



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 201 744.9**

(51) Int Cl.: **C30B 29/36 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: **03.02.2017**

**C30B 25/18 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: **02.11.2017**

**C30B 25/14 (2006.01)**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.06.2022**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2016-089735** 27.04.2016 JP

(72) Erfinder:  
**Ohno, Akihito, Tokyo, JP; Hamano, Kenichi, Tokyo, JP; Kanazawa, Takashi, Tokyo, JP**

(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

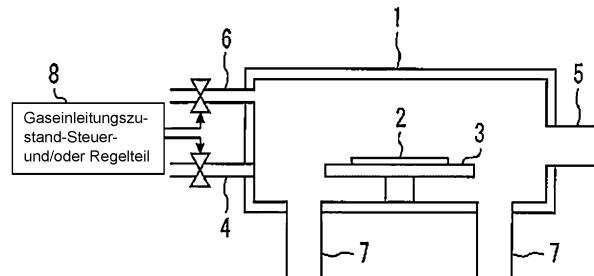
(74) Vertreter:  
**Hoefer & Partner Patentanwälte mbB, 81543 München, DE**

US 2005 / 0 214 455 A1  
US 2005 / 0 221 001 A1  
JP 2012- 80 035 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, Verfahren zum Herstellen einer Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung und Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, aufweisend:

- einen Stabilisierungsschritt zum Nitridieren, Oxidieren oder Oxinitridieren und Stabilisieren einer äußersten Oberfläche von dendritischem Siliziumkarbid, das an einer Innenwandfläche eines Wachstumsöfens (1) anhaftet, oder Stickstoff-Terminieren oder Sauerstoff-Terminieren und Stabilisieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des dendritischen Siliziumkarbids;
- nach dem Stabilisierungsschritt, einen Einbringsschritt zum Einbringen eines Substrats (2) in den Wachstumsöfen (1); und
- nach dem Einbringsschritt, einen Wachstumsschritt zum epitaxischen Aufwachsen einer Siliziumkarbid-Epitaxialschicht auf das Substrat (2) durch Einleiten eines Prozessgases in den Wachstumsöfen (1) zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, wobei
- ein Element in dem Wachstumsöfen (1) mit einer Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schicht zum Schützen des Elements ist, bedeckt ist.



**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

## Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, ein Verfahren zum Herstellen einer Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers.

## Hintergrund

**[0002]** In letzter Zeit haben Siliziumkarbid(SiC)-Halbleiter, deren Bandlücke, dielektrische Durchschlagsfeldintensität, gesättigte Driftgeschwindigkeit und thermische Leitfähigkeit jeweils höher sind als der entsprechende Wert von Silizium-Halbleitern, vor allem als ein Material für Leistungsglieder zur Leistungssteuerung Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Tatsächlich können Leistungsglieder, die solche SiC-Halbleiter verwenden, einen deutlich verringerten Energieverlust haben, kleiner ausgebildet sein und eine Energieeinsparung zur Zeit der Leistungs-umwandlung für eine Leistungsversorgung ermöglichen und sind daher Schlüsselanordnungen für die Realisierung einer kohlenstoffarmen Gesellschaft, beispielsweise durch Verbesserung der Leistung von elektrischen Fahrzeugen und durch Verbesserung der Funktionen von Solarbatteriesystemen und dergleichen. Beispiele für solche Leistungsglieder sind ein Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET), eine Schottky-Diode, ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT) und verschiedene andere Dioden.

**[0003]** Wenn ein SiC-Leistungsglied hergestellt wird, wird ein aktiver Bereich der Halbleiteranordnung üblicherweise vorab durch thermische chemische Gasphasenabscheidung (thermische CVD) oder dergleichen epitaxisch auf ein SiC-Hauptteil-Einkristallsubstrat aufgewachsen. Der hier genannte aktive Bereich ist ein Sektionsbereich, der sorgfältig durch eine genaue Steuerung und/oder Regelung der Dotierdichte in einem Kristall und der Schichtdicke hergestellt wird, wobei der Sektionsbereich eine Wachsrichtungsachse aufweist. Der Grund dafür, dass eine solche epitaxisch aufgewachsene Schicht zusätzlich zu dem Hauptteil-Einkristallsubstrat erforderlich ist, ist, dass die Dotierdichte und die Schichtdicke vorab gemäß den Spezifikationen der Anordnung und Genauigkeiten der Dotierdichte recht streng festgelegt werden, und eine Schichtdicke, die höher als diejenige für das Hauptteil-Einkristallsubstrat ist, ist üblicherweise erforderlich.

**[0004]** Ein Wafer, der eine epitaxisch aufgewachsene Schicht aufweist, die an einem SiC-Hauptteil-Einkristallsubstrat ausgebildet ist, wird nachfolgend

als „Epitaxialwafer“ bezeichnet. Eine Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung wird durch Durchführung verschiedener Bearbeitungsarten an einem Siliziumkarbid-Epitaxialwafer hergestellt. Wenn Fehler in dem Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aufgrund von Fehlern in dem Siliziumkarbid-Substrat und der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht während des Aufwachsens gegeben sind, kann lokal ein Ort gegeben sein, an dem eine Hochspannung nicht aufrechterhalten werden kann, was in einer Erzeugung eines Leckstroms resultiert. Wenn die Dichte solcher Fehler erhöht ist, wird der Ertrag der Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung zur Zeit der Herstellung reduziert.

**[0005]** Beispielsweise ist eine Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers offenbart, die einen Suszeptor aufweist, der aus einem Element gebildet ist, das aus Graphit hergestellt und mit Siliziumkarbid beschichtet ist. (vergleiche beispielsweise JP 4534978 B2). Zudem ist ein Graphit-Suszeptor offenbart, der mit Siliziumkarbid beschichtet ist und eine SiO<sub>2</sub>-Schicht oder eine Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Schicht aufweist, die an der Siliziumkarbid-Oberfläche ausgebildet ist (vergleiche beispielsweise JP 2013-16562 A).

**[0006]** Siliziumkarbid wird zudem auf Innenwandflächen eines Wachstumsofens aufgebracht. Dieses Siliziumkarbid neigt dazu, aufgrund der Sprödigkeit seiner Struktur Siliziumkarbid-Partikel zu bilden. Wenn Siliziumkarbid-Partikel an der Oberfläche eines Siliziumkarbid-Wafers anhaften, werden Kristallfehler, wie beispielsweise Verwerfungen und dreiseitige Fehler, an Orten erzeugt, an denen die Siliziumkarbid-Partikel anhaften, was in einer Reduzierung eines Anordnungsertrags resultiert. In einem Fall, bei dem eine SiO<sub>2</sub>-Schicht oder eine Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Schicht an der Oberfläche eines Suszeptors ausgebildet wird und bei dem Siliziumkarbid epitaxisch auf die SiO<sub>2</sub>-Schicht oder Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Schicht aufgewachsen wird, ist die Haftung zwischen Siliziumkarbid und der Schicht derart gering, dass Siliziumkarbid-Partikel einfach erzeugt werden können und Kristallfehler vermehrt auftreten.

**[0007]** US 2005 / 0 214 455 A1 offenbart ein Verfahren zum Einbrennen einer Prozesskammer. Das Einbrennverfahren umfasst das Bereitstellen eines Einbrennfilms auf den Innenflächen einer Prozesskammer, typischerweise nach dem Reinigen der Kammer.

**[0008]** US 2005 / 0 221 001 A1 beschreibt ein Verfahren zum Verlängern der Zeit zwischen Kammerreinigungsprozessen in einer Prozesskammer eines Verarbeitungssystems. Ein partikelreduzierender Film wird auf einer Kammerkomponente in der Prozesskammer gebildet, um eine Partikelbildung in der Prozesskammer während der Substratbearbeitung

zu reduzieren, mindestens ein Substrat wird in die Prozesskammer eingeführt, ein Herstellungsprozess wird in der Prozesskammer durchgeführt, und das mindestens eine Substrat wird aus der Prozesskammer entfernt.

**[0009]** JP 2012- 80 035 A stellt ein Reinigungsverfahren für eine SiC-Epitaxialwachstumsvorrichtung bereit. Das Reinigungsverfahren umfasst: einen Filmbildungsschritt zum Bilden eines SiC-Epitaxiefilms auf einem verarbeiteten Substrat, das in einer Reaktionskammer angeordnet ist; einen Modifizierungsschritt zum Zuführen eines Chlorgases, um den SiC-Film zu modifizieren, der auf einem in der Reaktionskammer bereitgestellten Element in dem Filmbildungsschritt abgeschieden wird; und einen Entfernungsschritt zum Zuführen eines Gases auf Fluorbasis, eines Oxidationsgases oder eines Wasserstoffgases, um einen im Modifikationsschritt modifizierten Abscheidungsfilm zu entfernen.

#### Zusammenfassung

**[0010]** Angesichts der oben beschriebenen Probleme ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, ein Verfahren zum Herstellen einer Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers bereitzustellen, die zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers mit weniger Kristallfehlern geeignet sind.

**[0011]** Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Die Unteransprüche haben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zum Inhalt.

**[0012]** Bei der vorliegenden Erfindung wird Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens anhaftet, stabilisiert, indem es nitridiert (beziehungsweise nitriert) wird, bevor das epitaxische Aufwachsen durchgeführt wird, wodurch es ermöglicht wird, die Erzeugung von Siliziumkarbid-Partikeln zu verhindern. Hierdurch wird die Herstellung eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, der weniger Kristallfehler aufgrund von Siliziumkarbid-Partikeln aufweist, ermöglicht.

**[0013]** Andere und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlicher aus der folgenden Beschreibung.

#### Figurenliste

**[0014]** Unter dem in den Figuren angegebenen „Nitrierschritt“ ist der Schritt zum Nitridieren gemäß den Ansprüchen zu verstehen.

**Fig. 1** ist eine Schnittdarstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epita-

xialwafers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 3** ist ein Diagramm, welches das Ergebnis eines Vergleichs der Oberflächenfehlerdichte eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers in einem Fall zeigt, bei dem der Nitridierschritt durchgeführt worden ist, mit der Oberflächenfehlerdichte eines Siliziumkarbid-Halbleiterwafers in einem Fall, bei dem der Nitridierschritt nicht durchgeführt worden ist.

**Fig. 4** ist eine Schnittdarstellung eines MOS-FET, der unter Verwendung des Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt ist, der durch das Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung hergestellt ist.

**Fig. 5** ist eine Schnittdarstellung einer Schottky-Diode, die unter Verwendung des Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt ist, der durch das Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung hergestellt ist.

**Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 7** ist eine Aufwachssequenz, die ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 8** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0015]** Ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, ein Verfahren zum Herstellen einer Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. Dieselben Komponenten sind mit denselben Symbolen gekennzeichnet, und die wiederholte Beschreibung davon kann weggelassen werden.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

**[0016]** **Fig. 1** ist eine Schnittdarstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel

der vorliegenden Erfindung. Ein Wafer-Halter 3, an dem ein Siliziumkarbid-Substrat 2 befestigt ist, ist in einem Wachstumsofen 1 zum Durchführen eines epitaxischen Wachstums vorhanden. Ein erster Gas-einleitanschluss 4 führt ein Trägergas und ein Roh-materialgas als ein Prozessgas zum Aufwachsen einer Siliziumkarbid-Epitaxialschicht in den Wachstumsofen 1. Das Prozessgas wird über einen ersten Gasableitanschluss 5 aus dem Wachstumsofen 1 abgeführt.

**[0017]** In einem epitaxischen Wachstumsschritt wird eine Siliziumkarbid-Epitaxialschicht an dem Siliziumkarbid-Substrat 2 ausgebildet. Gleichzeitig wird auch ein Siliziumkarbid-Epitaxialschicht-Produkt an Innenwandflächen des Wachstumsofens 1, an dem Wafer-Halter 3 und an anderen Elementen in dem Ofen angeheftet und wächst dendritisch. Strukturell schwache, dünne Abschnitte des Produkts in dendritischer Form werden aufgrund von Fluktuationen des Gasflusses zur Zeit der Gaseinleitung gebrochen und abgetrennt, wodurch Siliziumkarbid-Partikel erzeugt werden.

**[0018]** Somit wird in dem epitaxischen Wachstumsschritt aufgrund der Fluktuationen des Gasflusses, die nach dem Beginn der Einleitung des Prozessgases bis ein bestimmter Druck erreicht ist verursacht werden, eine große Menge von Siliziumkarbid-Partikeln erzeugt. Während das epitaxische Aufwachsen in einer Situation fortschreitet, bei der Siliziumkarbid-Partikel an die epitaxische Wachstumsfläche des Siliziumkarbid-Substrats 2 angeheftet werden, tritt ein anormales Aufwachsen beginnend an den Siliziumkarbid-Partikeln auf, was in einer Ausbildung von Kristallfehlern, wie beispielsweise Verwerfungen und dreiseitigen Fehlern, resultiert.

**[0019]** Ein zweiter Gaseinleitanschluss 6 führt ein Stabilisierungsgas zum Nitridieren und Stabilisieren des an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 anhaftenden Siliziumkarbids in den Wachstumsofen 1 ein. Das Stabilisierungsgas wird über einen zweiten Gasableitanschluss 7 aus dem Wachstumsofen 1 abgeführt. Ein Steuer- und/oder Regelteil 8 zum Steuern und/oder Regeln eines Gaseinleitzustands steuert und/oder regelt einen Zustand zum Einleiten des Prozessgases und des Stabilisierungsgases. Der zweite Gaseinleitanschluss 6 ist über einen Gasflussratenkontroller und einen Druckkontroller mit einer das Stabilisierungsgas enthaltenen Bombe verbunden.

**[0020]** Ein Stickstoff enthaltendes Gas, wie beispielsweise Stickstoffgas oder  $\text{NH}_3$ -Gas, wird als nitridierendes Stabilisierungsgas verwendet. Da das Stabilisierungsgas kein Ätzgas ist, besteht nicht das Risiko, dass die SiC-Schicht, die eine Schicht zum Schützen des Wafer-Halters 3 oder von Elementen in dem Wachstumsofen 1 ist, in einem Suszeptor-Nit-

ridierschritt geätzt wird, und es ist einfach, das Stabilisierungsgas handzuhaben.

**[0021]** Der zweite Gaseinleitanschluss 6 und der zweite Gasableitanschluss 7 allein zum Nitridieren der äußersten Oberfläche des Siliziumkarbids, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 anhaftet, oder zum Stickstoff-Terminieren von Atomen in der äußersten Oberfläche der Siliziumkarbid-Schicht werden bereitgestellt, was ein effizientes Nitridieren des anhaftenden Siliziumkarbids ermöglicht. Der Bindungszustand des Siliziumkarbids kann somit stabilisiert werden, um die Erzeugung von Siliziumkarbid-Partikeln zu verhindern.

**[0022]** Die Befestigungsfläche des Wafer-Halters 3, an der ein Wafer befestigt ist, und die epitaxische Wachstumsfläche des Siliziumkarbid-Substrats 2 sind gegenüberliegend zu der Deckenfläche des Wachstumsofens 1 angeordnet. Dadurch neigen Siliziumkarbid-Partikel, die an der Deckenfläche des Wachstumsofens 1 an einer solchen Position anhaften, dass sie gegenüberliegend zu der epitaxischen Anwachsfläche des Siliziumkarbid-Substrat 2 sind, dazu, im Vergleich zu Siliziumkarbid-Partikeln, die an den anderen Abschnitten des Wachstumsofens 1 anhaften, Kristallfehler zu verursachen. Zudem ist die Menge von Siliziumkarbid-Partikeln, die an der Deckenfläche des Wachstumsofens 1 anhaften, größer als die Mengen von Siliziumkarbid-Partikeln, die an anderen Orten in dem Wachstumsofen 1 anhaften. Es ist daher erforderlich, das Nitridieren relativ intensiv an der Deckenfläche durchzuführen, und der Gaseinleitanschluss 6 ist an einem oberen Abschnitt der Seitenfläche des Wachstumsofens vorhanden, die höher ist als der Wafer-Halter 3. Als ein Ergebnis fließt das Suszeptor-Nitridiergas entlang der Deckenfläche des Wachstumsofens 1, wodurch ermöglicht wird, dass Siliziumkarbid-Partikel, die an der Deckenfläche des Wachstumsofens 1 gegenüberliegend zu der epitaxischen Anwachsfläche des Siliziumkarbid-Substrat 2 anhaften, effizient nitriert werden können.

**[0023]** Der zweite Gasableitanschluss 7 ist ein Gasableitanschluss allein für das Stabilisierungsgas. Der zweite Gasableitanschluss 7 ist an einem unteren Abschnitt des Wachstumsofens 1 vorhanden, tiefer als der Wafer-Halter 3. Dadurch wird auch das Nitridieren der Seitenflächen des Wachstumsofens 1 und eines unteren Bereichs des Wafer-Halters 3 ermöglicht, was das Nitridieren des gesamten Inneren des Wachstumsofens 1 ermöglicht.

**[0024]** Da das Prozessgas zum epitaxischen Aufwachsen in dem epitaxischen Wachstumsprozess in einer horizontalen Richtung (links-rechts-Richtung in der Ebene von **Fig. 1**) in dem Wachstumsofen 1 fließt, ist der erste Gasableitanschluss 5 gegenüberliegend zu dem ersten Gaseinleitanschluss 4 vorhan-

den. Dies ist eine Anordnung, die zum gleichmäßigen Aufwachsen der Siliziumkarbid-Epitaxialschicht auf das Siliziumkarbid-Substrat 2 erforderlich ist.

**[0025]** Bei dem Nitridierschritt kann der erste Gasableitanschluss 5 zum epitaxischen Aufwachsen verwendet werden, und der zweite Gasableitanschluss 7 allein für das Stabilisierungsgas kann ebenso verwendet werden. In einem Fall, bei dem der erste Gasableitanschluss 5 in dem Nitridierschritt verwendet wird, können die Deckenfläche (obere Fläche) des Wachstumsofens 1 und der Wafer-Halter 3 effizient nitridiert werden. In einem Fall, bei dem der zweite Gasableitanschluss 7 in dem Nitridierschritt verwendet wird, kann das gesamte Innere des Wachstumsofens 1 nitridiert werden. Es ist wünschenswert, unabhängige Gasableitanschlüsse bereitzustellen, um eine Auswahl von zu nitridierenden Bereichen des Suszeptors zu ermöglichen, indem eine Kombination der Gasableitanschlüsse wie oben beschrieben vorgenommen wird. Der zweite Gasableitanschluss 7 allein zum Nitridieren kann gleichzeitig mit dem ersten Gasableitanschluss 5 zum epitaxischen Aufwachsen verwendet werden, und eine gemeinsame Verwendung von Teilen einer Ausstattung zum epitaxischen Aufwachsen, wie beispielsweise einer Vakuumpumpe und eines Druckeinstellventils, ist möglich.

**[0026]** Das Steuer- und/oder Regelteil 8 zum Steuern und/oder Regeln des Gaseinleitungszustands steuert und/oder regelt die Flussrate und den Druck des Prozessgases oder des Stabilisierungsgases durch Steuerung und/oder Regelung des Gasflussratenkontrollers und des Druckkontrollers, die mit dem ersten Gaseinleitanschluss 4 und dem zweiten Gaseinleitanschluss 6 verbunden sind, so dass das Nitridieren unter unten beschriebenen Nitridierbedingungen durchgeführt wird.

**[0027]** **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Das Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers wird mit Bezug auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben.

**[0028]** Zuerst wird das Stabilisierungsgas über den ersten Gaseinleitanschluss 4 in den Wachstumsofen 1 eingeleitet, um Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 anhaftet, zu nitridieren und zu stabilisieren (Schritt S1). Dieser Schritt wird als ein Nitridierschritt (Stabilisierungsschritt) bezeichnet. Wenn der Nitridierschritt durchgeführt wird, während der Wafer-Halter 3 in dem Wachstumsofen 1 eingeführt ist, kann auch das Nitridieren von Siliziumkarbid, das an dem Wafer-Halter 3 anhaftet, durchgeführt werden.

**[0029]** Bedingungen für den Nitridierschritt werden beschrieben. Zunächst wird die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 auf 900°C erhöht. Während das Innere des Wachstumsofens 1 bei 900°C gehalten wird, wird über den zweiten Gaseinleitanschluss 6 beispielsweise ein NH<sub>3</sub>-Gas bei einer Flussrate von 10 slm zugeführt. Nachdem das NH<sub>3</sub>-Gas für fünf Minuten zugeführt worden ist, wird die Zuführung des Gases gestoppt und die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 auf Raumtemperatur abgesenkt. Hierdurch wird das Nitridieren der äußersten Oberfläche des Siliziumkarbids, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, oder ein Stickstoff-Terminieren von Atomen in der äußersten Oberfläche der Siliziumkarbid-Schicht durchgeführt. Während die Verwendung von NH<sub>3</sub> als nitridierendes Stabilisierungsgas beschrieben worden ist, hat auch N<sub>2</sub> oder irgendein anderes Stickstoff enthaltendes Gas denselben Effekt. Die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 zur Zeit des Nitridierens, nicht begrenzt auf 900°C, kann die Raumtemperatur sein, wenn die Siliziumkarbid-Atome in der äußersten Oberfläche Stickstoff-terminiert werden können.

**[0030]** Als nächstes wird das Siliziumkarbid-Substrat 2 in den Wachstumsofen 1 eingebracht und an dem Wafer-Halter 3 befestigt (Schritt S2). Danach wird das Prozessgas in den Wachstumsofen 1 eingeleitet, und die Siliziumkarbid-Epitaxialschicht wird auf das Siliziumkarbid-Substrat 2 aufgewachsen, wodurch der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer hergestellt wird (Schritt S3). Insbesondere wird der Wachstumsofen 1 auf etwa 1650°C aufgeheizt, und das Rohmaterialgas wird danach über den ersten Gaseinleitanschluss 4 in den Wachstumsofen 1 eingeleitet, wodurch eine Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schichtdicke von 10 µm hat, epitaxisch auf die Oberfläche des Siliziumkarbid-Substrats 2 aufgewachsen wird. Beispielsweise wird Silangas (SiH<sub>4</sub>) bei einer Flussrate von 500 sccm als eine Si-Atomlieferquelle zugeführt, und ein Propangas (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) wird bei einer Flussrate von 200 sccm als eine C-Atomlieferquelle zugeführt. Stickstoffgas wird für eine n-leitenden Dotierung verwendet. Stickstoffgas wird zur n-leitenden Dotierung zugeführt, so dass die Trägerdichte an der Substratgrenzfläche  $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  beträgt und in dem aktiven Bereich  $8 \times 10^{15}/\text{cm}^3$  beträgt. Anschließend wird die Zuführung des Rohmaterialgases gestoppt und die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 auf Raumtemperatur abgesenkt. Der Epitaxialwafer ist somit hergestellt. Danach wird der fertige Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aus dem Wachstumsofen 1 genommen (Schritt S4).

**[0031]** Wie oben beschrieben, wird Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 anhaftet, stabilisiert, indem es nitridiert wird, bevor das epitaxische Aufwachsen durchgeführt wird, wodurch die Erzeugung von Siliziumkarbid-Partikeln

verhindert wird. Dadurch wird die Herstellung eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, der weniger Kristallfehler aufgrund von Siliziumkarbid-Partikeln aufweist, ermöglicht. Eine Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung wird unter Verwendung dieses Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt, was die Herstellung einer kostengünstigen, ertragreichen SiC-Anordnung ermöglicht.

**[0032]** **Fig. 3** ist ein Diagramm, welches das Ergebnis eines Vergleichs der Oberflächenfehlerdichte eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers in einem Fall, bei dem der Nitridierschritt durchgeführt worden ist, mit der Oberflächenfehlerdichte eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers in einem Fall, bei dem der Nitridierschritt nicht durchgeführt worden ist, zeigt. Die Oberflächenfehlerdichte ist mit einer Oberflächenuntersuchungseinrichtung in Form eines Mikroskops nach Art eines scannenden konfokalen optischen Systems gemessen worden (z.B. SICA6X der Lasertec Corporation). Es wurde herausgefunden, dass die Oberflächenfehlerdichte in dem Fall des ersten Ausführungsbeispiels, bei dem der Nitridierschritt durchgeführt worden ist, extrem gering ist, d.h. so gering wie  $0,06/cm^2$ , während die Oberflächenfehlerdichte in dem Fall des Standes der Technik, bei dem der Nitridierschritt nicht durchgeführt worden ist, 10-mal höher ist, d.h.  $0,6/cm^2$ .

**[0033]** **Fig. 4** ist eine Schnittdarstellung eines MOSFET, der unter Verwendung des Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt ist, der durch das Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung hergestellt ist. Da der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer weniger Kristallfehler hat, kann der MOSFET mit einem hohen Anordnungsertrag hergestellt werden. Eine epitaxisch aufgewachsene Siliziumkarbid-Schicht 9 ist an dem Siliziumkarbid-Substrat 2 ausgebildet. Eine Vielzahl von Basis-Bereichen 10, die Aluminium (Al) als einen p-leitenden Fremdstoff enthalten, ist selektiv in einer Oberflächenschicht der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9 ausgebildet. Source-Bereiche 11, die Stickstoff (N) als einen n-leitenden Fremdstoff enthalten, sind an Oberflächen der Basis-Bereiche 10 ausgebildet. Eine Gate-Isolierschicht 12, die aus Siliziumoxid hergestellt ist, ist ausgebildet, um sich an Abschnitten der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9, den Basis-Bereichen 10 und den Source-Bereichen 11 zu erstrecken. Eine Gate-Elektrode 13 ist an der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9 ausgebildet und zwischen dem Paar von Source-Bereichen 11 vorhanden, wobei die Gate-Isolierschicht 12 zwischen der Gate-Elektrode 13 und der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9 angeordnet ist. Source-Elektroden 14 sind an Abschnitten der n-leitenden Source-Bereiche 11 ausgebildet, wo die Gate-Isolierschicht 12 nicht ausgebildet ist. Eine Drain-Elektrode

15 ist an einer Rückseite des Siliziumkarbid-Substrats 2 ausgebildet.

**[0034]** **Fig. 5** ist eine Schnittdarstellung einer Schottky-Diode, die unter Verwendung des Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt ist, der durch das Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung hergestellt ist. Da der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer weniger Kristallfehler aufweist, kann die Schottky-Diode mit einem hohen Anordnungsertrag hergestellt werden. Eine Vielzahl von ionenimplantierten Bereichen 16, die Aluminium (Al) als einen p-leitenden Fremdstoff enthalten, sind selektiv in einer Oberflächenschicht der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9 ausgebildet. Eine Schottky-Elektrode 17 ist ausgebildet, um sich an einem Abschnitt der epitaxisch aufgewachsenen Siliziumkarbid-Schicht 9, der zwischen den ionenimplantierten Bereichen 16 angeordnet ist, und an Abschnitten der ionenimplantierten Bereiche 16 zu erstrecken. Eine ohmsche Elektrode 18 ist an einer Rückseite des Siliziumkarbid-Substrats 2 ausgebildet.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

**[0035]** **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Eine Herstellungsvorrichtung, die bei dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendet wird, ist dieselbe wie diejenige bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0036]** Zunächst werden die Schritte S1 bis S4 wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt. Als nächstes wird der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aus dem Wachstumsofen 1 genommen, wonach die Schritte S1 bis S4 wiederholt werden, wodurch eine Vielzahl von Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt wird. Durch abwechselndes Wiederholen des Nitridierschrittes und des epitaxischen Aufwachsens, wie oben beschrieben, kann der Bindungszustand von Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, zu allen Zeiten stabilisiert werden. Als ein Ergebnis wird die abgeschiedene Schicht im Vergleich mit dem Fall stabilisiert, bei dem eine Schichtausbildungsbearbeitung sukzessiv mehrfach durchgeführt wird, nachdem der Nitridierschritt einmalig durchgeführt worden ist, und eine große Menge an Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, die weniger Fehler aufweisen, kann hergestellt werden.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

**[0037]** **Fig. 7** ist eine Aufwachssequenz, die ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Auch bei dem dritten

Ausführungsbeispiel wird ein Schritt ähnlich zu der selben Bearbeitung wie derjenigen in Schritt S3 bei dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt, das heißt, der Wachstumsofen 1 wird auf 1650°C erhitzt, und das Rohmaterialgas wird danach über den ersten Gaseinleitanschluss 4 in den Wachstumsofen 1 eingeleitet, wodurch eine Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schichtdicke von 10 µm aufweist, auf das Siliziumkarbid-Substrat 2 epitaxisch aufgewachsen wird. Beispielsweise wird ein Silangas (SiH<sub>4</sub>) bei einer Flussrate von 500 sccm als eine Si-Atomlieferquelle zugeführt, und ein Propangas (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) wird bei einer Flussrate von 200 sccm als eine C-Atomlieferquelle zugeführt. Stickstoffgas wird zur n-leitenden Dotierung verwendet. Stickstoffgas wird zur n-leitenden Dotierung zugeführt, so dass die Trägerkonzentration an der Substratgrenzfläche  $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  beträgt und in dem aktiven Bereich  $8 \times 10^{15}/\text{cm}^3$  beträgt. Danach wird die Zuführung des Rohmaterialgases gestoppt und die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 auf Raumtemperatur abgesenkt.

**[0038]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das NH<sub>3</sub>-Gas während der Absenkung der Temperatur auf Raumtemperatur nach dem epitaxischen Wachstumsschritt beispielsweise bei einer Flussrate von 10 slm über den zweiten Gaseinleitanschluss 6 in den Wachstumsofen 1 eingeleitet. Zum Ableiten von Gas zu dieser Zeit kann der erste Gasableitanschluss 5 oder der zweite Gasableitanschluss 7, der allein für das Nitridiergas vorhanden ist, verwendet werden. Somit wird das Nitridieren der äußersten Oberfläche von Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, oder das Stickstoff-Terminieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des anhaftenden Siliziumkarbids durchgeführt. Der Bindungszustand der Siliziumkarbid-Schicht kann dadurch stärker stabilisiert werden, so dass in dem nachfolgend durchgeführt epitaxischen Wachstumsschritt im Wesentlichen keine Siliziumkarbid-Partikel erzeugt werden. Folglich kann ein Siliziumkarbid-Epitaxialwafer, der deutlich weniger Kristallfehler aufgrund von Siliziumkarbid-Partikeln aufweist, ausgebildet werden. Der Einfluss des Nitridierschritts auf den Siliziumkarbid-Epitaxialwafer-Herstellungstakt kann somit reduziert werden, während Kristallfehler in dem Siliziumkarbid-Epitaxialwafer reduziert werden.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

**[0039]** Ein Herstellungsverfahren gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ähnlich zu den des ersten Ausführungsbeispiels, das in dem Flussdiagramm gezeigt ist. Jedoch werden der Wachstumsofen 1 und der Wafer-Halter 3 aus der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer-Herstellungsvorrichtung herausgenommen, und der Nitridierschritt wird unter Verwendung einer

anderen Vorrichtung allein zum Nitridieren durchgeführt. Ansonsten ist das Herstellungsverfahren gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel dasselbe wie dasjenige gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0040]** In einem Fall, bei dem eine Gasleitung und ein Gasableitanschluss allein zum Nitridieren aus einem Grund bezüglich des Aufbaus der Epitaxialwafer-Herstellungsvorrichtung nicht bereitgestellt werden können, kann der Nitridierschritt unter Verwendung einer Herstellungsvorrichtung allein zum Nitridieren durchgeführt werden, die separat von der Vorrichtung für den epitaxischen Schritt vorhanden ist, wie bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel. Eine Vorrichtung, die zum Nitridieren der äußersten Oberfläche von Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, oder zum Stickstoff-Terminieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des anhaftenden Siliziumkarbids geeignet ist, kann als die Herstellungsvorrichtung allein für das Nitridieren genügen. Beispielsweise kann ein thermisches Nitridieren durch Zuführen eines NH<sub>3</sub>-Gases durchgeführt werden, während der Wachstumsofen 1 bei 900°C gehalten wird, wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel, oder das Nitridieren kann unter Verwendung von Plasmaemission durchgeführt werden. Beide dieser Verfahren werde nicht exklusiv zum Nitridieren verwendet.

**[0041]** Wenn eine Vielzahl von Wafer-Haltern 3, die durch den Nitridierschritt bearbeitet werden, bereitgestellt wird, kann der Wafer-Halter 3, der zur Herstellung eines Epitaxialwafers verwendet wird, der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer-Herstellungsvorrichtung entnommen und durch den Wafer-Halter 3 ersetzt werden, der durch den Nitridierschritt bearbeitet worden ist, wodurch der Herstellungstakt im Vergleich zu dem ersten Ausführungsbeispiel verkürzt werden kann. Der Einfluss des Nitridierschritts auf den Siliziumkarbid-Epitaxialwafer-Herstellungstakt kann somit reduziert werden, während Kristallfehler in dem Siliziumkarbid-Epitaxialwafer verringert werden.

#### Fünftes Ausführungsbeispiel

**[0042]** **Fig. 8** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Siliziumkarbid-Epitaxialwafer-Herstellungsvorrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel ist ähnlich zu derjenigen gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, hat jedoch den zweiten Gaseinleitanschluss 6 über den Gasflussratenkontroller und den Druckkontroller mit einer ein Stabilisierungsgas zum Oxidieren oder Oxinitridieren enthaltenden Bombe verbunden. Das Stabilisierungsgas ist eines von O<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O,

andere Sauerstoff enthaltende Gase und andere Stickstoff enthaltende Gase.

**[0043]** Das Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird beschrieben. Zuerst wird das Stabilisierungsgas über den zweiten Gaseinleitanschluss 6 in den Wachstumsofen 1 eingeleitet, um eine Siliziumkarbid-Schicht, die an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, zu oxidieren oder zu oxinitridieren (Schritt S11). Dieser Schritt wird als ein Oxidierungsschritt oder ein Oxinitridierungsschritt (Stabilisierungsschritt) bezeichnet. Wenn der Nitridierschritt durchgeführt wird, während der Wafer-Halter 3 in den Wachstumsofen 1 eingebracht ist, wird auch ein Oxidieren oder ein Oxinitridieren von Siliziumkarbid, das an dem Wafer-Halter 3 anhaftet, durchgeführt werden.

**[0044]** Bedingungen für den Oxidierungs- oder Oxinitridierungsschritt werden beschrieben. Zuerst wird die Temperatur des Wachstumsofens 1 auf 600°C erhöht. Während das Innere des Wachstumsofens 1 auf 600°C gehalten wird, wird beispielsweise O<sub>2</sub>-Gas bei einer Flussrate von 10 slm über den zweiten Gaseinleitanschluss 6 zugeführt. Nachdem O<sub>2</sub>-Gas für fünf Minuten zugeführt worden ist, wird die Zuführung des Gases gestoppt und die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 auf Raumtemperatur abgesenkt. Hierdurch wird eine Oxidierung der äußersten Oberfläche von Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 und dem Wafer-Halter 3 anhaftet, oder eine Sauerstoff-Terminierung von Atomen in der äußersten Oberfläche der Siliziumkarbid-Schicht durchgeführt. Während die Verwendung von O<sub>2</sub> als ein Gas für die Oxidierung beschrieben worden ist, kann die Oxidierung oder Oxinitridierung auch unter Verwendung von NO, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, irgend einem anderen Sauerstoff enthaltenden Gas oder irgendeinem anderen Stickstoff enthaltenden Gas durchgeführt werden. Die Temperatur in dem Wachstumsofen 1 zur Zeit der Oxidierung, nicht eingeschränkt auf 600°C, kann die Raumtemperatur sein, wenn Siliziumkarbid-Atome in der äußersten Oberfläche Sauerstoff-terminiert werden können. Auch in dem Fall der Oxinitridierung kann irgendein Temperatur-/ Gasflussraten-Zustand verwendet werden, wenn die Oxinitridierung der äußersten Siliziumkarbid-Oberfläche oder die Terminierung von Atomen in der äußersten Oberfläche mit Sauerstoff oder Stickstoff durchgeführt werden kann.

**[0045]** Als nächstes wird das Siliziumkarbid-Substrat 2 in den Wachstumsofen 1 gebracht und an dem Wafer-Halter 3 befestigt (Schritt S12). Danach wird das Prozessgas in den Wachstumsofen 1 eingeleitet und die Siliziumkarbid-Epitaxialschicht auf das Siliziumkarbid-Substrat 2 aufgewachsen, wodurch der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer hergestellt wird

(Schritt S13). Danach wird der fertige Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aus dem Wachstumsofen 1 genommen (Schritt S14).

**[0046]** Wie oben beschrieben, wird Siliziumkarbid, das an den Innenwandflächen des Wachstumsofens 1 anhaftet, stabilisiert, indem es oxidiert oder oxinitriert wird, bevor das epitaxische Aufwachsen durchgeführt wird, was die Erzeugung von Siliziumkarbid-Partikeln verhindert. Dadurch wird das Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, der weniger Kristallfehler aufgrund von Siliziumkarbid-Partikeln aufweist, ermöglicht. Zudem wird eine Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung unter Verwendung dieses Siliziumkarbid-Epitaxialwafers hergestellt, was die Herstellung einer kostengünstigen, ertragreichen SiC-Anordnung ermöglicht. Dieselben Effekte können auch in einem Fall erhalten werden, bei dem der Nitridierschritt bei dem Herstellungsverfahren gemäß einem des zweiten bis vierten Ausführungsbeispiels ersetzt wird durch den Oxidierungs- oder Oxinitridierungsschritt des fünften Ausführungsbeispiels.

**[0047]** Die Oberflächenfederdichte in dem Epitaxial-Wafer, der gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel hergestellt worden ist, ist mit einer Oberflächenuntersuchungsanordnung in Form eines Mikroskops nach Art eines scannenden konfokalen optischen Systems gemessen worden (z.B. SICA6X der Lasertec Corporation).

**[0048]** Die Oberflächenfederdichte in dem Fall des fünften Ausführungsbeispiels, bei dem der Oxidierungsschritt durchgeführt worden ist, war extrem gering, das heißt so gering wie 0,05/cm<sup>2</sup>. Der Bindungszustand der Siliziumkarbid-Schicht kann somit auch durch den Oxidierungs- oder Oxinitridierungsschritt stabilisiert werden, wie durch den Nitridierschritt des ersten Ausführungsbeispiels, um die Erzeugung von Siliziumkarbid-Partikeln zu verhindern.

**[0049]** Manche der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können frei kombiniert, abgewandelt oder weggelassen werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, aufweisend:
  - einen Stabilisierungsschritt zum Nitridieren, Oxidieren oder Oxinitridieren und Stabilisieren einer äußersten Oberfläche von dendritischem Siliziumkarbid, das an einer Innenwandfläche eines Wachstumsofens (1) anhaftet, oder Stickstoff-Terminieren oder Sauerstoff-Terminieren und Stabilisieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des dendritischen Siliziumkarbids;
  - nach dem Stabilisierungsschritt, einen Einbring-

schritt zum Einbringen eines Substrats (2) in den Wachstumsofen (1); und

- nach dem Einbringschritt, einen Wachstumsschritt zum epitaxischen Aufwachsen einer Siliziumkarbid-Epitaxialschicht auf das Substrat (2) durch Einleiten eines Prozessgases in den Wachstumsofen (1) zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, wobei
  - ein Element in dem Wachstumsofen (1) mit einer Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schicht zum Schützen des Elements ist, bedeckt ist.

2. Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers nach Anspruch 1, wobei der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aus dem Wachstumsofen (1) genommen wird, und danach der Stabilisierungsschritt, der Einbringschritt und der Wachstumsschritt wiederholt werden, um eine Vielzahl von Siliziumkarbid-Epitaxialwafers herzustellen.

3. Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers, aufweisend:

einen Einbringschritt zum Einbringen eines Substrats (2) in einen Wachstumsofen (1); nach dem Einbringschritt, einen Wachstumsschritt zum epitaxischen Aufwachsen einer Siliziumkarbid-Epitaxialschicht auf das Substrat (2) durch Erwärmen des Substrats (2) und Einleiten eines Prozessgases in den Wachstumsofen (1) zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers; und  
einen Stabilisierungsschritt zum Nitridieren, Oxidieren oder Oxinitridieren und Stabilisieren einer äußersten Oberfläche von dendritischem Siliziumkarbid, das an einer Innenwandfläche des Wachstumsofens (1) anhaftet, oder Stickstoff-Terminieren oder Sauerstoff-Terminieren und Stabilisieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des dendritischen Siliziumkarbids durch Einleiten von wenigstens einem Sauerstoff enthaltenden Gases und eines Stickstoff enthaltenden Gases in den Wachstumsofen (1) während einer Absenkung der Temperatur nach dem Wachstumsschritt, wobei der Stabilisierungsschritt durchgeführt wird, nachdem der Siliziumkarbid-Epitaxialwafer aus dem Wachstumsofen (1) genommen wurde, der Einbringschritt und der Wachstumsschritt wiederholt werden, und  
ein Element in dem Wachstumsofen (1) mit einer Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schicht zum Schützen des Elements ist, bedeckt ist.

4. Verfahren zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafers nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei

in dem Wachstumsschritt, ein Trägergas und ein Rohmaterialgas als das Prozessgas zum Aufwachsen der Siliziumkarbid-Epitaxialschicht von einem ersten Gaseinleitanschluss (4) in den Wachstumsofen (1) geführt werden,  
in dem Stabilisierungsschritt, das Stabilisierungsgas

zum Nitridieren, Oxidieren oder Oxinitridieren der äußersten Oberfläche des Siliziumkarbids, das an der Innenwandfläche des Wachstumsofens (1) anhaftet, oder zum Stickstoff-Terminieren oder Sauerstoff-Terminieren der Atome in der äußersten Oberfläche des dendritischen Siliziumkarbids von einem zweiten Gaseinleitanschluss (6) in den Wachstumsofen (1) geführt wird, der zweite Gaseinleitanschluss (6) über dem ersten Gaseinleitanschluss (4) angeordnet ist, und das von dem zweiten Gaseinleitanschluss (6) zugeführte Stabilisierungsgas entlang einer Deckenfläche des Wachstumsofens (1) fließt.

5. Verfahren zum Herstellen einer Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung, wobei eine Siliziumkarbid-Halbleiteranordnung unter Verwendung des Siliziumkarbid-Epitaxialwafers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 hergestellt wird.

6. Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafer, aufweisend:

einen Wachstumsofen (1) zum Durchführen eines epitaxischen Wachstums;  
einen ersten Gaseinleitanschluss (4), der ein Prozessgas zum Aufwachsen einer Siliziumkarbid-Epitaxialschicht in den Wachstumsofen (1) führt; und einen zweiten Gaseinleitanschluss (6), der ein Stabilisierungsgas zum Nitridieren, Oxidieren oder Oxinitridieren und Stabilisieren einer äußersten Oberfläche von dendritischem Siliziumkarbid, das an einer Innenwandfläche des Wachstumsofens (1) anhaftet, oder Stickstoff-Terminieren oder Sauerstoff-Terminieren und Stabilisieren von Atomen in der äußersten Oberfläche des dendritischen Siliziumkarbids in den Wachstumsofen (1) einleitet, wobei ein Element in dem Wachstumsofen (1) mit einer Siliziumkarbid-Schicht, die eine Schicht zum Schützen des Elements ist, bedeckt ist.

7. Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafer nach Anspruch 6, weiter aufweisend einen Wafer-Halter (3), der eine Befestigungsfläche aufweist, an der ein Wafer befestigt ist, wobei die Befestigungsfläche einer Deckenfläche des Wachstumsofens (1) gegenüberliegt und der zweite Gaseinleitanschluss (6) höher als der Wafer-Halter (3) angeordnet ist.

8. Vorrichtung zum Herstellen eines Siliziumkarbid-Epitaxialwafer nach Anspruch 7, weiter aufweisend einen Gasableitanschluss (7), der tiefer als der Wafer-Halter (3) angeordnet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

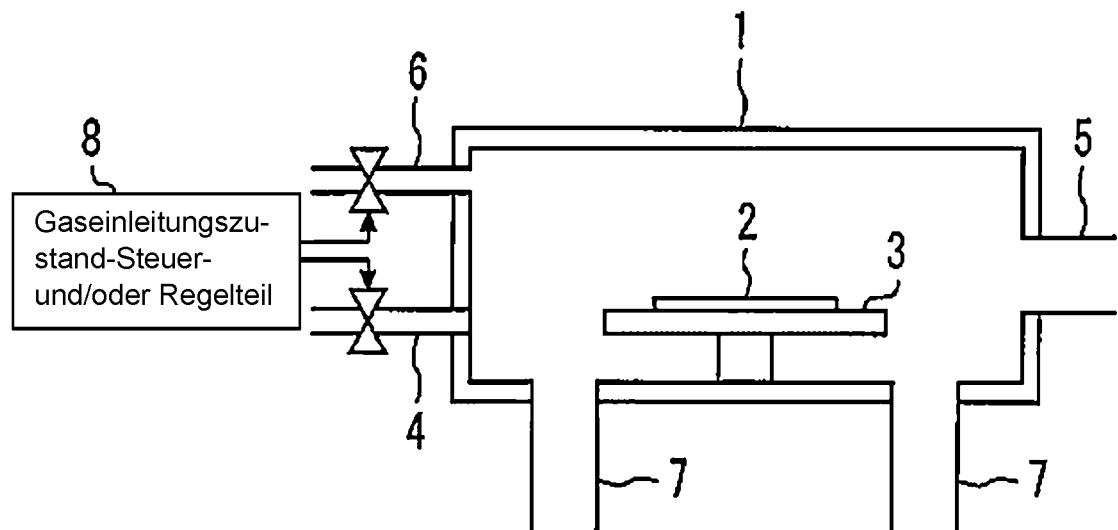


FIG. 2

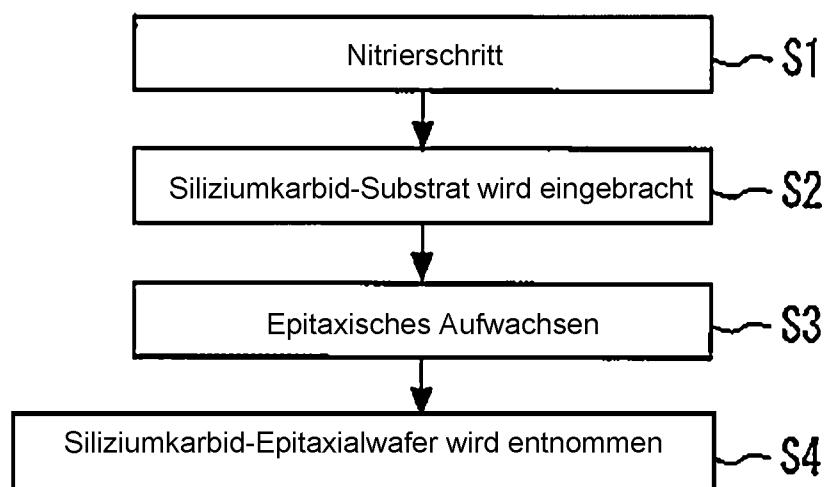


FIG. 3

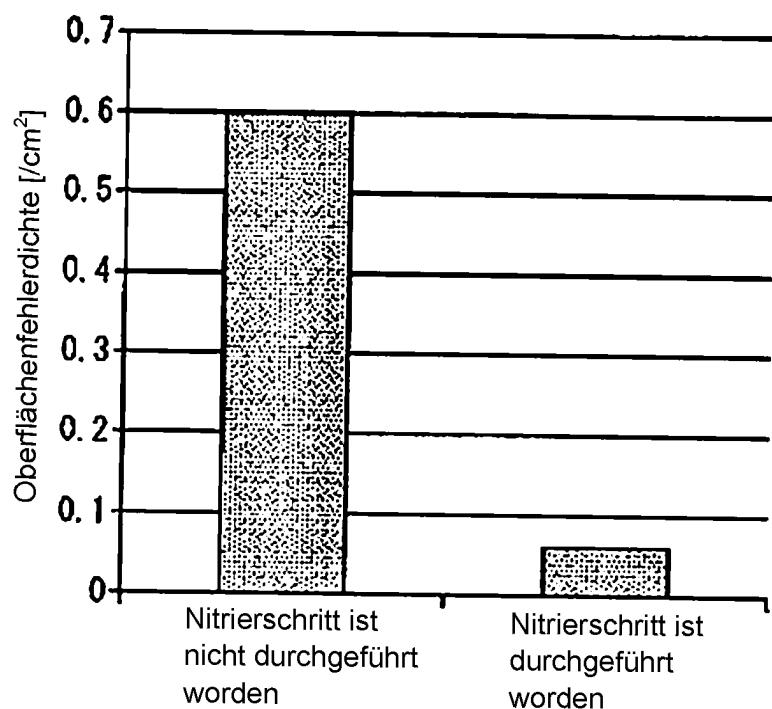


FIG. 4

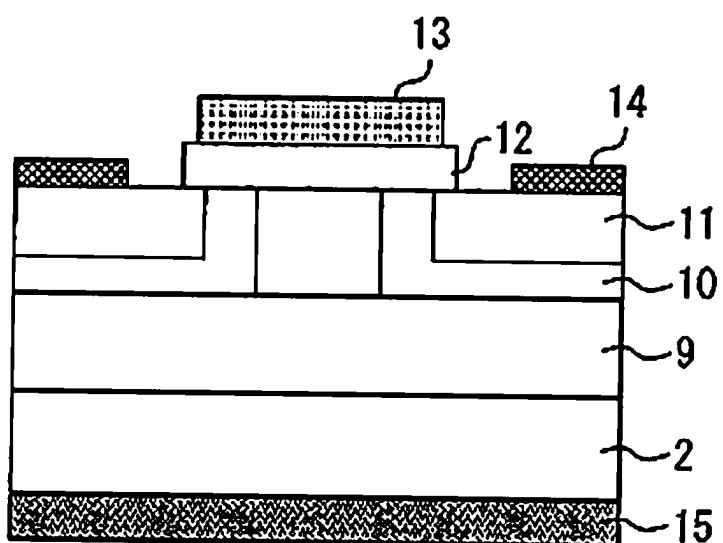


FIG. 5

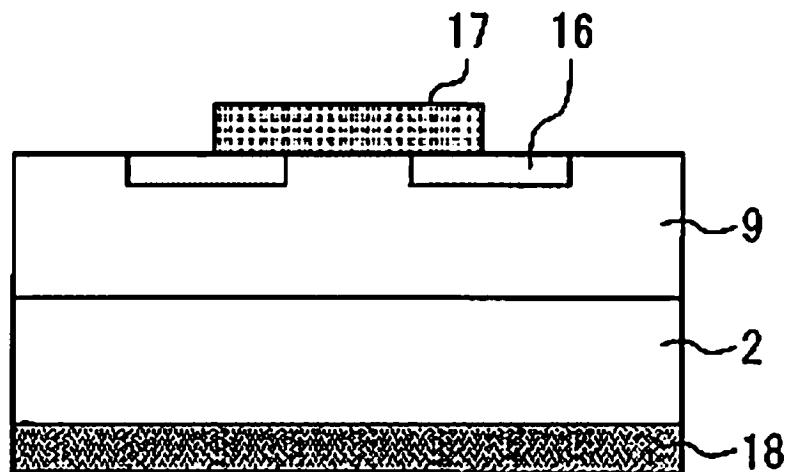


FIG. 6

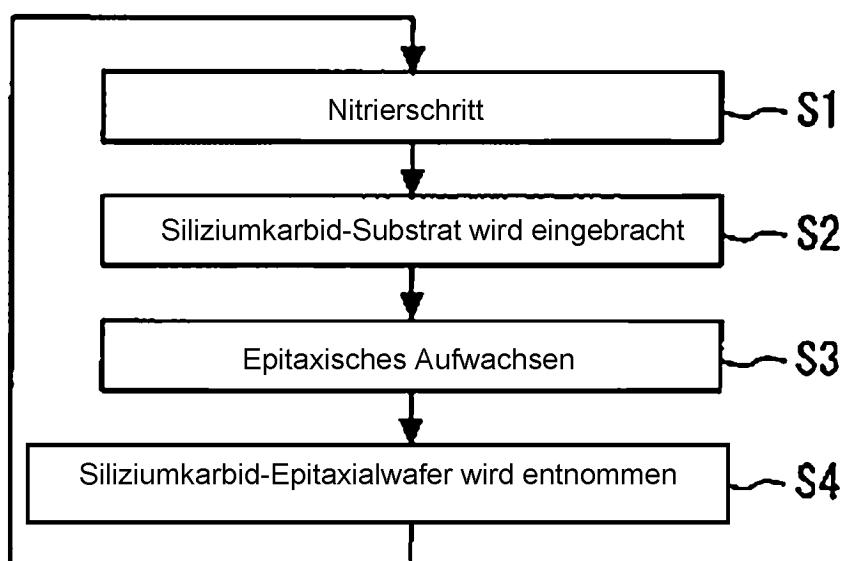


FIG. 7

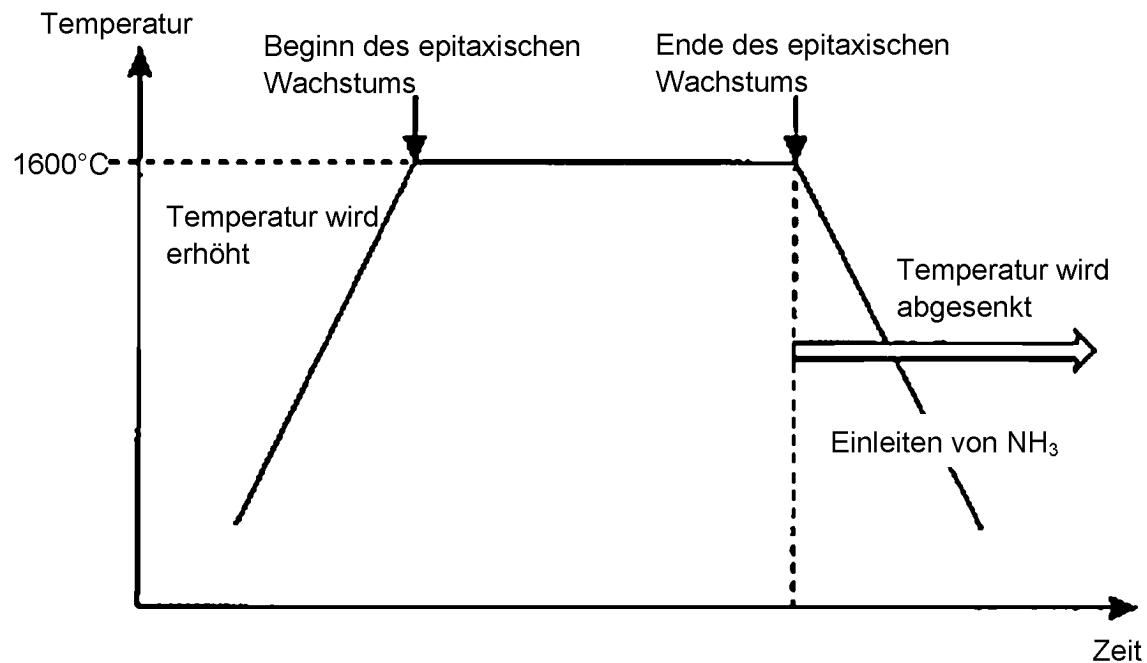


FIG. 8

