

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5038555号  
(P5038555)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012.10.3)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.

F 1

BO1D 63/02	(2006.01)	BO1D 63/02
CO2F 1/44	(2006.01)	CO2F 1/44
BO1D 65/02	(2006.01)	BO1D 65/02
BO1D 69/08	(2006.01)	BO1D 69/08

A  
520

請求項の数 23 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-572010 (P2000-572010)  
 (86) (22) 出願日 平成11年9月24日 (1999.9.24)  
 (65) 公表番号 特表2002-525197 (P2002-525197A)  
 (43) 公表日 平成14年8月13日 (2002.8.13)  
 (86) 國際出願番号 PCT/AU1999/000817  
 (87) 國際公開番号 WO2000/018498  
 (87) 國際公開日 平成12年4月6日 (2000.4.6)  
 審査請求日 平成18年9月7日 (2006.9.7)  
 (31) 優先権主張番号 PP 6217  
 (32) 優先日 平成10年9月25日 (1998.9.25)  
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)  
 (31) 優先権主張番号 PP 6218  
 (32) 優先日 平成10年9月25日 (1998.9.25)  
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)

(73) 特許権者 510002268  
 シーメンス インダストリー インコーポ  
 レイテッド  
 Siemens Industry, I  
 n c.  
 アメリカ合衆国 30005-4437  
 ジョージア アルファレッタ オールド  
 ミルトン パークウェイ 3333  
 3333 Old Milton Par  
 kway, Alpharetta, G  
 A 30005-4437, Unit  
 ed States of America  
 (74) 代理人 100100158  
 弁理士 鮫島 瞳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 濾過膜モジュールの洗浄装置及び洗浄方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

膜モジュール、気体の供給源及び供給液体の供給源を有する濾過装置であつて、  
 膜モジュールは、複数の多孔質中空纖維膜、上方の注封ヘッド、下方の注封ヘッド及び  
 ベンチュリー装置を有し、

各中空纖維膜の第一端部は、上方の注封ヘッドに取り付けられ、  
 各中空纖維膜の第二端部は、下方の注封ヘッドに取り付けられ、  
 下方の注封ヘッドは、複数のエアレーション開口部を有し、及び気体の供給源と供給  
 液体の供給源に接続されたベンチュリー装置と接続され、

ベンチュリー装置は、液体に気泡を強制的に混合し、液体に気泡を同伴させ又は注入  
 して、液体と気泡の混合物を生成し下方注封ヘッドに入れるように構成される、濾過装置  
 。

## 【請求項 2】

膜モジュールは、下方注封ヘッドとベンチュリー装置の間に、下方注封ヘッドの下の空  
 洞を形成するスリーブを更に有する請求項 1 に記載の濾過装置。

## 【請求項 3】

ベンチュリー装置は、ベンチュリー管、ジェット、ノズル、エゼクター、エダクター及び  
 インジェクターから成る群から選択される請求項 1 又は 2 に記載の濾過装置。

## 【請求項 4】

気体は、空気、酸素、気体状塩素及びオゾンから成る群から選択される請求項 1 ~ 3 の

いずれかに記載の濾過装置。

【請求項 5】

更に、曝氣槽を有し、膜モジュールは、曝氣槽に少なくとも部分的に浸される請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 6】

濾過装置は、ベンチュリー装置又は供給液体の供給源と接続される洗浄薬剤の供給源を更に有する請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 7】

膜モジュールは、更に、パーティションを有し、  
パーティションは、多孔質中空纖維膜の間に延びて、多孔質中空纖維膜を複数のグループに分ける請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の濾過装置。 10

【請求項 8】

パーティションは、複数のグループの間に隙間によって形成される請求項 7 に記載の濾過装置。

【請求項 9】

多孔質中空纖維膜は円筒形のアレイに配置され、複数のパーティションは、アレイの中心部から半径方向に延びるか又は円筒形のアレイ内で同心円状に配置される請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 10】

多孔質中空纖維膜は、互いに近接して配置されてバンドルを形成する請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の濾過装置。 20

【請求項 11】

バンドルは、上方注封ヘッドと下方注封ヘッドの間にバンドル長で延びる中央長尺方向の通路を有する請求項 10 に記載の濾過装置。

【請求項 12】

バンドルは、エアレーション開口部に隣接して配置される請求項 10 又は 11 に記載の濾過装置。

【請求項 13】

膜モジュールは、中空纖維膜の複数のバンドルを有し、エアレーション開口部は、バンドル間に形成される隙間と一致するように配置される請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の濾過装置。 30

【請求項 14】

エアレーション開口部は、1 mm から 40 mm の平均直径又は相当直径を有する請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 15】

多孔質中空纖維膜は、5 % ~ 70 % の充填密度を有する請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 16】

多孔質中空纖維膜の平均内径は、0.1 mm ~ 5 mm である請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載の濾過装置。 40

【請求項 17】

多孔質中空纖維膜の平均壁厚は、0.05 mm ~ 2 mm である請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 18】

膜モジュールは、タンク内に配置される請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の濾過装置。

【請求項 19】

膜モジュールの下方に配置されるエアレーションの追加の供給源を更に含む請求項 18 記載の濾過装置。

【請求項 20】

エアレーションの追加の供給源は、空気透過性チューブの群を含む請求項 19 に記載の 50

濾過装置。

【請求項 2 1】

膜モジュールを形成するようなアレイに配列され、長尺方向に延在する複数の多孔質中空纖維膜の表面から汚染物質を除去する方法であって、

膜は、複数の孔を有し、

膜は、相互に近接して配列され、膜相互間の過度の動きを防止するように配置され、

該方法は、実質的に均一な分布で同伴する複数の気泡と液体の混合物をそのアレイ内から供給する工程を有し、

中空纖維は、第一端部は第 1 注封ヘッドで固定され、第二端部は第 2 注封ヘッドで固定され、少なくとも一方の注封ヘッドは、気泡と液体の混合物を導入するために形成された一又はそれ以上の穴を有し、

液体は、供給液体を含み、

注封ヘッドに接続されるベンチュリー装置に液体と気体を流し、液体に気体を強制的に混合することで、気泡は、液体中に同伴して、気泡と液体の混合物を生成し、

該気泡の分布は、該配列内の各膜の間に気泡が実質的に均一に通過し、液体との組み合わせで、膜の外面の汚れを落とし膜モジュール内から蓄積した固体を除去する分布である方法。

【請求項 2 2】

第 1 注封ヘッド、第 2 注封ヘッド、パーティション、ベンチュリー装置、及び複数の多孔質中空纖維膜を含む膜モジュールであって、

中空纖維膜は、相互に近接して配置され、それらの間の過度の動きを防止するように取り付けられ、

中空纖維膜は、第一端部で第 1 注封ヘッドに取り付けられ、第二端部で第 2 注封ヘッドに取り付けられ、

第 1 注封ヘッドは、気体と供給液体の流れを導入可能に形成された一又はそれ以上の開口部を有し、

パーティションは、第 1 及び第 2 注封ヘッドの間に少なくとも部分的に延びて、中空纖維膜を複数のグループに分け、

第 1 注封ヘッドは、気体の供給源と供給液体の供給源に接続されるベンチュリー装置と接続され、

ベンチュリー装置は、液体に気泡を強制的に混合し、液体に気泡を同伴させ又は注入して、液体と気泡の混合物を生成し第 1 注封ヘッドに入れるように構成される、膜モジュール。

【請求項 2 3】

ベンチュリー装置は、ベンチュリー管、ジェット、ノズル、エゼクター、エダクター及びインジェクターから成る群から選択される請求項 2 2 に記載の膜モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

技術分野

本発明は、ベンチュリー、ジェット等を使用して形成される、気体と液体の混合物を用いて、効率的に膜モジュールを洗浄する装置及びそれに関連する方法に関する。例えば、バイオリアクター内等の、高濃度の懸濁物質（または浮遊固形物）が存在する環境に利用される膜モジュール用に、モジュール内に蓄積した物質（又は固形物）を減らす、数種の改良モジュールの構成を述べる。

【0002】

本発明の背景

汚水処理用膜モジュールの重要性が、急速に拡大している。膜プロセスは第三位の効率的な汚水処理方法として使用され、良質な排出液をもたらし得ることが周知である。しかし、資金及び運転費用によって制限され得る。膜モジュールが大きなフィードタンクに沈められ、膜の濾液側に使用される吸引によって濾液が収集される水中膜プロセス（submerged

10

20

30

40

50

membrane process) の出現にともない、生物的プロセス及び物理的プロセスを一つの段階に組み合わせた膜バイオリアクターは、よりコンパクト、効率的、経済的であると期待されている。その融通性ゆえに、膜バイオリアクターの大きさは、家庭用(腐敗槽システム)から地域社会及び大規模汚水処理までの範囲に渡り得る。

【0003】

膜濾過プロセスの成功は、効果的かつ効率的な膜洗浄方法の採用に大きく依存する。通常使用される物理的洗浄方法には、浸透液体もしくは気体を用いるバックウォッシュ(逆流、backwash)(バックパルス、バックフラッシュ: backpulse、backflush)又は液体中で気泡を生ずる気体を用いる膜表面のスクラッピング洗浄又はスコアリング洗い流し洗浄がある。第二のタイプの方法の例は、イシダ他による米国特許第5,192,456号公報(Ishida et al., United States Patent No. 5,192,456)、コート他による米国特許第5,248,424号公報(Cote et al., United States Patent No. 5,248,424)、ヘンショウ他による米国特許第5,639,373号公報および第5,783,083号公報(Henshaw et al., United States Patents No. 5,639,373 and No. 5,783,083)及び我々の国際特許出願国際公開第98/28066号公報(PCT Application No. WO98/28066)に示されている。

10

【0004】

上述の例では、膜モジュールを浸める液体システム内に、気体の泡(気泡)を形成するために、通常加圧送風機を用いて、気体を注入する(吹き込む)。そのように形成された泡は、上方へ移動し、膜表面をこすって洗浄して膜表面上に形成されている汚染物質を除去する。生ずるせん断応力は、最初の気泡の速度、気泡の寸法及び気泡に加えられる力の合力に大きく依存する。この方法では、気体の持ち上がる(リフティング)メカニズムの有効性に、流体の移動は制限される。スクラッピング効果を向上するため、より多くの気体を供給しなければならない。しかし、この方法には、いくつかの短所がある:この方法は大量のエネルギーを消費し、有効な膜濾過面積を減少させるミスト(mist)又は泡の流れ(froth flow)が形成され得、膜が破壊され得る。更に、高濃度の懸濁物質が存在する環境においては、気体分配システムは、脱水固体物によって徐々に閉塞されるようになり得、又は気体の流れが偶然止まった場合に簡単に閉塞され得る。

20

【0005】

大部分の管状の膜モジュールについて、膜はモジュールの(長尺方向の)中央部にて可撓性であるが、両端の注封されているヘッド(potted head)に向かうにつれてピンと張り可撓性が減る傾向に有る。そのようなモジュールを高濃度の懸濁物質を含む環境にて使用すると、懸濁物質は膜のバンドル(束、bundle)の中に、特に二つの注封ヘッドの近傍に容易に捕らえられる(トラップされる)。蓄積した物質を除去する方法は、モジュールの構造の改良と膜の洗浄に気泡スクラッピング洗浄を用いる場合の流れの分配の改良を含む。

30

【0006】

膜モジュールを設計する場合、モジュール内の管状の膜の充填密度は、重要なファクターである。この場合に使用されるような膜モジュール内の纖維状膜の充填密度は、纖維状膜によって占められる注封領域の横断面を全注封面積で除したものとして定義され、通常パーセントで表す。経済的な観点から、充填密度は可能な限り高いほど膜モジュール製造コストを削減できるので好ましい。実際は、高くない密度で充填された膜モジュールにおいて、完全な充填部(solid packing)は減少する。しかし、充填密度が低すぎる場合、膜間での摩擦効果(rubbing effect)も小さくなり得、膜表面の非効率的な洗浄(こすり洗い/洗い流し: scrubbing/scouring)をもたらす。従って、蓄積した物質の除去を助長しつつ、膜の充填密度を最大限にする膜の構造を提供することが要求されている。

40

【0007】

発明の開示

本発明は、少なくとも本発明の態様においては、従来技術のいくつかの欠点を克服し、もしくは緩和し、又は少なくとも有用な代替物を提供しようとするものである。

50

## 【0008】

本発明の一つの要旨によれば、本発明は、気泡を同伴する液体媒体を用いて膜表面を洗浄（またはスクラブ洗浄（scrubbing））する方法であって、該気体の供給源（ソース、source）を通り過ぎて（またはその前を通り過ぎて）該液体媒体を流通させることによって、該液体媒体中に該気泡を同伴させる工程、並びに該膜表面に沿って該気泡と液体媒体を流通させて汚染物質をそれから除去する工程を含む方法を提供する。

## 【0009】

ベンチュリー装置（venturi device）を使用して、該液体の流れ（ストリーム、stream）中に気泡を同伴させるのが好ましい。ジェット、ノズル、エゼクター（ejector）、エダクター（eductor）、インジェクター等の、液体と気泡の混合物を生成するために、強制的に気体を液体の流れに混合する装置を用いて気泡を該液体の流れ中に同伴させる又は注入するのがより好ましい。オプションとして、送風機（blower）等を用いて、追加の気泡の供給源を該液体媒体中に供給してもよい。使用される気体に、空気、酸素、気体状塩素、オゾンが含まれ得る。空気は、洗浄（又はスクラブ洗浄）及び／もしくはエアレーション（aeration）のために、最も経済的である。膜表面での化学反応によって、洗浄（スクラブ洗浄）、消毒及び洗浄効率を向上するため、気体状塩素を使用してよい。気体状塩素に関して記載した効果と同様の効果の他に、オゾンの使用には、D B P 前駆物質を酸化する及び非生分解性のN O Mを生分解性で溶解有機炭素（dissolved organic carbon）に変換する等の追加の特徴が有る。

## 【0010】

本発明の第二の要旨によると、本発明は、複数の多孔質膜及び液体の流れ中に気泡を同伴させる手段を有してなる膜モジュールであって、該膜は互いに接近して配列され、また、それらの間の過剰の動きを防止するように配置され、該手段は、該膜の孔（ポア、pore）を気体が通過することとは異なる手段によってモジュール内から液体の流れに同伴する気泡を生成し、使用時に、該液体及びその中に同伴される気泡は該膜の表面（または表面の前）を通って移動して、それから汚染物質を除去するようになっており、該液体を気体の供給源（または供給源の前）を通り過ぎて流すことによって該液体の流れ中に気体を引き込んで該気泡を該液体に同伴させる膜モジュールを提供する。

## 【0011】

該液体と気体を混合し、その後膜（または膜の前）を通りすぎるように流して、汚染物質を除去するのが好ましい。

## 【0012】

一つの好ましい形態において、本発明は、膜モジュールを形成するためにアレイ（array）の形態で配列され、長尺方向に延びる複数の多孔質中空纖維膜の表面から汚染物質を除去する方法を提供し、該膜は互いに接近して配列され、また、それらの間の過剰の動きを防止するように配置され、この方法は、該膜の孔（ポア、pore）を通過する気泡とは異なる手段によって、該アレイ内から、液体の流れ中に同伴する均一に分配した気泡を生成する工程を有してなり、該気体を該液体中に引き込みおよび／または混合するために、該液体を気体の供給源を通り過ぎて流すことによって該気泡を該液体の流れ中に同伴させ、該分配は、該気泡が、該アレイの各々の膜の間を実質的に均一に、該液体の流れとともに通過して、該膜の表面を洗浄し（洗い流し、scour）、膜モジュール内から蓄積した固形物を除去するようなものである。該気泡を該液体の流れ中に注入して混合するのが好ましい。

## 【0013】

膜は、多孔質中空纖維を有してなり、纖維はヘッダーにてその両端にて固定され、下のヘッダーは気体／液体の流れを導入する一またはそれ以上の形成された穴（またはホール、hole）を有するのが好ましい。穴は、円形、橢円形又はスロットの形状で有り得る。纖維は、通常下端にて封がされており、濾液を除去できるように上端にて開放されているが、ある配列（またはアレンジメント）において、纖維は両端にて開放されていてよく、一端又は両端から濾液を除去できる。纖維を円筒形のアレイ又はバンドル（bundle）の形態に

10

20

30

40

50

配置するのが好ましい。平たい又は板（プレート）状の膜等の他の形態の膜に、上述の洗浄方法を等しく適用できることが理解されよう。

【0014】

別の要旨によると、本発明は、複数の多孔質中空纖維膜、ヘッダー及びパーティション手段（仕切りまたは分割手段、partition means）を有してなる膜モジュールであって、該纖維膜は互いに接近して配列され、また、それらの間の過剰の動きを防止するように配置され、ヘッダー内の各端部が固定されており、1つのヘッダーは気体／液体の流れを導入する—またはそれ以上の形成された穴（hole）を有し、パーティション手段は該ヘッダー間で少なくとも部分的に延在し、該膜纖維をグループに分ける膜モジュールを提供する。各々の纖維グループの間の隙間（または空間）によって、パーティション手段を形成するのが好ましい。パーティション（仕切り、partition）は、互いに平行であってもよいし、あるいは纖維膜が円筒形のアレイである場合、パーティションは、アレイの中心部から半径方向に伸びてもよいし、または円筒形のアレイの中で同心円状に配置されてもよい。別の形態においては、ヘッダー間のバンドルの長手方向に延在する中間の長尺方向の通路を纖維のバンドルに設けてもよい。

10

【0015】

本発明の更に別の要旨によれば、本発明は、各々の注封ヘッド（potting head）にて各端が配置され、これらの間の長尺方向に伸びる複数の多孔質中空膜纖維を含む、膜バイオリアクターに用いられる膜モジュールを提供し、該膜纖維は互いに接近して配列され、また、それらの間の過剰の動きを防止するように配置され、該纖維は、少なくとも各々の注封ヘッドにて又は注封ヘッドの近傍にて、それらの間に隙間を形成するように幾つかのバンドルに仕切られ、1つの注封ヘッドは、該モジュール内に気泡を供給するように形成されているエアレーション開口部のアレイ（配列）を有し、使用時に、該気泡が該膜纖維の表面（または表面の前）を通って移動し、それらから汚染物質を除去するようになっている。

20

【0016】

纖維のバンドルは、モジュール・サポート（支持）・スクリーン（module support screen）によって保護され、纖維の動きは制限される。モジュール・サポート・スクリーンは、適切に間隔をあけた垂直方向と水平方向の両方の要素を有し、纖維を通る流体と気体の制限されない流れを供給し、纖維の動きの幅を制限して纖維の注封端におけるエネルギーの集中を減少する。

30

【0017】

該仕切られたバンドルの間に形成される隙間と一致するように、該エアレーション開口部を配置するのが好ましい。該開口部は、一つのスロット（slot）、複数のスロット又は穴の列であるのが好ましい。複数のスロット又は穴の列の間で注封ヘッド中に纖維のバンドルを配置するのが好ましい。

【0018】

液体の流れに気泡を同伴させるか、液体の流れと気泡を混合し、その後、該穴又はスロットを通して気泡を供給するのが好ましいが、ある構成においては、気体のみを使用してもよいことが理解されよう。使用液体が膜モジュールへのフィードであってもよい。纖維及び／もしくは纖維のバンドルは、注封ヘッドの間で互いに交差（クロスオーバー）してもよいが、そうでないのが好ましい。

40

【0019】

モジュール内の纖維は、約5～約70%の間の（先に定義した）充填密度を有するのが好ましく、約8～約55%の間の充填密度を有するのがより好ましい。

【0020】

該穴の直径は、約1～40mmの範囲であるのが好ましく、約1.5～約25mmの範囲であるのがより好ましい。スロット又は穴の列の場合、上述の穴の面積と等しくなるように、開口面積を選択する。

【0021】

50

纖維の内部の直径は、典型的には約0.1mmから約5mmの範囲であり、約0.25mm～約2mmの範囲であるのが好ましい。纖維の壁の厚さは、使用される物質及び濾過効率に対して要求される強度に依存する。典型的な壁の厚さは、0.05～2mmの間であり、より多くの場合0.1mm～1mmの間である。

【0022】

もう一つの要旨によれば、本発明は、タンクと第一の要旨に基づく膜モジュールを含む膜バイオリアクターを提供し、タンクはそれへのフィードを導入する手段と該タンク内にて活性スラッジを生成する手段を有し、膜モジュールは該スラッジ中に沈められるように該タンク内に配置され、該膜モジュールには該纖維膜の少なくとも一端から濾液を引き出す手段が供給されている。

10

【0023】

更にもう一つの要旨によれば、本発明は、第二の要旨記載した型の膜バイオリアクターの操作方法を提供し、この方法は、該タンクにフィードを供給すること、該纖維に真空を適用してそれから濾液を引き出すこと、その一方で、使用時には、周期的又は連続的に該モジュール内に該エアレーション開口部を通して気泡を供給して、該気泡が該膜纖維の表面を通じて移動してそれから汚染物質を除去することを含んでなる。該穴又は該スロットを通して供給する場合、気泡は液体の流れに同伴させ、又は液体の流れと混合するのが好ましい。

【0024】

もし必要であれば、微生物の活動を促進するために、タンク内にエアレーションの追加の供給源を設けてもよい。好ましくは、膜モジュールをタンク内に垂直に吊り下げ、該エアレーションの該追加の供給源をその吊り下げたモジュールの下方に設けてもよい。エアレーションの該追加の供給源は、空気浸透性の管の群からなるのが好ましい。フラックス(流速、flux)に応じて、逆流(backwash)有り又は無しで、膜モジュールを操作してよい。バイオリアクター内の高濃度の懸濁固体の液(5000～20000ppm)は、滞留時間が相当減少し、濾液の品質が向上することが示された。有機物質の分解と膜洗浄の両者のためにエアレーションを組み合わせて使用すると、高濃度のMLSSでありますからも、膜を横断する圧力をそれほど増加させることなく一定の濾液の流量を可能にできることが示された。仕切られた纖維バンドルを用いると、気体洗浄(scouring)プロセスにそれほど悪影響を及ぼすことなく、より高い充填密度を達成することができる。このことから、より高い濾過効率がもたらされる。

20

以下に、本発明の主な態様を示す。

1. 気泡を同伴する液体媒体を用いて膜表面を洗浄する方法であって、気体の供給源を通り過ぎる該液体媒体の流れによって該液体媒体に該気泡を同伴させる工程、並びに該膜表面に沿って該気泡と液体媒体を流通させて、汚染物質をそれから除去する工程を含む方法。

2. ベンチュリー装置を用いて、該液体の流れ中に気泡を同伴させる上記1記載の方法。

3. 液体の流れに気体を強制的に混合する装置を用いて、該液体の流れに気泡を同伴させ又は注入して、液体と気泡の混合物を生成する上記1記載の方法。

40

4. 気体は空気、酸素、気体状塩素、オゾン又はそれらのいずれかの組み合わせを含む上記1～3のいずれかに記載の方法。

5. 複数の多孔質膜及び液体の流れに同伴される気泡を生成する手段を有してなる膜モジュールであって、該膜は、互いに接近して配列され、また、それらの間の過度の動きを防止するように配置され、また、該膜の孔を通過すること以外の手段によってモジュール内から同伴される気体を生成し、使用時に、該液体とそれに同伴される気泡は該膜の表面を通り過ぎて移動して、それから汚染物質を除去するようになっており、気体の供給源を通り過ぎて該液体を流して該液体の流れに気体を引き込むことによって該気泡を該液体に同伴させる膜モジュール。

6. 該液体と気泡を混合し、その後膜を通り過ぎるように流して汚染物質を除去する上

50

記5 記載の膜モジュール。

7. 膜モジュールを形成するようにアレイに配列され、長尺方向に延びる複数の多孔質中空纖維膜の表面から汚染物質を除去する方法であって、該膜は互いに近接して配列され、また、それらの間の過度の動きを防止するように配置され、該膜の孔を通過すること以外の手段によって、アレイの内から、液体の流れに同伴された均一に分配された気泡を形成する工程を含んでなり、該気体を該液体の中に引きこみ及び／もしくは混合するために、気体の供給源を通り過ぎて該液体を流すことによって該気泡を該液体の流れに同伴させ、該分配は、該アレイの各膜の間で実質的に均一に、該気泡が該液体の流れとともに通過して該膜の表面を洗浄し、膜モジュールの中から蓄積した固形物を除去するようになっている方法。

10

8. 該気泡を該液体の流れ中に注入し混合する上記7記載の方法。

9. 膜は多孔質中空纖維を有して成り、纖維は各端がヘッダーで固定され、少なくとも一つのヘッダーは、気体／液体の流れを導入するために形成された一またはそれ以上の穴を有する上記7又は8記載の方法。

10. 複数の多孔質中空纖維膜、ヘッダー及びパーティション手段を有してなる膜モジュールであって、該纖維膜は互いに近接して配列され、また、それらの間の過度の動きを防止するように配置され、纖維膜は各端がヘッダー内で固定され、一つのヘッダーは気体／液体の流れを導入するように形成された一またはそれ以上の穴を有し、パーティション手段は該ヘッダーの間で少なくとも部分的に延びて、該膜纖維をグループに分ける膜モジュール。

20

11. パーティション手段が各纖維グループ間の隙間によって形成される上記10記載のモジュール。

12. 纖維膜は円筒形のアレイに配列され、パーティション手段はアレイの中心部から半径方向に延びるか又は円筒形のアレイ内で同心円状に配置される上記11記載のモジュール。

13. 複数の多孔質中空纖維膜、ヘッダーおよび纖維バンドルを有してなる膜モジュールであって、該纖維膜は互いに近接して配列されてバンドルを形成し、また、それらの間の過度の動きを防止するように配置され、纖維膜は各端がヘッダー内で固定され、一つのヘッダーは気体／液体を導入するように形成された一またはそれ以上の穴を有し、ヘッダー間でバンドルの長さに渡る中間部の長尺方向の通路を纖維のバンドルは有する膜モジュール。

30

14. 各注封ヘッドに各端が取り付けられ、各注封ヘッドの間の長尺方向に延びる複数の多孔質中空膜纖維を含む膜バイオリアクターにて使用される膜モジュールであって、該膜纖維は互いに接近して配列され、また、それらの間の過剰の動きを防止するように配置され、該纖維は、少なくとも各注封ヘッドにて又は各注封ヘッドに隣接して幾つかのバンドルに仕切られてそれらの間で隙間を形成し、該注封ヘッドの一つは、該モジュール内に気泡を供給するために形成されたエアレーション開口部のアレイを有し、使用時に、該気泡は該膜纖維の表面を通り過ぎて移動し、それらから汚染物質を除去する膜モジュール。

15. 該仕切られたバンドルの間に形成される隙間と一致するように、エアレーション開口部が配置されている上記14記載の膜モジュール。

40

16. 該開口部は、一つのスロット、複数のスロット又は穴の列であり、纖維のバンドルはスロット又は穴の列の間で注封ヘッドに配置されている上記15記載の膜モジュール。

17. モジュール内の纖維は、約5～約70%の間の充填密度を有する上記10、13又は14記載の膜モジュール。

18. モジュール内の纖維は、約8～約55%の間の充填密度を有する上記10、13又は14記載の膜モジュール。

19. 該穴は、約1～40mmの範囲の直径又は相当径を有する上記16記載の膜モジュール。

20. 該穴は、約1.5～25mmの範囲の直径又は相当径を有する上記16記載の膜

50

モジュール。

21. 各々の該纖維の内径は、約0.1mm～約5mmである上記10、13又は14記載の膜モジュール。

22. 各々の該纖維の内径は、約0.25mm～約2mmである上記10、13又は14記載の膜モジュール。

23. 各々の該纖維の壁の厚さは、約0.05～約2mmである上記10、13又は14記載の膜モジュール。

24. 各々の該纖維の壁の厚さは、約0.1mm～約1mmである上記10、13又は14記載の膜モジュール。

25. フィード導入手段を有するタンク、該タンク内にて活性スラッジを形成する手段および上記10、13又は14記載の膜モジュールを含む膜バイオリアクターであって、膜モジュールは該スラッジ中に沈められるように該タンク内に配置され、該纖維膜の少なくとも一端から濾液を引き出す手段が膜モジュールに設けられている膜バイオリアクター。

26. 該タンクにフィードを供給すること、該纖維に真空を作用させ、それから濾液を引き出すこと、その一方で、該モジュール内に該エアレーション開口部を通して気泡を周期的に又は連続的に供給し、使用時には、該気泡が該膜纖維の表面を通り過ぎて移動し、そこから汚染物質を除去することを含んでなる上記14の型の膜バイオリアクターの操作方法。

27. 該穴又はスロットを通して供給する場合、気泡を液体の流れに同伴させ又は混合する上記26記載の方法。

28. 膜モジュールをタンク内に垂直に吊り下げて、吊り下げたモジュールの下にエアレーションの供給源を設ける上記25記載の膜モジュール。

29. エアレーションの供給源は、気体分配器又は空気透過性チューブの群を有して成る上記28記載の膜モジュール。

30. 上述したいずれかの態様及びそれに関する図面を参照して実質的に記載した膜モジュール。

31. 上述したいずれかの態様及びそれに関する図面を参照して実質的に記載した膜表面の(スクラブ)洗浄方法。

【0025】

添付した図面を参照して、実施例にすぎないが、これによって、本発明の好ましい態様を以下に記載する。

【0026】

本発明の好ましい態様

図面を参照しながら、本発明の態様を、我々の先のPCT国際公開第WO98/28066号公報に開示された型の膜モジュールに関連して説明する。この国際公開公報は、相互参照によって、本明細書に組み込まれるが、本発明は他の型の膜モジュールに等しく適用できることができ理解されよう。膜モジュール5は、典型的に、纖維状、管状もしくは平らなシート状の形態の膜6を有してなり、膜の両端7及び8は注封(potted)され、膜は支持構造(この場合はスクリーン9)に入れられている。膜の一端又は両端は、透過液捕集用に用いてよい。膜モジュールの底部は、ポット11内に複数の貫通穴10を有し、膜表面を通る気体と液体フィードの混合物を分配させる。

【0027】

図1に示す態様を参照すると、ベンチュリー装置(またはデバイス、device)12等をモジュールの基部に接続している。ベンチュリー装置12は入口13を通して気体を取り入れ、フィード入口14を通る液体の流れと気体を混合し又は液体の流れに気体を同伴させて、気泡を形成し、モジュールの穴10の中に液体/気体混合物を拡散する。分配穴10を通った後、同伴した気泡は液体の流れと共に上方へ流れながら膜表面を洗浄(スクラブまたはこすり洗い)する。液体のフィード又は気体は、システムの要求に応じて、連続的又は断続的注入とすることができます。ベンチュリー装置を用いると、気泡を作ることがで

10

20

30

40

50

き、送風機（またはブロワー：blower）を用いることなくシステムを通気できる。ベンチュリー装置12は、ベンチュリー管、ジェット、ノズル、エゼクター、エダクター、インジェクター等であってよい。

【0028】

図2を参照すると、ジェット又はノズルタイプの装置15の拡大図を示している。この態様において、包囲している空気通路17を有するジェット16を通して液体が押し込まれ、気体を同伴した液体の流れ18を生ずる。そのような装置は各々の供給バルブを調節することによって気体と液体媒体を独立して制御することを可能とする。

【0029】

気体を同伴するために通常使用される液体は、給水、廃水又は濾過されるべき混合液である。ベンチュリー等を通して液体を操作するようなポンピング（pumping）は気体を液体中に吸い込む真空を形成し、また、送風機を使用する場合は気体放出圧力を減少させる。液体の流れの中に気体を供給することによって、分配穴10が閉塞する可能性を実質的に減少する。

【0030】

本発明は少なくともその好ましい態様において、以下のように要約できる多くの利点を提供できる：

1. ベンチュリー装置等を用いることによって、気泡を発生させ、送風機等の加圧した気体供給装置を用いる必要なく、膜の表面をスクラブ洗浄できる。原動力となる流体はベンチュリーを通過する時、真空を生じ、気体を液体の流れに引き込み、その中で気泡を生じさせる。たとえ送風機をまだ必要であるとしても、上述のプロセスを使用することで、送風機の排出圧力を低減し、従って、操作費用が低下する。

【0031】

2. 液相と気相はベンチュリー内で十分に混合され、その後膜モジュールの中に拡散し膜をスクラブ洗浄する。ジェットタイプ装置を使用して、液体媒体中に気体を強制的に混入する場合、より速い速度の気泡流れを生ずるという追加の利点が提供される。汚水処理において、使用する気体が空気又は酸素である場合、そのような十分な混合によって、優れた酸素移動が提供される。液体で満たされたパイプ内に気体を直接注入する場合、気体はパイプ壁の上に淀んだ気体の層を形成し、従って、気体と液体はバイパスしてモジュールの別の部分を通過し、その結果低い洗浄効率をもたらすこととなる可能性がある。

【0032】

3. 膜に沿う液体の流れによって気泡の流れは強められ、その結果発生する大きなスクラブ洗浄のせん断力を生ずる。気体／液体を供給するこの方法では、気体と液体の流量を独立して調整することができると、積極的な液体移動とアエレーションがもたらされる。

【0033】

4. 空気分配装置の穴の中に2相の流体（気体／液体）の混合物を注入することで、脱水された固形物の形成を防ぐことができ、従って、そのような脱水された固形物によって徐々に穴が閉塞することを防止できる。

【0034】

5. 更に、注入の配列（アレンジメント）は、モジュールの底部に効率的に洗浄薬剤（cleaning chemical）を注入するための効率的な洗浄機構を提供し、化学的洗浄を促進する洗い流し洗浄力を提供する。上述のモジュール構成で得られる高充填密度と組み合わせると、この配列によって、最少量の洗浄薬剤を用いて纖維を効率的に洗浄できる。

【0035】

6. 上述のモジュールの構成は、完全な充填部を著しく増加することなく、モジュール内に纖維のより高い充填密度を可能とする。これは、膜モジュールを曝気槽内に組み込む、あるいは、また、別のタンク内に配置することができるという、追加の融通性を加える。後者の配列において、タンク内に少量の洗浄薬剤を保持するので洗浄薬剤の使用量の点で、また、化学的洗浄工程は自動化できるので、労務費の点で、この利点は著しい節約となる。使用される洗浄薬剤はバイオプロセスにフィードバックされ得、なお有効な酸化剤で

10

20

30

40

50

あり、従って、その洗浄薬剤はバイオプロセスに有害な効果を有し得るから、使用される洗浄薬剤の削減も重要である。従って、バイオプロセス内に存在する化学的な負荷の削減は、どの程度であっても著しい利点を提供する。

【0036】

7. 気体と液体フィードの混合物を各々の膜モジュールに積極的に注入することは、膜の周囲でプロセス流体を均一に分配し、従って、濾過の間のフィード濃度の偏り（または分極）を最小にする。大規模のシステムにおいて、また、大量の懸濁物質を含むプロセスフィードについて、濃度の偏りはより大きい。従来技術のシステムでは、そのプロセス流体は通常タンクの一端から入ることが多く、モジュールを横切って移動するにつれて濃縮されるので、均一性に乏しい。その結果、幾つかのモジュールは、他のものよりもはるかに高濃度なものを処理し、そのため、非効率な運転となる。

10

【0037】

8. 濾過効率は、濾過抵抗が減少するので改善される。フィード側の抵抗は、膜の表面への横断パスの減少、並びに気泡及び二相流によって発生する乱れのため減少する。

【0038】

9. そのような洗浄方法を、膜を用いる飲料水、廃水の処理関連プロセスに使用できる。濾過プロセスを吸引又は加圧によって運転できる。

【0039】

図3～5には、仕切りを有する種々の配列の態様を示している。再び、これらの態様を円筒形の管状又は纖維膜のバンドル20について示しているが、本発明はそのような用途に制限されるものではないことはいうまでもない。

20

【0040】

図3は、幾つかの平行な仕切り隙間22によって、幾つかの薄いスライス21に垂直方向に仕切られている管状の膜のバンドル20を示す。バンドルをこのように仕切ることによって、充填密度を著しく損うこと無く、蓄積した固体物をより容易に除去することができる。そのような仕切りを設けることを、ポッティング（注封）プロセスの間に行うことができ、完全な仕切り又は部分的な仕切りを形成できる。仕切られたモジュールを形成するもう一つの方法は、図4に示すようにいくつかの小さな管状の膜のバンドル23を注封（pot）して、各々のモジュールにすることである。

【0041】

30

膜モジュールのもう一つの改良された構成を図5に示す。中央の膜のないゾーンは、通路24を形成し、より多くの空気と液体の注入を可能とする。気泡と液体は、管状の膜20に沿って移動し、纖維のアレイを通って上部の注封されたヘッド8にて出て行き、その間、膜の壁をスクラブ洗浄し、物質を除去する。気体のみ又は気体／液体の混合物をモジュールに注入できる。

【0042】

図6は、更に図5と類似するが、纖維膜20に洗浄用液体／気体混合物を入れることができるように、下のポット7の中に一つの中央穴30を有する更に別の態様を示す。この態様において、纖維は、穴30に隣接して延在し、上のポット8に向けて別々のバンドル23に集まる。大きな中央穴30によって、纖維の周囲により大きな液体の流れをもたらし、従って、洗浄効率が向上するすることが見出されている。

40

【0043】

図7及び8は、図6と同様な膜の構成を有し、図2の態様と同様のジェット混合システムを有する更に別の態様を示す。一つの中央穴30を使用することで、図8に示すように両端にて、纖維20から濾液を取り出すことが可能となる。

【0044】

図9及び10を参照すると、モジュール45は、上の注封ヘッド47及び下の注封ヘッド48に取り付けられ、これらの間で延在する、複数の中空纖維膜のバンドル46を有してなる。注封ヘッド47及び48は、適切なマニホールド（図示せず）に取り付けるため、各々注封スリーブ（potting sleeve）49及び50に配置される。纖維のバンドル46を

50

、スクリーン（仕切り）51によって包囲して、繊維間の過剰な動きを防止する。

【0045】

図9に示すように、下の注封ヘッド48に、幾つかの平行に配置されているスロットタイプのエアレーション穴（通気口、aeration hole）52を設ける。繊維膜53をバンドル46に注封して、繊維のバンドルを横切って延在する隙間54を有する仕切られている配列（アレンジメント）を形成する。エアレーション穴52を、通常仕切りの隙間と一致させるように配置するが、通常、各空間と組み合わせた複数のエアレーション穴が存在する。

【0046】

下の注封スリーブ50は、下のポット48の下に、空洞55を形成する。気体又は液体と気体の混合物を、（上述した）ジェットアッセンブリ57を用いて、この空洞55の中に注入し、その後、膜のアレイの中に穴52を介して通す。

【0047】

使用時には、仕切りを用いることで、特に繊維のバンドルの注封端部の付近では、高エネルギーの流れを洗い流すための気体と液体の混合物とすることができます、それは、膜繊維の周囲で蓄積した固体物を除去することを助長する。

【0048】

微生物の活動に酸素を供給するため、また連続的に膜を洗浄する（scour）ために、膜に連続的に空気を供給するの好ましい。別法では、用途によっては、空気の代りに純酸素又は他の気体の混合物を使用してよい。我々の上述の先の出願で記載したように、上のポットを通る膜の内腔（lumen）に取り付けられる吸引ポンプを用いて、きれいな濾液を膜から引き出す。

【0049】

反応器に高濃度の懸濁物質（MLSS）が存在するので、低い経膜圧力または濾過圧（transmembrane pressure: TMP）条件で、膜モジュールを運転するのが好ましい。

【0050】

膜バイオリアクターは、フィード汚水からの栄養分を更に除去することを助長する無酸素性（または嫌気性）プロセスと組み合わせるのが好ましい。

【0051】

使用されるモジュールシステムは多数の現在のシステムより高いMLSSに対する耐性が高く、効率的な空気洗浄（スクラブ）及び（使用された場合）逆流が、バイオリアクターモジュールの効率的な操作及び性能を助長することが見出されている。

【0052】

本発明及びその態様を、バイオリアクターおよび同様のシステムへの適用に関連して記載したが、本発明は他のタイプの適用についても等しく利用できることが理解されよう。

【0053】

本発明は上述の特定の態様に限定されることはなく、本発明の概念又は範囲から逸脱することなく、本発明の他の態様及び具体例が可能であることが理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、膜モジュールの1つの態様の模式的側面図を示し、本発明の洗浄方法を説明する。

【図2】 図2は、同伴する気泡を形成するために用いるジェット型配列の1つの形態の、拡大した模式的側面図を示す。

【図3a】 図3aは、本発明の1つの態様に基づく、仕切られた膜モジュールの模式的側面図を示す。

【図3b】 図3bは、図3aの膜のバンドルの断面図を示す。

【図4a】 図4aは、本発明の別の態様に基づく、仕切られた膜モジュールの模式的側面図を示す。

【図4b】 図4bは、図4aの膜のバンドルの断面図を示す。

【図5a】 図5aは、本発明のもう1つの態様に基づく、仕切られた膜モジュールの模

10

20

30

40

50

式的側面図を示す。

【図 5 b】 図 5 b は、図 5 a の膜のバンドルの断面図を示す。

【図 6 a】 図 6 a は、本発明のもう 1 つの態様に基づく、仕切られた膜モジュールの模式的側面図を示す。

【図 6 b】 図 6 b は、図 6 a の膜のバンドルの断面図を示す。

【図 7】 図 7 は、図 2 と同様の、本発明の別の態様の図を示す。

【図 8】 図 8 は、図 2 と同様の、本発明の更に別の態様の図を示す。

【図 9】 図 9 は、本発明の膜モジュールのもう 1 つの好ましい態様の下端を図解的に示した断面斜視図を示す。

【図 10】 図 10 は、図 9 の膜モジュールの上端を図解的に示した断面斜視図を示す。

10

【図 1】

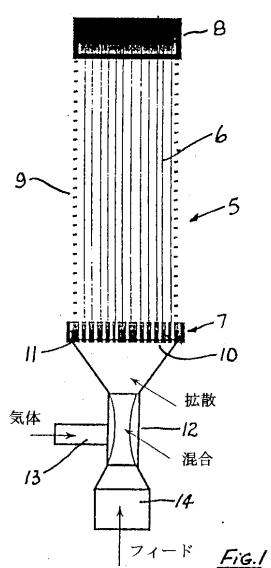


Fig.1

【図 2】

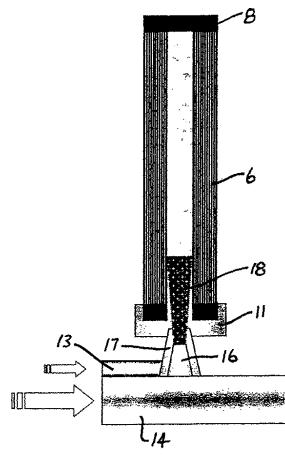
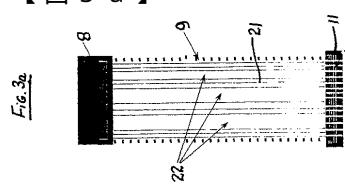


Fig.2

【図 3 a】



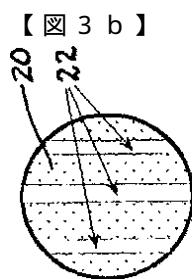


Fig. 3b

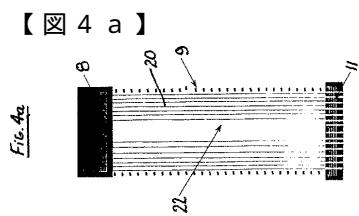


Fig. 4a

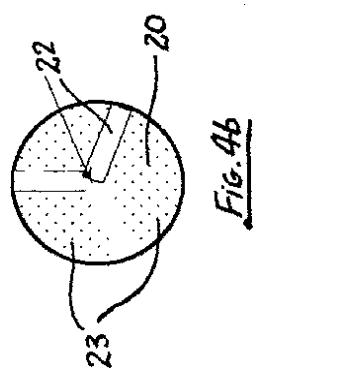


Fig. 4b

Fig. 6a

Fig. 6a

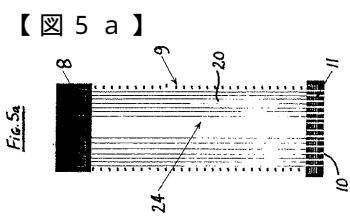
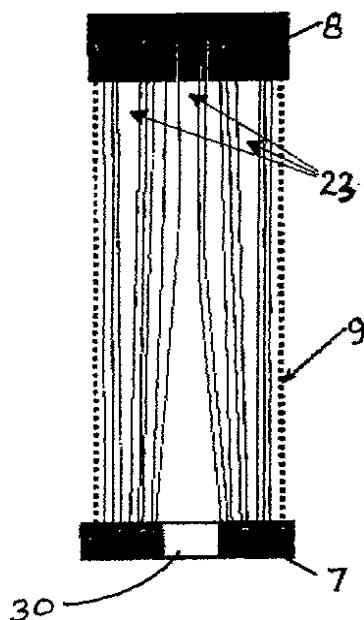


Fig. 5a

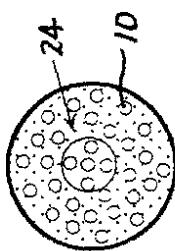


Fig. 5b

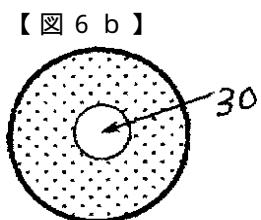


Fig. 6b

【図7】

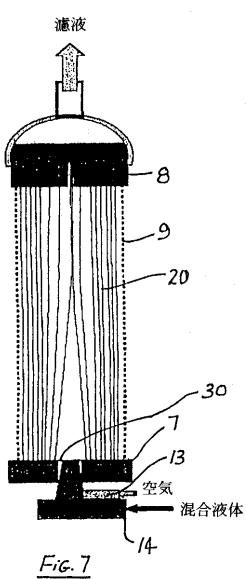


Fig. 7

【図8】

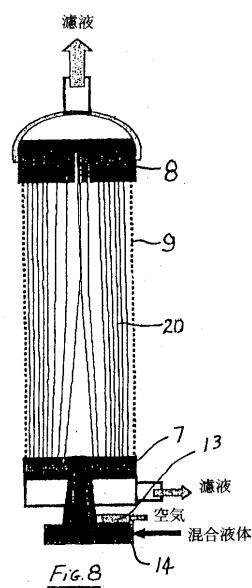


Fig. 8

【図9】

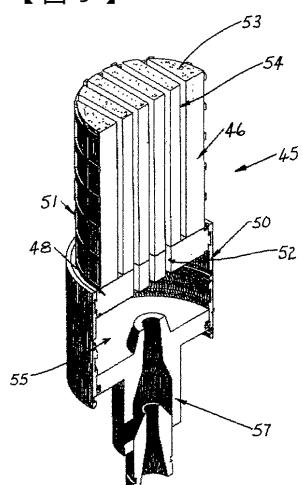


Fig. 9

【図10】

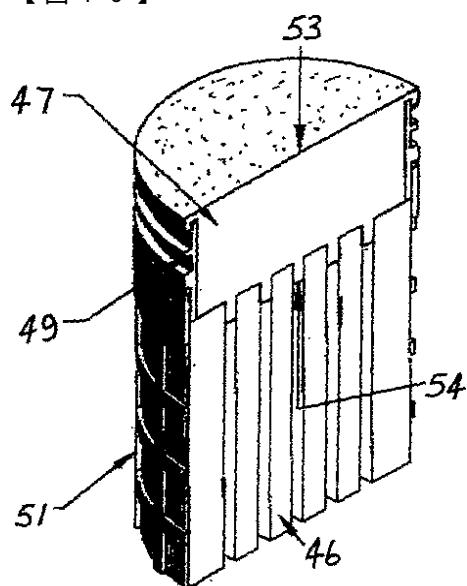


Fig. 10

---

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 PQ 1112

(32)優先日 平成11年6月21日(1999.6.21)

(33)優先権主張国 オーストラリア(AU)

(74)代理人 100068526

弁理士 田村 恭生

(74)代理人 100138885

弁理士 福政 充睦

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 葵

(72)発明者 ファン・ザ

オーストラリア 2145ニュー・サウス・ウェールズ州ウエストミード、ハウ・ストリート7番

(72)発明者 エドワード・ジョン・ジョーダン

アメリカ合衆国 66221カンザス州オーバーランド・パーク、フ林ト 14005番

審査官 大島 忠宏

(56)参考文献 特開昭61-192309(JP, A)

特開平09-220446(JP, A)

特開平07-265671(JP, A)

特開平04-087695(JP, A)

特開平06-086970(JP, A)

特開平04-108518(JP, A)

国際公開第98/028066(WO, A1)

特開平07-185268(JP, A)

特開平07-136471(JP, A)

特開平05-154356(JP, A)

特開平10-085565(JP, A)

特開平09-099227(JP, A)

特開平10-085562(JP, A)

特開平05-161831(JP, A)

特開平09-192458(JP, A)

特開昭61-242607(JP, A)

特開平11-005023(JP, A)

特開平11-033367(JP, A)

特開平06-343837(JP, A)

特開平04-110023(JP, A)

特開昭61-291007(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 63/02

B01D 65/02

B01D 69/08

C02F 1/44