

(19)



(11)

**EP 3 310 499 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.11.2020 Patentblatt 2020/48**

(51) Int Cl.:  
**B07B 13/07** <sup>(2006.01)</sup> **B07B 1/12** <sup>(2006.01)</sup>  
**B07B 1/46** <sup>(2006.01)</sup> **B07B 13/04** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **16711200.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/055538**

(22) Anmeldetag: **15.03.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2016/202473 (22.12.2016 Gazette 2016/51)**

**(54) VERFAHREN ZUM MECHANISCHEN KLASSIEREN VON POLYSILICIUM**

PROCESS FOR THE MECHANICAL CLASSIFYING OF POLYSILICON

PROCÉDÉ POUR LE CALIBRAGE MÉCANIQUE DU POLYSILICIUM

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **BUSCHHARDT, Thomas**  
**84489 Burghausen (DE)**
- **EHRENSCHWENDTNER, Simon**  
**84543 Winhöring (DE)**
- **FRAUNHOFER, Christian**  
**84335 Mitterskirchen (DE)**

(30) Priorität: **19.06.2015 DE 102015211351**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.04.2018 Patentblatt 2018/17**

(74) Vertreter: **Killinger, Andreas**  
**Siltronic AG**  
**Intellectual Property**  
**Johannes-Hess-Straße 24**  
**84489 Burghausen (DE)**

(73) Patentinhaber:

- **Siltronic AG**  
**81737 München (DE)**
- **Wacker Chemie AG**  
**81737 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 19 945 037 DE-C1- 19 822 996**  
**DE-T2- 60 310 627 DE-T2- 60 310 627**  
**US-A- 4 569 446**

(72) Erfinder:

- **BERGMANN, Andreas**  
**84556 Kastl (DE)**

**EP 3 310 499 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum mechanischen Klassieren von Polysilicium.

**[0002]** Polykristallines Silicium (kurz: Polysilicium) dient als Ausgangsmaterial zur Herstellung von einkristallinem Silicium für Halbleiter nach dem Czochralski(CZ)- oder Zonenschmelz(FZ)-Verfahren, sowie zur Herstellung von ein- oder multikristallinem Silicium nach verschiedenen Zieh- und Gieß-Verfahren zur Produktion von Solarzellen für die Photovoltaik.

**[0003]** Polykristallines Silicium wird in der Regel mittels des Siemens-Verfahrens hergestellt. Bei diesem Verfahren werden in einem glockenförmigen Reaktor ("Siemens-Reaktor") Trägerkörper, üblicherweise dünne Filamentstäbe aus Silicium, durch direkten Stromdurchgang erhitzt und ein Reaktionsgas enthaltend Wasserstoff und eine oder mehrere siliciumhaltige Komponenten eingeleitet, wobei sich das polykristalline Silicium auf den Trägerkörpern abscheidet.

**[0004]** Für die meisten Anwendungen werden die derart hergestellten polykristallinen Siliciumstäbe auf kleine Bruchstücke gebrochen, welche üblicherweise anschließend nach Größen klassiert werden. Üblicherweise werden Siebmaschinen eingesetzt, um polykristallines Silicium nach der Zerkleinerung in unterschiedliche Größenklassen zu sortieren bzw. zu klassieren.

**[0005]** Alternativ wird polykristallines Siliciumgranulat in einem Wirbelschichtreaktor produziert. Dies geschieht durch Fluidisierung von Siliciumpartikeln mittels einer Gasströmung in einer Wirbelschicht, wobei diese über eine Heizvorrichtung auf hohe Temperaturen aufgeheizt wird. Durch Zugabe eines siliciumhaltigen Reaktionsgases erfolgt eine Pyrolysereaktion an der heißen Partikeloberfläche. Dabei scheidet sich elementares Silicium auf den Siliciumpartikeln ab und die einzelnen Partikel wachsen im Durchmesser an.

**[0006]** Das Polysiliciumgranulat wird üblicherweise nach dessen Herstellung mittels einer Siebanlage in zwei oder mehr Fraktionen oder Klassen geteilt (Klassierung). Die kleinste Siebfraction (Siebunterkorn) kann anschließend in einer Mahlanlage zu Keimpartikeln verarbeitet und dem Reaktor zugegeben werden. Die Siebzielfraction wird üblicherweise verpackt und zum Kunden transportiert. Der Kunde verwendet das Polysiliciumgranulat u.a. zum Züchten von Einkristallen nach dem Czochralski-Verfahren.

**[0007]** Eine Siebmaschine ist allgemein eine Maschine zum Sieben, also der Trennung (Separation) von Feststoffgemischen nach Korngrößen. Nach Bewegungscharakteristik wird zwischen Planschwingsiebmaschinen und Wurfsiebmaschinen unterschieden. Der Antrieb der Siebmaschinen erfolgt meist elektromagnetisch bzw. durch Unwuchtmotoren oder -getriebe. Die Bewegung des Siebbelags dient dem Weitertransport des Aufgabeguts in Sieblängsrichtung und dem Durchtritt der Feinfraction durch die Sieböffnungen. Im Gegensatz zu Planschwingsiebmaschinen tritt bei Wurfsiebmaschinen neben der horizontalen auch eine vertikale Siebbeschleunigung auf.

**[0008]** Eine spezielle Art ist die Mehrdecksiebmaschine, die gleichzeitig mehrere Korngrößen fraktionieren kann. Sie sind konzipiert für eine Vielzahl scharfer Trennungen im Mittelbis Feinstkornbereich. Das Antriebsprinzip beruht bei Mehrdeck-Plansiebmaschinen auf zwei gegenläufig arbeitenden Unwuchtmotoren, die eine lineare Schwingung erzeugen. Das Siebgut bewegt sich geradlinig über die horizontale Trennfläche. Dabei arbeitet die Maschine mit geringer Schwingbeschleunigung. Durch ein Baukastensystem können eine Vielzahl von Siebdecks zu einem Siebstapel zusammengestellt werden. Somit können im Bedarfsfall unterschiedliche Körnungen in einer einzigen Maschine hergestellt werden, ohne dass Siebbeläge gewechselt werden müssen. Durch mehrfache Wiederholung gleicher Siebdeckfolgen kann dem Siebgut viel Siebfläche angeboten werden.

**[0009]** US 8021483 B2, bzw DE60310627 T2, offenbart eine Vorrichtung zum Sortieren polykristalliner Siliciumstücke enthaltend eine Schwingungsmotoranordnung und einen Stufenbodenklassierer, befestigt an der Schwingungsmotoranordnung. Die Schwingungsmotoranordnung sorgt dafür, dass sich die Siliciumstücke über einen ersten Boden enthaltend Nuten bewegen. In einem Wirbelschichtbereich wird Staub durch einen Luftstrom durch eine perforierte Platte entfernt. In einem profilierten Bereich des ersten Bodens setzen sich die Siliciumstücke in Löchern von Nuten ab oder verbleiben auf Kämme der Nuten. Am Ende des ersten Bodens fallen Siliciumstücke, die kleiner als ein Spalt zwischen erstem und nachfolgendem Boden sind, durch diesen auf ein Transportband. Größere Siliciumstücke bewegen sich über den Spalt hinweg und fallen auf den zweiten Boden.

**[0010]** US 2007/0235574 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Zerkleinern und Sortieren von polykristallinem Silicium, umfassend eine Aufgabeeinrichtung für einen Polysilicium-Grobbruch in eine Brecheranlage, die Brecheranlage, und eine Sortieranlage zum Klassieren des Polysilicium-Bruchs, wobei die Vorrichtung mit einer Steuerung versehen ist, die eine variable Einstellung mindestens eines Brechparameters in der Brecheranlage und/oder mindestens eines Sortierparameters in der Sortieranlage ermöglicht. Besonders bevorzugt besteht die Sortieranlage aus einer mehrstufigen mechanischen Siebanlage und einer mehrstufigen optoelektronischen Trennanlage.

**[0011]** Auch US 2009/0120848 A1 beschreibt eine Vorrichtung, die eine flexible Klassierung von gebrochenem polykristallinem Silicium ermöglicht, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine mechanische Siebanlage und eine optoelektronische Sortieranlage umfasst, wobei der Polybruch durch die mechanische Siebanlage in einen Silicium-Feinanteil und einen Silicium-Restanteil getrennt wird und der Silicium-Restanteil über eine optoelektronische Sortieranlagen in weitere Fraktionen aufgetrennt wird.

**[0012]** Die mechanische Siebanlage ist vorzugsweise eine Schwingsiebmaschine ist, die über einen Unwuchtmotor angetrieben wird. Als Siebbelag sind Maschen- und Lochsiebe bevorzugt.

**[0013]** US 2012/0198793 A1 offenbart ein Verfahren zum Dosieren und Verpacken von Polysiliciumbruchstücken, wobei ein Produktstrom an Polysiliciumbruchstücken über eine Förderrinne transportiert, mittels wenigstens eines Siebs in grobe und feine Bruchstücke getrennt, mittels einer Dosierwaage abgewogen und auf ein Zielgewicht dosiert wird, wobei das wenigstens eine Sieb und die Dosierwaage an ihren Oberflächen wenigstens teilweise ein Hartmetall umfassen.

**[0014]** US 2014/0130455 A1 offenbart im Rahmen eines Verfahrens zum Verpacken von polykristallinen Siliciumbruchstücken, dass in einem Dosiersystem Feinanteil, also feinste Partikel und Absplitterungen des Polysiliciums, mittels eines Siebs abgetrennt wird. Beim Sieb kann es sich um eine Lochplatte, ein Stangensieb oder eine optopneumatische Sortierung handeln.

Die verwendeten Siebe umfassen an ihren Oberflächen wenigstens teilweise einen kontaminationsarmen Werkstoff wie z. B. ein Hartmetall oder Keramik/Carbide.. Die Siebe können teilweise oder vollflächig mit einer Beschichtung aus Titanitrid, Titancarbid, Aluminiumtitannitrid oder DLC (Diamond Like Carbon) versehen sein.

**[0015]** Stangensiebe umfassen üblicherweise parallel verlaufende Stangen, wobei der Siebdurchgang durch den Abstand der Stangen bestimmt ist und der Siebüberlauf am freien Ende der Stangen austritt. Bei den bekannten Stangensieben sind die Siebstangen in einer Ebene angeordnet und der Transport des Siebgutes erfolgt dadurch, dass die Siebstangen zu ihrem freien Ende abwärts geneigt sind.

**[0016]** Abtrennvorrichtungen nach dem Stand der Technik wie Stangensiebe neigen bei der Feinanteilabtrennung in den Verpackungsmaschinen zum Verstopfen. Dies gilt auch für die bekannten Stufenbodenklassierer, bei denen Fraktionen über Spalte zwischen den Böden abzutrennen versucht werden.

Dies hat zur Folge, dass diese Abtrennvorrichtungen zyklisch gereinigt werden müssen und dadurch keine kontinuierliche, gleichbleibende Trenngenaugkeit erreichen.

Zudem erfordert dies Anlagenstillständen und zusätzlichen Aufwand für die Reinigung.

Nachteilig ist auch, dass keine exakte Trennung erreicht wird, zumal neben der abzutrennenden Fraktion stets ein erheblicher Anteil an Übergrößen mit abgetrennt wird. Somit kommt es auch zu einer ungewollten Reduzierung der Ausbeute der Zielfraktion.

**[0017]** DE19822996 C1 offenbart eine Abscheidevorrichtung für langgestreckte Feststoffteile, die einen Schwingboden mit einer Anzahl sich in Förderrichtung erstreckender Längsrillen aufweist, an die sich Sieböffnungen zum Abscheiden der langgestreckten Feststoffteile (18) anschließen, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillentiefe der Längsrillen (12) in Förderrichtung (6) abnimmt. Zur Vermeidung von Verstopfungen und zur Gewährleistung eines möglichst flüssigen Feststoffflusses, ist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung vorgesehen, dass sich die Sieböffnungen in Förderrichtung auf weiten.

**[0018]** Durch die beschriebene Anordnung lassen sich Metalldrähte aus Pyrolyserückständen, wie sie beispielsweise von Baustellen oder Siedlungsabfällen stammen, entfernen.

**[0019]** Die Rillentiefe ist zunächst so ausgestaltet, dass sich in den Rillen Partikel ansammeln, insbesondere die langen Drähte aus dem zu recycelnden Abfall. Dann nimmt die Rillentiefe ab bis hin zu einem planaren Zustand deutlich abnimmt. Dies hat zur Folge, dass die langen Drähte abgetrennt werden können.

**[0020]** Aus der beschriebenen Problematik ergab sich die Aufgabenstellung der Erfindung. Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zum mechanischen Klassieren von Polysilicium, bestehend aus Bruchstücken der Größenklassen

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Bruchgröße 0 | 0,1 bis 5 mm, oder  |
| Bruchgröße 1 | 3 bis 15 mm, oder   |
| Bruchgröße 2 | 10 bis 40 mm, oder  |
| Bruchgröße 3 | 20 bis 60 mm, oder  |
| Bruchgröße 4 | 45 bis 120 mm, oder |
| Bruchgröße 5 | 100 bis 250 mm,     |

wobei die Größenklasse von Polysiliciumbruchstücken als längste Entfernung zweier Punkte auf der Oberfläche eines Siliciumbruchstücks (=max. Länge) definiert ist, mit einer Siebanlage, wobei das Polysilicium auf eine Siebplatte, umfassend einen Aufgabebereich für Polysilicium, einen profilierten Bereich mit Spitzen und Senken, einen Bereich mit Schlitzten, wobei die Schlitzte an die Senken anschließen, und einen Entnahmebereich, wobei sich die Schlitzte in Richtung des Entnahmebereichs vergrößern, aufgegeben wird, wobei die Siebplatte derart in Schwingungen versetzt wird, dass das Polysilicium eine Bewegung in Richtung des Entnahmebereichs ausführt, wobei sich kleinteiliges Polysilicium in den Senken der Siebplatte sammelt und durch die Schlitzte der Siebplatte fällt und dadurch vom aufgegebenen Polysilicium getrennt wird, wobei die Siebplatte um einen Winkel von 5 bis 20° gegen die Waagerechte geneigt ist, wobei sich

die Spitzen des profilierten Bereichs auch in den Bereich mit Schlitten fortsetzen, so dass die gesamte Siebplatte profiliert ist, wobei die Siebplatte jedoch an seinem in Förderrichtung hinteren Ende Schlitz statt Senken aufweist, wobei Tiefe und Winkel der Senken des profilierten Bereichs und Größe der Schlitz so ausgestaltet sind, dass entweder feinteiliges Silicium, das sich mittels eines Maschensiebs mit quadratischen Maschen einer Größe von 8 mm x 8 mm abtrennen lässt, vom aufgegebenen Polysilicium 3 bis 5 getrennt wird, oder feinteiliges Silicium, das sich mittels eines Maschensiebs mit quadratischen Maschen einer Größe von 1 mm x 1 mm abtrennen lässt, vom aufgegeben Polysilicium der Bruchgrößen 0 bis 2 getrennt wird.

**[0021]** Beim Polysilicium handelt es sich um polykristalline Bruchstücke.

**[0022]** Unter kleinteiligem Polysilicium ist eine Teilmenge aus der aufgegebenen Menge an Polysilicium zu verstehen, die mittels der Siebanlage abgetrennt werden soll. Das kleinteilige Polysilicium entspricht also der abzutrennenden Fraktion. Erfindungsgemäß handelt es sich bei dem aufgegebenen Polysilicium um Polysiliciumbruchstücke mit Feinanteil. Der Feinanteil soll mit der Siebplatte abgetrennt werden.

**[0023]** Die Größenklasse von Polysiliciumbruchstücken ist als längste Entfernung zweier Punkte auf der Oberfläche eines Siliciumbruchstücks (=max. Länge) definiert:

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Bruchgröße (BG) 0 | 0,1 bis 5 mm   |
| Bruchgröße 1      | 3 bis 15 mm    |
| Bruchgröße 2      | 10 bis 40 mm   |
| Bruchgröße 3      | 20 bis 60 mm   |
| Bruchgröße 4      | 45 bis 120 mm  |
| Bruchgröße 5      | 100 bis 250 mm |

**[0024]** Nachfolgend sollen für die Bruchgrößen 3 bis 5 alle Bruchstücke oder Partikel aus Silicium, die eine solche Größe aufweisen, dass sie sich mittels eines Maschensiebs mit quadratischen Maschen einer Größe von 8 mm x 8 mm abtrennen lassen, als Feinanteil bezeichnet werden.

**[0025]** Für die Bruchgrößen 0 bis 2 gilt selbige Definition, wobei die Maschenweite hier mit 1 mm x 1 mm definiert ist.

**[0026]** Die Siebplatte umfasst einen Aufgabebereich, in dem das Polysilicium aufgegeben wird.

**[0027]** In einer Ausführungsform wird das Polysilicium mittels einer Förderrinne zur Siebanlage befördert und an den Aufgabebereich der Siebplatte abgegeben.

**[0028]** Die Siebplatte umfasst zudem einen profilierten Bereich mit Rillen oder Nuten oder allgemein Vertiefungen und Erhebungen, so dass der profilierte Bereich Senken und Spitzen aufweist.

**[0029]** Während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich sammeln sich kleine Bruchstücke oder kleine Siliciumpartikel (klein in Bezug auf die Zielfraktion) oder Feinanteil in den Senken des profilierten Bereichs.

**[0030]** In einer Ausführungsform umfasst das aufgegebene Polysilicium Bruchstücke der Größenklassen 3 bis 5 und Feinanteil gemäß o.g. Definition. Während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich sammelt sich Feinanteil in den Senken des profilierten Bereichs.

**[0031]** In einer Ausführungsform umfasst das aufgegebene Polysilicium Bruchstücke der Größenklassen 0 bis 2 und Feinanteil gemäß o.g. Definition. Während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich sammelt sich der im Polysilicium enthaltene Feinanteil in den Senken des profilierten Bereichs.

**[0032]** Die Siebplatte umfasst - an den profilierten Bereich anschließend - einen Bereich mit Schlitten. Die Schlitz sind in Förderrichtung unmittelbar hinter den Senken des profilierten Bereichs angeordnet. Dadurch werden die in den Senken des profilierten Bereichs befindlichen Feinanteile des Polysiliciums gezielt zu den Schlitten des Bereichs geführt.

**[0033]** Erfindungsgemäß setzen sich die Spitzen des profilierten Bereichs auch in den Bereich mit Schlitten fort, so dass die gesamte Siebplatte profiliert ist, wobei die Siebplatte jedoch an seinem in Förderrichtung hinteren Ende Schlitz statt Senken aufweist.

**[0034]** Die Abtrennung des Feinanteils oder kleiner Bruchstücke/Partikel erfolgt somit über die Schlitz der Siebplatte.

**[0035]** In einer Ausführungsform werden die abgetrennten Feinanteile oder kleinen Bruchstücke/Partikel durch einen unterhalb der Schlitz der Siebplatte angeordneten Auffangbehälter aufgenommen.

**[0036]** Größere Bruchstücke werden im profilierten Bereich über die Spitzen zum Entnahmebereich geführt.

**[0037]** In einer Ausführungsform ist der Entnahmebereich mit einer Förderrinne verbunden, über die die größeren Bruchstücke abgeführt werden. Ebenso kann sich eine weitere Siebplatte anschließend, um einen weitere Fraktion vom Polysilicium abzutrennen.

**[0038]** Die Schlitz weiten sich in Förderrichtung. Überraschenderweise kann dadurch ein Verstopfen der Öffnungen / Schlitz effektiv vermieden werden. Somit treten die damit verbundenen und im Stand der Technik beobachteten Probleme, die einen hohen Aufwand bedeuteten, nicht auf.

**[0039]** Die Trenngenaugkeit ist deutlich höher als bei Stangensieben, womit deutlich weniger Fehlkorn abgetrennt wird und somit die Ausbeute steigt.

**[0040]** Die Offenbarung sieht also eine Siebplatte vor, die in allen Arten von Siebanlagen eingesetzt werden kann, bei welcher sich im ersten Bereich der Siebplatte der Feinanteil oder kleinteiliges Silicium in Senken sammelt und im letzten Bereich der Siebplatte gezielt durch sich weitende Siebschlitze abgetrennt wird.

**[0041]** In einer Ausführungsform besteht die Siebplatte aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff, Silicium oder Metall.

**[0042]** In einer Ausführungsform ist die Siebplatte mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Polyurethan, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium ausgekleidet oder beschichtet.

**[0043]** In einer Ausführungsform sind die mit dem Polysilicium in Berührung kommenden Teile der Siebplatte mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Polyurethan, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium ausgekleidet oder beschichtet.

**[0044]** In einer Ausführungsform besteht die Siebplatte aus Hartmetall oder ist mit einem Hartmetall beschichtet oder ausgekleidet.

**[0045]** In einer Ausführungsform umfasst die Siebplatte einen metallischen Grundkörper sowie eine Beschichtung oder Auskleidung aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium.

**[0046]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird der bei den zuvor genannten Ausführungen verwendete Kunststoff ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus PVC (Polyvinylchlorid), PP (Polypropylen), PE (Polyethylen), PU (Polyurethan), PFA (Perfluoralkoxy), PVDF (Polyvinylidenfluorid) und PTFE (Polytetrafluorethylen).

**[0047]** In einer Ausführungsform umfasst die Siebplatte eine Beschichtung aus Titanitrid, Titancarbid, Aluminiumtitanitrid oder DLC (Diamond Like Carbon).

**[0048]** Die Größe der Schlitze ist abhängig von der abzutrennenden Fraktion und kann bis zu 200 mm betragen.

**[0049]** In einer Ausführungsform soll ein Trennschritt bei 10 mm erfolgen (Absieben von Polysilicium kleiner als 10 mm), wobei die Schlitze an ihrem Ende (Beginn des Entnahmebereichs) eine Weite von 10 mm aufweisen.

**[0050]** Die Ausführung des profilierten Bereichs der Siebplatte ist abhängig von der abzutrennenden Fraktion. Tiefe und Winkel der Senken des profilierten Bereichs sind so auszugestalten, dass sich die abzutrennende Fraktion, also z.B. der Feinanteil dort sammelt.

**[0051]** Die Winkel der Senken können dabei flach bis extrem spitz sein und größer als 1° und kleiner als 180° betragen.

**[0052]** Die Tiefe der Senken kann von 1 bis 200 mm betragen.

**[0053]** Beispielsweise sind für die Abtrennung einer 10 mm Fraktion ein Winkel von 45° und eine Tiefe von 20 mm geeignet.

**[0054]** Die Erregung der Siebplatte kann sowohl mit einer Planschwing- oder auch Wurfsiebmaschine erfolgen. Ebenso können Vibrationsantriebe (wie z.B. Magnetantriebe) oder Unwuchtantriebe vorgesehen sein.

**[0055]** Erfindungsgemäß ist die Siebplatte gegen die Waagerechte geneigt.

**[0056]** Der Neigungswinkel beträgt zwischen 5 und 20°, da dabei die Schwerkraft die Förderung über die Siebplatte unterstützt.

## Kurzbeschreibung der Figuren

**[0057]** Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Siebplatte.

## Liste der verwendeten Bezugszeichen

**[0058]**

- 1 Siebplatte
- 2 Aufgabebereich
- 3 Profilerter Bereich der Siebplatte
- 31 Senken des profilierten Bereichs
- 32 Spitzen des profilierten Bereichs
- 4 Bereich mit Schlitzen
- 41 Schlitz
- 5 Entnahmebereich

**[0059]** Die Siebplatte 1 umfasst einen Aufgabebereich 2, in dem das Polysilicium aufgegeben wird. Das Polysilicium kann beispielsweise mittels einer Förderrinne zur Siebanlage befördert und an den Aufgabebereich 2 der Siebplatte 1 abgegeben werden.

**[0060]** Die Siebplatte 1 umfasst zudem einen profilierten Bereich 3. Dieser profilierte Bereich 3 sieht Rillen oder Nuten

oder Vertiefungen anderer Art vor, so dass der profilierte Bereich 3 Senken 31 und Spitzen 32 aufweist.

**[0061]** Der im Polysilicium enthaltene Feinanteil sammelt sich während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich 3 in den Senken 31 des profilierten Bereichs 3.

**[0062]** Die Siebplatte 1 umfasst - an den profilierten Bereich 3 anschließend - einen Bereich 4 mit Schlitzen 41. Die Schlitze 41 sind unmittelbar hinter (In Förderrichtung) den Senken 31 des profilierten Bereichs 3 angeordnet. Dadurch werden die in den Senken 31 des profilierten Bereichs 3 befindlichen Feinanteile des Polysiliciums gezielt zu den Schlitzen 41 des Bereichs 4 geführt.

**[0063]** Die Spitzen 32 des profilierten Bereichs 3 setzen sich auch im Bereich 4 fort, so dass die gesamte Siebplatte 1 profiliert ist, jedoch im Bereich 4 statt Senken 31 Schlitze 41 aufweist.

**[0064]** Die Abtrennung des Feinanteils erfolgt somit über die Schlitze 41 der Siebplatte 1. Die abgetrennten Feinanteile können beispielsweise durch einen unterhalb der Schlitze 41 der Siebplatte 1 angeordneten Auffangbehälter aufgenommen werden.

**[0065]** Größere Bruchstücke werden im profilierten Bereich über die Spitzen 32 zum Entnahmebereich 5 geführt.

**[0066]** Die Schlitze 41 weiten sich in Förderrichtung. Es hat sich gezeigt, dass dadurch ein Verstopfen der Öffnungen effektiv vermieden werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum mechanischen Klassieren von Polysilicium, bestehend aus Bruchstücken der Größenklassen

|              |                                            |
|--------------|--------------------------------------------|
| Bruchgröße 0 | 0,1 bis 5 mm, oder                         |
| Bruchgröße 1 | 3 bis 15 mm, oder                          |
| Bruchgröße 2 | 10 bis 40 mm, oder                         |
| Bruchgröße 3 | 20 bis 60 mm, oder                         |
| Bruchgröße 4 | 45 bis 120 mm, oder                        |
| Bruchgröße 5 | 100 bis 250 mm, wobei die Größenklasse von |

Polysiliciumbruchstücken als längste Entfernung zweier Punkte auf der Oberfläche eines Siliciumbruchstücks, d.h. max. Länge, definiert ist, mit einer Siebanlage, wobei das Polysilicium auf eine Siebplatte (1), umfassend einen Aufgabebereich (2) für Polysilicium, einen profilierten Bereich (3) mit Spitzen (32) und Senken (31), einen Bereich (4) mit Schlitzen (41), wobei die Schlitze (41) an die Senken (31) anschließen, und einen Entnahmebereich (5), wobei sich die Schlitze (41) in Richtung des Entnahmebereichs (5) vergrößern, aufgegeben wird, wobei die Siebplatte (1) derart in Schwingungen versetzt wird, dass das Polysilicium eine Bewegung in Richtung des Entnahmebereichs (5) ausführt, wobei sich kleinteiliges Polysilicium in den Senken (31) der Siebplatte (1) sammelt und durch die Schlitze (41) der Siebplatte (1) fällt und dadurch vom aufgegebenen Polysilicium getrennt wird, wobei die Siebplatte (1) um einen Winkel von 5 bis 20° gegen die Waagerechte geneigt ist, wobei sich die Spitzen (32) des profilierten Bereichs (3) auch in den Bereich (4) mit Schlitzen (41) fortsetzen, so dass die gesamte Siebplatte (1) profiliert ist, wobei die Siebplatte (1) jedoch an seinem in Förderrichtung hinteren Ende Schlitze (41) statt Senken (31) aufweist, wobei Tiefe und Winkel der Senken (31) des profilierten Bereichs (3) und Größe der Schlitze (41) so ausgestaltet sind, dass entweder feinteiliges Silicium, das sich mittels eines Maschensiebs mit quadratischen Maschen einer Größe von 8 mm x 8 mm abtrennen lässt, vom aufgegebenen Polysilicium der Bruchgrößen 3 bis 5 getrennt wird oder feinteiliges Silicium, das sich mittels eines Maschensiebs mit quadratischen Maschen einer Größe von 1 mm x 1 mm abtrennen lässt, vom aufgegebenen Polysilicium der Bruchgrößen 0 bis 2 getrennt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Siebplatte (1) aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff, Silicium und Metall besteht.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Siebplatte (1) einen metallischen Grundkörper sowie eine Beschichtung oder Auskleidung mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium umfasst.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Siebplatte (1) eine Beschichtung aus Titannitrid, Titancarbid, Aluminiumtitannitrid oder DLC (Diamond Like Carbon) umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Siebplatte (1) aus Hartmetall besteht oder die mit einem Hartmetall ausgekleidet oder beschichtet ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Größe der Schlitz (41) bis zu 200 mm beträgt.

## Claims

1. A method for mechanically sizing polysilicon, consisting of Fragments of the size classes

|              |                                          |
|--------------|------------------------------------------|
| break size 0 | 0,1 to 5 mm, or                          |
| break size 1 | 3 to 15 mm, or                           |
| break size 2 | 10 to 40 mm, or                          |
| break size 3 | 20 to 60 mm, or                          |
| break size 4 | 45 to 120 mm, or                         |
| break size 5 | 100 to 250 mm, whereby the size class of |

Polysilicon fragments as longest distance between two points on the surface of a silicon fragment (=max. length), with a screening system, wherein the polysilicon is fed onto a screen plate (1) comprising a feed area (2) for polysilicon, a profiled area (3) with peaks (32) and troughs (31), an area (4) with slots (41), wherein the slots (41) adjoin the troughs (31), and a removal area (5), wherein the slots (41) increase in size in the direction of the removal area (5), wherein the screen plate (1) is vibrated such that the polysilicon performs a movement in the direction of the removal area (5), wherein finely divided polysilicon collects in the depressions (31) of the screen plate (1) and falls through the slots (41) of the screen plate (1) and is thereby separated from the charged polysilicon, wherein the screen plate (1) is inclined at an angle of 5 to 20° with respect to the horizontal., wherein the peaks (32) of the profiled area (3) also continue into the area (4) with slots (41), so that the entire screen plate (1) is profiled, the screen plate (1) however having slots (41) instead of depressions (31) at its rear end in the conveying direction, wherein the depth and angle of the depressions (31) of the profiled area (3) and the size of the slits (41) are such that either finely divided silicon, which can be separated by means of a square mesh screen having a size of 8 mm x 8 mm separated from the polysilicon of break sizes 3 to 5 or finely divided silicon, which can be separated by means of a square mesh screen with a size of 1 mm x 1 mm, is separated from the feed polysilicon of break sizes 0 to 2.

2. A method according to claim 1, wherein the screen plate (1) is made of one or more materials selected from the group consisting of plastic, ceramic, glass, diamond, amorphous carbon, silicon and metal.
3. A method according to any one of claims 1 to 2, wherein the screen plate (1) comprises a metallic base body and a coating or lining with one or more materials selected from the group consisting of plastic, ceramic, glass, diamond, amorphous carbon and silicon.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, wherein the screen plate (1) comprises a coating of titanium nitride, titanium carbide, aluminum titanium nitride or DLC (Diamond Like Carbon).
5. A method according to any one of claims 1 to 4, wherein the screen plate (1) is made of hard metal or is lined or coated with a hard metal.
6. A method according to any one of claims 1 to 5, wherein the size of the slots (41) is up to 200 mm.

## Revendications

1. Procédé pour le calibrage mécanique du polysilicium, consistant en Fragments des classes de taille

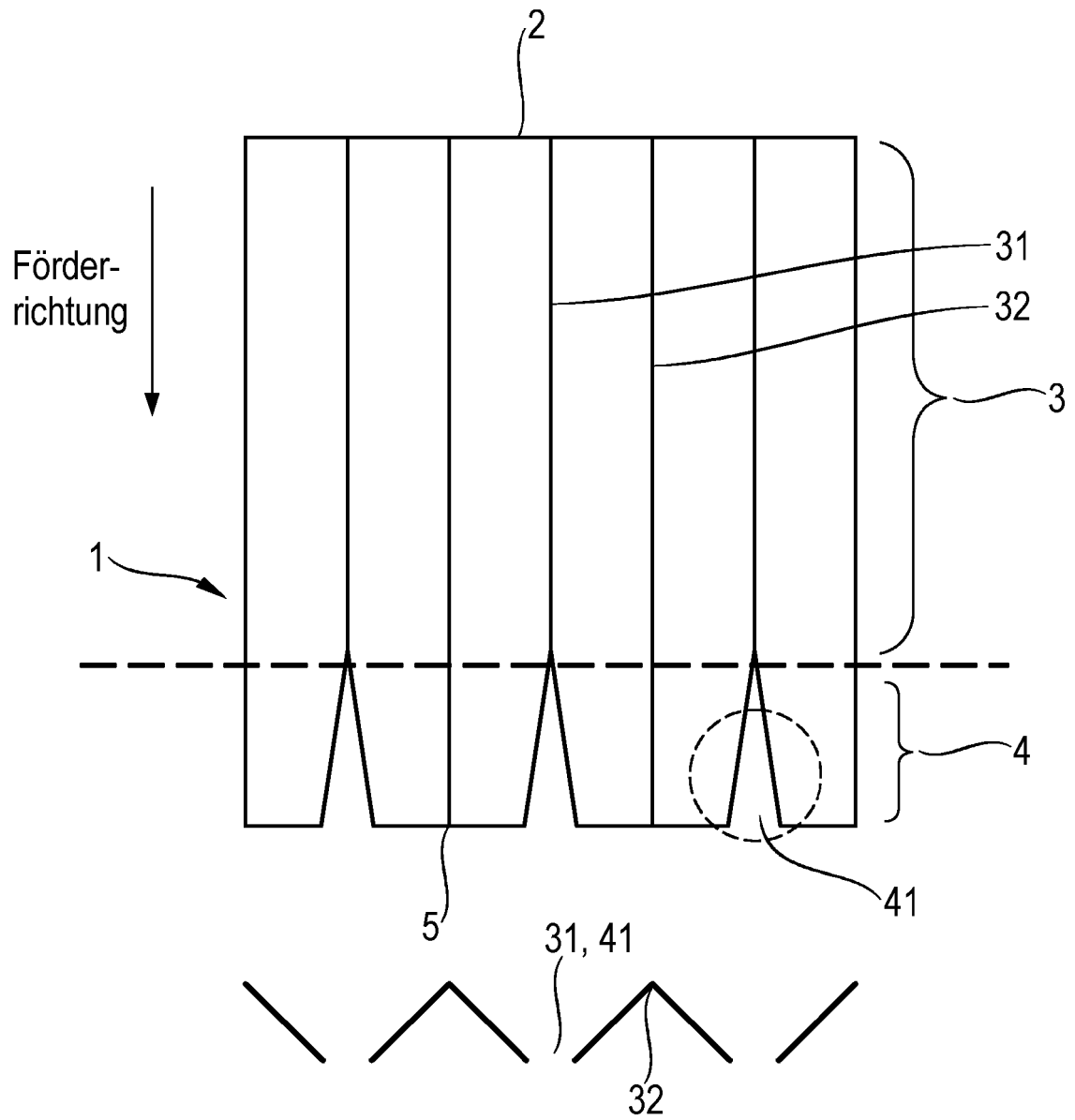
|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| taille de rupture 0 | de 0,1 à 5 mm, ou  |
| taille de rupture 1 | de 3 et 15 mm, ou  |
| taille de rupture 2 | de 10 à 40 mm, ou  |
| taille de rupture 3 | de 20 à 60 mm, ou  |
| taille de rupture 4 | de 45 à 120 mm, ou |

La taille de la rupture est de 5100 à 250 mm, ou la classe de taille de la distance la plus longue entre deux points

de la surface d'un fragment de silicium (=max. longueur), avec un système de tamisage, le polysilicium étant amené sur une plaque de tamisage (1) qui présente une zone d'amenée (2) pour le polysilicium, une zone profilée (3) avec des pointes (32) et des creux (31), une zone (4) avec des fentes (41), les fentes (41) se raccordant aux creux (31), et une zone de prélèvement (5), les fentes (41) augmentant en direction de la zone de prélèvement (5), dans lequel la plaque de tamisage (1) est mise en vibration de telle sorte que le polysilicium effectue un mouvement en direction de la zone de prélèvement (5), dans lequel du polysilicium finement divisé s'accumule dans les creux (31) de la plaque de tamisage (1) et tombe à travers les fentes (41) de la plaque de tamisage (1) et est ainsi séparé du polysilicium chargé, dans lequel la plaque de tamisage (1) est inclinée d'un angle de 5 à 20° par rapport à l'horizontale., dans laquelle les pointes (32) de la zone profilée (3) se prolongent également dans la zone (4) avec des fentes (41), de sorte que toute la plaque de tamisage (1) est profilée, la plaque de tamisage (1) présentant toutefois des fentes (41) au lieu de creux (31) à son extrémité arrière dans le sens du transport, dans lequel la profondeur et l'angle des dépressions (31) de la zone profilée (3) et la taille des fentes (41) sont tels que soit du silicium finement divisé, qui est formé au moyen d'un tamis à mailles carrées ayant des mailles carrées d'une taille de 8 mm x 8 mm séparé du polysilicium de taille 3 à 5 ou le silicium finement divisé, qui peut être séparé au moyen d'un tamis à mailles carrées de 1 mm x 1 mm, est séparé du polysilicium d'alimentation de taille de rupture 0 à 2.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la plaque de tamisage (1) est constituée d'un ou plusieurs matériaux choisis dans le groupe constitué par le plastique, la céramique, le verre, le diamant, le carbone amorphe, le silicium et le métal.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel la plaque de tamisage (1) comprend un corps de base métallique et un revêtement ou une doublure avec un ou plusieurs matériaux choisis dans le groupe constitué par le plastique, la céramique, le verre, le diamant, le carbone amorphe et le silicium.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la plaque de criblage (1) comprend un revêtement de nitrure de titane, de carbure de titane, de nitrure de titane d'aluminium ou de DLC (Diamond Like Carbon).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la plaque de tamisage (1) est en métal dur ou est revêtue d'un revêtement ou d'une doublure en métal dur.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la taille des fentes (41) est de 200 mm maximum.

Fig. 1



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 8021483 B2 [0009]
- DE 60310627 T2 [0009]
- US 20070235574 A1 [0010]
- US 20090120848 A1 [0011]
- US 20120198793 A1 [0013]
- US 20140130455 A1 [0014]
- DE 19822996 C1 [0017]