



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0702617-0 B1

(22) Data do Depósito: 18/06/2007

(45) Data de Concessão: 20/03/2018



(54) Título: APARELHO PARA REALIZAR UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA, E MÉTODO DE FABRICAR UMA FIBRA ÓTICA POR MEIO DE UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA

(51) Int.Cl.: C03B 37/018; C23C 16/22; G02B 6/00

(30) Prioridade Unionista: 16/06/2006 NL 1032015

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

(72) Inventor(es): MARCO KORSTEN; JOHANNES ANTOON HARTSUIKER; ROB HUBERTUS MATTHEUS DECKERS; MATTHEUS JACOBUS NICOLAAS STRALEN

APARELHO PARA REALIZAR UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA, E MÉTODO DE FABRICAR UMA FIBRA ÓTICA POR MEIO DE UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA

[001] A presente invenção refere-se a um aparelho para realizar uma deposição química a vapor por plasma por meio da qual uma ou mais camadas de sílica envernizada ou não envernizada podem ser depositadas no interior de um tubo substrato de vidro alongado, cujo aparelho compreende uma guia de onda de micro-onda alongada que projeta para o interior de uma cavidade de ressonante formada de maneira substancialmente simetricamente cilíndrica ao redor de um eixo cilíndrico, ao longo de cujo eixo o tubo substrato pode ser posicionado, no qual dita cavidade ressonante é substancialmente anelar em forma, com uma parede cilíndrica interna e uma parede cilíndrica externa, e no qual dita parede cilíndrica interna compreende uma fenda que se estende em um círculo completo ao redor de dito eixo cilíndrico e no qual dita guia de onda de micro-onda tem um eixo longitudinal que se estende de maneira substancialmente perpendicular a dito eixo cilíndrico, de modo a formar uma guia de onda coaxial, e um eixo que se estende em um ângulo em relação a dito eixo longitudinal, de modo a formar uma guia de onda de alimentação, em cuja guia de onda coaxial uma antena é móvel ao longo do eixo longitudinal.

[002] A presente invenção ainda é relativa a um método para fabricar uma fibra ótica por meio de um tal aparelho.

[003] Da Patente U.S. Número 5.223.308 é conhecido um aparelho de deposição que compreende um gerador

de micro-ondas, no qual uma guia de onda de micro-onda retangular é utilizada para gerar um campo eletromagnético de energia intensa de micro-ondas em um espaço no qual um tubo oco alongado é movido de maneira contínua. Um tal tubo é formado de uma resina sintética, por exemplo, um material náilon, no qual um revestimento de óxido de silício, nitreto de silício ou oxi-carbureto de silício é aplicado por meio do aparelho anteriormente mencionado, cujos tubos são utilizados como tubos para o sistema hidráulico de condicionamento de ar em automóveis, para minimizar assim a perda de refrigerante líquido, tal como freon, para a atmosfera.

[004] O Pedido de Patente U.S. 2003/0104139 é relativo a um aparelho para depositar um revestimento de deposição química a vapor por plasma (PCVD) no interior de um tubo de vidro oco, no qual um aplicador que compreende uma guia de onda e um cabeçote aplicador é utilizado, cuja guia de onda funciona para guiar micro-ondas a partir de um gerador de micro-ondas para o cabeçote aplicador. A guia de onda tem um eixo alongado e uma seção transversal retangular que tem um eixo longo e um eixo curto e que é perpendicular ao eixo alongado da guia de onda. Um tubo de vidro é posicionado dentro do cabeçote aplicador e o cabeçote aplicador é movido sobre dito tubo de vidro oco no qual um revestimento deve ser depositado ao longo do eixo longitudinal do tubo.

[005] O Pedido de Patente americano U.S. 2003/0115909 é relativo a um aparelho para depositar uma ou mais camadas de vidro no interior de um tubo substrato oco, no qual um espaço ativador de um aplicador de micro-ondas circunda o tubo substrato oco, com as micro-ondas gerando um

plasma no interior do tubo substrato oco, fazendo com que os precursores de formação de vidro depositem SiO_2 sobre o interior do tubo substrato.

[006] Um aparelho para fabricar fibras óticas como mencionado na introdução, é conhecido da Patente americana U.S. 6.849.307 concedida aos presentes inventores, cujo aparelho pode ser utilizado dentro daquele contexto para fabricar uma assim chamada pré-forma, a partir da qual uma fibra ótica pode ser estirada. De acordo com o método para fabricar uma tal pré-forma que é conhecido a partir dela, um tubo substrato vítreo alongado (constituído de quartzo, por exemplo) é revestido em sua superfície cilíndrica interna com camadas de sílica envernizada (por exemplo, sílica envernizada com germânio). Isto pode ser conseguido posicionando o tubo substrato ao longo do eixo cilíndrico da cavidade ressonante e lavando o interior do tubo com uma mistura gasosa, por exemplo, que compreende O_2 , SiCl_4 e GeCl_2 . Um plasma localizado é ao mesmo tempo gerado dentro da cavidade, provocando a reação de Si, O e Ge, de modo a efetuar deposição direta de SiO_x envernizado com Ge sobre a superfície interior do tubo substrato. Uma vez que tal deposição ocorre somente na vizinhança do plasma localizado, a cavidade ressonante (e assim o plasma) devem ser varridos ao longo do eixo cilíndrico do tubo, para revestir de maneira uniforme todo seu comprimento. Quando o revestimento está completo, o tubo é dobrado termicamente para uma haste que tem uma porção núcleo de sílica envernizada com Ge e uma porção circundante de revestimento de sílica não envernizada. Se uma extremidade da haste é aquecida de modo que ela se torna amolecida, uma fibra de vidro fina pode ser estirada a

partir da haste e enrolada em um carretel; dita fibra então tem um núcleo e porção revestimento que correspondem àquelas da haste. Uma vez que o núcleo envernizado com Ge tem um índice de refração mais elevado do que o revestimento não envernizado, a fibra pode funcionar como uma guia de onda para sinais óticos, por exemplo, para utilização na propagação de sinais óticos de telecomunicação. Deveria ser observado que a mistura gasosa lavada através do tubo substrato também pode conter outros componentes; a adição de C_2F_6 , por exemplo, provoca uma redução no índice de refração da sílica envernizada. Deveria também ser observado que a pré-forma sólida pode ser colocada em um assim chamado tubo camisa (constituído de sílica não envernizada, por exemplo) antes do procedimento de estiramento, de modo a aumentar a quantidade de sílica não revestida em relação à sílica revestida na fibra final. Uma outra possibilidade de aplicar uma quantidade extra de sílica é o assim chamado sobre-revestimento por meio de um processo de plasma ou processo de deposição de vapor no exterior (OVD).

[007] A utilização de uma tal fibra ótica para finalidades de telecomunicação requer que a fibra ótica seja substancialmente livre de defeitos (por exemplo, discrepâncias na percentagem de verniz, perfil elíptico indesejável de seção transversal, e similares, uma vez que quando considerados sobre um grande comprimento da fibra ótica, tais defeitos podem provocar uma atenuação significativa do sinal que está sendo transportado. É importante, portanto, realizar um processo PCVD muito uniforme e reproduzível, uma vez que a qualidade das camadas depositadas em PCVD irão eventualmente determinar a qualidade

das fibras óticas; assim é importante que o plasma

[008] gerado na cavidade ressonante seja simétrico em rotação ao redor do eixo cilíndrico da cavidade. Por outro lado os custos do processo de produção serão afetados de maneira vantajosa se a pré-forma puder receber um diâmetro maior, uma vez que comprimentos de fibra maiores podem então ser obtidos a partir de uma única pré-forma. Aumentar o diâmetro da cavidade ressonante para tomar assim possível utilizar um tubo substrato mais espesso irá conduzir a um plasma que tem uma simetria em rotação deteriorada, e um tal plasma pode somente ser gerado utilizando uma energia de micro-onda muito mais elevada.

[009] No aparelho PCVD anteriormente mencionado, energia a partir de um dispositivo capaz de gerar micro-ondas, por exemplo, um forno de micro-ondas, deve ser transferida para a cavidade ressonante anelar de modo a formar uma zona de plasma no interior do tubo substrato. Isto significa que as micro-ondas são supridas para a guia de onda de alimentação e podem em seguida alcançar a cavidade ressonante anelar através de uma guia de onda coaxial colocada na guia de onda de alimentação, que é arranjada em um ângulo em relação ao eixo longitudinal. Uma etapa crítica em uma tal construção é a transição a partir da guia de onda de alimentação para a guia de onda coaxial. A antena que é utilizada com ela é centralizada dentro da guia de onda coaxial utilizando um ou mais componentes de centralização. Tais componentes de centralização possibilitam à antena mover ao longo do eixo longitudinal na guia de onda coaxial e, além disto, asseguram que a antena não pode tocar a parede da guia de onda coaxial. Os componentes de centralização assim

utilizados devem ser permeáveis a micro-ondas.

[0010] Os presentes inventores descobriram que tais materiais são suscetíveis a centelhamento indesejável e, além disso, reduzem a energia máxima de micro-ondas suprida para a cavidade ressonante, o que é atribuído à resistência dielétrica relativamente baixa de tais materiais. Em adição a isto, os presentes inventores descobriram que a rugosidade superficial de tais materiais introduzem canais de ar menores, o que afeta de maneira adversa o desempenho da cavidade ressonante. Os presentes inventores estabeleceram, além disto, que se ocorre centelhamento as cargas mecânicas

[0011] às quais tais materiais são submetidos, são tão pesadas que rachadura ou mesmo evaporação são garantidas, resultando em dano à cavidade ressonante e eventualmente substituição da cavidade ressonante. Uma vez que altas taxas de deposição de camadas de vidro no interior do tubo substrato são desejáveis, o que requer uma energia de micro-ondas elevada, tais componentes de centralização constituem uma limitação indesejável.

[0012] Assim, é um aspecto da presente invenção desenvolver um aparelho para realizar um processo de deposição química a vapor por plasma (PCVD) cujo aparelho torna possível empregar níveis de energia de micro-onda elevados para alcançar taxas de deposição elevadas.

[0013] Um outro aspecto da presente invenção é desenvolver um aparelho para realizar um processo de deposição química a vapor por plasma (PCVD) no qual a transferência de energia de micro-onda para o plasma na guia de onda é otimizada.

[0014] Ainda um outro aspecto da presente

invenção é fornecer um aparelho para realizar um processo de deposição química a vapor por plasma (PCVD) no qual a ocorrência de reflexão indesejável de micro-ondas durante a passagem delas da guia de onda de alimentação para a guia de onda coaxial seja minimizada.

[0015] De acordo com a presente invenção, o aparelho para realizar um processo de deposição química a vapor por plasma (PCVD), como mencionado na introdução, é caracterizado pelo fato de a antena ser dividir igualmente a guia de onda de alimentação.

[0016] Quando tal construção especial da antena na guia de onda com axial é utilizada, é possível deixar fora os componentes de centralização que são conhecidos da técnica precedente. Uma vez que a antena divide igualmente a guia de onda de alimentação, a centralização da antena na guia de onda coaxial pode ser realizada em uma maneira simples. A utilização de uma tal construção, além disto, torna possível limpar a cavidade ressonante de uma maneira simples quando ocorre centelhamento e utilizar novamente a cavidade ressonante, o que conduz a uma redução considerável em custos. Em adição a isto, uma vez que a antena divide igualmente a guia de onda de alimentação e é parcialmente localizada do lado de fora da guia de onda de alimentação, é portanto possível resfriar a antena utilizando resfriamento forçado gás ou líquido, cujo resfriamento pode ser considerado ser necessário quando níveis elevados de energia de micro-ondas são utilizados. Além disto foi descoberto agora que manter a antena na posição central correta na guia de onda coaxial é menos crítico para uma operação correta.

[0017] Em uma modalidade especial, um elemento

guia está preferivelmente presente no interior da guia de onda de alimentação no ponto onde a antena divide igualmente a guia de onda de alimentação, cujo elemento guia possibilita às micro-ondas passarem a partir da guia de onda de alimentação para a guia de onda coaxial. O elemento guia deve ser configurado de tal modo que a passagem a partir da porção de alimentação para a porção coaxial da guia de onda não irá provocar reflexão de micro-ondas, cuja reflexão tem um efeito adverso na energia de micro-ondas suprida para a zona de plasma.

[0018] Modalidades adequadas do presente elemento guia incluem uma forma cônica ou esférica, cuja superfície inferior topa contra a parede interna da guia de onda de alimentação, de modo que o elemento guia é localizado na guia de onda de alimentação. A superfície inferior é entendido significar aquela parte do elemento guia que faz contato com a parede interna da guia de onda de alimentação; no caso de uma forma cônica, por exemplo, esta é a base do cone. Em particular é preferível para a antena ser móvel em direção longitudinal através do vértice da forma cônica ou esférica, caso em que a forma cônica ou esférica é dividida de maneira simétrica.

[0019] Para otimizar ainda mais a transição de retangular para coaxial é preferível em uma modalidade especial que um elemento que é móvel ao longo do eixo longitudinal da guia de onda de alimentação esteja presente em dita guia de onda de alimentação, cujo elemento se estende sobre toda a seção transversal da guia de onda de alimentação.

[0020] Em uma modalidade especial, a fenda na

parede cilíndrica interna preferivelmente compreende interrupções de modo que, de fato, é fornecida uma quantidade de fendas.

[0021] A presente invenção ainda é relativa a um método para fabricar uma fibra ótica por meio de um processo de deposição química a vapor por plasma, cujo método compreende as etapas de:

[0022] realizar um processo de deposição química a vapor por plasma para depositar uma ou mais camadas de sílica envernizada, ou não envernizada, na superfície interior de um tubo substrato de vidro alongado,

[0023] submeter o tubo substrato a um tratamento de contração térmica, de modo a formar uma pré-forma sólida,

[0024] derreter uma extremidade da pré-forma sólida e estirar uma fibra ótica a partir dela.

[0025] Em uma modalidade especial do presente método, a antena é preferivelmente movida ao longo do eixo longitudinal na guia de onda coaxial durante o processo de deposição química a vapor por plasma, para otimizar a passagem das micro-ondas a partir da guia de onda de alimentação para a guia de onda coaxial.

[0026] Preferivelmente, o elemento presente na guia de onda de alimentação é movido ao longo do eixo longitudinal da guia de onda de alimentação durante o processo de deposição química a vapor por plasma, para otimizar a transferência de energia para a zona de plasma.

[0027] A presente invenção será explicada agora em mais detalhe com referência a uma Figura em conexão com a qual deveria ser observado, contudo, que a presente invenção não está de maneira alguma limitada a tal modalidade

especial.

[0028] Na Figura anexa o aparelho para realizar um processo de deposição química a vapor por plasma (PCVD) está indicado de maneira esquemática em 1. O aparelho 1 compreende uma guia interna ou antena 6 que é posicionada em uma guia de onda coaxial 7. A antena 6 é móvel ao longo de um eixo longitudinal na guia de onda coaxial 7 na direção indicada pela seta e terminando em uma cavidade ressonante 2 que é substancialmente anelar em forma, tendo uma parede cilíndrica interna 5 e uma parede cilíndrica externa 3. A parede cilíndrica interna 5 compreende uma fenda 4 que se estende em um círculo completo ao redor do eixo cilíndrico 12 em um plano perpendicular ao plano da Figura. A antena 6 tem um eixo longitudinal central que se estende de maneira substancialmente perpendicular ao eixo cilíndrico 12. Dito eixo longitudinal e dita fenda 4 são escalonados um em relação ao outro, de tal modo que o eixo longitudinal *não* divide igualmente a fenda 4. Uma vez que a deposição de camadas de vidro ocorre somente na vizinhança da zona de plasma, a cavidade ressonante 2 e assim a zona de plasma, deve ser movida ao longo do eixo cilíndrico 12 de modo a revestir o tubo substrato (não mostrado) de maneira uniforme ao longo de todo o seu comprimento.

[0029] A guia de onda de alimentação 8 é conectada a um klystron (não mostrado) para suprir micro-ondas para a guia de onda de alimentação 8, cujas micro-ondas em seguida encontram seu caminho para o interior da guia de onda coaxial 7 e finalmente geram uma zona de plasma no tubo substrato de vidro (não mostrado) presente na cavidade ressonante 2, em particular na cavidade 14, cuja zona de

plasma cria condições tais que os precursores de formação de vidro que são supridos para o interior do tubo substrato irão depositar sobre a parede interna do tubo substrato, de modo a formar uma ou mais camadas de vidro. A essência da presente invenção é o fato que a antena 6 divide igualmente a guia de onda de alimentação 8 junto ao ponto de divisão igual 10 e pode estar presente do lado de fora da guia de onda de alimentação 8.

[0030] Tal construção torna possível deixar de fora componentes de centralização que são usualmente fornecidos na guia de onda coaxial 7. Para assegurar uma passagem ótima a partir da guia de onda de alimentação 8 até a guia de onda coaxial 7, um elemento guia 9 é fornecido, cuja superfície inferior 13 topa contra a parede interna da guia de onda de alimentação 8. Para realizar uma otimização adicional da energia de micro-onda, um elemento 11 é fornecido na guia de onda de alimentação 8, cujo elemento é móvel na direção indicada pela seta Z ao longo do eixo longitudinal da guia de onda de alimentação. A guia de onda de alimentação 8 é preferivelmente conectada em construção à guia de onda coaxial 7, de tal maneira que a antena 6, que é móvel na guia de onda coaxial 7, não cruza a guia de onda de alimentação 8 em seu centro; em outras palavras, a parte da guia de onda de alimentação 8 na qual o elemento 11 está presente é menor em comprimento do que a parte da guia de onda de alimentação 8 na qual nenhum elemento 11 está presente.

REIVINDICAÇÕES

1. APARELHO (1) PARA REALIZAR UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA, por meio do qual uma ou mais camadas de sílica envernizada, ou não envernizada, são depositadas no interior de um tubo substrato de vidro alongado, cujo aparelho (1) compreende uma guia de onda de micro-onda alongada (7) que projeta para o interior de uma cavidade ressonante (2) formada de maneira substancialmente cilíndrica, de forma simétrica ao redor de um eixo cilíndrico (12), ao longo de cujo eixo o tubo substrato é posicionado, no qual dita cavidade ressonante (2) é substancialmente anelar em forma, com uma parede cilíndrica interna (5) e uma parede cilíndrica externa (3), e no qual

dita parede cilíndrica interna (5) compreende uma fenda (4) que se estende em um círculo completo ao redor de dito eixo cilíndrico (12), e no qual

dita guia de micro-onda (7) tem um eixo longitudinal que se estende de maneira substancialmente perpendicular a dito eixo cilíndrico (12), de modo a formar uma guia de onda coaxial (7), e um eixo que se estende em um ângulo em relação a dito eixo longitudinal, de modo a formar uma guia de onda de alimentação (8), em cuja guia de onda coaxial (7) uma antena (6) é móvel ao longo do eixo longitudinal, caracterizado pela dita antena (6) dividir igualmente dita guia de onda de alimentação (8) e

em que um elemento guia (9) está presente no interior da guia de onda de alimentação (8) no ponto onde a antena (6) divide igualmente a guia de onda de alimentação (8), cujo elemento guia (9) possibilita as micro-ondas passarem a partir da guia de onda de alimentação (8) para a

guia de onda coaxial (7).

2. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo elemento guia (9) ter uma forma cônica ou esférica, cuja superfície inferior topa contra a parede interna da guia de onda de alimentação (8).

3. APARELHO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela antena (6) ser móvel em direção longitudinal através do vértice da forma cônica ou esférica, caso em que a forma cônica ou esférica é dividida igualmente de maneira simétrica.

4. APARELHO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por um elemento (11) que é móvel ao longo do eixo longitudinal da guia de onda de alimentação (8) estar presente em dita guia de onda de alimentação (8), cujo elemento se estende sobre toda a seção transversal da guia de onda de alimentação (8).

5. APARELHO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pela fenda (4) na parede cilíndrica interna (5) compreender interrupções.

6. APARELHO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pela guia de onda de alimentação (8) ser arranjada em um ângulo perpendicular ao eixo longitudinal.

7. MÉTODO DE FABRICAR UMA FIBRA ÓTICA POR MEIO DE UM PROCESSO DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR POR PLASMA, que é realizado em um aparelho, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, sendo que dito método compreende as seguintes etapas:

realizar um processo de deposição química a vapor por plasma para depositar uma ou mais camadas envernizadas ou

não envernizadas de sílica sobre a superfície interior de um tubo substrato de vidro alongado,

submeter o tubo substrato a tratamento de contração térmica, de modo a formar uma pré-forma sólida,

derreter uma extremidade da pré-forma sólida e estirar uma fibra ótica a partir dela, caracterizado pelo tubo substrato ser colocado ao longo do eixo cilíndrico (12) e dentro da parede cilíndrica interna (5) da cavidade ressonante (2), no qual dito tubo substrato e dita cavidade ressonante (2) são substancialmente coaxiais, e no qual a cavidade ressonante (2) é movida em movimento alternativo ao longo do comprimento do tubo substrato de modo a efetuar a deposição de uma ou mais camadas envernizadas ou não envernizadas de sílica sobre o interior do tubo substrato.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pela antena (6) ser movida ao longo do eixo longitudinal na guia de onda coaxial (7) durante o processo de deposição química a vapor por plasma, para otimizar a passagem das micro-ondas a partir da guia de onda de alimentação (8) para a guia de onda coaxial (7).

9. MÉTODO, de acordo com uma das reivindicações 7 ou 8, caracterizado pelo elemento (11) presente na guia de onda de alimentação (8) ser movido ao longo do eixo longitudinal da guia de onda de alimentação (8) durante o processo de deposição química a vapor por plasma para otimizar a transferência de energia para a zona de plasma.

