



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 108 994.1**

(22) Anmeldetag: **20.08.2013**

(43) Offenlegungstag: **05.06.2014**

(51) Int Cl.: **C23C 14/35 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:
10 2012 111 659.8 30.11.2012

(71) Anmelder:
**VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, 01324,
Dresden, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lippert, Stachow & Partner, 01309,
Dresden, DE**

(72) Erfinder:
Linß, Volker, Dr., 01324, Dresden, DE

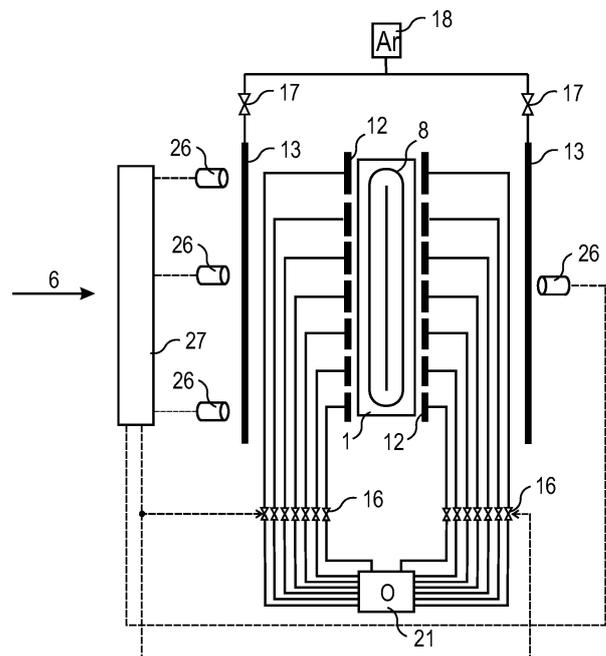
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anordnung zur Einstellung homogener Schichteigenschaften beim Magnetronspütern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung des Prozessgasflusses an längserstreckten Magnetrons, wobei der Fluss des Prozessgases, welches im Falle reaktiver Prozesse aus einem Reaktivgas als erster Prozessgasteil und einem Arbeitsgas als zweiter Prozessgasteil und im Falle nichtreaktiver Prozesse aus einem Arbeitsgas als nur einem Prozessgasteil besteht, entlang des Racetracks in Teil-Prozessgasflüsse mit zugehörigen Plasmazonensegmenten geteilt ist und eine Anordnung die das erfindungsgemäße Verfahren nutzt.

Die Aufgabe der Erfindung, die lokale Überhöhung der Plasmadichte bzw. des angeregten Reaktivgases durch den Cross-Corner-Effekt bzw. den Cross-Magnetron-Effekt bei Doppelmagnetrons zu vermeiden, wird dadurch gelöst, dass die Plasmastöchiometrie in jedem Plasmazonensegment für jeden Teil-Prozessgasfluss ermittelt wird und der Fluss mindestens eines Prozessgasteils je Teil-Prozessgasfluss so eingestellt wird, dass die Plasmazonensegmentstöchiometrie jedes einem Teil-Prozessgasfluss entsprechenden Racetrackteils gleich ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung des Prozessgasflusses an längserstreckten Magnetrons, wobei der Fluss des Prozessgases, welches im Falle reaktiver Prozesse aus einem Reaktivgas als erster Prozessgasteil und einem Arbeitsgas als zweiter Prozessgasteil und im Falle nichtreaktiver Prozesse aus einem Arbeitsgas als nur einem Prozessgasteil besteht, entlang des Racetracks, in Teil-Prozessgasflüsse mit zugehörigen Plasmazonensegmenten geteilt ist.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Anordnung zur Gasführung in Vakuumbeschichtungsanlagen mit einem Vakuumraum in dem zumindest ein längserstrecktes Magnetron, mit einem ein Magnetfeld erzeugenden Magnetsystem und einem Target angeordnet ist, mit mindestens einem in seiner Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron angeordneten Arbeitsgaskanal und zwei in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron und jeweils beiderseits des Targets angeordneten Gaskanälen.

[0003] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet des allgemeinen Magnetronsputters. Beim Magnetronsputtern wird im Prozessgas zwischen dem zu beschichtenden Substrat und einer Magnetronkathode ein Plasma gezündet, dessen positive Ladungsträger durch den sogenannten Sputtereffekt die Atome oder Moleküle aus der Oberfläche des Targets herauslösen und in die Gasphase überführen. Treffen die Dampfteilchen auf das Substrat, beginnen sie, durch Kondensation auf der Oberfläche eine Schicht zu bilden. Dabei wird in Durchlaufanlagen das Substrat in einer Transportrichtung unter dem Target hindurch bewegt und dynamisch beschichtet. Zur Unterstützung der Plasmabildung wie auch der Beschleunigung der Ionen auf die Targetoberfläche ist auf der dem Plasma abgewandten Seite des Targets ein Magnetsystem angeordnet. Durch die Magnetanordnung bildet sich ein tunnelförmiges Magnetfeld entlang einer geschlossenen Bahn aus. Im Bereich, wo die Komponente der Magnetfeldstärke, die parallel zu einem differentiellen Oberflächenelement verläuft, den größten Betrag hat, tritt die maximale Erosion des Targetmaterials auf. Der sich ausbildende ringförmige Sputter- oder Erosionsgraben wird als Racetrack bezeichnet.

[0004] Für einen gleichmäßigen Targetabtrag haben sich in der Vakuumbeschichtungstechnologie rotierende Magnetrons, sogenannte Rohrmagnetrons, bewährt, wodurch eine bessere Targetausnutzung erreicht wird.

[0005] Beim Magnetronsputtern wird zwischen dem nichtreaktiven und dem reaktiven Sputtern unterschieden, wobei sich diese beiden Prozesse durch

Unterschiede in der Stöchiometrie des Targets und der abzuschneidenden Schicht unterscheiden. Beim nichtreaktiven Sputtern entspricht die Stöchiometrie der abgeschneidenden Schicht im Wesentlichen der des Targets, beim reaktiven Sputtern wird zusätzlich zu den Elementen des Targets wenigstens ein chemisches Element aus dem Prozessgas eingebaut. Beim nichtreaktiven Magnetronsputtern wird ein Arbeitsgas, d.h. ein inertes Gas, beispielsweise Argon, in den Prozessraum geleitet. Zu Korrekturzwecken kann auch ein weiteres Gas wie beispielsweise Sauerstoff in geringen Mengen mit eingelassen werden. Beim reaktiven Sputtern wird zusätzlich zum Arbeitsgas ein Reaktivgas oder nur ein Reaktivgas, beispielsweise Sauerstoff eingelassen. Somit wird das Prozessgas beim nichtreaktiven Sputtern im Wesentlichen aus dem Arbeitsgas gebildet, beim reaktiven Prozess sowohl aus dem Arbeitsgas als auch aus Reaktivgas oder nur aus Reaktivgas.

[0006] Bei einem symmetrisch aufgebauten Magnetsystem tritt an gegenüberliegenden Ecken des Racetracks, je nach Polung und Richtung des Elektronenringstromes, beim Magnetronsputtern der sogenannte Cross-Corner-Effekt (CCE) auf. Dabei kommt es beim Übergang des Bogens in die gerade Strecke des Racetracks zu einer lokalen Erhöhung der Plasmadichte und höheren Ionisierung und damit zu einer erhöhten Sputterrate. **Fig. 1** zeigt eine schematische Racetrackansicht mit markierten Stellen des CCE. Diese Stellen sind in einer dynamischen Beschichtung durch zwei Maxima in der Schichtdickenverteilung zu sehen (**Fig. 2**), bevor der typische Randabfall einsetzt. Diese beiden Maxima rühren bei einem Rohrmagnetron jeweils von der in Drehrichtung des Targets vorderen Seite des Racetracks und der in Drehrichtung des Targets hinteren Seite des Racetracks vom dortigen CCE her, bei einem planaren Magnetron entsprechend von der in Transportrichtung vorderen Seite des Racetracks und der in Transportrichtung hinteren Seite des Racetracks vom dortigen CCE. Bei keramisch gesputtertem ZnO:Al ist der CCE auch am Schichtwiderstand zu erkennen. Durch die erhöhte Plasmadichte in diesen Bereichen kommt es zur vermehrten Erzeugung negativer Sauerstoffionen, die das Schichtwachstum stören. Daher nimmt der Schichtwiderstand zum Rand hin zu (**Fig. 2**). Für den reaktiven ZnO:Al-Prozess ergibt sich eine etwas andere Widerstandsquerverteilung nach **Fig. 3**. Da durch die erhöhte Plasmadichte lokal eine andere Leistung ins Target eingespeist wird, stellt sich an den Stellen ein komplett anderer Arbeitspunkt ein. Für die in **Fig. 3** gezeigte Widerstandsverteilung wird dabei beispielhaft die in **Fig. 4** aufgelistete gleichverteilte Reaktivgasflussverteilung genutzt.

[0007] Ein weiterer Effekt, der speziell bei Abscheidungen mit einem Doppelrohrmagnetron und bipolar gepulster Entladung auftritt, ist der sogenannte Cross-Magnetron-Effekt (CME), der ebenfalls zu ei-

ner lokal erhöhten Ladungsträgerdichte und damit erhöhten Sputterraten oder verändertem Arbeitspunkt einer reaktiven Entladung führt. Durch diesen Effekt gibt es an beiden Targets eines Doppelmagnetrons Stellen, die durch den höheren Leistungseintrag (zusätzlich zum CCE) lokal bevorzugt gesputtert werden. Im Fall reaktiver Entladungen werden diese Stellen mit einem anderen Arbeitspunkt gesputtert und mit einer deutlich erhöhten thermischen Last beaufschlagt. Bei statisch abgeschiedenen Schichten spiegeln sich die unterschiedlichen Entladungsbereiche in einem diagonal verteilten thermischen Muster über den beiden Targets wider. Obwohl die Beschichtungsrate auf beiden Targets nahezu gleich und die Sauerstoffpartialdruckverteilung vor beiden Targets in Versuchen als konstant bestimmt wurde (siehe dazu Dissertation Ronny Kleinhempel, TU Chemnitz, 2008), ergeben sich deutliche Unterschiede in den Schichteigenschaften. Die Ursache dafür liegt in der lokalen Erhöhung der Plasmadichte, da bei annähernd gleicher Sputterraten (d.h. Herausschlagen von Metallteilchen) durch eine unterschiedliche Plasmadichte unterschiedlich viel Reaktivgas, beispielsweise Sauerstoff angeregt wird.

[0008] Um die Abscheidung einer Schicht mit gleichbleibenden Parametern zu gewährleisten, ist es erforderlich, den Arbeitspunkt des Beschichtungsvorgangs konstant zu halten. Insbesondere für Schichteigenschaften, wie die Homogenität, Zusammensetzung und Schichtwiderstand ist die Stabilität der Beschichtungsparameter entscheidend. Da der Sputterprozess ein dynamischer Prozess ist, der sich zeitlich verändert, muss der Prozess kontinuierlich überwacht und eingestellt werden.

[0009] Aus dem Stand der Technik (DE 10 2010 030 933 A1) ist bekannt, dass die Anordnung der Gaskanäle, insbesondere für ein Arbeitsgas und ein Reaktivgas, für die resultierenden Schichteigenschaften von Bedeutung ist. Dabei spielt auch der Einlassort des Reaktivgases eine Rolle, wie in einer Veröffentlichung (In: Thin Solid Films 516 (2008) 1242–1248) für das reaktiv abgeschiedene ZnO:Al beschrieben wurde. Die Autoren ließen das Reaktivgas dabei zwischen den Targets eines planaren Doppelmagnetrons ein oder vom Rand und der Mitte in axialer Längserstreckung des Targets her ein. Bei Aufnahme eines Standbildes des Schichtwiderstandes zeigen sich deutliche Unterschiede in der Verteilung. Die Ursache liegt in den unterschiedlichen Oxidationszuständen, d.h. Stöchiometrien der schichtbildenden Teilchen in den sich ausbildenden Plasmazonenteilen.

[0010] Um dem entgegen zu wirken, hat es sich als vorteilhaft erwiesen (DE 10 2010 030 933 A1), den Arbeitsgaskanal vom Substrat aus gesehen hinter dem Rohrmagnetron anzuordnen, um eine gleichmäßige Verteilung des Arbeitsgases zu gewährleisten.

Weiterhin wird der Reaktivgasfluss symmetrisch auf beiden Seiten des sich in axialer Richtung erstreckenden Rohrmagnetrons getrennt voneinander steuerbar eingeführt, so dass das Verhältnis der Reaktivgasflüsse eine gleiche Stöchiometrie des Plasmas in den beiden Plasmazonenteilen über der in Drehrichtung des Targets vorderen und hinteren Seite des Racetracks sicherstellt. Dabei wird die Stöchiometrie des Plasmas in beiden Plasmazonenteilen über der in Drehrichtung des Targets vorderen und hinteren Seite des Racetracks in situ während des Beschichtungsprozesses mittels optischer Emissionsspektroskopie (OES) gemessen und anhand wenigstens zweier signifikanter Emissionslinien überprüft und abgeglichen. Dazu werden die Verhältnisse an dem in Drehrichtung des Rohrtargets vorderen und hinteren Reaktivgaskanal so lange angepasst bis ein nahezu gleiches Emissionslinienverhältnis festgestellt wird.

[0011] Dies wird durch eine beidseitige Anordnung von Stellgliedern am Rohrmagnetron bewerkstelligt, welche den Gasfluss in den Reaktivgaskanälen getrennt voneinander regeln. Damit lassen sich unterschiedliche Reaktivgaskonzentrationen in Drehrichtung des Targets vor und hinter dem Rohrmagnetron, sowie entlang der axialen Längserstreckung des Rohrmagnetrons einstellen, um somit eine unterschiedliche Plasmazonenausbildung über dem Racetrack zu kompensieren.

[0012] Für die notwendige Überwachung der Plasmazonenteile in Drehrichtung vor und hinter dem Rohrmagnetron sind Mittel zum getrennten Messen des Emissionsspektrums an den beiden Plasmazonenteilen a und b angeordnet. Dies kann beispielsweise durch Kollimatoren erfolgen und die Reaktivgasflüsse werden entsprechend geregelt.

[0013] Im bisherigen Stand der Technik fand keine Berücksichtigung des CCE oder des CME statt, wodurch optimale Schichteigenschaften über die gesamte Beschichtungsbreite nicht erreicht werden können.

[0014] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die lokale Überhöhung der Plasmadichte bzw. des angeregten Reaktivgases durch den Cross-Corner-Effekt bzw. den Cross-Magnetron-Effekt bei Doppelmagnetrons zu vermeiden. Dabei soll ein möglichst homogener Arbeitspunkt über das gesamte Target einstellbar sein, um optimale Schichteigenschaften der gesamten dynamisch abgeschiedenen Schicht zu erhalten.

[0015] Die Aufgabe wird verfahrensseitig dadurch gelöst, dass die Plasmastöchiometrie in jedem Plasmazonensegment für jeden Teil-Prozessgasfluss ermittelt wird und der Fluss mindestens eines Prozessgasteils je Teil-Prozessgasfluss so eingestellt wird, dass die Plasmazonensegmentstöchiometrie jedes

einem Teil-Prozessgasfluss entsprechenden Race-trackteils gleich ist.

[0016] Bei einem Einzel-Magnetron mit einem Target werden dafür in einem ersten Verfahrensschritt die Teil-Prozessgasflüsse über beiderseits der axialen Längserstreckung des Targets symmetrisch angeordnete und einzeln ansteuerbare Gaskanalsegmente so eingestellt, dass sich an den Gaskanalsegmenten einer vorderen Seite des Magnetrons in einer Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons Teil-Prozessgasflüsse mit einer in der Blickrichtung ersten Reihenfolge von rechts nach links ergeben, die zu denen auf einer hinteren anderen Seite des Magnetrons entlang der Längserstreckung des Magnetrons in derselben Blickrichtung eine zur ersten Reihenfolge umgekehrte zweite Reihenfolge aufweisen. Durch die gezielt andere Zufuhr von beispielsweise Reaktivgas beim reaktiven Magnetronspütern kann die Produktionsrate des angeregten Reaktivgases erniedrigt werden, was zum Ausgleich des Arbeitspunktes über der Targetoberfläche führt.

[0017] In einem zweiten Schritt wird beispielsweise bei einem Rohrmagnetron die sich durch den Umlauf des Rohrtargets unterschiedlich einstellende Plasmastöchiometrie des vorderen a und hinteren b Plasmazonenteils ausgeglichen.

[0018] Die Teil-Prozessgasflüsse von zwei gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons bilden ein Teil-Prozessgasflussverhältnis, wobei das Teil-Prozessgasflussverhältnis für eine vorgebbare Plasmazonensegmentstöchiometrie beliebig einstellbar ist. Der Teil-Prozessgasgesamtfluss von zwei gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons entlang der Längserstreckung des Targets ist dabei noch gleichverteilt. Zum Ausgleich der Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten in Richtung Target wird das Verhältnis der Teil-Prozessgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons mit einem Korrekturfaktor multipliziert. Bestehen dann noch Abweichungen in der Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten in Richtung Target entlang der axialen Längserstreckung des Targets sind diese in einem dritten Schritt durch Nachstellen der Teil-Prozessgasflüsse ausgleichbar, wobei das Verhältnis der Teil-Prozessgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vor-

deren einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons gleich bleibt.

[0019] Die Plasmastöchiometrie jedes Plasmazonensegmentes gegenüber einem Gaskanalsegment in Richtung Target wird jeweils mittels optischer Emissionsspektroskopie (OES) bestimmt, wobei damit jeweils die Teil-Prozessgasflüsse von auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten über Stelleinrichtungen eingestellt werden.

[0020] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Plasmastöchiometrie in bevorzugt mindestens drei verschiedenen Plasmazonensegmenten mittels optischer Emissionsspektroskopie auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite des Magnetrons, bevorzugt rechts, links und mittig entlang der axialen Längserstreckung des Targets zu bestimmen sowie zumindest in einem Plasmazonensegment gegenüber einem Gaskanalsegment auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons hinteren anderen Seites des Magnetrons, bevorzugt in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets.

[0021] Für eine noch bessere Bestimmung der Plasmastöchiometrie und Einstellung der Teil-Prozessgasflüsse können in weiteren Plasmazonensegmenten auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite des Magnetrons entlang der axialen Längserstreckung des Targets mittels optischer Emissionsspektroskopie Emissionsspektren aufgenommen werden.

[0022] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, dass die Mittel zur optischen Emissionsspektroskopie auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons mit einem inerten Arbeitsgas gespült werden. Dadurch können Verunreinigungen der Kollimatoren, die als Mittel zur Aufnahme der optischen Emissionsspektren beispielsweise eingesetzt werden, durch das Sputtermaterial verhindert werden. Das inerte Arbeitsgas wird dabei auch als Spülgas bezeichnet.

[0023] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Teil-Prozessgasflüsse über, von einer Substratebene aus gesehen hinter dem Magnetron angeordnete Arbeitsgaskanalsegmente so eingestellt und geregelt, dass eine vorgebbare Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten in Richtung Target entlang der axialen Längserstreckung des Targets einstellbar ist, wobei die Teil-Prozessgasflussverhältnisse in den Gaskanalsegmenten auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen

Seite des Magnetrons unverändert bleiben. Somit kann der Arbeitspunkt eines Beschichtungsprozesses und damit die erreichbaren Schichteigenschaften, wie z.B. der Schichtwiderstand nicht nur mittels der Regelung der Reaktivgasflüsse beeinflusst und eingestellt werden, sondern auch durch die Regelung des Arbeitsgasflusses.

[0024] Durch den Einlass und die Regelung unterschiedlicher Arbeitsgasflüsse eines inerten Arbeitsgases über die Gaskanalsegmente in Richtung Target entlang der axialen Längserstreckung des Targets in den Prozessraum kann eine vorgebbare Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten in Richtung Target entlang der axialen Längserstreckung des Targets eingestellt werden. Dabei können die Reaktivgasflüsse für eine konstante Arbeitspunkteinstellung über die gesamte axiale Längserstreckung des Targets unverändert bleiben und trotzdem konstante Schichtparameter eingestellt werden.

[0025] Das beschriebene Verfahren ist sowohl für reaktive Prozesse als auch nichtreaktive Prozesse einsetzbar.

[0026] Anordnungsseitig wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Gaskanäle in zumindest drei Gaskanalsegmente unterteilt sind und in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron beiderseits des Targets symmetrisch angeordnet und einzeln ansteuerbar sind.

[0027] Für eine bessere Verteilung des Arbeitsgases, beispielsweise Argon und Regelung der Arbeitsgasflüsse wird der Arbeitsgaskanal in zumindest drei Arbeitsgaskanalsegmente unterteilt und auf einer der Substratebene abgewandten Seite des Targets, von der Substratebene aus gesehen hinter dem Magnetron angeordnet.

[0028] Der Arbeitsgaskanal kann in seiner Längserstreckung zweigeteilt und jeweils in seinen Längserstreckungen parallel zum längserstreckten Magnetron beiderseits des Targets angeordnet sein. Damit ist auch der Einsatz in Doppelmagnetron-Anordnungen problemlos möglich.

[0029] Für eine bessere Gasverteilung im Vakuumraum sind die Gaskanalsegmente in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron an der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons angeordnet.

[0030] Es sind Stelleinrichtungen ausgebildet, die den Gasfluss in den Arbeitsgaskanalsegmenten und den Gaskanalsegmenten getrennt voneinander einstellen, und es stehen Mittel zum getrennten Messen der Emissionsspektren jedes Plasmazonensegmen-

tes gegenüber dem jeweiligen Gaskanalsegment in Richtung Target zur Verfügung.

[0031] Dabei sind zumindest drei Mittel zum getrennten Messen der Emissionsspektren von zumindest drei Plasmazonensegmenten gegenüber dem jeweiligen Gaskanalsegment in Richtung Target auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite des Magnetrons, bevorzugt rechts, links und mittig entlang der axialen Längserstreckung des Targets sowie einem Mittel zum getrennten Messen des Emissionsspektrums auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons hinteren anderen Seite des Magnetrons, bevorzugt in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets, ausgebildet.

[0032] Bei nichtreaktiven Prozessen sind die Gaskanalsegmente in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des Targets beiderseits des Targets so angeordnet, dass sich die Gaskanalsegmente auf der in Blickrichtung vorderen einen Seite des Magnetrons über eine Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets und die Gaskanalsegmente auf der in Blickrichtung hinteren anderen Seite des Magnetrons über die andere Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets befinden, wobei sich in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets auf der in Blickrichtung vorderen einen und hinteren anderen Seite des Magnetrons zumindest ein Gaskanalsegment je Seite gegenüberliegt. Die Gaskanalsegmente sind dabei auf der CCE-abgewandten Seite des Magnetrons angeordnet.

[0033] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung sind bei der Verwendung von planaren Magnetrons und planaren Doppelmagnetrons sowie bei Rohrmagnetrons und Doppelrohrmagnetrons einsetzbar.

[0034] Dabei werden bei einem als Doppelmagnetron ausgebildetem Magnetron bestehend aus einem ersten Magnetron und einem zweiten Magnetron die Gaskanalsegmente in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des ersten und zweiten Magnetrons jeweils beidseitig symmetrisch auf einer in Blickrichtung des ersten und des zweiten Magnetrons vorderen einen und hinteren anderen Seite des ersten und zweiten Magnetrons angeordnet. Durch die gezielte Steuerung der Gasflüsse wird eine Homogenisierung der Plasmadichte über die Längserstreckung der Targets des ersten und des zweiten Magnetrons erreichbar. Damit lassen sich die Schichteigenschaften gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbessern.

[0035] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

[0036] In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

[0037] Fig. 1 Schematische Racetrackansicht mit markierten Stellen des Cross-Corner-Effekts (CCE).

[0038] Fig. 2 Querverteilung der Schichtdicke und des Schichtwiderstandes bei einer dynamischen Beschichtung mit CCE beim keramischen ZnO:Al-Prozess.

[0039] Fig. 3 Widerstandsquerverteilung für den reaktiven ZnO:Al-Prozess mit den Auswirkungen des CCE, erkennbar an den zwei lokalen Maxima.

[0040] Fig. 4 Gasflussverteilung in den Gaskanalsegmenten in Transportrichtung des Targets vor und hinter dem Magnetron für den reaktiven ZnO:Al-Prozess.

[0041] Fig. 5 Prinzipdarstellung einer Doppelmagnetronanordnung mit mittig zwischen den beiden Magnetrons angeordneten Gaskanalsegmenten, sowie Gaskanalsegmenten auf der in Transportrichtung vorderen Seite des ersten Magnetrons und auf der in Transportrichtung hinteren Seite des zweiten Magnetrons, die jeweils getrennt voneinander ansteuerbar sind. Die Steuereinheiten sind nicht dargestellt.

[0042] Fig. 6 Prinzipdarstellung einer Doppelmagnetronanlage mit einer bevorzugten Ausgestaltung des Ausführungsbeispiels aus **Fig. 5**. Dabei sind Reaktivgaskanalsegmente in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung eines Doppelmagnetrons beidseitig symmetrisch auf der in Transportrichtung vorderen und hinteren Seite eines ersten und eines zweiten Magnetrons ausgebildet. Die Steuereinheiten sowie der Arbeitsgaskanal sind nicht dargestellt.

[0043] Fig. 7a, b Prinzipdarstellung einer Magnetronanlage mit beidseitig zur axialen Längserstreckung des Targets angeordneten Gaskanalsegmenten und zumindest drei Mitteln zum getrennten Messen der Plasmastöchiometrie auf der in Transportrichtung vorderen Seite des Magnetrons, vorzugsweise rechts, links und mittig entlang der axialen Längserstreckung des Rohrmagnetrons angeordnet, und zumindest einem Mittel zum getrennten Messen der Plasmastöchiometrie auf der in Transportrichtung hinteren Seite des Magnetrons mittig zur axialen Längserstreckung des Magnetrons angeordnet.

[0044] Fig. 8 Schnittdarstellung einer Rohrmagnetronanlage mit beiderseits des Targets angeordneten Gaskanalsegmenten für die Zufuhr von Reaktivgas und einem vom Substrat aus gesehen hinter dem Target angeordneten Arbeitsgaskanal mit den Gasleitungsmitteln, so dass das Arbeitsgas das Target umspült.

[0045] Fig. 9 Gasflussverteilung in den Gaskanalsegmenten für Reaktivgas in Drehrichtung des Tar-

gets vor und hinter dem Rohrmagnetron für den reaktiven ZnO:Al-Prozess nach dem genannten erfindungsmäßigen Verfahren (nach dem ersten Teilschritt).

[0046] Fig. 10 Widerstandsquerverteilung für den reaktiven ZnO:Al-Prozess mit gleich verteilten Reaktivgasflüssen entlang der axialen Längserstreckung des Targets mit den Auswirkungen des CCE, erkennbar an den zwei lokalen Maxima, sowie der Widerstandsquerverteilung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren (nur erster Schritt) zur Ansteuerung der Gaskanalsegmente in Drehrichtung des Targets auf der vorderen und hinteren Seite des Rohrmagnetrons.

[0047] Fig. 11 Gaskanalsegmentanordnung bei nichtreaktiven Prozessen.

[0048] Fig. 12 Relative Widerstandsquerverteilung für den reaktiven ZnO:Al-Prozess mit gleich verteilten Reaktivgasflüssen entlang der axialen Längserstreckung des Targets, wobei über die Gaskanalsegmente entlang der axialen Längserstreckung des Targets Arbeitsgas eingelassen wird.

[0049] Eine bevorzugte Ausgestaltung des Verfahrens soll am Beispiel der reaktiven Abscheidung von ZnO:Al-Schichten an einem Rohrmagnetron gezeigt werden. Bei einem reaktiven Prozess wird über die beiderseits der axialen Längserstreckung des Targets **2** symmetrisch angeordneten Gaskanalsegmente **12** Reaktivgas, beispielsweise Sauerstoff, eingeleitet. Daher werden im Folgenden die Gasflüsse der Gaskanalsegmente **12** als Reaktivgasflüsse bezeichnet. Um den Einfluss des CCE **3** in den Schichteigenschaften auszugleichen, wird die Verteilung der Reaktivgasflüsse in den Gaskanalsegmenten **12** verändert. Diese werden derart eingestellt, dass sich an den Gaskanalsegmenten **12** auf der in Drehrichtung **61** des Targets **2** vorderen Seite a des Rohrmagnetrons **1** quer zur Längserstreckung der Vakuumbeschichtungsanlage Reaktivgasflüsse in einer in Transportrichtung gesehenen Reihenfolge von rechts nach links ergeben, die zu denen auf der in Drehrichtung **61** des Targets **2** hinteren Seite b des Rohrmagnetrons **1** quer zur Längserstreckung der Vakuumbeschichtungsanlage eine zur ersten Reihenfolge umgekehrte zweite Reihenfolge aufweisen (**Fig. 9**). Dabei ist der Reaktivgasgesamtfluss von zwei gegenüberliegenden Reaktivgaskanalsegmenten **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** vor a und hinter b dem Rohrmagnetron **1** entlang der Längserstreckung des Targets **2** (zunächst) gleichverteilt. Zum Ausgleich der Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten **12** in Richtung Target **2** kann das Verhältnis der Reaktivgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** vor a und hinter b dem Rohrmagnetron **1** überdies mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Abschließend können noch bestehende Abweichungen in der Plas-

mastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten **12** in Richtung Target **2** entlang der axialen Längserstreckung des Targets **2** durch Nachstellen der Reaktivgasflüsse ausgeglichen werden, wobei das Verhältnis der Reaktivgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** vor a und hinter b dem Rohrmagnetron **1** gleich bleibt.

[0050] Die richtige Einstellung der Plasmastöchiometrie kann prinzipiell überprüft werden, indem für jedes Gaskanalsegment **12** beispielsweise ein Kollimator **26** vorgesehen wird. Die Anzahl der Kollimatoren **26** kann aber deutlich reduziert werden, wenn man von einem symmetrisch aufgebauten Magnetfeld ausgeht und Kenntnis vom Cross-Corner-Effekt **3** hat. In einer bevorzugten Anordnung (**Fig. 7a**) werden 5 Kollimatoren **26** zum getrennten Messen der Emissionsspektren von 5 Plasmazonensegmenten gegenüber dem jeweiligen Gaskanalsegment **12** in Richtung Target **2** auf der in Drehrichtung **61** des Targets **2** vorderen Seite a des Rohrmagnetrons **1** sowie ein Kollimator **26** zum getrennten Messen des Emissionsspektrums auf der in Drehrichtung des Targets hinteren Seite b des Rohrmagnetrons **1**, bevorzugt in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets **2** verwendet.

[0051] In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das beanspruchte Verfahren auch zur Verbesserung der Schichteigenschaften in Doppelrohrmagnetronanordnungen (**Fig. 5** und **Fig. 6**) genutzt werden. Die folgenden Ausführungen gelten ebenfalls für planare Doppelrohrmagnetrons.

[0052] In **Fig. 5** ist eine Doppelrohrmagnetronanordnung dargestellt, bei welcher mittig zwischen einem ersten Rohrmagnetron **1A** und einem zweiten Rohrmagnetron **1B** Reaktivgaskanalsegmente **12** in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des ersten **1A** und zweiten **1B** Rohrmagnetrons angeordnet sind, sowie Reaktivgaskanalsegmente **12** auf der in Drehrichtung **61** eines ersten Targets **2A** vorderen Seite aA des ersten **1A** Rohrmagnetrons und auf der in Drehrichtung **61** eines zweiten Targets **2B** hinteren Seite bB des zweiten **1B** Rohrmagnetrons, die jeweils getrennt voneinander ansteuerbar sind. Die Steuereinheiten sind nicht dargestellt.

[0053] In **Fig. 6** ist eine bevorzugte Ausgestaltung des Ausführungsbeispiels aus **Fig. 5** dargestellt. Dabei sind Reaktivgaskanalsegmente **12** in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung eines Doppelrohrmagnetrons beidseitig symmetrisch auf der in Drehrichtung des Targets eines ersten **1A** Rohrmagnetrons und eines zweiten **1B** Rohrmagnetrons vorderen und hinteren Seite eines ersten und eines zweiten Rohrmagnetrons ausgebildet.

[0054] **Fig. 8** zeigt eine Schnittdarstellung einer Rohrmagnetronanlage mit beiderseits des Targets **2** angeordneten Gaskanalsegmenten **12** für die Zufuhr von Reaktivgas und einem vom Substrat aus gesehen hinter dem Target **2** angeordneten Arbeitsgaskanal **13** mit Gasleitungsmitteln **24**, so dass das Arbeitsgas das Target **2** umspült.

[0055] Die Gasflussverteilung in den Gaskanalsegmenten **12** für Reaktivgas in Drehrichtung **61** des Targets **2** vor a und hinter b dem Rohrmagnetron **1** für den reaktiven ZnO:Al-Prozess zeigt **Fig. 9** nach dem genannten erfindungsgemäßen Verfahren (nach Schritt 1). Dabei ist der Gesamtgasfluss von zwei gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** vor a und hinter b dem Rohrmagnetron **1** gleichverteilt. Die verbesserten Schichteigenschaften in Form einer homogenen Schichtwiderstandsverteilung über dem Substrat sind in **Fig. 10** zu sehen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung konnten die Schichteigenschaften gegenüber dem bisherigen Stand der Technik deutlich verbessert werden.

[0056] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung für nichtreaktiven Prozesse (**Fig. 11**) sind die Gaskanalsegmente **12** in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des Targets **2** beiderseits des Targets **2** so angeordnet, dass sich die Gaskanalsegmente **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** auf der vorderen Seite a des Rohrmagnetrons **1** über eine Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets **2** und die Gaskanalsegmente **12** in Drehrichtung **61** des Targets **2** auf der hinteren Seite b des Rohrmagnetrons **1** über die andere Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets **2** befinden, wobei sich in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets **2** auf der in Drehrichtung **61** des Targets **2** vorderen a und hinteren Seite b des Rohrmagnetrons **1** zumindest ein Gaskanalsegment **12** je Seite gegenüberliegt.

[0057] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Homogenisierung der Schichteigenschaften bzw. das Einstellen eines homogenen Arbeitspunktes entlang der Längserstreckung eines Targets ebenso durch die Regelung der Arbeitsgasflüsse eingestellt werden (**Fig. 12**). Dabei werden die Arbeitsgasflüsse lokal über einen segmentierten Arbeitsgaskanal bzw. durch die Gaskanalsegmente in denen auch Reaktivgas eingelassen wird, eingestellt. **Fig. 12** zeigt die relative Querverteilung des gemessenen Schichtwiderstandes für den reaktiven ZnO:Al-Prozess mit gleich verteilten Reaktivgasflüssen auf der in Transportrichtung vorderen und hinteren Seite des Magnetrons entlang der axialen Längserstreckung des Targets, wobei über die Gaskanalsegmente entlang der axialen Längserstreckung des Targets auch Arbeitsgas eingelassen wird. Beispiel-

haft wurde ein leichter Gradient von der Medienseite zur Operatorseite im zusätzlich eingelassenen Arbeitsgas eingestellt, welcher den Schichtwiderstand beeinflusst.

Bezugszeichenliste

1	Rohrmagnetron
2	Target, insbesondere ein Rohrtarget
3	Stelle des Cross-Corner-Effekt
4	Magnetsystem
6	Transportrichtung
61	Drehrichtung eines Rohrtargets
8	Racetrack
10	Substratauflage
12	Gaskanalsegment
13	Arbeitsgaskanal
16	Stelleinrichtung
17	Stelleinrichtung
18	Arbeitsgasquelle
19	Zuführungen
21	Reaktivgasquelle
24	Gasleitungsmittel
26	Mittel zum Messen der Emissionsspektren
27	Steuereinrichtung
1A	erstes Magnetron / Rohrmagnetron
1B	zweites Magnetron / Rohrmagnetron
a	vorderer Plasmazonenteil, in Drehrichtung des Targets auf der Vorderseite des Rohrmagnetrons / in Transportrichtung auf der Vorderseite des Magnetrons
b	hinterer Plasmazonenteil, in Drehrichtung des Targets auf der Rückseite des Rohrmagnetrons / in Transportrichtung auf der Rückseite des Magnetrons

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010030933 A1 [0009, 0010]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Dissertation Ronny Kleinhempel, TU Chemnitz, 2008 [0007]
- In: Thin Solid Films 516 (2008) 1242–1248 [0009]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung des Prozessgasflusses an längserstreckten Magnetrons, wobei der Fluss des Prozessgases, welches im Falle reaktiver Prozesse aus einem Reaktivgas als erster Prozessgasteil und einem Arbeitsgas als zweiter Prozessgasteil und im Falle nichtreaktiver Prozesse aus einem Arbeitsgas als nur einem Prozessgasteil besteht, entlang des Racetracks in Teil-Prozessgasflüsse mit zugehörigen Plasmazonensegmenten geteilt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Plasmastöchiometrie in jedem Plasmazonensegment für jeden Teil-Prozessgasfluss ermittelt wird und der Fluss mindestens eines Prozessgastteils je Teil-Prozessgasfluss so eingestellt wird, dass die Plasmazonensegmentstöchiometrie jedes einem Teil-Prozessgasfluss entsprechenden Racetrackteils gleich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem Einzel-Magnetron mit einem Target die Teil-Prozessgasflüsse über beiderseits der axialen Längserstreckung des Targets (2) symmetrisch angeordnete und einzeln ansteuerbare Gaskanalsegmente (12) so eingestellt werden, dass sich an den Gaskanalsegmenten (12) einer vorderen Seite des Magnetrons (1) in einer Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons Teil-Prozessgasflüsse mit einer in der Blickrichtung ersten Reihenfolge von rechts nach links ergeben, die zu denen auf einer hinteren anderen Seite des Magnetrons entlang der Längserstreckung des Magnetrons (1) in derselben Blickrichtung eine zur ersten Reihenfolge umgekehrte zweite Reihenfolge aufweisen.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**,
 – dass die Teil-Prozessgasflüsse von zwei gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten (12) auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) ein Teil-Prozessgasflussverhältnis bilden, wobei das Teil-Prozessgasflussverhältnis für eine vorgebbare Plasmazonensegmentstöchiometrie beliebig einstellbar ist,
 – dass der Teil-Prozessgasgesamtfluss von zwei gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten (12) auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) entlang der Längserstreckung des Targets (2) gleichverteilt ist,
 – dass zum Ausgleich der Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten (12) in Richtung Target (2), das Verhältnis der Teil-Prozessgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten (12) auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) mit einem Korrekturfaktor multipliziert wird,

– dass noch bestehende Abweichungen in der Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten (12) in Richtung Target (2) entlang der axialen Längserstreckung des Targets (2) durch Nachstellen der Teil-Prozessgasflüsse ausgleichbar sind, wobei das Verhältnis der Teil-Prozessgasflüsse von sich gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten (12) auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) gleich bleibt.

4. Verfahren nach den vorherigen Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Plasmastöchiometrie jedes Plasmazonensegmentes gegenüber einem Gaskanalsegment (12) in Richtung Target (2) jeweils mittels optischer Emissionsspektroskopie bestimmt wird und daraus jeweils die Teil-Prozessgasflüsse von auf der in der Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) gegenüberliegenden Gaskanalsegmenten (12) über Stellrichtungen (16) eingestellt werden.

5. Verfahren nach den vorherigen Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Plasmastöchiometrie bevorzugt in drei verschiedenen Plasmazonensegmenten mittels optischer Emissionsspektroskopie auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite (a) des Magnetrons (1), bevorzugt rechts, links und mittig entlang der axialen Längserstreckung des Targets (2) bestimmt wird sowie zumindest in einem Plasmazonensegment gegenüber einem Gaskanalsegment (12) auf der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons hinteren anderen Seites (b) des Magnetrons (1), bevorzugt in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets (2).

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in weiteren Plasmazonensegmenten auf der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite (a) des Magnetrons (1) entlang der axialen Längserstreckung des Targets (2) mittels optischer Emissionsspektroskopie Emissionsspektren zur Bestimmung der Plasmastöchiometrie sowie Einstellung der Teil-Prozessgasflüsse aufnehmbar sind.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur optischen Emissionsspektroskopie auf der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen (b) Seite des Magnetrons (1) mit einem inerten Arbeitsgas gespült werden.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Teil-Prozessgasflüsse über, von einer Substratebene aus gese-

hen hinter dem Magnetron (1) angeordnete Arbeitsgaskanalsegmente (13) so eingestellt und geregelt werden, dass eine vorgebbare Plasmastöchiometrie der Plasmazonensegmente gegenüber den Gaskanalsegmenten (12) in Richtung Target (2) entlang der axialen Längserstreckung des Targets (2) einstellbar ist, wobei die Teil-Prozessgasflussverhältnisse in den Gaskanalsegmenten (12) auf der in Blickrichtung quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) unverändert bleiben.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren bei reaktiven und nichtreaktiven Prozessen eingesetzt wird.

10. Anordnung zur Gasführung in Vakuumbeschichtungsanlagen mit einem Vakuumraum in dem zumindest ein längserstrecktes Magnetron (1), mit einem ein Magnetfeld erzeugenden Magnetsystem (4) und einem Target angeordnet ist, mit mindestens einem in seiner Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron angeordneten Arbeitsgaskanal (13) und zwei in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron (2) und jeweils beiderseits des Targets (2) angeordneten Gaskanälen (12), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gaskanäle in zumindest drei Gaskanalsegmente (12) unterteilt sind und in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron beiderseits des Targets (2) symmetrisch angeordnet und einzeln ansteuerbar sind.

11. Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Arbeitsgaskanal (13) in zumindest drei Arbeitsgaskanalsegmente (13) unterteilt ist und auf einer der Substratebene abgewandten Seite des Targets (2), von der Substratebene aus gesehen hinter dem Magnetron (1) angeordnet ist.

12. Anordnung nach den Ansprüchen 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Arbeitsgaskanal (13) in seiner Längserstreckung zweigeteilt ist und jeweils in seinen Längserstreckungen parallel zum längserstreckten Magnetron beiderseits des Targets (2) angeordnet ist.

13. Anordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gaskanalsegmente (12) in ihrer Längserstreckung parallel zum längserstreckten Magnetron an der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) angeordnet sind.

14. Anordnung nach den Ansprüchen 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass Stelleinrichtungen (16) angeordnet sind, die den Gasfluss in den Arbeitsgaskanalsegmenten (13) und den Gaskanalseg-

menten (12) getrennt voneinander ansteuerbar ausgebildet sind, und das Mittel (26) zum getrennten Messen der Emissionsspektren jedes Plasmazonensegmentes gegenüber dem jeweiligen Gaskanalsegment (12) in Richtung Target (2) ausgebildet sind.

15. Anordnung nach den Ansprüchen 10 und 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest drei Mittel (26) zum getrennten Messen der Emissionsspektren von zumindest drei Plasmazonensegmenten gegenüber dem jeweiligen Gaskanalsegment (12) in Richtung Target (2) auf der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons vorderen einen Seite (a) des Magnetrons (1), bevorzugt rechts, links und mittig entlang der axialen Längserstreckung des Targets (2) sowie einem Mittel (26) zum getrennten Messen des Emissionsspektrums auf der in Blickrichtung (6) quer zur Längserstreckung des Magnetrons hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1), bevorzugt in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets (2), ausgebildet sind.

16. Anordnung nach den Ansprüchen 10, 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei nichtreaktiven Prozessen die Gaskanalsegmente (12) in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des Targets (2) beiderseits des Targets (2) so angeordnet sind, dass sich die Gaskanalsegmente (12) auf der in Blickrichtung (6) vorderen einen Seite (a) des Magnetrons (1) über eine Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets (2) und die Gaskanalsegmente (12) auf der in Blickrichtung (6) hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) über die andere Hälfte der axialen Längserstreckung des Targets (2) befinden, wobei sich in der Mitte der axialen Längserstreckung des Targets (2) auf der in Blickrichtung (6) vorderen einen (a) und hinteren anderen Seite (b) des Magnetrons (1) zumindest ein Gaskanalsegment (12) je Seite gegenüberliegt.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Magnetron als Rohrmagnetron oder als Planarmagnetron ausgebildet ist.

18. Anordnung nach den Ansprüchen 10 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem als Doppelmagnetron ausgebildetem Magnetron (1) bestehend aus einem ersten (1A) Magnetron und einem zweiten (1B) Magnetron die Gaskanalsegmente (12) in ihrer Längserstreckung parallel zur axialen Längserstreckung des ersten (1A) und zweiten (1B) Magnetrons jeweils beidseitig symmetrisch auf einer in Blickrichtung (6) des ersten (1A) und des zweiten (1B) Magnetrons vorderen einen (a) und hinteren anderen (b) Seite des ersten (1A) und zweiten (1B) Magnetrons angeordnet sind.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

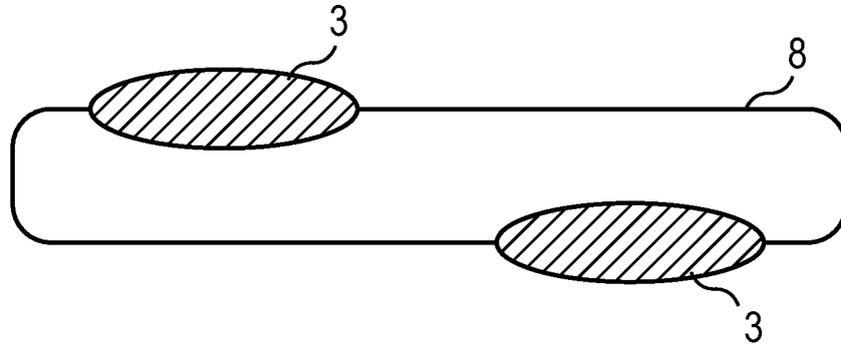


Fig. 2 Stand der Technik

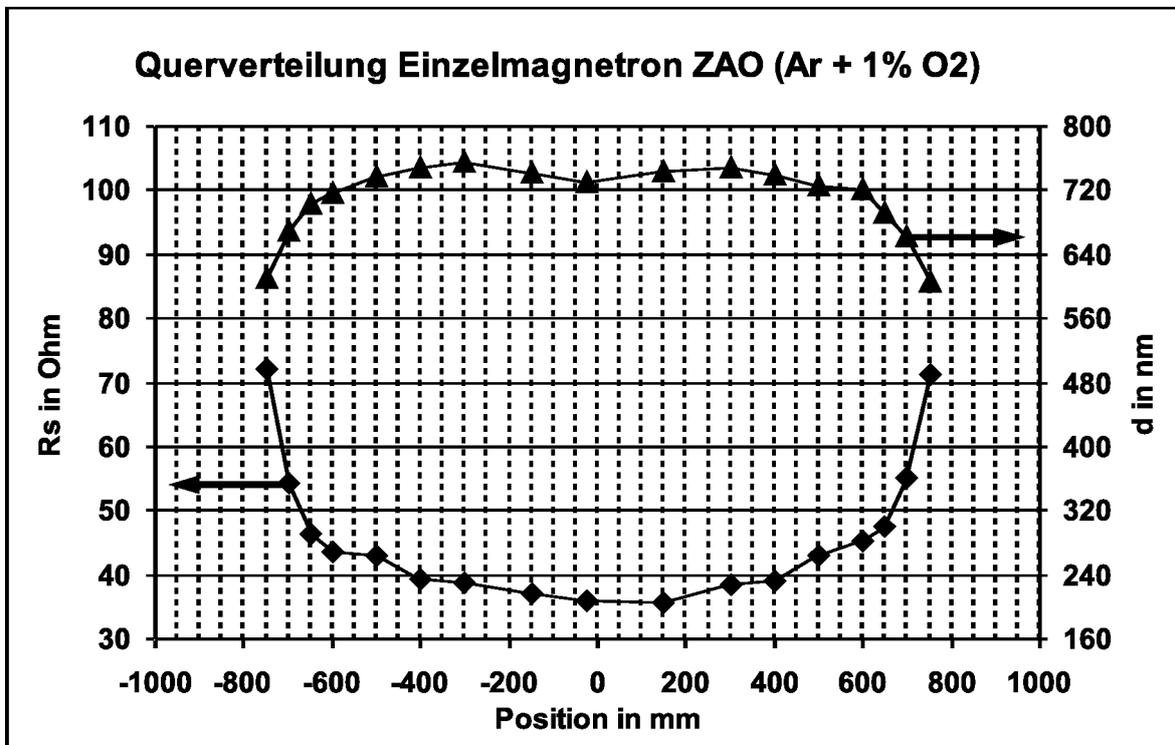


Fig. 3 Stand der Technik

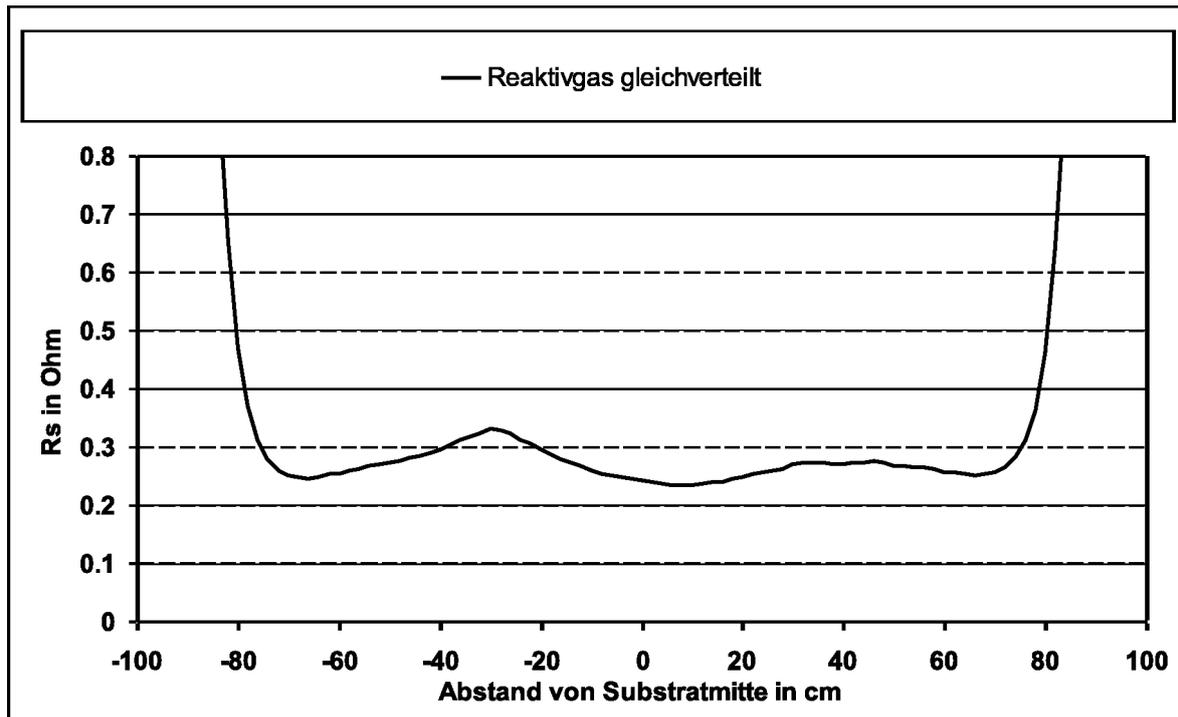


Fig. 4 Stand der Technik

O2-Fluss hinten in %

10	10	10	10	10
----	----	----	----	----

O2-Fluss vorne in %

10	10	10	10	10
----	----	----	----	----

Fig. 5

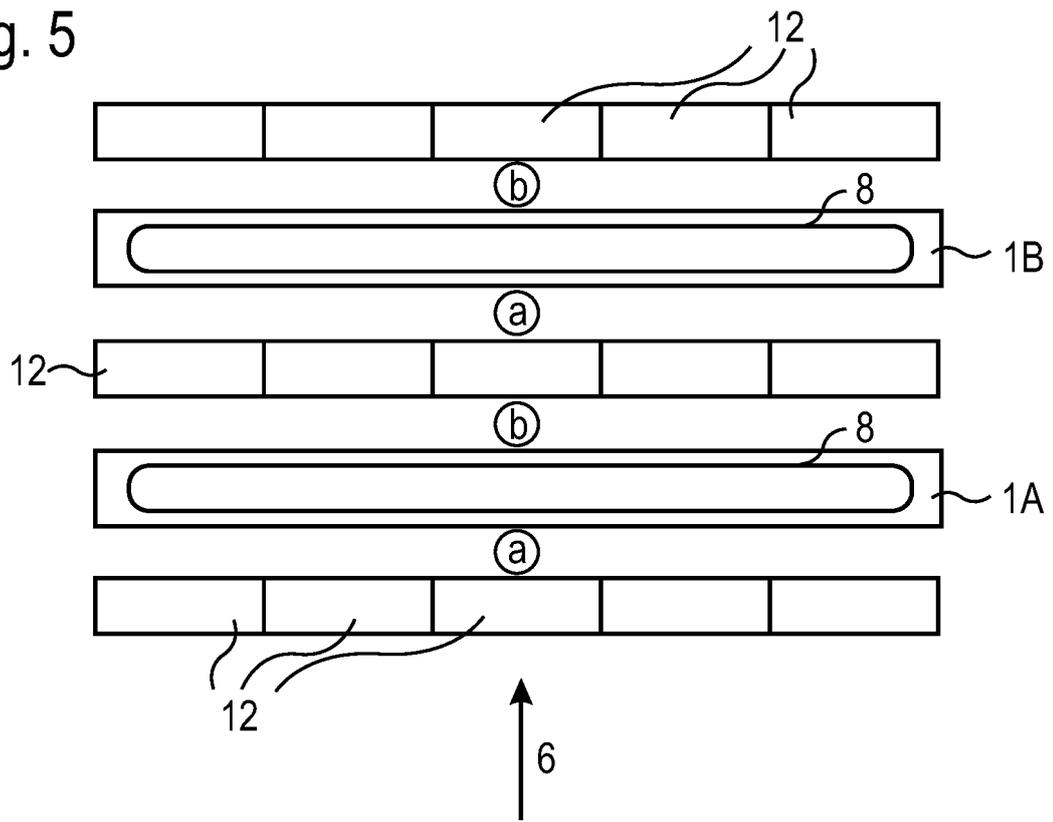


Fig. 6

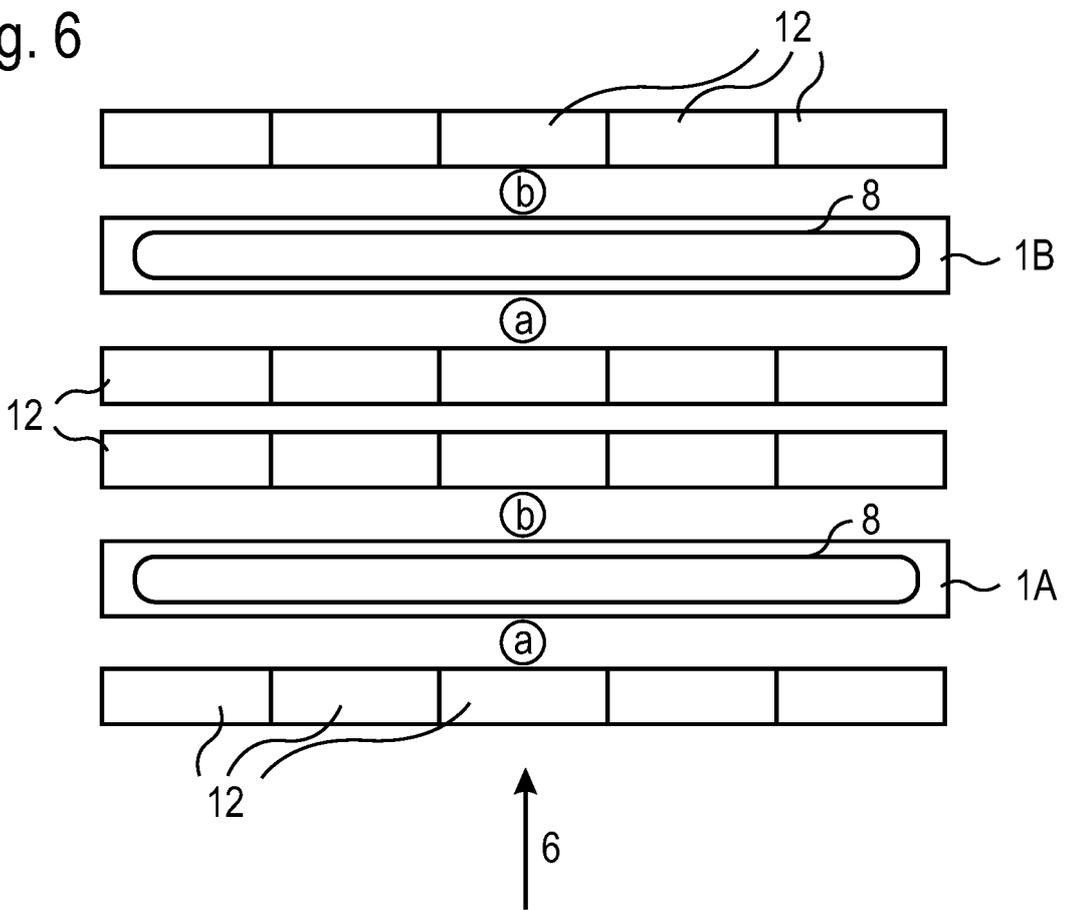


Fig. 7a

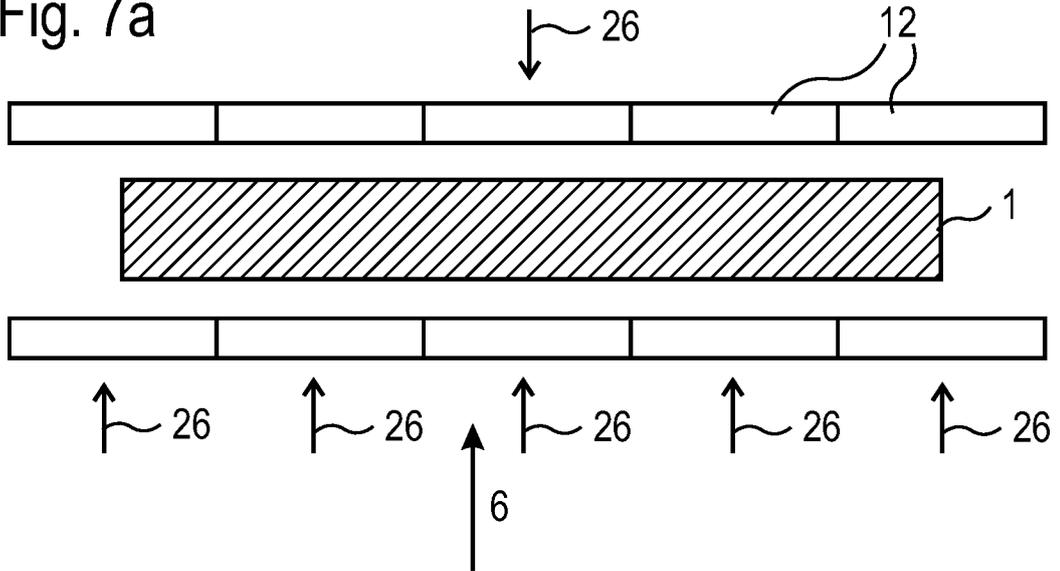


Fig. 7b

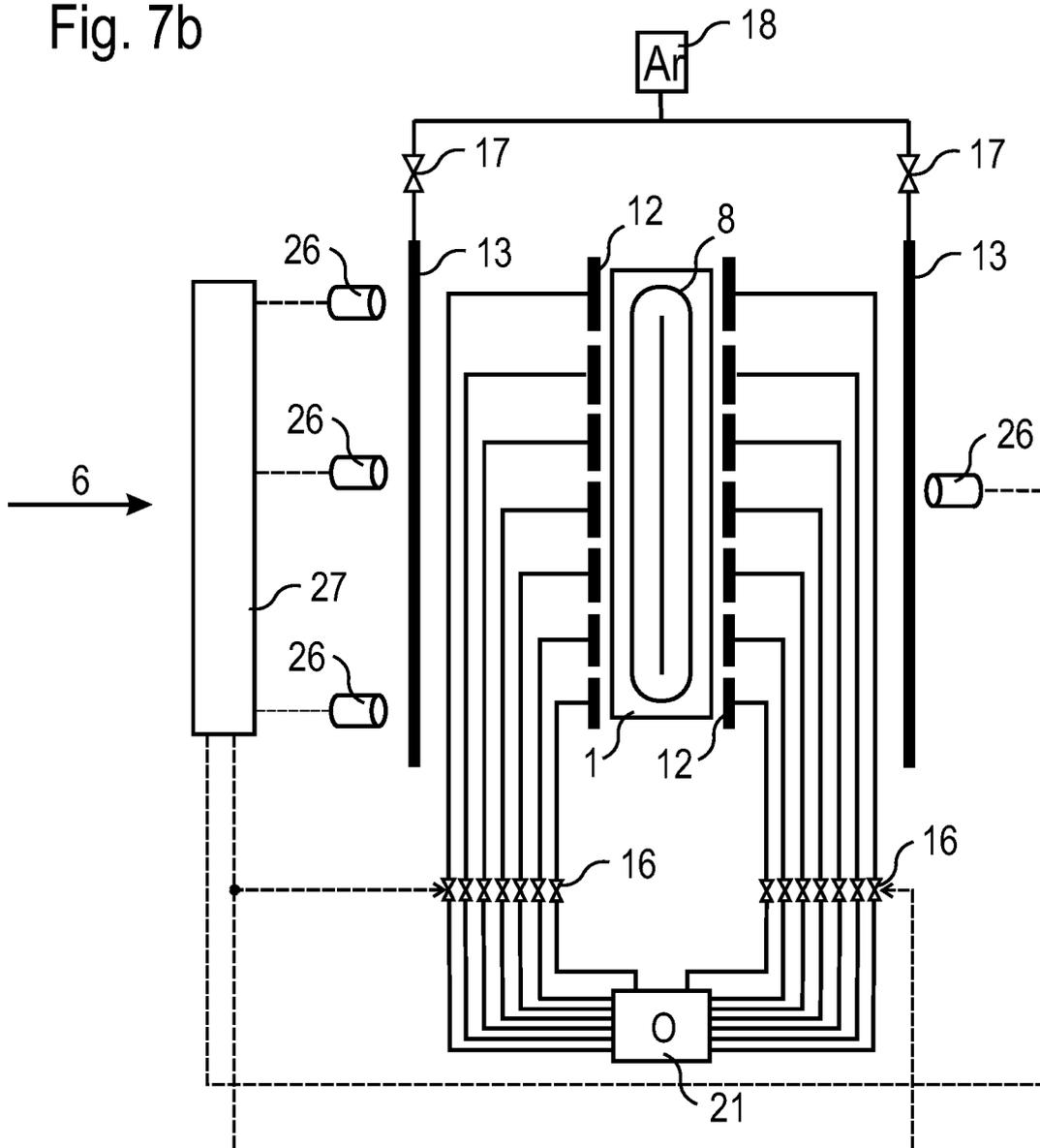


Fig. 8

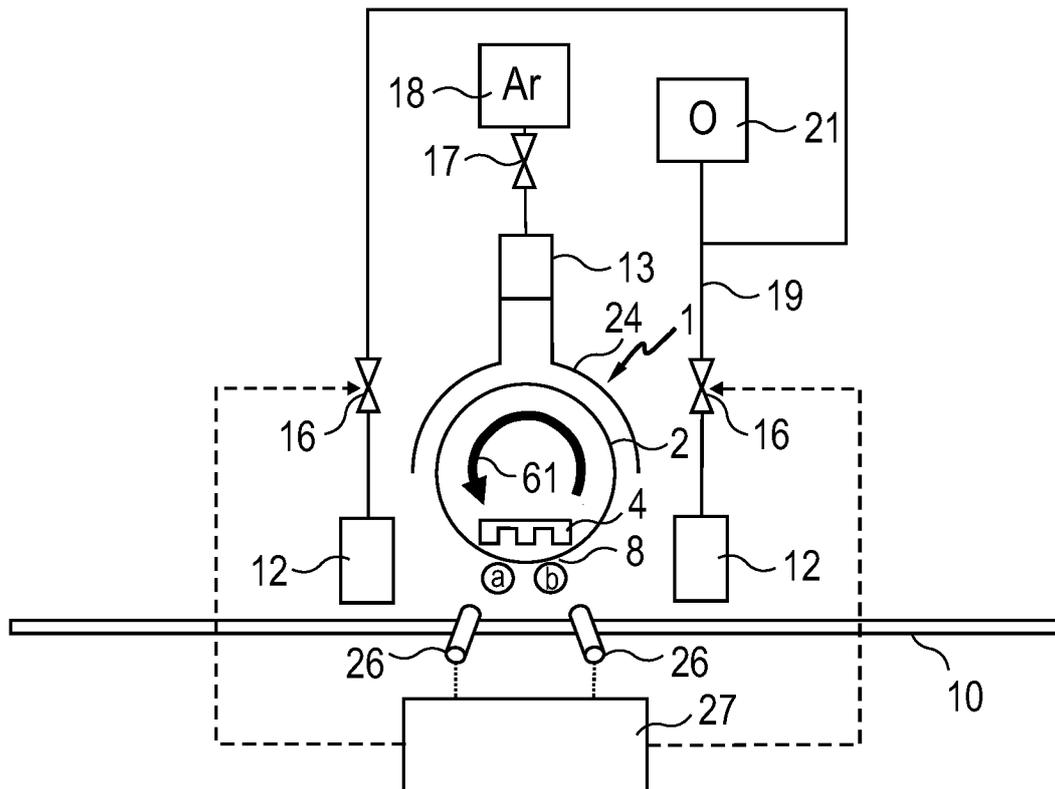


Fig. 9

O ₂ -Fluss hinten in %	8	8	10	12	12
O ₂ -Fluss vorne in %	12	12	10	8	8

Fig. 10

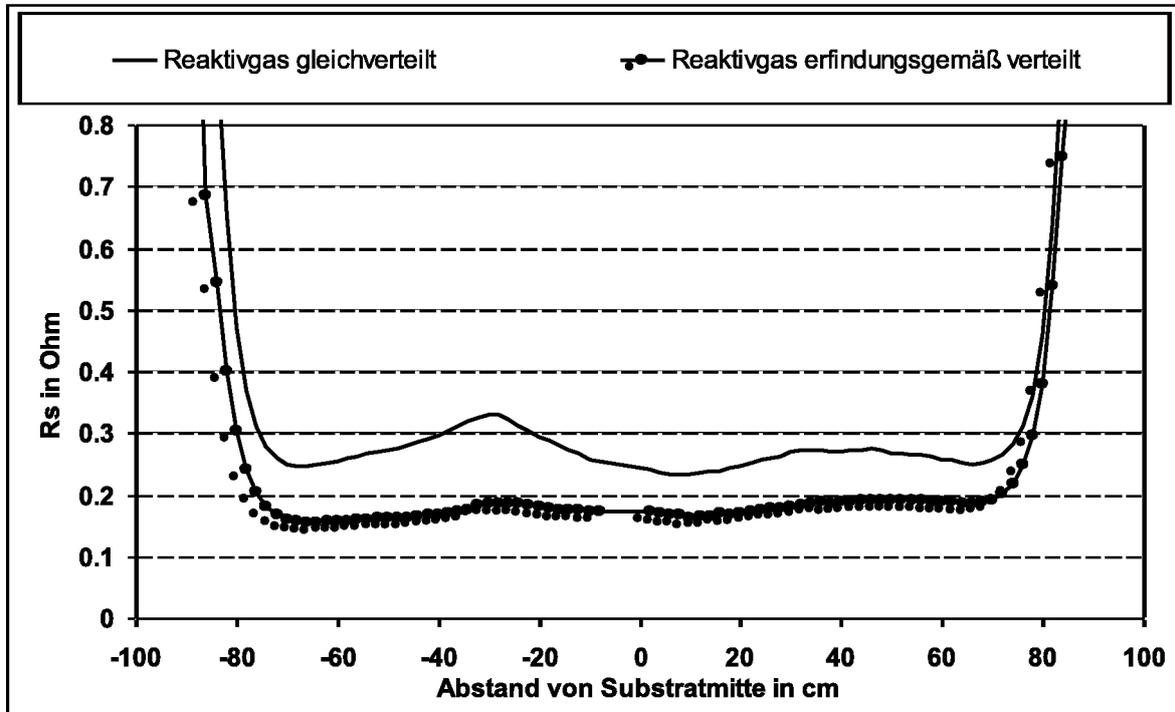


Fig. 11

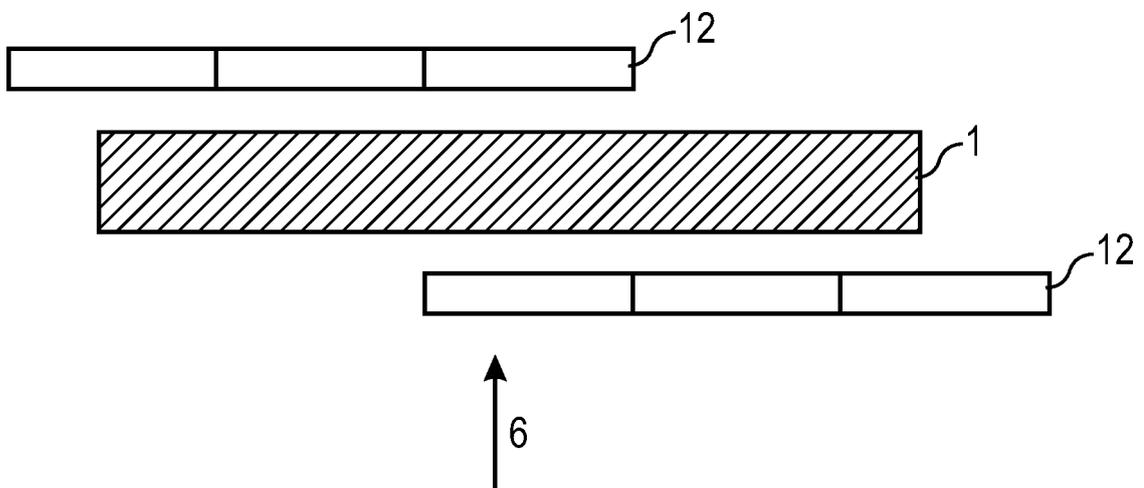


Fig. 12

