

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Silizium, die Sauerstoff und mindestens einen Dotierstoff vom n-Typ enthält, umfassend
 - 5 das Bereitstellen einer Schmelze aus Silizium, die Dotierstoff vom n-Typ enthält, in einem Quarz-Tiegel, wobei die Schmelze eine anfängliche Höhe h_M hat; das Erhitzen der Schmelze von der Seite durch selektives Zuführen von Wärme zu einem oberen Volumen der Schmelze, das eine anfängliche Höhe h_m hat, wobei die Höhe h_m kleiner ist als die Höhe h_M ;
 - 10 das Ziehen eines Einkristalls aus Silizium gemäß der CZ-Methode aus der Schmelze mit einer Ziehgeschwindigkeit V ;
 - das Erhitzen der Schmelze von oben im Bereich einer Phasengrenze zwischen dem wachsenden Einkristall und der Schmelze;
 - das Erhitzen der Schmelze von oben im Bereich einer Oberfläche der Schmelze;
 - 15 das Beaufschlagen der Schmelze mit einem Magnetfeld;
 - das Gegendotieren der Schmelze mit Dotierstoff vom p-Typ; und
 - das Abtrennen der Halbleiterscheibe aus einkristallinem Silizium vom Einkristall.
2. Verfahren nach Anspruch 1, zusätzlich umfassend das Erhitzen der Schmelze von
 - 20 unten mit einer ersten Heizleistung, die im Verhältnis zu einer zweiten Heizleistung, mit der die Schmelze von der Seite erhitzt wird, nicht mehr als 5 % beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, umfassend das Erhitzen der Schmelze von oben im Bereich der Phasengrenze mit einer dritten Heizleistung, die
 - 25 im Verhältnis zu einer Gesamtheizleistung nicht weniger als 5 % und nicht mehr als 15 % beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend das Erhitzen der Schmelze von oben im Bereich der Oberfläche der Schmelze mit einer vierten
 - 30 Heizleistung, die im Verhältnis zur Gesamtheizleistung nicht weniger als 5 % und nicht mehr als 15 % beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beim Gegendotieren ein Gas, das einen Dotierstoff vom p-Typ enthält, in einem Abstand

von 5 bis 50 mm zur Oberfläche der Schmelze in eine Atmosphäre über der Schmelze eingeleitet wird.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, zusätzlich umfassend das Ziehen von mindestens 20 % eines Abschnitts des Einkristalls, der einen einheitlichen Durchmesser hat, bevor mit dem Gegendotieren begonnen wird.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend das Kontrollieren der Ziehgeschwindigkeit V derart, dass Silizium-Zwischengitteratome im wachsenden Einkristall keine Agglomerate bilden und die Konzentration an freien Leerstellen nicht mehr als $3 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ beträgt.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, zusätzlich umfassend das Abkühlen des wachsenden Einkristalls aus Silizium im Temperaturbereich von 500 °C bis 400 °C mit einer Abkühlrate von nicht weniger als 0,15 °C/min und nicht mehr als 0,6 °C/min.

20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend das Beaufschlagen der Schmelze mit einem Magnetfeld vom CUSP-Typ.

10. Vorrichtung zur Herstellung einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Silizium gemäß der CZ-Methode, umfassend
einen Quarz-Tiegel zur Aufnahme einer Schmelze aus Silizium, in dem die Schmelze eine anfängliche Höhe h_M hat;
25 eine Einrichtung zum Beaufschlagen der Schmelze mit einem Magnetfeld;
einen Hitzeschild zum Abschirmen eines wachsenden Einkristalls aus Silizium;
eine erste Heizeinrichtung zum Erhitzen der Schmelze von der Seite mit einer unteren Begrenzung, deren Abstand h_s zu einer Oberfläche der Schmelze kleiner ist, als die anfängliche Höhe h_M der Schmelze;
30 eine zweite Heizeinrichtung zum Erhitzen der Schmelze von oben im Bereich einer Phasengrenze zwischen dem wachsenden Einkristall und der Schmelze; und
eine dritte Heizeinrichtung zum Erhitzen der Schmelze von oben, die um den Hitzeschild herum zwischen einer Wand des Quarz-Tiegels und dem Hitzeschild angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die dritte Heizeinrichtung einen Ring umfasst, dessen Querschnitt ein Aspekt-Verhältnis von Höhe zu Breite hat, das nicht mehr als 0,35 beträgt.
- 5 12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Beaufschlagen der Schmelze mit einem Magnetfeld ein Magnetfeld vom CUSP-Typ erzeugt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, zusätzlich umfassend eine
10 Abdeckung, die über der dritten Heizeinrichtung angeordnet ist und die dritte Heizeinrichtung nach oben hin thermisch isoliert.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, zusätzlich umfassend eine vierte Heizeinrichtung zum Erhitzen des Quarz-Tiegels von unten.
- 15 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, zusätzlich umfassend eine Kühlvorrichtung, die den wachsenden Einkristall umgibt.
16. Halbleiterscheibe aus einkristallinem Silizium, die Sauerstoff, thermische
20 Donatoren und mindestens einen Dotierstoff vom n-Typ enthält und einen Durchmesser von nicht weniger als 300 mm hat, wobei die Sauerstoff-Konzentration kleiner als $2,2 \times 10^{17}$ Atome/cm³ ist und in radialer Richtung von einem Mittelwert um nicht mehr als 5 % abweicht, und die Dichte der thermischen Donatoren nicht mehr als 3×10^{13} /cm³ beträgt.