



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 02 611 B4** 2004.07.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 02 611.0**
(22) Anmeldetag: **21.01.2001**
(43) Offenlegungstag: **01.08.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.07.2004**

(51) Int Cl.7: **C03B 19/01**
C03B 20/00, C03B 37/018

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, 63450 Hanau, DE

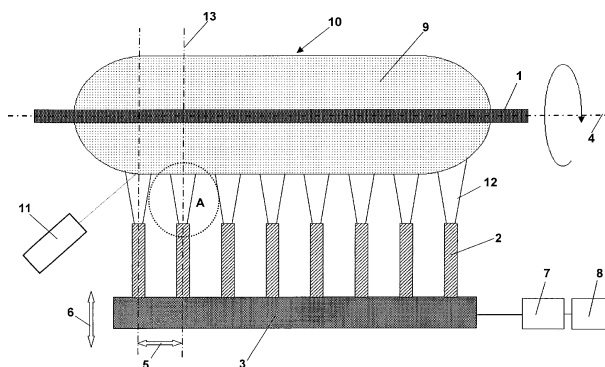
(74) Vertreter:
Patentanwälte Grimm & Staudt, 63075 Offenbach

(72) Erfinder:
Peper, Udo, 06295 Lutherstadt Eisleben, DE;
Röper, Jürgen, Dr., 06809 Roitzsch, DE; Fritsche,
Hans Georg, 06766 Bobbau, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 196 28 958 A1
DE 195 27 451 A1
EP 04 76 218 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines SiO₂-Rohlings**

(57) Hauptanspruch: Verfahren für die Herstellung eines SiO₂-Rohlings, bei welchem SiO₂-Partikel in mehreren, in einer Reihe angeordnete Abscheidebrennern, denen jeweils eine Brennerflamme zugeordnet ist, gebildet und auf einer Ablagerungsfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers abgeschieden werden, wobei die Reihe der Abscheidebrenner in einem vorgegebenen Bewegungsablauf entlang des sich bildenden Rohlings zwischen Wendepunkten, an denen sich ihre Bewegungsrichtung umkehrt hin- und herbewegt wird, und wobei die Brennerflamme jeweils in einer Projektion auf eine Ebene parallel zu ihrer Hauptausbreitungsrichtung und parallel zur Trägerlängsachse eine Projektionsfläche bildet, deren seitliche Begrenzungslinien mit der Hauptausbreitungsrichtung einen Öffnungswinkel einschließen, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils der Öffnungswinkel (α) auf einen Wert zwischen 5° und 10° und der Abstand (D) des Abscheidebrenners (2) von der Ablagerungsfläche (10) im Bereich zwischen 180 mm und 220 mm eingestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren für die Herstellung eines SiO_2 -Rohlings, bei welchem SiO_2 -Partikel in mehreren, in einer Reihe angeordneter Abscheidebrennern, denen jeweils eine Brennerflamme zugeordnet ist, gebildet und auf einer Ablagerungsfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers abgeschieden werden, wobei die Reihe der Abscheidebrenner in einem vorgegebenen Bewegungsablauf entlang des sich bildenden Rohlings zwischen Wendepunkten, an denen sich ihre Bewegungsrichtung umkehrt hin- und herbewegt wird, und wobei die Brennerflamme jeweils in einer Projektion auf eine Ebene parallel zu ihrer Hauptausbreitungsrichtung und parallel zur Trägerlängsachse eine Projektionsfläche bildet, deren seitliche Begrenzungslinien mit der Hauptausbreitungsrichtung einen Öffnungswinkel einschließen.

Stand der Technik

[0002] Verfahren für die Herstellung von Vorformen für optische Fasern nach dem Außenabscheideverfahren (OVD-Verfahren; Outside vapour deposition) sind allgemein bekannt. Bei diesem Verfahren werden unter Einsatz eines oder mehrerer Flammhydrolysebrenner SiO_2 -Partikel auf einem Träger abgeschieden, so dass sich ein Rohling aus porösem Quarzglas (im folgenden auch als „Sootkörper“ bezeichnet) bildet. Um den Brechungsindex von Quarzglas zu verändern, werden Dotierstoffe, wie Germanium, Phosphor, Bor, Titan, Aluminium, Tantal oder Fluor in das Quarzglas eingebracht.

[0003] Ein OVD-Verfahren der eingangs genannten Gattung ist aus der EP-A 476 218 bekannt. Darin wird die Herstellung eines länglichen, porösen Rohlings aus SiO_2 -Partikeln beschrieben, wobei SiO_2 -Partikel in den Brennerflammen von Flammhydrolyse-Brennern gebildet und auf einem waagrecht orientierten, um seine Längsachse rotierenden Träger schichtweise abgeschieden werden. Die Abscheidebrenner sind mit äquidistanten Abstand von 10 cm zueinander auf einem parallel zur Längsachse des Trägers verlaufenden Brennerblock montiert. Der Brennerblock wird entlang des sich bildenden porösen, zylinderförmigen Rohlings zwischen einem linken und einem rechten Wendepunkt mittels einer regelbaren Verschiebeeinrichtung hin- und herbewegt. Die Amplitude dieser Translationsbewegung des Brennerblocks ist kleiner als die Länge der Vorform. Es hat sich gezeigt, dass nach dem Verglasen des Rohlings im Bereich der Wendepunkte Inhomogenitäten – überwiegend in Form von Blasen – auftreten können. Diese werden einer lokalen Überhitzung der Rohlingoberfläche durch das Abbremsen der Translationsbewegung des Brennerblocks bei der Umkehr der Bewegungsrichtung im Bereich der Wendepunkte zugeschrieben, die zu lokalen, axialen Dichteschwankungen führen kann. Dadurch würden Bereiche unter-

schiedlicher Reaktivität erzeugt, die sich insbesondere bei nachfolgenden chemischen Reaktionen bei der Weiterverarbeitung des Rohlings bemerkbar machen und Inhomogenitäten im daraus hergestellten Quarzglaskörper hinterlassen könnten. Um dies zu vermeiden, wird vorgeschlagen, bei jedem Brennerdurchgang sowohl die rechten, als auch die linken Wendepunkte um einige Millimeter zu verlagern. Dadurch werden die an den Wendepunkten entstehenden lokalen Dichteschwankungen gleichmäßig im Rohling verteilt.

[0004] Alternativ dazu wird in der DE-A 196 28 958 vorgeschlagen, eine Überhitzung des Rohlings in den Bereichen um die Wendepunkte zu verhindern, indem bei der Brennerbewegung die Umfangsgeschwindigkeit des Rohlings im Bereich der Wendepunkte erhöht, die Flammentemperatur der Brennerflamme gesenkt, oder der Abstand der Abscheidebrenner von der Rohlingoberfläche vergrößert wird. Mittels dieser Maßnahmen kann eine Temperaturerhöhung der Rohlingoberfläche im Bereich der Wendepunkte ganz oder teilweise kompensiert werden, so dass der Rohling über seine gesamte Länge mit einer zeitlich und räumlich möglichst gleich hohen Heizleistung beaufschlagt wird, so dass axiale Dichteschwankungen vermieden oder vermindert werden.

[0005] Die Brennerflammen sind bei den bekannten Verfahren mit bloßem Auge als im wesentlichen kegelförmige, leuchtende Bereiche sichtbar. In einer Projektion auf eine Ebene parallel zu ihrer Hauptausbreitungsrichtung und parallel zur Trägerlängsachse weist die Brennerflamme jeweils eine Projektionsfläche auf, deren seitliche Begrenzungslinien mit der Hauptausbreitungsrichtung einen bestimmten Öffnungswinkel einschließen.

[0006] Die axiale Verteilung der Wendepunkte gemäß der EP-A 476 218 erfordert einen hohen apparativen und regelungstechnischen Aufwand. Die in der DE-A 196 28 958 zur Vermeidung lokaler Überhitzungen im Bereich der Wendepunkte vorgeschlagenen Maßnahmen verlangen eine zeitliche Veränderung von Gasflüssen, Abständen oder Relativgeschwindigkeiten im Bereich der Wendepunkte, wobei diese Maßnahmen mit einer unerwünschten Änderung der Abscheiderate einhergehen können.

Aufgabenstellung

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren für die Herstellung eines porösen Rohlings anzugeben, aus dem ein homogener Quarzglaskörper erhalten wird.

[0008] Diese Aufgabe wird ausgehend von dem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Öffnungswinkel der Brennerflamme jeweils auf einen Wert zwischen 5° und 10° und der Abstand des Abscheidebrenners von der Ablagerungsfläche im Bereich zwischen 180 mm und 220 mm eingestellt wird.

[0009] Die Brennerflamme ist als im wesentlichen kegelförmiger, leuchtender Bereich mit bloßem Auge sichtbar. Der „Öffnungswinkel“ des sichtbaren Kegelbereichs wird aus der Projektion der Brennerflamme auf eine Ebene parallel zur Hauptausbreitungsrichtung und parallel zur Trägerlängsachse ermittelt. Der Öffnungswinkel ist dabei der Winkel zwischen der seitlichen Begrenzungslinie der Brennerflamme und deren Hauptausbreitungsrichtung, wobei die „seitliche Begrenzungslinie“ der Brennerflamme in der Projektion als Tangente an den Kegelpunkt im Bereich des Austritts der Brennerflamme aus dem Brennermund definiert wird.

[0010] Der Abscheidebrenner weist im allgemeinen mehrere Düsen für die Zufuhr von Glasausgangsstoffen, Sauerstoff und Brennstoff auf. Der Öffnungswinkel der Brennerflamme ist im wesentlichen abhängig vom Massenstrom und der Temperatur der in die Brennerflamme eingeleiteten Medien (üblicherweise Gasen) und den Öffnungsquerschnitten der Düsen des Abscheidebrenners. Dementsprechend lässt sich der gewünschte Öffnungswinkel durch Änderung dieser Parameter einstellen. Eine Änderung der Temperatur der Medien ist häufig unerwünscht, so dass der Öffnungswinkel vorteilhaft über eine Anpassung des Massenstroms (vorzugsweise des Stroms des mengenmäßig wichtigsten Glasausgangsmaterials) oder über eine Einstellung der Düsenquerschnitte erfolgt.

[0011] Bei einem Abscheidebrenner mit bündig am Brennermund abschließenden Düsen ergibt sich der Abstand zwischen Abscheidebrenner und Ablagerungsfläche als kürzeste Strecke zwischen Brennermund und der Oberfläche des sich bildenden Rohlings. Andernfalls wird dieser Abstand definiert als die kürzeste Strecke zwischen der Düsenöffnung derjenigen Düse, durch welche das mengenmäßig wichtigste Glasausgangsmaterial geleitet wird. Dabei handelt es sich in der Regel um die zentrale Düse (Mitteldüse).

[0012] Es wurde gefunden, dass Inhomogenitäten im Quarzglas weniger durch Dichteschwankungen im „Sootkörper“ im Bereich der Wendepunkte der Brennerbewegung hervorgerufen werden – wie bisher angenommen –, sondern in erster Linie durch lokal ungleichmäßige Ablagerungen von SiO_2 -Partikeln auf der Ablagerungsfläche (im folgenden auch als Schwankungen im „Masseauftrag“ bezeichnet). Weiterhin wurde gefunden, dass ein zeitlich und lokal gleichmäßiger Masseauftrag von physikalischen und chemischen Eigenschaften der in der Brennerflamme gebildeten SiO_2 -Partikel (wie Größe und Dichte) und von deren geometrischer Verteilung in der Brennerflamme abhängt, und dass sich diese Eigenschaften und die Partikelverteilung je nach Art der Flamme selbst und in Abhängigkeit von der Verweildauer in der Brennerflamme ändern. Es hat sich gezeigt, dass die Partikelverteilung in der Brennerflamme und die Eigenschaften der SiO_2 -Partikel im Zeitpunkt der Auftreffens auf die Ablagerungsfläche bei einem Öff-

nungswinkel der Brennerflamme zwischen 5° und 10° und bei einem Abstand zwischen Abscheidebrenner und Ablagerungsfläche zwischen 180 mm und 220 mm derart sind, dass ein gleichförmiger Masseauftrag erleichtert wird.

[0013] Bei einer Einstellung des Öffnungswinkels der Brennerflamme und bei gleichzeitiger Einhaltung des angegebenen Abstands zwischen Abscheidebrenner und Ablagerungsfläche wird ein gleichmäßiger Masseauftrag auf der Ablagerungsfläche erleichtert, so dass aus dem so hergestellten Rohling durch Verglasen ein Quarzglaskörper erhalten wird, der sich durch hohe Homogenität auszeichnet. Zusätzliche Vorkehrungen zur Vermeidung einer Überhitzung im Bereich der Wendepunkte der Brennerbewegung – wie bei den eingangs erläuterten Verfahren vorgeschlagen – sind nicht erforderlich.

[0014] Bei den genannten Einstellungen von Öffnungswinkel und Abstand bildet die Brennerflamme mit der Ablagerungsfläche eine Schnittfläche, deren Größe im Bereich zwischen 8 cm^2 bis 20 cm^2 , vorzugsweise im Bereich zwischen 10 cm^2 bis 17 cm^2 liegt. Es hat sich gezeigt, dass auch diese Schnittfläche als Maß für diejenigen Partikeleigenschaften und deren örtliche Verteilung herangezogen werden kann, bei denen ein gleichförmiger Masseauftrag erleichtert wird.

[0015] Neben der geometrischen Form der Brennerflamme und der Verweildauer der SiO_2 -Partikel in der Flamme wirkt sich auch die Temperatur auf die für den Masseauftrag maßgeblichen Eigenschaften der SiO_2 -Partikel aus. Es hat sich auch als günstig erwiesen, die Temperatur der Brennerflamme im Bereich der Ablagerungsfläche auf einen Wert zwischen 1100°C und 1300°C einzustellen. Bei konstantem Abstand zwischen Abscheidebrenner und Ablagerungsfläche kann die Flammentemperatur durch Ändern der Ströme von Brennstoff, Sauerstoff, Glasausgangsstoffen oder von Inertgasströmen entsprechend eingestellt werden.

[0016] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, dass die Brennerflamme jeweils einen durch den Schnittpunkt der Hauptausbreitungsrichtung mit der Ablagerungsfläche definierten Auftreffpunkt auf der Ablagerungsfläche aufweist, und dass die Auftreffpunkte benachbarter Brennerflammen voneinander – in Richtung der Trägerlängsachse gesehen – einen äquidistanten Flammenabstand voneinander haben, mit der Maßgabe, dass die Standardabweichung aller Flammenabstände weniger als 5% beträgt. Durch exakte Positionierung und Ausrichtung der Abscheidebrenner wird im Idealfall ein exakt „äquidistanter“ Flammenabstand erhalten. In der Praxis ist eine Abweichung von einem Mittelwert der Abstände benachbarter Auftreffpunkte von 5% tolerierbar, um noch eine ausreichende Gleichmäßigkeit des Masseauftrags zu gewährleisten.

[0017] Bei einer bevorzugten Verfahrensweise umfasst der Bewegungsablauf eine Translationsgeschwindigkeit, mit der die Abscheidebrenner zwi-

schen den Wendepunkten hin- und herbewegt werden und eine Beschleunigungsdauer, während der die Abscheidebrenner von einem Wendepunkt kommend auf die Translationsgeschwindigkeit beschleunigt, und einen Wendepunkt anfahrend von der Translationsgeschwindigkeit abgebremst werden, derart, dass die Translationsgeschwindigkeit auf einen Wert im Bereich zwischen 350 mm/min und 550 mm/min und die Beschleunigungsdauer auf einen Wert im Bereich zwischen 70 ms und 700 ms eingestellt wird. Sowohl die Dauer der positiven Beschleunigung, bei der die Abscheidebrenner von einem Wendepunkt kommend auf die Translationsgeschwindigkeit beschleunigt werden, als auch die Dauer der negativen Beschleunigung, während der die Abscheidebrenner einen Wendepunkt anfahrend von der Translationsgeschwindigkeit abgebremst werden, wird auf einen Wert im Bereich zwischen 70 ms und 700 ms eingestellt. Es hat sich gezeigt, dass diese Maßnahme in Verbindung mit einer Translationsgeschwindigkeit zwischen 350 mm/min und 550 mm/min die Einhaltung eine gleichförmigen Masseauftrags und einer geringen Welligkeit der Rohlingoberfläche erleichtert.

[0018] Vorzugsweise wird die Translationsgeschwindigkeit auf einen Wert im Bereich zwischen 400 mm/min und 500 mm/min und die Beschleunigungsdauer auf einen Wert im Bereich zwischen 100 ms und 500 ms eingestellt.

[0019] Besonders bewährt hat sich eine Verfahrensweise, bei der die Abscheidebrenner mit exponentieller Zeitabhängigkeit beschleunigt und abgebremst werden. Durch die exponentielle Zeitabhängigkeit der Beschleunigung (positive und negative Beschleunigung) wird bei einem Exponenten größer als 1 eine kurze Beschleunigungsdauer und dementsprechend kurze Wegstrecken erhalten, was die Einstellung einer gleichförmigen Partikelverteilung und eine geringe Welligkeit der Rohlingoberfläche erleichtert. Außerdem hat es sich gezeigt, dass durch diese Maßnahme die einen gleichmäßigen Masseauftrag beeinträchtigende Totzeit der Brennerbewegung am Wendepunkt besonders klein gehalten werden kann.

[0020] Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass der Abstand zwischen den Wendepunkten als ein gerades Vielfaches des Abstands zwischen benachbarten Brennerflammen eingestellt wird. Dadurch wird die Einstellung einer geringen Welligkeit und einer gleichförmigen Partikelverteilung erleichtert, wogegen sich in dieser Hinsicht ein ungerades Vielfaches des betreffenden Abstands überraschenderweise als eher nachteilig erwiesen hat.

[0021] Es wird eine Verfahrensweise bevorzugt, bei welcher den Abscheidebrennern in einem zentralen Bereich eine erste, Silizium enthaltende Ausgangskomponente, in einem äußeren Bereich ein Wasserstoffstrom und ein Sauerstoffstrom, und zwischen dem zentralen Bereich und dem äußeren Bereich ein Trenngasstrom zugeführt werden, wobei das Volumenverhältnis von Wasserstoffstrom und Sauer-

stoffstrom auf einen Wert im Bereich von 0,2 bis 0,4 eingestellt wird. Um einen möglichst gleichmäßigen Masseauftrag auf der Ablagerungsfläche zu erhalten, werden vorteilhafterweise solche Abscheidebrenner eingesetzt, denen jeweils in einem zentralen Bereich eine erste, Silizium enthaltende Ausgangskomponente, in einem äußeren Bereich ein Wasserstoffstrom und ein Sauerstoffstrom, und zwischen dem zentralen Bereich und dem äußeren Bereich ein Trenngasstrom zugeführt werden. Derartige Abscheidebrenner sind an sich aus der DE-A1 195 27 451 bekannt. Der Erfindung liegt die zusätzliche Erkenntnis zugrunde, dass derartige Abscheidebrenner auch für einen Einsatz besonders geeignet sind, bei dem es auf eine homogene Masseverteilung auf der Ablagerungsfläche eines Rohlings ankommt, wobei das Volumenverhältnis von Wasserstoffstrom und Sauerstoffstrom auf einen Wert im Bereich von 0,2 bis 0,4 eingestellt wird.

[0022] Die jeweils dem zentralen Bereich des Abscheidebrenners zuzuführende Ausgangskomponente kann auch Dotierstoff bildende Substanzen enthalten, wie etwa eine hydrolysierbare Germaniumverbindung zur Bildung von GeO_2 . Dadurch, dass der zentrale Bereich des Abscheidebrenners von einem Trenngasstrom umgeben ist, wird eine gewisse Abschirmung der Ausgangskomponente von den Brenngasen gewährleistet.

Ausführungsbeispiel

[0023] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im einzelnen:

[0024] **Fig. 1:** eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Seitenansicht,

[0025] **Fig. 2:** einen Ausschnitt aus **Fig. 1** in vergrößerter Darstellung,

[0026] **Fig. 3:** ein Diagramm mit einem Geschwindigkeitsprofil der Brennerbewegung als Funktion der Position eines Abscheidebrenners im Bereich zwischen zwei Wendepunkten A und B, und

[0027] **Fig. 4:** einen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Abscheidebrenner in einem Längsschnitt.

[0028] Bei der in **Fig. 1** dargestellten Vorrichtung ist ein Trägerrohr **1** aus Aluminiumoxid vorgesehen, entlang dem eine Vielzahl in einer Reihe angeordneter Flammhydrolyse-Brenner **2** angeordnet sind. Die Flammhydrolyse-Brenner **2** sind auf einem gemeinsamen Brennerblock **3** montiert, der parallel zur Längsachse **4** des Trägerrohrs **1** hin- und herbewegbar und senkrecht dazu verschiebbar ist, wie dies die Richtungspfeile **5** und **6** andeuten. Die Brenner **2** bestehen aus Quarzglas; ihr Abstand zueinander beträgt 10 cm.

[0029] Für die Regelung der Bewegung des Brennerblocks **3** ist eine Regeleinrichtung **7** vorgesehen,

die mit dem Antrieb **8** für den Brennerblock **3** verbunden ist.

[0030] Mittels der Brenner **2** werden auf dem um seine Längsachse **4** rotierenden Trägerrohr **1** SiO₂-Partikel abgeschieden, so dass schichtweise der Rohling **9** aufgebaut wird. Hierzu wird der Brennerblock **3** entlang der Längsachse **4** des Trägerrohrs **1** zwischen zwei, in Bezug auf die Längsachse **4** ortsfesten Wendepunkten hin- und herbewegt. Die Amplitude der Hin- und Herbewegung beträgt 20 cm und entspricht damit dem doppelten axialen Abstand der Brenner **2**, der mittels des Richtungspfeils **5** charakterisiert ist.

[0031] Den Brennern **2** werden jeweils als Brennergase Sauerstoff und Wasserstoff und als Ausgangsmaterial für die Bildung der SiO₂-Partikel gasförmiges SiCl₄ zugeführt. Das Volumenverhältnis von Wasserstoff und Sauerstoff beträgt 0,3. Im Fall einer Dotierung wird den Brennern **2** zusätzlich eine Ausgangssubstanz zur Bildung des Dotierstoffs, wie GeCl₄ zur Bildung von GeO₂, zugeführt.

[0032] Die Temperatur der Rohlingoberfläche **10** wird kontinuierlich gemessen. Hierzu ist eine Thermokamera **11** auf die Rohlingoberfläche **10** im Auftreffpunkt der Brennerflamme **12** gerichtet. Die Thermokamera **11** ist ebenfalls mit dem Brennerblock **3** verbunden und wird mit diesem hin- und herbewegt. Während des Abscheideprozesses stellt sich auf der Rohlingoberfläche **10** eine Temperatur von etwa 1200°C ein.

[0033] Im Verlauf des Abscheideprozesses wird der Abstand zwischen dem Brennerblock **3** und der Rohlingoberfläche **11** konstant gehalten, indem der Brennerblock **3** in Richtung des Richtungspfeils **6** entsprechend verschoben wird.

[0034] Die Brennerflammen **12** der Abscheidebrenner **2** weisen jeweils einen mit bloßem Auge sichtbaren Flammenkegel auf. Die Hauptausbreitungsrichtung **13** jeder Brennerflamme **12** verläuft senkrecht zur Trägerlängsachse **4**.

[0035] Anhand der Vergrößerung des Ausschnitts „A“ von **Fig. 1** wird nachfolgend die Brennerflamme **12** und ihr Abstand zur Rohlingoberfläche **10** näher erläutert.

[0036] In **Fig. 2** ist eine Projektion des sichtbaren Flammenkegels der Brennerflamme **12** auf eine Ebene parallel zur Hauptausbreitungsrichtung **13** und parallel zur Trägerlängsachse **4** (siehe **Fig. 1**) schematisch dargestellt. Die Projektion zeigt eine zur Hauptausbreitungsrichtung **13** axialsymmetrische Brennerflamme **12**. Der sichtbare Flammenkegel ist in dieser Darstellung deutlich von seitlichen Begrenzungslinien **14** umschlossen. Bei einer fotografischen Darstellung des Flammenkegels zeigen sich die Begrenzungslinien **14** hingegen verschwommen, sie sind aber dennoch leicht bestimmbar. Der Öffnungswinkel α der Brennerflamme **12** wird ermittelt, indem an eine der beiden Begrenzungslinien **14** eine Tangente **15** angelegt wird, und zwar im Bereich des Brennermundes **16**. Der Öffnungswinkel α ist dann

der von der Tangente **15** und der Hauptausbreitungsrichtung **13** eingeschlossene Winkel. Im Ausführungsbeispiel ist $\alpha = 9^\circ$.

[0037] Der Auftreffpunkt **17** der Brennerflamme **12** auf der Rohlingoberfläche **10** ist durch den Schnittpunkt der Hauptausbreitungsrichtung **13** mit der Rohlingoberfläche **10** definiert. Die Brennerflamme **12** schneidet die Rohlingoberfläche **10** in einem Bereich, der eine Fläche von etwa 15 cm² aufweist.

[0038] Der eingesetzte Abscheidebrenner **2** wird weiter unten anhand **Fig. 4** näher erläutert. Er weist mehrere Düsen für die Zufuhr von Glasausgangsmaterialien, Sauerstoff und Brennstoff auf, die im Bereich des Brennermundes **16** bündig enden. Der Abstand „D“ zwischen dem Brennermund **16** und der Rohlingoberfläche ist auf 200 mm eingestellt und wird während des Abscheideprozesses auf diesem Wert gehalten.

[0039] Im Diagramm gemäß **Fig. 3** ist ein Geschwindigkeitsprofil **30** dargestellt, anhand dem der Brennerblock **3** zwischen den Wendepunkten A und B hin- und hergefahren wird. Das Diagramm zeigt die Geschwindigkeit „v“ der Translationsbewegung in mm/s als Funktion des Ortes „r“ zwischen den Wendepunkten A und B. Der Abstand zwischen A und B beträgt 20 cm.

[0040] Daraus ist ersichtlich, dass der Abscheidebrenner zwischen den Wendepunkten A und B im wesentlichen mit einer konstanten Geschwindigkeit von etwa 7 mm/sec (420 mm/min) hin- und herbewegt wird (Kurvenabschnitt **31**). Im Bereich der Wendepunkte A, B wird die Translationsgeschwindigkeit mit exponentieller Zeitabhängigkeit auf Null verringert bzw. von Null auf die konstante Geschwindigkeit von etwa 7 mm/sec beschleunigt (Kurvenabschnitte **32**). Aufgrund der exponentiellen Zeitabhängigkeit (Exponent größer als 1), wird eine kurze Abbrems- und Beschleunigungsdauer erreicht, wobei beiderseits der Wendepunkte A, B der Übergang zum Bereich der konstanten Translationsgeschwindigkeit (beim Beschleunigen) bzw. von diesem (beim Abbremsen) allmählich erfolgt. Beim Abbremsen durchlaufen die Abscheidebrenner das umgekehrte Geschwindigkeitsprofil wie beim Beschleunigen, so dass das Geschwindigkeitsprofil **30** bei der Hin-Bewegung zum Wendepunkt B identisch ist zu dem Geschwindigkeitsprofil **30** bei der Weg-Bewegung vom Wendepunkt B; wie dies durch den Blockpfeil **33** symbolisiert wird. Es hat sich gezeigt, dass bei einem derartigen Geschwindigkeitsprofil ein gleichmäßiger Masseauftrag und damit ein Rohling mit geringer Oberflächenwelligkeit erhalten wird.

[0041] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Abscheidebrenner eingesetzt, wie schematisch in **Fig. 4** dargestellt. Der Abscheidebrenner **41** besteht aus insgesamt vier koaxial zueinander angeordneten Brennerrohren **42, 43, 44, 45** aus Quarzglas. Das zentrale Brennerrohr **42** umschließt die Mitteldüse **46**, zwischen dem zentralen Brennerrohr **42** und dem benachbarten Brennerrohr

43 ist die Trenngasdüse **47** ausgebildet, das Brennerrohr **43** und das Brennerrohr **44** umschließen die Ringspaldüse **48** und das Brennerrohr **44** und das Außenrohr **45** die Außendüse **49**. Im Bereich ihrer Düsenöffnung **50** knickt die ringförmige Trenngasdüse **47** in Richtung auf die Mitteldüse **46** ab, wobei sich gleichzeitig der Öffnungsquerschnitt der Trenngasdüse **47** in diesem Bereich kontinuierlich verjüngt. Im Gegensatz dazu erweitert sich der Öffnungsquerschnitt der Ringspaldüse **48** im Bereich ihrer Düsenöffnung **51**. Die Düsenöffnung der Mitteldüse ist mit der Bezugsziffer **52** gekennzeichnet.

[0042] Die Öffnungsquerschnitte der Mitteldüse **46**, der Trenngasdüse **47**, der Ringspaldüse **48** und der Außendüse **49** stehen im Bereich der Linie „L“ in der Reihenfolge ihrer Nennung im Verhältnis von 1 : 5 : 15 : 40 zueinander.

[0043] Durch die Fokussierung des Trenngasstroms wird eine wirksame Abschirmung der aus den Düsenöffnungen **51** und **53** austretenden Brenngasströme von dem Strom der Glasausgangsstoffe erreicht. Die Abschirmung wird weiterhin durch die Erweiterung der Ringspaldüse **48** im Bereich der Düsenöffnung **51** verbessert. Das Volumenverhältnis von Wasserstoffstrom und Gesamt-Sauerstoffstrom beträgt 0,3.

Patentansprüche

1. Verfahren für die Herstellung eines SiO_2 -Rohlings, bei welchem SiO_2 -Partikel in mehreren, in einer Reihe angeordnete Abscheidebrennern, denen jeweils eine Brennerflamme zugeordnet ist, gebildet und auf einer Ablagerungsfläche eines um seine Längsachse rotierenden Trägers abgeschieden werden, wobei die Reihe der Abscheidebrenner in einem vorgegebenen Bewegungsablauf entlang des sich bildenden Rohlings zwischen Wendepunkten, an denen sich ihre Bewegungsrichtung umkehrt hin- und herbewegt wird, und wobei die Brennerflamme jeweils in einer Projektion auf eine Ebene parallel zu ihrer Hauptausbreitungsrichtung und parallel zur Trägerlängsachse eine Projektionsfläche bildet, deren seitliche Begrenzungslinien mit der Hauptausbreitungsrichtung einen Öffnungswinkel einschließen, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils der Öffnungswinkel (α) auf einen Wert zwischen 5° und 10° und der Abstand (D) des Abscheidebrenners (**2**) von der Ablagerungsfläche (**10**) im Bereich zwischen 180 mm und 220 mm eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennerflamme (**12**) mit der Ablagerungsfläche (**10**) eine Schnittfläche mit einer Größe im Bereich zwischen 8 cm^2 bis 20 cm^2 , vorzugsweise im Bereich zwischen 10 cm^2 bis 17 cm^2 bildet.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Brennerflamme (**12**) im Bereich der Ablagerungsfläche (**10**) auf einen Wert zwischen 1100°C

und 1300°C eingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennerflamme (**12**) jeweils einen durch den Schnittpunkt der Hauptausbreitungsrichtung (**13**) mit der Ablagerungsfläche (**10**) definierten Auftreffpunkt (**17**) auf der Ablagerungsfläche (**10**) aufweist, und dass die Auftreffpunkte (**17**) benachbarter Brennerflammen – in Richtung der Trägerlängsachse (**4**) gesehen – einen äquidistanten Flammenabstand voneinander haben, mit der Maßgabe, dass die Standardabweichung aller Flammenabstände weniger als 5% beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bewegungsablauf eine Translationsgeschwindigkeit, mit der die Abscheidebrenner (**2**) zwischen den Wendepunkten (A, B) hin- und herbewegt werden und eine Beschleunigungsdauer, während der die Abscheidebrenner (**2**) von einem Wendepunkt kommend auf die Translationsgeschwindigkeit beschleunigt und einen Wendepunkt anfahren von der Translationsgeschwindigkeit abgebremst werden, umfasst, mit der Maßgabe, dass die Translationsgeschwindigkeit auf einen Wert im Bereich zwischen 350 mm/min und 550 mm/min und die Beschleunigungsdauer auf einen Wert im Bereich zwischen 70 ms und 700 ms eingestellt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Translationsgeschwindigkeit auf einen Wert im Bereich zwischen 400 mm/min und 500 mm/min und die Beschleunigungsdauer auf einen Wert im Bereich zwischen 100 ms und 500 ms eingestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abscheidebrenner (**2**) mit einer exponentiellen Zeitabhängigkeit beschleunigt und abgebremst werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Wendepunkten als ein gerades Vielfaches des Abstandes (**5**) zwischen benachbarten Brennerflammen (**12**) eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den Abscheidebrennern (**2**) in einem zentralen Bereich (**46**) eine erste, Silizium enthaltende Ausgangskomponente, in einem äußeren Bereich (**48; 49**) ein Wasserstoffstrom und ein Sauerstoffstrom, und zwischen dem zentralen Bereich (**46**) und dem äußeren Bereich (**48; 49**) ein Trenngasstrom zugeführt werden, wobei das Volumenverhältnis von Wasserstoffstrom und Sauerstoffstrom auf einen Wert im Bereich von 0,2 bis 0,4 eingestellt wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

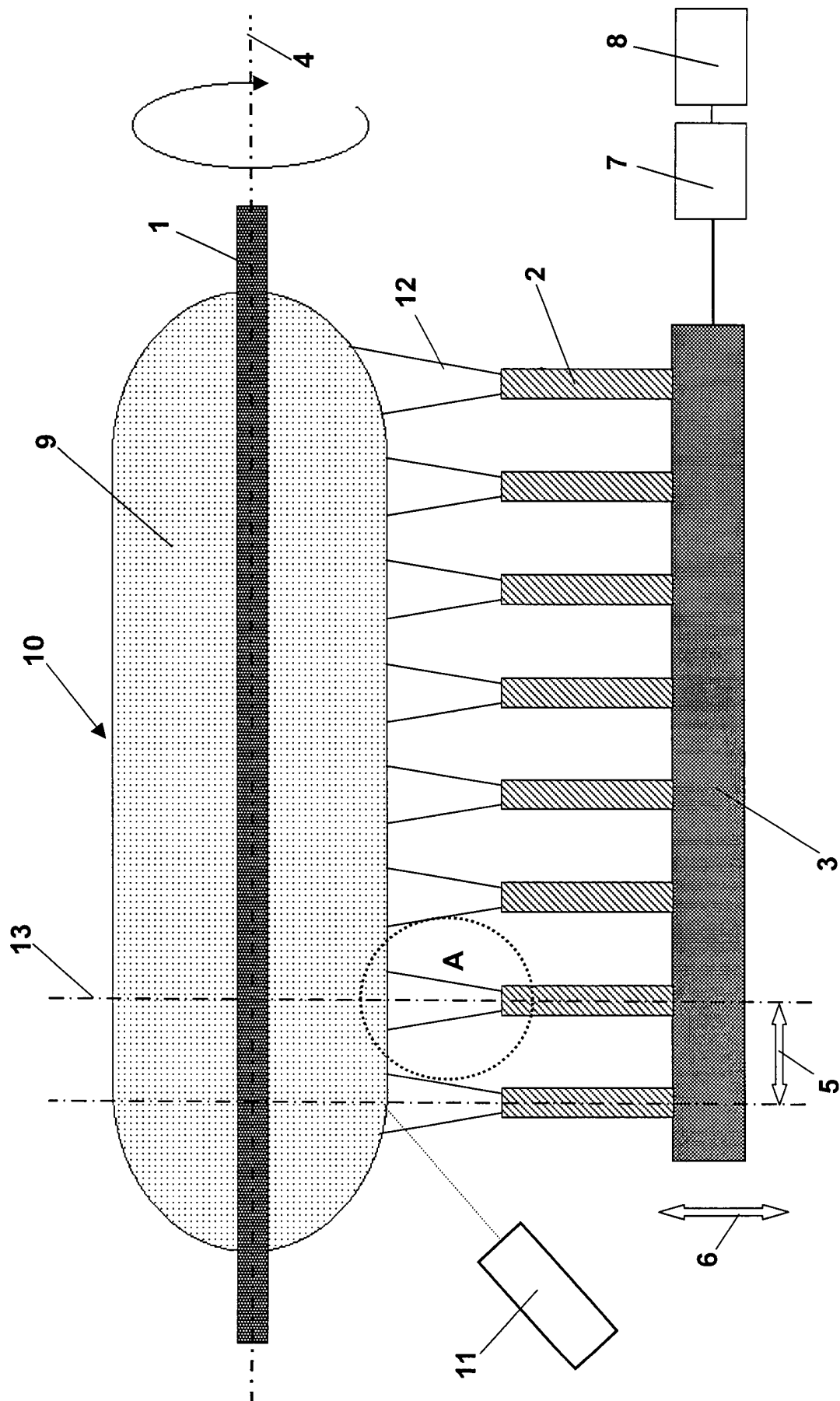


Fig. 1

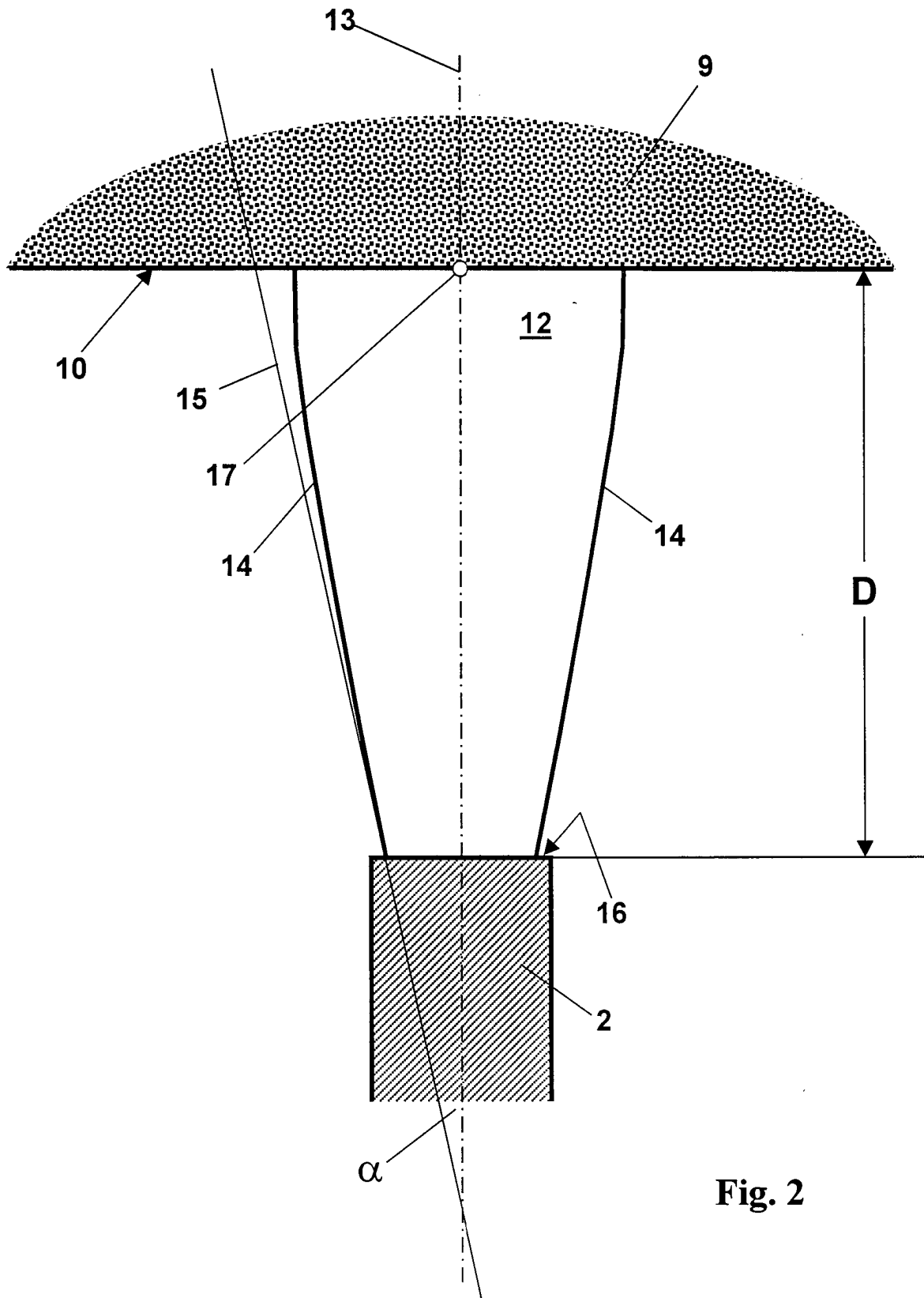


Fig. 2

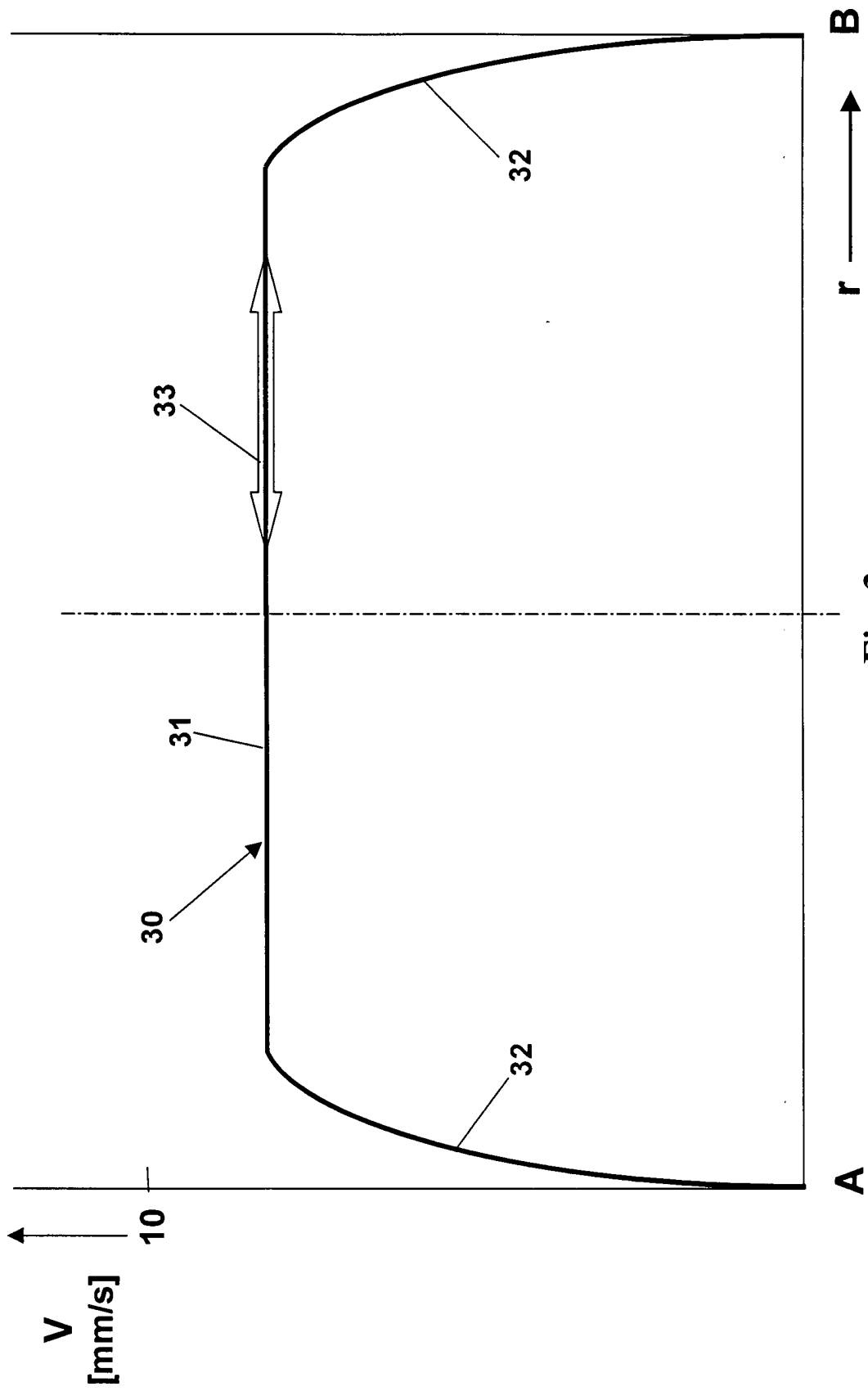


Fig. 3

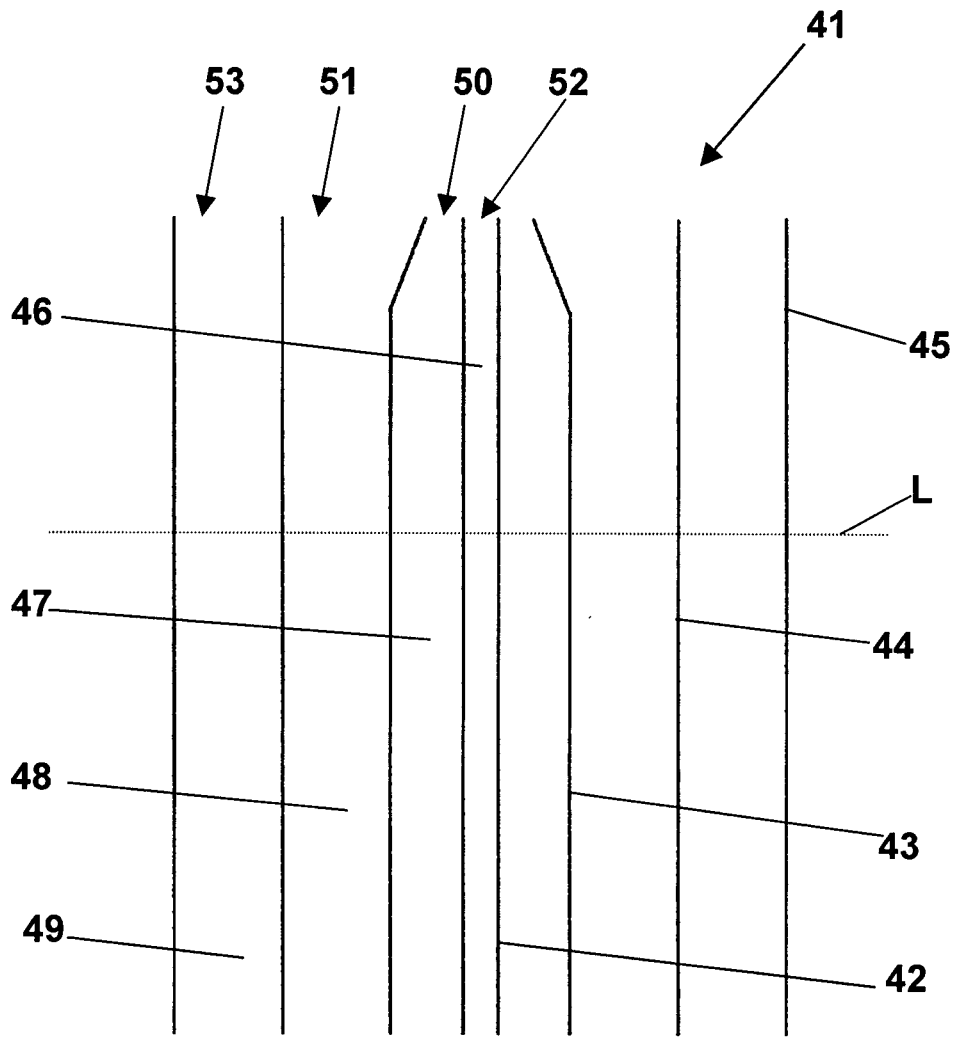


Fig. 4