

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **712 016 B1**

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(51) Int. Cl.: **B23K 26/53** (2014.01)
G04B 39/00 (2006.01)
B23K 26/0622 (2014.01)
G02B 6/10 (2006.01)
B29D 11/00 (2006.01)

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00013/17

(22) Date de dépôt: 05.01.2017

(43) Demande publiée: 14.07.2017

(30) Priorité: 07.01.2016 CH 19/16

(24) Brevet délivré: 30.09.2021

(45) Fascicule du brevet publié: 30.09.2021

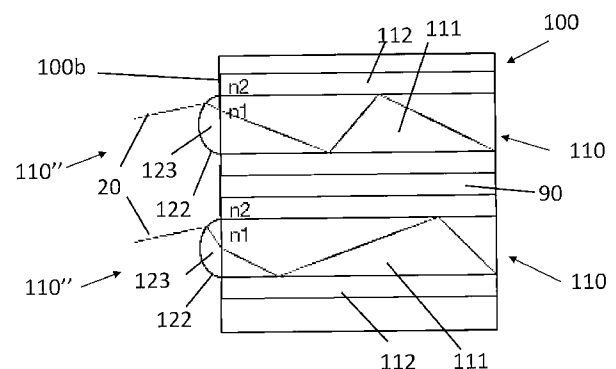
(73) Titulaire(s):
Richemont International SA, Route des Biches 10
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeur(s):
Sebastien Dordor, 8038 Zürich (CH)
Nicolas Yoakim, 1110 Morges (CH)

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé de fabrication d'un élément optique pour pièce d'horlogerie.**

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication d'un élément optique (110, 122) destiné à être intégré dans une glace (100) de pièce d'horlogerie. Un tel procédé comprend les étapes de fournir un substrat (90) dans un matériau translucide ou transparent; de modifier la structure d'au moins une zone du substrat (90) par un laser afin de rendre ladite zone plus sélective à la gravure chimique et réaliser une gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique, et/ou modifier la structure d'au moins une zone du substrat par un laser afin de modifier l'indice de réfraction de ladite zone. L'invention concerne également une glace (100) monobloc et une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comprenant un tel élément optique (110, 122).



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un élément optique pour pièce d'horlogerie, notamment une montre. La présente invention concerne également une glace d'une pièce d'horlogerie comprenant un tel élément optique. Par glace on entend non seulement l'élément communément appelé ainsi et qui, intégré au boîtier d'une montre, permet de voir les affichages au travers, mais aussi toute autre glace comme une glace utilisée à l'intérieur d'une montre, comme un cadran ou un élément similaire d'affichage ou participant à la lecture d'informations données par le mécanisme d'une montre. Un tel élément optique peut être formé à lui seul, ou en combinaison avec d'autres éléments optiques, tel qu'un système optique modifiant le trajet et/ou les propriétés de la lumière dans l'élément optique.

Etat de la technique

[0002] Pour la fabrication d'éléments optiques, les procédés utilisés sont limités. On utilise essentiellement des procédés d'usinage et de polissage (voir par exemple US6406769). De cette façon, on ne peut cependant réaliser des éléments optiques qu'en modifiant le relief de la surface de la glace, et ainsi obtenir que des éléments optiques simples, par formation d'un seul dioptré ou bien par formation d'une lentille dont les deux dioptrés forment les deux faces opposées de la glace.

[0003] Pour certains matériaux, on réalise un façonnage par lithographie aux rayons ultra-violet (voir par exemple US2628160), ce qui limite grandement l'application à des classes de verres précises, souvent dopées avec des éléments impactant leur aspect optique.

[0004] Par ailleurs, on ne peut pas modifier l'indice de réfraction de la glace, ce qui limite grandement les systèmes optiques utilisées en horlogerie. Pour palier en partie à cet inconvénient, on peut aussi fabriquer séparément un système optique ou une partie du système optique complexe et l'adjoindre, par exemple par chassage, à la glace de montre. Cependant, cette solution reste limitée à certaines géométries de systèmes optiques et certains agencements de systèmes optiques dans la glace. Par ailleurs, cette solution présente de nombreux inconvénients parmi lesquels une fabrication rendue plus complexe, une apparence modifiée et une étanchéité rendue plus fragile.

Bref résumé de l'invention

[0005] Un but de la présente invention est de proposer une solution permettant de fabriquer une glace de pièce d'horlogerie avec au moins un élément optique, exempte des limitations des solutions connues.

[0006] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un élément optique destiné à être intégré dans une glace de pièce d'horlogerie. En effet l'invention vise à réaliser une glace monobloc incluant un ou plusieurs élément(s) optique(s) provenant du même matériau, ou plus précisément du même substrat que la glace.

[0007] Un autre but de l'invention est de permettre de réaliser des systèmes optiques complexes.

[0008] Un autre but de l'invention est de permettre de réaliser un ou plusieurs élément(s) optique(s) disposé(s) soit sur l'une des faces au moins de la glace, soit au sein de la glace sans s'étendre jusqu'à l'une des faces de la glace, soit à la fois sur au moins une des faces de la glace et à l'intérieur de la glace. Un tel élément optique peut notamment inclure des lentilles simples, comme par exemple pour le grossissement, ou encore des réseaux lenticulaires, comme par exemple ceux utilisés pour réaliser des effets optiques divers.

[0009] Un autre but de l'invention est de permettre de réaliser un ou plusieurs élément(s) optique(s) dont l'indice de réfraction est différent du reste du matériau de la glace.

[0010] Un autre but de l'invention est de permettre de réaliser un ou plusieurs élément(s) optique(s) présentant une portion débouchant au moins sur l'une des faces de la glace et/ou du substrat et présentant un relief contribuant à la modification du trajet de la lumière.

[0011] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un élément optique facile à mettre en oeuvre, que ce soit pour des petites séries ou des grandes séries.

[0012] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un procédé de fabrication d'un élément optique destiné à être intégré dans une glace de pièce d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes:

fournir un substrat dans un matériau translucide ou transparent; et

modifier la structure d'au moins une zone du substrat par un laser afin de rendre ladite zone plus sélective à la gravure chimique, et réaliser une gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique; et/ou modifier la structure d'au moins une zone du substrat par un laser afin de modifier l'indice de réfraction de ladite zone.

[0013] On comprend que le rayon du laser modifie la structure de la matière d'une zone du substrat, d'une façon (soit par augmentation de la réactivité à la gravure chimique ou bien par modification de l'indice de réfraction du matériau de

cette zone) qui crée ou bien contribue à créer une zone dans laquelle le trajet de la lumière est différent du trajet de la lumière avant ce traitement par laser.

[0014] Ainsi, l'élément optique pourra résulter de la modification des propriétés optiques de la zone exposée du substrat et/ou des propriétés optiques de la géométrie résultante après ablation de la zone exposée, le cas échéant.

[0015] Cet élément optique appartient à un système optique. Un tel système optique peut être simple, notamment s'il ne comporte que ledit élément optique, ou plus complexe, notamment en présence de plusieurs éléments optiques juxtaposés. Dans ce dernier cas, on peut avoir une association d'éléments optiques dont un ou plusieurs sont nés de la modification de l'indice de réfraction dans une ou plusieurs zones attenantes, et/ou dont un ou plusieurs autres (notamment qui débouchent à la surface du substrat) résultent d'une gravure chimique créant un relief avec des dépressions obtenues par gravure chimique et retrait de la matière de la zone traitée par laser.

[0016] On entend par matériau „translucide ou transparent“, un matériau qui laisse passer en tout ou partie des rayons lumineux ayant une longueur d'onde visible à l'oeil humain ainsi que la ou les longueurs d'onde du laser utilisé pour modifier la structure.

[0017] L'invention porte également sur une glace monobloc de pièce d'horlogerie comprenant au moins un élément optique obtenu par le procédé de fabrication selon la présente invention.

[0018] La présente invention se rapporte également à une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comprenant une glace monobloc comprenant au moins un élément optique obtenu par le procédé de fabrication selon la présente invention.

[0019] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur de permettre de modifier dans n'importe quelle zone du substrat, en surface, en coeur, à la fois en surface et coeur, selon n'importe quelle géométrie (forme et dimensions souhaitées) la structure du matériau constituant cette zone pour contribuer à la formation d'un élément optique dans cette zone.

[0020] De préférence, on utilise un laser dont la durée des impulsions est comprise entre 1 femtoseconde et 1000 femtosecondes.

[0021] Selon un premier aspect de l'invention, on propose un procédé de fabrication d'un élément optique destiné à être intégré dans une glace de pièce d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes:

fournir un substrat dans un matériau translucide ou transparent;

modifier la structure d'au moins une zone débouchant sur l'une des faces du substrat par un laser afin de rendre ladite zone plus sélective à la gravure chimique; et

réaliser une gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique contribuant à la réalisation dudit élément optique.

[0022] Dans ce cas on comprend que l'élément optique est sélectivement fabriqué par retrait de matière dans ladite zone.

[0023] Dans un mode de réalisation, ladite zone débouche sur l'une des faces du substrat, dans le cas où la modification de la structure rend ladite zone plus sélective à la gravure chimique et où le procédé comprend une étape de gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique contribuant à la réalisation dudit élément optique. Ainsi, on fabrique sélectivement ledit élément optique.

[0024] Selon un deuxième aspect de l'invention, on propose un procédé de fabrication d'un élément optique destiné à être intégré dans une glace de pièce d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes:

fournir un substrat dans un matériau translucide ou transparent; et

modifier la structure d'au moins une zone du substrat par un laser afin de modifier l'indice de réfraction de ladite zone.

[0025] Dans ce cas on comprend que l'élément optique est sélectivement fabriqué par différenciation de l'indice de réfraction entre ladite zone et le reste du substrat. Plus précisément, ladite zone présente un indice de réfraction modifié par le rayonnement du laser et tout autour de ladite zone, le matériau présente un indice de réfraction non modifié et qui est égal à celui du matériau constituant le substrat de départ.

[0026] Dans un mode de réalisation, on met en oeuvre le premier aspect de l'invention dans une première zone du substrat et on met en oeuvre le deuxième aspect de l'invention dans une deuxième zone du substrat qui est différente de la première zone. Dans ce cas, au moins un élément optique est formé dans une première zone du substrat par retrait de matière dans ladite première zone du substrat et au moins un élément optique est formé dans une deuxième zone du substrat par modification de l'indice de réfraction.

[0027] Dans un autre mode de réalisation, on met en oeuvre le deuxième aspect de l'invention dans une deuxième zone du substrat et on met en oeuvre le premier aspect de l'invention dans une première zone du substrat qui est au

moins partiellement comprise dans la première zone. Dans ce cas, au moins un élément optique, qui est situé dans un emplacement commun à la première zone et à la deuxième zone, est formé à la fois par retrait de matière et par modification de l'indice de réfraction.

[0028] Avantageusement, le matériau du substrat est l'un parmi les matériaux suivants: verre, verre minéral, corindon, quartz, saphir, rubis synthétique, rubis polycristallin, silice, un vitrocéramique, une céramique et un polymère.

Brève description des figures

[0029] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

la figure 1 illustre schématiquement une vue en coupe agrandie et partielle d'une glace avec un élément optique en cours d'obtention, selon un premier mode de réalisation de l'invention;

les figures 2A et 2 B illustrent en vue de dessus deux variantes d'une glace avec un élément optique en cours d'obtention, selon le premier mode de réalisation de l'invention;

la figure 3 est une vue en coupe agrandie partielle d'une glace avec un élément optique, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention;

la figure 4 est une vue en coupe agrandie d'une glace avec deux éléments optiques, selon un troisième mode de réalisation de l'invention;

la figure 5 est une vue en coupe agrandie d'une glace avec deux éléments optiques, selon une variante du troisième mode de réalisation de l'invention;

la figure 6 illustre en coupe partielle d'une glace avec deux variantes d'un élément optique, selon un quatrième mode de réalisation de l'invention;

la figure 7 illustre en coupe partielle une glace avec une série d'éléments optiques formant un système optique complexe, selon un cinquième mode de réalisation de l'invention;

la figure 8 illustre en coupe partielle une glace de l'art antérieur avec une couche antireflet; et

la figure 9 illustre en coupe partielle une glace selon un sixième mode de réalisation de l'invention présentant une couche antireflet.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0030] Les figures 1, 2A et 2B illustrent un premier mode de réalisation d'une glace 100 dans lequel on met en oeuvre le procédé de fabrication selon le premier aspect pour former à titre d'élément optique une couche polarisante. A cet effet, le procédé de fabrication selon l'invention est utilisé pour former une structuration géométrique sous forme de rayures 101 qui permettront d'orienter les particules polarisantes d'une couche (non représentée) qui est déposée sur la face supérieure de la glace 100 en recouvrant les rayures 101.

[0031] De préférence, la structuration géométrique comporte des rayures 101 nanométriques. En effet, des rayures présentant des dimensions nanométriques, au moins pour la largeur et la profondeur des rayures 101, sont adaptées pour la formation d'une couche polarisante. Ces rayures 101 constituent des creux, sous forme d'indentations, d'entailles ou de sillons creusés dans la face du substrat 90 de départ grâce à la modification de structure réalisée par le laser dans chaque point de matière à retirer pour creuser les rayures par gravure chimique.

[0032] De préférence, les rayures 101 de la glace 100 selon l'invention sont réalisées par la technique „Selective Laser-induced Etching“ (SLE) ou „In-Volume Selective Laser-induced Etching“ (ISLE).

[0033] A cet effet, on obtient les rayures 101 de la façon suivante:

- a) on fournit un substrat 90 en forme de disque, obtenu par usinage ou polissage, destiné à former la glace;
- b) on fournit un laser avec une durée d'impulsions qui peut aller de la femtoseconde (10^{-15} seconde) à la picoseconde (10^{-12} seconde);
- c) on modifie la structure du substrat 90 dans tout le volume de matière à retirer pour former les rayures 101;
- d) on fournit un agent chimique liquide qui permet à la matière du volume du substrat dont la structure a été modifiée par le laser dans l'étape précédente, d'être dissoute plus rapidement que les autres zones de matière dont la structure n'a pas été modifiée;

- e) on plonge, le substrat 90 avec le volume de structure modifiée dans un bain composé de l'agent chimique liquide, on maintient le substrat 90 pendant un temps prédéterminé dans le bain de sorte que l'ensemble de la matière du volume de structure modifiée est dissoute; et
- f) on sort la pièce 100 ainsi formée du bain, et on la lave afin de retirer toute trace de l'agent chimique et ainsi stopper la réaction chimique entre l'agent chimique liquide et le matériau du substrat.

[0034] On obtient alors directement la glace 100 représentée à la figure 1 avec une face supérieure présentant des rayures 101.

[0035] La modification de la structure du substrat 90 à l'étape c) n'est possible qu'en utilisant un matériau pour le substrat 90 qui est transparent pour le laser. En pratique, on parcourt avec le point focal du laser, point à point, tout le volume du substrat 90 destiné à former les rayures, en comprenant une portion de la face du substrat ou proche de la surface du substrat. On réalise ainsi une modification de la structure du matériau par absorption à plusieurs photons, laquelle nécessite une densité d'énergie particulièrement élevée.

[0036] Dans l'étape d), la modification locale de la structure par le laser permet de choisir un agent chimique liquide qui est plus réactif dans le volume de structure modifiée que dans les autres zones non modifiées.

[0037] Ainsi, de préférence, les rayures 101 de la glace 100 selon l'invention sont obtenues par un procédé d'attaque chimique sélective, mis en oeuvre après une étape préalable de modification de la structure d'une zone tridimensionnelle du substrat devant être gravée.

[0038] Ensuite, le procédé de fabrication de l'élément optique comprend en outre une étape supplémentaire de dépôt d'une couche polarisante sur la structuration géométrique, à savoir sur les rayures 101.

[0039] Cette couche polarisante (non représentée) comporte de préférence des composés dichroïques, au moins une partie des composés dichroïques étant des molécules ou des fragments de molécule avec des structures planes et formant un réseau cristallin dans la couche polarisante.

[0040] Avantagusement, comme on le voit sur la figure 2A et sur la figure 2B, les rayures 101 sont réparties en groupes de rayures sensiblement parallèles entre elles.

[0041] D'une manière générale, l'utilisation de la technique ISLE permet de maîtriser très précisément l'orientation des rayures 101 et donc, en suivant de maîtriser l'effet polarisant en paramétrant avec une grande définition l'effet polarisant.

[0042] En outre, grâce au procédé de fabrication selon le premier aspect de l'invention, on peut former des rayures sur tout type de matériau. En effet, traditionnellement, les rayures sont obtenues par satinage de la surface sur quelques nanomètres, avec une poudre céramique, dont la dureté est insuffisante pour traiter un substrat en saphir.

[0043] Egalement, grâce au procédé de fabrication selon le premier aspect de l'invention, on peut constituer dans une glace de pièce d'horlogerie une multitude d'éléments optiques différents, et en particulier des éléments optiques biréfringents, polarisants...

[0044] La figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation d'une glace 100 dans lequel on met en oeuvre le procédé de fabrication de l'invention selon le premier aspect pour former à titre d'élément optique un dioptre 102 à la surface du substrat 90 formant la glace 100. A cet effet, le procédé de fabrication est utilisé pour former une structuration géométrique sous forme de retrait sélectif de matière.

[0045] Dans l'exemple représenté sur la figure 3, la structuration géométrique comporte un dioptre 102 non plan réalisé sur la face inférieure 100a de la glace 100. Il s'agit en l'espèce d'un dioptre 102 convexe. On comprend que d'autres types de dioptre non plan sont réalisables très facilement grâce au procédé de fabrication selon l'invention.

[0046] Dans un mode de réalisation non représenté, la structuration géométrique comporte des reliefs formant des signes et symboles graphiques. Ainsi, par exemple, ces reliefs représentent un logo et/ou un chiffre, une lettre, un symbole de sorte que par assemblage de ces signes graphiques on peut inclure des informations en relation avec la pièce d'horlogerie, la série de pièce d'horlogerie, ou d'autres référencements. Notamment, on peut faire la structuration géométrique formant ces reliefs sur la face latérale 100b de la glace 100, formant la tranche (voir les figures 4 à 6).

[0047] La figure 4 illustre un troisième mode de réalisation d'une glace 100 dans lequel on met en oeuvre le procédé de fabrication selon le deuxième aspect de l'invention pour former à titre d'élément optique une fibre optique 110. A cet effet, le procédé de fabrication est utilisé pour former une structuration géométrique sous forme de modification de l'indice de réfraction du substrat.

[0048] Plus précisément, on dispose d'un substrat 90 réalisé dans un matériau avec un indice de réfraction n_3 . Dans ce cas, la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone (avec un indice de réfraction modifié n_1) et une deuxième modification de l'indice de réfraction d'une deuxième zone (avec un indice de réfraction modifié n_2) entourant ladite première zone. L'indice de réfraction modifié est plus faible dans la deuxième zone que dans la première zone ($n_2 < n_1$). La première zone forme le coeur 111 d'une fibre optique 110 et la deuxième zone forme la gaine 112 de la fibre optique 110.

[0049] Ainsi, dans une première étape, on réalise la modification de structure par le laser dans une première zone destinée à former le coeur 111 de la fibre optique 110, et présentant un indice de réfraction n_1 . De préférence, le coeur 111 de la fibre optique présente une section circulaire. Ensuite, dans une deuxième étape, on réalise la modification de structure par le laser dans une deuxième zone destinée à former la gaine 112 de la fibre optique 110, et présentant un indice de réfraction n_2 différent de n_1 . De préférence, $n_1 > n_2$. De préférence, la gaine 112 de la fibre optique présente une section annulaire.

[0050] L'ordre de la première étape et de la deuxième étape peut être inversé lors de la fabrication de la fibre optique 110.

[0051] Le trajet de la lumière dans la fibre optique 110, au sein du coeur 111 de la fibre optique, est indiqué par le signe de référence 20.

[0052] Sur la figure 4, la glace 100 est représentée avec deux fibres optiques 110 rectilignes et parallèles entre elles s'étendant d'un bord à l'autre de la glace, en débouchant sur la face latérale 100b formant la tranche.

[0053] De préférence, au moins une extrémité de la fibre optique débouche sur une face du substrat 90. Sur la figure 4, pour chaque fibre optique 110, les deux extrémités de la fibre optique 110 débouchent sur une face du substrat, en particulier sur la face latérale 100b.

[0054] L'utilisation de la structuration par laser permet de maîtriser très précisément les dimensions et l'indice de réfraction de chaque partie de la fibre optique, à savoir le coeur 111 et la gaine 112, et permet de réaliser, in situ dans la glace 100, des fibres optiques présentant toutes les orientations, tailles et géométries possibles.

[0055] Ainsi, dans le cas de la variante du troisième mode de réalisation de la figure 5, on réalise grâce au procédé de fabrication selon l'invention des fibres optiques courbes 110'. Deux fibres optiques courbes 110' ont été placées l'une au-dessus de l'autre dans la glace 100 de la figure 5. Dans la partie haute de la figure 5, la fibre optique courbe 110' comporte deux extrémités qui débouchent sur la face latérale 100b. Dans la partie basse de la figure 5, la fibre optique courbe 110' présente un rayon de courbure plus faible et comporte deux extrémités qui ne débouchent sur aucune face de la glace 100.

[0056] D'une manière générale, dans le cas de la variante du troisième mode de réalisation, on peut réaliser grâce au procédé de fabrication selon l'invention une fibre optique présentant une direction non rectiligne.

[0057] Par ailleurs, usiner la fibre optique par structuration de matière directement dans la glace permet d'atteindre des rayons très petits et des géométries complexes pour les fibres optiques.

[0058] Par exemple, de telles fibres optiques rectilignes 110 ou courbes 110' peuvent être utilisées seules, ou en faisceau pour permettre un guidage de la lumière pour présenter des éléments cachés, afficher des éléments dans des endroits non conventionnels (coins d'une montre carrée, bord de la glace).

[0059] La figure 6 illustre un quatrième mode de réalisation d'une glace 100 dans lequel on met en oeuvre le procédé de fabrication selon l'invention à la fois selon le premier aspect et selon le deuxième aspect. Par la mise en oeuvre du procédé de fabrication selon le premier aspect on forme à titre d'élément optique un dioptré 122 à la surface de la glace 100, en particulier sur la face latérale 100b formant la tranche de la glace 100.

[0060] A cet effet, afin de conformer le dioptré 122 par retrait de matière dans le substrat 90, on doit réaliser une autre modification de la structure du substrat 90 qui rend une troisième zone, non représentée, située à l'extrémité de la fibre optique 110 en prolongeant le dioptré 122, plus sélective à la gravure chimique, et ce pour sélectivement fabriquer ledit dioptré 122 à titre d'élément optique. Pour cela, ledit procédé de fabrication selon l'invention comprend en outre une étape de gravure chimique de ladite troisième zone afin de réaliser une structuration géométrique délimitant un dioptré non plan 122.

[0061] En outre, par la mise en oeuvre du procédé de fabrication selon le deuxième aspect on forme à titre d'élément optique une fibre optique 110 avec un coeur 111 présentant un premier indice de réfraction n_1 , entouré d'une gaine 112 présentant un deuxième indice de réfraction n_2 . Comme dans le cas du troisième mode de réalisation de la figure 4, la fibre optique 110 est rectiligne et ses deux extrémités de la fibre débouchent sur la face latérale 100b de la glace 100. Par ailleurs, dans le cas représenté sur la figure 6, ledit dioptré 122 est convexe et constitue avec l'extrémité de la fibre optique 110 une lentille convergente formant une loupe 123. Par ailleurs, ladite loupe 123 prolonge l'extrémité du coeur 111 de la fibre optique 110 pour former un système optique 110".

[0062] Deux systèmes optiques 110" associant une fibre optique 110 et une loupe 123 sont ainsi réalisés dans la glace de la figure 6. En particulier, comme représenté dans le système optique 110" de la partie supérieure de la figure 6, ladite loupe 123 présente un indice de réfraction n_1 identique à celui de la première zone formant le coeur 111 de la fibre optique 110. Concernant l'autre système optique 110" de la partie inférieure de la figure 6, ladite loupe 123 présente un indice de réfraction n_2 identique à celui de la deuxième zone formant la gaine 112 de la fibre optique 110.

[0063] Dans ce quatrième mode de réalisation d'une glace 100, on crée d'une lentille (loupe 123) intégrée (monobloc) à une fibre guide d'onde 110 présentant un indice de réfraction choisi, qui peut être celui du coeur de la fibre 111 (indice de réfraction n_1) ou de la gaine de la fibre 112 (indice de réfraction n_2). Ceci présente l'avantage de combiner l'effet grossissant et le guidage de la lumière sur un élément solide et n'ayant pas de jeu d'assemblage de par sa nature monobloc.

[0064] Selon un cinquième mode de réalisation du procédé de fabrication selon l'invention, mettant en oeuvre le deuxième aspect, la modification de la structure réalise une modification de l'indice de réfraction de ladite zone par rapport au reste du substrat, ladite zone délimitant une lentille.

[0065] Dans une première variante, la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone formant une première lentille et d'une deuxième zone formant une deuxième lentille présentant le même axe optique que la première lentille et étant contiguë à la première lentille. Ici on forme une première lentille et une deuxième lentille ayant le même indice de réfraction, différent de celui du substrat 90.

[0066] Dans une seconde variante, la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone formant une première lentille et une deuxième modification de l'indice de réfraction d'une deuxième zone formant une deuxième lentille présentant le même axe optique que la première lentille et étant contiguë à la première lentille. Dans cette seconde variante du cinquième mode de réalisation, on forme une première lentille et une deuxième lentille ayant un indice de réfraction différent entre elles et qui est différent de celui du substrat 90.

[0067] A titre d'exemple pour illustrer ce cinquième mode de réalisation, la figure 7 montre une glace 100 dans laquelle a été fabriqué directement dans la matière du substrat 90 un système optique complexe 130 comprenant une série de lentilles 131, 132, 133 et 134 alignées et accolées entre elles, présentant le même axe optique. Dans cet exemple, les deux lentilles 131 et 134 formant les extrémités du système optique complexe 130 sont des lentilles plans convexes, la face plane étant tournée dans la même direction pour la lentille 131 et pour la lentille 134 (en l'espèce vers le haut de la figure 7). La face convexe de la lentille 134 affleure avec la face inférieure 100a de la glace 100. Une lentille biconvexe 132 est disposée sous la lentille d'extrémité supérieure 131 et une troisième lentille plan convexe 133 est disposée entre la lentille biconvexe 132 et la lentille d'extrémité inférieure 134.

[0068] De cette façon, on obtient un système optique complexe 130 monobloc, fabriqué avec précision, ce qui garantit notamment l'alignement des lentilles 131, 132, 133 et 134, et qui n'est pas fragile puisqu'il est intégré dans le matériau du substrat 90.

[0069] De tels systèmes optiques complexes 130 peuvent être fabriqués de façon simple pour réaliser une loupe à géométrie complexe ou composée, permettant notamment de corriger des aberrations géométriques et/ou chromatiques de systèmes optique plus simples, tels qu'une loupe.

[0070] On se tourne vers les figures 8 et 9 présentant un sixième mode de réalisation d'une glace mettant en oeuvre le procédé de fabrication selon le deuxième aspect. Dans ce cas, la modification de la structure réalise une modification de l'indice de réfraction d'une zone par rapport au substrat 90, ladite zone délimitant une couche antireflet.

[0071] Traditionnellement, comme représenté sur la figure 8, une ou plusieurs couche(s) antireflets sont réalisées par le dépôt successif de couches minces possédant différents indices de réfractions. Ainsi, la couche 140 d'épaisseur e présente l'indice de réfraction n et est disposée sur un substrat 90. La lumière incidente 20 est ainsi réfléchi selon le rayon 20' réfléchi à la surface de la couche 140 et selon le rayon 20'' réfléchi par la surface de transition entre la couche 140 et le substrat 90.

[0072] Sur la figure 9, on obtient une couche 140 d'épaisseur constante obtenu par le procédé de fabrication selon le deuxième aspect de l'invention, qui est située légèrement en-dessous de la face supérieure 100a. Selon une variante non représentée la couche 140 est située directement à la surface de la glace 100 et délimite la face supérieure 100a. La modification de l'indice de réfraction du substrat 90 (par exemple en saphir ou en verre organique) par irradiation laser directement dans la matière permet de réaliser très simplement et avec une grande précision dimensionnelle la couche antireflet 140. On simplifie donc le procédé de fabrication en s'affranchissant de procédé de dépôts compliqués à maîtriser

Numéros de référence employés sur les figures

[0073]

90	Substrat
100	Glace
100a	Face supérieure ou inférieure
100b	Face latérale
101	Rayures
102	Dioptré non plan
110	Fibre optique rectiligne
110'	Fibre optique courbe
110''	Fibre optique avec loupe
111	Coeur de la fibre optique
112	Gaine de la fibre optique
122	Dioptré non plan
123	Loupe
130	Système optique complexe

131	Lentille plan convexe
132	Lentille biconvexe
133	Lentille plan convexe
134	Lentille plan convexe
140	Couche antireflet

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un élément optique destiné à être intégré dans une glace (100) de pièce d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes:
fournir un substrat (90) dans un matériau translucide ou transparent;
modifier la structure d'au moins une zone du substrat (90) par un laser afin de rendre ladite zone plus sélective à la gravure chimique, et réaliser une gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique;
et/ou modifier la structure d'au moins une zone du substrat (90) par un laser afin de modifier l'indice de réfraction de ladite zone.
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la durée des impulsions du laser est comprise entre 1 femtoseconde et 1000 femtosecondes.
3. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel ladite zone débouche sur l'une des faces du substrat (90), et dans le cas où modification de la structure rend ladite zone plus sélective à la gravure chimique et où le procédé comprend une étape de gravure chimique de ladite zone afin de former une structuration géométrique.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel la structuration géométrique comporte des rayures (101) nanométriques.
5. Procédé selon la revendication 4, comprenant en outre une étape supplémentaire de dépôt d'une couche polarisante sur la structuration géométrique.
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel ladite couche polarisante comporte des composés dichroïques, au moins une partie des composés dichroïques étant des molécules ou des fragments de molécule avec des structures planes et formant un réseau cristallin dans la couche polarisante.
7. Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel les rayures (101) sont réparties en groupes de rayures sensiblement parallèles entre elles.
8. Procédé de fabrication selon la revendication 3, dans lequel la structuration géométrique comporte au moins un dioptré non plan (102).
9. Procédé de fabrication selon la revendication 3, dans lequel la structuration géométrique comporte des reliefs formant des signes et symboles graphiques.
10. Procédé de fabrication selon la revendication 1 dans lequel la modification de la structure en surface prend la forme de réseau lenticulaire.
11. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la modification de la structure réalise une modification de l'indice de réfraction de ladite zone par rapport au substrat (90), ladite zone délimitant une couche antireflet (140).
12. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone et une deuxième modification de l'indice de réfraction d'une deuxième zone entourant ladite première zone, l'indice de réfraction modifié étant plus faible dans la deuxième zone que dans la première zone, ladite première zone formant le coeur (111) d'une fibre optique (110) et ladite deuxième zone formant la gaine (112) de ladite fibre optique (110).
13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel au moins une extrémité de la fibre optique (110) débouche sur une face du substrat (90).
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel une autre modification de la structure rend une troisième zone, située à l'extrémité de la fibre optique (110), plus sélective à la gravure chimique, ledit procédé comprenant en outre une étape de gravure chimique de ladite troisième zone afin de réaliser une structuration géométrique délimitant un dioptré non plan (122).
15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel ledit dioptré est convexe et forme avec l'extrémité de la fibre optique (110) une lentille convergente formant une loupe (123).
16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel ladite loupe (123) prolonge l'extrémité du coeur (111) de la fibre optique (110).
17. Procédé selon la revendication 15, dans lequel ladite loupe (123) présente un indice de réfraction identique à celui de la première zone formant le coeur (111) de la fibre optique (110).
18. Procédé selon la revendication 15, dans lequel ladite loupe (123) présente un indice de réfraction identique à celui de la deuxième zone formant la gaine (112) de la fibre optique (110).

19. Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, dans lequel ladite fibre optique (110) présente une direction non rectiligne.
20. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la modification de la structure réalise une modification de l'indice de réfraction de ladite zone par rapport au reste du substrat (90), ladite zone délimitant une lentille (131, 132, 133, 134).
21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone formant une première lentille et d'une deuxième zone formant une deuxième lentille présentant le même axe optique que la première lentille et étant contiguë à la première lentille.
22. Procédé selon la revendication 20, dans lequel la modification de la structure réalise une première modification de l'indice de réfraction d'une première zone formant une première lentille et une deuxième modification de l'indice de réfraction d'une deuxième zone formant une deuxième lentille présentant le même axe optique que la première lentille et étant contiguë à la première lentille.
23. Procédé selon l'une des revendications 1 à 22, dans lequel le matériau du substrat (90) est l'un parmi les matériaux suivants: verre, verre minéral, corindon, quartz, saphir, rubis synthétique, rubis polycristallin, silice, une céramique et un polymère.
24. Glace (100) monobloc de pièce d'horlogerie comprenant un élément optique obtenu selon un procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 23.
25. Pièce d'horlogerie comprenant une glace (100) selon la revendication 24.
26. Pièce d'horlogerie selon la revendication 25, ladite pièce d'horlogerie étant une montre.

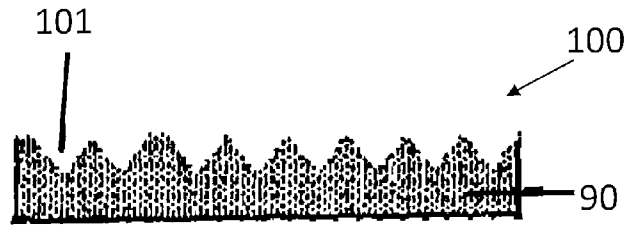


Fig. 1

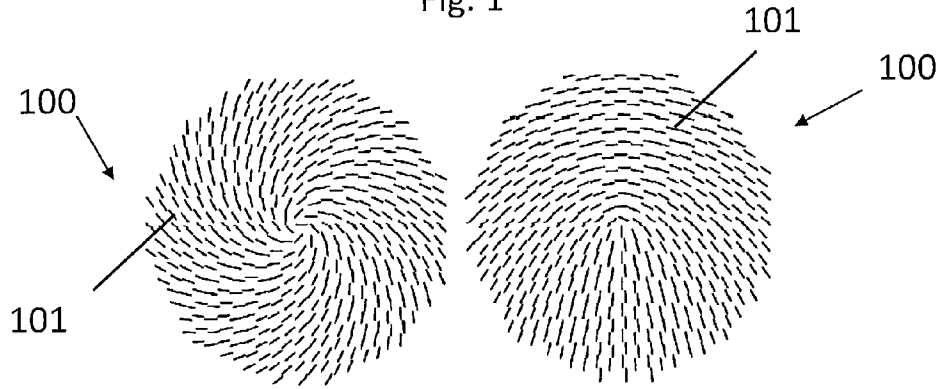


Fig. 2A

Fig. 2B

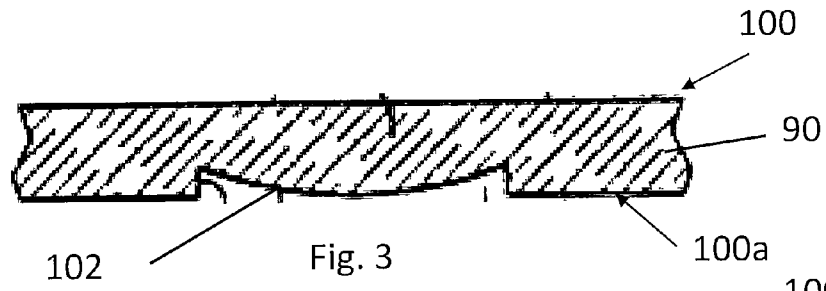


Fig. 3

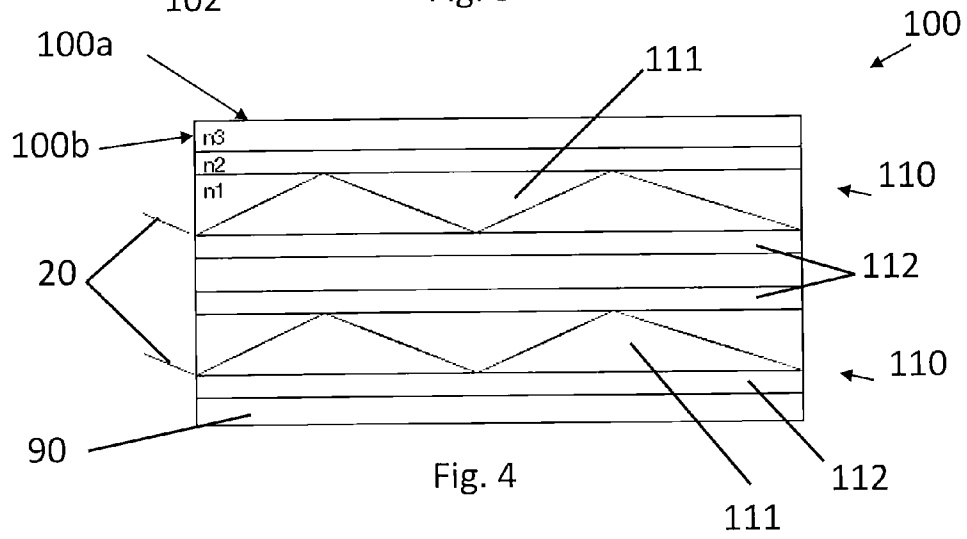


Fig. 4

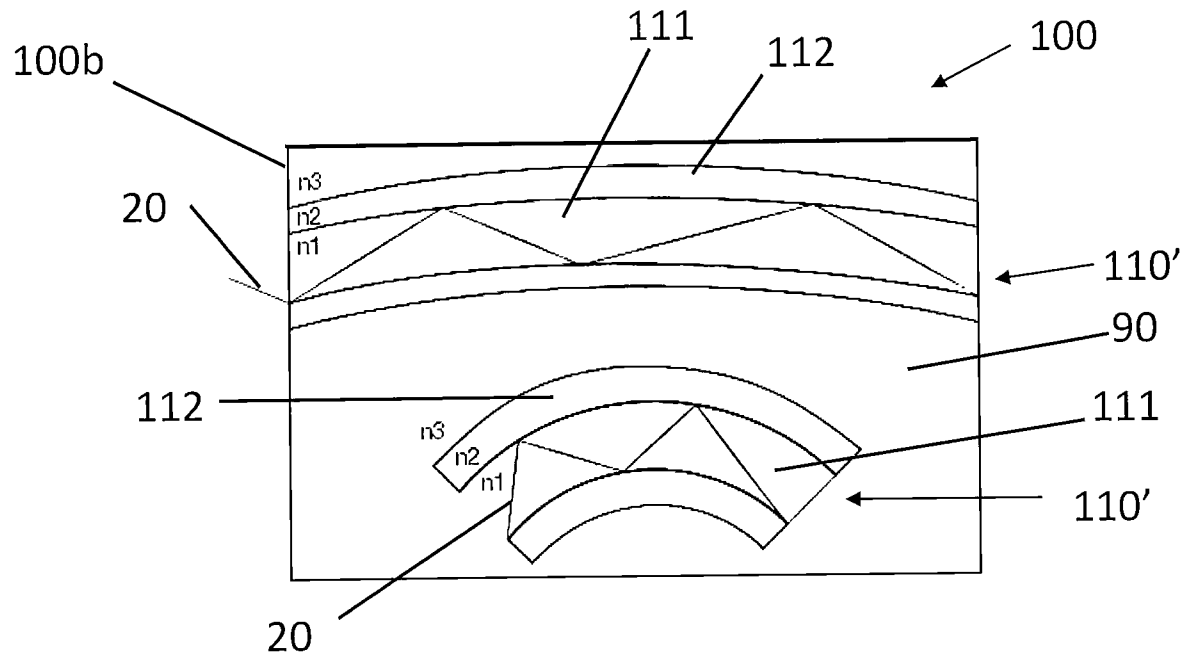


Fig. 5

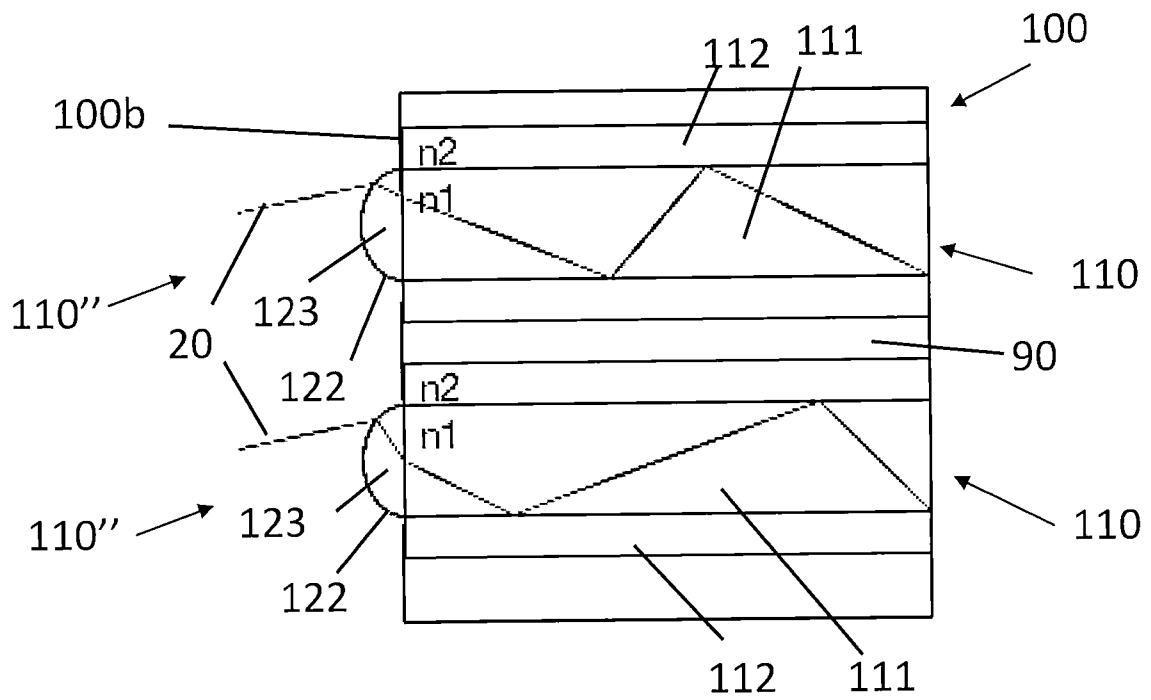


Fig. 6

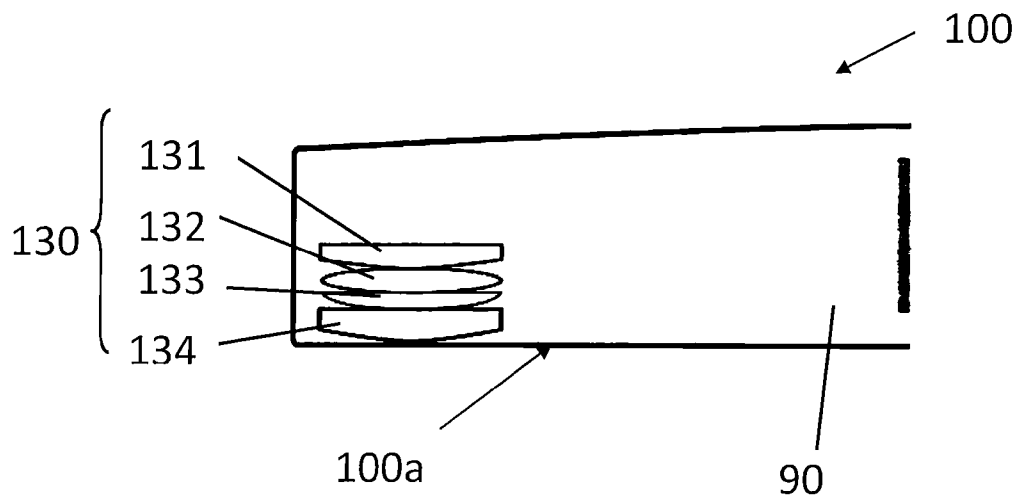


Fig. 7

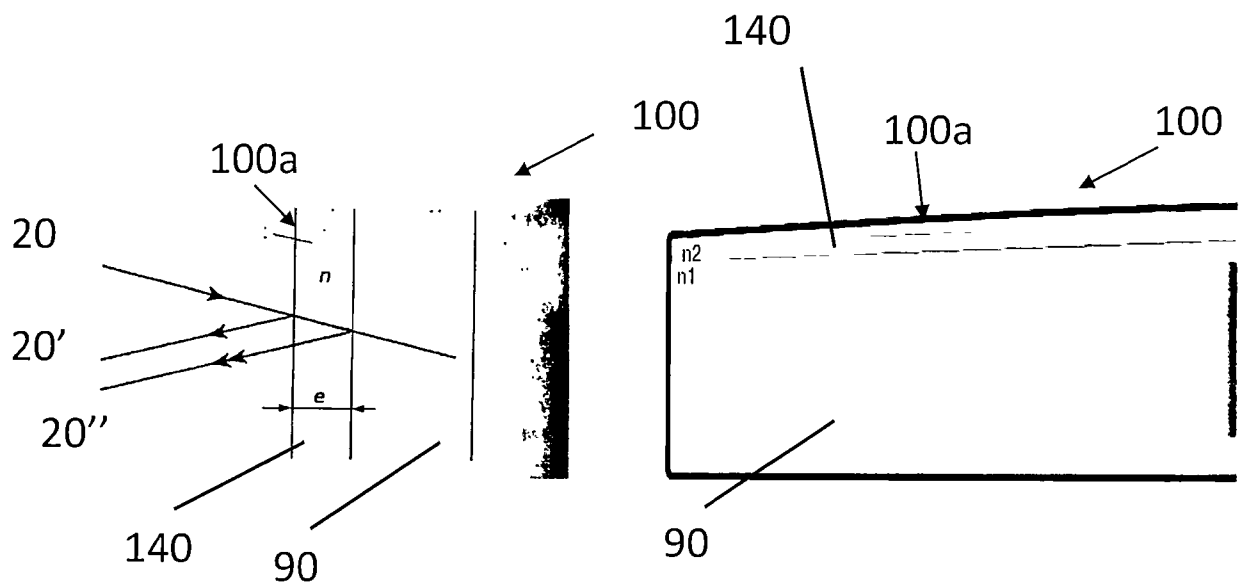


Fig. 8

ART ANTÉRIEUR

Fig. 9