

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2003-516223  
(P2003-516223A)

(43) 公表日 平成15年5月13日 (2003.5.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
B 0 1 J 19/24		B 0 1 J 19/24	Z 4 G 0 7 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2001-543252(P2001-543252)  
 (86) (22) 出願日 平成12年10月28日 (2000.10.28)  
 (85) 翻訳文提出日 平成14年6月5日 (2002.6.5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE 00/03844  
 (87) 国際公開番号 WO 01/041916  
 (87) 国際公開日 平成13年6月14日 (2001.6.14)  
 (31) 優先権主張番号 199 59 249.7  
 (32) 優先日 平成11年12月8日 (1999.12.8)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)  
 (81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CN, JP, US

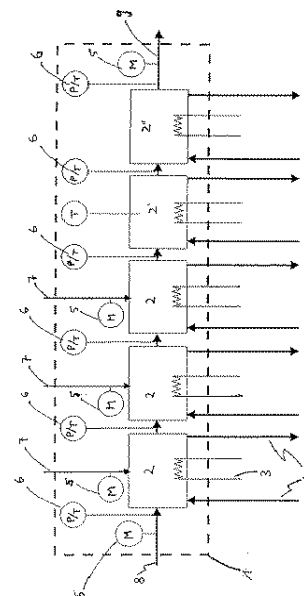
(71) 出願人 インスティトゥート フュア ミクロテクニク  
 マアインズ ゲーエムベーハー  
 ドイツ連邦共和国 マアインズ 55129  
 カール-ツァイス-ストラッセ 18-20  
 (72) 発明者 ロヴェ, ホルガー  
 ドイツ連邦共和国 オッペンハイム  
 55276 アンナー-セガース-ストラッセ  
 3  
 (72) 発明者 ハオスナー, オリパー  
 ドイツ連邦共和国 マアインズ 55130  
 モンクストラッセ 27  
 (74) 代理人 弁理士 重信 和男 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モジュール式マイクロ反応システム

(57) 【要約】

モジュール式マイクロ反応システムは、ハウジングと、該ハウジング内に格納された機能的な基本モジュールとを有し、前記ハウジングは少なくとも1つの流体入口と少なくとも1つの流体出口とを有し、前記基本モジュールは前記ハウジング内において直列に前後に配設され、かつ流体が前記基本モジュールを連続して貫流可能であるように形成され、前記基本モジュールの少なくともあるものは、フィルム積層を形成しつつ、固定または取り外し可能に互いに結合された板状の略長方形の互いに積み重ねた複数のフィルムから構成され、該フィルムの1つまたは複数の一方または両方の表面にマイクロ構造のチャンネル、センサ要素、加熱要素またはそれらの組合せを備え、および各フィルム積層は、表面にチャンネルが設けられた少なくとも1つのフィルムを備え、前記チャンネルは、流体ラインのためにフィルム積層の一方の側面からフィルム積層の対向するまたはそれに隣接する側面に通じるように形成される。簡単に取り扱うことができる可変のマイクロ反応システムを用意するために、前記基本モジュール (2、2'、2'') は、前記フィルム積層に



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハウジングと、該ハウジング内に格納された機能的な基本モジュールとを有するモジュール式マイクロ反応システムであって、前記ハウジングが少なくとも1つの流体入口と少なくとも1つの流体出口とを有し、前記基本モジュールは前記ハウジング内において直列に前後に配設され、流体が前記基本モジュールを連続して貫流可能であるように形成され、前記基本モジュールの少なくともあるものは、フィルム積層を形成しつつ、固定または取り外し可能に互いに結合された板状の略長方形の互いに積み重ねた複数のフィルムから構成され、該フィルムの1つまたは複数は一方または両方の表面にマイクロ構造のチャンネル、センサ要素、加熱要素またはそれらの組合せを備え、および各フィルム積層が、表面にチャンネルが設けられた少なくとも1つのフィルムを備え、前記チャンネルが流体ラインのためにフィルム積層の一方の側面からフィルム積層の対向するまたはそれに隣接する側面に通じるように形成される、システムにおいて、前記基本モジュール(2、2'、2")が、前記フィルム積層に固定または取り外し可能におよび液密に結合されたそれぞれ少なくとも1つのフレーム要素(10)を有し、前記フィルム積層が前記フレーム要素と共にユニットとしてハウジング(1)内に組み込み可能かつ該ハウジングから取り外し可能であることを特徴とするシステム。

【請求項2】 前記フレーム要素(10)の外周がハウジング(1)の内部断面に一致し、ハウジング内壁に液密に当接することを特徴とする、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】 前記基本モジュール(2、2'、2")が少なくとも2つのフレーム要素(10)を備え、該フレーム要素が、フィルム積層の対向側に配設されることを特徴とする、請求項1または2に記載のシステム。

【請求項4】 前記フレーム要素(10)の外周およびハウジング(1)の内部断面が長方形であることを特徴とする、請求項1～3のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項5】 前記フレーム要素(10)の外周が、少なくとも部分的に、好ましくは全周にわたって、前記ハウジングの長手軸線方向の前記フィルム積

層の周囲よりも大きいことを特徴とする、請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 6】 前記フレーム要素（10）が断熱材料、好ましくはセラミックから製造されることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 7】 前記ハウジング（1）内で前後に配設された 2 つの基本モジュール（2、2'、2''）の隣接したフレーム要素（10）が、互いに当接して空洞部（11）を形成し、該空洞部の 4 つの側面がフレーム開口部の内面によって、かつ、2 つの側面がフレームに結合されたフィルム積層のそれぞれ 1 つの側面によって画定されることを特徴とする、請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 8】 前記フレーム要素（10）が、フレーム開口部内に加圧センサおよび／または温度センサ（6）を具備することを特徴とする、請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 9】 前記フィルムの 1 つまたは複数がフィルム積層内に流体ライン要素として形成され、該流体ライン要素がその表面に、流体が流れてぶつかるフィルム積層の側面から前記フィルム積層を通してフィルム積層の対向側に通じるチャンネルを備え、

および／またはフィルム積層内のフィルムの 1 つまたは複数が熱伝達要素として形成され、該熱伝達要素が、それらの表面にチャンネルと、冷却または加熱流体用の少なくとも 1 つの流入開口部および流出開口部とを備え、前記熱伝達要素の流体案内領域が、前記流体ライン要素の流体案内領域からの流体の進入に対し封止され、

および／またはフィルム積層内のフィルムの 1 つまたは複数が温度および／または圧力センサ要素、加熱要素またはそれらの組合せとして形成されることを特徴とする、請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 10】 少なくとも 1 つの基本モジュールが流体混合機として形成され、該流体混合機が、前記フィルム積層内に前記ハウジングの流体入口から混合室に通じるチャンネルを備え、該混合室は、好ましくは前記流体混合機とその

後に前記ハウジング内に配設された別の基本モジュールとの間の空洞部であることを特徴とする、請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 1】 前記流体混合機が、前記ハウジングの別の流体入口からおよび／または前記ハウジング内の前記流体混合機の前に配設された基本モジュールから混合室に通じるチャンネルをさらに備えることを特徴とする、請求項 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 2】 少なくとも 1 つの基本モジュールが反応経路として形成され、該反応経路が、前記ハウジング内の前記反応経路の前に配設された基本モジュールからその後に配設された基本モジュールにまたは流体出口に通じるチャンネルを前記フィルム積層内に備えることを特徴とする、請求項 1～1 1 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 3】 前記反応経路のチャンネルに、触媒が設けられ、および好ましくはチャンネル表面と前記触媒との間に配設される坦体被覆が設けられることを特徴とする、請求項 1～1 2 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 4】 前記ハウジングが金属またはセラミックから製造されることを特徴とする請求項 1～1 3 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 5】 ハウジング壁に電気および／または流体接続部（1 7）が設けられることを特徴とする、請求項 1～1 4 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 6】 前記ハウジング壁に設けられた接続部（1 7）が、好ましくはハウジング（1）の縦方向に延在する接続ストリップ（1 6）として形成されることを特徴とする、請求項 1 5 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、流体の混合、冷却、加熱またはそれらの組合せに適した液相または気相反応を実施するためのモジュール式マイクロ反応システムに関する。

【0002】

本発明によるマイクロ反応システムは、ハウジングと、該ハウジング内に格納された機能的な基本モジュールとを有し、前記ハウジングは少なくとも1つの流体入口と少なくとも1つの流体出口とを有し、前記基本モジュールは前記ハウジング内において直列に前後に配設され、かつ流体が前記基本モジュールを連続して貫流可能であるように形成される。前記基本モジュールの少なくともあるものは、フィルム積層を形成しつつ、固定または取り外し可能に互いに結合された板状の略長方形の互いに積み重ねた複数のフィルムから構成され、該フィルムの1つまたは複数は一方または両方の表面にマイクロ構造のチャンネル、センサ要素、加熱要素またはそれらの組合せを備える。さらに、各フィルム積層は、表面にチャンネルが設けられた少なくとも1つのフィルムを備え、前記チャンネルは、流体ラインのためにフィルム積層の一方の側面からフィルム積層の対向するまたはそれに隣接する側面に通じるように形成される。

【0003】

DE-OS 19748481から、不均一気相反応の実施に特に適したマイクロ反応器が公知である。マイクロ反応器は、ハウジング側壁内に互いに向き合って配設された2つの気体入口を有する縦長のハウジングから構成される。気体入口は、案内部材の両側に配設された供給室にそれぞれ通じる。案内部材は、溝が設けられた少なくとも2つの種類AとBのフィルムから構成され、これらのフィルムは積層時にそれぞれ一群のチャンネルを形成し、これらのチャンネルは、両側で気体流入開口部から案内部材の中に流入する気体を案内部材に隣接する混合室の方向に90°方向転換し、この混合室で両方の供給されたガスを混合することができる。混合室には、同様に溝が設けられた互いに積み重ねた板状要素から構成された反応経路が接続され、混合室と反応経路の後方に設けられ流出室とを結合する。反応経路内の溝またはチャンネルは触媒材料が被覆されるか、あるいはこ

のような触媒材料から構成される。マイクロ反応器のハウジングは流出室の後方に流出開口部を備え、この開口部を通して生成気体が排出される。案内部材および反応経路の板状要素は、それらを個別にハウジングから取り出して、他の要素と交換することによって交換できる。板状要素のハウジングの縦方向または側方への移動を阻止するために、したがって貫流するガスが板状要素から成る積層の側を流れないように、ハウジング内室は板状要素の寸法に正確に整合される。ハウジングの略長方形の内室は、板状要素が組み込まれる位置に、内室を拡張する切欠きを備える。ハウジング内室の切欠きの長さとは幅は、切欠きが板状要素を正確に収容するように寸法決めされる。したがって、ハウジングは板状要素の長さとは幅に関して整合が正確な組込みのために設計される。

【0004】

この公知のマイクロ反応器の不都合は、ハウジング内に組み込むことができるのは、ハウジング内に設けられる切欠きにその長さとは幅が正確に対応する板状要素のみであるという点にある。さらに、板状要素から成る積層の組込みはハウジング形状によって予め規定されるので、このようなハウジングに積層を組み込むことができない。この公知のマイクロ反応器の別の不都合は、板状要素が操作時にしばしば膨張し、反り返るという点にある。膨張はハウジング壁およびその中に設けられた切欠きによって制約されるので、一方で、板状要素は膨張圧力の下で湾曲し、これによって個々の要素の間の気密封止はもはや保証されないことになる。さらに、板状要素はハウジング壁内に押し込まれるかまたは食い込み、その後ハウジングから取り出すことができないか、あるいは取り出しには大変な骨折りが伴う。

【0005】

したがって、本発明の課題は、従来の技術の上述の不都合を克服し、簡単に取り扱うことができる可変のマイクロ反応システムを提供することである。

【0006】

上記課題は、フィルム積層を具備する基本モジュールが、フィルム積層に固定または取り外し可能および液密に結合されたそれぞれ少なくとも1つのフレーム要素を有し、フィルム積層が、それと結合されたフレーム要素と共にユニットと

してハウジング内に組込み可能かつハウジングから取り出し可能であることを特徴とする、冒頭に述べた種類のモジュール式マイクロ反応システムによって解決される。

#### 【0007】

ハウジングの内壁は、個々の基本モジュールのための特別な切欠きが設けられず、本質的に滑らかであるか、あるいは前記内壁は、フレーム要素を位置決めするためのラスタを備える。このようなラスタは、ハウジング内壁の規則的に離間した突出部または窪部によって実現することができる。基本モジュールは、モジュール式システムに従って任意の数および任意の順序でハウジングの縦方向に組み込むことができる。組込み可能な基本モジュールの数はハウジングの全長によってのみ限定される。必要に応じて、同一のハウジング内に、例えば、種々の長さの反応経路を含むモジュールを使用することができる。このようにして、例えば、マイクロ反応システムの同一のハウジング内の反応経路に、異なる滞留時間を実現することができる。

#### 【0008】

フレーム要素の外周は、ハウジングの内部断面に一致し、ハウジング内壁に液密に当接することが有効である。フィルム積層もフレーム要素に液密に結合されるので、これによって、基本モジュールのフィルム積層を通過して流れる流体に対する封止を達成できる。追加して、フレーム周囲とハウジング内壁との間に、例えば黒鉛フィルムシールまたは差し込み封止要素のような封止材料をさらに設けることができる。

#### 【0009】

「フィルム」とは、本発明に関連して、通常略長方形の形態を有する板状要素を意味する。本発明のために使用されるフィルムまたは板状要素は、金属、金属合金またはステンレス鋼から構成されることが好ましく、この場合用途および規定に応じてケイ素または窒化ケイ素 (SiNX) 製のフィルムも適切である。後者は、熱抵抗要素およびセンサ用のベースとして特に使用される。金属または金属合金としては、金、銀、銅、ニッケル、ニッケルとコバルトの合金およびニッケルと鉄の合金が特に好ましい。フィルム材料としては、セラミック、およびポ

リテトラフルオルエチレン ( P T F E ) 、ポリエーテルエーテルケトン ( P E E K ) またはシクロオレフィンコポリマ ( C O C ) のようなプラスチックも適している。フィルムは、約 0 , 0 5 m m ~ 数 m m の厚さを有する。

【 0 0 1 0 】

互いに積み重ねたフィルムの相互結合またはフレームとフィルム積層との間の結合は、溶接またはろう付け、好ましくはレーザー溶接、レーザーろう付け、電子線溶接、マイクロ拡散溶接によって、あるいは例えばセラミックグリーンフィルムのようなセラミック中間層を介した接着または継ぎ合わせによって行うことが有効である。フィルムは、流体がそのために設けられたチャンネルのみを通して流れ、また2つのフィルムの間の望ましくない位置で飛び出すことができないように、フィルム積層内で互いに結合される。液密の結合は、フィルムの固定相互プレスによっても達成することができる。フィルムのマイクロ構造化、特にフィルム表面へのチャンネルの付与はエッチング、フライス加工または放電加工によって行われる。特に適切な方法は、L I G A またはレーザー L I G A である。ポリマ材料製のフィルムは型成形法によって製造されることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

「チャンネル」または「マイクロチャンネル」とは、本発明に関連して、フィルム的一方または両方の表面の溝状の窪部を意味する。このようなチャンネルの幅は 1 ~ 1 0 0 0  $\mu$  m 、好ましくは 5 ~ 5 0 0  $\mu$  m の範囲にある。通常、多数のチャンネルが互いに並んで、しばしば平行に、同時にいくつかの例では別の形態で延在して配設される。アスペクト比はチャンネル幅に対するチャンネルの深さの比率を表す。通常、マイクロチャンネルのアスペクト比は 1 以下である。

【 0 0 1 2 】

基本モジュール、フィルム積層等「の前」または「後方」という表示は、ハウジングの長手軸線に対する相対的位置を表し、この場合、流体出口の側面は前にあり、流体入口の側面は後方にある。

【 0 0 1 3 】

特に好ましいのは、フィルム積層を有する基本モジュールが、フィルム積層の対向側に配設された少なくとも2つのフレーム要素を具備する場合である。フレ



ーム要素がフィルム積層の端部により広く配設された場合、ハウジング壁とフィルム積層との間の流体が流入できる隙間容積はそれだけ小さくなる。本発明による特に好ましい実施形態では、フレーム要素の外周は、少なくとも部分的に、好ましくは全周にわたって、フィルム積層の周囲よりも大きい。この実施形態では、フレーム要素は、さらに間隔保持器として機能し、この結果、フィルム積層はハウジング壁に部分的にのみ接触するか、あるいは全く接触しない。これによって、ハウジング壁に対するフィルム積層の優れた断熱および電気絶縁が保証される。温度が非常に異なる場合、2つの基本モジュールを使用することがしばしば有効である。例えば、反応経路を含む基本モジュール内の反応がしばしば非常に高温で実施される場合、特に反応生成物が熱的に不安定である場合には、次に反応生成物を反応システムの後続の領域で強く冷却しなければならない。基本モジュールのフィルム積層およびハウジング壁の両方が通常金属製で熱良導体であり、それら両方が接触する場合、ハウジング壁を介してモジュール間の強力な熱交換が行われる。フレーム要素の形態によって保証されるフィルム積層とハウジング壁との間の間隔は、このような熱交換を著しく低減する。したがって、断熱材料からフレーム要素を製造することも特に有効である。特に適切なのは、セラミック材料である。

#### 【0014】

特に好ましいのは、ハウジング内で前後に配設された2つの基本モジュールの2つのフレーム要素が互いに当接し、この際に空洞部を形成して、この空洞部の4つの側面がフレーム開口部の内面によって、また2つの側面がフレームに結合されたフィルム積層のそれぞれ1つの側面によって画定される場合である。このような空洞部は、複数の流体が基本モジュールを通して同時に流れる場合、混合モジュールの場合に当てはまるように、例えば2つの基本モジュールの間の複数の流体を混合するために使用することができる。このような空洞部は、以下に拡散経路とも呼ぶ。このような空洞部またはこのような拡散経路の容積は、フレーム開口部の大きさとフレーム開口部に固定されたフィルム積層までのフレーム開口部の深さによって決定される。フレームが少なくとも部分的に1つのフィルム積層にわたって移動されるか、あるいは1つのフィルム積層がフレーム開口部の

中に組み込まれる場合、この領域のフレーム開口部の大きさはフィルム積層の外周によって予め設定される。したがって、空洞部または拡散経路を縮小するためには、フィルム積層が組み込まれる領域から、次の基本モジュールのフレーム要素と接触する領域までのフレーム開口部の周囲を縮小するかまたは薄化することが有効である。このことは、フレーム開口部の段階的縮小によって有効に行われる。次に、フィルム積層は、より大きな内周のフレーム開口部の領域に位置し、またこの際にフレーム開口部内の段部の前面に位置する。さらに、追加の当接面によって、フレーム要素とフィルム積層との間の流体封止が改善される。

#### 【0015】

しばしば、基本モジュールの前または後のシステムを流れる流体の圧力および／または温度のパラメータを単に検出するためにまたは同様に制御するために、前記パラメータを決定することが必要である。本発明の好ましい実施形態では、フレーム要素は、このために加圧センサおよび／または温度センサを具備する。圧力および温度センサは、フレーム内の孔を通してフレーム開口部の領域に案内することができる。

#### 【0016】

本発明によるマイクロ反応システムの機能的な基本モジュールは、種々の課題を実施するために設計されている。さらに、フィルム積層内の個々の基本モジュールは、基本モジュール内で異なる機能を果たす同様に種々の機能的要素を含む。フィルム積層内の個々の下部要素の機能は、追加の機能的構成要素、例えば熱抵抗要素またはセンサのマイクロ構造化および構造のような個々のフィルムの構造によって決定される。個々の基本モジュールが果たす機能は、種々のフィルムまたは下部機能要素の選択および層順序によって達成され、また規定の要件に個別に適合させることができる。また、多くの非常に異なる機能的な基本モジュールは市場で調達することができ、この結果、ユーザは、その必要性に応じて選択肢の大きな個々の要素からマイクロ反応システムを組み立てることができる。ハウジングのみがユーザに必要であり、このハウジングはユーザの要件に応じて機能的な基本モジュールに結合される。したがって、各要件を満たすために専用の完全なシステムは必要でないので、本発明によるマイクロ反応システムは最高の可変性を提供し

、費用を著しく節約する。

【0017】

以下に、基本モジュール内のフィルム積層のための本発明による特に有効な下部機能要素について説明する。下部機能要素は、単一に、あるいは他の機能的要素と組み合わせて任意の層順序でフィルム積層内にそれぞれ含ませることができる。例えば、混合モジュール、反応経路あるいは純粋な冷却または加熱モジュールのためにも、フィルム積層内の1つまたは複数のフィルムを、表面にチャンネルを備える流体ライン要素として形成することが有効であり、前記流体ライン要素は、流体入口からまたは隣接した基本モジュールから流れる流体を、流れがぶつかるフィルム積層の側面からチャンネルを通して対向側に導き、およびこの対向側から導出するように配設される。流体ライン要素を通して流れる流体を冷却または加熱するために、それらの表面にチャンネルと冷却または加熱流体用の少なくとも1つの流入開口部および流出開口部とを備えるフィルム積層内のフィルムの1つまたは複数を経路要素として形成することも有効であり、この場合熱伝達要素の流体案内領域は、流体ライン要素の流体案内領域からの流体の進入に対し封止される。このような熱伝達要素は、フィルム積層内の流体ライン要素の上方および/または下方に直接配設することが有効である。モジュールを通して流れる液体を加熱するために、例えば電気熱抵抗要素等のような他の加熱装置をフィルム上に取り付けることもできる。基本モジュール内部の温度または圧力を測定または調整する場合、このために、対応するセンサ要素を有するフィルムを設けることができる。温度センサとしては電気抵抗要素および熱電対が適しているが、このようなマイクロ技術用途のための光ファイバ温度測定要素および膜赤外線要素も公知であり、また適切である。さらに、貫流する流体量を検出および/または調整するマスフローセンサをフィルム積層内に格納することができる。公知のマイクロ技術のマスフローセンサは、第1の温度センサから流れる流体を加熱する電気熱抵抗要素を流体の流れの中の2つの温度センサの間に配設することを根拠とし、流体温度は第2の温度センサの下流側で測定される。両方の温度測定と比較は、チャンネル断面を考慮してマスフローに関する基準を提供する流速の基準を提供する。

## 【0018】

本発明のさらに好ましい実施形態では、ハウジングの流体入口および／または出口にマスフロー調整器が配設される。マスフロー調整器はマスフローセンサと、マスフローを制御するための弁と、対応する制御回路または調整電子回路とから構成される。このことは基礎モジュールのフィルム積層内部に当てはまるが、流入口および出口のより大きな寸法のため、本実施形態では小型化したマスフローセンサを組み込むことができる。

## 【0019】

複数の流体抽出物との反応を実施するため、あるいは1つまたは複数の流体抽出物と担体としての不活性流体とを混合する場合、あるいは希釈のためにそれらを混合する場合、少なくとも1つの基本モジュールを反応システム内の流体混合機として形成することが有効であり、この流体混合機は、フィルム積層内にハウジングの流体入口から混合室に通じるチャンネルを備え、この混合室は、好ましくは流体混合機とその後にハウジング内に配設された基本モジュールとの間の空洞部または拡散経路である。種々の流体入口からシステム内に流入する複数の流体を混合するために、流体混合機として形成された複数の基本モジュールを前後に配設することができる。しかし、流体混合機は、同時に3つ以上の流体がこの流体混合機に流入して、混合室に導くことができるように構成することもできる。

## 【0020】

反応経路として形成された基本モジュールは、ハウジング内の反応経路の前に配設された基本モジュールからその後に配設された基本モジュールに、室にまたは流体出口に通じるチャンネルをフィルム積層内に備える。本発明によるマイクロ反応システムの特に好ましい用途は、不均一接触の気相反応の検査および実施である。このために、反応経路のチャンネルには、好ましくは触媒、場合によっては触媒を含む担体被覆が設けられることが好ましい。触媒としては、貴金属、特にプラチナが適している。このため、反応経路のチャンネルに触媒材料を被覆することが有効である。代わりに、フィルムはまた、完全に触媒金属から製造することができる。チャンネル表面と触媒との間の担体層は、触媒とフィルム材料と

の間を接合するためにおよび／または触媒の表面を拡大するために適している。坦体層としては特に酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) が適しているが、従来の技術から他の多くの坦体材料も公知であり、本発明に従って組み込むことができる。

#### 【0021】

反応経路用のフィルム積層の本発明による特に好ましい層構造体は、a) 交互の熱伝達要素および流体ライン要素と、b) 交互の熱伝達要素、流体ライン要素およびセンサ要素、またはc) 交互の熱伝達要素、流体ライン要素および組み合わせたセンサ／加熱要素を具備する。

#### 【0022】

電気熱抵抗要素は、ワイヤとしてまたは薄い金属層としてフィルムに付与することができる。温度センサとしては、同様の方法で構成される抵抗要素または熱電対が適しているが、マイクロ技術の形態の光ファイバ温度センサも公知である。

#### 【0023】

本発明によるマイクロ反応システムのハウジングは、ハウジング下部とハウジングカバーとによって略箱状に有効に形成される。基本モジュールをハウジング下部の中に組み込んだ後、ハウジングはカバーによって確実に閉鎖され、この結果基本モジュールのフレーム要素は、ハウジング下部の内室と同一の方法で、ハウジングカバーに対して正確に整合かつ液密に接触する。固定のために、ハウジングカバーは下部にボルト止めされるかまたは他の方法でプレスすることができる。ハウジングは本質的に金属から製造されることが好ましいが、特に断熱および／または電気絶縁が要求される場合にはセラミックも適している。

#### 【0024】

加熱または冷却流体の供給のため、ならびに電気加熱要素およびセンサ用の給電および導電のため、ハウジングは、ハウジング壁内に対応する接続部を有する。好ましくは、これらの接続部は、ハウジングの部分または全長を介して延在して、多数の互いに並んで配設された接続部を有する接続ストリップとして形成され、前記接続部は、必要に応じてまたその後にハウジング内に配設された基本モジュールに使用することができる。しかし、複数の接続ストリップ、例えば電気

接点用の接続ストリップおよび熱伝達要素用の供給および誘導ラインを有する別の接続ストリップをハウジング壁に設けることもできる。

#### 【0025】

本発明のさらなる利点、特徴および実施形態について、いくつかの好ましい実施例および対応する図面の以下の説明を参考にして明らかにする。

#### 【0026】

図1は、本発明によるマイクロ反応システムの個々の要素の構成を概略的に示している。破線で示されたハウジング1は、3つの気体抽出物入口7と不活性ガス入口8と気体生成物出口9とを具備する。ハウジング内室には、機能的な基本モジュール2、2'、2"、すなわち混合モジュール2、反応経路2'およびクエンチモジュール（冷却または加熱モジュール）2"が前後に配設されている。ハウジング1の入口および出口7、8、9には、ガス流を測定して、バルブ制御によってガス流を調整するマスフロー調整器5がそれぞれ設けられている。さらに、個々の基本モジュール2、2'、2"の前後には、圧力および温度パラメータの検出および/または調整に使用される圧力および温度センサ6が設けられている。図示した基本モジュール2、2'、2"の各々には熱伝達要素が装備され、この熱伝達要素には、基本モジュール内の温度を調整するために流入路および流出路4を介して冷却または加熱流体（ガスまたは液体）を供給することができる。さらに、図示した基本モジュール2、2'、2"の各々は電気熱抵抗要素3を装備している。

#### 【0027】

図2は、図1に示したモジュール式マイクロ反応システムの本発明による具体的な形態を側面縦断面で示している。図1に示した流体入口7は、図2に示した実施形態の場合、観測者と反対側のハウジング1の側面にあり、したがって図2では見えない。図2のハウジング1には、図1と同様に、5つの基本モジュール、すなわち流体入口8から流体出口9の方向に3つの連続する混合モジュール2、反応経路2'およびクエンチモジュール2"が格納されている。基本モジュールの各々は、板状の重ねて配設されたフィルム12、13、14、15を有するフィルム積層と、前面と後面（主流体流動方向に関して）においてフィルム積層に

結合された2つのフレーム要素10とから構成される。フレーム要素10の外周はハウジング1の内部断面に一致し、したがってフレーム要素はハウジング内壁に正確に、また本質的に液密に接する。フレーム要素10は、それらと結合されたフィルム積層をフレーム開口部の領域で包囲するが、同時に主流体流動方向においてもフィルム積層の前まで延在するように形成されている。この場合、フィルム積層の前のフレーム開口部の内部断面積は、フィルム積層を包む領域の内部断面積よりも小さく、この場合、より大きな内部断面からより小さな内部断面への移行部は段部を介して延在する。2つの隣接する基本モジュールは、フレーム要素の前面が積み重なるように並んで配設され、この場合、隣接する基本モジュールの間には空洞部または拡散経路11が形成される。図2に示した実施形態の混合モジュール2は、連続する層のそれぞれ異なる種類の3つのフィルム、すなわち熱伝達要素13と流体ライン要素14と流体抽出物供給要素15とを具備する。流体抽出物供給要素15は、図2に示していないが、図1に参照番号7で示した抽出物入口を通して、対応する混合モジュール2の後方の拡散経路11に流体を導く。流体ライン要素14は、流体入口8を通して導入される別の流体を、フィルム積層を通して同様に拡散経路11に導く。熱伝達要素13には、混合モジュールを通して流れる流体を冷却または加熱するために、図示していない流体流入路を介して加熱または冷却流体を供給することができる。拡散経路11において、モジュールを通して導かれる流体は、次の基本モジュールに流入する前に混合される。第2および第3の混合モジュールでは、第1の混合モジュールを介して導入された流体は、さらなる流体抽出物と、選択的に不活性流体とも混合することができる。

#### 【0028】

同様に、反応経路2は3つの種類のフィルム、すなわち熱伝達要素13、流体ライン要素14ならびにセンサ／加熱要素12を備える。反応経路2'の流体ライン要素14は、反応経路2の前後の拡散経路11を互いに結合し、選択的に触媒材料を含むことができる。この場合、マイクロ構造のチャンネルを備えたフィルム14は、貴金属のような触媒材料から完全に製造できるか、あるいはマイクロ構造のチャンネルには触媒材料が被覆される。熱伝達要素13は、混合モジュール

2の場合と同一の方法で形成される。センサ加熱要素12は、必要に応じて、温度センサ、電気熱抵抗要素またはその両方が装備される。センサ加熱要素はマイクロ技術の加圧センサも含むことができる。反応経路2'に接続されるクエンチモジュール2"は、混合モジュール2と同様に、すなわち熱伝達要素13、流体ライン要素14および流体供給要素15から本質的に構成され、この場合反応経路から流れる反応生成物は流体ライン要素14を通して流体出口9の直前の室11'に案内される。クエンチモジュール2"内の流体供給要素15を通して、例えば、反応生成物の急速冷却、希釈または安定化のために使用できるクエンチ流体を追加供給することができる。クエンチ流体および反応生成物は室11'に収集され、ハウジングから流体出口9を通して流出する前にそこで混合される。

#### 【0029】

種々の基本モジュール2、2'、2"はハウジングから簡単に取り出すことができ、また他の基本モジュールと交換することができる。反応経路2'を交換することによって、残りの基本モジュールを交換または完全に新しい反応システムを使用する必要なしに、例えば異なる触媒または他の反応条件を調べることができる。基本モジュールも、例えば混合モジュール2の1つまたは2つを省略することができる。このため、ハウジング1の後に残る空きスペースを充填するために、他のより長い構造の基本モジュール2、2'または2"を使用することができる。代わりに、空きスペースを充填するために、他の要素、例えば簡単なフレーム要素10またはフレーム要素と同様の間隔保持器も使用することができる。

#### 【0030】

図3は、本発明によるマイクロ反応システムのさらなる実施形態を前から斜めの斜視図で示している。マイクロ反応システムは、図2による実施形態と同一の種類の基本モジュール、すなわち混合モジュール2、反応経路2'およびクエンチモジュール2"を本質的に具備する。クエンチモジュール2"の領域には、クエンチ流体をクエンチモジュール2"の中に導入するための流体供給路7'が追加して設けられる。ハウジング1の側壁の接続ストリップ16には、互いに並んで配設された多数の接続部17が設けられる。接続部17を介して、その背後に配設された基本モジュールに、例えば電気熱抵抗要素のための電流と、例えば熱伝達



要素のための流体とを供給することができる。

【0031】

図4は本発明によるフレーム要素10を示し、本図ではセンサ6はフレーム内の孔を通してフレーム開口部に導入される。センサ6は、圧力および／または温度センサであり得る。図5は、フィルム積層と、フィルム積層の前面および後面の配設された図4のフレーム要素10とを有する本発明による基本モジュールを示している。フィルム積層は、フィルム積層の前面から背面に一群で平行かつ直線に延在するマイクロ構造のチャンネルを有する流体ライン要素14から構成される。さらに、フィルム積層はセンサ／加熱要素12と熱伝達要素13とを含む。図5の基本モジュールは反応経路として適している。

【0032】

図6a、図6b、図6cは、フィルム積層内に共に配設するために適切な加熱要素12'、流体ライン要素14'および熱伝達要素13'を示している。図6aの加熱要素12'は、本質的に長方形のプレートから構成され、その表面を電気熱抵抗加熱ワイヤが通る。加熱ワイヤは、接続部18の加熱要素12の一方の側面に終端し、そこで加熱ワイヤに電流が供給される。好ましくは、接続部18はいわゆるボンドパッドとして形成される。図6bの流体ライン要素14'は、流体ライン要素の片側から対向側に延びる一群の平行に延在する溝状のマイクロチャンネル20を備える。フィルム積層内の流体ライン要素の上方に配設されたフィルムによって、個々の溝状のチャンネルは上から液密に閉じられ、隣接したチャンネル内への流体の進入またはフィルム積層から側方への流出を阻止する。図6cに示した熱伝達要素13'の場合、冷却または加熱流体は供給路4'を通して導入され、マイクロ構造の熱伝達体チャンネル21を通して熱伝達要素13'を通して導かれ、また流出路4''を通して再び排出される。

【0033】

図7a、図7b、図7cは、マイクロ構造のフィルム要素の代わりに形態、すなわちフィルム積層内に共に配設するために適切な熱伝達要素13''、流体供給要素15'および流体ライン要素14''を示している。フィルム要素13''、15'、14''は、フィルム積層内で重なって、フィルム積層を通して上から下に延

在するそれぞれ3つの孔を備えている。孔24および24'は、伝熱媒体の流入路または流出路として使用され、また熱伝達要素13"のマイクロ構造の領域とのみ結合し、流体供給要素15'および流体ライン要素14"のマイクロ構造の領域とは結合していない。図7a、図7b、図7cのフィルム要素は、上からフィルム積層内への流体供給のために設けられている。冷却または加熱流体は、熱伝達体流入路24を通して導入され、フィルム積層内に設けられた熱伝達要素13"の1つまたは複数を通してのみ貫流し、また熱伝達体流出路24'を通してフィルム積層を離れる。流体抽出物は流体供給孔27を通してフィルム積層の中に導入され、前記供給孔を通してフィルム積層内のそれぞれの流体供給要素15'の中に流れ、次の隣接した基本モジュールの方向にフィルム積層を離れる。流体ライン要素14"には、図7cの左側から流れがぶつかり、また流体は右側に導かれ、隣接する拡散経路において流体供給要素15'からの流出する流体と混合することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるマイクロ反応システムの種々の要素の構成概略図である。

【図2】 本発明によるマイクロ反応システムの縦断面図である。

【図3】 本発明によるマイクロ反応システムの前から斜めの別の実施形態である。

【図4】 センサ付きの本発明によるフレーム要素である。

【図5】 フィルム積層とフレーム要素とを有する本発明による基本モジュールである。

【図6】 図6a、図6b、図6cは、加熱要素、流体ライン要素および熱伝達要素である。

【図7】 図7a、図6b、図7cは、代替実施形態の熱伝達要素、抽出物供給要素および流体ライン要素である。

【符号の説明】

- 1 ハウジング
- 2 混合モジュール

- 2' 反応経路
- 2" クエンチモジュール
- 3 加熱ワイヤ
- 4、4'、4" 熱伝達体の流入／流出
- 5 マスフロー調整器
- 6 圧力／温度センサ
- 7、7'、7" 流体抽出物供給
- 8 不活性流体供給
- 9 流体出口
- 10 フレーム要素
- 11 拡散経路
- 12、12'、12" センサー／加熱要素
- 13、13'、13" 熱伝達要素
- 14、14'、14" 流体ライン要素
- 15、15' 流体供給要素
- 16 接続ストリップ
- 17 接続部
- 18 加熱要素接続部
- 20 反応チャンネル
- 21 熱伝達チャンネル
- 22 収集器
- 24、24' 熱伝達体流入／流出孔
- 27 流体抽出物供給孔



【図2】

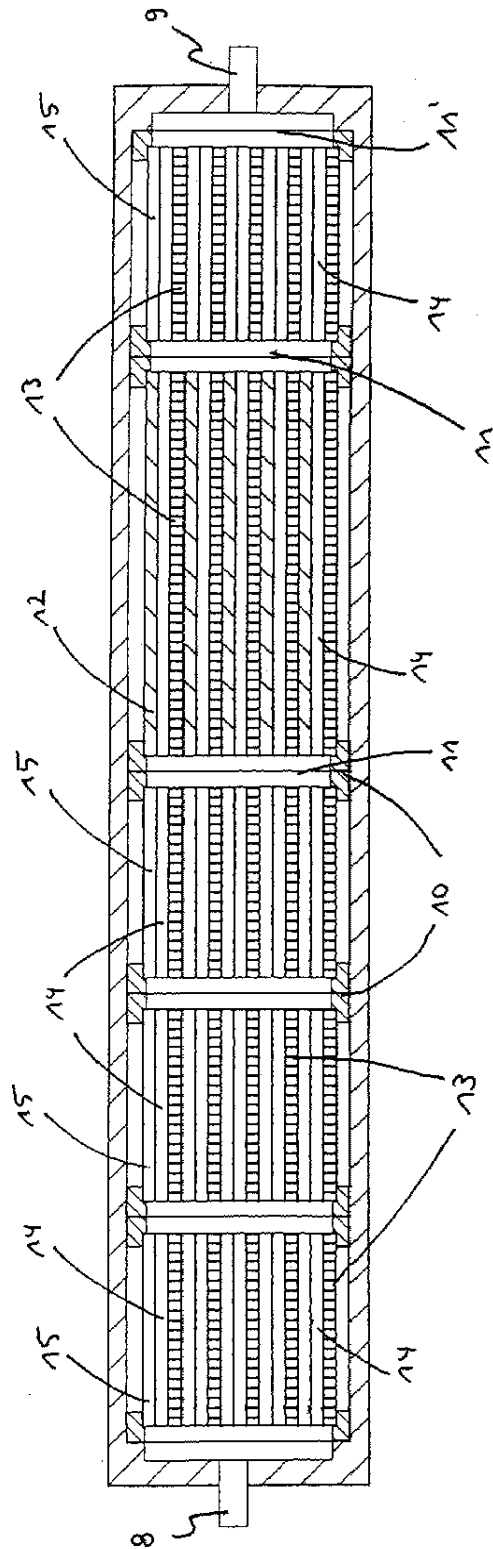
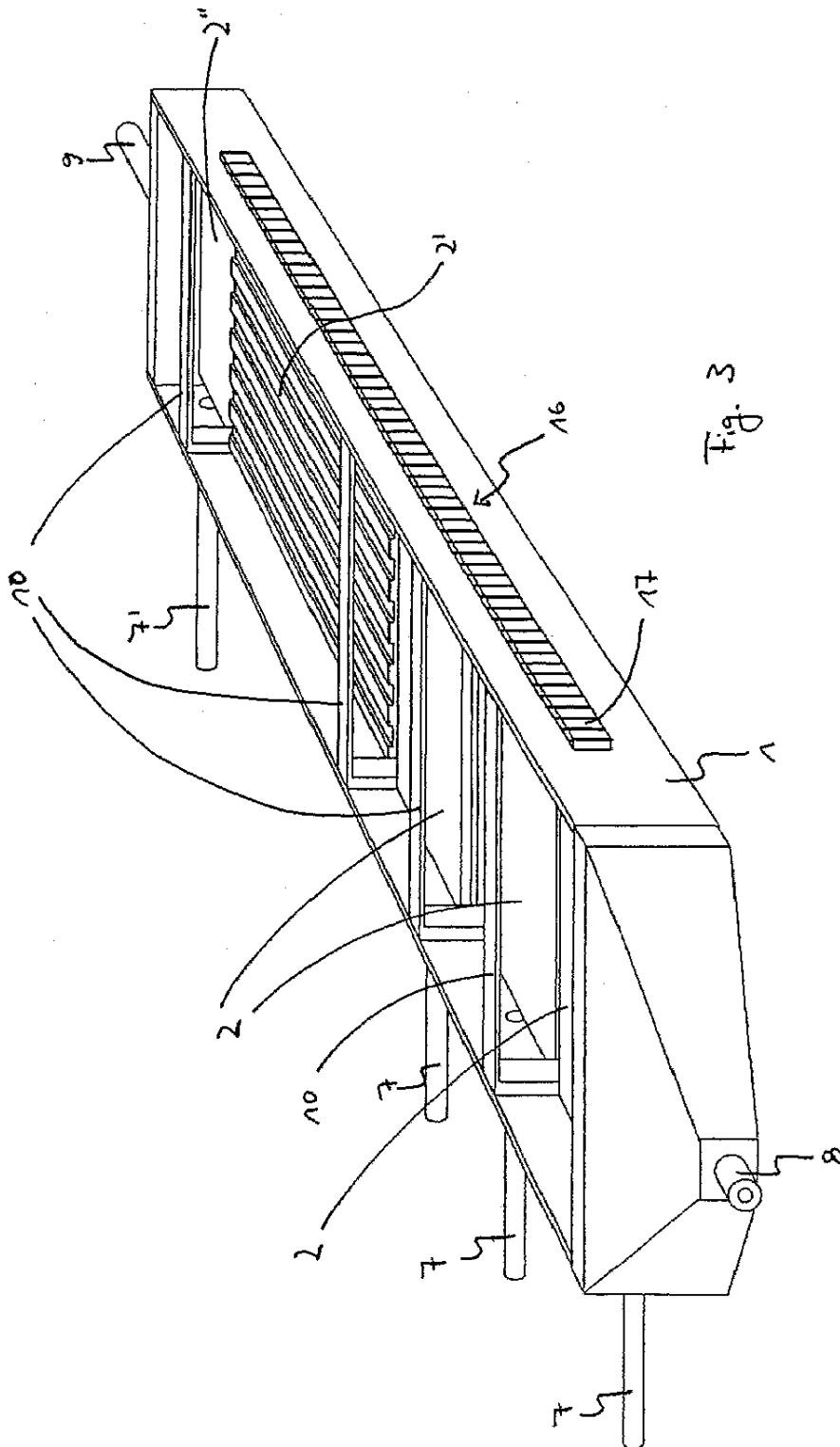
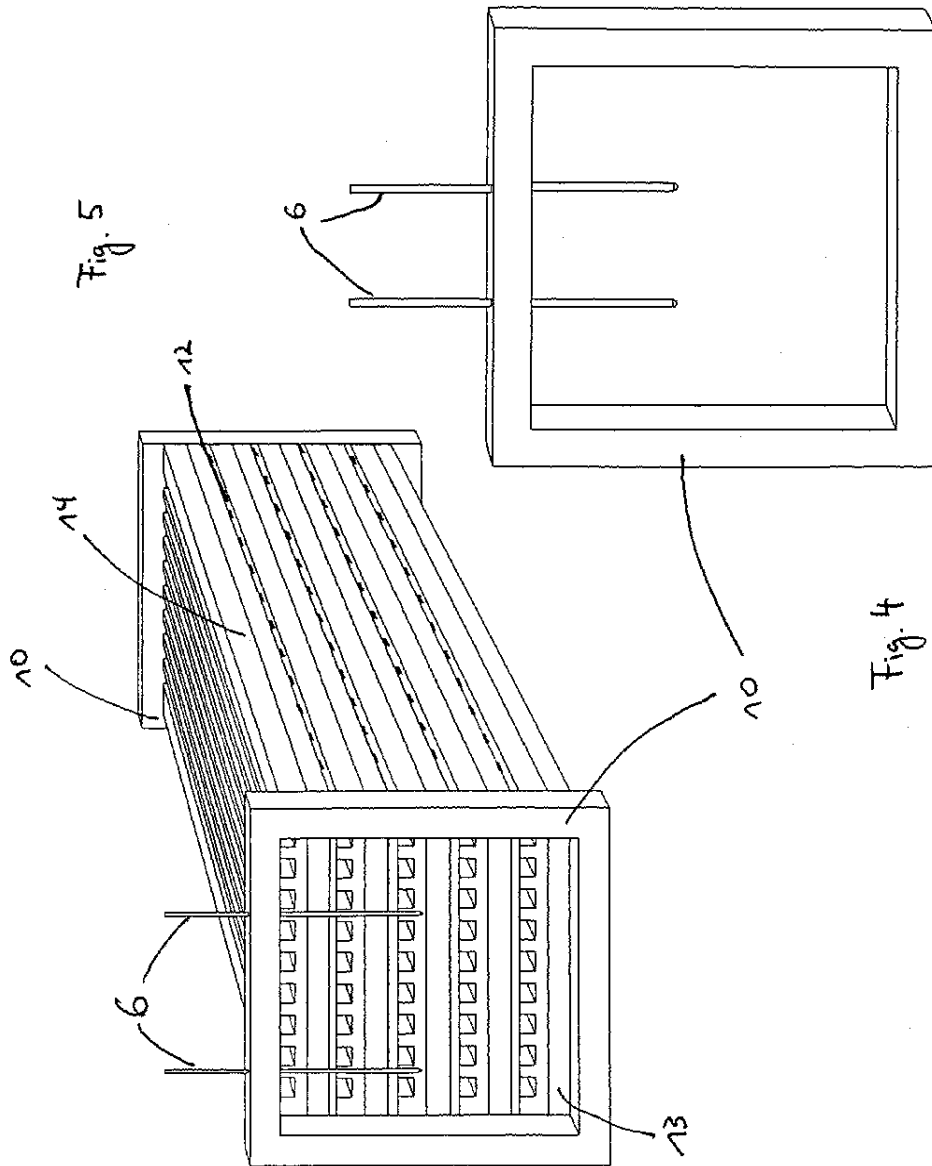


Fig. 2

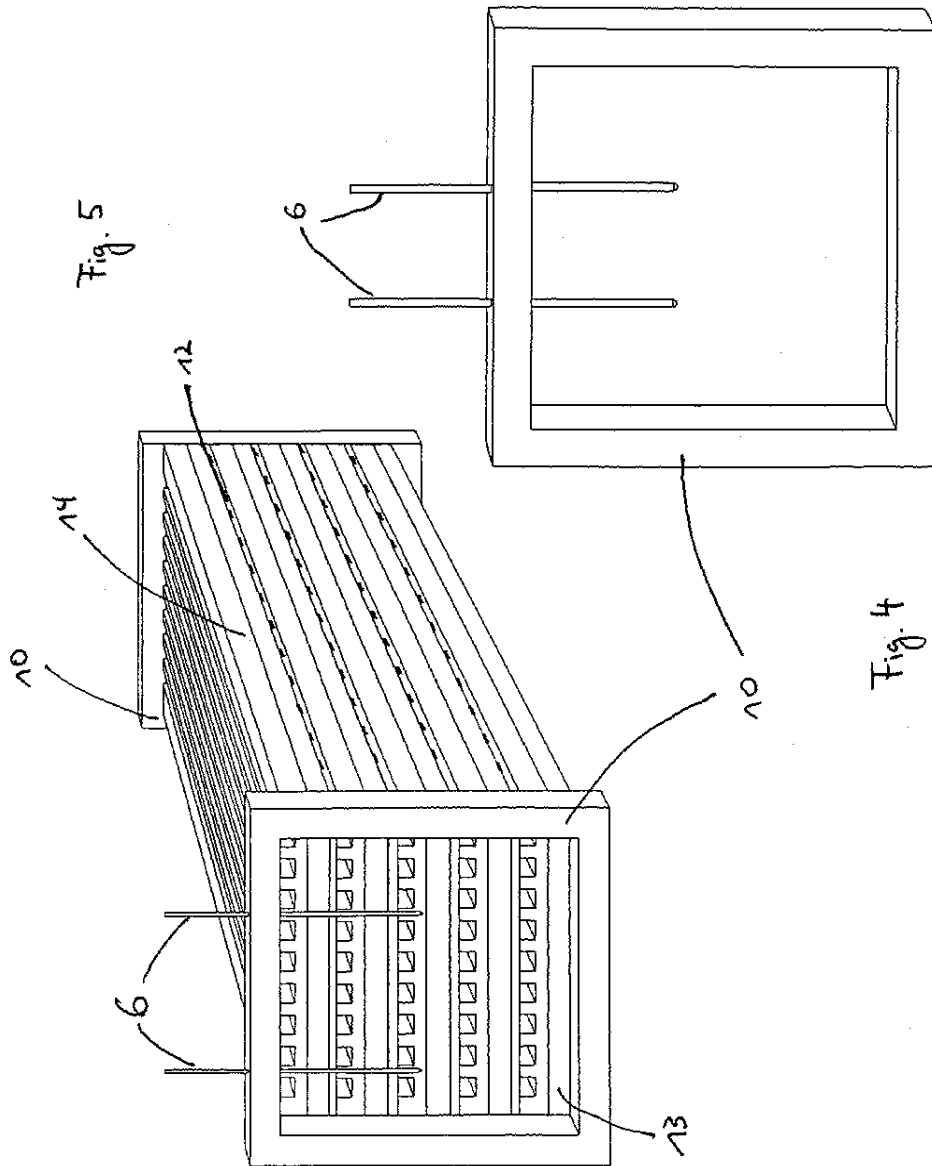
【図3】



【図4】

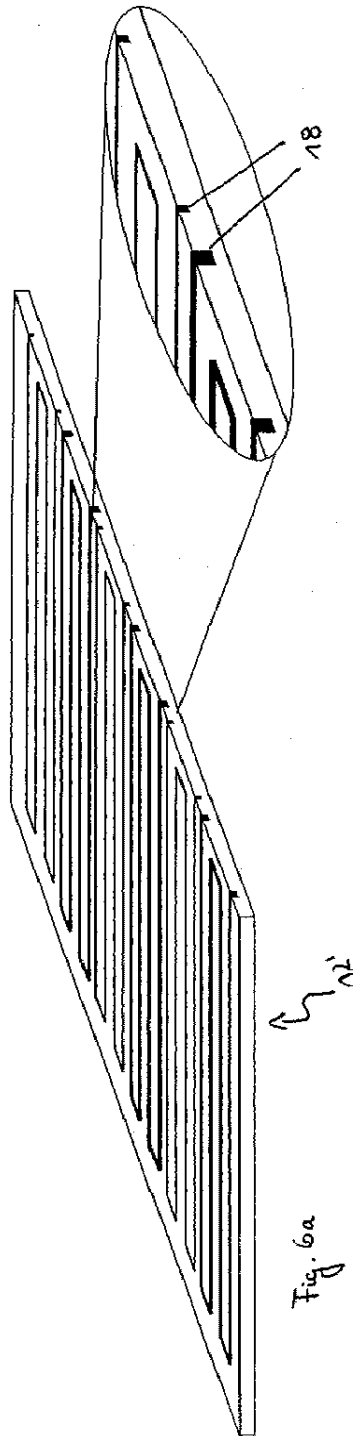


【図5】

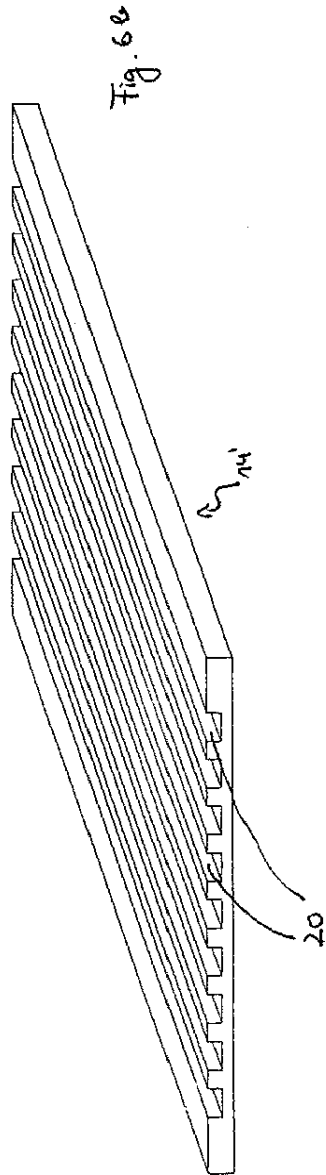




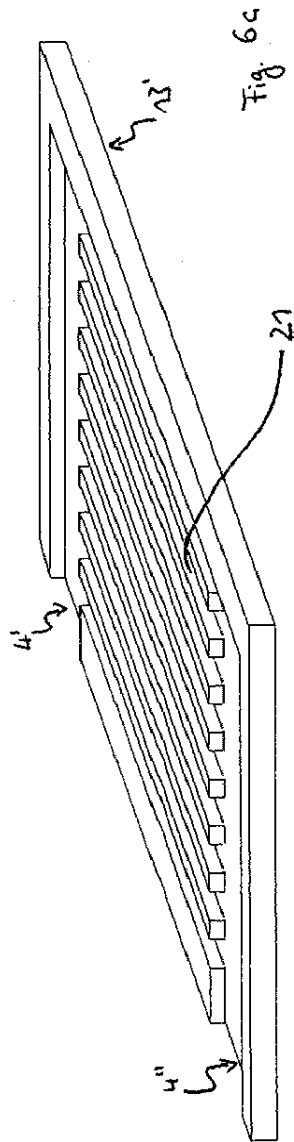
【図 6 a】



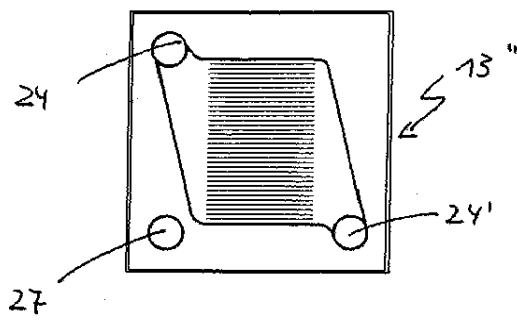
【図 6 b】



【図6c】



【図7a】



【図7b】

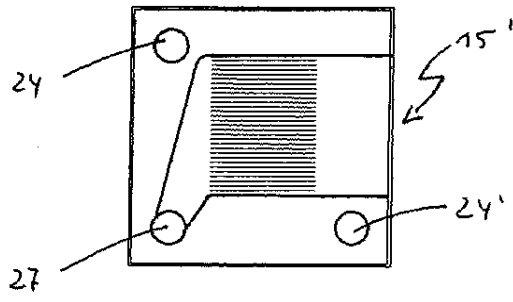


Fig. 7b

【図7c】

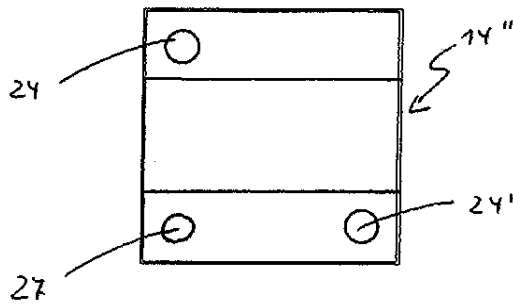


Fig. 7c

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International Application No. PCT/DE 00/03844
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01J19/00 B01F5/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01J B01F B01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 43 08 697 A (HOEFKEN MARCUS DIPL ING ;BISCHOF FRANZ DIPL ING (DE); DURST FRANZ) 22 September 1994 (1994-09-22) column 7, line 46 - line 62 column 10, line 21 - column 11, line 3 column 13, line 5 - line 22 column 15, line 47 - column 16, line 17 column 17, line 13 - line 28; figures 1-9 ---	1-3,5,7, 9,10,12, 14,15
P,X	EP 1 031 375 A (CPC CELLULAR PROCESS CHEMISTRY) 30 August 2000 (2000-08-30)  paragraph '0011! - paragraph '0014! column 5, line 7 - line 13 paragraph '0022!; claims 1-14; figures 1,2  --- -/--	1-4,6, 8-12,14, 15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
*E* earlier document but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*Z* document member of the same patent family
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search  26 April 2001		Date of mailing of the international search report  07/05/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Veefkind, V

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Patent Application No PCT/DE 00/03844
---

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 48 481 A (INST MIKROTECHNIK MAINZ GMBH) 12 May 1999 (1999-05-12) cited in the application column 6, line 15 - line 39; figure 9 ---	1-16
A	DE 197 08 472 A (ATOTECH DEUTSCHLAND GMBH) 24 September 1998 (1998-09-24) column 10, line 61 -column 11, line 5; figure 5 -----	1-16

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 00/03844

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4308697 A	22-09-1994	NONE	
EP 1031375 A	30-08-2000	DE 29903296 U	03-08-2000
DE 19748481 A	12-05-1999	NONE	
DE 19708472 A	24-09-1998	WO 9837457 A EP 0961953 A	27-08-1998 08-12-1999

フロントページの続き

(72)発明者 リヒター, トーマス  
ドイツ連邦共和国 マアインズ 55118  
フェルドーバークストラッセ 9エイ  
Fターム(参考) 4G075 AA02 AA63 AA65 BA01 BA10  
BB05 BD05 CA02 CA03 DA02  
EA02 EA05 EB50 EC09 EE12  
EE33 FA12 FB02 FB04 FB12

【要約の続き】

固定または取り外し可能におよび実質的に液密に結合されたそれぞれ少なくとも1つのフレーム要素を有し、また前記フィルム積層は前記フレーム要素と共にユニットとしてハウジング(1)内に組込み可能かつ該ハウジングから取り外し可能である。