



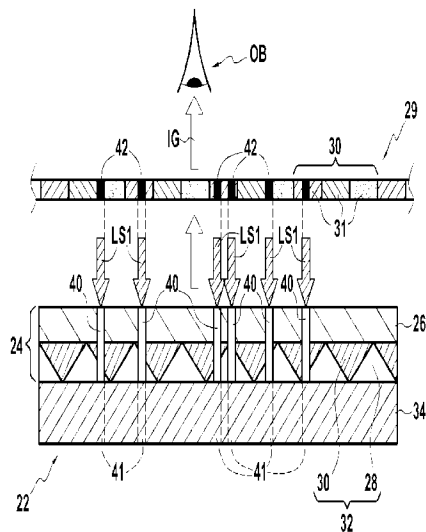
(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2020/11/10  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2021/06/03  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2022/05/26  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2020/052053  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2021/105582  
(30) Priorité/Priority: 2019/11/29 (FR FR1913513)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B42D 25/00* (2014.01),  
*B42D 25/328* (2014.01), *B42D 25/346* (2014.01)  
(71) Demandeur/Applicant:  
IDEMIA FRANCE, FR  
(72) Inventeurs/Inventors:  
DURIEZ, CHRISTOPHE, FR;  
AZUELOS, PAUL, FR  
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : UN DOCUMENT SECURISE AVEC UNE IMAGE PERSONNALISEE FORMEE A PARTIR D'UN HOLOGRAMME METALLIQUE ET SON PROCEDE DE FABRICATION  
(54) Title: SECURITY DOCUMENT HAVING A PERSONALISED IMAGE FORMED FROM A METAL HOLOGRAM AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF



**FIG.6**

(57) **Abrégé/Abstract:**

Image personnalisée formée à partir d'un hologramme métallique L'invention concerne un document sécurisé comprenant : une première couche (24) comprenant une structure holographique métallique (32) formant un arrangement (29) de pixels (30) comportant chacun une pluralité de sous-pixels (31) de couleurs distinctes; et une deuxième couche (34) positionnée en regard de la première couche (24), cette deuxième couche étant opaque vis-à-vis du spectre de longueurs d'onde du visible. La première couche (24) comprend des perforations (40) formées par un premier rayonnement laser (LS1), ces premières perforations révélant localement au travers de la structure holographique (32) des zones sombres (42) dans les sous-pixels (31) causées par des régions sous-jacentes (41) de la deuxième couche opaque (34) situées en regard des perforations, de sorte à former une image personnalisée (IG) à partir de l'arrangement de pixels (30) combinées aux zones sombres (42).

**Date de soumission :** 2022/05/26

**No de la demande can. :** 3159704

**Abrégé:**

Image personnalisée formée à partir d'un hologramme métallique L'invention concerne un document sécurisé comprenant : une première couche (24) comprenant une structure holographique métallique (32) formant un arrangement (29) de pixels (30) comportant chacun une pluralité de sous-pixels (31) de couleurs distinctes; et une deuxième couche (34) positionnée en regard de la première couche (24), cette deuxième couche étant opaque vis-à-vis du spectre de longueurs d'onde du visible. La première couche (24) comprend des perforations (40) formées par un premier rayonnement laser (LS1), ces premières perforations révélant localement au travers de la structure holographique (32) des zones sombres (42) dans les sous-pixels (31) causées par des régions sous-jacentes (41) de la deuxième couche opaque (34) situées en regard des perforations, de sorte à former une image personnalisée (IG) à partir de l'arrangement de pixels (30) combinées aux zones sombres (42).

## Description

### Titre de l'invention :

#### UN DOCUMENT SÉCURISÉ AVEC UNE IMAGE PERSONNALISÉE FORMÉE À PARTIR D'UN HOLOGRAMME MÉTALLIQUE ET SON PROCÉDE DE FABRICATION

#### 5 Domaine Technique

L'invention se rapporte à une technique de formation d'images en couleur et porte plus particulièrement sur un document comportant une structure holographique formant un arrangement de pixels à partir duquel une image en couleur est formée.

#### Technique antérieure

10 Le marché de l'identité requiert aujourd'hui des documents d'identité (dits aussi documents identitaires) de plus en plus sécurisés. Ces documents doivent être facilement authentifiables et difficiles à contrefaire (si possible infalsifiables). Ce marché concerne des documents très diverses, tels que cartes d'identité, passeports, badges d'accès, permis de conduire etc., qui peuvent se présenter sous  
15 différents formats (cartes, livrets...).

Divers types de documents sécurisés comportant des images ont ainsi été développés au cours du temps, notamment pour identifier de manière sécurisée des personnes. De plus en plus de passeports, cartes d'identité ou autres documents officiels comportent aujourd'hui des éléments de sécurité qui permettent  
20 d'authentifier le document et de limiter les risques de fraudes, falsification ou contrefaçon. Les documents identitaires électroniques comportant une carte à puce, tels que les passeports électroniques par exemple, connaissent ainsi un essor important ces dernières années.

Diverses techniques d'impression ont été développées au fil du temps pour réaliser  
25 des impressions en couleur. La réalisation en particulier de documents identitaires tels que ceux précités nécessitent de réaliser des images couleurs de façon sécurisée afin de limiter les risques de falsification par des individus malveillants. La fabrication de tels documents, au niveau en particulier de l'image d'identité du porteur, nécessite d'être suffisamment complexe pour rendre difficile la reproduction  
30 ou falsification par un individu non autorisé.

Ainsi, une solution connue consiste à imprimer sur un support une matrice de pixels composés de sous-pixels de couleur et de former des niveaux de gris par carbonisation laser dans une couche lasérisable située en regard de la matrice de pixels, de sorte à révéler une image couleur personnalisée qui est difficile à falsifiée  
5 ou à reproduire. Des exemples de réalisation de cette technique sont décrits par exemple dans les documents EP 2 580 065 B1 (datant du 6 août 2014) et EP 2 681 053 B1 (datant du 8 avril 2015).

Bien que cette technique connue offre de bons résultats, des améliorations sont encore possibles en termes notamment de la qualité du rendu visuel de l'image ainsi  
10 formée. A partir de cette technique de formation d'images, il est en effet difficile d'atteindre de hauts niveaux de saturation en couleur. Autrement dit, le gamut de couleur (capacité à reproduire une plage de couleurs) de cette technique connue peut s'avérer limité, ce qui peut poser problème dans certains cas d'usage. Ceci résulte notamment du fait que les sous-pixels de couleur sont formés par une  
15 méthode d'impression classique, par impression de type « offset » par exemple, qui ne permet pas de former des lignes de sous-pixels suffisamment rectilignes et continues, ce qui engendre des défauts d'homogénéité lors de l'impression des sous-pixels (interruptions dans les lignes de pixels, contours irréguliers...) et un rendu colorimétrique dégradé.

20 Les techniques d'impression courantes offrent en outre une précision de positionnement limitée dû à l'imprécision des machines d'impression, ce qui réduit aussi la qualité de l'image finale en raison d'un mauvais positionnement des pixels et sous-pixels les uns par rapport aux autres (problèmes de chevauchement des sous-pixels, désalignements...) ou en raison de la présence d'un intervalle de tolérance  
25 dénué d'impression entre les sous-pixels.

La **figure 1** représente un exemple d'impression 2 par offset de pixels 4 prenant la forme de lignes 6 de sous-pixels de couleurs distinctes. Comme représenté, les contours de chaque ligne 6 de sous-pixels présentent des irrégularités. Une tolérance doit être prise en compte pour le positionnement de ces lignes en raison  
30 des imprécisions de positionnement lors de l'impression.

Comme illustré en **figure 1**, pour compenser ces défauts d'homogénéité et de positionnement des sous-pixels de chaque pixel (et ainsi éviter les éventuels

chevauchements de sous-pixels voisins et la dégradation des couleurs souhaitées), il est possible d'imprimer les sous-pixels de sorte à conserver une zone blanche 8 entre chacun d'eux. Cette technique d'addition de zones blanches présente toutefois un inconvénient en ce qu'elle limite le niveau de saturation qu'il est possible d'obtenir pour une couleur donnée, ce qui empêche d'obtenir un gamut de couleurs satisfaisant.

Il existe aujourd'hui un besoin pour former de façon sécurisée des images personnalisées (en couleurs ou noir et blanc), notamment dans des documents tels que des documents identitaires, documents officiels ou autres. Un besoin existe en particulier pour permettre une personnalisation flexible et sécurisée d'images couleurs, de sorte que l'image ainsi produite soit difficile à falsifier ou à reproduire et puisse être aisément authentifiée.

Aucune solution susceptible d'offrir un niveau approprié de sécurité et de flexibilité ne permet en outre aujourd'hui d'obtenir un bon niveau de luminosité de l'image ainsi qu'un gamut de couleur suffisant, en particulier pour obtenir les nuances de couleur nécessaires à la formation de certaines images couleurs de haute qualité, par exemple lorsque des zones d'image doivent présenter un niveau hautement saturé dans une couleur donnée.

## 20 Exposé de l'invention

En vue notamment des problèmes et insuffisances mentionnés ci-avant, il a été envisagé de former une image couleur en disposant une structure holographique formant un arrangement de pixels de couleur sur une couche lasérisable, et en produisant des niveaux de gris dans l'arrangement de pixels par formation de zones opaques au laser dans la couche lasérisable.

La **figure 2** représente ainsi, selon un exemple particulier, une structure 2 comprenant un empilement formé par une couche holographique 6 interposée entre une première couche transparente lasérisable 4 et une deuxième couche transparente lasérisable 8. En variante, la structure 2 peut ne comprendre que l'une quelconque parmi les deux couches lasérisables 4 et 8.

Dans cet exemple, la couche holographique 4 comprend une structure holographique métallique formant par effet holographique un arrangement de pixels de couleur. En outre, les couches transparentes 4 et 8 sont sensibles au laser dans le sens où elles peuvent être opacifiées localement par carbonisation au moyen d'un rayonnement laser 12 afin de bloquer au moins partiellement le passage de la lumière. Les couches lasérisables 4 et 8 comprennent ainsi des zones (ou volumes) 14, dites « zones opaques », qui sont opacifiées localement par le rayonnement laser 12, ces zones opaques étant positionnées en regard de la structure holographique de sorte à masquer certaines parties des pixels et ainsi produire des niveaux de gris pour révéler une image couleur personnalisée 10.

En jouant en particulier sur la puissance délivrée par le laser 12, on peut donc former des zones opaques 14 de la taille souhaitée à des positions particulières dans l'arrangement de pixels afin de créer l'image personnalisée 10.

Cette technique permet avantageusement de créer des nuances de couleurs de façon à former une image couleur sécurisée par l'interaction entre les zones opaques et l'arrangement de pixels formé par la couche holographique. Il est ainsi possible de former des images couleurs présentant une qualité d'image satisfaisante tout en étant sécurisées et donc résistantes aux falsifications et reproductions frauduleuses.

Cependant, il a été observé que des défauts structurels se produisent lors de la fabrication de telles structures comportant une couche holographique métallique en vis-à-vis d'une couche lasérisable localement opacifiée. En effet, des bulles d'air se forment au sein de la structure lors de la carbonisation au laser de la couche lasérisable, causant des décollements dans l'empilement et une destruction de la structure holographique dans la zone environnante.

A titre d'exemple, la **figure 3** est une vue de coupe d'une structure 15 comprenant une couche holographique métallique 16 positionnée en regard d'une couche transparente lasérisable 17 (en polycarbonate). Comme on peut le constater, une bulle d'air 18 s'est formée au sein de la structure 15 au cours de sa fabrication, causant des dommages irréversibles.

Une étude approfondie a permis de déterminer que la formation de ces bulles d'air (appelé effet de « blistering ») est causée par la projection du laser pour former les

zones opaques dans la couche lasérisable. La puissance délivrée par le rayonnement laser génère en effet un échauffement dans la structure holographique métallique donnant naissance à ces bulles d'air et entraînant ainsi une destruction irréversible de la structure holographique.

- 5 Afin de former une image couleur sécurisée présentant un bon contraste et une bonne qualité d'image tout en palliant aux problèmes et déficiences mentionnés ci-avant, une nouvelle technique de formation d'image a donc été développée.

A cet effet l'invention vise un document sécurisé comprenant :

- 10 - une première couche comprenant une structure holographique métallique formant un arrangement de pixels comportant chacun une pluralité de sous-pixels de couleurs distinctes ;
  - une deuxième couche positionnée en regard de la première couche, ladite deuxième couche étant opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible ;
- 15 dans lequel la première couche comprend des premières perforations formées par un premier rayonnement laser, au moins une première partie des premières perforations révélant localement au travers de la structure holographique des zones sombres dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la deuxième couche opaque situées en regard de
- 20 ladite au moins une première partie des premières perforations, de sorte à former une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combinées aux zones sombres.

L'invention permet avantageusement de former une image personnalisée, en couleur ou noir et blanc, de bonne qualité (en particulier avec un bon contraste),

25 facile à authentifier, robuste vis-à-vis des risques de fraudes, falsification ou contrefaçon. Ceci est possible notamment il l'invention permet d'éviter d'utiliser une couche lasérisable qui nécessite une carbonisation laser qui, comme déjà décrit, peut engendrer des bulles d'air (blistering) et donc causer la destruction ou un endommagement irréversible de la structure. En formant une image personnalisée

30 sans couche lasérisable, on peut éviter d'appliquer un laser puissant dans la structure et ainsi préserver son intégrité.

Selon un mode de réalisation particulier, chaque pixel dudit arrangement de pixels est configuré de sorte que chaque sous-pixel présente une couleur unique dans ledit pixel.

Selon un mode de réalisation particulier, la première couche comprend :

- 5       - une sous-couche de vernis formant les reliefs d'un réseau holographique ; et
- une sous-couche métallique déposée sur les reliefs de la sous-couche de vernis, ladite sous-couche métallique présentant un indice de réfraction supérieur à celui de la sous-couche de vernis.

10       Selon un mode de réalisation particulier, la deuxième couche opaque comprend une surface noire opaque en regard de la première couche ou comprend des pigments noirs opacifiants dans sa masse.

Selon un mode de réalisation particulier, le premier rayonnement laser est à un premier spectre de longueurs d'onde différent du spectre de longueurs d'onde du visible.

15       Selon un mode de réalisation particulier, ladite au moins une première partie des premières perforations sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la structure holographique de sorte à révéler lesdites régions sous-jacentes de la deuxième couche opaque.

20       Selon un mode de réalisation particulier, le document sécurisé comprend une troisième couche située en regard de la deuxième couche de sorte que ladite deuxième couche soit interposée entre la première couche et la troisième couche,

- ladite troisième couche étant transparente ou de couleur plus claire que la deuxième couche opaque, et formant un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée,

25       dans lequel la deuxième couche comprend des deuxièmes perforations formées par un deuxième rayonnement laser différent du premier rayonnement laser, les deuxièmes perforations étant positionnées dans le prolongement d'une deuxième partie des premières perforations de sorte que les premières et deuxièmes perforations situées en vis-à-vis révèlent  
30       localement au travers de la structure holographique et de la deuxième couche opaque des zones éclaircies dans les sous-pixels causées par des régions



sous-jacentes de la troisième couche situées en regard desdites deuxièmes perforations, formant ainsi une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combiné aux zones sombres et aux zones éclaircies.

Selon un mode de réalisation particulier, les deuxièmes perforations sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la deuxième couche de sorte à révéler, conjointement avec la deuxième partie des premières perforations situées en vis-à-vis, lesdites régions sous-jacentes de la troisième couche opaque au travers des première et deuxième couches.

Selon un mode de réalisation particulier, les zones éclaircies sont des zones plus lumineuses que les zones sombres.

L'invention vise également un procédé de fabrication correspondant. Plus particulièrement, l'invention vise un procédé de fabrication d'un document, comprenant :

- fourniture d'une première couche comprenant une structure holographique métallique formant un arrangement de pixels comportant chacun une pluralité de sous-pixels de couleurs distinctes ;
- positionnement d'une deuxième couche en regard de la première couche, ladite deuxième couche étant opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible ; et
- formation dans la première couche de premières perforations par un premier rayonnement laser, au moins une première partie des premières perforations révélant localement au travers de la structure holographique des zones sombres dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la deuxième couche opaque situées en regard de ladite au moins une première partie des premières perforations, de sorte à former une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combiné aux zones sombres.

Selon un mode de réalisation particulier, le premier rayonnement laser est à un premier spectre de longueurs d'onde différent du spectre de longueurs d'onde du visible.

Selon un mode de réalisation particulier, le procédé de fabrication comprend :

- positionnement d'une troisième couche en regard de la deuxième couche de sorte que ladite deuxième couche soit interposée entre la première couche et la troisième couche, ladite troisième couche étant transparente ou de couleur plus claire que la deuxième couche opaque, et formant un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée,  
5
- formation dans la deuxième couche de deuxièmes perforations par un deuxième rayonnement laser différent du premier rayonnement laser, les deuxièmes perforations étant positionnées dans le prolongement d'une deuxième partie des premières perforations de sorte que les premières et  
10 deuxièmes perforations situées en vis-à-vis révèlent localement au travers de la structure holographique et de la deuxième couche opaque des zones éclaircies dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la troisième couche situées en regard desdites deuxièmes perforations, formant ainsi une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combinées  
15 aux zones sombres et aux zones éclaircies.

Selon un mode de réalisation particulier, la troisième couche est transparente vis-à-vis des premier et deuxième rayonnements lasers.

#### Brève description des dessins

20 [Fig. 1] La figure 1, déjà décrite ci-avant, représente schématiquement l'impression de lignes de sous-pixels de couleur sur un support.

[Fig. 2] La figure 2, déjà décrite ci-avant, représente schématiquement une structure connue pour former une image personnalisée ;

25 [Fig. 3] La figure 3, déjà décrite ci-avant, des défauts survenant des structures connues lors de la fabrication d'une image ;

[Fig. 4] La figure 4 représente schématiquement un document sécurisée comprenant une image personnalisée, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

30 [Fig. 5] La figure 5 est une vue en coupe représentant schématiquement une structure multicouche dans un état initial, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 6] La figure 6 est une vue en coupe représentant schématiquement une structure multicouche formant une image personnalisée, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

5 [Fig. 7] La figure 7 représente des premières perforations réalisées dans la couche holographique d'une structure multicouche, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 8] La figure 8 représente schématiquement une structure multicouche avant personnalisation et après personnalisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

10 [Fig. 9A-9B] Les figures 9A et 9B représentent respectivement une image formée par une structure multicouche sans couche opaque et une image formé par une structure multicouche dotée d'une couche opaque, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

15 [Fig. 10] La figure 10 représente schématiquement les reliefs d'une structure holographique, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 11A-11B] Les figures 11A et 11b représentent schématiquement un arrangement de pixels et sous-pixels, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

20 [Fig. 12A-12B-12C] Les figures 12A, 12B et 12C représentent schématiquement des arrangements de pixels et sous-pixels, selon des modes de réalisation particuliers de l'invention ;

[Fig. 13] La figure 13 est une vue en coupe représentant schématiquement une structure multicouche formant une image personnalisée, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ; et

25 [Fig. 14] La figure 14 représente schématiquement un procédé de fabrication selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

### Description des modes de réalisation

Comme indiqué précédemment, l'invention porte de manière générale sur la formation d'une image couleur et concerne en particulier un document sécurisé comportant une telle image.

L'invention se propose de former une image couleur de façon sécurisée à partir  
5 d'une couche holographique métallique formant un arrangement de pixels et d'une couche opaque située en regard de la couche holographique métallique. Le couche holographique métallique comprend des perforations (ou trous) révélant localement des zones sombres (opaques, non réfléchissantes) dans l'arrangement de pixels  
10 causées par des régions sous-jacentes (correspondantes) de la couche opaque situées en regard des perforations, de sorte à former une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combinées aux zones sombres.

L'invention vise en particulier un document sécurisé comprenant une première couche comprenant une structure holographique métallique formant un arrangement de pixels comportant chacun une pluralité de sous-pixels de couleurs distinctes ; et  
15 une deuxième couche positionnée en regard de la première couche. Cette deuxième couche est opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible. La première couche comprend des perforations formées par un premier rayonnement laser (ou gravure laser), ces perforations (ou au moins une partie d'entre elles) révélant localement au travers de la structure holographique des zones sombres (ou  
20 noires) dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes (correspondantes) de la deuxième couche opaque situées en regard des perforations, de sorte à former une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combinées aux zones sombres.

Comme expliqué ci-après, il est ainsi possible de former une image personnalisée,  
25 en couleur ou noir et blanc, qui est de bonne qualité (en particulier avec un bon contraste), facile à authentifier, robuste vis-à-vis des risques de fraudes, falsification ou contrefaçon, tout en évitant d'utiliser une couche lasérisable qui nécessite une carbonisation laser qui, comme déjà décrit, peut engendrer des bulles d'air (blistering) et donc causer la destruction ou un endommagement irréversible de la  
30 structure. En formant une image personnalisée sans couche lasérisable, on peut éviter d'appliquer un laser puissant dans la structure et ainsi préserver son intégrité.

L'invention concerne également un procédé de formation d'une telle image personnalisée.

D'autres aspects et avantages de la présente invention ressortiront des exemples de réalisation décrits ci-dessous en référence aux dessins mentionnés ci-avant.

5 Dans la suite de ce document, des exemples de mises en œuvre de l'invention sont décrits dans le cas d'un document comportant une image couleur selon le principe de l'invention. Ce document peut être un quelconque document, dit document sécurisé, de type livret, carte ou autre. L'invention trouve des applications particulières dans la formation d'images d'identité dans des documents identitaires  
10 tels que : cartes d'identité, cartes de crédit, passeports, permis de conduire, badges d'entrée sécurisés etc. L'invention s'applique également aux documents de sécurité (billets de banque, documents notariés, certificats officiels...) comportant au moins une image couleur.

De manière générale, l'image selon l'invention peut être formée sur un quelconque  
15 support approprié.

De même, les exemples de réalisation décrits ci-après visent à former une image d'identité. On comprend toutefois que l'image couleur considérée peut être quelconque. Il peut s'agir par exemple d'une image représentant le portrait du titulaire du document concerné, d'autres implémentations étant toutefois possibles.

20 Sauf indications contraires, les éléments communs ou analogues à plusieurs figures portent les mêmes signes de référence et présentent des caractéristiques identiques ou analogues, de sorte que ces éléments communs ne sont généralement pas à nouveau décrits par souci de simplicité.

Comme déjà indiqué, l'image couleur IG peut être formée sur un support  
25 quelconque. La **figure 4** représente, selon un mode de réalisation particulier, un document sécurisé 20 comportant un corps de document 21 dans ou sur lequel est formée une image sécurisée IG selon le concept de l'invention.

On suppose dans les exemples de réalisation qui suivent que le document sécurisé  
30 20 est un document identitaire, se présentant par exemple sous la forme d'une carte, telle qu'une carte d'identité, badge d'identification ou autre. Dans ces exemples,

l'image IG est une image couleur dont le motif correspond au portait du titulaire du document. Comme déjà indiqué, d'autres exemples sont toutefois possibles.

La **figure 5** représente une structure multicouche 22 dans un état initial (*vierge*), à partir de laquelle peut être formée une image couleur IG personnalisée telle que représentée en **figure 4**. Comme expliqué par la suite en référence à la **figure 6**, cette structure 22 peut être personnalisée afin de former une image personnalisée IG.

Comme illustré en **figure 5**, la structure 22 comprend une couche holographique 24 (appelée aussi « première couche ») et une couche opaque 34 (appelée aussi « deuxième couche ») positionnée en regard de la couche holographique 24. Dans cet exemple, la couche holographique 24 est disposée sur la couche opaque 34, bien que des variantes soient possibles dans lesquelles une ou des couche intermédiaires soient présentes à l'interface entre la couche holographique 24 et la couche opaque 34.

Selon une variante, la couche opaque 34 est espacée de la couche holographique par une couche transparente. L'établissement d'un espacement entre la couche opaque et la couche holographique peut permettre notamment d'obtenir un effet de variation de couleur dans l'image finale dans le cas particulier où la couche opaque est également perforée ou gravée au laser comme décrit ultérieurement (figures 13-14).

La couche holographique 24 comporte une structure holographique métallique 32 formant un arrangement 29 de pixels 30, chacun de ces pixels 30 comportant une pluralité de sous-pixels 31 de couleurs distinctes.

Plus particulièrement, la structure holographique 32 forme intrinsèquement un arrangement 29 de pixels qui est vierge, dans le sens où les pixels 30 ne comportent par l'information définissant le motif de l'image couleur IG que l'on souhaite former. Comme décrit ultérieurement, c'est en combinant cet arrangement 29 de pixels avec des zones sombres (illustrées en **figure 6**) que l'on révèle un motif de l'image couleur personnalisée IG.

La structure holographique 32 produit l'arrangement 29 de pixels 30 sous la forme d'un hologramme par diffraction, réfraction et/ou réflexion d'une lumière incidente. Le principe de l'hologramme est bien connu de l'homme du métier. Certains éléments

sont rappelés ci-après pour référence. Des exemples de réalisation de structures holographiques sont décrits par exemple dans le document EP 2 567 270 B1.

Comme représenté en **figure 5**, la couche holographique 24 comporte une couche (ou sous-couche) 26 ainsi que des reliefs (ou structures en relief) 30, contenant une information tridimensionnelle, qui sont formés à partir de la couche 26 servant de support. Ces reliefs 30 forment des portions saillantes (appelés aussi « monts ») séparés par des renforcements (appelés aussi « vallées »).

La couche holographique 22 comporte en outre une couche (ou sous-couche) 28, dite « couche à haut indice de réfraction », qui présente un indice de réfraction  $n_2$  supérieur à l'indice de réfraction  $n_1$  des reliefs 30 (on suppose ici que les reliefs 30 font partie intégrante de la couche 26 servant de support, de sorte que les reliefs 30 et la couche 26 présentent le même indice de réfraction  $n_1$ ). On considère ici que cette couche 28 à haut indice de réfraction est une couche métallique recouvrant les reliefs 30 de la couche holographique 24. Comme le comprend l'homme du métier, les reliefs 30 forment en combinaison avec la couche 28 une structure holographique 32 qui produit un hologramme (un effet holographique).

Les reliefs 30 de la structure holographique 32 peuvent être formés par exemple par embossage d'une couche de vernis d'estampage (incluse dans la couche 26 dans cet exemple) de façon connue pour la réalisation de structures diffringentes. La surface estampée des reliefs 30 présente ainsi une forme de réseau périodique dont la profondeur et la période peuvent être respectivement de l'ordre de la centaine à quelques centaines de nanomètres par l'exemple. Cette surface estampée est revêtue de la couche 34, au moyen par exemple d'un dépôt sous vide d'un matériau métallique. L'effet holographique résulte de l'association des reliefs 30 et de la couche 28 formant la structure holographique 32.

La couche holographique 24 peut éventuellement comprendre d'autres sous-couches (non représentées) nécessaires au maintien des caractéristiques optiques de l'hologramme et/ou permettant d'assurer une résistance mécanique et chimique de l'ensemble.

La couche métallique 28 à haut indice de réfraction (**figure 5**) peut comprendre au moins l'un parmi les matériaux suivants : aluminium, argent, cuivre, sulfure de zinc, oxyde de Titane...

Dans les exemples de réalisation décrits dans ce document, la couche holographique 24 est transparente, de sorte que l'effet holographique produisant l'arrangement 29 de pixels 30 est visible par diffraction, réflexion et réfraction.

La structure holographique 32 est réalisée par tout procédé approprié connu de l'homme du métier.

Les reliefs 30 présentent un indice de réfraction noté  $n_1$ , de l'ordre de 1,56 à une longueur d'onde  $\lambda = 656$  nm par exemple.

Dans l'exemple considéré ici (**figure 5**), la couche 26 est une couche de vernis transparente. La structure holographique 32 est revêtue d'une couche mince 28, par exemple en aluminium ou en sulfure de zinc, présentant un haut indice de réfraction  $n_2$  (par rapport à  $n_1$ ), par exemple de 2,346 à une longueur d'onde  $\lambda = 660$  nm pour le sulfure de zinc. La couche mince 28 présente par exemple une épaisseur comprise entre 30 et 200 nm.

La couche 26 peut être une couche thermo-formable permettant ainsi aux reliefs 30 de la structure holographique 32 d'être formés par embossage sur la couche 26 servant de support. En variante, les reliefs 30 de la structure holographique 32 peuvent être réalisés en utilisant une technique de réticulation ultraviolet (UV). Ces techniques de fabrication étant connues de l'homme du métier, elles ne sont pas décrites plus en détail par souci de simplicité.

Toujours en référence à la **figure 5**, la deuxième couche 34 positionnée en regard de la couche holographique 24 est opaque (non-réfléchissante) vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible. En d'autres termes, la deuxième couche 34 absorbant au moins les longueurs d'onde dans le spectre du visible. Il s'agit par exemple d'une couche sombre (de couleur noire par exemple). On considère dans ce document que le spectre de longueurs de d'onde du visible est approximativement entre 400 et 800 nanomètres (nm), ou plus précisément entre 380 et 780 nm dans le vide. A noter que cette deuxième couche 34 peut être en revanche transparente à d'autres longueurs d'onde, notamment aux infrarouges.

Selon un exemple particulier, la couche opaque 34 est telle que la densité de noir de l'image sécurisée IG formée dans le document sécurisé 20 (**figure 4**) à partir notamment de ladite couche opaque est supérieure à la densité de noire intrinsèque



de la couche holographique 24 sans (indépendamment de) la couche opaque 34. Comme bien connu de l'homme du métier, la densité de noire est mesurable au moyen d'un appareil de mesure adéquate (par exemple, un colorimètre ou un spectromètre).

- 5 Selon un exemple particulier, la couche opaque 34 comprend une surface noire opaque en regard de la couche holographique 24 et/ou comprend des pigments noirs ou noires opacifiants (ou sombres) dans sa masse. La couche opaque 34 peut comprendre notamment une encre noire, ou encore un matériau teinté dans sa masse pas des pigments noirs ou opacifiants (ou sombres).
- 10 Comme indiqué ci-avant, la structure holographique 32 forme intrinsèquement un arrangement 29 de pixels qui est vierge, dans le sens où les pixels 30 ne comportent par l'information définissant le motif de l'image couleur IG que l'on souhaite former. Dans l'état initial (avant personnalisation) représenté en **figure 5**, la structure 22 ne forme donc aucune image personnalisée IG. Comme représenté en **figure 6** dans
- 15 un mode de réalisation particulier, on peut personnaliser la structure multicouche en combinant l'arrangement 29 de pixels avec des zones sombres de sorte à révéler un motif de l'image personnalisée IG que l'on souhaite créer.

Plus précisément, comme représenté en **figure 6**, la couche holographique 24 de la structure multicouche 22 comprend en outre des perforations (ou trous) 40 formées

20 par un premier rayonnement laser LS1 (ou gravure laser). Les perforations 40 constituent des « premières perforations » au sens de l'invention. Comme expliqué par la suite, d'autres types de perforations peuvent également être réalisés selon un mode de réalisation particulier.

Les premières perforations 40 constituent des régions dans lesquelles la couche

25 holographique 24 est détruite ou supprimée par l'effet de perforation du laser.

Ces perforations 40 (ou au moins une partie d'entre elles comme expliqué ultérieurement) révèlent localement au travers de la structure holographique 32 des zones sombres (ou opaques, non réfléchissantes) 42 dans les sous-pixels 31

causées par des régions sous-jacentes (correspondantes) 41 de la couche opaque

30 34 situées en regard des perforations 40, de sorte à former une image couleur personnalisée IG à partir de l'arrangement 29 de pixels 30 combinées aux zones sombres 42.

Dans l'exemple représenté en **figure 6**, les perforations 40 sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la structure holographique 32 (et plus généralement au travers de l'épaisseur de la couche holographique 24) de sorte à révéler des régions sous-jacentes 40 de la couche opaque 34 au niveau  
5 de l'arrangement 29 de pixels 30. Autrement dit, en réalisant ces perforations 40 au laser dans l'épaisseur de la couche holographique 24, on peut découvrir des régions sous-jacentes 41 de la couche opaque 34 de sorte à produire des zones sombres (ou opaques) 42 dans tout ou parties de sous-pixels 31.

Ainsi, les perforations 40 occupent tout ou partie d'une pluralité de sous-pixels 31 de  
10 la structure holographique 32. Le caractère opaque de la deuxième couche 34 engendre alors des zones sombres (ou opaques) 42 dans les parties perforées des sous-pixels 31.

Pour ce faire, les perforations 40 peuvent présenter diverses formes et dimensions qui peuvent varier selon le cas.

15 Plus particulièrement, les perforations 40 sont agencés de façon à sélectionner la couleur des pixels 30 en modifiant la contribution colorimétrique des sous-pixels 31 les uns par rapport aux autres dans une partie au moins des pixels 30 formés par la couche holographique 24, de sorte à révéler l'image personnalisée IG à partir de l'arrangement 29 de pixels combiné zones sombres 42.

20 La perforation au laser dans la couche holographique 24 entraîne une élimination (ou déformation) locale de la géométrie de la structure holographique 32, et plus particulièrement des reliefs 30 et/ou de la couche 28 recouvrant lesdits reliefs. Ces destructions locales conduisent à une modification du comportement de la lumière (i.e. de la réflexion, diffraction, transmission et/ou réfraction de la lumière) dans les  
25 pixels et sous-pixels correspondants.

En détruisant localement par perforation tout ou partie de sous-pixels 31 et en révélant, à la place, des parties sombres ou opaques de la couche opaque 34, on génère ainsi des niveaux de gris (ou nuances de couleurs) dans les pixels 30 en modifiant la contribution colorimétrique de certains sous-pixels, les uns par rapport  
30 aux autres, dans le rendu visuel de l'image IG finale. La création des zones sombres 42 permet en particulier de moduler le passage de la lumière de sorte que, pour une partie au moins des pixels 30, un sous-pixel ou plus ait une contribution (ou un

poids) colorimétrique augmentée ou diminuée par rapport à celle d'au moins un autre sous-pixel voisin du pixel concerné.

En particulier, la description sélective, partielle ou totale, d'un ou d'une pluralité de sous-pixels 31 dans une partie au moins des pixels 30, engendre une modification  
5 de l'effet holographique dans les régions concernées. L'effet holographique est éliminé, ou réduit, dans les régions perforées de la structure holographique 27, ce qui diminue (voire élimine totalement) la contribution relative en couleur des sous-pixels 31 au moins en partie perforés par rapport à au moins un autre sous-pixel voisin 31 des pixels 30 concernés.

10 On suppose ici que l'image IG ainsi créée est une image couleur résultant d'une modulation sélective des contributions colorimétriques de sous-pixels 31 de couleur. A noter toutefois que l'on peut réaliser de la même manière une image personnalisée IG en nuance de gris par exemple en adaptant les couleurs des sous-pixels 31 en conséquence.

15 Le rayonnement laser LS1 (appelé aussi « premier rayonnement laser ») utilisé pour former les perforations (ou trous) 40 dans la structure holographique 32 est de préférence à un premier spectre de longueurs d'onde SP1 différent du spectre de longueurs d'onde du visible. Pour ce faire, on peut par exemple utiliser un laser YAG (par exemple à une longueur d'onde de 1064 nm), un laser bleu, un laser UV, etc.  
20 On peut par ailleurs appliquer par exemple une fréquence d'impulsion comprise entre 1 kHz et 100 kHz, bien que d'autres configurations soient envisageables. Il revient à l'homme du métier de choisir la configuration du rayonnement laser LS1 selon le cas d'espèce.

En outre, il est nécessaire que la couche holographique 24 (et plus particulièrement  
25 la structure holographique 32) absorbe au moins partiellement l'énergie délivrée par le rayonnement laser LS1 pour créer les perforations 40 précédemment décrites. Autrement dit, le premier rayonnement laser LS1 est caractérisé par un spectre de longueurs d'onde SP1 qui est absorbé au moins partiellement par la structure holographique 32. On choisit donc les matériaux de la couche holographique 24 en  
30 conséquence.

Selon un exemple particulier, les matériaux formant la structure holographique 32 sont sélectionnés de sorte à ce qu'ils n'absorbent pas la lumière dans le visible. De

cette manière, il est possible de créer des perforations 40 au moyen d'un rayonnement laser émettant hors du spectre visible et de générer une image personnalisée IG qui est visible à l'œil humain par effet holographique. Des exemples de matériaux sont décrits ultérieurement (polycarbonate transparent, PVC, colle transparente, etc.).

En revanche, le spectre SP1 est choisi de préférence de sorte à ce que le rayonnement LS1 ne soit pas absorbé par la couche opaque 34.

Des couches additionnelles (non représentées), en polycarbonate ou tout autre matériau approprié peuvent en outre être appliquées de part et d'autre de la structure multicouche 22, notamment pour protéger l'ensemble. En particulier, une couche transparente peut ainsi être appliquée sur la face supérieure de la couche holographique 24.

De manière générale, l'invention permet avantageusement de créer des nuances de couleurs de façon à former une image couleur sécurisée par l'interaction entre les zones opaques découvertes de la couche opaque et l'arrangement de pixels formé par la couche holographique. Sans l'apparition de ces zones opaques par perforation comme décrit ci-avant pour orienter ou sélectionner judicieusement le passage de la lumière incidente, les pixels ne forment qu'un arrangement vierge dans la mesure où cet ensemble est dépourvu de l'information caractérisant l'image couleur. Ce sont les perforations 40 qui sont configurées, en fonction de l'arrangement de sous-pixels choisi, pour personnaliser l'apparence visuelle des pixels et ainsi révéler l'image couleur finale.

En utilisant ainsi une couche opaque pour générer des nuances de gris ou de couleur, on peut former une image personnalisée qui est sécurisée et qui présente une bonne qualité d'image (en particulier un bon contraste), et ce tout en évitant d'utiliser une couche lasérisable qui, comme expliqué précédemment, est source de défauts structurels (problèmes de « blistering ») lors de la personnalisation de la structure. Cette technique permet ainsi de s'affranchir de l'usage d'une ou plusieurs couches lasérisables.

Comme décrit précédemment, la carbonisation au laser d'une couche lasérisable dans une structure multicouche pour créer des zones opacifiées requiert de délivrer une puissance importante dans la structure, causant par voie de conséquence un

échauffement important et la formation de bulles d'air qui sont destructrices notamment pour la structure holographique métallique. Grâce à l'invention, il est possible d'avoir recours à des rayonnements laser de plus faible puissance, ou du moins d'appliquer une puissance laser inférieure à ce qui risquerait d'engendrer de  
5 telles bulles d'air. En travaillant à puissance laser réduite, on préserve l'intégrité physique de la structure holographique métallique.

Selon un exemple particulier, les perforations 40 sont formées en projetant le premier rayonnement laser LS1 sur la couche holographique 24 à une puissance inférieure ou égale à une première valeur seuil au-delà de laquelle l'effet de  
10 « blistering » précédemment décrit est susceptible de se produire, ce qui permet de s'assurer que l'on ne génère pas de bulles d'air susceptibles d'endommager la structure 22. Cette première valeur seuil de puissance laser est cependant variable et dépend de chaque cas d'usage (dépend notamment des types d'hologramme et des caractéristiques du laser utilisé). Cette première valeur seuil peut être  
15 déterminée par l'homme du métier, notamment par un plan d'expérience approprié qui permet de déterminer la puissance laser au-delà de laquelle le laser engendre une destruction de la structure (apparition de bulles).

De façon avantageuse, il est possible de paramétrer finement la taille des trous 40 au laser dans l'hologramme afin de réaliser une image personnalisée IG de bonne  
20 qualité.

En outre, le recours à une puissance laser réduite permet d'augmenter la durée de vie des lasers utilisés et donc de réduire les coûts de fabrication. L'usage de matériaux non sensibles au laser (c.-à-d. qui n'a pas la capacité de s'opacifier localement sous l'effet d'un laser) permet également de limiter les coûts de  
25 fabrication.

Le recours à une couche holographique permet d'obtenir une qualité d'image accrue, à savoir une meilleure luminosité globale de l'image finale (plus de brillance, couleurs plus vives) et une meilleure capacité de saturation en couleur. On peut ainsi former une image couleur de haute qualité avec un gamut colorimétrique  
30 amélioré par rapport à une image imprimée par exemple.

L'usage d'une structure holographique pour former l'arrangement de pixels est avantageux en ce que cette technique offre une grande précision de positionnement

des pixels et sous-pixels ainsi formés. Cette technique permet d'éviter notamment les chevauchements ou désalignements entre sous-pixels, ce qui améliore le rendu visuel global.

L'invention permet de produire des images personnalisées facilement authentifiables et résistances aux falsifications et reproductions frauduleuses. Le niveau de complexité et de sécurité de l'image qui est atteint grâce à l'invention ne se fait pas au détriment de la qualité du rendu visuel de l'image.

Par ailleurs, la présente invention permet de limiter l'apparition d'un effet de variation de couleur lorsque l'on fait varier l'angle d'observation ou d'illumination. En particulier, l'atténuation de cet effet de variation de couleur peut être obtenue si l'espacement de la couche noire opaque avec l'hologramme est relativement faible (par exemple un espacement inférieur ou égal à 100  $\mu\text{m}$ , de préférence dans une plage comprise en 0  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ ) et/ou si l'épaisseur faible de la couche noire dans certains cas de mise en œuvre limite cet effet. Si l'espacement entre la couche noire opaque et l'hologramme excède la valeur de 250  $\mu\text{m}$ , il peut être nécessaire d'augmenter significativement la taille des pixels de la couche holographique pour limiter les variations de couleur dans l'hologramme, ce qui a pour conséquence de réduire la résolution de l'image finale.

A noter que dans le mode de réalisation décrit ci-avant en référence aux **figures 5 et 6**, la couche opaque 34 est disposée dans la structure multicouche 22 de sorte à être en regard avec la couche holographique 24 qui fait également partie de cette structure multicouche 22. Comme déjà indiqué, la couche opaque 22 peut être fixée ou formée directement sur ou sous la couche holographique 24, ou éventuellement au moins une couche transparente peut séparer la couche opaque 22 de la couche holographique 22.

De manière plus générale, la réalisation du document sécurisé 20 (**figure 4**) nécessite que la couche opaque 34 puisse être positionnée en regard de la couche holographique 24 pour révéler notamment les zones sombres 42 comme précédemment décrit. En revanche, il n'est pas obligatoire que la couche opaque 34 et la couche holographique 24 fasse partie d'une même structure multicouche.

Ainsi, selon une variante du mode de réalisation des **figures 5 et 6**, la couche holographique 24 et la couche opaque 34 sont positionnées des parties différentes

document sécurisé 20, ces parties étant mobiles de sorte que l'on puisse positionner la couche opaque 34 en regard de la couche holographique 24 afin de révéler les zones sombres 42 et ainsi former l'image personnalisée IG.

Ainsi, le document sécurisé 20 peut prendre par exemple la forme d'un livret (un passeport par exemple), dont une première page comprend la couche holographique 24 et une autre page comprend la couche opaque 34, les deux pages étant mobiles de sorte que l'on puisse positionner la couche opaque 34 en regard de la couche holographique 24 afin de révéler l'image personnalisée IG. Selon un exemple particulier, la première page comprend une fenêtre transparente dans laquelle est disposée la couche holographique 24 et la couche opaque 34 est positionnée sur la page jouxtant cette première page. De cette manière, l'image personnalisée IG peut être lue en réflexion avec la couche opaque positionnée à l'arrière, et également en transmission sans l'utilisation de la couche noire. Cette variante permet notamment, dans le cas où des perforations au laser sont réalisées dans la couche holographique et dans la couche opaque (cf. ci-après en référence aux **figures 13-14**), de réaliser ces perforations à des étapes différentes ce qui limite le risque d'interférences (perturbations) entre les deux gravures laser (de sorte à ce que la perforation au laser de la couche holographique n'affecte pas la couche opaque, et inversement). En particulier, la séparation physique de la couche holographique et de la couche opaque peut être avantageuse si l'on souhaite réaliser ces deux gravures laser séparément car il est possible notamment d'utiliser un même laser pour graver la couche opaque et la couche holographique tout en évitant les problèmes de perturbations croisées mentionnés ci-avant.

La **figure 7** est une vue représentant des perforations 40 réalisées au moyen d'un rayonnement laser LS1 dans la structure holographique 32 comme précédemment décrit en référence aux **figures 5-6**. Dans cet exemple, les perforations présentent des tailles variables, de diamètres compris approximativement entre 9 et 35 micromètres ( $\mu\text{m}$ ).

A noter que les perforations 40 peuvent être arrangées de diverses manières dans la couche holographique 24. Selon un exemple particulier, il est possible de jouer sur la taille des perforations 40 et/ou sur le nombre des perforations afin d'obtenir une densité de trou requise dans certaines zones de l'arrangement 29 de pixels où l'on

souhaite révéler (ou découvrir) des régions sous-jacentes 41 de la couche opaque 34. En particulier, les perforations 40 peuvent par exemple être agencées selon une matrice (orthogonale ou non) de lignes et colonnes. Selon un exemple particulier, les perforations 40 présentent un diamètre constant. C'est en jouant sur le nombre et la position des trous 40 que l'on obtient les nuances de couleur souhaitées.

La **figure 8** illustre schématiquement l'arrangement 29 de pixels 30 à l'état vierge comme décrit en référence à la **figure 5** (c'est-à-dire sans les perforations 40), ainsi que l'arrangement 29 de pixels 30 un fois personnalisé par les zones sombres ou opaques 42 de sorte à révéler l'image personnalisée IG comme décrit en référence à la **figure 6**.

Les **figures 9A** et **9B** illustrent la contribution de la couche opaque 34 présente sous l'arrangement 29 de pixels, dans la structure multicouche 22, pour réaliser une image personnalisée IG.

Plus particulièrement, la **figure 9A** représente un exemple d'image personnalisée réalisée selon le concept de l'invention. Dans cet exemple, l'image personnalisée est un visage en noir et blanc d'un individu. La **figure 9B** représente l'image obtenue cette fois sans la couche opaque 34 sous l'arrangement 29 de pixels. Comme on peut le constater, la couche opaque 34 permet d'apporter un fort contraste dans l'image IG finale et ainsi d'améliorer sensiblement la qualité de l'image.

La **figure 10** représente des exemples de reliefs 30 d'une structure holographique 32, comportant des portions saillantes et des renforcements. Diverses formes et dimensions de la structure holographique sont possibles dans le cadre de la présente invention.

Toujours en référence aux **figures 5-6**, la couche holographique 24 peut être encapsulée ou assemblée avec diverses autres couches. Par ailleurs, comme déjà indiqué, la couche holographique 24 forme un arrangement 29 de pixels 30. Chaque pixel 30 comprend une pluralité de sous-pixels 31 de couleur.

Les **figures 11A** et **11B** représentent un exemple particulier selon lequel chaque pixel 30 comprend 3 sous-pixels 31. Le nombre, la forme et plus généralement la configuration des pixels et sous-pixels peuvent toutefois varier selon le cas.



Un observateur externe OB peut ainsi visualiser selon une direction d'observation particulière l'arrangement 29 de pixels à partir d'une lumière réfractée, réfléchiée et/ou diffractée depuis la structure holographique 32 de la couche holographique 24.

Plus précisément, chaque pixel 30 est formé par une région de la structure holographique 32 présente dans la couche holographique 12. On considère ici que les reliefs 30 de la structure holographique 32 (**figures 5-6**) forment des lignes 34 parallèles de sous-pixels, d'autres implémentations étant toutefois possibles. Pour chaque pixel 30, ses sous-pixels 31 constitutifs sont ainsi formés par une portion d'une ligne 34 respective, cette portion constituant un réseau holographique respectif (ou portion de réseau holographique) configuré pour générer par diffraction et/ou réflexion une couleur correspondante dudit sous-pixel.

Dans l'exemple envisagé ici, les pixels 30 comportent ainsi 3 sous-pixels de couleurs distinctes, d'autres exemples étant toutefois possibles. On suppose que chaque sous-pixel 31 est monochromatique. Chaque réseau holographique est configuré pour générer une couleur dans chaque sous-pixel 31 correspondant à un angle d'observation prédéterminé, cette couleur étant modifiée sous un angle d'observation différent. On suppose par exemple que les sous-pixels 31 de chaque pixel 30 présentent respectivement une couleur fondamentale distincte (par exemple vert/rouge/bleu ou cyan/ jaune /magenta) selon un angle d'observation prédéterminé.

Comme représentés en **figures 11A** et **11B**, les réseaux holographiques correspondant aux trois lignes 34, qui forment les sous-pixels 31 d'un même pixel 30, présentent des spécifications géométriques particulières de sorte à générer une couleur distincte souhaitée. En particulier, les réseaux holographiques formant les 3 sous-pixels 31 dans cet exemple présentent une largeur notée  $l$  et un pas entre chaque réseau holographique noté  $p$ .

Ainsi, selon un exemple particulier où chaque pixel 30 est composé de 4 sous-pixels 31, la capacité de saturation théorique maximale  $S$  dans l'une des couleurs des sous-pixels dans un même pixel peut s'énoncer de la manière suivante :

[Math. 1]

$$S = \frac{25}{100} \times \frac{l}{l+p}$$

A titre d'exemple, on peut considérer que  $l = 60 \mu\text{m}$  et  $p = 10 \mu\text{m}$  ce qui conduit à une capacité de saturation théorique maximale  $S = 0,21$ .

Il est possible de former les réseaux holographiques formant les sous-pixels 31 de sorte que le pas  $p$  tende vers zéro, ce qui permet d'augmenter la capacité de saturation théorique maximale dans une couleur d'un sous-pixel ( $S$  tendant alors vers 0,25).

Selon un exemple particulier, le pas est fixé à  $p = 0$ , ce qui permet d'atteindre une capacité de saturation théorique maximale  $S$  égale à 0,25. Dans ce cas, les lignes 34 de sous-pixels telles que représentées en **figures 11A** et **11B** sont jointives (aucun espace ou zone blanche n'étant présent entre les lignes de sous-pixels).

L'invention permet ainsi de former des lignes de sous-pixels qui sont jointives, c'est-à-dire adjacentes les unes aux autres sans qu'il soit nécessaire de laisser des zones blanches séparatrices entre chaque ligne, ou éventuellement en conservant des zones blanches séparatrices mais de dimension limitée entre les lignes de sous-pixels (avec un pas  $p$  faible). Cette configuration particulière des réseaux holographiques permet d'améliorer sensiblement la qualité de l'image finale IG (meilleure saturation en couleur) par rapport à des techniques classiques de formation d'image qui ne font pas appel à une structure holographique. Ceci est possible notamment car la formation de structures holographiques permet d'atteindre une meilleure précision de positionnement des sous-pixels et une meilleure homogénéité que par une impression classique des sous-pixels (par offset ou autre).

Comme déjà indiqué, l'arrangement 29 de pixels 30 formé par la couche holographique 24 (**figures 5-6**) peut se présenter sous diverses formes. Des exemples de réalisation sont décrits ci-après.

De manière générale, l'arrangement 29 de pixels peut être configuré de sorte que les sous-pixels 31 sont uniformément répartis dans la couche holographique 24. Les sous-pixels 31 peuvent par exemple former des lignes parallèles de sous-pixels ou encore un réseau en forme d'hexagone (de type Bayer), d'autres exemples étant possibles.

Les sous-pixels 31 peuvent former par exemple une matrice orthogonale.

Les pixels 30 peuvent être uniformément répartis dans l'arrangement 29 de sorte que le même motif de sous-pixels 31 se répète périodiquement dans la couche holographique 24.

Par ailleurs, chaque pixel 30 de l'arrangement 29 de pixels peut être configuré de sorte que chaque sous-pixel 31 présente une couleur unique dans ledit pixel considéré. Selon un exemple particulier, chaque pixel 30 dans l'arrangement 29 de pixels forme un motif identique de sous-pixels de couleur.

Des exemples particuliers d'arrangements (ou pavage) 29 de pixels pouvant être mis en œuvre dans le document sécurisé 20 (**figure 4**) sont à présent décrits en référence aux **figures 12A, 12B et 12C**. Il convient de noter que ces mises en œuvre ne sont présentées ici qu'à titre d'exemples non limitatifs, de nombreuses variantes étant possibles en termes notamment d'agencement et de forme des pixels et sous-pixels, ainsi que des couleurs affectées à ces sous-pixels.

Selon un premier exemple représenté en **figure 12A**, les pixels 30 de l'arrangement 29 de pixels sont de forme rectangulaire (ou carrée) et comprennent 3 sous-pixels 31a, 31b et 31c (notés collectivement 31) de couleurs distinctes. Comme déjà décrit en référence aux **figures 12A-12B**, les sous-pixels 31 peuvent chacun être formés par une portion d'une ligne 34 de sous-pixels. Dans cet exemple, le pavage 29 forme ainsi une matrice de rangées et de colonnes de pixels 30, orthogonales les unes par rapport aux autres.

La **figure 12B** est une vue de dessus représentant un autre exemple de pavage régulier dans lequel chaque pixel 30 est composé de 3 sous-pixels 31, notés 31a à 31c, chacun d'une couleur distincte. Les sous-pixels 31 sont ici de forme hexagonale.

La **figure 12C** est une vue de dessus représentant un autre exemple de pavage régulier dans lequel chaque pixel 30 est composé de 4 sous-pixels 31, notés 31a à 31d, chacun d'une couleur distincte. Les sous-pixels 31 sont ici de forme triangulaire.

Pour chacun des arrangements de pixels considérés, il est possible d'adapter la forme et les dimensions de chaque pixel 30 et également les dimensions des zones blanches séparatrices présentes, le cas échéant, entre les sous-pixels, de sorte à

atteindre le niveau de saturation maximal en couleur souhaité et le niveau de luminosité souhaité.

Une structure multicouche 23 est à présente décrite en référence à la **figure 13** selon un mode de réalisation particulier. Cette structure multicouche 23 est réalisée  
5 de sorte à former une image personnalisée IG.

La structure multicouche 23 est similaire à la structure multicouche 22 décrite précédemment en référence aux **figures 5-6** et diffère principalement en ce que la structure multicouche 23 comprend une troisième couche 50 sous la couche opaque 34 et en ce que la couche opaque 34 comprend des perforations 52 comme décrit  
10 ci-après.

Plus précisément, la structure multicouche 23 comprend une troisième couche 50 située en regard de la couche opaque 34 de sorte que cette couche opaque 34 soit interposée entre la couche holographique 26 et la troisième couche 50.

La troisième couche 50 est une couche transparente ou de couleur plus claire (ou  
15 plus brillante, ou plus lumineuse) que la couche opaque 34, de sorte à former un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée IG finale.

En outre, la couche opaque 34 comprend des perforations (ou trous) 52 formées par un deuxième rayonnement laser LS2 (ou gravure laser) différent du premier rayonnement laser LS1 utilisé pour former les perforations 40 dans la structure  
20 holographique 32. Les perforations 52 formées dans la couche opaque 34 constituent des deuxièmes perforations au sens de l'invention.

On considère ici que les deuxièmes perforations 52 constituent des régions dans lesquelles la couche opaque 34 est détruite ou supprimée par l'effet de perforation du laser (formations de trous). Selon une variante, ces deuxièmes perforations laser  
25 52 ne forment pas des trous en tant que tels mais constituent des régions de la couche opaque 34 dont les propriétés physico-chimiques sont altérées (technique dite de « photobleaching ») par une réaction chimique causée par le laser LS2 de sorte à modifier la réponse à la lumière de pigments opacifiants (par exemple des pigments noirs opacifiants) présents dans ladite couche opaque 34. Ainsi, il est  
30 possible d'utiliser une couche opaque 34 qui comprend des pigments opacifiants qui perdent (au moins partiellement) leur coloration noire sous l'effet d'un rayonnement laser LS2 approprié (en fonction de la longueur d'onde et/ou de la densité d'énergie

appliquée). De cette manière, on peut créer de façon sélective des zones éclaircies dans la couche opaque 34 au moyen du rayonnement laser LS2.

Ces deuxièmes perforations 54 sont positionnées dans le prolongement d'une partie des premières perforations 40 de sorte que les premières et deuxièmes perforations 5 40, 52 situées en vis-à-vis les unes des autres révèlent localement au travers de la structure holographique 32 et de la couche opaque 34 des zones éclaircies 56 dans les sous-pixels 31, ces zones éclaircies étant causées par des régions sous-jacentes (correspondantes) 54 de la troisième couche 50 situées en regard des deuxièmes perforations 52, formant ainsi une image personnalisée IG à partir de l'arrangement 10 29 de pixels 30 combiné aux zones sombres 42 et aux zones éclaircies 56.

Ainsi, dans ce mode de réalisation particulier, seule une partie – dite première partie – des perforations 40 (à savoir une ou une pluralité d'entre elles) révèle localement au travers de la structure holographique 32 des zones sombres (ou opaques) 42 dans les sous-pixels 31 causées par des régions sous-jacentes 41 de la couche 15 opaque 34 situées en regard de ces premières perforations 40. Par ailleurs, une autre partie des perforations 40 (à savoir une ou une pluralité d'entre elles) – dite deuxième partie – se situe en regard, ou en alignement avec, des deuxièmes perforations respectives 54 formées dans la troisième couche 50. Les premières et deuxièmes perforations 40, 52 situées en regard les unes des autres forment ainsi 20 collectivement des perforations traversantes, dans la couche holographique 22 et dans la couche opaque 34, permettant de découvrir collectivement des régions sous-jacentes 54 de la troisième couche d'arrière-plan 50. Ces régions sous-jacentes 54 découvertes en regard des deuxièmes perforations 52 produisent ainsi des zones éclaircies (appelées aussi zone lumineuses, ou zones brillantes) 56, du point de vue d'un observateur externe OB, dans l'image personnalisée IG formée 25 par la combinaison de l'arrangement 29 de pixels 30, des zones sombres 42 et des zones éclaircies 56.

A noter que la taille et les dimensions des deuxièmes perforations 52 peuvent varier selon le cas. Bien qu'étant situées dans le prolongement de premières perforations 30 40, il n'est pas nécessaire que les deuxièmes perforations 52 présentent un diamètre identique aux premières perforations 40 auxquelles elles font face. Il est en revanche nécessaire qu'au moins une partie de chaque deuxième perforation 52 soit

positionné en regard d'au moins une partie d'une première perforation 40 correspondante afin de faire apparaître dans l'image personnalisée IG une région sous-jacente 54 de la troisième couche 50.

Dans l'exemple représenté en **figure 13**, les deuxièmes perforations 52 sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la deuxième couche opaque 34 (au niveau de régions sous-jacentes 41) de sorte à révéler, conjointement avec les premières perforations 40 situées en vis-à-vis, des régions sous-jacentes 54 de la troisième couche 50 au niveau de l'arrangement 29 de pixels 30. Autrement dit, en réalisant ces deuxièmes perforations 52 au laser dans l'épaisseur de la troisième couche 50, on peut découvrir des régions sous-jacentes 54 de la troisième couche 50 de sorte à produire, dans tout ou parties de sous-pixels 31, des zones éclaircies par rapport aux zones sombres 42.

Selon un exemple particulier, les zones éclaircies 56 sont des zones plus lumineuses (ou plus brillantes) que les zones sombres 42.

Selon un exemple particulier, l'image couleur IG ainsi produite comprend au moins une zone sombre ou opaque 42 (révélée par une perforation respective 40) et au moins une zone éclaircie 56 (révélée conjointement par une perforation 40 et une perforation 52 situées en regard l'une de l'autre).

Selon un exemple particulier, les premières et deuxièmes perforations 40, 52 sont configurées de sorte qu'une ou une pluralité de première perforation 40 révèlent à la fois une (ou des) zone sombre 42 causée par une région sous-jacente 41 de la couche opaque 34 et une (ou des) zone éclaircie 56 causée par une région sous-jacente 54 de la troisième couche 50.

Ainsi, selon un principe analogue aux premières perforations 40, les deuxièmes perforations 52 sont agencés de façon à sélectionner la couleur des pixels 30 en modifiant la contribution colorimétrique des sous-pixels 31 les uns par rapport aux autres dans une partie au moins des pixels 30 formés par la couche holographique 24, de sorte à révéler l'image personnalisée IG à partir de l'arrangement 29 de pixels combiné cette fois aux zones sombres 42 et aux zones éclaircies 56.

En révélant des zones éclaircies 56 à la place de zones sombres 42, on peut adapter les niveaux de gris (ou nuances de couleurs) dans les pixels 30 en modifiant la contribution colorimétrique de certains sous-pixels, les uns par rapport aux autres,

dans le rendu visuel de l'image IG finale. La création des zones éclaircies 56 permet en particulier d'éclaircir une partie au moins de certains sous-pixel 31.

Comme déjà indiqué, on suppose ici que l'image IG ainsi créée est une image couleur résultant d'une modulation sélective des contributions colorimétriques de sous-pixels 31 de couleur. A noter toutefois que l'on peut réaliser de la même manière une image personnalisée IG en nuance de gris par exemple en adaptant les couleurs des sous-pixels 31 en conséquence.

Comme déjà indiqué ci-avant, le rayonnement laser LS2 (appelé aussi « deuxième rayonnement laser ») utilisé pour former les deuxièmes perforations (ou trous) 52 dans la couche opaque 34 est différent du premier rayonnement LS1 utilisé pour former les premières perforations 40 dans la structure holographique 32. Les premier et deuxième rayonnements lasers LS1, LS2 présentent de préférence des spectres de longueurs d'onde distincts. Il est ainsi possible de former sélectivement des perforations dans l'une parmi la structure holographique 32 et la couche opaque 34 sans perforer l'autre.

Dans l'exemple considéré ici, le deuxième rayonnement laser LS2 est à un deuxième spectre de longueurs d'onde SP2 qui est absorbé au moins partiellement par la deuxième couche opaque 34 pour pouvoir créer les deuxièmes perforations 52. Autrement dit, le deuxième rayonnement laser LS2 est caractérisé par un spectre de longueurs d'onde SP2 qui est absorbé au moins partiellement par la deuxième couche 34. On choisit donc les matériaux de la troisième couche 50 en conséquence. En particulier, la troisième couche 50 servant de couche support pour la couche opaque 34, ses caractéristiques doivent être choisies de sorte que cette troisième couche 50 conserve ses propriétés physiques ou mécaniques lors de la gravure au moyen des lasers LS1 et/ou LS2. La composition de la troisième couche 50 dépend donc des types et matériaux de la couche holographique et de la couche opaque ainsi que des caractéristiques des lasers SP1 et SP2 utilisés.

En revanche, le deuxième spectre SP2 est choisi de préférence de sorte à ce que le deuxième rayonnement LS2 ne soit pas absorbé par la structure holographique 32 (bien que cette variante soit possible).

En outre, on considère dans cet exemple que la troisième couche 50 est transparente vis-à-vis des deuxième et troisième rayonnements lasers LS1, LS2.

Autrement dit, la troisième couche 50 n'absorbe pas les rayonnements laser LS1 et LS2 ce qui permet de ne pas affecter cette couche d'arrière-plan lorsque l'on forme les perforations 40 et 52.

Pour former les deuxièmes perforations 52, on peut par exemple utiliser un laser  
5 LS2 de type YAG, un laser bleu, un laser UV, etc. On peut par ailleurs appliquer par exemple une fréquence d'impulsion comprise entre 1 kHz et 100 kHz, bien que d'autres configurations soient envisageables. Il revient à l'homme du métier de choisir la configuration du rayonnement laser LS1 selon le cas d'espèce.

En utilisant ainsi une couche opaque et une couche d'arrière-plan de couleur plus  
10 claire (ou plus brillante) que la couche opaque, on peut avantageusement augmenter encore d'avantage le gamut ainsi que la finesse de l'image personnalisée du fait des niveaux de gris ainsi obtenus. On peut en outre obtenir un niveau de sécurité renforcé grâce à la complexité accrue de la structure dans son ensemble, et ce tout en évitant d'utiliser une couche lasérisable qui, comme déjà expliqué,  
15 engendre des défauts structurels (problèmes de « blistering »).

Selon un exemple particulier, les deuxièmes perforations 52 sont formées en projetant le deuxième rayonnement laser LS2 sur la couche opaque 34 à une puissance inférieure ou égale à une deuxième valeur seuil au-delà de laquelle l'effet de « blistering » précédemment décrit est susceptible de se produire, ce qui permet  
20 de s'assurer que l'on ne génère pas de bulles d'air susceptibles d'endommager la structure 23. De façon analogue au premier rayonnement laser LS1, Cette deuxième valeur seuil de puissance laser est variable et dépend de chaque cas d'usage (dépend notamment du type de l'hologramme et de la couche opaque, et des caractéristiques du laser utilisé). Cette deuxième valeur seuil peut être déterminée  
25 par l'homme du métier, notamment par un plan d'expérience approprié qui permet de déterminer la puissance laser au-delà de laquelle le laser engendre une destruction de la structure (apparition de bulles).

Par ailleurs, la présente invention vise également un procédé de fabrication pour fabriquer une image personnalisée IG selon l'un quelconque des modes de  
30 réalisation précédents décrits. Aussi, les différents variantes et avantages techniques décrits ci-avant en référence aux structures multicouches 22 et 23, et plus généralement à une image personnalisée conforme au concept de l'invention,



s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication de l'invention pour obtenir une telle image ou structure.

Un procédé de fabrication d'une image couleur IG telle que décrite précédemment est à présent décrit en référence à la **figure 14**, selon un mode de réalisation particulier. On suppose par exemple que l'on forme une image couleur IG dans un document 20 comme illustré en **figure 4**.

Au cours d'une étape S2 de fourniture, on fournit ainsi une première couche holographique 22 comme déjà décrit ci-avant. Cette couche holographique 32 comprend donc une structure holographique métallique 32 formant un arrangement 29 de pixels 30 comportant chacun une pluralité de sous-pixels 31 de couleurs distinctes. Les différentes caractéristiques et variantes de la couche holographique 22 (y compris l'arrangement 29 de pixels) décrites ci-avant en référence notamment aux **figures 5-6** s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication.

Selon un exemple particulier, l'étape S2 de fourniture comprend la fourniture d'une sous-couche de vernis 26 formant les reliefs 30 d'un réseau holographique ; et la formation d'une sous-couche métallique 28 sur les reliefs 30 de la sous-couche de vernis 26, la sous-couche métallique 28 présentant un indice de réfraction supérieur à celui de la sous-couche de vernis (**figures 5-6**).

La couche 26 (**figure 4**) peut être par exemple une couche thermo-formable permettant ainsi aux reliefs 30 de la structure holographique 32 d'être formés par embossage sur la couche 26 servant de support. En variante, les reliefs 30 de la structure holographique 32 peuvent être réalisés en utilisant une technique de réticulation UV, comme déjà indiqué. Ces techniques de fabrication étant connues de l'homme du métier, elles ne sont pas décrites plus en détail par souci de simplicité.

Une couche d'adhésif et/ou de colle (non représentée) peut en outre être utilisée pour assurer une adhésion de la couche holographique 24 sur un support (non représenté).

Au cours d'une étape S4 de positionnement, une deuxième couche 34 est positionné (ou déposée, ou formée) en regard de la première couche holographique 22, cette deuxième couche 34 étant opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible comme déjà expliqué. Les différentes caractéristiques et variantes

de la couche opaques 24 décrites ci-avant en référence notamment aux **figures 5-6** s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication.

Au cours d'une étape S6 de perforation, des premières perforations (ou trous) 40 sont formées dans la première couche holographique 22 par un premier rayonnement laser LS1 (**figure 6**). Les premières perforations 40 occupent ainsi tout ou partie d'une pluralité de sous-pixels 31 de la structure holographique 32. Au moins une première partie des premières perforations 40 révèle localement au travers de la structure holographique des zones sombres (ou opaques) 42 dans les sous-pixels 31, ces zones sombres étant causées (ou produites) par des régions sous-jacentes 41 de la deuxième couche opaque 34 situées en regard de ladite au moins une première partie des premières perforations 40, de sorte à former une image personnalisée IG à partir de l'arrangement 29 de pixels combiné aux zones sombres 42.

Une fois l'étape S6 achevée, on obtient ainsi une structure multicouche 22 telle que précédemment décrite en référence à la **figure 6**.

Les différentes caractéristiques et variantes des premières perforations 40 décrites ci-avant en référence notamment aux **figures 5-6** s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication.

Selon un exemple particulier, chaque première perforation 40 débouche sur une région sous-jacente 41 de la couche opaque 34 de sorte à révéler dans l'image finale IG des zones sombres correspondantes. Des variantes sont toutefois possibles comme décrit précédemment, dans lesquelles une partie non nulle des premières perforations 40 se trouvent en regard de deuxièmes perforations 52 ménagées dans la couche opaque 34 de sorte à révéler des zones éclaircies 56 dans l'arrangement 29 de pixels 30.

Comme déjà décrit, les perforations 40 sont ici des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la structure holographique 32 (et plus généralement au travers de l'épaisseur de la couche holographique 24) de sorte à révéler des régions sous-jacentes 40 de la couche opaque 34 au niveau de l'arrangement 29 de pixels 30. Autrement dit, en réalisant ces perforations 40 au laser dans l'épaisseur de la couche holographique 24, on peut découvrir des régions

sous-jacentes 41 de la couche opaque 34 de sorte à produire des zones sombres (ou opaques) 42 dans tout ou parties de sous-pixels 31.

L'image personnalisée IG ainsi créée est une image couleur résultant d'une modulation sélective des contributions colorimétriques de sous-pixels 31 de couleur.

5 A noter toutefois que l'on peut réaliser de la même manière une image personnalisée IG en nuance de gris par exemple en adaptant les couleurs des sous-pixels 31 en conséquence.

Le premier rayonnement laser LS1 utilisé en S6 pour former les perforations 40 dans la structure holographique 32 est de préférence à un premier spectre de longueurs d'onde SP1 différent du spectre de longueurs d'onde du visible. Pour ce faire, on peut par exemple utiliser un laser YAG (1064 nm), un laser bleu, un laser UV, etc. On peut par ailleurs appliquer par exemple une fréquence d'impulsion comprise entre 1 kHz et 100 kHz, bien que d'autres configurations soient envisageables. Comme déjà indiqué, il revient à l'homme du métier de choisir la configuration du rayonnement laser LS1 selon le cas d'espèce.

En outre, il est nécessaire que la couche holographique 24 (et plus particulièrement la structure holographique 32) absorbe, au moins partiellement, l'énergie délivrée par le rayonnement laser LS1 pour créer les perforations 40 précédemment décrites. Autrement dit, le premier rayonnement laser LS1 est caractérisé par un spectre de longueurs d'onde SP1 qui est absorbé au moins partiellement par la structure holographique 32. On choisit donc les matériaux de la couche holographique 24 en conséquence.

Selon un exemple particulier, les matériaux formant la structure holographique 32 sont sélectionnés de sorte à ce qu'ils n'absorbent pas la lumière dans le visible. Il peut s'agir de matériaux transparents tels que ceux utilisés notamment dans les documents d'identité. Ainsi la structure holographique 32 est formée à partir d'au moins l'un des matériaux suivants : polycarbonate transparent, PVC, colle transparente, etc. De cette manière, il est possible de créer des perforations 40 au moyen d'un rayonnement laser LS1 émettant hors du spectre visible et de générer une image personnalisée IG qui est visible à l'œil humain par effet holographique.

En revanche, le spectre SP1 est choisi de préférence de sorte à ce que le rayonnement LS1 ne soit pas absorbé par la couche opaque 34.

Des couches additionnelles (non représentées) en polycarbonate ou tout autre matériau approprié peuvent en outre être appliquées de part et d'autre de la structure multicouche 22 ainsi obtenue (**figure 6**), notamment pour protéger l'ensemble. En particulier, une couche transparente peut ainsi être appliquée sur la  
5 face supérieure de la couche holographique 24.

Comme déjà indiqué, l'invention permet de travailler à puissance de laser modérée et ainsi de former une image personnalisée sécurisée et de bonne qualité tout en évitant de générer un échauffement qui risquerait de produire des bulles d'air destructrices dans la structure.

10 Par ailleurs, comme décrit précédemment, il est possible de poursuivre le procédé de fabrication représenté en **figure 14** en réalisant les étapes S10 et S12 décrites ci-dessous de sorte à fabriquer, à partir de la structure multicouche 22 représentée en **figure 6**, la structure multicouche 23 représentée en **figure 13**. Il est ainsi possible de former une ou des zones éclaircies 56 dans l'arrangement 29 de pixels à la place  
15 de zones sombres 42, afin notamment d'améliorer encore la qualité et la sécurisation de l'image personnalisée IG ainsi produite.

Selon un mode de réalisation particulier, une fois l'étape S6 de formation achevée, une troisième couche 50 est ainsi positionnée (ou déposée) en regard de la deuxième couche opaque 34 au cours d'une étape S10 (**figure 14**) de sorte que  
20 cette deuxième couche opaque 34 soit interposée entre la première couche holographique 22 et la troisième couche 50. Cette troisième couche 50, qui est transparente ou de couleur plus claire (ou plus brillante) que la deuxième couche opaque 34, forme un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée IG que l'on souhaite former.

25 Les différentes caractéristiques et variantes de la couche d'arrière-plan 50 décrites en référence à la **figure 13** s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication.

Au cours d'une étape S12 de formation (**figure 14**), des deuxièmes perforations 52 sont formées dans la deuxième couche opaque 34 par un deuxième rayonnement laser LS2 différent du premier rayonnement laser LS1 utilisé en S6 pour former les  
30 premières perforations 40. Les deuxièmes perforations 40 sont positionnées dans le prolongement d'une ou d'une pluralité de premières perforations 40 formées en S6

de sorte que les premières et deuxièmes perforations 40, 52 situées en vis-à-vis révèlent localement au travers de la structure holographique 32 et de la deuxième couche opaque 34 des zones éclaircies 56 dans les sous-pixels 31 causées par des régions sous-jacentes 54 de la troisième couche d'arrière-plan 50 situées en regard des deuxièmes perforations 52, formant ainsi une image personnalisée IG à partir de l'arrangement 29 de pixels 30 combinées aux zones sombres 42 et aux zones éclaircies 56.

Les différentes caractéristiques et variantes des deuxièmes perforations 52 décrites ci-avant en référence notamment à la **figure 14** s'appliquent de façon analogue au procédé de fabrication.

On considère ainsi dans cette variante qu'une partie non nulle des premières perforations 40 (par exemple un premier groupe de premières perforations 40) formées en S6 débouche sur une région sous-jacente respective 41 de la couche opaque 34 de sorte à révéler des zone sombre 42 correspondantes dans l'image finale IG, et qu'une autre, dite deuxième partie non nulle des premières perforations 52 (par exemple un deuxième groupe de premières perforations 40) formées en S6 est positionnée en regard des deuxièmes perforations 52 de sorte à révéler, conjointement avec les deuxièmes perforations 52, des zones éclaircies 56 correspondantes dans l'image finale IG.

Comme déjà indiqué ci-avant, le deuxième rayonnement laser LS2 utilisé en S12 pour former les deuxièmes perforations (ou trous) 52 dans la couche opaque 34 est différent du premier rayonnement LS1 utilisé en S6 pour former les premières perforations 40 dans la structure holographique 32. Les premier et deuxième rayonnements lasers LS1, LS2 présentent de préférence des spectres de longueurs d'onde distincts. Il est ainsi possible de former sélectivement des perforations dans l'une parmi la structure holographique 32 et la couche opaque 34 sans affecter l'autre.

Dans l'exemple considéré ici, le deuxième rayonnement laser LS2 est à un deuxième spectre de longueurs d'onde SP2 qui est absorbé au moins partiellement par la deuxième couche opaque 34 pour pouvoir créer les deuxièmes perforations 52. Autrement dit, le deuxième rayonnement laser LS2 est caractérisé par un spectre de longueurs d'onde SP2 qui est absorbé au moins partiellement par la

deuxième couche 34. Comme déjà décrit, on choisit donc les matériaux de la troisième couche 50 en conséquence.

En revanche, le deuxième spectre SP2 est choisi de préférence de sorte à ce que le deuxième rayonnement LS2 ne soit pas absorbé par la structure holographique 32  
5 (bien que cette variante soit possible).

En outre, on considère dans cet exemple que la troisième couche 50 est transparente vis-à-vis des deuxième et troisième rayonnements lasers LS1, LS2. Autrement dit, la troisième couche 50 n'absorbe pas les rayonnements laser LS1 et LS2 ce qui permet de ne pas affecter cette couche d'arrière-plan lorsque l'on forme  
10 les perforations 40 et 52. Des variantes sont toutefois possibles. Ainsi, la troisième couche 50 n'est pas nécessairement transparente au laser LS1 et LS2 mais l'absorption des rayonnements LS1 et LS2 par cette troisième couche 50 doit être faible de sorte que son intégrité physique (tenue mécanique et couleur) 50 soit conservée.

15 Pour former les deuxième perforations 52, on peut par exemple utiliser un laser LS2 de type YAG, un laser bleu, un laser UV, etc. On peut par ailleurs appliquer par exemple une fréquence d'impulsion comprise entre 1 kHz et 100 kHz, bien que d'autres configurations soient envisageables. Il revient à l'homme du métier de choisir la configuration du rayonnement laser LS1 selon le cas d'espèce.

20 A noter que l'ordre dans lequel les étapes du procédé de fabrication représenté en figure 14 sont réalisées peut varier selon le cas. Ainsi, il est par exemple possible de réaliser les perforations 40 et 52 (étapes S6 et S12 ; **figure 14**) après avoir réalisé les étapes S2, S4, S6 et S10. De même, les perforations 40 et 52 peuvent être réalisées (S6, S12) simultanément ou selon un ordre quelconque.

25 Un homme du métier comprendra que les modes de réalisation et variantes décrits dans ce document ne constituent que des exemples non limitatifs de mise en œuvre de l'invention. En particulier, l'homme du métier pourra envisager une quelconque adaptation ou combinaison parmi les caractéristiques et modes de réalisation décrits ci-avant afin de répondre à un besoin bien particulier.

## Revendications

### 1. Document sécurisé (2) comprenant :

- 5 - une première couche (24) comprenant une structure holographique métallique (32) formant un arrangement (29) de pixels (30) comportant chacun une pluralité de sous-pixels (31) de couleurs distinctes ; et
- une deuxième couche (34) positionnée en regard de la première couche, ladite deuxième couche étant opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible ;
- 10 - dans lequel la première couche comprend des premières perforations (40) formées par un premier rayonnement laser (LS1), au moins une première partie des premières perforations (40) révélant localement au travers de la structure holographique des zones sombres (42) dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes (41) de la deuxième couche opaque situées en regard de ladite au moins une première partie des
- 15 premières perforations (40), de sorte à former une image personnalisée (IG) à partir de l'arrangement de pixels (30) combinées aux zones sombres (42).

20 2. Document selon la revendication 1, dans lequel chaque pixel dudit arrangement de pixels est configuré de sorte que chaque sous-pixel présente une couleur unique dans ledit pixel.

3. Document selon l'une la revendication 1 ou 2, dans lequel la première couche comprend :

- 25 - une sous-couche de vernis formant les reliefs d'un réseau holographique ;  
et
- une sous-couche métallique déposée sur les reliefs de la sous-couche de vernis, ladite sous-couche métallique présentant un indice de réfraction supérieur à celui de la sous-couche de vernis.

30

4. Document selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la deuxième couche opaque comprend une surface noire opaque en regard de la première couche ou comprend des pigments noirs opacifiants dans sa masse.

5 5. Document selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le premier rayonnement laser est à un premier spectre de longueurs d'onde différent du spectre de longueurs d'onde du visible.

10 6. Document selon la revendication 5, dans lequel ladite au moins une première partie des premières perforations sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la structure holographique de sorte à révéler lesdites régions sous-jacentes de la deuxième couche opaque.

15 7. Document selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant une troisième couche (50) située en regard de la deuxième couche (34) de sorte que ladite deuxième couche soit interposée entre la première couche (24) et la troisième couche (50),

- 20 - ladite troisième couche étant transparente ou de couleur plus claire que la deuxième couche opaque, et formant un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée (IG),
- dans lequel la deuxième couche (34) comprend des deuxièmes perforations (52) formées par un deuxième rayonnement laser (LS2) différent du premier rayonnement laser, les deuxièmes perforations étant positionnées dans le prolongement d'une deuxième partie des premières perforations de sorte que les premières et deuxièmes perforations situées  
25 en vis-à-vis révèlent localement au travers de la structure holographique et de la deuxième couche opaque des zones éclaircies dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la troisième couche situées en regard desdites deuxièmes perforations, formant ainsi une image  
30 personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combiné aux zones sombres et aux zones éclaircies.



8. Document selon la revendication 7, dans lequel les deuxièmes perforations sont des perforations traversantes qui s'étendent au travers de l'épaisseur de la deuxième couche de sorte à révéler, conjointement avec la deuxième partie des premières perforations situées en vis-à-vis, lesdites régions sous-jacentes de la troisième couche opaque au travers des première et deuxième couches.

9. Document selon la revendication 7 ou 8, dans lequel les zones éclaircies sont des zones plus lumineuses que les zones sombres.

10

10. Procédé de fabrication d'un document, comprenant :

- fourniture (S2) d'une première couche comprenant une structure holographique métallique formant un arrangement de pixels comportant chacun une pluralité de sous-pixels de couleurs distinctes ;
- positionnement (S4) d'une deuxième couche en regard de la première couche, ladite deuxième couche étant opaque vis-à-vis au moins du spectre de longueurs d'onde du visible ; et
- formation dans la première couche de premières perforations par un premier rayonnement laser, au moins une première partie des premières perforations révélant localement au travers de la structure holographique des zones sombres dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la deuxième couche opaque situées en regard de ladite au moins une première partie des premières perforations, de sorte à former une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combiné aux zones sombres.

20

25

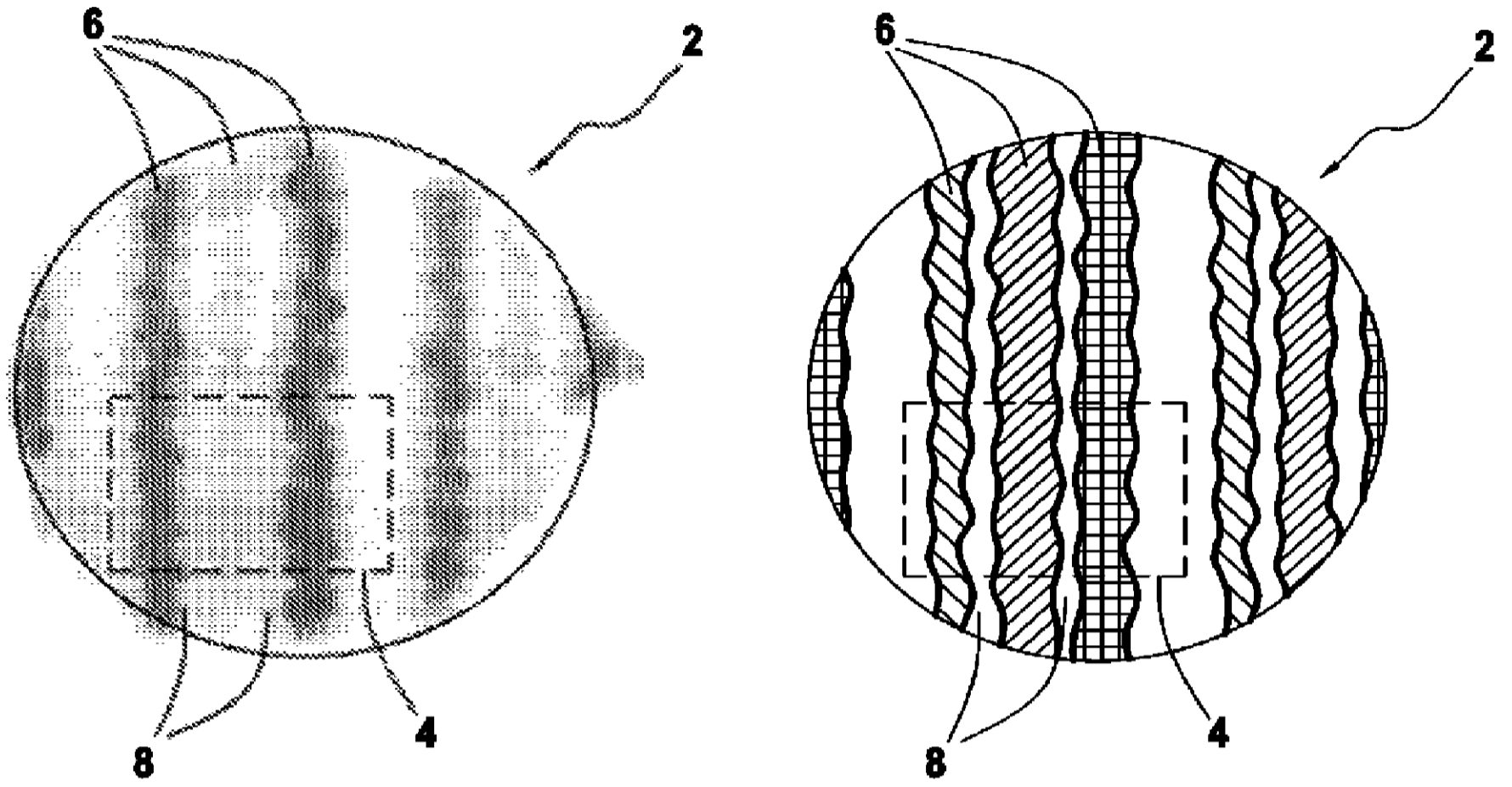
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le premier rayonnement laser (LS1) est à un premier spectre de longueurs d'onde (SP1) différent du spectre de longueurs d'onde du visible.

30

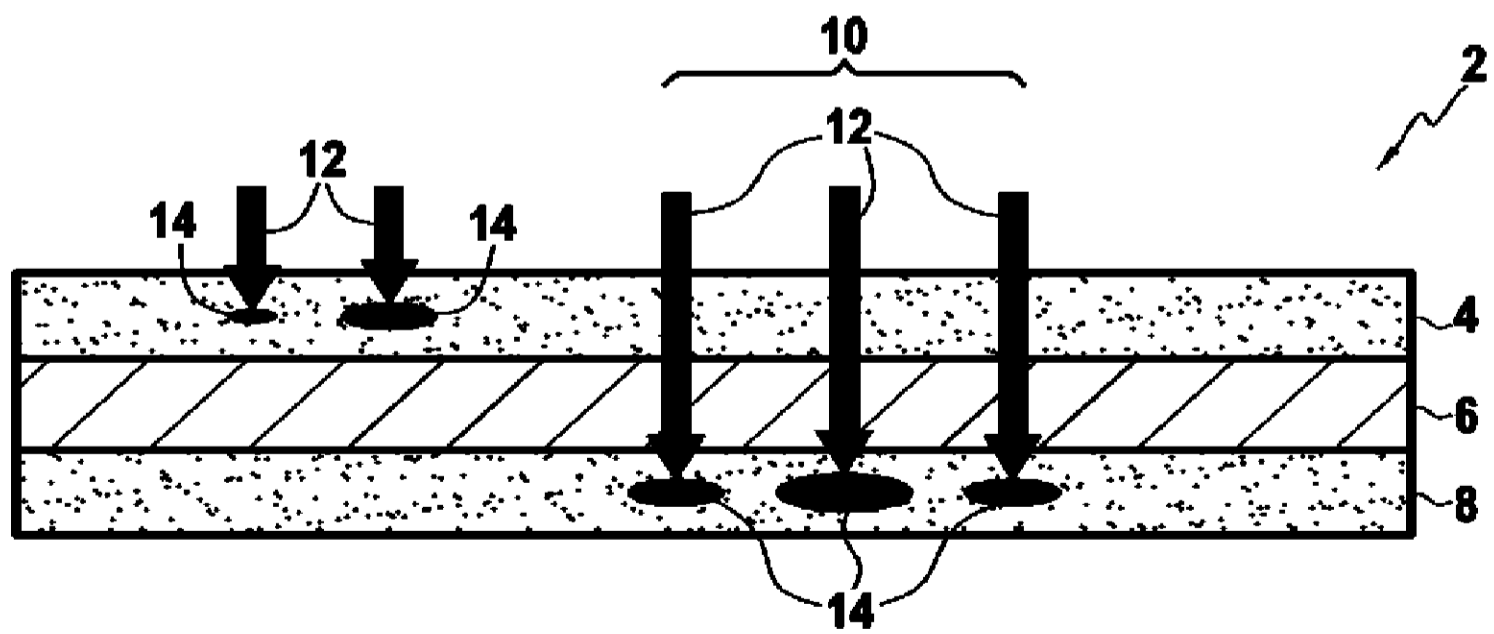
12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, comprenant :

- 5 - positionnement (S10) d'une troisième couche en regard de la deuxième couche de sorte que ladite deuxième couche soit interposée entre la première couche et la troisième couche, ladite troisième couche étant transparente ou de couleur plus claire que la deuxième couche opaque, et formant un arrière-plan vis-à-vis de l'image personnalisée,
- 10 - formation (S12) dans la deuxième couche de deuxièmes perforations par un deuxième rayonnement laser différent du premier rayonnement laser, les deuxièmes perforations étant positionnées dans le prolongement d'une deuxième partie des premières perforations de sorte que les premières et deuxièmes perforations situées en vis-à-vis révèlent localement au travers de la structure holographique et de la deuxième couche opaque des zones éclaircies dans les sous-pixels causées par des régions sous-jacentes de la troisième couche situées en regard desdites deuxièmes perforations,  
15 formant ainsi une image personnalisée à partir de l'arrangement de pixels combinées aux zones sombres et aux zones éclaircies.

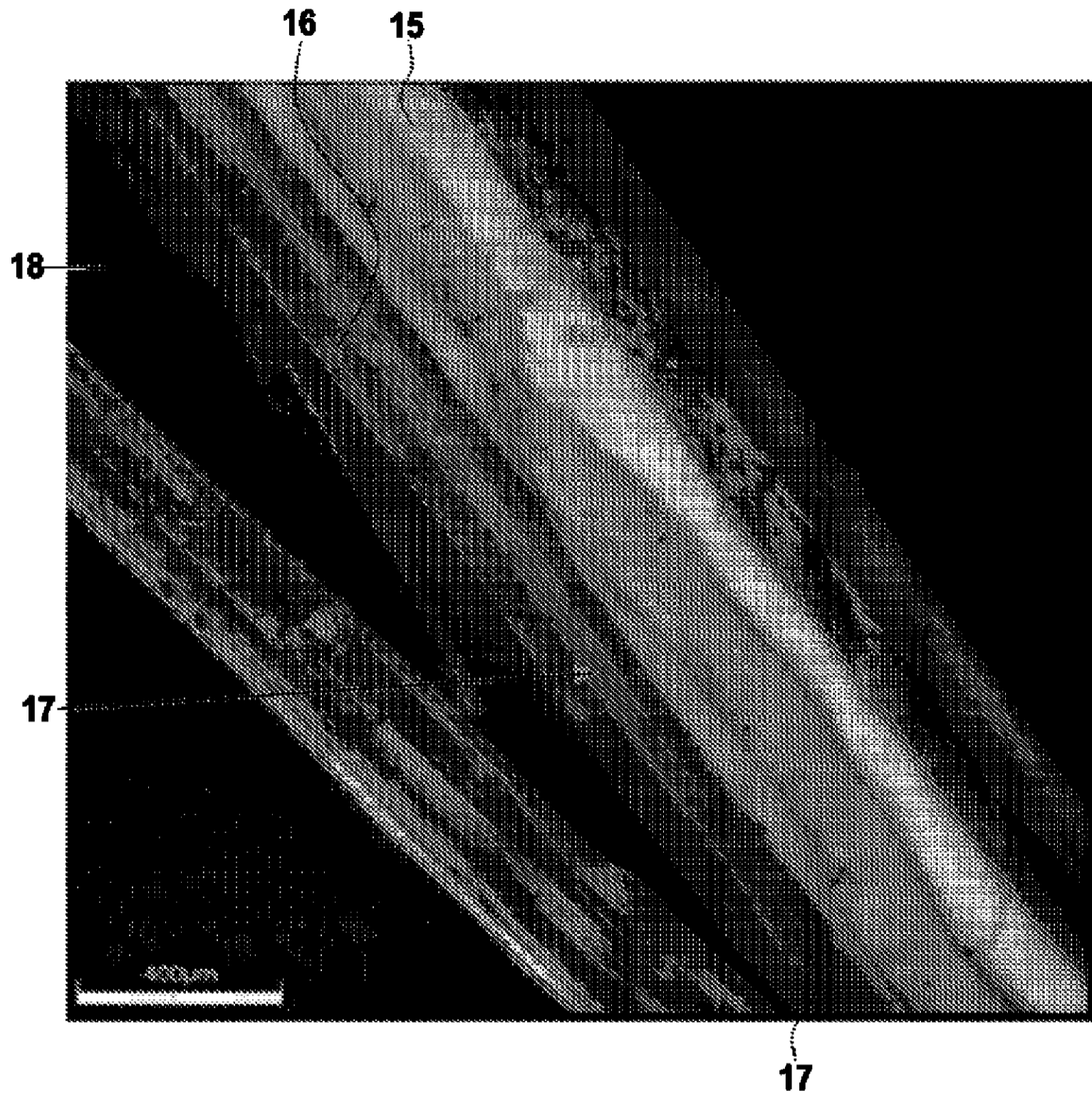
13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la troisième couche est transparente vis-à-vis des premier et deuxième rayonnements lasers. |



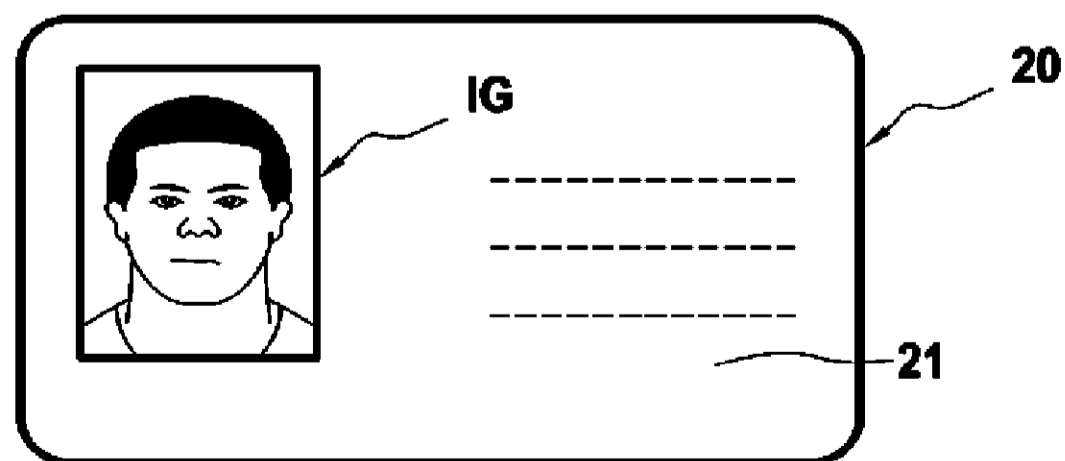
**FIG.1**



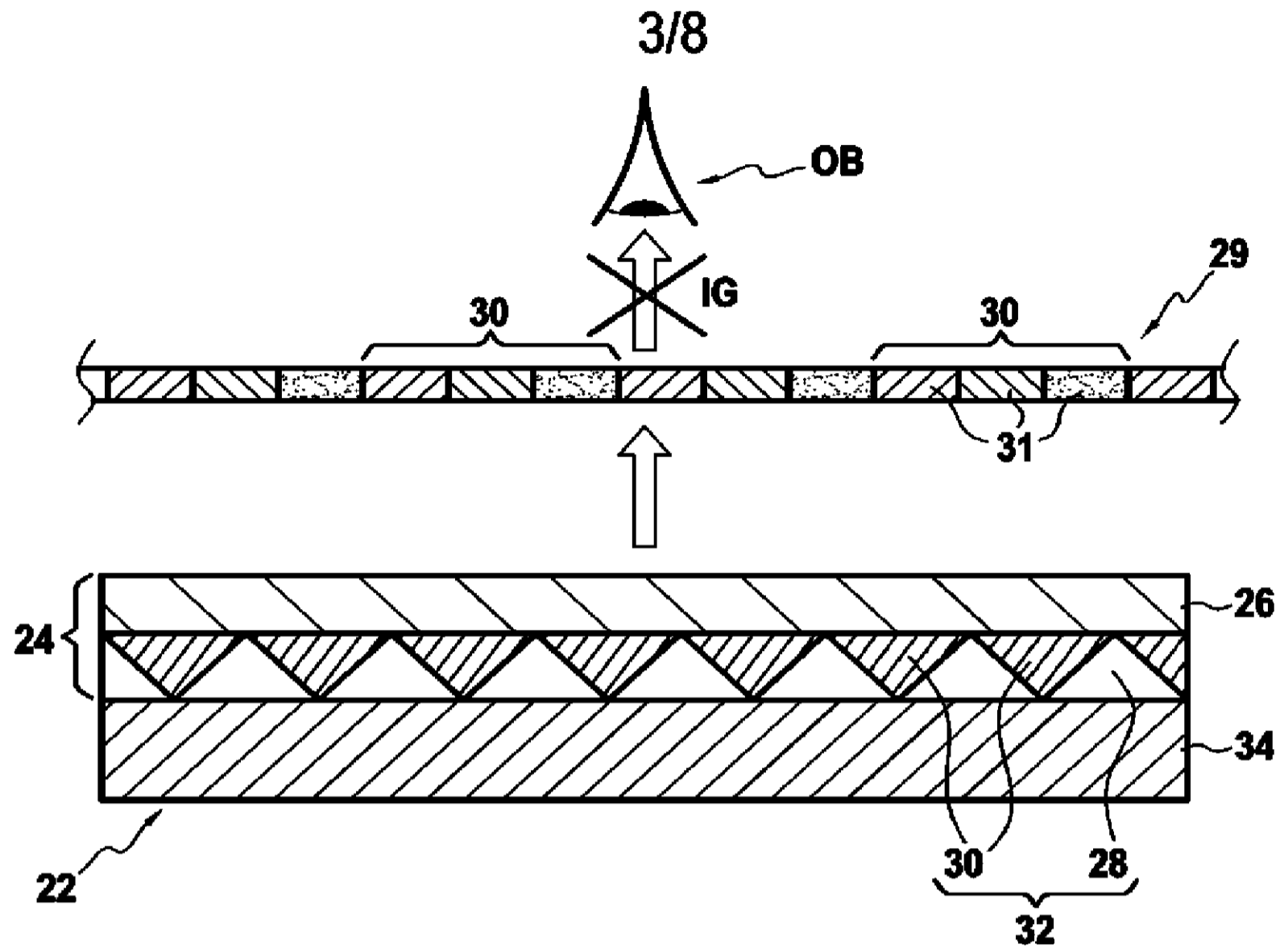
**FIG.2**



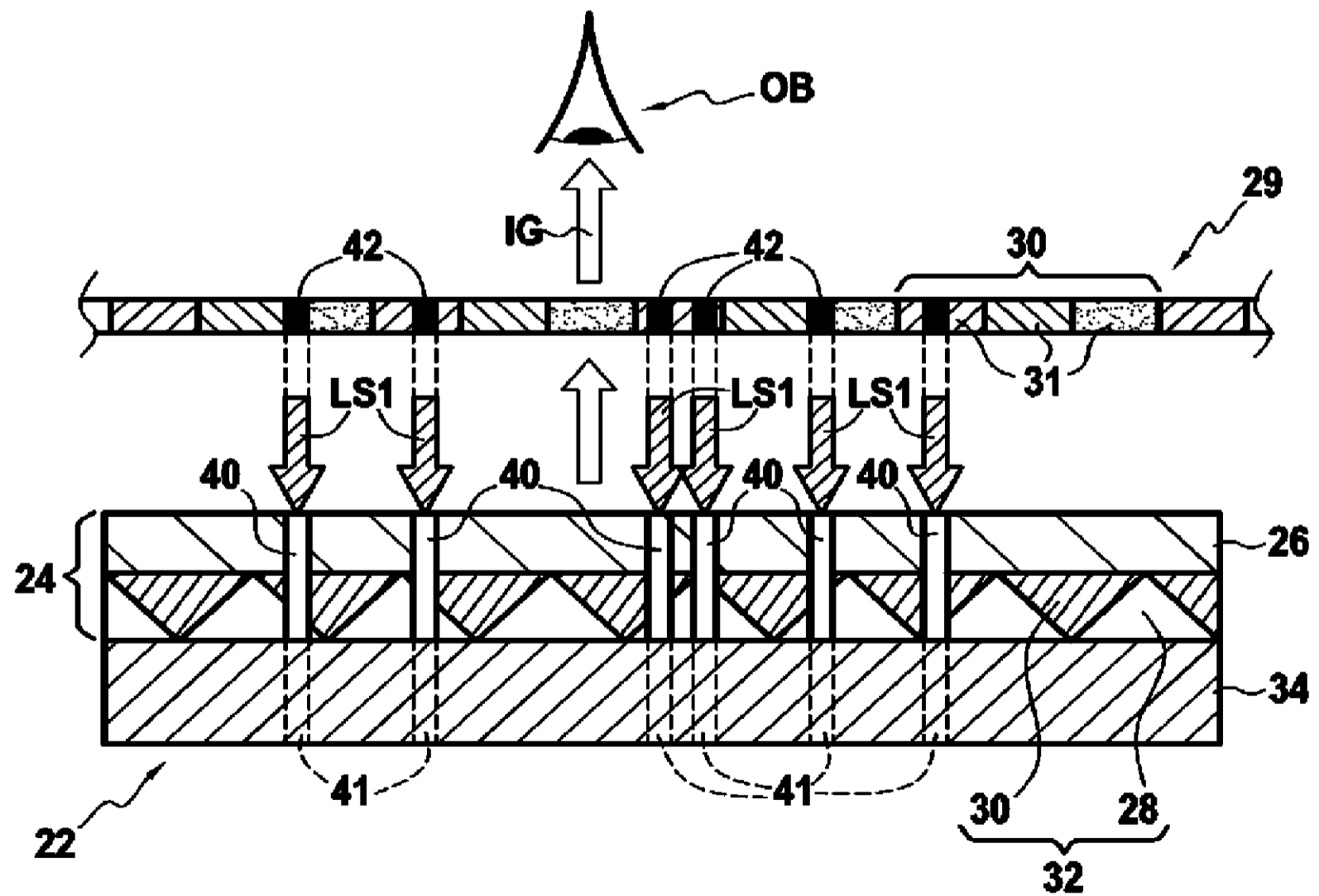
**FIG.3**



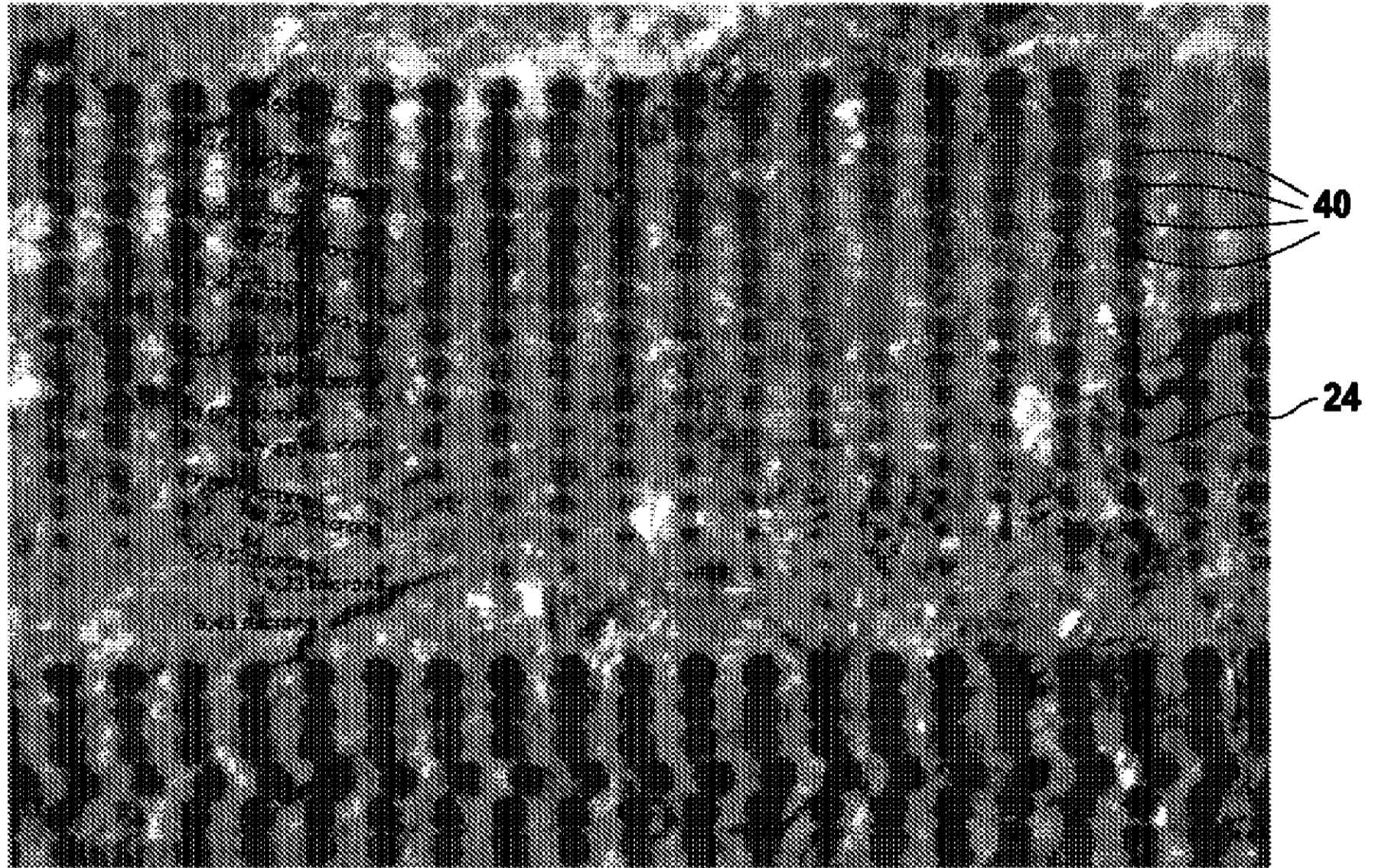
**FIG.4**



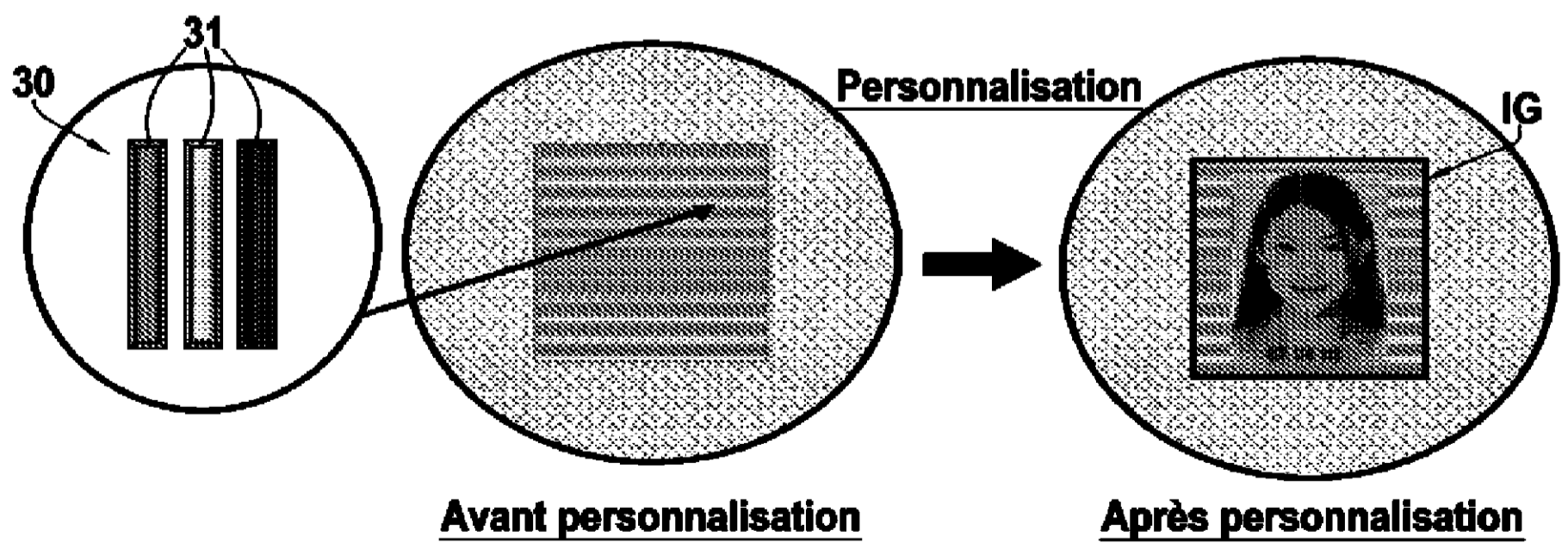
**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG.7**

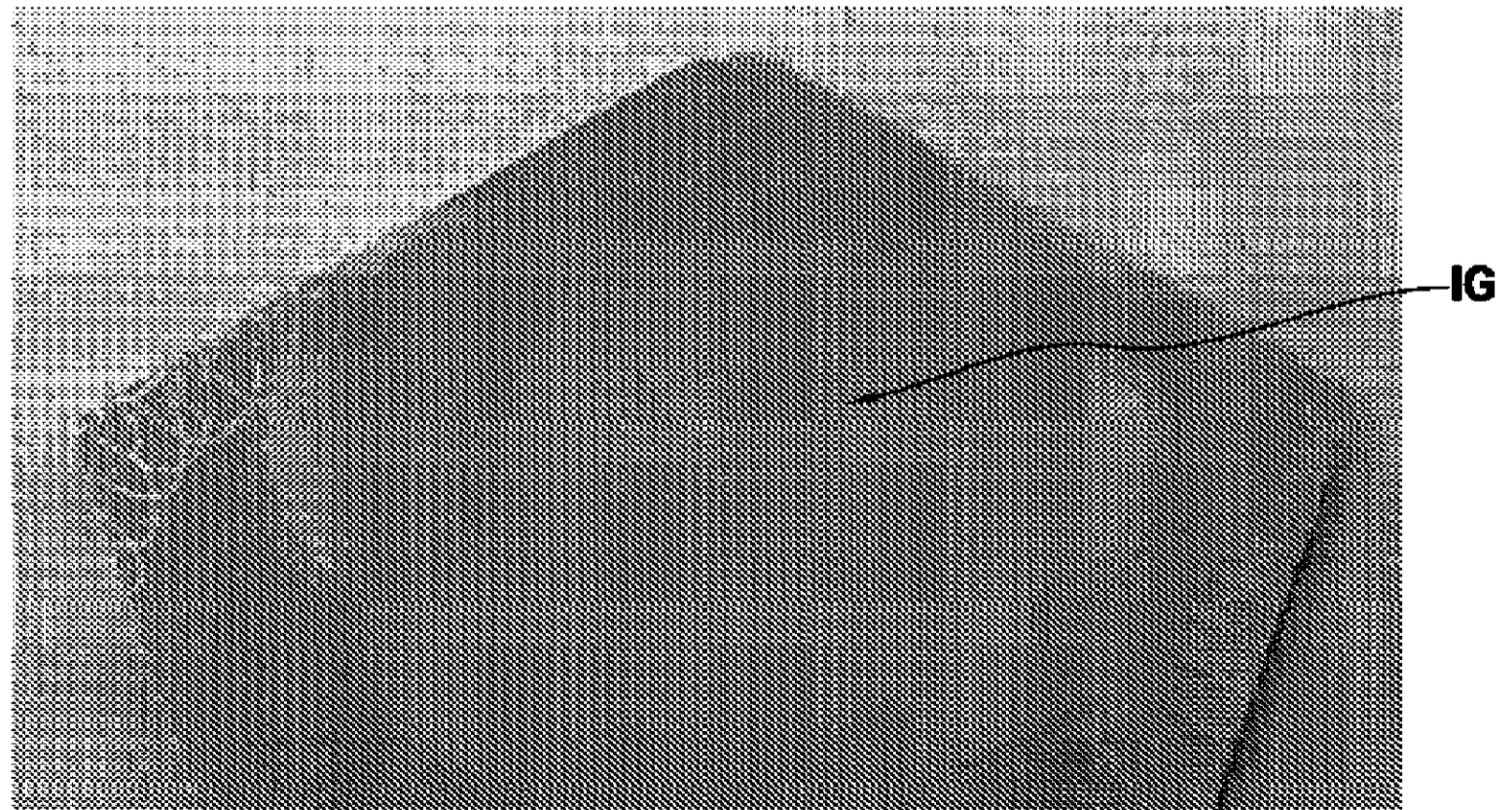


**FIG.8**

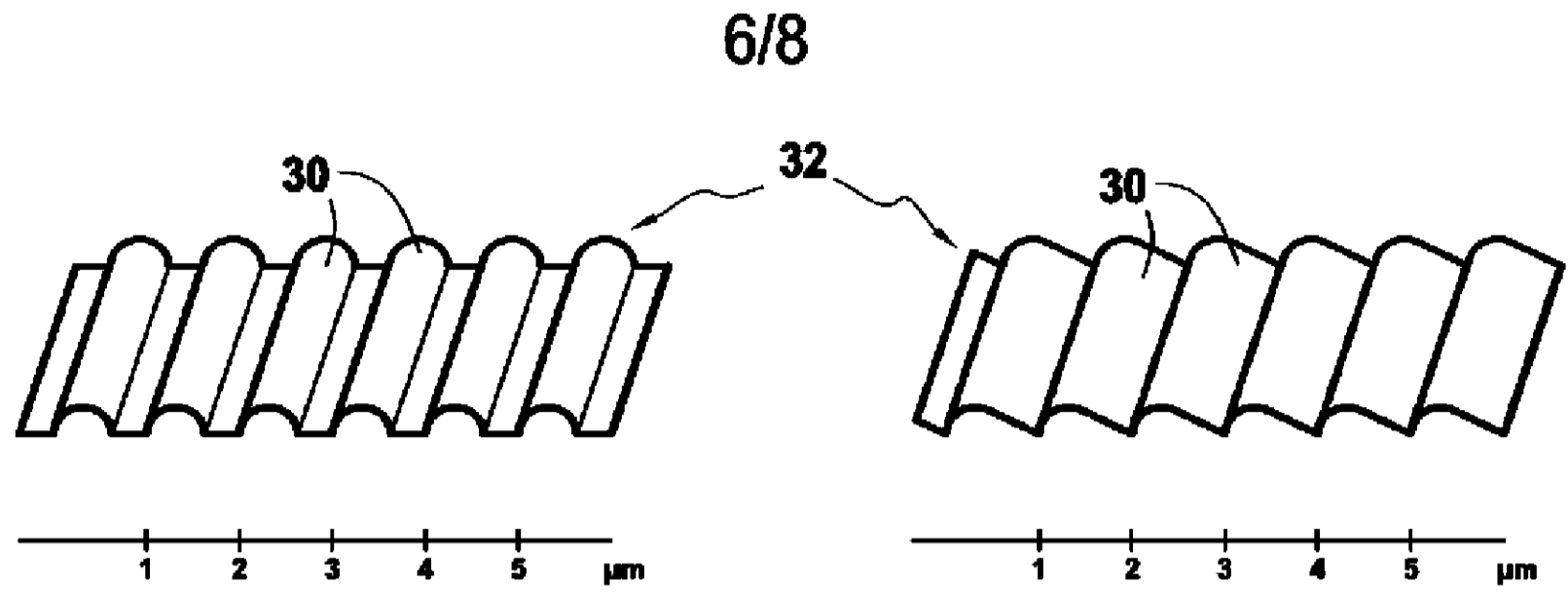
5/8



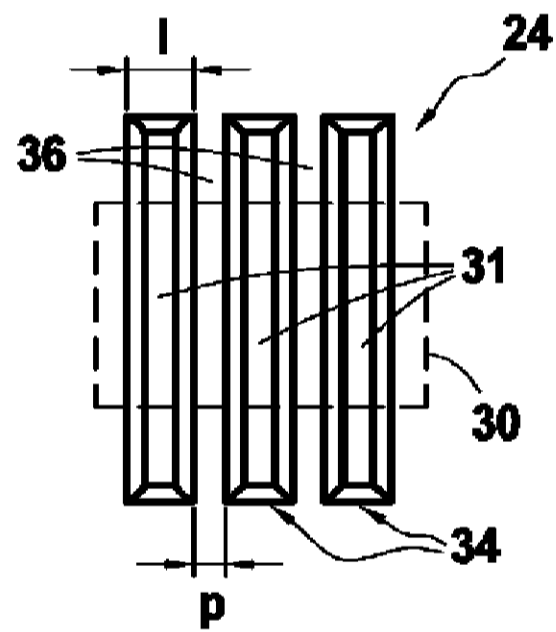
**FIG.9A**



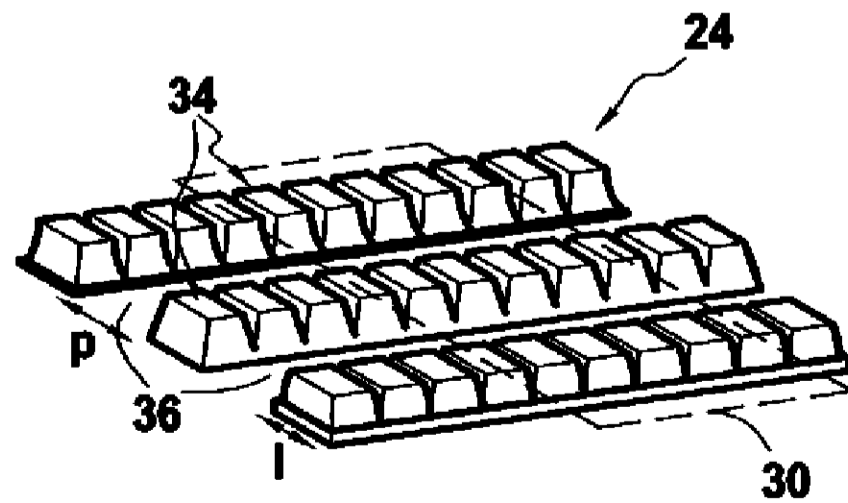
**FIG.9B**



**FIG.10**



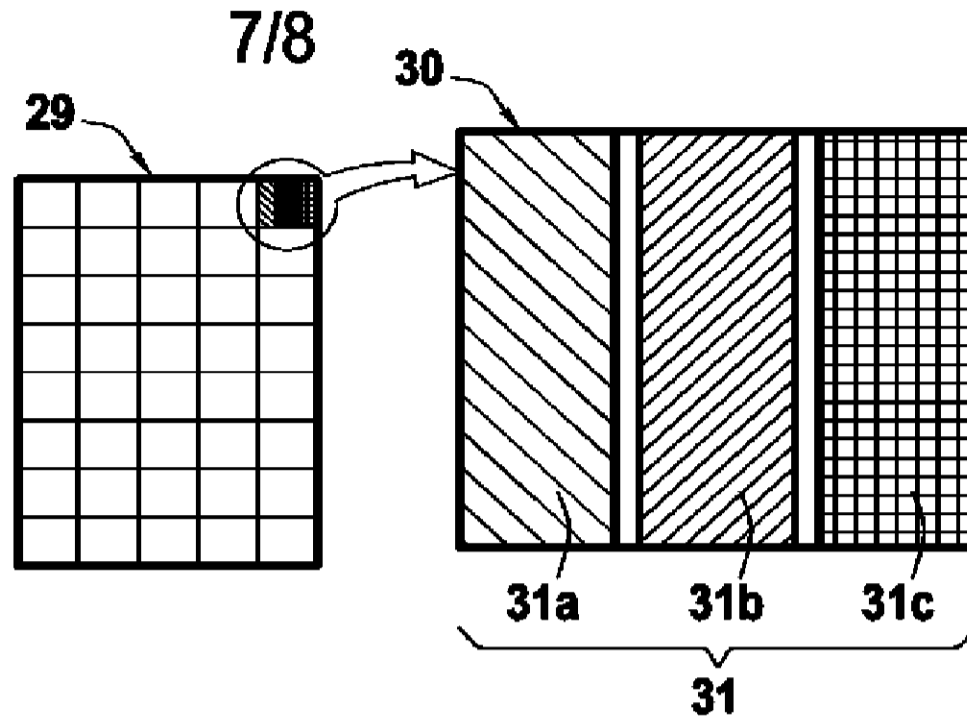
**FIG.11A**



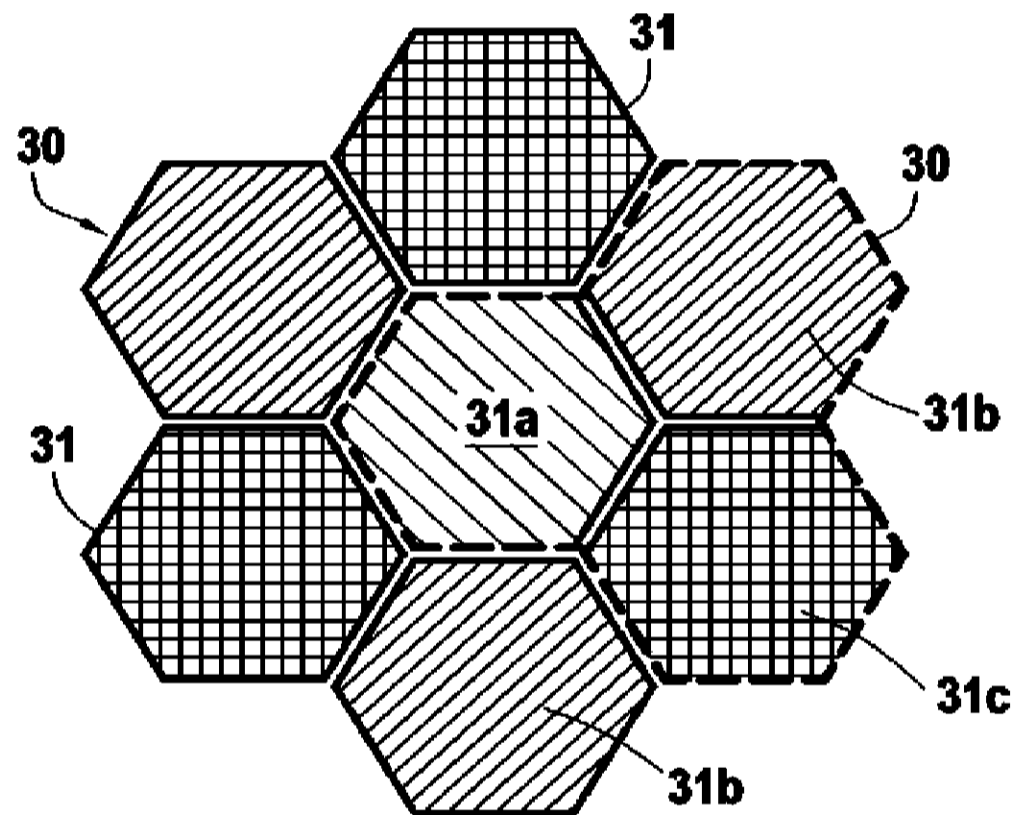
**FIG.11B**



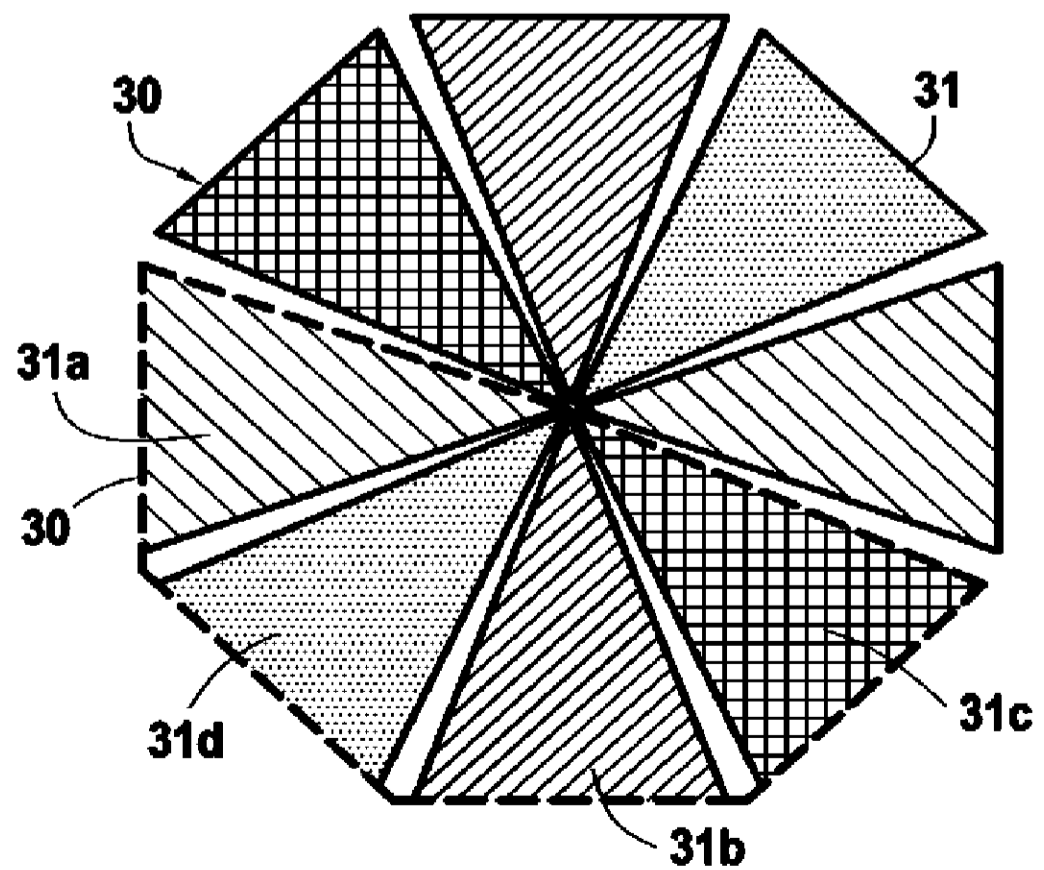
**FIG.12A**

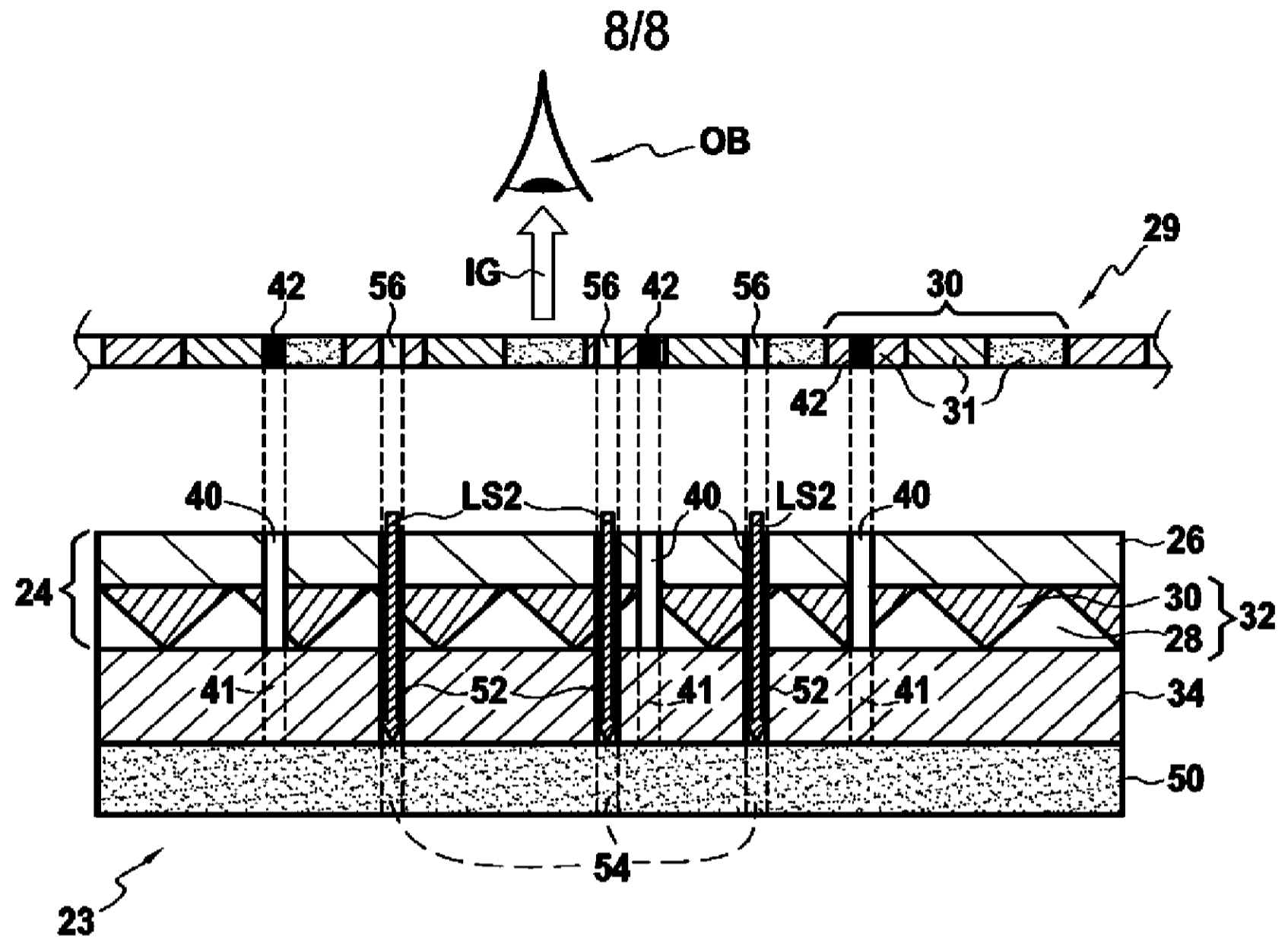


**FIG.12B**

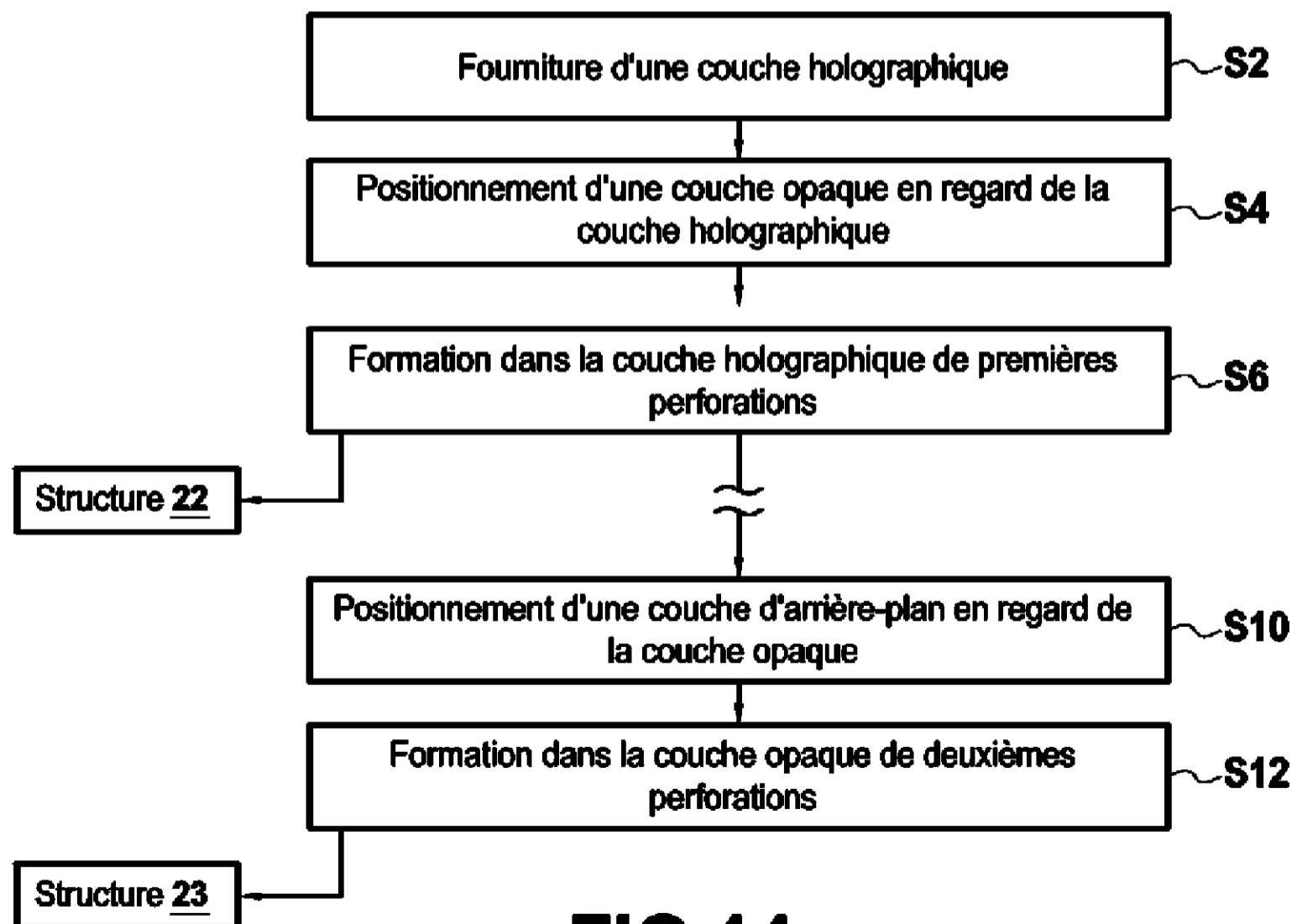


**FIG.12C**

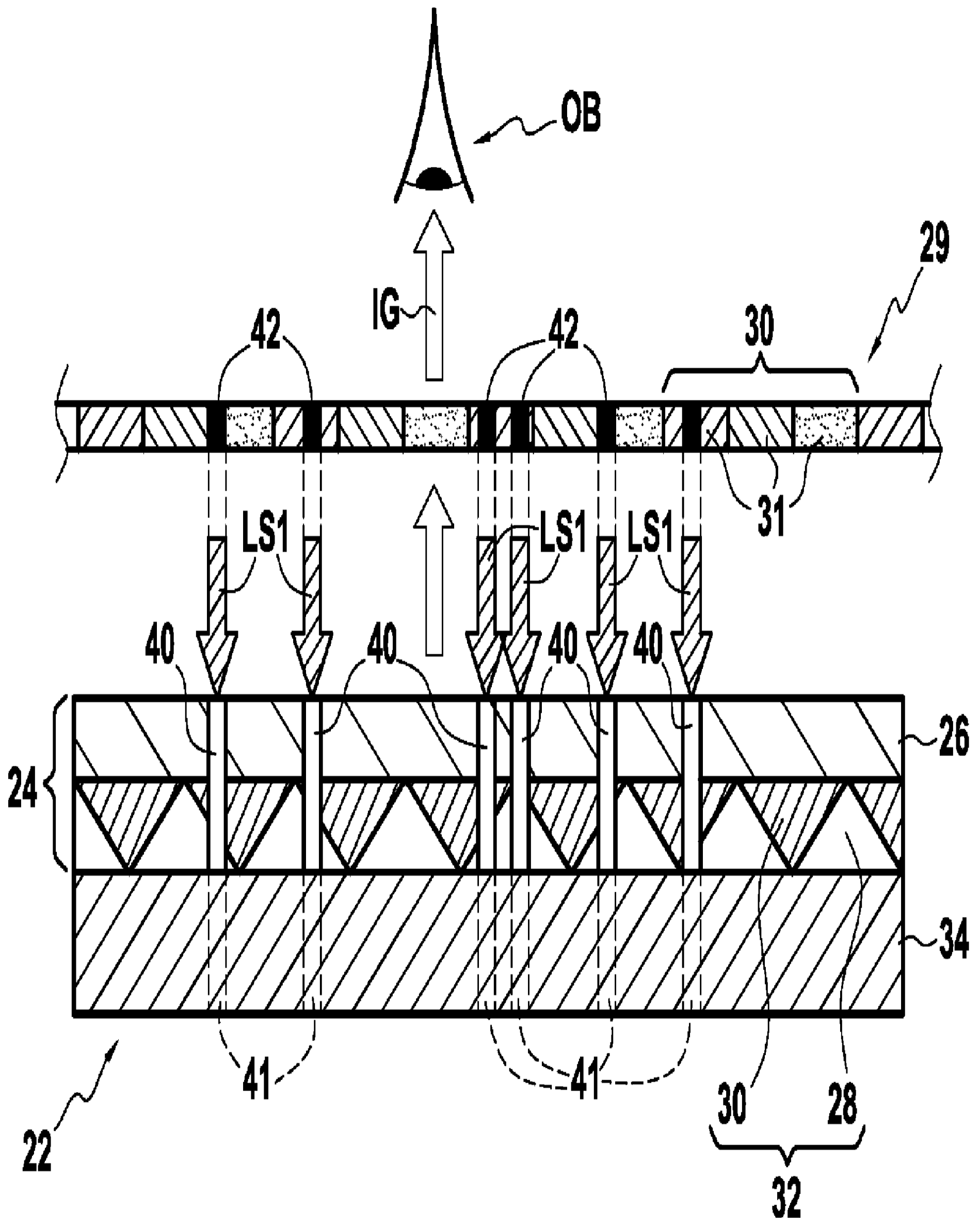




**FIG.13**



**FIG.14**



**FIG.6**