

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6238176号
(P6238176)

(45) 発行日 平成29年11月29日(2017.11.29)

(24) 登録日 平成29年11月10日(2017.11.10)

(51) Int.Cl.

D01D 5/40 (2006.01)

F 1

D01D 5/40

請求項の数 19 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2015-560490 (P2015-560490)
 (86) (22) 出願日 平成26年3月5日 (2014.3.5)
 (65) 公表番号 特表2016-513756 (P2016-513756A)
 (43) 公表日 平成28年5月16日 (2016.5.16)
 (86) 國際出願番号 PCT/AU2014/000204
 (87) 國際公開番号 WO2014/134668
 (87) 國際公開日 平成26年9月12日 (2014.9.12)
 審査請求日 平成29年2月16日 (2017.2.16)
 (31) 優先権主張番号 2013900814
 (32) 優先日 平成25年3月6日 (2013.3.6)
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 515192645
 ハイキュー プロプライエタリー リミテッド
 オーストラリア, 3216, ヴィクトリア, ウォーン ポンズ, ピドンズ ロード, ティーキン ユニバーシティ, ケアオブ ジーロング テクノロジー プリシンクト
 (74) 代理人 100107456
 弁理士 池田 成人
 (74) 代理人 100162352
 弁理士 酒巻 順一郎
 (74) 代理人 100123995
 弁理士 野田 雅一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ナノ体を形成するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体形成流体を分散媒に導入することによって物体を形成するための装置であって、分散媒を収容するように構成された流体筐体と、少なくとも2つの分離した流路であって、前記分散媒が前記少なくとも2つの分離した流路に沿って層流で流れ、分離した各流路が別個の流路を備え、前記分離した流路の少なくとも2つが合流箇所で集束する、流路と、

使用する際に、前記分散媒を各々の流路に沿って前記合流箇所まで流れるようにする流体流れ構成と、

前記合流箇所に又はそこに近接して配置されており、使用する際に、前記物体形成流体を前記分散媒中に供給するように構成された少なくとも1つの流体導入構成と、

前記合流箇所に近接し又はその後に続く流れ絞り構成であって、使用する際に、前記合流箇所に近接して及び/又はその後に続いて前記分散媒の流れを絞り加速させる、流れ絞り構成とを備える、装置。

【請求項 2】

前記流れ絞り構成が、前記合流箇所の上流の流れから前記合流箇所の下流の流れへの流体流れ全断面積の縮小を有する、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記流体筐体が、第1の流体流れ断面積を有する少なくとも第1の流れセクションと、第2の流体流れ断面積を有する少なくとも第2の流れセクションとを備え、前記第1の流

10

20

体流れ断面積が前記第2の流れ断面積よりも大きい、請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記流れ絞り構成が、前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間で少なくとも50%、より好ましくは少なくとも60%、さらにより好ましくは少なくとも70%及び最も好ましくは少なくとも75%の流れ断面積の縮小を有する、請求項3に記載の装置。

【請求項5】

前記合流箇所が、前記第2の流れセクションの開始点の上流に隔てられている、請求項3又は4に記載の装置。

【請求項6】

前記流体筐体の前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間に配置されている第3の流れセクションをさらに備え、前記第3の流れセクションが、過渡的な断面積を有し、好ましくは前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションを相互に接続する漸減する断面積を有する、請求項3～5のいずれか一項に記載の装置。

【請求項7】

前記第3の流れセクションの前記断面積の移行部は、前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間に5～30°の間、好ましくはおよそ10°のテーパを備える、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記流体導入構成が少なくとも1つの開口を備える、請求項1～7のいずれか一項に記載の装置。

【請求項9】

前記合流箇所が、少なくとも2つの分離した流れが交わり合流する場所に近接して流れ合流縁部を備え、前記少なくとも1つの開口がその流れ合流縁部に又はその中に配置されている、請求項8に記載の装置。

【請求項10】

前記少なくとも1つの開口が、少なくとも2つの異なる物体形成流体に流体接続されている、請求項8又は9に記載の装置。

【請求項11】

前記少なくとも1つの開口が、少なくとも1つの物体形成流体が流れる少なくとも2つの導管又はチャネルに流体接続されており、各々の導管又はチャネルは、前記少なくとも1つの開口に近接して位置する合流セクションにおいて結合している、請求項8～10のいずれか一項に記載の装置。

【請求項12】

前記流体導入構成が、少なくとも2つの隣接する開口を備え、各々の開口が少なくとも1つの物体形成流体に流体接続されている、請求項8～11のいずれか一項に記載の装置。

【請求項13】

前記分離した流路の少なくとも2つが、離れた流れ導管を備える、請求項1～12のいずれか一項に記載の装置。

【請求項14】

前記少なくとも2つの分離した流路が、前記流体筐体内に配置された少なくとも1つのハイドロフォイルによって隔てられており、前記ハイドロフォイルが前縁面と後縁とを有し、前記流体流れ構成によって、前記分散媒が前記ハイドロフォイルの前記前縁面から前記後縁まで層流で流れようになっている、請求項1～13のいずれか一項に記載の装置。

【請求項15】

1つ又は複数の前記流体導入構成が、それぞれのハイドロフォイル各々の前記後縁に又はそれに近接して配置されている、請求項14に記載の装置。

【請求項16】

10

20

30

40

50

前記流体筐体内に離間した複数のハイドロフォイルを備え、各々のハイドロフォイルが、それぞれのハイドロフォイル各々の少なくとも1つの前記後縁に又はそれに近接して配置されている少なくとも1つの流体導入要素を備える、請求項14または15に記載の装置。

【請求項17】

前記流体筐体が、前記分散媒が中を流れる導管を備え、前記導管が少なくとも2つの離間したプレートを含む、請求項1～16のいずれか一項に記載の装置。

【請求項18】

纖維、好ましくはナノ纖維を形成するための、請求項1～17のいずれか一項に記載の装置。

10

【請求項19】

前記流れ絞り構成が、少なくとも0.1m/s、好ましくは0.2～20m/s、より好ましくは1～10m/sの、前記分散媒の線形速度を形成する、請求項1～18のいずれか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本出願は、2013年3月6日に提出された豪州仮特許出願第2013900814号より優先権を主張し、その開示は本明細書に組み込まれるように理解されるべきである。

20

【0002】

[0002]本発明は一般に、粒子又は纖維などのナノ体、詳細には短いナノ纖維を形成するための装置に関する。本発明は、分散媒中に選択されたせん断速度が存在する状態で分散媒に物体形成流体を導入することによって纖維を形成するのに特に適用可能であり、本発明の例示の用途に関連して以後本発明を開示するのに都合がよい。

【背景技術】

【0003】

[0003]本発明に対する背景の以下の考察は、本発明の理解を容易にすることが意図されている。しかしながらこの考察は、参照される資料のいずれも、本出願の優先日におけるものとして公開された、既知である、又は共通の一般的な知識の一部であるとの確認でも又は承認でもないことを理解されたい。

30

【0004】

[0004]短いナノ纖維は、例えば水に溶解したポリマー溶液(0.1～30%wt/体積の溶剤)などの物体形成流体を分散媒に、典型的にはおよそ1～100センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有し0.1～10m/sで移動するブタノール又は水などの流体に噴射することによって形成することができる。このような条件下でポリマー溶液が抜き出され短纖維へと細分化され、その一方でブタノールによって生じたポリマー溶液からの急速な水の抽出によってポリマーをゲル化させる。纖維サイズは、せん断力及びポリマー濃度が変動することによって15～2500nmの直径及び2～20μmの長さまで管理することができる。

40

【0005】

[0005]このようなナノ纖維形成方法の一例が、国際出願PCT/AU2012/001273号に記載されており、その内容はこの参照により本明細書に組み込まれるように採用されている。この特許出願は、記載された短いナノ纖維の形成方法を実施するためのベンチスケールの実験装置を記載している。装置は、分散媒(ブタノール)のビーカーに沈められた5cmのインペラブレードを有する回転ミキサーで構成される。ブレードは、1.5cm²の面積を有する円周方向に離間された16個の一連のスリットを含み、このスリットによって分割された金属リングによって囲まれている。纖維の形成に関して、ミキサーのインペラは、4000～10000rpmの要求される回転(したがってせん断速度)まで駆動され、10000rpmにおいて、26m/sほどのブレードの先端の最大

50

速度を実現する。選択された物体形成流体がその後、ブレードの近傍でミキサーの側部のポートの1つに隣接して25gの針を介してビーカー内の分散媒に噴射される。

【0006】

[0006]このようなベンチスケールの実験装置のインペラブレード構成及び回転速度によって、溶剤内に層流(乱流)のない体系が生じる。これにより溶剤内でかなりの混合が生じ、これにより体系内での反応物に対する予測精度及び制御が不十分になる。さらに全体の体系構成によって、ポリマー噴射の速度に対する制御及び針の先端の位置決めに対する制御が不十分になる。

【0007】

[0007]Mercader等(2010)Kinetics of fibre solidification、PNAS早版(www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1003302107)は、直径の収縮部を有する毛細管状の管を備えた纖維の凝固の運動を調査するための実験装置を記載している。管の直径の収縮部は、水溶性のPVA溶液の共同して流れる伸張流を形成するのに使用された。収縮部の上流で共同して流れるPVA流れにナノチューブの水性分散液を噴射することによってナノ纖維が形成された。噴射されたナノチューブは、PVA溶液と接触する際に架橋凝結を受けて纖維を形成した。纖維は、制御された速度で管の中心において周辺の流体によって変換され伸張された。収縮部は、粘性抵抗に反応して纖維内に有効引っ張り張力を形成するように示された。形成された纖維はまた、周辺の抵抗力が纖維の引っ張り強度を超えた場合、より短い長さの纖維になるように細分化するように示された。

10

20

【0008】

[0008]纖維及び短纖維は、このような方法によって形成されるように示されるが、記載される装置は、小さな直径の纖維を再生可能に形成するのに反応物や流れ条件の十分な管理を提供しない。さらに記載されるように、毛細管の中心と噴射口の位置合わせは若干難しいことが予測される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

[0009]したがって纖維、好ましくは短いナノ纖維などの延伸体を形成するための改良された及び/又は代替のデバイスを提供することが望ましい。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

[0010]本発明の第1の態様は、物体形成流体を分散媒に導入することによって物体、好ましくはナノ体を形成するための装置を提供する。装置は、

分散媒を収容するように構成された流体筐体と、

少なくとも2つの分離した流路であって、分散媒が少なくとも2つの分離した流路に沿って層流で流れ、分離した各流路が別個の流路を備え、分離した流路の少なくとも2つが合流箇所で集束する、流路と、

使用する際に、分散媒を各々の流路に沿って合流箇所まで流れるようにする流体流れ構成と、

40

合流箇所に又はそこに近接して配置され、使用する際に物体形成流体を分散媒に供給するように構成された少なくとも1つの流体導入構成と、

合流箇所に近接し又はその後に続く流れ絞り構成であって、使用する際に、合流箇所に近接して及び/又はその後に続いて分散媒の流れを絞り加速させる、流れ絞り構成とを含む。

【0011】

[0011]本発明の装置の層流及び絞り構成は、合流箇所において及び/又はその後に続いて分散媒内に制御された流れ領域を形成する。層流の流れ環境によって、分散媒の流れと噴射される物体形成流体の流れの間に滑らかな移行部が形成される。したがって物体形成流体は、周辺の制御された流れ領域に供給され、合流箇所において及びそこに近接して収

50

縮される。これにより、先のインペラとリングを基にしたシステムと比較してポリマー噴射の速度に対する制御が改善される。さらに合流箇所における又はそこに近接した専用の流体導入構成の利用は、先のインペラとリングを基にしたシステムと比較して噴射点の位置決めを改善させる。

【0012】

[0012]層流と絞り構成の組み合わせは、装置の合流箇所の後に記載した物体構成を抜き出し形成する制御可能な伸張流を形成する。導入された物体形成流体から糸状体などの細長い物体が形成される場合、加速によって必要な引っ張り張力及び／又はせん断速度を形成することによって細長い物体を破断して、分散媒内の物体形成流体によって形成された細長い物体の細分化を可能にすることもできる。

10

【0013】

[0013]この装置を使用して、様々な構成、形状及びサイズの多様な物体、好ましくはナノ体を形成することができることを認識されたい。例には、ロッド、リボン、飛沫、粒子、糸状体、纖維、短纖維、ナノ纖維、短いナノ纖維などが含まれる。好ましい実施形態では、本発明の装置は、纖維、好ましくはナノ纖維を形成する。調合される物体には、例えば液体、ゲル、固体、気体又は同様のものなどの様々な物質の基本構造が含まれる場合がある。

【0014】

[0014]流れ絞り構成は、分散媒の流れを絞り加速させる任意の好適な構成要素を含むことができる。流れの収縮部は、任意の好適な構成を有することができ、1つ又は複数のそらせ板、堰、流れ収縮開口、流体流れ領域の変更などの寸法の変更が含まれる。

20

【0015】

[0015]いくつかの実施形態において（及び以下に記載するように）、1つ又は複数のハイドロフォイルを利用して、ハイドロフォイルを超えて流れる分散媒の流れを加速させ絞ることもできる。

【0016】

[0016]いくつかの実施形態において、流れ絞り構成は、流体筐体の寸法の変更を含む場合がある。寸法の変更は好ましくは流体筐体の流体流れ断面積の変更を含み、より好ましくは合流箇所の上流の流れから合流箇所の下流の流れへの流体流れ全断面積の縮小が含まれる。例えば、流体筐体が導管を備える実施形態において、流れ収縮部は好ましくは、導管内の断面積の縮小を含む。流体筐体はしたがって、第1の流体流れ断面積を有する少なくとも第1の流れセクションと、第2の流体流れ断面積を有する少なくとも第2の流れセクションとを含む場合があり、第1の流体流れ断面積は第2の流体流れ断面積より大きい。

30

【0017】

[0017]第2の流れセクションの流れ収縮部は、加速区域を形成し、ここでは分散媒が、収縮部の入口において第2の流れセクションの流体筐体の軸に沿って加速される。この加速によって、伸張流れ場の形成が誘発される。いかなる1つの理論にも拘泥することは望まないが、分散媒によって搬送される噴射後の物体形成流体から形成された物体は、分散媒の加速に反応して引き延ばされると考えられる。この加速によって、その形成された物体に加えられる引っ張り応力及び／又はせん断応力が生じ、これらの応力は、その最大応力が物体の引っ張り強度を超えた場合、物体を細分化する又は破断することができる。

40

【0018】

[0018]第2の流れセクションは、合流箇所に近接して又は距離を置いた所で、好ましくは合流箇所に続く（その下流の）短い距離の所で始まることができる。いくつかの実施形態において、合流箇所は、第2の流れセクションの開始点の上流から離れている。後縁を第2の流れセクションから離間させる、したがって流体導入構成を第2の流れセクションから離間させることによって、離れた流体導入区間と、加速区間（上記に記載した）を形成する。

【0019】

50

[0019]流れ収縮部は好ましくは、第1の流れセクションと第2の流れセクションの間で少なくとも50%、より好ましくは少なくとも60%、さらにより好ましくは少なくとも70%及び最も好ましくは少なくとも75%の流体流れ断面積の縮小を含む。プレートを含むこのような実施形態において、プレート間の隙間は好ましくは、8~15mmの間から、1~5mmの間まで、より好ましくは18~11mmの間から1~3mmの間まで、さらにより好ましくは9mm~2mmまで縮小する。

【0020】

[0020]流れ収縮部は、例えば導管など流体筐体内に中間の寸法の変化を含む場合がある。しかしながらこのような変化は、より段階的であり、徐々に進む寸法の変化を有することが好ましい。このような推移は、傾斜路又は滑らかな移行部、階段状のもの又はそれらの組み合わせを含む場合がある。例えばいくつかの実施形態において、第3の流れセクションが、流体筐体の第1の流れセクションと第2の流れセクションの間に位置するように設けられる場合もあり、第3の流れセクションは、過渡的な断面積を有し、好ましくは第1及び第2の流れセクションを相互に接続する漸減する断面積を有する。第3の流れセクションの断面積は好ましくは、第1の流れセクションと第2の流れセクションの間に5~30°の間、好ましくはおよそ10°のテーパを備える。

10

【0021】

[0021]流れ収縮部は、流体筐体内に1つ又は一連の寸法の変化を含む場合がある。いくつかの実施形態において、流れ収縮部は、流体筐体内に2つ以上の寸法の変化を含む。例えば流れ収縮部は、第1の断面積の縮小を含み、続いて第2の断面積の縮小、いくつかの実施形態において、第3又はそれ以上の断面積の縮小が続く場合もある。流体筐体における一連の寸法の変化は、流体筐体の寸法（例えば断面積）を最初の寸法から最終的な寸法まで徐々に変化させる場合、或いは流体筐体の寸法が拡大した寸法と縮小した寸法の間で変動する一連の拡大及び縮小点を有する場合もある。例えば流れ収縮部は、第1の断面積と第2の（縮小した又は収縮した）断面積の間に一連の断面積の縮小と拡大を含む場合もある。

20

【0022】

[0022]1つ又は複数の導管の第1の流れセクションに進入する流体流れは、流れが合流箇所に入る前に第1の流れセクションにおいて層流となる限り、層流、乱流などを含めた任意の好適な流れ特徴を有することができる。層流は、合流箇所に入る前の分散媒の流れ特性を改変させる1つ又は複数の流れ補助具を利用して実現することができる。いくつかの実施形態において、この構成は、流体筐体内に位置する少なくとも1つのそらせ板をさらに含んでおり、これは使用する際に、合流箇所に入る前の分散媒の流れと接触する。他の実施形態において、流れ分配器、例えば1つ又は複数のハイドロフォイルを使用して、第1の流れセクションを通る分散媒の流れに層流を誘発させることもできる。ハイドロフォイルを含む実施形態を以下により詳細に記載する。好ましい実施形態において、流体流れ構成は、第1の流れセクションに層流を形成する。この点において、層流流体は、より容易に制御することができ、その結果はより容易に予測することができる。

30

【0023】

[0023]流体筐体が、分散媒が流れる1つ又は複数の導管を含む実施形態において、1つ又は複数の導管は、いくつかの構成を探ることができる。いくつかの実施形態において、1つ又は複数の導管は、管状のパイプを備え、パイプは少なくとも1つの円形、正方形、矩形又は他の規則的な多角形の断面形状を有することが好ましい。

40

【0024】

[0024]いくつかの実施形態において、1つ又は複数の導管は、少なくとも2つの離間したプレートを含む。プレートは、1つ又は複数の導管内で流体式に密閉される。流体シールは、任意の数の構成を有する場合がある。いくつかの実施形態において、プレートは、流体密封式のケーシング内に収容される場合があり、例えば管状導管などの流体密封導管の中に流体式に密閉されることが好ましい。この実施形態において、プレートは、流体密封導管の隣り合う又は隣接面に固定される、或いはそれ以外の方法で締め付けることがで

50

きる。いくつかの実施形態において、プレートは、各々のプレートの周辺部を囲むように密閉され、より好ましくはプレートの縁部を囲むように密閉される。

【0025】

[0025]流体筐体の寸法、特に分散媒が中を流れる（関連する実施形態において）流体筐体の一部の寸法を変えることが可能であることが有利な場合がある。例えば1つ又は複数の導管が少なくとも2つの離間したプレートを含む場合、プレート間の距離を変えることが可能であることが有利である場合がある。このような調節はしたがって、2つのプレートの間並びにハイドロフォイルへと、及びハイドロフォイルを超えて流れる分散媒の流れ領域、及びこれにより流速を変えることができる。

【0026】

[0026]流れ絞り構成は、分散媒内にせん断応力を形成し、任意の物体、特に糸状体などの細長い物体の分散媒中での細分化が可能な状況を作り出すことができる。流れ絞り構成は好ましくは、ハイドロフォイルの後縁において分散媒にせん断力を生み、この場合流体は少なくとも0.1m/秒、好ましくは0.2~20m/秒、より好ましくは0.5~10m/秒、さらにより好ましくは1~10m/秒の線形速度を有する。いくつかの実施形態において、流れ絞り構成は、およそ100~およそ190,000cP/秒の範囲内でせん断応力を形成することができる。

【0027】

[0027]本発明の流体導入構成は、装置の合流箇所において、又はそこに近接して分散媒に物体形成流体を導入するのに利用される。物体形成流体は、好適な技術を使用して分散媒に導入することができる。いくつかの実施形態において、物体形成流体は、分散媒中に噴射される。物体形成流体は、およそ0.0001L/時~およそ10L/時、又は好ましくはおよそ0.1L/時~10L/時から選択された範囲の速度で分散媒に噴射されてよい。

【0028】

[0028]物体形成流体が、例えばポリマー溶液などの物体形成溶液である場合、物体形成流体は、およそ0.0001L/時~10L/時、およそ0.001L/時~10L/時又はおよそ0.1L/時~10L/時から成る群から選択された範囲内の速度で分散媒に噴射される場合もある。

【0029】

[0029]物体形成流体が分散媒に導入される速度は、本発明の工程が実行される規模、利用される物体形成流体の体積及び分散媒への物体形成流体の選択された体積を導入するために所望される時間に従って変動する可能性があることを当業者は理解するであろう。いくつかの実施形態において、より速い速度で物体形成流体を分散媒に導入することが望ましい場合もあり、これはより滑らかな表面形態を備えた纖維の形成を助けることができる。噴射速度は、シリンジポンプ又は蠕動ポンプなどのポンプを利用して調整することができる。

【0030】

[0030]流体導入構成は、針又は他の導管などの合流箇所に挿入された別個の要素である、或いは本体又は合流箇所に位置する構成要素に一体化される場合もある。本体又は合流箇所に位置する構成要素の中に形成される場合、流体導入構成は、好ましくは前記本体又は構成要素に又はその上に位置する少なくとも1つの開口を含む。この開口は好ましくは、前記本体又は構成要素内に形成される又は収容され、物体形成流体が通って供給される導管又はチャネルに流体結合される。

【0031】

[0031]いくつかの実施形態において、1つ又は複数の開口は、少なくとも2つの異なる物体形成流体が流れるように接続される場合もある。これにより2つの異なる物質を含むように纖維を形成することが可能になる。物体形成流体は、様々な方法で組み合わせることができる。いくつかの実施形態において、2つ以上の物体形成流体が、分散媒に導入される前に混ぜ合わされる場合もある。他の実施形態において、2つ以上の物体形成流体は

10

20

30

40

50

、物体形成流体が分散媒に導入される地点に近接して、又はその地点で混ぜ合わされる場合もある。例えば、1つ又は複数の開口は、少なくとも1つの物体形成流体が流れる少なくとも2つの導管又はチャネルに流れるように接続されてよく、各々の導管又はチャネルは、少なくとも1つの開口に近接して位置する合流セクションにおいて結合する。合流セクションは好ましくは、少なくとも1つの開口に流体接続された短い導管又はチャネルを含む。いくつかの実施形態において、合流セクションはY字型又はT字型結合部を備える。

【0032】

[0032]いくつかの実施形態において、流体導入構成は、少なくとも2つの隣接する開口を含み、各々の開口は少なくとも1つの物体形成流体が流れるように接続される。これにより各々の物体形成流体が分散媒に導入される際、重なり合う、結び付く、或いは少なくとも何らかの方法で相互に作用し合うことが可能になる。続いて起こる纖維の形成はしたがって、結び付いた、混ざり合った、又は他の方法で相互に接続した纖維構成を形成することができる。いくつかの実施形態において、少なくとも2つの開口が異なる物体形成流体が流れるように接続される。これにより、結び付いた、混ざり合った、又は他の方法で相互に接続した纖維構成を有する2つの異なる物質によって纖維構成を形成することが可能になる。

10

【0033】

[0033]いくつかの実施形態において、少なくとも2つの開口が重なっている。このような実施形態では、少なくとも2つの開口は、第1の開口を第2の開口の中に囲まれて配置させることができる。一部の形態では、3つ以上の開口を重なり合う構成で構成させることもできる。一部の形態では、2つの開口が、同軸に配置される場合もある。例えば一方の開口（内側の開口）が、別の開口（外側の開口）によって完全に又は部分的に囲まれる場合もある。これは、第1の纖維が別の纖維の内部に囲まれる、又はそれ以外の方法で別の纖維の中に形成される纖維構成において纖維を形成することができる。第1の材料は、少なくとも2つの開口の少なくとも2つが、異なる物体形成流体が流れるように接続される実施形態において第2の材料の中に囲むことができる。

20

【0034】

[0034]流体導入構成の開口は、いくつかの異なる形状及び構成を有することができる。いくつかの実施形態において、流体導入構成は円形状を有する。しかしながら任意の数の形状が可能であり、星型、十字型、橢円形、三角形、正方形、矩形、五角形、八角形などの任意の数の正多角形が含まれる。

30

【0035】

[0035]少なくとも2つの分離した流路における層流は、任意の好適なやり方で形成することができる。いくつかの実施形態において、少なくとも2つの分離した流路の別個の流路は、別個の流れ導管を備える。この実施形態において、このような導管の各々における流れ特性を制御することによってこのような別個の導管内に層流を形成することができる。例えば、流体流れ構成は、別個の導管における層流に要求される流速を実現するよう管理される場合がある。さらに、導管の構成は、層流のために最適化させることができる。このような実施形態において、流れ絞り構成は、合流箇所に近接して、又はその後に続いて少なくとも2つの別個の流れ導管の組み合わされた流入断面積と比べて流出断面積の縮小を含む。

40

【0036】

[0036]他の実施形態において、少なくとも2つの別個の流路は、流体筐体内に位置する少なくとも1つのハイドロフォイルによって隔てられる場合があり、ハイドロフォイルは、前縁面と、後縁とを有し、流体流れ構成によって分散媒がハイドロフォイルの先導端面から後縁まで層流で流れるようにする。

【0037】

[0037]本発明の第2の態様は、纖維形成液体を分散媒に導入することによって纖維を形成する装置を提供しており、この装置は、

50

分散媒を収容するように構成された流体筐体と、
流体筐体内に配置され、前縁面と、後縁とを有する少なくとも1つのハイドロフォイルと、

少なくとも1つのハイドロフォイルの後縁に又はそれに近接して配置され、使用する際、流体筐体内に収容された分散媒に纖維形成液体を供給するように構成された少なくとも1つの流体導入構成と、

使用する際、分散媒がハイドロフォイルの前縁面から後縁までハイドロフォイルを横切るように流れるようにする流体流れ構成とを含む。

【0038】

[0038]本発明の装置のハイドロフォイルは、ハイドロフォイルの後縁において及び／又はその後に続く分散媒に管理された流れ領域を形成する。ハイドロフォイルは、ハイドロフォイルの後縁において纖維質のポリマー糸状体を抜き出し形成する伸張流を形成するために、ハイドロフォイルを超えて流れる分散媒の流れを加速させ絞るように設計される。この加速によってまた、分散媒中の物体形成流体によって形成された糸状体の細分化を可能にするのに必要な引っ張り応力及び／又はせん断速度を形成することによって糸状体を破断して短い纖維を形成することもできる。 10

【0039】

[0039]ハイドロフォイルはまた、流れ面全体に並びに／或いはハイドロフォイルの後縁に及び／又はそれに近接して層流環境を形成する。これにより分散媒の流れと、噴射された物体形成流体の流れの間に滑らかな移行部が形成される。物体形成流体はよって、周辺の管理された流れ領域に供給され、ハイドロフォイルにおいて及び／又はそれに近接して収縮され、これまでのインペラとリングを基にしたシステムと比べてポリマー噴射の速度に対する制御を改善することを可能にする。さらに、少なくとも1つのハイドロフォイルの後縁に又はそれに近接して配置された、及び好ましくはハイドロフォイルに組み込まれた専用の流体導入構成は、これまでのインペラとリングを基にしたシステムと比べて噴射地点の位置決めを改善させる。 20

【0040】

[0040]ハイドロフォイルは、多様な形状及び構成を有することができる。いくつかの実施形態において、ハイドロフォイルの前縁面は好ましくは、丸められた又は湾曲した面を備える。さらに、ハイドロフォイルの後縁は好ましくは、ほぼ平坦な縁部を備える。しかしながら他の構成、例えば丸められた、湾曲した、波形などが他の実施形態において利用される場合もあることを認識されたい。加えて、いくつかの実施形態において、ハイドロフォイルは、ハイドロフォイルの前縁面と後縁の間の翼弦線を中心としてほぼ対称的である。当分野で理解されるように、ハイドロフォイルの翼弦線は、ハイドロフォイルの前縁面と後縁をつなぐ直線である。しかしながらここでもまた、ハイドロフォイルの他の構成は、他の実施形態において翼弦線を中心に異なる形状又は構成である場合もあることを認識されたい。 30

【0041】

[0041]ハイドロフォイル並びに前縁面及び後縁は、任意の好適な幾何学形状をたどることができる。いくつかの実施形態において、ハイドロフォイルは線形の幾何学形状を有する。他の実施形態では、ハイドロフォイルは円筒形又は橢円形の形状を有し、前縁面及び後縁は、ハイドロフォイルの中心点を中心として中心に位置決めされた環状構成を有する。このようなハイドロフォイルは好ましくは、トロイダル形状を有し、好ましくは後縁に向けてテープを付されている。分散媒は好ましくはハイドロフォイルの内部の空洞及び外側面を通って流れる。 40

【0042】

[0042]ハイドロフォイルは好ましくは、前縁面と後縁の間で厚さにテープを付されたテープ付き本体を含む。いくつかの実施形態において、ハイドロフォイルのテープ付き本体は、ハイドロフォイルの前縁面と後縁の間に、その間にある中心線に対して、好ましくは翼弦線に対して5～30°の角度を有し、好ましくはおよそ10°のテープを有する。 50

【0043】

[0043] 上記の好ましい構成は、ハイドロフォイルの後縁において又はそれに近接して層流を形成する点で有利である。

【0044】

[0044] ハイドロフォイルを横切る所望される流れパターンを形成するために、ハイドロフォイルのテープ付き本体は、ハイドロフォイルの本体の長手方向の長さに沿って少なくとも 1 つの湾曲部又は波形部を含む場合があり、より好ましくは前記長手方向の長さに沿って複数の湾曲部又は波形部を含む場合がある。

【0045】

[0045] 流体導入構成は、ハイドロフォイルの別個の要素である場合があり、例えばハイドロフォイルの後縁において又はその付近に挿入された針又は他の導管である場合がある。しかしながら流体導入構成はハイドロフォイル内に形成されることが好ましい。 10

【0046】

[0046] ハイドロフォイル内に形成される場合、流体導入構成は、ハイドロフォイルの後縁に又はそれに近接して好ましくはハイドロフォイルに又はその上に配置された少なくとも 1 つの開口を含む。開口は好ましくは、物体形成流体が通って供給される、ハイドロフォイル内に形成又は収容された導管又はチャネルに流体接続される。

【0047】

[0047] いくつかの実施形態において、装置は 2 つ以上のハイドロフォイルを含む。このような複数のハイドロフォイルシステムは、横並びに整列される、重ねられる、並列に配置される、直列に配置されるなどのハイドロフォイルを有する場合がある。 20

【0048】

[0048] ハイドロフォイルは、任意の数の流体導入構成を含むことができる。複数の流体導入構成は好ましくは、長手方向に細長い又はそうでなければ好適に寸法が決められたハイドロフォイルを含む実施形態において使用される。ハイドロフォイルが複数の流体導入構成を備える場合、このような流体導入構成は、各々のハイドロフォイルの長手方向の長さに沿って離間されるのが好ましい。同様に装置は、流体筐体内に離間した複数のハイドロフォイルを含む場合もある。各々のハイドロフォイルは、各々のそれぞれのハイドロフォイルの少なくとも 1 つの後縁に又はそれに近接して配置された少なくとも 1 つの流体導入要素を含むことになる。 30

【0049】

[0049] ハイドロフォイルは好ましくは、ハイドロフォイルが複数の流体導入構成を含む実施形態において、各々の流体導入構成に流体接続された中央供給導管を含む。中央供給導管は、単一の供給源から個々の流体導入構成の各々に物体形成流体を供給するのに利用することができる。中央供給導管は好ましくはハイドロフォイルの本体内に形成される。いくつかの実施形態において、中央供給導管は、ハイドロフォイルの又は各々のハイドロフォイルの長手方向の長さに沿って延びている。いくつかの実施形態において、中央供給導管は、ハイドロフォイルの翼弦線の中央に配置される。そうではあるが、中央供給導管は、ハイドロフォイル内又はハイドロフォイルの外側の任意の好適な場所に位置決めすることができることを認識されたい。 40

【0050】

[0050] いくつかの実施形態において、流れ絞り構成は、流体筐体内の分散媒の流れを絞り加速させるために、ハイドロフォイルと、流体筐体の断面積の変更の両方を含む。ここでもまた、流体筐体が導管を含む実施形態では、流れ収縮部は好ましくは導管内の断面積の変更も含む。このような実施形態では、導管は好ましくは、第 1 の断面積を有する少なくとも第 1 の流れセクションと、第 2 の断面積を有する少なくとも第 2 の流れセクションとを含み、第 1 の断面積は第 2 の断面積より大きい。

【0051】

[0051] 第 2 の流れセクションは、ハイドロフォイルの後縁に近接して、又はハイドロフォイルの後縁（下流）の後に続くある距離で、好ましくは短い距離で開始することができ 50

る。いくつかの実施形態において、ハイドロフォイルの後縁は、第2の流れセクションの開始点の上流から離間される。後縁を第2の流れセクションから離間させ、これにより流体導入構成も第2の流れセクションから離間させることにより、離れた流体導入区域と、加速区域（上記に記載した）を形成する。

【0052】

[0052]ハイドロフォイルは好ましくは、導管の第1の流れセクションと第2の流れセクションの間に位置決めされた第3の流れセクションに配置される。第3の流れセクションは、過渡的な断面積を有し、好ましくは第1の流れセクションと第2の流れセクションを相互につなぐ漸減する断面積を有する。第3の流れセクションのテーパは好ましくは、ハイドロフォイルの前縁面と後縁の間にあるテーパとほぼ一致する。

10

【0053】

[0053]装置の構成に応じて、任意の好適な流体筐体を使用することができる。いくつかの実施形態において、流体筐体は、分散媒が中を流れる少なくとも1つの導管を含むことができる。他の実施形態において、流体筐体は、分散媒が保持されるタンクを含むことができる。このような構成の1つ又は複数の組み合わせも可能である。各々の実施形態において、分散媒は好ましくは流体筐体を介して再利用される。

【0054】

[0054]流体流れ構成は、装置の全体の構成に応じて種々の形態を探ることができる。

【0055】

[0055]いくつかの実施形態において、流体流れ構成は、分離した流路に沿って分散媒を圧送するための圧送構成を備える。分散媒はしたがって、層流を形成し、分散媒及び流れ絞り構成に閉じ込められた形成された物体の所望される流れの加速を生み出すために所望される流量で圧送することができる。この実施形態において、流体筐体は好ましくは、分散媒が中を流れる導管を備える。

20

【0056】

[0056]他の実施形態において、流体流れ構成は、流体筐体内でハイドロフォイルを回転させるように駆動される、又は他の方法で動かされる回転可能な要素を備える。この実施形態において、流体筐体は好ましくは、分散媒が保持される好適なタンクを備える。タンクは、貯蔵所、容器、液体容器又は他の大量の液体を保持する本体の中に保持することができる。好適な例には、混合容器、例えばビーカー、バケツ、ドラム又はより大型のプロセス容器が含まれる。回転可能要素は好ましくは、シャフト又は他の従動要素に接続された駆動要素、例えばモータを備える。少なくとも1つのハイドロフォイルはしたがって、好ましくはシャフトの基部において又は基部付近において、好ましくはシャフトに接続される。流体流れ構成は好ましくは、ミキサーのロータ又は攪拌要素を備える。ハイドロフォイルを含む実施形態において、ハイドロフォイルは好ましくは、ロータ又は攪拌要素の従動インペラの一部を備える。このような実施形態において、ハイドロフォイルは、分散媒内で回転式に駆動され、その流体内に必要なせん断力を形成する。

30

【0057】

[0057]さらに他の実施形態において、上記2つの実施形態の組み合わせも可能であり、流体流れ構成は、分離した流路内に分散媒を圧送するための圧送構成と、流体筐体内で、例えばハイドロフォイルなどの装置の構成要素を回転させるように駆動される、又は他の方法で動かされる回転可能な要素とを備える。

40

【0058】

[0058]流体筐体は、合流箇所に入る前の分散媒の流れの流れ特性を改変する1つ又は複数の流れ補助具を含む場合がある。いくつかの実施形態において、この構成は、筐体内の場所に配置された少なくとも1つのそらせ板をさらに含み、これは使用する際、合流箇所に入る前の分散媒の流れと接触する。流体筐体が導管を備える実施形態において、そらせ板は好ましくは、合流箇所の上流で導管内に配置される。

【0059】

[0059]多数の物体形成流体及び分散媒を本発明の装置において使用することができる。

50

好適な例は、WO 2013056312 A1として公開された国際出願PCT/AU2012/001273に詳細に記載されており、その内容はこの参照によって本明細書に組み込まれる。

【0060】

[0060] 物体形成流体は好ましくは、流動性の粘性液体であり、少なくとも1つの物体形成物質を含む。例示の実施形態において、本発明の工程において利用される分散媒は、物体形成流体より概ね粘度の低い液体である。物体形成流体の粘度(μ_1)と、分散媒の粘度(μ_2)の関係は、粘度比(p)として表すことができ、この場合 $p = \mu_1 / \mu_2$ である。本発明の1つの形態において、粘度比は、およそ2~100の範囲内である。いくつかの実施形態において、粘度比は、およそ2~50の範囲内である。

10

【0061】

[0061] いくつかの実施形態において、分散媒は好ましくはおよそ1~100センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する。この工程の実施形態において、分散媒はおよそ1~50センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する。いくつかの実施形態において、分散媒は、およそ1~30センチポワズ(cP)、又はおよそ1~15センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する。いくつかの実施形態において、物体形成流体は、およそ3~100センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する。いくつかの実施形態において、物体形成流体は、およそ3~60センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する。

【0062】

[0062] 好ましい実施形態において、物体形成流体は、ポリマー溶液であり、分散媒は、このポリマーが不溶性である液体である。

20

【0063】

[0063] 1つのセットの実施形態では、物体形成流体は、好適な溶剤中に少なくとも1つの物体形成物質を含む物体形成溶液の形態である。物体形成物質は、溶剤中に溶解し得るポリマー又はポリマー前駆体であつてよい。いくつかの実施形態において、物体形成溶液は少なくとも1つのポリマーを含む。

【0064】

[0064] 本明細書で使用される用語「ポリマー」は、共有結合したモノマー単位の自然発生的な又は合成化合物を指している。ポリマーは一般に、10個以上のモノマー単位を含む。

30

【0065】

[0065] 本明細書で使用される用語「ポリマー前駆体」は、ポリマーを形成するためにさらなる反応を受けることが可能な自然発生的な又は合成化合物を指している。ポリマー前駆体には、プレポリマー、マクロモノマー及びモノマーが含まれてよく、これらはポリマーを形成するために選択された条件下で反応することができる。

【0066】

[0066] 1つのセットの実施形態において、その物体形成溶液は、溶剤中に溶解した又は分散した少なくとも1つのポリマーを含むポリマー溶液である可能性もある。ポリマー溶液はポリマー纖維を形成するのに使用することができる。

【0067】

[0067] 本発明の装置は、ある範囲のポリマー材料からポリマー纖維を作成するに使用される場合もある。好適なポリマー材料には、天然ポリマー又はその誘導体が含まれ、例えばポリペプチド、多糖類、糖たんぱく質及びそれらの組み合わせなど、或いは合成ポリマー並びに合成と天然ポリマーのコポリマーが含まれる。

40

【0068】

[0068] いくつかの実施形態において、本発明の装置は、水溶性又は水分散性ポリマーから纖維を作成するに使用される。このような実施形態において、物体形成流体は、水溶性又は水分散性ポリマーを含む場合がある。物体形成流体は、水溶性の溶剤中に溶解し得る水溶性又は水分散性ポリマーを含むポリマー溶液であり得る。いくつかの実施形態において、水溶性又は水分散性ポリマーは、天然ポリマー又はその誘導体であり得る。

50

【0069】

[0069]いくつかの実施形態において、本発明の装置は、有機溶剤可溶性ポリマーから纖維を作成するのに使用される。このような実施形態において、物体形成流体は、有機溶剤可溶性ポリマーを含む場合がある。物体形成流体は、有機溶剤中に溶解した有機溶剤可溶性ポリマーを含むポリマー溶液であってよい。

【0070】

[0070]本発明の装置の例示の実施形態において、物体形成流体は、ポリペプチド、アルギン酸塩、キトサン、デンブン、コラーゲン、絹フィブロイン、ポリウレタン、ポリアクリル酸、ポリアクリレート、ポリアクリルアミド、ポリエステル、ポリオレフィン、ボロン酸官能化ポリマー、ポリビニルアルコール、ポリアリルアミン、ポリエチレンイミン、ポリ(ビニルピロリドン)、ポリ(乳酸)、ポリエーテルスルフォン並びに無機ポリマー及びそのコポリマーから成る群から選択された少なくとも1つのポリマーを含む可能性がある。

10

【0071】

[0071]いくつかの実施形態において、物体形成物質は、ポリマー前駆体である場合がある。このような実施形態において、物体形成流体は、ポリウレタンプレポリマー及び有機/無機ゾルゲル前駆体から成る群から選択された少なくともポリマー前駆体を含む可能性がある。

【0072】

[0072]本発明の装置において使用される分散媒は、少なくとも1つの好適な液体を含む。いくつかの実施形態において、分散媒は、アルコール、イオン液体、ケトン溶媒、水、極低温液体及びジメチルスルホキシドから成る群から選択された少なくとも1つの液体を含む。例示の実施形態において、分散媒は、C₂ ~ C₄アルコールから成る群から選択された液体を含む。分散媒は、分散媒に曝されたとき、物体形成流体中に存在する物体形成物質を不溶性にする、或いはそうでなければ沈殿させる又はゲル化させる添加剤又は他の性質を含む場合がある。

20

【0073】

[0073]分散媒は、例えば水と水溶性の溶剤との混合物、2つ以上の有機溶剤の混合物又は有機溶剤と水性溶剤の混合物など2つ以上の液体の混合物を含む場合がある。分散媒はまた、溶解したポリマーの沈殿又はゲル化を誘発させるために物体形成流体と化学的に相互に作用する分散媒への添加剤を含む場合もあり、これに限定するものではないが酸又は塩基、イオン分子及び固化剤が含まれる。

30

【0074】

[0074]本発明の装置で採用される物体形成流体は、およそ0.1 ~ 50% (w/v)の範囲内の物体形成物質の量を含む場合がある。1つのセットの実施形態において、物体形成流体は、およそ0.1 ~ 50% (w/v)からの範囲内のポリマーの量を含むポリマー溶液である。物体形成流体がポリマー(例えばポリマー溶液又は分散液)を含む実施形態において、ポリマーはおよそ1 × 10⁴ ~ 1 × 10⁷の範囲内の分子量を有することができる。ポリマー濃度及び分子量は、所望される粘度の物体形成流体を提供するように調節することができる。

40

【0075】

[0075]いくつかの実施形態において、物体形成流体及び/又は分散媒は、少なくとも1つの添加剤をさらに含む場合がある。添加剤は、粒子、架橋剤、可塑剤、多機能リンカー及び凝固剤から成る群から選択された少なくとも1つである可能性がある。

【0076】

[0076]例示の実施形態において、装置は、糸状体及び纖維、好ましくはナノ纖維、より好ましくは短纖維、さらにより好ましくは短いナノ纖維を形成するのに使用される。本発明によって形成される纖維は好ましくは、連続纖維ではなく不連続纖維として形成される。さらに本発明の工程によって作成される纖維は好ましくは、コロイド状(短)纖維である。いくつかの実施形態において、この工程によって作成される纖維は、およそ15nm

50

~およそ 5 μm の範囲内の直径を有する。1つのセットの実施形態において、その纖維は、およそ 40 nm ~ よおよそ 5 μm の範囲内の直径を有する場合がある。好ましい実施形態において、纖維は、50 ~ 500 nm の直径を有する。さらに、纖維は、少なくともおよそ 1 μm 、好ましくはおよそ 1 μm ~ よおよそ 3 mm、より好ましくは 2 ~ 20 μm の長さを有する。

【0077】

[0077]本発明の装置を使用して作成される物体、例えば纖維などは、製品の一部を形成することができる。このような物体は、製品の表面上に含まれる場合がある。製品は、医療デバイス又は生体材料、或いは濾過又はプリント用途のための製品であり得る。

【0078】

[0078]本発明を添付の図面の図を参照して記載するが、これらの図面は本発明の特に好ましい実施形態を例示している。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明による纖維形成デバイスの第1の実施形態の概略斜視図である。

【図2】図1に示される纖維形成デバイスで使用するための流れデバイスの第1の実施形態の概略横断面図である。

【図3】図1に示される纖維形成デバイスで使用するための流れデバイスの第2の実施形態の概略横断面図である。

【図4】図3に示されるハイドロフォイル構成の流れデバイスのハイドロフォイルを超える流れに関する速度の輪郭の図である。

【図5】図3に示される流れデバイスの流れプレートの概略斜視図である。

【図6 A】図3に示される流れデバイスの形成セクションの側面図である。

【図6 B】図3に示される流れデバイスの形成セクションの詳細な図である。

【図7】図3に示される流れデバイスで使用されるハイドロフォイルの一形態の斜視図である。

【図8 A】図3に示される流れデバイスで使用されるハイドロフォイルの別の形態の前方斜視図である。

【図8 B】図3に示される流れデバイスで使用されるハイドロフォイルの別の形態の図8 Aの線 A - A に沿った横断面の斜視図である。

【図9】図3に示される流れデバイスで使用される二重本体の射出ハイドロフォイルの横断面図である。

【図10】図3に示される流れデバイスで使用されるハイドロフォイルにおいて使用することができる様々な流体導入構成開口の構成の図である。

【図11 A】図3の纖維形成デバイスの第2の実施形態の別の形態の平面図である。

【図11 B】図3の纖維形成デバイスの第2の実施形態の別の形態の前方断面図である。

【図12】本発明による纖維形成デバイスの第2の実施形態の斜視図である。

【図13】本発明による実験装置において使用されるハイドロフォイルと、チャネルの構成と寸法を提供する図である。

【図14】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

【図15】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

【図16】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

【図17】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

【図18】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

【図19】図13の実験装置から形成される纖維の光学的な顕微鏡画像を提供する図である。

10

20

30

40

50

る。

【発明を実施するための形態】

【0080】

[0093]図1～図12は、本発明による纖維形成装置200、500の異なる実施形態を示している。本発明の装置200、500の各々の実施形態は、国際出願PCT/AU2012/001273に詳細に記載される工程を利用して、物体、例えば纖維を形成するのに使用することができ、ここでもまた、その内容はこの参照によって本明細書に組み込まれている。

【0081】

[0094]国際公開第2013056312 A1号パンフレットにおいて教示されるよう 10 に、この工程は、

物体形成流体の流れをおよそ1～100センチポワズ(cP)の範囲内の粘度を有する分散媒に導入するステップと、

分散媒中の物体形成流体の流れから糸状体などの物体を形成するステップと、

条件(発生したせん断応力)が適切な場合、糸状体の細分化を可能にする条件下で物体をせん断するステップの包括的なステップを含む。

【0082】

[0095]本発明の装置は、物体形成流体を分散媒の層流に導入し、分散媒及びその中の物体形成流体を加速させて、所望される物体を抜き出し形成するステップの条件を最適化するように構成される。この加速はまた、物体内に必要な引っ張り応力及び/又は分散媒中にせん断速度を形成することによって、形成された物体(例えば糸状体)を破断することもできる。 20

【0083】

[0096]先ず図1を参照すると、本発明による纖維形成装置200の第1の実施形態の全体図が示される。示される装置200は、流れ回路202を備え、その中を分散媒、例えば溶剤が循環する。流れ回路202は、流体接続された3つのユニット201、203及び205を含む。まず流れ回路を介して供給する前に溶剤貯蔵所又はタンク201の中に 30 ある体積の選択された分散媒が収集される。ポンプ構成203への入口が、溶剤タンク201に流体接続される。ポンプ構成203は、流体接続された流れデバイス205に分散媒を圧送する。ポンプ構成203は、任意の好適なポンプを備えることができ、これに限定するものではないが容積形ポンプの回転式容積形ポンプ、往復運動容積形ポンプ、ギアポンプ、ねじポンプ、プログレッシブキャビティポンプ、ルーツ式ポンプ、蠕動ポンプ、プランジャポンプ、三重式プランジャポンプ、膜板ポンプ、ロープポンプ、インペラポンプ、衝撃ポンプ、液圧ラムポンプ、速度ポンプ、遠心ポンプ、半径流ポンプ、軸方向流ポンプ、混合流ポンプ、排出ジェットポンプ、重力ポンプ又はそれらの組み合わせを含める。纖維は、以下に詳細に説明するように流れデバイス205において形成される。分散媒は中にナノ纖維を含む状態で溶剤タンク201を通って流れ、分散媒は流れ回路202を介して再循環させることができる。形成された纖維は、いくつかの標準的な固定と液体を分離する技術、例えば濾過、遠心抽出、浮選などを使用して溶剤タンク201に入る前に又は溶剤タンク201から抜き取ることができる。 40

【0084】

[0097]第2の纖維形成装置200もまた、物体形成流体ポンプ207を含んでおり、このポンプは、以下により詳細に記載するように選択された物体形成流体を流れデバイス205に噴射する。ここでもまた物体形成流体ポンプ207は、任意の好適なポンプを備えることができ、これに限定するものではないが容積形ポンプの回転式容積形ポンプ、往復運動容積形ポンプ、ギアポンプ、ねじポンプ、プログレッシブキャビティポンプ、ルーツ式ポンプ、蠕動ポンプ、プランジャポンプ、三重式プランジャポンプ、膜板ポンプ、ロープポンプ、インペラポンプ、衝撃ポンプ、液圧ラムポンプ、速度ポンプ、遠心ポンプ、半径流ポンプ、軸方向流ポンプ、混合流ポンプ、排出ジェットポンプ、重力ポンプ又はそれらの組み合わせを含める。いくつかの実施形態において、物体形成流体ポンプ207は、 50

シリングポンプ又は蠕動ポンプを備える。

【0085】

[0098]上記で言及したように、纖維の形成は、流れデバイス205で行なわれる。流れデバイス205は、いくつかの構成を有する場合があり、そのうちの2つが図2に示されている。各々の構成は異なる方法を利用して合流箇所において層流を生み出す。

【0086】

[0099]図2は、流れデバイス205Aの第1の実施形態を示しており、そこでは2つの分離した流れ導管225が、合流箇所245において集束し、その後流れ収縮部227に流れ込む。流れデバイス205Aはよって、3つの別個のセクションを有し、

2つの分離した流れ導管225Aと、225Bとを備え、各々が導管の高さ h_{infl_w} を有する第1の流れセクション226Aと、

導管の高さ h_{outfl_w} を有する流出導管229Aを備える第2の流れセクション228Aと、

第1の流れセクション226Aと第2の流れセクション228Aの間に位置しており、第1の流れセクション226Aと第2の流れセクション228Aの間でテーパを付される（例示の実施形態では、およそ10°であるが、正確な角度は変動する可能性があることを認識されたい）過渡的な断面積を有する第3の流れセクション230Aとを有する。

【0087】

[00100]図面に示されるように、第1のセクション226Aの分離した導管225Aと、225Bの組み合わされた導管の高さ $2 \times h_{infl_w}$ によって提供される結合した流れ領域は、第2の流れセクション228Aの出口導管229Aの導管の高さ h_{outfl_w} より大きい。第1の流れセクション226Aの断面積はよって、第2の流れセクション228Aの断面積より大きい。この寸法の変化が第3の流れセクション230Aにおける収縮入口227において始まる流れ収縮部を形成する。流れ収縮部は好ましくは、第1の流れセクション226Aと、第2の流れセクション228Aの間で少なくとも50%、より好ましくは少なくとも60%、さらにより好ましくは少なくとも70%、及び最も好ましくは少なくとも75%の断面積の縮小を有する。しかしながら正確な寸法は、流れデバイス205A及び開口200のサイズ及び構成に左右されることを認識されたい。

【0088】

[00101]分離した導管225A及び225Bにおける流体流れは、導管225A及び225Bを通り合流箇所245までの層流を形成するように制御される。組み合わされた流れはその後、出口導管229Aを通って流れる。容易に理解することができるよう、層流は、様々な流れパラメータを最適化し管理することによって形成することができ、これには流速、導管構成、流体特性などが含まれる。

【0089】

[00102]合流箇所245は、物体形成流体を分散媒中に供給するように構成された合流縁部245Aにおいて、又はそこに近接して配置された1つ又は複数の流体導入開口249を含む。上記に指摘したように、分離した導管225A及び225B内の流れは、導管225A及び225Bを通り合流箇所245までの層流を形成するように制御される。合流縁部245Aにおける流体導入開口249の位置はしたがって、外側の分散媒流れと、噴射された物体形成流体の流れの間に滑らかな移行部を形成する。開口249の各々は、導管225Aと225Bの間の分離要素241を貫通するように伸び、分離要素241内の中央の供給チャネル253に流体接続する導管251に流体接続される。分離要素241は、流れデバイス205A内の2つの流れ導管225A及び225Bを隔てるために使用される1つ又は複数の任意の壁、1つ又は複数のプレート又は1つ又は複数の物体であり得る。中央供給チャネル253は、物体形成流体ポンプ（図1）に流体接続され、このポンプが、所望される流速で、流体導入開口249に物体形成流体を供給する。

【0090】

[00103]合流縁部245Aは、収縮部227の上流及び第2の流れセクション228Aの開始点から離間されており、合流縁部245Aは、第3の流れセクション230Aの中

10

20

30

40

50

に位置決めされることに留意されたい。これにより、合流縁部 245A に近接した離れた物体形成流体導入区域と、第 2 の流れセクション 228A 内の加速区域とを形成する。

【0091】

[00104] 図示される流れ導管 225A、225B 及び 229A は、任意の好適な構成及び断面形状を有することができる。いくつかの実施形態において、流れ導管 225A、225B 及び 229A は、円形、橢円形、正方形、矩形又は他の正多角形の断面形状を有する。いくつかの実施形態において、流れ導管 225A、225B 及び 229A は、間に仕切りプレート 241 を有する 2 つの離間したプレート 208A と、209A の間に形成される。

【0092】

[00105] 図 3 ~ 図 11 は、図 1 に示される装置 200 で使用するための流れデバイス 205B の第 2 の実施形態を示す。図 3 に示されるように流れデバイス 205B のこの実施形態は、ハイドロフォイル 240 を利用して分散媒の単一の流入量 225 を 2 つの別個の流路 225C 及び 225D に分離している。

【0093】

[00106] 図 7 に最もよく示されるように、図示される流れデバイスは、一対の離間したプレート、すなわち上部プレート 208 と、下部プレート 209 を収容し、その間を分散媒が流れる流体密封ケーシング 204 を備える。流体密封ケーシング 204 は、矩形断面を有する細長い管状体 210 を備える。管状体 210 は、頂部 212 と、底部 214 とを有し、これらは各々のプレート 208 とほぼ平行して置かれている。管状体 210 は、2 つのフランジ付きの端部 215 を有する。各々のプレート 216 及び 217 は、一連の締め具 218 を利用して、このケースではボルトと締め付けナットを利用してフランジ付き端部 215 の両端に流体側に密閉される。流体密閉、例えば O リング (図示せず) が、各々の端部プレート 216 及び 217 と、フランジ付き端部 215 の間に挟まれる。入口ヘッダー 220 及び出口ヘッダー 222 は、円錐形又はフレア式導管を備えて端部プレート 216 及び 217 内に形成され、プレート 208 と 209 の間で流路を流れ回路 202 に流体接続するのに利用される。

【0094】

[00107] 上部プレート 208 は、一連の調節可能な締め具 216 (ボルトとして図示される) (このうちの 2 つが図 7 に示される) を介して細長い管状体 210 の頂部 212 に可動式に装着される。同様に下部プレート 209 は、一連の調節可能な締め具 217 (ボルトとして図示される) (このうちの 2 つが図 7 に示される) を介して細長い管状体 210 の底部 214 に可動式に装着される。頂部 212 と上部プレート 208 の間の距離及びベース 214 と下部プレート 209 の間の距離は、各々の調節可能な締め具 216 及び 217 を回転させることで、上部プレート 208 又は下部プレート 209 のその締め具に対する位置を調節することによって調節することができる。他の装着具及び調節可能な構成も同様に利用することができ、これらは本発明の精神及び範囲内にあることを認識されたい。

【0095】

[00108] 流れデバイス 205B 内に保持されるプレート 208 及び 209 は、図 3 ~ 図 7 に最もよく示されている。これらの図面に示されるように、プレートは、プレートの間に分散媒が流れる隙間 G を形成する 2 つの離間したプレートを備える。隙間 G は、3 つの別個のセクションを有し、

隙間の高さ H_{inflow} を有する流入セクションを備える第 1 の流れセクション 226 (図 3) と、

隙間の高さ $H_{outflow}$ を有する流出セクションを備える第 2 の流れセクション 228 (図 3) と、

第 1 の流れセクション 226 と第 2 の流れセクション 228 の間に位置しており、第 1 の流れセクション 226 と第 2 の流れセクション 228 の間におよそ 10° のテーパを付される、過渡的な断面積を有する第 3 の流れセクション 230 とを有する。

10

20

30

40

50

【0096】

[00109]図面に示されるように H_{inflow} は、 $H_{outflow}$ より大きく、第1の流れセクション 226 の断面積を第2の流れセクション 228 の断面積より大きくする。このような寸法の変化によって、流れ収縮部 227 が第3の流れセクション 230 に形成される。流れ収縮部は好ましくは、第1の流れセクションと、第2の流れセクションの間で少なくとも 50%、より好ましくは少なくとも 60%、さらにより好ましくは少なくとも 70%、及び最も好ましくは少なくとも 75% の断面積の縮小を有する。図示される実施形態において、プレート間の隙間は好ましくは、9 mm の H_{inflow} ~ 2 mm の $H_{outflow}$ まで縮小する。しかしながら正確な寸法は、装置 200 のサイズ及び規模に左右されることを認識されたい。 10

【0097】

[00110]プレート 208 と 209 の間の第1の流れセクション (H_{inflow}) と第2の流れセクション ($H_{outflow}$) の間の隙間の寸法は、2つのプレート 208、209 のケーシング 204 内の位置決めを上記に記載した調節可能な締め具 218 を利用して変えることによって変更することができる。

【0098】

[00111]ハイドロフォイル 240 (図4及び図7に最適に例示される) は、プレート 208、209 の間に配置され、実質的に隙間 G の第3の流れセクション 230 の中に配置される。ハイドロフォイル 240 の後縁 244 は、第2の流れセクション 228 の開始点の上流から離間されており、後縁 244 は、第3の流れセクション 230 の中に位置決めされることに留意されたい。これによりハイドロフォイル 240 の後縁 244 に近接する離れた物体形成流体導入区域と、隙間 G の第2の流れセクション 228 の中の加速区域とを形成する。 20

【0099】

[00112]図4に最適に示されるように、ハイドロフォイル 240 は、ハイドロフォイル 240 の後縁 244 に近接しその後に続く分散媒の加速を助けることで、ハイドロフォイル 240 の後縁 244 から導入された物体形成流体から纖維質のポリマー糸状体を抜き出し形成する。流体加速区域がハイドロフォイル 240 の後縁 244 の後に続き、第2の流れセクション 228 及び第3の流れセクション 230 内の流れ収縮部 227 によって増強される。ここでもまた、このような流体の加速はまた、物体中に必要な引っ張り応力及び/又は分散媒内にせん断速度を形成し、分散媒中の物体形成流体によって形成された物体を細分化することができる。 30

【0100】

[00113]いかなる1つの理論にも拘泥されることは望まないが、ハイドロフォイル 240 の後縁 244 の後に続く加速区域 (ハイドロフォイル、第2の流れセクション 228 及び第3の流れセクション 230 における流れ収縮部によって形成される) は、第2の流れセクション 228 を通る分散媒及び形成された物体を加速させ、伸張流れ場の発生を誘発させると考えられる。流体によって搬送される物体、図4に示される例の場合、纖維は、分散媒の加速に応じて伸張される。第2の流れセクション 228 と第3の流れセクション 230 の速度差によって、纖維内に引っ張り応力が生じる。周辺の分散媒の流れ特性によってせん断応力を加えることもできる。物体、この場合纖維は、この物体における、及びこれに加えられる最大応力が纖維の引っ張り強度を超えた場合、細分化する。 40

【0101】

[00114]図示されるハイドロフォイル 240 は、線形構成を有し、ハイドロフォイル 240 の前縁面 242 と後縁 244 の間の翼弦線 X-X (図3)を中心としてほぼ対称的である。当分野で理解されるように、ハイドロフォイル 240 の翼弦線 X-X は、ハイドロフォイル 240 の前縁面 248 と後縁 244 をつなぐ直線である。図示されるハイドロフォイル 240 の前縁面 242 は、丸められた又は湾曲した面を備える。さらにハイドロフォイル 240 の後縁 244 は、ほぼ平坦な縁部を備える。ハイドロフォイル 240 はまた、その前縁面 242 と後縁 244 の間でそれらの間の翼弦線 X-X に対しておよそ 10°。 50

(図5における角度、角度は160°)のテープを付されるテープ付き本体245である。このような構成によって、ハイドロフォイル240の後縁244において又はそれに近接して層流を形成することもまた有利である。

【0102】

[00115]いくつかの実施形態において(図示せず)、ハイドロフォイル240のテープ付き本体245は、テープ付き本体245の長手方向の長さに沿って少なくとも1つの湾曲部又は波を含む。いくつかの実施形態において、ハイドロフォイル240のテープ付き本体245は、その長手方向の長さに沿って複数の湾曲部又は波を含むことで、ハイドロフォイル240を横切る所望される流れパターンを形成する。

【0103】

[00116]ハイドロフォイル240は、ハイドロフォイル240の後縁244が第3の流れセクション230から第2の流れセクション228への移行部に近接してプレート208と209の間に位置決めされる。ハイドロフォイル240の前縁面242は、第3の流れセクション230の直前で第1の流れセクション226の端部内に配置される。図11に最適に示されるように、ハイドロフォイル240はまた、ケーシング210に装着され、ハイドロフォイルの側縁部243は、ケーシング210の隣接する側面に装着される。このような接続は、任意の好適な締め具又は接続構成であってよく、締め具、リベット、取り付けブラケット、スナップファスナーなどが含まれる。この接続によって好ましくは、ハイドロフォイル240が隙間Gの中を移動することを可能にし、より好ましくはプレート208、209の間の接続点を中心に枢動することを可能にする。これによりハイドロフォイル240が分散媒の流れの中で自動整列することが可能になり、これによりハイドロフォイル240を囲むかつ流体導入開口250(以下に記載する)における対称的な流れを保証する。

10

【0104】

[00117]使用する際、ポンプ構成203が、プレート208と209の間に、及びハイドロフォイル240を横切るように、流れデバイス205Bの入口ヘッダー220へと分散媒を圧送する。分散媒はしたがって、所望の流量でハイドロフォイル240を超えるように圧送されて物体形成流体を加速させることで、ハイドロフォイル240の後縁244において纖維質のポリマー糸状体を抜き出し形成することができる。

20

【0105】

[00118]この実施形態において、ハイドロフォイル240の後縁244の後に続いて、及び第3の流れセクション230において分散媒及びその中の物体形成流体を加速させ絞ることによって、形成された物体の細分化を可能にする状況を作り出す。物体が糸状体である場合、これは、纖維の形成、典型的には短纖維の形成となる。形成された物体、例えば纖維を形成する糸状体のせん断又は細分化は、好適なせん断応力において実施することができる。図示される実施形態において、ハイドロフォイル240の構成、第3の流れセクション及びハイドロフォイル240を横切りその前縁面242から後縁244への物体形成流体の流速が、ハイドロフォイルの後縁において分散媒中にせん断力を形成し、この場合線形の流体速度は、少なくとも0.2m/s、好ましくは0.2~20m/sの間、より好ましくは0.3~10m/sの間である。いくつかの実施形態において、細分化は、およそ100~およそ190,000cP/sの範囲内のせん断応力の発生によって生じる場合がある。

30

【0106】

[00119]1つのハイドロフォイル240が示されているが、複数のハイドロフォイルシステムも可能であり、本発明の範囲内にあることを認識されたい。複数のハイドロフォイルシステムは、横並びに整列される、重ねられる、並列に配置される、直列に配置されるなどのハイドロフォイルを有する場合がある。

40

【0107】

[00120]図7に最適に示されるように、ハイドロフォイル240は、分散媒に物体形成流体を供給するように構成された後縁244に又はそれに近接して配置された複数の流体

50

導入開口 250 を含む。上記で考察したように、ハイドロフォイル 240 は、その後縁 244 において層流を形成するように構成される。後縁 244 における流体導入開口 250 の場所はしたがって、外側の分散媒の流れと、噴射された物体形成流体の流れの間に滑らかな移行部を形成する。各々の流体導入開口 250 は、ハイドロフォイル 240 の長手方向の長さに沿って寸法 F だけ離間される。各々の開口 250 は、各々のハイドロフォイル 240 を貫通して伸びハイドロフォイル 240 内の中央供給チャネル 254 に流体接続する導管 252 に流体接続される。中央供給チャネル 254 は、ハイドロフォイル 240 の長さを実質的に長手方向に通って伸びる。中央供給チャネル 254 は、所望される流量で物体形成流体を流体導入開口 250 に供給する物体形成流体ポンプ 207 (図 1) に流体接続される。

10

【0108】

[00121]複数の流体導入開口 250 の使用により、大きな纖維生産率を有する手段が提供される。

【0109】

[00122]ここでもまた、物体形成流体は、およそ 0.0001 L / 時～およそ 10 L / 時、又はおよそ 0.1 L / 時から 10 L / 時から選択された範囲内の速度で分散媒に噴射することができる。物体形成流体が物体形成溶液、例えばポリマー溶液である場合、物体形成溶液は、およそ 0.0001 L / 時～10 L / 時、およそ 0.001 L / 時～10 L / 時又はおよそ 0.1 L / 時～10 L / 時から成る群から選択された範囲内の速度で噴射することができる。

20

【0110】

[00123]物体形成流体が分散媒に導入される速度は、装置 200 の流れデバイス 205 の規模、利用される物体形成流体の体積及び選択された体積の物体形成流体を分散媒に導入するのに所望される時間によって変動する可能性があることを当業者は理解するであろう。いくつかの実施形態において、より速い速度で物体形成流体を分散媒に導入することが望ましい場合があり、これにより、より滑らかな表面形態を備えた纖維を形成するのを助けることができる。

【0111】

[00124]ハイドロフォイル 240 を利用することによって、このような流体導入開口 250 に流れる分散媒の流れに対する制御をなおも維持しつつ、流体導入開口 250 がいくつかの異なる形状及び構成を有することが可能になる。したがって図示されないが、流体導入開口 250 は、任意の数の形状を有する場合があることを認識すべきであり、これには星型、橢円形、任意の数の正多角形、例えば三角形、正方形、矩形、五角形、六角形などが含まれる。

30

【0112】

[00125]図 8 に図示されるように、ハイドロフォイル 340 は、円筒形又は橢円の幾何学形状を有することができ、前縁面 342 及び後縁 344 は環状の構成を有し、ハイドロフォイルの中心点 Y を中心として中心に配置される。図 8 (B) に示されるように、このハイドロフォイル 340 は、トロイダル形状を有し、前縁面 342 と後縁 344 の間にテーパを有する。ハイドロフォイル 340 は、後縁 344 の周りに円周上に配置され離間された複数の流体導入開口 350 を含む。図 6 及び図 8 に示されるハイドロフォイル 240 と同様に、流体導入開口 350 の各々は、各々のハイドロフォイル 340 を貫通して伸び、ハイドロフォイル 340 内の中央供給チャネル 354 に流体接続する導管 352 に流体接続される。中央供給チャネル 354 は、ハイドロフォイル 340 の円周の周りに環状に伸びる。その中央供給チャネル 354 は、所望される流量で流体導入開口 350 に物体形成流体を供給する物体形成流体供給ポンプ (図示せず) に流体接続される。ハイドロフォイル 340 は、1 つ又は複数の支持体又は支柱を利用して導管内につるされるのが好ましい。図示されないが、物体形成流体供給ポンプ (例えば図 1 に示されるポンプ 207) への流体接続は恐らく、1 つ又は複数のこのよう支柱 / 支持体内に位置決めされることを認識されたい。使用する際、分散媒は、ハイドロフォイル 340 の内部の空洞及び外側の

40

50

面を通って流れることになる。

【0113】

[00126]図示されないが、流体導入開口350は、少なくとも2つの異なる物体形成流体が流れよう接続される場合もあることを認識されたい。これにより2つの異なる物質を含むように纖維を形成することが可能になる。

【0114】

[00127]図9に図示されるように、ハイドロフォイル440の一部の実施形態における流体導入開口450は、その中を物体形成流体が流れる2つの導管又はチャネル452A及び452Bに流体接続させることができる。図示の実施形態において、各々の導管又はチャネル452A及び452Bは、別個の中央供給チャネル454A及び454Bに接続され、これらのチャネルが、各々の導管452A及び452Bに選択された物体形成流体を供給する。別個の導管452A及び452Bは、流体導入開口450に近接して位置する合流セクション455において結合する。合流セクション455は、図示の実施形態においてY字型結合部を備えるが、他の実施形態ではT字型結合部又は他の結合構成を備える場合もある。合流セクション455はまた、流体導入開口250に流体接続された短い導管を含む。このような構成によって、層流チャネルのおかげで異なる物体形成流体を「事前混合」する手段を与えることで複数領域の纖維を獲得する手段が提供される。

10

【0115】

[00128]図10に示されるように、流体導入開口250は、多様な形状及び構成を備えることができる。例えば流体導入開口250は、円形(図10(a)~(e))、星型(図10(f))、正方形(図10(g)及び(h))、十字型(図10(i))又は矩形スロット形状(図10(j))である可能性がある。開口250は、図10に図示されるものを超えるそれを上回る多数の他の形状である場合があることを認識されたい。

20

【0116】

[00129]図10(c)、(d)及び(h)に図示されるように、流体導入開口250は、2つ以上の近接し整列した開口250である場合があり、各々の開口250は、異なる物体形成流体が流れるように接続される。これにより、各々の物体形成流体が分散媒に導入される際、何らかの方法で重なり合う、絡み合う又は少なくとも相互に作用し合うことを可能にする。追加として、これにより纖維構成を、絡み合った、混ざり合った又はそれ以外で相互に接続された纖維構成を有する2つの異なる物質で形成することが可能になる。図10(c)に示される開口250は、円形の開口で形成された側部流体導入開口250X及び250Yによる2つの側部を備える。流体導入開口250X及び250Yの各々は、別個の物体形成流体供給構成(導管252及び中央供給チャネル254)に流体接続される。同様に図10(d)及び(e)に示される開口250は、円形又は正方形の開口で形成された側部流体導入開口250E、250F、250J及び250Kの4つの側部を備える。ここでもまた、流体導入開口250E、250F、250J及び250Kの各々は、別個の物体形成流体供給構成(導管252及び中央供給チャネル254)に流体接続される。

30

【0117】

[00130]図10(b)及び(e)に示されるように、流体導入開口250は、2つ以上の同心に配置された又は重なり合う開口を備える。これは、纖維構成の中に纖維を形成し、この場合第1の纖維は、別の纖維に囲まれる、又はそれ以外のやり方で別の纖維の中に形成される。第1の物質は、少なくとも2つの開口の少なくとも2つが、異なる物体形成流体が流れるように接続される実施形態において第2の物質に囲まれることができる。図10(b)に示される開口250は、同心に配置された2つの円形の流体導入開口250M及び250Nを備える。同様に、図10(e)に示される開口250は、重なり合うように配置された2つの円形の流体導入開口250M及び250Nを備える。内側の流体導入開口250Nは、外側の流体導入開口250Mの中に形成され、外側の流体導入開口250Mに対して中心をずらして位置決めされる。流体導入開口250M及び250Nの各々は、別個の物体形成流体供給構成(導管252及び中央供給チャネル265)に流体接

40

50

続される。

【0118】

[00131]導管の第1の流れセクション226における流体流れは、任意の好適な流れ特性を有することができ、これには層流、乱流などが含まれる。好ましい実施形態において、流体流れ構成は、第1の流れセクション226に層流を形成する。層流を加勢するために、いくつかの拡散バッフル276が第1の流れセクション226の開始点に配置され、これは使用する際、ハイドロフォイル240の上流で分散媒の流れと接触する。

【0119】

[00132]次に図12を参照すると、纖維及び/又は短いナノ纖維などの物体を形成するための第2の装置500が示されている。図示される装置500は、分散媒504を収容するように構成された流体筐体を形成する流体容器502と、攪拌器又はミキサー構成506とを含んでおり、これは、この場合モータである駆動要素508を含み、これは分散媒504中に沈められたインペラ構成512を有するシャフト510に接続される。インペラ構成512は、インペラの周りに180°離間して配置された2つのハイドロフォイル514を含む。各々のハイドロフォイル514は、前縁面516と、後縁518とを有する。ハイドロフォイル514は、駆動要素508によって矢印Aの方向で分散媒504内で回転式に駆動され、分散媒504が各々のハイドロフォイル514を横切ってハイドロフォイルの前縁面516から後縁518まで流れるようになる。

【0120】

[00133]各々のハイドロフォイル514は、分散媒に物体形成流体を供給するように構成された後縁に又はそれに近接して配置された複数の流体導入開口520を含む。開口520の各々は、各々のハイドロフォイル514を貫通しシャフト510を貫通して接続導管522まで伸びる導管に流体接続される。接続導管522は、蠕動ポンプ、シリングポンプなどのポンプ(図示せず)に流体接続され、これらのポンプは、所望される流量で流体導入開口520に物体形成流体を供給する。

【0121】

[00134]物体形成流体は、およそ0.0001L/時～およそ10L/時又はおよそ0.1L/時～10L/時までの選択された範囲内の速度で分散媒に噴射することができる。物体形成流体が物体形成溶液、例えばポリマー溶液である場合、物体形成溶液は、およそ0.0001L/時～10L/時、およそ0.001L/時～10L/時又はおよそ0.1L/時～10L/時から成る群から選択された範囲内の速度で噴射することができる。

【0122】

[00135]ここでもまた、物体形成流体が分散媒に導入される速度は装置500の規模、利用される物体形成流体の体積及び選択された体積の物体形成流体を分散媒に導入するのに所望される時間によって変動する可能性があることを当業者は理解するであろう。いくつかの実施形態において、より速い速度で物体形成流体を分散媒に導入することが望ましい場合があり、これにより、より滑らかな表面形態を備えた纖維を形成するのを助けることができる。

【0123】

[00136]流体容器502は、分散媒504体を収容することができる任意の好適な貯蔵所、容器、液体容器又は他の大量の液体を保持する物体であってよい。的確な容器は装置の規模に左右される。ベンチスケール生産に関して、ビーカー又は他のベンチトップ容器が使用される場合もある。より大規模な生産の場合、大型のミキサーのプロセス容器などが好適であると想定される。

【0124】

[00137]ハイドロフォイル514の構成によって、ハイドロフォイル514の後縁518において導入された物体形成流体から粒子又は纖維質のポリマー糸状体などの所望される物体を抜き出し形成するために必要な物体形成流体の加速が生じる。ここでもまた、流れパターン及び流体加速はまた、ハイドロフォイル514の後縁518に近接する及び/

10

20

30

40

50

又はその後に続く分散媒に流体収縮を引き起こすこともできる。一部のケースでは、生じた加速は、分散媒中の物体形成流体によって形成された物体を細分化するために必要な引っ張り応力及び/又はせん断速度を発生させることができる。形成されるのが糸状体の場合、細分化は短纖維を形成することができる。

【0125】

[00138]図示されるハイドロフォイル514は、先の実施形態の流れデバイス205Bに関連して記載したハイドロフォイル240と同様の構成を有することができる。

【0126】

[00139]先に記載したように、多数の物体形成流体及び分散媒が本発明の装置において使用される場合もある。物体形成流体(纖維形成液体として記載される)及び分散媒の好適な例は、国際出願PCT/AU2012/001273に詳細に記載されており、その内容はこの参照により本明細書に組み込まれる。

【実施例1】

【0127】

実施例1 - せん断力の予測

[00140]図3～図11に示される流れデバイスが層流の下に必要なせん断力を生成することができるかどうか判定するために、この文献に示される計算が行なわれた。全ての計算は、ウェブサイト http://www.pressuredrop.com/online_calculator/index.html 及び以下のリストの値を参照して行なわれる。

ブタノールの密度: 805.7 kg m⁻³

ブタノールの粘度: 2.593 10⁻³ kg m⁻¹ s⁻¹

絶対的なパイプの粗さ 0.01 mm

パイプの幅: 10 cm

【0128】

体積及び速度 / せん断力の計算

[00141]以下の異なる速度におけるパイプのメータ当たりの圧力及びパイプの流出の高さ($H_{outflow}$)は、10 cmの幅と、表の各々に特定される高さを有する矩形断面のテストパイプに対して計算された。

【0129】

[00142]

【表1】

表1: 1mmの高さ

速度(m/秒)	圧力(kPa)	体積/秒	流れタイプ*
0.1	3	0.01	L
0.2	6	0.02	L
0.4	13	0.04	L
0.8	25	0.08	L
1.6	50	0.16	L
3.2	100	0.32	L
6.4	374	0.64	T
12.8	1305	1.28	T

【0130】

[00143]

10

20

30

40

【表2】

表2: 2mmの高さ

速度(m/秒)	圧力(kPa)	体積/秒	流れタイプ*
0.1	1	0.02	L
0.2	2	0.04	L
0.4	3.5	0.08	L
0.8	7	0.16	L
1.6	13	0.32	L
3.2	45	0.64	T
6.4	153	1.28	T
12.8	537	2.56	T

10

【0131】

[00144]

【表3】

表3: 3mmの高さ

速度(m/秒)	圧力(kPa)	体積/秒	流れタイプ*
0.1	0.3	0.03	L
0.2	0.7	0.06	L
0.4	1.4	0.12	L
0.8	2.8	0.24	L
1.6	8	0.48	T
3.2	27	0.96	T
6.4	92	1.92	T
12.8	324	3.84	T

20

30

【0132】

[00145]

【表4】

表4: 6mmの高さ

速度(m/秒)	圧力(kPa)	体積/秒	流れタイプ*
0.1	0.09	0.06	L
0.2	0.18	0.12	L
0.4	0.36	0.24	L
0.8	1.29	0.48	T
1.6	3.4	0.96	T
3.2	11.4	1.92	T
6.4	38.5	3.84	T
12.8	140	7.68	T

40

* 流れタイプは L=層流、又は T=乱流のいずれかである。

【0133】

[00146] 結果は、流入及び流出導管の各々に関して特有の条件の各々において層流が可能であることを指摘する。流入導管（図3における第1のセクション226）は、流出導

50

管（図3における第2のセクション228）と同一の、中を通って移動する体積を有し、そのため、流出導管に対して選択された導管のサイズに対してより低い圧力、より遅い速度及び流出と同様の流れタイプ（上記の値になおも比例して）を有することに留意されたい。

【0134】

実施例2-纖維形成装置

[00147]図11に示される図1に全体が図示される流れデバイス205Bが、ナノ纖維を生成するのに利用された。

【0135】

[00148]流れチャネル及びハイドロフォイル240の寸法（mmで）が図13に示される。図13に示されるように、入口チャネルセクション500は、8.92mm×3mmの深さの高さ及び深さを有し、出口チャネルセクション502は、1.84mm×3mmの高さ及び深さを有する。デバイス全体にわたるチャネルの深さは3mmだった。図1に示されるように、ポンプ203（KDSLegaTo-270シリングポンプ）を使用して、~15で保持されたブタノール分散媒を、流れデバイス205Bの入口ヘッダー220へと圧送し、プレート208と209の間及びハイドロフォイル240を横切るようにした。ブタノール分散媒は、表5に詳細に記載されるように種々の流量でハイドロフォイル24を超えるように圧送された。~22で保持されたポリ（エチレンアクリル酸）（PEAA）物体形成流体が、これもまた表5に詳細に記載されるように、シリングポンプ207（New Era NE-4000）を利用して種々の流量でハイドロフォイル240内の中央供給チャネル254へと圧送され、物体形成流体はプレート208と209の間を流れた。使用されるポリ（エチレンアクリル酸）（PEAA）の濃度もまた、表5に詳細に記載されるように変化した。

【0136】

[00149]

【表5】

表5-実験条件及び結果

*分散媒体流量(ブタノール@~15°C)	物体形成流体流量(PEAA分散@~22°C)	PEAA濃度wt/(溶剤の体積)	纖維の直径(nm)	纖維の画像
60mL/分	7.8mL/時	16%	800~1300	図13
100mL/分	1.6mL/時	16%	500~1500	図14
60mL/分	7.8mL/時	12%	400~2100	図15
200mL/分	23.5mL/時	12%	900~3000	図16
200mL/分	15.7mL/時	12%	700~2100	図17
240mL/分	15.7mL/時	12%	750~1600	図18

【0137】

[00150]各々の実験実施において形成された纖維は、デバイスの出口に置かれた20mLのガラス瓶を利用して流れから捕捉された。結果として生じた纖維はこの後、顕微鏡のスライド上で乾燥され、調査され、光学顕微鏡（オリンパスDP71）を利用して写真撮影された。形成された纖維の平均直径がその後、これらの画像から判定され、その結果が表5に提供されている。各々の実験から形成された纖維の光学画像は、図13~図18に示されており、表5に詳細に記載されるように種々の実験に対応している。

【0138】

[00151]結果は、図11に示される流れデバイスが、ある範囲の分散媒及び物体形成流体の条件にわたってサブミクロン領域の直径を備える短纖維を形成することを明らかに示している。

10

20

30

40

50

【0139】

[00152]当業者は、本明細書に記載される発明が、具体的に記載される以外の変形形態及び修正形態の余地があることを認識するであろう。本発明は、本発明の精神及び範囲内にある全てのこのような変形形態及び修正形態を含めることが理解される。

【0140】

[00153]本明細書(クレームも含めた)で用語「comprise」、「comprises」、「comprised」又は「comprising」が使用される場合、それは、記述される特徴、整数、ステップ又は構成要素の存在を特定するものと解釈すべきであり、1つ又は複数の他の特徴、整数、ステップ、構成要素又はその集合の存在を除外するものではない。

10

[発明の項目]

[項目1]

物体形成流体を分散媒に導入することによって物体を形成するための装置であって、分散媒を収容するように構成された流体筐体と、

少なくとも2つの分離した流路であって、前記分散媒が前記少なくとも2つの分離した流路に沿って層流で流れ、分離した各流路が別個の流路を備え、前記分離した流路の少なくとも2つが合流箇所で集束する、流路と、

使用する際に、前記分散媒を各々の流路に沿って前記合流箇所まで流れるようにする流体流れ構成と、

前記合流箇所に又はそこに近接して配置されており、使用する際に、前記物体形成流体を前記分散媒中に供給するように構成された少なくとも1つの流体導入構成と、

前記合流箇所に近接し又はその後に続く流れ絞り構成であって、使用する際に、前記合流箇所に近接して及び/又はその後に続いて前記分散媒の流れを絞り加速させる、流れ絞り構成とを備える、装置。

20

[項目2]

前記流れ絞り構成が、前記合流箇所の上流の流れから前記合流箇所の下流の流れへの流体流れ全断面積の縮小を有する、項目1に記載の装置。

[項目3]

前記流体筐体が、第1の流体流れ断面積を有する少なくとも第1の流れセクションと、第2の流体流れ断面積を有する少なくとも第2の流れセクションとを備え、前記第1の流体流れ断面積が前記第2の流体流れ断面積よりも大きい、項目2に記載の装置。

30

[項目4]

前記流れ絞り構成が、前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間で少なくとも50%、より好ましくは少なくとも60%、さらにより好ましくは少なくとも70%及び最も好ましくは少なくとも75%の流体流れ断面積の縮小を有する、項目3に記載の装置。

[項目5]

前記合流箇所が、前記第2の流れセクションの開始点の上流から離間している、項目3又は4に記載の装置。

40

[項目6]

前記流体筐体の前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間に配置されている第3の流れセクションをさらに備え、前記第3の流れセクションが、過渡的な断面積を有し、好ましくは前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションを相互に接続する漸減する断面積を有する、項目3~5のいずれか一項に記載の装置。

[項目7]

前記第3の流れセクションの前記断面積の移行部は、前記第1の流れセクションと前記第2の流れセクションの間に5~30°の間、好ましくはおよそ10°のテーパを備える、項目6に記載の装置。

[項目8]

前記流体導入構成が少なくとも1つの開口を備える、項目1~7のいずれか一項に記載

50

の装置。

[項目 9]

前記合流箇所が、少なくとも 2 つの分離した流れが交わり合流する場所に近接して流れ合流縁部を備え、前記少なくとも 1 つの開口がその流れ合流縁部に又はその中に配置されている、項目 8 に記載の装置。

[項目 10]

前記少なくとも 1 つの開口が、少なくとも 2 つの異なる物体形成流体が流れるように接続されている、項目 8 又は 9 に記載の装置。

[項目 11]

前記少なくとも 1 つの開口が、少なくとも 1 つの物体形成流体が流れる少なくとも 2 つの導管又はチャネルに流体接続されており、各々の導管又はチャネルは、前記少なくとも 1 つの開口に近接して位置する合流セクションにおいて結合している、項目 8 ~ 10 のいずれか一項に記載の装置。

10

[項目 12]

前記合流セクションが、前記少なくとも 1 つの開口に流体接続された短い導管又はチャネルを備える、項目 11 に記載の装置。

[項目 13]

前記合流セクションが、Y 字又は T 字型結合部を備える、項目 11 又は 12 に記載の装置。

[項目 14]

20

前記流体導入構成が、少なくとも 2 つの隣接する開口を備え、各々の開口が少なくとも 1 つの物体形成流体が流れるように接続されている、項目 8 ~ 13 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 15]

前記開口の少なくとも 2 つが、異なる物体形成流体が流れるように接続されている、項目 14 に記載の装置。

[項目 16]

前記開口の少なくとも 2 つが、第 1 の開口が第 2 の開口に囲まれるように配置されている、項目 14 又は 15 に記載の装置。

[項目 17]

30

前記合流箇所に沿って離間した複数の流体導入構成を備える、項目 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 18]

前記分離した流路の少なくとも 2 つが、離れた流れ導管を備える、項目 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 19]

前記少なくとも 2 つの分離した流路が、前記流体筐体内に配置された少なくとも 1 つのハイドロフォイルによって隔てられており、前記ハイドロフォイルが前縁面と後縁とを有し、前記流体流れ構成によって、前記分散媒が前記ハイドロフォイルの前記前縁面から前記後縁まで層流で流れるようになっている、項目 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の装置。

40

[項目 20]

1 つ又は複数の前記流体導入構成が、それぞれのハイドロフォイル各々の前記後縁に又はそれに近接して配置されている、項目 19 に記載の装置。

[項目 21]

前記ハイドロフォイルが、中心線、好ましくは前記前縁面と前記後縁の間の翼弦線に対して、前記前縁面と前記後縁の間の厚さに 5 ~ 30 ° のテーパ、好ましくは前記前縁面と前記後縁の間に 10 ° のテーパを付されたテーパ付き本体を備える、項目 19 又は 20 に記載の装置。

[項目 22]

前記ハイドロフォイルの前記テーパ付き本体が、前記本体の長手方向の長さに沿って少

50

なくとも 1 つの湾曲部又は波形部を備え、より好ましくは前記本体の長手方向の長さに沿って複数の湾曲部又は波形部を備える、項目 2 1 に記載の装置。

[項目 2 3]

前記流体筐体内に離間した複数のハイドロフォイルを備え、各々のハイドロフォイルが、それぞれのハイドロフォイル各々の少なくとも 1 つの前記後縁に又はそれに近接して配置されている少なくとも 1 つの流体導入要素を備える、項目 1 9 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 2 4]

使用する際に、前記合流箇所に入る前の前記分散媒の流れと接触する、前記流体筐体内の場所に配置された少なくとも 1 つのそらせ板をさらに備える、項目 1 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の装置。

10

[項目 2 5]

前記そらせ板が、前記合流箇所の上流で前記流体筐体内に配置されている、項目 2 4 に記載の装置。

[項目 2 6]

前記流体筐体が、

前記分散媒が中を流れる少なくとも 1 つの導管及び、

前記分散媒が保持されるタンクの少なくとも一方を備える、項目 1 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 2 7]

20

前記流体筐体が、前記分散媒が中を流れる導管を備え、前記導管が少なくとも 2 つの離間したプレートを含む、項目 2 6 に記載の装置。

[項目 2 8]

前記プレートの間の距離を変えることができる、項目 2 7 に記載の装置。

[項目 2 9]

前記プレートが、流体密封ケーシングの中に収容されている、項目 2 7 又は 2 8 に記載の装置。

[項目 3 0]

前記流体流れ構成が、

前記流体筐体内で前記ハイドロフォイルを回転させるように駆動される、又は他の方法で動かされる回転可能な要素、並びに

30

前記ハイドロフォイルを横切るように前記分散媒を圧送するための圧送構成の少なくとも一方を備える、項目 1 ~ 2 9 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 3 1]

前記分散媒が前記流体筐体を介して再利用される、項目 1 ~ 3 0 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 3 2]

纖維、好ましくはナノ纖維を形成するための、項目 1 ~ 3 1 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 3 3]

40

前記流れ絞り構成が、少なくとも 0 . 1 m / 秒、好ましくは 0 . 2 ~ 2 0 m / 秒、より好ましくは 1 ~ 1 0 m / 秒の、前記分散媒の線形速度を形成する、項目 1 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の装置。

[項目 3 4]

項目 1 ~ 3 3 のいずれか一項に記載の装置を利用して形成された少なくとも 1 つの物体、好ましくはナノ体。

【図1】

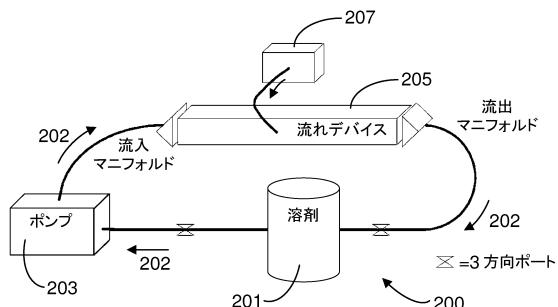


Figure 1

【図2】

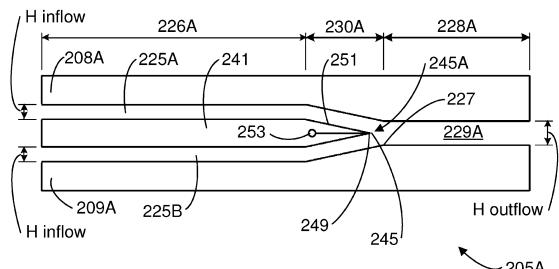


Figure 2

【図3】

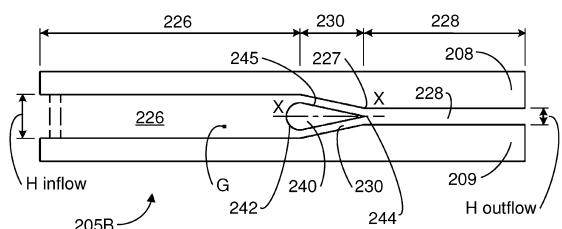


Figure 3

【図4】

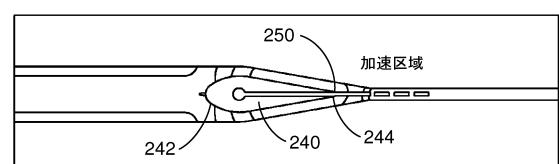


Figure 4

【図5】

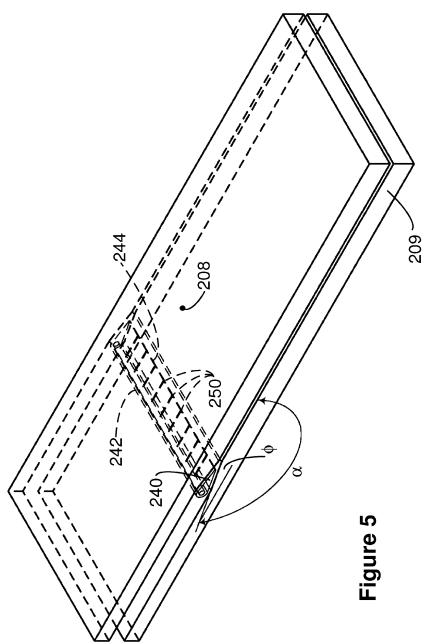


Figure 5

【図6A】

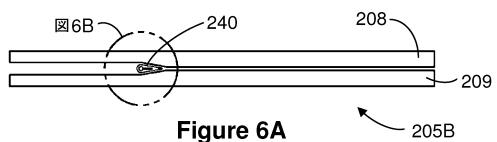


Figure 6A

【図6B】

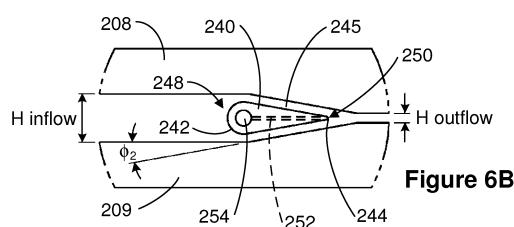


Figure 6B

【図7】

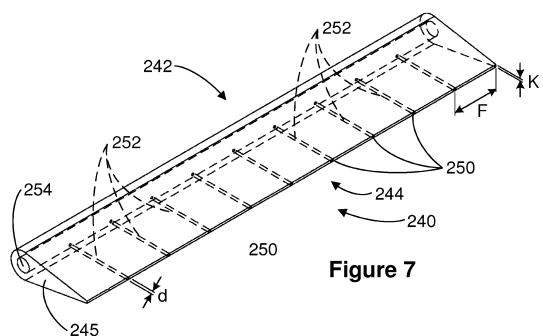


Figure 7

【図 8 A】

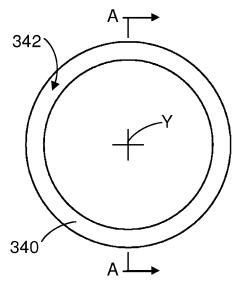


Figure 8A

【図 8 B】

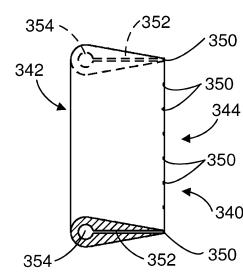


Figure 8B

【図 9】

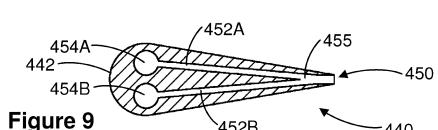


Figure 9

【図 10】

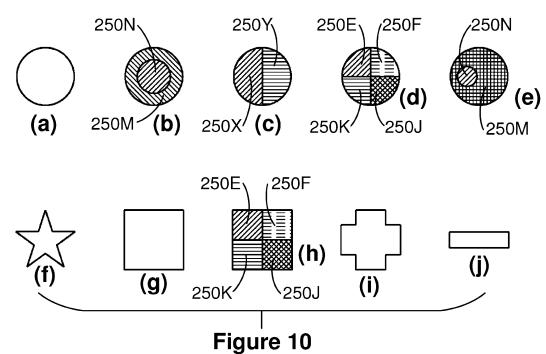


Figure 10

【図 1 1 A】

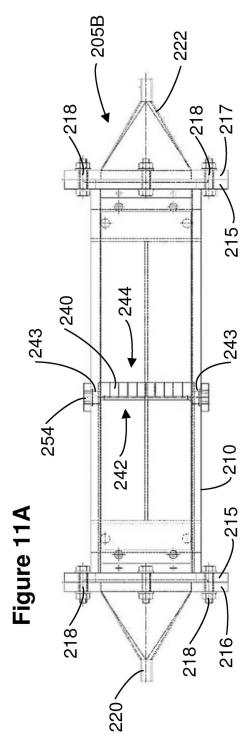


Figure 11A

【図 1 1 B】

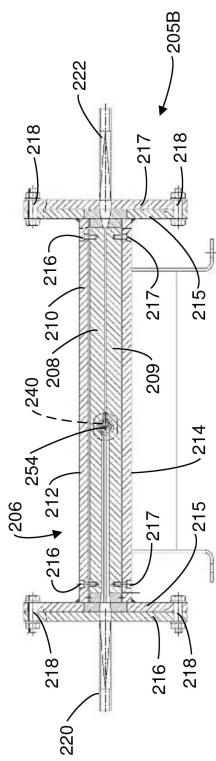


Figure 11B

【図 1 2】

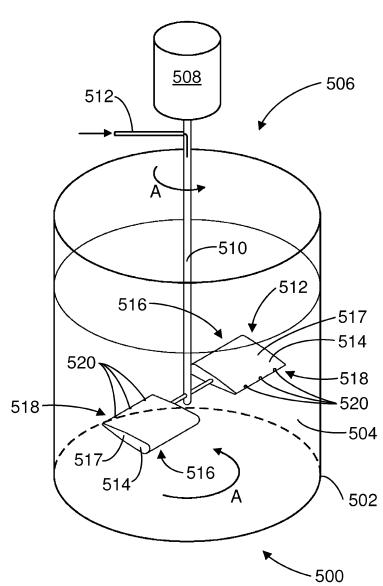


Figure 12

【図 1 3】

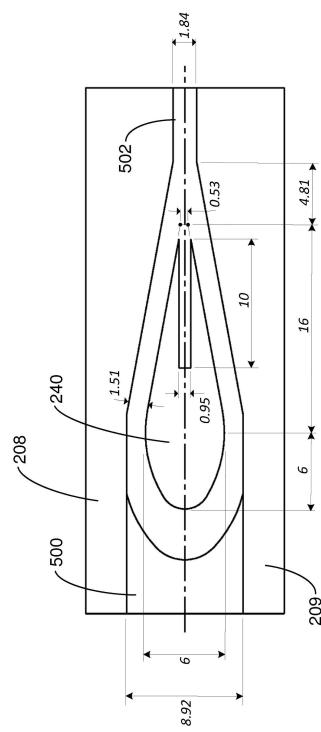


Figure 13

【図14】

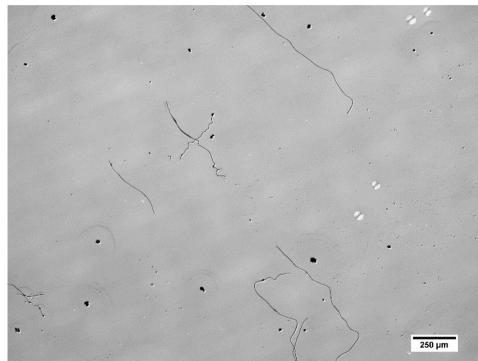


Figure 14

【図15】

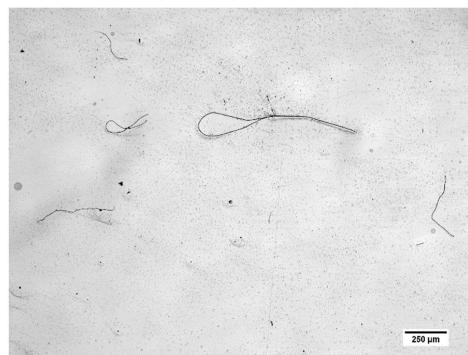


Figure 15

【図16】

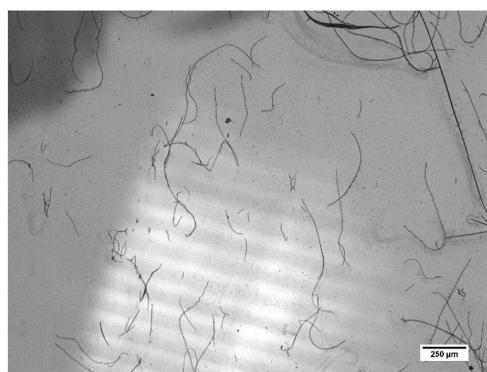


Figure 16

【図17】

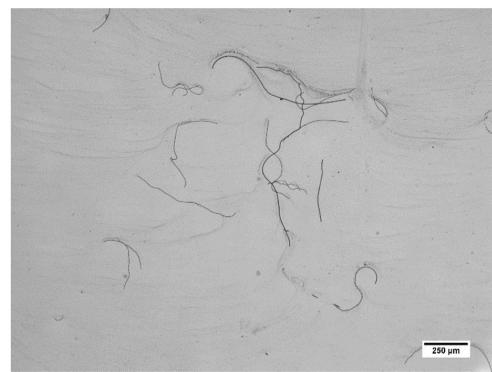


Figure 17

【図18】

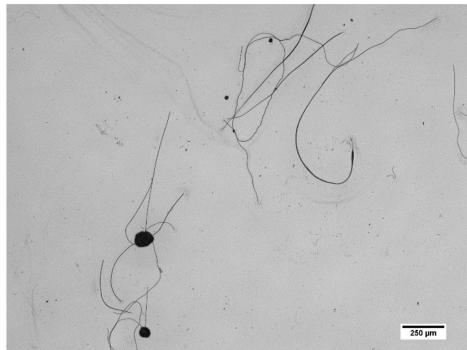


Figure 18

【図19】

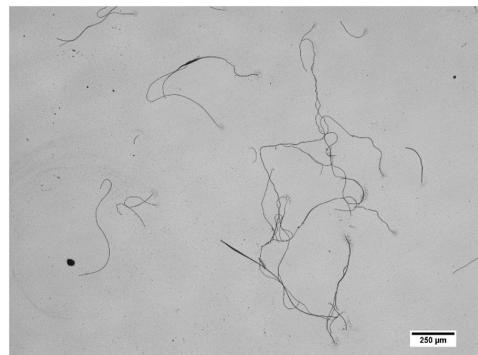


Figure 19

フロントページの続き

(74)代理人 100148596

弁理士 山口 和弘

(72)発明者 スッティ, アレッサン德拉

オーストラリア, ヴィクトリア 3228, トキー, スコーピオ ストリート 80

(72)発明者 カークランド, マーク

オーストラリア, ヴィクトリア 3221, ベイツフォード, トローラ ウェイ 10

(72)発明者 コリンズ, ポール

オーストラリア, ヴィクトリア 3217, アームストロング クリーク, ワラリリー ブールバード 34

(72)発明者 ジョージ, ロス, ジョン

オーストラリア, ヴィクトリア 3221, バラブル, ジョージズ ロード 130

審査官 加賀 直人

(56)参考文献 特開2012-036517(JP, A)

特開昭52-042917(JP, A)

特表2014-535010(JP, A)

特表2015-523473(JP, A)

国際公開第2013/056312(WO, A1)

国際公開第2013/172831(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

D01D 5 / 40