



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

**(11) BR 112013016805-6 B1**



**(22) Data do Depósito:** 16/12/2011

**(45) Data de Concessão:** 07/01/2020

---

**(54) Título:** MÉTODO DE FUSÃO DE UMA CARGA SÓLIDA

**(51) Int.Cl.:** C22B 7/00; C22B 21/00; F23C 6/04; F23D 14/32.

**(30) Prioridade Unionista:** 31/12/2010 US 12/982,971.

**(73) Titular(es):** L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE.

**(72) Inventor(es):** VIVEK GAUTAM; KENNETH KAISER; LUC JARRY; RÉMI PIERRE TSIAVA.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2011065521 de 16/12/2011

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/091963 de 05/07/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 28/06/2013

**(57) Resumo:** MÉTODO DE FUSÃO DE UMA CARGA SÓLIDA Um simples queimador compacto que atinge um derretimento mais ideal de uma carga sólida, seguido pelo desempenho de combustão em condições de combustão distribuídas. O queimador consegue isso fluidicamente dobrar a chama para a carga sólida durante a fase de fusão com jato de acionamento de oxidante, redirecionando a chama em uma direção longe do cargo, e encenação de injeção de oxidante entre porções primárias e secundárias, durante uma fase de combustão distribuída.

## MÉTODO DE FUSÃO DE UMA CARGA SÓLIDA

### Fundamentos

A presente invenção se refere à fusão de uma carga sólida tal como vidro ou metal, e especificamente à  
5 reciclagem de metal através da fusão e refino de sucata de metais.

A fusão de sucata de metais é um aspecto importante da indústria metalúrgica. Na verdade a sucata de metais é usada como matéria prima para a fusão de metal na indústria  
10 metalúrgica ferrosa e não ferrosa por motivos econômicos, técnicos e ambientais. O desenvolvimento da indústria da reciclagem de metal depende em grande parte da disponibilidade de sucata de metais.

Um exemplo típico no campo da metalurgia não ferrosa  
15 consiste na reciclagem de alumínio que é atualmente o metal pós-consumidor mais habitualmente reciclado no mundo. Na Europa, por exemplo, o alumínio apresenta altas taxas de reciclagem, variando de 41% para latas de bebida a 85% no setor imobiliário e de construção e de até 95% no setor  
20 automotivo. A indústria está ainda constantemente investindo e conduzindo pesquisas no melhoramento da coleta e triagem de modo a atingir os melhores níveis possíveis de reciclagem.

Os recicladores de alumínio fundem uma ampla faixa de  
25 sucata de alumínio adquirida tanto no mercado local como através de importação. Como a sucata é geralmente produzida de material contaminado de composições variável, a indústria de fundição secundária, tal como a indústria de sucata de alumínio, necessita de ferramentas de produção e  
30 especialmente de fornos de fusão, que sejam tanto potentes

como flexíveis.

Um problema crucial para os fundidores comerciais de sucata de metais é a eficiência de processo. A eficiência de processo abrange especialmente os seguintes fatores:

5       - eficiência de tempo, isto é, a taxa à qual uma quantidade dada de sucata de metais é fundida,

      - eficiência de energia, isto é, a energia necessária para fundir uma quantidade dada de sucata de metais, e

10       - eficiência de recuperação do metal, isto é, a relação do metal fundido novo para sucata de metais.

É prática conhecida na técnica se fundir sucata de metais em um forno por meio de calor gerado por combustão ao ar, isto é, por combustão de um combustível com ar como o oxidante. Tais processos de fusão geralmente apresentam  
15 uma eficiência de tempo e energia baixa, mas uma eficiência de recuperação de metal relativamente alta.

A oxicombustão de combustíveis é uma estratégia conhecida para se aumentar a utilização de calor (eficiência térmica) em fornos industriais em relação à  
20 combustão à base de ar. Os queimadores de oxicombustível têm temperaturas de chama mais elevadas que aumentam a transferência radiativa de calor da chama para a carga. As temperaturas de chama mais altas, no entanto, podem ter um efeito negativo em determinadas circunstância,  
25 especialmente para fornos de temperatura mais baixa tais como para a fundição do alumínio secundário. Devido à temperatura de chama elevada, é aumentada a tendência de formação de  $\text{NO}_x$ . Portanto, se  $\text{N}_2$  entrar na zona de combustão ou através do combustível ou por infiltração do  
30 ar no forno, pode aumentar significativamente a formação de

NO<sub>x</sub>. Além disso, a chama a uma temperatura mais elevada pode produzir pontos quentes no interior do forno ou afetar de modo adverso à qualidade de produto. Em determinados casos, tais como quando se funde o alumínio, a temperatura elevada da flama pode aumentar a taxa de oxidação do metal, resultando, assim, em perdas de metal.

Foi proposto se regular a potência do queimador durante o processo de fusão para manter sob controle a oxidação do metal na medida do possível no caso de oxicombustão, como uma função da temperatura no forno, por exemplo, ou do material refratário que envolve a câmara de combustão.

Para se superar os problemas acima, foi desenvolvida uma combustão distribuída como uma estratégia para a condução a oxicombustão a temperaturas mais baixas, mas muito uniformes. Ela tem também denominada combustão diluída, combustão suave, ou combustão sem chama (em algumas circunstâncias quando a chama não é mais visível), a idéia central desta estratégia consiste em diluir os reagentes com gases de forno (principalmente uma mistura de H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) antes da combustão para atingir uma distribuição de temperaturas mais baixa e mais uniforme no interior do forno. A temperatura das misturas diluídas deve ser mantida acima da temperatura de autoignição para se sustentar o modo sem chama. Ao contrário da interação complexa entre o transporte de massa e a reação química que é observada em processos de combustão convencionais, os reagentes extremamente diluídos transformam a combustão em um processo de cinética limitada aumentando a escala de tempo da reação de combustão. Este processo de combustão lento se

manifesta através de zonas de reação extremamente distribuídas onde a temperatura de pico é baixa, reduzindo assim drasticamente a presença de NO<sub>x</sub>.

Muitos propuseram queimadores para a combustão  
5 distribuída.

WO2004/029511 utiliza um efeito ejetor produzido por bocais de oxigênio de queimador para prover uma recirculação interna dos gases de forno. A injeção de combustível a jusante permite que o oxigênio se misture com  
10 os gases de forno antes de atingir o combustível. WO2004/029511 inclui 6 tipos de fornecimento de oxigênio dispostos em um círculo ao redor da injeção de combustível. Os tubos de fornecimento de oxigênio fornecem de preferência oxigênio a velocidades supersônicas.

15 Tal como com o queimador do WO2004/029511, a patente U.S. No. 6.007.326 se refere à combustão com baixas concentrações tanto de combustível como de oxigênio no forno. A diluição dos reagentes é obtida com a sua injeção separada no espaço e a altas velocidades. O combustível e o  
20 oxidante podem ser previamente aquecidos a qualquer temperatura acima da ambiente.

O pedido de patente publicado U.S. 20070254251 descreve um queimador projetado para um regime de combustão sem chama. Ele inclui diversos injetores de combustível e  
25 de oxidante, representando diferentes funções. Um estabilizador possível de chama central é envolvido por uma multiplicidade de bocais para a injeção de combustível e de oxidante gasoso no forno ou zona de combustão. Ele pode usar ar ou oxigênio como oxidante.

30 Alguns queimadores de combustão distribuída que

utilizam oxigênio devem depender de injeções dos reagentes a alta velocidade. As injeções a alta velocidade normalmente exigem altas pressões de oxigênio e de gás natural para a sua operação. Devido a este inconveniente, há a necessidade de se obter uma combustão distribuída com um queimador que utilize o oxigênio a pressões relativamente mais baixas.

Independentemente da pressão do fornecimento de oxidante, a combustão distribuída é geralmente produzida pela injeção separada de combustível e oxidante no forno. OU um dos jatos de reagentes, ou os dois, são injetados no forno de um modo tal, que facilite o arrasto de gases de forno para dentro dos jatos, usando gradientes de velocidade elevada, por exemplo, correntes em rotação ou elementos de obstáculo. A distância entre os jatos é determinada com o objetivo de se obter uma diluição suficiente de um ou dos dois reagentes antes que as duas correntes de reagentes interajam/se misturem entre si. A patente U.S. No. 5.961.312 descreve um projeto de queimador em que a distância entre os jatos de combustível e de ar,  $L$ , é dada pela equação:  $(L/D_a) \times [(V_a/V_0)^{0,5}] > 10$  em que  $D_a$  é o diâmetro do bocal de ar,  $V_a$  é a velocidade do ar e  $V_0$  é a unidade de velocidade do ar (1 m/s). De modo análogo a patente U.S. No. 6.007.326 requer uma distância de pelo menos 6 polegadas (15,24 cm) e, de preferência, de 24 polegadas (60,96 cm) entre os jatos de combustível e de oxidante para obter condições de combustão distribuída para uma produção de baixo nível de  $\text{NO}_x$ . Estas exigências de espaçamento entre os jatos pode frequentemente tornar os queimadores inviavelmente grandes e volumosos.

Às vezes um ângulo diferente de zero de injeção entre os bocais de reagentes é também usado para retardar a mistura dos reagentes até eles terem sido diluídos pelos gases do forno. A patente U.S. No. 5.772.421 divulga um projeto de queimador em que o combustível e o oxidante são 5 descarregados de modo tal, que eles inicialmente se afastam um do outro, mas eventualmente se misturam no interior do forno. No entanto, a mistura de jatos divergentes depende do formato geométrico do forno, da operação do queimador e 10 da localização do queimador no interior do forno. Por este motivo estes queimadores são frequentemente eficazes somente em determinados fornos específicos e em condições operacionais específicas.

Uma outra estratégia para se obter uma combustão 15 distribuída consiste em se distribuir um dos reagentes dentro do forno por meio do uso de múltiplos bocais. O outro reagente é geralmente fornecido a uma velocidade elevada ou como um jato a grande velocidade de rotação para arrastar os gases de forno. A patente U.S. No. 6.773.256, 20 por exemplo, descreve um queimador em que uma pequena quantidade de combustível é fornecida à corrente de oxidante para se obter uma chama de combustível magro. O combustível restante é fornecido por uma multiplicidade de bocais de combustível a distâncias fixas da chama. Os 25 bocais de combustível podem ser projetados para injetar o combustível a ângulos diferentes com a chama dependendo da distribuição desejada. Tal estratégia de projeto pode resultar em um queimador relativamente grande e complexo que pode ser relativamente dispendioso de ser fabricado e 30 difícil de ser controlado.

Devido aos inconvenientes descritos acima, há a necessidade de se obter uma combustão distribuída com um queimador simples e compacto.

Uma das condições importantes para se obter uma  
5 combustão extremamente distribuída é uma temperatura de forno elevada. Para se manter uma combustão completa no interior da câmara de combustão para uma combustão extremamente distribuída, o forno deve ser previamente aquecido a uma temperatura acima da de autoignição,  
10 tipicamente acima de 700°C ou acima de 800°C. A maioria dos queimadores extremamente distribuídos exige um queimador pré-aquecedor para atingir as temperaturas de forno desejadas antes da distribuição. WO 2006/031163 descreve um queimador que pode ser operado tanto no modo de chama como  
15 no distribuído. Inicialmente quando o forno está frio, o combustível e o oxidante são injetados de uma abertura coaxial (um tubo dentro do outro) para se obter uma chama estável. Quando a temperatura de forno atinge a temperatura de autoignição de combustão, o combustível e o oxidante são  
20 injetados de orifícios que são separados espacialmente entre si para produzir uma combustão distribuída no interior do forno. O problema com praticamente todos os projetos de queimadores distribuídos é o seu desempenho frequentemente precário com potências de queimadores  
25 diferentes da potência nominal de projeto. Tipicamente estes queimadores funcionam muito bem em condições de potência nominal, no entanto a sua eficiência de combustão e características de emissão frequentemente caem significativamente no momento em que se altera a potência  
30 do queimador da nominal para alguma outra. Tal alteração em

potência de queimador é um problema muito comum na maior parte dos fornos industriais.

Devido ao inconveniente acima descrito, existe, também, uma necessidade de um queimador que possa atingir  
5 uma combustão distribuída satisfatória com uma variedade de potências de queimador.

#### Sumário

É divulgado um processo para a fusão de uma carga sólida em um forno, compreendendo este processo as  
10 seguintes etapas. Uma carga sólida compreendendo vidro ou metal é introduzida no forno. Um jato de combustível e uma porção primária de oxidante são injetados em um forno por um bocal de combustível/oxidante em um bloco do queimador. O jato de combustível e o oxidante primário são dirigidos  
15 para baixo na direção da carga sólida ao se iniciar a injeção de um jato de um primeiro fluido atuante para baixo na direção do jato de combustível e oxidante primário, incidindo assim sobre o jato de combustível e oxidante primário, sendo o fluido atuante uma porção adicional de  
20 oxidante. Depois de ter sido fundida uma quantidade desejada da carga sólida, interrompe-se a injeção do jato do primeiro fluido atuante. Uma quantidade de oxidante injetado do bocal de combustível/oxidante como oxidante primário é reduzida, sendo ao mesmo tempo iniciada uma  
25 injeção de uma porção secundária de oxidante por pelo menos uma lança secundária disposta no bloco do queimador acima do bocal de combustível/oxidante até se obter um grau desejado de distribuição da injeção de oxidante entre o oxidante primário e o oxidante secundário e serem atingidas  
30 as condições de combustão distribuída. A carga fundida é

extraída do forno.

O método pode incluir um ou mais dos seguintes aspectos.

5 - o forno é um forno rotativo tendo uma parede refratária substancialmente cilíndrica, uma primeira parede de extremidade em uma extremidade da parede refratária cilíndrica e uma segunda parede de extremidade na extremidade oposta da parede refratária cilíndrica.

10 - a carga sólida consiste em sucata de metais selecionada do grupo que consiste em alumínio, cobre, zinco, chumbo, níquel, cobal55o, titânio, cromo, metais preciosos e suas ligas.

- a sucata de metais consiste em alumínio ou em uma liga de alumínio.

15 - o combustível é um combustível gasoso.

- o combustível é selecionado do grupo que consiste em gás natural, butano, propano e suas misturas.

- o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 65% vol/vol.

20 - o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 80% vol/vol.

- o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 90% vol/vol.

25 - a injeção do jato do primeiro fluido atuante é interrompida depois de se ter fundido substancialmente toda a carga sólida.

- o combustível é óleo combustível.

30 - a porção secundária do combustível constitui 90-95% de uma quantidade total de combustível para produzir um grau desejado de distribuição de 90-95%.

- uma potência do queimador é aumentada enquanto se continua com a combustão do combustível e oxidante em condições de combustão distribuída por:

5 . aumento proporcional da quantidade de oxidante injetado através de pelo menos uma lança secundária como oxidante secundário e através do bocal de combustível/oxidante como oxidante primário; e

10 . início da injeção de um jato de um segundo fluido atuante para cima na direção do jato de combustível e oxidante primário incidindo assim no jato de combustível e oxidante primário, sendo o segundo fluido atuante uma porção adicional do combustível, constituindo o segundo fluido atuante de 1-20% vol/vol de um fluxo total do  
15 combustível injetado do bocal de combustível/oxidante e como o segundo fluido atuante.

- a porção primária de combustível envolve anularmente a porção primária de oxidante e o reagente de combustão do  
20 segundo jato é combustível.

- a porção secundária de oxidante constitui 90-95% de uma quantidade total de oxidante para produzir um grau desejado de distribuição de 90-95%.

25 - durante pelo menos uma porção de tempo durante o qual o método é conduzido em condições de combustão distribuída, a temperatura do forno se encontra acima da temperatura de autoignição do combustível.

- o bocal de combustível/oxidante é um bocal de um tubo dentro de outro concentricamente disposto, sendo o  
30 bocal adaptado e configurado para injetar o combustível de

um tubo interno e injetar a porção primária do oxidante de um anulo entre o tubo interno e o tubo externo.

- durante pelo menos uma porção do tempo durante o qual o método é conduzido em condições de combustão distribuída, não é observável nenhuma chama visível.

- o combustível é óleo combustível.

- durante pelo menos uma porção do tempo durante o qual o método é conduzido em condições de combustão distribuída, a porção secundária de oxidante injetada pelas lanças secundárias constitui 90-95% de uma quantidade total do oxidante injetado como uma porção primária de oxidante pelo bocal de combustível/oxidante e pelas lanças secundárias.

- a pelo menos uma lança secundária compreende um par de lanças secundárias.

#### Breve Descrição dos Desenhos

Para uma melhor compreensão da natureza e dos objetivos da presente invenção, deve se fazer referência à descrição detalhada que segue, tomada em conjunto com os desenhos apensos em que elementos iguais recebem os mesmos números de referência ou número análogos e em que:

- a Figura 1 é uma vista esquemática em elevação do queimador divulgado ilustrando partes escondidas, incluindo o queimador um bocal dinâmico de combustível/oxidante e um par de lanças de oxidante secundário.

- a Figura 2A é uma vista esquemática de uma fase de partida do processo de fusão de carga sólida divulgado em que uma chama é orientada diretamente pelo queimador.

- a Figura 2B é uma vista esquemática de uma fase de fusão do processo divulgado de fusão de carga sólida em que

a chama é dirigida para a carga sólida.

- a Figura 2C é uma vista esquemática de uma porção inicial da transição de uma fase de fusão para uma fase de combustão distribuída do processo divulgado de fusão de carga sólida em que é iniciada a distribuição do oxidante em porções primária e secundária.

- a Figura 2D é uma vista esquemática de uma porção final de uma transição de uma fase de fusão para uma fase de combustão distribuída do processo divulgado de fusão de carga sólida em que a distribuição do oxidante entre porções primária e secundária é mais completa.

- a Figura 2E é uma vista esquemática de uma fase de combustão distribuída do processo de fusão de carga sólida divulgado em que a distribuição do oxidante entre as porções primária e secundária está completa.

- a Figura 3A é uma vista esquemática isométrica de uma primeira modalidade de um bocal de combustível/oxidante do queimador divulgado.

- a Figura 3B é uma vista em seção transversal do bocal da Figura 4A tirada pela linha B-B ilustrando partes escondidas.

- a Figura 3C é uma vista em seção transversal do bocal da Figura 4A tirada pela linha C-C ilustrando partes escondidas.

- a Figura 3D é uma seção transversal do bocal da Figura 4A tirada pela linha D-D.

- a Figura 3E é uma vista esquemática em elevação de uma seção longitudinal tirada do bocal da Figura 3A durante uma fase de fusão do processo divulgado de fusão de carga sólida.

- a Figura 3F é uma vista esquemática em elevação de uma seção longitudinal tirada do bocal da Figura 3A durante uma fase de combustão distribuída do processo divulgado de fusão de carga sólida com uma potência relativamente elevada do queimador.

- a Figura 4A é uma vista esquemática isométrica de uma segunda modalidade de um bocal combustível/oxidante do queimador divulgado.

- a Figura 4B é uma vista esquemática em elevação de uma seção longitudinal tirada do bocal da Figura 4A durante uma fase de fusão do processo divulgado de fusão de carga sólida.

- a Figura 4C é uma vista esquemática em elevação de uma seção longitudinal tirada do bocal da Figura 4A durante uma fase de combustão distribuída do processo divulgado de fusão de carga sólida com uma potência relativamente alta do queimador.

#### Descrição de Modalidades Preferidas

É divulgado um queimador simples e compacto para se obter uma fusão mais ideal de uma carga sólida seguida pela execução de combustão em condições de combustão distribuída. Este objetivo é atingido inclinando-se por fluido a chama na direção da carga sólida durante uma fase de fusão com um jato atuante de oxidante, redirecionando-se a chama em uma direção que a afasta da carga, e distribuindo a injeção de oxidante entre porções primária e secundária durante uma fase de combustão distribuída. Além disso, quando é necessária uma potência mais elevada do queimador durante a fase de combustão distribuída, é iniciado um jato atuante de combustível para inclinar a

chama para cima e evitar um excesso de retardamento das mistura do combustível com oxidante.

Durante a partida, um jato de combustível e oxidante primário é injetado em um forno de fusão pelo bocal  
5 dinâmico de combustível/oxidante que se estende através de um bloco do queimador. Se o forno não contiver ainda uma carga sólida, é acrescentada uma carga sólida ao forno para ser fundida.

Quando for desejado e especialmente depois de ter sido  
10 produzida uma chama estável, uma válvula é aberta para ser iniciado um fluxo de um oxidante para um canal de injeção de oxidante atuante que se estende através do bloco do queimador no bocal dinâmico de combustível/oxidante. Um jato do oxidante atuante é injetado para baixo na direção  
15 do jato de combustível e oxidante primário fazendo com que o jato seja dirigido para baixo na direção da carga sólida. Assim é iniciada a fase de fusão do processo.

Depois de ter sido fundida uma quantidade desejada da carga sólida e de ter sido atingida a temperatura d forno  
20 acima da temperatura de autoignição do combustível (tipicamente acima de 700°C ou acima de 800°C), começa uma transição da fase de fusão para a fase de combustão distribuída do processo. É interrompida a injeção do jato do oxidante atuante. Como resultado, a chama não é mais  
25 dirigida para baixo na direção da carga. Além disso, uma quantidade de oxidante injetada do bocal de combustível/oxidante como oxidante primário é reduzida, ao mesmo tempo em que é iniciada a injeção de uma porção secundária de oxidante por pelo menos uma lança secundária  
30 (tipicamente um par de lanças secundárias ou mesmo três ou

mais lanças secundárias) disposta no bloco do queimador acima do bocal de combustível/oxidante até ser obtido um grau desejado de distribuição da injeção de oxidante entre oxidante primário e secundário e ter sido atingidas as condições de combustão distribuída. Estas condições continuam vigentes durante a fase de combustão distribuída. Durante a fase de combustão distribuída, tipicamente 90-95% da quantidade total do oxidante são injetados como porção secundária ou oxidante secundário (proveniente da(s) lança(s) secundária(s)), ao passo que somente 10-5% são injetados como a porção primária ou oxidante primário proveniente do bocal dinâmico de combustível/oxidante). Se for desejado, pode variar o grau de distribuição de um modo empírico para resultar em uma chama invisível (isto é, combustão sem chama). Níveis mais baixos de distribuição são também possíveis, dependendo do grau da combustão distribuída desejado. Além disso, níveis mais baixos de distribuição podem ser desejáveis se for necessária uma chama relativamente mais curta devido a restrições da geometria do forno.

Depois da carga fundida ter sido aquecida pelo queimador durante a fase de combustão distribuída ela é extraída do forno. No caso de uma carga sólida de alumínio (tal como sucata de alumínio), o alumínio fundido é extraído para moldagem e moldado.

Durante a operação do queimador com potências nominais na fase de combustão distribuída, a taxa de fluxo do oxidante secundário proveniente das lanças secundárias é tipicamente de 95-99% (em volume) do fluxo total do oxidante, sendo a taxa do fluxo do oxidante primário

proveniente do bocal dinâmico de combustível/oxidante de 5-1% (em volume) do fluxo total do oxidante. Durante a operação do queimador com potências relativamente mais elevadas na fase de combustão distribuída, a taxa de fluxo do combustível atuante é tipicamente de 1-20% (em volume) do fluxo total do combustível proveniente do bocal dinâmico de combustível/oxidante, sendo a taxa de fluxo do combustível do bocal dinâmico de combustível/oxidante de 99-80% (em volume) do fluxo total do combustível. Durante a operação do queimador durante a fase de fusão, a taxa de fluxo do oxidante atuante é tipicamente de 5-30% (em volume) do fluxo total do oxidante proveniente do bocal dinâmico de combustível/oxidante (e opcionalmente da(s) lança(s) secundária(s)), sendo a taxa de fluxo do oxidante primário no jato de combustível e oxidante primário de 95-70% (em volume) do fluxo total do oxidante. A velocidade do fluido atuante é tipicamente de 100 m/s ou menos com a potência nominal do queimador, ao passo que as velocidades do combustível e do oxidante primário são tipicamente de 100-200 m/s e de 75-150 m/s, respectivamente, com a potência nominal do queimador.

Embora o oxidante possa ser ar, oxigênio puro, ar enriquecido com oxigênio ou ar sintético compreendendo oxigênio e gás de exaustão reciclado, tipicamente ele consiste em oxigênio com uma pureza de pelo menos 65% (em volume) ou de pelo menos 80% (em volume) ou oxigênio industrialmente puro tendo uma pureza de pelo menos 90% (em volume). Embora o combustível possa ser qualquer combustível gasoso ou líquido, tipicamente ele é gás natural ou óleo combustível. O oxidante primário

tipicamente constitui 75-100% da taxa de fluxo do oxidante total do queimador durante a fase de aquecimento, mas somente de 0-10% da taxa de fluxo de oxidante total do queimador durante a fase de combustão distribuída. Por  
5 outro lado, o oxidante secundário tem tipicamente uma velocidade de 75-200 m/s com a potência nominal do queimador e constitui até 90-100% a temperaturas da câmara de combustão durante a fase de combustão distribuída.

A(s) lança(s) secundária(s) é(são) disposta(s) acima  
10 do bocal dinâmico de combustível/oxidante. Tipicamente, uma distância mínima entre um centro do bocal dinâmico de combustível/oxidante e um centro de cada lança secundária deve ser de pelo menos 10 vezes o diâmetro interno da lança secundária ou do tubo de disposição central no bocal  
15 dinâmico de combustível/oxidante. De modo análogo a distância mínima entre os centros das lanças secundárias deve ser de pelo menos 10 vezes o diâmetro interno dessas lanças.

Durante a fase de combustão distribuída, pode ser  
20 desejada uma potência mais elevada do queimador. Como as velocidades dos jatos de combustível e do oxidante secundário são aumentadas, a mistura dos dois reagentes de combustão pode ser excessivamente retardada resultando na incidência da chama contra a parede do forno. Para melhorar  
25 este problema, um fluxo do combustível é iniciado atuando-se o canal de injeção de combustível que se estende através do bloco do queimador no bocal dinâmico de combustível/oxidante. Um jato do combustível atuante é injetado do canal de atuação da injeção de combustível para  
30 cima na direção do jato de combustível (e oxidante

primário, se for o caso) fazendo com que o jato seja direcionado para cima na direção dos jatos do oxidante secundário e misturando previamente os dois jatos.

Em uma primeira modalidade do bocal dinâmico de combustível/oxidante, o jato do combustível ou do oxidante atuante pode incidir no jato do combustível e oxidante primário (se for o caso) antes que este jato saia da lança dinâmica. Em uma segunda modalidade do bocal dinâmico de combustível/oxidante, o jato de combustível ou de oxidante atuante pode incidir no jato do combustível e oxidante primário (se for o caso) depois deste jato ter saído da lança dinâmica.

A primeira modalidade do bocal dinâmico de combustível/oxidante emprega um corpo principal de bocal que tem um furo de diâmetro maior disposto no seu centro e atravessando o mesmo. Concentricamente disposto dentro do furo de grande diâmetro há um tubo de diâmetro menor, de modo a ser criado um canal de injeção de combustível disposto no centro, envolvido por um canal de injeção de oxidante primário de formato anular. Portanto ele forma uma configuração do tipo de um tubo dentro de outro tubo em que um fluxo anular do oxidante primário corre em um espaço anular entre uma superfície interna do corpo principal do bocal e uma superfície externa do tubo e um fluxo central do combustível atravessa o tubo. Os versados na técnica observarão que os fluxos de combustível e oxidante primário podem ser invertidos, de modo que o combustível envolva anularmente o oxidante primário. O corpo principal do bocal também inclui um canal de injeção de oxidante atuante que se estende através dele acima do espaço anular e em

afastamento deste espaço. O corpo principal do bocal também inclui um canal de injeção de combustível atuante que se estende através dele abaixo do espaço anular e em afastamento deste espaço. A terminação do corpo principal de bocal é coberta com uma tampa. A tampa tem um orifício terminal orientado ao longo do eixo do tubo e do furo e geralmente dimensionado de modo a corresponder ao diâmetro do furo, de modo que o fluxo do oxidante primário e do combustível continue através do orifício terminal da tampa.

10 A tampa pode incluir uma cavidade do lado voltado para a terminação do corpo de bocal. A cavidade se estende na direção axial da tampa (de montante para jusante) para terminar em uma superfície placa que se estende em um plano perpendicular ao eixo do furo e do tubo. O combustível e o oxidante primário correm para fora das extremidades terminais do tubo e do espaço anular e para fora do orifício terminal na tampa. A cavidade também se estende na direção radial para fora de uma distância suficiente para que ele se comunique por fluido com a saída dos canais de injeção do oxidante atuante e do combustível. Assim, à medida que o oxidante atuante ou combustível sai do canal de injeção respectivo, a superfície plana da cavidade redireciona o fluxo do oxidante atuante ou do combustível de modo que ele incida no fluxo do combustível e oxidante primário em um ângulo reto.

25 Em vez de uma cavidade, a tampa pode ser perfurada tendo furos que tenha extremidades que façam corresponder as saídas dos canais de injeção do fluido atuante com o orifício terminal da tampa. Assim, o fluido atuante corre da saída do(s) canal(ais) de injeção de fluido atuante para

dentro do(s) furo(s) e intercepta, (em ângulo), o fluxo do combustível e oxidante. O ângulo pode ser um ângulo reto ou um ângulo agudo de mais de  $0^\circ$ .

Independentemente da tampa empregar uma cavidade ou 5 furos, como o canal de injeção do oxidante atuante é disposto acima do furo, o oxidante atuante corre para baixo na direção do jato de combustível e oxidante primário fazendo com que a chama seja direcionada para baixo na direção da carga a ser fundida. Por outro lado, como o 10 canal de injeção de combustível atuante é disposto abaixo do furo, o combustível atuante corre para cima na direção do jato de combustível e oxidante primário fazendo com que a chama seja dirigida para cima na direção dos jatos de oxidante secundário.

15 O ângulo com o qual a chama é dirigida para baixo ou para cima pode ser controlado controlando-se a taxa de fluxo e a velocidade do oxidante atuante ou do combustível atuante, respectivamente, através do canal de injeção adequado. Tipicamente o jato do segundo reagente ou do jato 20 envolvido de combustível e oxidante é inclinado do seu eixo normal até  $40^\circ$ , mais tipicamente até  $30^\circ$ , sendo ainda mais típico até  $20^\circ$ , sendo ainda mais tipicamente até  $15^\circ$  e mais tipicamente ainda até  $5^\circ$  ou  $10^\circ$ .

A segunda modalidade do bocal dinâmico de 25 combustível/oxidante pode empregar um corpo principal de bocal novamente tendo um furo de grande diâmetro disposto centralmente e um tubo de diâmetro menor disposto concentricamente no interior do furo de diâmetro maior. Novamente o combustível atravessa o tubo ao passo que o 30 oxidante primário atravessa o espaço anular entre a

superfície interna do furo e a superfície externa do tubo para envolver anularmente aquele reagente na saída do tubo e do furo. Os versados na técnica na técnica observarão que os fluxos de combustível e oxidante primário podem ser invertidos, de modo que o combustível envolva anularmente o oxidante primário. O bocal dinâmico de combustível/oxidante também inclui um canal de injeção de oxidante atuante que se estende através do corpo principal do bocal acima do furo e afastado dele e um canal de injeção de combustível atuante que se estende através do corpo principal de bocal abaixo do furo e afastado dele. A terminação do corpo principal do bocal é coberta com uma tampa. A tampa tem um orifício terminal orientado ao longo do eixo do furo e do tubo de disposição central e é dimensionada em geral para corresponder a um diâmetro do furo, de modo que o fluxo do combustível e do oxidante primário através dos tubos concêntricos de disposição central continue através do orifício terminal da tampa.

A tampa também inclui furos praticados através dela, uma primeira extremidade dos quais corresponde a uma saída do canal de injeção de combustível ou de um oxidante atuante respectivo e estendendo-se uma segunda extremidade dos furos através da extremidade terminal da tampa com um afastamento do orifício terminal da tampa.

A tampa também inclui furos perfurados, correspondendo uma primeira extremidade deles a uma saída de um canal de injeção de combustível ou oxidante atuante respectivo, estendendo-se a segunda extremidade deles através da extremidade terminal da tampa com afastamento do orifício terminal das tampa. Os furos são praticados formando um

ângulo agudo com o eixo dos tubos concêntricos de disposição central, mas os furos não interceptam o orifício terminal da tampa. Assim, o oxidante atuante ou combustível corre da saída do canal de injeção respectivo para o furo  
5 respectivo e sai da tampa na forma de um jato formando um ângulo com o jato de combustível e o oxidante primário. O jato de oxidante atuante ou combustível intercepta o jato do combustível e oxidante primário depois de ter saído do bocal dinâmico de combustível/oxidante.

10 Assim, como o canal de injeção de oxidante atuante está disposto acima do furo, o oxidante atuante corre para baixo na direção do jato de combustível e oxidante primário fazendo com que a chama seja dirigida para baixo na direção da carga a ser fundida. Por outro lado como o canal de  
15 injeção do combustível atuante está disposto abaixo do furo, o combustível atuante corre para cima na direção do jato de combustível e oxidante primário fazendo com que a chama seja dirigida para cima na direção dos jatos do oxidante secundário.

20 O ângulo com o qual a chama é dirigida para baixo ou para cima pode ser controlado controlando-se a taxa de fluxo e a velocidade do oxidante atuante ou combustível atuante, respectivamente, através do canal de injeção adequado. Tipicamente, o jato do segundo reagente ou o jato  
25 envolvido de combustível e oxidante é inclinado do seu eixo normal até  $40^\circ$ , mais tipicamente até  $30^\circ$ , sendo ainda mais típico até  $20^\circ$ , ainda mais típico até  $15^\circ$ , sendo o mais típico de até  $5^\circ$  ou  $10^\circ$ .

30 Como os pontos de injeção dos dois jatos estão afastados entre si, o/os jato/jatos

inclinado/inclinados/desviado/desviados tem/têm uma maior oportunidade de arrastar/arrastarem gases de forno e de ser/serem diluído/diluídos antes de reagir com a outra porção do reagente injetado pelo queimador nas porções primária e secundária. Tal diluição resulta em uma temperatura geral inferior no interior do forno e em uma maior homogeneidade térmica dentro do forno. Portanto resulta em combustão distribuída, e em alguns casos em combustão sem chama.

Embora os bocais dinâmicos de combustível/oxidante descritos acima sejam adequados para dirigir a chama para baixo ou para cima em condições de combustão distribuída ou em condições de combustão diferentes das de uma combustão distribuída, outras técnicas para inclinar por fluido um jato de fluido são conhecidas tais como as ensinadas pelo pedido de patente publicado U.S. No. 2010/0068666 A1, cujo conteúdo é incorporado integralmente ao presente documento a título de referência.

Diversas modalidades do processo da invenção serão agora descritos.

Conforme é mais bem mostrado nas Figuras 2A-2E, durante a partida, um jato dinâmico DJ de combustível e oxidante primário é injetado do queimador B ao longo de um eixo de injeção de combustível  $A_1$ . Na fase de fusão, o jato dinâmico DJ é direcionado para baixo ao longo de um eixo  $A_2$  na direção de uma carga sólida em um forno de fusão fazendo incidir o jato de oxidante atuante. NO início da transição da fase de fusão para a fase de combustão distribuída, é iniciada a injeção de uma quantidade de uma porção secundária de oxidante pelas lanças secundárias para formar

o jato de oxidante secundário SOJ. Simultaneamente, reduz-se de uma quantidade correspondente a quantidade de oxidante injetado em forma de jato de oxidante atuante e como parte do jato de combustível e oxidante primário.

5 Conseqüentemente, o grau até o qual a chama é dirigida para baixo é reduzido e o jato de combustível e oxidante primário é orientado ao longo do eixo  $A_3$ . No fim da transição entre as duas fases é injetado mais oxidante através das lanças secundárias e nenhum oxigênio é injetado

10 em forma de oxidante atuante e pouco ou nenhum oxidante é injetado como oxidante primário. Conseqüentemente, a chama não é mais dirigida para baixo e o jato de combustível e oxidante primário é orientada novamente ao longo do eixo  $A_1$ . Devido às injeções espaçadas do jato de oxidante

15 secundário SOJ e do jato dinâmico DJ, fica retardada a mistura dos dois jatos. Isto resulta no arrasto de quantidades significativas de gases de forno no jato dinâmico, sendo atingido o objetivo de condições de combustão distribuída.

20 Embora as Figuras 2A-2E ilustrem a injeção do jato de oxidante secundário SOJ enquanto o jato dinâmico DJ ainda está sendo dirigido para baixo pelo oxidante atuante, um operador pode em vez disso, interromper o fluxo do oxidante atuante e aumentar o fluxo do oxidante primário de uma

25 quantidade correspondente para devolver o jato dinâmico ao seu eixo de injeção original  $A_1$ . Além disso, o jato dinâmico DJ dirigido para baixo ao longo eixo  $A_2$  pode ser interrompido inteiramente e o queimador reiniciado sem nenhum fluxo de oxidante atuante, de modo que o jato

30 dinâmico DJ é novamente injetado ao longo do eixo  $A_1$ .

Diversas modalidades do queimador inventivo serão agora descrita.

Conforme se vê melhor na Figura 1, uma modalidade da queimador inventivo inclui duas lanças secundárias SL e um bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON em um bloco de queimador B. O bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON inclui um bocal concêntrico do tipo de um tubo dentro do outro para a injeção de um jato de combustível F envolvido anularmente pelo oxidante primário PO. O oxidante atuante pode ser injetado por um canal de injeção de oxidante atuante AOIC enquanto o combustível atuante pode ser injetado de um canal de injeção de combustível atuante AFIC. As lanças secundárias SL são espaçadas igualmente de lados opostos do bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON. Se o diâmetro interno  $D_1$  dos bocais de disposição central das lanças secundárias SL for menor do que o diâmetro interno  $D_2$  do tubo interno do bocal de combustível/oxidante DFON, então cada um dos centros das lanças secundárias SL será separado do centro do bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON de uma distância vertical  $x$  que é pelo menos 10 vezes maior do que  $D_1$ . Se  $D_1$  for maior do que  $D_2$ ,  $x$  é pelo menos 10 vezes maior do que  $D_2$ . Os centros das lanças secundárias SL devem também ser separados por uma distância horizontal  $y$  que é pelo menos 10 vezes menor do que  $D_1$  e  $D_2$ .

Um tipo de bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON adequado para ser usado nos métodos e queimadores da presente invenção é mostrado nas Figuras 3A-3F. O bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON pode empregar um corpo de bocal principal MB tendo um furo de grande

diâmetro disposto no centro LDB que o atravessa. Concentricamente disposto no interior do furo de diâmetro grande LDB há um tubo de diâmetro menor SDT de modo que fica criado um canal central de injeção de combustível FIC  
5 envolvido por um canal de injeção de oxidante primário de formato anular POIC. Portanto ele forma uma configuração do tipo de um tubo dentro de outro, em que um fluxo anular do oxidante primário corre em um espaço anular entre uma superfície interna do corpo principal de bocal MB e uma  
10 superfície externa do tubo SDT e um fluxo central do combustível atravessa o canal de injeção de combustível FIC disposto no centro.

O corpo principal do bocal MB também inclui um canal de injeção de oxidante atuante AOIC que se estende através  
15 dele acima e separado do canal de injeção de oxidante primário de formato anular POIC. O corpo principal do bocal MB também inclui um canal de injeção de combustível atuante AIFC que se estende através dele abaixo e afastado do canal de injeção de oxidante primário de formato anular POIC. A  
20 terminação do corpo principal do bocal é coberta com uma tampa CP.

A tampa CP tem um orifício terminal TO alinhado com o eixo do tubo SDT e o furo LDB e sendo em geral dimensionada para corresponder ao diâmetro do furo LDB, de modo que o  
25 fluxo do combustível F e do oxidante primário PO continua através do orifício terminal TO da tampa CP. A tampa inclui uma cavidade C do lado voltado para a terminação do corpo principal de bocal MB. A cavidade C se estende na direção axial da tampa CP (do montante para jusante) para terminar  
30 em uma superfície plana que se estende em um plano

perpendicular ao eixo do bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON.

Continuando com referência às Figuras 3A-3F, o combustível F e o oxidante primário PO correm das extremidades terminais do canal de injeção de combustível de disposição central FIC e canal de injeção de oxidante primário de formato anular POIC, respectivamente, e para fora do orifício terminal TO na tampa CP. A cavidade também se estende na direção radial para fora de uma distância suficiente para que se comunique por fluido com a saída dos canais de injeção AOIC, AFIC. Assim, como o oxidante atuante ou o combustível sai do canal de injeção AOIC, AFIC respectivo, a superfície plana da cavidade redireciona o fluxo do oxidante atuante ou do combustível atuante AO, AF, de modo que ele intercepte o fluxo do combustível e do oxidante primário com um ângulo reto. Como o jato de oxidante atuante ou combustível atuante AO, AF intercepta o jato do combustível e do oxidante primário, o jato é inclinado/desviado para baixo ou para cima (conforme o caso) afastando-se do jato de oxidante atuante ou combustível atuante.

Um outro tipo de bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON adequado para ser usado nos métodos e queimadores da presente invenção é mostrado nas Figuras 4A-4C. O bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON inclui um corpo principal de bocal MB tendo um furo de grande diâmetro disposto no centro LDB e um tubo de diâmetro menor SDT disposto concentricamente no interior do furo de grande diâmetro LDB. O combustível F atravessa um canal de injeção de combustível disposto no centro FIC que

forma o interior do tubo de diâmetro menor SDT, ao passo que o oxidante primário PO atravessa o canal de injeção de oxidante primário POIC de formato anular entre uma superfície interna do furo LDB e a superfície externa do tubo SDT para envolver de modo anular aquele reagente na saída do tubo SDT e furo LDB.

O bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON também inclui um canal de injeção de oxidante atuante AOIC e um canal de injeção de combustível atuante FIC que se estende através do corpo principal de bocal MB. A terminação do corpo principal de bocal MB é coberta com uma tampa CP. A tampa CP tem um orifício terminal TO alinhado com o eixo do furo LDB e o tubo SDT e é em geral dimensionada para corresponder a um diâmetro do furo LDB, de modo que o fluxo do combustível F e do oxidante primário PO através do canal de injeção de combustível FIC de disposição central/do canal de injeção de oxidante primário POIC de formato anular continue através do orifício terminal TO da tampa CP. A tampa CP também inclui dois furos H perfurados através dela, uma primeira extremidade dos quais corresponde com uma saída de um canal de injeção respectivo AOIC, AFIC e uma segunda extremidade dos quais se estende através da extremidade terminal da tampa CP afastada do orifício terminal TO da tampa CP.

Continuando com referência às Figuras 4A-4C, os furos H são perfurados formando um ângulo agudo com o eixo do bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON, mas os furos H não interceptam o orifício terminal TO da tampa CP. Assim, o oxidante atuante ou combustível atuante AO, AF corre da saída de um dos canais de injeção AOIC, AFIC para um furo H

respectivo e sai da tampa CP na forma de um jato formando um ângulo com o jato de combustível F e com o oxidante primário PO. O jato de fluido atuante intercepta o jato do combustível e do oxidante primário depois deles terem saído do bocal dinâmico de combustível/oxidante DFON. Como o jato de oxidante atuante ou de combustível atuante AO, AF intercepta o jato do combustível F e do oxidante primário PO, este jato é inclinado/desviado em uma direção afastando-se do jato de oxidante atuante ou de combustível atuante AO, AF.

Foram descritos processos e aparelhos preferidos para a implementação da presente invenção. Deve ficar subentendido e será facilmente evidente aos versados na técnica que muitas alterações e modificações podem ser introduzidas nas modalidades descritas acima sem que haja desvio do espírito e do âmbito da presente invenção. O exposto acima tem cunho ilustrativo somente e outras modalidades dos processos e aparelhos integrados podem ser empregadas sem que haja desvio do verdadeiro âmbito da invenção.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método para a fusão de uma carga sólida em um forno, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende as etapas de:

5 introdução de uma carga sólida compreendendo vidro ou metal no forno;

injeção de um jato de combustível e uma porção primária de oxidante em um forno de um bocal de combustível/oxidante em um bloco de queimador;

10 direcionamento do jato de combustível e de oxidante primário para baixo na direção da carga sólida, iniciando a injeção de um jato de um primeiro fluido de atuação para baixo na direção do jato de combustível e de oxidante primário, incidindo sobre o jato de combustível e o  
15 oxidante primário, constituindo o primeiro fluido de atuação uma porção adicional de oxidante;

quando tiver sido produzida a fusão de uma quantidade desejada da carga sólida, interrupção da injeção do jato do primeiro fluido de atuação;

20 redução de uma quantidade de oxidante injetada do bocal de combustível/oxidante como oxidante primário enquanto inicia a injeção de uma porção secundária de oxidante de pelo menos uma lança secundária disposta no bloco de queimador acima do bocal de combustível/oxidante  
25 até um grau desejado de distribuição da injeção de oxidante entre o oxidante primário e secundário e até serem atingidas condições de combustão distribuída; e

a extração da carga fundida do forno.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,  
30 CARACTERIZADO pelo fato de que o forno é um forno rotativo

que tem uma parede refratária essencialmente cilíndrica, uma primeira parede de extremidade em uma extremidade da parede refratária cilíndrica e uma segunda parede de extremidade na extremidade oposta da parede refratária  
5 cilíndrica.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que a carga sólida consiste em sucata de metais selecionada do grupo que consiste em alumínio, cobre, zinco, chumbo, níquel, cobalto, titânio,  
10 cromo, metais preciosos e ligas dos mesmos.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que a sucata de metais é alumínio ou uma liga de alumínio.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o combustível é um  
15 combustível gasoso.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 65% vol/vol.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 80% vol/vol.  
20

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o oxidante tem um teor de oxigênio de pelo menos 90% vol/vol.  
25

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que a injeção do jato do primeiro fluido atuante é interrompida depois da fusão de substancialmente toda a carga sólida.

30 10. Método, de acordo com a reivindicação 1,

CARACTERIZADO pelo fato de que a potência do queimador é aumentada enquanto continua-se com a combustão do combustível e do oxidante em condições de combustão distribuída por:

5           aumentar proporcionalmente a quantidade de oxidante injetada através do referido pelo menos uma lança secundária como o oxidante secundário e através do bocal de combustível/oxidante como oxidante primário; e

10           iniciar a injeção de um jato de um segundo fluido atuante para cima na direção do jato de combustível e do oxidante primário, incidindo assim sobre o jato de combustível e oxidante primário, sendo o segundo fluido de atuação uma porção adicional do combustível, constituindo o segundo fluido de atuação 1-20% vol/vol de um fluxo total  
15 do combustível injetado do bocal de combustível/oxidante e como o segundo fluido atuante.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que a porção primária de combustível envolve anularmente a porção primária de  
20 oxidante e o reagente de combustão do segundo jato é combustível.

12. Método, de acordo com a reivindicação 2, CARACTERIZADO pelo fato de que a porção secundária do oxidante constitui 90-95% de uma quantidade total de  
25 oxidante.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que, durante pelo menos uma porção do tempo em que o referido método é conduzido em condições de combustão distribuída, a temperatura do forno  
30 se encontra acima da temperatura de autoignição do

combustível.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o bocal de combustível/oxidante é um bocal do tipo de um tubo dentro de outro tubo, sendo os tubos concentricamente dispostos, e sendo este bocal adaptado e configurado para injetar o combustível de um tubo interno e injetar a porção primária de oxidante de um ânulo entre o tubo interno e um tubo externo.

15 15. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que durante pelo menos uma porção de tempo no qual o referido método é conduzido em condições de combustão distribuída, não é observável nenhuma chama visível.

15 16. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que durante pelo menos uma porção de tempo no qual o referido método é conduzido em condições de combustão distribuída, a porção secundária de oxidante injetada das lanças secundárias constitui 90-95% de uma quantidade total de oxidante injetado como uma porção primária de oxidante do bocal de combustível/oxidante e das lanças secundárias.

25 17. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que o referido pelo menos uma lança secundária compreende um par de lanças secundárias.

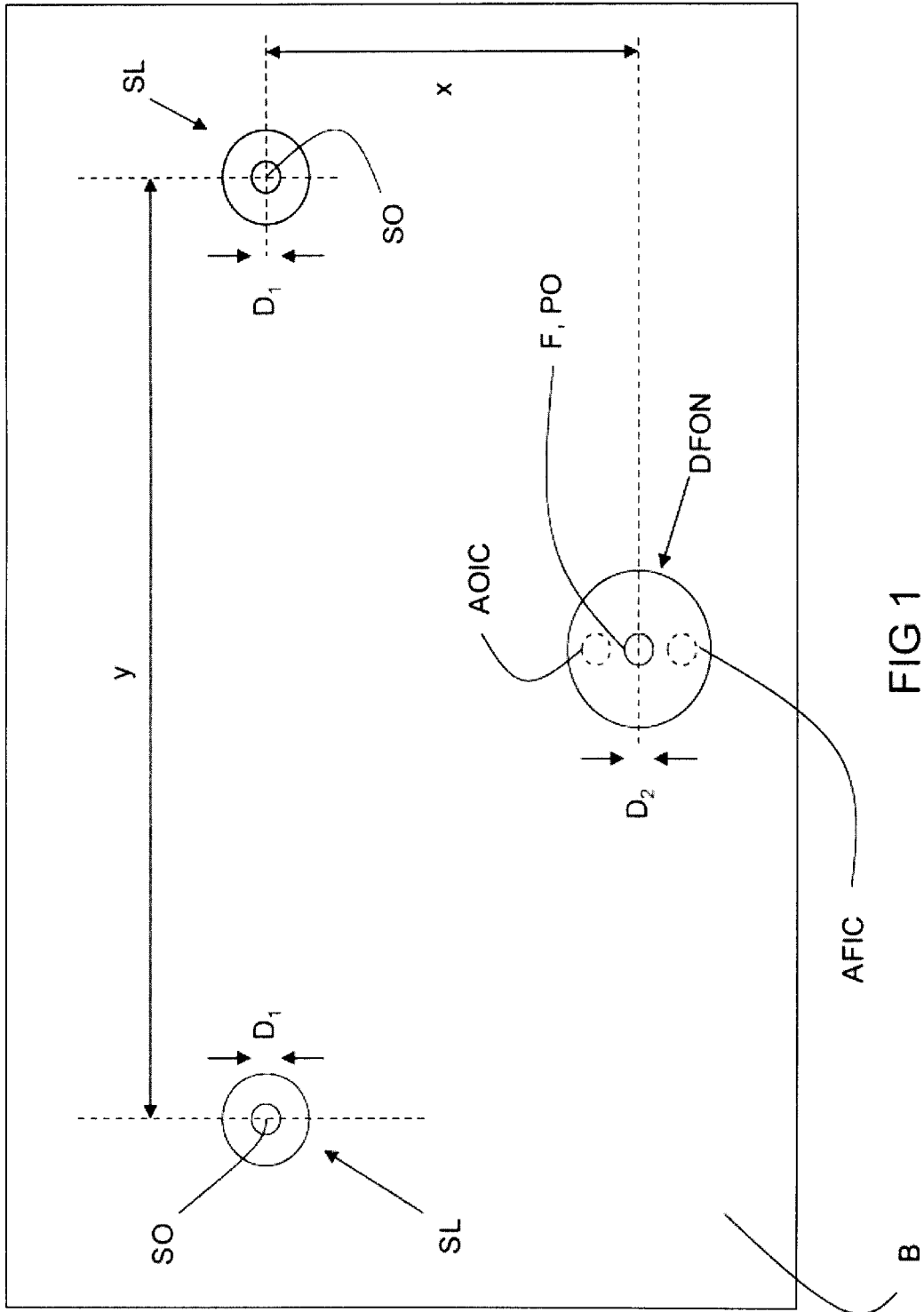


FIG 1

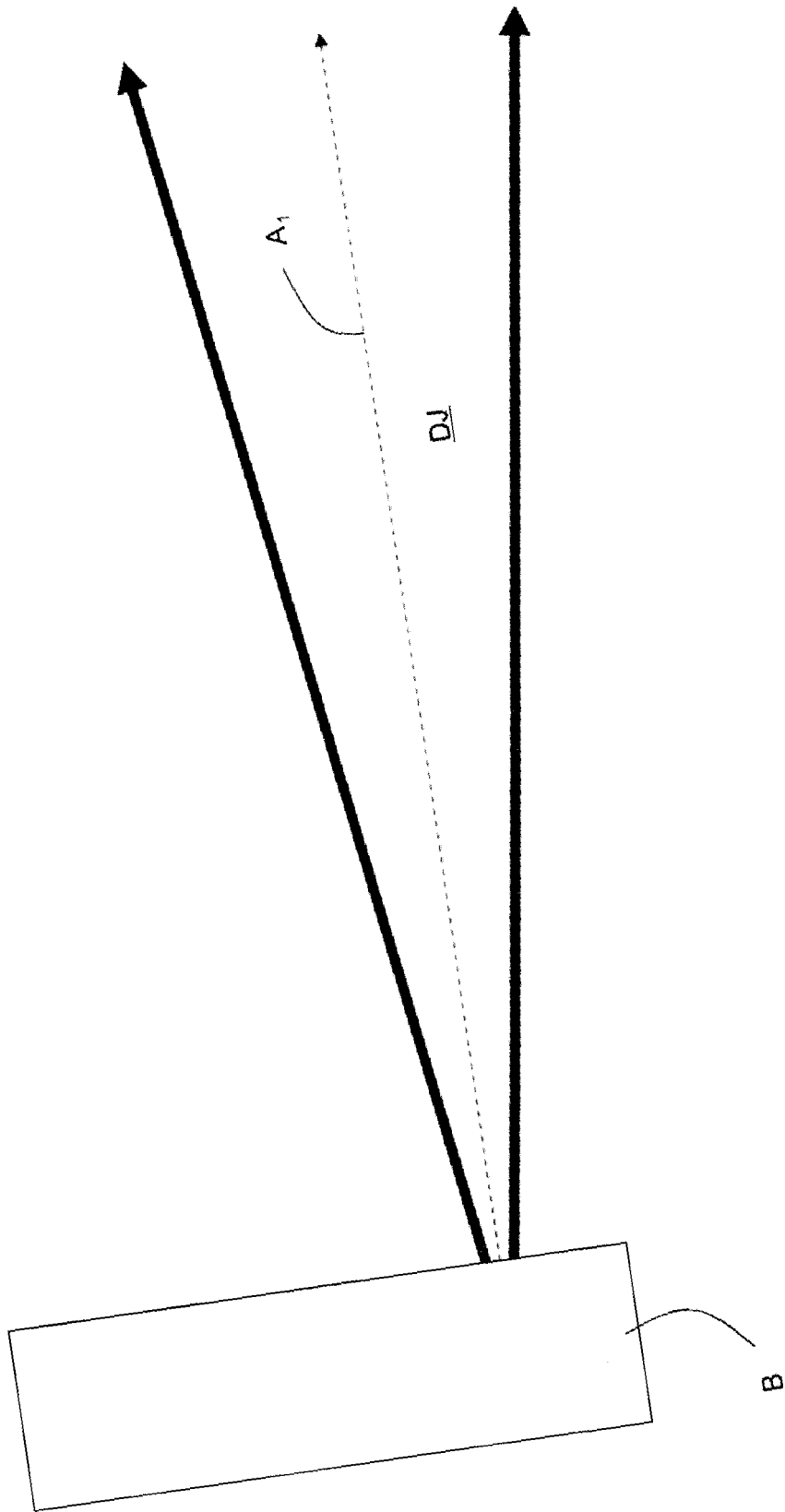


FIG 2A

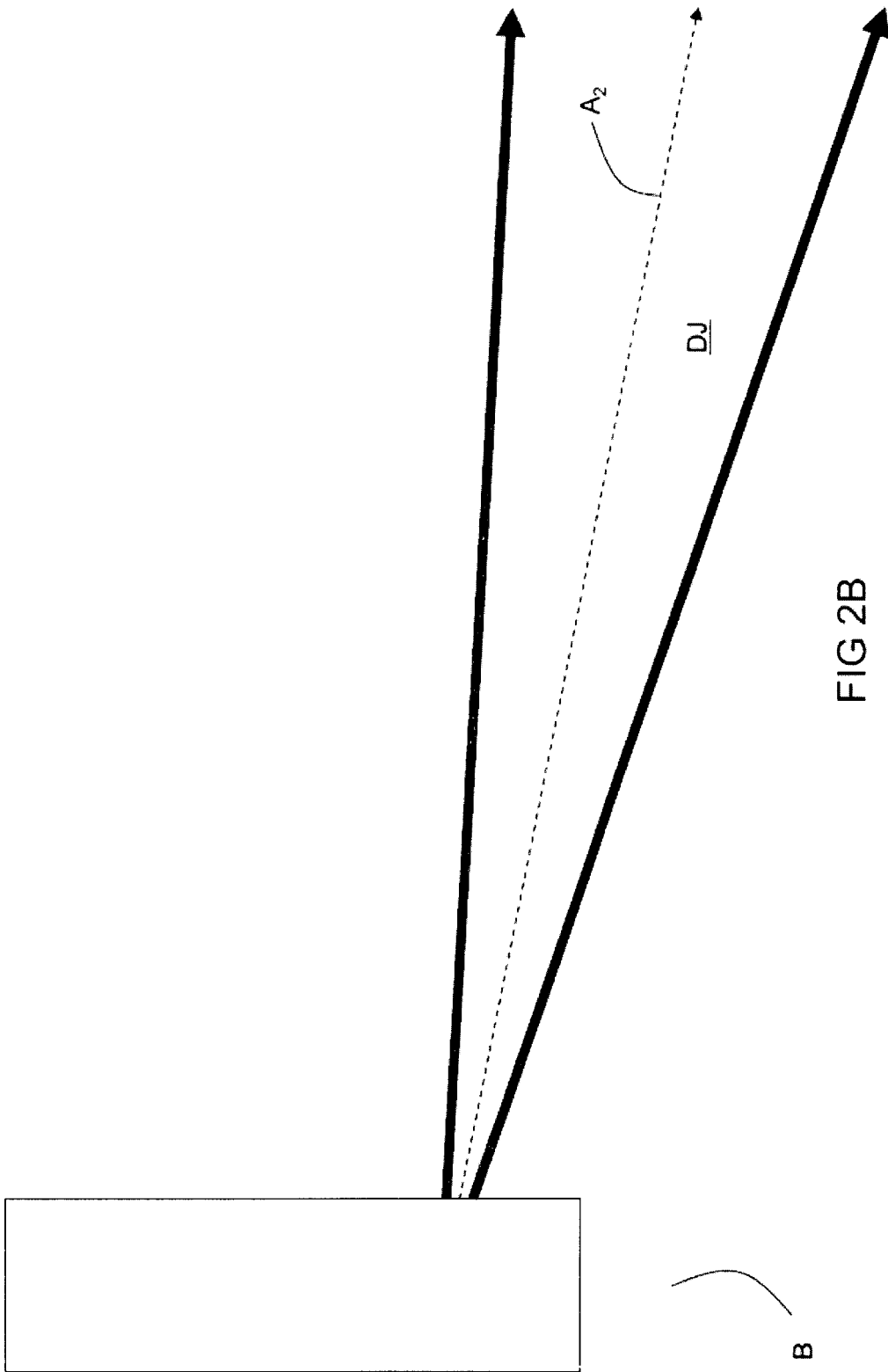


FIG 2B

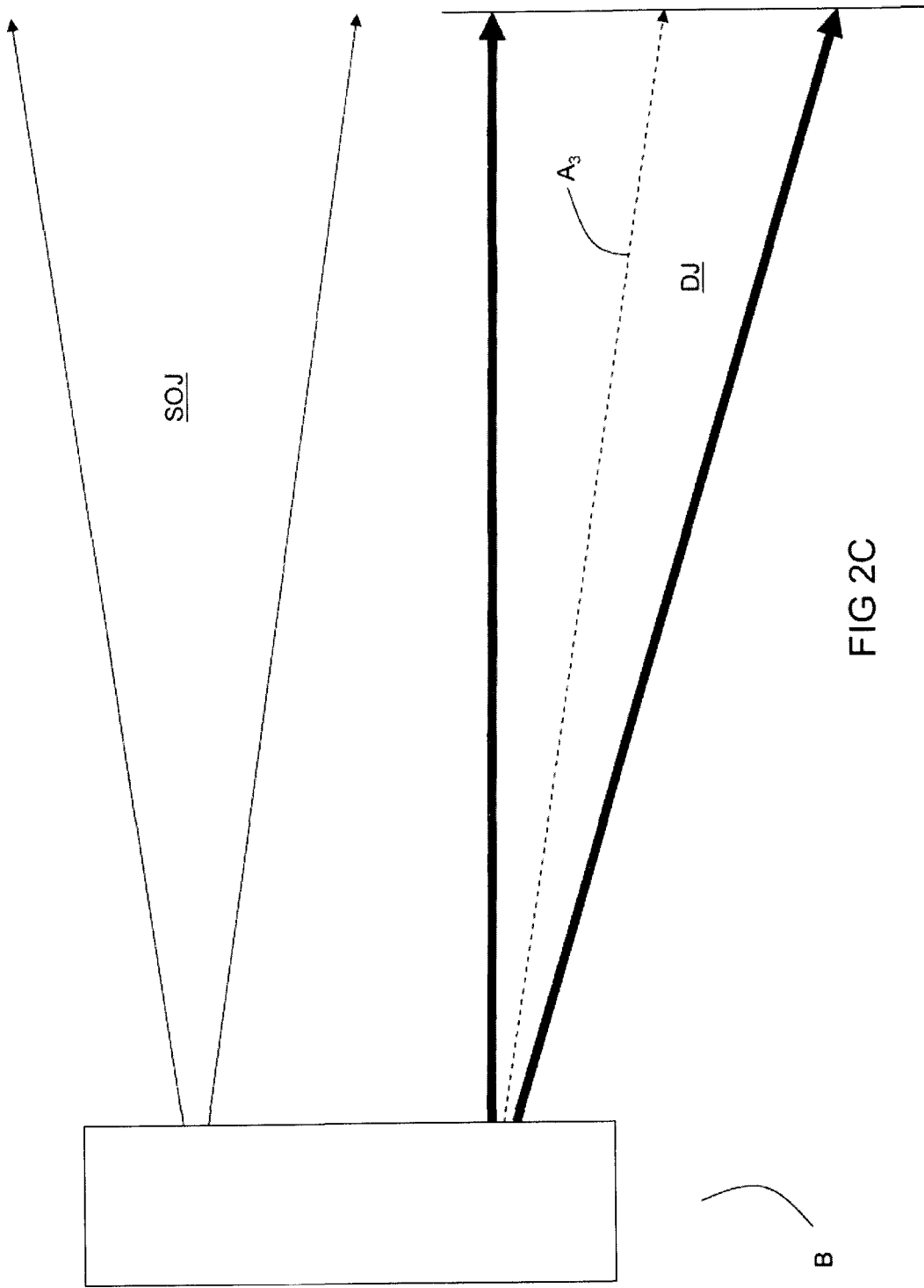


FIG 2C

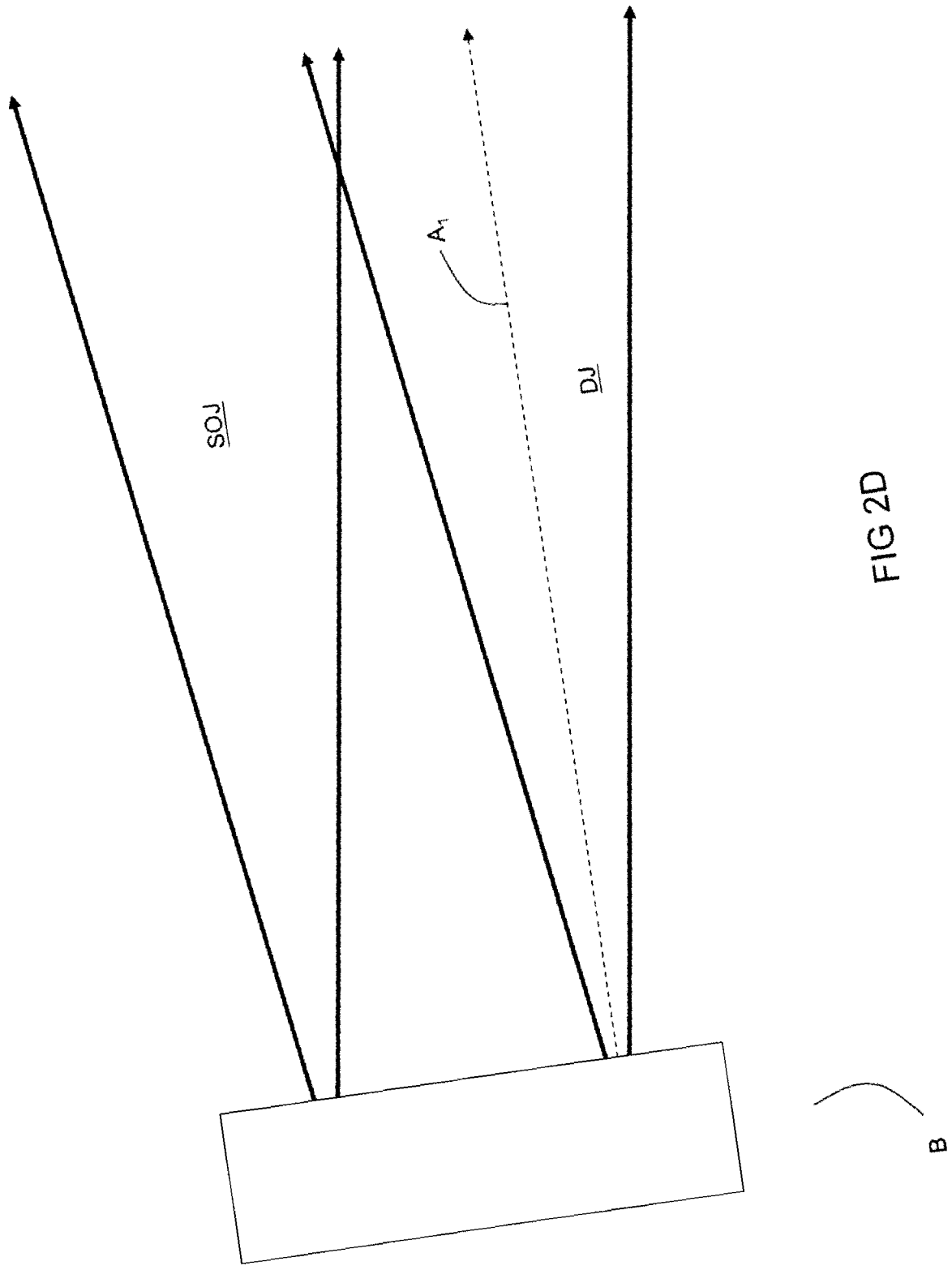


FIG 2D

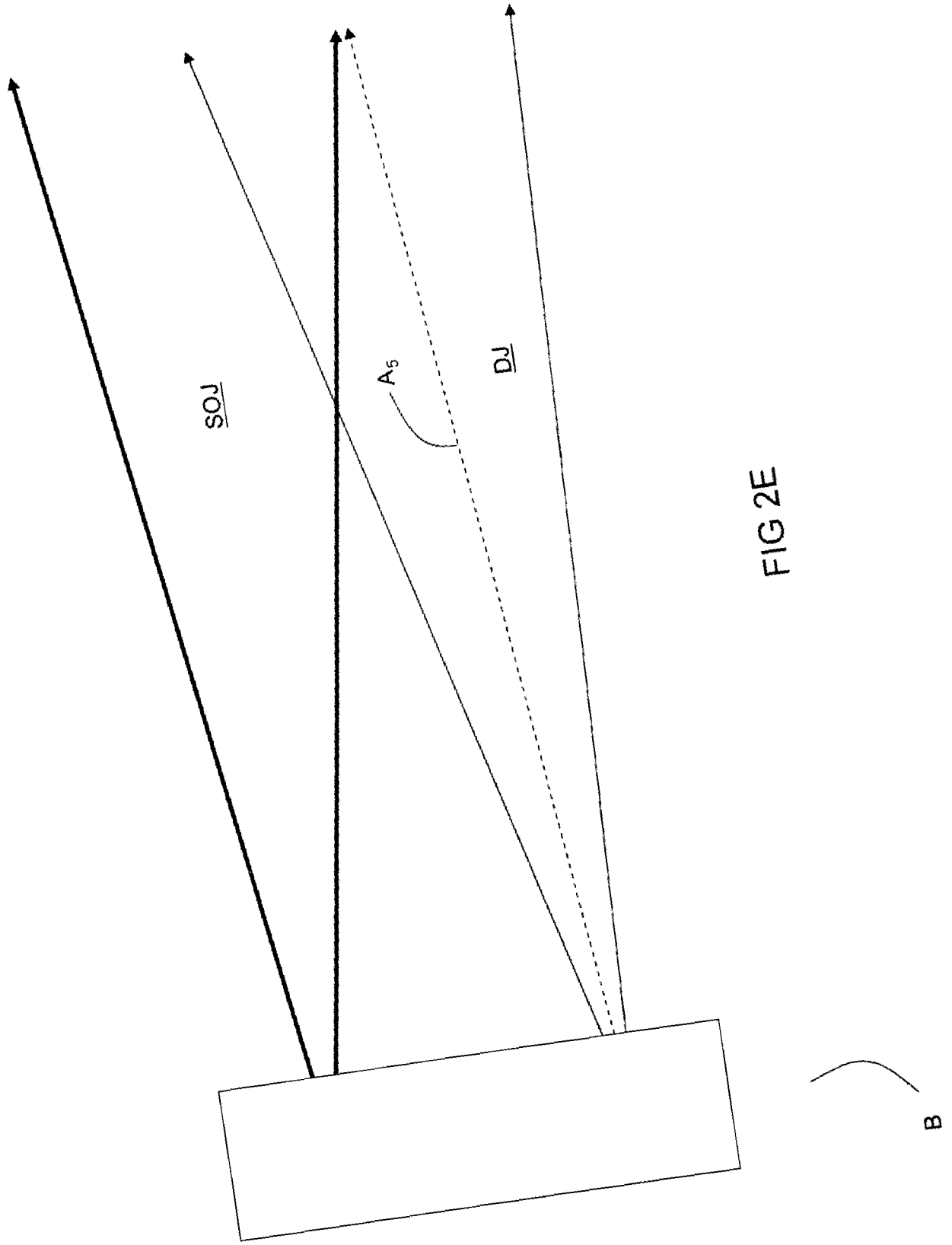


FIG 2E

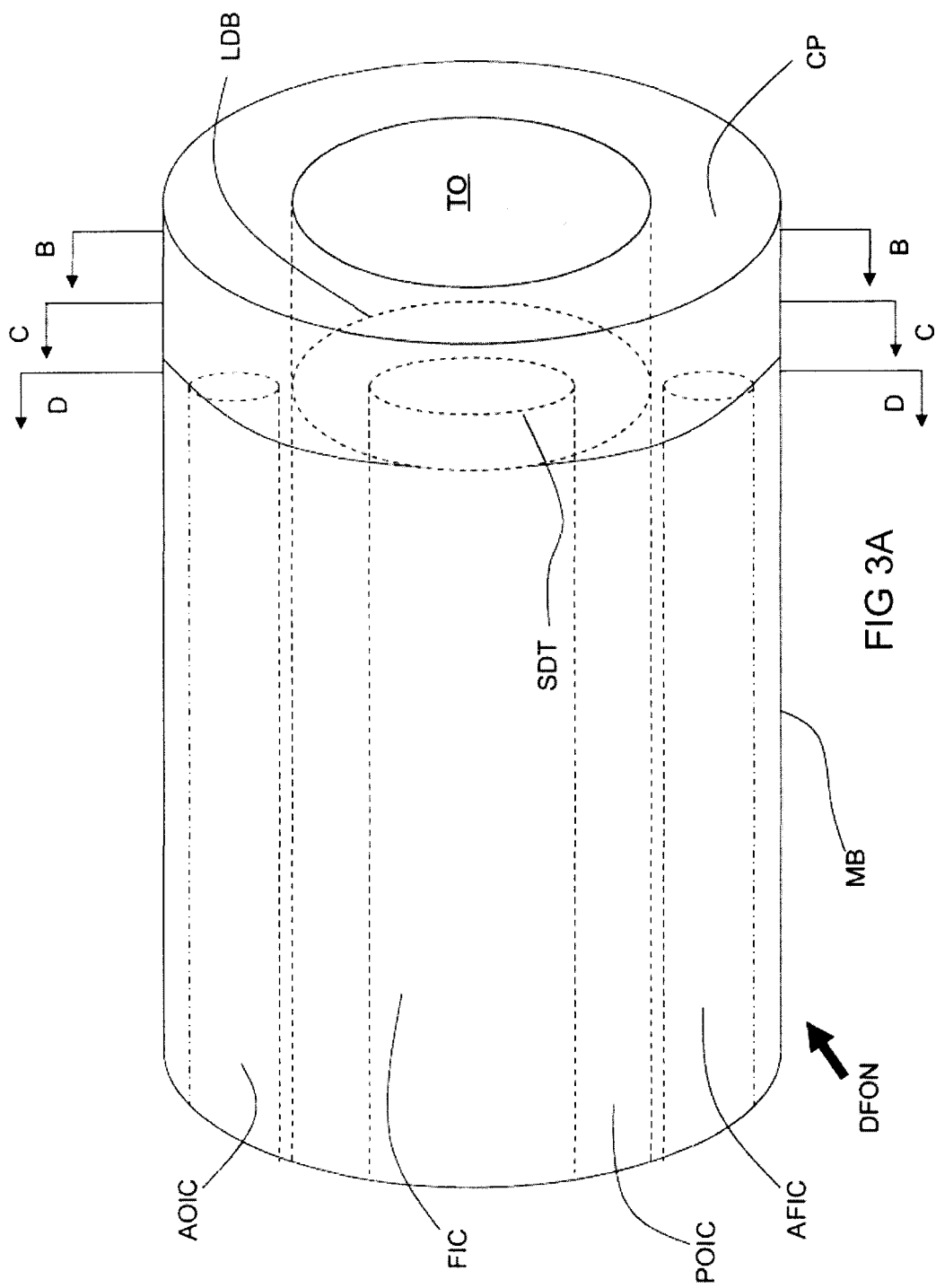


FIG 3A

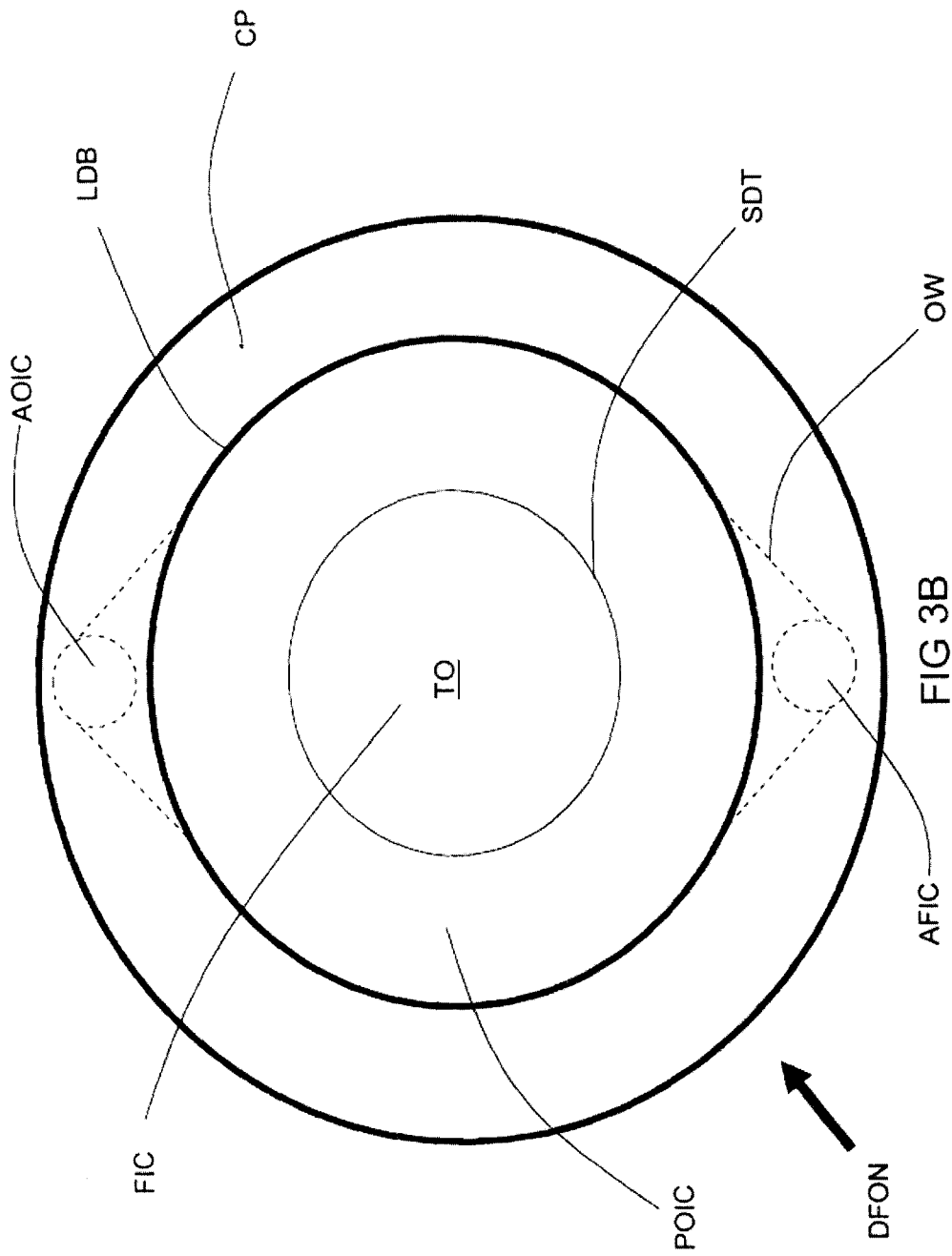


FIG 3B

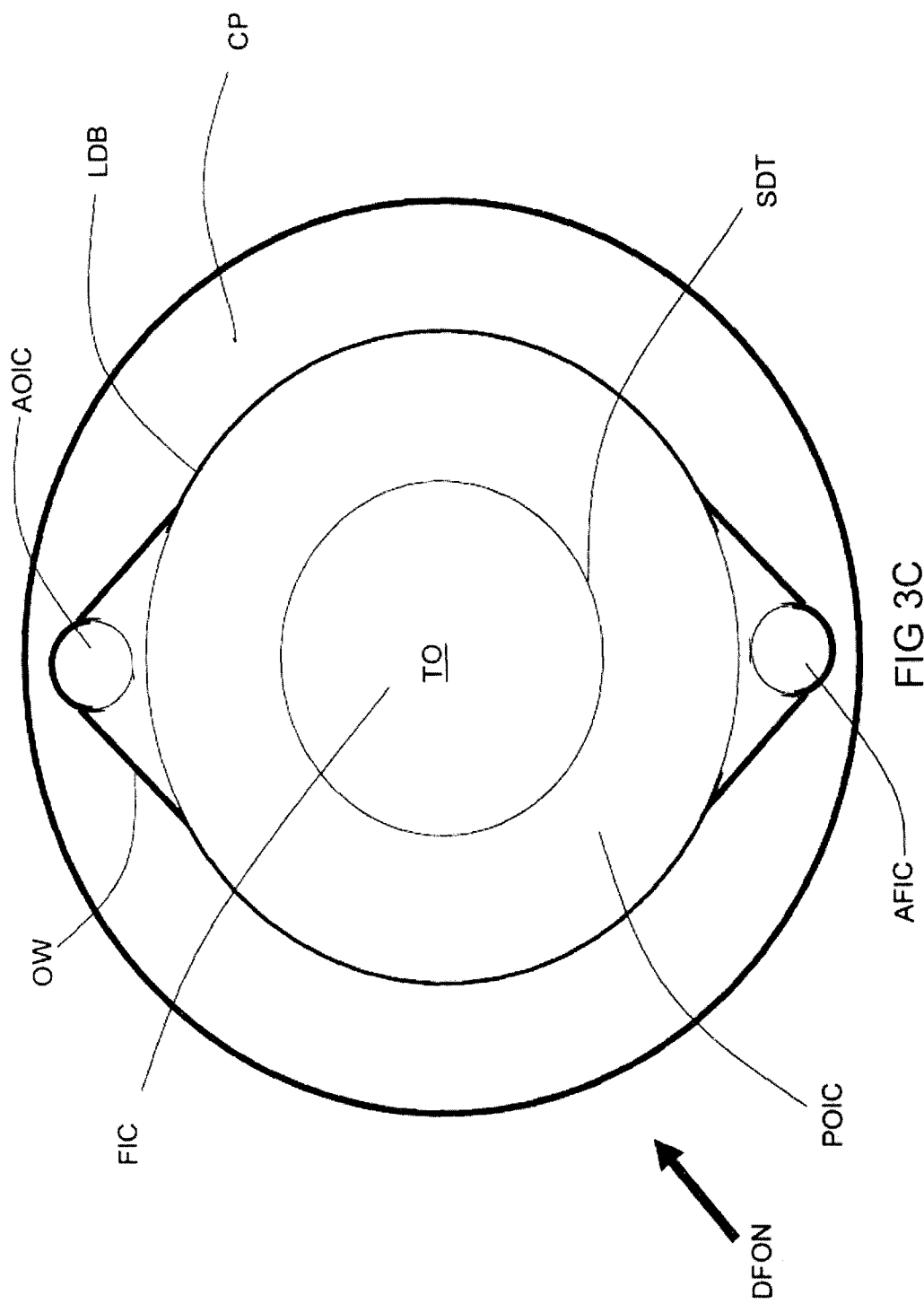
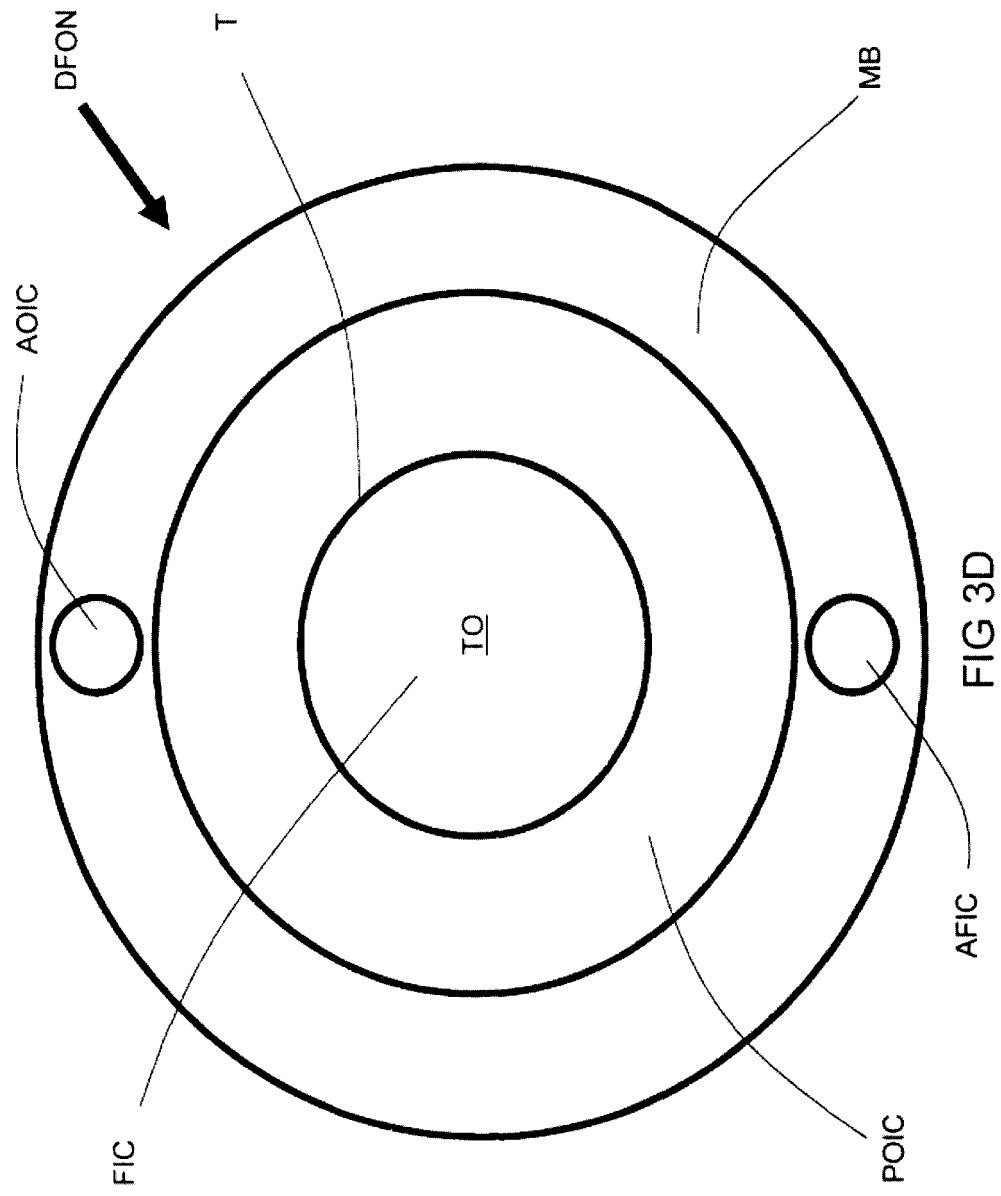


FIG 3C



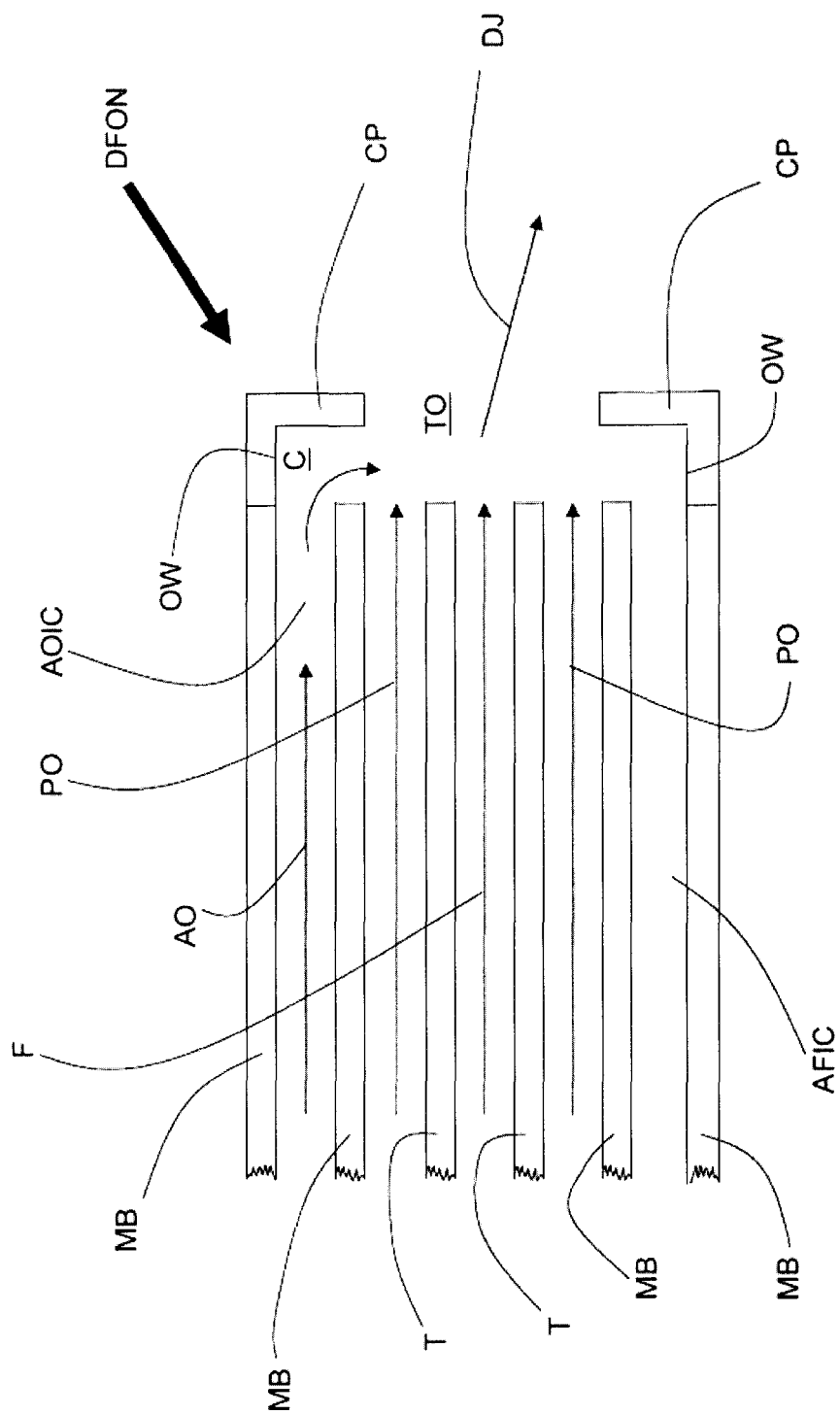


FIG 3E

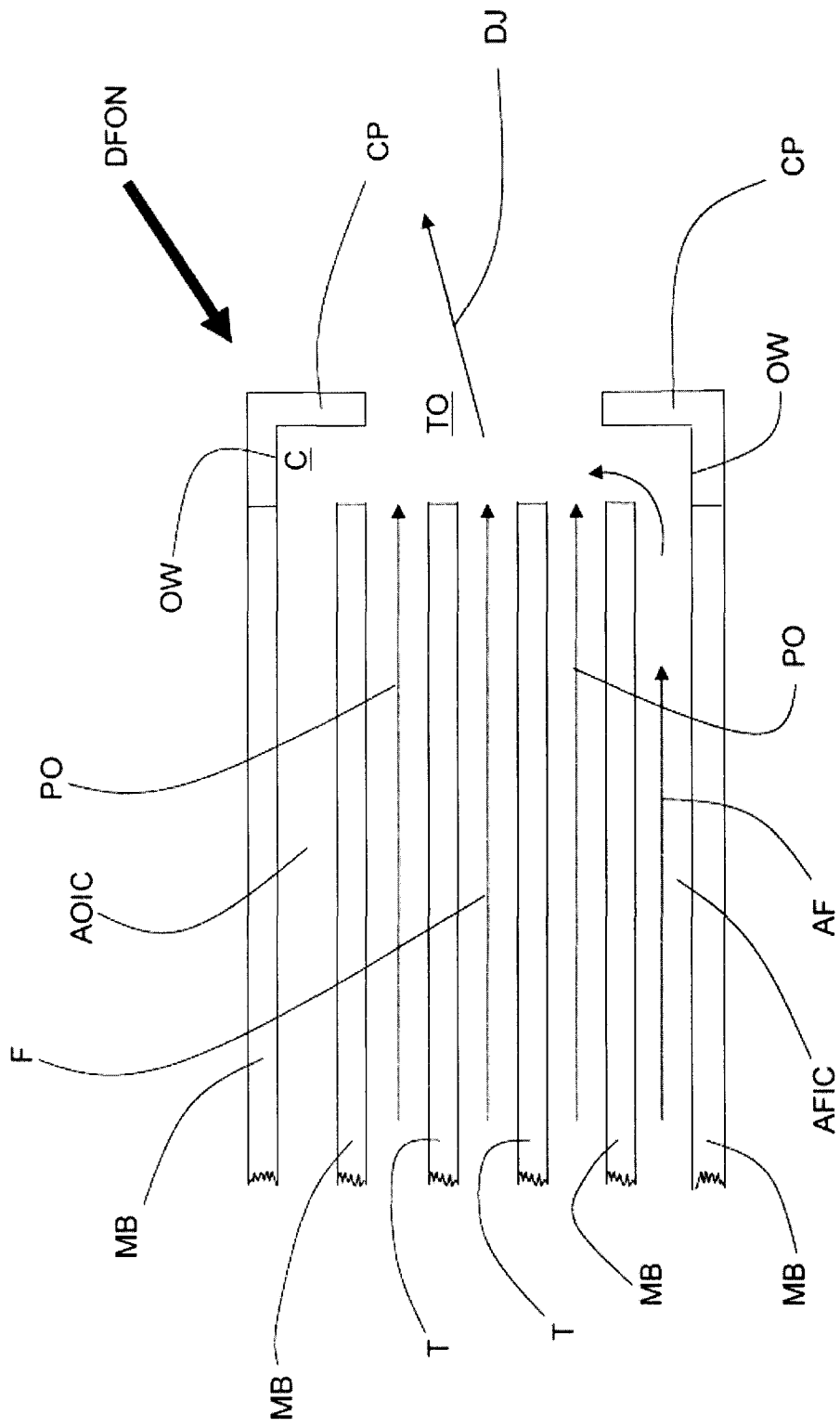


FIG 3F



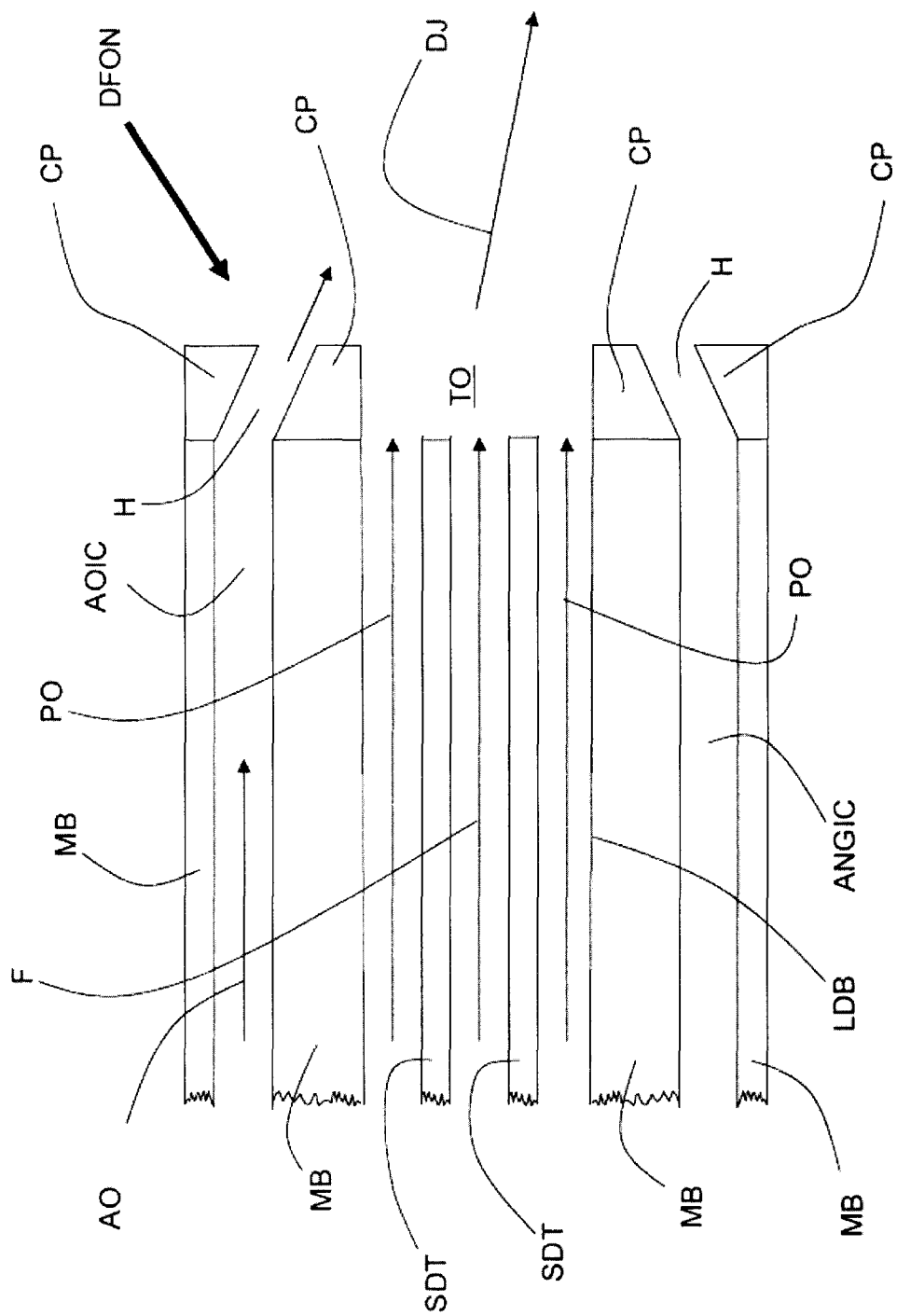


FIG 4B

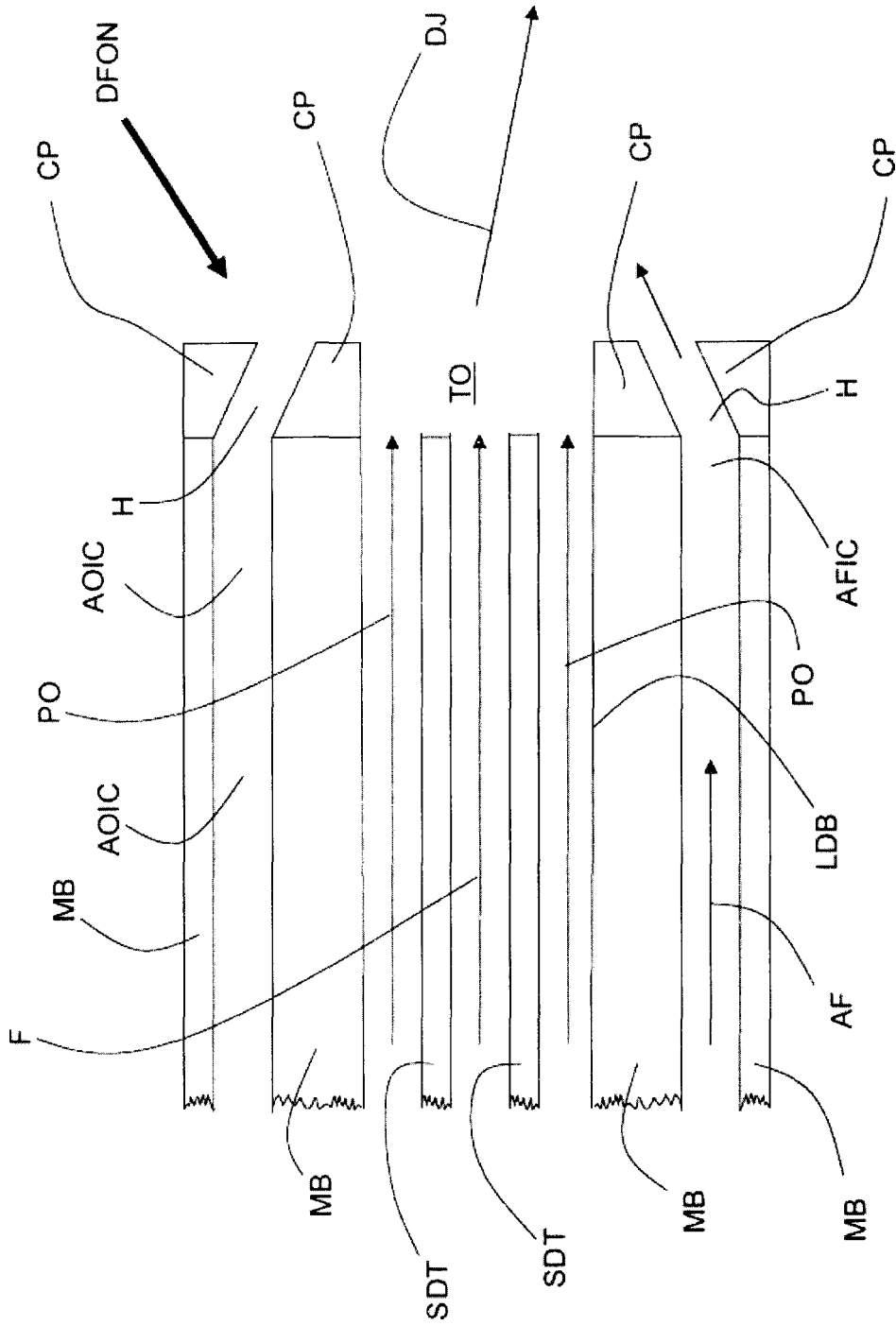


FIG 4C