

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. Oktober 2012 (26.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/143262 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 16/455 (2006.01) **C30B 29/40** (2006.01)
C30B 25/14 (2006.01) **H01L 21/02** (2006.01)
C30B 29/48 (2006.01) **H01L 21/20** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/056457

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. April 2012 (10.04.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 002 145.0
18. April 2011 (18.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **AIXTRON SE** [DE/DE]; Kaiserstraße 98, 52134
Herzogenrath (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRIEN, Daniel**
[DE/DE]; Gartenstraße 5, 52064 Aachen (DE).
DAUELSBERG, Martin [DE/DE]; Kandelfeldstraße 8,
52074 Aachen (DE). **STRAUCH, Gerhard Karl**
[DE/DE]; Am Schönauer Hang 6, 52072 Aachen (DE).

FAHLE, Dirk [DE/DE]; Keplerstraße 112, 41236
Mönchengladbach (DE).

(74) Anwälte: **GRUNDMANN, Dirk** et al.; Rieder & Partner,
Corneliusstraße 45, 42329 Wuppertal (DE).

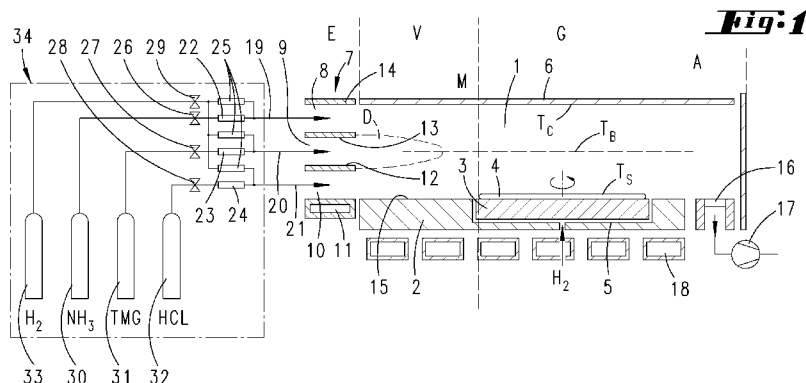
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR LARGE-SCALE DEPOSITION OF SEMI-CONDUCTOR LAYERS WITH GAS-
SEPARATED HCL-FEEDING

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM GROSSFLÄCHIGEN ABSCHIEDEN VON
HALBLEITERSCHICHTEN MIT GASGETRENNTER HCL-EINSPEISUNG



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for depositing II-VI- or III-V-semi-conductor layers on one or more substrates (4). Said device comprises a reactor housing, a treatment chamber (1), a susceptor (2) which is arranged in the treatment chamber (1) and which receives the substrate (4), a heating device (18) for heating the susceptors (2), a gas inlet element (7) for introducing, into the treatment chamber (1), treatment gases in the form of a hybrid, an organometallic component and a halogen component. Treatment gases which form adducts in the absence of the halogen components in the adduct forming area (M) in which the gas temperature (TB) is in an adduct formation temperature range are used. The halogen component is introduced into the treatment chamber (1) separately from the V- or VI-components, in particular from the hybrid in the treatment chamber (1) such that the V- or VI-components, in particular the hybrid, first comes into contact with the halogen components in the adduct formation area.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Abschneiden von II-VI- oder III-V-Halbleiterschichten auf einem oder mehreren Substraten (4), mit einem Reaktorgehäuse, eine Prozesskammer (1), einen in der Prozesskammer (1) angeordneten Suszeptor (2) zur Aufnahme des Substrates (4), eine Heizeinrichtung (18) zum Aufheizen des Suszeptors (2), ein Gaseinlassorgan (7), um Prozessgase in Form eines Hydrids, einer metallorganischen Komponente und einer Halogenkomponente in die Prozesskammer (1) einzuleiten. Es werden Prozessgase verwendet, die bei Abwesenheit der Halogenkomponente in einer Adduktbildungszone (M) in der die Gastemperatur (TB) in einem Adduktbildungstemperaturbereich liegt, Addukte bilden. Die Halogenkomponente wird derart getrennt von der V- oder VI-Komponente, insbesondere vom Hydrid in die Prozesskammer (1) eingeleitet, dass die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid erst in der Adduktbildungszone in Kontakt zur Halogenkomponente tritt.

Vorrichtung und Verfahren zum großflächigen Abscheiden von Halbleiterschichten mit gasgetrennter HCl-Einspeisung

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abscheiden von II-VI oder III-V Halbleiterschichten auf einem oder mehreren Substraten, mit einem Reaktorgehäuse aufweisend eine im Reaktorgehäuse angeordnete Prozesskammer, einen in der Prozesskammer angeordneten Suszeptor zur Aufnahme des Substrates, eine Heizeinrichtung zum Aufheizen des Suszeptors auf eine Suszeptortemperatur, ein Gaseinlassorgan, das der Prozesskammer zugeordnet ist, um ggf.
- zusammen mit jeweils in einem Trägergas Prozessgase in Form einer V- oder VI-Komponente, insbesondere eines Hydrids, einer metallorganischen II- oder III-Komponente und einer Halogenkomponente in die Prozesskammer einzuleiten, und eine Gasauslasseinrichtung zum Austritt von Reaktionsprodukten und ggf. des Trägergases aus der Prozesskammer, mit einer Gasmisch/-Versorgungseinrichtung aufweisend eine Quelle für die metallorganische II- oder II-Komponente, eine Quelle für die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid und eine Quelle für die Halogenkomponente, wobei die Quellen über Förderleitungen, die Steuerventile und Massenflussregler aufweisen, mit dem Gaseinlassorgan verbunden sind, um die metallorganische Komponente, die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid und die Halogenkomponente in voneinander getrennten Gasflüssen ggf. jeweils zusammen mit dem Trägergas in die aufgeheizte Prozesskammer zu bringen, wobei in nacheinander abfolgenden Prozessschritten mittels einer die Ventile und die Massenflussregler ansteuernden Steuereinrichtung Prozessgase in voneinander abweichender Zusammensetzung in die Prozesskammer eingespeist werden.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zum Abscheiden von II-VI oder III-V-Schichten auf einem oder mehreren Substraten, wobei Prozessgase in

Form einer metallorganischen II- oder III-Komponente, einer V- oder VI-Komponente, insbesondere eines Hydrids und einer Halogenkomponente in einer Gasmisch/-Versorgungseinrichtung bereitgestellt werden, das mindestens eine Substrat auf einen Suszeptor in einer Prozesskammer aufgebracht
5 wird, der Suszeptor und zumindest eine Prozesskammerwand auf eine Suszeptortemperatur bzw. Wandtemperatur aufgeheizt werden, die Prozessgase ggf. zusammen mit einem Trägergas in voneinander getrennten Gasflüssen mittels eines Gaseinlassorgans in die Prozesskammer eingebracht werden, wo die metallorganische Komponente und die V- oder VI-Komponente, insbesondere
10 das Hydrid pyrolytisch an der Substratoberfläche miteinander reagieren, so dass auf dem Substrat eine Schicht abgeschieden wird, und die Halogenkomponente eine parasitäre Partikelbildung in der Gasphase vermindert bzw. unterdrückt und das Trägergas zusammen mit Reaktionsprodukten durch eine Gasauslassereinrichtung die Prozesskammer verlässt, wobei in nacheinander
15 abfolgenden Prozessschritten mittels einer Ventile und Massenflussregler ansteuernden Steuereinrichtung Prozessgase in voneinander abweichender Zusammensetzung in die Prozesskammer eingespeist werden.

Eine derartige Vorrichtung bzw. ein derartiges Verfahren beschreibt die US
20 7,585,769 B2. Beschrieben wird dort eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zum Abscheiden von III-V Halbleiterschichten auf einem Substrat in einem Reaktorgehäuse. Die in die Prozesskammer des Reaktorgehäuses eingeleiteten Prozessgase enthalten ein Hydrid, beispielsweise Ammoniak, eine metallorganische Komponente, beispielsweise Trimethylgallium, und eine Halogenkomponente,
25 beispielsweise Chlorwasserstoff. Die Vorrichtung besitzt ein showerheadartiges Gaseinlassorgan, welches vertikal oberhalb eines Suszeptors angeordnet ist, welcher sich in Horizontalrichtung erstreckt und ein Substrat trägt, welches unter Verwendung von Heizungen auf eine Prozesstemperatur gebracht wird.

Die Halogenkomponente soll entweder zusammen mit den übrigen Prozessgasen oder separat in die Prozesskammer eingeleitet werden und soll dort die Bildung von Partikeln in der Gasphase verhindern bzw. unterdrücken.

- 5 Die DE 10 2007 009 145 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Abscheiden kristalliner Schichten mittels des MOCVD-Verfahrens bei durch drei übereinander angeordnete Gaseinlasszonen verschiedene Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden. Durch eine dem Suszeptor benachbarte Gaseinlasszone wird NH_3 , durch eine der Prozesskammerdecke benachbarte Gaseinlasszone
- 10 HCl und durch eine dazwischen liegenden Gaseinlasszone eine metallorganische Komponente eingeleitet. Die Einleitung der Prozessgase erfolgt jeweils zusammen mit einem Trägergas.

- Die US 4,961,399 A beschreibt eine Vorrichtung zum Abscheiden von III-V-
- 15 Schichten auf einer Vielzahl um ein Zentrum einer rotationssymmetrischen Prozesskammer angeordneten Substraten. Ein Gaseinlassorgan ist im Zentrum der Prozesskammer angeordnet und dient zum Einleiten eines Hydrides beispielsweise NH_3 , AsH_3 oder PH_3 . Durch das Gaseinlassorgan werden darüber hinaus auch metallorganische Verbindungen, bei denen es sich beispielsweise
- 20 um TMGa , TMIIn oder TMAI handeln kann, in die Prozesskammer eingeleitet. Zusammen mit diesen Prozessgasen wird auch ein Trägergas, insbesondere in Form von Wasserstoff, in die Prozesskammer eingeleitet. Der Suszeptor wird von unten geheizt. Dies kann mittels Wärmestrahlung, mittels Hochfrequenzkopplung oder anderweitig erfolgen. Eine brauchbare Heizung, die unterhalb
- 25 des Suszeptors angeordnet ist, wird in der DE 102 47 921 A1 beschrieben. Bei einem solchen CVD-Reaktor erstreckt sich die Prozesskammer in horizontaler Richtung, wird unten von einem Suszeptor und oben von einer Deckenplatte begrenzt.

Die US 7,560,364 offenbart ein MOCVD-Verfahren, bei dem ein mit metallorganischer Ausgangsstoff zusammen mit einem Hydrid in eine Prozesskammer eingebracht wird. Durch zusätzliches Einleiten von HCl sollen Gitterfehlstellen
5 reduziert werden. Es handelt sich dabei um Versetzungsfehlstellen, die sich beim Wachstum der Schicht senkrecht zur Oberfläche fadenförmig durch die Schicht ausbreiten. Durch die Zugabe von HCl werden kleine spitz zulaufende Ätzgruben erzeugt. Die Versetzungsfäden breiten sich dann senkrecht zu den geneigten Facetten der Ätzgruben aus, so dass sie verbogen sind.

10

Die DE 10 2004 009 130 A1 beschreibt einen MOCVD-Reaktor mit einer symmetrisch um ein zentrales Gaseinlassorgan angeordneten Prozesskammer. In die Prozesskammer wird zusammen mit Wasserstoff Trimethylgallium und Ammoniak eingeleitet. In dieser Schrift werden auch theoretische Überlegungen zum Wachstumsprozess angestellt. Die Prozessgase werden bei einer Ein-
15 lasstemperatur, die bei Raumtemperatur bzw. unterhalb von 100° Celsius liegt, in die Prozesskammer eingeleitet. Die Decke der Prozesskammer wird auf einer Deckentemperatur von unter 500° Celsius gehalten. Die Substrattemperatur liegt im Bereich von etwa 1000° Celsius. Je nach verwendetem Prozessgas bzw.
20 gewünschtem Prozesserfolg variieren diese Temperaturen um 50° bis 100° Celsius. In einer Vorlaufzone, die sich unmittelbar an das Gaseinlassorgan anschließt, werden die in die Prozesskammer eingeleiteten Prozessgase und das Trägergas aufgeheizt. Dies erfolgt im wesentlichen über Wärmeleitung. Die Wärme wird über den Kontakt des Trägergases mit der Prozesskammerdecke
25 oder dem Suszeptor in die Gasphase eingeleitet. Da die Suszeptortemperatur höher ist als die Deckentemperatur, bildet sich zufolge des kalten einströmenden Gases ein in Strömungsrichtung in die Prozesskammer hineinragender sogenannter kalter Finger aus, also eine räumliche Zone innerhalb der Prozess-

kammer, innerhalb der das Trägergas und insbesondere die Prozessgase aufgeheizt werden. Als Prozessgase werden solche verwendet, die sich bei Erwärmung in Zerlegungsprodukte zerlegen; so zerfallen beispielsweise die metallorganischen Verbindungen schrittweise über Zwischenprodukte in elementare Metalle, beispielsweise zerfällt TMGa über DMGa und MMGa in Ga. Die Hydride zerfallen in weitaus geringerem Maße und werden deshalb bei der Prozessführung im Überschuss angeboten. Die Wachstumsrate von in diesem Beispiel GaN auf der Substratoberfläche wird somit durch das Angebot von TMGa bestimmt.

10

Die DE 10 163 394 A1, DE 10 2006 018 515 A1 und die US 2008/0132040 A1 beschreiben die Verwendung von HCl zum Ätzen der Prozesskammer nach einem Beschichtungsprozess bzw. die Verwendung von HCl als Transportgas für Gallium bzw. Indium in einem HVPE-Prozess.

15

Die sich an die Vorlaufzone anschließende Wachstumszone ist – nach bisheriger Kenntnis – der Bereich innerhalb der Prozesskammer, innerhalb welchem zumindest die III-Komponente nahezu vollständig zerlegt ist, das heißt im wesentlichen nur noch Zerlegungsprodukte bzw. nur noch Metallatome in der Gasphase vorhanden sind. Diese diffundieren aus dem Volumenstrom oberhalb der in der Wachstumszone angeordneten Substrate in Richtung auf die Substratoberfläche, wo die Zerlegungsprodukte vollständig zerlegt werden und sich das Hydrid stöchiometrisch zerlegt. Das Wachstum wird in den bisherigen Theorien über ein Grenzschicht-Diffusions-Modell beschrieben. Das Angebot, also der Partialdruck der III-Komponente ist dabei so gewählt, dass die Zerlegungsprodukte sich kristallbildend auf der Substratoberfläche pyrolytisch abscheiden. Die Oberfläche des Substrates ist deshalb auch einkristallin.

20

25

P. Fini et al. Japanese Journal of applied physics 37 (1998) 4460 oder D. D. Koleske Journal of Chrystal Growth 242 (2002) 55 zeigen, dass bei einem geringen Totaldruck in der Prozesskammer, beispielsweise von weniger als 200 mbar, mehr Kristalldefekte in der abgeschiedenen Schicht auftreten als bei höheren
5 Totaldrucken, insbesondere bei Totaldrucken von mehr als 400 mbar. Im Detail wird dort die Versetzungsdichte reduziert und der Einbau von Verunreinigungen vermindert. Auf den ersten Blick erscheint deshalb die Steigerung des Totaldrucks ein geeignetes Mittel zu sein, die Kristallqualität zu erhöhen. Die Forschungsergebnisse zeigen aber auch, dass eine Steigerung des Totaldrucks
10 zu einer drastischen Verminderung der Wachstumsrate führt. Außerdem führt eine Steigerung des Prozessdrucks auch zum Einsetzen parasitärer Prozesse und insbesondere parasitärem Wachstum, so dass in der bisherigen Fertigung nur mit niedrigen Drucken gearbeitet wird.

15 Die US 2008/0050889 befasst sich mit Simulationsrechnungen zur Ermittlung geeigneter Prozessparameter, um eine parasitäre Partikelbildung in einem Showerhead-Reaktor zu unterdrücken.

Die DE 10 2004 009 130 A1 zeigt anhand der dortigen Figur 2, dass die Wachstumsrate innerhalb der Wachstumszone in Stromrichtung abnimmt. Durch eine
20 geeignete Prozessführung lässt sich ein gradliniger Verlauf der Abnahme der Wachstumsrate einstellen. Ursache für das Absinken der Wachstumsrate ist die stetige Verarmung der Gasphase zufolge des eigentlichen Wachstumsprozesses. Werden die Substrate von drehenden Substrathaltern gedreht, so kann die
25 zufolge dieses Verarmungseffektes laterale Inhomogenität der Wachstumsrate kompensiert werden.

Bei dem oben genannten Versuch mit erhöhten Totaldrücken hat sich jedoch gezeigt, dass kein derartiger linearer Verlauf der Abnahme der Wachstumsrate einstellbar ist. Vielmehr bilden sich im stromabwärtigen Bereich in der Gasphase Partikel, die nicht zum Wachstum beitragen, sondern mit dem Gasstrom
5 direkt in das Gasauslassorgan transportiert werden. Eine Steigerung des Totaldrucks hat somit bislang für die Fertigung nur zu unbrauchbaren Ergebnissen geführt.

Gemäß einer Modellvorstellung der Gasphasenreaktionen bilden sich in der
10 Prozesskammer in einer Vorlaufzone vor der eigentlichen Wachstumszone Addukte zwischen der metallorganischen Komponente und dem Hydrid. Diese Addukte bilden Nukleazonskeime für sich in der Gasphase bildende Partikel, die ohne dass sie zum Schichtwachstum beitragen vom Trägergas aus der Prozesskammer transportiert werden. Wird Wasserstoff als Trägergas verwendet,
15 so reduziert sich diese Partikelbildung als Folge einer ätzenden Wirkung des Wasserstoffs. Auch eine Verringerung der mittleren Verweilzeit, also eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit kann in gewissen Grenzen die Partikelbildung vermindern.

20 Die Wachstumsrate hängt bei niedrigen Partialdrücken der metallorganischen Komponente und insbesondere des TMGs linear von dessen Flussrate ab. Zu höheren TMG-Partialdrücken ist aber eine Sättigung zu beobachten und bei noch höheren Partialdrücken sogar ein Absinken der Wachstumsrate. Dieser Grenzpartialdruck, ab dem sich die Wachstumsrate sublinear mit dem Partialdruck ändert, hängt vom Totaldruck, der Verweilzeit der Prozessgase in der Prozesskammer und vom Grad dessen Verdünnung ab. Als Ursache für die
25 Sättigung bzw. das Absinken der Wachstumsraten werden parasitäre Verluste wie Adduktbildung, Keimbildung und Gasphasenkondensationen angesehen.

In der industriellen Fertigung von Halbleiterschichten besteht ein hohes Interesse an hohen Wachstumsraten, um so den Durchsatz bei der Produktion zu erhöhen.

5

Die Verlängerung der Vorlaufzone des Prozessgases, also der Wegstrecke, die das Prozessgas nach dem Austritt aus dem Gaseinlassorgan bis zum Substrat zurücklegt, führt bei rotationssymmetrisch um ein zentrales Gaseinlassorgan angeordneter Prozesskammer zu einer überproportionalen Vergrößerung der Grundfläche der Prozesskammer. Dadurch wächst bei einer Prozesskammer, die für großflächigere Substrate geeignet ist, die Verweilzeit gegenüber einer kleinen Kammer. Bei ansonsten vergleichbaren Bedingungen treten die genannten parasitären Verluste auf, obwohl sie in einer entsprechenden kleinen Prozesskammer nicht auftreten. Sie finden oftmals im hinteren, stromabwärtigen Bereich der Wachstumszone statt. Dadurch knickt die ansonsten linear verlaufende Wachstumsratenverteilung, die sog. Verarmungskurve, ab. Dies hat zur Folge, dass auch ein Rotieren des Substrates nicht zu einem homogenen Wachstum führt. Nicht nur die Schichtdicke, sondern auch die Schichtzusammensetzung verläuft dann auf dem Substrat nicht gleichmäßig.

20

In „High growth rate process in a SiC horizontal CVD reactor using HCl“, Microelectronic Engineering 83 (2006) 48 – 50 beschreiben die Autoren die Wirkung von HCl hinsichtlich einer Unterdrückung einer Silicium Nukleation.

25

In „Effect of HCl addition on gas-phase and surface reactions during homoepitaxial growth of SiC at low temperatures“, Journal of applied physics 104, 053517 (2008) beschreiben die Autoren ebenfalls die Wirkung eines zusätzlichen HCl-Flusses beim Abscheiden von Silicium enthaltenden Schichten.

In „Prevention of In droplets formation by HCl addition during metal organic vapor phase epitaxy of InN“, Applied physics letters 90, 161126 (2007)“ beschreiben die Autoren die Wirkung von Cl, insbesondere in Form HCl in einem Kristallabscheidungsprozess, in dem als Prozessgase NH_3 und TMI_n verwendet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen anzugeben, mit denen die mit Substraten belegte Nutzfläche des Suszeptors vergrößert werden kann.

10

Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung. Zunächst und im Wesentlichen ist vorgesehen, dass das Einlassorgan zumindest drei voneinander getrennte Gaseinlasszonen aufweist, wobei zwischen einer mit der Quelle der V- oder VI-Komponente verbundenen V- oder VI-Einlasszone und einer mit der Halogenkomponentenquelle verbundenen Halogenkomponenteneinlasszone eine Trenngaseinlasszone angeordnet ist, die während des Einspeisens der Halogenkomponente weder aus der Quelle der V- oder VI-Komponente noch aus der Halogenkomponentenquelle gespeist wird. Es ist ferner vorgesehen, dass durch die Trenngaseinlasszone die metallorganische Komponente oder lediglich ein Inertgas, bspw. das Trägergas eingespeist wird. Hierzu ist die Trenngaseinlasszone mit der Quelle der metallorganischen Komponente verbunden bzw. verbindbar. Die Vorrichtung besitzt dann insgesamt mindestens drei voneinander getrennte Gaseinlasszonen, wobei durch benachbarte Gaseinlasszonen bzw. durch benachbarte Kanäle nicht gleichzeitig das Hydrid und die Halogenkomponente in die Prozesskammer eintreten. Bevorzugt wird durch jede der drei Einlasszonen nur eine der drei Gaskomponenten in die Prozesskammer eingebracht. Es können aber optional weitere Gaseinlasszonen vorgesehen sein. In nacheinander abfolgenden Prozessschritt-

15

20

25

ten werden mittels einer die Ventile und die Massenflussregler ansteuernden Steuereinrichtung Prozessgase in voneinander abweichender Zusammensetzung in die Prozesskammer eingespeist. Das Gaseinlassorgan ist bevorzugt mit einer Kühleinrichtung ausgestattet, mit der zumindest eine, bevorzugt alle

5 Gaseinlasszonen gekühlt werden können. Hierzu können die Wände der Gaseinlasszonen mit von einem Kühlmittel durchströmte Kühlkanäle aufweisen. Durch das Gaseinlassorgan können Prozessgase in die Prozesskammer eingeleitet werden, die ohne die Anwesenheit einer Halogenkomponente zu einer Belegung bspw. der Suszeptoroberfläche vor der Wachstumszone miteinander

10 reagieren. Die Halogenkomponenteneinlasszone kann derart benachbart und stromaufwärts vor einem beheizten Oberflächenabschnitt der Prozesskammer angeordnet sein, dass dort das parasitäre Wachstum unterdrückt wird. Das Gaseinlassorgan wird mit der Kühleinrichtung auf eine Einlasstemperatur gekühlt, die unter der Zerlegungstemperatur der Prozessgase liegt. Dies erfolgt

15 mit der Kühlflüssigkeit, die durch die Kühlkanäle strömt. In die bevorzugt in Horizontalrichtung durchströmte Prozesskammer tritt das Prozessgas durch vertikal übereinander angeordnete Gaseinlasszonen ein. Das Prozessgas durchläuft dabei eine Vorlaufzone, innerhalb derer sich die Prozessgase mischen können. Als V- oder VI-Komponente wird bevorzugt ein Hydrid verwendet,

20 welches Arsin, Phosphin oder bevorzugt Ammoniak ist. Als V-Komponente wird somit bevorzugt eine Stickstoffverbindung zum Abscheiden von GaN verwendet. Als Halogenkomponente kommt ein Halid in Betracht, bspw. eine Halogenwasserstoffverbindung wie HCl aber auch das reine Halogen, bspw. Cl₂, insbesondere auch in ionisierter Form. Im Folgenden wird die Erfindung

25 am Beispiel der Verwendung eines Hydrids und TMGa sowie HCl erläutert: Da das Hydrid und das HCl vertikal beabstandet in verschiedenen Ebenen in die Prozesskammer eingebracht werden, treffen die Halogenkomponente und Hydrid erst in einem horizontalen Abstand stromabwärts der Einlasszone inner-

halb der Vorlaufzone aufeinander. Am Ort des Zusammentreffens haben sich die Gase bereits derart aufgeheizt, dass die Gastemperatur oberhalb einer Reaktionstemperatur liegt, bei der das Hydrid bspw. Ammoniak und die Halogenkomponente bspw. HCl unter Bildung eines Kondensats, nämlich eines Feststoffes bspw. Ammoniumchlorid miteinander reagieren. Der Ort, an dem die Halogenkomponente und das Hydrid erstmalig in Kontakt miteinander treten, kann auch innerhalb einer Adduktbildungszone liegen, also in einem Bereich der Prozesskammer, in der die Gastemperatur innerhalb eines Adduktbildungstemperaturbereichs liegt, der betreffend die Prozessgaspaarung TMGa und NH₃ im Bereich zwischen 100° C bis 500° C liegt. Die Halogenkomponente wird vorzugsweise in der zu unterst liegenden Ebene in die Prozesskammer eingeleitet. Dies hat zur Folge, dass die Zone der Prozesskammer, also die Substrathalterzone, die unmittelbar stromabwärts der Halogenkomponenteneinlasszone liegt, mit der größten Halogenkomponenten-Konzentration beaufschlagt wird. An die Halogenkomponenteneinlasszone schließt sich bevorzugt die der Vorlaufzone zugeordnete beheizte Wandung des Suszeptors an, in der in Abwesenheit einer Halogenkomponente unmittelbar vor der Wachstumszone die Wachstumsrate am größten ist. In Abwesenheit der Halogenkomponente findet somit eine Belegung der Vorlaufzone des Suszeptors statt. Dieses parasitäre Wachstum kann durch Einleitung der Halogenkomponente unmittelbar oberhalb des Suszeptors vermieden werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung befindet sich die Hydrideinlasszone unmittelbar unterhalb der Prozesskammerdecke. Die Prozesskammerdecke ist ebenso wie der Suszeptor thermisch gegenüber dem gekühlten Gaseinlassorgan isoliert. Die Prozesskammerdecke kann aktiv beheizt werden, wozu der Prozesskammerdecke eine gesonderte Heizeinrichtung zugeordnet ist. Es ist aber auch möglich, dass die Prozesskammerdecke lediglich passiv beheizt wird. Der Suszeptor wird mit einer Heizeinrichtung, beispielsweise einer wassergekühlten RF-Spule

beheizt und strahlt dabei Wärme ab, die die Prozesskammerdecke aufheizt. Das Gaseinlassorgan kann im Zentrum eines rotationssymmetrisch aufgebauten Planetenreaktor liegen. Der Suszeptor bildet eine Vielzahl von planetenartig das Gaseinlassorgan umgebende Substrathalter aus, die ein oder mehrere Substrate tragen und die während des Wachstums um ihre Achse gedreht werden. Das von oben gespeiste Gaseinlassorgan liegt dabei im Zentrum der Prozesskammer. Es ist ringförmig vom Suszeptor umgeben, der auch drehangetrieben werden kann. Der Suszeptor besitzt eine Vielzahl von Vertiefungen, wobei in jeder Vertiefung ein kreisscheibenförmiger Substrathalter einliegt, der auf einem Gaspolster aufliegend gedreht wird. Der Drehantrieb wird von einem gerichteten Gasstrom aus gebildet. Auf dem Substrathalter können ein oder mehrere Substrate aufliegen.

Die Einspeisung der Prozessgase durch voneinander getrennte Gaseinlasszonen kann nicht nur in horizontaler Richtung erfolgen. Es ist auch vorgesehen, dass die Prozessgase durch die Prozesskammerdecke in vertikaler Richtung in die Prozesskammer eingeleitet werden. Hierzu ist das Gaseinlassorgan in Form eines Duschkopfes (Showerhead) ausgebildet. Die Prozesskammerdecke weist bei dieser Variante eine Vielzahl siebartig angeordneter Gasaustrittsöffnungen auf, die in gleichmäßiger Verteilung angeordnet sind. In regelmäßiger Anordnung sind dort Hydrideinlasszonen, Trenngaseinlasszonen und Halogenkomponenteneinlasszonen jeweils in Form einer einzelnen Gasaustrittsöffnung angeordnet. Zu einer dieser Gaseinlasszonen können aber auch mehrere Gasaustrittsöffnungen gehören. Es ist dann eine Gruppe von Gasaustrittsöffnungen, die eine Gaseinlasszone bildet. Eine Halogenkomponenteneinlasszone ist dabei von einer Trenngaseinlasszone umgeben, die von einer Vielzahl von Gasaustrittsöffnungen ausgebildet ist. Ebenso ist jede Hydrideinlasszone von einer Trenngaseinlasszone umgeben, die von einer Vielzahl von Gasaustritts-

- öffnungen ausgebildet ist. Das Gaseinlassorgan kann mehrere übereinander angeordnete Kammern aufweisen, die untereinander gasdicht abgeschlossen sind. Jede der Kammern ist mit einer Vielzahl von Kanälen, insbesondere in Form von Röhrchen mit der Gasaustrittsfläche, die von der Prozesskammerdecke ausgebildet ist, verbunden. Der Prozesskammerdecke unmittelbar benachbart kann eine Kühlkammer angeordnet sein, so dass die Prozesskammerdecke gekühlt ist. Aus den einzelnen Gasaustrittsöffnungen treten die Prozessgase getrennt voneinander in die Prozesskammer, wobei das Hydrid von der Halogenkomponente durch ein Trenngas getrennt ist. Bei dem Trenngas kann es sich um ein Inertgas handeln. Mit dem Trenngas kann die III-Komponente in die Prozesskammer eingebracht werden. Es ist aber auch vorgesehen, dass die III-Komponente zusammen mit der Halogenkomponente in die Prozesskammer eingeleitet wird.
- 15 Durch das gezielte Einleiten der Halogenkomponente in das Adduktbildungsvolumen, also den Abschnitt der Prozesskammer in dem sich die Addukte bilden, wird die Partikelbildung reduziert. Dies hat zur Folge, dass das Verarmungsprofil innerhalb der Wachstumszone homogen einstellbar ist. Das Verarmungsprofil kann so eingestellt werden, dass die Konzentration des Metalls der II- oder III-Komponente in der Gasphase über die gesamte Wachstumszone im Wesentlichen linear abfällt. Die mittlere Verweilzeit der Prozessgase innerhalb der Prozesskammer kann mehr als 1,5 Sekunden betragen. Die Länge der Wachstumszone in Strömungsrichtung kann größer als 150 mm sein. Über diese Strecke besitzt die Gasphasenverarmung einen linearen Verlauf, so dass auch die Wachstumsrate linear mit dem Abstand vom Gaseinlassorgan abnimmt.
- 25 Durch Drehen der Substrathalter kann diese Gasphasenverarmung bzw. dieser inhomogene Verlauf der Wachstumsrate kompensiert werden. Die HCl-Dotierung der Gasphase in das Adduktbildungsvolumen führt zu einer Ver-

minderung der Adduktbildung, der Nukleation und der Partikelbildung. Die HCl-Dotierung der Gasphase in das Adduktbildungsvolumen kann dabei der Adduktmenge, die sich bei nicht vorhandenem HCl bilden würde, angepasst sein. Es reicht dabei aus, dass die Gasphase mit einer Halogenkomponenten-

5 menge dotiert wird, die unter 250 ppm der Gesamtgasmenge bzw. unter 10% der metallorganischen Komponente liegt. Es hat sich dabei überraschend herausgestellt, dass die Menge des pro Zeiteinheit zuzugebenden HCl maximal nur ein zehntel der Menge der II- oder III-Komponente betragen muss, die pro Zeiteinheit in die Prozesskammer eingeleitet wird. Als metallorganische Kom-

10 ponente wird bevorzugt Trimethylgallium, Trimethylaluminium oder Trimethylindium verwendet. Als Hydrid wird bevorzugt NH_3 , AsH_3 oder PH_3 verwendet. Werden die Prozessgase TMG, NH_3 und HCl verwendet, so bewirkt der Trenngasfluss, der durch die Trenngaseinlasszone in die Prozesskammer strömt und der weder das Hydrid noch die Halogenkomponente enthält, dass

15 kein Ammoniumchlorid in der Gasphase auskondensiert. Ammoniak und Chlorwasserstoff kommen vielmehr erst dort in Kontakt, wo die Gastemperatur oberhalb der vom Totaldruck abhängigen Bildungstemperatur von festem Ammoniumchlorid liegt. Das Verfahren wird nicht nur zum Abscheiden von GaN sondern auch zum Abscheiden von AlN bzw. InP oder Mischkristallen

20 verwendet. Dabei liegen die Substrattemperaturen auch oberhalb von 1000°C . Zum Abscheiden In-haltiger Verbindungen liegen die Substrattemperaturen unterhalb 800°C . Da die Injektion der Halogenkomponente, bevorzugt in Form von HCl, in das Adduktbildungsvolumen die Addukte in der Gasphase bei ihrer Entstehung ätzt, bilden sich erheblich weniger Nano-Teilchen als bei Ab-

25 wesenheit von HCl, wodurch die Verweilzeit der Prozessgase innerhalb der Prozesskammer erhöht werden kann, was zur Folge hat, dass längere Strömungswege mit einem linearen Verarmungsprofil durch HCl-Einleitung möglich ist. Hierdurch lässt sich die mit zu beschichtenden Substraten belegbare

Nutzfläche des Suszeptors vergrößern. Anstelle von HCl oder anderer Wasserstoffhalide kann aber auch ein reines Halogen bspw. Cl₂ verwendet werden.

Durch das Einleiten der Halogenkomponente, insbesondere HCl, wird auch die Morphologie des abgeschiedenen Kristalls verbessert. Die Ladungsträgerbeweglichkeit innerhalb des Kristalls wird erhöht.

In Planetenreaktoren des Standes der Technik, bei dem eine Mehrzahl drehangetriebener Substrathalter kreisförmig um ein zentrales Gaseinlassorgan angeordnet sind, müssen die Hydride, bspw. NH₃, mit relativ hohen Flussmengen, d.h. mit relativ hoher Dichte innerhalb des Gasgemisches in die Prozesskammer eingeleitet werden. Die Substrathalter müssen eine relativ große Entfernung zum Gaseinlassorgan besitzen. Die Verwendung der Halogenkomponente und insbesondere des HCl während des Wachstumsprozesses ermöglicht die Reduzierung der Gesamtflussmenge und dadurch eine Verminderung des Trägergas-Flusses, ohne dass durch die erhöhte Verweilzeit die bislang beobachteten parasitären Prozesse stattfinden, die Einbußen in der Schichtqualität bringen. Es ist damit möglich, in einer Prozesskammer nur sechs oder weniger eng benachbart angeordnete kreisförmige Substrate gleichförmig zu beschichten, die jeweils einen Durchmesser von 200 mm besitzen.

Die Möglichkeit, die Verweilzeit der Prozessgase innerhalb der Prozesskammer zu vermindern und damit den Gesamtfluss zu reduzieren, ermöglicht es auch, auf die Höhe der Prozesskammer Einfluss zu nehmen, diese bspw. zu erhöhen, um das Be- und Entladen der Substrate zu vereinfachen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand beigefügter Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch eine Schnittdarstellung einer in einem nicht dargestellten Reaktorgehäuse angeordneten Prozesskammer, die in Horizontalrichtung vom Prozessgas durchströmt wird zusammen mit einer Gasmisch/-Versorgungseinrichtung, in der nur die zur Erläuterung der Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt sind,
- Fig. 2 das Temperaturprofil in Strömungsrichtung an drei verschiedenen Positionen in der Prozesskammer,
- Fig. 3 als durchgezogene Linie schematisch den Verlauf der Wachstumsrate über die Strömungsrichtung ohne HCl-Einspeisung und als gestrichelte Linie mit HCl-Einspeisung,
- Fig. 4 schematisch die Draufsicht auf einen Substrathalter, wobei mit der gestrichelten Linie der äußere Rand einer Vorlaufzone V und mit der strichpunktierten Linie der Beginn einer Zone C dargestellt ist, in der auf der Suszeptoroberfläche parasitäres Wachstum stattfinden kann.
- Fig. 5 schematisch den Schnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem das Gaseinlassorgan 7 als Showerhead ausgebildet ist,
- Fig. 6 den Ausschnitt V in Fig. 5,
- Fig. 7 einen Teilbereich der Gasaustrittsfläche des Gaseinlassorganes 7 mit einer ersten Anordnung der Gasaustrittsöffnungen, gemäß Fig. 5 von unten gesehen,

Fig. 8 eine Darstellung gemäß Fig. 7, jedoch mit einer zweiten Anordnung der Gasaustrittsöffnungen,

Fig. 9 eine Darstellung gemäß Fig. 6 eines weiteren Ausführungsbeispiels,

5

Fig. 10 eine Darstellung gemäß Fig. 7 betreffend das in Fig. 9 dargestellte Gaseinlassorgan, und

Fig. 11 eine weitere Anordnung der Gasaustrittsöffnungen an einer Gasaus-

10 trittsfläche.

Die in der Figur 1 dargestellte Gasmisch/-Versorgungseinrichtung 34 besitzt eine Hydridquelle 30, bei der es sich im Ausführungsbeispiel um eine Ammoniakquelle handelt. Sie besitzt ferner eine Quelle für eine metallorganische

15 Komponente 31, bei der es sich im Ausführungsbeispiel um Trimethylgallium handelt. Ferner ist eine Halogenkomponentenquelle 32 einer Halogenkomponente vorgesehen, bei dem es sich im Ausführungsbeispiel um HCl handelt. Schließlich besitzt die Gasmisch/-Versorgungseinrichtung 34 auch eine Trägergasquelle 33, wobei es sich beim Trägergas um Wasserstoff handelt.

20

Die Quellen 30, 31, 32, 33 sind als Gastanks dargestellt. Es kann sich hierbei um eine Gasflasche bzw. um einen Bubbler handeln. Jede Gasquelle 30, 31, 32 ist mit einer Gasableitung verbunden, die über ein Ventil 26, 27, 28, 29 verschließbar ist, welche Ventile 26, 27, 28, 29 von einer nicht dargestellten Steuereinrichtung

25 schaltbar sind. Stromabwärts der Ventile 26, 27, 28, 29 befinden Massenflussregler 22, 23, 24, 25, mit denen ein Trägergasstrom bzw. ein Strom des Hydrids, der metallorganischen Komponente oder der Halogenkomponente einstellbar ist. Mit dem Massenflussregler 24 wird ein Halogenkomponenten-

gasstrom geregelt, der mit dem Trägergasstrom verdünnt wird und der durch eine Halogenkomponentenzuleitung 21 einer Halogenkomponenteneinlasszone 10 eines Gaseinlassorgans 7 zugeleitet wird. Mit dem Massenflussregler 23 wird der Massenfluss einer metallorganischen Komponente, die beispielsweise
5 mit einem Trägergas aus einem Bubbler gefördert werden kann, geregelt. Mit einem Massenflussregler 25 wird dieser Gasstrom verdünnt und durch eine MO-Zuleitung 20 zu einer MO-Einlasszone 9 geleitet. Die MO-Einlasszone 9 bildet eine Trenngaseinlasszone aus.

10 Mit dem Massenflussregler 22 wird der Massenfluss des Hydrids geregelt, der ebenfalls mit einem Trägergasfluss verdünnt werden kann und der durch die Hydridzuleitung 19 einer Hydrideinlasszone 8 zugeleitet wird.

Die der MO-Einlasszone 9 in Strömungsrichtung vorgeordnete MO-Zuleitung
15 20 ist derart mit Ventilen 27 bzw. Massenflussreglern 23 versehen, dass es während des Einspeisens der Halogenkomponente durch die Halogenkomponenteneinlasszone 10 nicht möglich ist, eine Halogenkomponente aus der Halogenkomponentenquelle 32 oder ein Hydrid aus der Hydridquelle 30 durch die MO-Einlasszone 9 hindurchzuleiten. Die der Hydrideinlasszone 8 und der Halogenkomponenteneinlasszone 10 vorgeordneten Hydridzuleitung 19 und Halogenkomponentenzuleitung 21 sind so ausgebildet, dass weder das der Quelle 30 entstammende Hydrid noch die der Quelle 32 entstammende Halogenkomponente in die Trenngaseinlasszone 9 eintreten kann, so dass durch die Trenngaseinlasszone 9 ausschließlich ein Trenngas fließen kann, bei dem es sich um ein
20 Inertgas, nämlich um das Trägergas und um die MO-Komponente handelt.

Die besagten Gaseinlasszonen 8, 9, 10 sind einem Gaseinlassorgan zugeordnet und sind, wie es grundsätzlich aus der DE 10 2004 009 130 A1 bekannt ist, ver-

tikal übereinander angeordnet. Das Gaseinlassorgan 7 ist gekühlt. Es besitzt Trennwände 12, 13, eine obere Wand 14 und eine untere Wand, bei der ein Kühlflüssigkeitskanal 11 dargestellt ist. Es können sämtliche Trennwände 12, 13, 14 flüssigkeitsgekühlt werden und hierzu Kühlflüssigkeitskanäle aufweisen.

5 Bevorzugt ist aber nur die Boden- und die Deckenplatte des Gaseinlassorganes, also zusätzlich zum Flüssigkeitskanal 11 noch ein weiterer Flüssigkeitskanal im Bereich der Trennwand 14 vorzusehen. Hierdurch können die anderen Trennwände eine minimale Materialstärke aufweisen. Das Gaseinlassorgan 7 bildet die Gaseinlasszone E aus. Mittels Kühlwasser kann das Gaseinlassorgan 7 auf

10 Temperaturen im Bereich unterhalb von 250°C bzw. 300°C gehalten werden. Bevorzugt wird die Temperatur des Gaseinlassorganes 7 aber auf Temperaturen unter 150° gehalten zur Vermeidung einer MO-Zerlegung.

In horizontaler Erstreckung schließt sich an die vertikal etagenartig übereinander liegenden Gaseinlasszonen 8, 9, 10 die Prozesskammer 1 an, deren Boden

15 von einem Suszeptor 2 gebildet ist und deren Decke 6 parallel zum Suszeptor 2 verläuft. Die drei übereinander angeordneten Gaseinlasszonen 8, 9, 10 erstrecken sich dabei über die gesamte Höhe der Prozesskammer 1, wobei die Halogenkomponenteneinlasszone 10 sich unmittelbar an den Boden der Prozess-

20 kammer und die Hydrideinlasszone 8 sich unmittelbar an die Decke 6 der Prozesskammer 1 anschließt und die Trenngaseinlasszone 9 dazwischen liegt. Die einzelnen übereinander liegenden Gaseinlasszonen 8, 9, 10 können identische Höhen besitzen. Es ist aber auch vorgesehen, dass die Gaseinlasszonen 8, 9, 10 unterschiedliche Höhen besitzen. Bei einer Prozesskammerhöhe von etwa 20

25 mm können die Höhen der Hydrideinlasszone 8, der Trenngaseinlasszone 9 und der Halogenkomponenteneinlasszone 10 das Höhenverhältnis 1:2:1 besitzen. In einer Variante ist das Höhenverhältnis 1:3:1 vorgesehen.

In Stromrichtung schließt sich an die Einlasszone E eine Vorlaufzone V an. Die Vorlaufzone V erstreckt sich über einen beheizten Wandungsabschnitt 15 des Suszeptors 2. Die Beheizung des Suszeptors 2 erfolgt über eine RF-Heizung 18 in Form einer wassergekühlten Heizspirale, die unterhalb des Suszeptors 2

5 angeordnet ist. In dem aus Grafit oder einem anderen leitenden Material gefertigten Suszeptor 2 werden dadurch Wirbelströme erzeugt, die zu einer Aufheizung des Suszeptors 2 führt. Der Suszeptor 2 wird je nach Prozessschritt auf unterschiedliche Temperaturen aufgeheizt, bspw. zum Abscheiden einer Keimschicht GaN/AlN auf 550°C, einer n-GaN-Schicht auf 1050°C, einer p-GaN-

10 Schicht auf 900°C, einer InGaN-Schicht auf 750°C einer AlGaIn-Schicht auf 1050°C und zum Abscheiden von AlGaIn-Schichten für optoelektronische Anwendungen (UV-LEDs) auf bis zu 1400°C. Die dem Suszeptor 2 gegenüberliegende Deckenwand 6 hat eine um ca. 200°C (oder mehr) niedrigere Temperatur, wenn sie nicht aktiv geheizt wird. Bei einer aktiv aufgeheizten Decken-

15 wand 6 ist die Temperaturdifferenz aber geringer. Sie kann auch Null sein. Es ist auch möglich, die Prozesskammerdecke 6 auf eine höhere Temperatur aufzuheizen als den Suszeptor 2.

Stromabwärts der Vorlaufzone V erstreckt sich die Wachstumszone G, in der

20 ein oder mehrere Substrathalter 3 angeordnet sind. In der Schnittdarstellung gemäß Figur 1 ist nur ein kreisscheibenförmiger Substrathalter 3 dargestellt, der in einer Ausnehmung 5 des Suszeptors 2 einliegt und der auf einem Gaspolster aufliegend während der Durchführung des Verfahrens gedreht wird. Auf dem Substrathalter 3 liegt ein zu beschichtendes Substrat 4 auf, dessen Substrattem-

25 peratur T_s auf Wert typischerweise zwischen 900 bis 1100° C geregelt werden kann. Der heiße Suszeptor 2 erwärmt die Prozesskammer 1 auf eine Temperatur T_c . In der Mitte der Prozesskammer 1 stellt sich eine Gastemperatur T_B ein,

die zwischen der Prozesskammerdeckentemperatur T_c und der Substrattemperatur T_s liegt.

5 An die Wachstumszone G schließt sich eine Auslasszone A an, in der eine Gas-
auslasseinrichtung 16 angeordnet ist, die mit einer Vakuumpumpe 17 verbunden ist, so dass der Totalgasdruck innerhalb der Prozesskammer auf Werte zwischen wenigen Millibar und Atmosphärendruck einstellbar ist.

10 Die in der Figur 1 schematisch dargestellte Prozesskammer besitzt einen kreisförmigen Suszeptor 2, der konzentrisch das ebenfalls kreissymmetrisch aufgebaute Gaseinlassorgan 7 umgibt.

Der vertikale Abstand der Trennwände 12, 13, der die Höhe der MO-Einlasszone 9 definiert ist so gewählt, dass sich die in der Figur 1 gestrichelt dargestellte Diffusionsgrenzschicht D ausbildet. Die Diffusionsgrenzschicht D symbolisiert die Grenze, bis zu der innerhalb der Vorlaufzone V Halogenkomponente aus der Halogenkomponenteneinlasszone 10 in Richtung nach oben zum Hydridfluss und durch die Hydrideinlasszone 8 eingeleitete Hydride nach unten in Richtung auf die Halogenkomponente diffundieren. Die Hydride bzw. Halogenkomponente diffundieren dabei in einen Trenngasfluss, der durch Trenngaseinlasszone 9 in die Prozesskammer eintritt. Die zwischen der Hydrideinlasszone 8 und der Halogenkomponenteneinlasszone 10 gelegene Einlasszone 9 bildet deshalb eine Trenngaseinlasszone, durch welche zusammen mit einem Trägergas auch die metallorganische Komponente in die Prozesskammer eingeleitet wird.

15
20
25

Die lediglich qualitative dargestellten oberen und unteren Diffusionsgrenschichten D treffen sich zu Beginn eines Bereichs M der Vorlaufzone V, in dem

die Gastemperatur T_B bei Atmosphärendruck einen Wert oberhalb von 338°C erreicht hat, bei dem NH_3 und HCl nicht mehr zu einem Ammoniumchloridpulver reagieren. Bei reduziertem Totaldruck in der Prozesskammer sinkt diese Gastemperatur auf bspw. 220°C bei 10 mbar.

5

Die Figur 2 zeigt schematisch den Verlauf der Temperatur T_s des Suszeptors, der Temperatur T_B des Gases etwa in der vertikalen Mitte der Prozesskammer und die Temperatur T_c der Prozesskammerdecke jeweils entlang der Strömungsrichtung des Prozessgases. Es ist erkennbar, dass im Bereich der Vorlaufzone V die Gastemperatur die niedrigsten Werte aufweist. Es bildet sich somit etwa in der Mitte der Vorlaufzone ein kalter Finger aus. Am Ende des kalten Fingers, dort wo die Halogenkomponente mit dem Hydrid in Kontakt tritt, bilden sich in Abwesenheit der Halogenkomponente u.a. bei der Verwendung von Ammoniak und TMGa Addukte. Diese bilden die Nukleationskeime für Partikel, die bei Abwesenheit der Halogenkomponente eine große Anzahl der III-Metall-Atome bindet, die so dem Schichtwachstum entzogen werden. Der räumlich getrennte Einlass der Halogenkomponente vom Hydrid führt prozesstechnisch zu einer Injektion der Halogenkomponente in ein Adduktbildungsvolumen, welches in der Zone M liegt. Dieses Adduktbildungsvolumen wird mit der Halogenkomponente dotiert, wobei es ausreicht, wenn maximal 250 ppm der Gesamtgasmenge HCl ist bzw. der HCl -Fluss in die Prozesskammer unterhalb 10% des MO-Gasflusses liegt.

Der Figur 2 ist zu entnehmen, dass die Temperatur T_s des Suszeptors 2 im Bereich der Vorlaufzone V linear ansteigt und dann im Bereich der Wachstumszone G im Wesentlichen konstant verläuft und im Bereich der Auslasszone wieder absinkt. Die Temperatur T_c der strahlungserwärmten Reaktordecke 6 steigt ebenfalls im Bereich der Vorlaufzone V kontinuierlich an und verläuft im

25

Bereich der Wachstumszone G konstant, um dann im Bereich der Auslasszone A wieder abzufallen. Die Gastemperatur T_B hat im Wesentlichen qualitativ den selben Verlauf wie die Temperaturen T_s und T_c . Sie steigt jedoch in der Vorlaufzone V steiler an als die Temperatur T_c der Prozesskammerdecke 6. Sie
5 überschreitet erst in der Zone M die Temperatur T_c der Prozesskammerdecke.

Der Figur 3 ist qualitativ der Verlauf der Wachstumsrate in Stromrichtung als durchgezogene Linie ohne HCl-Einspeisung und als gestrichelte Linie mit HCl-Einspeisung zu entnehmen, der Verlauf der Wachstumsratenkurve entspricht
10 im Wesentlichen auch dem Verlauf des Partialdrucks des Metalls der II- oder III-Komponente in der Gasphase. Es ist zu erkennen, dass ohne HCl-Einspeisung das Maximum der Wachstumsrate r in der Vorlaufzone V liegt, und zwar unmittelbar stromaufwärts der Wachstumszone G, also in der Gasmischzone M. Ohne HCl-Einspeisung verläuft die Wachstumsrate r bzw. die Verarmungskurve der Metallkomponente in der Wachstumszone G nicht linear, so dass es
15 zu inhomogenen Wachstum auf den beim Abscheideprozess gedrehten Substraten kommt. Die Randbereiche der Substrate besitzen eine höhere Schichtdicke als das Zentrum der Substrate.

20 Als Folge der Halogenkomponenteneinspeisung unmittelbar oberhalb des heißen Wandungsabschnittes 15 des Suszeptors 2 herrscht dort an der Oberfläche eine relativ hohe Halogenkomponenten-Konzentration. Die Halogenkomponente, beispielsweise HCl, kann dort eine oberflächenätzende Wirkung entfalten, so dass in der heißen Vorlaufzone 15 parasitäres Wachstum unterdrückt
25 werden kann. Das Maximum der Wachstumsrate verschiebt sich in Richtung stromabwärts. Gleichzeitig erhält die Verarmungskurve einen linearen Verlauf. Letzteres ist insbesondere auch auf die durch die HCl-Einspeisung verminderte Adduktbildung zurückzuführen.

Die Figur 4 zeigt schematisch die Draufsicht auf einen Suszeptor 2, bei dem eine Vielzahl von Substrathalter 3 ringförmig um das im Zentrum angeordnete Gaseinlassorgan 7 angeordnet sind. Die Durchmesser der Substrathalter 3 können auch größer sein, sodass sich die Substrathalter 3 nahezu berühren. Mit der Bezugsziffer V ist die kreisförmig das Gaseinlassorgan 7 umgebende Vorlaufzone V dargestellt, innerhalb derer die Wachstumsrate in radial auswärtiger Richtung stetig ansteigt. Die Bezugsziffer C kennzeichnet einen ringförmigen Bereich, in dem auf der Oberfläche des Suszeptors 2 parasitäres Wachstum stattfinden kann. Durch die Einleitung von HCl durch die Einlasszone 10 kann die strichpunktierte Linie, die den Beginn der Zone C markiert, in radial auswärts Richtung verschoben werden. Ohne zusätzliche HCl-Einleitung liegt die strichpunktierte Linie unmittelbar stromabwärts des Gaseinlassorgans 7 die Verschiebung des durch die strichpunktierte Linie angedeuteten Beginns der Zone C wird durch Einleiten von HCl zu der in Figur 4 dargestellten Abstandslage verändert.

Durch das Einleiten von geringen Mengen einer Halogenkomponente, beispielsweise HCl in die Adduktbildungszone kann der Reaktor mit verhältnismäßig geringen Gasflüssen betrieben werden, so dass die mittlere Verweilzeit des Prozessgases innerhalb der Prozesskammer 1 größer als 1,5 Sekunden liegt. Gleichwohl kann die Länge der Wachstumszone G in Stromrichtung mehr als 150 mm betragen. Innerhalb dieser Länge der Wachstumszone G sinkt die Gasphasenverarmung insbesondere III-Komponente linear ab, so dass durch Drehen des Substrates 4 Schichten mit homogener Schichtdicke abscheidbar sind.

Wegen der Verminderung der Partikelbildung wird gleichzeitig auch die Wachstumsrate stromabwärts der Vorlaufzone V erhöht.

Die Fig. 5 zeigt schematisch den Aufbau eines weiteren Ausführungsbeispiels, bei dem sich oberhalb des Suszeptors 2, auf dem ein oder mehrere Substrate 4 angeordnet sind, die Prozesskammer 1 erstreckt, deren Decke 6 von einem
5 Gaseinlassorgan 7 gebildet ist, wie es bspw. in der EP 0 687 749 B1 beschrieben wird.

Das Gaseinlassorgan erstreckt sich über die gesamte Erstreckungsfläche des Suszeptors 2 und besitzt eine Vielzahl zur Prozesskammer 1 hin weisende Gas-
10 austrittsöffnungen, durch die die verschiedenen Prozessgase in die Prozesskammer einströmen können.

Das Gaseinlassorgan 7 besitzt mehrere übereinander angeordnete Kammern. In einer unmittelbar oberhalb der Prozesskammerdecke 6 angeordneten Kammer
15 11 befindet sich eine Kühlflüssigkeit. Durch diese Kammer 11 treten eine Vielzahl von Gaskanälen hindurch, die von Röhrchen ausgebildet sind. Die mit 9 bezeichneten Gasaustrittsöffnungen sind mit einer Kammer 35 verbunden, in die ein Inertgas, insbesondere Stickstoff oder Wasserstoff, eingespeist wird. Oberhalb dieser Kammer 35, die ebenfalls mit Röhrchen mit der Gasaustritts-
20 ebene, also mit der Prozesskammerdecke 6 verbunden ist, befindet sich eine Kammer 36, in die ein Hydrid, insbesondere Ammoniak, eingespeist wird. Diese Kammer 36 ist ebenfalls über ein Röhrchen, welches jetzt zusätzlich zur Kammer 11 auch die Kammer 35 kreuzt, mit der Gasaustrittsöffnung verbunden, die mit der Bezugsziffer 8 bezeichnet ist. In einer darüber angeordneten
25 Kammer 37, die ebenfalls mit Röhrchen mit der Gasaustrittsfläche verbunden ist, wird ein Inertgas, die Halogenkomponente und die metallorganische Komponente eingespeist. Diese Kammer 37 ist mit einem die Kammern 11, 35, 36

kreuzenden Röhrchen mit der mit der Bezugsziffer 10 bezeichneten Öffnung verbunden.

Die laterale Anordnung der Öffnungen wird in den Figuren 7 bzw. 8 dargestellt.
5 stellt.

Daraus ist ersichtlich, dass jede Gasaustrittsöffnung 8, 10 eine Gaseinlasszone ausbildet. Durch die Gaseinlasszonen 8 wird das Hydrid, im vorliegenden Fall Ammoniak, in die Prozesskammer eingeleitet. Die Hydrideinlasszonen 8 sind
10 jeweils von einer Vielzahl von Gasaustrittsöffnungen umgeben, durch die das Trenngas, im vorliegenden Fall Stickstoff oder Wasserstoff, in die Prozesskammer eingeleitet wird. Diese Trenngaseinlasszonen 9 umgeben die einzelnen Gasaustrittsöffnungen 8, 10. Die mit der Bezugsziffer 9 bezeichneten Gasaustrittsöffnungen, durch die das Trenngas in die Prozesskammer einströmt, um-
15 geben jeweils die mit der Bezugsziffer 8 bzw. 10 bezeichneten Gasaustrittsöffnungen, die jeweils Gaseinlasszonen für das Hydrid bzw. die Halogenkomponente bilden.

Durch die Halogenkomponenteneinlasszone 10 wird die metallorganische
20 Komponente zusammen mit HCl und einem Inertgas in die Prozesskammer eingeleitet. Auch die Halogenkomponenteneinlasszonen sind jeweils von einer Trenngaseinlasszone 9 umgeben. Die Trenngaseinlasszone 9 wird von einer Vielzahl von Gasaustrittsöffnungen ausgebildet.

25 Aus den Figuren 7 und 8 ist zu entnehmen, dass weder die Hydrideinlasszone 8 noch eine Halogeneinlasszone 10 unmittelbar benachbart zueinander angeordnet sind. Es sind immer mindestens zwei Trenngaseinlasszonen 9 derart zwischen der Hydrideinlasszone 8 und der Halogenkomponenteneinlasszone 10

angeordnet, dass sich um eine Hydrideinlasszone 8 ein Inertgasvorhang und um eine Halogenkomponenteneinlasszone 10 ein Inertgasvorhang ausbildet.

Die in der Fig. 9 dargestellte weitere Ausführungsform besitzt ebenfalls einen Showerhead 7, der eine Vielzahl von übereinander angeordneten Kammern aufweist, wobei die unmittelbar oberhalb der Prozesskammerdecke angeordnete Kammer 11 mit Kühlmittel gekühlt wird. In die unmittelbar darüber angeordnete Kammer 37 wird ein Inertgas zusammen mit der Halogenkomponente eingespeist. Die zugehörige Gasaustrittsöffnung gehört zu einer Halogenkomponenteneinlasszone 10.

In der darüber angeordneten Kammer wird Ammoniak, also das Hydrid, eingespeist. Diese Kammer ist mit einer Vielzahl von Röhrchen mit der Gasaustrittsfläche verbunden. Die Mündung jedes Röhrchens gehört zu einer Hydrideinlasszone 8.

In die oberste Kammer 35 wird ein Inertgas, bspw. Wasserstoff oder Stickstoff, und die III-MO-Komponente eingespeist. Diese Kammer ist mit einer Vielzahl von Röhrchen mit der Prozesskammerdecke 6 verbunden. Die Mündung jedes Röhrchens gehört zu einer Trenngaseinlasszone 9, durch die nicht nur die Inertkomponente, sondern auch die III-Komponente in die Prozesskammer eingeleitet wird.

Die Fig. 10 zeigt die laterale Anordnung der einzelnen Gasaustrittsöffnungen. Auch hier ist ersichtlich, dass jede Halogenkomponenteneinlasszone 10 von sechs Trenngaseinlassöffnungen 9 umgeben ist und jede Hydrideinlasszone 8 ebenfalls von sechs Trenngaseinlassöffnungen 9 umgeben ist, so dass sich um jede Hydrideinlasszone 8 bzw. jede Halogenkomponenteneinlasszone 10 ein

Gasvorhang ausbildet, durch den das Inertgas bzw. die III-Komponente in die Prozesskammer eingeleitet wird.

Bei dem in der Fig. 11 dargestellten Ausführungsbeispiel ist jede Hydrideinlasszone 8 bzw. jede Halogenkomponenteneinlasszone 10 von einer ringförmigen Gasaustrittsöffnung 9 umgeben, durch welche ein Trenngas in die Prozesskammer eingeleitet werden kann. In den Figuren 6, 7, 9 und 10 sind die Gasaustrittsöffnungen 8, die jeweils eine Hydrideinlasszone ausbilden, als schwarze Scheibchen dargestellt. Die Gasaustrittsöffnungen 10, durch die die Halogenkomponente in die Prozesskammer eingeleitet werden, sind mit einem Kreuz versehen. Die die Trenngaseinlasszonen 9 ausbildenden Gasaustrittsöffnungen sind als Kreise dargestellt. Die Werte für die Durchmesser der Gasaustrittsöffnungen sowie deren Abstände und Anordnungen können variieren. Beispielsweise kann die gesamte Lochfläche kleiner als 1%, kleiner als 3% oder kleiner als 5% der Gesamtfläche der Gasaustrittsfläche sein.

Die Strömungsverhältnisse und die räumliche Anordnung ist auch hier so gewählt, dass die V-Komponente, also das Hydrid, erst in einem Bereich der Prozesskammer mit dem Halogen in Kontakt tritt, in dem die Gastemperatur oberhalb einer Temperatur liegt, bei der sich Ammoniumchlorid bildet.

Bei ersten Versuchen wurde Galliumnitrit bei einer Substrattemperatur T_s von 1050°C und bei einer Prozesskammerdeckentemperatur T_c von 900°C bei einer jeweils gleicher Wasserstoffträgergasmenge abgeschieden. Dies erfolgte bei Verweilzeiten von 0,58 Sekunden, 1,01 Sekunden und 1,52 Sekunden. Die radiale Verarmung wurde über Wachstumsraten auf einem 4-Zoll-Saphir-Substrat gemessen. Ohne die Zugabe von HCl verläuft die Verarmungskurve bei hohen Verweilzeiten stark inhomogen und sinkt bereits in der Mitte der Wachstums-

zone G auf unter ein Drittel ab. Durch die Zugabe von nur 2 sccm HCl liegen die Verarmungskurven bei allen drei Verweilzeiten im Wesentlichen deckungsgleich übereinander. Es hat sich herausgestellt, dass ein Molverhältnis von 2% HCl/TMGa ausreicht, um die Verarmungskurve zu linearisieren. Optimale Ergebnisse werden erzielt, wenn das Molverhältnis zwischen HCl und TMGa etwa im Bereich von 5% bis 7% liegt. Bei höheren Molverhältnissen findet die oben geschilderte Unterdrückung des parasitären Wachstums in der Vorlaufzone V statt.

- 10 In zweiten Versuchen wurde Aluminiumnitrit anstelle von Galliumnitrit abgeschieden. Als III-Komponente wurde TMAI verwendet. TMAI ist weit reaktiver zu NH_3 als TMGa. Zudem gelten die Addukte als sehr stabil. Aluminiumnitrit wurde auch hier auf 4-Zoll-Saphir-Substraten abgeschieden, allerdings bei einer Substrattemperatur von 1200°C bei einer Prozesskammerdeckentemperatur von etwa 1100°C und jeweils gleicher Wasserstoffträgergasmenge. Die Verweilzeiten der Prozessgase innerhalb der Prozesskammer lagen bei 0,08 Sekunden bzw. 0,33 Sekunden. Auch hier wurde ohne die Zugabe von HCl ein deutlicher Einbruch der Verarmungskurve bei der großen Verweildauer beobachtet. Die Zugabe von HCl führte auch hier zu einer Linearisierung der Verarmungskurve bei längeren Wachstumszeiten.
- 15
- 20

- In einer Variante, bei der die Höhe der Hydrideinlasszone 5 mm, der Trenngaseinlasszone 9 10 mm und der Halogenkomponenteneinlasszone 10 5 mm beträgt, werden durch die obere Gaseinlasszone 8 16,6 slm NH_3 , durch die mittlere Gaseinlasszone 9 31 slm H_2 + 6 slm N_2 und durch die untere Gaseinlasszone 10 16,8 slm H_2 eingespeist. Die Gasflussaufteilung orientiert sich dabei aus Gründen der Flusstabilität grob an die Höhenaufteilung der Gaseinlasszonen 8, 9, 10 so dass die Gasgeschwindigkeit von Einlassebene zu Einlassebene unge-
- 25

fähr gleich bleibt. Das maximale Missverhältnis der Gasgeschwindigkeiten, der Impulsstromdichten ($\rho \cdot v$) oder der Reynoldszahlen ($\rho \cdot v \cdot H / \mu$) kann zum Beispiel 1:1,5 oder 1:2 oder 1:3 betragen. Durch die untere Gaseinlasszone 10 wird zusätzlich HCl eingespeist, wobei der HCl-Fluss etwa maximal einem

5 Zehntel des Flusses der reinen metallorganischen Komponente entspricht, die zusätzlich durch die mittlere Einlasszone 9 eingespeist wird. Bei einer Skalierung der Prozesskammer wird darauf geachtet, dass die Kennzahl $\frac{U \cdot H^2}{D \cdot R}$ konstant bleibt, wobei U die mittlere Gasgeschwindigkeit in allen drei Einlass-

ebenen bei gleichem Druck, H die Höhe des mittleren Einlasses, R der Radius

10 des Gaseinlassorgans 7 ist und D der Diffusionskoeffizient des Prozessgases im Gasgemisch ist. Hieraus ergeben sich folgende Anwendungsbeispiele: Wird die Höhe H des mittleren Einlasses verdoppelt, dann können die Gasgeschwin-

digkeiten geviertelt werden. Wird der Durchmesser des Gaseinlassorgans 7 verdoppelt, muss die Höhe H des mittleren Einlasses um den Faktor 1,4 ver-

15 größert werden. Alternativ dazu können auch die Flussraten vervierfacht werden.

Es ist auch vorgesehen, die Halogenkomponente, insbesondere HCl zusammen mit der metallorganischen Komponente durch eine gemeinsame Gaseinlasszo-

20 ne in die Prozesskammer einzuspeisen. Des Weiteren kann auch die metallorganische Komponente mit dem Hydrid gemischt durch eine gemeinsame Gaseinlasszone in die Prozesskammer eingespeist werden. Die Prozessgase können auch mit Hilfe anders gestalteter Gaseinlassorgane in die Prozesskammer eingeleitet werden.

25

Die Prozesskammer kann einen Durchmesser von 365 mm und eine Höhe von 20 mm aufweisen. Die Höhe der Einlasszonen 8, 9, 10 beträgt im Mittel 10 mm

bzw. gehorcht der obigen Skalierungsregel. Die Einlasszone E verläuft bis zu einem Radius von etwa 22 mm. Die Vorlaufzone verläuft in einem Radialbereich zwischen 22 mm und 75 mm. Die Wachstumszone G verläuft in einem Radialbereich zwischen 75 und 175 mm. Radial außerhalb der Wachstumszone G befindet sich die Auslasszone A. Der Totalgasfluss durch die Prozesskammer liegt zwischen 70 und 90 slm. Die Wachstumsprozesse werden in einem Druckbereich zwischen 50 und 900 mbar durchgeführt. Bei einem Totaldruck von bspw. 400 mbar kann der Ammoniak-Partialdruck 95 mbar, der TMGa-Partialdruck 0,073 mbar bis 0,76 mbar entsprechen. Ohne die Zugabe von HCl erreicht die Wachstumsrate bei einem TMGa-Partialdruck von etwa 0,255 mbar ihre Sättigung. Mit Zugabe von HCl lässt sich die Wachstumsrate auf Werte oberhalb von 10 $\mu\text{m}/\text{h}$ anheben. Mit einem 5% molaren Verhältnis HCl : TMGa wurden bei einem TMGa-Partialdruck von 0,35 mbar 13,8 $\mu\text{m}/\text{h}$ und bei einem TMGa-Partialdruck von 0,76 mbar 26,5 $\mu\text{m}/\text{h}$ als Wachstumsrate erzielt.

15

Unter anderem führen folgende Parametersätze gegenüber dem Stand der Technik zu verbesserten Ergebnissen:

Totaldruck = 600 mbar, $p(\text{NH}_3)=142,5$ mbar, TMGa Partialdrücke von 0,04 mbar bis 0,82 mbar (entsprechend $2,13\text{E-}4$ bis $4,3\text{E-}3$ mol/min).

20

Totaldruck = 800 mbar, $p(\text{NH}_3)=190$ mbar, TMGa Partialdrücke von 0,054 mbar bis 1,09 mbar (entsprechend $2,13\text{E-}4$ bis $4,3\text{E-}3$ mol/min).

Totaldruck = 900 mbar, $p(\text{NH}_3)=214$ mbar, TMGa Partialdrücke von 0,06 mbar bis 1,23 mbar (entsprechend $2,13\text{E-}4$ bis $4,3\text{E-}3$ mol/min).

25

- Alle offenbarten 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
- 5 Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen. Die Unteransprüche charakterisieren in ihrer fakultativ nebengeordneten Fassung eigenständige erfinderische Weiterbildung des Standes der Technik, insbesondere um auf Basis dieser Ansprüche Teilanmeldungen vorzunehmen.

Bezugszeichenliste

	1	Prozesskammer	27	Ventil - MO
	2	Suszeptor	28	Ventil - Halogenkomponente
5	3	Substrathalter	29	Ventil - Trägergas
	4	Substrat	30	Quelle - Hydrid
	5	Ausnehmung	31	Quelle - MO
	6	Prozesskammerdecke	32	Quelle - Halogenkomponente
	7	Gaseinlassorgan	33	Quelle - Trägergas
10	8	Hydrideinlasszone	34	Gasmisch/- Versorgungs- einrichtung
	9	Trenngaseinlasszone (MO)	35	Kammer
	10	Halogenkomponenteneinlasszone	36	Kammer
	11	Kühlflüssigkeitskanal	37	Kammer
	12	Trennwand		
15	13	Trennwand		
	14	obere Wand	E	Einlasszone
	15	Wandungsabschnitt	V	Vorlaufzone
	16	Auslasseinrichtung	G	Wachstumszone
	17	Vakuumpumpe	A	Auslasszone
20	18	RF-Heizung	D	Diffusionsgrenzschicht
	19	Hydridzuleitung	M	Mischzone
	20	MO-Zuleitung		
	21	Halogenkomponentenzuleitung		
	22	MFC-Hydrid		
25	23	MFC-MO		
	24	MFC-Halogenkomponente		
	25	MsFC-Trägergas		
	26	Ventil - Hydrid		

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Abscheiden von II-VI- oder III-V-Schichten auf einem oder mehreren Substraten (4), wobei Prozessgase in Form einer metallorganischen II- oder III-Komponente, eine V- oder VI-Komponente, insbesondere
5 eines Hydrids und einer Halogenkomponente in einer Gasmisch/-Versorgungseinrichtung (34) bereitgestellt werden, wobei das mindestens eine Substrat (4) auf einen Suszeptor(2) in einer Prozesskammer (1) aufgebracht wird, der Suszeptor (2) und zumindest eine Prozesskammerwand
10 (6) auf eine Suszeptortemperatur (T_s) bzw. Wandtemperatur (T_c) aufgeheizt werden, die Prozessgase ggf. zusammen mit einem Trägergas in voneinander getrennten Gasflüssen mittels eines Gaseinlassorgans (9) in die Prozesskammer (1) eingebracht werden, wo die metallorganische Komponente und die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid
15 pyrolytisch an der Substratoberfläche miteinander reagieren, so dass auf dem Substrat (4) eine Schicht abgeschieden wird, und die Halogenkomponente eine parasitäre Partikelbildung in der Gasphase vermindert bzw. unterdrückt und die Reaktionsprodukte ggf. zusammen mit dem Trägergas durch eine Gasauslasseinrichtung (16) die Prozesskammer verlassen,
20 dadurch gekennzeichnet, dass Prozessgase verwendet werden, die bei Abwesenheit der Halogenkomponente in einer Adduktbildungszone (M) in der die Gastemperatur (T_B) in einem Adduktbildungstemperaturbereich liegt, Addukte bilden, und dass die Halogenkomponente derart getrennt von der V- oder VI-Komponente, insbesondere vom Hydrid in die Prozesskammer (1) eingeleitet wird, dass die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid erst in der Adduktbildungszone in Kontakt zur Halogenkomponente tritt.
25

2. Verfahren zum Abscheiden von II-VI- oder III-V-Schichten auf einem oder mehreren Substraten (4), wobei Prozessgase in Form einer metallorganischen II- oder III-Komponente, einer V- oder VI-Komponente, insbesondere eines Hydrids und einer Halogenkomponente in einer Gasmisch/-
- 5 Versorgungseinrichtung (34) bereitgestellt werden, das mindestens eine Substrat (4) auf einen Suszeptor (2) in einer Prozesskammer (1) eingebracht wird, der Suszeptor (2) und zumindest eine Prozesskammerwand (6) auf eine Suszeptortemperatur (T_s) bzw. Wandtemperatur (T_w) aufgeheizt werden, die Prozessgase ggf. zusammen mit einem Trägergas in
- 10 voneinander getrennten Gasflüssen mittels eines Gaseinlassorgans (9) in die Prozesskammer (1) eingebracht werden, wo die metallorganische Komponente und die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid pyrolytisch an der Substratoberfläche miteinander reagieren, so dass auf dem Substrat (4) eine Schicht abgeschieden wird, und die Halogenkomponente eine parasitäre Partikelbildung in der Gasphase vermindert bzw.
- 15 unterdrückt und Reaktionsprodukte ggf. zusammen mit dem Trägergas durch eine Gasauslassseinrichtung (16) die Prozesskammer verlassen, wobei die Prozessgase durch räumlich voneinander getrennte Gaseinlasszonen (8, 9, 10) des gekühlten Gaseinlassorgans (7) in die Prozesskammer (1)
- 20 eingeleitet werden, wobei räumlich zwischen einer V- oder VI-Einlasszone (8), durch welche die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid in die Prozesskammer (1) eintritt und einer Halogenkomponenteneinlasszone (10), durch welche die Halogenkomponente in die Prozesskammer (1) eintritt, ein Trenngas durch eine Trenngaseinlasszone (9) in die Prozess-
- 25 kammer (1) eingespeist wird, das weder die Halogenkomponente noch die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 2 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Trenngas die metallorganische Komponente enthält.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3 oder insbesondere danach,
5 dadurch gekennzeichnet, dass eine V- oder V-Komponente und eine Halogenkomponente verwendet werden, die unterhalb einer Reaktionsgrenztemperatur unter Bildung eines Kondensats, insbesondere eines Feststoffs miteinander reagieren und der Gasfluss durch V- oder VI-Einlasszone (8),
10 die Halogenkomponenteneinlasszone (10) und die Trenngaseinlasszone (9) und der Abstand zwischen V- oder VI-Einlasszone (8) und Halogenkomponenteneinlasszone (10) so gewählt ist, dass die Halogenkomponente und die V- oder VI-Komponente erst in einem Abschnitt (M) der Prozesskammer (1) in Kontakt miteinander treten, in dem die Gastemperatur höher ist als die Reaktionsgrenztemperatur.
15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine Variation des Halogenkomponentenflusses in die Prozesskammer (1) ein lineares Verarmungsprofil des Metalls der metallorganischen Komponente in der Gasphase in Strömungsrichtung über die gesamte Wachstumszone (G) einstellbar ist.
20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verweilzeiten des Prozessgas von mehr als 1,5 Sekunden in der Prozesskammer homogene Schichten auf sich drehenden Substraten (4) abgeschieden werden und/oder dass die Länge der Wachstumszone (G) innerhalb derer homogenes Schichtwachstum stattfindet mindestens 150 mm beträgt.
25

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Halogenkomponente HCl ist und der HCl-Gasfluss in Mol/Sekunde geringer ist als 250 ppm des Gesamtgasflusses bzw. geringer ist, als 10% des Flusses der metallorganischen Komponente in die Prozesskammer.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinlassorgan (7) und insbesondere eine oder mehrere Wände der Gaseinlasszonen (8, 9, 10) insbesondere mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Reaktorgehäuse aufweisend eine im Reaktorgehäuse angeordnete Prozesskammer (1), einen in der Prozesskammer (1) angeordneten Suszeptor (2) zur Aufnahme des Substrates (4), eine Heizeinrichtung (18) zum Aufheizen des Suszeptors (2) auf eine Suszeptortemperatur (T_s), ein Gaseinlassorgan (7), das der Prozesskammer (1) zugeordnet ist, um ggf. zusammen mit jeweils in einem Trägergas Prozessgase in Form einer V- oder VI-Komponente, insbesondere eines Hydrids, einer metallorganischen II- oder III-Komponente und einer Halogenkomponente in die Prozesskammer (1) einzuleiten, und eine Gasauslassereinrichtung (16) zum Austritt von Reaktionsprodukten und ggf. des Trägergases aus der Prozesskammer (1), mit einer Gasmisch/-Versorgungseinrichtung (34) aufweisend eine Quelle (31) für die metallorganische Komponente, eine Quelle (30) für die V- oder VI-Komponente, insbesondere für das Hydrid, und eine Quelle (32) für die Halogenkom-

- ponente, wobei die Quellen (30, 31, 32) über Förderleitungen (19, 20, 21), die von einer Steuereinrichtung gesteuerte Ventile (26, 27, 28) und Massenflussregler (22, 23, 24) aufweisen, mit dem Gaseinlassorgan (7) verbunden sind, um die metallorganische Komponente, die V- oder VI-
- 5 Komponente, insbesondere das Hydrid und die Halogenkomponente in voneinander getrennten Gasflüssen ggf. jeweils zusammen mit dem Trägergas in die aufgeheizte Prozesskammer (1) zu bringen, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinlassorgan (7) zumindest drei voneinander getrennte Gaseinlasszonen (8, 9, 10) aufweist, wobei zwischen einer mit der
- 10 V- oder VI-Quelle, insbesondere der Hydridquelle (30) verbundenen V- oder VI-Einlasszone (8) und einer mit der Halogenkomponentenquelle (32) verbundenen Halogenkomponenteneinlasszone (10) eine Trenngaseinlasszone (9) angeordnet ist, und die Steuereinrichtung bzw. die Gas-
- 15 misch/-Versorgungseinrichtung (34) so ausgestaltet ist, dass bei einer Halogenkomponenteneinspeisung durch die Halogenkomponenteneinlasszone (10) durch die Trenngaseinlasszone (9) ein Trenngas, das weder die V- oder VI-Komponente noch die Halogenkomponente enthält, in die Prozesskammer (1) strömt.
- 20 10. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinlassorgan (7) eine Kühleinrichtung (11) aufweist und zumindest die Wand einer Gaseinlasszone (8, 9, 10) bevorzugt aber alle Gaseinlasszonen (8, 9, 10) kühlt werden.
- 25 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Halogenkomponenteneinlasszone (10) derart benachbart und stromaufwärts vor einem beheizten Oberflächenabschnitt (15) der Prozesskammer (1) angeordnet ist, dass dort als

Folge der Halogenkomponenteneinspeisung parasitäres Wachstum unterdrückt wird.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 oder insbesondere da-
nach, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Hydridein-
lasszone (8) und Halogenkomponenteneinlasszone (10) so gewählt ist,
dass durch Wahl geeigneter Gasflussparameter die Halogenkomponente
und die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid erst in einem
Strömungsabschnitt (M) in Kontakt miteinander treten, in dem die Gas-
temperatur (T_B) in einem Adduktbildungstemperaturbereich liegt, in dem
bei Abwesenheit der Halogenkomponente die V- oder VI-Komponente,
insbesondere das Hydrid mit der metallorganischen Komponente Adduk-
te bildet.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12 oder insbesondere da-
nach, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Hydridein-
lasszone (8) und Halogenkomponenteneinlasszone (10) so gewählt ist,
dass durch Wahl geeigneter Gasflussparameter die Halogenkomponente
und die V- oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid erst in einem
Strömungsabschnitt (M) in Kontakt miteinander treten, in dem die Gas-
temperatur (T_B) höher ist als eine Reaktionstemperatur, in welcher die V-
oder VI-Komponente, insbesondere das Hydrid mit der Halogenkompo-
nente unter Bildung eines Feststoffs reagiert.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13 oder insbesondere da-
nach, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Suszeptor (2) in Horizontal-
richtung erstreckt, einen oder mehrere drehantreibbare Substrathalter (3)
trägt, auf dem mindestens ein Substrat (4) angeordnet werden kann, wo-

bei oberhalb des Suszeptors (2) eine die Prozesskammer (1) nach oben begrenzende Prozesskammerdecke (6) vorgesehen ist und wobei die Gaseinlasszonen (8, 9, 10) des Gaseinlassorgans (7) vertikal übereinander zwischen Suszeptor (2) und Prozesskammerdecke (6) angeordnet sind, so dass
5 sich innerhalb der Prozesskammer (1) eine horizontale Gasströmung zur Gasauslasseinrichtung (16) ausbildet.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinlassorgan (7) die Prozesskammerdecke (6) ausbildet und eine Vielzahl dicht nebeneinander angeordnete Gasaustrittsöffnungen aufweist, die so angeordnet sind, dass sich
10 eine Vielzahl von Hydrideinlasszonen (8) und eine Vielzahl von Halogenkomponenteneinlasszonen (10) ausbilden.

Fig. 1

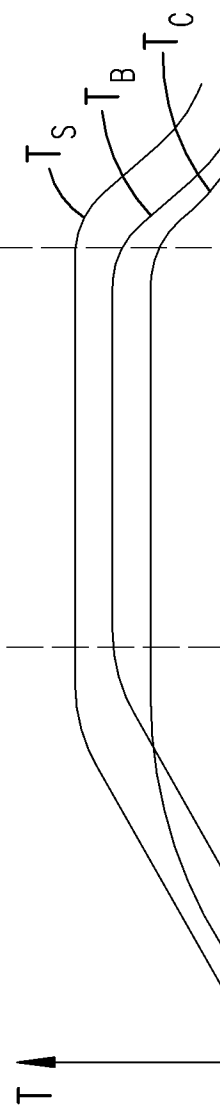
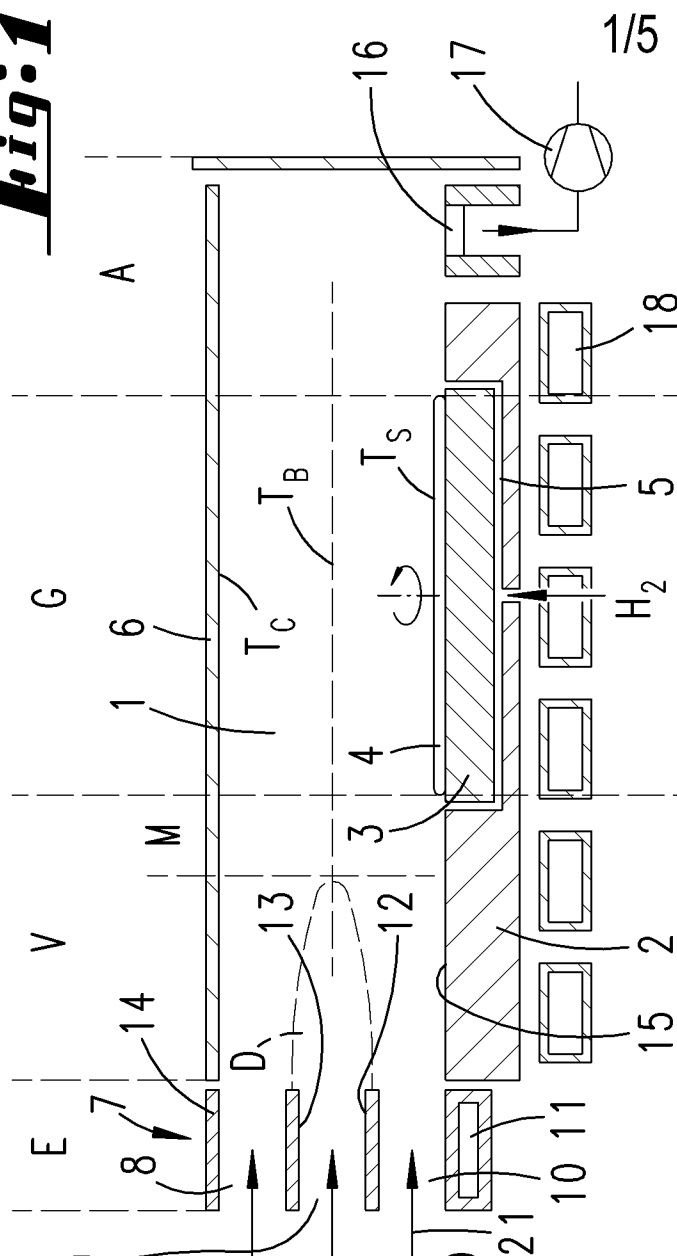


Fig. 2

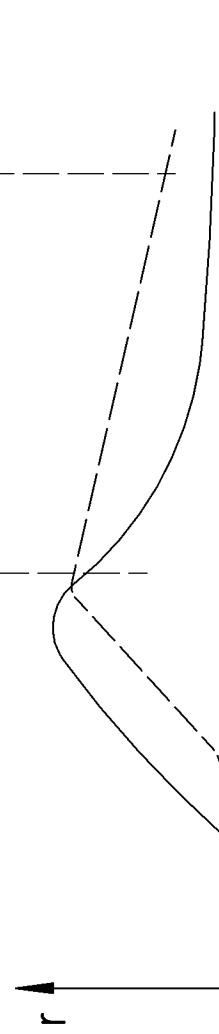


Fig. 3

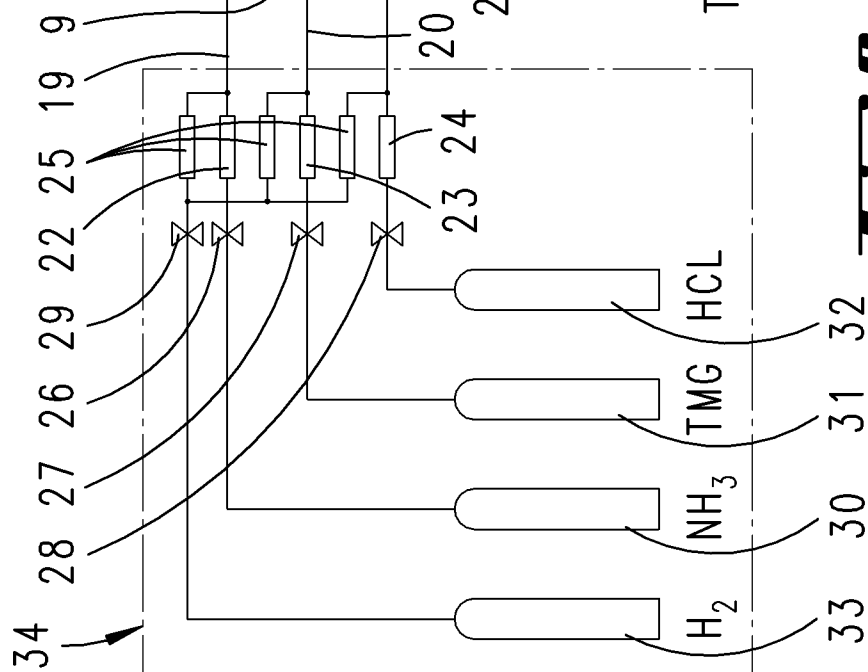
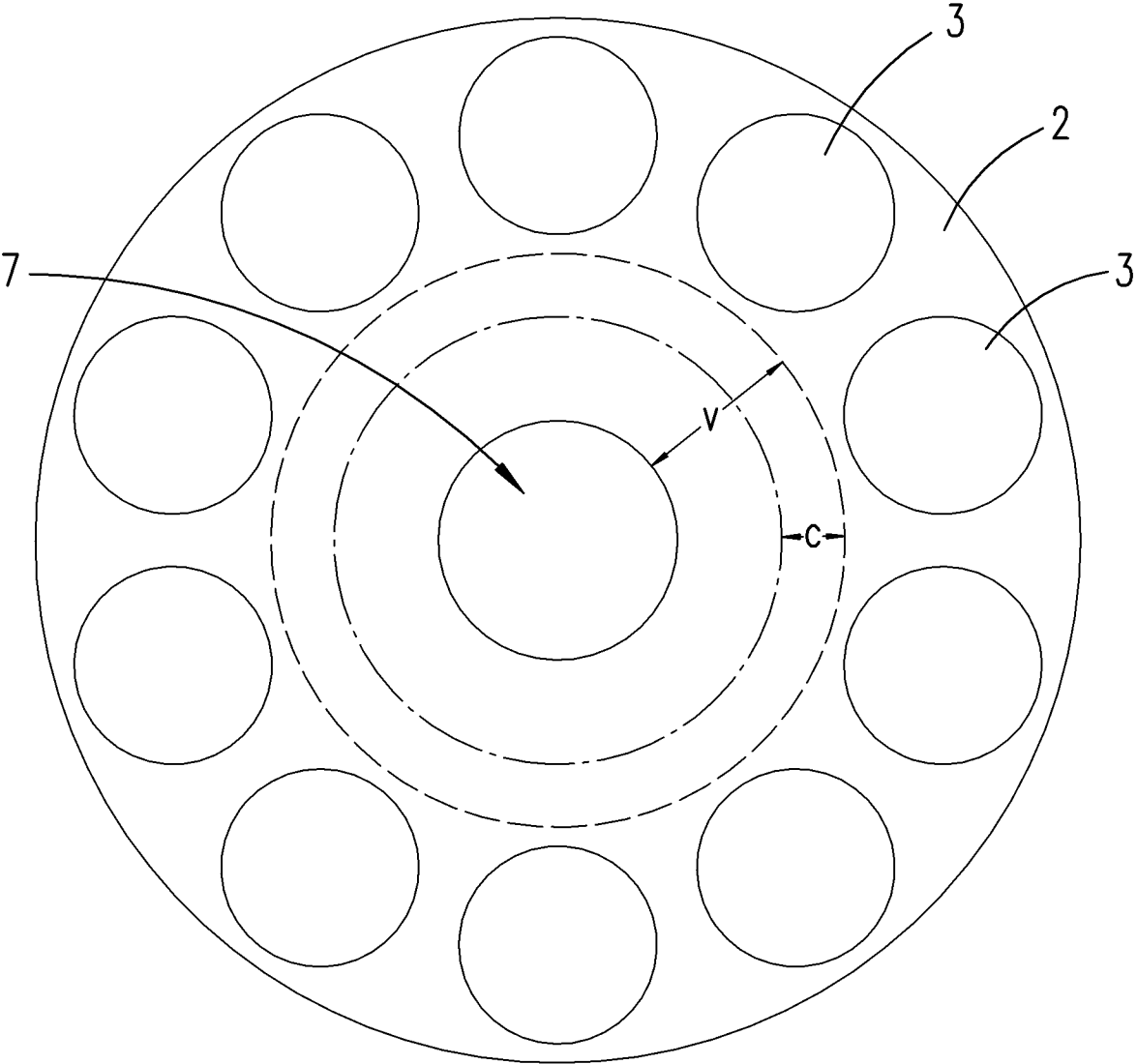
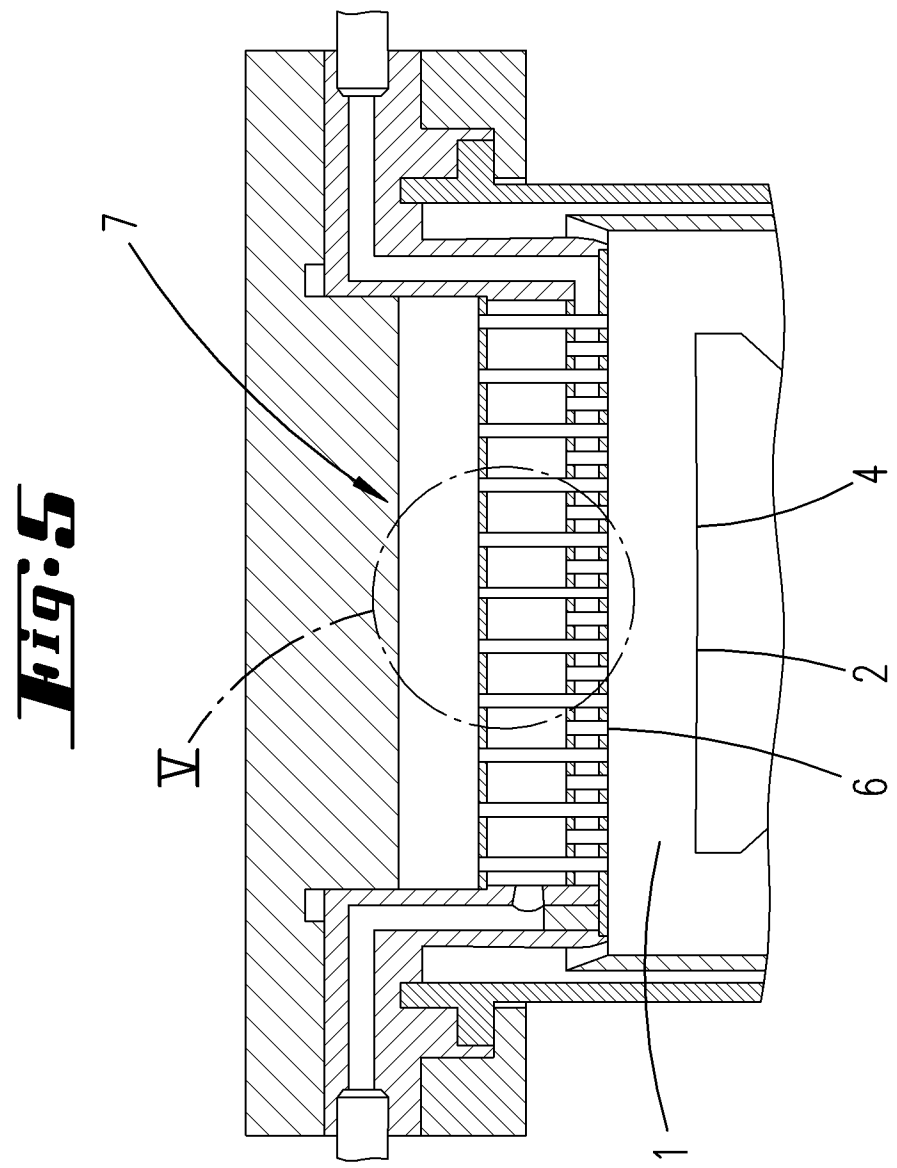


Fig. 4





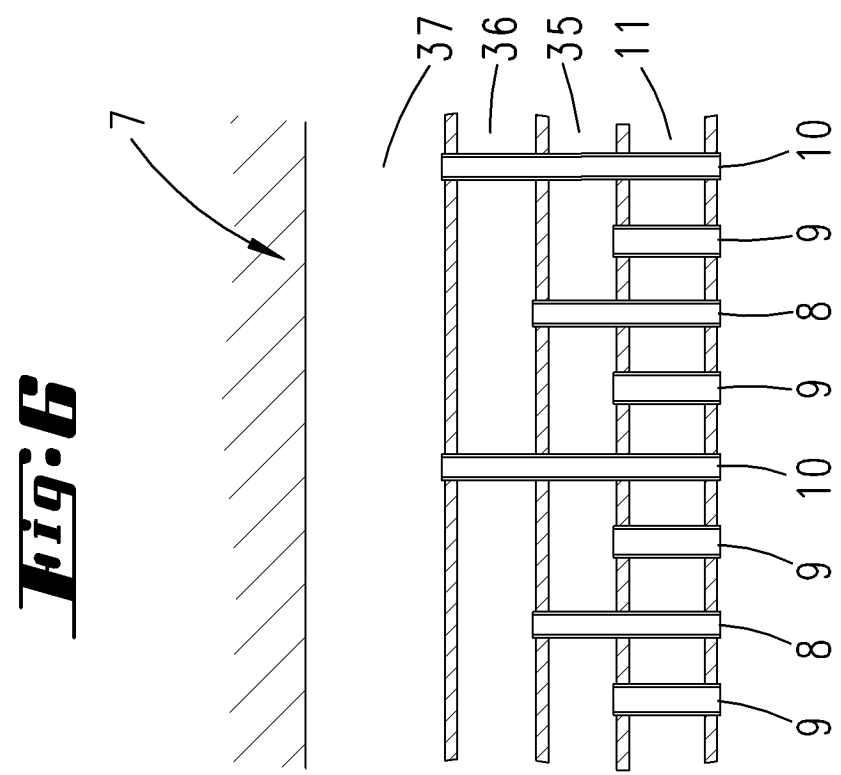
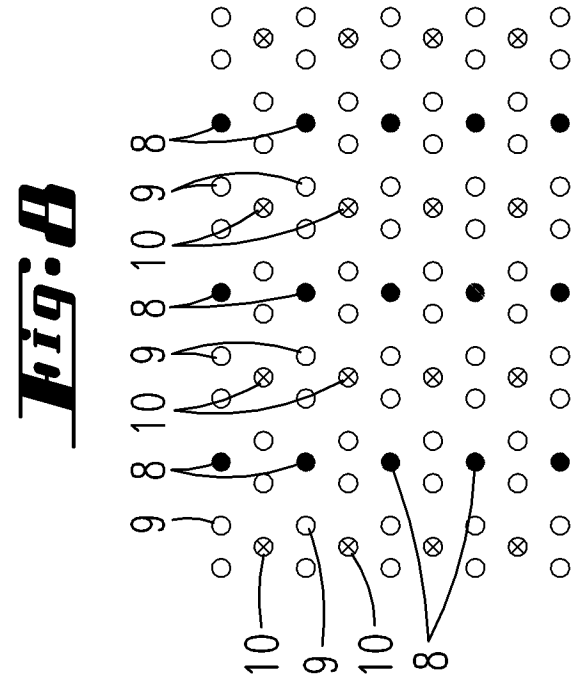
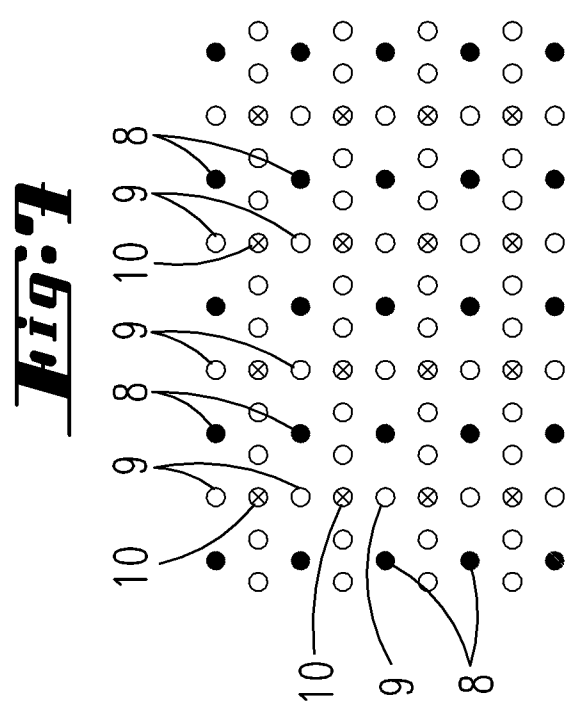


Fig. 9

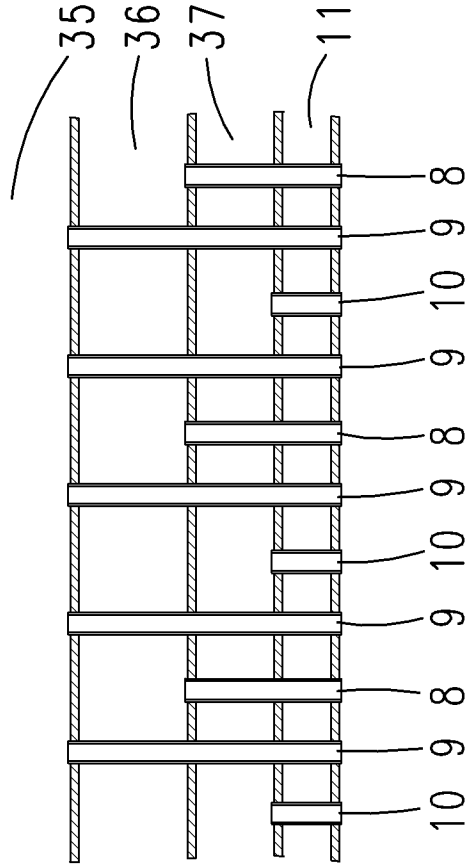
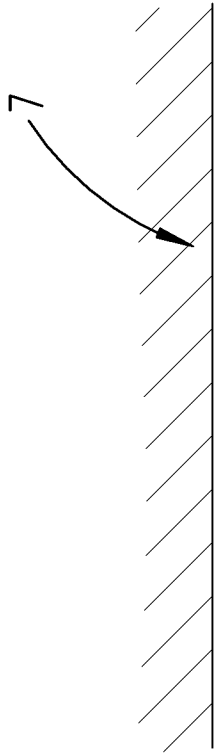


Fig. 10

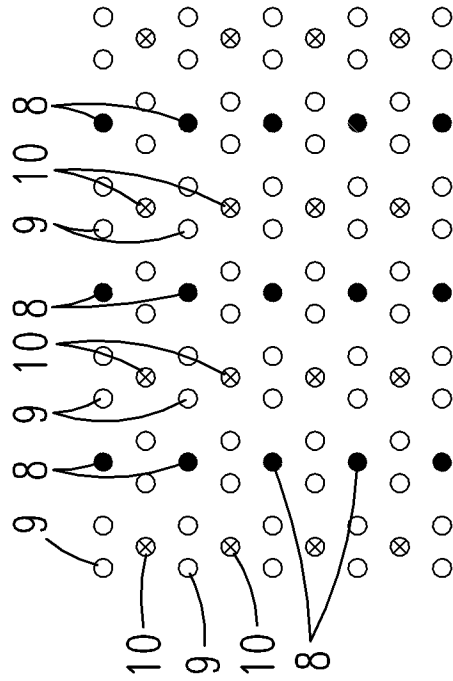
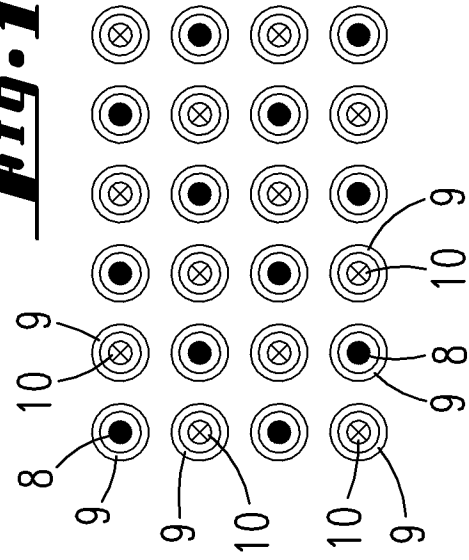


Fig. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/056457

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C23C16/455 C30B25/14 C30B29/48 C30B29/40 H01L21/02
H01L21/20

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C C30B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/040011 A2 (VEECO COMPOUND SEMICONDUCTOR I [US]; MANGUM JOSHUA [US]; QUINN WILLIAM) 8 April 2010 (2010-04-08) paragraph [0019] - paragraph [0064]; figures 1, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6 -----	1-15
X	US 2010/273320 A1 (KAEPPELER JOHANNES [DE] ET AL) 28 October 2010 (2010-10-28) paragraphs [0015] - [0042]; figures 1-7 -----	1-14
X	US 5 756 374 A (MIURA YOSHIKI [JP] ET AL) 26 May 1998 (1998-05-26) column 5, line 41 - column 10, line 43; figure 2 ----- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2012

Date of mailing of the international search report

12/09/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Norga, Gerd

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/056457

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11 001396 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 6 January 1999 (1999-01-06) paragraph [0005] - paragraph [0039]; figures 3,5 -----	1
A	US 2007/259502 A1 (BOUR DAVID [US] ET AL) 8 November 2007 (2007-11-08) the whole document -----	1-15
A	ADOMAITIS R A ET AL: "Implementation of a geometrically based criterion for film uniformity control in a planetary SiC CVD reactor system", JOURNAL OF PROCESS CONTROL ELSEVIER UK, vol. 17, no. 5, 1 June 2007 (2007-06-01), pages 477-488, XP002682454, ISSN: 0959-1524, DOI: DOI:10.1016/J.JPROCONT.2006.04.004 * Abbildung 9 * -----	5
A	US 2009/241833 A1 (MOSHTAGH VAHID S [US] ET AL) 1 October 2009 (2009-10-01) the whole document -----	15
A	WO 01/46498 A2 (AIXTRON AG [DE]; FRIJLINK PETER [FR]) 28 June 2001 (2001-06-28) the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056457

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010040011 A2	08-04-2010	CN 102171795 A	31-08-2011
		CN 102239277 A	09-11-2011
		EP 2332167 A2	15-06-2011
		EP 2347028 A1	27-07-2011
		JP 2012504866 A	23-02-2012
		JP 2012504873 A	23-02-2012
		KR 20110074899 A	04-07-2011
		KR 20110079831 A	08-07-2011
		TW 201022488 A	16-06-2010
		TW 201026887 A	16-07-2010
		US 2010086703 A1	08-04-2010
		US 2010087050 A1	08-04-2010
		US 2011174213 A1	21-07-2011
		WO 2010039252 A1	08-04-2010
		WO 2010040011 A2	08-04-2010

US 2010273320 A1	28-10-2010	AT 495282 T	15-01-2011
		CN 101631901 A	20-01-2010
		DE 102007009145 A1	28-08-2008
		EP 2126161 A1	02-12-2009
		JP 4970554 B2	11-07-2012
		JP 2010519753 A	03-06-2010
		KR 20090116807 A	11-11-2009
		TW 200846491 A	01-12-2008
		US 2010273320 A1	28-10-2010
		WO 2008101982 A1	28-08-2008

US 5756374 A	26-05-1998	CA 2170922 A1	28-09-1996
		CN 1137690 A	11-12-1996
		EP 0735598 A2	02-10-1996
		US 5665986 A	09-09-1997
		US 5756374 A	26-05-1998

JP 11001396 A	06-01-1999	NONE	

US 2007259502 A1	08-11-2007	TW 200917340 A	16-04-2009
		US 2007259502 A1	08-11-2007

US 2009241833 A1	01-10-2009	NONE	

WO 0146498 A2	28-06-2001	AT 244780 T	15-07-2003
		DE 60003850 D1	14-08-2003
		DE 60003850 T2	11-03-2004
		EP 1240366 A2	18-09-2002
		JP 4809562 B2	09-11-2011
		JP 2003518199 A	03-06-2003
		TW 552626 B	11-09-2003
		US 2004200412 A1	14-10-2004
		WO 0146498 A2	28-06-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C23C16/455 C30B25/14 C30B29/48 C30B29/40 H01L21/02 H01L21/20 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC														
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C23C C30B H01L Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data														
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2010/040011 A2 (VEECO COMPOUND SEMICONDUCTOR I [US]; MANGUM JOSHUA [US]; QUINN WILLIAM) 8. April 2010 (2010-04-08) Absatz [0019] - Absatz [0064]; Abbildungen 1, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6 -----</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2010/273320 A1 (KAEPPELER JOHANNES [DE] ET AL) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) Absätze [0015] - [0042]; Abbildungen 1-7 -----</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 5 756 374 A (MIURA YOSHIKI [JP] ET AL) 26. Mai 1998 (1998-05-26) Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 10, Zeile 43; Abbildung 2 ----- -/-</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	X	WO 2010/040011 A2 (VEECO COMPOUND SEMICONDUCTOR I [US]; MANGUM JOSHUA [US]; QUINN WILLIAM) 8. April 2010 (2010-04-08) Absatz [0019] - Absatz [0064]; Abbildungen 1, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6 -----	1-15	X	US 2010/273320 A1 (KAEPPELER JOHANNES [DE] ET AL) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) Absätze [0015] - [0042]; Abbildungen 1-7 -----	1-14	X	US 5 756 374 A (MIURA YOSHIKI [JP] ET AL) 26. Mai 1998 (1998-05-26) Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 10, Zeile 43; Abbildung 2 ----- -/-	1
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.												
X	WO 2010/040011 A2 (VEECO COMPOUND SEMICONDUCTOR I [US]; MANGUM JOSHUA [US]; QUINN WILLIAM) 8. April 2010 (2010-04-08) Absatz [0019] - Absatz [0064]; Abbildungen 1, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6 -----	1-15												
X	US 2010/273320 A1 (KAEPPELER JOHANNES [DE] ET AL) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) Absätze [0015] - [0042]; Abbildungen 1-7 -----	1-14												
X	US 5 756 374 A (MIURA YOSHIKI [JP] ET AL) 26. Mai 1998 (1998-05-26) Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 10, Zeile 43; Abbildung 2 ----- -/-	1												
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie														
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist														
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts												
29. August 2012		12/09/2012												
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Norga, Gerd												

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 11 001396 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 6. Januar 1999 (1999-01-06) Absatz [0005] - Absatz [0039]; Abbildungen 3,5	1
A	----- US 2007/259502 A1 (BOUR DAVID [US] ET AL) 8. November 2007 (2007-11-08) das ganze Dokument	1-15
A	----- ADOMAITIS R A ET AL: "Implementation of a geometrically based criterion for film uniformity control in a planetary SiC CVD reactor system", JOURNAL OF PROCESS CONTROL ELSEVIER UK, Bd. 17, Nr. 5, 1. Juni 2007 (2007-06-01), Seiten 477-488, XP002682454, ISSN: 0959-1524, DOI: DOI:10.1016/J.JPROCONT.2006.04.004 * Abbildung 9 *	5
A	----- US 2009/241833 A1 (MOSHTAGH VAHID S [US] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) das ganze Dokument	15
A	----- WO 01/46498 A2 (AIXTRON AG [DE]; FRIJLINK PETER [FR]) 28. Juni 2001 (2001-06-28) das ganze Dokument	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056457

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2010040011	A2	08-04-2010	CN	102171795 A	31-08-2011
			CN	102239277 A	09-11-2011
			EP	2332167 A2	15-06-2011
			EP	2347028 A1	27-07-2011
			JP	2012504866 A	23-02-2012
			JP	2012504873 A	23-02-2012
			KR	20110074899 A	04-07-2011
			KR	20110079831 A	08-07-2011
			TW	201022488 A	16-06-2010
			TW	201026887 A	16-07-2010
			US	2010086703 A1	08-04-2010
			US	2010087050 A1	08-04-2010
			US	2011174213 A1	21-07-2011
			WO	2010039252 A1	08-04-2010
			WO	2010040011 A2	08-04-2010
US 2010273320	A1	28-10-2010	AT	495282 T	15-01-2011
			CN	101631901 A	20-01-2010
			DE	102007009145 A1	28-08-2008
			EP	2126161 A1	02-12-2009
			JP	4970554 B2	11-07-2012
			JP	2010519753 A	03-06-2010
			KR	20090116807 A	11-11-2009
			TW	200846491 A	01-12-2008
			US	2010273320 A1	28-10-2010
			WO	2008101982 A1	28-08-2008
US 5756374	A	26-05-1998	CA	2170922 A1	28-09-1996
			CN	1137690 A	11-12-1996
			EP	0735598 A2	02-10-1996
			US	5665986 A	09-09-1997
			US	5756374 A	26-05-1998
JP 11001396	A	06-01-1999	KEINE		
US 2007259502	A1	08-11-2007	TW	200917340 A	16-04-2009
			US	2007259502 A1	08-11-2007
US 2009241833	A1	01-10-2009	KEINE		
WO 0146498	A2	28-06-2001	AT	244780 T	15-07-2003
			DE	60003850 D1	14-08-2003
			DE	60003850 T2	11-03-2004
			EP	1240366 A2	18-09-2002
			JP	4809562 B2	09-11-2011
			JP	2003518199 A	03-06-2003
			TW	552626 B	11-09-2003
			US	2004200412 A1	14-10-2004
			WO	0146498 A2	28-06-2001