



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 25 823 T2 2006.08.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 181 254 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 25 823.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/09425**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 931 925.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/064825**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.04.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **02.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.02.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.02.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C03B 37/014 (2006.01)**

C03B 37/012 (2006.01)

C03B 37/018 (2006.01)

C03C 13/04 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

131033 P 26.04.1999 US

(73) Patentinhaber:

Corning Incorporated, Corning, N.Y., US

(74) Vertreter:

**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**BERKEY, E., George, Pine City, NY 14871, US;
BOOKBINDER, C., Dana, Corning, NY 14830, US;
FIACCO, M., Richard, Corning, NY 14830, US;
GIROUX, B., Cynthia, Corning, NY 14830, US;
HAWTOF, W., Daniel, Painted Post, NY 14870, US;
POWERS, R., Dale, Painted Post, NY 14870, US;
SIRKANT, V., Evanston, IL60202, US**

(54) Bezeichnung: **OPTISCHE WELLENLEITERFASER MIT NIEDRIGEM WASSERPEAK UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen das Gebiet optischer Wellenleiterfasern und insbesondere die Vorformen der optischen Wellenleiterfaser und Verfahren zum Herstellen von Vorformen der optischen Wellenleiterfaser, aus welchen optische Wellenleiterfasern mit einem geringen Wasserhöchstwert gebildet werden.

2. Technischer Hintergrund

[0002] Im Allgemeinen ist es ein bedeutendes Ziel der Telekommunikationsindustrie größere Informationsmengen über längere Strecken in kürzeren Zeitdauern zu übertragen. Da die Anzahl von Systembenutzern und Häufigkeit des Systemgebrauchs zunimmt, nimmt üblicherweise auch die Nachfrage an Betriebsmitteln des Systems zu. Eine Weise dieser Nachfrage gerecht zu werden ist durch das Erhöhen der Bandbreite des zum Tragen dieser Information über lange Strecken verwendeten Mediums. Bei optischen Telekommunikationssystemen ist die Nachfrage für optische Wellenleiterfasern mit einer erhöhten Bandbreite insbesondere hoch.

[0003] In den letzten Jahren wurden bei der Herstellung der optischen Wellenleiterfaser bedeutende Fortschritte gemacht, welche wiederum die verwendbare, Licht tragende Kapazität der Faser erhöht haben. Wie allgemein bekannt ist, unterliegt die elektromagnetische Strahlung, welche durch eine optische Wellenleiterfaser geht, aufgrund verschiedener Einrichtungen jedoch einer Abschwächung oder einem Verlust. Obwohl einige dieser Einrichtungen nicht verkleinert werden können, wurden andere beseitigt oder zumindest wesentlich verkleinert. Eine besonders problematische Komponente der Abschwächung der optischen Faser ist die Abschwächung aufgrund der Absorption von Fremdstoffen durch die optische Wellenleiterfaser, welche im Licht leitenden Bereich der Faser vorhanden sind. Besonders lästig ist die Abschwächung, welche durch das Hydroxylradikal (OH) verursacht wird, welches in der optischen Wellenleiterfaser gebildet werden kann, wenn eine Wasserstoffquelle im Fasermaterial vorhanden ist oder Wasserstoff, welcher von verschiedenen Quellen verfügbar ist, während des Faserherstellungsverfahrens in das Glas diffundiert bzw. eindiffundiert. Gewöhnlich werden die Wasserstoffbindungen mit dem Sauerstoff, welcher in der SiO₂-haltigen und/oder GeO₂-haltigen und/oder einen anderen Sauerstoff beinhaltenden Verbindung in der Glasmatrix verfügbar ist, um die OH- und/oder OH₂-Bindungen zu bilden, auf welche sich allgemein als „Wasser“ bezogen wird. Die Abschwächungserhöhung auf-

grund des OH oder Wassers im Glas kann bis zu ca. 0,5 bis 1,0 dB/km betragen, wobei der Abschwächungshöchstwert im Allgemeinen das 1380 nm Fenster belegt. Wie hierin verwendet, ist der Ausdruck „1380 nm Fenster“ als der Bereich der Wellenlängen zwischen ca. 1330 nm und ca. 1470 nm definiert. Der Abschwächungshöchstwert, auf welchen sich allgemein als Wasserhöchstwert bezogen wird, hat eine brauchbare elektromagnetische Übertragung im 1380 nm Fenster verhindert.

[0004] Bis vor kurzem vermieden Telekommunikationssysteme den Wasserhöchstwert, welcher im 1380 nm Fenster liegt, unter anderem durch das Operieren im 1310 nm Fenster und/oder 1550 nm Fenster. Mit dem Beginn des Wellenlängenmultiplexes („WDM“) und den Fortschritten in der Verstärkertechnik, welche ermöglichen, dass Telekommunikationssysteme über breiten Wellenlängenbereichen arbeiten, ist es nun wahrscheinlich, dass alle Wellenlängen zwischen ca. 1300 nm und ca. 1650 nm zur Datenübertragung in optischen Telekommunikationssystemen verwendet werden. Das Entfernen des Wasserhöchstwertes aus der mit solchen Systemen verwendeten optischen Wellenleiterfaser ist ein wichtiger Aspekt zum Ermöglichen der Systemoperation über diesen gesamten Bereich.

[0005] Moriyama und andere (Electronic Letters, 16(18), 698–699, XP002081489) beschreibt optische Fasern mit einem äußerst geringen OH-Gehalt mit einem Brechungsindexunterschied von 1,2% und einem Kerndurchmesser von 80 µm, welche durch das Dehydratisieren einer mittels des VAD-Verfahrens hergestellten porösen Vorform unter optimierten Zuständen erhalten wurden. Die Zunahme des OH-Absorptionsverlustes bei 1,39 µm betrug 0,04 dB/km und der restliche OH-Gehalt konnte berechnet werden, weniger als 1 ppb (parts per billion) zu betragen.

[0006] US-A-4,251,251 betrifft ein Verfahren zum Formen eines Glasgegenstands mit einer hohen Reinheit, welches die Folgenden Schritte beinhaltet: Liefern eines im Wesentlichen zylinderförmigen Dorns, Auftragen einer ersten Beschichtung aus Glasruß auf die Außenumfangsfläche des Dorns, Auftragen einer zweiten Beschichtung aus Glasruß über die Außenumfangsfläche der ersten Beschichtung, wobei der Glasruß der zweiten Beschichtung einen geringeren Brechungsindex als der Glasruß der ersten Beschichtung aufweist, Entfernen des Dorns, um eine Rußvorform mit einer Öffnung in derselben zu bilden, Erhitzen der Vorform auf eine ausreichend hohe Temperatur für eine ausreichende Zeitdauer, um zuzulassen, dass sich die erste und zweite Rußbeschichtung gleichzeitig konsolidieren und sich die Öffnung schließt, wobei die Viskositäten V1 und V2 der ersten und zweiten Beschichtung aus Glasruß bei der Konsolidierungstemperatur jeweils derart sind, dass das Verhältnis V1/V2 kleiner als 1/2, aber groß

genug ist, um zu verhindern, dass sich die erste Beschichtung von der zweiten Beschichtung trennt, und Bilden der Struktur, welche so in einen erwünschten Glasgegenstand gebildet wird.

[0007] EP 0 100 174 A1 betrifft ein Verfahren zum Bilden eines Rohlings bzw. einer Vorform eines optischen Wellenleiters aus Glas durch das Aufdampfen von Beschichtungen aus Glasruß auf einen Dorn. Der Dorn wird entfernt und die poröse Vorform konsolidiert. Ein Ende der Vorformöffnung ist geschlossen, die andere Öffnung evakuiert, und das übrige Ende der Vorform wird erhitzt, wodurch verursacht wird, dass sie sich schließt. Eine Zwischenfaser wird aus der sich ergebenden konsolidierten Vorform gezogen, wobei sich die gesamte Öffnung während des Ziehens aufgrund des geringen Drucks innerhalb der Öffnung schließt. Die Zwischenfaser ist in Abschnitte geteilt, welche jeweils als Dorn für das Aufdampfen einer weiteren Beschichtung aus Mantelruß funktionieren. Der resultierende Gegenstand aus Verbundstoff wird konsolidiert und in eine optische Faser gezogen.

[0008] US-A-4,515,612 betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer auf Siliziumoxid basierenden optischen Faser und Herstellen von Vorformen einer optischen Faser, wobei das Verfahren den Deuterium/Wasserstoff-Austausch im auf Siliziumoxid basierenden Material beinhaltet, welcher im Anschluss an die Bildung des Siliziumoxids ausgeführt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung liefert ein Verfahren zum Herstellen eines Glasrohlings bzw. einer Glasvorform zur Verwendung bei der Herstellung optischer Wellenleiterfasern, wobei das Verfahren die Folgenden Schritte aufweist:

Liefern eines zylinderförmigen, porösen auf Siliziumoxid basierenden Glaskörpers durch das OVD-Verfahren, wobei sich eine Mittellinienöffnung axial durch denselben erstreckt;

Einführen eines ersten und zweiten Stempels bzw. Stopfens in gegenüberliegende Enden der Mittellinienöffnung;

Positionieren des porösen Körpers in einem Schmelzofen mit einer heliumhaltigen Edelgasatmosphäre;

Trocknen des porösen Körpers;

Sintern des porösen Körpers, um den ersten und zweiten Stopfen abzuschließen bzw. zu umschließen, Bilden einer gesinterten Glasvorform mit einer abgedichteten Mittellinienöffnung dadurch und Einfangen von Helium in der abgedichteten Mittellinienöffnung; und

Erhitzen der gesinterten Glasvorform mit einer Temperatur und für eine Zeit, welche zum Ausbilden eines passiven Vakuums innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung ausreichend ist, wobei das passi-

ve Vakuum durch Diffusion der Edelgasatmosphäre aus der Mittellinienöffnung ausgebildet wird, damit der Druck in derselben geringer als der Druck außerhalb des gesinterten Glaskörpers wird.

[0010] Folglich betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines zylindrischen Glaskörpers zur Verwendung beim Herstellen einer optischen Wellenleiterfaser. Das Verfahren beinhaltet die Schritte des Bringens von zumindest einigen Bestandteilen eines wandernden Fluidgemisches zur chemischen Reaktion, welches zumindest eine Glas bildende Vorläuferverbindung in einem Oxidationsmittel beinhaltet, um ein auf Siliziumoxid basierendes Reaktionsprodukt zu bilden. Zumindest ein Teil des Reaktionsproduktes, welcher an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet, wird gesammelt oder aufgedampft, um einen porösen Körper zu bilden. Eine Mittellinienöffnung, welche sich axial durch den porösen Körper erstreckt, wird während des Aufdampfverfahrens durch das Aufdampfen eines Reaktionsproduktes auf ein Substrat und das anschließende Entfernen des Substrates gebildet. Der poröse Körper wird getrocknet und konsolidiert, um eine Glasvorform zu bilden, und die Mittellinienöffnung wird unter Zuständen geschlossen, welche zum Herstellen einer optischen Faser mit einer optischen Abschwächung von weniger als ca. 0,35 dB/km mit einer Wellenlänge von 1380 nm geeignet sind. Vorzugsweise weist die Faser eine optische Abschwächung von weniger als 0,31 dB/km mit einer Wellenlänge von 1380 nm auf.

[0011] Die optische Wellenleiterfaser beinhaltet ein siliziumoxidhaltiges Kernglas, von welchem zumindest ein Teil an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet. Das siliziumoxidhaltige Kernglas beinhaltet zudem einen Mittellinienbereich, von welchem zumindest ein Teil ein Dotierungsmittel beinhaltet, und ist durch das Schließen einer Mittellinienöffnung einer Vorform gebildet. Ein Mantelglas umgibt das siliziumoxidhaltige Kernglas derart, dass die optische Wellenleiterfaser eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer Wellenlänge von ca. 1380 nm aufweist.

[0012] Die optische Wellenleiterfaser kann in einem Lichtwellenleiter-Kommunikationssystem verwendet werden. Das System beinhaltet einen Sender, einen Empfänger und eine optische Faser zum Kommunizieren bzw. Übertragen eines optischen Signals zwischen dem Sender und Empfänger. Die optische Faser beinhaltet ein siliziumoxidhaltiges Kernglas, von welchem zumindest ein Teil an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet, mit einem dotierungsmittelhaltigen Mittellinienbereich, welcher durch das Schließen der Mittellinienöffnung einer Vorform gebildet ist. Die optische Faser beinhaltet zudem ein Mantelglas, welches das siliziumoxidhaltige Kernglas umgibt. Vorzugsweise weist solch eine optische Faser

eine Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer Wellenlänge von ca. 1380 nm auf.

[0013] Das Verfahren zum Herstellen eines zylindrischen Glaskörpers zur Verwendung beim Herstellen einer optischen Wellenleiterfaser beinhaltet die Schritte des Bringens von zumindest einigen Bestandteilen eines wandernden Fluidgemisches zur chemischen Reaktion, welches zumindest eine Glas bildende Vorläuferverbindung in einem Oxidationsmittel beinhaltet, um ein auf Siliziumoxid basierendes Reaktionsprodukt zu bilden. Zumindest ein Teil des Reaktionsproduktes, welcher an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet, wird gesammelt oder aufgedampft, um einen porösen Körper zu bilden. Eine Mittellinienöffnung, welche sich axial durch den porösen Körper erstreckt, wird während des Aufdampfverfahrens durch das Aufdampfen des Reaktionsproduktes auf ein Substrat und das anschließende Entfernen des Substrates gebildet. Der poröse Körper wird getrocknet und konsolidiert, um eine Glasvorform mit einer Mittellinienöffnung zu bilden, welche anschließend geschlossen wird. Die Schritte des Trocknens, Konsolidierens und Schließens werden unter Zuständen durchgeführt, welche geeignet sind, um einen festen Glaskörper zu ergeben, welcher einen Mittellinienbereich mit einem OH-Gehalt eines gewogenen Mittelwertes von ca. 1 ppb beinhaltet.

[0014] Ein Stopfen zur Verwendung beim Abdichten der Mittellinienöffnung ist vorzugsweise ein siliziumoxidhaltiger Glasstopfen mit einem OH-Gehalt von weniger als 5 ppm am Gewicht bzw. 5 ppm Nebenlast und bevorzugter weniger als 1 ppb Nebenlast. Der Stopfen kann derart chemisch getrocknet werden, dass er einen OH-Gehalt von weniger als ca. 1 ppb Nebenlast aufweist.

[0015] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung führt zu einer Anzahl von Vorteilen gegenüber anderen Verfahren, welche in der Technik bekannt sind. Herkömmlich werden optische Wellenleiterfaservorformen, welche durch ein OVD-Verfahren (outside vapor deposition process) hergestellt sind, in einer chlorhaltigen Atmosphäre konsolidiert, um die Vorform chemisch zu trocknen und folglich eine verfestigte Glasvorform mit einer Mittellinienöffnung zu bilden, welche sich axial durch dieselbe erstreckt. Die Vorform des Glaskerns wird dann üblicherweise innerhalb eines Ofens zum erneuten Ziehen platziert und dann auf eine Temperatur erhitzt, welche zum Ermöglichen des erneuten Ziehens oder Streckens der Kernvorform in einen zylindrischen Glaskörper mit einem kleineren Durchmesser oder ein Kernrohr ausreichend ist. Während der Operation des erneuten Ziehens wird die Mittellinienöffnung der Kernvorform beispielsweise durch das Anlegen eines Vakuums (beispielsweise Druck von ca. 26,6644 Pa oder weniger) entlang der Mittellinienöffnung geschlossen. Die

Herabsetzung des Drucks innerhalb der Mittellinienöffnung gewährleistet ein vollständiges Schließen der Mittellinienöffnung, so dass das Kernrohr einen festen Mittellinienbereich aufweist, welcher sich axial durch dasselbe erstreckt.

[0016] Nach dem Schritt des erneuten Ziehens ist das entstehende Kernrohr üblicherweise mit einer Mantelrußschicht durch das Aufdampfen eines Mantelrußes, beispielsweise über ein OVD-Verfahren, überzogen. Wenn es mit ausreichend Mantelruß bedeckt ist, wird das sich ergebende, mit Ruß überzogene Kernrohr chemisch getrocknet und konsolidiert, um eine Vorform einer optischen Faser zu bilden, welche danach in eine optische Wellenleiterfaser gezogen werden kann. Trotz den Schritten des chemischen Trocknens und Konsolidierens wurde festgestellt, dass solche optische Wellenleiterfasern einen relativ hohen Pegel der Abschwächung aufweisen, welche mit ca. 1380 nm gemessen wird. Da derzeit verwendete Telekommunikationssysteme heute nicht mit oder in der unmittelbaren Umgebung von 1380 nm arbeiten, wurde größtenteils über diesen Mangel hinweggesehen. Mit den jüngsten Fortschritten beim WDM, der Verstärkertechnologie und Laserquellen wurde jedoch das Beseitigen des mit 1380 nm gemessenen Wasserhöchstwertes zu einer Priorität. Der Wasserhöchstwert ist größtenteils ein Ergebnis des Wassers, welches während des Faserherstellungsverfahrens im Glas eingefangen wird. Im Fall des OVD-Verfahrens wird geglaubt, dass ein großer Anteil des Wassers innerhalb des Mittellinienbereiches des Kernrohres vor oder während des Schließens der Mittellinienöffnung eingefangen wird. Obwohl die Vorformen während der Konsolidierung chemisch getrocknet und gesintert werden, wurde festgestellt, dass der Bereich des Glases, welcher die Mittellinienöffnung umgibt und dieselbe definiert, nach dem Trocknen erneut benetzt wird. Am häufigsten tritt solch ein erneutes Benetzen durch die physikalische Absorption von Wasser (OH_2) und/oder chemische Absorption von Wasser (Beta OH) nach dem Aussetzen der Mittellinienöffnung einer Atmosphäre, welche eine wasserstoffhaltige Verbindung, wie beispielsweise Wasser (H_2O) beinhaltet, aber nicht darauf beschränkt ist, nach der Konsolidierung auf.

[0017] Ein prinzipieller Vorteil des Verfahrens der vorliegenden Erfindung ist, dass sie die innerhalb des Mittellinienbereiches des Kernrohres eingefangene Wassermenge stark verringert. Folglich weist eine optische Wellenleiterfaser, welche aus solch einem Kernrohr hergestellt ist, einen viel kleineren Wasserhöchstwert mit 1380 nm und im 1380 nm Fenster als Ganzes auf und weist daher eine geringere optische Abschwächung im 1380 nm Fenster als die optische Wellenleiterfaser auf, welche gemäß den Standardverfahren aus durch das OVD-Verfahren hergestellten Vorformen hergestellt wird.

[0018] Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens und zylindrischen Glaskörpers der vorliegenden Erfindung ist, dass eine optische Wellenleiterfaser, welche aus solchen zylindrischen Glaskörpern hergestellt wurde, nun mit jeder ausgewählten Wellenlänge über einen Wellenlängenbereich von ca. 1300 nm bis ca. 1680 nm arbeiten kann, ohne die optische Abschwächung rückgängig zu machen. Genauer weisen solche Fasern weniger als ca. 0,35 dB/km und vorzugsweise weniger als ca. 0,31 dB/km mit jeder Wellenlänge innerhalb eines Wellenlängenbereiches von ca. 1300 nm bis ca. 1680 nm auf. Zudem ist das Verfahren der vorliegenden Erfindung auch wirtschaftlich zu implementieren und kann ohne Produktion zusätzlicher umweltschädlicher Abfallprodukte praktiziert werden.

[0019] Zusätzliche Merkmale und Vorteile der Erfindung werden in der folgenden detaillierten Beschreibung dargestellt, und jemanden mit technischen Fähigkeiten teilweise leicht aus der Beschreibung hervorgehen oder durch das Praktizieren der hierin beschriebenen Erfindung mit der folgenden detaillierten Beschreibung, den Ansprüchen sowie den anhängenden Zeichnungen erkannt werden.

[0020] Es sollte klar sein, dass sowohl die vorangehende allgemeine Beschreibung und folgende detaillierte Beschreibung nur beispielhaft für die Erfindung sind und einen Überblick oder eine grundlegende Struktur zum Verstehen des Wesens und Charakters der Erfindung liefern sollen, wie sie beansprucht ist. Die beiliegenden Zeichnungen sind enthalten, um ein weiteres Verständnis der Erfindung zu liefern und sind in dieser Beschreibung enthalten und bilden einen Teil derselben. Die Zeichnungen veranschaulichen verschiedene Ausführungsformen der Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung zum Erläutern der Prinzipien und Operation der Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] [Fig. 1](#) ist eine Perspektivansicht eines gezeigten zylindrischen Glaskörpers, welche den Mittellinienbereich R_2 gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0022] [Fig. 2](#) veranschaulicht schematisch die Herstellung eines porösen Körpers unter Verwendung eines OVD-Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0023] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht des porösen Körpers der [Fig. 2](#), welcher innerhalb eines Konsolidierungsofens aufgehängt gezeigt wird;

[0024] [Fig. 4A](#) ist eine Querschnittsansicht des porösen Körpers der [Fig. 2](#), welcher mit einem Oberseitenstopfen versehen und innerhalb eines Konsolidie-

rungsofens aufgehängt gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt wird;

[0025] [Fig. 4B](#) ist eine vergrößerte Querschnittsansicht des Oberseitenstopfens, welcher innerhalb des Halters positioniert ist, wie in [Fig. 4A](#) gezeigt;

[0026] [Fig. 5A](#) ist eine Querschnittsansicht des porösen Körpers der [Fig. 2](#), welcher mit einer Breakware versehen und innerhalb eines Konsolidierungsofens aufgehängt gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt wird;

[0027] [Fig. 5B](#) ist eine vergrößerte Querschnittsansicht der Breakware, welche innerhalb des Halters positioniert gezeigt wird, wie in [Fig. 5A](#) dargestellt;

[0028] [Fig. 6A](#) ist eine Querschnittsansicht einer gesinterten Glasvorform, welche sich aus der Konsolidierung des in [Fig. 4A](#) dargestellten porösen Körpers ergibt, welcher gezeigt wird, wie er in ein Kernrohr mit einem verringerten Durchmesser gezogen wird;

[0029] [Fig. 6B](#) ist eine Querschnittsansicht einer gesinterten Glasvorform, welche sich aus der Konsolidierung des in [Fig. 5A](#) dargestellten porösen Körpers ergibt, welcher gezeigt wird, wie er in ein Kernrohr mit einem verringerten Durchmesser gezogen wird;

[0030] [Fig. 7](#) ist die grafische Darstellung der spektralen Abschwächung einer optischen Wellenleiterfaser, welche durch ein Verfahren unter Verwendung vielmehr eines aktiven Vakuums als des passiven Vakuums der vorliegenden Erfindung hergestellt wird; und

[0031] [Fig. 8](#) ist ein Lichtwellenleiter-Kommunikationssystem, welches eine optische Faser gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0032] Nun wird detailliert Bezug auf die vorliegenden bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung genommen werden, von welcher Beispiele in den anliegenden Zeichnungen veranschaulicht sind. Wann immer möglich, werden in den ganzen Zeichnungen gleiche Bezugsnummern verwendet, um auf gleiche oder ähnliche Teile Bezug zu nehmen. Eine beispielhafte Ausführungsform des zylindrischen Glaskörpers der vorliegenden Erfindung wird in [Fig. 1](#) gezeigt und ist im Allgemeinen überall durch die Bezugsnummer **20** gekennzeichnet. Gemäß der Erfindung beinhaltet der zylindrische Glaskörper **20** einen siliziumoxidhaltigen Glasbereich **22**, von welchem

zumindest ein Teil an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet. Der siliziumoxidhaltige Glasbereich **22** beinhaltet einen Mittellinienbereich **24** mit einem OH-Gehalt eines gewogenen Mittelwertes von weniger als ca. 2 ppb und vorzugsweise weniger als ca. 1 ppb. Der Mittellinienbereich **24** bindet einen Bereich **26** (durch den Radialabstand R_1 dargestellt) mit einem kleineren Durchmesser, welcher ein Dotierungsmittel (vorzugsweise Germanium) beinhaltet, und sowohl der Mittellinienbereich **24** als auch der dotierungsmittelhaltige Bereich **26** erstrecken sich längs entlang der Mittelachse **28** des zylindrischen Glaskörpers **20**. Der Mittellinienbereich **24**, welcher durch den Radialabstand R_2 dargestellt ist, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, ist als der Abschnitt des Glaskörpers **20** definiert, in welchem sich ca. 99% des ausbreiteten Lichts fortpflanzen bzw. bewegen. Mit anderen Worten, wenn die Abschwächungsspektren einer optischen Wellenleiterfaser, welche aus dem Glaskörper **20** hergestellt wird, auf einer Photon-Kinetik-Abschwächungsmessbank (PK-Bank) mit einer Wellenlänge von 1380 nm gemessen wird, misst die optische Abschwächung weniger als ca. 0,35 dB/km und bevorzugter weniger als ca. 0,31 dB/km.

[0033] Gemäß der Erfindung wird der zylindrische Glaskörper **20** vorzugsweise durch das Bringen von zumindest einigen der Bestandteile eines wandernden Fluidgemisches zur chemischen Reaktion gebildet, welches zumindest eine Glas bildende Vorläuferverbindung in einem Oxidationsmittel beinhaltet, um ein auf Siliziumoxid basierendes Reaktionsprodukt zu bilden. Zumindest ein Teil dieses Reaktionsproduktes wird zu einem Substrat geleitet, um einen porösen Körper zu bilden, von welchem zumindest ein Abschnitt an Sauerstoff gebundenen Wasserstoff beinhaltet. Der poröse Körper kann beispielsweise durch das Aufdampfen von Rußschichten auf einen Köderstab (bait rod) über ein OVD-Verfahren gebildet werden. Solch ein OVD-Verfahren wird in [Fig. 2](#) veranschaulicht. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, wird ein Köderstab oder Dorn **30** durch einen rohrförmigen Halter **32** eingeführt und auf einer Drehmaschine (nicht gezeigt) befestigt. Die Drehmaschine ist konstruiert einen Dorn **30** zu drehen und denselben in unmittelbarer Nähe mit einem Ruß erzeugenden Brenner **34** zu verschieben. Da der Dorn gedreht und verschoben wird, wird das auf Siliziumoxid basierende Reaktionsprodukt **36**, welches allgemein als Ruß bekannt ist, zum Dorn **30** geleitet. Zumindest ein Teil des auf Siliziumoxid basierenden Reaktionsproduktes **36** wird auf den Dorn **30** und einen Teil des Halters **32** aufgedampft, um auf demselben einen porösen Körper **38** zu bilden. Zwar wurde dieser Aspekt der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit einem Dorn **30** beschrieben, welcher durch eine Drehmaschine gedreht wird, aber jemandem mit technischen Fähigkeiten wird klar sein, dass sich der Ruß erzeugende Brenner **34** vielmehr als der Dorn **30** drehen kann. Zudem soll dieser Aspekt der vorliegenden Erfindung

das Aufdampfen von Ruß nicht auf ein OVD-Verfahren beschränken. Vielmehr können andere Verfahren zum Bringen von zumindest einigen der Bestandteile eines wandernden Fluidgemisches zur chemischen Reaktion verwendet werden, wie beispielsweise der Flüssigkeitszuführung, aber nicht auf dieselbe beschränkt, von zumindest einer Glas bildenden Vorläuferverbindung in einem Oxidationsmittel, um das auf Siliziumoxid basierende Reaktionsprodukt der vorliegenden Erfindung zu bilden, wie beispielsweise im U.S. Patent NR. 6,672,106 und WO 99/32410 offenbart wurde. Zudem sind andere Verfahren, wie beispielsweise das IVD-Verfahren (inside vapor deposition process) und das MCVD-Verfahren (modified chemical vapor deposition process), auch auf die vorliegende Erfindung anwendbar.

[0034] Wenn einmal die erwünschte Menge an Ruß auf den Dorn **30** aufgedampft wurde, wird das Aufdampfen von Ruß beendet und der Dorn **30** aus dem porösen Körper **38** entfernt.

[0035] Gemäß der vorliegenden Erfindung und wie in [Fig. 3](#) dargestellt, definiert der poröse Körper **38** nach der Entfernung des Dorns **30** eine Mittellinienöffnung **40**, welche axial durch denselben geht. Vorzugsweise wird der poröse Körper **38** durch den Halter **32** auf einem abwärts führenden Halter **42** aufgehängt und innerhalb eines Konsolidierungsofens **44** positioniert. Das vom Halter **32** entfernte Ende der Mittellinienöffnung **40** wird vorzugsweise vor dem Positionieren des porösen Körpers **38** innerhalb des Konsolidierungsofens **44** mit einem Bodenstopfen **46** versehen. Der poröse Körper **38** wird vorzugsweise chemisch getrocknet, beispielsweise durch das Aussetzen des porösen Körpers **38** einer chlorhaltigen Atmosphäre mit einer erhöhten Temperatur innerhalb des Konsolidierungsofens **44**. Die chlorhaltige Atmosphäre **48** entfernt effektiv Wasser und andere Fremdstoffe aus dem porösen Körper **38**, welche andernfalls eine unerwünschte Wirkung auf die Eigenschaften des aus dem porösen Körper **38** gefertigten optischen Wellenleiter hätte. In einem durch OVD gebildeten porösen Körper **38** fließt das Chlor ausreichend durch den Ruß, um die gesamte Vorform, einschließlich dem die Mittellinienöffnung **40** umgebenden Bereich effektiv zu trocknen. Nach dem Schritt des chemischen Trocknens wird die Ofentemperatur auf eine Temperatur erhöht, welche zum Konsolidieren der Rußvorform in eine gesinterte Glasvorform ausreicht, vorzugsweise 1500°C. Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung, wird die Mittellinienöffnung **40** entweder während des Konsolidierungsschrittes oder nach demselben unter Zuständen geschlossen, welche geeignet sind, um einen festen, gesinterten Glaskörper zu ergeben, welcher weiterbearbeitet werden kann, um eine optische Wellenleiterfaser zu bilden, welche eine optische Abschwächung von weniger als 0,35 dB/km und vorzugsweise weniger als 0,31 dB/km mit einer Wellen-

länge von 1380 nm aufweist. In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Mittellinienabschnitt **24** einen OH-Gehalt eines gewogenen Mittelwertes von weniger als ca. 1 ppb auf.

[0036] In der Vergangenheit und wie zuvor in dieser Anmeldung beschrieben, wurde die Glasvorform nach dem chemischen Trocknen und der Konsolidierung üblicherweise einer wasserhaltigen Umwelt, wie beispielsweise der Umgebungsatmosphäre, z.B. ausgesetzt, wenn die Glasvorform aus dem Konsolidierungssofen entfernt und für weitere Bearbeitungsschritte zu einem Ofen zum erneuten Ziehen bewegt wurde. Die unter Verwendung solcher Vorformen gefertigten optischen Wellenleiterfasern wiesen unveränderlich äußerst hohe Pegel der optischen Abschwächung im 1380 nm Fenster auf. Es wurde inzwischen festgestellt, dass diese hohe Abschwächung, welche allgemein als „Wasserhöchstwert“ bekannt ist, zum größten Teil aufgrund der Absorption des Wassers durch den Abschnitt der Glasvorform besteht, welcher die Mittellinienöffnung vor dem Schließen der Mittellinienöffnung umgibt. Tatsächlich wird nun erkannt, dass das physikalisch absorbierte Wasser (OH_2) und das chemisch absorbierte Wasser (Beta OH) im Glas, welches die Mittellinienöffnung bindet, sich im Wesentlichen sofort ergibt, wenn das Glas einer Atmosphäre ausgesetzt wird, welche eine Wasserstoffbindung, wie beispielsweise Wasser (H_2O) beinhaltet, aber nicht auf Wasser beschränkt ist. Je größer die Aussetzzeit ist, desto höher ist zudem die durch das Glas absorbierte Wassermenge. Folglich wird jede Aussetzung einer Umgebungsatmosphäre oder irgendeiner wasserstoffbindungshaltigen Atmosphäre, egal wie kurz die Zeitdauer ist, den Abschnitt der Glasvorform erneut benetzen, welcher die Mittellinienöffnung bindet. Solch ein erneutes Benetzen liefert die Fremdstoffe, welche den Wasserhöchstwert verursachen, welchen optische Wellenleiterfasern aufweisen, welche unter Verwendung der üblichen Bearbeitungstechniken zur Faserherstellung aus Vorformen hergestellt wurden, welche durch ein OVD-Verfahren gebildet wurden.

[0037] Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung findet das Schließen der Mittellinienöffnung unter Zuständen statt, welche geeignet sind, um zu einem festen Glaskörper zu führen, welcher zum Herstellen einer optischen Wellenleiterfaser verwendet werden kann, welche eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer Wellenlänge von 1380 nm aufweist. Insbesondere wird das Aussetzen der Mittellinienöffnung einer wasserstoffbindungshaltigen Atmosphäre nach den Schritten des chemischen Trocknens und Konsolidierens des porösen Körpers verhindert und die Mittellinienöffnung kann vor dem Schließen der Mittellinienöffnung nicht erneut benetzt werden.

[0038] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann das

erneute Benetzen des Glases, welches die Mittellinienöffnung bindet, durch das Schließen der Mittellinienöffnung während der Konsolidierung erheblich verringert werden.

[0039] Wie in [Fig. 4A](#) veranschaulicht, werden der Bodenstopfen **46** und der Oberseitenstopfen **54** vor dem Positionieren des porösen Körpers **38** innerhalb des Konsolidierungssofens in die gegenüberliegenden Enden der Mittellinienöffnung **40** eingeführt. Wie in [Fig. 4B](#) gezeigt, weist der Oberseitenstopfen **54** einen vergrößerten Abschnitt **56**, welcher innerhalb des Halters **32** gehalten wird, und einen schmalen Abschnitt **58** auf, welcher sich in die Mittellinienöffnung **40** erstreckt. Nach dem chemischen Trocknen, beispielsweise unter Verwendung von Chlor, wird der poröse Körper **38** nach unten in den heißen Bereich des Konsolidierungssofens **44** gefahren. Wenn der poröse Körper **38** in den heißen Bereich gelangt, sintert er zunehmend, schließt zuerst den Bodenstopfen **46** und schließlich den Oberseitenstopfen **54** und dichtet dadurch die Mittellinienöffnung **40** ab. Da das Abdichten der Mittellinienöffnung während der Konsolidierung auftritt, wird eine heliumhaltige Edelgasatmosphäre **50** innerhalb des Konsolidierungssofens **44** innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung eingefangen sein. Folglich wird die gesinterte Glasvorform einer erhöhten Temperatur für eine Zeitdauer ausgesetzt, welche ausreicht, um das Edelgas aus der Mittellinienöffnung **40** zu diffundieren. Die Diffusion wird vorzugsweise in einem Warmhalteofen ausgeführt, aber die Diffusion könnte auch innerhalb des Konsolidierungssofens ausgeführt werden. Die Diffusion des Edelgases aus der Mittellinienöffnung **40** verringert den Druck innerhalb der Mittellinienöffnung **40** auf einen Druck, welcher geringer als der Druck außerhalb des gesinterten Glaskörpers ist, und bildet dadurch ein passives Vakuum innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung **40**.

[0040] In einer bevorzugteren Ausführungsform ist der Glasstopfen **46** in der Mittellinienöffnung **40** an dem vom Halter **32** entfernten Ende des porösen Körpers **38** positioniert und ein hohles, rohrförmiges Glaselement oder Breakware **60** mit einem offenen Ende, welches zum Stopfen **46** weist, ist in der Mittellinienöffnung **40** gegenüber dem Stopfen **46** positioniert, wie in [Fig. 5A](#) gezeigt. Wie oben in Bezug auf [Fig. 4A](#) beschrieben wurde, wird der poröse Körper **40** nach dem Chlortrocknen nach unten in den heißen Bereich des Konsolidierungssofens **44** gefahren, um die Mittellinienöffnung **40** abzudichten und den porösen Körper **38** in eine gesinterte Glasvorform zu konsolidieren. Dies kann durch das Abdichten sowohl der oberen als auch unteren Mittellinienöffnung **40** mit einem Durchlauf des porösen Körpers **38** durch den heißen Bereich gefolgt von einer Diffusion des Edelgases aus der Mittellinienöffnung **40** mit einer erhöhten Temperatur vorzugsweise in einem Warmhalteofen durchgeführt werden, um ein passi-

ves Vakuum innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung **40** zu bilden. Wie in [Fig. 5B](#) gezeigt, weist das Breakware **60**, wie der oben beschriebene Oberseitenstopfen **54** einen vergrößerten Abschnitt **62** zum Tragen des Breakwares **60** innerhalb des Halters **32** und einen schmalen Abschnitt **64** auf, welcher sich in die Mittellinienöffnung **40** des porösen Körpers **38** erstreckt. Im Gegensatz zum Oberseitenstopfen **54** beinhaltet das Breakware **60** vorzugsweise einen verlängerten, hohlen Abschnitt **66**, welcher einen wesentlichen Abschnitt des Halters **32** besetzt. Der hohle Abschnitt **66** liefert ein zusätzliches Volumen zur Mittellinienöffnung **40** und liefert dadurch ein besseres Vakuum innerhalb der Mittellinienöffnung **40** nach der Diffusion des Edelgases.

[0041] Wie oben und anderswo hierin beschrieben sind der Bodenstopfen **46**, Oberseitenstopfen **54** und das Breakware **60** vorzugsweise Glasstopfen mit einem Wassergehalt von weniger als ca. 30 ppm Nebenlast, wie beispielsweise Quarzglasstopfen, und bevorzugter weniger als 5 ppb Nebenlast, wie beispielsweise chemisch getrocknete Siliziumoxidstopfen. Üblicherweise werden solche Stopfen in einer chlorhaltigen Atmosphäre getrocknet, aber Atmosphären, welche andere chemische Trockenmittel beinhalten, sind ebenso anwendbar. Idealerweise werden die Glasstopfen einen Wassergehalt von weniger als 1 ppb Nebenlast aufweisen. Zudem sind die Glasstopfen vorzugsweise dünnwandige Stopfen, welche eine Stärke im Bereich von ca. 200 µm bis ca. 2 mm aufweisen. Da die vorliegende Erfindung auf die Diffusion des Edelgases aus der Mittellinienöffnung angewiesen ist, nachdem die Mittellinienöffnung abgedichtet wurde, um ein passives Vakuum innerhalb der Mittellinienöffnung zu erzeugen, können die dünnwandigen Glasstopfen eine schnelle Diffusion des Edelgases aus der Mittellinienöffnung ermöglichen. Je dünner der Stopfen/das Breakware, desto höher die Diffusionsrate.

[0042] Nach den oben beschriebenen Schritten können die gesinterten Glasvorformen aus dem Konsolidierungsöfen **44** entnommen werden und danach zur weiteren Bearbeitung zu einer späteren Zeit gelagert werden, vorzugsweise innerhalb eines Warmhalteofens, oder innerhalb eines Ofens zum erneuten Ziehen positioniert werden, in welchem Glasvorformen, wenn erwünscht, in einen zylindrischen Glaskörper mit einem verkleinerten Durchmesser gezogen werden können, wie beispielsweise ein Kernrohr. Da die gesinterten Glasvorformen, welche unter Verwendung der in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 5A](#) veranschaulichten Verfahren gebildet wurden, abgedichtete Mittellinienöffnungen aufweisen, sind die Mittellinienöffnungen für die Umgebungsatmosphäre oder jede andere Umwelt bzw. Umgebung nicht erreichbar, welche eine wasserstoffhaltige Bindung aufweist. Folglich werden die Mittellinienöffnungen der gesinterten Glasvorformen während der Lagerung und/oder un-

terwegs zum Ofen zum erneuten Ziehen trocken bleiben.

[0043] Beim erneuten Ziehen werden die gesinterten Glasvorformen, welche wie oben beschrieben gebildet sind, innerhalb eines Ofens **68** durch abwärts führende Halter **42** aufgehängt, wie in den [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) veranschaulicht. Die Temperatur innerhalb des Ofens **68** wird auf eine Temperatur erhöht, welche zum Strecken der Glasvorformen ausreicht, vorzugsweise ca. 1950°C bis ca. 2100°C, und dadurch die Durchmesser der Vorformen verkleinert, um einen zylindrischen Glaskörper, wie beispielsweise ein Kernrohr, zu bilden. Wie in [Fig. 6A](#) gezeigt, wird die gesinterte Glasvorform **78**, welche dem in [Fig. 4A](#) gezeigten porösen Körper **38** entspricht, erhitzt und gestreckt, um ein verkleinertes Kernrohr **74** mit einem Mittellinienbereich **76** zu bilden. Die gesinterte Glasvorform **78** beinhaltet eine Mittellinienöffnung **40**, welche sich schließt, um während des Verfahrens des erneuten Ziehens einen Mittellinienbereich **76** zu bilden. Der verringerte Druck, welcher innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung **40** aufrechterhalten und während der Konsolidierung auf passive erzeugt wird, ist im Allgemeinen ausreichend, um ein vollständiges Schließen der Mittellinienöffnung **40** während des erneuten Ziehens zu ermöglichen. Wie in [Fig. 6B](#) gezeigt, wird die gesinterte Glasvorform **80**, welche dem in [Fig. 5A](#) gezeigten porösen Körper **38** entspricht, auch erhitzt und gestreckt, um ein Kernrohr **74** mit einem verkleinerten Durchmesser zu bilden, welches einen Mittellinienbereich **76** aufweist. Wieder ist der verringerte Druck, welcher innerhalb der abgedichteten Mittellinienöffnung **40** aufrechterhalten und während der Konsolidierung passiv erzeugt wird, im Allgemeinen ausreichend, um ein vollständiges Schließen der Mittellinienöffnung **40** während des erneuten Ziehens zu ermöglichen. Zudem wird das Schließen der Mittellinienöffnung **40** mit diesem Ansatz als ein Ergebnis des zusätzlichen Volumens verbessert, mit welchem die Mittellinienöffnung **40** durch den hohlen, verlängerten Abschnitt **66** des Breakwares **60** versehen wird. Da das Volumen der Mittellinienöffnung **40** aufgrund des progressiven Schließens der Mittellinienöffnung beim erneuten Ziehen abnimmt, versieht der verlängerte Abschnitt **66** des Breakwares **60** die Mittellinienöffnung **40** mit einem zusätzlichen Volumen, so dass ein adäquates Volumen verfügbar ist, um ein ausreichendes Vakuum innerhalb der Mittellinienöffnung **40** aufrecht zu erhalten, und ermöglicht dadurch ein vollständiges Schließen der Mittellinienöffnung.

[0044] Das Kernrohr mit dem verkleinerten Durchmesser, von welchem ein Abschnitt vorzugsweise einen Mantel bildet und welches durch eine der oben beschriebenen Ausführungsformen erzeugt wurde, kann überzogen und anschließend in eine optische Wellenleiterfaser mit einem durch ein Mantelglas gebundenen mittleren Kernabschnitt gezogen werden.

Aufgrund des geringen OH-Gehalts eines gewogenen Mittelwertes des Mittellinienbereiches weist die optische Wellenleiterfaser eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,35 dB/km mit jeder Wellenlänge innerhalb eines Wellenlängenbereiches von ca. 1300 nm bis ca. 1650 nm auf. Zudem weist die optische Wellenleiterfaser eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer gemessenen Wellenlänge von 1380 nm auf.

[0045] [Fig. 7](#) veranschaulicht die grafische Darstellung **102** der spektralen Abschwächung einer optischen Wellenleiterfaser, welche durch das Einführen eines Kernrohres oder Stabs mit einem verkleinerten Durchmesser, was nach der Erfindung gemäß der hierin in Bezug auf [Fig. 4A](#) beschriebenen Ausführungsform außer des Verwendens vielmehr eines aktiven Vakuums als dem passiven Vakuum nach der Erfindung gemacht wird, in ein Rußmantelrohr gemäß dem Stab-im-Ruß-Rohrverfahren der Faserherstellung hergestellt ist. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, weist die sich ergebende optische Wellenleiterfaser eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer Wellenlänge von 1380 nm auf. Wie durch die grafische Darstellung **104** der spektralen Abschwächung bewiesen, wurde folglich der Wasserhöchstwert **106**, welcher durch eine optische Wellenleiterfaser aufgewiesen wird, welche durch ein herkömmliches Herstellungsverfahren aus einer OVD-Vorform hergestellt wurde, im Wesentlichen beseitigt. Obwohl nicht in [Fig. 7](#) gezeigt, wird jemanden mit technischen Fähigkeiten klar sein, dass die Darstellungen der spektralen Abschwächung, welche der Darstellung **102** der spektralen Abschwächung ähneln, von anderen optischen Wellenleiterfasern erhalten werden können, welche einen zylindrischen Glaskörper beinhalten, welcher nach der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde.

[0046] Wie in [Fig. 8](#) gezeigt, kann die optische Faser **108**, welche gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, einen Teil eines Lichtwellenleiter-Kommunikationssystems **110** bilden. Das Lichtwellenleiter-Kommunikationssystem **110** beinhaltet allgemein einen Sender **112**, einen Empfänger **114** und eine optische Wellenleiterfaser **108** zum Übertragen eines optischen Signals zwischen dem Sender **112** und Empfänger **114**. Innerhalb des Lichtwellenleiter-Kommunikationssystems **110** weist die optische Wellenleiterfaser **108** eine optische Abschwächung von weniger als ca. 0,31 dB/km mit einer gemessenen Wellenlänge von 1380 nm auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Glasrohlings zur Verwendung bei der Herstellung einer optischen Wellenleiterfaser, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Bereitstellen eines zylindrischen, porösen Kieselsäu-

re-basierten Glaskörpers mittels eines OVD-Prozesses mit einem Mittellinienloch bzw. eine Mittellinienöffnung, welches bzw. welche sich axial dazu erstreckt;

Einfügen eines ersten und zweiten Stempels in gegenüberliegende Enden des Mittellinienloches;
Positionieren des porösen Körpers in einem Schmelzofen, der ein Edelgas aufweist, das Helium beinhaltet;

Trocknen des porösen Körpers;

Sintern des porösen Körpers, um den ersten und zweiten Stempel abzuschließen, um dadurch einen gesinterten Glasrohling mit einem verschlossenen Mittellinienloch zu formen und Einfangen von Helium in dem verschlossenen Mittellinienloch; und

Erhitzen des gesinterten Glasrohlings bei einer Temperatur und über eine Zeit, welche ausreichend sind, um ein passives Vakuum innerhalb des verschlossenen Mittellinienloches auszubilden, wobei das passive Vakuum durch Diffusion der Edelgasatmosphäre aus dem Mittellinienloch ausgebildet wird, so dass der Druck darin geringer als der Druck außerhalb des gesinterten Glaskörpers wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zumindest einer der Stempel ein chemisch getrockneter Glasstempel ist, der einen OH-Gehalt von weniger als 30 ppm am Gewicht hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest einer der Stempel ein chemisch getrockneter Glasstempel ist, der einen OH-Gehalt von weniger als 5 ppb am Gewicht hat.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zumindest einer der Stempel ein chemisch getrockneter Glasstempel ist, der einen OH-Gehalt von weniger als 1 ppb am Gewicht hat.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zumindest einer der Stempel einen hohlen, verlängerten Abschnitt aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der verlängerte Körper eine Dicke von weniger als 2 mm hat.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der verlängerte Körper eine Dicke von 200 µm bis 2 mm hat.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiter aufweisend ein Erhitzen und ein Ziehen des gesinterten Glasrohlings in einen Glasrohling reduzierten Durchmessers.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Mittellinienloch bzw. die auf der Mittellinie befindliche Öffnung sich verschließt, wenn der gesinterte Glasrohling erhitzt und zu dem Glasrohling reduzierten

Durchmessers gezogen wird.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

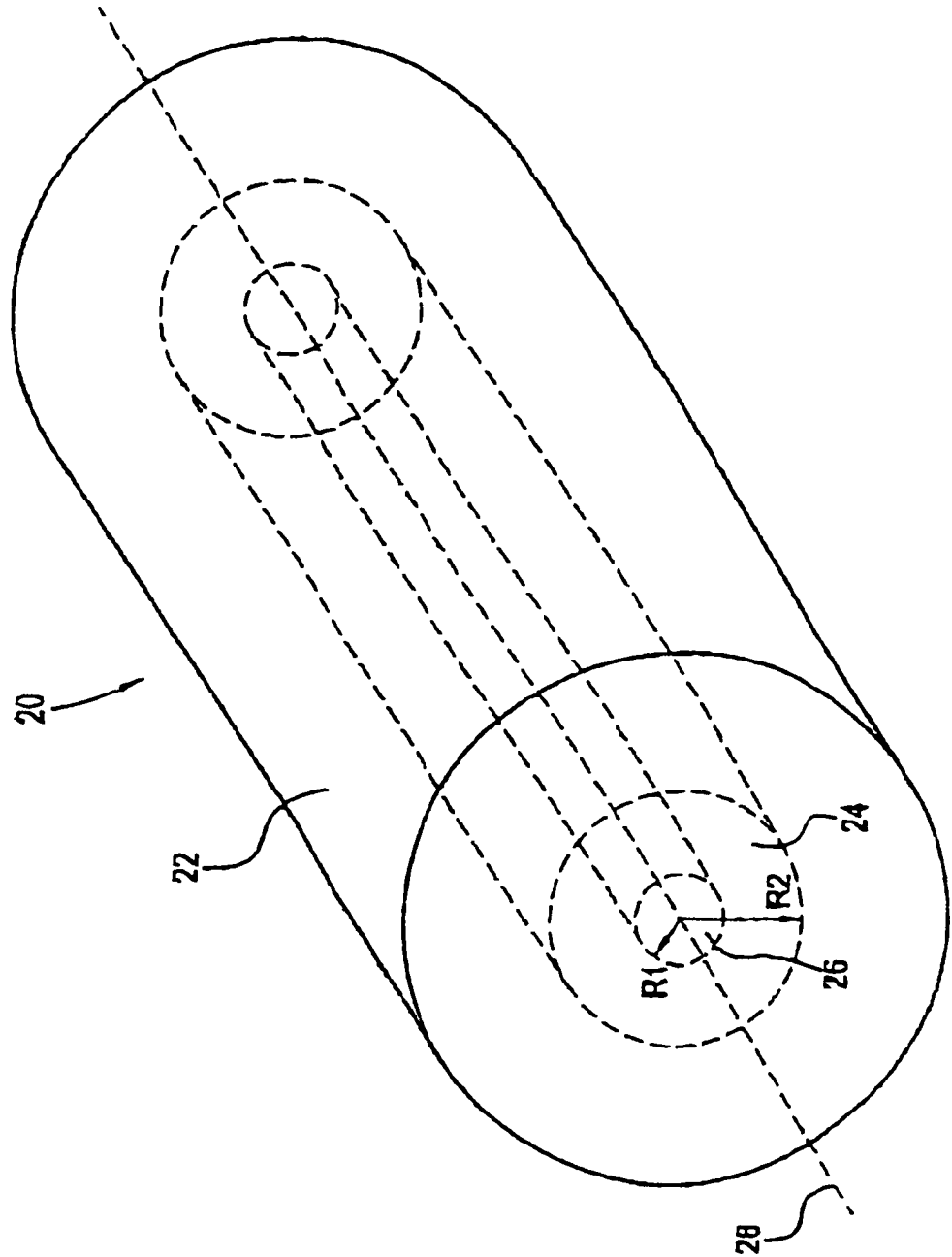


FIG. 2

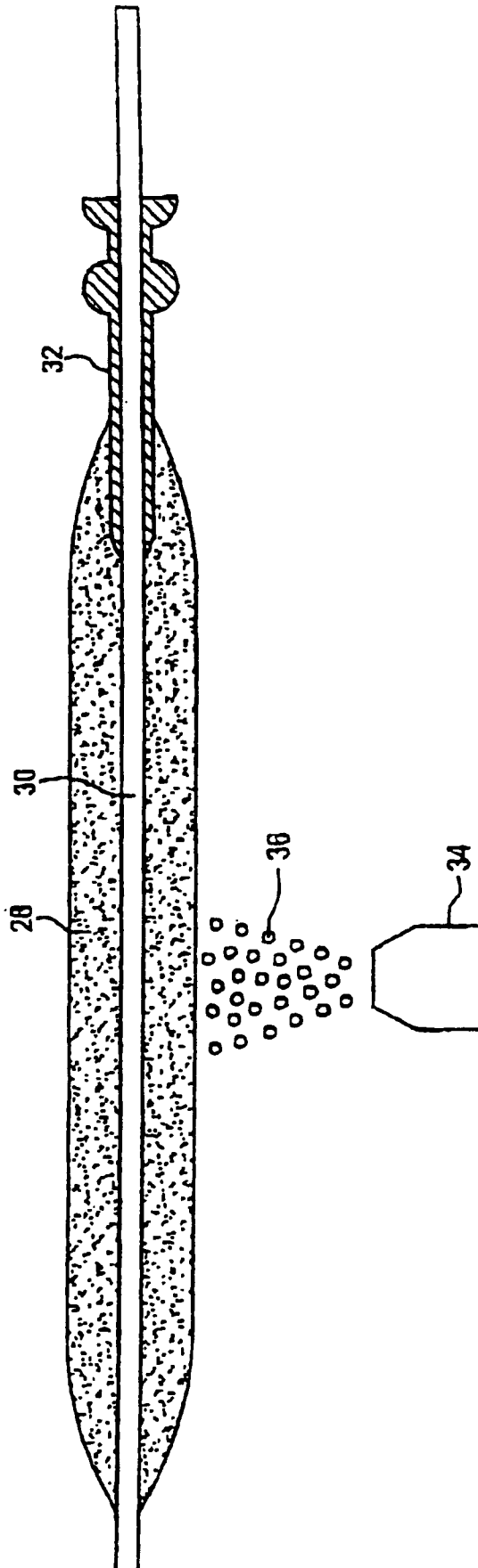


FIG. 3

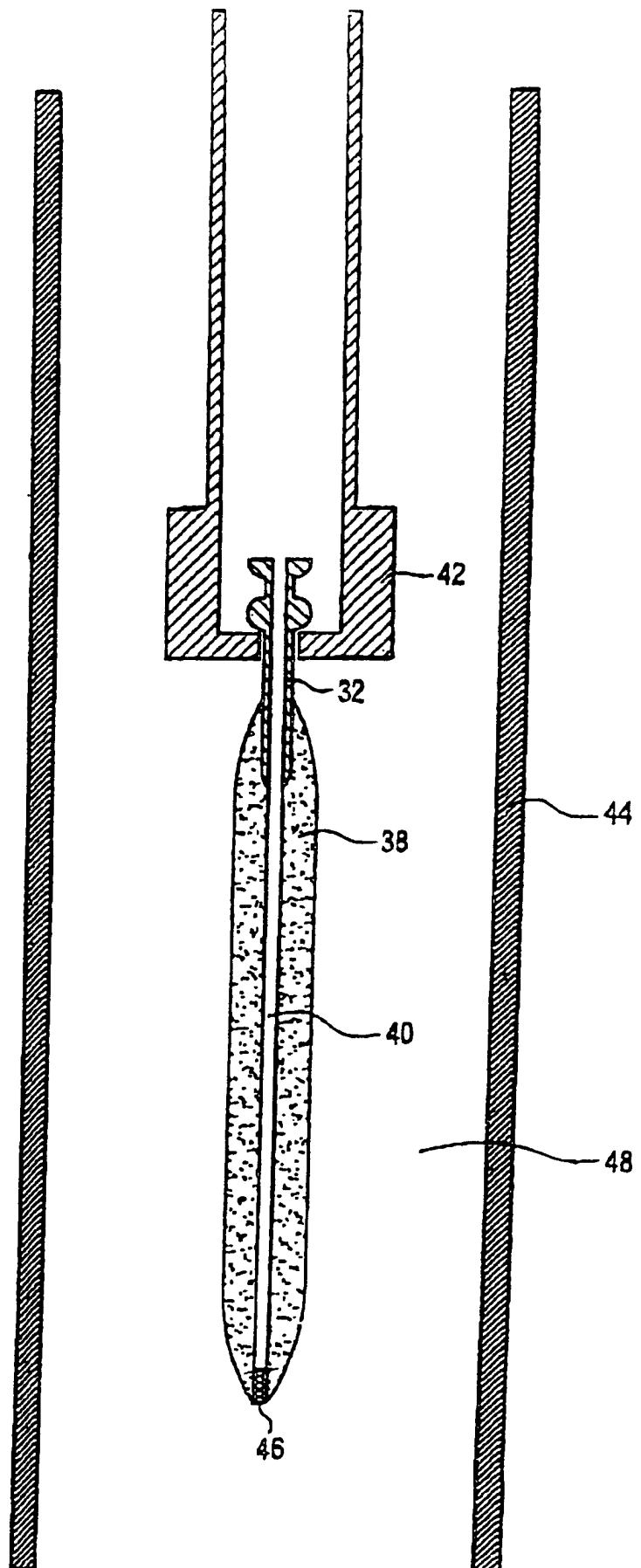


FIG. 4A

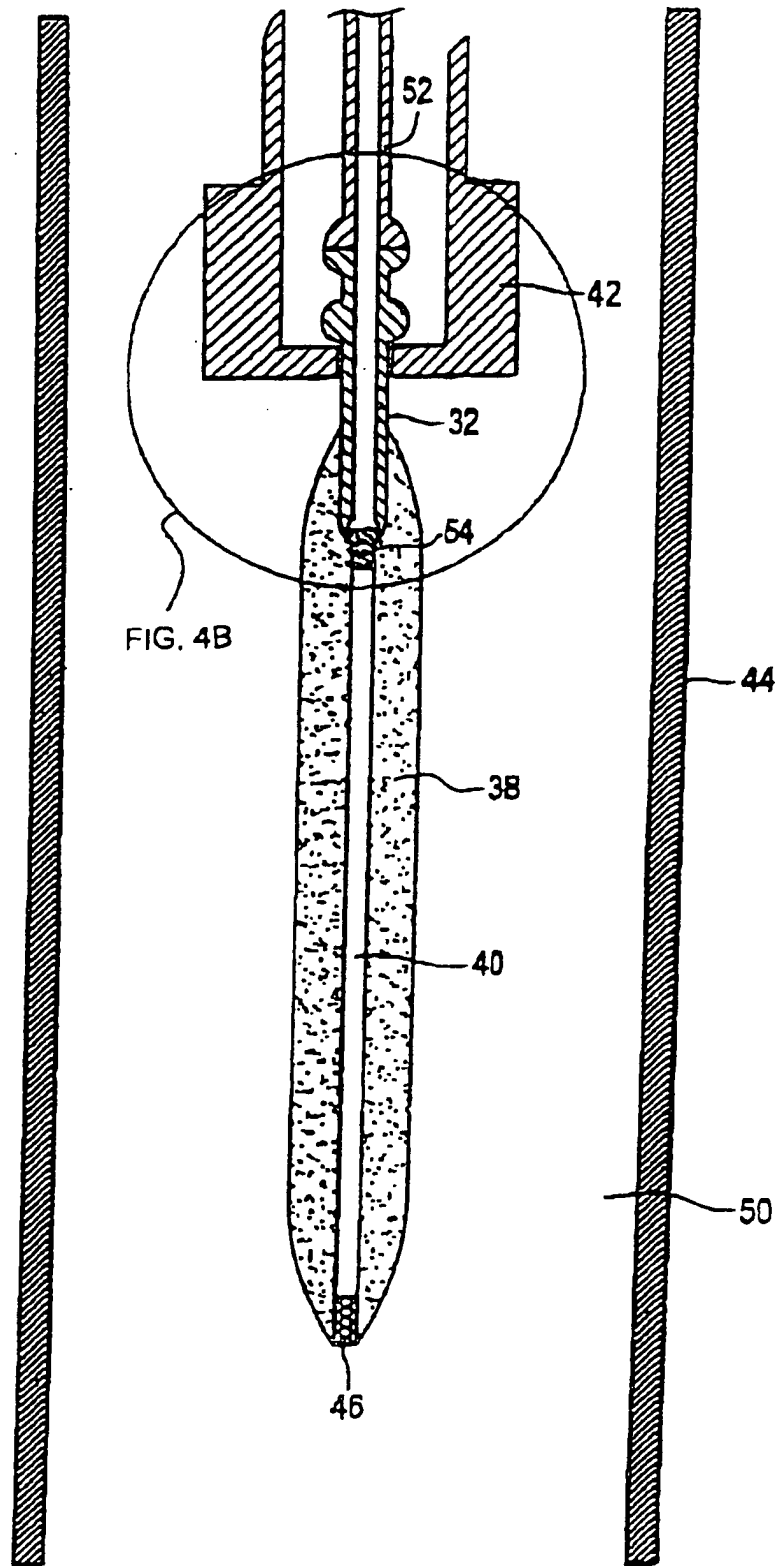


FIG. 4B

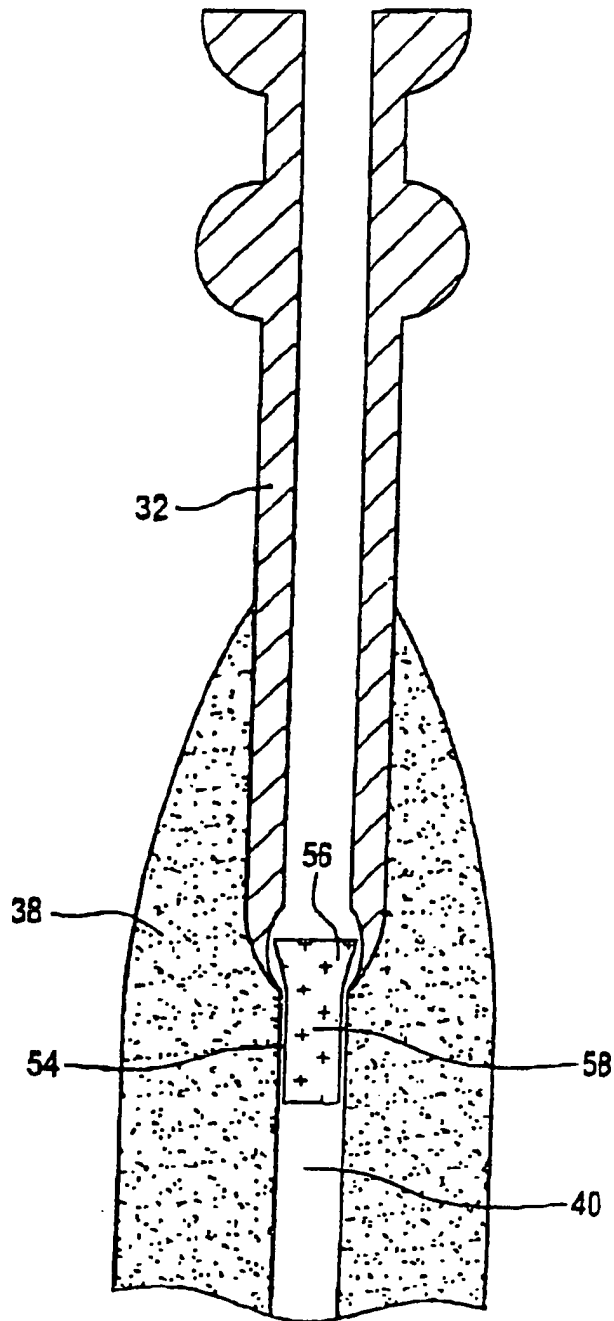


FIG. 5A

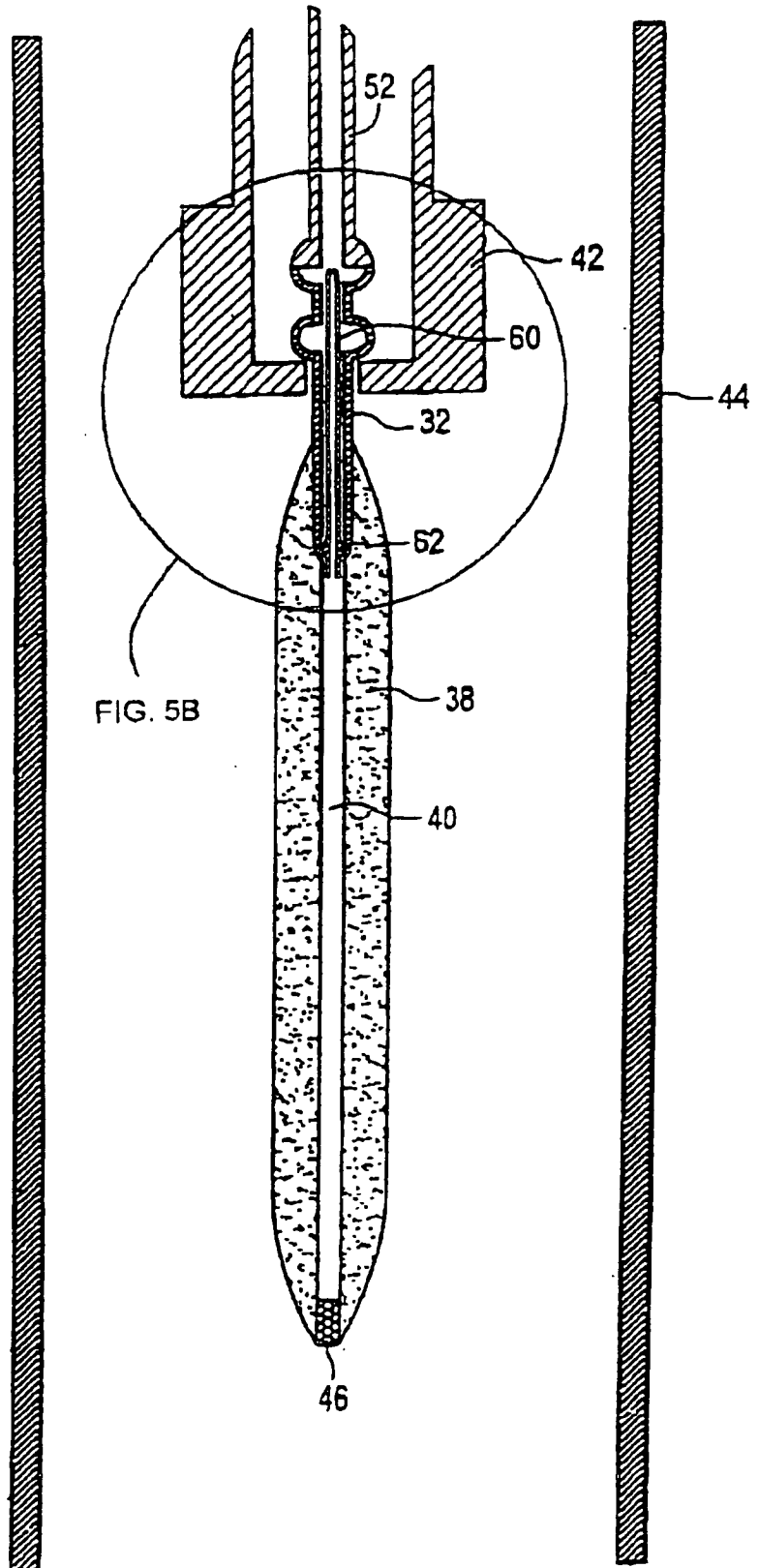


FIG. 5B

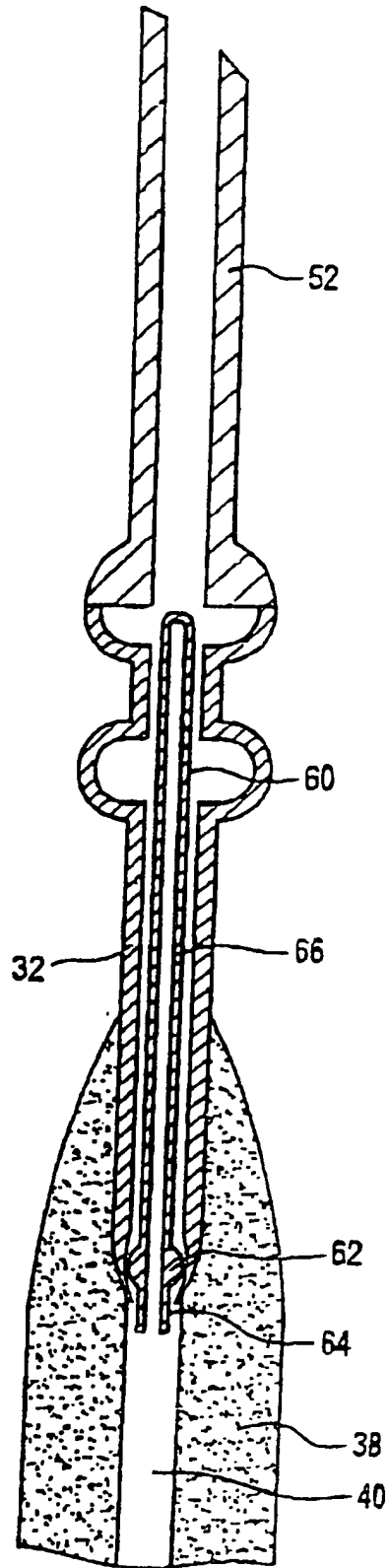


FIG. 6A

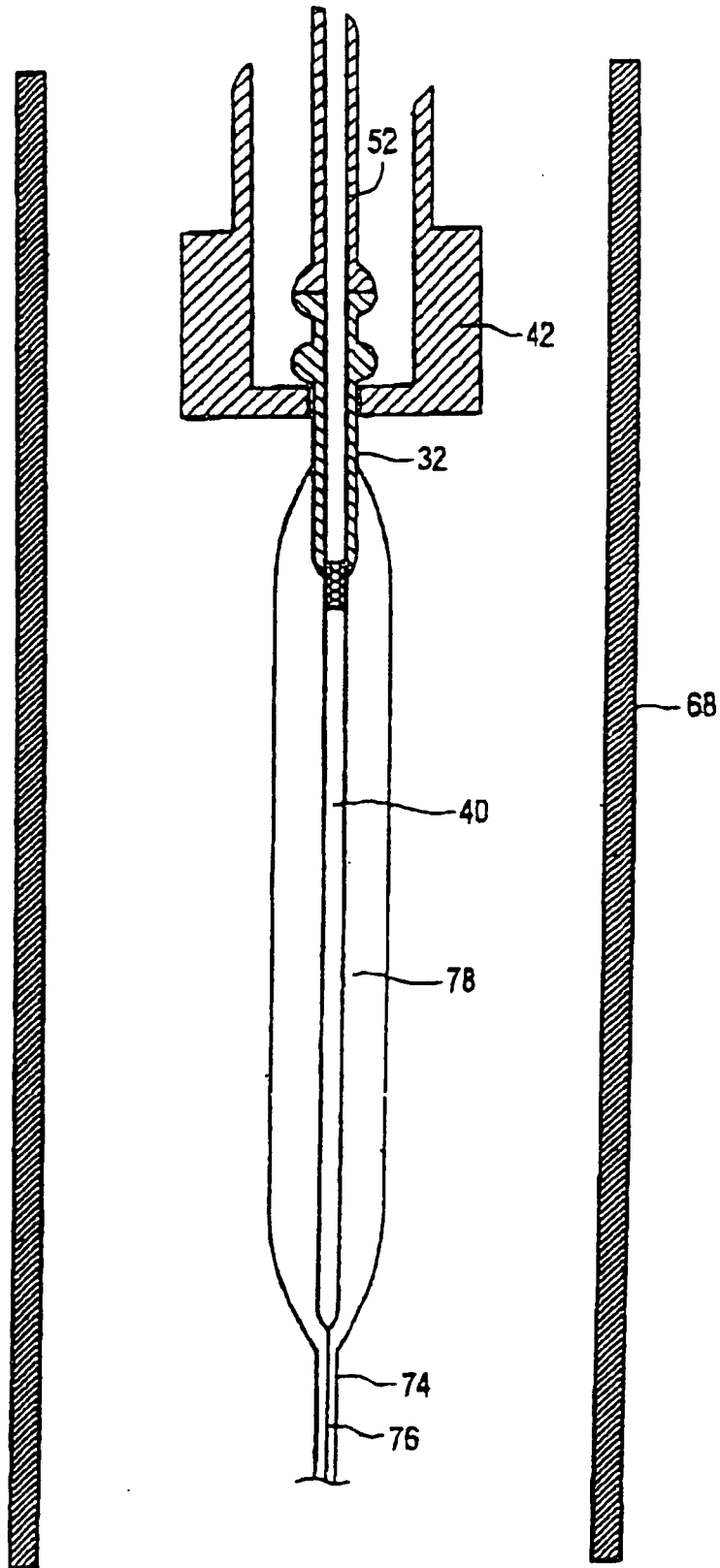


FIG. 6B

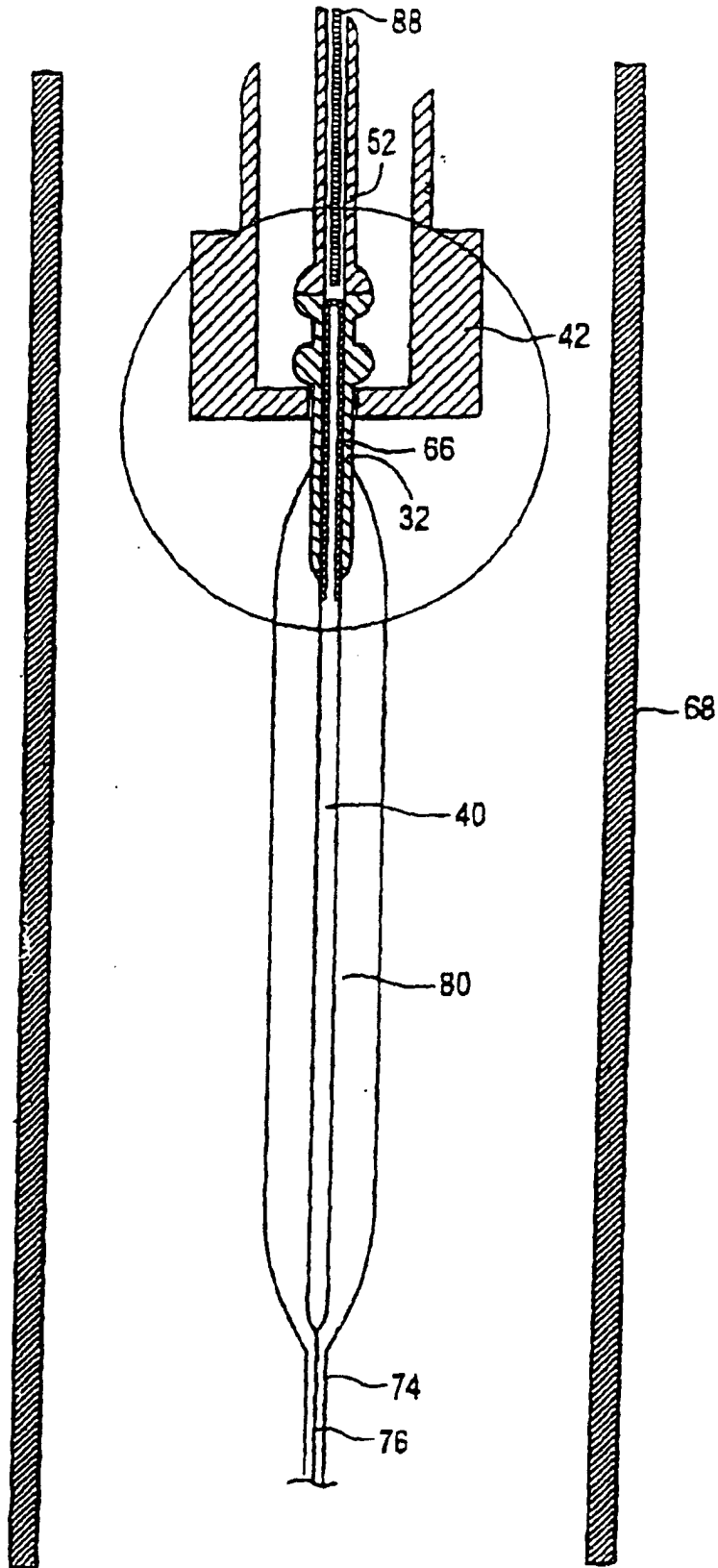


FIG. 7

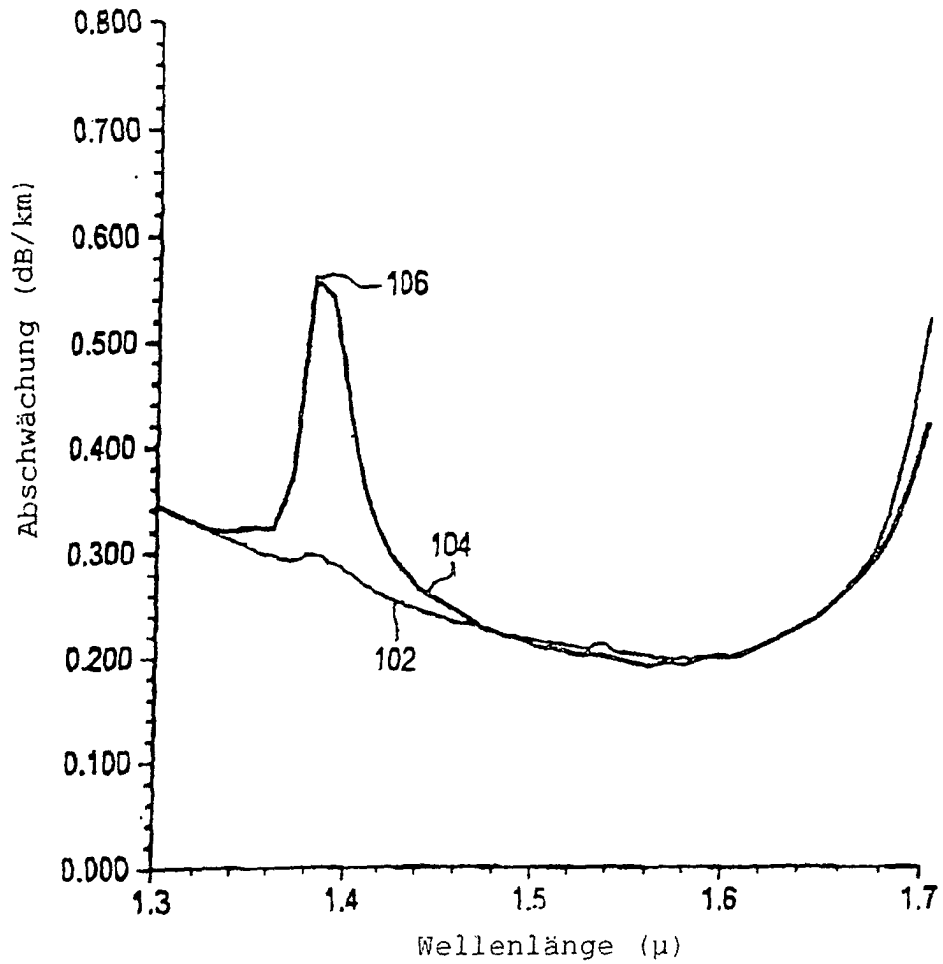


FIG. 8

