



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1024182 B1

(47) Date de délivrance : 04/12/2017

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 04/12/2017

(21) Numéro de demande : BE2016/5314

(22) Date de dépôt : 02/05/2016

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B23K 37/02, B23K 26/323, B23K 26/352, B23K 26/00, B23K 26/0622, B23K 26/359, B23K 26/08, B23K 26/21, B23K 26/50, B23K 26/324, B23K 26/364, B23K 26/362, B23K 26/082

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

LASER ENGINEERING APPLICATIONS S.A. en abrégé LASEA S.A.
4031, ANGLEUR
Belgique

FUNDACION ANDALTEC I+D+i
23600, MARTOS
Espagne

(72) Inventeur(s) :

HENROTTIN Anne
4990 LIERNEUX
Belgique

RAMOS de CAMPOS Jose Antonio
4031 ANGLEUR
Belgique

KUPISIEWICZ Axel Stefan M
4122 NEUPRÉ
Belgique

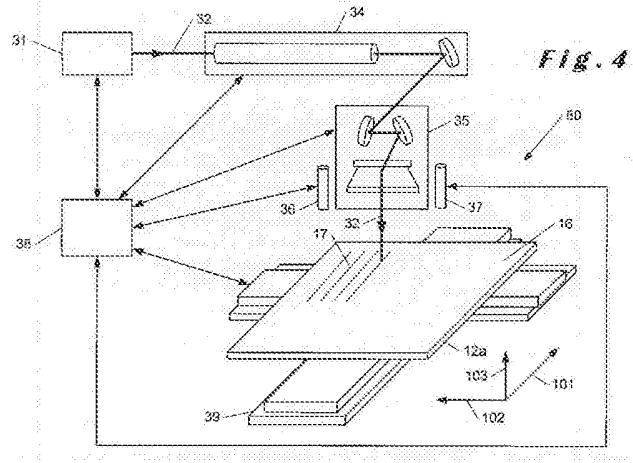
MORALES CID Gabriel
14012 CÓRDOBA
Espagne

GONZÁLES HIGUERAS Rafael
23600 MARTOS
Espagne

NAVAS MARTOS Francisco Javier
23650 TORREDONJIMENO
Espagne

(54) MÉTHODE DE STRUCTURATION D'UN SUBSTRAT

(57) La présente invention concerne une méthode (10, 20) de structuration d'un substrat (11) et un substrat (12) structuré par une telle méthode. Un laser (31) à impulsion est utilisé pour envoyer un faisceau (32) fait de très courtes impulsions sur un substrat (11) préférentiellement métallique pendant que le faisceau (32) et le substrat (11) sont déplacés l'un par rapport à l'autre. L'irradiation (41) grave des rainures dans le substrat (11) selon un motif (17) déterminé par le mouvement relatif (41) du faisceau (32) et du substrat (11). Le motif (17) est conçu pour permettre une excellente adhésion entre le substrat (12) structuré et une pièce (14) après un assemblage par soudage (130) laser du substrat (12) et de la pièce (14).



BREVET D'INVENTION BELGE

SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie

Numéro de publication : 1024182
Numéro de dépôt : BE2016/5314

Office de la Propriété intellectuelle

Classification Internationale : B23K 37/02 B23K 26/323 B23K
26/352 B23K 26/00 B23K 26/0622 B23K 26/359 B23K 26/08 B23K
26/21 B23K 26/50 B23K 26/324 B23K 26/364 B23K 26/362 B23K
26/082
Date de délivrance : 04/12/2017

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle ;

Vu la loi du 28 mars 1984 sur les brevets d'invention, l'article 22, pour les demandes de brevet introduites avant le 22 septembre 2014 ;

Vu le Titre Ier "Brevets d'invention" du Livre XI du Code de droit économique, l'article XI.24, pour les demandes de brevet introduites à partir du 22 septembre 2014 ;

Vu l'arrêté royal du 2 décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, l'article 28 ;

Vu la demande de brevet d'invention reçue par l'Office de la Propriété intellectuelle en date du 02/05/2016.

Considérant que pour les demandes de brevet tombant dans le champ d'application du Titre Ier, du Livre XI du Code de Droit économique (ci-après CDE), conformément à l'article XI. 19, §4, alinéa 2, du CDE, si la demande de brevet a fait l'objet d'un rapport de recherche mentionnant un défaut d'unité d'invention au sens du §1er de l'article XI.19 précité et dans le cas où le demandeur n'effectue ni une limitation de sa demande ni un dépôt d'une demande divisionnaire conformément aux résultats du rapport de recherche, le brevet délivré sera limité aux revendications pour lesquelles le rapport de recherche a été établi.

Arrête :

Article premier. - Il est délivré à

LASER ENGINEERING APPLICATIONS S.A. en abrégé LASEA S.A., Rue des Chasseurs Ardennais 10,
4031 ANGLEUR Belgique;

FUNDACION ANDALTEC I+D+i, Ampliación Polígono industrial Cañada de la Fuente, C/Vilches, s.n., 23600
MARTOS Espagne;

représenté par

COULON Ludivine, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

VAN REET Joseph , Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

CLAEYS Pierre, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

CAERS Raf , Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

DUYVER Jurgen, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

LEROY Pascal, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

KOURGIAS Catherine, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

GEVERS PATENTS, Holidaystraat 5, 1831, DIEGEM;

un brevet d'invention belge d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles visées à l'article XI.48, §1 du Code de droit économique, pour : MÉTHODE DE STRUCTURATION D'UN SUBSTRAT.

INVENTEUR(S) :

HENROTTIN Anne, Route de Manhay, Jevigné 63, 4990, LIERNEUX;

RAMOS de CAMPOS Jose Antonio, Rue des Chasseurs Ardennais 10, 4031, ANGLEUR;

KUPISIEWICZ Axel Stefan M, Rue Grande Terre (PLX)6, 4122, NEUPRÉ;

MORALES CID Gabriel, Avenida de Turruñuelos Num. 1, Bloque 2, 2°B, 14012, CÓRDOBA;

GONZÁLES HIGUERAS Rafael, Plaza Almazara Num. 2, 3°A, 23600, MARTOS;

NAVAS MARTOS Francisco Javier, Calle Cristóbal Colón Num. 100 2° izquierda, 23650, TORREDONJIMENO;

PRIORITE(S) :

DIVISION :

divisé de la demande de base :

date de dépôt de la demande de base :

Article 2. – Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du (des) demandeur(s).

Bruxelles, le 04/12/2017,

Par délégation spéciale :

Méthode de structuration d'un substrat

Domaine technique

Selon un premier aspect, la présente invention concerne une méthode de structuration d'un substrat en vue d'un assemblage du substrat
5 avec une pièce. Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un substrat structuré susceptible d'être obtenu par ladite méthode de structuration. Selon un troisième aspect, l'invention concerne un dispositif pour structurer un substrat. Selon un quatrième aspect, l'invention concerne un substrat structuré.

10 Art antérieur

Il est connu de l'homme du métier de réaliser une structuration d'une surface d'un substrat afin d'y créer un motif. La surface du substrat est ensuite mise en contact avec une pièce et un assemblage entre la pièce et le substrat est créé en faisant fondre un matériau fusible de la pièce dans le
15 motif structuré du substrat, ce qui fait que ce matériau de la pièce se resolidifie dans le motif, créant ainsi une adhésion entre le substrat et la pièce.

Un problème des méthodes connues pour réaliser cette structuration de surface d'un substrat est qu'elle engendre un échauffement qui peut
20 faire se déformer le substrat, notamment s'il est relativement mince. Cet échauffement peut aussi induire une contamination du substrat par l'air ambiant, par exemple par oxydation.

Le document EP 2832526 A1 divulgue un traitement d'une surface de métal par irradiation laser, projection, polissage, coupage, remplissage
25 ou traitement chimique de façon à rendre cette surface inégale. Une couche de résine thermoplastique faisant partie d'un matériau composite de fibre de carbone est ensuite mise en contact avec la surface rendue

inégale, puis fondue de façon à joindre le matériau composite et le métal pour former un assemblage.

Il serait avantageux d'augmenter la résistance à la traction de l'assemblage.

5 Résumé de l'invention

Un des buts de l'invention est de fournir une méthode de structuration d'un substrat qui permet une grande adhésion entre le substrat et une pièce après qu'ils ont été assemblés. Un des buts de l'invention est de fournir une méthode de structuration d'un substrat qui
10 n'engendre pas d'échauffement ou n'engendre que peu d'échauffement.

A cet effet, l'invention propose, selon un premier aspect, une méthode de structuration d'un substrat ayant une surface supérieure s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non parallèles, la méthode comprenant les étapes de:

- 15 1) fournir le substrat,
- 2) fournir un laser de structuration à impulsions capable de générer un faisceau laser de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante, le faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise
20 entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s,
- 3) générer le faisceau laser de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante, le
25 faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s,

- 4) fournir un dispositif de déplacement capable de générer un mouvement relatif entre le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et dans la deuxième direction,
- 5) irradier la surface supérieure du substrat avec le faisceau laser de structuration pulsé, de façon à créer un motif de structuration à la surface supérieure du substrat et induire un mouvement relatif entre le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et la deuxième direction.
- Dans le cadre du présent document, une "structuration" d'une surface d'un substrat est un enlèvement de matériau de ladite surface dudit substrat. Une structuration est donc une forme de gravure. Par exemple, une structuration peut être une microstructuration ou une texturisation. La structuration comprend préférentiellement la fabrication d'une ou plusieurs rainures(s) dans le substrat, quelle que soit la profondeur, la structure ou la forme du ou des rainures(s).

Dans le cadre du présent document, un "déplacement relatif du faisceau de structuration et du substrat" peut inclure un déplacement du faisceau de structuration alors que le substrat reste immobile, un déplacement du substrat alors que le faisceau de structuration reste immobile ou un déplacement alors la fois du faisceau de structuration et du substrat. Ce déplacement relatif inclut préférentiellement une translation. Ce déplacement relatif peut inclure une rotation.

Dans le cadre du présent document, une "zone refondue" d'une surface structurée ayant une rainure est une zone située en-dehors de la rainure et comprenant un matériau qui était présent dans la rainure avant la structuration et qui s'est redéposé en-dehors de la rainure pendant la structuration formant ainsi un relief sur la surface à proximité du bord de la rainure.

Dans le cadre du présent document, un "motif", ou "motif de structuration" est la forme de l'ensemble des rainures gravées lors de la structuration sur la surface du substrat. Le motif est notamment déterminé par le déplacement relatif du faisceau et du substrat l'un par rapport à l'autre.

Dans le cadre du présent document, la durée d'une impulsion laser est le temps pendant lequel l'émission laser d'un pulse est présent, celui-ci étant déterminé à mi-hauteur de l'intensité du pulse. Cette durée peut être par exemple mesurée avec un autocorrélateur, pour les laser d'impulsions ultracourtes (fs, ps), et une photodiode rapide pour les laser d'impulsions courte (ns).

La méthode selon l'invention permet d'obtenir un motif de structuration particulièrement dense, avec un haut niveau de rugosité à l'échelle du micromètre et/ou à l'échelle submicronique. Après un assemblage en mettant en contact le motif avec une pièce et faisant fondre de la matière de la pièce dans le motif, cela permet d'obtenir une grande surface de contact entre le substrat et la matière resolidifiée issue de la pièce, notamment sur les parois latérales des rainures. Il en résulte une adhésion particulièrement forte entre le substrat et la pièce.

Grâce aux impulsions de courtes durées, l'effet du faisceau est particulièrement localisé. Cela permet de réaliser des rainures de largeur particulièrement faible. Cela permet de réaliser un motif particulièrement précis.

En outre, grâce aux impulsions de courtes durées, l'effet du faisceau sur le substrat est athermique ou presque athermique.

Il est aussi possible, grâce à la méthode selon l'invention, de structurer des substrats particulièrement minces sans déformation appréciable, car la structuration selon l'invention n'échauffe pas, ou n'échauffe que très peu le substrat. Ces substrats minces ont de

préférence une épaisseur inférieure à 1 mm. Ces substrats minces ont plus préférentiellement une épaisseur entre 100 μm et 500 μm .

En outre, la méthode selon l'invention permet de structurer un substrat comprenant un matériau qui serait contaminé par l'air s'il était chauffé à l'air. Par exemple, un matériau comprenant du titane ou du magnésium peut être gravé par la méthode selon l'invention car la structuration selon l'invention n'échauffe pas, ou n'échauffe que très peu le substrat et la zone soumise à la structuration peut facilement être mise dans une atmosphère inerte durant la structuration, par exemple en envoyant dessus un flux de gaz inerte comme de l'azote.

Grâce à la faible durée des impulsions, la méthode de structuration selon l'invention permet la structuration de matériaux très réfléchissants, comme le cuivre, les alliages de cuivre, l'aluminium, les alliages d'aluminium, les alliages de cuivre et aluminium, l'or et l'argent.

La méthode selon l'invention permet de retirer particulièrement peu de matériau lors de la structuration. Elle donne donc lieu à des rainures particulièrement peu profondes. Cela qui évite que, lors d'un soudage du substrat avec une pièce, une bulle d'air ne se crée entre le fond des rainures et de la matière qui a pénétré dans les rainures.

Par conséquent, l'assemblage du substrat structuré avec la méthode selon l'invention avec une pièce présente une excellente adhésion entre le substrat et la pièce. En particulier, la résistance à la traction entre le substrat et la pièce est particulièrement bonne. Par exemple, la résistance au cisaillement est particulièrement bonne. Notamment, la résistance au cisaillement dans plusieurs directions est particulièrement bonne. Un autre exemple est que la résistance à la traction est aussi particulièrement bonne.

Préférentiellement, les impulsions du faisceau laser de structuration pulsé ont une durée comprise entre 10^{-15}s et 10^{-6}s .

Plus préférentiellement, les impulsions du faisceau laser de structuration pulsé ont une durée comprise entre 10^{-14}s et 10^{-8}s .

Préférentiellement, la puissance du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 0.01W.

Préférentiellement, la puissance du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 0.1W.

- 5 Préférentiellement, la puissance du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 1W.

Préférentiellement, la puissance du faisceau laser de structuration pulsé est d'au plus 100W.

- 10 De façon préférée, l'intensité du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 10W/mm^2 .

De façon plus préférée, l'intensité du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 50W/mm^2 .

De façon encore plus préférée, l'intensité du faisceau laser de structuration pulsé est d'au moins 100W/mm^2 .

- 15 De manière avantageuse, le faisceau laser de structuration pulsé a une longueur d'onde comprise entre 300 et 2000 nm.

De manière plus avantageuse, le faisceau laser de structuration pulsé a une longueur d'onde comprise entre 1000 et 1100 nm.

- 20 De manière encore plus avantageuse, le faisceau laser de structuration pulsé a une longueur d'onde entre 1030 et 1070 nm.

Dans une réalisation de l'invention, le faisceau laser de structuration pulsé a un taux de répétition comprise entre 1KHz et 2MHz.

- 25 Dans le cadre du présent document, le "taux de répétition" d'un faisceau laser pulsé est le nombre d'impulsions du faisceau laser par unité de temps.

Dans une réalisation de l'invention, le mouvement relatif du faisceau laser de structuration pulsé par rapport au substrat se fait à une vitesse linéaire comprise entre 10 et 10000 mm/s.

Préférentiellement, le mouvement relatif du faisceau laser de structuration pulsé par rapport au substrat se fait à une vitesse linéaire comprise entre 100 et 5000 mm/s.

Une vitesse linéaire dans cet intervalle permet à la fois un bon taux
5 de production de substrat structuré et une précision de structuration sur les rainures donnant lieu à une bonne qualité d'adhésion.

Dans une réalisation de l'invention, au moins une portion de la surface supérieure du substrat comprend un métal.

En particulier, le métal comprend au moins un élément ou composé
10 choisi parmi: aluminium, cuivre, titane, magnésium, acier, acier doux, acier à haute limite d'élasticité, acier à très haute limite d'élasticité, acier à ultra haute limite d'élasticité, acier inoxydable et alliage.

Dans une réalisation de l'invention, au moins une portion de la surface supérieure du substrat comprend un matériau céramique ou du
15 verre.

Dans une réalisation de l'invention, la méthode comprend en outre un prétraitement de la surface supérieure du substrat, ledit prétraitement permettant d'augmenter une absorption optique de la surface supérieure du substrat.

20 Le prétraitement est particulièrement utile pour les substrats réfléchissant la longueur d'onde d'un faisceau laser de soudage car augmenter l'absorption permet d'atteindre plus rapidement la température optimale pour la fusion de matière fusible de la pièce.

Préférentiellement, laquelle l'augmentation de l'absorption optique
25 de la surface supérieure du substrat est réalisée par une augmentation de la rugosité de la surface supérieure du substrat. Augmenter la rugosité permet d'augmenter l'absorption d'un faisceau laser de soudage sur la surface supérieure du substrat lors du soudage.

Préférentiellement, le prétraitement comprend une texturisation de la surface supérieure du substrat qui donne lieu à une structure de prétraitement moins profonde que le motif gravé lors de l'étape 5).

Préférentiellement, le prétraitement a lieu après l'étape 4) et comprend les étapes de:

- déplacer, grâce au dispositif de déplacement selon un schéma de prétraitement prédéfini et par rapport au substrat, un faisceau de prétraitement produit par le laser de structuration à impulsions, et
- irradier la surface supérieure du substrat avec le faisceau de prétraitement.

Utiliser le même dispositif de déplacement et le même laser pour la structuration et le prétraitement permet de limiter les manipulations du substrat et permet de limiter le matériel utilisé lors de la méthode, ce qui représente un gain de temps et d'argent.

De manière avantageuse, une vitesse linéaire de mouvement relatif du faisceau de prétraitement lors du prétraitement est au moins une fois et demi plus grande qu'une vitesse linéaire de mouvement relatif du faisceau laser de structuration pulsé par rapport au substrat lors de l'étape 5).

La précision de la structure créée par le prétraitement a moins d'importance que la précision de la gravure lors de la structuration. Il est donc avantageux d'utiliser une vitesse plus grande lors du prétraitement, même si cela diminue la précision, afin que le temps pris par le prétraitement n'ait pas un impact important sur l'ensemble du temps pris par le prétraitement et la structuration.

Préférentiellement, le prétraitement comprend la création de rainures parallèles.

L'invention propose également une méthode d'assemblage d'un substrat avec une pièce, la méthode comprenant les étapes de:

- structurer une surface supérieure du substrat à l'aide d'une méthode selon l'une quelconque des revendications précédentes, ce

qui génère une première partie de surface supérieure structurée du substrat comprenant un motif,

- fournir la pièce dont une surface présente une deuxième partie de surface comprenant un matériau fusible ayant un point de fusion plus bas que le point de fusion de la première partie de surface supérieure structurée du substrat,
- disposer la première partie de surface supérieure structurée du substrat en contact avec la deuxième partie de surface de la pièce,
- appliquer une pression de façon à maintenir le contact entre la première partie de surface supérieure structurée du substrat et la deuxième partie de surface de la pièce,
- fournir un dispositif de chauffage capable de créer une augmentation de température dans le matériau fusible suffisante pour le faire fondre, et
- chauffer, grâce au dispositif de chauffage, le matériau fusible de manière à atteindre dans le matériau fusible, une température suffisante pour en faire fondre au moins une partie dans le motif de la première partie de surface supérieure structurée du substrat.

Préférentiellement, le chauffage est tel que la température dans la première partie de surface supérieure structurée du substrat est inférieure à la température de fusion de la première partie de surface supérieure structurée du substrat.

Dans une réalisation de l'invention, le dispositif de chauffage est un laser de soudage apte à produire un faisceau laser de soudage capable de chauffer par irradiation la première partie de surface supérieure structurée du substrat et dans laquelle la pièce est au moins partiellement transparente au faisceau de soudage.

Le laser de soudage peut être différent du laser de structuration. En effet, la structuration peut se faire dans un atelier différent de celui dans

lequel l'assemblage est réalisé. De plus, les caractéristiques du faisceau de soudage peuvent être différentes de celles du faisceau de structuration.

Préférentiellement, la pièce comprend un polymère ou du verre.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose un substrat structuré
5 susceptible d'être obtenu par la méthode de structuration selon l'invention.

Comme décrit plus haut, le substrat structuré tel qu'obtenu par la méthode de structuration selon l'invention est particulièrement approprié à la réalisation d'un soudage du substrat avec une pièce. En effet, la soudure résultant du soudage présente une excellente adhésion entre le
10 substrat et la pièce. En particulier, les résistances à la traction et au cisaillement entre le substrat et la pièce sont particulièrement bonnes.

Préférentiellement, le motif a une composante plus grande dans une direction que dans une autre direction.

Ces deux directions sont préférentiellement coplanaires avec la première et la deuxième directions. Le motif peut être conçu de façon à
15 avoir une composante plus grande dans une direction dans laquelle une plus grande traction est attendue que dans une autre direction dans laquelle une moins grande traction est attendue. Les inventeurs ont trouvé que la résistance au cisaillement est meilleure dans la direction dans
20 laquelle le motif a une plus grande composante.

De façon préférée, le motif comprend une pluralité de lignes, chaque ligne correspondant à une rainure gravée dans le substrat.

Dans le cadre du présent document, une "ligne" est un trait dont une dimension, la longueur, est beaucoup plus grande qu'une autre dimension,
25 la largeur. Une ligne correspond à une rainure gravée lors de la structuration. Une ligne est préférentiellement continue, mais peut comporter une ou plusieurs discontinuités dont la taille est faible par rapport à la longueur de la ligne. Une ligne peut être courbe, brisée, en zigzag, comporter des segments de lignes, être le contour d'une surface,...

Typiquement, la longueur d'une ligne du motif correspond à la direction du mouvement de déplacement relatif du faisceau et du substrat.

La largeur d'une rainure est la distance minimale entre deux bords de la rainure, mesurée selon un plan qui prolonge la surface du substrat.

- 5 La largeur d'une rainure est typiquement perpendiculaire à la longueur d'une rainure.

- La profondeur d'une rainure est la distance entre le fond de la rainure, c'est-à-dire le point de la rainure le plus éloigné de la surface du substrat, et la prolongation de la surface du substrat. La profondeur est
- 10 mesurée perpendiculairement à la prolongation de la surface du substrat.

La distance entre deux rainures est la distance minimale entre les bords les plus proches des deux rainures. Elle est mesurée le long de la surface du substrat.

- Un motif comportant des lignes est particulièrement avantageux car,
- 15 comme l'adhésion après assemblage est principalement causée par l'emboîtement dû au matériau fusible présent dans les rainures, des lignes permettent une meilleure adhésion qu'un ensemble de points ou qu'une surface pleinement car leur géométrie donne lieu à une meilleure résistance mécanique à la traction et au cisaillement.

- 20 Un motif comportant des lignes permet une grande surface de totale de motif, ce qui permet une grande surface de contact entre le substrat et la pièce sur une surface donnée du substrat, la surface totale de motif prenant en compte les parois latérales et potentiellement la paroi inférieure du motif.

- 25 De façon préférée, la pluralité de lignes du motif comprend une première ligne et une deuxième ligne telles qu'il existe une droite croisant successivement la deuxième ligne, la première ligne et la deuxième ligne. La première ligne est alors "imbriquée" dans la deuxième ligne.

- L'imbrication des lignes permet un emboîtement du substrat et de la
- 30 pièce particulièrement résistant à la traction et au cisaillement.

De manière avantageuse, le motif comprend des lignes brisées.

Dans le cadre du présent document, "une ligne brisée" est une ligne comprenant deux segments non-parallèles. Une ligne brisée peut par exemple être une ligne en zigzag.

- 5 L'utilisation de lignes brisées donne une grande liberté quant au choix du motif, et permet en particulier d'adapter le motif au substrat, à la pièce, à l'assemblage, à l'usage d'un assemblage soudé comprenant le substrat et la pièce assemblés ensemble.

10 Dans une réalisation de l'invention, le motif comprend une répétition de formes géométriques.

Dans le cadre du présent document, une forme géométrique peut être constituée des lignes formant le contour de ladite forme ou peut comprendre la surface intérieure de ladite forme. La répétition de formes géométriques permet une certaine uniformité du motif sur la surface et
15 donc une uniformité de l'adhésion après assemblage.

Préférentiellement, les formes géométriques répétées comprennent une pluralité de formes géométriques concentriques.

Cela permet d'avoir une grande surface totale de motif.

20 Dans une réalisation de l'invention, les formes géométriques répétées comprennent une pluralité de losanges, carrés, triangles, rectangles ou hexagones.

Des formes géométriques permettant un pavage, telles que le losange, le carré, le rectangle, le triangle ou l'hexagone régulier, permettent une grande surface totale de motif car elles permettent un bon
25 recouvrement de la surface et une bonne résistance au cisaillement et à la traction de l'assemblage dans plusieurs directions.

De manière avantageuse, les formes géométriques répétées sont disposées en une pluralité de rangées.

30 Préférentiellement, une première rangée de formes géométriques et une deuxième rangée de formes géométriques sont telles qu'il existe une

droite croisant successivement une forme géométrique de la deuxième rangée une forme géométrique de la première rangée et une forme géométrique de la deuxième rangée.

La première rangée de formes géométriques est alors "imbriquée" dans la deuxième rangée de formes géométriques. Cette imbrication permet d'avoir une grande surface totale de motif.

Dans une réalisation de l'invention, le motif comprend des lignes parallèles.

Dans une réalisation de l'invention, le motif comprend une ligne courbe.

Préférentiellement, les rainures ont une largeur de 5 à 500 μm .

Plus préférentiellement, les rainures ont une largeur de 50 à 120 μm . Cet intervalle de largeur permet une adhésion particulièrement bonne après le soudage.

Préférentiellement, les rainures ont une profondeur de 1 μm à 2 mm.

Plus préférentiellement, les rainures ont une profondeur de 5 à 250 μm .

Encore plus préférentiellement, les rainures ont une profondeur de 10 à 200 μm .

Les inventeurs ont trouvé que cet intervalle de profondeur est optimal pour l'adhésion. Une profondeur proche de 100 μm est particulièrement préférée.

Préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de minimum 5 μm .

Plus préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de minimum 50 μm .

Préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de maximum 5 mm.

Plus préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de maximum 1 mm.

De telles distances entre les rainures permettent une grande surface totale de motif.

Dans une réalisation de l'invention, le substrat comprend en outre des zones refondues le long des rainures, les zones refondues ayant une
5 hauteur de moins de 80 μm par rapport à la surface supérieure du substrat structuré.

Préférentiellement, les zones refondues ont une hauteur de moins de 10 μm par rapport à la surface supérieure du substrat structuré.

Une réalisation de l'invention concerne un assemblage soudé
10 comprenant un substrat et une pièce assemblés ensemble selon la méthode d'assemblage selon l'invention.

Selon un troisième aspect, l'invention propose un dispositif pour structurer un substrat ayant une surface s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non-parallèles, le dispositif comprenant:

- 15 • un laser de structuration à impulsions capable de générer un faisceau laser de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante, le faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat et
20 présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μs , et
- un dispositif de déplacement capable de générer un mouvement relatif entre le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et dans la deuxième direction.

Selon un quatrième aspect, l'invention propose un substrat structuré
25 ayant une surface s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non-parallèles et comprenant un motif gravé de façon non-traversante sur la surface supérieure du substrat, le motif s'étendant au moins partiellement selon la première direction et la deuxième direction et comprenant une pluralité de lignes brisées, chaque ligne brisée
30 correspondant à un rainure.

Préférentiellement, le motif a une composante plus grande dans une direction que dans une autre direction.

De manière avantageuse, le motif comprend une première ligne brisée et une deuxième ligne brisée telles qu'il existe une droite croisant
5 successivement la deuxième ligne brisée, la première ligne brisée et la deuxième ligne brisée.

Dans une réalisation de l'invention, le motif comprend une répétition de formes géométriques, le contour de chaque forme géométrique correspondant à une ligne brisée.

10 Préférentiellement, les formes géométriques répétées comprennent une pluralité de formes géométriques concentriques.

De manière avantageuse, les formes géométriques répétées comprennent une pluralité de losanges, carrés, triangles, rectangles ou hexagones.

15 De façon préférée, les formes géométriques répétées sont disposées en une pluralité de rangées.

Préférentiellement, une première rangée de formes géométriques et une deuxième rangée de formes géométriques sont telles qu'il existe une droite croisant successivement une forme géométrique de la deuxième
20 rangée une forme géométrique de la première rangée et une forme géométrique de la deuxième rangée.

Dans une réalisation de l'invention, le motif comprend une ligne courbe.

Préférentiellement, les rainures ont une largeur de 5 à 500 μm .

25 Plus préférentiellement, les rainures ont une largeur de 50 à 120 μm .

Préférentiellement, les rainures ont une profondeur de 1 μm à 2 mm.

Plus préférentiellement, les rainures ont une profondeur de 5 à 250 μm .

Encore plus préférentiellement, les rainures ont une profondeur de
30 10 à 200 μm .

Préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de minimum 5 μm .

Plus préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de minimum 50 μm .

5 Préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de maximum 5 mm.

Plus préférentiellement, deux rainures ont une distance entre elles de maximum 1 mm.

10 Préférentiellement, le substrat structuré comprend en outre des zones refondues le long des rainures, les zones refondues ayant une hauteur de moins de 80 μm par rapport à la surface supérieure du substrat structuré.

Plus préférentiellement, les zones refondues ont une hauteur de moins de 10 μm par rapport à la surface supérieure du substrat structuré.

15 Une réalisation de l'invention concerne un assemblage soudé comprenant un substrat structuré selon l'invention et une pièce assemblés ensemble.

Brève description des figures

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre des étapes d'une méthode de structuration d'un substrat selon une première réalisation de l'invention,
- la figure 2 illustre des étapes d'une méthode de structuration d'un
- 25 substrat selon une deuxième réalisation de l'invention,
- la figure 3 illustre des étapes d'une méthode d'assemblage selon l'invention,
- la figure 4 illustre un dispositif de structuration selon l'invention,
- la figure 5 illustre un premier exemple de motif gravé par la
- 30 méthode selon l'invention,

- la figure 6 illustre un deuxième exemple de motif gravé par la méthode selon l'invention,
- la figure 7 illustre un troisième exemple de motif gravé par la méthode selon l'invention,
- 5 - la figure 8 illustre un quatrième exemple de motif gravé par la méthode selon l'invention,
- la figure 9 illustre un premier exemple de coupe de rainure gravée par la méthode selon l'invention,
- la figure 10 illustre un deuxième exemple de coupe de rainure
10 gravée par la méthode selon l'invention,
- la figure 11 illustre un troisième exemple de coupe de rainure gravée par la méthode selon l'invention,
- la figure 12 illustre un quatrième exemple de coupe de rainure gravée par la méthode selon l'invention,
- 15 - la figure 13 illustre une coupe schématique d'un substrat structuré selon la présente invention,
- la figure 14 illustre un dispositif de soudage destiné à réaliser le soudage du substrat structuré et de la pièce, dans une réalisation de l'invention, et
- 20 - la figure 15 illustre un dispositif de mise sous pression compris dans le dispositif de soudage selon une réalisation de l'invention.

Modes de réalisation de l'invention

La présente invention est décrite avec des réalisations particulières et des références à des figures mais l'invention n'est pas limitée par celles-ci. Les dessins ou figures décrits ne sont que schématiques et ne sont pas
25 limitants.

Dans le contexte du présent document, les termes « premier » et « deuxième » servent uniquement à différencier les différents éléments et n'impliquent pas d'ordre entre ces éléments.

Sur les figures, les éléments identiques ou analogues peuvent porter les mêmes références.

La figure 1 illustre une méthode 10 de structuration d'un substrat 11 selon une première réalisation de l'invention. La méthode 10 fait appel à un laser de structuration 31 qui émet un faisceau 32 de structuration pulsé apte à graver une surface supérieure 16 du substrat 11, la surface supérieure 16 s'étendant selon une première direction 101 et une deuxième direction 102, la première direction 101 et la deuxième direction 102 n'étant pas parallèles. La surface supérieure 16 et les directions 101, 102 sont illustrées à la figure 4. La méthode 10 fait également appel à un dispositif 33 de déplacement, pour déplacer faisceau 32 de structuration et le substrat 11 l'un par rapport à l'autre.

Une structuration 30a comprend une irradiation 42 de la surface supérieure 16 et un mouvement 41 relatif du faisceau 32 de structuration et du substrat 11. L'irradiation 42 et le mouvement 41 sont préférentiellement simultanés. Il est toutefois possible qu'ils soient successifs, et notamment qu'ils se répètent de nombreuses fois l'un à la suite de l'autre.

La structuration 30a donnant lieu à la formation d'un motif 17 sur la surface supérieure 16 du substrat 11, il en résulte un substrat 12a avec motif. Celui-ci peut alors être utilisé dans un soudage 130 subséquent (figure 3).

Le substrat 11 comprend préférentiellement un métal sur la surface supérieure 16 irradiée ou comprend une portion en métal sur la surface supérieure 16 irradiée. Par exemple, ce métal peut comprendre un élément ou composé choisi parmi les suivants: aluminium, cuivre, titane, magnésium acier, acier doux, acier à haute limite d'élasticité, acier à très haute limite d'élasticité, acier à ultra haute limite d'élasticité, acier inoxydable et alliage. Le substrat 11, ou une portion de celui-ci, peut également comprendre un matériau céramique ou du verre. La surface 16

supérieure est préférentiellement plane. La surface 16 supérieure peut également être courbe.

Le laser de structuration 31 est préférentiellement un laser à impulsions. Le laser de structuration 31 est préférentiellement un laser capable d'envoyer des impulsions ayant une durée de moins de 1000ns, plus préférentiellement entre 10^{-15} s et 10^{-6} s, encore plus préférentiellement entre 10^{-14} s et 10^{-8} s.

Le laser de structuration 31 est préférentiellement capable d'émettre un faisceau pulsé avec un taux de répétition entre 1 KHz et 2 MHz. Le laser de structuration 31 est préférentiellement capable d'émettre un faisceau d'une intensité de minimum 10 W/mm², plus préférentiellement 50 W/mm², encore plus préférentiellement 100 W/mm². Le laser de structuration 31 est capable d'émettre un faisceau d'une puissance d'au moins 0.01W, préférentiellement 0.1W, plus préférentiellement 1W, encore plus préférentiellement 100W. Le laser de structuration 31 est capable d'émettre un faisceau d'une longueur d'onde entre 200 et 11000 nm, préférentiellement entre 300 et 2000 nm, plus préférentiellement entre 1000 et 1100 nm, encore plus préférentiellement entre 1030 et 1070 nm.

Le faisceau de structuration 32 est donc préférentiellement formé d'impulsions, et en particulier d'impulsions ayant une durée de moins de 1000ns, plus préférentiellement entre 10^{-16} s et 10^{-8} s, encore plus préférentiellement entre 10^{-15} s et 10^{-9} s. Le faisceau de structuration 32 a préférentiellement un taux de répétition entre 1 KHz et 2 MHz. Le faisceau de structuration 32 a préférentiellement une puissance d'au moins 0.01W, préférentiellement 0.1W, plus préférentiellement 1W, encore plus préférentiellement 100W. Le faisceau de structuration 32 a préférentiellement une intensité de minimum 10 W/mm², plus préférentiellement 50 W/mm², encore plus préférentiellement 100 W/mm². Le faisceau de structuration 32 a préférentiellement une longueur d'onde dans le visible ou l'ultraviolet. Le faisceau de structuration 32 a

préférentiellement une longueur d'onde entre 200 et 11000 nm, préférentiellement entre 300 et 2000 nm, plus préférentiellement entre 1000 et 1100 nm, encore plus préférentiellement entre 1030 et 1070 nm.

Dans le cadre du présent document, la "puissance" d'un faisceau laser pulsé est la puissance moyenne de ce faisceau, à savoir l'intégration de l'énergie de toutes les impulsions intégrée dans une durée déterminée divisée par cette durée.

Dans le cadre du présent document, l'"intensité" d'un faisceau laser pulsé est le rapport entre la puissance de ce faisceau et l'aire de la surface irradiée par ce faisceau.

Les paramètres du laser 31 de structuration pour la production du faisceau 32 de structuration sont choisis en fonction du substrat 11, de façon à ce que l'irradiation 42 enlève de la matière du substrat 11. Les paramètres du laser 31 de structuration sont préférentiellement gardés constants durant toute la durée de la structuration 30a.

Le mouvement 41 relatif peut inclure un déplacement du faisceau 32 de structuration, un déplacement du substrat 11 ou des déplacements des deux. Le mouvement 41 peut inclure une rotation, notamment une rotation du substrat 11, en particulier si la surface supérieure 16 n'est pas plane. Dans une réalisation de l'invention, qui est montrée à la figure 4, le dispositif 33 de déplacement comprend une tête scanner 35 capable de déplacer le faisceau 32 de structuration et un dispositif 39 de déplacement du substrat 11. Le mouvement 41 relatif se fait préférentiellement avec une vitesse linéaire entre 10 et 10000 mm/s, plus préférentiellement entre 100 et 5000 mm/s.

L'irradiation 42 enlève de la matière de la surface 11, par exemple par vaporisation ou sublimation. Elle crée ainsi une rainure non-traversant dont la profondeur et la largeur sont essentiellement déterminées par les caractéristiques du faisceau de structuration et la vitesse du mouvement 41.

Le mouvement 41 fait que l'irradiation 42 se produit en différents points de la surface supérieure 16, créant ainsi un motif 17 prédéfini. Le motif 17 est préférentiellement programmé sur un ordinateur 38 (visible figure 4) qui guide le mouvement 41 grâce au dispositif 39 de déplacement
5 du substrat 11 et à la tête scanner 35 (visibles figure 4).

Le motif 17 comprend préférentiellement des lignes 18, plus préférentiellement des lignes brisées.

La figure 2 illustre une méthode 20 de structuration d'un substrat 11 selon une deuxième réalisation de l'invention. La méthode 20 de structuration selon la deuxième réalisation de l'invention utilise les mêmes
10 éléments (substrat 11, laser 31 de structuration, faisceau 32 de structuration, dispositif 33 de déplacement) et passe par les mêmes étapes (déplacement relatif 41, irradiation 42 c'est-à-dire création du motif par structuration 30a) que la méthode 10 de structuration selon la première
15 réalisation de l'invention. A ces étapes, la méthode 20 de structuration selon la deuxième réalisation de l'invention ajoute un prétraitement 50. Ainsi, la structuration 30b selon la deuxième réalisation de l'invention comprend le prétraitement 50 et la structuration 30a du motif.

Le prétraitement 50 comprend préférentiellement une texturisation
20 de la surface 16 du substrat. La texturisation comprend la création d'une structure de texturisation, qui est moins profonde que les rainures du motif 17 de structuration. La structure de texturisation comprend préférentiellement des rainures de texturisation.

Le prétraitement 50 comprend préférentiellement un déplacement
25 51 relatif de prétraitement et une irradiation 52 de prétraitement durant laquelle la surface 16 est irradiée par un faisceau 53 de prétraitement émis par le laser 31 de structuration. Le faisceau 53 de prétraitement est préférentiellement pulsé. L'irradiation 52 et le déplacement 51 sont préférentiellement simultanés. Il est toutefois possible qu'ils soient
30 successifs, et notamment qu'ils se répètent de nombreuses fois l'un à la

suite de l'autre. L'irradiation 52 et le déplacement 51 génèrent un substrat 13 avec une texture.

Durant le prétraitement 50, le laser de structuration 31 envoie préférentiellement des impulsions d'une durée de moins de 1000ns.

5 Durant le prétraitement 50, le laser de structuration 31 a préférentiellement un taux de répétition de 1kHz à 500 kHz. Durant le prétraitement 50, le laser de structuration 31 a préférentiellement une puissance de 1W à 100W. Durant le prétraitement 50, le laser de structuration 31 a préférentiellement une énergie de 0.01 à 100 mJ.

10 Le déplacement 51 relatif de prétraitement est réalisé suivant un schéma de prétraitement prédéfini. Le déplacement 51 relatif de prétraitement est préférentiellement réalisé avec une vitesse linéaire plus grande que le mouvement 41 relatif de la structuration 30a du motif, de façon à ce que le temps pris par le prétraitement 50 n'ait pas un impact
15 important sur l'ensemble du temps pris par la structuration 30b qui comprend le prétraitement 50 et la structuration 30a du motif. Par exemple, la vitesse linéaire de déplacement 51 relatif du faisceau 53 de prétraitement lors du prétraitement 50 par rapport au substrat 11 peut être au moins une fois et demi plus grande que la vitesse linéaire de déplacement relatif du
20 faisceau de structuration 32 lors du déplacement relatif 41, préférentiellement au moins quatre fois plus grande. Par exemple, la vitesse linéaire de déplacement 51 relatif du faisceau 53 de prétraitement lors du prétraitement 50 peut être entre 1000 et 10.000 mm/s. Plus particulièrement, la vitesse linéaire de déplacement 51 relatif du faisceau
25 53 de prétraitement lors du prétraitement 50 peut être entre 3000 et 5000 mm/s.

Suite au prétraitement 50, le substrat 13 avec une texture suit les étapes de mouvement 41 relatif et irradiation 42 y gravant 30a le motif de structuration prédéfini, de façon à former un substrat 12b avec texture et
30 motif qui peut être utilisé dans un assemblage 130 subséquent (figure 3).

Dans une variante de la méthode 20 de structuration selon la deuxième réalisation de l'invention, un autre laser que le laser de structuration 31 utilisé pour l'irradiation 42 de la structuration 30a est utilisé pour l'irradiation 52 de prétraitement et/ou un autre dispositif de déplacement que le dispositif 33 de déplacement utilisé pour la structuration 30a est utilisé pour le déplacement 51 relatif de prétraitement.

Dans une variante de la méthode 20 de structuration selon la deuxième réalisation de l'invention, le prétraitement 50 a lieu après les étapes de mouvement 41 et irradiation 42 de structuration 30a créant le motif.

Le prétraitement peut par exemple comprendre la gravure d'une pluralité de lignes parallèles. Les lignes peuvent par exemple être distantes de 50 μm . Les lignes peuvent par exemple avoir une largeur de 50 μm . Les lignes peuvent par exemple avoir une profondeur entre 4 et 7 μm . La texturisation créée par le prétraitement couvre préférentiellement toute la partie de la surface 16 qui sera par la suite irradiée par un faisceau 132 de soudage (figure 3).

La fonction principale du prétraitement 50 est d'augmenter l'absorption d'un faisceau de soudage 132 sur la surface 16 lors du soudage d'assemblage 130 (figure 3) en augmentant la rugosité de la surface 16 du substrat.

La figure 3 illustre une méthode 1000 d'assemblage selon l'invention. La méthode 1000 d'assemblage inclut la méthode 10 de structuration d'un substrat 11 selon la première réalisation de l'invention, auquel cas il résulte de la structuration 30 le substrat 12a avec motif, ou la méthode 20 de structuration d'un substrat 11 selon la deuxième réalisation de l'invention, auquel cas il résulte de la structuration 30 le substrat 12b avec texture et motif. Le substrat 12a avec motif et le substrat 12b avec texture et motif sont repris dans la description de la figure 3 sous l'appellation "substrat 12 avec (texture et) motif". La partie de la surface 16

du substrat 12 avec (texture et) motif qui va être soudée est appelée première partie 117 de surface.

La méthode 1000 d'assemblage fait appel à une pièce 14 ayant une surface. La partie de la surface de la pièce 14 qui doit être jointe est
5 appelée deuxième partie 116 de surface. La deuxième partie 116 de surface comprend un matériau fusible ayant un point de fusion plus bas que le point de fusion de la première partie 117 de surface structurée du substrat afin qu'un échauffement localisé, créé par un dispositif 131 de chauffage, puisse faire fondre le matériau fusible de la pièce sans faire
10 fondre la première partie 117 de surface structurée du substrat. La pièce 14 comprend préférentiellement un polymère et/ou du verre. La deuxième partie 116 de surface peut être plane ou courbe.

La méthode 1000 d'assemblage fait également appel à un dispositif de chauffage 131 capable de créer une augmentation de température dans
15 le matériau fusible suffisante pour le faire fondre. Le dispositif de chauffage 131 peut être un laser de soudage, qui est préférentiellement différent du laser 31 de structuration. En effet, la structuration 30 peut se faire dans un atelier différent de celui dans lequel l'assemblage 130 est réalisé.

Dans le cas où le dispositif 131 de chauffage est un laser de
20 soudage, le laser de soudage émet un faisceau 132 de soudage capable de traverser la pièce 14 et de chauffer par irradiation la première partie 117 de la surface 16 qui a été structurée lors de la structuration 30. Autrement dit, la longueur d'onde et les autres caractéristiques du faisceau 132 de soudage sont choisies pour que le faisceau 132 de soudage soit au moins
25 partiellement transmis par la pièce 14 et au moins partiellement absorbé par la première partie 117 de surface.

Lors d'une étape d'assemblage 130, la deuxième partie 116 de surface est mise en contact avec la première partie 117 de surface. Le faisceau 132 de soudage est envoyé sur la première partie 117 de surface

au travers de la pièce 14 de façon à irradier la première partie 117 de surface.

L'absorption du faisceau 132 de soudage par la première partie 117 de surface du substrat 12 provoque une augmentation de sa température.

- 5 L'augmentation de température est choisie telle qu'elle fait fondre de la matière d'un matériau fusible de la deuxième partie 116 de surface de la pièce 14 qui entre dans les rainures du motif 17 gravées sur la première partie 117 de surface. Au refroidissement, cette matière de la pièce 14 se solidifie, bloquant la deuxième partie 116 de surface avec la première partie
- 10 117 de surface, c'est-à-dire provoquant une adhésion entre le substrat 12 et la pièce 14, de façon à former un assemblage 15 soudé. En outre, l'augmentation de température peut être choisie telle qu'elle ne fait pas fondre la première partie 117 de surface supérieure 16 structurée du substrat 12, c'est-à-dire que la température atteinte dans la première partie
- 15 117 de surface supérieure 16 structurée du substrat 12 est inférieure à sa température de fusion.

L'augmentation de température est d'autant plus grande que l'absorption du faisceau 132 de soudage par la première partie 117 de surface du substrat 12 est grande. C'est pourquoi il est avantageux de

20 réaliser le prétraitement 50 (figure 2), de façon à rendre la première partie 117 de surface plus rugueuse et donc plus apte à absorber le faisceau 132 de soudage.

Il est aussi possible, tout en restant dans le cadre de l'invention, que l'assemblage soit réalisé par un autre dispositif de chauffage 131 qu'un

25 laser. Le dispositif de chauffage 131 peut par exemple chauffer le substrat 12 par conduction.

Dans une réalisation de l'invention, une pression mécanique est appliquée pour maintenir le contact entre la deuxième partie 116 de surface et la première partie 117 de surface lors de l'irradiation par le faisceau de

30 soudage. Cette pression favorise aussi le fait que la matière du matériau

fusible de la deuxième partie 116 de surface de la pièce 14 entre dans les rainures du motif 17 structurés sur la première partie 117 de surface. Cette pression peut par exemple être appliquée à l'aide d'un dispositif de mise sous pression 140.

5 Dans une réalisation de l'invention, l'assemblage 130 inclut un déplacement du faisceau 132 de soudage et/ou de la deuxième partie 116 de surface mise en contact avec la première partie 117 de surface, afin de permettre le soudage sur une surface sensiblement plus grande que le diamètre du faisceau 132 de soudage.

10 La méthode d'assemblage 1000 peut notamment être utilisée dans l'assemblage d'un support d'ampoule pour des applications d'éclairage dans l'industrie automobile.

La figure 4 illustre un dispositif 80 de structuration destiné à réaliser la structuration 30a du motif, et potentiellement le prétraitement 50. Le
15 dispositif 80 comprend le laser 31 de structuration qui émet le faisceau 32 de structuration vers un chemin optique 34 qui réalise la mise en forme du faisceau 32. Le chemin optique 34 comprend différents éléments optiques, par exemple au moins un parmi: un miroir, une lentille, un collimateur/dilatateur de faisceau (beam expander), un atténuateur, un
20 polariseur. Le chemin optique 34 envoie le faisceau 32 vers une tête scanner 35 qui comprend préférentiellement des miroirs inclinables et une lentille oculaire et est capable de diriger le faisceau 32 vers la surface 16 du substrat. Le dispositif 80 comprend aussi préférentiellement un système de vision 36, et un système de mesure 37 confocal. Le dispositif 80 comprend
25 également un dispositif 39 de déplacement du substrat. Le dispositif 39 de déplacement permet préférentiellement de translater le substrat selon une première direction 101, une deuxième direction 102, une troisième direction 103 et de faire tourner le substrat autour d'au moins deux axes de rotation.

Dans une réalisation de l'invention, un ordinateur 38, qui peut être
30 une tablette, contrôle le laser 31 de structuration, le chemin optique 34, la

tête scanner 35, le système de vision 36, le système de mesure 37 et le dispositif 39 de déplacement.

Le motif 17 comprend préférentiellement une pluralité de lignes. Le motif 17 peut comprendre des lignes droites, courbes, brisées, en forme de polygone, ouvertes, fermées,... Des exemples de réalisations du motif 17 sont illustrés aux figures 5 à 8.

La figure 5 illustre un premier exemple de motif 17a, comprenant une pluralité de lignes parallèles 18a, 18b,... espacées d'une distance constante. Chaque ligne 18 est aussi une forme géométrique 19.

La figure 6 illustre un deuxième exemple de motif 17b, comprenant une pluralité de lignes parallèles 18a, 18b,... groupées. Chaque ligne 18 est aussi une forme géométrique 19.

La figure 7 et la figure 8 illustrent deux exemples de réalisation du motif dans lesquels le motif comprend une première ligne et une deuxième ligne telles que la première ligne est imbriquée dans la deuxième ligne.

La figure 7 illustre un troisième exemple de motif 17c. Le motif 17c comprend des lignes 18a, 18b,... Les lignes 18 sont des formes géométriques 19, plus précisément des losanges. Il est possible que les formes soient des carrés, des rectangles, des hexagones, des triangles, tout en restant dans le cadre de l'invention. En particulier, cela peut être des formes permettant un pavage de la surface. Les formes 19 sont préférentiellement reproduites de façon à couvrir au moins 80% de la surface d'adhésion. Elles peuvent par exemple être reproduites entre 4 et 60 fois.

Les formes 19 sont groupées par groupes 22, chaque groupe 22 comprenant une pluralité de formes concentriques. Les groupes 22 sont disposés en rangées 21, de façon à ce qu'une première range 21a soit imbriquée dans une deuxième rangée 21b.

Les inventeurs ont trouvé que pour un motif comme celui de la figure 8, où la composante verticale est plus grande que la composante

horizontale, la résistance au cisaillement après assemblage est meilleure dans la direction verticale que dans la direction horizontale.

La figure 8 illustre un quatrième exemple de motif 17d. Le motif 17d comprend des lignes 18a, 18b,... Les lignes 18 sont des formes géométriques 19, plus précisément des zigzags comprenant des segments de lignes. Les lignes 18 sont imbriquées l'une dans l'autre. Les segments de lignes d'un zigzag forment sur la figure des angles de 90°, mais il serait possible qu'ils forment alternativement des angles aigus et obtus tout en restant dans le cadre de l'invention.

10 Comme illustré aux figures 5 à 8, les formes 19 géométriques sont préférentiellement répétées, le contour de chaque forme géométrique correspondant à une ligne brisée.

Les figures 9 à 12 illustrent des coupes de rainures gravées par la méthode selon l'invention. Dans ces coupes, la direction verticale correspond à la profondeur des rainures, et la direction horizontale correspond à la largeur des rainures. La figure 9 illustre un premier exemple de coupe de rainure. La figure 10 illustre un deuxième exemple de coupe de rainure. La figure 11 illustre un troisième exemple de coupe de rainure. La figure 12 illustre un quatrième exemple de coupe de rainure. Les rainures peuvent avoir une forme de V (figures 9, 10) ou une forme de U (figure 11, 12). Il est aussi possible que les rainures aient une forme concave. Les rainures peuvent ne pas avoir de zone refondue 23 (figure 9), en avoir de deux côtés (figures 10, 11) ou d'un seul côté (figure 12). La hauteur des zones refondues est préférentiellement de moins de 80µm par rapport à la surface du substrat en-dehors du motif. La hauteur des zones refondues est plus préférentiellement de moins de 10µm par rapport à la surface du substrat en-dehors du motif.

La figure 13 illustre une coupe schématique d'un substrat structuré selon la présente invention. On y voit une portion de la première partie 117 de substrat structuré présentant deux rainures 201, 202. La figure 13

illustre une profondeur 210 de rainure. La figure 13 illustre aussi une largeur 220 de rainure. La figure 13 illustre aussi une distance 230 entre deux rainures.

Les rainures ont préférentiellement une largeur de 5 à 500 μm , plus
5 préférentiellement de 50 à 120 μm .

Les rainures ont préférentiellement une profondeur de 1 à 2000 μm , plus préférentiellement de 5 à 250 μm , encore plus préférentiellement de 10 à 200 μm . Les rainures peuvent par exemple avoir une profondeur d'environ 100 μm .

10 Deux rainures ont préférentiellement une distance entre elles de minimum 5 μm , plus préférentiellement de minimum 50 μm . Deux rainures ont préférentiellement une distance entre elles de maximum 5 mm, plus préférentiellement de maximum 1mm.

La figure 14 illustre un dispositif 180 de soudage destiné à réaliser
15 l'assemblage 130 du substrat 12 avec (texture et) motif et de la pièce 14, dans une réalisation de l'invention. Le dispositif 180 comprend le dispositif 131 de chauffage, qui est le laser de soudage dans la réalisation de l'invention illustrée, qui émet le faisceau 132 de soudage vers un chemin optique 134 qui réalise la mise en forme du faisceau 132 de soudage. Le
20 chemin optique 134 comprend différents éléments optiques, par exemple au moins un parmi: un miroir, une lentille, un collimateur/dilatateur de faisceau (beam expander), un atténuateur, un polariseur. Le chemin optique 134 envoie le faisceau 132 vers une tête scanner 135 qui comprend préférentiellement des miroirs inclinables et une lentille oculaire
25 et est capable de diriger le faisceau 132 vers la première partie 117 de surface au travers de la pièce 14. Le dispositif 180 comprend aussi préférentiellement un système de vision 136, et un instrument de mesure de température 137. Le dispositif 180 comprend également un dispositif
30 139 de déplacement permettant de déplacer l'ensemble formé par la deuxième partie 116 de surface mise en contact avec la première partie

117 de surface et le dispositif de mise sous pression 140 qui est décrit plus en détail en se référant à la figure 15.

Dans une réalisation de l'invention, un ordinateur 138, qui peut être une tablette, contrôle le laser de soudage, le chemin optique 134, la tête scanner 135, le système de vision 136, le système de mesure 137 et le
5 dispositif 139 de déplacement.

La figure 15 illustre le dispositif de mise sous pression 140 compris dans le dispositif de soudage 180 selon une réalisation de l'invention. Le dispositif de mise sous pression 140 comprend un premier plateau 141
10 destiné à supporter le substrat structuré 12 sur lequel est posée la pièce 14. Le dispositif de mise sous pression 140 comprend également un élément de support ajustable en hauteur 142 capable de mouvoir le premier plateau 141 dans une direction verticale. Le dispositif de mise sous pression 140 comprend également une plaque 145 transparente au
15 faisceau 132 de soudage, des poteaux 143 supportant la plaque 145 et un deuxième plateau 144 destiné à supporter l'élément de support ajustable en hauteur 142 et les poteaux 143. La plaque 145 est par exemple faite en PMMA.

Pour utiliser ce dispositif 140, le substrat structuré 12 est posé sur le
20 premier plateau 141, la pièce 14 est posée sur le substrat structuré 12 et l'élément de support ajustable en hauteur 142 est ajusté pour presser la pièce 14 contre la plaque 145. Le faisceau 132 de soudage est alors envoyé à travers la plaque 145.

Si le dispositif 139 de déplacement comprend une partie permettant
25 de déplacer le substrat 12 et la pièce 14 et située sous ceux-ci, cette partie peut être disposée sous le deuxième plateau 144 ou entre le deuxième plateau 144 et le premier plateau 141, par exemple sur ou sous l'élément de support ajustable en hauteur 142.

Un premier test expérimental a été réalisé sur un substrat 11 en
30 aluminium d'une épaisseur de 5.5mm et a comporté:

- le prétraitement 50 utilisant un laser pulsé avec 50W de puissance, 100ns de durée d'impulsion, 80kHz de taux de répétition et une vitesse linéaire de 3900mm/s, et réalisant des lignes parallèles distantes de 50 μm ;
- 5 • la structuration 30a utilisant un laser pulsé avec 20W de puissance, 100ns de durée d'impulsion, 20kHz de taux de répétition et une vitesse linéaire de 720mm/s, réalisant un motif comportant des losanges similaires à ceux de la figure 7, avec les plus grands losanges, c'est-à-dire les plus extérieurs parmi la pluralité de losanges concentriques,
- 10 • ayant une grande diagonale de 2mm et une petite diagonale de 1mm;
- l'assemblage 130 du substrat 12b avec une pièce 14 de polycarbonate transparente de 2 mm d'épaisseur; et
- un test de cisaillement qui a donné un résultat de 9.85 N/mm².

Un deuxième test expérimental a été réalisé sur un substrat 11 en
15 acier galvanisé d'une épaisseur de 0.8mm et a comporté:

- la structuration 30a utilisant un laser pulsé de type nanoseconde avec 50W de puissance, 100ns de durée d'impulsion, 20kHz de taux de répétition et une vitesse linéaire de 720mm/s, réalisant un motif comportant deux lignes brisées de type zigzag (comme représentées à
- 20 la figure 8), les lignes étant espacées de 250 μm ;
- l'assemblage 130 du substrat 12a avec une pièce 14 opaque de polypropylène de type PPT20 de 2 mm d'épaisseur; et
- un test de traction qui a donné un résultat de 221.67N.

En d'autres termes, l'invention se rapporte à méthode 10, 20 de
25 structuration d'un substrat 11 et un substrat 12 structuré par une telle méthode. Un laser 31 à impulsion est utilisé pour envoyer un faisceau 32 fait de très courtes impulsions sur un substrat 11 préférentiellement métallique pendant que le faisceau 32 et le substrat 11 sont déplacés l'un par rapport à l'autre. L'irradiation 41 grave des rainures dans le substrat 11
30 selon un motif 17 déterminé par le mouvement relatif 41 du faisceau 32 et

du substrat 11. Le motif 17 est conçu pour permettre une excellente adhésion entre le substrat 12 structuré et une pièce 14 après un assemblage par soudage 130 laser du substrat 12 et de la pièce 14.

La présente invention a été décrite en relation avec des modes de
5 réalisations spécifiques, qui ont une valeur purement illustrative et ne
doivent pas être considérés comme limitatifs. D'une manière générale, la
présente invention n'est pas limitée aux exemples illustrés et/ou décrits ci-
dessus. L'usage des verbes « comprendre », « inclure », « comporter », ou
toute autre variante, ainsi que leurs conjugaisons, ne peut en aucune façon
10 exclure la présence d'éléments autres que ceux mentionnés. L'usage de
l'article indéfini « un », « une », ou de l'article défini « le », « la » ou « l' »,
pour introduire un élément n'exclut pas la présence d'une pluralité de ces
éléments. Les numéros de référence dans les revendications ne limitent
pas leur portée.

15

Revendications

1. Méthode (10, 20) de structuration d'un substrat (11) ayant une surface supérieure (16) s'étendant selon une première direction (101) et une
5 deuxième direction (102) non parallèles, la méthode (10, 20) comprenant les étapes de:
 - 1) fournir le substrat (11),
 - 2) fournir un laser de structuration (31) à impulsions capable de
10 générer un faisceau laser (32) de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure (16) du substrat (11) de manière non-traversante, le faisceau laser (32) de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat (11) et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s,
 - 15 3) générer le faisceau laser (32) de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure (16) du substrat (11) de manière non-traversante, le faisceau laser (32) de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat (11) et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s,
 - 20 4) fournir un dispositif (33) de déplacement capable de générer un mouvement relatif (41) entre le faisceau laser (32) de structuration pulsé et le substrat (11) dans la première direction (101) et dans la deuxième direction (102),
 - 25 5) irradier (41) la surface supérieure (16) du substrat (11) avec le faisceau laser (32) de structuration pulsé, de façon à créer un motif (17) de structuration à la surface supérieure (16) du substrat (11) et induire un mouvement relatif (41) entre le

faisceau laser (32) de structuration pulsé et le substrat (11) dans la première direction (101) et la deuxième direction (102).

2. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 1, dans
5 laquelle les impulsions du faisceau laser (32) de structuration pulsé ont une durée comprise entre 10^{-15} s et 10^{-6} s.
3. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 2, dans
10 laquelle les impulsions du faisceau laser (32) de structuration pulsé ont une durée comprise entre 10^{-14} s et 10^{-8} s.
4. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la puissance du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au moins 0.01 W.
15
5. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 4, dans laquelle la puissance du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au moins 0.1 W.
- 20 6. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 5, dans laquelle la puissance du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au moins 1 W.
7. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 6, dans
25 laquelle la puissance du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au plus 100 W.
8. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'intensité du faisceau laser
30 (32) de structuration pulsé est d'au moins 10 W/mm^2 .

9. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 8, dans laquelle l'intensité du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au moins 50 W/mm².
- 5 10. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 9, dans laquelle l'intensité du faisceau laser (32) de structuration pulsé est d'au moins 100 W/mm².
- 10 11. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le faisceau laser (32) de structuration pulsé a une longueur d'onde comprise entre 300 et 2000 nm.
- 15 12. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 11, dans laquelle le faisceau laser (32) de structuration pulsé a une longueur d'onde comprise entre 1000 et 1100 nm.
- 20 13. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 12, dans laquelle le faisceau laser (32) de structuration pulsé a une longueur d'onde comprise entre 1030 et 1070 nm.
- 25 14. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le faisceau laser (32) de structuration pulsé a un taux de répétition compris entre 1 KHz et 2 MHz.
15. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le mouvement relatif (41) du

faisceau laser (32) de structuration pulsé par rapport au substrat (11) se fait à une vitesse linéaire comprise entre 10 et 10000 mm/s.

16. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 15, dans laquelle le mouvement relatif (41) du faisceau laser (32) de structuration pulsé par rapport au substrat (11) se fait à une vitesse linéaire comprise entre 100 et 5000 mm/s.

17. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins une portion de la surface supérieure (16) du substrat (11) comprend un métal.

18. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 17, dans laquelle le métal comprend au moins un élément ou composé choisi parmi: aluminium, cuivre, titane, magnésium, acier, acier doux, acier à haute limite d'élasticité, acier à très haute limite d'élasticité, acier à ultra haute limite d'élasticité, acier inoxydable et alliage.

19. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins une portion de la surface supérieure (16) du substrat (11) comprend un matériau céramique ou du verre.

20. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un prétraitement (50) de la surface supérieure (16) du substrat (11), ledit prétraitement (50) permettant d'augmenter une absorption optique de la surface supérieure (16) du substrat (11).

21. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 20, dans laquelle l'augmentation de l'absorption optique de la surface supérieure (16) du substrat (11) est réalisée par une augmentation de la rugosité de la surface supérieure (16) du substrat (11).

5

22. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 21, dans laquelle le prétraitement (50) comprend une texturisation de la surface supérieure (16) du substrat qui donne lieu à une structure de prétraitement moins profonde que le motif (17) gravé lors de l'étape 5).

10

23. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 21 ou 22, dans laquelle le prétraitement (50) a lieu après l'étape 4) et comprend les étapes de:

- déplacer (51), grâce au dispositif (33) de déplacement, selon un schéma de prétraitement prédéfini et par rapport au substrat (16), un faisceau (53) de prétraitement produit par le laser de structuration (31) à impulsions, et
- irradier (52) la surface supérieure (16) du substrat (11) avec le faisceau (53) de prétraitement.

20

24. Méthode (10, 20) de structuration selon la revendication 23, dans laquelle une vitesse linéaire de mouvement relatif du faisceau (53) de prétraitement lors du prétraitement (50) est au moins une fois et demi plus grande qu'une vitesse linéaire de mouvement relatif du faisceau laser (32) de structuration pulsé par rapport au substrat lors de l'étape 5).

25

25. Méthode (10, 20) de structuration selon l'une quelconque des revendications 20 à 23, dans laquelle le prétraitement (50) comprend la création de rainures parallèles.

30

26. Méthode (1000) d'assemblage d'un substrat (11) avec une pièce (14) comprenant les étapes de:

- 5 • structurer (30) une surface supérieure (16) du substrat (11) à l'aide d'une méthode selon l'une quelconque des revendications précédentes, ce qui génère une première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12) comprenant un motif (17),
- 10 • fournir la pièce (14) dont une surface présente une deuxième partie (116) de surface comprenant un matériau fusible ayant un point de fusion plus bas que le point de fusion de la première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12),
- 15 • disposer la première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12) en contact avec la deuxième partie (116) de surface de la pièce (14),
- appliquer une pression de façon à maintenir le contact entre la première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12) et la deuxième partie (116) de surface de la pièce (14),
- 20 • fournir un dispositif (131) de chauffage capable de créer une augmentation de température dans le matériau fusible suffisante pour le faire fondre, et
- chauffer, grâce au dispositif (131) de chauffage, le matériau fusible de manière à atteindre dans le matériau fusible, une température suffisante pour en faire fondre au moins une partie dans le motif (17)
- 25 de la première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12).

27. Méthode (1000) d'assemblage selon la revendication 26, dans laquelle le dispositif (131) de chauffage est un laser de soudage apte à produire
30 un faisceau (132) de soudage capable de chauffer par irradiation la

première partie (117) de surface supérieure (16) structurée du substrat (12) et dans laquelle la pièce (14) est au moins partiellement transparente au faisceau (132) de soudage.

- 5 28. Méthode (1000) d'assemblage selon la revendication 26 ou 27, dans laquelle la pièce (14) comprend un polymère ou du verre.

29. Substrat structuré (12) susceptible d'être obtenu par la méthode de structuration selon l'une quelconque des revendications 1 à 25.

10

30. Substrat structuré (12) selon la revendication 29, où le motif (17) a une composante plus grande dans une direction que dans une autre direction.

15

31. Substrat structuré (12) selon la revendication 29 ou 30, où le motif (17) comprend une pluralité de lignes (18), chaque ligne (18) correspondant à une rainure gravée dans le substrat (11).

20

32. Substrat structuré (12) selon la revendication 31, où la pluralité de lignes (18) du motif (17) comprend une première ligne et une deuxième ligne telles qu'il existe une droite croisant successivement la deuxième ligne, la première ligne et la deuxième ligne.

25

33. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 32, où le motif (17) comprend des lignes brisées.

34. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 33, où le motif (17) comprend une répétition de formes géométriques (18).

30

35. Substrat structuré (12) selon la revendication 34, où les formes géométriques (18) répétées comprennent une pluralité de formes géométriques concentriques.
- 5 36. Substrat structuré (12) selon la revendication 34 ou 35, où les formes géométriques (18) répétées comprennent une pluralité de losanges, carrés, triangles, rectangles ou hexagones.
- 10 37. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 34 à 36, où les formes géométriques (18) répétées sont disposées en une pluralité de rangées (21).
- 15 38. Substrat structuré (12) selon la revendication 37, où une première rangée (21a) de formes géométriques et une deuxième rangée (21b) de formes géométriques sont telles qu'il existe une droite croisant successivement une forme géométrique de la deuxième rangée (21b), une forme géométrique de la première rangée (21a) et une forme géométrique de la deuxième rangée (21b).
- 20 39. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 38, où le motif (17) comprend des lignes parallèles.
- 25 40. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 39, où le motif (17) comprend une ligne courbe.
41. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 40, où les rainures ont une largeur de 5 à 500 μm .
- 30 42. Substrat structuré (12) selon la revendication 41, où les rainures ont une largeur de 50 à 120 μm .

43. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 42, où les rainures ont une profondeur de 1 μm à 2 mm.
- 5 44. Substrat structuré (12) selon la revendication 43, où les rainures ont une profondeur de 5 à 250 μm .
45. Substrat structuré (12) selon la revendication 44, où les rainures ont une profondeur de 10 à 200 μm .
- 10 46. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 45, où deux rainures ont une distance entre elles de minimum 5 μm .
47. Substrat structuré (12) selon la revendication 46, où deux rainures ont une distance entre elles de minimum 50 μm .
- 15 48. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 47, où deux rainures ont une distance entre elles de maximum 5 mm.
- 20 49. Substrat structuré (12) selon la revendication 48, où deux rainures ont une distance entre elles de maximum 1 mm.
50. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 31 à 49, comprenant en outre des zones refondues (23) le long des rainures, les zones refondues (23) ayant une hauteur de moins de 80 μm par rapport à la surface supérieure (16) du substrat structuré (12).
- 25 51. Substrat structuré (12) selon la revendication 50, où les zones refondues (23) ont une hauteur de moins de 10 μm par rapport à la surface supérieure (16) du substrat structuré (12).
- 30

52. Assemblage (15) comprenant un substrat (11) et une pièce (14) assemblés ensemble selon la méthode (1000) d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 26 à 28.

5

53. Dispositif (80) pour structurer un substrat (11) ayant une surface supérieure (16) s'étendant selon une première direction (101) et une deuxième direction (102) non parallèles, le dispositif (80) comprenant:

- 10 • un laser (31) de structuration à impulsions capable de générer un faisceau laser (32) de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure (16) du substrat de manière non-traversante, le faisceau laser (32) de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat (11) et présentant des impulsions d'une durée
- 15 inférieure à 1 μ s, et
- un dispositif (33) de déplacement capable de générer un mouvement (41) relatif entre le faisceau laser (32) de structuration pulsé et le substrat (11) dans la première direction (101) et dans la deuxième direction (102).

20

54. Substrat structuré (12) ayant une surface supérieure (16) s'étendant selon une première direction (101) et une deuxième direction (102) non-parallèles et comprenant un motif (17) gravé de façon non-traversante sur la surface supérieure (16), le motif (17) s'étendant au moins

25 partiellement selon la première direction (101) et la deuxième direction (102) et comprenant une pluralité de lignes (18) brisées, chaque ligne (18) brisée correspondant à un rainure.

55. Substrat structuré (12) selon la revendication 54, où le motif (17) a une composante plus grande dans une direction que dans une autre direction.
- 5 56. Substrat structuré (12) selon la revendication 54 ou 55, où le motif (17) comprend une première ligne brisée et une deuxième ligne brisée telles qu'il existe une droite croisant successivement la deuxième ligne brisée, la première ligne brisée et la deuxième ligne brisée.
- 10 57. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 56, où le motif (17) comprend une répétition de formes géométriques (18), le contour de chaque forme géométrique (18) correspondant à une ligne brisée.
- 15 58. Substrat structuré (12) selon la revendication 57, où les formes géométriques (18) répétées comprennent une pluralité de formes géométriques concentriques.
- 20 59. Substrat structuré (12) selon la revendication 57 ou 58, où les formes géométriques (18) répétées comprennent une pluralité de losanges, carrés, triangles, rectangles ou hexagones.
- 25 60. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 57 à 59, où les formes géométriques (18) répétées sont disposées en une pluralité de rangées (21).
- 30 61. Substrat structuré (12) selon la revendication 60, où une première rangée (21a) de formes géométriques et une deuxième rangée (21b) de formes géométriques sont telles qu'il existe une droite croisant successivement une forme géométrique de la deuxième rangée (21b)

une forme géométrique de la première rangée (21a) et une forme géométrique de la deuxième rangée (21b).

62. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 61, où le motif (17) comprend une ligne courbe.

63. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 62 où les rainures ont une largeur de 5 à 500 μm .

64. Substrat structuré (12) selon la revendication 63 où les rainures ont une largeur de 50 à 120 μm .

65. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 64 où les rainures ont une profondeur de 1 à 2 mm.

66. Substrat structuré (12) selon la revendication 65, où les rainures ont une profondeur de 5 à 250 μm .

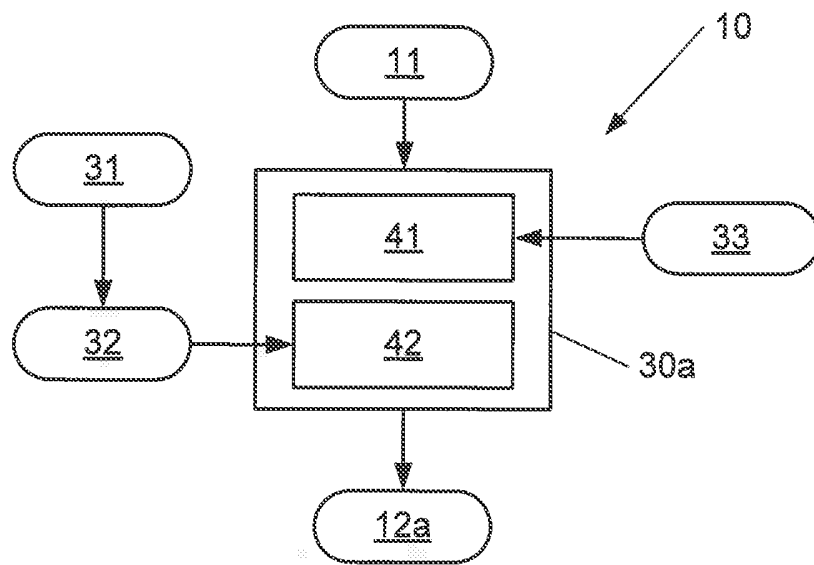
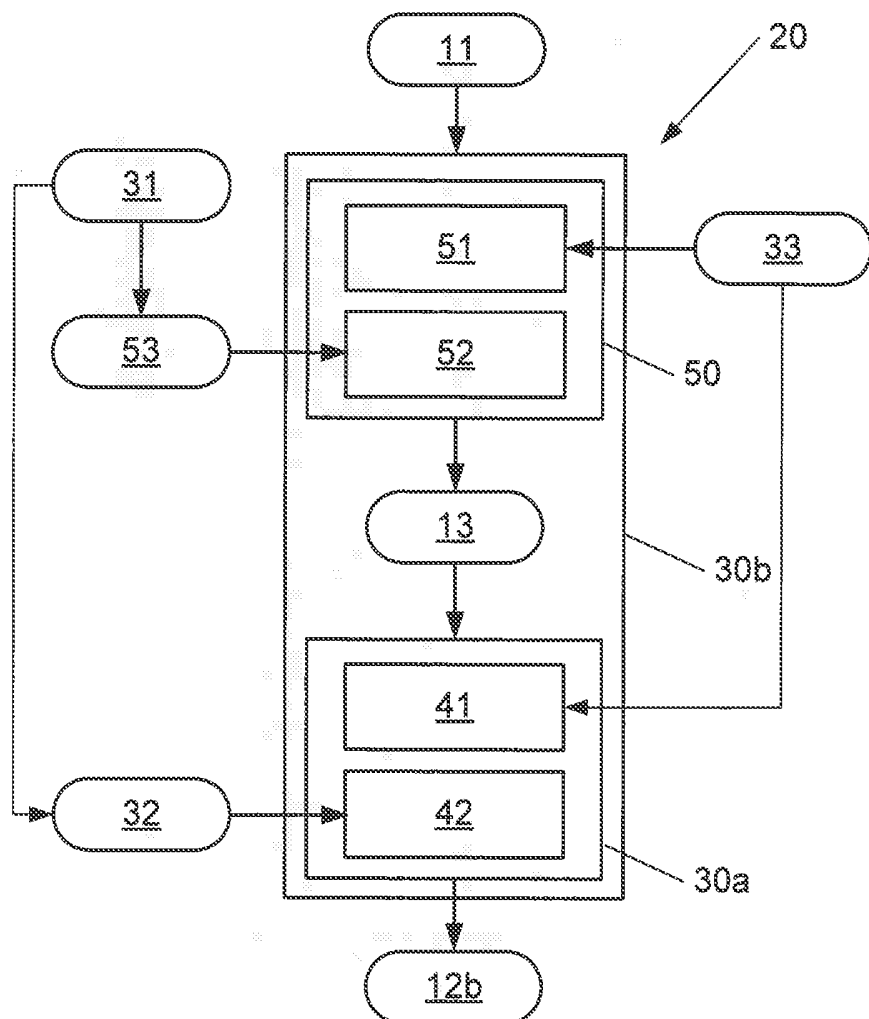
67. Substrat structuré (12) selon la revendication 66, où les rainures ont une profondeur de 10 à 200 μm .

68. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 67 où deux rainures ont une distance entre elles de minimum 5 μm .

69. Substrat structuré (12) selon la revendication 68 où deux rainures ont une distance entre elles de minimum 50 μm .

70. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 69 où deux rainures ont une distance entre elles de maximum 5 mm.

71. Substrat structuré (12) selon la revendication 70, où deux rainures ont une distance entre elles de maximum 1 mm.
- 5 72. Substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 71 comprenant en outre des zones refondues (23) le long des rainures, les zones refondues (23) ayant une hauteur de moins de 80 μm par rapport à la surface supérieure (16) du substrat structuré (12).
- 10 73. Substrat structuré (12) selon la revendication 72, où les zones refondues (23) ont une hauteur de moins de 10 μm par rapport à la surface supérieure (16) du substrat structuré (12).
- 15 74. Assemblage (15) comprenant un substrat structuré (12) selon l'une quelconque des revendications 54 à 73 et une pièce (14) assemblés ensemble.

**Fig. 1****Fig. 2**

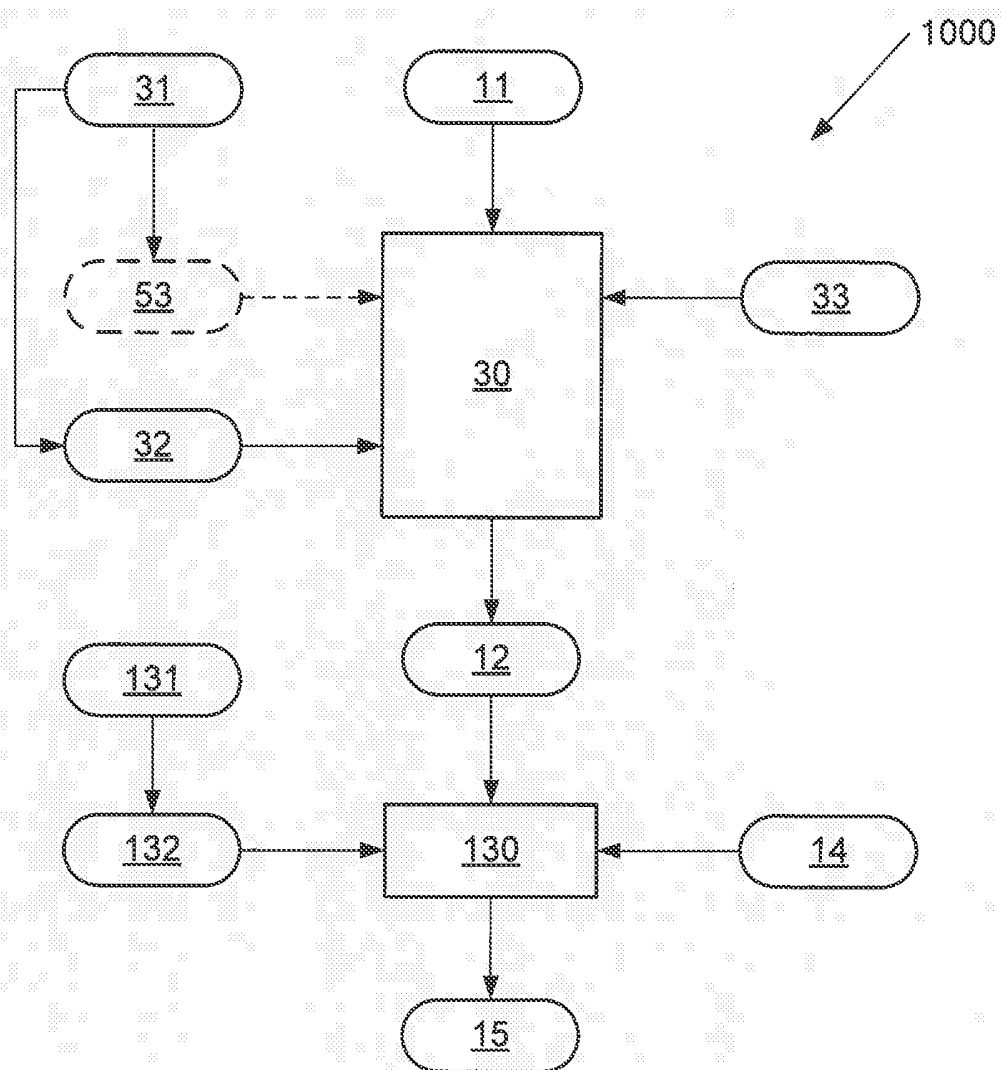
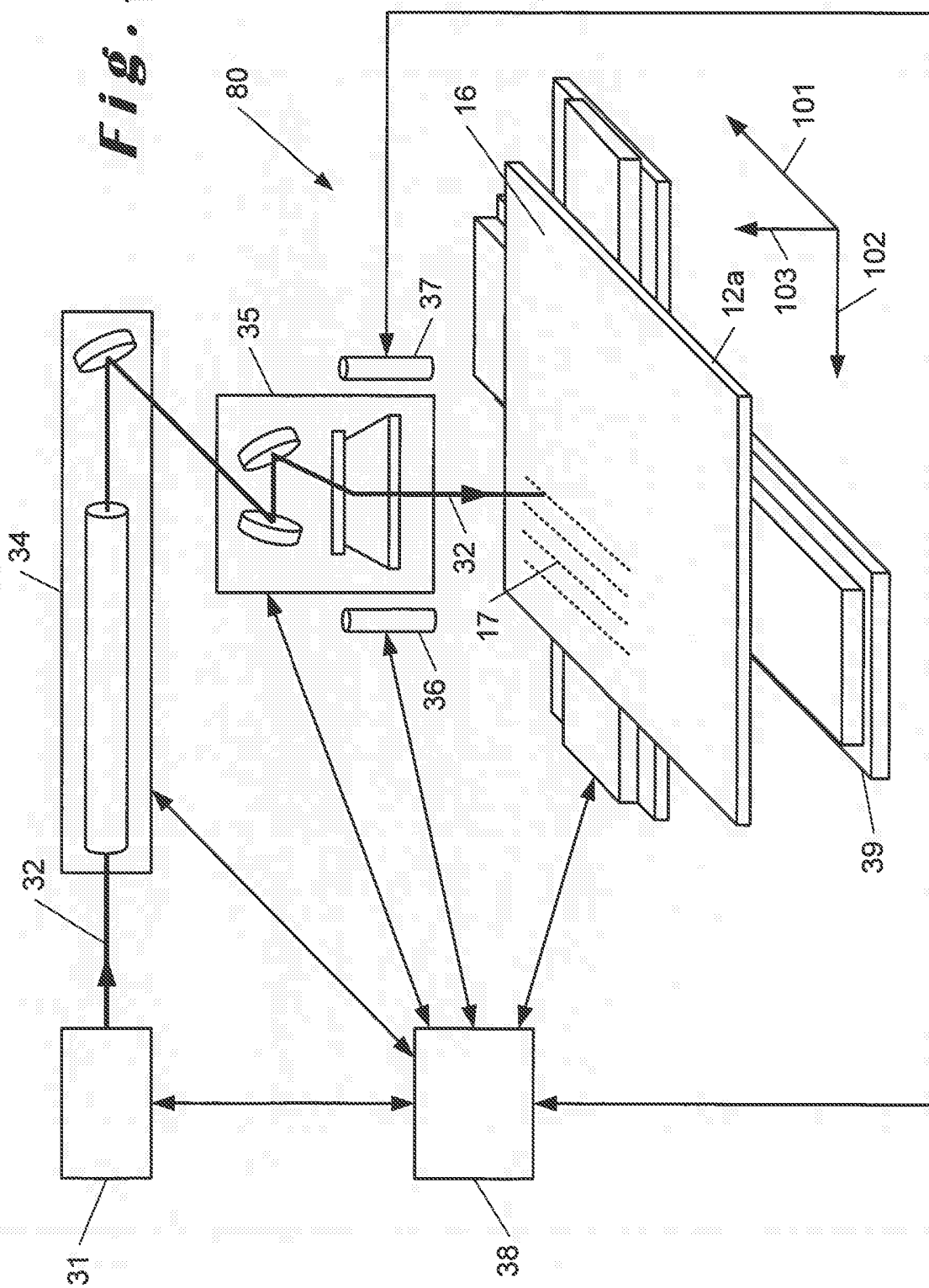
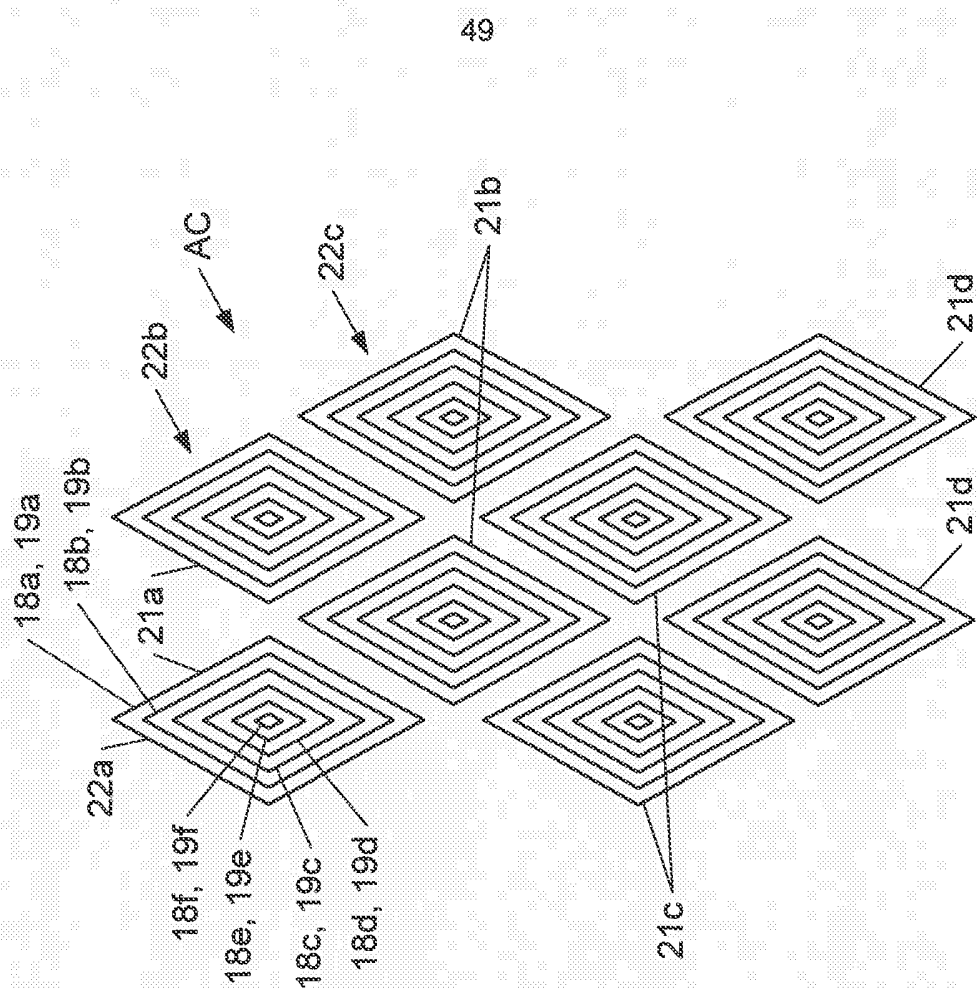
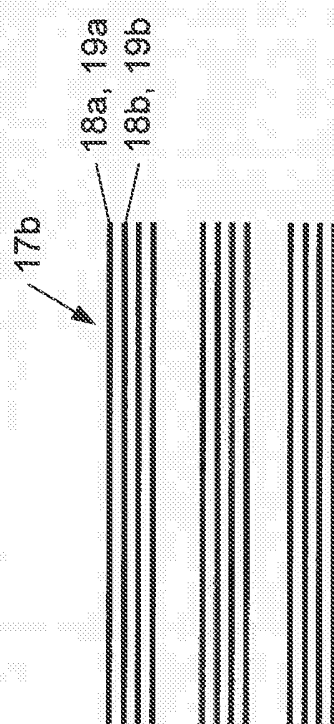
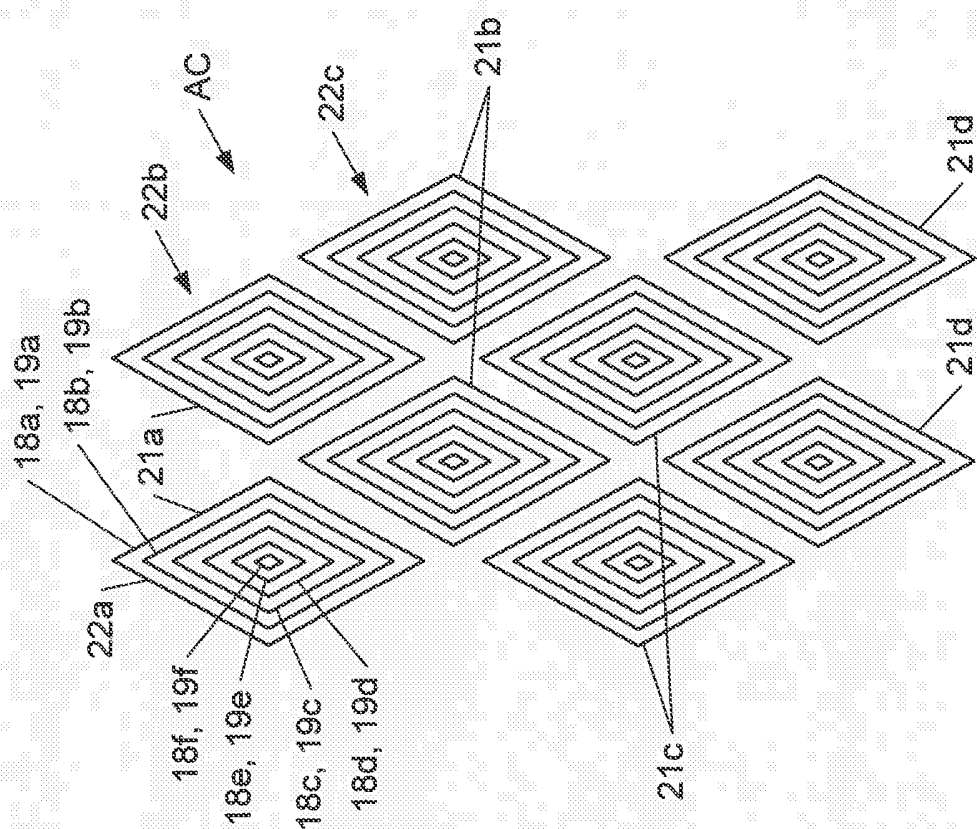
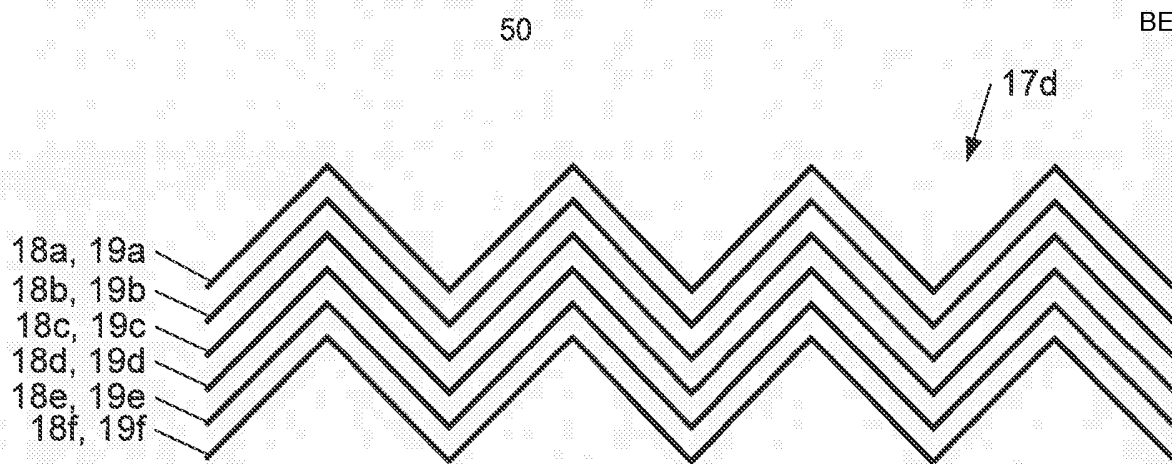
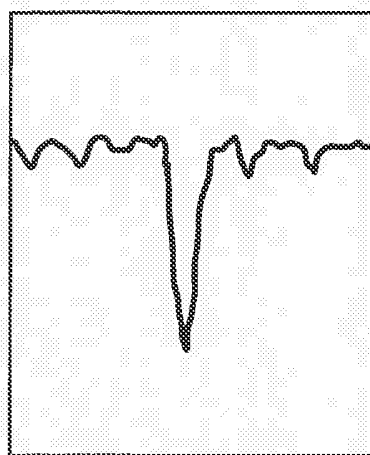
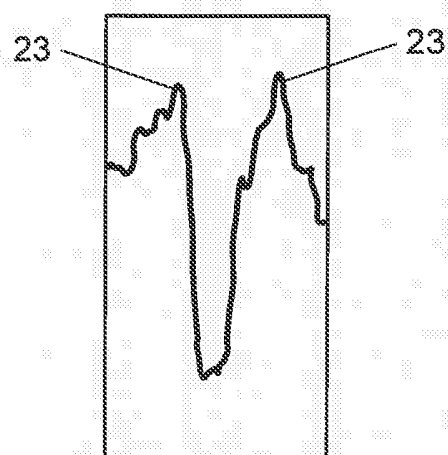
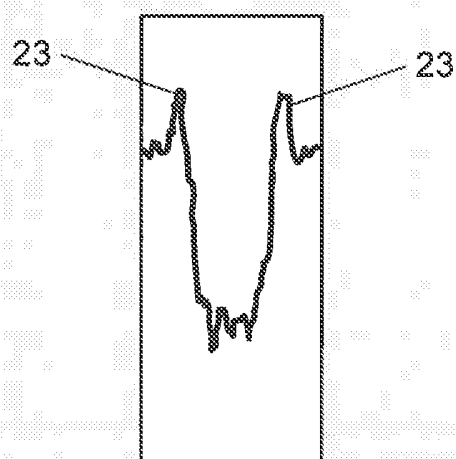
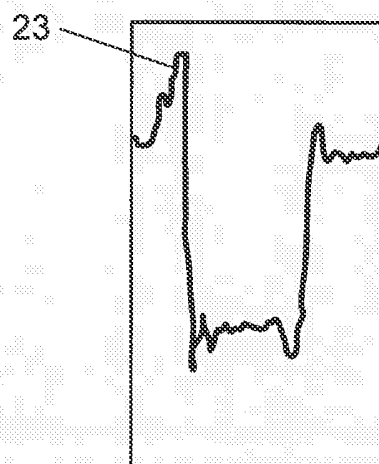
**Fig. 3**

Fig. 4

**Fig. 5****Fig. 6****Fig. 7**

**Fig. 8****Fig. 9****Fig. 10****Fig. 11****Fig. 12**

51

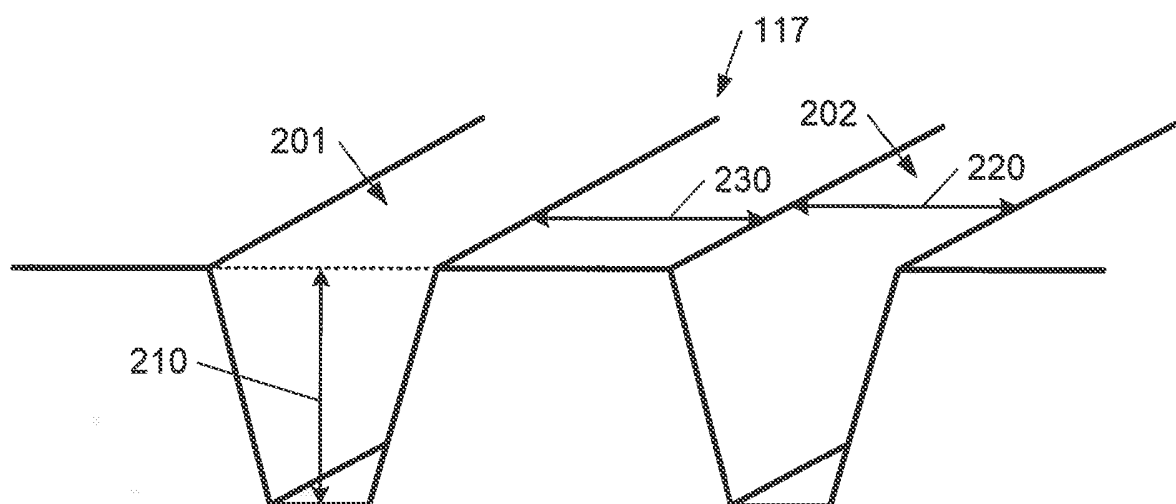
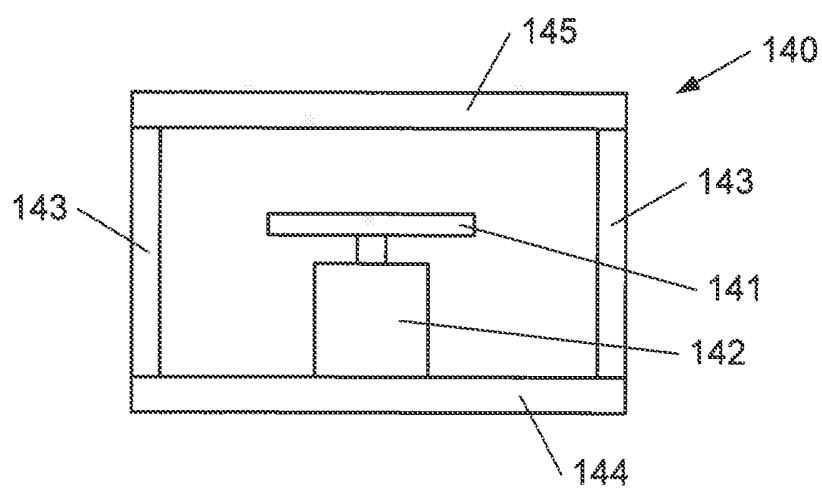
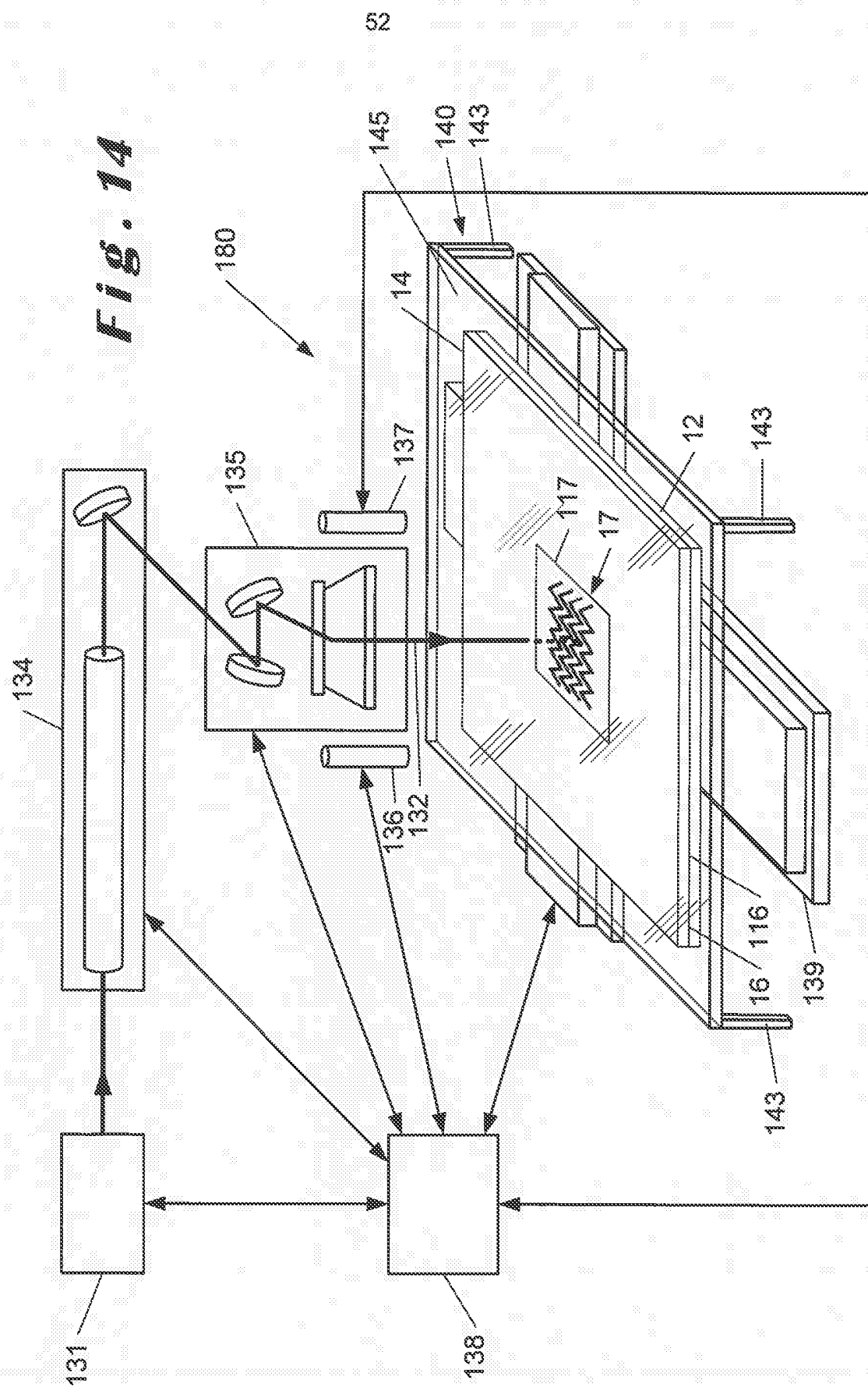
**Fig. 13****Fig. 15**

Fig. 14



ABREGE

Méthode de structuration d'un substrat

La présente invention concerne une méthode (10, 20) de structuration d'un substrat (11) et un substrat (12) structuré par une telle
5 méthode. Un laser (31) à impulsion est utilisé pour envoyer un faisceau (32) fait de très courtes impulsions sur un substrat (11) préférentiellement métallique pendant que le faisceau (32) et le substrat (11) sont déplacés l'un par rapport à l'autre. L'irradiation (41) grave des rainures dans le substrat (11) selon un motif (17) déterminé par le mouvement relatif (41) du
10 faisceau (32) et du substrat (11). Le motif (17) est conçu pour permettre une excellente adhésion entre le substrat (12) structuré et une pièce (14) après un assemblage par soudage (130) laser du substrat (12) et de la pièce (14).

15

FIG. 4

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ETABLI EN VERTU DE L'ARTICLE 21 § 9 DE LA LOI BELGE SUR LES BREVETS D'INVENTION DU 28 MARS 1984

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
		PAT2518973BE00	
Demande nationale belge n°		Date du dépôt	
2016/05314		02-05-2016	
		Date de priorité revendiquée	
Déposant (Nom)			
LASER ENGINEERING APPLICATIONS S.A. en abrégé LASEA S.A., et al			
Date de la requête d'une recherche de type international		Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international	
18-06-2016		SN 66608	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB			
B23K37/02 B23K26/00 B23K26/08 B23K26/324 B23K26/362 B23K26/323 B23K26/359 B23K26/21 B23K26/364 B23K26/082 B23K26/352 B23K26/0622 B23K26/50			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification	Symboles de la classification		
IPC	B23K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IT A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDEICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☐ ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE A L'ETENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 201605314

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE				
INV.	B23K37/02	B23K26/00	B23K26/08	B23K26/324
	B23K26/323	B23K26/359	B23K26/21	B23K26/364
	B23K26/352	B23K26/0622	B23K26/60	B23K26/082
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				
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 réalisable, termes de recherche utilisés)				
EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents			no. des revendications visées
X	AMEND P ET AL: "Thermal Joining of Thermoplastic Metal Hybrids by Means Of Mono- and Polychromatic Radiation", PHYSICS PROCEDIA, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 41, 9 avril 2013 (2013-04-09), pages 98-105, XP028544680, ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2013.03.056			1-18, 26-29, 41-53,74
Y	* page 2, alinéa 2-3; figures 1,2 * * page 3, alinéa 2-3 * ----- -/--			19-25, 30-40
☒ 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:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets				
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée			Date d'expédition du rapport de recherche de type international	
26 janvier 2017				
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			Schloth, Patrick	

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 201605314

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ANDREAS ROESNER ET AL: "Laser Assisted Joining of Plastic Metal Hybrids", PHYSICS PROCEDIA, vol. 12, 31 décembre 2011 (2011-12-31), pages 370-377, XP028381666, ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2011.03.146 [extrait le 2011-04-17]	1,2, 4-18, 26-29, 41-53,74
Y	* page 2, alinéa 6-8; figures 3,4 * * page 3, alinéa 3 * * page 4, alinéa 3-4 *	19-25, 30-40
X	----- US 2015/136226 A1 (GUO CHUNLEI [US] ET AL) 21 mai 2015 (2015-05-21)	54-73
Y	* alinéas [0017] - [0020], [0097], [0122], [0123], [0178], [0195], [0196], [0198], [0218], [0233], [0245]; tableau 1 *	19-25
A	----- JIALE YONG ET AL: "Femtosecond laser controlled wettability of solid surfaces", SOFT MATTER, vol. 11, no. 46, 22 septembre 2015 (2015-09-22), pages 8897-8906, XP055336174, GB ISSN: 1744-683X, DOI: 10.1039/C5SM02153G * abrégé; figure 1 *	54

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

BE 201605314

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015136226	A1	21-05-2015	AUCUN



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN66608	Date du dépôt (jour/mois/année) 02.05.2016	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE201605314
Classification internationale des brevets (CIB) INV. B23K37/02 B23K26/00 B23K26/08 B23K26/324 B23K26/362 B23K26/323 B23K26/359 B23K26/21 B23K26/364 B23K26/082 B23K26/352 B23K26/0622 B23K26/60 ADD. B23K103/18			
Déposant LASER ENGINEERING APPLICATIONS S.A. en abrégé LASEA S.A., et al			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☒ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☐ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Janvier 2007)	Examineur Schloth, Patrick
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201605314

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément :
 - ☐ un listage de la ou des séquences
 - ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support :
 - ☐ sur papier
 - ☐ sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise :
 - ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - ☐ remis ultérieurement
3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201605314

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	19-25, 30-40
	Non :	Revendications	1-18, 26-29, 41-74
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-74
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-74
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VII Irrégularités dans la demande

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1 Documents cités

Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 AMEND P ET AL: "Thermal Joining of Thermoplastic Metal Hybrids by Means Of Mono- and Polychromatic Radiation",
PHYSICS PROCEDIA, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL,
vol. 41, 9 avril 2013 (2013-04-09), pages 98-105, XP028544680,
ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2013.03.056
- D2 ANDREAS ROESNER ET AL: "Laser Assisted Joining of Plastic Metal Hybrids",
PHYSICS PROCEDIA,
vol. 12 , pages 370-377, XP028381666,
ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2011.03.146
[extrait le 2011-04-17]
- D3 US 2015/136226 A1 (GUO CHUNLEI [US] ET AL) 21 mai 2015
(2015-05-21)
- D4 JIALE YONG ET AL: "Femtosecond laser controlled wettability of solid surfaces",
SOFT MATTER,
vol. 11, no. 46, 22 septembre 2015 (2015-09-22), pages 8897-8906,
XP055336174,
GB
ISSN: 1744-683X, DOI: 10.1039/C5SM02153G

2 Remarques précédentes

- 2.1 L'expression "une surface supérieure s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non parallèles", trouvé par exemple dans les revendications 1 et 54 n'est pas claire.

Sur chaque surface on peut trouver deux directions qui sont non parallèles. Par conséquent, l'expression ne limite pas la portée de la protection.

- 2.2 La revendication 29 n'est pas claire.

L'objet de la revendication 29, qui est un produit, est défini par le procédé par lequel il est obtenu. Un produit n'est pas défini par le fait qu'il peut être produit par un procédé nouveau. La revendication 29 devrait comprendre une combinaison de caractéristiques définissant le produit en soi.

La revendication 29 ne satisfait pas à cette exigence pour les raisons suivantes: La revendication 29 n'inclut pas d'autre caractéristique que la référence au procédé. Le procédé de la revendication 1 n'est pas de nature telle qu'une caractéristique bien définie est conférée au produit par l'utilisation du procédé.

Par conséquent, le produit n'est pas défini par une caractéristique claire. De plus, un produit n'est pas rendu nouveau par le fait qu'il peut être produit par un procédé, chaque fois que ce procédé est nouveau et inventif, de sorte que la combinaison de caractéristiques définissant le produit doit être nouvelle en elle-même.

La revendication 29 ne satisfait pas à cette exigence parce qu'elle ne contient pas de caractéristique spécifique du produit. Par conséquent, tout matériau comprenant un motif de structuration à la surface supérieure, en particulier graver par laser de structuration pulsé, peut être reconnu dans les termes de la revendication 29, dont l'objet n'est donc pas nouveau.

2.3 La revendication 52 et 74 ne sont pas claire.

L'objet de la revendication 52, qui est un assemblage (comprenant un substrat et une pièce), est défini par le procédé par lequel il est obtenu. Mais le procédé de la revendication 26 n'est pas de nature telle qu'une caractéristique bien définie est conférée au produit par l'utilisation du procédé.

Par exemple, toutes les caractéristiques liées avec la structuration de la surface supérieure du substrat ne sont pas visible après la soudage avec la pièce. Par conséquent, tout matériau comprenant un substrat et une pièce, en particulier soudée par laser, peut être reconnu dans les termes de la revendication 52, dont l'objet n'est donc pas nouveau.

L'argumentation donnée pour la revendication 52 s'applique dans le même sens pour la revendication 74.

2.4 Les revendications 29 et 54 ont été rédigées sous la forme de revendications indépendantes séparées.

Une demande ne peut contenir plus d'une revendication indépendante dans une catégorie particulière que si l'objet visé relève d'une ou plusieurs des situations exceptionnelles. Ce n'est toutefois pas le cas dans la présente demande pour les raisons suivantes:

La revendication 54 décrit toutes les caractéristiques techniques de la revendication 29 (un substrat comprenant un motif de structuration à la surface supérieure). En plus, la revendication 54 décrit d'autres caractéristiques techniques telles qu'une pluralité des lignes brisées.

Les substrats revendiqués dans les revendications 29 et 54 ne sont pas liées entre elles. Par conséquent, les revendications 29 et 54 doivent être écrites comme une seule revendication indépendante ou comme dépendantes les unes des autres.

2.5 Les revendications 52 et 74 ont été rédigées sous la forme de revendications indépendantes séparées.

Une demande ne peut contenir plus d'une revendication indépendante dans une catégorie particulière que si l'objet visé relève d'une ou plusieurs des situations exceptionnelles. Ce n'est toutefois pas le cas dans la présente demande pour les raisons suivantes:

La revendication 52 décrit toutes les caractéristiques techniques de la revendication 74 (un assemblage comprenant un substrat structuré et une pièce). En outre, la revendication 52 décrit d'autres caractéristiques techniques telles que des caractéristiques spécifiques du procédé pour rejoindre l'ensemble

Les assemblages revendiqués dans les revendications 52 et 74 ne sont pas liées entre elles. Par conséquent, les revendications 52 et 74 doivent être écrites comme une seule revendication indépendante ou comme dépendantes les unes des autres.

3 Nouveauté et activité inventive

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet des revendications 1, 53 et 54 n'étant pas nouveau.

3.1 La revendication indépendante 1

D1 divulgue une méthode de structuration d'un substrat ayant une surface supérieure s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non parallèles (montré sur le figure 1a), la méthode comprenant les étapes de:

1) fournir le substrat (page 2, alinéa 3; figure 1a),

2) fournir un laser de structuration à impulsions capable de générer un faisceau laser de structuration pulsé (page 2, alinéa 3; figures 1a) apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante (voir laser Nd-YAG dans la figure 1a), le faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm (page 2, alinéa 3), une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat (page 2, alinéa 3; figures 1a) et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s (page 2, alinéa 3),

- 3) générer le faisceau laser de structuration pulsé (page 2, alinéa 3; figures 1a) apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante (voir laser Nd-YAG dans la figure 1a), le faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm (page 2, alinéa 3), une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat (page 2, alinéa 3; figures 1a) et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s (page 2, alinéa 3),
- 4) fournir un dispositif de déplacement capable de générer un mouvement relatif entre le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et dans la deuxième direction (voir la capture de la figure 2 et page 3, alinéa 2),
- 5) irradier la surface supérieure du substrat avec le faisceau laser de structuration pulsé (page 3, alinéa 2; figures 2), de façon à créer un motif de structuration à la surface supérieure du substrat (page 3, alinéa 2; figures 2) et induire un mouvement relatif entre le le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et dans la deuxième direction (voir la capture de la figure 2 et page 3, alinéa 2).

En plus, D2 divulgue également toutes les caractéristiques techniques de la revendication 1.

Donc, la présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'étant pas nouveau.

3.2 La revendication indépendante 53

D2 divulgue un dispositif pour structurer un substrat ayant une surface supérieure s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non parallèles, le dispositif comprenant (page 2, alinéa 6-8):

un laser de structuration à impulsions capable de générer un faisceau laser de structuration pulsé apte à graver la surface supérieure du substrat de manière non-traversante, le faisceau laser de structuration pulsé ayant une longueur d'onde comprise entre 200 et 11000 nm, une puissance suffisante pour créer une structuration du substrat et présentant des impulsions d'une durée inférieure à 1 μ s (page 2, alinéa 6-8), et

un dispositif de déplacement capable de générer un mouvement relatif entre le faisceau laser de structuration pulsé et le substrat dans la première direction et dans la deuxième direction (page 2, alinéa 6-8).

En plus, D1 et D3 divulgue également toutes les caractéristiques techniques de la revendication 53.

Donc, la présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 53 n'étant pas nouveau.

3.3 La revendication indépendante 54

D3 divulgue un substrat structuré ayant une surface supérieure s'étendant selon une première direction et une deuxième direction non-parallèles et comprenant un motif gravé de façon non-traversante sur la surface supérieure (alinéas [0195], [0218] et tableau 1), le motif s'étendant au moins partiellement selon la première direction et la deuxième direction et comprenant une pluralité de lignes brisées, chaque ligne brisée correspondant à un rainure (alinéas [0195], [0218] et tableau 1).

Donc, la présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 54 n'étant pas nouveau.

3.4 Les revendications indépendante 29, 52 et 74

Comme discuté aux sections 2.2 et 2.3, les revendications 29, 52 et 74 ne sont pas bien définies en termes de caractéristiques.

De plus, nonobstant le manque de clarté mentionné ci-dessus, l'objet des revendications 29, 52 et 74 n'est pas nouveau, et les conditions de brevetabilité ne sont donc pas remplies.

D1 divulgue un substrat structuré (page 2, alinéa 3; figure 1a et 2).

D1 divulgue un assemblage comprenant un substrat structuré et une pièce (page 2, alinéa 2; figure 1b).

3.5 Les revendications dépendent 2-28, 30-51 et 55-73

Les revendications dépendantes 2-28, 30-51 et 55-73 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées. En détail:

- revendications 2-13: voir page 2, alinéa 3 de D1.
- revendications 14-18: voir page 3, alinéa 2 et figure 2 de D1.
- revendications 19-25: voir alinéas [0017] - [0018] et [0097] de D3 en combinaison avec D1.
- revendications 26-28: voir page 2, alinéa 2 et figure 1b de D1 ou page 2, alinéa 6-8; figure 4 de D2.
- revendications 30-40 et 55-62: Les caractéristiques du motif ne représente que l'une des options que l'homme du métier sélectionnerait, selon le cas, parmi plusieurs possibilités évidentes, afin de résoudre le problème posé, sans faire preuve d'esprit inventif (voir, par exemple, les passages référencés de D1, D2, D3 et D4).
- revendications 41-51 et 63-73: voir page 2, alinéa 2; figure 2 de D1.

Ad point VII

Certaines irrégularités relevées dans la demande

- 4 Les revendications indépendantes 1, 53 et 54 ne sont pas présentées en deux parties, alors qu'une telle présentation serait en l'espèce appropriée. Il conviendrait ainsi d'inclure dans le préambule les caractéristiques qui, combinées entre elles, font partie de l'état de la technique connue de D1 et D3, et d'introduire dans la partie caractérisante les caractéristiques restantes.
- 5 La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans documents D1-D3 et ne cite pas ces documents.