



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 702 978 B1

(51) Int. Cl.: G02B 27/22 (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01)
B42D 25/20 (2014.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01427/11

(22) Date de dépôt: 03.03.2010

(43) Demande publiée: 10.09.2010

(30) Priorité: 04.03.2009 US 61/157,309

(24) Brevet délivré: 15.09.2016

(45) Fascicule du brevet publié: 15.09.2016

(73) Titulaire(s):
Innovia Security Pty Ltd., Potter Street
Craigieburn, Victoria 3064 (AU)

(72) Inventeur(s):
David E. Roberts, Wisconsin 54636 (US)
Jonathan A. Moon, Auckland (NZ)

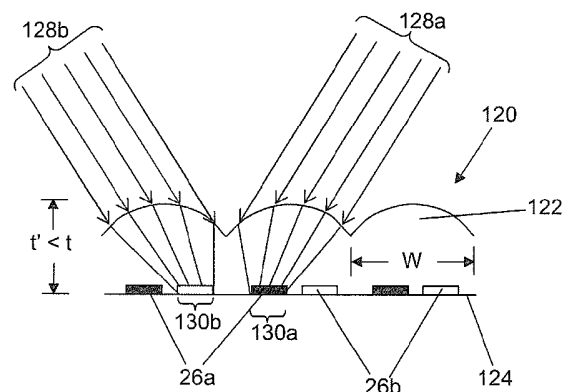
(74) Mandataire:
MICHELI & CIE SA, 122,
Rue de Genève, Case postale 61
1226 Thônex (CH)

(86) Demande internationale:
PCT/AU 2010/000243

(87) Publication internationale:
WO 2010/099571

(54) **Réseau de lentilles pour produire une image, procédé de fabrication d'un tel réseau et dispositif à effets optiques variables.**

(57) La présente invention fournit un réseau de lentilles (120) pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un réseau de lentilles. Ledit réseau de lentilles comprend une pluralité de lentilles (122) formées dans ou sur une face d'un matériau transparent ou translucide, les éléments d'image étant disposés sur la face opposée, et présente une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet. Chaque lentille présente un ensemble de paramètres de lentille. L'épaisseur de référence et/ou au moins l'un des paramètres de lentille est ou sont optimisés de sorte que chaque lentille (122) possède une taille de point focal (130a, 130b), dans le plan objet qui est soit sensiblement égale à la taille des éléments d'image dans le plan objet, soit varie par rapport à la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.



Description

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne des procédés améliorés de conception et de fabrication de réseaux de lentilles, ainsi que les réseaux de lentilles fabriqués par ces procédés.

Arrière-plan de l'invention

[0002] Les réseaux de lentilles permettent de produire toutes sortes d'effets optiques différents. Par exemple, un réseau de lentilles focalisé sur des éléments d'images sous-jacents au niveau du plan focal du réseau peut générer des images entières qui apparaissent en trois dimensions, qui se déplacent, qui changent de grossissement ou de morphologie selon que change l'angle de vision ou qui présentent une profondeur apparente à l'extérieur du plan du réseau de lentilles. Un autre effet peut être obtenu en intercalant deux images ou plus sous les lentilles, par exemple en bandes sous une pluralité de lentilles cylindriques, si bien que l'observateur voit différentes images à mesure que change l'angle de vision. Ces effets visuels sont utiles dans un certain nombre d'applications parmi lesquelles les présentoirs, les supports publicitaires, les pièces de collection et les dispositifs à effets optiques variables destinés à la sécurité des documents.

[0003] Les réseaux de lentilles sont généralement fabriqués dans des matériaux polymères transparents pour produire une feuille de matériau ci-après désignée feuille lenticulaire. Le motif des lentilles qui constituent le réseau est en relief ou formé d'une autre façon sur une face de la feuille, et la face opposée de la feuille est façonnée en une surface plane, généralement de type brillant. Les éléments d'image sont déposés ou appliqués sur la surface plane et peuvent être formés, par exemple, à l'aide d'un procédé d'impression ou de marquage au laser. Le matériau de la feuille est traditionnellement fabriqué sous forme d'une couche unique, mais des procédés en couches multiples sont également utilisés.

[0004] Les éléments d'image peuvent comprendre des points imprimés. Dans un procédé, avant l'impression, une image continue représentant l'impression finale souhaitée sur la surface plane est transformée en une image en demi-tons. Après l'impression, l'image en demi-tons apparaîtra sous forme d'une pluralité de points imprimés sur la surface plane.

[0005] L'épaisseur (souvent appelée épaisseur de référence) de la feuille lenticulaire a traditionnellement été déterminée par la longueur focale des lentilles, de façon que les rayons lumineux entrants convergent essentiellement au niveau de la surface plane de la feuille. Cette conception est choisie pour tirer partie de ce que l'on appelle l'effet d'échantillonnage. L'effet d'échantillonnage garantit qu'un point imprimé à la longueur focale de la lentille apparaîtra à l'observateur, selon un angle de vision particulier, sous la forme d'une ligne traversant une lentille cylindrique, et semblera remplir toute la surface de la lentille dans le cas d'une lentille non cylindrique. Par conséquent, un observateur n'est pas capable de distinguer deux points adjacents au sein d'une unique lentille selon un angle de vision particulier.

[0006] Dans certains cas, l'épaisseur du matériau et la fréquence des lentilles (ou pitch) peuvent être choisies au préalable selon les besoins du produit final, de même que les limites de calibrage du procédé de fabrication du matériau de la feuille. Le rayon de courbure de la lentille est ensuite déterminé sur la base de paramètres supplémentaires tels que l'indice de réfraction et le nombre d'Abbe du matériau polymère utilisé, de façon à faire converger les rayons lumineux entrants sensiblement sur la face plane de la feuille.

[0007] La tendance récente dans la technique veut que l'on produise des feuilles lenticulaires plus minces de façon à réduire les coûts de fabrication, tout en élargissant parallèlement le potentiel d'application des articles produisant des effets optiques. Toutefois, une feuille lenticulaire plus mince nécessite généralement une fréquence de lentilles supérieure pour produire une image nette. Par exemple, un matériau fabriqué dans du polyester avec une épaisseur de référence de 85 micromètres nécessiterait une fréquence de lentilles d'environ 224 lentilles par centimètre. Imprimer des images à effets optiques sur ces réseaux de microlentilles à haute fréquence est un défi particulièrement complexe et limite drastiquement le type d'effet pouvant être produit, de même que le type de procédé de presse et pré-presse pouvant être utilisé. Par ailleurs, des déchets en grande quantité sont souvent générés car des trames lignées très haute résolution doivent être utilisées et un calage des couleurs de la plus grande précision est indispensable. Ces difficultés, jusqu'à ce jour, ont eu pour effet de limiter le recours aux matériaux des feuilles lenticulaires très haute fréquence.

[0008] Une tentative de résolution de ces problèmes est décrite dans le brevet US No. 6 833 960. Des lentilles sont formées sous forme hémisphérique sur un substrat en utilisant des résines durcissables dans une presse à imprimer. Dans ce procédé, il est impossible de former les lentilles sur le substrat au niveau de leur point focal. Les lentilles sont donc sensiblement hors du foyer optique et ceci annule l'effet d'échantillonnage. L'image produite par le procédé est en conséquence sensiblement floue.

[0009] Un autre procédé est décrit dans le brevet US No. 6 989 931 et comprend une image composite constituée de bandes imprimées que l'on peut observer à travers une trame lenticulaire selon un premier angle, un objet ou une image étant placé(e) à distance derrière la trame lenticulaire et pouvant être vu(e) à travers les bandes transparentes selon un second angle. Dans une forme de réalisation, un matériau lenticulaire plus mince que sa longueur focale est envisagé. Toutefois, une conception hors focalisation arbitraire de cette nature ne convient pas pour une imagerie lenticulaire multiplexée ou à effets de moirage complexes car elle peut entraîner la création d'un flou très marqué et une perte de contraste de l'image.

[0010] En conséquence, on reste en attente d'un procédé de réduction de l'épaisseur de référence d'un réseau de lentilles sans créer de flou sensible, ni autres artefacts gênants au niveau de l'image.

[0011] Dans certains cas, on peut vouloir fabriquer une feuille lenticulaire avec une épaisseur de référence spéciale. Le cas échéant, il peut alors être souhaitable de réduire la fréquence de lentilles, c'est-à-dire d'augmenter la largeur de chaque lentille, de façon à conserver la qualité d'image dans le respect des contraintes du procédé d'impression (ou autre procédé de formation des éléments d'image) à utiliser. Il est par conséquent souhaitable de disposer d'un réseau de lentilles et d'un procédé qui autorise l'utilisation d'une fréquence de lentilles moins importante, sans créer de flou sensible, ni autres artefacts gênants au niveau de l'image.

[0012] Toute discussion portant sur des documents, des actes, des matériaux, des dispositifs, des articles ou autres, ayant été introduite dans la présente description sert l'unique objectif de contextualisation de la présente invention. Elle ne saurait en aucun cas être interprétée comme la reconnaissance que tout ou partie de ces considérations fait partie intégrante de la base de la technique antérieure ou relèvent du savoir d'ordre général dans le domaine qui est celui de la présente invention tel qu'il existait en Australie avant la date de priorité de chaque revendication figurant dans la présente demande.

Resumé de l'invention

[0013] Dans l'un de ses aspects, la présente invention propose un réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles formées dans ou sur une face d'un matériau transparent ou translucide, les éléments d'image étant disposés sur la face opposée du matériau transparent ou translucide, le réseau de lentilles ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, où chaque lentille dispose d'un ensemble de paramètres de lentille, l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre de lentille étant optimisé(e) de sorte que chaque lentille possède une largeur de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image dans le plan objet, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0014] Dans un autre de ses aspects, la présente invention propose un procédé de fabrication d'un réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles, le réseau de lentilles ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, ledit procédé comprenant les étapes consistant à:

déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image dans une partie au moins du plan objet,

utiliser le paramètre d'échelle pour optimiser l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre parmi un ensemble de paramètres de lentille pour chaque lentille,

et à former le réseau de lentilles selon ladite épaisseur de référence et les dits paramètres de lentille dans ou sur une face d'un matériau transparent ou translucide, les éléments d'image étant disposés sur la face opposée du matériau transparent ou translucide,

moyennant quoi les lentilles ont une largeur de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0015] L'ensemble de paramètres de lentille peut comprendre la largeur de la lentille, l'indice de réfraction, la flèche, le rayon de courbure, la conique et le nombre d'Abbe. Certains de ces paramètres, ou la totalité d'entre eux, peuvent être modifiés pour obtenir une largeur de point focal effective pourvue des caractéristiques attendues dans le plan objet.

[0016] De préférence, chaque lentille présente une section transversale de forme conique. Les lentilles peuvent être cylindriques ou présenter une section transversale partiellement sphérique ou asphérique. Chaque lentille est de préférence symétrique en rotation dans le plan du réseau de lentilles. Dans une forme de réalisation, chaque lentille peut être une lentille allongée de section transversale sensiblement uniforme dans le sens de sa longueur.

Definitions

[0017] Taille du point focal H

[0018] Au sens de la présente invention, le terme taille du point focal entend désigner les dimensions, habituellement la largeur ou le diamètre effectif, de la répartition géométrique de points au niveau desquels les rayons réfractés à travers une lentille forment une intersection avec un plan objet selon un angle de vision particulier. La taille du point focal peut être déduite de calculs théoriques, de simulations de tracés de rayons ou de mesures réelles. Les présents inventeurs ont découvert que les simulations de tracés de rayons réalisées avec le logiciel ZEMAX correspondent étroitement aux mesures directes de lentilles conçues en accord avec les procédés décrits ici. Les simulations de tracés de rayons peuvent être ajustées pour tenir compte du fait que les rayons entrants dans la réalité ne sont pas strictement parallèles.

[0019] Longueur focale f

[0020] Dans la présente description, la longueur focale, lorsqu'elle se rapporte à une microlentille dans un réseau de lentilles, désigne la distance partant du sommet de la microlentille jusqu'à la position du foyer donnée par l'endroit où la densité de puissance distribuée est maximale lorsque le rayonnement collimaté est introduit depuis le côté réseau de la

lentille (voir T. Miyashita, «Standardization for microlenses and microlens arrays» (2007) Japanese Journal de Déposé Physics 46, p 5391).

[0021] Épaisseur de référence t

[0022] L'épaisseur de référence entend désigner la distance depuis le sommet d'une lenticule sur une face du matériau transparent ou translucide jusqu'à la surface côté opposé du matériau translucide sur lequel les éléments d'image sont disposés et qui coïncide sensiblement avec le plan objet.

[0023] Fréquence de lentilles et pitch

[0024] La fréquence de lentilles d'un réseau de lentilles correspond au nombre de lenticules à une distance donnée sur la surface du réseau de lentilles. Le pitch désigne la distance partant du sommet d'une lenticule jusqu'au sommet de la lenticule voisine. Dans un réseau de lentilles uniforme, le pitch est inversement proportionnel à la fréquence de lentilles.

[0025] La largeur de la lentille W

[0026] La largeur d'une lenticule dans un réseau de microlentilles désigne la distance partant d'un bord de la lenticule jusqu'au bord opposé de la lenticule. Dans un réseau de lentilles constitué de lenticules hémisphériques ou semi-cylindriques, la largeur sera égale au diamètre des lenticules.

[0027] Rayon de courbure R

[0028] Le rayon de courbure d'une lenticule correspond à la distance partant d'un point situé en surface de la lentille jusqu'à un point au niveau duquel la normale par rapport à la surface de la lentille coupe une ligne passant à la perpendiculaire du sommet de la lenticule (l'axe de la lentille).

[0029] Flèche s

[0030] La flèche s d'une lenticule désigne la distance partant du sommet jusqu'à un point sur l'axe coupé par la ligne la plus courte partant du sommet d'une lenticule et s'étendant perpendiculairement dans l'axe.

[0031] L'indice de réfraction n

[0032] L'indice de réfraction d'un milieu n correspond au rapport de la vitesse de la lumière sous vide à la vitesse de la lumière dans le milieu. L'indice de réfraction n d'une lentille détermine dans quelle proportion les rayons lumineux qui atteignent la surface de la lentille seront réfractés, selon la loi de Snell:

$$n_1 * \sin(\alpha) = n * \sin(\theta),$$

où α est l'angle entre un rayon incident et la normale au point d'incidence de la surface de la lentille, θ est l'angle entre le rayon réfracté et la normale au point d'incidence, et n_1 est l'indice de réfraction de l'air (comme approximation, n_1 sera considéré comme égal à 1).

[0033] Constante conique P

[0034] La constante conique P désigne une quantité relative aux sections coniques, et est utilisée en optique géométrique pour spécifier le caractère sphérique ($P = 1$), elliptique ($0 < P < 1$, ou $P > 1$), parabolique ($P = 0$), et hyperbolique ($P < 0$) d'une lentille. Certaines références utilisent la lettre K pour représenter la constante conique. K est associée à P via $K = P - 1$.

[0035] Angle du lobe

[0036] L'angle du lobe d'une lentille désigne l'angle de vision intégral formé par la lentille.

[0037] Nombre d'Abbe

[0038] Le nombre d'Abbe d'un matériau transparent ou translucide est une mesure de la dispersion (variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde) du matériau. Choisir judicieusement le nombre d'Abbe pour une lentille peut contribuer à minimiser l'aberration chromatique.

[0039] Document de sécurité

[0040] Au sens de la présente invention, le terme document de sécurité englobe tous les types de documents et jetons de valeur, ainsi que les documents d'identification parmi lesquels, mais sans s'y limiter, les éléments de monnaie tels que billets de banque et pièces, les cartes de crédit, les chèques, les passeports, les cartes d'identité, les certificats de valeurs boursières et les titres d'actions, les permis de conduire, les titres de propriété, les documents de voyage tels que les billets d'avion et de train, les cartes et billets d'entrée, les certificats de naissance, de décès et de mariage, et les copies des diplômes universitaires.

[0041] Fenêtres transparentes et demi-fenêtres

[0042] Au sens de la présente invention, le terme fenêtre entend désigner une zone transparente ou translucide dans le document de sécurité, par comparaison à une région sensiblement opaque sur laquelle l'impression est réalisée. La fenêtre peut être totalement transparente de sorte qu'elle permet une transmission sensiblement naturelle de la lumière, ou bien elle peut être partiellement transparente ou translucide laissant partiellement passer la lumière, mais sans permettre aux objets d'être clairement distingués à travers la zone de la fenêtre.

[0043] Une zone de fenêtre peut être créée dans un document de sécurité polymère comportant au moins une couche de matériau polymère transparent et une ou plusieurs couche(s) opacifiante(s) déposée(s) sur au moins une face d'un substrat polymère transparent, en omettant au moins une couche opacifiante dans la région formant la zone de la fenêtre. Si des couches opacifiantes sont déposées des deux côtés d'un substrat transparent, une fenêtre totalement transparente peut être créée en omettant les couches opacifiantes des deux côtés du substrat transparent dans la zone de la fenêtre.

[0044] Une zone partiellement transparente ou translucide, ci-après désignée demi-fenêtre, peut être créée dans un document de sécurité polymère comportant des couches opacifiantes des deux côtés en omettant les couches opacifiantes sur une face seulement du document de sécurité dans la zone de la fenêtre, si bien que la demi-fenêtre n'est pas totalement transparente, mais laisse passer une certaine quantité de lumière sans permettre aux objets d'être clairement distingués à travers la demi-fenêtre.

[0045] En variante, il est possible de former les substrats à partir d'un matériau sensiblement opaque, tel que le papier ou une matière fibreuse, avec insertion d'un matériau de plastique transparent dans une découpe ou un retrait ménagé dans le substrat de papier ou de matière fibreuse pour former une zone de fenêtre transparente ou de demi-fenêtre translucide.

[0046] Couches opacifiantes

[0047] Une ou plusieurs couche(s) opacifiante(s) peut ou peuvent être déposée(s) sur un substrat transparent pour augmenter le caractère opaque du document de sécurité. Une couche opacifiante est telle que $L_T < L_0$, où L_0 correspond à la quantité de lumière parvenant sur le document, et L_T correspond à la quantité de lumière traversant le document. Une couche opacifiante peut comprendre une ou plusieurs sortes de nombreux revêtements opacifiants différents. Par exemple, les revêtements opacifiants peuvent comprendre un pigment, tel que du dioxyde de titane, dispersé dans un liant ou un support de matériau polymère réticulable activé à chaud. En variante, un substrat de matériau plastique transparent pourrait être pris en sandwich entre des couches opacifiantes de papier ou d'un autre matériau partiellement ou sensiblement opaque sur lequel des indices pourraient ensuite être imprimés ou déposés d'une autre façon.

[0048] Dans une forme de réalisation de l'invention, l'épaisseur de référence du réseau de lentilles peut être optimisée par rapport à la taille des éléments d'image et à l'ensemble des paramètres de lentille.

[0049] Dans une autre forme de réalisation, les paramètres de lentille peuvent être optimisés par rapport à la taille des éléments d'image et à l'épaisseur de référence.

[0050] En sélectionnant les paramètres de lentille de façon que la taille du point focal soit adaptée à la taille des éléments d'image, l'épaisseur du réseau de lentilles ou la fréquence de lentilles peuvent être réduits sans nuire sensiblement à la qualité de l'image. Ceci provient de ce que la majorité des rayons réfractés à travers les lentilles et qui atteignent le plan objet se coupent encore dans la région recouverte par un élément d'image selon l'angle ou les angles de vision voulus et ceci permet de préserver l'effet d'échantillonnage.

[0051] L'épaisseur du réseau de lentilles peut être réduite pour produire une feuille lenticulaire plus mince, mais toujours en mesure de fournir des effets d'images de haute qualité. En variante, l'épaisseur peut être conservée tout en élargissant les lentilles pour permettre d'imprimer davantage sous chaque lentille, améliorant ce faisant la qualité de l'image et/ou rendant possible la production d'effets visuels plus complexes.

[0052] De préférence, l'épaisseur du réseau de lentilles est inférieure à la longueur focale de toutes les lentilles.

[0053] Dans une forme de réalisation particulièrement préférée, la proportion prédéterminée selon laquelle la taille du point focal varie par rapport à la taille des éléments d'image est moindre qu'une variabilité estimée de la taille des éléments d'image. La variabilité estimée peut être la déviation standard, la déviation moyenne absolue ou le domaine interquartile de la taille des éléments d'image. Si la taille du point focal dépasse la taille des éléments d'image, ceci permet de produire une feuille lenticulaire encore plus mince, tout en préservant sensiblement la qualité d'image souhaitée, puisque en général, seule une fraction relativement mineure de la distribution de la densité de puissance des rayons réfractés portera sur les bords du point lumineux. Si la taille du point focal est légèrement plus petite, les transitions entre les composants de l'image qui génèrent les effets d'image peuvent être adoucis.

[0054] En pratique, nous avons trouvé qu'une quantité prédéterminée, basée sur une variation allant jusqu'à 20% peut produire une imagerie de haute qualité tout en rendant encore compte de la variation de la taille de l'image imprimée dans la majorité des cas. Cependant, si une plus grande précision est requise, la variabilité peut être estimée à partir de la répartition de la taille réelle des éléments d'image imprimés au moyen d'une quelconque des méthodes ci-dessus.

[0055] Les éléments d'image peuvent avoir la forme de points, de lignes ou autres. Les éléments d'image peuvent être déposés sur une surface dans le plan objet sur la face opposée du matériau transparent ou translucide selon toutes sortes de techniques, parmi lesquelles le marquage au laser. Dans une forme de réalisation préférée, les éléments d'image sont imprimés sur ladite surface dans le plan objet. Le procédé de l'invention peut comprendre l'étape consistant à appliquer une pluralité de points imprimés sur la face arrière du matériau transparent ou translucide, les lentilles étant formées sur la face avant pour produire un article ou un dispositif à propriétés optiques variables. En variante, une pluralité de points imprimés peut être déposée sur un substrat (par exemple, de type fibreux ou polymère), et le substrat être fixé à la surface arrière du matériau transparent ou translucide.

[0056] Les lentilles peuvent être formées à l'aide d'un procédé d'embossage dans un matériau transparent ou translucide, durcissable par exposition à un rayonnement, déposé sur un substrat. Le matériau transparent ou translucide, durcissable par exposition à un rayonnement peut être durci après embossage, mais il est de préférence embossé et durci sensiblement simultanément. Le substrat est de préférence formé à partir d'un matériau polymère transparent ou translucide, les épaisseurs combinées du substrat et du matériau durcissable par exposition à un rayonnement correspondant à l'épaisseur de référence du réseau de lentilles. Dans une forme de réalisation particulièrement préférée, le substrat est une structure souple de type feuille, et le substrat avec le matériau durcissable par exposition à un rayonnement constituent une partie d'un document de sécurité, tel qu'un billet de banque, une carte de crédit ou équivalent. Le substrat, de préférence, a sensiblement le même indice de réfraction que les lentilles.

[0057] Dans une forme de réalisation préférée, l'ensemble des paramètres de lentille est le même pour chaque lentille.

[0058] Dans une autre forme de réalisation préférée, la taille du point focal, ramenée à sa moyenne dans au moins deux directions dans les limites de l'angle du lobe de la lentille, est sensiblement équivalente à la taille des éléments d'image, ou varie par rapport à la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0059] Les directions préférées servant à établir la moyenne de la taille du point focal comprennent la direction dans l'axe et la direction hors de l'axe, en bordure de l'angle du lobe.

[0060] Dans un autre de ses aspects, la présente invention propose un procédé de conception d'un réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles et ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, ledit procédé comprenant les étapes consistant à:

déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image dans le plan objet, sélectionner un ensemble de paramètres de lentille pour chaque lentille, et concevoir le réseau de lentilles en utilisant le paramètre d'échelle pour optimiser l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre de lentille sur l'ensemble des paramètres de lentille pour chaque lentille, dans lequel chaque lentille présente une taille de point focal dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0061] De préférence, l'épaisseur d'un réseau de lentilles y compris les lentilles est inférieure à la longueur focale de l'ensemble des lentilles.

[0062] L'ensemble des paramètres de lentille peut être le même pour chaque lentille. En variante, les lentilles d'une ou plusieurs zone(s) du réseau de lentilles peuvent présenter des paramètres de lentille différents des lentilles présentes dans le reste du réseau de lentilles.

[0063] De préférence, le procédé comprend en outre l'étape consistant à mesurer les dimensions des éléments d'image dans une partie au moins du plan objet, le paramètre d'échelle étant déterminé à partir des mesures dimensionnelles des éléments d'image. La mesure peut être réalisée à l'aide d'un densitomètre, ou en variante en mesurant directement les dimensions des éléments d'image. De préférence, les éléments d'image font partie d'un gabarit de calibrage. Dans une forme de réalisation particulièrement préférée, les éléments d'image sont imprimés en lignes ou en points.

[0064] Le fait de mesurer les dimensions des lignes ou des points imprimé(e)s permet de concevoir la lentille en l'ajustant aux caractéristiques réelles de l'impression, qui peuvent être fonction du type de machine à imprimer, des encres, des autres matériaux, et de l'équipement de pré-pressé utilisé.

[0065] Le paramètre d'échelle peut être déterminé en calculant la valeur moyenne ou maximum des dimensions des éléments d'image. En variante, il peut être déterminé à l'aide d'un estimateur robuste, de préférence un appareil de type M-estimateur, ou via l'une des moyennes parmi la médiane, le quartile supérieur ou l'interquartile des dimensions des éléments d'image.

[0066] Dans un autre de ses aspects, la présente invention propose un procédé de fabrication d'un dispositif à effets optiques variables, comprenant les étapes consistant à:

prévoir un substrat;

appliquer sur le substrat des éléments d'image, lesquels sont intégrés à un plan objet;

déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image; et

former une pluralité de lentilles dans un matériau transparent ou translucide sur le substrat;

où chaque lentille dispose d'un ensemble de paramètres de lentille, déterminé de sorte que les lentilles aient une taille de point focal dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0067] Dans une forme de réalisation préférée, le paramètre d'échelle est déterminé en mesurant les dimensions des éléments d'image.

[0068] De préférence, le substrat est formé à partir d'un matériau de type feuille, transparent ou translucide, les lentilles étant formées dans ou sur une première surface, d'un côté du substrat, et les éléments d'image étant déposés sur une seconde surface, côté opposé du substrat. Les lentilles peuvent être formées dans le matériau de type feuille, transparent ou translucide, lui-même. En variante, les lentilles peuvent être formées dans une couche transparente ou translucide, par

exemple par embossage d'une résine transparente ou translucide, durcissable par exposition à un rayonnement, déposée sur un substrat qui peut être transparent, translucide ou opaque.

[0069] Les éléments d'image peuvent être formés par un procédé adapté quelconque, par exemple par un procédé d'impression ou de marquage au laser. Un procédé particulièrement préféré prévoit que les éléments d'image soient des points imprimés.

[0070] Dans un autre de ses aspects, la présente invention propose un dispositif à effets optiques variables, comprenant un substrat et une pluralité de lentilles formées dans ou sur le substrat, et une pluralité d'éléments d'image disposés dans un plan objet dans ou sur le substrat, où chaque lentille dispose d'un ensemble de paramètres de lentille déterminé de sorte que les lentilles aient une taille de point focal dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

[0071] De préférence, les lentilles font partie d'un réseau de lentilles ayant une épaisseur de référence qui est inférieure à la longueur focale de chacune des lentilles.

[0072] Dans un autre de ses aspects, la présente invention propose un dispositif à effets optiques variables comprenant un réseau de lentilles en accord avec le premier aspect de l'invention.

[0073] Un dispositif à effets optiques variables fabriqué à l'aide des procédés ci-avant peut être utilisé dans un large éventail d'articles, même si la présente invention prévoit une application spéciale au domaine des documents de sécurité, et plus spécialement aux documents de sécurité et articles formés à partir d'un substrat souple de type feuille, tels que les billets de banque ou équivalents. Le dispositif à effets optiques variables peut être formé dans une zone de fenêtre ou de demi-fenêtre du document de sécurité.

Breve description des dessins

[0074] Les formes de réalisation préférées de l'invention seront décrites dans ce qui suit à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux figures annexées, dans lesquelles:

La Figure 1	montre une vue en coupe transversale d'un réseau de lentilles d'une conception selon l'art antérieur;
La Figure 2	montre une forme de réalisation du réseau de lentilles de la présente invention;
La Figure 3	montre une variante de la forme de réalisation du réseau de lentilles de la présente invention;
Les fig. 4 à 6	illustrent la taille des points focaux dans l'axe et hors l'axe de trois lentilles en accord avec différentes formes de réalisation de la présente invention;
La fig. 7	montre les formes des points à l'entrée et en sortie de deux procédés d'impression différents;
La fig. 8	montre la distribution des densités de puissance d'une lentille selon l'art antérieur et d'une lentille selon une forme de réalisation de la présente invention, respectivement;
La fig. 9	montre les rayons lumineux incidents réfractés par l'intermédiaire d'une lentille selon une forme de réalisation de la présente invention;
La fig. 10	illustre la géométrie d'une lentille;
Les fig. 11(a) à 11(d)	montrent une représentation schématique en coupe transversale d'un article comprenant un réseau de lentilles et des éléments d'image et les étapes intermédiaires de fabrication de l'article;
Les fig. 12(a) à 12(c)	montrent une représentation schématique en coupe transversale d'un article similaire à celui de la fig. 11(d), fabriqué selon un procédé modifié;
Les fig. 13(a) à 13(d)	montrent une représentation schématique en coupe transversale d'un autre article comprenant un réseau de lentilles et des éléments d'image, et les étapes intermédiaires de fabrication de cet article;
Les fig. 14 et 15	sont des schémas de principe illustrant deux formes de réalisation différentes d'un procédé de fabrication de réseaux de lentilles pour la fabrication des articles des fig. 11 à 13;
La fig. 16	est un ensemble d'éléments d'image imprimés entrelacés d'un exemple de dispositif lentillaire; et

La fig. 17 illustre l'éclairement relatif (simulé) de points le long de la largeur des éléments d'image du dispositif de la fig. 16, considérés dans l'axe (a) et hors de l'axe (b) à un angle qui est au bord ou proche du bord de l'angle du lobe.

Description détaillée des formes de réalisation préférées

[0075] Pour commencer, en référence à la fig. 1, il est montré un réseau de lentilles 20 d'une conception selon l'art antérieur, ayant une épaisseur de référence t , dans lequel des lenticules 22 de largeur W et de profil sensiblement sphérique concentrent les rayons incidents 28a et 28b sur les points noirs 26a et les points blancs 26b, respectivement. Les points ont été imprimés sur la face inférieure 24. L'épaisseur t est sensiblement égale à la longueur focale des lenticules, et donc la taille du point focal 30 est au minimum.

[0076] La taille du point focal 30 de la lenticule de l'art antérieur est inférieure à la résolution de l'impression au niveau de la face inférieure 24. Par exemple, les procédés classiques de lithographie offset lenticulaires impriment une taille de points moyenne en demi-tons d'environ 25 micromètres. Une lentille lenticulaire correctement conçue d'une largeur de 254 micromètres collimatera la lumière à la taille de point focal d'environ cinq micromètres dans l'axe, ce qui est sensiblement inférieur à la taille des points imprimés 26a, 26b.

[0077] En référence désormais à la fig. 2, il est montré un réseau de lentilles 120 en accord avec une forme de réalisation préférée de la présente invention. Les rayons incidents 128a, 128b sont réfractés vers les points 26a, 26b respectivement. Le réseau de lentilles 120 a une épaisseur t' qui est inférieure à t , et les lenticules 122 possèdent une largeur W . Les lenticules 122 sont conçues de telle sorte que les tailles des points focaux 130a, 130b sont sensiblement égales en envergure aux points 26a, 26b. Le déposant a découvert que dès lors que la taille du point focal ne dépasse pas la largeur moyenne d'un point imprimé en demi-ton de plus de 20%, la qualité de l'image n'est pas compromise. Le déposant a également observé que le simple fait de produire une conception fictive non focalisante altère gravement la qualité de l'image, générant une image inacceptablement floue. La taille du point focal peut également être légèrement inférieure à la largeur moyenne, de préférence pas de plus de 20%.

[0078] La fig. 3 illustre une autre conception du réseau de lentilles, dans laquelle le réseau de lentilles 220 est de même épaisseur t que le réseau de lentilles de l'art antérieur 20, mais la largeur W des lenticules 222 a été augmentée. Parallèlement, d'autres paramètres de lentille ont été modifiés de sorte que les rayons incidents 228a, 228b soient réfractés et parviennent au plan objet 224 en coupant les points 26a, 26b de sorte que la taille des points focaux 230a, 230b équivaille de nouveau sensiblement en envergure à celle des points 26a, 26b. Par exemple, le rayon de courbure de la lentille peut être agrandi, comme le montre la fig. 3, en modifiant éventuellement dans le même temps d'autres paramètres de lentille, tels que l'indice de réfraction, la conique ou le nombre d'Abbe pour atteindre à une qualité d'image optimale.

[0079] La fig. 4 est une vue en coupe transversale du tracé d'un rayon d'une lenticule à grand angle 105 conçue selon une forme de réalisation de la présente invention. Les rayons 102 réfractés au niveau de la surface 101 atteignent le plan objet 104 et génèrent les tailles de points focaux 103A, 103B. Dans cette forme de réalisation, les tailles des points focaux des points situés dans l'axe 103A et des points situés hors de l'axe 103B ont été équitablement pondérées sur l'intégralité de l'angle de vision de la lenticule, cet angle étant également connu sous le nom d'angle du lobe.

[0080] La fig. 5 montre une vue en coupe transversale latérale du tracé d'un rayon d'une autre variante de lenticule à grand angle 101 où la largeur du point focal est sensiblement égale à la largeur moyenne des points imprimés en demi-tons 109A, sur l'angle du lobe. La fig. 6 montre une vue en coupe transversale latérale du tracé d'un rayon d'une autre lenticule à grand angle où les points imprimés en demi-tons 109A sont encore plus larges, permettant ainsi de réduire encore l'épaisseur du matériau ou d'augmenter la fréquence de lentilles, ou les deux.

[0081] A la fig. 7, la rangée de points du haut 110 représente les pixels numériques de largeur connue 109B sur une forme d'impression calibrée, délivrés en sortie sur une plaque d'impression. La rangée 111 illustre le résultat à l'impression de la rangée d'impression 110, où l'on constate que le grossissement sensible des points cause un accroissement moyen de la largeur 109C. La rangée 112 illustre le résultat à l'impression de la rangée d'impression 110 en utilisant un autre procédé d'impression, où le grossissement des points est encore supérieur à celui de la rangée 111, d'où il résulte la largeur moyenne des points 109D. Dans cette illustration, une conception de lentille différente peut être utilisée pour les points imprimés dans la rangée 111 par rapport aux points imprimés dans la rangée 112, où la conception de lentille optimisée de la rangée 111 peut ressembler à la fig. 5, et la conception de lentille optimisée de la rangée 112 peut être plus proche de celle de la fig. 6.

[0082] En référence désormais à la fig. 8, il est montré une vue de projection d'un point imprimé en demi-ton 109C reproduit à travers une lenticule selon une forme de réalisation de la présente invention. La fig. 8(a) montre les contours 250 de la distribution de la densité de puissance 255 qui découleraient d'un plan objet situé au niveau du plan focal 252 du réseau, et produiraient le point lumineux 256 (La fig. 9). En revanche, le point lumineux 266 dans le plan objet 262 est plus large que le point 109C, mais présente une distribution de la densité de puissance 260, 265 telle que l'essentiel du rayonnement incident parvient encore au point 109C pour préserver l'effet d'échantillonnage.

[0083] Pour imprimer une image en tons continus sur des matériaux de papier ou synthétiques comme le plastique, il est nécessaire de la convertir en une image en demi-tons. Un certain nombre de procédés sont connus à cet effet dans la

technique. Ces procédés représentent un ton continu par utilisation d'éléments binaires, soit de tailles fluctuantes, appelés procédés par modulation d'amplitude (MA), soit des points de même taille et de fréquence variable, que l'on appelle procédés par modulation de fréquence (MF). Diverses combinaisons des deux procédés sont également utilisées, que l'on dit hybrides. Aux fins de la présente, l'un quelconque de ces procédés peut être utilisé. Toutefois, le procédé par modulation de fréquence, sous toutes ses multiples formes, y compris, mais sans s'y limiter, le tramage, le tramage à diffusion d'erreurs ou le tramage aléatoire ou stochastique, constitue le procédé préféré car la taille des points demeure généralement constante.

[0084] La mesure des caractéristiques des points imprimés en demi-tons peut être effectuée en utilisant toutes sortes de procédés connus. Par exemple, la taille moyenne des points peut être déterminée en imprimant un gabarit de calibrage de presse constitué d'échantillons de points de taille donnée et de densités variables, où chaque échantillon représente typiquement une valeur de densité entre un et quatre-vingt dix neuf pourcent. Le gabarit est ensuite traité au niveau de l'image en film ou en plaque, et imprimé sur la face lisse d'un substrat à effets optiques. Le résultat à l'impression est ensuite balayé par un densitomètre, ou un outil comparable, pour déterminer la taille des points imprimés.

[0085] En variante, la taille moyenne des points peut être mesurée directement, par exemple à l'aide d'un microscope équipé d'un réticule faisant apparaître les incréments de mesure. Dans le procédé direct, un échantillon de points peut être mesuré dans chaque gamme de tonalités, les points peuvent être enregistrés et la moyenne de leur taille établie.

[0086] Les présents inventeurs ont trouvé que les points mesurés à une valeur de tonalité d'environ 20% obtiennent les meilleurs résultats.

[0087] Dans certaines circonstances, il peut s'avérer impossible d'obtenir les mesures ci-avant, du fait de conditions de presse variables, ou équivalents. Si tel est le cas, une taille de points moyenne escomptée peut être évaluée, sur la base d'une expérience antérieure ou autrement.

[0088] En référence à la fig. 10, il est décrit un procédé d'optimisation de la conception d'une lentille à utiliser dans la présente invention. Pour illustrer cet exemple non limitatif, une lentille 300 a été choisie, comme lentille asphérique, symétrique en rotation. Ce procédé repose sur des calculs théoriques relativement simples qui utilisent l'optique géométrique et ignorent les effets de bord en périphérie de la lentille. Le spécialiste de la technique notera que de nombreux autres procédés sont envisageables, parmi lesquels l'utilisation de modèles physiques plus sophistiqués, de simulations de tracés de rayons, etc.

[0089] A la fig. 10(a), un élément d'image sous forme d'un point imprimé 305 de pleine largeur H et de demi-largeur h est placé dans un plan objet à une distance inconnue t (l'épaisseur de référence) de l'origine du système de coordonnées (x, y), qui correspond au sommet 310 de la lentille 300. La lentille 300 présente une flèche s et une demi-largeur w, et un indice de réfraction n (non représenté sur la figure). Une conception optimale de lentille produira un rayon incident 320 dont l'incidence est parallèle à l'axe des x, parvenant au bord 315 de la lentille 300 et réfracté à un angle β coupant l'extrémité supérieure du point 305. Nous cherchons par là même à exprimer t en termes de paramètres de lentille et de demi-largeur h qui est un paramètre d'échelle représentatif de la taille du point 305.

[0090] L'équation de la fonction profil de la lentille y(x) est la suivante

$$P * x^2 - 2 * R * x + y(x)^2 = 0,$$

où R est le rayon de courbure de la lentille au bord 305 de la lentille, et P est la constante conique et vaut $1 - e^2$, où e est l'excentricité. En principe, une fonction profil de la lentille y(x) plus générale, intégrant des puissances de x supérieures pourrait être choisie. Toutefois, il est généralement plus pratique à des fins de conception de la lentille d'utiliser la forme quadratique de y(x) comme plus haut.

[0091] La normale 330 par rapport à la surface de la lentille au bord 305 ($x = s$, $y = w$) présente une pente

$$m(x) = \frac{-1}{y'(x)}$$

où $y'(x)$ représente la première dérivée de y(x). Cette pente correspond à $\tan(\alpha)$ où α est l'angle entre le rayon incident 320 et la normale 330, moyennant quoi

$$\tan(\alpha) = m(x)$$

si bien que

$$\alpha(x) = \text{ArcTan} \left(\frac{\sqrt{2 * R * x - P * x^2}}{P * x - R} \right)$$

[0092] En vertu de la loi de Snell,

$$n_1 * \sin(\alpha) = n * \sin(\theta)$$

où θ est l'angle entre le rayon réfracté 320' et la normale 330, et n_1 est l'indice de réfraction de l'air (que l'on considère être de 1 selon approximation ci-après). Moyennant quoi

$$\theta = \text{ArcSin}\left(\frac{\text{Sin}(\alpha)}{n}\right).$$

[0093] La pente A de la ligne reliant (s,w) et (t,h) est

$$A = -\text{Tan}(\beta)$$

et par substitution de $\beta = \alpha - \theta$,

$$A = -\text{Tan}\left[\alpha(s) - \text{ArcSin}\left(\frac{\text{Sin}(\alpha(s))}{n}\right)\right]. \quad (1)$$

[0094] Il est assez simple de montrer que t peut être écrit

$$t = s + \frac{h-w}{A} \quad (2)$$

[0095] A étant tel que dans l'équation (1) ci-dessus et

$$\alpha(s) = \text{ArcTan}\left(\frac{w}{\sqrt{R^2 - P^*w^2}}\right). \quad (3)$$

[0096] L'épaisseur t peut être optimisée par rapport à un ou plusieurs des paramètres de lentille R, n, P, w et s de manière classique, c'est-à-dire en considérant les dérivées partielles de l'expression de l'équation (2) par rapport à un ou plusieurs de ces paramètres et en posant zéro pour les dérivées partielles. Le système d'équations qui en résulte peut être résolu de façon analytique ou numérique pour trouver l'ensemble des paramètres de lentille donnant l'épaisseur optimale de lentille.

[0097] L'optimisation peut être une optimisation sous contrainte. Par exemple, il peut être pratique de mettre des limites à la plage des t et ainsi il peut être souhaitable de limiter t à cette plage de valeurs. Les procédés d'optimisation sous contrainte sont connus dans la technique.

[0098] Les formules ci-dessus ont été calculées pour des rayons incidents parallèles à l'axe des x. Le traitement peut être généralisé aux rayons hors de l'axe 340, 350 et aux points hors de l'axe (fig. 10(b)) moyennant quoi l'on obtient

$$D = \|(M-m)*(t-s) + 2*w\|,$$

où D est la taille de points hors l'axe, M est la pente du rayon réfracté 340' au niveau d'un bord 345 de la lentille, et m est la pente du rayon réfracté 350' au bord opposé 355 de la lentille, t étant l'épaisseur de référence souhaitée, s la flèche et w la demi-largeur de lentille comme plus haut.

[0099] Lorsque l'angle de déviation, δ , des rayons incidents est de zéro, $M = -m = A$, et l'équation est ramenée à

$$D = 2M*(t-s) + 2w.$$

[0100] Dans ce cas, D devient égal à 2h, la taille du point pleine grandeur, et

$$t = s + \frac{h-w}{A},$$

ce qui correspond à l'expression des rayons dans l'axe dérivés plus tôt.

[0101] En variante de ce qui précède, il est possible d'optimiser la demi-largeur de lentille w en fonction de certains ou de tous les paramètres parmi R, n, P et s, tandis que t peut demeurer fixe. Ceci peut être obtenu en réécrivant l'équation (2) au niveau de w comme suit:

$$w = h - A*(t-s).$$

[0102] Si t demeure fixe, une optimisation sous contrainte peut être effectuée pour trouver la demi-largeur de lentille optimale w.

[0103] Comme autre alternative, d'autres paramètres de lentille R, n, P ou s peuvent être optimisés de la même façon que plus haut.

[0104] Le modèle ci-dessus ne comporte pas explicitement de traitement de l'aberration chromatique. Le spécialiste de la technique notera que la constante conique P et/ou le nombre d'Abbe de la lentille peuvent être choisis pour minimiser l'aberration chromatique.

[0105] A la fig. 11(d), il est montré un article 400 formé à partir d'un substrat 410 de matériau transparent ou translucide ayant un réseau de lentilles 420 formé sur une surface avant 411 d'un côté du substrat 410 et des éléments d'image 426a, 426b formés sur une surface arrière 412 de l'autre côté du substrat 410. Dans un procédé préféré de fabrication de l'article 400, les éléments d'image 426a, 426b sont d'abord déposés sur la surface arrière 412 du substrat 410 dudit côté opposé (fig. 11(a)). Les éléments d'image 426a, 426b sont de préférence déposés par impression sur ladite surface

arrière 412, bien qu'ils puissent être formés dans ou sur ladite surface arrière par d'autres procédés, parmi lesquels le marquage au laser.

[0106] La fig. 11(b) montre une couche embossable transparente ou translucide 415 déposée sur la surface avant 411 du substrat transparent ou translucide 401. De préférence, la couche embossable est un liquide, une résine ou une encre durcissable par exposition à un rayonnement, qui peut être déposé(e) à l'aide d'un procédé d'impression. La couche 415 est ensuite embossée avec une plaque à embosser 416 (fig. 11 (c)) pour former une pluralité de lentilles 422 du réseau de lentilles 420 dans la couche 415 de façon à être en alignement avec les éléments d'image 426a, 426b sur la surface arrière 412 du substrat 410. La couche embossée 415 peut être durcie par exposition à un rayonnement, par exemple aux rayons ultraviolets, aux rayons X, par faisceaux d'électrons ou par traitement thermique aux infrarouges, soit simultanément au cours du procédé d'embossage, soit après, pour fixer la structure embossée des lentilles 422 dans le réseau de lentilles 420.

[0107] En référence à la fig. 12, il est montré une variante de procédé de fabrication d'un article 500 comparable à celui de la fig. 11(d) en ce qu'il est formé à partir d'un substrat 510 de matériau transparent ou translucide ayant un réseau de lentilles 520 formé dans une couche embossable 515 déposée sur une surface avant 511 du substrat et des éléments d'image 526a, 526b formés dans ou sur la surface arrière 512 du substrat.

[0108] Dans le procédé montré à la fig. 12, la couche embossable 515 est d'abord déposée sur la surface avant 511 d'un côté du substrat 510 (fig. 12(a)), puis embossée à l'aide d'une plaque à embosser 516 (fig. 12(b)) avant que les éléments d'image 526a, 526b ne soient déposés sur la surface arrière 512, de l'autre côté du substrat 510. Là encore, la couche embossable 515 peut être formée à partir d'un liquide, d'une résine ou d'une encre durcissable par exposition à un rayonnement, qui est de préférence déposé(e) par un procédé d'impression et qui est de préférence durci(e) par exposition à un rayonnement, soit sensiblement simultanément au cours du procédé d'embossage, soit après. Les éléments d'image 526a, 526b peuvent être formés par impression ou marquage au laser sur la surface arrière 512 du substrat 510 pour former l'article final 500 de la fig. 12(c).

[0109] Dans les articles obtenus 400, 500 de la fig. 11(d) et de la fig. 12(c), on notera que les réseaux de lentilles 420, 520 possèdent une épaisseur de référence $t = p + q$, où p est l'épaisseur du substrat transparent ou translucide 410, 510 et q est l'épaisseur de la couche transparente ou translucide 415, 515 mesurée à partir de la surface avant 411, 511 du substrat 410, 510 jusqu'au sommet de chaque lentille 422, 522 après embossage.

[0110] Dans de nombreuses situations, les épaisseurs p et q du substrat 410 et de la couche 415 seront prédéterminées, la taille moyenne de point $H = 2h$ sera déterminée par le biais du procédé d'impression ou de tout autre procédé utilisé pour former les éléments d'image, et un ou plusieurs paramètre(s) de la lentille, par exemple la largeur de la lentille $W = 2w$, le rayon de courbure R , la flèche s , l'indice de réfraction n ou la constante conique P pourront être optimisés par rapport à $t (= p + q)$ pour créer une plaque à embosser destinée à former le réseau de lentilles 420, 520 en accord avec le procédé de la fig. 14 décrit plus loin.

[0111] En référence aux fig. 13(a) à 13(d), il est montré un procédé de fabrication d'un article 600 comportant un réseau de lentilles 620 formé dans une couche transparente ou translucide 615 déposée par-dessus les éléments d'image 626a, 626b, sur une surface avant 611, d'un côté d'un substrat 610. Le substrat 610 de la fig. 13 peut être transparent, translucide ou opaque puisque le réseau de lentilles 620 et les éléments d'image 626a, 626b sont formés du même côté du substrat 610. Dans le procédé montré à la fig. 13, les éléments d'image 626a, 626b sont d'abord déposés sur la surface avant 611 sur le substrat, de préférence par impression (fig. 13(a)), avant que la couche transparente ou translucide 615 ne soit déposée (fig. 13(b)) et embossée par le biais de la plaque à embosser 616. Là encore, la couche embossable 615 peut être formée à partir d'un liquide, d'une résine ou d'une encre durcissable par exposition à un rayonnement, qui est de préférence déposé(e) à l'aide d'un procédé d'impression et qui est durci(e) par exposition à un rayonnement, soit pendant, soit après, pour fixer la structure lenticulaire des lentilles 622 du réseau de lentilles 620.

[0112] L'article obtenu 600 de la fig. 13(d) diffère de celui des fig. 11(d) et 12(c) en ce que l'épaisseur p du substrat 610 est sans effet sur l'épaisseur de référence t du réseau de lentilles 620, sensiblement égale à l'épaisseur q de la couche transparente ou translucide 615 (autorisant l'épaisseur des éléments d'image 626a, 626b). Du fait que l'épaisseur de référence t du réseau de lentilles 620 de l'article 600 est vraisemblablement inférieure à l'épaisseur de référence t des réseaux de lentilles 420, 520 des articles 400, 500 des fig. 11(a) et 12(a), le procédé de la présente invention peut être utilisé pour compenser l'épaisseur de référence réduite en réduisant la largeur de la lentille W , ou le rayon de courbure R , ou en ajustant d'autres paramètres des lentilles 622 du réseau de lentilles 620, en modifiant de façon appropriée la forme de la plaque à embosser 616.

[0113] En référence désormais à la fig. 14, il est montré un schéma de procédé d'un procédé de création d'une plaque à embosser, destinée à être utilisée dans certaines formes de réalisation de la présente invention. D'abord, un gabarit de calibrage est imprimé (étape 700), et la taille des points est mesurée (étape 710) tel que décrit ci-avant. Ensuite, un ensemble de paramètres de lentille de départ est choisi (étape 720) et les paramètres modifiés dans un procédé d'optimisation à variables multiples (étapes 730, 740). Lorsqu'une solution a été trouvée, une plaque à embosser peut être créée (étape 750) qui sera utilisée dans le procédé de fabrication.

[0114] Les fig. 15(a) et 15(b) sont des schémas de procédés de deux autres variantes de procédés de fabrication d'un article à effets optiques. Dans les deux cas, un substrat est fourni (étape 800). Le procédé montré à la fig. 15(a) se prête à la fabrication des articles 400 et 600 des fig. 11 et 13. Dans la forme de réalisation de la fig. 15(a), deux images entrelacées ou plus sont déposées sur une surface avant ou arrière du substrat (étape 810), de préférence par impression. Une encre durcissable par exposition à un rayonnement peut ensuite être déposée sur la surface avant du substrat (étape 820), par exemple par un procédé d'impression, et l'encre est ensuite embossée avec une plaque à embosser obtenue à l'étape 750 de la fig. 14. L'encre est ensuite durcie pour former les lentilles de l'article à effets optiques dans la surface embossée. L'étape de durcissement peut être réalisée sensiblement au même moment que l'étape d'embossage (étape 830). A la fig. 15(b), l'encre durcissable par exposition à un rayonnement est en revanche déposée d'un côté du substrat d'abord (étape 840). L'encre est ensuite embossée avec une plaque à embosser obtenue à l'étape 750 de la fig. 14 et durcie pour former les lentilles (étape 850). Les éléments d'image sont ensuite déposés du côté du substrat opposé aux lentilles, de façon à être en alignement avec les lentilles et à former l'article à effets optiques.

Exemple

[0115] En référence à la fig. 16, il est montré un exemple d'une image entrelacée imprimée 900 qui est utilisée pour produire une image binaire à effet dit flip» (deux images changeantes) lorsqu'elle est associée à un réseau de lentilles approprié. Dans l'exemple montré, les éléments d'image sont des éléments d'image noirs sous forme de bandes 901 interposées avec des éléments d'image blancs sous forme de bandes 902. Dans ce cas, les bandes noires sont formées d'encre noire qui est imprimée sur une couche claire ou une couche d'encre blanche, de sorte que les bandes blanches sont formées par des zones claires dépourvues d'encre, ou d'encre blanche sur laquelle de l'encre noire n'a pas été appliquée. Considéré à travers un réseau lenticulaire comprenant des lentilles 930, un dispositif combinant un réseau lenticulaire et des éléments d'image 901, 902 produit un changement d'une image 910 – montrée en haut à gauche à la fig. 16 – en une image 920, dans laquelle les zones noires et blanches sont inversées, lorsque le dispositif est basculé par rapport à l'observateur suivant un axe parallèle au sens des bandes.

[0116] Les bandes noires et blanches 901, 902 ont été déposées sur un substrat par rotogravure. Lors de la mesure via le réticule d'un microscope, les bandes noires se sont avérées présenter une largeur moyenne de 32 micromètres, tandis que les bandes blanches avaient une largeur moyenne de 31,5 micromètres. La valeur moyenne de 32 micromètres pour les bandes noires a été retenue comme paramètre d'échelle représentatif de la taille des éléments d'image. La largeur W des lentilles 930 (montrées recouvertes dans le contour des éléments d'image imprimés 901, 902) a été fixée à 63,5 micromètres, et l'épaisseur de référence t optimisée à l'aide de l'expression de l'équation (2). Ceci a permis d'obtenir une épaisseur de référence optimale t de 90 micromètres à une flèche s de 10 micromètres et un rayon de courbure R de 55,4 micromètres, par comparaison à une épaisseur de référence d'environ 162 micromètres si les éléments d'image avaient été disposés au niveau de la longueur focale nominale des lentilles.

[0117] Pour contrôler que la taille des points focaux des lentilles présentant la conception ci-avant étaient suffisamment proche de la taille des éléments d'image pour produire l'effet de flip souhaité, les paramètres ci-dessus ont été entrés dans un dispositif de simulation de tracés de rayons utilisant le logiciel de conception de systèmes optiques fabriqué par la société Zemax Development Corporation et commercialisé sous la marque déposée ZEMAX. Les points d'éclairement relatifs montrés dans les fig. 17(a) et 17(b) peuvent servir à déterminer la taille du point focal, celle-ci correspondant à la distance entre les paires de points (960a, 960b) et (961a, 961b), respectivement, où l'éclairement relatif tombe à zéro. On peut observer que la taille du point focal dans l'axe 951 est d'environ 30 micromètres, tandis que la taille du point focal hors de l'axe 952 au bord de l'angle du lobe est d'environ 23 micromètres. Un élément d'image «moyen» considéré dans l'axe se trouvera ainsi dans les 6% à 7% de la taille du point focal.

[0118] On prendra note de ce que diverses modifications peuvent être apportées aux formes de réalisation de l'invention décrites dans ce qui précède sans déroger à l'esprit, ni sortir du cadre de l'invention. Par exemple, il est possible d'embosser les structures lenticulaires d'un réseau de lentilles directement dans la surface d'un substrat transparent ou translucide, plutôt que dans une couche embossable transparente ou translucide déposée sur un substrat. De même, si l'impression constitue le procédé préféré de fabrication des éléments d'image, ceux-ci peuvent être formés par marquage au laser. Dans ce cas, il est possible de diriger un laser à travers un substrat ou une couche transparent(e) ou translucide à partir d'une source laser, d'un côté du substrat ou de la couche, pour marquer une surface sensible au laser, côté opposé du substrat ou de la couche, pour former les éléments d'image après que le réseau de lentilles a été formé.

Revendications

1. Réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles formées dans ou sur une face d'un matériau transparent ou translucide, les éléments d'image devant être disposés sur la face opposée du matériau transparent ou translucide, le réseau de lentilles ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, où chaque lentille dispose d'un ensemble de paramètres de lentille, caractérisé en ce que l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre de lentille est optimisé(e) de sorte que chaque lentille possède une largeur

de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image dans le plan objet, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

2. Réseau de lentilles selon la revendication 1, dans lequel la proportion prédéterminée selon laquelle la largeur de point focal effective varie par rapport à la taille des éléments d'image ne dépasse pas 20% de la taille des éléments d'image.
3. Réseau de lentilles selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la largeur de point focal effective, ramenée à la moyenne sur deux directions ou plus dans les limites de l'angle du lobe de la lentille, est sensiblement équivalente à la taille des éléments d'image, ou varie par rapport à la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.
4. Réseau de lentilles selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la pluralité d'éléments d'image comprend au moins deux réseaux d'éléments d'image entrelacés.
5. Procédé de fabrication du réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles ayant un jeu de paramètres, le réseau de lentilles ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, ledit procédé comprenant les étapes consistant à:
former le réseau de lentilles selon ladite épaisseur de référence et lesdits paramètres de lentille dans ou sur une face d'un matériau transparent ou translucide, les éléments d'image étant disposés sur la face opposée du matériau transparent ou translucide, le procédé étant caractérisé par les étapes consistant à:
déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image dans une partie au moins du plan objet, et
utiliser le paramètre d'échelle pour optimiser l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre parmi un ensemble de paramètres de lentille pour chaque lentille, de telle manière que les lentilles ont une largeur de point focal effective dans le plan objet qui est substantiellement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion déterminée.
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'épaisseur de référence du réseau de lentilles est optimisée par rapport à la taille des éléments d'image et à l'ensemble des paramètres de la lentille, ou dans lequel les paramètres de la lentille sont optimisés par rapport à la taille des éléments d'image et à l'épaisseur de référence.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel la quantité prédéterminée dont varie la largeur de point focal effective est moindre que la variabilité estimée de la taille des éléments d'image, et la variabilité estimée est la déviation standard, la déviation absolue moyenne ou le domaine interquartile de la taille des éléments d'image.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel la proportion prédéterminée selon laquelle la largeur de point focal effective varie par rapport à la taille des éléments d'image ne dépasse pas 20% de la taille des éléments d'image.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel les éléments d'image sont déposés par impression ou par marquage laser sur une surface, du côté opposé du matériau transparent ou translucide.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel les lentilles sont formées par un procédé d'embossage dans un matériau transparent ou translucide durcissable par exposition à un rayonnement déposé sur un substrat formé à partir d'un matériau transparent ou translucide, et dans lequel les épaisseurs combinées du substrat et du matériau durcissable par exposition à un rayonnement correspondent à l'épaisseur de référence du réseau de lentilles.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, dans lequel l'ensemble des paramètres de lentille est le même pour chacune des lentilles, ou dans lequel les lentilles dans une ou plusieurs zone(s) du réseau de lentilles possèdent des paramètres de lentille différents des lentilles situées dans une ou plusieurs autre(s) zone(s) du réseau de lentilles.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, dans lequel la largeur de point focal effective, ramenée à la moyenne sur deux directions ou plus dans les limites de l'angle du lobe de la lentille, est sensiblement équivalente à la taille des éléments d'image, ou varie par rapport à la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 12, dans lequel l'ensemble des paramètres de lentille comprend deux paramètres ou plus parmi la largeur de la lentille, l'indice de réfraction, la hauteur de la flèche, le rayon de courbure, le paramètre de conicité et le nombre d'Abbe.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 13, dans lequel la pluralité d'éléments d'image comprend au moins deux réseaux entrelacés d'éléments d'image.
15. Procédé de conception du réseau de lentilles pour reproduire l'image d'une pluralité d'éléments d'image dans un plan objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, le réseau de lentilles comprenant une pluralité de lentilles et ayant une épaisseur de référence correspondant à la distance allant du sommet de chaque lentille au plan objet, ledit procédé étant caractérisé par les étapes consistant à:
déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image dans le plan objet,

sélectionner un ensemble de paramètres de lentille pour chaque lenticule, et concevoir le réseau de lentilles en utilisant le paramètre d'échelle pour optimiser l'épaisseur de référence et/ou au moins un paramètre de lentille sur l'ensemble des paramètres de lentille pour chaque lenticule, dans lequel chaque lenticule présente une largeur de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.

16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel l'ensemble des paramètres de lentille comprend deux paramètres ou plus parmi la largeur de la lentille, l'indice de réfraction, la hauteur de la flèche, le rayon de courbure, le paramètre de conicité et le nombre d'Abbe.
17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, dans lequel la pluralité d'éléments d'image comprend au moins deux réseaux entrelacés d'éléments d'image.
18. Dispositif à effets optiques variables comprenant un matériau transparent ou translucide, un réseau de lentilles comprenant une pluralité de lenticules formées dans ou sur une face du matériau transparent ou translucide, et une pluralité d'éléments d'image disposés dans un plan objet dans ou sur la face opposée du matériau transparent ou translucide, caractérisé en ce que chaque lenticule dispose d'un ensemble de paramètres de lentille déterminé de sorte que les lenticules aient une largeur de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.
19. Dispositif à effets optiques variables selon la revendication 18, dans lequel la pluralité d'éléments d'image comprend au moins deux réseaux d'éléments d'image entrelacés.
20. Procédé de fabrication du dispositif à effets optiques variables selon la revendication 18 ou 19, comprenant les étapes consistant à:
 prévoir un substrat;
 appliquer sur une face du substrat des éléments d'image, lesquels sont localisés dans un plan objet;
 former un réseau de lentille comprenant une pluralité de lenticules dans un matériau transparent ou translucide appliqué sur le substrat au-dessus des éléments d'image; le procédé étant caractérisé par l'étape consistant à:
 déterminer un paramètre d'échelle qui soit représentatif de la taille des éléments d'image,
 chaque lenticule disposant d'un ensemble de paramètres de lentille déterminés de sorte que les lenticules aient une largeur de point focal effective dans le plan objet sensiblement égale à la taille des éléments d'image, ou qui diffère de la taille des éléments d'image dans une proportion prédéterminée.
21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel le paramètre d'échelle est déterminé en mesurant les dimensions des éléments d'image.
22. Procédé selon la revendication 20 ou 21, dans lequel la pluralité d'éléments d'image comprend au moins deux réseaux entrelacés d'éléments d'image.

Figure 1 (art antérieur)

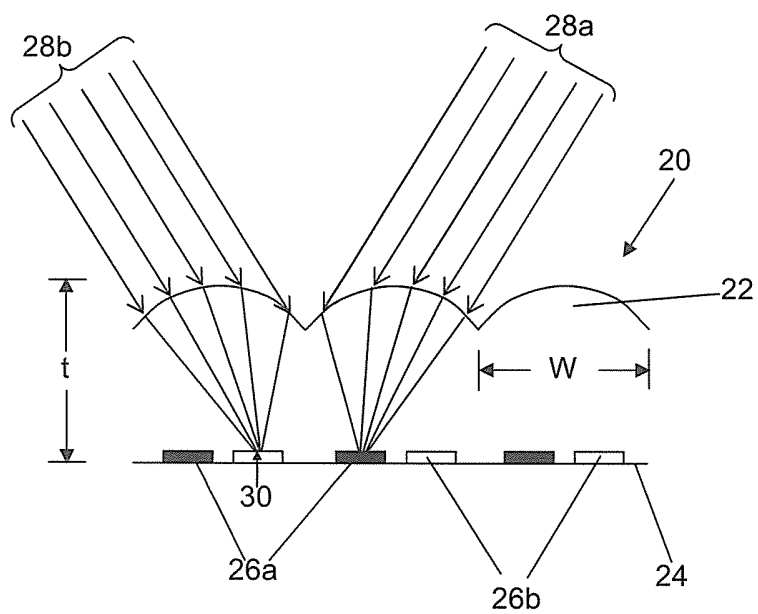


Figure 2

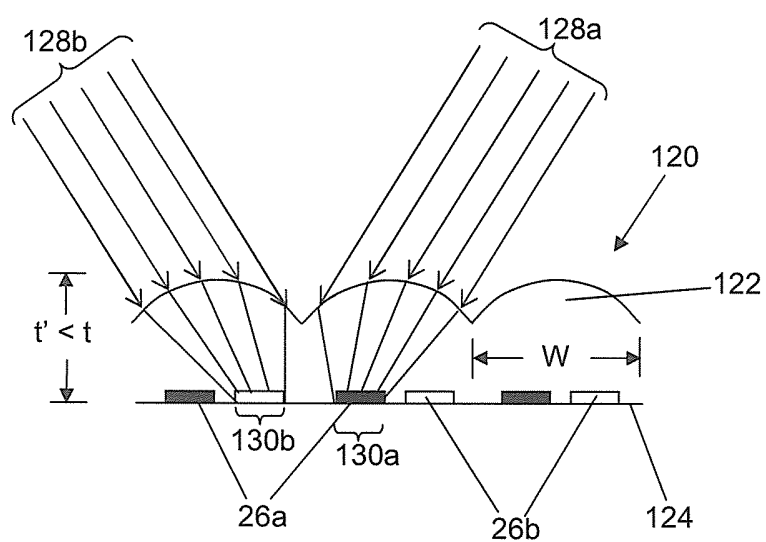
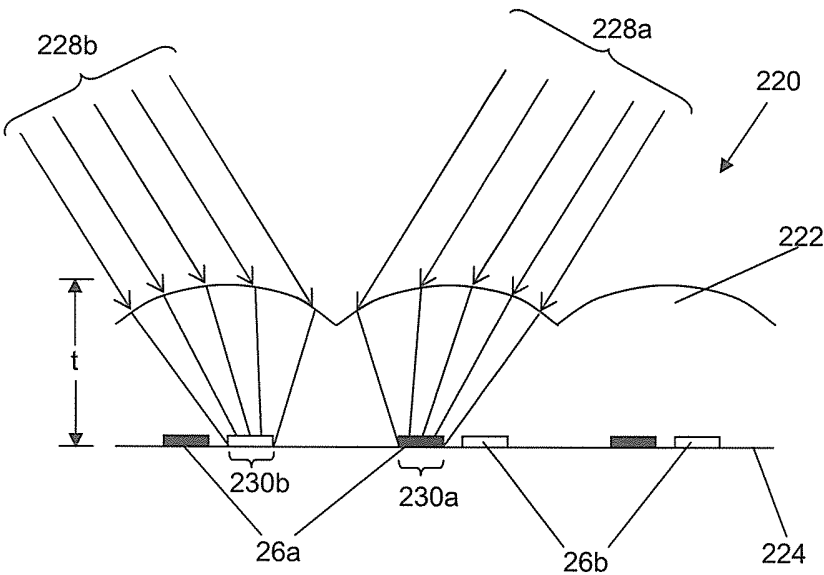
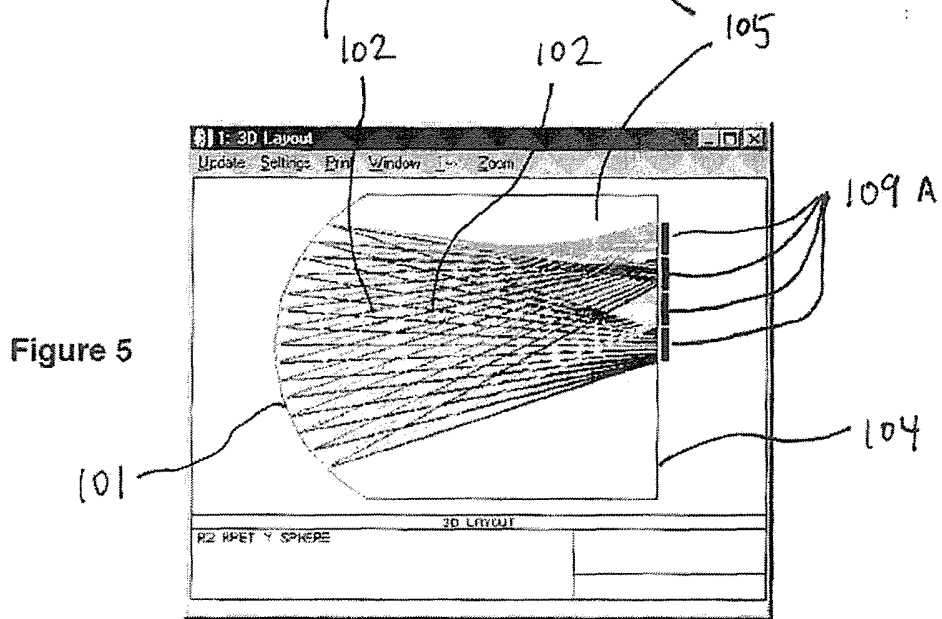
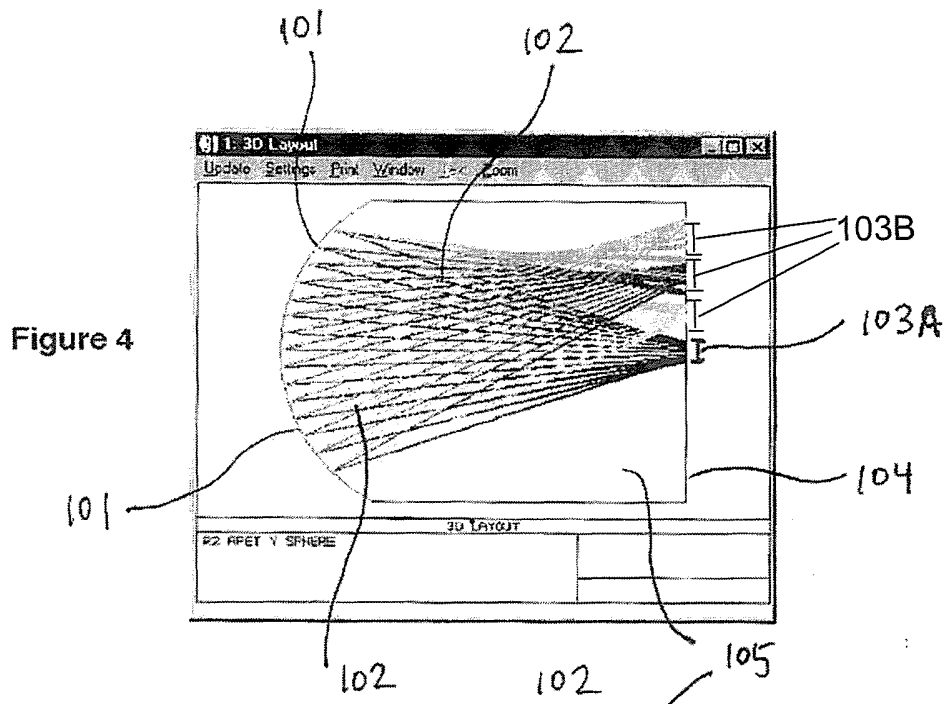


Figure 3





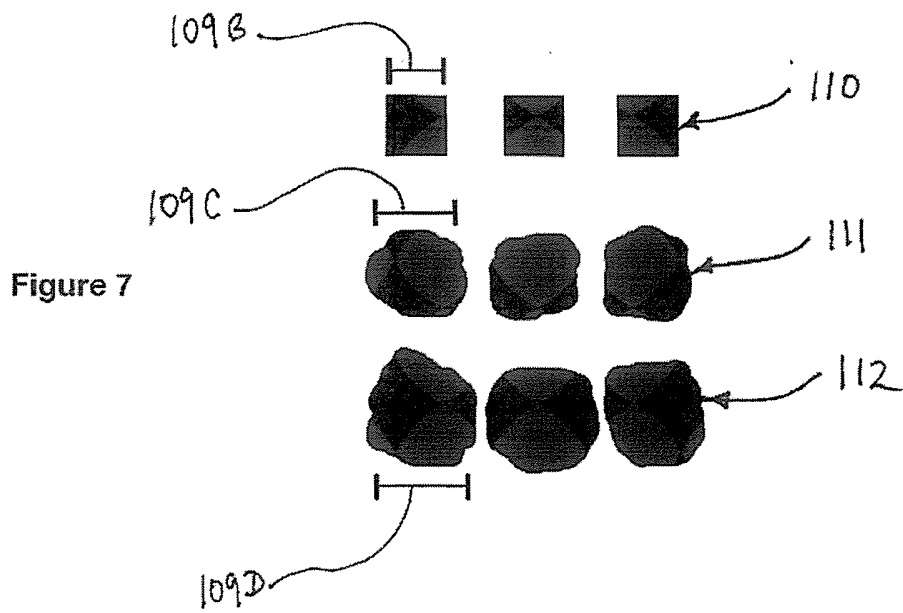
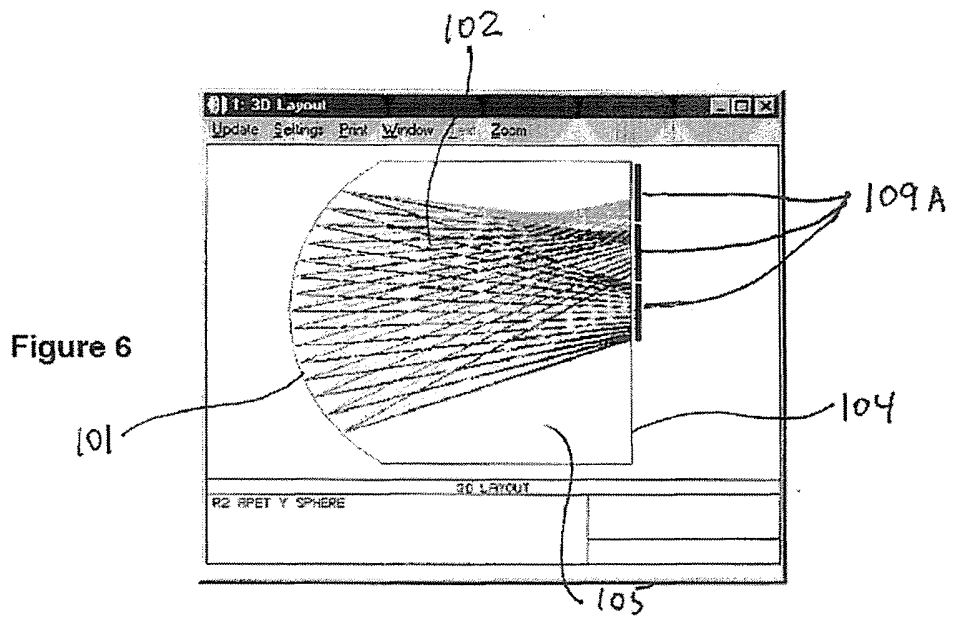


Figure 8

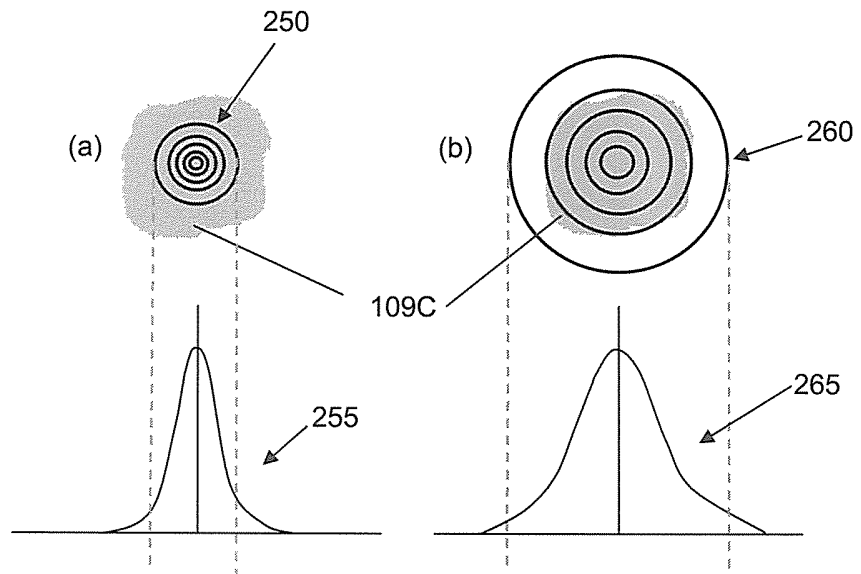


Figure 9

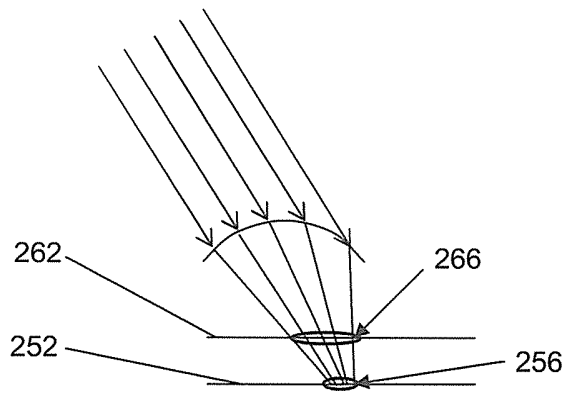


Figure 10(a)

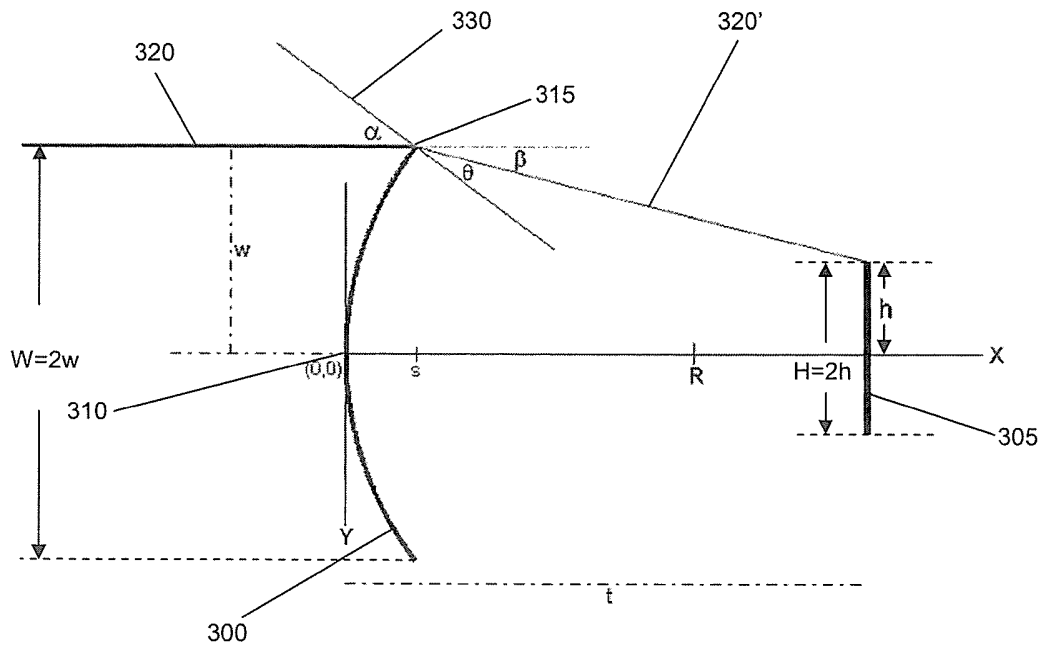


Figure 10(b)

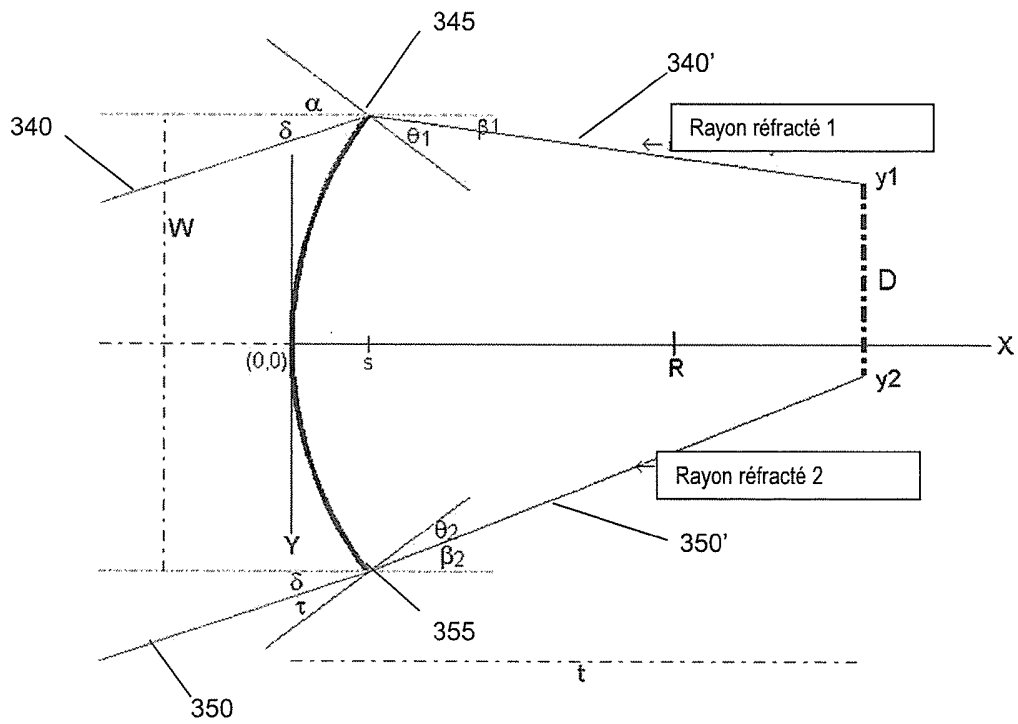


Figure 11

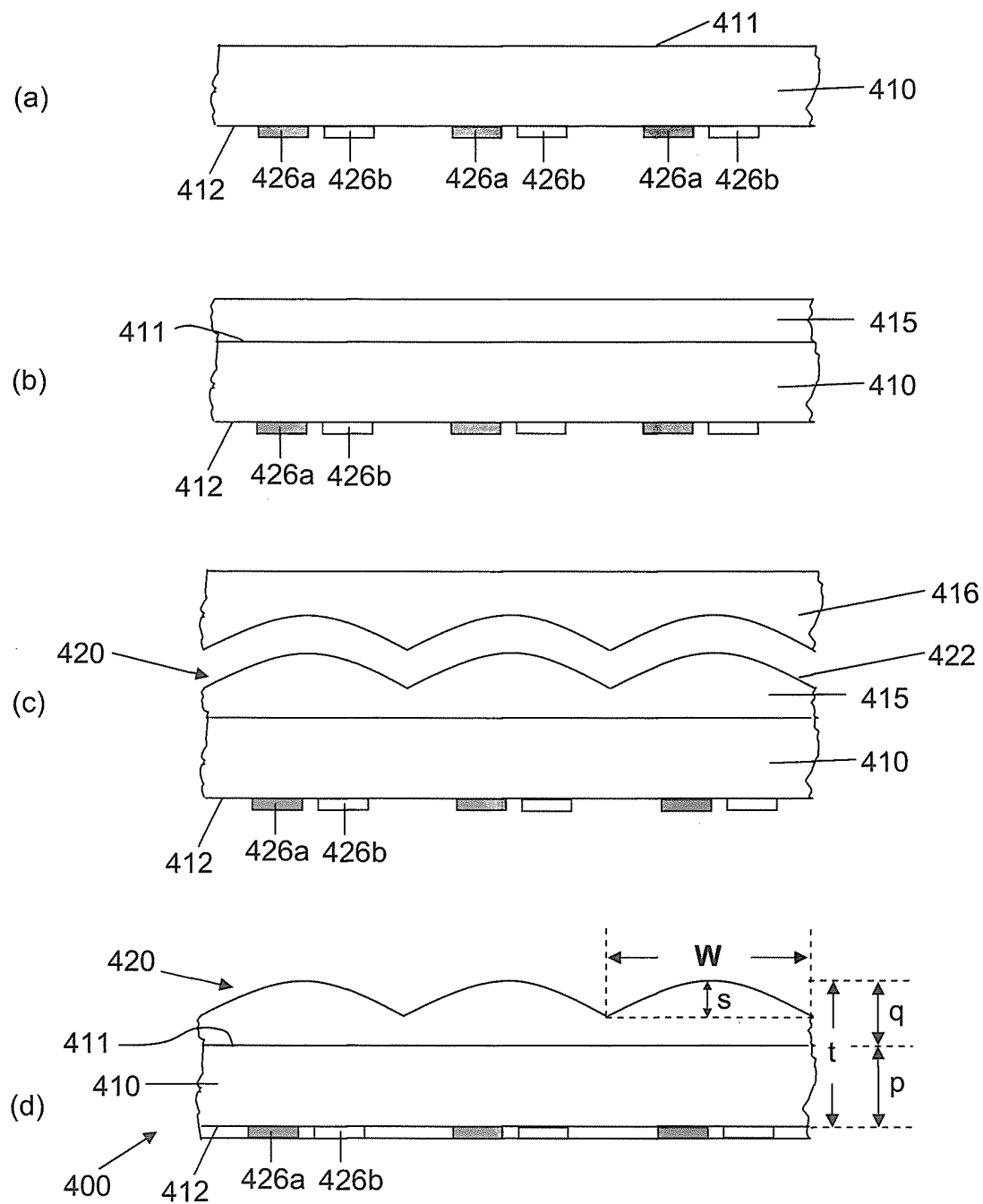


Figure 12

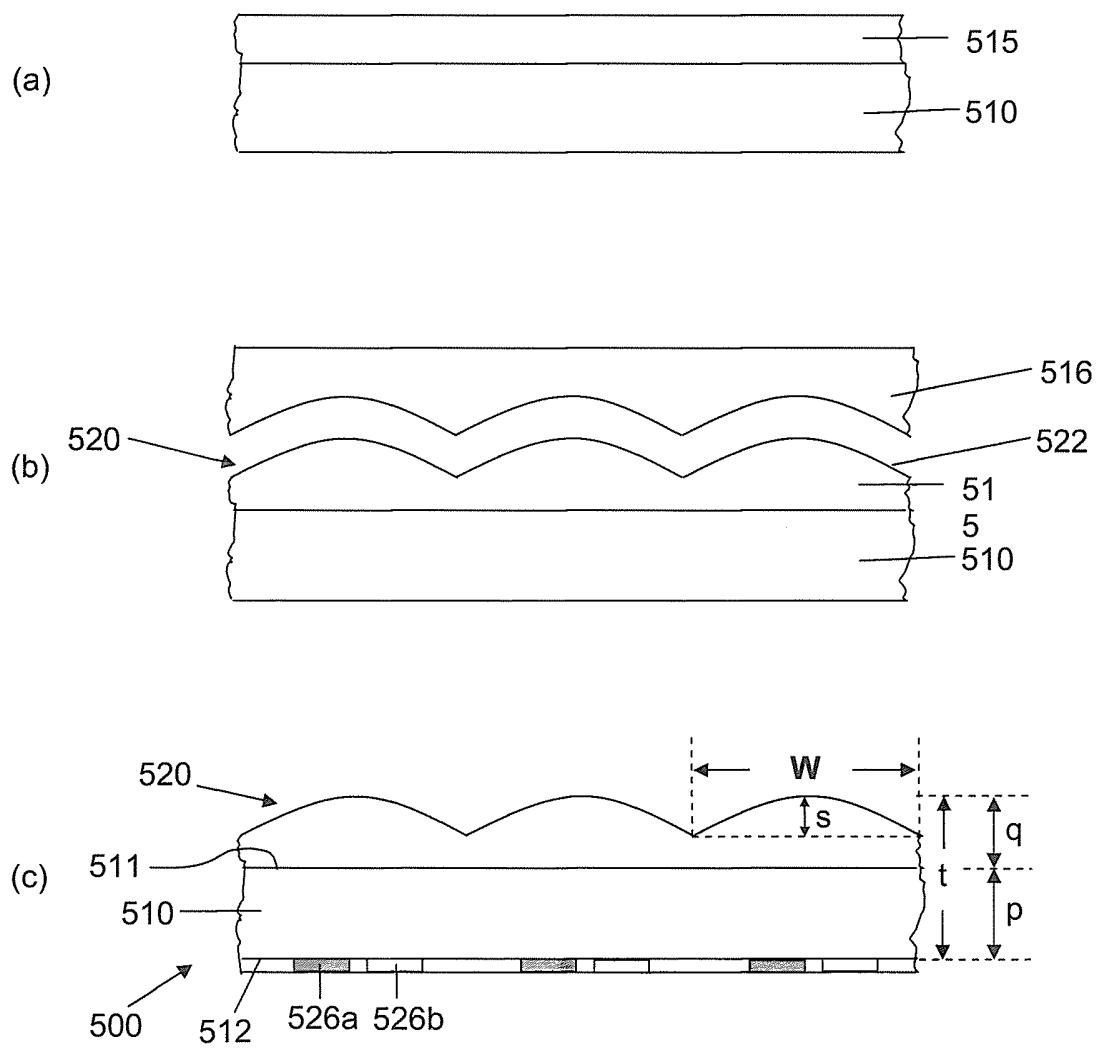


Figure 13

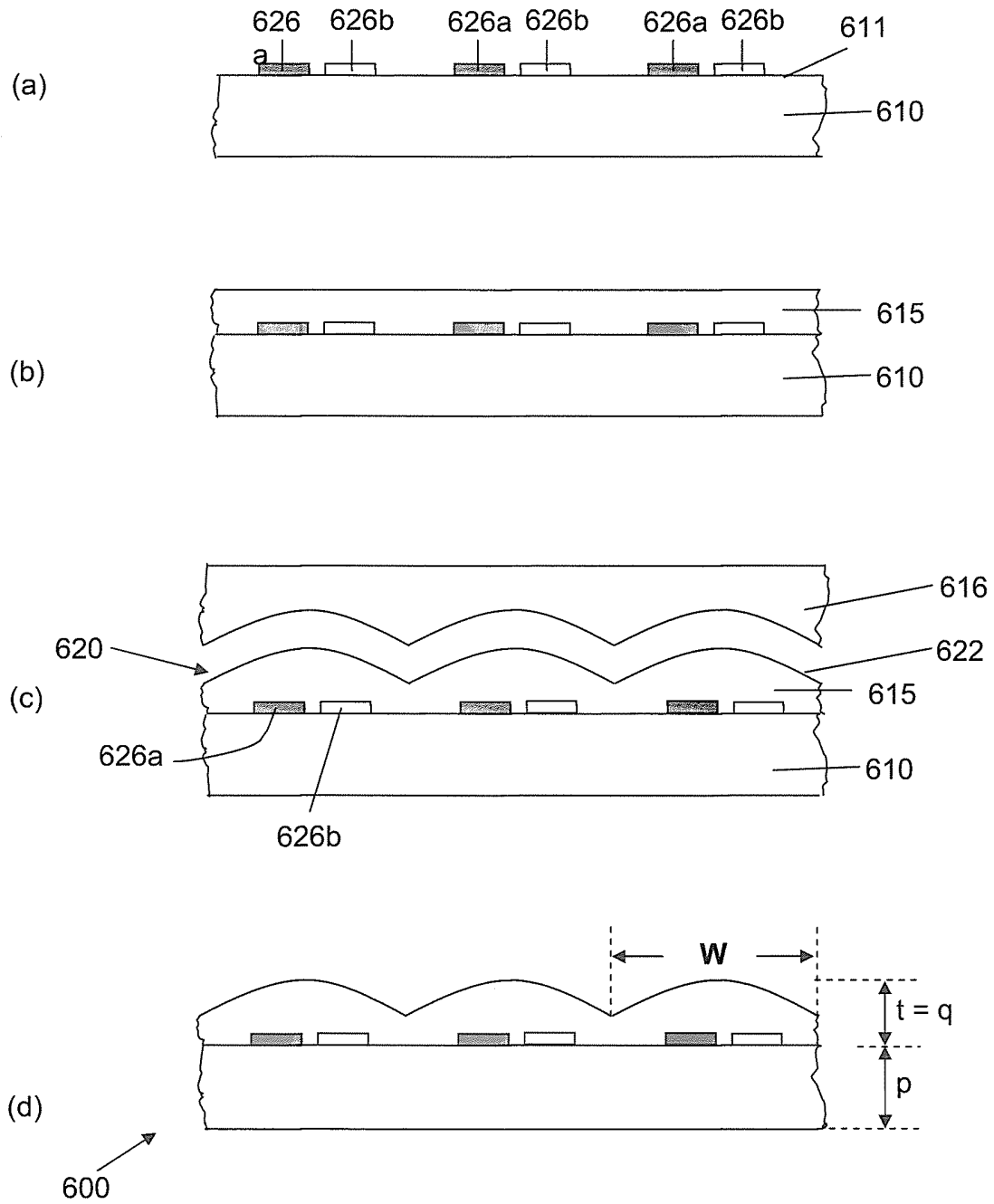


Figure 14

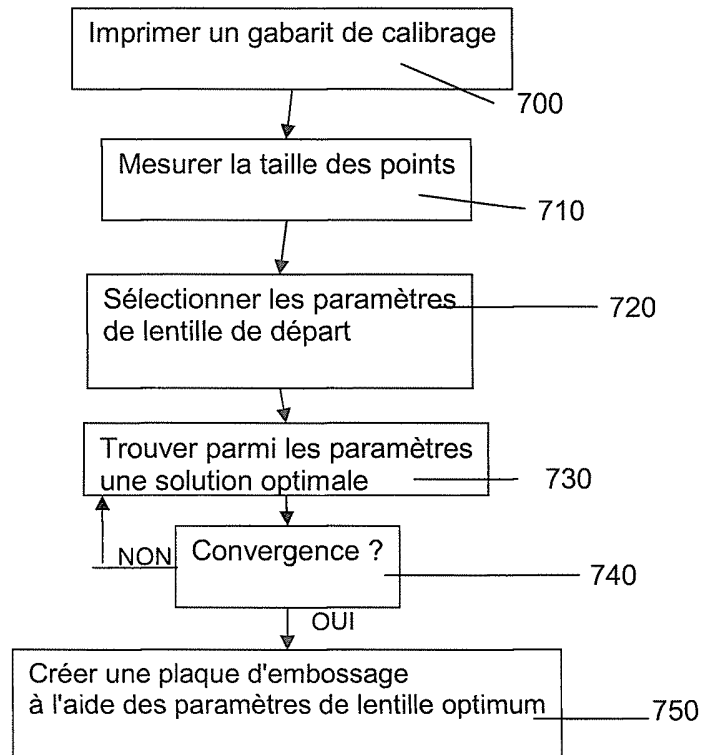


Figure 15

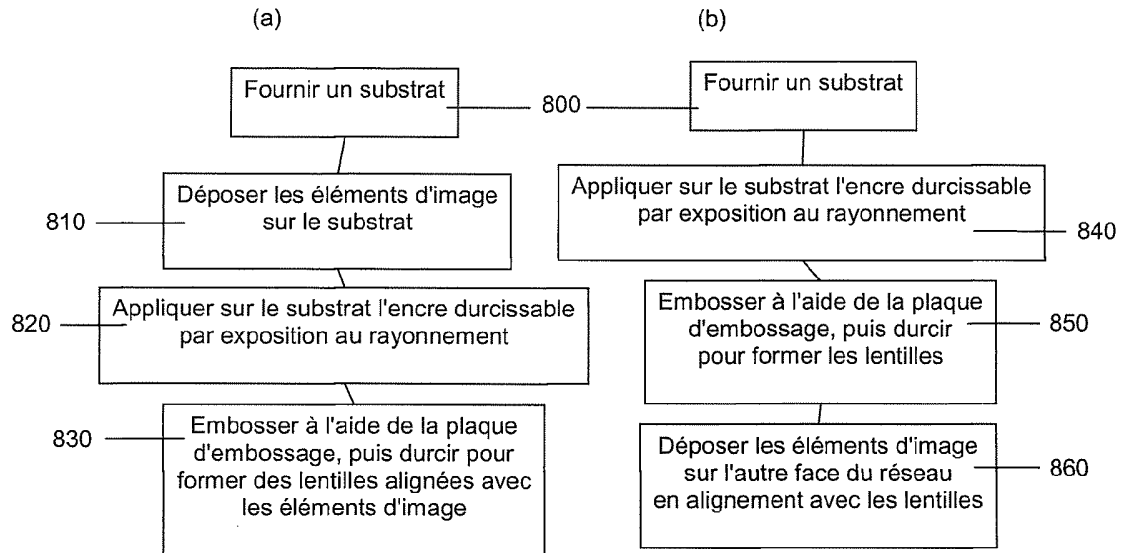


Figure 16

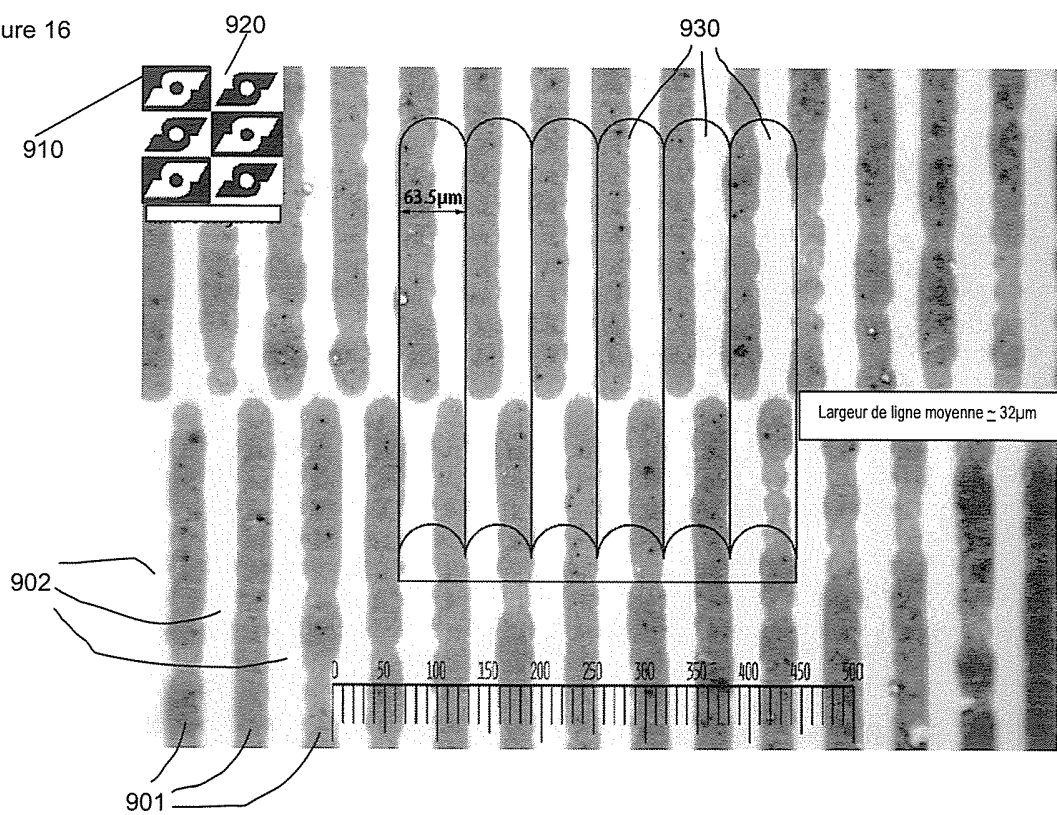
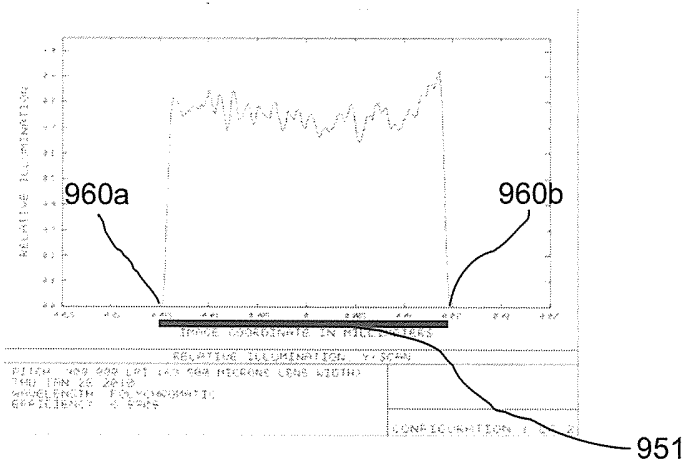


Figure 17

(a)



(b)

