

(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  
16. Oktober 2014 (16.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/166766 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
C23C 16/448 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/056331

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. März 2014 (28.03.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 103 603.1  
10. April 2013 (10.04.2013) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS  
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **KOLLER, Andreas**; Theresienweg 4, 93049  
Regensburg (DE). **BEHRES, Alexander**; Rudolf-Diesel-  
Str. 2, 93102 Pfatter (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER  
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT  
MBH**;  
Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, 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.

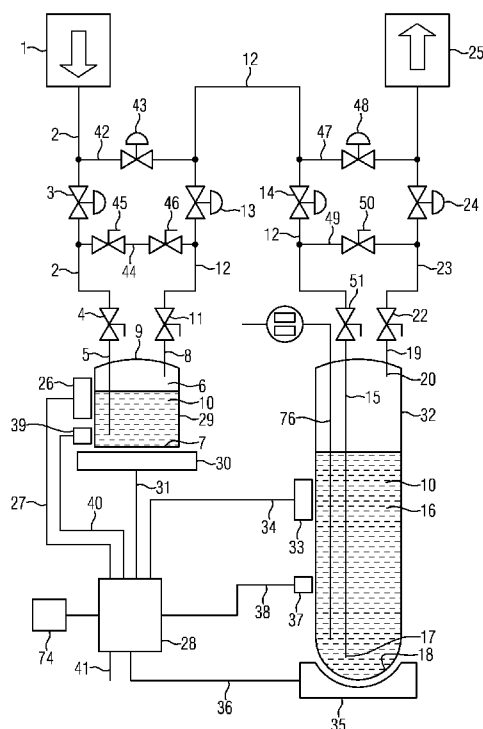
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR SUPPLYING A PROCESS WITH AN ENRICHED CARRIER GAS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM VERSORGEN EINES PROZESSES MIT EINEM ANGEREICHERTEN TRÄGERGAS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for supplying a process with an enriched carrier gas, wherein a first device and a second device are provided, wherein the first device has a precursor and is designed to bring a carrier gas in contact with the precursor and to enrich the carrier gas with the precursor, wherein the second device has a precursor and is designed to bring a carrier gas in contact with the precursor and to enrich the carrier gas with the precursor, wherein the first device supplies the second device with an enriched carrier gas, wherein the second device provides the enriched carrier gas for the process, wherein a temperature of the first device is controlled in dependence on an amount of precursor in the second device. The invention further relates to a device for enriching a carrier gas with a precursor and a controller for controlling the method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Versorgen eines Prozesses mit einem angereicherten Trägergas, wobei eine erste Vorrichtung und eine zweite Vorrichtung vorgesehen sind, wobei die erste Vorrichtung einen Precursor aufweist und ausgebildet ist, um ein Trägergas mit dem Precursor in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor anzureichern, wobei die zweite Vorrichtung einen Precursor aufweist und ausgebildet ist, um ein Trägergas mit dem Precursor in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor anzureichern, wobei die erste Vorrichtung die zweite Vorrichtung mit einem angereicherten Trägergas versorgt, wobei

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

## Beschreibung

Verfahren zum Versorgen eines Prozesses mit einem angereicherten Trägergas

5

Es wird ein Verfahren zum Versorgen eines Prozesses mit einem angereicherten Trägergas angegeben. Ferner wird ein Bubbler zum Anreichern eines Trägergases, der bei einem solchen Verfahren Verwendung finden kann. Weiter werden ein System  
10 ein System mit einem ersten und einem zweiten Bubbler und eine Steuerung zum Steuern einer Temperatur einer Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases angegeben

Die Druckschrift US 4,140,735 A beschreibt ein Verfahren zum  
15 Versorgen eines Prozesses mit einem Trägergas.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein verbessertes Verfahren zum Versorgen eines Prozesses mit einem angereicherten Trägergas bereitzustellen. Eine weitere zu  
20 lösende Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine verbesserte Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases bereitzustellen. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein verbessertes System zur Bereitstellung eines angereicherten Trägergases bereitzustellen. Zudem besteht eine weitere zu  
25 lösende Aufgabe darin, eine verbesserte Steuerung des Verfahrens zur Bereitstellung eines angereicherten Trägergases bereitzustellen.

Zum Anreichern eines Trägergases können Vorrichtungen  
30 verwendet werden, die beispielsweise die Form von Bubbler mit flüssigen Precursoren aufweisen. Der flüssige Precursor wird vom Trägergas durchströmt, sodass Moleküle des Precursors im Trägergas mittransportiert werden. Anstelle eines flüssigen Precursors kann jedoch auch ein fester  
35 Precursor vorgesehen sein. Das beschriebene Verfahren wird beispielsweise dazu eingesetzt, um Halbleiterschichten mit Hilfe einer MOVPE- oder einer CVD-Anlage aufzuwachsen.

Beispielsweise werden als Precursor metallorganische flüssige Precursor verwendet. Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens werden beispielsweise Halbleiterschichten für Halbleiterlaser und LED-Strukturen hergestellt.

5

Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens besteht darin, dass große Volumenflüsse des Trägergases bereitgestellt werden können. Zudem können große Volumenflüsse des Trägergases mit einer konstanten Konzentration an Precursors

10

bereitgestellt werden.

Der neue Bubbler weist den Vorteil auf, dass große Volumenströme von Trägergas mit einer konstanten Sättigung an Precursor bereitgestellt werden können.

15

Der Vorteil des beschriebenen Verfahrens wird dadurch erreicht, dass eine erste Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases mit einem Precursor vorgesehen ist, wobei die erste Vorrichtung ein angereichertes Trägergas an eine zweite Vorrichtung leitet. Die zweite Vorrichtung ist ebenfalls ausgebildet, um ein Trägergas mit einem Precursor anzureichern. Die zweite Vorrichtung leitet das von ihr angereicherte Trägergas an einen Prozess, beispielsweise einen Schichtabscheideprozess für optoelektronische

20

Halbleiterbauelemente weiter. Eine Temperatur der ersten Vorrichtung, die die Konzentration der Anreicherung des Trägergases mit dem Precursor der ersten Vorrichtung bestimmt, wird in Abhängigkeit von einer Menge an Precursor in der zweiten Vorrichtung gesteuert. Auf diese Weise wird eine sichere und zuverlässige Anreicherung des Trägergases in der zweiten Vorrichtung auch bei einem hohen Volumenfluss des Trägergases mit einer konstanten Konzentration des angereicherten Precursors im Trägergas erreicht. Damit können Realisierungen von Trägergasflüssen von beispielsweise größer als einem Liter pro Minute bis zu beispielsweise 10 Litern pro Minute oder mehr mit einer konstanten Konzentration an Precursor realisiert werden. Somit werden eine erhöhte

25

30

35

Prozessstabilisierung des Abscheideprozesses und eine hohe Abscheiderate auch mit einer Quelle für das angereicherte Trägergas erreicht.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform wird die zweite Vorrichtung mit Hilfe der ersten Vorrichtung mit Precursor aufgefüllt. Dies wird dadurch erreicht, dass die Temperatur der ersten Vorrichtung so eingestellt wird, dass mehr Precursor von der ersten Vorrichtung zur zweiten Vorrichtung über das Trägergas  
10 transportiert wird, als von der zweiten Vorrichtung über das Trägergas an den Prozess abgegeben wird. Somit ist es nicht erforderlich, die zweite Vorrichtung nach einer erstmaligen Befüllung mit Precursor während des Betriebs mit Precursor laufend aufzufüllen. Die zweite Vorrichtung wird  
15 beispielsweise zu Beginn eines Prozesses mit einem Precursor bis zu einem festgelegten Füllstand aufgefüllt. Während des Prozesses wird die zweite Vorrichtung mit Hilfe der ersten Vorrichtung mit Precursor versorgt. Da in der zweiten Vorrichtung ein ausreichender Precursor vorgehalten wird,  
20 kann das Trägergas weiterhin mit Precursor angereichert werden, auch wenn der Precursor der ersten Vorrichtung aufgebraucht ist. Somit kann eine leer gewordene erste Vorrichtung gegen eine neue, gefüllte Vorrichtung ausgetauscht werden, ohne den Anreicherungsprozess durch die  
25 zweite Vorrichtung negativ zu beeinflussen. Zudem werden dadurch Wartungen an der ersten Vorrichtung leichter möglich, ohne die Bereitstellung des angereicherten Trägergases durch die zweite Vorrichtung zu beeinflussen.
- 30 In einer weiteren Ausführungsform wird eine genaue Steuerung der Temperatur der ersten Vorrichtung erreicht. Dazu wird die Temperatur der ersten Vorrichtung abhängig von der Menge an Precursor in der zweiten Vorrichtung gesteuert. Auf diese Weise kann ein gewünschter Füllstand des Precursors in der  
35 zweiten Vorrichtung eingehalten oder eingestellt werden. In einer weiteren Ausführungsform wird das Verfahren dahingehend vereinfacht, dass die Menge an Precursor in der

zweiten Vorrichtung abhängig vom Gewicht der zweiten Vorrichtung beurteilt wird. Somit ist es nicht erforderlich, den aktuellen Füllstand des Precursors tatsächlich zu messen. Ausreichend ist eine einfache Messung des Gewichts der zweiten Vorrichtung. In einer weiteren Ausführungsform wird die Temperatur der zweiten Vorrichtung unabhängig von der Temperatur der ersten Vorrichtung gesteuert. Insbesondere wird abhängig von der Menge des Precursors in der zweiten Vorrichtung und/oder abhängig vom Volumenstrom des Trägergases durch die zweite Vorrichtung und/oder abhängig von einer gewünschten Sättigung des Trägergases für den Prozess gesteuert.

Das beschriebene Verfahren kann beispielsweise für die Verwendung eines flüssigen Precursors, insbesondere für etallorganische Precursor eingesetzt werden. Insbesondere bei der Verwendung eines flüssigen Precursors ist es von Vorteil, dass eine Befüllung der zweiten Vorrichtung nicht erforderlich ist. Die Befüllung einer Vorrichtung mit einem flüssigen Precursor, d. h. eines Bubblers ist relativ aufwendig und kann mit dem beschriebenen System vermieden werden.

Der beschriebene Bubbler weist den Vorteil auf, dass ein hoher Volumenstrom vom Trägergas konstant mit einem Precursor insbesondere mit einer konstanten Sättigung des Precursors bereitgestellt werden kann. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass im flüssigen Precursor wenigstens ein Ablenkelement vorgesehen ist, dass die Strömung des Trägergases im Precursor dahingehend beeinflusst, dass das Trägergas eine größere Oberfläche bildet und/oder einen längeren Weg vollführen muss, das heißt eine längere Zeit in Kontakt mit dem Precursor steht. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, dass das Ablenkelement in Form einer Platte mit Öffnungen ausgebildet ist. Die Öffnungen können beispielsweise in Form von Löchern ausgebildet sein. Die Öffnungen weisen beispielsweise eine Größe auf, die kleiner

ist als eine vom Trägergas in einem flüssigen Precursor gebildete Blase. Insbesondere kann das Ablenkelement in Form eines Siebes ausgebildet sein. Durch die Ausbildung der Öffnungen wird die Bildung von kleinen Blasen des Trägergases im flüssigen Precursor unterstützt. Dadurch wird die Oberfläche des Trägergases erhöht. Somit kann eine höhere Sättigung des Trägergases mit dem Precursor auch bei einem hohen Volumenstrom des Trägergases erreicht werden.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Ablenkelement in der Weise ausgebildet, dass der Weg des Trägergases im Precursor erhöht ist. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, dass das Ablenkelement in Form einer Platte mit Schlitzten ausgebildet ist. Insbesondere kann die Platte Flächen aufweisen, die in Form von Kreissegmenten ausgebildet sind und vorzugsweise geneigt zu einer Ebene der Platte angeordnet sind. Dadurch wird das Trägergas zu einer Querbewegung, insbesondere zu einer kreisartigen und/oder spiralartigen Strömungsbahn gezwungen.

Vorzugsweise sind mehrere Ablenkelemente übereinander angeordnet. Damit werden eine weitere Vergrößerung der Oberfläche des Trägergases und/oder eine weitere Verwirbelung des Trägergases im Precursor erreicht. Dies bewirkt eine weitere Vergrößerung der Oberfläche des Trägergases und/oder eine Verlängerung des vom Trägergas zurückgelegten Wegs. Das beschriebene System mit einem ersten und einem zweiten Bubbler weist die anhand des Verfahrens erläuterten Vorteile auf.

Ein einfacher und kostengünstiger Aufbau eines Bubblers mit einer sicheren Temperierung wird dadurch erreicht, dass der Bubbler eine Kühlmanschette aufweist, die auf dessen Außenseite angebracht ist. Somit kann zum einen die Temperatur des Bubblers ausreichend genau mit Hilfe einer Kühlflüssigkeit eingestellt werden. Zudem kann die Steuerung der Temperatur des Bubblers durch eine einfache Steuerung des

Kühlstroms eingestellt werden. Weiterhin kann ein geschlossener Kühlmittelstrom verwendet werden, so dass kein Kühlmittel verdunsten kann.

- 5 Die beschriebene Steuerung weist den Vorteil auf, dass eine einfache und sichere Durchführung des beschriebenen Verfahrens ermöglicht wird.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei

15

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Systems mit zwei Vorrichtungen zum Anreichern eines Trägergases mit einem Precursor,

20

Figur 2 einen Bubbler mit einer Kühlmanschette,

Figur 3 einen schematischen Querschnitt durch eine Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases mit einem Precursor,

25

Figur 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf das erste Ablenkelement,

30

Figur 5 eine schematische Draufsicht auf ein Ablenkelement, und

Figur 6 eine schematische Seitenansicht des Ablenkelements der Figur 5 zeigt.

35

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Anordnung zur Anreicherung eines Trägergases mit einem Precursor. Als Trägergas kann beispielsweise Argon oder

Helium von einer Quelle 1 mit einem vorgegebenen Druck zur Verfügung gestellt werden. Die Quelle 1 ist an eine Zuleitung 2 angeschlossen. Die Zuleitung 2 steht über ein erstes Ventil 3 mit einem ersten Einlassventil 4 in Verbindung. Das erste Einlassventil 4 verbindet die Zuleitung 2 mit einem Zulaufrohr 5, dass in einen Raum 6 eines Gefäßes 29 mündet. Das Zulaufrohr 5 endet knapp über einem Boden 7 des Raums 6. Zudem ist ein Ablaufrohr 8 in den Raum 6 geführt, wobei das Ablaufrohr 8 knapp unterhalb einer Deckenwand 9 endet. Im Betriebszustand befindet sich im Raum 6 ein Precursor 10. Der Precursor 10 kann beispielsweise in fester Form oder in flüssiger Form vorliegen. Beispielsweise kann als Precursor 10 eine metallorganische Verbindung verwendet werden.

Das Ablaufrohr 8 ist über ein erstes Auslassventil 11 mit einer Verbindungsleitung 12 verbunden. Die Verbindungsleitung 12 weist ein zweites und ein drittes Ventil 13, 14 auf. Das zweite und das dritte Ventil 13, 14 sind hintereinander in Serie geschaltet. Nach dem dritten Ventil 14 ist die Verbindungsleitung 12 an ein zweites Einlassventil 51 angeschlossen. Das zweite Einlassventil 51 verbindet die Verbindungsleitung 12 mit einem zweiten Zulaufrohr 15. Das zweite Zulaufrohr 15 ist in einen zweiten Raum 16 eines zweiten Gefäßes 32 geführt. Das zweite Zulaufrohr 15 endet mit einer Auslassöffnung 17 nahe einem zweiten Boden 18 des zweiten Raumes 16. Zudem ist ein zweites Ablaufrohr 19 aus dem zweiten Raum 16 heraus geführt, wobei eine Ablauföffnung 20 knapp unterhalb einer zweiten Deckenwand 21 des zweiten Raumes 16 angeordnet ist. Das zweite Ablaufrohr 19 ist über ein zweites Auslassventil 22 mit einer Ableitung 23 verbunden. In der Ableitung 23 ist ein viertes Ventil 24 vorgesehen. Nach dem vierten Ventil 24 mündet die Ableitung 23 in eine Prozesskammer 25.

Im Betrieb der Anlage ist im zweiten Raum 16 die gleiche Art Precursor wie im ersten Raum 6 vorgesehen. Beispielsweise kann der Precursor 10 in Form eines flüssigen Precursors

vorgesehen sein. Der flüssige Precursor weist im Betrieb einen Füllstand auf, der zwischen der Auslassöffnung 17 des zweiten Zulaufrohrs 15 und der Ablauföffnung 20 des zweiten Ablaufrohrs 19 angeordnet ist.

5 Weiterhin weist der erste Raum 6 eine Temperiereinrichtung 26 auf. Mithilfe der Temperiereinrichtung 26 kann die Temperatur im Raum 6 und damit die Temperatur des Precursors 10 beeinflusst, insbesondere eingestellt werden. Die Temperiereinrichtung 26 steht über eine Steuerleitung 27 mit  
10 einem Steuergerät 28 in Verbindung. Das Steuergerät 28 ist mit einem Datenspeicher 74 verbunden. Der Raum 6 wird durch das abgedichtete Gefäß 29 begrenzt, wobei über das Zulaufrohr 5 Trägergas zugeführt und über das Ablaufrohr 8 abgeführt wird. Das Gefäß 29 ist in der dargestellten Ausführungsform  
15 auf einer Waage 30 angeordnet. Die Waage 30 steht über eine Signalleitung 31 mit dem Steuergerät 28 in Verbindung.

Der zweite Raum 16 wird von dem zweiten abgedichteten Gefäß 32 gebildet, wobei über das zweite Zulaufrohr 15 Trägergas zu  
20 und über das zweite Ablaufrohr abgeführt wird. Das zweite Gefäß 32 weist eine zweite Temperiereinrichtung 33 auf, um die Temperatur des zweiten Gefäßes einzustellen. Die zweite Temperiereinrichtung 33 ist über eine zweite Steuerleitung 34 mit dem Steuergerät 28 verbunden. Weiterhin ist das zweite  
25 Gefäß 32 auf einer zweiten Waage 35 angeordnet. Die zweite Waage 35 ist über eine zweite Signalleitung 36 mit dem Steuergerät 28 verbunden. Zudem kann ein zweiter Temperatursensor 37 am oder im zweiten Gefäß 32 vorgesehen sein. Der zweite Temperatursensor 37 ist über eine dritte  
30 Signalleitung 38 mit dem Steuergerät 28 verbunden. Zudem kann das Gefäß 29 einen ersten Temperatursensor 39 aufweisen, der über eine vierte Signalleitung 40 mit dem Steuergerät 28 verbunden ist.

35 Mithilfe der Waagen 30, 34 kann das Gewicht der Gefäße 29, 32 und damit die Menge an Precursor im Gefäß 29, 32 erfasst werden. Das Steuergerät 28 weist weitere Ein-/Ausgänge 41

auf, über die Signale von weiteren Sensoren erfasst und/oder Steuersignale an die Ventile abgegeben werden.

In Strömungsrichtung eines Trägergases gesehen ist vor dem  
5 ersten Ventil 3 eine Überbrückungsleitung 42 mit einem  
fünften Ventil 43 angeordnet. Die Überbrückungsleitung 42 ist  
zu der Verbindungsleitung 12 in Strömungsrichtung nach dem  
zweiten Ventil 13 und vor dem dritten Ventil 14 geführt.  
Zudem ist eine zweite Überbrückungsleitung 44 mit einem  
10 ersten und einem zweiten Schaltventil 45, 46 vorgesehen, die  
die Zuleitung 2 mit der Verbindungsleitung 12 jeweils  
angrenzend an das erste Einlassventil 4 bzw. das erste  
Auslassventil 11 verbindet. Weiterhin ist eine dritte  
Überbrückungsleitung 47 vorgesehen, die ein sechstes Ventil  
15 48 aufweist. Die dritte Überbrückungsleitung 47 verbindet die  
Zuleitung 12 in Strömungsrichtung gesehen vor dem dritten  
Ventil 14 mit der Ableitung 23 nach dem vierten Ventil 24.

Weiterhin ist eine vierte Überbrückungsleitung 49 vorgesehen,  
20 die ein drittes Schaltventil 50 aufweist, wobei die vierte  
Überbrückungsleitung 49 die Zuleitung 12 in Strömungsrichtung  
gesehen vor dem zweiten Einlassventil 51 mit der Ableitung 23  
in Strömungsrichtung gesehen nach dem zweiten Auslassventil  
22 verbindet. Die Aus- und Einlassventile 4, 11, 51, 52 sind  
25 ebenfalls als Schaltventile ausgebildet, wobei ein  
Schaltventil händisch geschaltet wird. Die anderen Ventile 3,  
13, 14, 24, 43, 48 sind jeweils als pneumatische Ventile  
ausgebildet, die vom Steuergerät 28 angesteuert, das heißt  
geöffnet oder geschlossen werden.

30 Mithilfe der in Figur 1 beschriebenen Vorrichtung kann eine  
Prozesskammer 25 mit einem gewünschten Volumenstrom eines  
Trägergases mit einer gewünschten Anreicherung eines  
Precursors versorgt werden. Dazu sind entsprechende Programme  
35 im Datenspeicher 74 für das Steuergerät 28 abgelegt. Die  
Anreicherung des Trägergases beim Durchströmen des ersten  
Raumes 6 und des zweiten Raumes 16 hängt von der

Strömungsgeschwindigkeit des Trägergases und der Temperatur des Precursors 10 ab. Entsprechende Tabellen sind im Datenspeicher 29 abgelegt. Das Trägergas wird von der Quelle 1 mit einem vorgegebenen Druck zur Verfügung gestellt.

5 Abhängig vom gewünschten Volumenstrom des Trägergases werden das erste, zweite, dritte und vierte Ventil 3, 13, 14, 24 entsprechend geöffnet. Die Einlass- und Auslassventile 4, 11, 51, 52 sind ebenfalls geöffnet. Die Schaltventile 45, 46, 50 der zweiten und vierten Überbrückungsleitungen 44, 49 sind im  
10 Normalbetrieb geschlossen. Ebenso sind das fünfte Ventil 43 und das sechste Ventil 48 im normalen Betrieb geschlossen.

Die Temperatur des Precursors 10 im ersten und einem zweiten Raum 6, 16 wird durch die Temperatursensoren 37, 39 erfasst.

15 Abhängig von dem vorgegebenen Volumenstrom und der gewünschten Anreicherung mit dem Precursor werden die Temperaturen der Precursor 10 im ersten und im zweiten Raum 6, 16 durch eine entsprechende Ansteuerung der Temperiereinrichtung 26, 33 in der gewünschten Höhe vom  
20 Steuergerät 28 eingestellt. Zudem hängt die Sättigung des Trägergases im zweiten Raum 16 vom Füllstand des Precursors ab. Dazu sind entsprechende Programme und Tabellen im Datenspeicher 29 abgelegt.

25 Zum Einhalten eines gewünschten Füllstands des Precursors 10 im zweiten Raum 16 wird die Temperatur des Precursors 10 im ersten Raum 6 höher gestellt, als für die Sättigung des Trägergases erforderlich ist. Somit wird vom Raum 6 mehr Precursor über das Trägergas und die Verbindungsleitung 12 in  
30 den zweiten Raum 16 befördert, als vom Trägergas über die zweite Ableitung 23 aus dem zweiten Raum 16 zur Prozesskammer 25 geführt wird. Damit wird der Füllstand des Precursors im zweiten Raum 16 erhöht. Zur Erfassung des Füllstands des Precursors 10 im zweiten Raum 16 wird das Gewicht des zweiten  
35 Gefäßes 32 mithilfe der zweiten Waage 35 erfasst und an das Steuergerät 28 gemeldet. Im Datenspeicher 74 sind Tabellen abgelegt, die in Abhängigkeit vom erfassten Gewicht des

zweiten Gefäßes 32 einen Füllstand berechnen. Zudem wird mithilfe der Waage 30 das Gewicht des ersten Gefäßes 29 erfasst und an das Steuergerät 28 weitergemeldet. Das Steuergerät 28 ermittelt aufgrund des Gewichts des Gefäßes 29 den Füllstand des Precursors 10 im Raum 6. Abhängig von der gewählten Ausführungsform können anstelle der Waagen 30, 35 auch andere Messverfahren eingesetzt werden, um den Füllstand bzw. die Menge des Precursors 10 im ersten und/oder im zweiten Raum 6, 16 zu messen. Das erste und das zweite Gefäß stellen jeweils eine Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases mit einem Precursor in Form eines Bubblers dar.

Für die Herstellung von Verbindungshalbleitern werden oft metallorganische Verbindungen wie z.B. Trimethylgallium, Trimethylaluminium, Trimethylindium, Dimethylhydrazine usw. verwendet. Der Vorteil dieser Verbindungen ist ein moderater Dampfdruck bei Raumtemperatur, sodass sie nahe Normbedingungen verdampft und durch Rohrleitungen transportiert werden können. Die in Figur 1 dargestellten Gefäße 29, 32 stellen bei Verwendung eines flüssigen Precursors sogenannte Bubbler da, die vom Aufbauprinzip her einer Gaswaschflasche entsprechen. Dabei werden die metallorganischen Verbindungen bei einem gesättigten Dampf über einer flüssigen metallorganischen Verbindung oder einer festen metallorganischen Verbindung durch die Einbringung eines Trägergases, wie z.B. Wasserstoff, Stickstoff oder Argon, zu der Prozesskammer 25 transportiert. Für eine definierte Anreicherung, das heißt eine definierte Konzentration des Precursor in dem Trägergas ist eine bestimmte Temperatur des Precursors erforderlich. Dazu werden die Gefäße 29, 32 mit den Temperiereinrichtungen 26, 33 möglichst genau auf der gewünschten Temperatur gehalten, um einen definierten konstanten Dampfdruck des metallorganischen Precursors zu erreichen. Für die Abscheidung von Aluminium kann beispielsweise Trimethylaluminium, für die Abscheidung von Gallium Trimethylgallium, für die Abscheidung von Indium Trimethylindium, für die Abscheidung von Germanium

Isobotylgermanium und für die Abscheidung von Arsen Arsine verwendet werden.

Figur 2 zeigt in schematischer Darstellung das Gefäß 29, dass eine Vorrichtung zum Anreichern eines Trägergases mit einem Precursor darstellt und gemäß Figur 1 abgebaut ist. Das Gefäß 29 weist als Temperiereinrichtung 26 eine Kühlmanschette 53 auf, die eine Kühlleitung 55 zur Führung eines Kühlmediums aufweist. Die Kühlmanschette 53 ist beispielsweise mit einem geschlossenen Kühlwasserkreislauf verbunden, wodurch eine Temperierung des Gefäßes 29 und damit des Precursors 10 im Gefäß 29 auf eine Genauigkeit von  $\pm 0,5$  Grad möglich ist. Die Kühlmanschette wird über ein steuerbares Ventil an den geschlossenen Kühlwasserkreislauf angeschlossen. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann auch nur ein Teil der Seitenfläche des Gefäßes 29 mit der Kühlmanschette 53 bedeckt sein. Die Kühlmanschette 53 besteht aus Kühlleitungen 55, die quer zur Längserstreckung des Gefäßes 29 angeordnet sind und thermisch leitenden Kontaktflächen 54, die senkrecht zu den Kühlrohren 55 angeordnet sind und direkt auf der Außenseite des Gefäßes 29 aufliegen. Die Kühlleitungen 55 geben die Wärme/Kälte an die Kontaktflächen 54. Mit Hilfe der Kühlmanschette 53 ist eine direkte Proportionalkühlung des Gefäßes 29 möglich.

Figur 3 zeigt in einem schematischen Querschnitt eine Ausführungsform für das zweite Gefäß 32.

Das zweite Gefäß 32 weist im Wesentlichen eine zylindrische Außenform und einen zylindrischen zweiten Raum 16 auf. Der zweite Raum 16 ist von einer ersten Gehäusewand 57 begrenzt. Die erste Gehäusewand 57 ist in Form einer Zylinderwand mit Boden 59 ausgebildet und beinhaltet zweite Kühlleitungen 58 zum Temperieren der ersten Gehäusewand 57. Vorzugsweise ist die zweite Kühlleitung 58 sowohl in den Seitenwänden 60 als auch im Boden 59 der ersten Gehäusewand 57 eingebracht. Die erste Gehäusewand 57 ist von einer zweiten Gehäusewand 61

umgeben. Die zweite Gehäusewand 61 ist ebenfalls zylinderförmig ausgebildet und weist einen zweiten Boden 62 auf. Zwischen der ersten und der zweiten Gehäusewand 57, 61 ist ein hülsenförmiger Hohlraum 63 mit einem Bodenraum 5 ausgebildet. Der Hohlraum 63 wird unter Vakuum zugeschweisst, sodass im Hohlraum 63 ein Vakuum zur thermischen Isolierung vorhanden ist.

Die erste Gehäusewand 57 ist von einem Deckel 64 10 abgeschlossen, wobei auch die zweite Gehäusewand 61 von dem Deckel 64 abgeschlossen ist. Über den Deckel 64 ist das zweite Zulaufrohr 15 in den zweiten Raum 16 eingeführt. Das zweite Zulaufrohr 15 endet knapp über dem Boden 59. Oberhalb einer Auslassöffnung des zweiten Zulaufrohrs 15 ist ein 15 erstes Ablenkelement 65 angeordnet. Das erste Ablenkelement 65 ist in der dargestellten Ausführungsform als scheibenförmige Platte ausgebildet, durch deren Mitte das zweite Zulaufrohr 15 geführt ist. Das erste Ablenkelement 65 weist Löcher beispielsweise in Form von Kreisflächen auf. 20 Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann das erste Ablenkelement 65 in Form eines Siebes mit Löchern, insbesondere mit kreisförmigen Löchern ausgebildet sein. Die Aufgabe des ersten Ablenkelement 65 besteht darin, dass über das zweite Zulaufrohr 15 zugeführte Trägergas in kleinere 25 Gasblasen aufzuteilen. Damit wird die Oberfläche des Trägergases erhöht. Im Betriebszustand befindet sich ein Precursor 10, der flüssig ausgebildet ist und bis zu einem gewünschten Füllstand 66 den zweiten Raum 16 auffüllt.

30 Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann auf das erste Ablenkelement 65 auch verzichtet werden. Oberhalb des ersten Ablenkelements 65 ist wenigstens ein weiteres Ablenkelement 67, 68, 69 angeordnet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei weitere Ablenkelemente 67, 68, 35 69 vorgesehen. Die drei weiteren Ablenkelemente sind übereinander und beabstandet voneinander angeordnet und weisen jeweils die Form einer Kreisscheibe mit einem mittigen

Loch auf, durch dass das zweite Zulaufrohr 15 geführt ist.  
Die weiteren Ablenkelemente 67, 68, 69 weisen eine Form auf,  
mit der die Strömung des Trägergases seitlich abgelenkt wird,  
insbesondere zu einer spiralförmigen Strömungsrichtung  
5 abgelenkt wird. Dabei können die Ablenkelemente 67, 68, 69  
beispielsweise in Form von Platten mit Schlitzten ausgebildet  
sein. Zudem können die weiteren Ablenkelemente in Form von  
Platten gebildet sein, die in Kreissegmente aufgeteilte  
Flächen aufweisen, wobei die Flächen geneigt zur Ebene des  
10 weiteren Ablenkelements angeordnet sind.

Figur 4 zeigt in einer schematischen Draufsicht das erste  
Ablenkelement 65 mit einer Vielzahl von kreisrunden Löchern  
77 die beispielsweise gleichmäßig über das Ablenkelement 65  
15 verteilt sind. Das Trägergas, dass durch die Löcher 77 nach  
oben steigt und in kleinere Blasen aufgeteilt.

Figur 5 zeigt in einer schematischen Ansicht das erste  
weitere Ablenkelement 67 von oben. Das erste weitere  
20 Ablenkelement 67 weist mehrere Kreissegmente 70 auf. Zudem  
ist eine mittige Öffnung 71 für die Durchführung des zweiten  
Zulaufrohres 15 vorgesehen.

Figur 6 zeigt in einer schematischen Seitenansicht eine Ebene  
25 72 des ersten weiteren Ablenkelements 67 und zwei  
Kreissegmente 70 der Figur 5. Dabei ist deutlich die  
Schrägstellung der Kreissegmente 70 in Bezug auf die Ebene 72  
zu erkennen. Durch die Schrägstellung wird das Trägergas beim  
Hochsteigen seitlich abgelenkt. Somit wird die Zeit zum  
30 Aufsteigen und der Weg beim Aufsteigen erhöht.

Das zweite und dritte weitere Ablenkelement 68, 69 kann  
entsprechend dem ersten weiteren Ablenkelement 67 ausgebildet  
sein. Weiterhin können das zweite und dritte weitere  
35 Ablenkelement auch andere Formen aufweisen, um die Zeit  
und/oder den Weg des aufsteigenden Trägergases zu erhöhen.  
Oberhalb des dritten weiteren Ablenkelements 69 und unterhalb

des Füllstands 66 des Precursors kann ein zusätzliches Ablenkelement 73 vorgesehen sein. Das zusätzliche Ablenkelement 73 weist im Wesentlichen die gleiche Form wie das erste Ablenkelement 65 auf. Abhängig von der gewählten Ausführungsform können die Form und/oder die Größe der Öffnungen gegenüber dem ersten Ablenkelement 65 anders ausgebildet sein.

Oberhalb des Füllstands 66 ist im Deckel 64 das zweite Ablaufrohr 19 eingebracht. Zudem weist das zweite Gehäuse 32 einen Anschluss zur Zuführung von Kühlflüssigkeit zu der zweiten Kühlleitung 58 auf. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann ein geschlossener Kühlwasserkreislauf für die zweite Kühlleitung 58 vorgesehen sein, wobei das Kühlwasser beispielsweise durch einen extern angeordneten Peltierkühler exakt temperiert werden kann. Die Temperierung kann im Bereich von  $\pm 0,1$  Grad Celsius liegen. Die Ablenkelemente 65, 66, 67, 68, 69, 73 stellen Umlenkbleche bzw. Diffusorbleche dar, die sowohl die Oberfläche des Trägergases vergrößern sollen als auch eine längere Verweilzeit im Precursor und/oder eine längere Schwebestrecke im Precursor erreichen soll. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann ein Sackloch 76 vorgesehen sein, um den zweiten Temperatursensor 32 im zweiten Innenraum 16 unterzubringen. Weiterhin kann ein Befüllstutzen für eine Grundbefüllung oder eine Großgewindeversorgung mit Precursor am zweiten Gehäuse 32 vorgesehen sein.

Abhängig von der gewählten Ausführungsform wird die Temperatur des ersten Gehäuses 29, d. h. des ersten Bubblers so gesteuert, dass ein gewünschter Füllstand des zweiten Gehäuses 29 mit Precursor, d. h. des zweiten Bubblers auf 75% des Volumens des zweiten Raums 16 konstant gehalten wird.

Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann auch auf den Hohlraum 63 als Vakuum zur Isolierung verzichtet werden und eine Materialisolierung vorgesehen sein.

Weiterhin kann abhängig von der gewählten Ausführungsform auch der zweite Bubbler, das heißt das Gehäuse 32 ohne den ersten Bubbler, das heißt das erste Gehäuse 29 zur Bereitstellung von angereichertem Trägergas verwendet werden.

5 In dieser Ausführungsform ist die Quelle des Trägergases direkt an die Zuleitung 12 der zweiten Vorrichtung (Fig. 1) angeschlossen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte

10 Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

15 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102013103603.1, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

20

## Bezugszeichenliste

|    |    |                             |
|----|----|-----------------------------|
|    | 1  | Quelle                      |
|    | 2  | Zuleitung                   |
| 5  | 3  | Erstes Ventil               |
|    | 4  | Erstes Einlassventil        |
|    | 5  | Zulaufrohr                  |
|    | 6  | Raum                        |
|    | 7  | Boden                       |
| 10 | 8  | Ablaufrohr                  |
|    | 9  | Deckenwand                  |
|    | 10 | Precursor                   |
|    | 11 | Erstes Auslassventil        |
|    | 12 | Verbindungsleitung          |
| 15 | 13 | Zweites Ventil              |
|    | 14 | Drittes Ventil              |
|    | 15 | Zweites Zulaufrohr          |
|    | 16 | Zweiter Raum                |
|    | 17 | Auslassöffnung              |
| 20 | 18 | Zweiter Boden               |
|    | 19 | Zweites Ablaufrohr          |
|    | 20 | Ablauföffnung               |
|    | 21 | Zweite Deckenwand           |
|    | 22 | Zweites Auslassventil       |
| 25 | 23 | Ableitung                   |
|    | 24 | Viertes Ventil              |
|    | 25 | Prozesskammer               |
|    | 26 | Temperiereinrichtung        |
|    | 27 | Steuerleitung               |
| 30 | 28 | Steuergerät                 |
|    | 29 | Gefäß                       |
|    | 30 | Waage                       |
|    | 31 | Signalleitung               |
|    | 32 | Zweites Gefäß               |
| 35 | 33 | Zweite Temperiereinrichtung |
|    | 34 | Zweite Steuerleitung        |
|    | 35 | Zweite Waage                |

|    |    |                                |
|----|----|--------------------------------|
|    | 36 | Zweite Signalleitung           |
|    | 37 | Zweiter Temperatursensor       |
|    | 38 | Dritte Signalleitung           |
|    | 39 | Erster Temperatursensor        |
| 5  | 40 | Vierte Signalleitung           |
|    | 41 | Ein-/Ausgang                   |
|    | 42 | Überbrückungsleitung           |
|    | 43 | Fünftes Ventil                 |
|    | 44 | Zweite Überbrückungsleitung    |
| 10 | 45 | Erstes Schaltventil            |
|    | 46 | Zweites Schaltventil           |
|    | 47 | Dritte Überbrückungsleitung    |
|    | 48 | Sechstes Ventil                |
|    | 49 | Vierte Überbrückungsleitung    |
| 15 | 50 | Drittes Schaltventil           |
|    | 51 | Zweites Einlassventil          |
|    | 53 | Kühlmanschette                 |
|    | 54 | Kühlfläche                     |
|    | 55 | Kühlleitung                    |
| 20 | 57 | Erste Gehäusewand              |
|    | 58 | Zweite Kühlleitung             |
|    | 59 | Boden                          |
|    | 60 | Seitenwand                     |
|    | 61 | Zweite Gehäusewand             |
| 25 | 62 | Zweiter Boden                  |
|    | 63 | Hohlraum                       |
|    | 64 | Deckel                         |
|    | 65 | Erstes Ablenkelement           |
|    | 66 | Füllstand                      |
| 30 | 67 | Erstes weiteres Ablenkelement  |
|    | 68 | Zweites weiteres Ablenkelement |
|    | 69 | Drittes weiteres Ablenkelement |
|    | 70 | Kreissegment                   |
|    | 71 | Bohrung                        |
| 35 | 72 | Ebene                          |
|    | 73 | Zusätzliches Ablenkelement     |
|    | 74 | Datenspeicher                  |

76 Sackloch

77 Loch

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Versorgen eines Prozesses mit einem angereicherten Trägergas, wobei eine erste Vorrichtung und eine zweite Vorrichtung vorgesehen sind, wobei die erste Vorrichtung einen Precursor aufweist und ausgebildet ist, um ein Trägergas mit dem Precursor in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor anzureichern, wobei die zweite Vorrichtung einen Precursor aufweist und ausgebildet ist, um ein Trägergas mit dem Precursor in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor anzureichern, wobei die erste Vorrichtung die zweite Vorrichtung mit einem angereicherten Trägergas versorgt, wobei die zweite Vorrichtung das angereicherte Trägergas für den Prozess bereitstellt, wobei eine Temperatur der ersten Vorrichtung abhängig von einer Menge an Precursor in der zweiten Vorrichtung gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur der ersten Vorrichtung so eingestellt wird, dass mehr Precursor von der ersten Vorrichtung zur zweiten Vorrichtung transportiert wird, als von der zweiten Vorrichtung über das angereicherte Trägergas für den Prozess abgegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur der ersten Vorrichtung abhängig von einer Menge an Precursor in der ersten Vorrichtung gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Menge an Precursor der ersten und/oder der zweiten Vorrichtung abhängig vom Gewicht der ersten bzw. der zweiten Vorrichtung beurteilt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur der zweiten Vorrichtung unabhängig von der

Temperatur der ersten Vorrichtung gesteuert wird,  
insbesondere abhängig von der Menge des Precursors in der  
zweiten Vorrichtung und/oder abhängig vom Volumenstrom  
des Trägergases durch die zweite Vorrichtung und/oder  
abhängig von einer gewünschten Sättigung des Trägergases  
für den Prozess gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
als Precursor wenigstens in der ersten oder der zweiten  
Vorrichtungen ein flüssiger Precursor, insbesondere ein  
metallorganischer Precursor vorgesehen ist, und wobei die  
Vorrichtung mit dem flüssigen Precursor als Bubbler  
ausgebildet ist.

7. Bubbler (29, 32) zum Anreichern eines Trägergases mit  
einem Precursor (10), mit einem Raum (6, 16) zum  
Bereithalten eines flüssigen Precursors (10), mit einer  
Temperatureinrichtung (26, 32), mit einer Isolierung, die  
auf einer Außenseite der Temperatureinrichtung angeordnet  
ist, mit einem Zulaufrohr (5, 15) zur Zuführung von  
Trägergas, wobei das Zulaufrohr (5, 15) in den Raum (6,  
16) ragt, mit einem Ablaufrohr (8, 19) zum Abführen eines  
angereicherten Trägergases, das in den Raum (6, 16) ragt,  
wobei zwischen einem Auslass des Zulaufrohrs (5, 15) und  
dem Einlass des Ablaufrohrs (8, 19) wenigstens ein  
Ablenkelement (65, 67, 68, 69, 73) vorgesehen ist, um  
eine Strömung des Trägergases zu beeinflussen, wobei im  
Betrieb das Ablenkelement (65, 67, 68, 69, 73) im  
flüssigen Precursor angeordnet ist.

8. Bubbler nach Anspruch 7, wobei mehrere Ablenkelemente  
(65, 67, 68, 69, 73) übereinander zwischen einer  
Auslassöffnung (77) des Zulaufrohrs (15) und einer  
Ablauföffnung (20) des Ablaufrohres vorgesehen sind.

9. Bubbler nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei  
wenigstens ein Ablenkelement (65) in Form einer Platte

mit Löchern (77) ausgebildet ist.

10. Bubbler nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei  
wenigstens ein Ablenkelement (67) in Form einer Platte  
5 mit geneigt angeordneten Flächen (70) ausgebildet ist,  
wobei die Flächen (70) insbesondere als Kreissegmente  
(70) ausgebildet sind.
11. Bubbler nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei das  
10 Ablenkelement (65) mit den Löchern (77) als erstes  
Ablenkelement (65) oberhalb der Auslassöffnung (17) des  
Zulaufrohres (15) angeordnet ist.
12. Bubbler nach Anspruch 11, wobei mindestens zwei weitere  
15 Ablenkelemente (67, 68, 69) oberhalb des ersten  
Ablenkelementes (65) und unterhalb der Ablauföffnung (20)  
des Ablaufrohres (19) angeordnet sind, wobei die zwei  
weiteren Ablenkelemente (67, 68, 69) in Form von Platten  
mit geneigt angeordneten Flächen (70) ausgebildet ist,  
20 wobei die Flächen (70) insbesondere als Kreissegmente  
ausgebildet sind.
13. System mit einem zweiten Bubbler (32) und mit einem  
ersten Bubbler (29), wobei der zweite Bubbler (32) gemäß  
25 einem der Ansprüche 7 bis 12 ausgebildet ist, wobei der  
zweite Bubbler (29) ein Zulaufrohr (5) und ein Ablaufrohr  
(8) aufweist, wobei das Ablaufrohr (8) des ersten  
Bubblers (29) mit einem Zulaufrohr (15) des zweiten  
Bubblers (32) verbunden ist.
- 30
14. System gemäß Anspruch 13, wobei der zweite Bubbler (32)  
eine zweite Vorrichtung (33) zum Temperieren des zweiten  
Bubblers (32) aufweist, wobei der erste Bubbler (29) eine  
erste Vorrichtung (26) zum Temperieren des ersten  
35 Bubblers (29) aufweist, und wobei die Temperatur der  
zweiten Vorrichtung (33) genauer einstellbar ist als die  
Temperatur der ersten Vorrichtung (26), wobei die erste

Vorrichtung (26) zum Temperieren in Form einer Kühlmanschette (53) ausgebildet ist, die wenigstens teilweise eine Außenseite des ersten Bubblers (29) bedeckt, wobei die Kühlmanschette (53) eine Kühlleitung (55) aufweist, wobei die Kühlleitung zum Anschluss an ein Kühlmedium ausgebildet ist.

15. Steuerung (28) zum Steuern einer Temperatur einer ersten Vorrichtung (29), wobei die erste Vorrichtung (29) einen Precursor (10) aufweist und ausgebildet ist, um ein Trägergas mit dem Precursor in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor (10) anzureichern, wobei die Steuerung (28) einen ersten Sensoreingang zur Erfassung einer Menge an Precursor in einer zweiten Vorrichtung (32) aufweist, wobei die zweite Vorrichtung (32) einen Precursor (10) aufweist und ausgebildet ist, um das Trägergas mit dem Precursor (10) in Kontakt zu bringen und mit dem Precursor (10) anzureichern, wobei die erste Vorrichtung (29) eine Temperiereinrichtung (26) zur Beeinflussung der Temperatur der ersten Vorrichtung (29) aufweist, wobei die Steuerung (28) einen Steuerausgang zum Ansteuern der Temperiereinrichtung (26) aufweist, wobei die Steuerung (28) ausgebildet ist, um die Temperatur der ersten Vorrichtung (29) abhängig von einer Menge an Precursor (10) in der zweiten Vorrichtung (32) zu steuern.

FIG 1

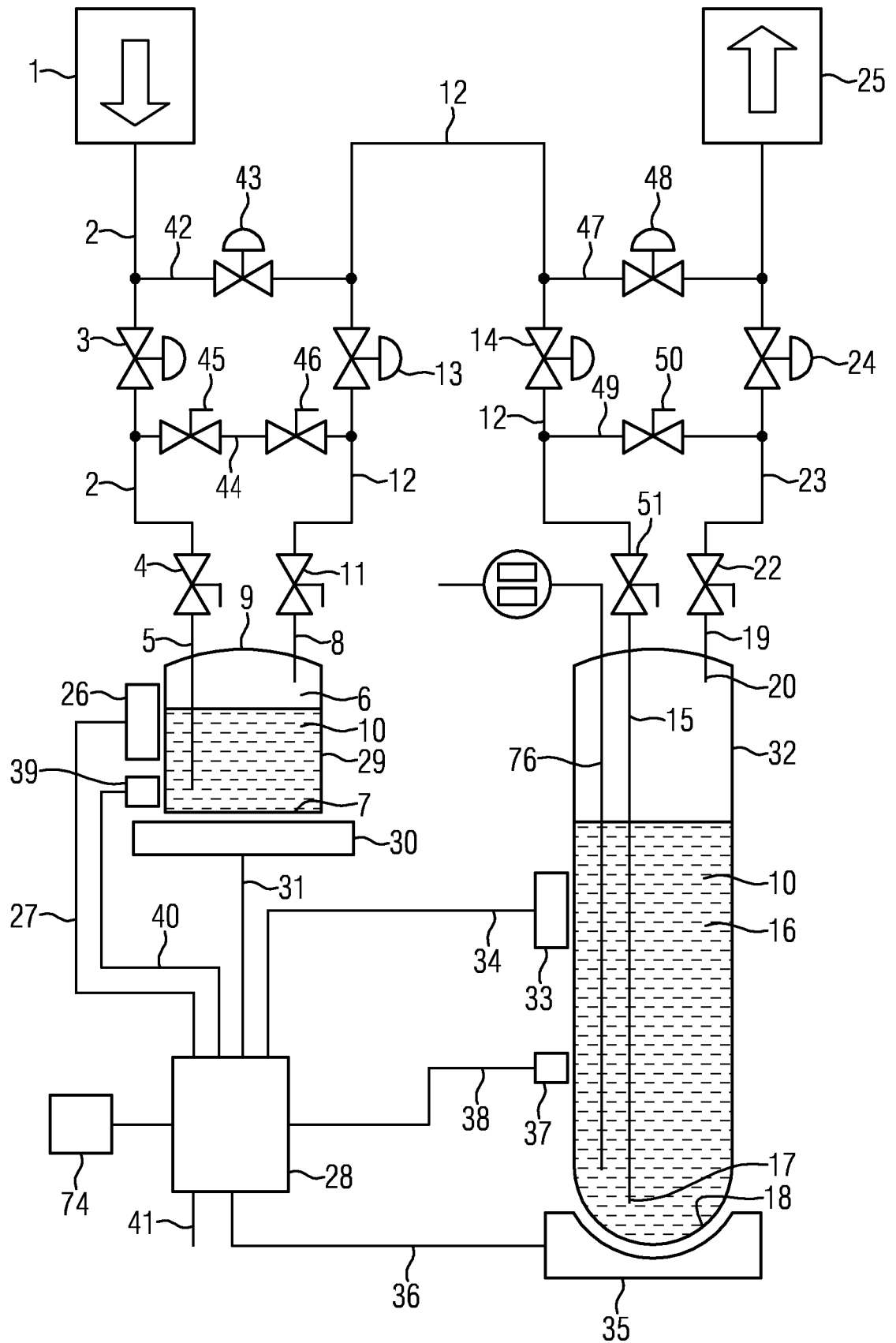


FIG 2

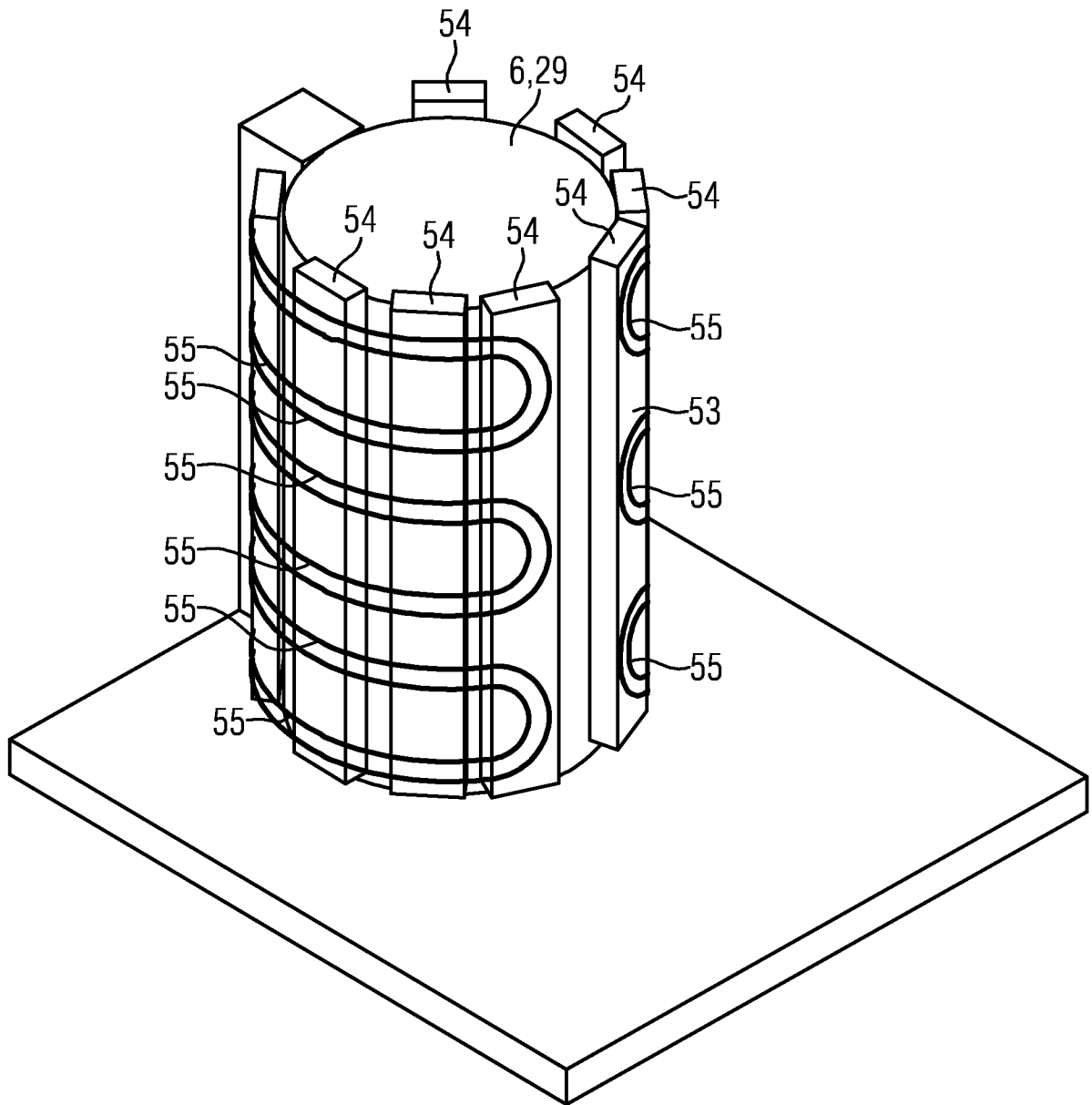


FIG 3

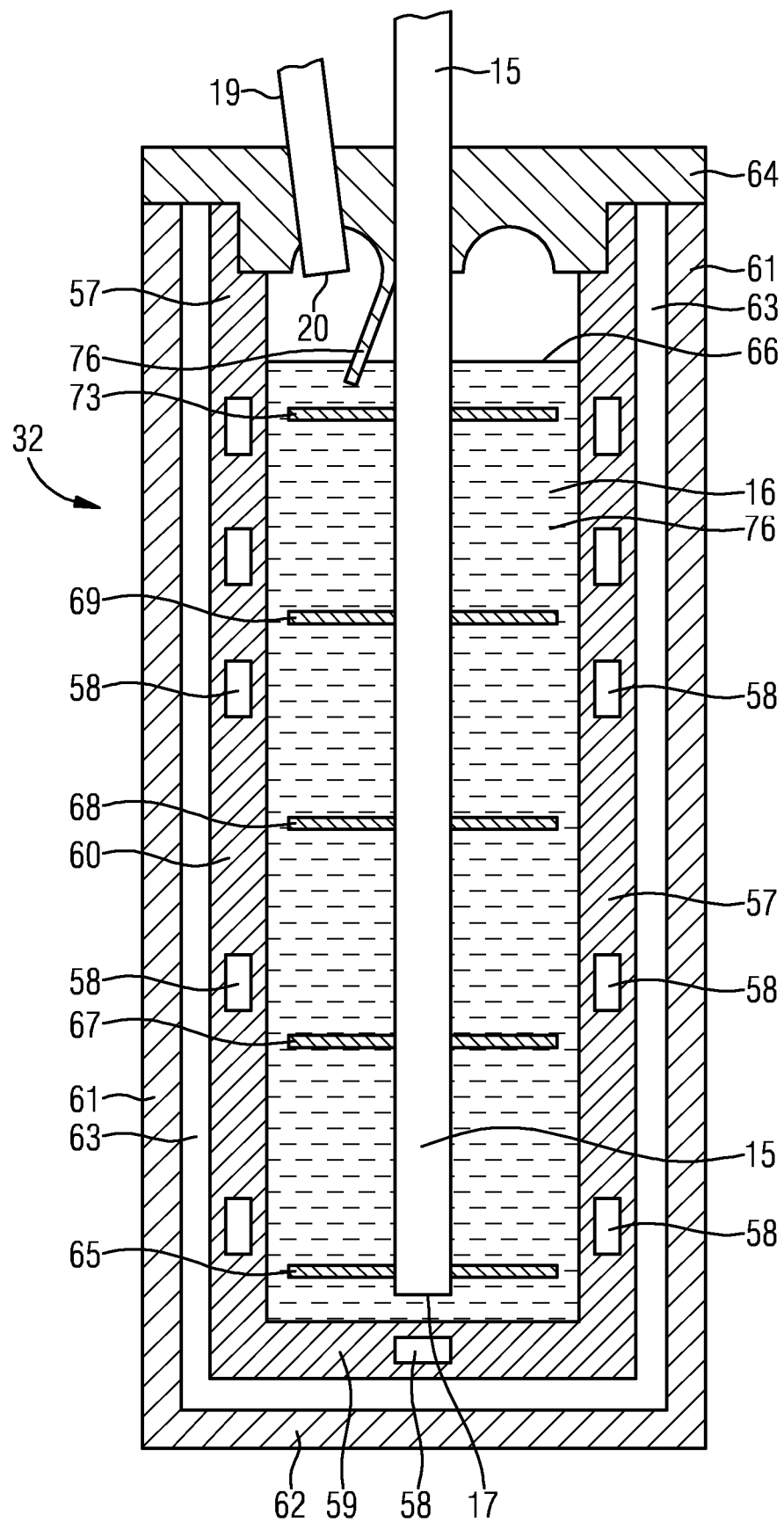


FIG 4

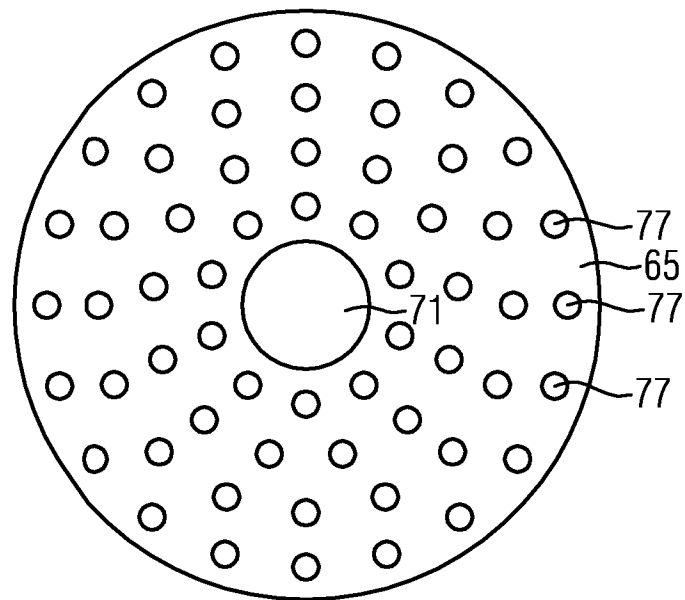


FIG 5

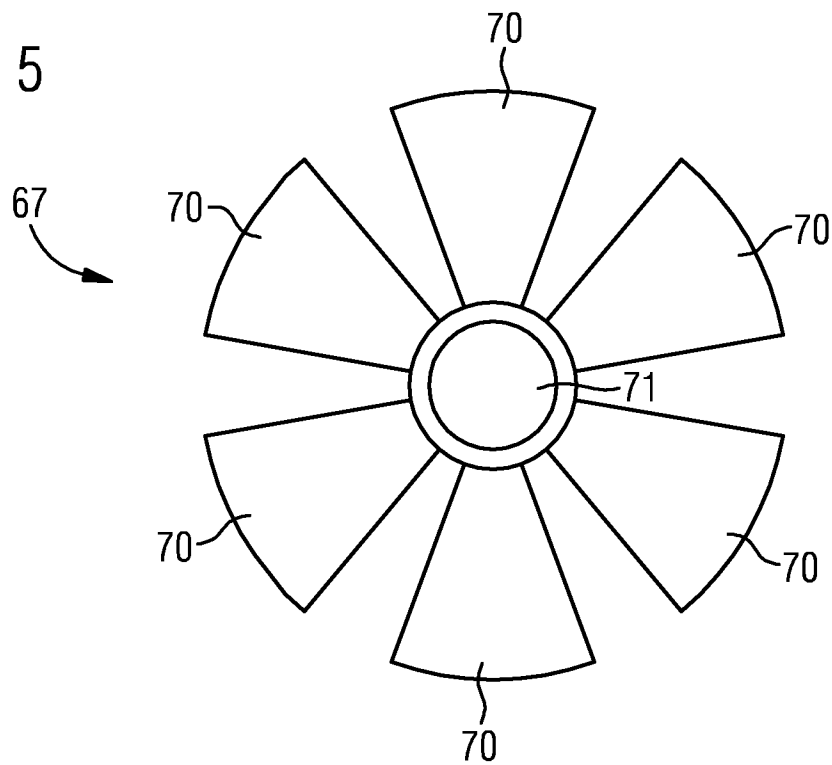


FIG 6

