

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

①① N° de publication : **3 017 231**

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

②① N° d'enregistrement national : **14 50766**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 07 D 7/12 (2014.01), G 02 B 5/18**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ COMPOSANT OPTIQUE DE SECURITE A EFFET PLASMONIQUE, FABRICATION D'UN TEL COMPOSANT ET DOCUMENT SECURISE EQUIPE D'UN TEL COMPOSANT.

②② Date de dépôt : 31.01.14.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 07.08.15 Bulletin 15/32.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 24.07.20 Bulletin 20/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : HOLOGRAM.INDUSTRIES — FR.

⑦② Inventeur(s) : SAUVAGE-VINCENT JEAN.

⑦③ Titulaire(s) : SURYS Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET OSHA ET ASSOCIES.

FR 3 017 231 - B1



## DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne le domaine du marquage de sécurité. Plus particulièrement, elle se rapporte à un composant optique de sécurité présentant des effets optiques en réflexion variables sur ses faces recto et verso, à un procédé de fabrication d'un tel composant et à un document sécurisé équipé d'un tel document.

## ETAT DE L'ART

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 de type billets de banque, des 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 par rapport à l'axe d'observation, position et dimensions de la source lumineuse, etc.) prennent des configurations très caractéristiques et vérifiables. Le but général de ces composants optiques est de fournir des effets 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. Ces composants sont généralement observés en réflexion.

D'autres composants optiques de sécurité sont connus, qui permettent une authentification par observation du composant en transmission.

Ainsi, le brevet français FR 2973917 au nom de la déposante, décrit un composant optique de sécurité à effet plasmonique comprenant deux couches en matériau diélectrique transparent et une couche métallique agencée entre les couches en matériau diélectrique pour former deux interfaces diélectrique – métal, la couche métallique étant structurée pour former des ondulations aptes à coupler des modes de plasmon de surface supportés par les interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente. Un tel composant présente un effet de transmission extraordinaire dans une bande spectrale centrée sur une longueur d'onde de centrage, définie par les caractéristiques des ondulations des zones de couplage.

On s'intéresse dans la présente demande à des composants optiques de sécurité à effet plasmonique présentant des effets en réflexion variables suivant l'observation sur la face recto ou sur la face verso du composant.

5

## RESUME DE L'INVENTION

Selon un premier aspect, l'invention concerne un composant optique de sécurité à effet plasmonique, ledit composant optique comprenant deux couches en matériau diélectrique transparent et une couche métallique agencée entre lesdites couches en matériau diélectrique transparent pour former deux interfaces diélectrique – métal et structurée pour former, sur une première zone de couplage, un premier réseau de couplage à deux dimensions, périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le premier réseau de couplage présentant un profil asymétrique selon chacune de ses directions, et, sur une deuxième zone de couplage, un deuxième réseau de couplage à deux dimensions, périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le deuxième réseau de couplage présentant un profil asymétrique selon chacune de ses directions, différent de celui du premier réseau de couplage lorsqu'il est vu du même côté du composant que le premier réseau de couplage.

20

Un réseau à deux dimensions est un réseau « croisé » formé de deux réseaux à une dimension qui se coupent à angle droit. Il forme ainsi une structure dont la forme est de type « boîte d'œufs ». Par profil asymétrique, on entend dans la présente description un réseau dont le profil selon une direction ne présente pas de symétrie centrale (par rapport à un point).

25

Un tel composant présente au niveau des première et deuxième zones de couplage, un effet de transmission extraordinaire dans une bande spectrale centrée sur une longueur d'onde donnée, définie par les caractéristiques des interfaces métal-diélectrique et du réseau de couplage dans cette zone.

30

Du fait du caractère asymétrique des profils des réseaux de couplage et de la différence entre les profils asymétriques des premier et deuxième réseaux de couplage dans les première et deuxième zones de couplage, l'observation en réflexion sur un côté du

composant présente un effet coloré variable en fonction de chaque zone ; en effet, la bande spectrale de l'onde lumineuse réfléchie dépend de la bande spectrale de l'onde transmise ainsi que de la bande spectrale de l'onde diffusée qui est modifiée en fonction du profil du réseau.

5 Par ailleurs, l'effet coloré sur chaque zone est variable en réflexion en fonction de l'observation sur une face ou sur l'autre du composant ; en effet le caractère asymétrique du profil de chaque réseau de couplage entraîne une variation de la bande spectrale de l'onde réfléchie lors de l'observation d'un côté ou de l'autre du composant qui peut se traduire aussi par une variation de l'intensité lumineuse réfléchie dans une bande spectrale donnée.

10 Chacune des première et deuxième zones de couplage peut prendre une forme diverse, être composée de parties jointives ou non, peut selon une variante représenter un motif reconnaissable, les deux zones de couplage pouvant selon une variante présenter des formes complémentaires.

15 Selon un mode préféré de l'invention, les périodes sont identiques dans les deux directions pour chacun des premier et deuxième réseaux de couplage. Chaque réseau à deux dimensions présente ainsi une maille carrée, ce qui permet d'éviter les variations de couleur par rotation azimutale du composant.

20 Selon une variante, le profil de chacun des réseaux de couplage selon une direction est un profil pseudo-sinusoïdal, c'est-à-dire qui présente un profil non parfaitement sinusoïdal, avec un rapport cyclique différent de 0,5. Le rapport cyclique de la pseudo-sinusoïde est défini comme le rapport, mesuré par exemple sur une période, entre la plus petite des longueurs entre la longueur pour laquelle la valeur de la pseudo-sinusoïde est supérieure à la valeur médiane de la pseudo-sinusoïde et la longueur pour laquelle la valeur de la pseudo-sinusoïde est inférieure à la valeur médiane de la pseudo-sinusoïde, et la longueur totale de la période. Avantageusement, le rapport cyclique est strictement inférieur à 40% (ou 0,4), afin de générer une dissymétrie suffisante et des effets en réflexion bien différenciés, d'un côté ou de l'autre.

25 Selon une variante, les premier et deuxième réseaux de couplage présentent des périodes identiques, de telle sorte que la bande spectrale de l'onde transmise soit sensiblement identique dans chacune des zones. On observe alors une stabilité en transmission, lors de l'observation du composant sur chacun de ses faces, tandis que les effets en réflexion varient du fait de la différence des profils des réseaux vus du même côté

du composant.

Selon une variante, le deuxième réseau de couplage est le négatif du premier réseau de couplage. Cette configuration permet d'observer une inversion de couleurs dans les première et deuxième zones, lors de l'observation du composant sur chacune de ses faces, le profil d'un premier réseau de couplage vu d'un côté du composant étant identique au profil du deuxième réseau de couplage vu de l'autre côté du composant.

Selon une variante, le composant optique de sécurité comprend en outre sur une région d'au moins une des interfaces métal-diélectrique une couche en matériau diélectrique de haut indice ou de bas indice, avantageusement formée selon un motif reconnaissable. Par haut ou bas indice on entend des matériaux dont l'indice de réfraction présente une différence  $\Delta n$  avec l'indice de réfraction du matériau diélectrique avec lequel il est en contact supérieure à 0,2 en valeur absolue.

La présence de la couche de haut ou bas indice entraîne une modification dans la région dans laquelle elle est déposée de la bande spectrale de l'onde transmise, permettant de créer des nouvelles zones avec des effets colorés variables en transmission lorsque le composant est observé d'un même côté. Cependant, au niveau de la région dans laquelle est déposée la couche de haut ou bas indice, les effets colorés en transmission sont identiques lors de l'observation sur le recto et sur le verso du composant. La couche de haut ou bas indice entraîne également une modification dans la région où elle est déposée et du côté de l'interface sur laquelle elle est déposée, de la bande spectrale de l'onde réfléchie, du fait des phénomènes de diffusion. Si la couche de haut ou bas indice est déposée de façon sélective sur une interface métal-diélectrique, l'effet en réflexion est donc variable lors de l'observation d'un côté ou de l'autre du composant. Il est ainsi possible d'observer en transmission un motif d'une certaine couleur sur un fond d'une autre couleur, ces couleurs étant stables selon l'observation recto ou verso du composant. En réflexion au contraire, les couleurs du motif sont variables selon une observation d'un côté ou de l'autre du composant.

Selon une variante, la couche métallique peut comprendre en outre une zone non structurée. Cette zone, de forte densité optique, permet de mettre encore davantage en valeur les zones dans lesquelles sont agencés les réseaux de couplage qui présentent dans une bande spectrale donnée une transmission extraordinaire due à l'effet plasmonique.

Avantageusement, les premier et deuxième réseaux de couplage présentent un pas compris entre 100 nm et 600 nm, et préférentiellement entre 200 nm et 500 nm. La

profondeur est comprise entre 10% et 50% du pas, avantageusement entre 10% et 40% du pas, une profondeur réduite du réseau de couplage permettant une meilleure propagation des modes plasmoniques.

Avantageusement, la différence des indices de réfraction desdits matériaux diélectriques transparents dans la bande spectrale visée, de préférence le visible, formant chacune desdites couches est inférieure à 0,1, permettant de rendre maximal le couplage et donc la transmission plasmonique pour obtenir un effet de transmission extraordinaire optimal à ladite longueur d'onde de centrage.

Avantageusement, la couche métallique est continue sur une partie au moins, et choisie suffisamment fine pour permettre le couplage des modes plasmoniques se propageant aux deux interfaces métal-diélectrique. Selon une variante, une partie au moins de la couche métallique est continue, formée en argent et son épaisseur est sensiblement comprise entre 20 et 60 nm, préférentiellement entre 35 nm et 45 nm. Selon une variante, une partie au moins de la couche métallique est continue, formée en aluminium et son épaisseur est sensiblement comprise entre 10 et 30 nm, préférentiellement entre 15 nm et 25 nm.

Selon un exemple de réalisation, la couche métallique peut être formée d'un seul métal. Selon un autre exemple de réalisation, la couche métallique comprend au moins deux parties formées chacune d'un métal différent. Cela peut permettre des effets visuels différents, tant en réflexion qu'en transmission dans la bande spectrale de l'effet plasmonique.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un élément optique de sécurité destiné à la sécurisation d'un document et comprenant au moins un composant optique de sécurité selon l'une le premier aspect. L'élément de sécurité peut comprendre d'autres composants de sécurité, par exemple des composants holographiques.

Selon une variante, l'élément de sécurité comprend d'autres couches selon les besoins requis pour l'application finale ; par exemple l'élément de sécurité peut comprendre en plus des couches actives pour l'effet plasmonique un film support portant une desdites couches en matériau diélectrique transparent et/ou un film adhésif disposé sur l'une desdites couches en matériau diélectrique transparent. Ces films sont neutres pour l'effet plasmonique car ils n'altèrent ou n'influencent pas l'interface diélectrique - métal. Ils permettent de faciliter l'adhésion sur le document à sécuriser et/ou la mise en œuvre de

manière industrielle.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un document sécurisé comprenant un support et un élément optique de sécurité selon le second aspect, l'élément optique de sécurité étant fixé sur ledit support, ledit support comprenant une zone de transparence au niveau de laquelle est agencé ledit composant optique de sécurité à effet plasmonique.

Le document sécurisé, par exemple un document de valeur de type billet de banque ou un document d'authentification, type carte d'identité, peut, grâce au composant optique de sécurité à effet plasmonique selon l'invention, être facilement contrôlé en réflexion et en transmission par comparaison des effets colorés sur chacune des faces, et sa résistance à la contrefaçon est élevée du fait de la technologie mise en œuvre.

Selon une variante, le composant optique de sécurité selon le premier aspect ou l'élément optique de sécurité selon le second aspect est encapsulé dans le support du document sécurisé. Des zones de transparence sont prévues de part et d'autre du composant optique de sécurité, permettant ainsi le contrôle en réflexion et en transmission sur chacune des faces.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne une méthode de fabrication d'un composant optique de sécurité à effet plasmonique comprenant :

- le dépôt d'une couche métallique sur une première couche en matériau diélectrique transparent structurée, permettant d'obtenir une première interface métal-diélectrique structurée,
- l'encapsulation de ladite couche métallique par une seconde couche en matériau diélectrique transparent, pour former une deuxième interface diélectrique – métal structurée, et dans laquelle :
- les deux interfaces diélectrique – métal sont structurées pour former, sur une première zone de couplage, un premier réseau de couplage à deux dimensions, périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le premier réseau de couplage présentant un profil asymétrique selon chacune de ses directions, et, sur une deuxième zone de couplage, un deuxième réseau de couplage à deux dimensions, périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le deuxième réseau de couplage présentant un profil

asymétrique selon chacune de ses directions, différent de celui du premier réseau de couplage lorsqu'il est vu du même côté du composant que le premier réseau de couplage.

La méthode de fabrication d'un composant optique de sécurité est parfaitement compatible avec les méthodes de fabrication des composants optiques de sécurité connus de l'art antérieur, notamment les composants de type DOVID.

Selon une variante, la méthode comprend en outre la fabrication d'une première matrice pour la structuration des interfaces métal-diélectriques au niveau de la première zone de couplage afin de former le premier réseau de couplage et la fabrication d'une deuxième matrice pour la structuration des interfaces métal-diélectriques au niveau de la deuxième zone de couplage afin de former le deuxième réseau de couplage, la deuxième matrice étant une réplique négative de la première matrice.

Selon une variante, la méthode comprend en outre le dépôt sur une région d'au moins une desdites interfaces métal-diélectrique d'une couche en matériau diélectrique de bas ou haut indice.

## BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

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

Les figures 1 et 2, des vues partielles, respectivement selon un plan de coupe et de dessus, d'un composant optique de sécurité selon la présente description selon deux variantes;

La figure 3, un schéma illustrant les effets de réflexion, diffusion et transmission des deux côtés des interfaces métal-diélectrique structurées dans des première et deuxième zones de couplage comprenant respectivement les premier et deuxième réseaux de couplage;

Les figures 4A à 4D, les effets visuels obtenus par observation du composant en réflexion et en transmission, sur le recto et sur le verso du composant, dans une configuration telle que décrite sur la figure 3;

Les figures 5A à 5G, des schémas illustrant respectivement une fonction sinusoïdale et des fonctions pseudo-sinusoïdales, avec différents facteurs de forme, ainsi que d'autres profils asymétriques ;

La figure 6, un schéma illustrant les effets de réflexion, diffusion et

transmission des deux côtés des interfaces métal-diélectrique structurées dans une première zone, avec une couche de haut indice diélectrique déposée sur une région d'une des interfaces;

5 La figure 7, un schéma illustrant les effets de réflexion, diffusion et transmission des deux côtés des interfaces métal-diélectrique structurées dans les première et deuxième zones comprenant respectivement les premier et deuxième réseaux de couplage, avec une couche de haut indice diélectrique déposée sur une région d'une des interfaces;

10 Les figures 8A à 8D, les effets visuels obtenus par observation du composant en réflexion et en transmission, sur le recto et sur le verso du composant, dans une configuration telle que décrite sur la figure 7 ;

Les figures 9A à 9F, des schémas illustrant les fabrications de première et deuxième matrices pour la formation des premier et deuxième réseaux de couplage;

Les figures 10A à 10E, des schémas illustrant la fabrication d'un composant optique de sécurité selon un exemple;

15 Les figures 11A à 11F, des schémas illustrant la fabrication d'un composant optique de sécurité selon un exemple ;

Les figures 12A et 12B, respectivement des vues recto et verso d'un document sécurisé comprenant un composant optique de sécurité selon la présente description.

20

## DESCRIPTION DETAILLEE

Les figures 1 et 2 représentent selon des vues partielles des vues de coupe de composants de sécurité 10<sub>A</sub> et 10<sub>B</sub> selon des exemples de réalisation.

25 Le composant de sécurité selon l'invention comprend généralement une couche métallique 3, par exemple une couche continue, d'épaisseur sensiblement constante, typiquement quelques dizaines de nanomètres, agencée entre deux couches en matériau diélectrique transparent 2, 4 pour former deux interfaces diélectrique - métal référencées respectivement 32, 31 sur les figures 1 et 2. Le métal peut être tout métal susceptible de supporter une résonance plasmonique, et de façon préférentielle l'argent, l'aluminium, l'or, le chrome, le cuivre. Les matériaux diélectriques peuvent être tout matériau permettant une  
30 « association non destructive » avec le métal, c'est-à-dire ne risquant pas de provoquer une réaction physico-chimique, par exemple de type oxydation, qui dégraderait l'effet à

contrôler. Les matériaux diélectriques utilisés pour les couches 2 et 4 présentent des indices de réfraction sensiblement identiques, typiquement autour de 1,5, la différence des indices étant avantageusement inférieure à 0,1. Par exemple, la couche 2 en matériau diélectrique et d'indice de réfraction  $n_1$  est une couche en matériau polymère destinée à l'embossage et la  
5 couche 4 est une couche d'encapsulation en matériau diélectrique de type polymère, d'indice de réfraction  $n_2$  sensiblement égal à  $n_1$ . Les couches 2 et 4 sont transparentes dans le visible. Dans l'exemple de la figure 2, le composant optique de sécurité 10<sub>B</sub> comprend en outre sur une région d'au moins une desdites interfaces métal-diélectrique une couche 5 en matériau diélectrique de haut ou bas indice dont les effets seront détaillés dans la suite.  
10 Avantageusement, l'ensemble des couches est supporté par un film 1 de 12  $\mu\text{m}$  à 50  $\mu\text{m}$  en matériau polymère, par exemple en PET (polyéthylène téréphtalate). Le film support 1 peut présenter une fonction de couche support des couches optiques pendant le procédé de fabrication, éventuellement de protection mécanique ; il peut être amovible après transfert des couches optiques sur le support final, comme cela sera détaillé plus en détails par la  
15 suite.

Il est connu qu'à l'interface entre un matériau conducteur, par exemple un métal, et un matériau diélectrique, peut se propager une onde électromagnétique de surface associée à une oscillation collective d'électrons à la surface, appelée plasmon de surface. Ce phénomène est par exemple décrit dans l'ouvrage de base de H. Raether (« Surface  
20 plasmons », Springer-Verlag, Berlin Heidelberg). Le couplage d'une onde lumineuse incidente à un ou plusieurs modes plasmoniques peut être obtenu de différentes façons, notamment par la structuration de l'interface pour former un réseau de couplage à une ou deux dimensions.

Ce principe de base est mis en œuvre dans le composant de sécurité selon  
25 l'invention pour obtenir des effets remarquables en transmission et en réflexion.

Dans le composant de sécurité décrit au moyen des figures 1 ou 2, la couche métallique 3 est structurée pour former, sur une première zone de couplage, un premier réseau de couplage à deux dimensions ( $C_1$ ), apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par les interfaces diélectrique – métal 31 et 32 avec une onde lumineuse incidente,  
30 et, sur une deuxième zone de couplage, un deuxième réseau de couplage à deux dimensions ( $C_2$ ), également apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente. Le premier réseau de

couplage  $C_1$  et le deuxième réseau de couplage  $C_2$  sont périodiques, à profil asymétrique selon chacune des directions, c'est-à-dire que pour chaque réseau, le profil sur une période ne présente pas de symétrie. Différents exemples de profils asymétriques selon une direction seront détaillés par la suite. Dans chaque zone de couplage, la couche métallique est par exemple continue, déformée de telle sorte à former lesdits réseaux de couplage. Comme cela est illustré sur la figure 1, chaque réseau est caractérisé selon chacune des directions par un pas  $\Lambda$ , l'amplitude (ou profondeur)  $h$  du réseau, définie comme la hauteur entre le pic et le creux, l'épaisseur  $t$  de la couche métallique au niveau de la zone de couplage et son asymétrie. Typiquement, le pas d'un réseau selon chacune des directions est compris entre 100 nm et 600 nm, avantageusement entre 200 nm et 500 nm et la hauteur est comprise entre 10% et 50% du pas du réseau, avantageusement entre 10% et 40%. Avantagement, les pas des réseaux sont identiques selon chaque direction, permettant de limiter les effets de variations de couleur en réflexion et/ou en transmission par rotation azimutale du composant. L'épaisseur  $t$  de la couche métallique doit par ailleurs être suffisamment fine pour permettre l'excitation et le couplage de modes de plasmons de surface aux deux interfaces métal/diélectrique, permettant ainsi un effet de transmission résonante comme cela sera décrit plus en détails ci-dessous.

On considère une onde incidente de polarisation TM (onde transverse magnétique, c'est-à-dire pour laquelle le champ magnétique  $\mathbf{H}$  est perpendiculaire au plan d'incidence  $xz$  qui est le plan de la figure sur la figure 1) incidente sur le réseau avec un azimut de  $0^\circ$  par rapport au vecteur réseau  $\mathbf{K}_g$  et un angle d'incidence  $\theta$  dans la couche 4 par rapport à l'axe  $y$  normal au plan du réseau formé par les ondulations 104 et un azimut  $\Phi$ . Le vecteur réseau  $\mathbf{K}_g$ , représenté sur la figure 1, est le vecteur de direction perpendiculaire aux traits du réseau et de norme définie par  $K_g = 2\pi/\Lambda$  où  $\Lambda$  est le pas du réseau.

Pour qu'il y ait couplage, c'est-à-dire transfert d'énergie entre l'onde incidente dans un milieu diélectrique de permittivité relative  $\epsilon_d$  et le mode plasmonique, l'égalité suivante doit être satisfaite (1) :

$$k_{sp} = \sqrt{(k_0 \cdot n_s \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\Phi))^2 + (k_0 \cdot n_s \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\Phi) + p \cdot K_g)^2}$$

(1)

Où :

$k_0$  est le nombre d'onde défini par  $k_0 = 2\pi/\lambda$

$n_s$  est l'indice de réfraction du matériau diélectrique

$p$  est l'ordre diffractif

$k_{sp}$  est défini par  $k_{sp} = n_{sp} k_0$ , où  $n_{sp}$  est l'indice effectif du plasmon de surface se propageant.

5 Lorsque la couche métallique est d'épaisseur finie et, de plus, que son épaisseur est de l'ordre de grandeur de la profondeur de pénétration du champ électromagnétique du mode de plasmon dans le métal (qui est d'environ  $1/(k_0(n_{sp}^2 + \text{Re}(\epsilon_m))^{1/2})$ ), le champ électromagnétique du mode de plasmon à l'interface supérieure de la couche métallique « voit » aussi l'interface inférieure et doit par conséquent aussi satisfaire les conditions aux  
10 limites des champs à cet interface inférieure. Il s'ensuit qu'il existe alors deux modes de plasmon pouvant se propager le long de la couche métallique qui, tous deux, ont un maximum de champ aux interfaces supérieure et inférieure de la couche métallique: un mode de plasmon dont le champ magnétique transverse  $H$  est pair (donc le champ électrique longitudinal, responsable de l'oscillation longitudinale des électrons, impair, avec un  
15 passage par zéro dans la couche métallique), dit le mode de plasmon « long range », et un mode de plasmon dont le champ  $H$  est impair, plus fortement absorbé par le métal, dit le mode de plasmon « short range ». Leurs indices effectifs sont voisins lorsque l'épaisseur de la couche métallique n'est pas trop faible (supérieure à 15 nm, par exemple) et ces modes sont tous deux couplés en présence d'un réseau lorsque l'onde incidente émane d'une source  
20 de lumière peu cohérente spatialement et temporellement comme une lampe d'éclairage ou la lumière naturelle du soleil. Ainsi, lorsque la condition de couplage est satisfaite, le champ des deux modes de plasmons couplés (ou « excités ») possède un maximum à l'interface inférieure de la couche métallique aussi et peut donc, grâce à la présence du réseau, rayonner dans le milieu transmis et ainsi permettre à l'énergie lumineuse de traverser la couche  
25 métallique continue et ainsi produire un pic de transmission, d'où le terme de transmission résonnante.

Dans ce cas, l'indice effectif du plasmon peut être approximé par l'équation (2) suivante :

$$n_{sp} \cong n_s + \frac{1}{2n_s} \left( \frac{k_0(n_s^2 - \epsilon_m) w n_s^2}{2\epsilon_m} \right)^2 \quad (2)$$

30 où  $\epsilon_m$  la permittivité du métal.

Les effets de l'asymétrie des réseaux selon une première variante sont illustrés sur les figures 3 et 4. La figure 3 représente une vue en coupe simplifiée d'un exemple de composant optique de sécurité selon la présente description et la figure 4 illustre les effets visuels obtenus avec ce composant en réflexion et en transmission, sur chacune des faces A (recto) ou B (verso).

Sur la figure 3, seule la couche métallique 3 est représentée, la couche métallique 3 étant structurée pour présenter, comme sur la figure 1, un premier réseau de couplage  $C_1$  dans une première zone de couplage (« zone 1 ») et un deuxième réseau de couplage  $C_2$  dans une deuxième zone de couplage (« zone 4 »). Les premier et deuxième réseaux sont asymétriques, et dans cet exemple, l'un est le négatif de l'autre. Il en résulte que le premier réseau de couplage  $C_1$  vu d'une première face du composant (face A par exemple), se présente de façon identique au deuxième réseau de couplage  $C_2$  vu de l'autre face du composant (face B), et inversement.

L'asymétrie de chacun des réseaux  $C_1$  et  $C_2$  se traduit notamment par une extension du champ électrique qui est différente à chacune des interfaces diélectrique-métal du mode de plasmon « long range » se propageant le long des deux interfaces 31, 32, résultant en des pertes aux interfaces et une transmission extraordinaire à la longueur d'onde de couplage moins efficace qu'avec un réseau parfaitement symétrique, comme par exemple un réseau sinusoïdal. Comme dans cet exemple, la période de chacun des réseaux vus d'une face ou de l'autre du composant est identique, la longueur d'onde de couplage à laquelle on observe une transmission extraordinaire vu d'un côté ou de l'autre du composant sera identique ; cependant, les pertes aux interfaces sur chacun des côtés varient du fait de l'asymétrie des réseaux. Il en résulte que la réflexion de la lumière incidente, dont l'intensité lumineuse est égale à l'intensité de l'onde incidente à laquelle est retranchée l'intensité de l'onde transmise et l'intensité du flux lumineux diffracté ou diffusé sur les interfaces, est variable selon que le composant est observé sur une face ou sur une autre.

Ainsi dans l'exemple de la figure 3, si l'on note  $I_0$  l'intensité lumineuse d'une onde incidente, on observe sur la zone 1 une transmission extraordinaire  $T_1$  centrée autour d'une longueur d'onde centrale de couplage, identique selon que le composant est observé sur une face ou sur l'autre. Sur la zone 4, comme le réseau  $C_2$  est le négatif du réseau  $C_1$ , les périodes sont identiques pour les deux réseaux et là encore, sur cette zone, on observe la même transmission  $T_1$ . Ainsi lors d'une observation en transmission, le composant optique

de sécurité présentera une couleur uniforme sur l'ensemble des zones, la couleur étant identique quelle que soit l'observation recto ou verso du composant, comme cela est illustré sur les figures 4B et 4D.

Par contre, du fait de l'asymétrie des réseaux  $C_1$  et  $C_2$ , les pertes par diffraction et par diffusion varient en intensité et en spectre selon l'observation recto ou verso du composant. Ainsi, lors de l'observation recto du composant (face A) sur la zone 1, les pertes par diffraction et par diffusion symbolisées sur la figure 3 par les flèches  $S_1$  seront différentes des pertes par diffraction et par diffusion symbolisées sur la figure 3 par les flèches  $S_2$ , observées sur le verso du composant (face B). Il en résulte une variation spectrale et en intensité de la réflexion observé sur le recto, et référencée  $R_1$  sur la figure 3, et de la réflexion observé sur le verso, et référencée  $R_2$  sur la figure 3. Comme dans la zone 4 le réseau  $C_2$  est le négatif du réseau  $C_1$  de la zone 1, les effets en réflexion seront inversés entre la zone 4 et la zone 1. Autrement dit, sur la zone 4 on observera une réflexion  $R_2$  sur le recto (face A) et une réflexion  $R_1$  sur le verso (face B). Cet effet est schématisé sur les figures 4A et 4C montrant le recto et le verso du composant optique de sécurité lors d'une observation en réflexion. Cette observation est stable quelle que soit la position azimutale du composant si la déformation du profil est présente dans les 2 directions.

Un tel composant optique de sécurité présente ainsi un premier niveau d'authentification résultant d'une observation différenciée en réflexion et en transmission du composant (observation en transmission identique entre les deux zones tandis que l'effet visuel en réflexion varie entre les deux zones). Le composant optique de sécurité présente un deuxième niveau d'authentification résultant de l'inversion des effets visuels en réflexion en fonction des zones d'observation (ici zones 1 et 4) du fait de la structure particulière de deux réseaux à profils asymétriques, négatifs l'un de l'autre.

On appelle réseau à profil asymétrique, un réseau pour lequel selon une direction au moins, le profil est asymétrique sur une période ; plus précisément, il n présente pas de symétrie par rapport à un point. Lorsque sur une période, le profil présente une concavité et une convexité, la concavité dans un profil asymétrique est différente de la convexité. Autrement dit, la concavité vue du verso est différente de la concavité vue du recto.

Un exemple de ces profils asymétriques est réalisé par des profils pseudo-sinusoidaux.

Un exemple de profils pseudo sinusoidaux est donné par des profils cycloïdaux définis par :

$$x = a*t - b*\sin t$$

$$y = a - b*\cos t \text{ où } a \text{ et } b \text{ réels non nuls avec } 1 < |a|/|b| < 5 \text{ et de préférence } 1 <$$

5  $|a|/|b| < 2$

Les figures 5A à 5C illustrent différents profils de réseaux dont des profils pseudo sinusoidaux adaptés à un composant optique de sécurité selon la présente description (figures 5B, 5C, 5D) comparés à un profil sinusoidal de référence (figure 5A). Les profils présentés sont des vues de coupes suivant l'une des directions principales du réseau 2D, par exemple suivant la direction du vecteur réseau. On appelle dans la présente description un profil pseudo sinusoidal un profil qui n'est pas parfaitement sinusoidal, c'est-à-dire qui présente un rapport cyclique sur une période différent de 0,5, le rapport cyclique étant la longueur d'une demi-oscillation divisée par la période totale. Avantagement, pour obtenir un effet d'asymétrie suffisant, le rapport cyclique est choisi strictement inférieur à 0,4 (ou 40%). Ainsi la figure 5B illustre un profil pseudo sinusoidal de rapport cyclique égal à 0,4 ; la figure 5C illustre un profil pseudo sinusoidal de rapport cyclique égal à 0,2 et à l'extrême, la figure 5D illustre un profil pseudo sinusoidal de rapport cyclique tendant vers 0, c'est-à-dire qu'une demi-oscillation est très réduite devant l'autre. Le profil dans ce dernier cas tend vers un profil en forme de «cuvettes » tel qu'illustré sur les figures 1, 2 ou 3 par exemple.

Le profil des réseaux asymétriques n'est cependant pas limité à un profil pseudo-sinusoidal, bien que le profil pseudo-sinusoidal soit le plus facile à fabriquer. Les figures 5E à 5G illustrent ainsi d'autres types de profils possibles. Dans tous les cas, sur une période, on observe une absence de symétrie.

Les figures 6 et 7 illustrent une deuxième variante d'un composant optique de sécurité selon la présente description (vue simplifiée en coupe) et la figure 8 illustre les effets visuels résultants. Dans cet exemple, une couche en matériau diélectrique 5 est présente sur une région d'au moins une des interfaces métal – diélectrique.

Les figures 6 et 7 illustrent un composant du type de celui montré sur la figure 2, mais là encore, pour simplifier les schémas, seule la couche métallique 3 et la couche en matériau diélectrique de fort indice 5 ont été illustrées.

Comme illustré sur la figure 6, par rapport aux effets montrés sur la figure 3, la

présence d'une couche en matériau diélectrique haut ou bas indice entraîne une variation de la transmission ( $T_2$ ) lors de l'observation du composant sur une face ou sur l'autre. Elle entraîne aussi une variation des pertes par diffraction et diffusion ( $S_3$ ) résultant en une variation en réflexion ( $R_3$ ), mais ce, seulement pour l'observation du côté de l'interface qui

5 porte la couche de haut ou bas indice (face A sur les figures 6 et 7). La variation de la transmission s'explique par la variation de l'indice du diélectrique qui modifie l'indice effectif du plasmon et donc la longueur d'onde transmise. La variation des pertes par diffraction et diffusion s'explique par la modification de l'indice diélectrique qui modifie les conditions de diffractions, de diffusions et de couplage aux modes de plasmon.

10 Sur la figure 7, on peut ainsi distinguer 4 zones. Une zone 1 avec un premier réseau  $C_1$  ; une zone 2 avec le même réseau  $C_1$  mais qui comprend sur l'interface métal-diélectrique du côté de la face A (recto) une couche 5 en matériau diélectrique de haut ou bas indice ; une zone 3 avec un deuxième réseau  $C_2$  qui, là encore, est le négatif du réseau  $C_1$  et sur laquelle se prolonge la couche 5 en matériau diélectrique de haut ou bas indice ;

15 enfin une zone 4 avec le même réseau  $C_2$  mais sans la couche de haut ou bas indice. Afin de produire des effets visuels plus caractéristiques, comme cela est illustré sur les figures 8A à 8D, les zones 2 et 3 sont formées selon des formes graphiques reconnaissables.

En ce qui concerne les zones 1 et 4, les effets visuels sont identiques à ceux décrits au moyen des figures 3 et 4. Notamment, le phénomène de transmission

20 extraordinaire ( $T_1$ ) est de comportement identique en intensité et en spectre quelle que soit la face d'observation sur ces deux zones. Par contre, la réflexion varie selon l'observation d'un côté ou de l'autre du composant et s'inverse entre les deux zones. Avec la présence de la couche diélectrique de haut ou bas indice (zones 2 et 3), la transmission change par rapport aux zones 1 et 4 mais reste de comportement identique sur les zones 2 et 3

25 que soit la face d'observation. Ainsi, comme cela apparaît sur les figures 8B et 8D, on observe à nouveau une stabilité du comportement de l'effet visuel en transmission, quelle que soit la face d'observation du composant, mais dans cet exemple, les zones 2 et 3 forment une forme graphique reconnaissable (« HI ») en transmission. De façon remarquable, comme cela est illustré sur la figure 8A, en réflexion, lors de l'observation sur la face B

30 (verso) qui correspond au côté de l'interface qui ne porte pas la couche de haut ou bas indice 5, la réflexion est constante sur chacune des zones 1 et 2 d'une part (réflexion  $R_2$ ), 3 et 4 d'autre part (réflexion  $R_1$ ). On observe donc pas le symbole « HI » apparaître en réflexion.

Par contre, sur la face recto, la présence de la couche diélectrique de haut ou bas indice 5 modifie la réflexion du fait de la variation des pertes par diffusion et diffraction (respectivement  $S_3$  sur la zone 2 et  $S_4$  sur la zone 3). On observe ainsi des réflexions différentes en intensité et en spectre sur chacune des zones et l'apparition, en réflexion sur le 5 recto du composant, du signe graphique « HI ».

Le composant ainsi décrit présente par rapport au composant décrit au moyen des figures 3 et 4 un niveau d'authentification supplémentaire, résultant de l'apparition d'un signe graphique reconnaissable, en réflexion, sur l'une des faces seulement du composant.

Les composants de sécurité tels que décrits précédemment peuvent être réalisés 10 par exemple selon des méthodes de fabrication décrites au moyen des figures 9 à 11.

Dans une première étape décrite par exemple au moyen des figures 9A à 9F, des matrices ou « master » sont obtenues pour créer les microstructures qui pourront ensuite être reportées sur des films en vue de la réalisation des composants. Dans une étape initiale illustrée sur la figure 9A, un enregistrement des microstructures optiques destinées à former 15 un premier réseau de couplage à deux dimensions, est réalisé par photolithographie ou lithographie par faisceau d'électrons sur un support photosensible 102 ou « photorésist » selon l'expression anglo-saxonne, porté par un substrat 101. Le profil dissymétrique des microstructures peut être obtenu par la gestion de la linéarité de la réponse de la photoresist utilisé. La photoresist en question est utilisé dans sa zone de non-linéarité, l'augmentation de 20 l'apport d'énergie apporté à la photoresist ne correspondra plus à l'augmentation de la profondeur après développement chimique. On obtient par ce procédé des profils hautement asymétriques. Une étape de développement chimique (figure 9B) permet de révéler les microstructures optiques ainsi obtenues. Puis une étape de galvanoplastie (figure 9C) permet de reporter ces microstructures dans un matériau résistant par exemple à base de Nickel pour 25 réaliser une première matrice 103 ou « master » (figure 9D) formant dans cet exemple une première réplique négative. Une réplique positive 105 (figure 9F), par exemple à base de Nickel également, peut être obtenue par une deuxième étape de galvanoplastie (figure 9E). On obtient ainsi une première matrice 103 et une deuxième matrice 105, chaque matrice formant le négatif de l'une par rapport à l'autre, ces matrices pouvant être transférées sur 30 film pour former des composants optiques de sécurité tels qu'illustrés par exemple sur les figures 1 et 2.

Les figures 10A à 10E illustrent ainsi un premier exemple de fabrication d'un

composant optique de sécurité tel que représenté sur les figures 1 ou 2.

Dans ce premier exemple, on obtient par une technique d'assemblage, sur une même matrice 106 à base de nickel par exemple, une double structure positive et négative (figure 10A). Le transfert des microstructures optiques portées par la matrice 106 est fait par estampage sur une couche 2 en matériau diélectrique, typiquement un vernis d'estampage de quelques microns d'épaisseur porté par un film 1 de 12  $\mu\text{m}$  à 50  $\mu\text{m}$  en matériau polymère, par exemple en PET (polyéthylène téréphtalate). L'indice de réfraction de la couche formée du vernis d'estampage est typiquement de 1,5. D'autres couches techniques, de type vernis (non représentées) peuvent être présentes entre la couche 2 et le film 1. L'estampage (figure 10B) est obtenu par pressage à chaud du matériau diélectrique (« hot embossing ») ou par moulage à froid par réticulation UV (« UV casting ou UV curing»). Vient ensuite la métallisation de la couche ainsi embossée (figure 10C) permettant de former une couche métallique 3. La métallisation est faite sous vide, de façon parfaitement contrôlée en épaisseur, avec l'un par exemple des métaux suivants : argent, aluminium, or, chrome, cuivre, etc. Une couche 4 de fermeture d'indice de réfraction contrôlé est ensuite appliquée (figure 10E), par exemple par un procédé d'enduction. Pour certaines applications, telles que les produits de laminage ou de marquage à chaud, cette couche peut être la couche adhésive. La couche de fermeture, qui forme la couche 4 (figure 1) présente un indice de réfraction sensiblement identique à celui de la couche embossée 2, autour de 1,5, avec une épaisseur de l'ordre du micron (0.5 à 2 voire plus) à plusieurs microns. Selon la destination finale du produit, un adhésif peut être appliqué sur la couche de fermeture. Selon une variante représentée sur la figure 10D, il est possible de déposer sur une région déterminée une couche diélectrique 5 de haut ou bas indice ; le dépôt de la couche diélectrique 5 de haut ou bas indice peut être fait avant ou après la métallisation, de préférence avant la métallisation. On obtient alors un composant du type de celui représenté sur la figure 2.

Les figures 11A à 11F illustrent un deuxième exemple de fabrication d'un composant optique de sécurité tel que représenté sur les figures 1 ou 2.

Selon cet exemple, seule une des répliques de la matrice, par exemple la réplique négative 103 de la matrice, est transférée sur la couche en matériau diélectrique 2 (figure 11A), permettant d'obtenir une structure en positif sur l'ensemble du film (figure 11B). Sur une zone du film 2 ainsi structuré, une résine 6 est déposée (figure 11C) de telle sorte à recouvrir partiellement le film, par exemple une résine sensible aux UV d'indice de

réfraction proche de celui du film 2, permettant ainsi d' « effacer » les microstructures sur la zone du film recouverte. La structure initiale est cependant toujours présente sur une partie du film 2. On vient alors transférer sur la résine 6 l'autre réplique de la matrice, dans cet exemple la réplique positive 105 de la matrice, par exemple par flash UV, afin d'obtenir un film 2 présentant les deux structures positive et négative (figure 6). Comme précédemment, une métallisation est effectuée (figure 11E) puis l'application de la couche de fermeture 4 est réalisée (figure 11F). Eventuellement, une couche en matériau diélectrique est appliquée avant ou après la métallisation, comme dans l'exemple illustré sur la figure 10D.

Selon une variante des différents modes de fabrication d'un composant optique de sécurité selon la présente description, il est possible au moment de l'étape de métallisation d'appliquer plusieurs métaux différents, par exemple pour rechercher des effets visuels différents. Pour cela, on pourra par exemple appliquer avec un motif donné une encre soluble sur la couche embossée. Lors de la métallisation avec le premier métal, celui-ci est appliqué uniformément sur la couche mais ne subsiste que sur les zones où ne se trouve pas l'encre lorsque l'encre est retirée. Ensuite une deuxième métallisation sélective est réalisée comprenant également une étape d'impression préalable d'encre soluble permettant de sélectionner les zones d'application du deuxième métal. Il est possible lors de l'application du deuxième métal que les couches métalliques se superposent localement, formant des zones de plus grande densité optique, ou au contraire qu'il en résulte des zones non métallisées qui, une fois rebouchées par la couche de fermeture, formeront des zones transparentes dans le composant. Selon une variante, les zones métalliques différentes peuvent correspondre à des zones de couplage différentes. Autrement dit, le premier métal est appliqué sur une première zone de couplage, tandis que le deuxième métal est appliqué sur une deuxième zone de couplage, permettant dans les différentes zones de couplage des effets colorés distincts. Alternativement, les différents métaux peuvent être déposés selon des zones qui ne correspondent pas aux zones de couplage.

Les méthodes de fabrication d'un composant optique de sécurité précédemment décrites sont compatibles avec les méthodes de fabrication des composants optiques de sécurité connus de l'art antérieur, notamment les composants de type DOVID.

Notamment, il est possible de réaliser un élément optique de sécurité comprenant un ou plusieurs composants de type plasmonique tels que décrits précédemment

et un ou plusieurs autres type de composants optiques de sécurité, par exemple de type holographique. Pour cela une matrice peut être réalisée par enregistrement des différents motifs correspondants aux différents composants optiques de sécurité sur le support photosensible 102 ou « photorésist ». L'estampage peut ensuite être réalisé à partir de la

5 matrice pour transférer les différentes microstructures sur le film en matériau polymère, destiné à l'embossage. La métallisation dont l'épaisseur est contrôlée pour les composants à effet plasmonique peut être faite sur l'ensemble du film, car elle est parfaitement compatible avec les autres composants de type DOVID fonctionnant en réflexion.

Les figures 12A et 12B représentent un document sécurisé 200, par exemple un

10 document de valeur de type billet de banque, ainsi équipé d'un élément de sécurité 210 comprenant un composant optique de sécurité 10 de type plasmonique et d'autres composants optiques de sécurité 211, par exemple de type holographique. La figure 12A représente une vue de dessus de ce composant et la figure 12B représente une vue de

15 dessous. L'élément de sécurité 210 se présente sous forme d'une bande, typiquement de largeur 15 mm qui vient se fixer sur un support 212 du document 200. L'élément de sécurité 210 est fixé au support 212 par des moyens connus. Par exemple, dans le cas d'un document présentant une zone transparente solide, l'élément de sécurité peut être fixé par transfert à chaud réactivant une couche adhésive transparente préalablement appliquée sur la

20 couche de fermeture 4 (voir figures 1 ou 2). Dans ce cas, une couche de détachement (par exemple une cire) peut être appliquée entre le vernis d'estampage 2 et le film support 1 en PET. On peut, par exemple, transférer l'élément de sécurité sur le document en pressant à chaud ou à froid l'élément de sécurité sur le document, le composant plasmonique se trouvant face à la zone transparente. Pendant le transfert, le film adhésif colle sur le support 212 du document et la couche de détachement ainsi que le film support sont retirés. Dans le

25 support 212 est prévue une fenêtre de transparence 213 au niveau du composant de type plasmonique 10. Vu de dessus, tous les composants optiques de sécurité seront visibles sur le document sécurisé 200 et contrôlables en réflexion selon les différents procédés connus de l'art antérieur. Vus de dessous, seul(s) le ou les composants de type plasmonique seront visibles ; ils pourront être contrôlés en réflexion et en transmission, comme cela a été décrit

30 précédemment.

Il est également possible d'adapter ce composant de sécurité à tout autre document pouvant être authentifié par réflexion et particulièrement aux documents

comportant une zone de transparence tels que les documents plastiques (polycarbonate) utilisés au format carte de crédit ou bien encore page de passeport.

5 Bien que décrite 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.

## REVENDEICATIONS

1. Composant optique de sécurité (10<sub>A</sub>, 10<sub>B</sub>) à effet plasmonique, comprenant :
  - deux couches (2,4) en matériau diélectrique transparent,
  - 5 une couche métallique (3) agencée entre lesdites couches en matériau diélectrique transparent pour former deux interfaces diélectrique – métal (31, 32) et structurée pour former, sur une première zone de couplage, un premier réseau de couplage à deux dimensions (C<sub>1</sub>), périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le premier
  - 10 réseau de couplage présentant un profil asymétrique, sans symétrie centrale, selon chacune de ses directions, et, sur une deuxième zone de couplage, un deuxième réseau de couplage à deux dimensions (C<sub>2</sub>), périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le deuxième réseau de couplage présentant un profil asymétrique, sans symétrie
  - 15 centrale, selon chacune de ses directions, différent de celui du premier réseau de couplage lorsqu'il est vu du même côté du composant que le premier réseau de couplage, caractérisé en ce que le deuxième réseau de couplage est le négatif du premier réseau de couplage et en ce que le pas de chaque réseau de couplage selon chacune de ses directions est compris entre 100 nm et 600 nm et la hauteur de chaque réseau de couplage
  - 20 est comprise entre 10% et 50% du pas de celui-ci.
2. Composant optique de sécurité selon la revendication 1, dans lequel les périodes sont identiques dans les deux directions pour chacun des premier et deuxième réseaux de couplage.
3. Composant optique de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le
- 25 profil selon chacune des directions des premier et deuxième réseaux de couplage est un profil pseudo-sinusoïdal, présentant un rapport cyclique strictement inférieur à 40%.
4. Composant optique de sécurité selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre sur une région d'au moins une desdites interfaces métal-diélectrique une couche en matériau diélectrique de haut ou bas indice.
- 30 5. Composant optique de sécurité selon la revendication 4, dans lequel ladite couche en

matériau diélectrique de haut ou bas indice est formée selon un motif reconnaissable.

6. Élément optique de sécurité destiné à la sécurisation d'un document et comprenant au moins un composant optique de sécurité selon l'une des revendications précédentes.

5 7. Document sécurisé (200) comprenant un support (212) et un composant optique de sécurité selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ou un élément optique de sécurité (10) selon la revendication 8, fixé sur ledit support, ledit support comprenant une zone de transparence (213) au niveau de laquelle est agencé ledit composant optique de sécurité.

10 8. Méthode de fabrication d'un composant optique de sécurité à effet plasmonique comprenant :

- le dépôt d'une couche métallique (3) sur une première couche (2) en matériau diélectrique transparent structurée, permettant d'obtenir une première interface métal-diélectrique structurée (32),

15 - l'encapsulation de ladite couche métallique par une seconde couche (4) en matériau diélectrique transparent, pour former une deuxième interface diélectrique – métal (31) structurée, et dans laquelle :

20 - les deux interfaces diélectrique – métal (31, 32) sont structurées pour former, sur une première zone de couplage, un premier réseau de couplage à deux dimensions ( $C_1$ ), périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente, le premier réseau de couplage présentant un profil asymétrique, sans symétrie centrale, selon chacune de ses directions, et, sur une deuxième zone de couplage, un deuxième réseau de couplage à deux dimensions ( $C_2$ ), périodique, apte à coupler des modes de plasmon de surface supportés par lesdites interfaces diélectrique – métal avec une onde lumineuse incidente,

25 le deuxième réseau de couplage présentant un profil asymétrique, sans symétrie centrale, selon chacune de ses directions, différent de celui du premier réseau de couplage lorsqu'il est vu du même côté du composant que le premier réseau de couplage,

30 caractérisée en ce que le deuxième réseau de couplage est le négatif du premier réseau de couplage et en ce que le pas de chaque réseau de couplage selon chacune de ses directions est compris entre 100 nm et 600 nm et la hauteur de chaque réseau de couplage est comprise entre 10% et 50% du pas de celui-ci.

9. Méthode selon la revendication 8, comprenant en outre :

- la fabrication d'une première matrice pour la structuration des interfaces métal-diélectriques au niveau de la première zone de couplage afin de former le premier réseau de couplage et la fabrication d'une deuxième matrice pour la structuration des interfaces métal-diélectriques au niveau de la deuxième zone de couplage afin de former le deuxième réseau de couplage, la deuxième matrice étant une réplique négative de la première matrice.

10. Méthode selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, comprenant en outre :

- le dépôt sur une région d'au moins une desdites interfaces métal-diélectrique d'une couche (5) en matériau diélectrique de haut ou bas indice.

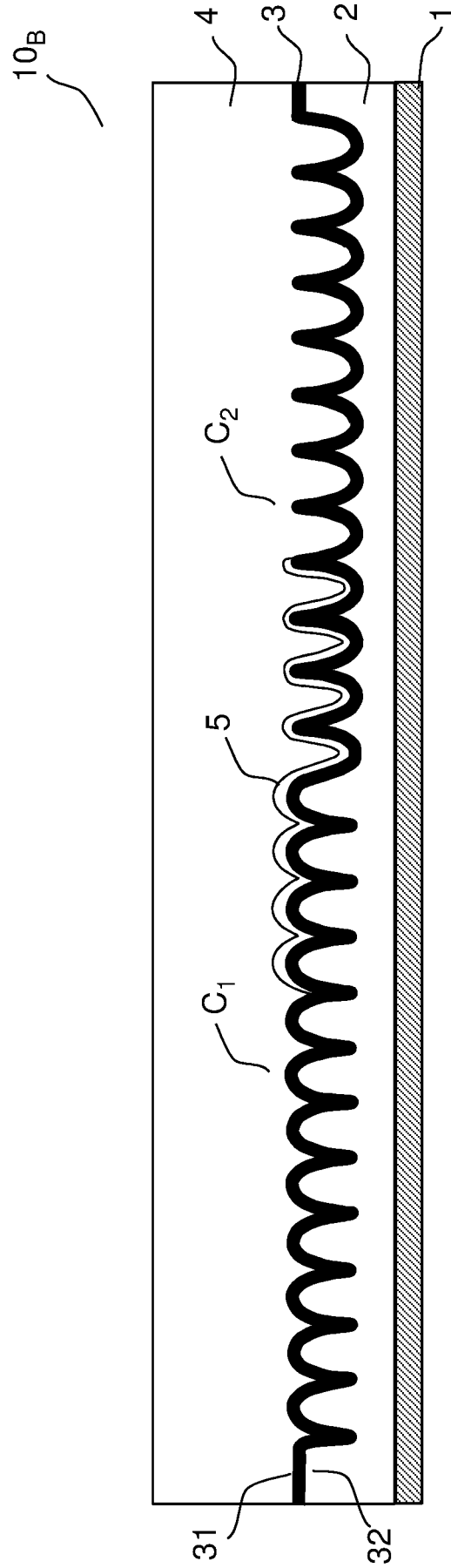
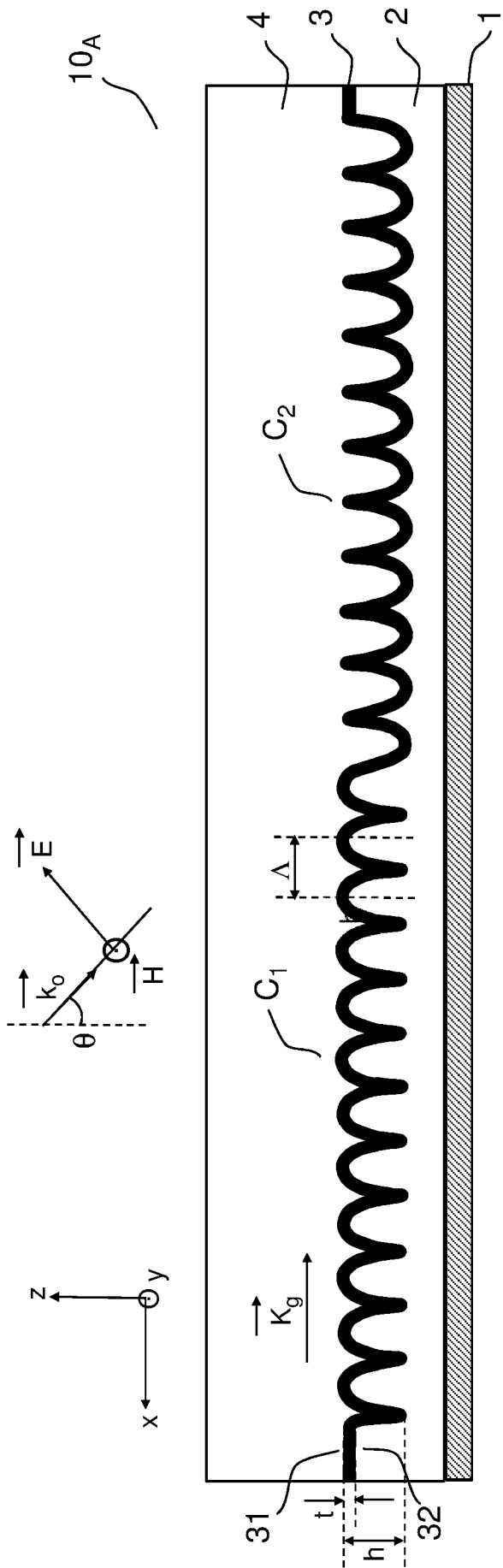


FIG. 2

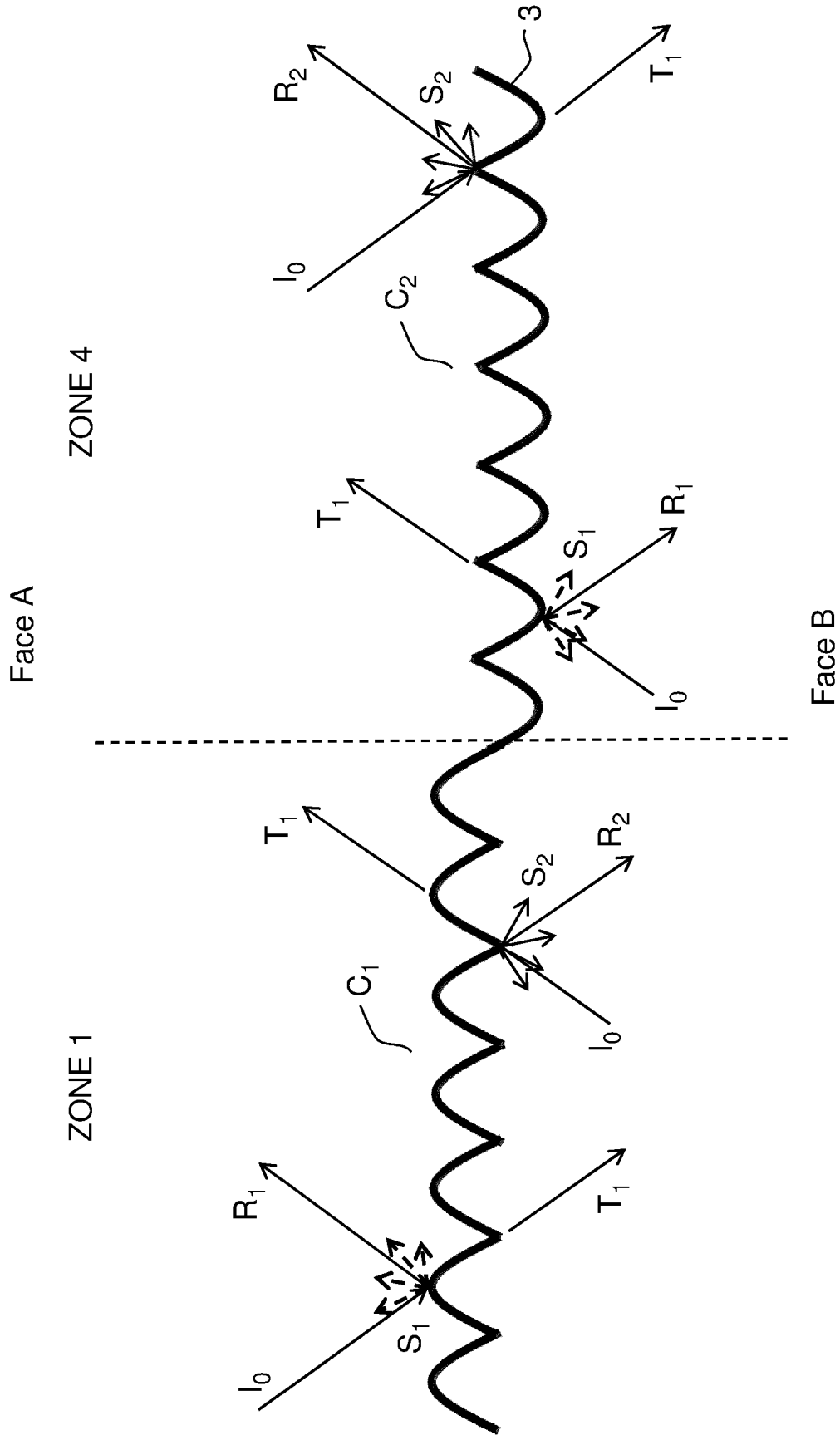


FIG.3

Réflexion

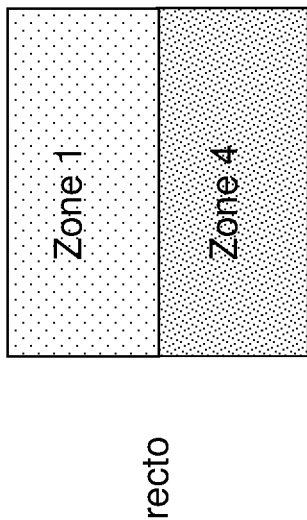


FIG.4A

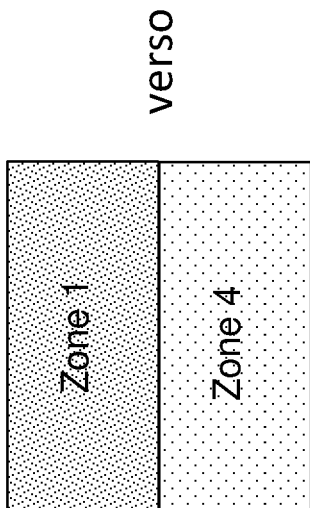


FIG.4C

Transmission

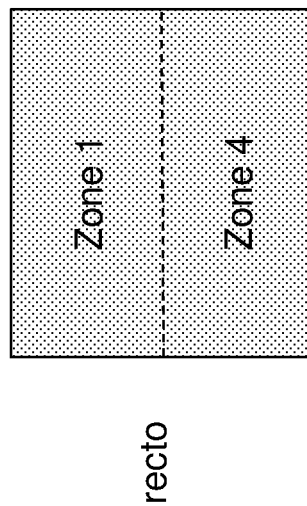


FIG.4B

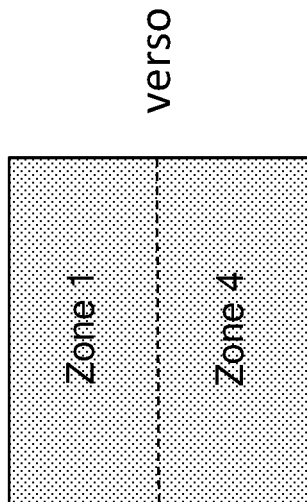


FIG.4D

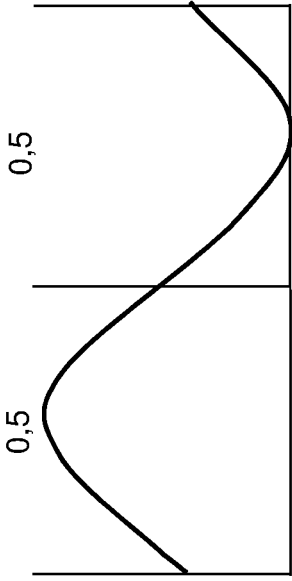


FIG.5A

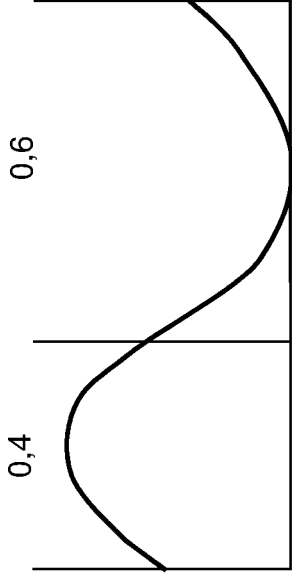


FIG.5B

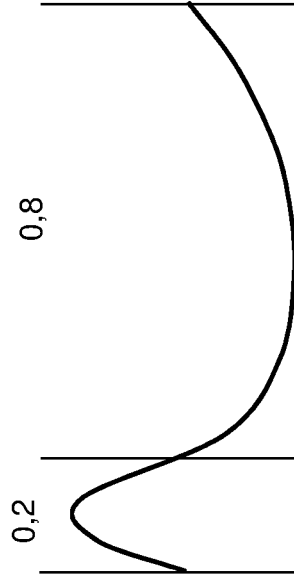


FIG.5C

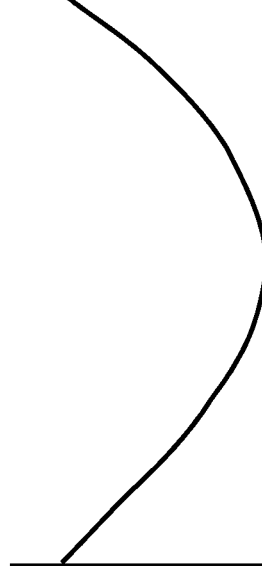


FIG.5D

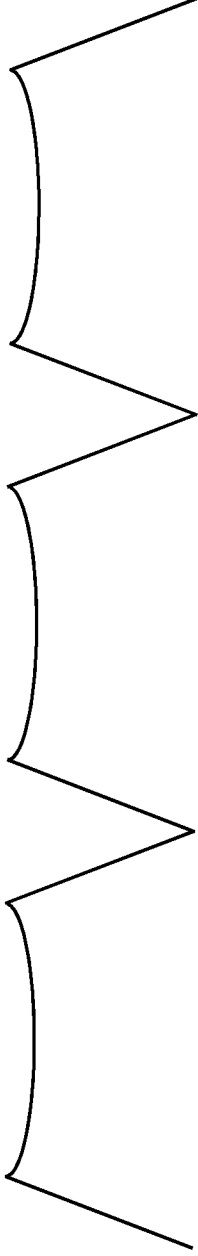


FIG.5E

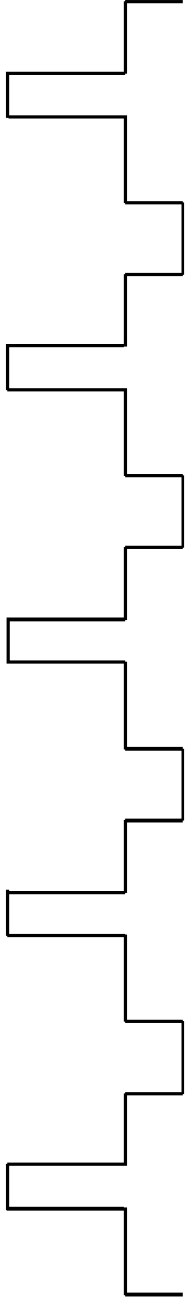


FIG.5F

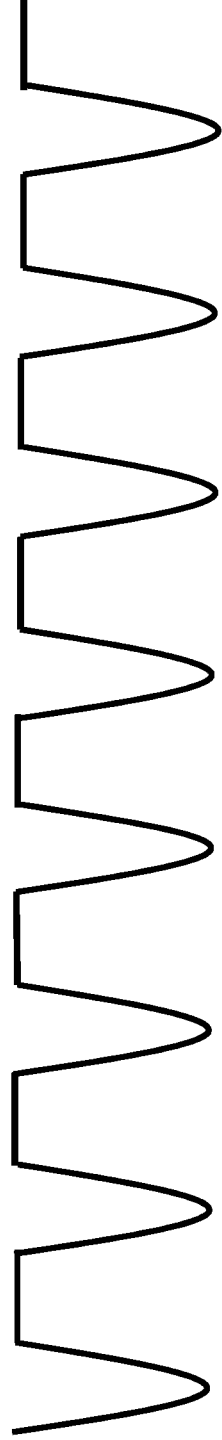


FIG.5G

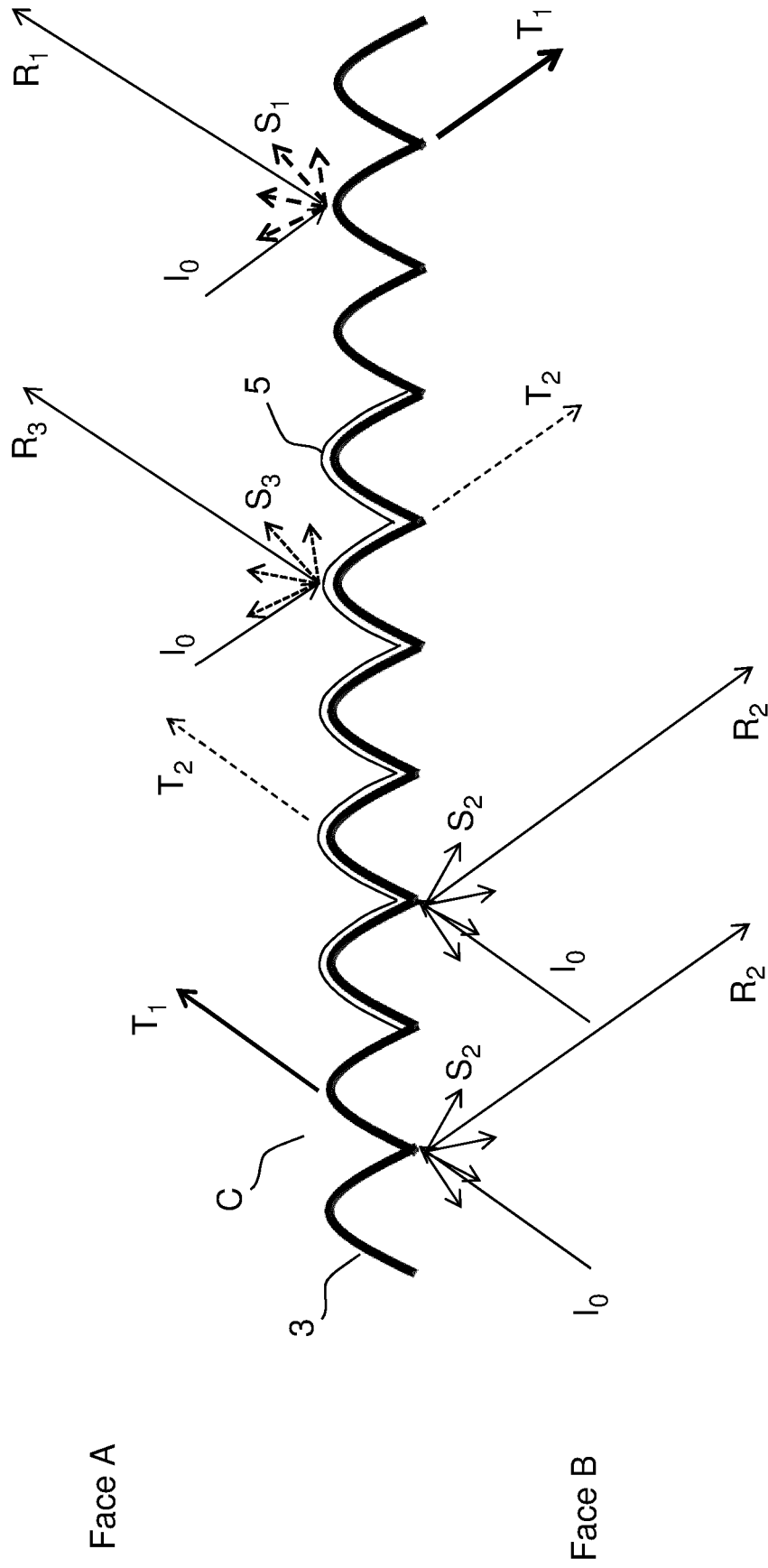


FIG.6

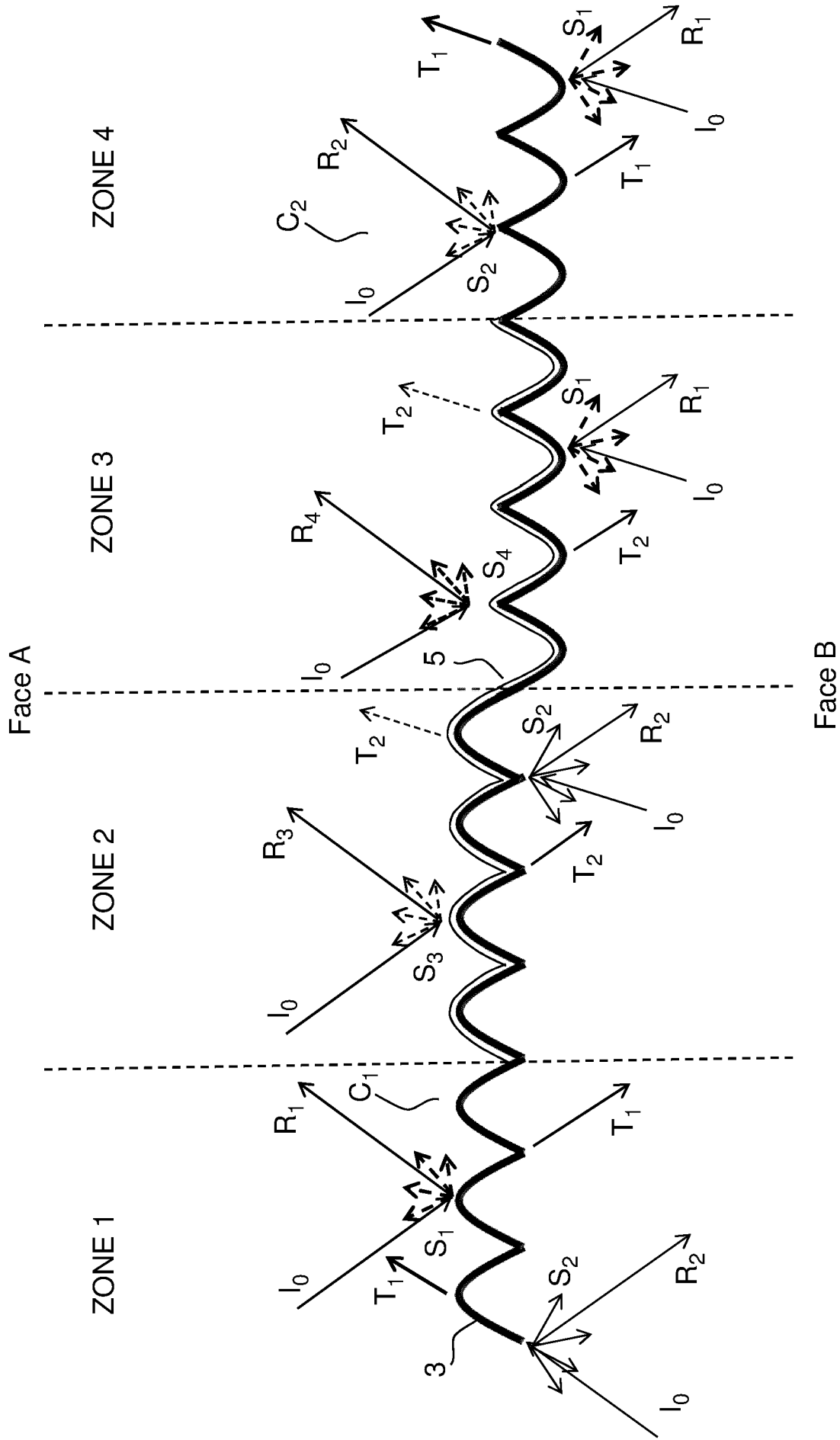


FIG.7

Réflexion

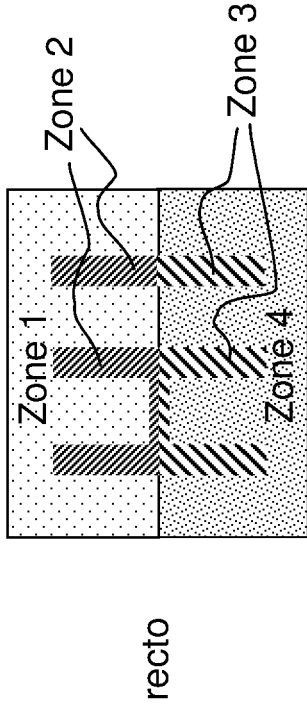


FIG.8A

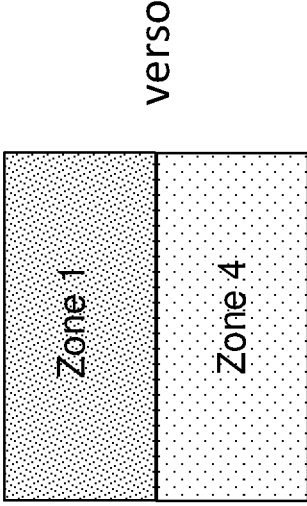


FIG.8C

Transmission

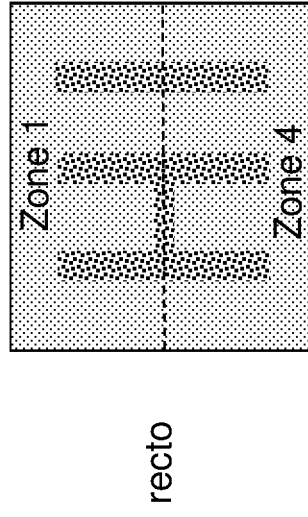


FIG.8B

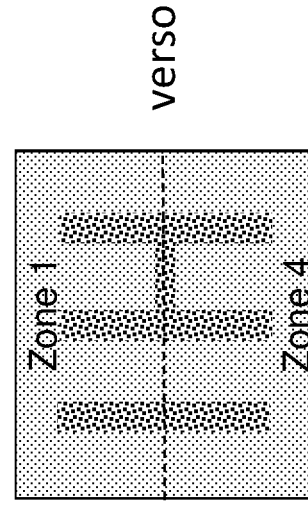


FIG.8D

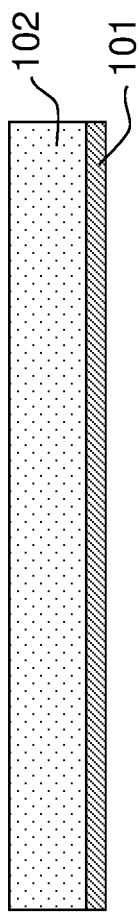


FIG. 9A

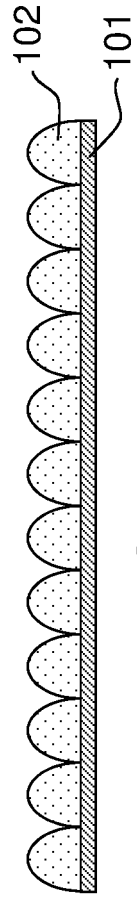


FIG. 9B

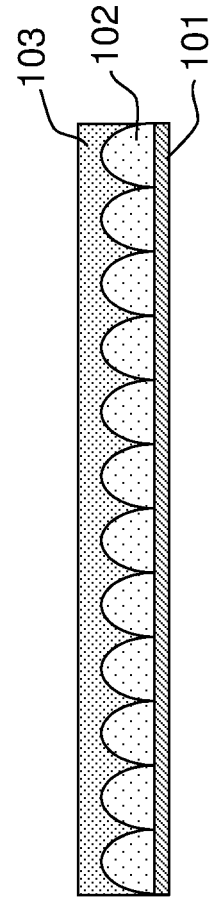


FIG. 9C

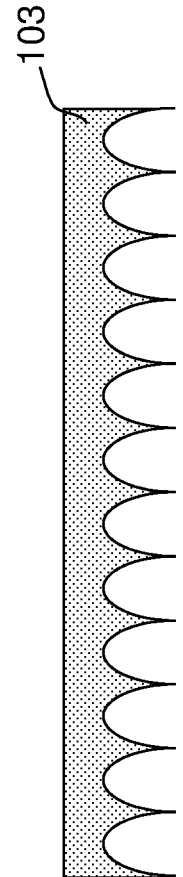


FIG. 9D

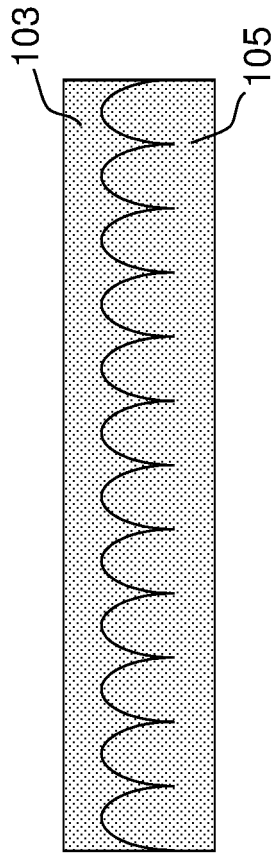


FIG. 9E

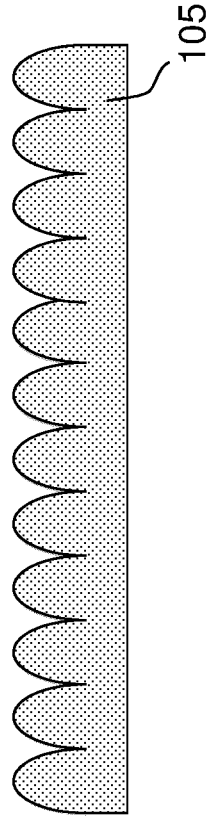


FIG. 9F

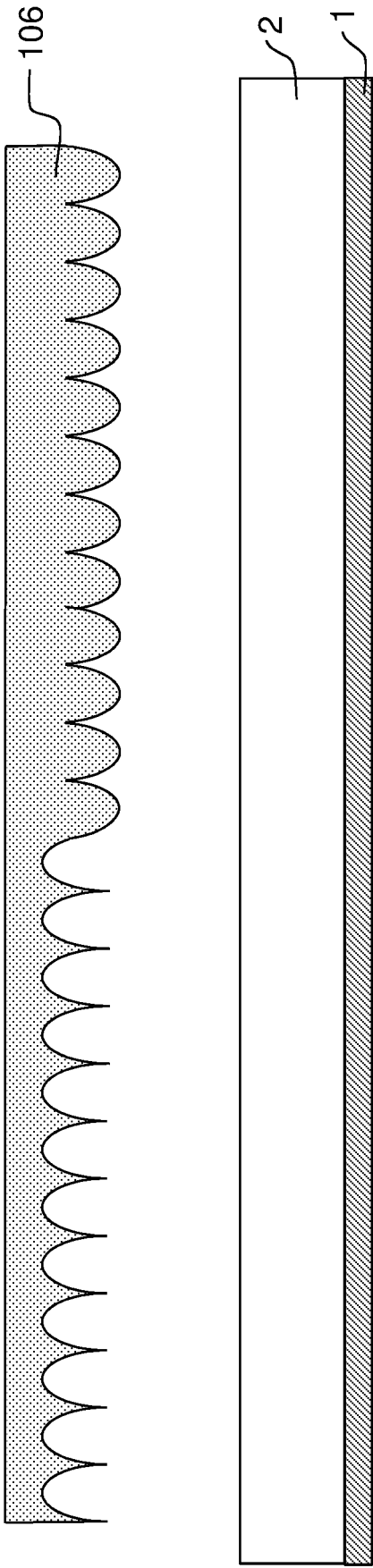


FIG.10A

FIG.10B

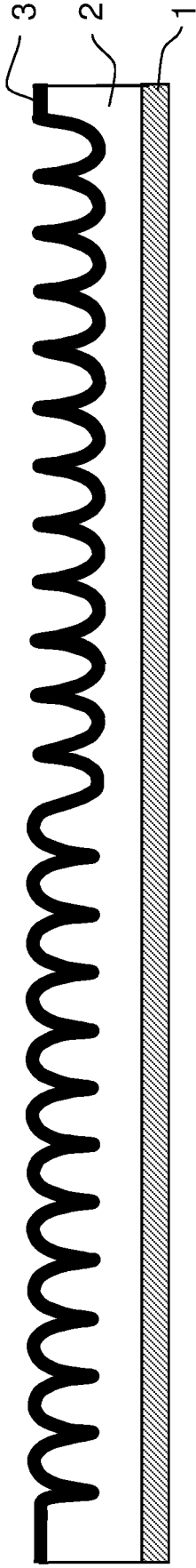


FIG. 10C

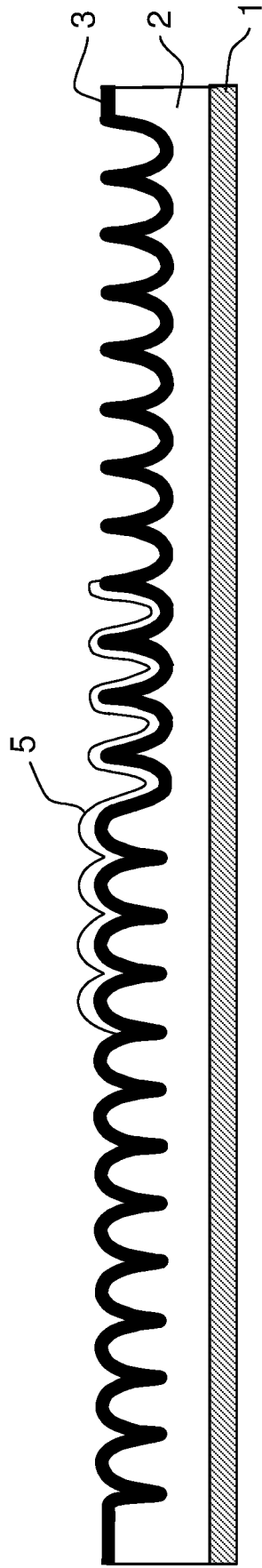


FIG. 10D

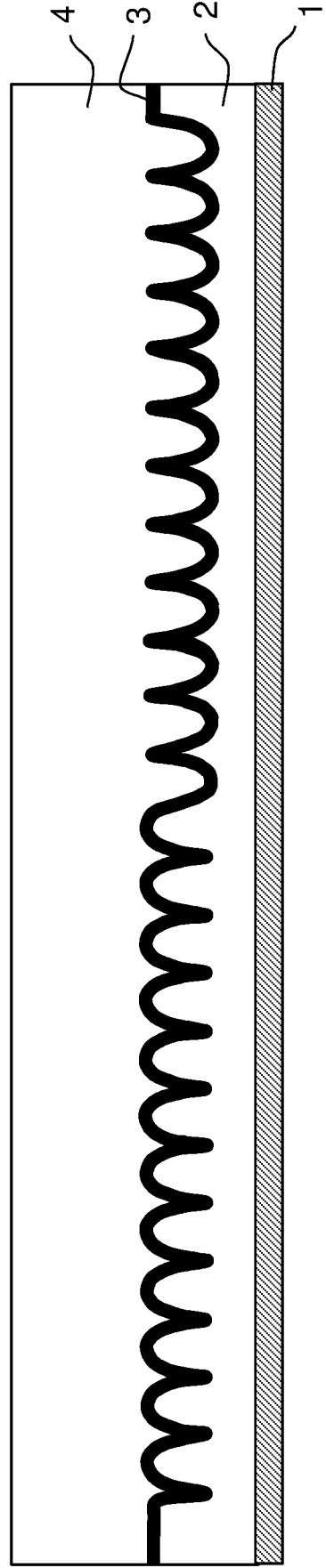


FIG. 10E

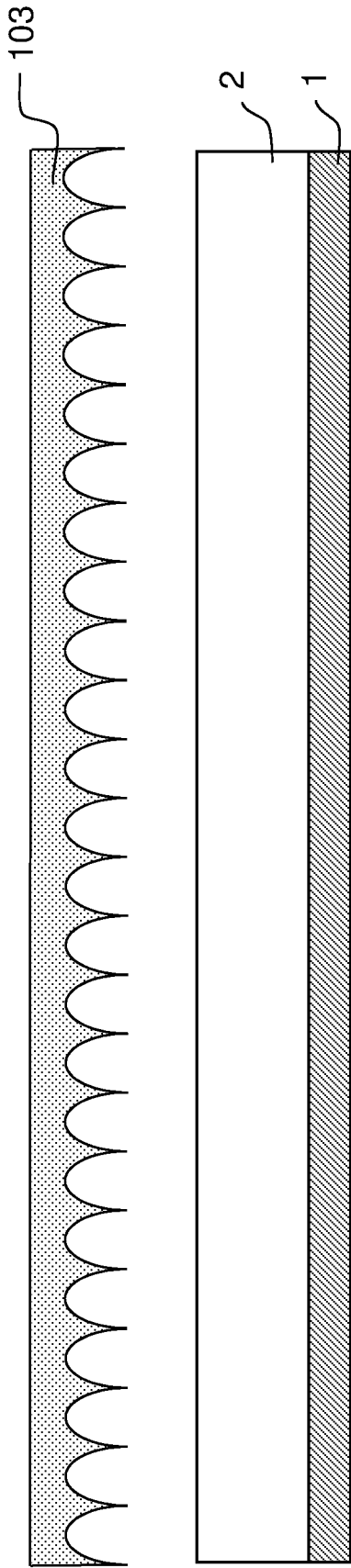


FIG. 11A

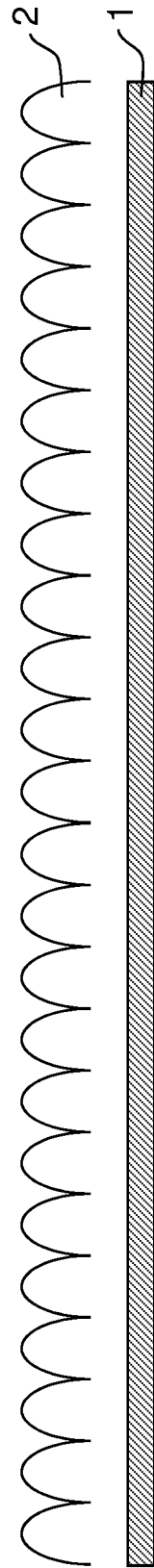


FIG. 11B

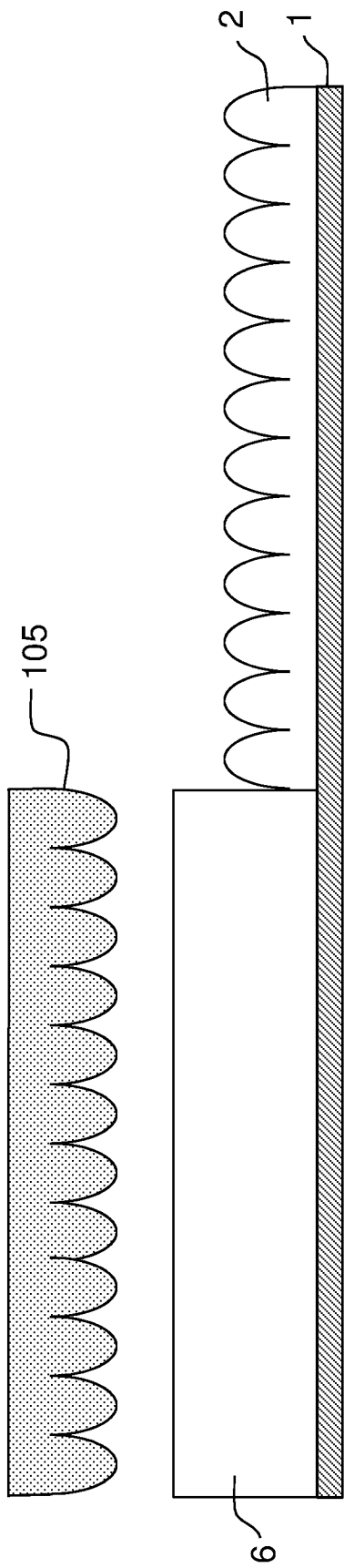


FIG. 11C

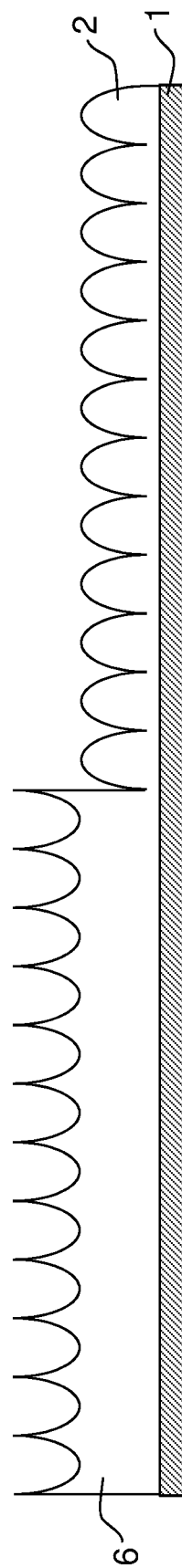


FIG. 11D

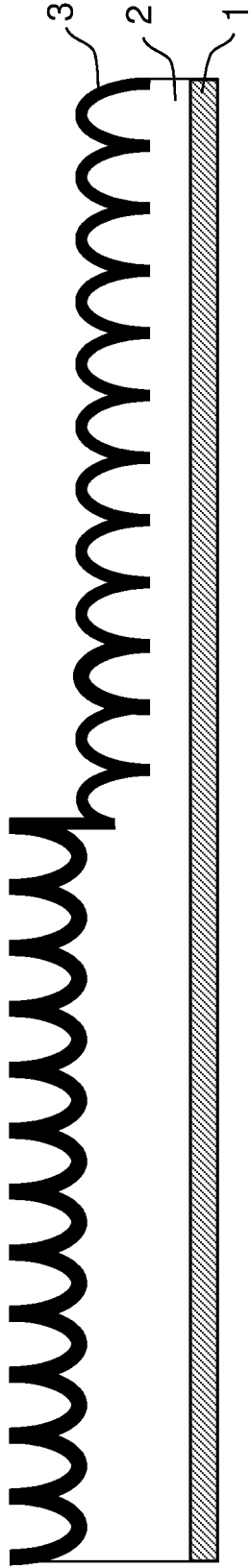


FIG. 11E

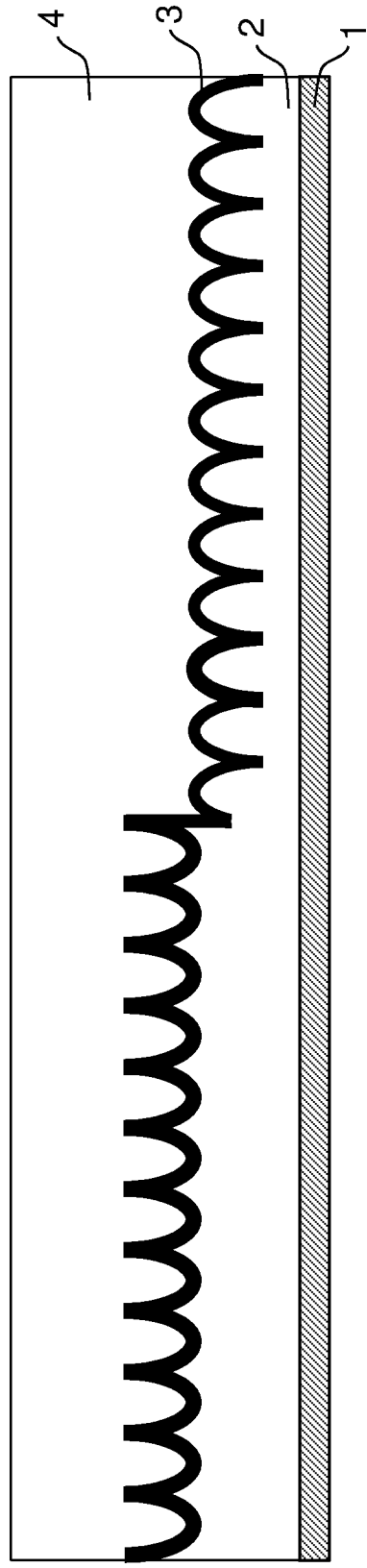
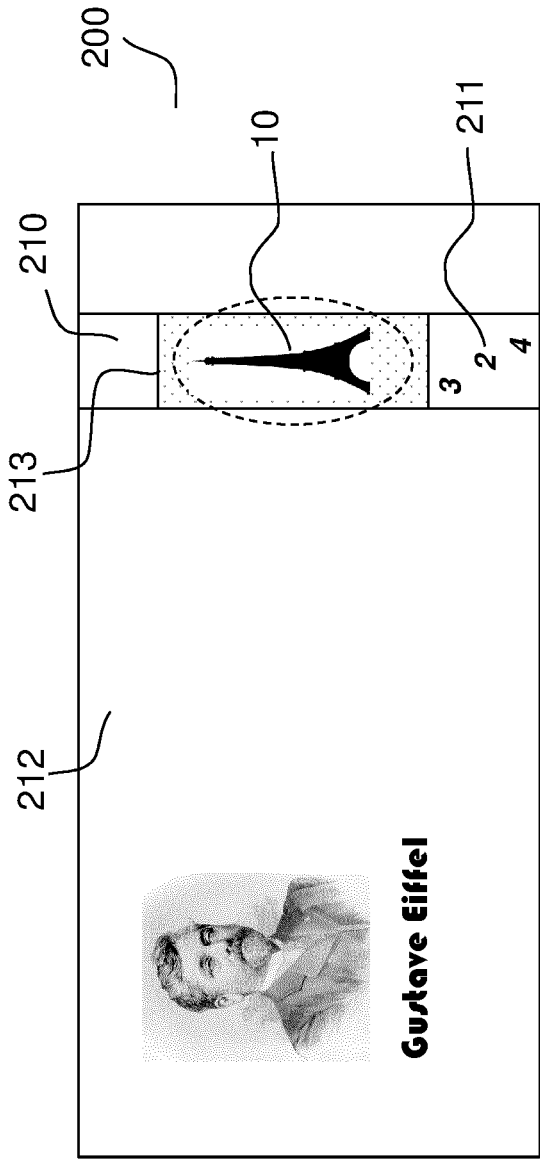
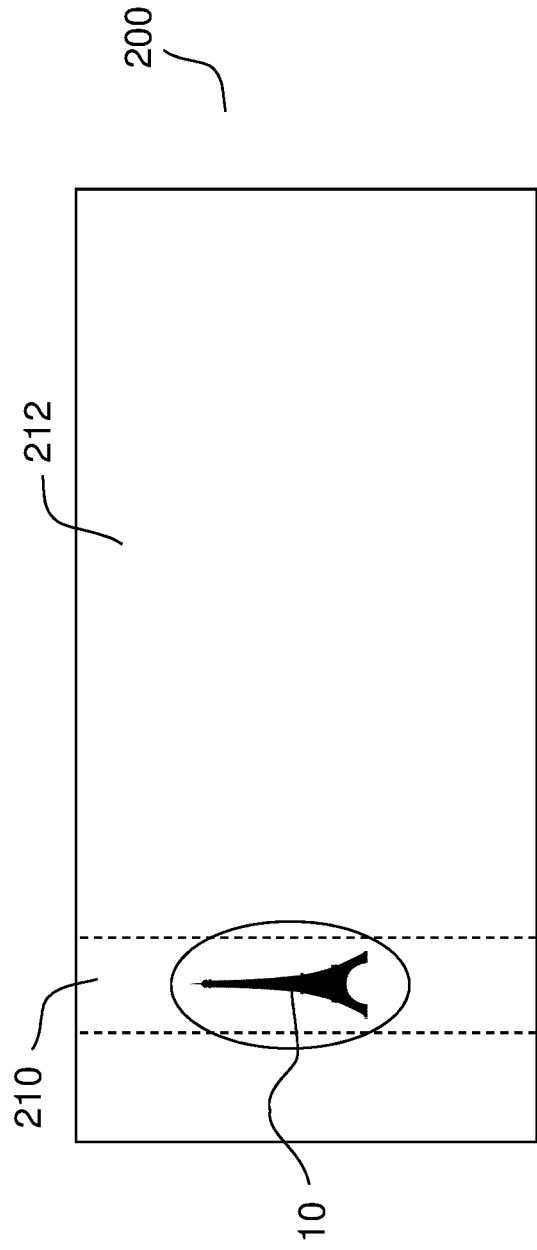


FIG. 11F

recto



verso



# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

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

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

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

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

WO 2012/156049 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE]; LOCHBIHLER HANS [DE]; HEIM  
MANFRED [DE]) 22 novembre 2012 (2012-11-22)

JP 2012 123102 A (TOPPAN PRINTING CO LTD) 28 juin 2012 (2012-06-28)

JP 2008 275740 A (TOPPAN PRINTING CO LTD) 13 novembre 2008 (2008-11-13)

EP 2 151 328 A1 (LEONHARD KURZ STIFTUNG & CO KG [DE]; ERICH UTSCH AG [DE]) 10 février  
2010 (2010-02-10)

WO 2013/060817 A1 (HOLOGRAM IND [FR]) 2 mai 2013 (2013-05-02)

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

NEANT

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

NEANT