

Beschreibung

Verfahren zum Bereitstellen eines Prozessgases für einen CVD-Reaktor und diesbezügliche Vorrichtung

Gebiet der Technik

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bereitstellen eines Prozessgases für einen CVD-Reaktor, mit jeweils von einer Trägergasquelle gespeisten
- 5 ersten Trägergaszuleitung mit einem einen kleinen Flussbereich aufweisenden ersten Massenflussregler und einer zweiten Trägergaszuleitung mit einem einen großen Flussbereich aufweisenden zweiten Massenflussregler, wobei die Trägergaszuleitung in einer Verdampfungseinrichtung zum Verdampfen eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffes mündet, der eine Prozessgaszuleitung
- 10 zum CVD-Reaktor entspringt, wobei in der den zweiten Massenflussregler aufweisenden zweiten Trägergaszuleitung ein Ventil angeordnet ist, das einen Eingang und einen mit der Verdampfungseinrichtung strömungsverbundenen ersten Ausgang aufweist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine hierzu geeignete Vorrichtung.

Stand der Technik

- 15 [0002] Die DE 10 2021 117 457 A1 beschreibt eine Anordnung zum Bereitstellen eines Prozessgases zur Verwendung in einem oder mehreren CVD-Reaktoren. Es ist eine Verdampfungsvorrichtung vorgesehen, die eine Zuleitung besitzt, durch die ein Trägergas aus einer Trägergasquelle in einen Behälter der Verdampfungseinrichtung strömen kann. Die Trägergaszuleitung ist mit zwei
- 20 parallel zueinander angeordneten Massenflussreglern verbunden, die voneinander verschiedene Flussbereiche aufweisen können. In der Zuleitung zu dem einen größeren Wertebereich aufweisenden Massenflussregler ist stromaufwärts des Massenflussreglers ein Abschaltventil angeordnet. Mittels dieses Abschaltventils kann der Massenflussregler wahlweise zugeschaltet werden.

[0003] Die DE 10 2019 117 543 A1 offenbart ein Gasmischsystem einer Substratbehandlungseinrichtung, insbesondere eines (MOCVD-Reaktors. Die Trägergaszuleitung ist mit einem Massenflussregler verbunden. Stromabwärts des Massenflussreglers ist ein Ventil angeordnet, mit dem die Zuleitung zu der

5 Verdampfungsvorrichtung verschlossen werden kann. Mit einem weiteren Ventil kann der Massenflussregler zum Kalibrieren in eine Strömungsverbindung mit einer Umgehungsleitung gebracht werden, die in den Gasauslass des Reaktors mündet.

[0004] In der US 10,109,483 B2 wird ein MOCVD-Reaktorsystem mit einem

10 einen flüssigen Präkursor enthaltenen Verdampfungsbehälter einer Verdampfungseinrichtung offenbart. Durch eine Trägergaszuleitung strömt ein von einem Massenflussregler geregelter Trägergasmassenfluss aus einer Gasquelle in den Verdampfungsbehälter. Stromabwärts des Massenflussreglers ist ein Ventil angeordnet. Wenn dieses Ventil geschlossen ist, kann das Trägergas durch eine

15 Umgehungsleitung strömen, die über ein Dreiwegeventil mit der Prozessgaszuleitung verbunden ist.

[0005] Die US 2014/0083512 A1 beschreibt eine Verdampfungsquelle, in die zwei Zuleitungen münden, durch die jeweils Stickstoff in eine Verdampfungskammer eingespeist werden können. Der Verdampfungskammer entspringt

20 eine Prozessgasleitung, mit der Dampf aus der Verdampfungskammer zu einer Prozesskammer eines CVD-Reaktors transportiert werden kann. Die beiden Zuleitungen sind jeweils mit einer Bypassleitung mit der Prozessgasleitung verbunden.

[0006] Die US 2017/0362701 A1 beschreibt eine Verdampfungsquelle mit mehreren Verdampfungskammern, die Teil einer zentralen Gasversorgung sind. In

25 jede der Verdampfungskammern mündet eine Zuleitung, die über eine Bypass-

leitung mit einer Ableitung verbunden werden kann, wenn eine der Verdampfungskammern gewechselt werden soll.

- [0007] Die DE 10 2020 103 822 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Verdampfen eines Pulvers, wobei in eine Verdampfungskammer zwei Zuleitungen
- 5 münden. Eine der beiden Zuleitungen besitzt eine Ventilanordnung, mit der ein in einer ersten Betriebsstellung in die Verdampfungskammer eingespeister Trägergasfluss in einer zweiten Betriebsstellung um die Verdampfungskammer herum geführt werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

- [0008] Um mehrere Flussbereiche für einen durch einen Verdampfungsbehälter einer Verdampfungseinrichtung eines CVD-Reaktors strömenden Trägergasmassenfluss zu realisieren, wird im Stand der Technik zu einem einen kleinen Flussbereich abdeckenden ersten Massenflussregler ein einen größeren Flussbereich abdeckender zweiter Massenflussregler parallel geschaltet, wobei
- 10 der zweite Massenflussregler über ein stromaufwärts angeordnetes Ventil dazu geschaltet werden kann. Um den Trägergasmassenfluss zu verringern und wieder auf den Flussbereich des ersten Massenflussreglers zu beschränken, wird der zweite Massenflussregler mit dem Ventil inaktiviert. Hierfür wird der zweite Massenflussregler auf einen Minimalfluss geregelt. Das Volumen zwischen dem Massenflussregler und dem Abschaltventil wird auf Überdruck gehalten.
- 20 Wegen eines dadurch nicht zu vermeidenden Totvolumens strömt auch nach der Inaktivierung ein mit der Zeit verebbender Trägergasmassenfluss zusätzlich zu dem Trägergasmassenfluss, der durch den ersten Massenflussregler strömt, in den Verdampfungsbehälter einer Verdampfungseinrichtung. Dies führt insbesondere bei kleinen Trägergasmassenflüssen zu einer signifikanten
- 25 Verfälschung der Gaseinspeisung in den Verdampfungsbehälter.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen zu ergreifen, mit denen ein kurzfristiges und präzises Umschalten von einem hohen Trägergasmassenfluss auf einen niedrigen Trägergasmassenfluss möglich ist. Der Erfindung liegt insbesondere die Aufgabe zugrunde ein Verfahren anzugeben, mit dem ein präzise gesteuerter Prozessgasfluss einem oder mehreren CVD-Reaktoren zugeführt wird.

[0010] Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung, wobei die Unteransprüche nicht nur vorteilhafte Weiterbildungen der im Hauptanspruch angegebenen technischen Lösungen darstellen, sondern auch eigenständige Lösungen der Aufgabe sind.

[0011] Zunächst und im Wesentlichen schlägt die Erfindung vor, dass stromabwärts des zweiten Massenflussreglers eine Ventilanordnung, bevorzugt ein Umschaltventil, angeordnet ist. Mit dem Umschaltventil kann der durch den zweiten Massenflussregler geregelte Trägergasmassenfluss wahlweise zusätzlich zu dem durch den ersten Massenflussregler geregelten Trägergasmassenfluss durch den Verdampfungsbehälter strömen oder an der Verdampfungseinrichtung vorbeigeführt werden. Das Umschaltventil verfügt über einen Eingang, durch den der durch den zweiten Massenflussregler geregelte Trägergasmassenfluss einströmt. Der Trägergasmassenfluss kann entweder durch einen ersten Ausgang aus dem Umschaltventil heraus und in die Verdampfungseinrichtung hinein strömen oder aus einem zweiten Ausgang aus dem Umschaltventil heraus und an der Verdampfungseinrichtung vorbei strömen. Der zweite Ausgang kann mit einer Umgehungsleitung strömungsverbunden sein. Die Umgehungsleitung kann mit dem Gasauslass eines Verdampfungsbehälters der Verdampfungseinrichtung verbunden sein oder direkt mit einer oder mehreren in einen oder mehreren CVD-Reaktoren mündenden Prozessgaszuleitungen verbunden sein.

[0012] Die Ventilanordnung kann zwei Ventile umfassen. Ein erstes Ventil kann stromabwärts des zweiten Massenflussreglers und ein zweites Ventil in der Umgehungsleitung angeordnet sein. Hierbei kann die Umgehungsleitung von einem stromabwärts des zweiten Massenflussreglers und stromaufwärts des ersten Ventils befindlichen Abschnitt der zweiten Trägergaszuleitung abzweigen. Die Ventile können wahlweise geöffnet oder geschlossen werden. In einem ersten Verfahrensschritt ist das erste Ventil geöffnet und das zweite Ventil geschlossen. In einem zweiten Verfahrensschritt ist das erste Ventil geschlossen und das zweite Ventil geöffnet. Es ist vorgesehen, dass der durch den zweiten Massenflussregler gesteuerte Trägergasmassenfluss nicht gleichzeitig durch den Verdampfungsbehälter und die Umgehungsleitung strömen kann.

[0013] Um zu vermeiden, dass das erste und das zweite Ventil zeitgleich geöffnet sind, können das erste und zweite Ventil zeitlich verzögert geschaltet werden. Hierbei kann beim Umschalten vom ersten zum zweiten Verfahrensschritt als erstes das erste Ventil geschlossen und zeitverzögert hierzu das zweite Ventil geöffnet werden. Beim Umschalten vom zweiten zum ersten Verfahrensschritt kann als erstes das zweite Ventil geschlossen und zeitverzögert hierzu das erste Ventil geöffnet werden.

[0014] Um zu vermeiden, dass während des Umschaltens zwischen den beiden Verfahrensschritten der durch den ersten Massenflussregler strömende Trägergasmassenfluss kurzfristig auch an der Verdampfungseinrichtung vorbei, beispielsweise in die Umgehungsleitung fließt, können die Ventile Drosselöffnungen aufweisen. Die Drosselöffnungen können derartig gestaltet sein, dass beim Umschalten zwischen dem ersten und dem zweiten Verfahrensschritt eine gewisse Druckdifferenz zwischen dem Eingangsdruck und dem Ausgangsdruck eines Ventils erhalten wird. Dies verhindert, dass der durch den ersten Massenflussregler geregelte Trägergasmassenfluss nicht an der Verdampfungs-

einrichtung vorbei durch die Umgehungsleitung strömen kann. Hierbei kann die Querschnittsverengung der Drosselöffnungen variabel sein. Die Querschnittsverengung kann mittels eines Drosselorganes, beispielsweise einer Klappe erfolgen. Das Drosselventil kann ein elektrisches Drosselventil sein. Die

5 Querschnittsverengung kann mittels einer Steuereinrichtung geregelt werden. Das Drosselventil kann aber auch manuell gesteuert werden. Darüber hinaus kann das Drosselventil pneumatisch betätigt werden. Das Drosselventil kann beispielsweise ein Einschraub-Drosselventil oder ein Butterfly-Ventil sein.

[0015] Mit einem bevorzugt elektronischen Druckregler kann der Totaldruck

10 innerhalb des Gasmischsystems während des Umschaltens zwischen dem ersten und dem zweiten Verfahrensschritt des Umschaltventils konstant gehalten werden. Die Verwendung eines Umschaltventils ermöglicht es, dass der Trägergasmassenfluss durch den zweiten Massenflussregler permanent aktiv gehalten werden kann und vermeidet so eine Inaktivierung des zweiten Massenflussreg-

15 lers. Dadurch kommt es während des Umschaltvorganges zu keinen signifikanten Abweichungen zwischen Istwert und Sollwert des Trägergasmassenflusses durch den Verdampfungsbehälter. Als Folge der erfindungsgemäßen Anordnung muss der Druckregler bei einer Änderung des gesamten Trägergasmassenflusses durch den Verdampfungsbehälter während des Umschaltvorgangs

20 geringere Schwankungen ausgleichen, da sich der Gesamtfluss im Gasauslass durch Wiedereinspeisung des die Verdampfungseinrichtung umgehenden Trägergasmassenflusses nicht ändert.

[0016] Die Massenflussregler weisen einen Regelkreis auf, der nach einem vorgegebenen Sollwert einen Massenfluss regelt. Die Massenflussregler können

25 mit verschiedenen Sollwerten betrieben werden. Beispielsweise kann der Sollwert schrittweise verringert oder erhöht werden. Dies erfolgt bevorzugt gesteuert von einer Steuereinrichtung. Die Sollwerte können beispielsweise von einem

Rezept bereitgestellt werden. Das Umschaltventil kann ebenfalls von einer Steuereinrichtung gesteuert werden.

[0017] Indem mehrere zueinander parallel geschaltete Massenflussregler mit unterschiedlichen Flussbereichen wahlweise in den Trägergasmassenfluss
5 durch den Verdampfungsbehälter geschaltet werden können, kann ein großer Flussbereich abgedeckt werden.

[0018] Die ein oder mehreren, parallel geschalteten Massenflussregler bilden eine Massenflussreglereinrichtung. Es ist vorgesehen, dass die Massenflussreglereinrichtung stromaufwärts eines Verdampfungsbehälters der Verdampfungs-
10 einrichtung angeordnet ist, in dem sich ein flüssiger oder fester Ausgangsstoff befindet, beispielsweise eine metallorganische Verbindung für die Abscheidung von Schichten bestehend aus GaN, GaAs, InP und/oder SiC, die durch Temperaturbeaufschlagung in einen Dampf umgewandelt wird, welcher mit dem Trägergasmassenfluss in einen CVD-Reaktor transportiert wird. Der
15 Verdampfungsbehälter kann temperierbar sein. Es kann vorgesehen sein, dass der Verdampfungsbehälter aus einem Vorratsbehälter stetig nachgefüllt wird.

[0019] In einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass der von einer Trägergasquelle bereitgestellte Trägergasmassenfluss auf mehrere Massenflussreglereinrichtungen aufgeteilt wird, die jeweils mit einer Verdampfungs-
20 einrichtung strömungsverbunden sind. Von den Massenflussreglereinrichtungen wird der Trägergasmassenfluss jeweils in einen Verdampfungsbehälter geleitet. Der Trägergasmassenfluss kann aber auch teilweise an dem Verdampfungsbehälter vorbeigeführt werden. Der Trägergasmassenfluss fördert den in dem Verdampfungsbehälter erzeugten Dampf aus einem Gasauslass der Verdampfungs-
25 einrichtung in eine Prozessgaszuleitung. Die Prozessgaszuleitung mündet in eine oder mehrere Prozesskammer eines oder mehrerer CVD-Reaktoren.

[0020] In einer weiteren Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass von mehreren verschiedenen Trägergasquellen jeweils ein Trägergasmassenfluss in eine oder mehrere verschiedene Massenflussreglereinrichtung strömt, die jeweils mit einer Verdampfungseinrichtung verbunden sein können. Es können somit
5 voneinander verschiedene Trägergase verwendet werden. Das Trägergas kann ein Inertgas, beispielsweise Stickstoff oder Wasserstoff sein.

[0021] Mit der zuvor beschriebenen Vorrichtung lässt sich der Trägergasmassenfluss aus einer Trägergasquelle durch eine Verdampfungseinrichtung von einem hohen Trägergasmassenfluss auf einen niedrigen Trägergasmassenfluss
10 umschalten. Hierbei strömt der Trägergasmassenfluss von der Trägergasquelle durch die Massenflussreglereinrichtung. In der Massenflussreglereinrichtung wird der Trägergasmassenfluss auf mindestens zwei Massenflussregler aufgeteilt, wobei der Trägergasmassenfluss permanent durch beide Massenflussregler strömt. Durch Schließen des ersten Ventils und Öffnen des zweiten Ventils
15 des Umschaltventils kann der Trägergasmassenfluss, der durch den zweiten Massenflussregler strömt, in die Umgehungsleitung und damit an der stromabwärts der Massenflussreglereinrichtung angeordneten Verdampfungseinrichtung vorbeiströmen. Dadurch wird der durch den Verdampfungsbehälter der Verdampfungseinrichtung strömende Trägergasmassenfluss nur noch durch
20 den ersten Massenflussregler gesteuert, der einen kleineren Flussbereich als der zweite Massenflussregler aufweisen kann. Von der Umgehungsleitung wird der Trägergasmassenfluss in die Prozessgaszuleitung gefördert. Beim Umschaltvorgang kann das Öffnen/Schließen des ersten Ventils zeitverzögert zum Öffnen/Schließen des zweiten Ventils erfolgen, um sicherzustellen, dass beide
25 Ventile nicht gleichzeitig geöffnet sind. Dies verhindert, dass der durch den ersten Massenflussregler strömende Trägergasmassenfluss über die Umgehungsleitung direkt in die Prozessgaszuleitung strömt und nicht, wie vorgesehen, zunächst den Verdampfungsbehälter durchströmt.

[0022] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das Umschalten zwischen hohen und niedrigen Trägerflüssen während des Betriebes des CVD-Reaktors, beispielsweise während eines Schichtwachstumsprozesses erfolgen. Hierfür wird die Umschaltzeit derartig minimiert, dass sich die Schichtzusammensetzung während des Umschaltvorganges nicht unkontrolliert ändert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand beigefügter Zeichnungen im Detail erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels, bei dem ein CVD-Reaktor 1 von einem Prozessgaszuleitungssystem 19 gespeist wird,
- Fig. 2 ein Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem ein Prozessgaszuleitungssystem 19 mehrere CVD-Reaktoren speist,
- Fig. 3 ein Schaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels, bei dem ein CVD-Reaktor 1 von einer Vielzahl von Prozessgaszuleitungssystemen 19, 19', 19'' gespeist wird,
- Fig. 4 ein Schaltbild eines vierten Ausführungsbeispiels eines Prozessgaszuleitungssystems 19, bei dem eine zentrale Trägergaszuleitung mit mehreren Prozessgaszuleitungssystemen verbunden sind, die jeweils einen CVD-Reaktor 1 speisen.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0024] Bei den in der Figur 1 bis 4 dargestellten Prozessgaszuleitungssystemen 19, 19', 19'' wird ein Trägergas in einen Verdampfungsbehälter 17 einer Verdampfungseinrichtung 6 geführt. Das Trägergas, beispielsweise Stickstoff, Wasserstoff oder ein Edelgas sättigt sich dabei mit dem Dampf des in dem Verdampfungsbehälter 17 gelagerten festen oder flüssigen Ausgangsstoffes 24 und verlässt den Verdampfungsbehälter 17 durch eine Ableitung.

[0025] Die Zuleitung und Ableitung des Verdampfungsbehälters 17 sind mit einer Umschaltvorrichtung 18 verbunden, die mehrere Ventile aufweist, die derart geschaltet werden können, dass ein von einer Massenflussregleranordnung aus einem oder mehreren Massenflussreglern 3, 5, 5' gelieferter Trägergasmassenfluss entweder durch den Verdampfungsbehälter oder am Verdampfungsbehälter vorbei strömt.

[0026] In den in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispielen münden eine oder mehrere Prozessgaszuleitungen 7, in die der vom Trägergasmassenfluss aus der Verdampfungsvorrichtung 6 geförderte Dampf eines Ausgangsstoffes 24 eingespeist wird, in einen oder mehrere CVD-Reaktoren 1, 1', 1''.

[0027] Die Prozessgaszuleitungssysteme 19, 19', 19'' werden zum Bereitstellen eines metallorganischen Ausgangsstoffes 24 für einen CVD-Reaktor 1, 1', 1'' verwendet, bei dem ein oder mehrere Substrate 20 auf einem beheizten Suszeptor 21 aufliegen, der den Boden einer Prozesskammer 22 ausbildet.

[0028] Die Ausführungsbeispiele zeigen einen Druckregler 16. Mit dem Druckregler wird der Totaldruck in dem Prozessgaszuleitungssystem 19, 19', 19'' konstant gehalten.

[0029] Die in der Figur 1 dargestellte Anordnung zum Bereitstellen eines Prozessgases umfasst zwei parallel geschaltete Massenflussregler 3, 5 die voneinander verschiedene Flussbereiche aufweisen, beispielsweise zumindest um den Faktor 2, 5 oder 10 verschieden. Mit den Massenflussreglern 3, 5, 5' wird der

5 Trärgasmassenfluss in die Verdampfungseinrichtung 6 geregelt. Der erste Massenflussregler 3 kann einen kleineren Flussbereich aufweisen, beispielsweise 100 Standardkubikzentimeter, als der zweite Massenflussregler 5, der beispielsweise einen Flussbereich von 1000 Standardkubikzentimetern aufweisen kann. Der erste Massenflussregler 3 ist in einer ersten Trärgaszuleitung 2 angeordnet und der zweite Massenflussregler 5 in einer zweiten Trärgaszuleitung 4. Die Trärgaszuleitungen 2, 4 sind mit einer nicht dargestellten zentralen Trärgasquelle verbunden. Von der Trärgasquelle strömen ein erster Trärgasmassenfluss durch die erste Trärgaszuleitung 2 und ein zweiter Trärgasmassenfluss durch die zweite Trärgaszuleitung 4 in die Verdampfungseinrichtung 6. Der von dem ersten Massenflussregler 3 bereitgestellte erste Trärgasmassenfluss wird dabei permanent in die Verdampfungseinrichtung eingespeist. Mit einer stromabwärts des zweiten Massenflussreglers 5 angeordneten Ventilanordnung 8, die insbesondere ein Umschaltventil ist, kann der vom zweiten Massenflussregler 5 bereitgestellte zweite Trärgasmassen-

15 fluss wahlweise auch in die Verdampfungseinrichtung 6 oder in eine Umgehungsleitung 12 eingespeist werden. Hierfür umfasst die Ventilanordnung 8 ein erstes Ventil 13 und ein zweites Ventil 14. Das erste Ventil 13 ist in der zweiten Trärgaszuleitung 4 angeordnet. Das zweite Ventil 14 ist in der Umgehungsleitung 12 angeordnet. Die Umgehungsleitung 12 zweigt stromaufwärts des ersten Ventils 13 ab und mündet stromabwärts des Verdampfungsbehälters 17 in die Prozessgaszuleitung 7. In der Prozessgaszuleitung 7 befindet sich ein Massenflussregler 15, mit dem der durch die Prozessgaszuleitung 7 in den CVD-Reaktor 1 eingespeiste Massenfluss des Prozessgases geregelt werden kann. Mit einer derartigen Vorrichtung kann der in die Verdampfungs-

20 vorrichtung eingespeiste Trärgasmassenfluss kurzfristig und präzise, insbesondere

25

30

von einem hohen Trägergasmassenfluss auf einen niedrigen Trägergasmassenfluss, umgeschaltet werden, da der Gesamtmassenfluss des durch die Prozessgaszuleitung strömenden Gases konstant bleibt. Hierdurch bleibt der von einem Druckregler 16 gemessene Totaldruck innerhalb des Prozessgaszuleitungssystems 19 konstant.

[0030] In einer weiteren Variante der Erfindung kann in der ersten Trägergaszuleitung 2 auch ein Umschaltventil angeordnet sein.

[0031] Die Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel als Variante des in der Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels. Hier ist ein weiterer zweiter Massenflussregler 5' parallel zu dem ersten Massenflussregler 3 und dem zweiten Massenflussregler 5' angeordnet. Dieser weist einen Flussbereich auf, der größer ist als der Flussbereich des ersten Massenflussreglers 3, jedoch verschieden von dem Flussbereich des zweiten Massenflussreglers 5, beispielsweise kann der Massenflussregler 5 einen Flussbereich aufweisen, der um zumindest den Faktor 2 größer ist als der Massenflussregler 3 und der Massenflussregler 5' kann einen Flussbereich aufweisen, der zumindest um den Faktor 2 größer ist als der Flussbereich des Massenflussreglers 5. Hierdurch wird der Flussbereich des in die Verdampfungseinrichtung strömenden Trägergasmassenflusses erweitert. Darüber hinaus spaltet sich der Massenfluss des Prozessgases in mehrere Teilflüsse auf, die jeweils zu verschiedenen CVD-Reaktoren 1, 1', 1'' geleitet werden, wobei jeder zu einem CVD-Reaktor 1, 1', 1'' führende Prozessgaszuleitung 7, 7', 7'' ein individueller Massenflussregler 15, 15', 15'' zugeordnet ist.

[0032] Das in Figur 3 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Variante des in der Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels. Hier ist ein CVD-Reaktor mit mehreren verschiedenen Prozessgaszuleitungssystemen 19, 19', 19'' verbunden. Die Prozessgaszuleitungssysteme 19, 19', 19'' können von verschiedenen Trä-

gergasquellen oder einer zentralen Trägergasquelle gespeist werden. Der durch die Prozessgaszuleitungen 7, 7', 7'' fließende Massenfluss des Prozessgases kann mit einem Massenflussregler 15, 15', 15'' geregelt werden. Die Prozessgasmassenflüsse strömen in ein Gaseinlassorgan eines CVD-Reaktors 1, wobei die

5 Prozessgase aus verschiedenen Gaseintrittsöffnungen des Gaseinlassorganes austreten können.

[0033] Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel münden drei mit voneinander verschiedenen Prozessgaszuleitungssystemen 19, 19', 19'' verbundene Prozessgaszuleitungen 7, 7', 7'' jeweils in eine Gaseintrittsöffnung 23 eines

10 CVD-Reaktors 1, 1', 1''. Die Prozessgaszuleitungssysteme 19, 19', 19'' werden hierbei von einer zentralen Trägergasquelle gespeist.

[0034] Die vorstehenden Ausführungen dienen der Erläuterung der von der Anmeldung insgesamt erfassten Erfindungen, die den Stand der Technik zumindest durch die folgenden Merkmalskombinationen jeweils auch eigenständig

15 dig weiterbilden, wobei zwei, mehrere oder alle dieser Merkmalskombinationen auch kombiniert sein können, nämlich:

[0035] Eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Ventilanordnung 8, 8' stromabwärts des zweiten Massenflussreglers 5, 5' angeordnet ist und einen zweiten Ausgang 11, 11' in Strömungsverbindung mit einer nicht in

20 die Verdampfungseinrichtung 6 mündenden Umgehungsleitung 12, 12' aufweist, wobei durch Umschalten der Ventilanordnung 8, 8' der durch den zweiten Massenflussregler 5, 5' geregelte Trägergasmassenfluss wahlweise die Verdampfungseinrichtung 6 durchströmt oder an der Verdampfungseinrichtung 6 vorbeigeführt wird.

[0036] Eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Ventilanordnung 8, 8' ein Umschaltventil ist, das ein in der zweiten Trägergaszuleitung 4, 4' angeordnetes erstes Ventil 13, 13' und ein in der Umgehungsleitung 12, 12' angeordnetes zweites Ventil 14, 14' umfasst.

- 5 [0037] Eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Umgehungsleitung 12 in die Prozessgaszuleitung 7 mündet.

- [0038] Eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Ventile 13, 13', 14, 14' des Umschaltventils 8, 8' Drosselöffnungen aufweisen, die derartig gestaltet sind, dass beim Umschalten des Umschaltventils 8, 8' eine positive
10 Druckdifferenz zwischen einem Eingangsdruck und einem Ausgangsdruck des ersten Ventiles 13, 13', 14, 14' erhalten wird, so dass ein durch den ersten Massenflussregler 3 gesteuerter Trägergasmassenfluss nicht an der Verdampfungseinrichtung 6 vorbeigeführt wird, wobei der Querschnitt der Drosselöffnungen variabel regelbar sein kann.

- 15 [0039] Eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, die das Umschaltventil 8, 8' und die Massenflussregler 3, 5, 5' ansteuert.

- [0040] Eine CVD-Reaktor-Anordnung, die gekennzeichnet ist durch eine Anordnung zum Bereitstellen eines Prozessgases gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.
20

[0041] Ein Verfahren zum Bereitstellen eines Prozessgases, wobei ein erster Massenflussregler 3 einen ersten Trägergasmassenfluss und ein zweiter Massenflussregler 5, 5' einen zweiten Trägergasmassenfluss bereitstellt, wobei in einem ersten Verfahrensschritt zumindest der zweite Trägergasmassenfluss

durch die Verdampfungseinrichtung 6 strömt und in einem zweiten Verfahrensschritt der erste Trägergasmassenfluss durch die Verdampfungseinrichtung 6 strömt und der zweite Trägergasmassenfluss an der Verdampfungseinrichtung 6 vorbei strömt, wobei der durch die Verdampfungseinrichtung 6 strömende Gesamtträgergasmassenfluss in der ersten Verfahrensstellung größer als in der zweiten Verfahrensstellung ist.

[0042] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der erste Trägergasfluss durch eine erste Trägergaszuleitung 2 und der zweite Trägergasfluss durch eine zweite Trägergaszuleitung 4, 4' strömt, wobei durch Schließen eines in der zweiten Trägergaszuleitung 4, 4' angeordneten ersten Ventils 13, 13' und Öffnen eines in einer von der zweiten Trägergaszuleitung 4, 4' abzweigenden Umgehungsleitung 12, 12' angeordneten zweiten Ventils 14, 14' der durch den zweiten Massenflussregler 5, 5' gesteuerte Trägergasmassenfluss durch die Umgehungsleitung 12, 12' strömt und durch Öffnen des ersten Ventils 13, 13' und Schließen des zweiten Ventils 14, 14' der Trägergasmassenfluss über die zweite Trägergaszuleitung 4, 4' in die Verdampfungsvorrichtung 6 strömt.

[0043] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das erste Ventil 13, 13' und das zweite Ventil 14, 14' zeitverzögert geschaltet werden, wobei beim Umschalten von dem ersten Verfahrensschritt zu dem zweiten Verfahrensschritt das erste Ventil 13, 13' geschlossen und im Anschluss daran das zweite Ventil 14, 14' geöffnet wird und beim Umschalten von dem zweiten Verfahrensschritt zu dem ersten Verfahrensschritt das zweite Ventil 14, 14' geschlossen und im Anschluss daran das erste Ventil 13, 13' geöffnet wird.

[0044] Alle offenbarten Merkmale sind (für sich, aber auch in Kombination untereinander) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritäts-

unterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen. Die Unteransprüche charakterisieren, auch ohne die Merkmale eines in Bezug genommenen Anspruchs, mit ihren Merkmalen

5 eigenständige erfinderische Weiterbildungen des Standes der Technik, insbesondere um auf Basis dieser Ansprüche Teilanmeldungen vorzunehmen. Die in jedem Anspruch angegebene Erfindung kann zusätzlich ein oder mehrere der in der vorstehenden Beschreibung, insbesondere mit Bezugsziffern versehene und/oder in der Bezugsziffernliste angegebene Merkmale aufweisen. Die Er-

10 findung betrifft auch Gestaltungsformen, bei denen einzelne der in der vorstehenden Beschreibung genannten Merkmale nicht verwirklicht sind, insbesondere soweit sie erkennbar für den jeweiligen Verwendungszweck entbehrlich sind oder durch andere technisch gleichwirkende Mittel ersetzt werden können.

Liste der Bezugszeichen

1	CVD-Reaktor	14'	zweites Ventil
1'	CVD-Reaktor	15	Massenflussregler
1''	CVD-Reaktor	15'	Massenflussregler
2	Trärgaszuleitung	15''	Massenflussregler
3	erster Massenflussregler	16	Druckregler
4	Trärgaszuleitung	17	Verdampfungsbehälter
4'	Trärgaszuleitung	19	Prozessgaszuleitungssystem
5	zweiter Massenflussregler	19'	Prozessgaszuleitungssystem
5'	zweiter Massenflussregler	19''	Prozessgaszuleitungssystem
6	Verdampfungseinrichtung	20	Substrat
7	Prozessgaszuleitung	21	Suszeptor
7'	Prozessgaszuleitung	22	Prozesskammer
7'	Prozessgaszuleitung	23	Gaseintrittsöffnung
7''	Prozessgaszuleitung	24	flüssiger Ausgangsstoff
8	Ventilanordnung		
8'	Ventilanordnung		
9	Eingang		
9'	Eingang		
10	erster Ausgang		
10'	erster Ausgang		
11	zweiter Ausgang		
11'	zweiter Ausgang		
12	Umgehungsleitung		
12'	Umgehungsleitung		
13	erstes Ventil		
13'	erstes Ventil		
14	zweites Ventil		

Ansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen eines Prozessgases für einen CVD-Reaktor (1, 1', 1''), wobei eine erste Trägergaszuleitung (2) und eine zweite Trägergaszuleitung (4) in eine Verdampfungseinrichtung (6) zum Verdampfen eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffs münden, wobei der Verdampfungseinrichtung (6) eine Prozessgaszuleitung (7) zum CVD-Reaktor (1, 1', 1'') entspringt, wobei in der ersten Trägergaszuleitung (2) ein erster Massenflussregler (3) mit einem kleinen Flussbereich und in der zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') ein zweiter Massenflussregler (5, 5') mit einem großen Flussbereich angeordnet ist, wobei in der Verdampfungseinrichtung (6) ein fester oder flüssiger Ausgangsstoff verdampft wird, wobei in einem ersten Verfahrensschritt ein vom ersten Massenflussregler (3) geregelter erster Massenfluss eines von einer Trägergasquelle in die erste Trägergaszuleitung (2) eingespeisten Trägergases und ein vom zweiten Massenflussregler (5, 5') geregelter zweiter Massenfluss des von der Trägergasquelle in die zweite Trägergaszuleitung (4, 4') eingespeisten Trägergases durch die Verdampfungseinrichtung (6) in die Prozessgaszuleitung (7) strömen, wobei in einem zweiten Verfahrensschritt nur der vom ersten Massenfluss (3) geregelte erste Massenfluss in die Verdampfungseinrichtung (6) strömt und der zweite Massenfluss durch eine Umgeleitungsleitung (12, 12') an der Verdampfungseinrichtung (6) vorbeigeführt und in die Prozessgaszuleitung (7) gefördert wird, wobei der im ersten Verfahrensschritt durch die Verdampfungseinrichtung (6) strömende Gesamtträgermassenfluss größer ist als im zweiten Verfahrensschritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Wechsel vom ersten Verfahrensschritt zum zweiten Verfahrensschritt ein in der zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') angeordnetes erstes Ventil (13, 13') geschlossen und ein in der von der zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') abge-

zweigigen Umgehungsleitung (12, 12') angeordnetes zweites Ventil (14, 14') geschlossen wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (13, 13') und das zweite Ventil (14, 14') zeit-
5 verzögert geschaltet werden, wobei zunächst das erste Ventil (13, 13') geschlossen und im Anschluss daran das zweite Ventil (14, 14') geöffnet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Umschalten vom zweiten Verfahrensschritt zum
10 ersten Verfahrensschritt zunächst das zweite Ventil geschlossen und im Anschluss daran das erste Ventil (13, 13') geöffnet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit einer variablen Querschnittsverengung einer Drossel-
15 öffnung in den Ventilen (13, 13', 14, 14') beim Umschalten zwischen dem ersten und dem zweiten Verfahrensschritt verhindert wird, dass der mit dem ersten Massenflussregler (3) geregelte erste Massenfluss in die Umgehungsleitung (12, 12') strömt.
6. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer ersten Trägergaszuleitung (2) mit einem
20 einen kleinen Flussbereich aufweisenden ersten Massenflussregler (3, 3') und mit einer zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') mit einem einen großen Flussbereich aufweisenden zweiten Massenflussregler (5, 5'), die jeweils von einer Trägergasquelle gespeist sind, und von einer Steuereinrichtung gesteuert sind, wobei die Trägergaszuleitungen (2, 4, 4') in eine
25 Verdampfungseinrichtung (6) zum Verdampfen eines festen oder flüssi-

- gen Ausgangsstoffs münden, wobei der Verdampfungseinrichtung (6) eine Prozessgaszuleitung (7) zu einem CVD-Reaktor (1, 1', 1'') entspringt, wobei in der zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') stromabwärts des zweiten Massenflussreglers (5, 5') eine von der Steuereinrichtung gesteuerten Ventilanordnung (8, 8') angeordnet ist, die einen Eingang (9, 9'), einen mit der Verdampfungseinrichtung (6) strömungsverbundenen ersten Ausgang (10, 10') und einen zweiten Ausgang (11, 11') aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Ausgang (11, 11') mit einer Umgehungsleitung (12, 12') strömungsverbunden ist, die an der Verdampfungseinrichtung (6) vorbei geführt ist und in die Prozessgaszuleitung (7) mündet.
- 5
- 10
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 eingerichtet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilanordnung (8, 8') ein Umschaltventil ist, dass ein in der zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') angeordnetes erstes Ventil (13, 13') und ein in der Umgehungsleitung (12, 12') angeordnetes zweites Ventil (14, 14') umfasst.
- 15
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile (13, 13', 14, 14') des Umschaltventils (8, 8') Drosselöffnungen aufweisen, die derartig gestaltet sind, dass beim Umschalten des Umschaltventils (8, 8') eine positive Druckdifferenz zwischen einem Eingangsdruck und einem Ausgangsdruck am ersten Ventil (13, 13') oder am zweiten Ventil (14, 14') erhalten wird, so dass ein durch den ersten Massenflussregler (3) gesteuerter Trägergasmassenfluss nicht an der Verdampfungseinrichtung (6) vorbei geführt wird.
- 20
- 25

10. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einer ersten Trägergaszuleitung (2) mit einem einen kleinen Flussbereich aufweisenden ersten Massenflussregler (3, 3') und mit einer zweiten Trägergaszuleitung (4, 4') mit einem einen großen Flussbereich aufweisenden zweiten Massenflussregler (5, 5'), wobei die Trägergaszuleitungen (2, 4, 4') in eine Verdampfungseinrichtung (6) zum Verdampfen eines festen oder flüssigen Ausgangsstoffs münden, wobei der Verdampfungseinrichtung (6) eine Prozessgaszuleitung (7) zu einem CVD-Reaktor (1, 1', 1'') entspringt, wobei in der zweiten Zuleitung (4, 4') stromabwärts des zweiten Massenflussreglers (5, 5') eine von einer Steuerung gesteuerte Ventilanordnung (8, 8') angeordnet ist, die einen Eingang (9, 9'), einen mit der Verdampfungseinrichtung (6) strömungsverbundenen ersten Ausgang (10, 10') und einen zweiten Ausgang (11, 11') aufweist, wobei der zweite Ausgang (11, 11') mit einer Umgehungsleitung (12, 12') strömungsverbunden ist, die an der Verdampfungseinrichtung (6) vorbeigeführt ist und in die Prozessgaszuleitung (7) mündet, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile (13, 13', 14, 14') des Umschaltventils (8, 8') variabel regelbare Drosselöffnungen aufweisen.
11. Verfahren oder Vorrichtung, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der kennzeichnenden Merkmale eines der vorhergehenden Ansprüche.