

Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben aus einkristallinem Silizium

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben
5 aus einkristallinem Silizium.

Halbleiterscheiben aus einkristallinem Silizium werden in industriellem Maßstab
hergestellt. Eine Vielzahl von solchen Halbleiterscheiben entsteht beim Abtrennen der
Halbleiterscheiben vom zylindrischen Abschnitt eines Einkristalls, der aus einer
10 Schmelze gezogen wurde, die in einem Tiegel enthalten war. Dieses Verfahren zur
Herstellung des Einkristalls ist auch unter der Bezeichnung CZ-Methode bekannt. Die
hergestellten Halbleiterscheiben werden typischerweise zu elektronischen
Bauelementen weiterverarbeitet.

15 Stand der Technik / Problem

Gewisse Anwendungen insbesondere auf dem Gebiet der Leistungselektronik
erfordern Halbleiterscheiben mit vergleichsweise großem Durchmesser, die
interstitiellen Sauerstoff (nachfolgend vereinfachend zu Sauerstoff verkürzt) in
20 vergleichsweise geringer Konzentration innerhalb vergleichsweise enger Grenzen
enthalten. In dieser Beschreibung wird die Konzentration an Sauerstoff als
vergleichsweise gering verstanden, wenn deren Wert nicht mehr als 5×10^{17}
Atome/cm³ beträgt und er gemäß new ASTM bestimmt wird.

25 In DE 10 2010 028 924 A1 ist beschrieben, dass die Konzentration an Sauerstoff im
Einkristall durch das Einwirken eines horizontalen Magnetfelds auf die Schmelze und
durch das Herabsetzen der Drehgeschwindigkeit des Tiegels reduziert werden kann.

Des Weiteren wird in JP 9 175 895 A2 unter anderem empfohlen, die
30 Drehgeschwindigkeit des Tiegels ausgehend von einer Grund-Drehgeschwindigkeit
periodisch zu steigern und die Grund-Drehgeschwindigkeit und die Amplitude der
Steigerung in Abhängigkeit der Länge des gewachsenen Einkristalls zu erhöhen.

Es wurde nun festgestellt, dass bei Berücksichtigung solcher Lehren es zwar gelingt, die Konzentration an Sauerstoff im Einkristall auf einen vergleichsweise niedrigen Wert zu senken, die Konzentration über die Länge des Einkristalls aber vergleichsweise stark variiert.

5

Aufgabe der Erfindung ist deshalb, axiale Schwankungen der Sauerstoff-Konzentration abzumildern.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben aus einkristallinem Silizium, umfassend
10 das Ziehen eines zylindrischen Abschnitts eines Einkristalls aus Silizium aus einer Schmelze, die in einem Tiegel enthalten ist;
das Beaufschlagen der Schmelze mit einem horizontalen Magnetfeld;
das Drehen des Tiegels mit einer Drehgeschwindigkeit und in eine Drehrichtung
15 während des Ziehens des zylindrischen Abschnitts des Einkristalls; und
das Abtrennen der Halbleiterscheiben aus einkristallinem Silizium vom zylindrischen Abschnitt des Einkristalls, dadurch gekennzeichnet, dass
der Betrag der Drehgeschwindigkeit über die Zeit gemittelt weniger als 1 U/min beträgt und die Drehrichtung fortgesetzt gewechselt wird und eine Amplitude der
20 Drehgeschwindigkeit vor und nach dem Wechsel der Drehrichtung nicht weniger als 0,5 U/min und nicht mehr als 3,0 U/min beträgt.

Durch Anwendung der Erfindung lassen sich axiale Schwankungen der Konzentration von Sauerstoff im zylindrischen Abschnitt des Einkristalls, ausgedrückt als Differenz
25 von größter Konzentration und kleinster Konzentration, mehr als halbieren.

Die Erfindung lässt sich unabhängig vom Durchmesser des zylindrischen Abschnitts des Einkristalls nutzen. Die Konzentration an Sauerstoff beträgt im zylindrischen Abschnitt des Einkristalls nicht mehr als 5×10^{17} Atome/cm³. Vorzugsweise werden
30 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Halbleiterscheiben hergestellt, deren Durchmesser mindestens 200 mm, besonders bevorzugt mindestens 300 mm beträgt.

Damit die Aufgabe gelöst wird, muss die Drehgeschwindigkeit des Tiegels im zeitlichen Mittel (mittlere Drehgeschwindigkeit) weniger als 1 U/min, vorzugsweise nicht mehr als 0,7 U/min betragen. Die Richtung der mittleren Drehgeschwindigkeit des Tiegels kann mit der Richtung der Drehgeschwindigkeit des Einkristalls

5 übereinstimmen oder ihr entgegengesetzt sein. Bevorzugt ist, dass die Richtungen übereinstimmen. Darüber hinaus muss die Drehrichtung des Tiegels fortgesetzt gewechselt werden, vorzugsweise periodisch. Die Länge einer Periode beträgt vorzugsweise 10 bis 100 s. Vor und nach dem Wechsel der Drehrichtung beträgt die

10 U/min. Ein Überschreiten der Amplitude über die obere Grenze ist nicht empfehlenswert, es sei denn, es wird im Einkristall eine Konzentration von Sauerstoff von mehr als 5×10^{17} Atome/cm³ angestrebt.

Das horizontale Magnetfeld hat im Bereich der Phasengrenze zwischen dem

15 wachsenden Einkristall und der Schmelze eine Intensität von vorzugsweise nicht weniger als 0,2 T und nicht mehr 0,4 T.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Zeichnungen weiter beschrieben.

20

Kurzbeschreibung der Figuren

Fig. 1 zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf der Drehgeschwindigkeit des Tiegels über eine Periode.

25 **Fig. 2** zeigt die Konzentration von Sauerstoff in zwei Gruppen von Einkristallen aus Silizium in Abhängigkeit der axialen Position im zylindrischen Abschnitt der Einkristalle.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

30

1 Zeitpunkt beim Wechsel der Drehrichtung

Detaillierte Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele

Wie in Fig.1 dargestellt wird er Tiegel während einer Periode in eine Drehrichtung bis zu einer Amplitude A_1 beschleunigt und wieder abgebremst und anschließend zum Zeitpunkt 1 des Wechsels der Drehrichtung in entgegengesetzte Drehrichtung bis zu einer Amplitude A_2 beschleunigt und wieder abgebremst. Die Amplituden A_1 und A_2 unterscheiden sich im Betrag, so dass eine mittlere Drehgeschwindigkeit in eine der Drehrichtungen resultiert.

10 Beispiel:

Es wurden zwei Gruppen von Einkristallen aus Silizium mit einem Durchmesser von 300 mm nach dem CZ-Verfahren gezogen und vom jeweiligen zylindrischen Abschnitt der Einkristalle Halbleiterscheiben abgetrennt. Eine erste Gruppe der Einkristalle wurde erfindungsgemäß gezogen, also insbesondere indem während des Ziehens des zylindrischen Abschnitts des Einkristalls die Drehrichtung des Tiegels mit einer Periodendauer von 40 s und einer Amplitude von nicht mehr als 1,1 U/min gewechselt wurde. Im Unterschied dazu wurde die andere Gruppe von Einkristallen unter sonst identischen Bedingungen ohne Wechsel der Drehrichtung des Tiegels gezogen. Für beide Gruppen betrug die mittlere Drehgeschwindigkeit des Tiegels 0,6 U/min.

20

Die Bestimmung der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit einer relativen axialen Position P im zylindrischen Abschnitt der Einkristalle ergab das in Fig.2 dargestellte Ergebnis. Demnach kann bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erwartet werden, dass die Sauerstoff-Konzentration in einem vergleichsweise engen Korridor bleibt. Im vorliegenden Fall lagen alle Datenpunkte (gefüllte Kreise), die erfindungsgemäß gezogenen Einkristallen zugeordnet waren, innerhalb des durch gestrichelte Linien eingegrenzten Korridors mit einer Sauerstoff-Konzentration von $4,4 \times 10^{17}$ Atomen/cm³ bis ungefähr $4,9 \times 10^{17}$ Atome/cm³.

30

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 umfasst andererseits im Verständnis des Fachmanns auch offensichtliche Abänderungen und Modifikationen der beschriebenen Strukturen und Verfahren.

35

Daher sollen alle derartigen Abänderungen und Modifikationen sowie Äquivalente durch den Schutzbereich der Ansprüche abgedeckt sein.