

Vorrichtung zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der CZ-Methode aus einer Schmelze und Verfahren unter Verwendung der Vorrichtung

- 5 Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung und deren Verwendung zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der CZ-Methode aus einer Schmelze. Die Vorrichtung umfasst einen Tiegel zum Aufnehmen der Schmelze, eine Widerstandsheizung, die um den Tiegel herum angeordnet ist, ein Kamerasystem zum Beobachten einer Phasengrenze zwischen der Schmelze und dem wachsenden
- 10 Einkristall und einen Hitzeschild, der im Bereich seines unteren Endes kegelstumpfförmig mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet ist und der über dem Tiegel angeordnet ist und den Einkristall umgibt.

Stand der Technik / Probleme

- 15 In EP 2 031 100 A1 ist eine Vorrichtung mit den oben erwähnten Merkmalen gezeigt und ein Verfahren zur Herstellung eines Einkristalls nach der CZ-Methode beschrieben, bei dem die Vorrichtung eingesetzt wird.

- In US 5 919 303 ist ein Verfahren zum Nachbeschicken von Silizium beschrieben, wobei der Tiegel mit polykristallinem Silizium in Form von Granulat nachbeschickt wird.
- 20

- JP2001-3978 A offenbart einen Hitzeschild, der zusätzlich einen inneren Zylinder aufweist, um Partikel aus Siliziumoxid (SiO) daran zu hindern, in die Schmelze zu
- 25 fallen. Gelangen solche Partikel zum wachsenden Einkristall, können sie Versetzungen auslösen und den Einkristall für den vorgesehenen Zweck unbrauchbar machen. Nachteilig an diesem Hitzeschild ist, dass er den freien Blick zur Phasengrenze zwischen der Schmelze und dem wachsenden Einkristall behindert.

- 30 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen vorzuschlagen, durch deren Verwendung unerwünschte Partikel weitgehend davon abgehalten werden können, in die Schmelze zu gelangen, ohne dass damit ein Nachteil verknüpft ist.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der CZ-Methode aus einer Schmelze, umfassend

- 5 einen Tiegel zum Aufnehmen der Schmelze;
eine Widerstandsheizung, die um den Tiegel herum angeordnet ist;
ein Kamerasystem zum Beobachten einer Phasengrenze zwischen der Schmelze und dem wachsenden Einkristall, wobei das Kamerasystem eine optische Achse aufweist;
und
- 10 einen Hitzeschild, der im Bereich seines unteren Endes kegelstumpfförmig mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet ist und der über dem Tiegel angeordnet ist und den wachsenden Einkristall umgibt, gekennzeichnet durch
ein ringförmiges Element zum Auffangen von Partikeln, das von einer inneren
Seitenfläche des Hitzeschilds aus nach innen ragt und an seinem inneren Ende eine
15 nach oben gerichtete Fangkante aufweist, wobei die optische Achse des
Kamerasystems zwischen der Fangkante und dem wachsenden Einkristall verläuft.

Partikel, die das einkristalline Wachstum eines Kristalls aus Halbleitermaterial stören oder beenden können, entstehen nicht nur beim Resublimieren von SiO, sondern
20 insbesondere auch beim Nachbeschicken von Halbleitermaterial, insbesondere in Form von Abrieb, der vom Hitzeschild stammt. Die vorliegende Erfindung stellt sicher, dass Versetzungsereignisse seltener werden und dass die Konzentration an von Partikeln stammenden und in der Schmelze gelösten Fremdelementen, insbesondere die Konzentration an Kohlenstoff, geringer wird.

25 Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst einen Hitzeschild, der durch ein ringförmiges Element erweitert ist, das Partikel auffängt, die ohne dessen Vorhandensein in den Tiegel fallen würden. Das ringförmige Element ragt von einer inneren Seitenfläche des Hitzeschilds aus nach innen, das heißt, in Richtung des
30 wachsenden Einkristalls und hat eine Querschnittsfläche, die an ihrem inneren Ende eine nach oben ragende Fangkante (trapping enclosure) aufweist. Partikel werden zwischen der Fangkante und dem Hitzeschild aufgefangen. Das ringförmige Element ragt zum wachsenden Einkristall, wobei die optische Achse des Kamerasystems

zwischen der Fangkante und dem wachsenden Einkristall verläuft. Mit anderen Worten, die optische Achse trifft weder auf den Hitzeschild noch auf das ringförmige Element oder dessen Fangkante.

- 5 Der Hitzeschild ist vollständig oder zumindest im Bereich seines unteren Endes kegelstumpfförmig mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet.

Bevorzugt ist es, das ringförmige Element derart am Hitzeschild zu befestigen, dass ein Abstand des ringförmigen Elements zum unteren Ende des Hitzeschildes bestehen
10 bleibt. Dieser Abstand beträgt vorzugsweise 10 mm bis 100 mm.

Das ringförmige Element ist vorzugsweise lösbar mit dem Hitzeschild verbunden. Es besteht vorzugsweise aus demselben Material, aus dem die innere Seitenfläche des Hitzeschildes besteht.

15

Die Fangkante ragt vom inneren Ende des ringförmigen Elements nach oben, vorzugsweise über eine Strecke, die nicht weniger als 2 mm und nicht mehr als 100 mm beträgt. Des Weiteren ist die Fangkante vorzugsweise nach außen geneigt, also zum Hitzeschild geneigt, angeordnet.

20

Gegenstand der Erfindung ist darüber hinaus auch ein Verfahren zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, umfassend das Beschicken des Tiegels mit festem Halbleitermaterial;
das Schmelzen eines Teils oder der gesamten Masse des festen Halbleitermaterials;
25 das Nachbeschicken des Tiegels mit weiterem festen Halbleitermaterial;
das Erhitzen des Tiegelinhalts, bis er vollständig geschmolzen ist; und
das Ziehen des Einkristalls gemäß der CZ-Methode.

Das Halbleitermaterial besteht vorzugsweise aus Silizium, Germanium oder einer
30 Mischung beider Elemente.

Der wachsende Einkristall umfasst einen zylindrischen Abschnitt mit einem Durchmesser von mindestens 200 mm, vorzugsweise mindestens 300 mm.

Die bezüglich der vorstehend aufgeführten Ausführungsformen des
erfindungsgemäßen Verfahrens angegebenen Merkmale können entsprechend auf
die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragen werden. Umgekehrt können die
5 bezüglich der vorstehend ausgeführten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen
Vorrichtung angegebenen Merkmale entsprechend auf das erfindungsgemäße
Verfahren übertragen werden. Diese und andere Merkmale der erfindungsgemäßen
Ausführungsformen werden in der Figurenbeschreibung und in den Ansprüchen
erläutert. Die einzelnen Merkmale können entweder separat oder in Kombination als
10 Ausführungsformen der Erfindung verwirklicht werden. Weiterhin können sie
vorteilhafte Ausführungen beschreiben, die selbstständig schutzfähig sind.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Zeichnungen erläutert.

15 **Kurzbeschreibung der Figuren**

Fig. 1 und **Fig. 3** zeigen jeweils eine Vorrichtung zum Ziehen eines Einkristalls aus
Halbleitermaterial nach der CZ-Methode, die erfindungsgemäße Merkmale umfasst.
Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines Hitzeschilds, der mit einem erfindungsgemäßen
20 ringförmigen Element verbunden ist.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

	1	Ziehkammer
25	2	Tiegel
	3	Schmelze
	4	Kamerasystem
	5	Einkristall
	6	Welle
30	7	Widerstandsheizung
	8	Ziehmechanismus
	9	Hitzeschild
	10	ringförmiges Element

- 11 Fangkante
- 12 optische Achse
- 13 unteres Ende

5 Die Vorrichtung gemäß Fig.1 umfasst eine Ziehkammer 1, in der ein Tiegel 2 zum Aufnehmen der Schmelze 3 untergebracht ist, und ein Kamerasystem 4 zum Beobachten einer Phasengrenze zwischen der Schmelze 3 und eines wachsenden Einkristalls 5. Der Tiegel 2 wird von einer Welle 6 getragen, die angehoben, abgesenkt und gedreht werden kann. Um den Tiegel 2 herum ist eine

10 Widerstandsheizung 7 angeordnet, mit deren Hilfe festes Halbleitermaterial unter Bildung der Schmelze 3 geschmolzen wird. Der Einkristall 5 wird über einen Ziehmechanismus 8 aus der Schmelze gezogen. Über dem Tiegel 2 ist ein Hitzeschild 9 angeordnet, der den Einkristall 5 umgibt. Der Hitzeschild 9 ist im Bereich seines unteren Endes kegelstumpfförmig mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet.

15 Zwischen dem wachsenden Einkristall 5 und der inneren Seitenfläche des Hitzeschildes 9 ist ein ringförmiges Element 10 zum Auffangen von Partikeln vorhanden, das mit dem Hitzeschild 9 verbunden ist. Das ringförmige Element 10 ragt von der inneren Seitenfläche des Hitzeschildes 9 aus nach innen (in Richtung des wachsenden Einkristalls) und weist an seinem inneren Ende eine Fangkante 11

20 (Fig.2) auf, die nach oben gerichtet ist. Die Fangkante 11 wird von einer zu einem Rohr geschlossenen Wand gebildet. Erfindungsgemäß sind das ringförmige Element 10 und dessen Fangkante 11 derart ausgebildet, dass sie der optischen Achse 12 des Kamerasystems 4 nicht im Weg stehen, also die optische Achse 12 zwischen der Fangkante 11 und dem wachsenden Einkristall 5 verläuft.

25

Die Vorrichtung gemäß Fig.3 umfasst im Unterschied zur Vorrichtung gemäß Fig.1 einen Hitzeschild 9, der nur im Bereich seines unteren Endes mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet ist. Im Bereich darüber hat er eine zylindrische Form.

30 Fig.2 zeigt einen Ausschnitt des ringförmigen Elements 10 und des Hitzeschildes 9 im Querschnitt. Bei der gezeigten Ausführungsform hat das ringförmige Element 10 etwas Abstand zum unteren Ende 13 des Hitzeschildes 9 und die Fangkante 11 ist zum Hitzeschild 9 geneigt ausgebildet.

Die vorstehende Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen ist exemplarisch zu verstehen. Die damit erfolgte Offenbarung ermöglicht es dem Fachmann einerseits, die vorliegende Erfindung und die damit verbundenen Vorteile zu verstehen, und
5 umfasst andererseits im Verständnis des Fachmanns auch offensichtliche Abänderungen und Modifikationen der beschriebenen Strukturen und Verfahren. Daher sollen alle derartigen Abänderungen und Modifikationen sowie Äquivalente durch den Schutzbereich der Ansprüche abgedeckt sein. Beispielsweise kann die Vorrichtung auch eine oder mehrere Spulen umfassen, die ein Magnetfeld erzeugen,
10 das der Schmelze aufgeprägt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial nach der CZ-Methode aus einer Schmelze, umfassend
 - 5 einen Tiegel zum Aufnehmen der Schmelze;
eine Widerstandsheizung, die um den Tiegel herum angeordnet ist;
ein Kamerasystem zum Beobachten einer Phasengrenze zwischen der Schmelze und dem wachsenden Einkristall, wobei das Kamerasystem eine optische Achse aufweist;
und
 - 10 einen Hitzeschild, der im Bereich seines unteren Endes kegelstumpfförmig mit sich verjüngendem Durchmesser ausgebildet ist und der über dem Tiegel angeordnet ist und den wachsenden Einkristall umgibt, gekennzeichnet durch
ein ringförmiges Element zum Auffangen von Partikeln, das von einer inneren
Seitenfläche des Hitzeschilds aus nach innen ragt und an seinem inneren Ende eine
15 nach oben gerichtete Fangkante aufweist, wobei die optische Achse des
Kamerasystems zwischen der Fangkante und dem wachsenden Einkristall verläuft.
2. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das ringförmige
Element einen Abstand zum unteren Ende des Hitzeschilds hat.
20
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das
ringförmige Element mit dem Hitzeschild lösbar verbunden ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
25 Fangkante zum Hitzeschild neigend angeordnet ist.
5. Verfahren zum Ziehen eines Einkristalls aus Halbleitermaterial in einer Vorrichtung
gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend
 - das Beschicken des Tiegels mit festem Halbleitermaterial;
 - 30 das Schmelzen eines Teils oder der gesamten Masse des festen Halbleitermaterials;
das Nachbeschicken des Tiegels mit weiterem festen Halbleitermaterial;
das Erhitzen des Tiegelinhalts, bis er vollständig geschmolzen ist; und
das Ziehen des Einkristalls gemäß der CZ-Methode.