

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4367283号
(P4367283)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl.

F I

B O 1 J 19/00 (2006.01)

B O 1 F 3/08 (2006.01)

B O 1 F 5/00 (2006.01)

B 8 1 B 1/00 (2006.01)

G O 1 N 35/08 (2006.01)

B O 1 J 19/00 3 2 1

B O 1 F 3/08 Z

B O 1 F 5/00 D

B 8 1 B 1/00

G O 1 N 35/08 A

請求項の数 6 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-230055 (P2004-230055)
 (22) 出願日 平成16年8月6日(2004.8.6)
 (65) 公開番号 特開2006-43617 (P2006-43617A)
 (43) 公開日 平成18年2月16日(2006.2.16)
 審査請求日 平成18年6月14日(2006.6.14)

(73) 特許権者 000005452
 株式会社日立プラントテクノロジー
 東京都豊島区東池袋四丁目5番2号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 伊東 禪
 東京都足立区中川四丁目13番17号 株
 式会社 日立インダストリイズ内
 (72) 発明者 遠藤 喜重
 東京都足立区中川四丁目13番17号 株
 式会社 日立インダストリイズ内
 (72) 発明者 小出 晃
 茨城県土浦市神立町502番地 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】 マイクロ流体チップ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の液体供給口からそれぞれ供給される液体を微小流路に導き、微小流路において液体の混合・反応を行ない、液体排出口から処理済みの液体を得るマイクロ流体チップにおいて、

少なくとも2種類の液体をそれぞれ分割して複数の流れとしたものを交互に配列するように供給する液体供給部と、該液体供給部の下流に該液体供給部において交互に配列された液体の配列方向での寸法が下流に向かうに従い小さくなり該配列方向と流れの方向に交差する方向での寸法が下流に向かうに従い大きくなって断面積が流れの方向にほぼ同等か僅かに大きくなる流路形状の流れ扁平化部とを設け、前記液体供給部は、一の液体の流路を画定しこの一の液体の流路の両側に形成される障壁を有し、この障壁の流路下流側端部から始まり、一の液体の流れ間に形成される流路に他の液体を流下させてラミネートフローを形成するラミネートフロー形成部を、前記液体供給部と前記流れ扁平化部間に設けたことを特徴とするマイクロ流体チップ。

【請求項 2】

上記請求項1のマイクロ流体チップにおいて、該流れ扁平化部の下流に流れに交差する方向での該流れ扁平化部との接続部における断面積をそのまま液体排出口まで維持し該液体供給部から供給された各液体の混合もしくは反応が終了するまでの滞留時間を確保する長さの流路の処理部を設けたことを特徴とするマイクロ流体チップ。

【請求項 3】

上記請求項 1 のマイクロ流体チップにおいて、該液体供給部は各液体をそれぞれ分割して複数の流れとしたものを交互に水平に配列するように供給するものであり、該流れ扁平化部は下流に向かうに従い流路の幅が狭まるとともに流路の深さが増して流路断面積を同等か僅かに大きくなる流路形状であることを特徴とするマイクロ流体チップ。

【請求項 4】

上記請求項 1 のマイクロ流体チップにおいて、微小流路を構成する処理部は渦巻き状あるいは蛇行状に設けてあることを特徴とするマイクロ流体チップ。

【請求項 5】

上記請求項 1 のマイクロ流体チップにおいて、該流れ扁平化部は平面形状が半円状あるいは三角形であることを特徴とするマイクロ流体チップ。

10

【請求項 6】

上記請求項 1 のマイクロ流体チップにおいて、該液体供給部と該流れ扁平化部と該処理部はマイクロ流体チップ本体に設けた溝をそれぞれ有しており、該マイクロ流体チップ本体の表面に設ける蓋部材で該溝を密封し、該マイクロ流体チップ本体の裏面に設けるアダプタ部材を通して該液体供給部に各液体を供給するとともに液体排出口から処理済みの液体を得ることを特徴とするマイクロ流体チップ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の液体供給口からそれぞれ供給される液体を微小流路に導き、微小流路において液体の混合や反応（化学反応）を行なわせ、液体排出口から処理済みの液体を得るマイクロ流体チップに関する。

20

【背景技術】

【0002】

マイクロ流体チップとは、幅及び深さが数 μm から数百 μm の微小流路に複数の液体を供給し、液体を構成するの分子や粒子の自発的挙動に基づいて液体の混合や反応を微小流路内で行なう装置である。

【0003】

即ち、マイクロ流体チップが持つ微小流路では液体のレイノルズ数は数百以下となり、従来の反応装置のような乱流支配ではなく、層流支配の世界となる。この層流支配下での液体同士の混合・反応は各液体の接触界面における分子拡散によるものが主となり、その速度を規定する物は液体の拡散方向厚さ（異種の液体が均一濃度になるまで拡散すべき距離＝拡散距離）である。

30

【0004】

従来のマイクロ流体チップは液体の分析を目的とした物が多く、数 $\mu\text{l}/\text{min}$ から数十 $\mu\text{l}/\text{min}$ の流量をもつ液体を数百 μm 以下の幅の狭い（＝拡散距離が短い）微小流路内で混合・反応を行なうようになっている。

【0005】

具体的には下記特許文献 1 に開示されているように、複数の液体をそれぞれ多数の層状の流れに分割し、それらを交互に配することで、液体の総体積に占める各液体の接触面積の割合を増加させたラミネートフローを形成し、高効率の液体混合を可能としたものや、下記特許文献 2 に開示されているように、液体を薄膜状の流れに整形し、それを流れ方向に対して垂直に積層し、その積層した流れを断続的に絞る事で発生する攪拌流で液体を混合するものなどが知られている。

40

【0006】

【特許文献 1】特開 2003 - 1077 号公報

【0007】

【特許文献 2】特開 2002 - 346355 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0008】

上記従来技術は、数十 $\mu\text{l}/\text{min}$ 程度の少量の液体を分析することを前提としてマイクロ流体チップを設計しており、数十 ml/min 程度の流量で液体の混合・反応を行なうべく高速で液体を流すと、流路が微小過ぎて内部の圧力損失が過大となって所望の流量を流すことは不可能で、処理量の増大化は期待できない。また、微小流路を高速で液体が通過すると、拡散が不十分となり、期待した混合・反応も得られない。

【0009】

処理量を増やし、確実な混合・反応を得るためには、ナンバリングアップと呼ばれる複数のマイクロ流体チップを用いた並列処理を行う必要があり、装置全体が大型化する。

【0010】

それゆえ本発明の目的は、大流量の液体を高速に処理することができ、しかも装置が大型化しないマイクロ流体チップを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成する本発明マイクロ流体チップの特徴とするところは、複数の液体供給口からそれぞれ供給される液体を微小流路に導き、微小流路において液体の混合・反応を行ない、液体排出口から処理済みの液体を得るマイクロ流体チップにおいて、少なくとも2種類の液体をそれぞれ分割して複数の流れとしたものを交互に配列するように供給する液体供給部と、該液体供給部の下流に該液体供給部において交互に配列された液体の配列方向での寸法が下流に向かうに従い小さくなり該配列方向と流れの方向に交差する方向での寸法が下流に向かうに従い大きくなって断面積が流れの方向にほぼ同等か僅かに大きくなる流路形状の流れ扁平化部とを設け、前記液体供給部は、一の液体の流路を画定しこの一の液体の流路の両側に形成される障壁を有し、この障壁の流路下流側端部から始まり、一の液体の流れ間に形成される流路に他の液体を流下させてラミネートフローを形成するラミネートフロー形成部を、前記液体供給部と前記流れ扁平化部間に設けたことにある。

【0012】

さらに上記目的を達成する本発明マイクロ流体チップの特徴とするところは、該流れ扁平化部の下流に流れに交差する方向での該流れ扁平化部との接続部における断面積をそのまま液体排出口まで維持し該液体供給部から供給された各液体の混合もしくは反応が終了するまでの滞留時間を確保する長さの流路の処理部を設けたことにある。

【0013】

該液体供給部において交互に配列された液体の配列方向での寸法を下流に向かうに従い小さくすると、交互に配列された液体の配列方向での各液体の幅は狭くなり（拡散距離は短縮され）、拡散が良好に進むと考えられがちであるが、該配列方向と流れの方向に交差する方向での寸法を流れの方向に維持していると流路断面積は流れの方向に小さくなって行く。そうすると、圧力損失は大きくなり大流量を流せない。

【0014】

そこで、該配列方向と流れの方向に交差する方向での寸法を流れの方向に大きくし流路断面積が流れの方向にほぼ同等か僅かに大きくなるようにすることで、圧力損失の増大化を阻止し、大流量の液体を流すことができるようにした。

【0015】

該液体供給部において交互に配列された液体の配列方向での寸法を下流に向かうに従い小さくすると、交互に配列された液体の配列方向での各液体の幅は狭くなることに加えて、該配列方向と流れの方向に交差する方向での寸法を流れの方向に大きくすると、流れの方向における単位長当りの隣接する液体同士の接触面積は広がる。

【0016】

続く処理部で流れに交差する方向での該流れ扁平化部との接続部における断面積をそのまま液体排出口まで維持させるようにすると、処理部でも流れの方向における単位長当りの隣接する液体同士の拡大された接触面積は維持できるので、該液体供給部から供給され

10

20

30

40

50

た各液体の混合もしくは反応が終了するまでの滞留時間は短縮でき、処理部における流路の長さが短くなることから装置を小型化することができる。

【発明の効果】

【0017】

それによって、液体を高速に流すことが可能となり、また1個のマイクロ流体チップで処理できる流量が向上するので、並列処理数を低減でき、装置の大型化を避けることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図に示す実施形態について説明する。

10

【実施例1】

【0019】

以下、本発明マイクロ流体チップの一実施形態として2種類の液体を混合するマイクロ流体チップを図示し説明するが、本発明はこれらの実施例により何ら限定されるものではない。

図1は、マイクロ流体チップ1の全体を示す概略的分解斜視図である。

【0020】

マイクロ流体チップ1は、混合や反応などの処理をする液体の種類に応じて金属、ガラス、シリコン、樹脂などの数mm厚の板材により形成したマイクロ流体チップ本体10と、マイクロ流体チップ本体10の一主面側に配置されマイクロ流体チップ本体10における流路の天井部分を構成する蓋部材30と、この蓋部材30とは反対側になるマイクロ流体チップ本体10の他の主面側に配置されポンプなどの送液機構とチップをつなぐアダプタ部材50、及びこれら3部材間に配設したシール部材70、90（図3参照）からなり、ねじ締結により液体が漏れないようにしている。

20

【0021】

シール部材としては粘着性パッキング材やメタルパッキング材などを使用してもよいが、レーザー接合や接着剤など他の方法を用いてマイクロ流体チップ本体10の表裏に蓋部材30やアダプタ部材50を直接固定しても良い。なお、図1において、マイクロ流体チップ本体10、蓋部材30、アダプタ部材50に描いてある楕円はねじ孔である。また、アダプタ部材50とシール部材90にはそれぞれ供給する原液や排出する処理液の通路となる開孔を設けてあるが、詳細な図示は省略する。

30

【0022】

図2はマイクロ流体チップ本体10の一主面側の正面図であり、第一液供給部11、第一液誘導流路部12、第二液供給部13、ラミネートフロー形成部14、流れ扁平化部15、処理部16、液体排出部17を備えている。

【0023】

マイクロ流体チップ本体10には、以下具体的に説明する液体供給部から液体排出口に至る各種形状の溝を設けてあり、マイクロ流体チップ本体10の表面に密着固定される蓋部材30はそれらの溝を密封する蓋の機能を果たす。

【0024】

第一液供給部11は、多数の第一液供給ノズル11aから構成される。各第一液供給ノズル11aはマイクロ流体チップ本体10の幅方向に一定の間隔をもって一列に並ぶようにマイクロ流体チップ本体10の裏面（アダプタ部材50側の主面）から表面（蓋部材30側の主面）にかけて設けてある開孔で構成される。

40

【0025】

図3は図2に示したA-A切断線に沿ったマイクロ流体チップ本体10の横断面図であり、各第一液供給ノズル11aの下部（アダプタ部材50側の裏面）には供給液である第一液を一時的に溜めておくバッファ槽18を設けてある。バッファ槽18はマイクロ流体チップ本体10の裏面に設けた凹部とアダプタ部材50で形成している。

【0026】

50

アダプタ部材 50 のバッファ槽 18 に対応する位置に第一液供給ヘッド 19 を取り付け
てあり、第一液供給ヘッド 19 から供給された第一液は、バッファ槽 18 を満たした後に
液面の上昇に伴い全ての第一液吐出ノズル 11 a へと均一に供給される。この結果、全て
の第一液吐出ノズル 11 a から第一液が吐出され、それらの液体は各ノズルから延びる第
一液誘導流路部 12 を通り、ラミネートフロー形成部 14 へと移動する。

【0027】

第二液供給部 13 は、第一液吐出ノズル 11 a とノズル 1 個分ずつ位置がマイクロ流体
チップ本体 10 の幅方向にずれた多数の第二液吐出ノズル 13 a から構成され、バッファ
槽や第二液供給ヘッドなどを擁している点において、第一液供給部 11 と同様の構造を持
つ。

10

【0028】

第二液は、全ての第二液吐出ノズル 13 a から吐出され、ラミネートフロー形成部 14
へ供給される。

【0029】

図 4 に拡大して示すように、第一液誘導流路部 12 では各第一液吐出ノズル 11 a の位
置からマイクロ流体チップ本体 10 長手方向（第一液の流れの方向）に沿う多数の障壁 1
2 a の間に第一液誘導流路 12 b があり、第一液は第一液誘導流路 12 b を流下する。

【0030】

多数の第二液吐出ノズル 13 a は障壁 12 a における下流側端部に開孔しており、各第
一液吐出ノズル 11 a と各第二液吐出ノズル 13 a から吐出された両液体は、両ノズル 1
1 a , 13 a の位置のずれにより、ラミネートフロー形成部 14 において、2 種類の液体
が交互に配されたラミネートフロー 14 A を形成する。

20

【0031】

ラミネートフローを形成する事で、2 種類の液体の総体積に占める接触面積の割合は増
加し、接触面で発生する分子拡散が活発になり、一定時間の分子拡散量が増加するためマ
イクロ流体チップにおける処理の高効率化が実現する。同一体積の場合、マイクロ流体チ
ップの処理効率はラミネートフローの層の数に比例する。

【0032】

なお、第一液供給部 11 , 第一液誘導流路部 12 , 第二液供給部 13 およびラミネート
フロー形成部 14 は、少なくとも 2 種類の液体をそれぞれ分割して複数の流れとしたもの
を交互に配列するように供給する液体供給部を構成している。

30

【0033】

ラミネートフロー形成部 14 で形成されたラミネートフロー 14 A は、次に流れ扁平化
部 15 と移動する。

【0034】

分子拡散による液体の混合において、混合完了までの時間に影響するのは接触界面に垂
直な方向の液体の厚さ（＝分子や粒子の拡散距離）であり、厚さの 2 乗に時間が比例する
関係を持つ。例えば、10秒で1mm拡散する場合は、拡散距離を1/2の0.5mmに短縮すると、
時間は1/4の2.5秒しかかからない。

【0035】

この関係に基づいて、流れ扁平化部 15 ではラミネートフロー 14 A の接触界面に垂直
な方向に流路幅を絞る。これにより拡散距離を短縮し、高速で液体の混合を行う事が可能
となる。

40

【0036】

また、絞る前と絞った後の流路幅の比が同じ値の場合、第一液吐出ノズル 11 a とノズ
ル 1 個分ずつ位置がマイクロ流体チップ本体 10 の幅方向にずれた第二液吐出ノズル 13
a の交互配列数を多くし、ラミネートフローの層の数が多くなるほど、1層辺りの厚さは
薄くなり、それによって混合完了までの時間は短くて済む。

【0037】

通常、流路の幅を絞ると流路断面積が減少し、それにより流路内での単位長当りの圧力

50

損失は下流に向かうほど増大する。特にマイクロ流体チップに大流量で送液しようとする
と、流路内の圧力損失は第一液供給ヘッド 19 などの上流側に配設してある図示していな
いポンプの性能限界を超過し、送液は不可能となる。

【0038】

そこで本実施形態においては、従来は0.5mm程度の薄板で製作される事の多かったマイ
クロ流体チップ本体 10 に数mm厚の板材を用い、図 2 に示すように下流に向かうに従って
流路幅 W を絞ると同時にそれに比例して図 2 に示した B - B 切断線に沿った部分的縦断面
図である図 5 に示すように流路の深さ H を広げ、流路断面積を一定に保つ流れ扁平化部 1
5 を設けることで圧力損失が増大しない構造とした。流れ扁平化部 15 は、圧力損失増大
阻止機能をもつ拡散距離短縮部と云える。

10

【0039】

この場合、流路の深さ H を広げても、流路内の流れは層流を維持しているためにラミネ
ートフロー 14 A が乱れることはなく、分子拡散は乱されない。

【0040】

図 6 に示すように、流れ扁平化部 15 では流れの方向を X 方向、幅方向（液体供給部 1
1 において交互に配列された液体の配列方向）を Y 方向、深さ方向（液体供給部 11 にお
いて交互に配列された液体の配列方向と流れの方向に交差する方向）を Z 方向で表した場
合、ラミネートフローの各 1 層は、厚さが下流に進むに連れて薄くなり（厚さ w_1 w_2
）、代わりに、深さ方向（Z 方向）において長くなるように（深さ h_1 h_2 ）扁平化さ
れ、流れ方向に交差する方向での断面積は上流のラミネートフロー形成部 14 側（断面積
A1）と下流の処理部 16 側（断面積 A2）でもほぼ同一（断面積 A1 A2）となるよう
にしているが、下流ほど断面積はやや広くなるようにする（断面積 A2 A1）と良い
。

20

【0041】

処理部 16 との接続部 20 における断面形状をどうするかは、マイクロ流体チップ本体
10 の厚さや後述する処理部 16 の長さなどによって決めれば良い。

【0042】

図 2 においては、流れ扁平化部 15 をマイクロ流体チップ本体 10 の正面から見て半円
状としているが、形状に制限はなく、三角形でも構わない。また、半円状や三角形などの
形状は微細ピッチの階段状の形に模擬してもよく、その形状に合せて、深さ方向において
も緩やかな傾斜を階段状としてもよい。

30

【0043】

流れ扁平化部 15 を通過した液体は、処理部 16 へ移動する。

処理部 16 は、流れに交差する方向での流れ扁平化部 15 との接続部 20 における断面
積をそのまま液体排出部（液体排出口）17 まで維持している。

【0044】

これは、流路断面形状を同一にすることで加工が容易となり、また液体の混合状態を推
定する計算も容易となるからである。ただし、マイクロ流体チップ本体 10 の厚みに余裕
があれば流れ扁平化部 15 の流路深さ H を深くし、ラミネートフロー 14 A の界面面積 /
全体積の比を増やすことができ、より混合性能を上げることも可能である。

40

【0045】

実施例では処理部 16 を円形の渦巻き状としたが、混合完了までに必要な滞留時間を計
算により求め、そこから導かれる必要流路長をマイクロ流体チップ本体 10 上に確保でき
るならば、図 7 の方形の渦巻き状や図示していない六角形の渦巻き状、図 8 の蛇行状など
他の形状でも良い。

【0046】

この処理部 16 を通過する間に液体の混合は完全に終了し、液体排出部 17 から装置外
に均一に混合された処理液が排出される。アダプタ部材 50 の液体排出部 17 に対応する
個所に図示していない処理液排出ヘッドを設けてあり、この処理液排出ヘッドを通して処
理液を得る。

50

【 0 0 4 7 】

液体が層流である限り、本発明のマイクロ流体チップ 1 の混合性能は、ラミネートフロー 1 4 A の層の数と流れ扁平化部 1 5 における前後の流路幅の比により決定される。よって、従来のマイクロ流体チップのような微細なノズルや溝は必ずしも必要ではなく、それぞれが数百 μm から数 mm のノズルや溝の組み合わせとしても性能を発揮できるため、加工性に優れる。

【 0 0 4 8 】

図 2 の実施例ではラミネートフロー 1 4 A を横に配列した形としているが、マイクロ流体チップ本体 1 0 の厚さ方向に配列した形、即ち、図 6 の各軸方向について、Y と Z の軸方向を X 軸を中心として 90 度回転させ、Y 軸が図 6 の Z 軸方向となるような縦の配列としても良い。

10

【 0 0 4 9 】

上記実施例では 2 液を混合する例で説明したが、3 液以上の液体を混合させたい場合には、液体供給部を多く設ければ良い。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 0 】

【図 1】マイクロ流体チップの概略分解斜視図である。

【図 2】図 1 に示したマイクロ流体チップ本体の正面図である。

【図 3】図 2 の A - A 切断線に沿ったマイクロ流体チップ本体の横断面図である。

【図 4】図 1 に示したマイクロ流体チップ本体におけるラミネートフロー形成部の部分的拡大図である。

20

【図 5】図 2 の B - B 切断線に沿ったマイクロ流体チップ本体の部分的縦断面図である。

【図 6】図 1 に示したマイクロ流体チップ本体における流れ扁平化部について説明するための図である。

【図 7】図 1 に示したマイクロ流体チップ本体における処理部の微小流路として適用される形状を模擬的に示す図である。

【図 8】図 1 に示したマイクロ流体チップ本体における処理部の微小流路として適用される他の形状を模擬的に示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

30

1 ... マイクロ流体チップ

1 0 ... マイクロ流体チップ本体

1 1 ... 第一液供給部

1 2 ... 第一液誘導流路部

1 3 ... 第二液供給部

1 4 ... ラミネートフロー形成部

1 5 ... 流れ扁平化部

1 6 ... 処理部

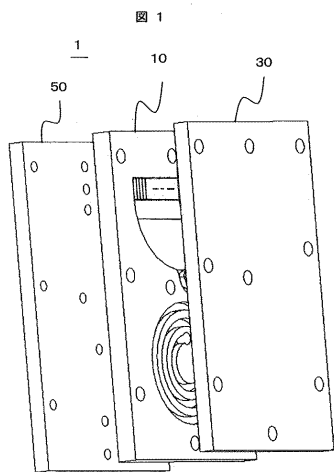
1 7 ... 液体排出部

3 0 ... 蓋部材

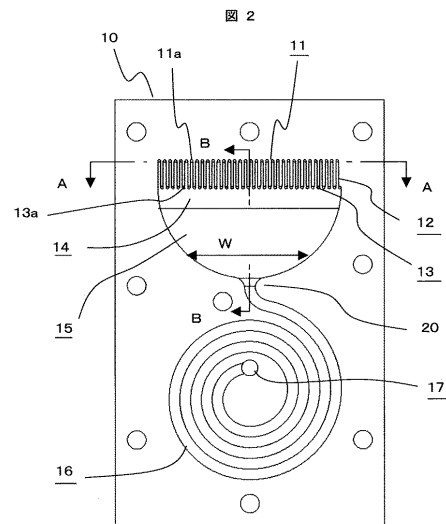
40

5 0 ... アダプタ部材

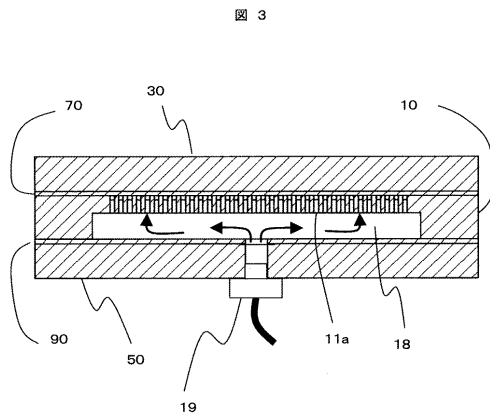
【図 1】



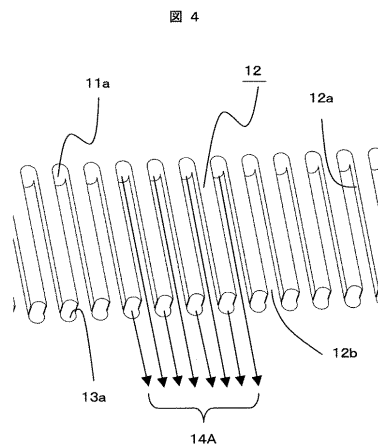
【図 2】



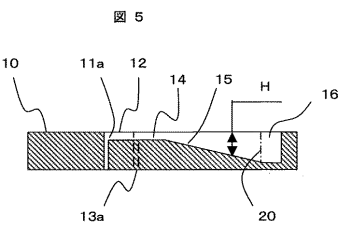
【図 3】



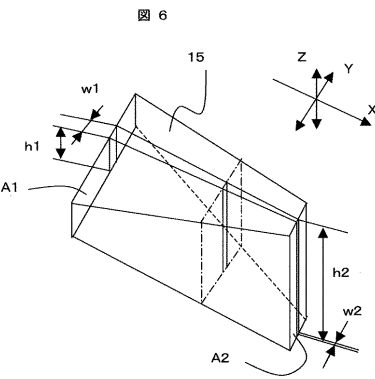
【図 4】



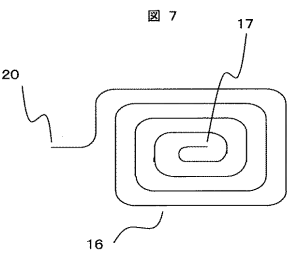
【 図 5 】



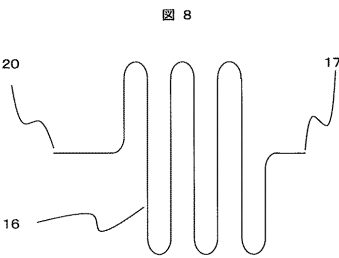
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 N 37/00 (2006.01) G 0 1 N 37/00 1 0 1

審査官 中澤 登

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 0 0 1 0 7 7 (J P , A)
特表平 0 8 - 5 0 8 1 9 7 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 1 0 9 5 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 0 1 J 1 9 / 0 0 - 1 9 / 0 6
B 0 1 F 1 / 0 0 - 5 / 2 6
B 8 1 B 1 / 0 0 - 7 / 0 4
B 8 1 C 1 / 0 0 - 5 / 0 0
G 0 1 N 3 5 / 0 0 - 3 7 / 0 0