



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 2 055 395 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.05.2009 Patentblatt 2009/19

(51) Int Cl.:
B07B 1/28 (2006.01) **B07B 13/00 (2006.01)**
B07B 13/05 (2006.01) **B07B 13/10 (2006.01)**
B07B 13/16 (2006.01) **B07B 4/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: 08167886.4

(22) Anmeldetag: 30.10.2008

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS

(30) Priorität: 02.11.2007 DE 102007052473

(71) Anmelder: Schott Solar AG
63755 Alzenau (DE)

(72) Erfinder:

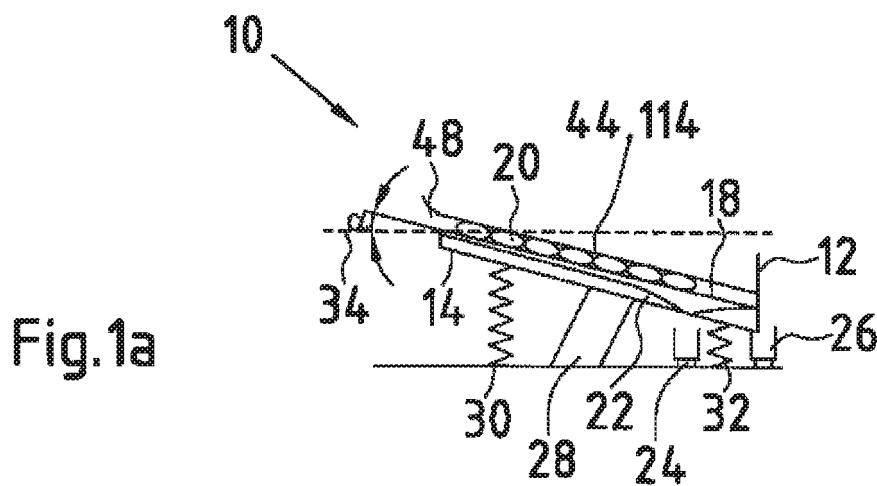
- Von Campe, Dr., Hilmar
61352, Bad Homburg (DE)
- Buss, Werner
63456, Hanau (DE)

(74) Vertreter: Stoffregen, Hans-Herbert
Patentanwalt
Friedrich-Ebert-Anlage 11b
63450 Hanau (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Aussieben von Partikeln

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aussieben von ersten Partikeln aus einem ersten und zweiten Partikel umfassenden Granulat durch Fördern des Granulats entlang einer von einer Vibrationseinrichtung (10) ausgehenden ersten Siebfläche (18), wobei die ersten Partikel ein Aspektverhältnis a_1 mit $a_1 > 3 : 1$, und die zweiten Partikel eine Dimensionierung aufweisen, die ein Hindurchfallen durch die Maschen der ersten Siebfläche (18) ermöglicht. Um aus dem Granulat eine bestimmte Materialfraktion abzusieben, die sich in zumindest einer Dimension geometrisch

von dem übrigen Material unterscheidet, wird vorgeschlagen, dass das Granulat entlang der Siebfläche (18) zwischen dieser und einer sich entlang der Siebfläche (18) erstreckenden Abdeckung (42,114) gefördert wird und dass durch die Abdeckung (42,114) bedingt die ersten Partikel (38) mit ihren Längsachsen entlang der Siebfläche (18) verlaufend ausgerichtet werden, wobei Längenerstreckung eines jeden ersten Partikels (38) größer als Maschenweite des die erste Siebfläche (18) bildenden Siebs ist und Längenerstreckung der zweiten Partikel gleich oder kleiner als die Maschenweite ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aussieben von ersten Partikeln aus einem erste und zweite Partikel umfassenden Granulat durch Fördern des Granulats entlang einer ersten Siebfläche, wobei die ersten Partikel ein Aspektverhältnis a_1 mit $a_1 > n : 1$, mit $n = 2, 3, > 3$ und die zweiten Partikel eine Dimensionierung aufweisen, die ein Hindurchfallen durch die Maschen der ersten Siebfläche ermöglicht, wobei das Granulat entlang der Siebfläche zwischen dieser und einer sich entlang der Siebfläche erstreckenden Abdeckung gefördert wird und durch die Abdeckung bedingt die ersten Partikel mit ihren Längsachsen entlang der Siebfläche verlaufend ausgerichtet werden, wobei Längenerstreckung eines jeden ersten Partikels größer als Maschenweite des die erste Siebfläche bildenden Siebs ist und Längenerstreckung der zweiten Partikel gleich oder kleiner als die Maschenweite ist.

[0002] In der Halbleiterindustrie werden z. B. aus einer Schmelze Kristalle gezogen. Beispielhaft sind das Czochralsky oder das Edged-Defined-Film-Fed-Growth -Verfahren (EFG-Verfahren) zu nennen. Dabei ist es insbesondere bei letzterem Verfahren notwendig, dass kontinuierlich Partikel in einem Umfang der Schmelze zugeführt werden, wie Material durch die wachsenden Kristalle aus der Schmelze entfernt wird.

[0003] Die ein Granulat bildenden Partikel werden der Schmelze über Rohrleitungen zugeführt. Dabei muss sichergestellt sein, dass ein weitgehend geometrisch homogenes Granulat gefördert wird, also insbesondere Langkörner mit einem Aspektverhältnis $> 3 : 1$ entfernt sind, die anderenfalls hängen bleiben und zu einer Verstopfung des Rohres führen können.

[0004] Zum Abtrennen nadelförmiger Partikel können Sieb-Kaskaden eingesetzt werden, wobei üblicherweise drei Siebrinnen übereinander angeordnet sind. Die geneigt angeordneten Rinnen werden in Vibration versetzt, wobei das Auswurfende der jeweils oberen Rinne über den in Förderrichtung betrachteten Anfang der darunter liegenden Rinne hinausragt, so dass die Langkörner abgeworfen werden und nicht in die nachfolgende Rinne fallen können. Demgegenüber fallen die regelmäßig geformten Körner durch das Siebgewebe von Siebrinne zu Siebrinne. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass auch kleinere Partikel wie Staub durch das Siebgewebe fallen, so dass eine Entstaubung nicht erfolgt. Aufgrund der Reinheitsforderung sollte jedoch vermieden werden, dass der Schmelze Staub zugeführt wird, da dieser aufgrund der großen Gesamtoberfläche unproportional stark verunreinigt ist. Nachteilig ist des Weiteren, dass der durch die Siebgewebe fallende Staub auch die größeren Partikel beschmutzt.

[0005] Zum Absieben von Langkörnern ist es auch bekannt, Trommelsiebmaschinen einzusetzen, die sich um die Zylinderachsen drehen und zu lange Nadeln vom Granulat trennen. Diese können sodann bei leicht schräger gestellter Trommelachse aus dem Innenbereich der

Trommelachse herausrutschen.

[0006] Ferner sind Überlängenabscheider zum Absieben von Überlängen, Verketten und Agglomeraten aus Kunststoffgranulaten bekannt. Dabei werden nadelförmige Teilchen mittels eines sehr flachen Wurfwinkels am Aufstellen gehindert.

[0007] Die nach dem Stand der Technik eingesetzten Verfahren können Langkörner bzw. nadelförmige Partikel nur unvollkommen absieben, da nicht ausgeschlossen ist, dass sich einige nadelförmige Partikel zufällig und zeitweise senkrecht stellen und somit durch die Maschen des Siebes fallen können.

[0008] Um eine effektive Entstaubung zu erreichen, ist es bekannt, das Granulat aufzuwirbeln, wobei der freiwerdende Staub abgeworfen und abgesaugt oder abgeblasen wird. Die Granulatpartikel werden dabei durcheinander gewirbelt und mit hoher kinetischer Energie auf die Begrenzungen des die Partikel aufnehmenden Gerätes, also dessen Wandungen geschleudert. Dies führt wiederum zu einer Staubentwicklung und Verschmutzung des Granulats durch Abrieb.

[0009] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist der DE-C-195 26 841 zu entnehmen. Zum Trennen von zumindest zwei in der Kornform unterschiedlichen Fraktionen eines aus z. B. Baumischabfällen und Fremdstoffen wie Dübeln bestehenden Feststoffgemisches wird dieses entlang eines Siebbodens gefördert, der eine Maschenweite für den Durchgang einer der Fraktionen aufweist. Beabstandet zu dem Siebboden sind eine Abdeckplatte oder eine Gliederkette angeordnet, um zu verhindern, dass die länglichen Körner einer der Fraktionen sich aufrichten, so dass diese nicht durch den Siebboden fallen können. Der Abstand zwischen der Abdeckplatte und dem Siebboden kann verstellt werden. Um eine Optimierung bezüglich des Abstandes zu erzielen. Hierzu werden Versuche durchgeführt.

[0010] Ein Verfahren zum Absieben von Materialien ist der US-A-4,194,970 zu entnehmen. Hierzu wird ein Siebboden benutzt, der unter einem Winkel bevorzugterweise zwischen 45° und 60° zur Horizontalen geneigt verläuft.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, aus einem Granulat oder Granulatgemisch eine bestimmte Materialfraktion abzusieben, die sich in zumindest einer Dimension geometrisch von dem übrigen Material unterscheidet. Speziell sollen erste nadelförmige Partikel mit einem Aspektverhältnis (Länge zu Breite) von zumindest größer $2 : 1$, insbesondere $\geq 3 : 1$ von dem weiteren Material abgesiebt werden. Ein weiterer Aspekt der Erfindung sieht vor, dass das von den ersten Partikeln befreite Granulat staubarm ist, wobei es während des Absiebens zu verhindern ist, dass Verunreinigungen durch Abrieb des Materials der Vorrichtung eingebracht werden, mittels der das Absieben erfolgt.

[0012] Verfahrensmäßig wird die Aufgabe im Wesentlichen dadurch gelöst, dass als Abdeckung eine Folie, die sich schwerkraftbedingt auf die Partikel auflegt, oder eine Platte verwendet wird, die um eine quer zur Förder-

richtung des Granulats auf der ersten Siebfläche derart schwenkbar ist, dass eine Anpassung eines zwischen der ersten Siebfläche und der Abdeckung verlaufenden Spals in Abhängigkeit von Größe und/oder Form der Partikel erfolgt.

[0013] Erfindungsgemäß erfolgt eine selbstregulierende Anpassung an die entlang des Siebbodens ausrichtenden ersten Partikel, so dass auch bei Schwankungen im Aspektverhältnis sichergestellt ist, dass die gewünschte Trennung zwischen den ersten und zweiten Partikeln erfolgt, eine Möglichkeit, die der Stand der Technik bei der Verwendung einer Platte als Abdeckung nicht bietet. Daher ist es auch nach dem Stand der Technik erforderlich, dass der Abstand zwischen der Abdeckung und dem Siebboden durch Versuche ermittelt wird, um die gewünschte Trennung durchzuführen. Aber auch Kettengehänge bieten diese Möglichkeit nicht, da diese sich entlang der Transportrichtung der Partikel bewegen können, so dass infolgedessen ein Aufrichten der nicht abzusiebenden Partikel nicht zwingend unterbunden werden kann. Ferner können die Ketten des Gehänges zueinander einen Abstand aufweisen, der die Möglichkeit bietet, dass nicht abzusiebende Partikel von den Ketten nicht erfasst werden und sich somit aufrichten können.

[0014] Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre ist sichergestellt, dass sich in dem Granulat vorhandene Langkörner als die ersten Partikel nicht "aufstellen" können, so dass diese nicht durch die Maschen des Siebs hindurchfallen. Vielmehr ist die Maschenweite derart ausgelegt, dass allein die zweiten Partikel durch die Maschen hindurchfallen, die insbesondere ein Aspektverhältnis $\leq 3:1$ aufweisen.

[0015] Zu dem Aspektverhältnis a1 der ersten Partikel ist anzumerken, dass dieses dem Grunde nach betragen kann $a1 > n : 1$ mit $n = 2, 3$ oder größer 3, wobei das Aspektverhältnis an die jeweilige Aufgabe angepasst werden kann.

[0016] Aspektverhältnis bedeutet dabei das Verhältnis von Länge der Partikel zu deren Breite. Unabhängig hier von ist grundsätzlich als weiteres Kriterium für das Aus sieben der ersten Partikel anzugeben, dass die Länge der ersten Partikel größer als 5 mm ist. Partikel kleinerer Längen, deren Aspektverhältnis gleichfalls größer 3:1 ist, sind im zuvor aufgezeigten Sinne nicht als erste Partikel zu bezeichnen. Die Längenangabe von mehr als 5 mm ist dabei keine feste Größe, sondern kann in Abhängigkeit von dem Material des Granulats bzw. den Anforderungen bezüglich der Fördereigenschaften durch ein Rohrsystem variiert werden.

[0017] Ganz allgemein wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass aufgrund der sich entlang der Siebfläche erstreckenden Abdeckung sichergestellt ist, dass eine Materialfraktion, die sich in ihrer Längenerstreckung geometrisch von den übrigen Partikeln unterscheidet, abgesiebt wird, da die Abdeckung ein Aufrichten der entsprechenden Partikel mit der Folge verhindert, dass diese nicht durch die Maschen des Siebes hindurch fallen kön-

nen.

[0018] Insbesondere ist das erfindungsgemäße Verfahren für zerkleinerte Silicium-Rohlinge anwendbar, die ihrerseits bei hohen Temperaturen aus einem Wirbelbett mittels Gasphasenabscheiden von Silan bei einer Temperatur zwischen 600 °C und 900 °C oder von Trichlorsilan bei einer Temperatur von 1000 °C bis 1350 °C in reduziertem Wasserstoff abgeschieden werden. Das entsprechend entstehende Poly-Silicium wird zerkleinert. Die Kornform des Materials ist aufgrund der vorgegebenen Struktur von Poly-Silicium länglich mit in etwa kreisförmigem Querschnitt (in etwa nadelförmig), wobei sich üblicherweise nur ganz wenige nadelförmige Partikel in der Gesamtmenge befinden. Diese müssen jedoch vollständig entfernt werden, um erwähntermaßen eine Behinderung beim Transport durch ein Rohrsystem auszuschließen.

[0019] Aber nicht nur auf zerkleinerte Poly-Silicium-Materialien beschränkt sich die Erfindung. Auch für die **[0020]** Kristallzucht benutzter Waferbruch kann entsprechend ausgesiebt werden, wobei sich erwähntermaßen das Aspektverhältnis durch die Länge der Waferbruchstücke zu dessen Breite ergibt, die das Waferbruchstück beim Transport auf dem Sieb senkrecht zu der von dem Sieb **[0021]** aufgespannten Ebene aufweist.

[0020] Ganz allgemein können aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre Granulat aus Halbleitermaterial wie Silicium, Germanium, GaAs, GaP, CdS, CdTe, CulnSe₂ und andere Verbindungsleiter aus der Sorte III-V, II-VI, aber auch Werkstoffe wie SiO₂ als Grundmaterial für die Herstellung von Quarz, Gläsern sowie keramische Materialien wie SiC, Al2O3, Si3N4 und andere Stoffe, die als Granulat verarbeitet werden sollen, in eine Gutfaktion und in eine solche durch Sieben aufgeteilt werden, dessen Partikel ein nicht gewünschtes Aspektverhältnis aufweisen.

[0021] Oben aufgestellte Überlegungen gelten auch für das Absieben metallischer Überlängen und auch für nadelförmige metallische Partikel, selbst für Nadeln, Nägel und Schrauben. Insoweit erstreckt sich die Erfindung auch auf entsprechende Teile.

[0022] Bei der Zerkleinerung von Materialien wie Poly-Silicium kann es durch Abrieb zu Verunreinigungen kommen. Dabei lagern sich die Verunreinigungen an der **[0023]** Oberfläche ab, so dass eine Verschmutzung proportional zur vorhandenen Oberfläche erfolgt. Daher ist nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sicherzustellen, dass während der Zerkleinerung entstandene Staubanteile, deren Korngröße üblicherweise $< 10 \mu\text{m}$ ist, nicht durch Absieben entfernt werden, da anderenfalls die Gefahr besteht, dass der Staub an den größeren Partikeln anhaftet. Daher ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass vor dem eigentlichen Siebprozess eine Entstaubung erfolgt. Hierzu kann dem ersten Sieb ein zweites Sieb geringerer Maschenweite vorgeschaltet sein. Insbesondere sind Maschenweiten zwischen 0,3 mm und 1 mm zu bevorzugen.

[0023] Es hat sich jedoch gezeigt, dass allein ein Ab-

sieben von Staub nicht ausreichend ist. Daher wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass über das zweite Sieb mit einer Maschenweite von vorzugsweise zwischen 0,3 mm bis 1 mm, insbesondere zwischen 0,5 mm und 0,8 mm eine Absaugung zugeordnet ist, die sich oberhalb bzw. unterhalb des Siebes erstreckt. Bevorzugterweise erfolgt die Absaugung von der Oberseite des Siebes aus, um zu verhindern, dass größere Partikel beim Absaugen von der Unterseite des Siebes her Maschen zusetzen.

[0024] Die Absaugung erfolgt insbesondere mit einem großen Saugquerschnitt derart, dass das Sieb über seine gesamte Breite abgedeckt ist. Ferner sollte die Erstreckung in Sieblängsachse, also in Richtung des Transportweges, betragen $a \times b$, wobei $5 \text{ cm} \leq a \leq 1$ mit $1 = \text{Sieblänge}$ und $b = \text{Siebbreite}$ ist. Je größer a gewählt wird, desto besser können abgelöste Mikro-Partikel entfernt werden und desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Granulatpartikel der Gutfraktion also diejenigen, die eine gewünschte Größe zur Weiterverarbeitung aufweisen, mit abgesaugt werden.

[0025] Bevorzugterweise und zur Erzielung einer effektiven Absaugung ist vorgesehen, dass das Granulat vor der Saugdüse bzw. -öffnung vertikal herabfällt. In diesem Fall kann der Saugstrom so gewählt werden, dass die Partikel der Gutfraktion, insbesondere solche einer Korngröße mit mittlerem Durchmesser zwischen 0,3 mm bis 0,5 mm, nicht abgesaut werden, wohingegen mikroskopisch kleine Partikel ($\leq 0,3 \text{ mm}$) vom Saugstrom erfasst und somit abgesaugt werden.

[0026] Das so entstaubte Granulat gelangt dann auf das erste Sieb, auf dem die ersten Partikel abgesiebt werden. Dabei sollte das Sieb oberhalb der geschlossenen Bodenfläche einer vibrierenden Siebrinne angeordnet sein, die insbesondere mittels eines Magnetvibrators in Schwingung versetzt wird. Das den Boden bildende Sieb zw. das Siebgewebe, das zur Vermeidung eines Metallabriebs aus Kunststoff bestehen sollte, ist erfindungsgemäß mit einer Abdeckung wie einer Folie abgedeckt, die eine Dicke zwischen 50 μm und 1 mm, insbesondere im Bereich von 500 μm aufweisen kann. Über eine Eintrittsöffnung gelangen die Partikel in den Raum zwischen der Abdeckung, also der Folie und dem Sieb bzw. dem Siebgewebe. Gleichmäßig geformte Partikel können durch die Siebmaschen hindurchfallen, wohingegen die Langkörner aufgrund der Abdeckung mit ihren Längsachsen entlang der von dem Sieb aufgespannten Ebene ausgerichtet und somit gehindert werden, sich aufzurichten und durch das Sieb zu fallen. Auf diese Weise gelingt es effektiv, Langkörner abzusieben, so dass selbst Einzelkörner in sehr geringen Mengen von z. B. 1 Gew.-% aus der Gesamtmenge zuverlässig ausgesiebt werden können. Die Langkörner fallen am Ende des Siebes aus der Siebrinne heraus und können in einem separaten Behälter aufgefangen und gesammelt werden.

[0027] Anstelle einer Folie, die selbstjustierend wirkt, da diese schwerkraftbedingt auf den entlang des Siebs durch Vibration geförderten Partikeln aufliegt, kann auch

eine Platte als Abdeckung benutzt werden, die z. B. eine Dicke zwischen 2 mm und 4 mm aufweist und eigensteif ist. Eine diesbezügliche Platte ist schwenkbar um eine Achse gelagert, die quer zur Förderrichtung und oberhalb des Aufgabebereichs der Siebrinne verläuft.

[0028] Dabei ist die Platte aufgabeseitig derart gebogen, dass sich eine trichterförmig Öffnung für das zuführende Granulat ergibt.

[0029] Durch die schwenkbar gelagerte Platte ergibt sich gleichfalls eine Selbstjustierung.

[0030] Das die ersten Partikel absiebende Sieb ist vorzugsweise zur Horizontalen geneigt, wobei die Siebaufgabe auf einem höheren Punkt als das Ende verläuft.

[0031] Insbesondere beschreibt die von dem Sieb aufgespannte Fläche bzw. Ebene zur Horizontalen einen Winkel α mit $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, wobei der bevorzugte Wertebereich zwischen 0° und 20° liegt. In Abhängigkeit von dem Neigungswinkel α können auch z. B. plattenförmige Langkornpartikel herausgesiebt werden, indem man das Sieb als Lochblech mit rechteckigen Spalten ausführt. In Abhängigkeit von dem Winkel α kann des Weiteren die Transportgeschwindigkeit erhöht werden.

[0032] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Gewinnung eines reinen von langkörnigen Partikeln befreiten Granulats durch insbesondere eine Kombination von Siebprozess und Entstaubung zur Verfügung gestellt, wobei der erfindungsgemäße Langkornsiebprozess der Entstaubung nachgeschaltet ist.

[0033] Eine Vorrichtung zum Aussieben von Partikeln vorbestimmter Größe einer Längenstreckung x umfassend zumindest ein eine Fläche aufspannendes erstes Sieb mit einer Maschenweite y zeichnet sich dadurch aus, dass das Sieb mit der Maschenweite y mit $y < x$ von einer Abdeckung mit einem Spaltabstand Δs mit $\Delta s < x$ abgedeckt ist und dass der Transportweg der Partikel zwischen dem Sieb und der Abdeckung verläuft. Dabei kann die Abdeckung selbsttätig schwerkraftbedingt auf den auf dem Sieb geförderten Partikeln aufliegen. Die Abdeckung sollte aufgabenseitig eine trichterförmige Aufgabeöffnung begrenzen, durch die die Partikel dem Sieb zuführbar sind.

[0034] Bei der Abdeckung kann es sich um eine Folie handeln, die eine Dicke zwischen 100 μm und 3 mm, insbesondere im Bereich zwischen 500 μm und 1 mm aufweist. Das Flächengewicht sollte zwischen 5 mg/cm² und 150 mg/cm² liegen.

[0035] Bei der Folie kann es sich auch um eine mit einem Fluid gefüllte Folie handeln. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass das Gewicht der "Folie" auf einfache Weise einstellbar und auf die abzusiebenden Partikel ausgelegt werden kann.

[0036] Alternativ besteht die Möglichkeit, dass die Abdeckung eine eigensteife Platte ist. Dabei ist die Abdeckung schwenkbar um eine oberhalb des aufgabeseitigen Querrands des Siebes fixiert.

[0037] In einer weiteren hervorzuhebenden Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass dem ersten Sieb ein zweites Sieb mit einer Maschenweite z mit $z <$

y vorgeschaltet ist. Die Maschenweite y des ersten Siebes sollte zwischen 2 und 5 mm betragen. Die Maschenweite z des zweiten Siebes sollte vorzugsweise zwischen 0,3 mm und 1 mm, insbesondere zwischen 0,5 mm und 0,8 mm liegen.

[0038] Zum Absaugen von Feinstpartikeln wie Staub sollte ober- und unterhalb des zweiten Siebs eine Absaugung angeordnet sein. Insbesondere ist oberhalb des Siebs eine Absaugung vorgesehen, wobei sich die Absaugung über die gesamte Breite des Siebes erstrecken sollte. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass sich der Querschnitt der siebseitigen Öffnung der Absaugung beläuft auf $a \times b$ mit $5 \text{ cm} \leq a \leq 1 \text{ mit } 1 = \text{Sieblänge und } b = \text{Siebbreite}$.

[0039] Das erste bzw. zweite Sieb sollte mit einer Vibrationseinrichtung verbunden sein, die einen Magnetvibrator aufweisen kann. Das erste bzw. zweite Sieb kann dabei Boden einer Siebrinne sein, wobei das erste Sieb und das zweite Sieb ggf. Abschnitte einer einzigen Siebrinne sind. Das Sieb bzw. die Siebrinne kann auch auf einem Vibrationsförderer montiert sein.

[0040] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das abzusiebende Granulat vor Aufgabe auf das erste Sieb an einer Absaugöffnung vorbei herabfällt, um eine überaus wirksame Entstaubung zu erreichen.

[0041] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen -für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

[0042]

- Fig. 1 a eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Siebvorrichtung,
- Fig. 1b eine Prinzipdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Siebvorrichtung,
- Fig. 2 eine Prinzipdarstellung zum Absieben von Partikeln,
- Fig. 3 eine Prinzipdarstellung von auf einem Sieb sich bewegenden Partikeln,
- Fig. 4 eine Prinzipdarstellung zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 einen Ausschnitt einer Ausführungsform einer Siebvorrichtung,
- Fig. 6 eine Prinzipdarstellung eines Sieb mit Abdeckung,

Fig. 7 eine Darstellung von abgesiebten Langkörnern und

Fig. 8 eine Darstellung der abgesiebten Gutfraktion.

[0043] Anhand der den Figuren zu entnehmenden Prinzipdarstellungen soll die erfindungsgemäße Lehre näher erläutert werden, aufgrund der aus einem Granulat bzw. einer Granulatmischung eine oder mehrere gewünschte Materialfraktionen ausgesiebt bzw. entfernt werden können. Dabei ist das Ziel, eine Fraktion (Gutfraktion) zu erhalten, deren Partikel innerhalb vorgegebener Dimensionen eine geometrisch gleiche Geometrie aufweisen, wobei Staubpartikel sowie Partikel, deren Aspektverhältnis größer 3:1 ist, entfernt sind (Fig. 7). Partikel, deren Länge grundsätzlich kleiner als 5 mm ist, sollen auch dann der sogenannten Gutfraktion zugeordnet werden, wenn das Aspektverhältnis größer 3:1 ist (Fig. 8).

[0044] Zu den Fig. 7 und 8 ist anzumerken, dass die den Partikeln zugeordneten Zahlen das Aspektverhältnis angeben.

[0045] Bei dem Granulat bzw. Granulatgemisch handelt es sich insbesondere um zerkleinertes Poly-Siliciummaterial, das aus der Gasphase aus Trichlorsilan in reduzierendem Wasserstoff abgeschieden worden ist, ohne dass jedoch hierdurch eine Beschränkung der erfindungsgemäßen Lehre erfolgt. Die entsprechenden Partikel sind von flacher bis zylindersymmetrischer Form. Das zerkleinerte Material wird z. B. zum Ziehen von Kristallen einer Schmelze zugeführt. Dies erfolgt über Rohrleitungen, die Knicke und Ecken aufweisen können. Daher muss sichergestellt sein, dass Partikel, die den zuvor aufgezeigten Nebenbedingungen nicht gehorchen, aus dem Granulat entfernt werden, da andernfalls die Gefahr besteht, dass sich die Partikel in den Leitungen verhaken und somit diese verschließen.

[0046] Auch wenn erwähntermaßen das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise für zerkleinerte Poly-Silicium-Rohlinge bestimmt ist, ist hierdurch eine Beschränkung der erfindungsgemäßen Lehre nicht zu sehen. Vielmehr bezieht sich die Erfindung ganz allgemein auf Granulat aus Halbleitermaterial wie Silicium, Germanium, GaAs, GaP, CdS, CdTe, CuInSe₂ und andere Verbindungshalbleiter aus der Sorte III-V, II-VI, aber auch auf Werkstoffe wie SiO₂ als Grundmaterial für die Herstellung von Quarz, Gläsern sowie keramischen Materialien wie SiC, Al₂O₃, Si₃N₄ und andere Stoffe, die als Granulat verarbeitet werden. Des Weiteren können auch nadelförmige Metallteile oder Partikel entfernt werden.

[0047] Um Granulat, d. h. die das Granulat bildenden Partikel in die gewünschten Fraktionen zu trennen, wird das Granulat einer Vibrationsrinne 10 zugeführt, die in Schwingung versetztes Gehäuse 12 aufweist und im Abstand zur Bodenwandung 14 eine Ebene aufspannendes Sieb 18 umfasst. Über das aus Kunststoff bestehende Sieb 18 wird das Granulat, also die in Fig. 1 prin-

ziell dargestellten Partikel 16, 20 gefördert, um eine gewünschte Trennung von Fraktionen nachstehend beschriebener Art vorzunehmen. Unterhalb des Siebs 18 befindet sich ein Trichter 22, der in einer Öffnung mündet, unterhalb der eine Aufnahme 24 für die Partikel angeordnet ist, die das Sieb 18 durchsetzen. Auswurfsseitig, also am unteren Ende des Siebs 18, befindet sich eine weitere Aufnahme 26, über die die Partikel aufgenommen werden, die das Sieb 18 nicht durchsetzen. Hierbei handelt es sich um die zuvor erläuterten Partikel mit einem Aspektverhältnis > 3:1.

[0048] Die Vibrationsvorrichtung 10 nach Fig. 1a weist einen Magnetvibrator 28 auf, der mit dem Gehäuse 12 verbunden ist und dieses in Schwingung versetzt. Das Gehäuse 12 selbst kann über prinzipiell dargestellte Federn 30, 32 auf einer Unterlage abgestützt sein.

[0049] Im Ausführungsbeispiel verläuft das Sieb 18 zur Horizontalen (Linie 34) unter einem Winkel α , der zwischen 0° und 60° , vorzugsweise im Bereich zwischen 0° und 20° liegt. Dabei liegt der Aufgabepunkt oberhalb des Auswurfbereichs.

[0050] In Fig. 3 ist rein prinzipiell ein Ausschnitt des Siebs 18 dargestellt. Die Transportrichtung der auf dem Sieb vorhandenen Partikel ist durch den Pfeil 34 ange deutet.

[0051] Dadurch, dass das Sieb 18 in Vibration versetzt wird, werden die Partikel auf in etwa Wurfparabeln 36 bewegt, wodurch sich längliche Partikel 38 aufrichten (Darstellung 40) und somit durch die Maschen des Siebs 18 hindurchfallen können. Handelt es sich bei dem Partikel 38 um ein solches, das das zu vermeidende Aspektverhältnis mit einer Länge aufweist, die größer als die Maschenweite ist, so können die zuvor aufgezeigten Nachteile auftreten, die beim Fördern der Fraktion von Partikeln auftreten, die das Sieb 18 durchsetzen und eine maximale Längenerstreckung aufweist, die kleiner als die Maschenweite ist. Insbesondere weisen diese Partikel im Falle von Poly-Silicium ein Aspektverhältnis < 3 : 1 auf.

[0052] Um das Aufrichten der Partikel 38 auszuschließen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass oberhalb des Siebs 18 eine Abdeckung 42 verläuft, die sicherstellt, dass die Partikel 38 sich nicht aufstellen können, wie der Fig. 4 zu entnehmen ist.

[0053] Die Partikel des Granulates werden zwischen der Abdeckung 42 und dem Sieb 18 entlang diesem gefördert (Pfeil 34), ohne dass das Risiko besteht, das die auch als Langkorn zu bezeichnenden Partikel mit dem Aspektverhältnis > 3:1 sich in einem Umfang aufrichten können, dass diese die Maschen des Siebs 18 durchsetzen.

[0054] Bei der Abdeckung 42 handelt es sich um eine dünne Folie 114, die z. B. eine Dicke zwischen 50 μm und 3 mm aufweist. Die abzusiebenden Partikel gelangen zwischen die Folie 42 und das Sieb 18, wobei gleichmäßig geformte Partikel mit einer maximalen Längenerstreckung, die kleiner als die Maschenweite ist, durch die Siebmaschen hindurchfallen. Demgegenüber werden

die Langkörner durch die Abdeckung 42 daran gehindert, sich aufzurichten und durch das Sieb 18 zu fallen.

[0055] Dadurch, dass die Abdeckung als Folie 114 ausgebildet ist, ergibt sich der Vorteil, dass sich der Abstand zwischen der Folie, also der Abdeckung 42 und der Oberfläche des Siebbodens auf die Form der Partikel bzw. deren Größe automatisch einstellt, so dass ein optimales Absieben möglich ist. Dabei kann die Folie gegebenenfalls mit einem Fluid gefüllt sein, quasi eine flexible flache Tasche oder ein Beutel sein, um ein gewünschtes Gewicht zu erreichen, mit dem die Folie auf den Partikeln aufliegt.

[0056] Es besteht keine Verstopfungsgefahr, da die Folie 114 bei größeren Partikeln ausweichen kann, eine Möglichkeit, die fixierte Platten nicht bieten. Sofern gewünscht, kann auf die Folie neben deren Gewicht gegebenenfalls eine zusätzliche Kraft einwirken, um einen gewünschten Druck auf die abzusiebenden Partikel auszuüben, ohne dass jedoch die Flexibilität und das automatische Ausrichten auf die Partikel verloren geht.

[0057] Durch diese Maßnahmen gelingt es effektiv, Langkörner abzusieben, so dass selbst Einzelkörner in sehr geringen Mengen von z. B. nur 1 Gew.-% aus der Gesamtmenge ausgesiebt werden können. Die Langkörner fallen am Ende des Siebes 18 aus der Förderrinne 12 und werden von dem Behältnis 26 aufgesammelt.

[0058] Die Verwendung einer Folie 114 als die Abdeckung 52 zeigt den Vorteil, dass eine Selbstjustage erfolgt, da die Folie schwerkraftbedingt auf den Partikeln aufliegt, so dass eine Anpassung an die Erstreckung der Partikel senkrecht zur von dem Sieb 18 aufgespannten Ebene erfolgt. Ungeachtet dessen stellt das Gewicht der Folie 114 sicher, dass sich die Partikel nicht im zuvor aufgezeigten Sinne aufrichten können.

[0059] Anstelle einer Folie 114 kann auch eine Platte 44 benutzt werden, wie dies rein prinzipiell der Fig. 6 zu entnehmen ist. So verläuft oberhalb des Siebs 18 eine Abdeckung 48, die um eine Achse 46 schwenkbar ist, die sich quer zur Sieblängsachse und im Aufgabebereich des Siebs 18 erstreckt. Auch hierdurch ergibt sich eine selbstjustierende Anpassung an die entlang des Siebs 18 geförderten Partikel.

[0060] Aufgabeseitig ist die Platte 44 gebogen, um einen Einlauftrichter 48 für die aufzugebenden Partikel zur Verfügung zu stellen. Im Bereich des Einlauftrichters 48 befindet sich eine geschlossene Bodenplatte 19, die in das erste Sieb 18 übergeht.

[0061] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist dem Sieb 18 mit der Abdeckung 42 ein weiteres Sieb 50 kleinerer Maschenweite vorgeschaltet (Fig. 2). Dabei können die Siebe 18 und 50 in einer Siebvorrichtung vorgesehen sein. Die Siebe 18, 50 können von einer vibrierenden Siebrinne, die zur Horizontalen geneigt verlaufen kann, oder von einem horizontalen Vibrationsförderer ausgehen.

[0062] Ein Vibrationsförderer 100 ist rein prinzipiell der Fig. 1b zu entnehmen. Dabei werden für Elemente, die im Zusammenhang mit der Fig. 1a erläutert worden sind,

die gleichen Bezugszeichen verwendet. Der Vibrationsförderer 100 umfasst ein Gehäuse 102 mit beispielsweise aus Metall oder abriebfestem Kunststoff bestehendem Boden 104, zu dem parallel das erste Sieb 18 verläuft, entlang der die Partikel 16, 18 gefördert werden.

[0063] Das Gehäuse 102 ist über Blattfedern 106, 108 mit einer Bodenplatte 110 verbunden, von der ein Magnet 112 ausgeht, über den der Boden 104 und damit das Gehäuse 102 entgegen der von den Blattfedern 106, 108 erzeugten Spannung angezogen wird. In Abhängigkeit von der Frequenz des Magneten 112 wird das Gehäuse 102 in Schwingung versetzt, um die Partikel 16, 20 entlang des Siebes 18 zu transportieren. Hierbei werden die Partikel 16, 20 auf Wurfarabeln 52 bewegt, die zur Horizontalen einen Winkel von vorzugsweise 30° bis 60°, insbesondere in etwa 45° aufweisen sollten, um das Fördern im erforderlichen Umfang zu ermöglichen. Damit die länglichen Partikel 38 sich nicht in einem Umfang aufrichten können, dass sie durch die Maschen des Siebes 18 fallen können, verläuft oberhalb des Siebes 18 und der Partikel 16, 20 die Abdeckung 44, die erfindungsgemäß insbesondere eine schwerkraftbedingt sich auf die Partikel 16, 20 legende Folie 114 ist. Alternativ kann auch eine um eine senkrecht zur Transportrichtung schwenkbare Platte 44 verwendet werden, die gleichfalls schwerkraftbedingt auf den Partikeln 16, 20 aufliegt.

[0064] Unabhängig davon, ob eine Platte 44 oder eine Folie 114 verwendet wird, um das unerwünschte Aufrichten der länglichen Partikel in einem Umfang zu vermeiden, dass diese durch die Maschen des Siebes 18 fallen könnten, ist einlaufseitig eine Aufgabeöffnung 48 zwischen der Folie 114 bzw. Platte 44 und dem Sieb 18 vorgesehen, die sich in Transportrichtung verjüngt, also im Schnitt eine quasi V-Form aufweist. Im Bereich der Aufgabeöffnung 48 befindet sich die geschlossene Fläche 19, die in das Sieb 18 sodann übergeht.

[0065] Das zweite Sieb 50, das eine Maschenweite vorzugsweise im Bereich zwischen 0,3 mm und 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 0,8 mm aufweist, dient dazu, Feinstaub und Verunreinigungsstaub abzusieben.

[0066] Entsprechend der zuvor erläuterten Lehre werden die entlang des zweiten Siebes 50 geförderten Partikel durch die Vibration des Siebes 50 gleichfalls auf Wurfarabeln 52 bewegt und dabei geschüttelt, so dass durch die Reibung der Teilchen untereinander locker anhaftende mikrometergroße Partikel abgelöst werden. Diese können dann entweder durch das Sieb 50 nach unten (Pfeil 54) oder nach oben abgesaugt werden (Pfeil 56). Dabei ist entsprechend der Prinzipdarstellung der Fig. 5 eine Absaugvorrichtung vorgesehen, die eine Breite aufweist, die das Siebgewebe über seine gesamte Breite b abdeckt. Ferner sollte die Saugöffnung einen Querschnitt a x b aufweisen, wobei $5 \text{ cm} \leq a \leq \text{Sieblänge}$ ist. Je größer a gewählt wird, desto besser können abgelöste Mikropartikel entfernt werden und desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Granulatpartikel, die der Gutfaktion zuzuordnen sind, mit abgesaugt werden.

[0067] Um die Absaugung energetisch günstig zu gestalten, sind entsprechend der Fig. 5 mehrere Absaugtrichter 58, 60 über dem Sieb 50 angeordnet, um die Kleinstpartikel abzusaugen.

[0068] Bei Auslegung der Förderanlage ist darauf zu achten, dass die Partikel mit möglichst niedriger kinetischer Energie auf die Wandung auftreffen, um den unerwünschten Materialabtrag zu vermeiden.

[0069] Dabei sollte die Geschwindigkeit, mit der die Partikel auf die Wandung der Vibrationseinrichtung auftreffen, nicht größer als in etwa 1 m/s betragen.

[0070] Die Schwingungsfrequenz des ersten bzw. zweiten Siebes kann im Bereich zwischen 10 Hz und 400 Hz, insbesondere zwischen 50 Hz und 60 Hz liegen. Die Fördergeschwindigkeit der Partikel entlang des ersten bzw. zweiten Siebes sollte bevorzugterweise zwischen 1 mm/s bis 100 mm/s betragen.

[0071] Typische Abmessungen des ersten Siebes 18 bzw. zweiten Siebes 50 sind:

erstes Sieb 18: Maschenweite 2,0 mm bis 3 mm, vorzugsweise 3,0 mm,
zweites Sieb 50: Maschenweite 0,3 mm bis 1 mm, vorzugsweise 0,5 mm.

[0072] Bezuglich der Absaugvorrichtung zum Absaugen der Staubpartikel werden bevorzugterweise die Absaugtrichter 58, 60 über dem Sieb 50 angeordnet. Dabei sollte die Fläche eines jeden Trichters 58, 60 betragen 20 mm x 20 mm x 70 % (bei 70% sieboffene Fläche). Die Saugleistung sollte bis 3400 1/min betragen. Absaugfläche und Saugleistung sollten des Weiteren derart aufeinander abgestimmt werden, dass die Absauggeschwindigkeit 0,1 bis 3 m/s, vorzugsweise 0,5 m/s beträgt.

[0073] Hinsichtlich der Partikel und der Gutf- bzw. Langkornfraktion sind als typische Abmessungen anzugeben:

[0074] Langkorn: $1,5 \text{ mm} \leq L : B \leq 30 \text{ mm}$, wobei L in etwa 3 mm bis 10 mm beträgt.

[0075] Gutfaktionspartikel: $1,5 \text{ mm} \leq L : B \leq 10 \text{ mm}$, wobei L vorzugsweise im Bereich zwischen 0,5 mm und 3 mm liegt.

[0076] $B \leq 10 \text{ mm}$ bei einer Länge L bevorzugterweise mit $L \leq 0,5 \text{ mm}$.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aussieben von ersten Partikeln aus einem ersten und zweiten Partikel umfassenden Granulat durch Fördern des Granulats entlang einer ersten Siebfläche, wobei die ersten Partikel ein Aspektverhältnis a_1 mit $a_1 \geq n : 1$, mit $n = 2, 3, > 3$,

- und die zweiten Partikel eine Dimensionierung aufweisen, die ein Hindurchfallen durch die Maschen der ersten Siebfläche ermöglicht, wobei das Granulat entlang der Siebfläche zwischen dieser und einer sich entlang der Siebfläche erstreckenden Abdeckung gefördert wird und durch die Abdeckung bedingt die ersten Partikel mit ihren Längsachsen entlang der Siebfläche verlaufend ausgerichtet werden, wobei Längenerstreckung eines jeden ersten Partikels größer als Maschenweite des die erste Siebfläche bildenden Siebs ist und Längenerstreckung der zweiten Partikel gleich oder kleiner als die Maschenweite ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Abdeckung eine Folie, die sich schwerkraftbedingt auf die Partikel auflegt, oder eine Platte verwendet wird, die um eine quer zur Förderrichtung des Granulats auf der ersten Siebfläche derart schwenkbar ist, dass eine Anpassung eines zwischen der ersten Siebfläche und der Abdeckung verlaufenden Spalts in Abhängigkeit von Größe und/oder Form der Partikel erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Folie eine solche mit einem Flächengewicht G_F mit $5 \text{ mg/cm}^2 \leq G_F \leq 150 \text{ mg/cm}^2$ und/oder eine solche mit einer Dicke d_F mit $100 \mu\text{m} \leq d_F \leq 3 \text{ mm}$ verwendet wird.
3. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Siebfläche zur Horizontalen unter einem Winkel α mit $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, insbesondere $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ eingestellt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abdeckung siebaufgabeseitig zu dem ersten Sieb eine sich in Transportrichtung verjüngende Aufgabeöffnung begrenzt.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Granulat vor dem Fördern über die erste Siebfläche über eine zweite Siebfläche gefördert wird, über und/oder unterhalb der und/oder mittels der Kleinstpartikel großer Oberfläche, insbesondere Staubpartikel entfernt werden, wobei insbesondere die Kleinstpartikel oberhalb und/oder unterhalb der zweiten Siebfläche über eine oder mehrere sich vorzugsweise über die gesamte Breite der Siebfläche erstreckende Absaugöffnung bzw. Absaugöffnungen abgesaugt werden und wobei vorzugsweise als Gesamtabsaugöffnung eine solche verwendet wird,
- 10 die einen Querschnitt $a \times b$ mit $5 \text{ cm} \leq a \leq 1$ mit $b =$ Breite der Siebfläche und $1 =$ Länge der Siebfläche aufweist.
- 5 6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Sieb der ersten Siebfläche ein solches verwendet wird, dessen Maschenweite zwischen 2 mm und 5 mm liegt und/oder dass als Sieb der zweiten Siebfläche ein solches verwendet wird, dessen Maschenweite zwischen 0,3 mm und 1 mm, insbesondere zwischen 0,5 mm und 0,8 mm liegt.
- 15 7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Granulat vor Aufgeben auf die erste Siebfläche senkrecht herabfallend an einer Absaugöffnung vorbeigeführt wird.
- 20 8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Granulat zerkleinerte Poly-Silicium-Rohlinge und/oder ein aus Silicium bestehender Waferbruch und/oder Halbleitermaterial wie Silicium, Germanium, GaAs, GaP, CdS, CdTe, CuInSe₂ und andere Verbindungshalbleiter aus der Sorte III-V, II-VI, aber auch auf Werkstoffe wie SiO₂ als Grundmaterial für die Herstellung von Quarz, Gläsern sowie keramischen Materialien wie SiC, Al₂O₃, Si₃N₄ und andere Stoffe, die als Granulat verarbeitet werden, verwendet wird.
- 25 9. Vorrichtung (10) zum Aussieben von Partikeln (16, 20, 38) vorbestimmter Größe einer Längenerstreckung x umfassend zumindest ein eine Fläche aufspannendes erstes Sieb (18) mit einer Maschenweite y , wobei, das erste Sieb mit einer Maschenweite y mit $y < x$ von einer Abdeckung (42, 44) abgedeckt ist, die Partikel zwischen der Abdeckung und dem ersten Sieb entlang dieses förderbar sind und wirksame Spaltbreite d_s zwischen der Abdeckung und dem ersten Sieb ist $d_s < x$,
dadurch gekennzeichnet,
dass die das in Schwingung oder Vibration versetzbare erste Sieb (18) abdeckende Abdeckung (42) eine sich schwerkraftbedingt auf den auf dem ersten Sieb geförderten Partikeln (16, 20, 38) auflegende Folie (114) oder eine um eine im Bereich aufgabeseitigen Querrands des ersten Siebs (18) verlaufende Achse (46) schwenkbare Platte (44) ist.
- 30 40 35 45 50 55 10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abdeckung (42) aufgabeseitig eine sich in Transportrichtung der Partikel (16, 20) verjüngende

Aufgabeöffnung (48) begrenzt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Folie (114) eine Dicke d_F mit $100 \mu\text{m} \leq d_F \leq 3 \mu\text{m}$ aufweist und/oder ein Flächengewicht G_F mit $5 \text{ mg/cm}^2 \leq G_F \leq 150 \text{ mg/cm}^2$ aufweist. 5
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, 10
dass die Abdeckung (42) selbstjustierend auf den auf dem ersten Sieb (18) geförderten Partikeln (16, 20, 38) aufliegt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Sieb (18) zur Horizontalen einen Winkel α einschließt, wobei insbesondere der Winkel α beträgt $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, insbesondere $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$. 20
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass dem ersten Sieb (18) ein zweites Sieb (50) vorgeschaltet ist, wobei ober- und unterhalb des zweiten Siebs (50) eine Absaugung (58, 60) angeordnet ist, die sich vorzugsweise über gesamte Breite des zweiten Siebs (50) erstreckt und wobei vorzugsweise die sich entlang des zweiten Siebs (50) erstreckende Absaugung (58, 60) einen Querschnitt $a \times b$ aufweist mit $5 \text{ cm} \leq a \leq 1$ mit $b = \text{Breite des zweiten Siebs (50)}$ und $1 = \text{Länge des zweiten Siebs}$. 25 30
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Sieb (18) und das zweite Sieb (50) 35 von einer gemeinsamen Vibrationseinrichtung ausgehen, wobei insbesondere zumindest das erste Sieb (18) von einer vibrierenden Siebrinne oder einem horizontalen Vibrationsförderer (100) ausgeht und vorzugsweise die Vibrationseinrichtung einen Magnetvibrator aufweist. 40
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Sieb eine Maschenweite y mit $2 \text{ mm} \leq y \leq 5 \text{ mm}$ und/oder das zweite Sieb (18) eine Maschenweite z mit $0,3 \text{ mm} \leq z \leq 1 \text{ mm}$, insbesondere $0,5 \text{ mm} \leq z \leq 0,8 \text{ mm}$ aufweist. 45

50

55

Fig. 1a

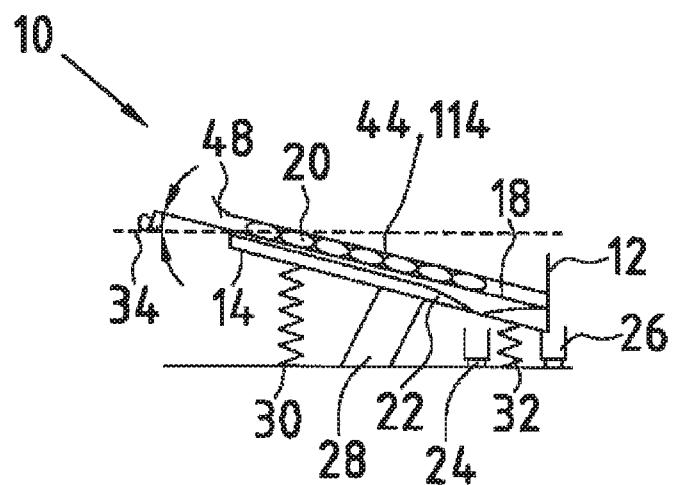
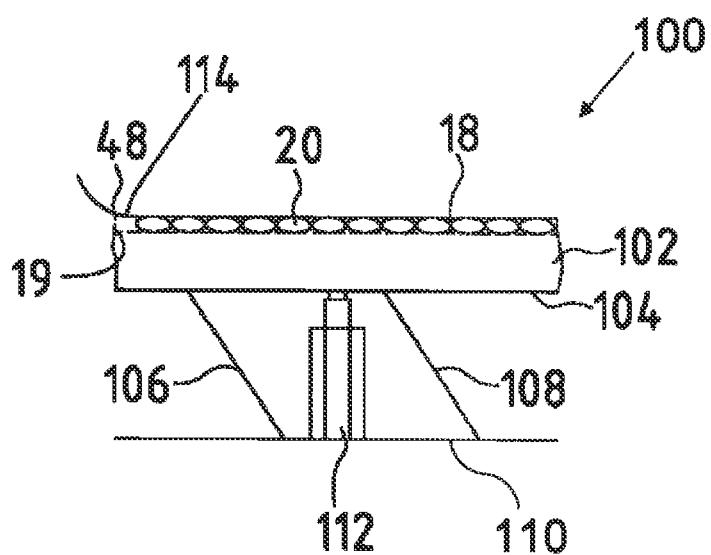


Fig. 1b



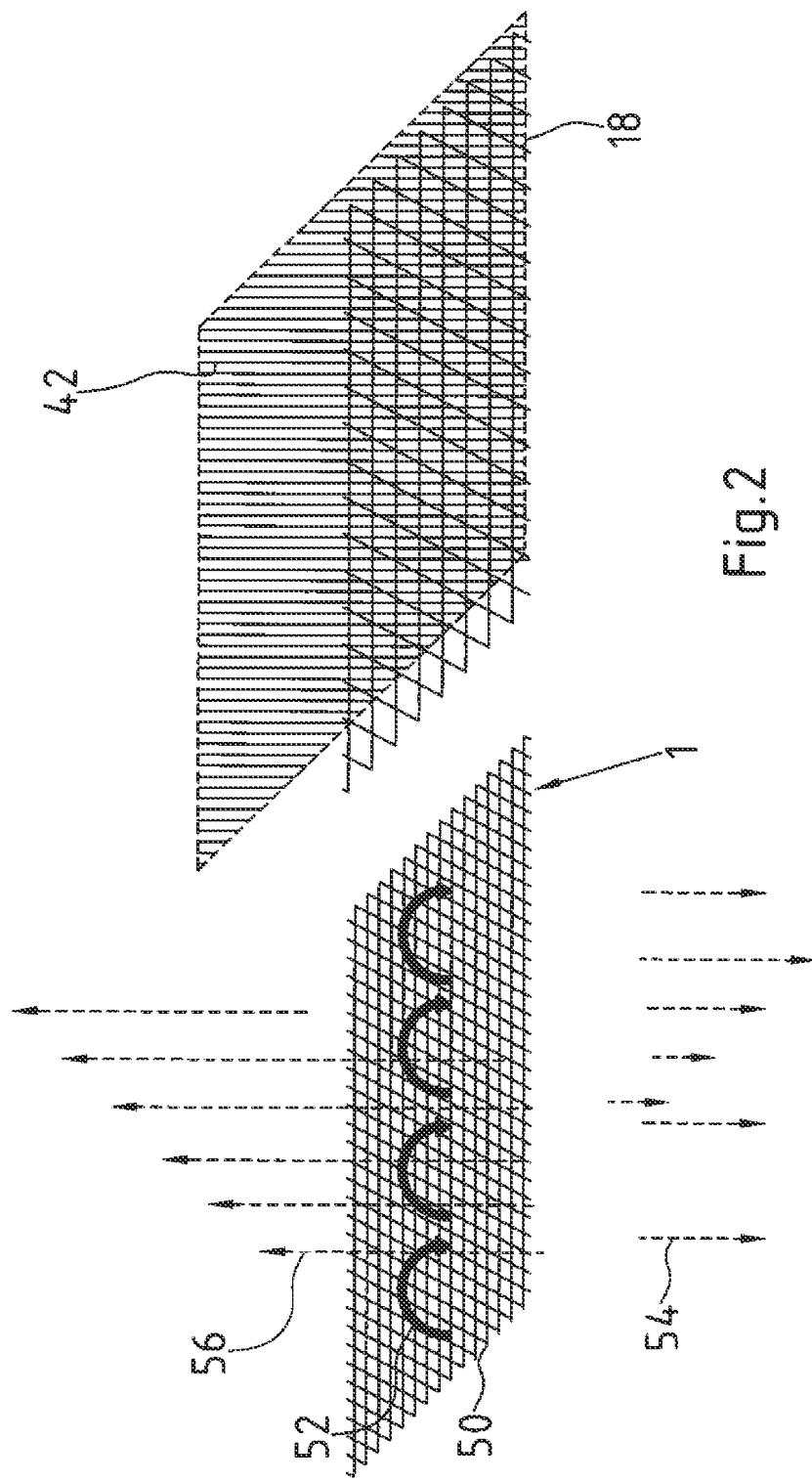


Fig. 2

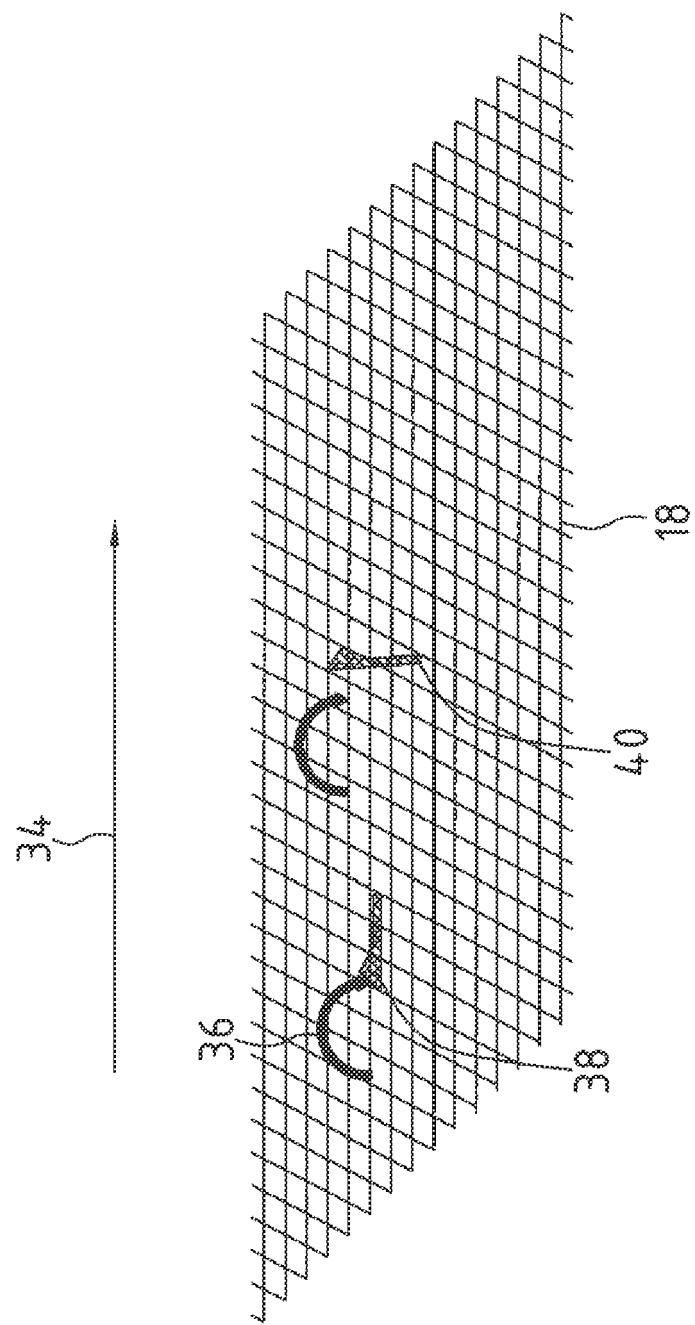


Fig. 3

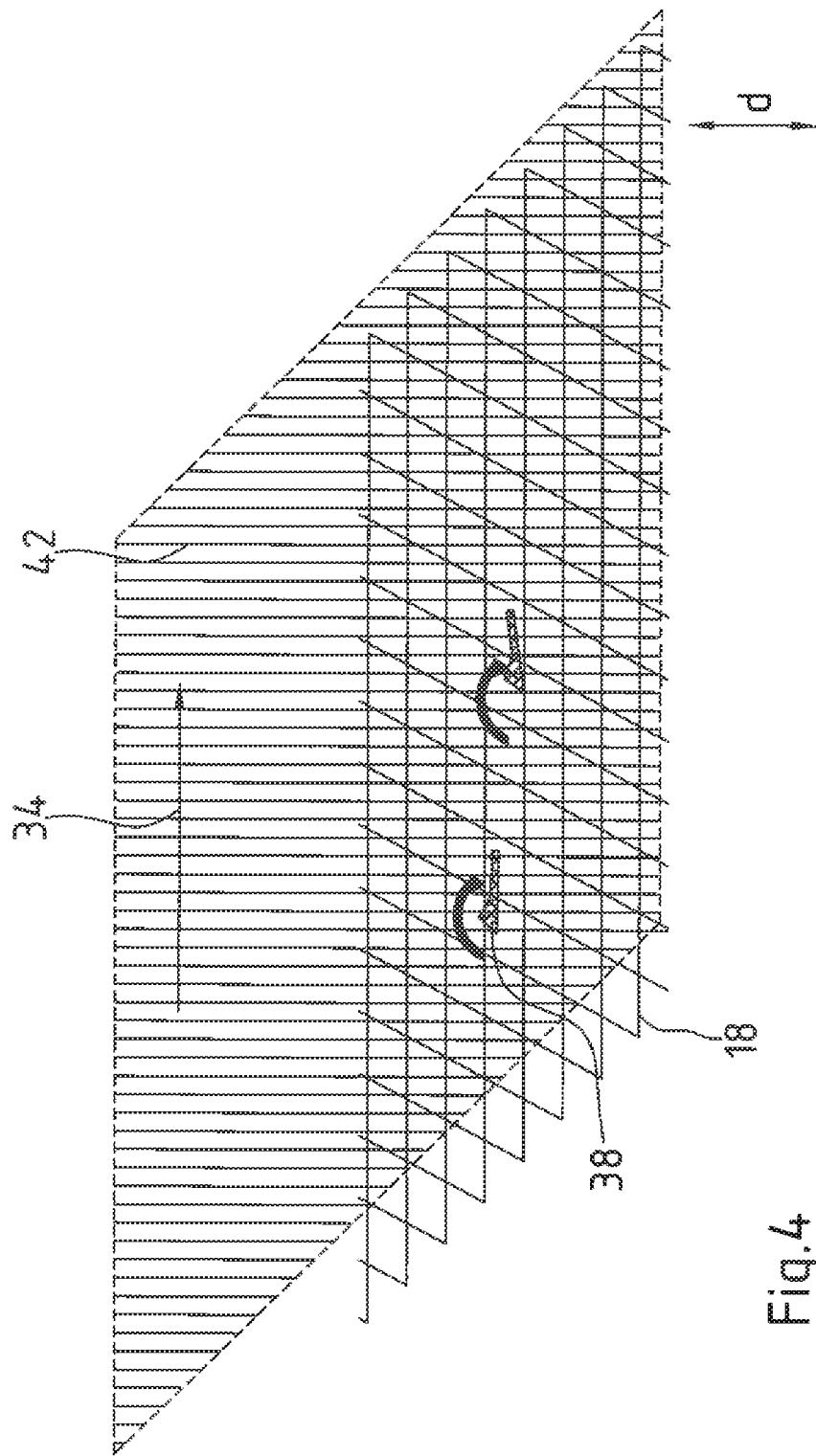


Fig.4

Fig.5

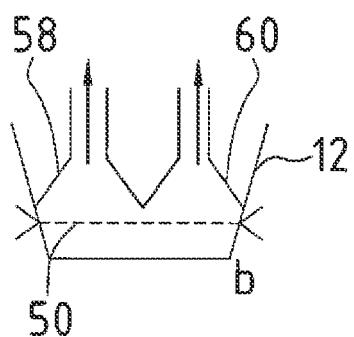
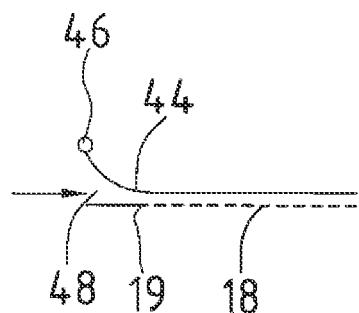


Fig.6



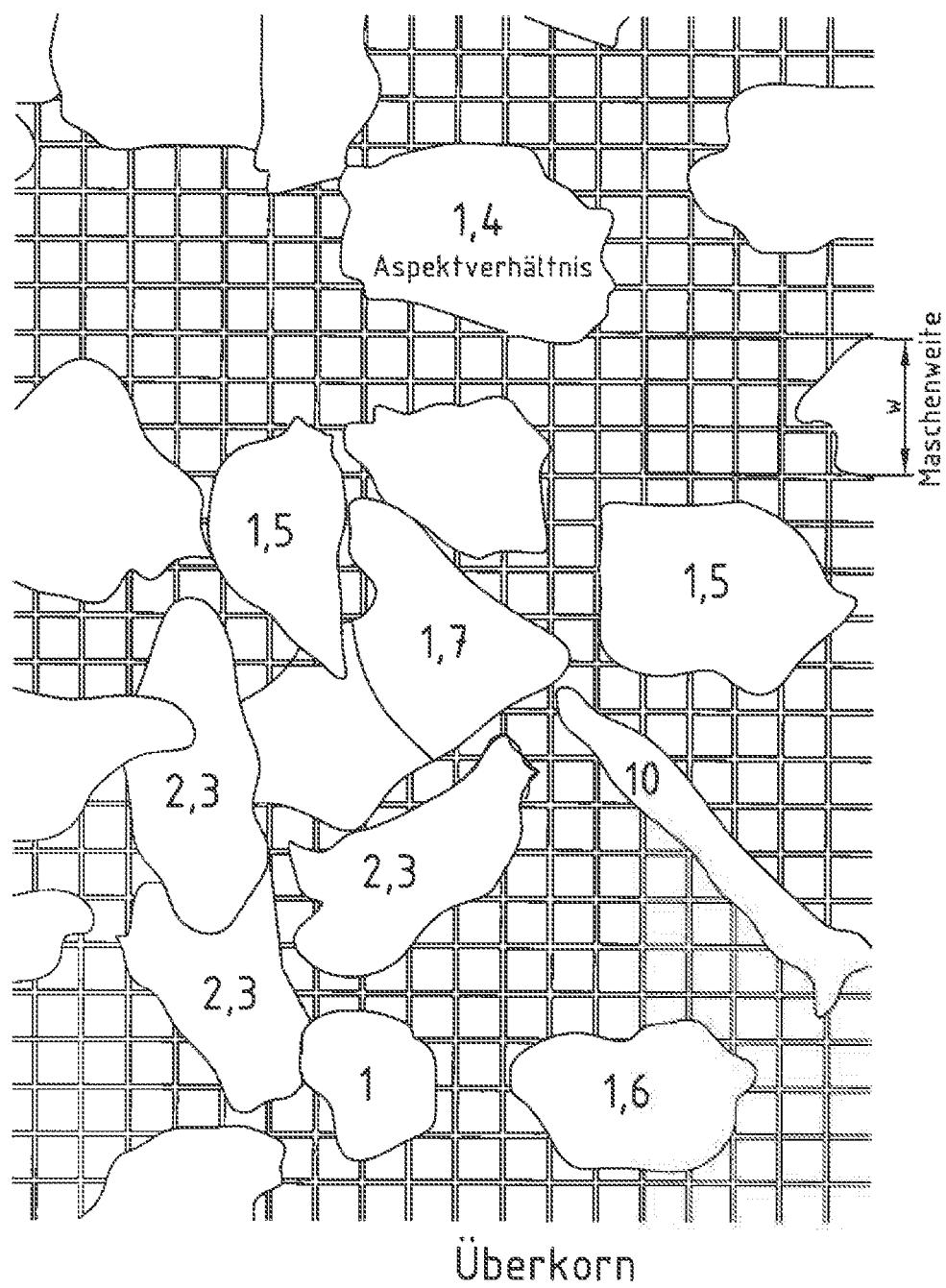


Fig. 7

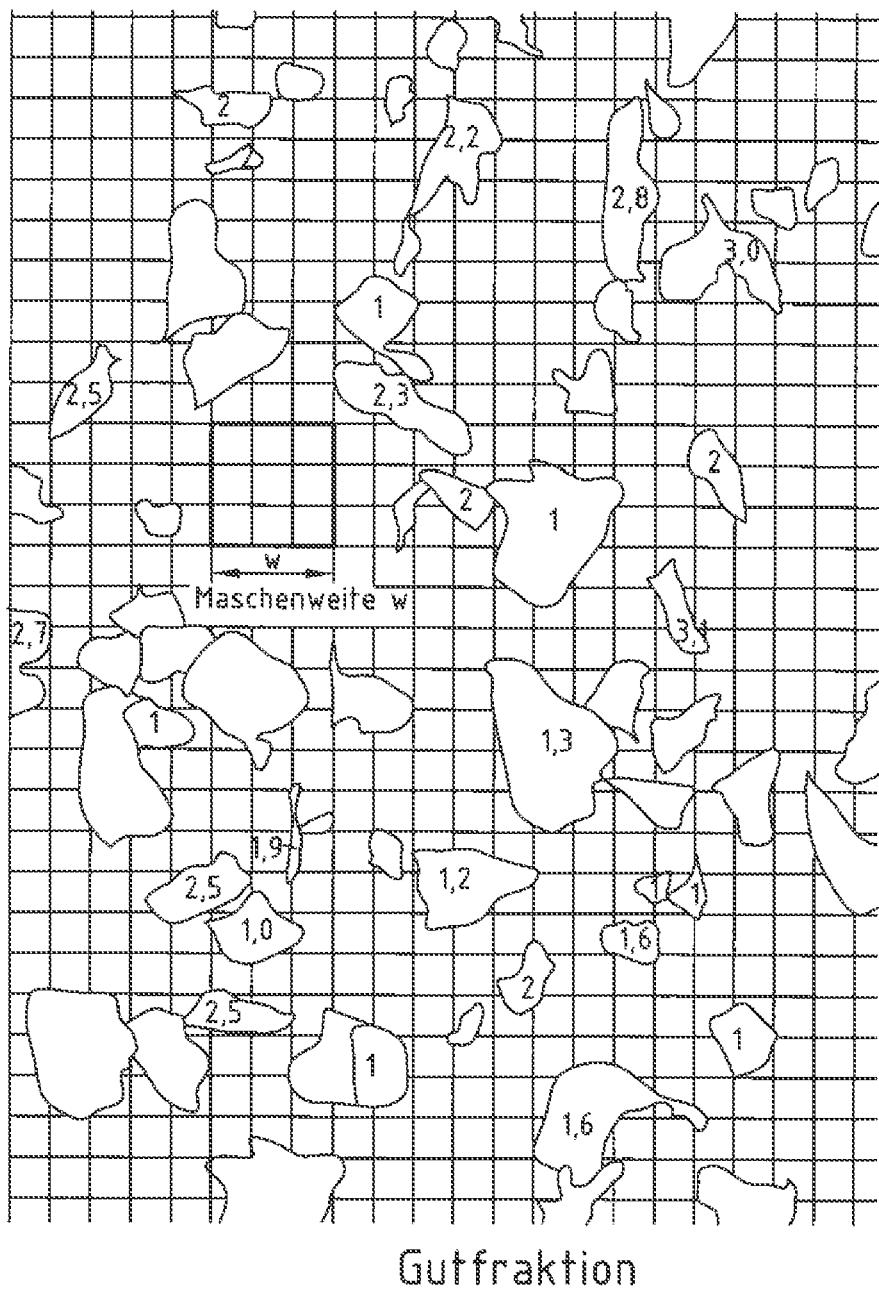


Fig.8

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 19526841 C [0009]
- US 4194970 A [0010]