



- (51) Classification internationale des brevets :
F42B 3/113 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/059261
- (22) Date de dépôt international :
6 mai 2014 (06.05.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1354 195 7 mai 2013 (07.05.2013) FR
- (71) Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 Rue Leblanc Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : ANDRIOT, Patrick; 14 allée des Palmiers, F-33170 Gradignan (FR). BELIN, François; 1 allée des roses blanches, F-33650 La Brede (FR).
- (74) Mandataire : AHNER, Philippe; Brevaux, 95, rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : IMPROVED OPTO-PYROTECHNIC INITIATOR

(54) Titre : INITIATEUR OPTO-PYROTECHNIQUE AMELIORE

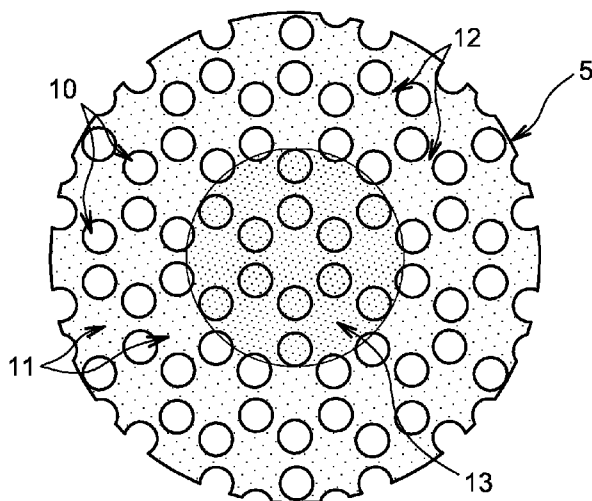


FIG. 2

(57) Abstract : The invention concerns an optical initiator of a pyrotechnic charge, comprising: a body having a cavity that encloses the pyrotechnic charge and a means for igniting said charge by laser beam absorption, said ignition means being placed in contact with the charge; a laser beam source; an optical fibre for transporting a laser beam from the source to the ignition means. The ignition means is a metal plate (5), and the metal plate and the laser beam source are designed such that a laser beam originating from the laser beam source is absorbed by the metal plate and converted into heat energy, such that the thermal conduction of this heat energy from the metal plate to the pyrotechnic charge results in the ignition of the pyrotechnic charge. Preferably, this metal plate comprises periodically arranged perforations (10).

(57) Abrégé : L'invention concerne un initiateur optique d'une charge pyrotechnique, comportant : un corps présentant une cavité, qui renferme la charge pyrotechnique et un moyen d'allumage de cette charge par absorption d'un rayonnement laser, ledit moyen d'allumage étant placé au contact de la charge; une source de rayonnement laser; une fibre optique pour transporter un rayonnement laser de la source au moyen d'allumage. Le moyen d'allumage est une plaque métallique (5) et la plaque métallique et la source de rayonnement laser sont adaptées pour qu'un rayonnement

[Suite sur la page suivante]



INITIATEUR OPTO-PYROTECHNIQUE AMELIORE

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention se rapporte au domaine des initiateurs pyrotechniques, dont l'initiation (ou amorçage) est déclenchée par une énergie lumineuse. Ces initiateurs sont également connus sous le terme d'initiateurs opto-pyrotechniques.

L'invention trouve application dans tous les domaines où les initiateurs pyrotechniques sont utilisés, notamment dans les domaines spatial et aéronautique en tant qu'actionneurs, dans les équipements de sécurité (vannes, coupe-fil, etc.), etc.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

De manière connue, les initiateurs pyrotechniques comportent, dans une cavité, une charge pyrotechnique, qui est en contact intime avec un moyen d'allumage de cette charge.

La charge pyrotechnique peut être, au choix, une composition explosive ou une composition pyrotechnique. Dans le premier cas, l'initiateur est généralement appelé détonateur ; dans le second cas, l'initiateur est généralement appelé inflammateur.

Dans le cas des initiateurs pyrotechniques électriques et notamment dans les initiateurs à fil chaud, le moyen d'allumage est une résistance chauffante constituée d'un élément (fil ou couche) en matériau électriquement conducteur, relié à un générateur électrique. Lorsqu'il est parcouru par un courant, l'élément s'échauffe par effet Joule et cette chaleur est transmise par conduction thermique à la charge pyrotechnique qui est en contact avec l'élément. Comme exemple d'initiateur pyrotechnique électrique, on peut par exemple citer le document [1].

L'inconvénient des initiateurs électriques est qu'ils sont sensibles aux perturbations électromagnétiques et ils peuvent donc être activés accidentellement par

des décharges électrostatiques ou des courants induits dus à des radiations électromagnétiques parasites.

Dans le cas des initiateurs opto-pyrotechniques, l'initiation de la charge pyrotechnique ne se fait non plus par voie électrique, mais par voie optique, rendant les
5 initiateurs opto-pyrotechniques insensibles aux perturbations électromagnétiques.

De façon connue, les initiateurs opto-pyrotechniques comportent une charge pyrotechnique disposée dans une cavité, une source de rayonnement laser et une fibre optique pour guider le rayonnement laser de la source à la charge.

L'inconvénient de ce type d'initiateur est que les charges
10 pyrotechniques qui sont généralement utilisées pour la réalisation de détonateurs ou d'inflammeurs n'absorbent pas ou peu les rayonnements laser. Il est donc nécessaire de trouver un moyen d'allumage de ces charges qui soit réactif à une source laser.

La solution proposée dans le document [2] consiste à doper optiquement une charge pyrotechnique en y introduisant une poudre d'un matériau
15 métallique, rendant ainsi la charge modifiée apte à absorber le rayonnement laser et à chauffer jusqu'à atteindre sa température critique d'allumage.

Une autre solution proposée dans le document [3], qui décrit spécifiquement un initiateur du type détonateur, consiste à placer une couche de poudre d'une composition pyrotechnique dopée optiquement avec un métal réducteur
20 pulvérulent, entre l'extrémité de la fibre optique guidant le faisceau laser et la charge pyrotechnique, qui est ici un explosif secondaire.

Le principal inconvénient de ces deux solutions proposant un dopage optique est qu'il est difficile de trouver un équilibre dans la sensibilité de la composition pyrotechnique dopée, qui doit être suffisamment sensible pour absorber efficacement le
25 rayonnement laser, mais ne pas être trop sensible pour ne pas absorber les rayonnements thermiques et infrarouges parasites et/ou les échauffements par conduction thermique.

Ainsi, si les initiateurs opto-pyrotechniques semblent garantir un meilleur niveau de sécurité que les initiateurs pyrotechniques électriques, des

déclenchements intempestifs restent possibles lorsque les initiateurs sont soumis à des conditions thermiques fluctuantes.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a donc pour but de remédier au moins partiellement aux
5 inconvénients mentionnés ci-dessus, relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

Pour ce faire, l'invention a pour objet un initiateur optique d'une charge pyrotechnique, comprenant :

- un corps présentant une cavité, dans laquelle est située la charge pyrotechnique, ainsi qu'un moyen d'allumage de cette charge par absorption d'un
10 rayonnement laser, ledit moyen d'allumage étant placé au contact de la charge ;

- une source de rayonnement laser ;

- une fibre optique pour guider un rayonnement laser de la source vers le moyen d'allumage ;

et caractérisé en ce que le moyen d'allumage est une plaque métallique,
15 la plaque métallique et la source de rayonnement laser étant adaptées pour qu'un rayonnement laser issu de la source de rayonnement laser soit absorbé par la plaque métallique et converti en énergie thermique, de sorte que la conduction thermique de cette énergie thermique de la plaque métallique à la charge pyrotechnique provoque l'allumage de la charge pyrotechnique.

20 La plaque métallique va absorber le rayonnement laser, convertir l'énergie lumineuse de ce rayonnement absorbé en une énergie thermique, et communiquer cette énergie thermique à la charge pyrotechnique par conduction thermique. Ainsi, selon le principe de l'invention, on utilise l'énergie lumineuse d'un laser qui est déposée dans la plaque métallique qui est en un matériau absorbant à la longueur
25 d'onde du laser, ce qui provoque une montée très rapide à haute température de la plaque métallique qui, étant en contact avec la charge pyrotechnique, provoque l'allumage de la charge.

L'initiateur opto-pyrotechnique objet de l'invention est particulièrement avantageux en ce qu'il combine les avantages des initiateurs électriques et des initiateurs

optiques de l'art antérieur, sans leurs inconvénients, à savoir que l'initiateur selon l'invention est insensible aux variations électromagnétiques, ainsi qu'aux variations thermiques. En effet, le moyen d'allumage de la charge pyrotechnique, à savoir la plaque métallique absorbant le rayonnement laser, est pyrotechniquement inerte. Quant à la charge pyrotechnique, qui, contrairement à l'art antérieur, n'a pas besoin d'être optiquement dopée, elle est peu ou pas sensible au rayonnement laser. On peut donc utiliser les mêmes charges pyrotechniques que celles qui sont couramment utilisées dans les initiateurs électriques.

La plaque métallique en tant que moyen d'allumage de la charge pyrotechnique apporte une sélectivité étroite aux rayonnements capables d'amorcer l'initiateur, puisqu'elle n'absorbe que les rayonnements laser, et spécifiquement que dans les gammes de longueurs d'ondes absorbables par le métal ou l'alliage métallique constituant la plaque métallique. La sûreté de l'initiateur est donc améliorée.

De manière générale, l'initiateur selon l'invention peut soit amorcer un explosif, soit amorcer une poudre ou un propergol, soit enfin amorcer une charge pyrotechnique (fumigène, etc.).

Plus particulièrement, la charge pyrotechnique peut être une composition pyrotechnique (l'initiateur opto-pyrotechnique objet de l'invention formant alors un inflammateur) ou bien une composition explosive (l'initiateur étant alors un détonateur).

Les compositions pyrotechniques peuvent par exemple être choisies parmi les compositions éclairantes, traçantes, fumigènes, etc.

Les compositions explosives peuvent par exemple être des explosifs primaires tels que les azotures, les fulminates, les tétrazènes, etc., des explosifs secondaires tels que le tétranitrate de pentaérythrite (PETN), la cyclotriméthylènetrinitramine (RDX), l'hexanitrostilbène (HNS), etc.

De préférence, la plaque métallique présente une pluralité de perforations. Cela permet de diminuer la masse métallique à chauffer, et d'accroître ainsi la vitesse de chauffage de la plaque métallique sans nuire - en la réduisant trop - à la surface de contact de la plaque avec la charge pyrotechnique.

Avantageusement, les perforations sont agencées de manière périodique, pour définir, dans la plaque métallique, une pluralité d'éléments identiques reliés entre eux par des pontets. L'objectif de cette perforation périodique est de diminuer la taille de la plaque métallique (cible) que le laser doit chauffer en isolant des éléments (sous-cibles) entre lesquelles la conduction thermique est minimisée par des pontets dont le rôle est d'assurer la structuration et la cohésion de l'ensemble des sous-cibles en une seule entité. L'intérêt des sous-cibles est de diminuer la masse métallique à chauffer et, par conséquent, de diminuer le temps de chauffage et donc d'augmenter la dynamique de mise à feu de la charge pyrotechnique. En plus, comme le motif de perforation se répète sur toute la plaque métallique, la perforation périodique présente en outre l'avantage qu'un éventuel désalignement de la tâche focale du faisceau laser sur la plaque métallique n'influe pas significativement sur le transfert thermique.

Les pontets permettent de diminuer la conduction thermique entre les éléments (sous-cibles). Les pontets ont une largeur qui est significativement plus petite que la plus grande dimension des perforations.

Selon un mode de réalisation envisagé, les perforations sont situées aux sommets d'hexagones contigus, disposés de préférence de manière à former un motif en nids d'abeilles. L'avantage d'un motif en nids d'abeilles est que cette géométrie particulière permet d'optimiser la taille des sous-cibles et donc d'optimiser l'efficacité globale de la cible.

Il est à noter que la plaque métallique étant le moyen d'allumage de la charge pyrotechnique par absorption du rayonnement laser, il est évident que le métal ou l'alliage métallique formant la plaque doit être absorbant à la longueur d'onde du laser. Avantageusement, la plaque métallique est en un métal choisi parmi le platine, l'or, le tungstène ou en un alliage d'au moins deux de ces métaux. Plus généralement, on choisira des métaux lourds pour lesquels la chaleur massique et la masse volumique présentent un avantage pour réchauffement de la cible et pour lesquels l'absorptivité des rayonnements est plus favorable que pour les autres métaux, notamment dans l'UV. C'est la raison pour laquelle on préférera éviter d'utiliser le fer et l'aluminium, car ils ne présentent pas de bonnes caractéristiques d'absorptivité.

Avantageusement, l'initiateur optique comprend en outre une optique de focalisation du rayonnement laser, qui est intercalée entre une première extrémité de la fibre optique et le moyen d'allumage, l'autre extrémité de la fibre optique étant raccordée à la source de rayonnement laser, cette optique de focalisation étant choisie
5 parmi une lentille sphérique et une lentille cylindrique (barreau). En améliorant la focalisation du faisceau laser sur la plaque métallique, on améliore l'efficacité de l'initiation pyrotechnique.

De préférence, la plaque a une épaisseur comprise entre 0,02 mm et 0,1 mm, la finesse de la plaque permettant de diminuer la masse de métal à chauffer et
10 donc d'obtenir une variation de température plus rapide. De préférence, la plaque a un diamètre de l'ordre de trois millimètres correspondant à peu près à la taille de l'étoupille d'explosif primaire.

Selon un mode de réalisation envisagé, la plaque est recouverte d'un revêtement dichroïque. Cela permet d'améliorer l'absorption du rayonnement laser par la
15 plaque en maximisant l'absorptivité de la plaque métallique au rayonnement laser de la source laser et en limitant la réflectivité de la plaque métallique, ce qui permet au final d'augmenter le rendement du transfert énergétique de la source laser à la plaque métallique, et de la plaque métallique à la charge pyrotechnique. Le revêtement dichroïque de la plaque métallique peut être obtenu par dépôt en phase vapeur d'un ou
20 plusieurs métaux idoines sur la partie de la plaque exposée au faisceau laser (par exemple des métaux ayant un coefficient d'absorption du rayonnement laser supérieur à celui de la plaque métallique).

La source laser et la fibre optique sont les mêmes que celles utilisées couramment dans les initiateurs optiques de l'art antérieur. La source laser peut être une
25 diode laser, ce type de source ayant l'avantage d'être très compact. La source laser peut émettre dans l'infrarouge (c'est-à-dire dans la gamme allant de 1000 μm à 700 nm), mais on préférera utiliser une source laser émettant un rayonnement ultra-violet (c'est-à-dire dans la gamme allant de 400 nm à 200 nm), les rayonnements UV étant généralement mieux absorbés par les métaux que les rayonnements IR.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la description détaillée non limitative ci-dessous.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

Cette description sera faite au regard des dessins annexés parmi
5 lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe longitudinale d'un initiateur optique selon l'invention ;

- la figure 2 représente une vue de face d'une plaque multi-perforée, selon un premier mode de réalisation préféré de la présente invention ; et

10 - la figure 3 représente une vue de face d'une plaque multi-perforée, selon un second mode de réalisation préféré de la présente invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

En référence à la figure 1, il est représenté un initiateur 1 qui comporte un corps 2 muni d'une cavité 3, dans laquelle sont disposées une charge pyrotechnique 4
15 et une plaque métallique 5, placée en contact de la charge.

Une fibre optique 6 permet de guider un faisceau laser d'une source laser (non représentée) vers la plaque métallique 5.

De façon connue, un embout 7 sert de support à la fibre optique 6 et permet ainsi de venir placer une extrémité 8 de la fibre optique au contact de la plaque
20 métallique 5, l'autre extrémité 9 étant raccordée à la source laser. L'embout présente ici un filetage facilitant son raccordement avec le corps 2.

Il est également possible d'améliorer la focalisation du faisceau laser sur la plaque métallique et d'accroître ainsi l'efficacité de l'initiation opto-pyrotechnique en plaçant une optique de focalisation (non représentée) entre l'extrémité 8 de la fibre
25 optique et la plaque métallique 5.

De façon connue, l'initiateur peut servir à former une chaîne pyrotechnique, le corps de l'initiateur formant alors le premier étage de la chaîne, les second, troisième, etc.. étages de la chaîne pyrotechnique comprenant des charges

pyrotechniques de moins en moins sensibles et de plus en plus énergétiques que la charge de l'initiateur.

Un faisceau laser étant un faisceau cohérent et formant un spot laser de faible diamètre, la plaque métallique n'a pas besoin d'être de grandes dimensions. En fait, il est préférable que la plaque soit de faibles dimensions afin d'accélérer son chauffage par le faisceau laser. Il est cependant préférable que la taille de la plaque soit suffisamment grande pour que l'alignement du faisceau laser sur la plaque soit aisé. De même, plus l'épaisseur de la plaque est fine, plus cette épaisseur est rapidement chauffée par le faisceau laser et moins cette plaque est facilement manipulable. Au final, le choix des dimensions de la plaque métallique est un compromis entre la rapidité de chauffage de la plaque métallique, la facilité d'alignement du faisceau laser et la facilité de manipulation de la plaque métallique. Par exemple, pour un faisceau laser ayant un spot laser de 1 mm de diamètre, on pourra choisir une plaque métallique ayant la forme d'une pastille d'environ 3 mm de diamètre et une épaisseur d'environ quatre-vingt centièmes de millimètre.

Il est à noter que l'épaisseur de la plaque métallique dépend également de la puissance de la source laser qui est utilisée.

Dans les modes de réalisations préférés de l'invention, la plaque métallique comporte de multiples perforations agencées de manière périodique. Deux exemples de possibles géométries des perforations sont illustrés dans les figures 2 et 3.

En référence à la figure 2, la plaque métallique 5 est une pastille de forme circulaire, les perforations 10 sont circulaires et identiques, et sont situées aux sommets d'hexagones contigus formant une structure en nids d'abeilles. On obtient ainsi des éléments 11 identiques reliés entre eux par des pontets 12 ou ligaments de matière. La tache centrale 13 représente une tache focale circulaire, qui peut par exemple être obtenue en utilisant une lentille sphérique.

Une autre architecture possible des perforations est représentée dans la figure 3, dans laquelle, à la différence de la figure 2, les perforations 10 ont une forme résultant de l'intersection de trois branches, chaque branche suivant la direction d'une paroi d'hexagone. La barre centrale 14 représente la zone d'impact du laser sur la plaque,

qui est ici une tache focale rectangulaire pouvant être obtenue en faisant passer le faisceau laser à travers une lentille cylindrique, par exemple.

Les perforations peuvent être obtenues en procédant à un usinage par laser ou par photogravure de la plaque métallique. Il est à noter que la forme circulaire des perforations dans la figure 2 est plus facile à réaliser que les perforations de la figure 3.

L'objectif de la perforation de la plaque est de diminuer la surface de la plaque que le faisceau laser doit chauffer en isolant des éléments 11 entre lesquels la conduction thermique est minimisée par des pontets 12 dont le rôle est d'assurer la structuration et la cohésion de l'ensemble des éléments 11 en une seule plaque 5. L'intérêt des éléments 11 ainsi obtenus dans la plaque 5 est de diminuer la masse métallique à chauffer et, par conséquent, de diminuer le temps de chauffage et donc d'augmenter la dynamique de mise à feu de la charge pyrotechnique en contact avec la plaque 5. La multiplicité des éléments 11 qui sont chauffés augmente également le nombre de grains de la poudre, qui constitue la charge pyrotechnique, qui sont portés à la température d'allumage, c'est-à-dire la température à laquelle ils réagissent. L'initiation pyrotechnique de la charge pyrotechnique est ainsi moins ponctuelle et plus homogène, ce qui accroît la fiabilité d'amorçage et diminue les risques de long feu.

Un autre avantage de la multi-perforation périodique est que, comme les motifs de perforation se répètent sur toute la surface de la plaque, les éléments 11 et les pontets 12 sont tous identiques. Par conséquent, un désalignement de la tache focale n'influe pas significativement sur le transfert thermique. Par exemple, dans la figure 2, sept éléments 11 ou sous-cibles sont éclairés par la tache focale du faisceau laser (les éléments 11 non éclairés n'étant pas chauffés, du fait de la présence des pontets 12 qui limite la conduction thermique). Un désalignement de cette tache focale ferait que celle-ci illuminerait encore l'équivalent de sept sous-cibles. Ainsi, même en cas de désalignement optique, la composition pyrotechnique serait échauffée de la même manière. Dans la figure 3, on a huit éléments qui sont éclairés et, même en cas de désalignement axial ou angulaire du faisceau laser, huit sous-cibles restent toujours illuminées.

REFERENCES CITEES

[1] EP 2 508 838 A 1

[2] EP 1742 009 A 1

[3] FR 2 831 659 A 1

REVENDICATIONS

1. Initiateur optique (1) d'une charge pyrotechnique (4), comprend :

- un corps (2) présentant une cavité (3), dans laquelle est située la charge pyrotechnique (4), ainsi qu'un moyen d'allumage de cette charge par absorption d'un rayonnement laser, ledit moyen d'allumage étant placé au contact de la charge (4) ;

- une source de rayonnement laser ;

- une fibre optique (6) pour guider un rayonnement laser de la source vers le moyen d'allumage ;

et caractérisé en ce que le moyen d'allumage est une plaque métallique (5), la plaque métallique et la source de rayonnement laser étant adaptées pour qu'un rayonnement laser issu de la source de rayonnement laser soit absorbé par la plaque métallique et converti en énergie thermique, de sorte que la conduction thermique de cette énergie thermique de la plaque métallique à la charge pyrotechnique provoque l'allumage de la charge pyrotechnique.

2. Initiateur optique selon la revendication 1, dans lequel la plaque présente une pluralité de perforations (10).

3. Initiateur optique selon la revendication 2, dans lequel les perforations (10) sont agencées de manière périodique, pour définir, dans la plaque métallique, une pluralité d'éléments (11) identiques reliés entre eux par des pontets (12).

4. Initiateur optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la plaque métallique (5) est en un métal choisi parmi le platine, l'or, le tungstène ou en un alliage d'au moins deux de ces métaux.

5. Initiateur optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre une optique de focalisation du rayonnement laser, qui est intercalée entre une première extrémité (8) de la fibre optique et le moyen d'allumage,

l'autre extrémité (9) de la fibre optique étant raccordée à la source de rayonnement laser, cette optique de focalisation étant choisie parmi une lentille sphérique et une lentille cylindrique.

5 6. Initiateur optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la plaque (5) a une épaisseur comprise entre 0,02 mm et 0,1 mm.

 7. Initiateur optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la plaque (5) est recouverte d'un revêtement dichroïque.

10

 8. Initiateur optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la source laser émet un rayonnement ultra-violet.

1 / 2

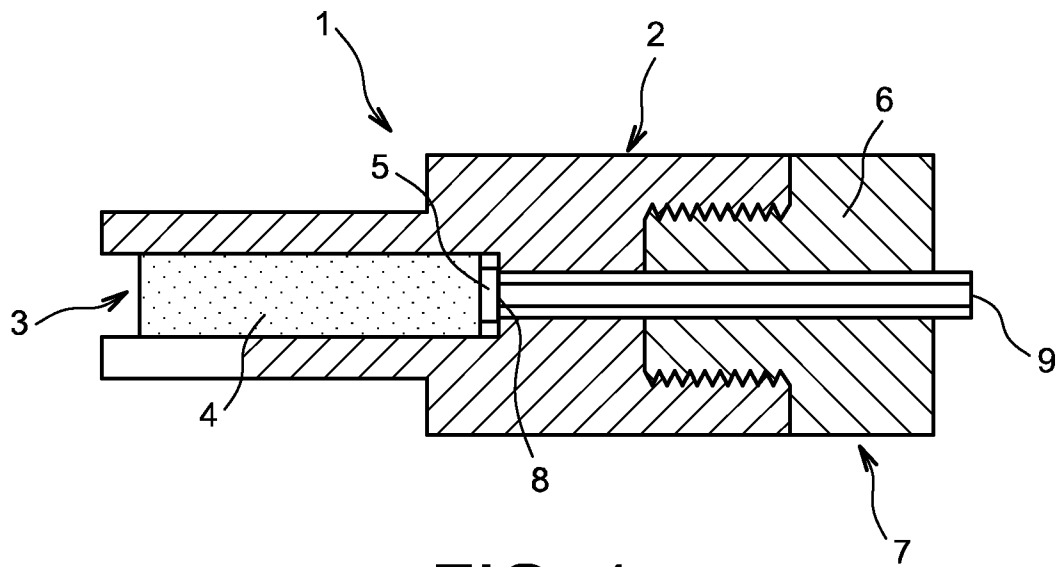


FIG. 1

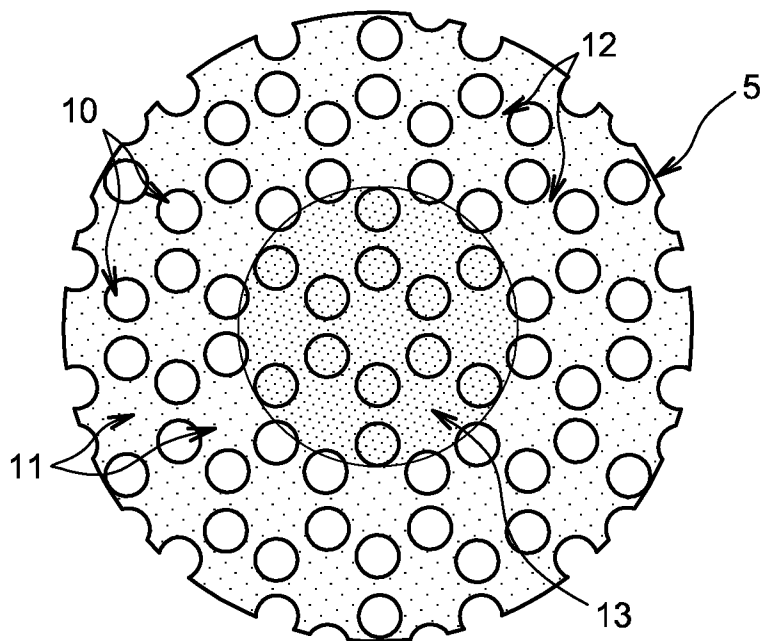


FIG. 2

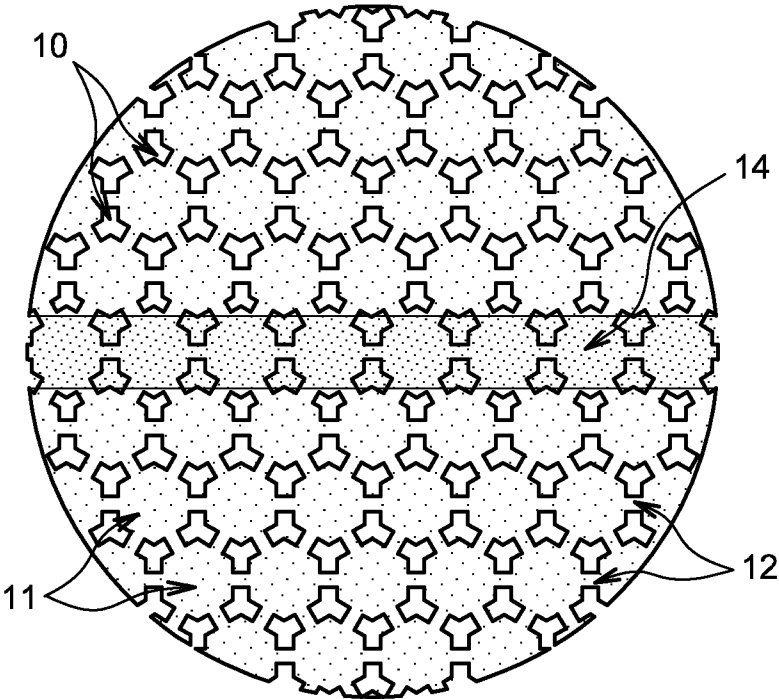


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F42B3/113
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification System followed by classification symbols)
F42B C06C F42C C05C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 812 783 A (YANG L ET AL) 28 May 1974 (1974-05-28)	1,6-8
Y	abstract column 1, lines 1-16 column 1, lines 38-44 column 2, lines 49-53 column 2, lines 57-64 column 3, lines 24-29 column 3, lines 34-50 column 3, lines 55-64 column 4, lines 34-37 column 4, lines 47-55 figures 1,3	2-5
Y	US 2009/151584 A1 (DESAI AMISH [US]) 18 June 2009 (2009-06-18) abstract paragraphs [0077] - [0078] ; figure 3 ----- -/- .	2,3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Spécial catégories de cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 June 2014

Date of mailing of the international search report

13/06/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lahousse, Alexandre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059261

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 742 009 AI (SAINT LOUIS INST [FR]) 10 January 2007 (2007-01-10) abstract paragraph [0012] paragraph [0014] figures 1-3 -----	4
Y	EP 1 306 643 AI (I S L INST FRANCO ALLEMAND DE [FR] SAINT LOUIS INST [FR]) 2 May 2003 (2003-05-02) abstract paragraphs [0025] - [0026] paragraph [0027] paragraphs [0033] - [0034] paragraph [0050] figures 2-3 -----	5
A	W0 98/05918 AI (DYNAMIT NOBEL AG [DE] ; HAGEL RAINER [DE] ; KRAUSE BERND [DE] ; REDECKER) 12 February 1998 (1998-02-12) abstract page 12, paragraph 3-4 figures 2-12 -----	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/059261

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3812783	A	28-05-1974	NONE
US 2009151584	A l	18-06-2009	NONE
EP 1742009	A l	10-01-2007	AT 542101 T 15-02-2012 CA 2542472 A l 05-01-2007 DE 06002905 T l 09-08-2007 EP 1742009 A l 10-01-2007 ES 2279741 T l 01-09-2007 FR 2888234 A l 12-01-2007 US 2007113941 A l 24-05-2007
EP 1306643	A l	02-05-2003	DE 02292357 T l 15-04-2004 EP 1306643 A l 02-05-2003 FR 2831659 A l 02-05-2003 US 2006096484 A l 11-05-2006
WO 9805918	A l	12-02-1998	AT 208486 T 15-11-2001 EP 0916068 A l 19-05-1999 WO 9805918 A l 12-02-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/059261

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F42B3/113 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F42B C06C F42C C05C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal , WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 3 812 783 A (YANG L ET AL) 28 mai 1974 (1974-05-28) abrégé colonne 1, ligne 1-16 colonne 1, ligne 38-44 colonne 2, ligne 49-53 colonne 2, ligne 57-64 colonne 3, ligne 24-29 colonne 3, ligne 34-50 colonne 3, ligne 55-64 colonne 4, ligne 34-37 colonne 4, ligne 47-55 figures 1,3	1,6-8 2-5
Y	US 2009/151584 AI (DESAI AMISH [US]) 18 juin 2009 (2009-06-18) abrégé alinéas [0077] - [0078] ; figure 3 ----- -/-	2,3
☒ 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 international 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 international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "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 internationale a été effectivement achevée 4 juin 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 13/06/2014
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lahousse, Alexandre

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 1 742 009 AI (SAINT LOUIS INST [FR]) 10 janvi er 2007 (2007-01-10) abrégé alinéa [0012] alinéa [0014] figures 1-3 -----	4
Y	EP 1 306 643 AI (I S L INST FRANCO ALLEMAND DE [FR] SAINT LOUIS INST [FR]) 2 mai 2003 (2003-05-02) abrégé alinéas [0025] - [0026] alinéa [0027] alinéas [0033] - [0034] alinéa [0050] figures 2-3 -----	5
A	Wo 98/05918 AI (DYNAMIT NOBEL AG [DE] ; HAGEL RAINER [DE] ; KRAUSE BERND [DE] ; REDECKER) 12 févri er 1998 (1998-02-12) abrégé page 12, alinéa 3-4 figures 2-12 -----	1-8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/059261

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3812783	A	28-05-1974	AUCUN	
US 2009151584	A l	18-06-2009	AUCUN	
EP 1742009	A l	10-01-2007	AT 542101 T	15-02-2012
			CA 2542472 A l	05-01-2007
			DE 06002905 T l	09-08-2007
			EP 1742009 A l	10-01-2007
			ES 2279741 T l	01-09-2007
			FR 2888234 A l	12-01-2007
			US 2007113941 A l	24-05-2007
EP 1306643	A l	02-05-2003	DE 02292357 T l	15-04-2004
			EP 1306643 A l	02-05-2003
			FR 2831659 A l	02-05-2003
			US 2006096484 A l	11-05-2006
WO 9805918	A l	12-02-1998	AT 208486 T	15-11-2001
			EP 0916068 A l	19-05-1999
			WO 9805918 A l	12-02-1998