

(19)



(11)

**EP 2 559 620 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.02.2013 Patentblatt 2013/08**

(51) Int Cl.:  
**B65B 1/32** (2006.01) **B65B 5/10** (2006.01)  
**B65B 25/00** (2006.01) **B65B 39/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12179993.6**

(22) Anmeldetag: **10.08.2012**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(30) Priorität: **18.08.2011 DE 102011081196**

(71) Anmelder: **Wacker Chemie AG  
81737 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Vietz, Matthias**  
**5230 Mattighofen (AT)**  
• **Hözlwimmer, Rainer**  
**84524 Neuötting (DE)**

(74) Vertreter: **Killinger, Andreas et al**  
**Wacker Chemie AG**  
**Intellectual Property**  
**Hanns-Seidel-Platz 4**  
**81737 München (DE)**

### (54) **Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium**

(57) Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, wobei die Abfüllvorrichtung einen frei hängenden Energieabsorber aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffbeutel über den Energieabsorber gezogen wird, polykristallines Silicium eingefüllt und der Kunststoffbeutel während des Befüllens nach unten abgesenkt wird, so dass Silicium in den Kunststoffbeutel rutscht.

Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorratsbehälter eine Öffnung aufweist, durch die Silicium eingefüllt wird, wobei der Kunststoffbeutel nach dem Befüllen des Vorratsbehälters mit Silicium über den Vorratsbehälter gezogen wird und der Vorratsbehälter anschließend gedreht wird, so dass das Silicium aus dem Vorratsbehälter in den Kunststoffbeutel rutscht.

**EP 2 559 620 A2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium.

[0002] Polykristallines Silicium (Polysilicium) wird überwiegend mittels des Siemensverfahrens aus Halogensilanen wie Trichlorsilan abgeschieden und anschließend möglichst kontaminationsarm in polykristalline Siliciumbruchstücke zerkleinert.

[0003] Für Anwendungen in der Halbleiter- und Solarindustrie ist ein möglichst wenig kontaminierter Polysiliciumbruch erwünscht. Daher sollte das Material auch kontaminationsarm verpackt werden, bevor es zum Kunden transportiert wird.

[0004] Üblicherweise wird Polysiliciumbruch für die Elektronikindustrie in 5 kg Beuteln mit einer Gewichtstoleranz von +/- max. 50 g verpackt. Für die Solarindustrie ist Polysiliciumbruch in Beuteln mit einer Einwaage von 10 kg und einer Gewichtstoleranz von +/- max. 100 g üblich.

[0005] Schlauchbeutelmaschinen, die zur Verpackung von Siliciumbruch prinzipiell geeignet sind, sind kommerziell erhältlich. Eine entsprechende Verpackungsmaschine ist beispielsweise in DE 36 40 520 A1 beschrieben.

[0006] Bei Polysiliciumbruch handelt es sich um ein scharfkantiges, nicht rieselfähiges Schüttgut mit einem Gewicht der einzelnen Si-Bruchstücke von bis zu 2500 g. Daher ist bei der Verpackung darauf zu achten, dass das Material die üblichen Kunststoffbeutel beim Befüllen nicht durchstößt oder im schlimmsten Fall sogar vollständig zerstört.

[0007] Um dies zu verhindern, sind die kommerziellen Verpackungsmaschinen zum Zwecke der Verpackung von Polysilicium in geeigneter Weise zu modifizieren.

[0008] Aus EP 1 334 907 B1 ist eine Vorrichtung zum kostengünstigen vollautomatischen Transportieren, Abwägen, Portionieren, Einfüllen und Verpacken eines hochreinen Polysiliciumbruchs bekannt, umfassend eine Förderrinne für den Polysiliciumbruch, eine Wägevorrückung für den Polysiliciumbruch, welche mit einem Trichter verbunden ist, Ablenkleche aus Silicium, eine Abfüllvorrichtung, welche aus einer hochreinen Kunststoffolie einen Kunststoffbeutel formt, umfassend einen Deionisierer, der eine statische Aufladung und damit eine Partikelverunreinigung der Kunststoffolie verhindert, eine Verschweißvorrichtung für den mit Polysiliciumbruch gefüllten Kunststoffbeutel, eine oberhalb von Förderrinne, Wägevorrückung, Abfüllvorrichtung und Verschweißvorrichtung angebrachte Flowbox, die eine Partikelverunreinigung des Polysiliciumbruchs verhindert, ein Förderband mit einem magnetisch induktiven Detektor für den verschweißten mit Polysiliciumbruch gefüllten Kunststoffbeutel, wobei alle Bauteile, die mit dem Polysiliciumbruch in Kontakt kommen, mit Silicium armiert oder mit einem hochverschleißfestem Kunststoff verkleidet sind.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass bei solchen Vorrich-

tungen oftmals ein Verkleben der Siliciumbruchstücke in der Abfüllvorrichtung auftritt. Dies ist nachteilig, da es dadurch zu erhöhten Stillstandszeiten der Maschine kommt.

5 Auch treten Durchstoßungen des Kunststoffbeutels auf, was ebenfalls zu einem Stillstand der Anlage und zu Kontamination des Siliciums führt.

[0010] DE 10 2007 027 110 A1 offenbart ein Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen frei hängenden, fertig geformten, Beutel gefüllt wird, wobei der gefüllte Beutel anschließend verschlossen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beutel aus hochreinem Kunststoff mit einer Wanddicke von 10 bis 1000 µm besteht, wobei die Abfüllvorrichtung einen frei hängenden Energieabsorber aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff umfasst, der vor Einfüllen des polykristallinen Silicium in den Kunststoffbeutel eingeführt wird und über den das polykristalline Silicium in den Kunststoffbeutel eingefüllt wird, und der frei hängende Energieabsorber anschließend aus dem mit polykristallinem Silicium gefüllten Kunststoffbeutel entfernt wird und der Kunststoffbeutel verschlossen wird.

[0011] Durch ein solches Verfahren, dass einen Energieabsorber innerhalb des Kunststoffbeutels vorsieht, können Durchstoßungen des Kunststoffbeutels weitgehend verhindert werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist jedoch, dass es weiterhin zu Verklebungen kommt. Dies treten bei diesem Verfahren vor allem im Energieabsorber auf. Dies führt somit weiterhin zu Produktionsstillständen und erfordert manuelle Eingriffe, die eine Kontamination des Siliciums nach sich ziehen.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, solche Verklebungen des Siliciums zu vermeiden.

[0013] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, wobei die Abfüllvorrichtung einen frei hängenden Energieabsorber aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoffbeutel über den Energieabsorber gezogen wird, polykristallines Silicium eingefüllt und der Kunststoffbeutel während des Befüllens nach unten abgesenkt wird, so dass Silicium in den Kunststoffbeutel rutscht.

[0014] Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein zweites Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorratsbehälter eine Öffnung aufweist, durch die Silicium eingefüllt wird, wobei der Kunststoffbeutel nach dem Befüllen des Vorratsbehälters mit Silicium über den Vorratsbehälter gezogen wird und der Vorratsbehälter anschließend gedreht wird, so dass das Silicium aus dem Vorratsbehälter in den Kunststoffbeutel rutscht.

[0015] Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein drittes Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium,

bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorratsbehälter wenigstens zwei Öffnungen aufweist, wobei über eine Seite des Vorratsbehälters, die eine der wenigstens zwei Öffnungen umfasst, ein Kunststoffbeutel gezogen wird, durch die zweite der wenigstens zwei Öffnungen Silicium in den Vorratsbehälter eingefüllt wird, wobei der Vorratsbehälter wenigstens zu Beginn des Befüllvorgangs derart angeordnet ist, dass das Silicium beim Befüllen zunächst nicht mit dem Kunststoffbeutel in Kontakt kommt, sondern erst durch ein Absenken des Kunststoffbeutels erreicht wird, dass das Silicium in den Kunststoffbeutel rutscht.

**[0016]** Es hat sich gezeigt, dass alle drei Verfahren ein Verkleben des Siliciums vermeiden.

**[0017]** Dabei benutzt das erste erfindungsgemäße Verfahren ebenfalls einen Energieabsorber, wie bereits aus dem Stand der Technik, bekannt. Der Befüllvorgang selbst unterscheidet sich jedoch vom aus dem Stand der Technik beschriebenen Vorgehen. Während des Befüllens mit Silicium wird der Kunststoffbeutel nach unten abgesenkt. Durch das Vorhandensein des Energieabsorbers wird weiterhin ein Durchstoßen des Kunststoffbeutels verhindert, da dieser durch den Energieabsorber vor hartem Aufprallen des Siliciums geschützt wird. Gleichzeitig wird durch das Absenken des Kunststoffbeutels sichergestellt, dass keine Verklebungen im Energieabsorber auftreten.

**[0018]** Das zweite und dritte erfindungsgemäße Verfahren verzichten auf einen im Kunststoffbeutel befindlichen Energieabsorber. Die hier verwendeten Vorratsbehälter erfüllen jedoch eine ähnliche Funktion.

**[0019]** Im zweiten erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst ein Vorratsbehälter mit Silicium gefüllt. Zu diesem Zweck weist der Vorratsbehälter zumindest eine Öffnung auf, durch die das Silicium eingefüllt wird. Nach dem Befüllen des Vorratsbehälters wird ein Kunststoffbeutel über die Seite des Vorratsbehälters gezogen, die die Öffnung aufweist, durch die Silicium eingefüllt wurde. Anschließend wird der Vorratsbehälter mitsamt dem Kunststoffbeutel so gedreht, dass das Silicium aus dem Vorratsbehälter in den Kunststoffbeutel rutscht. Dazu wird der Vorratsbehälter beispielsweise nach oben weg gezogen. Auch hier können Durchstoßungen des Kunststoffbeutels sicher vermieden werden, da die Fallstrecke des Siliciums, um vom Vorratsbehälter in den Kunststoffbeutel zu gelangen, praktisch zu vernachlässigen ist.

**[0020]** Das dritte erfindungsgemäße Verfahren geht einen etwas anderen Weg. Hier wird der Kunststoffbeutel bereits zu Beginn des Befüllvorgangs über den Vorratsbehälter gezogen. Der Vorratsbehälter weist in diesem Fall zumindest zwei Öffnungen auf. Durch eine Öffnung wird Silicium eingefüllt. Durch die zweite Öffnung kann Silicium in den Kunststoffbeutel gleiten. Vorratsbehälter und Kunststoffbeutel sind so angeordnet, beispielsweise so geneigt, dass in den Vorratsbehälter eingefülltes Silicium in keinem Fall sofort den Kunststoffbeutel trifft bzw.

mit diesem in Kontakt kommt. Das Silicium kommt zunächst mit einer Innenwand des Vorratsbehälters in Kontakt. Dabei verliert es Bewegungsenergie und gleitet langsam durch die zweite Öffnung in den Kunststoffbeutel. Der Vorratsbehälter dient damit ebenfalls als eine Art Energieabsorber.

**[0021]** Vorzugsweise umfassen der Vorratsbehälter bzw. der Energieabsorber eine Waage.

**[0022]** Diese Waage besteht vorzugsweise aus einem Hartmetall oder Keramik oder Carbiden.

**[0023]** Der vorzugsweise vorgefertigte Beutel wird über den Wägebehälter gezogen und durch Drehen der ganzen Einheit nachzerkleinerungsarm befüllt.

**[0024]** Die Waage ist im ersten und zweiten Verfahren vorzugsweise als Sieb ausgeführt und befindet sich an einem Boden des Energieabsorbers bzw. des Vorratsbehälters.

**[0025]** Vorzugsweise ist ein Rüttelmechanismus vorgesehen, um Verkleben gänzlich ausschließen zu können und um eine bessere Abtrennung zu bewerkstelligen.

Ein solcher Rüttelmechanismus kann beispielsweise durch Ultraschall erzeugt werden.

**[0026]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht eine Waage mit Übergabe an einen Energieabsorber vor.

**[0027]** Dabei wird der Kunststoffbeutel über den Energieabsorber gezogen, anschließend die Waage inkl. Sieb geöffnet, darauf hin eine Fallbremse geöffnet und geschlossen und der dann der Beutel unter Wellenbewegungen und/oder Rütteln abgesenkt.

**[0028]** Als Fallbremse dient vorzugsweise eine Vorrichtung, die gegen Kunststoffbeutel bzw. Energieabsorber gedrückt wird.

Dadurch wird der Querschnitt des Kunststoffbeutels bzw. des Energieabsorbers zunächst reduziert, dann kontrolliert freigegeben.

Damit lässt sich der Produktstrom kontrollieren und ein nachzerkleinerungsarmes Einfüllen des Siliciums in den vorgefertigten Beutel erreicht.

**[0029]** Vorzugsweise besteht der Energieabsorber im ersten Verfahren aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff.

**[0030]** Anders als bei DE 10 2007 027 110 A1 wird nicht der Energieabsorber vor Einfüllen des polykristallinen Siliciums in den Kunststoffbeutel eingeführt, sondern der Kunststoffbeutel wird über den Energieabsorber gezogen.

**[0031]** Vorzugsweise wird der Kunststoffbeutel mittels eines geeigneten Handhabungssystems über den Energieabsorber gezogen. Dazu eignet sich beispielsweise ein Knickarmroboter.

**[0032]** Gemäß erstem Verfahren wird das polykristalline Silicium über den Energieabsorber in den Kunststoffbeutel eingefüllt.

**[0033]** Während des Befüllens wird der Kunststoffbeutel nach unten bewegt.

**[0034]** Dies erfolgt vorzugsweise mittels geeigneter

Greifersysteme.

**[0035]** Nach dem Befüllvorgang wird der Kunststoffbeutel in allen drei Verfahren vorzugsweise verschlossen.

**[0036]** Zuvor wird der Kunststoffbeutel vorzugsweise evakuiert, indem aus dem Kunststoffbeutel Luft abgesaugt wird und dann verschweißt.

**[0037]** Dabei kann zur einfacheren Handhabung ein Griffloch in den Kunststoffbeutel gestanzt sowie ein etwaiger Überstand des Beutels nach dem Verschweißen entfernt werden.

**[0038]** Im Gegensatz zur festen Position des frei hängenden vorgefertigten Beutels ist es mit vorliegender Erfindung gemäß erstem Verfahren möglich, dass über die flexible Positionierung des Beutelgreifers mittels Handhabungssystemen ein verklemmfreier, nachzerkleinerungsarmer und durchstoßungsarmer Befüllvorgang möglich ist.

**[0039]** Die beschriebenen Verfahren eignen sich sowohl zum Verpacken von Polysiliciumbruch für Solaranwendungen als auch für Polysiliciumbruch für die Elektronikindustrie. Insbesondere sind dies Verfahren zum Verpacken von scharfkantigen, bis 10 kg schweren polykristallinen Siliciumbruchstücken geeignet. Die Vorteile kommen insbesondere in Anwesenheit von Bruchstücken mit einem mittleren Gewicht größer 80 g zum Tragen.

**[0040]** Der Kunststoffbeutel besteht vorzugsweise aus einem hochreinen Kunststoff. Dabei handelt es sich bevorzugt um Polyethylen (PE) Polyethylenterephthalat (PET) oder Polypropylen (PP) oder um Verbundfolien.

**[0041]** Eine Verbundfolie ist eine mehrschichtige Verpackungsfolie, aus der flexible Verpackungen gemacht werden. Die einzelnen Folienschichten werden üblicherweise extrudiert oder kaschiert bzw. laminiert. Die Verpackungen finden hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie Verwendung.

**[0042]** Vorzugsweise wird der Kunststoffbeutel während des Befüllens mit Polysiliciumbruch mittels mindestens zweier Elemente am Beutel gehalten und nach unten vom Energieabsorber weg bewegt und nach Beendigung des Befüllvorganges mittels dieser Greifer einer Verschlussvorrichtung, vorzugsweise einer Verschweißvorrichtung, zugeführt.

**[0043]** Der Kunststoffbeutel weist vorzugsweise eine Dicke von 10 bis 1000 µm auf.

**[0044]** Der Energieabsorber besteht vorzugsweise aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff. Er hat vorzugsweise die Form eines Trichters oder Hohlkörpers.

**[0045]** Er besteht vorzugsweise aus Textil-Material (z. B. Gore-Tex® - PTFE-Gewebe oder Polyester/Polyamid-Gewebe), Kunststoffen (z. B. PE, PP, PA, oder Copolymeren dieser Kunststoffe). Besonders bevorzugt besteht er aus einem gummielastischen Kunststoff, z. B. PU, Kautschuk Gummi oder Ethylenvinylacetat (EVA), mit einer Shore A-Härte zwischen 30 A und 120 A, bevorzugt 70 A.

**[0046]** Das Verschließen des Kunststoffbeutels kann

beispielsweise mittels Verschweißen, Verkleben, Vernähen oder Formschluss erfolgen. Vorzugsweise erfolgt es mittels Verschweißen.

**[0047]** Bevorzugt besteht die Abfüllvorrichtung aus einer Befülleinheit und dem frei hängenden Energieabsorber bzw. dem Vorratsbehälter, der mit der Befülleinheit verbunden ist. Bevorzugt hat der frei hängende Energieabsorber die Form eines frei hängenden beweglichen flexiblen Schlauchs oder eine der anderen genannten Formen, die im Folgenden der Einfachheit halber unter dem Begriff Schlauch mit zu verstehen sind.

**[0048]** Der Kunststoffbeutel wird über den beweglichen flexiblen Schlauch gezogen und der Polybruch über die Befülleinheit und den flexiblen Schlauch in den Beutel eingebracht.

**[0049]** Bei der Befülleinheit handelt es sich vorzugsweise um einen Trichter, eine Förderrinne oder eine Rutsche, die mit einem kontaminationsarmen Material verkleidet sind oder aus einem kontaminationsarmen Material bestehen.

**[0050]** Der frei hängende Energieabsorber absorbiert einen großen Teil der Bewegungsenergie des in den Beutel fallenden Polysiliciumbruch s. Er schützt die Wände des Kunststoffbeutels vor dem Kontakt mit dem scharfkantigen polykristallinen Silicium und verhindert ein Durchstoßen des Kunststoffbeutels. Dadurch, dass nach dem Befüllen der Kunststoffbeutel nach unten gezogen wird, kommt es zu keinerlei Verklemmungen des polykristallinen Siliciums im Energieabsorber.

**[0051]** Vorzugsweise wird das Polysilicium vor dem Verpacken zunächst portioniert und gewogen.

**[0052]** Die Befülleinheit ist so gestaltet, dass feinste Partikel und Absplitterungen des Polysiliciums vor oder während des Befüllens entfernt werden. Beispielsweise können Partikel mit einer Kantenlänge kleiner 16mm sicher abgesiebt werden.

**[0053]** Dazu wird vorzugsweise ein Produktstrom an Polysiliciumbruchstücken über eine Förderrinne transportiert, mittels wenigstens eines Siebs, wobei es sich beim Sieb um eine Lochplatte, ein Stangensieb, eine optopneumatische Sortierung oder eine andere geeignete Vorrichtung handeln kann, in grobe und feine Bruchstücke getrennt, mittels einer Dosierwaage abgewogen und auf ein Zielgewicht dosiert, über eine Abföhrinne abgeführt und zu einer Verpackungseinheit transportiert.

**[0054]** Vorzugsweise umfassen das wenigstens eine Sieb und die Dosierwaage an ihren Oberflächen wenigstens teilweise einen kontaminationsarmen Werkstoff wie z.B. ein Hartmetall.

**[0055]** Die Portionierung und Einwaage des Polysiliciumbruchs erfolgt vorzugsweise mittels einer Dosiereinheit für eine Vorrichtung zum Dosieren und Verpacken von Polysiliciumbruchstücken, umfassend eine Förderrinne, geeignet zum Befördern eines Produktstroms an Bruchstücken, wenigstens ein Sieb, geeignet zur Trennung des Produktstroms in grobe und feine Bruchstücke, eine Grobdosierrinne für grobe Bruchstücke und eine Feindosierrinne für feine Bruchstücke, eine Dosierwaage

zur Bestimmung des Dosiergewichts, wobei das wenigstens eine Sieb sowie die Dosierwaage an ihren Oberflächen wenigstens teilweise ein Hartmetall umfassen.

**[0056]** Eine solche Dosiereinheit dient dazu, Polysiliciumbruchstücke einer bestimmten Größenklasse vor dem Verpacken so exakt wie möglich zu dosieren.

**[0057]** Durch Trennung des Produktstroms in Grob- und Feinteile ist ein exakteres Dosieren des Polysiliciums möglich.

**[0058]** Die abgewogene Menge an Polysiliciumbruchstücken wird nach dem Dosieren und einem evtl. Reinigungsschritt gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren in einen Folienbeutel verpackt.

**[0059]** Die Dosiereinheit umfasst wenigstens ein Sieb, z.B. ein Stangensieb, geeignet zur Abtrennung der Brückstücke des anfänglichen Produktstroms in eine Grob- und Feindosierrinne.

**[0060]** Vorzugsweise umfasst die Dosiereinheit zwei Siebe, besonders bevorzugt Stangensiebe.

**[0061]** Grobe bzw. größere Polysiliciumbruchstücke werden in einer Grobdosierrinne transportiert.

**[0062]** Feine bzw. kleinere Polysiliciumbruchstücke werden in einer Feindosierrinne transportiert.

**[0063]** Die Größenverteilung der Polysiliciumbruchstücke im Ausgangsproduktstrom hängt u.a. vom vorangegangenen Zerkleinerungsprozessen ab. Die Art der Aufteilung in grobe und feine Bruchstücke sowie die Größe der groben bzw. feinen Bruchstücke hängen vom gewünschten Endprodukt ab, das zu dosieren und zu verpacken ist.

Eine typische Bruchgrößenverteilung umfasst Bruchstücke der Größen 5-170 mm.

**[0064]** Beispielsweise können Bruchstücke unterhalb einer bestimmten Größe mittels eines Siebs, bevorzugt mittels eines Stangensiebs, in Verbindung mit einer Abführrinne aus der Dosiereinheit abgeführt werden. So lässt es sich bewerkstelligen, dass nur Bruchstücke einer ganz bestimmten Größenklasse dosiert werden.

**[0065]** Durch den Transport des Polysiliciums auf den Förderinnen entstehen erneut unerwünschte Produktgrößen. Diese können beispielsweise durch einen Abtrennen in der Dosierwaage wieder entfernt werden. Dazu ist die Waage mit einer Öffnung, einem wechselbaren Abtrennmechanismus und einer Abführeinheit ausgestattet.

**[0066]** Die abgeführten kleineren Bruchstücke werden in nach gelagerten Prozessen erneut klassifiziert, dosiert und verpackt oder einer anderen Verwendung zugeführt.

**[0067]** Vorzugsweise umfasst die Dosiereinheit eine Feinanteilrutsche. Diese kann einschwenkbar gestaltet sein. Je nach gewünschtem Zielprodukt (Bruchgrößenverteilung) wird diese verwendet, um Feinanteile auszusieben und vom Produktstrom für die Feindosierung abzutrennen.

**[0068]** Die Dosierung des Polysiliciums über die beiden Dosierinnen lässt sich automatisieren.

**[0069]** Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Hartmetallelementen für Sieb und Dosierwaage. Zumin-

dest Sieb und Dosierwaage sollten an ihren Oberflächen wenigstens teilweise Hartmetall aufweisen.

**[0070]** Unter Hartmetallen versteht man gesinterte Carbidhartmetalle. Es gibt neben den konventionellen Hartmetallen auf Wolframcarbid-Basis auch Hartmetalle, die vorzugsweise Titancarbid und Titanitrid als Hartstoffe beinhalten, wobei die Bindephase dabei Nickel, Kobalt und Molybdän umfasst. Auch deren Einsatz ist im Rahmen der erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt.

**[0071]** Vorzugsweise umfassen zumindest die mechanisch beanspruchten, verschleißempfindlichen Oberflächenbereiche von Sieb und Dosierwaage Hartmetall oder Keramik/Carbide. Vorzugsweise ist wenigstens ein Sieb komplett aus Hartmetall gefertigt.

**[0072]** Sieb und Dosierwaage können teilweise oder vollflächig mit einer Beschichtung versehen sein. Als Beschichtung wird vorzugsweise ein Material, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Titanitrid, Titancarbid, Aluminiumtitanitrid und DLC (Diamond Like Carbon), verwendet.

**[0073]** Es hat sich gezeigt, dass die Verwendung von Hartmetallelementen die mechanische Stabilität der Dosiereinheit verbessert. Zudem werden die Wartungsintervalle der Dosiereinheit deutlich größer, da die Hartmetallelemente weniger verschleifen als die im Stand der Technik benutzten Silicium- und Kunststoffverkleidungen.

**[0074]** Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die Kontamination von Silicium durch die Verwendung von Hartmetall sich gegenüber der Verwendung von Silicium- oder Kunststoffauskleidungen nicht signifikant erhöht. Dies betrifft insbesondere die Kontamination mit Wolfram und Kobalt.

**[0075]** Die Dosiereinheit ermöglicht es weiterhin, über eine geregelte Schwenkrinne den Silicium-Produktstrom auf mehrere Dosier- und Verpackungssysteme aufzuteilen und somit eine Kombination mehrerer Dosiersysteme, die mit einem Ausgangsprodukt befüllt werden und nach Dosieren und Wägen zu unterschiedlichen Verpackungsmaschinen transportiert werden.

**[0076]** Das Dosiersystem beinhaltet Abtrennmechanismen (Siebe), die unerwünschte, kleinere, Produktgrößen absieben und diese dann den vorgelagerten Prozessen (Sieben, Klassifizieren) zuführen.

**[0077]** Vorzugsweise werden die Polysiliciumbruchstücke in zwei Kunststoffbeutel verpackt.

**[0078]** Das Verpacken in einen ersten Kunststoffbeutel erfolgt wie zuvor erwähnt unter Verwendung eines Energieabsorbers oder eines Vorratsbehälters.

**[0079]** Anschließend wird der erste Kunststoffbeutel verschlossen.

**[0080]** Vorzugsweise wird der verschweißte Beutel anschließend über ein Greifsystem oder ein Förderband an ein Maschinenteil zum Anbringen eines zweiten Beutels übergeben.

**[0081]** Alternativ dazu kann das Polysilicium auch in zwei ineinander gesteckte Beutel gefüllt werden.

**[0082]** Nach dem Verschweißen des Innenbeutels

rutscht dieser bis zum Boden des Außenbeutels ab und dieser kann ebenfalls verschweißt werden.

**[0083]** Eine andere Ausführungsform sieht vor, den Innen- und Außenbeutel vollständig ineinander zu stecken, den Innenbeutel zu verschweißen, umzuklappen und nach optionaler Kontrolle den Außenbeutel zu verschweißen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, wobei die Abfüllvorrichtung einen frei hängenden Energieabsorber aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoffbeutel über den Energieabsorber gezogen wird, polykristallines Silicium eingefüllt und der Kunststoffbeutel während des Befüllens nach unten abgesenkt wird, so dass Silicium in den Kunststoffbeutel rutscht.
2. Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorratsbehälter eine Öffnung aufweist, durch die Silicium eingefüllt wird, wobei der Kunststoffbeutel nach dem Befüllen des Vorratsbehälters mit Silicium über den Vorratsbehälter gezogen wird und der Vorratsbehälter anschließend gedreht wird, so dass das Silicium aus dem Vorratsbehälter in den Kunststoffbeutel rutscht.
3. Verfahren zur Verpackung von polykristallinem Silicium, bei dem polykristallines Silicium mittels einer Abfüllvorrichtung in einen Kunststoffbeutel gefüllt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorratsbehälter wenigstens zwei Öffnungen aufweist, wobei über eine Seite des Vorratsbehälters, die eine der wenigstens zwei Öffnungen umfasst, ein Kunststoffbeutel gezogen wird, durch die zweite der wenigstens zwei Öffnungen Silicium in den Vorratsbehälter eingefüllt wird, wobei der Vorratsbehälter wenigstens zu Beginn des Befüllvorgangs derart angeordnet ist, dass das Silicium beim Befüllen zunächst nicht mit dem Kunststoffbeutel in Kontakt kommt, sondern erst durch ein Absenken des Kunststoffbeutels erreicht wird, dass das Silicium in den Kunststoffbeutel rutscht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoffbeutel aus Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET) oder Polypropylen (PP) oder Verbundfolie besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor Beginn der Absenkbewegung des Kunststoffbeutels dessen Querschnitt mittels einer geeigneten Vorrichtung reduziert wird und nach und nach während des Befüllens oder nach dem Befüllen erhöht wird, um ein kontrolliertes Befüllen des Kunststoffbeutels mit polykristallinen Siliciumbruchstücken zu bewerkstelligen.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Energieabsorber aus einem nichtmetallischen kontaminationsarmen Werkstoff besteht und die Form eines Trichters, eines Schlauches oder eines Hohlkörpers aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei Vorratsbehälter bzw. Energieabsorber eine Waage umfassen.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, wobei Vorratsbehälter bzw. Energieabsorber eine Waage umfassen, die als Sieb ausgeführt ist und sich an einem Boden des Energieabsorbers bzw. des Vorratsbehälters befindet.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein Mechanismus vorgesehen ist, der während des Befüllens eine Wellen- und oder Rüttelbewegung von Vorratsbehälter oder Energieabsorber bewerkstelligt, um Verklemmen gänzlich ausschließen zu können und um eine bessere Abtrennung zu bewerkstelligen.

**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**

- DE 3640520 A1 [0005]
- EP 1334907 B1 [0008]
- DE 102007027110 A1 [0010] [0030]