

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 02263

⑤4

Procédé de formation d'images d'objets et images obtenues par ledit procédé.

⑤1

Classification internationale. (Int. Cl. 3) G 03 H 1/00; B 44 F 1/00; G 03 B 41/00;
G 03 H 1/22.

②2

Date de dépôt 5 février 1981.

③3 ③2 ③1

Priorité revendiquée : URSS, 6 février 1980, n. 2 872 202; 19 avril 1980, n. 2 912 365;
26 mai 1980, n. 2 922 101.

④1

Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 34 du 21-8-1931.

⑦1

Déposant : INSTITUT FIZIKI AKADEMII NAUK BELORUSSKOI SSR, résidant en URSS.

⑦2

Invention de : Alexandr Sergeevich Rubanov, Leonid Viktorovich Tanin, Ljudmila
Vladimirovna Vasilieva, Abatoly Nikolaevich Kalinin, Vyacheslav Alexabdrovich Bursky
et Felix Vikentievich Vidmant.

⑦3

Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4

Mandataire : Cabinet Z. Weinstein, 20, av. de Friedland, 75008 Paris.

L'invention concerne l'optique cohérente et l'holographie, et a notamment pour objet un procédé de formation d'images d'objets, ainsi que les images ainsi obtenues.

5 L'invention peut être utilisée notamment dans les systèmes de stockage d'informations, pour la séparation spatiale des images, pour la construction de panoramas artistiques, pour la réalisation et la reproduction de copies d'œuvres d'art, pour l'enregistrement de portraits
10 holographiques, dans la publicité, ainsi que pour la production de matériel didactique, de stands et de souvenirs.

On connaît un procédé de formation d'informations optiques relatives à des objets, consistant à enregistrer
15 et à restituer des images en relief desdits objets. L'enregistrement est basé sur le principe de l'holographie avec utilisation d'un faisceau de référence oblique. Pour l'enregistrement d'un hologramme, la lumière issue d'un laser se divise en deux faisceaux, l'un incident sur
20 l'objet, l'autre étant un faisceau de référence. Sur un milieu d'enregistrement (matériau photosensible) est inscrite l'image d'interférence (hologramme) créée par l'onde de référence et par une onde diffusée par l'objet. En éclairant l'hologramme à l'aide du faisceau de référence
25 initial, on obtient un front d'onde identique au front d'onde initialement diffusé par l'objet.

Un inconvénient de ce procédé réside dans l'utilisation obligatoire d'un laser en tant que moyen de restitution.

30 On connaît aussi un procédé de formation d'informations optiques, consistant à réaliser l'enregistrement et la restitution des images en relief des objets par le procédé d'holographie dans des faisceaux à contre-sens l'un de l'autre. Dans ce cas, est enregistrée une
35 structure de diffraction en relief, un hologramme de réflexion à haute sélectivité spectrale. La restitution d'un tel hologramme est possible en utilisant le rayonnement

de sources à large composition spectrale (lampes à incandescence, rayonnement solaire , etc). L'hologramme de réflexion reproduit, lors de la restitution, non seulement la structure du front d'onde enregistré de l'objet, mais
5 aussi la composition spectrale du rayonnement.

On connaît encore un procédé de formation d'images en couleur holographiques consistant à enregistrer plusieurs hologrammes de réflexion primaires d'un objet, chacun des hologrammes étant enregistré sur une longueur
10 d'onde différente. Une image en couleur de l'objet est obtenue par restitution à l'aide d'un faisceau lumineux à partir d'une source à large composition spectrale.

Un inconvénient inhérent à ce procédé réside en ce qu'en l'absence d'une source à laser ou d'une source
15 ponctuelle rayonnant dans un large spectre, on n'obtient pas l'image, et les hologrammes ne comportent pas d'informations visuelles.

Le but de l'invention est d'élaborer un procédé de formation d'images d'objets qui assurerait l'arrivée
20 continue d'informations visibles simultanément avec un réglage du volume de ces informations.

Ce but est atteint du fait que le procédé de formation d'images d'objets, du type consistant à restituer, à l'aide d'un faisceau lumineux, l'image holographique de
25 l'objet, préalablement inscrite sur au moins un support, est caractérisé, selon l'invention, en ce qu'on forme sur un support approprié une image bidimensionnelle de ce même objet ou de tout autre objet nécessaire à la perception, on dispose le support portant l'image holographique et le
30 support portant l'image bidimensionnelle l'un par rapport à l'autre de façon à obtenir l'effet conçu, et, en vue de restituer ces images, on illumine les supports portant les images holographiques et les images bidimensionnelles par un faisceau lumineux d'intensité et de cohérence dans
35 l'espace variables.

Cela permet de former d'une façon continue l'image visible d'un objet.

Il est possible de reproduire l'image bidimensionnelle de l'objet sur le support approprié à partir de son image holographique restituée. Pour accentuer l'effet conçu, on forme une image bidimensionnelle en couleurs.

5 Le support portant l'image holographique et le support portant l'image bidimensionnelle peuvent être orientés, l'un par rapport à l'autre, de manière que les contours des images se confondent.

10 Ceci contribue à accentuer l'effet de perception de l'image formée.

Il est avantageux d'illuminer les supports portant les images holographiques et bidimensionnelles à l'aide d'un faisceau lumineux dont l'intensité et la cohérence spatiale sont variables dans les limites
15 nécessaires pour former l'image visible, bidimensionnelle, ou bien holographique, et donc, pour réguler et prélever sélectivement le volume des informations reçues.

En vue d'une extension des possibilités du procédé, le support portant l'image holographique comporte
20 plusieurs hologrammes du même objet ou d'un autre objet enregistré sur la même longueur d'onde ou sur différentes longueurs d'onde, et la restitution de l'image formée sur les deux supports est obtenue en illuminant ceux-ci à l'aide d'un faisceau lumineux à composition spectrale
25 variable.

Le support portant l'image holographique peut comporter plusieurs hologrammes d'au moins un objet orienté de façon prédéterminée, enregistrés avec un vecteur de polarisation varié conformément à l'orientation de l'objet,
30 alors que la restitution des images est obtenue par illumination des deux supports à l'aide d'un faisceau lumineux à vecteur de polarisation naturel.

Ceci améliore sensiblement l'efficacité visuelle.

Le plus avantageux est de former l'image bi-
35 dimensionnelle sur un support dont le matériau est susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle par réflexion ou par diffusion du rayonnement incident.

Il est commode de fabriquer un tel support en deux couches : l'une réfléchissante, en argent, aluminium, titane ou chrome, et l'autre, photosensible, en émulsions argentifères photosensibles, en émulsions ne contenant pas
5 d'argent, en photorésist négatif ou positif.

Il est en outre avantageux de fabriquer le support pour l'image bidimensionnelle à partir d'un matériau susceptible de reproduire une image bidimensionnelle sous une action électrique ou thermique extérieure, ou
10 grâce à son rayonnement propre ou à l'utilisation d'indicateurs électroluminescents ou à semi-conducteurs; par exemple, le support peut être constitué par un indicateur visualisant des informations variables.

La formation des images des objets selon
15 l'invention proposée se produit de telle façon que les informations visibles arrivent en continu; en outre le volume de ces informations est réglé.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux
20 à la lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma illustrant la
25 formation d'une image holographique;
- la figure 2 est une représentation conventionnelle de l'objet divisé par un plan;
- la figure 3 est le schéma d'enregistrement d'une image antérieure par rapport à l'écran;
- 30 - la figure 4 est le schéma d'enregistrement d'une image postérieure par rapport à l'écran;
- la figure 5 est le schéma de reproduction de l'image enregistrée;
- la figure 6 est le schéma d'enregistrement de
35 l'image à l'aide d'une source à direction variable du vecteur de polarisation.

Le procédé de formation d'images d'objets

consiste à réaliser les opérations suivantes dans l'ordre de succession décrit plus bas.

Partout dans le texte de la présente description, on entend par "objet" des chiffres ou des lettres, des
5 pièces de machines et de mécanismes, des dessins, des photos, des oeuvres d'art ou leurs copies, out tout autre objet matériel de la nature ou de l'activité humaine.

L'image de l'objet sur un support sous forme d'un hologramme peut être inscrite par l'un des procédés large-
10 ment connus. Par exemple, l'enregistrement se fait dans des faisceaux orientés à contre-sens l'un de l'autre. Un faisceau 1 (figure 1) issu d'un laser tombe sur une plaque photographique 2, traverse celle-ci et se trouve diffusé par un objet 3 dans le sens inverse. Dans la couche
15 d'émulsion de la plaque photographique 2 se produit une interférence entre les rayonnements direct et inverse, ce qui entraîne la formation d'un hologramme.

Outre l'image holographique, on forme sur un autre support approprié une image bidimensionnelle du même
20 objet ou d'autres objets (d'un seul ou de plusieurs). L'image bidimensionnelle peut être formée par plusieurs procédés, par exemple par le procédé de photolithographie.

L'image bidimensionnelle de l'objet est obtenu par le procédé de photolithographie directement à partir
25 de l'objet ou de son image holographique restituée, avec reproduction subséquente par des méthodes de copie par projection ou de copie par contact sur différents supports d'informations.

En cas d'utilisation d'émulsions photographiques
30 et de photorésists, afin d'améliorer le pouvoir de réflexion de l'image on réalise le support en deux couches et on revêt la couche photosensible d'une couche de réflexion en argent, aluminium, titane, chrome ou en des composés de ceux-ci, et on lui fait subir après l'exposition un
35 traitement photochimique par une technologie photolithographique largement utilisée. Dans ce cas, l'image bidimensionnelle est reproduite grâce à la réflexion du

rayonnement incident par le support.

Selon les caractéristiques de l'objet à enregistrer (dimensions, couleurs), on utilise en tant que couche photosensible une couche en émulsion argentifère, en émulsion sans argent, en photorésists négatifs et positifs.

En tant qu'émulsion argentifère on emploie n'importe laquelle des émulsions photographiques connues, et en tant qu'émulsion sans argent, la gélatine chromatée, la gomme-laque.

Il est avantageux de fabriquer le support sur lequel doit être formée l'image bidimensionnelle de l'objet en un matériau susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle grâce à la diffusion du rayonnement incident, Le support peut, par exemple, être constitué par un indicateur sous forme de cristaux liquides.

Un tel indicateur est fabriqué de la manière décrite ci-dessous.

Sur deux plaques de verre on applique une couche de bioxyde d'étain SnO_2 transparente et conductrice de courant. Une partie de cette couche conductrice de courant est ensuite éliminée de façon à obtenir la représentation des informations nécessaires. Entre les plaques est introduite une couche de cristal liquide nématique de 10 à 20 μ d'épaisseur. Les plaques sont collées de façon que les couches conductrices de courant se trouvent du côté intérieur. Aux couches transparentes conductrices de courant (électrodes) on applique une tension de l'ordre de 10 à 20 V. Les zones de cristal liquide qui se trouvent sous tension diffusent fortement la lumière (effet de diffusion dynamique). Les autres zones du cristal liquide, qui correspondent aux électrodes éliminées de la surface des plaques, restent transparentes. Ainsi apparaît une image déterminée. En tant que cristal nématique on peut utiliser la méthoxybenzylidènebutylmanimine, qui, à la température ambiante, présente une structure nématique.

L'indicateur sous forme de cristaux liquides

destiné à visualiser des informations variables est fabriqué de la façon suivante.

- Sur l'une des faces des plaques de verre on dépose des électrodes transparentes en bioxyde d'étain SnO_2 .
- 5 Entre les plaques on place une couche de cristal liquide nématique de 10 à 20 μ d'épaisseur. On colle les plaques de manière que les électrodes se trouvent en contact avec le cristal liquide. En tant que cristal liquide nématique on peut utiliser la méthoxybenzylidènebutylmanimine, qui,
- 10 à la température ambiante, a une structure nématique. L'application aux électrodes d'une tension de 10 à 20 V entraîne l'apparition de l'une des images selon la commutation des électrodes correspondantes, par suite de l'effet de diffusion dynamique dans le cristal liquide nématique
- 15 sous l'action de la tension appliquée. Il en résulte l'apparition d'informations variables sur l'indicateur ainsi conçu.

- L'utilisation de cristaux liquides pour la formation d'images combinées permet d'accentuer l'effet de
- 20 perception visuelle grâce aux caractéristiques dynamiques du milieu d'enregistrement considéré, ce qui, en même temps, détermine le sujet de la composition conçue, par exemple dans le cas d'une publicité de "journal mouvant".

- En tant qu'indicateurs pour la formation d'une
- 25 image bidimensionnelle, sont aussi utilisées des sources de lumière à semi-conducteurs excitées par le courant électrique, réalisées à base de phosphore de gallium, de carbure de silicium ou d'arséniure de gallium. Pour visualiser des informations alphanumériques ou autres, on
- 30 crée une matrice à éléments discrets à base de diodes électroluminescentes émettant dans une large gamme spectrale. Pour les dispositifs de commutation on utilise de grands circuits intégrés permettant la création de dispositifs de reproduction d'informations, ainsi que des indicateurs à
- 35 semi-conducteurs matriciels.

Pour la visualisation d'une image on utilise en outre des indicateurs dont la couleur change sous l'action

de la chaleur et qui sont susceptibles de fonctionner avec de hauts niveaux d'exposition extérieure. A titre d'exemple, on peut citer un système comportant une plaque diélectrique dont une face est revêtue d'une couche thermochrome de

5 réflecteur de lumière interférentiel à transformation de phase, à base d'oxydes de vanadium, tandis que sa seconde face est pourvue d'un élément de chauffage en couche mince. Le chauffage de l'indicateur entraîne l'apparition des informations nécessaires. La possibilité de fabriquer des

10 couches thermochromes de grande surface permet d'obtenir des indicateurs de grandes dimensions.

Dans une série de cas, l'utilisation de couches thermochromes permet de réaliser diverses combinaisons lumineuses pour améliorer l'efficacité visuelle des images

15 à former, ce qui présente de l'intérêt pour la production de matériels didactiques, de bancs techniques, pour la construction de panoramas artistiques, etc.

En outre, l'image bidimensionnelle est formée sur un support dont le matériau est susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle grâce à l'émission propre

20 des matériaux électroluminescents.

L'indicateur électroluminescent pour la visualisation des informations est basé sur l'utilisation d'une cellule se présentant sous forme d'un indicateur plat

25 comprenant des éléments électroluminescents en tant que diélectrique. En qualité de condensateur est utilisée une couche conductrice de courant en bioxyde d'étain ou en oxyde de cadmium déposée sur une plaque de verre.

Sous l'action de la tension appliquée, la

25 substance luminescente brille, et sa brillance augmente avec l'accroissement de la tension appliquée.

Pour obtenir l'image bidimensionnelle d'un objet, on utilise des indicateurs alphanumériques électroluminescents et des dispositifs du type à écran à adressage

30 matriciel. Ainsi, ces indicateurs permettent de visualiser des informations fixes ou variables prédéterminées. Les

indicateurs électroluminescents dans les systèmes de formation d'images combinées conviennent surtout pour la publicité.

L'image bidimensionnelle permet de stocker les
5 informations relatives à un objet dans des conditions d'observation défavorables, et contribuent en outre à une séparation sélective, à partir du volume d'informations contenu dans l'image, de la partie concrète voulue, ou à une séparation successive de différentes parties.

10 L'image bidimensionnelle se forme à partir de l'image holographique restituée, y compris celle préalablement enregistrée par tout procédé connu. Elle peut aussi être formée directement à partir d'un objet d'après l'image holographique de celui-ci.

15 Pour visualiser les informations de différents types (texte, symboles, dessins), on peut utiliser des panneaux indicateurs à plasma composés d'un grand nombre de cellules à décharge gazeuse qui, sous l'action de la tension appliquée, émettent dans le domaine visible du
20 spectre (par exemple, pour le néon, dans le domaine rouge); on peut utiliser des cellules à gaz recouvertes d'une substance luminescente, qui sont excitées sous l'action du rayonnement ultra-violet d'éléments à décharge gazeuse, par exemple à base de xénon. Des images prédéterminées,
25 fixes ou variables, sont formées par le rayonnement des cellules à gaz dans lesquelles se produit la décharge électrique. Les indicateurs du type à plasma peuvent être disposés dans n'importe quel ordre, y compris en matrices.

Les supports portant les images (holographique
30 et bidimensionnelle) sont disposés l'un par rapport à l'autre de façon à obtenir l'effet recherché : par exemple, pour obtenir des informations relatives à un objet d'une façon continue et réglable, élargir la gamme de visibilité de l'image, former des images holographiques combinées et
35 des images non-cohérentes en vue d'accentuer l'effet de perception de la profondeur, créer des compositions et des scènes (y compris celles en couleur et en mouvement), et

d'autres effets analogues.

Les supports sont placés de façon que les contours des images inscrites sur eux coïncident, en créant ainsi une illusion de transformation de l'image bidimensionnelle en image en relief du même objet.

Cependant, pour accentuer l'effet de séparation spatiale des images, on oriente les supports de façon que les images ne coïncident pas.

Ainsi, on place le support portant l'image holographique et le support portant l'image bidimensionnelle directement l'un sur l'autre dans l'ordre indiqué suivant le sens de passage du faisceau d'illumination. Par exemple, les supports peuvent être rigidement réunis par collage ou par fixation mécanique, ou bien être placés à une certaine distance l'un de l'autre.

En cas d'utilisation, en tant que support pour former l'image bidimensionnelle des cristaux liquides, d'un support avec une couche thermochrome d'indicateurs électroluminescents à semi-conducteurs ou à plasma, ceux-ci sont toujours disposés derrière le support portant l'image holographique.

Les supports portant les images holographique et bidimensionnelle peuvent être orientés, l'un par rapport à l'autre, de façon à former un polygone fermé constitué, par exemple, d'au moins quatre supports alternés, disposés sous un angle l'un par rapport à l'autre pour former ce qu'on appelle un "livre ouvert" (l'angle d'ouverture du "livre" pouvant varier de 0° à 180°), ou bien disposés en mosaïque sous forme d'une matrice dans un ordre quelconque. Une telle orientation des supports contribue à une orientation des images qu'ils portent, déterminée en fonction de l'effet recherché.

La restitution de l'image se fait en illuminant simultanément les deux supports par un faisceau lumineux d'intensité et de cohérence spatiale variables. L'intensité et la cohérence dans l'espace du faisceau lumineux de restitution sont variées dans des limites permettant

d'obtenir une image visible quelconque, soit bidimensionnelle, soit holographique. Les valeurs de l'intensité sont choisies en tenant compte du matériau d'enregistrement des images bidimensionnelle et holographique. La gamme de
5 variation de l'intensité est très large. Les limites de la variation de la cohérence spatiale du faisceau de restitution déterminent le contraste de l'image holographique pour la formation d'images combinées améliorant l'effet de perception et permettant en outre de créer une illusion
10 d'objets compliqués qui n'existent pas dans la réalité, mais présentent une valeur technique ou artistique, ou bien d'objets qui auraient été coupés suivant un plan, ce qui permet d'obtenir en même temps une image derrière l'écran et une image devant l'écran, l'image derrière
15 l'écran d'une partie de l'objet étant obtenue sur l'un des hologrammes, et l'image orthoscopique devant l'écran du reste du même objet ou d'autres objets formant la composition à obtenir, sur le second hologramme. Par exemple, pour obtenir une image combinée, on réalise deux
20 fois l'enregistrement holographique de l'objet : sur le premier hologramme on'enregistre qu'une partie de l'objet, cet enregistrement s'effectuant de façon à obtenir l'image devant l'écran. Sur le deuxième hologramme est enregistrée l'image ordinaire du reste de l'objet.

25 La figure 2 illustre un exemple d'enregistrement holographique de l'image d'un cône coupé suivant un plan A en deux parties 4 et 5 (figure 2). Sur une première plaque 2_1 on enregistre la partie haute inversée (reflet) du cône 4 (figure 3), en réalisant ainsi l'image ortho-
30 scopique devant l'écran. Le deuxième hologramme, sur la plaque 2_2 , porte les informations relatives au reste 5 du cône et est enregistré par le procédé classique (figure 4). Le premier hologramme est ensuite superposé sur le deuxième de manière que l'image 4_1 de la base de la partie haute 4
35 du cône coïncide avec l'image 5_1 du palier coupé de la partie basse 5_2 du cône (figure 5). Sur une plaque 6 est formée une image bidimensionnelle du même objet. Les

images holographique et bidimensionnelle obtenues se superposent.

On obtient, dans le cas considéré, une amélioration de l'effet de perception de l'image holographique, ainsi
5 que la possibilité de créer des images originales de scènes, d'objets n'existant pas dans la réalité, mais correspondant à l'idée artistique des auteurs, par création d'images composites obtenues en formant des images en plusieurs hologrammes.

10 De la sorte, quand on veut obtenir des images combinées, on a la possibilité de composer des images holographiques d'objets compliqués, ainsi que de varier la profondeur de la scène selon le but poursuivi par l'auteur.

Afin d'élargir les possibilités du procédé de
15 formation d'images, on enregistre les hologrammes sur diverses longueurs d'onde, et on restitue les images formées sur ces supports à l'aide d'une source à composition spectrale variable, ce qui permet de transmettre les caractéristiques de coloration des objets à enregistrer par
20 la méthode holographique. Par exemple, on enregistre les hologrammes dans des faisceaux à contre-sens l'un de l'autre, ou suivant la méthode utilisant un faisceau de référence oblique. L'enregistrement des hologrammes se fait à l'aide d'un laser à longueur d'onde variable, par exemple
25 un laser utilisant des solutions de colorants organiques, ou d'autres types de lasers. La rotation du réseau de diffraction dans le résonateur du laser à colorant et le changement de colorant assurent un réaccord continu du spectre de génération de 300 à 1200 nm. En vue de réduire
30 le spectre de génération, est prévu dans le résonateur du laser un interféromètre de Fabry-Pérot. La largeur du spectre de génération est choisie en fonction de la profondeur de la scène à former par la méthode holographique (1×10^{-3} - 3 m).

35 En tant que milieu d'enregistrement on utilise un support en gélatine chromatée, en gomme-laque, avec une émulsion d'halogénure d'argent de résolution, sensibilisées

pour une longueur d'onde déterminée (rouge, verte, bleue). Pour obtenir une image combinée, l'enregistrement holographique d'un même objet, ou éventuellement de divers objets (quand on veut créer des scènes combinées ou des compositions) est réalisé plusieurs fois sur des supports distincts en réaccordant chaque fois l'onde d'émission de la source à laser. Notamment, on enregistre sur le premier hologramme un objet bicolore sur la longueur d'onde de 6400 nm (rouge), sur le deuxième, le même objet sur la longueur d'onde de 550 nm (verte), après quoi les deux hologrammes sont superposés et les images sont restituées, orientées l'une par rapport à l'autre.

La commande de la restitution des images se fait en utilisant des sources ayant des caractéristiques de rayonnement spectrales variables, par exemple à l'aide de filtres colorés interchangeables, ce qui permet de reproduire les images enregistrées alternativement sur diverses longueurs d'onde vu la haute sélectivité spectrale de l'hologramme en relief. Une très rapide variation de la composition spectrale du rayonnement crée un effet de perception en couleur de l'image analogue à celui qui a lieu en cas de restitution d'hologrammes primaires enregistrés chacun sur une différente longueur d'onde à l'aide d'une source à large composition spectrale.

Une telle opération de commande de l'image peut s'effectuer aussi en illuminant par la méthode précitée un hologramme en couleurs enregistré sur une même émulsion sur trois longueurs d'onde: rouge, verte, bleue.

En outre apparaît la possibilité d'un enregistrement combiné des informations dans un large domaine du spectre, à partir du rayonnement infra-rouge jusqu'au rayonnement ultra-violet, accompagné d'une restitution simultanée.

On place aussi devant l'image de l'objet inscrite sur le support 2 par le procédé holographique un élément polarisant "Polaroid" 7 (figure 6) et on restitue l'image

formée à l'aide d'une source de lumière à sens variable de polarisation, ce qui permet de reproduire le mouvement. En tant que support on choisit n'importe quel matériau photosensible : émulsion photographique, gélatine chromatée, gomme-laque, milieux réversibles, cristaux liquides, photorésists, etc.

La restitution se fait à l'aide d'une source à large composition spectrale et avec un vecteur de polarisation arbitrairement variable. La variation de la direction du vecteur de polarisation entraîne l'apparition, simultanément avec l'image enregistrée sur le premier hologramme, d'une image restituée à partir de l'autre hologramme, celle-ci atteignant son intensité maximale quand la transmission de l'élément "Polaroid" est maximale. Les hologrammes étant enregistrés sur diverses longueurs d'onde, l'intensité des images restituées à partir des hologrammes situés derrière l'élément "Polaroid" ne dépend pas de l'efficacité de diffraction du premier hologramme. Tous les hologrammes étant enregistrés sur la même longueur d'onde, la brillance de l'image restituée à partir des hologrammes situés derrière l'élément "Polaroid" baisse en proportion inverse de l'efficacité de diffraction du premier hologramme. Il devient ainsi possible de commander la restitution des images par variation de la polarisation du rayonnement de la source.

En cas d'utilisation de milieux photosensibles présentant une anisotropie induite par la lumière (par exemple basée sur l'effet Weigert) lors de l'enregistrement de l'hologramme d'un objet se déplaçant suivant différents vecteurs de polarisation, on peut, pour chaque enregistrement, restituer les diverses images des objets à enregistrer par le procédé d'holographie en changeant le vecteur de polarisation dans le faisceau de lecture.

L'invention revendiquée va être expliquée, dans ce qui suit, à l'aide d'exemples de réalisation concrets mais non limitatifs.

Exemple 1

En tant que source d'émission pour former une image holographique, on utilise un laser He-Ne. A l'aide d'un mirco-objectif et d'un diaphragme, un faisceau de rayonnement élargi et filtré est dirigé sur l'objet à enregistrer par le procédé d'holographie. Des plaques photographiques holographiques sont placées devant l'objectif et perpendiculairement ou sous un certain angle par rapport au rayonnement incident, en réalisant ainsi un enregistrement dans des faisceaux à contre-sens mutuel. L'émission issue du laser He-Ne atteignant une plaque photographique interfère avec le rayonnement diffusé sur l'objet dans le plan de l'émulsion photographique, cette dernière enregistrant ainsi un champ d'interférence portant des informations relatives à une image en relief de l'objet. Le temps d'exposition est choisi en fonction de la puissance d'émission, de la sensibilité de l'émulsion photographique et des caractéristiques de réflexion des objets. Le développement s'effectue pendant 12 minutes à une température de $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Une image bidimensionnelle est obtenue directement à partir de l'objet par une technique photographique classique et largement connue.

Les deux supports portant les images en relief et bidimensionnelle sont ensuite superposés de façon à disposer l'image bidimensionnelle derrière l'image holographique. L'orientation des objets est choisie au stade de l'enregistrement holographique, ce qui permet d'orienter les images en cours de restitution conformément à la composition à obtenir.

Au cours de la restitution en présence d'une source ponctuelle de lumière ou de lumière solaire, il se forme une image holographique de l'objet dont le contraste est notablement plus élevé que celui d'une image photographique. Au fur et à mesure de la variation de l'intensité de la source servant à la restitution, varie celle de la brillance de l'image holographique et par conséquent celle

du rapport de brillance des images holographique et photographique. Sous un éclairage ordinaire par une lumière diffuse, on n'observe qu'une image bidimensionnelle photographique.

5 Exemple 2

Pour l'enregistrement d'une image holographique composée de trois hologrammes de divers objets, on utilise deux lasers Ar et He-Ne émettant sur trois longueurs d'onde ($545 \text{ \AA}$, $4888 \text{ \AA}$ et $6328 \text{ \AA}$). Le support est fabriqué en un
10 matériau sensible à l'émission correspondante. L'ensemble d'objets représente une certaine composition. Le temps d'exposition lors de l'enregistrement holographique est choisi en fonction de la puissance d'émission, de la sensibilité du matériau photosensible et des caractéris-
15 tiques de réflexion de l'objet.

On superpose les trois hologrammes.

On obtient une image bidimensionnelle d'une façon analogue à celle décrite dans l'exemple 1.

Au stade de la restitution, après avoir fait
20 coïncider le support holographique avec l'image photographique, on les illumine à l'aide d'une source à composition spectrale variable, en restituant ainsi à tour de rôle ou en même temps les trois images holographiques, chacune d'elles étant observée en combinaison avec l'image
25 bidimensionnelle. En l'absence d'une source présentant une cohérence spatiale suffisante, on n'observe que l'image bidimensionnelle.

Exemple 3

Le procédé de formation d'une image holographique
30 est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

Le support pour la formation d'une image bidimensionnelle est constitué par une plaque de verre ayant au moins une surface polie. Sur cette plaque est déposée, par évaporation dans le vide, une couche de chrome. Sur
35 celle-ci, par une autre méthode connue, par exemple par arrosage dans une centrifugeuse, est déposée une couche de photorésist positif. La pellicule de photorésist est séchée

à une température de $90 \pm 10^\circ\text{C}$ pendant 30 minutes, le photorésist étant ensuite exposé à travers un masque constitué par une alternance de domaines transparents et opaques au rayonnement ultra-violet.

- 5 Le développement du photorésist s'effectue à l'aide de divers révélateurs, en fonction de la composition du photorésist, par exemple dans une solution à 0,3% de KOH dans l'eau, les zones exposées du photorésist étant alors éliminées par dissolution. Afin d'améliorer la
10 résistance de la pellicule de photorésist, on effectue après le développement un tannage dans un thermostat à 120°C pendant 30 minutes.

- Par traitement chimique du chrome à l'aide d'acide chlorhydrique conformément au masque réalisé en photorésist,
15 on obtient l'image définitive nécessaire, le photorésist étant ensuite éliminé par lavage avec de l'acétone, et le support, rincé avec un jet d'eau à une température de 60 à 70°C pendant quelques minutes.

Exemple 4

- 20 Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

- L'image bidimensionnelle sur un support approprié est obtenu de la même façon que dans l'exemple 3, mais en utilisant un photorésist négatif au lieu d'un photorésist
25 positif. Le photorésist est exposé à travers un masque constitué par une alternance de domaines transparents et opaques au rayonnement ultra-violet. Le développement se fait dans un révélateur approprié, et les zones non-exposées sont ensuite éliminées par dissolution.

- 30 Le développement est suivi d'un tannage destiné à améliorer la résistance de la pellicule de photorésist. Par décapage du métal suivant le masque de photorésist on obtient l'image désirée, après quoi on élimine le photorésist.

Exemple 5

- 35 Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

Le procédé de formation de l'image bidimensionnelle d'un objet est analogue à celui de l'exemple 3, mais en utilisant de l'aluminium déposé par vaporisation sur une plaque de verre.

5 Exemple 6

Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2. Une image bidimensionnelle est formée comme dans l'exemple 3.

10 Toutefois, pour la formation de l'image bidimensionnelle, on forme d'abord un masque en photorésist sur un support de verre. Sur le support est ensuite déposée, par évaporation dans le vide, une couche d'argent, celui-ci ne restant, après l'élimination du photorésist, que sur les zones non protégées par le masque du support.

15 Exemple 7

Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2. L'image bidimensionnelle est obtenue comme dans l'exemple 3.

20 Toutefois, sur le support est déposée par évaporation d'une résistance une pellicule d'oxyde de fer de couleur orange-rouge. Puis, conformément à l'exemple 3, on obtient une image bidimensionnelle en orange-rouge.

Exemple 8

25 Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

Le procédé de formation de l'image bidimensionnelle des objets se fait conformément à l'exemple 3.

30 Toutefois, avant de former l'image bidimensionnelle, on réalise un masque en photorésist sur un support de verre. Puis on dépose sur le support, par vaporisation sous vide, une couche de titane qui, après l'élimination du photorésist, ne reste que sur les zones du support non protégées par le masque.

Exemple 9

35 Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

Pour former l'image bidimensionnelle, on réalise

au préalable sur un support de verre un masque en photo-résist, celui-ci étant ensuite recouvert de titane et de bioxyde de silicium dans diverses proportions volumiques, par vaporisation sous vide.

- 5 Le photorésist et la pellicule déposée sur celui-ci par vaporisation sont ensuite éliminés par lavage avec de l'acétone, et il reste un revêtement sombre (titane + bioxyde de silicium) aux endroits du support où le photorésist a été enlevé au cours du développement.
- 10 En variant les proportions en volume du titane et du bioxyde de silicium, on peut varier le degré de noirceur du revêtement.

Exemple 10

- Le procédé de formation d'une image holographique
- 15 est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

- En tant que support pour l'image bidimensionnelle on utilise un écran de verre sur lequel, sur sa face opposée à celle portant l'hologramme, sont projetées des informations variables sous forme de textes et de dessins,
- 20 logiquement liées à l'image holographique en relief.

Exemple 11

Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

- En tant que support pour l'image bidimensionnelle
- 25 on utilise un film photographique portant des informations sous forme de textes et de dessins logiquement liées à l'image holographique en relief. En déplaçant le film photographique, on fait varier les informations.

Exemple 12

- 30 Le procédé de formation d'une image holographique est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

- L'image bidimensionnelle est formée sur un papier photographique en couleur et est constituée par la photo en couleur de l'objet, réalisée de façon à pouvoir superposer
- 35 les contours des images holographique et photographique. La photo est obtenue à partir des négatifs en couleur du film photographique.

Au stade de la restitution, on oriente les images holographique et photographique en couleur, et on utilise une source de lumière blanche d'intensité et de cohérence dans l'espace variables. Avec une haute intensité et une
5 cohérence spatiale élevée de la source, il se forme une image holographique de l'objet, dont le contraste est sensiblement plus élevé que celui de l'image photographique.

Au fur et à mesure de la variation de l'intensité et de la cohérence dans l'espace du rayonnement de restitu-
10 tion, varie la brillance de l'image holographique et du rapport de brillances des images holographique et photographique. Sous un éclairage ordinaire par une lumière diffuse, on n'observe qu'une image photographique bidimensionnelle en couleur.

15 Exemple 13

L'enregistrement d'une image holographique composée de trois hologrammes d'un objet en mouvement se fait à l'aide de deux lasers Ar et He-Ne, émettant sur trois longueurs d'onde ($5145 \text{ \AA}$, $4880 \text{ \AA}$ et $6328 \text{ \AA}$). Sur un support
20 sont appliquées deux émulsions sensibles au rayonnement correspondant. Pour l'enregistrement on fait tourner l'objet d'un angle d'environ 30° . Les hologrammes réalisés sont superposés l'un sur l'autre, et sur le support portant l'image bidimensionnelle du même objet sous forme de
25 photolithographie réalisée par le procédé classique à partir de l'objet dans sa position intermédiaire.

Au stade de la restitution, on utilise une source de rayonnement à composition spectrale variable, ce qui permet, en restituant à tour de rôle les trois hologrammes,
30 de créer une illusion de mouvement de l'objet. Dans des conditions défavorables à la restitution des hologrammes, on observe une image photolithographique bidimensionnelle.

Exemple 14

Le procédé de formation d'une image holographique
35 est identique à celui de l'exemple 1 ou 2.

L'image bidimensionnelle est obtenue par le procédé de photolithographie à partir d'un négatif obtenu

en projetant sur un film photographique l'image restituée à partir de l'hologramme. Une image bidimensionnelle complète la solution en couleur conformément à la composition conçue.

- 5 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons
- 10 si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de formation d'images d'objets, du type consistant à restituer à l'aide d'un faisceau lumineux une image holographique de l'objet, préalablement enregistrée sur au moins un support (2_1 , 2_2), caractérisé en ce qu'on forme sur un autre support (6) une image bidimensionnelle du même objet ou de tout autre objet nécessaire pour la perception, on dispose, l'un par rapport à l'autre, le support (2_1 , 2_2) portant l'image holographique et le support (6) portant l'image bidimensionnelle de façon à orienter lesdites images en vue d'en obtenir l'effet recherché, et, pour restituer lesdites images, on illumine les supports portant les images holographique et bidimensionnelle à l'aide d'un faisceau lumineux variable en intensité et cohérence spatiale.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'image bidimensionnelle de l'objet sur ledit autre support (6) est formée à partir de son image holographique restituée.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on forme une image bidimensionnelle en couleurs de l'objet.

4. Procédé selon l'une des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce qu'on oriente l'un par rapport à l'autre le support (2_1 , 2_2) portant l'image holographique et le support (6) portant l'image bidimensionnelle de façon à faire coïncider les contours des images sur ces supports.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on illumine les supports (2_1 , 2_2 , 6) portant les images holographique et bidimensionnelle à l'aide d'un faisceau lumineux dont l'intensité et la cohérence dans l'espace sont variables entre les limites nécessaires pour l'obtention d'une image visible, soit bidimensionnelle, soit holographique.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le support portant l'image holographique (2_1 , 2_2) comporte plusieurs hologrammes du même objet ou d'au moins un autre objet, enregistrés sur
5 une même ou sur différentes longueurs d'onde, et qu'en vue de restituer les images formées sur les deux supports, on les illumine à l'aide d'un faisceau lumineux à composition spectrale variable.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,
10 caractérisé en ce que le support (2_1 , 2_2) portant l'image holographique comporte plusieurs hologrammes d'au moins un objet orientés d'une façon prédéterminée, enregistrés avec variation du sens du vecteur de polarisation suivant l'orientation de l'objet, et en ce que pour la restitution
15 de l'image formée par les deux supports on illumine ceux-ci par un faisceau lumineux à différents vecteurs de polarisation.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'image bidimensionnelle est formée
20 sur un support (6) en un matériau susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle grâce à la réflexion d'un rayonnement incident.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le support (6) sur lequel on forme l'image
25 bidimensionnelle est réalisé en deux couches, dont l'une est une couche de réflexion en argent, aluminium, titane ou chrome ou des composés de ceux-ci, tandis que l'autre est une couche photosensible à base d'émulsions contenant de l'argent, d'émulsions n'en contenant pas, de photo-
30 résists négatifs et positifs.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'image bidimensionnelle est formée sur un support (6) en un matériau susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle grâce à la diffusion d'un
35 rayonnement incident.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,

caractérisé en ce que l'image bidimensionnelle est formée sur un support (6) en un matériau susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle grâce au propre rayonnement d'indicateurs électroluminescents ou à semi-conducteurs.

5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'image bidimensionnelle est formée sur un support (6) en un matériau susceptible de reproduire l'image bidimensionnelle quand il est soumis à une action électrique ou thermique extérieure.

10 13. Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le support (6) servant à former l'image bidimensionnelle est constitué par un indicateur d'informations variables.

15 14. Images d'objets, caractérisées en ce qu'elles sont obtenues par le procédé faisant l'objet de l'une des revendications 1 à 13.

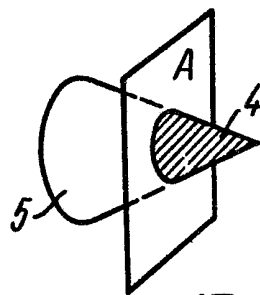


FIG. 2

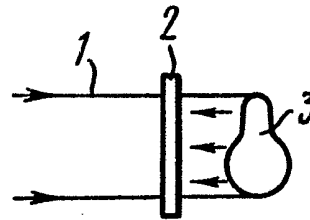


FIG. 1

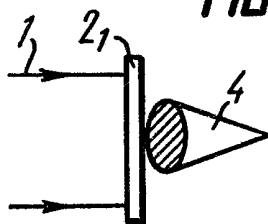


FIG. 3

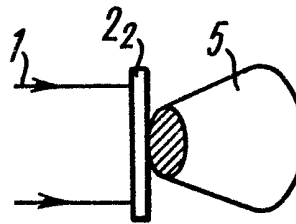


FIG. 4

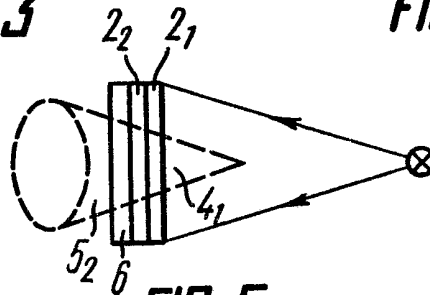


FIG. 5

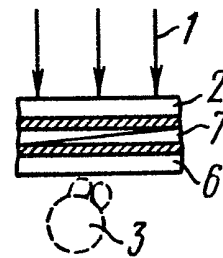


FIG. 6