

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 148 154

21 N° d'enregistrement national : 23 04178

51 Int Cl<sup>8</sup> : B 22 F 10/31 (2023.01), B 22 F 10/80, B 33 Y 40/00, 50/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.11.24 Bulletin 24/44.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN ADDITIVE MANUFACTURING CAMPUS Société par actions simplifiée (SAS) — FR et SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : ROBIN Paul et POUZET Sébastien Yohann.

73 Titulaire(s) : SAFRAN ADDITIVE MANUFACTURING CAMPUS Société par actions simplifiée (SAS), SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société par actions simplifiée (SAS).

74 Mandataire(s) : Ernest GUTMANN - Yves PLASSE-RAUD SAS.

54 Procédé de calibration d'un dispositif de fusion comprenant au moins un émetteur de faisceau.

57 Procédé de calibration d'un dispositif de fusion (1) comprenant au moins un émetteur de faisceau (2), tel qu'un faisceau laser ou un faisceau d'électrons, ledit procédé comprenant les opérations suivantes :

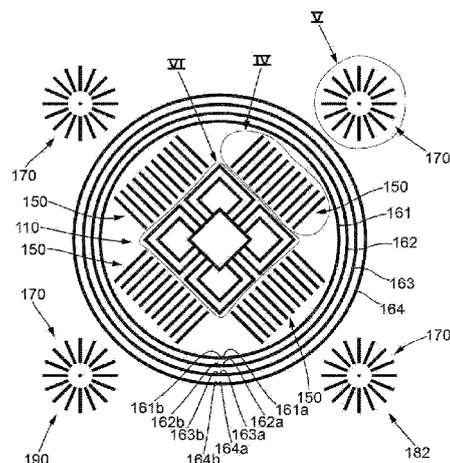
a) utilisation du dispositif de fusion (1) pour gratter localement une surface de test (95), déplacement du dispositif de fusion (1) et réalisation d'un parcours de grattage (180) sur la surface de test (95),

b) analyse du parcours de grattage (180) et détermination de l'état du dispositif de fusion (1) en fonction de l'analyse du parcours de grattage (180), dans lequel :

le parcours de grattage (180) comprend une pluralité de sous-parcours de grattage (182) distincts, les sous-parcours de grattage (182) présentant chacun un même motif et étant réalisés en une pluralité de sous-zones locales de test (190) distinctes dans la surface de test (95), et

l'opération b) comprend l'analyse de chaque sous-parcours de grattage (182).

Figure pour l'abrégé : Figure 3



FR 3 148 154 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de calibration d'un dispositif de fusion comprenant au moins un émetteur de faisceau**

#### **Domaine de la divulgation**

- [0001] La présente divulgation concerne un procédé de calibration d'un dispositif de fusion comprenant au moins un émetteur de faisceau, tel qu'un faisceau laser ou un faisceau d'électrons.
- [0002] Il est en particulier connu d'utiliser un dispositif de fusion pour la fabrication de pièces métalliques par fusion sélective d'une poudre en utilisant un émetteur de faisceau, tel qu'un faisceau laser ou un faisceau d'électrons.
- [0003] Un tel procédé est dénommé notamment "Direct Metal Laser Sintering", "Selective Laser Melting" ou "Electron Beam Melting" et décrit notamment dans le document FR 2 981 867 A1. Ce procédé permet de fabriquer des pièces métalliques utilisées notamment dans des turboréacteurs d'aéronefs, en particulier des turbines de turbo-réacteur.

#### **Etat de la technique**

- [0004] La présente divulgation vise à calibrer un tel dispositif de fusion sur la surface de fabrication ou une surface représentative du plateau de fabrication, de manière d'une part à le faire fonctionner de manière aussi satisfaisante que possible et d'autre part à identifier lorsque le dispositif de fusion ne fonctionne pas correctement.
- [0005] La présente divulgation vise à proposer un procédé de calibration nécessitant un temps contenu pour le réaliser (ne dépassant pas quelques heures, idéalement de l'ordre d'une à deux heures) et qui ne soit pas spécifique à la fabrication d'une pièce particulière, mais au contraire puisse être identique pour tous les dispositifs de fusion utilisés dans une entreprise.

#### **Exposé de la divulgation**

- [0006] Pour remédier aux problèmes précités, conformément à la divulgation, ledit procédé comporte un test de calibration comprenant les opérations suivantes :
- [0007] a) utilisation du dispositif de fusion pour gratter (autrement dit, retirer une épaisseur de revêtement) localement une surface de test et réalisation d'un test de calibration, le test de calibration comprenant le déplacement du dispositif de fusion et réalisation un parcours de grattage sur la surface de test,
- [0008] b) analyse du parcours de grattage réalisé lors de l'opération a) et détermination de l'état du dispositif de fusion en fonction de l'analyse du parcours de grattage,
- [0009] dans lequel :
- [0010] le parcours de grattage comprend une pluralité de sous-parcours de grattage distincts,

- les sous-parcours de grattage présentant chacun un même motif et étant réalisés en une pluralité de sous-zones locales de test distinctes dans la surface de test, et
- [0011] l'opération b) comprend l'analyse de chaque sous-parcours de grattage.
- [0012] Ainsi, chaque sous-parcours de grattage constitue un test standard de la précision dite de "tir" de l'émetteur de faisceau. La réalisation de multiples fois de ce test standard permet de réduire le coût et le temps de réalisation et d'analyse sur l'ensemble de la surface de test, tout en ayant la surface de test aussi vaste que possible, c'est-à-dire sur au moins l'essentiel (la majeure partie) de la surface que le dispositif de fusion permet de couvrir.
- [0013] Il faut comprendre par "présentant chacun un même motif" que les sous-parcours de grattage sont de préférence identique, mais ils peuvent présenter en particulier une échelle différente (être de tailles différentes) ou une orientation différente.
- [0014] L'opération b) peut s'effectuer visuellement et/ou avec des moyens optiques pour améliorer la précision de l'analyse.
- [0015] Selon une autre caractéristique conforme à la divulgation, le parcours de grattage réalisé lors de l'opération a) comprend de préférence entre 250 et 2000 sous-parcours de grattage par mètre carré réalisés en une pluralité de sous-zones locales de test distinctes.
- [0016] Selon une autre caractéristique conforme à la présente divulgation, de préférence la réalisation du test de calibration comprend la réalisation d'un test de focalisation, le dispositif de fusion présente un point de focalisation et le test de focalisation comprend, lors de l'opération a), une pluralité de sous-opérations de focalisation dans chaque sous-zone locale de test, lors de la réalisation de chaque sous-opération de focalisation le dispositif de fusion est placé à une distance de test de la surface de test et une portion de focalisation du sous-parcours de grattage est réalisée, le point de focalisation étant décalé d'un incrément de distance entre les sous-opérations de focalisation, et l'opération b) comprend la mesure de la largeur de chaque portion de focalisation (perpendiculairement au déplacement) du sous-parcours de grattage.
- [0017] Ainsi, on détermine le positionnement du point de focalisation de l'émetteur de faisceau pour l'ensemble de la surface de test.
- [0018] Selon une caractéristique conforme à la présente divulgation, de préférence les portions de focalisation comprennent :
- [0019] une portion de sous-focalisation théorique réalisée avec le point de focalisation théoriquement situé sur la surface de test (95),
- [0020] au moins une portion de sous-focalisation théorique réalisée avec le point de focalisation situé en retrait de la surface de test (95), et
- [0021] au moins une portion de sur-focalisation réalisée avec le point de focalisation situé au-delà de la surface de test (95).

- [0022] Ainsi, la correction à apporter à la distance entre chaque émetteur de faisceau et la surface de test peut aisément être déterminée lors de l'opération b). Le terme "théoriquement" signifie "si le dispositif de fusion n'avait pas de défaut".
- [0023] Dans divers modes de réalisation du procédé selon la divulgation, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :
- [0024] - l'incrément de distance entre les sous-opérations de focalisation est égale à un quart de la longueur de Rayleigh ;
- [0025] - l'opération a) comprend la réalisation d'un trait pour chaque portion de focalisation.
- [0026] Selon une autre caractéristique conforme à la présente divulgation, de préférence la réalisation du test de calibration comprend la réalisation d'un test dynamique, le test dynamique comprend lors de l'opération a) une sous-opération dynamique pour la réalisation de chaque sous-parcours de grattage, la sous-opération dynamique comprend la réalisation d'une portion dynamique du sous-parcours de grattage, la portion dynamique comprend une forme fermée.
- [0027] Ainsi, on peut gérer la dynamique du dispositif d'émission de faisceau et déterminer l'incertitude dans le positionnement du faisceau émis par chaque émetteur de faisceau. Plus précisément, on peut déterminer la cohérence entre la vitesse de déplacement, l'accélération, le début d'émission et la fin d'émission pour chaque émetteur de faisceau.
- [0028] Dans divers modes de réalisation du procédé selon la divulgation, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :
- [0029] - lors de l'opération b), on identifie sur la portion dynamique réalisée une extrémité initiale et une extrémité finale et on détermine la distance entre l'extrémité initiale et l'extrémité finale ;
- [0030] - la forme fermée est un cercle et lors de l'opération b), on détermine la circularité, la position du centre et/ou le diamètre du cercle.
- [0031] Selon une autre caractéristique conforme à la présente divulgation, de préférence la réalisation du test de calibration comprend la réalisation d'un test de positionnement relatif, le test de positionnement relatif comprend lors de l'opération a) une sous-opération de positionnement relatif pour la réalisation de chaque sous-parcours de grattage, la sous-opération de positionnement relatif comprend la réalisation d'une première portion de positionnement relatif du sous-parcours de grattage et la réalisation d'une deuxième portion de positionnement relatif du sous-parcours de grattage, et lors de l'opération b), le positionnement de la première portion de positionnement relatif par rapport à la deuxième portion de positionnement relatif est analysé.
- [0032] Selon une caractéristique complémentaire de la présente divulgation, de préférence la première portion de positionnement relatif du sous-parcours de grattage est réalisée avec un premier émetteur de faisceau et la deuxième portion de positionnement relatif

du sous-parcours de grattage est réalisée avec un deuxième émetteur de faisceau distinct du premier émetteur de faisceau.

[0033] Ainsi, on améliore la gestion de l'interaction multi lasers.

[0034] Selon une caractéristique complémentaire de la présente divulgation, de préférence le test de positionnement relatif comprend un test de concentricité, la première portion de positionnement relatif comprend au moins deux premiers traits de concentricité définissant un premier point d'intersection, la deuxième portion de positionnement relatif comprend au moins deux deuxième traits de concentricité définissant un deuxième point d'intersection, et lors de l'opération b), on détermine la distance entre le premier point d'intersection et le deuxième point d'intersection.

[0035] Ainsi, on détermine le décalage (défaut de concentricité) entre le premier émetteur de faisceau et le deuxième émetteur de faisceau suivant les deux directions de la surface de test.

[0036] Dans divers modes de réalisation du procédé selon la divulgation, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

[0037] - les deux premiers traits de concentricité forment une première croix, chaque premier trait de concentricité comprenant deux premiers demi-traits de concentricité entre lesquels est situé le premier point d'intersection, et les deux deuxième traits de concentricité forment une deuxième croix, chaque deuxième trait de concentricité comprenant deux deuxième demi-traits de concentricité entre lesquels est situé le deuxième point d'intersection ;

[0038] - les premiers demi-traits de concentricité de chaque premier trait de concentricité sont distants l'un de l'autre et les deuxième demi-traits de concentricité de chaque deuxième trait de concentricité sont distants l'un de l'autre ;

[0039] la deuxième croix est décalée angulairement par rapport à la première croix.

[0040] Selon une caractéristique complémentaire ou alternative conforme à la présente divulgation, de préférence le test de positionnement relatif comprend un test d'adjacence, la première portion de positionnement relatif comprend un premier trait d'adjacence, la deuxième portion de positionnement relatif comprend un deuxième trait d'adjacence présentant une extrémité proximale située à proximité du premier trait d'adjacence, et lors de l'opération b), on détermine la distance entre le milieu du premier trait d'adjacence et l'extrémité proximale du deuxième trait d'adjacence.

[0041] Selon une autre caractéristique conforme à la présente divulgation, le procédé présente de préférence les caractéristiques suivantes :

[0042] le procédé comprend la réalisation d'un test global de concentricité,

[0043] le test global de concentricité inclut une opération c), l'opération c) comporte la réalisation d'un premier cercle global de grattage sur la surface de test et d'un deuxième cercle global de grattage sur la surface de test, plusieurs sous-zones locales de test

- parmi la pluralité de sous-zones locales de test distinctes sont disposées entre le premier cercle global de grattage et le deuxième cercle global de grattage, et
- [0044] le test global de concentricité inclut une opération d), l'opération d) comporte la détermination de la circularité, de la position du centre ou du diamètre de chacun parmi le premier cercle global de grattage ou le deuxième cercle global de grattage et/ou de concentricité du premier cercle global de grattage et du deuxième cercle global de grattage.
- [0045] Selon une caractéristique complémentaire, de préférence l'opération c) comporte l'utilisation du premier émetteur de faisceau et le déplacement du premier émetteur de faisceau pour réaliser au moins en partie le premier cercle global de grattage sur la surface de test, l'opération c) comporte l'utilisation du deuxième émetteur de faisceau et le déplacement du deuxième émetteur de faisceau pour réaliser au moins en partie le deuxième cercle global de grattage sur la surface de test.
- [0046] Selon une autre caractéristique conforme à la présente divulgation, on utilise de préférence une plaque présentant une surface plane et un revêtement recouvrant la surface plane, la surface de test s'étendant dans le revêtement.
- [0047] Ainsi, on évite que la matière d'apport influence le test, la matière d'apport ayant des caractéristiques pouvant fluctuer et influencer le parcours de grattage. La surface de revêtement est entièrement enlevée par grattage pour laisser apparaître la plaque ou son aspect est modifié par grattage.
- [0048] Dans divers modes de réalisation du procédé selon la divulgation, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :
- [0049] - le revêtement consiste en une anodisation ;
- [0050] - le revêtement consiste en une feuille photosensible ;
- [0051] - la plaque est en aluminium ;
- [0052] - la plaque est en verre ;
- [0053] - lors de l'opération b), l'état de l'émetteur est déterminé en comparant le motif de grattage réalisé avec le motif de test ;
- [0054] - lors de l'opération a), le sous-motif est répété de manière disjointe, les sous-zones étant espacées les unes des autres.

### **Brève description des figures**

- [0055] D'autres caractéristiques et avantages de la présente divulgation apparaîtront dans la description détaillée suivante, se référant aux dessins annexés dans lesquels :
- [0056] [Fig.1] représente un dispositif de fusion comprenant plusieurs émetteurs de faisceau pour gratter une surface de test,
- [0057] [Fig.2] représente un parcours de grattage réalisé par le dispositif de fusion, le parcours de grattage comprenant une pluralité de sous-parcours de grattage,

- [0058] [Fig.3] représente à échelle agrandie l'un des sous-parcours de grattage réalisés par le dispositif de fusion,
- [0059] [Fig.4] représente à échelle agrandie la zone repérée IV à la [Fig.3],
- [0060] [Fig.5A] représente à échelle agrandie la zone repérée V à la [Fig.3] et la détermination d'un premier point d'intersection,
- [0061] [Fig.5B] représente à échelle agrandie la zone repérée V à la [Fig.3] et la détermination d'un deuxième point d'intersection,
- [0062] [Fig.5C] représente à échelle agrandie la zone repérée V à la [Fig.3] et la détermination d'un troisième point d'intersection,
- [0063] [Fig.5C] représente à échelle agrandie la zone repérée V à la [Fig.3] et la détermination d'un quatrième point d'intersection,
- [0064] [Fig.6] représente à échelle agrandie la zone repérée VI à la [Fig.3],
- [0065] [Fig.7] représente à échelle agrandie la zone repérée VII à la [Fig.6].

### **Description détaillée de la divulgation**

- [0066] La [Fig.1] illustre un dispositif de fusion 1 et une plaque 90 recouverte d'un revêtement 94.
- [0067] Le dispositif de fusion 1 comprend un premier émetteur de faisceau 2, un deuxième émetteur de faisceau 4, un troisième émetteur de faisceau 6 et un quatrième émetteur de faisceau 8. Chacun parmi le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 est apte à générer un faisceau laser ou un faisceau d'électrons présentant un point de focalisation, de manière à gratter une poudre métallique pour réaliser une pièce couche par couche, tel que décrit en particulier dans le document FR 2 981 867 A1.
- [0068] Le dispositif de fusion 1 comprend en outre un premier actionneur 3 pour orienter et/ou déplacer le premier émetteur de faisceau 2, un deuxième actionneur 5 pour orienter et/ou déplacer le deuxième émetteur de faisceau 4, un troisième actionneur 7 pour orienter et/ou déplacer le troisième émetteur de faisceau 6 et un quatrième actionneur 9 pour orienter et/ou déplacer le quatrième émetteur de faisceau 8. Le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9 sont indépendants les uns des autres et permettent d'orienter et/ou déplacer le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 indépendamment les uns des autres.
- [0069] Le premier émetteur de faisceau 2, le premier actionneur 3, le deuxième émetteur de faisceau 4, le deuxième actionneur 5, le troisième émetteur de faisceau 6, le troisième actionneur 7, le quatrième émetteur de faisceau 8 et le quatrième actionneur 9 sont contrôlés par un dispositif de commande 100 permettant de coordonner les différentes actions.
- [0070] La plaque 90 présente une surface plane 92. Un revêtement 94 recouvre la surface

plane 92. Le revêtement 94 comprend de préférence un dépôt par anodisation. En variante, le revêtement 94 pourrait notamment être une feuille photosensible.

- [0071] La plaque 90 est de préférence en aluminium. En variante, la plaque 90 pourrait être en verre.
- [0072] Afin de calibrer le dispositif de fusion 1, on réalise un test de calibration. Le test de calibration comprend essentiellement une opération a) de grattage et une opération b) d'analyse.
- [0073] Lors de l'opération a) de grattage, on utilise le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et/ou le quatrième émetteur de faisceau 8 afin de gratter une surface de test 95 et réaliser un parcours de grattage 180 sur la surface de test 95. La surface de test 95 présente une épaisseur de quelques microns à quelques dizaines de microns. Dans le mode de réalisation illustré, la surface de test 95 est formée par le revêtement 94. Le parcours de grattage 180 se caractérise par l'absence (au moins partielle) du revêtement 94, détruit localement par l'exposition au faisceau laser ou au faisceau d'électrons de l'un des émetteurs. Chacun parmi le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 est apte à générer un faisceau laser ou un faisceau d'électrons présente un point de focalisation.
- [0074] La surface de test 95 s'étend suivant une première direction X et une deuxième direction Y, perpendiculaire à la première direction X. Une troisième direction Z s'étend perpendiculairement à la première direction X et à la deuxième direction Y, autrement dit perpendiculairement à la surface de test 95.
- [0075] Le faisceau laser ou le faisceau d'électron émis par le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 s'étend sensiblement suivant la troisième direction Z.
- [0076] Le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9 sont aptes à déplacer respectivement le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 soit uniquement en translation suivant la première direction X et/ou la deuxième direction Y, soit en rotation autour d'axes parallèles à la première direction X et à la deuxième direction Y et en translation au moins en partie suivant la troisième direction Z. Le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9 sont donc aptes à agir suivant plusieurs axes. Le dispositif de commande 100 coordonne les déplacements afin de maintenir une distance de test D sensiblement constante, ou du moins maintenir le point de focalisation sur la surface de test, sauf indication contraire mentionnée dans la suite, entre d'une part la surface de test 95 et d'autre part le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9. Bien

entendu, en variante d'autres combinaisons de mouvements que ceux mentionnés ci-dessus peuvent être effectués. En particulier, il peut être prévu que le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9 sont aptes à déplacer respectivement le premier émetteur de faisceau 2, le deuxième émetteur de faisceau 4, le troisième émetteur de faisceau 6 et le quatrième émetteur de faisceau 8 en rotation autour deux axes perpendiculaires, en particulier l'un parallèle à la première direction X et l'autre parallèle à la deuxième direction Y et en translation au moins en partie suivant la troisième direction Z. En complément, le dispositif de fusion 1 comprend une première lentille de focalisation, une deuxième lentille de focalisation, une troisième lentille de focalisation et une quatrième lentille de focalisation agissant respectivement sur les faisceaux émis respectivement par le premier actionneur 3, le deuxième actionneur 5, le troisième actionneur 7 et le quatrième actionneur 9 afin de les maintenir focalisés sur la surface de test 95, autrement dit maintenir leur point de focalisation sur la surface de test. A cet effet, la première lentille de focalisation, la deuxième lentille de focalisation, la troisième lentille de focalisation et la quatrième lentille de focalisation peuvent en particulier être mobiles en translation, afin de faire varier leur distance par rapport respectivement au premier actionneur 3, au deuxième actionneur 5, au troisième actionneur 7 et au quatrième actionneur 9 ou être déformables pour faire varier leur courbure. Le dispositif de commande 100 coordonne alors la translation ou la variation de courbure de chaque lentille de focalisation avec la commande de l'actionneur respectif afin d'ajuster la position de focalisation.

[0077] Tel qu'illustré à la [Fig.2], dans le mode de réalisation décrit, le parcours de grattage 180 comprend une pluralité de sous-parcours de grattage 182. Les sous-parcours de grattage 182 présentent tous un même motif et sont réalisés chacun dans une sous-zone locale de test 190. La surface de test 95 comprend donc une pluralité de sous-zones locales de test 190 distinctes.

[0078] Le parcours de grattage 180 présente (et donc la surface de test 95) une symétrie par rapport à un plan médian perpendiculaire à la première direction X et également une symétrie par rapport à un plan médian perpendiculaire à la deuxième direction Y. Le parcours de grattage 180 présente même une répétition angulaire de 90 degrés autour d'un axe s'étendant suivant la troisième direction Z et passant par un point central.

[0079] Dans le mode de réalisation illustré, les sous-parcours de grattage 182 sont identiques, schématiquement ils sont simplement décalés les uns par rapport aux autres suivant la première direction X et/ou la deuxième direction Y. En variante, les sous-parcours de grattage 182 pourraient présenter des tailles différentes, par exemple plus petits à proximité du point central et plus grand en s'éloignant du point central. Ils pourraient également présenter une rotation autour d'un axe s'étendant suivant la

troisième direction Z les uns par rapport aux autres.

- [0080] Le test de calibration comprend un test de focalisation, un test dynamique et un test de positionnement relatif. Le test de positionnement relatif comprend un test de concentricité et un test d'adjacence.
- [0081] Le test de calibration est réalisé dans chaque sous-zone de focalisation 150. Plus précisément, chaque sous-zone locale de test 190 comprend quatre sous zones de focalisation 150, chacun parmi le premier émetteur de fusion 2, le deuxième émetteur de fusion 4, le troisième émetteur de fusion 6 et le quatrième émetteur de fusion 8 étant utilisé dans l'une et une seule des quatre sous zones de focalisation 150 de chaque sous-zone locale de test 190.
- [0082] La [Fig.4] illustre le sous-parcours de grattage 182 dans l'une des sous-zones de focalisation 150 dans lequel le premier émetteur de fusion 2 est utilisé.
- [0083] Le test de focalisation comprend la réalisation d'une portion de focalisation théorique 151 réalisée avec le premier émetteur de fusion 2 en contrôlant la distance de test D pour qu'elle corresponde à une distance de focalisation théorique du premier émetteur de fusion 2. La distance de focalisation théorique est fournie par le constructeur du premier émetteur de fusion 2. En variante, la distance de focalisation théorique peut être déterminée en réalisant des tests consistant à déplacer le premier émetteur de fusion afin d'avoir le point de focalisation qui coïncide avec la surface de test 95 au centre (suivant la première direction X et la deuxième direction Y) de la surface de test 95.
- [0084] Le test de focalisation comprend, dans chaque sous-zone de focalisation 150, lors de l'opération a) de grattage, la réalisation d'une sous-opération de focalisation dans chaque sous-zone de focalisation 150. Chaque sous-opération de focalisation comprend la réalisation d'une première portion de sous-focalisation théorique 152a, d'une deuxième portion de sous-focalisation théorique 153a, d'une troisième portion de sous-focalisation théorique 154a, d'une quatrième portion de sous-focalisation théorique 155a et d'une cinquième portion de sous-focalisation théorique 156a en réduisant la distance de test D, ou du moins en déplaçant le point de focalisation suivant la troisième direction, par incrément d'un quart de la longueur de Rayleigh (généralement abrégée en le symbole  $Z_r$ ) par rapport à la distance de focalisation théorique pour la première portion de sous-focalisation théorique 152a et entre chaque portion de sous-pour les portions de sous-focalisation théorique suivantes. Le test de focalisation comprend en outre, dans chaque sous-zone de focalisation 150, lors de la sous-opération de focalisation, la réalisation d'une première portion de sur-focalisation théorique 152b, d'une deuxième portion de sur-focalisation théorique 153b, d'une troisième portion de sur-focalisation théorique 154b, d'une quatrième portion de sur-focalisation théorique 155b et d'une cinquième portion de sur-focalisation théorique

156b en augmentant la distance de test D, ou du moins en déplaçant le point de focalisation suivant la troisième direction, de l'incrément d'un quart de la longueur de longueur de Rayleigh par rapport à la distance de focalisation théorique pour la première portion de sur-focalisation théorique 152b et entre chaque portion de sous-focalisation pour les portions de sous-focalisation suivantes. Ainsi, il est procédé selon le principe de la méthodologie de mesure de ISO11146-3.

[0085] Bien entendu, l'ordre de réalisation n'est pas essentiel, il est également possible de commencer par la cinquième portion de sous-focalisation théorique 156a en réglant la distance de test D à la distance de focalisation théorique moins cinq quarts de la longueur de Rayleigh, ou du moins en déplaçant le point de focalisation pour qu'il soit théoriquement cinq quarts de la longueur de Rayleigh en retrait (au-dessus) de la surface de test 95 et d'augmenter la distance de test de l'incrément d'un quart de la longueur de Rayleigh pour finir par la cinquième portion de sur-focalisation théorique 156b avec la distance de test D égale à la distance de focalisation théorique plus cinq quarts de la longueur de Rayleigh, ou du moins en déplaçant le point de focalisation pour qu'il soit théoriquement cinq quarts de la longueur de Rayleigh au-delà (en-dessous) de la surface de test 95, ou de procéder dans le sens inverse.

[0086] Dans le mode de réalisation illustré, la portion de focalisation théorique 151, chacune des portions de sous-focalisation théorique 152a, 153a, 154a, 155a, 156a et chacune des portions de sur-focalisation théorique 152b, 153b, 154b, 155b, 156b forment des traits parallèles disposés côte-à-côte et espacés les uns des autres, à la manière d'un code barre.

[0087] Lors de l'opération b) d'analyse, le test de focalisation comprend la mesure de la largeur L, perpendiculairement à l'allongement du trait, de la portion de focalisation théorique 151, de chacune des portions de sous-focalisation théorique 152a, 153a, 154a, 155a, 156a et de chacune des portions de sur-focalisation théorique 152b, 153b, 154b, 155b, 156b.

[0088] Schématiquement, pour chaque sous-zone de focalisation 150, la largeur L la plus faible correspond à une distance de focalisation réelle et doit être obtenue lorsque la distance de test D est égale à la distance de focalisation théorique, ou du moins lorsque le point de focalisation est sur la surface de test 95. Autrement dit, la portion de focalisation théorique 151 doit présenter la largeur L la plus faible. Si, l'un des émetteurs de fusion présente la largeur L la plus faible lorsque la distance de test D présente un décalage sensiblement constant par rapport à la distance de focalisation théorique 151 pour toutes les sous-zones de focalisation 150, la calibration de l'émetteur de fusion doit être modifiée en conséquence. Si, l'un des émetteurs de fusion présente la largeur L la plus faible pour des valeurs de distance de test D variables en fonction des sous-zones de focalisation 150, cet émetteur de fusion doit être révisé ou remplacé.

- [0089] Une analyse plus évoluée consiste pour chaque sous-zone de focalisation 150, à ne pas simplement chercher à déterminer quelle portion a la largeur L la plus faible parmi la portion de focalisation théorique 151, les portions de sous-focalisation théorique 152a, 153a, 154a, 155a, 156a et les portions de sur-focalisation théorique 152b, 153b, 154b, 155b, 156b comme indiqué ci-dessus, mais à prendre en compte la largeur de toutes (onze dans le mode de réalisation illustré) les portions pour déterminer le point de focalisation, en particulier en faisant l'hypothèse d'un faisceau gaussien, puis à déterminer l'écart entre le point de focalisation et la surface test 95.
- [0090] Le test de calibration est réalisé de manière analogue avec le deuxième émetteur de fusion 4, le troisième émetteur de fusion 6 et le quatrième émetteur de fusion 8 dans les autres sous zones de focalisation 150 respective et répété dans chaque sous-zone locale de test 190. Par conséquent, le test de focalisation permet une analyse sur l'ensemble de la surface de test 95.
- [0091] Tel qu'illustré à la [Fig.3], le test dynamique comprend lors de l'opération a) de fusion, la réalisation dans chaque sous-zone locale de test 190 d'une sous-opération dynamique dans une sous-zone de parcours fermée 160 pour former une portion dynamique du sous-parcours de grattage 182. Chaque sous-zone de parcours fermée 160 s'étend autour des sous-zones de focalisation 150. Chaque sous-opération dynamique comprend la réalisation d'un premier cercle 161 entre une première extrémité initiale 161a et une première extrémité finale 161b avec le premier émetteur de fusion 2, d'un deuxième cercle 162 entre une deuxième extrémité initiale 162a et une deuxième extrémité finale 162b avec le deuxième émetteur de fusion 4, d'un troisième cercle 163 entre une troisième extrémité initiale 163a et une troisième extrémité finale 163b avec le troisième émetteur de fusion 6 et d'un quatrième cercle 164 entre une quatrième extrémité initiale 164a et une quatrième extrémité finale 164b avec le quatrième émetteur de fusion 8.
- [0092] Lors de l'opération b) d'analyse, le test dynamique comprend pour chaque sous-zone de parcours fermée 160, la détermination de la distance entre la première extrémité initiale 161a et la première extrémité finale 161b, la détermination de la distance entre la deuxième extrémité initiale 162a et la deuxième extrémité finale 162b, la détermination de la distance entre la troisième extrémité initiale 163a et la troisième extrémité finale 163b, la détermination de la distance entre la quatrième extrémité initiale 164a et la quatrième extrémité finale 164b et/ou la détermination de la circularité, de la position du centre ou du diamètre du premier cercle 161, du deuxième cercle 162, du troisième cercle 163 et du quatrième cercle 164.
- [0093] L'état de chaque émetteur de faisceau peut également être déterminé de manière absolue pour la détermination de la circularité ou de la distance entre l'extrémité initiale et l'extrémité finale si cette distance devrait être nulle, de manière relative par

comparaison de la position du centre et du diamètre de chacun des cercles, mais il peut également être déterminé par comparaison avec un motif de test.

- [0094] Le test de positionnement relatif comprend lors de l'opération a) de grattage, la réalisation dans chaque sous-zone locale de test 190 d'une sous-opération de positionnement relatif. La sous-opération de positionnement relatif comprend une sous-opération de concentricité, dans une sous-zone de concentricité 170, plus précisément dans quatre sous-zone de concentricité 170 par sous-zone locale de test 190 dans le mode de réalisation illustré.
- [0095] Chaque sous opération de positionnement dynamique comprend la réalisation avec le premier émetteur de fusion 2 d'un premier trait de concentricité 171 comprenant deux premiers demi-trait de concentricité 171a, 171b distants l'un de l'autre et d'un autre premier trait de concentricité 176 comprenant également deux premiers demi-trait de concentricité 176a, 176b distants l'un de l'autre. Les deux premiers traits de concentricités 171, 176 sont décalés angulairement de 90 degrés et forment une première croix. Tel qu'illustré à la [Fig.5A], lors de l'opération b) d'analyse du test de concentricité, il est déterminé un premier point d'intersection 175a correspondant à l'intersection des deux premiers traits de concentricités 171, 176. Le premier point d'intersection 175a est situé entre les deux premiers demi-trait de concentricité 171a, 171b et entre les deux premiers demi-trait de concentricité 176a, 176b.
- [0096] Chaque sous opération de positionnement dynamique comprend en outre la réalisation avec le deuxième émetteur de fusion 4 d'un deuxième trait de concentricité 172 comprenant deux deuxièmes demi-trait de concentricité 172a, 172b distants l'un de l'autre et d'un autre deuxième trait de concentricité 177 comprenant également deux deuxièmes demi-trait de concentricité 177a, 177b distants l'un de l'autre. Les deux deuxièmes traits de concentricités 172, 177 sont décalés angulairement de 90 degrés et forment une deuxième croix. Tel qu'illustré à la [Fig.5B], lors de l'opération b) d'analyse du test de concentricité, il est déterminé un deuxième point d'intersection 175b correspondant à l'intersection des deux deuxièmes traits de concentricités 172, 177. Le deuxième point d'intersection 175b est situé entre les deux deuxièmes demi-trait de concentricité 172a, 172b et entre les deux deuxièmes demi-trait de concentricité 177a, 177b.
- [0097] Chaque sous opération de positionnement dynamique comprend en outre la réalisation avec le troisième émetteur de fusion 6 d'un troisième trait de concentricité 173 comprenant deux troisièmes demi-trait de concentricité 173a, 173b distants l'un de l'autre et d'un autre troisième trait de concentricité 178 comprenant également deux troisièmes demi-trait de concentricité 178a, 178b distants l'un de l'autre. Les deux troisièmes traits de concentricités 173, 178 sont décalés angulairement de 90 degrés et forment une troisième croix. Tel qu'illustré à la [Fig.5C], lors de l'opération b)

d'analyse du test de concentricité, il est déterminé un troisième point d'intersection 175c correspondant à l'intersection des deux troisièmes traits de concentricités 173, 178. Le troisième point d'intersection 175c est situé entre les deux troisièmes demi-traits de concentricité 173a, 173b et entre les deux troisièmes demi-traits de concentricité 178a, 178b.

- [0098] Chaque sous opération de positionnement dynamique comprend en outre la réalisation avec le quatrième émetteur de fusion 8 d'un quatrième trait de concentricité 174 comprenant deux troisièmes demi-traits de concentricité 174a, 174b distants l'un de l'autre et d'un autre quatrième trait de concentricité 179 comprenant également deux quatrièmes demi-traits de concentricité 179a, 179b distants l'un de l'autre. Les deux quatrièmes traits de concentricités 174, 179 sont décalés angulairement de 90 degrés et forment une quatrième croix. Tel qu'illustré à la [Fig.5D], lors de l'opération b) d'analyse du test de concentricité, il est déterminé un quatrième point d'intersection 175d correspondant à l'intersection des deux quatrièmes traits de concentricités 174, 179. Le quatrième point d'intersection 175d est situé entre les deux quatrièmes demi-traits de concentricité 174a, 174b et entre les deux quatrièmes demi-traits de concentricité 179a, 179b.
- [0099] La première croix, la deuxième croix, la troisième croix et la quatrième croix présente un décalage angulaire régulier d'environ 22,5 degrés les unes par rapport aux autres. La valeur du décalage angulaire dépend du nombre de croix.
- [0100] Lors de l'opération b) d'analyse, le test de concentricité comprend pour chaque sous-zone de concentricité 170, la détermination de la distance entre le premier point d'intersection 175a, le deuxième point d'intersection 175b, le troisième point d'intersection 175c et le quatrième point d'intersection 175d.
- [0101] Au lieu d'être déterminé de manière relative, l'état de l'émetteur peut également être déterminé de manière absolue pour le test de concentricité, par comparaison (détermination de l'écart) du premier point d'intersection 175a, du deuxième point d'intersection 175b, du troisième point d'intersection 175c et du quatrième point d'intersection 175d avec un motif de test comprenant l'emplacement d'un centre théorique, pour l'ensemble de la surface de test 95.
- [0102] Tel qu'illustré à la [Fig.6], le test d'adjacence comprend lors de l'opération a) de grattage, la réalisation dans chaque sous-zone locale de test 190 d'une sous-opération d'adjacence dans une sous-zone d'adjacence 110 pour former des portions d'adjacences du sous-parcours de grattage 182. Chaque sous-opération d'adjacence comprend la réalisation d'une première portion de positionnement relatif formant un carré central. La première portion de positionnement relatif comprend un premier trait d'adjacence 115 réalisé avec le premier émetteur de fusion 2, un premier trait d'adjacence 125 réalisé avec le deuxième émetteur de fusion 4, un premier trait

d'adjacence 135 réalisé avec le troisième émetteur de fusion 6 et un premier trait d'adjacence 145 réalisé avec le quatrième émetteur de fusion 8.

- [0103] Chaque sous-opération d'adjacence comprend en outre la réalisation de deuxièmes portions de positionnement relatif 102a, 102b, 104a, 104b, 106a, 106b, 108a, 108b formées par huit portions de carrés externes.
- [0104] La deuxième portion de positionnement relatif 102a et la deuxième portion de positionnement relatif 102b sont réalisées avec le premier émetteur de fusion 2. La deuxième portion de positionnement relatif 102a comprend un deuxième trait d'adjacence 111a présentant une extrémité proximale 111 située à proximité du premier trait d'adjacence 115, le deuxième trait d'adjacence 111a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 115 à partir de l'extrémité proximale 111. La deuxième portion de positionnement relatif 102a comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 141a présentant une extrémité proximale 141 située à proximité du premier trait d'adjacence 145, le deuxième trait d'adjacence 141a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 145 à partir de l'extrémité proximale 141.
- [0105] La deuxième portion de positionnement relatif 102b comprend un deuxième trait d'adjacence 131a présentant une extrémité proximale 131 située à proximité du troisième trait d'adjacence 135, le deuxième trait d'adjacence 131a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 135 à partir de l'extrémité proximale 131. La deuxième portion de positionnement relatif 102b comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 121a présentant une extrémité proximale 121 située à proximité du premier trait d'adjacence 125, le deuxième trait d'adjacence 121a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 125 à partir de l'extrémité proximale 121.
- [0106] La deuxième portion de positionnement relatif 104a et la deuxième portion de positionnement relatif 104b sont réalisées avec le deuxième émetteur de fusion 4. La deuxième portion de positionnement relatif 104a comprend un deuxième trait d'adjacence 112a présentant une extrémité proximale 112 située à proximité du premier trait d'adjacence 115, le deuxième trait d'adjacence 112a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 115 à partir de l'extrémité proximale 112. La deuxième portion de positionnement relatif 104a comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 142a présentant une extrémité proximale 142 située à proximité du premier trait d'adjacence 145, le deuxième trait d'adjacence 142a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 145 à partir de l'extrémité proximale 142.
- [0107] La deuxième portion de positionnement relatif 104b comprend un deuxième trait d'adjacence 132a présentant une extrémité proximale 132 située à proximité du

troisième trait d'adjacence 135, le deuxième trait d'adjacence 132a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 135 à partir de l'extrémité proximale 132. La deuxième portion de positionnement relatif 104b comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 122a présentant une extrémité proximale 122 située à proximité du premier trait d'adjacence 125, le deuxième trait d'adjacence 122a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 125 à partir de l'extrémité proximale 122.

- [0108] La deuxième portion de positionnement relatif 106a et la deuxième portion de positionnement relatif 106b sont réalisées avec le troisième émetteur de fusion 6. La deuxième portion de positionnement relatif 106a comprend un deuxième trait d'adjacence 123a présentant une extrémité proximale 123 située à proximité du premier trait d'adjacence 125, le deuxième trait d'adjacence 123a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 125 à partir de l'extrémité proximale 123. La deuxième portion de positionnement relatif 106a comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 113a présentant une extrémité proximale 113 située à proximité du premier trait d'adjacence 115, le deuxième trait d'adjacence s'étendant 113a sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 115 à partir de l'extrémité proximale 113.
- [0109] La deuxième portion de positionnement relatif 106b comprend un deuxième trait d'adjacence 143a présentant une extrémité proximale 143 située à proximité du premier trait d'adjacence 145, le deuxième trait d'adjacence 143a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 145 à partir de l'extrémité proximale 143. La deuxième portion de positionnement relatif 106b comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 133a présentant une extrémité proximale 133 située à proximité du premier trait d'adjacence 135, le deuxième trait d'adjacence 133a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 135 à partir de l'extrémité proximale 133.
- [0110] La deuxième portion de positionnement relatif 108a et la deuxième portion de positionnement relatif 108b sont réalisées avec le quatrième émetteur de fusion 8. La deuxième portion de positionnement relatif 108a comprend un deuxième trait d'adjacence 124a présentant une extrémité proximale 124 située à proximité du premier trait d'adjacence 125, le deuxième trait d'adjacence 124a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 125 à partir de l'extrémité proximale 124. La deuxième portion de positionnement relatif 108a comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 114a présentant une extrémité proximale 114 située à proximité du premier trait d'adjacence 115, le deuxième trait d'adjacence 114a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 115 à partir de l'extrémité proximale 114.

- [0111] La deuxième portion de positionnement relatif 108b comprend un deuxième trait d'adjacence 144a présentant une extrémité proximale 144 située à proximité du premier trait d'adjacence 145, le deuxième trait d'adjacence 144a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 145 à partir de l'extrémité proximale 144. La deuxième portion de positionnement relatif 108b comprend en outre un deuxième trait d'adjacence 134a présentant une extrémité proximale 134 située à proximité du premier trait d'adjacence 135, le deuxième trait d'adjacence 134a s'étendant sensiblement perpendiculairement au premier trait d'adjacence 135 à partir de l'extrémité proximale 134.
- [0112] Le test d'adjacence comprend lors de l'opération b) la détermination de la distance  $d$  entre le milieu de chaque premier trait d'adjacence 115, 125, 135, 145 et l'extrémité proximale 111, 112, 113, 114 ; 124, 123, 122, 121 ; 131, 132, 133, 134 ; 144, 143, 142, 141 du deuxième trait d'adjacence correspondant 111a, 112a, 113a, 114a ; 124a, 123a, 122a, 121a ; 131a, 132a, 133a, 134a ; 144a, 143a, 142a, 141a. Tel qu'illustré à la [Fig.7] en relation avec le premier trait d'adjacence 115 et le deuxième trait d'adjacence 112a, il est mesuré la distance  $d$  entre le milieu du premier trait d'adjacence 115 et l'extrémité proximale du 112 deuxième trait d'adjacence 112a.
- [0113] Tel qu'illustré à la [Fig.2], la surface de test 95 comprend de préférence entre 250 et 2000 sous-zones locales de test 190 disjointes par mètres carré, plus précisément cent neuf sous-zones locales de test 190 dans le mode de réalisation illustré, la surface de test 95 formant un carré de 400 millimètres de côté. Le parcours de grattage 180 comprend donc cent neuf sous-parcours de grattage 182.
- [0114] Le test de calibration comprend en outre un test global de concentricité. A la différence des tests précédemment décrit, le test de concentricité n'est pas circonscrit à chaque sous-zone locale de test 190 et ne s'étend pas chaque sous-zone locale de test 190.
- [0115] Le parcours de grattage 180 comprend en plus des sous-parcours de grattage 182 précités la réalisation lors d'une opération c) d'un premier cercle global 191, d'un deuxième cercle global 192 et d'un troisième cercle global 193. Chacun des premier cercle global 191, deuxième cercle global 192 et troisième cercle global 193 est réalisé en quatre parties successives (chacune représentant un quart de cercle) avec le premier émetteur de fusion 2, le deuxième émetteur de fusion 4, le troisième émetteur de fusion 6 et le quatrième émetteur de fusion 8.
- [0116] Des sous-zones locales de test 190 sont disposées à l'intérieur du premier cercle global 191, entre le premier cercle global 191 et le deuxième cercle global 192, et entre le deuxième cercle global 192 et le troisième cercle global 193.
- [0117] Une opération d) du test global de concentricité comporte la détermination de la circularité, de la position du centre et/ou du diamètre de chacun parmi le premier cercle

global de grattage 191, le deuxième cercle global de grattage 192 et le troisième cercle global de grattage 193 et/ou de concentricité du premier cercle global de grattage 191, du deuxième cercle global de grattage 192 et du troisième cercle global de grattage 193.

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de calibration d'un dispositif de fusion (1) comprenant au moins un émetteur de faisceau (2), tel qu'un faisceau laser ou un faisceau d'électrons, ledit procédé comporte un test de calibration comprenant les opérations suivantes :

a) utilisation du dispositif de fusion (1) pour gratter localement une surface de test (95) et réalisation d'un test de calibration, le test de calibration comprenant le déplacement du dispositif de fusion (1) et réalisation d'un parcours de grattage (180) sur la surface de test (95),  
 b) analyse du parcours de grattage (180) réalisé lors de l'opération a) et détermination de l'état du dispositif de fusion (1) en fonction de l'analyse du parcours de grattage (180),  
 dans lequel :

le parcours de grattage (180) comprend une pluralité de sous-parcours de grattage (182) distincts, les sous-parcours de grattage (182) présentant chacun un même motif et étant réalisés en une pluralité de sous-zones locales de test (190) distinctes dans la surface de test (95), et l'opération b) comprend l'analyse de chaque sous-parcours de grattage (182).

[Revendication 2]

Procédé de calibration selon la revendication 1 dans lequel la réalisation du test de calibration comprend la réalisation d'un test de focalisation, le dispositif de fusion (1) présente un point de focalisation et le test de calibration comprend :

- lors l'opération a), une pluralité de sous-opérations de focalisation dans chaque sous-zone locale de test (190), lors de la réalisation de chaque sous-opération de focalisation le dispositif de fusion (1) est placé à une distance de test (D) de la surface de test (95) et une portion de focalisation (151, 152a à 156a, 152b à 156b) du sous-parcours de grattage (182) est réalisée, le point de focalisation étant décalé d'un incrément de distance entre les sous-opérations de focalisation, et

- l'opération b) comprend la mesure de la largeur (L) de chaque portion de focalisation (151, 152a à 156a, 152b à 156b) du sous-parcours de grattage (182).

[Revendication 3]

Procédé de calibration selon la revendication précédente dans lequel les portions de focalisation comprennent :

une portion de focalisation théorique (151) réalisée avec le point de focalisation théoriquement situé sur la surface de test (95),

au moins une portion de sous-focalisation théorique (152a à 156a) réalisée avec le point de focalisation située en retrait de la surface de test (95), et

au moins une portion de sur-focalisation théorique (152b à 156b) réalisée avec le point de focalisation située au-delà de la surface de test (95).

- [Revendication 4] Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la réalisation du test de calibration comprend la réalisation lors de l'opération a) d'un test dynamique, le test dynamique comprend une sous-opération dynamique pour la réalisation de chaque sous-parcours de grattage (182), la sous-opération dynamique comprend la réalisation d'une portion dynamique du sous-parcours de grattage, la portion dynamique comprend une forme fermée (161, 162, 163, 164).
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication précédente dans lequel lors de l'opération b), on identifie sur la portion dynamique réalisée une extrémité initiale et une extrémité finale et on détermine la distance entre l'extrémité initiale (161a, 162a, 163a, 164a) et l'extrémité finale (161b, 162b, 163b, 164b).
- [Revendication 6] Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la réalisation du test de calibration comprend la réalisation d'un test de positionnement relatif, le test de positionnement relatif comprend :
- lors de l'opération a), une sous-opération de positionnement relatif pour la réalisation de chaque sous-parcours de grattage (182), la sous-opération de positionnement relatif comprend la réalisation d'une première portion de positionnement relatif (115 ; 171, 176) du sous-parcours de grattage et la réalisation d'une deuxième portion de positionnement relatif (112a ; 172, 177) du sous-parcours de grattage, est
  - lors de l'opération b), le positionnement de la première portion de positionnement relatif (115 ; 171, 176) par rapport à la deuxième portion de positionnement relatif (112a ; 172, 177) est analysé.
- [Revendication 7] Procédé de calibration selon la revendication précédente dans lequel la première portion de positionnement relatif (115 ; 171, 176) du sous-parcours de grattage est réalisée avec un premier émetteur de faisceau (2) et la deuxième portion de positionnement relatif (112a ; 172, 177) du sous-parcours de grattage est réalisée avec un deuxième émetteur de faisceau (4) distinct du premier émetteur de faisceau (2).
- [Revendication 8] Procédé de calibration selon la revendication précédente dans lequel :

le test de positionnement relatif comprend un test de concentricité,  
la première portion de positionnement relatif comprend au moins deux premiers traits de concentricité (171, 176) définissant un premier point d'intersection (175a),

la deuxième portion de positionnement relatif comprend au moins deux deuxièmes traits de concentricité (172, 177) définissant un deuxième point d'intersection (175b), et

lors de l'opération b), on détermine la distance entre le premier point d'intersection (175a) et le deuxième point d'intersection (175b).

[Revendication 9]

Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications 6 à 8 dans lequel :

le test de positionnement relatif comprend un test d'adjacence,

la première portion de positionnement relatif comprend un premier trait d'adjacence (115),

la deuxième portion de positionnement relatif comprend un deuxième trait d'adjacence (112a) présentant une extrémité proximale (112) située à proximité du premier trait d'adjacence (115), et

lors de l'opération b), on détermine la distance (d) entre le milieu du premier trait d'adjacence (115) et l'extrémité proximale (112) du deuxième trait d'adjacence (112a).

[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel :

le procédé comprend la réalisation d'un test global de concentricité,

le test global de concentricité inclut une opération c), l'opération c)

comporte la réalisation d'un premier cercle global de grattage (191) sur

la surface de test (95) et d'un deuxième cercle global de grattage (192)

sur la surface de test (95), plusieurs sous-zones locales de test (190)

parmi la pluralité de sous-zones locales de test (190) distinctes sont

disposées entre le premier cercle global de grattage (191) et le deuxième cercle global de grattage (192), et

le test global de concentricité inclut une opération d), l'opération d)

comporte la détermination de la circularité, de la position du centre ou

du diamètre de chacun parmi le premier cercle global de grattage (191)

ou le deuxième cercle global de grattage (192) et/ou de concentricité du

premier cercle global de grattage (191) et du deuxième cercle global de

grattage (192).

[Fig. 1]

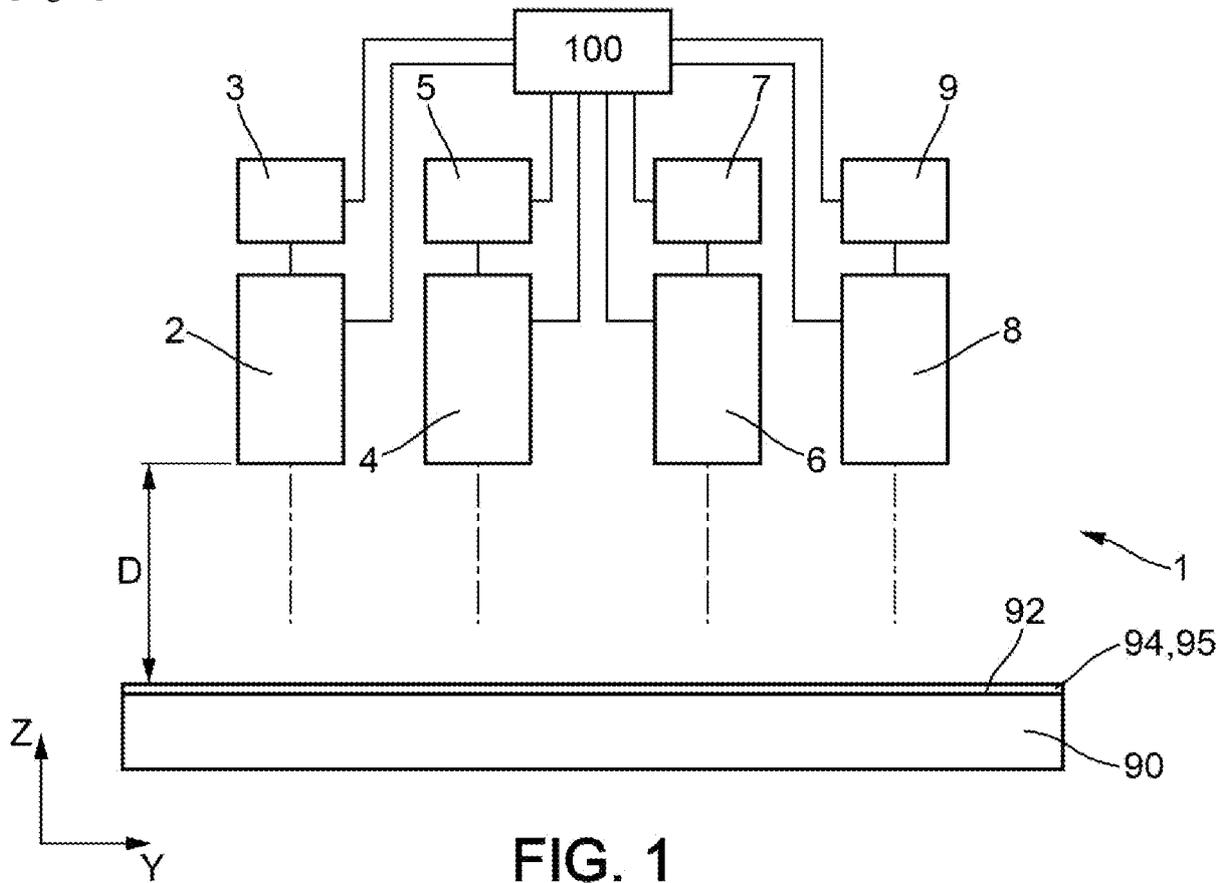


FIG. 1

[Fig. 2]

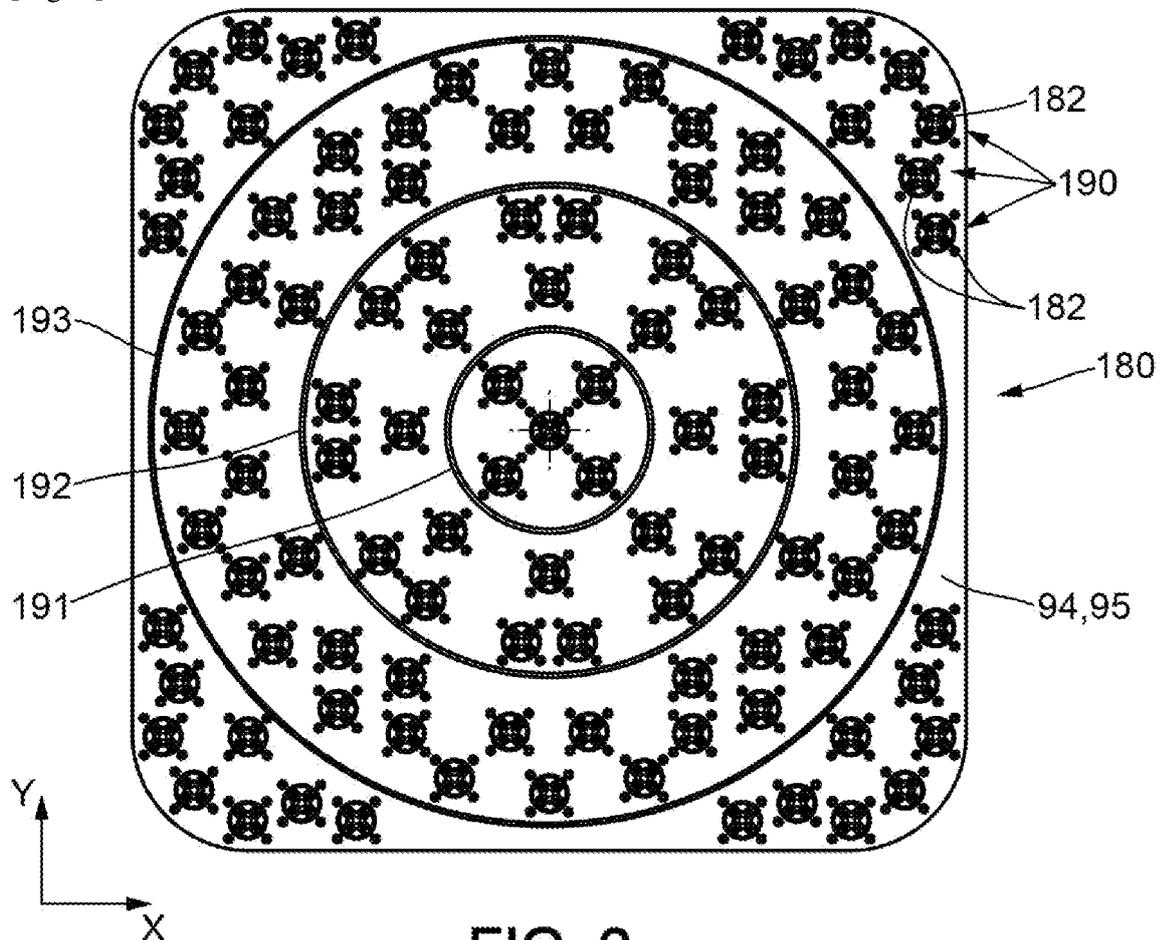


FIG. 2

[Fig. 3]

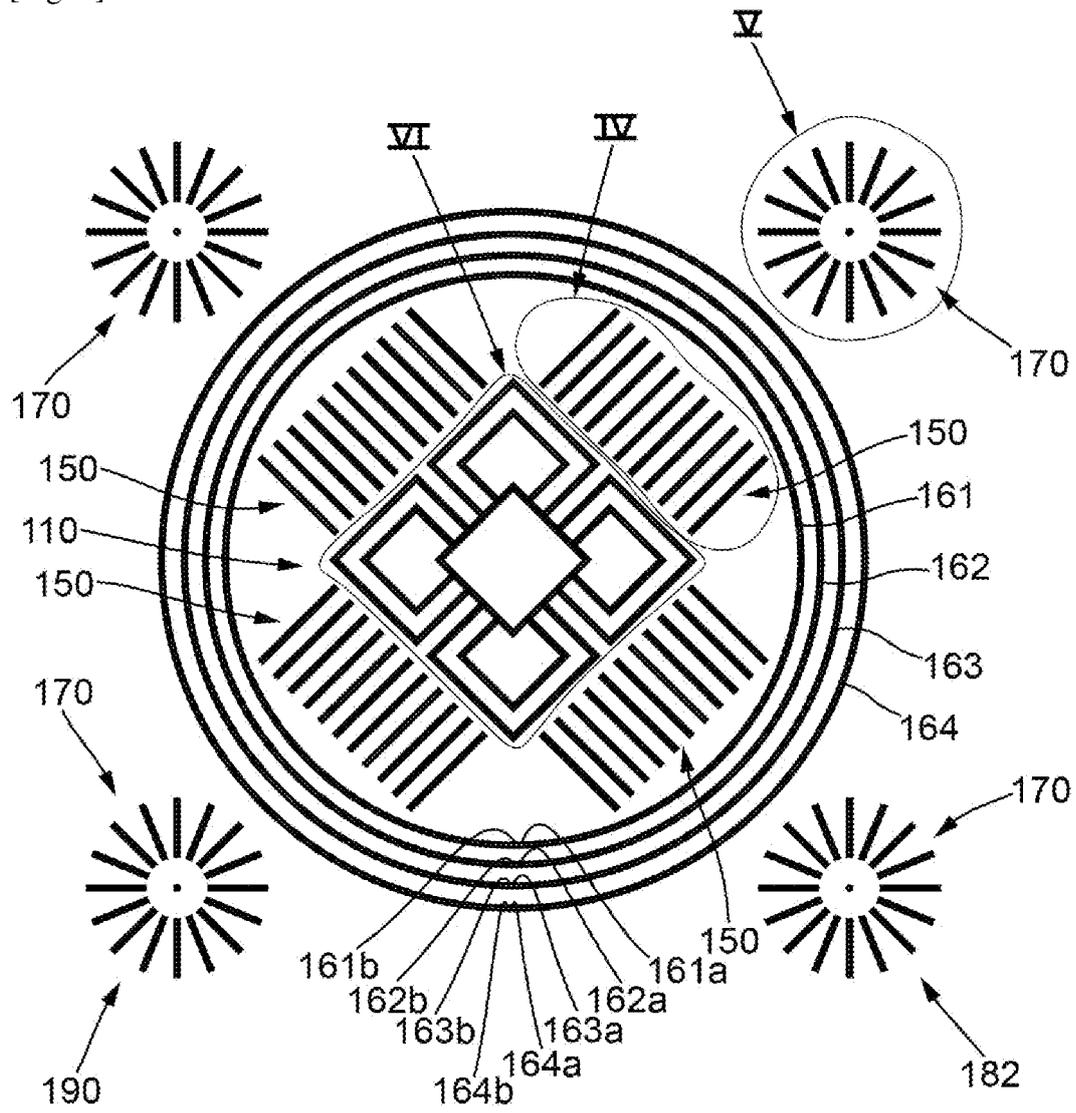
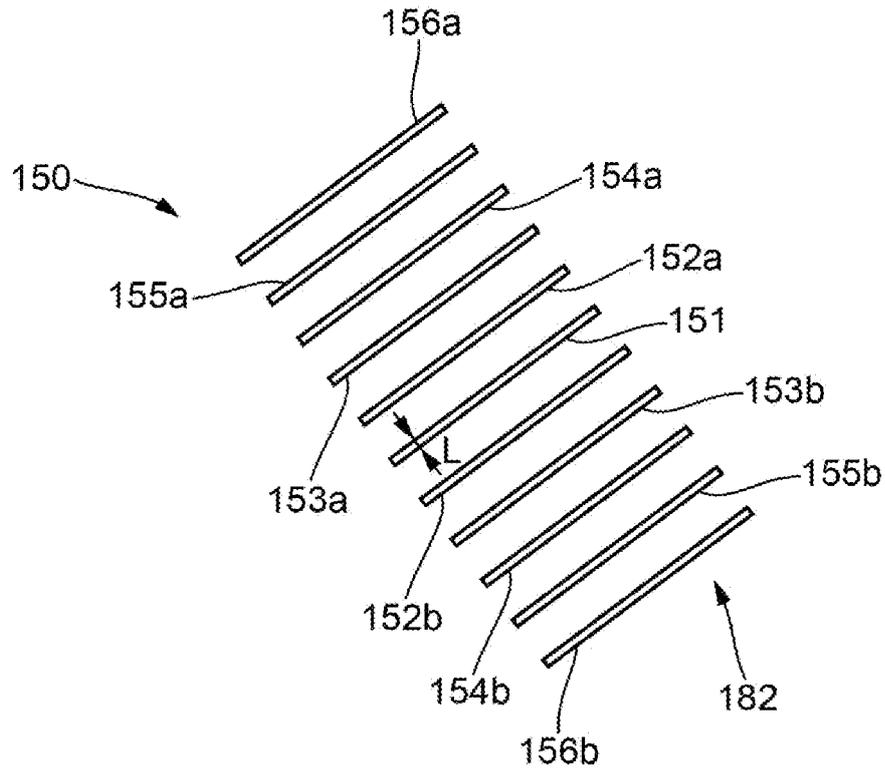
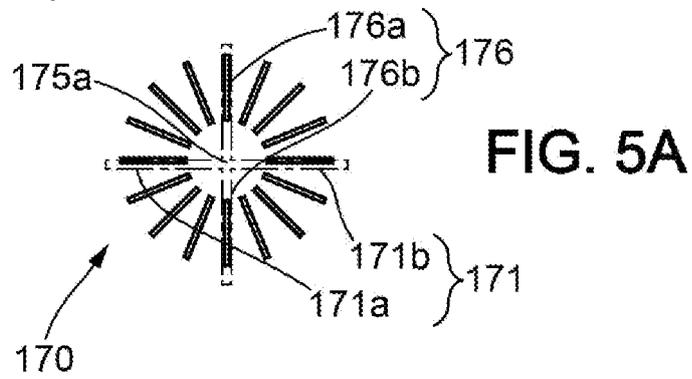


FIG. 3

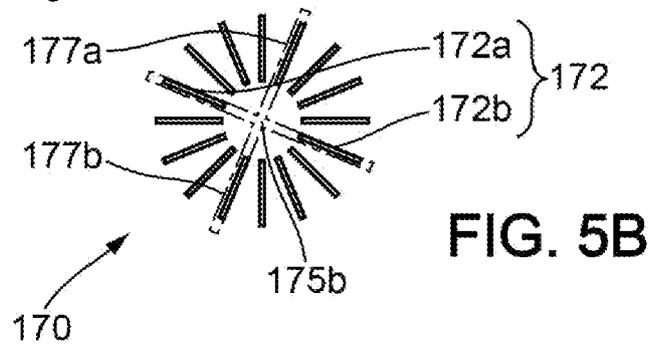
[Fig. 4]

**FIG. 4**

[Fig. 5A]

**FIG. 5A**

[Fig. 5B]

**FIG. 5B**

[Fig. 5C]

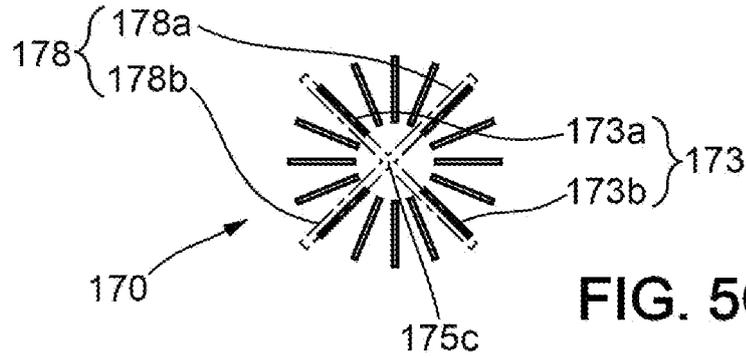


FIG. 5C

[Fig. 5D]

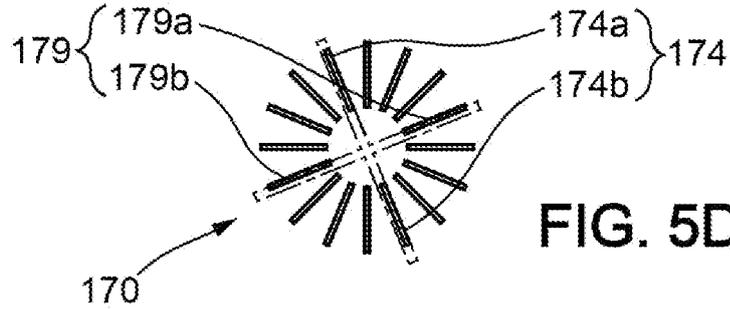


FIG. 5D

[Fig. 6]

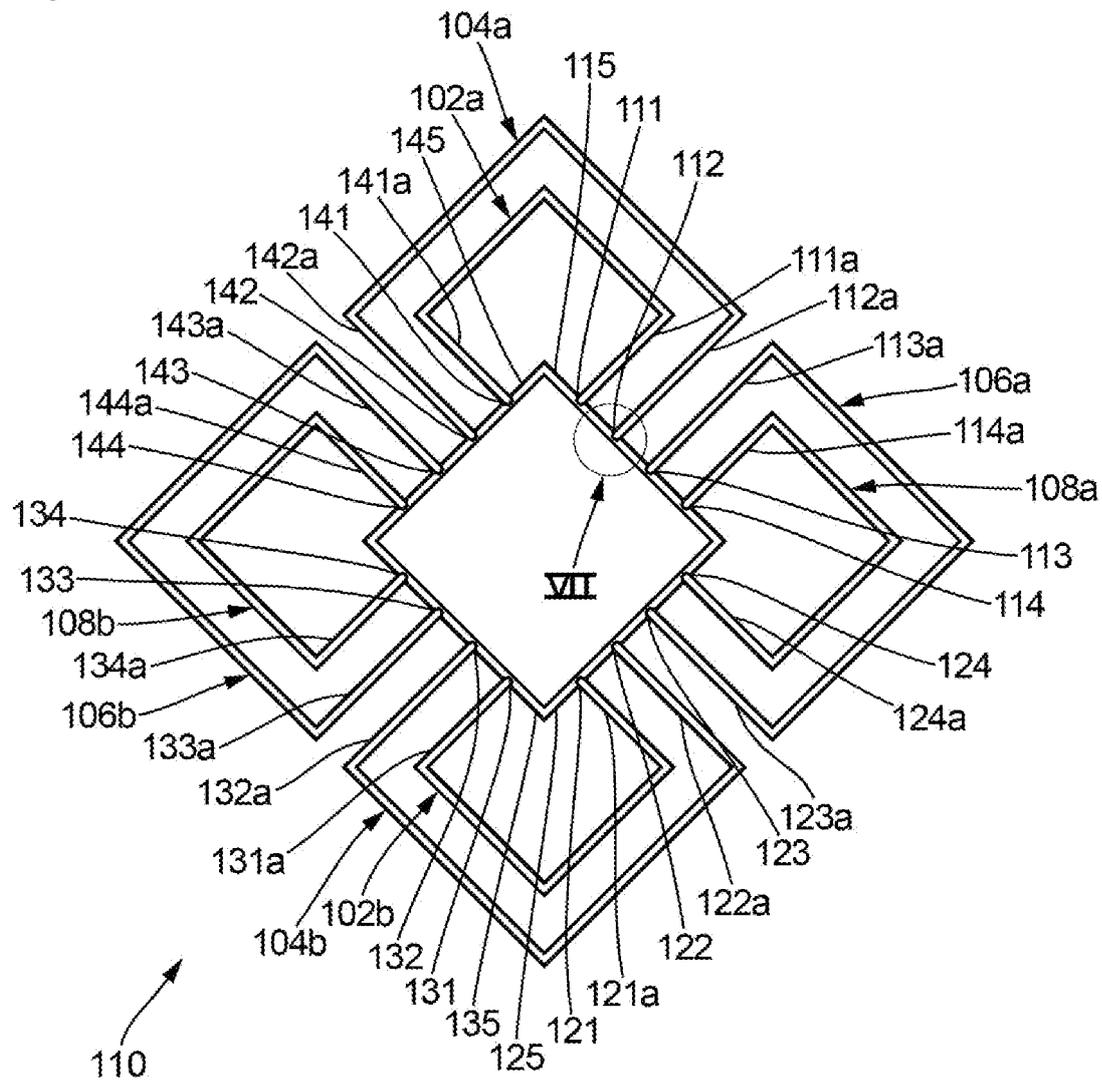
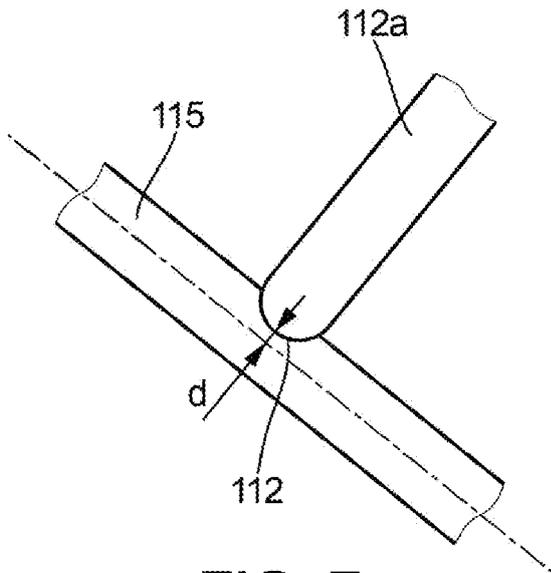


FIG. 6

[Fig. 7]

**FIG. 7**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 918873**  
**FR 2304178**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	US 2022/193785 A1 (NEUMANN KARSTEN [DE] ET AL) 23 juin 2022 (2022-06-23) * alinéa [0001] * * alinéa [0110] * * figures 2a-2d * * alinéa [0161] * * alinéa [0022] * * alinéa [0013] * * alinéa [0101] * * alinéa [0006] * * alinéa [0105] *	1-8 9,10	B22F 10/31 B22F 10/80 B33Y 40/00 B33Y 50/00
	X A	US 2022/339705 A1 (TRAVIS LAYTON SETH [US] ET AL) 27 octobre 2022 (2022-10-27) * alinéa [0004] * * alinéa [0026] * * alinéa [0034] * * alinéa [0033] * * figure 3B * * alinéa [0045] * * alinéa [0041] * * alinéa [0042] * * alinéa [0056] * * alinéa [0057] * * figures 5a-5d *	1-3, 6, 8-10 4, 5, 7
X	EP 3 907 021 A1 (TRUMPF SISMA S R L [IT]; TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 10 novembre 2021 (2021-11-10) * alinéa [0010] * * alinéa [0002] * * alinéa [0103] * * figure 4D *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2023		Mensink, Rob	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304178 FA 918873**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-11-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>US 2022193785 A1</b>	<b>23-06-2022</b>	<b>CN 114302782 A</b>	<b>08-04-2022</b>
		<b>EP 4021666 A1</b>	<b>06-07-2022</b>
		<b>JP 2022545820 A</b>	<b>31-10-2022</b>
		<b>JP 2023160849 A</b>	<b>02-11-2023</b>
		<b>US 2022193785 A1</b>	<b>23-06-2022</b>
		<b>WO 2021037954 A1</b>	<b>04-03-2021</b>
-----			
<b>US 2022339705 A1</b>	<b>27-10-2022</b>	<b>CN 115248107 A</b>	<b>28-10-2022</b>
		<b>EP 4082697 A1</b>	<b>02-11-2022</b>
		<b>JP 2022169488 A</b>	<b>09-11-2022</b>
		<b>US 2022339705 A1</b>	<b>27-10-2022</b>
-----			
<b>EP 3907021 A1</b>	<b>10-11-2021</b>	<b>CN 115485124 A</b>	<b>16-12-2022</b>
		<b>EP 3907021 A1</b>	<b>10-11-2021</b>
		<b>WO 2021224099 A1</b>	<b>11-11-2021</b>
-----			