

Vorrichtung zur Handhabung einer Halbleiterscheibe in einem Epitaxie-Reaktor und Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Handhabung einer

- 5 Halbleiterscheibe in einem Epitaxie-Reaktor. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht, bei dem die Vorrichtung eingesetzt wird.

Stand der Technik / Probleme

- 10 Das Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer Halbleiterscheibe geschieht üblicherweise mittels CVD (chemical vapor deposition) in einem Epitaxie-Reaktor, häufig in einem Einzelscheiben-Reaktor.

- US 2014/0 251 208 A1 und US 2010/0 086 784 A1 enthalten Beschreibungen von
- 15 Einzelheiten solcher Epitaxie-Reaktoren. Ein elementarer Teil der Handhabung einer Halbleiterscheibe umfasst vor dem Abscheiden der epitaktischen Schicht das Ablegen der Halbleiterscheibe auf einem Suszeptor und nach dem Abscheiden der epitaktischen Schicht das Anheben der Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht vom Suszeptor. Die dafür eingesetzte Vorrichtung umfasst neben dem Suszeptor eine
- 20 Scheiben-Hebewelle und Scheiben-Hebestifte, eine Suszeptor-Tragwelle, Suszeptor-Tragarme und Suszeptor-Stützstifte.

- Die Scheiben-Hebewelle hat am oberen Ende Ausleger, die sich seitwärts nach oben erstrecken und unter den Scheiben-Hebestiften enden. Beim Absenken und Anheben
- 25 der Scheiben-Hebewelle werden die Scheiben-Hebestifte und eine gegebenenfalls auf den Stiften abgelegte Halbleiterscheibe beziehungsweise Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht mit abgesenkt und mit angehoben. Die Scheiben-Hebestifte werden dabei durch Löcher geschoben, die sich in den Suszeptor-Tragarmen der Suszeptor-Tragwelle befinden, sowie durch Durchgangsbohrungen im Suszeptor.
- 30 Nachteilig an der beschriebenen Vorrichtung ist, dass ihre Verwendung anfällig ist Partikel zu erzeugen, und die Partikel die Rückseite der Halbleiterscheibe, die dem Suszeptor zugewandt ist, kontaminieren. Die Partikel entstehen als Abrieb in Folge von Reibung zwischen den Scheiben-Hebestiften und den Innenflächen der Löcher in

den Suszeptor-Tragarmen und der Durchgangsbohrungen im Suszeptor. Die Reibung ist besonders auch dem Umstand geschuldet, dass die Vorrichtung in einem breiten Temperaturbereich funktionstüchtig bleiben muss und Wärmeausdehnung bei hoher Temperatur zu berücksichtigen ist. Die Scheiben-Hebestifte sind auch dafür anfällig,
5 aus der vertikalen Lage zu verkippen. In einer solchen Situation entstehen zusätzlich Partikel.

Aus dieser Problematik ergab sich die Aufgabenstellung der Erfindung.

- 10 Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Handhabung einer Halbleiterscheibe in einem Epitaxie-Reaktor, umfassend
einen Suszeptor;
durch den Suszeptor führende Langlöcher;
eine Scheiben-Hebewelle;
15 Scheiben-Hebestifte, die durch die Langlöcher geführt sind;
eine Suszeptor-Tragwelle;
Suszeptor-Tragarme;
Suszeptor-Stützzstifte;
Führungshülsen, die in den Suszeptor-Tragarmen verankert sind; und
20 Führungselemente, die aus den Führungshülsen ragen und an oberen Enden
Bohrungen aufweisen, in denen die Scheiben-Hebestifte stecken, und die mittels der
Scheiben-Hebewelle zusammen mit den Scheiben-Hebestiften heb- und absenkbar
sind.
- 25 Die Aufgabe wird des Weiteren gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht, umfassend
das Bereitstellen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Epitaxie-Reaktor;
das Ablegen einer Halbleiterscheibe auf den Scheiben-Hebestiften;
das Ablegen der Halbleiterscheibe auf dem Suszeptor durch Absenken der Scheiben-
30 Hebestifte;
das Abscheiden der epitaktischen Schicht auf der Halbleiterscheibe;
das Anheben der entstandenen Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht vom
Suszeptor durch Anheben der Scheiben-Hebestifte; und

das Entfernen der Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht aus dem Epitaxie-Reaktor.

Die Verwendung der vorgeschlagenen Vorrichtung unterdrückt das Entstehen von
5 Partikeln im Zuge des Absenkens der Halbleiterscheibe vom Suszeptor und des
Anhebens der Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht vom Suszeptor und
vermeidet insbesondere, dass die Rückseite der Halbleiterscheibe oder die Rückseite
der Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht durch Partikel kontaminiert wird.
Darüber hinaus werden Eigenschaften wie Rundlauf, radialer Schlag und
10 Höhengschlag der Vorrichtung wegen deren Ausgestaltung minimiert.

Die Vorrichtung ist insbesondere so gestaltet, dass die Scheiben-Hebestifte linear
geführt durch Langlöcher im Suszeptor bewegt werden. Partikelbildung durch
Reibung wird unabhängig von der vorherrschenden Betriebstemperatur unterdrückt.

15 Mindestens drei Suszeptor-Tragarme werden vorzugsweise von einem einteiligen
Element gebildet, das am oberen Ende der Suszeptor-Tragwelle befestigt ist.
Besonders bevorzugt ist ein sternförmiges Element aus Quarz, das an die Suszeptor-
Tragwelle geschraubt ist. Das sternförmige Element kann aber auch mehrteilig sein
20 und Streben aus Quarz umfassen, die an die Suszeptor-Tragwelle montiert,
beispielsweise geschraubt sind.

In den Suszeptor-Tragarmen sind Führungshülsen verankert, vorzugsweise
geschraubt, so dass sie bei Bedarf einfach ausgetauscht werden können. Die
25 Führungshülsen haben vorzugsweise geschliffene Innenflächen und bestehen
vorzugsweise aus Quarz. Die mittlere Rauheit R_a der Innenflächen beträgt
vorzugsweise nicht mehr als $0,4\ \mu\text{m}$. Die Führungshülsen und Führungselemente in
den Führungshülsen, die aus den Führungshülsen an beiden Enden herausragen,
bilden jeweils Lineargleitlager, die die linear geführte Bewegung der Scheiben-
30 Hebestifte gewährleisten. Die stabförmigen Führungselemente bestehen aus
demselben Material wie die Führungshülsen und haben Außenflächen, deren mittlere
Rauheit R_a vorzugsweise ebenfalls nicht mehr als $0,4\ \mu\text{m}$ beträgt. Zwischen den
Führungshülsen und den Führungselementen findet daher kaum Reibung statt, so
dass auch kaum Partikel entstehen, und wenn überhaupt, nur an einem Ort mit
35 ausreichend Abstand zum Suszeptor und einer darauf liegenden Halbleiterscheibe, so

dass eine Kontamination der Rückseite der Halbleiterscheibe durch Partikel ausgeschlossen ist. Insbesondere verhindert die Anordnung von Führungshülsen und Führungselementen und Langlöchern, dass beim Anheben und Absenken der Scheiben-Hebestifte Partikel in unmittelbarer Nähe der Halbleiterscheibe erzeugt werden. Darüber hinaus ist auch ein unabsichtliches Verkippen der Scheiben-Hebestifte aus der vertikalen Lage nicht möglich.

Die Scheiben-Hebestifte, die vorzugsweise obere Enden mit T-förmigem Querschnitt haben, stecken in Bohrungen der Führungselemente, die die Führungselemente an oberen Enden aufweisen. Die Scheiben-Hebestifte und die Bohrungen der Führungselemente sind vorzugsweise so dimensioniert, dass die Scheiben-Hebestifte zentriert werden, wenn sie bei Raumtemperatur in die Bohrungen der Führungselemente gesteckt werden. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Scheiben-Hebestifte aus einem anderen Material mit anderer Wärmeausdehnung gefertigt, als die Führungselemente, vorzugsweise aus Siliziumcarbid. In diesem Fall sind die Fertigungstoleranzen der Scheiben-Hebestifte und der Führungselemente darüber hinaus so bemessen, dass bei Temperaturen, die beim Abscheiden der epitaktischen Schicht eingestellt werden, die Scheiben-Hebestifte mit den Führungselementen klemmend verbunden sind. Vorzugsweise entsteht die klemmende Verbindung bei Temperaturen von mehr als 900 °C. Wegen der klemmenden Verbindung haben die Scheiben-Hebestifte kein radiales Spiel, was zur Unterdrückung der Bildung von Partikeln beiträgt.

Diese Ausgestaltung gewährleistet auch, dass die Scheiben-Hebestifte und die Langlöcher im Suszeptor mindestens in einem Temperaturbereich, der sich von Raumtemperatur bis zur Abscheidetemperatur erstreckt, stets fluchtend ausgerichtet bleiben. Darüber hinaus ist so sichergestellt, dass die T-förmigen Enden der Scheiben-Hebestifte synchron auf dem Suszeptor abgelegt und vom Suszeptor abgehoben werden können.

Zur Bewegung der Scheiben-Hebestifte werden die Scheiben-Hebewelle und die Führungselemente, die auf äußeren Enden von Auslegern der Scheiben-Hebewelle aufliegen, angehoben oder abgesenkt.

Darüber hinaus sind Steherelemente an den äußeren Enden der Suszeptor-Tragarme höhenverstellbar befestigt, vorzugsweise angeschraubt. Die oberen Enden der Steherelemente weisen axiale Bohrungen auf, in denen Suszeptor-Stützstifte stecken, deren Köpfe vorzugsweise kugelförmig abgerundet sind. Auf der Rückseite des

5 Suszeptors befinden sich Sacklöcher mit länglicher Grundfläche zur Aufnahme der kugelförmig abgerundeten Köpfe der Suszeptor-Stützstifte. Länge und Breite der Sacklöcher steigen in Richtung zur Öffnung der Sacklöcher an. Vorzugsweise bilden die Sacklöcher für die Suszeptor-Stützstifte eine Auflage mit prismenförmiger Kontur. Diese Ausgestaltung erlaubt eine reibungsarme radiale Bewegung des Suszeptors,

10 insbesondere eine durch Wärmeausdehnung des Suszeptor-Materials ausgelöste selbstzentrierende Bewegung.

Der Suszeptor hat vorzugsweise einen tellerförmigen Querschnitt und umfasst eine als Sims (ledge) gestaltete ringförmige Ablagefläche und einen Suszeptor-Boden. Die

15 Halbleiterscheibe liegt im Randbereich mit der Rückseite auf der ringförmigen Ablagefläche und hat einen geringen Abstand zum Suszeptor-Boden. Der Suszeptor kann einteilig gestaltet sein oder von einem Ring und einem flachen Suszeptor-Boden gebildet werden, wobei der Ring auf dem flachen Suszeptor-Boden liegt. Die Langlöcher und die Sacklöcher sind im Suszeptor-Boden angeordnet.

20 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

25 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

30 vorteilhafte Ausführungen beschreiben, die selbstständig schutzfähig sind.

Kurzbeschreibung der Figuren

Fig. 1 ist eine Schnittzeichnung durch eine Vorrichtung mit erfindungsgemäßen

35 Merkmalen.

Fig.2, Fig.3 und Fig.4 zeigen einzelne Merkmale der Vorrichtung gemäß Fig.1 in vergrößerter Darstellung.

5 **Liste der verwendeten Bezugszeichen**

- 1 Suszeptor
- 2 Scheiben-Hebewelle
- 3 Scheiben-Hebestift
- 10 4 Suszeptor-Tragwelle
- 5 Suszeptor-Tragarm
- 6 Suszeptor-Stützstift
- 7 Führungshülse
- 8 Führungselement
- 15 9 Steherelement
- 10 kugelförmig abgerundeter Kopf
- 11 Langloch
- 12 Sackloch

20 Detaillierte Beschreibung eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels

Die Vorrichtung gemäß Fig.1 umfasst eine Suszeptor-Tragwelle 4 und eine Scheiben-Hebewelle 2. Suszeptor-Tragarme 5 mit gleichen Abständen zueinander sind zu einem einteiligen sternförmigen Element zusammengefasst, das ans obere Ende der Suszeptor-Tragwelle 4 geschraubt ist. Die Scheiben-Hebewelle 2 umfasst radial nach oben wegstehende Ausleger, an deren Enden Plattformen zum Abstützen von Führungselementen 8 vorgesehen sind. Die Führungselemente 8 sind durch Führungshülsen 7 geschoben, die in den Suszeptor-Tragarmen 5 verankert sind. Die oberen Enden der Führungselemente 8 weisen Bohrungen auf, in denen Scheiben-Hebestifte 3 stecken. Die Scheiben-Hebestifte 3 erstrecken sich durch Langlöcher 11 im Suszeptor 1. Der Suszeptor 1 hat auf der Rückseite Sacklöcher 12 mit länglicher Grundfläche und liegt dort auf kugelförmig abgerundeten Köpfen 10 von Suszeptor-Stützstiften 6. Die Suszeptor-Stützstifte 6 stecken in axialen Bohrungen an oberen Enden von Steherelementen 9. Die Steherelemente 9 sind auf den Suszeptor-Tragarmen 5 an deren äußeren Enden höhenverstellbar befestigt.

Fig.2 zeigt in vergrößerter Darstellung das obere Ende des Führungselements 8 mit der dort vorgesehenen Bohrung und das untere Ende des in die Bohrung gesteckten Scheiben-Hebestifts 3. Dieser Bereich ist in Fig.1 mit einem Kreis und dem Buchstaben A markiert.

Fig.3 zeigt in vergrößerter Darstellung die Führungshülse 7, die im Suszeptor-Tragarm 5 verankert ist und einen Teil des Führungselements 8, das durch die Führungshülse 7 geschoben ist und am unteren Ende auf einer Plattform des Auslegers der Scheiben-Hebewelle 2 steht. Dieser Bereich ist in Fig.1 mit einem Kreis und dem Buchstaben B markiert.

Fig.4 zeigt in vergrößerter Darstellung das obere Ende des Suszeptor-Stützzstifts 6 und den kugelförmig abgerundeten Kopf 10 des Suszeptor-Stützzstifts, der in das Sackloch 12 auf der Rückseite des Suszeptors 1 ragt. Dieser Bereich ist in Fig.1 mit einem Kreis und dem Buchstaben C markiert.

Die vorstehende Beschreibung einer beispielhaften Ausführungsform 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. Daher sollen alle derartigen Abänderungen und Modifikationen sowie Äquivalente durch den Schutzbereich der Ansprüche abgedeckt sein.