

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4332180号  
(P4332180)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int.Cl.		F I		
<b>BO1J 19/12</b>	<b>(2006.01)</b>	BO1J 19/12		Z
<b>BO1J 19/00</b>	<b>(2006.01)</b>	BO1J 19/00	3 2 1	

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-525677 (P2006-525677)	(73) 特許権者	505211400
(86) (22) 出願日	平成16年8月19日(2004.8.19)		エーアフェルト・マイクロテックニク・ベー
(65) 公表番号	特表2007-533422 (P2007-533422A)		テーエス・ゲゼルシャフト・ミット・ベシ
(43) 公表日	平成19年11月22日(2007.11.22)		ュレンクテル・ハフツング
(86) 国際出願番号	PCT/EP2004/009307		Ehrfeld Mikrotechnik
(87) 国際公開番号	W02005/028095		k BTS GmbH
(87) 国際公開日	平成17年3月31日(2005.3.31)		ドイツ連邦共和国デー55234ヴェン
審査請求日	平成19年8月17日(2007.8.17)		デルスハイム、マイクロフォルム・リング1
(31) 優先権主張番号	10341500.9	(74) 代理人	100100158
(32) 優先日	平成15年9月5日(2003.9.5)		弁理士 鮫島 睦
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100107180
			弁理士 玄番 佐奈恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光化学反応を実施するマイクロフォトリアクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液状、ガス状またはディスパージョンである少なくとも1種の反応媒体において光化学反応を実施し、反応の実施に必要な光を、リアクターの外側に配置されている照射源(9)によって供給するマイクロフォトリアクターであって、反応媒体が反応ゾーン(2)の少なくとも1つの反応チャンネル(4)を流れて、該反応ゾーンの少なくとも一領域は光透過性であって、流れ方向は、反応媒体が少なくとも1つの反応チャンネル(4)において圧力差によって重力に逆らって運ばれるように、水平方向に対して10°~90°の角度で傾斜していることを特徴とする、マイクロフォトリアクター。

【請求項2】

反応ゾーンは、パネル形状に設計されている反応ゾーンパネル(2)であることを特徴とする、請求項1に記載のマイクロフォトリアクター。

【請求項3】

反応ゾーンパネル(2)は、少なくとも1つの下部パネル部(28)、および下部パネル部上に同一面に存している、下部パネル部に形状拘束的または力拘束的に取り付けられている、透明な上部パネル部(6)を含んで成ることを特徴とする、請求項2に記載のマイクロフォトリアクター。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

本発明は、液状、ガス状またはディスページョン (dispersion) である、少なくとも 1 種の反応媒体において、光化学反応を実施するためのマイクロフォトリアクター (microphotoreactor) に関する。

【0002】

光化学反応は、例えば、製薬、農薬、香料およびビタミンの分野において、特に、化合物の工業的合成に用いられている。そのような反応は、現在のところ、とりわけ、大規模なリアクター (または反応器) で行われている。該リアクターに関する 1 つの問題は、反応体を光で一様に照射して反応を実施することである。ドイツ特許公開公報 (DE - A 1) 第 10105427 号には、反応すべき媒体中に、ガスで満たされている中空のガラスまたは石英体が存在する、光化学反応器が記載されている。媒体中で光を直接生成するように、中空体中のガスを外部電磁場によって励起する。

10

【0003】

ドイツ特許公開公報 (DE - A 1) 第 3625006 号には、ランプ冷却装置の表面への光吸収層の形成を回避するために、内側から外側に、電気接続によって同軸に配置されているランプ、環状のガラス製ランプ冷却装置、ならびに反応チャンバー (ランプ冷却装置の外側ジャケット、および鏡付きの内壁を有するリアクターの内側ジャケットによって取り囲まれている) を含んで成る、光化学合成用フォトリアクターが記載されており、ブラシまたはワイパーが取り付けられたデバイスは、反応チャンバー内で回転して、フォトリアクターを操作する間、ランプ冷却装置の外側ジャケットに光吸収層が無い状態を保つように配置されている。

20

【0004】

常套のリアクターと対比して、マイクロリアクターは、より有利な表面積対体積比を提供することができる。この表面積対体積比を利用することにより、常套の光化学装置に比べて、反応溶液中での放射線の輸送を大幅に改善することもできる。常套の光化学反応ユニットの該比は、しばしば、ごく僅かな濃度の始めの生成物のみを使用できるということの意味する。これは、液体の照射層の厚さを効果的に制御できないという事実には部分的には起因する。

【0005】

H. Ehrlich による、アプリケーション・オブ・マイクロストラクチャード・リアクター・テクノロジー・フォー・ザ・フォトケミカル・クロリネーション・オブ・アルキルアロマティックス (Application of Microstructured Reactor Technology for the Photochemical Chlorination of Alkylaromatics) (chemia 56 (2002))、647 ~ 653 頁に、トルエン - 2, 4 - ジイソシアネートの選択的な光クロロ化にマイクロ流下膜式リアクター (micro-falling film reactor) の使用が記載されている。対応するマイクロ流下膜式リアクターは、ドイツ特許公開公報 (DE - A 1) 第 10162801 号にも記載されている。このリアクターは、窓を介して放射線を侵入させるが、その一部は、リアクターの設計に起因して暗くされるため、入射光の全量を使用しない。更に、流下膜の原理は、膜が破壊し得るという少なくとも潜在的なリスクを常に有するため、このリアクターは、滞留時間および照射時間を広範囲にわたって制御できないという欠点を有する。

30

40

【0006】

更なる光化学反应用マイクロリアクターが、Hang Lu による、フォトケミカル・リアクションズ・アンド・オンライン・UV・ディテクション・イン・マイクロファブリケイティッド・リアクターズ、ラボ・オン・ア・チップ (Photochemical reactions and on-line UV detection in microfabricated reactors, Lab on a chip) 2001、1、第 22 ~ 28 頁に記載されている。このマイクロリアクターでは、シリコンチップにチャンネルが備わっている。リアクターは、plex パネルで覆われていて、光による照射を可能にする。この文献に開示されているマイクロリアクターの不利点は、反応体のチャンネルでの滞留挙動があまり明確でないこと、そして、単一のチャンネルを含んで成るリアクターの設計が、流量および照射時間の効果的な調整を可能にしないことである。更

50

に、シリコン、即ち、Hang Luらによって記載されているリアクターに用いられている材料は、脆く、従って壊れ易く、洗浄が困難であり、そして多くの媒体に相溶性でない。

【0007】

従って、本発明の課題は、反応チャンパーにおいて反応体が特定の滞留挙動を有し、そして、流量および照射時間の調整を可能にする、マイクロフォトリアクターを提供することである。

【0008】

本発明の解決策は、液状、ガス状またはディスパージョンである少なくとも1種の反応媒体において光化学反応を実施し、反応の実施に必要な光をリアクターの外側に配置されている照射源（または放射線源）によって供給する、マイクロフォトリアクターで構成される。該マイクロフォトリアクターにおいて、反応媒体は、反応ゾーン（または反応帯もしくは反応域）にある少なくとも1つの反応チャンネルを流れて、このとき、該ゾーンの少なくとも一領域は光透過性であり、反応媒体が少なくとも1つの反応チャンネルにおいて圧力差によって重力に逆らって運ばれるように、流れ方向が水平方向に対して傾斜されており、そして、少なくとも1つの反応チャンネルの入口および出口が配置されている。

【0009】

水平方向に対して傾斜している流れ方向の角度は、好ましくは $10^{\circ}$ ～ $90^{\circ}$ の範囲であり、これにより、反応チャンネルにおいて、個々の反応チャンネル内で生ずるフリッジ効果よりも大きい流れ抵抗が生じる。このことは、反応チャンネルにおける狭い滞留時間分布をもたらす。水平方向に対する流れ方向の傾斜角度は、反応媒体の粘度に依る。粘度が増大すると流れ抵抗も増大するため、粘度が増大するときには、より低い角度を選択することができる。

【0010】

本発明の好ましい態様において、反応ゾーンは、少なくとも1つの反応チャンネルを含むパネル形状を有し、該チャンネルの少なくとも1つのパネル表面は透明である。そのような反応ゾーンパネルは、反応チャンネルが、透明パネル部で覆われている一パネル部においてのみ含まれるように設計することもできるが、逆のアレンジメントも可能である。

【0011】

流れ方向は、反応ゾーンの傾斜度によって決まる。

【0012】

装置における反応媒体の全滞留時間を決定づける部分は、反応媒体が照射域を通過して、光化学的に反応し得る間の時間にある。特定のモル数の化合物を転化するのに必要な照射時間を、以下の式によって予測することができる：

【数1】

$$t = n \frac{hcN_L}{I\lambda\phi} \quad (1)$$

tは照射時間（s：秒）、Iは放射力（W：ワット）、hはプランク定数（J：ジュール）、cは光速（m/s：メートル毎秒）、 $\lambda$ は波長（m：メートル）、 $N_L$ はアボガドロ数（ $\text{mol}^{-1}$ ）、nは照射分子のモル数、そして、 $\phi$ は反応の量子収率である。

【0013】

上述の式は、照射時間は、本質的に、量子収率、光源の強度および反応分子の数に依ることを示している。本発明のマイクロフォトリアクターの照射時間は、加わる圧力の差によって流量を調整することにより、必要に応じて調整することができる。さらに、反応ゾーンパネルを取り替えることによって、所望のスループットに応じて調整することができる。

【0014】

好ましい態様において、反応ゾーンは、10～10000の反応チャンネルを含む。実施する光化学反応によって、反応チャンネルを好適な寸法にする。反応チャンネルの好ましい深さおよび幅寸法は、10 μm～1000 μmの範囲である。

【0015】

反応チャンネルは、エッチングプロセス、レーザー媒体による処理、マイクロ放電加工または他のマイクロ製造プロセスによって、好ましくは製造する。反応チャンネルの深さは、一方では、チャンネルの縁に至るまで十分な照射が起こり、縁であっても、所望の転化率を実現するように選択する。他方では、最大限の放射線量を吸収して、入ってくるエネルギーの最大限の量を反応に使用することができるようにする必要がある。侵入深さは、ランベルトベールの法則によって、即ち、入射放射線強度が始めの入射放射線強度の90%まで下がるときの液層の厚さとして換算することができる。

10

【数2】

$$d_{90\%} = \frac{1}{\epsilon c} \quad (2)$$

【0016】

この式において、 $\epsilon$  および  $c$  は、モル吸光係数 (L/mol·cm) およびモル濃度 (mol/L) である。別法において、他の侵入深さ (例えば、元の強度の  $1/e$  に強度を換算) に設定することができる。

【0017】

20

好ましい態様において、反応チャンネルは、円形断面を有し、これにより、反応媒体に含まれる化合物のコーナーへの付着を回避する。

【0018】

マイクロチャンネルは、真っ直ぐな形状、角のある形状、湾曲形状、または当業者に知られている他の形状を有する、平行のアレンジメントに設計されていてよい。照射時間を調整するために、反応チャンネルは、同じ流量において、好ましくは照射反応ゾーンのより長い距離に及んでいてよい。

【0019】

更なる好ましい態様において、少なくとも2種の成分の混合が可能になるように、反応チャンネルへの入口を設計する。

30

【0020】

特に好ましい態様において、反応チャンネルはコーティングされており、用い得る被覆剤は、反応媒体の表面張力に影響を与え、流動性に影響を及ぼす被覆剤である。マイクロフォトリクターにおける化学反応に有利な影響を及ぼし得る、触媒活性な被覆剤が特に好ましい。用いる放射線のスペクトル範囲にわたって高い反射率を有する被覆剤であってもよい。

【0021】

更なる好ましい態様において、反応チャンネルはコーティングされていてよく、また、下部パネル層は、触媒活性である材料、反応媒体の表面張力に影響を及ぼす材料、または用いる放射線のスペクトル範囲にわたって高い反射率を有する材料からできていてよい。

40

【0022】

反応媒体の照射を可能にするために、反応ゾーンパネルは、好ましい態様において、少なくとも1つの下部パネル部および該下部パネル部に同一面に存している透明な上部パネル部を含んで成る。

【0023】

好ましい態様において、用いる照射源は、透明な上部パネルを通して、照射すべき反応媒体を照射する、例えば、ガス放出ランプ、半導体光源またはレーザーである。様々な波長または同時に用いられる様々なスペクトル範囲で光を放射する、様々な照射源であってよい。光化学反応に好適に用いられる照射源は、選択範囲において、均一かつスペクトル選択的に反応媒体を照射する。

50

## 【 0 0 2 4 】

マイクロフォトリアクターは、フラット形状、湾曲形状または円筒形状であり得る。湾曲状または円筒状であるとき、透明パネル部は、照射源に面して内側に好ましくは配置されている。

## 【 0 0 2 5 】

好ましい態様において、透明パネル部は、熱的に隔離されている（断熱されている）。この目的のために、該パネルは、断熱材でできていてよく、また、好ましくは、エアギャップを有する二重壁であってもよい。これにより、反応媒体が低温の際に、パネルの曇りを防止する。更なる好ましい態様において、透明パネル部は、ショートパス、ロングパス、バンドパスまたは干渉フィルタであり得るスペクトルフィルタの形態に設計されている。更に、透明パネル部はIRフィルタを含んでいてよく、照射源の赤外光部分による反応媒体の望ましくない加熱を防ぐことができる。

10

## 【 0 0 2 6 】

好ましい態様において、反応チャンネルは、下部パネル部に形成されている。反応チャンネルからの反応媒体のいずれの漏れも防ぐために、反応チャンネルは、透明な上部パネルに覆われている。透明パネル部は、平坦であってもよく、または、そこに形成されている反応チャンネルを含んでいてもよい。好ましい態様において、反応チャンネルは、下部パネル部および透明パネル部の両方に収容されていて、互いに一致して（または適合して）重なっている。このことは、反応チャンネルの断面形状は、下部パネル部における反応チャンネルの形状および透明パネル部における反応チャンネルの形状によって、予め定められることを意味する。

20

## 【 0 0 2 7 】

反応の間に生じる熱を放出するために、または、追加の熱を供給するために、反応ゾーンを熱伝達モジュールに、取り外しできるように取り付けることができる。反応ゾーンパネルの温度を調整するために、熱伝達モジュールは、電気加熱手段もしくはペルティエ素子を含んで成っていてよく、または、熱交換器の形態であってもよい。熱伝達モジュールにおいて、個々の加熱または冷却領域の間にギャップを含むことで、反応ゾーンパネルにおける流れ方向の温度勾配を調整することができる。反応ゾーンパネルの下部パネルまたは熱伝達モジュールのいずれかに組み込まれているセンサーを用いて、例えば、圧力、温度、粘度または流量を予め定めることができる。この目的のために、例えば、圧力センサー、温度センサー、熱伝導率センサー、粘度センサーもしくは放射線センサー、および容量センサー、誘導センサー、ピエゾ抵抗センサーもしくは誘電センサーまたは伝導度検出器もしくは超音波検出器を用いることができる。

30

## 【 0 0 2 8 】

以下に、図面を用いて本発明を更に詳しく説明する。

## 【 0 0 2 9 】

図1は、照射源を有する、垂直方向に配置されているマイクロフォトリアクターの斜視図を示す。

マイクロフォトリアクター1は、反応ゾーンパネル2の形態である反応ゾーンを含んで成り、ハウジング3に収容されている。光化学反応が行われる反応チャンネル4は、反応ゾーンパネル2に収容されている。反応ゾーンパネル2のサイズに応じて、好ましくは10～10000個の反応チャンネル4を、反応ゾーンパネル2に収容することができる。平行かつ真っ直ぐの反応チャンネル4を有する、図1に示すアレンジメントに加えて、反応チャンネル4は、角があっても、若しくは湾曲状であってもよく、また、当業者には既知の他のいずれの所望の方法で配置されていてもよい。

40

## 【 0 0 3 0 】

反応ゾーンパネル2は、ハウジング3に、形状拘束的に（もしくはポジティブに）、または力拘束的に（もしくは非ポジティブに）取り付けることができる。図1に示す態様では、反応ゾーンパネル2は、スクリュー5によってハウジング3に力拘束的に固定されている。反応ゾーンパネル2は、反応に必要な波長の光に対して透明である、透明な上部パ

50

ネル部 6 によってシールされている、下部パネル部を好ましくは含んで成る。

【 0 0 3 1 】

反応ゾーンパネル 2 に、入口 7 を介して反応媒体を供給する。反応体の混合が、反応ゾーンパネル 2 においてのみ行われる場合には、反応体をその入口 7 に供給する必要がある。

【 0 0 3 2 】

光化学反応によって得られる生成物を、出口 8 を介してマイクロフォトリアクター 1 から除去する。反応チャンネル 4 において重力によってもたらされる流れ抵抗に加えて、流れ抵抗を増加させるために、出口 8 にバルブを配置することができる。反応チャンネル 4 において、圧力差によって反応媒体を移動させる（または送る）。光化学反応に必要な光を照射源 9 から放射する。適当な照射源は、例えば、ガス放出ランプ、半導体光源またはレーザーである。照射源 9 は、光化学反応に必要な波長範囲で光が照射されるように選択する。光の波長範囲は、赤外線範囲から、可視光範囲を経て、紫外光範囲までであり得る。好ましくは、照射源 9 は、放射光が、参照数字 10 で付された方向で反応ゾーンパネル 2 に当たるように設計されている。

10

【 0 0 3 3 】

マイクロフォトリアクターには、圧力、温度、粘度および流量をモニターするセンサーが組み込まれていてよい。従って、ハウジング 3 に配置されている電気接続部 11 を介して、センサーへの電圧供給（そのような供給が必要であれば）、およびデータ送信を行うことができる。ケーブル、光ファイバまたは無線技術によって、外部の周辺装置に該データを送信することができる。周辺装置の役目は、温度、圧力、流量、照射強度または照射波長を、記録、表示、処理および調整することである。転化率の測定に基づいて照射強度または照射波長を好ましくは測定する。外部の周辺装置として、好ましくはコンピュータを用いる。

20

【 0 0 3 4 】

図 2 . 1、2 . 2 および 2 . 3 は、反応ゾーンパネルにおける反応チャンネルの様々な態様を示す。

【 0 0 3 5 】

図 2 . 1 に示す態様では、反応チャンネル 4 は、反応ゾーンパネル 2 において、平行かつ真っ直ぐに配置されている。反応チャンネル 4 の下部領域において、入口開口部 12 を介して、反応媒体を供給する。次いで、（該図では示していない）照射源 9 から光を照射する間に、個々の反応チャンネル 4 において反応媒体が上向きに流れる。次いで、反応チャンネル 4 において反応媒体が反応して生成物を生成する。生成物は、反応チャンネル 4 の上に配置されている収集ゾーン 13 に集まる。生成物は、出口 14 を介して収集ゾーン 13 から除去される。

30

【 0 0 3 6 】

対して、図 2 . 2 は、角のある反応チャンネル 4 に関する態様を示す。本態様においても、同様に、入口開口部 12 を介して、反応媒体を反応チャンネル 4 に導入する。反応チャンネル 4 において、反応媒体を生成物に変える光化学反応が起こる。生成物は、収集ゾーン 13 に集まり、出口 14 を介して収集ゾーン 13 から排出される。反応チャンネル 4 は角のあるアレンジメントであるため、反応ゾーンパネル 2 には、真っ直ぐな反応チャンネルの場合よりも少ない反応チャンネル 4 が収容されていてよい。従って、角のある反応チャンネル 4 に起因して、マイクロフォトリアクターにおける流路および滞留時間は長くなる。

40

【 0 0 3 7 】

図 2 . 3 は、構造体 15 が付された、広い反応チャンネル 4 に関する更なる態様を示す。図 2 . 3 に示す設計バリエーションにおいても、反応媒体を、反応ゾーンパネル 2 の下部領域で入口開口部 12 に導入する。該変形では、反応ゾーンパネル 2 の上部領域に配置されている出口 14 を介して生成物を除去する。図 2 . 3 に示す態様では、1つの反応チャンネル 4 を介して全ての反応媒体を運ぶため、収集ゾーン 13 を省くことができる。加えて、図 2 . 3 に示す設計バリエーションでは、側部に配置されている開口部 16 を介して、更な

50

る流体を供給することができる。反応チャンネル4における構造体15により、開口部16を介して側部に加えられた流体は、入口開口部12を介して導入された反応媒体と混合する。開口部16を介して流体を加えることによって、例えば、反応媒体から除去され得る固体粒子を伴った、横向きのストリームを生成する。次いで、反応媒体中の固体粒子を含む横向きのストリームを、出口開口部29を介してチャンネルから除去することができる。

【0038】

図3は、組み込まれた混合構造体を有する反応ゾーンパネルを示す。

【0039】

図3に示す態様は、本質的には図2.1に示す態様に相当する。図2.1に示す態様と対比して、反応媒体の反応チャンネルへの導入は、各ケースにおける1つの入口開口部12を介して行わず、混合ゾーン20を介して行い、該ゾーンにおいて、第1流体を、第1流体用入口開口部17を介して反応チャンネル4に供給し、また、第2流体を、第2流体用入口開口部18を介して反応チャンネル4に供給する。第1流体と第2流体との激しい混合を保証するために、入口開口部17および18は交互に配置されている。図3に示す設計バリエーションにおいて、第1流体用入口開口部17は、各ケースにおいて反応チャンネル4の右側に配置されており、また、第2流体用入口開口部18は、反応チャンネル4の左側に配置されている。第1流体用入口開口部17は、第2流体用入口開口部18と互いにかみ合い、これにより、2つの流体の激しい混合を保証する。反応媒体は、反応チャンネル4において、参照符号19が付された流れ方向で収集ゾーン13に流れる。次いで、生成物を、出口14を介して収集ゾーン13から除去する。交互に配置され、互いにかみ合っている入口開口部17および18に加えて、プロフィールセクションを反応チャンネル4に取り付けて、反応媒体成分を混合することもできる。次いで、混合ゾーン20の領域および/または混合ゾーン20に続く領域に、光化学反応に必要な照射を行うことができる。

【0040】

図4は、熱伝達モジュールおよび反応ゾーンパネルを有するマイクロフォトリアクターを示す。

【0041】

光化学反応の間に生じた熱を放出し、または、更なる熱を供給することができるように、反応ゾーンパネル2を熱伝達モジュール21に、取り外しできるように、好ましくは取り付けることができる。この設計では、電気加熱要素22または温度調整(tempering)媒体のいずれかを介して、熱を供給することができる。例えば、水またはサーマルオイルが適当な温度調整媒体である。温度調整媒体用入口23を介して、温度調整媒体を熱伝達モジュールに供給し、そして、再び温度調整媒体用出口24を介して除去する。温度調整媒体を用いて反応ゾーンパネル2を加熱または冷却するために、熱伝達モジュール21には、温度調整媒体が通って流れる流体チャンネルが配置されている。反応ゾーンパネル2での反応媒体の流れ方向に対して横向きに配置されている、熱伝達モジュール21にあるギャップ25のアレンジメントによって、熱伝達モジュール21を個々の温度調整領域26に細分することができる。個々の温度調整領域26を異なって温度調整するとき、これにより、反応ゾーンパネル2に温度勾配を生じさせる。個々の温度調整領域26の温度をモニターするために、温度センサー27が温度調整領域26に好ましくは配置されている。温度センサー27として、例えば、熱電対または抵抗温度計が適当である。

【0042】

反応ゾーンパネル2は、取り外しできるように熱伝達モジュール21に取り付けられているため、他の反応条件が要求される場合、または異なった反応を実施すべき場合において、反応ゾーンパネル2を容易に取り替えることができる。

【0043】

スループット(または処理量)を増やすために、いくつかのマイクロフォトリアクター1を並列に配置することが容易である。個々のマイクロフォトリアクターを並列に配置す

10

20

30

40

50

ることの利点は、反応のスループットを増大させる際に、反応条件が変化しないことである。

【0044】

反応チャンネル4の平行のアレンジメントに加えて、反応チャンネル4を連続して(直列で)配置することもできる。

【0045】

図5.1は、第1態様の反応ゾーンパネルの断面を示す。

【0046】

反応ゾーンパネル2は、下部パネル部28および透明な上部パネル部6を含んで成る。下部パネル部28は、反応媒体の表面張力に有利な影響を与える材料、または触媒活性を有する材料、もしくは用いられる放射線のスペクトル範囲において高い反射率を有する材料から好ましくは製造されている。

【0047】

透明パネル部6は、断熱するように好ましくは設計する。この目的のために、該部は、断熱材から製造されるか、またはエアギャップ32を有するいずれかであり得る。

【0048】

図5.1に示す態様において、反応チャンネル4は、下部パネル部28に形成されている。該図に示す半円の断面に加えて、反応チャンネル4は、三角形、四角形、台形または当業者に知られている他のいずれの所望の断面を有することもできる。

【0049】

反応チャンネル4は、透明な上部パネル部6によって、好ましくはシールされている。この目的のために、透明な上部パネル部6は、下部パネル部28に、形状拘束的に、または力拘束的に好ましくは取り付けられている。図5.1の態様と対比して、図5.2の反応チャンネル4は、透明な上部パネル部6にも形成されている。下部パネル部28および透明な上部パネル部6に形成されている反応チャンネル4が、互いに一致して(または適合して)重なっているという事実によって、円形断面の反応チャンネル4を形成することができる。反応チャンネル4にコーナーが生じるのを防ぐことにより、反応媒体からの物質のチャンネル壁30、31への堆積を好都合にも回避する。

尚、本発明は以下の態様を包含する：

(態様1)

液状、ガス状またはディスパーションである少なくとも1種の反応媒体において光化学反応を実施し、反応の実施に必要な光を、リアクターの外側に配置されている照射源(9)によって供給するマイクロフォトリアクターであって、反応媒体が反応ゾーン(2)の少なくとも1つの反応チャンネル(4)を通して流れ、該反応ゾーンの少なくとも一領域は光透過性であって、流れ方向は、反応媒体が少なくとも1つの反応チャンネル(4)において圧力差によって重力に逆らって運ばれるように、水平方向に対して10°~90°の角度で傾斜していることを特徴とする、マイクロフォトリアクター。

(態様2)

反応ゾーンは、反応ゾーンパネル(2)の形態に設計されていることを特徴とする、態様1のマイクロフォトリアクター。

(態様3)

反応ゾーンパネル(2)は、取り外しできるように熱伝達モジュール(21)に取り付けられていることを特徴とする、態様2のマイクロフォトリアクター。

(態様4)

反応ゾーンパネル(2)は、フラット形状、湾曲形状または円筒形状に設計されていることを特徴とする、態様2または3のマイクロフォトリアクター。

(態様5)

反応ゾーンパネル(2)は、少なくとも1つの下部パネル部(28)、および下部パネル部上に同一面に存していて、下部パネル部に形状拘束的または力拘束的に取り付けられている、透明な上部パネル部(6)を含んで成ることを特徴とする、態様2~4のいずれ

10

20

30

40

50

かのマイクロフォトリアクター。

( 態様 6 )

少なくとも1つの反応チャンネル(4)は、下部パネル部(28)に收容されていることを特徴とする、態様5のマイクロフォトリアクター。

( 態様 7 )

少なくとも1つの反応チャンネル(4)は、透明な上部パネル部(6)に收容されていることを特徴とする、態様5または6のマイクロフォトリアクター。

( 態様 8 )

下部パネル部(28)は、用いられる放射線のスペクトル範囲において高い反射率を有する材料から製造されていることを特徴とする、態様5～7のいずれかのマイクロフォトリアクター。

10

( 態様 9 )

下部パネル部(28)は、触媒活性を有する材料から製造されていることを特徴とする、態様5～7のいずれかのマイクロフォトリアクター。

( 態様 10 )

少なくとも1つの反応チャンネル(4)は、スペクトル範囲において高い反射率を有する材料、または触媒活性を有する材料でコーティングされていることを特徴とする、態様1～7のいずれかのマイクロフォトリアクター。

( 態様 11 )

透明な上部パネル部(6)は、断熱材から製造されていることを特徴とする、態様5～10のいずれかのマイクロフォトリアクター。

20

( 態様 12 )

透明な上部パネル部(6)は、スペクトルフィルタとして機能することを特徴とする、態様5～11のいずれかのマイクロフォトリアクター。

( 態様 13 )

熱伝達モジュール(21)は、反応ゾーンパネル(2)の温度を調整する電気加熱要素もしくはペルティエ素子を含んで成るか、または、熱交換器として設計されていることを特徴とする、態様3のマイクロフォトリアクター。

( 態様 14 )

熱伝達モジュール(21)は、反応ゾーンパネル(2)に沿って流れ方向に温度勾配を調整できるように設計されていることを特徴とする、態様3～13のいずれかのマイクロフォトリアクター。

30

( 態様 15 )

反応媒体をモニターし、反応パラメータを調整するセンサー(27)が、下部パネル部(28)または熱伝達モジュール(21)に收容されていることを特徴とする、態様1～14のいずれかのマイクロフォトリアクター。

( 態様 16 )

混合ゾーン(20)が、少なくとも1つの反応チャンネル(4)に收容されていて、少なくとも2種の反応媒体を混合することを特徴とする、態様1～15のいずれかのマイクロフォトリアクター。

40

( 態様 17 )

混合ゾーン(20)を照射できることを特徴とする、態様16のマイクロフォトリアクター。

( 態様 18 )

光照射を、混合ゾーン(20)に続いて直接実施することを特徴とする、態様16のマイクロフォトリアクター。

( 態様 19 )

少なくとも1つの反応チャンネル(4)は、反応媒体の表面張力に有利な影響を及ぼす材料でコーティングされていることを特徴とする、態様1～18のいずれかのマイクロフォトリアクター。

50

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】図1は、照射装置を有する、垂直方向に配置されているマイクロフォトリアクターの斜視図である。

【図2.1】図2.1は、真っ直ぐな反応チャンネルを有する反応ゾーンパネルの概略図である。

【図2.2】図2.2は、角のある反応チャンネルを有する反応ゾーンパネルの概略図である。

【図2.3】図2.3は、構造化された壁を含むチャンネルを有する反応ゾーンパネルの概略図である。

【図3】図3は、組み込まれた混合構造体を有する反応ゾーンパネルの概略図である。

【図4】図4は、熱伝達モジュールおよび反応ゾーンパネルを有するマイクロフォトリアクターを示す。

【図5.1】図5.1は、第1態様の反応ゾーンパネルの断面である。

【図5.2】図5.2は、第2態様の反応ゾーンパネルの断面である。

【符号の説明】

【0051】

1...マイクロフォトリアクター、2...反応ゾーンパネル、3...ハウジング、4...反応チャンネル、5...スクリュー、6...透明な上部パネル部、7...入口、8...出口、9...照射源、10...光線の方向、11...電気接続部、12...入口開口部、13...収集ゾーン、14...出口、15...構造体、16...開口部、17...第1流体用入口開口部、18...第2流体用入口開口部、19...流れ方向、20...混合ゾーン、21...熱伝達モジュール、22...加熱要素、23...温度調整媒体用入口、24...温度調整媒体用出口、25...ギャップ、26...温度調整領域、27...温度センサー、28...下部パネル部、29...出口開口部、30...第1チャンネル壁、31...第2チャンネル壁。

【図1】

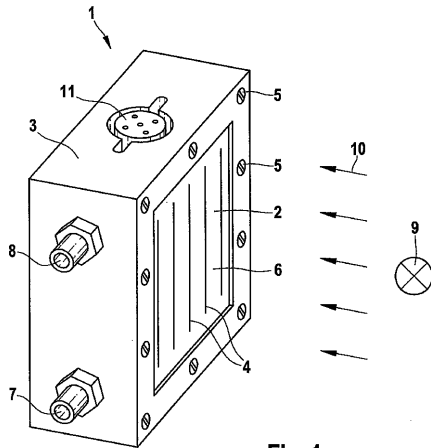


Fig. 1

【図2.1】

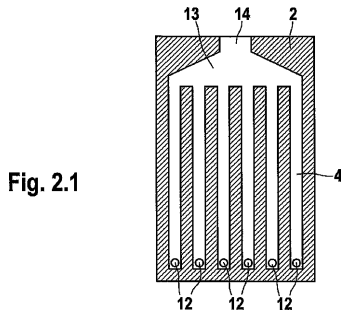


Fig. 2.1

【図2.2】

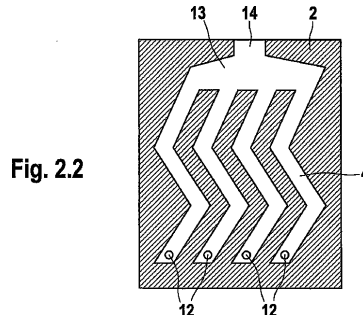


Fig. 2.2

【図2.3】

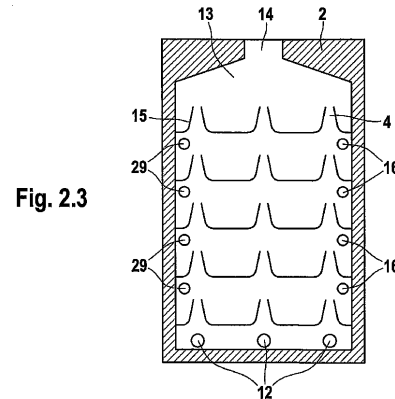
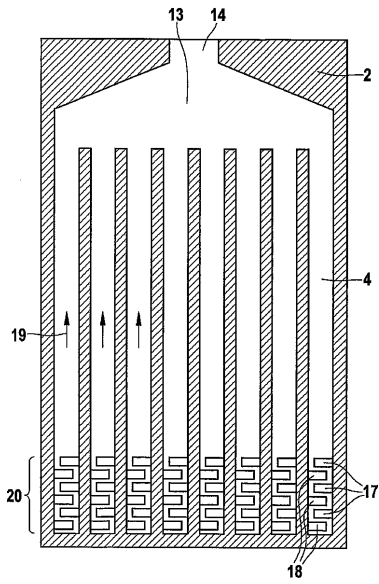


Fig. 2.3

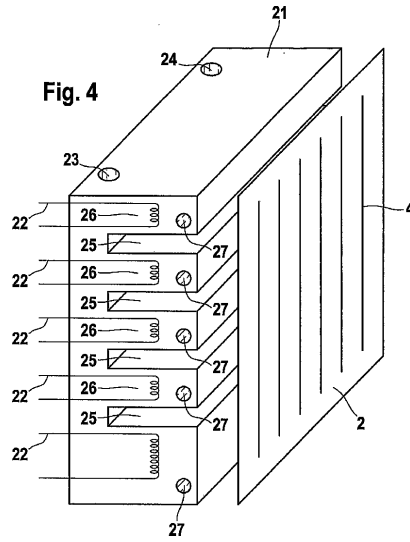
10

20

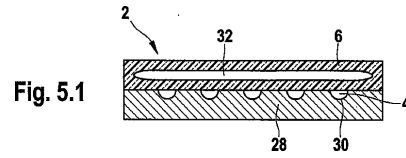
【 図 3 】  
Fig. 3



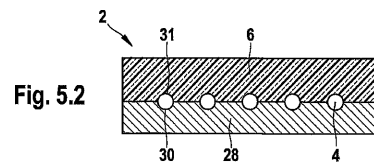
【 図 4 】



【 図 5 . 1 】



【 図 5 . 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ヴォルフガング・エアフェルト

ドイツ連邦共和国デー - 5 5 1 2 4 マインツ、ケールヴェーク 2 2 番

(72)発明者 フランク・シェール

ドイツ連邦共和国デー - 6 4 2 9 3 ダルムシュタット、ラントヴェーアシュトラッセ 5 番

審査官 中澤 登

(56)参考文献 特表平 0 8 - 5 0 8 1 9 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 0 5 5 1 1 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B01J10/00-12/02, 14/00-19/32

B81B 1/00- 7/04

B81C 1/00- 5/00

B82B 1/00- 3/00

G01N 1/00- 1/34

G01N35/00-37/00

C12N15/00

C12M 1/00- 3/10