

Verfahren zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Vorderseite einer Halbleiterscheibe und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Material, im
5 Zuge dessen eine bereitgestellte Halbleiterscheibe auf einem Suszeptor angeordnet und mittels Wärmestrahlung auf eine Abscheidetemperatur erhitzt wird, und ein Abscheidegas über eine Vorderseite der Halbleiterscheibe geleitet wird. Gegenstand der Erfindung ist des Weiteren eine Vorrichtung zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Vorderseite einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Material.

10 Stand der Technik / Probleme

Das Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite einer Halbleiterscheibe geschieht üblicherweise mittels CVD (chemical vapor deposition) in einem CVD-Reaktor, häufig in einem Einzelscheiben-Reaktor. Beispielsweise sei die US 2014/0
15 251 208 A1 erwähnt, in der ein solcher CVD-Reaktor beschrieben ist. Ein Einzelscheiben-Reaktor stellt zwischen einem oberen und einem unteren Deckel (dome) einen Reaktionsraum bereit, in dem ein Suszeptor von Suszeptor-Tragarmen einer Suszeptor-Tragwelle auf Suszeptor-Stützstiften gehalten wird. Der Suszeptor und eine darauf abgelegte Halbleiterscheibe wird durch Lampenreihen (arrays), die über und unter den Deckeln angeordnet sind, mittels Wärmestrahlung erhitzt, während ein
20 Abscheidegas über die, zum oberen Deckel weisende Vorderseite der Halbleiterscheibe geleitet wird.

In US 2008/0118712 A1 ist ein Suszeptor beschrieben, umfassend einen Suszeptorring und einen Suszeptorboden. Der Suszeptorring hat einen Sims (ledge) zum Ablegen einer Halbleiterscheibe im Randbereich der Rückseite der Halbleiterscheibe. Zum
25 Abscheiden einer Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe wird der Suszeptorring auf dem Suszeptorboden abgelegt.

In US 2007/0227441 A1 wird auf periodische Schwankungen der Dicke im Randbereich von epitaktisch beschichteten Halbleiterscheiben aus Silizium hingewiesen. Grund sind unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten, mit denen die epitaktische Schicht wächst. Die unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeiten stehen in
30 einem Zusammenhang mit der Kristallorientierung der Vorderseite der Halbleiter-

scheibe. Die Vorderseite der Halbleiterscheibe ist diejenige Seitenfläche der Halbleiterscheibe, auf der die epitaktische Schicht abgeschieden wird. Um die Dicke der epitaktischen Schicht im Randbereich zu vergleichmäßigen, wird in US 2007/0227441 A1 vorgeschlagen, die Struktur des Suszeptors mit der Periode der Dickenschwankungen zu verändern.

Mit derselben Zielsetzung wird in US 2015/0184314 A1 vorgeschlagen, die Breite des Randbereichs der Halbleiterscheibe zu beschränken.

Diese Lehre lässt unberücksichtigt, dass Halbleiterscheiben, bei denen die erwähnten Dickenschwankungen als problematisch betrachtet werden, mit einer Orientierungskerbe (notch) im Randbereich versehen sind. Bei Halbleiterscheiben aus Silizium mit <100>-Orientierung der Vorderseite befindet sich die Orientierungskerbe meistens an einer der vier Stellen, an denen eine epitaktische Schicht vergleichsweise schnell wächst und markiert eine von vier <110>-Kristallrichtungen. Gelegentlich befindet sich die Orientierungsskerbe auch 45° entfernt von einer solchen Stelle und markiert eine von vier <100>-Kristallrichtungen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Ebenheit von Halbleiterscheiben mit abgeschiedener epitaktischer Schicht im Randbereich insbesondere im Bereich des Notch zu verbessern und gleichzeitig periodische Schwankungen der Dicke im Randbereich zu reduzieren, ohne dafür den Suszeptor oder die Form des Randbereichs der Halbleiterscheibe verändern zu müssen.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch die in den Ansprüchen beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen.

Die bezüglich der vorstehend aufgeführten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens angegebenen Merkmale können entsprechend auf die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragen werden. Umgekehrt können die 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 Ausführungsformen der Erfindung verwirklicht werden. Weiterhin können sie vorteilhafte Ausführungen beschreiben, die selbstständig schutzfähig sind.

5 Kurzbeschreibung der Figuren

Figur 1 zeigt eine Halbleiterscheibe (101) mit einer Orientierungskerbe (102). Die Halbleiterscheibe (101) weist eine $\langle 100 \rangle$ -Orientierung auf. Die obere Seitenfläche der Halbleiterscheibe (101) ist beispielsweise die (100)-Ebene. Die Orientierungskerbe 102 markiert eine von vier $\langle 110 \rangle$ -Kristallrichtungen, die um den Umfang der Halbleiterscheibe im Abstand von 90° verteilt auf entsprechende Ebenen im Bereich der Kante der Halbleiterscheibe hinweisen, auf denen eine epitaktische Schicht mit vergleichsweise höherer Geschwindigkeit aufwächst, als auf Ebenen im Bereich der Kante, auf welche vier $\langle 100 \rangle$ -Kristallrichtungen hinweisen.

Figur 2 zeigt entsprechend Figur 1 eine Halbleiterscheibe in Draufsicht eine Halbleiterscheibe (201) mit $\langle 110 \rangle$ -Orientierung mit einer Orientierungskerbe (202).

Detaillierte Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung (Fig.3) umfasst neben einem Suszeptor (301) eine Einrichtung zum Halten und Drehen des Suszeptors (301) mit einer Suszeptor-Tragwelle (302) und Suszeptor-Tragarmen (303). Des Weiteren kann die Einrichtung zum Halten und Drehen des Suszeptors (301) eine Scheiben-Hebewelle (304) umfassen sowie Scheiben-Hebestifte (305). Wesentliches Merkmal der Vorrichtung ist ein Ring (306), der von den Suszeptor-Tragarmen (303) gehalten wird und unter dem Suszeptor (301) angeordnet ist, ohne direkten Kontakt mit dem Suszeptor (301) zu haben. Der Ring (306) wird von den Suszeptor-Tragarmen (303) derart gehalten, dass er entlang seiner Umfangsrichtung nicht verschoben werden kann. Vorzugsweise befinden sich auf den Suszeptor-Tragarmen (303) Suszeptor-Stützstifte (307), die durch Bohrungen (402, 502, 602) des Rings (306) gesteckt sind. Der Abstand zwischen einer oberen Fläche des Rings (306) und einer unteren Fläche des Suszeptors (301) beträgt vorzugsweise nicht weniger als 5 mm und nicht mehr als 10 mm.

Fig.4 zeigt in Draufsicht einen Ring (401), der in der gezeigten Ausführungsform Bohrungen (402) und vier, nach innen weisende Vorsprünge (403) aufweist, die im Abstand von 90° über den Umfang verteilt angeordnet sind. Diese Ausführungsform eignet sich zur Verwendung in einer Vorrichtung gemäß Fig.3, um darin eine epitaktische Schicht auf der Vorderseite einer Halbleiterscheibe erfindungsgemäß abzuscheiden, die eine $\langle 100 \rangle$ -Orientierung hat. Der Ring (401) besteht vorzugsweise aus Quarzglas und die Vorsprünge (403) aus einem Material mit niedrigem Transmissionsgrad im IR-Bereich des Spektrums. Der Transmissionsgrad der Vorsprünge (403) beträgt in diesem Bereich, bezogen auf eine Materialdicke von 10 mm, vorzugsweise nicht mehr als 20 %, besonders bevorzugt nicht mehr als 5 %. Die Vorsprünge (403) bestehen vorzugsweise aus opakem Quarzglas.

Fig.5 zeigt in Draufsicht einen Ring (501), der in der gezeigten Ausführungsform Bohrungen (502) und zwei, nach innen weisende Vorsprünge (503) aufweist, die im Abstand von 180° über den Umfang verteilt angeordnet sind. Diese Ausführungsform eignet sich zur Verwendung in einer Vorrichtung gemäß Fig.3, um darin eine epitaktische Schicht auf der Vorderseite einer Halbleiterscheibe erfindungsgemäß abzuscheiden, die eine $\langle 110 \rangle$ -Orientierung hat.

Vorzugsweise befindet sich ein innerer Rand (404, 504) des Vorsprungs (403, 503) des Rings (401, 501) an einer radialen Position, deren Abstand zu einem Zentrum Z des Rings (401, 501) nicht weniger als 140 mm, vorzugsweise nicht weniger als 145 mm, besonders bevorzugt 148 mm bis 150 mm beträgt.

Fig.6 zeigt in Draufsicht einen Ring (601), der in der gezeigten Ausführungsform Bohrungen 602 und vier, nach innen weisende Vorsprünge (603) aufweist, die im Abstand von 90° über den Umfang verteilt angeordnet sind. Diese Ausführungsform eignet sich zur Verwendung in einer Vorrichtung gemäß Fig.3, um darin eine epitaktische Schicht auf der Vorderseite einer Halbleiterscheibe erfindungsgemäß abzuscheiden, die eine $\langle 100 \rangle$ -Orientierung hat. Die Vorsprünge (603) sind in der dargestellten Ausführungsform T-förmig und umfassen jeweils einen Steg (604) und ein Ringsegment (605). Das Ringsegment (605) hat eine radiale Länge und eine Breite in Umfangsrichtung. Die radiale Länge beträgt vorzugsweise nicht weniger als 3 mm und nicht mehr als 8 mm. Die Breite beträgt, ausgedrückt als Öffnungswinkel α , vorzugsweise nicht weniger als 15° und nicht mehr als 25°, besonders bevorzugt 20°. Der Ring (601) und/oder

die Stege (604) bestehen vorzugsweise aus Quarzglas und die Ringsegmente aus einem Material mit niedrigem Transmissionsgrad im IR-Bereich des Spektrums. Der Transmissionsgrad der Ringsegmente (605) beträgt in diesem Bereich, bezogen auf eine Materialdicke von 10 mm, vorzugsweise nicht mehr als 20 %, besonders bevorzugt nicht mehr als 5 %. Die Ringsegmente (605) bestehen vorzugsweise aus opakem Quarzglas.

Die Figuren 7 und 8 zeigen einen Suszeptorring (701, 801) mit einer Ablagefläche (703, 805) und der daran angrenzenden stufenförmigen Begrenzung (702, 806). Eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Suszeptorringes (701, 801) sieht vor, dass die Ablagefläche einen nach innen weisenden Vorsprung aufweist. Damit ist gemeint, dass die radiale Breite W_1 der Ablagefläche (703, 805) des Suszeptorringes (701, 801) an einer azimuthalen Position größer ist, als die radiale Breite W_2 an der gegenüberliegenden Position.

Eine Halbleiterscheibe (704, 804) kann dabei bevorzugt so in dem Suszeptorring (701, 801) positioniert werden, dass die Position mit der größten Breite der Ablagefläche W_1 (802) mit der Position der Orientierungskerbe (803) übereinstimmt.

Die an die Ablage angrenzende stufenförmige Begrenzung (Fig. 9, 901) kann dabei bevorzugt so ausgeführt werden, dass sie eine nach innen weisende Ausbuchtung (Fig. 9, 902) aufweist.

Bevorzugt ist die azimuthale Position einer nach innen weisenden Ausbuchtung der an die Ablage angrenzende stufenförmige Begrenzung (902) mit der azimuthalen Position des nach innen weisenden Vorsprungs der Ablagefläche (403, 503) identisch.

Zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Vorderseite einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Material, wird bevorzugt die Halbleiterscheibe in der beschriebenen Vorrichtung angeordnet, dass die Orientierungskerbe der Halbleiterscheibe dieselbe azimuthale Position hat wie ein Vorsprung des Rings. Danach wird die Halbleiterscheibe auf eine Abscheidetemperatur mittels Wärmestrahlung gebracht, die zu einer Vorderseite und zu einer Rückseite der Halbleiterscheibe gerichtet ist und Abscheidegase über die Vorderseite der Halbleiterscheibe geleitet.

Abscheidegase enthalten dabei bevorzugt Silane, Chlorsilane oder Mischungen daraus verdünnt in einem Trägergas (bevorzugt Wasserstoff).

Als Abscheidetemperatur wird dabei die Temperatur verstanden, bei der unter den gegebenen Randbedingungen sich eine Schicht auf der Halbleiterscheibe abscheidet.

- 5 Mit den Mitteln der beschriebenen Vorrichtung wird dafür gesorgt, dass das selektive Reduzieren der Intensität eines Anteils der Wärmestrahlung, die zur Rückseite der Halbleiterscheibe gerichtet ist, wodurch Teilbereiche am Rand der Halbleiterscheibe, in denen eine Wachstumsgeschwindigkeit der epitaktischen Schicht bei einheitlicher Temperatur der Halbleiterscheibe wegen der Orientierung des einkristallinen Materials
10 größer ist, als in benachbarten zweiten Teilbereichen, schwächer erhitzt werden.

- 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
15 und Modifikationen der beschriebenen Strukturen und Verfahren. Daher sollen alle derartigen Abänderungen und Modifikationen sowie Äquivalente durch den Schutzbereich der Ansprüche abgedeckt sein.

- In Figur 10 wird der Effekt verdeutlicht, der durch das Anwenden des erfinderischen Verfahrens bei der Epitaxie erreicht wird. An der Abszisse D_x sind hierbei die azimuthalen Koordinaten in Grad $[\circ]$ aufgetragen. Die Ordinate D_y zeigt die Schichtdicke in dimensionslosen Koordinaten, die entlang eines Perimeters der Halbleiterscheibe gemessen werden. Die gestrichelte Linie A steht dabei für die Höhenkurve, die mit Methoden des Standes der Technik erreicht werden kann. Die durchgezogene Linie B wird durch Anwendung des erfinderischen Verfahrens erreicht. Die Orientierungskerbe befand sich an der Position 0° , bzw. 360° .
20
25

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Vorderseite einer Halbleiterscheibe mit Orientierungskerbe, umfassend
eine Einrichtung zum Halten und Drehen eines Suszeptors mit einer Suszeptor-
5 Tragwelle und Suszeptor-Tragarmen; und
einen Ring, der von den Suszeptor-Tragarmen gehalten wird und nach innen weisende Vorsprünge aufweist, und
den Suszeptor, umfassend einen Suszeptorring mit einer Ablagefläche zum Ablegen der Halbleiterscheibe im Randbereich einer Rückseite der Halbleiterscheibe
10 und eine an die Ablagefläche angrenzende stufenförmigen äußere Begrenzung des Suszeptorringes
wobei die Ablagefläche einen nach innen weisenden Vorsprung aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
die an der Ablagefläche angrenzende stufenförmige äußere Begrenzung eine
15 nach innen weisende Ausbuchtung aufweist.
3. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
sich ein Vorsprung des Rings an gleicher azimuthaler Position wie ein Vorsprung der Ablagefläche befindet.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
20 sich ein Vorsprung des Rings an gleicher azimuthaler Position wie eine nach innen weisende Ausbuchtung an der stufenförmigen Begrenzung befindet.
5. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
der Ring aus Quarzglas besteht.
6. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
25 ein Vorsprung des Rings aus einem Material gefertigt ist, das Intensität von durch ihn durchtretender Wärmestrahlung selektiv reduzieren,
wodurch erste Teilbereiche am Rand einer auf dem Suszeptor abgelegten Halbleiterscheibe, in denen eine Wachstumsgeschwindigkeit der epitaktischen Schicht bei einheitlicher Temperatur der Halbleiterscheibe wegen der Orientierung des

einkristallinen Materials größer ist, als in benachbarten zweiten Teilbereichen, schwächer erhitzt werden.

7. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring zwei oder vier Vorsprünge aufweist.

- 5 8. Verfahren zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Vorderseite einer Halbleiterscheibe aus einkristallinem Material, umfassend
das Bereitstellen der Halbleiterscheibe mit Orientierungskerbe;
das Anordnen der Halbleiterscheibe auf einer Vorrichtung gemäß Ansprüche 1 bis
10 7, so dass die Orientierungskerbe der Halbleiterscheibe dieselbe azimutale Position hat wie ein Vorsprung des Rings ;
das Erhitzen der Halbleiterscheibe auf eine Abscheidetemperatur mittels Wärmestrahlung, die zu einer Vorderseite und zu einer Rückseite der Halbleiterscheibe gerichtet ist;
das Leiten eines Abscheidegases über die Vorderseite der Halbleiterscheibe; und
15 das selektive Reduzieren der Intensität eines Anteils der Wärmestrahlung, die zur Rückseite der Halbleiterscheibe gerichtet ist, wodurch erste Teilbereiche am Rand der Halbleiterscheibe, in denen eine Wachstumsgeschwindigkeit der epitaktischen Schicht bei einheitlicher Temperatur der Halbleiterscheibe wegen der Orientierung des einkristallinen Materials größer ist, als in benachbarten zweiten Teilbereichen,
20 schwächer erhitzt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
die Intensität des Anteils der Wärmestrahlung selektiv reduziert wird, indem Material mit niedrigem Transmissionsgrad im IR-Bereich des Spektrums im Strahlengang der Wärmestrahlung angeordnet wird.