



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

(11) PI 1102659-6 B1



* B R P I 1 1 0 2 6 5 9 B 1 *

(22) Data do Depósito: 10/06/2011

(45) Data de Concessão: 02/02/2021

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA PARA FIBRAS ÓPTICAS E MÉTODO PARA FABRICAR UMA FIBRA ÓPTICA

(51) Int.Cl.: C03B 37/018.

(30) Prioridade Unionista: 11/06/2010 NL 2004874.

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

(72) Inventor(es): IGOR MILICEVIC; MATTHEUS JACOBUS NICOLAAS VAN STRALEN; EUGEN ALDEA.

(57) Resumo: MÉTODO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA. A presente invenção refere-se ao método para fabricar uma pré-forma primária para fibras ópticas, usando um processo de vapor interno de deposição, em que um fluxo de gás de gases de formação de vidro de impurezas e/ou sem impureza é fornecido para o interior de um tubo de substrato oco, tendo um lado de suprimento e um lado de descarga através do lado de suprimento do mesmo, em que a deposição de camadas de vidro no interior do tubo do substrato é efetuada como um resultado da presença de uma zona de reação.

MÉTODO PARA FABRICAR UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA PARA FIBRAS ÓPTICAS E MÉTODO PARA FABRICAR UMA FIBRA ÓPTICA

[001] A presente invenção refere-se a um método para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas, usando um processo de deposição de vapor interno, em que um fluxo de gás dos gases que formam vidro de impurezas e/ou sem impureza é fornecido para o interior de um tubo de substrato oco tendo um lado de suprimento e um lado de descarga, e sendo circundado por uma fornalha, através do lado de suprimento da mesma, em que a deposição de camadas de vidro no interior do tubo de substrato é efetuada como um resultado da presença de uma zona de reação.

[002] De acordo com o método como descrito na introdução para fabricar tal haste pré-formada, um tubo de substrato vítreo alongado (por exemplo, feito de quartzo) e revestido com camadas de sílica de impureza e sem impureza (por exemplo, sílica de impureza com germânio) na superfície cilíndrica interior da mesma, O termo "sílica", como usado aqui no presente, deve ser entendido para significar qualquer substância na forma de SiO_x , quer estequiométrica ou não, e quer seja cristalina ou amorfa ou não. Isto pode ser efetuada posicionando o tubo do substrato ao longo do eixo cilíndrico da cavidade de ressonância, e esguichando o interior do tubo com uma mistura gasosa compreendendo O_2 , SiSl_4 e GeCl_2 (por exemplo). Um plasma localizado é gerado, usando um espaço de ressonância circundando o tubo do substrato, causando a reação de Si, O e Ge de maneira a efetuar a deposição direta de, por exemplo, SiO_x de impureza com Ge na superfície interior do

tubo do substrato. Uma vez que tal deposição só ocorre na vizinhança do plasma localizado, a cavidade ressonante (e dessa maneira, o plasma) deve ser espalhada ao longo do eixo cilíndrico do tubo, a fim de uniformemente depositar o tubo ao longo do comprimento inteiro do mesmo. Quando a deposição está completa, o tubo é possivelmente submetido a um tratamento de desmoronamento térmico de maneira a formar uma haste tendo uma porção de núcleo de sílica de impureza com Ge e uma porção de blindagem circundando sílica sem impureza. Se uma extremidade da haste é aquecida de maneira que ela se torne fundida, uma fibra de vidro fina pode ser retirada da haste e enrolada em uma bobina; a dita fibra depois tem uma porção de núcleo e uma porção de blindagem correspondente aquela da haste. Por causa do núcleo de impureza Ge ter um índice refratário maior do que a blindagem sem impureza, a fibra pode funcionar como um guia de onda, por exemplo, para usar na propagação de sinais de telecomunicação óptica. Deverá ser observado que a mistura gasosa fluindo através do tubo do substrato pode também conter outros componentes; a adição de C₂F₆, por exemplo, leva a uma redução no valor de índice de refração da sílica de impureza. Deverá ser observado que a haste pré-formada pode ser externamente revestida com uma camada de vidro adicional, por exemplo, aplicando sílica para pré-formar a haste, usando um processo de deposição, em um assim chamado tubo de invólucro (compreendendo sílica sem impureza) antes do procedimento de estiramento, de maneira a, assim, aumentar a quantidade de sílica sem impureza relativa a quantidade de sílica de impureza na fibra final.

[003] O uso de tal fibra óptica para fins de telecomunicação requer que a fibra óptica seja

substancialmente livre de defeitos (por exemplo, discrepâncias na percentagem de impurezas, elipicidade seccional cruzada indesejável e similares), porque, quando considerado sobre um comprimento grande de fibra óptica, tais defeitos podem causar uma atenuação significativa do sinal que está sendo transportado. É importante, desta maneira, realizar um processo muito uniforme, porque é a qualidade das camadas depositadas que irá finalmente determinar a qualidade das fibras.

[004] A deposição de camadas de vidro no interior de um tubo de substrato, em que um ou mais gases reativos e um gás contendo oxigênio são supridos para o tubo do substrato, e conhecida per se, por exemplo, pela Patente U.S. N° 6.260.510 no nome da presente requerente. De acordo com o método que é conhecido a partir do mesmo, a superfície interior de um tubo do substrato, por exemplo, consistindo em vidro de quartzo, e revestida com camadas de sílica de impureza ou sem impureza (por exemplo, sílica de impureza com germânio).

[005] German Offenlegungsschrift DE 32 22 189 refere-se a um aparelho para fabricar uma pré-forma em que um interferômetro de micro-ondas de 35-GHz é usado para monitorar a frente do plasma dentro do tubo do substrato. Com base nesta monitoração, a força do micro-ondas dentro do tubo do substrato é controlada. O plasma usado não é um plasma que pode ser movido para frente e para trás no tubo.

[006] A patente US N° 4.714.589 refere-se a um método de revestimento dentro de um tubo com um material por deposição reativa, em que, para compensar as perdas de radiação nas extremidades do tubo, uma fonte de calor adicional é provida entre um refletor de calor e o tubo.

[007] A patente US N° 4.493.721 refere-se a um método de fabricação de fibras ópticas em que a parede interna de um tubo é corroída com um composto de flúor, antes do vidro do núcleo ser depositado na parede interna corroída do tubo.

[008] German Offenlegungsschrift DE 32 06 175 ainda descreve um método para fabricar uma pré-forma para fibras ópticas, em que o tubo oco do substrato é parcialmente circundado por uma fornalha, em que o tubo do substrato é adicionalmente circundado por uma fornalha de preaquecimento a montante da mesma, vista na direção do suprimento de gás. Ambas as fornalhas podem ser movimentadas simultaneamente ao longo do comprimento do tubo do substrato durante o processo de deposição, enquanto um espaço constante é mantido entre as duas fornalhas, visto na direção longitudinal do tubo do substrato.

[009] Os compostos de cloro, em particular tetracloreto de sílica e tetracloreto de germânio, que são usados como materiais de partida na fabricação de fibras de vidro são geralmente ligeiramente contaminados com pequenas quantidades de sílanos, tais como triclorometil silano ($(\text{SiCl}_3)\text{CH}_3$), SiHCl_3 e similares, Durante o processo de deposição de vapor químico discutido acima, os átomos de hidrogênio podem, desta maneira, formar compostos de $-\text{OH}-$ nas camadas de vidro depositadas no interior do tubo do substrato, cujos compostos de $\text{OH}-$ têm um efeito fortemente adverso sobre o espectro de transmissão de uma fibra retirada de uma pré-forma óptica, em particular, devido à forte absorção da mesma a 1385 nm. Tais perdas de absorção, causadas pela pequena quantidade de contaminações nos materiais de partida gasosos, podem ser equivalentes a 10 - 20 dB/km em um comprimento de

onda de 1385 nm. Embora métodos sejam conhecidos na técnica anterior, para prevenir a incorporação de tais grupos -OH- na fibra de vidro óptica, por exemplo realizando um tratamento de cloro depois da deposição, no caso de estruturas de vidro porosas, como é conhecida da Patente US. N° 4675038, ou por adição de flúor durante a reação de deposição de vapor químico, por exemplo, como conhecido a partir do pedido de patente europeia N° 0 127 227, ambos os métodos da técnica anterior têm o inconveniente que uma quantidade adicional de cloro ou flúor, respectivamente, encontrar o seu caminho na estrutura de vidro final, como um resultado de que as perdas de atenuação causadas pela dispersão de Rayleigh aumentarão.

[010] Fibras ópticas compreendendo uma camada de blindagem e um núcleo condutor de luz são geralmente conhecidas, elas são principalmente usadas no campo de telecomunicações. Ver, por exemplo, pedido de patente europeia N° 0 127 227, Patente U.S. N° 5.242.476 e Patente U.S. N° 5.838.866. Por causa de suas atenuação e dispersão tipicamente tais fibras ópticas são em particular apropriadas para formar ligações de dados a longa distância, cujas ligações frequentemente estabelecem uma ponte de diversos quilômetros de distância. Quando tais grandes distâncias devem ser em ponte, é essencial que as perdas de sinal cumulativas na fibra óptica sejam minimizadas, se a transmissão dos sinais ópticos for efetuada enquanto usando um número pequeno de estações de amplificação intermediária. A indústria da telecomunicação geralmente requer que a atenuação total de tais fibras ópticas não exceda um valor de 0,25 dB/km, preferivelmente não exceda um valor de 0,2 dB/km, no comprimento de onda de transmissão usual de 1550 nm.

[011] Os atuais inventores descobriram que a atenuação em fibras ópticas de vidro e geralmente causada por dispersão, absorção e flexão de Rayleigh. A absorção dita acima é geralmente atribuída a uma contaminação no vidro, com água, em particular o grupo OH-, sendo considerado como o fator mais importante a este respeito. O grupo OH- causa um pico, o chamado pico de água, no espectro óptico ao redor do comprimento de onda de 1385 nm. Uma medida que pode ser aplicada para minimizar a influência negativa da água durante o processo de deposição de vapor interno, por exemplo. realizando o processo de deposição em um ambiente de ar condicionado. ou seja. um ambiente com uma umidade do ar reduzida.

[012] O objetivo da presente invenção é, dessa maneira, prover um método para fabricar uma pré-forma para fibras ópticas, em que a atenuação nas fibras ópticas, obtidas para tal pré-forma primária, é minimizada. Outro objetivo da presente invenção e prover um método para fabricar uma pré-forma primária para fibras ópticas, em que a atenuação a ser atribuída para a presença do grupo OH-, em particular no espectro em torno de 1385 nm, e minimizada.

[013] A presente invenção é caracterizada pelo fato de que o fluxo de gás é submetido a um pré-tratamento antes de ser suprido para entrar no interior do tubo do substrato de vidro oco.

[014] Os atuais inventores em particular descobriram que pré-tratar o fluxo de gás antes do dito fluxo de gás ser suprido para o tubo do substrato de vidro oco tem um efeito vantajoso com relação à redução da influência negativa do grupo OH- no espectro óptico, dessa maneira

realizando um ou mais dos objetivos ditos acima. O termo "pré-tratamento" deve ser entendido para significar um tratamento que tem lugar antes do fluxo de gás entrar no tubo de vidro oco. Tal pré-tratamento usualmente tem lugar fora da fornalha que circunda o tubo de vidro oco, de maneira que o pré-tratamento tem lugar em um local que é também fisicamente separado do espaço da fornalha. Ficará compreendido que o fluxo de gás experimentará um ligeiro aumento de temperatura ao ser introduzido na fornalha na direção do interior do tubo de vidro, mas isto não pode ser encarado como constituindo o presente pré-tratamento. Além disso, uma etapa de misturar diversos fluxos de gás juntos não constitui um pré-tratamento de acordo com a presente invenção.

[015] O pré-tratamento é um tipo de uma ativação do fluxo de gás e é em particular selecionado do grupo de preaquecimento e pré-plasma, ou uma combinação dos mesmos, com a zona de reação usada no processo de deposição interior, preferivelmente sendo do tipo plasma. A presente invenção compreende um processo em que os reagentes são submetidos a um pré-tratamento específico, por exemplo, um tratamento de pré-plasma, antes de entrar no tubo do substrato. O termo "combinação" deve ser compreendido para significar que o pré-tratamento pode compreender ambos, pré-plasma e preaquecimento, na ordem desejada. O termo "pré-plasma" foi selecionado em particular para prevenir confusão com o plasma que é usado para a deposição de camadas de vidro no interior do tubo de substrato oco. A geração de pré-plasma pode ter lugar por meio de micro-ondas, mas também através de campos elétricos e/ou magnéticos, com micro-ondas sendo preferidas.

[016] Os atuais inventores têm por certo que tal pré-tratamento já condicionará os materiais de partida a serem supridos para o tubo de substrato oco, de tal maneira que uma transição abrupta entre a condição física dos materiais de partida, ou seja, o fluxo de gás, e as condições predominantes no tubo do substrato oco, serão um tanto suavizadas, Mais em particular, os atuais inventores têm por certo que um composto contendo flúor, que foi submetido ao presente pré-tratamento, reagirão eficientemente no interior do tubo de substrato oco com o hidrogênio presente naquele lugar de maneira a formar compostos de HF muito estáveis, de maneira que a possível incorporação de grupos OH- prejudiciais no vidro depositado seja minimizada.

[017] É em particular desejável que o nível de potência usado no pré-plasma seja mais baixo que o nível de potência usado na zona de reação do tipo de plasma, de maneira a assim minimizar deposição prematura de camadas de vidro durante () pré-tratamento. O nível de potência a ser usado deve ser suficientemente alto para obter e manter um plasma.

[018] Em uma modalidade especial é desejável, com vistas de realizar um perfil de índice refratário radial constante para uma máxima parte do comprimento da pré-forma final, que o nível de potência do pré-tratamento do tipo de pré-plasma seja estabelecido na dependência da posição da zona de reação no tubo de substrato de vidro oco, em particular, que o nível de potência usado no pré-tratamento do tipo pré-plasma seja estabelecido na dependência do período do processo de deposição. Em uma modalidade, de acordo com a presente invenção, é possível usar o pré-tratamento somente durante um certo período do processo de deposição dentro, por exemplo, na

dependência da composição do fluxo de gás a ser suprido para o interior do tubo do substrato de quartzo oco, isto é, o principal fluxo de gás e um ou mais fluxos de gás secundários.

[019] O plasma e o pré-plasma são preferivelmente gerados usando micro-ondas, enquanto uma modalidade especial pode ser preferível, entretanto, para efetuar tais condições usando RF.

[020] Os atuais inventores descobriram ainda que, em particular, é preferível usar composto contendo flúor livre de átomos de hidrogênio como um dopante no presente método, em que tal composto é preferivelmente selecionado do grupo consistindo em CF_4 , C_2F_6 , C_4F_8 , CCl_2F_2 , SiF_4 , Si_2F_6 , SFS , NFB , F_2 ou uma mistura dos mesmos. Tal composto flúor reagirá com o hidrogênio que pode estar presente para formar HF , cujo composto pode ser considerado como uma molécula muito estável. A presença de flúor dessa maneira resulta na remoção de átomos de hidrogênio do plasma, de maneira que o hidrogênio não possa mais ligar-se com oxigênio, desta maneira minimizando a incorporação nas camadas de vidro de grupos de OH^- que adversamente afetam a atenuação. De acordo com a presente invenção, combinações de dopantes podem ser usadas, isto é, dopantes aumentando o índice refratário, e dopantes diminuindo o índice refrativo. Para prevenir qualquer precipitação ou deposição de compostos carboníferos compostos no espaço de pré-tratamento, é desejável que os compostos contendo flúor sejam supridos junto com oxigênio como um gás veículo. Em adição a isso, é desejável que o pré-tratamento dos compostos contendo cloro. Em particular, SiCl_4 e GeCl_4 , ocorra na ausência de oxigênio, de modo que assim evite deposição

prematura indesejável de camadas vítreas no espaço de pré-tratamento e a rede de conduítes conectados às mesmas.

[021] Os atuais inventores, além disso, descobriram que flúor é incorporado nas camadas de vidro de uma maneira eficiente. A presença de flúor é conhecida por levar a uma redução de valor de índice refrativo, cuja redução é geralmente indesejável. A fim de, dessa maneira, compensar um índice refrativo inferior, é desejável incorporar um dopante de aumento de índice refrativo, em particular germânio. Um efeito colateral negativo de tal pedido é a atenuação aumentada. Os atuais inventores, dessa maneira, visam reduzir a quantidade de flúor usada para a remoção de hidrogênio do plasma, em particular, submetendo o fluxo de gás a um pré-tratamento.

[022] O método descrito na introdução é em particular apropriado para a realização do chamado processo de PCVD (Deposição de Vapor Químico de Plasma), em que tais condições de temperatura e plasma são criadas no interior do tubo do substrato de vidro oco, em que a deposição de camadas de vidro tem lugar no lado interno do tubo oco do substrato. Em tal processo de PCVD, a zona de reação é movimentada para frente e para trás ao longo do comprimento do tubo de substrato oco, em particular por meio do ressoador, entre um ponto reverso próximo do lado de suprimento e um ponto reverso perto do lado de descarga do tubo de substrato oco. O ressoador preferivelmente circunda o tubo do substrato de vidro oco, e condições de plasma são criadas através da zona de reação, cujas condições de plasma, combinadas com a temperatura da fornalha, resultam na deposição de camadas de vidro no interior do tubo do substrato de vidro oco.

[023] Se o pré-tratamento usado no presente método compreende preaquecimento, o dito preaquecimento é preferivelmente realizado a partir de uma temperatura de 800°C para uma temperatura predominante na fornalha, em que a temperatura da fornalha é de, no máximo, cerca de 1400°C.

[024] A invenção ainda se refere a um dispositivo para fabricação de uma pré-forma de vidro para fibras ópticas, compreendendo os meios usuais para colocar o tubo de substrato oco entre uma unidade de suprimento de gás e uma unidade de descarga de gás, meios para suprimento de gases e meios para descarregar gases, meios para aquecimento do tubo do substrato, em particular uma fornalha, e meios para formação de uma zona de reação, em particular, um ressonador, em que um dispositivo para realizar um pré-tratamento é posicionado a montante, visto na direção do fluxo de gás a ser passado através do interior do tubo do substrato, cujo pré-tratamento é realizado no fluxo de gás a ser suprido para o interior do tubo do substrato. É desejável que o dito pré-tratamento seja selecionado do grupo consistindo em preaquecimento e pré-plasma, ou uma combinação dos mesmos. O dispositivo para realizar o pré-tratamento preferivelmente não circunda o tubo do substrato, mais em particular, o dispositivo para a realização do pré-tratamento é posicionado fora dos meios para aquecimento do tubo do substrato, em particular, a fornalha.

[025] A presente invenção será agora explicada em mais detalhes por meio de um número de exemplos, a respeito dos quais deverá ser observado, entretanto, que a presente invenção de maneira alguma está limitada a tais exemplos especiais.

[026] A figura 1 é uma representação esquemática de um dispositivo para realizar um processo de deposição de vapor interno.

[027] A figura 2 é uma representação esquemática de um dispositivo especial preferido para implementar a presente invenção.

[028] A figura 3 é uma representação esquemática de um dispositivo apropriado para implementar a presente invenção.

[029] Na figura 1 um dispositivo 100 para realizar um processo de deposição de vapor interno, em particular, do tipo PCVD, para fabricar uma pré-forma primária para fibras ópticas é esquematicamente mostrado. O dispositivo 100 compreende uma fornalha 1, que circunda pelo menos parte do tubo do substrato de vidro oco 2. O tubo do substrato de vidro oco 2 tem 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 uma entrada de gás e uma saída de gás, respectivamente (não mostradas). O lado de suprimento 3 e o lado de descarga 4 podem ser controlados, por exemplo, usando uma passagem cilíndrica provida com um lacre de anel em 0, de tal maneira que o volume interno do tubo do substrato de vidro oco 2 e isolado da atmosfera de fora no lado externo do mesmo, Tal construção torna possível realizar o processo de deposição a uma pressão reduzida, quando uma bomba (não mostrada) está conectada à entrada de gás.

[030] A figura 1 ainda mostra esquematicamente uma zona de reação 7, em que a zona de reação 7 se movimenta para frente e para trás durante o processo de deposição do vapor interno entre um ponto de reversão 5 localizado perto do

lado de suprimento 3 e um ponto de reversão 6 localizado perto do lado de descarga 4. O comprimento de deposição a ser considerado como a distância entre os dois pontos de reversão, ou seja, o comprimento ao longo do qual as camadas de vidro são depositadas no lado interno do tubo do substrato de gás de vidro oco 2. Os dois pontos de reversão são circundados pela fornalha 1.

[031] Durante o processo de deposição do vapor interno, gases de formação de vidro de impureza ou sem impureza são supridos através do lado 3 do tubo do substrato de vidro oco 2, cujos gases de formação de vidro são convertidos em vidro na zona de reação 7, Usando o movimento para frente e para trás da zona de reação 7, um número de camadas de vidro é desta maneira depositado uma camada no topo da outra no lado interno do tubo do substrato de vidro oco 2.

[032] A presente invenção é em particular apropriada para uso em um processo de deposição de vapor interno do tipo PCVD, em que micro-ondas são acopladas no interior do tubo do substrato de vidro oco através de uma cavidade de ressonância, também chamada ressonador, que parcialmente circunda o tubo do substrato de vidro oco, visto na direção longitudinal do mesmo, de maneira a formar um plasma local. O termo "plasma local" é entendido para significar um plasma tendo um comprimento que mais ou menos corresponde ao comprimento do ressonador, ambos vistos na direção longitudinal do tubo do substrato de vidro oco 2. Em um processo de PCVD, o espaço de ressonância é movimentado para frente e para trás ao longo do comprimento do tubo do substrato de vidro oco entre os dois pontos de reversão 5, 6. Depois da conclusão do presente método, um processo de retração pode ser

realizado, em que o tubo do substrato de vidro oco é formado em uma pré-forma sólida. Uma haste de vidro sólida dessa maneira obtida pode ser externamente provida com uma quantidade adicional de vidro. Subsequentemente, a fibra óptica final é obtida por aquecimento da pré-forma sólida, que pode ou não pode ser provida com camadas de vidro adicionais, uma extremidade da mesma, sobre a qual uma fibra é retirada a partir do mesmo, em que a fibra pode ser provida com um ou mais revestimentos antes de ser enrolada em uma bobina.

[033] Um processo de PCVD é conhecido na técnica, por exemplo, dos pedidos de patente U.S. publicados sob os N°s US 2005/0000253, US 2008/0044150, US 2005/0120751, US 2008/0053812, US 2005/0041943 e as Patentes U.S. N°s US 4.741,747 e US 4,493,721.

[034] Ressonadores são conhecidos na técnica, por exemplo, dos pedidos de patente U.S. publicados sob os N°s US 2007/0289532, US 2003/0159781 e US 2005/0172902, e Patentes U.S. N°s US 4844.007, US 4714589 e US 4877938.

[035] O processo de PCVD é chamado processo de baixa pressão, que significa que a pressão durante o processo de deposição de vapor interno, é estabelecida em um valor na faixa de 0,1 a 4 KPa (140 mbar), preferivelmente a faixa de 0,5 a 3 KPa (5-30 mbar).

[036] A figura 2 mostra esquematicamente a presente invenção, em que um fluxo de gás 10 é fornecido para o interior do tubo do substrato oco 2 através do lado de suprimento 3 do tubo do substrato 2. Na figura 2, a fornalha e a zona de reação 7, como também os pontos de reversão 5, 6, não são mostrados por causa da clareza. A figura 2 mostra que o pré-tratamento no dispositivo 12 claramente tem lugar em uma

posição fora do tubo do substrato 2. O fluxo de gás 10 pode ser considerado como uma combinação do fluxo de gás principal 8 e um ou mais fluxos de gás secundários 9, em que a vazão do fluxo de gás principal 8 é preferivelmente mais alta do que a vazão de cada um individual dos ditos um ou mais fluxos de gás secundário 9. O principal fluxo de gás é composto de, por exemplo, SiCl_4 e O_2 . Embora somente um fluxo de gás secundário 9 seja mostrado na figura 2, será evidente que podem ser diversos fluxos de gás secundários 9. Disposto no fluxo de gás secundário 9 está um dispositivo 12 para realizar um pré-tratamento. Além do mais, uma válvula 11 é disposta no fluxo de gás secundário 9. Se o dispositivo 12 realiza um tratamento de pré-plasma no fluxo de gás secundário 9, em que o fluxo de gás secundário 9 contém CZFG como um dopante, por exemplo, na presença de oxigênio, por exemplo, os átomos de flúor presentes no fluxo de gás secundário 9 são pré-ativados, de tal maneira que uma reação prematura com os átomos de hidrogênio presentes no tubo do substrato 2 tenha lugar no tubo do substrato 2, depois da entrada do fluxo de gás 10, que consiste em uma combinação do fluxo de gás principal 8 e os ditos um ou mais fluxos de gás secundários 9. Tal combinação de fluxo de gás 9, 10 é uma etapa simples de mistura e não constitui um pré-tratamento no significado da presente invenção. Outros dopantes podem ser fornecidos através de outros fluxos de gases secundários 9 (não mostrados), em que os fluxos de gases secundários podem sofrer um pré-tratamento de acordo com a presente invenção. Por causa da presença dos átomos de flúor, que foram ligeiramente pré-ativados, a reação com o hidrogênio presente no plasma pode ter lugar substancialmente instantaneamente de tal maneira a formar um HF estável. A

possível incorporação de flúor nas camadas de vidro a serem depositadas no interior do tubo de substratos 2 desta maneira diminui, como um resultado de que a quantidade de flúor incorporada nas camadas de gás será minimizada. Conseqüentemente, a quantidade de germânio a ser fornecido para o tubo do substrato oco 2, com funções de germânio como compensação para a diminuição do índice refratário de flúor, é menor do que em uma modalidade em que tal pré-tratamento através do dispositivo 12 não tem lugar, Embora o dispositivo 12 seja indicado como um pré-tratamento do tipo pré-plasma na figura 2 ficará entendido que um pré-tratamento do tipo aquecimento pode também ser realizado. Além do mais, é possível dispor um número de dispositivos 12 em série, caso em que o pré-tratamento pode ser selecionado do pré-plasma e/ou aquecimento.

[037] A composição do fluxo de gás secundário 9 deve ser selecionada de tal modo que nenhuma deposição prematura de, por exemplo, carbono terá lugar no dispositivo 12. A precipitação de carbono pode ter lugar como um resultado de, por exemplo, uma reação entre oxigênio e, por exemplo, CZFG. A fim de efetuar uma transição gradual entre as condições de plasma predominantes no dispositivo 12 e as condições de plasma predominantes no tubo do substrato oco 2, é desejável que a força usada na zona de reação, no tubo do substrato Z, seja maior do que a força usada no dispositivo 12. Em adição a isso é desejável que a distância entre o dispositivo 12 e o interior do tubo do substrato 2 seja mantida o menor possível de modo a limitar qualquer perda de atividade resultante do pré-tratamento sendo realizado.

[038] A figura 3 esquematicamente mostra uma segunda modalidade da presente invenção, em que os mesmos numerais de referência que são usados na figura 2. Na figura 3 o dispositivo 12, em que o pré-tratamento tem lugar, e disposto no fluxo de gás 10, em que o fluxo de gás 10 pode ser considerado como mais ou menos uma combinação de um ou mais fluxos de gás secundário 9 e o fluxo de gás principal 8. A modalidade apresentada na figura 3 e em particular apropriada se o dispositivo 12 compreende um pré-tratamento do tipo preaquecimento, mas é também possível usar um pré-tratamento do tipo de pré-plasma (não mostrado). De acordo com urna modalidade especial é desejável que uma temperatura de pelo menos 800°C prevaleça no dispositivo 12 antes do gás entrar no tubo do substrato oco 2, em que o tubo do substrato oco 2, como mostrado na figura 1, é circundado por uma fornalha em que a temperatura de cerca de 1200-1400°C prevalece. A elevada temperatura de entrada do fluxo de gás 10, que consiste em um ou mais fluxos de gás secundários 9 e o fluxo de gás principal 8, faz os compostos flúor presentes nos gases de formação de vidro reagirem com o hidrogênio mediante entrada do tubo do substrato oco 2, no qual os compostos HF estáveis são formados, A fornalha circundando o tubo do substrato 2 e as condições de plasma predominantes no tubo do substrato 2 efetuam as condições de reação de tal maneira que a deposição de uma ou mais camadas de vidro no interior do tubo do substrato 2 pode ter lugar, em que camadas de vidro exibem uma diminuição do pico OH a 1385 nm.

[039] Embora esteja indicado na figura 2 que o dispositivo 12 somente se aplica para o fluxo de gás secundário 9, e também possível, em uma modalidade especial, submeter o

fluxo de gás principal 8 a um pré-tratamento, por exemplo, um preaquecimento ou um tratamento de pré-plasma, que pode ou não pode ter lugar em combinação com um pré-tratamento de um ou mais fluxos de gás secundário 9. Além do mais, é possível em uma modalidade especial, aplicar o pré-tratamento a uma combinação de um ou mais fluxos de gás secundário 9, de fluxo de gás principal 8, ou o fluxo de gás 10, com o tipo de pré-tratamento não sendo limitado a um tipo, mas combinações sendo possível. As condições no dispositivo 12 devem ser selecionadas de maneira que a deposição prematura de compostos indesejáveis seja minimizada. Na figura 2 e na figura 3, o dispositivo 12 é disposto fora do tubo do substrato 2, mais em particular, o dispositivo 12 não circunda o substrato 2 naquele lugar.

[040] De acordo com outra modalidade (não mostrada) é também possível suprir o fluxo de gás principal através de um tubo posicionado centralmente no interior do tubo de substrato oco. O espaço anular entre o dito tubo e o tubo do substrato oco é usado para suprir o fluxo de gás secundário. A construção desses dois tubos e circundada por uma cavidade ressonante posicionada estacionária para prover micro-ondas para o tubo do substrato. Tal cavidade ressonante posicionada estacionária é posicionada no lado de suprimento do tubo do substrato e localizada fora da fornalha. Tal pré-tratamento pode ser considerado como outra modalidade da presente invenção. Em tal construção, o espaço anular pode ser usado para o suprimento do fluxo de gás principal, e o tubo posicionado centralmente para o suprimento do fluxo de gás secundário. Em outra modalidade (não mostrada), a cavidade ressonante é substituída por um dispositivo de aquecimento.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA FABRICAR UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA PARA FIBRAS ÓPTICAS, usando um processo de deposição de vapor interno, em que um fluxo de gás (10) de gases de formação de vidro de impureza e/ou sem impureza é fornecido para o interior de um tubo de substrato oco (2), tendo um lado de suprimento (3) e um lado de descarga (4) através do lado de suprimento (3) do mesmo, em que a deposição de camadas de vidro, no interior do tubo de substrato, é efetuada como um resultado da presença de uma zona de reação (7) do tipo plasma, em que o tubo de substrato de vidro oco (2) é circundado por uma fornalha (1), caracterizado pelo fluxo de gás (10) ser submetido a um pré-tratamento, antes de ser suprido para entrar no interior do tubo de substrato de vidro oco (2), em que o pré-tratamento é pré-plasma, ou uma combinação de pré-plasma e pré-aquecimento, o dito plasma sendo gerado através de micro-ondas, campos elétricos e/ou magnéticos.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela zona de reação (7) ser movimentada para frente e para trás ao longo do comprimento do tubo de substrato oco (2), durante pelo menos parte do processo de deposição.

3. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo nível de potência usado na zona de reação (7) do tipo plasma ser mais alto do que o nível de potência do pré-tratamento usado no pré-plasma.

4. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo nível de potência do pré-tratamento do tipo pré-plasma depender da posição da zona de reação (7) no tubo de substrato de vidro oco (2), em que a zona de reação (7) é movida para frente e para trás ao longo

do comprimento do tubo de substrato oco entre um ponto de reversão próximo ao lado da fonte e um ponto de reversão próximo lado de descarga do tubo de substrato oco.

5. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 4, caracterizado pelo nível de potência usado no pré-tratamento do tipo pré-plasma ser estabelecido em função do período do processo de deposição.

6. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pela geração do plasma e o pré-plasma acontecerem usando micro-ondas.

7. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fluxo de gás (10) a ser fornecido para o interior do tubo do substrato (2) pode ser considerado como um fluxo de gás (10) compreendendo um fluxo de gás principal (8) e um ou mais fluxos de gás secundários (9), em que a vazão do fluxo de gás principal (8) é mais alta do que a vazão de cada fluxo de gás individual secundário (9).

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por somente os ditos um ou mais fluxos de gás secundários (9) ser(em) submetido(s) à etapa de pré-tratamento, em particular pré-plasma.

9. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 8, caracterizado por um ou mais fluxos de gás secundários (9) conterem dopantes, na presença ou não de um ou mais gases de formação de vidro.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo composto contendo flúor livre de átomos de hidrogênio é usado como um dopante.

11. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 7 a 10, caracterizado por um fluxo de gás secundário (9) compreender oxigênio e um composto contendo flúor livre de átomos de hidrogênio.

12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo composto contendo flúor livre de átomos de hidrogênio é selecionado do grupo consistindo em 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 dos mesmos.

13. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pela etapa de preaquecimento ser realizada a partir de uma temperatura de $800^\circ C$.

14. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pela etapa de preaquecimento ser realizada no fluxo de gás principal (8).

15. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo composto contendo flúor ser submetido ao pré-tratamento junto com oxigênio.

16. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo pré-tratamento não ser realizado no tubo do substrato.

17. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo o pré-tratamento é realizado antes da entrada do fluxo de gás (10) no interior do tubo do substrato (2).

18. MÉTODO PARA FABRICAR UMA FIBRA ÓPTICA, fabricando uma pré-forma obtida, caracterizado por utilizar o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 17, aquecendo a dita pré-forma em uma extremidade e submetendo a então extremidade aquecida a um tratamento de estriamento de maneira a obter a fibra óptica.

FIG. 1

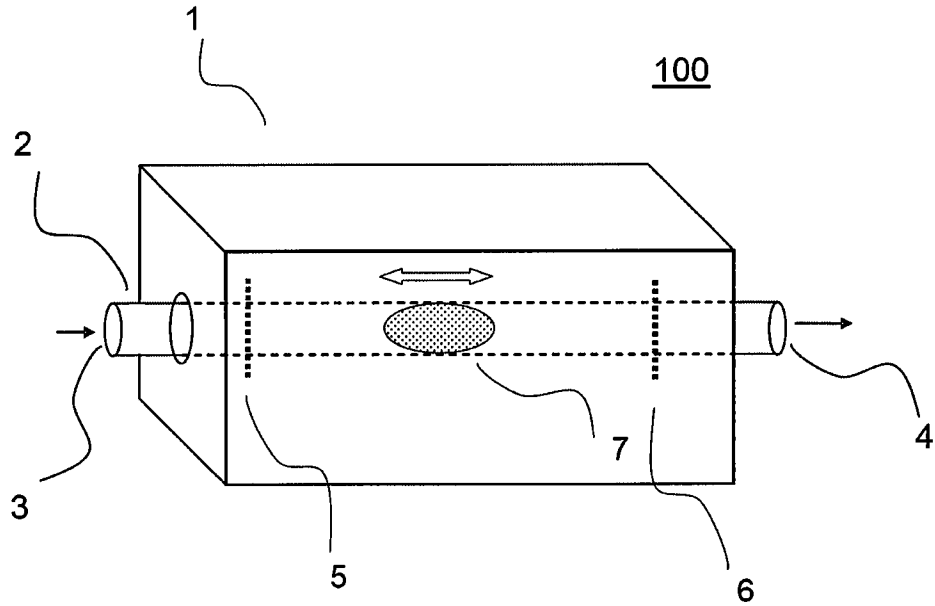


FIG. 2

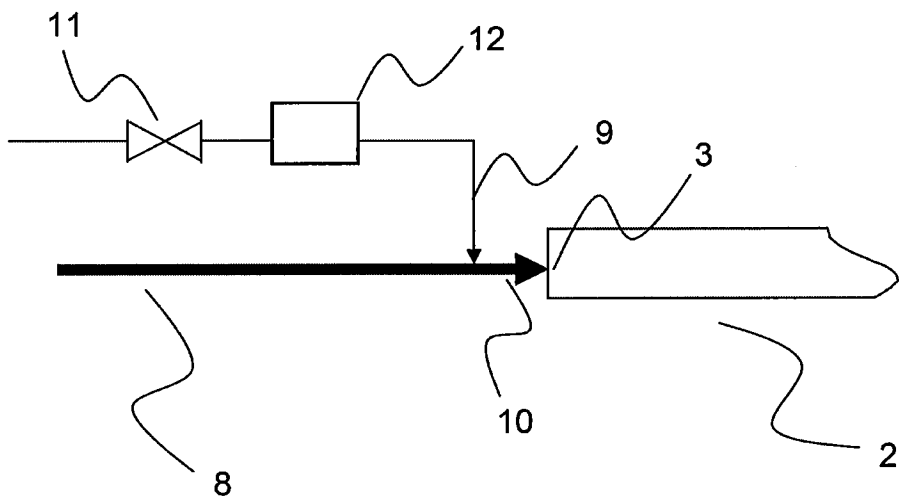


FIG. 3

