

(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 2014/188125 A1

(43) Date de la publication internationale  
27 novembre 2014 (27.11.2014)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
*B23K 26/00* (2014.01)    *G02B 26/10* (2006.01)  
*C03B 33/09* (2006.01)    *G11B 7/14* (2012.01)  
*G03F 7/00* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2014/051191
- (22) Date de dépôt international :  
21 mai 2014 (21.05.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1354729    24 mai 2013 (24.05.2013)    FR
- (71) Déposant : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE  
[FR/FR]; 18 Avenue d'Alsace, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs : MIMOUN, Emmanuel; 94 Quai Louis Blériot, F-75016 Paris (FR). DUBOST, Brice; 37 Rue Du-nois, F-75013 Paris (FR).
- (74) Mandataire : SAINT-GOBAIN RECHERCHE - DÉPARTEMENT PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE; 39 Quai Lucien Lefranc, F-93300 Aubervilliers (FR).
- (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.
- (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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A SUBSTRATE

(54) Titre : PROCEDE D'OBTENTION D'UN SUBSTRAT

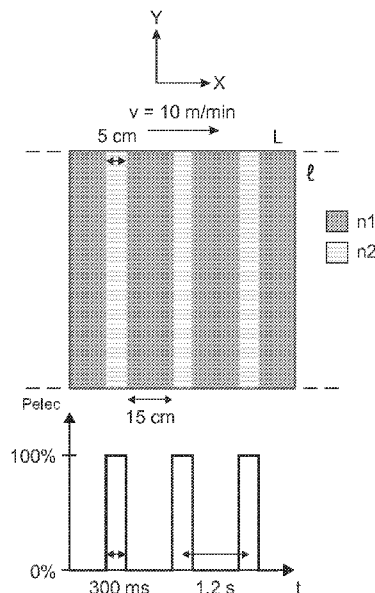


Fig.1

(57) Abstract : The invention relates to a method for producing a transparent substrate comprising a pattern with a refractive index modulation. According to said method, a transparent substrate is irradiated by means of laser radiation focussed on the substrate in the form of at least one laser line, where the substrate at least partially absorbs the laser radiation, a relative movement of the substrate and the laser line focussed on the substrate is imposed in a direction (X) transverse to the longitudinal direction (Y) of the laser line, and during said relative movement, the power of the laser line is temporally modulated according to the speed of relative movement and the dimensions of the pattern in the direction (X) of relative movement.

(57) Abrégé : Dans ce procédé pour l'obtention d'un substrat transparent comportant un motif à modulation d'indice de réfraction, on irradie un substrat transparent au moyen d'un rayonnement laser focalisé sur le substrat sous la forme d'au moins une ligne laser, où le substrat absorbe au moins partiellement le rayonnement laser, on impose un déplacement relatif du substrat et de la ligne laser focalisée sur le substrat selon une direction (X) transversale à la direction longitudinale (Y) de la ligne laser et, au cours de ce déplacement relatif, on module temporellement la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse de déplacement relatif et des dimensions du motif selon la direction (X) de déplacement relatif.



WO 2014/188125 A1

**WO 2014/188125 A1** 

---

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

## PROCEDE D'OBTENTION D'UN SUBSTRAT

La présente invention a trait à un procédé d'obtention d'un substrat transparent à propriétés optiques modulées. L'invention a également trait à une installation de traitement d'un substrat transparent pour lui conférer des propriétés optiques modulées, et à un substrat transparent à propriétés optiques modulées.

Il est connu de moduler les propriétés optiques et/ou esthétiques d'un substrat en créant à sa surface une texture ou un motif. Pour la création d'une texture de surface, des techniques classiques sont, notamment, la gravure, le sablage ou l'attaque acide. Pour la création d'un motif, des techniques classiques sont, notamment, la sérigraphie ou la lithographie. Ces techniques sont toutefois soit des techniques locales, qui sont difficiles à mettre en œuvre pour des grandes tailles de substrats et qui imposent un débit de production relativement faible, soit des techniques globales, qui ne présentent pas une résolution optimale. Certaines de ces techniques, en particulier l'attaque acide et la lithographie, présentent également des risques du fait des produits chimiques employés, ce qui complique leur utilisation à l'échelle industrielle.

En vue de conférer à un substrat des propriétés optiques et/ou esthétiques particulières, il est également connu de moduler spatialement l'indice de réfraction du substrat. Par une telle modulation de l'indice de réfraction, il est en particulier possible d'ajuster les propriétés de diffusion de la lumière du substrat, notamment à des fins d'extraction de lumière, par exemple pour des OLED (Organic Light-Emitting Diodes), ou à des fins de concentration de lumière, par exemple pour des modules solaires. En modulant l'indice de réfraction d'un substrat, il est également possible d'ajuster ses propriétés de diffraction de la lumière, notamment à des fins de redirection de la lumière. La redirection de lumière est particulièrement recherchée dans des applications d'éclairage par lumière naturelle, où l'on souhaite obtenir une meilleure répartition de la lumière naturelle pour améliorer le confort visuel. La création d'un motif à modulation d'indice de réfraction, en surface ou dans le volume d'un substrat, peut également permettre de modifier l'aspect visuel du substrat à des fins esthétiques.

Une technique classique permettant la création d'un motif à modulation d'indice de réfraction dans un substrat en verre minéral est l'échange ionique. Avec cette technique, on modifie localement la composition de la matrice verrière du substrat, par échange ionique entre au moins un élément contenu dans le verre et au moins un élément apporté par un milieu mis en contact avec le verre. On peut notamment échanger des atomes de sodium contenus dans le verre avec des atomes d'argent apportés par un sel d'argent mis en contact avec le verre. Cet échange ionique, qui est réalisé par migration sous champ électrique, permet de créer dans l'épaisseur du verre une alternance de zones à forme contrôlée, où l'indice de réfraction change d'une zone à l'autre, sans modifier le relief initial de la surface du verre. L'échange ionique a toutefois l'inconvénient d'être un processus lent et coûteux, qui met en jeu des étapes multiples. De plus, la profondeur susceptible d'être atteinte par les ions à l'intérieur du substrat est limitée.

C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention en proposant un procédé d'obtention d'un substrat transparent à propriétés optiques modulées qui est à la fois économique, simple et rapide, permettant d'atteindre des hauts débits de production, ce procédé garantissant un haut niveau de résolution pour la modulation des propriétés optiques du substrat et étant applicable même pour des grandes tailles de substrats, ce procédé étant en outre particulièrement flexible de manière à permettre, sur une ligne de production, des changements rapides dans la structure spatiale des propriétés optiques pour un même substrat ou d'un substrat à un autre.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'obtention d'un substrat transparent à propriétés optiques modulées, comportant un motif à modulation d'indice de réfraction, caractérisé en ce qu'on irradie un substrat transparent au moyen d'un rayonnement laser focalisé sur le substrat sous la forme d'au moins une ligne laser, où le substrat absorbe au moins partiellement le rayonnement laser, en ce qu'on impose un déplacement relatif du substrat et de la ligne laser focalisée sur le substrat selon une direction transversale à la direction longitudinale de la ligne laser et en ce que, au cours de ce déplacement relatif, on module temporellement la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse de

déplacement relatif et des dimensions du motif selon la direction de déplacement relatif.

Au sens de l'invention, une "ligne laser" est un faisceau laser focalisé sous la forme d'une ligne présentant une dimension longitudinale plus grande que sa dimension transversale, qui est généré par une ou plusieurs sources laser et dont tous les points selon la direction longitudinale de la ligne sont éclairés simultanément par la ou les sources laser. Ainsi, la ligne laser est obtenue par une irradiation au même instant de la totalité de la surface de la ligne par la ou les sources laser.

Au sens de l'invention, une direction est transversale à une autre direction lorsque qu'elle forme un angle non nul avec cette autre direction. De plus, au sens de l'invention, un substrat est transparent lorsqu'il laisse passer au moins partiellement la lumière.

Le substrat auquel on applique le procédé selon l'invention doit être au moins partiellement absorbant à la longueur d'onde du rayonnement laser, en particulier présenter une absorption d'au moins 1%/mm, de préférence d'au moins 10%/mm à cette longueur d'onde.

Dans le cadre de l'invention, le substrat auquel on applique le procédé peut être un substrat nu, mais aussi un substrat revêtu, c'est-à-dire comportant un revêtement sur au moins une de ses faces. Il est bien entendu que, même dans le cas d'un substrat revêtu, le motif à modulation d'indice de réfraction créé selon le procédé de l'invention est un motif à modulation d'indice de réfraction du substrat lui-même. On n'exclut toutefois pas que le ou chaque revêtement puisse être aussi impacté par le traitement laser, mais dans ce cas il le sera forcément en plus du substrat. Des cas où seuls des revêtements du substrat, mais pas le substrat lui-même, sont traités par le rayonnement laser n'entrent pas dans le champ de la présente invention. Lorsque le substrat est revêtu, le ou chaque revêtement doit laisser passer le rayonnement laser vers le substrat, et donc ne pas être trop réfléchissant ou absorbant à la longueur d'onde du rayonnement laser.

Les inventeurs ont constaté que, lorsqu'un substrat transparent est irradié avec un faisceau laser, il se produit localement une modification permanente d'origine thermique de la structure du substrat, qui s'apparente à un effet de

trempe thermique dans le cas d'un substrat en verre minéral, ce qui génère localement un changement de l'indice de réfraction du substrat. Les inventeurs ont tiré parti de cet effet pour former un motif à modulation d'indice de réfraction à la surface ou à l'intérieur du substrat. En pratique, ce motif est obtenu en focalisant sur le substrat au moins une ligne laser présentant une intensité adaptée dans le plan focal, et en modulant dans le temps la puissance de cette ligne laser tandis que le substrat et la ligne laser sont en déplacement relatif. Comme la puissance de la ligne laser change avec le temps, l'indice de réfraction du substrat est modulé spatialement au cours du déplacement relatif.

Le procédé selon l'invention permet de créer, dans un substrat transparent, tout type de motif à modulation d'indice de réfraction, en ajustant la modulation temporelle de la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse de déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser et de la structure spatiale du motif souhaité. De manière avantageuse, ce procédé est applicable pour des substrats de toutes dimensions, y compris de grandes dimensions, la longueur de la ligne laser pouvant être simplement adaptée pour correspondre à la taille du motif souhaité. La modulation temporelle de la puissance de la ligne laser peut être particulièrement réactive, ce qui permet d'atteindre à la fois des hauts niveaux de résolution et des hauts débits de production. Grâce à l'invention, il est possible d'obtenir rapidement un motif à modulation d'indice de réfraction, même pour des grandes tailles de substrats, ce qui ne serait pas le cas par balayage avec un faisceau laser ponctuel. En outre, grâce à la possibilité de moduler de manière réactive la puissance de la ligne laser, le procédé selon l'invention permet, sur une ligne de production, d'opérer des changements rapides dans la structure spatiale de modulation de l'indice de réfraction, que ce soit pour un même substrat ou d'un substrat à un autre sur la ligne.

Le substrat peut être un substrat en verre minéral, notamment choisi parmi un verre d'oxyde, un verre d'halogénure, un verre de sulfure, un verre de chalcogénure. Le verre d'oxyde peut être un silicate, borate, sulfate, phosphate, fluorophosphate ou bismuthate. Le verre d'halogénure peut être de type  $\text{BeF}_2$ ,  $\text{ZrF}_4$ ,  $\text{InF}_3$  ou  $\text{Cd} - \text{Zn} - \text{Cl}$ . Le verre de sulfure peut être  $\text{Ga} - \text{La} - \text{S}$ . Le verre de chalcogénure peut être  $\text{Se} - \text{As}$ . En variante, le substrat peut être un substrat en

matériau organique polymérique, notamment choisi parmi le polycarbonate, le polyméthacrylate de méthyle, le polyéthylène téréphtalate (PET), le polyéthylène naphthalate (PEN), ou encore les polymères fluorés tels que l'éthylène tétrafluoroéthylène (ETFE). Le substrat peut être plan ou bombé, voire flexible. Il  
5 peut également être incolore ou coloré.

Le substrat présente avantageusement au moins une dimension supérieure ou égale à 0,5 m, notamment 1 m, voire 2 m et même 3 m. De préférence, l'aire des faces principales du substrat est supérieure ou égale à 1 m<sup>2</sup>, encore de préférence supérieure ou égale à 1,4 m<sup>2</sup>. Dans un mode de réalisation  
10 avantageux, le substrat traité est parallélépipédique de longueur 1,3 m et de largeur 1,1 m. Dans le cas d'un substrat en verre, l'épaisseur du substrat varie généralement entre 0,5 mm et 19 mm, de préférence entre 0,7 mm et 9 mm, notamment entre 2 mm et 8 mm, voire entre 4 mm et 6 mm. Des substrats en matériau organique polymérique peuvent avoir des épaisseurs nettement plus  
15 faibles, par exemple comprises entre 25 et 100 µm.

De préférence, la ligne laser est générée par des modules comprenant une ou plusieurs sources laser, ainsi que des optiques de mise en forme et de redirection.

Les sources laser sont classiquement des diodes laser ou des lasers à fibre  
20 ou à disque. Les diodes laser permettent d'atteindre de manière économique de fortes densités de puissance par rapport à la puissance électrique d'alimentation, pour un faible encombrement. L'encombrement des lasers à fibres est encore plus réduit, et la puissance linéique obtenue peut être encore plus élevée, pour un coût toutefois plus important.

On entend par lasers fibrés des lasers dans lesquels le lieu de génération  
25 de la lumière laser est déporté spatialement par rapport à son lieu de délivrance, la lumière laser étant délivrée au moyen d'au moins une fibre optique.

Dans le cas d'un laser à disque, la lumière laser est générée dans une cavité résonnante dans laquelle se trouve le milieu émetteur qui se présente sous  
30 la forme d'un disque, par exemple un disque mince (d'environ 0,1 mm d'épaisseur) en Yb:YAG. La lumière ainsi générée est couplée dans une ou plusieurs fibres optiques qui sont dirigées vers le lieu de traitement.

La longueur d'onde du rayonnement de la ou chaque ligne laser est avantageusement comprise dans un domaine allant de 100 nm à 2000 nm, notamment de 100 à 350 nm ou de 800 à 1000 nm. En fonction du spectre d'absorption du substrat traité, il peut être approprié d'utiliser des diodes laser de puissance émettant à une longueur d'onde choisie parmi 808 nm, 880 nm, 915 nm, 940 nm ou 980 nm, ou bien des lasers à excimère émettant un rayonnement dans le domaine de l'ultraviolet, entre 100 nm et 350 nm, notamment entre 240 nm et 300 nm. En variante, la longueur d'onde du rayonnement de la ou chaque ligne laser peut être comprise dans un domaine allant de 5  $\mu$ m à 15  $\mu$ m, ce qui peut être obtenu à l'aide de lasers à CO<sub>2</sub>, pour des substrats absorbant un tel rayonnement. Dans le cas d'un laser à disque, la longueur d'onde est par exemple de 1030 nm (longueur d'onde d'émission pour un laser Yb :YAG). Pour un laser à fibre, la longueur d'onde est par exemple de 1070 nm.

Dans le cas de sources laser non fibrées, les optiques de mise en forme et de redirection comprennent de préférence des lentilles et des miroirs, et sont utilisées comme moyens de positionnement, d'homogénéisation et de focalisation du rayonnement. Les moyens de positionnement ont pour fonction de disposer selon une ligne les rayonnements émis par les sources laser. Ils comprennent de préférence des miroirs. Les moyens d'homogénéisation ont pour fonction de superposer les profils spatiaux des sources laser afin d'obtenir une puissance linéique homogène tout au long de la ligne. Les moyens d'homogénéisation comprennent de préférence des lentilles permettant la séparation des faisceaux incidents en faisceaux secondaires et la recombinaison desdits faisceaux secondaires en une ligne homogène. Les moyens de focalisation du rayonnement permettent de focaliser le rayonnement sur le substrat à traiter, sous la forme d'une ligne de longueur et de largeur voulues. Les moyens de focalisation comprennent de préférence une lentille convergente.

Dans le cas de sources laser fibrées, les optiques de mise en forme sont de préférence regroupées sous la forme d'une tête optique positionnée à la sortie de la ou chaque fibre optique. Les optiques de mise en forme desdites têtes optiques comprennent de préférence des lentilles, des miroirs et des prismes et sont utilisées comme moyens de transformation, d'homogénéisation et de



focalisation du rayonnement. Les moyens de transformation comprennent des miroirs et/ou des prismes et servent à transformer le faisceau circulaire, obtenu en sortie de la fibre optique, en un faisceau non circulaire, anisotrope, en forme de ligne. Pour cela, les moyens de transformation augmentent la qualité du faisceau selon l'un de ses axes (axe rapide, ou axe de la largeur de la ligne laser) et diminuent la qualité du faisceau selon l'autre (axe lent, ou axe de la longueur de la ligne laser). Les moyens d'homogénéisation superposent les profils spatiaux des sources laser afin d'obtenir une puissance linéique homogène tout au long de la ligne. Les moyens d'homogénéisation comprennent de préférence des lentilles permettant la séparation des faisceaux incidents en faisceaux secondaires et la recombinaison desdits faisceaux secondaires en une ligne homogène. Enfin, les moyens de focalisation du rayonnement permettent de focaliser le rayonnement au niveau du plan de travail, à savoir à la surface ou dans le volume du substrat à traiter, sous la forme d'une ligne de longueur et de largeur voulues. Les moyens de focalisation comprennent de préférence un miroir focalisant ou une lentille convergente.

Les optiques de mise en forme et de redirection, notamment les moyens de positionnement, peuvent être ajustées manuellement ou à l'aide d'actuateurs permettant de régler leur positionnement à distance. Ces actuateurs, qui sont généralement des moteurs ou des cales piézoélectriques, peuvent être commandés manuellement et/ou être réglés automatiquement. Dans ce dernier cas, les actuateurs seront de préférence connectés à des détecteurs, ainsi qu'à une boucle de rétroaction.

Au moins une partie des modules laser, voire leur totalité, est de préférence disposée en boîte étanche, avantageusement refroidie, notamment ventilée, afin d'assurer leur stabilité thermique.

Dans le cadre de l'invention, on désigne par "longueur" de la ligne laser la plus grande dimension de la ligne laser, c'est-à-dire la dimension de la ligne laser selon sa direction longitudinale, et par "largeur" de la ligne laser la dimension de la ligne laser selon une direction perpendiculaire à sa direction longitudinale. Comme il est d'usage dans le domaine des lasers, la largeur  $w$  de la ligne laser correspond à la distance, selon cette direction perpendiculaire, entre l'axe du faisceau, où

l'intensité du rayonnement est maximale, et le point où l'intensité du rayonnement est égale à  $1/e^2$  fois l'intensité maximale. Si l'axe longitudinal de la ligne laser est nommé  $x$ , on peut définir une distribution de largeurs selon cet axe, nommée  $w(x)$ .

5 Selon une caractéristique, la largeur moyenne de la ou chaque ligne laser est comprise entre  $10\ \mu\text{m}$  et  $1000\ \mu\text{m}$ , de préférence entre  $30\ \mu\text{m}$  et  $200\ \mu\text{m}$ . Dans l'ensemble de cette description, on entend par « moyenne » la moyenne arithmétique. Sur toute la longueur de la ligne laser, la distribution de largeurs est étroite afin d'assurer un traitement homogène le long de la ligne laser lors de la mise en place du motif à modulation d'indice de réfraction dans le substrat. Ainsi,  
10 la différence entre la largeur la plus grande et la largeur la plus petite vaut de préférence au plus 10%, encore de préférence au plus 5% et même 3%, de la valeur de la largeur moyenne.

La longueur de la ou chaque ligne laser est de préférence d'au moins  $10\ \text{cm}$ , de préférence comprise dans un domaine allant de  $20\ \text{cm}$  ou  $30\ \text{cm}$  à  $3\ \text{m}$ .  
15 L'utilisation d'une ligne laser unique est préférée pour irradier toute ou partie de la largeur du substrat. Il est toutefois également possible d'utiliser plusieurs lignes laser disposées avec leurs directions longitudinales parallèles les unes aux autres, éventuellement disjointes.

Selon une caractéristique, la ligne laser est telle que le rapport de la  
20 longueur de la ligne laser sur la largeur moyenne de la ligne laser est supérieur ou égal à 10, de préférence supérieur ou égal à 30. Selon une caractéristique préférée, le rapport de la longueur de la ligne laser sur la largeur moyenne de la ligne laser est compris entre 30 et 300000.

Dans un mode de réalisation, la ligne laser est focalisée à la surface du  
25 substrat. Le procédé selon l'invention permet alors d'obtenir un motif à modulation d'indice de réfraction en surface du substrat.

Dans un autre mode de réalisation, la ligne laser est focalisée dans le volume du substrat. Le procédé selon l'invention permet alors d'obtenir un motif à modulation d'indice de réfraction dans l'épaisseur du substrat.

30 Selon une caractéristique avantageuse, la direction longitudinale de la ligne laser est sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser. D'autres orientations de la ligne laser par rapport à la

direction de déplacement relatif sont toutefois également possibles et, de manière générale, la direction longitudinale de la ligne laser forme un angle quelconque non nul avec la direction de déplacement relatif.

5 Dans un mode de réalisation, la ligne laser est fixe et le substrat est déplacé en translation selon une direction transversale à la direction longitudinale de la ligne laser. De manière avantageuse, le substrat est déplacé dans un plan sensiblement horizontal en regard de la ligne laser.

10 D'autres modes de réalisation sont également possibles. Par exemple, le substrat peut être fixe, alors que la ligne laser est déplacée en regard du substrat, notamment à l'aide d'un portique mobile. En variante, à la fois le substrat et la ligne laser peuvent être déplacés. Le déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser peut également être un mouvement autre qu'un mouvement de translation, par exemple un mouvement de rotation, ou une combinaison d'un mouvement de translation et d'un mouvement de rotation. Le substrat peut  
15 également être déplacé dans un plan qui n'est pas horizontal, par exemple un plan vertical, ou selon toute autre orientation.

Lorsque le substrat est déplacé, notamment en translation, il peut être mis en mouvement à l'aide de tous moyens mécaniques de convoyage, par exemple à l'aide de bandes, de rouleaux, de plateaux en translation, de coussins d'air. Le  
20 système de convoyage permet de contrôler et réguler la vitesse du déplacement. Le moyen de convoyage comprend de préférence un châssis rigide et une pluralité de rouleaux. Dans le cas d'un substrat en matériau organique polymérique souple, le déplacement du substrat peut être réalisé à l'aide d'un système d'avance de films sous forme d'une succession de rouleaux. Dans ce  
25 cas, la planéité peut être assurée par un choix adéquat de la distance entre les rouleaux, en tenant compte de l'épaisseur du substrat, et donc de sa flexibilité, et de l'impact que peut avoir le traitement thermique sur la création d'une éventuelle flèche.

30 Le laser peut également être mis en mouvement de manière à ajuster sa distance au substrat, ce qui peut être utile en particulier lorsque le substrat est bombé, mais pas seulement. En effet, il est préférable que, pour la ou chaque ligne laser, la valeur absolue de la distance entre le plan focal de la ligne laser et

le substrat à traiter soit inférieure ou égale à 1 mm, notamment 0,5 mm, voire 0,3 mm et même 0,1 mm. Si le système de déplacement du substrat ou du laser n'est pas suffisamment précis quant à la distance entre le plan focal et le substrat, il convient de préférence de pouvoir ajuster la distance entre le laser et le substrat.

5 Cet ajustement peut être automatique, notamment régulé grâce à une mesure de la distance en amont du traitement laser.

Toutes les positions relatives du substrat et des sources laser formant la ligne laser sont possibles, du moment qu'elles permettent une irradiation satisfaisante de la surface ou du volume du substrat. Lorsque le substrat est

10 disposé horizontalement, la ou chaque source laser est généralement disposée de manière à irradier la face supérieure et/ou la face inférieure du substrat. Il est également possible d'utiliser plusieurs sources laser situées de part et d'autre du substrat, que ce dernier soit en position horizontale, verticale, ou selon toute inclinaison. Ces sources laser peuvent être identiques ou différentes.

15 La vitesse de déplacement relatif entre le substrat et chaque ligne laser est avantageusement d'au moins 3 m/min, notamment 4 m/min ou 5 m/min et même 6 m/min ou 7 m/min, ou encore 8 m/min et même 9 m/min ou 10 m/min. Afin de limiter les incertitudes de positionnement du substrat relativement à la ligne laser lors de la mise en place du motif à modulation d'indice de réfraction dans le

20 substrat, la vitesse de déplacement relatif entre le substrat et chaque ligne laser varie lors du traitement d'au plus 10% en relatif, notamment 2% et même 1% par rapport à sa valeur nominale.

Selon une caractéristique avantageuse, la modulation temporelle de la puissance de la ligne laser est obtenue en modulant temporellement le signal

25 électrique d'entrée de la ou des sources laser formant la ligne laser. Au sens de l'invention, on entend par "signal électrique d'entrée d'une source laser", soit le courant électrique d'alimentation de la source laser, soit la puissance électrique d'alimentation de la source laser.

Le temps de réponse pour obtenir la modulation temporelle de la puissance

30 de la ligne laser à partir d'une modulation temporelle du signal électrique d'entrée de la ou des sources laser formant la ligne laser est plus ou moins long, et dépend du temps d'allumage et d'extinction de la ou chaque source laser. Dès lors, la

5 résolution atteignable avec le procédé selon l'invention, c'est-à-dire la plus petite dimension de motif susceptible d'être obtenue selon la direction de déplacement relatif, est déterminée par le temps d'allumage et d'extinction de la ou chaque source laser, par la vitesse de déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser, et par la largeur de la ligne laser. Le temps d'allumage et d'extinction d'une source laser est défini comme le temps nécessaire pour passer de 10% à 90% (ou inversement) de la valeur nominale de la puissance émise par la source, de l'enveloppe de la puissance dans le cas d'une source laser pulsée. Ainsi, pour des sources laser dont le temps d'allumage et d'extinction est de l'ordre de 100  $\mu$ s, il est possible d'obtenir des motifs dont la dimension dans la direction de déplacement relatif est de l'ordre de 50  $\mu$ m. Pour des sources laser dont le temps d'allumage et d'extinction est de l'ordre de 2 ms, il est possible d'obtenir des motifs dont la dimension dans la direction de déplacement relatif est de l'ordre de 1 mm. Pour des sources laser dont le temps d'allumage et d'extinction est de l'ordre de 20 ms, il est possible d'obtenir des motifs dont la dimension dans la direction de déplacement relatif est de l'ordre de 1 cm. Il est possible de limiter l'influence des temps d'extinction et d'allumage des sources laser en modulant la puissance émise par les sources sans les éteindre complètement.

20 Dans un mode de réalisation de l'invention, on obtient un motif à modulation d'indice de réfraction présentant une périodicité spatiale, en imposant une modulation temporelle du signal électrique d'entrée de la source laser dont la fréquence est égale au rapport de la vitesse de déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser sur la période du motif.

25 Dans un autre mode de réalisation de l'invention, on obtient un motif à modulation d'indice de réfraction sans périodicité spatiale, en faisant varier la modulation temporelle du signal électrique d'entrée de la source laser au cours du déplacement relatif du substrat et de la ligne laser.

30 De manière avantageuse, lorsque la ligne laser est formée à l'aide de plusieurs sources laser indépendantes, la modulation temporelle du signal électrique d'entrée peut être différente d'une source laser à une autre formant la ligne laser. Il est ainsi possible d'ajuster localement la puissance le long de la ligne laser, ce qui permet une modulation de l'indice de réfraction également selon la

direction longitudinale de la ligne laser. Cela permet de gagner encore en flexibilité dans la modulation spatiale de l'indice de réfraction du substrat.

Selon une caractéristique, la puissance surfacique moyenne de la ligne laser dans le plan focal est supérieure ou égale à  $10^3$  W/cm<sup>2</sup>. Cette puissance peut être générée à l'aide d'une source laser de haute puissance linéique, notamment supérieure à 10 W/mm, opérant en mode continu (Continuous Wave, ou CW) ou quasi-continu (Quasi Continuous Wave, ou QCW), ou à l'aide d'une source laser pulsée de plus faible puissance moyenne, notamment inférieure à 100 mW/mm. Dans le cas d'une source laser pulsée, le processus de traitement du substrat est plus efficace car la diffusion thermique n'a pas le temps d'avoir lieu. La puissance de la ligne laser dans le plan focal doit être ajustée en tenant compte de cet effet de diffusion thermique. De préférence, la puissance surfacique moyenne de la ligne laser dans le plan focal est supérieure ou égale à  $10^3$  W/cm<sup>2</sup> lorsqu'elle est générée à l'aide d'une source laser pulsée, et supérieure ou égale à  $10^4$  W/cm<sup>2</sup> lorsqu'elle est générée à l'aide d'une source laser opérant en mode continu ou quasi-continu.

La température subie par le substrat lors du procédé est de l'ordre de 400°C dans le cas d'un substrat en verre minéral et de 100°C dans le cas d'un substrat en matériau organique polymérique.

Dans un mode de réalisation, la ou chaque source laser formant la ligne laser est une source continue ou quasi-continue.

Dans un autre mode de réalisation, la ou chaque source laser formant la ligne laser est une source pulsée. Dans ce cas, on module temporellement la puissance des impulsions émises. Lorsque le rayonnement est pulsé, la fréquence de répétition est avantageusement d'au moins 10 kHz, notamment 15 kHz et même 20 kHz, de manière à être compatible avec la modulation et les vitesses de déplacement utilisées.

Dans un mode de réalisation, la ligne laser est fixe et le substrat a au moins une première dimension et une deuxième dimension transversales entre elles, le procédé comprenant au moins une première étape et une deuxième étape telles que :

- dans la première étape, on déplace le substrat en translation parallèlement à sa première dimension et transversalement à la direction longitudinale de la ligne laser, et on module temporellement la puissance de la ligne laser ;

5           - dans la deuxième étape, on déplace le substrat en translation parallèlement à sa deuxième dimension et transversalement à la direction longitudinale de la ligne laser, et on module temporellement la puissance de la ligne laser.

10           Dans ce mode de réalisation, le substrat subit au moins deux étapes successives de traitement, une première étape selon une direction et une deuxième étape selon une direction transversale à la direction de la première étape de traitement. Le procédé selon l'invention permet ainsi de structurer l'indice de réfraction du substrat selon un maillage, avec au moins deux directions de création du maillage.

15           Un autre objet de l'invention est une installation de traitement d'un substrat transparent pour lui conférer des propriétés optiques modulées, par la création d'un motif à modulation d'indice de réfraction dans le substrat, cette installation comprenant :

20           - une ou plusieurs sources laser ainsi que des optiques de mise en forme et de redirection propres à générer au moins une ligne laser,

- des moyens de déplacement aptes à imposer en fonctionnement un déplacement relatif du substrat et de la ligne laser selon une direction transversale à la direction longitudinale de la ligne laser, alors que la ligne laser est focalisée sur le substrat,

25           - des moyens de modulation temporelle de la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse de déplacement relatif et des dimensions du motif selon la direction de déplacement relatif.

30           L'invention a également pour objet un substrat transparent à propriétés optiques modulées, en verre minéral non trempé ou en matériau organique polymérique, susceptible d'être obtenu par le procédé décrit ci-dessus, comportant un motif à modulation d'indice de réfraction formé d'une série de lignes ou de portions de lignes juxtaposées, où la valeur de l'indice de réfraction du substrat

change d'une ligne à une autre et une dimension caractéristique pour le changement de valeur de l'indice de réfraction du substrat, prise transversalement à la direction longitudinale des lignes, est un multiple d'une dimension nominale comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 10  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$ .

5 Selon une caractéristique, le substrat, ou la partie du substrat qui comporte effectivement le motif à modulation d'indice de réfraction, présente au moins une dimension supérieure ou égale à 0,5 m, notamment 1 m, voire 2 m et même 3 m. De préférence, l'aire des faces principales du substrat, ou de la partie du substrat qui comporte effectivement le motif à modulation d'indice de réfraction, est  
10 supérieure ou égale à 1 m<sup>2</sup>, encore de préférence supérieure ou égale à 1,4 m<sup>2</sup>. Dans un mode de réalisation avantageux, le substrat traité est parallélépipédique de longueur 1,3 m et de largeur 1,1 m. Un avantage de l'invention est l'obtention rapide d'un motif à modulation d'indice de réfraction, même pour des grandes tailles de substrats, avec un haut niveau de résolution.

15 Dans un mode de réalisation, la valeur de l'indice de réfraction du substrat change continûment d'une ligne à une autre. Le motif à modulation d'indice de réfraction du substrat est ainsi un motif avec une variation continue d'indice de réfraction perpendiculairement à la direction longitudinale des lignes ou portions de lignes juxtaposées du motif. Une telle variation continue d'indice de réfraction  
20 peut être obtenue, par exemple, en modulant temporellement la puissance de la ligne laser selon une fonction de type signal sinusoïdal ou signal triangulaire.

Selon l'invention, le motif à modulation d'indice de réfraction peut être présent uniquement en surface du substrat, sur l'une ou plusieurs de ses surfaces, ou présent dans le volume du substrat.

25 Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui va suivre de plusieurs exemples de réalisation d'un procédé et d'un substrat selon l'invention, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

30 - la figure 1 est une vue de dessus d'un substrat à propriétés optiques modulées conforme à un premier mode de réalisation de l'invention, obtenu selon le procédé de l'invention, la partie inférieure de la figure 1 montrant la puissance



électrique de type créneau appliquée en entrée des sources laser (Exemples 1 et 2) ;

5 - la figure 2 est une vue de dessus d'un substrat à propriétés optiques modulées conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention, obtenu selon le procédé de l'invention, la partie inférieure de la figure 2 montrant la puissance électrique de type sinusoïdale appliquée en entrée des sources laser (Exemple 3) ;

10 - la figure 3 est une vue de dessus d'un substrat à propriétés optiques modulées conforme à un troisième mode de réalisation de l'invention, obtenu selon le procédé de l'invention comprenant deux étapes successives de traitement selon deux directions perpendiculaires entre elles, de manière à créer un maillage, la partie inférieure de la figure 3 montrant la puissance électrique de type créneau appliquée en entrée des sources laser pour chaque étape de traitement (Exemple 4).

15

### EXEMPLE 1

On applique le procédé conforme à l'invention à un substrat en verre clair silico-sodo-calcique commercialisé sous la dénomination SGG PLANILUX par la société Saint-Gobain Glass, obtenu par le procédé float puis découpé selon une forme rectangulaire de longueur  $L = 6$  m et de largeur  $\ell = 3,3$  m.

25 La ligne laser utilisée pour la mise en œuvre du procédé est formée par des sources laser de type diodes laser InGaAs, qui sont des sources quasi-continues émettant à une longueur d'onde comprise entre 900 nm et 1000 nm. La ligne laser a une longueur de 3,3 m, égale à la largeur  $\ell$  du substrat, et une largeur moyenne de 50  $\mu\text{m}$ . La largeur de la ligne laser est homogène sur la longueur de la ligne, de sorte que la différence entre la largeur la plus grande et la largeur la plus petite vaut 3% de la valeur moyenne, soit 1,5  $\mu\text{m}$ .

30 Le substrat est disposé sur un convoyeur à rouleaux de manière à défiler selon une direction X, parallèlement à sa longueur. La ligne laser est fixe et positionnée au-dessus de la face supérieure du substrat avec sa direction longitudinale Y qui s'étend perpendiculairement à la direction X de défilement du

substrat, c'est-à-dire selon la largeur du substrat, en s'étendant sur toute cette largeur.

La position du plan focal de la ligne laser est ajustée pour être au centre de l'épaisseur du substrat lorsque celui-ci est positionné sur le convoyeur, la puissance surfacique moyenne de la ligne laser au niveau du plan focal étant de  $10^5 \text{ W/cm}^2$ .

On fait défiler le substrat sous la ligne laser à une vitesse de 10 m/min, la vitesse ne variant pas de plus de 1% en relatif. Au cours du défilement du substrat sous la ligne laser, on applique en entrée des diodes laser une puissance électrique  $P_{\text{elec}}$  en créneau, comme visible dans le bas de la figure 1, qui montre l'évolution de  $P_{\text{elec}}$  en fonction du temps  $t$ . La période du signal en créneau  $P_{\text{elec}}(t)$  est de 1,2 s et la durée de pulsation est de 300 ms.

Comme montré sur la figure 1, on obtient ainsi un substrat comportant un motif à modulation d'indice de réfraction dans lequel des bandes traitées de largeur égale à 5 cm parallèlement à la longueur du substrat sont alternées avec des bandes non traitées de largeur égale à 15 cm parallèlement à la longueur du substrat. Les bandes traitées ont un indice de réfraction  $n_2$  augmenté de 0,01 environ par rapport à l'indice de réfraction  $n_1$  des bandes non traitées.

## EXEMPLE 2

Comme dans l'exemple 1, on applique le procédé conforme à l'invention à un substrat en verre clair silico-sodo-calcique commercialisé sous la dénomination SGG PLANILUX par la société Saint-Gobain Glass, obtenu par le procédé float puis découpé selon une forme rectangulaire de longueur  $L = 6 \text{ m}$  et de largeur  $\ell = 3,3 \text{ m}$ .

Dans l'exemple 2, la ligne laser utilisée pour la mise en œuvre du procédé est formée par des sources laser de type laser à disque Yb:YAG couplé dans une fibre optique de  $300 \mu\text{m}$  de diamètre de cœur, émettant à une longueur d'onde de 1030 nm. La ligne laser a une longueur de 3,3 m, égale à la largeur  $\ell$  du substrat, et une largeur moyenne de  $50 \mu\text{m}$ . La largeur de la ligne laser est homogène sur

la longueur de la ligne, de sorte que la différence entre la largeur la plus grande et la largeur la plus petite vaut 3% de la valeur moyenne, soit 1,5  $\mu\text{m}$ .

Le substrat est disposé sur un convoyeur à rouleaux de manière à défiler selon une direction X, parallèlement à sa longueur. La ligne laser est fixe et positionnée au-dessus de la face supérieure du substrat avec sa direction longitudinale Y qui s'étend perpendiculairement à la direction X de défilement du substrat, c'est-à-dire selon la largeur du substrat, en s'étendant sur toute cette largeur.

La position du plan focal de la ligne laser est ajustée pour être au centre de l'épaisseur du substrat lorsque celui-ci est positionné sur le convoyeur, la puissance surfacique moyenne de la ligne laser au niveau du plan focal étant de  $10^5 \text{ W/cm}^2$ .

On fait défiler le substrat sous la ligne laser à une vitesse de 10 m/min, la vitesse ne variant pas de plus de 1% en relatif. Au cours du défilement du substrat sous la ligne laser, on applique en entrée sur les sources laser une tension de commande de la puissance  $P_{\text{elec}}$  en créneau, comme visible dans le bas de la figure 1, qui montre l'évolution de  $P_{\text{elec}}$  en fonction du temps t. Comme dans l'exemple 1, la période du signal en créneau  $P_{\text{elec}}(t)$  est de 1,2 s et la durée de pulsation est de 300 ms.

On obtient ainsi un substrat comportant un motif à modulation d'indice de réfraction tel que montré sur la figure 1, dans lequel des bandes traitées de largeur égale à 5 cm parallèlement à la longueur du substrat sont alternées avec des bandes non traitées de largeur égale à 15 cm parallèlement à la longueur du substrat. Les bandes traitées ont un indice de réfraction  $n_2$  augmenté de 0,01 environ par rapport à l'indice de réfraction  $n_1$  des bandes non traitées.

### EXEMPLE 3

Comme dans les exemples 1 et 2, on applique le procédé conforme à l'invention à un substrat en verre clair silico-sodo-calcique commercialisé sous la dénomination SGG PLANILUX par la société Saint-Gobain Glass, obtenu par le

procédé float puis découpé selon une forme rectangulaire de longueur  $L = 6$  m et de largeur  $\ell = 3,3$  m.

Dans l'exemple 3, la ligne laser utilisée pour la mise en œuvre du procédé est formée par des sources laser pulsées, avec une durée d'impulsion de 400 fs et un taux de répétition de 500 kHz, émettant à une longueur d'onde de 1040 nm. La ligne laser a une longueur de 3,3 m, égale à la largeur  $\ell$  du substrat, et une largeur moyenne de 50  $\mu\text{m}$ . La largeur de la ligne laser est homogène sur la longueur de la ligne, de sorte que la différence entre la largeur la plus grande et la largeur la plus petite vaut 3% de la valeur moyenne, soit 1,5  $\mu\text{m}$ .

Le substrat est disposé sur un convoyeur à rouleaux de manière à défiler selon une direction X, parallèlement à sa longueur. La ligne laser est fixe et positionnée au-dessus de la face supérieure du substrat avec sa direction longitudinale Y qui s'étend perpendiculairement à la direction X de défilement du substrat, c'est-à-dire selon la largeur du substrat, en s'étendant sur toute cette largeur.

La position du plan focal de la ligne laser est ajustée pour être au centre de l'épaisseur du substrat lorsque celui-ci est positionné sur le convoyeur, la puissance surfacique moyenne de la ligne laser au niveau du plan focal étant de  $10^3$  W/cm<sup>2</sup>.

On fait défiler le substrat sous la ligne laser à une vitesse de 10 m/min, la vitesse ne variant pas de plus de 1% en relatif. Au cours du défilement du substrat sous la ligne laser, on applique en entrée des diodes laser une puissance électrique  $P_{\text{elec}}$  de type sinusoïdale, comme visible dans le bas de la figure 2, qui montre l'évolution de  $P_{\text{elec}}$  en fonction du temps  $t$ . La période du signal sinusoïdal  $P_{\text{elec}}(t)$  est de 1,2 s, ce qui permet de moduler temporellement la puissance des pulses des sources laser comme montré schématiquement sur la figure 2 où seuls quelques pulses ont été représentés dans l'enveloppe du signal sinusoïdal.

Comme montré sur la figure 2, on obtient ainsi un substrat comportant un motif à modulation d'indice de réfraction de périodicité spatiale de 15 cm, avec un gradient d'indice de réfraction alternativement croissant et décroissant dans la direction de longueur du substrat. Les zones de plus haut indice ont un indice de réfraction  $n_2$  augmenté de 0,01 environ par rapport à l'indice de réfraction  $n_1$  des

zones de plus bas indice, où l'indice de réfraction  $n_1$  correspond à l'indice de réfraction du substrat non traité.

#### EXEMPLE 4

5

Comme précédemment, on applique le procédé conforme à l'invention à un substrat en verre clair silico-sodo-calcique commercialisé sous la dénomination SGG PLANILUX par la société Saint-Gobain Glass, obtenu par le procédé float mais découpé cette fois-ci selon une forme carrée de 3,3 m de côté.

10

Dans ce mode de réalisation, le procédé comprend deux étapes successives de traitement du substrat, la première étape étant identique au traitement appliqué au substrat dans le premier mode de réalisation, avec le substrat qui défile parallèlement à l'un de ses côtés C1, et la deuxième étape étant également identique au traitement appliqué au substrat dans le premier mode de réalisation, mais le substrat défilant cette fois-ci parallèlement à un autre de ses côtés C2 perpendiculaire au côté C1. Cette deuxième étape est illustrée sur la figure 3.

15

20

Comme montré sur la figure 3, on obtient ainsi un substrat comportant un motif à modulation d'indice de réfraction sous la forme d'un maillage, les brins du maillage étant des bandes traitées de largeur égale à 5 cm, qui délimitent entre elles des zones non traitées ayant une forme carrée de 15 cm de côté. Les bandes traitées ont un indice de réfraction  $n_2$  augmenté de 0,01 environ par rapport à l'indice de réfraction  $n_1$  des zones carrées non traitées.

25

REVENDICATIONS

- 5           1. Procédé d'obtention d'un substrat transparent à propriétés optiques modulées, comportant un motif à modulation d'indice de réfraction, caractérisé en ce qu'on irradie un substrat transparent au moyen d'un rayonnement laser focalisé sur le substrat sous la forme d'au moins une ligne laser, où le substrat absorbe au moins partiellement le rayonnement laser, en ce qu'on impose un déplacement
- 10 relatif du substrat et de la ligne laser focalisée sur le substrat selon une direction (X) transversale à la direction longitudinale (Y) de la ligne laser et en ce que, au cours de ce déplacement relatif, on module temporellement la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse de déplacement relatif et des dimensions du motif selon la direction (X) de déplacement relatif.
- 15           2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne laser est focalisée à la surface du substrat.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne laser est focalisée dans le volume du substrat.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
- 20 caractérisé en ce que la direction longitudinale (Y) de la ligne laser est sensiblement perpendiculaire à la direction (X) de déplacement relatif.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ligne laser est fixe et on déplace le substrat en translation selon une direction (X) transversale à la direction longitudinale (Y) de la ligne
- 25 laser.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on module temporellement la puissance de la ligne laser en modulant temporellement le signal électrique d'entrée de la ou chaque source laser formant la ligne laser.
- 30           7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le motif à modulation d'indice de réfraction présente une périodicité spatiale et la fréquence de modulation temporelle du signal électrique d'entrée de la source laser est égale

au rapport de la vitesse de déplacement relatif entre le substrat et la ligne laser sur la période du motif.

5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que la modulation temporelle du signal électrique d'entrée de la source laser varie au cours du déplacement relatif du substrat et de la ligne laser.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la ligne laser est formée à l'aide de plusieurs sources laser indépendantes, la modulation temporelle du signal électrique d'entrée étant différente d'une source laser à une autre formant la ligne laser.

10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ligne laser a une largeur moyenne comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 30  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$ .

15 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la puissance surfacique moyenne de la ligne laser dans le plan focal est supérieure ou égale à  $10^3 \text{ W/cm}^2$ .

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ou chaque source laser formant la ligne laser est une source continue ou quasi-continue.

20 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la ou chaque source laser formant la ligne laser est une source pulsée et on module temporellement la puissance des impulsions émises.

25 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la longueur d'onde du rayonnement de la ou chaque ligne laser est comprise dans un domaine allant de 100 nm à 2000 nm ou dans un domaine allant de 5  $\mu\text{m}$  à 15  $\mu\text{m}$ .

30 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ligne laser est fixe et le substrat a au moins une première dimension (L ; C1) et une deuxième dimension ( $\ell$  ; C2) transversales entre elles, le procédé comprenant au moins une première étape et une deuxième étape telles que :

- dans la première étape, on déplace le substrat en translation parallèlement à sa première dimension (L ; C1) et transversalement à la direction

longitudinale (Y) de la ligne laser, et on module temporellement la puissance de la ligne laser ;

- dans la deuxième étape, on déplace le substrat en translation parallèlement à sa deuxième dimension ( $\ell$  ; C2) et transversalement à la direction longitudinale (Y) de la ligne laser, et on module temporellement la puissance de la ligne laser.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat a au moins une dimension supérieure à 1 m, notamment à 3 m.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la vitesse de déplacement relatif est d'au moins 3 mètres par minute.

18. Installation de traitement d'un substrat transparent pour lui conférer des propriétés optiques modulées, par la création d'un motif à modulation d'indice de réfraction dans le substrat, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- une ou plusieurs sources laser ainsi que des optiques de mise en forme et de redirection propres à générer au moins une ligne laser,

- des moyens de déplacement aptes à imposer en fonctionnement un déplacement relatif du substrat et de la ligne laser selon une direction (X) transversale à la direction longitudinale (Y) de la ligne laser, alors que la ligne laser est focalisée sur le substrat,

- des moyens de modulation temporelle de la puissance de la ligne laser en fonction de la vitesse (v) de déplacement relatif et des dimensions du motif selon la direction (X) de déplacement relatif.

19. Substrat transparent à propriétés optiques modulées, en verre minéral non trempé ou en matériau organique polymérique, susceptible d'être obtenu par le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'il comporte un motif à modulation d'indice de réfraction formé d'une série de lignes ou de portions de lignes juxtaposées, où la valeur de l'indice de réfraction du substrat change d'une ligne à une autre et une dimension caractéristique pour le changement de valeur de l'indice de réfraction du substrat, prise transversalement



à la direction longitudinale des lignes, est un multiple d'une dimension nominale comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 10  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$ .

5 20. Substrat transparent selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'aire des faces principales du substrat, ou de la partie du substrat qui comporte effectivement le motif à modulation d'indice de réfraction, est supérieure ou égale à 1  $\text{m}^2$ , de préférence supérieure ou égale à 1,4  $\text{m}^2$ .

21. Substrat transparent selon l'une quelconque des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce que la valeur de l'indice de réfraction du substrat change continûment d'une ligne à une autre.

10 22. Substrat transparent selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que le motif à modulation d'indice de réfraction est présent en surface du substrat.

15 23. Substrat transparent selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que le motif à modulation d'indice de réfraction est présent dans le volume du substrat.

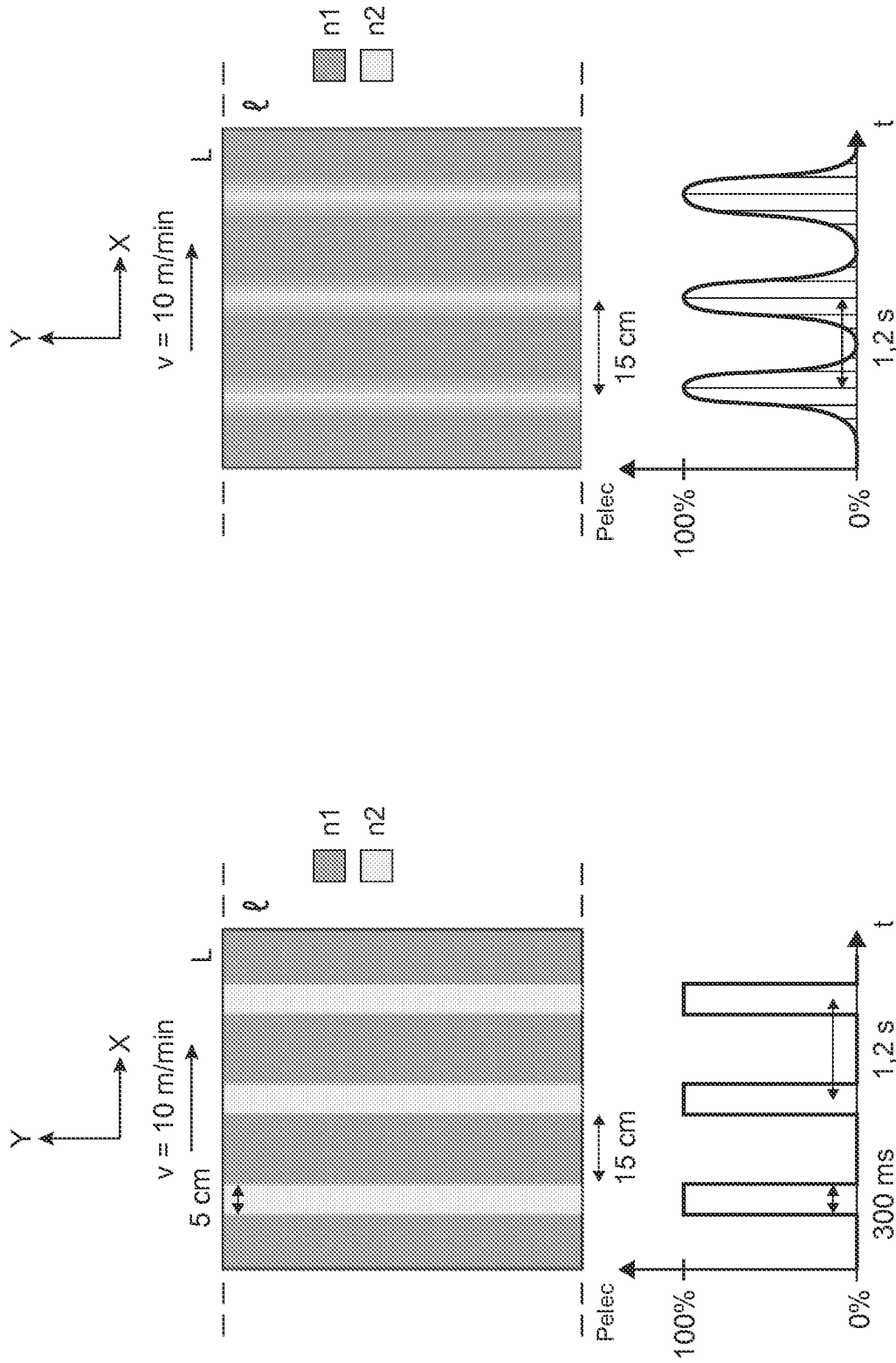


Fig.1

Fig.2



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/FR2014/051191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. B23K26/00 C03B33/09 G03F7/00 G02B26/10 G11B7/14  
 ADD.  
 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)  
 B23K C03B G03F G02B G11B

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	EP 2 065 120 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS KK [JP]) 3 June 2009 (2009-06-03)	1-8,10, 11, 13-20, 22,23
Y	paragraphs [0015] - [0050]	1
X	WO 2007/063458 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; GOOSSENS HENK [CN]; CHEN DAYU [CN] 7 June 2007 (2007-06-07) page 4, line 16 - page 5, line 8; figure 2	1,9,12
Y	US 2010/210442 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 19 August 2010 (2010-08-19) paragraph [0031]	1,19,21
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<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>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search <b>29 July 2014</b>	Date of mailing of the international search report <b>05/08/2014</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <b>Stemmer, Michael</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2014/051191

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 1 523 548 A (LASER TECH SA) 6 September 1978 (1978-09-06) page 1, line 51 - page 2, line 9 -----	1,19,21
A	EP 1 705 522 A2 (FUJI PHOTO FILM CO LTD [JP] FUJIFILM CORP [JP]) 27 September 2006 (2006-09-27) paragraphs [0013], [0250] - [0308] -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2014/051191
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2065120	A1	03-06-2009	CN 101516566 A
			CN 102489883 A
			EP 2065120 A1
			KR 20090064529 A
			TW 200821076 A
			US 2009250446 A1
			WO 2008035679 A1
-----			
WO 2007063458	A1	07-06-2007	CN 1979647 A
			CN 101317223 A
			EP 1958192 A1
			JP 2009517793 A
			KR 20080078020 A
			WO 2007063458 A1
-----			
US 2010210442	A1	19-08-2010	CN 102356050 A
			KR 20110121633 A
			TW 201040117 A
			US 2010210442 A1
			WO 2010096316 A1
-----			
GB 1523548	A	06-09-1978	NONE
-----			
EP 1705522	A2	27-09-2006	EP 1705522 A2
			US 2006216646 A1
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/051191

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
 INV. B23K26/00 C03B33/09 G03F7/00 G02B26/10 G11B7/14  
 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)  
 B23K C03B G03F G02B G11B

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	EP 2 065 120 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS KK [JP]) 3 juin 2009 (2009-06-03)	1-8,10, 11, 13-20, 22,23
Y	alinéas [0015] - [0050] -----	1
X	WO 2007/063458 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; GOOSSENS HENK [CN]; CHEN DAYU [CN] 7 juin 2007 (2007-06-07) page 4, ligne 16 - page 5, ligne 8; figure 2 -----	1,9,12
Y	US 2010/210442 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 19 août 2010 (2010-08-19) alinéa [0031] -----	1,19,21
	-/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents  Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
---	--

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
29 juillet 2014	05/08/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stemmer, Michael

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GB 1 523 548 A (LASER TECH SA) 6 septembre 1978 (1978-09-06) page 1, ligne 51 - page 2, ligne 9 -----	1,19,21
A	EP 1 705 522 A2 (FUJI PHOTO FILM CO LTD [JP] FUJIFILM CORP [JP]) 27 septembre 2006 (2006-09-27) alinéas [0013], [0250] - [0308] -----	1



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/051191

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2065120	A1	03-06-2009	CN 101516566 A	26-08-2009
			CN 102489883 A	13-06-2012
			EP 2065120 A1	03-06-2009
			KR 20090064529 A	19-06-2009
			TW 200821076 A	16-05-2008
			US 2009250446 A1	08-10-2009
			WO 2008035679 A1	27-03-2008
-----				
WO 2007063458	A1	07-06-2007	CN 1979647 A	13-06-2007
			CN 101317223 A	03-12-2008
			EP 1958192 A1	20-08-2008
			JP 2009517793 A	30-04-2009
			KR 20080078020 A	26-08-2008
			WO 2007063458 A1	07-06-2007
-----				
US 2010210442	A1	19-08-2010	CN 102356050 A	15-02-2012
			KR 20110121633 A	07-11-2011
			TW 201040117 A	16-11-2010
			US 2010210442 A1	19-08-2010
			WO 2010096316 A1	26-08-2010
-----				
GB 1523548	A	06-09-1978	AUCUN	
-----				
EP 1705522	A2	27-09-2006	EP 1705522 A2	27-09-2006
			US 2006216646 A1	28-09-2006
-----				