

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 553 070 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

13.07.2005 Patentblatt 2005/28

(51) Int Cl.7: **C06B 45/00, C06C 9/00**

(21) Anmeldenummer: **05000026.4**

(22) Anmeldetag: **03.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR LV MK YU

• **Hofmann, Achim**

84570 Polling (DE)

• **Laucht, Horst**

83543 Rott am Inn (DE)

• **Tischer, Andreas**

83342 Tacherting (DE)

(30) Priorität: **09.01.2004 DE 102004001510**

(71) Anmelder: **TRW Airbag Systems GmbH**

84544 Aschau am Inn (DE)

(74) Vertreter: **Sulzbach, Werner, Dipl.-Chem. Dr.**

Prinz & Partner GbR

Manzingerweg 7

81241 München (DE)

(72) Erfinder:

• **Zeuner, Siegfried, Dr.**

81369 München (DE)

(54) **Explosionsfähige Zusammensetzung, Verfahren zu deren Herstellung und Verwendung der explosionsfähigen Zusammensetzung**

(57) Die Erfindung betrifft eine explosionsfähige Zusammensetzung zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge, mit einem Brennstoff aus einem mikro- oder nanostrukturierten porösen Feststoff und einem bei Raumtemperatur festen oder flüssigen Oxidationsmittel, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Oxidationsmittel aus der aus Schwefel, Selen, Tellur, Brom, Jod, Phosphor und Arsen sowie deren Mi-

schungen und sauerstofffreien Verbindungen bestehenden Gruppe ausgewählt ist. In einem Verfahren zur Herstellung der explosionsfähigen Zusammensetzung wird das Oxidationsmittel in einem Lösungsmittel gelöst und in die Poren des nanostrukturierten Brennstoffs eingebracht.

EP 1 553 070 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine explosionsfähige Zusammensetzung zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge, mit einem Brennstoff aus einem mikro- oder nanostrukturierten porösen Feststoff und einem bei Raumtemperatur festen oder flüssigen Oxidationsmittel.

[0002] Die DE 102 04 834 A1 beschreibt eine gattungsgemäße explosionsfähige Zusammensetzung, bei der das bei Raumtemperatur feste oder flüssige Oxidationsmittel in die Poren des porösen Brennstoffs eingebracht ist und zu wenigstens 50 Gew.-% aus der Gruppe der organischen Nitroverbindungen oder Nitratre, Alkalimetall- oder Erdalkalimetallnitratre, Metallnitrite, Metallchlorate, Metallperchlorate, Metallbromate, Metalljodate, Metalloxide, Metallperoxide, Ammoniumperchlorat, Ammoniumnitrat, Wasserstoffperoxid, Hydroxylammoniumnitrat ausgewählt ist. Die bekannte Zusammensetzung eignet sich insbesondere zur Verwendung als Zündmittel.

[0003] Des weiteren beschreibt die DE 102 04 895 einen nanostrukturierten, porösen Reaktivstoff, der aus Reaktivkörpern besteht, dessen Hohlräume in einem Größenbereich von 1 bis 1000 nm liegen und mit Oxidationsmittel versehen sind, wobei der Reaktivstoff aus voneinander unabhängigen, schutzschichtummantelten, reaktiven Partikeln besteht. Die Reaktivkörper können aus Silizium, Bor, Aluminium, Titan oder Zirkon bestehen. Als Oxidationsmittel werden insbesondere Alkalimetallnitratre und Erdalkalimetallnitratre sowie weitere sauerstoffhaltige Oxidationsmittel vorgeschlagen.

[0004] Aus der DE 101 62 413 A1 ist schließlich ein integriertes Sprengelement oder Zündelement bekannt, welches einen Grundkörper aus Silizium und einem diesen zugeordneten Reaktionsbereich aufweist, wobei der Reaktionsbereich poröses Silizium und ein Oxidationsmittel für Silizium aufweist. Als Reaktionsmittel werden anorganische oder organische Verbindungen vorgeschlagen, die bei Erwärmung Sauerstoff, Fluor, Chlor oder andere oxidierende Stoffe freisetzen. Als Beispiele werden insbesondere anorganische Nitratre und anorganische Peroxide sowie weitere sauerstoffhaltige Salze genannt. Die chemische Reaktion zwischen dem Oxidationsmittel und dem porösen Silizium wird durch Erwärmung mittels stromdurchflossenen Leiterbahnen ausgelöst. Das integrierte Spreng- oder Zündelement soll zur Verwendung in einem Mikroreaktor, einem Mikrobooster zur Kurskorrektur von Satelliten, als Zündelement in einem Gasgenerator für einen Gurtstraffer oder einen Airbag, oder als Initialzündelement zur Zündung von Sprengladungen geeignet sein.

[0005] Viele der im Stand der Technik zur Verwendung mit porösem Silizium vorgeschlagenen Oxidatoren sind jedoch hygroskopisch und/oder bilden kristallwasserhaltige Modifikationen aus. Dadurch kann aber die Lagerstabilität der Zusammensetzungen nachteilig beeinflusst werden. Auch zeigen diese Oxidatoren nur

eine geringe Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln oder weisen einen hohen Schmelzpunkt auf. Die Befüllung des porösen Brennstoffs muß daher in mehreren Stufen bzw. unter erhöhten Sicherheitsvorkehrungen erfolgen. Wegen der hohen Viskosität der Salzschnmelzen ist die Befüllung der Poren mit Oxidationsmittel auch in diesem Fall oft unvollständig. Damit ergeben sich aber Schwierigkeiten bei der genauen Einstellung des Verhältnisses zwischen porösem Brennstoff und Oxidationsmitteln. Die Explosioneigenschaften der so erhaltenen Zusammensetzungen kann daher über einen weiten Bereich variieren und sind daher nur schwer standardisierbar. Eine Reihe der im Stand der Technik genannten Oxidationsmittel können zudem nicht rein dargestellt werden. Die in diesen Oxidationsmittel enthaltenen Fremdstoffe beeinträchtigen ebenfalls das Explosionsverhalten der damit hergestellten Zusammensetzungen.

[0006] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, die oben genannten Nachteile zu vermeiden und eine kostengünstig herstellbare und insbesondere für zivile Anwendungen einsetzbare stabile explosionsfähige Zusammensetzung bereitzustellen.

[0007] Erfindungsgemäß wird hierzu eine explosionsfähige Zusammensetzung zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge, mit einem Brennstoff aus einem mikro- oder nanostrukturierten porösen Feststoff und einem bei Raumtemperatur festen oder flüssigen Oxidationsmittel vorgeschlagen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Oxidationsmittel aus der aus Schwefel, Selen, Tellur, Brom, Jod, Phosphor und Arsen sowie deren Mischungen und sauerstofffreien Verbindungen bestehenden Gruppe ausgewählt ist. Vorzugsweise besteht die erfindungsgemäße Zusammensetzung aus dem Brennstoff und dem Oxidationsmittel.

[0008] Die erfindungsgemäß zu verwendenden Oxidationsmittel zeigen eine hohe Bindungsenergie zu Silizium und dabei auch eine ausreichend hohe Explosionswärme. Sie sind zudem leicht verdampfbar oder sublimierbar und lassen sich deshalb gut in Verfahren zur chemischen oder physikalischen Abscheidung aus der Gasphase (CVD- oder PVD-Verfahren) einsetzen. Eine Reihe der erfindungsgemäß zu verwendenden Oxidationsmittel ist darüber hinaus gut in unpolaren, leicht flüchtigen organischen Lösungsmitteln löslich. Diese Oxidationsmittel, wie beispielsweise Schwefel und Jod, lösen sich darüber hinaus in dem ebenfalls unpolaren Lösungsmittel Kohlendioxid wesentlich besser als die polaren Sauerstoffsalze. Daher können die erfindungsgemäß zu verwendenden Oxidationsmittel sehr einfach unter Verwendung von überkritischem Kohlendioxid in die Poren des mikro- oder nanostrukturierten Brennstoffs eingebracht werden. Nach dem Abdampfen der Lösungsmittel verbleibt rückstandsfrei nur das Oxidationsmittel in der porösen Struktur des Brennstoffs.

[0009] Bei Verwendung von Schwefel als Oxidationsmittel ist aufgrund des niedrigen Schmelzpunktes von

113°C auch das direkte Einbringen des geschmolzenen Oxidationsmittels in die Poren des mikro- oder nanostrukturierten Brennstoffs ohne Verunreinigungen möglich.

[0010] Die genannten Oxidationsmittel können somit wesentlich leichter in stöchiometrischen Mengen in den nanostrukturierten Brennstoff eingebracht werden. Sie gewähren somit gleichzeitig eine hohe Explosionswärme und eine gute Handhabbarkeit bei der Befüllung der Poren des nanostrukturierten Brennstoffs.

[0011] Übliche sauerstoffhaltige und salzartige Oxidationsmittel zeichnen sich außerdem durch mehr oder weniger stark ausgeprägte Hygroskopizität aus. Diese Stoffe erfordern somit einen hohen verfahrenstechnischen Aufwand, da die Gegenwart von Wasser oder Luftfeuchtigkeit sicher ausgeschlossen werden muß. Darüber hinaus müssen die mit diesen Stoffen hergestellten Zusammensetzungen hermetisch verschlossen werden, um die Funktionsfähigkeit über die gesamte Lebensdauer der Struktur von bis zu 15 Jahren sicherzustellen. Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Oxidationsmittel, insbesondere des nicht hygroskopischen Schwefels, sind auch diese Nachteile sicher beseitigt.

[0012] Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen explosionsfähigen Zusammensetzung, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß das Oxidationsmittel in einem Lösungsmittel gelöst und in die Poren des nanostrukturierten Brennstoffs eingebracht wird. Insbesondere die Verwendung eines unpolaren Lösungsmittels stellt eine gute Löslichkeit der gleichfalls unpolaren Oxidationsmittel gemäß der vorliegenden Erfindung sicher. Das Lösungsmittel soll sich ferner rückstandsfrei aus der porösen Brennstoffstruktur verdampfen lassen. Damit ist die Einstellung stöchiometrischer Zusammensetzungen aus Brennstoff und Oxidationsmittel wesentlich erleichtert. Als Lösungsmittel eignen sich insbesondere überkritisches Kohlendioxid, Schwefelkohlenstoff, Tetrachlormethan sowie aromatische und gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe. Allgemein kann davon ausgegangen werden, daß Lösungsmittel mit einer Polarität nach Reichardt von $E_T(30)/\text{kcal/mol} \geq 50$ verwendet werden können.

[0013] Der mikro- oder nanostrukturierte Brennstoff ist vorzugsweise ein Festkörper mit einem schwammartigen Gerüst aus amorphen, teilkristallinen oder kristallinen Partikeln mit einer Strukturgröße von zwischen etwa 2 nm und 1000 nm, und weist eine Porosität ($V_{\text{Poren}}/V_{\text{Probe}}$) von zwischen 10 % und 98 %, bevorzugt zwischen 40 und 80% auf. Der Brennstoff kann eine spezifische Oberfläche von bis zu 1000 m²/cm³, bevorzugt zwischen 200 und 1000 m²/cm³ aufweisen.

[0014] Die Strukturgröße bzw. die Größe und die Gestalt der Poren, lassen sich dabei in einem weiten Bereich variieren. Die Strukturgröße gibt die durchschnittliche Größe der Partikel an, aus denen der Brennstoff

aufgebaut ist, und liegt bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 50 nm, besonders bevorzugt zwischen 2 nm und 10 nm. Die Porengröße liegt bevorzugt in einem Bereich von zwischen 2 nm und 1000 nm.

[0015] Der poröse Brennstoff ist vorzugsweise ein Halbleitermaterial, und besonders bevorzugt aus der aus Si, Ge, SiGe, SiC, InP und GaAs bestehenden Gruppe ausgewählt. Die Herstellung von mikro- oder nanostrukturierten porösen Materialien aus diesen Stoffen ist in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben. Als Herstellungsverfahren eignen sich insbesondere chemische oder physikalische Abscheidungsverfahren, wie elektrochemische Abscheidung, CVD, PVD oder Sputtern oder das Verpressen nanofeiner Partikel. Im Falle von Silizium sind diese nanofeinen Partikel durch langsames Verbrennen von Silan erhältlich.

[0016] Besonders bevorzugt ist der Brennstoff sogenanntes "poröses Silizium", welches besonders einfach durch elektrochemisches Ätzen von Silizium in fluoridhaltigen Lösungen hergestellt werden kann. Die Verwendung von porösen Halbleitermaterialien, z.B. Silizium, ermöglicht die einfache Integration in bekannte Halbleiterbauteile unter Verwendung üblicher Halbleiterprozeßtechniken.

[0017] In vorteilhafter Weise ist der poröse Brennstoff wenigstens teilweise passiviert, das heißt die innere Oberfläche des Brennstoffs ist wenigstens zum Teil mit Sauerstoff abgesättigt oder in anderer Weise so verändert, daß eine zur Reaktion mit dem Oxidator zu überwindende Aktivierungsenergie erhöht ist. Die Passivierung kann beispielsweise durch Erwärmen des Brennstoffs in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre oder Luft erfolgen. Durch die Passivierung wird eine weitere Einstellbarkeit der pyrotechnischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Zusammensetzung, wie beispielsweise deren Anzündbarkeit durch elektrische Entladung oder Einwirkung von UV-Licht, möglich.

[0018] Da die chemische Reaktion des porösen Brennstoffes von der Oberfläche aus erfolgt, kann mittels einer weniger reaktiven Schutzschicht auf der Oberfläche der Nanopartikel die für das Zünden des Brennstoffs zu überwindende Aktivierungsenergie erhöht werden. Diese Passivierungsschicht kann nachträglich auf den porösen Brennstoff aufgebracht und aus einem inerten Material (z.B. Teflon) bestehen. Die Passivierungsschicht kann auch mittels thermischer, chemischer, physikalischer bzw. elektrochemischer Behandlung des Brennstoffes aufgebaut werden.

[0019] Eine stabile Passivierungsschicht kann z.B. durch Tempern des porösen Siliziums in Luft, vorzugsweise im Anschluß an das elektrochemische Ätzen und vor dem Füllen der Poren mit dem Oxidator, gebildet werden. Erfolgt das Tempern im Bereich von zwischen 150°C und 300°C, bevorzugt bei etwa 200°C, bildet sich nach bis zu ca. 1600 Minuten eine Sauerstoff-Submonolage aus Silizium-Sauerstoff-Bindungen (Si-O), welche eine höhere Bindungsenergie als die Silizium-Wasserstoff-Bindungen aufweisen. Die Oberfläche der Sili-

ziumnanokristalle besteht hier nach dem Tempern aus H-Si-O- Komplexen, da bei etwa 200°C der Wasserstoff an der Oberfläche der Nanopartikel erhalten bleibt und Sauerstoff unter der ersten Monolage an Silizium gebunden wird. Wird das Tempern bei Temperaturen über etwa 300°C durchgeführt (z.B. 700°C, 30 Sekunden), wird der Wasserstoff von der Oberfläche der Nanopartikel abgetrieben und es bilden sich Schichten aus "reinen" Si-O-Bindungen. Derart getemperte und mit Oxidationsmittel gefüllte Proben sind extrem stabil und handhabungssicher, können aber dennoch mittels einer plötzlichen Erwärmung zur Explosion gebracht werden.

[0020] Die Passivierung der Oberfläche des porösen Brennstoffs erhöht auch die Langzeitstabilität der explosionsfähigen Zusammensetzung, da eine zeitliche Änderung der Oberflächeneigenschaften des Brennstoffs unter Einfluß des Oxidationsmittels nicht mehr eintreten kann.

[0021] Das Oxidationsmittel besteht bevorzugt ganz oder teilweise aus Jod, Schwefel oder sauerstofffreien Schwefelverbindungen. Diese Oxidationsmittel sind in unpolaren organischen Lösungsmitteln leicht löslich und lassen sich rückstandsfrei in die poröse Brennstoffstruktur einbringen. Sie sind zudem auch gegenüber nicht-passiviertem porösen Silizium lagerstabil. Bei diesen Oxidationsmitteln kann somit je nach den bestehenden Anforderungen auf die Erzeugung der oben beschriebenen Passivierungsschicht verzichtet werden.

[0022] Der Oxidator und der Brennstoff können etwa in einem stöchiometrischen Verhältnis vorliegen. Je nach Anwendungszweck kann der Oxidator im Verhältnis zum Brennstoff aber auch überbilanziert oder unterbilanziert sein.

[0023] Die erfindungsgemäße Zusammensetzung weist zudem eine hohe Strukturfestigkeit auf, da der Brennstoff als feste, formgebende Matrix vorliegt. Die Zusammensetzung kann somit als tragendes Bauteil in pyrotechnischen Gegenständen, z. B. Anzündern, verwendet werden. Außerdem sind die aus der Halbleitertechnik und Mikromechanik bekannten Herstellungsverfahren anwendbar. Damit besteht die Möglichkeit zu kostengünstiger Produktion unter Verwendung von Standardbauteilen. Insbesondere wird die vollständige Integration der erfindungsgemäßen Zusammensetzung in Halbleiterschaltkreise ermöglicht.

[0024] Gegenstand der Erfindung sind somit auch die Verwendung der erfindungsgemäßen Zusammensetzung als Bestandteil eines Anzünders. Dieser Anzünder kann in vorteilhafter Weise in einem Halbleiterschaltkreis integriert sein. Insbesondere kann der Anzünder Bestandteil eines Sicherheitssystems in Fahrzeugen, wie beispielsweise eines Gasgenerators für einen Gurtstraffer oder ein Gassackmodul sein.

[0025] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform.

[0026] Zur Herstellung der erfindungsgemäßen explosionsfähigen Zusammensetzung wurde zunächst

poröses, nanostrukturiertes Silizium durch elektrochemisches Ätzen gemäß dem in Materials Science and Engineering B 69 — 70 (2000) 11 — 22 oder Phys. Rev. Lett. (2001), 87, 68 301 ff., beschriebenen Verfahren bereitgestellt. Hierzu wurde ein Siliziumsubstrat in einer Ätzzelle als Anode geschaltet und in einem fluorwasserstoffhaltigen Elektrolyten, beispielsweise einem Gemisch aus gleichen Volumenanteilen von Ethanol und konzentrierter Fluorwasserstoffsäure (50 %ig) bei einem Anodisierungsstrom von zwischen 20 und 70 mA/cm² behandelt. Die Porosität des so erhaltenen Siliziums lag im Bereich zwischen 40 % und 80 %. Die Strukturgröße variierte zwischen 2 und 10 nm.

[0027] Das so erhaltene poröse Silizium wurde 26 h bei 200 °C an Luft getempert, dann mit einer gesättigten Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff getränkt und anschließend an Luft getrocknet. Mit Hilfe eines elektrischen Funkens konnte eine starke Explosion ausgelöst werden. Die Zusammensetzung zeigte in einem Lagerversuch bei 104 °C über 400 Stunden keine wesentliche Gewichtszunahme.

[0028] In weiteren Versuchen wurden getemperte und ungetemperte Proben des porösen Siliziums mit Schwefel aus der Schmelze befüllt. Der Schwefel wurde in festem Zustand auf die Probe aus porösem Silizium aufgebracht und die Probe wurde mit einer Heizplatte auf etwa 125 ± 5 °C unter Bildung von geschmolzenem Schwefel erwärmt. Der geschmolzene Schwefel wurde etwa 30 Sekunden auf der Probe belassen, wobei der Schwefel in die Poren des porösen Siliziums eindrang. Danach wurde der überschüssige Schwefel vom Probenkörper entfernt. Auf diese Weise konnten durch gravimetrische Messungen ermittelte Füllgrade von über 90% erreicht werden.

[0029] Zur Erniedrigung des Schmelzpunktes und/oder der Viskosität der Schwefelschmelze können dem Schwefel weitere Zusatzstoffe, wie Ethylenglykol oder Zucker, beigemischt werden. Die Befüllung der Proben mit Schwefel aus der Schmelze kann an Luft oder im Vakuum erfolgen. Des weiteren ist es möglich, die Befüllung der Proben aus getempertem oder ungetempertem porösem Silizium mit Schwefel durch Sublimation in einer Vakuumkammer oder durch physikalische Abscheidung von Schwefel aus der Gasphase durchzuführen.

[0030] Alle so hergestellten, mit Schwefel gefüllten Proben des porösen Siliziums konnten durch schnelles Erwärmen auf einer Heizplatte oder mittels einer elektrisch erhitzten Zündbrücke zur Explosion gebracht werden.

[0031] Die unter Verwendung von geschmolzenem Schwefel gefüllten Proben des getemperten porösen Siliziums zeigten eine Initialisierungstemperatur im Bereich von zwischen 239 und 267 °C. Die über DSC-Messungen bestimmten Vergleichswerte von Proben aus getempertem porösem Silizium, gefüllt mit Kalziumperchlorat oder Natriumperchlorat, lagen im Bereich von zwischen 185 bis 210°C bzw. 208 bis 237 °C.

[0032] Die Ergebnisse zeigen, daß sich das System poröses Silizium/Schwefel zur Verwendung als explosionsfähiges Material eignet. Über die Porosität des porösen Siliziums kann die Stärke der Explosion gesteuert werden, da das Porenvolumen die Menge des eingebrachten Oxidationsmittels und damit die Stöchiometrie der Reaktionspartner festlegt. Die Oxidation erfolgt jedoch nicht spontan, sondern läßt sich beispielsweise durch einen Stromimpuls gezielt auslösen. Des weiteren sind die Proben aus mit Schwefel gefülltem porösen Silizium mechanisch und chemisch äußerst stabil und daher sehr handhabungssicher. Sie lassen sich beispielsweise im Waferprozess unter Erhaltung der vollen Funktionsfähigkeit mit einer üblichen wassergekühlten Wafersäge zerteilen.

[0033] Die erfindungsgemäße Zusammensetzung kann insbesondere in einem Anzünder von sicherheitstechnischen Einrichtungen für Fahrzeuge, beispielsweise Gassackmodulen oder Gurtstraffern, verwendet werden. Derartige Anzünder können vorteilhaft mit bekannten Verfahren der Halbleiter- bzw. Siliziumprozesstechnik hergestellt werden. Insbesondere ist eine einfache und kostengünstige Herstellung mit hoher Präzision bereits im Batchprozess auf Waferebene möglich.

Patentansprüche

1. Explosionsfähige Zusammensetzung zur Verwendung in einer Sicherheitseinrichtung für Fahrzeuge, mit einem Brennstoff aus einem mikro- oder nanostrukturierten porösen Feststoff und einem bei Raumtemperatur festen oder flüssigen Oxidationsmittel, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Oxidationsmittel aus der aus Schwefel, Selen, Tellur, Brom, Jod, Phosphor und Arsen sowie deren Mischungen und sauerstofffreien Verbindungen bestehenden Gruppe ausgewählt ist.
2. Explosionsfähige Zusammensetzung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Oxidationsmittel Jod, Schwefel oder eine sauerstofffreie Schwefelverbindung ist.
3. Explosionsfähige Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennstoff poröses Silizium ist.
4. Verfahren zur Herstellung der explosionsfähigen Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Oxidationsmittel in einem Lösungsmittel gelöst und in die Poren des nanostrukturierten Brennstoffs eingebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** überkritisches Kohlendioxid als Lösungsmittel verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** Schwefelkohlenstoff als Lösungsmittel verwendet wird.
7. Verfahren zur Herstellung einer explosionsfähigen Zusammensetzung mit einem Brennstoff aus einem mikrostrukturierten oder nanoporösen Feststoff und Schwefel als Oxidationsmittel, welches die folgenden Schritte umfaßt:
 - Bereitstellen des porösen Brennstoffs; und
 - Einbringen des Schwefels in die Poren des porösen Brennstoffs aus der Schmelze.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schwefel unter Bildung der Schmelze auf $125 \pm 5^\circ\text{C}$ erwärmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennstoff durch anodisches Ätzen von Silizium in fluoridhaltiger Lösung unter Bildung von porösem Silizium erhalten wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der poröse Brennstoff vor dem Einbringen des Oxidators in die Poren passiviert wird.
11. Verwendung der explosionsfähigen Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 in einem Anzünder zur Aktivierung einer Sicherheitseinrichtung in Fahrzeugen.