(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2023-550302
(P2023-550302A)
(43)公表日　令和5年12月1日(2023.12.1)

(51)国際特許分類　ＦＩ
Ｂ０１Ｄ　21/26　(2006.01)　Ｂ０１Ｄ　21/26

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全34頁）

(21)出願番号　特願2023-527460(P2023-527460)
(86)(22)出願日　令和3年11月24日(2021.11.24)
(85)翻訳文提出日　令和5年6月5日(2023.6.5)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/060842
(87)国際公開番号　WO2022/115619
(87)国際公開日　令和4年6月2日(2022.6.2)
(31)優先権主張番号　63/118,472
(32)優先日　令和2年11月25日(2020.11.25)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　591163214
ドナルドソン カンパニー，インコーポレイティド
アメリカ合衆国 ミネソタ ５５４３１，ブルーミントン， ウエスト ナインティフォース ストリート １４００
(74)代理人　110003281
弁理士法人大塚国際特許事務所
(72)発明者　モラヴェック， デイビス ビー．
アメリカ合衆国 ミネソタ ５５４３１，ブルーミントン， ウエスト ナインティフォース ストリート １４００
(72)発明者　クアム， ダリル エル．
アメリカ合衆国 ミネソタ ５５４３１，ブルーミントン， ウエスト ナインティ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　最適なマイクロチャネル長を有する流体力学的分離器

(57)【要約】
流体力学的分離器は、分散した粒子を有する液体を分離するように構成される。この分離器は、基部と、基部によって規定される液体チャネルと、を有し、液体チャネルは、チャネルの内部にレイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成される。液体チャネルは、入口及び出口を有し、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしている。液体チャネルは、カーブに沿って液体チャネル長（L_D）を有し、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、この矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有する。液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（Ｌｆ）以上であり、ここで、（Ｉ）
【数１】

(I) $L_f = 1598.8\frac{R_c\alpha w^2}{ReD_H^3}$

＋６．４であり、αは粒子直径である。液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（Ｌｆ）以上であり、ここで、（ＩＩ）
【数２】

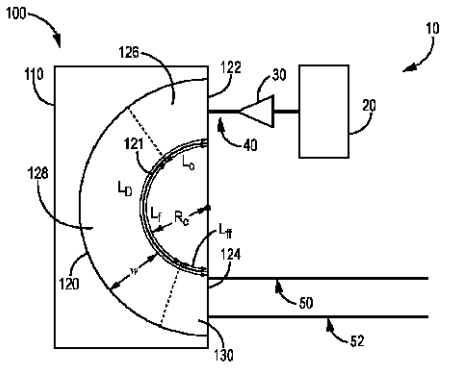


FIG. 1

(I) $L_f = 1598.8\frac{R_c\alpha w^2}{ReD_H^3}$　(II) $L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2$

(III) $L_f = \frac{Rew^2}{9D_H}$

【特許請求の範囲】
【請求項１】
直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、
基部と、
前記基部によって規定される液体チャネルであって、前記液体チャネルは、前記チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、前記液体チャネルは入口及び出口を有し、
前記液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、前記カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、
前記液体チャネルは、前記カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、
前記矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、
前記液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、
【数１】

$$L_f = 1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3} + 6.4$$

である、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。
【請求項２】
前記システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、請求項１及び３～８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項３】
前記粒子直径（ａ）は、前記水力直径（D_H）の８％よりも大きい、請求項１～２及び４～８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項４】
前記液体チャネル長（L_D）は、前記線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い、請求項１～３及び５～８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項５】
前記液体チャネル長（L_D）は、前記線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い、請求項１～４及び６～８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項６】
前記粒子は、密度が最大で前記液体の３倍である、請求項１～５及び７～８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項７】
前記出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、請求項１～６及び８の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項８】
前記液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、請求項１～７の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項９】
分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、
基部と、
前記基部によって規定される液体チャネルであって、前記液体チャネルは、前記チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、前記液体チャネルは入口及び出口を有し、
前記液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、前記カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、
前記液体チャネルは、前記カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、
前記矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、

前記液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、

【数２】

$$L_f = \frac{Rew^2}{8D_H} + 24.3$$

である、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【請求項１０】

前記システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、請求項９及び１１～１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１１】

粒子直径（ａ）は、前記水力直径（D_H）の８％よりも大きい、請求項９～１０及び１２～１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１２】

前記液体チャネル長（L_D）は、前記線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い、請求項９～１１及び１３～１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１３】

前記液体チャネル長（L_D）は、前記線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い、請求項９～１２及び１４～１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１４】

前記粒子は、密度が最大で前記液体の３倍である、請求項９～１３及び１４～１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１５】

前記出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、請求項９～１４及び１６の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１６】

前記液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、請求項９～１５の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１７】

直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、

基部と、

前記基部によって規定される液体チャネルであって、前記液体チャネルは、前記チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、前記液体チャネルは入口及び出口を有し、

前記液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するカーブした内側壁と、外側半径を規定するカーブした外側壁と、を有し、

前記液体チャネルは、前記カーブした内側壁に沿って液体チャネル長（L_D）を有し、

前記液体チャネルは、前記液体チャネル長に沿って矩形の断面を有し、

前記矩形の断面は、前記内側壁と前記外側壁との間にチャネル幅（ｗ）を有し、前記チャネルは、前記入口と前記出口との間に、前記チャネル幅が先細になるテーパー状領域を有する、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【請求項１８】

前記幅は前記出口に向かって増加する、請求項１７及び１９～２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項１９】

前記チャネル幅は、前記入口と前記出口との間で一定の割合で増加する、請求項１７～１８及び２０～２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。

【請求項２０】
前記幅は前記出口に向かって減少する、請求項１７～１９及び２１～２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項２１】
前記内側半径は、前記入口から前記出口まで一定である、請求項１７～２０及び２２～２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項２２】
前記外側半径は、前記入口と前記出口との間で外側にむけて先細になる、請求項１７～２１及び２３～２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項２３】
前記液体チャネルは、第１のチャネル幅及び第１の液体チャネル長を有する第１の領域と、第２のチャネル幅及び第２の液体チャネル長を有する第２の領域と、前記第１の領域から前記第２の領域まで延びるテーパー状領域長を有する前記テーパー状領域と、を有する、請求項１７～２２及び２４の何れか１項に記載の流体力学的分離器。
【請求項２４】
前記第１の領域は、前記第２の領域よりも長さが長い、請求項２３に記載の流体力学的分離器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、一般に、流体力学的分離器に関する。より具体的には、本開示は、最適なマイクロチャネル長を有する流体力学的分離器に関する。
【背景技術】
【０００２】
流体力学的分離器は、炭化水素液体、飲料、水溶液等の流体ストリーム中の粒子を濃縮及び／又は分離するために、広範な産業で使用されている。流体中に浮遊している粒子は、システムプロセス（例えば、燃料又は液圧システムなど）において問題を引き起こすことがあり、一般的に、消費者にとって望ましくないもの（例えば、オレンジジュースのしぼりかす、又はビール若しくはワインの不純物）であることがあるか、或いは、（下水処理などのように）流体とは異なる処理ステップにかけられることがある。エネルギー消費量と時間の両方の観点から粒子の分離度及び効率を改善するために、最小の圧力降下で適切な粒子分離を達成するように、そのような流体力学的分離器を設計することが望ましいことがある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００３】
本明細書で開示する技術の幾つかの実施形態は、流体力学的分離器に関する。流体力学的分離器は、直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成される。流体力学的分離器は、基部、及び基部によって規定される液体チャネルを有する。液体チャネルは、入口及び出口を有する。液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成される。液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有する。液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、この矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有する。液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、
【数１】

$$L_f = 1598.8\frac{R_C a w^2}{ReD_H^3} + 6.4$$

である。

【０００４】

様々な実施形態では、そのようなシステムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。これに加えて又はその代わりに、粒子直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、粒子は、密度が最大で液体の３倍である。これに加えて又はその代わりに、出口は、第１の出口及び第２の出口を含む。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する。

【０００５】

本明細書で開示する幾つかの実施形態は、分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器に関する。流体力学的分離器は、基部と、基部によって規定される液体チャネルと、を有し、液体チャネルは、入口及び出口を有する。液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成される。液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有する。液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、この矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有する。液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、

【数２】

$$L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2 + 24.3$$

である。

【０００６】

様々な実施形態では、そのようなシステムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。これに加えて又はその代わりに、粒子直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、粒子は、密度が最大で液体の３倍である。これに加えて又はその代わりに、出口は、第１の出口及び第２の出口を含む。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する。

【０００７】

幾つかの実施形態は、直径（ａ）の分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器に関する。流体力学的分離器は、基部と、基部によって規定される液体チャネルと、を有し、液体チャネルは、チャネルの内部にレイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成される。液体チャネルは、入口及び出口を有し、液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有する。液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有する。矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有する。液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、

【数３】

$$L_f = \frac{Rew^2}{8D_H} + 24.3$$

である。

【０００８】

様々な実施形態では、そのようなシステムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。これに加えて又はその代わりに、粒子直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い。これに加えて又はその代わりに、粒子は、密度が最大で液体の３倍である。これに加えて又はその代わりに、出口は、第１の出口及び第２の出口を含む。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する。

【０００９】

幾つかの実施形態は、粒子直径（ａ）の分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器に関する。流体力学的分離器は、基部、及び基部によって規定される液体チャネルを有する。液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、液体チャネルは入口及び出口を有する。液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、中心軸の周りのカーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有する。液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、この矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有する。液体チャネルは、中心軸の周りに集束角（α）を有し、ここで、

【数４】

$$\alpha = 265{,}682\frac{\mathrm{aw}^2}{\pi ReD_H{}^3} + 45.1$$

である。液体チャネルは、集束角α以上の円弧の大きさまで、中心軸の周りに円周方向に延びる。

【００１０】

様々な実施形態では、そのようなシステムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。これに加えて又はその代わりに、粒子直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい。これに加えて又はその代わりに、円弧の大きさは、集束角より４０％以下だけ大きい。これに加えて又はその代わりに、円弧の大きさは、３６０度よりも大きく、液体チャネルは螺旋を規定する。これに加えて又はその代わりに、円弧の大きさは、３６０度よりも小さい。１２。これに加えて又はその代わりに、粒子は、密度が最大で液体の３倍である。これに加えて又はその代わりに、出口は、第１の出口及び第２の出口を含む。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する。

【００１１】

幾つかの実施形態は、直径（ａ）の分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器に関する。分離器は、基部、及び基部によって規定される液体チャネルを有する。液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体

を収容するように構成される。液体チャネルは、入口及び出口を有する。液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するカーブした内側壁と、外側半径を規定するカーブした外側壁と、を有する。液体チャネルは、カーブした内側壁に沿って液体チャネル長（L_D）を有する。液体チャネルは、液体チャネル長に沿って矩形の断面を有する。矩形の断面は、内側壁と外側壁との間にチャネル幅（ｗ）を有し、チャネルは、入口と出口との間に、チャネル幅が先細（テーパー）になるテーパー状領域を有する。

【００１２】

幾つかのそのような実施形態では、チャネル幅は出口に向かって増加する。これに加えて又はその代わりに、チャネル幅は、入口と出口との間で一定の割合で増加する。これに加えて又はその代わりに、チャネル幅は出口に向かって減少する。これに加えて又はその代わりに、内側半径は、入口から出口まで一定である。これに加えて又はその代わりに、外側半径は、入口と出口との間で外側が先細になっている。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、第１のチャネル幅及び第１の液体チャネル長を有する第１の領域と、第２のチャネル幅及び第２の液体チャネル長を有する第２の領域と、第１の領域から第２の領域まで延びるテーパー状領域長を有するテーパー状領域と、を有する。幾つかのそのような実施形態では、第１の領域は、第２の領域よりも長さが長い。

【００１３】

これに加えて又はその代わりに、このシステムは、第１の領域及び第２の領域において、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。これに加えて又はその代わりに、粒子は、密度が最大で液体の３倍である。これに加えて又はその代わりに、出口は、第１の出口及び第２の出口を有する。これに加えて又はその代わりに、液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである。これに加えて又はその代わりに、粒子の直径（ａ）は、第１の領域の水力直径（D_H）及び第２の領域の水力直径の８％よりも大きい。

【００１４】

上記の概要は、各実施形態又は全ての実施態様を説明することを意図したものではない。むしろ、添付の図面を考慮して、以下の例示的な実施形態の詳細な説明及び特許請求の範囲を参照することにより、例示的な実施形態のより完全な理解が、明らかになり、獲得されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】実施形態と整合性のある、例示的な流体力学的分離器システムの概略図である。

【図２】図１の液体チャネルの断面図である。

【図３】液体チャネルの長さに沿った粒子集束を表すプロットである。

【図４】液体チャネルと整合性のある、異なるディーン数についての典型的な半径方向の流れのプロファイルのプロットである。

【図５】半径方向の流れの速度を規定する従来技術による方程式に対する実験結果のプロットである。

【図６】半径方向の流れの速度を規定する新規の方程式に対する実験結果のプロットである。

【図７】粒子の集束長を規定する第１の方程式に対する実験結果のプロットである。

【図８】粒子の集束長を規定する第２の方程式に対する実験結果のプロットであり、この第２の方程式は、粒子のサイズを考慮に入れている。

【図９】液体チャネルの円弧の大きさを規定する第３の方程式に対する実験結果のプロットである。

【図１０】螺旋状の液体チャネルを備えた例示的な流体力学的分離器を表す概略図である。

【図１１】図１０の例示的な流体力学的分離器の正面図である。

【図１２】実施形態と整合性のある、別の例示的なシステムである。

【発明を実施するための形態】

【００１６】
本技術については、添付の図面に関連した様々な実施形態についての以下の詳細な説明を検討することで、より完全に理解し、真価を把握することができる。
【００１７】
図は、主に分かりやすくするように描画されており、その結果として、必ずしも縮尺通りに描かれてはいない。更に、限定するものではないが締結具、電気部品（配線、ケーブル等）を含む、様々な構造／構成要素は、図示した実施形態の態様をよりよく示すために、図式的に示されていたり、又は図の一部又は全部から取り除かれていたりすることがあるか、或いは、そのような構造／構成要素を含めることは、必ずしも、本明細書で説明する様々な例示的な実施形態の理解に向けたものとは限らない。しかしながら、特定の図中のそのような構造／構成要素についての説明／記載が無いことは、いかなる形でも、様々な実施形態の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。
【００１８】
流体力学的分離器とは、内部流体の流れに起因する力にのみ依拠して、流体ストリーム内で粒子を集束させることができる、微少流体デバイスである。粒子は、流体ストリームの一部分から分離されることがあるか、且つ／又は流体ストリーム内部で他のサイズの粒子から分離されることがある。流体力学的分離器は一般的に、入口と、少なくとも２つの流れの分岐を有する出口と、を有する流体チャネルを規定する。特定のサイズ範囲内の粒子は、２つの流れの分岐のうちの一方に集束されるか又は濃縮されることがある。例えば、閾値サイズ範囲を超える粒子は、２つの流れの分岐のうちの一方に集束される。流体の流れの濃縮された部分は、システムから取り除かれるか、又は更なる処理のために保持されることがある。残りの粒子は、その少なくとも２つの流れの分岐を通って流れることがある。
【００１９】
図１は、本明細書で開示する技術の幾つかの実施態様と整合性のある、例示的なシステム１０の概略図である。システム１０は、流体ストリーム中に浮遊している粒子を集束させるように構成された流体力学的分離器システムである。システム１０は、入口１２２及び出口１２４を有する流体力学的分離器１００を有する。流体ポンプ３０は、流体源２０と流体力学的分離器１００との間に流体連通を形成する。特に、流体ポンプ３０は、流体源２０から入口流路４０を通って流体力学的分離器１００の入口１２２まで、流体をポンプで送り出すように構成される。流体は、流体力学的分離器１００の液体チャネル１２０を通って出口１２４まで流れるように構成される。第１の出口分岐５０及び第２の出口分岐５２は、出口１２４から、他のシステム又は他のシステム構成要素まで通じていることがある。実施形態によっては、第１の出口分岐５０を通って流れる流体は、第２の出口分岐５２を通って流れる流体に比べて、特定のサイズ範囲内の粒子をより高い濃度で有するように構成される。
【００２０】
本明細書で開示する技術と整合性のある流体力学的分離器は、一般的に、基部１１０から構成されている。基部１１０は、内部に液体チャネル１２０を規定する。基部は、様々な異なる材料及び材料の組み合わせから構成されることがある。実施形態によっては、基部は、ポリマーであり得る。例によっては、基部は、ポリジメチルシロキサン（ＰＤＭＳ）である。実施形態によっては、基部は、ガラスを含むことがある。実施形態によっては、基部は、非反応性の金属を含むことがある。実施形態によっては、基部は、感圧性接着剤などの１つ又は複数の接着剤層を含むことがある。実施形態によっては、チャネルの壁が２種以上の物質であり得るように、基部は２種以上の物質であり得る。
【００２１】
液体チャネル１２０は一般的に、液体の流れを収容するように構成される。液体チャネル１２０は、入口１２２及び出口１２４を規定する。液体チャネル１２０は、入口１２２から出口１２４までのチャネル長L_Dを規定する。液体チャネル１２０は一般的に、中心軸ｘの周りに内側半径R_Cを規定するようにカーブしている。従って、液体チャネル１２

０は、中心軸ｘの周りに円周方向に延びて、チャネル円弧の大きさを規定する。現在の例では、液体チャネル１２０は、中心軸ｘの周りに約１８０°延びている。現在の例では、内側半径R_Cは、チャネルの長さに沿って実質的に一定であるが、幾つかの他の例では、内側半径R_Cは変動することがある。

【００２２】

液体チャネル１２０は一般的に、チャネルの長さに沿って矩形の断面を有しており、これは、図２に見られる。液体チャネル１２０の断面は一般的に、チャネル１２０を通る流体の流れの方向に垂直である。チャネル１２０は、図２に見られる高さ（ｈ）と、図１と図２の両方に見られる幅（ｗ）と、を有する。チャネル１２０は、水力直径（D_H）も有する。矩形の断面を有する微小流体チャネルの水力直径を計算するために、以下の方程式が使用される。

【数５】

$$D_H = \frac{2 \times 高さ \times 幅}{高さ + 幅}$$

【００２３】

液体チャネル１２０は、例として、成形作業、フォトリソグラフィ、及び３Ｄ印刷によって、基部１１０内に形成されることがある。例によっては、液体チャネル１２０は、プラスチックの射出成形又はエンボス加工によって、基部１１０内に形成される。他の方式を使用して、液体チャネル１２０を形成することもできる。様々な実施形態では、流体力学的分離器１００は、並行して動作するように構成された複数の液体チャネル１２０を規定する。様々な実施形態では、流体力学的分離器１００は、少なくとも１０個の液体チャネルを有する。様々な実施形態では、流体力学的分離器１００は、少なくとも５０個の液体チャネル、又は少なくとも１００個の液体チャネルを有する。

【００２４】

流体力学的分離器１００が複数の液体チャネルを有する幾つかの実施形態では、１つの液体チャネル１２０が、単一の基部層内に規定されることがある。幾つかのそのような実施形態では、複数の基部層がスタック構成で積層されていることがあり、その結果、各基部層によって規定される複数の液体チャネル１２０のそれぞれも、スタック構成になる。流体力学的分離器１００を形成するようにスタックされた基部及び液体チャネル１２０の層。流体力学的分離器１００は、入口流路４０であって、（入口１２２などの）微小流体チャネル入口のそれぞれの上流にあり、それらと直接的に流体連通している入口流路４０を規定することがある。入口流路４０は一般的に、複数の液体チャネル１２０の各チャネルの水力直径よりも大きな水力直径を有する。流体力学的分離器１００は、第１の出口分岐５０及び第２の出口分岐５２を規定することがあり、これらは共に各出口１２４の下流に位置し各出口１２４と直接的に流体連通している。第１の出口分岐５０及び第２の出口分岐５２のそれぞれは一般的に、複数の液体チャネルの各チャネルの水力直径よりも大きい直径を有する。そのような構成により、複数のチャネルを通る流れを有利にも均等化することができる。

【００２５】

液体チャネル１２０は、液体チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成される。カーブしているチャネル内の流体の流れは、２つの無次元数、即ちレイノルズ数及びディーン数によって表される。レイノルズ数は、粘性力に対する慣性力の比率を表し、次のように定義される。

【数６】

$$Re = \frac{\rho U D_H}{\mu}$$

但し、ρは流体密度、Ｕは平均流体速度、及びμは流体の動的粘度である。流体力学的分離器では、レイノルズ数は通常は小さく（＜１０００）、これは、流れのプロファイルが層状であることを意味する。様々な実施形態では、システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される。様々な実施形態では、システムは、５～２０の間のディーン数を有するように構成される。ディーン数は、カーブしたパイプ内の流体の振る舞いを表し、流体に作用する慣性力、向心力、及び粘性力を説明する。ディーン数は、次のように定義される。

【数７】

$$De = Re\sqrt{\frac{D_H}{2R_c}}$$

【００２６】

流体力学的システム１０は一般的に、液体チャネル１２０内で粒子を集束させるように構成される。「粒子」という用語は、本明細書で使用する場合、流体内で分散している、離散的な量の物質を指す。粒子を形成することができる物質の非限定的な例としては、ほこり、金属、細胞、気泡、脂肪、水滴が挙げられる。１つの特定の例では、水滴を、ガソリン又はディーゼル燃料などの炭化水素流体中に分散させて、エマルジョンを形成することがある。別の例では、気泡が、油圧油中に分散していることがある。別の例では、細胞が、水性流体中に分散していることがある。更に他の例では、粒子は、オレンジジュース中のしぼりかす、牛乳中の脂肪、ビール又はワイン中の不純物であり得る。

【００２７】

様々な実施態様では、流体力学的分離器１００は、液体チャネル１２０の水力直径の８％よりも大きな直径を有する粒子を集束させるように構成される。ディーン数が５～２５の範囲を取る場合に、直径がチャネルの水力直径の８％を上回る粒子は、一般的に、内側壁に向かって集束される。流体力学的分離器は一般的に、チャネル高さの５０％以下である直径を有する粒子を集束させるように構成される。様々な例では、本明細書で提供する計算の目的のために、粒子は、０．５よりも大きな球形度を有する。非球形の粒子については、本明細書で提供する計算の目的のために、粒子の直径は、同等の球状の直径であるとみなされる。様々な実施形態では、本明細書で開示する技術と整合性のある流体力学的分離器は、液体チャネル１２０内の液体の最大で３倍の密度を有する粒子を集束させるように構成される。

【００２８】

粒子集束は、２つの別個の段階で発生する。第１の段階は、粒子移動段階であり、この段階では、浮遊粒子が、液体チャネル１２０を横切って、液体チャネル１２０の縁まで移動する。粒子移動段階は一般的に、液体チャネル入口１２２で開始し、液体チャネル１２０の粒子移動長Ｌ$_{o}$だけ延びて、液体チャネル１２０の粒子移動領域１２６を規定する。この領域では、液体チャネル１２０の内側壁１２１上でのさらなる集束は観察されない。第２の領域は、線形集束領域１２８であり、この領域では、内側壁１２１上での集束の量が、チャネル長に沿って線形に増加する。集束は、最大の粒子集束に達するまで続く。最大の粒子集束に達した後は、さらなる集束は観察されない。線形集束領域１２８は、最大の粒子集束を達成するのに必要な長さである線形集束長Ｌ$_{f}$を有する。線形集束領域１２８は一般的に、粒子移動領域１２６からチャネル出口１２４に向かって延びる。

【００２９】
線形集束領域１２８の後の液体チャネル１２０の長さは、完全集束領域１３０と呼ばれる。完全集束領域１３０は、線形集束領域１２８から出口１２４まで延びる長さを有する。様々な実施態様では、最大の粒子集束を依然として達成しながらも、液体チャネル１２０全体に渡る圧力降下を低減させることにより、システムのエネルギー要件を引き下げるために、完全集束領域１３０を制限又は削除することが望ましいことがある。
【００３０】
図３は、カーブした液体チャネルの長さに沿った粒子集束の３つの段階を示している、代表的な集束挙動を示すグラフである。粒子移動領域１２６は、チャネルの長さの最初の約１６ｍｍに相当し、線形集束領域１２８がこれに続く。この例では、線形集束領域１２８は、液体チャネルの長さに沿って、約１１４ｍｍで最大粒子集束を達成する。一旦、粒子集束の最大値に到達すると、粒子集束は概ね一定のままになることがある。デバイスのこの領域は、完全集束領域１３０とみなされる。この例では、完全集束領域内の最大集束百分率は、約９０％である（即ち、粒子の９０％が集束される）。
【００３１】
数学的には、カーブしたチャネル（図１に示したものなど）において最大粒子集束を達成するために必要とされる線形集束領域の長さは、チャネルを通る粒子速度の半径方向成分に基づく線形関数になる。既存の文献（例えば、Ｄｉ　Ｃａｒｌｏ，Ｄ．、Ｉｒｉｍｉａ，Ｄ．、Ｔｏｍｐｋｉｎｓ，Ｒ．Ｇ．、Ｔｏｎｅｒ，Ｍ．著、「Ｃｏｎｔｉｎｕｏｕｓ Ｉｎｅｒｔｉａｌ Ｆｏｃｕｓｉｎｇ，Ｏｒｄｅｒｉｎｇ，ａｎｄ Ｓｅｐａｒａｔｉｏｎ ｏｆ Ｐａｒｔｉｃｌｅｓ ｉｎ Ｍｉｃｒｏｃｈａｎｎｅｌｓ」、米国科学アカデミー紀要、２００７年１１月、第１０４巻第４号、１８８９２－７を参照）によれば、ディーンフロープロファイルの半径方向成分の大きさ、又は線形集束率U_Dは、次の通りである。
【数８】

$$U_D \sim \frac{De^2 \mu}{\rho D_H}$$

【００３２】
この関係性は、テキサス州プレーノーに拠点を置くシーメンスＰＬＭソフトウェアによるＳＴＡＲ－ＣＣＭ＋ソフトウェアで、計算上の流体力学を使用して、矩形のチャネルに対して試験された。半径方向の流れの成分を測定するために、関数プローブが仮想的な流体ドメインの中心に挿入され、主要な流体の流れの方向に沿って離散的な半径方向の位置で（Ｚ方向の）チャネルの深さと位置合わせされた。一連の典型的な半径方向の流れのプロファイルの例が図４に示されており、ここで、半径方向の速度は、チャネルの中心を通る深さの関数である。図示される流れのプロファイルは、単一のデバイスジオメトリと流体の組み合わせのものであり、ディーン数は変化するが、チャネルの高さｈ（１５０μｍ）、幅ｗ（５００μｍ）、及び内側半径R_c（２０ｍｍ）は一定である。この座標系では、正の流れの速度は、流体がデバイスの外側壁に向けて移動していることを示し、負の流れの速度は、流体がデバイスの内側壁に向けて移動していることを示す。チャネルの深さの中心では、最大の半径方向の流れの成分が観察される。これは、流体慣性に起因する外側壁に向かう最大速度に相当する。２つの最小の半径方向の流れの成分があり、これらは、チャネルの深さの中心の上及び下に対称的に観察される。これらの流れの成分は、内側壁に向けて再循環する流れであり、この流れは、最終的に、粒子を最終集束位置に受動的に移動させる役割を担う。
【００３３】
４つの異なるディーン数（Ｄｅ＝５、１０、１５、２０）にある異なる液体チャネル幅に対する最小の半径方向の流れの速度が、ディーンフロープロファイルの半径方向成分の

大きさについての文献の方程式に対してプロットされ、これは、図５に反映されている。図に見られるように、この方程式は、異なる液体チャネル幅に渡る線形の関係を規定しておらず、従って、半径方向の速度を正確に予測するものではない。更なる試験及び分析の過程で、線形集束率U_Dについて、以下の関係が発見された。

【数９】

$$U_D \sim \frac{De^2\mu}{\rho w}$$

【００３４】

この式は、最小の半径方向速度に対してプロットされ、その結果は、図６に反映されている。図に見られるように、異なる液体チャネル幅を有するデバイスからのデータは、単一の線形曲線上に収束する。この関係は、デバイスのジオメトリ（幅、高さ、及びR_c）及び流体特性（粘度及び密度）を、流体力学的分離器に関連したディーン数の範囲（５＜Ｄｅ＜２５）に渡って変化させたときに、当てはまる。特に、最小半径方向速度は、以下の通りであることが発見された。

【数１０】

$$U_D = -0.02597 * \frac{De^2\mu}{\rho w} - 1.107 * 10^{-4}$$

ここで、μはｃＰ単位、ｗはミクロン単位、ρはｇ／ｃｍ^3、及びU_Dはｍ／ｓ単位である。

【００３５】

最小半径方向速度に基づいて、最大粒子集束を得るための線形集束領域の長さを決定する方程式を導き出すことができる。液体チャネルの幅を横切る速度は概ね一定であるので、粒子が液体チャネルの幅を内側壁に向けて横断するのに係る時間は、次式の通りである。

【数１１】

$$t \propto \frac{w}{U_D} = \frac{w^2\rho}{De^2\mu}$$

【００３６】

従って、線形集束領域の長さは、次のようになる。

【数１２】

$$L_f \propto tU = \frac{w^2\rho}{De^2\mu}\mathrm{U}$$

ここで、Ｕは流体の平均下流速度である。

【数１３】

$$U = \frac{Re\mu}{\rho D_H}$$

を代入すると、
【数１４】

$$L_f \propto \frac{Re}{De^2}\frac{w^2}{D_H} = \frac{2R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2$$

より具体的には、
【数１５】

$$L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2 + 24.3$$

【００３７】
線形集束領域は、一般的に、ディーン数がより大きいほどより短くなり、また、本明細書で開示する技術と整合性のある流体力学的分離器の動作範囲は、５～２５の範囲のディーン数であるので、線形集束長Ｌｆは、一般的に、以下の最小値になる。
【数１６】

$$L_f = \frac{Rew^2}{8D_H} + 24.3$$

【００３８】
粒子集束率（即ち、線形集束領域の勾配）を使用して、追加的に粒子の８０％を集束させるのに必要な長さが計算された。追加の８０％の粒子が集束されると、集束有効度が９０％よりも高くなる、というのも、デバイスの入口では、粒子の１０～２０％が、既に集束位置にあるからである。実験結果に関連付けられた観察された集束長が、上記の集束長Ｌｆの式に対してプロットされ、これは図７に反映されている。エラーバーは、線形集束領域の勾配における不確実性に基づく標準誤差に対応する。この当てはまりは、明確な傾向を示しており、デバイスの幅及び曲率半径の変化によって左右される。データをより詳しく見てみると、集束長Ｌｆは粒子のサイズに依存していることが示唆されている。具体的には、より小さな粒子は、より大きな粒子よりも速く集束する。実際、異なるサイズの粒子は、異なる揚力を経験し、従って、異なる高さにおいてデバイスの幅を横断する。線形集束長Ｌｆを取得し、これを粒子のコンファインメント（ａ／Ｄｈ）で掛け算すると、
【数１７】

$$L_f \propto \frac{2R_c a w^2}{ReD_H^3}$$

が得られ、より具体的には、
【数１８】

$$L_f = 1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3} + 6.4$$

が得られることが発見された。これは、図８に反映されるように、観察された実験による

集束長に対してプロットされている。データは、線形フィットに収束し、０．９５を上回るＲ^{2}値を与える。

【００３９】

線形集束領域の長さＬ$_f$の観点から説明する代わりに、線形集束領域は、集束角（α）の観点から説明することもでき、これは、中心軸ｘの周りの線形集束領域１２８の円弧の大きさである：

【数１９】

$$\alpha \propto \frac{aw^2}{\pi ReD_H{}^3}$$

又は、より具体的には、

【数２０】

$$\alpha = 265{,}682\frac{aw^2}{\pi ReD_H{}^3} + 45.1$$

これは、図９に、実験データに対してプロットされている。図示されるように、本明細書で開示する技術と整合性のある様々な液体チャネルは、３６０度よりも大きな集束角を必要とし、完全な集束は、「単純な」流体力学的分離器では生じ得ないことを示している。ここで、「単純な」流体力学的分離器とは、液体チャネルが、中心軸ｘの周りの完全な１回転よりも短い分離器のことである。中心軸ｘの周りに１回転以内で粒子を完全に集束させる液体チャネルは、一般的に、幅が狭く、レイノルズ数が高く、水力直径が大きい。

【００４０】

一連の実験が行われ、それらの実験では、本明細書で開示する技術と整合性のある様々な流体力学的システムの実際の粒子移動長Ｌ$_0$及び粒子集束長Ｌ$_f$が測定された。標準的な方法を使用して、様々なデバイス高さ及び幅の流体力学的分離器が、ＰＤＭＳ及びガラススライドから作製された。蛍光標識された粒子の溶液が、５～２５のディーン数の範囲内で既知の流量で、流体力学的分離器のチャネルに導入された。ＣＭＯＳカメラを使用して、流体力学的分離器に沿って様々な位置で画像が取得された。画像処理を使用して、粒子の濃度を、チャネルの位置及び長さの関数として特定した。上記で提供した方程式に従って、粒子の集束長Ｌ$_f$も計算された。結果は、以下の表１に反映されている。

【００４１】

【表１】

No.	実験に基づく L_0 (mm)	実験に基づく L_f (mm)	実験に基づく (Lo/(Lo+Lf))	Lo/Lf	$L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2 + 24.3$	$L_f = 1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3} + 6.4$
1	13	381	3.30%	3.4%	395	370
2	0	87	0%	0%	82	110
3	13.5	140	8.70%	9.6%	145	148
4	16.5	138	10.70%	12.0%	105	101
5	20.7	286	6.70%	7.2%	271	297
6	5.9	58	9.10%	10.2%	62	69
7	19.4	68	22.30%	28.5%	50	48
8	7	222	3.10%	3.2%	161	188
9	16.5	133	11.00%	12.4%	136	155
10	5.2	133	3.80%	3.9%	99	105
11	18.9	65	22.50%	29.1%	77	76
12	12.6	61	17.20%	20.7%	64	59
13	16.9	62	21.50%	27.3%	103	76
14	18.5	47	28.20%	39.4%	77	53
15	12.6	44	22.30%	28.6%	64	41
16	30.8	138	18.30%	22.3%	174	168

表 1

【００４２】

実験結果全体に渡って、粒子集束長Ｌｆは、粒子移動長Ｌ０よりも大きかった。粒子移動長Ｌ０は、液体チャネル全長ＬＤの０％から液体チャネル全長ＬＤの２８．２％までの範囲に及んだ。更に、粒子移動長Ｌ０は、粒子移動長Ｌｆの０％から粒子移動長Ｌｆの３９．４％までの範囲に及んだ。従って、実施形態によっては、本明細書で開示する技術と整合性のある液体チャネルは、粒子移動長Ｌｆに概ね等しい液体チャネル長ＬＤを有する。様々な実施形態では、本明細書で開示する技術と整合性のある液体チャネルは、粒子移動長Ｌｆよりも大きな液体チャネル長ＬＤを有する。収集したデータに基づくと、多くの実施形態では、液体チャネル長ＬＤは、粒子移動長Ｌｆよりも４０％未満だけ大きいように見受けられる。液体チャネル長ＬＤは、粒子移動長Ｌｆよりも、３０％以下だけ大きいことがある。液体チャネル長ＬＤは、粒子移動長Ｌｆよりも、２０％以下だけ大きいことがある。実施形態によっては、液体チャネル長ＬＤは、粒子移動長Ｌｆよりも、３％から２０％だけ大きいことがある。

【００４３】

図１０及び図１１は、幾つかの実施形態と整合性のある、別の例示的な流体力学的分離器２００の概略図を示す。図１０は、概略斜視図であり、図１１は、流体力学的分離器の入口側の概略正面図であり、液体チャネル２２０は、点線によって表されている。流体力学的分離器２００は、矛盾する場合を除いて、上記の記載と概ね合致する。流体力学的分離器２００は、液体ストリーム中に分散している粒子を集束させるように構成される。流体力学的分離器２００は、基部２１０から構成される。基部２１０は、入口２２２及び出口２２４を有する液体チャネル２２０を規定する。液体は、流体力学的分離器２００の液体チャネル２２０を通って入口２２２から出口２２４まで流れるように構成される。

【００４４】

液体チャネル２２０は、入口２２２から出口２２４までのチャネル長L_Dを規定する。液体チャネル２２０は一般的に、中心軸ｘの周りに内側半径R_Cを規定するようにカーブしている。従って、液体チャネル２２０は、中心軸ｘの周りに円周方向に延びて、チャネル円弧の大きさを規定する。現在の例では、液体チャネル２２０は、中心軸ｘの周りに約８１０°延びている。現在の例では、内側半径R_Cは、チャネルの長さに沿って実質的に一定である。現在の例では、液体チャネル２２０は、中心軸ｘの周りに螺旋を形成する。液体チャネル２２０の螺旋構成は、一定の内側半径R_Cと、中心軸ｘの周りの複数の回転の両方に対応する。しかしながら、実施形態によっては、内側半径は一定ではない。

【００４５】

液体チャネル２２０は一般的に、チャネルの長さに沿って矩形の断面を有しており、これは、図１１の入口２２２に見られる。液体チャネル２２０の断面は一般的に、チャネル２２０を通る流体の流れの方向に垂直である。チャネル２２０は、図２に見られる高さ（ｈ）と、図１１に見られる幅（ｗ）と、を有する。チャネル２２０は、これまで開示してきたように、水力直径（D_H）も有する。

【００４６】

上記で考察した例と同様に、粒子集束は、２つの別個の段階で発生することがある。液体チャネル長L_Dを最適化するために、液体チャネルの全長が、粒子移動長L_0及び粒子集束長L_fになるように、完全集束領域は省かれる。液体チャネル長L_D及び／又は円弧の大きさの最適化は、一般的に、上記の考察と合致する。

【００４７】

図１～２及び図１０～１１の例と整合性のある実施形態などの、様々な実施形態では、高さｈ、幅ｗ、及び内側半径R_Cなどの液体チャネルの寸法は、液体チャネルの長さに沿って実質的に一定であり、これは、そのような寸法が、液体チャネルの長さに沿って、この寸法の加重平均値の５％を超えて変化することはないことを意味する。本明細書で提供する方程式は、一般的に、実質的に一定の内側半径R_Cを有する液体チャネルの液体チャネル長の最適化に向けたものである。実施形態によっては、チャネル幅ｗは、チャネルの長さに沿って実質的に一定ではない。そのような実施形態では、液体チャネル長の最適化のために本明細書で提供される方程式において、チャネルの長さに沿ったチャネル幅ｗの加重平均を使用することができる。様々な例では、最適化されたチャネル長は、集束領域内のチャネル寸法の加重平均に基づいていることがある。

【００４８】

図１２は、幾つかの実施形態と整合性のある、更に別の例示的な流体力学的分離器システムの概略図である。このシステムは、図１を参照して上記で考察したように、流体源２０、ポンプ、入口フローチャネル４０及び出口フロー分岐５０、５２を有する。このシステムは、流体力学的分離器３００を有し、この分離器は、一般的に、矛盾する場合を除いて、上記の記載と合致する。流体力学的分離器３００は、液体ストリーム中に分散している粒子を集束させるように構成される。流体力学的分離器３００は、基部３１０から構成される。基部３１０は、入口３２２及び出口３２４を有する液体チャネル３２０を規定する。液体は、流体力学的分離器３００の液体チャネル３２０を通って入口３２２から出口３２４まで流れるように構成される。

【００４９】

液体チャネル３２０は、入口３２２から出口３２４までのチャネル長L_Dを規定する。液体チャネル３２０は一般的に、中心軸ｘの周りに内側半径R_Cを規定するようにカーブしている。従って、液体チャネル３２０は、中心軸ｘの周りに円周方向に延びて、チャネル円弧の大きさを規定する。現在の例では、液体チャネル３２０は、中心軸ｘの周りに約１８０°延びている。現在の例では、内側半径R_Cは、チャネルの長さに沿って実質的に一定であるが、幾つかの他の実施形態では、内側半径は一定ではない。

【００５０】

液体チャネル３２０は一般的に、チャネルの長さに沿って矩形の断面を有しており、これは、現在は見えていない。液体チャネル３２０は、現在は見えていない高さ（ｈ）と、

図１２に見えている第１のチャネル幅w_1及び第２のチャネル幅w_2とを有する。この特定の例では、液体チャネル３２０は、一定の幅を有していない。チャネルの幅は、入口と出口との間で先細になっている。具体的には、液体チャネル３２０の第１の領域３２６は第１の幅w_1を規定し、液体チャネル３２０の第２の領域３２８は第２の幅w_2を規定し、第１の幅w_1と第２の幅w_2との間にはテーパー状領域３２７が延在して第１の幅w_1から第２の幅w_2にかけてスムーズな遷移をもたらしている。「テーパー（先細）」という用語は、本明細書では、第１の幅w_1と第２の幅w_2との間で、段階的な遷移などの急激な遷移を排除する、比較的に漸進的な拡張／収縮を意味するために使用される。テーパーは、例として、直線状、放物線状、又は指数関数的であり得る。これに加えて、テーパー状領域の長さ方向に沿った複数のテーパー形状の組み合わせを含め、他のテーパー形状も可能である。

【００５１】

実施形態によっては、第１の領域３２６及び第２の領域３２８は、長さが概ね等しいことがあるが、現在の実施形態では、第１の領域３２６は第２の領域３２８よりも短い。実施形態によっては、第１の領域３２６は、第２の領域３２８よりも長さが長い。実施形態によっては、テーパー状領域３２７は、第１の領域３２６又は第２の領域３２８の一方又は両方よりも長い。現在の例では、液体チャネル３２０の外側壁３２３の半径のみが、第１の領域３２６と第２の領域３２８との間で先細になっている。幾つかの他の実施形態では、外側壁３２３の半径及び内側壁３２１の半径が、第１の領域３２６と第２の領域３２８との間で先細になっている。更に他の実施形態では、内側壁３２１の半径のみが、第１の領域３２６と第２の領域３２８との間で先細になっている。

【００５２】

実施態様によっては、幅が、より小さな幅からより大きな幅にかけて次第に大きくなる液体チャネルの実施形態が望ましいことがある。液体チャネル３２０の幅が小さいほど、粒子が内側壁３２１に向けて集束する経路が短くなる。液体チャネル３２０の幅が大きいほど、チャネル３２０に沿った圧力降下が小さくなり、これにより、チャネル３２０を通して液体を送り出すのに必要なエネルギーが低減される。従って、実施態様によっては、液体チャネル３２０の長さの少なくとも一部分に沿って増加する液体チャネル幅を有することが望ましいことがある。

【００５３】

実施態様によっては、最適なチャネル長は、そのような計算において液体チャネル３２０の長さに沿って幅の加重平均を使用することにより、近似することができる。図１２と整合性のある幾つかの実施態様では、最大の集束を達成するために、以下が当てはまる。

【数２１】

$$1 \leq \frac{L_{w1}}{L_{f(w1)}} + \frac{L_{w2}}{L_{f(w2)}}$$

但し、L_{w1}及びL_{w2}は、それぞれ、チャネルの（第１の幅w_1を有する）第１の領域３２６及び（第２の幅w_2を有する）第２の領域３２８の実際の長さである。$L_f(w_1)$及び$L_f(w_2)$は、それぞれ、第１の領域３２６と整合性のあるチャネル及び第２の領域３２８と整合性のあるチャネルの、理論上の線形集束長である。テーパー状領域３２７の長さがL_{w1}及びL_{w2}に比べて比較的に小さい場合には、線形集束長（L_f）は、次のようになる。

$L_f = \alpha L_f(w_1) + (1-\alpha) L_f(w_2)$

【００５４】

但し、αは

【数２２】

$$\alpha = \frac{L_{w1}}{L_{f(w1)}}$$

であり、第１の領域３２６内で発生する集束の百分率に相当し、（１－α）は
【数２３】

$$(1-\alpha) = \frac{L_{w2}}{L_{f(w2)}}$$

であり、第２の領域３２８内で発生する更なる集束の百分率に相当する。「比較的に小さい」とは、テーパー状領域３２７が、第１の領域３２６と第２の領域３２８との合算長さの３０％未満、２０％未満、又は更には１０％未満であることを意味する。
【００５５】
幾つかの他の実施態様では、集束領域の全長を計算する目的のために、テーパー状領域の第１の部分は、第１の領域３２６の長さの一部とみなされることがあり、テーパー状領域の第２の部分は、第２の領域３２８の長さの一部とみなされることがある。例えば、テーパー状３２７領域の長さの半分が、第１の領域３２６の長さの一部とみなされることがあり、テーパー状領域３２７の長さの他方の半分が、第２の領域３２８の長さの一部とみなされることがある。他の方式も使用することができる。
【実施例】
【００５６】
実施例Ａ（水中の２５μｍの粒子）
流体力学的分離器は、水中の２５μｍの粒子を集束させるように設計されている。主なパラメータを表２に示す。粒子が集束する流量範囲は、約１．３ｍＬ／ｍｉｎ～６．５ｍＬ／ｍｉｎ（ディーン数＝５．１～２５．３）である。表３に示すように、これらの流量に対する線形集束領域の長さが計算されている。システムの圧力降下は、真っ直ぐなチャネルの計算に基づく推定圧力降下であり、二次流の影響又は僅かな損失は含めていない。
【００５７】
【表２】

流体密度(g/mL)	0.998
チャネル高さ(μm)	150
チャネル幅(μm)	500
水力寸法(μm)	231
粘度(cP)	1
曲率半径(mm)	20
粒子コンファインメント	0.11

表２

【００５８】

【表３】

		$156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2+24.3$		$1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3}+6.4$	
流量 (mL/min)	ディーン数 (De)	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)
0.95	5.1	245	415	250	423
1.90	10.1	135	456	128	434
2.85	15.2	98	498	87	442
3.80	20.2	79	535	67	448
4.75	25.3	68	575	55	465

表 3

【００５９】

実施例Ｂ（燃料中の１０μｍの粒子、様々な曲率半径）

流体力学的分離器は、燃料中の１０μｍの粒子を集束させるように設計されている。主なパラメータを表４に示す。線形集束領域の長さ及び推定圧力降下を、一定のディーン数（Ｄｅ＝１０）で異なる流体力学的分離器半径について、計算することができる。このデータを表５に示す。システムの圧力降下は、真っ直ぐなチャネルの計算に基づく推定圧力降下であり、二次流の影響又は僅かな損失は含めていない。曲率半径が大きくなると、チャネルを通る流量は増加するが、圧力降下が増加するという欠点がある。

【００６０】

【表４】

流体密度(g/mL)	0.85
チャネル高さ(μm)	100
チャネル幅(μm)	150
水力寸法(μm)	120
粘度(cP)	3
粒子コンファインメント	0.08

表 4

【００６１】

【表５】

			$156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2+24.3$		$1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3}+6.4$	
曲率半径 (mm)	流量 (mL/min)	ディーン数	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)
10	3.4	10	43.3	10633	21.6	5304
20	4.8	10	51.2	17749	28.4	9828
30	5.9	10	57.1	24331	33.4	14228
40	6.8	10	62.3	30596	37.8	18570

表 5

【００６２】

実施例Ｃ（ワイン中の８～１２μｍの粒子）

流体力学的分離器は、ワイン中の８～１２μｍの粒子を集束させるように設計されている。これは、清澄中にビール又はワインから酵母を除去する工程を表している。主なパラメータを表６に示す。表７に示すように、異なる流量に対する線形集束領域の長さが計算されている。この計算のために、最大の粒子サイズ（１２μｍ）が使用されている。システムの圧力降下は、真っ直ぐなチャネルの計算に基づく推定圧力降下であり、二次流の影響又は僅かな損失は含めていない。

【００６３】

【表６】

流体密度(g/mL)	1.05
チャネル高さ(μm)	75
チャネル幅(μm)	150
水力寸法(μm)	100
流体粘度(cP)	1.8
曲率半径(mm)	20
粒子コンファインメント(8μm)	0.08
粒子コンファインメント(12μm)	0.12

表 6

【００６４】

【表７】

		$156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2+24.3$		$1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3}+6.4$	
流量 (mL/min)	ディーン数 (De)	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)	L_f (mm)	システム圧力降下 (mbar)
1.16	5	94	9070	63	6040
2.32	10	59	11390	49	9300
3.48	15	48	13900	34	9940
4.64	20	42	16210	27	10440

表 7

【００６５】

実施例Ｄ（２つの幅を有するデバイス）

流体力学的分離器は、ワイン中の８～１２μｍの粒子を集束させるように構成されている。実施態様によっては、そのような分離器を使用して、清澄中にビール又はワインから酵母を除去することができる。この流体力学的分離器は、ｗ１及びｗ２という異なる幅を持つ２つの領域と、１ｍｍ以下の長さを有する比較的に小さい遷移領域と、を有する。流量は、３．４８ｍＬ／ｍｉｎである。主なパラメータを表８に示す。この分離器は、粒子が第２の領域の終端で完全に集束するように、第１の領域では集束のα％を達成し、第２の領域では集束の（１－α）％を達成するように構成されている。各領域の長さL_{w1}及びL_{w2}、及び全集束長L_fが、表９に計算されている。

【００６６】

【表８】

流体密度(g/mL)	1.05
流体流量(mL/min)	3.48
チャネル高さ(μm)	75
チャネル幅領域 1(μm)	100
チャネル幅領域 2(μm)	150
水力寸法領域 1(μm)	86
水力寸法領域 2(μm)	100
流体粘度(cP)	1.8
曲率半径(mm)	20
粒子コンファインメント領域 1 (8μm)	0.09
粒子コンファインメント領域 1 (12μm)	0.14
粒子コンファインメント領域 2 (8μm)	0.08
粒子コンファインメント領域 2 (12μm)	0.12

表 8

【００６７】

【表９】

		$156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2+24.3$			$1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3}+6.4$		
領域１集束 (α)	領域２集束 (1 – α)	L_{w1} (mm)	L_{w2} (mm)	L_f (mm)	L_{w1} (mm)	L_{w2} (mm)	L_f (mm)
0%	100%	0	48	48	0	34	34
25%	75%	9	36	45	5	26	31
50%	50%	18	24	42	11	17	28
75%	25%	26	12	38	16	9	25
100%	0%	35	0	35	21	0	21

表９

【００６８】
一般的に、より狭いチャネル（領域１）において集束百分率を増加させることにより、全体的な集束長を低減することができることが観察されるが、これには、チャネル寸法がより小さくなることに起因して、圧力降下が増大するという代償が伴う。最適な設計は、用途の要件に依存する。

【００６９】
例示的な実施形態
実施形態１．直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、
基部と、
基部によって規定される液体チャネルであって、この液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、この液体チャネルは入口及び出口を有し、
液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、
液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、
矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、
液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、
【数２４】

$$L_f = 1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3}+6.4$$

である、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【００７０】
実施形態２．システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、実施形態１及び３～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７１】
実施形態３．粒子の直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい、実施形態１～２及び４～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７２】
実施形態４．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い、実施形態１～３及び５～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７３】

実施形態５．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い、実施形態１～４及び６～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７４】

実施形態６．粒子は、密度が最大で液体の３倍である、実施形態１～５及び７～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７５】

実施形態７．出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、実施形態１～６及び８～９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７６】

実施形態８．液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、実施形態１～７及び９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７７】

実施形態９．液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する、実施形態１～８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００７８】

実施形態１０．分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、

基部と、

基部によって規定される液体チャネルであって、この液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、この液体チャネルは入口及び出口を有し、

液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、

液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、

矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、

液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、

【数２５】

$$L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2 + 24.3$$

である、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【００７９】

実施形態１１．システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、実施形態１０及び１２～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００８０】

実施形態１２．粒子の直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい、実施形態１０～１１及び１３～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００８１】

実施形態１３．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い、実施形態１０～１２及び１４～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００８２】

実施形態１４．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い、実施形態１０～１３及び１５～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００８３】

実施形態１５．粒子は、密度が最大で液体の３倍である、実施形態１０～１４及び１６～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００８４】

実施形態１６．出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、実施形態１０～１５及び１７～１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００８５】
実施形態１７．液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、実施形態１０～１６及び１８の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００８６】
実施形態１８．液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する、実施形態１０～１７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００８７】
実施形態１９．分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、
基部と、
基部によって規定される液体チャネルであって、この液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、この液体チャネルは入口及び出口を有し、
液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、カーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、
液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、
矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、
液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）以上であり、ここで、
【数２６】

$$L_f = \frac{Rew^2}{8D_H} + 24.3$$

である、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。
【００８８】
実施形態２０．システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、実施形態１９及び２１～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００８９】
実施形態２１．粒子の直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい、実施形態１９～２０及び２２～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９０】
実施形態２２．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より４０％以下だけ長い、実施形態１９～２１及び２３～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９１】
実施形態２３．液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（L_f）より３０％以下だけ長い、実施形態１９～２２及び２４～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９２】
実施形態２４．粒子は、密度が最大で液体の３倍である、実施形態１９～２３及び２５～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９３】
実施形態２５．出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、実施形態１９～２４及び２６～２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９４】
実施形態２６．液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、実施形態１９～２５及び２７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。
【００９５】
実施形態２７．液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネ

ル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する、実施形態１９～２６の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００９６】

実施形態２８．直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、

基部と、

基部によって規定される液体チャネルであって、この液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、この液体チャネルは入口及び出口を有し、

液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するようにカーブしており、中心軸の周りのカーブに沿って、液体チャネル長（L_D）を有し、

液体チャネルは、カーブの長さに沿って矩形の断面を有し、

矩形の断面は、高さ、幅（ｗ）、及び水力直径（D_H）を有し、

液体チャネルは、中心軸の周りに集束角（α）を有し、集束角

【数２７】

$$\alpha = 265{,}682\frac{aw^2}{\pi ReD_H{}^3} + 45.1$$

であり、液体チャネルは、中心軸の周りに集束角α以上の円弧の大きさまで円周方向に延在する、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【００９７】

実施形態２９．システムは、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、実施形態２８及び３０～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００９８】

実施形態３０．粒子の直径（ａ）は、水力直径（D_H）の８％よりも大きい、実施形態２８～２９及び３１～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【００９９】

実施形態３１．円弧の大きさは、４０％以下だけ集束角よりも大きい、実施形態２８～３０及び３２～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１００】

実施形態３２．円弧の大きさは３６０度よりも大きく、液体チャネルは螺旋を規定する、実施形態２８～３１及び３３～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０１】

実施形態３３．円弧の大きさは３６０度未満である、実施形態２８～３２及び３４～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０２】

実施形態３４．粒子は、密度が最大で液体の３倍である、実施形態２８～３３及び３５～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０３】

実施形態３５．出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、実施形態２８～３４及び３６～３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０４】

実施形態３６．液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、実施形態２８～３５及び３７の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０５】

実施形態３７．液体チャネルは、第１のチャネル幅を有する第１の領域と、第２のチャネル幅を有する第２の領域と、第１のチャネル幅から第２のチャネル幅まで延びるテーパー状領域と、を有する、実施形態２８～３６の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０６】

実施形態３８．直径（ａ）を有する分散した粒子を有する液体を分離するように構成された流体力学的分離器であって、
基部と、
基部によって規定される液体チャネルであって、この液体チャネルは、チャネルの内部に、レイノルズ数（Ｒｅ）を有する液体を収容するように構成され、この液体チャネルは入口及び出口を有し、
液体チャネルは、内側半径（R_C）を規定するカーブした内側壁と、外側半径を規定するカーブした外側壁と、を有し、
液体チャネルは、カーブした内側壁に沿って液体チャネル長（L_D）を有し、
液体チャネルは、液体チャネル長に沿って矩形の断面を有し、
矩形の断面は、内側壁と外側壁との間にチャネル幅（ｗ）を有し、チャネルは、入口と出口との間に、チャネル幅が先細になるテーパー状領域を有する、液体チャネルと、を含む、流体力学的分離器。

【０１０７】

実施形態３９．チャネル幅は出口に向かって増加する、実施形態３８及び４０～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０８】

実施形態４０．チャネル幅は、入口と出口との間で一定の割合で増加する、実施形態３８～３９及び４１～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１０９】

実施形態４１．幅は出口に向かって減少する、実施形態３８～４０及び４２～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１０】

実施形態４２．内側半径は、入口から出口まで一定である、実施形態３８～４１及び４３～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１１】

実施形態４３．外側半径は、入口と出口との間で外側にむけて先細になる、実施形態３８～４２及び４４～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１２】

実施形態４４．液体チャネルは、第１のチャネル幅及び第１の液体チャネル長を有する第１の領域と、第２のチャネル幅及び第２の液体チャネル長を有する第２の領域と、第１の領域から第２の領域まで延びるテーパー状領域長を有するテーパー状領域と、を有する、実施形態３８～４３及び４５～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１３】

実施形態４５．第１の領域は、第２の領域よりも長さが長い、実施形態４４に記載の流体力学的分離器。

【０１１４】

実施形態４６．システムは、第１の領域及び第２の領域において、５～２５の間のディーン数（Ｄｅ）を有するように構成される、実施形態３８～４５及び４７～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１５】

実施形態４７．粒子は、密度が最大で液体の３倍である、実施形態３８～４６及び４８～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１６】

実施形態４８．出口は、第１の出口及び第２の出口を含む、実施形態３８～４７及び４９～５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１７】

実施形態４９．液体チャネルは、複数の同一の液体チャネルのうちの１つである、実施形態３８～４８及び５０の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１８】

実施形態５０．粒子の直径（ａ）は、第１の領域の水力直径（D_H）及び第２の領域の水力直径の８％よりも大きい、実施形態３８～４９の何れか１つに記載の流体力学的分離器。

【０１１９】

なお、本明細書及び添付の特許請求の範囲で使用される場合、「構成される」という語句は、特定のタスクを実行するように又は特定の構成を採用するように構築されたシステム、装置、又は他の構造物を表す。「構成される」という用語は、「配置される」「構築される」「製造される」などの類似の用語と言い換え可能に使用されることがある。

【０１２０】

本明細書における全ての刊行物及び特許出願は、この技術が関係する技術分野における通常の技術の基準を示す。全ての刊行物及び特許出願は、それぞれの個別の刊行物又は特許出願が、参照によって具体的に個別に示された場合と同じ範囲で、参照により本明細書に組み込まれる。本出願の開示と、参照により本明細書に組み込まれる文献の開示との間に何らかの矛盾が存在する場合には、本出願の開示が優先されるものとする。

【０１２１】

本出願は、本主題の適合例又は変形例をカバーすることを意図している。上記の説明は例示を意図しており、限定するものではなく、特許請求の範囲は、本明細書に記載される例示的な実施形態に限定されないことを理解されたい。

【図面】

【図１】

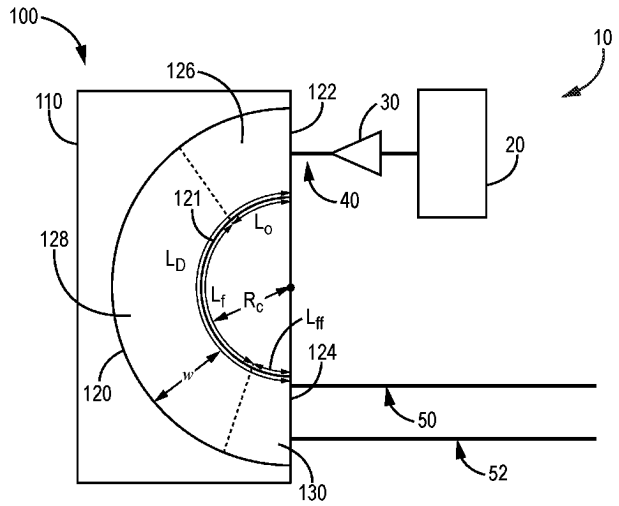


図1

【図２】

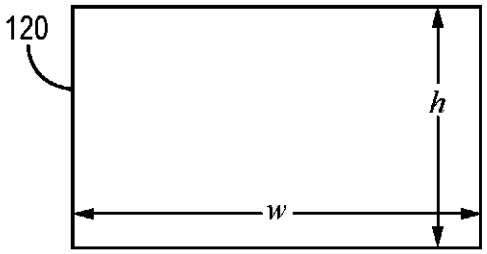


図2

【図３】

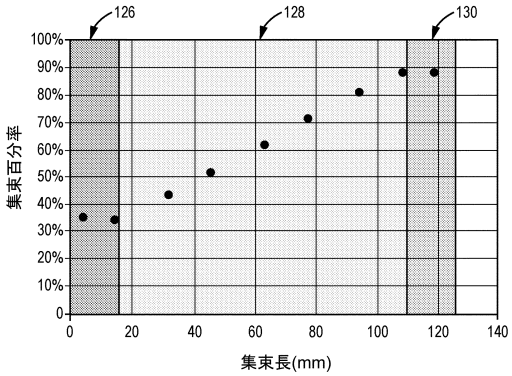


図 3

【図４】

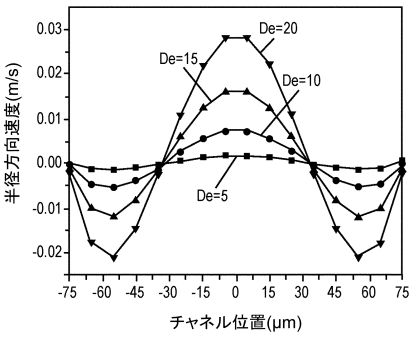


図 4

【図５】

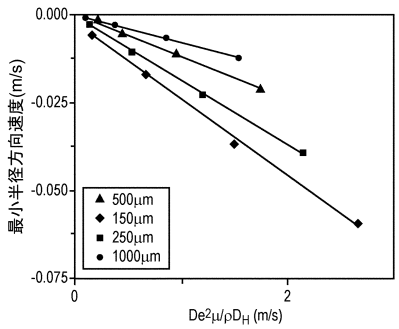


図 5

【図６】

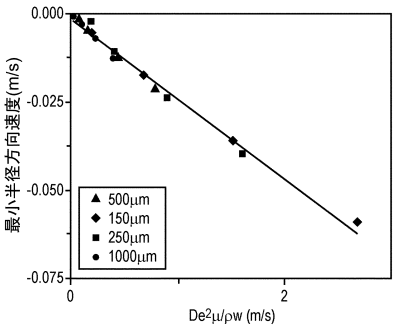


図 6

【図７】

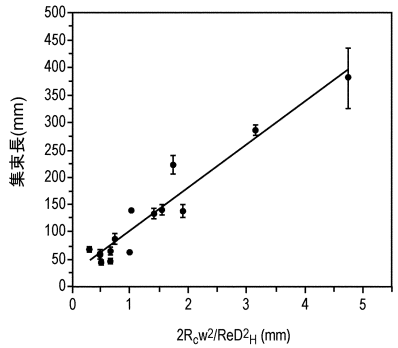


図 7

【図８】

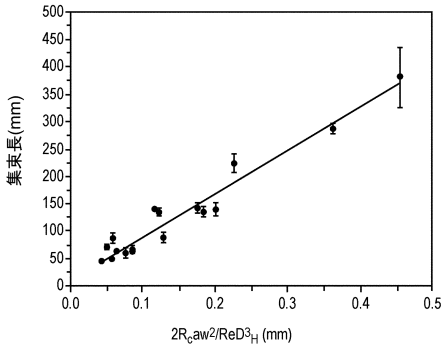


図 8

【図９】

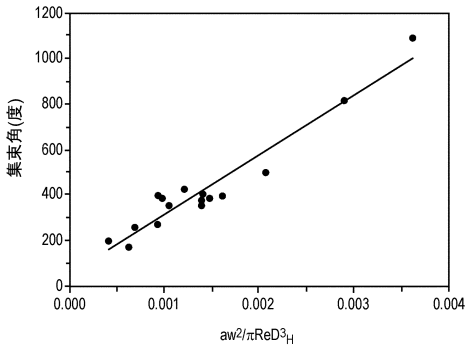


図 9

【図１０】

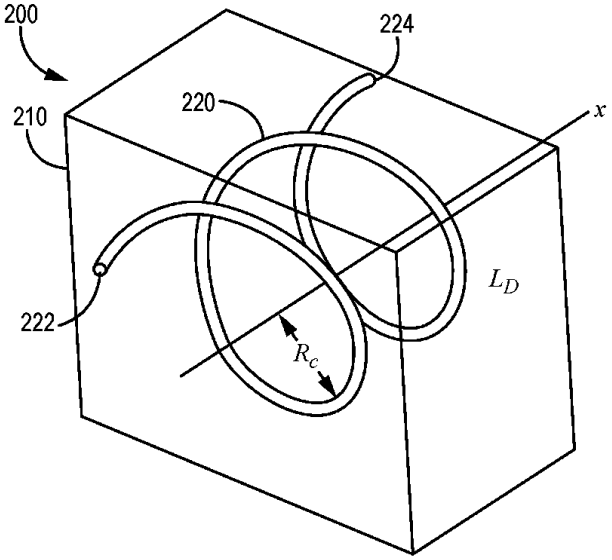


図10

【図１１】

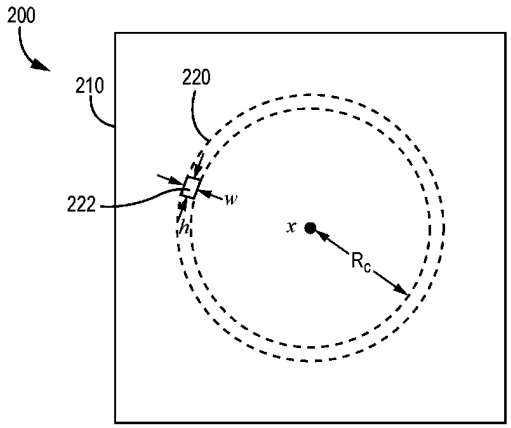


図11

【図１２】

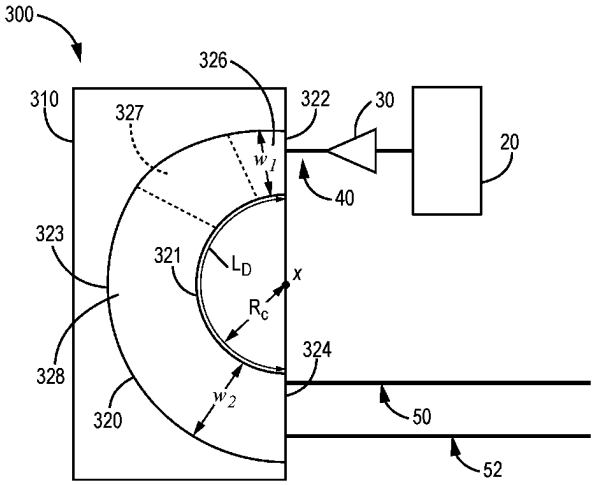


図12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2021/060842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01D21/00 B01D21/26 G01N15/00
ADD.

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)
B01D G01N

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2018/369817 A1 (REZAI POUYA [CA] ET AL) 27 December 2018 (2018-12-27) paragraphs [0036], [0040] - [0043], [0078]; figures 7b, 11a-14b	1-16 21
X	US 2017/292104 A1 (EBRAHIMI WARKIANI MAJID [SG] ET AL) 12 October 2017 (2017-10-12) paragraph [0055]; figures 1, 2,3A, 4A	1-16
X	US 2013/130226 A1 (LIM CHWEE TECK [SG] ET AL) 23 May 2013 (2013-05-23) paragraphs [0058], [0059], [0067], [0113]; figures 7a-8	17-24

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 March 2022	16/03/2022

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	García Alonso, Nuria

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2021/060842

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HAMED AMINI ET AL: "Inertial microfluidic physics", LAB ON A CHIP, vol. 14, no. 15, 1 January 2014 (2014-01-01), page 2739, XP055309696, UK ISSN: 1473-0197, DOI: 10.1039/c4lc00128a the whole document -----	17-24
A	ASGHARI MOHAMMAD ET AL: "Tape'n roll inertial microfluidics", SENSORS AND ACTUATORS A: PHYSICAL, ELSEVIER BV, NL, vol. 299, 20 September 2019 (2019-09-20), XP085879535, ISSN: 0924-4247, DOI: 10.1016/J.SNA.2019.111630 [retrieved on 2019-09-20] figures 6, 7 -----	21

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2021/060842

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2018369817 A1	27-12-2018	CA 3009059 A1	23-12-2018
		US 2018369817 A1	27-12-2018
US 2017292104 A1	12-10-2017	CN 107250341 A	13-10-2017
		EP 3194560 A1	26-07-2017
		JP 2017527299 A	21-09-2017
		US 2017292104 A1	12-10-2017
		WO 2016044537 A1	24-03-2016
US 2013130226 A1	23-05-2013	AU 2011222582 A1	13-09-2012
		CN 102884170 A	16-01-2013
		CN 107604039 A	19-01-2018
		EP 2542661 A1	09-01-2013
		JP 5840627 B2	06-01-2016
		JP 6138874 B2	31-05-2017
		JP 2013521001 A	10-06-2013
		JP 2016005476 A	14-01-2016
		KR 20130000396 A	02-01-2013
		SG 183468 A1	27-09-2012
		SG 10201501485Q A	29-04-2015
		US 2013130226 A1	23-05-2013
		WO 2011109762 A1	09-09-2011

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

フォース ストリート １４００

【要約の続き】

$$\text{(II)}\quad L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2$$

＋２４．３である。様々な実施形態では、液体チャネル長（L_D）は、線形集束長（Ｌｆ）以上であり、ここで、（ＩＩＩ）

【数３】

$$\text{(III)}\quad L_f = \frac{Rew^2}{8D_H}$$

＋２４．３である。