

“PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA”.

A presente invenção refere-se a um processo de automação para fabricação de preforma para fibra óptica através do método VAD (“Vapor-phase Axial Deposition”).

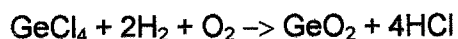
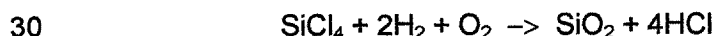
5 Mais especificamente, refere-se a uma técnica para o controle preciso do diâmetro externo final da preforma porosa gerada em chama através do método VAD, de modo a mantê-lo constante, o que possibilita a produção estável de preforma porosa de geometria uniforme para fibra óptica.

As fibras ópticas podem ser classificadas basicamente em dois tipos, as fibras multi-modo, utilizadas principalmente para comunicação a médias distâncias, e as 10 fibras mono-modo, utilizadas para comunicação a grandes distâncias. Em particular, a fibra mono-modo consiste de um núcleo de 10 μm de diâmetro no centro, uma casca mecânica de 125 μm de diâmetro ao redor do núcleo e uma camada protetora composta de resina recobrando a casca mecânica. A fibra óptica é produzida através da modelagem da preforma vítrea de fibra óptica a alta temperatura, processo este 15 denominado de puxamento. Como métodos típicos para produção de preforma porosa de fibra óptica são conhecidos o método OVD (“Outside Vapor-phase Deposition”), o método MCVD (“Modified Chemical Vapor-phase Deposition”) e o método VAD, sendo que a etapa de puxamento da fibra é comum a todos os métodos citados.

20 A seguir, será descrito o método geral de produção de preforma de fibra óptica pelo método VAD.

(1) Um alvo-substrato constituído de sílica pura, doravante denominado “alvo”, é inicialmente preparado e inserido no interior de uma câmara de reação com uma de suas extremidades suspensa por um mecanismo de suporte, de modo que o alvo 25 possa ser girado ao longo de seu eixo longitudinal a uma velocidade constante.

(2) Oxigênio, hidrogênio e outros gases combustíveis e o insumo básico SiCl_4 , além do material dopante, tal como o GeCl_4 , alimentam um maçarico o qual produz uma chama de hidrogênio-oxigênio formando finas partículas de SiO_2 e GeO_2 conforme as seguintes reações:



(3) Essas finas partículas geradas são pulverizadas e depositadas gradualmente em camadas na parte inferior do alvo em rotação, o qual irá formar o corpo da preforma de fibra óptica.

35 O corpo da preforma porosa de fibra óptica formada através do método VAD é,

então, convertida através de tratamento térmico em uma preforma vítrea transparente, utilizada na produção de fibra óptica.

Para uma extensa gama de aplicações da fibra óptica produzida pelo método descrito acima, é desejável que uma fibra óptica de alta qualidade e baixa perda de transmissão seja produzida e, conseqüentemente, que uma preforma porosa de fibra óptica seja produzida eficientemente a baixo custo. A fabricação de preforma de fibra óptica envolve uma série de passos e parâmetros cuidadosamente controlados. Em adição às propriedades ópticas, tais como a atenuação e a dispersão, a geometria da fibra deve ser controlada com grande precisão. Enquanto que sistemas retro-alimentados de puxamento podem geralmente manter o diâmetro da fibra dentro de especificações estabelecidas, o controle do diâmetro é extremamente facilitado pela maior uniformidade na geometria da preforma. Contudo, uma vez que a fabricação da preforma é comumente realizada em um ambiente corrosivo e a alta temperatura, que pode incluir uma chama ou outra fonte de luz e calor, as tentativas de se medir a geometria da preforma durante a fabricação não tem tido muito sucesso. Assim sendo, defeitos que comprometem toda a produção da preforma usualmente não são detectados até que a preforma seja puxada na fibra final e medida, ou seja, depois que todo o custo de fabricação tenha sido empregado. Cada etapa no processo de fabricação consome energia, insumos de alto custo e vida útil de equipamentos e infraestrutura. Como a etapa de deposição na fabricação da preforma corresponde à etapa inicial de todo o processo de fabricação, evitar qualquer defeito na preforma durante esta etapa resulta em substancial economia de praticamente todo o custo da produção. Portanto, existe a necessidade de se medir a geometria da preforma durante o processo de deposição o qual é um predicativo para a obtenção de uma fibra óptica de alta qualidade.

Em processos convencionais, as características de tal medida são:

- a superfície da preforma não deve envolver contato mecânico, pois tal contato com a superfície da preforma pode perturbar a inércia do processo ou as características da geometria da preforma;
- a medida deve ter precisão suficiente para detectar desvios na geometria da preforma da ordem de 1,0 mm;
- a medida tem de ser continuamente efetuada ao longo de todo o processo, uma vez que defeitos podem ocorrer em qualquer estágio do processo de deposição da preforma.

Também em processos convencionais para fabricação de preforma para fibra

ópticas é comum a utilização de um feixe de laser monocromático que entra em contato com a face de deposição, de forma que a velocidade do mecanismo de ascensão da preforma possa ser controlada de modo a manter constante a intensidade de luz transmitida e, conseqüentemente, manter constante a distância entre a face de deposição e o maçarico. Contudo, tal processo convencional ainda possui desvantagens tais como, o diâmetro final da preforma não pode ser medido durante o processo de deposição; partículas formadas tendem a ofuscar a intensidade do laser, deteriorando a precisão, ...

A técnica descrita neste documento utiliza em sua essência uma câmera de vídeo para aquisição da imagem da preforma em tempo real durante o processo de deposição, um mecanismo de ascensão da preforma, um controlador do fluxo dos gases que alimentam um ou mais maçaricos. Um mecanismo baseado em computador processa a imagem adquirida pela câmera de vídeo de forma a detectar o diâmetro externo final da preforma e o diâmetro de uma camada na região de deposição a uma altura que corresponde à metade do diâmetro externo final. Essa altura foi adotada pois permite uma boa precisão para a maioria das geometrias da região de deposição da preforma. De fato, para a maioria dos casos, tal altura corresponde a um coeficiente menor que 1 referente à reta tangente a face de deposição a mesma altura, de modo que a detecção de qualquer variação ao longo do diâmetro nesta altura possui maior precisão se comparada a correspondente variação longitudinal.

Sobre sistemas convencionais empregados para o controle da geometria da preforma, a presente invenção possui as seguintes vantagens:

- Mesmo em sistemas que utilizam lasers ou outros dispositivos, uma câmera de vídeo é indispensável para o monitoramento contínuo do processo. Na presente invenção, a mesma câmera utilizada para monitoramento é também utilizada para detecção e controle do diâmetro externo final da preforma, de modo que dispositivos de detecção adicionais são dispensados, reduzindo-se o custo de infra-estrutura, manutenção e, conseqüentemente, o custo de produção;

- A medida do diâmetro possui precisão da ordem de 0,2 mm, sendo que para maiores resoluções de imagem, essa precisão aumenta;

- A aquisição da imagem da preforma e do maçarico em conjunto permite a reprodutibilidade da mesma geometria de uma preforma previamente confeccionada através da equiparação de parâmetros tais como, a distância alvo-maçarico, ângulo de inclinação do maçarico, etc...

As descrições que se seguem, bem como as figuras representativas em anexo,

são apresentadas a título de exemplo e têm por objetivo facilitar a descrição da invenção e, de modo algum, têm intenção de limitar o escopo da invenção. As figuras não estão necessariamente desenhadas em escala.

5 A Figura 1 apresenta o aparato para deposição VAD e o sistema retro-alimentado de controle automático do diâmetro da preforma.

A Figura 2 apresenta a parte inferior de uma preforma porosa e o sistema de detecção do diâmetro externo final da preforma porosa e do diâmetro de uma camada na região de deposição a uma altura que corresponde à metade do diâmetro final.

10 Em conformidade com as figuras em anexo, a câmara de deposição 1, dotado de entrada para fornecimento de ar 2 e exaustão 3, possui um suporte 4 dotado de movimento de rotação e translação para o alvo de sílica 5 que é inserido na câmara 1 através de uma abertura 6 no topo da mesma. Uma chama de hidrogênio-oxigênio produzida por um maçarico 7 de várias vias, disposto na parte inferior da câmara 1, irá produzir finas partículas ("soot") de material através da hidrolização e oxidação de
15 materiais, tais como SiCl_4 , além de materiais dopantes, por exemplo o GeCl_4 , para modificar o índice de refração do vidro, que serão depositadas em camadas sobre o alvo a uma temperatura em torno de $900\text{ }^\circ\text{C}$ a $1200\text{ }^\circ\text{C}$ e que irão formar o corpo da preforma porosa 8. Na parte inferior da câmara 1, em lados opostos e a uma mesma altura, está também disposto um par de janelas de vidro 9 transparentes e resistentes
20 à temperatura que possibilita a visualização da parte inferior da preforma e do maçarico no interior da câmara. No lado externo de uma das janelas, uma câmara de vídeo 10, por exemplo uma câmera CCD, está preparada para adquirir a imagem da parte inferior da preforma em tempo real. Do lado externo da outra janela, uma fonte de luz 11, com intensidade suficiente para superar a intensidade do brilho da chama produzida pelo maçarico, é utilizada para permitir um alto contraste entre a imagem da
25 preforma e a imagem do fundo. A imagem capturada pela câmera de vídeo é, então, processada por um software de computador o qual detecta o diâmetro externo final 13 da preforma e também o diâmetro de uma camada 14 na região de deposição que corresponde à metade do diâmetro externo final. Um sistema de controle retro-alimentado 12, por exemplo, PID ou lógica "fuzzy", utiliza o valor do diâmetro
30 detectado na região de deposição através do processamento da imagem para ajustar automaticamente os seguintes parâmetros do processo de deposição: a velocidade do mecanismo que controla a ascensão da preforma e/ou o fluxo dos gases que alimentam o maçarico, de modo a manter o diâmetro sempre constante durante o
35 período de deposição. Convém salientar que ambos os parâmetros do processo de

deposição citados podem ser controlados independentemente ou simultaneamente. Como resultado, a preforma possui o diâmetro final uniforme ao longo de toda a preforma e, conseqüentemente, uma distribuição do índice de refração uniforme ao longo do eixo.

- 5 Nas figuras, as numerações utilizadas neste relatório de patente referem-se aos seguintes itens:
1. câmara de deposição
 2. entrada para fornecimento de ar
 3. saída de exaustão
 - 10 4. suporte dotado de movimento de rotação e translação
 5. alvo de sílica
 6. abertura no topo da câmara de deposição
 7. maçarico
 8. preforma porosa
 - 15 9. janela de vidro
 10. câmara de vídeo
 11. fonte de luz
 12. sistema de controle retro-alimentado
 13. diâmetro externo final da preforma porosa
 - 20 14. diâmetro de uma camada na região de deposição

REIVINDICAÇÕES

1. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pelo controle automático da velocidade do mecanismo de ascensão da preforma, cujo diâmetro é detectado através do processamento da imagem da preforma adquirida por uma câmera de vídeo a fim de se manter constante o diâmetro da preforma durante o processo de deposição.
2. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pelo controle automático do fluxo dos gases que alimentam um ou mais maçaricos, onde o diâmetro da preforma é detectado através do processamento da imagem da mesma adquirida por uma câmera de vídeo a fim de se manter constante o diâmetro da preforma durante o processo de deposição.
3. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pelo controle automático da velocidade do mecanismo de ascensão da preforma e do fluxo dos gases que alimentam um ou mais maçaricos, onde o diâmetro da preforma é detectado através do processamento da imagem da mesma adquirida por uma câmera de vídeo a fim de se manter constante o diâmetro da preforma durante o processo de deposição.
4. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pela detecção da medida do diâmetro externo final da preforma porosa para fibra óptica através do processamento da imagem da preforma capturada por uma câmera de vídeo durante o processo de deposição.
5. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pela detecção do diâmetro externo final da preforma porosa e do diâmetro de uma camada na região de deposição a uma altura correspondente a metade do diâmetro externo final, de modo que um sistema retro-alimentado possa corrigir automaticamente variações no diâmetro da preforma porosa de modo a manter o mesmo constante conforme as reivindicações 1, 2 e 3 durante o processo de deposição.
6. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pela detecção do diâmetro externo final da preforma porosa e do diâmetro de uma camada na região de deposição a uma altura cujo diâmetro seja inferior a metade do diâmetro externo final da preforma, de

modo que um sistema retro-alimentado possa corrigir automaticamente variações no diâmetro da preforma porosa de modo a manter o mesmo constante conforme as reivindicações 1, 2 e 3 durante o processo de deposição.

7. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pela detecção do diâmetro externo final da preforma porosa e do diâmetro de uma camada na região de deposição a uma altura cujo diâmetro correspondente seja superior a metade do diâmetro externo final da preforma, de modo que um sistema retro-alimentado possa corrigir automaticamente variações no diâmetro da preforma porosa de modo a manter o mesmo constante conforme as reivindicações 1, 2 e 3 durante o processo de deposição.

8. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pelo aparato formado por uma câmera de vídeo para aquisição de imagem, um sistema para detecção do diâmetro da preforma através do processamento da imagem adquirida pela câmera de vídeo, um sistema retro-alimentado para o controle da velocidade do mecanismo de ascensão da preforma e/ou do controlador do fluxo dos gases que alimentam um ou mais maçaricos de modo a manter constante o diâmetro da preforma porosa conforme as reivindicações 1,2 e 3.

9. "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA", caracterizado pela detecção da geometria entre o maçarico e o alvo (ângulo do maçarico, distância entre o maçarico e o alvo na direção longitudinal e vertical) através da comparação direta entre a imagem obtida em uma deposição realizada anteriormente com a imagem capturada "in situ" durante a deposição.

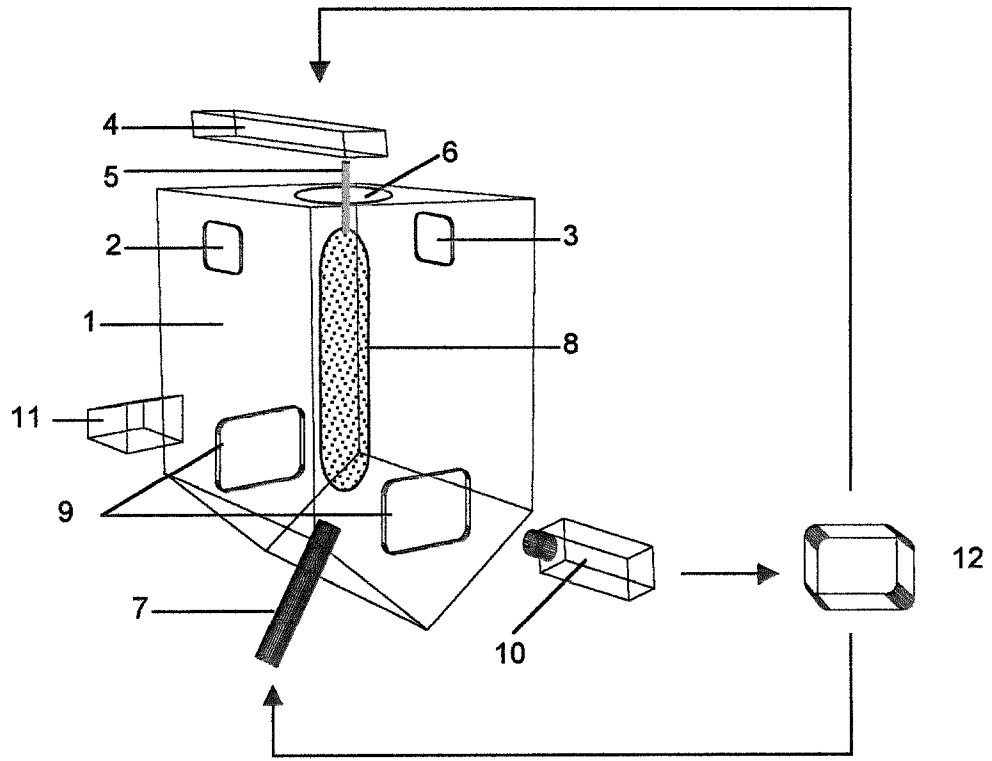


FIG. 1

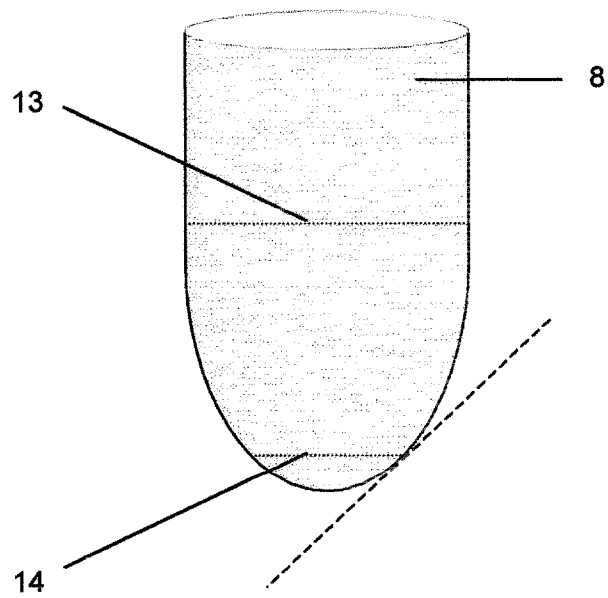


FIG. 2

RESUMO

5 "PROCESSO DE AUTOMAÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE PREFORMA POROSA PARA FIBRA ÓPTICA". Patente de processo para controle automático do diâmetro da preforma porosa fabricada pelo método VAD ("Vapor-phase Axial Deposition") de modo a mantê-lo constante durante o processo de deposição. Tal controle é baseado na detecção do diâmetro da preforma porosa através do processamento da imagem da mesma adquirida por uma câmera de vídeo em tempo real. O diâmetro detectado é utilizado por um sistema de controle retro-alimentado que atua no mecanismo de ascensão da preforma e/ou no fluxo dos gases que alimentam um ou mais maçaricos de forma a manter o diâmetro constante ao longo de toda a preforma porosa. Em relação aos processos convencionais de controle da geometria da preforma, o processo reivindicado beneficia-se pela maior precisão e menor custo de produção.

10