



(11) **EP 1 742 009 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**18.01.2012 Bulletin 2012/03**

(51) Int Cl.:  
**F42B 3/113** <sup>(2006.01)</sup> **C06C 7/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**C06B 33/08** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **06002905.5**

(22) Date de dépôt: **14.02.2006**

(54) **Dispositif d'amorçage comprenant une composition explosive pour allumage thermique par source laser**

Zündvorrichtung, die eine Sprengstoffzusammensetzung zur thermischer Zündung mittels einer Läserquelle enthält

Ignition device comprising an explosive composition for thermal ignition using a laser source

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**

(30) Priorité: **05.07.2005 FR 0507158**

(43) Date de publication de la demande:  
**10.01.2007 Bulletin 2007/02**

(73) Titulaire: **Institut Franco-Allemand de Recherches  
de  
Saint-Louis  
68301 Saint-Louis Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Henry Moulard  
68301 Saint-Louis Cedex (FR)**  
• **Ritter, Auguste  
68128 Village Neuf (FR)**  
• **Brodbeck, Jean-Marie  
68510 Uffheim (FR)**

(74) Mandataire: **Schwabe - Sandmair - Marx  
Patentanwälte  
Stuntzstraße 16  
81677 München (DE)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 365 503 EP-A- 1 052 113  
EP-A- 1 306 643 EP-A- 1 481 802  
WO-A-00/11428 WO-A-99/00343  
WO-A-2005/057651 GB-A- 1 263 574  
US-A- 3 374 127 US-A- 3 528 864**

- **CHEMICAL ABSTRACTS**, vol. 112, no. 8, 19 février 1990 (1990-02-19), Columbus, Ohio, US; abstract no.: 59236r, M. BROCHIER: "Investigation of laser initiation of pyrotechnic substances" page 188 XP000155260 & Int. Annu. Conf. ICT. 1988, 19th (Combust. Detonation Phenom.), pages 78/1 - 78/15

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**EP 1 742 009 B1**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne l'utilisation d'une composition énergétique dans un détonateur optique (initiateur comportant un explosif) ou un inflammateur optique (initiateur comportant une composition pyrotechnique).

**[0002]** Les sources laser utilisées dans les détonateurs, notamment pour des applications militaires ou spatiales, doivent être robustes, de faible encombrement et à coût maîtrisé. Ces sources sont soit des lasers solides du type Nd-YAG (pour les applications militaires) qui délivrent une densité de puissance de l'ordre de  $3 \text{ MW.cm}^{-2}$ , soit des diodes laser en général de puissance de 1 W (pour les applications spatiales) qui délivrent une densité de puissance de l'ordre de  $20 \text{ kW.cm}^{-2}$ , ce qui est trop faible pour permettre un amorçage direct de la détonation d'explosif secondaire qui nécessite la délivrance d'une densité de puissance de l'ordre du  $\text{GW.cm}^{-2}$ .

**[0003]** Toutefois, ces densités de puissance délivrées permettent une élévation de température de l'explosif secondaire du premier étage du détonateur jusqu'à ce qu'il atteigne sa température de décomposition auto-entretenu à partir de laquelle la réaction de dégradation très vive qui s'en suit permet d'initier la détonation de l'explosif secondaire du second étage, soit par un processus de transition déflagration — détonation, soit par un processus de transition choc — détonation (selon la configuration du détonateur et les caractéristiques des explosifs secondaires utilisés). Cependant, comme les explosifs secondaires n'absorbent pas la lumière émise dans le proche infrarouge par les sources laser, la composition énergétique disposée dans le premier étage du détonateur est un mélange comprenant l'explosif secondaire et de la poudre de noir de carbone qui est utilisé comme dopant optique (il absorbe le rayonnement émis par les sources laser et transmet à l'explosif secondaire l'énergie thermique nécessaire pour qu'il atteigne sa température critique).

**[0004]** Cependant, pour les applications impliquant que le détonateur soit soumis à des conditions climatiques extrêmes, l'efficacité du noir de carbone est considérablement diminuée. La validation d'un détonateur pour une telle application nécessite la réalisation de tests après qu'un cycle thermique qui correspond au cycle subi en relation avec cette application lui ait été imposé. Ainsi, par exemple pour le domaine spatial, le cycle thermique imposé correspond à une montée à une température de  $100^\circ\text{C}$  maintenue pendant 5 heures puis à un refroidissement à température ambiante. Or après un tel cycle, quand la source laser utilisée est une diode laser, même lorsque cette dernière est utilisée à sa puissance maximale de 1 W, l'amorçage de l'explosif secondaire mélangé avec 1% massique de noir de carbone n'a pas lieu alors qu'une puissance de 0,1 W suffit si le détonateur n'a pas subi ce cycle.

**[0005]** Une première solution palliant l'inconvénient relatif à la nécessité d'avoir une source laser puissante

pour pouvoir amorcer un détonateur soumis à des conditions climatiques sévères a été décrite dans la demande FR 2 831 659 et consiste à introduire dans le premier étage du détonateur, entre l'explosif secondaire et l'interface optique de focalisation, une composition pyrotechnique redox qui, absorbant dans l'infrarouge, est le siège d'une réaction d'oxydoréduction dégageant l'énergie thermique nécessaire pour l'amorçage de l'explosif secondaire. Cependant, en général, la composition pyrotechnique utilisée (composition ZPP) est très sensible à la friction et aux décharges électrostatiques.

**[0006]** De même, dans le domaine des inflammateurs optiques, afin d'avoir une fiabilité dans l'amorçage de la composition pyrotechnique redox quand la source laser utilisée est une diode laser (notamment de 1 W), il est nécessaire d'utiliser des compositions pyrotechniques dont l'agent réducteur présente une très fine granulométrie (typiquement entre 1 et  $2 \mu\text{m}$ ). Cependant cette granulométrie confère à la composition pyrotechnique redox une extrême sensibilité à la friction et aux décharges électrostatiques, ce qui rend sa fabrication et sa manipulation dangereuses.

**[0007]** La présente invention vise à permettre l'amorçage d'un initiateur optique (détonateur ou inflammateur) par une source laser de faible puissance, sans avoir les inconvénients précités des initiateurs de l'art antérieur.

**[0008]** Selon l'invention, l'initiateur comprend une composition énergétique formée d'un mélange comprenant au moins un explosif secondaire et un métal se présentant sous forme de poudre, ce métal agissant comme dopant optique.

**[0009]** Une telle composition permet d'avoir un amorçage de la composition principale de l'initiateur (explosif secondaire dans le cas d'un détonateur, composition pyrotechnique dans le cas d'un inflammateur) même avec une source laser de faible puissance, par exemple avec une diode laser d'une puissance de 1 W, et ceci en réduisant les risques liés à la manipulation de la composition principale.

**[0010]** D'autres avantages et particularités de la présente invention apparaîtront dans les modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par les dessins mis en annexe.

La figure 1 est une vue en coupe d'un détonateur optique dont la cavité du premier étage comprend une composition énergétique utilisée dans la présente invention qui forme la composition principale du détonateur,

La figure 2 est une vue en coupe d'un détonateur optique dont la cavité du premier étage comprend une composition énergétique utilisée dans la présente invention et une composition principale formée par un explosif secondaire, et

La figure 3 est une vue en coupe d'un inflammateur optique dont la cavité comprend une composition énergétique utilisée dans la présente invention et une composition principale formée par une compo-

sition pyrotechnique.

**[0011]** La composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention est formée d'un mélange comprenant au moins un explosif secondaire et un métal qui se présente sous forme de poudre et agissant comme un dopant optique.

**[0012]** Comme on peut le voir aux figures 1 à 3, en utilisation, la composition énergétique 1 est disposée dans une cavité d'un initiateur optique 2,3 et elle est en contact avec une interface optique de focalisation 4 qui obture cette cavité et qui permet de transmettre à la composition énergétique 1 le rayonnement infrarouge émis par une source de rayonnement laser et transmis de la source à l'interface optique de focalisation 4 par une fibre optique 5 qui est raccordée par une première extrémité à la source de rayonnement laser, et par sa deuxième extrémité à l'interface optique de focalisation 4.

**[0013]** Le métal utilisé possède la propriété d'absorber la lumière infrarouge émise par la source laser et, du fait qu'il soit intimement mélangé de façon homogène avec l'explosif secondaire, il transmet à ce dernier, par conduction thermique, la chaleur qu'il a accumulée, ce qui permet ainsi l'amorçage de la réaction de l'explosif secondaire.

**[0014]** De préférence, afin d'avoir un chauffage efficace de l'explosif secondaire par le métal, ce dernier a une diffusivité thermique au moins égale à  $10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , et de préférence au moins égale à  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , voire au moins égale à  $9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , la diffusivité thermique étant définie par le rapport de la conductivité thermique sur le produit de la capacité calorifique par la masse volumique du métal considéré. Ainsi, le métal utilisé peut être de l'aluminium ( $9,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), un alliage d'aluminium (Al2024 « dural » avec une diffusivité de  $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), du tungstène ( $6,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), du cuivre ( $11,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), du magnésium ou un alliage de magnésium ( $11,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), voire du nickel, du zirconium ou du titane. L'aluminium est préféré vu la valeur de sa diffusivité thermique et son faible coût.

**[0015]** Le métal étant utilisé pour ses propriétés physiques d'absorption de la lumière infrarouge et de transfert thermique, et non pour ses propriétés chimiques (comme dans les explosifs aluminisés), une faible quantité suffit. Il représente ainsi au plus 10% massique de la composition énergétique 1, de préférence au plus 5% massique, voire de l'ordre de 1% massique. Plus la teneur en métal est importante plus le temps d'initiation de la composition énergétique 1 est court, cependant, au-delà de 5% massique, pour les applications où un temps d'initiation très court n'est pas nécessaire, la composition énergétique 1 devient inutilement sensible aux épreuves standard de sécurité (impact, friction, décharges électrostatiques).

**[0016]** L'explosif secondaire utilisé dans la composition énergétique 1 peut être, par exemple, de l'octogène, de l'hexogène ou de l'hexanitrostilbène. Cette composition énergétique 1 peut comprendre plusieurs explosifs

secondaires, par exemple de l'octogène avec de l'hexanitrostilbène, ce dernier ayant la propriété d'avoir une sensibilité à la friction relativement faible.

**[0017]** Il est par ailleurs préférable d'avoir une grande surface spécifique de contact entre l'explosif secondaire et le métal afin d'avoir de grandes vitesses de montée en température de l'explosif secondaire, et donc d'avoir un temps de réaction de l'initiateur optique 2,3 court et reproductible. Ainsi, l'explosif secondaire est de préférence une poudre dont la granulométrie est inférieure à  $6 \mu\text{m}$  (de préférence inférieure à  $3 \mu\text{m}$ ). De même, le métal est finement divisé et sa granulométrie moyenne est inférieure à  $6 \mu\text{m}$ , et de préférence inférieure à  $2 \mu\text{m}$ , voire à  $1 \mu\text{m}$ , ce qui correspond à la longueur d'onde de la lumière laser émise.

**[0018]** Egalement afin de réduire le temps de fonctionnement de l'initiateur 2,3 (ainsi que de réduire le seuil nécessaire de la densité de puissance délivrée par la source laser pour initier la décomposition de la composition énergétique 1), la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention est comprimée dans la cavité à une densité de chargement élevée, de préférence supérieure à 80% de la densité maximum théorique associée à la composition 1.

**[0019]** Afin de faciliter l'opération de mélange de la composition énergétique 1, il est préférable qu'elle soit réalisée mécaniquement par voie humide en ajoutant un agent dispersant qui permet d'éviter la création d'agglomérats (par exemple de l'isopropanol) et qui sera éliminé ensuite par séchage.

**[0020]** Il est également possible que la composition énergétique 1 comprenne un liant polymérique inerte ou de la cire (représentant, de préférence, au plus 5% massique de la composition) afin de réduire sa sensibilité lors des épreuves standard de sécurité aux agressions mécaniques. Il est également possible d'ajouter du graphite pour bénéficier de ses propriétés lubrifiantes et aussi accroître la sécurité de mise en oeuvre de la composition énergétique 1. En outre, le mélange de l'explosif secondaire avec le métal doit être particulièrement homogène afin d'assurer la fiabilité d'amorçage et de rendre reproductible le temps de réaction de l'initiateur optique 2,3. Ceci est d'autant plus vrai que la région efficace de la cavité dans laquelle peut se produire l'absorption du rayonnement par le métal est très limitée : le diamètre de la tache laser en sortie de l'interface optique de focalisation 4 est voisin du diamètre de la fibre optique 5 (le diamètre peut être réduit à  $50 \mu\text{m}$ ) et l'épaisseur d'absorption est du même ordre de grandeur.

**[0021]** Les figures 1 et 2 illustrent l'emploi d'une telle composition énergétique 1 dans un détonateur optique 2. De façon classique un détonateur optique 2 est à deux étages : la source laser initie par chauffage une composition énergétique principale (une composition comprenant essentiellement un explosif secondaire ou un mélange d'explosifs secondaires) disposée dans la cavité 10 du premier étage dont la réaction de dégradation très vive qui s'en suit permet d'initier la détonation d'un ex-

plosif secondaire 6 disposé dans la cavité 11 du second étage, soit par un processus de transition déflagration — détonation, soit par un processus de transition choc — détonation (selon la configuration du détonateur 2 et les caractéristiques des explosifs secondaires utilisés dans les premier et second étages).

**[0022]** La figure 1 illustre un détonateur 2 dans lequel la composition énergétique principale est formée par la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention.

**[0023]** Des essais ont été réalisés en utilisant comme source laser une diode 1 W reliée à l'interface optique 4 par une fibre optique 5 de diamètre de 62,5  $\mu\text{m}$  afin de valider la composition 1 utilisée dans la présente invention pour les applications spatiales où le critère décisif est le niveau du seuil d'allumage (vu l'importance de l'économie d'énergie dans ce domaine). Dans ces essais, la composition 1 a été chargée dans la cavité du premier étage à une densité voisine de 1,7  $\text{g.cm}^{-3}$ , et le détonateur 2 a subi un cycle thermique de 5 heures à 100°C suivi d'un refroidissement à température ambiante. Dans un premier détonateur, la composition 1 comportait de l'octogène ayant une granulométrie moyenne de 2,5  $\mu\text{m}$  et 1 % massique d'aluminium ayant une granulométrie moyenne de 5  $\mu\text{m}$  ; et dans un second détonateur, la composition 1 comportait de l'octogène ayant une granulométrie moyenne de 2,5  $\mu\text{m}$  et 1% massique d'aluminium ayant une granulométrie moyenne de 160 nm. Pour les deux essais, le seuil d'allumage a été de 110 mW. Ces essais démontrent l'efficacité de l'aluminium finement divisé comme dopant optique, même dans des faibles proportions massiques. Ce seuil d'allumage très faible permet d'avoir une importante marge de fonctionnement pour un allumage fiable, la diode pouvant délivrer 1 W.

**[0024]** Des essais ont également été réalisés en utilisant une source laser solide Nd-YAG compacte capable de délivrer une densité de puissance de 3  $\text{MW.cm}^{-2}$  (100 fois supérieure à la diode laser 1 W) afin de valider la composition 1 utilisée dans la présente invention pour les domaines militaires où le critère décisif est le temps de réponse du détonateur et sa reproductibilité (afin de permettre un amorçage séquencé de plusieurs têtes militaires). La source laser utilisée dans de telles applications peut être un laser solide délivrant suffisamment d'énergie pour que le seuil d'allumage ne pose pas de problème. Pour ces essais la composition 1 a été chargée dans la cavité du premier étage à une densité voisine de 1,7  $\text{g.cm}^{-3}$ , et le détonateur a subi un cycle thermique de 5 heures à 100°C suivi d'un refroidissement à température ambiante. Dans un premier détonateur, la composition 1 comportait de l'octogène ayant une granulométrie moyenne de 2,5  $\mu\text{m}$  et 1% massique d'aluminium ayant une granulométrie moyenne de 5  $\mu\text{m}$  ; et dans un second détonateur, la composition comportait de l'octogène ayant une granulométrie moyenne de 2,5  $\mu\text{m}$  et 1% massique d'aluminium ayant une granulométrie moyenne de 160 nm. Pour le premier essai, la dispersion du temps

de réponse est d'environ 10  $\mu\text{s}$  (à comparer avec les 30  $\mu\text{s}$  pour une composition énergétique comportant un explosif secondaire mélangé à du noir de carbone), et pour le second essai, la dispersion est inférieure à 2  $\mu\text{s}$ , le temps de fonctionnement du détonateur étant de 41  $\mu\text{s}$ . Ainsi, pour satisfaire aux exigences de reproductibilité du temps de fonctionnement, il est nécessaire que l'aluminium ait une granulométrie inférieure (ou très légèrement supérieure) à 1  $\mu\text{m}$ .

**[0025]** La figure 2 illustre un détonateur 2 dans lequel la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention est disposée sous la forme d'une fine couche entre l'interface optique de focalisation 4 et une composition énergétique principale 7 (une composition comprenant essentiellement un explosif secondaire - octogène, hexogène, hexanitrostilbène... - ou un mélange d'explosifs secondaires, sans dopant optique) qui est disposée dans la même cavité 10 que la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention, l'énergie libérée par la dégradation de la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention permettant d'initier la composition énergétique principale 7.

**[0026]** Les bons résultats donnés par ce mode de réalisation particulier sont une conséquence de la faible épaisseur de la région efficace de la cavité. Cela permet d'économiser le coût présenté par la mise en oeuvre de la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention. Cela permet également d'utiliser comme explosif secondaire dans la composition énergétique principale 7 un explosif très insensible à l'allumage laser et de haute sécurité, comme par exemple l'hexanitrostilbène ou d'autres explosifs secondaires à très haute température de décomposition.

**[0027]** La figure 3 illustre l'emploi d'une composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention dans un inflammateur optique 3. De façon classique un inflammateur optique 3 est à un étage : la source laser initie par chauffage une composition énergétique principale (une composition comprenant essentiellement une composition pyrotechnique redox) disposée dans la cavité 12 de l'inflammateur 3 dont la réaction de combustion libère de la chaleur sous forme de rayonnement, de particules solides chaudes et d'un peu de gaz chaud, ce qui permet la combustion d'une composition externe (une poudre propulsive chargée à l'intérieur du corps d'un pyromécanisme tel qu'un actionneur, un vérin..., ou un bloc de propergol solide chargé à l'intérieur de la coque d'un moteur fusée).

**[0028]** La figure 3 illustre un inflammateur 3 dans lequel la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention est disposée sous la forme d'une fine couche entre l'interface optique de focalisation 4 et une composition énergétique principale 8 (une composition comprenant essentiellement une composition pyrotechnique) qui est disposée dans la même cavité 12 que la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention, l'énergie libérée par la dégradation de la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention

permettant d'initier la composition énergétique principale 8.

**[0029]** La composition pyrotechnique 8 (un mélange d'un agent réducteur finement divisé avec un oxydant minéral) peut être, par exemple, la composition ZPP (essentiellement un mélange de zirconium et de perchlorate de potassium) ou la composition BNP (essentiellement un mélange de bore et de nitrate de potassium).

**[0030]** Du fait que la composition énergétique 1 utilisée dans la présente invention présente une très faible sensibilité à la friction et aux décharges électrostatiques, il est possible d'utiliser des compositions pyrotechniques 8 de sécurité, c'est à dire ayant des sensibilités à la friction et aux décharges électrostatiques réduites. Une telle composition pyrotechnique principale 8 peut être, par exemple, la BNP ou encore une ZPP optimisée pour être de sécurité (zirconium de granulométrie plus importante).

## Revendications

1. Initiateur optique (2,3) comprenant une fibre optique (5) qui est raccordée par une première extrémité à une source de rayonnement laser et par une deuxième extrémité à une interface optique de focalisation (4) obturant une cavité dans laquelle est disposée une composition énergétique (1) qui est en contact avec l'interface (4), et qui est formée d'un mélange comprenant au moins un explosif secondaire et un dopant optique se présentant sous forme de poudre, **caractérisé en ce que** le dopant optique est un métal et **en ce que** la source de rayonnement laser est capable de générer une faible densité de puissance comme une diode laser pouvant délivrer 1W, permettant l'initiation faible de la composition énergétique (1) après avoir subi des cycles thermiques.
2. Initiateur optique (2,3) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le métal a une diffusivité thermique au moins égale à  $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , et de préférence au moins égale à  $5.10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , voire au moins égale à  $9.10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .
3. Initiateur optique (2,3) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le métal est de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, ou du tungstène, ou du cuivre, ou du magnésium, ou un alliage de magnésium.
4. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le métal a une granulométrie moyenne inférieure à  $6 \mu\text{m}$ , et de préférence inférieure à  $2 \mu\text{m}$ , voire à  $1 \mu\text{m}$ .
5. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le métal représente au plus 10% massique de la composition, de

préférence au plus 5% massique, voire de l'ordre de 1% massique.

6. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'explosif secondaire est de l'octogène ou de l'hexogène ou de l'hexanitrostilbène.
7. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le mélange comprend au moins deux explosifs secondaires dont l'hexanitrostilbène.
8. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'explosif secondaire est une poudre dont la granulométrie est inférieure à  $3 \mu\text{m}$ .
9. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la composition énergétique (1) dopée optiquement par un métal est comprimée à une densité de chargement supérieure à 80% de sa densité maximum théorique.
10. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'il** forme un détonateur optique (2), la composition énergétique (1) dopée optiquement par un métal étant la composition énergétique principale du premier étage du détonateur (2).
11. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'il** forme un détonateur optique (2), la composition énergétique (1) dopée optiquement par un métal étant disposée entre l'interface optique de focalisation (4) et une composition énergétique principale (7) qui comprend essentiellement un explosif secondaire et qui est disposée dans la même cavité que la composition énergétique (1) dopée.
12. Initiateur optique (2,3) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'il** forme un inflammateur optique (3), la composition énergétique (1) dopée optiquement par un métal étant disposée entre l'interface optique de focalisation (4) et une composition énergétique principale (8) qui comprend essentiellement une composition pyrotechnique et qui est disposée dans la même cavité que la composition énergétique (1) dopée.

## Claims

1. Optical initiator (2, 3) comprising an optical fibre (5) that is connected by a first end to a laser radiation source and by second end to an optical focussing interface (4) closing off a cavity in which there is dis-

- posed an energetic composition (4) that is in contact with the interface (4) and is formed from a mixture comprising at least one secondary explosive and an optical dopant in the form of powder, **characterised in that** the optical dopant is a metal and **in that** the laser radiation source is capable of generating a low power density such as a laser diode able to deliver 1 W, allowing the weak initiation of the energetic composition (1) after having undergone thermal cycles.
2. Optical initiator (2, 3) according to claim 1, **characterised in that** the metal has a thermal diffusivity of at least  $10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , and preferably at least  $5 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , or even at least  $9 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .
  3. Optical initiator (2, 3) according to claim 1 or 2, **characterised in that** the metal is aluminium or an aluminium alloy, or tungsten, or copper, or magnesium, or a magnesium alloy.
  4. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the metal has a mean granulometry of less than  $6 \mu\text{m}$ , and preferably less than  $2 \mu\text{m}$ , or even less than  $1 \mu\text{m}$ .
  5. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the metal represents no more than 10% by weight of the composition, preferably no more than 5% by weight, or even around 1% by weight.
  6. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the secondary explosive is octogen or hexogen or hexanitrostilbene.
  7. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the mixture comprises at least two secondary explosives including hexanitrostilbene.
  8. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the secondary explosive is a powder the granulometry of which is less than  $3 \mu\text{m}$ .
  9. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the energetic composition (1) optically doped by a metal is compressed at a loading density greater than 80% of its theoretical maximum density.
  10. Optical initiator (2, 3) according to claims 1 to 9, **characterised in that** it is formed by an optical detonator (2), the energetic composition (1) optically doped by a metal being the principal energetic composition of the first stage of the detonator (2).
  11. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** it forms an optical detonator (2), the energetic composition (1) optically doped by a metal being disposed between the optical focussing interface (4) and a principal energetic composition (7) that comprises essentially a secondary explosive and is disposed in the same cavity as the doped energetic composition (1).
  12. Optical initiator (2, 3) according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** it forms an optical igniter (3), the energetic composition (1) optically doped by a metal being disposed between the optical focussing interface (4) and a principal energetic composition (8) that comprises essentially a pyrotechnic composition and is disposed in the same cavity as the doped energetic composition (1).
- ## Patentansprüche
1. Optischer Zünder (2, 3), der eine Lichtleitfaser (5) umfasst, die mit einem ersten Ende mit einer Laserstrahlungsquelle und mit einem zweiten Ende mit einer optischen Fokussierungsgrenzfläche (4) verbunden ist, die einen Hohlraum verschließt, in dem eine energetische Zusammensetzung (1) angeordnet ist, die mit der Grenzfläche (4) in Kontakt ist und die aus einem Gemisch gebildet ist, das wenigstens einen sekundären Sprengstoff und einen optischen Dotierstoff, der in Form eines Pulvers vorliegt, enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** der optische Dotierstoff ein Metall ist und dass die Laserstrahlungsquelle eine geringe Leistungsdichte wie eine Lasodiode, die 1 W liefern kann, erzeugen kann, was die zuverlässige Zündung der energetischen Zusammensetzung (1) ermöglicht, nachdem thermische Zyklen durchlaufen worden sind.
  2. Optischer Zünder (2, 3), nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall eine Wärmedifusivität, die wenigstens gleich  $10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ist und vorzugsweise wenigstens gleich  $5 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , sogar wenigstens gleich  $9 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ist.
  3. Optischer Zünder (2, 3) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung oder Wolfram oder Kupfer oder Magnesium oder eine Magnesiumlegierung ist.
  4. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall eine mittlere Körnigkeit von weniger als  $6 \mu\text{m}$  und vorzugsweise weniger als  $2 \mu\text{m}$ , sogar weniger als  $1 \mu\text{m}$ , hat.
  5. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche

1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall höchstens 10 Massen-% der Zusammensetzung, vorzugsweise höchstens 5 Massen-%, sogar in der Größenordnung von 1 Massen-%, repräsentiert.

5

6. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sekundäre Sprengstoff Oktogen oder Hexogen oder Hexanitrostilben ist.

10

7. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gemisch wenigstens zwei sekundäre Sprengstoffe, wovon einer Hexanitrostilben ist, enthält.

15

8. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sekundäre Sprengstoff ein Pulver ist, dessen Körnigkeit kleiner als 3  $\mu\text{m}$  ist.

20

9. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch ein Metall optisch dotierte energetische Zusammensetzung (1) auf eine Ladungsdichte von mehr als 80 % seiner theoretischen maximalen Dichte komprimiert ist.

25

10. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen optischen Explosionszünder (2) bildet, wobei die durch ein Metall optisch dotierte energetische Zusammensetzung (1) eine energetische Hauptzusammensetzung der ersten Stufe des Explosionszünders (2) ist.

30

35

11. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen optischen Explosionszünder (2) bildet, wobei die durch ein Metall optisch dotierte energetische Zusammensetzung (1) zwischen der optischen Fokussierungsgrenzfläche (4) und einer energetischen Hauptzusammensetzung (7) angeordnet ist, die im Wesentlichen einen sekundären Sprengstoff enthält und der in demselben Hohlraum wie die dotierte energetische Zusammensetzung (1) angeordnet ist.

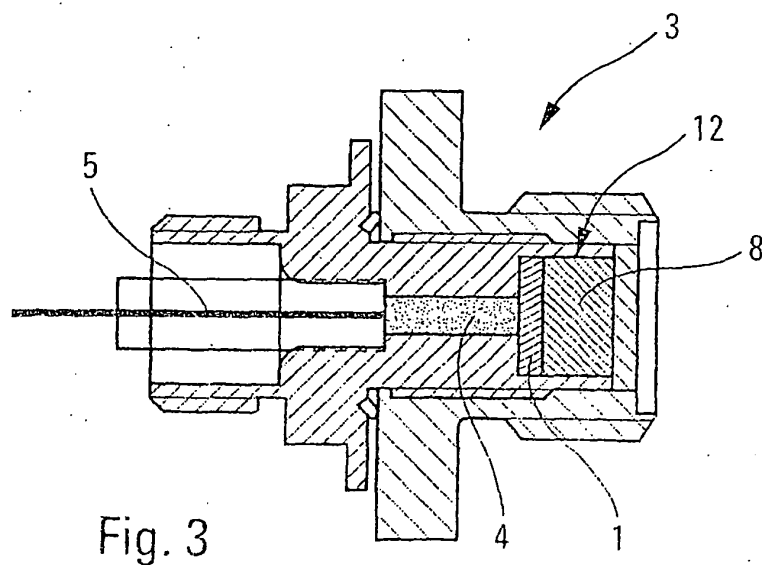
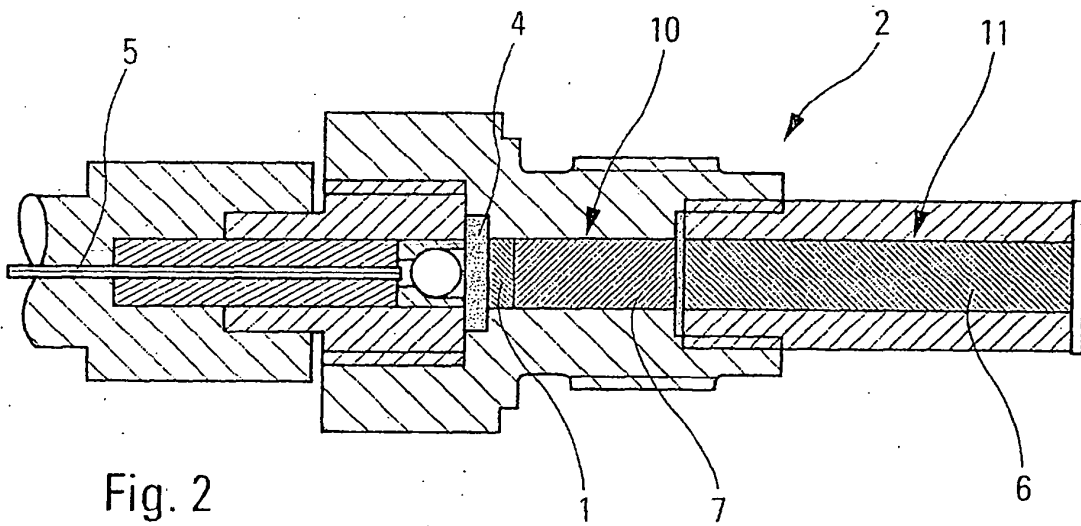
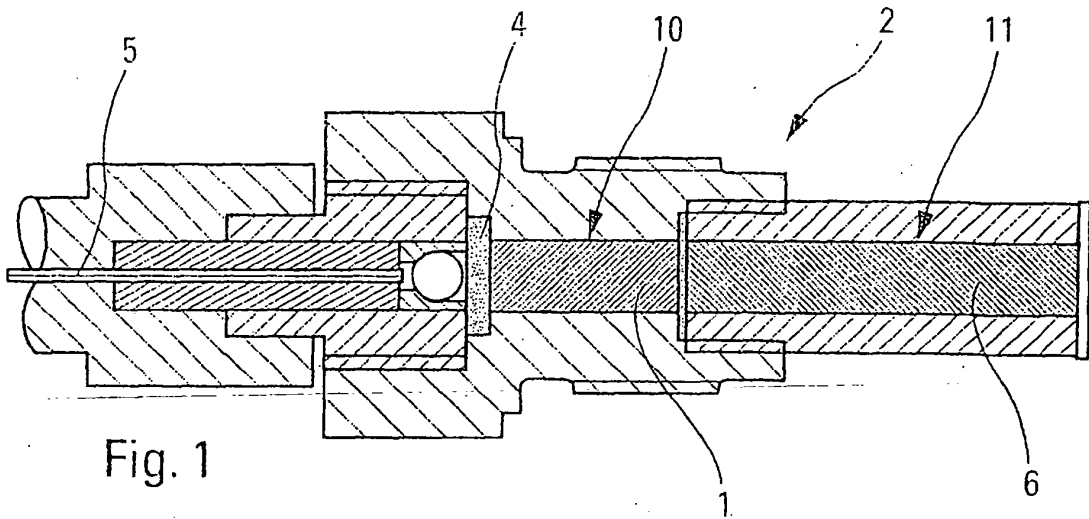
40

45

12. Optischer Zünder (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen optischen Sprengkapselzünder (3) bildet, wobei die mit einem Metall optisch dotierte energetische Zusammensetzung (1) zwischen der optischen Fokussierungsgrenzfläche (4) und einer energetischen Hauptzusammensetzung (8) angeordnet ist, die im Wesentlichen eine pyrotechnische Zusammensetzung enthält und in demselben Hohlraum wie die dotierte energetische Zusammensetzung (1) angeordnet ist.

50

55



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- FR 2831659 [0005]