



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 025 971.6**

(22) Anmeldetag: **15.06.2009**

(43) Offenlegungstag: **16.12.2010**

(51) Int Cl.⁸: **C30B 25/08 (2006.01)**
C23C 16/455 (2006.01)

(71) Anmelder:
AIXTRON AG, 52134 Herzogenrath, DE

(72) Erfinder:
Strauch, Gerhard Karl, 52072 Aachen, DE

(74) Vertreter:
**RIEDER & PARTNER Patentanwälte -
Rechtsanwalt, 42329 Wuppertal**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 689 08 927 T2
US 66 66 924 B1
WO 2009/1 06 942 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Einrichten eines Epitaxie-Reaktors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einrichtung einer Prozesskammer in einer Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf einem von einem Suszeptor in der Prozesskammer gehaltenen Substrats, in dem durch ein Gaseinlassorgan, insbesondere mit Hilfe eines Trägergases, Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die sich darin insbesondere an heißen Oberflächen in Zerlegungsprodukte zerlegen, welche Zerlegungsprodukte die Schicht-bildenden Komponenten aufweisen. Um die Vorrichtung derart zu ertüchtigen, dass dicke Mehrschichtstrukturen in unmittelbar aufeinanderfolgenden Prozessschritten reproduzierend abgeschieden werden können, wird vorgeschlagen, dass für die zur Prozesskammer weisende Oberfläche zumindest der dem Suszeptor gegenüberliegenden Wandung der Prozesskammer ein Werkstoff gewählt wird, dessen optischer Reflektionsgrad, optischer Absorptionsgrad und optischer Transmissionsgrad jeweils dem der sich beim Schichtwachstum abscheidenden Beschichtung entspricht.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einrichtung einer Prozesskammer in einer Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf einem von einem Suszeptor in der Prozesskammer gehaltenen Substrats in dem durch ein Gaseinlassorgan, insbesondere mit Hilfe eines Trägergases Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die sich darin insbesondere an heißen Oberflächen in Zerlegungsprodukte zerlegen, welche Zerlegungsprodukte die Schicht bildende Komponenten aufweisen.

[0002] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf einem von einem Suszeptor, in dem durch ein Gaseinlassorgan insbesondere mit Hilfe eines Trägergases Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die sich darin insbesondere an heißen Oberflächen in Zerlegungsprodukte zerlegen, welche Zerlegungsprodukte die Schicht bildende Komponenten aufweisen.

[0003] Aus der DE 689 08 927 T2 ist ein Epitaxie-Reaktor bekannt, der eine im Grundriss kreisrunde, flachzylindrische Prozesskammer aufweist. Die Decke der Prozesskammer wird von einer Deckenplatte gebildet, in deren Zentrum sich ein Gaseinlassorgan befindet, durch welches Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden. Der Boden der Prozesskammer, der den Suszeptor ausbildet, trägt eine Vielzahl von Substraten. Die Substrate liegen jeweils auf drehangetriebenen Substralthältern auf. Der Suszeptor wird von unten beheizt. Dies kann über eine Widerstandsheizung oder über eine RF-Heizung erfolgen.

[0004] In der Prozesskammer findet ein MOCVD-Prozess statt. Hierzu werden mit einem Trägergas, bspw. Wasserstoff, metallorganische Verbindungen der III. Hauptgruppe, bspw. TMGa oder TMIIn in die Prozesskammer eingeleitet. Als Reaktionspartner zu diesem ersten Prozessgas wird ein zweites Prozessgas in Form eines Hydrids in die Prozesskammer eingeleitet. Es kann sich dabei um AsH_3 , PH_3 oder NH_3 handeln.

[0005] Auf dem auf den von unten erhitzten Suszeptor aufliegenden Substraten, bspw. GaAs, GaN, InP oder Mischkristalle, wird an eine aus Elementen der III- und V-Hauptgruppe bestehende Schicht abgeschieden. Die in die Prozesskammer eingeleiteten Prozessgase zerlegen sich an den heißen Oberflächen pyrolytisch. Dieses, auf einer pyrolytischen Vorzerlegung beruhende Schichtwachstum findet naturgemäß nicht nur auf den Substratoberflächen, sondern auch auf den die Substrate umgebenden Flächen des Suszeptors statt. Da die dem Suszeptor gegenüberliegende Decke der Prozesskammer durch die vom Suszeptor ausgesandte Wärmestrahlung ebenfalls beheizt wird und nicht in genügendem

Maße gekühlt werden kann, findet auch dort ein parasitäres Wachstum statt. Auf Wandungen der Prozesskammer abgeschiedene Beschichtungen sind grundsätzlich unerwünscht.

[0006] Bei der gattungsgemäßen Vorrichtung wird nach dem Abscheiden einer dünnen Halbleiterschicht die Prozesskammerdecke durch Ätzen, das „in situ“ erfolgen kann, die Belegung an der Prozesskammerdecke und auf dem Suszeptor wieder entfernt. Beim Abscheiden lediglich dünner Schichten werden naturgemäß nur sehr dünne auf das parasitäre Wachstum zurückzuführende Beschichtungen an den Prozesskammerwänden beobachtet. Ihr Einfluss auf die Schichtqualität ist hinnehmbar. Werden in einer gattungsgemäßen Vorrichtung dicke und insbesondere Mehrschichtstrukturen abgeschieden, so bilden sich an den Prozesskammerwänden dicke Beschichtungen. Es wurde beobachtet, dass es beim Abscheiden dicker, insbesondere Mehrschichtstrukturen zu nicht reproduzierbaren Ergebnissen hinsichtlich der Schichtqualität kommt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Vorrichtung derart zu ertüchtigen, dass dicke Mehrschichtstrukturen in unmittelbar aufeinanderfolgenden Prozessschritten reproduzierbar abgeschieden werden können.

[0008] Gelöst wird die Aufgabe durch das im Anspruch 1 angegebene Verfahren zum Einrichten einer Prozesskammer und durch die im Anspruch 6 angegebene derart eingerichtete Prozesskammer.

[0009] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass das Schichtwachstum und insbesondere die Qualität der auf den Substraten abgeschiedenen Halbleiterschichten nicht nur von der Oberflächenkinetik, sondern auch von der Gasphasenkinetik abhängt. Entscheidend für die Schichtqualität ist also nicht nur der eigentliche, möglichst auf die Substratoberfläche beschränkte pyrolytische Zerlegungsprozess. Wesentlich sind vielmehr Vorzerlegungsprozesse und daraus folgende Nukleationen und Adduktbildungen, die in der Gasphase oberhalb des Substrates stattfinden. Durch Kühlung der dem Suszeptor gegenüberliegenden Prozesskammerdecke soll die Temperaturverteilung innerhalb der Prozesskammer eingestellt werden. Letztere ist von erheblicher Bedeutung für die Vorzerlegung der in die Prozesskammer eingeleiteten Precursor. Untersuchungen und Modellrechnungen haben gezeigt, dass die Temperaturverteilung innerhalb der Prozesskammer und insbesondere auf dem Suszeptor nicht nur von der Leistung der den Suszeptor beheizenden Heizung abhängt, sondern auch von den Strahlungsverlusten bzw. von den Strahlungseigenschaften der Wände, die die Prozesskammer bilden. Es wurde gefunden, dass die optischen Eigenschaften: Reflektionsgrad, Absorptionsgrad und Transmissionsgrad

der Oberflächen der Prozesskammerwände von entscheidender Bedeutung sind. Erfindungsgemäß sollen diese optischen Eigenschaften der Prozesskammerwände und insbesondere der dem Suszeptor gegenüberliegenden Prozesskammerdecke sollen mit denjenigen übereinstimmen, die die abzuscheidende Schicht besitzt. Bei der bekannten Vorrichtung beobachtete fehlende Reproduzierbarkeit bei der Abscheidung von dicken Schichten wird nämlich darauf zurückgeführt, dass sich bei längeren Wachstumszeiten die optischen Eigenschaften der Prozesskammerdecke ändern. Dies hat zur Folge, dass sich die von der Prozesskammerdecke adsorbierte Wärme während des Prozesses vermindert oder vergrößert und sich dadurch die Temperatur der Prozesskammerdecke ändert, was einen Einfluss auf den Temperaturverlauf innerhalb der gesamten Prozesskammer hat und damit auch einen Einfluss auf das Zerlegungs- und insbesondere Vorzerlegungsverhalten der Prozessgase. Ändert sich der Reflektionsgrad, so hat dies zur Folge, dass eine geringe oder eine höhere Strahlungsleistung von der Prozesskammerdecke zum Suszeptor reflektiert wird. Dies hat nicht nur zur Folge, dass sich die Temperaturverteilung innerhalb der Prozesskammer ändert. Die Änderung der optischen Eigenschaften führt auch dazu, dass die Oberflächentemperatur des Suszeptors und insbesondere die Oberflächentemperatur des Substrates während der Prozessdauer stetig ansteigt bzw. stetig absinkt, bis die Prozesskammerdecke gleichmäßig mit den Zerlegungsprodukten der Prozessgase beschichtet ist. Dies ist etwa dann der Fall, wenn die Schichtdicke dicker ist, als die zweifache optische Dicke, die einem Viertel der Wellenlänge der Frequenz des Strahlungsmaximums bei der Prozesstemperatur entspricht. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zumindest der Prozesskammerdecke von vornherein optische Eigenschaften zu geben, die denjenigen entsprechen, die die abzuscheidende Schicht bzw. die sich an der Prozesskammer aufgrund parasitären Wachstums bildenden Beschichtung besitzt. Relevant sind hier die optischen Eigenschaften in dem Frequenzbereich, in welchem bei den Prozesstemperaturen das Frequenzmaximum liegt (PLANCKsches Strahlungsgesetz bzw. WIENsches Verschiebungsgesetz). Die Wachstumstemperaturen liegen im Bereich von 500 und 1.000°C.

[0010] Ein Epitaxie-Reaktor gemäß Stand der Technik, dessen ringförmige Seitenwand und dessen dem Suszeptor gegenüberliegende Decke bspw. aus Edelstahl oder Aluminium besteht, kann zufolge der Erfindung in einfacher Weise nachgerüstet werden. Die Seitenwände bzw. die Decke werden mit insbesondere austauschbaren Verkleidungsstücken versehen. Diese Verkleidungsstücke sind aus einem Material gefertigt, welches im Wesentlichen dieselben oder zumindest ähnlichen optischen Eigenschaften aufweist, wie die abzuscheidende Schicht. Je nachdem, welches Material innerhalb der Prozess-

kammer abgeschieden werden soll, können hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften an die abzuscheidenden Schichten angepasste Prozesskammerwände verwendet werden. Wenn die abzuscheidenden Halbleiterschichten hochreflektieren und kaum transparent sind, haben auch die in Frage kommenden Verkleidungsstücke eine nahezu spiegelnde Oberfläche und sind nicht transparent. Sind die abzuscheidenden Schichten weniger transparent, sind es auch die Verkleidungsstücke. Typische Werte liegen bei: Transmissionsgrad $T \sim 0$; Absorptionsgrad $A \sim 0,8$; Reflektionsgrad $R = 1 - A$.

[0011] Es ist nicht erforderlich, dass die Oberfläche der Prozesskammerwandung und insbesondere die Oberfläche der Prozesskammerdecke aus dem identischen Material besteht, aus welchem die in dem jeweiligen Prozess abzuscheidende Schicht besteht. Erfindungsgemäß soll eine Wand derart konstruiert sein, dass sie den optischen Eigenschaften der III-, V-Halbleiterschicht im Bereich der Prozesstemperatur sehr ähnlich ist, wobei $R + A + T = 1$. Hierdurch ändert sich während einer Belegung der Prozesskammerwände die thermische Wechselwirkung mit der Prozesskammer nicht.

[0012] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können auch mehrere, lang andauernde Abscheidungsprozesse hintereinander durchgeführt werden, ohne dass zwischen den einzelnen Prozessen, also beim Austauschen der Substrate, auch die Prozesskammer gereinigt werden müsste.

[0013] Alle offenbaren Merkmale sind (für sich) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 68908927 T2 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einrichtung einer Prozesskammer in einer Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf einem von einem Suszeptor in der Prozesskammer gehaltenen Substrats in dem durch ein Gaseinlassorgan, insbesondere mit Hilfe eines Trägergases Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die sich darin insbesondere an heißen Oberflächen in Zerlegungsprodukte zerlegen, welche Zerlegungsprodukte die Schicht bildende Komponenten aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die zur Prozesskammer weisenden Oberfläche zumindest der dem Suszeptor gegenüberliegenden Wandung der Prozesskammer ein Werkstoff gewählt wird, dessen optischer Reflektionsgrad, optischer Absorptionsgrad und optischer Transmissionsgrad jeweils dem der sich beim Schichtwachstum abscheidenden Beschichtung entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Oberfläche des Suszeptors und/oder der Seitenwände optische Eigenschaften aufweisen, die denen der beim Schichtwachstum abgeschiedenen Beschichtung entsprechen.

3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor der Boden einer Prozesskammer ist und das Einlassorgan im Zentrum einer Prozesskammerdecke angeordnet ist.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozesskammer in Horizontalrichtung vom Trägergas und dem Prozessgas durchströmt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die an die optischen Eigenschaften der abzuscheidenden Schicht angepassten Prozesskammerwände austauschbare Verkleidungsstücke sind.

6. Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf einem von einem Suszeptor, in dem durch ein Gaseinlassorgan insbesondere mit Hilfe eines Trägergases Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die sich darin insbesondere an heißen Oberflächen in Zerlegungsprodukte zerlegen, welche Zerlegungsprodukte die Schicht bildende Komponenten aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die dem Suszeptor gegenüberliegende Wandung der Prozesskammer von einem austauschbaren Verkleidungsstück ausgebildet wird, das an seiner zur Prozesskammer hinweisenden Oberfläche einen optischen Reflektionsgrad, einen optischen Absorptionsgrad und einen optischen Transmissionsgrad aufweist, der jeweils dem der in der Prozesskammer abzuscheidenden Schicht entspricht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Prozesskammer weisende Oberfläche des Suszeptors und/oder die zur Prozesskammer weisenden Seitenwänden von Verkleidungsstücken gebildet sind, deren zur Prozesskammer weisenden Oberflächen optische Eigenschaften besitzen, die denjenigen der abzuscheidenden Schicht entsprechen.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen