

**Verfahren zum Herstellen von Halbleiterscheiben mit aus der Gasphase
abgeschiedener epitaktischer Schicht in einer Abscheidekammer**

5 Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiterscheiben mit aus der Gasphase abgeschiedener epitaktischer Schicht in einer Abscheidekammer.

Halbleiterscheiben mit epitaktischer Schicht werden zur Herstellung elektronischer
10 Bauelemente benötigt. Das Abscheiden der epitaktischen Schicht findet üblicherweise in einer Abscheidekammer statt, die als Einzelscheiben-Reaktor ausgebildet ist. Die zu beschichtende Substratscheibe wird auf einem Suszeptor abgelegt, und ein Abscheidegas bei einer Abscheidetemperatur durch die Abscheidekammer über die sich mit dem Suszeptor drehende Substratscheibe geleitet.

15 Ein Qualitätskriterium von Halbleiterscheiben mit epitaktischer Schicht ist die Randgeometrie, insbesondere die Gleichförmigkeit der Dicke der epitaktischen Schicht im Randbereich der Halbleiterscheibe.

20 Stand der Technik / Probleme

In JP 2016 213 218 A ist ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben aus einkristallinem Silizium mit epitaktischer Schicht aus einkristallinem Silizium beschrieben. Es wird empfohlen, dass ein Roboter, der die Substratscheibe auf den Suszeptor eines Abscheide-Reaktors ablegt, zu einer Ablageposition bewegt wird, in
25 der das Zentrum der Substratscheibe wegen einer Korrekturvorgabe nicht über dem Zentrum des Suszeptors liegt. Es wurde herausgefunden, dass andernfalls die Substratscheiben während des Abscheidens der epitaktischen Schicht im statistischen Mittel nicht zentriert auf dem Suszeptor liegen. Liegt die Substratscheibe während des Abscheidens der epitaktischen Schicht nicht konzentrisch in der Tasche des Suszeptors, hat das eine nachteilige Auswirkung auf die Gleichförmigkeit der
30 Dicke der epitaktischen Schicht. Darüber hinaus kann eine solche Lageabweichung eine unerwünschte Bildung von Partikeln zur Folge haben, insbesondere wenn dadurch ein Kontakt des Rands der Substratscheibe mit dem Suszeptor einhergeht.

Die Korrekturvorgabe wird von einem Mittelwert abgeleitet, der die mittlere Abweichung der Lage des Zentrums von Substratscheiben vom Zentrum des Suszeptors während vorangegangener Beschichtungsvorgänge beschreibt. Mit der Korrekturvorgabe ist die Erwartung verknüpft, während eines Beschichtungsvorgangs eine Lage des Zentrums der Substratscheibe zu erreichen, die um den Betrag der mittleren Abweichung näher am Zentrum des Suszeptors ist, als wenn auf die Korrekturvorgabe verzichtet werden würde.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben festgestellt, dass ein Festlegen der Korrekturvorgabe, das sich allein an der Lageabweichung während vorangegangener Beschichtungsvorgänge orientiert, verbesserungswürdig ist.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Verbesserung aufzuzeigen.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiterscheiben mit aus der Gasphase abgeschiedener epitaktischer Schicht in einer Abscheidekammer, umfassend das Ablegen einer Substratscheibe auf einem Suszeptor mit kreisförmigem Umfang durch einen Roboter, wobei der Roboter die Substratscheibe in eine Ablageposition bewegt und auf dem Suszeptor ablegt, wobei in der Ablageposition das Zentrum der Substratscheibe wegen einer Korrekturvorgabe nicht über dem Zentrum des Suszeptors liegt; und das Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Substratscheibe, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Anzahl von Substratscheiben, die einen spezifischen Widerstand aufweisen, der in einen ersten Bereich fällt, vom Roboter mit einer ersten Korrekturvorgabe in die Ablageposition bewegt werden und eine zweite Anzahl von Substratscheiben, die einen spezifischen Widerstand aufweisen, der in einen zweiten Bereich fällt, vom Roboter mit einer zweiten Korrekturvorgabe in die Ablageposition bewegt werden, wobei die erste und zweite Korrekturvorgabe voneinander abweichen.

Die Umsetzung der vorliegenden Erfindung berücksichtigt die Erkenntnis, dass das Ausmaß einer möglichen Fehllage der Substratscheibe während des Abscheidens der epitaktischen Schicht auch von den Eigenschaften des Substrats abhängt, insbesondere vom Anteil an Dotierstoff im Substrat und des damit eingestellten

5 spezifischen elektrischen Widerstands des Substrats (nachfolgend gekürzt als Widerstand bezeichnet). Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die Korrekturvorgabe als Funktion des Widerstands der Substratscheibe zu betrachten und für eine Substratscheibe mit einem Widerstand, der in einen ersten Bereich fällt, eine erste Korrekturvorgabe vorzusehen, die abweicht von einer zweiten

10 Korrekturvorgabe für eine Substratscheibe mit einem spezifischen Widerstand, der in einen zweiten Bereich fällt. Der erste und zweite Bereich sind disjunkt, das heißt, ein bestimmter Widerstand liegt nicht gleichzeitig im ersten und im zweiten Bereich.

Die erste Korrekturvorgabe wird als Mittelwert berechnet, der die mittlere Abweichung

15 der Lage des Zentrums von Substratscheiben vom Zentrum des Suszeptors während vorangegangener Beschichtungsvorgänge beschreibt, wobei nur solche Substratscheiben berücksichtigt werden, deren Widerstand in den ersten Bereich fällt. Dementsprechend wird die zweite Korrekturvorgabe als Mittelwert berechnet, der die mittlere Abweichung der Lage des Zentrums von Substratscheiben vom Zentrum des

20 Suszeptors während vorangegangener Beschichtungsvorgänge beschreibt, wobei nur solche Substratscheiben berücksichtigt werden, deren Widerstand in den zweiten Bereich fällt. Für Substratscheiben mit einem Widerstand in einem anderen Bereich, der zu den ersten und zweiten Bereichen disjunkt ist, wird entsprechend eine andere Korrekturvorgabe berechnet, die von der ersten und der zweiten Korrekturvorgabe

25 verschieden ist.

Zur Berechnung des Mittelwerts (arithmetisches Mittel) werden Lageabweichungen von vorzugsweise mindestens 10, besonders bevorzugt mindestens 20

Substratscheiben einbezogen, die vorzugsweise unmittelbar vor der zu

30 beschichtenden Substratscheibe beschichtet wurden und einen Widerstand im Bereich des Widerstands der zu beschichtenden Substratscheibe aufweisen.

Substratscheiben, auf denen eine epitaktische Schicht erfindungsgemäß abgeschieden wird, sind Halbleiterscheiben, die einen Dotierstoff enthalten, vorzugsweise Substratscheiben aus einkristallinem Silizium.

- 5 Die Erfindung wird nachfolgend mit Verweis auf Zeichnungen näher beschrieben.

Kurzbeschreibung der Figuren

- 10 **Fig. 1** zeigt in Schnittdarstellung eine Vorrichtung zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht aus der Gasphase auf eine Substratscheibe mit dafür typischen Merkmalen.

- Fig. 2** zeigt die Positionen eines ersten und zweiten Mittelwerts von Lageabweichungen von Substratscheiben zweier unterschiedlicher Widerstandsbereiche relativ zum Zentrum des Suszeptors.

15

Fig. 3 zeigt die Verteilung der Zentren von Substratscheiben mit einem Widerstand eines ersten Bereichs nach dem Ablegen auf dem Suszeptor relativ zum Zentrum des Suszeptors in einem Polarkoordinaten-Gitter.

- 20 **Fig. 4** zeigt die Verteilung der Zentren von Substratscheiben mit einem Widerstand eines zweiten Bereichs nach dem Ablegen auf dem Suszeptor relativ zum Zentrum des Suszeptors in einem Polarkoordinaten-Gitter.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

25

- | | |
|------|--------------------|
| 1 | oberer Deckel |
| 2 | unterer Deckel |
| 3 | Abscheidekammer |
| 4 | Substratscheibe |
| 30 5 | Suszeptor |
| 6 | Vorheizring |
| 7 | obere Auskleidung |
| 8 | untere Auskleidung |

- 9 obere Gaseintrittsöffnungen
10 Zentrum des Suszeptors
11 oberer Gasauslass
12 untere Gaseintrittsöffnungen
5 13 unterer Gasauslass
14 erste mittlere Position des Zentrums abgelegter Substratscheiben
15 zweite mittlere Position des Zentrums abgelegter Substratscheiben
16 Vektor
17 Vektor

10

Detaillierte Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele

Die in Fig.1 dargestellte Vorrichtung zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Substratscheibe umfasst eine Abscheidekammer 3 mit einem oberen Deckel 1 und einem unteren Deckel 2 und obere und untere Auskleidungen 7 und 8, die einen Reaktionsraum umschließen. Außerhalb der Abscheidekammer 3 vorhandene obere und untere Lampenbänke sind nicht dargestellt. Mittels der Strahlungsenergie der Lampen wird die Abscheidekammer auf die Temperatur gebracht, die für die Gasphasenabscheidung notwendig ist.

20 Für einen Beschichtungsvorgang wird eine Substratscheibe 4 auf einem Suszeptor 5 abgelegt, der von unten durch Arme eines Trägers drehbar gehalten wird. Zuvor wird die Substratscheibe auf einen Endeffektor eines Roboters gelegt und vom Roboter zu einer Ablageposition bewegt. Um den Suszeptor herum ist ein Vorheizring 6 angeordnet. Die Substratscheibe 4 kann mittels Hebestiften, die durch den Suszeptor 25 5 durchgeführt sind, auf dem Suszeptor 5 abgelegt und nach dem Beschichten vom Suszeptor 5 weggehoben werden.

Beim Beschichten der Substratscheibe 4 wird Abscheidegas durch obere Gaseintrittsöffnungen 9, die in der oberen Auskleidung 7 vorgesehen sind, in die Abscheidekammer 3 entlang einer Strömungsrichtung über die Substratscheibe zu 30 einem oberen Gasauslass 11 gleitet. Darüber hinaus können optional untere Gaseintrittsöffnungen 12 und ein unterer Gasauslass 13 vorgesehen sein, um ein Spülgas unter dem Suszeptor 5 hindurch zum unteren Gasauslass 13 zu leiten.

Wird die Ablageposition für den Roboter derart eingestellt, dass das Zentrum der Substratscheibe senkrecht über dem Zentrum des Suszeptors liegt, besteht eine vergleichsweise hohe Wahrscheinlichkeit, dass nach der Ablage der Substratscheibe deren Zentrum nicht im Zentrum des Suszeptors liegt. Der Grund dafür sind
5 insbesondere thermische Spannungen, die sich lösen, wodurch das Zentrum der Substratscheibe aus der vorgesehenen Lage verschoben wird.

Es wurde nun herausgefunden, dass der Betrag der Verschiebung vom Zentrum des Suszeptors umso größer ist, je mehr Dotierstoff die Substratscheiben enthalten, also
10 mit abnehmendem Widerstand der Substratscheiben ansteigt. Erfindungsgemäß wird diese Erkenntnis bei der Berechnung der Korrekturvorgabe berücksichtigt, die die Ablageposition mitbestimmt, in die der Roboter eine Substratscheibe vor deren Ablage auf den Suszeptor bewegt. Die Korrekturvorgabe wird durch Mittelung von Lageabweichungen zuvor beschichteter Substratscheiben berechnet, wobei zur
15 Mittelung nur Daten von Substratscheiben herangezogen werden, deren Widerstand annähernd gleich ist, also im selben vorbestimmten Bereich liegt. Der Begriff Lageabweichung beschreibt die Abweichung der Position des Zentrums einer abgelegten Substratscheibe relativ zum Zentrum des Suszeptors. Der Roboter verwendet für eine zu beschichtende Substratscheibe diejenige Korrekturvorgabe, die
20 für den Widerstand dieser Substratscheibe berechnet wurde. Ein erster Bereich mit vergleichsweise hohem Widerstand kann beispielsweise 11 bis 12 Ohmcm umfassen, ein zweiter Bereich mit vergleichsweise niedrigem spezifischem Widerstand beispielsweise 9 bis 10 Ohmcm.

25 Ohne die vorgeschlagene widerstandsabhängige Mittelung würde mittels Mittelung der Lageabweichungen eine Korrekturvorgabe resultieren, die weniger genau wäre, weil der Einfluss der Widerstände herausgemittelt würde. Die Korrekturvorgabe sollte jedoch möglichst genau sein, weil sich eine zentrierte Lage der Substratscheibe auf dem Suszeptor vorteilhaft auf die Randgeometrie der resultierenden Halbleiterscheibe
30 mit epitaktischer Schicht auswirkt und auch das Risiko abnimmt, dass während des Abscheidens der epitaktischen Schicht Partikel erzeugt werden.

Fig.2 zeigt eine Substratscheibe 4, die auf einem Suszeptor 5 abgelegt ist, so dass das Zentrum 10 des Suszeptors 5 und das Zentrum der Substratscheibe 4
35 zusammenfallen. In dieser Zielposition liegt die Substratscheibe 4 konzentrisch zum

Suszeptor 5 und zum Vorheizring 6. Ohne eine Korrekturvorgabe würde das Zentrum der Substratscheibe abhängig von deren spezifischen Widerstand auf oder in der Nähe derjenigen mittleren Position liegen, die für ihren Widerstandsbereich berechnet wurde, beispielsweise auf oder in der Nähe der ersten mittleren Position 14 im Fall
5 eines spezifischen Widerstands, der vergleichsweise hoch ist, oder auf oder in der Nähe der zweiten mittleren Position 15 im Fall eines spezifischen Widerstands, der vergleichsweise niedrig ist. In der Zeichnung sind die Positionen 14 und 15 unrealistisch weit vom Zentrum 10 des Suszeptors entfernt platziert, um die Erfindung darstellen zu können. Tatsächlich haben übliche Lageabweichungen einen Abstand
10 von nicht mehr als 1000 μm vom Zentrum 10 des Suszeptors.

Die erste mittlere Position 14 hat einen Abstand zum Zentrum 10 des Suszeptors 5, der der Länge des Vektors 16 entspricht. Die zweite mittlere Position 15 hat einen Abstand zum Zentrum 10 des Suszeptors 5, der der Länge des Vektors 17 entspricht.
15 Wird der Vektor 16 beziehungsweise der Vektor 17 verschoben, so dass sein Anfang mit dem Zentrum 10 des Suszeptors zusammenfällt, zeigt die Spitze des Vektors zur Ablageposition, in die der Roboter die Substratscheibe mit ihrem Zentrum bewegen muss, damit eine zu erwartende Lageabweichung kompensiert wird. Die Vektoren 16 und 17 repräsentieren also mögliche Korrekturvorgaben für den Roboter.

20

Fig.3 und Fig.4 zeigen für einen Widerstandsbereich von 11 - 12 Ohmcm beziehungsweise für einen Widerstandsbereich von 9 - 10 Ohmcm gemessene Lageabweichungen von mit Bor dotierten Substratscheiben aus einkristallinem Silizium mit einem Durchmesser von 300 mm in einem Polarkoordinaten-Gitter. Der
25 Vergleich der dargestellten Verteilungen der Lageabweichungen macht deutlich, dass der Betrag der Lageabweichung vom Dotierstoff-Anteil abhängt.

30

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Halbleiterscheiben mit aus der Gasphase
abgeschiedener epitaktischer Schicht in einer Abscheidekammer, umfassend
5 das Ablegen einer Substratscheibe auf einem Suszeptor mit kreisförmigem Umfang
durch einen Roboter, wobei der Roboter die Substratscheibe in eine Ablageposition
bewegt und auf dem Suszeptor ablegt, wobei in der Ablageposition das Zentrum der
Substratscheibe wegen einer Korrekturvorgabe nicht über dem Zentrum des
Suszeptors liegt; und
10 das Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Substratscheibe, dadurch
gekennzeichnet, dass
eine erste Anzahl von Substratscheiben, die einen spezifischen Widerstand
aufweisen, der in einen ersten Bereich fällt, vom Roboter mit einer ersten
Korrekturvorgabe in die Ablageposition bewegt werden und eine zweite Anzahl von
15 Substratscheiben, die einen spezifischen Widerstand aufweisen, der in einen zweiten
Bereich fällt, vom Roboter mit einer zweiten Korrekturvorgabe in die Ablageposition
bewegt werden, wobei die erste und zweite Korrekturvorgabe voneinander
abweichen.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag der ersten
Korrekturvorgabe größer oder kleiner ist als der Betrag der zweiten Korrekturvorgabe,
abhängig davon ob der erste Bereich einen spezifischen Widerstand abdeckt, der
kleiner oder größer ist, als der spezifische Widerstand, den der zweite Bereich
abdeckt.