

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4091440号  
(P4091440)

(45) 発行日 平成20年5月28日 (2008. 5. 28)

(24) 登録日 平成20年3月7日 (2008. 3. 7)

(51) Int. Cl.

B 0 1 F 5/00 (2006. 01)

F I

B 0 1 F 5/00

D

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-589123 (P2002-589123)  
(86) (22) 出願日 平成14年5月17日 (2002. 5. 17)  
(65) 公表番号 特表2004-530547 (P2004-530547A)  
(43) 公表日 平成16年10月7日 (2004. 10. 7)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2002/016007  
(87) 国際公開番号 W02002/092207  
(87) 国際公開日 平成14年11月21日 (2002. 11. 21)  
審査請求日 平成17年1月21日 (2005. 1. 21)  
(31) 優先権主張番号 60/291, 769  
(32) 優先日 平成13年5月17日 (2001. 5. 17)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500445066  
アマルガメイテッド リサーチ インコー  
ポレイテッド  
AMALGAMATED RESEARC  
H, INC.  
アメリカ合衆国 83301 アイダホ州  
ツイン フォールズ オーチャード ド  
ライブ イースト 2531  
(74) 代理人 100068755  
弁理士 恩田 博宣  
(74) 代理人 100105957  
弁理士 恩田 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 混合および反応に利用するフラクタル装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも2種の流体を混合する構造体であって、少なくとも2種の同一形状をなす流体輸送フラクタルを有し、各フラクタルは流体の入口から分岐されて複数の流体の出口に至り、前記フラクタルは互いに偏倚するように配設され、各フラクタル内を他のフラクタルとは別の流れが通過し、偏倚する複数の流体輸送フラクタルの流体の出口は均一に分散するように配置され、流体輸送フラクタルの少なくとも一部が容器内に配置され、この容器内の流体輸送フラクタルの外表面を熱交換のための流体が通過する構造体。

【請求項 2】

少なくとも2種の流体を混合する構造体であって、第1流体輸送フラクタル及び第2流体輸送フラクタルの少なくとも2つの同一形状をなす流体輸送フラクタルを有し、各フラクタルは流体の入口から分岐されて複数の流体の出口に至り、前記フラクタルは互いに偏倚するように配設され、各フラクタル内を他のフラクタルとは別の流れが通過し、一つの第1流体輸送フラクタルの出口と一つの第2流体輸送フラクタルの出口とは融合流路を介して連結され、該流路は前記一つの第1流体輸送フラクタルの出口からの流体及び一つの第2流体輸送フラクタルの出口を除く出口からの流体に対しては遮断され、第1流体輸送フラクタルの出口からの流体が第2流体輸送フラクタルの出口からの流体と混合される構造体。

【請求項 3】

前記融合流路を複数本備え、融合流路はそれぞれ第1流体輸送フラクタルの出口と第2流

10

20

体輸送フラクタルの出口とを連結する請求項 2 に記載の構造体。

【請求項 4】

前記複数本の融合流路は互いに連結され、一本の流体流路を形成する請求項 3 に記載の構造体。

【請求項 5】

前記一本の流体流路を形成するための連結は、融合流路をフラクタル状に配置してなされ、このフラクタル状の配置構成において流体は小さなスケールの端から大きなスケールの端に向かって流れる請求項 4 に記載の構造体。

【請求項 6】

流体輸送フラクタルの少なくとも一部が容器内に配置され、この容器内の流体輸送フラクタルの外面を熱交換のための流体が通過する請求項 2 に記載の構造体。

10

【請求項 7】

流体輸送フラクタルの少なくとも一部が容器内に配置され、この容器により支持構造物に取り付けられる請求項 2 に記載の構造体。

【請求項 8】

前記構造体の 1 個の出口に対して各融合流路からの流体を流す接触流路が、融合流路に連結される請求項 2 乃至 7 のいずれか一項に記載の構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明の背景

本発明は混合装置および反応装置に関する。特に、本発明は多相の環境と同様に単相の環境でも用途が見出される。

【背景技術】

【0002】

多くの流体処理は効率的な混合を利用している。殆ど全ての従来技術の混合装置、例えば、混合機や、インペラや、静的ミキサや、噴流装置 (impinging device) などは、混合される流体を流体が互いに実際に接触している状態でスケーリングし混ぜ合わせる。該方法は流体混合物の本体内に種々の不均質性を生成する結果となる恐れがある。上記の不均質性は、流体の本体内で発生する混合処理または反応処理の少なくとも一方に害を及ぼす場合がある。例えば、従来の混合装置を用いることで流体混合物の本体内で濃度や温度が大規模に不均質になる恐れがある。

30

【0003】

更に、従来の混合装置は一般に、流体混合物に大規模の乱流を引き起こすことに依存する。乱流は、その結果、流体本体内で渦を形成することになる恐れがあり、その渦は多くの場合、反応槽そのものと同じくらい大きい。流体本体内の渦の存在は、流体の適正な混合を妨害する恐れがあり、更に流体内で発生する反応の範囲を乱す恐れもある。

【0004】

従来、当該分野では、流体を処理する手段として設計されたフラクタル混合を用いることについては殆ど注意が払われてこなかった。米国特許 5,938,333 号は当該分野の数少ない技術活動の例のうちの 1 つである。米国特許 5,938,333 号には、乱流の少ない流体の体積単位での混合に利用可能な空間充填装置が開示されている。該装置は乱流が非常に少なく均質性のレベルが高い状態で体積の混合を達成できる。残念ながら、米国特許 5,938,333 号の装置は空間充填ミキサであるので、該装置は任意の処理要件に対し必ずしも適切な処理装置ではない。

40

【0005】

流体を分配や収集のためにフラクタルを用いることを述べた最近のもう 1 つの特許は、フラクタル流体分配システムを開示する米国特許 5,354,460 号である。PCT/US99/06245 はフラクタル流体輸送装置についてのものである。上記どちらの参考文献も、混合または反応の少なくとも一方に向け別個の流体を同時にかつ独立してスケ

50

ーリングし混ぜ合わせる為の流体流路を偏倚させたフラクタルの利用は開示していない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、流体混合物を混合および反応させる方法および装置を提供し、ここで混合物の1種以上の成分流体が別の成分流体との接触前にスケーリングされ混ぜ合わされる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本方法の中心となるものは、偏倚型流体輸送フラクタルを有する構造の利用である。この新規な構造は、流体の混合または反応の少なくとも一方に先立ち独立のフラクタルを通る流体の流れ全体をスケーリングすることで、大規模な渦を排除する。更に、本発明は体積に応じた混合はせず、従って本発明はフラクタル混合にいくつかの新規で実用的な工業用の可能性をもたらす。本新規な構造の流体のスケーリングまたは混合は、面積（体積ではなく）に出て行ったり交差したりする流れにとって適切でありかつまた空間充填フラクタル構成ではない方法で行われる。我々は、上記の異なる方法を利用できる有用な用途を数多く見出した。重要な例は、流通管への取り付けを介する本装置の利用である。本例は流体混合および反応に向けた単純かつ効率的な管の流れを可能にする。上記方法での本構造の利用が有益なのは、この利用が現行の処理技術への組み込みを容易にするからである。別の工業上有用な用途は、流体が容器に入る直前に均質的に混合されるよう装置を容器の側面に取り付けることである。もう一つの有用な用途は、続く燃焼への利用に向け均質的に混合されるガスの面を設けることである。

【0008】

本発明は特に、流体同士間で発生する反応の有無にかかわらず高速かつ均質な混合を行うことに適用できる。本発明は、例えば反応処理の温度を制御するために、混合と熱伝達とを制御して同時に行うこともできる。本発明の考えられる用途には以下のものが含まれる。

1. 2種以上の流体を高速で混合する工程
2. 温度を制御しつつ2種以上の流体を混合する工程
3. 2種以上の流体を混合し反応させる工程
4. 温度を制御しつつ2種以上の流体を混合し反応させる工程
5. 装置外部での後続の反応を均質にする2種以上の流体を混合する工程

本発明の用途が見出される更なる環境には以下のものが含まれる。

1. 液 液ミキサ (liquid liquid mixer)
2. 気相 気相ミキサ (gas gas mixer)
3. 気液ミキサ (gas liquid mixer)
4. 液 液リアクタ (liquid liquid reactor)
5. 気液リアクタ (gas liquid reactor)
6. 気相 気相リアクタ (gas gas reactor)
7. 通気装置 (aerator)
8. 炭酸飽和装置 (carbonator)
9. 燃焼前に流体を混合する工程

本発明を用いることにより、2種以上の流体は機械的な混合装置を使わずに均質に高速で混合可能である。乱流を誘発する機械的な混合装置、例えばインペラや混合機や噴流装置などは利用されない。従って、混合が大規模に不均質になることは回避される。混合処理での大規模な渦は化学反応の生産高を減少させる恐れがある。本装置は混合処理の大規模な渦を排除する。機械的な混合を避けることで、使用するエネルギー量も低減できる。通常の混合処理は最も一般的にはエネルギーを無駄にすることにつながるが、これは混合処理に引き起こされた大規模な乱流は最終的に熱として放散されることが避けられないからである。本発明の装置は大規模な乱流すなわち渦を形成しないので、エネルギーを無駄にするほど大規模な運動は放散されない。

## 【 0 0 0 9 】

流体特性の分配は本発明を用いた有益な方法で制御可能である。例えば、気体を液体と混合するために、気泡の大きさの分配が制御され、同時に液体もスケーリングされ、従って物質移動特性が更に制御される。本装置で制御可能な他の流体特性の分配には、流体の速度や、温度や、濃度や、渦の大きさが含まれる。

## 【 0 0 1 0 】

従来の混合装置または反応装置に比べ流体特性の分配が更に制御できるので、本装置は更に小型かつ効率的になる。必要ならば、流体を穏やかに扱いながらも混合を高速で均質に行うことができる。本発明の種々の実施の形態は従来の処理の構成要素として利用でき、例えば、通常のパイプラインで高速のミキサとして、またはタンクや他の容器に入る多

10

## 【 0 0 1 1 】

ほぼ全ての流体リアクタとは異なり、混合され反応させられる種々の成分は全て、互いに接触する前に互いにスケーリングされることも混ぜ合わされることも可能である。これにより、反応は更に高速で均質になる。大規模な不均質性により引き起こされる副反応が回避できる。更に、混合および反応の温度が容易に制御できる。混合または反応の少なくとも一方をなされる全ての流体は本装置で一緒にスケーリングされることも混ぜ合わされることも可能なので、混合やリアクタの大きいタンクは完全に省略可能である。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 1 2 】

20

図1はフラクタル構造の実施の形態を示し、該構造は本発明の流体流路を偏倚させたフラクタルの特徴に加え、融合チャネルおよび接触チャネルとフラクタルコレクタと熱交換容器とを更に有す。該実施の形態は管の構成の処理（混合または反応の少なくとも一方）の構成要素として有用である。流れ入口チャネル1および2は混合される別々の流体の為のものである。2種以上の流体が混合される場合には更なる入口が追加可能である。入口1は流れを偏倚型フラクタルディストリビュータ7に流入させ、入口2は流れを偏倚型フラクタルディストリビュータ6に流入させる。流体流れは上記偏倚型フラクタルを通じてスケーリングされ分配される。

## 【 0 0 1 3 】

流体の独立したフラクタルスケーリング後、2つの入力された流れは融合チャネル8を通じて互いに接触し、チャネル9を通じて混合状態へと移る。以下「接触チャネル」と呼ぶチャネル9では、流体は最終的に互いに接触する。接触チャネル9の流れはフラクタルコレクタ10および出口チャネル3を通じて単一の流れにスケーリングし直される。混合または反応に温度制御が必要な場合やフランジングや他の取り付けのために容器が必要な場合に、容器11が利用される。温度制御の場合は、熱交換流体が一般に、内部のコンジットおよび外部のコンジット5を用いて熱交換のためにコンジット4からミキサの内側へと通過する。取り付け構造として容器を利用する場合は、容器11は内部のチャネルを囲む固体材料でよい。例えば、容器11は管フランジ取り付け用の単一のフランジとして利用可能である。

30

## 【 0 0 1 4 】

40

図2は同一の形状をなす2つのフラクタルディストリビュータ6、7の偏倚する状態を示す。フラクタルディストリビュータが交差しないのは、図3に示すように、フラクタルディストリビュータが別々の平面に設定されているからである。注意すべきは、それぞれのフラクタル6、7を通過する流れが、フラクタル6、7を出て行くまでは互いに接触不可能なことである。2種以上の流体が混合される場合は、更なる偏倚型フラクタルが使用可能である。

## 【 0 0 1 5 】

2種より多くの流体が上記の装置により混合されるまたは反応させられる場合は、全て同時に融合されたり、流体が累進的に混合されたりする。これは融合チャネルを装置の全長に沿って別々の位置に配置することで容易に達成できる。上記の用途の例は、第3の流

50

体との混合または反応の前に２種の流体が最初に混合されるまたは反応させられる場合である。第３の流体は最初の２種の流体の融合より下流の適切な距離を隔てて融合する。

【００１６】

説明のために、各入口コンジットは６４の小さいコンジットにスケーリングされて示されている。しかし、本装置の基本的な特徴であるのは、製造における制約を満たすまでフラクタルコンジットが小さく多数の経路に累進的に分岐されることである。分岐の数の増加は累進的に混合と反応の均質性を改善することが認められる。上記の図中の独立した分配フラクタル（６および７）それぞれが６４の流路に分岐するので、融合前に合計で分配チャンネルが１２８あり、上記分配チャンネルが融合されて６４の接触チャンネル（９）を形成する。図３はフラクタルコレクタ１０の適切な位置を示す。

10

【００１７】

本発明は偏倚型構造のためにフラクタルを利用するので、それにより、本発明の実用的な価値を高める固有の幾何学的な変動性をもたらされることが当業者には理解される。可変の幾可学的形状がフラクタルにとって望ましい１つの理由は、流体が入っている容器や流体が出て行く受け入れ装置の対応する幾可学的形状により、本装置は幾可学的形状の制約を要求される為である。可変の幾可学的形状のもう一つの理由は、職人が圧力低下などの水理特性を制御できるようにする為である。

【００１８】

フラクタルはイニシエータ構造体や親構造体を用いて構成され、そのものと相似の構造体は徐々に規模を縮小して付加される。図示の実施の形態のイニシエータは「Ｈ」字型であり、その結果、構造体が付加される規模と同じ規模で４つの新しい子構造体が各「Ｈ」字型に付加される。フラクタルの構成が、イニシエータの幾可学的形状と分岐の数と分岐の角度とにおける変動とイニシエータの対称性の程度における変動とを用いてなされることは、周知である。ただ単に例としては、イニシエータは、１つの脚が他の２つの脚よりも長い対称な「Ｙ」字型であってもよい。

20

【００１９】

装置の幾可学的形状を変える別の方法は子構造体を変更することによる。子構造体はイニシエータと同一の縮小された幾可学的形状を提示する必要はない。この種の変形物には、例えば子構造体の大きさとチャンネルの直径とを決定するために可変の倍率を用いることによる、反復毎の子構造体の幾可学的形状や対称性が含まれ得る。

30

【００２０】

我々は、混合または反応の前にスケーリングが所望のレベルになるよう又は装置のつまりを避けるなどの実際の要件を満たすよう、子構造体の発生数は要望どおりに（フラクタルの反復の数）変化しうることを確認した。

【００２１】

偏倚型フラクタルは同一である必要はない。例として、３つの偏倚型フラクタルが３つの材料の混合または反応に使用される場合、フラクタルのうち２つは同一の幾可学的形状で３番目は異なってもよいし、３つ全てが異なる幾可学的形状でもよい。その理由は扱われる材料が可変の特性を有しているからであり、該特性は当業者に異なる幾可学的形状を用いることを示唆する。例えば、１つのフラクタルを通る流量は２番目のものに比べて非常に大きいので、個々のフラクタルに異なるチャンネル断面積やフラクタル反復の数をを用いることで圧力低下が最もよく制御される。

40

【００２２】

図４および図５は管要素の実施の形態の平面図および等角図である。混合処理または反応処理後の流れが再度単一の流れに集められる際には本実施の形態が有用である一方、装置はコレクタなしでも役立つよう利用できる。本実施の形態は、例えば、燃焼に利用する為あるいはタンクや他の容器の側面に混合物を注入するために空気とガスとを混合する際に有用である。図６は再収集をしない場合の実施の形態を示す。この場合、入口１および２からの流体は以前に説明したように同一の方法でスケーリングされ分配されるが、流れは１つの流れに再収集されない、即ち、出力チャンネル３およびフラクタルコレクタ１０は

50

取り外される。本実施の形態では、多数の接触チャネル 9 が独立して接触チャネル出口 12 で装置を出る。装置の残りは以前に説明したものと同一なので、本例では上記の出口は 64 ある。

【0023】

スケーリングされ混ぜ合わされた流れが互いに接触する前に装置を出よう融合チャネル 8 と混合チャネル 9 とを省くことも可能である。図 7 は本発明のその最小の構成を示し、流れの入口 1 および 2 と偏倚型フラクタル 6 および 7 とからなる。フラクタル 7 は出口 13 に連通し、フラクタル 6 は出口 14 に連通する。

【0024】

上記最後の 2 つの実施の形態については、容器 (11) はやはり任意だが、熱交換にも容器への装置の取り付けやフランジングにも有用である。

我々は、偏倚型フラクタルが出て行く領域は平面である必要はないことを確認した。フラクタルは曲面やむらのある面に出て行くことも可能である。この点は、例えば、目的の容器が湾曲した形状や不規則な形状の場合に有用である。上記の場合、容器の曲面が混合装置の出口面の相補的な湾曲部に一致することは有用である。

【0025】

図は入口および出口の大規模な流れの方向に対し垂直に分岐された偏倚型フラクタルを示す。上記流れ方向に対し垂直からほぼ水平まで任意の角度にフラクタルを分岐することが可能である。大規模な流れに垂直でない角度をなす構成には長所も短所もある。流れ方向と一直線に近づくフラクタルの分岐を用いる上で長所の 1 つは、流れの運動量は分岐が行われる方向には激しく変化させられないので、圧力低下をより抑えて装置を操作することが可能な点である。短所は装置が流れの方向に伸びるにつれ恐らく小型でなくなる点である。従って、任意の処理に対しかつ適切な分岐の角度を選択する考慮すべき事項からどの長所が最も重要かを決定するのはユーザである。

【0026】

本発明は、流体が互いに接触する前に流体を独立してスケーリングする 2 種以上の偏倚型フラクタルを用いる。偏倚型スケーリングの方法は図中の方法とは異なってもよい。例えば、別個のフラクタルが互いに包含されていてもよい。1 つの流体を保持する小さいコンジットは第 2 の大きいコンジットの内側に配置されてもよい。第 2 の流体は従って、大きいコンジットの内面と小さい内側コンジットの外面との間を流れてもよい。2 つのコンジットは出口が所望の大きさになるまで徐々に規模を縮小して漸進的に分岐される。上述の実施の形態と同様、流れは融合可能で、この場合は内部の流れが外部の流れに接触するように内側コンジットを単純に終端することによる。融合された流れは、必要に応じて上述の通り収集され更に単一の流れに融合されてもよい。注意すべきは、本選択的方法でも流れの互いからの偏倚状態が適切に維持されるので、我々が「偏倚状態」を大きいコンジットの内側に小さいコンジットを含むようにも定義している点である。

【0027】

フラクタルコンジットを互いに偏倚させる本方法は、密封された異なるコンジットを流体毎に増設することで、任意の数の異なる流体に拡張可能である。

我々は、独立した流れ同士の間で圧力の変動がある操作の事象や、特定の流れが時間的に遮断される事象においては、1 つの流体が異なる流体の分配フラクタルを逆流するのを避けるためにチャネルに逆止め弁を設けることが有用であることを確認した。

【0028】

本発明は、非常に小規模の用途から非常に大規模の工業的な利用まで流体処理の規模のあらゆる範囲に応用できる。その理由は、本発明で用いられるフラクタル構造は用途の規模が変化する際に連続的なスケーリング機能をもたらすからである。この応用範囲の広さは本ミキサ設計の固有な利点の 1 つである。

【0029】

本装置は流体の混合または反応の少なくとも一方に利用されるので、結果としての製品は後処理の装置で所望の通りに利用可能である。

注目されるのは、本発明の実現に特定の製造方法は必要ないことである。コンピュータ支援の機械加工、立体のリソグラフィ、光化学のエッチング、レーザー切断、成形、微細加工、ナノテクノロジー、イオン蒸着、コンジット構成技術は、上記の装置の構築に適切な方法の一部である。

小規模の構造を構成する能力を改善する将来の製造技術も上記装置の構成に有用であることが理解される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 0 】

【図 1】本発明の偏倚型フラクタル構造の断面図。

【図 2】偏倚する方向に示された 2 つのフラクタルディストリビュータの平面図。

10

【図 3】コレクタに関連する図 2 の 2 つのフラクタルディストリビュータの斜視図。

【図 4】管要素に関連するフラクタル構造の平面図。

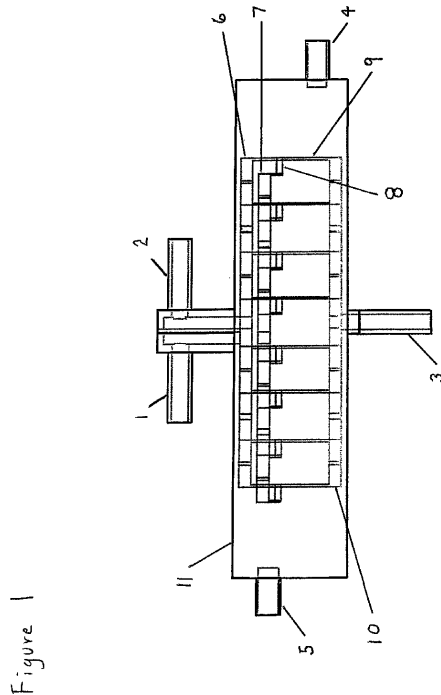
【図 5】図 5 のフラクタル構造の斜視図。

【図 6】フラクタル構造の代替の実施の形態の断面図。

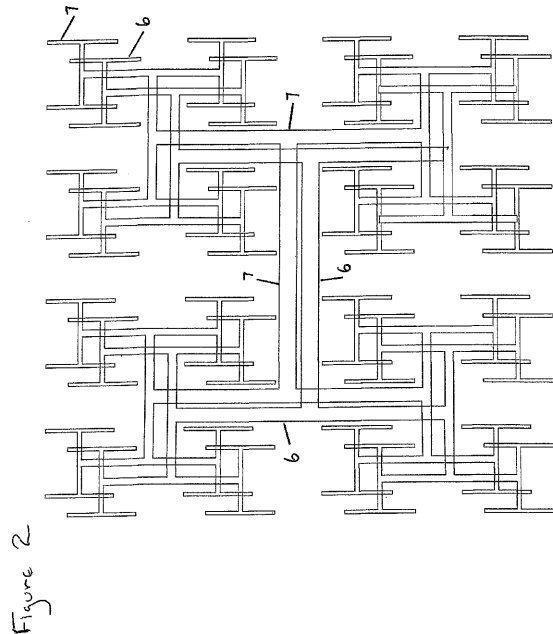
【図 7】フラクタル構造の更なる代替の実施の形態の断面図。

【図 8】構造が格納容器内に密封されていないフラクタル構造のもう 1 つの代替の実施の形態の斜視図。

【図 1】



【図 2】



【図 3】



Figure 3

【図 4】

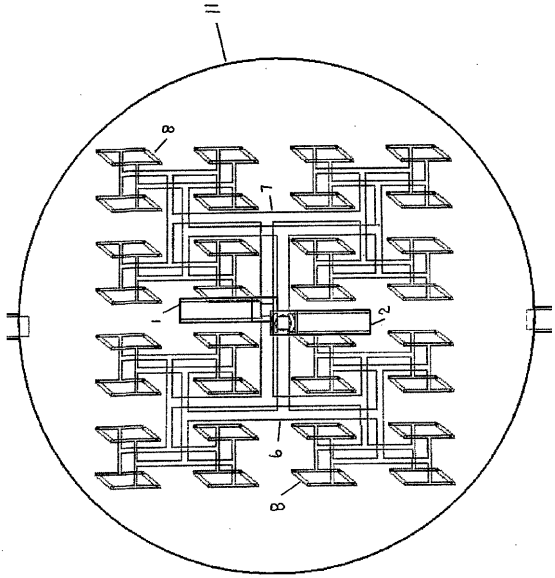


Figure 4

【図 5】

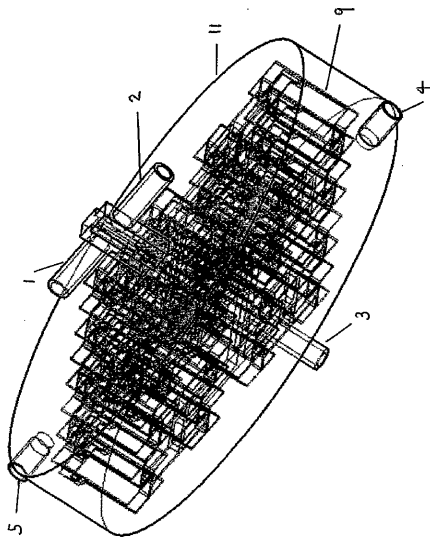


Figure 5

【図 6】

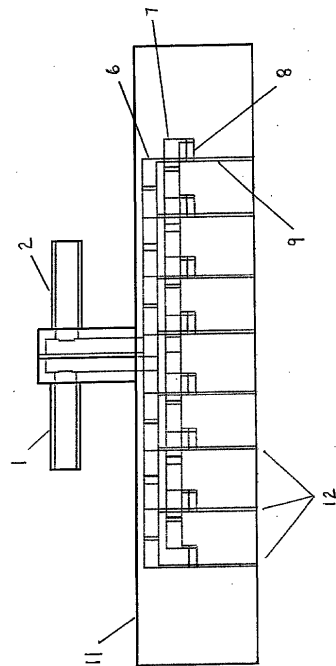
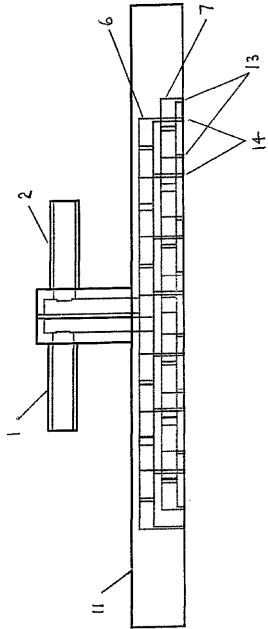


Figure 6



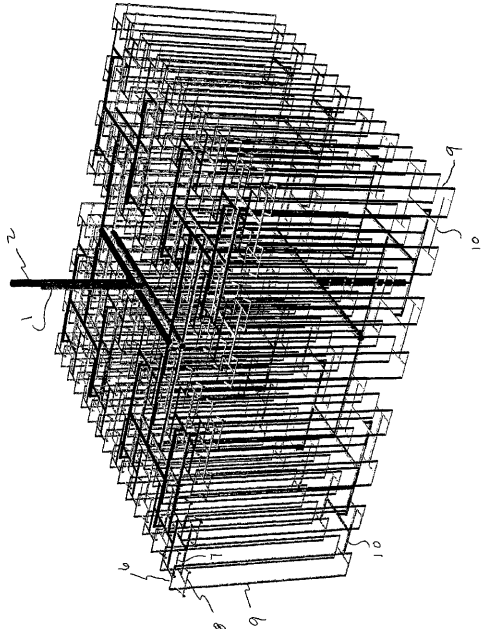
【 図 7 】

Figure 7



【 図 8 】

Fig. 8



---

フロントページの続き

(72)発明者 カーニー、マイケル エム .  
アメリカ合衆国 83301 アイダホ州 ツイン フォールズ ウッドリバー サークル 21  
51

審査官 橋本 憲一郎

(56)参考文献 特表2001-509728(JP,A)  
特開2001-073152(JP,A)  
特開昭58-081432(JP,A)  
特表平10-503708(JP,A)  
特開2001-120971(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B01F 3/00-5/26  
B01J 19/00