

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4106328号
(P4106328)

(45) 発行日 平成20年6月25日(2008.6.25)

(24) 登録日 平成20年4月4日(2008.4.4)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 N 35/08 (2006.01) GO 1 N 35/08 B
GO 1 N 37/00 (2006.01) GO 1 N 37/00 1 O 1

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-530425 (P2003-530425)	(73) 特許権者	502124444
(86) (22) 出願日	平成14年9月19日 (2002.9.19)		コミッサリア タ レネルジー アトミー ク
(65) 公表番号	特表2005-503572 (P2005-503572A)		フランス国 75015 パリ, イムー ブル 「ル ポナン デー」, リュ ルブラン 25
(43) 公表日	平成17年2月3日 (2005.2.3)	(74) 代理人	100109726
(86) 国際出願番号	PCT/FR2002/003207		弁理士 園田 吉隆
(87) 国際公開番号	W02003/026798	(74) 代理人	100101199
(87) 国際公開日	平成15年4月3日 (2003.4.3)		弁理士 小林 義教
審査請求日	平成17年9月5日 (2005.9.5)	(72) 発明者	リクール, フロランス
(31) 優先権主張番号	01/12192		フランス国 エフ-38950 ケ アン シャルトルーズ, リウ ディ シャリ エール (番地なし)
(32) 優先日	平成13年9月21日 (2001.9.21)		
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 毛管路内での分析液の移動方法およびマイクロ流体システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

強磁性流体の栓状体と、強磁性流体の栓状体の2つの端部の少なくとも1つに対して接触して配置された強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体とを備えた、少なくとも1つの強磁性流体列を、毛管マイクロチャネルに導入するステップと、

強磁性流体列の近くで、かつ強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体を有する側に、前記毛管路に前記分析液を導入するステップと、

前記毛管路の外部に配置された磁気システムによって発生される磁場の、強磁性流体列上での作用によって、前記毛管路内の分析液の移動を制御するステップと

を備えることを特徴とする毛管路内の分析液移動方法。

10

【請求項 2】

前記強磁性流体は、イオン強磁性流体であることを特徴とする請求項1記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 3】

前記毛管路は、内壁が疎水性である毛管路であることを特徴とする請求項1または2記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 4】

前記毛管路は、1mm未満の直径を有することを特徴とする請求項1記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 5】

20

さらに、前記毛管路への強磁性流体列の導入に先立って、オイルで毛管路の内壁を予め湿らせるステップを備えることを特徴とする請求項 1 記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 6】

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体栓状体は、強磁性流体栓状体の各端部に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 7】

複数の強磁性流体列は、毛管路内に導入されることを特徴とする請求項 1 記載の毛管路内の分析液移動方法。

【請求項 8】

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない少なくとも 1 つの液体栓状体は、分析液の 2 つの栓状体間の毛管路に導入されることを特徴とする請求項 1 記載の毛管路内の分析液移動方法。

10

【請求項 9】

分析液を移動するためのマイクロ流体システムであって、

一方で、少なくとも 1 つの強磁性流体列 (3) が導入される毛管路 (1) と、他方で、前記毛管路の外部に、毛管路内の強磁性流体列の移動を制御するための磁場を生成することを可能にする磁気システム (1 1) とを備え、

前記強磁性流体列 (3) は、強磁性流体の栓状体 (5) と、強磁性流体の栓状体の 2 つの端部の少なくとも 1 つに対して接触して配置された、強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体 (7) とを備えることを特徴とするマイクロ流体システム。

20

【請求項 10】

強磁性流体は、イオン強磁性流体であることを特徴とする請求項 9 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 11】

毛管路は、内壁が疎水性である毛管路であることを特徴とする請求項 9 または 10 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 12】

毛管路は、1 mm 未満の直径を有することを特徴とする請求項 9 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 13】

30

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体栓状体は、強磁性流体栓状体の各端部に配置されることを特徴とする請求項 9 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 14】

複数の強磁性流体列を備えることを特徴とする請求項 9 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 15】

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない少なくとも 1 つの液体栓状体は、分析液の 2 つの栓状体間の毛管路に導入されることを特徴とする請求項 9 記載のマイクロ流体システム。

【請求項 16】

自動化されたインピトロ診断システム内、または生物学的汚染物質の検出のためのシステム内での請求項 9 記載のマイクロ流体システムの使用方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、毛管路内での分析液の移動方法およびマイクロ流体システムに関する。

特に、本発明は、マイクロ流体の分野、特に、マイクロ流体システムに関する。本発明は、高いスループットで化学的または生物学的な処理を実行することを可能にする。

マイクロテクノロジー処理技術を用いることにより、本発明は、現在「ラブ・オン・チップ」更には「マイクロ化学分析システム」または MicroTAS と称される機器への集積化を可能にする。

50

ラブ・オン・チップの例では、本発明は、より完全で、より正確な生物学的分析システムを形成するために他の機能と組み合わせられてもよい。

【背景技術】

【0002】

近年、化学的または生物学的分析情報を得るためのマイクロ流体システムの開発と利用が連続的な成長を示している。

【0003】

この新しいマイクロチャネル技術の実施のために解決されるべき最も深刻な問題の1つは、どのようにして、マイクロチャネル内の流体の流れあるいは移送を制御するかという問題である。

10

【0004】

加えて、分析器のフロー速度の増加は、栓状体の形態におけるいくつかの異なる反応性液体のマイクロチャネルに沿う直列のスタッキングを要求し、これは、別の1つの栓状体の生物学的な汚染の問題を加える。

【0005】

先行技術における特定の技術は、移送されるべき流体の物理化学的な特性、および表面の精密に規定された処理に特定の制約を課すが、フロー調整手段として可変的な表面状態の使用を提案する。また、毛管路内のフロー調整のために泡の発生を用いることが可能である。最後に、静水圧を調整するための機械的なシステムも存在する；これらは、例えば、吸収性の材料から形成された芯の据え付けによって、超小型回路のアップストリームまたはダウンストリームに適合することができる。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

残念なことに、これらのシステムの精度の不足とそれらを実装することの難しさは別として、それらのどれも、先行技術の上述した課題を解決しない。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的の1つは、以下の：

- ・少なくとも1つの強磁性流体列が毛管路に導入されるステップと、ここで該強磁性流体列は強磁性流体の栓状体と、該強磁性流体の栓状体の2つの端部の少なくとも1つに接触して配置された強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体とを備える、
- ・前記分析液が、強磁性流体列の近くにおける前記毛管路に導入されるステップと、
- ・前記毛管路内の分析液の移動が、強磁性流体の栓状体上の磁場の作用によって制御されるステップと、ここで該磁場は前記毛管路の外部に配置された磁気システムによって発生される、

を備えた、毛管路内での分析液の移動のための方法を提供することにより、先行技術の上述した問題に対する解決案を提供することである。

30

【0008】

本発明の更なる目的は、分析液の移動のためのマイクロ流体システムを提供することにある。当該システムは、一方で、少なくとも1つの強磁性流体列が導入される毛管路を備え、他方で、前記毛管路の外部に、毛管路内の強磁性流体列の移動を制御するための磁場を生成することを可能にする磁気システムを備え、前記列は、強磁性流体の栓状体と、強磁性流体の栓状体の2つの端部の少なくとも1つに対して接触して配置された、強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体とを備える。

40

【0009】

分析液とは、例えば、マイクロ流体システムにおいて、毛管路内で移動するのに必要とされる何らかの液体またはガス状の気体を意味する。分析液は、例えば、化学的反応物、生物学的液体、水溶液などであってよい。

【0010】

50

栓状体とは、毛細管効果により毛管路の内壁の形状を取る「シリンダ」を形成している毛管路内の、流体の容積を意味する。言い換えると、毛管路へ導入された流体が、該流体の容積によって決まるある長さを越えて毛管路の全断面を満たしたとき、該流体は栓状体を形成する。

【0011】

本説明では「列」と呼ばれる強磁性流体列は、強磁性流体の栓状体、強磁性流体および分析液の双方に混ざらないで接触する少なくとも1つ液体栓状体を備える。強磁性流体列は、全体として、強磁性流体および分析液に混ざらない液体の1つの栓状体、または複数の栓状体を有して移動する。本発明の様々な実施形態は、複数の実施例として以下に述べられる。

10

【0012】

強磁性流体または磁性流体は、'60年代に発見され、本質的に次の2つの構成成分から構成される流体である。

(1) 強磁性物質、磁鉄鉱または磁赤鉄鉱の約5~10nmのサイズの単一定義域粒子、

(2) 分散媒。

【0013】

大部分の商業用の強磁性流体がそうであるように、分散媒が有機化合物である場合、強磁性流体は「有機ベース」であると言え、磁性粒子は、界面活性剤によって分散媒内で分散する。分散媒が水である場合、強磁性流体は「イオンベース」であると言え、粒子は、静電力または界面活性剤の二分子層によって分散する。

20

【0014】

磁性流体の選択は、本発明の方法を実行するための磁場による制御または駆動の発明者の選択と一致する。

【0015】

本発明の目的のために用いられる強磁性流体は、低粘度、ならびに、時間経過に対して、および温度関数として良好な物理的かつ化学的安定性を有することが好ましい。

【0016】

本発明によれば、強磁性流体は、イオン強磁性流体、例えば文献GB-A-2244987に述べられているような強磁性流体であることが好ましい。これら強磁性流体は、高粒子密度および高磁化率を示し、時間経過に対して非常に安定している。それらは、界面活性剤を用いることなく、コロイド安定性を確実にする荷電分子を、前駆磁性粒子の表面に固定することにより得られる。

30

【特許文献1】GB-A-2244987

【0017】

マイクロ分析システムでは、分析液は、通常、水溶液の形態をとる。その表面上で、ラブ・オン・チップまたはマイクロチューブにおいて、本発明による強磁性流体を実施するための最も単純な解決法は、有機ベースの強磁性流体で作業を行うことにある。というのは、それらが水に混ざらないからである。しかし、汚染性かつ非生体適合性堆積物、例えば、酸化鉄ベースの磁性粒子の形態における堆積物の問題が生じ、これは、関連する化学反応を妨げうる。

40

【0018】

これら堆積物は、例えば0.1mm/s程度の低い流体移動速度の場合に、テフロン(登録商標)またはテフゼル(Tefzel:登録商標)のような、内壁が非常に疎水性である毛管路だけでなく、多少親水性である、融合二酸化ケイ素のような、ガラス製の毛管路内でも、発明者によって観察された。さらに、毛管路の内壁上で測定された強磁性流体からの汚染物質の厚さは、1ミクロン程度であり、したがって、数センチメートルの流体移動の場合の、流体栓状体から壁上への材料損失は深刻なものとなる。これらの強磁性流体における界面活性剤の存在、または分散媒の無極性のいずれかが、この現象を説明できる。

【0019】

50

発明者は、本発明による、イオンの強磁性流体の栓状体と、強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の栓状体と、そして、好ましくは疎水性の毛管路の壁との好ましい組合せが、予想外に、上述した問題に対する解決案を提供することを実証した。実際、実験室試験は、本発明の実施により、毛管路の内壁上に何ら汚染皮膜が存在しなくなることを実証した。

【0020】

しかるに、本発明によれば、毛管路は、疎水性内壁、つまり90°より大きな接触角度を有する内壁を有するものであることが好ましい。これは、例えば、シラン化のような、適切な表面化学処理によって、あるいは、上述したもののような疎水性材料の使用によって、達成することができる。毛管路の材料は、例えば、分析液の性質、および毛管路内で起こる化学反応の物理的および化学的条件に従って選択されてよい。本発明によれば、毛管路、マイクロチューブまたはマイクロチャネルは、例えば1mm未満、例えば、マイクロ流体システムに見出される典型的な寸法に一致する、0.5mmまたはそれ未満の直径を有する。

10

【0021】

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体は、特に、強磁性流体がイオン強磁性流体であり、分析液が水溶液である場合、例えばオイルである。オイルは、例えばドデカンのような、有機オイルであってもよく、または、例えばシグマ-アルドリッチ (Sigma-Aldrich) により市販されているオイルM3516のような鉱油であってもよい。

【0022】

オイルは水より疎水性表面を湿らせるので、オイルの薄膜は、強磁性流体列の移動の間、毛管路の内壁上に堆積することになる。しかしながら、これは、オイルが分析液と共存できる場合、問題とならない。しかるに、本発明によれば、分析液が生物学的流体である場合、生体適合性オイル、例えば鉱油を用いることが有利である。

20

【0023】

本発明によれば、マイクロチャネル壁への材料の損失の危険性なしで、最小サイズのオイル緩衝栓状体で作業を行うために、十分な容積のオイルのカラムをシステム内で循環させることをまず可能することによって、壁を予め湿らせるステップを施行してもよい。ゆえに、本発明によれば、オイルで毛管路の内壁を予め湿らせるステップを、強磁性流体列を毛管路に導入する前に施行することができる。

30

【0024】

本発明によれば、例えば、単一の強磁性流体列の前後のどちらでも、2つの強磁性流体列の間に位置する、同一または異なる分析液の2つの栓状体を分離するために、別個のオイル栓状体を、強磁性流体なしで毛管路に導入することができる。ゆえに、本発明によれば、強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の少なくとも1つの栓状体を、分析液の2つの栓状体の間における毛管路に導入することができる。

【0025】

本発明の第1実施形態によれば、強磁性流体列は、1つの強磁性流体栓状体と、該強磁性流体および分析液の双方と混ざらない1つの液体栓状体とで構成されていてよい。この実施形態は、例えば、強磁性流体列の片側だけ、すなわち混ざらない液体側に配置された分析液を移動させるために有用である。

40

【0026】

本発明の第2実施形態によれば、強磁性流体および分析液の双方と混ざらない液体の栓状体は、強磁性流体栓状体の2つの端部の各々に配置される。ゆえに、この実施形態では、強磁性流体列は、1つの強磁性流体栓状体と、強磁性流体および分析液の双方と混ざらない2つの液体栓状体とを備える。この実施形態は、例えば、強磁性流体列のいずれかの側に配置された分析液を移動させるために、あるいは強磁性流体列により分離された2つの異なる分析液を移動させるために有用である。

【0027】

本発明の第3実施形態によれば、複数の強磁性流体列は、同一の強磁性流体または列毎

50

異なる強磁性体流体のいずれかを有し、1つの与えられた流体列でまたは列毎に、同一であるまたは異なる分析液および強磁性流体の双方と混ざらない液体の栓状体を有する毛管路に導入することができる。この実施形態は、例えば、1つ以上の同一または異なる分析液のいくつかの栓状体を移動させるために有用である。分析液の各栓状体は、本発明による強磁性流体列、あるいは強磁性流体および分析液の双方と混ざらない液体の単一の栓状体のいずれかによって、隣から分離されている。

【0028】

本発明の更なる実施形態は当業者に明白である。

【0029】

本発明によれば、毛管路を介して分析液を移動させるため、言い換えると、分析液の流れを駆動するために要求される磁石システムは、例えば永久磁石によって、あるいは、電気的な回路、すなわち、例えば、毛管路に密接したところに配置された電磁石によって、形成される。この磁石システムは固定式または移動式とすることが可能である。

10

【0030】

磁場は、例えば、毛管路に沿った、永久磁石または電磁石の機械的な移動によって、あるいは隣接した電磁コイルを順番に「作動させる」ことによって移動させてもよい。永久磁石は、例えば棒磁石の形態であってよく、電磁石は、例えばコイルまたはソレノイドの形態であってよい。

【0031】

強磁性流体栓状体および磁石のサイズは、磁石と磁性流体栓状体の間の良好なカップリング、ゆえに良好な流量制御のために、本発明の方法の所望する応用の条件、すなわち、例えば、流体の速度または毛管路の半径に適応させられる。本発明による一例として、磁石は、長さを0.5 ~ 2 mmの間とし、強磁性流体栓状体は、磁石の長さの約2倍とする。

20

【0032】

磁石システムの数は、使用される強磁性流体列の数に依存する。したがって、n個の流体列は、n個の磁石システムを必要とする。

【0033】

また、それは、分析液を移動させるための本発明の方法に従って用いられる制御方式に依存する。

30

【0034】

熟練者は、本発明のマイクロ流体システムを、自身の要求に合うように容易に適応させることができる。

【0035】

実際は、本発明によれば、強磁性流体栓状体上で、毛管路の外側に配置された磁石システムによって発生された磁場の作用による、毛管路内部の分析液の移動は、種々の方法で制御される。

【0036】

例えば、マイクロチャネルを通しての分析液の移動または流れは、毛管路内に加えられる圧力または吸引力の駆動力によって達成されてもよい。この場合、本発明の分析液移動の制御は、磁石システムを用いる強磁性流体列の移動を遮断するかあるいは可能にすることによって、毛管路内の液体運動を遮断するまたは可能にすることからなる。これは、例えば、それぞれの端部にオイルの2つの緩衝栓状体を有する強磁性流体の1つの栓状体からなる強磁性流体列、および単一の永久磁石または電磁石を用いることによって達成されてもよい。永久磁石を引っ込めるか、電磁石への供給電力のスイッチをオフにすることで、分析液が再び流れるのを可能にする。

40

【0037】

n個のステップを用いる本発明の方法の応用の更なる例として、オイルの2 × n個の緩衝栓状体を有するn個の強磁性流体栓状体、およびm個の磁石または電磁石(m < n)がある。強磁性流体栓状体がない、オイルの特別な栓状体は、生化学試薬の複数の栓状体を

50

互いから分離するのを可能にする。この構成では、強磁性流体栓状体が磁石の下を通過する度に、流れが順番に停止する。数字 n は、問題の応用および技術の双方、例えば、マイクロチャンネル長、多重化、側面注入などに依存する。数字 m が大きいほど、磁石当たりにより必要とされる磁力は小さくなり、これは、磁石の小型化が求められる際の重要な要因であり得る。

【 0 0 3 8 】

例えば、外部の駆動力のような圧力の有無にかかわらず、「連続フローモード」と呼ばれる、本発明の他の応用において、マイクロ流体システムは、それぞれ、1つまたは $2 \times n$ 個のオイルの緩衝栓状体を有し、毛管路に沿った永久磁石の機械的な移動によるか、隣接した電磁石コイルを順番に「作動させる」ことによるか、いずれかによって得られた進行磁場を有する、1つまたは n 個の強磁性流体栓状体を備えている。この例では、磁場の移動は、強磁性流体列に対して、ゆえに、毛管路内の分析液に対して駆動力を与える。

10

【 0 0 3 9 】

ゆえに、本発明によれば、毛管路またはマイクロチャンネル内の分析液を制御する、または駆動するために、様々な方法が想定できる。

【 0 0 4 0 】

さらに、本発明は、毛管路の外部の分析液移動制御または駆動システムを使用する利点、毛管路の内壁上の液状膜の形態の強磁性流体堆積物を減少するかまたは除去する利点、および、先行技術の機器と関連する汚染問題を回避する利点を有する。さらに、本発明は、マイクロチャンネル内で液体流の制御のための、正確で、かつ容易に実施される方法を提供する。

20

【 0 0 4 1 】

本発明は、例えば、アグリフード産業および/または工業微生物モニタリングのような分野において、自動化されたインビトロ診断システムに、または生物学的汚染物検出システムに有利に使用されてよい。

【 0 0 4 2 】

例として、本発明の機器は、

- 1 . 本発明による分析液の移動のための機器と、
- 2 . オプションとして、「ポリメラーゼ連鎖反応」(PCR)型の増幅モジュールと、
- 3 . 例えば、電気泳動を用いる分離モジュールと、
- 4 . 検出モジュールと

30

を備えた完全なシステムの、第1の要素でありうる。

【 0 0 4 3 】

上記要素2~4を備えている集積化機器の一例は、参考文献: Burns M.A.ら、集積ナノリットルDNA分析機器 (An Integrated Nanoliter DNA Analysis Device)、Science、Vol. 282, 16 Oct 1998、に述べられている。

【 0 0 4 4 】

本発明によるオイルの栓状体によって分離されたイオン強磁性流体栓状体の可能な工業用途の1つは、したがって、PCRのような生化学反応が、例えば、水溶性栓状体の各々に直列に、およびいくつかのマイクロチャンネル上に平行に実施される、ラブ・オン・チップ型マイクロチャンネル・システム内の液体栓状体の外部制御である。

40

【 0 0 4 5 】

本発明の他の特徴および効果は、添付された図を参照する、以下の(ただし限定するものではない)実施例を読むことで明確になる。

【実施例1】

【 0 0 4 6 】

強磁性流体列

図1に示す本実施例において、強磁性流体列(3)は、強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体の2つの栓状体(7)を有する強磁性流体栓状体(5)を備える。

【 0 0 4 7 】

50

強磁性流体栓状体は、硝酸塩基で覆われ、かつ水に分散した、20重量%の磁性磁赤鉄鉱粒子を含むイオン強磁性流体の栓状体である。平均粒子直径は、7.5mmに等しい。

【0048】

強磁性流体および分析液の双方に混ざらない液体(7)は、シグマ-アルドリッチにより市販されているM3516オイルからなる。

500 μ mの直径を有する毛管路(1)はガラスで形成されている。

本実施例では、強磁性流体列は長さ2mmである。

【0049】

添付された図2は、磁化された棒状の永久磁石を備えている磁石系(11)を有する同じ毛管路を示す。

【0050】

図3は、ソレノイド形状の電磁石を備えている磁石系(11)を有する同じ毛管路を示す。

【0051】

本発明のマイクロ流体システムの構成は、毛管路またはマイクロチャネル内の矢印によって示される速度Vを有する液体の流れを、遮断したり通過させたりできる。この流れは、外部に加えられた圧力pによって駆動される。永久磁石を引っ込めるか、電流を切断することにより、流れを回復する。

【実施例2】

【0052】

「n段階」マイクロ流体システム

この実施例では、実施例1に用いられたのと同じ強磁性流体列が、図4aおよび図4bに図示された種々の応用で用いられる。

【0053】

第1の応用は図4aに示される。この応用では、単一の強磁性流体列(3)がいくつかの鉱油栓状体(7)とともに用いられる。このように、分析液(L)およびオイル栓状体(7)の交換は、強磁性流体列(3)に優先する。

【0054】

第2の応用は図4bに示される。この応用では、いくつかの強磁性流体列(3)が分析液(L)のいくつかの栓状体と交互に用いられる。

【0055】

これら2つの応用では、加えられた圧力pによって、液(L)の栓状体が毛管路を流れる。実施例1の場合のように、磁石系(11)はこの流れを遮断したり通過させたりできる。

【0056】

この実施例は、特別なオイル栓状体が、強磁性流体の栓状体なしで、どのようにして、例えば、栓状体毎に生化学試薬を分離するために用いられるかを実証する。

【0057】

これら応用では、強磁性流体栓状体が磁石の下を通過するたびに、流れを順番に停止させることが可能である。この構成は、様々な液体栓状体の正確な位置付けを達成することを可能にする。

【実施例3】

【0058】

「連続的な流れ」マイクロ流体システム

この実施例では、実施例1に用いられたのと同じ強磁性流体列が、図4cに図示された応用で用いられる。

【0059】

この応用は図4aに示された応用と異なり、磁石系が図の中で矢印によって示された方向に移動可能である。

この応用では、磁場の移動は、毛管システム内の強磁性流体列の移動、すなわち、分析

10

20

30

40

50

液 (L) の移動のための駆動力を提供する。したがって、駆動圧力の利用は、ここで必要とされない。

【実施例 4】

【0060】

数値化モデル

添付の図 5 a および図 5 b において、ソフトウェア・パッケージ M a t l a b (登録商標) を用いる数値化シミュレーションは、例えば、強磁性流体列 (図 4 b のように) と水の連続からなる毛管路内の流れの停止を示す。

【0061】

磁場は、向かい合わせに配置される 2 つの永久磁石 (図 5 a) またはソレノイド (図 5 b) のいずれかによって生成される。磁石またはソレノイド、両方の場合において、磁場の強さは、毛管路の中心軸上で 350 ガウスである。ソレノイドは、直径 1 mm で、かつ 10 巻回され、その長さは、強磁性流体栓状体の長さ、すなわち 2 mm である。2 つの向かい合った永久磁石の寸法は、3 cm × 1 cm × 1 mm である。

【0062】

数値化シミュレーションで用いられた他のパラメータは次の表に与えられる。

毛管路直径 (μm)	500	
駆動圧力 (Pa)	2800	
毛管路長 (m)	9.6×10^{-2}	
栓状体長 (m)	2×10^{-3}	20
水粘度 ($\text{kg} / \text{m}^2 \text{s}$)	10^{-3}	
オイル粘度 ($\text{kg} / \text{m}^2 \text{s}$)	3×10^{-3}	

【実施例 5】

【0063】

疎水性毛管路

図 6 a および図 6 b は、直径 300 μm を有し、テフロン (登録商標) から形成された、毛管マイクロチャネル内の本発明の方法の実施例を示す写真である。メチレンブルーに色づけされた水溶性相 (分析液) の栓状体に混ざるのを避けるために、例えば、実施例 1 で述べたイオン強磁性流体の栓状体の片側に、無色の鉱油 (シグマ - アルドリッチ M 3516 参照) の栓状体が用いられる。

【0064】

マイクロチャネル上で $1 \times 5 \times 36 \text{ mm}$ の寸法のネオジム - 鉄 - ホウ素の棒磁石を利用することで、栓状体、ゆえに毛管路内の流れを、200 μm 未満の精度で、外部から制御することが可能になる。

【0065】

ガラス製の毛細管を用いた同じ実験で、毛管路の内壁上に、かつ強磁性流体列通過後の水溶性相内に、いくらかの汚染強磁性流体の堆積物が示されたが、テフロン (登録商標) コーティングを有する毛管路の内壁または水溶性相はいずれにも汚染は観察されなかった。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】単一の強磁性流体列を備えている本発明によるマイクロ流体システムの断面図である。

【図 2】磁石系が永久磁石である本発明によるマイクロ流体システムの断面図である。

【図 3】磁石系が電磁石である本発明によるマイクロ流体システムの断面図である。

【図 4】本発明のいくつかの応用が提示されている本発明によるマイクロ流体システムの断面図である。

【図 5】強磁性流体の長さ 2 mm の栓状体が磁場を通る間の、直径 500 μm の毛管路における、時間の関数としての流速を示すグラフによる数値化モデリングのプロット図である。静磁場は 2 つの対向する永久磁石 (図 5 a) またはソレノイド (図 5 b) のいずれか

10

20

30

40

50

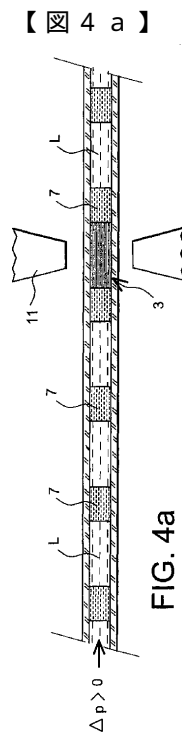
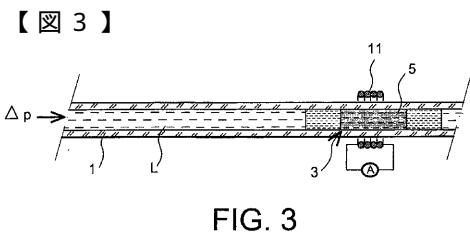
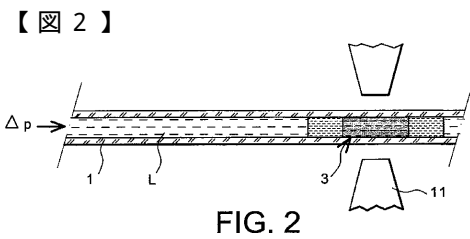
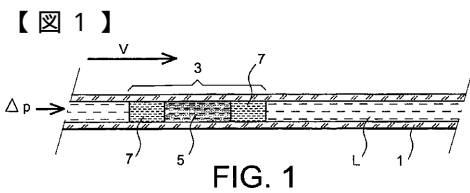
で発生する。時間軸の原点は任意である。

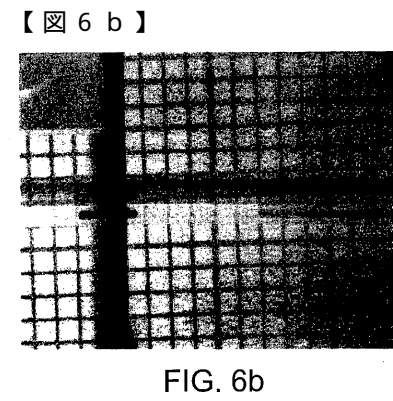
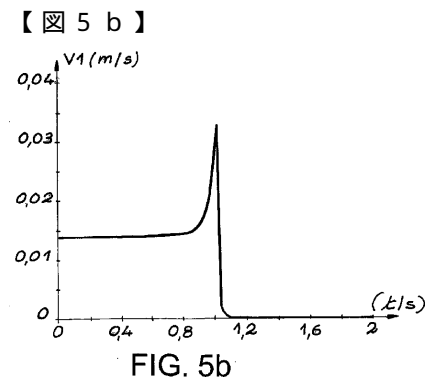
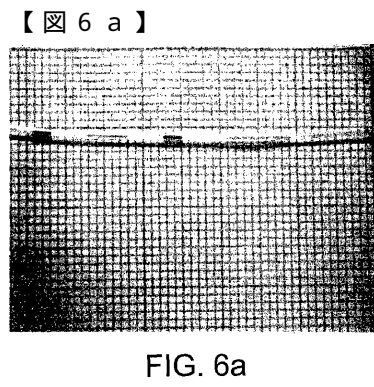
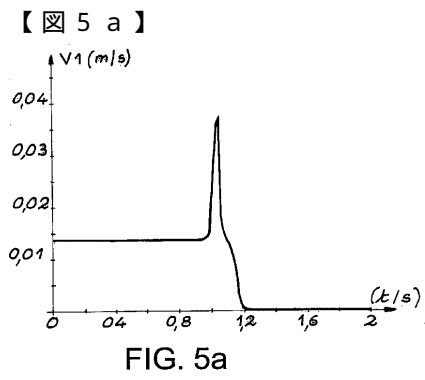
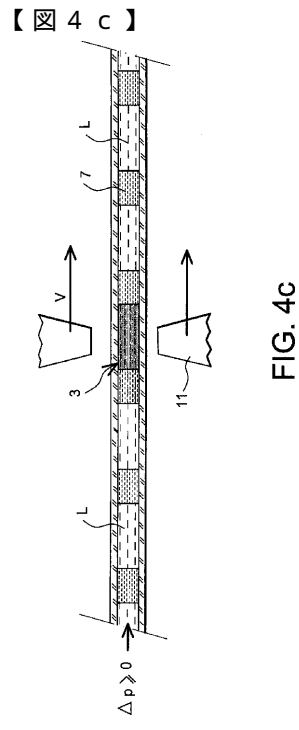
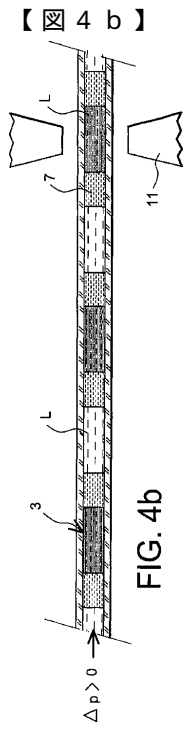
【図6】本発明の方法の一例を示す写真である。これらの写真は、毛管路および液体栓状体の大きさを説明するためにミリメートル方眼紙に対して撮られている。

【符号の説明】

【0067】

- 1 毛管路
- 3 強磁性流体列
- 5 強磁性流体の栓状体
- 7 液体の栓状体
- 11 磁気システム
- L 分析液





フロントページの続き

(72)発明者 ベルティエ, ジャン

フランス国 エフ - 3 8 2 4 0 メイラン, レ フロランタン 8

(72)発明者 ブーテ, ジェローム

フランス国 エフ - 3 8 6 0 0 フォンテーヌ, アヴェニュー アルスティッド プリアン 4
, レジダンス ル ボッティチェッリ, アバルトマン 1 1 9

審査官 郡山 順

(56)参考文献 国際公開第 0 1 / 1 2 3 2 7 (W O , A 1)

米国特許第 5 1 9 2 5 0 4 (U S , A)

実開平 2 - 1 3 5 8 6 4 (J P , U)

Anson Hatch, Andrew Evan Kamholz, et al, A Ferrofluidic Magnetic Micropump, JOURNAL OF
MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, 米国, IEEE, 2 0 0 1 年 6 月, VOL.10, NO.2, p.215-221

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

G01N 35/08

G01N 37/00