

(11) Número de Publicação: **PT 1392419 E**

(51) Classificação Internacional:

**B01F 5/06** (2011.01) **B01F 13/00** (2011.01)  
**B01J 19/00** (2011.01) **B01J 19/24** (2011.01)  
**F28F 27/02** (2011.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2002.05.17**

(30) Prioridade(s): **2001.05.17 US 291769 P**

(43) Data de publicação do pedido: **2004.03.03**

(45) Data e BPI da concessão: **2011.11.23**  
**046/2012**

(73) Titular(es):

**AMALGAMATED RESEARCH, INC.**  
2531 ORCHARD DRIVE EAST TWIN FALLS, ID  
83301 US

(72) Inventor(es):

**MICHAEL M. KEARNY** US

(74) Mandatário:

**ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA**  
RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **ESTRUTURA FRACTAL PARA MISTURAR PELO MENOS DOIS FLUIDOS**

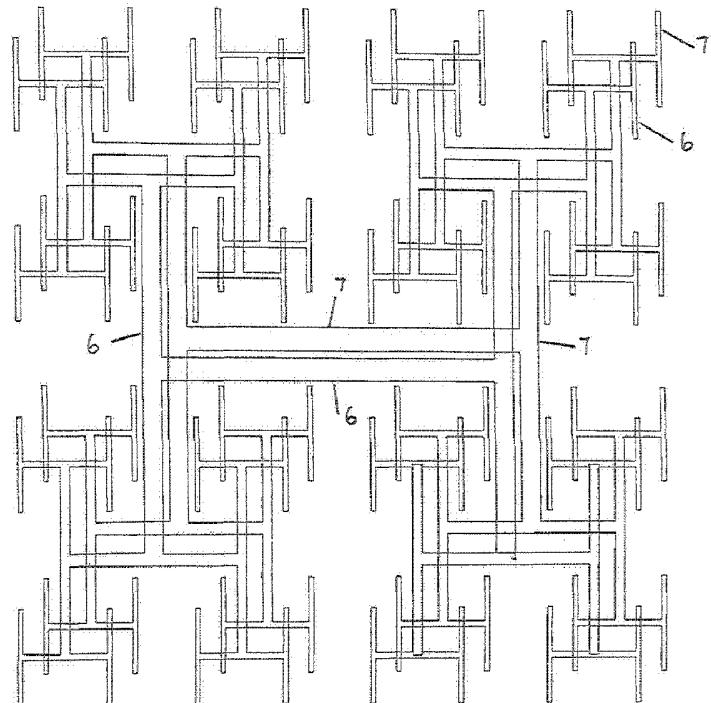
(57) Resumo:

DOIS OU MAIS FRACTAIS DE TRANSPORTE DE FLUIDO INDEPENDENTES E DESFASADOS (6, 7) QUE PERMITEM DIMENSIONAR E COMBINAR DOIS OU MAIS FLUIDOS SEPARADAMENTE E SIMULTANEAMENTE ANTES DE OS FLUIDOS ENTRAREM EM CONTACTO ENTRE SI. O DISPOSITIVO PROPORCIONA UMA MISTURA E/OU REACÇÃO RÁPIDA E HOMOGÉNEA.

RESUMO

**"Estrutura fractal para misturar pelo menos dois fluidos"**

Dois ou mais fractais de transporte de fluido independentes e desfasados (6, 7) que permitem dimensionar e combinar dois ou mais fluidos separadamente e simultaneamente antes de os fluidos entrarem em contacto entre si. O dispositivo proporciona uma mistura e/ou reacção rápida e homogénea.



## DESCRIÇÃO

### **"Estrutura fractal para misturar pelo menos dois fluidos"**

#### Antecedentes da invenção

**Campo da Invenção:** A presente invenção refere-se a um equipamento de mistura e reactor. Mais especificamente, a invenção refere-se a equipamento para misturar e fazer reagir um ou mais fluidos. A invenção pode ser aplicada em ambientes monofásicos e multifásicos.

**Estado da Técnica:** Muitos processos fluidos beneficiam de uma mistura eficiente. Quase todos os equipamentos de mistura da técnica convencional, tais como misturadores, impulsores, misturadores estáticos e dispositivos de colisão de correntes de fluidos, dimensionam e misturam os fluidos a misturar, enquanto os fluidos estão realmente em contacto uns com os outros. Esta abordagem pode resultar na criação de uma variedade de zonas não homogéneas dentro do corpo da mistura de fluidos. Essas zonas não homogéneas podem ser prejudiciais ao processo de mistura e/ou das reacções que ocorrem dentro do corpo do fluido. Por exemplo, podem produzir-se zonas não homogéneas de concentração ou temperatura em grande escala dentro do corpo da mistura de fluidos quando se utiliza equipamento de mistura convencional.

Além disso, o equipamento de mistura convencional depende, de um modo geral, em forçar uma turbulência de grande escala sobre a mistura de fluidos. A turbulência, por sua vez, pode levar à formação de turbilhões dentro do corpo de fluidos que, em muitos casos, podem ser tão grandes quanto o próprio recipiente de reacção. A presença de turbilhões dentro do corpo de fluidos pode dificultar a mistura correcta do fluido e pode, ainda, prejudicar a grandeza das reacções que ocorrem dentro do fluido.

Historicamente, tem sido dada pouca atenção, na técnica, à utilização de mistura fractal controlada como um meio de processamento de fluidos. A Patente U.S. 5938333 é um dos poucos exemplos de esforços técnicos nessa área. A Patente U.S. 5938333 divulga um dispositivo de preenchimento de

espaços, que pode ser utilizado para mistura de fluidos com baixa turbulência num volume. Este dispositivo pode realizar mistura de volume com muito pouca turbulência e com um alto nível de homogeneidade. Infelizmente, dado que o dispositivo da Patente U.S. 5938333 é um misturador de preenchimento de espaços, nem sempre é um dispositivo de processamento adequado para uma determinada exigência de processamento.

Outra patente recente que descreve a utilização de fractais para distribuir ou recolher fluidos é a U.S. 5354460 que divulga um sistema de distribuição de fluido fractal. O documento WO 99/48599 A1 refere-se a um dispositivo de transporte de fluido fractal. Nenhuma destas referências divulga o emprego de fractais desfasados para, simultaneamente e de forma independente, dimensionar e combinar fluidos separados para mistura e/ou reacção. Um outro aparelho é divulgado na Patente U.S. 4776989. A publicação internacional WO 01/43257 A1 (técnica anterior ao abrigo de AA. 54(3)EPC) também divulga, ainda, outro aparelho.

#### Sumário resumido da invenção

A presente invenção proporciona um aparelho para misturar ou fazer reagir uma mistura de fluidos de acordo com a reivindicação 1, em que um ou mais dos fluidos compostos da mistura são dimensionados e combinados antes de entrarem em contacto com outro fluido componente. Essencial a um método é a utilização de uma estrutura que inclui fractais de transporte de fluido desfasado independente. Esta nova estrutura elimina turbilhões de grande escala ao dimensionar todo o escoamento de fluidos através de fractais independentes antes de uma mistura/reacção dos fluidos. Além disso, a presente invenção não se refere à mistura de volumes e, portanto, a invenção proporciona várias novas oportunidades de prática industrial para mistura fractal. Esta nova estrutura dimensiona e mistura fluido de um modo que é apropriado para escoamentos de saída ou que atravessam uma área (em vez de um volume) e não é uma configuração fractal de preenchimento de espaços. Descobriu-se uma série de aplicações úteis que podem utilizar esta diferente abordagem. Um exemplo importante é a utilização deste

dispositivo através da sua fixação a um tubo de escoamento de passagem. Isso permite uma mistura e reacção orientadas de fluido de escoamento de tubo simples, mas eficientes. Utilizando a estrutura dessa forma é benéfico, pois permite uma fácil incorporação na tecnologia de processamento existente. Outra aplicação industrialmente útil é a fixação do dispositivo ao lado de um recipiente de modo a que os fluidos sejam misturados de forma homogénea pouco antes de entrar no recipiente. Ainda uma outra aplicação útil é proporcionar uma superfície de gases misturados de forma homogénea para aplicações de combustão subsequentes.

A presente invenção é particularmente aplicável para proporcionar uma mistura rápida e homogénea, ocorrendo ou não uma reacção entre os fluidos. A invenção também pode proporcionar, ao mesmo tempo, uma mistura controlada e transferência de calor, por exemplo, de modo a controlar a temperatura de um processo de reacção. Utilizações previstas da invenção incluem os seguintes:

1. Mistura rápida de dois ou mais fluidos.
2. Mistura de dois ou mais fluidos, ao mesmo tempo que se controla a temperatura.
3. Mistura e reacção de dois ou mais fluidos.
4. Mistura e reacção de dois ou mais fluidos, ao mesmo tempo que se controla a temperatura.
5. Mistura de dois ou mais fluidos para permitir uma reacção homogénea subsequente fora do dispositivo.

Outros ambientes em que a invenção pode ser aplicada incluem os seguintes:

1. Misturadores líquido-líquido.
2. Misturadores gás-gás.
3. Misturadores gás-líquido.
4. Reactores líquido-líquido.
5. Reactores gás-líquido.
6. Reactores gás-gás.
7. Arejadores.
8. Carbonatadores.
9. Mistura de fluidos antes da combustão.

Ao utilizar a presente invenção, dois ou mais fluidos podem ser misturados rapidamente de forma homogénea sem a utilização de equipamento de mistura mecânica. Dispositivos de mistura mecânica com indução de turbulência, tais como impulsores, misturadores, dispositivos de colisão de correntes de fluidos, etc., não são utilizados. Por conseguinte, podem evitar-se zonas não homogéneas de mistura em grande escala. A existência de turbilhões de grande escala nos processos de mistura pode reduzir o rendimento de reacções químicas. Este dispositivo elimina turbilhões de grande escala do processo de mistura. Ao evitar-se uma mistura mecânica também se pode reduzir a quantidade de energia utilizada. Os processos de mistura comuns dão origem, mais frequentemente, a um desperdício de energia porque a turbulência de grande escala que é imposta ao processo de mistura acaba por ser dissipada como calor. O dispositivo nesta invenção não dá origem a turbulência ou turbilhões de grande escala e, assim, o movimento em grande escala não é dissipado na forma de energia desperdiçada.

A distribuição das propriedades de fluido pode ser controlada de forma benéfica utilizando a invenção. Por exemplo, para uma mistura de gás com um líquido, a distribuição de tamanho das bolhas de gás pode ser controlada e ao mesmo tempo o líquido é também dimensionado, por conseguinte as características de transferência de massa são mais controladas. Outras distribuições de propriedades de fluido que podem ser controladas por este dispositivo incluem velocidades, temperatura, concentração e tamanho dos turbilhões de fluido.

Dado que a distribuição de propriedades de fluido pode ser mais controlada em comparação com o equipamento de mistura/reactor convencional, o equipamento pode ser mais pequeno e mais eficiente. Se desejado, a mistura pode ser rápida e homogénea, mas com um tratamento muito moderado dos fluidos. As várias concretizações da invenção podem ser utilizadas como elementos em processamentos convencionais. Por exemplo, como um misturador rápido numa conduta comum ou como um misturador multi-fluido à entrada de um tanque ou outro recipiente.

Ao contrário de quase todos os reactores de fluidos, todos os vários componentes a misturar e reagir podem ser dimensionados e combinados uns com os outros antes de entrarem em contacto uns com os outros. Isso resulta numa reacção mais rápida e homogénea. Podem evitar-se reacções colaterais provocadas pelas zonas não homogéneas em grande escala. Além disso, pode controlar-se facilmente a temperatura de mistura e reacção. Podem eliminar-se completamente os tanques de mistura ou reactores de grandes dimensões uma vez que todos os fluidos a misturar e/ou reagir podem ser dimensionados e combinados uns com os outros neste dispositivo.

Breve descrição das várias vistas do desenho

A Fig. 1 é uma vista em corte de uma estrutura de fractais desfasados da invenção;

A Fig. 2 é uma vista em planta de dois distribuidores fractais ilustrados com uma orientação desfasada;

A Fig. 3 é uma vista em perspectiva dos dois distribuidores fractais da Fig. 2 em associação com um colector;

A Fig. 4 é uma vista de topo de uma estrutura fractal em associação com um elemento de tubo;

A Fig. 5 é uma vista em perspectiva da estrutura fractal da Fig. 5;

A Fig. 6 é uma vista em corte de uma concretização alternativa da estrutura fractal;

A Fig. 7 é uma vista em corte de uma outra concretização alternativa da estrutura fractal.

A Fig. 8 é uma vista em perspectiva de ainda outra concretização alternativa da estrutura fractal, em que a estrutura não está encerrada num recipiente de contenção.

Descrição pormenorizada da invenção

A FIG. 1 ilustra uma concretização de uma estrutura fractal que, além das características fractais desfasadas desta invenção, também inclui canais de convergência e contacto, um colector fractal e um invólucro de permutação de calor. Esta concretização é útil como elemento de processamento (mistura e/ou reacções) em configurações de tubagens. Os canais 1 e 2 de entrada de escoamento destinam-se a fluidos que irão ser misturados. O canal 1 de entrada de escoamento está adaptado para receber um primeiro fluido. O canal 2 de entrada de escoamento está adaptado para receber um segundo fluido. O primeiro fluido é separado e distinto do segundo fluido. Entradas adicionais podem ser adicionadas se se quiser misturar mais de dois fluidos. A entrada 1 conduz o escoamento para o distribuidor 7 fractal desfasado, enquanto a entrada 2 conduz o escoamento para o distribuidor 6 fractal desfasado. Os escoamentos de fluido são dimensionados e distribuídos através destes fractais desfasados.

Após um dimensionamento fractal independente dos fluidos, os dois escoamentos de entrada entram em contacto entre si através de canais 8 de convergência e continuam, numa condição mista, através de canais 9. Nos canais 9, doravante denominados "canais de contacto", os fluidos entram por fim em contacto um com o outro. Os escoamentos nos canais 9 de contacto são redimensionados para um único escoamento, através do colector 10 fractal e canal 3 de saída. O invólucro 11 é utilizado se for necessário controlar a temperatura para a mistura ou reacção ou se for necessário um invólucro para uma fixação por flange ou outra. No caso do controlo de temperatura, um fluido permutador de calor é tipicamente transmitido da conduta 4 para o volume interior do misturador para permuta de calor com a conduta interno e conduta 5 de saída. No caso de se utilizar o invólucro como uma estrutura de fixação, o invólucro 11 pode ser um material sólido em torno dos canais internos. Por exemplo, o invólucro 11 pode ser utilizado como uma simples flange para fixação a uma flange de tubo.

A FIG. 2 ilustra o desfasamento de seis distribuidores fractais 6 e 7. Os distribuidores fractais não se interceptam

porque estão colocados em planos diferentes, como mostrado na FIG. 3. Deve salientar-se que os escoamentos através dos fractais 6 e 7 são independentes e não podem contactar um com o outro até saírem dos fractais 6 e 7. Se se misturarem mais de dois fluidos, podem utilizar-se fractais desfasados independentes adicionais.

Se se misturar ou reagir mais de dois fluidos por estes dispositivos, podem ser todos combinados em simultâneo ou podem ser misturados progressivamente. Isso pode ser feito facilmente colocando canais de convergência em diferentes posições ao longo do comprimento do dispositivo. Um exemplo dessa utilização seria quando se tem que misturar ou reagir, em primeiro lugar, dois fluidos antes de os misturar ou reagir com um terceiro fluido. O terceiro fluido iria combinar-se a uma distância apropriada a jusante da combinação dos dois primeiros fluidos.

Mostra-se, a título ilustrativo, que cada conduta de entrada foi dimensionada para 64 condutas mais pequenas. No entanto, é uma característica básica deste dispositivo que as condutas fractais podem ser progressivamente bifurcadas para caminhos mais pequenos e mais numerosos até se atingirem restrições ao fabrico. Deve reconhecer-se que o aumento do número de bifurcações irá proporcionar uma homogeneidade progressivamente melhorada de mistura e reacção. Dado que cada fractal (6 e 7) de distribuição independente, nessas figuras, se bifurca em 64 caminhos de escoamento, existem 128 canais de distribuição totais antes da convergência e estes convergem para formar 64 canais (9) de contacto. A FIG. 3 ilustra a localização aproximada do colector 10 fractal.

Dado que esta invenção utiliza fractais para as estruturas desfasadas, os peritos na especialidade reconhecerão que isso proporciona uma variabilidade geométrica inerente que aumenta o valor prático desta invenção. Uma razão pela qual se pode desejar uma geometria variável para os fractais é que o dispositivo pode obrigar a uma geometria limitada pela geometria correspondente de um invólucro onde está contido ou de um dispositivo de recepção para onde sai. Outra razão para a geometria variável é proporcionar ao especialista o controlo das características hidráulicas, tais como queda de pressão.

Os fractais são construídos utilizando uma estrutura inicial, ou estrutura mãe, com uma estrutura semelhante a si própria adicionada em escalas cada vez mais pequenas. A estrutura inicial, na concretização ilustrada, tem a forma de um "H" e, consequentemente, quatro novas estruturas filhas são adicionadas a cada "H", à medida que se adiciona uma estrutura de menor escala. Os fractais podem ser construídos, como se sabe bem na técnica, utilizando variações na geometria da estrutura inicial, número de ramos, ângulos de ramos e na quantidade de simetria da estrutura inicial. Apenas como exemplo, a estrutura inicial pode ser um "Y" simétrico tendo uma perna mais comprida que as outras duas.

Outra forma de variar a geometria do dispositivo é alterando as estruturas filhas. As estruturas filhas não precisam de exibir uma geometria de escala reduzida idêntica à estrutura inicial. Este tipo de variação pode incluir a geometria ou simetria das estruturas filhas em cada iteração, por exemplo, utilizando factores de dimensionamento variável para determinar dimensões de estruturas filhas e diâmetros de canais.

Deve salientar-se que o número de gerações de estruturas filhas pode ser variado como desejado (o número de iterações fractais) para obter um nível de dimensionamento desejado antes da mistura/reacção ou para satisfazer necessidades práticas, tais como a prevenção de obstrução de dispositivo.

Os fractais desfasados não precisam de ser idênticos. A título de exemplo, se se utilizarem três fractais desfasados para misturar ou fazer reagir três materiais, dois dos fractais poderiam ter uma geometria idêntica, enquanto um terceiro não, ou todos os três poderiam ter uma geometria diferente. A razão para isto é que os materiais a tratar podem ter características variáveis que levariam a que um perito na especialidade utilizasse diferentes geometrias. Por exemplo, o caudal através de um fractal pode ser muito elevado em comparação com um segundo para controlar melhor a queda de pressão utilizando diferentes áreas transversais de canal ou número de iterações fractais através de cada fractal individual.

A FIG. 4 é uma vista de topo e a FIG. 5 é uma vista isométrica da concretização de elemento de tubo. Embora esta concretização seja útil quando o escoamento proveniente do processo de mistura ou reactor tem que tornar a ser recolhido na forma de um único escoamento, o dispositivo pode ser utilizado de modo vantajoso sem o colector. Isto pode ser útil, por exemplo, quando se mistura ar e gás para uma aplicação de combustão ou para injectar a mistura no lado de um tanque ou outro recipiente. A FIG. 6 ilustra uma concretização sem tornar a haver recolha. Neste caso, os fluidos provenientes das entradas 1 e 2 são dimensionados e distribuídos como descrito anteriormente, mas os escoamentos não tornam a ser recolhidos na forma de um só escoamento, *i.e.*, o canal 3 de saída e colector 10 fractal foram removidos. Nesta concretização, o grande número de canais 9 de contacto saem de forma independente do dispositivo nas saídas 12 de canal de contacto. Dado que o resto do dispositivo é igual ao descrito anteriormente, neste exemplo, haverá 64 dessas saídas.

Também é possível eliminar os canais 8 de convergência e canais 9 de mistura para que os escoamentos dimensionados e combinados saiam do dispositivo antes de entrarem em contacto entre si. A FIG. 7 ilustra essa configuração mínima para a invenção e consiste nas entradas 1 e 2 de escoamento e nos fractais 6 e 7 desfasados. O fractal 7 sai através de saídas 13 e o fractal 6 sai através de saídas 14.

No caso destas duas últimas concretizações, o invólucro (11) é de novo opcional, mas pode ser útil para permutação de calor ou para a fixação ou acoplamento por flange do dispositivo a um recipiente.

Deve salientar-se que a área para a qual saem os fractais não precisa de ser plana. Os fractais podem sair para uma superfície curva ou irregular. Isto pode ser útil, por exemplo, se o recipiente de destino tiver um formato curvo ou irregular. Nesse caso, pode ser útil fazer coincidir a superfície curva do recipiente com uma curva complementar na superfície de saída do dispositivo de mistura.

As figuras mostram os fractais desfasados bifurcados perpendicularmente à direcção de escoamento de entrada e saída em grande escala. É possível bifurcar os fractais em qualquer ângulo, de perpendicular a quase paralelo a essas direcções de escoamento. A configuração segundo ângulos não perpendiculares ao escoamento em grande escala pode ter vantagens, bem como desvantagens. Uma vantagem de utilizar bifurcações de fractais mais alinhadas com a direcção de escoamento é que pode ser possível operar o aparelho com menor queda de pressão dado que o momento de escoamento não será forçado a fazer uma mudança tão drástica de direcção quando se efectuam as bifurcações. Uma desvantagem pode ser que o dispositivo será mais comprido na direcção do escoamento e talvez menos compacto. É, por conseguinte, uma decisão de utilizador que vantagens são mais importantes para um determinado processo e de acordo com estas considerações escolher os ângulos de bifurcação apropriados.

Esta invenção utiliza dois ou mais fractais desfasados que, de forma independente, dimensionam os fluidos antes de estes entrarem em contacto um com o outro. O método de dimensionamento desfasado pode ser diferente das figuras. Por exemplo, os fractais separados podem estar contidos dentro uns dos outros. Uma conduta mais pequena transportando um fluido pode ser colocada dentro de uma segunda conduta maior. Um segundo fluido pode, por conseguinte, escoar-se entre a superfície interna da conduta maior e a superfície externa da conduta interna mais pequena. As duas condutas podem ser progressivamente bifurcadas para escalas cada vez mais pequenas até se atingir um tamanho de saída desejado. Como acontece com as concretizações acima, os escoamentos podem ser combinados, neste caso finalizando simplesmente a conduta interna de modo a que o escoamento interno entre em contacto com o escoamento externo. Os escoamentos combinados também podem ser recolhidos e posteriormente combinados num único escoamento, se desejado, como descrito anteriormente. Deve salientar-se que a definição de "desfasado" inclui uma conduta mais pequena dentro de uma conduta maior, dado que os escoamentos são mantidos correctamente desfasados entre si por este método opcional.

Este método de desfasamento de condutas fractais dentro uma da outra pode ser estendido a qualquer número de fluidos separados pela adição de uma conduta envolvida separada para cada fluido.

Deve salientar-se que, no caso de se funcionar compressões flutuantes entre os escoamentos independentes ou no caso de um escoamento particular ser temporariamente interrompido, pode ser útil ter válvulas de retenção nos canais para evitar o refluxo de um fluido através do fractal de distribuição de um fluido diferente.

Esta invenção pode ser aplicada a toda a gama de escalas de processamento de fluidos, desde aplicações em escala muito pequena a uma utilização industrial em muito grande escala. A razão para isto é que as estruturas fractais utilizadas nesta invenção proporcionam uma função de dimensionamento contínuo à medida que a escala de aplicação se altera. Esta ampla gama de aplicabilidade é uma das vantagens inerentes a esta concepção de misturador.

Dado que este dispositivo é utilizado para mistura e/ou reacção de fluidos, os produtos resultantes podem ser utilizados como desejado em equipamento de processamento subsequente.

Deve salientar-se que para a realização desta invenção não é necessária uma técnica de fabrico particular. Maquinagem auxiliada por computador, estereolitografia, gravura fotoquímica, corte a laser, moldagem, micro-maquinagem, nanotecnologia, deposição de iões e técnicas de construção de condutas são alguns métodos apropriados para a construção destes dispositivos.

Lisboa, 2012-02-23

REIVINDICAÇÕES**1. Estrutura que compreende:**

pelo menos, dois fractais (6, 7) de transporte de fluido, nomeadamente um primeiro fractal (6) de transporte de fluido e um segundo fractal (7) de transporte de fluido, tendo o referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido uma entrada (1) respectiva para receber um primeiro fluido, tendo o referido segundo fractal (7) de transporte de fluido uma entrada (2) respectiva para receber um segundo fluido, sendo o referido primeiro fluido separado e distinto do referido segundo fluido, estando as referidas entradas (1, 2) respectivas isoladas fisicamente uma da outra para permitir escoamentos de fluido fisicamente distintos em cada um dos referidos fractais de transporte de fluido, bifurcando-se cada referido fractal (6, 7) de transporte de fluido, desde a sua referida respectiva entrada (1, 2), numa pluralidade de vias de passagem de fluido e posteriormente numa pluralidade de saídas respectivas, estando os referidos pelo menos dois fractais de transporte de fluido posicionados de modo desfasado entre si, estando uma primeira referida saída do referido primeiro fractal de transporte de fluido interligada com uma segunda saída respectiva do referido segundo fractal de transporte de fluido por um canal (8) de convergência, proporcionando o referido canal (8) de convergência uma zona (9), isolada de escoamentos de fluido provenientes de saídas diferentes das referidas primeira e segunda saídas, em que o fluido que sai da referida primeira saída do referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido pode misturar-se com fluido que sai da referida segunda saída do referido segundo fractal (7) de transporte de fluido.

**2. Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos uma referida saída do referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido é posicionada fisicamente próxima de uma referida saída equivalente do referido segundo fractal (7) de transporte de fluido para permitir uma mistura do referido primeiro fluido saindo da referida pelo menos uma saída do referido primeiro fractal de transporte de fluido com o segundo referido fluido saindo da referida saída equivalente do referido segundo fractal de transporte de fluido.**

**3.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que as referidas vias de passagem de cada referido fractal (6) de transporte de fluido são isoladas fisicamente das referidas vias de passagem do referido outro fractal (7) de transporte de fluido.

**4.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1 incluindo ainda um invólucro (11), em que pelo menos alguma parte de pelo menos um fractal (6, 7) de transporte de fluido é posicionada no interior do referido invólucro (11).

**5.** Estrutura de acordo com a reivindicação 4, em que o referido invólucro (11) define um caminho para facilitar a passagem através da referida parte de pelo menos um fractal (6, 7) de transporte de fluido de um fluido permutador de calor.

**6.** Estrutura de acordo com a reivindicação 5, em que um fluido permutador de calor reside no referido invólucro (11).

**7.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que uma geometria do referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido é idêntica a uma geometria do referido segundo fractal (7) de transporte de fluido.

**8.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em uma geometria do referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido é diferente de uma geometria do referido segundo fractal (7) de transporte de fluido.

**9.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, incluindo ainda uma superfície de saída posicionada na proximidade das referidas saídas.

**10.** Estrutura de acordo com a reivindicação 9, em que a referida superfície de saída é planar.

**11.** Estrutura de acordo com a reivindicação 9, em que a referida superfície de saída é não planar.

**12.** Estrutura de acordo com a reivindicação 9, em que a referida superfície de saída é uma superfície curva.

**13.** Estrutura de acordo com a reivindicação 9, em que a referida superfície de saída tem uma forma irregular.

**14.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido é bifurcado perpendicularmente a uma direcção de escoamento de uma sua entrada respectiva.

**15.** Estrutura de acordo com a reivindicação 14, em que pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido é bifurcado perpendicularmente a uma direcção de escoamento de uma sua entrada respectiva e pelo menos de uma sua saída.

**16.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido é bifurcado com um ângulo entre perpendicular e paralelo a uma direcção de escoamento da referida entrada do referido pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido.

**17.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que o referido pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido é bifurcado com um ângulo entre perpendicular e paralelo a uma direcção de escoamento da referida entrada e pelo menos de uma saída do referido pelo menos um dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido.

**18.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que o referido segundo fractal (7) de transporte de fluido é posicionado dentro do referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido.

**19.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, que inclui ainda uma pluralidade de canais (8) de convergência, em que cada canal (8) de convergência se interliga com uma respectiva referida saída de um referido primeiro fractal (6) de transporte de fluido e uma respectiva referida saída de um referido segundo fractal (7) de transporte de fluido.

**20.** Estrutura de acordo com a reivindicação 19, em que a referida pluralidade de canais (8) de convergência está

interligada entre si para definir um único canal de escoamento.

**21.** Estrutura de acordo com a reivindicação 20, em que a interligação dos referidos canais (8) de convergência para formar um único escoamento compreende uma disposição fractal em que a direcção de escoamento no interior da referida disposição fractal vai da extremidade de pequena escala da disposição fractal à extremidade em grande escala da disposição fractal.

**22.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1 que inclui ainda um invólucro (11), em que pelo menos alguma parte de um ou mais dos referidos fractais de transporte de fluido é disposta no interior do referido invólucro (11), definindo o referido invólucro (11), no seu interior, um caminho de escoamento para a passagem de um fluido permutador de calor sobre a superfície exterior dos fractais (6, 7) de transporte de fluido envolvidos.

**23.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1 que inclui ainda um invólucro (11), em que pelo menos alguma parte de um ou mais dos referidos fractais (6, 7) de transporte de fluido é disposta no interior do referido invólucro (11), incluindo o invólucro (11) meios de fixação para fixar a estrutura a uma estrutura de suporte.

**24.** Estrutura de acordo com a reivindicação 1, em que cada referido canal (8) de convergência é mecanicamente associado a um canal (9) de contacto, estando o referido canal (9) de contacto em comunicação fluida com uma única saída da referida estrutura.

Lisboa, 2012-02-23

Figura 1

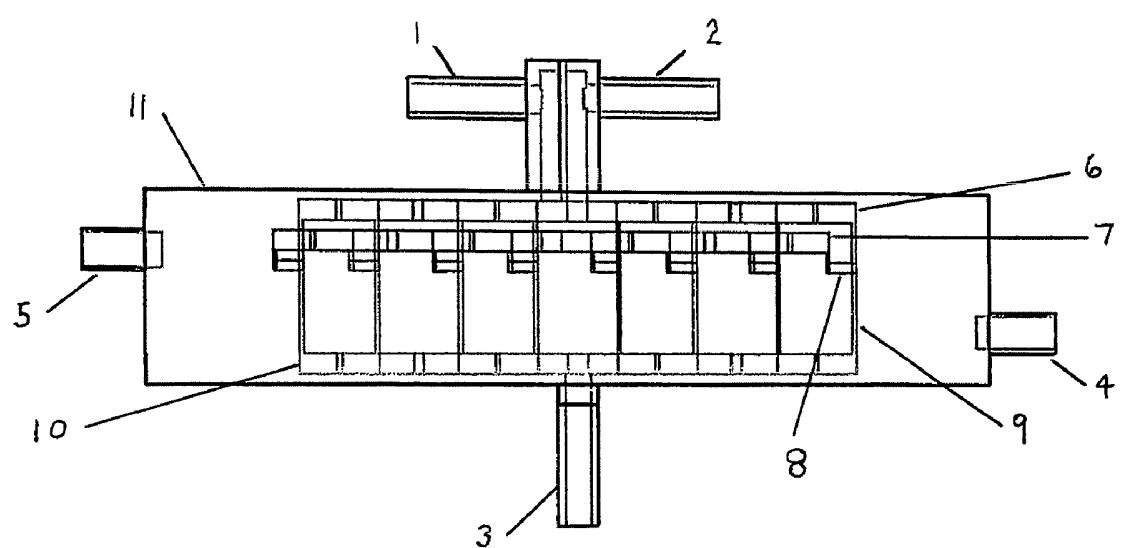
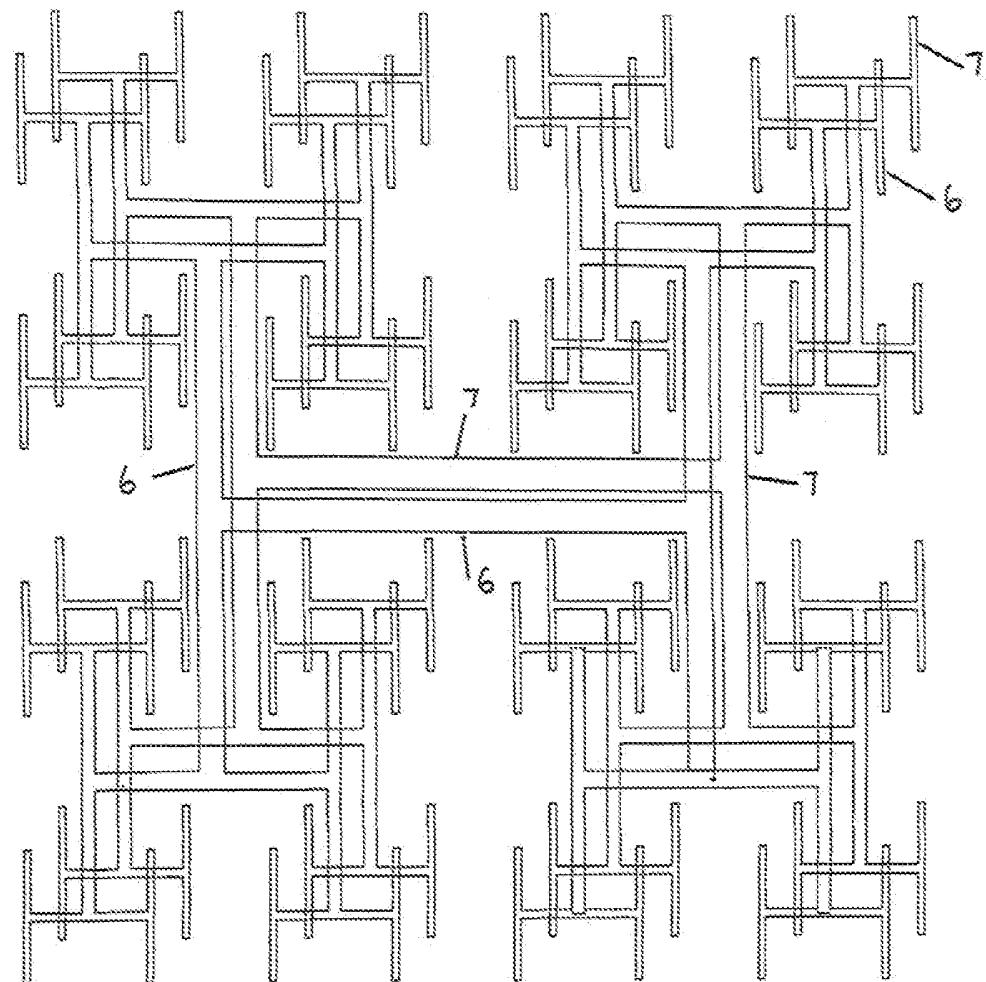


Figura 2



**Figura 3**

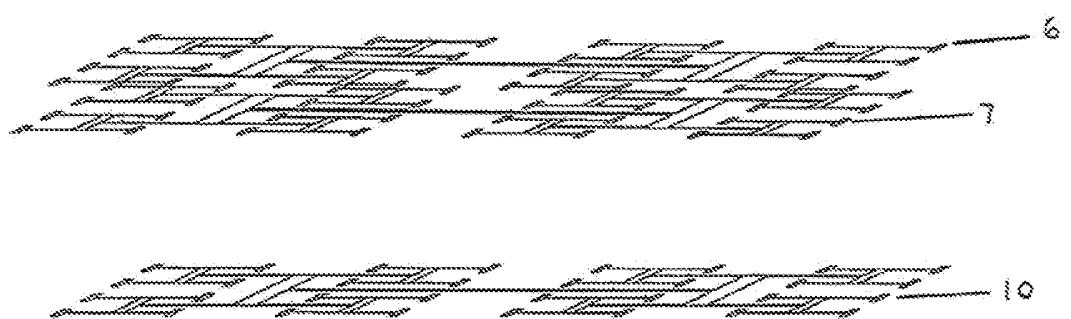


Figura 4

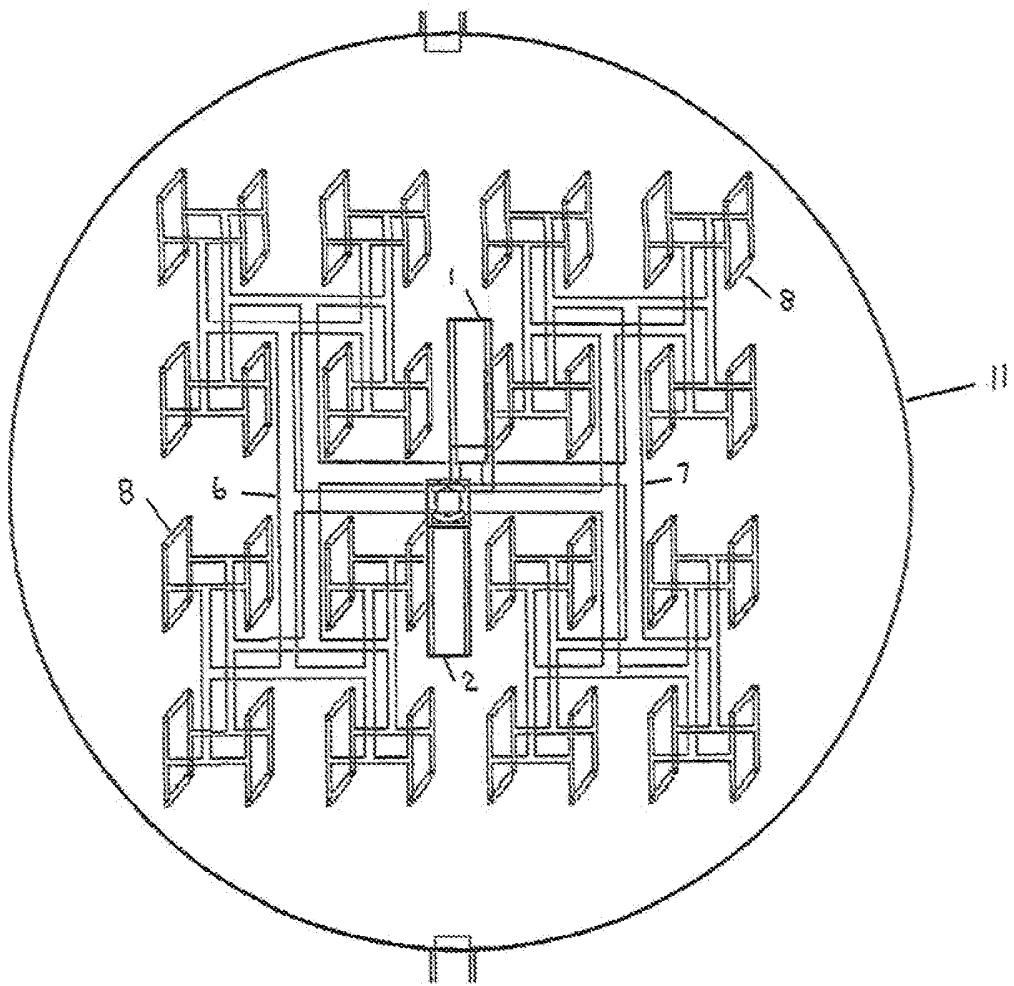


Figura 5

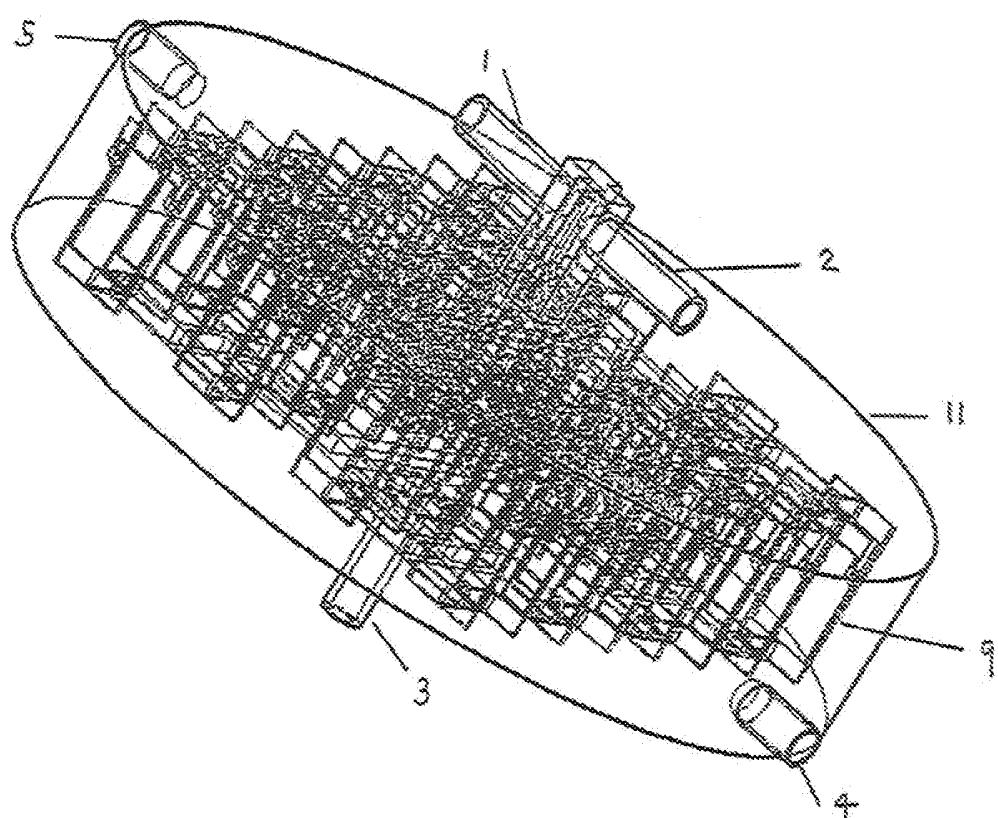


Figura 6

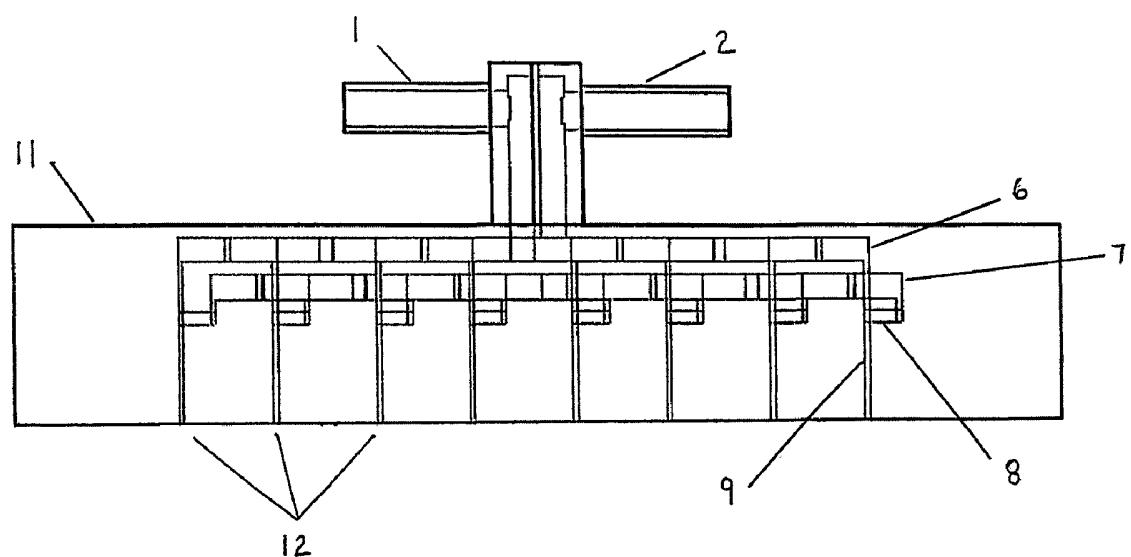
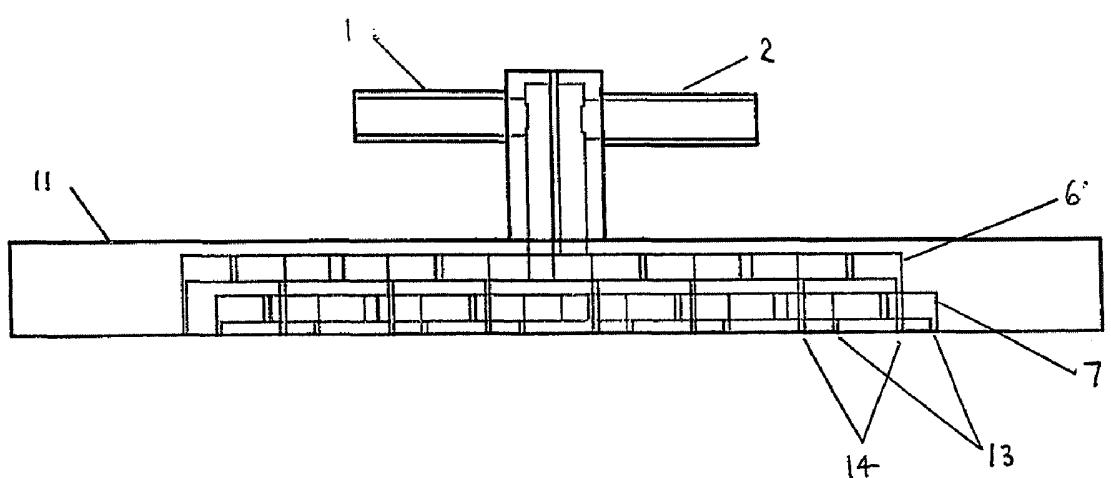


Figura 7



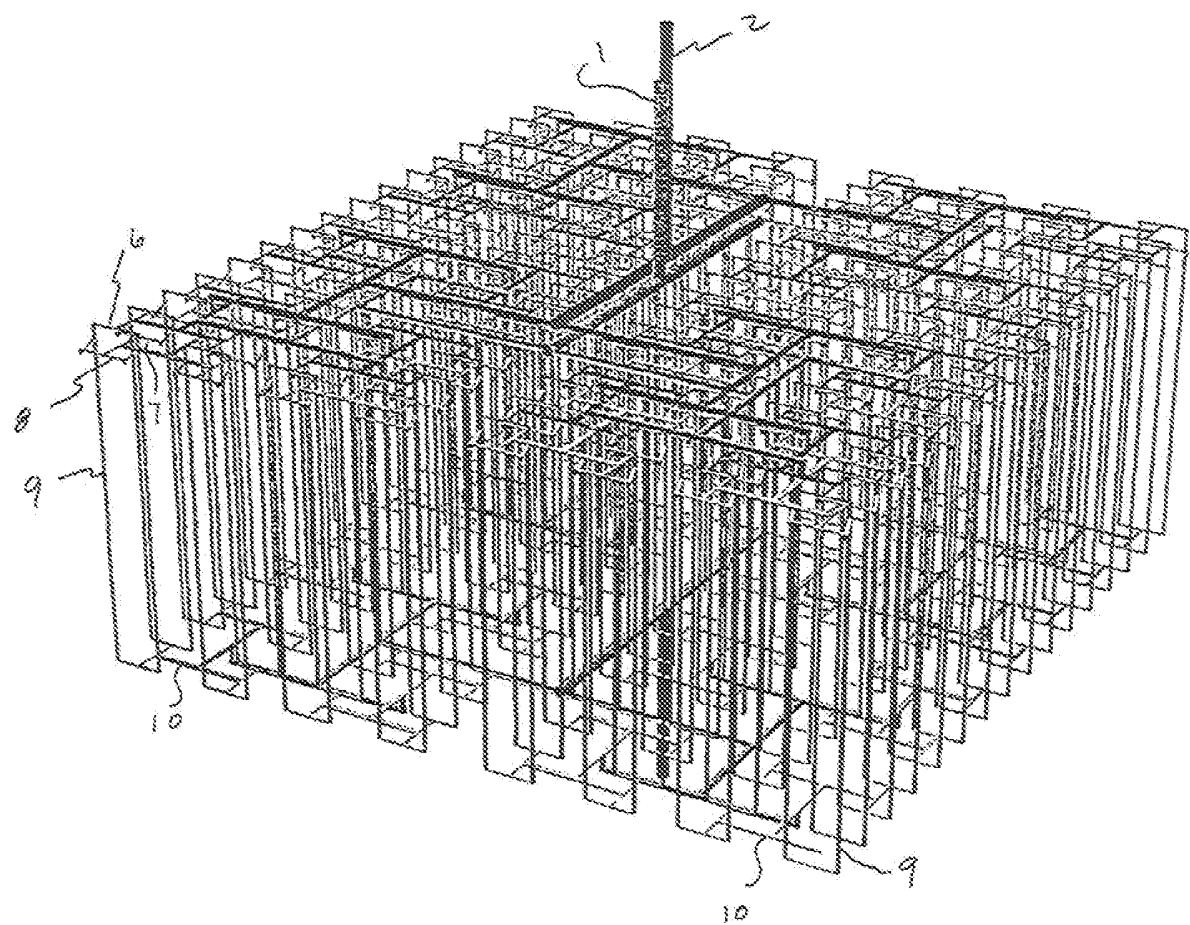


Figura 8