

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7464585号
(P7464585)

(45)発行日 令和6年4月9日(2024.4.9)

(24)登録日 令和6年4月1日(2024.4.1)

(51)国際特許分類	F I		
B 0 1 D 45/12 (2006.01)	B 0 1 D	45/12	
B 0 4 C 3/00 (2006.01)	B 0 4 C	3/00	A
B 0 4 C 3/06 (2006.01)	B 0 4 C	3/06	

請求項の数 8 (全43頁)

(21)出願番号	特願2021-511660(P2021-511660)	(73)特許権者	521434056
(86)(22)出願日	令和1年8月16日(2019.8.16)		シエラ・スペース・コーポレイション
(65)公表番号	特表2022-503627(P2022-503627 A)		SIERRA SPACE CORPOR ATION
(43)公表日	令和4年1月12日(2022.1.12)		アメリカ合衆国80021コロラド州ブ ルームフィールド、インターロッケン・ クレセント390、スウィート500
(86)国際出願番号	PCT/US2019/046918	(74)代理人	100107364
(87)国際公開番号	WO2020/046603		弁理士 斉藤 達也
(87)国際公開日	令和2年3月5日(2020.3.5)	(72)発明者	ピーターソン, マイケル
審査請求日	令和4年8月12日(2022.8.12)		アメリカ合衆国 53597 ウィスコン シン州 ワウナキー, ウィンブルトン ウ エイ 1402
(31)優先権主張番号	62/723,087	(72)発明者	ワイスロゲル, マーク ミルトン
(32)優先日	平成30年8月27日(2018.8.27)		アメリカ合衆国 97132 オレゴン州
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水安定化による低重力水捕捉装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気流から水滴を分離する装置であって、
第1の端部と第2の端部と内面とを有する細長ハウジングと、
前記第1の端部に位置して、前記空気流を受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、
前記第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、
前記細長ハウジングの前記第2の端部に位置して、水を集めるように構成されたりザーバと、
前記細長ハウジング内に位置するらせん構造と、
前記細長ハウジングの前記第2の端部に配置され、且つ前記出口開口部と流体連通結合された第1の空気流路を定義する内部円筒と、
前記第1の空気流路から離れていて、前記出口開口部と流体連通結合されている第2の空気流路であって、前記第2の空気流路は、一部が前記リザーバによって定義され、前記第2の空気流路は、前記細長ハウジングの完全に外側に位置し、且つ前記第1の空気流路の完全に外側に位置し、前記第2の空気流路は、前記らせん構造を含み、前記らせん構造は、前記細長ハウジングの外側に位置するリザーバチャンバ内で終わる、前記第2の空気流路と、
を含む装置。

【請求項2】

前記リザーバは前記リザーバチャンバを含み、前記リザーバチャンバは前記細長ハウジングの外側に位置し、前記リザーバチャンバは前記第2の空気流路の一部を定義する、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記らせん構造は、
上面と、

前記細長ハウジングの長さ方向の可変ピッチであって、前記細長ハウジングの内壁と前記らせん構造の前記上面との間の内角が可変である前記可変ピッチと、

前記細長ハウジングの前記第1の端部にある初期らせんピッチであって、前記入口開口部に入る前記空気流に乱流を引き起こす前記初期らせんピッチと、

前記空気流中の水滴の、前記空気流からの分離を引き起こす中間らせんピッチと、
を含む、請求項1又は2に記載の装置。

【請求項4】

前記らせん構造の表面及び前記細長ハウジングの内壁に集められた水滴を前記リザーバチャンバの底部に誘導する為に、前記リザーバ内に位置する複数のベーンを更に含む、請求項2に記載の装置。

【請求項5】

前記リザーバの前記底部に沿って前記複数のベーン及び前記らせん構造のそれぞれに形成された少なくとも1つのパイアを更に含み、隣接ベーン及び前記らせん構造にある前記パイアは互いにオフセットしている、請求項4に記載の装置。

【請求項6】

前記リザーバチャンバは、第1の断面積を有する入口部と、前記第1の断面積より大きい第2の断面積を有する収集部と、を含む、請求項2に記載の装置。

【請求項7】

前記細長ハウジングは、前記入口開口部を定義する入口構造と、前記出口開口部を定義する出口構造と、前記入口構造と前記出口構造との間を延びる中間セクションと、を含み、前記入口構造と前記中間セクションとの間の境界面、並びに前記出口構造と前記中間セクションとの間の境界面は、なだらかな起伏のある面を含む、請求項1から6のいずれか一項に記載の装置。

【請求項8】

前記第2の空気流路は、前記細長ハウジングの外側に位置する戻り管を含み、前記戻り管は少なくとも第1及び第2の管セグメントを含み、前記第1及び第2の管セグメントはスリップジョイントで接続されている、請求項1から7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】

本開示は、全般的には水捕捉装置に関し、特に、低重力環境における水捕捉装置に関する。

【背景技術】

【0002】

宇宙では、水はすぐに利用できるものではない。宇宙旅行が始まったときから、水の消費とリサイクルと再利用とをスマートに行うことが必要とされてきた。更に宇宙環境は、このようなリサイクルシステムの為の電力使用及び使用可能空間について独特の難題を提起する。宇宙環境に電力を供給し、そのような環境で電力が確実に消費されるようにする為には、電力をスマートに消費しなければならない。そのような宇宙環境におけるシステム及び電子機器は、効率的な電力消費と、節電及び占有空間の最小化に特化した技術とが必要とされることになる。そこで、低電力、低質量の液体収集装置が必要とされている。

【0003】

宇宙で水を集めることの一例が米国特許第9,416,026号(ユリカ(Eurica)、カリフォルニア州)で開示されている。‘026特許は、宇宙船の表面に乾燥剤を塗

10

20

30

40

50

布して、宇宙船に当たる宇宙の周囲水分を捕捉することを開示している。‘026特許は、宇宙船内の水をリサイクルして再利用することではなく、宇宙の水を船外で集めることに焦点を当てている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記従来技術における課題を解決するためになされたものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態では、水を多く含んだ空気流から水滴を分離する方法について説明する。水を多く含んだ空気流は、半閉鎖環境に集められてよい。水を多く含んだ空気流は、らせん状チャンネル内へ駆り立てられて、乱流の、急速な円周方向の空気流を引き起こす。らせん状チャンネルは、その長さ方向に可変ピッチを有する。水滴は、らせん状チャンネル内で空気流から分離される。分離された水滴で細流が形成される。空気流は、水滴が分離された後に減速される。乱流の、急速な円周方向の空気流は、急速さが減じられた軸方向流動に移行する。水滴は、細流からリザーバに集められる。

【0006】

幾つかの実施形態では、空気流から水滴を分離することは、空気流をらせん状チャンネルの1つ以上の面に接触させることを含んでよい。別の実施形態では、細流を形成することは、分離された水滴をらせん状チャンネルのその1つ以上の面から集めることを含んでよい。幾つかの実施例では、単一細流内の水滴は、空気流の流れによって安定化されてよい。分離された水滴は、1つ以上の二次ベーンによって細流のほうへ誘導されてよい。幾つかの実施形態では、細流を形成することは更に、風力で動く、軸と交差する空気流を形成することを含んでよい。幾つかの実施形態では、風力で動く、軸と交差する細流は、細流と位置合わせされた流れ方向の流れに変換されてよい。細流からリザーバに水滴を集めることは、細流の流れをリザーバ内まで誘導することを含んでよい。

【0007】

別の実施形態では、空気流から水滴を分離する装置について説明する。本装置は、第1の端部及び第2の端部を有する細長管を含む。細長管は、細長管の第1の端部に開口部を含み、この開口部は空気流を受け入れるように位置する。細長管の第2の端部にリザーバが位置する。細長管内にらせん構造が位置する。らせん構造は、上面と、上面の反対側に配置された下面と、外側エッジと、細長管の長さ方向の可変ピッチと、を含む。可変ピッチは、細長管の内壁とらせん構造の上面との間の内角が可変である。

【0008】

別の実施形態では、らせん構造は、細長管の第1の端部に初期らせんピッチを含んでよい。初期らせんピッチは、開口部に入る空気流に乱流を引き起こすことが可能である。らせん構造は、空気流中の水滴の、空気流からの分離を引き起こすことが可能な中間らせんピッチと、水滴が分離された空気流の中により低速の流動を引き起こすことが可能な最終らせんピッチと、を含んでよい。幾つかの実施形態では、本装置は、毛細管力で水滴を強制的に単一細流に入れることが可能な第1の場所において、細長管の内壁とらせん構造の上面との間に初期内角を含んでよい。リザーバの方向に水滴のポテンシャルを減らす第2の場所において、細長管の内壁とらせん構造の上面との間に中間内角があってよい。単一細流からリザーバ内へ移行する第3の場所において、細長管の内壁とらせん構造の上面との間に最終内角があってよい。

【0009】

幾つかの実施形態では、細長管の第2の端部に空気出口が位置してよい。空気出口は、中空円筒として形成されてよい。リザーバは、ベーンで二等分されてよい。ベーンは、空気流が空気出口から本装置を出ていくことを可能にしながら、水滴をリザーバ内に保持するように位置してよい。幾つかの実施形態では、本装置は、リザーバに排出口を含んでよい。幾つかの実施形態では、らせん構造の上面は滑らか且つ連続的である。幾つかの実施

10

20

30

40

50

例では、細長管の内壁に1つ以上の二次ベーンが配置されてよい。1つ以上の二次ベーンは、らせん構造のピッチ角度に似せてよい。

【0010】

幾つかの実施例では、らせん構造の上面に1つ以上のベーンが配置されてよい。1つ以上のベーンは、らせんの中心点近くで始まってよく、らせん構造の外側エッジに向かって延びてよい。らせん構造は、径に対する長さの比が4未満であってよい。幾つかの実施形態では、ピッチ角度は、らせん構造の長さ方向に連続的に増えてよい。幾つかの実施形態では、細長管の内壁とらせん構造の上面との間の内角は、らせん構造の長さ方向に連続的に減ってよい。

【0011】

別の実施形態では、空気流から水滴を分離する装置を開示する。本装置は、第1の端部と第2の端部とを有する細長ハウジングと、ハウジングの第1の端部にある入口開口部であって、空気流を受け入れるように位置する入口開口部と、細長管の第2の端部に位置するリザーバと、細長管内に位置するらせん構造と、を含む。らせん構造は、上面と、ハウジングの長さ方向の可変ピッチであって、細長管の内壁とらせん構造の上面との間の内角が可変である可変ピッチと、細長管の第1の端部にある初期らせんピッチであって、開口部に入る空気流に乱流を引き起こす初期らせんピッチと、空気流中の水滴の、空気流からの分離を引き起こす中間らせんピッチと、を含む。

【0012】

幾つかの実施形態では、らせん構造は更に、水滴が分離された空気流を減速させる最終らせんピッチを含む。

【0013】

別の実施形態は、空気流から水滴を分離する装置に関する。本装置は、細長管とリザーバとらせん構造とを含む。細長管は、第1の端部と、第2の端部と、長手軸と、内面と、細長管の第1の端部にある入口開口部であって、長手軸に対して接線方向に空気流を受け入れるように配置された入口開口部と、細長管の第2の端部にある出口開口部と、を含む。リザーバは、細長管の第2の端部に位置する。らせん構造は、細長管内に位置して、上面と、上面の反対側に配置された下面と、外側エッジと、細長管の長さ方向の可変ピッチであって、細長管の内壁とらせん構造の上面との間の内角が可変である可変ピッチと、を含む。

【0014】

本装置は更に、細長管の第2の端部に位置して、長手軸と同軸に配置された内部中空円筒を含んでよく、内部中空円筒は第1の空気流路を定義し、リザーバは、少なくとも一部が、内部中空円筒の外表面と細長管の内面との間で定義され、リザーバは第2の空気流路を定義する。リザーバは、細長管の外側に位置するリザーバチャンバを含んでよい。らせん構造は、リザーバチャンバ内で終わってよい。本装置は、らせん構造の表面及び細長管の内壁に集められた水滴をリザーバチャンバの底部に誘導する為に、リザーバ内に位置する複数のベーンを含んでよい。本装置は、リザーバチャンバの底部に形成された水出口開口部を含んでよい。本装置は、リザーバの底部に沿って複数のベーン及びらせん構造のそれぞれに形成された少なくとも1つのバイアを含んでよく、隣接ベーン及びらせん構造にあるバイアは互いにオフセットしてよい。

【0015】

リザーバチャンバは、第1の断面積を有する入口部と、第1の断面積より大きい第2の断面積を有する収集部と、を含んでよい。リザーバチャンバの入口部は、細長管から接線方向に出ている流路を備えてよい。第2の空気流路は空気流オリフィスを含んでよく、空気流オリフィスは、第2の空気流路を通る空気流の体積を制御するようにサイズが決められる。第1及び第2の空気流路は、内部中空円筒の下流で一緒になってから、細長管の出口開口部を出ていってよい。内部中空円筒は、入口開口部と、出口開口部と、外面と、外面から半径方向外向きに広がるリップと、を含んでよい。本装置は、細長管内で、細長管の内面から間隔を空けて内部中空円筒を支持するように構成された内部円筒支持物を含ん

10

20

30

40

50

でよく、内部円筒支持物はらせん形状を有し、リザーバの面を定義してよい。細長管は、入口開口部を定義する入口構造と、出口開口部を定義する出口構造と、入口構造と出口構造との間を延びる中間セクションと、を含んでよく、入口構造と中間セクションとの間の境界面、並びに出口構造と中間セクションとの間の境界面は、なだらかな起伏のある面を含んでよい。なだらかな起伏のある面は、球面ジョイントを定義する凹面及び凸面の少なくとも一方を含んでよい。第2の空気流路は、細長管の外側に位置する戻り管を含んでよく、戻り管は少なくとも第1及び第2の管セグメントを含み、第1及び第2の管セグメントはスリップジョイントで接続されてよい。第1及び第2の管セグメントの少なくとも一方がL字形であってよい。

【0016】

別の実施形態は、空気流から水滴を分離する装置に関する。本装置は、第1の端部と第2の端部と内面とを有する細長ハウジングと、第1の端部に位置して、空気流を受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、細長ハウジングの第2の端部に位置して、水を集めるように構成されたリザーバと、細長ハウジング内に位置するらせん構造と、出口開口部と流体連通結合された第1の空気流路と、第1の空気流路から離れていて、出口開口部と流体連通結合されている第2の空気流路であって、一部がリザーバによって定義される第2の空気流路と、を含む。

【0017】

リザーバはリザーバチャンバを含んでよく、リザーバチャンバは細長管の外側に位置してよく、リザーバチャンバは第2の空気流路の一部を定義してよい。らせん構造は、上面と、ハウジングの長さ方向の可変ピッチであって、ハウジングの内壁とらせん構造の上面との間の内角が可変である可変ピッチと、ハウジングの第1の端部にある初期らせんピッチであって、入口開口部に入る空気流に乱流を引き起こす初期らせんピッチと、空気流中の水滴の、空気流からの分離を引き起こす中間らせんピッチと、を含んでよい。

【0018】

別の実施形態は、水捕捉装置を組み立てる方法に関する。本方法は、水捕捉装置を用意するステップを含み、水捕捉装置は、細長管と、細長管の第1の端部に位置して、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置に受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、細長管の第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、細長管の内部に位置するらせん構造と、細長管内の水を多く含んだ空気流から分離された水を集めるように構成されたリザーバと、を有する。本方法は更に、第1のジョイントにおいて入口構造を細長管に固定し、第2のジョイントにおいて出口構造を細長管に固定するステップを含み、第1及び第2のジョイントはそれぞれが少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面を有する。

【0019】

本方法は更に、3D印刷を使用して細長管、入口構造、及び出口構造を成形するステップを含んでよい。少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面は、球状面、半球状面、又は弧状面として形成されてよい。水捕捉装置は更に、出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含んでよく、第2の空気流路は少なくとも一部が第1及び第2の管セグメントによって定義され、本方法は、第1の管セグメントと第2の管セグメントとをスリップジョイントで互いに固定するステップを含んでよい。水捕捉装置は更に、リザーバ内に位置する少なくとも1つのベーンを含んでよく、少なくとも1つのベーンをらせん構造と位置合わせする為に、第1及び第2の管セグメントが互いに対して且つ細長管に対して調節可能である。水捕捉装置は更に、出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含んでよく、第2の空気流路はオリフィスを含み、本方法は、オリフィスのサイズを調節して、第2の空気流路を通る空気流量を制御するステップを含んでよい。第1及び第2のジョイントの成形は、部分的には、なだらかな起伏のある面に未硬化ベース材料樹脂を塗布し、その後、その樹脂を硬化させることによって行われてよい。

【0020】

水を多く含んだ空気流から水を分離する方法も開示する。本方法は、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置のらせん状チャンネルに送達するステップであって、らせん状チャンネルはその長さ方向に可変ピッチを有する、上記送達するステップと、らせん状チャンネル内で空気流から水を分離するステップと、水をリザーバに集めるステップであって、リザーバは複数のベーンを含む、上記集めるステップと、空気流を第1の空気流と第2の空気流とに分割するステップであって、第2の空気流はリザーバを通り抜ける、上記分割するステップと、第2の空気流がリザーバを通り抜けた後に第1の空気流と第2の空気流とを一緒にするステップと、一緒にした空気流を水捕捉装置から排出するステップと、リザーバから水を取り出すステップと、を含む。

【0021】

空気流から水滴を分離するステップは、空気流をらせん状チャンネルの1つ以上の面に接触させることを含んでよく、本方法は更に、分離された水滴をらせん状チャンネルのその1つ以上の面からリザーバに集めることを含んでよい。本方法は、第2の空気流を使用してリザーバ内の水を安定させるステップを含んでよい。水捕捉装置は、らせん状チャンネルの一部を定義するらせん構造を含んでよく、らせん構造はリザーバ内まで連続的に延びてよい。水捕捉装置は、らせん状チャンネルを収容する細長管を含んでよく、リザーバの一部分が細長管の外側に延びてよく、リザーバのその一部分は、第2の空気流が細長管から接線角度で出る際に通る空気チャンネルを定義する。水を多く含んだ空気流をらせん状チャンネルに送達するステップは、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置の長手軸に対して接線角度で送達することを含んでよい。

【0022】

添付の図面及び図は、多数の例示的实施形態を図示しており、本明細書の一部を成す。これらの図面は、本明細書とともに、本開示の様々な原理を例証し、説明する。以下の図面を参照することによって、本発明の本質及び利点の更なる理解が得られるであろう。添付図面では、同様の構成要素又はフィーチャは同じ参照符号を有する場合がある。

【0023】

本明細書に記載の実施形態は様々な修正形態及び代替形態の余地があるが、図面では特定の実施形態を例示しており、それについて本明細書で詳細に説明する。但し、本明細書に記載の例示的实施形態は、開示した特定の形態に限定されるものではない。むしろ、本開示は、添付の特許請求の範囲に含まれるあらゆる修正形態、等価形態、及び代替形態を包含する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本開示による低重力水捕捉装置の環境の一例を示す図である。

【図2】一例示的低重力水捕捉装置の斜視図である。

【図3】内部フィーチャを破線で示した、一例示的低重力水捕捉装置の斜視図である。

【図4】図3の低重力水捕捉装置の斜視図である。

【図5A】図4の低重力水捕捉装置の、線5A-5Aに沿った切欠図である。

【図5B】図4の低重力水捕捉装置の、線5B-5Bに沿った切欠図である。

【図5C】図3の低重力水捕捉装置の、線5C-5Cに沿った切欠図である。

【図5D】図4の低重力水捕捉装置の、線5D-5Dに沿った切欠図である。

【図5E】図4の低重力水捕捉装置のらせん構造の例示図である。

【図6】本開示による別の例示的低重力水捕捉装置の上面斜視図である。

【図7】内部フィーチャを破線で示した、図6の低重力水捕捉装置の上面斜視図である。

【図8】図6の低重力水捕捉装置の底面斜視図である。

【図9A】図8の低重力水捕捉装置の、線9A-9Aに沿った切欠図である。

【図9B】図6の低重力水捕捉装置の、線9B-9Bに沿った切欠図である。

【図9C】図6の低重力水捕捉装置のらせん構造の例示図である。

【図10】二次ベーンを示す、一例示的低重力水捕捉装置の切頂切欠図である。

【図11】一例示的低重力水捕捉装置の概略側面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 1 2】低重力水捕捉装置に関連する方法の一例の各ステップを示すフロー図である。
- 【図 1 3】低重力水捕捉装置に関連する方法の一例の各ステップを示すフロー図である。
- 【図 1 4】本開示による別の例示的低重力水捕捉装置の上面斜視図である。
- 【図 1 5】図 1 4 の低重力水捕捉装置の別の上面斜視図である。
- 【図 1 6】図 1 4 の低重力水捕捉装置の底面斜視図である。
- 【図 1 7】図 1 4 の低重力水捕捉装置の正面図である。
- 【図 1 8】図 1 4 の低重力水捕捉装置の側面図である。
- 【図 1 9】図 1 4 の低重力水捕捉装置の分解斜視図である。
- 【図 2 0】図 1 7 の低重力水捕捉装置の、線 2 0 - 2 0 に沿った断面図である。
- 【図 2 1】図 1 8 の例示的低重力水捕捉装置の、線 2 1 - 2 1 に沿った断面図である。
- 【図 2 2】図 1 8 の例示的低重力水捕捉装置の、線 2 2 - 2 2 に沿った断面図である。
- 【図 2 3】図 1 4 の低重力水捕捉装置の入口構造の一部と細長管の一部との間のジョイントの拡大図である。
- 【図 2 4 A】乃至
- 【図 2 4 C】図 1 4 の低重力水捕捉装置のリザーバ戻りセグメントの組み立てを示す斜視図である。
- 【図 2 5】戻りオリフィスプレートを示す、図 1 5 の低重力水捕捉装置の部分断面図である。
- 【図 2 6】図 1 4 の低重力水捕捉装置のリザーバ構成要素内の流体流を示す図である。
- 【図 2 7 A】乃至
- 【図 2 7 D】図 2 6 の低重力水捕捉装置のリザーバ構成要素の内部に形成されたバイアを示す図である。
- 【図 2 8】図 1 4 の低重力水捕捉装置の一部の断面斜視図である。
- 【図 2 9】図 2 8 に示した例示的低重力水捕捉装置の断面の拡大図である。
- 【図 3 0】図 1 4 に示した例示的低重力水捕捉装置の一部の斜視図である。
- 【図 3 1】本開示による別の例示的低重力水捕捉装置の斜視図である。
- 【図 3 2】図 3 1 の低重力水捕捉装置の別の上面斜視図である。
- 【図 3 3】図 3 1 の低重力水捕捉装置の底面斜視図である。
- 【図 3 4】図 3 1 の低重力水捕捉装置の正面図である。
- 【図 3 5】図 3 1 の低重力水捕捉装置の側面図である。
- 【図 3 6】図 3 5 の例示的低重力水捕捉装置の、線 3 6 - 3 6 に沿った断面図である。
- 【図 3 7】図 3 5 の例示的低重力水捕捉装置の、線 3 7 - 3 7 に沿った断面図である。
- 【図 3 8】低重力水捕捉装置に関連する方法の一例を示すフロー図である。
- 【図 3 9】低重力水捕捉装置に関連する方法の別の例を示すフロー図である。
- 【発明を実施するための形態】

【0025】

宇宙では、水は希少資源である。水は、すぐには利用できず、とにかく外の宇宙で集めなければならないとすれば地球外資源から採掘しなければならない（これは現在開発中の技術である）。その為、宇宙船で使用する水は全て、地球から運ばれる。従って、地球外生活システムにおいて水の保存、リサイクル、及び再利用を行うことにより、地球外ミッションの開始時に最初に必要となる水の量を減らすことが可能である。水は、ありそうもない水源から取り出され、リサイクルされてよい。しかしながら、宇宙では電力も希少資源であり、賢く使用しなければならない。そこで、可能な限り少ない電力で水を船上資源から取り出すソリューションが必要とされる。しかしながら、このソリューションは更に、ミッションの妨げにならないように、或いは不必要に余分な重量が宇宙船に加わらないように、軽量且つ比較的小型でなければならない。

【0026】

図 1 は、可能性のあるシステムの一部 100 を示しており、これは低重力水分離器 102 を利用してよい。システム 100 は、低重力水分離器 102、空気取入口 104、及び空気出力系 106 を含んでよい。空気取入口 104 は、キャビン空気取入口であってよい

10

20

30

40

50

。空気取入口１０４は、空気をフィルタ１０８（例えば、ＨＥＰＡフィルタ等）に通すことが可能である。空気は、フィルタ１０８を通過してから、温湿度制御装置１１０に入ることが可能である。温湿度制御装置１１０は、熱交換器を含む多数の装置を含んでよい。温湿度制御装置１１０は、水滴をたっぷり含んだ空気流を経路１１２に沿って放出してよい。幾つかの実施形態では、温湿度制御装置１１０は、空気に対して力を発生させるファン又は他の装置を使用して、水を多く含んだ空気を出力してよい。幾つかの実施形態では、重力は、水を多く含んだ空気に対して代替及び／又は追加として働くことが可能である。水を多く含んだ空気は、低重力水分離器１０２に入ることが可能である。低重力水分離器１０２は、空気流から水滴を分離してよい。次に低重力水分離器１０２は、水滴を含まない空気を空気出力系１０６に排出してよい。幾つかの実施形態では、空気出力系１０６は、空気を循環させ、且つ／又は水分離器１０２から空気を引き寄せる為に、蒸発器１１４及び１つ以上のファン１１６を含んでよい。幾つかの実施形態では、空気出力系１０６は、経路１１８に沿って、空気を導管及び換気系（図示せず）に出力してよい。

10

【００２７】

低重力水分離器１０２は更に、水出力装置１２０を内蔵してよく、これにより、水を低重力水分離器１０２から排出することが可能になりうる。水出力装置１２０は、１つ以上のセンサ１２２を内蔵してよく、且つ／又は１つ以上のセンサ１２２と通信してよく、センサ１２２は、水出力装置１２０が水を低重力水分離器１０２から自動的に引き寄せることを可能にできる。水出力装置１２０は、水を液体出力系１２４に排出してよい。液体出力系１２４は、１つ以上のポンプ及び１つ以上のフィルタを含んでよい。液体出力系１２４は、経路１３０に沿って、水を液体処理系（図示せず）に排出してよい。

20

【００２８】

図２は、一例示的低重力水分離器２００の斜視図である。低重力水分離器２００は、図１を参照して説明した低重力水分離器１０２の一例であってよい。低重力水分離器２００は、空気入口２０２、空気出口２０４、及び水排出口２０６を含んでよい。幾つかの実施形態では、空気出口２０４は、円筒形状であって、水滴を含まない空気を排出する一種の煙突を形成してよい。空気出口２０４は、空気を低重力水分離器２００から排出することを可能にできる。空気出口２０４は、任意の所望の方向に向けられてよい。

【００２９】

図３は、低重力水分離器２００の斜視図であり、煙突状空気出口構成要素がない状態で、破線で示された内部フィーチャ（例えば、らせん構造２１８）を示している。図４は、煙突状空気出口構成要素がない状態の低重力水分離器２００の別の斜視図である。図５Ａは、低重力水分離器２００の図４の線５Ａ－５Ａに沿った切欠図である。図５Ｂは、低重力水分離器２００の図４の線５Ｂ－５Ｂに沿った別の切欠図である。図５Ｃは、低重力水分離器２００の図３の線５Ｃ－５Ｃに沿った別の切欠図である。図５Ｄは、低重力水分離器２００の図４の線５Ｄ－５Ｄに沿った更に別の切欠図である。図５Ｅは、図４の低重力水分離器２００のらせん構造２１８の図である。

30

【００３０】

低重力水分離器２００は、空気入口２０２、空気出口２０４、及び水排出口２０６を含んでよい。低重力水分離器２００は、（ハウジング又は細長ハウジングとも呼ばれる）細長管２０８を含んでよく、細長管２０８は内壁２１０及び外壁２１２を有する。低重力水分離器２００の開口部２１４が、細長管２０８の第１の端部２１６にあってよい。開口部２１４は、空気流を受け入れるように位置してよい。例えば、低重力水分離器２００の開口部２１４は、複数の水滴を含む、水を多く含んだ空気（水滴を多く含んだ空気とも呼ばれる）を出力できる熱交換器又は別の装置の出力の近くに位置してよい（例えば、図１を参照）。

40

【００３１】

らせん構造２１８は、細長管２０８内に位置してよい。らせん構造２１８は、水滴を多く含んだ空気を、細長管２０８の第１の端部にある開口部２１４から細長管２０８の第２の端部２２０まで誘導することが可能である。水滴を多く含んだ空気が第２の端部２２０

50

に到達すると、それらの水滴の少なくとも一部が空気流から分離されることが可能であり、それらの水滴は、細長管 208 の第 2 の端部 220 の近くのリザーバ 222 に捕捉されることが可能である。空気流はその後、リザーバ 222 を通過して、空気出力系（例えば、図 1 に示した空気出力系 106）に放出されてよい。

【0032】

らせん構造 218 の幾何学的形状によって、空気がらせん構造 218 内を低重力水分離器 200 の第 2 の端部 220 まで移動するにつれて、空気流から水滴が分離されることが可能である。幾つかの実施形態では、空気流の流路及び速度によって、空気流から水滴が分離されることが可能である。水を多く含んだ空気と表面（例えば、らせん構造 218 又は内壁 210）との接触によっても、空気から水滴が分離されることが可能である。らせん構造 218 は、上面 224 と、上面 224 の反対側に配置された下面 226 とを有してよい。らせん構造 218 は更に、外側エッジ 228 を含んでよい。らせん構造 218 の外側エッジ 228 は、細長管 208 の内壁 210 に連続的に接触してよい。

【0033】

らせん構造 218 が細長管 208 の第 1 の端部 216 から細長管 208 の長さの第 2 の端部 220 に向かってトラバースするにつれて、らせん構造 218 のらせんピッチが変化してよい。例えば、らせん構造 218 は、初期らせんピッチ p_1 、中間らせんピッチ p_2 、及び最終らせんピッチ p_3 を有してよい。らせんのピッチは、らせん構造の軸に平行に測定された、1 つのらせん構造の一巻き分の高さ、又はらせんの巻き同士の間隔として定義されてよい。らせん構造 218 の変化するらせんピッチは、らせん構造 218 が細長管 208 をトラバースするにつれて大きくなってよい。初期らせんピッチ p_1 は中間らせんピッチ p_2 より小さいか、且つ／又は短くてよく、中間らせんピッチ p_2 は最終らせんピッチ p_3 より小さいか、且つ／又は短くてよい。

【0034】

初期らせんピッチ p_1 は、軸と交差する円周方向の空気流の、らせん構造 218 に入る時の有効流路面積によって決定されてよい。ピッチ p_1 は、圧力低下及び空気速度を所望のレベルにできるように空気流を無難に制限することを可能にできる。ピッチ p_1 が小さすぎると、空気流は、過剰な空気流加速度を引き起こしかねない不要な制限に直面する可能性があり、そのような過剰な空気流加速度は、不要な圧力低下、及び関連する、ファン電力の不要な増大につながりかねない。空気流の必要な加速度又はピーク速度のレベルは、気体粘度、並びに液相と気相の密度差とともに、気体流内に拡散する水滴のサイズの一要因であってよい。幾つかの実施形態では、大きな水滴が低い空気流速度で空気流からスピナウトするのと同じ時間で小さな水滴が空気流からスピナウトする為には、より高いピーク気体速度が必要である場合がある。

【0035】

初期 p_1 は、水滴ドリフト時間に対する気体流滞留時間の比の一要因である場合がある。水滴ドリフト時間は、特定サイズの水滴が装置の軸から細長管 208 の内壁 210 まで移動する為の最大平均時間であってよい。気体流滞留時間は、低重力水分離器 200 内で全気体体積が完全に入れ替わる為の平均時間であってよい。気体流滞留時間の別の表し方は、低重力水分離器 200 に入った空気が低重力水分離器 200 を出る為の時間の長さである。これは、体積対体積流量比によって算出されてよい。体積対体積流量比は、体積空気流量に対する内部空気体積の比であってよく、例えば、次式のように、低重力水分離器 200 内に収容される体積量を、低重力水分離器 200 内で空気の体積が入れ替わる速度で割ったものであってよい。

装置空気体積 ($f \cdot t^3$) / 時間あたり空気体積 ($f \cdot t^3 / \text{秒}$) = 装置内の全ての空気が新しい空気に入れ替わる為の平均時間 (秒)

【0036】

体積対体積流量比は、水滴ドリフト時間より大きい場合がある。そのような比により、水滴が、空気出口 204 から流出する前に、内壁 210 及び／又は上面 224 に向かってドリフトして、それらに衝突することが可能になりうる。滞留時間対ドリフト時間比は、

初期水滴サイズに基づく約5000の体積対体積流量比の範囲内でありうる。幾つかの実施形態では、この比を実現する為に、初期らせんピッチ p_1 が、細長管208の径の約0.5~1.5倍のサイズであってよい。

【0037】

中間らせんピッチ p_2 は、初期らせんピッチ p_1 から最終らせんピッチ p_3 への移行を可能にする、らせん構造218の全体長さ L の一部分であってよい。最終らせんピッチ p_3 は、空気出口204における気体速度場をほぼ軸方向の空気流に移行させることが可能である。例えば、最終らせんピッチ p_3 は、初期接線空気流速度から接線空気流速度成分を低減及び／又は除去することが可能である。接線空気流速度は、らせん構造218の周りの回転の空気流量の尺度を含んでもよい。幾つかの実施形態では、最終らせんピッチ p_3 は、容認できる初期らせんピッチ p_1 を維持しながら、細長管208の長さ L のほとんどを含んでよい。最終らせんピッチ p_3 は、初期らせんピッチ p_1 からリザーバ222及び空気出口204への滑らかな移行を生成してもよい。

10

【0038】

らせんピッチが変化することによって、らせん構造218の上面224と細長管208の内壁210との間の内角も変化してよい。例えば、上面224と内壁210との間の初期内角 α_1 が90°未満であってよい。幾つかの実施形態では、初期内角 α_1 は約50°~80°であってよい。初期内角 α_1 は、初期らせんピッチ p_1 が中間らせんピッチ p_2 に移行するにつれて変化してよい。

【0039】

初期内角 α_1 は、上面224と内壁210との間の中間内角 α_2 に移行してよい。中間内角 α_2 は、リザーバ222と入口との間で上面224と内壁210とによって形成される内角が滑らかに且つ比較的一定の割合で（即ち、直線的に）変化するように大きさが決められてよい。

20

【0040】

最終内角 α_3 は、中間内角 α_2 の最終範囲で、約2°~10°の範囲で始まってよい。連続的に小さくなっていく内角 α_1 、 α_2 、 α_3 は、低重力水分離器200の空気入口202からリザーバ222までの水流を支援することが可能である。

【0041】

リザーバ222は、水がらせん構造218を流れ落ちるにつれて水滴を集めることが可能である。水滴は、後で図11を参照して論じるように、空気流がらせん構造218内を移動するにつれて空気流から分離されることが可能である。らせん構造218及び細長管208は、リザーバ222に徐々に移行してよい。例えば、リザーバ222は、低重力水分離器200の第2の端部220に位置してよく、細長管208とリザーバ222との間の移行は、滑らか且つ連続的にカーブした幾何学的形状240であってよい。

30

【0042】

リザーバ222は、球状キャビティ242を含んでよい。球状キャビティ242は、最終内角 p_3 から水リザーバ222に水が流れることを可能にする入口点244を有してよい。水リザーバ222は、安定化ベーン246によって二等分されてよい。安定化ベーン246は、水をリザーバ222内に保持することが可能であり、水を多く含んだ空気が大気中に拡散するのを防ぐことが可能である。安定化ベーン246は更に、水滴を1つ以上のリザーバベーン248に向けて誘導することが可能である。1つ以上のリザーバベーン248は、毛細管作用によって水をリザーバ222内に保持することが可能である。毛細管作用は、液体の表面張力と、液体と近接表面との間に働く粘着力との相互作用によって発生することが可能であり、水の、空気に曝された表面積を最小化することが可能である。例えば、水は本来、界面エネルギーを最小にしようとするものである。リザーバ222では、水は、自身をリザーバベーン248の列に引き込むことが可能であり、その列ではベーン248同士が最接近することによって水面の露出を最小化する。水（又は別の液体）が液体とリザーバベーン248との間の表面張力又は凝集力及び粘着力によってリザーバ222内に保持されるように、リザーバベーン248は間隔を空けて配置されてよい。

40

50

【0043】

例えば、図5Eを参照すると、リザーバベン248は、互いに対して様々な角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 で配列されてよい。角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は全て、共通の領域又は点264から出てよい。点264は、典型的には（図面に示したように）リザーバ222内に含まれるが、或いは低重力水分離器200の範囲外に位置する点又は領域であってよい。幾つかの実施形態では、様々な角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は全て、各ベン248を分離している同じ角度を含んでよい。他の実施形態では、各角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 はそれ以外の角度と異なってよい。幾つかの実施形態では、角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は、ベン248が点264から外側に広がるにつれて連続的であってよい。例えば、隣接するベン同士を分離している角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は、各ベン248の長さ方向に一定であってよい。他の実施形態では、角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は、各ベン248が点264から離れて広がるにつれて様々に変化してよい。例えば、ベン248は、角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 が各ベン248の長さ方向に変化するような曲率又は様々な幾何学的形状を有してよい。角度 α_4 、 α_5 、 α_6 、及び α_7 は一定であってよく、或いは、約10度から約45度の範囲で、より具体的には、約10度から約20度の範囲で可変であってよい。

【0044】

安定化ベン248の、リザーバ222内での互いの間隔、形状及びサイズ、並びに位置は、ターゲットのウェーバ数に基づいて決定されてよい。ウェーバ数は、2つの異なる流体の間の界面における流体流を分析する為の無次元数である。ウェーバ数は、空気

$We = (\text{空気の動圧}) / (\text{水の毛細管圧})$

$We = (\text{空気の運動エネルギー}) / (\text{水の界面エネルギー})$

水の安定を達成する為には、ウェーバ数は、約8から約12の範囲であってよい。

【0045】

別の実施形態では、安定化ベン248の間隔を決定する為に安定性規則が用いられてよい。例えば、水の安定性を達成する為に安定化計算が実施されてよい。この計算は、空気と水の分離に関する次式を使用して実施されてよい。

$$V_{air}^2 \times D < \sim 20 \times f t^3 / s^2$$

【0046】

V_{air} は空気速度であってよい。Dは、水と空気の界面における安定化ベン248の間隔であってよい。幾つかの実施形態では、リザーバベン248は更に、適切な量の液体をリザーバ222内に保持するのに十分な高さであってよい。水排出口206は、リザーバ222の下端部250の近くに位置してよい。

【0047】

幾つかの実施形態では、水排出口206は、リザーバ222内の安定化ベン248から水を抜き取ることを可能にできる。幾つかの実施形態では、低重力水分離器200は、液面検知を利用できる自動排水サイクルを内蔵してよい。水排出口206は、リザーバ222内に存在する水の量を検知することによって制御されてよい（例えば、図1に示した水出力装置120）。リザーバ222が満杯になると、ポンプ（図示せず）が始動してよい。リザーバ222が空になると、ポンプは運転を停止してよい。幾つかの実施形態では、静電容量式水位センサ（例えば、図1のセンサ122）が使用されてよい。静電容量式水位センサは、壁越しに検知することが可能であってよく、リザーバ222の外側に位置して、リザーバがいつ「満杯」になり、いつ「空」になるかを特定することが可能である。

【0048】

幾つかの実施形態では、低重力水分離器200は、細長管208の開口部214の近く

にリップ 252 を含んでよい。リップ 252 は、設備の別の部分、例えば、熱交換器、管、又は他の、水滴を多く含んだ空気を源から開口部 214 に移送できる装置及び／又は機器と嵌合してよい。開口部 214 は、追加及び／又は代替として、おねじ又はめねじの端部、締めり嵌め器具等のような他の多数の取付機構が組み込まれてよい。

【0049】

同様に、空気出口 204 は、リップ 256 を有する開口部 254 を含んでよい。リップ 256 は、空気出口 204 に装置を取り付ける為のクランプ面を備えてよい。装置は、例えば、空気を空気出力系（例えば、図 1 に示した空気出力系 106）まで移動及び／又は誘導する為の管又は他の移送機構を含んでよい。開口部 254 は、追加及び／又は代替として、ねじ端部、締めり嵌め等のような他の接続機構が組み込まれてよい。空気出口 204 は、内壁 259 を有する一種の煙突状構造を形成してよい。内壁 259 は、リザーバ 222 内に突出し、内側コーナーを形成することが可能である。内側コーナー 261 は、浮遊して壁にくっついた水滴や非常に湿った液面があれば、それらを空気出口 204 から出ていかにように捕捉することが可能である。

【0050】

図 5 E は、図 4 の低重力水分離器 200 のらせん構造 218 の図である。幾つかの実施形態では、らせん構造 218 は、らせん構造 218 の上面 224 上に様々なフィーチャを有してよい。例えば、らせん構造 218 は、第 1 のらせん巻き 258 の上面 224 に溝を有してよい。第 2 のらせん巻き 260 及び第 3 のらせん巻き 262 も上面 224 に溝を有してよい。溝は、表面張力及び／又は毛細管力によって水をらせん構造 218 のエッジ 228 のほうに誘導することが可能である。これにより、水流がリザーバ 222 に向かうにつれて安定するようにすることが可能である。他の実施形態では、水の細流及び／又は水滴を安定させる力を与える為に、らせん構造 218 の上面 224 上の突出フィーチャとして三次ベーンが設けられてよい。幾つかの実施形態では、水の細流は、水の粒子又は水滴が合体又は集合した小さな流れであってよい。溝であれ三次ベーンであれ、これらのフィーチャは、水滴を、細流に向けてらせん構造 218 の外側エッジ 228 に誘導することが可能である。溝又は三次ベーンは、水の細流を安定させることが可能である。

【0051】

図 6 は、低重力水分離器の別の構成 600 の斜視図である。低重力水分離器 600 は、図 1 ～ 5 D を参照して論じた低重力水分離器 102、200 と同様のフィーチャが組み込まれてよい。低重力水分離器 600 は、細長管 608 を含んでよい。細長管 608 は、円筒形状であってよく、或いはテーパ形状及び／又は円錐形状であってよい。細長管 608 は、空気入口 602、空気出口 604、及び 1 つ以上の水排出口 606 を含んでよい。図 7 は、破線で示された内部フィーチャ（例えば、らせん構造 618）を有する低重力水分離器 600 の斜視図である。図 8 は、低重力水分離器 600 の平面図である。

【0052】

図 9 A 及び図 9 B は、それぞれ、図 8 及び 6 に示した線 9 A - 9 A 及び 9 B - 9 B に沿った、低重力水分離器 600 の切欠図を示す。図 9 C は、図 6 の低重力水捕捉装置のらせん構造の例示図である。低重力水分離器 600 は、らせん構造 618 を含む。細長管 608 は、内壁 610 及び外壁 612 を含んでよい。低重力水分離器 600 の開口部 614 が、細長管 608 の第 1 の端部 616 にあってよい。開口部 614 は、空気流を受け入れるように位置してよい。

【0053】

らせん構造 618 は、細長管 608 内に位置してよい。らせん構造 618 は、空気流を、細長管 608 の第 1 の端部にある開口部 614 から細長管 608 の第 2 の端部 620 まで誘導することが可能である。空気が第 2 の端部 620 に到達するまでに、水滴の少なくとも一部が空気流から分離されることが可能であり、それらの水滴は、細長管 608 の第 2 の端部 620 の近くのリザーバ 622 に捕捉されることが可能である。空気流はその後、リザーバ 622 を通過して、空気出力系（例えば、図 1 に示した空気出力系 106）に放出されてよい。

【0054】

らせん構造618の幾何学的形状によって、空気流がらせん構造618内を低重力水分離器600の第2の端部620に向かって移動するにつれて、空気流から水滴が分離されることが可能である。幾つかの実施形態では、空気の流路及び速度によって、空気流から水滴が分離されることが可能である。らせん構造618は、上面624と、上面624の反対側に配置された下面626とを有してよい。らせん構造618は更に、外側エッジ628を含んでよい。らせん構造618の外側エッジ628は、細長管608の内壁610に連続的に接触してよい。

【0055】

らせん構造618が細長管608の第1の端部616から細長管608の第2の端部620までトラバースするにつれて、らせん構造618のらせんピッチが変化してよい。例えば、らせん構造618は、初期らせんピッチ p_1 、中間らせんピッチ p_2 、及び最終らせんピッチ p_3 を有してよい。初期らせんピッチ p_1 、中間らせんピッチ p_2 、及び最終らせんピッチ p_3 は、図5A～5Dを参照して説明した初期らせんピッチ p_1 と同様であってよい。らせんピッチが変化する際に、らせん構造618の上面624は滑らか且つ連続的な表面を保つことが可能である。

【0056】

らせんピッチが変化することによって、らせん構造618の上面624と細長管608の内壁610との間の内角も変化してよい。例えば、初期内角 α_1 、中間内角 α_2 、及び最終内角 α_3 は、図5A～5Dを参照して説明した初期内角 α_1 、中間内角 α_2 、及び最終内角 α_3 と同様に大きさが決められてよい。内角 α_1 、 α_2 、 α_3 は、低重力水分離器600の空気入口602からリザーバ622までの水流を支援することが可能である。

【0057】

低重力水分離器600のリザーバ622は、細長管608の内壁610と、細長管608の中に位置する内部円筒646の外壁644との間に形成されてよい。内部円筒646の高さは、開口部614に入った空気から分離された水を保持するのに十分な高さであってよい。接続壁648がリザーバ622の底部650を形成してよい。接続壁648は、細長管608の底部と、内部円筒646のほぼ中間点とをつないでよい。内部円筒646に形成された開口部652は、乾いた空気が通り抜けることが可能である。リザーバ622に集められた水は、1つ以上の水排出口606を介してリザーバから抜き取られてよい。

【0058】

幾つかの実施形態では、空気入口602の近くに入口キャップ654が位置してよい（図9Aを参照）。入口キャップ654は、らせん構造618の内側エッジ上に細流が形成されるのを防ぐことが可能である。入口キャップ654は、らせん構造618の内側エッジと、低重力水分離器600の中心軸656との所定の間隔を設定することが可能である。入口キャップ654は、空気流が、中心軸656に直接沿った軌道でらせん構造618に入るのを防ぐことが可能である。

【0059】

幾つかの実施形態では、空気は素早い速度でリザーバ622に入る場合がある。リザーバ622に入る空気流は、空気がリザーバ622に入った後も速度が上昇し続ける場合があり、乱流の空気流になる場合がある。リザーバ内に乱流の空気流があると、リザーバ622内に集まるであろう水の細流や水たまりが乱される場合がある。

【0060】

幾つかの実施形態では、リザーバ622への空気流が制限されてよい。例えば、内部円筒646の外壁644のてっぺんにバッフル（図示せず）が置かれてよい。バッフルは、ドーナツ様の形状、又はトロイダル形状であってよい。例えば、バッフルは、空気が内部円筒646を通して低重力水分離器600から流出することを可能にできる内部穴を有してよい。バッフルの外径は、低重力水分離器600の内壁610の内径より小さくてよい。例えば、内壁610とバッフルの外周エッジとの間に隙間又は所定の間隔があってよい。内壁610とバッフルとの間の隙間（空間）は、リザーバ622に入る空気流が速度及

10

20

30

40

50

び体積を減らしながら、細流及び水を多く含んだ空気がリザーバ６２２に入ることを可能にできる。

【００６１】

幾つかの実施形態では、内部円筒６４６の外壁６４４の、開放された遠位端部と近位端部の間の複数の場所に、表面に沿って１つ以上の穴が設けられてよい。この１つ以上の穴は、乱流空気がリザーバ６２２から出ていって水がリザーバに残ることを可能にできる。例えば、乱流空気が１つ以上の穴を通してリザーバ６２２から出ていく一方で、毛細管力によって水がリザーバ内に保持されることが可能である。

【００６２】

別の実施形態では、リザーバ６２２内に１つ以上のフィン（図示せず）が組み込まれてよい。例えば、らせん構造６１８は、リザーバ６２２に入った後に、低重力水分離器６００の第２の端部６２０の近くで終わってよい。１つ以上の安定化フィンが、内部円筒６４６及び／又は接続壁６４８、６５０に巻き付いてよい。安定化フィンは、リザーバ６２２に入って渦巻く乱流の高速空気流を、滑らか且つ低速の層状空気流に変化させることが可能である。リザーバ内の空気流を層状にすることによって、リザーバ内で形成された水の細流の途絶を減らしたり小さくしたりすることが可能である。細流の途絶が少なくなれば、水がリザーバ内にとどまることが可能になりうる。更に、フィンは、リザーバ６２２に集められた水を安定化することに関して、低重力水分離器２００を参照して上述したベーン２４８と同じ又は同様の利点をもたらすことが可能である。

【００６３】

図９Ｃは、図６の低重力水分離器６００のらせん構造６１８の側面図である。らせん構造６１８には、上述のらせん構造２１８と同様のフィーチャが組み込まれてよい。例えば、幾つかの実施形態では、らせん構造６１８は、らせん構造６１８の上面６２４上に様々なフィーチャを有してよい。例えば、らせん構造６１８は、上面６２４に溝を有してよい。溝は、表面張力及び毛細管力によって水をらせん構造６１８の外側エッジ６２８のほうに案内又は誘導することが可能である。溝は、水流がリザーバ２２２に向かうにつれて安定するようにすることに役立つ。他の実施形態では、水の細流及び水滴を安定させる力を与える為に、三次ベーンがらせん構造６１８の上面６２４から突出し、上面６２４に沿って延びてよい。溝であれ三次ベーンであれ、これらのフィーチャは、水滴を、細流に向けてらせん構造６１８の外側エッジ６２８に誘導することが可能である。溝又は三次ベーンは、水の細流を安定させることが可能である。

【００６４】

図１０は、低重力水分離器１０００の一内部部分の切り欠きの斜視図である。低重力水分離器１０００は、内壁１００２と、内壁１００２の反対側に位置する外壁１００４と、内壁１００２の内側に位置するらせん構造１００６と、を含んでよい。低重力水分離器１０００は、１つ以上の二次ベーン１００８を含んでよい。二次ベーン１００８は、低重力水分離器１０００の内壁１００２から中心線に向かって突出してよい。二次ベーン１００８は、内壁１００２上にくっついてよい水滴を誘導するのに十分なサイズであってよい。二次ベーン１００８は、内壁１００２上に形成されてよく、或いは内壁１００２とともに単一ピースとして一体成形されてよく、或いは単独で形成されてから別の組立工程で内壁１００２にマウントされてよい。

【００６５】

二次ベーン１００８は、らせん構造１００６の上面１０１４から初期所定距離にある第１の場所１０１２で始まってよい。その後、最後の場所１０１６がらせん構造１００６の上面１０１４の近くであるように、二次ベーン１００８のピッチがらせん構造１００６の対応部分のピッチより大きくなってよい。幾つかの実施形態では、最後の部分１０１６は、らせん構造１００６の上面１０１４に溶け込んでよい。別の実施形態では、最後の場所１０１６は、上面１０１４に達したり接触したりしなくてよく、むしろ、上面１０１４から距離があってよい。二次ベーン１００８は、図１１を参照して論じるように、内壁１００２のエッジにへばりついている水滴が細流の流れの中に落ちるように誘導されることを

10

20

30

40

50

可能にできる。

【0066】

図11は、低重力水分離器の一例1100である。低重力水分離器1100は、図1～10を参照して説明した低重力水分離器102、200、600、1000の1つ以上の態様の一例であってよい。低重力水分離器1100は、らせん構造1104を有する細長管1102を含んでよい。低重力水分離器1100は、空気入口1106、空気出口1108、及び1つ以上の水排出口1110を含んでよい。

【0067】

らせん構造1104は、その長さLの方向にらせんピッチが変化してよい。らせん構造1104は、上述のように、初期らせんピッチ p_1 、中間らせんピッチ p_2 、及び最終らせんピッチ p_3 を有してよい。らせん構造1104は更に、上述のように、初期角 α_1 、中間角 α_2 、及び最終角 α_3 を含んでよい。

【0068】

水滴を多く含んだ空気1112が、空気入口1106を通して低重力水分離器1100に入ってよい。水を多く含んだ空気1112は、低重力水分離器1100に入ると、重力又は外部強制装置（例えば、ファン等）によって強制的に空気流にされてよい。

【0069】

空気入口1106で初期らせんピッチ p_1 と組み合わせられた初期角 α_1 は、らせん構造1104の上面1116の全体角を形成してよい。初期角 α_1 の初期範囲は、壁にくっついた、水を多く含んだ空気1112を、らせん構造1104の上面1116と細長管1102の内壁1120とが当たる内側コーナー1118に向けて駆り立ててよい。初期角 α_1 は、水を多く含んだ空気1112の半径方向速度を含んでよい。半径方向速度は700～2000RPMの範囲であってよい。急速な円周方向の流れによって、水を多く含んだ空気1112（即ち、同伴水滴）の半径方向加速度が生成されてよい。半径方向加速度は30～150gの範囲であってよい。半径方向加速度によって、水滴1122が空気1112から分離されることが可能である。

【0070】

例えば、らせん構造1104は、水滴の、空気流からの、遠心力による（即ち、サイクロンに似た）液体分離を引き起こすことが可能である。遠心力による液体分離により、空気流中の液体と気体の密度差を利用して、水滴1122を内壁1120及び上面1116に集めることが可能である。低重力水分離器1100に入った空気1112は、同伴水滴とともに、一定の軸方向の流れから、軸と交差して急速に回転する流れへと、流れ方向が素早く変化することが可能である。軸方向の空気流は、らせん構造1104の軸にほぼ垂直な空気流であると言ってよい。この軸方向の空気流が、軸と交差する空気流、即ち、らせん構造1104の方向に沿った空気流に変化することが可能である。比較的「軽い」空気1112は、「重い」水滴1122よりも容易に方向が変化することが可能である為、水滴1122が内壁1120及び上面1116に向かってドリフトし、最終的に衝突することを強制される。

【0071】

水滴1122が空気1112から分離されると、空気1112の残存する半径方向速度によって、水滴1122が内側コーナー1118に入るように駆り立てられることが可能である。水滴1122は、水滴1122の細流1124（即ち、非常に小さな流れ）を形成することが可能である。例えば、空気1112に働く求心力が、水滴1122を細流1124に向けて駆り立てることが可能である。求心力は、空気1112がらせん構造1104を下りていく円軌道で動くにつれて空気1112に働く力であると言える。空気1112に働く求心力は、らせん構造の中心に向かって方向付けられることが可能である。空気1112に働く求心力は、例えば、およそ 6×10^{-7} lbf から 1×10^{-3} lbf であってよい。既に述べたように、速度は、水滴のドリフト時間に対する空気の滞留時間の比に依存する。これに影響する物理パラメータは、水滴のサイズ、気体の粘度、及び液体と気体の密度差である。従って、求心力は、水滴の質量及び加速度が変化することによって変

10

20

30

40

50

化することが可能である。

【0072】

細流1124と合体する水滴1122が増えるにつれて、細流1124は、気体境界層を満たすまで膨張することが可能である。気体境界層は、らせん構造1104の内壁1120又は上面1116の表面の近くの空気流の領域であって、その上を気体が流れる領域であってよく、その気体は、自由流れのバルク空気流より低速で移動することが可能である。気体（即ち、空気）境界層の厚さは、空気がらせん構造1104を流れるにつれて大きくなる可能性がある。気体境界層のサイズによって、細流1124がその安定性を保ちながらどれだけ大きく膨張しうるかが決まってくる。境界層は、主バルク空気流の速度の99%より低速で移動する空気の層として定義されてよい。低重力水分離器1100では、境界層は約0.5インチであってよい。幾つかの実施形態では、境界層は、らせん構造1104の長さ方向に変化してよい。境界層は、空気入口1106の近くのらせん構造1104の先端では、より薄い場合がある。境界層は、低重力水分離器1100から出るまで増大することが可能である。この天然の粘性によって、内壁1120の近くが低速ゾーンになることが可能であり、空気のバルクが急速に移動していても細流1124が不安定にならないことが可能である。

10

【0073】

例えば、細流1124は膨張し続けることが可能であり、細流1124は気体速度流に入り込むことが可能であり、空気流は、細流1124内の合体した水滴1122をらせん構造1104と内壁1120との境界面に押し付けることが可能である。これによって、細流1124が空気流によって伸ばされるにつれて、細流1124の断面が縮むことが可能である。細流1124内で合体する水滴1122が増えるにつれて、細流1124は再度膨張し、このプロセスを繰り返すことが可能である。このプロセスは、細流1124内で水滴が合体するにつれて繰り返されてよく、それによって細流1124がリザーバ1126に向かって移動することが可能である。

20

【0074】

一部の水滴1122は、効率よく細流1124に駆り立てられることが可能である。他の水滴1122は、細長管1102の内壁1120、又はらせん構造1104の上面1116に沿って滑走又は移動することが可能である。幾つかの実施形態では、水滴1122は細流1124に入り込むことが可能である。他の実施形態では、二次ベーン（例えば、図10の二次ベーン1008）が水滴1122を細流1124に誘導することも可能である。追加及び／又は代替の実施形態では、らせんベーン（図示せず）が水滴1122を細流1124に誘導することも可能である。らせんベーンは二次ベーンと同様であってよいが、細長管1102の内壁1120に位置するのではなく、らせん構造1104の上面1116に位置してよい。

30

【0075】

細流1124は、安定した二相流動様式であってよい。例えば、細流1124は、上面1116と内壁1120とが交差する内側コーナーに沿って水が長くつながった「ストリング」を形成することが可能であり、その内側コーナー1118にとどまることが可能である。空気1112の流れは細流1124の安定化に役立ちうるが、空気流が（例えば）約36フィート毎秒を超えると、空気1112の速度によって細流1124が乱れる可能性がある。例えば、水が細流1124から引き出されるほど空気の速度が速くない場合には、細流1124は安定した二相流動になることが可能である。

40

内角 α_1 、 α_2 、 α_3 が小さくなることも、細流1124を安定化しうる。内角 α_1 、 α_2 、 α_3 が小さくなることは、水滴1122に毛細管力を引き起こしうる。毛細管力は、細流1124の安定を保ちうる。内角 α_1 、 α_2 、 α_3 が小さくなることによって、リザーバ1126の方向のポテンシャルが減っていくことも可能であり、リザーバ1126には、水滴1122によって集水プール1128が形成される。

【0076】

内角 α_1 、 α_2 、 α_3 が小さくなることは、らせん構造1104のピッチが大きくなるこ

50

とと相互に関連しうる。細流 1 1 2 4 が形成されると、中間らせんピッチ p_2 が長くなるにつれて、空気 1 1 1 2 の流れがゆっくりになることが可能である。初期らせんピッチ p_1 は高速の空気流 1 1 1 2 を開始することが可能であり、中間らせんピッチ p_2 は空気流を減速することが可能であり、例えば、図 7 に示した実施形態の場合に典型的なサイズ、形状、及び流量範囲であれば 18 フィート毎秒まで減速することが可能である。中間らせんピッチ p_2 において空気が減速すると、細流 1 1 2 4 が安定することが可能である。空気が減速すると、急速さが減じられた軸方向流動になりうる。軸方向空気流の急速さが減じられることにより、水滴 1 1 2 2 が細流 1 1 2 4 を下ってリザーバ 1 1 2 6 に入るように駆り立てられることが可能である。空気 1 1 1 2 の軸方向流動の急速さが減じられることにより、更に、水滴を含まない空気が低重力水分離器 1 1 0 0 から排出されることが可能になりうる。最終らせんピッチ p_3 と空気出口 1 1 0 8 との間の徐々の移行により、空気流が維持されることが可能であり、水滴を含まない空気が放出されることが可能になりうる。

【0077】

図 1 2 は、本開示の様々な態様による、空気と水の分離に関する方法の一例を示すフローチャートである。本方法は、水滴を多く含んだ空気を集めるステップ 1 2 0 2 を含んでよい。水滴を多く含んだ空気は、水分離器に入ってよい (1 2 0 4)。水分離器は低重力水分離器であってよい。空気流から水滴が分離されてよい (1 2 0 6)。例えば、低重力水分離器内の可変らせん構造が、空気流と慣性力とを使用して水滴と空気流とを分離することが可能である。水滴は、リザーバに集められて、取り出されてよい (1 2 0 8)。水滴を含まない空気が放出されて、環境又は他のシステムに戻されてよい (1 2 1 0)。

【0078】

図 1 3 は、本開示の様々な態様による、空気と水の分離に関する方法の一例 1 3 0 0 を示す別のフローチャートである。方法 1 3 0 0 の実施には、本明細書で論じた低重力水分離器 1 0 2、2 0 0、6 0 0、1 0 0 0、1 1 0 0 のいずれが使用されてもよい。方法 1 3 0 0 では、水を多く含んだ空気を半閉鎖環境に集めてよい (1 3 0 2)。水を多く含んだ空気は、ファン及び／又は重力のような強制機能によって半閉鎖環境に強制的に入れられてよい。半閉鎖環境は低重力水分離器で構成されてよい。

【0079】

方法 1 3 0 0 では、水を多く含んだ空気をらせん状チャンネルに強制的に入れてよい (1 3 0 4)。強制機能は、乱流の、急速な円周方向の空気流を引き起こすことが可能である。らせん状チャンネルは、その長さ方向に可変ピッチを含んでよい。らせん状チャンネルの可変ピッチは、空気流から水滴を分離することが可能である (1 3 0 6)。例えば、空気流は、らせん状チャンネルの 1 つ以上の表面と接触することが可能である。

【0080】

分離された水滴で細流が形成されてよい (1 3 0 8)。これらの水滴は、空気流によって細流内で安定化されることが可能である。幾つかの実施形態では、分離された水滴が、1 つ以上の二次ベーンによって細流のほうへ誘導されてよい。空気流は、水滴が分離された後に減速されてよい (1 3 1 0)。例えば、らせん状チャンネルの可変ピッチが空気の減速を引き起こすことが可能である。これによって、乱流の、急速な円周方向の空気流が、急速さが減じられた軸方向流動に移行することが可能である (1 3 1 2)。空気流が減速するにつれて、流れが、低重力水分離器 1 1 0 0 の軸に垂直な、軸と交差する流動から、低重力水分離器 1 1 0 0 の軸に平行な、流れ方向の流動に変化することが可能である。水滴は、その後、細流からリザーバに集められてよい (1 3 1 4)。これは、流れ方向に駆り立てられた細流をリザーバに誘導することを含んでよい。方法 1 3 0 0 では、その後、水滴を含まない空気が排出されてよく (1 3 1 6)、必要に応じて水が取り出されてよい (1 3 1 8)。

【0081】

図 1 4 ~ 3 0 は、低重力水分離器の別の例 1 4 0 0 を示す。低重力水分離器 1 4 0 0 は、図 1 ~ 1 3 を参照して上述した低重力水分離器 1 0 2、2 0 0、6 0 0 と同様のフィー

チャが組み込まれてよい。低重力水分離器 1400 は、本装置のリザーバ部分に集められた水を安定させて、排出される空気流とともに本装置から抜き取られる水の量を最小限に抑えることに役立つ様々なフィーチャを含んでよい。例えば、低重力水分離器 1400 は、それならではの水利ザーバ特徴（例えば、形状、サイズ、及び場所）、らせん構造の形状及び向き、並びに集められた水に対して安定化力を与える空気流路を含んでよい。他の、低重力水分離器 1400 ならではの態様は、例えば、本装置の様々な構成要素が製造時にどのようにして組み立てられるか、本装置内では空気流がどのようにして制御されるか、並びに集められた水がどのようにして水利ザーバに誘導され、水利ザーバ内で安定化されるか、に関する。

【0082】

図 14～19 を参照すると、低重力水分離器 1400 は、入口構造 1402、出口構造 1404、細長管 1406、リザーバアセンブリ 1408、及びらせん構造 1410（図 20 を参照）を含む。入口構造 1402 は、細長管 1406 の一方の端部にマウントされ、出口構造 1404 は、細長管 1406 の反対側の端部にマウントされる。

【0083】

入口構造 1402 は、フランジ 1416 で囲まれた入口開口部 1412 を含む。入口構造 1402 は更に、細長管 1406 との境界面となる台座 1414 を含む。出口構造 1404 は、フランジ 1422 で囲まれた出口開口部 1418 を含む。出口構造 1404 は更に、細長管 1406 との境界面となる台座 1420 を含む。入口開口部 1412 は、側面に沿って、長手軸 L に対して半径方向内側に向かう向きに配置されている。入口開口部 1412 は更に、長手軸 L からオフセットされて配置されている。このように入口開口部 1412 がオフセットされて半径方向内側に向かう向きに配置されていることによって、接線方向の空気流が低重力水分離器 1400 に入る。この接線方向の流れは、らせん構造 1410 と入口構造 1402 及び細長管 1406 の内面との間で定義されたらせんチャンネル内に空気流が移動することを促進する。入口開口部 1412 が接線方向に配置されていることにより、空気が、一部がらせん構造 1410 によって定義されているらせんチャンネルに入る前に、空気流中の水滴を渦巻かせ始めることも可能になる。空気中の水滴がらせん構造の前で渦巻くことにより、水滴は、らせんよりもむしろ壁に優先的に衝突する。壁にある水滴は、頂点及び細流内へと、より駆り立てられやすい。

【0084】

出口開口部 1418 も、長手軸 L に対して半径方向に延びる。入口開口部 1412 及び出口開口部 1418 は同じ方向に配置されることで、水分離器システム（例えば、図 1 を参照して説明したシステム 100）の他のフィーチャへのマウントのしやすさが促進される。他の実施形態では、入口開口部 1412 及び出口開口部 1418 は、異なる半径方向を向いて配置されてよく、或いは長手方向を向いて配置されてよく、これは、例えば、低重力水分離器 1400 がマウントされるフィーチャの向きに対応する為である。

【0085】

細長管 1406 は、第 1 及び第 2 の端部 1424、1426、第 1 及び第 2 の台座 1428、1430、内面 1432、外面 1434、及び内部キャビティ 1436 を含む（図 20 を参照）。入口構造 1402 は、第 1 の端部 1424 において第 1 の台座 1428 にマウントされる。出口構造 1404 は、第 2 の端部 1426 において第 2 の台座 1430 にマウントされる。台座 1414、1428 及び 1420、1430 は、球面構造として形成されてよく、或いは球面部分及び／又はなだらかな起伏のある面を有して形成されてよい。例えば、これらの台座は球体の一部分を形成してよく、それによって、入口構造 1402 及び出口構造 1404 の軸の、細長管 1406 の長手軸 L に対する多少のずれが許容され、それによって、構成要素 1402、1404、1406 に有意の寸法誤差があっても、入口構造 1402 及び出口構造 1404 が細長管 1406 と一直線に並ぶことが可能である。従って、構成要素 1402、1404、1406 の間のジョイントは、一部のタイプの製造（例えば、積層造形）につきものの比較的大きな寸法誤差に対応することが可能でありうる。台座 1414、1418、1428、1430 の球面形状は、構成要素

10

20

30

40

50

1402、1404、1406の間のジョイントにおいて回転自由度3を提供しうる。これにより、入口及び出口のフランジ1416、1422が比較的同一平面にあることが可能になり、それによって、各境界面は、主構造に固定されたときに有意のひずみが発生することなく、十分な気密封止及び水密封止を実現することが可能になりうる。入口と出口の向きが同一平面にないことに起因してフランジと嵌合構造との境界面に余計なひずみが存在すると、最終的に組み立てられた低重力水分離器1400に損傷が発生するおそれがある。

【0086】

構成要素1402、1404、1406、1408の組み立てにおいては他のタイプのジョイント構造も可能であってよい。幾つかの実施形態では、構成要素1402、1404、1406、1408の少なくとも幾つかが、後で組み立てられるばらばらのピースとして成形されるのではなく、単一ピースとして一体成形されてよい。幾つかのタイプの積層造形（例えば、3D印刷）であれば、低重力水分離器1400の構成要素又は構成要素の組み合わせを一体ピースとして作成することを、様々なフィーチャの内部の幾何学的形状（例えば、らせん構造1410のらせん形状）が比較的複雑であるにもかかわらず、容易に行うことが可能である。

【0087】

別の例では、構成要素1402、1404、1406、1408の少なくとも幾つかが、接着剤等の結合剤で互いに固定されてよい。これらの構成要素同士の結合は、未硬化樹脂又は他の接着材料をジョイントの台座に塗布し、その後、それらの材料を（例えば、適切な紫外（UV）硬化光で）硬化させることによって行われてよい。この方法は、本出願には特に有用であると言える。それは、特定の用途（例えば、宇宙飛行）を対象としたアイテムとして集約的に調達されることになる新たな材料及びプロセスを認定することが不要になりうる為である。

【0088】

リザーバアセンブリ1408は、内部リザーバ1440（図20を参照）、台座1444を有するリザーバ出口セグメント1442（図19を参照）、リザーバチャンバ1446（図19を参照）、チャンバ底部1448（図26を参照）、チャンバキャビティ1450（図22を参照）、水出口1452（図22を参照）、リザーバ戻りセグメント1454、1456、1458（図19を参照）、及び複数のベーン1460、1462（図22を参照）を含んでよい。戻りセグメント1454は台座1466、1468を含む。戻りセグメント1456は台座1470、1472を含む。戻りセグメント1458は台座1474を含む。台座1466～1474は、互いに嵌合し、且つ、他の構成要素（例えば、細長管1406の側壁、リザーバチャンバ1446等）と嵌合する。

【0089】

内部リザーバ1440は、細長管1406の内面1432と内部円筒1486との間で定義され、内部円筒1486は、細長管1406から出口構造1404内への出口を定義する。細長管1406内で集められた水は、内部リザーバ1440に集まり、そこからリザーバ出口セグメント1442を通過してリザーバチャンバ1446内に誘導される。細長管1406の内面1432から内部円筒1486の外面に延びる接続らせん1492によって、内部リザーバ1440の底面が定義される。リザーバ出口セグメント1442は、細長管1406の壁に定義された開口部を通して内部リザーバ1440に直接通じている。らせん構造1410は、連続的に、細長管1406内から内部リザーバ1440内に延び、リザーバ出口セグメント1442を通過して、リザーバチャンバ1446（図21及び22を参照）内に延びてよい。

【0090】

図22に示すように、複数の追加ベーン1460、1462もリザーバチャンバ1446内に位置してよい。ベーン1460、1462の位置、サイズ、及びそれらの間の角度は、分離器200、600に関して上述したウェーバ数に基づいて水を安定化するように設計されてよい。更に、ベーン間の角度 β （～10度（図27B））は、外乱の結果とし

10

20

30

40

50

て気泡が発生した場合に受動的な気泡分離を促進することに役立つ。ベーン 1 4 6 0、1 4 6 2 の位置、サイズ、及びそれらの間の角度は又、液体出力系 1 2 4 から気泡を除去することにも用いられてよい（即ち、気泡が存在する場合には、液体がポンピングによってリザーバに戻されてよく、これらのベーン角度による毛細管力で気泡が液体から離れる）。その後、気泡のない液体がリザーバから、図 1 に示した液体出力系 1 2 4 に戻されてよい。これらの特徴及び機能性は、本明細書に開示の全てのリザーバ設計に適用可能でありうる。

【0091】

図 2 7 A 及び 2 7 B に示すように、バイア 1 4 6 4 が、ベーン 1 4 6 0、1 4 6 2、及びらせん構造 1 4 1 0 のうちのリザーバチャンバ 1 4 4 6 内に位置する部分に形成されてよい。バイア 1 4 6 4 は、ベーン 1 4 6 0、1 4 6 2 及びらせん構造 1 4 1 0 の長さ方向に互いに対してオフセットしてよい。これらのオフセットバイアは又、水出口 1 4 5 2 から間隔を空けて配置されてよい。このバイアの配置は、水出口 1 4 5 2 を通り抜ける水、並びにリザーバチャンバ 1 4 4 6 内のチャンバ底部 1 4 4 8 に沿ったベーン 1 4 6 0、1 4 6 2、及びらせん構造 1 4 1 0 の間の水の安定性を高めることが可能であり、これは、隣接するベーン上でバイアが部分的又は完全に重なった場合に頂角が大きくなることによって水がバイアから離れるのを防ぐことによって行われる。

【0092】

図 2 7 B は、バイア 1 4 6 4 のエッジが丸みを帯びているか、なだらかな起伏であることを示している。バイア 1 4 6 4 の丸み R_1 、 R_2 は、ピンニングエッジを無くすことに役立ちうる。それによって、液体（例えば、水）がバイア 1 4 6 4 に入るのを防ぐことが可能である。丸み R_1 、 R_2 は、バイア 1 4 6 4 が貫通して形成されるそれぞれのベーン 1 4 6 0、1 4 6 2 及びらせん構造 1 4 1 0 を通る経路をより滑らか且つ／又は開放的にすることが可能である。更に、気泡をバイア 1 4 6 4 から、リザーバチャンバ 1 4 4 6 のベーン 1 4 6 0、1 4 6 2、らせん構造 1 4 1 0、及び内壁の間の空間に誘導することを支援する為に、各バイア 1 4 6 4 の中心からの角度 θ が与えられてよい。

【0093】

図 2 7 D は、バイア 1 4 6 4 の 1 つの側面図を示す。バイア 1 4 6 4 は、長さが L_1 、高さが H_1 であってよく、鋭角 α を有してよい。長さ L_1 は、幾つかの実施形態では、約 0.5 インチから約 2 インチの範囲であってよく、より具体的には約 1 インチであってよい。高さ H_1 は、幾つかの実施形態では、約 0.1 インチから約 0.5 インチの範囲であってよく、より具体的には約 0.125 インチであってよい。鋭角 α は、幾つかの実施形態では、約 10 度から約 30 度の範囲であってよく、より具体的には約 15 度であってよい。

【0094】

接続らせん 1 4 9 2 は、図 2 8 に示すようならせん形状であってよい。このらせん形状は、主らせん構造 1 4 1 0 によって捕捉されずに壁に貼り付いた水滴を捕捉してリザーバ出口セグメント 1 4 4 2 のほうに誘導することに役立ちうる。主らせん構造 1 4 1 0 と同様に、接続らせん 1 4 9 2 は、細長管 1 4 0 6 の内面 1 4 3 2 との間に鋭角を形成してよい。鋭角の大きさは、接続らせん 1 4 9 2 がリザーバ出口セグメント 1 4 4 2 に近づくにつれて変化してよい。

【0095】

リザーバ戻りセグメント 1 4 5 4、1 4 5 6、1 4 5 8 は、リザーバチャンバ 1 4 4 6 から低重力水分離器 1 4 0 0 の本体の出口構造 1 4 0 4 に戻る空気流路を提供してよい。戻りセグメント 1 4 5 4、1 4 5 6、1 4 5 8 の台座 1 4 6 6～1 4 7 4 は、スリップジョイント又は他の接続を提供することが可能であり、これは、リザーバ戻り管の、台座 1 4 6 6～1 4 7 4 で定義されるスリップジョイントと球面状に切削された端部との間で必要とされる幾らかの移行部可撓性を提供しており、これは、内部リザーバ 1 4 4 0 からリザーバ出口セグメント 1 4 4 2 を通ってリザーバチャンバ 1 4 4 6 に入るらせん構造 1 4 1 0 との位置合わせが確実に向上するよう支援するものである。台座 1 4 6 6～1 4 7 4

のサイズ及び形状は、細長管 1406 及びらせん構造 1410 に対するリザーバアセンブリ 1408、並びに細長管 1406 及びリザーバアセンブリ 1408 に対する出口構造 1404 の軸方向及び半径方向の両方の配置の調節機能を可能にするように特に設計されてよい。台座 1466～1474 の構造は、リザーバアセンブリ 1408 の構成要素を固定したままでらせん構造をより理想的に位置合わせする能力を保持することに役立ちうる。図 24A～24C は、スリップジョイントによるリザーバ戻りセグメント 1454、1456 の組み立てを示す。他のタイプのジョイント及び接続フィーチャでも、低重力水分離器 1400 の各種構成要素の組み立てにおける所望の調節機能を備えることが可能である。
【0096】

リザーバチャンバ 1446 は、その下端部に沿って肥大部を含んでよく、肥大部は再循環流 1504 に備える。再循環流 1504 は、リザーバ出口セグメント 1442 からリザーバ戻りセグメント 1454、1456、1458 へ流れる空気流の第 1 の流路 1500 の外側にある。再循環流 1504 は急下降領域を含んでよく、これによって、空気速度プロファイルが頂上から離れて、水出口 1452 のすぐ上に静穏なゾーンが残る。再循環パターンは、急下降と空気出口の配置によってセットアップ可能である。再循環によって、下流の水が水出口 1452 に向かって戻るように押し流され、互いに反対方向の流線 1500、1504 によって形成されたよどみゾーンに達する。一般に、リザーバチャンバ 1446 の深さの劇的変化は、リザーバ境界層分離器と呼ばれてよく、空気が急下降領域の上を通るときに、頂上にある空気境界層を頂上から大きく引き離すことが可能である。これによって、急下降のすぐ下流に低速度ゾーンが生成され、そこでは液体が特に安定している。更に、境界層分離によって、互いに反対方向からの空気流の流線同士を衝突させてよどみゾーンを形成する再循環流 1504 が促進される。これによって、水を上流及び下流からこのデッドゾーンに押し流す空気流パターンが生成され、これにより、このデッドゾーンは、水出口 1452 として、より理想的な場所になる。

【0097】

リザーバアセンブリ 1408 は、空気リザーバアセンブリ 1408 を通る空気流の制御を支援するフィーチャを含んでよい。例えば、リザーバ戻りセグメント 1454、1456、1458 のうちの 1 つ以上の中にオリフィスプレート 1498 が位置してよい。オリフィスプレート 1498 は、所定の全体設計流量の為にリザーバ空気流を適正に制御することに使用されてよい。例えば、オリフィスのサイズは、装置全体の体積流量がその設計点にある場合でも、リザーバ内の空気流速がリザーバの安定を保つ（即ち、リザーバに集められた水を安定状態に保つ）のに十分な低速であるように決められてよい。オリフィスプレート 1498 は、サイズ調節機能を備えるべく、オリフィスのサイズが異なるオリフィスプレートと交換することが可能であってよい。別の実施形態では、単一のオリフィスプレートが、リザーバアセンブリ 1408 の外部から調節できる、調節可能なサイズの開口を有してよい。リザーバアセンブリ 1408 によっては、リザーバチャンバ 1446 の前又は後ろの場所に複数のオリフィスプレート 1498 を含んでよく、或いは、リザーバ戻りセグメント 1454、1456、1458 で定義される戻りチャネルの中に複数のオリフィスプレートを含んでよい。

【0098】

内部リザーバ 1440 に集められた水は、内部円筒 1486 上に設けられたフィーチャによって、内部円筒 1486 を通って外に移動し、出口構造を通して外に移動することを抑えられることが可能である。最終的に内部円筒 1486 の内側に入った水があると、その水は失われ、低重力水分離器 1400 の主機能が失敗したことになる。内部円筒 1486 の外壁上に位置した水滴は、壁を上に移したり、内部円筒 1486 の近位端部で上端を越えて移動したりすることを、図 29 に示すように、リップ 1489 によって防止されることが可能である。リップ 1489 は、内部円筒 1486 の外面から半径方向外向きに突き出てよい。リップ 1489 は、内部円筒 1486 の外側の上部近位端の近くに内角を含んでよい。或いは、リップ 1489 は、近位端及び入口開口部 1488 から間隔を空けた、内部円筒 1486 の長さに沿った遠位方向のより遠くに位置してよい。内部円筒 14

86の外面を上方に駆り立てられている水があると、その水は、このリップ1489に突き当たることによって、上端を越えて開口部1488を通して移動することを妨げられる（開口部1488を通ると、出口開口部1490から外に出てしまう可能性がある）。

【0099】

らせん構造1410は、図20に示すように、上面1480、下面1482、及び外側エッジ1484を含んでよい。入口開口部1412の近くのらせん構造1410の上端に入口キャップ1494が位置してよい（図20を参照）。らせん構造1410は、低重力水分離器102、200、600を参照して上述したように、その長さ方向に可変ピッチを有してよい。全般的には、らせん構造1410は、図1～13を参照して説明した他のらせん構造の、同じ又は同様のフィーチャ及び機能性の多くを有してよい。

10

【0100】

らせん構造1410は、図20～22に示すように、内部リザーバ1440を通り、リザーバ出口セグメント1442を通り、リザーバチャンバ1446に入るまで、連続的に延びてよい。らせん構造1410は、リザーバベーンを定義し、入口開口部1412に通じるらせんチャンネルの入口（ここで水滴の渦巻き及び分離が発生する）とリザーバチャンバ1446の底部との間に単一の接続毛細管経路を備えてよい。更に、らせん面及びリザーバベーンの表面は、細長管1406の外側に位置するリザーバ構成要素の入口において、内部円筒1486と細長管1406の内壁又は内面1432との間の二次環状水ピックアップエリアに完全に包まれてよい。

【0101】

20

らせん構造1410は、その長さ方向に、異なる複数のセグメントに分割されてよい。例えば、低重力水分離器1400は、異なる複数の構成要素（例えば、構成要素1402、1404、1406、1408）に分割されてよく、らせん構造1410は、図30に示すように、細長管1406とリザーバアセンブリ1408との間の境界面においてセグメント1410A、1410Bに分割されてよい。この境界面は、角度が付いた境界面1506であってよい。境界面1506における角度が付いた表面ジョイントは、らせん構造1410の表面上の浮遊水滴が突き当たるピンニングエッジを備えてよい。らせん面上の浮遊水滴は、典型的には、頂上に向かわずに、らせん面に沿って移動する。らせん面の境界面1506（ジョイントとも呼ばれる）の角度付けは、水滴が境界面1506に突き当たり、そのエッジにピンニングされた場合に、空気流が水滴をピンニングエッジ沿いに頂上に向かって駆り立て、そこで水滴がチャンバ底部1448内の主細流内まで運ばれるように行われてよい。従って、境界面1506は、らせん構造のセグメント1410A、1410Bの間の境界面又は接続点の両方を提供することが可能であり、又、水滴を、リザーバチャンバ1446に集める為に主細流に誘導することを支援するフィーチャを提供することが可能である。

30

【0102】

別の実施形態では、らせん構造1410は、その長さ全体にわたって1つの単体ピースとして形成されてよく、これは、例えば、低重力水分離器1400全体が積層造形法で成形される場合、或いは、少なくとも細長管1406、リザーバアセンブリ1408、及びらせん構造1410が単一ピースとして一体成形される場合に行われてよい。境界面1506に似せる為に、らせん構造1410にピンニングフィーチャ、溝、ベーン、又は同様のフィーチャが形成されてよい。別の実施形態では、らせん構造1410の様々なセグメントを相互接続する為に別のタイプのジョイントが使用されてよい。一例では、らせんセグメント1410A、1410B、又は他の、らせん構造のセグメント又は部分の間を積極的につなぐ為にUV硬化型材料が使用されてよい。

40

【0103】

水出口1452は、図27Cの断面図に示すように、ベーン1460、1462の間の空間を1つにまとめて、水をリザーバチャンバ1446内の各チャンネルから均等に抜き取ることが可能である。リザーバチャンバ1446内のチャンネル（例えば、ベーン1460、1462、らせん構造1410、及びリザーバチャンバ1446の壁のそれぞれの間で

50

定義されるチャネル)は、流路が一度に2つずつ一緒にされるようにして最終的に1つにまとめられる。流路の二分岐によって流量の均一な分布が促進される。これに対し、3つ以上の流路を一度に1つにまとめると、流量の分布が均一にならない可能性がある。図27Cに示すように、流路C₁、C₂が一緒になって流路B₁が形成され、流路C₃、C₄が一緒になって流路B₂が形成され、流路B₁、B₂が一緒になって流路Aが形成され、この流路Aが水出口1452から出ていく。

【0104】

水出口1452の形状、サイズ、及び接続機構は、幾つかの基準(例えば、水出口1452の接続先の装置)に基づいて様々であってよい。水出口1452への接続については任意の数の取り付け選択肢(例えば、様々な標準タップねじ山や一体的に印刷されたバンプ取り付け具)が利用可能であるが、フランジ付き二重Oリング面シールからなる、水出口1452用取り付けジオメトリが選択されてよく、これは、市販のKF型真空フィッティングクランプとの互換性がある。KF型真空クランプは、他のタイプの接続の場合には必要となるねじ山の後加工を全く不要にすることに役立ちうる。KF型クランプは更に、(例えば、水出口1452に配水管を取り付けたり、水出口1452から配水管を取り外したりする際に)低重力水分離器1400の他の部分に対して多少なりともトルク又は力をかけることを必要としない迅速且つ安定した接続を提供することが可能である。即ち、(例えば)配管の取り付け又は取り外しを行おうとしてねじ接続を締めすぎたり、バンプ取り付け具をボキリと折ったりしてハードウェアを損傷するリスクが軽減される。更に、KF型クランプの使用は、積層造形の適用例(例えば、低重力水分離器1400の他の部分の3D印刷された材料)に機械加工されたねじ山を含む実施形態より有利でありうる。そのようなねじ山を含む実施形態では、ねじ山に微細な亀裂が発生する可能性があり、この亀裂は、ある種の環境(例えば、宇宙船の打ち上げ)に存在する振動の下で完全な故障に波及する可能性がある。

【0105】

図20を参照すると、入口開口部1412から低重力水分離器1400に流入する空気は、細長管1406の長さ方向の、らせん構造1410の表面1480、1482と細長管1406の内面1432との間のらせんチャネルに入ることが可能である。らせん構造1410の底部又は遠位端部では、らせんチャネル内の空気流は、第1の流路1500に沿って誘導される第1の空気流と、第2の流路1502に沿って誘導される第2の空気流とに分割されている。第1の流路1500は、らせんチャネルから内部円筒1486の入口開口部1488に入る。内部円筒1486によって設けられた入口開口部1488のサイズ、形状、及び向きによって、典型的には、入口開口部1412に入る空気流のかなりの部分が第1の流路1500に誘導される。空気流の残りの部分は、第2の流路1502に入る。即ち、まず、内部リザーバ1440に入り、次に、リザーバ出口セグメント1442を通過してリザーバチャンバ1446に入り、リザーバ戻りセグメント1454、1456、1458を通過して、内部円筒1486の下流の出口構造1404に戻る。第1及び第2の流路1500、1502を通過した空気流は、出口構造1404によって設けられた出口開口部1418で再び一緒になる。

【0106】

らせんチャネルを通る空気流を第1の流路1500と第2の流路1502とに分割することは、分割空気流路、又は並列空気流路の作成と称されてよい。並列空気流路の分割又は提供は、低重力水分離器1400全体の流路面積を広げることを必要とせず、リザーバチャンバ1446に集められた水の上の空気速度を局所的に低減することを可能にできる。装置全体の流路面積を広げることは、シナリオによっては、低重力水分離器1400全体のサイズに対する体積の制約により、実現可能ではない場合がある。

【0107】

図31~37は、低重力水分離器の別の例3100を示す。低重力水分離器3100は、図1~30を参照して上述した低重力水分離器102、200、600、1400と同様のフィーチャが組み込まれてよい。低重力水分離器3100は、本装置のリザーバ部分

に集められた水を安定させて、排出される空気流とともに本装置から抜き取られる水の量を最小限に抑えることに役立つ様々なフィーチャを含んでよい。例えば、低重力水分離器 3100 は、それならではの水リザーバ特徴（例えば、形状、サイズ、及び場所）、らせん構造の形状及び向き、並びに集められた水に対して安定化力を与える空気流路を含んでよい。他の、低重力水分離器 3100 ならではの態様は、例えば、本装置の様々な構成要素が製造時にどのようにして組み立てられるか、本装置内では空気流がどのようにして制御されるか、並びに集められた水がどのようにして水リザーバに誘導され、水リザーバ内で安定化されるか、に関する。

【0108】

図 31～37 を参照すると、低重力水分離器 3100 は、入口構造 3102、出口構造 3104、細長管 3106、リザーバアセンブリ 3108、及びらせん構造 3110（図 36 を参照）を含む。入口構造 3102 は、細長管 3106 の一方の端部にマウントされ、出口構造 3104 は、細長管 3106 の反対側の端部にマウントされる。

【0109】

図 36 及び 37 に示すように、複数の追加ベーン 3160、3162 がリザーバチャンバ 3146 内に位置してよい。バイアが、ベーン 3160、3162、及びらせん構造 3110 のうちのリザーバチャンバ 3146 内に位置する部分に形成されてよい（例えば、図 27A 及び 27B に示したバイア 1464）。これらのオフセットバイアは、水出口 3152 から間隔を開けて配置されてよい。水出口 3152 は、図 14～30 に示した分離器 1400 の水出口 1452 の場所に対して反対側の、リザーバチャンバ 3146 の端部に位置してよい。リザーバアセンブリ 3108 内のベーン 3160、3162 及びらせん構造 3110 のサイズ、形状、及び向きは、（例えば）図 21 及び 22 に示したベーン 1460、1462 及びらせん構造 1410 と同等である。

【0110】

低重力水分離器 3100 は、らせん構造 3110 のらせん面を二巻き分だけ有してよい。この二巻き分は、図 1～30 を参照して上述した低重力水分離器 102、200、600、1400 等の他の設計と明らかに異なると言える。それは、少なくとも、それらの他の設計のそれぞれのらせん構造のらせん面が完全に三巻き分あることによる。

【0111】

低重力水分離器 3100 は、リザーバチャンバ 3146 の構成が上述のリザーバ 1446 と異なってもよく、具体的には、ベーン 3160、3162 のサイズ、形状、及び向きに関して異なってよい。低重力水分離器 1400 は、らせん構造 1410 から連続する単一ベーンを、連続するらせん構造 1410 の側方に位置するベーン 1460、1462 のペアとともに有してよい。低重力水分離器 1400 の設計では、水が 2 つの側方ベーン 1460、1462 の間の領域にアクセスする唯一の方法は、バイア 1464 を通してである。低重力水分離器 3100 では、リザーバ 3146 内のベーンはやはりらせん構造 1410 からの連続であるが、それ以外の 2 つのベーン 3160、3162 は、リザーバチャンバ 3146 内で連続するらせん構造 1410 の両側に形成された頂点から上方に延びる。

【0112】

ベーン 3160、3162 は、らせん 3110 の両側に形成された頂点から延びてよく、それによって、各頂点で細流が二分岐されて、ベーン 3160、3162 とらせん構造 3110 との間の別々のチャンネルにまたがって流量が均等に分割される。更に、頂点から延びる各ベーンは、毛細管コーナーの内角を急に小さくする。この設計は、角度が最小の状態の水をリザーバ内にピンニングし、（特に空気流が中断した場合に）水がリザーバから毛管作用で吸い取られて細長管 3106 のほうに戻るのを防ぐことに役立つ。

【0113】

更に、リザーバチャンバ 3146 は、上述のリザーバチャンバ 1446 の場合のような、境界層分離を引き起こす顕著な深さ変化を用いない為、水出口 3152 は、できるだけ遠くの下流に配置される。

【0114】

10

20

30

40

50

図38を参照して、低重力水分離器の組み立て又は製造に関する方法の一例3800を示し、説明する。方法3800は、ブロック3805で、水捕捉装置を用意するステップを含んでよく、水捕捉装置は、細長管と、細長管の第1の端部に位置して、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置に受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、細長管の第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、細長管の内部に位置するらせん構造と、細長管内の水を多く含んだ空気流から分離された水を集めるように構成されたリザーバと、を有する。

【0115】

ブロック3810で、方法3800は、第1のジョイントにおいて入口構造を細長管に固定し、第2のジョイントにおいて出口構造を細長管に固定するステップを含んでよく、第1及び第2のジョイントはそれぞれが少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面を有する。なだらかな起伏のある面は、球状部分、半球状部分、又は弧状部分を含んでよい。本方法は、3D印刷又は他の積層造形プロセスを使用して細長管、入口構造、及び／又は出口構造を成形するステップを含んでよい。水捕捉装置は更に、出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含んでよく、第2の空気流路は少なくとも一部が第1及び第2の管セグメントによって定義され、本方法は、第1の管セグメントと第2の管セグメントとをスリップジョイントで互いに固定するステップを含む。水捕捉装置は更に、リザーバ内に位置する少なくとも1つのベーンを含んでよく、少なくとも1つのベーンをらせん構造と位置合わせする為に、第1及び第2の管セグメントが互いに対して且つ細長管に対して調節可能であってよい。水捕捉装置は更に、出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含んでよく、第2の空気流路はオリフィスを含み、本方法は、オリフィスのサイズを調節して、第2の空気流路を通る空気流量を制御するステップを含む。第1及び第2のジョイントの成形は、部分的には、なだらかな起伏のある面に未硬化ベース材料樹脂を塗布し、その後、その樹脂を（例えば、紫外（UV）光で）硬化させることによって行われてよい。

【0116】

図39は、水を多く含んだ空気流から水を分離する方法の一例3900を示す。方法3900は、ブロック3905で、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置のらせん状チャンネルに送達するステップを含んでよく、らせん状チャンネルはその長さ方向に可変ピッチを有する。ブロック3910は、らせん状チャンネル内で空気流から水を分離するステップを含んでよい。ブロック3915は、水をリザーバに集めるステップを含んでよく、リザーバは複数のベーンを含む。ブロック3920は、空気流を第1の空気流と第2の空気流とに分割するステップを含み、第2の空気流はリザーバを通り抜ける。ブロック3925は、第2の空気流がリザーバを通り抜けた後に第1の空気流と第2の空気流とを一緒にするステップを含む。方法3900は、ブロック3930で、一緒にした空気流を水捕捉装置から排出するステップを含む。ブロック3935は、リザーバから水を取り出すステップを含む。

【0117】

方法3900は更に、空気流をらせん状チャンネルの1つ以上の面に接触させることによって空気流から水滴を分離するステップと、分離された水滴をらせん状チャンネルのその1つ以上の面からリザーバに集めるステップと、を含んでよい。本方法は、第2の空気流を使用してリザーバ内の水を安定させるステップを含んでよい。水捕捉装置は、らせん状チャンネルの一部を定義するらせん構造を含んでよく、らせん構造はリザーバ内まで連続的に延びる。水捕捉装置は、らせん状チャンネルを収容する細長管を含んでよく、リザーバの一部分が細長管の外側に延び、リザーバのその一部分は、第2の空気流が細長管から接線角度で出る際に通る空気チャンネルを定義する。水を多く含んだ空気流をらせん状チャンネルに送達するステップは、水を多く含んだ空気流を水捕捉装置の長手軸に対して接線角度で送達することを含んでよい。

【0118】

本明細書に開示の様々な実施形態及び機能性を使用して、低重力水分離器の製造、組み

立て、運転、及び調節に関連する他の任意の方法が実施されてよい。図 38 及び 39 の方法例はあくまで例示であり、他の実施形態ではステップ数がこれより多くても少なくてもよい。

【0119】

本明細書では、ある特定の実施形態及び実施例を参照しながら様々な発明を説明してきた。しかしながら、当業者であれば理解されるように、本明細書に開示の発明の範囲及び趣旨から逸脱しない限り、様々な変形形態が可能であり、この後の特許請求項で明記されるそれらの発明は、本発明の趣旨から逸脱しない限り、開示された発明の全ての変形形態及び修正形態を包含するものとする。本明細書及び特許請求項で使用される場合の語句「含む (including:)」及び「有する (having)」は、語句「含む (comprising)」と同じ意味を有するものとする。

10

〔付記 1〕

空気流から水滴を分離する装置であって、
細長管であって、
第 1 の端部と、
第 2 の端部と、
長手軸と、
内面と、
前記細長管の前記第 1 の端部にある入口開口部であって、前記長手軸に対して接線方向に前記空気流を受け入れるように配置された前記入口開口部と、
前記細長管の前記第 2 の端部にある出口開口部と、
を含む前記細長管と、
前記細長管の第 2 の端部に位置するリザーバと、
前記細長管内に位置するらせん構造であって、
上面と、
前記上面の反対側に配置された下面と、
外側エッジと、
前記細長管の長さ方向の可変ピッチであって、前記細長管の内壁と前記らせん構造の前記上面との間の内角が可変である前記可変ピッチと、
を含む前記らせん構造と、
を含む装置。

20

30

〔付記 2〕

前記細長管の前記第 2 の端部に位置して、前記長手軸と同軸に配置された内部中空円筒を更に含み、前記内部中空円筒は第 1 の空気流路を定義し、前記リザーバは、少なくとも一部が、前記内部中空円筒の外側と前記細長管の前記内面との間で定義され、前記リザーバは第 2 の空気流路を定義する、付記 1 に記載の装置。

〔付記 3〕

前記リザーバは、前記細長管の外側に位置するリザーバチャンバを含む、付記 1 に記載の装置。

〔付記 4〕

前記らせん構造は前記リザーバチャンバ内で終わる、付記 3 に記載の装置。

40

〔付記 5〕

前記らせん構造の表面及び前記細長管の内壁に集められた水滴を前記リザーバチャンバの底部に誘導する為に、前記リザーバ内に位置する複数のペーンを更に含む、付記 3 に記載の装置。

〔付記 6〕

前記リザーバチャンバの前記底部に形成された水出口開口部を更に含む、付記 5 に記載の装置。

〔付記 7〕

前記リザーバの前記底部に沿って前記複数のペーン及び前記らせん構造のそれぞれに形

50

成された少なくとも1つのバイアを更に含み、隣接ベーン及び前記らせん構造にある前記バイアは互いにオフセットしている、付記6に記載の装置。

〔付記8〕

前記リザーバチャンバは、第1の断面積を有する入口部と、前記第1の断面積より大きい第2の断面積を有する収集部と、を含む、付記3に記載の装置。

〔付記9〕

前記リザーバチャンバの前記入口部は、前記細長管から接線方向に出ている流路を備える、付記8に記載の装置。

〔付記10〕

前記第2の空気流路は空気流オリフィスを含み、前記空気流オリフィスは、前記第2の空気流路を通る空気流の体積を制御するようにサイズが決められる、付記2に記載の装置。

10

〔付記11〕

前記第1及び第2の空気流路は、前記内部中空円筒の下流で一緒になってから、前記細長管の前記出口開口部を出ていく、付記2に記載の装置。

〔付記12〕

前記内部中空円筒は、
入口開口部と、
出口開口部と、
外面と、
前記外面から半径方向外向きに広がるリップと、
を含む、付記2に記載の装置。

20

〔付記13〕

前記細長管内で、前記細長管の前記内面から間隔を空けて前記内部中空円筒を支持するように構成された内部円筒支持物を更に含み、前記内部円筒支持物はらせん形状を有し、前記リザーバの面を定義する、付記2に記載の装置。

〔付記14〕

前記細長管は、前記入口開口部を定義する入口構造と、前記出口開口部を定義する出口構造と、前記入口構造と前記出口構造との間を延びる中間セクションと、を含み、前記入口構造と前記中間セクションとの間の境界面、並びに前記出口構造と前記中間セクションとの間の境界面は、なだらかな起伏のある面を含む、付記1に記載の装置。

30

〔付記15〕

前記なだらかな起伏のある面は、球面ジョイントを定義する凹面及び凸面の少なくとも一方を含む、付記14に記載の装置。

〔付記16〕

前記第2の空気流路は、前記細長管の外側に位置する戻り管を含み、前記戻り管は少なくとも第1及び第2の管セグメントを含み、前記第1及び第2の管セグメントはスリップジョイントで接続されている、付記2に記載の装置。

〔付記17〕

前記第1及び第2の管セグメントの少なくとも一方がL字形である、付記16に記載の装置。

40

〔付記18〕

前記リザーバ内に位置する前記複数のベーンのうちの少なくとも1つのベーンが、前記装置の前記長手軸に平行に、垂直方向に配置されている、付記5に記載の装置。

〔付記19〕

空気流から水滴を分離する装置であって、
第1の端部と第2の端部と内面とを有する細長ハウジングと、
前記第1の端部に位置して、前記空気流を受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、
前記第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、
前記細長ハウジングの前記第2の端部に位置して、水を集めるように構成されたリザー

50

バと、

前記細長ハウジング内に位置するらせん構造と、

前記出口開口部と流体連通結合された第1の空気流路と、

前記第1の空気流路から離れていて、前記出口開口部と流体連通結合されている第2の空気流路であって、一部が前記リザーバによって定義される前記第2の空気流路と、を含む装置。

〔付記20〕

前記リザーバはリザーバチャンバを含み、前記リザーバチャンバは前記細長管の外側に位置し、前記リザーバチャンバは前記第2の空気流路の一部を定義する、付記1に記載の装置。

〔付記21〕

前記らせん構造は、

上面と、

前記ハウジングの長さ方向の可変ピッチであって、前記ハウジングの内壁と前記らせん構造の前記上面との間の内角が可変である前記可変ピッチと、

前記ハウジングの前記第1の端部にある初期らせんピッチであって、前記入口開口部に入る前記空気流に乱流を引き起こす前記初期らせんピッチと、

前記空気流中の水滴の、前記空気流からの分離を引き起こす中間らせんピッチと、を含む、付記19に記載の装置。

〔付記22〕

水捕捉装置を組み立てる方法であって、

水捕捉装置を用意するステップであって、前記水捕捉装置は、細長管と、前記細長管の第1の端部に位置して、水を多く含んだ空気流を前記水捕捉装置に受け入れるように構成された入口開口部を定義する入口構造と、前記細長管の第2の端部に位置して、出口開口部を定義する出口構造と、前記細長管の内部に位置するらせん構造と、前記細長管内の水を多く含んだ空気流から分離された水を集めるように構成されたリザーバと、を有する、前記用意するステップと、

第1のジョイントにおいて前記入口構造を前記細長管に固定し、第2のジョイントにおいて前記出口構造を前記細長管に固定するステップであって、前記第1及び第2のジョイントはそれぞれが少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面を有する、前記固定するステップと、

を含む方法。

〔付記23〕

3D印刷を使用して前記細長管、前記入口構造、及び前記出口構造を成形するステップを更に含む、付記22に記載の方法。

〔付記24〕

前記少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面は、球状面、半球状面、又は弧状面として形成されている、付記22に記載の方法。

〔付記25〕

前記水捕捉装置は更に、前記出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含み、前記第2の空気流路は少なくとも一部が第1及び第2の管セグメントによって定義され、前記方法は、前記第1の管セグメントと前記第2の管セグメントとをスリップジョイントで互いに固定するステップを含む、付記22に記載の方法。

〔付記26〕

水捕捉装置は更に、前記リザーバ内に位置する少なくとも1つのベーンを含み、少なくとも1つのベーンを前記らせん構造と位置合わせする為に、前記第1及び第2の管セグメントが互いに対して且つ前記細長管に対して調節可能である、付記25に記載の方法。

〔付記27〕

前記水捕捉装置は更に、前記出口開口部と流体連通結合された第1及び第2の空気流路を含み、前記第2の空気流路はオリフィスを含み、前記方法は、前記オリフィスのサイズ

10

20

30

40

50

を調節して、前記第2の空気流路を通る空気流量を制御するステップを含む、付記22に記載の方法。

〔付記28〕

前記第1及び第2のジョイントの成形は、部分的には、少なくとも1つの、なだらかな起伏のある面に未硬化樹脂を塗布し、その後、前記樹脂を硬化させることによって行われる、付記22に記載の方法。

〔付記29〕

水を多く含んだ空気流から水を分離する方法であって、

前記水を多く含んだ空気流を水捕捉装置のらせん状チャンネルに送達するステップであって、前記らせん状チャンネルはその長さ方向に可変ピッチを有する、前記送達するステップと、

前記らせん状チャンネル内で前記水を多く含んだ空気流から水を分離するステップと、前記水をリザーバに集めるステップであって、前記リザーバは複数のベーンを含む、前記集めるステップと、

前記水を多く含んだ空気流を第1の空気流と第2の空気流とに分割するステップであって、前記第2の空気流は前記リザーバを通り抜ける、前記分割するステップと、

前記第2の空気流が前記リザーバを通り抜けた後に前記第1の空気流と前記第2の空気流とを一緒にするステップと、

前記一緒にした空気流を前記水捕捉装置から排出するステップと、

前記リザーバから前記水を取り出すステップと、

を含む方法。

〔付記30〕

前記水を多く含んだ空気流から水滴を分離することは、前記水を多く含んだ空気流を前記らせん状チャンネルの1つ以上の面に接触させるステップを含み、前記方法は更に、前記分離された水滴を前記らせん状チャンネルの前記1つ以上の面から前記リザーバに集めるステップを含む、付記29に記載の方法。

〔付記31〕

前記第2の空気流を使用して前記リザーバ内の前記水を安定させるステップ

を更に含む、付記29に記載の方法。

〔付記32〕

前記水捕捉装置は、前記らせん状チャンネルの一部を定義するらせん構造を含み、前記らせん構造は前記リザーバ内まで連続的に延びる、付記29に記載の方法。

〔付記33〕

前記水捕捉装置は、前記らせん状チャンネルを収容する細長管を含み、前記リザーバの一部が前記細長管の外側に延び、前記リザーバの前記一部分は、前記第2の空気流が前記細長管から接線角度で出る際に通る空気チャンネルを定義する、付記29に記載の方法。

〔付記34〕

前記水を多く含んだ空気流を前記らせん状チャンネルに送達する前記ステップは、前記水を多く含んだ空気流を前記水捕捉装置の長手軸に対して接線角度で送達することを含む、付記29に記載の方法。

10

20

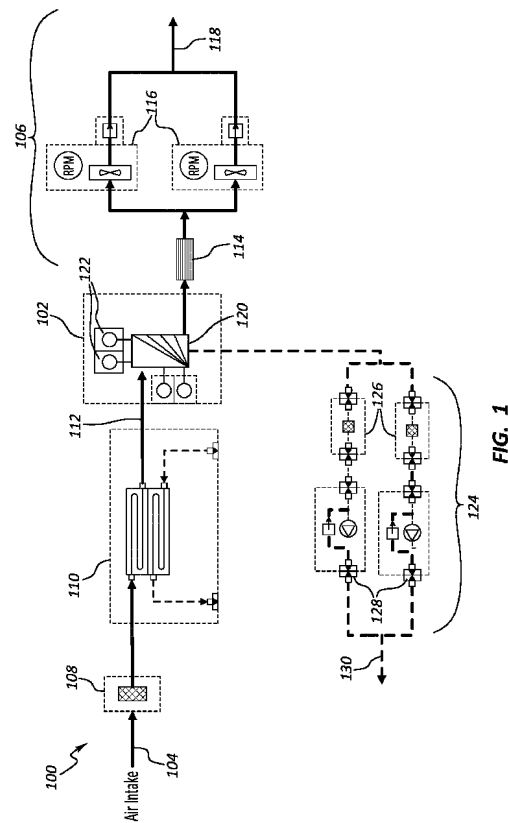
30

40

50

【図面】

【図 1】



【図 2】

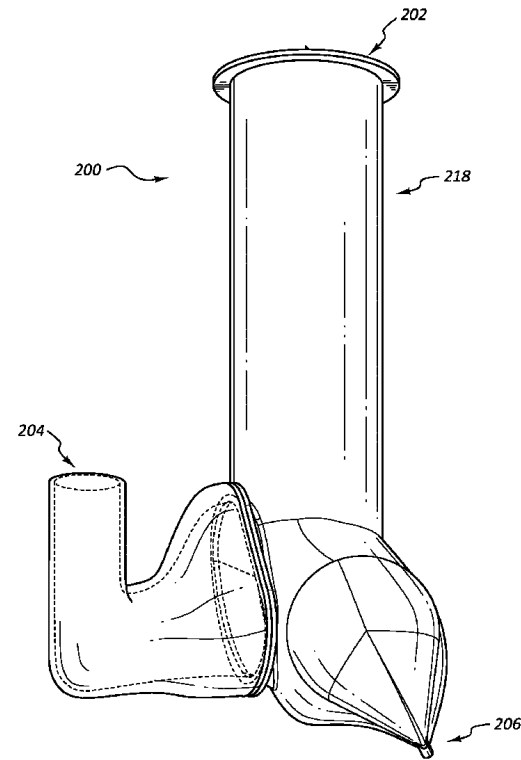


FIG. 2

【図 3】

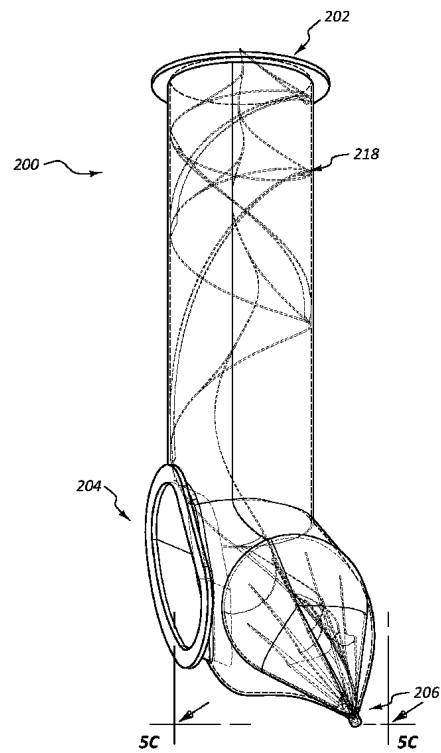


FIG. 3

【図 4】

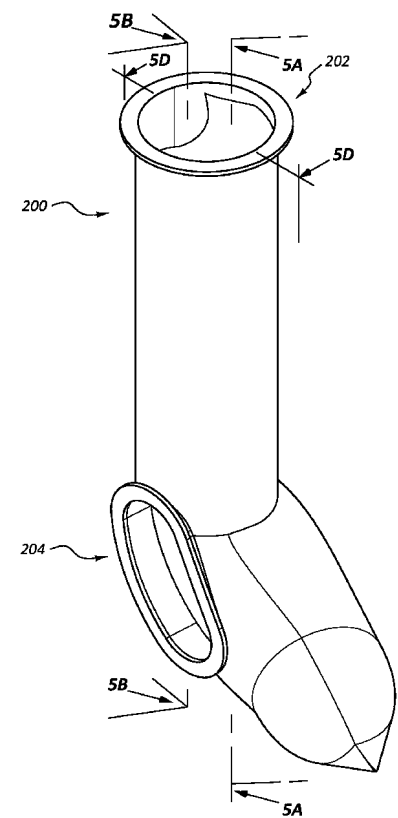


FIG. 4

【図 5 A】

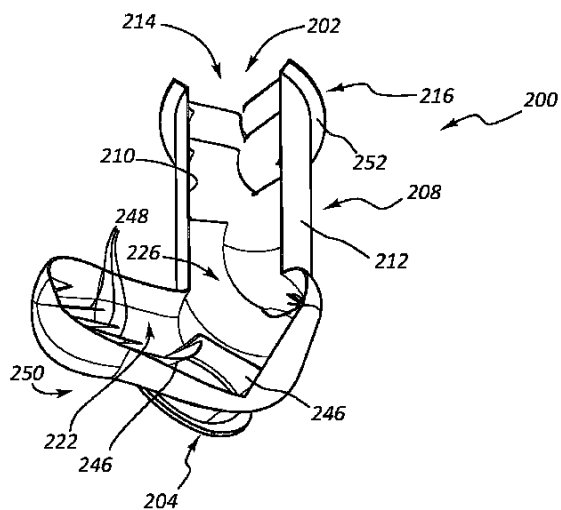


FIG. 5A

【図 5 B】

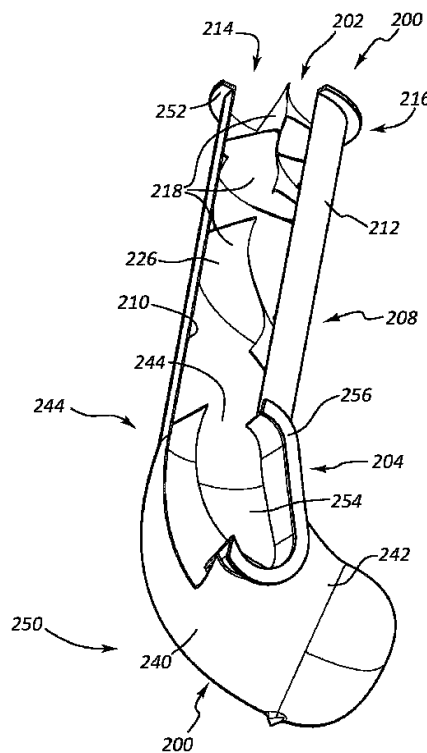


FIG. 5B

【図 5 C】

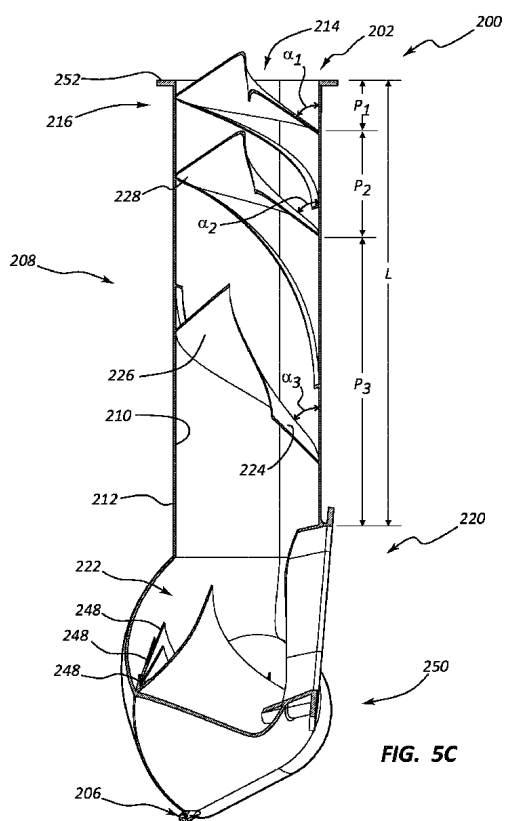


FIG. 5C

【図 5 D】

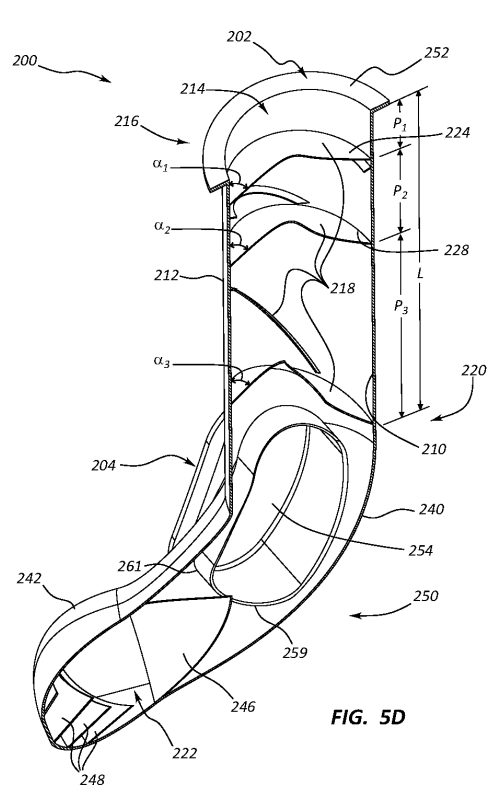


FIG. 5D

10

20

30

40

50

【図 5 E】

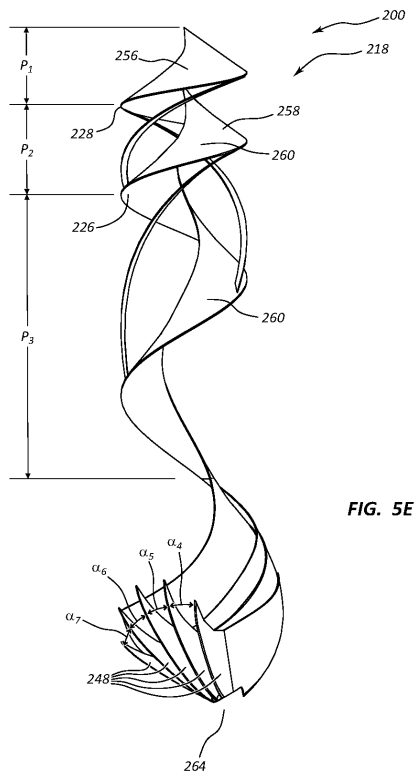


FIG. 5E

【図 6】

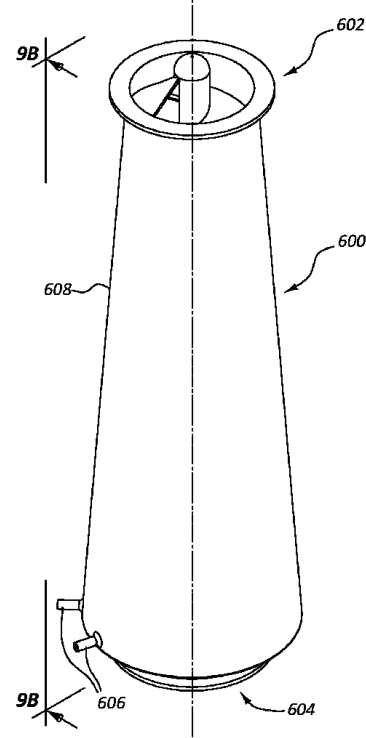


FIG. 6

【図 7】

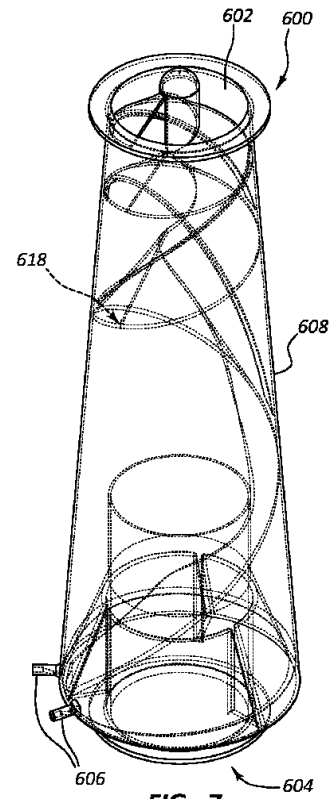


FIG. 7

【図 8】

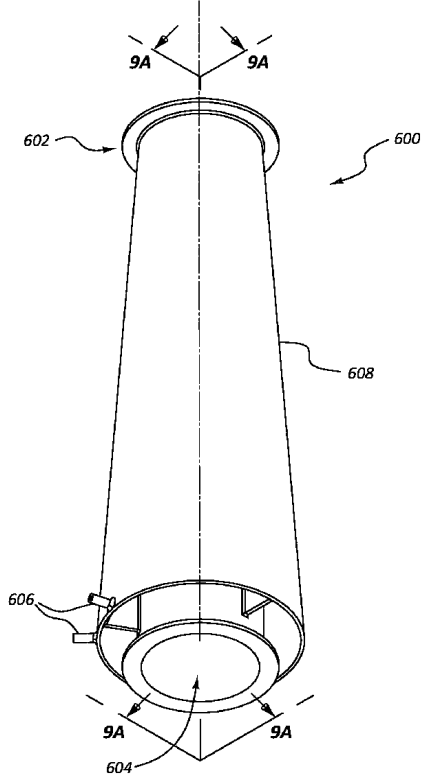


FIG. 8

10

20

30

40

50

【図 9 A】

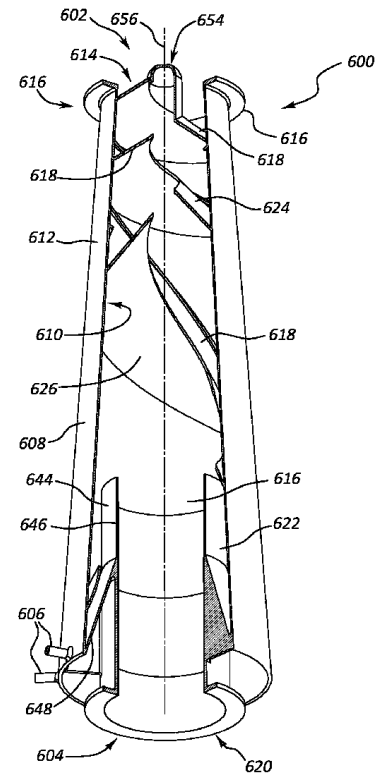


FIG. 9A

【図 9 B】

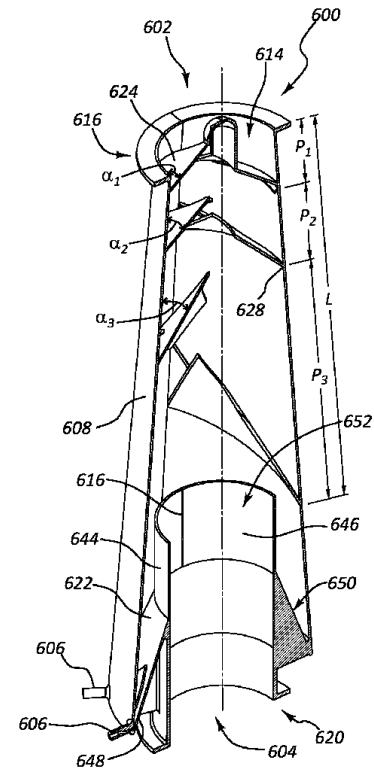


FIG. 9B

【図 9 C】

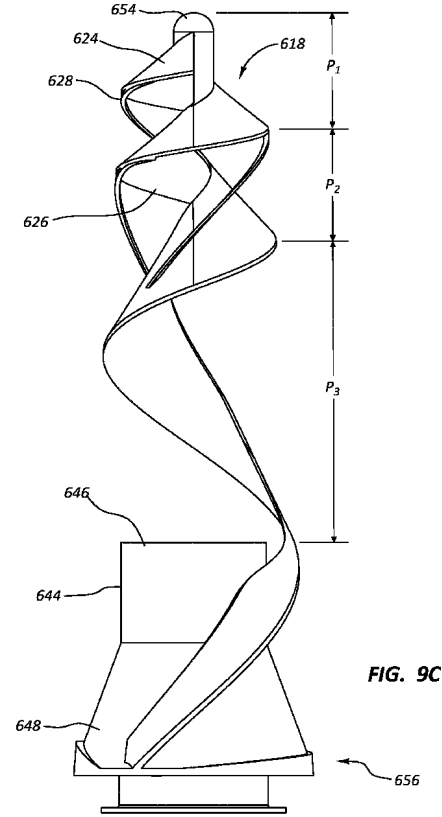


FIG. 9C

【図 1 0】

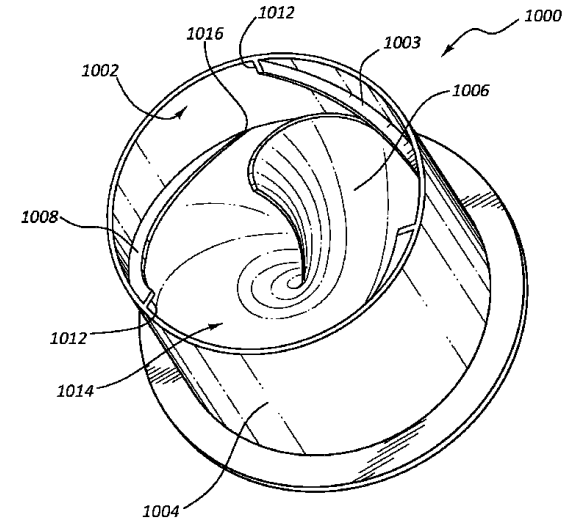


FIG. 10

10

20

30

40

50

【図 1 1】

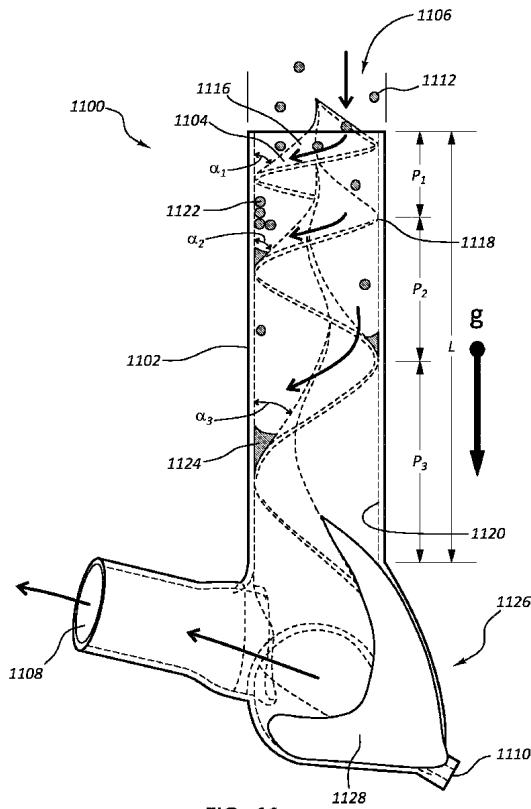
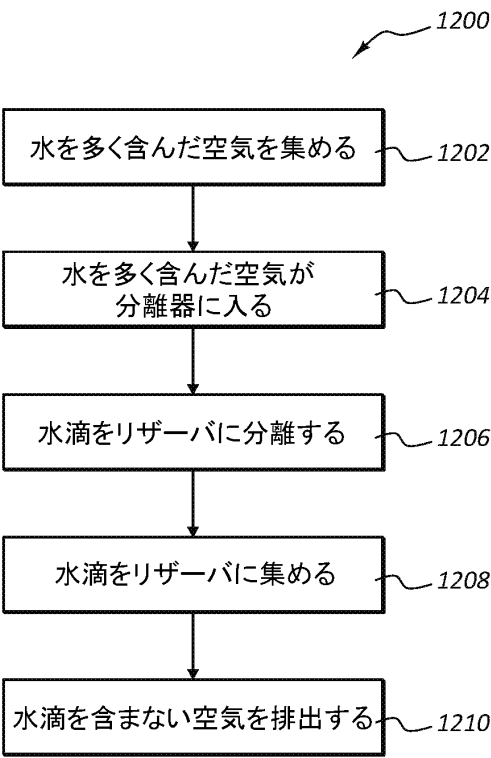
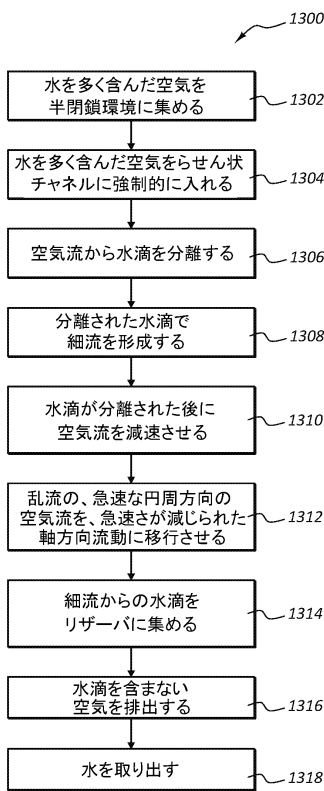


FIG. 11

【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

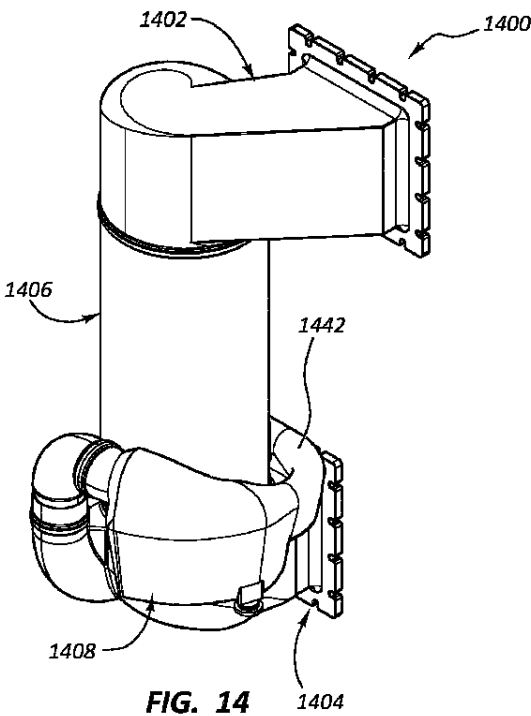


FIG. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

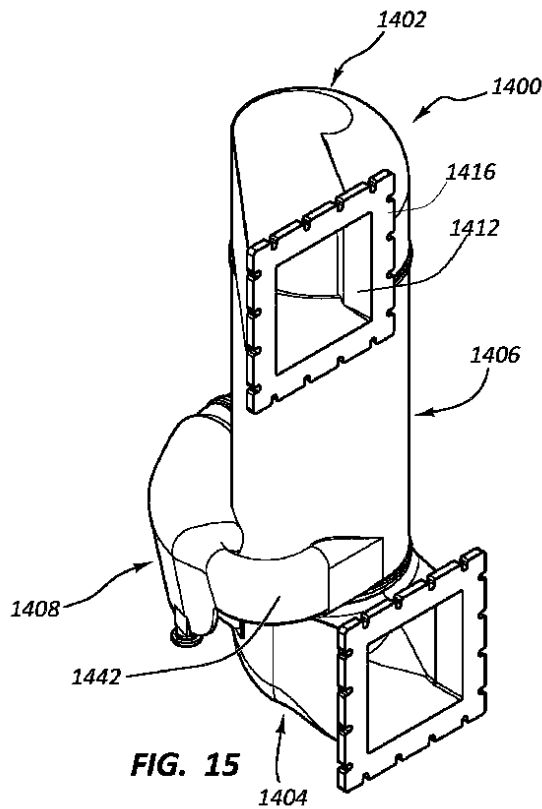


FIG. 15

【図 16】

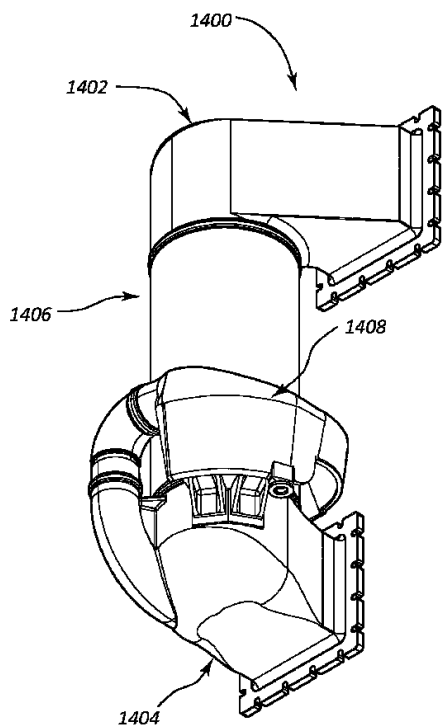


FIG. 16

【図 17】

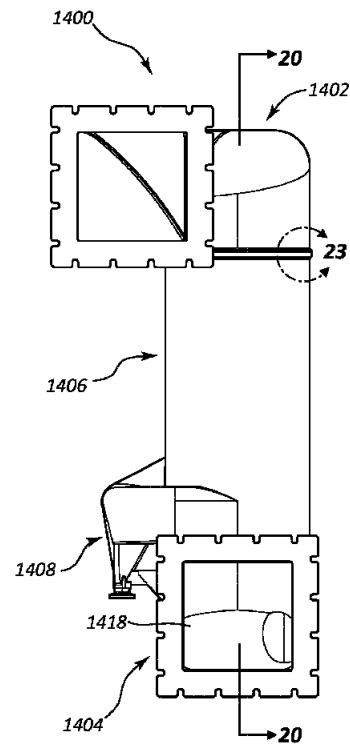


FIG. 17

【図 18】

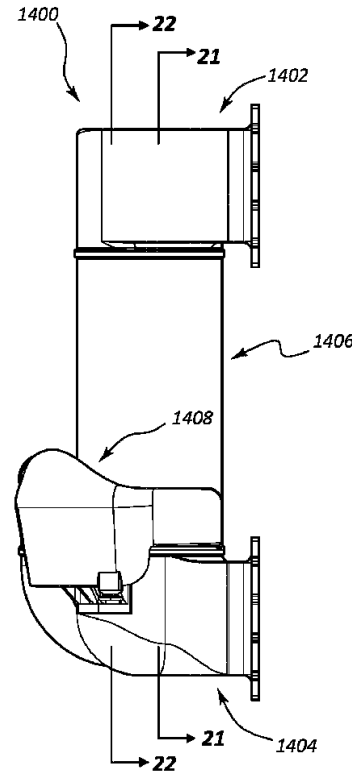


FIG. 18

10

20

30

40

50

【図 19】

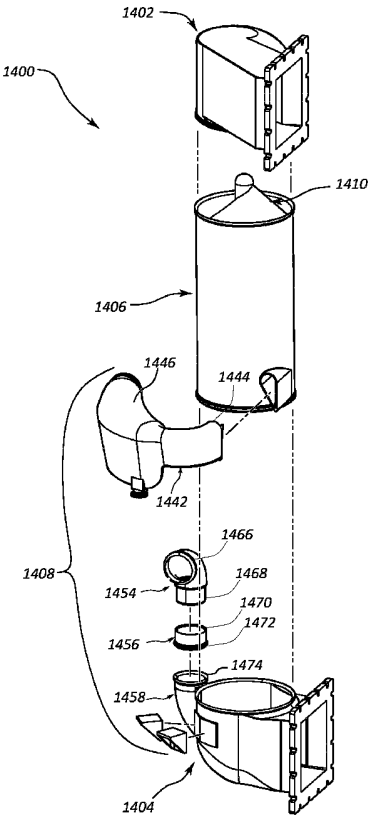


FIG. 19

【図 20】

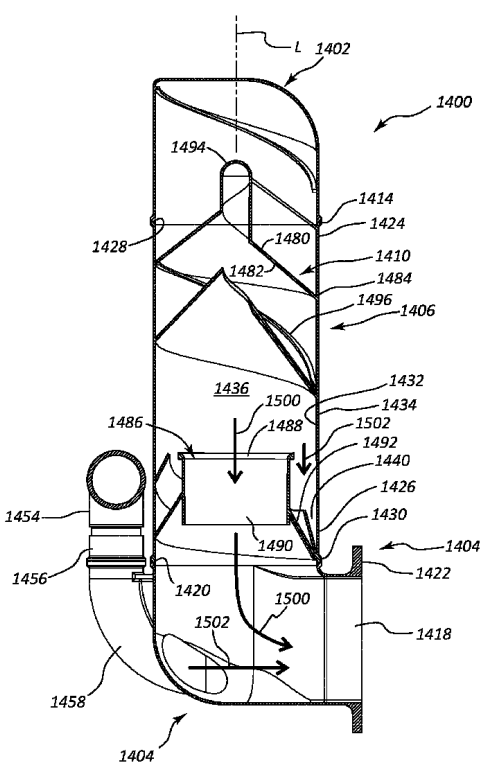


FIG. 20

【図 21】

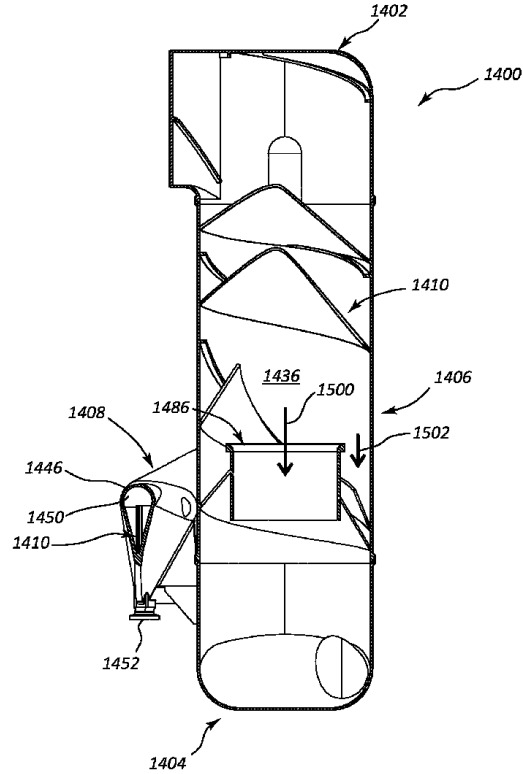


FIG. 21

【図 22】

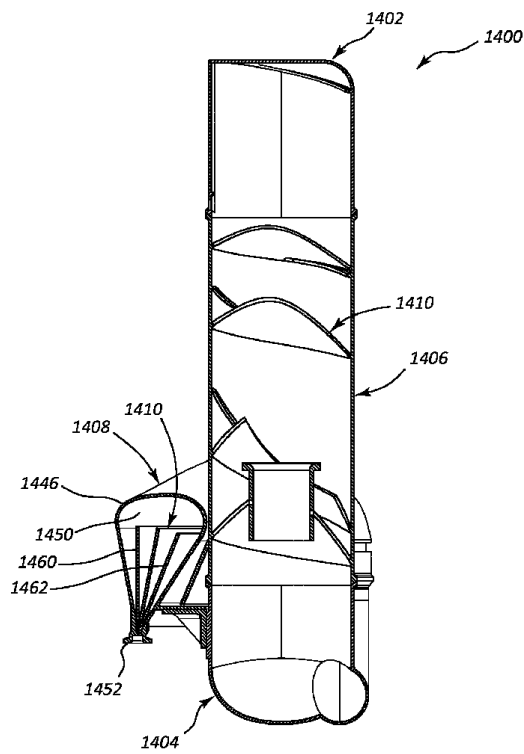


FIG. 22

10

20

30

40

50

【図 2 3】

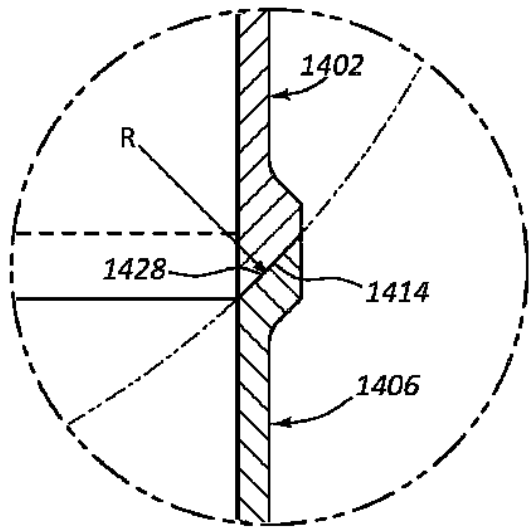


FIG. 23

【図 2 4 A】

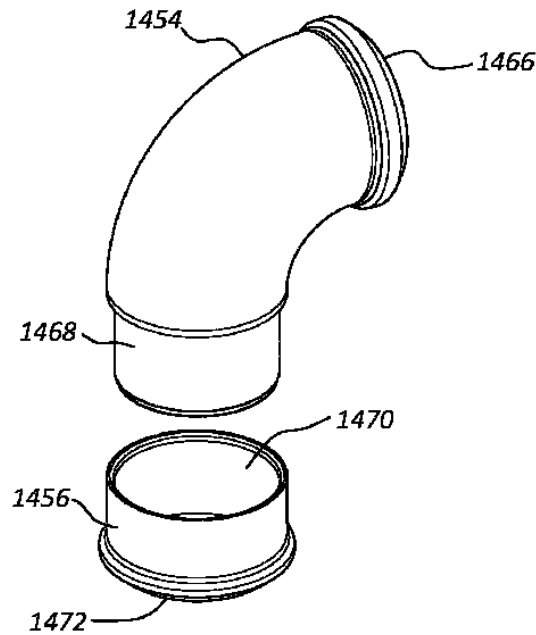


FIG. 24A

【図 2 4 B】

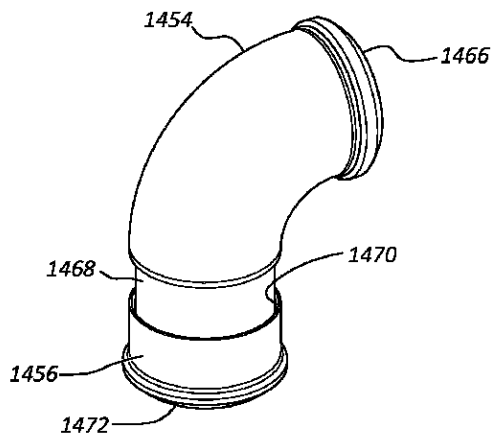


FIG. 24B

【図 2 4 C】

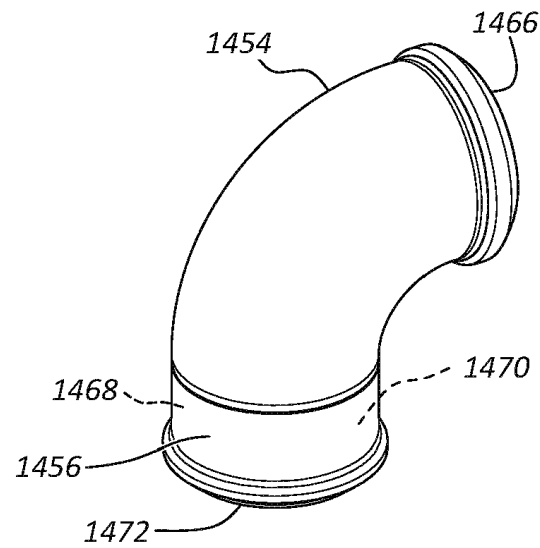


FIG. 24C

10

20

30

40

50

【図 2 5】

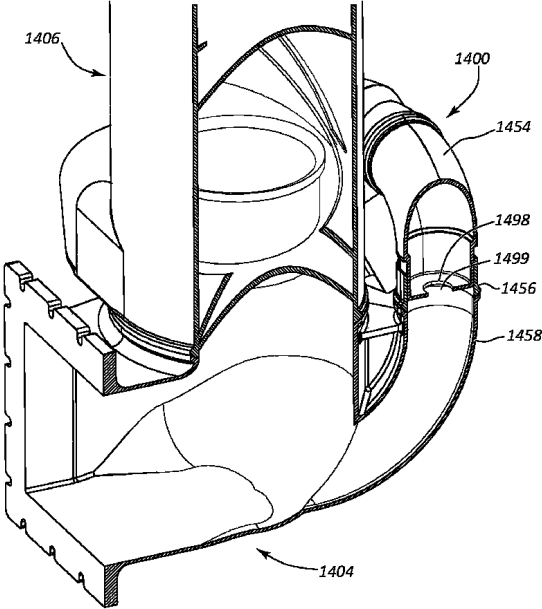


FIG. 25

【図 2 6】

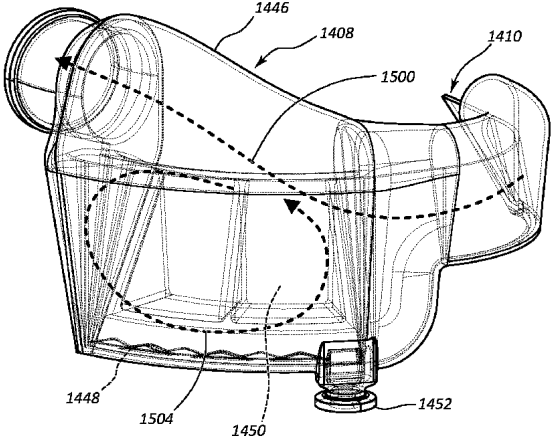


FIG. 26

【図 2 7 A】

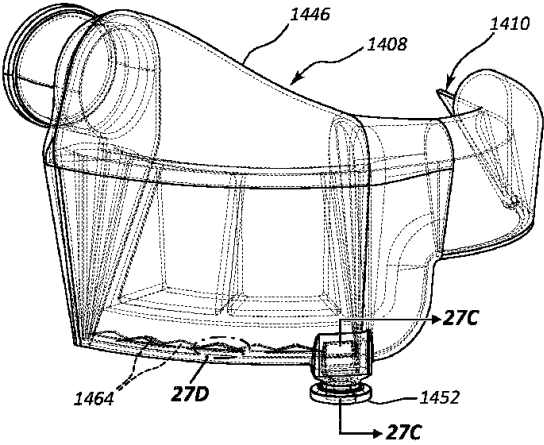
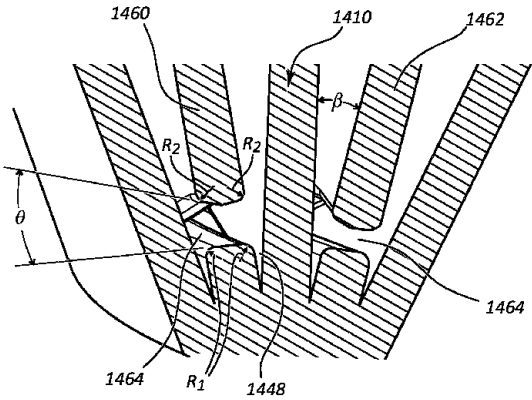


FIG. 27A

【図 2 7 B】



【図 27 C】

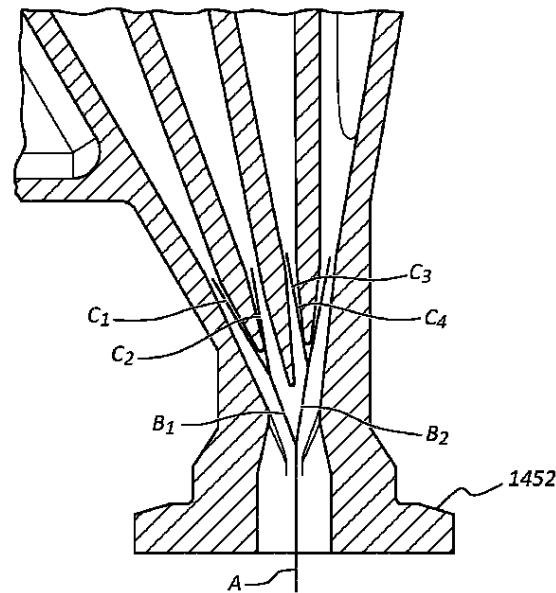


FIG. 27C

【図 27 D】

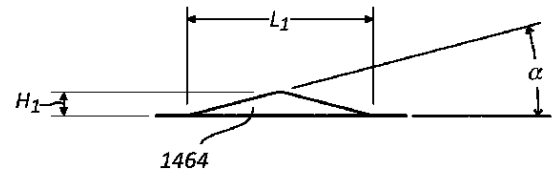


FIG. 27D

10

20

【図 28】

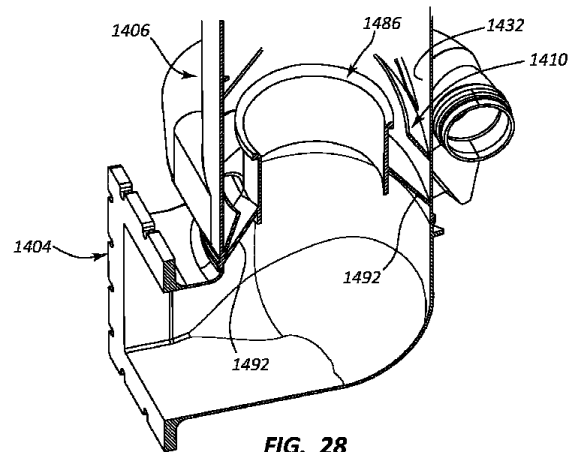


FIG. 28

【図 29】

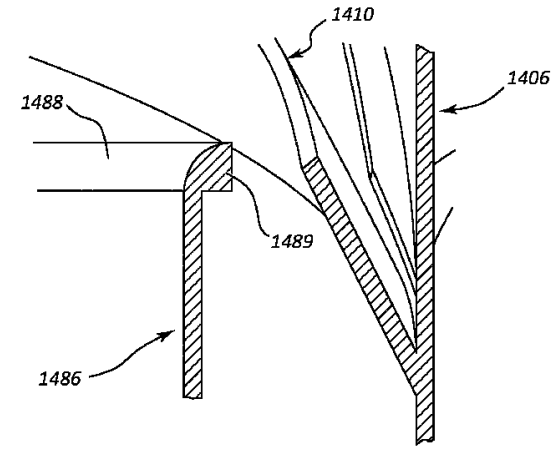


FIG. 29

30

40

50

【図 30】

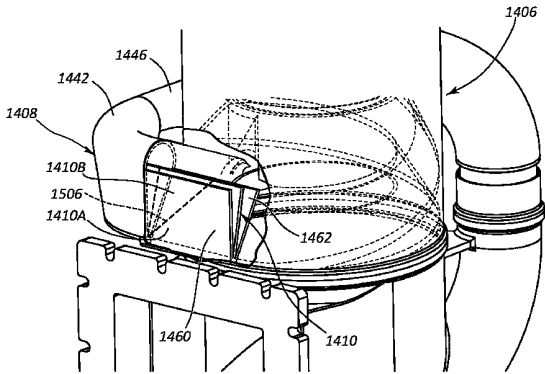


FIG. 30

【図 31】

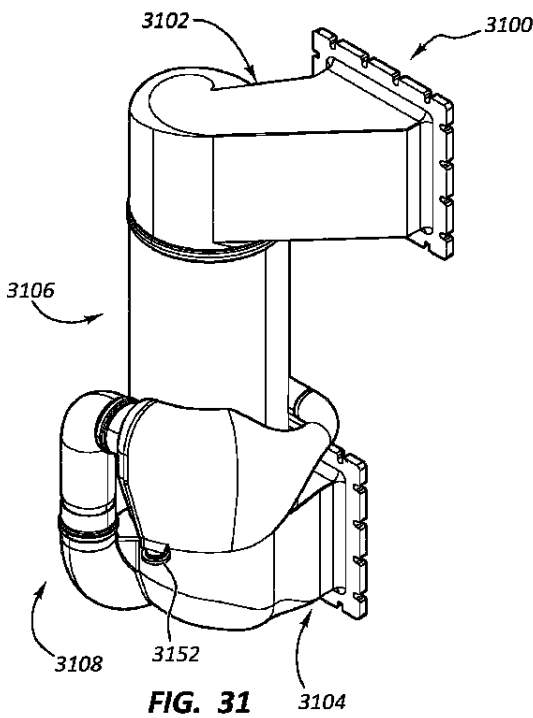


FIG. 31

【図 32】

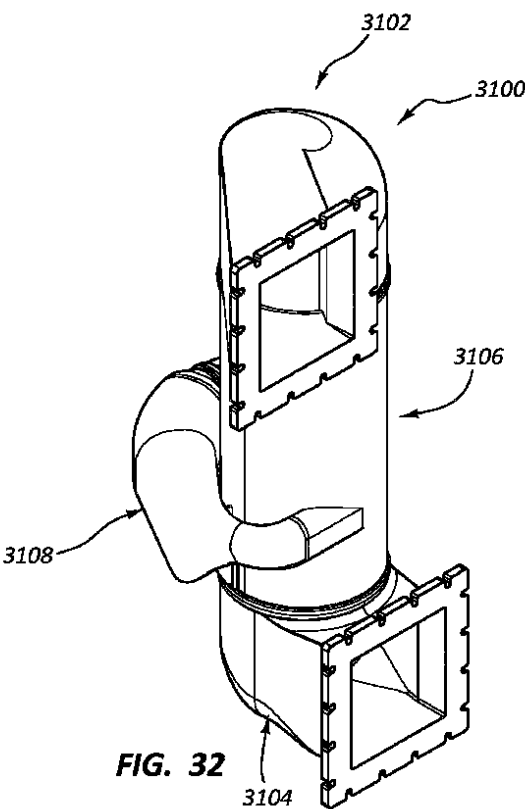


FIG. 32

【図 33】

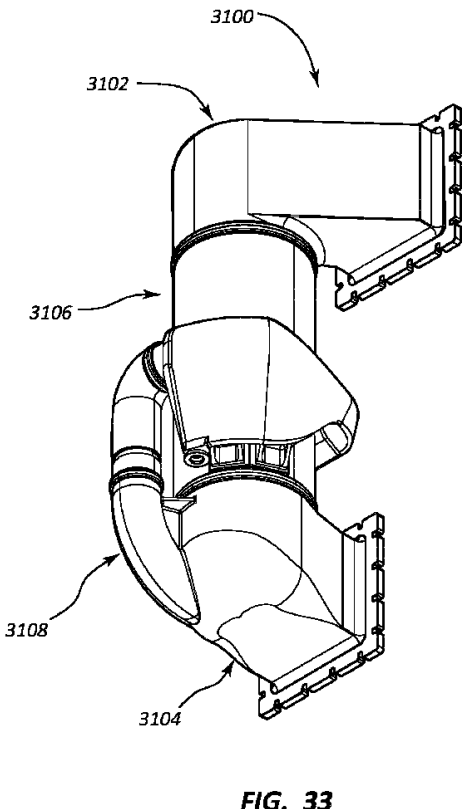


FIG. 33

10

20

30

40

50

【図 3 4】

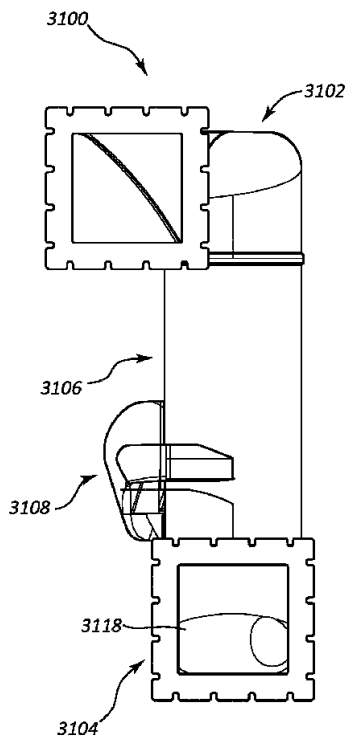


FIG. 34

【図 3 5】

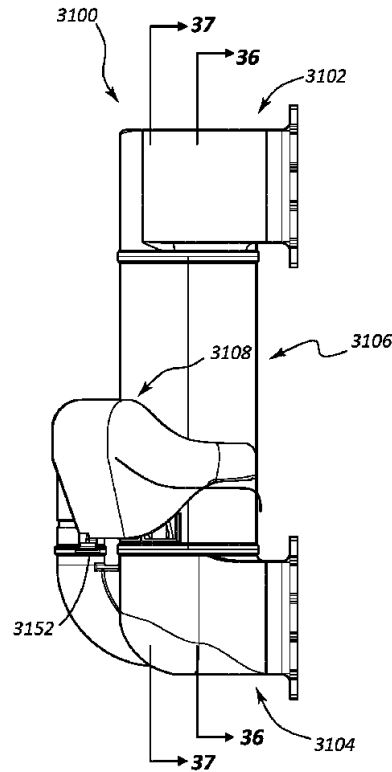


FIG. 35

【図 3 6】

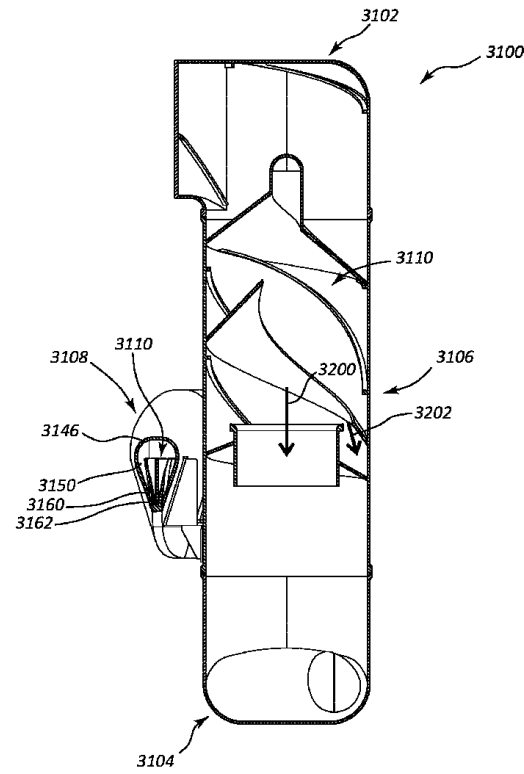


FIG. 36

【図 3 7】

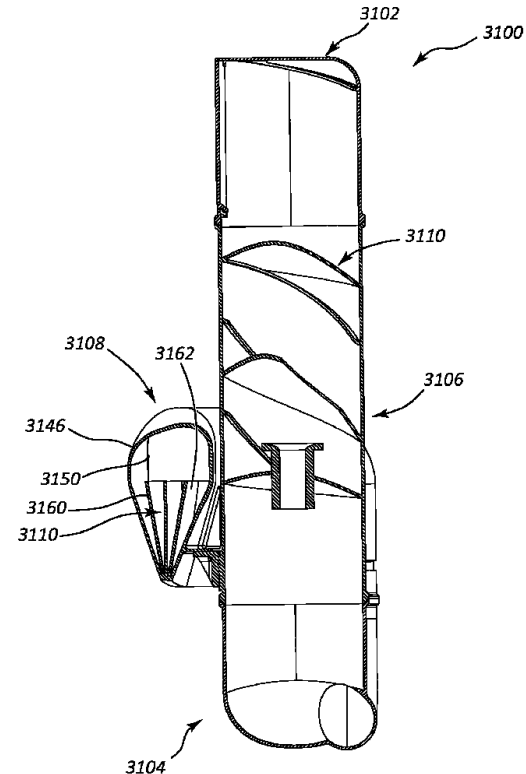


FIG. 37

10

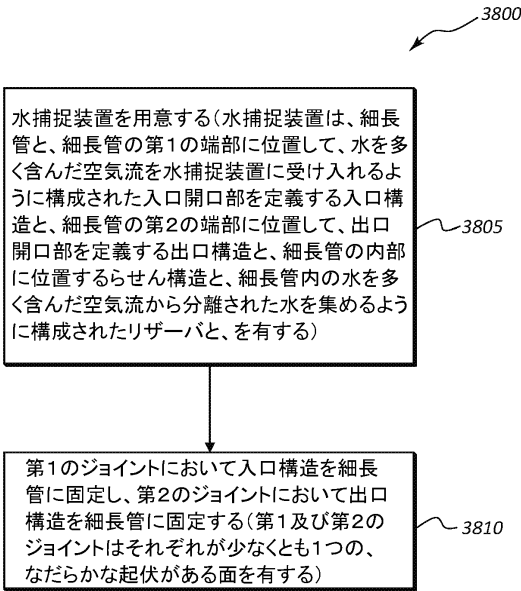
20

30

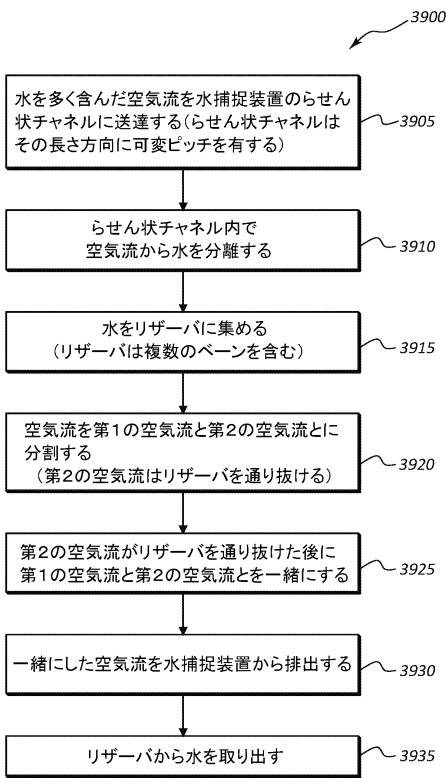
40

50

【図 38】



【図 39】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ニューバーグ, エヌイー カルキンズ レーン 1 8 9 7 5
- (72)発明者 ウェッツェル, ジョン ピー.
 アメリカ合衆国 5 3 5 9 3 ウィスコンシン州 ベローナ, アンシエント オーク レーン 9 4 1 9
- (72)発明者 ワイマン, ダニエル アーロン
 アメリカ合衆国 5 3 7 0 5 ウィスコンシン州 マディソン, サウス イエローストーン ドライブ
 3 2 2, アpartment 2
- 審査官 瀧 恭子
- (56)参考文献 特開平02-078412 (JP, A)
 国際公開第2017/104531 (WO, A1)
 国際公開第2018/144499 (WO, A1)
 米国特許第08425641 (US, B2)
 実開昭58-170597 (JP, U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 B 0 1 D 4 5 / 0 0 - 4 5 / 1 8
 B 0 4 C 1 / 0 0 - 1 1 / 0 0
 F 2 5 B 4 3 / 0 0 - 4 9 / 0 4