



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 1002464-6

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 1002464-6

(22) Data do Depósito: 30/07/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 15/05/2012

(51) Classificação Internacional: C03B 37/018.

(30) Prioridade Unionista: NL 1037163 de 30/07/2009.

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA PARA FIBRAS ÓPTICAS

(73) Titular: DRAKA COMTEQ B.V., Sociedade Holandesa. Endereço: De Boelelaan 7, 1083 HJ Amsterdam, HOLANDA(NL)

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

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 30/07/2010, observadas as condições legais

Expedida em: 12/11/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA PRÉ-FORMA PRIMÁRIA PARA FIBRAS ÓPTICAS".

5 A presente invenção refere-se a um método para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas utilizando um processo de deposição de vapor interno compreendendo as etapas de:

- i) proporcionar um tubo de substrato de vidro oco tendo um lado de fornecimento e um lado de descarga,
- 10 ii) circundar ao menos parte do tubo de substrato de vidro oco por um forno,
- iii) fornecer gases de formação de vidro ao interior do tubo de substrato de vidro oco, via seu lado de fornecimento
- 15 iv) criar uma zona de reação com condições tais que a deposição de vidro sobre a superfície interna do tubo de substrato de vidro oco acontecerá, e
- v) 20 mover a zona de reação para frente e para trás ao longo do comprimento do tubo de substrato de vidro oco entre um ponto de reversão localizado perto do lado de fornecimento e um ponto de reversão localizado perto do lado de descarga do tubo de substrato oco de modo a formar uma ou mais camadas de pré-forma na superfície interna do tubo de substrato de vidro oco, sendo que ambos os pontos de reversão são circundados pelo forno.

Um método, conforme descrito na introdução, é conhecido por si
25 da patente U.S. No. 4.741.747. Mais particularmente, a patente mencionada descreve um método de fabricação de pré-formas ópticas de acordo com o método PCVD, em que camadas de vidro são depositadas movendo-se um plasma para trás e para a frente entre dois pontos de reversão interna de um tubo de vidro enquanto se adiciona uma mistura de gás reativo ao tubo a
30 uma temperatura entre 1100°C e 1300°C e uma pressão entre 1 e 30 hPa. As regiões de geometria de deposição não constante nas extremidades da pré-forma óptica são reduzidas movendo-se o plasma de maneira não-linear

no tempo na área de pelo menos um ponto de reversão.

O pedido de patente U.S. 2003/0017262 refere-se a um aparelho e a um método para a fabricação de uma pré-forma de fibra óptica. A partir do dito pedido U.S., sabe-se que duas fontes de calor separadas são posi-
5 cionadas a uma distância predeterminada entre elas, o que é visto na direção longitudinal do tubo de substrato. As duas fontes de calor são movidas ao longo do comprimento do substrato ao mesmo tempo em que se mantém o espaçamento predeterminado durante o processo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition).

10 A patente U.S. 4.608.070 descreve um processo para a fabricação de uma pré-forma em que o processo de deposição é realizado com o uso de um perfil de temperatura, perfil de temperatura este que aumenta ao longo do comprimento do tubo de substrato.

A patente alemã DE 32 06 17 descreve um método para a fabricação de uma pré-forma em que um forno de grafite circunda um tubo de substrato, forno de grafite este que é dotado de uma fonte de calor adicional, fonte de calor esta que funciona como um preaquecedor para a mistura de gás a ser fornecida ao tubo de substrato. As duas fontes de calor podem ser movidas sobre o tubo ao longo de seu comprimento enquanto se mantém o
15 espaçamento entre as duas fontes de calor.

20 A patente alemã DE 36 19 379 refere-se a um método e a um dispositivo para a fabricação de uma pré-forma, em que dois tubos dispostos coaxialmente podem ser aquecidos e resfriados independentemente de modo a efetuar, deste modo, uma mudança de temperatura.

25 A patente U.S. No. 4.331.462 refere-se a um método para a fabricação de uma pré-forma por meio de um processo MCVD, usando uma, assim chamada, zona de aquecimento em tandem, constituída de uma zona I e de uma zona II.

30 Uma fibra óptica consiste em um núcleo e em uma camada externa circundando o dito núcleo, também referida como revestimento (cladding). Usualmente, o núcleo tem um índice refrativo mais alto do que o revestimento, tal que a luz possa ser transportada através da fibra óptica.

O núcleo de uma fibra óptica pode consistir em uma ou mais camadas concêntricas, cada uma tendo uma espessura específica e um índice de refração específico, ou um gradiente de índice de refração específico na direção radial.

- 5 Uma fibra óptica tendo um núcleo que consiste em uma ou mais camadas concêntricas tendo um índice de refração constante na direção radial também é referida como uma fibra óptica com índice escalonado. A diferença entre o índice refrativo de uma camada concêntrica e o índice refrativo do revestimento pode ser expressa em um, assim chamado, valor delta, indicado $\Delta_i\%$, e pode ser calculado de acordo com a fórmula abaixo:

$$\Delta_i\% = \frac{n_i^2 - n_{cl}^2}{2n_i^2}$$

onde:

n_i = valor do índice refrativo da camada i

n_d = valor do índice refrativo do revestimento

- 15 Uma fibra óptica também pode ser fabricada de tal maneira que um núcleo, tendo um, assim chamado, gradiente de perfil de índice refrativo é obtido. Tal perfil de índice refrativo é definido tanto com um valor delta $\Delta\%$ quanto com um, assim chamado, valor α . Para determinar o valor $\Delta\%$, usa-se o índice refrativo máximo no núcleo. O valor alfa pode ser determinado por meio da fórmula abaixo:

$$n(r) = n_1 \left(1 - 2\Delta\% \left(\frac{r}{a} \right)^\alpha \right)^{\frac{1}{2}}$$

- 20 onde:

n_1 = valor do índice refrativo no centro da fibra

a = raio do núcleo do índice de gradiente [μm]

α = valor alfa

r = posição radial na fibra [μm]

- 25 Um perfil de índice refrativo radial de uma fibra óptica deve ser considerado como uma representação do índice refrativo como uma função da posição radial em uma fibra óptica. Do mesmo modo, é possível representar graficamente a diferença de índice refrativo com o revestimento como

uma função da posição radial na fibra óptica, o que também pode ser considerado como um perfil de índice refrativo radial.

5 A forma do perfil de índice refrativo radial e, em particular, das espessuras das camadas concêntricas e do índice refrativo ou do gradiente do índice refrativo na direção radial do núcleo, determina as propriedades ópticas da fibra óptica.

10 Uma pré-forma primária compreende uma ou mais camadas de pré-forma que formam a base para a uma ou mais camadas concêntricas do núcleo e/ou parte do revestimento da fibra óptica que pode ser obtida a partir de uma pré-forma final. Uma camada de pré-forma é constituída de uma série de camadas de vidro.

Uma pré-forma final, conforme referida aqui, é uma pré-forma a partir da qual é feita uma fibra óptica por meio do uso de um processo de estiramento de fibra.

15 Para obter uma pré-forma final, uma pré-forma primária é dotada externamente de uma camada adicional de vidro, camada adicional esta que compreende o revestimento ou parte do revestimento. A dita camada de vidro adicional pode ser aplicada diretamente à pré-forma primária. Também é possível colocar a pré-forma primária em um tubo de vidro já formado, também referido como "jaqueta". A dita jaqueta pode ser contraída ate a pré-forma primária. Finalmente, uma pré-forma primária pode compreender tanto o núcleo quanto o revestimento de uma fibra óptica, tal que não existe necessidade de aplicar uma camada adicional de vidro. Uma pré-forma primária é, neste caso, idêntica a uma pré-forma final. Um perfil de índice refrativo radial pode ser medido sobre uma pré-forma primária e/ou uma pré-forma final.

O comprimento e o diâmetro da pré-forma final determinam o comprimento máximo de fibra óptica que pode ser obtido a partir da pré-forma final.

30 Para diminuir os custos de produção de fibras ópticas e/ou aumentar a produção por pré-forma primária, o objetivo é produzir, com base em uma pré-forma final, um comprimento máximo de fibra óptica que atenda

aos padrões de qualidade exigidos.

O diâmetro de uma pré-forma final pode ser aumentado por meio da aplicação de uma camada mais espessa de vidro adicional a uma pré-forma primária. Por causa das propriedades ópticas de uma fibra óptica serem determinadas pelo perfil de índice refrativo radial, a espessura da camada de vidro adicional tem que estar, em todos os momentos, na proporção correta à espessura da camada das camadas de pré-forma da pré-forma primária que formarão o núcleo, mais particularmente, a uma ou mais camadas concêntricas do núcleo na fibra óptica. Consequentemente, a espessura da camada da camada de vidro aplicada adicionalmente à pré-forma primária é limitada pela espessura das camadas de pré-forma que são formadas por meio do processo de deposição de vapor interno.

O comprimento de uma pré-forma final pode ser aumentado por meio do aumento do comprimento, mais particularmente do comprimento utilizável, de uma pré-forma primária. O termo "comprimento utilizável" deve ser entendido como sendo o comprimento da pré-forma primária ao longo do qual as propriedades ópticas permanecem dentro de limites de tolerância predeterminados, limites de tolerância estes que foram selecionados, tal que sejam obtidas fibras ópticas que atendam aos padrões desejados de qualidade.

Para determinar o comprimento utilizável da pré-forma primária, é medido um perfil de índice refrativo radial em uma série de posições ao longo de seu comprimento, após o que é possível, com base nas ditas medições, consolidar um assim chamado perfil de índice refrativo longitudinal e um perfil de geometria longitudinal para cada camada de pré-forma.

Assim, um "perfil de índice refrativo longitudinal" deve ser entendido como sendo uma representação gráfica do índice refrativo de uma camada de pré-forma como uma função da posição longitudinal na pré-forma primária.

Um "perfil de geometria longitudinal" deve ser entendido como sendo uma representação gráfica da espessura de uma camada de pré-forma como uma função da posição longitudinal na pré-forma primária.

Um dos fatores que afetam adversamente o comprimento utilizável de uma pré-forma primária, é chamado "afunilamento". O termo "afunilamento" deve ser entendido como sendo um desvio das propriedades ópticas e/ou geométricas da pré-forma primária em regiões perto de suas extremidades. É feita uma distinção entre afunilamento óptico e afunilamento geométrico.

O afunilamento óptico refere-se a desvios do índice refrativo, enquanto o afunilamento geométrico se refere a desvios da espessura da camada da camada de pré-forma.

Se uma pré-forma primária for constituída de diversas camadas de pré-forma, o afunilamento óptico e geométrico das camadas de pré-forma podem ser diferentes entre si.

É um objetivo da presente invenção proporcionar um método e um dispositivo para a fabricação de uma pré-forma primária em que o afunilamento óptico possa ser influenciado de modo praticamente independente do afunilamento geométrico.

Outro objetivo da presente invenção é proporcionar um método e um dispositivo para a fabricação de uma pré-forma primária em que os desvios do perfil de índice refrativo longitudinal a partir de um perfil de índice refrativo desejado, sejam minimizados.

Ainda outro objetivo da presente invenção é proporcionar um método e um dispositivo para a fabricação de uma pré-forma primária em que o índice refrativo de uma camada de pré-forma possa ser influenciado ao longo do comprimento de uma pré-forma primária durante o processo de deposição.

A presente invenção, conforme descrita na introdução, é caracterizada pelo fato de que o forno compreende ao menos duas zonas de temperatura, em que uma temperatura ou um gradiente de temperatura em uma zona de temperatura pode ser definido independentemente de uma temperatura ou de um gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s), sendo que uma "zona de temperatura" deve ser entendida como sendo uma zona na direção longitudinal do tubo de substrato de vidro oco. A presente invenção,

deste modo, refere-se, em particular, a zonas de temperatura que se estendem ao longo do comprimento do tubo de substrato. Será entendido que, visto na direção radial, também pode haver gradientes de temperatura, mas tais gradientes de temperatura não devem ser confundidos com as presentes zonas de temperatura.

Os presentes inventores descobriram que a temperatura do tubo de substrato durante o processo de deposição a vapor interno, tem uma influência sobre o índice refrativo. A temperatura do tubo de substrato de vidro oco é entendida como sendo a temperatura do tubo de substrato de vidro oco, incluindo as camadas de vidro e/ou camadas de pré-forma já depositadas. A temperatura do tubo de substrato corresponde à temperatura ou ao gradiente de temperatura da zona de temperatura em que a respectiva parte do tubo de substrato de vidro oco está localizada. Os presentes inventores descobriram, surpreendentemente, que a temperatura do tubo de substrato durante o processo de deposição é de suma importância para a eficiência com a qual os dopantes são incorporados no vidro depositado. Deve-se notar que, de acordo com a presente invenção, a zona de reação, que se move para trás e para frente ao longo do comprimento do tubo de substrato, deve ser considerada como uma parte separada do forno, forno este que circunda o tubo de substrato em uma posição estacionária. Dentro da estrutura da presente invenção, o forno não pode ser confundido com a zona de reação que é necessária para a deposição.

Mas particularmente, mas sem desejar ficar limitado por esta teoria, os presentes inventores assumem que uma temperatura mais alta do tubo de substrato de vidro oco durante o processo de deposição faz com que um ou mais dopantes, em particular, óxido de germânio, evaporem, ou que a eficiência com a qual um ou mais dopantes, a saber, germânio na forma de óxido de germânio, são incorporados no vidro, diminui como resultado de uma alta temperatura. Além do mais, deve-se notar que a zona de reação que pode ser movida para trás e para frente ao longo do comprimento do tubo de substrato é de vital importância para efetuar a deposição de vidro sobre a superfície interna do tubo de substrato oco.

Descobriu-se que, proporcionando-se zonas de temperatura ao forno, de acordo com a presente invenção, é possível criar um perfil de temperatura ao longo do comprimento do tubo de substrato, mais particularmente, o comprimento de deposição, tal que a temperatura do tubo de substrato de vidro oco é definida em valores mutuamente diferentes ao longo de seu comprimento de deposição. O "comprimento de deposição" deve ser entendido como sendo a distância entre um ponto de reversão localizado perto do lado de fornecimento e um ponto de reversão localizado perto do lado de descarga do tubo de substrato oco. Logo, o comprimento de deposição corresponde à parte do comprimento do tubo de substrato de vidro oco onde são depositadas as camadas de vidro.

O perfil de temperatura mencionado anteriormente torna possível influenciar o índice refrativo ao longo do comprimento do tubo de substrato, e, conseqüentemente, é possível reduzir desvios do índice refrativo do vidro depositado a partir de um valor desejado ao longo do comprimento do tubo de substrato.

Assim, os presentes inventores descobriram que é possível, usando este método, aumentar o comprimento utilizável da pré-forma primária em comparação com o comprimento utilizável de uma pré-forma primária que tenha sido feita com o uso de uma temperatura de forno substancialmente constante.

Os presentes inventores também descobriram que o afunilamento óptico pode ser reduzido sem que isso tenha um efeito significativo sobre o afunilamento geométrico.

Assim, um ou mais dos objetivos acima são atingidos usando-se o método, de acordo com a presente invenção.

Em outra modalidade preferida, o processo de deposição a vapor interno é um processo PCVD, em que a zona de reação é um plasma que, de preferência, se move para trás e para frente ao longo do comprimento de deposição do tubo de substrato oco na etapa v), a uma velocidade que varia entre 10 e 40 m/min, de preferência, entre 15 e 25 m/min.

Em uma modalidade preferida, os gases de formação de vidro

usados na etapa iii, compreendem um ou mais dopantes, de preferência, germânio. Os ditos dopantes influenciam o índice refrativo do vidro depositado. O índice refrativo do vidro depositado pode ser influenciado por meio do uso de dopantes. Exemplos de dopantes que aumentam o índice refrativo são germânio, fósforo, titânio e alumínio, ou seus óxidos. Exemplos de dopantes que diminuem o índice refrativo são boro, ou seu óxido, e flúor. De preferência, é usado germânio como um dopante de aumento de índice refrativo e é usado flúor como um dopante de diminuição de índice refrativo.

Em outra modalidade especial do método, de acordo com a presente invenção, o forno compreende ao menos três zonas de temperatura, zonas de temperatura estas que circundam, cada uma, 5 a 20% do comprimento de deposição perto do lado de fornecimento e do lado de descarga do tubo de substrato. Na modalidade em que o comprimento de deposição é de 1200 mm, o comprimento das zonas de temperatura perto do lado de fornecimento e do lado de descarga do tubo de substrato é 60 a 240 mm.

Um forno que compreenda três ou mais zonas de temperatura torna possível definir a temperatura do tubo de substrato independentemente ao longo do comprimento de deposição perto do lado de suprimento, perto do lado de descarga e parte do comprimento de deposição entre eles. Assim, o afunilamento óptico perto do lado de fornecimento e o afunilamento óptico perto do lado de descarga podem ser influenciados independentemente entre si.

Em outra modalidade especial, o forno compreende ao menos quatro zonas de temperatura, em que uma temperatura ou gradiente de temperatura em uma zona pode ser definido independentemente de uma temperatura ou de um gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s). Em tal modalidade, é possível não apenas influenciar a temperatura do tubo de substrato ao longo de seu comprimento de deposição perto do lado de suprimento e do lado de descarga do tubo de substrato, como também dividir a temperatura na região entre elas em pelo menos duas zonas de temperatura e definir a temperatura nas ditas zonas de temperatura independentemente de outra zona de temperatura.

Em uma modalidade especial do método, de acordo com a invenção, a diferença de temperatura máxima entre uma zona de temperatura e outra zona de temperatura é maior do que 50°C.

5 Ainda em outra modalidade especial do método, de acordo com a presente invenção, diversas camadas de pré-forma são formadas na etapa v) e a temperatura ou o gradiente de temperatura nas zonas de temperatura durante a formação de uma camada de pré-forma pode ser definido independentemente da temperatura ou do gradiente de temperatura nas zonas de temperatura durante a formação de uma ou mais outras camadas de pré-
10 forma.

Esta modalidade torna possível definir um perfil de temperatura ótimo ao longo do comprimento de deposição do tubo de substrato oco para cada camada de pré-forma em situações onde as camadas de pré-forma com níveis de dopantes mutuamente diferentes são usadas.

15 A presente invenção refere-se, adicionalmente, a um dispositivo para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas, usando um processo de deposição a vapor interno em um tubo de substrato de vidro oco tendo um lado de fornecimento e um lado de descarga, dispositivo este que compreende:

- 20 i) uma entrada de gás e uma saída de gás, entre as quais pode ser montado o tubo de substrato de vidro oco,
- ii) um forno que circunda o tubo de substrato de vidro oco ao menos ao longo de um comprimento de deposição do mesmo,
- 25 iii) um meio para criar uma zona de reação dentro do tubo de substrato de vidro oco, meio este que é disposto no forno durante o processo de deposição e que pode ser movido para trás e para frente entre o ponto de reversão localizado perto do lado de fornecimento e o ponto de reversão localizado
30 perto do lado de descarga do tubo de substrato de vidro oco, caracterizado pelo fato de que o forno compreende ao menos duas zonas de temperatura, em que uma tempe-

ratura ou gradiente de temperatura em uma zona de temperatura pode ser definido independentemente de uma temperatura ou de um gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s).

5 Em uma modalidade preferida, o meio para criar uma zona de reação compreende um ressonador que é capaz de acoplar micro-ondas ao interior do tubo de substrato de vidro oco, de modo a criar uma zona de reação na forma de um plasma.

10 Ainda em outra modalidade preferida, o forno compreende três ou mais zonas de temperatura, zonas de temperatura estas que circundam, cada uma, 5 a 20% do comprimento de deposição perto do lado de fornecimento e do lado de descarga do tubo de substrato.

15 A presente invenção será explicada agora com mais detalhes por meio de um exemplo com referência a uma série de figuras, em que deve se notar, no entanto, que a presente invenção não está limitada, de maneira alguma, às mesmas.

 A figura 1 é uma vista esquemática de um dispositivo para realizar um processo de deposição interno.

20 A figura 2 é uma vista em perspectiva esquemática de um dispositivo para realizar um processo de deposição interno, de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção.

 A figura 3 é uma representação de um perfil de índice refrativo longitudinal em uma pré-forma primária.

25 A figura 4 é uma representação de um perfil de temperatura em um forno.

 A figura 5 é uma representação de um perfil de índice refrativo longitudinal corrigido.

30 Na figura 1, um dispositivo 100 para realizar um processo de deposição a vapor interno para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas, é mostrado esquematicamente. O dispositivo 100 compreende um forno 1, que circunda ao menos o comprimento de deposição 5 do tubo de substrato de vidro oco 2.

O comprimento de deposição 5 corresponde à parte do comprimento do tubo de substrato de vidro oco 2 onde as camadas de vidro são depositadas. Em outras palavras, o comprimento de deposição 5 corresponde à distância entre o ponto de reversão 11, localizado perto do lado de fornecimento, e o ponto de reversão 12, localizado perto do lado de descarga do tubo de substrato de vidro oco. O ponto de reversão deve ser entendido como sendo uma posição na direção longitudinal do tubo de substrato de vidro oco 2 onde a direção de movimento da zona de reação 6 é invertida na direção oposta. O forno 1 circunda o comprimento de deposição 5 durante o processo de deposição, a saber, ao menos durante a etapa v). Após o completamento do processo de deposição, o tubo de substrato 2 é removido do forno 1 e adicionalmente processado.

O tubo de substrato de vidro oco 2 tem um lado de fornecimento 3 e um lado de descarga 4. O lado de fornecimento 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 fornecimento 3 e o lado de descarga 4 podem ser fixados via uma passagem cilíndrica dotada de uma vedação do tipo O-ring, tal que o volume interno do tubo de substrato de vidro oco 2 fique isolado da atmosfera externa. Tal construção torna possível realizar o processo de deposição a uma pressão reduzida quando uma bomba (não mostrada) é conectada à saída de gás.

A passagem cilíndrica mencionada anteriormente pode ser usada também em uma modalidade rotativa, tal que o tubo de substrato possa ser girado continuamente ou em etapas durante o processo de deposição.

Durante o processo de deposição a vapor, uma zona de reação 6 se move para trás e para frente ao longo do comprimento do tubo de substrato de vidro oco 2 entre o ponto de reversão 11, perto do lado de fornecimento 3, e o ponto de reversão 12, perto do lado de descarga 4, comprimento este que também é referido como o comprimento de deposição 5, dentro do tubo de substrato de vidro oco 2, de modo a formar camadas de vidro. A largura 7 da zona de reação 6 é menor do que o comprimento de deposição 5. A presente invenção é adequada, em particular, para uso em um processo

de deposição do tipo PCVD, em que a zona de reação é um plasma a baixa pressão. O termo "baixa pressão" é entendido como significando que o plasma é criado a uma pressão de cerca de 1 a 20 hPa (1 a 20 mbar) no tubo de substrato.

5 Enquanto os gases de formação de vidro, que podem ou não ser dopados, estão sendo fornecidos ao lado de fornecimento 3 do tubo de substrato de vidro oco 2, as camadas de vidro (não mostradas) são depositadas ao longo do comprimento de deposição 5 sobre a superfície interna do tubo de substrato de vidro oco 2.

10 Uma série de camadas de vidro depositadas, usando uma composição mais ou menos constante dos gases de formação de vidro que são fornecidos no lado de fornecimento 3, formam assim uma camada de pré-forma.

Também é possível formar uma camada de pré-forma usando
15 uma variação predeterminada na composição dos gases de formação de vidro. Tal camada de pré-forma é usada, por exemplo, para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas do tipo gradiente de índice.

Após o término do processo de deposição, o tubo de substrato 2 com a(s) camada/camadas de pré-forma depositada(s) ali, pode ser consolidado em uma haste sólida por meio de um processo de contração também
20 referido como um processo de colapso.

Os meios para criar uma zona de reação no interior do tubo de substrato de vidro oco 2 compreendem, de preferência, um ressonador, conforme é conhecido dos pedidos de patente U.S. publicados sob N^{os}.
25 2007/0289532, 2003/0159781 e 2005/0172902, patentes U.S. N^{os}. 4.844.007, 4.714.589, 4.877.938. Tais ressonadores encerram o tubo de substrato 2 e são movidos para trás e para frente ao longo do comprimento de deposição durante o processo de deposição.

A figura 2 é uma vista em perspectiva de uma modalidade especial do dispositivo 100, em que três zonas de temperatura 8, 9, e 10 são mostradas de maneira esquemática. As zonas de temperatura 8, 9 e 10 podem ser criadas, por exemplo, dispondo-se individualmente elementos de
30

aquecimento controláveis (não mostrados) no forno 1 em diversas posições na direção longitudinal do tubo de substrato. Elementos de carbono, por exemplo, são elementos de aquecimento adequados. Entretanto, a presente invenção não está limitada a elementos de carbono. A princípio, são adequados elementos de aquecimento capazes de atingir uma temperatura máxima de 1400°C. A largura das zonas de temperatura pode ser definida conforme necessário, e não é necessariamente a mesma para cada zona de temperatura. Para atingir uma definição precisa da temperatura do tubo de substrato na direção longitudinal, pode ser vantajoso realizar zonas de temperatura tendo comprimentos mutuamente diferentes.

As zonas de temperatura 8, 9, 10 podem ser separadas entre si por um ou mais elementos de separação (não mostrados) feitos de um material isolante, por exemplo, óxido de alumínio. O uso de elementos de separação isolantes torna possível manter uma temperatura constante do tubo de substrato 2 em uma zona de temperatura. A ausência de elementos de separação isolantes levará, possivelmente, a variações na temperatura do tubo de substrato 2, em particular perto da(s) transição(ões) entre a(s) zona(s) de temperatura adjacente(s). Embora a figura 2 mostre um forno 1 compreendendo três zonas de temperatura 8, 9, e 10, a presente invenção não está limitada, de maneira alguma, a tal modalidade.

Exemplo Comparativo

Uma pré-forma primária, do tipo com índice escalonado, compreendendo uma camada de pré-forma, é produzida usando um processo de deposição a vapor químico de plasma da técnica anterior (PCVD), em que a temperatura no forno 1 é mantida a um valor substancialmente constante ao longo do comprimento do tubo de substrato oco em que o germânio é usado como um dopante de modo a obter a diferença de índice refrativo desejada de 0,335%. Quando do término do processo de deposição a vapor, o tubo de substrato de vidro oco resultante 2 é consolidado em uma pré-forma primária, após o que o perfil de índice refrativo radial é medido em uma série de posições ao longo do comprimento da pré-forma primária, usando um assim chamado "analisador de pré-forma", por exemplo, um "2600 Preform Analy-

ser", que está disponível comercialmente em Photon Kinetics. Subsequentemente, um índice refrativo longitudinal é determinado para a camada de pré-forma na pré-forma primária com base nos perfis de índice refrativo radial obtidos. Deste modo, um perfil de índice refrativo longitudinal, conforme

5 mostrado na figura 3, é obtido. A diferença de índice refrativo, Delta% ($\Delta\%$) é mostrada no eixo vertical e a posição na direção longitudinal da pré-forma primária, sobre o eixo horizontal. O valor desejado ou visado, representado por meio da linha horizontal quebrada, para $\Delta_i\%$ é 0,335%.

A figura 3 mostra claramente que o valor obtido para $\Delta\%$ desvia

10 do valor desejado ao longo do comprimento da pré-forma primária.

Em particular, o desvio nas extremidades da pré-forma primária (correspondente ao lado esquerdo e direito da figura 3) leva a uma redução significativa do comprimento utilizável da pré-forma primária.

Exemplo

15 Com base no perfil de índice refrativo longitudinal mostrado na figura 3, um perfil de temperatura (longitudinal) é subsequentemente determinado para o forno 1, usando um modelo computacional, perfil de temperatura este que é usado para reduzir os desvios do índice refrativo (expresso como $\Delta\%$) a partir de um valor desejado, que é 0,335%, no presente exemplo.

20

O perfil de temperatura assim determinado é mostrado na figura 4, em que a temperatura do forno é mostrada sobre o eixo vertical e a posição na pré-forma primária é mostrada sobre o eixo horizontal. A posição na pré-forma primária mostrada na figura 3 corresponde à posição do tubo de

25 substrato de vidro oco 2 na figura 4.

As linhas cheias verticais na figura 4 correspondem às seis zonas de temperatura Z1 a Z6. Assim, a zona de temperatura Z2 começa em uma posição de 160 mm e termina em uma posição de 310 mm, a zona Z3 começa em uma posição de 310 mm e termina em uma posição de 575 mm,

30 etc. Note-se que a presente invenção não está limitada a uma modalidade compreendendo seis zonas de temperatura.

Note-se ainda que as zonas de temperatura não estão separa-

das por partições de isolamento, tal que ocorre uma transição de temperatura mais ou menos suave entre as zonas de temperatura adjacentes.

Da figura 3, deriva-se, por exemplo, que a diferença de índice refrativo é menor do que o valor desejado (0,335%) na parte maior da zona de temperatura Z3, enquanto na parte maior da zona de temperatura Z4, por outro lado, a diferença de índice refrativo é maior do que o valor desejado. Com base nestes resultados, é desejável que a temperatura nas respectivas zonas de temperatura Z3 e Z4 seja definida de tal modo que o desvio acima seja reduzido.

Assim, é possível, com base no perfil de temperatura mostrado na figura 4 fabricar uma pré-forma tendo um perfil de índice refrativo longitudinal correspondente ao perfil de índice refrativo longitudinal mostrado na figura 5. A diferença de índice refrativo $\Delta\%$ é mostrada no eixo vertical na figura 5 e a posição na direção longitudinal da pré-forma primária, é mostrada no eixo horizontal.

Fica aparente que, em comparação com os desvios mostrados na figura 3, os desvios de $\Delta\%$ são significativamente reduzidos com relação ao valor definido de 0,335% substancialmente ao longo de todo o comprimento da pré-forma primária.

Em particular, a figura 5 mostra que o desvio da diferença de índice refrativo nas extremidades da pré-forma primária foi reduzido de maneira significativa. Os métodos e o dispositivo, de acordo com a presente invenção tornam possível, desta maneira, aumentar o comprimento utilizável de uma pré-forma primária.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas usando um processo de deposição a vapor interno, caracterizado por compreender as etapas de:

- 5 i) proporcionar um tubo de substrato de vidro oco (2) tendo um lado de fornecimento (3) e um lado de descarga (4),
- ii) circundar ao menos parte do tubo de substrato de vidro oco (2) por um forno (1),
- iii) fornecer gases de formação de vidro ao interior do tubo de substrato de vidro oco (2), via seu lado de fornecimento (3)
- 10 iv) criar uma zona de reação com condições tais que a deposição de vidro sobre a superfície interna do tubo de substrato de vidro oco (2) acontecerá, e
- v) mover a zona de reação para frente e para trás ao longo do comprimento do tubo de substrato de vidro oco (2) entre um
- 15 ponto de reversão localizado perto do lado de fornecimento (3) e um ponto de reversão localizado perto do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco (2) de modo a formar uma ou mais camadas de pré-forma na superfície interna do
- 20 tubo de substrato de vidro oco (2), sendo que ambos os pontos de reversão são circundados pelo forno (1),
- em que o forno (1) compreende duas zonas de temperatura (8, 9, 10), em que uma temperatura ou um gradiente de temperatura em uma zona de temperatura pode ser definido independentemente de uma temperatura ou gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s), em que uma "zona de
- 25 temperatura" deve ser entendida como sendo uma zona na direção longitudinal do tubo de substrato de vidro oco (2).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a zona de reação usada na etapa iv) é um plasma.

- 30 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, na etapa v), a zona de reação se move para trás e para frente a uma velocidade que varia entre 10 e 40 m/min, ao longo do

comprimento de deposição do tubo de substrato de vidro oco (2), comprimento de deposição este que deve ser considerado como a distância entre o ponto de inversão localizado perto do lado de suprimento (3) e o ponto de inversão localizado perto do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco (2).

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que os gases de formação de vidro usados na etapa iii) compreendem um ou mais dopantes.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que é usado germânio como um dopante.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o forno compreende três zonas de temperatura, zonas de temperatura estas que circundam, cada uma, 5 a 20% do comprimento de deposição perto do lado de fornecimento (3) e do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco (2).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a diferença de temperatura máxima entre uma zona de temperatura e outra zona de temperatura é maior do que 50 graus centígrados.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que são formadas diversas camadas de pré-forma na etapa v) e a temperatura ou o gradiente de temperatura nas zonas de temperatura durante a formação de uma camada de pré-forma pode ser definido independentemente da temperatura ou do gradiente de temperatura nas zonas de temperatura durante a formação de uma ou mais camadas de pré-forma.

9. Dispositivo (100) para a fabricação de uma pré-forma primária para fibras ópticas, usando um processo de deposição a vapor interno em um tubo de substrato de vidro oco (2) tendo um lado de fornecimento (3) e um lado de descarga (4), conforme definido nas reivindicações de 1 a 8, dispositivo este (100) que compreende:

i) uma entrada de gás e uma saída de gás, entre as quais pode

ser montado o tubo de substrato de vidro oco (2),

ii) um forno (1) que circunda o tubo de substrato de vidro oco (2), ao menos ao longo de um comprimento de deposição (6) seu, comprimento de deposição (5) este que deve ser entendido como sendo a
5 distância entre um ponto de reversão (11) localizado perto do lado de fornecimento (3) e um ponto de reversão (12) localizado perto do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco (2),

iii) um meio para criar uma zona de reação (6) dentro do tubo de substrato de vidro oco, meio este que é disposto no forno (1) durante o
10 processo de deposição e que pode ser movido para trás e para frente entre o ponto de reversão (11) localizado perto do lado de fornecimento (3) e o ponto de reversão (12) localizado perto do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco,

caracterizado pelo fato de que o forno (1) compreende duas zonas de temperatura (8, 9, 10), em que uma temperatura ou um gradiente de temperatura em uma zona de temperatura pode ser definido independentemente de uma temperatura ou de um gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s) e em que uma zona de temperatura deve ser entendida como sendo a
15 zona na direção longitudinal do tubo de substrato de vidro oco (2).

20 10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo meio para a criação da zona de reação (6) compreender um ressonador que é capaz de acoplar micro-ondas no interior do tubo de substrato de vidro oco (2) de modo a criar uma zona de reação (6) na forma de um plasma.

25 11. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo forno (1) compreender três ou mais zonas de temperatura (8, 9, 10), zonas de temperatura (8, 9, 10) essas que circundam, cada uma, 5 a 20% do comprimento de deposição (5) perto do lado de fornecimento (3) e do lado de descarga (4) do tubo de substrato de vidro oco (2).

30 12. Uso de um forno conforme definido na reivindicação 9, compreendendo duas zonas de temperatura (8, 9, 10), em que uma temperatura ou gradiente de temperatura em uma zona de temperatura pode

ser definido independentemente de uma temperatura ou de um gradiente de temperatura na(s) outra(s) zona(s), caracterizado por ser em um processo de deposição a vapor interno para a fabricação de uma pré-forma com a finalidade de influenciar o índice refrativo, visto na direção longitudinal da pré-forma, de uma camada de vidro obtida por meio do dito processo de deposição.

13. Uso, de acordo com a reivindicação 12, em que o processo de deposição interno é um processo de deposição a vapor químico de plasma (PCVD).

FIG. 1

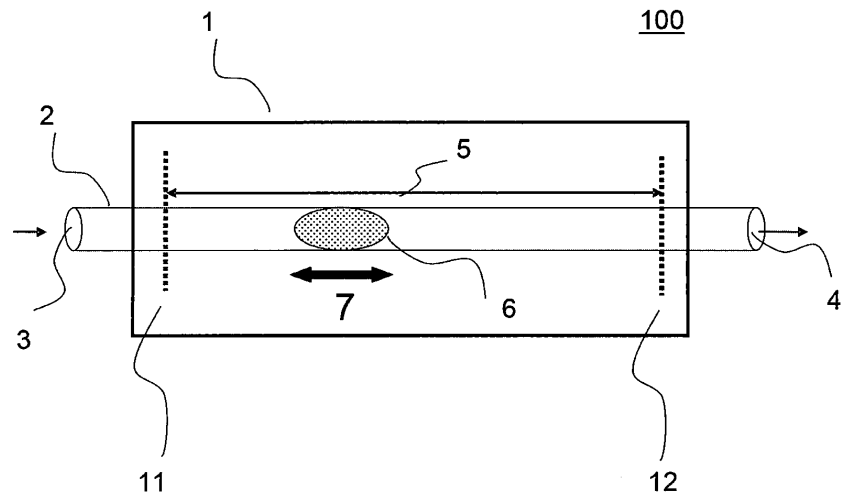


FIG. 2

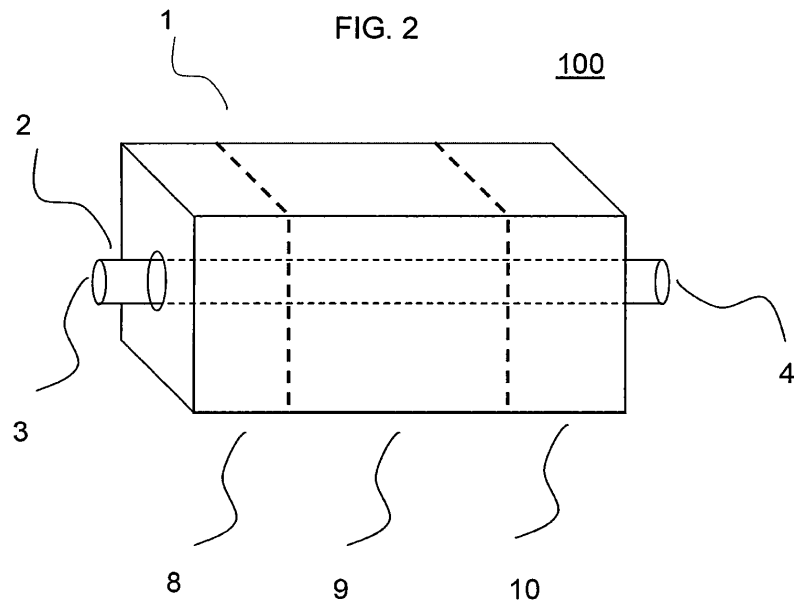


FIG. 3

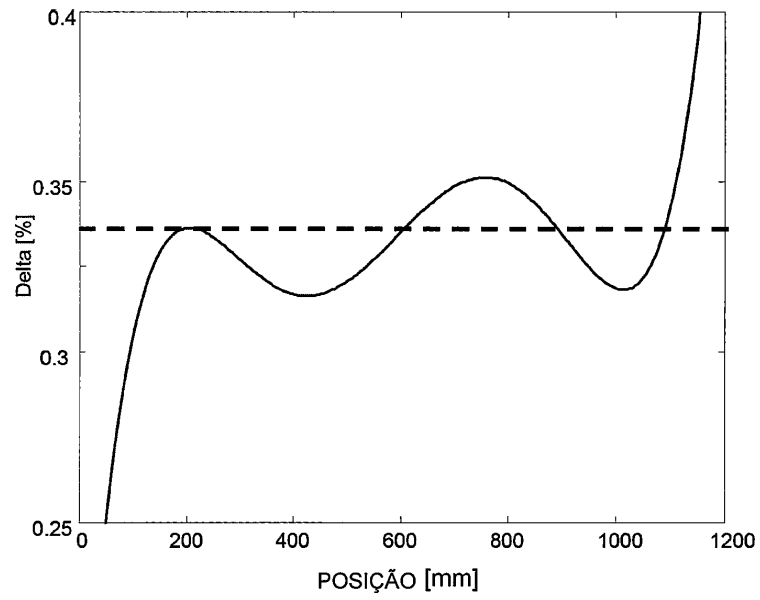


FIG. 4

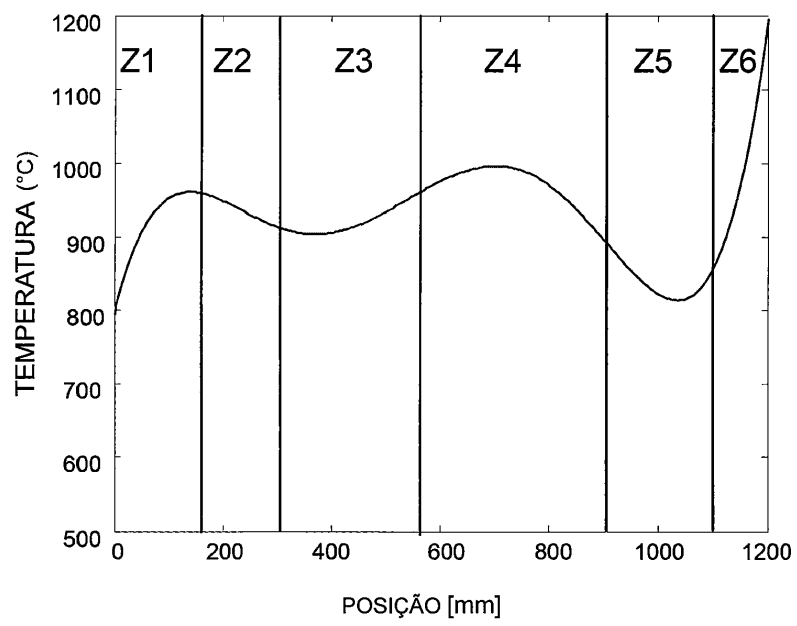


FIG. 5

