

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 124 980**

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

②1 N° d'enregistrement national : **21 07518**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 42 D 25/00 (2023.01), G 02 B 5/00**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Composants optiques de sécurité, fabrication de tels composants et documents sécurisés équipés de tels composants.

②2 Date de dépôt : 09.07.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.01.23 Bulletin 23/02.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.01.24 Bulletin 24/03.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SURYS SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Gananathan Nelson.

⑦3 Titulaire(s) : SURYS SAS.

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet OSHA et Associés.

FR 3 124 980 - B1



Description

Titre de l'invention : Composants optiques de sécurité, fabrication de tels composants et documents sécurisés équipés de tels composants

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente description concerne le domaine du marquage de sécurité. Plus particulièrement, elle se rapporte à des composants optiques de sécurité pour vérifier l'authenticité d'un document en réflexion, à l'œil nu ou avec un dispositif optique de contrôle, à un procédé de fabrication d'un tel composant et à un document sécurisé équipé d'un tel document.

État de la technique

[0002] On connaît de nombreuses technologies pour l'authentification de documents ou de produits, et notamment pour la sécurisation de documents tels que des documents de valeur, des documents de type billets de banque, passeports ou autres documents d'identification. Ces technologies visent à la production de composants optiques de sécurité dont les effets optiques en fonction des paramètres d'observation (orientation du composant par rapport à l'axe d'observation, position et dimensions de la source lumineuse, etc.) prennent des configurations très caractéristiques et vérifiables. Le but général de ces composants optiques est de fournir des effets optiques nouveaux et différenciés, à partir de configurations physiques difficilement reproductibles. Parmi ces composants, on appelle DOVID pour "*Diffractive Optical Variable Image Device*", les composants optiques produisant des images diffractives et variables que l'on appelle communément les hologrammes.

[0003] Il est connu par exemple de générer un effet consistant en une variation dynamique d'un effet optique, par exemple sous forme de déplacement dans une direction donnée d'une zone lumineuse et/ou colorée, parfois appelée « *barre déroulante* » ou « *rolling bar* » selon l'expression anglo-saxonne, le déplacement résultant d'une rotation (tilt) du composant. Un observateur peut alors observer une zone lumineuse et/ou colorée qui se déplace le long d'une image lorsqu'il fait tourner le composant, ce qui constitue un contrôle d'authentification supplémentaire.

[0004] De tels effets optiques dynamiques présentant des « *barres déroulantes* » sont par exemple décrits dans la demande de brevet publiée WO2015154943 [Réf. 1] au nom de la déposante. Un composant optique de sécurité décrit dans la demande précédemment citée présente un effet visible en réflexion. Le composant optique de sécurité comprend une structure diffractive gravée sur une couche d'un matériau diélectrique. La structure présente un premier motif comprenant un bas-relief avec un

premier ensemble de facettes dont les formes sont déterminées pour simuler une série d'éléments optiques cylindriques concaves ou convexes, visibles en réflexion, ce premier motif étant modulé par un deuxième motif formant un réseau sub longueur d'onde. Un tel composant optique de sécurité présente un effet visuel dynamique de bandes lumineuses de couleurs différentes et défilantes dans des directions opposées lorsqu'il subit une rotation en tilt autour d'un axe parallèle à l'une des directions principales des éléments cylindriques.

- [0005] Des effets visuels dynamiques plus complexes que ceux présentés dans la [Réf. 1], comme par exemple le croisement de deux segments de droite se « déplaçant » dans le même sens à des vitesses différentes ou dans des sens opposés, et/ou le mouvement d'un segment de droite oblique, sont décrits dans la demande de brevet publiée WO2018224512 [Réf. 2] au nom de la déposante.
- [0006] La demande de brevet publiée US2010/0182221 [Réf. 3] décrit par ailleurs un composant optique de sécurité présentant en réflexion un autre type d'effet visuel dynamique basé sur un effet de type Moiré. La [Fig.1A] reproduit une figure de la [Réf. 3] précitée sur laquelle est représentée une vue en coupe d'un élément de sécurité 10, ici un élément de transfert pour billet de banque, comprenant un substrat 11 transparent, un arrangement bidimensionnel 12 de microlentilles, un motif 16 agencé sur une face du substrat opposée au côté en vis-à-vis de microlentilles, ladite face du substrat étant confondue avec un plan focal des microlentilles, le motif 16 étant subdivisé en cellules 14 comprenant chacune un élément de motif 18. Un tel arrangement donne à un observateur une illusion d'un motif qui flotte au-dessus ou au-dessous du plan de microlentilles. Par ailleurs, des effets dynamiques sont visibles par des mouvements de tilt, en calculant les éléments d'images 18 du motif 16.
- [0007] Un autre composant optique de sécurité présentant en réflexion un effet visuel dynamique basé sur un effet de grandissement de type Moiré est décrit dans la demande de brevet publiée US 20140367957 [Réf. 4]. Par rapport à la [Réf. 3], un tel composant optique de sécurité est avantageux en ce que l'arrangement sur deux plan parallèles séparés est remplacé par une couche structurée compatible des procédés de fabrication des composants de type DOVID. La [Fig.1B] reproduit un tel composant optique. Le composant optique 20 représenté sur la [Fig.1B] comprend un arrangement de microlentilles dans lequel on a retiré des « tranches » correspondant à des empreintes de micro-images identiques reproduites périodiquement. On obtient ainsi des éléments en relief 28 ([Fig.1B]) caractéristiques des micro-images. Les éléments en relief 28 comprennent des microstructures 27 formées de « tronçons » de microlentilles et qui présentent de ce fait des surfaces externes courbes qui suivent le profil des microlentilles. Comme illustré sur la [Fig.1B], les surfaces externes courbes des microstructures 27 réfléchissent la lumière incidente suivant les lois de la réflexion, dans

toutes les directions (rayons R_1), tandis que les surfaces planes 26 entre les microstructures 27 ne réfléchissent la lumière incidence qu'en réflexion spéculaire. Du point de vue d'un observateur, chaque élément en relief 28 résultant de la structuration d'une microlentille selon l'empreinte d'une micro-image correspondante, présentera un point lumineux visible illustré par le rayon R_2 (rayon en pointillé réfléchi vers l'observateur) et correspondant à une portion de la micro image grossie par effet de Moiré. En appliquant un mouvement de tilt au composant optique 20, les points lumineux visibles par l'observateur proviendront d'autres régions des microstructures 27, ce qui entraînera la formation de nouvelles images pour l'observateur. Ainsi, les images obtenues par grossissement de Moiré pourront présenter, outre un effet de grossissement, des effets visuels dynamiques de mouvement et d'autres effets résultant des caractéristiques spécifiques des microlentilles, comme par exemple des effets de profondeur.

[0008] Cependant, que ce soit dans l'exemple décrit au moyen de la [Fig.1A] ou dans celui décrit au moyen de la [Fig.1B], l'effet recherché de Moiré requiert une périodicité dans la micro-image que l'on veut faire apparaître en mouvement à un observateur.

[0009] Cette contrainte entraîne en particulier une limitation sur la taille de la micro-image gravée dans la microlentille qui est de l'ordre de la taille de la microlentille, ce qui nécessite un équipement particulier pour accéder à de bonnes résolutions dans la formation des images.

[0010] La présente demande décrit un composant optique de sécurité avec une structure originale permettant d'accéder à des effets visuels dynamiques tels que décrits dans les [Réf. 3] ou [réf. 4] et notamment l'apparition d'objets graphiques qui semblent se déplacer au-dessus ou au-dessous du plan du composant, mais qui ne sont plus basés sur des effets de type Moiré et qui s'affranchissent ainsi des limitations qui leur sont attachées.

Résumé de l'invention

[0011] Dans la présente description, le terme « comprendre » signifie la même chose que « inclure », « contenir », et est inclusif ou ouvert et n'exclut pas d'autres éléments non décrits ou représentés. En outre, dans la présente description, le terme « environ » ou « sensiblement » signifie la même chose que « présentant une marge inférieure et/ou supérieure à 10%, par exemple 5% », de la valeur respective.

[0012] Selon un premier aspect, l'invention concerne un composant optique de sécurité configuré pour une authentification en réflexion, selon au moins une première face d'observation, le composant comprenant :

- une première couche en matériau diélectrique, transparente dans le visible;
- au moins une première structure diffractive gravée sur ladite première couche ; et

- une deuxième couche, recouvrant au moins en partie ladite première structure diffractive, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible ; et dans lequel :
- ladite première structure diffractive comprend au moins un premier motif constitué d'un ensemble de facettes agencées pour former une pluralité de sous-ensembles de facettes, chaque sous-ensemble de facettes comprenant une ou plusieurs facettes à symétrie de révolution agencées de façon concentrique, la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes présentant chacune une pente avec une valeur angulaire comprise en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale non nulle et une valeur angulaire maximale strictement inférieure à 90° , la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes comprenant chacune une hauteur maximale donnée, une dimension latérale maximale de chaque sous ensemble de facettes étant inférieure à environ $300 \mu\text{m}$;
- dans chaque groupe d'une pluralité de groupes de sous-ensemble de facettes, lesdits sous-ensembles de facettes présentent en des régions ponctuelles définies par des coordonnées angulaires identiques, une altération locale de la surface, de telle sorte à produire un objet graphique reconnaissable pour un angle de tilt et un angle d'azimut donnés;
- lesdites coordonnées angulaires varient d'un groupe à l'autre, de telle sorte à produire, lorsque le composant est éclairé selon un axe d'éclairage donné, un effet visuel dynamique observable en réflexion par changement de tilt et/ou d'azimut.

[0013] Dans la présente description, une couche transparente dans le visible est définie comme une couche présentant une transmission d'au moins 70%, de préférence au moins 80% pour une longueur d'onde comprise dans le visible, c'est-à-dire une longueur d'onde comprise entre environ 400 nm et environ 800 nm. Une couche ainsi transparente rend possible une observation à l'œil nu des couches situées sous la couche transparente.

[0014] Dans la présente description, on appelle « hauteur » d'une facette une distance entre un niveau le plus bas de la facette et un niveau le plus haut, la distance étant mesurée selon un axe perpendiculaire à un plan parallèle au plan du composant.

[0015] On appelle « largeur » d'une facette, une largeur de la couronne résultant de la projection de la facette dans un plan parallèle au plan du composant.

[0016] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'ensemble des facettes ont une hauteur sensiblement identique. La hauteur des facettes est par exemple inférieure à environ 2 microns, avantageusement inférieure à environ 1 micron. Selon un ou plusieurs exemples, les facettes de l'ensemble des facettes présentent des hauteurs différentes. Dans ce cas cependant, les facettes présentent une hauteur maximale. Ladite hauteur maximale est par exemple inférieure à environ 2 microns, avantageusement inférieure à environ 1 micron.

- [0017] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'ensemble des facettes présentent un niveau bas situé dans un même plan. Dans d'autres exemples de réalisation, les niveaux bas des facettes ne se trouvent pas dans le même plan. Dans le cas de facettes de hauteurs différentes, des points médians des facettes situés entre le niveau bas et le niveau haut peuvent par exemple se trouver dans un même plan.
- [0018] Selon un ou plusieurs exemples, les facettes présentent une largeur comprise entre environ 2 μm et environ 100 μm , avantageusement entre environ 2 μm et environ 80 μm , avantageusement environ 4 μm et environ 40 μm .
- [0019] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite valeur angulaire minimale de la pente d'une facette (en valeur absolue) est égale à environ 1° . Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite valeur angulaire maximale de la pente d'une facette (en valeur absolue) est égale à environ 45° . Selon un ou plusieurs exemples, la valeur angulaire de la pente d'une facette (en valeur absolue) est comprise entre environ 1° et environ 30° , avantageusement entre environ 2° et environ 15° .
- [0020] Par convention, dans la présente description, le sens positif pour la mesure des valeurs angulaires des pentes des facettes est le sens horaire (ou anti-trigonométrique), l'angle étant mesuré entre un plan parallèle au plan du composant et la surface de la facette.
- [0021] Dans la présente description, on appelle « région ponctuelle » ou « pixel » d'un sous-ensemble de facette, une région d'une facette dudit sous-ensemble de facettes définie par ses coordonnées polaires, à savoir une coordonnée radiale et une coordonnée angulaire. La coordonnée radiale correspond à la facette sur laquelle se trouve ladite région ponctuelle et la coordonnée angulaire correspond à un angle azimutal moyen par rapport à un axe de référence. Une telle région ponctuelle présente ainsi deux dimensions, à savoir une largeur égale à la largeur de la facette sur laquelle elle se trouve et une longueur d'arc qui dépend d'une résolution prédéterminée en azimut.
- [0022] La déposante a montré qu'un tel composant optique de sécurité présente, en réflexion et sous l'effet d'un simple mouvement de tilt et/ou d'azimut, un effet visuel dynamique comprenant par exemple et de façon non limitative un déplacement (translation et/ou rotation) et/ou une déformation d'objets graphiques reconnaissables, les objets graphiques pouvant par ailleurs sembler apparaître au-dessus ou en dessous du plan du composant. Ce même effet de déplacement (translation et/ou rotation) et/ou déformation d'objets graphiques reconnaissables peut être observé à l'œil nu ou au moyen d'un dispositif d'authentification comprenant un dispositif optique d'imagerie. Un tel effet dynamique résulte de la rupture locale d'une propriété de diffusion lumineuse liée à l'altération locale de la surface en des régions ponctuelles données de sous-ensembles de facettes. Il est ainsi possible d'accéder à des effets visuels plus complexes que ceux obtenus par effet de Moiré et on n'est plus contraint par la fa-

brication de la micro-image au sein d'une microlentille.

- [0023] La diffusion lumineuse résulte de l'agencement des facettes sous forme d'une pluralité de sous-ensembles d'une ou plusieurs facettes concentrique(s).
- [0024] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, chaque sous-ensemble de facettes a une dimension maximale (diamètre) comprise 10 μm et 300 μm , de préférence entre 50 μm et 150 μm . en réduisant la dimension de chaque sous-ensemble de facettes et en rendant minimale la distance entre deux sous-ensembles de facettes voisins, on augmente la résolution de l'objet graphique puisqu'on diminue la distance entre deux pixels voisins.
- [0025] Selon un ou plusieurs modes de réalisation, les sous-ensembles de facettes ne comprennent qu'une seule facette. Un effet dynamique pourra être obtenu par un mouvement de rotation azimutale en générant des régions ponctuelles différentes en azimut. Il est également possible de générer un effet « flip flop » d'alternance entre 2 objets graphiques reconnaissable en partitionnant le plan en deux régions azimutales.
- [0026] Selon un ou plusieurs modes de réalisation, chaque sous-ensemble de facettes comprend une pluralité de facettes, par exemple entre 2 facettes et environ 150 facettes, avantageusement entre 2 facettes et environ 50 facettes, avantageusement entre 3 et environ 50 facettes, avantageusement entre 4 et 10 facettes. Avec une pluralité de facettes par sous-ensemble de facettes, on peut obtenir un effet dynamique à la fois par un mouvement de tilt et d'azimut.
- [0027] Pour générer une animation dynamique, on définit une pluralité de groupes de sous-ensembles de facettes, par exemple entre 2 et environ 1000 groupes de sous-ensembles de facettes, avantageusement entre 50 et 300 groupes de sous-ensembles de facettes. Dans chaque groupe de sous-ensembles de facettes, une altération locale de la surface en des régions ponctuelles de coordonnées polaires identiques des sous-ensembles de facettes produit un objet graphique reconnaissable pour un angle de tilt et un angle d'azimut définis par lesdites coordonnées polaires du fait de la rupture de la propriété de diffusion selon cet angle de tilt et cet angle d'azimut. Ainsi, en faisant varier pour chaque groupe les coordonnées polaires des régions ponctuelles qui portent l'altération locale de la surface, on produit, lorsque le composant est éclairé en lumière blanche selon un axe d'éclairage donné, un effet visuel dynamique observable en réflexion par changement de tilt et/ou d'azimut.
- [0028] Le composant optique de sécurité ainsi décrit permet une authentification plus sûre et une barrière technologique plus forte, du fait de la souplesse de conception du composant pour obtenir l'effet décrit ci-dessus, et présente en outre l'avantage de ne résulter que de la structuration d'une seule couche.
- [0029] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'agencement des facettes dans les sous-ensembles de facettes est identique.

- [0030] Cependant, en pratique, l'agencement des facettes dans tous les sous-ensembles de facettes peut ne pas être pas identique, l'effet technique restant sensiblement le même, tant que les pentes des facettes qui portent une altération locale de la surface dans les sous-ensembles des facettes sont dans la même gamme de pentes. Il est par exemple possible de prévoir des sous-ensembles de facettes comprenant des facettes avec des pentes supérieures aux pentes des facettes qui portent une altération locale de la surface, et ce afin de créer des effets visuels supplémentaires qui ne sont apparents que pour des angles de tilts beaucoup plus importants et qui peuvent ainsi former une authentification supplémentaire.
- [0031] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, chaque sous-ensemble de facettes comprend une pluralité de facettes agencées de façon concentriques et l'agencement des facettes dans au moins une partie des sous -ensemble de facettes est tel que les facettes sont agencées avec des pentes variables et dont la variation est croissante en valeur absolue du centre du sous-ensemble de facettes vers le bord dus sous-ensemble de facettes, respectivement décroissante, le sous-ensemble de facettes formant une structure de type « lentille de Fresnel ». Chaque lentille de Fresnel présente un diamètre inférieur à 300 μm de telle sorte qu'elle n'est pas visible à l'œil nu. L'agencement d'une pluralité de lentilles de Fresnel les unes à côté des autres dans un plan parallèle au plan du composant permet de générer des lobes de diffusion centrés sur des angles d'observation qui dépendent des pentes des facettes.
- [0032] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'agencement des facettes de façon concentrique dans au moins une partie des sous -ensemble de facettes est tel que les facettes sont agencées avec des pentes alternativement positives et négatives, variables, et dont la variation est croissante en valeur absolue du centre du sous-ensemble de facettes vers le bord dus sous-ensemble de facettes, respectivement décroissante, le sous-ensemble de facettes formant une structure que l'on appellera « axicon » dans la présente description. Chaque axicon présente un diamètre inférieur à 300 μm de telle sorte qu'il n'est pas visible à l'œil nu. L'agencement d'une pluralité d'axicons les uns à côté des autres dans un plan parallèle au plan du composant permet de générer des lobes de diffusion centrés sur des angles d'observation qui dépendent des pentes des facettes.
- [0033] Quel que soit le type d'agencement des facettes au sein des sous-ensemble de facettes, on cherchera selon des exemples de réalisation préférés à diminuer au maximum la distance entre deux sous-ensembles de facettes voisins de telle sorte à accroître la résolution des objets graphiques générés.
- [0034] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, un nombre de sous-ensemble de facettes est compris entre 5 sous-ensembles de facettes, par exemple pour une authentification avec un dispositif optique, et environ 100 000 sous-ensembles de facettes, ce

qui correspond par exemple à structure diffractive de surface de 70 cm^2 formée de sous-ensembles de diamètre $70 \text{ }\mu\text{m}$. En pratique, dans d'autres exemples de réalisation, un nombre de sous-ensembles de facettes est compris entre environ 300 et environ 40 000. Ce nombre est par exemple approprié pour des sous-ensembles de facettes de diamètre compris entre $70 \text{ }\mu\text{m}$ et $200 \text{ }\mu\text{m}$, pour faire une structure diffractive dont la surface est comprise entre environ 200 mm^2 et environ 800 mm^2 , ce qui correspond par exemple à des surfaces de fils de sécurité ou de patches.

[0035] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, les sous-ensembles de facettes sont agencés selon un arrangement régulier présentant une maille hexagonale, ce qui permet de rendre maximal le nombre de sous-facettes sur une surface donnée. D'autres mailles sont possibles, par exemple une maille carrée.

[0036] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite altération locale de la surface comprend une pente locale sensiblement nulle de la facette au niveau de ladite région ponctuelle. Cette rupture de la pente de la facette produit un changement local de la direction de réflexion qui se traduit par un point fortement contrasté (par exemple noir sur fond blanc) dans la direction d'observation définie en tilt et azimuth par les coordonnées polaires des régions ponctuelles pour lesquelles la surface est altérée. En introduisant cette rupture de pente pour des régions ponctuelles de mêmes coordonnées polaires d'un groupe de sous-ensembles de facettes donnés tels qu'ils forment un objet graphique reconnaissable, on crée un objet à fort contraste dans ladite direction d'observation. On peut alors produire cette même rupture de pente pour une autre région ponctuelle d'un autre groupe de sous-ensemble de facettes de telle sorte que cet autre groupe forme un objet graphique reconnaissable identique ou non, pour donner l'impression d'un objet qui se déplace lorsqu'on change le tilt et/ou l'azimut et/ou qui se déforme si l'objet graphique est modifié.

[0037] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, la deuxième couche comprend un matériau métallique. Le matériau métallique comprend l'un des matériaux ou un alliage de matériaux choisis parmi : Aluminium (Al), Argent (Ag), Chrome (Cr), Or (Au), Cuivre (Cu). Par exemple, une épaisseur de la couche en matériau métallique est supérieure à environ 2 à 3 fois l'épaisseur de peau du métal ou alliage dont elle est formée dans la plage de fréquence du visible ; par exemple une épaisseur de la couche en matériau métallique est comprise entre environ 20 nm et environ 60 nm pour de l'aluminium.

[0038] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le matériau diélectrique de la première couche présente un premier indice de réfraction et la deuxième couche comprend un matériau diélectrique présentant un deuxième indice de réfraction tel que la différence entre le deuxième indice de réfraction et le premier indice de réfraction est supérieure ou égale à environ 0,3, avantageusement supérieure ou égale à environ 0,5. Par

exemple ladite deuxième couche comprend un matériau choisi parmi : sulfure de zinc (ZnS), dioxyde de titane (TiO₂) nitrure de silicium (Si₃N₄).

- [0039] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, la deuxième couche comprend un empilement de couches de nature à produire un filtre interférentiel, par exemple un empilement de matériaux de faible et haut indice de réfraction par exemple un empilement tel que décrit dans la demande de brevet WO2001003945 [Réf. 5]. Par exemple, un tel empilement peut comprendre un matériau avec un indice de réfraction de 1.5 Al (5nm) / ZnS (65nm) / Al (30nm).
- [0040] De manière générale, le matériau dont est formée la deuxième couche permet de conférer au composant une bande spectrale de réflexion dans le visible et de rendre visible ladite première structure diffractive. De tels matériaux adaptés pour ladite deuxième couche sont décrits par exemple dans le brevet US4856857 [Réf. 6].
- [0041] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, dans au moins une première région, ledit premier motif est modulé par un deuxième motif formant un réseau de diffraction à l'ordre zéro. Plus précisément, le premier réseau de diffraction est un réseau périodique unidimensionnel ou bidimensionnel, de période comprise entre 150 nm et 500 nm, avantageusement entre 200 nm et 400 nm, et qui se comporte dans le visible comme un réseau dit « sub longueur d'onde » c'est-à-dire de période inférieure à la plus petite longueur d'onde utilisée pour observer le composant. Le réseau est déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche réfléchissante, un filtre résonant dans une bande spectrale déterminée en fonction notamment des caractéristiques du réseau.
- [0042] Ainsi, selon un premier exemple de réalisation, le réseau de diffraction sub longueur d'onde est configuré pour produire un filtre soustractif en longueur d'onde, appelé dans la suite de la description « *filtre résonant soustractif diélectrique* ». Un exemple d'un tel filtre est par exemple le DIDTM (pour « *Diffraction Identification Device* »), fabriqué par la déposante. Dans ce premier exemple de réalisation, la deuxième couche réfléchissante est une couche en matériau diélectrique transparent, et le réseau de diffraction sub longueur d'onde, à une dimension, est configuré pour permettre l'excitation de modes guidés au sein de la couche réfléchissante transparente, formant un filtre résonant passe bande en réflexion, dont la bande spectrale de résonance est centrée sur une longueur d'onde déterminée en fonction des caractéristiques du réseau et des natures des couches. La couche réfléchissante transparente comprend une couche mince, d'épaisseur préférentiellement comprise entre 20 nm et 200 nm et préférentiellement entre 60 nm et 150 nm, et présente un deuxième indice de réfraction qui diffère de l'indice de réfraction des couches avoisinantes d'au moins 0,3, avantageusement d'au moins 0,5. Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite couche mince en matériau diélectrique est une couche en matériau dit « haut indice »

de réfraction (ou « HRI » pour « *High Refractive Index* »), présentant un indice de réfraction compris entre 1,8 et 2,9, avantageusement entre 2,0 et 2,4 et les couches avoisinantes sont des couches dites « bas indice » de réfraction, présentant des indices de réfraction compris entre 1,3 et 1,8, avantageusement entre 1,4 et 1,7. Un tel filtre résonant soustractif diélectrique est décrit par exemple dans le brevet FR2509873B1 [Réf. 7].

- [0043] En fonctionnement, l'effet d'un tel filtre résonant diélectrique soustractif se superpose à l'effet des sous-ensembles de facettes concentriques pour produire un effet coloré dans la direction d'observation.
- [0044] Selon un autre exemple de réalisation, le réseau de diffraction sub longueur d'onde est configuré pour produire un filtre résonant coupe-bande en réflexion. Il s'agit d'un filtre plasmonique en réflexion, appelé « *R'plasmon* » dans la présente description, et tel que décrit par exemple dans la demande brevet EP2771724 [Réf. 8] ou dans la demande de brevet EP3099513 [Réf. 9]. Pour ce faire, la deuxième couche réfléchissante est métallique et comprend une couche mince en matériau métallique, par exemple de l'argent ou de l'aluminium, avantageusement d'épaisseur supérieure à 40 nm. Avantageusement, la couche réfléchissante métallique est suffisamment épaisse pour présenter une transmission maximale résiduelle en fonction de la longueur d'onde de 2%.
- [0045] En fonctionnement, l'effet d'un tel filtre plasmonique R'Plasmon se superpose à l'effet des sous-ensembles de facettes concentriques pour produire un effet coloré dans la direction d'observation.
- [0046] Dans le cas d'un premier motif modulé par un deuxième motif, une largeur des facettes est avantageusement supérieure ou égale à environ 4 fois, avantageusement supérieure ou égale à environ 8 fois ladite période du réseau. La dimension minimale pourra donc être choisie en fonction de la période du réseau. Par exemple, une dimension minimale de la largeur des facettes est égale à environ 2 μm .
- [0047] Dans le cas d'un premier motif modulé par un deuxième motif, ladite altération locale de la surface peut comprendre une modification locale d'une propriété dudit réseau périodique, par exemple une propriété choisie parmi le profil, l'azimut (orientation du vecteur réseau), la profondeur et la période du réseau ou bien l'absence locale dudit réseau.
- [0048] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, dans le cas d'un premier motif *non* modulé par un deuxième motif, ladite altération locale de la surface peut comprendre une modulation locale du premier motif par un deuxième motif formant un réseau périodique, de période prédéterminée comprise entre 150 nm et 500 nm, ledit réseau étant déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche, un effet résonant. Un réseau est par exemple conforme à ceux décrits précédemment pour produire un effet

de type DID™ ou R'Plasmon.

- [0049] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le composant optique de sécurité selon le premier aspect comprend au moins une deuxième structure gravée sur ladite première couche, ladite deuxième couche recouvrant au moins en partie ladite deuxième structure. La deuxième structure est configurée pour former par exemple et de façon non limitative, une structure diffusante, une structure holographique, une structure diffractive permettant de réaliser par exemple un effet dit Alphagram® développée par la déposante
- [0050] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le composant optique de sécurité selon le premier aspect comprend une ou plusieurs couches additionnelles en fonction des besoins de l'application, sans que cette ou ces couches additionnelles ne contribuent nécessairement à l'effet visuel recherché.
- [0051] Ainsi, selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le composant optique de sécurité est configuré pour la sécurisation d'un objet, par exemple un document ou un produit, et comprend en outre, sur la face opposée à la face d'observation, une couche adaptée pour le transfert du composant sur le document ou le produit, par exemple une couche adhésive ou une couche d'adhésif réactivable.
- [0052] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le composant optique de sécurité comprend en outre, du côté de la première face d'observation, un film support destiné à être détaché après transfert du composant sur le document ou le produit.
- [0053] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, le composant optique de sécurité est configuré pour la fabrication d'une piste de sécurité pour la sécurisation des billets de banque, et comprend du côté de la première face d'observation et/ou sur la face opposée à la première face d'observation, une ou plusieurs couches de protection.
- [0054] Selon un deuxième aspect, la présente description concerne un objet sécurisé, par exemple un document de valeur sécurisé, comprenant un substrat et un composant optique de sécurité selon le premier aspect, déposé sur ledit substrat ou sur une des couches dudit substrat dans le cas d'un substrat multicouches.
- [0055] Un tel objet sécurisé est par exemple, et de façon non limitative : un billet de banque, un document d'identité ou de voyage, sur substrat papier ou polymère.
- [0056] Selon un troisième aspect, la présente description concerne des procédés de fabrication de composants optiques de sécurité selon le premier aspect.
- [0057] Ainsi, la présente description concerne un procédé de fabrication d'un composant optique de sécurité destiné à être observé en réflexion selon une face d'observation, le procédé comprenant :
- le dépôt sur un film support d'une première couche en matériau diélectrique, transparente dans le visible;
 - la formation sur ladite première couche d'au moins une première structure dif-

fractive,

- le dépôt d'une deuxième couche, recouvrant au moins en partie ladite première structure diffractive, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible, dans lequel :

- ladite première structure diffractive comprend au moins un premier motif constitué d'un ensemble de facettes agencées pour former une pluralité de sous-ensembles de facettes, chaque sous-ensemble de facettes comprenant une ou plusieurs facettes à symétrie de révolution agencées de façon concentrique, la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes présentant chacune une pente avec une valeur angulaire comprise en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale non nulle et une valeur angulaire maximale strictement inférieure à 90° , la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes comprenant chacune une hauteur maximale donnée, une dimension latérale maximale de chaque sous ensemble de facettes étant inférieure à environ $300 \mu\text{m}$;

- dans chaque groupe d'une pluralité de groupes de sous-ensemble de facettes, lesdits sous-ensembles de facettes présentent en des régions ponctuelles définies par des coordonnées angulaires identiques, une altération locale de la surface, de telle sorte à produire un objet graphique reconnaissable pour un angle de tilt et un angle d'azimut donnés;

- lesdites coordonnées angulaires varient d'un groupe à l'autre, de telle sorte à produire, lorsque le composant est éclairé selon un axe d'éclairage donné, un effet visuel dynamique observable en réflexion par changement de tilt et/ou d'azimut.

[0058] Selon un quatrième aspect, la présente description concerne un procédé d'authentification à l'œil nu d'un objet sécurisé selon le deuxième aspect, le procédé d'authentification comprenant :

- l'observation du composant optique de sécurité dudit objet sécurisé selon un axe d'observation formant un angle d'observation donné avec l'axe d'éclairage ;

- un mouvement en tilt et/ou en azimut dudit objet sécurisé résultant en un effet visuel dynamique comprenant un déplacement d'objets graphiques, lesdits objets graphiques étant reconnaissables à l'œil nu.

[0059] Dans une authentification à l'œil nu du composant optique de sécurité d'un objet sécurisé, le changement de tilt et/ou d'azimut peut comprendre un mouvement en tilt du composant, c'est-à-dire une rotation du composant selon un axe contenu dans le plan du composant et/ou un mouvement en azimut du composant, c'est-à-dire une rotation selon un axe perpendiculaire au plan du composant, tandis que l'observation se fait selon un axe d'observation donné.

[0060] L'angle d'observation est par exemple défini par rapport à une direction d'éclairage verticale. Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'angle d'observation est

compris entre environ 30° et environ 60°. Par exemple, l'angle d'observation est égal à environ 45°, ce qui correspond, pour un éclairage vertical, à une direction d'observation classique pour un observateur lors d'une authentification à l'œil nu.

[0061] Pour une observation d'un objet graphique à l'œil nu, au moins un objet graphique formé par au moins un des groupes de sous-ensembles de facettes présente une dimension minimale supérieure à 500 µm, de préférence supérieure à 1 mm, de préférence supérieure à 2 mm, de préférence supérieure à 5 mm. Une telle dimension minimale permet de générer un objet graphique reconnaissable à l'œil nu.

[0062] Selon un cinquième aspect, la présente description concerne un procédé d'authentification d'un objet sécurisé selon le deuxième aspect au moyen d'un dispositif optique d'imagerie comprenant un axe optique d'imagerie, ledit procédé d'authentification comprenant :

- la formation d'une image dudit composant optique de sécurité, au moyen du dispositif optique d'imagerie, ledit axe optique d'imagerie formant un angle d'observation donné avec l'axe d'éclairage ;
- un mouvement en tilt et/ou en azimuth dudit objet sécurisé ou un mouvement en tilt et/ou en azimuth dudit axe optique d'imagerie, résultant en un effet visuel dynamique comprenant un déplacement d'objets graphiques, lesdits objets graphiques étant reconnaissables par ledit dispositif optique d'imagerie.

[0063] Ainsi, dans une authentification au moyen d'un dispositif d'authentification comprenant un dispositif optique d'imagerie, par exemple une caméra d'un appareil de type smartphone, le changement de tilt et/ou d'azimut peut comprendre un déplacement en tilt ou en azimuth du dispositif d'authentification lui-même, c'est-à-dire respectivement autour d'un axe situé dans un plan du composant ou autour d'un axe perpendiculaire au plan du composant.

[0064] Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'axe d'éclairage et l'axe optique d'imagerie sont sensiblement confondus, la source d'éclairage étant incluse dans le dispositif d'authentification.

[0065] Pour une observation d'un objet graphique au moyen d'un dispositif optique d'imagerie, au moins un objet graphique peut être constitué d'un objet graphique non figuratif, par exemple un QR code. Par ailleurs, du fait du grandissement éventuel du dispositif optique d'imagerie, les dimensions des objets graphiques formés par les groupes de sous-ensembles de facettes peuvent présenter des dimensions inférieures aux dimensions requises pour une perception oculaire.

Brève description des figures

[0066] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit, illustrée par les figures suivantes :

- [0067] La [Fig.1A] (déjà décrite) illustre un exemple d'élément de sécurité décrit dans la [Réf.3] de l'état de l'art.
- [0068] La [Fig.1B] (déjà décrite) illustre un exemple d'élément de sécurité décrit dans la [Réf.4] de l'état de l'art.
- [0069] La [Fig.2A] illustre de façon schématique une vue en coupe (partielle) d'un exemple de réalisation d'un composant selon la présente description.
- [0070] La [Fig.2B] illustre de façon schématique une vue en coupe (partielle) d'un autre exemple de réalisation d'un composant selon la présente description.
- [0071] La [Fig.3A] représente les paramètres d'observation (tilt) d'un composant optique de sécurité selon la présente description, dans un exemple d'observation à l'œil nu.
- [0072] La [Fig.3B] représente les paramètres d'observation (tilt) d'un composant optique de sécurité selon la présente description, dans un exemple d'observation au moyen d'un dispositif d'authentification comprenant un dispositif optique d'imagerie, par exemple un dispositif d'authentification de type smartphone.
- [0073] La [Fig.3C] représente les paramètres d'observation (azimut) d'un composant optique de sécurité selon la présente description.
- [0074] La [Fig.4A] représente de façon schématique une vue de dessus et une vue en coupe d'un exemple d'un sous-ensemble de 5 facettes concentriques de type « lentille de Fresnel ».
- [0075] La [Fig.4B] représente de façon schématique une vue de dessus et une vue en coupe d'un exemple d'un sous-ensemble de 5 facettes concentriques de type « axicon ».
- [0076] La [Fig.5A] représente la répartition d'intensité lumineuse en fonction de l'angle d'observation pour des facettes avec des angles différents.
- [0077] La [Fig.5B] illustre de façon schématique les régions ponctuelles ou pixels dans un sous-ensemble comprenant 4 facettes et pour 20 valeurs moyennes de l'azimut.
- [0078] La [Fig.5C] illustre dans un sous-ensemble de facettes un exemple dans lequel pour un pixel d'une facette la surface desdits pixels est altérée.
- [0079] La [Fig.6A] représente un premier exemple d'un sous-ensemble de 4 facettes de type lentille de Fresnel, dans lequel (a) aucun pixel ne présente de surface altérée, (b) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une annulation de la pente et (c) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une modification d'un paramètre d'un réseau de diffraction sub longueur d'onde qui module le sous-ensemble de facettes.
- [0080] La [Fig.6B] représente un deuxième exemple d'un sous-ensemble de 4 facettes de type axicon, de même hauteur, dans lequel (a) aucun pixel ne présente de surface altérée, (b) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une annulation de la pente et (c) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une modification d'un paramètre d'un réseau de diffraction sub longueur d'onde qui module le sous-ensemble de facettes.
- [0081] La [Fig.6C] représente un deuxième exemple d'un sous-ensemble de 4 facettes de

type axicon, de même largeur, dans lequel (a) aucun pixel ne présente de surface altérée, (b) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une annulation de la pente et (c) la facette d'un pixel est altérée au moyen d'une modification d'un paramètre d'un réseau de diffraction sub longueur d'onde qui module le sous-ensemble de facettes.

[0082] La [Fig.7] illustre de façon schématique les opérations mathématiques permettant le calcul de la structure, dans un exemple de réalisation.

[0083] La FG. 8A illustre le résultat du calcul schématisé sur la [Fig.7], dans un exemple de réalisation.

[0084] La [Fig.8B] illustre un détail de la [Fig.7].

[0085] La [Fig.9A] montre de façon schématique l'effet dynamique en azimuth obtenu au moyen d'une structure du type de celle illustrée sur la [Fig.8A].

[0086] La [Fig.9B] montre de façon schématique l'effet dynamique en tilt obtenu au moyen d'une structure du type de celle illustrée sur la [Fig.8A].

Description détaillée

[0087] Sur les figures, les éléments ne sont pas représentés à l'échelle pour une meilleure visibilité.

[0088] La [Fig.2A] et la [Fig.2B] représentent de façon schématique et selon des vues en coupe (partielles) deux exemples de composants optiques de sécurité selon la présente description.

[0089] Le composant optique de sécurité 201 représenté sur la [Fig.2A] représente par exemple un composant optique de sécurité destiné à être transféré sur un document ou un produit en vue de sa sécurisation. Il comprend selon cet exemple un film support 211, par exemple un film en matériau polymère, par exemple un film en polyéthylène téréphtalate (PET) de quelques dizaines de micromètres, typiquement 15 à 100 μm , ainsi qu'une couche de détachement 212, par exemple en cire naturelle ou synthétique. La couche de détachement permet de retirer le film support en polymère 211 après transfert du composant optique sur le produit ou document à sécuriser. Le composant optique de sécurité 201 comprend par ailleurs une première couche 213 en matériau diélectrique, présentant un premier indice de réfraction n_1 et au moins une première structure diffractive S, comprenant un premier motif M_1 estampé sur ladite première couche 113 et qui sera décrite plus en détails par la suite.

[0090] Dans l'exemple de la [Fig.2A], le composant optique de sécurité 201 comprend également une deuxième couche 214, réfléchissante, recouvrant au moins en partie ladite première structure S, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible. La deuxième couche 214 est par exemple une couche métallique ou une couche dite de variation d'indice présentant un indice de réfraction différent de celui de la première couche 213, la différence d'indice entre les couches 213 et 214 présentant

une valeur au moins égale à 0,3, avantageusement une valeur au moins égale à 0,5. La couche 214 permet d'assurer la réflexion de la lumière incidente.

[0091] Le composant optique de sécurité comprend par ailleurs une ou plusieurs couches optionnelles, non fonctionnelles optiquement mais adaptées à l'application.

[0092] Par exemple, dans l'exemple de la [Fig.2A], le composant optique de sécurité comprend en outre une couche d'adhésif 217, par exemple une couche d'adhésif réactivable à chaud, pour le transfert du composant optique de sécurité sur le produit ou document.

[0093] En pratique, comme cela sera détaillé par la suite, le composant optique de sécurité peut être fabriqué en empilant les couches sur le film support 211, puis le composant est transféré sur un document/produit à sécuriser grâce à la couche d'adhésif 217. Optionnellement, le film support 211 peut alors être détaché, par exemple au moyen de la couche de détachement 212. La face principale d'observation 200 du composant optique de sécurité se trouve ainsi du côté de la première couche 213 opposé à la face structurée de la couche 213.

[0094] Le composant optique de sécurité 202 représenté sur la [Fig.2B] représente par exemple un composant optique de sécurité destiné à la sécurisation de billets de banque ; il s'agit par exemple d'une partie d'un fil de sécurité destiné à être intégré dans le papier pendant la fabrication du billet ou d'une piste laminée couvrant une fenêtre dans le papier ou d'un patch. Dans cet exemple, le composant 202 comprend comme précédemment un film support 211 (12 à 50 μm) qui servira également de film de protection au fil de sécurité, et, comme dans l'exemple de la [Fig.2A], une première couche 213 en matériau diélectrique présentant un premier indice de réfraction n_1 , au moins une première structure diffractive S, comprenant un premier motif M_1 modulé par un deuxième motif M_2 , par exemple un réseau diffractif sub longueur d'onde, estampée sur ladite première couche 213 et qui sera décrite plus en détails par la suite. Une deuxième couche 214 recouvre au moins en partie ladite première structure S, et présente une bande spectrale de réflexion dans le visible. Le composant optique de sécurité 202 comprend par ailleurs, dans l'exemple de la [Fig.2B], un ensemble des couches 215, 216, 218 optionnelles. La couche 215 (optionnelle) est par exemple une couche en matériau diélectrique, par exemple une couche transparente ou une couche colorée opaque qui permet d'augmenter le contraste ; la couche 216 (optionnelle) est par exemple une couche de sécurité, par exemple une couche discontinue avec un motif spécifique imprimé localement avec une encre UV pour réaliser un marquage complémentaire contrôlable à l'œil ou en machine ; et la couche 218 (optionnelle) est par exemple une couche de protection, par exemple un deuxième film polymère ou un vernis. Dans le cas d'une piste laminée, la couche 218 peut être une couche adhésive. Comme dans l'exemple précédent, la fabrication peut être réalisée par empilement des

couches sur le film support 211. La couche diélectrique 215 et la couche de sécurité 216 peuvent ne former qu'une seule couche. La couche de protection (ou couche adhésive) 218 et la couche 215 peuvent également ne former qu'une seule et même couche.

- [0095] Il apparaîtra à l'homme du métier que d'autres couches non fonctionnelles optiquement peuvent être ajoutées en fonction des besoins de l'application dans chacun des exemples représentés sur les FIGS. 2A et 2B et que les variantes de réalisation présentées sur les FIGS. 2A et 2B peuvent être combinées.
- [0096] A noter que si les couches additionnelles, non fonctionnelles optiquement, par exemple la couche 217, ou les couches 215, 216, 218, sont transparentes, ainsi que le support de destination, le composant optique de sécurité pourra être visible des deux côtés, avec une inversion des courbures des éléments optiques générés.
- [0097] La [Fig.3A] représente les paramètres d'observation d'un composant optique de sécurité 301 selon la présente description, dans un exemple d'observation à l'œil nu.
- [0098] On note Δ_L l'axe d'éclairage, par exemple un éclairage vertical correspondant à la lumière naturelle, on note Δ_O l'axe d'observation correspondant à la direction d'observation par un observateur (symbolisé par un œil sur la [Fig.3A]) et θ_{obs} l'angle d'observation entre les axes Δ_L et Δ_O . Dans la suite de la description, on assimile θ_{obs} à la valeur absolue de la mesure angulaire de l'angle d'observation.
- [0099] En opération, lors d'un contrôle de l'authenticité d'un document sécurisé au moyen d'un composant optique de sécurité conforme à la présente description, celui-ci subit une rotation (tilt) autour d'un axe de tilt Δ contenu dans le plan du composant et/ou une rotation azimutale autour de l'axe Δ_N perpendiculaire au plan du composant.
- [0100] Lors d'une authentification à l'œil nu, les directions d'éclairage et d'observation sont fixes et les mouvements en tilt et en azimut du composant se traduisent par une variation de l'angle d'incidence θ_i de la lumière incidente sur le composant, défini par rapport à un axe Δ_N normal au plan du composant ainsi qu'une variation de l'angle azimutal. Par convention, dans la présente description, le sens positif de l'angle d'incidence est le sens trigonométrique.
- [0101] La [Fig.3B] représente les paramètres d'observation d'un composant optique de sécurité selon la présente description, dans un exemple d'observation au moyen d'un dispositif optique d'imagerie 30, par exemple une caméra d'un appareil d'authentification de type smartphone.
- [0102] Dans cet exemple, l'axe d'éclairage Δ_L est sensiblement confondu avec l'axe d'observation Δ_O qui est l'axe optique du dispositif d'imagerie.
- [0103] En opération, lors d'un contrôle de l'authenticité d'un document sécurisé au moyen d'un composant optique de sécurité conforme à la présente description, on peut soit faire subir au composant 301 une rotation (tilt) autour d'un axe de tilt Δ contenu dans

- le plan du composant ou une rotation azimutale autour de l'axe Δ_N perpendiculaire au plan du composant, soit déplacer en tilt et en azimut le dispositif optique d'imagerie.
- [0104] Lors d'une authentification, les directions d'éclairage et d'observation restent confondues et les mouvements en tilt et en azimut du dispositif d'authentification se traduisent par une variation de l'angle d'incidence θ_i de la lumière incidente sur le composant, défini par rapport à un axe Δ_N normal au plan du composant ainsi qu'une variation de l'angle azimutal.
- [0105] La [Fig.3C] représente les paramètres d'observation d'un composant optique de sécurité 301 selon la présente description. Comme illustré sur cette figure, l'observation d'un composant optique selon la présente description se fait non seulement en tilt ([Fig.3A] et [Fig.3B]) mais aussi en azimut. On note ϕ l'angle azimutal, mesuré par rapport à un axe arbitraire.
- [0106] La [Fig.4A] représente de façon schématique une vue de dessus et une vue en coupe d'un exemple d'un sous-ensemble L_1 de 5 facettes concentriques $F_{1,1}, F_{1,2}, F_{1,3}, F_{1,4}, F_{1,5}$, de type « lentille de Fresnel ».
- [0107] Comme cela est visible sur la [Fig.4A], les facettes des sous-ensembles de facettes sont séparées par des parois sensiblement verticales. Ces parois verticales peuvent introduire des ombrages et de ce fait des pertes énergétiques, aussi des sous-ensembles de facettes de type axicon tels que décrits en relation avec la [Fig.4B] sont généralement préférés.
- [0108] La [Fig.4B] représente de façon schématique une vue de dessus et une vue en coupe d'un exemple d'un sous-ensemble L_2 de 5 facettes concentriques $F_{2,1}, F_{2,2}, F_{2,3}, F_{2,4}, F_{2,5}$, de type « axicon ».
- [0109] L'ensemble des facettes sont concentriques. Elles sont caractérisées par une hauteur h , définie par la distance entre un niveau le plus bas de la facette et un niveau le plus haut, la distance étant mesurée selon un axe perpendiculaire au plan parallèle au plan du composant. Dans les exemples des [Fig.4A] et de la [Fig.4B], les niveaux bas des facettes se trouvent sur un même plan π parallèle au plan du composant, mais d'autres configurations sont possibles. Par ailleurs, dans ces exemples, les facettes ont toutes la même hauteur h , ladite hauteur étant inférieure à environ $2 \mu\text{m}$, avantageusement inférieure à environ $1 \mu\text{m}$, par exemple comprise entre environ $0.5 \mu\text{m}$ et environ $1 \mu\text{m}$.
- [0110] Les facettes sont également caractérisées par une largeur Λ_i , définie par la dimension de la facette selon la direction de variation de la pente, projetée dans un plan parallèle au plan du composant. La largeur est généralement comprise par exemple entre environ $2 \mu\text{m}$ et environ $100 \mu\text{m}$, par exemple entre environ $2 \mu\text{m}$ et environ $80 \mu\text{m}$, par exemple environ $4 \mu\text{m}$ et environ $40 \mu\text{m}$.
- [0111] Les facettes comprennent des pentes dont les valeurs angulaires α_i sont comprises, en valeur absolue, entre une valeur angulaire minimale, par exemple 1° et une valeur

angulaire maximale, par exemple 45° . Par exemple, les valeurs angulaires α_i sont comprises entre environ 2° et environ 15° .

- [0112] Dans d'autres exemples de réalisation, pour obtenir des valeurs angulaires des pentes des facettes identiques, on pourra avoir des hauteurs de facettes différentes et des largeurs identiques.
- [0113] Le motif M_1 comprend une pluralité de sous-ensembles de facettes, par exemple entre quelques centaines et quelques dizaines de milliers de sous-ensembles de facettes, par exemple des sous-ensembles de facettes de type lentilles de Fresnel ou axicons, telles que décrites ci-dessus.
- [0114] Dans des exemples de réalisation, l'agencement des facettes dans les sous-ensembles de facettes est identique. Cependant, l'agencement des facettes dans les sous-ensembles de facettes peut ne pas être identique sans que l'effet technique soit modifié.
- [0115] Chaque sous-ensemble de facettes a une dimension maximale (diamètre) comprise $10\ \mu\text{m}$ et $300\ \mu\text{m}$, de préférence entre $50\ \mu\text{m}$ et $150\ \mu\text{m}$.
- [0116] Par ailleurs, chaque sous-ensemble de facettes peut ne comprendre qu'une seule facette. Pour générer des objets graphiques de meilleure résolution, on privilégiera une pluralité de facettes par sous-ensemble de facettes, par exemple entre 4 et 10 facettes.
- [0117] Dans les exemples des [Fig.4A] et [Fig.4B], l'agencement des sous-ensembles de facettes est hexagonal, ce qui permet de maximiser la surface couverte par les sous-ensembles de facettes. D'autres agencements sont possibles, par exemple agencement avec une maille carrée.
- [0118] Une telle structure permet de diffuser la lumière dans des lobes de diffusion qui dépendent de la pente, comme cela est décrit ci-dessous.
- [0119] La [Fig.5A] représente la répartition d'intensité lumineuse en fonction de l'angle d'observation, et plus précisément en fonction de $\theta_o + \theta_i$. Ainsi, $\theta_o + \theta_i = 0$ correspond à des angles d'incidence et d'observation de mesures opposées, c'est-à-dire à une observation dans des conditions de réflexion spéculaire. La réflexion spéculaire correspond dans la présente description à la position du composant qui permet une réflexion de la lumière incidente avec un angle de réflexion de mesure opposée à celle de l'angle incident. Autrement dit, la normale au plan du composant sépare l'angle d'observation en deux secteurs angulaires de même mesure.
- [0120] Les facettes étant à symétrie de révolution, quel que soit l'azimut, la réponse optique d'une facette de largeur Λ et de profondeur h est obtenue en calculant la transformée de Fourier TF du déphasage $\Delta\phi(y)$ subi par un rayon lumineux incident en une position donnée y de la facette avec un angle θ_i . Le déphasage $\Delta\phi(y)$ s'exprime par :

[0121] [Math 1]

$$\Delta\phi(y) = \exp\left(\frac{4\pi n_i}{\lambda} h \frac{y}{\Lambda}\right); y \in [0, \Lambda]$$

[0122] Où λ est une longueur de travail centrale de la source d'illumination, par exemple 550 nm dans le visible, n_1 est l'indice de la première couche en matériau diélectrique (213, [Fig.2A] et [Fig.2B]), h est la hauteur des facettes. La réponse optique de la facette s'exprime ainsi par :

[0123] [Math 2]

$$TF(v) = \int_0^\Lambda \Delta\phi e^{-i2\pi v y} dy$$

[0124] Où v est la fréquence spatiale donnée par :

[0125] [Math 3]

$$v = \frac{2\pi n_1}{\lambda} \sin(\theta_i)$$

[0126] Grâce à ce formalisme, nous pouvons prédire la distribution d'énergie lumineuse pour chaque facette en fonction de $\theta_o + \theta_i$. autrement dit, pour un angle θ_i donné, il sera possible de prédire quelles facettes renvoient la lumière dans une direction d'observation définie par un angle d'observation θ_o donné.

[0127] En lumière blanche par exemple, la réponse optique des facettes de pente α_i correspond à un lobe diffractif obtenu en considérant l'enveloppe de l'amplitude des ordres diffractés pour des longueurs d'onde allant de 400 nm à 800 nm. Le lobe diffractif d'une facette d'angle de pente α_i est centré sur la position angulaire $\theta_o = -\theta_i + 2\alpha_i$.

[0128] Des exemples de lobes diffractifs 501, 502, 503, 504, 505, 505, 506, 507, 508 sont présentés sur la [Fig.5A]. Ils correspondent respectivement à l'énergie lumineuse renvoyée par des facettes de largeurs [8.4 μ m, 11.2 μ m, 14.7 μ m, 24.5 μ m] pour une hauteur de 1 μ m.

[0129] On observe que les facettes faiblement inclinées renvoient l'énergie lumineuse dans une direction proche de la réflexion spéculaire (lobes 507, 508). A l'inverse, les facettes plus inclinées renvoient l'énergie lumineuse dans une direction qui s'éloigne de la réflexion spéculaire (lobes 501, 502). Il apparaît également qu'avec une pluralité de facettes présentant des angles différents dans un même sous-ensemble de facettes, la lumière est renvoyée dans une grande partie de l'espace correspondant à l'ensemble des lobes, ce qui contribue à générer un lobe de diffusion très large au sein duquel un objet graphique pourra être produit en altérant localement la surface de facettes au sein des sous-ensembles de facettes.

[0130] La [Fig.5B] et la [Fig.5C] illustrent de façon schématique en vue de dessus un sous-ensemble L_k de facettes concentriques de type lentille de Fresnel ([Fig.5C]). La [Fig.5B] schématise cette même lentille mais partitionnée sous forme de régions ponctuelles ou pixels.

[0131] Comme cela est apparent sur figures, le sous-ensemble L_k comprend dans cet exemple 4 facettes, indiquées F_{k1} , F_{k2} , F_{k3} , F_{k4} sur la [Fig.5B] et le plan est partitionné

en 20 secteurs angulaires, ce qui génère 20 valeurs moyennes φ_j de l'azimut φ .

[0132] On peut ainsi définir une région ponctuelle P_{ij} par ses coordonnées polaires. La coordonnée radiale i correspond à la facette dans laquelle se trouve la région ponctuelle et la coordonnée angulaire j correspond à une valeur moyenne de l'azimut φ_j . Ainsi dans cet exemple, la région ponctuelle $P_{2,8}$ est la région située sur la facette F_{k2} , et à un azimut moyen $\varphi_8 = (360/20) \times 8 - ((360/20)/2) = 135^\circ$.

[0133] Une telle région ponctuelle présente deux dimensions, à savoir une largeur Λ_i égale à la largeur de la facette F_{ki} sur laquelle elle est se trouve (largeur de la couronne résultant de la projection de la facette dans un plan parallèle au plan du composant) et une longueur d'arc δ_i qui dépend d'une résolution prédéterminée en azimut et du rayon, et donc de la facette F_{ki} sur laquelle la région ponctuelle se trouve.

[0134] En pratique, la résolution en azimut $Res(azimut)$ varie entre par exemple 180° pour une partition du plan en 2 (alternance entre 2 objets graphiques par rotation azimutale) et une résolution de 1° pour une partition du plan en 360 (un objet graphique par degré de rotation azimutale).

[0135] La longueur d'arc δ_i dépend du rayon et donc de la facette F_{ki} considérée.

[0136] Par exemple, pour une résolution de 18° (partition du plan en 20), pour la première facette F_{k1} , $\delta_1 = (2 * \pi / 360^\circ) * 18^\circ * 25 \mu m = 7.8 \mu m$.

[0137] Pour la quatrième facette F_{k4} , $\delta_4 = (2 * \pi / 360^\circ) * 70 \mu m * 18^\circ = 22 \mu m$.

[0138] De manière générale, l'aire $A(F_{ki})$ d'une facette F_{ki} peut s'exprimer par :

$$[0139] \quad A(F_{ki}) = \pi \left((\sum A_i)^2 - (\sum A_{i-1})^2 \right)$$

[0140] Pour la première facette on calcule l'aire d'un cercle donc

[Math.4]

$$(\sum \Lambda_{i-1})^2$$

vaut 0

[0141] L'aire d'un pixel vaut alors :

$$[0142] \quad A(P_{ij}) = A(F_{ki}) * \frac{Res(azimut)}{360}$$

[0143] En pratique, avec une plus grande résolution radiale et azimutale, on observera une plus grande continuité dans le mouvement lors de mouvement respectivement en tilt ou en azimut.

[0144] La résolution d'un objet graphique est quant à elle donnée par la distance entre des pixels de deux sous-ensembles de facettes juxtaposés. Cette distance dépend du diamètre d'un sous-ensemble de facettes et de la distance entre les deux sous-ensembles de facettes que l'on cherche à rendre minimale.

[0145] Les [Fig.6A], [Fig.6B], [Fig.6C] illustrent par des exemples des moyens pour obtenir une altération locale de la surface dans des sous-ensembles de facettes afin d'obtenir

l'effet technique recherché.

- [0146] La [Fig.6A] représente ainsi un premier exemple d'un sous-ensemble de facettes L_1 , formé de 4 facettes concentriques $F_{1,1}$, $F_{1,2}$, $F_{1,3}$, $F_{1,4}$, le sous-ensemble de facettes formant une structure de type « lentille de Fresnel ».
- [0147] Le schéma 61 représente le sous-ensemble de facettes dans lequel aucun pixel ne présente de surface altérée.
- [0148] Sur le schéma 62, la facette $F_{1,2}$ est altérée localement au moyen d'une annulation de la pente de telle sorte à former un pixel 621.
- [0149] Le schéma 63 représente un cas dans lequel le premier motif constitué des facettes est modulé par un deuxième motif formant un réseau périodique de période prédéterminée pour produire, après dépôt de la couche réfléchissante, un effet résonant. Dans cet exemple, la facette $F_{1,2}$ est altérée localement au moyen d'une modification d'un ou plusieurs paramètres du réseau de diffraction sub longueur d'onde pour générer un pixel 631. Une altération locale de la surface peut également être formée par une absence locale du réseau de diffraction.
- [0150] Le réseau est par exemple un réseau de diffraction sub longueur d'onde configuré pour produire un filtre soustractif en longueur d'onde à une ou deux dimensions, de type « *filtre résonant soustractif diélectrique* » ou un réseau de diffraction sub longueur d'onde configuré pour produire un filtre résonant coupe-bande en réflexion de type filtre plasmonique « *R'plasmon* ».
- [0151] Le paramètre du réseau que l'on modifie localement est par exemple la période, l'azimut (ou orientation du vecteur réseau), la profondeur du réseau ou le profil, ou une combinaison de ces paramètres.
- [0152] Dans d'autres exemples de réalisation, le premier motif constitué des facettes peut être modulé par un deuxième motif formant un réseau périodique de période prédéterminée pour produire, après dépôt de la couche réfléchissante, un effet résonant et donc un effet coloré, mais l'altération locale de la surface d'une facette peut résulter d'une pente locale nulle.
- [0153] La [Fig.6B] représente un deuxième exemple d'un sous-ensemble de facettes L_2 , comprenant 4 facettes $F_{2,1}$, $F_{2,2}$, $F_{2,3}$, $F_{2,4}$, le sous-ensemble de facettes formant une structure de type axicon.
- [0154] Le schéma 64 représente le sous-ensemble de facettes dans lequel aucun pixel ne présente de surface altérée.
- [0155] Sur le schéma 65, la facette $F_{2,2}$ est altérée localement au moyen d'une annulation de la pente de telle sorte à former un pixel 661.
- [0156] Le schéma 66 représente un cas dans lequel le premier motif constitué des facettes est modulé par un deuxième motif formant un réseau périodique de période prédéterminée pour produire, après dépôt de la couche réfléchissante, un effet résonant, par

exemple un réseau tel que décrit précédemment.

[0157] Dans cet exemple, comme dans l'exemple précédent, la facette $F_{2,2}$ peut être altérée localement au moyen d'une modification d'un paramètre du réseau de diffraction sub longueur d'onde pour générer un pixel 671.

[0158] La [Fig.6C] représente un troisième exemple d'un sous-ensemble L_3 formé de 4 facettes $F_{3,1}$, $F_{3,2}$, $F_{3,3}$, $F_{3,4}$, le sous-ensemble de facettes formant une structure de type axicon. Contrairement à l'exemple de la [Fig.6B], la largeur de chaque facette est constante tandis que la hauteur est variable. Pour un diamètre donné d'un sous-ensemble de facettes, cela permet d'avoir un plus grand nombre de facettes et donc une meilleure résolution de l'objet graphique.

[0159] Le schéma 67 représente le sous-ensemble de facettes dans lequel aucun pixel ne présente de surface altérée.

[0160] Sur le schéma 68, la facette $F_{2,2}$ est altérée localement au moyen d'une annulation de la pente de telle sorte à former un pixel 681.

[0161] Le schéma 69 représente un cas dans lequel le premier motif constitué des facettes est modulé par un deuxième motif formant un réseau périodique de période prédéterminée pour produire, après dépôt de la couche réfléchissante, un effet résonant, par exemple un réseau tel que décrit précédemment.

[0162] Dans cet exemple, comme dans l'exemple précédent, la facette $F_{3,2}$ peut être altérée localement au moyen d'une modification d'un paramètre d'un réseau de diffraction sub longueur d'onde pour générer un pixel 691.

[0163] A noter qu'en pratique, le premier motif de la première structure peut être constitué d'une pluralité de sous-ensembles de facettes $F_{k,i}$ qui présentent tous un agencement similaire de facettes, par exemple mais non exclusivement, pour former des sous-ensembles de facettes de type lentilles de Fresnel ou axicons tels qu'illustrés sur les [Fig.6A], [Fig.6B] ou [Fig.6C]. Cependant, il est possible également d'avoir un premier motif constitué d'une pluralité de sous-ensembles de facettes, les sous-ensembles de facettes ne présentant pas tous un même agencement de facettes. Par exemple, il peut y avoir des sous-ensembles de facettes à la fois de type lentilles de Fresnel ou axicons tels qu'illustrés sur les [Fig.6A], [Fig.6B] ou [Fig.6C].

[0164] En effet, l'effet technique du composant optique de sécurité selon la présente description pourra rester sensiblement le même, tant que les pentes des facettes qui portent une altération locale de la surface dans les sous-ensembles des facettes sont dans la même gamme de pentes. Il est par exemple possible de prévoir des sous-ensembles de facettes comprenant des facettes avec des pentes supérieures aux pentes des facettes qui portent une altération locale de la surface pour créer des effets visuels supplémentaires qui ne sont apparents que pour des tilts beaucoup plus importants et qui peuvent ainsi former une authentification supplémentaire.

- [0165] La [Fig.7] illustre de façon schématique des opérations mathématiques permettant le calcul de la première structure diffractive, dans un exemple de réalisation.
- [0166] Plus précisément, on cherche à déterminer une matrice à deux dimensions F_{out} qui code la hauteur en tout point de la première structure diffractive, par exemple en niveaux de gris. Le fichier de calcul ainsi déterminé pourra être directement utilisé pour la fabrication du master optique, comme cela sera discuté plus en détails par la suite.
- [0167] La [Fig.7] représente plus précisément les opérations mathématiques permettant de déterminer la contribution $F_{out}(\alpha_i, \varphi_j)$ à la matrice à deux dimensions F_{out} , d'un groupe de sous-ensemble de facettes permettant de générer un objet graphique dans un angle de vue défini par (α_i, φ_j) .
- [0168] La matrice S (schéma 71) représente selon un exemple tous les sous-ensembles de facettes. Par exemple sur une surface de $5 \times 5 \text{ mm}^2$ et avec un sous-ensemble de facette de diamètre $150 \mu\text{m}$, environ 1300 sous-ensembles de facettes identiques seront contenus dans le premier motif de la structure diffractive car la surface d'un hexagone contenant un cercle de diamètre inscrit de $150 \mu\text{m}$ fait environ $0,0195 \text{ mm}^2$.
- [0169] La matrice $M(\alpha_i, \varphi_j)$ (schéma 72) représente le masque binaire permettant d'isoler un angle de vue défini par (α_i, φ_j) de chaque cellule ; pour chaque couple (α_i, φ_j) , la matrice M est différente.
- [0170] La matrice $I(\alpha_i, \varphi_j)$ (schéma 73) représente l'image binaire à afficher à son angle associé, pour chaque couple (α_i, φ_j) .
- [0171] Le schéma 74 illustre le résultat $F_{out}(\alpha_i, \varphi_j)$ d'une multiplication terme à terme des matrices S, $M(\alpha_i, \varphi_j)$ et $I(\alpha_i, \varphi_j)$.
- [0172] La matrice à deux dimensions F_{out} est alors donnée par l'équation :
- [0173]
$$F_{Out} = \sum_{\alpha_i = \alpha_{i_{min}}}^{\alpha_{i_{max}}} \sum_{\varphi_j = 0}^{\varphi_j = 2\pi} S.M(\alpha_i, \varphi_j).I(\alpha_i, \varphi_j)$$
- [0174] Elle résulte d'une somme sur l'ensemble des matrices $F_{out}(\alpha_i, \varphi_j)$.
- [0175] A titre d'illustration, la FG. 8A illustre une matrice F_{out} obtenu selon la méthode de calcul décrite ci-dessus et la [Fig.8B] un détail de la [Fig.8A], selon un exemple. La hauteur est codée en niveaux de gris, un pixel noir représentant une pente locale nulle.
- [0176] Dans cet exemple, le motif comprend 270 sous-ensembles de facettes L_k et 200 groupes de sous-ensembles de facettes.
- [0177] La [Fig.9A] montre de façon schématique l'effet dynamique en azimuth obtenu au moyen d'une structure du type de celle illustrée sur la [Fig.8A].
- [0178] Un observateur peut voir l'objet graphique « π » se déplacer lors d'un mouvement azimuthal. La [Fig.9B] montre de façon schématique l'effet dynamique en tilt obtenu au moyen d'une structure du type de celle illustrée sur la [Fig.8A].
- [0179] Un observateur peut voir l'objet graphique « π » se déplacer lors d'un mouvement en

tilt.

- [0180] A noter qu'il est possible grâce au composant selon la présente description de produire un mouvement orthoparallaxe d'un objet graphique, c'est-à-dire que l'objet graphique se déplace parallèlement à l'axe de tilt.
- [0181] En pratique, un observateur pourra observer un effet de flottaison de l'objet graphique avec une profondeur liée à l'ampleur du déplacement. Lorsque le déplacement suit le mouvement de l'observateur, l'image semble flotter au-dessus du document et à l'inverse elle flotte en dessous lorsque le mouvement est contrarié.
- [0182] On décrit maintenant des exemples de procédé de fabrication de composants optiques de sécurité selon la présente description.
- [0183] Une première étape comprend la conception de ladite au moins une première structure diffractive selon les modalités décrites ci-dessus, et d'éventuelles autres structures.
- [0184] Vient ensuite une étape d'enregistrement d'un exemplaire original, aussi appelé master optique. Le master optique est par exemple un support optique sur lequel la ou les structure(s) sont formées.
- [0185] Le master optique peut être formé par des méthodes de lithographie électronique ou optique connues de l'état de l'art, par exemple à partir d'un fichier F_{out} tel que décrit précédemment.
- [0186] Par exemple, selon un premier mode de réalisation, le master optique est réalisé par gravure d'une résine sensible au rayonnement électromagnétique en utilisant un faisceau d'électrons. Dans cet exemple de réalisation, la structure présentant le premier motif modulé par le second motif peut être gravée en une seule étape.
- [0187] Selon un autre mode de réalisation, une technique de lithographie optique (ou photolithographie) peut être utilisée. Le master optique est dans cet exemple une plaque de résine photosensible et l'étape d'origination est effectuée par une ou plusieurs insolations de la plaque par projections de masques, de type masque de phase et/ou de type masque d'amplitude, suivies d'un développement dans une solution chimique appropriée. Par exemple, une première insolation est réalisée par projection de masques d'amplitude dont les coefficients de transmission sont adaptés pour que soit formé, après développement, un relief correspondant au premier motif, dans les régions dans lesquelles le premier motif est prévu. Ensuite, une deuxième insolation globale est réalisée, selon des méthodes de photolithographie interférentielle connues de l'homme de l'art, un réseau de diffraction correspondant au second motif peut être enregistré au moins dans des premières régions dans lesquelles le deuxième motif est prévu. Des étapes similaires peuvent être prévues pour générer d'autres reliefs, comme par exemple un deuxième réseau de diffraction dans d'autres régions. L'ordre de formation des motifs est quelconque et peut être modifié. Par la suite, l'étape de développement

est menée. De cette manière, un master optique comprenant une structure qui résulte du premier motif modulé par le deuxième motif est obtenu après développement.

- [0188] Il peut être alors procédé à l'étape de copie métallique du master optique par exemple par galvanoplastie, comme évoqué précédemment, afin d'obtenir la matrice de réplification ou « master » métallique. Selon une variante, une étape de duplication matricielle du master métallique peut être effectuée pour obtenir un outil de production de grande taille adapté pour répliquer la structure en quantité industrielle.
- [0189] La fabrication du composant optique de sécurité comprend alors une étape de réplification. Par exemple la réplification peut être réalisée par estampage (par pressage à chaud du matériau diélectrique en anglais « hot embossing ») de la première couche 213 (FIGS. 2A, 2B) en matériau diélectrique d'indice de réfraction n_1 , par exemple une couche de bas indice, typiquement un vernis d'estampage de quelques microns d'épaisseur. La couche 213 est avantageusement portée par le film support 211, par exemple un film de 12 μm à 100 μm en matériau polymère, par exemple en PET (polyéthylène téréphtalate). La réplification peut également être faite par moulage de la couche de vernis d'estampage avant séchage puis réticulation UV (« UV casting »). La réplification par réticulation UV permet notamment de reproduire des structures présentant une grande amplitude de profondeur et permet d'obtenir une meilleure fidélité dans la réplification. De manière générale, toute autre méthode de réplification de haute résolution connue de l'art antérieur peut être utilisée dans l'étape de réplification.
- [0190] Vient ensuite le dépôt sur la couche ainsi embossée de l'ensemble des autres couches, par exemple la couche réfléchissante 214, la couche en matériau diélectrique 215 (optionnelle), la couche de sécurité 216 (optionnelle) qui peut être déposée uniformément ou sélectivement pour figurer un nouveau motif et la couche de type colle ou vernis (217, 218) par un procédé d'enduction.
- [0191] Des étapes optionnelles et connues de l'homme de l'art sont possibles, comme une démétallisation partielle de la couche réfléchissante 214. Il est également possible d'introduire une couche opaque continue ou discontinue pour renforcer le contraste.
- [0192] Bien que décrit à travers un certain nombre d'exemples de réalisation, le composant optique de sécurité selon l'invention et le procédé de fabrication dudit composant comprennent différentes variantes, modifications et perfectionnements qui apparaîtront de façon évidente à l'homme de l'art, étant entendu que ces différentes variantes, modifications et perfectionnements font partie de la portée de l'invention telle que définie par les revendications qui suivent.

Références

- [0193] Réf. 1 : WO2015154943
 [0194] Réf. 2 : WO2018224512

- [0195] Réf. 3 : US2010/0182221
- [0196] Réf. 4 : US 20140367957
- [0197] Réf. 5 : WO2001003945
- [0198] Réf. 6 : US4856857
- [0199] Réf. 7 : FR2509873
- [0200] Réf. 8 : EP2771724
- [0201] Réf. 9 : EP3099513

Revendications

- [Revendication 1] Composant optique de sécurité (201, 202) configuré pour une authentification en réflexion, selon au moins une première face d'observation (200), le composant comprenant :
- une première couche (213) en matériau diélectrique, transparente dans le visible;
 - au moins une première structure diffractive (S) gravée sur ladite première couche ; et
 - une deuxième couche (214), recouvrant au moins en partie ladite première structure diffractive, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible ; et dans lequel :
 - ladite première structure diffractive comprend au moins un premier motif (M_1) constitué d'un ensemble de facettes (F_{kl}) agencées pour former une pluralité de sous-ensembles de facettes, chaque sous-ensemble de facettes comprenant une ou plusieurs facettes à symétrie de révolution agencées de façon concentrique, la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes présentant chacune une pente avec une valeur angulaire comprise en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale (α_{\min}) non nulle et une valeur angulaire maximale (α_{\max}) strictement inférieure à 90° , la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes comprenant chacune une hauteur maximale (h_m) donnée, une dimension latérale maximale de chaque sous ensemble de facettes étant inférieure à environ $300 \mu\text{m}$;
 - dans chaque groupe d'une pluralité de groupes de sous-ensemble de facettes, lesdits sous-ensembles de facettes présentent en des régions ponctuelles (P_{ij}) définies par des coordonnées polaires identiques pour tous les sous-ensembles de facettes du groupe, une altération locale de la surface, de telle sorte à produire un objet graphique reconnaissable pour un angle de tilt et un angle d'azimut donnés;
 - lesdites coordonnées polaires varient d'un groupe à l'autre, de telle sorte à produire, lorsque le composant est éclairé selon un axe d'éclairage donné, un effet visuel dynamique observable en réflexion par changement d'azimut.
- [Revendication 2] Composant optique de sécurité selon la revendication 1, dans lequel ladite altération locale de la surface comprend une pente locale sensiblement nulle de la facette.
- [Revendication 3] Composant optique de sécurité selon la revendication 1, dans lequel

ladite altération locale de la surface comprend une modulation locale du premier motif par un deuxième motif (M_2) formant un réseau périodique, de période (d) prédéterminée comprise entre 150 nm et 500 nm, ledit réseau étant déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche, un effet résonant.

- [Revendication 4] Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel dans au moins une première région, ledit premier motif est modulé par un deuxième motif (M_2) formant un réseau périodique, de période (d) prédéterminée comprise entre 150 nm et 500 nm, ledit réseau étant déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche, un effet résonant.
- [Revendication 5] Composant optique de sécurité selon la revendication 4, dans lequel ladite altération locale de la surface comprend une modification locale d'une propriété dudit réseau périodique.
- [Revendication 6] Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième couche comprend un matériau métallique.
- [Revendication 7] Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le matériau diélectrique de la première couche présente un premier indice de réfraction (n_1) et la deuxième couche comprend un matériau diélectrique présentant un deuxième indice de réfraction (n_2) tel que la différence entre le deuxième indice de réfraction (n_2) et le premier indice de réfraction (n_1) est supérieure ou égale à environ 0,3.
- [Revendication 8] Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la valeur angulaire de la pente de chaque facette de l'ensemble de facettes est comprise, en valeur absolue, entre environ 1° et environ 45° .
- [Revendication 9] Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les facettes de l'ensemble de facettes ont une hauteur sensiblement identique.
- [Revendication 10] Objet sécurisé, par exemple document de valeur sécurisé, comprenant un substrat et un composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, déposé sur ledit substrat.
- [Revendication 11] Procédé de fabrication d'un composant optique de sécurité destiné à être observé en réflexion selon une face d'observation, le procédé comprenant :
- le dépôt sur un film support d'une première couche en matériau di-

électrique, transparente dans le visible;

- la formation sur ladite première couche d'au moins une première structure diffractive (S),

- le dépôt d'une deuxième couche, recouvrant au moins en partie ladite première structure diffractive, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible, dans lequel:

- - ladite première structure diffractive comprend au moins un premier motif (M_1) constitué d'un ensemble de facettes (F_{kl}) agencées pour former une pluralité de sous-ensembles de facettes, chaque sous-ensemble de facettes comprenant une ou plusieurs facettes à symétrie de révolution agencées de façon concentrique, la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes présentant chacune une pente avec une valeur angulaire comprise en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale (α_{min}) non nulle et une valeur angulaire maximale (α_{max}) strictement inférieure à 90° , la ou lesdites facettes de chaque sous-ensemble de facettes comprenant chacune une hauteur maximale (h_m) donnée, une dimension latérale maximale de chaque sous ensemble de facettes étant inférieure à environ $300 \mu m$;

- dans chaque groupe d'une pluralité de groupes de sous-ensemble de facettes, lesdits sous-ensembles de facettes présentent en des régions ponctuelles (P_{ij}) définies par des coordonnées polaires identiques pour tous les sous-ensembles de facettes du groupe, une altération locale de la surface, de telle sorte à produire un objet graphique reconnaissable pour un angle de tilt et un angle d'azimut donnés;

- lesdites coordonnées polaires varient d'un groupe à l'autre, de telle sorte à produire, lorsque le composant est éclairé selon un axe d'éclairage donné, un effet visuel dynamique observable en réflexion par changement d'azimut.

[Revendication 12] Procédé d'authentification à l'œil nu d'un objet sécurisé selon la revendication 10 comprenant :

- l'observation dudit composant optique de sécurité selon un axe d'observation formant un angle d'observation donné avec l'axe d'éclairage ;

- un mouvement en azimut dudit objet sécurisé résultant en un effet visuel dynamique comprenant un déplacement d'objets graphiques, lesdits objets graphiques étant reconnaissables à l'œil nu.

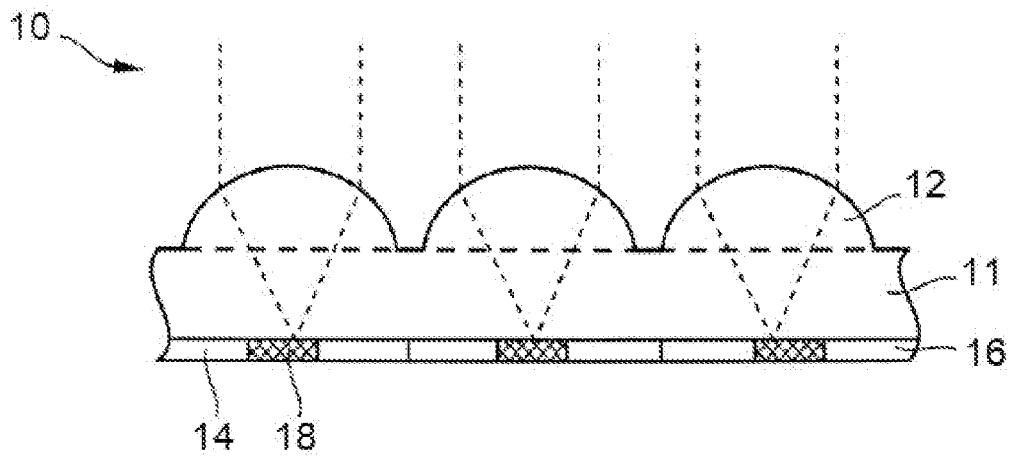
[Revendication 13] Procédé d'authentification d'un objet sécurisé selon la revendication 10 au moyen d'un dispositif optique d'imagerie comprenant un axe optique

d'imagerie, ledit procédé d'authentification comprenant :

- la formation d'une image dudit composant optique de sécurité, au moyen du dispositif optique d'imagerie, ledit axe optique d'imagerie formant un angle d'observation donné avec l'axe d'éclairage ;
- un mouvement en azimut dudit objet sécurisé ou un mouvement en azimut dudit axe optique d'imagerie, résultant en un effet visuel dynamique comprenant un déplacement d'objets graphiques, lesdits objets graphiques étant reconnaissables par ledit dispositif optique d'imagerie.

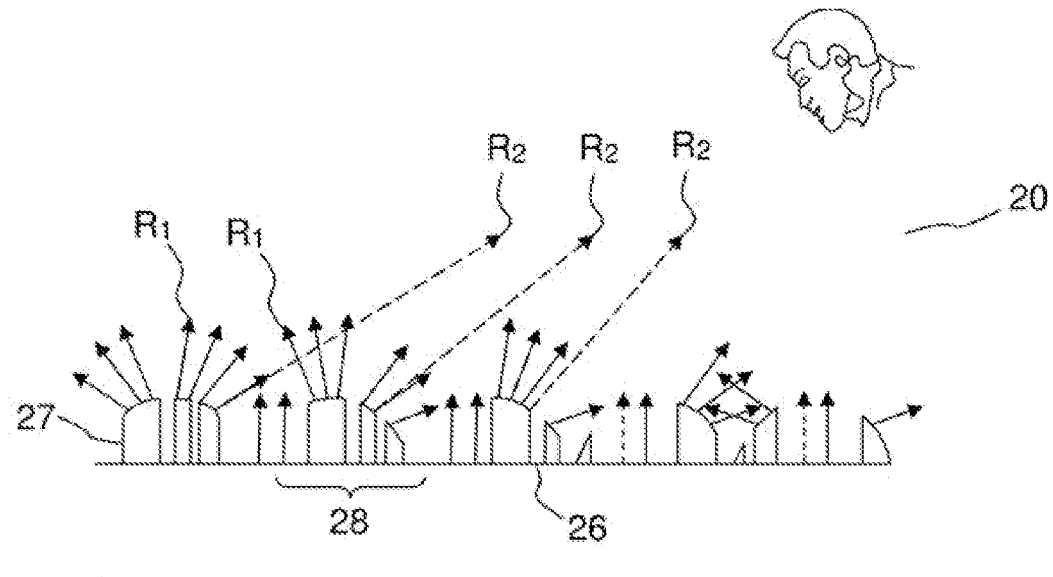
[Revendication 14] Procédé d'authentification selon la revendication 13, dans lequel l'axe d'éclairage et l'axe optique d'imagerie sont confondus.

[Fig. 1A]



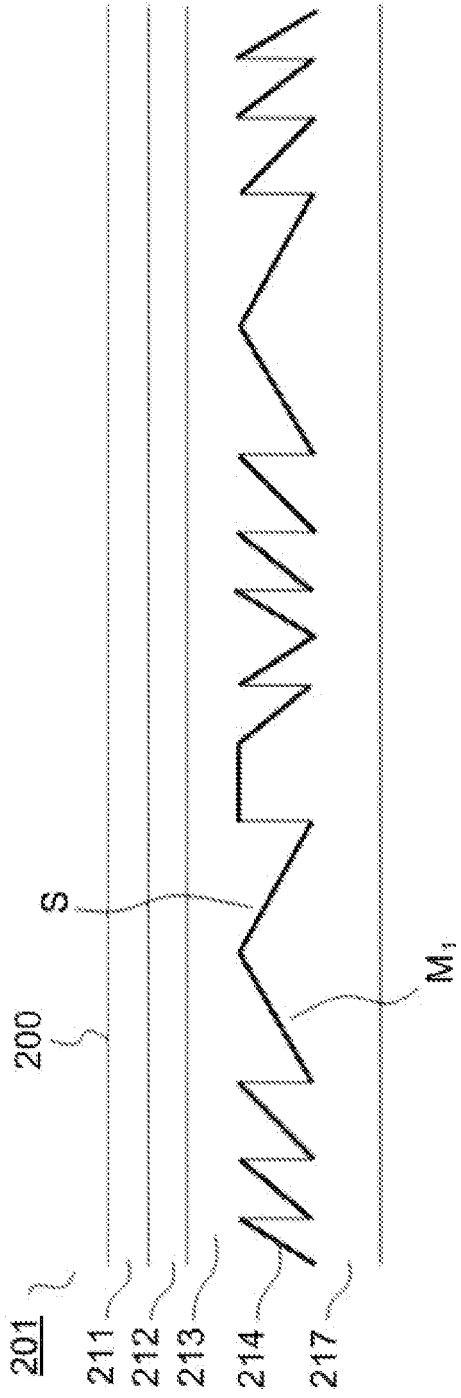
(ART ANTERIEUR)

[Fig. 1B]

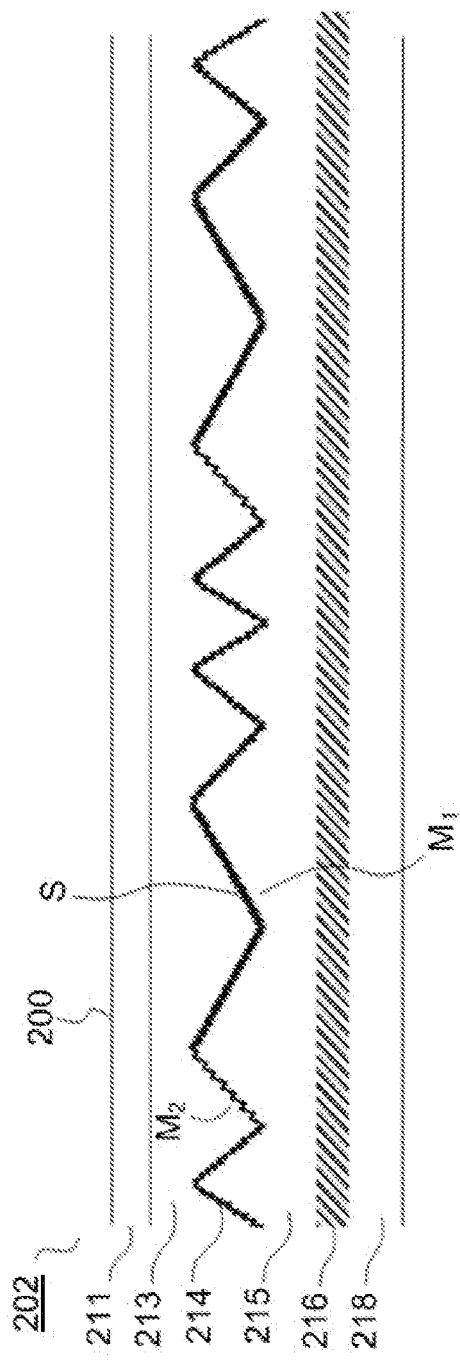


(ART ANTERIEUR)

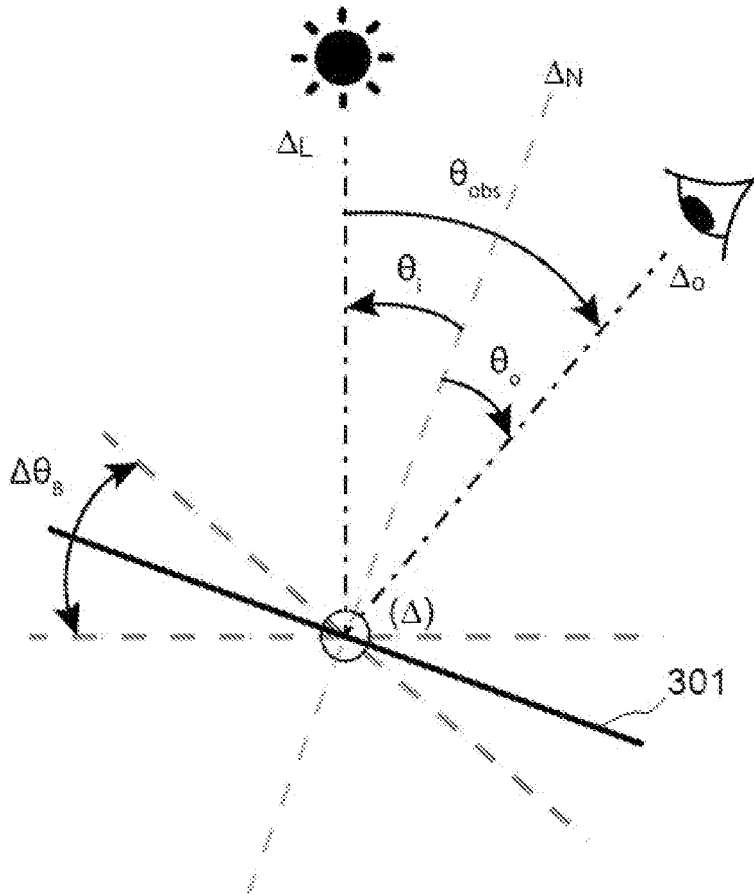
[Fig. 2A]



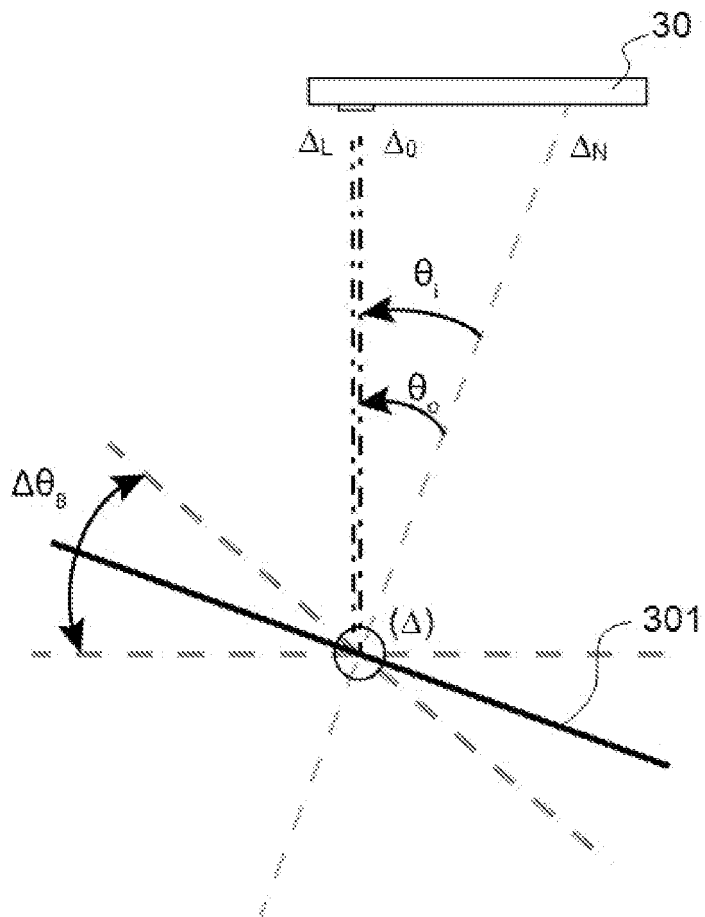
[Fig. 2B]



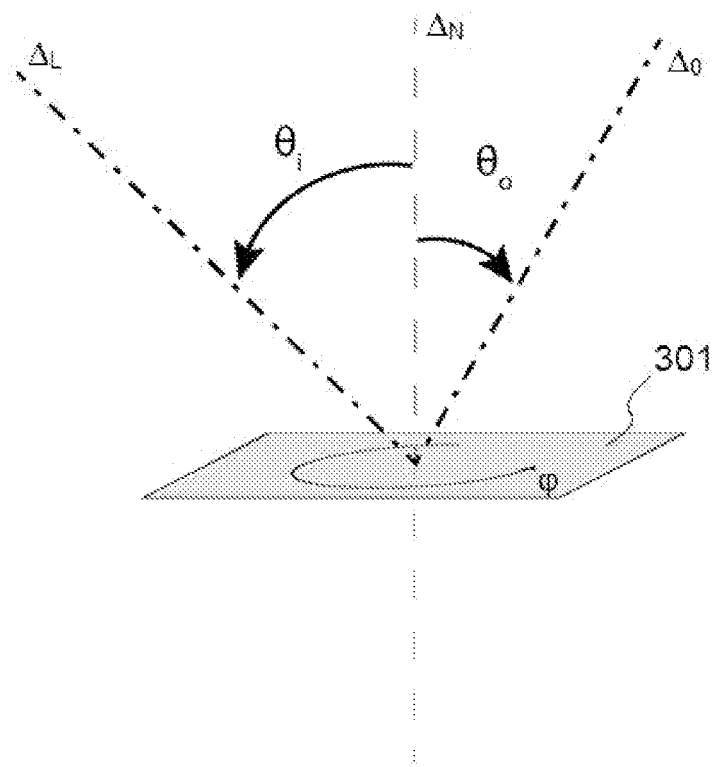
[Fig. 3A]



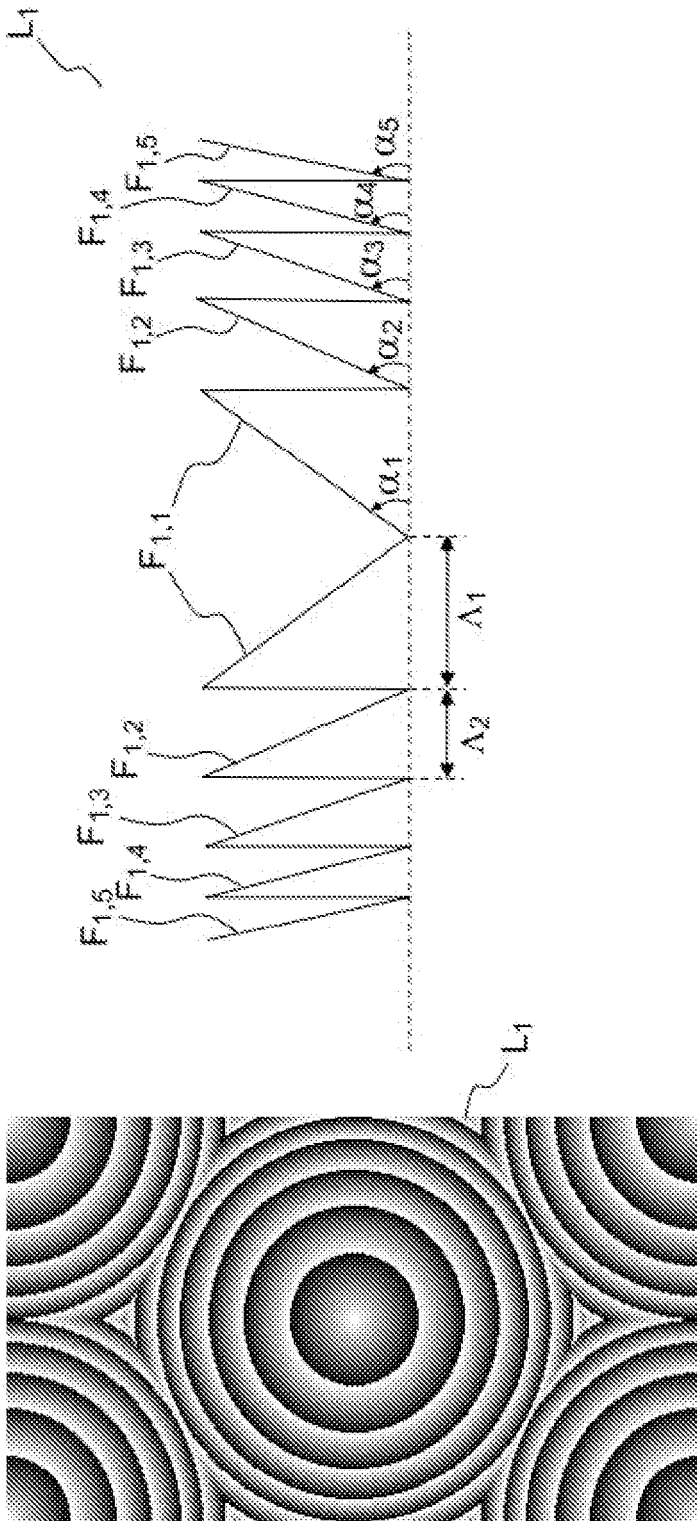
[Fig. 3B]



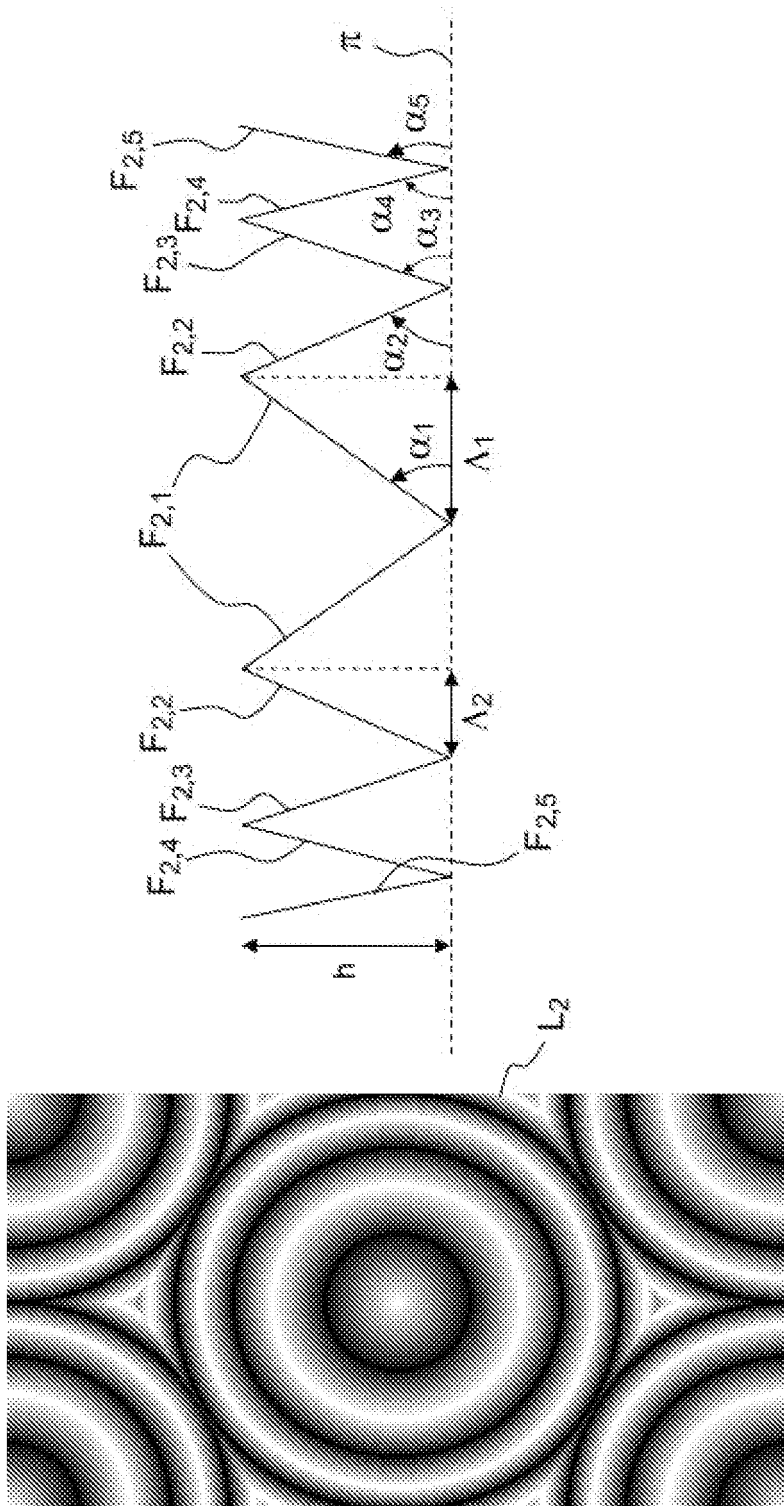
[Fig. 3C]



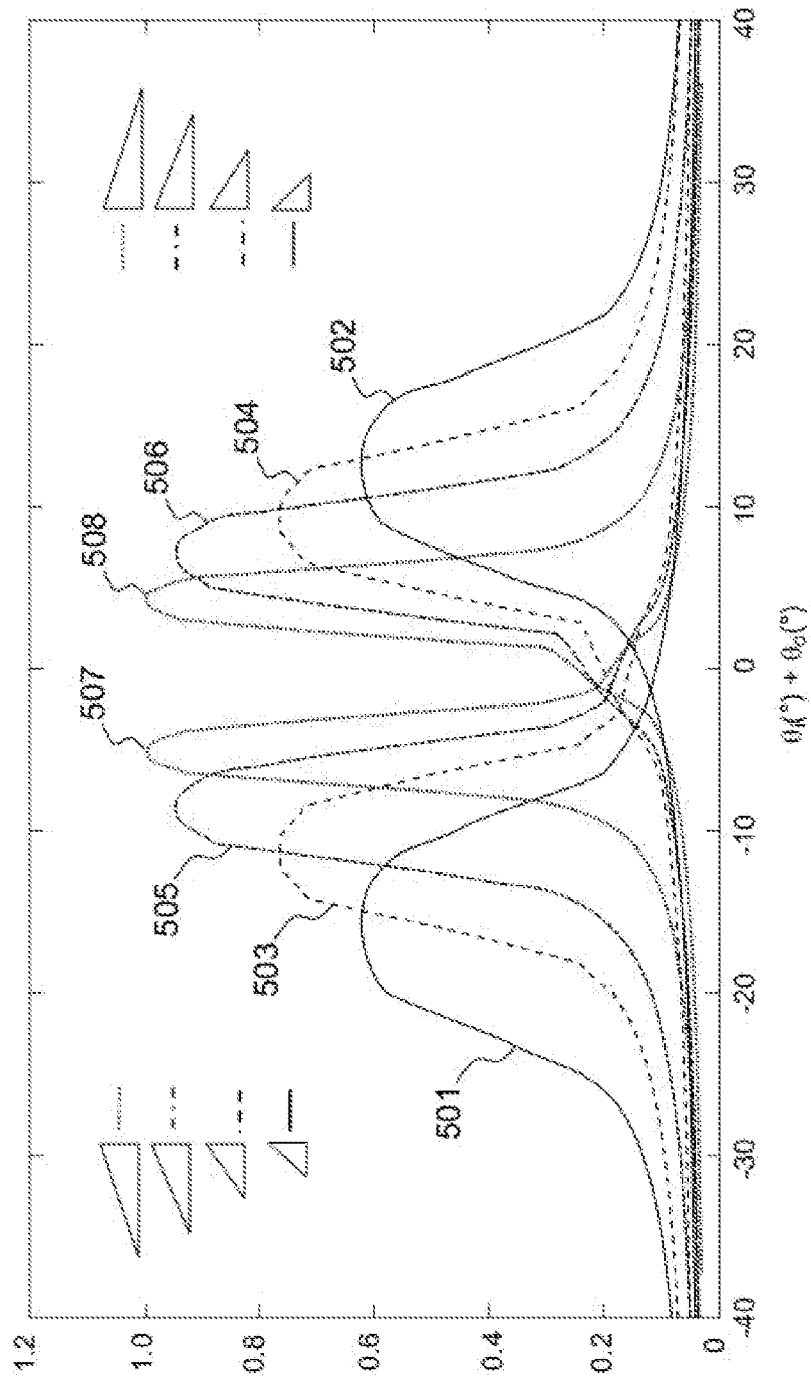
[Fig. 4A]



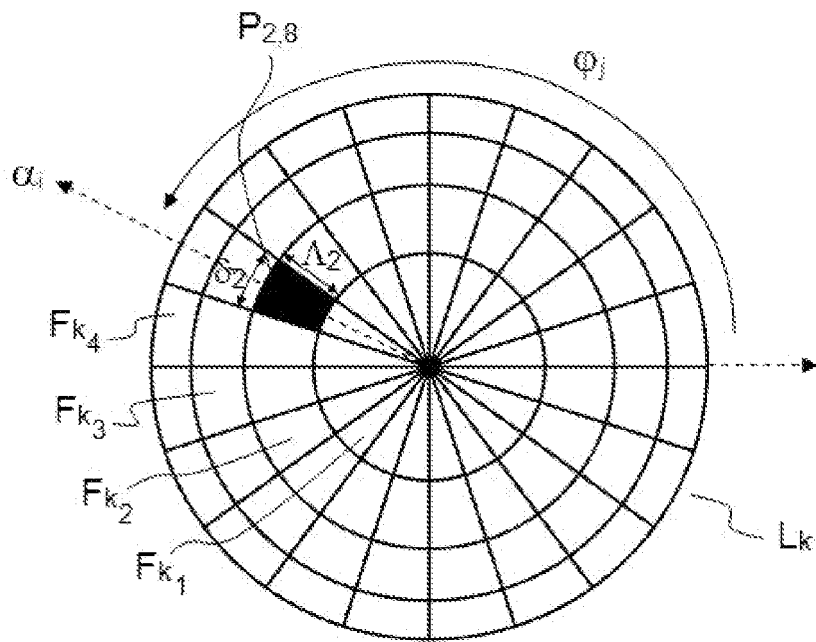
[Fig. 4B]



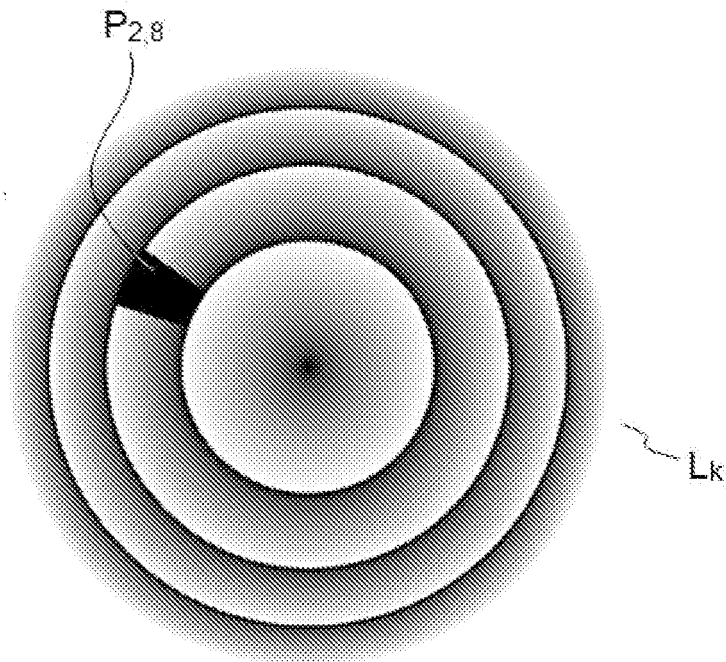
[Fig. 5A]



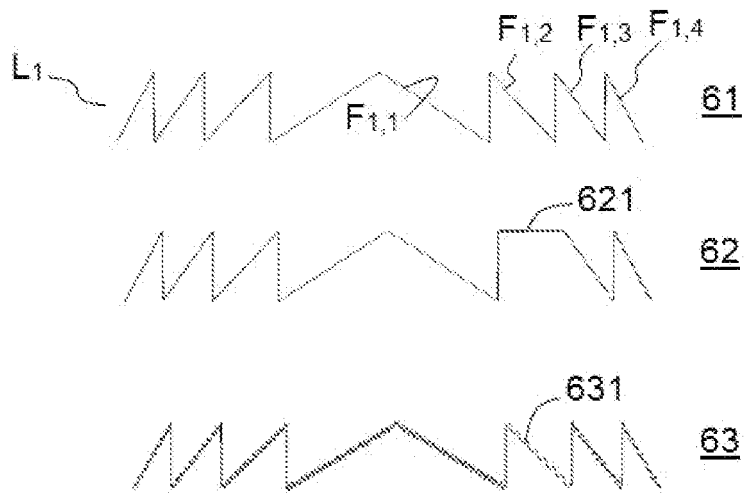
[Fig. 5B]



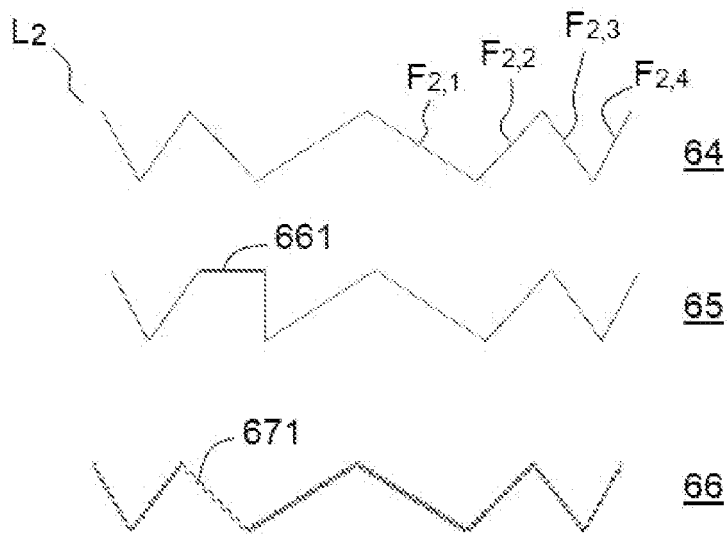
[Fig. 5C]



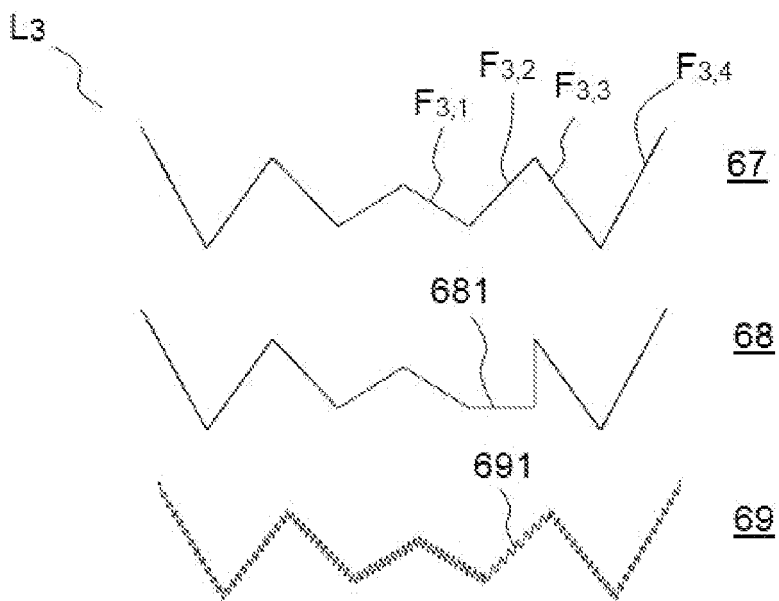
[Fig. 6A]



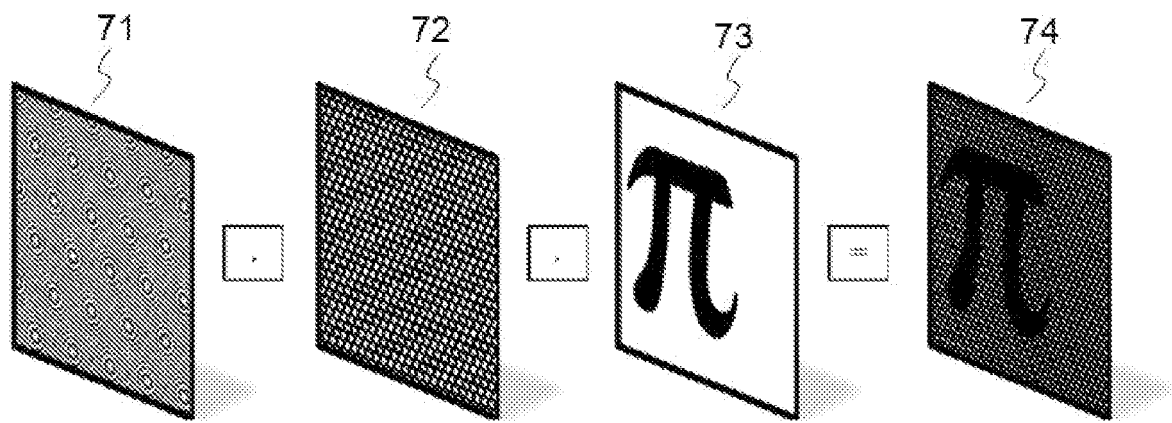
[Fig. 6B]



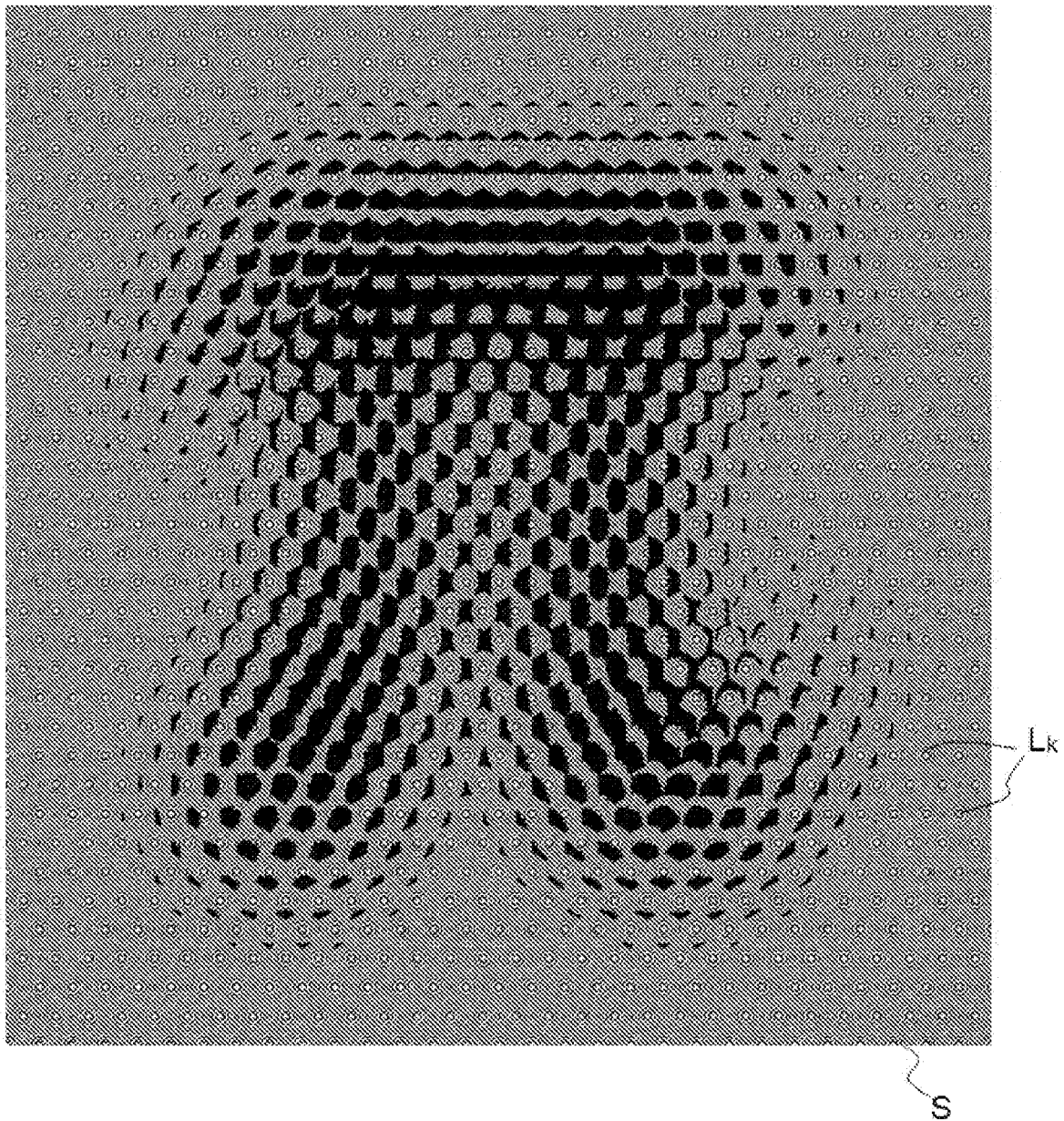
[Fig. 6C]



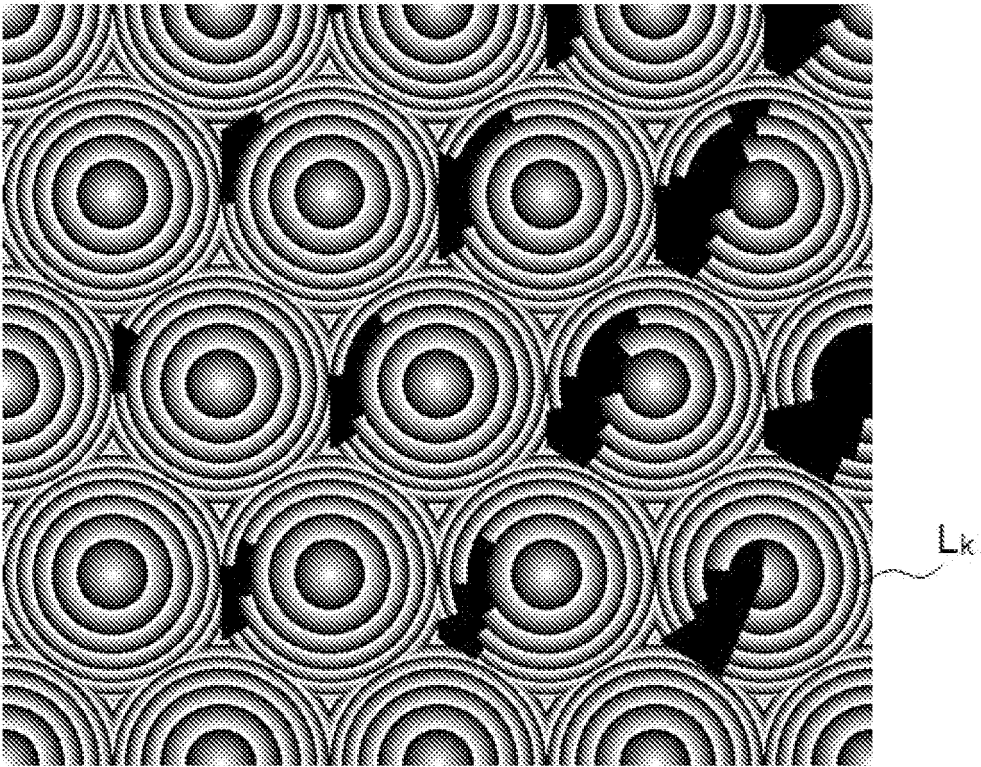
[Fig. 7]



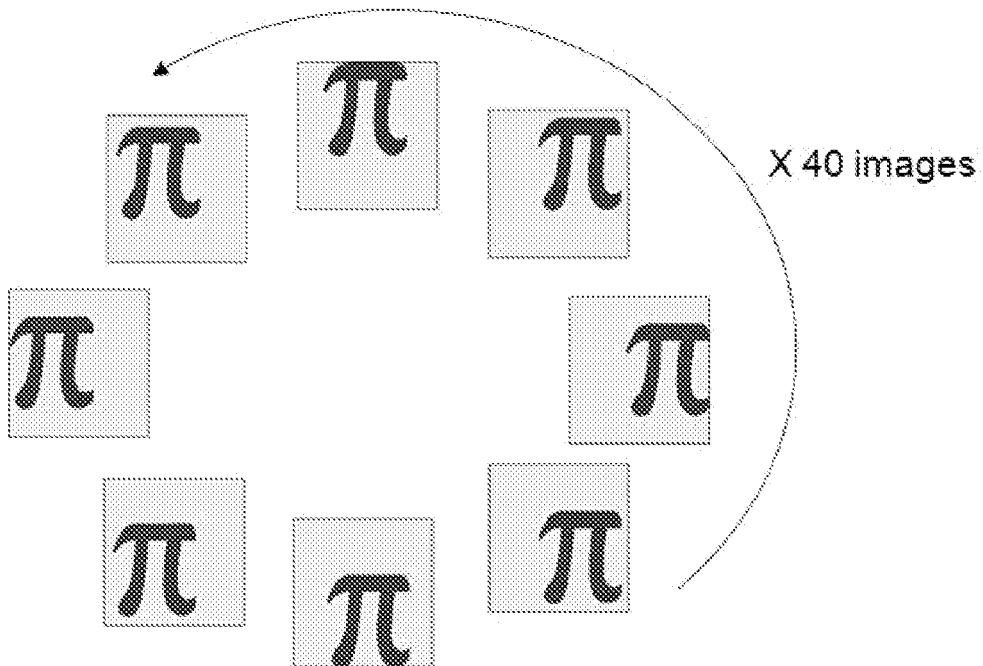
[Fig. 8A]



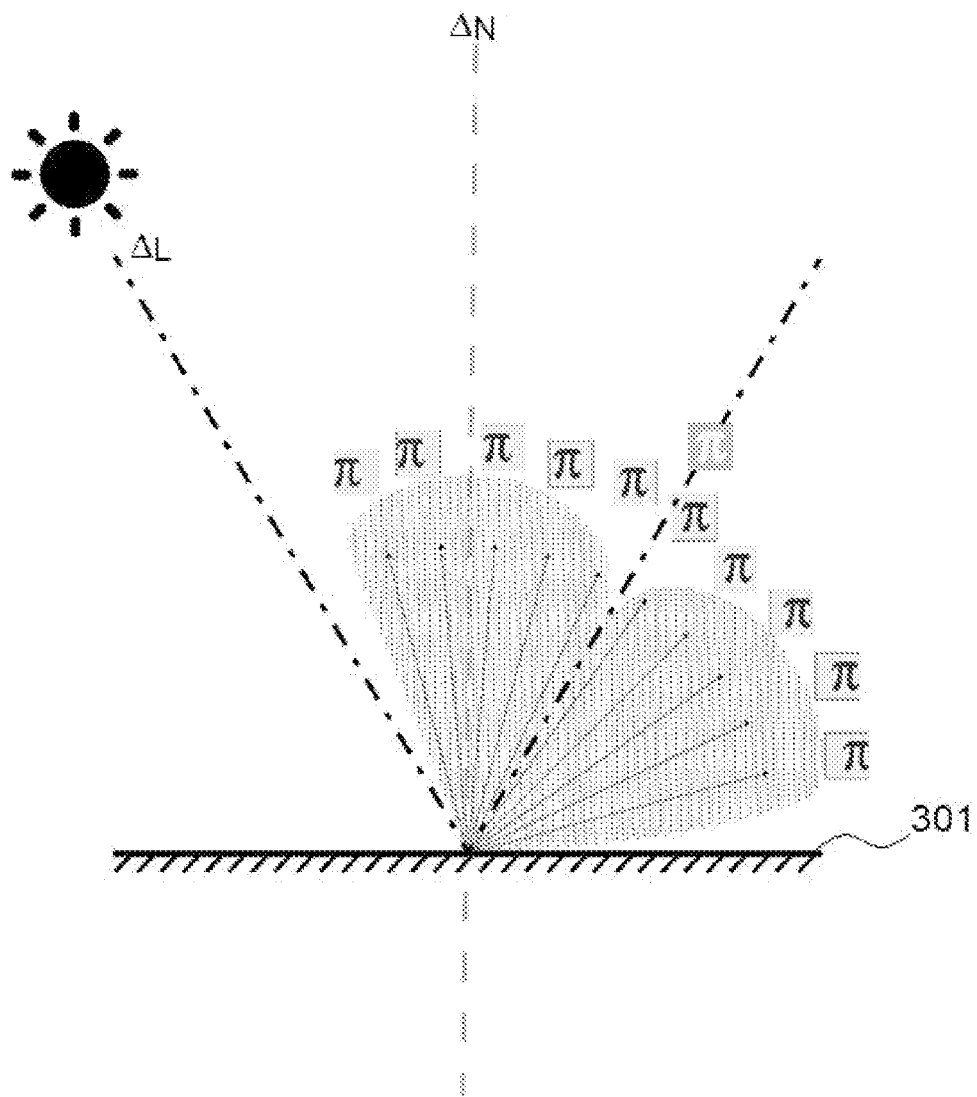
[Fig. 8B]



[Fig. 9A]



[Fig. 9B]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 3 598 204 A2 (COMPUTER HOLOGRAPHY
CENTRE LTD [RU])
22 janvier 2020 (2020-01-22)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT