

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

(21) **PI 0620801-0 A2**

(22) Data de Depósito: 28/12/2006
(43) Data da Publicação: 05/06/2012
(RPI 2161)



(51) *Int.Cl.*:
C03B 37/014
H05H 1/34

(54) **Título:** MAÇARICO DE PLASMA E APARELHO DE DEPOSIÇÃO DE PLASMA PARA FABRICAR SÍLICA SINTÉTICA

(30) **Prioridade Unionista:** 28/12/2006 US 11/646362,
29/12/2005 US 60/754281

(73) **Titular(es):** Silica Tech, Llc

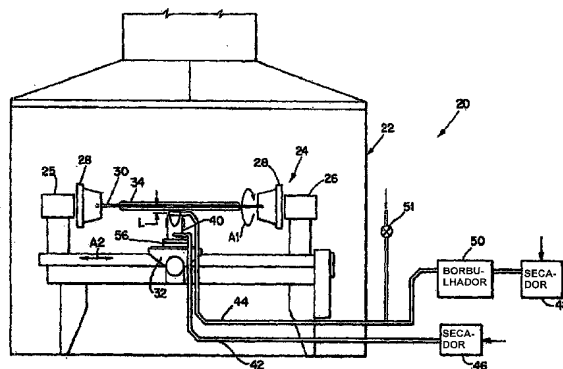
(72) **Inventor(es):** Dau Wu, Mikhail I. Guskov, Mohd A. Aslami

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006049389 de
28/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/079127de
12/07/2007

(57) **Resumo:** MAÇARICO DE PLASMA E APARELHO DE DEPOSIÇÃO DE PLASMA PARA FABRICAR SÍLICA SINTÉTICA É descrita um maçarico de plasma melhorado.. para fabricar sílica sintética que inclui o uso de gás de proteção de nitrogênio proveniente a tubulação de quartzo externa para fornecer isolamento do ambiente ativo. Além do mais, o presente maçarico de plasma de indução inclui um disco anular para proteção ambiental mais compacta, mas completa (360 graus de cobertura). Ela também inclui, deslocar e trocar as posições dos bicos de injeção de produtos químicos para permitir melhor deposição em ambas as direções, quando operada em um modo horizontal. Adicionalmente, o presente maçarico de plasma de indução mantém fluxo laminar para os produtos químicos injetados, e o tubo de quartzo intermediário é provido com uma seção côncava para aumentar a entalpia média do jato de plasma, melhorando assim a eficiência do maçarico de plasma. Além do mais, ela pode utilizar mais entradas de gás de plasma. Ela também inclui bicos de injeção de produtos químicos com uma inclinação angular para baixo.



“MAÇARICO DE PLASMA E APARELHO DE DEPOSIÇÃO DE PLASMA PARA FABRICAR SÍLICA SINTÉTICA”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido reivindica o benefício do pedido provisório U.S. 60/754.281, depositado em 29 de dezembro de 2005.

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a métodos para fabricar tubos de sílica sintética pura, tubos de sílica sintética dopada, hastes para aplicações de fibra óptica, e peças em bruto para componentes óticos de transmissão ultravioleta. Mais particularmente, ela diz respeito a um processo de fabricação de tais tubos e componentes óticos pela deposição de sílica com baixo teor de hidroxila por meio de um processo de plasma.

PROBLEMA

A tecnologia anterior preceitua várias abordagens para fabricar tubos iniciadores de vidro de sílica e para fabricar pré-formas de fibra óptica. Tubos iniciadores podem ser formados pelo aquecimento de sílica e sua extrusão em uma abertura. Tanto tubos iniciadores quanto pré-formas de fibra óptica podem ser feitos pela deposição de sílica dopada ou não dopada em um alvo usando uma das diversas técnicas, tais como deposição química por vapor modificada (MCVD), deposição de vapor axial (VAD), deposição de vapor externa (OVD). Cada um desses métodos começa provendo um alvo rotativo, tipicamente modelado na forma de um tubo ou uma haste sólida, e formado de vidro, cerâmica ou de um de diversos outros materiais. Em certos casos, a haste ou tubo torna-se uma parte integral da pré-forma, mas, em outros casos, a haste será removida. Uma fonte de calor, tal como um queimador de gás ou uma fonte de plasma, é posicionada por baixo do alvo rotativo. A fonte de calor fornecerá a energia necessária para as reações de formação do vidro para formar partículas de vidro. Dependendo da natureza do processo, essas partículas de vidro depositadas já prontas para as etapas de

processamento, secagem e sinterização seguintes, tais como os processos VAD ou OVD. Se for um processo MCVD, essas partículas se fundirão em vários quartzos vítreos pela mesma fonte de calor. Em geral, tamanhos de partícula que estão entre 0,05 e 0,2 mm são ideais para a reação química de hidrólise por chama que é encontrada nos processos OVD e VAD. Esses processos envolvem duas etapas, a saber, a formação de partículas de fuligem pela hidrólise por chama e, em seguida, a consolidação das partículas de fuligem em um forno separado. Um diâmetro ligeiramente maior da partícula de fuligem é preferido para esses processos, em virtude de melhorar a taxa de deposição.

Quando o alvo é montado horizontal, a fonte de calor desloca-se ao longo do comprimento do alvo para garantir deposição uniforme. Se o alvo for um tubo, as partículas e materiais de formação de vidro podem ser depositadas tanto na superfície interna do tubo, caso este em que o diâmetro externo permanece constante, quanto no lado de fora do tubo, caso este em que o diâmetro externo cresce. Quando o alvo é montado verticalmente, ele gira em torno de seu eixo vertical, e cresce tanto na direção radial quanto axial. Isto resulta em um produto substancialmente cilíndrico cujo diâmetro e comprimento aumentam à medida que a deposição continua.

A patente U.S. 5.522.007 de Drouart et al. preceitua o uso de deposição de plasma para constituir uma pré-forma de fibra óptica com alta concentração de íons hidroxila. Nesta referência, íons de hidroxila são deliberadamente aprisionados em um gás gerador de plasma, passando o gás através de um tanque de água antes de ele ser introduzido em uma extremidade de um maçarico de plasma que tem uma bobina de indução. Isto introduz uma quantidade de água na corrente de gás do processo. O maçarico de plasma projeta partículas de sílica fundida misturadas com íons hidroxila em uma pré-forma de substrato rotativa. Isto faz com que uma pré-forma com uma concentração média de íons hidroxila na faixa de 50-100 ppm seja

depositada sobre a pré-forma alvo. Além do mais, a matéria prima preferida em Drouart são partículas de sílica.

A patente U.S. 5.609.666 de Heitmann preceitua o uso de um substrato tubular formado de uma cerâmica de óxido poroso para formar o tubo de vidro de quartzo. Um queimador operado com uma mistura de metano, tetracloreto de silício (SiCl_4) e oxigênio move-se para a frente e para trás ao longo do substrato tubular para depositar fuligem de vidro nele. Simultaneamente, uma mistura de gás de secagem compreendendo cloro ou cloreto de tionila, juntamente com outros gases, passa através do interior do substrato tubular ao longo do seu eixo. O gás de purga remove os íons hidroxila da fuligem de vidro depositada. O corpo da fuligem de vidro depositada purgada é removido do substrato tubular e em seguida submetido a secagem e sinterização adicional para formar um tubo ou haste com uma baixa concentração de hidroxila.

Audsley e Bayliss reportaram no Journal of Applied Chemistry Vol. 19 pp 33-38 (1969) usando quatro diferentes desenhos de maçarico de plasma para induzir reação de oxidação de tetracloreto de silício. Eles observaram que poderiam atingir uma oxidação completa a uma vazão de 67 g/minuto. No entanto, Audsley e Bayliss nem investigaram o teor de umidade do vidro nem incluíram um tubo externo para suprir um gás de proteção para isolar influências ambientais. Além disso, os produtos químicos foram injetados pela base do maçarico, sem o bico de injeção.

Em JP 4.231.336, Seto et al. reivindicaram que um maçarico de plasma poderia induzir hidrólise por chama durante a fabricação de sílica. É bem sabido que uma chama de plasma é uma chama seca. Seto et al. não descrevem a introdução de hidrogênio ou compostos contendo hidrogênio na chama de plasma. Além disso, acredita-se duvidosamente que hidrólise por chama pode ocorrer em seu processo proposto.

Na patente U.S. 4.162.908, Rau et al. revelam um método de

usar um queimador de plasma acoplado por indução para fabricar vidro de quartzo sintético, especialmente vidro de quartzo sem íons hidroxila sintéticos contendo flúor. O maçarico de plasma tem 3 tubos de vidro de quartzo concêntricos, o tubo central é usado para suprir os produtos químicos da reação, o gás oxigênio é alimentado nos anéis intermediários e externos para formar o plasma de oxigênio. Rau et al. não usam nenhum gás de proteção para isolar a influência do ambiente, e eles não revelam nenhum detalhes de um tubo ou bico de alimentação de produtos químicos. Adicionalmente, não houve discussão a respeito da otimização da operação dos locais de alimentação dos produtos químicos para melhorar a taxa de deposição dos produtos químicos.

Na patente U.S. 4.402.720, Edahiro et al. revelam o uso de um maçarico de plasma para produzir vidro de sílica dopado com nitrogênio. Edahiro et al. tiveram muito esforço no desenho de seus bicos para separar os produtos químicos reagentes antes da entrada na zona de reação. Eles não usam nenhuma medida para isolar a influência do ambiente.

Nas patentes U.S. 6.253.580 e 6.536.240, Gouskov et al. revelam o uso de um maçarico de plasma com duas barras estabilizadoras de plasma opostas que se salientam para fora do eixo central do maçarico de plasma. Essas barras estabilizadoras são reentrâncias em forma de U para prover isolamento ambiental em uma direção linear correspondente a sua orientação, mas não em uma direção 360 °.

Portanto, existe uma necessidade de um maçarico de plasma que forme tubos, pré-formas, ou ambos, para a fabricação de fibras ópticas em um processo contínuo com baixos níveis de impurezas, tais como íons hidroxila. Adicionalmente, processos que envolvem deposição de fuligem que exigem secagem e sinterização subsequente são caros e demorados, e existe assim uma necessidade de métodos de deposição e consolidação de fuligem mais rápidos e menos caros.

SOLUÇÃO

Os problemas supradescritos são solucionados e um avanço técnico obtido pelo presente maçarico de plasma melhorada para fabricar sílica sintética que inclui substituir barras estabilizadoras por discos anulares para produzir um maçarico de plasma mais compacta e rígida. Além do mais, ela usa um gás de proteção, tal como nitrogênio, como uma cortina ativa para prover isolamento ambiental mais completo em 360 ° do que a proteção passiva somente na direção linear de barras estabilizadoras normalmente usadas. Um ou mais discos anulares podem ser usados para melhores resultados de deposição.

O presente maçarico de plasma inclui adicionalmente a colocação desencontrada dos bicos de injeção de produtos químicos. Este arranjo proporciona deposição em ambas as direções sem degradar a qualidade do vidro depositado.

O presente maçarico de plasma mantém adicionalmente fluxo laminar para os produtos químicos injetados pela fabricação, inspeção e seleção criteriosa dos bicos de injeção apropriados. Além do mais, o tubo de quartzo intermediário do maçarico de plasma tem uma seção côncava formada. Este desenho aumenta a entalpia do jato de plasma sem ter que usar um gerador de RF maior. Assim, a taxa e a eficiência de deposição são melhoradas ainda mais.

Também, o presente maçarico de plasma inclui entradas de gás de plasma adicionais para prover melhor controle sobre a constituição e fluxo do gás de plasma. Adicionalmente, o presente maçarico de plasma também inclui bicos de injeção de produtos químicos que podem ser angulados para baixo.

SUMÁRIO

O presente maçarico de plasma gera produtos de sílica pirogênica de boa qualidade em um processo de uma única etapa, atingindo

simultaneamente uma contagem de bolhas muito baixa, acima de 70 % de eficiência de deposição, e 9 g/minuto de taxa de deposição média. Resumidamente, com todas essas modificações, a taxa de deposição, eficiência e qualidade do produto são significativamente melhoradas sem usar um maior gerador de RF. O presente maçarico de plasma usa um gás de proteção de nitrogênio da tubulação de quartzo externa para fornecer isolamento do ambiente ativo que substitui barras estabilizadoras da tecnologia anterior por um disco anular para proteção mais compacta, mas completa (360 graus de cobertura. Além do mais, o presente maçarico de plasma inclui posições dos bicos de injeção de produtos químicos desencontradas e trocadas para permitir deposição em ambas as direções. Adicionalmente, o presente maçarico de plasma mantém fluxo laminar para os produtos químicos injetados. Ela também tem uma seção côncava formada no tubo de quartzo intermediário. Ela usa mais entradas de gás de plasma e tem bicos de injeção de produtos químicos que são angulados para baixo.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 ilustra uma modalidade do presente maçarico de plasma usada com um aparelho de deposição de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 2 ilustra uma vista lateral em seção transversal de uma modalidade do presente maçarico de plasma, representando dois discos anulares de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 3 ilustra uma vista plana de topo de uma outra modalidade do presente maçarico de plasma, representando um bico posicionado para a frente de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 4 ilustra uma vista plana de topo de uma outra modalidade do presente maçarico de plasma, representando um bico posicionado para trás de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 5 ilustra uma vista lateral em seção transversal de uma outra modalidade do presente maçarico de plasma, representando uma área côncava do tubo de quartzo intermediário de acordo com uma modalidade da presente invenção;

5 A figura 6 ilustra uma vista plana de topo de uma outra modalidade do presente maçarico de plasma, representando um arranjo de entradas de gás adicionais de acordo com uma modalidade da presente invenção; e

10 A figura 7 ilustra uma comparação em seção transversal do padrão de fluxo entre um maçarico de plasma da tecnologia anterior e uma modalidade do presente maçarico de plasma de acordo com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS DESENHOS

15 A figura 1 mostra uma modalidade do presente maçarico de plasma melhorada para fabricar vidro sintético com um aparelho exemplar 20 de acordo com a presente invenção. O aparelho compreende uma coifa 22, que fornece exaustão adequada para remover subprodutos gasosos das reações químicas, e também fornece proteção isolante contra RF do maçarico de plasma, de maneira tal que a vedação impede que impurezas sejam
20 introduzidas no produto final. Dentro da coifa 22 fica um torno 24, tal como o disponível pela Litton Engineering Lab. O torno 25 tem um cabeçote fixo 26 e um cabeçote móvel 26. O cabeçote fixo 25 e o cabeçote móvel 26 são providos com um par de mandris de fuso rotativa oposta 28 que segura as
25 extremidades de um alvo alongado 30 que tem uma parede externa substancialmente cilíndrica. Os mandris de fuso 28 giram o alvo 30, da maneira indicada pela seta A1. Um carro móvel 32 montado de forma móvel no torno 24 fica arranjado para deslocar em qualquer direção ao longo do alvo, indicado pela seta bidirecional A2.

O presente maçarico de plasma de indução, mostrado no geral

como 40, é suportada pelo carro 32. O carro 32 assim move o maçarico de plasma de indução 40 ao longo do comprimento do alvo 30. Isto resulta na deposição do material por cima do alvo 30 para formar um elemento tubular 34, que pode ser um tubo iniciador, ou uma pré-forma de fibra óptica. Os mandris de fuso 28 giram o alvo 30 para garantir que o material seja uniformemente depositado pelo maçarico de plasma de indução 40 em torno do alvo de maneira a formar um elemento tubular 34 que tem paredes externas de forma quase perfeitamente cilíndrica.

Na modalidade preferida, o maçarico de plasma de indução 40 posicionada no carro 32 move em ambas as direções ao longo de uma parte substancial do comprimento do alvo 30. Isto permite que o maçarico de plasma de indução 40 desloque ao longo desta parte do alvo 30 e deposite materiais.

Em vez de mover o maçarico de plasma de indução 40 ao longo do comprimento do alvo, o alvo 30 pode mover-se enquanto o maçarico de plasma de indução 40 permanece estacionária. Isto pode ser feito tendo-se o cabeçote fixo 35 e o cabeçote móvel 26 do torno movendo o alvo de uma maneira alternada de forma que todas as partes relevantes do alvo sejam levadas diretamente acima do maçarico de plasma de indução 40.

Como uma outra alternativa, uma pluralidade de fontes de plasma pode ser espaçada ao longo do comprimento do alvo. Isto permite pouco movimento tanto do cabeçote fixo 25 quanto do cabeçote móvel 26 do torno 24, ou do carro 32 no qual as fontes de plasma são anexadas, dependendo de qual dos dois é configurado para mover. No caso extremo, onde uma grande quantidade de fontes de plasma é provida, todas ao longo do comprimento do alvo, nenhum movimento tanto do carro 32 quanto do cabeçote fixo 25 e cabeçote móvel 26 do torno 24 é necessário. Na modalidade preferida, o maçarico de plasma 40 é um maçarico de plasma de indução que tem um gás de plasma seco introduzido nela através de uma

primeira linha de gás 42 e um gás fonte introduzido nela através de uma segunda linha de gás 44.

O gás de plasma é composto substancialmente de nitrogênio e oxigênio em uma proporção predeterminada apropriada. Ar pode servir como o gás de plasma. Em tal caso, ar primeiramente passa através de um primeiro secador 46 para remover umidade antes de entrar na primeira linha de gás 42. Isto garante que a concentração de hidroxila do gás de plasma seja baixa, da ordem de 1 ppm, ou menos.

A fonte de gás compreende pelo menos um produto químico da fonte principal, tal como SiCl_4 , com ou sem dopantes adicionais, e pelo menos um gás carreador, tal como oxigênio ou nitrogênio. Os gases carreadores entram no segundo secador 48 para remover umidade. Isto garante que a concentração de hidroxila do gás fonte é também muito baixa, da ordem de 0,5 ppm. Depois que os gases carreadores são secos, eles vão para um borbulhador 50 ou, como uma alternativa, um grupo de bolhas poderia ser usado no lugar do borbulhador 50 para coletar os produtos químicos da fonte. A corrente de gás compreendendo gases carreadores com produto químico fonte em suspensão então vai para a segunda linha de gás 44. Opcionalmente, abrindo a válvula 51, um gás dopante pode ser introduzido na corrente de gás antes de atingir o maçarico de plasma de indução.

Na modalidade preferida, o produto químico fonte é SiCl_4 . Este produto químico é escolhido pela suas propriedades reativas em um plasma. Especificamente, o SiCl_4 serve como uma fonte de Si para formar SiO_2 , que é depositado no alvo 30. O dopante para abaixar o índice de refração é tipicamente um gás dopante de flúor na forma de SiF_4 , CF_4 ou SF_6 . dopantes de flúor modificam o índice de refração do quartzo e adiciona um grau de liberdade ao desenho de pré-formas de fibra óptica. Os dopantes para aumentar o índice de refração são tipicamente na forma de vapor de GeCl_4 , POCl_3 , AlCl_3 e TiCl_4 .

A figura 2 ilustra uma modalidade do presente maçarico de plasma de indução 40 que inclui dois discos anulares e três tubos de quartzo. O maçarico de plasma de indução 40 fica posicionada abaixo do alvo rotativo 30. O maçarico de plasma de indução 40 compreende um alojamento do maçarico substancialmente tubular 41 formado de quartzo. Preferivelmente, o alojamento 41 tem um diâmetro geral de 100 mm e uma altura de 310 mm. Entretanto, diâmetros variando de 80 – 120 mm e alturas entre 180 – 400 mm podem também ser usados.

Nesta modalidade, o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 é ligeiramente menor que o tubo de vidro de quartzo externo 52 e tem duas aberturas recortadas ou janelas 57 opostas uma à outra. As bordas inferiores das janelas 57 ficam localizadas em $V = 0$ (figura 7) para atingir o mesmo local de injeção de produtos químicos, tal como preceituado nas patentes U.S. 6.253.580 e 6.536.240. Em um aspecto, as janelas 57 têm dimensões de 16 mm de altura e 18 mm de largura. O presente maçarico de plasma de indução 40 também inclui um tubo de vidro de quartzo interno 58.

O tubo de vidro de quartzo intermediário 54 é preferivelmente menor, comparado tanto com o tubo de vidro de quartzo interno 58 quanto o tubo de vidro de quartzo externo 52. O tubo de vidro de quartzo externo 52 é preferivelmente menor que o tubo de vidro de quartzo interno 58. As dimensões típicas dos tubos de vidro de quartzo são: tubo de vidro de quartzo interno 58 tem um diâmetro externo de aproximadamente 60 mm e um comprimento de aproximadamente 150 mm; o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 tem um diâmetro externo de aproximadamente 70 mm e um comprimento de aproximadamente 270 mm; e o tubo de vidro de quartzo externo 52 tem um diâmetro externo de aproximadamente 85 mm e um comprimento de aproximadamente 200 mm.

Adicionalmente, o presente maçarico de plasma de indução 40 também inclui um disco anular de vidro de quartzo inferior 66 e um disco

anular de vidro de quartzo superior 70. O disco anular de vidro de quartzo inferior 66 é soldado substancialmente perpendicular por cima do tubo de vidro de quartzo externo 52 acima das serpentinas 64 substancialmente perpendiculares ao tubo de vidro de quartzo externo 52 na sua superfície externa. O disco anular de vidro de quartzo superior 70 é soldado substancialmente perpendicular no topo do tubo de vidro de quartzo intermediário 54. As dimensões dos anéis de vidro de quartzo podem ser as seguintes: o disco anular de vidro de quartzo inferior 66 tem um diâmetro externo de aproximadamente 150 mm e um diâmetro interno de aproximadamente 85 mm. Além do mais, o disco anular de vidro de quartzo superior 70 tem um diâmetro externo de aproximadamente 110 mm e um diâmetro interno de aproximadamente 70 mm.

O disco anular de vidro de quartzo inferior 66 e o disco anular de vidro de quartzo superior 70 definem o padrão de fluxo do gás de proteção (descrito a seguir). Eles forçam o gás de proteção a ter um fluxo horizontal radial para fora no topo do presente maçarico de plasma de indução 40. Este fluxo cria uma região de menor pressão para os gases de plasma, que farão com que ele escoe para fora do tubo de vidro de quartzo intermediário 54. Isto aumentará a largura da chama de plasma 74. A chama mais larga aumentará a largura da zona de deposição na superfície lateral do alvo rotativo 30. Isto resulta em maiores taxas de deposição e eficiências do processo. Além disso, a estabilidade da chama de plasma 74 pode ser mantida ajustando-se a vazão do gás de proteção.

Adicionalmente, o disco anular de vidro de quartzo inferior 66 e o disco anular de vidro de quartzo superior 70 têm suporte sólido no tubo de vidro de quartzo intermediário 54 e no tubo de vidro de quartzo externo 52, comparados com as barras estabilizadoras encontradas na tecnologia anterior, que têm somente uma extremidade anexada na tubulação de quartzo. Este desenho inédito aumenta a rigidez e diminui os custos de reparo e substituição

do presente maçarico de plasma de indução 40.

Um par de portas de injeção de produtos químicos 68 para injetar produtos químicos 72 fica localizado verticalmente entre o disco anular de vidro de quartzo 66 e o disco anular de vidro de quartzo superior 70, e ele
5 fica localizado horizontalmente entre o tubo de vidro de quartzo externo 52 e o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 e voltado para as janelas recortadas 57 do tubo de vidro de quartzo intermediário 54. Através dessas portas de injeção de produtos químicos 68, os produtos químicos 72, por exemplo, SiCl_4 , são introduzidos na chama de plasma 74 para produzir
10 partículas de fuligem de sílica que são depositadas e consolidadas no alvo rotativo 30.

O par de portas de injeção de produtos químicos 68 é conectado na segunda linha de gás 44 para levar os produtos químicos fonte 72 no maçarico de plasma de indução 40. As portas de injeção de produtos
15 químicos 68 tipicamente compreendem tubulação de quartzo com um diâmetro de 5 mm, embora diâmetros de tubulação da ordem de 3-10 mm possam ser usados com o presente maçarico de plasma de indução 40. Nesta modalidade, o par de portas de injeção de produtos químicos 68 fica localizado em relação ao alojamento 41 na mesma altura, e cada uma das
20 portas de injeção de produtos químicos 68 do par fica posicionada diametralmente uma através da outra. Em vez de apenas duas tais portas de injeção de produtos químicos 68, entretanto, três ou mesmo mais portas de injeção de produtos químicos 68, arranjadas simetricamente, podem ser providas.

25 Um par de entradas de gás de plasma 76 conectado na primeira linha de gás 42 que leva os gases de plasma para o maçarico de plasma de indução 40. As entradas de gás de plasma 76 entram no alojamento 41 substancialmente na mesma altura, próxima à base do alojamento 41. Essas entradas de gás de plasma 76 tipicamente compreendem tubulação de aço

inoxidável com um diâmetro de 5 mm, embora uma faixa de diâmetros possa ser o bastante com este propósito. O maçarico de plasma de indução 40 também preferivelmente inclui uma entrada 78 e uma saída 80 de refrigerante. Durante o uso, um refrigerante, tal como água, passa através da entrada 78, circula dentro da parede externa do alojamento 41, e sai pela saída 80. A entrada e saída de refrigerante são formadas de aço inoxidável e têm um diâmetro de 5 mm. Tal como com a entrada de gás de plasma e a porta de injeção, o diâmetro da entrada 78 e saída 80 de refrigerante podem também variar de maneira a acomodar as propriedades termodinâmicas desejadas do maçarico de plasma de indução 40.

As entradas de gás de plasma 76, a entrada de refrigerante 78 e a saída de refrigerante 80 são todas preferivelmente formadas de uma câmara de aço inoxidável 82. A câmara 82 é um bloco quadrado de aço inoxidável de 100 mm em um lado, e com uma altura de aproximadamente 40 mm. A câmara 82 é montada no suporte vertical 56 que, por sua vez, é montado no carro 32 para movimento ao longo do alvo rotativo 30. Preferivelmente, os gases de plasma são introduzidos tangencialmente pelas entradas de gás de plasma 76 entre o tubo de vidro de quartzo interno 58 e o tubo de vidro de quartzo intermediário 54.

Um gás de proteção, por exemplo, nitrogênio, com um teor de hidroxila de menos de 1 ppm, é colocado entre o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 e o tubo de vidro de quartzo externo 52 através da porta de gás de proteção 84. O gás de proteção seco escoar entre o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 e o tubo de vidro de quartzo externo 52, criando uma cortina de nitrogênio, que impede a difusão de umidade do ambiente em volta, diminuindo assim o teor de hidroxila nas camadas de vidro de quartzo depositadas. Usando a cortina de nitrogênio de fluxo ativo, o presente maçarico de plasma de indução 40 é mais efetiva no isolamento da influência ambiental e na redução do teor de hidroxila do que com barras estabilizadoras

passivas, encontradas na tecnologia anterior.

O maçarico de plasma de indução 40 inclui adicionalmente uma bobina de indução de cobre 64 que é provida em torno da parte superior de seu alojamento 41. A bobina 64 compreende uma pluralidade de enrolamentos 62 com um diâmetro de aproximadamente 95 mm e espaçadas umas das outras aproximadamente 6 mm. Uma folga entre o alojamento 41 e a bobina pode ser entre 2-10 mm. A parte mais superior da bobina 64, indicada pelo enrolamento mais superior 62', é separada do disco anular de vidro de quartzo inferior 66 por uma distância fixa de aproximadamente 2 mm. A bobina de indução 64 fica localizada fora do tubo de vidro de quartzo externo 52.

Um gerador de alta frequência (não mostrado) é eletricamente conectado na bobina 64, acionando a bobina 64 com uma potência variável produzida até 60 kW a uma frequência de $5,28 \pm 0,13$ MHz. Na modalidade preferida, o gerador é o modelo IG 60/5000, disponível pela Fritz Huettinger Electronic GmbH da Alemanha. Este gerador é acionado com uma fonte de alimentação trifásica de 50 Hz, 480 V para energizar o maçarico de plasma de indução 40.

Conforme descrito anteriormente, o presente maçarico de plasma 40 é montada em um carro móvel 32, que fica localizado no torno de trabalho de vidro 24. O carro móvel 32 move-se para frente e para trás ao longo do alvo rotativo 30 durante o processo de deposição. Por causa do peso do equipamento de suporte do maçarico de plasma de indução 40, a operação preferida é manter o carro móvel 32 estacionário e mover o alvo rotativo 30. A haste ou tubo alvo moverá da direita para a esquerda e em seguida de volta para sua posição original, ou como os movimentos para frente e para trás indicarem.

A figura 3 ilustra uma outra modalidade 120 do presente maçarico de plasma de indução com um ou mais bicos de injeção de produtos

químicos descentralizados, bico de injeção de produtos químicos dianteiro 122' e bico de injeção de produtos químicos traseiro 124. Tipicamente, maçaricos de plasma da tecnologia anterior incluíam portas de injeção de produtos químicos que são posicionadas diretamente opostas umas às outras.

5 Nesta modalidade, o bico de produtos químicos traseiro 124 fica alinhado com a linha de centro do maçarico de plasma de indução 120, e o bico de produtos químicos dianteiro 122 move-se para a frente, na mesma direção do alvo rotativo 30, em torno de 8 mm à frente do maçarico de produtos químicos traseira 124. Com este arranjo, e operado com a "direção para
10 frente", conforme mostrado na figura 3, um aumento na taxa de deposição e melhor controle do diâmetro do alvo são alcançados. Isto proporciona um diâmetro do alvo rotativo 30 mais uniforme.

Preferivelmente, um deslocamento de 8 mm entre os dois bicos proporciona melhores resultados de deposição. Adicionalmente, esta
15 distância de deslocamento pode depender de diversos fatores, incluindo: o tamanho do alvo rotativo 30, o diâmetro do maçarico de plasma de indução 120, do gerador de potência que está sendo usado, da vazão de gás de plasma, dos produtos químicos brutos utilizados e também de sua taxa de alimentação. Preferivelmente, o deslocamento pode ser em uma faixa entre 6 e 12 mm.

20 Nesta modalidade, a posição relativa dos bicos de injeção de produtos químicos 122 e 124 pode ser trocada, de maneira tal que eles fiquem idênticos em relação à direção de deposição. Por exemplo, na figura 4, um arranjo trocado do bico de injeção de produtos químicos dianteiro 122 e o bico de injeção de produtos químicos traseiro está mostrado com relação ao
25 movimento contrário do alvo rotativo 30. Conforme pode-se ver pelas figuras 3 e 4, as posições 1 e 2 dos bicos são trocadas, dependendo do deslocamento tanto do alvo rotativo 30 quanto do maçarico de plasma de indução 120. Referindo-se à figura 4, o bico de injeção de produtos químicos dianteiro 122 está alinhado com a linha de centro do maçarico de plasma de indução 120,

enquanto o bico de injeção de produtos químicos traseiro 124 está à frente da porta de injeção de produtos químicos dianteiro 122 aproximadamente 8 mm.

Na direção para a frente vista por uma pessoa em frente à maçarico de plasma de indução 120, mostrada na figura 3, a deposição é da
5 extremidade direita para a extremidade esquerda. O bico de injeção de produtos químicos dianteiro 122 fica à frente da linha de centro do maçarico de plasma de indução 120, e o bico de injeção de produtos químicos traseiro 124 fica alinhado com a linha de centro do maçarico de plasma de indução 120. Na direção contrária vista por uma pessoa detrás do maçarico de plasma
10 de indução 120, mostrada na figura 4, a deposição será o lado direito movendo para o lado esquerdo. Nesta modalidade, o bico de injeção de produtos químicos traseiro 124 e o bico de injeção de produtos químicos dianteiro 122 são trocados muito rapidamente um com o outro, logo antes do início do passe. A posição 1 é para movimento para frente e a posição 2 é para
15 movimento contrário.

A fim de trocar a posição dos bicos de injeção de produtos químicos 122 e 124, as larguras das janelas de abertura 57 mudam para aproximadamente 20 mm e os locais das janelas 57 não são mais diretamente opostos um ao outro. Em vez disso, existe um deslocamento um do outro. A
20 ampliação das janelas muito pode causar vazamento excessivo de gases de plasma.

Além do mais, a posição de troca dos bicos de injeção de produtos químicos 122 e 124 pode também ser realizada usando dois bicos adicionais em posições pré-estabelecidas e fixas. Adicionalmente, diferentes
25 válvulas e controles eletrônicos para suprir os produtos químicos nos bicos desejados podem também realizar a mesma função.

Freqüentemente, um acúmulo na ponta dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122 e 124 ocorre durante o processo de deposição. Esses acúmulos podem reduzir bastante a taxa de deposição e a qualidade do

vidro. Mediante inspeção, esses acúmulos são considerados rebarbas que se formam no caminho de fluxo dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122 e 124.

Observou-se que, quando a vazão dos produtos químicos reagentes aumenta, ocorre inicialmente um aumento correspondente da taxa de deposição, mas ela se nivela e em seguida começa diminuir durante a operação. Isto mostra a importância do fluxo laminar para a deposição eficiente dos produtos químicos injetados. Depois de uma série de testes experimentais dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124, a condição ideal foi descoberta para a área da abertura ou seção transversal (CSA) dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124, as configurações de bico e vazões de produtos químicos para manter o fluxo laminar para os bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124. Essas condições ideais minimizaram o acúmulo das partículas de fuligem nas pontas dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124, e também resultaram na redução do tamanho de partículas de maneira tal que há menos chance de bolhas serem aprisionadas no vidro.

Preferivelmente, o tamanho de partícula ideal é entre 0,02 e 0,05 mm para o presente processo. Quando o diâmetro das partículas de fuligem depositadas fica muito grande, elas ficam muito difíceis de consolidar. Muito freqüentemente, bolhas são também aprisionadas no vidro com maiores partículas de fuligem. Quando o fluxo laminar é mantido a um nível fixo para os bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124, o tamanho de partícula foi uniformemente reduzido, o que melhorou a qualidade do vidro. Além disso, ele também minimizou o possível acúmulo de partículas de fuligem na ponta dos bicos de injeção de produtos químicos 68, 122, 124 e reduziu a necessidade e freqüência de manutenção.

A figura 5 ilustra uma outra modalidade 150 do presente maçarico de plasma de indução da presente invenção. O maçarico de plasma

de indução 150 inclui um tubo de vidro de quartzo intermediário 154 que tem uma seção côncava 152. Em vez de usar um diâmetro uniforme da base ao topo do tubo de vidro de quartzo intermediário 154, uma seção côncava 152 é fabricada logo acima do topo do tubo de vidro de quartzo interno 58. Esta
 5 seção côncava 152 reduz gradualmente o diâmetro para cerca de 30 % de seu diâmetro geral e em seguida curva de volta para o diâmetro normal. Como um exemplo, a seção côncava 152 começa a aproximadamente 3 mm acima do topo do tubo de vidro de quartzo interno 58. O comprimento vertical total da seção côncava é aproximadamente 30 mm e o menor diâmetro do côncavo é
 10 aproximadamente 50 mm e um comprimento de aproximadamente 150 mm. Em uma modalidade, o tubo de vidro de quartzo interno 58 tem um diâmetro externo de aproximadamente 60 mm e um comprimento de aproximadamente 150 mm; o tubo de vidro de quartzo intermediário 154 tem um diâmetro externo de aproximadamente 70 mm e um comprimento de aproximadamente
 15 255 mm; e o tubo de vidro de quartzo externo 52 tem um diâmetro externo de aproximadamente 85 mm e um comprimento de aproximadamente 200 mm. As vantagens do presente maçarico de plasma de indução 150 é um aumento na eficiência do maçarico de plasma de indução 150 e na maior entalpia média do jato de plasma.

20 Sabe-se que a energia total W acoplada à maçarico de plasma de indução 150 será dispersa na perda por radiação W_r , absorção pelo tubo de quartzo W_t , e transferida para o jato de plasma W_j . Uma equação matemática para esta energia total é:

$$W = W_r + W_t + W_j \quad (1)$$

25 Pelo trabalho de Reed (Journal Applied Physics Vol. 32, pg 821 (1961)) e também reportado por Gutsol et al (Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 22, pg 351 (2002)), o padrão de fluxo em turbilhão usado no presente maçarico de plasma de indução 150 tem um caractere bastante exclusivo. A intensa rotação do fluxo resulta na formação de uma

zona de recirculação. O fluxo contrário no eixo da zona resulta na formação de uma "cauda" do plasma que estende-se à montante da região indutora (na presente modalidade, abaixo da bobina). O comprimento desta zona na região de gás frio pode ser muitas vezes maior que o diâmetro do tubo, e assim ele
5 pode atingir as proximidades das entradas de gás de plasma 76.

Referindo-se à figura 6, está ilustrada uma vista plana de topo de uma outra modalidade 200 do presente maçarico de plasma, representando um arranjo de entradas de gás adicionais de acordo com uma modalidade da presente invenção. Nesta modalidade, quatro entradas de gás de plasma
10 separadas 76 são orientadas tangencialmente em torno da câmara 82. Conforme discutido antes, as entradas de gás de plasma 76 conectam na primeira linha de gás que leva os gases de plasma para o maçarico de plasma de indução 40. Essas entradas de gás de plasma 76 podem ter as mesmas dimensões e ser feitas dos mesmos materiais, da maneira supradescrita. O
15 número e orientação dessas entradas de gás de plasma 76 produzem um padrão circular ou em turbilhão do gás de plasma e uma melhor chama de plasma 74. Qualquer quantidade de entradas de gás de plasma 76 pode ser usada para tingir o padrão de fluxo desejado do gás de plasma.

De volta à figura 7, padrões de fluxo de maçaricos de plasma
20 de indução da tecnologia anterior na esquerda são comparados com os do presente maçarico de plasma de indução 150 na direita. Mostrado na Camada de Pele (SL), que foi induzida pelas bobinas RF; a Zona de Recirculação de Plasma (RA); e Linhas de Fluxo (SM), para o fluxo de gás de plasma. Pela figura 7, notou-se que a cauda do plasma para as maçaricos de plasma da
25 tecnologia anterior estenderam-se em direção às entradas de gás de plasma 76. Para o presente maçarico de plasma de indução 150, notou-se que a zona de recirculação de plasma terminou logo acima da seção côncava 152 e não estendeu-se até as entradas de gás de plasma 76. Isto se dá em virtude de o diâmetro na seção côncava 152 ter forçado as linhas de fluxo a moverem-se

em direção ao centro do tubo e restringirem a cauda de plasma a mover-se ainda mais à montante. Assim, a zona de recirculação de plasma tornou-se mais curta (menor) no maçarico de plasma de indução 150. Em virtude de a zona de recirculação de plasma tornar-se menor, o local para $V=0$ é também

reduzido.

Quando a zona de recirculação de plasma diminui, é óbvio que a perda de energia para radiação será menor, como será a perda para o tubo de quartzo. Pela Eq. (1), percebe-se que, quando a energia acoplada total W é a mesma, mas a perda por radiação W_r e energia absorvida pelo tubo de quartzo W_t torna-se menor, mais energia será disponível para o jato de plasma W_j . Em outras palavras, W_j aumentará e ficará maior. Portanto, a eficiência que é representada pela fórmula $= W_j/W$ será também aumentada. Similarmente, com a mesma vazão total, a entalpia média do jato de plasma $H_j = W_j/Q$ é também aumentada; onde Q é o fluxo de massa total do gás de plasma.

Referindo-se às figuras 6 e 7, a seção côncava 152 pode ser usada com entradas de gás de plasma adicionais 76. Por exemplo, quando são usadas quatro entradas de gás de plasma 76, a vazão pode ser reduzida para cada entrada de gás de plasma individual 76, mantendo ainda a vazão total de projeto. Isto melhora a simetria rotacional 126 (mostrada nas figuras 3 e 4) da chama ou jato de plasma 74. Isto também melhorará a estabilização da chama ou jato de plasma 74.

Nesta modalidade, são usadas quatro entradas de gás de plasma 76. Com esta modalidade, as duas entradas de gás de plasma opostas 76 podem suprir o gás de plasma principal, e as outras duas entradas de gás de plasma 76 podem ser usadas como auxiliares. Uma suprirá oxigênio, e, a outra, nitrogênio. Isto pode aumentar a vazão de gás total sem criar um fluxo turbulento. Também permite troca da razão oxigênio para nitrogênio, mas mantém o mesmo fluxo total durante o processo.

Essas quatro entradas de gás de plasma 76 não precisam estar

no mesmo plano e, em decorrência disso, o controle do local e do plano das quatro entradas de gás de plasma 76 podem criar diferentes tipos de padrões de fluxo. Adicionalmente, ajustando-se o fluxo de gás individual para cada entrada de gás de plasma 76, pode-se criar diferentes tipos de padrões de

5 fluxo. Entradas de gás de plasma adicionais 76 podem ser usadas para suprir matérias primas da fase gasosa tal como gás contendo flúor (por exemplo, SiF_4 , CF_4 ou SF_6). É também possível usá-las para suprir componentes da fase vapor de matérias primas quando não quisermos que ocorra pré-mistura antes da entrada na zona de reação.

10 Referindo-se à figura 5, estão mostradas portas de injeção de produtos químicos 68 estão mostradas localizadas no topo do disco anular de vidro de quartzo inferior 66; entretanto, em vez de serem perpendiculares ao topo do tubo de vidro de quartzo externo 52, elas são colocadas a

15 aproximadamente 15 graus para baixo desse plano em direção ao centro do maçarico de plasma de indução 150 (onde $V = 0$). A inclinação angular na qual as portas de injeção de produtos químicos 68 são apontadas para baixo depende do diâmetro do maçarico de plasma de indução 150, das dimensões da seção côncava 152, da vazão de gás de plasma, da energia de plasma acoplada e das matérias primas de reagentes químicos.

20 Conforme indicado anteriormente e na figura 7, o local de $V = 0$ foi abaixado com o presente maçarico de plasma de indução 150, e assim a temperatura em $V = 0$ é maior. Este é um outro benefício, que resulta da redução da zona de recirculação. Este tipo de arranjo pode tirar vantagem adicional do perfil de temperatura exclusivo do presente maçarico de plasma

25 150 e resultar em melhores taxas de conversão de produtos químicos e tornar o tamanho de partícula mais uniforme.

Com relação à maçarico de plasma de indução 150 da figura 5, a extensão do tubo de vidro de quartzo intermediário 54 acima do tubo de vidro de quartzo externo 52 mostrado na figura 2 pode ser eliminada.

Reduzindo-se o tubo de vidro de quartzo intermediário 54, as janelas 57 para a injeção de produtos químicos podem também ser eliminadas. Nesta modalidade, depois que o tubo de vidro de quartzo intermediário 54 é reduzido, os anéis superior e inferior ficam muito mais próximos. É também possível eliminar o disco anular de vidro de quartzo superior 70 em virtude de o disco anular de vidro de quartzo inferior 66 ser adequado para formar a cortina de ar desejada.

No maçarico de plasma de indução 150 da figura 5, o disco anular de vidro de quartzo inferior 66 poderá formar o gás de proteção com a direção de fluxo horizontal radial para fora. Isto se dá em virtude de o disco anular de vidro de quartzo inferior 66 por si poder fornecer a proteção ambiental necessária. Para esta modalidade, a remoção do disco anular de vidro de quartzo superior 70 reduzirá os custos de fabricação de equipamento, simplificará o desenho, e tornará o maçarico de plasma de indução 150 mais compacta.

Com essas modificações, a entalpia da chama de plasma 74 é aumentada sem exigir um aumento na potência do gerador. Isto fornece mais produtividade sem usar uma maior fonte de alimentação. Além disso, a eficiência do processo foi também aumentada em aproximadamente 10 % e, igualmente, o processo também reduziu bastante a formação de bolhas no vidro depositado.

Os presentes maçaricos de plasma de indução 40, 120, 150 e 200 podem ser operadas em um modo horizontal para depositar sílica para fabricar pré-formas, tubos, hastes ou todos os três. Além do mais, os presentes maçaricos de plasma de indução 40, 120, 150 e 200 podem ser usadas para depositar vidro de sílica de uma maneira vertical que permitirá produzir peças em bruto ou lingotes de vidro.

Usando todos os recursos preceituados nas maçaricos de plasma de indução 40, 120 e 150, observou-se que melhorias significativas

nas taxas e eficiências de deposição (utilização de material) podem ser alcançadas. A tabela 1 seguinte mostra a comparação de um maçarico de plasma de indução da tecnologia anterior com o maçarico de plasma de indução 150.

5

TABELA 1

Diâmetro do alvo (mm)	Taxa de deposição média (g/min)		Eficiência de deposição média (%)	
	Tecnologia anterior	Modalidade 150	Tecnologia anterior	Modalidade 150
20-30	1,5	3,5	10	28
30-70	6,5	9,0	50	70

Um exemplo de fabricação mostrará a vantagem real dessas modalidades. Para depositar vidro em um alvo de vidro de um metro de comprimento com um diâmetro externo inicial de 20 mm de maneira a aumentar para um diâmetro externo final de 70 mm, levaria um pouco mais de 27 horas com os desenhos de maçarico de plasma de indução da tecnologia anterior. Mas, em decorrência das maçaricos de plasma de indução aqui preceituadas, o processo levará menos que 17 horas, economizando assim dez horas de tempo de processo. Em outras palavras, para o mesmo período de tempo de fabricação, a produção pode ser aumentada em cerca de 40 %. Isto também resulta em uma redução significativa de custos de mão-de-obra. Essas economias significativas são postas em perspectiva quando se considera que este maçarico de plasma de indução inédita permitirá a fabricação da mesma quantidade de produto da tecnologia anterior com apenas sessenta por cento do equipamento. Isto se traduz em economias de 40 % do investimento de capital. A outra vantagem do presente projeto está mostrada pela consideração do uso de matéria-prima. O maçarico de plasma de indução desta invenção resulta em 40 % de economia em custos de material.

Foi descrita um maçarico de plasma inédita para fabricar sílica sintética. Deve-se entender que as modalidades particulares descritas nesta especificação têm propósitos de exemplos, e que não devem ser interpretadas de forma a limitar a invenção. Adicionalmente, fica evidente que versados na

técnica podem agora fazer inúmeros usos e modificações da modalidade específica descrita, sem fugir dos conceitos inventivos. Por exemplo, as bobinas e exigências de potência para as bobinas que estão descritas podem ser feitas de diferentes materiais e operadas a diferentes ajustes de potência.

- 5 Fica também evidente que as dimensões dos tubos de quartzo citadas podem ser maiores ou menores para uma aplicação desejada.

REIVINDICAÇÕES

1. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, caracterizado pelo fato de que compreende:

um tubo de vidro de quartzo externo que tem um primeiro comprimento e um primeiro diâmetro na seção transversal e uma primeira extremidade conectada a uma base e uma segunda extremidade orientada para um substrato, o dito tubo de vidro de quartzo externo envolto por uma bobina de indução;

um tubo de vidro de quartzo interno que tem um segundo comprimento e um segundo diâmetro na seção transversal e uma primeira extremidade conectada na dita base e uma segunda extremidade orientada para o dito substrato, o dito segundo diâmetro da seção transversal sendo menor que o dito primeiro diâmetro da seção transversal de maneira tal que o dito tubo de vidro de quartzo interno fique localizado substancialmente paralelo e dentro do dito tubo de vidro de quartzo externo;

um tubo de vidro de quartzo intermediário que tem um terceiro comprimento e um terceiro diâmetro na seção transversal e uma primeira extremidade conectada na dita base e uma segunda extremidade orientada para o dito substrato, o dito terceiro diâmetro da seção transversal sendo menor que o dito primeiro diâmetro da seção transversal e maior que o dito segundo diâmetro da seção transversal de maneira tal que o dito tubo de vidro de quartzo intermediário fique localizado substancialmente paralelo e entre o dito tubo de vidro de quartzo externo e o dito tubo de vidro de quartzo interno para prover um caminho entre o dito tubo de vidro de quartzo intermediário e o dito tubo de vidro de quartzo externo para um gás de proteção, e para prover um caminho entre o dito tubo de vidro de quartzo interno e o dito tubo de vidro de quartzo intermediário para um gás de plasma para produzir uma chama de plasma quando a dita bobina de indução for energizada;

um primeiro disco anular de vidro de quartzo conectado

concentricamente na dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo;

um segundo disco anular de vidro de quartzo conectado concentricamente na dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo intermediário, em que o padrão de fluxo do dito gás de proteção é determinado pelo dito primeiro disco anular de vidro de quartzo e o dito segundo disco anular de vidro de quartzo; e

pelo menos um bico de injeção de produtos químicos localizado entre o dito primeiro disco anular de vidro de quartzo e o dito segundo disco anular de vidro de quartzo para injetar um segundo gás fonte de produtos químicos na dita chama de plasma.

2. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo intermediário estende-se além da dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo.

3. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo estende-se além da dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo interno.

4. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo são substancialmente perpendiculares ao dito tubo de vidro de quartzo intermediário.

5. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito tubo de vidro de quartzo intermediário compreende adicionalmente:

pelo menos uma abertura localizada substancialmente próxima da dita segunda extremidade do dito tubo de vidro de quartzo intermediário para fornecer uma passagem para o dito gás fonte de produtos químicos

injetado na dita chama de plasma.

5 6. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma abertura fica localizada verticalmente entre os ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo.

7. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos primeiro, segundo e terceiros diâmetros da seção transversal são concêntricos uns com os outros.

10 8. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita bobina fica localizada verticalmente entre o dito primeiro disco anular de vidro de quartzo e a dita base.

15 9. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro comprimento é entre cerca de 100 – 300 mm.

10. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro diâmetro é entre cerca de 40 – 120 mm.

20 11. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo comprimento é entre cerca de 75 – 225 mm.

25 12. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo diâmetro é entre cerca de 30 – 90 mm.

13. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito terceiro comprimento é entre cerca de 135 – 400 mm.

14. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo

com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito terceiro diâmetro é entre cerca de 35 – 105 mm.

5 15. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma abertura tem uma altura entre cerca de 8 – 24 mm.

16. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma abertura tem uma largura entre cerca de 9 – 27 mm.

10 17. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro disco anular de vidro de quartzo tem um diâmetro entre cerca de 40 – 130 mm.

15 18. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro disco anular de vidro de quartzo tem um diâmetro externo entre cerca de 75 – 225 mm.

19. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo disco anular de vidro de quartzo tem um diâmetro entre cerca de 35 – 105 mm.

20 20. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo disco anular de vidro de quartzo tem um diâmetro externo entre cerca de 55 – 165 mm.

25 21. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo ficam localizados de forma a abaixar a região de pressão para o gás de plasma para fazer com que o dito gás de proteção tenha um padrão de fluxo radial horizontal próximo da dita chama de plasma.

22. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo

com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma entrada de refrigerante e uma saída de refrigerante localizadas na dita base para circular um refrigerante através da dita base.

5 23. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito gás de proteção tem um teor de hidroxila menor que 1 ppm.

24. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a distância entre a dita
10 bobina e o dito tubo de vidro de quartzo externo é entre cerca de 2 – 10 mm.

25. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita bobina é acionada por um gerador de alta frequência.

26. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo
15 com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um bico de injeção de produtos químicos compreende:

um primeiro bico de injeção de produtos químicos localizado na linha de centro do dito maçarico de plasma; e

20 um segundo bico de injeção de produtos químicos localizado à frente da dita linha de centro do dito maçarico de plasma.

27. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito tubo de vidro de quartzo intermediário tem uma restrição côncava formada em torno de seu perímetro acima do dito tubo de vidro de quartzo interno.

25 28. Maçarico de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um bico de injeção de produtos químicos é angulado para baixo em relação a um plano horizontal.

29. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica

sintética, caracterizado pelo fato de que compreende:

um maçarico de plasma que compreende:

um tubo de vidro de quartzo externo que tem uma extremidade substancialmente perpendicular a um substrato, o dito tubo de vidro de quartzo externo envolto por uma bobina de indução;

um tubo de vidro de quartzo interno que tem uma extremidade substancialmente perpendicular ao dito substrato;

um tubo de vidro de quartzo intermediário que tem uma extremidade substancialmente perpendicular ao dito substrato, o dito tubo de vidro de quartzo intermediário localizado entre o dito tubo de vidro de quartzo externo e o dito tubo de vidro de quartzo interno, em que os ditos tubos são concêntricos para fornecer um primeiro caminho localizado entre o dito tubo de vidro de quartzo interno e o dito tubo de vidro de quartzo intermediário para um gás de plasma para produzir uma chama de plasma quando a dita bobina de indução é energizada e um segundo caminho localizado entre o dito tubo de vidro de quartzo externo e o dito tubo de vidro de quartzo intermediário para um gás de proteção;

um primeiro disco anular de vidro de quartzo conectado concentricamente na dita extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo;

um segundo disco anular de vidro de quartzo conectado concentricamente na dita extremidade do dito tubo de vidro de quartzo intermediário, em que o padrão de fluxo do dito gás de proteção é determinado pelo dito primeiro disco anular de vidro de quartzo e pelo segundo disco anular de vidro de quartzo;

pelo menos um bico de injeção de produtos químicos localizado entre o dito primeiro disco anular de vidro de quartzo e o dito segundo disco anular de vidro de quartzo para injetar um gás fonte de produtos químicos na dita chama de plasma; e

dispositivo para suportar o dito substrato, em que o dito substrato e o dito dispositivo para suportar movem-se um em relação ao outro.

30. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a
5 dita uma extremidade do tubo de vidro de quartzo intermediário estende-se além da dita uma extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo.

31. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a
10 dita uma extremidade do dito tubo de vidro de quartzo externo estende-se além da dita uma extremidade do dito tubo de vidro de quartzo interno.

32. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que os
ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo são
substancialmente perpendiculares ao dito tubo de vidro de quartzo
15 intermediário.

33. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o
dito tubo de vidro de quartzo intermediário compreende adicionalmente:

pelo menos uma abertura localizada substancialmente próxima
20 da dita uma extremidade do dito tubo de vidro de quartzo intermediário para fornecer uma passagem para o dito gás fonte de produtos químicos injetado na dita chama de plasma.

34. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a
25 dita pelo menos uma abertura fica localizada verticalmente entre os ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo.

35. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a
dita bobina fica localizada verticalmente entre o dito primeiro disco anular de

vidro de quartzo e a dita base.

36. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que os ditos primeiro e segundo discos anulares de vidro de quartzo ficam localizados para abaixar a região de pressão para o gás de plasma para fazer com que o dito gás de proteção tenha um padrão de fluxo horizontal radial próximo da dita chama de plasma.

37. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a dita bobina é acionada por um gerador de alta frequência.

38. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um bico de injeção de produtos químicos compreende:

um primeiro bico de injeção de produtos químicos localizado na linha de centro do dito maçarico de plasma; e

um segundo bico de injeção de produtos químicos localizado à frente da dita linha de centro do dito maçarico de plasma.

39. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o dito maçarico de plasma gira axialmente em relação ao dito substrato para apresentar o dito segundo bico de injeção de produtos químicos como o bico de injeção de produtos químicos dianteiro durante o dito movimento do dito substrato para o dito maçarico de plasma.

40. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o dito tubo de vidro de quartzo intermediário tem uma seção côncava formada em torno de seu perímetro acima do dito tubo de vidro de quartzo interno.

41. Aparelho de deposição de plasma para fabricar sílica sintética, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o

dito pelo menos um bico de injeção de produtos químicos é angulado para baixo em relação a um plano horizontal.

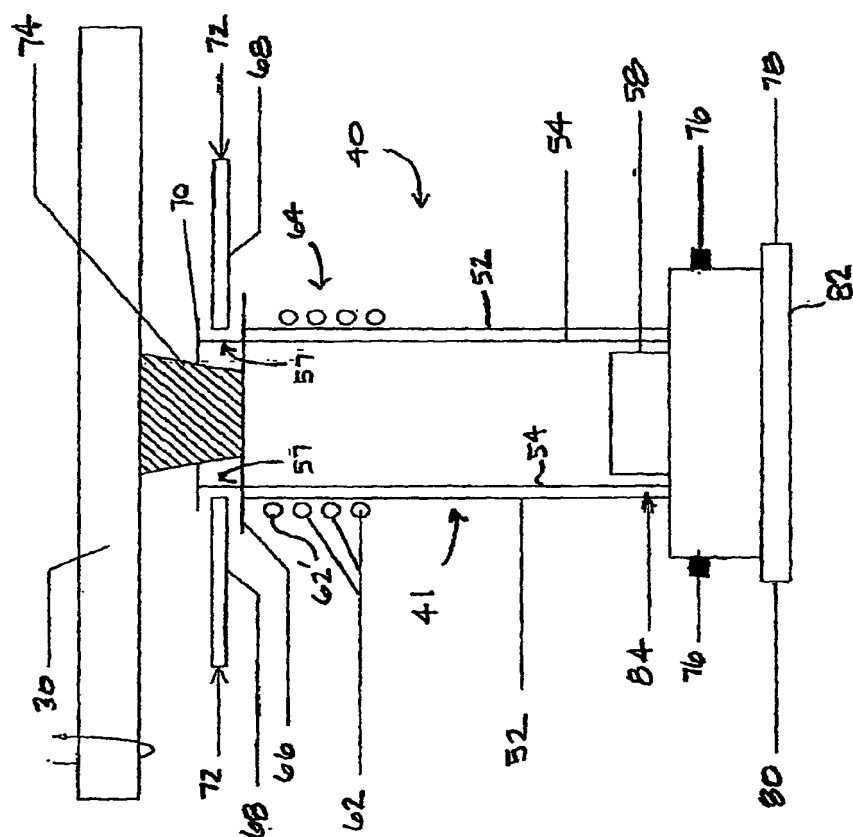


Figura 2

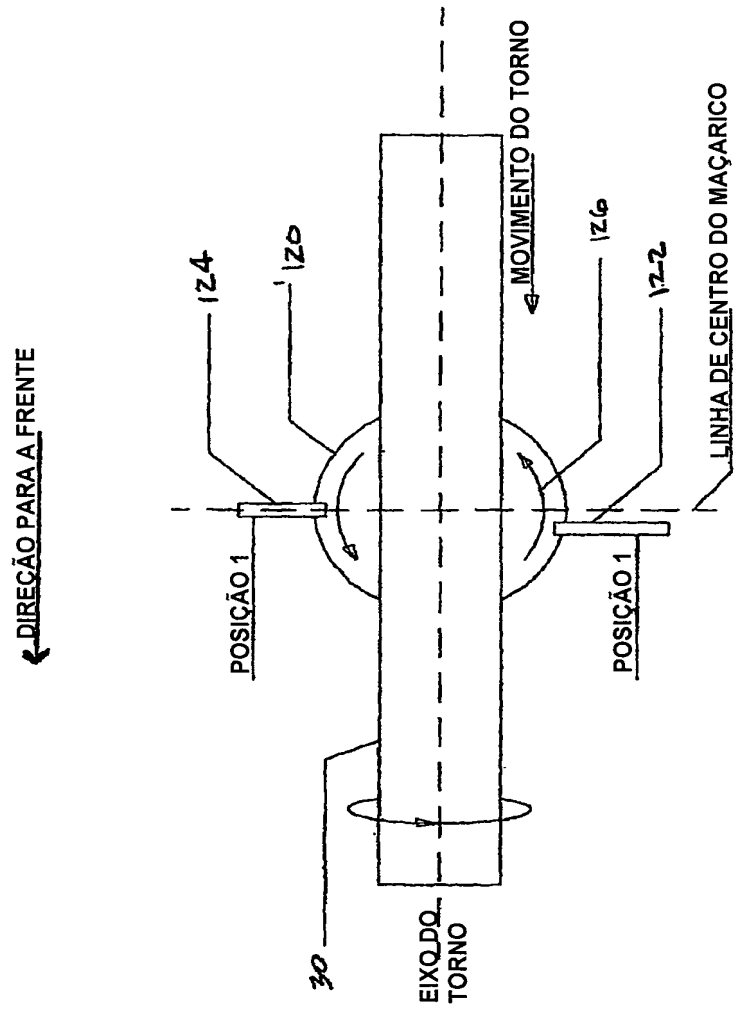


Figura 3

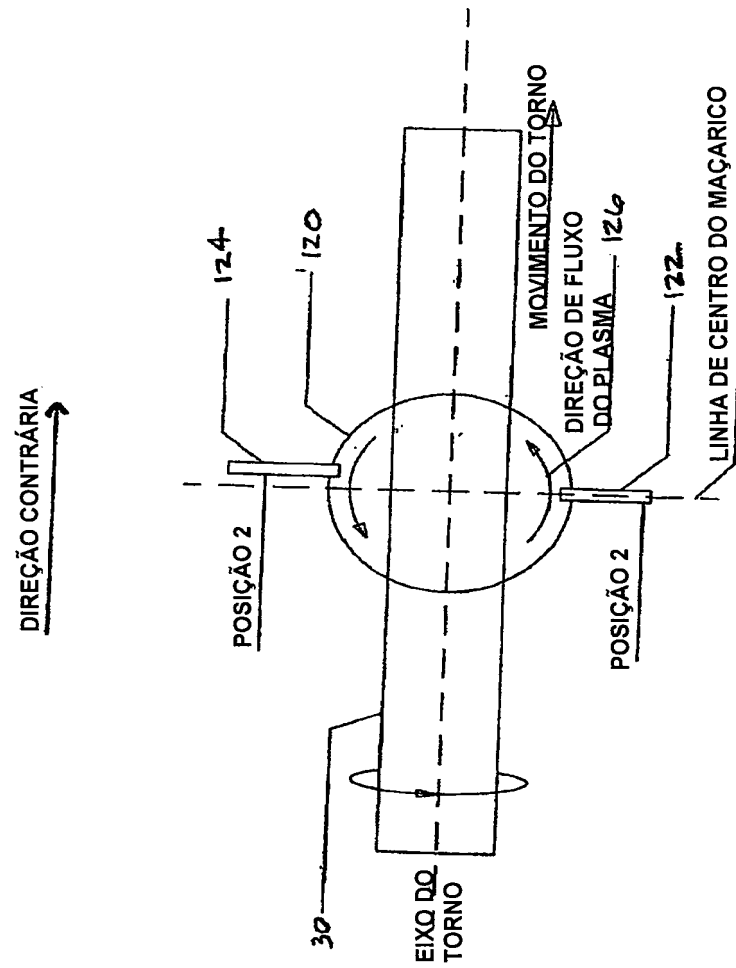


Figura 4

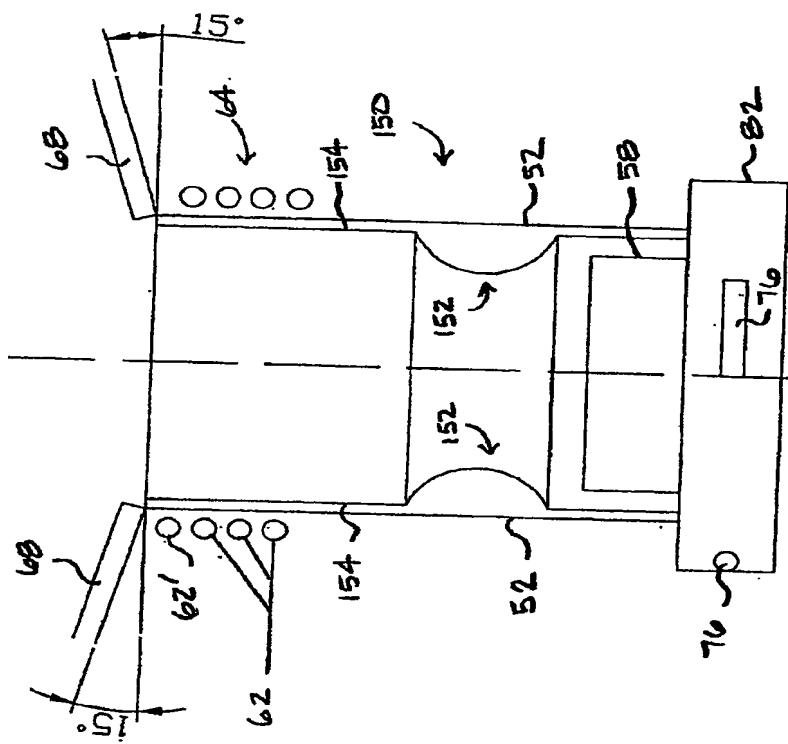


Figure 5

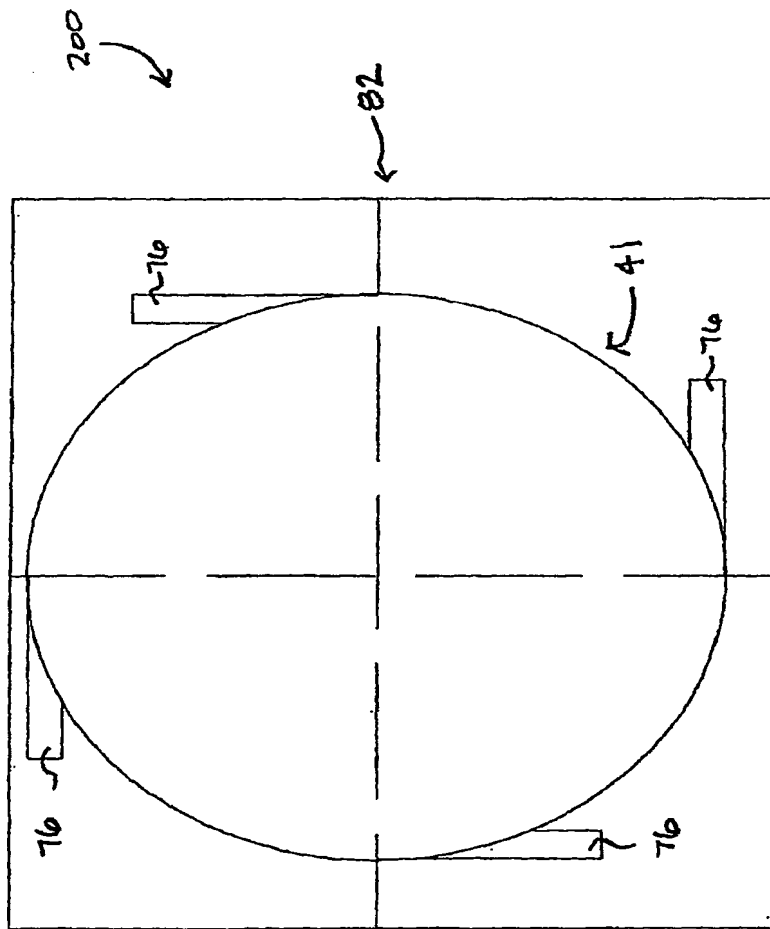


Figura 6

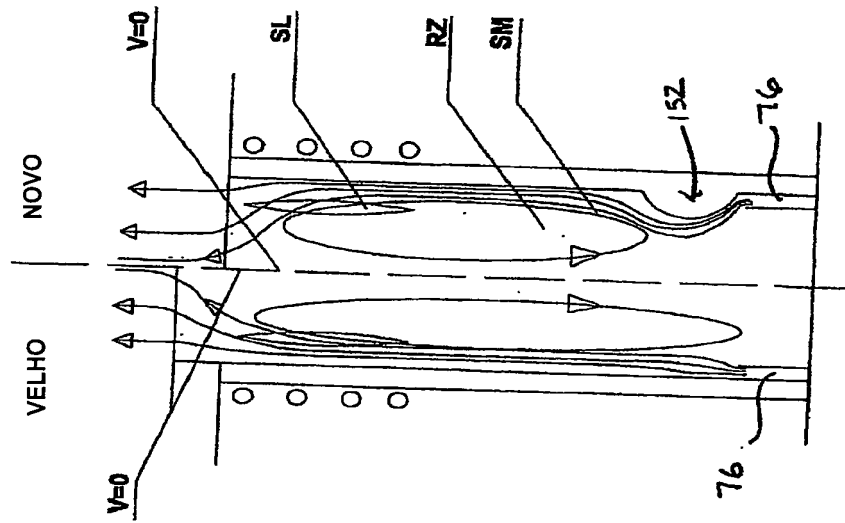


Figura 7

RESUMO

“MAÇARICO DE PLASMA E APARELHO DE DEPOSIÇÃO DE PLASMA PARA FABRICAR SÍLICA SINTÉTICA”

É descrita um maçarico de plasma melhorado para fabricar sílica sintética que inclui o uso de gás de proteção de nitrogênio proveniente da tubulação de quartzo externa para fornecer isolamento do ambiente ativo. Além do mais, o presente maçarico de plasma de indução inclui um disco anular para proteção ambiental mais compacta, mas completa (360 graus de cobertura). Ela também inclui deslocar e trocar as posições dos bicos de injeção de produtos químicos para permitir melhor deposição em ambas as direções, quando operada em um modo horizontal. Adicionalmente, o presente maçarico de plasma de indução mantém fluxo laminar para os produtos químicos injetados, e o tubo de quartzo intermediário é provido com uma seção côncava para aumentar a entalpia média do jato de plasma, melhorando assim a eficiência do maçarico de plasma. Além do mais, ela pode utilizar mais entradas de gás de plasma. Ela também inclui bicos de injeção de produtos químicos com uma inclinação angular para baixo.