República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1101501-2 B1

(22) Data do Depósito: 08/04/2011

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA INICIAL PARA FIBRAS ÓTICAS, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA FINAL PARA FIBRAS ÓTICAS E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA FIBRA ÓTICA

(51) Int.Cl.: C03C 17/02; C03C 17/245.

(30) Prioridade Unionista: 13/04/2010 NL 2004546.

(73) Titular(es): DRAKA COMTEQ B.V..

(72) Inventor(es): MILICEVIC, IGOR; ALDEA, EUGEN; KUIJPERS, ERIC ALOYSIUS; VAN STRALEN, MATTHEUS JACOBUS NICOLAAS; HARTSUIKER,JOHANNES ANTOON.

(57) Resumo: PROCESSO DE DEPOSIÇÃO INTERNA POR VAPOR. A presente invenção se refere a um processo de produção de uma pré-forma primária para fibras óticas usando um processo de deposição interna por vapor, compreendendo as etapas de: i) fornecer um tubo de substrato de vidro oco tendo um lado de admissão e um lado de descarga; ii) envolver pelo menos parte do tubo oco de substrato de vidro por uma fornalha; iii) fornecer um fluxo de gás, dopado ou não dopado, de gases formadores de vidro para o interior do tubo oco de substrato de vidro através do lado de admissão; iv) criar uma zona de reação na qual são criadas condições tais que a deposição de vidro vai ter lugar no interior do tubo de vidro oco; e v) deslocar a zona de reação em avanço e recuo na direção longitudinal por sobre o tubo oco de substrato de vidro entre um ponto de inversão situado próximo ao lado de admissão e um ponto de inversão situado próximo ao lado de descarga do tubo oco de substrato de vidro.

MÉTODO PARA FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA INICIAL PARA FIBRAS ÓTICAS, MÉTODO DE FABRICAÇAO DE UMA PRÉ-FORMA FINAL PARA FIBRAS ÓTICAS E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA FIBRA ÓTICA

[001] A presente invenção se refere a um método para fabricação de uma pré-forma inicial para fibras óticas por um processo de deposição interna a vapor com as etapas de:

[002] i) proporcionar um tubo substrato de vidro oco, tendo um lado de suprimento e um lado de descarga;

[003] ii) envolver pelo menos uma parte do tubo substrato de vidro oco por um dispositivo de forno;

[004] iii) suprir um fluxo de gás, dopado ou não-dopado, de gases formadores de vidro, ao interior do tubo substrato de vidro oco, através do lado de suprimento do mesmo;

[005] iv) criar uma zona reacional, de modo que sejam proporcionadas condições, para que ocorra deposição de vidro no interior do tubo substrato de vidro oco; e

[006] v) movimentar a zona reacional de um lado para o outro, na direção longitudinal do tubo substrato de vidro oco, entre um ponto de reversão localizado próximo do lado de suprimento, e um ponto de reversão localizado próximo do ponto de descarga, do referido tubo substrato de vidro oco.

[007] A presente invenção se refere ainda a um método de fabricação de uma pré-forma final para fibras óticas.

[008] A presente invenção se refere ainda a um método de fabricação de uma fibra ótica.

[009] Um método conhecido é descrito no Pedido de Patente U.S. No. 2005/0000253. Mais particularmente, o dito Pedido de Patente divulga um processo de deposição interna a vapor, de acordo com a tecnologia PCVD, em que um tubo substrato de vidro é parcial ou completamente envolvido por

uma cavidade ressonante, ao longo de seu eixo cilíndrico, e em que é fornecida uma mistura gasosa compreendendo O_2, $SiCl_4$, e $GeCl_4$ ao tubo substrato de vidro. Na dita cavidade ressonante, é produzido um plasma local, provocando uma reação entre os componentes da mistura gasosa no interior do tubo substrato, formando SiO_x, principalmente dopado com germânio. A cavidade ressonante se movimenta de um lado para o outro ao longo do eixo cilíndrico do tubo substrato, de modo que o dito tubo é internamente revestido com camadas de vidro. O dito Pedido de Patente dos Estados Unidos divulga ainda a possibilidade de adicionar freon (C_2F_6) a mistura gasosa, para reduzir a formação de grupos hidroxila no vidro depositado.

[010] O documento de patente do Japão, JP 2000-327360, se refere a um método MCVD para a fabricação de uma pré-forma de fibras óticas, em cujo método a matéria gasosa que circula no tubo de quartzo é aumentada, um pouco antes de uma fonte de calor atingir um ponto de reversão próximo do lado da bomba, e em que a temperatura da fonte de calor retornando do ponto inicial do tubo substrato é aumentada, a fim de aquecer o tubo substrato apenas na direção em que os compostos gasosos circulam através do interior do dito tubo substrato.

[011] O documento de patente U.S. No. 2009/004404 se refere a um método para fabricação de uma pré-forma para fibras óticas, no qual o processo de deposição é interrompido, ao se realizar pelo menos uma etapa intermediária, em que a etapa intermediária compreende o suprimento de um gás de cauterização ao lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco.

[012] O documento de patente U.S. No. 2005/081566 se refere a um método para fabricação de uma pré-forma moldada de barra para fibras óticas, em cujo método a quantidade de composto de flúor que é suprida ao interior do tubo substrato é aumentada de pelo menos 10% ao final da deposição, após o que o tubo substrato é submetido a um tratamento térmico, de modo que a difusão de flúor ocorra a partir das camadas de vidro depositadas.

[013] O documento de patente JP 56-104735 se refere a um método de fabricação de uma fibra ótica por meio de raio infravermelho.

[014] Uma fibra ótica consiste de um núcleo e uma camada externa envolvendo o dito núcleo, cuja camada externa é também referida como "cladding".

[015] O núcleo pode ser feito de uma ou mais camadas concêntricas, mutuamente diferentes, dependendo das propriedades óticas exigidas da fibra ótica. Pelo menos uma parte do núcleo, normalmente, apresenta um índice refrativo mais alto do que o chapeamento, de modo que a luz pode ser transportada através da fibra ótica, principalmente, através do núcleo da mesma.

[016] Para uma fibra ótica feita de vidro, o índice refrativo mais alto do núcleo pode ser obtido mediante dopagem do vidro do núcleo com um dopante de aumento de índice refrativo, como, por exemplo, germânio. No vidro, o germânio está principalmente presente na forma de Ge02. Também, é possível dopar o núcleo com um dopante de aumento de índice refrativo, assim como, com um dopante de diminuição de índice refrativo, em cujo caso as proporções relativas dos ditos dopantes são estabelecidas de modo que o índice refrativo

exigido seja obtido. Particularmente, o flúor é usado como dopante de diminuição de índice refrativo.

[017] Durante o transporte de luz através da fibra ótica, diversos fatores causam a diminuição da intensidade do sinal (capacidade ótica). Essa diminuição é referida como "atenuação" e pode ser expressa por um coeficiente de atenuação (dB/km).

[018] Uma primeira causa da ocorrência de atenuação é a chamada difusão de Rayleigh, que depende, em particular, da quantidade e do tipo de dopantes no núcleo da fibra ótica. Devido à dita difusão de Rayleigh, um sinal de luz transportado através de uma fibra ótica compreendendo uma quantidade relativamente alta de dopante de germânio no núcleo será mais fortemente atenuado, do que um sinal de luz transportado através de uma fibra ótica compreendendo uma quantidade relativamente baixa de dopante de germânio.

[019] O grau em que a difusão de Rayleigh ocorre depende ainda do comprimento de onda. Mais particularmente, o grau da difusão de Rayleigh é proporcional a λ^{-4}, onde λ é o comprimento de onda. A difusão de Rayleigh causada pela dopagem de germânio é diversas vezes mais forte do que a difusão de Rayleigh causada pela dopagem de flúor.

[020] Uma segunda causa de atenuação é a presença de impurezas no vidro, cujas impurezas absorvem a luz em um ou mais específicos comprimentos de ondas. Em particular, a presença de grupos hidroxila, principalmente, presentes na forma de SiOH ou GeOH na fibra ótica é importante, pelo fato de que pelo menos um comprimento de onda de absorção está dentro da faixa de comprimento de onda na qual são usadas as fibras óticas, particularmente, as fibras óticas de modo único.

Mais particularmente, é observado um pico de absorção em um comprimento de onda de cerca de 1385 nm. O dito pico de absorção é também referido como um pico de água ou atenuação de água.

[021] A máxima extensão na qual um sinal ótico pode ser transportado por uma fibra ótica sem que seja amplificado depende, e é limitado, entre outros fatores, pelo grau com que o sinal ótico é atenuado.

[022] Consequentemente, existe uma necessidade de fibras óticas, nas quais a quantidade de impurezas, em particular, grupos hidroxila, seja minimizada.

[023] Além disso, existe uma necessidade de fibras óticas, nas quais a atenuação causada pela difusão de Rayleigh seja minimizada.

[024] Constitui um objeto da presente invenção, proporcionar um método para fabricação de uma pré-forma inicial para fibras óticas, usando um processo de deposição interna a vapor, no qual é possível induzir a quantidade de grupos hidroxila que é incorporada durante o processo de deposição interna a vapor.

[025] Outro objeto da presente invenção é proporcionar um método para fabricação de uma pré-forma inicial para fibras óticas, usando um processo de deposição interna a vapor, no qual a fibra ótica fabricada com base na pré-forma inicial tenha uma menor atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm, e em que a difusão de Rayleigh não seja adversamente afetada.

[026] Ainda outro objeto da presente invenção é proporcionar um método para fabricação de uma pré-forma inicial para fibras óticas, usando um processo de deposição interna a vapor, no qual a fibra ótica fabricada com base na pré-forma

inicial tenha uma menor atenuação de Rayleigh, e em que a atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm não seja adversamente afetada.

[027] Conforme descrito na presente introdução, a presente invenção é caracterizada pelo fato de que durante pelo menos parte da etapa (v), uma adicional quantidade de um gás, compreendendo um composto contendo flúor é fornecida ao interior do tubo substrato de vidro oco, através do lado de suprimento do mesmo, quando a zona reacional está localizada próximo de ou em um ponto de reversão.

[028] De acordo com a presente invenção, uma adicional quantidade de um gás compreendendo um composto contendo flúor é fornecida durante pelo menos parte da etapa (v), quando a zona reacional se encontra localizada próximo de ou no ponto de reversão do lado de descarga.

[029] A presente invenção também proporciona uma modalidade, na qual a quantidade adicional de gás é suprida quando a zona reacional se encontra localizada próximo de ou em cada um dos pontos de reversão, durante o processo de deposição, o que significa que uma adicional quantidade de gás é suprida no lado de suprimento e no lado de descarga, durante um movimento de um lado para o outro da zona reacional.

[030] Deve ser observado que a zona reacional não pode, em nenhum momento, se localizar próximo de ou em ambos os pontos de reversão, ao mesmo tempo.

[031] A expressão "quantidade adicional de gás compreendendo um composto contendo flúor" deve ser entendida com o significado de uma quantidade extra ou aumentada, em comparação com o fluxo de gás, dopado ou não-dopado, que é suprido durante o movimento da zona reacional entre os dois

pontos de reversão. Deve ser observado nesse sentido que o fluxo de gás, dopado ou não-dopado, suprido durante o movimento da zona reacional entre os dois pontos de reversão, pode, opcionalmente, compreender uma quantidade básica de um composto contendo flúor. Na presente invenção, os inventores imaginaram que a posição da zona reacional e a quantidade de composto contendo flúor são relevantes no processo de deposição. Mais particularmente, a posição da zona reacional nos dois pontos de reversão, cujos pontos de reversão são ambos alcançados pela zona reacional durante um curso, desempenha um importante papel, e é precisamente esta combinação de ponto de reversão/zona reacional que exige uma adicional quantidade de gás, compreendendo o composto contendo flúor, cuja adicional quantidade de gás deve ser suprida "no topo" da quantidade de composto contendo flúor que já pode estar presente. A presente invenção não se refere à manutenção de uma quantidade constante de composto contendo flúor durante um curso da zona reacional, em que um curso deve ser considerado como o movimento da zona reacional entre dois pontos de reversão. É preferido que a energia da zona reacional seja constante durante o seu movimento entre esses dois pontos de reversão. A quantidade adicional de gás, compreendendo um composto contendo flúor de acordo com a presente invenção, se refere à quantidade do composto contendo flúor que será ainda adicionada e não deve ser confundida com uma modalidade na qual todos os compostos gasosos formadores de vidro são acrescentados de uma só vez, isto é, os compostos gasosos a serem supridos ao tubo substrato de vidro oco.

[032] A zona reacional apresenta uma largura especifica de deposição, vista na direção longitudinal do tubo

substrato de vidro oco, cuja largura de deposição, preferivelmente, é pelo menos duas vezes, mais preferivelmente, pelo menos três vezes, ainda mais preferivelmente, pelo menos quatro vezes, menor do que a distância entre os dois pontos de reversão. Com exemplo de uma extensão de curso, isto é, a extensão de um curso da zona reacional entre os dois pontos de reversão, pode ser mencionada uma extensão de cerca de 1,3 m. Um exemplo de uma largura de deposição é um valor na faixa de 35-10 cm, por exemplo, 30-15 cm.

[033] A zona reacional é dita como localizada próximo de um ponto de reversão, se a distância mais curta entre a zona reacional e o ponto de reversão for inferior a 10%, preferivelmente, inferior a 5%, mais preferivelmente, inferior a 1%, da distância entre os dois pontos de reversão.

[034] A zona reacional é dita como sendo localizada em um ponto de reversão, se a posição da zona reacional corresponder à posição na qual a direção do movimento da zona reacional é invertida. Quando a zona reacional é localizada em um ponto de reversão, a distância entre a zona reacional e o ponto de reversão é praticamente zero. Além disso, a velocidade da zona reacional é praticamente igual a zero no ponto de reversão.

[035] Os presentes inventores descobriram, de forma surpreendente, que o fornecimento de uma quantidade adicional do composto contendo flúor ao tubo substrato de vidro oco quando a zona reacional está localizada próximo de ou em um ponto de reversão, irá resultar numa diminuição da quantidade de grupos hidroxila incorporados no vidro depositado.

[036] Além disso, os presentes inventores concluíram, de modo surpreendente, que o suprimento de uma quantidade adicional do composto contendo flúor da maneira mencionada, não afeta o índice refrativo do vidro, mais particularmente, das camadas de vidro que são depositadas no interior do tubo substrato de vidro oco. Uma quantidade ligeiramente aumentada de dopante de flúor foi apenas observada próximo dos pontos de reversão.

[037] Essas observações levaram à percepção de que a presente invenção possibilita reduzir uma quantidade básica do composto contendo flúor que é fornecido através do fluxo gasoso, no lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco, durante o processo de deposição interna a vapor, se comparado com a quantidade de composto contendo flúor que está sendo constantemente suprida em função do processo de deposição, em um processo de deposição a vapor mencionado pelo estado da técnica, sem a ocorrência da mencionada redução, tendo um efeito adverso sobre a quantidade de grupos hidroxila no vidro depositado, mais particularmente, nas camadas de vidro depositadas.

[038] O resultado direto do uso de uma quantidade básica reduzida do composto contendo flúor é que uma reduzida quantidade de flúor é incorporada no vidro depositado como um dopante. Isso possibilita reduzir a quantidade do dopante de aumento de índice refrativo, como, por exemplo, o germânio, que é necessário para se obter um exigido índice refrativo. O resultado disso é que a difusão de Rayleigh e, desse modo, a atenuação de um sinal ótico na fibra ótica, é significativamente reduzida.

[039] Além disso, essas conclusões levaram à percepção de que a presente invenção torna possível, devido à quantidade básica constante de composto contendo flúor, suprida através do fluxo gasoso no lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco, durante o processo de deposição interna a vapor, reduzir a quantidade total de grupos hidroxila no vidro depositado, mais particularmente, nas camadas de vidro depositadas, sem a ocorrência de um efeito adverso na atenuação de um sinal ótico na fibra ótica, causado pela difusão de Rayleigh. Os presentes inventores imaginaram que isso é possível, dada uma difusão de Rayleigh constante, reduzir a atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm.

[040] Finalmente, essas conclusões levaram à percepção de que a presente invenção torna possível, também na ausência de uma quantidade básica do composto contendo flúor suprido através do fluxo gasoso no lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco, durante o processo de deposição interna a vapor, reduzir a quantidade total de grupos hidroxila no vidro depositado, sem que isso tenha um efeito adverso sobre a atenuação de um sinal ótico em uma fibra ótica, causado pela difusão de Rayleigh. Os presentes inventores então imaginaram que isso é possível, dada uma difusão de Rayleigh constante, reduzir a atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm, se comparado com um processo descrito pelo estado da técnica.

[041] Assim, um ou mais dos objetivos acima mencionados são alcançados, através da implementação da presente invenção.

[042] Numa modalidade preferida, o composto contendo flúor é isento de átomos de hidrogênio, sendo preferivelmente selecionado do grupo que consiste dos

compostos de CF_4, C_2F_6, C_4F_8, CCl_2F_2, SiF_4, $Si2F_6$, SF_6, NF_3, F_2 ou uma mistura de dois ou mais desses compostos. Preferivelmente, o composto contendo flúor é C_2F_6 ou C_4F_4 ou uma mistura dos mesmos.

[043] Em outra modalidade preferida, a quantidade adicional de gás é adicionada na forma de um ou mais pulsos, preferivelmente, usando um tempo de pulso de 10 - 500 ms, preferivelmente, de 50 - 200 ms.

[044] A quantidade total do composto contendo flúor na quantidade adicional de gás suprido é de 0,010-10,0 scc, preferivelmente, de 0,050-5,0 scc, mais preferivelmente, de 0,1-1 scc, onde "scc" significa centímetro cúbico padrão, a uma pressão de 1 atm, e temperatura de 0°C.

[045] Em outra modalidade preferida, a quantidade adicional de gás que é suprida compreende um gás veículo e/ou dopantes e/ou gases formadores de vidro. Preferivelmente, o oxigênio é usado como gás veículo.

[046] Preferivelmente, o fluxo gasoso compreende pelo menos um dopante, selecionado do grupo que consiste de germânio, nitrogênio, boro, titânio, fósforo e alumínio, além de uma quantidade básica do composto contendo flúor. Quando incorporado no vidro, o dito dopante aumenta o índice refrativo do vidro. Consequentemente, o efeito de diminuição do índice refrativo do flúor pode ser desviado pela presença de um ou mais dos acima referidos dopantes de aumento de índice refrativo.

[047] O germânio estará presente, principalmente na forma de Ge02 no vidro depositado. O dopante de germânio pode ser adicionado ao fluxo gasoso, por exemplo, na forma de GeCl4.

[048] O nitrogênio estará presente, principalmente na forma de SiO-N no vidro depositado. O dopante de nitrogênio pode ser adicionado ao fluxo gasoso na forma de N_2.

[049] O titânio estará presente, principalmente na forma de Ti02 no vidro depositado. O dopante de titânio pode ser adicionado ao fluxo gasoso na forma de TÍCI4.

[050] O fósforo estará presente, principalmente na forma de P_2O_3 no vidro depositado. O dopante de fósforo pode ser adicionado ao fluxo gasoso na forma de $POCl_3$.

[051] O alumínio estará presente, principalmente na forma de Al_2O_3 no vidro depositado. O dopante de alumínio pode ser adicionado ao fluxo gasoso na forma de $AlCl_3$.

[052] Preferivelmente, o processo de deposição interna a vapor, de acordo com a presente invenção, é um processo do tipo PCVD.

[053] Em uma modalidade especifica, a zona reacional na etapa (iv) é constituída de um plasma, preferivelmente, um plasma de micro-ondas.

[054] Em outra modalidade, a zona reacional se movimenta a uma velocidade de 10-40 m/min, preferivelmente, 15-25 m/min, particularmente, 15-30 m/min, na etapa (v).

[055] Em outra modalidade específica, o forno é estabelecido a uma temperatura de 800-1200°C, preferivelmente, de 900-1100°C, na etapa (v).

[056] Em outra modalidade específica, o forno compreende uma ou mais zonas de temperatura, que podem ser estabelecidas em diferentes temperaturas, possivelmente, independentemente entre si. Além disso, a temperatura em uma

ou mais zonas de temperatura pode variar, durante o processo de deposição interna a vapor.

[057] Um processo de deposição interna a vapor do tipo PCVD, no qual é usado um forno, compreende diversas zonas de temperatura, é descrito na Patente Holandesa No. 1037163, a qual não havia sido ainda aberta ao acesso público no momento do depósito do presente Pedido de Patente.

[058] Um processo de deposição interna a vapor do tipo PCVD, no qual a temperatura do forno é variada durante o processo de deposição, é descrito na Patente Holandesa No. 1037164, a qual não havia sido ainda aberta ao acesso público no momento do depósito do presente Pedido de Patente.

[059] Os métodos de acordo com os dois mencionados Pedidos de Patente da Holanda são aqui integralmente incorporados por meio dessas referências.

[060] Numa modalidade especifica, a quantidade adicional de gás é adicionada somente quando a zona reacional se localizar no ou próximo do ponto de reversão, perto do lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco. A energia da zona reacional, especialmente a energia do plasma, é constante durante o movimento da zona reacional através da extensão do tubo substrato. A deposição das camadas de vidro ocorre, então, na seção lateral do gás-lateral da bomba e seção lateral da bomba-lateral do gás.

[061] Em outra adicional modalidade, a quantidade adicional de gás é adicionada somente quando a zona reacional estiver localizada no ou próximo do ponto de reversão, perto do lado de descarga do tubo substrato de vidro oco. A energia da zona reacional, especialmente a energia do plasma, é constante durante o movimento da zona reacional sobre

a extensão do tubo substrato. A deposição das camadas de vidro ocorre, então, na seção lateral do gás-lateral da bomba e seção lateral da bomba-lateral do gás.

[062] A presente invenção se refere ainda a um método para fabricação de uma pré-forma final para fibras óticas, o método compreendendo as etapas de:

[063] i) fabricar uma pré-forma inicial de acordo com a presente invenção e, em seguida,

[064] ii) flexibilizar a pré-forma inicial obtida na etapa (i) em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor,

[065] iii) opcionalmente, depositar uma adicional quantidade de vidro exteriormente à pré-forma inicial sólida, de modo a produzir uma pré-forma final.

[066] A presente invenção se refere ainda a um método de fabricação de uma fibra ótica, compreendendo a fabricação da pré-forma final, cujo método compreende as seguintes etapas:

[067] i) fabricar uma pré-forma inicial, de acordo com a presente invenção e, em seguida,

[068] ii) flexibilizar a pré-forma inicial obtida na etapa (i) em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor,

[069] iii) opcionalmente, aplicar uma adicional quantidade de vidro exteriormente à pré-forma inicial sólida, de modo a produzir a pré-forma final e, em seguida,

[070] iv) aquecer uma extremidade da pré-forma final obtida na etapa (iii) e estirar a fibra ótica da pré-forma final.

[071] A presente invenção será agora explicada em maiores detalhes fazendo-se referência a um exemplo e um número de figuras, mas, deve ser observado, que a presente invenção de nenhum modo está limitada pelas mesmas.

[072] A figura 1 é uma representação esquemática de um dispositivo para realização de um processo de deposição interna a vapor.

[073] A figura 2 é uma representação esquemática de um dispositivo para realização da presente invenção.

[074] A figura 3 é uma vista mostrando a atenuação em 1385 nm, para as fibras fabricadas de acordo com o estado da técnica e um primeiro exemplo da presente invenção.

[075] A figura 4 é uma vista mostrando a atenuação em 1385 nm, para as fibras fabricadas de acordo com o estado da técnica e um segundo exemplo da presente invenção.

[076] A figura 1 mostra, esquematicamente, um dispositivo (100) para realização de um processo de deposição interna a vapor, para fabricação de uma pré-forma inicial para fibras óticas. O dispositivo (100) compreende um forno (1), o qual envolve pelo menos uma parte do tubo substrato de vidro oco (2). O tubo substrato de vidro oco (2) apresenta um lado de suprimento (3) e um lado de descarga (4). O lado de suprimento (3) e o lado de descarga (4) podem ser posicionados entre, respectivamente, uma entrada de gás e uma saída de gás (não mostrado). O lado de suprimento (3) e o lado de descarga (4) podem ser sujeitados em uma passagem cilíndrica, provida de uma gaxeta circular, de modo que o volume interno do tubo substrato de vidro oco (2) seja isolado da atmosfera externa. Essa construção possibilita a realização de um processo de

deposição interna a vapor sob uma pressão reduzida, quando uma bomba (não mostrado) é conectada à saída de gás.

[077] A figura 1, além disso, mostra, esquematicamente, uma zona reacional (7), cuja zona reacional (7) se movimenta de um lado para o outro, durante o processo de deposição interna a vapor, entre um ponto de reversão (5) localizado próximo do lado de suprimento (3) e um ponto de reversão (6) localizado próximo do lado de descarga (4). A distância entre os dois pontos de reversão é a extensão do curso, isto é, a extensão ao longo da qual as camadas de vidro são depositadas no interior do tubo substrato de vidro oco (2). Os dois pontos de reversão são envolvidos por um dispositivo de forno (1).

[078] Durante o processo de deposição interna a vapor, gases formadores de vidro, dopados ou não- dopados, são supridos através do lado de suprimento (3) do tubo substrato de vidro oco (2), cujos ditos gases formadores de vidro são convertidos em vidro na zona reacional (7). Ao se fazer uso do movimento de um lado para o outro da zona reacional (7) entre os pontos de reversão (5, 6), um número de camadas de vidro será então depositado no interior do tubo substrato de vidro oco (2).

[079] A presente invenção é particularmente adequada para um processo de deposição interna a vapor do tipo PCVD, no qual micro-ondas são acopladas no interior do tubo substrato de vidro oco (2), de modo a formar um plasma local, através de uma cavidade ressonante (também chamada de ressonador), que parcialmente envolve o tubo substrato de vidro oco (2), quando visto numa direção longitudinal do mesmo. A expressão "plasma local" é entendida com o significado de um

plasma tendo uma extensão que mais ou menos corresponde à extensão do ressonador, também visto na direção longitudinal do tubo substrato de vidro oco (2). A cavidade de ressonância é movimentada de um lado para o outro, ao longo da extensão do tubo substrato de vidro oco, entre os dois pontos de reversão, em um processo tipo PCVD.

[080] Um processo tipo PCVD é conhecido no segmento da técnica, por exemplo, conforme descrito nos Pedidos de Patentes U.S. Nos. 2005/0000253, 2008/0044150, 2005/0120751, 2 008/0063812, 2005/0041943 e nas Patentes U.S. Nos. 4.741.747 e 4.493.721.

[081] Os ressonadores são conhecidos no segmento da técnica, por exemplo, conforme descrito nos Pedidos de Patentes Publicados U.S. Nos. 2007/0289532, 2003/0159781 e 2005/0172902, e nas Patentes U.S. Nos. 4.844.007, 4.714.589 e 4.877.938. O processo tipo PCVD é um chamado processo de baixa pressão, o que significa que a pressão é estabelecida em um valor de 1-40 mbar, preferivelmente, de 5-30 mbar, durante o processo de deposição interna a vapor.

[082] A figura 2 mostra uma modalidade preferida de um dispositivo, por meio do qual a presente invenção pode ser implementada. Um fluxo de gás (10) que é suprido no lado de suprimento (3) do tubo substrato de vidro oco (2), representa uma combinação de um fluxo de gás principal (8) e um fluxo de gás secundário (9). O fluxo de gás principal (8) compreende os gases formadores de vidro, dopados ou não-dopados, e uma opcional quantidade básica de um composto contendo flúor. A quantidade adicional de gás compreendendo o composto contendo flúor é suprida através do fluxo de gás secundário (9). A válvula (11), preferivelmente, é uma válvula

binária, que é uma válvula que apresenta somente uma posição "aberta" e uma posição "fechada". Em um processo de deposição interna a vapor de acordo com a invenção, a válvula (11) é mudada para a posição "aberta" tão logo a zona reacional (7) seja localizada próximo ou em um ponto de reversão (5, 6). Assim, uma adicional quantidade de gás irá, nesse momento, ser fornecida ao lado de suprimento do tubo substrato de vidro oco. A zona reacional (7), em seguida, irá retornar para o ponto de reversão (5, 6), cujo movimento será repetido diversas vezes. A energia da zona reacional (7), durante o movimento de um lado para o outro da zona reacional (7), é constante. Ao ajustar a pressão de gás atrás da válvula (11), visto na direção a montante, e o tamanho da passagem (12), o fluxo de gás adicional poderá ser precisamente controlado. A quantidade de gás adicional pode, assim, ser precisamente ajustada, mediante ajuste do tempo, durante o qual a válvula (11) está aberta. Essa modalidade claramente demonstra que o fluxo de gás secundário (9) aumenta, enquanto o fluxo de gás principal (8) se mantém constante.

[083] Na figura 2, a válvula (11) e a passagem (12) são mostradas com alguma distância de afastamento. É preferível dispor a válvula (11) e a passagem (12) o mais próximo possível, ou ainda de um modo integrado.

[084] Preferivelmente, o volume do conduto, através do qual o fluxo de gás secundário (9) é transportado, entre a válvula (11) e o lado de suprimento (3) do tubo substrato de vidro oco (2), é o menor possível.

[085] Em uma modalidade, é usado um conduto tendo uma extensão de no máximo 1,0 m e um diâmetro de 1/4", que corresponde a 6,35 mm. O fluxo de gás secundário (9),

preferivelmente, é adicionado ao fluxo de gás principal (8), numa localização mais próxima possível do lado de suprimento (3). Também, é possível fornecer o fluxo de gás secundário (9) diretamente ao lado de suprimento (2).

[086] Um sistema compreendendo válvulas binárias, adequado para realização do método de acordo com a presente invenção é descrito no Pedido de Patente U.S. No. 2010/154479, o qual ainda não havia sido aberto ao acesso público, quando do depósito do presente Pedido de Patente.

Exemplo Comparativo 1

[087] Nesse exemplo, foram produzidas cinco pré-formas iniciais para fibras óticas multimodais de índice de gradiente, usando um processo de deposição interna a vapor do tipo PCVD conhecido do estado da técnica, por meio do dispositivo mostrado nas figuras 1 e 2, sem nenhum gás sendo suprido através do fluxo de gás secundário (9).

[088] Durante o processo de deposição interna a vapor, uma quantidade básica constante (isto é, um fluxo constante) de um composto contendo flúor foi adicionada através do fluxo de gás principal (8). A quantidade de dopante de germânio, presente na forma de $GeCl_4$ no fluxo de gás principal, foi gradualmente ajustada durante o processo de deposição interna a vapor, de modo a se obter o exigido perfil de índice refrativo radial do índice de gradiente.

[089] Após finalizar o processo de deposição interna a vapor, cada um dos cinco tubos substrato de vidro oco e as camadas de vidro depositadas nos mesmos (pré-formas iniciais) foi flexibilizado em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor. Mediante uso de um analisador de pré-forma, foi medido o perfil do índice refrativo radial em

algumas poucas posições em volta da posição intermediária, visto numa direção longitudinal, de cada pré-forma inicial sólida. O termo "perfil de índice refrativo radial" deve ser entendido com o significado de uma representação do índice refrativo, em função da posição radial na pré-forma inicial.

[090] Em seguida, uma adicional camada de vidro foi depositada na pré-forma inicial sólida, usando uma técnica de sobre-chapeamento de plasma, em que um pó de sílica natural foi depositado exteriormente à pré-forma inicial e depois vitrificado, usando um queimador de plasma.

[091] Após isso, uma fibra ótica multimodal de índice de gradiente foi estirada de cada pré-forma final assim obtida.

[092] A fibra assim estirada, que tinha uma extensão total de cerca de 200 km, foi dividida em um número de pequenas partes, e foi determinada a atenuação (expressa pelo coeficiente de atenuação) em um comprimento de onda de 1385 nm, de cada das ditas partes.

Exemplo 1

[093] Nesse exemplo, foram produzidas três pré-formas iniciais para fibras óticas multimodais de índice de gradiente, usando o dispositivo de acordo com a presente invenção. As condições e parâmetros do processo foram as mesmas que aquelas usadas no Exemplo Comparativo 1, exceto em que durante a fabricação das três pré-formas iniciais, de acordo com o Exemplo 1, uma quantidade adicional pulsada de gás, consistindo do composto contendo flúor (C_2F_6), foi adicionada ao fluxo de gás principal (8) através do fluxo de gás secundário (9), quando a zona reacional se localizou no ponto de reversão próximo do lado de descarga. O tempo de pulso foi

de 120 ms e a quantidade total de C2F6 adicional foi de 0,12 scc.

[094] Após finalizar o processo de deposição interna a vapor, cada um dos três tubos substrato de vidro oco e as camadas de vidro depositadas nos mesmos (pré-formas iniciais) foi flexibilizado em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor. Mediante uso de um analisador de pré-forma, foi medido o perfil do índice refrativo radial em algumas poucas posições em volta da posição intermediária, visto numa direção longitudinal, de cada pré-forma inicial sólida.

[095] Em seguida, uma adicional camada de vidro foi depositada na pré-forma inicial sólida, usando uma técnica de sobre-chapeamento de plasma, em que um pó de sílica natural foi depositado exteriormente à pré-forma inicial e depois vitrificado, usando um queimador de plasma.

[096] Em seguida, uma fibra ótica multimodal de índice de gradiente foi estirada de cada pré-forma final assim obtida. A fibra assim estirada, que tinha uma extensão total de cerca de 200 km, foi dividida em um número de pequenas partes de fibras óticas, e foi determinada a atenuação (expressa pelo coeficiente de atenuação) em um comprimento de onda de 1385 nm, de cada das ditas partes.

[097] As pré-formas iniciais de acordo com o Exemplo Comparativo 1 e Exemplo 1 foram produzidas em rotações, de modo que as medições realizadas nas fibras óticas, a partir das diversas pré-formas iniciais, em particular, as medições da atenuação em 1385 nm, puderam ser facilmente comparadas entre si.

[098] Os presentes inventores não observaram uma diferença no perfil de índice refrativo radial, entre as pré-formas iniciais fabricadas de acordo com o Exemplo Comparativo 1 e as pré-formas iniciais fabricadas de acordo com o Exemplo 1. Os presentes inventores concluíram disso que nenhuma adicional porção de flúor, ou pelo menos uma quantidade irrelevante do mesmo, é incorporada no vidro depositado como dopante, quando do uso do Exemplo 1, conforme a presente invenção.

[099] A figura 3 é uma vista mostrando a atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm, medida nas fibras de acordo com o Exemplo Comparativo 1 e Exemplo 1.

[0100] As linhas tracejadas (- - - x - - -) correspondem aos resultados de medição por pré-forma inicial, para (partes de) as fibras óticas das pré-formas iniciais, produzidas conforme o Exemplo Comparativo 1.

[0101] As linhas cheias (— * —) correspondem aos resultados de medição por pré-forma inicial, para as fibras óticas das pré-formas iniciais, produzidas conforme o método de acordo com o Exemplo 1.

[0102] O eixo vertical mostra o coeficiente de atenuação expresso em dB/km.

[0103] O eixo horizontal mostra a posição na fibra ótica estirada, expressa em quilômetros (km).

[0104] Uma posição "0" na fibra ótica corresponde à posição do ponto de reversão (6), próximo do lado de descarga (4) do tubo substrato de vidro oco (2), durante o processo de deposição interna a vapor.

[0105] Assim, pode ser claramente entendido da figura 3 que a atenuação em 1385 nm das fibras óticas

fabricadas com base nas pré-formas iniciais de acordo com a presente invenção é inferior à atenuação das fibras óticas fabricadas de acordo com o Exemplo Comparativo 1. Essa atenuação inferior foi observada, praticamente, em toda a extensão da fibra ótica estirada.

[0106] Os presentes inventores concluem desses resultados que a quantidade de grupos hidroxila incorporada no vidro depositado durante o processo de deposição interna a vapor conforme o Exemplo 1, ou seja, de acordo com a presente invenção, é inferior à quantidade de grupos hidroxila incorporada na pré-forma inicial de acordo com o Exemplo Comparativo 1.

Exemplo Comparativo 2

[0107] Nesse exemplo, foram produzidas cinco pré-formas iniciais para fibras óticas multimodais de índice de gradiente, usando um processo de deposição interna a vapor do tipo PCVD conhecido do estado da técnica. As condições e parâmetros de processo foram os mesmos que os usados no Exemplo Comparativo 1. A diferença em relação ao Exemplo Comparativo 1 reside no momento de tempo em que a pré-forma inicial foi fabricada.

[0108] Após finalizar o processo de deposição interna a vapor, cada um dos cinco tubos substrato de vidro oco e as camadas de vidro depositadas nos mesmos (pré-formas iniciais) foi flexibilizado em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor. Mediante uso de um analisador de pré-forma, foi medido o perfil do índice refrativo radial em algumas poucas posições em volta da posição intermediária, visto numa direção longitudinal, de cada pré-forma inicial sólida.

[0109] Em seguida, uma adicional camada de vidro foi depositada na pré-forma inicial sólida, usando uma técnica de sobre-chapeamento de plasma, em que um pó de sílica natural foi depositado exteriormente à pré-forma inicial e depois vitrificado, usando um queimador de plasma.

[0110] Após isso, uma fibra ótica multimodal de índice de gradiente foi estirada de cada pré-forma final assim obtida. A fibra assim estirada, que tinha uma extensão total de cerca de 200 km, foi dividida em um número de pequenas partes, e foi determinada a atenuação (expressa pelo coeficiente de atenuação) em um comprimento de onda de 1385 nm, de cada das ditas partes.

Exemplo 2

[0111] Nesse exemplo, foram produzidas duas pré-formas iniciais para fibras óticas multimodais de índice de gradiente, usando a presente invenção. As condições e parâmetros de processo foram os mesmos que os usados no Exemplo Comparativo 2, com a diferença de que durante a fabricação das três pré-formas iniciais de acordo com o Exemplo 2, uma quantidade adicional pulsada de gás, consistindo do composto contendo flúor (C2F6) foi adicionada ao fluxo de gás principal (8) através do fluxo de gás secundário (9), quando a zona reacional se localizou no ponto de reversão próximo do lado de suprimento. O tempo do pulso foi de 60 ms e a quantidade total do adicional composto contendo flúor (C2F6) foi de 0,06 scc.

[0112] Após finalizar o processo de deposição interna a vapor, cada um dos dois tubos substrato de vidro oco e as camadas de vidro depositadas nos mesmos (pré-formas iniciais) foi flexibilizado em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor. Mediante uso de um analisador de

pré-forma, foi medido o perfil do índice refrativo radial em algumas poucas posições em volta da posição intermediária, visto numa direção longitudinal, de cada pré-forma inicial sólida.

[0113] Em seguida, uma adicional camada de vidro foi depositada na pré-forma inicial sólida, usando uma técnica de sobre-chapeamento de plasma, em que um pó de sílica natural foi depositado exteriormente à pré-forma inicial e depois vitrificado, usando um queimador de plasma.

[0114] Após isso, uma fibra ótica multimodal de índice de gradiente foi estirada de cada pré-forma final assim obtida. A fibra assim estirada, que tinha uma extensão total de cerca de 200 km, foi dividida em um número de pequenas partes, e foi determinada a atenuação (expressa pelo coeficiente de atenuação) em um comprimento de onda de 1385 nm, de cada das ditas partes.

[0115] A fim de tornar possível chegar a uma adequada comparação dos resultados das medições de atenuação em 1385 nm para as fibras óticas das pré-formas iniciais, de acordo com o Exemplo Comparativo 2 e para aquelas de acordo com o Exemplo 2, foram primeiramente feitas duas pré-formas iniciais de acordo com o Exemplo Comparativo 2, depois, uma pré-forma inicial de acordo com o exemplo 2, em seguida, uma pré-forma de acordo com o Exemplo Comparativo 2, seguido de uma pré-forma inicial de acordo com o Exemplo 2 e, finalmente, duas pré-formas iniciais de acordo com o Exemplo Comparativo 2.

[0116] Os presentes inventores não observaram nenhuma diferença no perfil de índice refrativo radial, entre as pré-formas iniciais fabricadas de acordo com o Exemplo

Comparativo 2 e as pré-formas iniciais fabricadas de acordo com o Exemplo 2. Os presentes inventores concluem a partir disso que nenhuma quantidade adicional de flúor ou, pelo menos, uma irrelevante quantidade do mesmo, está incorporada no vidro depositado como um dopante, quando do uso do Exemplo 2, de acordo com a presente invenção.

[0117] A figura 4 é uma vista que mostra a atenuação em um comprimento de onda de 1385 nm, medido nas fibras de acordo com o Exemplo Comparativo 2 e Exemplo 2, conforme a presente invenção.

[0118] As linhas tracejadas (- - - o - - -) correspondem aos resultados de medição por pré-forma inicial, para as fibras óticas das pré-formas iniciais, fabricadas de acordo com o Exemplo Comparativo 2.

[0119] As linhas cheias (— * —) correspondem aos resultados de medição por pré-forma inicial, para as fibras óticas das pré-formas iniciais, fabricadas conforme o método de acordo com o Exemplo 2.

[0120] O eixo vertical mostra o coeficiente de atenuação expresso em dB/km.

[0121] O eixo horizontal mostra a posição na fibra ótica estirada, expressa em quilômetros (km). Uma posição "0" na fibra ótica corresponde à posição do ponto de reversão (6), próximo do lado de descarga (4) do tubo substrato de vidro oco (2), durante o processo de deposição interna a vapor.

[0122] Assim, pode ser claramente entendido da figura 4 que a atenuação em 1385 nm das fibras óticas fabricadas com base nas pré-formas iniciais de acordo com o Exemplo 2 é inferior à atenuação das fibras óticas fabricadas de acordo com o Exemplo Comparativo 2, conforme o estado da

técnica. Essa atenuação inferior foi observada, praticamente, em toda a extensão da fibra ótica estirada.

[0123] Os presentes inventores concluem desses resultados de medição que a quantidade de grupos hidroxila incorporada no vidro depositado durante o processo de deposição interna a vapor, de acordo com o Exemplo 2, é inferior à quantidade de grupos hidroxila incorporada na pré-forma inicial, de acordo com o Exemplo Comparativo 2.

[0124] Do documento de patente publicado da Holanda, No. 1033769, é conhecido que ocorre uma deposição de fuligem durante um processo de deposição interna a vapor, cuja deposição de fuligem se mostra na forma de um anel no interior do tubo substrato de vidro oco. Esses anéis de fuligem se formam próximo do ponto de reversão (5), no lado de suprimento.

[0125] Os presentes inventores descobriram que além do efeito da presente invenção quanto à incorporação de grupos hidroxila, a formação de anéis de fuligem próximo do ponto de reversão (5) perto do lado de suprimento (3) do tubo substrato de vidro oco (2) foi acentuadamente reduzida. Sem se desejar ligar a qualquer aspecto teórico, os presentes inventores supõem que o desaparecimento do anel de fuligem próximo do ponto de reversão (5) no lado de suprimento é provocado pelo efeito de cauterização do flúor, na presença da zona reacional do plasma.

[0126] Embora os exemplos sejam referidos às fibras óticas multimodais de índice de gradiente, a presente invenção, de nenhum modo, é limitada a essas fibras óticas. A presente invenção pode ser usada com qualquer tipo de fibra ótica, que seja fabricada por meio de um processo de deposição interna a vapor. A presente invenção é adequada, em particular,

para fibras unimodais, pelo fato de que o comprimento de onda em 1385 nm é um dos possíveis comprimentos de onda em que uma fibra é utilizada em uma rede de comunicação.

[0127] Na modalidade na qual uma pré-forma inicial para fibras óticas é fabricada, em que as fibras óticas exibem um perfil de índice refrativo radial compreendendo diversas camadas concêntricas (também, referidas como "cascas"), que podem ou não apresentar diferentes valores de índice refrativo, a presente invenção pode ser aplicada a uma ou mais das correspondentes camadas concêntricas na pré-forma inicial, durante o processo de deposição interna a vapor.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA INICIAL PARA FIBRAS ÓTICAS, usando um processo de deposição interna a vapor, compreendendo as etapas de:

i) proporcionar um tubo substrato de vidro oco (2), tendo um lado de suprimento (3) e um lado de descarga;

ii) envolver pelo menos uma parte do tubo substrato de vidro oco (2) por um forno (1);

iii) suprir um fluxo de gás, dopado ou não-dopado, de gases formadores de vidro, ao interior do tubo substrato de vidro oco (2), através do lado de suprimento (3) do mesmo;

iv) criar uma zona reacional (7), de modo que sejam proporcionadas condições para que ocorra a deposição de vidro no interior do tubo substrato de vidro oco; e

v) movimentar a zona reacional (7) de um lado para o outro, na direção longitudinal do tubo substrato de vidro oco (2), entre um ponto de reversão (5) localizado próximo do lado de suprimento (3), e um ponto de reversão (6) localizado próximo do lado de descarga (4), do tubo substrato de vidro oco (2), caracterizado por, durante pelo menos parte da etapa (v), uma quantidade adicional de um gás (2) compreendendo um composto contendo flúor é fornecida ao interior do tubo substrato de vidro oco (2), através do lado de suprimento (3) do mesmo, quando a zona reacional (7) está localizada próxima ou em um ponto de reversão (5, 6).

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo composto contendo flúor ser isento de átomos de hidrogênio e selecionado do grupo que consiste dos compostos de CF_4, C_2F_6, C_4F_8, CCl_2F_2, SiF_4, Si_2F_6, SF_6, NF_3, F_2 ou uma mistura de dois ou mais desses compostos.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo composto contendo flúor ser $C2F_6$, C_4F_8 ou uma mistura dos mesmos.

4. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pela extensão do fluxo de gás suprido na etapa (iii) ser constante, quando movimenta a zona reacional (7) de um lado para o outro, na direção longitudinal do tubo substrato de vidro oco (2), entre um ponto de reversão (5) localizado próximo do lado de suprimento (3) e um ponto de reversão (6) localizado próximo do lado de descarga (4), do tubo substrato de vidro oco (2).

5. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pela dita quantidade adicional de gás ser suprida na forma de um ou mais pulsos, em que é usado um tempo de pulso de 10-500 milissegundos.

6. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pela dita quantidade adicional de gás ser suprida na forma de um ou mais pulsos, em que é usado um tempo de pulso de 50-200 milissegundos.

7. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pela quantidade total do composto contendo flúor na adicional quantidade de gás suprido ser de 0,01-10,0 centímetros cúbicos em uma pressão de 1 atmosfera e a uma temperatura de 0°C.

8. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pela quantidade total do composto contendo flúor na adicional quantidade de gás suprido ser de 0,05-5,0 centímetros cúbicos em uma pressão de 1 atmosfera e a uma temperatura de 0°C.

9. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 6, caracterizado pela quantidade total do composto contendo flúor na adicional quantidade de gás suprido ser de 0,1-1,0 centímetros cúbicos em uma pressão de 1 atmosfera e a uma temperatura de 0°C.

10. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pela quantidade adicional de gás compreender um gás veículo, e/ou dopantes, e/ou gases formadores de vidro.

11. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pela quantidade adicional de gás compreender oxigênio como gás veículo.

12. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pela zona reacional (7) se movimentar a uma velocidade de 0,17 a 0,67m/s ao longo da extensão de deposição do tubo substrato de vidro oco (2), na etapa (v).

13. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pela zona reacional (7) se movimentar a uma velocidade de 0,25 a 0,5m/s ao longo da extensão de deposição do tubo substrato de vidro oco (2), na etapa (v).

14. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pela zona reacional (7) se movimentar a uma velocidade de 0,25 a 0,42m/s, ao longo da extensão de deposição do tubo substrato de vidro oco (2), na etapa (v).

15. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pela zona reacional (7) na etapa (iv) ser um plasma, em que o plasma é um plasma de microondas, em que, particularmente, a energia do plasma

durante a etapa (v) é constante.

16. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo forno (1) ser estabelecido em uma temperatura de 800-1200°C, na etapa (v).

17. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pela quantidade adicional de gás ser adicionada somente quando a zona reacional (7) estiver localizada no ponto de reversão (5), no lado de suprimento (3) do tubo substrato de vidro oco (2).

18. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, caracterizado pela quantidade adicional de gás ser adicionada somente quando a zona reacional (7) estiver localizada no ponto de reversão (6), no lado de descarga (4) do tubo substrato de vidro oco (2).

19. MÉTODO DE FABRICAÇAO DE UMA PRÉ-FORMA FINAL PARA FIBRAS ÓTICAS, caracterizado por compreender as etapas de:

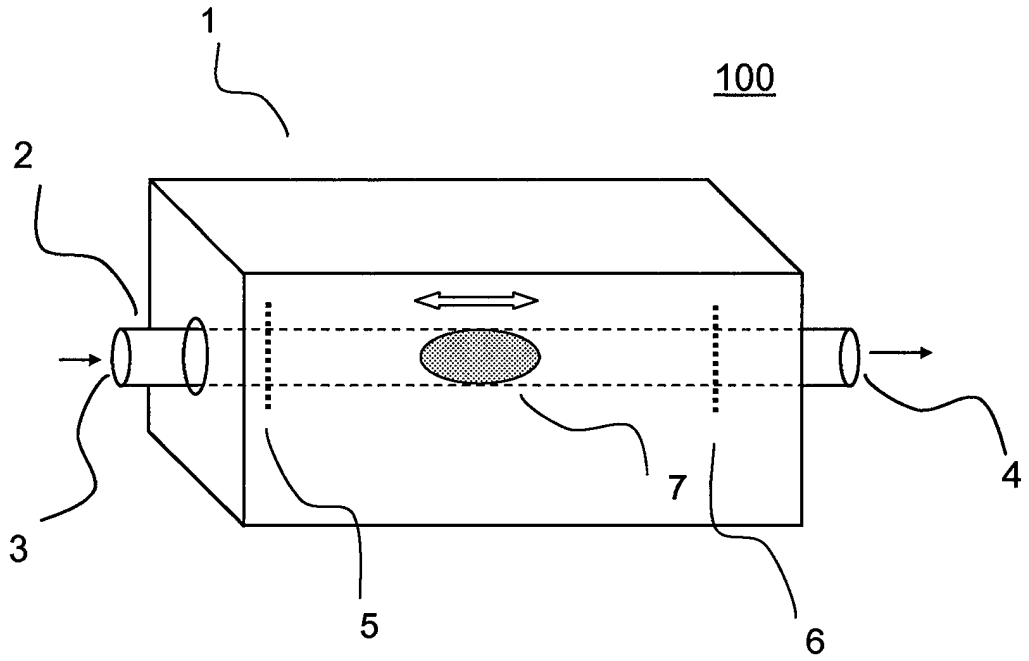
i) fabricar uma pré-forma inicial de acordo conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 18 e, em seguida,

ii) colapsar a pré-forma inicial obtida na etapa (i) em uma pré-forma inicial sólida, usando uma fonte de calor,

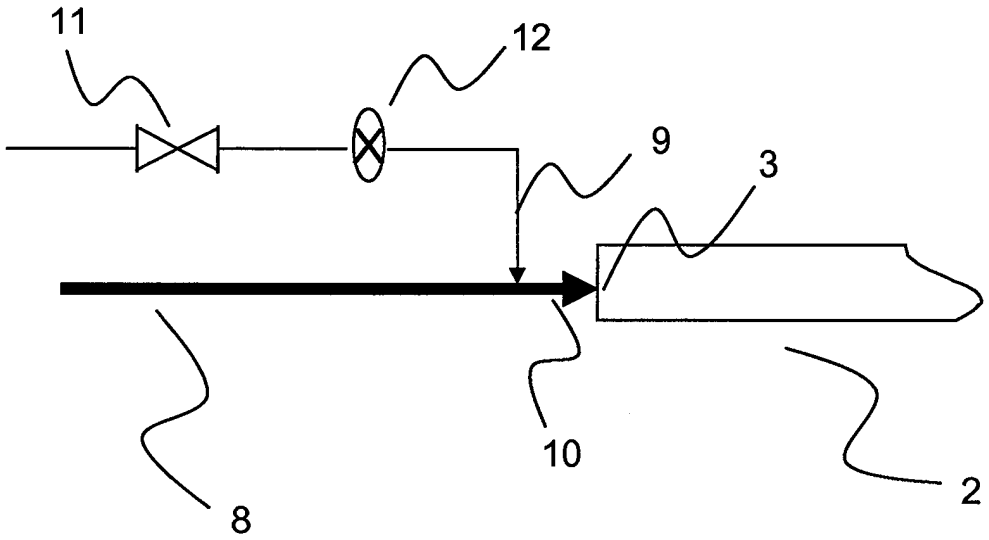
iii) opcionalmente, depositar uma quantidade adicional de vidro exteriormente à pré-forma inicial sólida, de modo a produzir uma pré-forma final.

20. MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA FIBRA ÓTICA, caracterizado por compreender a fabricação de uma pré-forma final para fibras óticas, conforme definido na reivindicação 19, seguido das etapas de aquecimento de uma extremidade da pré-forma final e tração de uma fibra ótica.

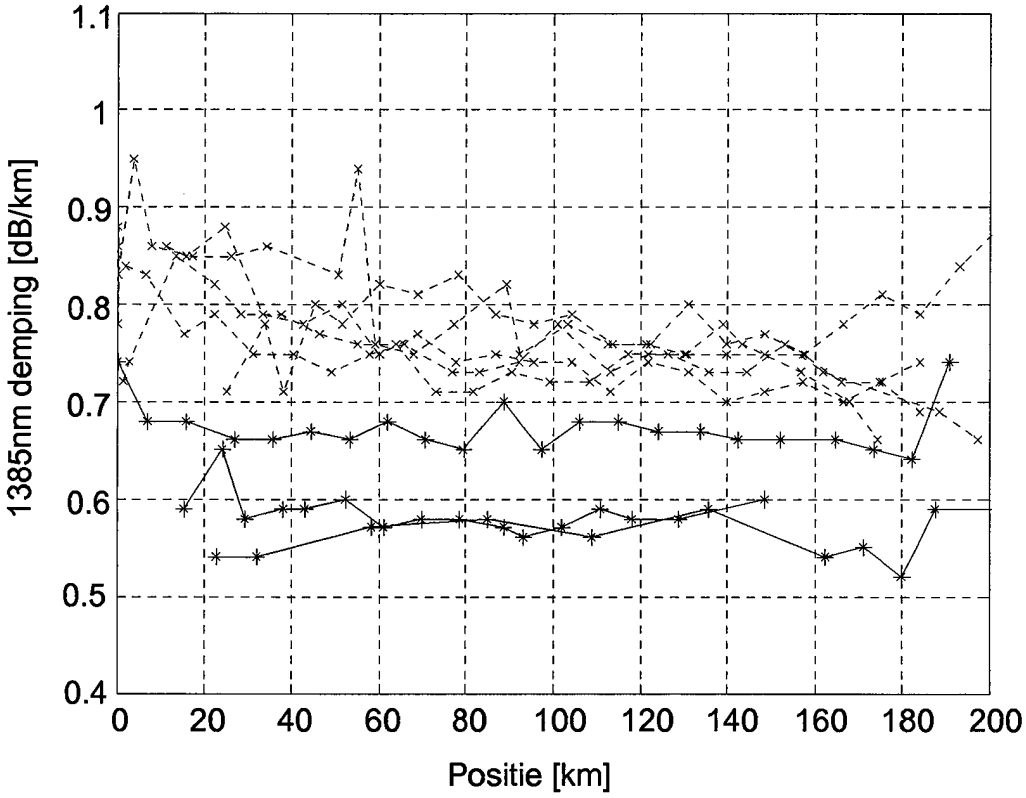
Figuur 1



Figuur 2



Figuur 3



Figuur 4

