

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4715403号  
(P4715403)

(45) 発行日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(24) 登録日 平成23年4月8日(2011.4.8)

(51) Int.Cl. F I  
B O 1 J 19/00 (2006.01) B O 1 J 19/00 3 2 1

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-260032 (P2005-260032)	(73) 特許権者	000005452
(22) 出願日	平成17年9月8日(2005.9.8)		株式会社日立プラントテクノロジー
(65) 公開番号	特開2007-69137 (P2007-69137A)		東京都豊島区東池袋四丁目5番2号
(43) 公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成20年3月28日(2008.3.28)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	富樫 盛典
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株
			式会社 日立製作所 機械研究所内
		(72) 発明者	浅野 由花子
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株
			式会社 日立製作所 機械研究所内
		(72) 発明者	官本 哲郎
			茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株
			式会社 日立製作所 機械研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ化学反応装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第1及び第2の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって、

前記複数個の流路溝の各々は、

前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第1の溶液流路溝と、

前記第1の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第2の溶液流路溝と、

前記複数個の第1の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第1の溶液が導入される第1の分岐流入孔と、

前記複数個の第2の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第2の溶液が導入される第2の分岐流入孔とを備え、

前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、

前記第1の分岐流入孔から導入された前記第1の溶液と前記第2の分岐流入孔から導入

10

20

された前記第 2 の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、

更に、

中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、

前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え

前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、

前記第 1 の溶液及び第 2 の溶液は、前記入口筐体部材に設けられた入口部から導かれ、前記流出孔を経て前記出口筐体部材に形成された出口部から取り出されることを特徴とするマイクロ化学反応装置。

10

#### 【請求項 2】

所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第 1 及び第 2 の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって

前記複数個の流路溝の各々は、

前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第 1 の溶液流路溝と、

20

前記第 1 の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第 2 の溶液流路溝と、

前記複数個の第 1 の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 1 の溶液が導入される第 1 の分岐流入孔と、

前記複数個の第 2 の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 2 の溶液が導入される第 2 の分岐流入孔とを備え、

前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、

前記第 1 の分岐流入孔から導入された前記第 1 の溶液と前記第 2 の分岐流入孔から導入された前記第 2 の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、

30

更に、

中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、

前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え

前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、

前記流路溝基板、前記流路蓋基板、前記入口筐体部材及び前記出口筐体部材は、接触面を鏡面上げされ、前記入口筐体部材と前記出口筐体部材とがボルトで締結されたことを特徴とするマイクロ化学反応装置。

40

#### 【請求項 3】

所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第 1 及び第 2 の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって

前記複数個の流路溝の各々は、

前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形

50

状の流路溝で構成された複数個の第 1 の溶液流路溝と、

前記第 1 の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第 2 の溶液流路溝と、

前記複数個の第 1 の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 1 の溶液が導入される第 1 の分岐流入孔と、

前記複数個の第 2 の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 2 の溶液が導入される第 2 の分岐流入孔とを備え、

前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、

前記第 1 の分岐流入孔から導入された前記第 1 の溶液と前記第 2 の分岐流入孔から導入された前記第 2 の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、

更に、

中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、

前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え

、

前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、

前記流路溝基板及び前記流路蓋基板は円板の対向する 2 面に切り欠き部が形成され、前記凹部は対向する 2 辺を切り欠いた円柱形状とされたことを特徴とするマイクロ化学反応装置。

**【請求項 4】**

所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第 1 及び第 2 の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって

、

前記複数個の流路溝の各々は、

前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第 1 の溶液流路溝と、

前記第 1 の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第 2 の溶液流路溝と、

前記複数個の第 1 の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 1 の溶液が導入される第 1 の分岐流入孔と、

前記複数個の第 2 の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第 2 の溶液が導入される第 2 の分岐流入孔とを備え、

前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、

前記第 1 の分岐流入孔から導入された前記第 1 の溶液と前記第 2 の分岐流入孔から導入された前記第 2 の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、

更に、

中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、

前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え

、

前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、

前記凹部上面の前記扇形状溝に対応し、外径が前記第 1 の分岐流入孔よりも外径側で前記第 2 の分岐流入孔よりも内径側の位置に配置された第 1 の溶液用プール部と、

10

20

30

40

50

前記第1の溶液用プール部間に形成された扇状の支持土手と、  
前記第1の溶液用プール部の外周側にリング状として形成され、内径位置が前記第1の分岐流入孔よりも外径側で、外径位置が前記第2の分岐流入孔よりも外径側とされた第2の溶液用プール部とを備えたことを特徴とするマイクロ化学反応装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化学反応装置に係り、特に異なる2液を混合または反応させる微小流路が形成されるマイクロリアクタを用いた化学反応装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来のマイクロリアクタを有する化学反応装置の例が、特許文献1に記載されている。この公報に記載の化学反応装置に用いるマイクロリアクタは、基本的なY字型やT字型のマイクロリアクタを改良したものであり、多層構造のマイクロリアクタである。すなわち、第1の溶液用、ついで第2の溶液用、また第1の溶液用、第2の溶液用...というように、平板上に第1、第2の溶液が交互に流れるように、複数の流路を空間配置している。

【0003】

基本的なY字型やT字型のマイクロリアクタは、最も簡単な形状のマイクロリアクタであり、第1の溶液と第2の溶液とは分子拡散で混合して、反応が生じる。混合の時間は、マイクロリアクタの流路幅の2乗に比例し、流路幅が小さければ反応が効率的に進む。この基本的なマイクロリアクタの改良版である特許文献1に記載のマイクロリアクタでは、多層構造にしているので、反応流量を増大できる。

20

【0004】

マイクロリアクタの他の例が、非特許文献1に開示されている。この文献に記載のマイクロリアクタは、中心衝突型とも呼ぶべきものであり、円板の半径方向に形成された複数の流路の外周部から中心部に向けて、第1、第2の溶液を流し、中心部で2液を衝突させている。衝突時のせん断力で、2液を効率よく混合させている。

【0005】

【特許文献1】特願2002-319638号公報

【0006】

30

【非特許文献1】Hideharu Nagasawa, Nobuaki Aoki and Kazuhiro Mae, "Design of a New Micromixer for Instant Mixing Based on the Collision of Micro Segments," Chem. Eng. Technol., 28, pp. 324-331 (2005)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来のY字型やT字型のマイクロリアクタを用いた2液の化学反応装置では、反応効率を向上させるために、数10 $\mu$ m～数100 $\mu$ m程度に形成されたマイクロ流路に溶液を流しているため、流せる流量を十分に確保することが困難であった。混合性能と圧力損失はトレードオフの関係にあり、混合性能を向上させるためにはマイクロ流路の代表径を小さくするのが好ましい。一方、マイクロ流路の代表径を小さくすると、圧力損失が代表径の4乗に反比例して大きくなり、流動抵抗が増大して流量を増大させることが困難である。

40

【0008】

この不具合を解消するための上記特許文献1に記載の化学反応装置では、多層構造のマイクロリアクタを採用しているため、流せる流量を多くすることは可能であるが、流路チップの大きさが大きくなるという、新たな不具合を生じている。

【0009】

さらに、上記非特許文献1に記載の方法では、異なる2種の溶液の混合または反応を円板の中心部でしか行えず、マイクロリアクタの面積に比べて反応領域がわずかであり、反

50

応流量を増大できない、という不具合を発生する。

【 0 0 1 0 】

本発明は上記従来技術の不具合に鑑みなされたものであり、その目的は、マイクロリアクタを用いた2液の化学反応装置において、高効率で反応させるとともに反応溶液を増大させることにある。本発明の他の目的は、反応溶液を増大させながらマイクロリアクタを小型化することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するための本発明の特徴は、所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第1及び第2の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって、前記複数個の流路溝の各々は、前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第1の溶液流路溝と、前記第1の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第2の溶液流路溝と、前記複数個の第1の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第1の溶液が導入される第1の分岐流入孔と、前記複数個の第2の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第2の溶液が導入される第2の分岐流入孔とを備え、前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、前記第1の分岐流入孔から導入された前記第1の溶液と前記第2の分岐流入孔から導入された前記第2の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、更に、中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え、前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、前記第1の溶液及び第2の溶液は、前記入口筐体部材に設けられた入口部から導かれ、前記流出孔を経て前記出口筐体部材に形成された出口部から取り出されることにある。

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成する本発明の他の特徴は、所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第1及び第2の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって、前記複数個の流路溝の各々は、前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第1の溶液流路溝と、前記第1の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第2の溶液流路溝と、前記複数個の第1の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第1の溶液が導入される第1の分岐流入孔と、前記複数個の第2の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第2の溶液が導入される第2の分岐流入孔とを備え、前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、前記第1の分岐流入孔から導入された前記第1の溶液と前記第2の分岐流入孔から導入された前記第2の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、更に、中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え、前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、前記流路溝基板、前記流路蓋基板、前記入口筐体部材及び前記出口筐体部材は、接触面を

10

20

30

40

50

鏡面上げされ、前記入口筐体部材と前記出口筐体部材とがボルトで締結されたことにある。

【 0 0 1 3 】

上記目的を達成する本発明の他の特徴は、所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第1及び第2の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって、前記複数個の流路溝の各々は、前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第1の溶液流路溝と、前記第1の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第2の溶液流路溝と、前記複数個の第1の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第1の溶液が導入される第1の分岐流入孔と、前記複数個の第2の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第2の溶液が導入される第2の分岐流入孔とを備え、前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、前記第1の分岐流入孔から導入された前記第1の溶液と前記第2の分岐流入孔から導入された前記第2の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、更に、中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え、前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、前記流路溝基板及び前記流路蓋基板は円板の対向する2面に切り欠き部が形成され、前記凹部は対向する2辺を切り欠いた円柱形状とされたことにある。

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成する本発明の他の特徴は、所定の面側に所定の深さで半径方向に形成された複数個の流路溝を有する円盤状の流路溝基板と、前記複数個の前記流路溝を密封し中心部に流出孔が形成された流路蓋基板とを備え、第1及び第2の溶液を前記流路溝の外周側から中心部に向けて流し、前記中心部に設けられた中心合流部を介して前記流出孔から流出させるマイクロ化学反応装置であって、前記複数個の流路溝の各々は、前記流路溝基板の周方向に形成され、前記中心合流部で互いに連結され、流路の幅が前記流路基板の外周側から前記中心合流部に至るまで徐々に狭くなるように形成された扇形状の流路溝で構成された複数個の第1の溶液流路溝と、前記第1の溶液流路溝の外縁部から外方へ放射状かつ半径方向に形成された複数個の第2の溶液流路溝と、前記複数個の第1の溶液流路溝の各々の外縁部において、周方向に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第1の溶液が導入される第1の分岐流入孔と、前記複数個の第2の溶液流路溝の各々の外縁部に設けられ、前記流路溝基板の裏面側まで貫通し、前記第2の溶液が導入される第2の分岐流入孔とを備え、前記複数個の流路溝の各々の間に、円板状基板の中心の極一部を除いた位置まで延伸された仕切り壁が形成され、前記第1の分岐流入孔から導入された前記第1の溶液と前記第2の分岐流入孔から導入された前記第2の溶液とは、前記流路溝を外径側から内径側へ移動し、その途中において混合反応し、前記中心合流部を介して前記流出孔から流出するものであって、更に、中央部に凹部が形成された入口筐体部材と、前記入口筐体部材の上側に配置された前記凹部に凸部が嵌合する出口筐体部材とを備え、前記入口筐体部材の凹部には、下側から順に前記流路溝基板、前記流路蓋基板が収容され、前記凹部上面の前記扇形状溝に対応し、外径が前記第1の分岐流入孔よりも外径側で前記第2の分岐流入孔よりも内径側の位置に配置された第1の溶液用プール部と、前記第1の溶液用プール部間に形成された扇状の支持土手と、前記第1の溶液用プール部の外周側にリング状として形成され、内径位置が前記第1の分岐流入孔よりも外径側で、外径位置が前記第2の分岐流入孔よりも外径側とされた第2の溶液用プール部とを備えたことにある。

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明によれば、2液の化学反応装置に用いるマイクロリアクタにおいて、円板上に2液の流路を交互に配置した多層化構造とし、円板の外周部近傍から2液の混合を可能にしたので、高効率で2液を反応させることが可能になるとともに反応溶液を増大させることができる。また、反応液量を確保しながらマイクロリアクタを小型化できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0017】

以下、本発明に係るマイクロ化学反応装置のいくつかの実施例を、図面を用いて説明する。図1に、マイクロ化学反応装置が備えるマイクロリアクタ400、701に用いる流路溝基板101の一実施例を、上面図で示す。図2に、図1に示した扇形状溝102の詳細を、斜視図で示す。また、図3に流路溝基板101と、この流路溝基板101に組み合わせる流路蓋基板301とを斜視図で示す。流路蓋基板301の中央部には、流路溝基板101の扇形状溝102で混合および/または反応した溶液を流出させる混合・反応溶液の流出孔302が形成されている。

10

## 【0018】

流路溝基板101では、円板の対向する2面に切り欠き部101aが形成されている。この切り欠き部101aは、マイクロリアクタ701に流路溝基板101を収容するときの位置決め用いられる。流路溝基板101の周方向複数箇所、本実施例では8箇所に、第1、第2の溶液10、20を導入し、混合・反応させる扇形状溝102が形成されている。扇形状溝102間には、円板の中心の極一部を除いた位置まで仕切り壁103が延びている。扇形状溝102の外縁部には、第1の溶液10をこの扇形状溝102に導入するための複数個、本実施例では6個の分岐流入孔104が、周方向に間隔をおいて形成されている。この分岐流入孔104は、図の裏面側まで貫通している。

20

## 【0019】

扇形状溝102の外縁部からは、第2の溶液20を導入するために第2の溶液流路106が、複数個、本実施例では6個、半径方向外方に放射状に形成されている。この第2の溶液流路106の外縁部には、第2の溶液20を導入する分岐流入孔105が、図の裏面側まで貫通して形成されている。第2の溶液流路106の周方向位置は、第1の溶液10用の分岐流入孔104間に位置する。扇形状溝102の中心部は互いに連結しており、中心合流部107が形成されている。したがって、外延部から導入された第1、第2の溶液10、20は、扇形状溝102部を外径方向から内径側へ移動し、その途中において第1、第2の溶液10、20が混合・反応し、中心合流部107から流出する。

30

## 【0020】

図2に、扇形状溝102部の詳細を示す。この図2では、1個の扇形状溝102のみを示しているが、他の扇形状溝102もほぼ同一に形成されている。ガラスやステンレス等でできた円形基板の対向する2辺を切り落として形成された流路溝基板101に、深さHがほぼ150 $\mu$ mの扇形状溝102を、周方向に8箇所、エッチング等で形成する。この扇形状溝102では、中心合流部107に接続する出口部分で最も周方向幅が狭くなる。この最狭部の流路幅Wminは、約300 $\mu$ mである。

40

## 【0021】

次に、図1～3を用いて、流路溝基板101と流路蓋基板301により形成される空間内の溶液10、20の流れを、説明する。流路溝基板101に形成した1個の扇形状溝102には、第1の溶液10用の分岐流入孔104が6個、直径500 $\mu$ m程度に形成されている。同様に、第2の溶液20用の分岐流入孔105が6個、直径500 $\mu$ m程度に形成されている。

## 【0022】

第1の溶液10は、流路溝基板101の裏面側から分岐流入孔104に流入し、この分岐流入孔104から扇形状溝102に流れ込む。第2の溶液20も同様に、流路溝基板101の裏面側から分岐流入孔105に流入する。そして、分岐流入孔105の直径とほぼ

50

同程度の流路幅  $500\ \mu\text{m}$  を有する流路 106 を約  $4\ \text{mm}$  流れた後、扇形状溝 102 に流れ込む。1 個の扇形状溝 102 には、第 1 の溶液 10 の流れ 201 と第 2 の溶液 20 の流れ 202 が、6 対形成される。これらの 6 対の溶液の流れは、周方向に多層状態の溶液の流れを形成する。この多層流れは、扇形状溝 102 の中心合流部 107 に向けて流れる際に、縮流される。

#### 【0023】

ところで、扇形状溝 102 の流れ方向の流路幅  $W$  は、中心合流部 107 の中心からの距離  $R$  に比例して、徐々に狭くなる。したがって、急激な流路の縮小を防げるので、扇形状溝 102 内を流れる第 1、第 2 の溶液 10、20 の圧力損失は非常に小さい。その結果、最も狭い流路溝幅  $W_{\text{min}}$  を、約  $300\ \mu\text{m}$  まで低下させることができる。このことは、多層溶液流の中心合流部 107 の直前における流路幅が、各溶液流あたり平均で、約  $300\ \mu\text{m} / 12 (\text{本}) = \text{約 } 25\ \mu\text{m}$  であるから、各溶液 10、20 の流路幅が  $500\ \mu\text{m}$  から約  $25\ \mu\text{m}$  まで、ほとんど圧力損失なく縮流されていることを示している。この状態では、第 1 の溶液と第 2 の溶液が短時間に分子拡散だけで混合される。

#### 【0024】

流路溝基板 101 上には 8 つの扇形状溝 102 が形成されているので、中心合流部 107 では、 $12 \text{本} \times 8 = 96 \text{本}$  の溶液流が生じることになる。しかしながら、実際は扇形状溝 102 部で、上記分子拡散により混合されているので、混合された混合溶液と混合されていない溶液をも含んだ溶液流が多層状態になって、中心合流部 107 側に流れ込む。混合されずに残る溶液の割合等は、使用する溶液の種類、および環境により変化する。多くの場合、第 1、第 2 の溶液 10、20 は、中心合流部 107 に流入する前に混合・反応が進んで、ほぼ混合された状態になる。混合・反応が進んだ混合・反応溶液 30 は、中心合流部 107 から、流路蓋基板 301 に形成された流出孔 302 側へ流入し、取り出される。

#### 【0025】

このように構成した流路蓋基板 301 と流路溝基板 101 とを収容するマイクロリアクタ 400 の一実施例を、図 4 ~ 図 6 を用いて説明する。図 4 はマイクロリアクタ 400 の分解斜視図であり、図 5 はマイクロリアクタ 400 の斜視図、そして図 6 はマイクロリアクタ 400 の縦断面図であり、図 5 の A - A 断面図である。

#### 【0026】

図 4 および図 6 に示すように、マイクロリアクタ 400 は、中央部に凹部が形成され下側に配置される入口筐体部材 401 の凹部に、上側に配置される出口筐体部材 402 の凸部が嵌合している。入口筐体部材 401 の凹部には、下側から順に流路溝基板 101、次いで流路蓋基板 301 が収容されている。この流路溝基板 101 および流路蓋基板 301 を周方向に位置決めするために、入口筐体部材 401 の凹部は対向する 2 辺を切り欠いた円柱形状になっている。

#### 【0027】

入口筐体部材 401 の凹部上面の中心部には、流路溝基板 101 に形成した扇形状溝 102 に対応する位置に、ほぼ扇形状溝 102 と同形状の第 1 の溶液用プール部 405 が周方向に間隔をおいて配置されている。この第 1 の溶液用プール部間には、扇形の支持土手 408 が形成されている。第 1 の溶液用プール部 405 の外周側には、第 1 の溶液 10 と第 2 の溶液 20 の仕切り土手 407 を挟んで、リング状の第 2 の溶液用プール部 406 が形成されている。これら第 1、第 2 の溶液用プール部 405、406 の深さは、流路溝基板 101 や流路蓋基板 301 の厚さに比べて十分大きい。

#### 【0028】

なお、第 1 の溶液用プール部 405 の外径は、第 1 の溶液の分岐流入孔 104 よりも外径側で第 2 の溶液の分岐流入孔 105 よりも内径側である。第 2 の溶液用プール部 406 は、内径位置が第 1 の分岐流入孔 104 よりも外径側で、外径位置が第 2 の溶液の分岐流入孔 105 よりも外径側である。

#### 【0029】

10

20

30

40

50

入口筐体部材 4 0 1 の中心部には、流路溝基板 1 0 1 の中心合流部 1 0 7 に対応する位置に、上面側から下方に止まり穴 6 0 1 が形成されている。入口筐体部材 4 0 1 は、円板を周方向複数箇所にて切り欠いた形状をしている。この切り欠きにより形成された切り欠き面 4 1 2 a ~ 4 1 2 c の 1 面 4 1 2 a に形成した水平方向穴 4 1 1 a が、この止まり穴 6 0 1 に連通している。これらの穴 4 1 1 a、6 0 1 は、第 1 の溶液 1 0 の流入路を形成する。

【 0 0 3 0 】

同様に、第 2 の溶液用プール部 4 0 6 には、入口筐体部材 4 0 1 の上面側から下方に止まり穴 6 0 3 b が形成されている。この止まり穴 6 0 3 b に、切り欠き面 4 1 2 a に隣り合っ

10

【 0 0 3 1 】

て形成された切り欠き面 4 1 2 b から入口筐体部材 4 0 1 の中心側に水平方向に延びる水平方向穴 4 1 1 b が、連通している。これらの穴 6 0 3 b、4 1 1 b は、第 2 の溶液 2 0 の流入路を形成する。

【 0 0 3 2 】

出口筐体部材 4 0 2 の中央部には、下面側から上方に延びる止まり穴 6 0 4 が形成されている。この止まり穴 6 0 4 には、切り欠き面 4 1 2 a、4 1 2 b とほぼ反対側に形成された切り欠き面 4 1 2 c から出口筐体部材 4 0 2 の中心部に水平方向に延びる水平方向穴 4 1 1 c が連通している。これらの穴 6 0 4、4 1 1 c は、流路蓋基板 3 0 1 の混合・反応溶液の流出孔 3 0 2 とともに、混合・反応溶液 3 0 の流出路を形成する。

20

【 0 0 3 3 】

出口筐体部材 4 0 2 の外周近傍には、この出口筐体部材 4 0 2 と入口筐体部材 4 0 1 とを組み立てた後、ボルト 5 0 1 で固定するためのボルト穴 4 0 1 が周方向に間隔をおいて複数個形成されている。入口筐体部材 4 0 1 の対応する位置には、ねじ穴 4 1 0 b が形成されている。

図 5 に示すように、第 1 の溶液 1 0 用の水平方向穴 4 1 1 a の入口部 4 0 3 には、継ぎ手 5 0 3 が取り付けられている。継ぎ手 5 0 3 には、チューブ 5 0 2 が取り付け可能であり、第 1 の溶液 1 0 をマイクロリアクタ 4 0 0 に導く。第 2 の溶液 2 0 用の水平方向穴 4 1 1 b の入口部 4 0 4 にも継ぎ手 5 0 5 が取り付けられており、この継ぎ手にチューブ 5 0 4 が接続されて第 2 の溶液 2 0 をマイクロリアクタ 4 0 0 に導く。混合・反応溶液 3 0 用の水平方向穴 4 1 1 c の出口部 4 0 9 には継ぎ手 5 0 7 が取り付けられており、この継ぎ手 5 0 7 にチューブ 5 0 6 が接続されており、流路溝基板 1 0 1 で混合・反応した溶液がこのチューブ 5 0 6 から外部に流出可能になっている。

30

【 0 0 3 4 】

このように構成したマイクロリアクタ 4 0 0 では、マイクロリアクタ 4 0 0 外に保持された第 1 の溶液 1 0 が、第 1 の溶液 1 0 の入口部 4 0 3 から止まり穴 6 0 1 ( 図 6 参照 ) へ流入し、入口筐体部材 4 0 1 の中央部に位置する第 1 の溶液 1 0 のプール部 4 0 5 に導かれる。その後、第 1 の溶液 1 0 の分岐流入孔 1 0 4 を経て 4 8 本の流れに分岐して中心合流部 1 0 7 に流れ込む。

【 0 0 3 5 】

それとともに、マイクロリアクタ 4 0 0 外に保持した第 2 の溶液 2 0 は、第 2 の溶液 2 0 の入口部 4 0 4 から第 2 の溶液用プール部 4 0 6 に導かれる。その後、第 2 の溶液 2 0 の分岐流入孔 1 0 5 を経て 4 8 本の流れに分岐して中心合流部 1 0 7 に流れ込む。中心合流部 1 0 7 に流れ込む第 1、第 2 の溶液 1 0、2 0 は、上述したように流路溝基板 1 0 1 に形成した流路溝 1 0 2 において混合および / または反応して、混合・反応溶液 3 0 となる。

40

【 0 0 3 6 】

混合・反応溶液 3 0 は、中心合流部 1 0 7 から、流路蓋基板 3 0 1 に形成した流出孔 3 0 2 を経て、混合・反応溶液の止まり穴 6 0 4 ( 図 6 参照 ) を垂直上方に流れる。その後水平方向に 9 0 ° 向きを変えて、出口筐体部材 4 0 2 に形成された混合・反応溶液の出口部 4 0 9 から、マイクロリアクタ 4 0 0 外に取り出される。

50

## 【 0 0 3 7 】

ここで、図 5 に示す流路溝基板 1 0 1、流路蓋基板 3 0 1、入口筐体部材 4 0 1 および出口筐体部材 4 0 2 は、接触面を鏡面仕上げにしており、入口筐体部材 4 0 1 と出口筐体部材 4 0 2 とをボルト 5 0 1 締結することにより、これら各部材 1 0 1、3 0 1、4 0 1、4 0 2 間を圧着させる。これにより、シール性が確保される。流路溝基板 1 0 1 や流路蓋基板 3 0 1 に使用する基板の材質や、マイクロリアクタ 4 0 0 に加わる圧力に応じて、流路溝基板 1 0 1 と流路蓋基板 3 0 1 との接触方法を変えることができる。すなわち、それらの基板がガラスであれば溶着し、それらの基板が金属であれば拡散接合して、シール性を確保してもよい。

## 【 0 0 3 8 】

上述したマイクロリアクタ 4 0 0 を用いた実験システムの一実施例を、図 7 に模式図で示す。マイクロリアクタ 7 0 1 には、第 1 の溶液 1 0 を導入するための継ぎ手 5 0 3 にチューブ 5 0 2 が取り付けられている。チューブ 5 0 2 の途中には、チューブ 5 0 2 内を流通する第 1 の溶液 1 0 を加熱するコイル状に形成された予熱部 7 0 2 が設けられている。同様に、第 2 の溶液 2 0 を導入する継ぎ手 5 0 5 にはチューブ 5 0 4 が取り付けられており、チューブ 5 0 4 の途中にはチューブ 5 0 4 内を流通する第 2 の溶液 2 0 を加熱するコイル状に形成された予熱部 7 0 3 が設けられている。さらに、混合・反応溶液 3 0 をマイクロリアクタ 3 0 から排出するために継ぎ手 5 0 7 にチューブ 5 0 6 が取り付けられており、チューブ 5 0 6 の途中にはコイル状に形成された反応時間調整部 7 0 4 が設けられている。

## 【 0 0 3 9 】

マイクロリアクタ 7 0 1 および予熱部 7 0 2、7 0 3、反応時間調整部 7 0 4 は、恒温水槽 7 0 5 内に收容される。恒温水槽 7 0 5 には、水温調節部 7 0 6 が付設されており、常に恒温水槽 7 0 5 内の水を、図示しない加熱源および冷却源を用いて、所定温度に調節する。恒温水槽 7 0 5 内で、マイクロリアクタ 7 0 1 全体が液に漬かるように、恒温水槽 7 0 5 内の液量を調節して液面 7 0 7 を監視する。

## 【 0 0 4 0 】

第 1 の溶液 1 0 をマイクロリアクタ 7 0 1 に送液するために、チューブ 5 0 2 は恒温水槽 7 0 5 外に配置したシリンジポンプ等の送液ポンプ 7 0 8 に接続されている。送液ポンプ 7 0 8 は、第 1 の溶液タンク 7 1 1 にもチューブで接続されている。第 2 の溶液 2 0 をマイクロリアクタ 7 0 1 に送液するために、チューブ 5 0 4 は恒温水槽 7 0 5 外に配置したシリンジポンプ等の送液ポンプ 7 0 9 に接続されている。送液ポンプ 7 0 9 は、第 2 の溶液タンク 7 1 2 にもチューブで接続されている。送液ポンプ 7 0 8、7 0 9 はともに、プランジャー 7 1 0 を 2 個ずつ有しており、プランジャー 7 1 0 の動作タイミングを調整して脈動を低減する。

## 【 0 0 4 1 】

マイクロリアクタ 7 0 1 内で生成された混合・反応溶液は、反応時間調整部 7 0 4 を経た後、恒温水槽 7 0 5 外に配置されたタンク 7 1 3 にチューブで導かれる。本実験システムでは、第 1、第 2 の溶液 1 0、2 0 の種類とその濃度等を選択することにより種々の化学反応系の実験が可能であり、これら選択した化学反応系に応じて、恒温水槽 7 0 5 の温度や送液ポンプ 7 0 8、7 0 9 の送液量を、図示しない制御手段が制御する。

## 【 0 0 4 2 】

図 8 に、図 7 に示した実験システムを用いて実験したときの、マイクロリアクタ 7 0 1 内の流れ状態の一例を示す。扇形状溝 1 0 2 内で、第 1 の溶液 1 0 の層状流れ 8 0 1 (網掛け部) と第 2 の溶液の層状流れ 8 0 2 (白紙部分) は、周方向に多層化状態で流れ、徐々にその流れ幅を減少した縮流となって中心部に向かう。第 1 の溶液 1 0 と第 2 の溶液 2 0 は、中心部に向かうに従い、幅方向の端側から混合および/または反応して、中心合流部 1 0 7 のかなり上流側 8 0 3 で、すでに第 1 の溶液 1 0 および第 2 の溶液 2 0 全体が、混合および/または反応する。したがって、効率よく、混合・反応が推進される。

## 【 0 0 4 3 】

上記実施例においては、扇形状溝を設けているが、第1の溶液と第2の溶液とが流れ方向に直角な方向の端部である幅方向端面で混合するような構造であれば、扇形状溝に限るものではなく、例えば流れの途中をより絞ったベル状やラッパ状であってもよい。ただしその場合においても、流路の拡大や急激な縮流の発生を防止する必要があることはいうまでもない。

【0044】

また、扇形状溝の個数は8個にしているが、これもマイクロリアクタの大きさや第1、第2の溶液の性状、反応条件に応じて変更することができる。そして、比較的圧力が低い条件で反応させるときは、扇形状溝間の隙間に対応する支持土手の負荷が小さくなるから、支持土手の割合を低減して、扇形状溝の割合を多くすることが可能になる。また、第1、第2の溶液の層状流れの幅に深く関係する分岐流入孔の径やそれに続く流路の幅を、上記実施例では500 $\mu$ mにしたが、これもそれに限るものではない。第1、第2の溶液の流動抵抗を無視できるような大きさまで、低減することが望ましい。このように流路幅を低減できれば、第1、第2の溶液の混合または反応の均一度が早期に高まり、より効果的に混合・反応させることができるとともに、マイクロリアクタを小径化できる。さらに上記実施例では、1個の扇形状溝に設ける分岐流入孔を6個ずつ計12個としたが、上述したように第1、第2の溶液の性状等に応じて変更可能である。

【0045】

以上述べたように、本発明によれば、マイクロリアクタを用いた2液の化学反応装置において、2液を円周上に交互に配置する多層化構造とし、さらに基板の中心からの距離Rに応じて流路幅が徐々に減少する溝構造としたので、流路チップの大きさをコンパクトにしても圧力損失が少なく、処理流量を従来の構造に比べて増大可能である。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明に係るマイクロリアクタが有する流路溝基板の一実施例の上面図。

【図2】図1に示した流路溝基板の流路溝部Bの詳細斜視図。

【図3】流路蓋基板と図1に示した流路溝基板との係合を示す斜視図。

【図4】本発明に係るマイクロリアクタの一実施例の分解斜視図。

【図5】図4に示したマイクロリアクタの斜視図。

【図6】図5のA-A断面図。

【図7】本発明に係る反応装置の一実施例のブロック図。

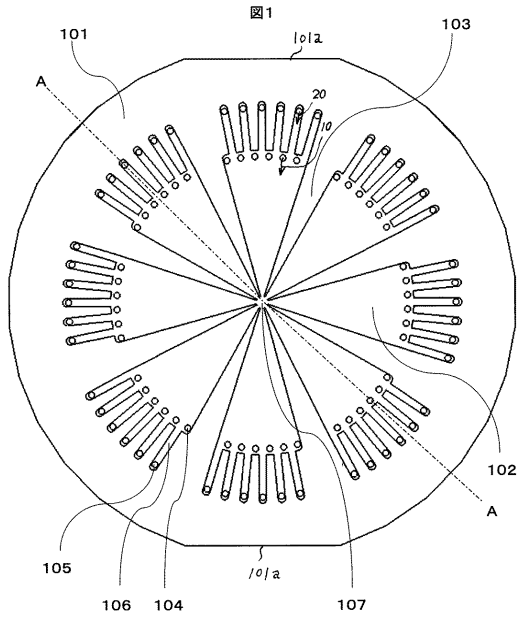
【図8】マイクロリアクタの流路溝部内の流れを説明する図。

【符号の説明】

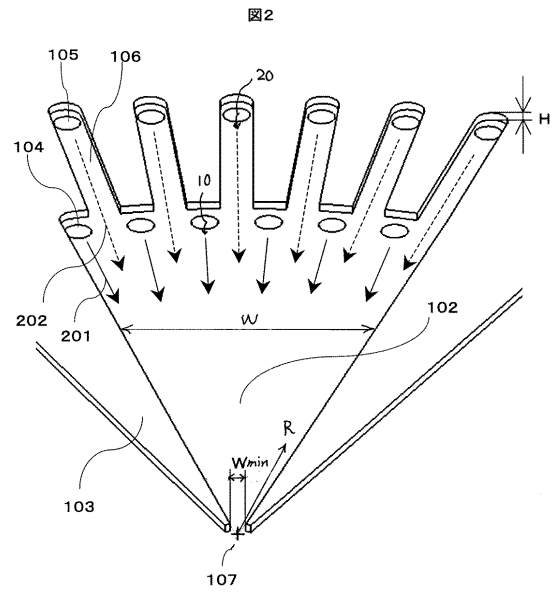
【0047】

101...流路溝基板、102...扇形状溝、103...仕切り壁、104...(第1の)分岐流入孔、105...(第2の)分岐流入孔、106...第2の溶液の流路、107...中心合流部、201...第1の溶液の流れ、202...第2の溶液の流れ、301...流路蓋基板、302...混合・反応溶液の流出孔、401...入口筐体部材、402...出口筐体部材、403...第1の溶液の入口部、404...第2の溶液の入口部、405...第1の溶液のプール部、406...第2の溶液のプール部、407...仕切り土手、408...支持土手、409...混合・反応溶液の出口部、410...ボルト孔、501...ボルト、502...チューブ、503...継ぎ手、504...チューブ、505...継ぎ手、506...混合・反応溶液のチューブ、507...継ぎ手、601...止まり穴、602...第1の溶液の流れ、603...第2の溶液の流れ、604...止まり穴、605...混合・反応溶液の流れ、701...マイクロリアクタ、702、予熱部、704...反応時間調整部、705...恒温水槽、706...水温調節部、707...液面、708、709...送液ポンプ、710...プランジャー、711~713...タンク、801...第1の溶液の層状流れ、802...第2の溶液の層状流れ、803...反応・混合溶液。

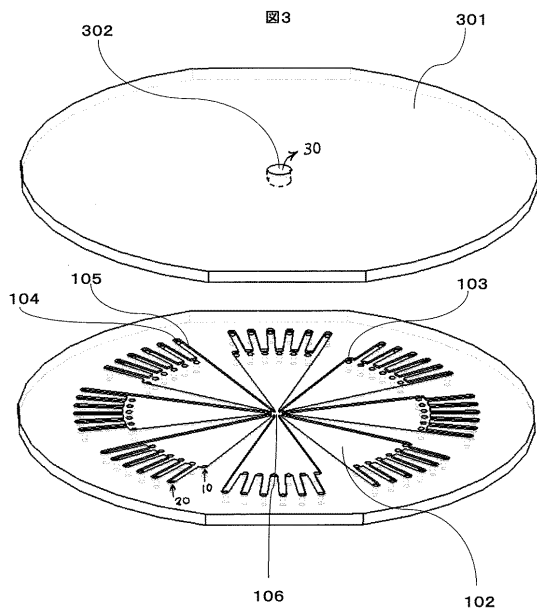
【 図 1 】



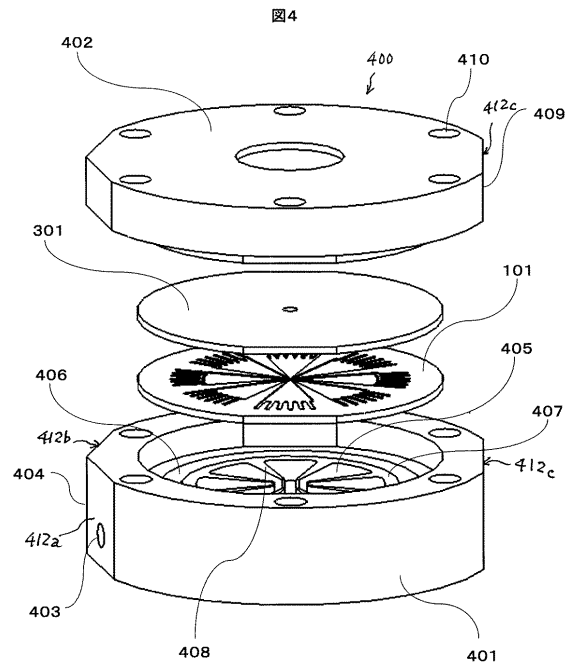
【 図 2 】



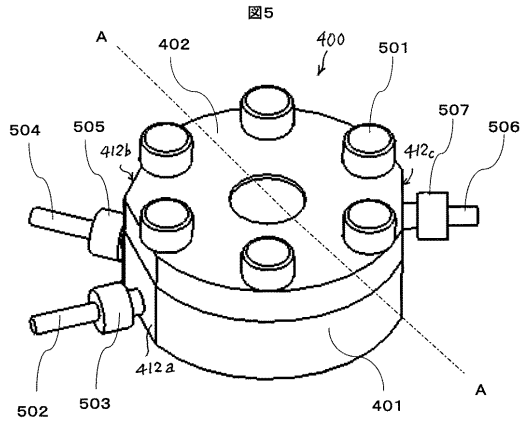
【 図 3 】



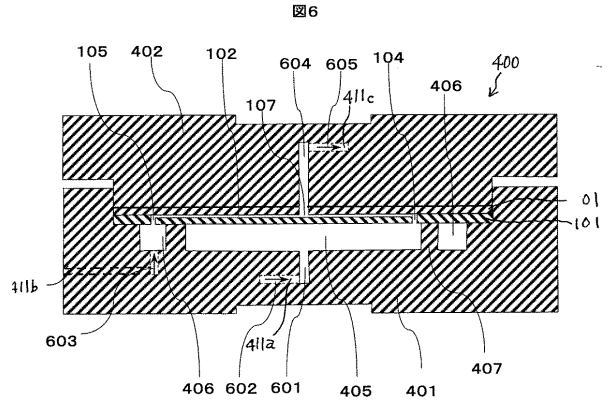
【 図 4 】



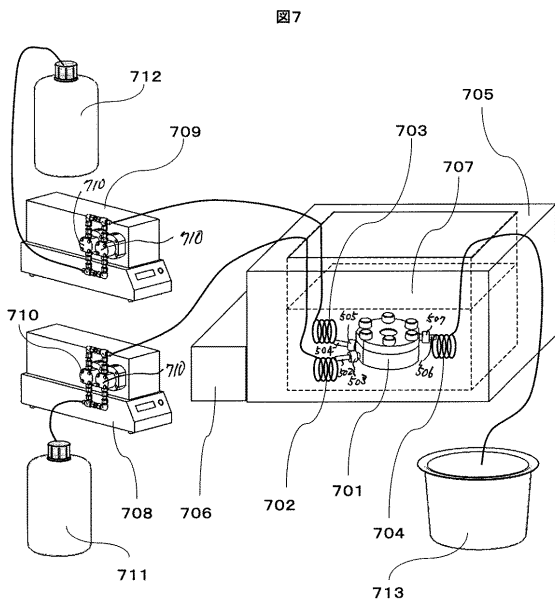
【図5】



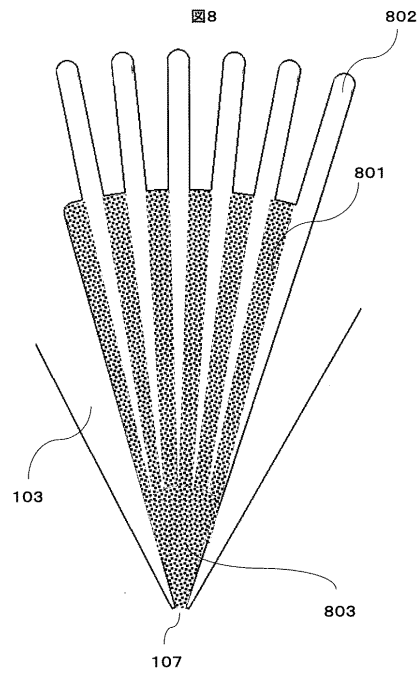
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 河村 勉

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

(72)発明者 小田 将史

東京都千代田区外神田一丁目18番13号 株式会社 日立製作所 産業システム事業部内

審査官 安積 高靖

(56)参考文献 国際公開第97/000125(WO, A1)

特開2004-148277(JP, A)

特開2004-113968(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01J 19/00

G01N 37/00

B81B 1/00 - 7/04

B81C 1/00 - 5/00

B01F 1/00 - 5/26