



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 4 319 987 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**25.06.2025 Bulletin 2025/26**

(21) Numéro de dépôt: **22721758.5**

(22) Date de dépôt: **08.04.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**B42D 25/324** (2014.01)      **B42D 25/328** (2014.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**B42D 25/324; B42D 25/328**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2022/059511**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2022/214689 (13.10.2022 Gazette 2022/41)**

**(54) COMPOSANTS OPTIQUES DE SÉCURITÉ VISIBLES EN RÉFLEXION, FABRICATION DE TELS COMPOSANTS ET DOCUMENTS SÉCURISÉS ÉQUIPÉS DE TELS COMPOSANTS**

OPTISCHE REFLEXIONSSICHTBARE SICHERHEITSKOMPONENTEN, HERSTELLUNG  
SOLCHER KOMPONENTEN UND MIT SOLCHEN KOMPONENTEN AUSGESTATTETE  
SICHERHEITSDOKUMENTE

OPTICAL SAFETY COMPONENTS VISIBLE IN REFLECTION, MANUFACTURING OF SUCH  
COMPONENTS AND SECURE DOCUMENTS EQUIPPED WITH SUCH COMPONENTS

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **09.04.2021 FR 2103625**

(43) Date de publication de la demande:  
**14.02.2024 Bulletin 2024/07**

(73) Titulaire: **SURYS  
77600 Bussy-Saint-Georges (FR)**

(72) Inventeurs:

- **ES SAIDI, Soukaina  
77600 Bussy Saint Georges (FR)**
- **PETITON, Valéry  
77100 Meaux (FR)**

(74) Mandataire: **Osha BWB  
2, rue de la Paix  
75002 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**WO-A1-2016/113220 WO-A2-03/084764**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description****Domaine technique de l'invention**

5 [0001] La présente description concerne le domaine du marquage de sécurité. Plus particulièrement, elle se rapporte à des composants optiques de sécurité visibles en réflexion pour vérifier l'authenticité d'un document, à un procédé de fabrication d'un tel composant et à un document sécurisé équipé d'un tel composant.

**État de la technique**

10 [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

15 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.

20 [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.

25 [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

30 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.

35 [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.

40 [0006] Pour accéder à ces effets visuels dynamiques, le composant optique de sécurité décrit dans [Réf. 2] comprend une première couche en matériau diélectrique et une structure diffractive gravée sur la première couche. La structure diffractive comprend un premier motif avec un ensemble de modules disposés côte à côte, selon une direction d'agencement donnée, une largeur maximale de chaque module, définie dans la direction d'agencement, étant inférieure à 300 µm. Chaque module comprend un bas-relief avec un premier ensemble de facettes dont les formes sont déterminées pour simuler un élément optique visible en réflexion, avec au moins une région convexe ou concave, ledit élément optique présentant un profil avec une pente continûment variable selon une seule direction, dite direction de variation de la pente, perpendiculaire à la direction d'agencement. Par ailleurs, pour deux modules disposés côte à côte, la pente selon au moins une ligne parallèle à la direction d'agencement est différente entre lesdits deux modules. Le nombre minimal de modules est déterminé par la largeur maximale des modules, de telle sorte que la structure diffractive soit visible à l'œil nu.

45 [0007] Un tel composant optique de sécurité présente, en réflexion et sous l'effet d'un mouvement de tilt autour d'un axe parallèle à ladite direction d'agencement, un effet visuel dynamique comprenant le mouvement d'un ou plusieurs éléments graphiques complexes, fonction de l'agencement desdits modules, et permet, par rapport à des barres déroulantes horizontales simples, une authentification plus sûre et une barrière technologique plus forte, du fait de la conception et de la fabrication des modules nécessaires pour obtenir l'effet visuel décrit ci-dessus.

50 [0008] Par ailleurs, le premier motif peut être modulé par un deuxième motif formant un réseau périodique de période sub longueur d'onde, déterminé pour produire, après dépôt d'une deuxième couche présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible, un filtre résonant dans une bande spectrale donnée, permettant de combiner l'effet visuel dynamique à un effet coloré d'ordre 0.

55 [0009] WO 03/084764 [Réf. 4] décrit un élément de sécurité avec des structures actives optiquement. Dans au moins

une région dont les dimensions sont supérieures à 0,4 mm, les structures actives optiquement comprennent une structure de diffraction formée par le recouvrement additif ou soustractif d'une fonction de recouvrement (M) décrivant une structure macroscopique avec un profilé en relief (R), par exemple un réseau de diffraction, la fonction de recouvrement (M) étant lentement variable par rapport au profilé en relief (R). Lorsque l'élément de sécurité est incliné, on observe, dans des exemples de réalisation, des bandes de couleurs visibles qui se déplacent de manière continue.

**[0010]** La présente demande décrit un composant optique de sécurité avec une structure originale permettant non seulement d'accéder à des effets visuels dynamiques complexes ou « animations » tels que décrits dans [Réf. 2] mais permettant en outre de passer d'une façon continue d'une animation achromatique, blanche, à la même animation iridescente, par un simple mouvement de tilt du composant optique de sécurité sur une plage angulaire plus large, assurant une authentification encore plus robuste, par simple contrôle visuel et sans équipement spécifique.

## 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 selon la revendication 1.

**[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 ensemble de facettes « parallèles » un ensemble de facettes présentant une variation de la pente dans une seule et même direction, appelée « direction de variation de la pente ». La pente des facettes peut varier cependant dans cette direction, dans des sens opposés.

**[0015]** 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 du composant.

**[0016]** On appelle généralement « mouvement de tilt » du composant, une rotation du composant selon un axe contenu dans le plan du composant.

**[0017]** La déposante a montré qu'un tel composant optique de sécurité présente, en réflexion et sous l'effet d'un simple mouvement de tilt autour d'un axe perpendiculaire à la direction de variation de la pente, un effet visuel dynamique ou « animation » achromatique, réfléctrice et brillante autour de la réflexion spéculaire, puis la même animation iridescente qui s'enchaîne avec l'animation achromatique de part et d'autre de la première partie de la plage angulaire de tilt. Un tel effet permet une authentification plus sûre et une barrière technologique plus forte, du fait de la conception et de la fabrication du composant nécessaires pour obtenir l'effet visuel décrit ci-dessus.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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 position d'observation classique pour un observateur.

**[0020]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite valeur angulaire minimale des pentes (en valeur absolue) est égale à 0°.

**[0021]** Selon un ou plusieurs exemples, ladite valeur angulaire maximale des pentes (en valeur absolue) est comprise entre environ 7° et environ 15°.

**[0022]** 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).

**[0023]** Selon un ou plusieurs exemples, les facettes présentent une dimension dans la direction de la pente (ou « largeur ») 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.

**[0024]** Selon un ou plusieurs exemples, les largeurs des facettes sont comprises entre environ 2 µm et environ 100 µm, avantageusement entre environ 2 µm et environ 80 µm, avantageusement environ 4 µm et environ 80 µm.

**[0025]** Selon un ou plusieurs exemples, les facettes présentent une forme sensiblement rectangulaire et présentent une « longueur » mesurée dans une direction perpendiculaire à la direction de la pente. La longueur est par exemple inférieure à environ 100 µm.

**[0026]** Selon un ou plusieurs exemples, l'ensemble des facettes ont une hauteur sensiblement identique. La hauteur

des facettes est par exemple inférieure à 2 microns, avantageusement inférieure à 1 micron.

**[0027]** 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 2 microns, avantageusement inférieure à 1 micron.

**[0028]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, au moins une partie des facettes de l'ensemble de facettes sont agencées avec des pentes variables, dont la variation est croissante, respectivement décroissante, afin de simuler un élément réflectif avec une région convexe, respectivement concave. Dans la présente description, on parlera d'effet dynamique de type « demi-onde », l'effet visuel résultant d'un tel agencement de facettes lorsque les pentes des facettes présentent des valeurs angulaires dont la variation est croissante ou décroissante, mais qui sont de même signe. On parlera d'effet dynamique de type « onde » l'effet visuel résultant d'un tel agencement de facettes lorsque les pentes des facettes présentent des valeurs angulaires dont la variation est croissante ou décroissante, et pour lequel on observe au moins un changement de signe. Un effet dynamique de type « onde » ou « demi-onde » se manifeste pour un observateur, lors d'un mouvement de tilt du composant, comme un défilement continu d'une ligne de lumière blanche.

**[0029]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, l'ensemble des facettes comprend un ou plusieurs sous-ensembles de facettes configurés chacun pour produire un effet dynamique de type « onde ».

**[0030]** Selon un ou plusieurs exemples d'observation, ladite période du réseau de diffraction, ladite valeur angulaire maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et ledit angle d'observation sont déterminés de telle sorte que ladite première partie de la plage angulaire de tilt comprend une superposition angulaire (recouvrement) avec la deuxième partie de la plage angulaire de tilt comprise entre environ 1° et environ 10°, de préférence entre environ 3° et environ 8°, par exemple égale à environ 5°, de part et d'autre de la première partie de la plage angulaire. En concevant ainsi le composant optique de sécurité selon la présente description, on s'assure d'un enchaînement ininterrompu de l'animation iridescente avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt. Dans un cas limite cependant, la superposition angulaire peut être nulle tant qu'il y a continuité entre l'animation achromatique et l'animation iridescente.

**[0031]** Selon un ou plusieurs exemples d'observation, ladite période du réseau de diffraction, ladite valeur angulaire maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et ledit angle d'observation sont déterminés de telle sorte que la plage angulaire de tilt soit comprise entre environ 45° et environ 120° (mesurée dans l'air).

**[0032]** Selon un ou plusieurs exemples d'observation, ladite période du réseau de diffraction, ladite valeur angulaire maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et ledit angle d'observation sont déterminés de telle sorte que la première partie de plage angulaire de tilt soit comprise entre environ 15° et environ 50° (mesurée dans l'air), avantageusement entre environ 20° et environ 35° (mesurée dans l'air).

**[0033]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite période du réseau de diffraction, ladite valeur angulaire maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et ledit angle d'observation sont déterminés de telle sorte que la deuxième partie de plage angulaire de tilt (mesurée dans l'air) soit comprise, de part et d'autre de la première plage angulaire de tilt, entre environ 30° et environ 70°, avantageusement entre environ 40° et environ 60°.

**[0034]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ledit réseau de diffraction unidimensionnel est un réseau de diffraction à profil sinusoïdal. Un réseau à profil sinusoïdal est avantageux en ce qu'il permet une symétrie des efficacités de diffraction aux ordres +1 et -1 et de ce fait, une symétrie en termes d'efficacité visuelle pour l'animation iridescente de part et d'autre de l'animation achromatique. Cependant, d'autres profils de réseaux sont possibles, comme par exemple et de façon non limitative, un réseau de diffraction à profil pseudo-sinusoïdal, défini comme une somme de sinusoïdes d'amplitudes et de phase ajustables en fonction du profil escompté, un réseau de diffraction à profil rectangulaire, ou tout autre réseau de profil avantageusement symétrique pour avoir une efficacité visuelle similaire pour l'animation iridescente de part et d'autre de l'animation achromatique.

**[0035]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, une profondeur du réseau de diffraction est déterminée de manière à optimiser une efficacité de diffraction du réseau à l'ordre 1 et à l'ordre -1 à au moins une longueur d'onde du spectre visible, par exemple à une longueur d'onde centrale du spectre visible, par exemple autour de 550 nm.

**[0036]** 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.

**[0037]** 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 réfaction 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 ( $TiO_2$ ) nitrate de silicium ( $Si_3N_4$ ).

**[0038]** 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. 3].

**[0039]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, une dimension minimale de la première structure est supérieure à 300 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 rendre la structure visible à l'œil nu.

**[0040]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ladite première structure présente un contour formant, vue de la face d'observation, une forme graphique reconnaissable.

**[0041]** 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 diffractante permettant de réaliser un effet dit Alphagram® développée par la déposante.

**[0042]** Lorsque le composant comprend au moins une deuxième structure, les structures peuvent être juxtaposées, chacune avec des formes reconnaissables.

**[0043]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ledit premier motif présente un contour formant, vue de la face d'observation, une forme graphique reconnaissable.

**[0044]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, ledit premier motif est interrompu dans des régions formant, vue de la face d'observation, un objet graphique reconnaissable visible lors de l'animation achromatique et lors de l'animation iridescente.

**[0045]** Selon un ou plusieurs exemples de réalisation, dans au moins une deuxième région, ledit premier motif n'est pas modulé ou est modulé par un troisième motif formant un réseau périodique différent dudit deuxième motif, ladite deuxième région formant, vue de la face d'observation, un objet graphique reconnaissable visible seulement lors de l'animation iridescente.

**[0046]** Il est ainsi possible de générer un « scenario visuel » grâce à des objets graphiques qui apparaissent soit lors des deux animations (achromatique et iridescente) soit seulement lors de l'animation iridescente.

**[0047]** 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 à l'effet visuel recherché.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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.

**[0053]** Selon un troisième aspect, la présente description concerne des procédés de fabrication de composants optiques de sécurité selon le premier aspect.

**[0054]** Ainsi, la présente description concerne un procédé de fabrication d'un composant optique de sécurité selon la revendication 14.

### Brève description des figures

**[0055]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit, illustrée par les figures suivantes :

La FIG. 1A, illustre de façon schématique une vue en coupe (partielle) d'un exemple de réalisation d'un composant selon la présente description.

La FIG. 1B, illustre de façon schématique une vue en coupe (partielle) d'un autre exemple de réalisation d'un composant selon la présente description.

La FIG. 2, des schémas illustrant des paramètres d'une structure diffractive dans un composant de sécurité selon la

présente description.

La FIG. 3, un schéma illustrant l'enchaînement des animations iridescentes et de l'animation achromatique, lors d'un mouvement de tilt d'un composant optique de sécurité selon la présente description.

La FIG. 4A, des schémas illustrant selon un exemple, une première animation iridescente dans un composant optique de sécurité selon la présente description, en fonction de l'angle de tilt du composant, dans une première partie de la plage angulaire de tilt.

La FIG. 4B, des schémas illustrant, dans un composant optique de sécurité identique à celui de la FIG. 4A, une animation achromatique en fonction de l'angle de tilt du composant, dans une deuxième partie de la plage angulaire de tilt, l'animation achromatique s'enchaînant avec la première animation iridescente.

La FIG. 4C, des schémas illustrant, dans un composant optique de sécurité identique à celui de la FIG. 4A, une deuxième animation iridescente en fonction de l'angle de tilt du composant, dans une troisième partie de la plage angulaire de tilt, la deuxième animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique et présentant une inversion des couleurs vis-à-vis de la première animation iridescente.

La FIG. 5A, des courbes illustrant respectivement : un exemple de répartition spatiale des largeurs des facettes, pour une hauteur déterminée, dans un agencement de facettes configuré pour produire un effet dynamique de type « demi-onde » ; des valeurs angulaires de pentes (en degrés) de facettes en fonction des largeurs de facettes, pour deux hauteurs de facettes, dans un agencement de facettes configuré pour produire un effet dynamique de type « demi-onde » ; des valeurs angulaires de pentes (en degrés) de facettes en fonction des largeurs de facettes, pour deux hauteurs de facettes, dans un agencement de facettes configuré pour produire un effet dynamique de type « onde ».

La FIG. 5B, un schéma illustrant un exemple de répartition des facettes pour former des « pixels ».

La FIG. 5C, des courbes illustrant l'effet des pentes des facettes pour trois angles de tilt du composant situés dans la première partie de la plage angulaire de tilt.

La FIG. 6, une courbe illustrant l'effet des pentes des facettes et du réseau, en fonction de l'angle de tilt du composant, dans la deuxième partie de la plage angulaire de tilt, de part et d'autre de la première partie de la plage angulaire de tilt.

La FIG. 7, des courbes montrant l'efficacité à l'ordre +1 ou -1 d'un réseau de diffraction à profil sinusoïdal, en fonction de la profondeur du réseau, pour une longueur d'onde de 550 nm.

La FIG. 8, un exemple de composant optique de sécurité selon la présente description, avec un format de type « patch ».

La FIG. 9A, un schéma illustrant un exemple d'un document de valeur, par exemple un billet de banque, sécurisé avec un composant optique de sécurité selon la présente description.

La FIG. 9B, un schéma montrant un agrandissement du document sécurisé illustré sur la FIG. 9A.

La FIG. 10A, des schémas illustrant respectivement des conceptions d'un premier motif et d'un deuxième motif dans un exemple de composant optique de sécurité selon la présente description.

La FIG. 10B, des schémas illustrant selon un scenario visuel donné, des animations visuelles achromatique et iridescente, basées sur les motifs tels que schématisés sur la FIG. 10A.

## Description détaillée

**[0056]** Sur les figures, les éléments ne sont pas représentés à l'échelle pour une meilleure visibilité. La FIG. 1A et la FIG.

1B représentent de façon schématique et selon des vues en coupe (partielles) deux exemples de composants optiques de sécurité selon la présente description. Le composant optique de sécurité 101 représenté sur la FIG. 1A 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 111, par exemple un film en matériau polymère, par exemple un film en polyéthylène téréphthalate (PET) de quelques dizaines de micromètres, typiquement 15 à 100 µm, ainsi qu'une

couche de détachement 112, par exemple en cire naturelle ou synthétique. La couche de détachement permet de retirer le film support 111 après transfert du composant optique sur le produit ou document à sécuriser. Le composant optique de sécurité 101 comprend par ailleurs une première couche 113 en matériau diélectrique, présentant un premier indice de réfraction  $n_1$  et au moins une première structure diffractive S, comprenant un premier motif M<sub>1</sub>, modulé par un deuxième motif M<sub>2</sub> formant un réseau périodique, estampé sur ladite première couche 113 et qui sera décrite plus en détails par la suite.

**[0057]** Dans l'exemple de la FIG. 1A, le composant optique de sécurité 101 comprend également une deuxième couche 114 recouvrant au moins en partie ladite première structure S, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible. La deuxième couche 114 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, la différence d'indice entre les couches 113 et 114 présentant une valeur au moins égale à 0,3, avantageusement une valeur au moins égale à 0,5. La couche 114 permet d'assurer la réflexion de la lumière incidente.

**[0058]** Le composant optique de sécurité comprend par ailleurs une ou plusieurs couches optionnelles, non fonctionnelles optiquement mais adaptées à l'application.

**[0059]** Par exemple, dans l'exemple de la FIG. 1A, le composant optique de sécurité comprend en outre une couche d'adhésif 117, par exemple une couche d'adhésif réactivable à chaud, pour le transfert du composant optique de sécurité sur le produit ou document.

**[0060]** 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 111, puis le composant est transféré sur un document/produit à sécuriser grâce à la couche d'adhésif 117. Optionnellement, le film support 111 peut alors être détaché, par exemple au moyen de la couche de détachement 112. La face principale d'observation 100 du composant optique de sécurité se trouve ainsi du côté de la première couche 113 opposé à la face gravée de la couche 113.

**[0061]** Le composant optique de sécurité 102 représenté sur la FIG. 1B 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 102 comprend comme précédemment un film support 111 (12 à 25 µm) qui servira également de film de protection au fil de sécurité, et, comme dans l'exemple de la FIG. 1A, une première couche 113 en matériau diélectrique présentant un premier indice de réfraction  $n_1$ , au moins une première structure diffractive S, estampée sur ladite première couche 113, et une deuxième couche 114 recouvrant au moins en partie ladite première structure S, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible. Le composant optique de sécurité 102 comprend par ailleurs, dans l'exemple de la FIG. 1B, un ensemble des couches 115, 116, 118 optionnelles. La couche 115 (optionnelle) est par exemple une couche en matériau diélectrique 115, par exemple une couche transparente ; la couche 116 (optionnelle) est par exemple une couche de sécurité 116, 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 118 (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 118 peut être une couche adhésive. Comme dans l'exemple précédent, la fabrication peut être réalisée par empilement des couches sur le film support 111. La couche diélectrique 115 et la couche de sécurité 116 peuvent ne former qu'une seule couche. La couche de protection (ou couche adhésive) 118 et la couche 115 peuvent également ne former qu'une seule et même couche.

**[0062]** 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. 1A et 1B et que les variantes de réalisation présentées sur les FIGS. 1A et 1B peuvent être combinées.

**[0063]** A noter que si les couches additionnelles, non fonctionnelles optiquement, par exemple la couche 117, ou les couches 115, 116, 118, 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.

**[0064]** La FIG. 2 illustre plus en détails les paramètres d'une structure diffractive S (schéma 23) selon la présente description. La structure S est formée d'un premier motif  $M_1$  comprenant un ensemble de facettes  $F_i$  (schéma 22), ledit motif étant au moins partiellement modulé par un second motif  $M_2$  défini par la projection d'un réseau de diffraction à une direction référencé G (schéma 21) et défini dans un plan  $\pi$  parallèle au plan du composant (et parallèle de ce fait à la face d'observation 100).

**[0065]** L'ensemble des facettes  $F_i$  sont parallèles, c'est-à-dire qu'elles présentent une variation de la pente dans une seule et même direction, référencée  $y$  dans l'exemple de la FIG. 2. 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  $\pi$  parallèle au plan du composant, à savoir selon l'axe  $z$  dans l'exemple de la FIG. 2. Dans l'exemple de la FIG. 2, les facettes ont toutes la même hauteur  $h$ , ladite hauteur étant inférieure à environ 2 µm, avantageusement inférieure à environ 1 µm, par exemple comprise entre environ 0.5 µm et environ 1 µm.

**[0066]** Les facettes sont également caractérisées par une largeur  $A$ , définie par la dimension selon la direction  $y$  de variation de la pente, la largeur étant généralement comprise par exemple entre environ 2 µm et environ 100 µm, par exemple entre environ 2 µm et environ 80 µm, par exemple environ 4 µm et environ 80 µm. Avantageusement, une largeur minimale des facettes sera supérieure à environ 4 fois, avantageusement supérieure à environ 8 fois, la période du réseau.

**[0067]** Les facettes présentent généralement une forme sensiblement rectangulaire. La dimension des facettes selon l'axe  $x$  compris dans un plan  $xy$  (plan  $\pi$ ) parallèle au plan du composant et perpendiculaire à l'axe  $y$ , appelée « longueur » dans la présente description, définit la largeur d'un pixel, c'est-à-dire une région élémentaire de la structure qui renvoie la lumière dans la même direction. En général, on cherchera à ce que la longueur soit inférieure à environ 100 µm, avantageusement inférieure à 60 µm, pour ne pas être visible par l'œil.

**[0068]** Les facettes  $F_i$  comprennent des pentes dont les valeurs angulaires  $\alpha_i$  sont comprises, en valeur absolue, entre une valeur angulaire minimale, par exemple 0° et une valeur angulaire maximale, par exemple comprise entre environ 7° et environ 15°. Comme illustré sur la

**[0069]** FIG. 2, dans la présente description, le sens positif choisi pour la mesure des valeurs angulaires des pentes est le sens horaire ou anti-trigonométrique.

**[0070]** Comme cela est illustré sur le schéma 21, le réseau de diffraction G est un réseau de diffraction à une direction,

caractérisé par un pas ou période  $d$  et une profondeur  $t$ . On note  $\mathbf{k}_g$  le vecteur réseau qui est colinéaire à la direction  $y$  de variation de la pente et dont le module est égal à  $2\pi/d$ .

**[0071]** Comme cela est visible sur le schéma 23 de la FIG. 2, la structure S résultant de la modulation du premier motif comprenant l'ensemble des facettes par le réseau de diffraction G, comprend un ensemble de facettes  $F_i$  supportant chacune un réseau de diffraction unidimensionnel  $G_i$ .

**[0072]** Dans le composant selon la présente description, les facettes  $F_i$  présentent chacune par rapport au plan  $\pi$  parallèle au plan du composant un angle  $\alpha_i$ . La projection sur chaque facette  $F_i$  d'un réseau de diffraction G de pas constant  $d$  et dont le vecteur réseau présente une direction colinéaire à la direction  $y$  de variation de la pente peut résulter en un réseau projeté  $G_i$  de pas variable, référencé  $d_{Mi}$  sur le schéma 23. Les pentes des facettes présentant des valeurs angulaires faibles, typiquement inférieures à 15° en valeur absolue, on pourra négliger dans la plupart des exemples de réalisation, l'effet de ces variations du pas de réseau sur les différentes facettes.

**[0073]** Dans l'exemple de la FIG. 2, schéma 21, le réseau de diffraction G à l'ordre 1 présente un profil sinusoïdal. D'autres profils sont possibles, comme par exemple un profil quasi sinusoïdal, défini comme une somme de sinusoïdes d'amplitudes et de phase ajustables en fonction du profil escompté, ou un profil rectangulaire. De tels profils, symétriques, ont l'avantage de présenter une efficacité de diffraction similaire à l'ordre +1 et à l'ordre -1. Par profil de réseau symétrique, on comprend un réseau dont le profil présente une symétrie centrale (par rapport à un point).

**[0074]** Une fois la structure S déterminée grâce à la définition du premier et du deuxième motif, le procédé d'enregistrement de la structure peut être effectué en vue de la fabrication des composants optiques de sécurité, comme cela sera décrit plus en détails par la suite.

**[0075]** Dans un composant optique de sécurité selon la présente description, la période  $d$  du réseau de diffraction, la valeur angulaire  $\alpha$  maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et l'angle d'observation sont déterminés pour observer une animation achromatique dans une première partie de la plage angulaire de tilt autour de la réflexion spéculaire, et pour observer la même animation, iridescente, dans une deuxième partie de la plage angulaire de tilt, l'animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt.

**[0076]** La FIG. 3 montre un schéma illustrant l'enchaînement recherché des animations iridescentes et de l'animation achromatique, lors d'un mouvement de tilt d'un composant optique de sécurité 40 selon la présente description.

**[0077]** On note  $\Delta_L$  l'axe d'éclairage, par exemple un éclairage vertical correspondant à la lumière naturelle, on note  $\Delta_O$  l'axe d'observation correspondant à la direction d'observation par un observateur (symbolisé par un œil sur la FIG. 3) et  $\theta_{obs}$  l'angle d'observation entre les axes  $\Delta_L$  et  $\Delta_O$ . Dans la suite de la description, on assimile  $\theta_{obs}$  à la valeur absolue de la mesure angulaire de l'angle d'observation.

**[0078]** 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  $\Delta$  contenu dans le plan du composant et sensiblement perpendiculaire à la direction de variation de la pente. L'axe de tilt est donc sensiblement parallèle à l'axe  $x$  (FIG. 2).

**[0079]** En opération, les directions d'éclairage et d'observation sont fixes et le mouvement de tilt du composant se traduit par une variation de l'angle d'incidence  $\theta_i$  de la lumière incidente sur le composant, défini par rapport à un axe  $\Delta_N$  normal au plan du composant. Par convention, dans la présente description, le sens positif de l'angle d'incidence est le sens trigonométrique. Comme cela sera décrit plus en détails par la suite, la variation de l'angle d'incidence  $\theta_i$  se traduit par une variation de l'angle  $\theta_o$  de la lumière diffractée par la structure S comprenant le premier motif  $M_1$  modulé par le deuxième motif  $M_2$  (voir FIG. 2) tel que  $\theta_o = \theta_i - \theta_{obs}$  où  $\theta_{obs}$  est pris en valeur absolue. L'angle de diffraction  $\theta_o$  est ainsi défini par l'angle entre la normale au composant et la direction d'observation  $\Delta_O$ . Par convention, dans la présente description, le sens positif de l'angle de diffraction est, comme pour l'angle d'incidence, le sens trigonométrique. Sur le schéma de la FIG. 3, le composant optique de sécurité 40 est représentée dans une position centrale pour laquelle l'axe normal  $\Delta_N$  perpendiculaire au plan du composant coupe l'angle d'observation  $\theta_{obs}$  en deux secteurs angulaires de même mesure (position de réflexion spéculaire pour laquelle  $\theta_o = -\theta_i$ ).

**[0080]** Comme illustré sur la FIG. 3, on cherche à observer une animation achromatique dans une première partie  $\Delta\theta_B$  d'une plage angulaire de tilt  $\Delta\theta_{tilt}$ , la première partie  $\Delta\theta_B$  de la plage angulaire de tilt se situant autour de la réflexion spéculaire. On cherche en outre à observer la même animation, iridescente, dans une deuxième partie de la plage angulaire de tilt, l'animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt. Ainsi, comme cela est illustré sur la FIG. 3, la deuxième partie de la plage angulaire de tilt comprend une plage angulaire  $\Delta\theta_{R-}$  et une plage angulaire  $\Delta\theta_{R+}$  correspondant respectivement, du point de vue d'un observateur, à un tilt du composant optique de sécurité vers l'arrière ou vers l'avant.

**[0081]** L'animation iridescente est une animation « arc-en-ciel » dans laquelle un observateur voit défiler les couleurs de l'arc en ciel. Par souci de simplification, dans les figures, seules 4 couleurs de l'arc en ciel sont représentées, symbolisées par des textures, à savoir rouge (texture 311), jaune (texture 312), vert (texture 313), bleu (texture 314).

**[0082]** Les FIGS 4A - 4C illustrent plus en détails un exemple d'effet dynamique visuel obtenu avec un composant optique de sécurité selon la présente description.

**[0083]** Le composant optique de sécurité comprend dans cet exemple deux structures diffractives selon la présente description, une structure 401 formant un chiffre « 2 » et une structure 402 formant un chiffre « 5 ». Les structures diffractives présentent des contours délimités par exemple grâce à une démétallisation, ou plus généralement grâce à la suppression localisée de la couche réflective ou dans d'autres exemples de réalisation, du fait d'une délimitation de la structure elle-même.

**[0084]** La FIG. 4B illustre l'effet d'animation achromatique dans la première plage angulaire de tilt référencée  $\Delta\theta_B$  sur la FIG. 3. Plus précisément, le schéma 44 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 4 sur la FIG. 3, le schéma 45 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 5 sur la FIG. 3 (position centrale correspondant à la réflexion spéculaire), le schéma 46 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 6 sur la FIG. 3. Sur la FIG. 4B, l'animation achromatique comprend par exemple un déplacement de lignes blanches circulaires sur fond noir.

**[0085]** La FIG. 4A illustre l'effet d'animation iridescente dans la deuxième partie de plage angulaire de tilt référencée  $\Delta\theta_{R+}$  sur la FIG. 3 et qui correspond, du point de vue de l'observateur, à un mouvement de tilt du composant vers l'avant. Plus précisément, le schéma 41 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 1 sur la FIG. 3, le schéma 42 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 2 sur la FIG. 3, le schéma 43 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 3 sur la FIG. 3. Sur la FIG. 4A, chaque couleur est illustrée par une texture similaire à celle utilisée sur la FIG. 3.

**[0086]** La FIG. 4C illustre l'effet d'animation iridescente dans la deuxième partie de plage angulaire de tilt référencée  $\Delta\theta_{R-}$  sur la FIG. 3 et qui correspond, du point de vue de l'observateur, à un mouvement de tilt du composant vers l'arrière. Plus précisément, le schéma 47 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 7 sur la FIG. 3, le schéma 48 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 8 sur la FIG. 3, le schéma 49 correspond à la position du composant optique de sécurité 40 référencée 9 sur la FIG. 3. Sur la FIG. 4C, chaque couleur est illustrée par une texture similaire à celle utilisée sur la FIG. 3.

**[0087]** Ainsi, comme cela est illustré sur les FIGS 4A - 4C, on observe un effet visuel dynamique achromatique autour de la réflexion spéculaire qui, comme cela est expliqué plus en détails ci-dessous, résulte de l'agencement des facettes formant le premier motif et on observe de part et d'autre le même effet visuel dynamique mais iridescent, avec un défilé de couleurs de type arc-en-ciel.

**[0088]** Comme cela est également détaillé ci-après, l'effet iridescent résulte de la diffraction aux ordres +1 et -1 du réseau (respectivement pour les plages angulaires de tilt  $\Delta\theta_{R+}$  et  $\Delta\theta_{R-}$ ) qui module les facettes.

**[0089]** L'animation iridescente est enchaînée de part et d'autre de l'animation chromatique. Dans l'exemple des FIGS 4A - 4C, on peut ainsi définir deux angles d'incidence particuliers, respectivement  $\theta_T^+$  (schémas 43 et 44) et  $\theta_T^-$  (schémas 46 et 47) qui correspondent aux angles d'incidence de transition entre respectivement l'animation achromatique et l'animation iridescente à l'ordre +1 et l'animation chromatique et l'animation iridescente à l'ordre -1.

**[0090]** A noter que comme cela est visible sur les FIGS 4A et 4C, on observe une inversion des couleurs entre les deux plages angulaires de tilt  $\Delta\theta_{R+}$  et  $\Delta\theta_{R-}$ . Autrement dit les facettes qui diffractent par exemple du rouge vers l'observateur dans la plage angulaire  $\Delta\theta_{R+}$  diffractent du bleu dans la plage angulaire  $\Delta\theta_{R-}$ .

**[0091]** Nous décrivons maintenant les étapes de conception de la structure, et notamment le choix des paramètres tels qu'illustrés sur la FIG. 2, pour obtenir un effet visuel dynamique selon la présente description et illustré par exemple sur la FIG. 3 et les FIGS 4A - 4C.

**[0092]** Pour accéder aux effets visuels dynamiques décrits précédemment, on commence par déterminer la structure du premier motif, c'est-à-dire les positions des facettes, leurs dimensions et les pentes des facettes pour obtenir l'animation achromatique recherchée dans la première partie de la plage angulaire de tilt ( $\Delta\theta_B$  sur la FIG. 3).

**[0093]** La FIG. 5A montre un exemple de répartition spatiale des largeurs de facettes permettant de produire un effet dynamique (schéma 51) ainsi que des schémas illustrant les valeurs angulaires des pentes des facettes en fonction de la largeur, comme outil de conception du premier motif dans un composant optique de sécurité selon la présente description pour construire l'animation recherchée.

**[0094]** Plus précisément, le schéma 51 représente une courbe 510 illustrant, dans un premier agencement de facettes configuré pour produire un effet dynamique, la répartition spatiale des largeurs des facettes selon l'axe y de variation de la pente (voir FIG. 2). Comme cela est illustré sur le schéma 51, la variation des largeurs est décroissante, ce qui se traduit à hauteur constante h des facettes par une variation continue et croissante des valeurs angulaires des pentes, dans le but de simuler un élément réfléctif concave.

**[0095]** Par exemple, le schéma 51 illustre une variation continue décroissante qui suit une courbe mathématique pouvant s'écrire en  $\frac{a}{\sqrt{y}} + b$ , où a et b sont les paramètres d'ajustement de la fonction. Notons que d'autres fonctions peuvent être utilisées.

**[0096]** En pratique, la variation des largeurs et angles des facettes comprend des valeurs discrètes choisies en fonction de la taille de la structure diffractive. Ainsi par exemple, si l'on cherche à produire un effet de type « onde » dans une région de dimension donnée, on pourra choisir un nombre de facettes plus grand dans une région plus grande et l'effet

dynamique sera plus fluide et continu.

**[0097]** En pratique, on pourra choisir, pour une hauteur  $h$  donnée des facettes, des largeurs de facettes fonction des angles de facettes recherchés.

**[0098]** Le schéma 52 représente ainsi des valeurs angulaires de pentes (en degrés) des facettes en fonction des largeurs de facettes, pour deux hauteurs de facettes, à savoir 1  $\mu\text{m}$  (courbe 521) et 0,5  $\mu\text{m}$  (courbe 522), pour un agencement de facettes configuré pour former un effet dynamique équivalent à celui d'un élément optique concave. Comme cela apparaît sur le schéma 52, la largeur des facettes est décroissante, ce qui résulte, à hauteur constante, en une variation croissante de la valeur angulaire de la pente des facettes.

**[0099]** De la même manière, le schéma 53 représente des valeurs angulaires de pentes (en degrés) des facettes en fonction des largeurs de facettes, pour deux hauteurs de facettes, à savoir 1  $\mu\text{m}$  (courbe 531) et 0,5  $\mu\text{m}$  (courbe 532), pour un agencement de facettes configuré pour former un effet dynamique de type « onde » (convexe). Comme cela apparaît sur le schéma 53, la largeur des facettes est croissante puis décroissante, ce qui résulte, à hauteur constante, en une variation décroissante de la valeur angulaire de la pente des facettes, puis croissante.

**[0100]** Les facettes d'angle et de largeur variables tel que décrites sur la FIG. 5A sont exploitées pour concevoir le premier motif de la structure qui permettra de générer l'animation achromatique dans la première plage angulaire de tilt  $\Delta\theta_B$ .

**[0101]** Chacune des facettes considérées permet de renvoyer la lumière vers une direction donnée en fonction de la pente de la facette et selon une distribution angulaire précise. A angle d'incidence fixé, les facettes participant au mouvement (facettes « actives ») sont celles dont la réponse permet de renvoyer de l'énergie dans la direction  $\Delta_O$  (c'est-à-dire vers l'observateur manipulant le document). Ainsi, quand le document est tilité dans la première partie de la plage angulaire de tilt  $\Delta\theta_B$ , les facettes « actives » paraîtront blanches (allumées) tandis que les autres facettes paraîtront noires (éteintes).

**[0102]** Pour obtenir l'effet optique présenté en FIG. 3 ou 4A - 4B, nous définissons tout d'abord l'angle d'observation  $\theta_{\text{obs}}$  égal à la valeur absolue de l'angle entre la direction d'éclairage  $\Delta_L$ , par exemple une direction d'éclairage vertical, et la direction d'observation  $\Delta_O$ . Par exemple, l'angle d'observation  $\theta_{\text{obs}}$  est compris entre environ 30° et environ 60° dans l'air. Par exemple, l'angle d'observation est égal à environ 45° dans l'air.

**[0103]** L'animation achromatique dans la première partie de la plage angulaire de tilt est définie en fonction de la pente maximale (en valeur absolue) des facettes  $\alpha_{\text{max}}$ , à savoir  $\Delta\theta_{B,n1} = 2|\alpha_{\text{max}}|$  où  $\Delta\theta_{B,n1}$  est défini dans la première couche (113, FIGS 1A, 1B) d'indice de réfraction  $n_1$ . Dans l'air, cette plage angulaire est plus importante et correspond à  $\Delta\theta_B = \arcsin(n_1 \sin(2|\alpha_{\text{max}}|))$ . A titre d'exemple, pour une valeur d'indice de réfraction  $n_1 = 1.5$  et une valeur  $\alpha_{\text{max}} = 7.1^\circ$ , la première partie de la plage angulaire mesurée dans l'air  $\Delta\theta_B$  vaut 21.5°.

**[0104]** Pour déterminer les facettes participant à l'effet visuel dynamique graphique, on étudie la réponse optique de chacune des facettes pour un éclairage donné défini par le tilt de l'échantillon. La réponse optique d'une facette de largeur  $A$  et de profondeur  $h$  est obtenue en calculant la transformée de Fourier TF du déphasage  $\Delta\phi$  subi par un rayon lumineux incident sur le composant optique de sécurité avec un angle  $\theta_i$ . Le déphasage  $\Delta\phi$  s'exprime par :

[Math 1]

$$\Delta\phi = \exp\left(\frac{4\pi n_1 j}{\lambda} h \cdot \frac{y}{\Lambda}\right); y \in [0, \Lambda]$$

**[0105]** Où  $\lambda$  est une longueur de travail centrale du domaine visible, par exemple 550 nm,  $n_1$  est l'indice de la première couche en matériau diélectrique (113, FIG. 1A et FIG. 1B),  $h$  est la hauteur des facettes. La réponse optique de la facette s'exprime ainsi par :

45

[Math 2]

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

50 **[0106]** Où  $v$  est la fréquence spatiale donnée par :

[Math 3]

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

**[0107]** Grâce à ce formalisme, nous pouvons prédire la distribution ainsi que la direction maximisant l'énergie renvoyée à l'ordre 0 par chacune des facettes pour un angle de tilt donné, ce qui permet de concevoir le premier motif de la structure

pour produire l'animation recherchée. En lumière blanche, la réponse optique des facettes de pente  $\alpha_i$  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  $\alpha_i$  est centré sur la position angulaire  $\theta_o = -\theta_i + 2 \cdot \alpha_i$ .

**[0108]** Des exemples de lobes diffractifs sont présentés sur la FIG. 5B où trois cas de figures ont été modélisés. Chacun des cas correspond à un tilt du document différent. L'angle d'incidence  $\theta_i$  (angle défini entre la direction  $\Delta_N$  normale au plan du composant et la direction d'éclairage de la source lumineuse  $\Delta_L$ ) est donc également distinct. Cet angle prend comme valeur 7.68° (schéma 57), 15° (schéma 58), et 21.8° (schéma 59).

**[0109]** Dans chacun de ces cas, sont représentées les lobes diffractifs de trois facettes : Deux facettes opposées d'angles -7.1° et 7.1° correspondant à une largeur de 8 μm et une profondeur de 1 μm (respectivement les courbes 502 et 503) et une facette centrale d'angle sensiblement nul (courbe 501) correspondant à une largeur de 80 μm et une profondeur de 1 μm.

**[0110]** Notons que plus la largeur des facettes est petite, plus le lobe diffractif est angulairement étendu, ce qui a pour conséquence un élargissement du faisceau réfléchi.

**[0111]** Le schéma 58 représente la position centrale pour laquelle l'axe normal  $\Delta_N$  perpendiculaire au plan du composant coupe l'angle d'observation  $\Delta\theta_{obs}$  en deux secteurs angulaires de même mesure (position de réflexion spéculaire), à savoir  $\theta_i = -\theta_o$ .

**[0112]** Dans ce cas, ce sont les facettes d'angle de pente sensiblement nul qui permettent de renvoyer la lumière vers l'œil (réflexion spéculaire), la direction d'observation par un observateur manipulant le document étant symbolisée par un œil sur le schéma 58 (courbe 501). Ainsi, les facettes d'angle de pente sensiblement nul paraîtront « actives ». Les lobes diffractifs 502 et 503 renvoient de l'énergie en dehors de l'axe d'observation, les facettes correspondantes paraîtront éteintes.

**[0113]** En tilitant l'échantillon de part et d'autre, l'angle d'incidence  $\theta_i$  est modifié et les lobes diffractifs sont translatés d'une valeur de  $\Delta\theta_i$  correspondant à la variation de l'angle  $\theta_i$  subit suite à un tilt de l'échantillon.

**[0114]** Notons que les angles de tilt de l'échantillon et l'angle d'incidence sont distincts dû à la réfraction de la lumière subie suite au changement d'interface d'indice air/n<sub>1</sub>.

**[0115]** Le schéma 57 correspond à un éclairage avec un angle d'incidence 7.68°, dans ce cas la facette qui participe à l'animation achromatique est celle dont le lobe diffractif est renvoyé vers la direction  $\Delta_O$ . En particulier, la facette participant à l'effet visuel sur le schéma 57 est la facette d'angle -7.1° (courbe 502). La direction d'observation par un observateur est symbolisée par un œil.

**[0116]** Quand l'échantillon est tilté de l'autre côté de la position centrale, avec un angle d'incidence de 21.8° c'est la facette d'angle opposée de pente +7.1° qui s'allume (schéma 59).

**[0117]** On peut donc concevoir le premier motif par un agencement spatial de facettes de pentes variables, les facettes étant déterminées pour renvoyer l'énergie lumineuse dans la direction de l'observateur, pour un angle d'incidence donné qui correspond à un angle de tilt donné.

**[0118]** A titre d'illustration, la FIG. 5C représente un schéma d'un agencement de facettes F<sub>i</sub> dans une région de la structure utilisée pour former le chiffre « 2 » (FIG. 4A - 4C).

**[0119]** On peut définir des « pixels » P<sub>i</sub> comme étant des régions spatiales contenant une facette ou plusieurs facettes adjacentes de même largeur et de même angle de pente. En pratique, un pixel peut avoir une forme rectangulaire avec au moins une dimension inférieure à 100 μm, avantageusement inférieure à environ 60 μm de sorte à ne pas être visible à l'œil. Bien entendu, d'autres formes de pixels peuvent être envisagées. Chaque « pixel » forme un point lumineux pour un angle de tilt donné du composant. On peut ainsi créer l'animation achromatique telle qu'illustree sur la FIG. 4B.

**[0120]** On décrit maintenant comment choisir les paramètres du réseau de diffraction G diffractif à l'ordre +1 et -1 pour obtenir un enchaînement de l'animation achromatique avec des animations iridescentes de part et d'autre de la première partie  $\Delta\theta_B$  de la plage angulaire de tilt.

**[0121]** En plus de l'animation achromatique, les mêmes facettes modulées par le réseau G génèrent une animation iridescente dans une deuxième partie de la plage angulaire de tilt.

**[0122]** Les paramètres du réseau ont un impact sur l'enchaînement des deux animations achromatique et iridescente. Ainsi, on peut choisir la période d du réseau de diffraction en fonction de la valeur angulaire  $\alpha$  maximale des pentes, mesurée en valeur absolue, et de l'angle d'observation pour observer une animation achromatique dans une première partie de la plage angulaire de tilt autour de la réflexion spéculaire, et pour observer la même animation, iridescente, dans une deuxième partie de la plage angulaire de tilt, l'animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt.

**[0123]** Plus précisément, on détermine que pour obtenir un enchaînement entre les animations achromatique et iridescente, la période d du réseau G respecte avantageusement la condition suivante :

[Math 4]

$$d = \frac{\lambda_{VIS}}{n_1(\sin(\theta_{obs,n_1}) - \sin(\theta_{T,n_1}^- - 2|\alpha_{max}|))}$$

5

Où :

[Math 5]

$$\theta_{T,n_1}^- = \frac{\theta_{obs,n_1}}{2} - |\alpha_{max}|$$

10 est l'angle d'incidence de transition entre les animations achromatique et iridescente dans le milieu d'indice  $n_1$ , à savoir la  
 15 transition entre les positions 6 et 7 du composant optique de sécurité 40 telles que référencées sur la FIG. 3 en tenant compte de la réfraction air/ $n_1$ , et :

[Math 6]

$$\theta_{obs,n_1} = \arcsin(\sin(\theta_{obs})/n_1)$$

20 [0124] Par ailleurs,  $\lambda_{VIS}$  est la longueur d'onde avec laquelle on souhaite commencer l'animation iridescente, par exemple  $\lambda_{VIS}$  est compris entre environ 400 nm et environ 450 nm.

25 [0125] Cette condition découle directement de la formule des réseaux selon laquelle la direction de l'ordre diffracté +/-1 correspondrait à la direction d'observation  $\Delta_O$  et où l'angle d'incidence sur le réseau correspond à l'angle de transition entre les deux plages angulaires de tilt calculé par rapport à la normale de la facette d'angle de pente maximal.

30 [0126] À titre d'exemple, en considérant  $|\alpha_{max}| = 7.1^\circ$ ,  $n_1 = 1.5$ ,  $\theta_{obs} = 45^\circ$  et  $\lambda_{vis}=450$  nm, on calcule  $\theta_{obs,n_1} = 28.1^\circ$  et  $\theta_{T,n_1}^- = 6.9^\circ$ .

[0127] Dans ce cas, pour assurer l'enchainement tel que décrit précédemment,  $d$  est choisi égal à 502 nm en appliquant l'équation définie ci-dessus.

[0128] A noter qu'il est possible, en jouant sur la valeur de la période et de la pente maximale des facettes, de définir une plage angulaire de recouvrement strictement positive entre la première plage angulaire (animation achromatique) et la deuxième plage angulaire (animation iridescente).

35 [0129] Par exemple, on définit une plage de recouvrement  $\Delta\theta_{rec}$  dans le cas du choix d'une période  $d_2$  du réseau de diffraction.

[Math 7]

$$\Delta\theta_{Rec} = \arcsin(n_1 \sin(|\theta_2 - \theta_{T,n_1}^-|))$$

40 où l'angle d'incidence  $\theta_2$  correspond au début de l'animation iridescente si une période  $d_2$  du réseau G était choisie au lieu de la période d optimale pour laquelle le chevauchement est nul:

45

[Math 8]

$$\theta_2 = \arcsin\left(\sin(\theta_{obs,n_1}) - \frac{\lambda_{vis}}{n_1 d_2}\right) + 2|\alpha_{max}|$$

50 [0130] A titre d'exemple, en reprenant les paramètres de l'exemple précédent, en considérant une période  $d_2=520$ nm, l'angle  $\theta_2$  vaut dans ce cas  $8.1^\circ$  et donc la plage de recouvrement dans l'air dans ce cas vaut  $\Delta\theta_{rec} = 1.8^\circ$ .

[0131] A titre d'illustration, la FIG.6 décrit les longueurs d'onde diffractées (ordres +1 et -1) par différentes facettes modulées par le réseau G, renvoyée vers la direction  $\Delta_O$  en fonction de l'angle d'incidence, lorsque le composant est éclairé en lumière blanche selon la direction d'éclairage  $\Delta_N$ . Les courbes 61, 62, 63, 64 et 65 correspondent respectivement à des facettes d'angles  $-7.1^\circ$ ,  $-3.55^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+3.55^\circ$  et  $+7.1^\circ$ , surmodulées par un réseau de période 520 nm. Les courbes sont calculées en exploitant l'équation donnant  $d$  ci-dessus, où  $\lambda_{vis}$  est remplacée par la longueur d'onde diffractée et  $d$  par la période choisie pour le réseau diffractif G.

**[0132]** La plage angulaire de tilt totale se divise en 3 plages angulaires, une plage d'animation iridescente  $\Delta\theta_R$ - correspondant à la diffraction d'ordre -1, une plage d'animation achromatique de tilt  $\Delta\theta_B$  autour de la réflexion spéculaire et une seconde plage d'animation iridescente  $\Delta\theta_{R+}$ , correspondant à la diffraction d'ordre +1.

**[0133]** A angle d'incidence fixe  $\theta_i$ , chacune des facettes modulées par le réseau G diffracte une longueur d'onde différente dans la direction d'observation. Cette longueur d'onde dépend de la pente propre à chaque facette. La dispersion chromatique engendrée par les différentes facettes modulées par le réseau G suit le même motif graphique préalablement défini sur la première plage de tilt.

**[0134]** Par ailleurs, comme cela est visible sur la FIG. 6, les facettes avec une pente donnée diffractant une longueur d'onde donnée à l'ordre +1 diffractent une autre longueur d'onde à l'ordre -1, ce qui produit une inversion des couleurs lors de l'animation iridescente de part et d'autre de l'animation achromatique.

**[0135]** En plus du choix de la période, on peut choisir la profondeur t du réseau G (FIG. 2) de sorte à optimiser l'efficacité de diffraction des ordres +/-1, comme cela est illustré sur la FIG. 7. Plus précisément, sur la FIG. 7, les courbes 70, 71, 72 et 73 illustrent la courbe d'efficacité du réseau à l'ordre -1 en fonction de la profondeur du réseau pour quatre périodes du réseau, à savoir 400 nm, 460 nm, 520 nm, 580 nm respectivement pour une longueur d'onde de lumière incidente correspondant à 550 nm. Cette courbe permet d'optimiser la valeur de la profondeur du réseau de diffraction G. Par exemple pour un réseau G de période 520nm, on pourra choisir une profondeur t de 150 nm pour avoir un maximum d'efficacité de diffraction à l'ordre 1 et -1.

**[0136]** Des exemples de composants optiques de sécurité pour la sécurisation de documents de valeur sont illustrés au moyen des FIG. 8 et 9A, 9B.

**[0137]** La FIG. 8 représente un exemple de composant optique de sécurité de type « patch » ou timbre selon la présente description, par exemple une étiquette, le patch étant configuré pour être fixée par exemple sur un billet de banque ou un produit.

**[0138]** Dans cet exemple, le composant optique de sécurité comprend un empilement de couches, par exemple un empilement de couches tel qu'illustré sur la FIG. 1B, la couche 118 pouvant être alors une couche adhésive.

**[0139]** Le composant optique de sécurité comprend une première structure diffractive gravée dans la première couche (113, FIG. 1B) et délimitée par le contour référencé 81 sur la FIG. 8, cette première structure diffractive étant conforme à la présente description pour générer un effet visuel dynamique achromatique dans une première plage angulaire de tilt et le même effet visuel dynamique, mais iridescent, dans des plages angulaires de tilt de part et d'autre de la première plage angulaire de tilt. Le composant optique de sécurité comprend en outre d'autres structures délimitées par les contours 82, 83 et 84. Il peut s'agir par exemple de structures diffusantes, des structures holographiques ou des structures diffractantes permettant de réaliser des effets dits Alphagram®. Dans cet exemple, une couche réfléchissante (114, FIG. 1B), par exemple une couche métallique ou de haut indice, peut être appliquée sur l'ensemble du composant, les régions 81, 82, 83, 84 étant distinguées uniquement par des différences dans la structure gravée dans la première couche.

**[0140]** La FIG. 9A représente un schéma illustrant un exemple d'un document de valeur 900, par exemple un billet de banque, sécurisé avec un composant optique de sécurité 91 selon la présente description et la FIG. 9B représente un schéma montrant un agrandissement du document sécurisé illustré sur la FIG. 9A.

**[0141]** Plus précisément dans cet exemple, le composant optique de sécurité comprend un empilement de couches, par exemple un empilement de couches tel qu'illustré sur la FIG. 1A, la couche 117 pouvant être par exemple une couche d'adhésif réactivable à chaud, pour le transfert du composant optique de sécurité sur le support du billet de banque 900.

**[0142]** Le composant optique de sécurité 91 comprend une première structure diffractive gravée dans la première couche (113, FIG. 1B) et délimitée par le contour en forme de « 2 » référencé 911 sur la FIG. 9A ainsi qu'une deuxième structure diffractive gravée dans la première couche et délimitée par le contour en forme de « 5 » référencé 912. Ces deux structures diffractives sont des structures diffractives conformes à la présente description pour générer un effet visuel dynamique achromatique dans une première plage angulaire de tilt et le même effet visuel dynamique, mais iridescent, dans des plages angulaires de tilt de part et d'autre de la première plage angulaire de tilt. Comme cela est illustré sur la FIG. 9B, les animations résultant des deux structures diffractives peuvent présenter des motifs différents.

**[0143]** Par ailleurs, comme cela apparaît également sur la FIG. 9B, la deuxième couche (réfléchissante) est inexiste localemement pour laisser apparaître des régions 915 dans lesquelles apparaît le support du billet de banque sur lequel est fixé le composant optique de sécurité. Ainsi dans cet exemple, la couche réfléchissante (114, FIG. 1A) ne recouvre pas complètement la structure diffractive.

**[0144]** Enfin, comme cela est visible également sur la FIG. 9B (structures diffractives avec les contours 911, 912), le premier motif formant ladite structure diffractive peut présenter des régions 918 dans lesquelles il n'y a pas de modulation avec le réseau d'ordre 1. Ces régions ne seront pas perceptibles lorsque le composant optique de sécurité subit un mouvement de tilt dans la première plage angulaire (animation achromatique) mais apparaîtront noires à un observateur lorsque le composant optique de sécurité subit un mouvement de tilt dans les plages angulaires de tilt de part et d'autre de la première plage angulaire de tilt. Il est ainsi possible d'offrir une protection supplémentaire avec un message qui n'apparaît que dans les angles de tilt importants, lors de l'animation iridescente.

**[0145]** De la même façon, les régions 918 pourraient être modulées par un deuxième réseau différent du premier

réseau, par exemple un deuxième réseau d'ordre 1 de pas et/ou d'orientation différents de ceux du premier réseau de sorte soit à faire apparaître un décalage spectral de l'irisation, soit de permettre un contrôle azimutal dans le cas où l'orientation est différente de la direction du premier réseau d'ordre 1 qui module le reste du premier motif.

**[0146]** Le composant optique de sécurité illustré sur les FIGS 9A, 9B comprend en outre une autre structure délimitée par le contour 913. Il peut s'agir par exemple d'une structure diffractive comprenant un ensemble de facettes telles que décrites dans la présente description mais non modulées par un réseau de diffraction. Ainsi, la région 913 présentera à un observateur un effet visuel dynamique achromatique. Il est par exemple possible de calculer la plage angulaire de tilt de la région 913 pour observer une animation achromatique sur toute la plage angulaire de tilt sur laquelle les animations des régions 911 et 912 sont visibles. De cette manière, on pourra observer simultanément des animations achromatiques et iridescentes dans le composant. Plus précisément, on pourra observer simultanément l'enchaînement des animations achromatique et iridescente sur une région dans une plage de tilt tandis que la région voisine subit uniquement une animation achromatique pour cette même plage de tilt. Par ailleurs, dans la structure diffractive formant la région 913, une démétallisation partielle (ou suppression locale de la couche réfléchissante) est également possible pour laisser apparaître des régions 915 dans lesquelles on voit le support du document de sécurité.

**[0147]** Les FIGS. 10A et 10B illustrent un exemple de « scénario visuel » original, obtenu au moyen d'un exemple de composant optique de sécurité selon la présente description.

**[0148]** La FIG. 10A illustre ainsi des schémas 1001 et 1002 illustrant respectivement des conceptions d'un premier motif et d'un deuxième motif.

**[0149]** Comme illustré sur le schéma 1001, le premier motif 1012 comprend un ensemble de facettes agencées selon la présente description pour produire, lorsque le composant est éclairé en lumière blanche selon l'axe d'éclairage  $\Delta_L$ , un effet visuel dynamique observable en réflexion sous l'effet d'un mouvement de tilt et dans la plage angulaire de tilt donnée  $\Delta\theta_{tilt}$ . Le premier motif est délimité dans cet exemple par un disque et interrompu dans des régions 1011, les régions 1011 formant un premier objet graphique reconnaissable, ici le contour d'une ampoule et d'un culot de l'ampoule.

**[0150]** Le schéma 1002 symbolise le deuxième motif 1022, c'est-à-dire un réseau d'ordre 1 (réseau G, FIG. 2) qui module le premier motif. Il est présent sur l'ensemble du premier motif sauf dans des régions 1021 qui correspondent d'une part aux régions 1011 dans lesquelles il n'y a pas de premier motif mais également à des régions supplémentaires qui forment un deuxième objet graphique reconnaissable, dans cet exemple un filament d'ampoule et des rayons lumineux.

**[0151]** La FIG. 10B montre des schémas illustrant selon le scénario visuel prédéfini, les animations visuelles achromatique et iridescente obtenues grâce aux motifs tels que schématisés sur la FIG. 10A.

**[0152]** Lors de l'animation achromatique illustrée sur le schéma 1201, dans la première partie de la plage angulaire de tilt, on observe une animation achromatique 1003 sur l'ensemble du composant sauf aux endroits 1011 dans lesquels il n'y a pas de premier motif. Un observateur voit donc le contour d'une ampoule et du culot lors de l'animation achromatique (premier objet graphique).

**[0153]** L'animation se poursuit dans la deuxième partie de la plage angulaire de tilt mais de façon iridescente grâce à la présence du premier réseau diffractif d'ordre 1, sauf aux endroits correspondant aux régions 1011 (pas de premier motif) et 1021 (pas de premier motif ni de deuxième motif). Un observateur voit ainsi apparaître lors de l'animation iridescente, en plus du contour de l'ampoule et du culot, le filament et les rayons (deuxième objet graphique).

**[0154]** La structure résultante produit ainsi un scénario de clignotement lors du tilt entre les première et deuxième parties de la plage angulaire de tilt. Dans l'exemple proposé, lors de l'animation, l'observateur perçoit une ampoule qui s'« allume » lors de l'animation iridescente et s'« éteint » lors de l'animation achromatique, l'ensemble étant visible sur un arrière-plan animé en forme de disque.

**[0155]** On décrit maintenant des exemples de procédé de fabrication de composants optiques de sécurité selon la présente description comprend.

**[0156]** 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.

**[0157]** 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.

**[0158]** Le master optique peut être formé par des méthodes de lithographie électronique ou optique connues de l'état de l'art.

**[0159]** 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.

**[0160]** 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 isolations 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 isolation 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 isolation globale est réalisée, selon des méthodes de photolithographie interférentielle connues de l'homme de l'art, un réseau de diffraction

[0161] (réseau de diffraction G, FIG. 2) correspondant au second motif est 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 obtenue après développement.

[0162] 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 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.

[0163] La fabrication du composant optique de sécurité comprend alors une étape de réplication. Par exemple la réplication peut être réalisée par estampage (par pressage à chaud du matériau diélectrique en anglais « hot embossing ») de la première couche 113 (FIGS. 1A, 1B) 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 113 est avantageusement portée par le film support 111, par exemple un film de 12  $\mu\text{m}$  à 100  $\mu\text{m}$  en matériau polymère, par exemple en PET (polyéthylène téréphthalate). La réplication peut également être faite par moulage de la couche de vernis d'estampage avant séchage puis réticulation UV (« UV casting »). La réplication par réticulation UV permet notamment de reproduire des structures présentant une grande amplitude de profondeur et permet d'obtenir une meilleure fidélité dans la réplication. De manière générale, toute autre méthode de réplication de haute résolution connue de l'art antérieur peut être utilisée dans l'étape de réplication.

[0164] Vient ensuite le dépôt sur la couche ainsi embossée de l'ensemble des autres couches, par exemple la couche réfléchissante 114, la couche en matériau diélectrique 115 (optionnelle), la couche de sécurité 116 (optionnelle) qui peut être déposée uniformément ou sélectivement pour figurer un nouveau motif et la couche de type colle ou vernis (117, 118) par un procédé d'enduction.

[0165] Des étapes optionnelles et connues de l'homme de l'art sont possibles, comme une démétallisation partielle de la couche réflective 114.

[0166] 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

35 [0167]

Réf. 1 : WO2015154943

Réf. 2 : WO2018224512

Réf. 3 : US4856857

40 Réf. 4 : WO 03/084764

## Revendications

45 1. Composant optique de sécurité (101, 102) configuré pour être observé en réflexion, à l'œil nu, selon au moins une première face d'observation (100), dans une direction d'observation ( $\Delta_O$ ) faisant un angle d'observation ( $\theta_{obs}$ ) donné avec une direction d'éclairage donnée ( $\Delta_L$ ), le composant comprenant :

50 - une première couche (113) en matériau diélectrique, transparente dans le visible;  
- au moins une première structure diffractive (S) gravée sur ladite première couche ; et  
- une deuxième couche (114), recouvrant au moins en partie ladite première structure diffractive, et présentant une bande spectrale de réflexion dans le visible ; et dans lequel :

55 - ladite première structure diffractive comprend un premier motif ( $M_1$ ) constitué d'un ensemble de facettes ( $F_i$ ) parallèles, lesdites facettes présentant des pentes variables selon une direction ( $y$ ) de variation de la pente, lesdites pentes comprenant des valeurs angulaires comprises en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale ( $\alpha_{min}$ ) et une valeur angulaire maximale ( $\alpha_{max}$ ), lesdites facettes comprenant une hauteur maximale ( $h_m$ ) donnée, ledit ensemble de facettes étant agencé pour produire, lorsque le composant est

éclairé en lumière blanche selon ledit axe d'éclairage, un effet visuel dynamique observable en réflexion sous l'effet d'un mouvement de tilt selon un axe de tilt ( $\Delta$ ) sensiblement perpendiculaire à la direction de variation de la pente, et dans une plage angulaire de tilt donnée ( $\Delta\theta_{\text{tilt}}$ );

5 - dans au moins une première région, ledit premier motif est modulé par un deuxième motif ( $M_2$ ) formant un réseau périodique à une dimension, de période ( $d$ ) pré-déterminée comprise entre 450 nm et 650 nm, ledit réseau comprenant un vecteur réseau ( $k_g$ ) avec une direction colinéaire à ladite direction ( $y$ ) de variation de la pente, ledit réseau étant déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche, un effet diffractif en réflexion à l'ordre 1 et à l'ordre -1,

10 - ladite période ( $d$ ) du réseau, ladite valeur angulaire maximale ( $\alpha_{\max}$ ) des pentes et ledit angle d'observation ( $\theta_{\text{obs}}$ ) étant déterminés pour produire, en réflexion, une animation achromatique dans une première partie ( $\Delta\theta_B$ ) de la plage angulaire de tilt autour de la réflexion spéculaire, et pour produire la même animation, iridescente, dans une deuxième partie ( $\Delta\theta_{R+}$ :  $\Delta\theta_{R-}$ ) de la plage angulaire de tilt, l'animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt.

15 2. Composant optique de sécurité selon la revendication 1, dans lequel ladite première partie ( $\Delta\theta_B$ ) de la plage angulaire de tilt comprend une superposition angulaire avec la deuxième partie de la plage angulaire de tilt comprise entre environ 1° et environ 10° de part et d'autre de la première partie ( $\Delta\theta_B$ ) de la plage angulaire.

20 3. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit angle d'observation donné ( $\theta_{\text{obs}}$ ) est compris entre environ 30° et environ 60°.

4. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite valeur angulaire minimale des pentes est égale 0°.

25 5. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite valeur angulaire maximale des pentes est comprise entre environ 7° et environ 15°.

30 6. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble des facettes ont une hauteur sensiblement identique.

7. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble des facettes comprend un ou plusieurs sous-ensembles de facettes configurés chacun pour produire un effet dynamique de type « onde ».

35 8. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième couche comprend un matériau métallique.

40 9. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, 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.

45 10. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit premier motif présente un contour (911, 912) formant, vue de la face d'observation, une forme graphique reconnaissable.

50 11. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit premier motif est interrompu dans des régions (1011) formant, vue de la face d'observation, un objet graphique reconnaissable visible lors de l'animation achromatique et lors de l'animation iridescente.

55 12. Composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel dans au moins une deuxième région (918, 1021), ledit premier motif n'est pas modulé ou est modulé par un troisième motif formant un réseau périodique différent dudit deuxième motif, ladite deuxième région formant, vue de la face d'observation, un objet graphique reconnaissable visible seulement lors de l'animation iridescente.

13. 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.

14. Procédé de fabrication d'un composant optique de sécurité destiné à être observé en réflexion, à l'œil nu, 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 diffractive (S), telle que :
  - ladite première structure diffractive comprend un premier motif ( $M_1$ ) constitué d'un ensemble de facettes ( $F_i$ ) parallèles, lesdites facettes présentant des pentes variables selon une direction (y) de variation de la pente, lesdites pentes comprenant des valeurs angulaires comprises en valeur absolue entre une valeur angulaire minimale ( $\alpha_{\min}$ ) et une valeur angulaire maximale ( $\alpha_{\max}$ ), lesdites facettes comprenant une hauteur maximale ( $h_m$ ) donnée, ledit ensemble de facettes étant agencé pour produire, lorsque le composant est éclairé en lumière blanche selon ledit axe d'éclairage, un effet visuel dynamique observable en réflexion sous l'effet d'un mouvement de tilt selon un axe de tilt ( $\Delta$ ) sensiblement perpendiculaire à la direction de variation de la pente, et dans une plage angulaire de tilt donnée ( $\Delta\theta_{\text{tilt}}$ );
  - dans au moins une première région, ledit premier motif est modulé par un deuxième motif ( $M_2$ ) formant un réseau périodique à une dimension, de période (d) pré-déterminée comprise entre 450 nm et 650 nm, ledit réseau comprenant un vecteur réseau ( $k_g$ ) avec une direction colinéaire à ladite direction (y) de variation de la pente, ledit réseau étant déterminé pour produire, après dépôt de la deuxième couche, un effet diffractif en réflexion à l'ordre 1 et à l'ordre -1,
- 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 période (d) du réseau, ladite valeur angulaire maximale ( $\alpha_{\max}$ ) des pentes et ledit angle d'observation ( $\theta_{\text{obs}}$ ) sont déterminés pour produire en réflexion, après dépôt de ladite deuxième couche, une animation achromatique dans une première partie ( $\Delta\theta_B$ ) de la plage angulaire de tilt autour de la réflexion spéculaire, et pour produire la même animation, iridescente, dans une deuxième partie ( $\Delta\theta_{R-} ; \Delta\theta_{R+}$ ) de la plage angulaire de tilt, l'animation iridescente s'enchaînant avec l'animation achromatique de part et d'autre de ladite première partie de la plage angulaire de tilt.

## Patentansprüche

1. Optische Sicherheitskomponente (101, 102), die dazu ausgestaltet ist, im Auflicht mit bloßem Auge entlang mindestens einer ersten Betrachtungsseite (100) in einer Betrachtungsrichtung ( $\Delta_O$ ) betrachtet zu werden, die einen bestimmten Betrachtungswinkel ( $\theta_{\text{obs}}$ ) mit einer bestimmten Beleuchtungsrichtung ( $\Delta_L$ ) bildet, die Komponente umfassend:

- eine erste Schicht (113) aus dielektrischem Material, die im sichtbaren Bereich transparent ist;
- mindestens eine erste diffraktive Struktur (S), die in die erste Schicht geätzt ist; und
- eine zweite Schicht (114), die die erste diffraktive Struktur mindestens zum Teil bedeckt und ein Reflexionspektralband im sichtbaren Bereich aufweist; und bei der:
  - die erste diffraktive Struktur ein erstes Muster ( $M_1$ ) umfasst, das aus einer Anordnung von parallelen Facetten ( $F_i$ ) besteht, wobei die Facetten variable Neigungen entlang einer Änderungsrichtung (y) der Neigung aufweisen, wobei die Neigungen Winkelwerte umfassen, die als Absolutwert zwischen einem minimalen Winkelwert ( $\alpha_{\min}$ ) und einem maximalen Winkelwert ( $\alpha_{\max}$ ) liegen, wobei die Facetten eine bestimmte maximale Höhe ( $h_m$ ) umfassen, wobei die Anordnung von Facetten dazu ausgebildet ist, wenn die Komponente im Weißlicht entlang der Beleuchtungssachse beleuchtet wird, einen dynamischen visuellen Effekt zu erzeugen, der im Auflicht unter der Wirkung einer Kippbewegung entlang einer im Wesentlichen senkrecht zu der Änderungsrichtung der Neigung verlaufenden Kippachse ( $\Delta$ ) und in einem bestimmten Kippwinkelbereich ( $\Delta\theta_{\text{tilt}}$ ) betrachtbar ist;
  - das erste Muster, in mindestens einer ersten Region, durch ein zweites Muster ( $M_2$ ) moduliert wird, das ein eindimensionales periodisches Gitter mit der vorbestimmten Periode (d) zwischen 450 nm und 650 nm bildet, wobei das Gitter einen Gittervektor ( $k_g$ ) mit einer zu der Änderungsrichtung (y) der Neigung kollinearen Richtung umfasst, wobei das Gitter dazu bestimmt ist, nach dem Abscheiden der zweiten Schicht, eine diffraktive Wirkung im Auflicht mit der Ordnung 1 und mit der Ordnung -1 zu erzeugen,
  - wobei die Periode (d) des Gitters, der maximale Winkelwert ( $\alpha_{\max}$ ) der Neigungen und der Betrachtungswinkel ( $\theta_{\text{obs}}$ ) bestimmt werden, um im Auflicht eine achromatische Animation in einem ersten Teil ( $\Delta\theta_B$ ) des

Kippwinkelbereichs um die Spiegelreflexion herum zu erzeugen und um dieselbe, irisierende, Animation in einem zweiten Teil ( $\Delta\theta_{R_-}$ ;  $\Delta\theta_{R_+}$ ) des Kippwinkelbereichs zu erzeugen, wobei sich die irisierende Animation mit der achromatischen Animation beidseits des ersten Teils des Kippwinkelbereichs überblendet.

- 5    2. Optische Sicherheitskomponente nach Anspruch 1, bei welcher der erste Teil ( $\Delta\theta_B$ ) des Kippwinkelbereichs eine Winkelüberlagerung mit dem zweiten Teil des Kippwinkelbereichs umfasst, die zwischen etwa 1° und etwa 10° beidseits des ersten Teils ( $\Delta\theta_B$ ) des Winkelbereichs liegt.
- 10    3. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der bestimmte Be- trachtungswinkel ( $\theta_{obs}$ ) zwischen etwa 30° und etwa 60° liegt.
- 15    4. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der minimale Winkelwert der Neigungen 0° beträgt.
- 20    5. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der maximale Winkelwert der Neigungen zwischen etwa 7° und etwa 15° liegt.
- 25    6. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der sämtliche Facetten eine im Wesentlichen identische Höhe haben.
- 30    7. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Anordnung der Facetten eine oder mehrere Teilanordnungen von Facetten umfasst, die jeweils dazu ausgestaltet sind, eine "wellenartige" dynamische Wirkung zu erzeugen.
- 35    8. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die zweite Schicht ein metallisches Material umfasst.
- 40    9. Optische Sicherheitskomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der das dielektrische Material der ersten Schicht einen ersten Brechungsindex ( $n_1$ ) aufweist und die zweite Schicht ein dielektrisches Material umfasst, das einen zweiten Brechungsindex ( $n_2$ ) aufweist, derart, dass die Differenz zwischen dem zweiten Brechungsindex ( $n_2$ ) und dem ersten Brechungsindex ( $n_1$ ) größer oder gleich etwa 0,3 ist.
- 45    10. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das erste Muster eine Kontur (911, 912) aufweist, die, von der Betrachtungsseite aus gesehen, eine wiedererkennbare grafische Form bildet.
- 50    11. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das erste Muster in Regionen (1011) unterbrochen ist, die, von der Betrachtungsseite aus gesehen, ein wiedererkennbares grafisches Objekt bilden, das bei der achromatischen Animation und bei der irisierenden Animation sichtbar ist.
- 55    12. Optische Sicherheitskomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das erste Muster in mindestens einer zweiten Region (918, 1021) nicht moduliert wird oder durch ein drittes Muster moduliert wird, das ein von dem zweiten Muster verschiedenes periodisches Gitter bildet, wobei die zweite Region, von der Betrachtungsseite aus gesehen, ein wiedererkennbares grafisches Objekt bildet, das nur bei der irisierenden Animation sichtbar ist.
- 60    13. Gesichertes Objekt, zum Beispiel gesichertes Wertdokument, umfassend ein Substrat und eine optische Sicherheits- komponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die auf dem Substrat abgeschieden ist.
- 65    14. Verfahren zur Herstellung einer optischen Sicherheitskomponente, die dazu bestimmt ist, im Auflicht mit bloßem Auge entlang einer Betrachtungsseite betrachtet zu werden, das Verfahren umfassend:
- 70     - das Abscheiden einer ersten Schicht aus dielektrischem Material, die im sichtbaren Bereich transparent ist, auf einem Trägerfilm;
- 75     - das Bilden mindestens einer ersten diffraktiven Struktur (S) auf der ersten Schicht derart, dass:
- 80       - die erste diffraktive Struktur ein erstes Muster ( $M_1$ ) umfasst, das aus einer Anordnung von parallelen Facetten ( $F_i$ ) besteht, wobei die Facetten variable Neigungen entlang einer Änderungsrichtung (y) der Neigung aufweisen, wobei die Neigungen Winkelwerte umfassen, die als Absolutwert zwischen einem minimalen Winkelwert ( $\alpha_{min}$ ) und einem maximalen Winkelwert ( $\alpha_{max}$ ) liegen, wobei die Facetten eine

bestimmte maximale Höhe ( $h_m$ ) umfassen, wobei die Anordnung von Facetten dazu ausgebildet ist, wenn die Komponente im Weißlicht entlang der Beleuchtungssachse beleuchtet wird, einen dynamischen visuellen Effekt zu erzeugen, der im Auflicht unter der Wirkung einer Kippbewegung entlang einer im Wesentlichen senkrecht zu der Änderungsrichtung der Neigung verlaufenden Kippachse ( $\Delta$ ) und in einem bestimmten Kippwinkelbereich ( $\Delta\theta_{tilt}$ ) betrachtbar ist;

- das erste Muster, in mindestens einer ersten Region, durch ein zweites Muster ( $M_2$ ) moduliert wird, das ein eindimensionales periodisches Gitter mit der vorbestimmten Periode ( $d$ ) zwischen 450 nm und 650 nm bildet, wobei das Gitter einen Gittervektor ( $k_g$ ) mit einer zu der Änderungsrichtung ( $y$ ) der Neigung kollinearen Richtung umfasst, wobei das Gitter dazu bestimmt ist, nach dem Abscheiden der zweiten Schicht, eine diffraktive Wirkung im Auflicht mit der Ordnung 1 und mit der Ordnung -1 zu erzeugen,

- das Abscheiden einer zweiten Schicht, die die erste diffraktive Struktur mindestens zum Teil bedeckt und ein Reflexionsspektralband im sichtbaren Bereich aufweist; wobei:

- die Periode ( $d$ ) des Gitters, der maximale Winkelwert ( $\alpha_{max}$ ) der Neigungen und der Betrachtungswinkel ( $\theta_{obs}$ ) bestimmt werden, um im Auflicht, nach dem Abscheiden der zweiten Schicht, eine achromatische Animation in einem ersten Teil ( $\Delta\theta_B$ ) des Kippwinkelbereichs um die Spiegelreflexion herum zu erzeugen und um dieselbe, irisierende, Animation in einem zweiten Teil ( $\Delta\theta_{R-}; \Delta\theta_{R+}$ ) des Kippwinkelbereichs zu erzeugen, wobei sich die irisierende Animation mit der achromatischen Animation beidseits des ersten Teils des Kippwinkelbereichs überblendet.

## Claims

1. An optical security component (101, 102) configured to be viewed in reflection, with the naked eye, from at least a first viewing face (100), in a direction of viewing ( $\Delta_O$ ) forming a given viewing angle ( $\theta_{obs}$ ) with a given lighting direction ( $\Delta_L$ ), the component comprising:

- a first layer (113) made of dielectric material, transparent in the visible;  
 - at least a first diffractive structure (S) etched on said first layer; and  
 - a second layer (114), covering said first diffractive structure at least partially, and having a spectral band of reflection in the visible; and wherein:

- said first diffractive structure comprises a first pattern ( $M_1$ ) consisting of a set of parallel facets ( $F_i$ ), said facets having slopes that are variable in a slope variation direction ( $y$ ), said slopes comprising angular values included, in absolute value, between a minimum angular value ( $\alpha_{min}$ ) and a maximum angular value ( $\alpha_{max}$ ), said facets having a given maximum height ( $h_m$ ), said set of facets being arranged to produce, when the component is illuminated with white light along said lighting axis, a dynamic visual effect observable in reflection under the effect of a tilting movement along a tilt axis ( $\Delta$ ) substantially perpendicular to the slope variation direction, and within a given angular range of tilting ( $\Delta\theta_{tilt}$ );  
 - in at least a first region, said first pattern is modulated by a second pattern ( $M_2$ ) forming a periodic grating with a predetermined period ( $d$ ) dimension of between 450 nm and 650 nm, said grating comprising a grating vector ( $k_g$ ) with a direction collinear with said slope variation direction ( $y$ ), said grating being determined to produce, after deposition of the second layer, a diffractive effect in reflection at order 1 and at order -1, -said period ( $d$ ) of the grating, said maximum angular value ( $\alpha_{max}$ ) of the slopes and said viewing angle ( $\theta_{obs}$ ) being determined to produce, in reflection, an achromatic animation in a first part ( $\Delta\theta_B$ ) of the angular range of tilting around specular reflection, and to produce the same animation, iridescent, in a second part ( $\Delta\theta_{R-}; \Delta\theta_{R+}$ ) of the angular range of tilting, the iridescent animation being sequenced with the achromatic animation on either side of said first part of the angular range of tilting.

2. The optical security component as claimed in claim 1, wherein said first part ( $\Delta\theta_B$ ) of the angular range of tilting comprises an angular superposition with the second part of the angular range of tilting of between approximately 1° and approximately 10° on either side of the first part ( $\Delta\theta_B$ ) of the angular range.
3. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein said given viewing angle ( $\theta_{obs}$ ) is between approximately 30° and approximately 60°.
4. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein said minimum angular value of

the slopes is equal to 0°.

- 5        5. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein said maximum angular value of  
the slopes is between approximately 7° and approximately 15°.

6. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein the set of facets have a  
substantially identical height.

- 10      7. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein the set of facets comprises one  
or more subsets of facets each configured to produce a dynamic effect of "wave" type.

8. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein the second layer comprises a  
metal material.

- 15      9. The optical security component as claimed in any one of claims 1 to 7, wherein the dielectric material of the first layer  
has a first refractive index ( $n_1$ ) and the second layer comprises a dielectric material having a second refractive index  
( $n_2$ ) such that the difference between the second refractive index ( $n_2$ ) and the first refractive index ( $n_1$ ) is greater than  
or equal to approximately 0.3.

- 20      10. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein said first pattern has a contour  
(911, 912) forming, when seen from the viewing face, a recognizable graphical shape.

- 25      11. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein said first pattern is interrupted  
in regions (1011) forming, when seen from the viewing face, a recognizable graphical object visible during the  
achromatic animation and during the iridescent animation.

- 30      12. The optical security component as claimed in any one of the preceding claims, wherein in at least a second region  
(918, 1021), said first pattern is not modulated or is modulated by a third pattern forming a periodic grating different  
from said second pattern, said second region forming, when seen from the viewing face, a recognizable graphical  
object visible only during the iridescent animation.

13. A secure object, for example a secure valuable document, comprising a substrate and an optical security component  
as claimed in any one of the preceding claims, deposited on said substrate.

- 35      14. A method for manufacturing an optical security component intended to be viewed in reflection, with the naked eye,  
along a viewing face, the method comprising:

- depositing, on a support film, a first layer made of dielectric material, transparent in the visible;
- forming, on said first layer, at least a first diffractive structure (S), such that:

- 40      - said first diffractive structure comprises a first pattern ( $M_1$ ) consisting of a set of parallel facets ( $F_i$ ), said  
facets having slopes that are variable in a slope variation direction (y), said slopes comprising angular values  
included, in absolute value, between a minimum angular value ( $\alpha_{\min}$ ) and a maximum angular value ( $\alpha_{\max}$ ),  
said facets having a given maximum height ( $h_m$ ), said set of facets being arranged to produce, when the  
component is illuminated with white light along said lighting axis, a dynamic visual effect observable in  
reflection under the effect of a tilting movement along a tilt axis ( $\Delta$ ) substantially perpendicular to the slope  
variation direction, and within a given angular range of tilting ( $\Delta\theta_{\text{tilt}}$ );

- 45      - in at least a first region, said first pattern is modulated by a second pattern ( $M_2$ ) forming a periodic grating with  
a predetermined period (d) dimension of between 450 nm and 650 nm, said grating comprising a grating  
vector ( $k_g$ ) with a direction collinear with said slope variation direction (y), said grating being determined to  
produce, after deposition of the second layer, a diffractive effect in reflection at order 1 and at order -1,

- 50      - depositing a second layer, covering said first diffractive structure at least partially, and having a spectral band of  
reflection in the visible, wherein

- 55      - said period (d) of the grating, said maximum angular value ( $\alpha_{\max}$ ) of the slopes and said viewing angle ( $\theta_{\text{obs}}$ ) are  
determined to produce in reflection, after deposition of said second layer, an achromatic animation in a first part  
( $\Delta\theta_B$ ) of the angular range of tilting around specular reflection, and to produce the same animation, iridescent, in a  
second part ( $\Delta\theta_{R-}; \Delta\theta_{R+}$ ) of the angular range of tilting, the iridescent animation being sequenced with the

**EP 4 319 987 B1**

achromatic animation on either side of said first part of the angular range of tilting.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

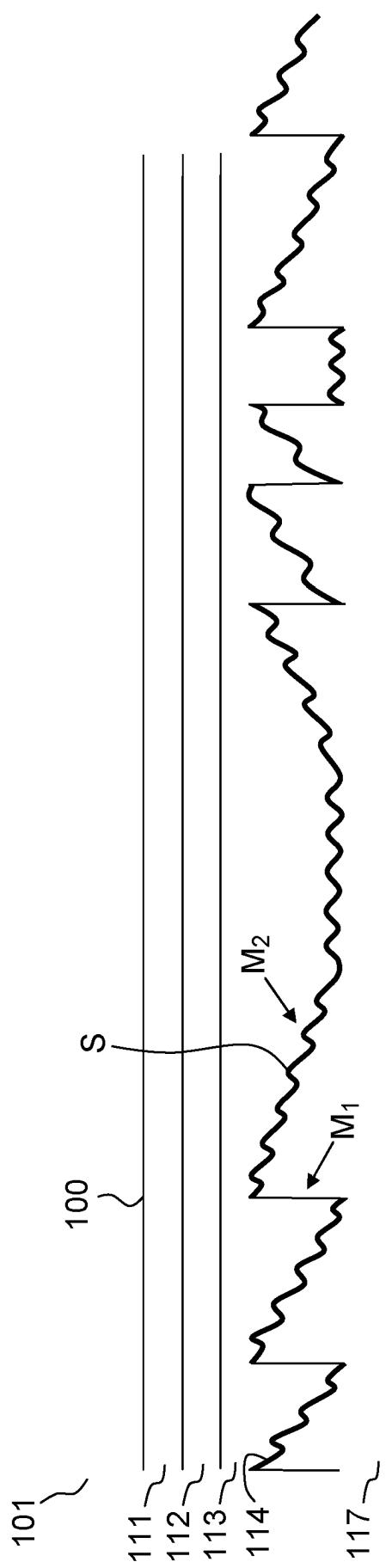
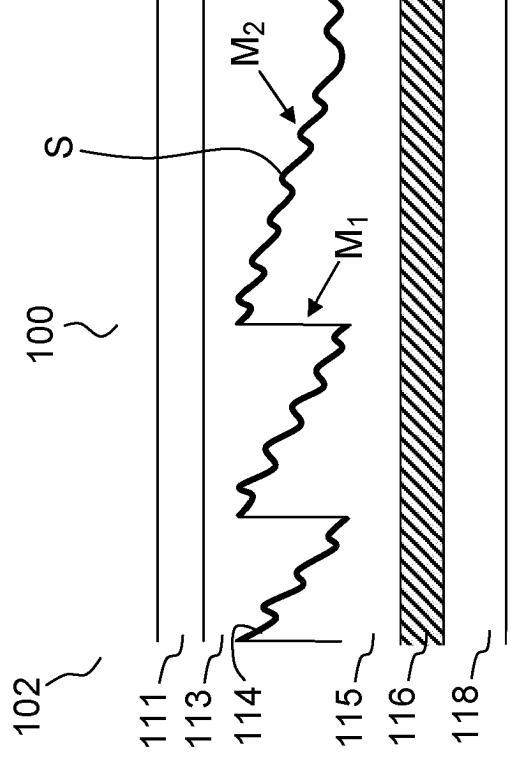


FIG. 1A



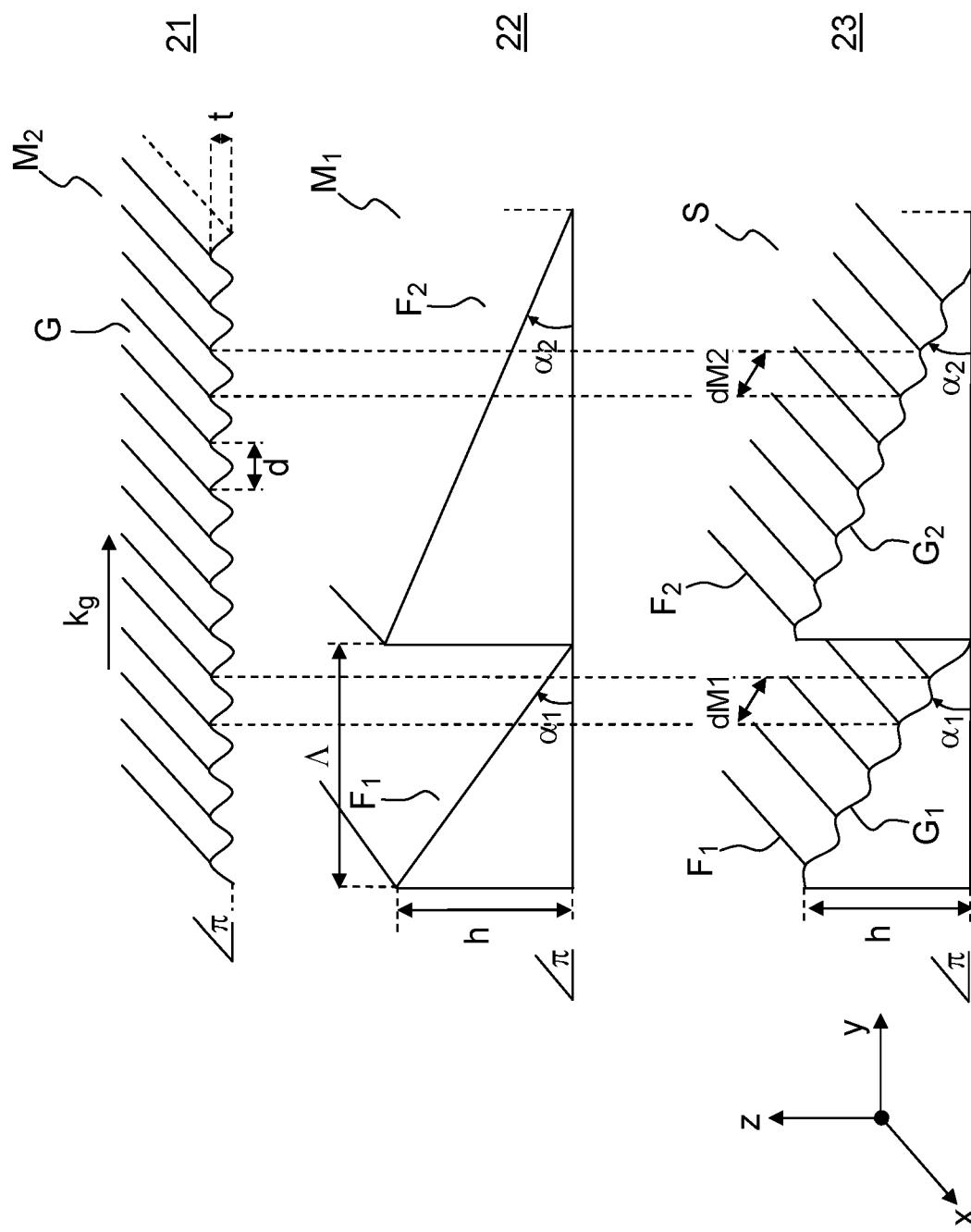


FIG.2

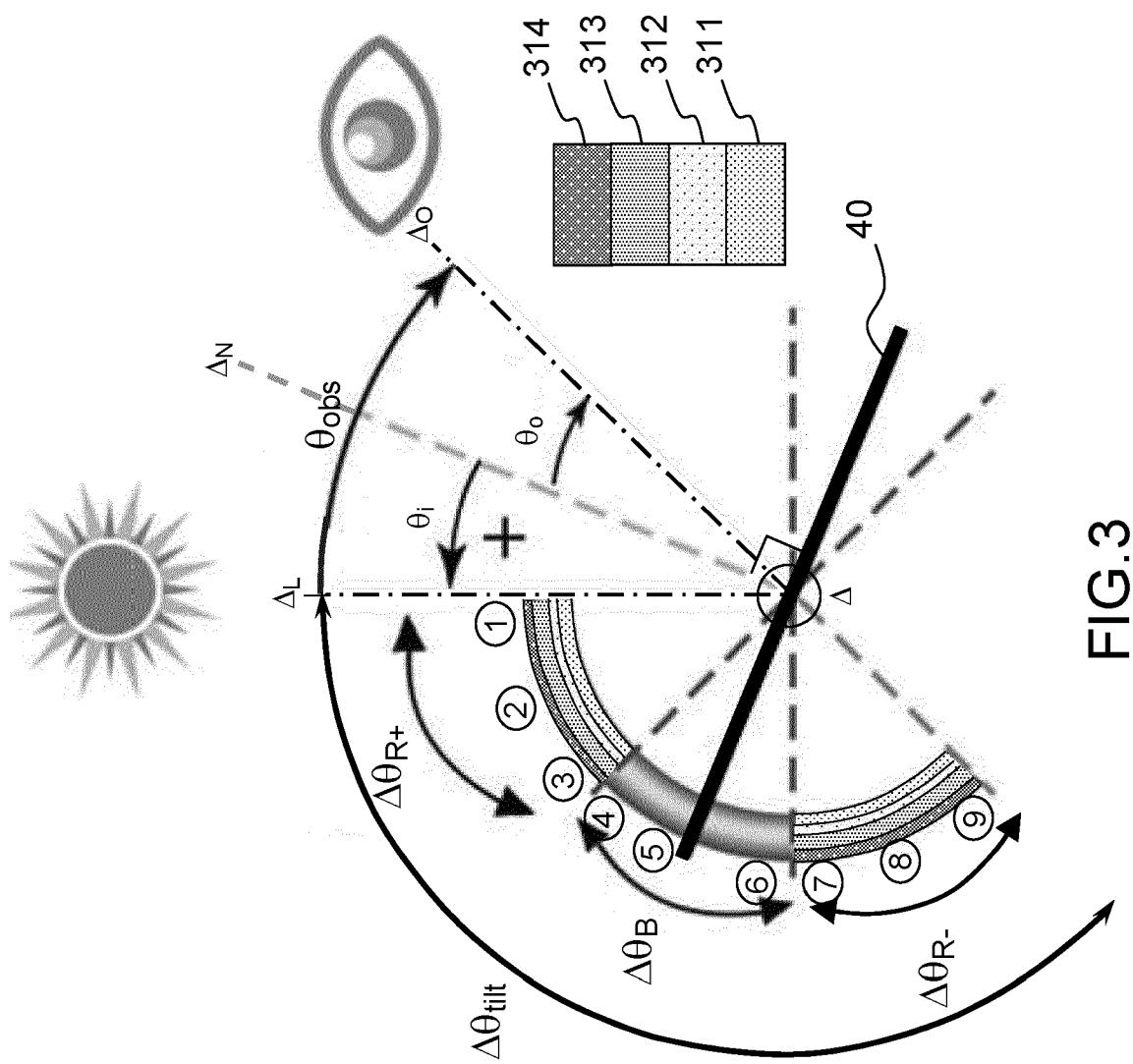


FIG.3

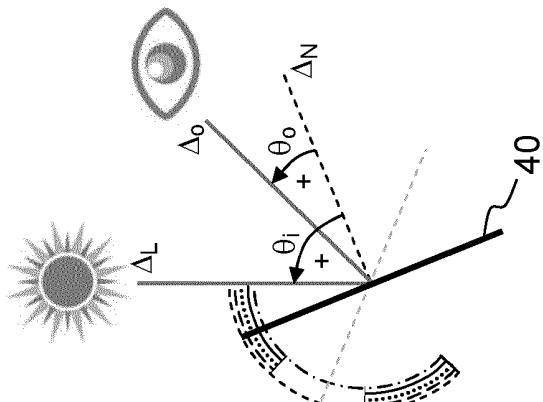
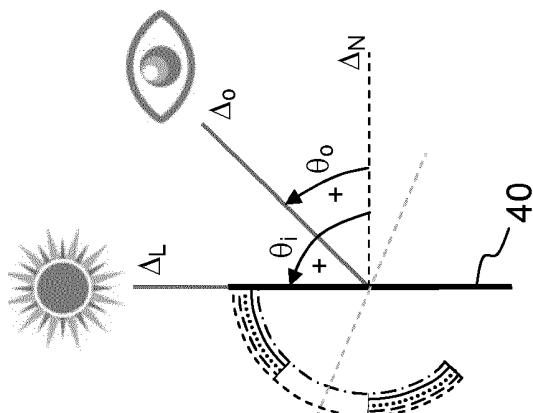
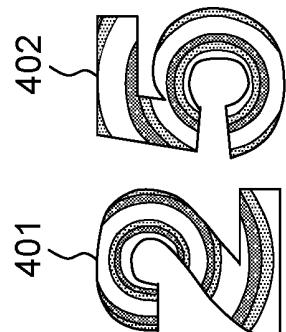
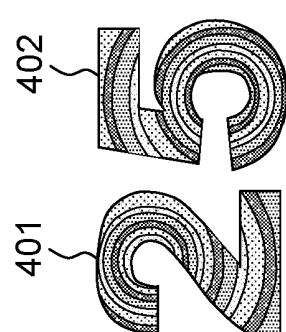
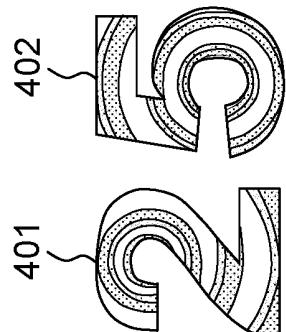
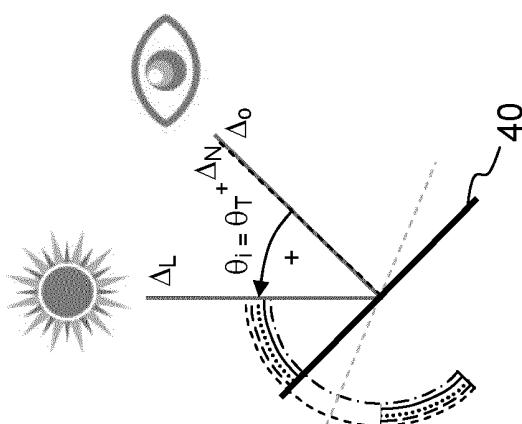
42

FIG.4A

4143

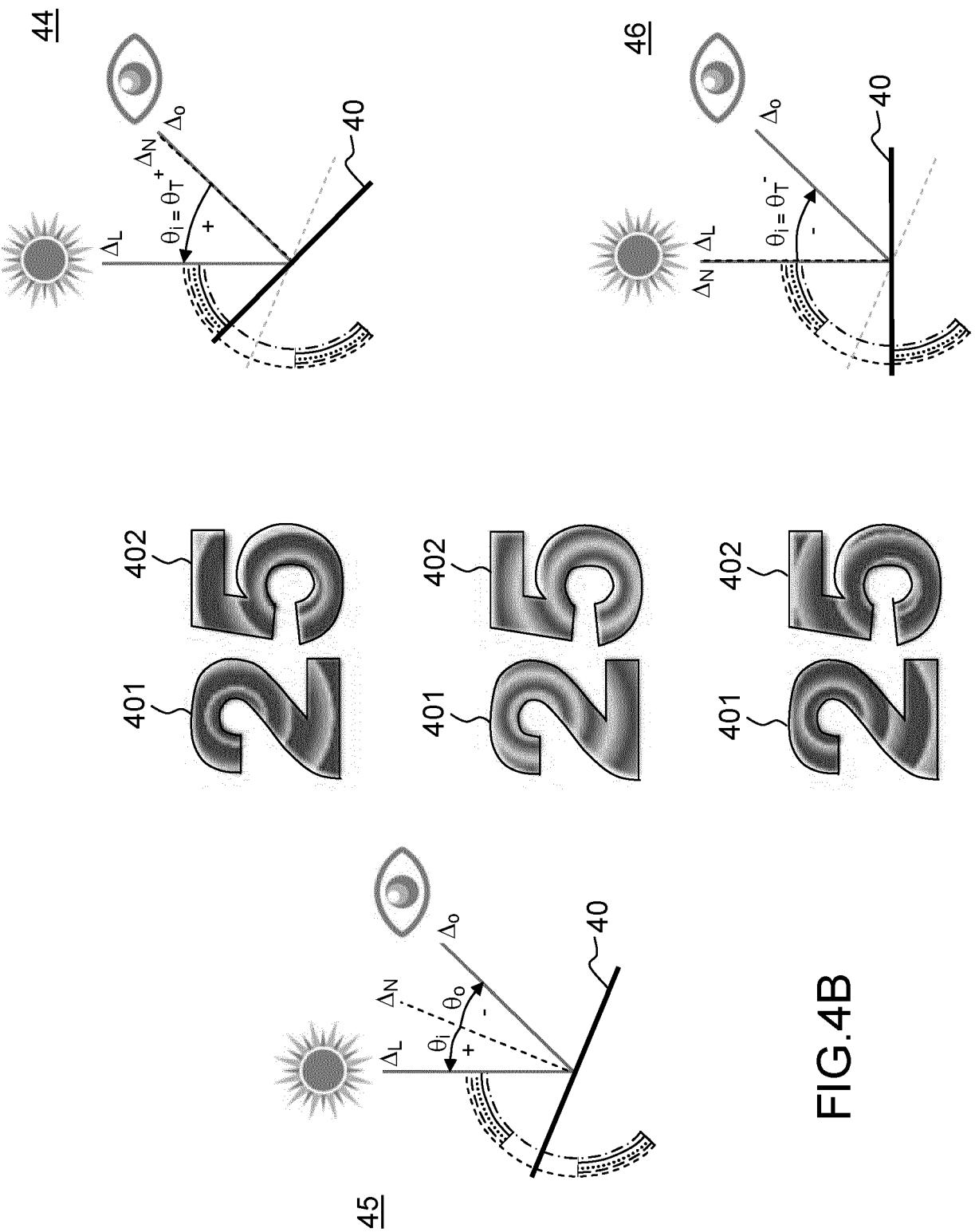
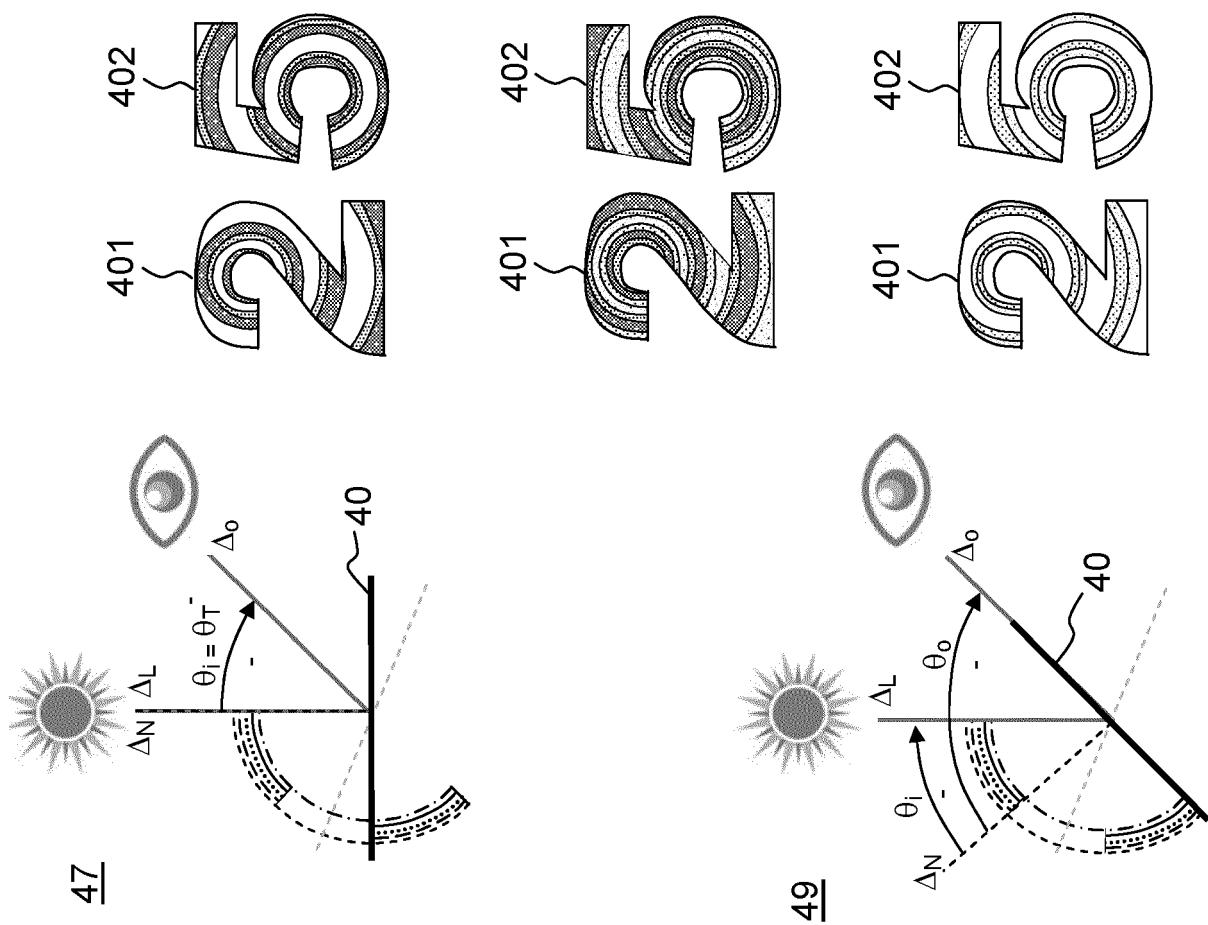
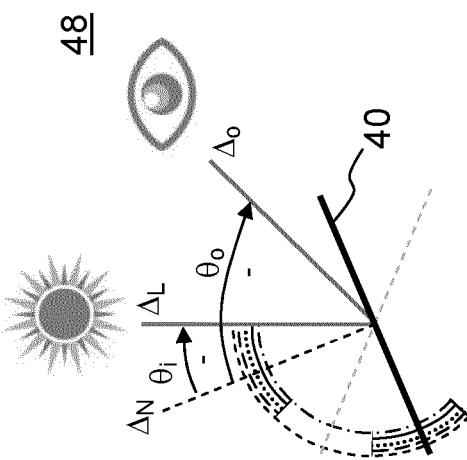
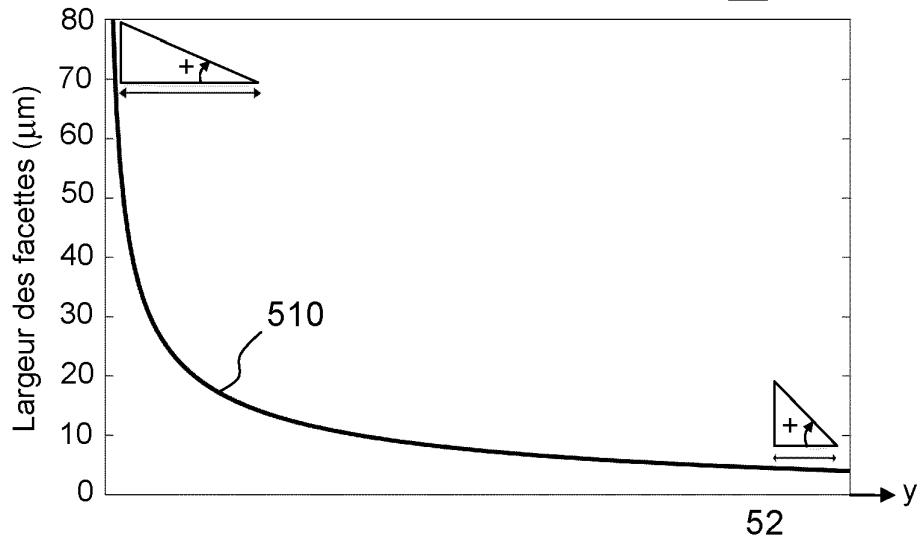
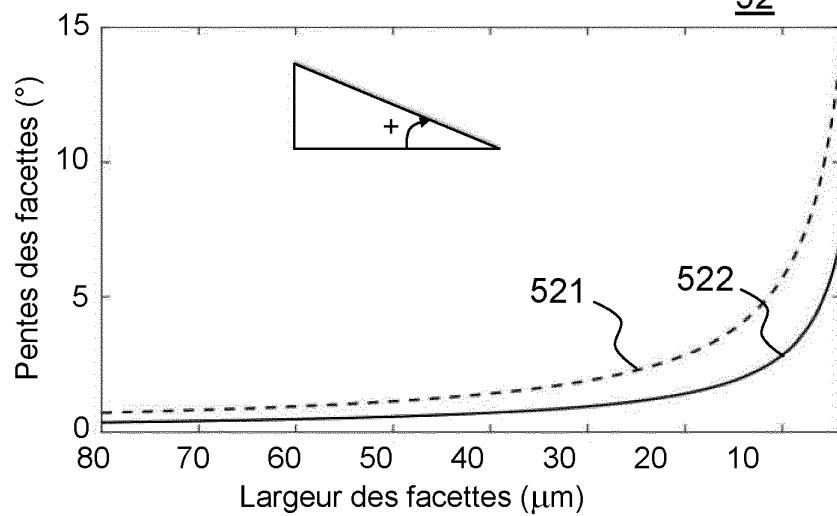


FIG.4C



5152

Centre

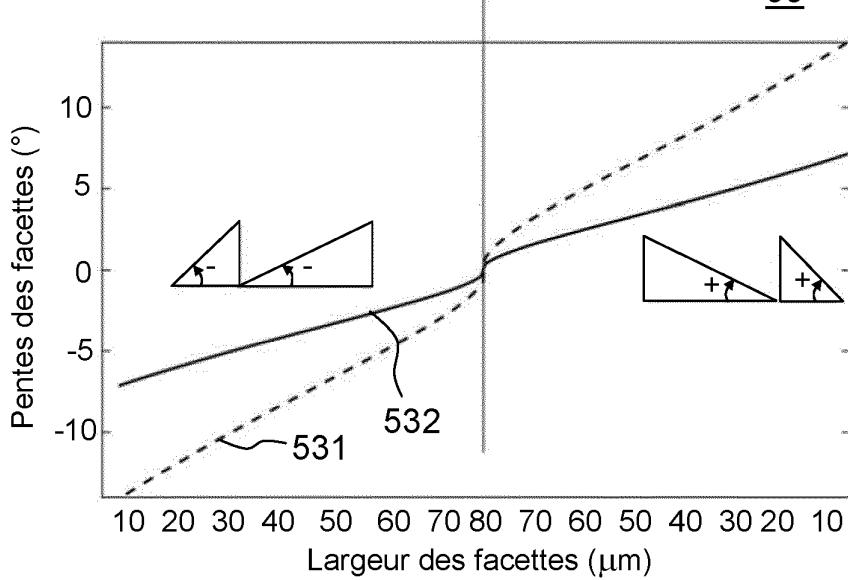
 $\alpha = 0$ 53

FIG.5A

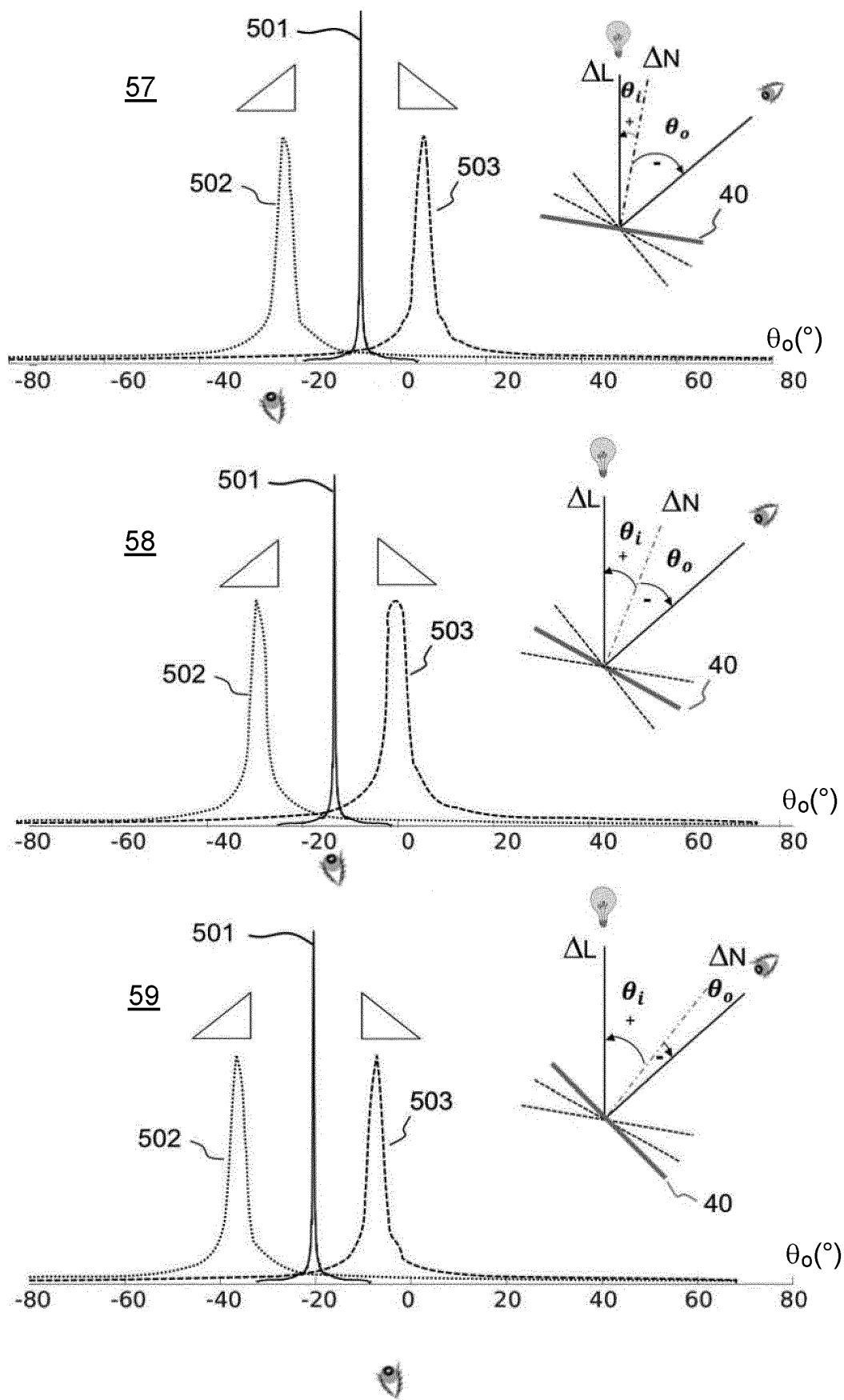


FIG.5B

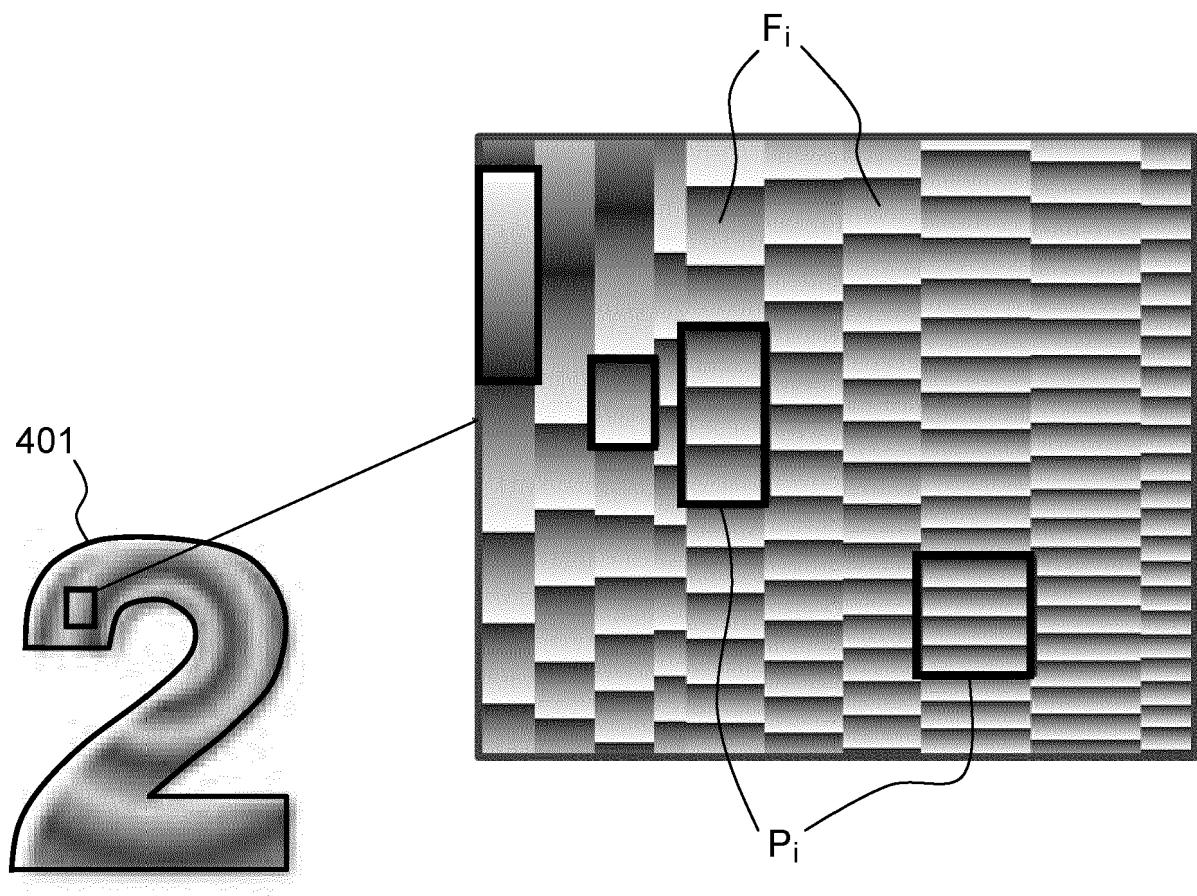


FIG.5C

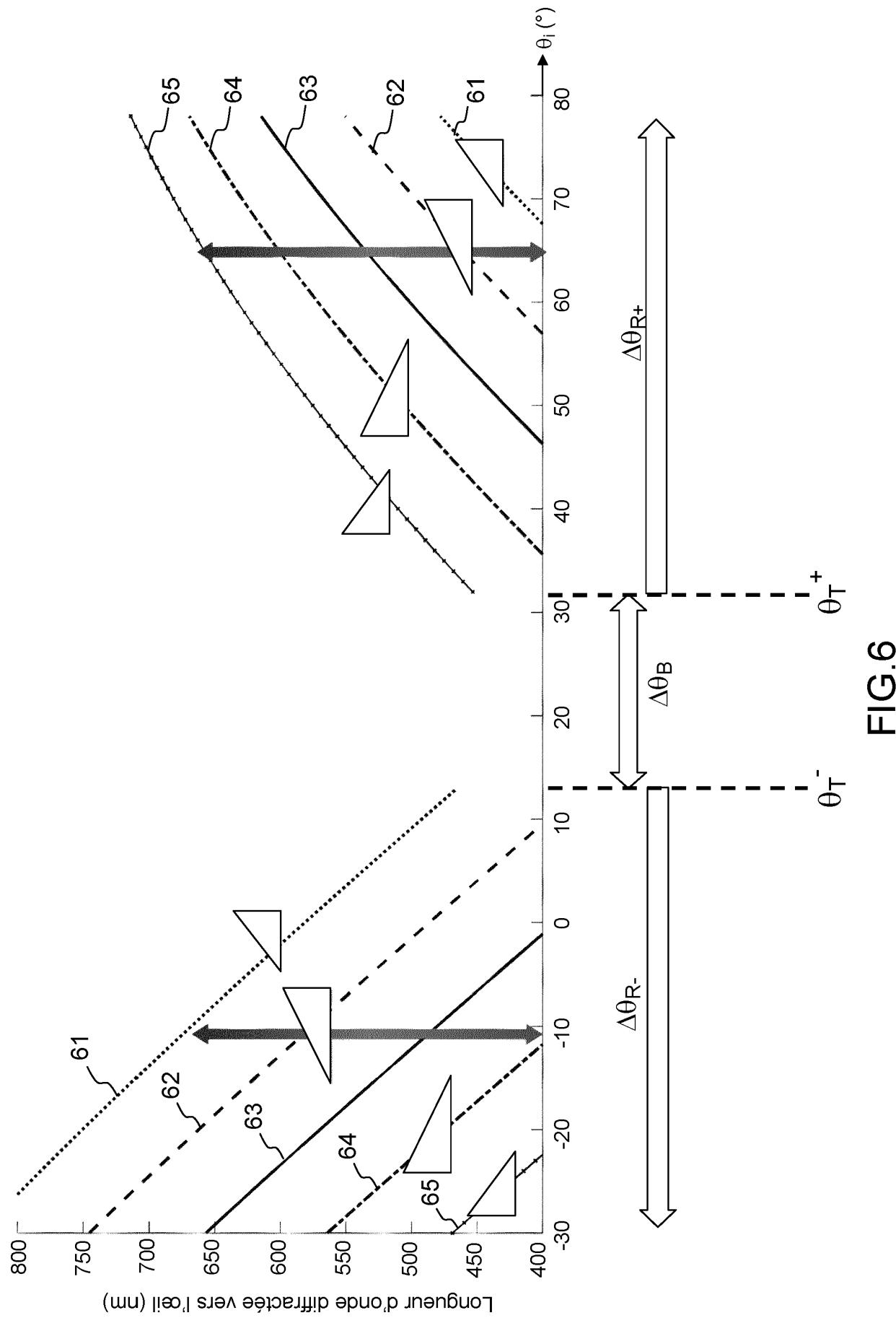


FIG. 6

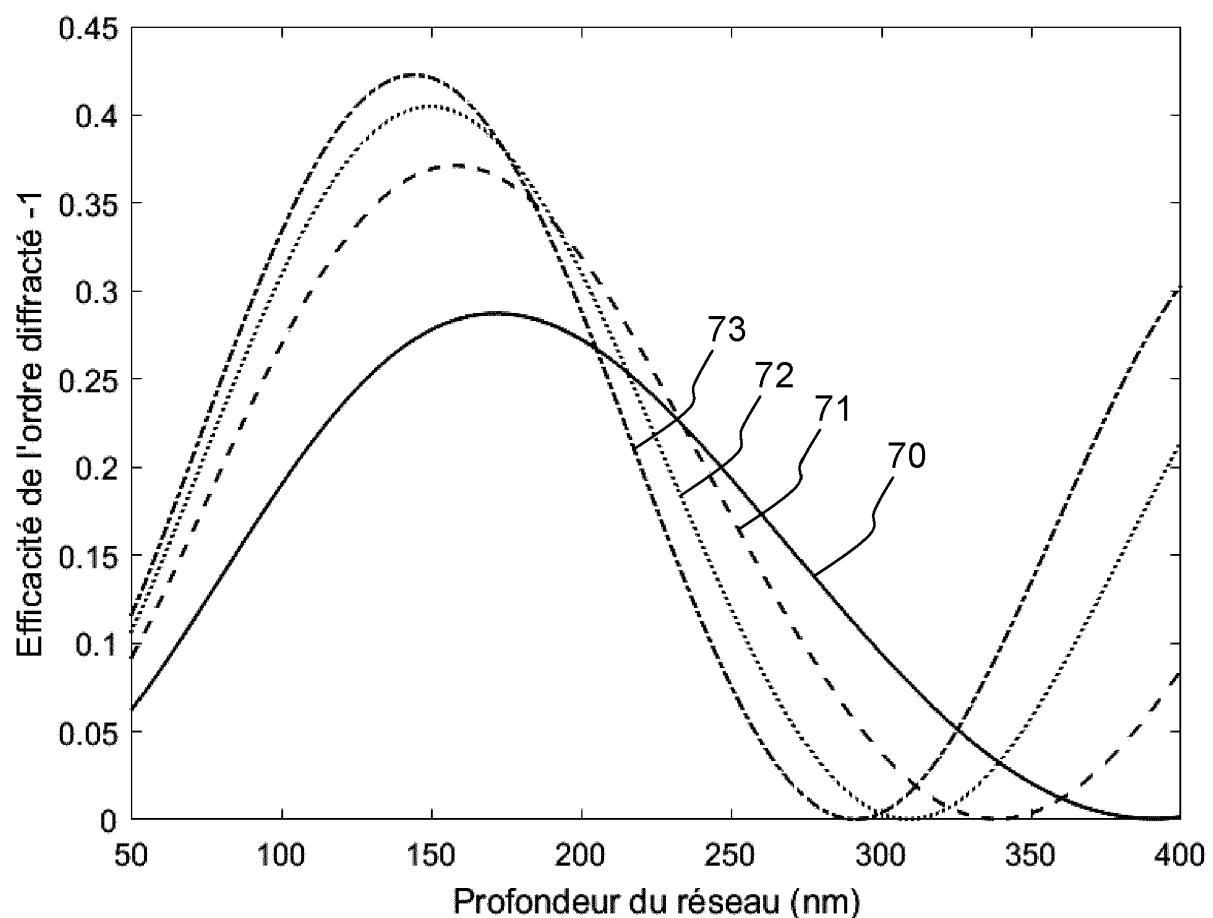


FIG.7

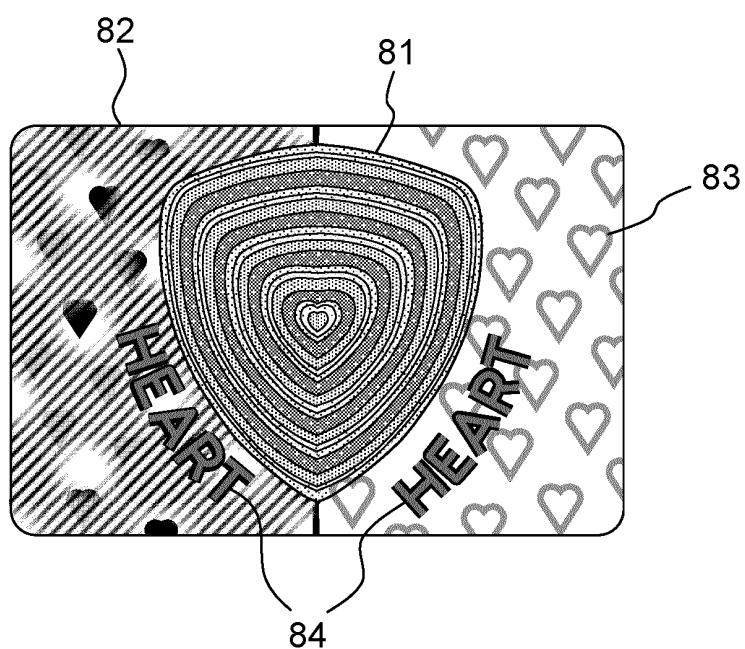


FIG.8

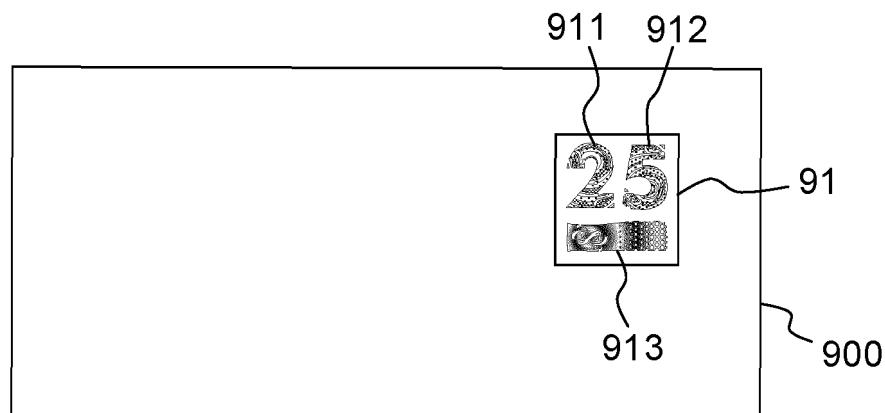


FIG. 9A

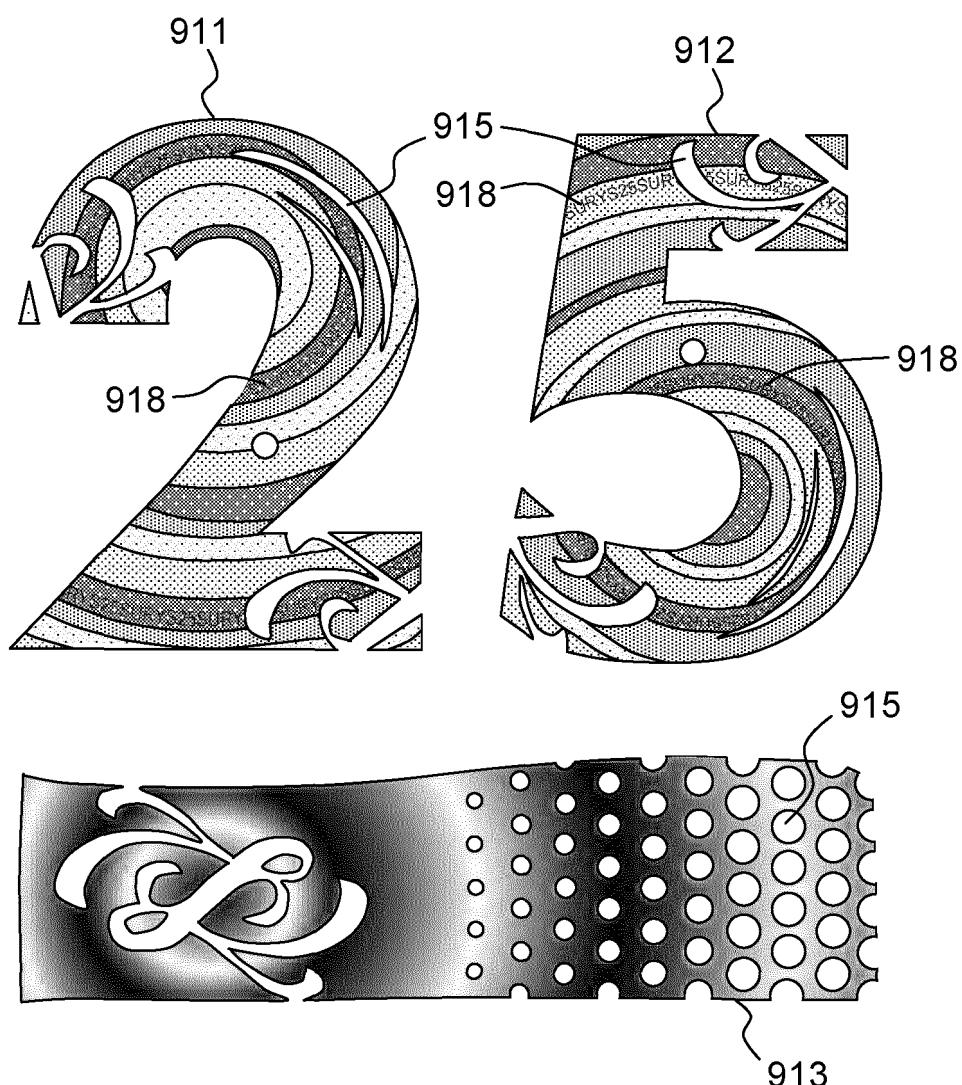


FIG. 9B

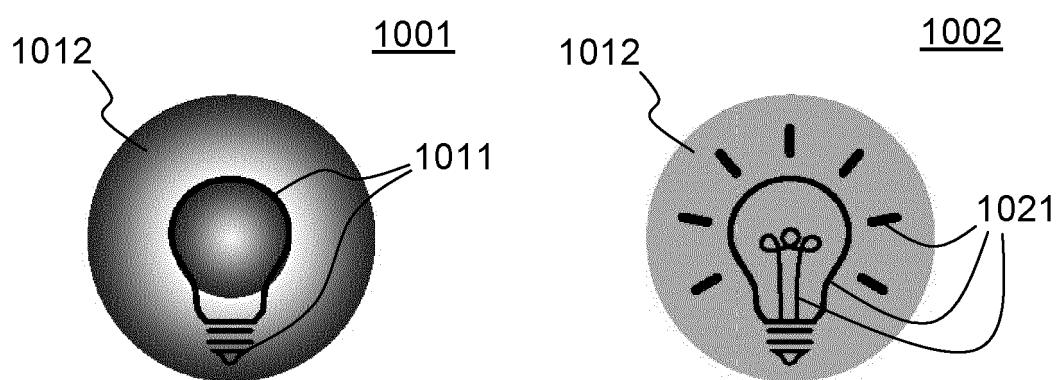


FIG. 10A

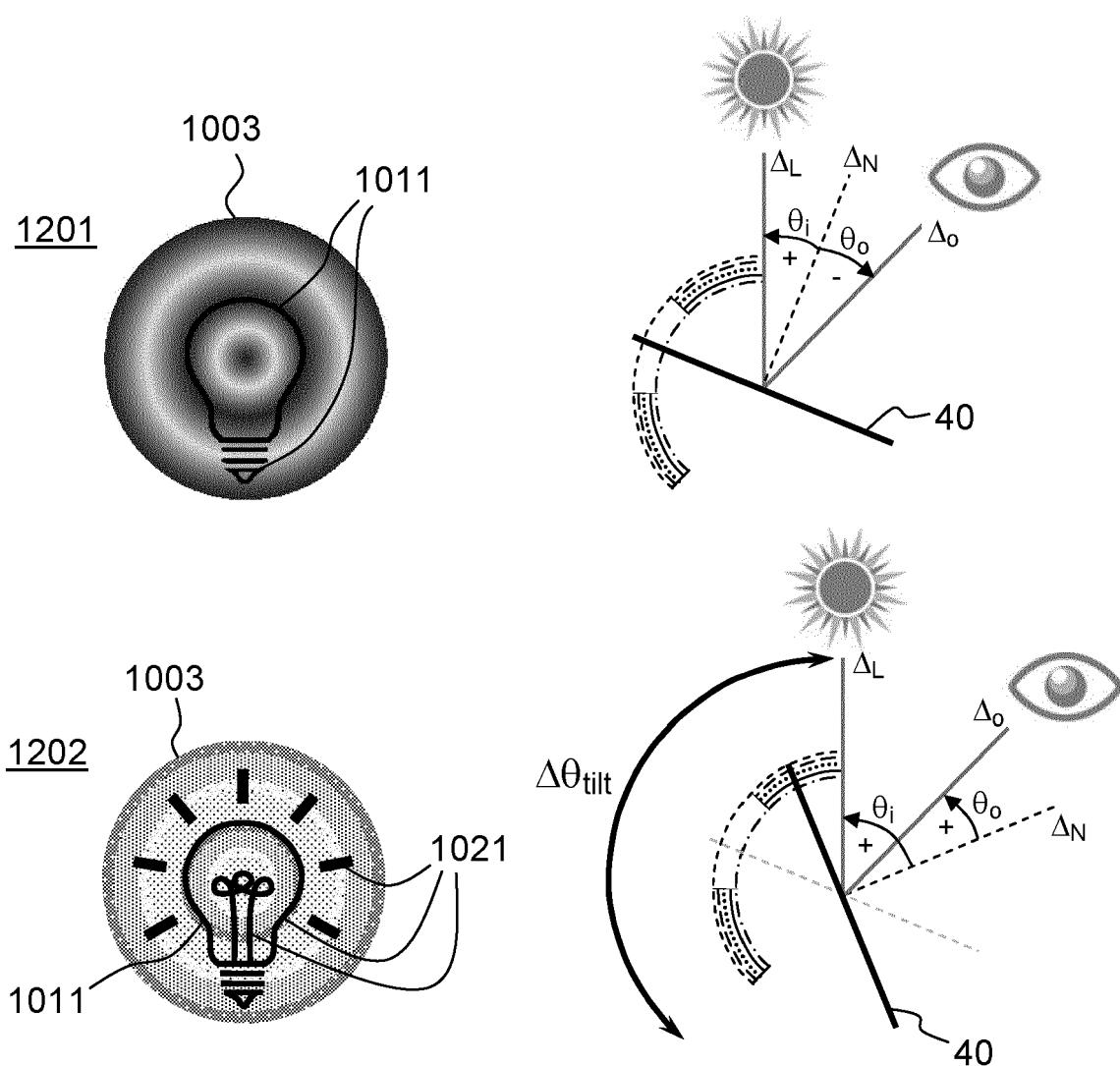


FIG. 10B

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2015154943 A [0004] [0167]
- WO 2018224512 A [0005] [0167]
- WO 03084764 A [0009] [0167]
- US 4856857 A [0038] [0167]