

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 887 105 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.12.1998 Patentblatt 1998/53**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B02C 19/18**, B02C 19/12,  
B23H 9/00, B28D 5/00

(21) Anmeldenummer: **98110151.2**

(22) Anmeldetag: **04.06.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **27.06.1997 DE 19727441**

(71) Anmelder: **Wacker-Chemie GmbH  
81737 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Köppl, Franz, Dr.  
84567 Erlbach (DE)**  
• **Fuchs, Paul  
5230 Mattighofen (AT)**

(74) Vertreter: **Potten, Holger  
Wacker-Chemie GmbH  
Zentralabteilung Patente,  
Marken und Lizenzen  
Hanns-Seidel-Platz 4  
81737 München (DE)**

### (54) **Vorrichtung und Verfahren zum Zerkleinern von Halbleitermaterial**

(57) Beschrieben wird eine neue Vorrichtung zum Zerkleinern von Halbleitermaterial, die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie mindestens zwei beabstandete Elektroden aufweist, die aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial bestehen und die jeweils eine Heizvorrichtung aufweisen.

**EP 0 887 105 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Zerkleinern von Halbleitermaterial.

Für die Herstellung von Solarzellen oder elektronischen Bauelementen, wie beispielsweise Speicherelementen oder Mikroprozessoren, wird hochreines Halbleitermaterial benötigt. Die gezielt eingebrachten Dotierstoffe sind die einzigen Verunreinigungen, die ein derartiges Material im günstigsten Fall aufweisen sollte. Man ist daher bestrebt, die Konzentrationen schädlicher Verunreinigungen so niedrig wie möglich zu halten. Häufig wird beobachtet, daß bereits hochrein hergestelltes Halbleitermaterial im Verlauf der weiteren Verarbeitung zu den Zielprodukten erneut kontaminiert wird. So werden immer wieder aufwendige Reinigungsschritte notwendig, um die ursprüngliche Reinheit zurückzuerhalten. Fremdmittelatome, die in das Kristallgitter des Halbleitermaterials eingebaut werden, stören die Ladungsverteilung und können die Funktion des späteren Bauteils vermindern oder zu dessen Ausfall führen. Infolgedessen sind insbesondere Kontaminationen des Halbleitermaterials durch metallische Verunreinigungen zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Silicium, das in der Elektronikindustrie mit deutlichem Abstand am häufigsten als Halbleitermaterial eingesetzt wird. Hochreines Silicium erhält man beispielsweise durch thermische Zersetzung leicht flüchtiger und deshalb einfach über Destillationsverfahren zu reinigender Siliciumverbindungen, wie beispielsweise Trichlorsilan. Es fällt dabei polykristallin in Form von Stäben mit typischen Durchmessern von 70 bis 300 mm und Längen von 500 bis 2500 mm an. Ein großer Teil der Stäbe wird zur Produktion von tiegelgezogenen Einkristallen, von Bändern und Folien oder zur Herstellung von polykristallinem Solarzellengrundmaterial verwendet. Da diese Produkte aus hochreinem, schmelzflüssigen Silicium hergestellt werden, ist es notwendig, festes Silicium in Tiegeln aufzuschmelzen. Um diesen Vorgang möglichst effektiv zu gestalten, müssen großvolumige, massive Siliciumstücke, wie beispielsweise die erwähnten polykristallinen Stäbe, vor dem Aufschmelzen zerkleinert werden. Dies ist üblicherweise immer mit einer oberflächlichen Verunreinigung des Halbleitermaterials verbunden, weil die Zerkleinerung mit metallischen Brechwerkzeugen, wie Backen- oder Walzenbrechern, Hämmern oder Meißeln, erfolgt.

Bei der Zerkleinerung ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Oberflächen der Bruchstücke nicht mit Fremdstoffen verunreinigt werden. Insbesondere ist die Kontamination durch Metallatome als kritisch anzusehen, da diese die elektrischen Eigenschaften des Halbleitermaterials in schädlicher Weise verändern können. Wird das zu zerkleinernde Halbleitermaterial, wie bisher überwiegend üblich, mit mechanischen Werkzeugen, wie beispielsweise stählernen Brechern, zerkleinert, so müssen die Bruchstücke vor dem Aufschmelzen einer aufwendigen und kostenintensiven Oberflächenreini-

gung unterzogen werden.

Gemäß der Offenlegungsschrift DE-38 11 091 A1 und ihrer korrespondierenden Patentschrift US-4,871,117 ist es möglich, massive, großvolumige Siliciumkörper so zu dekompatieren, daß die mechanische Zerkleinerung schon mit Werkzeugen, deren Arbeitsflächen aus nicht oder nur gering kontaminierenden Stoffen, wie Silicium, Nitrid- oder Carbidkeramiken, bestehen, gelingt. Die Dekompaktierung wird dadurch erreicht, daß durch Wärmeeinwirkung von außen im zu zerbrechenden Siliciumstück ein Temperaturgradient erzeugt und eine Oberflächentemperatur von 400 bis 1400°C eingestellt wird, und diese rasch um einen Wert von mindestens 300° abgesenkt wird, so daß sich der Temperaturgradient zumindest teilweise umkehrt. Zur Erzeugung des Temperaturgradienten muß das massive Gut in einen Ofen gebracht und aufgeheizt werden. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß während der Aufheizphase die Diffusion von an der Oberfläche des Halbleitermaterials adsorbierten Fremdstoffen in Gang gesetzt und/oder beschleunigt wird. Auf diese Weise gelangen die Fremdstoffe von der Oberfläche in den Kristallverband des Halbleitermaterials und entziehen sich dadurch den Reinigungsmaßnahmen, die nur oberflächennahe Verunreinigungen zu beseitigen vermögen. Darüber hinaus ist bei dem genannten Verfahren eine Kontamination des Halbleitermaterials durch vom Ofenmaterial während des Aufheizens abgegebene Fremdstoffe praktisch nicht zu vermeiden.

Die Aufgabe der Erfindung bestand deshalb darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das den Stand der Technik verbessert und es insbesondere ermöglicht, Halbleitermaterial kontaminationsfrei und unter Verzicht auf hohe Temperaturen und mechanische Brechwerkzeuge zu zerkleinern. Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst.

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Zerkleinern von Halbleitermaterial, die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie mindestens zwei beabstandete Elektroden aufweist, die aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial bestehen und jeweils eine Heizvorrichtung aufweisen.

Überraschenderweise lassen sich auch Elektroden aus Halbleitermaterial verwenden, während Elektroden aus einem anderen Material einen erheblichen Eintrag von Fremdmaterial aus den Elektroden beziehungsweise aus dem zur Kontaktierung verwendeten Wasser aufweisen.

In Figur 1 wird eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Zerkleinern schematisch im Querschnitt gezeigt.

Figur 2 zeigt schematisch in einer perspektivischen Draufsicht das erfindungsgemäße Verfahren.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise dazu genutzt, sprödhartes Halbleitermaterial 1, wie Germanium oder Galliumarsenid und vorzugsweise Silicium zu zerkleinern. Es spielt dabei keine Rolle, ob bereits Bruchstücke oder Halbleiterstäbe zerkleinert werden sollen.

Die Vorrichtung ist so aufgebaut, daß sie mindestens zwei beabstandete Elektroden 3 aufweist, die aus dem zu zerkleinernden Halbleitermaterial bestehen, wobei es sich um Germanium oder Galliumarsenid und vorzugsweise Silicium handelt. Die Elektroden haben vorzugsweise einen Durchmesser von 6 mm bis 20 mm, besonders bevorzugt von 8 mm bis 12 mm. Diese Elektroden weisen eine Heizvorrichtung auf, die sie auf Temperaturen von vorzugsweise 400 °C bis 1200 °C erwärmen kann. Diese Heizvorrichtung weist vorzugsweise eine Heizkassette 6 mit vorzugsweise elektrischen Heizern 5 auf. Die Elektroden 3 selbst sind vorzugsweise über eine Graphitelektrode 4 mit einem Hochspannungsimpulsgenerator 8 verbunden. Vorzugsweise sind die Elektroden 3 beweglich angeschlossen, so daß sie axial aus der Heizkassette 6 mit den elektrischen Heizern 5 geschoben werden können und so an das zu zerkleinernde Halbleitermaterial, wie vorzugsweise einen Siliciumstab, geschoben werden können, so daß sie mit dem Halbleitermaterial im Kontakt stehen. Die Elektroden können auch beweglich sein, indem sie starr mit der Heizvorrichtung verbunden sind, indem die Elektroden mit der Heizvorrichtung zusammen auf einer verschiebbaren Halterung 7 bewegt werden, die vorzugsweise aus Metall besteht. Zwischen den Elektroden 3 befindet sich eine Unterlage 2, die aus abriebfestem Kunststoff oder vorzugsweise aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial, vorzugsweise Silicium, besteht, um eine Kontamination mit Fremdatomen zu vermindern. Die Vorrichtung arbeitet vorzugsweise unter Umgebungsluft, bei Normaldruck, sie kann jedoch auch in einer Atmosphäre mit erhöhter elektrischer Durchschlagsfestigkeit betrieben werden, wie zum Beispiel unter erhöhtem Druck oder unter einem elektronegativen Gas, wie z.B. CO<sub>2</sub>, oder einem Gemisch entsprechender Gase.

Es besteht auch die Möglichkeit die Vorrichtung derart zu gestalten, daß eine Reihe von sich jeweils zwei gegenüberstehenden Elektroden 3 angeordnet werden, so daß zum Beispiel ein Stab aus Halbleitermaterial auf einmal zerkleinert werden kann. Auf diese Weise können die Elektroden in Abständen von vorzugsweise 1 cm bis 20 cm je nach Länge des Halbleitermaterials, das in einem Arbeitsgang zerkleinert werden soll, angeordnet werden.

Ein weiter Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Zerkleinerung von Halbleitermaterial, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Zerkleinerung des Halbleitermaterials durch direkten Stromdurchgang mit Hochspannungsimpulsen erfolgt, wobei als Elektroden solche aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial verwendet werden, die auf eine Temperatur gebracht werden, bei der sie stromleitend sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, das vorzugsweise mit der oben beschriebenen Vorrichtung ausgeführt wird, wird Halbleitermaterial, wie vorzugs-

weise Germanium, Galliumarsenid und bevorzugt Silicium, auf eine Unterlage geschoben, die vorzugsweise aus Kunststoff oder besonders bevorzugt aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial besteht, damit eine Kontamination mit Fremdatomen vermindert wird. Bei einem bevorzugten Verfahren wird das stabförmige Halbleitermaterial, vorzugsweise ein Siliciumstab von 60 mm bis 250 mm Durchmesser und einer Länge von 100 mm bis 250 mm, sukzessive auf die Unterlage in Abständen von vorzugsweise 1 cm bis 20 cm, besonders bevorzugt von 3 cm bis 8 cm, geschoben. Dies richtet sich auch danach, wie groß die Korngröße bei der Zerkleinerung sein soll. Diese kann stufenlos auf 5 mm bis 180 mm eingestellt werden.

Das Halbleitermaterial wird, je nachdem, welche Korngröße erwünscht ist, vorzugsweise zwischen 3 cm bis 8 cm über mindestens zwei Elektroden hinaus geschoben. Sodann werden die zwei Elektroden 3 auf das Halbleitermaterial so zubewegt, daß sie in Kontakt mit diesem treten, wobei die zwei Elektroden 3, die aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial bestehen, und mit einer Heizvorrichtung versehen sind, die eine Heizkassette 6 und vorzugsweise einen elektrischen Heizer 5 aufweist, der die Elektroden auf eine Temperatur erwärmt, bei der sie stromleitend sind. Diese Temperatur beträgt vorzugsweise 400 °C bis 1200 °C. Sobald die Elektroden in Kontakt mit dem Halbleitermaterial stehen, wird über einen HochspannungsimpulsGenerator 8 zumindest ein Stromstoß abgegeben, der vorzugsweise eine Spannung von 20 kV bis 300 kV, besonders bevorzugt von 30 kV bis 150 kV, einer Stromstärke von 1 kA bis 20 kA, besonders bevorzugt von 3 kA bis 10 kA, eine Impulsdauer von 10 nsec bis 50 msec, besonders bevorzugt von 1 msec bis 30 msec und einer Pulsfrequenz von 0,1 Hz bis 10 Hz, besonders bevorzugt von 0,5 Hz aufweist, bei einem Stabdurchmesser von 60 mm. Danach wird das stabförmige Halbleitermaterial wieder ein entsprechendes Stück axial vorgeschoben und der oben beschriebene Vorgang wiederholt sich. Das stabförmige Halbleitermaterial kann auch in eine Vorrichtung geschoben werden, bei der jeweils eine Reihe von jeweils 2 Elektroden vorzugsweise in Abständen von 1 cm bis 20 cm angeordnet sind, die gleichzeitig mit dem stabförmigen Halbleitermaterial in Kontakt treten, um es gleichzeitig mit zumindest einem Stromstoß, wie oben beschrieben, zu zerkleinern.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kann Halbleitermaterial in polykristalliner und monokristalliner Form zerkleinert werden.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, daß in Abhängigkeit von der Anzahl der Impulse, der Höhe der Spannung, der Impulsdauer und dem geometrischen Abstand der Kontaktpunkte auf dem Halbleitermaterial große Scheiben bis feiner Bruch hergestellt werden können. Bevorzugt ist ein Siliciumbruch mit einer größten Abmessung von 100 mm. Des

weiteren ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch kostengünstig und äußerst umweltverträglich, weil keine Abwässer entstehen.

#### Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zum Zerkleinern von Halbleitermaterial, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens zwei beabstandete Elektroden aufweist, die aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial bestehen und die jeweils eine Heizvorrichtung aufweisen. 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden aus Silicium bestehen. 15
3. Verfahren zur Zerkleinerung von Halbleitermaterial, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerkleinerung des Halbleitermaterials durch direkten Stromdurchgang mit Hochspannungsimpulsen erfolgt, wobei als Elektroden solche aus dem gleichen Material wie das zu zerkleinernde Halbleitermaterial verwendet werden, die auf eine Temperatur gebracht werden, bei der sie stromleitend sind. 20 25
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Halbleitermaterial für die Elektroden Silicium verwendet wird. 30

35

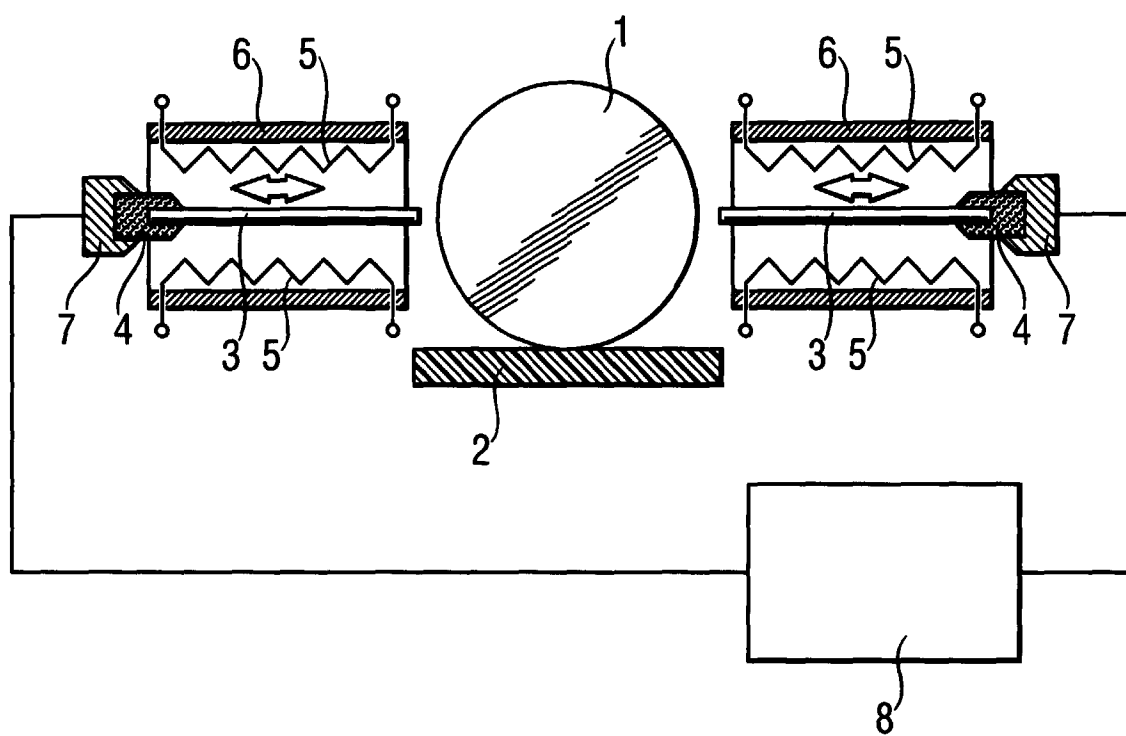
40

45

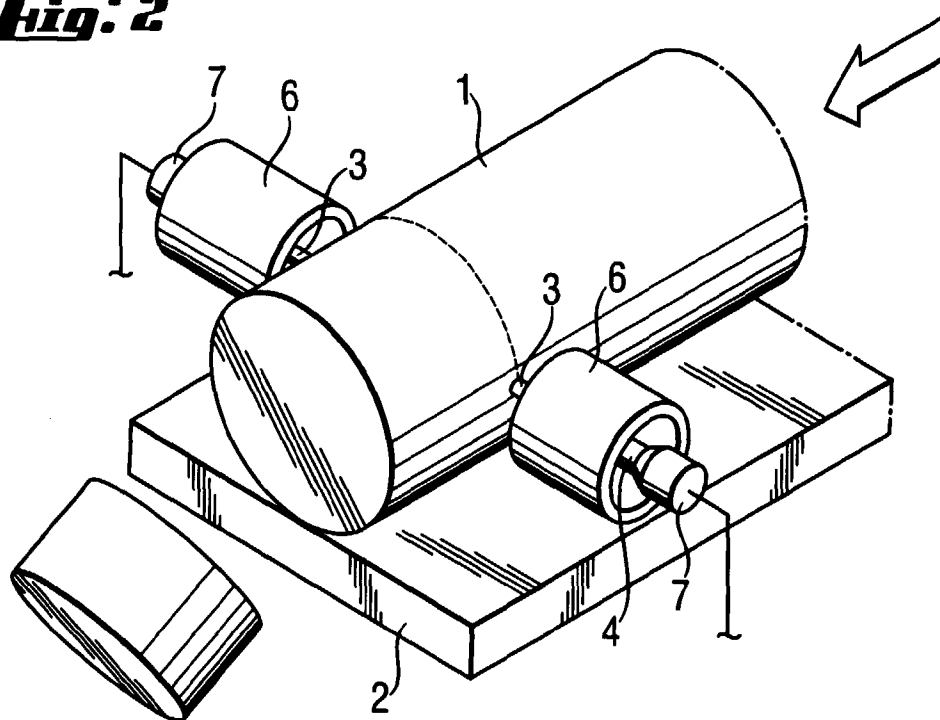
50

55

**Fig. 1**



**Fig. 2**





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 11 0151

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 5 464 159 A (KOEPL FRANZ ET AL) 7. November 1995 * Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 43 * * Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 23 * ---	1,3	B02C19/18 B02C19/12 B23H9/00 B28D5/00
A	US 4 540 127 A (ANDRES URI) 10. September 1985 * Spalte 4, Zeile 1 - Zeile 20 * * Abbildung * ---	1,3	
A	US 4 653 697 A (CODINA GEORGE) 31. März 1987 * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * ---	1,3	
D,A	US 4 871 117 A (BAUEREGER ROLF ET AL) 3. Oktober 1989 * Zusammenfassung * -----	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B02C C30B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>28. September 1998</b>	Prüfer <b>Wennborg, J</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)