

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Januar 2011 (13.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/003473 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01D 53/14 (2006.01) *C01B 17/74* (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01) *C01B 21/068* (2006.01)
C01B 13/02 (2006.01) *C01B 31/36* (2006.01)
C01B 15/01 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/058866

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2009 (10.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SINCONO AG** [CH/CH]; Chamerstrasse 176, CH-6300 Zug (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRASS, Florian** [DE/CH]; Luzernerstrasse 20, CH-6353 Weggis (CH).
HEUSCH, Maximilian [CH/CH]; Etzlibergstr. 19, CH-8800 Thalwil (CH).

(74) Anwalt: **HEUSCH, Christian**; OK pat AG, Chamerstrasse 50, CH-6300 Zug (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ZERO-EMISSION MOLECULAR POWER PLANT BASED ON NITROGEN AND SILICON

(54) Bezeichnung : ABGASFREIES MOLEKULARKRAFTWERK AUF DER BASIS VON STICKSTOFF UND SILIZIUM

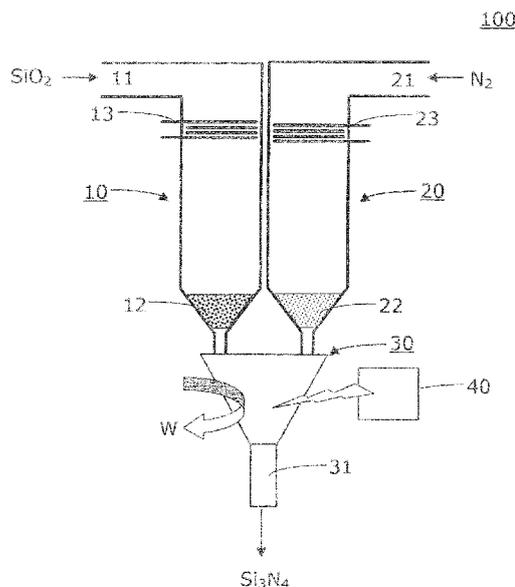


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to methods and devices for providing energy, comprising the following steps: providing starting material containing silicon; providing starting material containing nitrogen; bringing together the starting material containing silicon and the starting material containing nitrogen; externally exciting the starting material containing nitrogen in order to trigger an exothermic reaction of the two starting materials.

(57) Zusammenfassung: Es geht um Verfahren und Vorrichtungen zum Bereitstellen von Energie mit den folgenden Schritten : - Bereitstellen von siliziumhaltigem Ausgangsmaterial, - Bereitstellen von stickstoffhaltigem Ausgangsmaterial, - Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials, - externes Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials, um eine exotherme Reaktion der beiden Ausgangsmaterialien auszulösen.

WO 2011/003473 A1

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

ABGASFREIES MOLEKULARKRAFTWERK AUF DER BASIS VON STICKSTOFF UND SILIZIUM

[001] Diese Anmeldung betrifft Verfahren zum Bereitstellen von Energie unter Einsatz von angeregtem Stickstoff, entsprechendes Gemisch aus Stickstoff- und Siliziumanteilen, sowie Vorrichtung zum Bereitstellen von Energie.

[002] Bei den bisherigen Verbrennungsprozessen wird Sauerstoff eingesetzt, um zum Beispiel Kohlenstoff zu oxidieren. Bei dieser Form der Verbrennung entsteht Kohlendioxid (CO_2), das mittlerweile als Treibhausgas eingestuft wird. Ideal wäre es, wenn man Verbrennungsprozesse finden würde, die CO_2 -neutral sind oder die überhaupt kein CO_2 produzieren.

[003] Es gibt Oxidationsprozesse, bei denen zum Beispiel aus Wasserstoff (H_2) Wasser oder aus einem Metall ein Metalloxid entsteht. Verschiedentlich wird Silizium als ein geeignetes Metall beschrieben, da Silizium mit Sauerstoff zu Siliziumdioxid (SiO_2), d.h. zu Quarzsand, oxidiert. Bei diesen Reaktionen wird Energie freigesetzt und es entstehen keine schädlichen Abgase. Leider erfordert das Herstellen des elementaren Siliziums Energie. Bei einer entsprechenden carbothermischen Reduktion von Sand zu Silizium wird Kohlenstoff eingesetzt

und es entsteht CO₂. Wenn man jedoch erneuerbare Energieformen (z.B. Sonneenergie) zur Reduktion des Sandes einsetzt, so kann der gesamte Prozess komplett oder nahezu CO₂-frei realisiert werden.

[004] Noch besser geeignet wäre jedoch ein Energiebereitstellungsansatz, der die anderen Luftanteile, die außer dem Sauerstoff in Luft vorhanden sind, effizient zum Einsatz bringt. Stickstoff stellt den größten prozentualen Anteil an Luft. Stickstoff ist ungiftig, wird aber als nicht brennbar und chemisch sehr reaktionsträge betrachtet. Der Grund für die Reaktionsträgheit von Stickstoff ist die extrem hohe Stabilität der Dreifachbindung. Die Dreifachbindung kann, so die Expertenmeinung, bei Verbrennungstemperaturen unter 3000 K kaum thermisch gespalten werden.

[005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, mögliche Ausgangsstoffe (als Ausgangsmaterialien) zu benennen und ihre technische Darstellung zu beschreiben, die in Verfahren eingesetzt werden können, die zur Energiebereitstellung dienen.

[006] Gemäss Erfindung kommt es in einem Teilschritt zu einer exothermen chemisch/physikalischen Reaktion, bei der Stickstoff als Reaktant dient. Die beim Verfahren zum Einsatz kommenden chemischen und physikalischen Überlegungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sowohl ein Siliziumanteil als auch ein Stickstoffanteil an einer Reaktion oder an mehreren Reaktionen teilnehmen, so dass Energie bereitgestellt wird.

[007] Insbesondere geht es um eine stöchiometrisch optimierte carbothermische Nitridierung von reaktionsfähigen Gemischen, wie Sand, Ölsand, Schiefer, Bauxit, Silikate, Eisenoxide, Diatomeenkohle zur bifokalen Energiegewinnung mit den Luftgasen O₂ und N₂. Dabei entstehen hochverdichtete Molekulargemische, die schwerer als Luft und damit als Pulver, Flüssigkeit oder Feststoff einfach trennbar oder weiterverwertbar sind. Dadurch wird vermieden, dass bei der Energiegewinnung Atmosphäregase in ihrer Zusammensetzung verändert oder verschmutzt werden.

[008] Insbesondere geht es um ein abgasfreies Molekularkraftwerk und um das Vermeiden von Abgasen durch ein Überführen bisheriger Abgase in pulverförmige Wertstoffe, die schwerer sind als Luft. Diese Wertstoffe belasten daher nicht mehr die Atmosphäre oder Atemluft. Sie steht stattdessen für eine weitere industrielle Verwertung oder Wertschöpfung zur Verfügung. Zum Beispiel bringt die Kopplung von CO₂-Gas an NaCl (Salz) wertvolles Soda und die Kopplung von Silizium mit Stickstoff wertvolle Industriekeramik. NH₃ mit Chlor kann zu Dünger reagiert werden.

[009] Unter anderem gewinnt man durch den Einsatz der Erfindung zwei Vorteile: Erstens abgasfreie, stöchiometrisch optimierte Verbrennung der Kohlenwasserstoffe zusammen mit dem 20%-igen Luftsauerstoffanteil der Atmosphäre, unter Vermeidung der energetisch ungünstigen Erhitzung des 80%-igen Stickstoffanteils, der bisher giftige Stickoxide bildet. Zweitens: Thermische Weiterverwertung des Stickstoffanteils, der ca. 80% der Atmosphäre ausmacht, durch exotherme Nitridierung zu Stickstoffverbindungen, wie zum Beispiel hochwertigen Keramikpulververbindungen (Si₃N₄ und/oder SiC).

[0010] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

[0011] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0012] Die Figuren werden zusammenhängend und übergreifend beschrieben. In den Zeichnungen sind verschiedene Aspekte der Erfindung schematisch dargestellt, wobei die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine erste beispielhafte erfindungsgemäße
Ausführungsform einer Vorrichtung zum Bereitstellen von Energie;

Fig. 2: eine zweite beispielhafte erfindungsgemäße
Ausführungsform einer Vorrichtung zum Bereitstellen von Energie;

Fig. 3: eine dritte beispielhafte erfindungsgemäße
Ausführungsform einer Vorrichtung zum Bereitstellen von Energie.

Detaillierte Beschreibung

[0013] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Beispielen beschrieben.

[0014] Gemäss Erfindung geht es um gezielt ablaufende physikalisch-chemische Reaktionen, bei denen aus den Ausgangsstoffen (auch Edukte oder Reaktanden genannt) chemische Verbindungen (Produkte genannt) entstehen. Die geeigneten Ausgangsstoffe werden hier als Ausgangsmaterialien bezeichnet.

[0015] Die erfindungsgemäßen Reaktionen sind so ausgelegt, dass sie dazu dienen Energie W bereitzustellen, d.h. Energie (z.B. Wärmeenergie) technisch verfügbar oder nutzbar zu machen.

[0016] Die erfindungsgemäßen Reaktionen basieren auf dem Einsatz von siliziumhaltigem Ausgangsmaterial (1. Ausgangsmaterial) und stickstoffhaltigem Ausgangsmaterial (2. Ausgangsmaterial). Optional kommt auch kohlenstoffhaltiges Ausgangsmaterial (3. Ausgangsmaterial) zum Einsatz. Es geht also stets um das Zusammenspiel oder Zusammenwirken von zwei oder gar dieser drei Materialgruppen.

[0017] Folgende siliziumhaltige Ausgangsmaterialien (1. Ausgangsmaterialien) (Siliziumdioxidfeststoffverbindungen) eignen sich besonders zur Umsetzung der Erfindung:

- (Quarz-)Sand (SiO_2);
- Schiefer ($\text{SiO}_2 + [\text{CO}_3]^{2-}$);
- Kieselsäure (Sauerstoffsäure des Siliziums ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$));
- Orthokieselsäure $\text{Si}(\text{OH})_4$ oder H_4SiO_4 ;
- Diatomeenerde oder -kohle (kieselgur- respektive kieselalgenhaltig);
- Kieselerde, die zu mehr als 80 Prozent aus Siliziumdioxid (SiO_2) besteht;
- Silikate oder silikathaltige Gemische oder Gesteine;
- Bentonit;
- Bauxit.

[0018] Die 1. Ausgangsmaterialien (Quarz-)Sand, Schiefer, Kieselsäure, Orthokieselsäure, Diatomeenerde oder -kohle, Kieselerde, Silikate, Bentonit und Bauxit enthalten alle Silizium in Form von Siliziumoxid(e).

[0019] Die Diatomeenkohle oder -erde enthält einen Anteil brennbarer Substanz(en) (typischerweise einen Anteil von ca. 50%) und einen Anteil aus Diatomeengehäusen und Quarzschluff. Dieser Anteil enthält Siliziumdioxid (vorzugsweise in amorpher, oberflächenvergrößerter Form). Der Siliziumdioxidanteil beträgt vorzugsweise mehr als 20%. Bei der/den brennbaren Substanz(en) handelt es sich um Kohlenstoffe oder Kohlenwasserstoffe. Die Diatomeenkohle hat den Vorteil, dass sie relativ großporig ist, da (hauptsächlich) der Siliziumverbindungsanteil mit Poren versehen ist (aufgrund organisch gewachsener Skelettstrukturen). Diese Großporigkeit ermöglicht es, die Diatomeenkohle mit (vorzugsweise flüssig) Stickstoff (als 2. Ausgangsmaterial) zu tränken, benetzen oder zu mischen. Alternativ oder zusätzlich kann die Diatomeenkohle auch mit (vorzugsweise flüssigem) NH_3 (z.B. aus Gülle) oder O_2 getränkt, benetzt oder gemischt werden.

[0020] Ganz besonders bewährt sich Diatomeenkohle, die mit flüssigem Stickstoff (als 2. Ausgangsmaterial) getränkt oder vermengt ist.

[0021] Vorzugsweise kommt Diatomeenkohle (als 1. Ausgangsmaterial) zum Einsatz,

- deren Dichte kleiner ist als 1 g/cm^3 und/oder
- deren spezifische Oberfläche grösser ist als $5 \text{ m}^2/\text{g}$.

[0022] Ganz besonders geeignet sind Mischungen (Gemische) aus siliziumhaltigem Ausgangsmaterial (als 1. Ausgangsmaterial) und Kohlenwasserstoff(anteil) (als 3. Ausgangsmaterial), wie zum Beispiel

- Ölsand (z.B. aus natürlichen Ölsandvorkommen);
- Sand (als 1. Ausgangsmaterial), der mit Mineralöl (als 3. Ausgangsmaterial) versetzt ist;
- Ölschiefer;
- teerhaltiger Sand oder Schiefer;
- Kohle/Sand-Gemische;

- Kohle/Silikat-Gemische;
- Kohle/Kieselgur-Gemische (z.B. Diatomeenerde oder -kohle)

[0023] Anstatt natürlich vorkommende Mischungen aus siliziumhaltigem Ausgangsmaterial (als 1. Ausgangsmaterial) und Kohlenwasserstoff(anteil) (als 3. Ausgangsmaterial) in den erfindungsgemäßen Verfahren einzusetzen, können auch kohlenwasserstoffhaltige industrielle oder natürliche Abfälle, eventuell nach Vermengung mit Sand, eingesetzt werden.

[0024] Als siliziumhaltiges Ausgangsmaterial (als 1. Ausgangsmaterial) eignen sich besonders solche Materialien, die bereits natürlich in einer Form vorkommen, die eine gewisse Porosität, respektive eine große spezifische Oberfläche aufweisen, wie bereits im Zusammenhang mit Diatomeen erwähnt. Besonders eignet sich hochporöses Silizium als 1. Ausgangsmaterial (z.B. nach dem FCC-Cambridge Elektrolyseverfahren) oder hochporöse Siliziumverbindungen (wie Silikate), wie zum Beispiel Silikatschwamm.

[0025] Es ist auch denkbar als 3. Ausgangsmaterial statt des Ölanteils natürlichen Asphalt (auch Erdpech genannt) einzusetzen. Besonders bevorzugt ist ein Gemisch aus Asphalt mit reinem Sand oder mit Bauschutt, der Sandanteile enthält.

[0026] Es kann auch sogenanntes Wasserglas, eine Mischung aus Sand (als 1. Ausgangsmaterial) mit Säure oder Lauge, eingesetzt werden. Das Wasserglas kann auch mit mineralischen Ölen (als 3. Ausgangsmaterial) versetzt werden, um bei Bedarf den erwünschten Kohlenwasserstoffanteil zu liefern. Beim Herstellen des Wasserglases mit Ölanteil handelt es sich um eine Art Mikroemulsionsverfahren. Der Einsatz von Wasserglas hat den Vorteil, dass das Ausgangsmaterial oder die Ausgangsmaterialien durch Zugabe einer Säure oder Lauge chemisch verflüssigt werden, was für die Handhabung (z.B. die Förderbarkeit, Einspritzbarkeit) der Ausgangsmaterialien und/oder für den Reaktionsablauf von Vorteil sein kann.

[0027] Die erfindungsgemäße wasserglasartige Mischung kann durch das Zusammenbringen von siliziumdioxidhaltigem Material und Lauge oder Säure

bereitgestellt werden. Dabei handelt es sich bei der Lauge vorzugsweise um eine anorganische Lauge (z.B. NaOH, CaOH) oder um eine stickstoffbasierte Lauge (z.B. NH₃-Lauge, NH₄Cl). Wenn eine Säure eingesetzt wird, dann kommt vorzugsweise eine stickstoffbasierte Säure (z.B. Harnstoff) zum Einsatz.

[0028] Ganz besonders bewährt sich siliziumdioxidhaltiges Wasserglas (als 1. Ausgangsmaterial) in dem Öl (z.B. Rohöl) als 3. Ausgangsmaterial emulgiert ist und das entweder mit flüssigem Stickstoff (als 2. Ausgangsmaterial) getränkt oder vermischt ist, oder das mit gefrorenem Stickstoff (als 2. Ausgangsmaterial) kombiniert ist.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform wird siliziumdioxidhaltiges Wasserglas (als 1. Ausgangsmaterial), mit oder ohne Ölanteil, durch Gefrier Trocknung unter Einsatz von Flüssigstickstoff (als 2. Ausgangsmaterial) vorbehandelt. Dabei verdampfen Eiskristalle des Wasserglases direkt ohne den Übergang in den flüssigen Zustand und es entstehen siliziumdioxidhaltige Gebinde. Die Ausführungsform nach Fig.2 ist besonders für diesen Fall geeignet.

[0030] Der Begriff Gebinde wird hier verwendet, um Granulat, Pulver, Pellets, Flocken, Körner, Briketts, Klumpen, Kristalle, Presslinge, Agglomerate, Tabletten, Kugeln und dergleichen zu umschreiben. Diese Gebindeform weist eine grosse Oberfläche pro Volumeneinheit auf.

[0031] Folgende stickstoffhaltige Ausgangsmaterialien (Stickstoffflüssigverbindungen, -gasverbindungen oder -feststoffverbindungen) eignen sich als 2. Ausgangsmaterial besonders zur Umsetzung der Erfindung:

- reiner Stickstoff in flüssiger (hier auch als Flüssigstickstoff bezeichnet), gasförmiger oder -fester (Eis-)Form;
- Gemische oder Verbindungen mit einem hohen Stickstoffanteil (z.B. NH₃ oder Harnstoff).

[0032] Der Flüssigstickstoff dient je nach Verfahren einerseits als Kältemedium, um zum Beispiel durch eine Art Gefrier Trocknung oder durch das Schockgefrieren (diese beiden Prozesse werden hier als Gefrierreaktion bezeichnet) die Ausgangsmaterialien in eine geeignete Gebindeform zu überführen. Andererseits

kann der Flüssigstickstoff auch als Stickstofflieferant (als 2. Ausgangsmaterial) für die erfindungsgemässen Reaktionen dienen. Im letzteren Fall werden die siliziumhaltigen und stickstoffhaltigen Ausgangsmaterialien entsprechend gemischt.

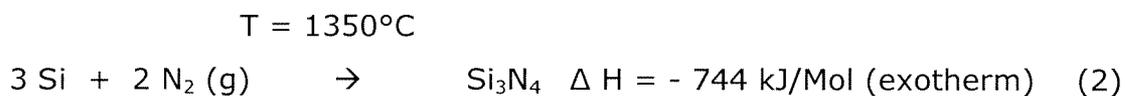
[0033] Der Flüssigstickstoff kann entweder während der Reaktion mit dem oder den anderen Ausgangsmaterialien zusammengebracht werden (z.B. indem Flüssigstickstoff eingespritzt wird), oder Flüssigstickstoff kann vorher dem oder den Ausgangsmaterialien zugemengt werden.

[0034] Unter geeigneten Umgebungsbedingungen findet gemäß Erfindung eine Reduktion statt, die wie folgt stark vereinfacht dargestellt werden kann:



[0035] Dass heißt, es wird der im siliziumhaltigen Ausgangsmaterial vorhandene Quarzanteil umgewandelt in kristallines (elementares, metallisches) Silizium.

[0036] Es ist bekannt, dass Silizium mit Stickstoff bei 1350°C zu Siliziumnitrid verbrennt. Diese Reaktion (2) ist exotherm



[0037] Es ist auch bekannt, dass Silizium mit Kohlenstoff leicht exotherm zu Siliziumcarbid reagiert.



[0038] Gemäss Erfindung läuft eine der Reaktion (2) oder (3) ab, je nach Reaktionsbedingung, laufen beide Reaktion (2) und (3) ab.

[0039] Die Erfindung nutzt unter anderem die Tatsache, dass Silizium (z.B. als Gebinde bei geeigneter Temperatur) nach Zündung direkt mit kaltem Stickstoff

(z.B. Stickstoff aus der Umgebungsluft) zu Siliziumnitrid umgesetzt werden kann. Die Reaktion (2) ist stark exotherm (siehe auch EP 1918248 A2 Publikation).

[0040] Die als 3. Ausgangsmaterial zum Einsatz kommende Kohlenwasserstoffe oder Kohlenwasserstoffanteile übernimmt/übernehmen die Rolle des Primärenergielieferanten und/oder die Rolle des Reduktionsmittels (Kohlenstoff raubt dabei dem SiO_2 den Sauerstoff und wird zu CO oder CO_2 oxidiert).

[0041] Die Erfindung läuft besonders vorteilhaft ab, wenn eine oder mehrere der folgenden Reaktionsbedingungen erfüllt sind:

- Enges Zusammenbringen des 1. siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des 2. stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials in einem geeigneten Mischungsverhältnis. Ideal ist ein Mischungsverhältnis, bei dem die dreifache Molmenge des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials ungefähr der vierfachen Molmenge des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials entspricht (plus minus 25%). In anderen Worten ausgedrückt, liegt das Verhältnis Molmenge des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials zu der Molmenge des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials bei ca. $\frac{3}{4}$ plus minus 25%. Der Stickstoffanteil steht somit vorzugsweise in einem vorgegebenen stöchiometrischen Verhältnis zu dem Siliziumanteil.
- Sicherstellen von Randbedingungen, die eine exotherme Reaktion ermöglichen, bei der es sich vorzugsweise um eine Kombination aus physikalischen und chemischen Vorgängen handelt.
- Sicherstellen von Randbedingungen, die eine exotherme Reaktion ermöglichen, bei der aufgrund der physikalischen Gegebenheiten (Dichte, Molmassen, spezifische Oberfläche, elektromagnetische Anregung) spontan eine Umsetzungsreaktion einsetzt. Die Geschwindigkeit dieser Umsetzung hängt ab von den angebotenen Mengen der Reaktanden, die vorzugsweise mit dem beschriebenen Molmengenverhältnis bereitgestellt werden, und von der Dichte respektive dem Abstand der Reaktanden.
- Sicherstellen von Randbedingungen, die eine exotherme Autokatalysereaktion ermöglichen.
- Das Anregen des 2. stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials erfolgt vorzugsweise mit konzentrierter elektromagnetischer Strahlung (z.B. Licht, Mikrowelle oder Ultraschall).

- Das Anregen des 2. stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials erfolgt vorzugsweise mit Strahlung, die auf die Dreifachbindung des molekularen Stickstoffs einwirkt.
- Das Anregen des 2. stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials mit (Laser-)Licht führt zu einer Anregung der n -Elektronen der Dreifachbindung und/oder der nichtbindenden Elektronen des molekularen Stickstoffs. Die Energie der elektromagnetischen Strahlung kann durch die Gleichung $E = h \cdot f = h \cdot c/\lambda$ ausgedrückt werden, wobei f die Frequenz, h die Planck-Konstante, λ die Wellenlänge und c die Lichtgeschwindigkeit sind. Da man die Energie pro Bindung kennt, kann ermittelt werden, dass UV-Licht mit einer Wellenlänge von 127 nm (im UV-C-Bereich) in der Lage ist die Energie bereitzustellen, die erforderlich ist, um die Dreifachbindung aufzubrechen. Die Aufnahme der Lichtquanten führt zu einer Anregung, respektive Anhebung der Elektronen in höhere Energieniveaus. Licht im UV-Wellenlängenbereich wirkt primär auf die Elektronen ein, während Licht im IR-Wellenlängenbereich (mit geringerer Energie) primär auf die Atome des Stickstoffs einwirkt und diese in Molekülschwingungen (mechanische Schwingungen) versetzt. Die Lichtenergie, die bei der Anhebung der Elektronen in höhere Energieniveaus aufgenommen wurde, kann entweder in Wärme umgesetzt werden, oder diese Anhebung erhöht die Reaktivität (respektive macht das inerte Stickstoff überhaupt erst reaktiv), was Reaktionen mit den anderen Reaktanden (z.B. mit Silizium) ermöglicht.
- Das Anregen des 2. stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials führt zu einer Radikalisierung, Ionisierung oder sogar zur Plasmabildung des Stickstoffs.

[0042] Das Bestrahlen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials mit elektromagnetischer Strahlung (wie z.B. Licht) führt zu einer Anregung, Aktivierung oder Ionisierung dieses Ausgangsmaterials (insbesondere der N_2 -Moleküle). Wenn man zu kurzen Wellenlängen im UV-Bereich geht, dann übertragen die Photonen so viel Energie in die Zielstruktur (z.B. die N_2 -Moleküle), dass Elektronen nicht nur angehoben sondern sogar entrissen werden können. Aus den Molekülen werden dann Radikale oder Ionen, die ein hohes Mass an interner Energie aufweisen und die sehr reaktionsfreudig sind. Diese Formen der Anregung sind rein physikalischer und nicht chemischer Natur.

[0043] Im sichtbaren Wellenlängenbereich und im IR-Bereich werden Elektronen eher in weniger hoch liegende Energieniveaus gehoben. Dafür verursacht z.B. Licht im Infrarotbereich Schwingungen der Moleküle, die sich aber normalerweise schnell in Wärme umwandeln. Das thermische Aufbrechen von Bindungen (z.B. der Dreifachbindung des Stickstoffs) findet statt, wenn die Lichtintensität so hoch ist, dass eine Mehrfachphotonen-Absorption stattfindet, oder wenn die Mehrfachphotonen-Absorption die lokale Temperatur so stark erhöht, dass thermochemische Vorgänge einsetzen.

[0044] Vorzugsweise wird zur optischen Stickstoffaktivierung oder -anregung

- Licht in einem infraroten Wellenlängenbereich eingesetzt. Dieses Licht hat eine Wellenlänge von 780 nm – 1 mm (mit einer Energie zwischen 12,4 eV und 3,3 eV) und/oder
- Licht im ultravioletten Wellenlängenbereich 100 nm – 380 nm (mit einer Energie zwischen 1,6 eV und 0,001 eV) eingesetzt.

[0045] Als Lichtquellen eignen sich vor allem Laser. Besonders geeignet sind

- optisch gepumpte, gepulste Alexandrite Festkörperlaser im IR-Bereich mit einer mittleren Leistung im Wattbereich;
- gepulste Excimerlaser im UV-Bereich mit einer mittleren Leistung im Wattbereich;
- Vorzugsweise kommen Laser zum Einsatz, die abstimmbare (tunable) sind, um die richtige Wellenlänge genau einstellen zu können.

[0046] Das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial kann alternativ oder zusätzlich zur optischen Stickstoffaktivierung oder -anregung

- einer Mikrowellenbestrahlung (hier Mikrowellen-Stickstoffaktivierung genannt) ausgesetzt werden. Vorzugsweise liegt diese bei einer Wellenlänge, die oberhalb von 1 mm und besonders bevorzugt im Bereich von 10^{-1} bis 10^{-2} m liegt; und/oder
- einer Ultraschallbestrahlung (hier Ultraschall-Stickstoffaktivierung genannt) ausgesetzt werden. Die Wellenlänge liegt vorzugsweise in einem Bereich zwischen 17 mm und 1,7 mm.

[0047] Die carbothermische Nitrierung, die als Teilreaktion der Erfindung angesehen wird, kann stoffspezifisch optimiert werden. Diese carbothermische Nitrierung lässt sich in zwei Teilprozesse (die nacheinander oder zeitlich versetzt ablaufen) zerlegen: (1) carbothermische Reduktion des Siliziumdioxids; (2) Nitridierung (Nitrierung) des Siliziums mit Stickstoff zu Si_3N_4 . Der Reaktionsverlauf kann z.B. durch einen zusätzlichen N_2 -Gasstrom (als zusätzliches 2. Ausgangsmaterial), das Temperatur-Zeit-Regime, die Vorbehandlung der 1. und/oder 2. und/oder 3. Ausgangsmaterialien und das Verhältnis der Molmengen gesteuert werden.

[0048] Besonders eignet sich eine optische Pulsanregung mit (gebündelten) Laserpulsen. Diese Anregung wirkt je nach Wellenlänge auf die Elektronen des Stickstoffs oder auf die Stickstoffmoleküle, wie beschrieben.

[0049] Falls es aufgrund der elektromagnetischen Bestrahlung zu einer Plasmabildung des Stickstoffs kommt, können sechs Stickstoffatome zu drei Siliziumatomen „fusionieren“ oder verschmelzen, die dann mit dem vorhandenen Reststickstoff zur der Edelgaskonfiguration Si_3N_4 reagieren. Das Fusionieren oder Verschmelzen ist ein physikalischer Vorgang, wohingegen das Weiterreagieren ein chemischer Vorgang ist.

[0050] Besonders geeignet sind Mischungen der Ausgangsmaterialien, bei denen die Reaktanden nahe beieinander sitzen, um lawinenartig autokatalytisch reagieren zu können. Dieser Ausgangszustand wird hier als „kritische Dichte“ bezeichnet. Aus diesem Grund wird das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial in flüssiger oder gefrorener Form eingesetzt, um die kritische Dichte bereit zu stellen. Bei gasförmigem Stickstoff sind die Stickstoffatome weiter von einander beabstandet als in der flüssigen oder festen Form.

[0051] In Fig. 1 ist eine erste beispielhafte erfindungsgemäße Ausführungsform einer Vorrichtung 100 zum Bereitstellen von Energie gezeigt. Es handelt sich um eine rein schematische und vereinfachte Darstellung. Die Vorrichtung 100 ist zum Bereitstellen von Energie W ausgelegt und umfasst einen Bereich 10 zum Bereitstellen von siliziumhaltigem Ausgangsmaterial 12 und einen Bereich 20 zum Bereitstellen von stickstoffhaltigem Ausgangsmaterial 22. Unterhalb ist ein

Reaktionsbereich 30 so angeordnet, dass die Ausgangsmaterialien 12 und 22 zusammengebracht werden. Es sind Mittel 40 zum Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials 22 im Reaktionsbereich 30 vorgesehen. Diese Mittel 40 sind hier durch eine rechteckige Box und durch ein Blitzsymbol veranschaulicht, das den Energieeintrag mittels elektromagnetischer Strahlung in den Reaktionsbereich 30 darstellen soll. Durch die Anregung wird eine exotherme Reaktion der beiden Ausgangsmaterialien 12, 22 im Reaktionsbereich 30 ausgelöst, wie beschrieben. Bei der Reaktion entstehen Wärme, wie durch den Pfeil W angedeutet und zum Beispiel Siliziumnitrid, das durch eine Öffnung 31 entnommen werden kann.

[0052] In Fig. 1 ist weiterhin angedeutet, dass das siliziumhaltige Ausgangsmaterial 12 durch eine Öffnung 11 eingebracht werden kann. Im Bereich 10 kann eine optionale Heizschlange 13 angebracht sein, um das Material 12 zu trocknen, falls dies erforderlich ist. Das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial 22 kann durch eine Öffnung 21 eingebracht werden. Im Bereich 20 kann eine optionale Kühlschlange 23 angebracht sein, um das Material 22 zu kühlen, falls dies erforderlich ist.

[0053] Es liegt auf der Hand, dass diese Art der Anordnung der einzelnen Komponenten auch anders gewählt werden kann.

[0054] In Fig. 2 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der das siliziumhaltige Ausgangsmaterial 12 aus einem Bereich 10 in den Reaktionsbereich 30 gelangt. Der Aufbau ist zum Teil ähnlich wie in Fig. 1. Das siliziumhaltige Ausgangsmaterial 12 fällt aus dem Bereich 10 über eine Fallstrecke in den Reaktionsbereich 30. Das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial 22 wird hier seitlich in flüssiger oder fester Form eingeblasen. Bereitgestellt wird das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial 22 in einem Bereich 20. Sobald die Ausgangsmaterialien 12 und 22 im Bereich der Fallstrecke in Kontakt kommen, bilden sich Flocken oder andere Gebindeformen, die nach unten in den Reaktionsbereich 30 gelangen. Dort wird das Gemisch mittels elektromagnetischer Strahlung angeregt und die Reaktion findet, wie beschrieben, statt. Bei der Reaktion entstehen Wärme, wie durch den Pfeil W angedeutet und zum Beispiel Siliziumnitrid, das durch eine Öffnung 31 entnommen werden kann.

[0055] In Fig. 3 ist eine dritte beispielhafte erfindungsgemäße Ausführungsform einer Vorrichtung 100 zum Bereitstellen von Energie W gezeigt. Ein Reaktionsbereich 30 ist in einer schematischen Schnittdarstellung gezeigt. Von oben her wird durch einen Trichter 14 oder eine Öffnung 11 Sand eingebracht. Der Sand rieselt in das Innere des Reaktionsbereichs 30, wie in Fig. 3 angedeutet. Seitlich wird durch mindestens eine Düse oder mindestens ein Einlassrohr 15 Kohlenwasserstoff (z.B. Kohlenwasserstoffgas oder Kohle) in den Reaktionsbereich 30 eingebracht. Dort wird dieser Kohlenwasserstoff mit Sauerstoff verbrannt (die Sauerstoffzufuhr ist nicht gezeigt, kann aber an und abgeschaltet werden). Die Brennzonen oder Flammen sind in Fig. 3 durch elliptische Zonen 16 dargestellt. Im Zentrum des Reaktionsbereichs 30 verläuft ein Einlassrohr 18 (auch Brennrrohr oder Brennstab genannt), der als Stickstoffzufuhr dient. Vorzugsweise ist dieses Einlassrohr 18 aus einer temperaturbeständigen Keramik (vorzugsweise Siliziumnitrid) gefertigt. Dadurch, dass dieses Einlassrohr 18 im Zentrum der Brennzone 16 liegt, wird es auf sehr hohe Temperaturen vorgeheizt. Zusätzlich kommt ein Mittel 40 zum Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials 22 zum Einsatz. Hier kann es sich zum Beispiel um einen Wellengenerator oder Laserlichtgenerator handeln, der die Stickstoffmoleküle anregt, wie beschrieben. Je nach Einstellung der Vorrichtung 100, treten die durch die Mittel 40 und die hohen Temperaturen angeregten Stickstoffmoleküle erst im unteren Bereich des Reaktionsbereichs 30 mit Siliziumanteilen in Kontakt, die durch Reduktion aus dem Sand 12 gewonnen wurden. Hier kommt es zu einer stark exothermen Reaktion, bei der Siliziumnitridpulver entsteht. Oder die eigentliche Reaktion findet erst im Düsenkanal 32 statt, wo es aufgrund der Geometrie zu einer physikalischen Verdichtung der Reaktionspartner kommt. Bei einer genau kontrollierten Steuerung der Abläufe und der stöchiometrischen Mengen der Reaktanden, kann es im Düsenkanal 32 zu einer explosionsartigen, sehr schnellen und intensiven Umsetzung der Reaktanden kommen, wie weiter oben beschrieben. Es entsteht auch in diesem Fall Siliziumnitrid.

[0056] Vorzugsweise kommt in Fig. 3 ein Einlassrohr 18 zum Einsatz, das in Form einer „Plasmakanone“ ausgebildet ist, um das Stickstoffgas in einen Plasmazustand zu versetzen. In diesem Fall wird das Plasma entweder in dem Mittel 40 zum Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials 22 oder im

Inneren des Einlassrohrs 18 durch die Anordnung einer Kathode und einer davon beabstandeten Anode erzeugt.

[0057] Bei Bedarf kann unterhalb einer düsenartigen Ausgangsöffnung 32 eine rotierende Elektrode 41 (in Propeller- oder Röhrenform) den Gasstrom weiter beschleunigen und/oder kinetische Energie aufnehmen, um zum Beispiel Strom zu erzeugen.

[0058] Das siliziumhaltige Ausgangsmaterial 12 kann hier oder in der in Fig. 1, bzw. 2 gezeigten Ausführungsform auch in Form von Wasserglas zum Einsatz kommen.

[0059] Es liegt auf der Hand, dass diese Art der Anordnung der einzelnen Komponenten auch anders gewählt werden kann.

[0060] Die verschiedenen Aspekte können je nach Bedarf miteinander verbunden werden. Daraus ergeben sich weitere Ausführungsformen der Erfindung.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bereitstellen von Energie mit den folgenden Schritten:
 - Bereitstellen von siliziumhaltigem Ausgangsmaterial,
 - Bereitstellen von stickstoffhaltigem Ausgangsmaterial,
 - Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des stickstoffhaltiges Ausgangsmaterials,
 - externes Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials, um eine exotherme Reaktion der beiden Ausgangsmaterialien auszulösen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das externe Anregen mittels eines elektromagnetischen Energieeintrags erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des stickstoffhaltiges Ausgangsmaterials in einem Mischungsverhältnis erfolgt, bei dem
 - i. Das Verhältnis der Molmenge des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials zu der Molmenge des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials ungefähr $\frac{3}{4}$ entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des stickstoffhaltiges Ausgangsmaterials so erfolgt, dass im Reaktionsbereich
 - i. eine kritische Dichte der beiden Ausgangsmaterialien vorliegt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der beiden Ausgangsmaterialien einem vorbereitenden Verfahrensschritt unterzogen wird, um die spezifische Oberfläche des entsprechenden Ausgangsmaterials zu vergrössern, damit das entsprechende Ausgangsmaterial nach diesem vorbereitenden Verfahrensschritt eine vergrösserte spezifische Oberfläche aufweist, wobei die spezifische Oberfläche des entsprechenden Ausgangsmaterials vorzugsweise grösser ist als $5 \text{ m}^2/\text{g}$.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des vorbereitende Verfahrensschritts
 - das siliziumhaltige Ausgangsmaterial in eine wasserglasartige Mischung überführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wasserglasartige Mischung durch das Zusammenbringen von siliziumdioxidhaltigem Material und Lauge oder Säure bereitgestellt wird, wobei es sich bei der Lauge vorzugsweise um eine anorganische Lauge (z.B. NaOH, CaOH) oder um eine stickstoffbasierte Lauge (z.B. NH₃-Lauge, NH₄Cl) und bei der Säure vorzugsweise um eine stickstoffbasierte Säure (z.B. Harnstoff) handelt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial um eine Mischung handelt, die als weiteres Ausgangsmaterial Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial um
 - Diatomeenkohle, und/oder
 - Ölsand, und/oder
 - Ölschieferhandelt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial in flüssiger oder gefrorener Form eingesetzt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass
 - das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial in flüssiger oder gefrorener Form eingesetzt wird, unddadurch gekennzeichnet, dass

- das siliziumhaltige Ausgangsmaterial mit dem stickstoffhaltigen Ausgangsmaterial zusammengebracht wird, um so das siliziumhaltige Ausgangsmaterial durch eine Gefrierreaktion in ein siliziumhaltiges Ausgangsmaterial mit einer vergrößerten spezifischen Oberfläche zu überführen.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass
- das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial in flüssiger oder gefrorener Form eingesetzt wird, und
- dadurch gekennzeichnet, dass
- das siliziumhaltige Ausgangsmaterial, oder
 - ein Kohlenwasserstoff, oder
 - eine Mischung aus dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial mit Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff
- in einem Verfahrensschritt mit dem stickstoffhaltigen Ausgangsmaterial in flüssiger oder gefrorener Form in Kontakt gebracht wird, um durch eine Gefrierreaktion
- dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial, oder
 - dem Kohlenwasserstoff, oder
 - der Mischung aus dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial mit Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff
- eine vergrößerte spezifische Oberfläche zu verleihen.
13. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- das siliziumhaltige Ausgangsmaterial in einem vorbereitenden Verfahrensschritt in eine verflüssigte Form überführt wird,
 - das verflüssigte siliziumhaltige Ausgangsmaterial in flüssiges oder gefrorenes stickstoffhaltiges Ausgangsmaterial eingebracht wird, um es in eine Gebindeform mit grosser Oberfläche pro Volumeneinheit zu überführen.
14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das siliziumhaltige Ausgangsmaterial beim Zusammenbringen mit dem stickstoffhaltigen Ausgangsmaterial getränkt, benetzt oder vermengt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das externe Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials mittels einem oder mehreren der folgenden Schritte erfolgt:
 - Bestrahlen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials mit Licht, wobei es sich vorzugsweise um Licht in einem infraroten Wellenlängenbereich von 780 nm – 1 mm und/oder im ultravioletten Wellenlängenbereich von 100 nm – 380 nm handelt,
 - Aussetzen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials einer Mikrowellenbestrahlung, vorzugsweise bei einer Wellenlänge, die oberhalb von 1 mm und besonders bevorzugt im Bereich von 10^{-1} bis 10^{-2} m liegt,
 - Aussetzen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials einer Ultraschallbestrahlung, vorzugsweise bei einer Wellenlänge, die in einem Bereich zwischen 17 mm und 1,7 mm liegt.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der exothermen Reaktion
 - Wärmeenergie bereitgestellt und
 - Siliziumnitrid erzeugt werden.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass bei der exothermen Reaktion eine carbothermische Verbrennungsreaktion von Kohlenstoffanteilen mit Sauerstoff und eine Nitrierungsreaktion von Siliziumanteilen mit Stickstoff ablaufen.

18. Gemisch, das zur Verwendung beim Bereitstellen von Energie ausgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Gemisch umfasst:
 - siliziumhaltiges Ausgangsmaterial und
 - stickstoffhaltiges Ausgangsmaterial,wobei das stickstoffhaltige Ausgangsmaterial flüssig oder gefroren vorliegt.

19. Gemisch nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer der folgenden Gebindeformen vorliegt:

- Granulat,
- Pulver,
- Pellets,
- Flocken,
- Körner,
- Briketts,
- Klumpen,
- Kristalle,
- Presslinge,
- Agglomerate,
- Tabletten,
- Kugeln,

die eine grosse Oberfläche pro Volumeneinheit aufweisen.

- Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials und des stickstoffhaltiges Ausgangsmaterials,
- externes Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials, um eine exotherme Reaktion der beiden Ausgangsmaterialien auszulösen.

20. Gemisch nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Ausgangsmaterialien eine vergrösserte spezifische Oberfläche aufweist, wobei die spezifische Oberfläche des entsprechenden Ausgangsmaterials vorzugsweise grösser ist als $5 \text{ m}^2/\text{g}$.
21. Gemisch nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Ausgangsmaterialien eine Dichte aufweist, die kleiner ist als $1 \text{ g}/\text{cm}^3$.
22. Gemisch nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet es sich bei dem siliziumhaltigen Ausgangsmaterial um eines oder mehrere der folgenden Materialien handelt:
 - (Quarz-)Sand;
 - Schiefer;
 - Kieselsäure;
 - Orthokieselsäure;
 - Diatomeenerde oder -kohle;

- Kieselerde;
 - Silikate oder silikathaltige Gemische oder Gesteine;
 - Bentonit;
 - Bauxit.
23. Gemisch nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet es einen Kohlenstoff- oder Kohlenwasserstoffanteil umfasst.
24. Vorrichtung (100) zum Bereitstellen von Energie (W), mit:
- einem Bereich (10) zum Bereitstellen von siliziumhaltigem Ausgangsmaterial (12),
 - einem Bereich (20) zum Bereitstellen von stickstoffhaltigem Ausgangsmaterial (22),
 - einem Reaktionsbereich (30) zum Zusammenbringen des siliziumhaltigen Ausgangsmaterials (12) und des stickstoffhaltiges Ausgangsmaterials (22), und
 - mit Mitteln (40) zum Anregen des stickstoffhaltigen Ausgangsmaterials (22) im Reaktionsbereich (30), um eine exotherme Reaktion der beiden Ausgangsmaterialien (12, 22) im Reaktionsbereich (30) auszulösen.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Mitteln zum Anregen um
- einen Laser und/oder
 - einen Mikrowellengenerator und/oder
 - einen Ultraschallsender und/oder
 - einen Wellengenerator
- handelt.

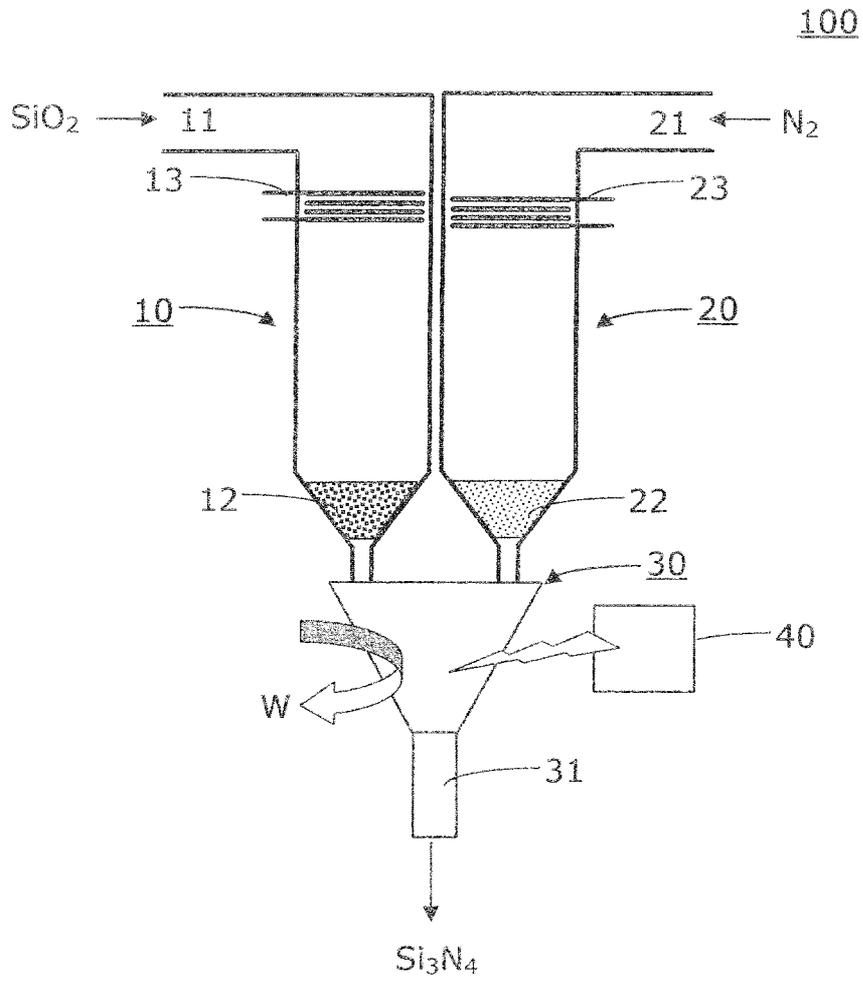


FIG. 1

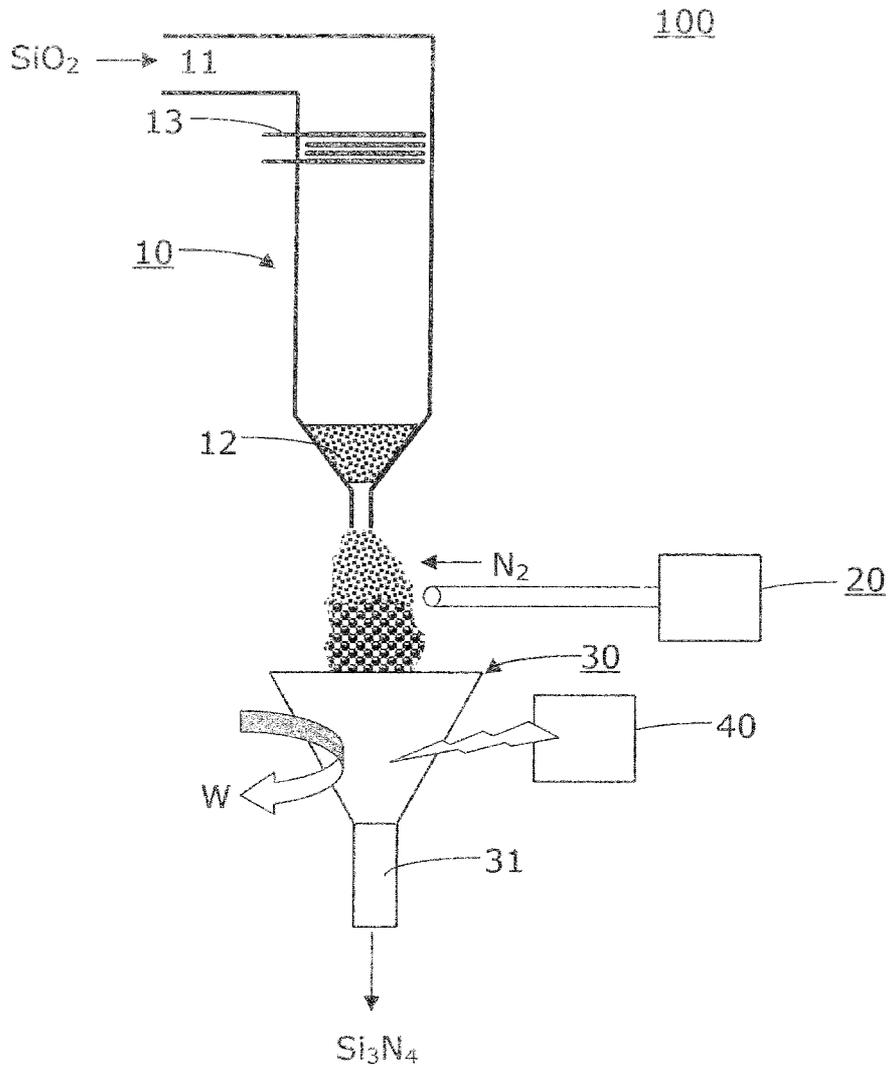


FIG. 2

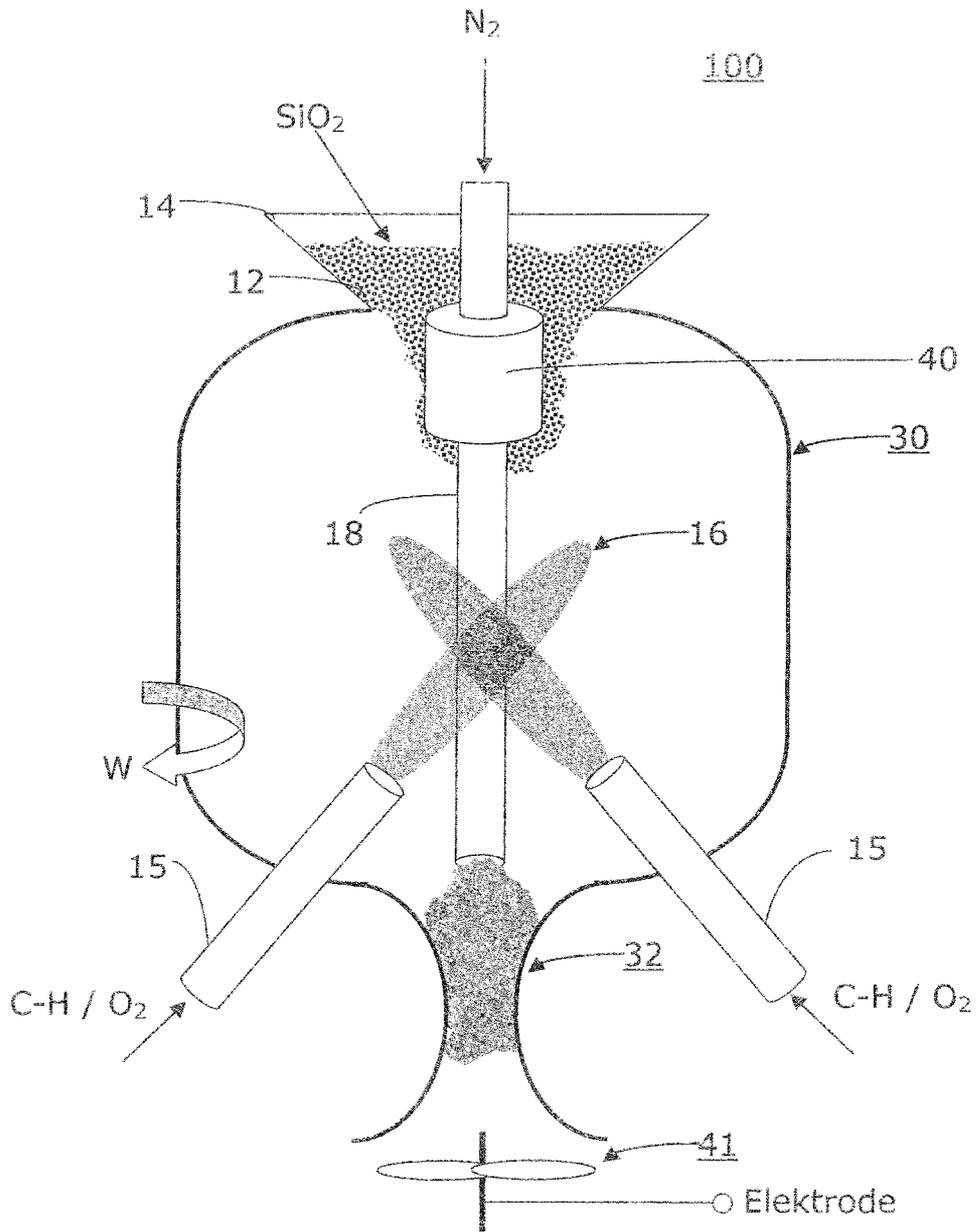


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/058866

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01D53/14 B01D53/62 C01B13/02 C01B15/01 C01B17/74
C01B21/068 C01B31/36

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)

B01D C01B

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 practical, 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	WO 2009/053112 A2 (SINCONO AG [CH]; KRASS FLORIAN [CH]) 30 April 2009 (2009-04-30) claims 1,9; figures 1,2 the whole document	1,8,9, 17,24
X	EP 0 240 869 A2 (BAYER AG [DE]) 14 October 1987 (1987-10-14) claim 1 the whole document	1
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

"E" earlier document 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

1 October 2010

Date of mailing of the international search report

13/10/2010

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

Straub, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/058866

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>Günter Jacobs: "Düngeverordnung/Düngung nur bei aufnahmefähigen Böden" Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen</p> <p>17 January 2007 (2007-01-17), XP002602608 Retrieved from the Internet: URL:http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/boden-aufnahmefaehig.htm [retrieved on 2010-09-28] page 1, paragraphs 2,3 page 2, paragraph 4 the whole document</p>	18,19, 22,23
X	<p>WO 2008/074659 A2 (SILICON FIRE AG [CH]; KRASS FLORIAN [CH]) 26 June 2008 (2008-06-26) claims 1,3,4,10; figures 16,17 the whole document</p>	1,8,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/058866

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009053112	A2	30-04-2009	NONE
EP 0240869	A2	14-10-1987	DE 3612162 A1 15-10-1987 JP 62241812 A 22-10-1987 NO 871305 A 12-10-1987 US 5075091 A 24-12-1991
WO 2008074659	A2	26-06-2008	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/058866

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B01D53/14 B01D53/62 C01B13/02 C01B15/01 C01B17/74
 C01B21/068 C01B31/36
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B01D C01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/053112 A2 (SINCONO AG [CH]; KRASS FLORIAN [CH]) 30. April 2009 (2009-04-30) Ansprüche 1,9; Abbildungen 1,2 das ganze Dokument	1,8,9, 17,24
X	EP 0 240 869 A2 (BAYER AG [DE]) 14. Oktober 1987 (1987-10-14) Anspruch 1 das ganze Dokument	1
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 1. Oktober 2010	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 13/10/2010
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Straub, Thomas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/058866

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>Günter Jacobs: "Düngeverordnung/Düngung nur bei aufnahmefähigen Böden" Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen</p> <p>17. Januar 2007 (2007-01-17), XP002602608 Gefunden im Internet: URL:http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/boden-aufnahmefaehig.htm [gefunden am 2010-09-28] Seite 1, Absätze 2,3 Seite 2, Absatz 4 das ganze Dokument</p>	18,19, 22,23
X	<p>WO 2008/074659 A2 (SILICON FIRE AG [CH]; KRASS FLORIAN [CH]) 26. Juni 2008 (2008-06-26) Ansprüche 1,3,4,10; Abbildungen 16,17 das ganze Dokument</p>	1,8,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/058866

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009053112	A2	30-04-2009	KEINE	
EP 0240869	A2	14-10-1987	DE 3612162 A1	15-10-1987
			JP 62241812 A	22-10-1987
			NO 871305 A	12-10-1987
			US 5075091 A	24-12-1991
WO 2008074659	A2	26-06-2008	KEINE	