



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 059 191 B4** 2010.07.01

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 059 191.1**
 (22) Anmeldetag: **09.12.2004**
 (43) Offenlegungstag: **22.06.2006**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **01.07.2010**

(51) Int Cl.⁸: **C01B 33/107** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Evonik Degussa GmbH, 40474 Düsseldorf, DE

(72) Erfinder:
Kesper, Bernt, Dip.-Ing. Dr., 79664 Wehr, DE

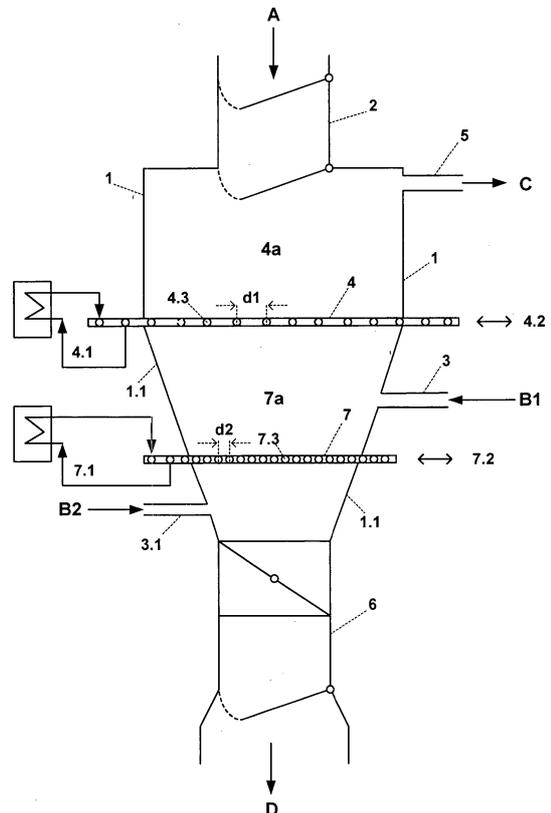
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE	31 37 474	C2
DE	100 44 796	A1
DE	34 10 896	A1
DE	18 08 911	A
DE	14 42 807	A
DE	11 14 513	A
DE	3 88 021	A
US	40 39 290	A
US	31 27 247	A
EP	06 59 473	A1
EP	04 27 344	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Chlorsilanen**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung für die Umsetzung von stückigem Feststoff (A) mit einem Gas (B bzw. B1, B2), wobei innerhalb des Reaktors unter dem Tragrost der Hauptreaktionszone eine weitere Reaktionszone in Form eines weiteren Tragrosts angeordnet ist, basierend auf

- einem Reaktor (1, 1.1),
- einer Schleuse (2) für die Zufuhr von Feststoff (A),
- einem Rost (4) und einem Rost (7), wobei die Roste im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Reaktors orientiert sind und Rost (7) unterhalb von Rost (4) angeordnet ist, und die Spaltweiten (d1) von Rost (4) größer sind als die Spaltweiten (d2) von Rost (7),
- mindestens einer Gaszuführung (3 bzw. 3.1), wobei die Gaszuführung unterhalb eines Rosts (4) orientiert ist,
- einem Auslass (5) für gas- oder dampfförmiges Produkt (C) und
- einer Schleuse (6) für den Austrag von Reststoff bzw. Asche (D), wobei die Schleuse (6) unterhalb des letzten Rosts...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren für die Umsetzung von stückigem Feststoff mit einem Gas.

[0002] Schachtföfen bzw. Festbettreaktoren sind in der Prozesstechnik seit alters bekannt (Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau, H. G. Hirschberg, Springer-Verlag 1999). Auch sind verschiedene Ausführungen von Reaktoren DE 100 44 796 A1, DE 34 10 896 A1, DE 31 37 474 C2, DE 18 08 911, DE 14 42 807, DE 11 14 513, DE 388 021, EP 0 659 473 A1, EP 0 427 344 A1, US 4 039 290 A und US 3 127 247 A zu entnehmen.

[0003] Entsprechende Reaktoren werden in industriellen Verfahren beispielsweise für die Umsetzung von stückigem Siliciummetall mit Chlorwasserstoffgas genutzt. Dabei erhält man ein Gemisch aus Siliciumtetrachlorid, Trichlorsilan und Wasserstoff. Das gasförmige Reaktionsprodukt verlässt den Reaktor in der Regel durch einen Auslass am Reaktorkopf. Zur Abstützung des Festbetts, in dem die Reaktion durchgeführt wird, hat sich eine massive Stahlgitterkonstruktion als Tragrost (nachfolgend auch kurz Rost genannt) bewährt. Aufgrund der im stationären Prozess vorhandenen Betriebstemperatur und der hohen spezifischen Oberfläche der Feststoffstücke springt die exotherme Reaktion in der Regel spontan an und erreicht bei Ausbildung einer ausreichenden Schüttschicht in der Regel bis zu 1 300°C. Diese an sich hohe Reaktivität wird jedoch durch die als Nebenprodukt entstehende inerte Asche behindert. Ferner ist Sorge zu tragen, dass der Rost nicht zu heiß wird und seine Festigkeit verliert. Die bei der Umsetzung entstehende Asche, die gemeinsam mit nicht umgesetzten, jedoch noch verwertbaren Siliciumstücken durch den Rost hindurchfällt, wird über eine gasdichte Schleuse ausgetragen. Dadurch geht ein erheblicher Anteil an nicht umgesetztem Siliciummetall mit dem Ascheaustrag verloren oder wird in der Regel nach zeitaufwendigem Abkühlen der Asche aus dieser durch einen aufwendigen Siebprozess zurückgewonnen. Ferner ist zu beachten, dass das Siliciummetall unter den Reaktionsbedingungen an dem üblicherweise verwendeten Stahl einen starken Verschleiß bewirkt.

[0004] Der vorliegenden Erfindung lag somit die Aufgabe zugrunde, die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zur Herstellung von Chlorsilanen aus Silicium und Chlorwasserstoffgas weiter zu verbessern. Insbesondere besteht das Bestreben, den Nutzungsgrad des eingesetzten Siliciummetalls zu steigern und den aufwendigen Trenn- und Rückführungsprozess für den mit der Asche ausgeschleusten Wertstoff einzusparen.

[0005] Die Aufgabe wurde erfindungsgemäß ent-

sprechend den Angaben in den Patentansprüchen gelöst.

[0006] Überraschend wurde gefunden, dass man in einfacher und besonders wirtschaftlicher Weise durch die Verwendung eines Festbettreaktors, d. h. einer Vorrichtung, bei der innerhalb des Reaktors unter dem Tragrost der Hauptreaktionszone eine weitere Reaktionszone angeordnet ist, den Nutzungsgrad des für die vorliegende Umsetzung eingesetzten Feststoffs deutlich und damit vorteilhaft verbessern kann.

[0007] So kann durch den Einsatz einer erfindungsgemäßen Vorrichtung auch nicht umgesetztes Siliciummetall, d. h. rund 5 bis 15 Gew.-% der Aufgabe an Siliciummetall, in einem vorzugsweise kontinuierlichen Verfahren nahezu vollständig umgesetzt und vorteilhaft noch im selben Prozessschritt, d. h. ohne einen zusätzlichen Trenn- und Rückführungsprozess nutzbar gemacht werden.

[0008] Weiterhin kann die vorliegende Vorrichtung, insbesondere die darin verwendeten Roste und Reaktorinnenseiten, d. h. die Wände bzw. der unter Druck stehende Heizmantel, in dem die Reaktionswärme beispielsweise durch eine Verdampfungskühlung mittels Wasser abgeführt werden kann, vorteilhaft gegen Verschleiß und Korrosion geschützt werden, indem man die Bauteile in besagter Weise kühlt und/oder für die erfindungsgemäße Ausführung der entsprechenden Vorrichtungsteile einen mit keramischen Hartstoffen gefüllten Stahl auswählt. Zusätzlich können entsprechend beanspruchte Teile der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorteilhaft mit einem Überzug aus dem gleichen Material ausgestattet werden.

[0009] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit eine Vorrichtung für die Umsetzung von stückigem Feststoff (A) mit einem Gas (B bzw. B1, B2) (nachfolgend auch als Reaktor, Festbettreaktor oder Schachtofen bezeichnet), wobei innerhalb des Reaktors unter dem Tragrost der Hauptreaktionszone eine weitere Reaktionszone in Form mindestens eines weiteren Tragrosts angeordnet ist, basierend auf

- einem Reaktor (**1**, **1.1**),
- einer Schleuse (**2**) für die Zufuhr von Feststoff (A),
- einem Rost (**4**) und einem Rost (**7**), wobei die Roste im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Reaktors orientiert sind und Rost (**7**) unterhalb von Rost (**4**) angeordnet ist, und die Spaltweiten (d1) von Rost (**4**) größer sind als die Spaltweiten (d2) von Rost (**7**),
- mindestens einer Gaszuführung (**3** bzw. **3.1**), wobei die Gaszuführung unterhalb eines Rosts (**4**) orientiert ist,
- einem Auslass (**5**) für gas- oder dampfförmiges Produkt (C) und

– einer Schleuse (6) für den Austrag von Reststoff bzw. Asche (D), wobei die Schleuse (6) unterhalb des letzten Rosts (7) angeordnet ist.

[0010] Fig. 1 zeigt schematisch eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Feststoffreaktors.

[0011] So basiert eine erfindungsgemäße Vorrichtung für die Umsetzung von stückigem Feststoff (A) mit einem Gas (B bzw. B1, B2) bevorzugt auf

- einem Reaktor (1 bzw. 1.1),
- einer gasdichten Schleuse (2) für die Zufuhr von Feststoff (A),
- einem Rost (4) mit einer darüber befindlichen Hauptreaktionszone (4a) und mindestens einem Rost (7) mit so genannter integrierter Nachreaktionszone (7a), wobei die besagten Roste im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Reaktors, d. h. senkrecht zur Schwerkraft orientiert sind, und Rost (7) unterhalb, d. h. in Richtung zur Schwerkraft, von Rost (4) angeordnet ist,
- mindestens einer Gaszuführung (3 bzw. 3.1), wobei die Gaszuführung unterhalb, d. h. in Richtung zur Schwerkraft, eines Rosts (4) orientiert ist,
- einem Auslass (5) für gas- oder dampfförmiges Produkt (C), vorzugsweise am Reaktorkopf, und
- einer gasdichten Schleuse (6) für den Austrag von Reststoff bzw. Asche (D), wobei die Schleuse (6) unterhalb des letzten Rosts (7), d. h. in Richtung zur Schwerkraft, angeordnet ist.

[0012] In einem solchen Reaktor können Reaktionen bzw. Umsetzungen vom Typ
 $A \text{ (fest)} + B \text{ (gasförmig)} \rightarrow C \text{ (gasförmig)} + D \text{ (fest)} + \text{Energie}$
 durchgeführt werden.

[0013] Der Reaktor (1 bzw. 1.1) einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, d. h. unter der Bezeichnung Reaktor ist hier auch das Reaktorgehäuse bzw. der Reaktormantel zu verstehen, kann vorteilhaft als Doppelmantelreaktor mit Dampfkühlung bzw. -temperierung ausgeführt sein. Vorzugsweise führt man einen erfindungsgemäßen Reaktor derart aus, dass die Höhe über dem Rost (4), d. h. die Hauptreaktionszone (4a) dem 0,5- bis 10-fachen, besonders bevorzugt dem 3- bis 8-fachen, der Rostbreite auf der Höhe von Rost (4) entspricht, wobei sich das Volumen von der Hauptreaktionszone (4a) und der Nachreaktionszone (7a) vorteilhaft wie 5:1 bis 15:1 verhält und der Querschnitt des Reaktors (1) geeigneterweise bei rund 3 bis 6 m² liegt.

[0014] Ferner sind in erfindungsgemäßen Vorrichtungen die Roste (4) und/oder (7) bevorzugt als Stahlgitter- oder Stahlrohrkonstruktionen ausgeführt.

[0015] Dabei wählt man die lichten Abstände der Gitter- bzw. Rohrkonstruktionen vorteilhaft so, dass

die Spaltweiten (d1) von Rost (4) größer sind als die Spaltweiten (d2) von Rost (7). Insbesondere hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die jeweilige Spaltweite (d2) eines Rosts (7) rund 1/6 bis 1/15, vorzugsweise 1/6 bis 1/20, der jeweiligen Spaltweite (d1) des Rosts (4) beträgt, wobei die Spaltweite (d2) des Rosts (7) bevorzugt 2 bis 6 mm beträgt.

[0016] Die Reaktionszone (7a) ist vorzugsweise für die Reaktion von stückigem Material mit 1/5 bis 1/200 der Abmessungen des Materials in der Hauptreaktionszone (4a) ausgelegt, bevorzugt von 1 bis 30 mm Kantenlänge.

[0017] Ferner bevorzugt man eine erfindungsgemäße Vorrichtung, bei der die Querschnittsfläche eines Rosts (7), d. h. die Schnittfläche zwischen Rost und dem Reaktorgehäuse (1 bzw. 1.1), 10 bis 70%, besonders bevorzugt 15 bis 60%, ganz besonders bevorzugt 20 bis 50%, insbesondere rund 25%, der Querschnittsfläche von Rost (4) beträgt.

[0018] Insbesondere bevorzugt man bei der Ausführung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, dass ein Rost (7) in einem auslassseitig konisch zulaufenden Bereich des Reaktors (1.1) angeordnet ist.

[0019] Darüber hinaus bevorzugt man bei erfindungsgemäßen Vorrichtungen, dass die Roste (4) und/oder (7) temperierbar, d. h. kühlbar und falls erforderlich – beispielsweise beim Anfahren des Reaktors – heizbar, ausgeführt sind. So können die Rostkonstruktionen aus Rohren (4.3) bzw. (7.3) bzw. Rohrsystemen mit einem Einlass und einem Auslass für Temperierflüssigkeit bzw. flüssigen Wärmeträger (4.1) bzw. (7.1) bestehen. Die Erfindung betrifft vorteilhaft auch die Verwendung thermalöltemperierter Roste (4, 7), bestehend aus längsseitigen öltemperierten Zugbalken, die durch querstehende öltemperierte Gitterstäbe miteinander verbunden sind.

[0020] Auf die Zugbalken kann durch eine Durchführung durch die Reaktorwand hindurch ein Rüttelmechanismus oder Verschiebemechanismus einwirken. In der Regel haftet lose Asche auf der Oberfläche der bereits teilweise abreagierten Silicium-Stücke. So kann man durch Rütteln oder Verschieben diese Asche entfernen und austragen und somit je nach Bedarf die Reaktivität in der Nachreaktion durch zeitweises Rütteln oder Verschieben steuern.

[0021] Daher ist es bei erfindungsgemäßen Vorrichtungen vorteilhaft, wenn man die Roste (4) und/oder (7) in der Ebene der jeweiligen Querschnittsfläche mechanisch bewegen, d. h. insbesondere rütteln kann. Dazu können die Roste mit an sich bekannten mechanischen Rüttelmaschinen (4.2, 7.2) verbunden sein.

[0022] Zusätzlich kann die Oberfläche der Stäbe,

Gitter bzw. Rohre der Einheiten (4) und/oder (7) vorteilhaft mit einer Schutzschicht gegen Verschleiß, beispielsweise einer Schicht aus einem Hartstoff, wie Creusabro®, Stellite®, oder anderen, mit keramischem Hartstoff gefüllten Stählen ausgestattet sein.

[0023] Besonders vorteilhaft kann man erfindungsgemäße Vorrichtungen für die kontinuierliche Herstellung von Chlorsilanen, insbesondere einem Gemisch aus Siliciumtetrachlorid, Trichlorsilan und Wasserstoff als Produkt (C), durch Umsetzung von stückigem Silicium mit trockenem, gasförmigem Chlorwasserstoff verwenden.

[0024] Somit ist auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung die Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung für die kontinuierliche Herstellung von Chlorsilanen durch Umsetzung von stückigem Silicium mit gasförmigem Chlorwasserstoff.

[0025] Im Allgemeinen führt man in einem erfindungsgemäßen Reaktor Umsetzungen durch, die exotherm verlaufen und daher meist ohne weiteres Zutun anspringen.

[0026] Üblicherweise führt man die Umsetzung von stückigem Silicium mit gasförmigem Chlorwasserstoff in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wie folgt durch: Über das Schleusensystem (2) kann man Feststoff (A), insbesondere stückiges Siliciummetall, einer Reaktionszone (4a) zuführen. Die Höhe der Silicium-Schüttung bzw. der Reaktionsschicht über Rost (4) kann z. B. ca. 4 m betragen. Geeigneterweise sorgt man durch regelmäßige Aufgabe von stückigem Feststoff (A) dafür, dass eine im Wesentlichen gleichbleibende Schütthöhe, vorzugsweise $\pm 30\%$ der mittleren Schütthöhe, über dem Rost der Hauptreaktionszone (4a) während der Umsetzung gegeben ist. Ferner führt man dem Reaktor (1) bzw. (1.1) ein Gas (B bzw. B1, B2), insbesondere Chlorwasserstoffgas, zu.

[0027] So führt man die Umsetzung in der Regel bei einer Temperatur im Bereich zwischen 500 und 1 300°C bei Normaldruck bis hin zu einem leichten bis mäßigen Überdruck durch. Etwa 90% des eingesetzten Siliciums reagieren im Allgemeinen in der Zone (4a) ab. Etwa 10% nunmehr kleinere Silicium-Stücke mit vorwiegend 5 bis 15 mm Größe und vereinzelt größere Stücke fallen durch den Rost (4) in die Nachreaktionszone (7a) und haben dabei in der Regel eine Temperatur von über 600°C. Unter diesen Bedingungen reagieren sie erfindungsgemäß in der Nachreaktionszone (7a) weiter bis die Stücke so klein sind, dass sie, vorteilhaft beim halbstündlich durchgeführten Rütteln, durch Rost (7) fallen. Das Rütteln oder die Verschiebebewegung dauert geeigneterweise 1 bis 60 Sekunden, vorzugsweise etwa 20 Sekunden. So kann vorteilhaft gewährleistet werden, dass in den Reaktionszonen wieder hinreichend frische,

reaktive Siliciumoberfläche für das HCl (g) zugänglich ist. Das Material, das dabei durch den Rost fällt, kann nun über das Schleusensystem (6) ausgetragen, mit wenig Wasser konditioniert und zur Entsorgung gegeben werden. Es enthält vorteilhaft weniger als 2% des eingesetzten Siliciums.

[0028] Bei der Umsetzung entstehendes Produkt kann vorteilhaft über den Auslass (5) abgeführt und einer Weiterverwertung zugeführt werden, beispielsweise einer Trenn- bzw. Reinigungsstufe.

[0029] Daher ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Umsetzung von Siliciummetall mit Chlorwasserstoffgas in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei man

- den Tragrost (4) über das Schleusensystem (2) mit stückigem Siliciummetall (A) beaufschlagt,
- über Zuführungen (3) und/oder (3.1) Chlorwasserstoffgas dosiert,
- in den Reaktionszonen (4a) sowie (7a) jeweils eine Temperatur zwischen 500 und 1 300°C, vorzugsweise bis 900°C, einstellt,
- in zeitlichen Abständen die Tragroste (4) und/oder (7) bewegt (4.2 bzw. 7.2),
- über das Schleusensystem (6) Reststoff und Asche austrägt und
- über einen Auslass (5) Chlorsilane, d. h. insbesondere ein gasförmiges Gemisch, das Trichlorsilan, Tetrachlorsilan und Wasserstoff als Hauptbestandteile enthält, abführt und nachfolgend beispielsweise einer Aufarbeitung, d. h. Reinigungsstufe, z. B. einer Wäsche, einer fraktionierten Kondensation bzw. Destillation mit dem Produkt Wasserstoff, Trichlorsilan und Tetrachlorsilan, oder einer Weiterverarbeitung, z. B. zu hochdisperser Kieselsäure, zugeführt.

[0030] Beim vorliegenden Verfahren setzt man als Feststoff (A) geeigneterweise ein stückiges Siliciummetall (A) mit einem Siliciumgehalt von 85 bis 100 Gew.-%, vorzugsweise 90 bis 98 Gew.-%, insbesondere ≥ 95 Gew.-%, Si ein. Die übrigen Bestandteile des bevorzugt eingesetzten Siliciums, z. B. Ferrosilicium (FeSi), können beispielsweise Fe, Ca, C, Al, S und andere Metalle, sein. Ferner weisen besagte Siliciumstücke bevorzugt eine Kantenlänge bis rund 1,5 dm auf. Besonders bevorzugt man beim erfindungsgemäßen Verfahren den Einsatz von stückigem Silicium mit einer Kantenlänge von 4 bis 15 cm.

[0031] Das beim erfindungsgemäßen Verfahren dem Reaktor zugeführte Chlorwasserstoffgas (B bzw. B1, B2) kann vorteilhaft auf eine Temperatur von 200 bis 300°C vorgewärmt und über die Leitungen (3) und/oder (3.1) zugeführt werden.

[0032] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der sich neben einer Zuführung (3) eine weitere Gaszufuhr (3.1) unterhalb von Rost (7) befindet,

wobei die Menge und Temperatur des hier zuzuführenden Gases (B2) geregelt werden kann. Die Zufuhr der Hauptmenge des Reaktionsgases erfolgt vorzugsweise kontinuierlich im konischen Teil unterhalb des Rosts (4). Insbesondere bei einem Neustart des Reaktors kann es zweckmäßig sein, das für beide Reaktionszonen (4a) und (7a) eingesetzte HCl-Gas auf 200 bis 300°C vorzuwärmen, um ein Anspringen der Reaktion nachhaltig zu gewährleisten.

[0033] Geeigneterweise betreibt man beim erfindungsgemäßen Verfahren den Festbettreaktor bei einem Druck im Bereich von rund 1 bis 2,5 bar abs., vorzugsweise bei 1,6 bis 2,0 bar abs..

[0034] Darüber hinaus wird man bei der Durchführung des vorliegenden Verfahrens vorzugsweise mindestens einen der Roste (4 bzw. 7) mit Thermalöl temperieren (4.1 bzw. 7.1). Als Thermalöl kann man beispielsweise Marlotherm®, Dowtherm® oder ein ähnliches Produkt einsetzen.

[0035] So wird mit der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung bereitgestellt, die aufgrund eines nahezu quantitativen Nutzungsgrads des eingesetzten Feststoffs und einer Verbesserung von Abrieb- bzw. Korrosionsschutz an einzelnen Reaktorteilen sowie im Reaktor in einfacher und wirtschaftlicher Weise und damit vorteilhaft eine deutliche Erhöhung der Ausbeute bei der Umsetzung von gasförmigen und festen stückigen Stoffen in einem kontinuierlich arbeitenden Feststoffreaktor oder Schachtofen ermöglicht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung für die Umsetzung von stückigem Feststoff (A) mit einem Gas (B bzw. B1, B2), wobei innerhalb des Reaktors unter dem Tragrost der Hauptreaktionszone eine weitere Reaktionszone in Form eines weiteren Tragrosts angeordnet ist, basierend auf

- einem Reaktor (1, 1.1),
- einer Schleuse (2) für die Zufuhr von Feststoff (A),
- einem Rost (4) und einem Rost (7), wobei die Roste im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Reaktors orientiert sind und Rost (7) unterhalb von Rost (4) angeordnet ist, und die Spaltweiten (d1) von Rost (4) größer sind als die Spaltweiten (d2) von Rost (7),
- mindestens einer Gaszuführung (3 bzw. 3.1), wobei die Gaszuführung unterhalb eines Rosts (4) orientiert ist,
- einem Auslass (5) für gas- oder dampfförmiges Produkt (C) und
- einer Schleuse (6) für den Austrag von Reststoff bzw. Asche (D), wobei die Schleuse (6) unterhalb des letzten Rosts (7) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Roste (4) und/oder (7) Stahl-

gitter- oder Stahlrohrkonstruktionen sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Spaltweite (d2) eines Rosts (7) rund 1/6 bis 1/15 der jeweiligen Spaltweite (d1) des Rosts (4) beträgt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsfläche eines Rosts (7) mit dem Reaktorgehäuse (1 bzw. 1.1) 10 bis 70% der Querschnittsfläche von Rost (4) beträgt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Roste (4) und/oder (7) temperierbar ausgeführt sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Roste (4) und/oder (7) in der Ebene der jeweiligen Querschnittsfläche mechanisch bewegbar ausgeführt sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Stäbe, Gitter bzw. Rohre der Einheiten (4) und/oder (7) mit einer Schutzschicht gegen Verschleiß ausgestattet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rost (7) in einem auslassseitig konisch zulaufenden Bereich des Reaktors (1.1) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (1, 1.1) als Doppelmantelreaktor mit Dampfkühlung ausgeführt ist.

10. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für die kontinuierliche Herstellung von Chlorsilanen durch Umsetzung von stückigem Silicium mit gasförmigem Chlorwasserstoff.

11. Verfahren zur Umsetzung von Siliciummetall mit Chlorwasserstoffgas in einem Festbettreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei man

- den Tragrost (4) über das Schleusensystem (2) mit stückigem Siliciummetall (A) beaufschlagt,
- über Zuführungen (3) und/oder (3.1) Chlorwasserstoffgas dosiert,
- in den Reaktionszonen (4a) sowie (7a) jeweils eine Temperatur zwischen 600 und 1 300°C einstellt,
- in zeitlichen Abständen die Tragroste (4) und/oder (7) bewegt (4.2 bzw. 7.2),
- über das Schleusensystem (6) Reststoff und Asche austrägt und
- über einen Auslass (5) ein Chlorsilan enthaltendes Gas abführt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass man Siliciummetall (A) mit einem Siliciumgehalt von ≥ 85 Gew.-% Si und in Stücken mit einer Kantenlänge bis 1,5 dm einsetzt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass man das dem Reaktor zugeführte Chlorwasserstoffgas (B1, B2) auf eine Temperatur von 200 bis 300°C vorwärmt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass man den Festbettreaktor bei einem Druck im Bereich von rund 1 bis 2,5 bar abs. betreibt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass man mindestens einen der Roste (4 bzw. 7) mit Thermalöl temperiert (4.1 bzw. 7.1).

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

