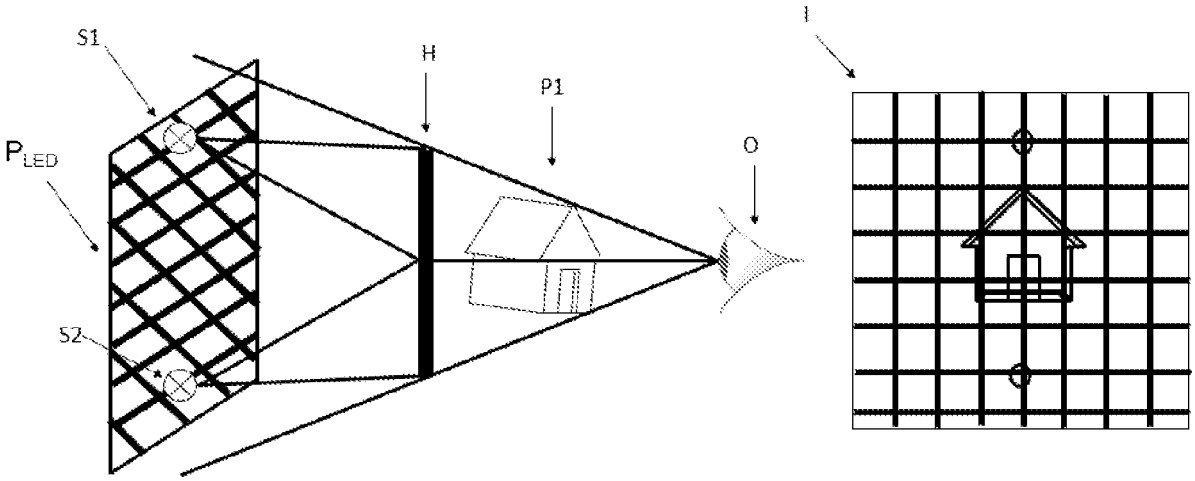
[Fig. 3]



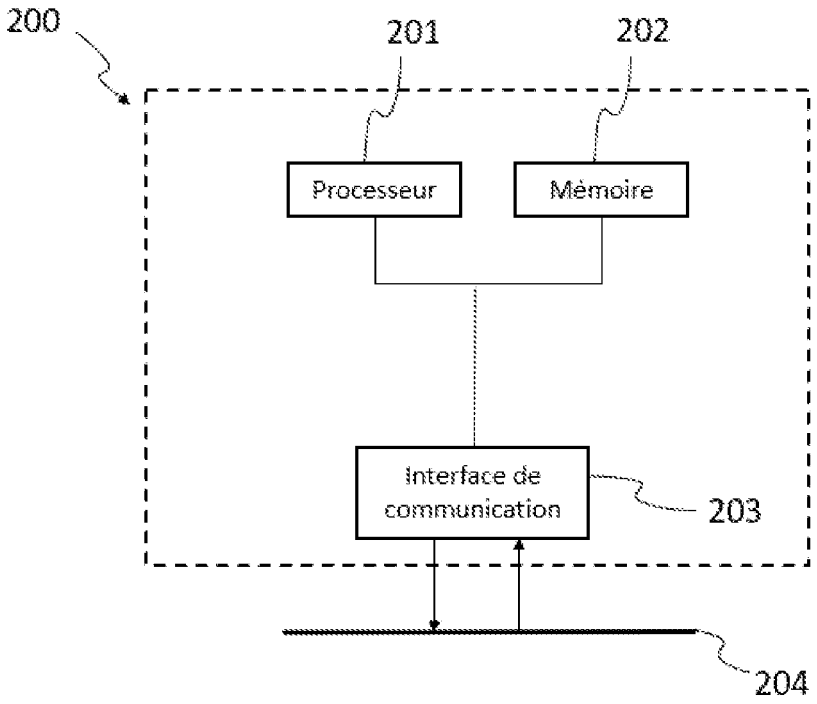
[Fig. 4]



[Fig. 5]


S1
H
P1
I
O
P_{LED}
S2

[Fig. 6]


200
201
202
Processeur
Mémoire
Interface de communication
203
204

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 910204
FR 2207130

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		
Y	US 2015/036199 A1 (LEISTER NORBERT [DE] ET AL) 5 février 2015 (2015-02-05) * abrégé * * alinéa [0101] - alinéa [0125] * * alinéa [0266] * * alinéa [0314] *	1-10	G03H1/26 G02B27/01 B60Q1/00
Y	WO 2019/063059 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH [DE]) 4 avril 2019 (2019-04-04) * abrégé * * page 7, ligne 5 - page 8, ligne 15 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G03H

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
15 février 2023	Sittler, Gilles

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2207130 FA 910204

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 15-02-2023
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
US 2015036199 A1	05-02-2015	AT 439619 T	15-08-2009
		BR PI0517158 A	30-09-2008
		BR PI0517159 A	30-09-2008
		CA 2588738 A1	29-06-2006
		CA 2588742 A1	29-06-2006
		CN 101088052 A	12-12-2007
		CN 101088053 A	12-12-2007
		CN 102063046 A	18-05-2011
		DE 102004063838 A1	06-07-2006
		EP 1800192 A1	27-06-2007
		EP 1828853 A1	05-09-2007
		EP 2290473 A2	02-03-2011
		IL 183454 A	30-12-2010
		IL 183455 A	29-10-2015
		IL 241655 A	30-04-2017
		JP 4971182 B2	11-07-2012
		JP 5165382 B2	21-03-2013
		JP 5502113 B2	28-05-2014
		JP 5787622 B2	30-09-2015
		JP 6349282 B2	27-06-2018
		JP 6797746 B2	09-12-2020
		JP 2008525830 A	17-07-2008
		JP 2008525832 A	17-07-2008
		JP 2011221543 A	04-11-2011
		JP 2012128432 A	05-07-2012
		JP 2015200893 A	12-11-2015
		JP 2017198994 A	02-11-2017
		KR 20070087631 A	28-08-2007
		KR 20070089991 A	04-09-2007
		KR 20110005313 A	17-01-2011
		KR 20130071500 A	28-06-2013
		KR 20140117694 A	07-10-2014
		KR 20150079996 A	08-07-2015
		KR 20170038109 A	05-04-2017
		TW 200625205 A	16-07-2006
		TW 200634455 A	01-10-2006
		TW 201124805 A	16-07-2011
		TW 201142757 A	01-12-2011
		US 2006139710 A1	29-06-2006
		US 2006139711 A1	29-06-2006
		US 2009290203 A1	26-11-2009
		US 2015036199 A1	05-02-2015
		US 2018088528 A1	29-03-2018
		US 2019377301 A1	12-12-2019
		US 2022357702 A1	10-11-2022
		WO 2006066906 A1	29-06-2006

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2207130 FA 910204

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 **15-02-2023**
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 2006066919 A1	29-06-2006
WO 2019063059 A1	04-04-2019	AUCUN	

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82