



RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

wird vorgeschlagen, dass der das Gaspolster (8) ausbildende Gasstrom von zwei oder mehr Gasen (17, 18) mit unterschiedlich hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeit gebildet wird und die Zusammensetzung abhängig von einer gemessenen Substrattemperatur variiert wird.

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung der Oberflächentemperatur eines Substrates in einer Prozesskammer

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Oberflächentemperatur
5 eines in einer Prozesskammer eines CVD-Reaktors von einem Substrathalter-
träger auf einem von einem Gasstrom gebildeten dynamischen Gaspolster ge-
tragenen Substrathalter aufliegenden Substrats, wobei die Wärmezufuhr zum
Substrat zumindest teilweise durch Wärmeleitung über das Gaspolster erfolgt.
- 10 Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung zur Durchführung des
Verfahrens gemäß einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche mit
einer Prozesskammer, einem darin angeordneten Substrathalterträger, ein oder
mehreren Substrathaltern, einer Heizung zum Aufheizen des Substrathalterträ-
gers, einer optischen Temperaturmesseinrichtung zur Messung der Oberflä-
15 chentemperaturen der auf den Substrathaltern aufliegenden Substrate und mit
einer Gaszuleitung zur Zuleitung eines Gasstroms zur Erzeugung eines dyna-
mischen Gaspolsters zwischen dem Substrathalterträger und einem Substrat-
halter.
- 20 Eine gattungsgemäße Vorrichtung sowie ein gattungsgemäßes Verfahren wer-
den in der DE 10056029 A1 beschrieben. Diese Schrift beschreibt einen CVD-
Reaktor zum Abscheiden von III-V-Halbleiterschichten auf III-V-Substraten.
Die Substrate liegen auf Substrathaltern, welche die Form von Kreiszylinder-
scheiben haben. Diese Substrathalter liegen in satellitenartiger Anordnung auf
25 einem Substrathalterträger. Der Substrathalterträger besitzt Lagerausnehmungen,
die die Substrathalter aufnehmen. Aus dem Boden der Lagerausnehmungen
treten Gasströme aus, die den Substrathalter auf einem Gaspolster in der
Schwebe halten. Durch eine entsprechende Richtung des aus bodenseitigen Dü-
sen austretenden Gasstroms werden die Substrathalter in eine Drehung ver-
30 setzt. Bei einem derartigen CVD-Reaktor können sich nicht nur die Substrathal-

ter relativ zum Substrathalterträger drehen. Es ist auch vorgesehen, dass sich der Substrathalterträger selbst um seine eigene Achse dreht.

Der Substrathalterträger kann ebenso wie die Substrathalter aus Graphit bestehen. Es besteht grundsätzlich das Bedürfnis, die Oberflächentemperatur der auf dem Substrathalter aufliegenden Substrate über die gesamte Substratoberfläche konstant zu halten. Die Oberflächentemperatur wird über ein Pyrometer gemessen. Hierzu besitzt die dem Substrathalterträger gegenüberliegende Prozesskammerdecke eine Öffnung. Das Pyrometer ist mit einer Regeleinrichtung verbunden. Diese Regeleinrichtung ermittelt zunächst einmal die mittlere Oberflächentemperatur des Substrates. Diese soll innerhalb eines bestimmten Sollwertbereiches liegen. Die Wärme zur Erzeugung der Oberflächentemperatur des Substrates wird von unten über den Substrathalterträger zugeführt. Hierzu wird letzterer von unten beheizt. Die Wärme wird sowohl über Wärmestrahlung als auch über Wärmeleitung über den das dynamische Gaspolster bildenden Spalt auf den Substrathalter übertragen. Diese Wärme wird von der Substrathalterunterseite an die Substrathalteroberseite, auf welcher das Substrat liegt, geleitet. Das Substrat liegt nur im Idealfall in vollflächiger Anlage auf der Oberfläche des Substrates. In der Realität liegt das Substrat oft nur am Rand oder nur im Zentrum auf dem Substrathalter auf. Dies ist eine Folge einer thermisch- oder strukturbedingten Wölbung des Substrates.

Durch Variation der Flussrate des Gasstromes, welcher das Gaspolster bildet, wird die Höhe des Gaspolsters beeinflusst. Einhergehend mit dieser Höheneinstellung wird die Wärmeleitfähigkeit dieses Gasspaltes beeinflusst. Durch Änderung des Gasstroms lässt sich somit der Wärmeübertrag zum Substrat beeinflussen. Mit Hilfe dieser, aus der DE 10056029 A1 grundsätzlich bekannten Methode lässt sich zwar die mittlere Oberflächentemperatur des Substrates feinfühlig beeinflussen. Der laterale Temperaturverlauf auf der Oberfläche, also

Temperaturinhomogenitäten und insbesondere Horizontal-Gradienten können mit dieser Methode nur beschränkt beeinflusst werden.

5 Aus der DE 101 33 914 A1 ist eine Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf Substraten bekannt, bei der eine Vielzahl von Substrathaltern in topfförmigen Aussparungen eines Substrathalterträgers einliegen. Die Substrathalter werden jeweils von einem Gaspolster getragen.

10 Aus der DE 696 29 980 T2 ist eine Methode zur Temperaturregelung zum Abscheiden eines Werkstoffs vorbekannt. Das Substrat liegt oberhalb eines Kühlblocks. Zwischen Substrat und Kühlblock besteht ein Spalt, der mit Gasen unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit gespült wird.

15 Die DE 691 17 824 T2 beschreibt ein Verfahren, bei dem die Rückseite eines Substrates mit einem Gemisch von Argon und Wasserstoff gespült wird.

Die US 5,683,759 beschreibt ein Verfahren zum Abscheiden polycrystalliner Diamanten auf einem Substrat, wobei ein Substrathalter verschieden tiefe Ringnuten aufweist.

20

Aus der WO 2005/121417 A1 ist eine CVD-Einrichtung bekannt, bei der die Substrate auf einem drehbaren Substrathalter aufliegen. Der Substrathalter liegt auf einem Gaspolster auf.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die lateralen Abweichungen der Oberflächentemperatur eines Substrates von einem Mittelwert effektiver zu vermindern.

Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung.

Jeder Anspruch stellt eine eigenständige Lösung der Aufgabe dar und ist mit jedem anderen Anspruch kombinierbar.

Zunächst und im wesentlichen ist vorgesehen, dass der das Gaspolster bildende
5 Gasstrom von zwei oder mehr Gasen mit unterschiedlich hoher spezifischer
Wärmeleitfähigkeit gebildet wird. Die Wärmeleitfähigkeit des dynamischen
Gaspolsters wird durch die Zusammensetzung dieses Gasstromes variiert. Die
Wärmeleitfähigkeit kann auch (zusätzlich) durch eine Erhöhung der Strö-
mungsgeschwindigkeit variiert werden. Bei einer Erhöhung des Gasstroms und
10 der damit einhergehenden Vergrößerung des Gaspolsters sinkt die Oberflä-
chentemperatur im wesentlichen gleichmäßig über den gesamten Durchmesser
des Substrathalters. Der qualitative Verlauf des Temperaturprofils über die Flä-
che und insbesondere über den Durchmesser wird durch diese Maßnahme nur
geringfügig verändert. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die Ände-
15 rung der Wärmeleitfähigkeit des das Gaspolster bildenden Gases eine Beein-
flussung des Temperaturprofils als solches ermöglicht. Es hat sich nämlich ge-
zeigt, dass mit zunehmender Steigerung der Leitfähigkeit des Gaspolsters die
Temperatur im Zentrum der Oberfläche des Substrathalters stärker ansteigt als
am Rand. Mit der Variation der Wärmeleitfähigkeit des dynamischen Gaspols-
20 ters ist somit eine Feineinstellung des Verlaufs der Temperatur auf der Sub-
strathalteroberfläche möglich. Die erfindungsgemäße Möglichkeit der Feinein-
stellung der Wärmeleitfähigkeit bildet somit die Möglichkeit, die Temperatur
zu beeinflussen, ohne dass sich die Dicke des Gaspolsters ändert. Dies ist insbe-
sondere dann von Vorteil, wenn die beiden stark verschieden wärmeleitenden
25 Gase auch stark verschiedene Viskositäten besitzen. Es ist ferner vorgesehen,
dass der Substrathalter eine Wärmeleitfähigkeit besitzt bzw. der Substrathalter
und die Lagerausnehmung eine derartige Gestalt besitzen, dass die Oberflä-
chentemperatur des Substrathalters bei der Verwendung von nur einem der
beiden Gase eine laterale Inhomogenität aufweist, die durch Änderung der Zu-
30 sammensetzung ausgleichbar und insbesondere überkompensierbar ist. Die

Wärmeleitfähigkeit des Substrathalters kann eine radiale Inhomogenität besitzen. Es ist aber vorgesehen, dass der Substrathalter in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit eine Rotationssymmetrie besitzt. Die aufeinander zuweisenden, das Gaspolster begrenzenden Flächen von Substrathalterunterseite einerseits und

5 Bodenfläche der Lagerausnehmung andererseits besitzen auch eine besondere insbesondere rotationssymmetrische Struktur. Diese beiden Flächen können eine Gestalt besitzen, die von der Gestalt einer Ebene abweicht. Das Gaspolster kann an verschiedenen Radialpositionen unterschiedliche Dicken besitzen.

So kann beispielweise vorgesehen sein, dass bei der Verwendung von Stickstoff

10 als Trägergas, welches gegenüber Wasserstoff schlechtleitend ist, die Substrathalteroberflächentemperatur in der Mitte geringer ist als am Rand. Wird dagegen als Gaspolster erzeugendes Gas Wasserstoff verwendet, so ist die Oberflächentemperatur des Substrathalters in der Mitte höher als am Rand. Durch eine geeignete Mischung der beiden Gase untereinander kann der Temperaturver-

15 lauf über eine Diagonale auf dem Substrathalter derart eingestellt werden, dass die Abweichungen der einzelnen Radialpositionstemperaturen vom Mittelwert minimiert sind. Idealerweise lässt sich somit ein flach verlaufendes Temperaturprofil auf der Substrathalteroberfläche einstellen. Letzteres gilt auch für die Oberflächentemperatur eines auf dem Substrathalter aufliegenden Substrates.

20 Wölbt sich dieses während des Prozesses, so können die damit einhergehenden lokalen Änderungen der Wärmetransporteigenschaften vom Substrathalter zum Substrat durch eine entsprechende Änderung der Gaszusammensetzung kompensiert werden. Hebt sich beispielsweise das Zentrum des Substrates zufolge einer thermischen Durchbiegung des Substrates vom Substrathalter ab, so

25 kann durch Variation der Gaszusammensetzung der Wärmeübertrag im Zentrum erhöht werden. In analoger Weise ist es möglich, den verminderten Temperaturübertrag am Rand auszugleichen, wenn sich die Ränder des Substrates zufolge einer Wölbung des Substrates von der Substrathalteroberfläche abheben. Optimal lassen sich derartige Effekte dadurch kompensieren, dass bei der

30 Verwendung nur eines stark wärmeleitenden Gases der Zentralbereich des

Substrathalter wärmer ist als der Randbereich bzw. dass bei Nurverwendung eines schwach wärmeleitenden Gases der Zentralbereich des Substrathalter kälter ist als der Randbereich. Es können auch Substrathalter verwendet werden, deren Wärmeleiteigenschaften in Achsrichtung lokal unterschiedlich sind.

5 So kann die Wärmeleiteigenschaft in Achsrichtung im Zentrum eine andere sein als am Rand des Substrathalter. Dies gilt auch für die Wärmestrahlungseigenschaften, die für die Energieübertragung im Wege der Wärmestrahlung verantwortlich sind. Auch diese können an unterschiedlichen Radialpositionen verschieden sein. Die Wärmestrahlungseigenschaften sind im wesentlichen
10 Oberflächeneigenschaften. Es ist also vorgesehen, dass die Oberfläche des Bodens der Lagerausnehmung und die Oberfläche der Substrathalterunterseite lokal andere Wärmestrahlungseigenschaften aufweisen können. In einer bevorzugten Ausgestaltung haben die Substrathalter aber in Radialrichtung unterschiedliche Materialstärken. Beispielsweise kann der Substrathalter in der Mitte
15 dünner sein als am Rand. Hierzu kann die Unterseite des Substrathalter eine Wölbung aufweisen. Es können eine konkave und eine konvexe Wölbung vorgesehen sein. In analoger Weise kann auch der Boden der Lagerausnehmung entweder konvex oder konkav gewölbt sein. Es ist aber auch vorgesehen, dass der Substrathalter eine gestufte Ausnehmung auf seiner Unterseite besitzt.

20

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens entspricht im wesentlichen derjenigen, die von der DE 10056029 A1 beschrieben wird. Außerdem kann das erfindungsgemäße Verfahren auch mit einer Variation der Gasströme zur Variation der Höhe des Gaspolsters durchgeführt werden. Es wird deshalb der Offenbarungsgehalt der DE 10056029 vollinhaltlich mit in diese Anmeldung aufgenommen.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besitzt eine unterhalb des Substrathalterträgers angeordnete Heizung. Es kann sich hier um eine Widerstandsheizung handeln. Diese erwärmt den Substrathalterträger. Über Wärme-
30

leitung und Wärmestrahlung wird der Substrathalter erwärmt. Die Oberflächentemperatur des auf dem Substrathalter aufliegenden Substrates wird ständig gemessen. Da der Substrathalter gedreht wird, wird eine mittlere Temperatur gemessen. Die Radialabhängigkeit der Temperatur ist aber feststellbar.

- 5 Grundsätzlich reicht ein Pyrometer zur Messung der Temperatur aus, wenn der Substrathalterträger um seine Achse gedreht wird. Die Messwerte des Pyrometers werden einer Regeleinrichtung zugeführt. Diese Regeleinrichtung steuert Massenflussmessgeräte, die die Gaszusammensetzung des Gasstromes steuert, welcher das Gaspolster ausbildet. Dabei wird in der Regel der Gesamtgasstrom
10 pro Zeit konstant gehalten, so dass die Höhe des Gaspolsters konstant bleibt. Es ist aber auch möglich, dass zusätzlich durch Variation des Gesamtflusses die Höhe des Gaspolsters variiert wird.

- Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand beigefügter
15 Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 die Draufsicht auf einen Substrathalterträger, mit insgesamt fünf in Lagerausnehmungen einliegenden Substrathaltern zur jeweiligen Aufnahme eines Substrates;
20
- Fig. 2 schematisch einen Teilschnitt durch die Prozesskammer entlang der Linie II - II;
- Fig. 3 eine Darstellung gemäß Fig. 2 einer alternativen Gestaltung eines Substrathalters;
25
- Fig. 4 qualitativ die Temperaturverläufe über eine Diagonale auf dem Substrat, bei unterschiedlichen Gaszusammensetzungen des das dynamische Gaspolster bildenden Gasstroms und
30

Fig. 5 in schematischer Darstellung die Peripherie des Reaktors.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird in einer Prozesskammer 12 eines CVD-Reaktors durchgeführt. Diese Prozesskammer 12 befindet sich zwischen einem
5 sich in Horizontalrichtung erstreckenden Substrathalterträger 1, der einen kreisförmigen Grundriss besitzt und um seine Achse 14 drehangetrieben werden kann. Parallel oberhalb des Substrathalterträgers 1 befindet sich die Prozesskammerdecke 10. Die Prozesskammer befindet sich zwischen Decke 10 und Substrathalterträger 1. Der Substrathalterträger 1 wird von unten mittels einer
10 Widerstandsheizung 24 beheizt. Auf der Oberseite des Substrathalterträgers 1 sind insgesamt fünf Lagerausnehmungen 20 vorgesehen. In jeder der topfförmigen Lagerausnehmungen 20 liegt ein kreisscheibenförmiger Substrathalter 2 ein. Im Boden 21 der Lagerausnehmung 20 befinden sich Spiralnuten 7, in welche Gaszuleitungen 6 münden. Das aus den Spiralnuten 7 austretende Gas hebt
15 den Substrathalter 2 an und lagert ihn auf einem dynamischen Gaspolster 8. Die Gase treten aus der Spiralnut 7 mit einer bestimmten Richtung aus, die geeignet ist, den Substrathalter 2 drehanzutreiben, so dass er um seine eigene Achse dreht. Auf jedem der Substrathalter 2 liegt ein Substrat 9. Die gesamte Prozesskammer steckt in einem nicht dargestellten Reaktorgehäuse und ist gegenüber
20 der Umwelt hermetisch abgeschottet, so dass die Prozesskammer 12 evakuiert werden kann.

Zur Durchführung des CVD-Prozesses werden Prozessgase benötigt, die durch nicht dargestellte Zuleitungen in die Prozesskammer 12 eingeleitet werden.
25 Diese Prozessgase können metallorganische Verbindungen beinhalten. Sie können auch Hydride beinhalten. Es können auch Metallchloride sein. Auf der Oberfläche der Substrate 9 soll eine einkristalline Schicht abgeschieden werden. Es kann sich hier um Materialien der Hauptgruppe IV oder Materialien der III- und V-Hauptgruppe oder Materialien der II- und VI-Hauptgruppe handeln.
30 Das Substrat 9 kann aus jedem geeigneten Material bestehen. Es kann ein Nicht-

leiter oder ein Halbleiter sein. Nur im Idealfall werden gitterangepasste Schichten auf die einkristalline Oberfläche des Substrates abgeschieden. Nur im Idealfall haben die abgeschiedenen Schichten und das Substrat denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten. Im Regelfall sind die Schichten nicht zu 100 % gitterangepasst. Die einzelnen Schichten haben auch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten. Insbesondere besitzen die Schichten größere oder kleine Wärmeausdehnungskoeffizienten. Dies hat zur Folge, dass bei einer Temperaturänderung des Substrates im Bereich der Schichten oder der Grenzfläche Spannungen auftreten, die zu einer Wölbung des Substrates führen. Auch das Abscheiden von nicht gitterangepassten Schichten kann zu Verspannungen und damit zu Wölbungen des Substrates 9 führen. Je nach Verschiedenheit der Gitterkonstanten bzw. der Temperatúrausdehnungskoeffizienten kann sich das Zentrum des Substrates 9 nach oben oder nach unten wölben. Da die Abscheidungsprozesse innerhalb der Prozesskammer 12 bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden, kann sich die Wölbung des Substrates 9 während eines Prozesses auch umkehren, so dass in einem Prozessabschnitt nur der Zentralbereich des Substrates 9 berührend auf der Oberfläche des Substrathalters 2 aufliegt und in einem anderen Prozessabschnitt nur der Rand des Substrates 9 berührend auf der Oberfläche des Substrathalters 2 aufliegt. Dies hat zur Folge, dass der Wärmefluss von der Oberfläche des Substrathalters 2 hin zum Substrat 9 lateral unterschiedlich ist und zeitlich variiert.

Wenn die Prozesskammer 12 nur von unten beheizt wird, bildet sich dort ein vertikaler Temperaturgradient aus. Das bedeutet, die Temperatur in der Gasphase oberhalb des Substrates 9 nimmt mit steigendem Abstand vom Substrathalter 2 ab. Wegen des fehlenden Kontaktes des Substrates 9 an einzelnen Stellen zur Oberfläche des Substrathalters 2 kommt es hier zu einer verminderten Wärmeübertragung vom Substrathalter 2 zum Substrat 9. Dies hat zur Folge, dass bestimmte Bereiche des Substrates 9 kälter sind als andere Bereiche. Dies ist nicht erwünscht. Erwünscht ist vielmehr eine über die gesamte Fläche des

Substrates 9 gleichbleibende Oberflächentemperatur, so dass der Temperaturgradient in Horizontalrichtung minimal ist. Die Isotherme unmittelbar über der Oberfläche des Substrates 9 soll möglichst flach verlaufen. Die Substratoberfläche soll idealerweise auf einer Isothermen liegen.

5

Der Wärmeübertrag vom Substrathalterträger 1 zum Substrathalter 2 erfolgt im wesentlichen über das dynamische Gaspolster 8. Hier spielt sowohl die Wärmestrahlung vom Boden 21 der Lagerausnehmung 20 zur Unterseite des Substrathalters 2 als auch die Wärmeleitung über das wärmeleitende Gas, welches das Gaspolster 8 ausbildet, eine Rolle.

10

Durch eine unterschiedliche Gestaltung von sowohl Oberfläche des Bodens 21 als auch Unterseite des Substrathalters 2 kann der Wärmeübertrag durch Strahlungswärme beeinflusst werden. Die Wärmeübertragung durch Wärmeleitung kann durch Variation der Höhe des dynamischen Gaspolsters 8 variiert werden. Hierzu kann der Gesamtgasstrom durch die Zuleitung 6 erhöht oder erniedrigt werden. Mit diesen Maßnahmen kann aber nicht während des Prozesses der laterale Verlauf der Isothermen unmittelbar oberhalb des Substrates 9 bzw. der laterale Temperaturgradient der Oberflächentemperatur des Substrates 9 beeinflusst werden.

15

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass dies mit Hilfe einer Variation der Zusammensetzung des Gases erfolgt, welches das dynamische Gaspolster 8 erzeugt. Es werden zwei Gase 17, 18 verwendet, die einen hohen Unterschied hinsichtlich ihrer spezifischen Wärmeleitfähigkeit aufweisen. So kann beispielsweise stark wärmeleitender Wasserstoff 17 mit schwach wärmeleitendem Stickstoff 18 gemischt werden. Hierzu dienen Massenflusscontroller 15, 16 individuell für jedes der beiden Gase 17, 18. Es können aber auch andere Gasmischungen, insbesondere geeignete Edelgase wie Argon, Helium etc. verwendet werden. Die beiden unterschiedlichen Gase 17, 18 werden mit einer gemeinsa-

20

25

30

men Zuleitung 6 in die Lagerausnehmungen 20 geleitet. Durch Variation der Zusammensetzung der Gase, die mit Hilfe der Massenflusscontroller 15 und 16 erfolgt, kann die Wärmeleitfähigkeit des Gaspolsters 8 variiert werden. Die Höhe des Gaspolsters 8 bleibt dabei im wesentlichen unverändert. Zur Einstellung der Gasflüsse 15, 16 ist eine Regeleinrichtung 19 vorgesehen. Diese Regeleinrichtung 19 bekommt ihre Eingangsdaten von einem Pyrometer 3, welches durch eine Öffnung 11 die Substratoberflächentemperatur misst. Es wird eine gemittelte Oberflächentemperatur gemessen, da sich der Substrathalter 2 dreht. Zufolge der Eigendrehung des Substrathalterträgers 1 wandert ein Substrathalter 2 nach dem anderen unter der Öffnung 11 hindurch. Da diese denselben Radialabstand zur Drehachse 14 besitzt wie die Drehachse des Substrathalters 2, wird ein Diagonaltemperaturverlauf gemessen, wie er beispielsweise in der Figur 4 dargestellt ist.

15 Durch eine geeignete konstruktive oder durch eine geeignete Materialauswahl kann der Substrathalter 2 so gestaltet werden, dass bei Verwendung nur eines schwach wärmeleitenden Gases 18 der Randbereich der Substrathalteroberfläche heißer wird als der Zentralbereich. Dies ist in der Figur 4 durch die Kurve I dargestellt. Verändert man das Mischungsverhältnis des Gases dahingehend, dass man durch Zugabe von mehr Wasserstoff 17 und Rücknahme von Stickstoff 18 die Wärmeleitfähigkeit des Gases erhöht, so erwärmt sich der Zentralbereich der Oberfläche des Substrathalterträgers 1 in höherem Maße. Dies ist mit der Kurve II angedeutet und auf einen überraschenden Effekt zurückzuführen. Eine weitere Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit des Gaspolsters 8 führt dann dazu, dass – wie in der Kurve III dargestellt – die Temperatur der Substrathalteroberfläche über die gesamte Radialerstreckung im wesentlichen gleich ist. Dies ist ein Sollzustand, wenn das Substrat 9 in idealer Weise flächig auf der Oberfläche des Substrathalters 2 aufliegt.

- Durch weitere Änderung des Mischungsverhältnisses hin zu einer hohen Leitfähigkeit des Gases wird ein Temperaturverlauf erreicht, wie ihn die Kurve IV darstellt. Fließt nur Wasserstoff 17 durch die Zuleitung 6, kann ein Temperaturverlauf wie ihn die Kurve V darstellt, erreicht werden. Ein Temperaturverlauf der Substrathalteroberfläche, wie ihn die Kurven I und II darstellen, ist dann erforderlich, wenn das Substrat 9 nur mit seinem Zentralbereich auf der Oberfläche des Substrathalters 2 aufliegt. Dann muss die Temperatur des Substrathalters 2 im Randbereich höher sein, um dort die verminderte Wärmeleitung zum Substrat 9 auszugleichen. Die Temperaturverläufe gemäß den Kurven IV und V sind dann von Bedeutung, wenn das Substrat 9 nur mit dem Randbereich auf der Oberfläche des Substrathalters 2 aufliegt. Jetzt muss die verminderte Wärmeleitung im Zentralbereich durch eine höhere Oberflächentemperatur kompensiert werden.
- Bei dem in der Figur 2 dargestellten Substrathalter besitzt die Unterseite des Substrathalters 2 eine Aussparung 13. Es handelt sich hier um eine zentrale, topfförmige Aussparung 13, die zu einer Vergrößerung der Höhe des Gaspolsters 8 führt. Dies hat einen verminderten Wärmetransport durch Wärmeleitung vom Boden 21 zum Substrathalter 2 zur Folge. Die damit einhergehende Inhomogenisierung der Oberflächentemperatur kann durch eine entsprechende Zusammensetzung der Gase kompensiert werden.

- Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist diese Aussparung 13 als Mulde dargestellt. Der Boden der Mulde 13 geht ohne Stufe in die ebene Ringfläche der Unterseite des Substrathalters 2 über.

- Es wird als besonders vorteilhaft erachtet, dass bei einer Kombination der Variation der Gaszusammensetzung und einer gleichzeitigen Erhöhung des Gasdrucks nicht nur der Verlauf der Oberflächentemperatur, sondern auch der absolute Wert der Oberflächentemperatur beeinflusst werden kann. Hierdurch ist

es möglich, um einen konstanten Mittelwert herum die Randtemperatur gegenüber der Zentraltemperatur abzusenken oder zu erhöhen, wobei die Randtemperatur des Substrathalters 2 sowohl über als auch unter der Zentraltemperatur der Substratoberfläche liegen kann. Der Temperaturverlauf auf der Substratoberfläche wird idealerweise von der Regeleinrichtung 19 über die Variation der Massenflüsse 15, 16 so eingestellt, dass die Substratoberfläche an jeder Stelle
5 möglichst dieselbe Temperatur besitzt.

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 Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.
10

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung der Oberflächentemperatur mindestens eines in einer Prozesskammer (12) eines CVD-Reaktors in einer Lagerausnehmung (20) eines Substrathalterträgers (1) einliegenden, auf einem von einem Gasstrom gebildeten dynamischen Gaspolster (8) getragenen Substrathalter (2) aufliegenden Substrats (9), wobei die Wärmezufuhr zum Substrat (9) zumindest teilweise durch Wärmeleitung über das Gaspolster erfolgt, wobei die Oberflächentemperatur des Substrats an einer Vielzahl von Stellen auf der Substratoberfläche gemessen wird und zur Verminderung der Abstände dieser Temperaturen von einem Mittelwert die Wärmeleiteigenschaft des Gaspolsters dadurch geändert wird, dass der das Gaspolster (8) zwischen der Bodenfläche der Lagerausnehmung (20) und der Unterseite des Substrats (2) ausbildende Gasstrom von zwei oder mehr Gasen (17, 18) mit unterschiedlich hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeit gebildet wird, wobei die Zusammensetzung abhängig von den gemessenen Oberflächentemperaturen variiert wird, wobei die Wärmeleitfähigkeit des Substrathalters (2) so gewählt ist und die Unterseite des Substrats (2) sowie die Bodenfläche der Lagerausnehmung (20) so gestaltet sind, dass die Oberflächentemperatur des Substrats bei der Verwendung nur eines der beiden Gase (17, 18) eine rotationssymmetrische laterale Inhomogenität aufweist, die durch Änderung der Zusammensetzung des Gasstroms ausgeglichen oder überkompensiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Variation der Gaszusammensetzung der laterale Temperaturverlauf auf der Oberfläche des Substrathalters (2) derart beeinflusst wird, dass die Temperatur auf der Substratoberfläche über im wesentlichen die gesamte Substratoberfläche konstant ist.

3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verwendung nur eines Gases (17, 18) insbesondere des stark wärmeleitenden Gases der Zentralbereich des Substrathalters (2) wärmer ist als der Randbereich.
- 5
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verwendung nur eines Gases (17, 18), insbesondere des schwach wärmeleitenden Gases der Zentralbereich des Substrathalters (2) kälter ist als der Randbereich.
- 10
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass durch Variation der einzelgesteuerten, die Gaspolster (8) erzeugenden Gasströme einzelner einer Vielzahl von einem Substrathalterträger (1) zugeordneten Substrathaltern (2) die Höhen der Gaspolster (8) so eingeregelt werden, dass die gemessenen Mittelwerte innerhalb eines vorgegebenen Temperaturfensters liegen.
- 15
- 20
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Substrathalter vom Gasstrom drehangetrieben werden.
- 25
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalterträger (1) um eine Zentralachse drehangetrieben wird.
- 30
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Tempera-

turmessung durch eine Öffnung (11) einer Prozesskammerdecke (10) erfolgt.

- 5 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratoberflächentemperaturen während des gesamten Behandlungsprozesses gemessen werden und die Zusammensetzung des das dynamische Gaspolster (8) bildenden Gasstromes während der Behandlung als Funktion des radial gemessenen Temperaturverlaufs der Substrattemperatur variiert wird.
- 10 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass ein Substrathalter (2) verwendet wird, dessen Wärmeleiteigenschaften in Achsrichtung und/oder Wärmestrahlungseigenschaften an unterschiedlichen Radialpositionen verschieden sind.
- 15 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gaspolster (8) verwendet wird, dessen Höhe am Rand geringer ist als im Zentrum.
- 20 12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche mit einer Prozesskammer (12), einem darin angeordneten Substrathalterträger (1), mindestens einem Substrathalter (2), einer Heizung zum Aufheizen des Substrathalterträgers (1), einer optischen Temperaturmesseinrichtung (3) zur Messung der Oberflächentemperatur mindestens eines auf dem Substrathalter (2) aufliegenden Substrats (9) jeweils an voneinander verschiedenen Stellen auf der Substratoberfläche und mit einer Gaszuleitung (6) zur Zuleitung eines Gasstroms zur Erzeugung eines dynamischen Gaspolsters (8) zwi-
- 25 30

5 schen einer Unterseite des Substrathalters (2) und einer Bodenfläche einer Lagerausnehmung (20) des Substrathalterträgers (1), in welcher der Substrathalter (2) gelagert ist, mit einer der Gaszuleitung (6) zugeordneten Gasmischeinrichtung (15, 16, 17, 18), in welcher die Zusammensetzung des Gasstroms aus einem schwach wärmeleitenden und einem stark wärmeleitenden Gas in Abhängigkeit eines von der Temperaturmesseinrichtung (3) gewonnenen radialen Temperaturprofils der Substrattemperatur einstellbar ist, wobei der Substrathalter (2) eine derartige Wärmeleitfähigkeit aufweist und die Unterseite des Substrathalters 10 (2) sowie die Bodenfläche der Lageröffnung (20) eine derartige Gestalt besitzen, dass die Oberflächentemperatur des auf dem Substrathalter (2) aufliegenden Substrats (9) bei der Verwendung nur eines der beiden Gase eine rotationssymmetrische laterale Inhomogenität aufweist, die durch Änderung der Zusammensetzung des Gasstroms ausgleichbar 15 und überkompensierbar ist.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Boden (21) der Lagerausnehmung (20) eine im wesentlichen rotationssymmetrische 20 Unebenheit aufweist und insbesondere gewölbt ist.

14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Boden (21) der Lagerausnehmung (20) gegenüberliegende Unterseite des Substrathalters (2) eine im wesentlichen rotationssymmetrische, von einer 25 Ebenen abweichende Struktur aufweist und insbesondere gewölbt ist.

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrat-

halter (2) in der Mitte dünner ist als am Rand.

- 5 16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (9) in einer von einem Randsteg (23) gebildeten Ausnehmung (22) der Oberseite des Substrathalters (2) einliegt.

$$1/3$$

Fig: 1

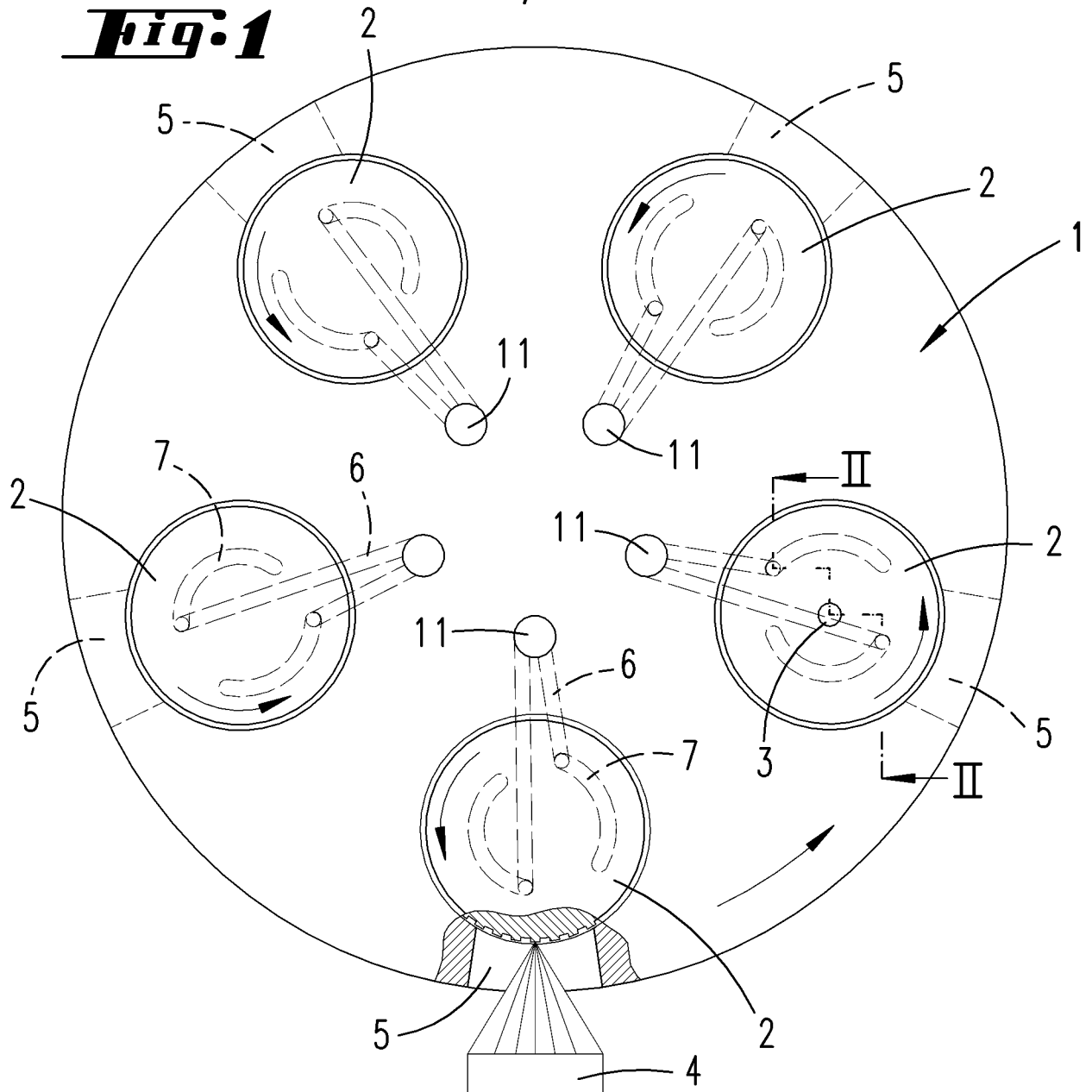
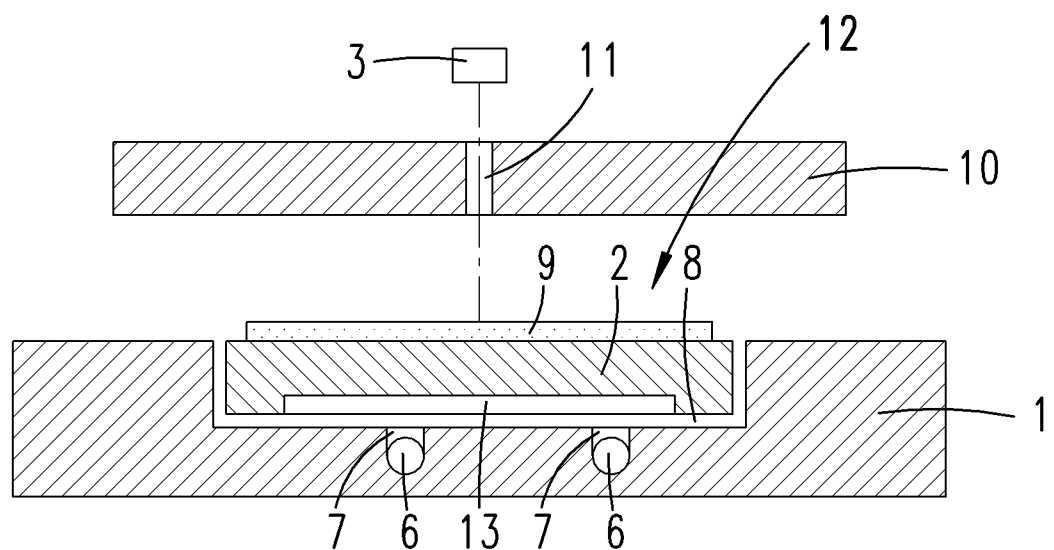


Fig: 2



2/3

Fig. 3

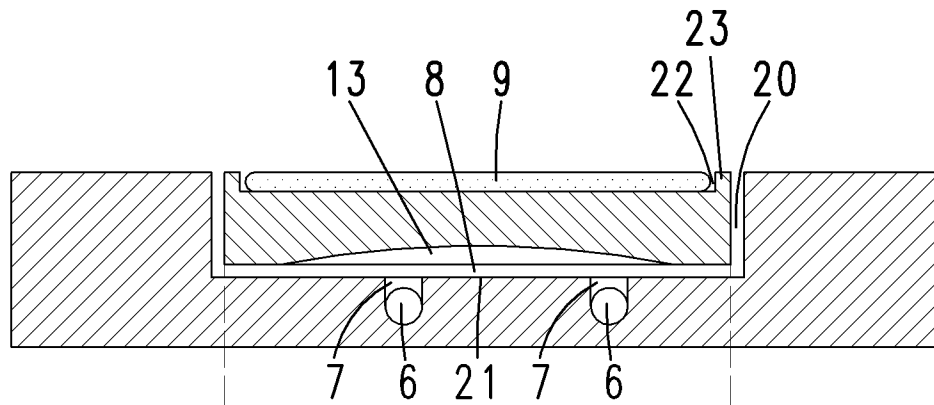


Fig. 4

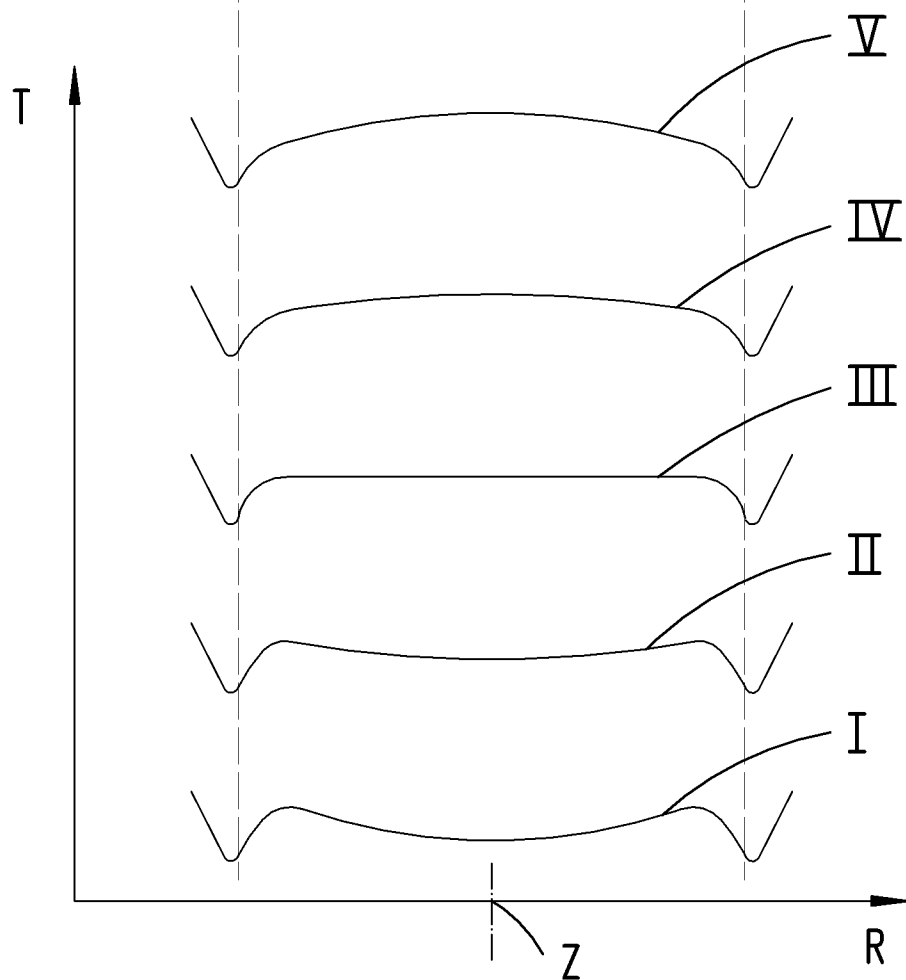
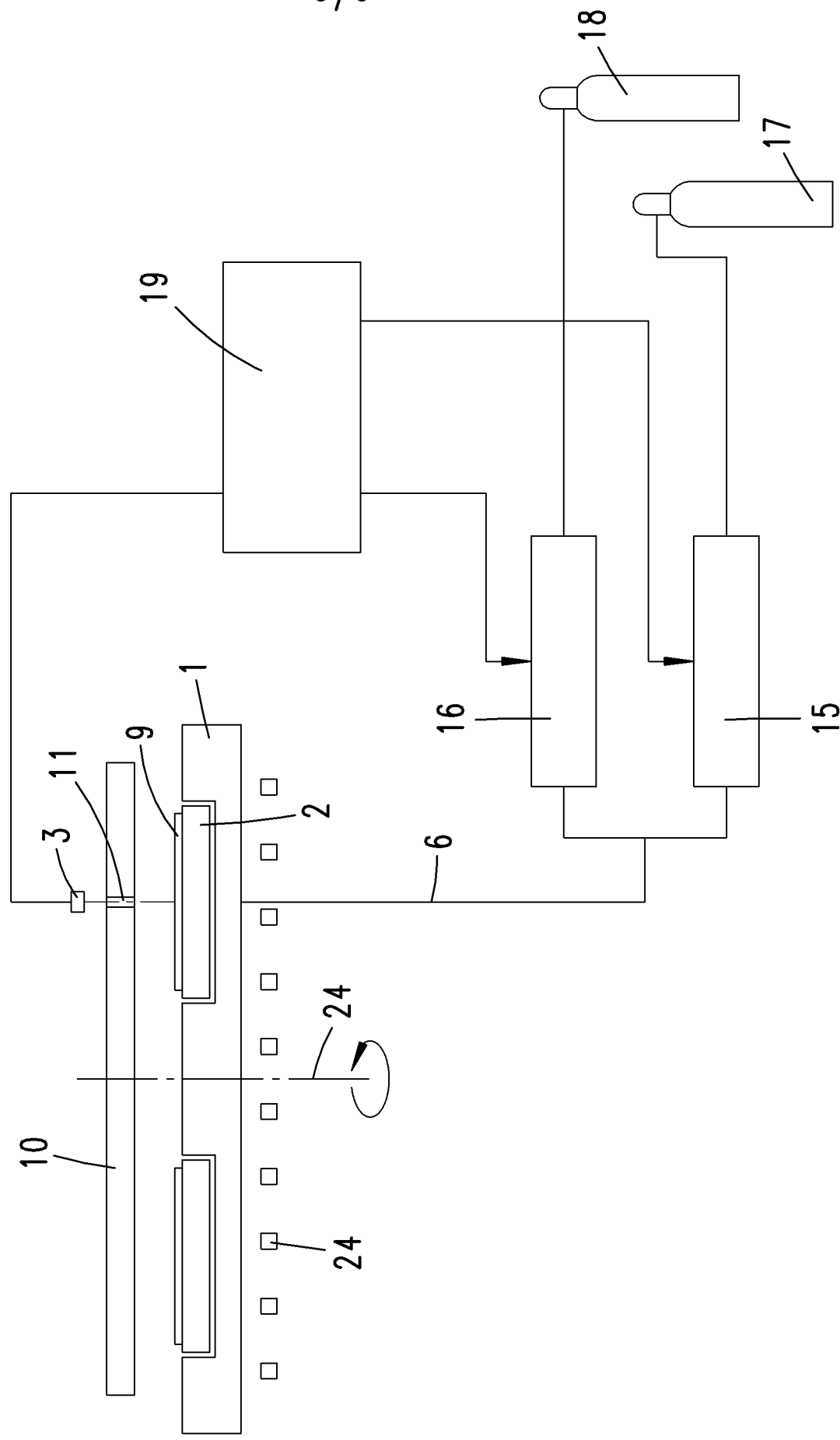


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP 2007/053745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C23C16/46 C23C16/458 C23C16/52

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

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 318 801 A (SNAIL KEITH A [US] ET AL) 7 June 1994 (1994-06-07) column 2, line 56 - line 59; example 2	1-10, 12-14, 16
A	DE 100 56 029 A1 (AIXTRON AG [DE]) 16 May 2002 (2002-05-16) cited in the application the whole document	1, 12
A	US 6 001 183 A (GURARY ALEXANDER I [US] ET AL) 14 December 1999 (1999-12-14) column 14, line 59 - column 15, line 41	11, 15

☐ 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 document 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

8 August 2007

Date of mailing of the international search report

17/08/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.E. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schuhmacher, Jörg

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/053745

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5318801	A	07-06-1994	WO 9426951 A1	24-11-1994
			US 5527392 A	18-06-1996
DE 10056029	A1	16-05-2002	AU 1503402 A	21-05-2002
			WO 0238840 A1	16-05-2002
			EP 1335997 A1	20-08-2003
			JP 2005505123 T	17-02-2005
			TW 224634 B	01-12-2004
			US 2003233768 A1	25-12-2003
US 6001183	A	14-12-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/053745

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C23C16/46 C23C16/458 C23C16/52

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C23C C30B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 318 801 A (SNAIL KEITH A [US] ET AL) 7. Juni 1994 (1994-06-07) Spalte 2, Zeile 56 - Zeile 59; Beispiel 2 -----	1-10, 12-14, 16
A	DE 100 56 029 A1 (AIXTRON AG [DE]) 16. Mai 2002 (2002-05-16) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1, 12
A	US 6 001 183 A (GURARY ALEXANDER I [US] ET AL) 14. Dezember 1999 (1999-12-14) Spalte 14, Zeile 59 - Spalte 15, Zeile 41 -----	11, 15

☐ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. August 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/08/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schuhmacher, Jörg

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/053745

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5318801 A	07-06-1994	WO 9426951 A1	24-11-1994
		US 5527392 A	18-06-1996
DE 10056029 A1	16-05-2002	AU 1503402 A	21-05-2002
		WO 0238840 A1	16-05-2002
		EP 1335997 A1	20-08-2003
		JP 2005505123 T	17-02-2005
		TW 224634 B	01-12-2004
		US 2003233768 A1	25-12-2003
US 6001183 A	14-12-1999	KEINE	