

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.07.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.02.21 Bulletin 21/05.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ALEDIA Société par actions simplifiée
— FR et NOVAE Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : LAVOUTE Laure, GAPONOV Dmitriy,
CASTAING Marc, DUCROS Nicolas et JEANNIN Oli-
vier.

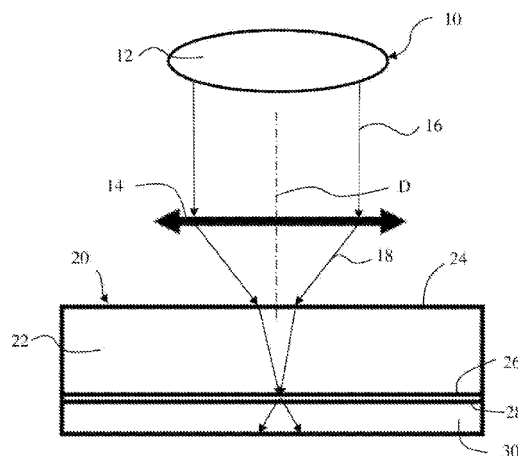
73 Titulaire(s) : ALEDIA Société par actions simplifiée,
NOVAE Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 Système et procédé de traitement par laser.

57 Système et procédé de traitement par laser
La présente description concerne un système (10) pour
le traitement d'une région (28) d'un objet (20) adjacente à un
substrat (22). Le système comprend une source (12) d'un
faisceau laser incident (16) fournissant un faisceau laser fo-
calisé (18). La longueur d'onde du faisceau laser incident
est supérieure à la somme de 500 nm et de la longueur
d'onde associée à l'écart de bandes du matériau composant
le substrat et inférieure à la somme de 2500 nm et de cette
longueur d'onde. Le système comprend un dispositif optique
associant une ouverture numérique supérieure à 0,3 et des
moyens de correction des aberrations sphériques apparaís-
sant lors de la traversée du substrat pour une épaisseur
donnée du substrat et une distance donnée entre le substrat
et le dispositif optique. Le traitement s'effectuant sur la ré-
gion au travers du substrat (22), et comprenant la modifica-
tion physique, chimique ou physico-chimique ou l'ablation
de la région.

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



Description

Titre de l'invention : Système et procédé de traitement par laser

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale les systèmes et procédés de traitement au laser d'un objet comprenant un substrat semiconducteur.

Technique antérieure

[0002] Pour certaines applications, il est souhaitable de pouvoir réaliser un traitement au laser d'un objet comprenant un substrat semiconducteur, par exemple en silicium, au travers du substrat. Le document US 2019/0058085 décrit un exemple d'une telle application dans laquelle des diodes électroluminescentes, formées depuis une couche de germination recouvrant un substrat en silicium, sont détachées du substrat par l'ablation de la couche de germination au moyen d'un laser infrarouge au travers du substrat.

[0003] Un inconvénient est que le silicium ne transmet sensiblement pas les rayonnements électromagnétiques dont la longueur d'onde est inférieure à 1100 nm, ce qui empêche l'utilisation des lasers infrarouges les plus répandus dans le commerce. En outre, même en utilisant un laser à une longueur d'onde pour laquelle le silicium est sensiblement transparent, il peut être difficile de focaliser efficacement le faisceau laser sur la région à retirer, notamment en raison d'interactions non linéaires entre le laser et le silicium. Il peut en outre être difficile d'empêcher la détérioration des régions voisines de la région à traiter.

Résumé de l'invention

[0004] Ainsi, un objet d'un mode de réalisation est de pallier au moins en partie les inconvénients des systèmes et procédés de traitement au laser d'un objet comprenant un substrat semiconducteur décrits précédemment.

[0005] Un objet d'un mode de réalisation est que le faisceau laser soit focalisé sur la région à traiter au travers du substrat semiconducteur.

[0006] Un autre objet d'un mode de réalisation est que les régions de l'objet voisines de la région à traiter ne soient pas abimées par le traitement.

[0007] Un mode de réalisation prévoit un système configuré pour le traitement d'une région d'un objet adjacente à un substrat, le système comprenant :

- une source d'un faisceau laser incident configuré pour fournir un faisceau laser focalisé, ladite configuration étant telle que la longueur d'onde du faisceau laser incident est supérieure à la somme de 500 nm et de la longueur d'onde associée à l'écart de bandes du matériau composant le substrat et inférieure à la somme de 2500 nm et de la longueur d'onde associée à l'écart de bandes du matériau composant le substrat ; et

- un dispositif optique associant une ouverture numérique supérieure à 0,3 et des moyens de correction des aberrations sphériques apparaissant lors de la traversée du substrat pour une épaisseur donnée du substrat et une distance donnée entre le substrat et le dispositif optique,

ledit traitement s'effectuant sur ladite région adjacente au substrat et opposée au dispositif optique, soit au travers dudit substrat, et comprenant la modification physique, chimique ou physico-chimique ou l'ablation de la dite région.

- [0008] Selon un mode de réalisation, le matériau composant le substrat est semiconducteur.
- [0009] Selon un mode de réalisation, la source est adaptée à fournir au moins une impulsion du faisceau laser incident, la durée de ladite au moins une impulsion étant comprise entre 0,1 ps et 1000 ps.
- [0010] Selon un mode de réalisation, la source est adaptée à fournir ladite au moins une impulsion du faisceau laser incident avec une puissance crête comprise entre 300 kW et 100 MW.
- [0011] Selon un mode de réalisation, le dispositif optique comprend au moins une lentille asphérique.
- [0012] Un mode de réalisation prévoit également un procédé de traitement d'une région d'un objet comprenant en outre un substrat adjacent à la région à traiter comprenant l'exposition de la région à traiter au faisceau laser focalisé fourni par le système tel que défini précédemment au travers du substrat.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le substrat est semiconducteur.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la fourniture d'au moins une impulsion du faisceau laser incident, la durée de ladite au moins une impulsion étant comprise entre 0,1 ps et 1000 ps.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la fourniture de ladite au moins une impulsion avec une puissance crête comprise entre 300 kW et 100 MW.
- [0016] Selon un mode de réalisation, le substrat comprend une face orientée du côté du système, le procédé comprenant la formation d'une couche antireflet sur ladite face.
- [0017] Selon un mode de réalisation, le substrat est en silicium, en germanium, ou en un mélange ou alliage d'au moins deux de ces composés.
- [0018] Selon un mode de réalisation, l'objet comprend une couche diélectrique recouvrant le substrat, la région à traiter étant interposée entre le substrat et la couche diélectrique.
- [0019] Selon un mode de réalisation, l'objet comprend au moins un circuit électronique recouvrant le substrat, la région à traiter étant interposée entre le substrat et le circuit électronique.
- [0020] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la destruction de la région d'intérêt par le faisceau laser focalisé.

Brève description des dessins

- [0021] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0022] [fig.1] la figure 1 illustre un mode de réalisation d'un système de traitement d'un objet au laser ;
- [0023] [fig.2] la figure 2 représente une lentille convergente présentant des aberrations sphériques ;
- [0024] [fig.3] la figure 3 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation du dispositif optique du système de traitement représenté en figure 1 ;
- [0025] [fig.4] la figure 4 représente une courbe d'évolution de l'irradiance du faisceau laser fourni par le système de traitement représenté en figure 1 en fonction de la distance du faisceau laser par rapport au plan focal du dispositif optique du système de traitement ; et
- [0026] [fig.5] la figure 5 représente une courbe d'évolution du diamètre du faisceau laser fourni par le système de traitement représenté en figure 1 en fonction de la distance du faisceau laser par rapport au plan focal du dispositif optique du système de traitement.

Description des modes de réalisation

- [0027] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques. Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les sources laser infrarouge sont bien connues de l'homme du métier et ne sont pas détaillées par la suite.
- [0028] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à un ... dans une position normale d'utilisation. Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.
- [0029] La figure 1 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un système de traitement 10 d'un objet 20.
- [0030] Le système de traitement 10 comprend une source laser 12 et un dispositif optique de focalisation 14 ayant un axe optique D. La source 12 est adaptée à fournir un faisceau

laser incident 16 au dispositif de collimation 14 qui fournit un faisceau laser 18 convergent. Le dispositif optique de focalisation 14 peut comprendre un composant optique, deux composants optiques ou plus de deux composants optiques, un composant optique correspondant par exemple à une lentille. De préférence, le faisceau laser incident 16 est sensiblement collimaté selon l'axe optique D du dispositif optique 14.

- [0031] L'objet 20 comprend un substrat 22 en un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur peut être du silicium, du germanium ou un mélange d'au moins deux de ces composés. De préférence, le substrat 22 est en silicium, plus préférentiellement en silicium monocristallin. Le substrat semiconducteur 22 comprend deux faces 24, 26 opposées, le faisceau laser 18 pénétrant dans le substrat 22 par la face 24. Selon un mode de réalisation, les faces 24 et 26 sont parallèles. Selon un mode de réalisation, les faces 24 et 26 sont planes. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur du substrat 22 est comprise entre 50 μm et 3 mm. Selon un mode de réalisation, une couche antireflet, non représentée, est prévue sur la face avant 24 du substrat 22. A titre de variante, le substrat 22 peut être, au moins en partie, d'un matériau non semiconducteur, par exemple un matériau isolant électriquement ou un matériau conducteur électriquement.
- [0032] L'objet 20 comprend une région à traiter 28 au niveau de la deuxième face 26 et qui est la région à traiter 28 à traiter. Selon un mode de réalisation, le substrat 22 n'est pas recouvert d'un autre élément du côté de la face 26 et la région à traiter 28 correspond à la face 26 du substrat 22. Dans le présent mode de réalisation illustré en figure 1, la région à traiter 28 correspond à une couche recouvrant la face 26. La couche à traiter 28 peut être en un matériau différent du substrat 22. A titre de variante, la couche à traiter 28 peut être du même matériau que le substrat 22 et correspondre alors à une portion du substrat 22.
- [0033] En figure 1, on a en outre représenté une zone supplémentaire 30 recouvrant la couche à traiter 28 du côté de la couche à traiter 28 opposé au substrat 22. A titre d'exemple, l'élément 30 peut comprendre une couche en un matériau différent du substrat 22 et de la couche à traiter 28. A titre de variante, la couche 30 peut être du même matériau que le substrat 22 ou du même matériau que la couche à traiter 28. Selon un mode de réalisation, la couche 30 est en un matériau diélectrique, par exemple en oxyde de silicium ou en nitrure de silicium. L'élément 30 peut en outre comprendre des circuits électroniques, par exemple des circuits à diodes électroluminescentes ou des circuits à transistor, notamment des transistors MOS.
- [0034] Selon un mode de réalisation, le traitement correspond à l'ablation de la couche à traiter 28 de façon à permettre le détachement de l'élément 30 par rapport au substrat 22. Selon un autre mode de réalisation, notamment lorsque la région à traiter 28 correspond à la face 26 du substrat 22, le traitement correspond à la texturation de la

face 26. Selon un autre mode de réalisation, le traitement correspond à un apport d'énergie dans la région à traiter 28, par exemple pour provoquer une réaction chimique ou un phénomène physique. Le procédé de traitement peut comprendre le déplacement relatif entre le système de traitement 10 et l'objet 20 de façon à parcourir la totalité de la région à traiter 28. Lors du traitement, l'axe optique D du dispositif optique 14 est de préférence perpendiculaire à la face 24.

- [0035] Selon un mode de réalisation, la longueur d'onde du faisceau laser 18 fourni par le système de traitement 10 est supérieure à la longueur d'onde correspondant à l'écart de bandes (bandgap) du matériau composant le substrat 22, de préférence d'au moins 500 nm, plus préférentiellement d'au moins 700 nm. Ceci permet de façon avantageuse de réduire les interactions entre le faisceau laser 18 et le substrat 22 lors de la traversée du substrat 22 par le faisceau laser 18. Selon un mode de réalisation, la longueur d'onde du faisceau laser 18 fourni par le système de traitement 10 n'est pas supérieure à la longueur d'onde correspondant à l'écart de bandes (bandgap) du matériau composant le substrat 22, de préférence de plus 2500 nm. Ceci permet de façon avantageuse de pouvoir fournir plus facilement un faisceau laser formant un spot laser de faibles dimensions.
- [0036] Dans le cas où le substrat 22 est en silicium qui a un écart de bandes de 1,14 eV, ce qui correspond à une longueur d'onde de 1,1 μm , la longueur d'onde du faisceau laser 18 est choisie égale à environ 2 μm . Une source 20 fournissant un faisceau laser est par exemple commercialisée par la société Novae sous l'appellation BrevityHP. Dans le cas où le substrat 22 est en germanium qui a un écart de bandes de 0,661 eV, ce qui correspond à une longueur d'onde de 1,87 μm , la longueur d'onde du faisceau laser 18 est choisie égale à environ 2 μm ou 2,35 μm .
- [0037] Selon un mode de réalisation, le faisceau laser 18 est polarisé. Selon un mode de réalisation, le faisceau laser 18 est polarisé selon une polarisation rectiligne. Ceci permet de façon avantageuse d'améliorer les interactions du faisceau laser 28 avec la région à traiter 28. Selon un autre mode de réalisation, le faisceau laser 18 est polarisé selon une polarisation circulaire. Ceci permet de façon avantageuse de favoriser la propagation du faisceau laser 18 dans le substrat 22.
- [0038] Selon un mode de réalisation, le faisceau laser 18 est émis par le système de traitement 10 sous la forme d'une impulsion, de deux impulsions ou plus de deux impulsions, chaque impulsion ayant une durée comprise entre 0,1 ps et 1000 ps. La puissance crête du faisceau laser pour chaque impulsion est comprise entre 300 kW et 100 MW. Le fait d'utiliser des impulsions plus longues que des impulsions de durées inférieures strictement à 100 femtosecondes permet de réduire la puissance crête du faisceau laser 18 et donc de réduire les interactions non linéaires du faisceau laser 18 avec le substrat 22. Le fait d'utiliser des impulsions plus courtes que des impulsions na-

nosecondes permet d'éviter un échauffement indésirable en dehors de la région à traiter 28 susceptible d'entraîner une détérioration des couches voisines de la région à traiter 28.

- [0039] Selon un mode de réalisation, l'ouverture numérique image du dispositif optique 14 est supérieure à 0,2, de préférence supérieure à 0,6, plus préférentiellement supérieure à 0,7. L'ouverture numérique image est égale au produit $n_0 \sin(i_0)$ où n_0 est l'indice de réfraction à la longueur d'onde du milieu traversé par le faisceau laser en sortie du dispositif optique 14, par exemple de l'air et i_0 est l'angle entre l'axe optique D du dispositif optique 14 et le rayon du faisceau laser 18 qui sort du dispositif optique 14 le plus écarté de l'axe optique D.
- [0040] Selon un mode de réalisation, le dispositif optique 14 compense les aberrations optiques dues à la traversée du substrat 22 par le faisceau laser 18. En particulier, le dispositif optique 14 compense les aberrations sphériques dues à la traversée du substrat 22 par le faisceau laser 18. Dans le cas où le faisceau laser 18 a une incidence normale par rapport au dispositif optique 14, les aberrations optiques, hors défaut de mise au point, dues à la traversée du substrat 22 par le faisceau laser 18 correspondent seulement aux aberrations sphériques. Dans le cas où le faisceau laser 18 a une incidence normale par rapport au dispositif optique 14, les aberrations optiques, hors défaut de mise au point, dues à la traversée du substrat 22 par le faisceau laser 18 correspondent aux aberrations sphériques et à d'autres aberrations, notamment la coma ou l'astigmatisme.
- [0041] La figure 2 illustre le principe des aberrations sphériques et est une vue en coupe, partielle et schématique, d'une lentille 50 recevant un faisceau lumineux 52 dont les rayons sont parallèles à l'axe optique D' de la lentille 50 et fournissant un faisceau lumineux convergeant 54. Comme cela apparaît sur cette figure, les rayons lumineux incidents 52 ne convergent pas au même point focal. En particulier, plus les rayons lumineux incidents sont écartés de l'axe optique D' de la lentille 50, plus les points focaux de ces rayons sont proches de la lentille 50. Pour les rayons lumineux proches de l'axe optique D' de la lentille 50, les points focaux sont proches et peuvent être considérés comme formant un unique point focal F1. Toutefois, cette approximation n'est plus valable lorsque l'écart entre les rayons lumineux incidents et l'axe optique D' de la lentille 50 devient trop important, de façon typique supérieur à 15 degrés. A titre d'exemple, deux points focaux F2 et F3 plus proches de la lentille 50 que le point focal F1 sont représentés en figure 2.
- [0042] Le dispositif optique 14 est déterminé pour être asphérique en présence du substrat 22, pour une épaisseur donnée du substrat 22 et pour une distance donnée entre le substrat 22 et le dispositif optique 14. Lorsque le dispositif optique 14 comprend plusieurs composants optiques, par exemple plusieurs lentilles, la courbure de chaque

face d'entrée et de chaque face de sortie de chaque composant optique est déterminée pour que l'ensemble des rayons lumineux du faisceau 18 fourni focalise sensiblement en un point focal unique F dans la région d'intérêt. Ces courbures peuvent être déterminées par simulation numérique.

[0043] La figure 3 représente un mode de réalisation du dispositif optique 14 dans lequel le dispositif optique 14 comprend une lentille asphérique 60 recevant un faisceau incident 62, dont les rayons sont parallèles à l'axe optique de la lentille 60, et fournissant un faisceau lumineux 64 convergeant. La lentille 60 comprend une face d'entrée 66 et une face de sortie 68. Dans le présent mode de réalisation, la face de sortie 68 est plane et la face d'entrée 66 est courbe. La courbure de la face d'entrée 66 est déterminée pour que tous les rayons lumineux du faisceau lumineux incident 62 converge en un même point focal F. La détermination de la courbure de la face d'entrée 66 est réalisée en tenant compte du fait que le faisceau convergeant 64 traverse successivement une zone 70 d'air, dans lequel un vide plus ou moins important peut être réalisé ou dans lequel une atmosphère contrôlée en gaz, par exemple une atmosphère d'azote, peut être prévue, et le substrat 22. A titre d'exemple, en figure 3, le point focal F est fixé sur la surface 26 du substrat 22 qui correspond à la région à traiter 28. A titre de variante, le point focal F peut être fixé au milieu de la couche à traiter 28 lorsque celle-ci est présente. De ce fait, la courbure de la face d'entrée 66 permettant de supprimer l'aberration sphérique est déterminée pour une épaisseur donnée du substrat 22 et une position relative donnée entre le substrat 22 et le dispositif optique 14. Selon un mode de réalisation, la distance entre la face 68 du dispositif optique 15 et la face 24 du substrat 22 est comprise entre 0,5 mm et 20 cm.

[0044] L'utilisation d'une grande ouverture numérique du dispositif optique 14 permet d'assurer que la densité d'énergie du faisceau laser est élevée seulement au niveau du point focal. La portion du substrat 22 traversée par le faisceau laser 18 et dans laquelle la densité d'énergie du faisceau laser est élevée est donc réduite. Ceci permet en outre, de façon avantageuse, de limiter les interactions non linéaires du faisceau laser 18 avec le substrat 22 en dehors de la région à traiter 28. En effet, les interactions non linéaires du faisceau laser 18 avec le substrat 22 sont d'autant plus importantes que la densité d'énergie locale du faisceau laser 18 est élevée.

[0045] L'utilisation d'un dispositif optique 14 asphérique permet d'obtenir une focalisation convenable du faisceau laser 18 malgré la grande ouverture numérique du dispositif optique 14. Ceci permet de réduire la puissance du faisceau laser incident 16 puisque une densité d'énergie locale importante peut être obtenue au point focal. En outre, l'obtention d'une zone focale réduite permet d'assurer que le traitement souhaité ne soit réalisé que dans la région à traiter 28 et pas dans les régions voisines de la région à traiter 28.

- [0046] Lors du traitement, le faisceau laser 18 peut entraîner la formation d'un plasma dans la région à traiter 28. La formation d'un plasma entraîne une augmentation importante de l'absorption locale du faisceau laser dans la région d'intérêt.
- [0047] La figure 4 représente une courbe d'évolution de l'éclairement I du faisceau laser, exprimé en unité arbitraire (a.u.) et mesuré dans un plan parallèle au plan focal, en fonction de la distance d du plan de mesure par rapport au plan focal et la figure 5 représente une courbe d'évolution du diamètre $\varnothing$ du faisceau laser, mesuré dans un plan parallèle au plan focal, en fonction de la distance d du plan de mesure par rapport au plan focal. Les courbes représentées sur les figures 5 et 6 ont été obtenues par simulation en utilisant un dispositif optique 14 asphérique ayant une ouverture numérique égale à 0,72. Pour les simulations, l'objet 20 comprenait un substrat 22 en silicium, ce qui correspond aux distances d négatives sur les figures 4 et 5, et une couche 30 en dioxyde de silicium, ce qui correspond aux distances d positives sur les figures 4 et 5. Le plan focal correspond donc à une distance d égale à zéro.
- [0048] Comme cela apparaît sur la figure 5, le diamètre du faisceau laser 18 dans le plan focal est inférieur à $2\text{ }\mu\text{m}$, en raison de la diffraction, et lorsqu'on s'éloigne de $5\text{ }\mu\text{m}$ du plan focal dans la couche d'oxyde de silicium 30, le diamètre du faisceau laser est de $6,5\text{ }\mu\text{m}$. Ceci signifie qu'une bonne focalisation du faisceau laser 18 est obtenue dans le plan focal et une forte divergence du faisceau laser 18 est obtenue en aval du plan focal.
- [0049] Comme cela apparaît sur la figure 4, l'éclairement diminue d'un facteur d'environ 15 lorsqu'on s'éloigne de $5\text{ }\mu\text{m}$ du plan focal dans la couche d'oxyde de silicium 30. Dans le plan focal, le diamètre du spot laser est d'environ $1,7\text{ }\mu\text{m}$ et $5\text{ }\mu\text{m}$ après le plan focal dans le dioxyde de silicium, le diamètre du faisceau laser est d'environ $6,5\text{ }\mu\text{m}$. Ceci signifie en outre que la fluence du faisceau lumineux à $5\text{ }\mu\text{m}$ après le plan focal dans le dioxyde de silicium est sensiblement égale à 7 % de la fluence du faisceau laser dans le plan focal. De plus, dans le cas où la région à traiter 28 correspond à une couche interposée entre le substrat 22 et la couche diélectrique 30 d'épaisseur négligeable qui présente une transmission de l'ordre de 40 % en régime linéaire. La transmission peut être beaucoup plus faible dans le cas où le faisceau laser entraîne la formation locale d'un plasma dans la région à traiter 18. En outre, en considérant le fait que 15 % du rayonnement est réfléchi au niveau de la couche à traiter 28 vers le substrat 22 en silicium, on obtient que la fluence du faisceau lumineux à $5\text{ }\mu\text{m}$ après le plan focal dans le dioxyde de silicium est sensiblement égale à 2,4 % de la fluence du faisceau laser 18 dans le plan focal. Ceci signifie que d'éventuels composants formés sur/dans la couche 30 peuvent ne pas être impactés par le traitement réalisé par le système de traitement 40.
- [0050] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. L'homme de l'art

comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à l'homme de l'art. Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

Revendications

- [Revendication 1] Système (10) configuré pour le traitement d'une région (28) d'un objet (20) adjacente à un substrat (22), le système comprenant :
- une source (20) d'un faisceau laser incident (16) configuré pour fournir un faisceau laser focalisé (18), ladite configuration étant telle que la longueur d'onde du faisceau laser incident est supérieure à la somme de 500 nm et de la longueur d'onde associée à l'écart de bandes du matériau composant le substrat et inférieure à la somme de 2500 nm et de la longueur d'onde associée à l'écart de bandes du matériau composant le substrat ; et
 - un dispositif optique associant une ouverture numérique supérieure à 0,3 et des moyens de correction des aberrations sphériques apparaissant lors de la traversée du substrat pour une épaisseur donnée du substrat et une distance donnée entre le substrat et le dispositif optique, ledit traitement s'effectuant sur ladite région adjacente au substrat et opposée au dispositif optique, soit au travers dudit substrat (22), et comprenant la modification physique, chimique ou physico-chimique ou l'ablation de la dite région.
- [Revendication 2] Système selon la revendication 1, dans lequel le matériau composant le substrat (22) est semiconducteur.
- [Revendication 3] Système selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la source (20) est adaptée à fournir au moins une impulsion du faisceau laser incident (16), la durée de ladite au moins une impulsion étant comprise entre 0,1 ps et 1000 ps.
- [Revendication 4] Système selon la revendication 3, dans lequel la source (20) est adaptée à fournir ladite au moins une impulsion du faisceau laser incident (16) avec une puissance crête comprise entre 300 kW et 100 MW.
- [Revendication 5] Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif optique (14) comprend au moins une lentille asphérique.
- [Revendication 6] Procédé de traitement d'une région (28) d'un objet (20) comprenant en outre un substrat (22) adjacent à la région à traiter (28) comprenant l'exposition de la région à traiter au faisceau laser focalisé (18) fourni par le système (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 au travers du substrat.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel le substrat (22) est semi-conducteur.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 6 ou 7, comprenant la fourniture d'au

- moins une impulsion du faisceau laser incident (16), la durée de ladite au moins une impulsion étant comprise entre 0,1 ps et 1000 ps.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, comprenant la fourniture de ladite au moins une impulsion avec une puissance crête comprise entre 300 kW et 100 MW.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel le substrat (22) comprend une face (24) orientée du côté du système (10), le procédé comprenant la formation d'une couche antireflet sur ladite face.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel le substrat (22) est en silicium, en germanium, ou en un mélange ou alliage d'au moins deux de ces composés.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, dans lequel l'objet (20) comprend une couche diélectrique (30) recouvrant le substrat (22), la région à traiter (28) étant interposée entre le substrat (22) et la couche diélectrique (30).
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, dans lequel l'objet (20) comprend au moins un circuit électronique recouvrant le substrat (22), la région à traiter (28) étant interposée entre le substrat et le circuit électronique.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, comprenant la destruction de la région d'intérêt (28) par le faisceau laser focalisé (18).

[Fig. 1]

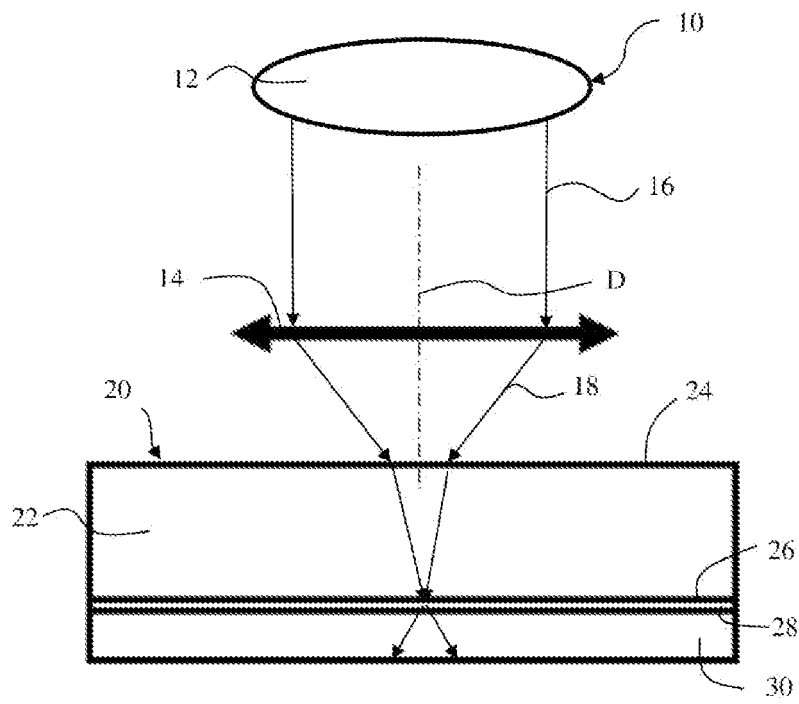


Fig 1

[Fig. 2]

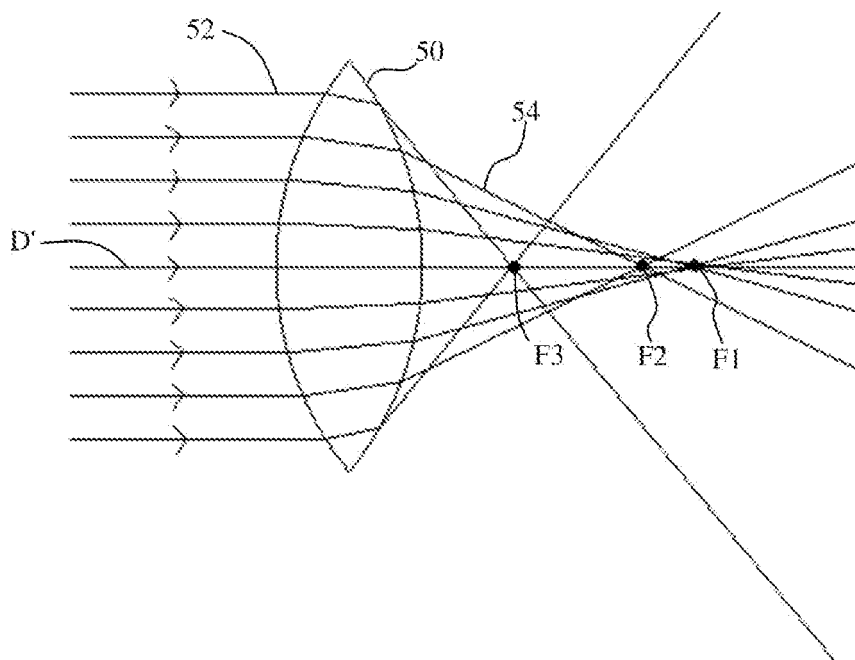


Fig 2

[Fig. 3]

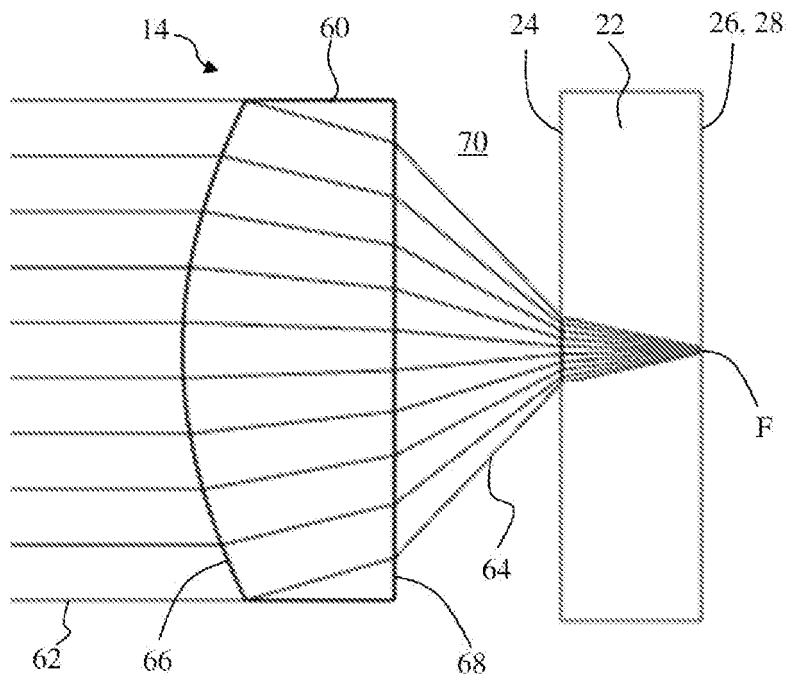


Fig 3

[Fig. 4]

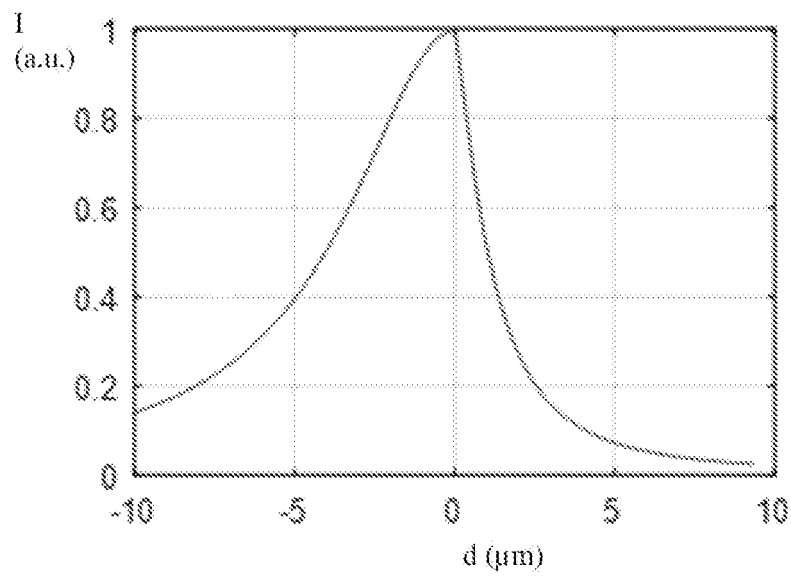


Fig 4

[Fig. 5]

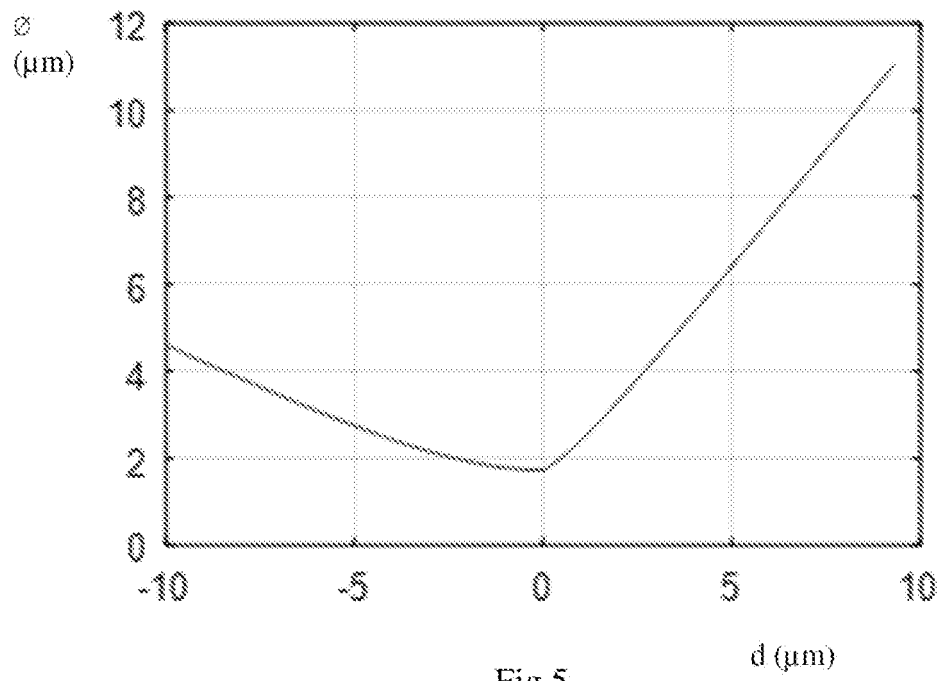


Fig 5

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 871935
FR 1908743

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 2017/125268 A1 (DANG BING [US] ET AL) 4 mai 2017 (2017-05-04) * alinéas [0024], [0028], [0055], [0056] *	1-14	H01L21/30 H01S3/10 G02B27/00
Y	IT T020 110 327 A1 (OSAI A S S R L) 9 octobre 2012 (2012-10-09) * alinéas [0012], [0024], [0025] *	1-14	
A	EP 1 804 280 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS KK [JP]) 4 juillet 2007 (2007-07-04) * alinéas [0025], [0045]; figures 16a,16b *	1-14	
A	US 2016/089749 A1 (MORI ATSUSHI [JP]) 31 mars 2016 (2016-03-31) * alinéas [0008], [0080]; revendication 1 *	1-14	
A	US 5 265 114 A (SUN YUNLONG [US] ET AL) 23 novembre 1993 (1993-11-23) * colonne 1, ligne 55 - colonne 2, ligne 3; revendications 1-4 * * colonne 3, lignes 48-62 *	1,6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B23K H01L
A	US 2012/285937 A1 (BIRNBAUM ANDREW J [US] ET AL) 15 novembre 2012 (2012-11-15) * revendication 1 *	1-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 mars 2020		Claessen, Michiel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1908743 FA 871935**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-03-2020**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017125268	A1	04-05-2017	CN 105659356 A	08-06-2016
			EP 3028294 A1	08-06-2016
			JP 2016525801 A	25-08-2016
			KR 20160009592 A	26-01-2016
			SG 11201600462V A	26-02-2016
			TW 201523744 A	16-06-2015
			TW 201529214 A	01-08-2015
			US 2017125268 A1	04-05-2017
			WO 2015014265 A1	05-02-2015
			WO 2015014266 A1	05-02-2015

IT T020110327	A1	09-10-2012	-----	-----
EP 1804280	A1	04-07-2007	CN 101040369 A	19-09-2007
			EP 1804280 A1	04-07-2007
			JP 4754801 B2	24-08-2011
			JP 2006114627 A	27-04-2006
			KR 20070084162 A	24-08-2007
			MY 141077 A	15-03-2010
			TW 200626274 A	01-08-2006
			US 2009039559 A1	12-02-2009
			WO 2006040984 A1	20-04-2006

US 2016089749	A1	31-03-2016	CN 105458493 A	06-04-2016
			DE 102015116033 A1	31-03-2016
			JP 5941113 B2	29-06-2016
			JP 2016068131 A	09-05-2016
			US 2016089749 A1	31-03-2016

US 5265114	A	23-11-1993	GB 2283859 A	17-05-1995
			JP 2625261 B2	02-07-1997
			JP H07506221 A	06-07-1995
			KR 100231811 B1	01-12-1999
			SG 81853 A1	24-07-2001
			TW 236032 B	11-12-1994
			US 5265114 A	23-11-1993
			US 5473624 A	05-12-1995
			US 5569398 A	29-10-1996
			WO 9406182 A1	17-03-1994

US 2012285937	A1	15-11-2012	AUCUN	
