

**Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls durch
Kristallisieren des Einkristalls an einer Schmelzenzone**

- 5 Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls durch Kristallisieren des Einkristalls an einer Schmelzenzone. Die Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Herstellung eines Einkristalls aus Silizium.
- 10 Die DE 30 07 377 A1 beschreibt eine bekannte Ausführungsform einer solchen Vorrichtung und ein Verfahren, das Zonenschmelz-Verfahren oder FZ-Verfahren genannt wird. Diese Ausführungsform umfasst ein Gehäuse, in der eine Ziehwellen und ein Induktor untergebracht sind. Am oberen Ende der Ziehwellen befindet sich
15 ein Keimkristall, auf dem geschmolzenes Silizium zunächst zu einem Abschnitt mit verengtem Durchmesser und anschließend zu einem Einkristall kristallisiert. Der Induktor, eine als Flachspule ausgebildete HF-Induktionsheizspule, bringt polykristallines Silizium am unteren Ende eines Stabes zum Schmelzen
20 und erzeugt und stabilisiert eine Schmelzenzone, die das Material liefert, welches der Einkristall zum Wachsen benötigt. Der polykristalline Stab und der Einkristall werden abgesenkt, um ein kontinuierliches Wachsen des Einkristalls zu ermöglichen.
- 25 Eine Abwandlung des FZ-Verfahrens („floating zone“) ist das GFZ-Verfahren („granular floating zone“), das beispielsweise in der US 2011/0095018 A1 beschrieben ist. Beim GFZ-Verfahren wird an Stelle eines Stabs als Rohmaterial polykristallines Granulat verwendet. Darüber hinaus sind zwei Induktionsheizspulen vor-
30 handen, eine erste zum Schmelzen des Granulats und eine zweite zum Stabilisieren der Schmelzenzone durch Erzeugen von Wärme in der Schmelzenzone.

Das Temperaturfeld in der Schmelzenzone und im abkühlenden
35 Einkristall, insbesondere im Bereich der Kristallisationsgrenze

muss möglichst präzise kontrolliert werden. Insbesondere muss steilen Temperaturgradienten entgegengewirkt werden, die thermische Spannungen verursachen und Ursache von Versetzungsbildung bis hin zur Zerstörung des Einkristalls durch Rissbildung sein können. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, zur Kontrolle des Temperaturfelds einen Reflektor vorzusehen, der den wachsenden Einkristall umgibt und Wärmestrahlung auf diesen reflektiert.

10 In der CN 10232191 A wird zusätzlich zur Verwendung eines Reflektors vorgeschlagen, ein transversales Magnetfeld einzusetzen, um Fluktuationen der Temperatur in der Schmelzenzone zu unterdrücken.

15 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Störung des Temperaturfelds insbesondere im Bereich der Kristallisationsgrenze zu vermeiden, die weder durch den Einsatz eines Reflektors noch durch das Erzeugen eines Magnetfelds beseitigt werden kann.

20

Gelöst wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls durch Kristallisieren des Einkristalls an einer Schmelzenzone, umfassend ein Gehäuse, einen Induktor zum Erzeugen von Wärme in der Schmelzenzone, einen Nachheizer, der den kristallisierenden Einkristall umgibt und mit Wärmestrahlung beaufschlagt, und einen Trennboden, der einen Zwischenraum zwischen dem Nachheizer und einer Wand des Gehäuses an einem unteren Ende des Nachheizers nach unten hin begrenzt.

30 Der Nachheizer ist vorzugsweise ein Reflektor oder eine aktive Strahlungsheizung, beispielsweise ein Widerstandsheizer.

Ursache der Störung des Temperaturfelds ist thermischer Auftrieb von Schutzgas, beispielsweise Argon, im Gehäuse,

35 wodurch dem kristallisierenden Einkristall und der

Schmelzenzone unkontrolliert Wärme entzogen wird. Übliche Maßnahmen wie das Beaufschlagen des Gehäuses mit Überdruck an Schutzgas zur Vermeidung von Sekundärreaktionen und zur Verhinderung von elektrischen Überschlägen am Induktor oder an dessen Stromzuführungen und das Anordnen eines Reflektors um den kristallisierenden Einkristall begünstigen das Entstehen von Konvektion, die durch thermischen Auftrieb von Schutzgas angeregt wird. So wirkt der Zwischenraum zwischen dem kristallisierenden Einkristall und dem Reflektor wie ein Abzug, der den thermischen Auftrieb von Schutzgas begünstigt.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, störenden thermischen Auftrieb von Schutzgas weitgehend zu unterbinden. Erreicht wird dieses Ziel durch einen Trennboden, der dem strömenden Schutzgas als Barriere im Weg steht. Der Trennboden ist derart im Gehäuse angeordnet, dass durch ihn ein Zwischenraum zwischen dem Nachheizer und einer Wand des Gehäuses an einem unteren Ende des Nachheizers nach unten hin begrenzt wird.

Darüber hinaus ist es bevorzugt, Spalte, die zwischen dem Nachheizer und dem Trennboden und zwischen der Wand des Gehäuses und dem Trennboden vorhanden sein können, mittels Sperren zu verkürzen oder zu schließen, um den thermischen Auftrieb des Schutzgases noch stärker zu behindern oder vollständig zu blockieren. Als Sperren eignen sich beispielsweise Ringe aus Metall wie beispielsweise Stahl, Silber oder Quarzglas, die die Spalte überdecken. Der Spalt zwischen der Wand des Gehäuses und dem Trennboden wird vorzugsweise mit einem Ring aus Stahl, der Spalt zwischen dem Nachheizer und dem Trennboden vorzugsweise mit einem Ring aus Silber oder Quarzglas überdeckt.

Die Anordnung des Trennbodens verhindert, dass Schutzgas der Schmelzenzone und dem kristallisierenden Einkristall Wärme unkontrolliert entzieht, und damit auch Folgeschäden, die wegen

der damit bewirkten Störung des Temperaturfelds eintreten können. Darüber hinaus hat der ausbleibende Wärmeentzug weitere Vorteile. Die Heizleistung des Induktors kann reduziert werden, was Ereignisse wie elektrische Überschläge am Induktor oder an dessen Stromzuführungen weniger wahrscheinlich macht und thermische Spannungen im kristallisierenden Einkristall reduziert.

Der obere Rand des Nachheizers befindet sich vorzugsweise auf Höhe des Tripelpunkts der Kristallisationsgrenze. Der Nachheizer hat eine axiale Länge, die vorzugsweise nicht länger ist als das 1,5-Fache des Durchmessers des herzustellenden Einkristalls. Der radiale Abstand zwischen dem Einkristall und dem Nachheizer beträgt vorzugsweise nicht mehr als 30 mm, besonders bevorzugt ist ein radialer Abstand von 10 mm bis 20 mm.

Die Erfindung wird vorzugsweise zur Herstellung von Einkristallen aus Silizium mit einem vergleichsweise großen Durchmesser von mindestens 150 mm verwendet. Als Herstellungsverfahren kommen sowohl das FZ-Verfahren als auch das GFZ-Verfahren in Betracht.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Zeichnungen näher erläutert.

Fig.1 ist eine schematische Darstellung, die den Stand der Technik repräsentiert.

Fig.2 ist eine schematische Darstellung der Erfindung.

Fig.1 zeigt in Schnittdarstellung eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls durch Kristallisieren des Einkristalls an einer Schmelzenzone. Diese Vorrichtung kann dem Stand der Technik zugerechnet werden. Dargestellt sind nur

Merkmale, die zur Erläuterung der Erfindung beitragen. Der Einkristall 1 wächst an einer Schmelzenzone 2, die von einem Induktor 3 mit Wärme versorgt wird. Auf Höhe des Tripelpunktes ETP ist ein Reflektor 4 angeordnet, der den kristallisierenden Einkristall umgibt und eine axiale Länge hat, die kürzer ist als die Länge des hergestellten Einkristalls. Der Reflektor 4 teilt den Innenraum eines Gehäuses in einen Zwischenraum zwischen dem kristallisierenden Einkristall 1 und dem Reflektor 4 und einen Zwischenraum zwischen dem Reflektor 4 und der Wand 5 des Gehäuses. Blockpfeile deuten den geschlossenen Weg eines durch thermischen Auftrieb getriebenen Stroms eines im Gehäuse enthaltenen Schutzgases an.

Fig.2 zeigt eine Vorrichtung gemäß Fig.1 und zusätzlich Merkmale der Erfindung. Gleichartige Merkmale sind mit denselben Bezugszahlen versehen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich durch einen Trennboden 6 aus, der den Zwischenraum zwischen dem Reflektor 4 und der Wand 5 des Gehäuses nach unten hin begrenzt. Der Reflektor 4 kann durch eine aktive Strahlungsheizung ersetzt sein. Im Vergleich mit Fig.1 dünner gezeichnete Blockpfeile zeigen einen durch thermischen Auftrieb getriebenen Gasstrom an, der wegen der Anordnung des Trennbodens 6 stark gehemmt ist. Der Gasstrom kann noch stärker bis hin zur vollständigen Blockade gehemmt sein, vorzugsweise indem Sperren 7 an äußeren Seiten des Trennbodens 6 angeordnet werden, die Spalte zwischen dem Reflektor 4 und dem Trennboden 6 und zwischen dem Trennboden 6 und der Wand 5 des Gehäuses verkürzen oder schließen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls durch Kristallisieren des Einkristalls an einer Schmelzenzone,
5 umfassend ein Gehäuse, einen Induktor zum Erzeugen von Wärme in der Schmelzenzone, einen Nachheizer, der den kristallisierenden Einkristall umgibt und mit Wärmestrahlung beaufschlagt, und einen Trennboden, der einen Zwischenraum zwischen dem
10 Nachheizer und einer Wand des Gehäuses an einem unteren Ende des Nachheizers nach unten hin begrenzt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachheizer ein Reflektor ist.
- 15 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachheizer eine aktive Strahlungsheizung ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch Sperren, die an äußeren Seiten des Trennbodens angeordnet
20 sind und Spalte zwischen dem Nachheizer und dem Trennboden und zwischen dem Trennboden und der Wand des Gehäuses verkürzen oder schließen.