

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/016393 A1

(43) Date de la publication internationale
23 janvier 2020 (23.01.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

G02B 3/00 (2006.01) G06K 9/00 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)

60 Rue des Berges, Parc Polytec, Immeuble Tramontane,
38000 GRENOBLE (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/069455

(74) Mandataire : CABINET BEAUMONT ; 4 Place Robert
Schuman, B.P. 1529, 38025 GRENOBLE CEDEX 1 (FR).

(22) Date de dépôt international :

18 juillet 2019 (18.07.2019)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1856709 19 juillet 2018 (19.07.2018) FR

(71) Déposant : ISORG [FR/FR] ; 7 Parvis Louis Néel, Bâtiment de Haute Technologie, 38000 GRENOBLE (FR).

(72) Inventeurs : SCHWARTZ, Wilfrid ; c/o ISORG, 60 Rue des Berges, Parc Polytec, Immeuble Tramontane, 38000 GRENOBLE (FR). PUSZKA, Agathe ; c/o ISORG, 60 Rue des Berges, Parc Polytec, Immeuble Tramontane, 38000 GRENOBLE (FR). VERDUCCI, Tindara ; c/o ISORG,

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,

(54) Title: OPTICAL SYSTEM AND PROCESS FOR MANUFACTURING SAME

(54) Titre : SYSTEME OPTIQUE ET SON PROCEDE DE FABRICATION

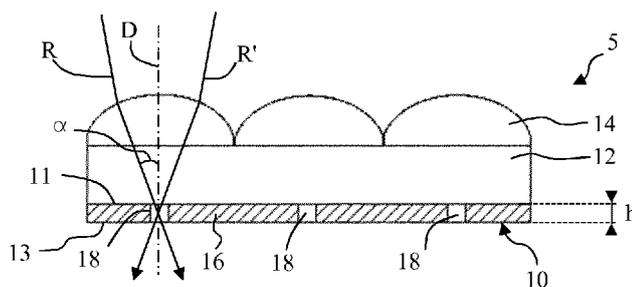


Fig 1

(57) Abstract: The present description relates to an optical system (5) comprising a layer (16) comprising a first surface (11) intended to receive a radiation and a second surface (13) opposite the first surface. The layer is opaque to the radiation and comprises holes that pass through or partially pass through (18) and are open on the first surface. The optical system comprises a matrix of micrometric-sized optical elements (14) covering the layer. Each optical element is configured to behave like a converging lens with a focal distance between 1 μm and 100 μm . The distance between the surface at an equidistance from the first and second surfaces and the focal points of the optical elements is less than two times the thickness of said layer.

(57) Abrégé : La présente description concerne un système optique (5) comprenant une couche (16) comprenant une première face (11) destinée à recevoir un rayonnement et une deuxième face (13) opposée à la première face. La couche est opaque au rayonnement et comprend des trous traversants ou partiellement traversants (18) ouverts sur la première face. Le système optique comprend une matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) recouvrant la couche. Chaque élément optique est configuré pour se comporter comme une lentille convergente de distance focale comprise entre 1 μm et 100 μm . La distance entre la surface à équidistance des première et deuxième faces et les points focaux des éléments optiques est inférieure à deux fois l'épaisseur de ladite couche.

WO 2020/016393 A1

MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

DESCRIPTION**Système optique et son procédé de fabrication**

[0001] La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR18/56709 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine technique

[0002] La présente description concerne de façon générale les systèmes optiques et leurs procédés de fabrication.

Technique antérieure

[0003] Un système optique est un ensemble d'éléments optiques, tels que des miroirs, des lentilles, des réseaux de diffraction, etc. permettant de modifier la trajectoire des rayons lumineux ou les propriétés de la lumière. Un exemple d'application d'un système optique concerne un système d'acquisition d'images dans lequel le système optique est interposé entre la partie sensible d'un capteur d'images et l'objet à imager, et permet de former une image nette de l'objet à imager sur la partie sensible du capteur d'images. Un autre exemple d'application correspond au couplage du système optique à un photodétecteur unique, tel qu'une photodiode, afin de contrôler la lumière collectée par le photodétecteur. Un autre exemple d'application concerne un système d'affichage ou de projection dans lequel le système optique recouvre une source lumineuse, par exemple un écran d'affichage, et permet de modifier le rayonnement émis par la source lumineuse, par exemple filtrer angulairement le rayonnement émis par chaque pixel d'affichage

[0004] Toutefois, dans certains cas, il n'est pas possible d'utiliser un système optique classique. Par exemple, dans le cas d'un système d'acquisition d'images, il peut ne pas être possible de placer un système optique classique entre la

partie sensible du capteur d'images et l'objet à imager. C'est le cas notamment lorsque le capteur d'images occupe une surface importante, supérieure au centimètre carré, et que la distance entre l'objet à imager et la partie sensible du capteur d'images est inférieure au centimètre.

[0005] Il faudrait alors placer l'objet à imager au plus près du capteur d'images pour que l'image qui se forme sur la partie sensible du capteur d'images soit suffisamment nette. Toutefois, une distance peut être présente entre l'objet et le capteur d'images de sorte que la netteté de l'image qui se forme sur la partie sensible du capteur d'images peut ne pas être suffisante pour certaines applications, par exemple pour la capture d'empreintes digitales.

Résumé de l'invention

[0006] Il existe donc un besoin d'un système optique ayant une épaisseur réduite.

[0007] Un autre objet d'un mode de réalisation est que le procédé de fabrication du système optique puisse être mis en oeuvre à une échelle industrielle.

[0008] Dans ce but, un mode de réalisation prévoit un système optique comprenant une couche comprenant une première face destinée à recevoir un rayonnement et une deuxième face opposée à la première face, ladite couche étant opaque audit rayonnement et comprenant des trous traversants ou partiellement traversants ouverts sur la première face, le système optique comprenant une matrice d'éléments optiques de taille micrométrique recouvrant ladite couche, chaque élément optique étant configuré pour se comporter comme une lentille convergente de distance focale comprise entre 1 μm et 100 μm , la distance entre la surface à équidistance des première et deuxième faces et les points focaux des éléments optiques étant inférieure à deux fois l'épaisseur de ladite couche.

[0009] Selon un mode de réalisation, le système optique est configuré pour bloquer les rayons dudit rayonnement dont l'incidence par rapport à une direction orthogonale à la première face est dans au moins une première plage d'incidences et à laisser passer des rayons dudit premier rayonnement dont l'incidence par rapport à une direction orthogonale à la première face est dans au moins une deuxième plage d'incidences distincte de ladite au moins une première plage d'incidences.

[0010] Selon un mode de réalisation, la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique comprend une matrice de lentilles de taille micrométrique, une matrice de lentilles de Fresnel de taille micrométrique, un réseau de microlentilles à gradient d'indice de taille micrométrique, ou une matrice de réseaux de diffraction de taille micrométrique.

[0011] Selon un mode de réalisation, la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique comprend une matrice de lentilles de taille micrométrique.

[0012] Selon un mode de réalisation, les plans focaux des lentilles de taille micrométrique sont confondus.

[0013] Selon un mode de réalisation, les lentilles de taille micrométrique sont à base circulaire ou hexagonale et agencées selon un pavage hexagonal.

[0014] Selon un mode de réalisation, les lentilles de taille micrométrique sont à base carrée et agencées selon un pavage carré.

[0015] Selon un mode de réalisation, la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique comprend une matrice de lentilles asphériques de taille micrométrique.

[0016] Selon un mode de réalisation, chaque lentille asphérique comprend une portion centrale entourée d'une

portion périphérique ayant un rayon de courbure supérieur au rayon de courbure de la portion centrale.

[0017] Selon un mode de réalisation, chaque lentille a une constante conique égale à -1 et un rayon de courbure au centre compris entre $1/3$ et $2/3$ du pas des lentilles.

[0018] Selon un mode de réalisation, les lentilles sont des lentilles sphériques et le rayon de courbure des lentilles est supérieur à la moitié du pas des lentilles et inférieur au pas des lentilles.

[0019] Selon un mode de réalisation, le système comprend autant d'éléments optiques de taille micrométrique que de trous, le pas entre les éléments optiques de taille micrométrique étant le même que le pas entre les trous.

[0020] Selon un mode de réalisation, pour chaque trou, le rapport entre la hauteur du trou, mesurée perpendiculairement à la première face, et la largeur du trou, mesurée parallèlement à la première face, varie de 0,1 à 10.

[0021] Selon un mode de réalisation, les trous sont agencés comme les éléments optiques, le pas entre des trous adjacents d'une même rangée ou d'une même colonne variant de $1\ \mu\text{m}$ à $500\ \mu\text{m}$.

[0022] Selon un mode de réalisation, la hauteur de chaque trou, mesurée selon une direction orthogonale à la première face, varie de $0,1\ \mu\text{m}$ à $1\ \text{mm}$.

[0023] Selon un mode de réalisation, la largeur de chaque trou, mesurée parallèlement à la première face, varie de $0,1\ \mu\text{m}$ à $100\ \mu\text{m}$.

[0024] Selon un mode de réalisation, le système optique comprend un empilement de ladite couche comprenant lesdits trous traversants ou partiellement traversants et d'une couche supplémentaire comprenant des trous supplémentaires

traversants ou partiellement traversants alignés avec lesdits trous.

[0025] Selon un mode de réalisation, le système optique comprend en outre un revêtement recouvrant la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique, la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique étant interposée entre le revêtement et ladite couche, l'indice de réfraction du revêtement étant différent de l'indice de réfraction de l'air.

[0026] Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction du revêtement est inférieur à l'indice de réfraction de la matrice d'éléments optiques de taille micrométriques.

[0027] Selon un mode de réalisation, le revêtement est au contact de la totalité de chaque élément optique.

[0028] Selon un mode de réalisation, le revêtement est en contact avec chaque élément optique uniquement au sommet dudit élément optique, et délimite un interstice d'air avec le reste dudit élément optique.

[0029] Selon un mode de réalisation, le système optique comprend un support entre la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique et ladite couche.

[0030] Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction du support est supérieur à l'indice de réfraction de ladite couche.

[0031] Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction du support est supérieur à l'indice de réfraction de la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique.

[0032] Selon un mode de réalisation, les trous sont remplis d'un matériau solide, liquide ou gazeux d'indice de réfraction plus faible que l'indice de réfraction du support.

- [0033] Selon un mode de réalisation, l'arc tangente du rapport entre la moitié du pas des éléments optiques de taille micrométrique et l'épaisseur du support est supérieur à l'arc sinus du rapport entre l'indice de réfraction du matériau remplissant les trous et l'indice de réfraction du support.
- [0034] Selon un mode de réalisation, les trous sont tronconiques.
- [0035] Selon un mode de réalisation, les points focaux des éléments optiques sont situés dans la deuxième face à 1 μm près.
- [0036] Selon un mode de réalisation, pour chaque trou, les dimensions du trou sur la première face sont égales, ou supérieures, d'au plus 10 %, aux dimensions du rayonnement sur la première face focalisé par l'élément optique en vis-à-vis du trou.
- [0037] Selon un mode de réalisation, pour chaque trou, les dimensions du trou sur la deuxième face sont égales, ou supérieures, d'au plus 10 %, aux dimensions sur la deuxième face du rayonnement focalisé par l'élément optique en vis-à-vis du trou.
- [0038] Un mode de réalisation prévoit également un système d'acquisition d'images comprenant un capteur d'images et un système optique tel que défini précédemment recouvrant le capteur d'images et formant un filtre angulaire.
- [0039] Selon un mode de réalisation, le capteur d'images comprend une matrice de photodétecteurs et le pas des éléments optiques est inférieur à la moitié du pas des photodétecteurs.
- [0040] Un mode de réalisation prévoit également un système d'éclairage ou d'affichage ou d'illumination comprenant une source lumineuse et un système optique tel que défini précédemment recouvrant la source lumineuse.

[0041] Selon un mode de réalisation, la source lumineuse comprend une zone d'émission d'un rayonnement située, à 0,1 μm près, dans un plan contenant les points focaux des éléments optiques et, pour chaque trou, le rapport entre la hauteur du trou, mesurée perpendiculairement à la première face, et la largeur du trou, mesurée parallèlement à la première face, est supérieur à 5, d'où il résulte que le système optique joue le rôle d'un dispositif de collimation du rayonnement.

Brève description des dessins

[0042] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

[0043] la figure 1 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système optique comprenant une couche à ouvertures et un réseau de microlentilles ;

[0044] la figure 2 est une vue de dessus de la couche à ouvertures du système optique représenté en figure 1

[0045] la figure 3 représente une variante du système optique de la figure 1 dans le cas où les microlentilles sont noyées dans un milieu d'indice de réfraction supérieure à 1 ;

[0046] la figure 4 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;

[0047] la figure 5 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;

[0048] la figure 6 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;

[0049] la figure 7 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;

- [0050] la figure 8 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;
- [0051] la figure 9 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;
- [0052] la figure 10 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;
- [0053] la figure 11 représente une autre variante du système optique de la figure 1 ;
- [0054] la figure 12 représente une courbe d'évolution de la transmittance d'une couche à ouvertures ;
- [0055] la figure 13 illustre les propriétés optiques de filtres angulaires ayant des trous de formes différentes ;
- [0056] la figure 14 illustre d'autres propriétés optiques du système optique de la figure 1 ;
- [0057] la figure 15 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système optique comprenant une couche à ouvertures et un réseau de microlentilles utilisé pour des simulations ;
- [0058] la figure 16 représente une courbe d'évolution de la transmittance angulaire normalisée obtenue avec des premières dimensions et paramètres optiques pour le système optique de la figure 15 ;
- [0059] la figure 17 représente une courbe d'évolution de la transmittance normalisée obtenue avec des deuxièmes dimensions et paramètres optiques pour le système optique de la figure 15 ;
- [0060] la figure 18 représente un mode de réalisation d'un agencement de microlentilles ;
- [0061] la figure 19 représente un autre mode de réalisation d'un agencement de microlentilles ;

[0062] la figure 20 représente un autre mode de réalisation d'un agencement de microlentilles ;

[0063] la figure 21 comprend, en partie gauche, une vue en coupe du système optique de la figure 1 au niveau d'une microlentille sphérique et d'une ouverture de la couche à ouvertures et comprend, en partie droite, une vue de dessus de la tache de focalisation obtenue avec la microlentille représentée en partie gauche ;

[0064] la figure 22 est une figure analogue à la figure 21 pour une lentille asphérique ;

[0065] la figure 23 représente un mode de réalisation d'un système d'acquisition d'images ;

[0066] la figure 24 représente un mode de réalisation d'un système d'éclairage ou de projection ;

[0067] la figure 25 illustre une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique représenté sur la figure 3 ;

[0068] la figure 26 illustre une autre étape du procédé ;

[0069] la figure 27 illustre une autre étape du procédé ;

[0070] la figure 28 illustre une autre étape du procédé ;

[0071] la figure 29 illustre une autre étape du procédé ;

[0072] la figure 30 illustre des paramètres d'obtention d'une première forme de trous ;

[0073] la figure 31 illustre des paramètres d'obtention d'une deuxième forme de trous ;

[0074] la figure 32 illustre une étape d'un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique représenté sur la figure 3 ; et

[0075] la figure 33 illustre une autre étape du procédé.

Description des modes de réalisation

[0076] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0077] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la structure d'un capteur d'images est bien connue de l'homme du métier et n'est pas décrite en détail par la suite.

[0078] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à un système optique dans une position normale d'utilisation.

[0079] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0080] La transmittance correspond au rapport entre l'intensité du rayonnement sortant du système optique 5 et l'intensité du rayonnement entrant dans le filtre optique. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit opaque à un rayonnement lorsque la transmittance du rayonnement au travers de la couche ou du film est inférieure à 10 %. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit transparent à un rayonnement lorsque la transmittance du rayonnement au travers de la couche ou du film est supérieure à 10 %. Selon un mode de réalisation,

pour un même système optique, tous les éléments du système optique qui sont opaques à un rayonnement ont une transmittance qui est inférieure à la moitié, de préférence inférieure au cinquième, plus préférentiellement inférieure au dixième, de la transmittance la plus faible des éléments du système optique transparents audit rayonnement.

[0081] De plus, dans la suite de la description, on appelle "rayonnement utile" le rayonnement électromagnétique traversant le système optique en fonctionnement et émis par une source lumineuse associée au système optique ou capté par un détecteur associé au système optique. Dans la suite de la description, on appelle "élément optique de taille micrométrique" un élément optique formé sur une face d'un support dont la dimension maximale, mesurée parallèlement à ladite face, est supérieure à 1 μm et inférieure à 1 mm. Dans la suite de la description, un film ou une couche est dit étanche à l'oxygène lorsque la perméabilité du film ou de la couche à l'oxygène à 40°C est inférieure à $1 \cdot 10^{-1} \text{cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{jour})$. La perméabilité à l'oxygène peut être mesurée selon la méthode ASTM D3985 intitulée "Standard Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor". Dans la suite de la description, un film ou une couche est dit étanche à l'eau lorsque la perméabilité du film ou de la couche à l'eau à 40°C est inférieure à $1 \cdot 10^{-1} \text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{jour})$. La perméabilité à l'eau peut être mesurée selon la méthode ASTM F1249 intitulée "Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Modulated Infrared Sensor". Dans la suite de la description, l'indice de réfraction d'un matériau solide, liquide, ou gazeux correspond à l'indice de réfraction du matériau pour la plage de longueurs d'onde du rayonnement utile. Sauf indication contraire, l'indice de réfraction est considéré sensiblement constant sur la plage de longueurs d'onde du rayonnement utile, par exemple égal à la moyenne de

l'indice de réfraction sur la plage de longueurs d'onde du rayonnement utile.

[0082] Selon un mode de réalisation, pour accroître la netteté de l'image acquise par le capteur d'images d'un système d'acquisition d'images en l'absence de système optique complexe, une possibilité consiste à recouvrir le capteur d'images d'un système optique de structure simple jouant le rôle d'un filtre angulaire, comprenant une couche opaque traversée par des ouvertures, et recouverte d'une matrice d'éléments optiques de taille micrométrique, par exemple une matrice de lentilles de taille micrométrique, ou microlentille, un réseau de microlentilles à gradient d'indice de taille micrométrique, ou une matrice de réseaux de diffraction de taille micrométrique ou de taille nanométrique, chaque élément optique de taille micrométrique ou nanométrique étant associé à une ouverture de la couche à ouvertures.

[0083] Des modes de réalisation de systèmes optiques vont maintenant être décrits pour des systèmes optiques comprenant une matrice d'éléments optiques à taille micrométrique dans le cas où chaque élément optique à taille micrométrique correspond à une lentille de taille micrométrique, ou microlentille. Toutefois, il est clair que ces modes de réalisation peuvent également être mis en oeuvre avec d'autres types d'éléments optiques de taille micrométrique, chaque élément optique de taille micrométrique pouvant correspondre à une lentille de Fresnel de taille micrométrique, à une lentille à gradient d'indice de taille micrométrique ou à un réseau de diffraction de taille micrométrique.

[0084] La figure 1 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système optique 5. Le système optique 5, comprend, du bas vers le haut en figure 1 :

- une couche à ouvertures 10 ayant des faces supérieure 11 et inférieure 13, par exemple planes et parallèles ;
- une couche intermédiaire 12 recouvrant la couche à ouvertures 10, la couche intermédiaire 12 pouvant être remplacée par un film d'air ; et
- une matrice d'éléments optiques 14 de taille micrométrique, par exemple une matrice de microlentilles 14 recouvrant la couche intermédiaire 12, la couche intermédiaire 12 pouvant alors jouer le rôle de support de la matrice de microlentilles 14, la couche intermédiaire 12 et la matrice de microlentilles 14 pouvant correspondre à une structure monolithique.

[0085] On a représenté en figure 1 à titre d'exemple deux rayons R et R' traversant le système optique 5. On appelle incidence initiale du rayon R, l'angle entre le rayon R avant d'avoir traversé la microlentille 14, et une direction D perpendiculaire à la face 11, et on appelle incidence finale α du rayon R, l'angle entre le rayon R après avoir traversé la microlentille 14, et une direction D perpendiculaire à la face 11.

[0086] La figure 2 est une vue de dessus de la couche à ouvertures 10 représentée en figure 1. Dans le présent mode de réalisation, la couche à ouvertures 10 comprend une couche opaque 16 traversée par des trous 18, appelés également ouvertures. De préférence, les trous 18 sont traversants dans la mesure où ils s'étendent sur la totalité de l'épaisseur de la couche 16. Selon un autre mode de réalisation, les trous 18 peuvent ne s'étendre que sur une partie de l'épaisseur de la couche opaque 16, une portion résiduelle de la couche opaque 16 demeurant au fond des trous 18. Toutefois, dans ce cas, l'épaisseur de la portion résiduelle de la couche opaque 16 au fond du trou 18 est suffisamment faible pour que l'ensemble comprenant le trou 18, éventuellement rempli, et la portion résiduelle de la couche opaque 16 au fond du trou

18 puisse être considéré comme transparent au rayonnement utile.

[0087] Selon un mode de réalisation, la répartition des trous 18 suit la répartition des microlentilles 14. A titre d'exemple, la figure 2 correspond au cas où les microlentilles sont réparties selon un maillage carré. Toutefois, d'autres agencements des microlentilles 14 sont possibles, par exemple selon un maillage hexagonal. On appelle "h" l'épaisseur de la couche 16, ce qui correspond également à la hauteur des trous 18. La couche 16 est opaque à la totalité ou à une partie du spectre du rayonnement incident. La couche 16 peut être opaque au rayonnement utile utilisé en fonctionnement, par exemple absorbante et/ou réfléchissante par rapport au rayonnement utile. Selon un mode de réalisation, la couche 16 est absorbante dans le visible ou une partie du visible et/ou le proche infrarouge et/ou l'infrarouge. L'indice de réfraction du matériau composant la matrice d'éléments optiques 14 est noté n_1 . L'indice de réfraction du matériau composant la couche intermédiaire 12 est noté n_2 . Le matériau composant la couche 16 est noté n_3 . L'indice de réfraction du matériau de remplissage des trous 18 est noté n_4 .

[0088] En figure 2, les trous 18 sont représentés avec une section droite circulaire. De façon générale, la section droite des trous 18 dans la vue de dessus peut être quelconque, par exemple annulaire, circulaire, ovale ou polygonale, notamment triangulaire, carrée ou rectangulaire selon le procédé de fabrication utilisé. En outre, sur la figure 1, les trous 18 sont représentés avec une section droite constante sur toute l'épaisseur de la couche opaque 16. Toutefois, la section de droite de chaque trou 18 peut varier sur l'épaisseur de la couche opaque 16. Dans le cas où les trous 18 sont formés par un procédé comprenant des étapes de photolithographie, la forme des trous peut être ajustée par

les paramètres procédés tels que la dose d'exposition, le temps de développement, la divergence de la source d'exposition de photolithographie ainsi que par la forme des microlentilles.

[0089] Selon un mode de réalisation, les trous 18 sont disposés en rangées et en colonnes. Les trous 18 peuvent avoir sensiblement les mêmes dimensions. On appelle "w" la largeur d'un trou 18 mesurée selon la direction des rangées ou des colonnes. La largeur w correspond au diamètre du trou 18 dans le cas d'un trou de section droite circulaire. Selon un mode de réalisation, les trous 18 sont disposés régulièrement selon les rangées et selon les colonnes. On appelle "p" le pas de répétition des trous 18, c'est-à-dire la distance en vue de dessus des centres de deux trous 18 successifs d'une rangée ou d'une colonne. Comme cela est décrit plus en détail par la suite, la disposition des trous reproduit la disposition des microlentilles 14.

[0090] La couche à ouvertures 10 laisse seulement passer les rayons du rayonnement utile incident dont l'incidence finale par rapport à la face supérieure 11 de la couche à ouvertures 10 est inférieure à un angle d'incidence finale maximale α_{\max} , qui est défini par la relation (1) suivante dans le cas où le matériau composant la couche 16 est parfaitement absorbant et dans le cas où la largeur w du trou 18 en entrée de trou est identique à la largeur w du trou 18 en sortie du trou :

$$[0091] \quad \tan \alpha_{\max} = w/h \quad (1)$$

[0092] L'ouverture angulaire "a" de la couche à ouvertures 10 est égale à deux fois l'incidence finale maximale α_{\max} . Cette ouverture angulaire a correspond au cas d'un matériau parfaitement absorbant. Pour un matériau réel pour lequel l'absorption peut être inférieure à 100 %, l'ouverture angulaire a peut être supérieure à la valeur obtenue à partir de la relation (1).

[0093] Le rapport h/w peut varier de 1 à 10, voire être supérieur à 10. Le pas p peut varier de 1 μm à 500 μm , de préférence de 1 μm à 100 μm , plus préférentiellement de 10 μm à 50 μm , par exemple égal à environ 15 μm . La hauteur h peut varier de 0,1 μm à 1 mm, de préférence de 1 μm à 130 μm , plus préférentiellement de 10 μm à 130 μm ou de 1 μm à 20 μm . La largeur w peut varier de 0,1 μm à 100 μm , de préférence de 1 μm à 10 μm , par exemple égale à environ 2 μm . Les trous 18 peuvent avoir tous la même largeur w . A titre de variante, les trous 18 peuvent avoir des largeurs w différentes.

[0094] Les microlentilles 14 sont des lentilles convergentes ayant chacune une distance focale f comprise entre 1 μm et 100 μm , de préférence entre 5 μm et 50 μm . Selon un mode de réalisation, toutes les microlentilles 14 sont sensiblement identiques. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur maximale des microlentilles 14 est comprise entre 1 μm et 20 μm .

[0095] La combinaison des microlentilles 14 et des trous 18 permet d'optimiser deux paramètres importants. Plus précisément, ceci permet d'augmenter la transmittance à incidence normale tout en diminuant l'angle de vue. Sans les microlentilles 14, optimiser ces deux paramètres exige des ouvertures au rapport largeur sur hauteur très faible et un facteur de remplissage important, ce qui est très difficile à réaliser en pratique. L'ajout des microlentilles 14 sur les trous 18 permet de relâcher la contrainte sur le facteur de forme des ouvertures et le facteur de remplissage.

[0096] La figure 3 est une vue en coupe d'une variante du système optique 5 représenté en figure 1 dans laquelle le système optique 5 comprend en outre un revêtement 20 recouvrant la matrice de microlentilles 14. Le revêtement 20 comprend par exemple un empilement de plusieurs couches, par exemple deux couches 22 et 24, et comprenant une face

supérieure 26, le revêtement 20 pouvant ne pas être présent, la face supérieure 26 correspondant alors à la face supérieure de la matrice de microlentilles 14. L'indice de réfraction de la couche 22 est inférieur à l'indice de réfraction n_1 de la matrice de microlentilles 14. A titre de variante, le revêtement 20 peut comprendre seulement la couche 22. Le rôle de la couche 22 est de protéger les microlentilles 14 et/ou de former une face sensiblement plane pour simplifier l'assemblage avec une couche supérieure non représentée. La couche 22 a de préférence un indice de réfraction inférieur à celui des microlentilles 14 afin de maintenir l'effet focalisant des microlentilles 14. Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction de la couche 22 est compris entre 1,2 et 1,5 et l'indice de réfraction des microlentilles 14 est compris entre 1,4 et 1,6.

[0097] La figure 4 est une vue en coupe d'une variante du système optique 5 représenté en figure 3 dans laquelle le revêtement 20 comprend seulement la couche 24 qui correspond à un film appliqué contre la matrice de microlentilles 14. Dans ce cas, la zone de contact entre la couche 24 et les microlentilles 14 peut être réduite, par exemple limitée aux sommets des microlentilles 14. La couche 24 peut servir à protéger les microlentilles 14 et/ou former une face sensiblement plane pour simplifier l'assemblage avec une couche supérieure non représentée. La couche 24 peut aussi être une couche adhésive pour assembler le système optique 5 à une couche supérieure.

[0098] La figure 5 est une vue en coupe d'une autre variante du système optique 5 représenté en figure 1 dans laquelle la couche à ouvertures 10 comprend une couche opaque 28 supplémentaire recouvrant la couche opaque 16, du côté de la couche opaque 16 opposé aux microlentilles 14, et traversée par des trous 30 situés dans le prolongement des trous 18.

[0099] La figure 6 est une vue en coupe d'une variante du système optique 5 représenté en figure 5 dans laquelle la couche à ouvertures 10 comprend une couche intermédiaire 32, transparente au rayonnement utile, interposée entre les couches opaques 16 et 28. De façon générale, la couche à ouvertures 10 peut comprendre un empilement de plus de deux couches opaques, chaque couche opaque étant traversée par des trous, les couches opaques de chaque paire de couches opaques adjacentes étant espacées ou non par une ou des couches transparentes.

[0100] La figure 7 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'une variante du système optique 5 du mode de réalisation représenté en figure 1 dans laquelle la section droite des trous 18 n'est pas constante. Dans le mode de réalisation illustré en figure 7, la section droite de chaque trou 18 diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des microlentilles 14. Selon un mode de réalisation, les trous 18 ont une forme sensiblement tronconique. Selon un mode de réalisation, le diamètre des trous 18 du côté de la face 11 est compris entre 2 μm et 10 μm et le diamètre des trous 18 du côté de la face 13 est compris entre 1 μm et 5 μm .

[0101] La figure 8 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'une variante du système optique 5 du mode de réalisation représenté en figure 1 dans laquelle la couche à ouvertures 10 comprend une couche de base 34 en un premier matériau au moins en partie transparent au rayonnement utile et recouvert d'un revêtement 36 opaque au rayonnement utile, par exemple absorbante et/ou réfléchissante par rapport au rayonnement utile. Le premier matériau peut être une résine. Le deuxième matériau peut être un métal, par exemple de l'aluminium (Al) ou du chrome (Cr), un alliage métallique ou un matériau organique. Ce matériau peut recouvrir les parois

des trous comme cela est représenté en figure 8, ou non en fonction des caractéristiques de la couche 16.

[0102] La figure 9 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'une autre variante du système optique 5 du mode de réalisation représenté en figure 1 dans laquelle une couche réfléchissante 38 par rapport au rayonnement utile recouvre la face de la couche à ouvertures 10 opposée aux microlentilles 14. En figure 9, les trous 18 ont une forme adaptée aux microlentilles 14, par exemple sensiblement cylindriques. La couche réfléchissante 38 peut être une couche métallique, par exemple une couche d'aluminium (Al) ou de chrome (Cr).

[0103] La figure 10 est une figure analogue à la figure 9 pour des trous 18 de forme tronconique, le grand diamètre de chaque trou 18 étant orienté du côté des microlentilles 14.

[0104] La figure 11 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'une variante du système optique 5 du mode de réalisation représenté en figure 9 dans laquelle la couche réfléchissante 38 recouvre la face de la couche à ouvertures 10 opposée aux microlentilles 14 et éventuellement les parois latérales internes des trous 18.

[0105] Les modes de réalisation illustrés sur les figures 9, 10 et 11 permettent de façon avantageuse d'augmenter l'obstruction, soit par réflexion soit par absorption, du filtre angulaire 5 par rapport aux rayons lumineux obliques.

[0106] Selon un mode de réalisation, la couche 16 est en une résine photosensible positive, c'est-à-dire une résine photosensible pour laquelle la partie de la couche de résine exposée à un rayonnement devient soluble à un révélateur et où la partie de la couche de résine photosensible qui n'est pas exposée au rayonnement reste insoluble dans le révélateur. La couche opaque 16 peut être en résine colorée, par exemple

une résine DNQ-Novolaque colorée ou noire ou une résine photosensible DUV (sigle anglais pour Deep Ultraviolet). Les résines DNQ-Novolaque sont basées sur un mélange de diazonaphtoquinone (DNQ) et d'une résine novolaque (résine de phénolformaldéhyde). Les résines DUV peuvent comprendre des polymères basés sur les polyhydroxystyrènes.

[0107] Selon un autre mode de réalisation, la couche 16 est en une résine photosensible négative, c'est-à-dire une résine photosensible pour laquelle la partie de la couche de résine exposée à un rayonnement devient insoluble à un révélateur et où la partie de la couche de résine photosensible qui n'est pas exposée au rayonnement reste soluble dans le révélateur. Des exemples de résines photosensibles négatives sont des résines polymères à base d'epoxy, par exemple la résine commercialisée sous l'appellation SU-8, des résines acrylates et des polymères thiol-ène hors stoechiométrie (OSTE, sigle anglais pour Off-Stoichiometry thiol-enes polymer).

[0108] Selon un autre mode de réalisation, la couche 16 est en un matériau usinable au laser, c'est-à-dire un matériau susceptible de se dégrader sous l'action d'un rayonnement laser. Des exemples de matériaux usinables par laser sont le graphite, un film de métal de faible épaisseur (typiquement de 50 nm à 100 nm), des matériaux plastiques tels que le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA, sigle anglais pour poly(methyl methacrylate)), l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS) ou des films plastiques teintés comme le poly(téréphtalate d'éthylène) (PET, sigle anglais polyethylene terephthalate), le poly(naphtalate d'éthylène) (PEN, sigle anglais pour Polyethylene naphthalate), les polymères d'oléfine cyclique (COP, sigle anglais pour Cyclo Olefin Polymer) et les polyimides (PI).

[0109] En outre, à titre d'exemple, la couche 16 peut être en une résine noire absorbante dans le domaine visible et/ou

le proche infrarouge. Selon un autre exemple, la couche 16 peut en outre être en une résine colorée absorbant la lumière visible d'une couleur donnée, par exemple la lumière bleue, verte, cyan ou la lumière infrarouge. Ceci peut être le cas lorsque le système optique 5 est utilisé avec un capteur d'images qui est sensible seulement à la lumière de couleur donnée. Ceci peut en outre être le cas lorsque le système optique 5 est utilisé avec un capteur d'images qui est sensible à la lumière visible et qu'un filtre de la couleur donnée est interposé entre le capteur d'image et l'objet à détecter.

[0110] Lorsque la couche à ouvertures 10 est formée d'un empilement d'au moins deux couches opaques 16, 28, chaque couche opaque peut être dans l'un des matériaux cités précédemment, les couches opaques pouvant être dans des matériaux différents.

[0111] Les trous 18, 30 peuvent être remplis d'un matériau solide, liquide ou gazeux, notamment de l'air, au moins partiellement transparent au rayonnement utile, par exemple du polydiméthylsiloxane (PDMS). A titre de variante, les trous 18, 30 peuvent être remplis par un matériau partiellement absorbant afin de filtrer en longueur d'onde les rayons du rayonnement utile. Le système optique 5 peut alors jouer en outre le rôle d'un filtre en longueur d'onde. Ceci permet de réduire l'épaisseur du système 5 par rapport au cas où un filtre coloré distinct du système optique 5 serait présent. Le matériau de remplissage partiellement absorbant peut être une résine coloré ou un matériau plastique coloré comme le PDMS.

[0112] Le matériau de remplissage des trous 18, 30 peut être sélectionné afin d'avoir une adaptation d'indice de réfraction avec la couche intermédiaire 12 en contact avec la couche à ouvertures 10, et/ou pour rigidifier la structure et

améliorer la tenue mécanique de la couche à ouvertures 10, et/ou pour augmenter la transmission à incidence normale. En outre, le matériau de remplissage peut aussi être un matériau adhésif liquide ou solide permettant l'assemblage du système optique 5 sur un autre dispositif, par exemple un capteur d'images. Le matériau de remplissage peut être aussi une colle époxy ou acrylate servant à l'encapsulation du dispositif sur une face duquel repose le système optique, par exemple un capteur d'images, en considérant que la couche 12 est un film d'encapsulation. Dans ce cas, la colle remplit les trous 18 et se trouve au contact de la face du capteur d'images. La colle permet également de laminer le système optique 5 sur le capteur d'images.

[0113] La couche intermédiaire 12, qui peut ne pas être présente, est au moins partiellement transparente au rayonnement utile. La couche intermédiaire 12 peut être en un polymère transparent, notamment en PET, en PMMA, en COP, en PEN, en polyimide, en une couche de polymères diélectriques ou inorganiques (SiN, SiO₂), ou en une couche de verre mince. Comme cela a été indiqué précédemment, la couche 12 et la matrice de microlentilles 14 peuvent correspondre à une structure monolithique. En outre, la couche 12 peut correspondre à une couche de protection du dispositif, par exemple un capteur d'images, sur lequel le système optique 5 est fixé. Si le capteur d'images est en matériaux organiques, la couche 12 peut correspondre à un film barrière étanche à l'eau et l'oxygène protégeant les matériaux organiques. A titre d'exemple, cette couche de protection peut correspondre à un dépôt de SiN de l'ordre de 1 µm sur la face d'un film de PET, PEN, COP, et/ou PI en contact de la couche à ouvertures 10. L'épaisseur de la couche intermédiaire 12 ou l'épaisseur du film d'air lorsque la couche intermédiaire 12 est remplacée par un film d'air est comprise entre 1 µm et 500 µm, de préférence entre 5 µm et 50 µm. Dans le cas où la couche

intermédiaire 12 correspond à un film d'un matériau solide, l'épaisseur de la couche intermédiaire 12 peut correspondre à l'épaisseur standard de films disponibles dans le commerce, par exemple 12 μm , 19 μm , 23 μm , 36 μm , 50 μm , 100 μm . S'il est souhaitée d'obtenir d'autres valeurs pour la distance séparant les microlentilles 14 de la couche à ouvertures 10, une possibilité consiste à former la matrice de microlentilles 14 sur une couche de base commune à toutes les microlentilles, la couche de base reposant sur la couche intermédiaire et permettant d'ajuster l'épaisseur totale de l'empilement comprenant la couche 12 et la couche de base.

[0114] Le revêtement 20 est au moins partiellement transparent au rayonnement utile. Le revêtement 20 peut avoir une épaisseur maximale comprise en 0,1 μm et 10 mm. La face supérieure 26 peut être sensiblement plane ou avoir une forme courbe.

[0115] Selon un mode de réalisation, la couche 22 est une couche qui épouse la forme des microlentilles 14. La couche 22 peut être obtenue à partir d'un adhésif optiquement transparent (OCA, sigle anglais pour Optically Clear Adhesive), notamment un adhésif optiquement transparent liquide (LOCA, sigle anglais pour Liquid Optically Clear Adhesive), ou un matériau à bas indice de réfraction, ou une colle epoxy / acrylate, ou à un film d'un gaz ou d'un mélange gazeux, par exemple de l'air. De préférence, lorsque la couche 22 épouse la forme des microlentilles 14, la couche 22 est en un matériau ayant un bas indice de réfraction, inférieur à celui du matériau des microlentilles 14. La couche 22 peut être en un matériau de remplissage qui est un matériau transparent non adhésif. Selon un autre mode de réalisation, la couche 22 correspond à un film qui est appliqué contre la matrice de microlentilles 14, par exemple un film OCA. Dans ce cas, la zone de contact entre la couche 22 et les

microlentilles 14 peut être réduite, par exemple limitée aux sommets des microlentilles. La couche 22 peut être alors composée d'un matériau ayant un indice de réfraction plus élevé que dans le cas où la couche 22 épouse les microlentilles 14. Selon un autre mode de réalisation, la couche 22 correspond à un film OCA qui est appliqué contre la matrice de microlentilles 14, l'adhésif ayant des propriétés qui permettent au film 22 d'épouser complètement ou sensiblement complètement la surface des microlentilles. Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction de la couche 22 est inférieur à l'indice de réfraction des microlentilles 14. Selon un mode de réalisation, la couche 24 peut être en l'un des matériaux indiqués précédemment pour la couche 22. La couche 24 peut ne pas être présente. L'épaisseur de la couche 24 est comprise entre 1 μm et 100 μm .

[0116] Selon un mode de réalisation, il y a autant de microlentilles 14 que de trous 18. De préférence, la disposition des microlentilles 14 suit la disposition des trous 18. En particulier, le pas entre les centres optiques de microlentilles 14 adjacentes est le même que le pas p des trous 18 décrit précédemment.

[0117] Selon un autre mode de réalisation, les microlentilles 14 peuvent être, en vue de dessus, à base polygonale, notamment carrée, rectangulaire, pentagonale ou hexagonale. De préférence, les microlentilles 14 sont, en vue de dessus, sensiblement jointives. Ceci permet de façon avantageuse d'augmenter la transmission du filtre à incidence normale. Selon un autre mode de réalisation, les microlentilles 14 peuvent être, en vue de dessus, à base circulaire ou ovale.

[0118] De préférence, les plans focaux des microlentilles 14 sont confondus. Les plans focaux des microlentilles 14 peuvent être situés sensiblement dans l'épaisseur de la couche opaque 16 ou à distance de la couche opaque 16. Selon un mode de

réalisation, les plans focaux des microlentilles sont situés à une distance de la face 11 comprise entre 0 et 1,5 fois l'épaisseur h de la couche opaque 16. Selon un mode de réalisation, les plans focaux des microlentilles sont situés sensiblement au niveau de la face inférieure 13 de la couche à ouvertures 10, par exemple sur la face inférieure 13 à 1 μm , de préférence à 0,5 μm près, plus préférentiellement à 0,1 μm près. Selon un mode de réalisation, lorsque la section droite des trous 18 n'est pas constante, la taille de l'entrée de chaque trou 18 du côté de la face 11 est égale ou légèrement supérieure au diamètre du faisceau lumineux réfracté par la microlentille dans le plan de la face 11 et la taille de chaque trou 18 du côté de la face 13 est égale ou légèrement supérieure à la surface de la lumière focalisée. Toutefois, la taille de l'entrée de chaque trou 18 du côté de la face 11 peut être réduite par rapport à ce qui a été décrit précédemment pour éviter le couplage avec de la lumière provenant de microlentilles voisines. En outre, la taille de chaque trou 18 du côté de la face 13 peut être réduite par rapport à ce qui a été décrit précédemment pour éviter le couplage avec de la lumière provenant de microlentilles voisines et/ou pour diminuer l'ouverture angulaire du filtre.

[0119] Selon un mode de réalisation, les microlentilles 14 ont toutes la même forme. Selon un autre mode de réalisation, les microlentilles 14 ont des formes différentes. Les microlentilles 14 peuvent être réalisées en silice, en PMMA, en une résine photosensible positive, en PET, en PEN, en COP, en PDMS/silicone, en résine époxy ou en acrylate. Les microlentilles 14 peuvent être formées par fluage de blocs d'une résine photosensible. Les microlentilles 14 peuvent en outre être formées par moulage, notamment par moulage UV ou moulage thermique, d'une couche de PET, PEN, COP, PDMS/silicone ou résine epoxy ou polymères acryliques.

[0120] Pour augmenter la transmittance du système optique 5, dans le cas où le diamètre de chaque trou 18 du côté de la face 11 est égal au diamètre du trou 18 du côté de la face 13, il est préférable que le plan de symétrie de la couche à ouvertures 10 se trouve dans le plan focal des microlentilles 14. Le plan de symétrie de la couche à ouvertures 10 est le plan équidistant des faces 11 et 13. L'angle de vue "a" de la couche à ouvertures 10 est choisi de façon que chaque ouverture 18 collecte le plus grand nombre de rayons provenant de la microlentille 14 associée tout en permettant le moins possible le passage de rayons provenant des lentilles voisines. Selon un mode de réalisation, l'angle d'ouverture "a" est choisi inférieur à $2 \cdot \arctan(D/2f)$ où D est le diamètre des bases des microlentilles dans le cas de microlentilles à base circulaire, et, de plus façon générale, la plus grande dimension de la base de la microlentille.

[0121] La figure 12 représente une courbe C1 d'évolution de la transmittance Tr d'un système optique 5 en l'absence du réseau de microlentilles 14 en fonction de l'angle d'incidence α d'un rayonnement incident collimaté, les incidences initiale et finale décrites précédemment étant alors confondues. La transmittance Tr_0 à incidence normale est la transmittance pour une incidence α égale à 0° . La transmittance Tr_∞ aux forts angles est la limite vers laquelle tend la transmittance Tr lorsque l'incidence α tend vers $\pm 90^\circ$. La transmittance Tr_∞ aux forts angles est représentative de la transparence du matériau formant la couche 16 en tenant compte du fait que la réflectivité en surface de la couche 16 augmente aux forts angles. Dans l'exemple illustré en figure 12, la transmittance Tr_∞ aux forts angles est sensiblement égale à 5 %. Selon un mode de réalisation, l'indice de réfraction n_3 de la couche 16 est inférieur strictement à l'indice de réfraction n_2 de la couche intermédiaire 12. Selon un autre mode de réalisation, l'indice de réfraction n_3 de la

couche 16 est supérieur strictement à l'indice de réfraction n_2 de la couche intermédiaire 12. Pour un matériau complètement opaque au rayonnement utile, la transmittance Tr^∞ aux forts angles est sensiblement égale à 0 %. On appelle angle de vue (FWHM, sigle anglais pour Full Width at Half Maximum) la largeur en valeur angulaire à mi-hauteur de la courbe C1. Le couplage optique (en anglais crosstalk) pour une ouverture 18 considérée du système optique 5 est égal au rapport entre l'intensité lumineuse à la sortie d'une ouverture 18 adjacente à l'ouverture considérée et l'intensité lumineuse qui entre dans l'ouverture considérée.

[0122] La figure 13 illustre les différences de propriétés optiques entre le filtre angulaire de la figure 1, représenté en partie gauche de la figure 13 et dont les trous 18 sont cylindriques, et le filtre angulaire de la figure 7, représenté en partie gauche de la figure 13 et dont les trous 18 sont tronconiques. Pour des structures identiques par ailleurs, la décroissance de la transmission de lumière en fonction de l'incidence initiale des rayons R est plus lente pour le filtre angulaire à trous cylindriques que pour le filtre angulaire à trous tronconiques. La sélectivité angulaire du filtre angulaire à trous cylindriques est donc inférieure à la sélectivité angulaire du filtre angulaire à trous tronconiques. De façon générale, la forme des trous 18 peut être adaptée notamment en fonction de la sélectivité angulaire recherchée.

[0123] La figure 14 est une vue analogue à la figure 1 illustrant une autre propriété optique du système optique 5. Selon un mode de réalisation, le couplage entre trous 18 voisins est réduit par la sélection du matériau composant la couche intermédiaire 12 et du matériau de remplissage des trous 18 de façon à obtenir une réflexion totale à l'interface entre la couche intermédiaire 12 et les trous 18 pour les

rayons dont l'incidence finale est élevée. Pour obtenir une réflexion totale à cette interface, l'indice de réfraction n_4 doit être inférieur à l'indice de réfraction n_2 . Une réflexion totale est obtenue à l'interface entre la couche intermédiaire 12 et les trous 18 pour les rayons dont l'incidence finale est supérieure à un angle d'incidence minimal α_{\min} qui est défini par la relation (2) :

$$[0124] \quad \alpha_{\min} = \arcsin(n_4/n_2) \quad (2)$$

[0125] En outre, Selon un mode de réalisation, pour limiter le couplage de lumière entre trous 18 voisins, l'arc tangente du rapport entre la moitié du pas des microlentilles 14 et l'épaisseur du support 12 est supérieur à α_{\min} .

[0126] A titre d'exemple, l'angle d'incidence minimal α_{\min} est égal à environ 42° lorsque les trous 18 sont remplis d'air (indice de réfraction n_4 égal à 1) et la couche intermédiaire 12 est en PMMA (indice de réfraction n_2 égal à 1,48) et l'angle d'incidence minimal α_{\min} est égal à environ 37° lorsque les trous 18 sont remplis d'air et la couche intermédiaire 12 est en PET (indice de réfraction n_2 égal à 1,65). Plus l'angle d'incidence minimal α_{\min} est faible, plus nombreuses sont les incidences possibles qui permettent une réflexion totale. Ceci permet notamment, pour une épaisseur donnée de la couche intermédiaire 12, de réduire le pas entre microlentilles 14 voisines en réduisant le couplage de lumière entre trous 18 voisins. En outre, si l'indice de réfraction n_1 est inférieur à l'indice de réfraction n_2 , la couche intermédiaire 12 devient un élément guidant pour la lumière ce qui permet d'évacuer la lumière non transmise à travers les trous 18 sur les bords latéraux du filtre angulaire 5 après guidage et atténuation dans l'épaisseur de la couche intermédiaire 12.

[0127] La transmittance à incidence normale Tr_0 dépend notamment du facteur de remplissage des microlentilles 14, c'est-à-dire en vue de dessus le rapport entre la surface

occupée par les microlentilles 14 présentes dans une région sur la surface de cette région. En effet, la réduction des interstices séparant des microlentilles 14 adjacentes permet d'augmenter la transmittance à incidence normale Tr_0 .

[0128] La figure 15 est une vue en coupe d'un premier système optique 5 selon la configuration représentée en figure 3 représenté et utilisé pour réaliser des simulations. Pour le premier système optique 5, le pas des microlentilles 14 était de 20 μm . La matrice de microlentilles 14 comprenait une couche commune de 1,5 μm d'épaisseur sur laquelle repose les microlentilles dont l'épaisseur maximale était de 6,5 μm . Le rayon de courbure des microlentilles 14 était de 11,1 μm . Les microlentilles 14 sont immergées dans un milieu d'indice de réfraction égal à 1,34 comme le milieu 22 de la figure 3. L'épaisseur de la couche intermédiaire 12 était de 36 μm . Le diamètre d'entrée de chaque trou 18 était de 8 μm et le diamètre de sortie de chaque trou 18 était de 4 μm . L'épaisseur de la couche opaque 16 était de 15 μm . Les inventeurs ont déterminé par simulation que la transmittance à incidence normale obtenue était de 60 %.

[0129] La figure 16 représente une courbe C2 d'évolution de la transmittance normalisée du système optique 5 représenté en figure 15. L'angle de vue, défini comme l'angle à mi-hauteur du pic de transmittance angulaire normalisé, était de 2,2°.

[0130] Un deuxième système optique 5 selon la configuration représentée en figure 15 a été réalisé. Pour le deuxième système optique 5, le pas des microlentilles 14 était de 12 μm . La matrice de microlentilles 14 comprenait une couche commune de 1,5 μm d'épaisseur sur laquelle repose les microlentilles dont l'épaisseur maximale était de 2 μm . Le rayon de courbure des microlentilles 14 était de 9,9 μm . L'épaisseur de la couche intermédiaire 12 était de 19 μm . Les microlentilles 14

sont situées dans un milieu d'indice de réfraction égal à 1 comme cela est illustré en figure 1. Le diamètre d'entrée de chaque trou 18 était de 5 μm et le diamètre de sortie de chaque trou 18 était de 2 μm . L'épaisseur de la couche opaque 16 était de 10 μm . Les inventeurs ont déterminé par simulation que la transmittance à incidence normale obtenue était de 64 %.

[0131] La figure 17 représente une courbe C3 d'évolution de la transmittance normalisée du deuxième système optique 5. L'angle de vue était de 2,4°. La structure du premier système optique 5 avec milieu 22 à bas indice de réfraction permet d'éviter la présence d'un interstice d'air entre les microlentilles 14 et la partie à assembler sur le système optique 5. En revanche, la structure du deuxième système optique 5 sans milieu 22 nécessite un interstice d'air pouvant simplifier le procédé de fabrication et l'assemblage du système optique 5.

[0132] Pour les simulations décrites précédemment en relation avec les figures 16 et 17, les microlentilles 14 étaient sphériques, adjacentes et agencées selon un pavage hexagonal. Toutefois, une transmittance à incidence normale d'environ 80 % peut être obtenue si un facteur de remplissage des microlentilles de 100 % est utilisé, notamment comme cela est décrit plus en détail par la suite.

[0133] La figure 18 est une vue de dessus d'un mode de réalisation d'un agencement des microlentilles 14 dans lequel chaque microlentille 14 est à base circulaire. Dans le présent mode de réalisation, les microlentilles 14 sont agencées en rangées et en colonnes selon un pavage carré dans lequel, à l'exception de la périphérie du réseau de microlentilles, le bord 39 de chaque microlentille 14 est, en vue de dessus, inscrit dans un carré représenté en traits pointillés, chacun

de ces carrés ayant un côté commun avec quatre autres carrés. Un facteur de remplissage d'environ 78 % est alors obtenu.

[0134] La figure 19 est une vue de dessus d'un mode de réalisation d'un agencement des microlentilles 14 dans lequel chaque microlentille 14 est à base circulaire. Dans le présent mode de réalisation, les microlentilles 14 sont agencées selon un pavage hexagonal dans lequel, à l'exception de la périphérie du réseau de microlentilles, le bord de chaque microlentille 14 est inscrite, en vue de dessus, dans un hexagone représenté en traits pointillés, chacun de ces hexagones ayant un côté commun avec six autres hexagones. Les microlentilles 14 sont donc jointives sensiblement seulement en des points isolés. Un tel agencement permet d'atteindre un facteur de remplissage de 90 %, c'est-à-dire un facteur de remplissage plus important que celui pouvant être atteint avec un agencement de microlentilles 14 à base circulaire selon un pavage carré. Dans le cas où chaque microlentille 14 est sensiblement sphérique, le rayon de courbure de la microlentille est inférieur au pas P des microlentilles 14.

[0135] La figure 20 est une vue de dessus d'un mode de réalisation d'un agencement des microlentilles 14 dans lequel chaque microlentille 14 est à base circulaire. Dans le présent mode de réalisation, les microlentilles 14 sont agencées selon un pavage hexagonal dans lequel, à l'exception de la périphérie du réseau de microlentilles, le bord théorique 19 de chaque microlentille 14 est circonscrit à un hexagone en vue de dessus, chacun de ces hexagones ayant un côté commun avec six autres hexagones. Il y a alors chevauchement partiel entre microlentilles 14 adjacentes. Un tel agencement permet d'atteindre un facteur de remplissage de 100 %, c'est-à-dire un facteur de remplissage plus important que le pavage hexagonal illustré en figure 19. Selon un mode de réalisation, dans le cas où chaque microlentille 14 est sensiblement

sphérique, le rayon de courbure de la microlentille est supérieur à la moitié du pas P des microlentilles 14. Selon un mode de réalisation, dans le cas de microlentilles 14 asphériques, chaque microlentille a une constante conique égale à -1 et un rayon de courbure au centre compris entre 1/3 et 2/3 du pas des lentilles.

[0136] Dans les modes de réalisation décrits précédemment, chaque microlentille 14 est à base circulaire. Toutefois, des microlentilles autres que des microlentilles à base circulaire peuvent être utilisées. Selon un mode de réalisation, des microlentilles 14 à base carrée ou à base hexagonale peuvent être utilisées. Un tel agencement permet d'atteindre un facteur de remplissage d'environ 100 %. Il peut toutefois ne pas être souhaitable d'obtenir un facteur de remplissage trop important, notamment pour réduire le couplage de la lumière issue de deux microlentilles voisines.

[0137] La figure 21 comprend, en partie gauche, une vue en coupe d'une partie du système optique 5 de la figure 1 au niveau d'une microlentille 14 et d'une ouverture 18 de la couche à ouvertures 10 dans un mode de réalisation dans lequel la microlentille 14 est sphérique. La figure 21 comprend en outre, en partie droite, une vue de dessus de la tache de focalisation 40 obtenue avec la microlentille sphérique 14 représentée en partie gauche. En raison de l'aberration sphérique de la microlentille 14, les rayons à incidence initiale nulle ne se focalisent pas tous en un point unique. La tache de focalisation 40 peut alors présenter un contour flou. En outre, ceci peut entraîner une diminution de la transmittance Tr_0 à incidence nulle réellement obtenue par rapport à la transmittance Tr_0 à incidence nulle théorique dans la mesure où certains rayons, notamment ceux qui atteignent la microlentille 14 à sa périphérie, sont bloqués

par la couche à ouvertures 10. La sélectivité angulaire est en outre augmentée.

[0138] La figure 22 est une figure analogue à la figure 21 dans un mode de réalisation dans lequel chaque microlentille 14 est asphérique. Chaque microlentille 14 asphérique peut comprendre une portion centrale convexe 42 entourée par une portion périphérique concave ou convexe 44. La microlentille 14 asphérique permet d'obtenir une tache de focalisation 40 nette. En outre, la microlentille 14 asphérique permet d'augmenter la transmittance Tr_0 à incidence nulle par rapport au mode de réalisation dans lequel la microlentille est sphérique dans la mesure où la microlentille 14 asphérique permet d'augmenter le nombre de rayons qui ne sont pas bloqués par la couche à ouvertures 10. Selon un mode de réalisation, la portion périphérique 44 est convexe et le rayon de courbure de la portion périphérique 44 est inférieur au rayon de courbure de la portion centrale convexe 42 de la microlentille 14. En outre, la microlentille 14 asphérique permet de réduire les dimensions de la tache de focalisation 40 par rapport à une microlentille 14 sphérique, ce qui permet de réduire la largeur w des trous 18 et donc d'augmenter la sélectivité du filtre angulaire.

[0139] Selon un mode de réalisation, une couche d'un matériau réfléchissant peut être déposée sur les flancs de chaque ouverture 18. Selon un autre mode de réalisation, un procédé de rugosification des flancs des ouvertures 18 peut être mis en oeuvre. Il peut s'agir d'un procédé mettant en oeuvre un plasma. Selon un mode de réalisation, la rugosité arithmétique R_a des flancs des ouvertures 18 est comprise entre 10 nm et 1 μm .

[0140] Un exemple d'application du système optique 5 va maintenant être décrit pour un filtre angulaire d'un système d'acquisition d'images.

[0141] La figure 23 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système d'acquisition d'images 50 recevant un rayonnement 52. Le système d'acquisition d'images 50, comprend, du bas vers le haut en figure 23 :

- un capteur d'images 54 ayant une face supérieure 56 ; et
- le système optique 5 formant un filtre angulaire et recouvrant la face 56.

[0142] Selon un mode de réalisation, le capteur d'images 54 comprend, de bas en haut en figure 23 :

- un support 58 ;
- une matrice de capteurs de photons 60, également appelés photodétecteurs, recouvrant le support 58 ;
- une couche isolante électriquement 62 recouvrant la matrice de photodétecteurs 60 et interposée entre la matrice de photodétecteurs 60 et le système optique 5, la couche isolante 62 délimitant la face 56 ; et
- une couche transparente 64 servant d'adhésif entre la couche 62 et la couche à ouvertures 10.

[0143] Le capteur d'images 54 comprend, en outre, des pistes conductrices et des éléments de commutation, notamment des transistors, non représentés, permettant la sélection des photodétecteurs 60. Le système d'acquisition d'images 50 comprend, en outre, des moyens non représentés de traitement des signaux fournis par le capteur d'images 60, comprenant par exemple un microprocesseur.

[0144] En figure 23, les photodétecteurs sont représentés espacés d'un pas sensiblement constant. Les photodétecteurs 60 peuvent être réalisés en matériaux organiques. Les photodétecteurs 60 peuvent correspondre à des photodiodes organiques (OPD, de l'anglais Organic Photodiode), à des

photorésistances organiques. Les photodétecteurs 60 peuvent être réalisés en matériaux inorganiques. Les photodétecteurs 60 peuvent correspondre à des photodiodes en silicium monocristallin associées à une matrice de transistors CMOS ou à des photodiodes en silicium amorphe associées à une matrice de transistors CMOS. Selon un mode de réalisation, la surface du capteur d'images 54 en regard du système optique 5 et contenant les photodétecteurs 60 est supérieure à 1 cm^2 , de préférence supérieure à 5 cm^2 , plus préférentiellement supérieure à 10 cm^2 , en particulier supérieure à 20 cm^2 . La face supérieure 56 du capteur d'images 54 peut être sensiblement plane. A titre de variante, la face supérieure 56 du capteur d'images 54 peut être courbe.

[0145] La couche 62 est transparente au rayonnement utile. L'épaisseur de la couche 62 est comprise entre 10 nm et 50 μm . La couche 62 peut être composée d'au moins l'un des matériaux décrits précédemment pour les couches 22 et 24, en particulier dans le cas où la couche 24 est une couche adhésive. Selon un mode de réalisation, la couche 62 n'est pas présente. La couche 62 peut, en outre, être étanche à l'oxygène et/ou à l'eau. Selon un autre mode de réalisation, la couche 62 n'est pas présente et le système optique 62 est directement en contact avec la matrice de photodétecteurs 60.

[0146] Selon un mode de réalisation, chaque photodétecteur 60 est adapté à détecter un rayonnement électromagnétique dans une plage de longueurs d'ondes comprises entre 400 nm et 1100 nm. Tous les photodétecteurs 60 peuvent être adaptés à détecter un rayonnement électromagnétique dans la même plage de longueurs d'ondes. A titre de variante, les photodétecteurs 60 peuvent être adaptés à détecter un rayonnement électromagnétique dans des plages de longueurs d'ondes différentes.

[0147] Le filtre angulaire 5, recouvrant le capteur d'images 54, est adapté à filtrer le rayonnement incident 52 en fonction de l'incidence initiale du rayonnement 52 par rapport à la face supérieure 26, notamment pour que chaque photodétecteur 60 reçoive seulement les rayons dont l'incidence initiale par rapport à un axe perpendiculaire à la face supérieure 26 est inférieure un angle d'incidence initiale maximale inférieur à 45° , de préférence inférieur à 30° , plus préférentiellement inférieur à 20° , encore plus préférentiellement inférieur à 10° , en particulier inférieur à 5° . Le filtre angulaire 5 est adapté à bloquer les rayons du rayonnement incident dont l'incidence initiale par rapport à un axe perpendiculaire à la face supérieure 26 est supérieure à l'angle d'incidence initiale maximale.

[0148] Selon un mode de réalisation, les photodétecteurs 60 peuvent être répartis en rangées et en colonnes. En figure 23, le pas des photodétecteurs 60 est le même que le pas des trous 18. La couche à ouvertures 10 est alors de préférence alignée avec le capteur d'images 54 de façon que chaque trou 18 soit en regard d'un photodétecteur 60. Selon un mode de réalisation, le rapport entre l'aire de la section droite d'une ouverture 18 et l'aire en vue de dessus du photodétecteur 18 associé est compris entre $1/10$ et $1/2$. Selon un autre mode de réalisation, le pas p des trous 18 est plus petit que le pas des photodétecteurs 60 du capteur d'image 54, par exemple inférieur à la moitié du pas des photodétecteurs, de préférence inférieur au quart du pas des photodétecteurs, plus préférentiellement inférieur au dixième du pas des photodétecteurs 60. Dans ce cas, plusieurs trous 18 peuvent se trouver en regard d'un même photodétecteur 60. Selon un autre mode de réalisation, le pas p des trous 18 est plus grand que le pas des photodétecteurs 60 du capteur d'image 54. Dans ce cas, plusieurs photodétecteurs 60 peuvent se trouver en regard d'un même trou 18.

[0149] Un autre exemple d'application du système optique 5 va maintenant être décrit pour un dispositif de collimation d'un système d'éclairage ou d'affichage.

[0150] La figure 24 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système d'éclairage 70 fournissant une lumière collimatée. Le système d'éclairage 70 comprend, du bas vers le haut en figure 24 :

- une source lumineuse 72 émettant un rayonnement 74 non collimaté ; et

- le système optique 5 tel que décrit précédemment, recouvrant la source lumineuse 72 et recevant le rayonnement 74 émis par la source lumineuse 72, le revêtement 20 n'étant pas présent en figure 24, la couche à ouvertures 10 étant interposée entre la source lumineuse 72 et la matrice de microlentilles 14.

[0151] De préférence, le plan d'émission de la source lumineuse 72 est proche du plan focal du système optique 5, de préférence situé dans le plan focal du système optique 5 à 0,1 μm près. De plus, selon l'application envisagée, le facteur de forme (rapport hauteur sur largeur) des trous 18 de la couche 10 est assez élevé, de préférence supérieur à 5, pour qu'aucun rayon sortant d'une ouverture 18 en regard d'une microlentille 14 donnée ne traverse une microlentille voisine. En effet, dans ce cas, le rayon sortant ne serait pas collimaté. Comme mentionné précédemment, l'angle d'ouverture de la couche 10 peut être ajusté par le rapport de forme des ouvertures 18.

[0152] Dans le présent mode de réalisation, le système optique 5 joue le rôle d'un dispositif de collimation qui permet de collimater le rayonnement 74 fourni par la source lumineuse 72. En figure 24, la source lumineuse 72 est représentée avec une surface émissive sensiblement plane. A titre de variante, la surface émissive de la source lumineuse

72 peut être courbe. En figure 24, la source lumineuse 72 est représentée comme une source continue s'étendant sous le système optique 5. Toutefois, il est clair que la source 72 peut comprendre des sources lumineuses disjointes, chacune de ces sources lumineuses disjointes pouvant être alignée avec l'un des trous 18.

[0153] Les figures 25 à 29 sont des vues en coupe, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique 5 représenté sur la figure 3.

[0154] La figure 25 représente la structure obtenue après la formation de la matrice de microlentilles 14 sur la couche intermédiaire 12. A titre de variante, la matrice de microlentilles 14 peut être formée sur un support différent de la couche intermédiaire 12, ce support étant retiré avant la formation de la couche intermédiaire 12 lorsque la couche intermédiaire 12 est présente, ou avant la formation de la couche à ouvertures 10 lorsque la couche intermédiaire 12 n'est pas présente. Selon un mode de réalisation, la fabrication des microlentilles 14 comprend la formation d'une couche du matériau composant les microlentilles 14 sur la couche intermédiaire 12 ou un autre support et la déformation de cette couche, par exemple au moyen d'une matrice pour former les microlentilles. Selon un autre mode de réalisation, les microlentilles 14 sont formées par moulage. En figure 25, les microlentilles 14 sont représentées de façon disjointes ou quasiment disjointes et adjacentes. A titre de variante, la matrice de microlentilles 14 peut comprendre une couche de base commune à toutes les microlentilles comme cela est représenté en figure 14.

[0155] La figure 26 représente la structure obtenue après la formation du revêtement 20 sur la matrice de microlentilles 14 lorsque ce revêtement 20 est présent. Lorsque le revêtement

20 n'est pas présent, les étapes décrites par la suite en relation avec la figure 27 peuvent être réalisées directement après les étapes décrites précédemment en relation avec la figure 25. Selon un mode de réalisation, la formation du revêtement 20 peut comprendre les étapes suivantes :

- déposer une couche liquide ou visqueuse du matériau composant la couche 22 sur la matrice de microlentilles 14. La couche liquide épouse ainsi la forme des microlentilles 14. Cette couche est de préférence autoplanarisante, c'est-à-dire qu'elle forme de façon automatique une face libre sensiblement plane ;

- faire durcir la couche liquide pour former la couche 22. Ceci peut comprendre une étape de réticulation du matériau composant la couche 22, notamment par réticulation thermique et/ou par irradiation par un faisceau ultraviolet ; et

- former la couche 24 sur la couche 22, ou au contact de la couche de microlentilles 14 lorsque la couche 22 n'est pas présente, par exemple par laminage d'un film sur la couche 22.

[0156] La figure 27 représente la structure obtenue après la formation de la couche opaque 16 sur la couche intermédiaire 12, du côté opposé à la matrice de microlentilles 14. La couche opaque 16 peut être déposée par voie liquide, par pulvérisation cathodique ou par évaporation. Il peut s'agir notamment de procédés du type dépôt à la tournette, revêtement par pulvérisation, héliographie, revêtement par filière (en anglais slot-die coating), revêtement à la lame (en anglais blade-coating), flexographie ou sérigraphie. Selon le procédé de dépôt mis en oeuvre, une étape de séchage du matériau déposé peut être prévue.

[0157] La figure 28 représente la structure obtenue au cours d'une étape d'exposition à un rayonnement 76 collimaté,

passant au travers des microlentilles 14, de parties 78 de la couche opaque 16 aux emplacements souhaités des trous 18.

[0158] La figure 29 représente la structure obtenue au cours d'une étape de révélation de la couche opaque 16 qui a entraîné la dissolution, dans un révélateur, des parties 78 de la couche opaque 16 exposées au rayonnement 76 incident, formant ainsi les trous 18. La couche à ouvertures 10 est ainsi obtenue. La composition du révélateur dépend de la nature de la résine photosensible positive qui a été utilisée.

[0159] Le procédé peut comprendre des étapes ultérieures comprenant le remplissage des trous 18 par un matériau de remplissage.

[0160] Le rayonnement utilisé pour exposer la couche opaque 16 dépend de la résine photosensible utilisée. A titre d'exemple, le rayonnement 76 est un rayonnement de longueurs d'ondes comprises approximativement entre 300 nm et 450 nm dans le cas d'une résine DNQ-Novolaque ou un rayonnement ultraviolet pour une résine photosensible DUV. La durée de l'exposition de la couche opaque 16 au rayonnement 76 dépend notamment du type de résine photosensible positive utilisée et, de préférence, est suffisante pour que les parties 78 exposées de la couche opaque 16 s'étendent sur toute l'épaisseur de la couche opaque 16.

[0161] L'exposition de la couche opaque 16 est réalisée au travers des microlentilles 14. La forme des trous 18 obtenus dépend notamment des propriétés d'absorption et de diffusion du matériau composant la couche 16 et de la forme du faisceau incident. Selon un mode de réalisation, la couche opaque 16 est de préférence située dans le plan focal des microlentilles 14 ou à proximité du plan focal des microlentilles 14. Selon un mode de réalisation, le rayonnement incident 76 qui atteint les microlentilles 14 est un rayonnement sensiblement collimaté de sorte qu'il est focalisé par chaque microlentille

14 sensiblement au niveau de la couche opaque 16 ou à proximité de la couche opaque 16. La couche opaque 16 peut être décalée par rapport au plan focal des microlentilles 14 de façon à obtenir des taches de dimensions souhaitées sur la couche opaque 16 lorsque la couche opaque 16 est exposée au rayonnement 76 au travers des microlentilles 14. De préférence, l'inclinaison du rayonnement 76 par rapport à la face supérieure 26 correspond sensiblement à l'inclinaison moyenne que forme le rayonnement destiné à être capté par les photodétecteurs avec la face supérieure 26 lors d'une utilisation normale du système d'acquisition d'image 5. Selon un mode de réalisation, le rayonnement 76 est sensiblement perpendiculaire à la face 26. Selon un autre mode de réalisation, le rayonnement 76 est incliné par rapport à une direction perpendiculaire à la face 26 permettant ainsi d'obtenir des trous 18 décalés par rapport aux microlentilles 14.

[0162] La figure 30 illustre un exemple de formes des parties 78 exposées lorsque le rayonnement 76 est fortement diffusé par le matériau composant la couche 16 et est focalisé sensiblement dans le plan de symétrie de la couche 16. Des trous 18 sensiblement cylindriques, tels que représentés en figure 29, peuvent être obtenus, c'est-à-dire que leur section droite est constante.

[0163] Toutefois, comme cela a été décrit précédemment, la section droite des trous 18 peut ne pas être constante. A titre d'exemple, les trous 18 peuvent avoir une forme tronconique.

[0164] La figure 31 illustre un exemple de formes des parties 78 exposées lorsque le rayonnement 76 est peu diffusé par le matériau composant la couche 16 et est focalisé sensiblement en aval de la couche 16 par rapport aux microlentilles 14.

Des trous 18 sensiblement tronconiques, tels que représentés en figure 7, peuvent être obtenus.

[0165] De façon générale, les paramètres de développement et d'exposition de la résine permettent d'ajuster le profil des trous. Selon un autre mode de réalisation, le rayonnement incident 76 présente une divergence, par exemple avec un angle de divergence supérieur à 1° , l'angle de divergence du rayonnement incident 76 qui atteint les microlentilles 14 étant alors ajusté pour moduler la largeur des trous 18 réalisés dans la couche 16.

[0166] Selon un autre mode de réalisation, notamment lorsque le revêtement 20 n'est pas présent, une couche d'un matériau d'indice de réfraction adapté peut être disposée de façon temporaire sur la matrice de microlentilles 14 pendant l'étape d'exposition pour modifier la distance focale des microlentilles 14 afin que les parties exposées 78 aient les dimensions souhaitées.

[0167] Selon un mode de réalisation, la source lumineuse émettant le rayonnement d'exposition 76 collimaté ou non peut être déplacée par rapport à la matrice de microlentilles 14 au cours de l'étape d'exposition en fonction de la forme souhaitée des trous 18, par exemple en modifiant l'inclinaison de la source lumineuse par rapport à une direction orthogonale à la face 26 et/ou en approchant ou éloignant la source lumineuse de la matrice de microlentilles 14. A titre d'exemple, la source lumineuse émettant le rayonnement d'exposition 76 peut être déplacée selon une boucle, ce qui permet d'obtenir des trous 18 de section droite annulaire. De telle forme de trous permet notamment la réalisation d'un filtre angulaire passe-bande autorisant le passage de rayons dont l'incidence initiale par rapport à une direction orthogonale à la face 26 est dans au moins une première plage d'incidences et à laisser passer des rayons dont l'incidence

par rapport à une direction orthogonale à la face 26 est dans au moins une deuxième plage d'incidences distincte de ladite au moins une première plage d'incidences.

[0168] Selon un mode de réalisation, les microlentilles 14 peuvent présenter des points de focalisation différents selon la longueur d'onde du rayonnement d'exposition 76. La couche 16 en résine photosensible peut être sensible à ces différentes longueurs d'onde. A titre de variante, lorsque la couche à ouvertures 10 comprend un empilement de plusieurs couches photosensibles 16, 28, chaque couche photosensible peut être sensible à un rayonnement à une longueur d'onde particulière. L'étape d'exposition peut alors comprendre l'exposition de la couche photosensible ou des couches photosensibles aux rayonnements à ces différentes longueurs d'onde pour obtenir des trous 18, 30 de forme souhaitée.

[0169] Les figures 32 et 33 sont des vues en coupe, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives d'un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique 5 représenté sur la figure 3.

[0170] Les étapes initiales du présent mode de réalisation du procédé de fabrication comprennent les étapes décrites précédemment en relation avec les figures 25 à 29 à la différence que la couche 16 est remplacée par une couche du matériau destiné à remplir les trous 18 de la couche à ouvertures 10 et est réalisée en une résine photosensible négative qui est, en outre, transparente au rayonnement utile.

[0171] La figure 32 représente la structure obtenue au cours d'une étape de révélation de la couche de résine photosensible négative qui a entraîné la dissolution, dans un révélateur, des parties de la couche en résine photosensible négative qui n'ont pas été exposées au rayonnement 76 utilisé à l'étape d'exposition, les parties de la couche en résine photosensible négative exposées à l'étape d'exposition formant ainsi des

plots 80. La composition du révélateur dépend de la nature de la résine photosensible négative qui a été utilisée.

[0172] La figure 33 représente la structure obtenue après la formation de la couche opaque 16 entre les plots 80, par exemple par dépôt à la tournette, revêtement par pulvérisation, héliographie, revêtement par filière (en anglais slot-die coating), revêtement à la lame (en anglais blade-coating), flexographie ou sérigraphie. Selon un mode de réalisation, la couche opaque est déposée sur la totalité de la structure et notamment sur les plots 80, et les parties de la couche opaque recouvrant les plots 80 sont retirées, par exemple par des étapes de photolithographie, de gravure ou de décollage (en anglais lift-off). Les plots 80 délimitent ainsi les trous 18 dans la couche 16. La couche à ouvertures 10 est donc ainsi obtenue. Selon un mode de réalisation, la mise en oeuvre du procédé de lift-off peut nécessiter, pour chaque plot 80, que les dimensions de la base du plot 80, en contact avec la couche 12, soient plus petites que les dimensions du sommet du plot 80. La fabrication de plots 80 avec une telle forme peut être obtenue en prévoyant, lors de l'étape d'exposition de la couche de résine photosensible négative décrite précédemment en relation avec la figure 32, que les plans focaux des microlentilles 14 soient situés dans la couche 12.

[0173] Un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique 5 représenté sur la figure 3 comprend les étapes décrites précédemment en relation avec les figures 25 à 29 à la différence que la couche 16 est en un matériau susceptible de se dégrader sous l'action du rayonnement 76 notamment lorsque le rayonnement 76 correspond à un rayonnement laser. L'éclairement de ce rayonnement laser est suffisamment faible pour ne pas endommager la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique 14 et suffisamment élevé après collimation par la matrice

d'éléments optiques de taille micrométrique 14 pour dégrader la couche 16 au niveau des parties 78. A l'étape d'exposition décrite précédemment en relation avec la figure 28, les parties 78 exposées au rayonnement 76 sont donc détruites par ce rayonnement formant alors directement les trous 18. La couche à ouvertures 10 est donc ainsi obtenue.

[0174] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication du système optique peut correspondre à un procédé bobine à bobine (en anglais roll to roll). Selon un autre mode de réalisation, le procédé de fabrication du système optique peut correspondre à un procédé feuille à feuille.

[0175] Lorsque la couche à ouvertures 10 comprend un empilement d'au moins deux couches 16, 28 comprenant chacune des trous 18, 30, comme cela est représenté en figure 5 ou 6, la première couche 16 avec les trous 18 est réalisée dans un premier temps et la deuxième couche 28 avec les trous 30 est réalisée dans un deuxième temps, en tenant compte de la présence de la première couche 16, selon l'un quelconque des modes de réalisation de procédé de fabrication décrits précédemment.

[0176] De façon avantageuse, avec les modes de réalisation de procédé de fabrication décrits précédemment, l'alignement des trous 18 par rapport aux microlentilles 14 est obtenu de façon automatique par le procédé même de formation des trous 18. En outre, lorsque la couche à ouvertures 10 comprend un empilement d'au moins des première et deuxième couches opaques 16, 28 comprenant chacune des trous 18, 30, l'alignement des trous 30 de la deuxième couche opaque 28 par rapport aux trous 18 de la première couche opaque 16 est obtenu de façon automatique par le procédé même de formation des trous 30 de la deuxième couche opaque 28.

[0177] Selon un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du système optique 5 représenté sur les figures

1 et 2, la couche à ouvertures 10 et la matrice de microlentilles 14 sont réalisées séparément puis fixées l'une à l'autre. Dans ce cas, un mode de réalisation d'un procédé de fabrication de la couche à ouvertures 10 comprend le dépôt d'une couche de résine colorée sur un support, l'impression de motifs dans la couche de résine par photolithographie, et le développement de la couche de résine pour ne conserver que la couche à ouvertures 10. Un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication de la couche à ouvertures 10 comprend la formation, par des étapes de photolithographie, d'un moule en résine transparente de forme complémentaire de la forme souhaitée de la couche à ouvertures 10, le remplissage du moule par le matériau composant la couche à ouvertures 10, et le retrait de la structure obtenue du moule. Un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication de la couche à ouvertures 10 comprend la perforation d'un film coloré, par exemple un film en PDMS, PMMA, PEC, COP. La perforation peut être réalisée en utilisant un outil de micro-perforation comprenant par exemple des micro-aiguilles pour obtenir les dimensions des trous 18 et le pas des trous 18 souhaités.

[0178] Un mode de réalisation d'un procédé de fabrication de la couche à ouvertures 10 représentée sur la figure 8 comprend les étapes suivantes :

- dépôt d'une couche de résine positive sur un support, par exemple par dépôt à la tournette ou par revêtement par filière (en anglais slot die coating) ;
- impression des motifs de la couche à ouvertures 10 dans la couche de résine par photolithographie ;
- développement de la couche de résine pour ne conserver que la couche de base 34 comprenant les trous 18 ; et
- formation du revêtement 36 sur la couche de base 34 et sur les parois latérales des trous 18, notamment par un dépôt

sélectif, par exemple par évaporation, du deuxième matériau composant le revêtement 36 seulement sur la couche de base 34, ou par dépôt d'une couche du deuxième matériau composant le revêtement 36 sur la totalité de la structure, c'est à dire sur la couche de base 34, sur les parois latérales des trous 18 et au fond des trous 18, suivi du retrait du deuxième matériau présent au fond des trous 18.

[0179] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. L'homme de l'art comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation des couches à ouvertures 10 représentées sur les figures 5 à 11 peuvent être utilisés avec les modes de réalisation de la matrice de microlentilles 14 décrits précédemment en relation avec les figures 18, 19, 21 et 22.

[0180] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Système optique (5) comprenant une couche (16) comprenant une première face (11) destinée à recevoir un rayonnement et une deuxième face (13) opposée à la première face, ladite couche étant opaque audit rayonnement et comprenant des trous traversants ou partiellement traversants (18) ouverts sur la première face, le système optique comprenant une matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) recouvrant ladite couche, chaque élément optique étant configuré pour se comporter comme une lentille convergente de distance focale comprise entre 1 μm et 100 μm , la distance entre la surface à équidistance des première et deuxième faces et les points focaux des éléments optiques étant inférieure à deux fois l'épaisseur de ladite couche.
2. Système optique selon la revendication 1, configuré pour bloquer les rayons dudit rayonnement dont l'incidence par rapport à une direction orthogonale à la première face (11) est dans au moins une première plage d'incidences et à laisser passer des rayons dudit premier rayonnement dont l'incidence par rapport à une direction orthogonale à la première face est dans au moins une deuxième plage d'incidences distincte de ladite au moins une première plage d'incidences.
3. Système optique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) comprend une matrice de lentilles de taille micrométrique, une matrice de lentilles de Fresnel de taille micrométrique, un réseau de microlentilles à gradient d'indice de taille micrométrique, ou une matrice de réseaux de diffraction de taille micrométrique.

4. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) comprend une matrice de lentilles de taille micrométrique.
5. Système optique selon la revendication 4, dans lequel les plans focaux des lentilles (14) de taille micrométrique sont confondus.
6. Système optique selon la revendication 4 ou 5, dans lequel les lentilles (14) de taille micrométrique sont à base circulaire ou hexagonale et agencées selon un pavage hexagonal.
7. Système optique selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel les lentilles (14) de taille micrométrique sont à base carrée et agencées selon un pavage carré.
8. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) comprend une matrice de lentilles asphériques de taille micrométrique.
9. Système optique selon la revendication 8, dans lequel chaque lentille asphérique (14) comprend une portion centrale (42) entourée d'une portion périphérique (44) ayant un rayon de courbure supérieur au rayon de courbure de la portion centrale.
10. Système optique selon la revendication 9, dans lequel chaque lentille a une constante conique égale à -1 et un rayon de courbure au centre compris entre $1/3$ et $2/3$ du pas des lentilles.
11. Système optique selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel les lentilles sont des lentilles

sphériques et dans lequel le rayon de courbure des lentilles (14) est supérieur à la moitié du pas des lentilles et inférieur au pas des lentilles.

12. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant autant d'éléments optiques de taille micrométrique (14) que de trous (18), le pas entre les éléments optiques de taille micrométrique étant le même que le pas entre les trous.
13. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel, pour chaque trou (18), le rapport entre la hauteur du trou, mesurée perpendiculairement à la première face (11), et la largeur du trou, mesurée parallèlement à la première face, varie de 0,1 à 10.
14. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel les trous (18) sont agencés comme les éléments optiques (14), le pas (p) entre des trous adjacents d'une même rangée ou d'une même colonne variant de 1 μm à 500 μm .
15. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel la hauteur de chaque trou (18), mesurée selon une direction orthogonale à la première face (11), varie de 0,1 μm à 1 mm.
16. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel la largeur de chaque trou (18), mesurée parallèlement à la première face (11), varie de 0,1 μm à 100 μm .
17. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, comprenant un empilement (10) de ladite couche (16) comprenant lesdits trous traversants ou partiellement traversants (18) et d'une couche supplémentaire (28)

comprenant des trous supplémentaires traversants ou partiellement traversants (30) alignés avec lesdits trous.

18. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, comprenant en outre un revêtement (22) recouvrant la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14), la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) étant interposée entre le revêtement et ladite couche (16), l'indice de réfraction du revêtement (22) étant différent de l'indice de réfraction de l'air.
19. Système selon la revendication 18, dans lequel l'indice de réfraction du revêtement (22) est inférieur à l'indice de réfraction de la matrice d'éléments optiques de taille micrométriques (14).
20. Système selon la revendication 18 ou 19, dans lequel le revêtement (22) est au contact de la totalité de chaque élément optique.
21. Système optique selon la revendication 18 ou 19, dans lequel le revêtement (22) est en contact avec chaque élément optique uniquement au sommet dudit élément optique, et délimite un interstice d'air avec le reste dudit élément optique.
22. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, comprenant un support (12) entre la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14) et ladite couche (16).
23. Système optique selon la revendication 22, dans lequel l'indice de réfraction du support (12) est supérieur à l'indice de réfraction de ladite couche (16).

24. Système optique selon la revendication 22 ou 23, dans lequel l'indice de réfraction du support (12) est supérieur à l'indice de réfraction de la matrice d'éléments optiques de taille micrométrique (14).
25. Système optique selon l'une quelconque des revendications 22 à 24, dans lequel les trous (18) sont remplis d'un matériau solide, liquide ou gazeux d'indice de réfraction plus faible que l'indice de réfraction du support.
26. Système optique selon la revendication 25, dans lequel l'arc tangente du rapport entre la moitié du pas des éléments optiques de taille micrométrique (14) et l'épaisseur du support (12) est supérieur à l'arc sinus du rapport entre l'indice de réfraction du matériau remplissant les trous (18) et l'indice de réfraction du support.
27. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 26, dans lequel les trous (18) sont tronconiques.
28. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, dans lequel les points focaux des éléments optiques (14) sont situés dans la deuxième face (13) à 1 μm près.
29. Système optique selon la revendication 28, dans lequel, pour chaque trou (18), les dimensions du trou sur la première face (11) sont égales, ou supérieures, d'au plus 10 %, aux dimensions du rayonnement sur la première face focalisé par l'élément optique (14) en vis-à-vis du trou.
30. Système optique selon la revendication 28 ou 29, dans lequel, pour chaque trou (18), les dimensions du trou sur la deuxième face (13) sont égales, ou supérieures, d'au plus 10 %, aux dimensions sur la deuxième face du rayonnement focalisé par l'élément optique (14) en vis-à-vis du trou.

31. Système d'acquisition d'images (50) comprenant un capteur d'images (54) et un système optique (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 30 recouvrant le capteur d'images et formant un filtre angulaire.
32. Système d'acquisition d'images (50) selon la revendication 31, dans lequel le capteur d'images (54) comprend une matrice de photodétecteurs (60) et dans lequel le pas des éléments optiques (14) est inférieur à la moitié du pas des photodétecteurs.
33. Système d'éclairage ou d'affichage ou d'illumination (70) comprenant une source lumineuse (72) et un système optique (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 30 recouvrant la source lumineuse.
34. Système d'éclairage ou d'affichage ou d'illumination (70) selon la revendication 33, dans lequel la source lumineuse (72) comprend une zone d'émission d'un rayonnement (74) située, à 0,1 μm près, dans un plan contenant les points focaux des éléments optiques (14) et dans lequel, pour chaque trou (18), le rapport entre la hauteur du trou, mesurée perpendiculairement à la première face (11), et la largeur du trou, mesurée parallèlement à la première face, est supérieur à 5, d'où il résulte que le système optique joue le rôle d'un dispositif de collimation du rayonnement.

1/11

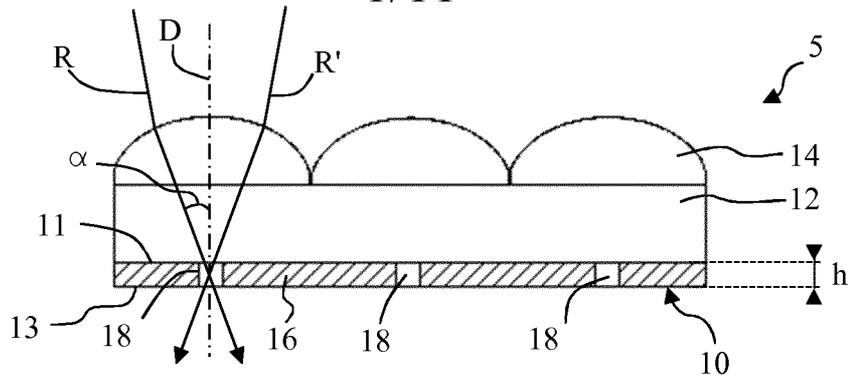


Fig 1

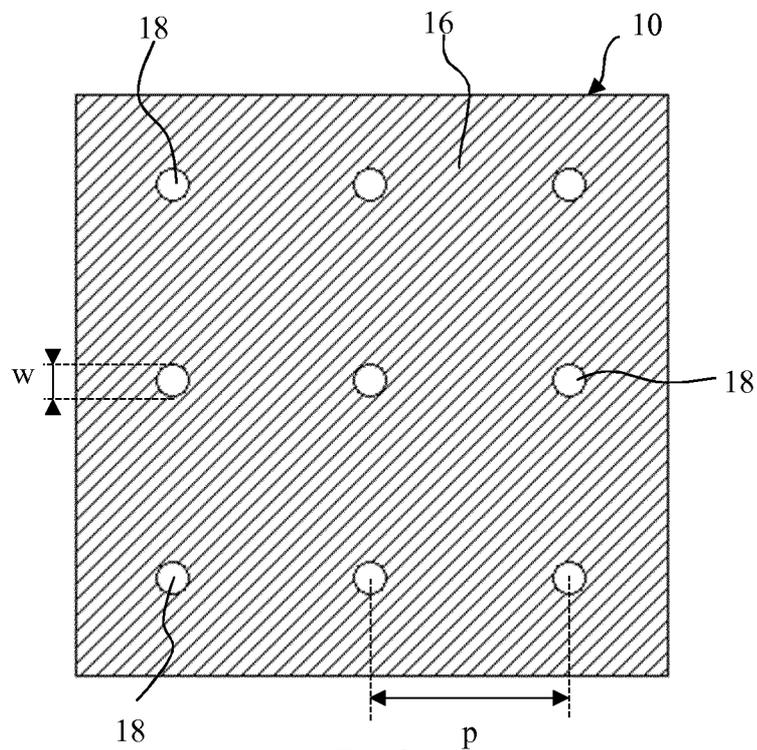


Fig 2

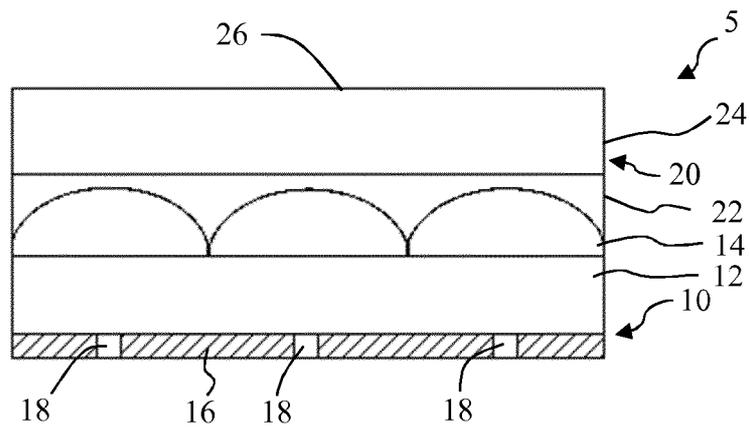


Fig 3

2/11

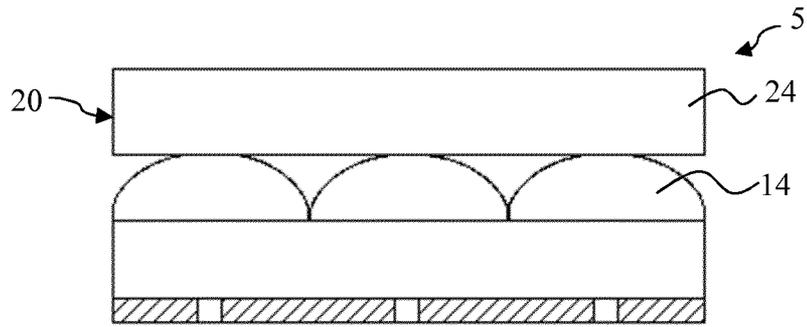


Fig 4

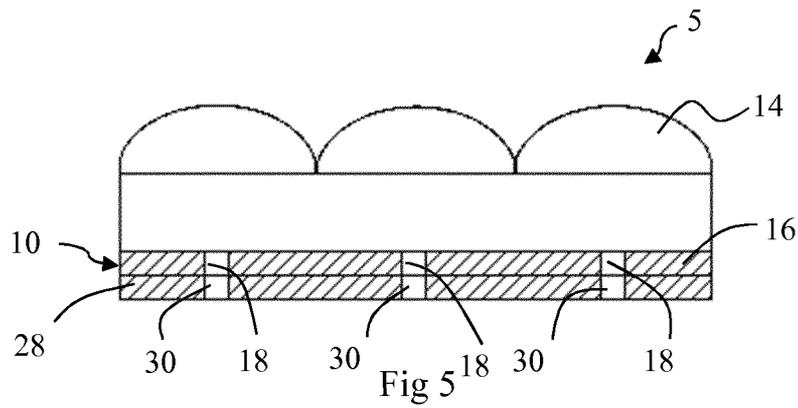


Fig 5

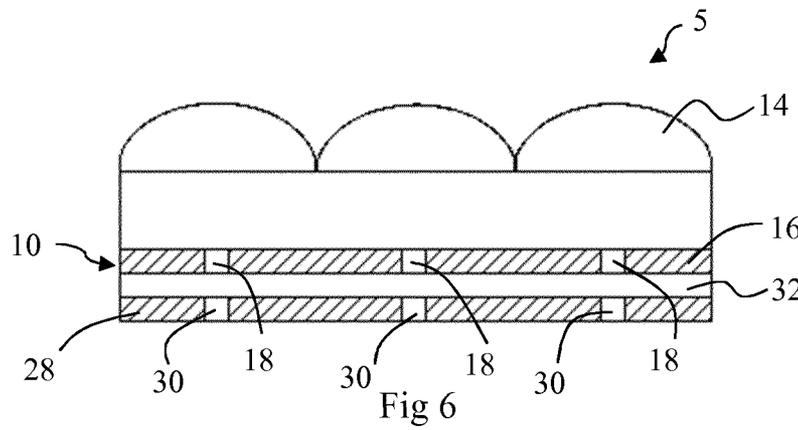


Fig 6

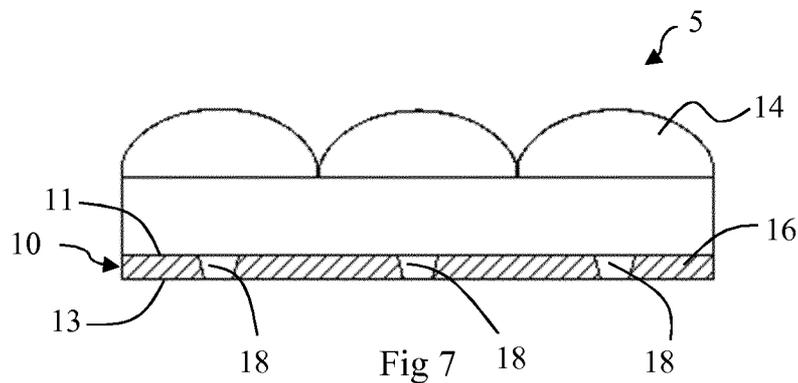
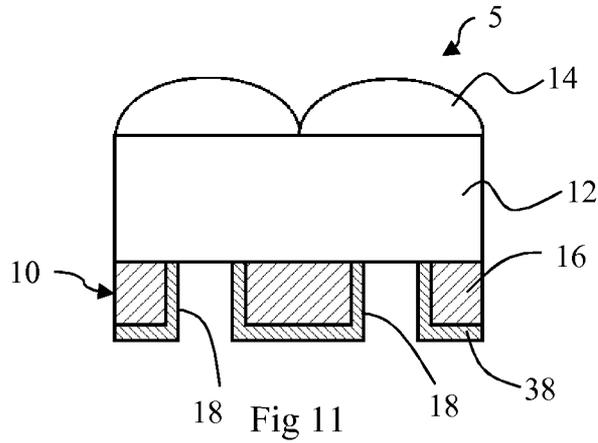
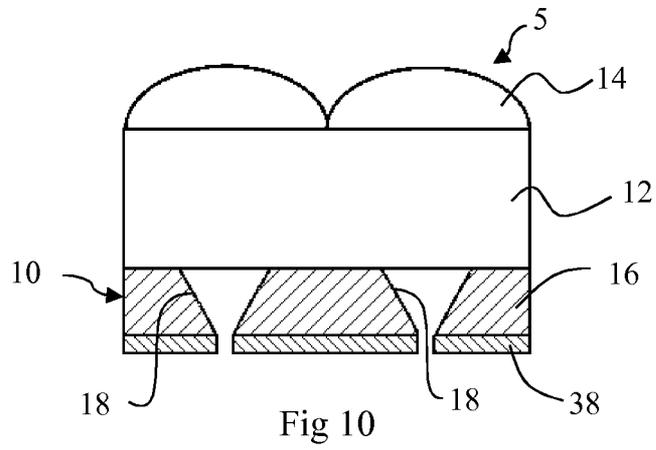
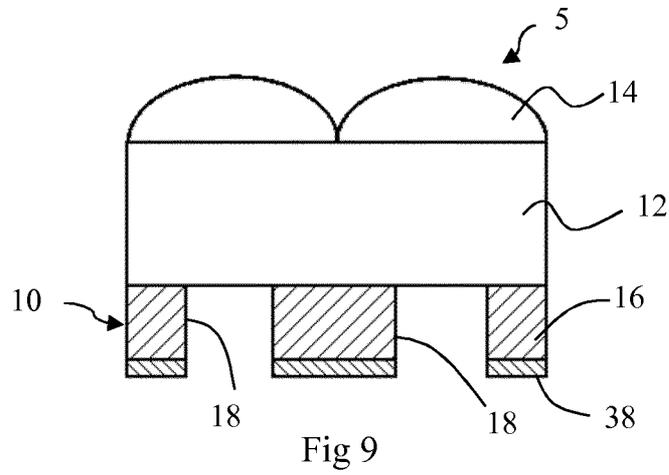
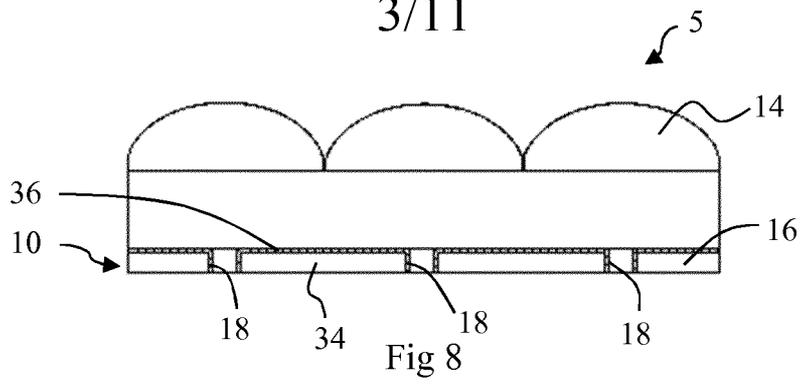


Fig 7

3/11



4/11

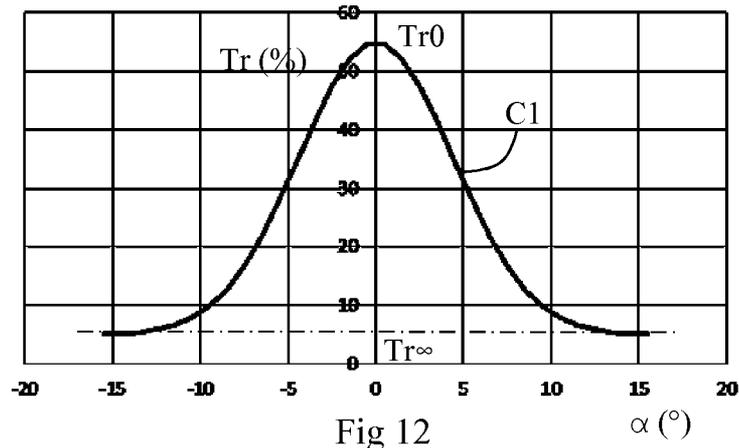


Fig 12

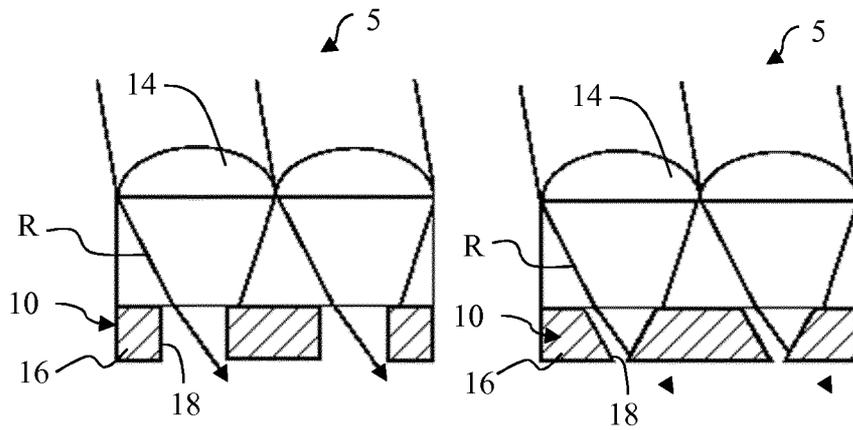


Fig 13

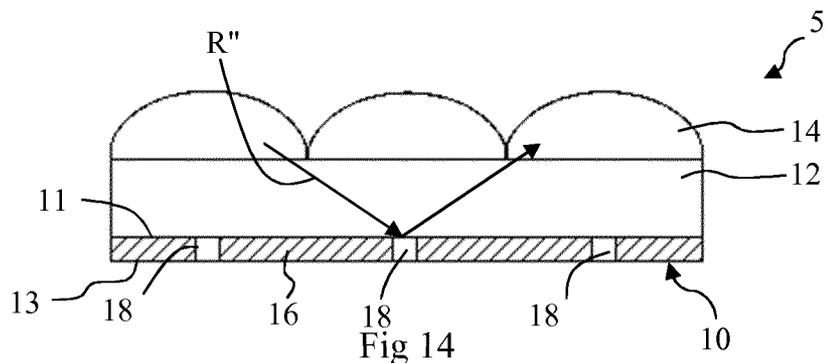


Fig 14

5/11

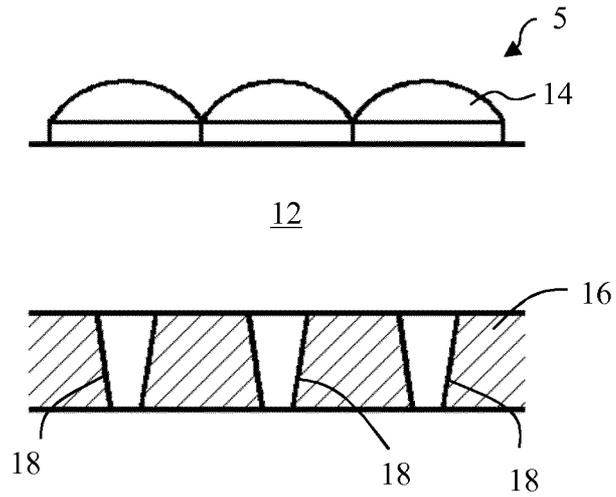


Fig 15

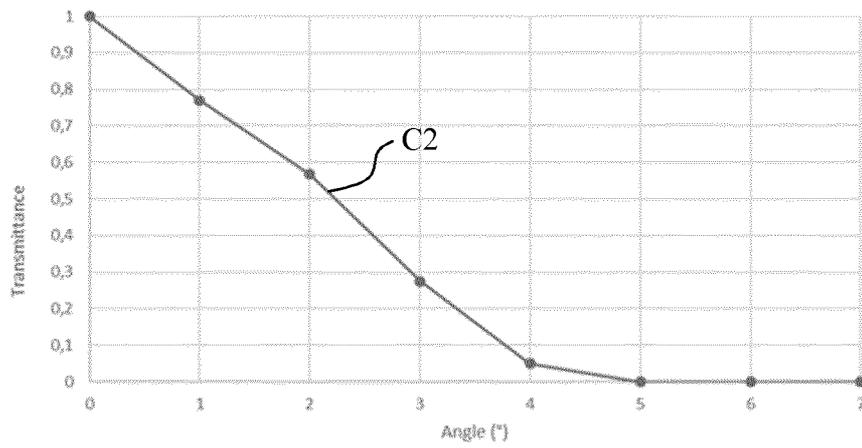


Fig 16

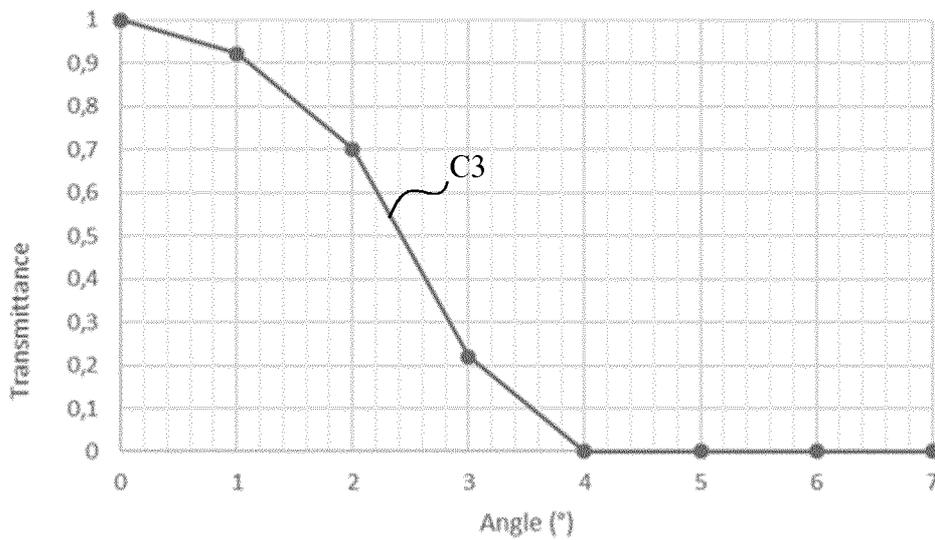


Fig 17

6/11

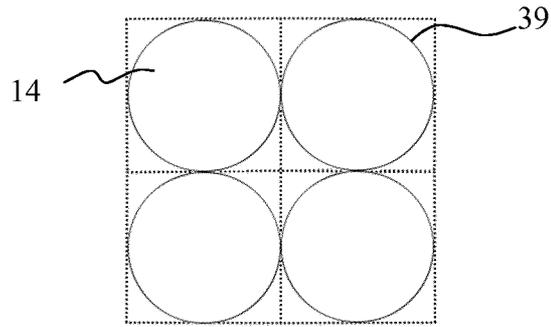


Fig 18

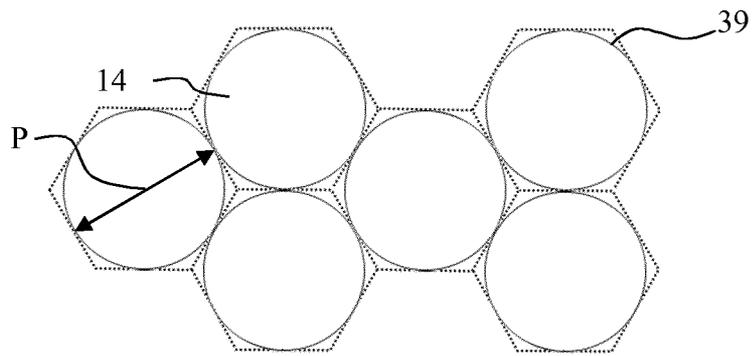


Fig 19

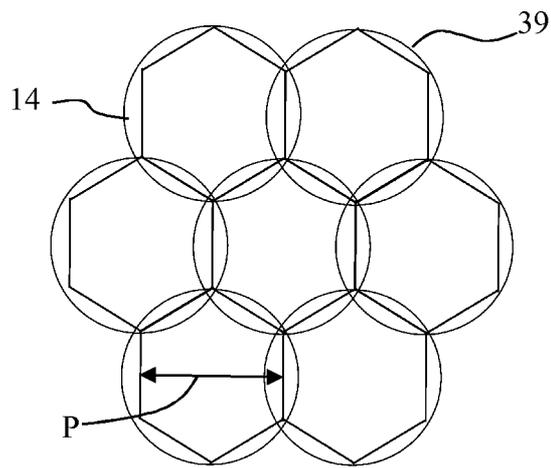


Fig 20

7/11

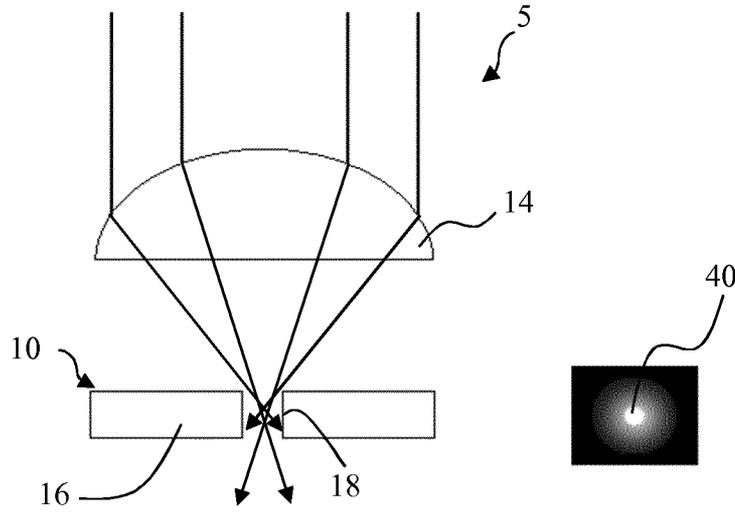


Fig 21

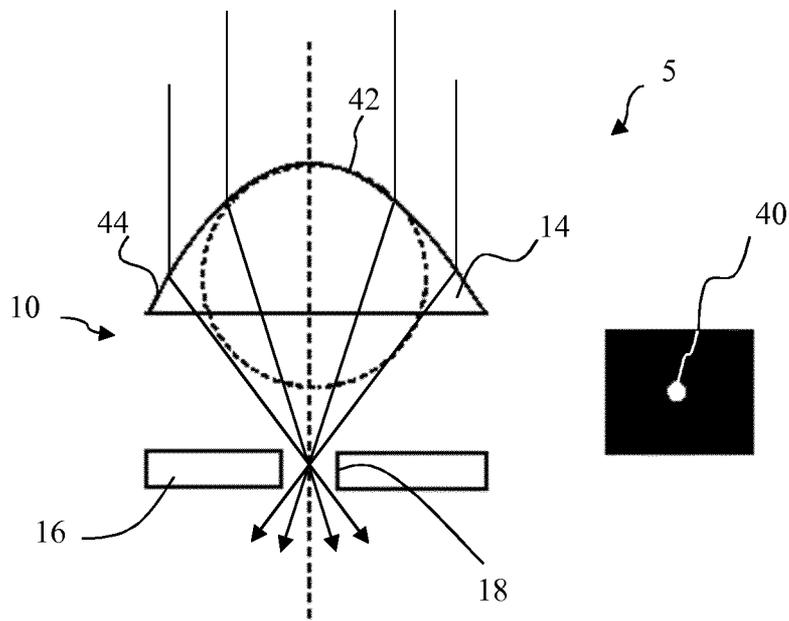


Fig 22

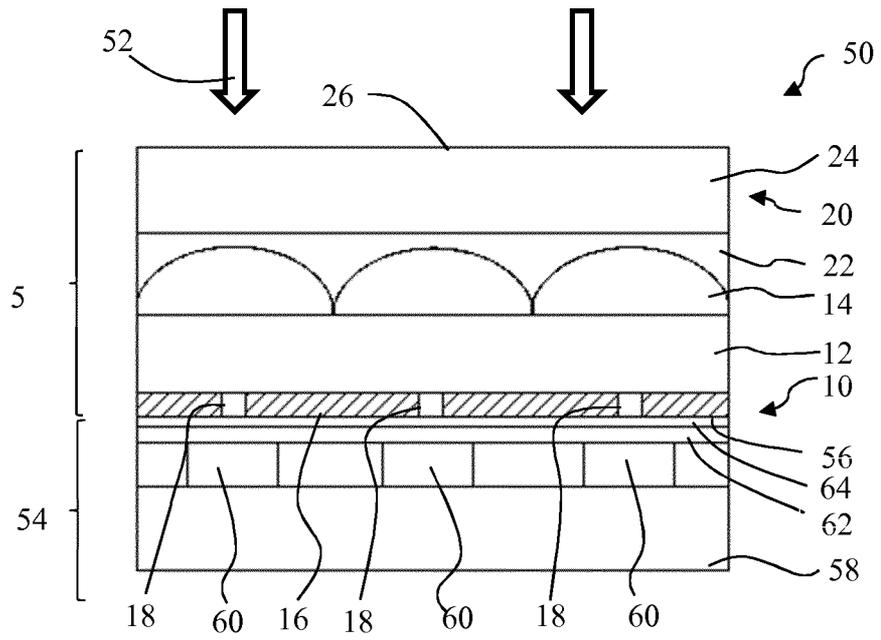


Fig 23

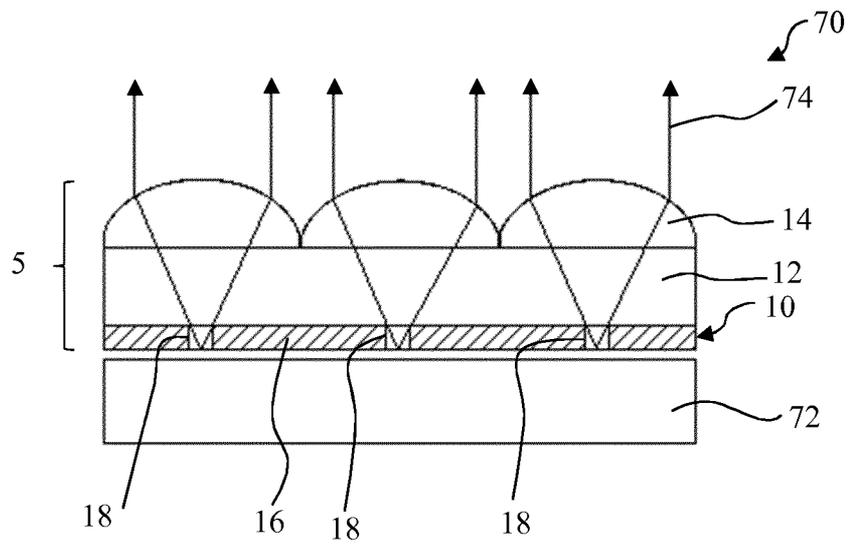


Fig 24

9/11

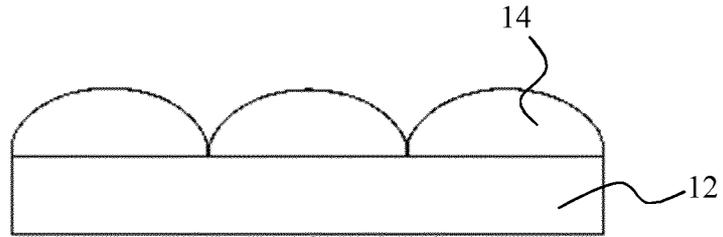


Fig 25

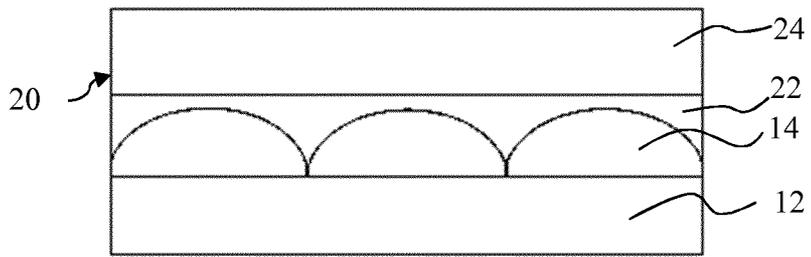


Fig 26

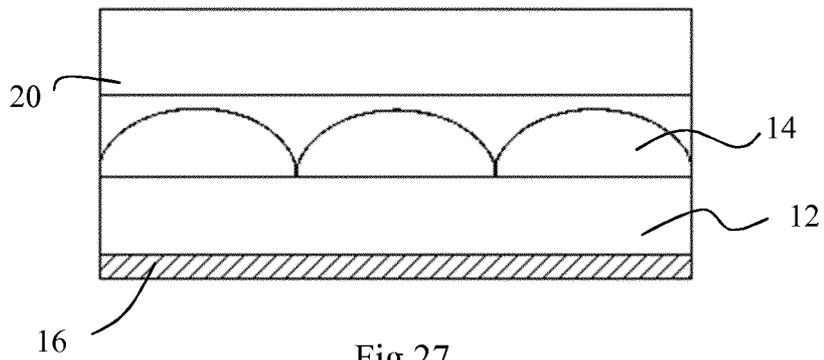


Fig 27

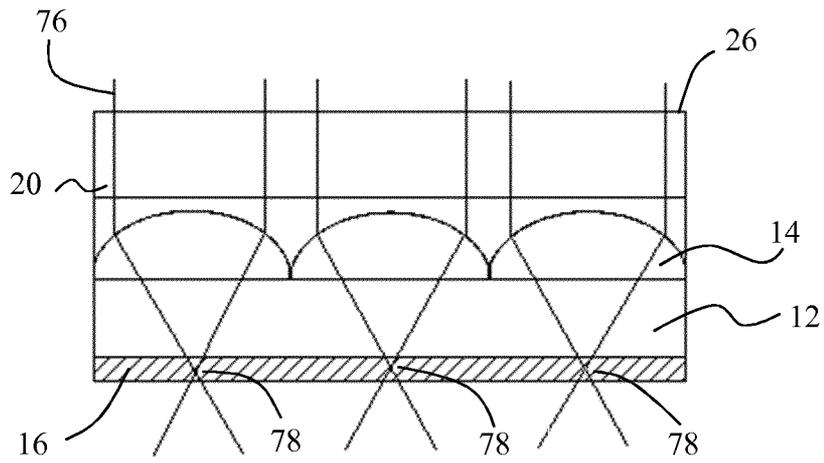


Fig 28

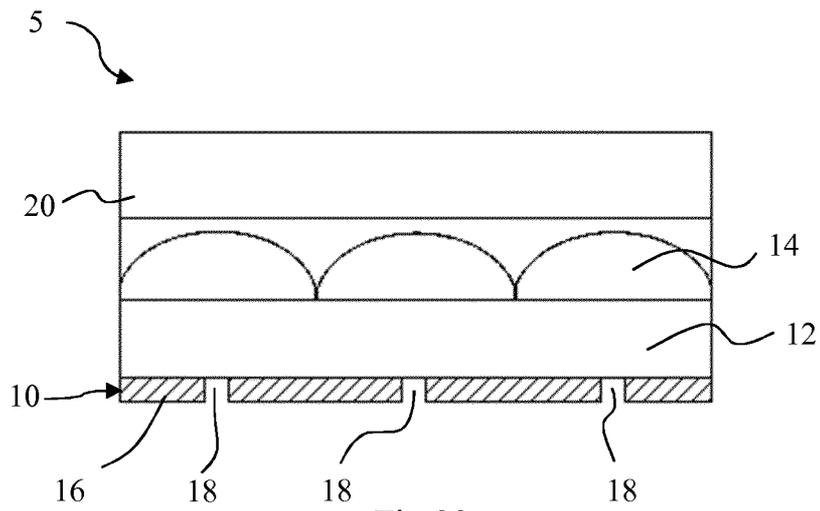


Fig 29

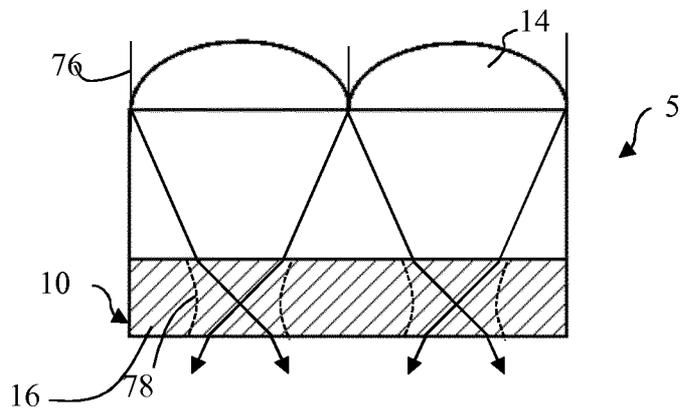


Fig 30

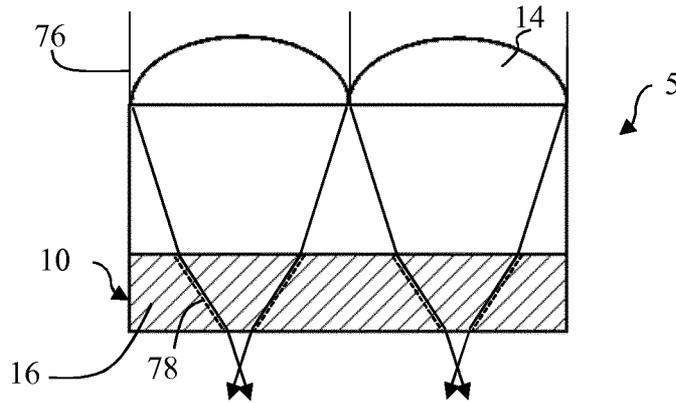


Fig 31

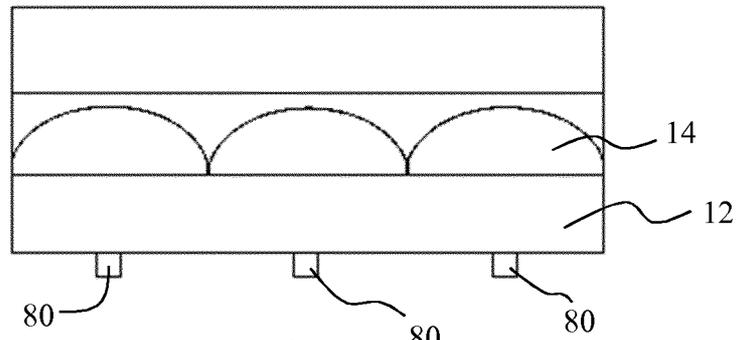


Fig 32

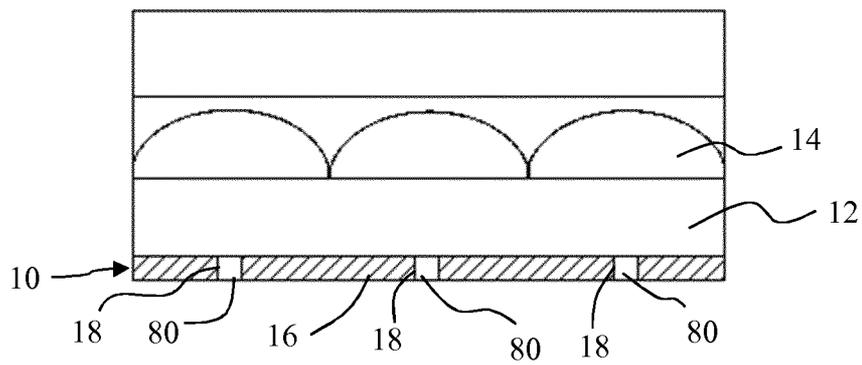


Fig 33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/069455

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 3/00</i> (2006.01)i; <i>G02B 5/20</i> (2006.01)i; <i>G06K 9/00</i> (2006.01)i; <i>H01L 27/146</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02B; G06K; H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2003202244 A1 (BRADY MICHAEL D [US] ET AL) 30 October 2003 (2003-10-30) abstract; figures 2b,6 paragraphs [0001] - [0005], [0010], [0043], [0044], [0078], [0079], [0082] - [0095], [0108], [0110] - [0116]	1-4,6,8-12,21-24, 26,28-30,33,34 18-20,25,34
X	US 2002145797 A1 (SALES TASSO R M [US]) 10 October 2002 (2002-10-10) abstract; figures 1,4,5,9,13,16,17,21 paragraphs [0001], [0002], [0017], [0023] - [0026], [0040], [0045], [0079] - [0081], [0084] - [0089], [0103], [0104], [0110] - [0117], [0122] paragraphs [0123], [0126], [0129], [0130], [0136] - [0139]; claim 36; table 2	1-4,6-16,21- 24,26,28-30,34
X Y	US 5514888 A (SANO YOSHIKAZU [JP] ET AL) 07 May 1996 (1996-05-07) abstract; figures 1-3,25 column 1, line 44 - column 2, line 31 column 4, line 47 - column 5, line 24 column 7, line 60 - column 11, line 10; claims 8,10,11	1-5,7,12-17,21,27,31 18-20,25,32,34
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 30 September 2019		Date of mailing of the international search report 14 October 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Blau, Gerd Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/069455

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6040591 A (OTSUKA YOUICHI [JP]) 21 March 2000 (2000-03-21) column 4, lines 7-16; figure 5 column 6, lines 41-51 column 7, lines 8-31	18-20,25
Y	US 2017357840 A1 (CHEN I-HSIU [TW] ET AL) 14 December 2017 (2017-12-14) abstract; figures 2,10 paragraphs [0033] - [0035], [0045], [0046]	32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/069455

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2003202244	A1	30 October 2003	JP	4226329	B2	18 February 2009
				JP	2004526993	A	02 September 2004
				KR	20030074795	A	19 September 2003
				US	2002177082	A1	28 November 2002
				US	2003202244	A1	30 October 2003
				WO	02063392	A1	15 August 2002
US	2002145797	A1	10 October 2002	AU	2002258402	A1	08 October 2002
				EP	1366388	A2	03 December 2003
				JP	2004537061	A	09 December 2004
				JP	2009080490	A	16 April 2009
				KR	20040047744	A	05 June 2004
				US	2002145797	A1	10 October 2002
				WO	02077672	A2	03 October 2002
US	5514888	A	07 May 1996	DE	69320113	D1	10 September 1998
				DE	69320113	T2	11 March 1999
				EP	0576144	A1	29 December 1993
				US	5514888	A	07 May 1996
US	6040591	A	21 March 2000	JP	H10270672	A	09 October 1998
				KR	19980080644	A	25 November 1998
				US	6040591	A	21 March 2000
US	2017357840	A1	14 December 2017	CN	107480579	A	15 December 2017
				US	2017357840	A1	14 December 2017

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/069455

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G02B3/00 G02B5/20 G06K9/00 H01L27/146 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G02B G06K H01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2003/202244 A1 (BRADY MICHAEL D [US] ET AL) 30 octobre 2003 (2003-10-30)	1-4,6, 8-12, 21-24, 26, 28-30, 33,34
Y	abrégé; figures 2b,6 alinéas [0001] - [0005], [0010], [0043], [0044], [0078], [0079], [0082] - [0095], [0108], [0110] - [0116] ----- -/--	18-20, 25,34
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 30 septembre 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 14/10/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Blau, Gerd

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>US 2002/145797 A1 (SALES TASSO R M [US]) 10 octobre 2002 (2002-10-10)</p> <p>abrégé; figures 1,4,5,9,13,16,17,21 alinéas [0001], [0002], [0017], [0023] - [0026], [0040], [0045], [0079] - [0081], [0084] - [0089], [0103], [0104], [0110] - [0117], [0122], alinéas [0123], [0126], [0129], [0130], [0136] - [0139]; revendication 36; tableau 2</p>	<p>1-4, 6-16, 21-24, 26, 28-30,34</p>
X	<p>US 5 514 888 A (SANO YOSHIKAZU [JP] ET AL) 7 mai 1996 (1996-05-07)</p>	<p>1-5,7, 12-17, 21,27,31</p>
Y	<p>abrégé; figures 1-3,25 colonne 1, ligne 44 - colonne 2, ligne 31 colonne 4, ligne 47 - colonne 5, ligne 24 colonne 7, ligne 60 - colonne 11, ligne 10; revendications 8,10,11</p>	<p>18-20, 25,32,34</p>
Y	<p>US 6 040 591 A (OTSUKA YOUICHI [JP]) 21 mars 2000 (2000-03-21) colonne 4, lignes 7-16; figure 5 colonne 6, lignes 41-51 colonne 7, lignes 8-31</p>	<p>18-20,25</p>
Y	<p>US 2017/357840 A1 (CHEN I-HSIU [TW] ET AL) 14 décembre 2017 (2017-12-14) abrégé; figures 2,10 alinéas [0033] - [0035], [0045], [0046]</p>	<p>32</p>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/069455

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003202244	A1	30-10-2003	JP 4226329 B2	18-02-2009
			JP 2004526993 A	02-09-2004
			KR 20030074795 A	19-09-2003
			US 2002177082 A1	28-11-2002
			US 2003202244 A1	30-10-2003
			WO 02063392 A1	15-08-2002

US 2002145797	A1	10-10-2002	AU 2002258402 A1	08-10-2002
			EP 1366388 A2	03-12-2003
			JP 2004537061 A	09-12-2004
			JP 2009080490 A	16-04-2009
			KR 20040047744 A	05-06-2004
			US 2002145797 A1	10-10-2002
			WO 02077672 A2	03-10-2002

US 5514888	A	07-05-1996	DE 69320113 D1	10-09-1998
			DE 69320113 T2	11-03-1999
			EP 0576144 A1	29-12-1993
			US 5514888 A	07-05-1996

US 6040591	A	21-03-2000	JP H10270672 A	09-10-1998
			KR 19980080644 A	25-11-1998
			US 6040591 A	21-03-2000

US 2017357840	A1	14-12-2017	CN 107480579 A	15-12-2017
			US 2017357840 A1	14-12-2017
