

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 936 205 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.10.2002 Bulletin 2002/40

(51) Int Cl.7: **C06B 45/12**, C06B 45/10,
C06D 5/00, C06B 29/22

(21) Numéro de dépôt: **99400281.4**

(22) Date de dépôt: **08.02.1999**

(54) **Nouveaux matériaux pyrotechniques non détonables pour microsystèmes**

Nichtdetonierbare pyrotechnische Materialien für Mikrosysteme

Non-detonatable pyrotechnic materials for microsystems

(84) Etats contractants désignés:
CH DE FR GB IT LI NL SE

(30) Priorité: **10.02.1998 FR 9801538**

(43) Date de publication de la demande:
18.08.1999 Bulletin 1999/33

(73) Titulaire: **SNPE**
75181 Paris Cedex 04 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Finck, Bernard**
91100 Corbeil (FR)
• **Lefumeux, Alain**
97310 Kourou (FR)
• **Mahe, Bernard**
84700 Sorgues (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 208 983	WO-A-95/09824
WO-A-98/22719	FR-A- 2 737 289
GB-A- 1 283 691	GB-A- 2 296 248
US-A- 3 745 076	US-A- 3 791 892
US-A- 5 059 175	

- **CHEMICAL ABSTRACTS**, vol. 059, no. 5, 2 septembre 1963 Columbus, Ohio, US; abstract no. 4967b, TAKSAKI FUKADA ET AL.: "Influence of particle size of ammonium perchlorate on the burning characteristics of a composite propellant" XP002083113 & Intern. Symp. Rockets, Astronaut., Proc., 3rd 1961, pages 289-294
- **CHEMICAL ABSTRACTS**, vol. 118, no. 22, 31 mai 1993 Columbus, Ohio, US; abstract no. 215916u, SHEN, SHIN-MING ET AL.: "Thermal decomposition of cured GAP-AP propellants containing catocene" page 173; XP000408197 & THERMOCHIM. ACTA, vol. 216, 1993, pages 256-266,
- **CHEMICAL ABSTRACTS**, vol. 126, no. 21, 26 mai 1997 Columbus, Ohio, US; abstract no. 279774u, ZHANG, BAOYAN ET AL.: "Mechanical properties of thermoplastic polyurethane composites" page 861; XP000665445 & BINGGONG XUEBAO, HUOHUANGONG FENCE, vol. 19, no. 1, 1997, pages 16-19,

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 936 205 B1

Description

[0001] L'invention concerne des matériaux pyrotechniques non détonables d'épaisseur très mince ou de masse faible et dont la combustion s'auto-entretient après initiation ponctuelle par une faible énergie ainsi que leurs utilisations.

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne des matériaux pyrotechniques non détonables, d'épaisseur inférieure à 500 µm ou de masse inférieure à 15 mg, et capables de brûler après initiation ponctuelle par une puissance électrique comprise entre 150 mW et 800 mW, pendant un temps bref.

[0003] Ces nouveaux matériaux sont intégrables dans des microsystèmes et sont utiles en raison des gaz et/ou de la chaleur qu'ils dégagent comme actionneurs, par exemple en gonflant des membranes, en déclenchant des micro-vannes, en transférant des ordres dans des circuits logiques de transmission pyrotechnique, en provoquant la fusion dans des microfusibles de circuits de transmission électrique, en provoquant une micropropulsion ou en initiant l'allumage d'autres matériaux.

[0004] L'utilisation de matériaux pyrotechniques d'épaisseur inférieure à 500 µm ou de masse inférieure à 15 mg dans des microsystèmes fonctionnant à la pression atmosphérique, se heurte à plusieurs difficultés.

[0005] D'une part la puissance d'initiation qu'ils reçoivent dans ces microsystèmes est très faible et appliquée pendant un temps court.

[0006] D'autre part, une partie de l'énergie qui se forme au fur et à mesure de la combustion du matériau ne reste pas au sein de celui-ci en raison de sa faible épaisseur ou de sa faible masse, mais se dissipe dans le milieu ambiant. La combustion ne peut donc pas s'auto-entretenir. Le matériau pyrotechnique ne brûle pas complètement et le volume de gaz ou la chaleur souhaités ne peuvent pas être obtenus.

[0007] Lorsque les matériaux pyrotechniques sont utilisés dans des microsystèmes destinés au domaine médical, les résidus de la combustion doivent être inexistantes ou en quantité la plus faible possible, et ne pas être nocifs. De même, les gaz qui se dégagent doivent eux aussi être compatibles avec cette application.

[0008] Les compositions énergétiques doivent permettre d'obtenir des matériaux d'épaisseur très fine, tels que par exemple sous la forme de feuilles, films, rubans ou couches ou de masse très faible, par exemple sous forme de perles et la constitution des matériaux obtenus doit être homogène.

[0009] Il était donc important de trouver de nouveaux matériaux pyrotechniques ne présentant pas les désavantages précités et qui répondent aux exigences requises pour leur utilisation dans des microsystèmes fonctionnant à la pression atmosphérique ou à une pression voisine de celle-ci, et les nouvelles compositions pour les obtenir.

[0010] Un objet de la présente invention concerne donc les matériaux pyrotechniques non détonables, auto-combustibles à la pression atmosphérique ou à une pression voisine de celle-ci, comprenant un liant énergétique et du perchlorate d'ammonium, caractérisés en ce qu'ils ont une épaisseur inférieure à 500 µm ou une masse inférieure à 15 mg, qu'ils sont auto-combustibles après initiation ponctuelle par une puissance électrique P , telle que $150 \text{ mW} \leq P \leq 800 \text{ mW}$, pendant un temps t , tel que $20 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$, et qu'ils comprennent :

- de 25% à 80% en poids d'un liant énergétique à base de polyazoture de glycidyle (PAG), ou de poly-3,3-bis(azidométhyl)oxétane (BAMO), ou de polyester et d'au moins un plastifiant énergétique, ou de polyéther et d'au moins un plastifiant énergétique,
- de 10% à 70% en poids de perchlorate d'ammonium dont la dimension des grains est comprise entre 0,5 et 30 µm, et
- de 0% à 45% en poids d'au moins une nitramine.

[0011] Ces matériaux en raison de leur faible épaisseur ou de leur faible masse, de leur faculté d'être initiés par une très faible puissance et de s'auto-consumer en dégageant très rapidement une grande quantité de gaz et de chaleur, sont très utiles pour agir dans des microsystèmes fonctionnant à la pression atmosphérique ou à une pression voisine de celle-ci.

[0012] Ils peuvent se présenter sous une forme quelconque mais cette forme doit avoir selon une des réalisations, une épaisseur inférieure à 500 µm, de préférence inférieure ou égale à 300 µm. Ils peuvent par exemple être sous forme de films, de feuilles, de rubans ou de couches. L'épaisseur de ces films, feuilles, rubans, ou couches est généralement égale ou supérieure à 50 µm, de préférence égale ou supérieure à 100 µm.

[0013] Selon une autre réalisation, cette forme a une masse généralement inférieure à 15 mg, de préférence inférieure ou égale à 3 mg. Les matériaux peuvent être par exemple sous forme de perles. Généralement, la masse de ces matériaux est égale ou supérieure à 0,1 mg, de préférence égale ou supérieure à 0,2 mg.

[0014] Les composés qui forment les liants contenus dans les matériaux de la présente invention sont les composés connus habituellement utilisés dans le domaine pyrotechnique. Ils se trouvent dans le commerce ou ils se préparent selon des procédés connus.

[0015] En plus des composants principaux précédemment mentionnés qui forment le liant, on inclut également dans

celui-ci, les additifs habituels tels que notamment les catalyseurs de polymérisation et les réticulants.

[0016] Selon une variante de l'invention, les matériaux comprennent de 30% à 80%, de préférence de 40% à 60%, en poids du liant énergétique à base de PAG ou de BAMO et de 20% à 70%, de préférence de 40% à 60% en poids de perchlorate d'ammonium.

[0017] Le liant préféré, selon cette variante, est à base de polyazoture de glycidyle.

[0018] Selon une autre variante de l'invention les matériaux comprennent :

- de 25% à 70% en poids du liant énergétique à base de polyester ou de polyéther et d'au moins un plastifiant énergétique
- de 10% à 35% en poids de perchlorate d'ammonium, et
- de 0% à 45% en poids d'au moins une nitramine.

[0019] Comme exemples de polyesters et de polyéthers, on peut citer les polyadipates d'alkylèneglycol ou de polyalkylèneglycol et les polyalkylèneglycols.

[0020] Comme exemples de plastifiants énergétiques, on peut citer la nitroglycérine (Ngl), le trinitrate de butanetriol (BTTN), le trinitrate de triméthyloléthane (TMETN) et le dinitrate de triéthylèneglycol (TRENO). De préférence on utilise un mélange de plusieurs plastifiants.

[0021] Les liants à base de polyesters ou polyéthers et d'au moins un plastifiant énergétique représentent de préférence de 35% à 50% en poids des compositions.

[0022] Un liant à base de polyester qui convient bien comprend un polyadipate de diéthylèneglycol réticulé par un polyisocyanate tel que le tri(isocyanato-6-hexyl)bi-uret (BTHI).

[0023] Le plastifiant énergétique est de préférence un mélange de TMETN et de BTTN.

[0024] La quantité de perchlorate d'ammonium est dans ces matériaux de préférence de 20% à 32% en poids.

[0025] On peut également ajouter dans ces matériaux une autre charge énergétique qui est choisie parmi les composés appartenant à la classe des nitramines tel que par exemple l'octogène ou l'hexogène. Un mélange de plusieurs nitramines peut être utilisé.

[0026] La ou les nitramines représentent de préférence de 20% à 35% en poids de ces matériaux.

[0027] La dimension des grains de perchlorate dispersée dans les liants selon l'invention est importante afin d'obtenir les matériaux pyrotechniques qui possèdent les propriétés souhaitées. Cette dimension est de préférence choisie dans la gamme de 1 à 10 μm .

[0028] La puissance P de l'initiation ponctuelle que les matériaux peuvent recevoir est très faible. Elle est telle que $150 \text{ mW} \leq P \leq 800 \text{ mW}$. De préférence P est $\geq 300 \text{ mW}$. Elle doit être appliquée pendant un temps t, tel que $20 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$, de préférence $t \leq 125 \text{ ms}$. Cette condition ne signifie pas que chaque puissance P peut être appliquée pendant n'importe quel temps t compris dans cette fourchette pour initier le matériau, mais qu'il existe au moins un temps t compris dans cette fourchette permettant son initiation.

[0029] Par initiation ponctuelle, on entend une initiation réalisée sur une très faible surface du matériau, de l'ordre de 0,2 mm^2 , par exemple sur une surface de 0,1 mm x 2 mm.

[0030] La puissance nécessaire pour activer le matériau peut être apportée par divers moyens connus tels que par exemple par une minirésistance électrique ou par un faisceau laser.

[0031] L'inflammation ponctuelle du matériau pyrotechnique étant réalisée, la combustion se propage au travers du matériau très rapidement sans qu'aucun autre apport d'énergie soit nécessaire. Il se produit alors un grand dégagement de gaz et de chaleur.

[0032] Les principaux gaz qui se forment sont de l'hydrogène, de l'azote, de la vapeur d'eau, du gaz carbonique et/ou de l'oxyde de carbone.

[0033] Un autre objet de la présente invention concerne les compositions pour obtenir les matériaux tels que décrits précédemment. Elles comprennent les liants énergétiques, le perchlorate d'ammonium et éventuellement la ou les nitramines et les quantités de ces composants tels que mentionnés précédemment.

[0034] On peut également ajouter dans ces compositions les additifs habituels tels que plastifiants, stabilisants, pigments, solvants ou charges qui améliorent leurs mises en oeuvre ou les propriétés des matériaux.

[0035] Les différents composants sont mélangés selon des techniques connues, généralement par malaxage.

[0036] On peut obtenir les matériaux à partir de ces compositions au moyen de différentes techniques connues, par exemple en plaçant les compositions entre deux plaques ou dans un moule et en les faisant durcir sous l'effet de la chaleur ou en évaporant le solvant, ou par découpage dans un bloc durci de dimensions plus importantes, obtenu préalablement, ou bien en utilisant la technique de dépôt par sérigraphie suivi du durcissement.

[0037] Un autre objet de la présente invention concerne plusieurs utilisations des nouveaux matériaux pyrotechniques.

[0038] Ces utilisations sont très variées. Compte tenu des caractéristiques de ces matériaux, ils conviennent pour faire partie de microsystèmes comme microgénérateurs de gaz, micropropulseurs ou microgénérateurs de chaleur.

EP 0 936 205 B1

En particulier, ils sont utiles pour réaliser des systèmes de micropompes ou de microvannes. De tels microsystèmes se trouvent notamment dans des dispositifs pour administrer des médicaments par voie transdermique. Ils sont également utiles pour transférer des ordres dans des circuits logiques de transmission pyrotechnique, pour former des éléments de microfusibles de circuit de transmission électrique, pour servir d'initiateurs d'allumage ou pour former le chargement propulsif de micropropulseurs employés par exemple pour modifier le positionnement ou la trajectoire de satellites.

[0039] Les exemples qui suivent illustrent l'invention sans toutefois la limiter :

Exemple 1

[0040] On a préparé une composition avec les composés suivants :

	% en poids
PAG-diol de masse moléculaire 2000,	57
BTHI	9,5
Triacétine (plastifiant)	3,5
NH ₄ ClO ₄ (dimension des grains 1 µm)	30

[0041] Les composés ont été mélangés dans un malaxeur horizontal à 50°C pendant 3 heures.

[0042] Avec cette composition, on a formé un film de dimensions 2 mm x 2 mm et d'épaisseur 0,1 mm par polymérisation entre deux plaques métalliques.

[0043] On a ensuite initié le film avec une puissance de 400 mW appliquée sur une surface rectangulaire de 0,1 mm x 2 mm pendant 600 ms au moyen d'une minirésistance électrique. Il brûle alors très rapidement avec une flamme régulière.

Exemple 2

[0044] On a préparé une composition avec les composés suivants :

	% en poids
PAG-diol de masse moléculaire 2000,	40,76
BTHI	6,74
Triacétine (plastifiant)	2,5
Dibutyl-dilaurate d'étain (catalyseur)	50 ppm
NH ₄ ClO ₄ (dimension des grains 3 µm)	50

[0045] Les composés ont été mélangés dans un malaxeur horizontal à 50°C pendant 3 heures.

[0046] Avec cette composition, on a formé par polymérisation entre deux plaques métalliques un film de dimensions 2 mm x 2 mm et d'épaisseur 0,2 mm. On a initié le film avec une puissance de 800 mW appliquée sur une surface rectangulaire de 0,1 mm x 2 mm pendant un temps de 20 ms au moyen d'une minirésistance électrique. La température d'initiation est alors de 300°C. Le film brûle très rapidement à une vitesse de 2,3 mm/s.

[0047] La quantité de chaleur produite par la combustion est de 3654 kJ/g.

[0048] Les gaz qui se dégagent sont principalement de l'hydrogène, de l'azote et de l'oxyde de carbone.

Exemple 3

[0049] On a préparé une composition avec les composés suivants :

	% en poids
Polyadipate de diéthylène glycol de masse moléculaire 3800	8,33
Agent pontant	0,25
Nitro méthyl aniline (NMA)	0,05
Dinitro phényl amine (2-NDPA)	0,78

(suite)

	% en poids
TMETN	19,15
BTTN	4,78
BTHI	1,66
NH ₄ ClO ₄	32
Octogène	33

[0050] Les composés ont été mélangés dans un malaxeur horizontal à 50°C pendant 3 heures.

[0051] Le rendement gazeux théorique du matériau est de 0,6 l/g.

[0052] Les principaux gaz dégagés sont de l'oxyde de carbone, du gaz carbonique, de l'hydrogène, de l'azote et de la vapeur d'eau.

Revendications

1. Matériau pyrotechnique non détonable, auto-combustible à la pression atmosphérique ou à une pression voisine de celle-ci, comprenant un liant énergétique et du perchlorate d'ammonium, **caractérisé en ce qu'il** a une épaisseur inférieure à 500 µm ou une masse inférieure à 15 mg, qu'il est auto-combustible après initiation ponctuelle par une puissance électrique P, telle que $150 \text{ mW} \leq P \leq 800 \text{ mW}$, pendant un temps t, tel que $20 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$, et qu'il comprend :

- de 25% à 80% en poids d'un liant énergétique à base de polyazoture de glycidyle (PAG), ou de poly-3,3-bis (azidométhyl)oxétane (BAMO), ou de polyester et d'au moins un plastifiant énergétique, ou de polyéther et d'au moins un plastifiant énergétique,
- de 10% à 70% en poids de perchlorate d'ammonium dont la dimension des grains est comprise entre 0,5 et 30 µm, et
- de 0% à 45% en poids d'au moins une nitramine.

2. Matériau selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** a une épaisseur inférieure ou égale à 300 µm ou une masse inférieure ou égale à 3 mg.

3. Matériau selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- de 30% à 80% en poids du liant énergétique à base de PAG ou de BAMO, et
- de 20% à 70% en poids de perchlorate d'ammonium.

4. Matériau selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- de 25% à 70% en poids du liant énergétique à base de polyester ou de polyéther et d'au moins un plastifiant énergétique
- de 10% à 35% en poids de perchlorate d'ammonium, et
- de 0% à 45% en poids d'au moins une nitramine.

5. Matériau selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- de 40% à 60% en poids du liant énergétique à base de PAG ou de BAMO, et
- de 40% à 60% en poids de perchlorate d'ammonium.

6. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 et 5, **caractérisé en ce que** le liant énergétique est à base de PAG.

7. Matériau selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- de 35% à 50% en poids du liant à base de polyester ou de polyéther et d'au moins un plastifiant énergétique,
- de 20% à 32% en poids de perchlorate d'ammonium, et

- de 20% à 35% en poids d'au moins une nitramine.

8. Matériau selon la revendication 1, 2, 4 ou 7, **caractérisé en ce que** le polyester est choisi parmi les polyadipates d'alkylèneglycol ou de polyalkylèneglycol, le polyéther est choisi parmi les polyalkylèneglycols, le plastifiant énergétique est choisi dans le groupe constitué par la nitroglycérine, le trinitrate de butanetriol, le trinitrate de triméthyloléthane, le trinitrate de triéthylèneglycol et les mélanges de ces composés, la nitramine est l'octogène ou l'hexogène ou un mélange de ces composés.

9. Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la dimension des grains de perchlorate d'ammonium est choisie dans la gamme de 1 à 10 µm.

10. Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est sous forme de perles.

11. Composition énergétique non durcie pour réaliser un matériau conforme à l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce qu'elle** comprend les composés et les proportions de ceux-ci tels que mentionnés dans la revendication 5 ou 7.

12. Utilisation du matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 comme microgénérateur de gaz, micro-propulseur ou microgénérateur de chaleur.

Patentansprüche

1. Nicht detonierfähiges, pyrotechnisches Material, das bei Atmosphärendruck oder einem Druck in der Nähe von Atmosphärendruck selbst brennfähig ist und das einen energetischen Binder und Ammoniumperchlorat enthält, **dadurch gekennzeichnet, daß** es eine Dicke unter 500 µm und eine Masse unter 15 mg aufweist, daß es nach Punktzündung durch eine elektrische Leistung P, wie $150 \text{ mW} \leq P \leq 800 \text{ mW}$, während einer Zeitspanne t, wie $20 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$, selbst brennfähig ist und daß es enthält:

- 25 bis 80 Gew.-% eines energetischen Binders auf der Basis von Glycidylazidpolymer (GAP), von Poly-3,3-bis-(azidomethyl)-oxetan (BAMO), eines Polyesters und mindestens eines energetischen Weichmachers oder eines Polyethers und mindestens eines energetischen Weichmachers,
- 10 bis 70 Gew.-% Ammoniumperchlorat, wobei die Größe der Körner im Bereich von 0,5 bis 30 µm liegt, und
- 0,5 bis 45 Gew.-% mindestens eines Nitramins.

2. Material nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** es eine Dicke von höchstens 300 µm und eine Masse von höchstens 3 mg aufweist.

3. Material nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** es enthält:

- 30 bis 80 Gew.-% energetischen Binder auf der Basis von GAP oder BAMO, und
- 20 bis 70 Gew.-% Ammoniumperchlorat.

4. Material nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** es enthält:

- 25 bis 70 Gew.-% energetischen Binder auf der Basis eines Polyesters oder Polyethers und mindestens eines energetischen Binders,
- 10 bis 35 Gew.-% Ammoniumperchlorat, und
- 0 bis 45 Gew.-% mindestens eines Nitramins.

5. Material nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** es enthält:

- 40 bis 60 Gew.-% energetischen Binder auf der Basis von GAP oder BAMO, und
- 40 bis 60 Gew.-% Ammoniumperchlorat.

6. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der energetische Binder auf GAP basiert.

7. Material nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** es enthält:

- 35 bis 50 Gew.-% Binder auf der Basis eines Polyesters oder Polyethers und mindestens eines energetischen Weichmachers,
- 20 bis 32 Gew.-% Ammoniumperchlorat, und
- 20 bis 35 Gew.-% mindestens eines Nitramins.

8. Material nach Anspruch 1, 2, 4 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Polyester unter Alkylenglykolpolyadipaten oder Polyalkylenglykolpolyadipaten ausgewählt ist, der Polyether unter den Polyalkylenglykolen ausgewählt ist, der energetische Weichmacher unter Nitroglycerin, Butantrioltrinitrat, Trimethylolethantrinitrat, Triethylenglykoltrinitrat und den Gemischen dieser Verbindungen ausgewählt ist, und es sich bei dem Nitramin um das Oktogen oder das Hexogen oder ein Gemisch dieser Verbindungen handelt.

9. Material nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Größe der Körner des Ammoniumperchlorats im Bereich von 1 bis 10 µm ausgewählt ist.

10. Material nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** es in Form von Perlen vorliegt.

11. Nicht gehärtete, energetische Zusammensetzung zur Herstellung eines Materials nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie die Verbindungen und die Mengenanteile der Verbindungen nach den Ansprüchen 5 oder 7 enthält.

12. Verwendung des Materials nach einem der Ansprüche 1 bis 10 als Mikrogasgenerator, Mikrotreibmittel oder Mikrowärmegenerator.

Claims

1. Non-detonatable pyrotechnic substance, that is auto-combustible at atmospheric pressure or at a pressure close thereto, comprising an energetic binder and ammonium perchlorate, **characterized in that** it has a thickness less than 500 µm or a mass less than 15 mg, that it is auto-combustible after localised initiation by electric power P, such that $150 \text{ mW} \leq P \leq 800 \text{ mW}$, for a time t, such that $20 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$, and that it comprises:

- from 25% to 80% by weight of an energetic binder based on glycidyl polyazide (GPA) or poly-3,3-bis(azidomethyl)oxetane (BAMO), or polyester and at least one energetic plasticizer, or polyether and at least one energetic plasticizer,
- from 10% to 70% by weight of ammonium perchlorate of which the particle size lies between 0.5 and 30 µm, and
- from 0% to 45% by weight of at least one nitramine.

2. Substance according to claim 1, **characterized in that** it has a thickness less than or equal to 300 µm or a mass less than or equal to 3 mg.

3. Substance according to claim 1 or 2, **characterized in that** it comprises:

- from 30% to 80% by weight of the energetic binder based on GPA or BAMO, and
- from 20% to 70% by weight of ammonium perchlorate.

4. Substance according to claim 1 or 2, **characterized in that** it comprises:

- from 25% to 70% by weight of the energetic binder based on polyester or polyether and at least one energetic plasticizer,
- from 10% to 35% by weight of ammonium perchlorate, and

- from 0% to 45% by weight of at least one nitramine.

5. Substance according to claim 1, 2 or 3, **characterized in that** it comprises:

- from 40% to 60% by weight of the energetic binder based on GPA or BAMO, and
- from 40% to 60% by weight of ammonium perchlorate.

6. Substance according to any one of claims 1 to 3 and 5, **characterized in that** the energetic binder is based on GPA.

7. Substance according to claim 4, **characterized in that** it comprises:

- from 35% to 50% by weight of binder based on polyester or polyether and at least one energetic plasticizer,
- from 20% to 32% by weight of ammonium perchlorate, and
- from 20% to 35% by weight of at least one nitramine.

8. Substance according to claim 1, 2, 4 or 7 **characterized in that** the polyester is chosen from the polyadipates of alkylene glycol or polyalkylene glycol, the polyether is chosen from polyalkylene glycols, the energetic plasticizer is chosen from the group consisting of nitroglycerine, butanetriol trinitrate, trimethylolethane trinitrate, triethylene glycol trinitrate and mixtures of these compounds, the nitramine is octogen or hexogen or a mixture of these compounds.

9. Substance according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the particle size of the ammonium perchlorate is chosen from the range 1 to 10 μm .

10. Substance according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it is in the form of beads.

11. Non-hardened energetic composition for producing a substance according to one of claims 1 to 10, **characterized in that** it comprises the compounds and proportions thereof as stated in claim 5 or 7.

12. Use of the substance according to any one of claims 1 to 10 as a gas micro-generator, micropropellant or heat microgenerator.