

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5588030号
(P5588030)

(45) 発行日 平成26年9月10日(2014.9.10)

(24) 登録日 平成26年8月1日(2014.8.1)

(51) Int. Cl. F I
CO3B 37/035 (2006.01) CO3B 37/035
GO2B 6/00 (2006.01) GO2B 6/00 356A

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-10946 (P2013-10946)	(73) 特許権者	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(22) 出願日	平成25年1月24日(2013.1.24)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(62) 分割の表示	特願2009-539246 (P2009-539246) の分割	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
原出願日	平成19年11月5日(2007.11.5)	(72) 発明者	ジョン ジェイ サード コステロ アメリカ合衆国 ミネソタ州 55042 レイク エルモ キンドレッド ウェイ 3947
(65) 公開番号	特開2013-136508 (P2013-136508A)		
(43) 公開日	平成25年7月11日(2013.7.11)		
審査請求日	平成25年1月24日(2013.1.24)		
(31) 優先権主張番号	60/861,587		
(32) 優先日	平成18年11月28日(2006.11.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバの製造方法であって、

1本の光ファイバを線引き時に第1の経路に沿って線引きするステップ、

前記光ファイバを流体ベアリングの領域に接触させるステップであって、該流体ベアリングは第1プレートおよび第2プレートを備え、該第1および第2プレートの各々は円弧状外周面を有し、これらのプレートは組み合わされて1条の溝領域を形成し、前記溝には、或る角度テーパが付されており、前記プレートの各々は前記光ファイバの入口および出口を提供するように前記円弧状外周面に設けられた切欠き部を有し、流体が前記溝内に1つの流入口を通過して流入し、かつ流出口を通過して該溝から流出し、これにより、前記溝が前記線引きステップの間前記ファイバを前記溝領域内に支持し、前記溝の幅狭の部分は、前記溝を通過して搬送される流体を収容するように構成され、これにより、前記溝の流出側の流体の圧力に対して、前記溝の流入側に高い圧力を生成させ、これにより、前記流体ベアリングを通る円弧状の径路内において前記ファイバを緩衝しかつ移送するものであるステップ、および

前記裸の光ファイバが前記流体ベアリングを通過して線引きされるにつれて、前記ファイバの向きを前記円弧状の径路を通りかつ第2の経路に沿うように向け直すステップ、を有してなる方法。

【請求項2】

前記溝を形成する少なくとも一方の壁は、前記溝を形成する他方の壁に対して平行な方

向から、0度を超え10度以内の角度だけ傾斜していることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記線引きステップ中に、前記ファイバは、該ファイバの外周面と各壁との間の距離が、前記ファイバの直径の0.05倍と0.5倍との間であるように、前記溝の領域内に支持されることを特徴とする請求項2記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【優先権主張】

【0001】

本願は、2006年11月28日付けで提出された米国特許出願第60/861587号の優先権を主張した出願であり、その内容の全てはここに引用される。 10

【技術分野】

【0002】

本発明は、光ファイバの製造時に、光ファイバを非直線的な経路に沿って製造する方法に関する。特に本発明は、流体ベアリングを用いた光ファイバの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0003】

光ファイバを製造するための常套的な技法および製造工程は一般に、製造段階を通じて光ファイバを直線的な経路に沿って下方へ線引きすることを含む。しかしながら、この技法は、光ファイバの製造を改良かつ修正することに対して大きな障害となっている。例えば、光ファイバの直線的製造に使用される機器は、通常上方から下方へ整列せしめられ、これによって、システム全体の高さを増大させることなしには、工程の追加または変更を困難にしている。或る場合には、直線的な製造システムに対する追加は、建物のハウジングに対して、高さを追加する追加構造を必要とする（例えば、線引き塔が設けられている場所は現存の建物の天井またはその近傍である）。このような障害は、光ファイバ製造システムおよび設備を修正または更新するために大きな費用を必要とする原因となる。 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

製造者が直線的のみのシステムの必要性の排除を可能にするシステムおよび方法を提供することは、変更または更新を行なう費用を著しく低減する。例えば、水平に（垂直とは反対に、また垂直に加えて）伸びるシステムを備えることによって、製造システムに対して構成要素および機器を追加することが、ずっと容易になりかつ費用削減になる。これに加えて、このような配列は、より安価なポリマーの使用、コーティング速度の向上および優れたファイバ冷却技術の提供を可能にする。 30

【0005】

本発明は、課題を解決しかつ欠点を除き、さもなければ光ファイバの製造システムおよび製造方法の改良を目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明の一つの実施の形態は、1個のプリフォームから1本の光ファイバを第1の経路に沿って線引きし、この裸の光ファイバを流体ベアリングの流体クッション領域に接触させ、かつ上記裸の光ファイバが上記流体クッション領域を横切って線引きされるにつれて、この裸の光ファイバの向きを第2の経路に沿うように向け直す各ステップを含む光ファイバの製造方法を含む。

【0007】

本発明の別の態様は、1本の光ファイバを第1の経路に沿って線引きし、この光ファイバを流体ベアリングの領域に接触させ各ステップを有してなる方法を含み、この場合、上記流体ベアリングは、円弧状外周面を有する第1プレートと、対応する円弧状外周面を有 50

する第2プレートとを備え、対応する二つの円弧状外周面はほぼ一致し、かつ第1プレートおよび第2プレートの対応する円弧状外周面の間に上記領域を形成し、この領域は光ファイバを収容するように構成され、第1プレートおよび第2プレートの少なくとも一方を通過しかつ上記流体ベアリングを流れる流体流を提供するように構成された少なくとも1個の開口部を備えている。この方法はさらに、光ファイバが上記流体ベアリングの領域を横切って線引きされるにつれて、この光ファイバの向きを第2の径路に沿うように向け直すステップを含む光ファイバの製造方法を含む。

【0008】

本発明の別の態様は、1本の光ファイバを第1の経路に沿って線引きし、この光ファイバを第1の流体ベアリングの流体クッション領域に接触させ、かつ上記光ファイバが上記第1の流体ベアリングの第1の流体クッション領域を横切って線引きされるにつれて、この光ファイバの向きを第2の経路に沿うように向け直し、この光ファイバを第2の流体ベアリングの流体クッション領域に接触させ、かつ上記光ファイバが上記第2の流体ベアリングの第2の流体クッション領域を横切って線引きされるにつれて、この光ファイバの向きを第3の経路に沿うように向け直す各ステップを含む光ファイバの製造方法を含む。

【0009】

ここに記載されている本発明の何れの態様においても、上記流体ベアリングは、上記ファイバが上記流体ベアリングを通過するのにつれて上記ファイバを案内するための溝を備えていることが好ましい。この溝は、ファイバが通過しかつ向きを向け直される通路を形成する平行な、またはほぼ平行な二つの側壁によって形成されているのが好ましい。ファイバ線引き作業中、ファイバは、上記溝内にかつ両側壁間に完全に支持され、上記流体のクッションが溝の一端から他端までを通してこの溝に放出されるのが好ましい。一般に、上記流体は、上記流体ベアリングを通過するファイバによって形成される円弧状経路の内側の地点から上記溝に入り、かつファイバの円弧状径路の外側の地点から溝外に出る。したがって、円弧状径路の内側のファイバの下方には、ファイバによって形成される円弧状径路の外側の圧力よりも高い圧力が存在して、ファイバを浮揚させる。上記溝は、ファイバが円弧状径路の外側へ向かってこの溝内を移動するにつれて、溝内の圧力を低下させる手段を備えていることが好ましい。例えばこの溝は、ファイバが上記溝内において上昇するにつれてファイバの下方の圧力が低下するように、テーパを付された溝を備えることができる。好ましいいくつかの実施の形態においては、溝が或る角度テーパを付され、かつ流体の入口における溝の幅が、流体の出口におけるスロットの幅よりも狭い。

【0010】

本発明のさらなる特徴および効果は、下記の詳細な説明に記載されており、当業者であれば、その記載から、または下記の詳細な説明、請求項、ならびに添付図面を含んで説明される本発明を実施することによって、その一部が直ちに明らかになるであろう。

【0011】

上述の概要説明および後述の本発明の実施の形態の詳細な説明はともに、請求項に記載された本発明の性質および特徴を理解するための概観および骨組の提供を意図するものであることを理解すべきである。添付図面は、本発明のさらなる理解を提供するために備えられているものであって、本明細書に組み入れられかつその一部を構成するものである。図面は、本発明の種々の実施の形態を示しており、記述内容とともに本発明の原理および動作の説明に資するものである。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】光ファイバ製造システムを示す図である。

【図2】別の光ファイバ製造システムを示す図である。

【図3】光ファイバ製造システムに用いられる流体ベアリングの分解図である。

【図4】光ファイバ製造システムのための、テーパ付き領域を有する流体ベアリングの側面図である。

【図5】図4の流体ベアリングの領域の一部分の拡大図である。

10

20

30

40

50

【図6】流体ベアリングの一部分の平面図である。

【図7】別の流体ベアリングの断面図である。

【図8】他の別の流体ベアリングの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

ここには、本発明の好ましい実施の形態について詳細に参照されており、その具体例が添付図面に示されている。全図面を通じて、同一または類似の部品には、可能な限り同一の参照符号が用いられている。

【0014】

本発明は、流体ベアリングの使用を通じて、非直線的径路に沿って光ファイバを製造するための新規なシステムおよび方法を提供するものである。本発明の実施の形態は、全図面を通じて類似の符号が同一のまたは対応する要素を示す図1～図6と関連して詳細に説明されている。

10

【0015】

本発明は、1本の光ファイバが、最初の1個のプリフォームから線引きされて、非直線的径路に沿って搬送されることを可能にするシステムおよび方法を提供するものである。ここで用いられている「裸の光ファイバ」とは、プリフォームから直接線引きされ、かつその外周面に保護被膜層が施される以前の（例えば、裸の光ファイバがポリマーを主成分とする材料にてコーティングされる以前の）光ファイバを意味する。本発明は、保護被膜が施される以前の製造段階を通じて光ファイバが非直線的径路に沿って搬送されるのを可能にすることによって融通性を提供するものである。さらに、後述のように、本発明のシステムおよび方法は、非直線的径路を提供するのみでなく、製造時における光ファイバの処理（例えば冷却）を助成するものでもある。

20

【0016】

図1を参照すると、光ファイバを製造するためのシステム8の一例が示されている。図1に示された実施の形態においては、1個のプリフォーム10が炉12内に配置され、そこからファイバが線引きされて1本の裸の光ファイバ14を形成する。プリフォーム10は、光ファイバの製造に適した何れのガラスまたは材料であってもよい。裸の光ファイバ14は、プリフォーム10から線引きされて炉12を離れ、裸の光ファイバ14は、静止した流体ベアリング16（後述）に接触し、かつ冷却機構18に向かって移動する以前に、第1のすなわちほぼ垂直の経路（A）に沿った動きから、第2の経路（B）へ移される。図示のように、第2の経路（B）は、水平、すなわち第1の経路に対して直角方向を向いているが、ここに記載されているシステムおよび方法は、光ファイバの向きを、それに保護被膜が施されるのに先立って如何なる非直線的な経路に沿うようにも向け直すことができることを理解すべきである。

30

【0017】

図1に示されて実施の形態においては、光ファイバ14は、随意的な冷却機構18を通過するにつれて、かつ一次的保護被膜層21が光ファイバ14の外周面に施されるのに先立って冷却される。冷却機構18は、光ファイバを冷却するための何れの公知の機構であってもよい。冷却機構は、空気中における冷却よりも速い速度で光ファイバを冷却することができるガスで満たされているのが好ましい。必要に応じて、追加の流体ベアリング24が用いられて、裸の光ファイバ14を、ベアリング16と24との配置によって生じたほぼ水平な経路（B）から、光ファイバ14がコーティング・ユニット20へ移動するにつれて保護被膜層が施されるほぼ垂直な経路（A）（あるいは他の第3の経路）に戻る。コーティング・ユニット20を離れた後、保護被膜層21を備えた光ファイバ（もはや裸ではない）は、システム（不図示）内部の種々の他の処理段階を通過することができる。図1に示されたシステム全体に亘って光ファイバが牽引されるときに必要な張力を提供するために、牽引機構28が用いられ、最終的に光ファイバはファイバ貯蔵スプール（不図示）上に巻かれる。

40

【0018】

50

後述のように、流体ベアリング（例えば16と24）は、光ファイバが牽引機構28に達するまでは、光ファイバが如何なる機械的接触も受けないようにして、光ファイバ製造システム8を通じて光ファイバ14を搬送する。機械的接触とは、線引き工程において固い部品と接触することを意味する。この機械的接触が無いことは、光ファイバの、特にコーティング・ユニット20によってコーティングされる以前に非直線的経路を移動する脆弱な裸の光ファイバの品質を維持するために重要である。牽引機構28によって加えられる機械的接触は、システム中のこの時点においては、光ファイバが保護層21によって被覆されているので、もし光ファイバが被覆されていなかった場合に機械的接触がファイバの品質に及ぼすような悪影響を実質的に与えることはない。

【0019】

ここで論議されているように、コーティング・ステップに先立って非直線的な経路を有する光ファイバ製造システムを提供することは、多くの効果がある。例えば、従来の製造システムにおいて、特別の冷却機構18または特別のコーティング・ユニット20のような新たなまたは追加の要素を付加することは、このような機構の全てを直線的に配列することを意味し、システムの高さを増大させることが必要な場合が多かった。ここに説明されている光ファイバ製造システムにおいては、光ファイバが、保護コーティングが施される以前に水平にまたは対角線的に（例えば垂直ではなく）道順を決めることを可能にして、機器の配置におけるのみでなく、後の変更、追加および更新に関してもさらなる融通性を備えることを可能にしている。

【0020】

図2は、光ファイバ製造システム108の別の実施の形態を示す。図2に示されているように、複数の流体ベアリング116が組み合わせて用いられて、1個プリフォーム110から1本の光ファイバ114をコーティング・ユニット120まで搬送することができる。図1においては、光ファイバ14がプリフォーム10から形成された後でかつ光ファイバに保護層21を付加するためのコーティング・ユニット20に達する以前に冷却機構18が設けられているのに対して、図2は標準的な冷却機構を排除した実施の形態を提供している。特に、標準的な冷却機構（例えば図1の18）に代えて、複数の流体ベアリング116（図1においては16または24）が冷却機構118として役目を果たすことができる（裸の光ファイバ114が上を移動することができる流体クッション領域を提供するのみでなく）。光ファイバ114が流体ベアリング116（後述）上を移動するにつれて、各流体ベアリング116上の流体クッション領域が裸の光ファイバ114を冷却する。例えば、図2を参照すると、炉112を出た光ファイバ114は、流体ベアリング116に進入するとき、約1000 から1800 以下までの温度を有することができる。いくつかの好ましい実施の形態においては、光ファイバ114が、好ましくは1300

未満の温度の時点で、より好ましくは1200 未満の時点で、そしていくつかの実施の形態においては1100 未満の時点で流体ベアリング116に進入する。流体ベアリングは、光ファイバを支持するのに移動する流体流を利用しているので、光ファイバは、線引き炉の直ぐ外側に存在するような移動しない空気中でファイバが冷やされるよりも速やかな速度で冷却される。光ファイバと流体ベアリング内の流体（大気温度または室温の空気であるのが好ましい）との間の温度差が大きい程、光ファイバ114を冷却する流体ベアリング能力が大きい。別の実施の形態においては、流体ベアリング116を流れる流体は、光ファイバを一層速い速度で冷却するように実際に冷されることができる。流体クッション領域に結合された流体が光ファイバ114を十分に冷却することができるので、光ファイバは直接コーティング・ユニット120に搬送されることが可能であり、裸の光ファイバ114の外周面に保護層が施されて、コーティングされたファイバ121が形成される。一つの実施の形態においては、流体ベアリング116の流体クッション領域は、裸の光ファイバ114に対して不活性な流体（例えば空気、ヘリウム）を備えることができる。

【0021】

冷却作用を提供することに加えて、多数の流体ベアリング116を使用している図2の

10

20

30

40

50

配列は、裸の光ファイバ 1 1 4 が実質的に直線的な配列 (Y) から実質的に非直線的な配列 (Y + Z) に移行するとき、より良い安定性を提供することができる。理論に制約されるつもりはないが、近接して配置された多数の流体ベアリング 1 1 6 を有することによって、一つの流体クッション領域から次の流体クッション領域に移動する光ファイバ 1 1 4 が備えることを必要とする精密性を、より容易にコントロールすることができる。1 個のベアリング・アセンブリを含む、任意の順序に配列された任意の個数のベアリング・アセンブリ (後述) および任意の数の所望の経路を用いて光ファイバを製造することができることを理解すべきであることは言うまでもない。

【 0 0 2 2 】

ここまで、非直線的な経路で光ファイバを製造するためのシステムおよび方法についての説明がなされて来た。説明されているように、このようなシステムおよび方法は、1 個または複数個のベアリング・アセンブリを用いることによって可能になる。図 3 は、ここで説明されている光ファイバを製造するために使用することができるベアリング・アセンブリの一実施の形態を示す。図 3 に示された実施の形態においては、ベアリング・アセンブリ 2 1 6 (「流体ベアリング」とも呼ばれる) は、第 1 プレート 2 3 0、第 2 プレート 2 3 2、内側部材 2 3 6 ならびに第 1 および第 2 プレートの少なくとも一方における開口部 2 3 4 を備えている。第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 は金属で形成され、かつ円弧状の外周面 2 3 8、2 3 9 を備え、互いに対向して配置されることができる。第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 は、留め具 (例えばボルト 2 4 0) によって結合されて、流体がベアリング・アセンブリ 2 1 6 を通り抜け得るようにプレート 2 3 0、2 3 2 を一体に連結する。各プレート 2 3 0、2 3 2 の円弧状の外周面 2 3 8、2 3 9 は、各プレート 2 3 0、2 3 2 それぞれの全周に沿って位置している。第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 はそれぞれ、内面 2 4 2、2 4 4 および外面 2 4 3、2 4 5 を備え、プレート 2 3 0、2 3 2 の内面 2 4 2、2 4 4 は互いに位置が揃えられている。第 1 プレート 2 3 0 または第 2 プレート 2 3 2 の内面 2 4 2、2 4 4 を巡る凹部 2 4 7 が少なくとも部分的に延びて、流体流が充満する空間を提供している。別の実施の形態においては、後述するように、上記凹部が種々の構造を有してファイバ支持溝 2 5 0 内への一様な流れを提供する。

【 0 0 2 3 】

図示の実施の形態において、第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 の円弧状の外周面 2 3 8、2 3 9 は位置がほぼ揃えられていて、第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 の双方の外周面 2 3 8、2 3 9 間に一つの領域を形成している。この領域は、1 本の光ファイバを収容するように構成されているので、光ファイバは、ベアリング・アセンブリの回転を伴うことなしにこの領域に沿って移動することができる。ファイバ支持溝 2 5 0 は、図 4 に示された実施の形態にさらに明瞭に示されている (後述) 。少なくとも 1 個の開口部 2 3 4 が、第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 の少なくとも一方を貫通している。図 3 に示されているように、第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 の開口部 2 3 4 は、流体 (例えば、空気、ヘリウムまたはその他の所望の気体または液体) がベアリング・アセンブリを通じて供給されることが可能なために、流体は、第 1 プレート 2 3 0 と第 2 プレート 2 3 2 との間に形成されているファイバ支持溝 2 5 0 においてベアリング・アセンブリ 2 1 6 を出ることができる (図 4 および図 5 においてより明瞭に見られる) 。

【 0 0 2 4 】

これに加えて、図 3 に示されているように、ベアリング・アセンブリ 2 1 6 は、第 1 プレート 2 3 0 と第 2 プレート 2 3 2 との間に配置された内側部材 2 3 6 を備えることができる。この内側部材 2 3 6 (例えばシム 2 3 7) は、所定の流動方向を有する流体がファイバ支持溝 2 5 0 内へ出るように、第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 の外周面 2 3 8 と 2 3 9 との間領域に流体を導く。内側部材 2 3 6 は、第 1 プレート 2 3 0 と第 2 プレート 2 3 2 との間にあつて、それら間にギャップを提供する。内側部材 2 3 6 は、所定の流動方向を有する流体がファイバ支持溝 2 5 0 内へ出るように流体を導く。必要

10

20

30

40

50

に応じて、内側部材 236 は、非半径方向の流れを抑制することによって流体流をさらにコントロールするための複数のフィンガ（不図示）を備えることができる。これに加えて、内側部材 236 は、第 1 プレート 230 と第 2 プレート 232 との間に実質的に接触する密封部としての役目を果たす。また内側部材は、図 6（後述）に示されているように、光ファイバの出入を容易にするためのノッチを備えていてもよい。

【0025】

図 4 に示されているように、第 1 プレート 230 および第 2 プレート 232 の外周面 238 と 239 との間に形成されているファイバ支持溝 250 はテーパが付されており、第 1 プレート 230 と第 2 プレート 232 との間のファイバ支持溝 250 に流体が流出する。しかしながら、別の実施の形態においては、例えば平行または逆テーパ形状のファイバ支持溝 250 を備えることができる。これに加えて、テーパが付されたファイバ支持溝 250 内の開口部 260 は、光ファイバ 214 の垂直位置に応じて変更可能である。開口部 260 およびファイバ支持溝 250 は、採用されている特定の線引き張力および線引き速度ならびに開口部 260 を通って流れる流体の流量に関して、一般に $125\ \mu\text{m}$ の外径を有するファイバに対して、好ましくは $500\ \mu\text{m}$ 未満の、より好ましくは $400\ \mu\text{m}$ 未満の、さらに好ましくは $300\ \mu\text{m}$ 未満の、最も好ましくは $200\ \mu\text{m}$ 未満の幅を有するファイバ支持溝 250 の区間内に光ファイバが維持されるように構成されていることが好ましい。かくして、ファイバの直径の 1 倍と 2 倍の間、より好ましくは 1 倍と 1.75 倍との間、最も好ましくは 1 倍と 1.5 倍との間であるファイバ支持溝 250 の領域内にファイバが支持されるのが好ましい。ファイバは、ファイバの外周面と各壁との間の距離がファイバの直径の 0.05 倍と 0.5 倍との間であるように、上記溝の領域内に配置されることが好ましい。

【0026】

図 5 を参照すると、ファイバ支持溝 250 を形成する表面 242 および 244 の長さは、少なくとも $0.5\ \text{cm}$ 、より好ましくは少なくとも $1\ \text{cm}$ の長さを有することが好ましい。一つの実施の形態においては、例えばファイバ支持溝 250 が $1.25\ \text{cm}$ の深さを有する。 $125\ \mu\text{m}$ 径のファイバに関しては、ファイバ支持溝 250 を横切る距離が、プレート 230 と 232 との間の最も内側の最も狭い部分において約 $127\ \mu\text{m}$ であり、かつプレート 230 と 232 との間の最も外側の最も広い部分（円弧状外周面 238, 239 よりも僅かに内側）において約 $380\ \mu\text{m}$ である。

【0027】

図 5 は図 4 の拡大図であり、図 5 は、光ファイバ 214 が流体ベアリング・アセンブリ 216 を横切って搬送されるときにこの光ファイバ 214 が接触し、かつ流体ベアリング・アセンブリ 216 の機械的構成要素に光ファイバが実質的に接触するのを防止する流体からなる領域を有するファイバ支持溝 250 をより明瞭に示している。図 5 に示されているように、流体 254（例えば空気）は、ベアリング・アセンブリ 216 の内部からファイバ支持溝 250 および光ファイバ 214 の周囲に出て、光ファイバ 214 の下方に流体 254 からなる領域を提供し、この領域が、ファイバの下方に正圧を生じさせ、したがってファイバの底面を支えるように作用する。圧力は、流体ベアリング・アセンブリ 216 の第 1 プレート 230 と第 2 プレート 232 との間に形成されたファイバ支持溝 250 内にファイバ 214 が位置決めされるように最適化される。特に、ファイバ支持溝 250 においてベアリング・アセンブリ 216 を出る（すなわちファイバ 214 の下方に）流体 254 は、このファイバ支持溝 250 内の所定位置において光ファイバ 214 を維持または支持することができる一定の流量を備えることができる。十分に高い流体圧力がファイバ支持溝 250 に提供されて、光ファイバ 214 が流体ベアリング・アセンブリ 216 を通過するときに、ファイバ支持溝 250 内の所定位置に光ファイバ 214 を維持する。

【0028】

図 5 から明らかかなように、いくつかの好ましい実施の形態において、ファイバ支持溝 250 に流体流 254 が流入する端部（すなわち、流体ベアリングを通過するときのファイバ 214 によって形成される円弧状径路の内部）においては、ファイバ支持溝 250 がよ

10

20

30

40

50

り狭い幅を有するように、表面 2 4 2 および 2 4 4 がテーパまたは傾斜を有しているのが好ましい。図示の実施の形態においては、見易くするために、テーパ角度が、ファイバ支持溝 2 5 0 を開口させるための好ましいテーパ角度よりも誇張されている。実際には、ファイバ支持溝 2 5 0 の頂部すなわち外方部 2 5 6 の幅 2 6 0 が、ファイバ支持溝 2 5 0 の底部すなわち内方部 2 5 7 の幅 2 6 0 よりも広くなるようにするために、表面 2 4 2 および 2 4 4 の少なくとも一方または好ましくは双方が、好ましくは 0 度を超え 1 0 度未満、より好ましくは 0 . 3 度と 7 度との間、最も好ましくは 0 . 4 度と 3 度との間の角度だけ傾斜している。例えば、このような実施の形態においては、流体領域を形成する第 1 プレート 2 3 0 および第 2 プレート 2 3 2 が、それぞれ - 0 . 6 度と + 0 . 6 度だけ傾斜している。あるいは、ファイバ支持溝 2 5 0 が如何なる深さ、幅またはテーパ角度を有していてもよい。テーパ付きファイバ支持溝 2 5 0 (例えば、図 4 および図 5 に示されているような) を利用することによって、および流体が、ファイバ支持溝 2 5 0 の狭い内方部に流入しかつファイバ支持溝 2 5 0 の広い外方部から流出するように、ファイバ支持溝 2 5 0 により形成されたスロット内に流体を噴出させることによって、溝 2 5 0 を抜けて放出される流体からなるクッションが、ファイバ自らを溝 2 5 0 の深さ以内に位置決めさせる。例えば、任意の流体流に対して、もしファイバ線引き張力が増大すると、ファイバは、ファイバ 2 1 4 と溝壁面 2 4 2 および 2 4 4 との間のギャップが極めて小さくなるまで溝 2 5 0 内を下降するので、溝 2 5 0 内の圧力が極めて高くなって、新しい、より高い張力の影響力を修正的に弱めることになる。もしファイバ線引き張力が低下すると、ファイバは、溝 2 5 0 内においてファイバ 2 1 4 と溝壁面 2 4 2 および 2 4 4 との間のギャップが極めて大きくなるまで溝 2 5 0 内を上昇するので、溝 2 5 0 内の圧力が極めて高くなって、新しい、より低い張力の影響力を修正的に弱めることになる。溝 2 5 0 にテーパを付けると、このようにより広範囲の線引き張力に対する動作が可能になる。そうではなく、もし図示の溝 2 5 0 にテーパが付されていなかった場合に、線引き張力が低下したとすれば、ファイバが上方へ移動してファイバ支持溝 2 5 0 から飛び出してしまったであろう。

【 0 0 2 9 】

ファイバは、好ましくはファイバ径の約 1 倍と 2 倍との間の、より好ましくはファイバ径の約 1 倍と 1 . 7 5 倍との間の、最も好ましくはファイバ径の約 1 倍と 1 . 5 倍との間の溝 2 5 0 の領域内に位置決めされる。溝 2 5 0 内のこのような比較的狭い領域内にファイバを位置決めすることによって、線引き作業中はベルヌーイ効果によってファイバ自らを位置決めさせる。例えば、ファイバが壁面 2 4 4 に近付き、壁面 2 4 2 から遠ざかるにつれて、壁面 2 4 2 に最も近い部位の空気速度が増大し、壁面 2 4 4 に最も近い部位の空気速度は低下する。ベルヌーイ効果により、流体速度が増大すると、同時に圧力低下が生じる。その結果、表面 2 4 4 近傍の遅くなった流体流によって発生した、より高い圧力がファイバを溝 2 5 0 の中心に強制的に引き戻す。かくして、この好ましい実施の形態においては、ファイバが線引きされている間、ファイバの周囲を通過してファイバ支持溝 2 5 0 の外に流れる流体流に基づく少なくとも実質的なベルヌーイ効果により、ファイバはファイバ支持溝 2 5 0 内の中心に位置決めされる。特に、このような心出しは、例えば壁面 2 4 2 または 2 4 4 から放出される流体噴流のような側方からファイバに当たる流体流を利用することなしに達成される。溝を通して移動する流体流の速度は、ファイバが溝 2 5 0 のテーパ付き領域内に完全に位置決めされるようにファイバを維持するために調整されることが好ましい。ここで説明されている実施の形態においては、ファイバが、ファイバ径の 1 倍と 2 倍との間にある溝 2 5 0 の領域内に位置決めされているので、ファイバは、ファイバ 2 1 4 の下方に存在する(もしかしてファイバを支持するのに用いられる可能性があるかも知れない空力的抗力と言うよりもむしろその反対の)圧力差によって支持される。流体の圧力差によりファイバを溝 2 5 0 内に支持または浮揚させることによって、ファイバを浮揚させるために空力的抗力が用いられたとした場合よりもずっと少ない流体流を、ファイバを浮揚させるのに用いることが可能である。

【 0 0 3 0 】

図示の実施の形態においては、流体流が、ファイバ支持溝 250 の幅狭の内方部を経てファイバ支持溝 250 内に入り、かつファイバ支持溝 250 の幅広の外方部を経てファイバ支持溝 250 を出る単一の流体流によって提供されることが好ましい。この方法において、スロットの最も幅狭の部位と最も幅広の部位との間においてファイバが浮遊する態様で、ファイバは、ファイバ支持溝 250 によって形成されたスロット内に完全に位置決めされることができる。テーパ付きファイバ支持溝 250 を採用し、かつ溝 250 の領域を流れる流体流を上記態様で噴出させることにより、ファイバ支持溝 250 によって形成された上記スロットの領域内にファイバを支持することが可能になり、その場合、上記スロットは、ファイバ支持溝 250 を通って導かれるファイバの直径よりも $10 \sim 150 \mu\text{m}$ 、より好ましくは $15 \sim 100 \mu\text{m}$ 、最も好ましくは $24 \sim 70 \mu\text{m}$ だけ広い幅を有する。ファイバ線引き工程中には、ファイバの外周と各壁面との間の距離が、ファイバ径の 0.05 と 0.5 倍との間となるように、ファイバが溝の領域内に支持されることも好ましい。

10

【0031】

いくつかの実施の形態において、ファイバ支持溝 250 は、ファイバが流体流源から離れて外方へ移動するにつれて圧力を低下させる手段を備えている。このような圧力低下手段は、上述のように、テーパ付き溝構造によって達成される。あるいは、図 7 に示されているように、溝 250 を形成する壁 242, 244 の一方または双方に 1 個または複数のスロット 270 が配置されることができ、これらのスロットは、溝 250 の入り口から出口まで、特にファイバ線引き工程中にファイバが配置される溝領域（すなわち、ファイバがエアベアリングを通過する領域）において半径方向に延びている。スロットを備えた溝に流体が接触したときに、流体はスロットの外に、したがって溝の外に流れるので、溝 250 内に作用する任意の流体圧力に対し、光ファイバを支持する流体圧力が低い程、溝 250 内におけるファイバの位置が高い。ファイバが高い位置にあると、ファイバの下方にある溝 250 内のスロットの領域は大きくなる。反対に、ファイバが低い位置にあると、ファイバの下方にある溝 250 内のスロットの領域は小さくなる。したがって、光ファイバ上の線引き張力が弱まると、ファイバが溝内で上方へ移動または外方へ移動するので、たとえ溝を形成する両側壁が互いに全く平行であっても、より多くの流体がスロットを通じて逃れ、これにより、ファイバ下方の圧力差が低下し、これにより、溝内においてファイバが上方へ移動するのを止めさせる。もちろん本発明は、圧力を低下させるためにスロットを用いることに限定されるものではなく、例えば一列に配置された小さい孔が壁面 242, 244 上に半径方向に延びる他の圧力低下手段を用いてもよい。

20

30

【0032】

図 8 に示されているような別の好ましい実施の形態において、ファイバが流体源から離れて溝内を外方へ移動するにたがって圧力を解放する手段は、流体が溝 250 の両側壁 242, 244 を通って逃れるのを可能にする多孔質材料 272 によって提供される。このような圧力解放手段は、焼結工程において気孔が金属内に捕捉されるように金属基板を焼結することによって形成されるような多孔質金属媒体の形態で得ることができる。このような多孔質金属媒体は、例えば、米国コネチカット州タリフヴィル所在のアプライド・ポラス・テクノロジー社から入手可能である。流体は多孔質材料 272 を通って溝の外へ流れるので、より少ない流体が溝 250 を通って流れ、したがって、光ファイバ 214 を支持する流体が少ない程、溝 250 内におけるファイバの位置が高くなる。したがって、たとえ溝を形成する両側壁が互いに全く平行であっても、光ファイバに掛かる線引き張力が弱まるにつれて、ファイバが溝内を上方すなわち外方へ移動し、流体が多孔質金属を通じて逃れ、これによりファイバ下方の圧力差が低下し、これにより溝内においてファイバが上方へ移動するのを止めさせるので、ファイバはなおも溝 250 内に留まることができる。

40

【0033】

ここに記載されている流体ベアリングは、例えばファイバがプレート 230 または 232 の何れにも接触することなくファイバ支持溝 250 内を移動するように、光ファイバと

50

ベアリング・アセンブリ 216 との間の実際の機械的接触を防止または実質的に防止する態様で、流体クッションの領域に沿って光ファイバが移動するのを可能にしている。これに加えて、上記領域のサイズおよび構造の故に、流体ベアリングは、流体流の実際的なコントロールを行なうことなしに、或る範囲の線引き張力に亘って機械的接触なしに、上記領域内のファイバの支持を可能にしている。

【0034】

図5を参照すると、光ファイバがファイバ支持溝 250 の底 257 に向かって移動してシム 237 またはファイバ支持溝 250 の両壁面（内表面 242, 244）に接触するのを防止するためには流体流が重要である。このことは、光ファイバが依然として裸であるために、ベアリング・アセンブリ 216 に機械的に接触したファイバの品質は合格させることができない場合に特に重要である。さらに、ファイバ支持溝 250 の底 257 に対する光ファイバ 214 の位置に近い程、光ファイバ 214 を所望の位置に維持するためにファイバ支持溝 250 内の圧力を高める必要があると思われる。溝の側壁 242 および 244 のテーパは、溝壁とファイバとの間のギャップをより狭くさせ、この必要な圧力をより高めること明らかである。ファイバ支持溝 250 内のファイバの位置に影響を与える他のファクタは、線引き張力を含む。例えば、200 g の張力で牽引されるファイバは、同一の流体流において 100 g の張力で牽引されるファイバよりもファイバ支持溝 250 内の浮遊位置が低くなる。したがって、特定のファイバ線引き速度および線引き張力に関して、流体ベアリングの領域を出る流体は、光ファイバを所望の位置に維持するために十分なことが重要である。例えば、プレート 230 と 232 との間の最も内側の部分の幅が約 127 μm で、最も外側の部分の幅が約 380 μm であるファイバ支持溝 250 を利用した上述の実施の形態においては、流体の流量が約 0.5 リットル/秒から 5 リットル/秒までとすることができる。このような構造および流量により、光ファイバの周囲の局部的流体速度を 800 km/時以上にもすることができる。このようにして、いくつかの実施の形態において、ファイバ支持溝 250 内で用いられるファイバ周囲の最大流速が 1000 km/時を超え、2000 km/時を超え、4000 km/時を超え、6000 km/時さえも超える場合もある。いくつかの実施の形態において、ファイバ支持溝 250 内においてファイバの周囲に作用する流体の最大速度は 9000 km/時を超えている。例えば、本発明者等は、ファイバ支持溝 250 内においてファイバの周囲に 10000 km/時の流体流を作用させることに成功したことがあった。しかしながら、ここに開示されている方法は、勿論これらの流体速度に限定されるものではなく、ファイバが、線引き条件（例えば、線引き速度、線引き張力等）および流体ベアリングの構造に左右されるファイバ支持溝 250 内の所望の位置に位置決めされる結果によって選択することができる。別の実施の形態においては、流体の流量が約 3 リットル/秒から 4 リットル/秒までとすることができる。勿論、所定の線引き張力において光ファイバを所望の位置に維持するのに十分な流量を用いることができる。このような高い流体流速を用いると、光ファイバの冷却を促進することができる。ファイバの温度と、流体ベアリングを通じて放出される流体の温度との間の差が大きい程、かつ流体流速が高い程、達成される冷却量が大きい。いくつかの実施の形態において、流体ベアリングに入るファイバの温度は、流体ベアリングを通じて放出されて流体ベアリング内のファイバを支持する流体の温度よりも 100 高く、500 高く、1000 高く、1500 高くなり得る。上述の実施の形態（すなわち、最も狭い部分の幅が 127 μm 、最も広い部分の幅が 380 μm 、流体ベアリングの半径（すなわち、ファイバの旋回半径）が約 8 cm、流体流量が約 0.5 リットルから約 5 リットルまでの流体ベアリングを採用）において、20 m/秒を超える線引き速度とともにこのような温度差を採用すると、流体ベアリングに入るときに 1100 の温度であったファイバが、室温（すなわち 20 ）の流体（好ましくは空気）を用いてこのファイバを 180 度方向変換する流体ベアリングを通過させることによって、1000 も、すなわち 1000 まで冷却されることができた。この極めて大きい冷却量は、ここに開示されたような流体ベアリングを用いると、ファイバを 500、2000、5000、7000 を超えて、さらには 9000 を超えて冷却することができる可能性を示している。多分さらに重

10

20

30

40

50

要なことは、このようなファイバ冷却量が、3 m未満の、より好ましくは2 m未満の、もっとも好ましくは1 m未満のファイバ距離（すなわち、流体ベアリングの流体クッションにファイバが曝される円周方向距離）に亘って達成されることである。しかしながら、ファイバ/流体クッションの接触距離の長短は、所望の結果および製造領域のレイアウトに左右される。ここに開示された流体ベアリングの特筆すべき冷却能力は、光ファイバ線引き工程全体から、ヘリウム冷却装置を排除することを可能にする。

【0035】

流体ベアリング16, 24, 116, 216, 316の半径は重要ではない。いくつかの実施の形態において、流体ベアリングは、ファイバが約8から6 cmの旋回半径を有するように構成される。例えば、より多大の冷却が望ましいか（この場合は、より大径の流体ベアリングが好ましい）、あるいはファイバ線引き工程の制約に応じて、より大きい、またはより小さい半径の流体ベアリングを採用することができ、あるいは、追加の流体ベアリングを採用することができる（図2に示されているように）。

10

【0036】

図6に示された別の実施の形態においては、流体ベアリング316が、第1および第2プレート（不図示）の円弧状外周面338に設けられた1個または複数個の切欠き部370を有することができる。別の実施の形態においては、上述のように、図6の構成が、図3に関して説明したような別個の内側部材を備えることができる。なおも図6を参照すると、各プレート上の対応する切欠き部370は、光ファイバ314の、よりコントロールされた出入りを可能にする。特に、光ファイバ314が流体ベアリングに入るときに、このファイバは第1プレートと第2プレートとの間を通過する（図4および図5の実施の形態に示されているように）。ファイバが流体ベアリングを出るときには、ファイバには、いくつかの理由によって振動する力を受け、その領域における第1プレートまたは第2プレートに機械的に接触する可能性がある。上記プレート（または別個の内側部材）上の切欠き部370は、光ファイバが流体クッション領域の部分に直接入り、および/または出ることを許容することによって、光ファイバがその領域に出入りするときにファイバに作用する過渡的な力を最小化または排除し、かくして振動する流体力学的力をバイパスする。図6における実施の形態に示されているように、第1プレートおよび第2プレート（不図示）（または内側部材）に設けられた2個の対応する切欠き部370があり、一方の切欠き部は光ファイバのための入口を提供し、他方の切欠き部は光ファイバのための出口を提供する。前述のように、図3の内側部材236は、図6の切欠き部を有するように構成されて、類似した能力を提供する。光ファイバに作用する過渡的な力を最小化または排除し得る如何なるプレートおよび内側部材の構造または配置を用いてもよいことは言うまでもない。

20

30

【0037】

したがって、ここに説明されているベアリング・アセンブリは、光ファイバ製造のための非直線的径路を提供することを含む多くの機能を果たすことができる。この件について、ベアリング・アセンブリは、上述したように、如何なる光ファイバを搬送する方法との組合せにも用いることができる。これに加えて、ここで論議されかつ図示されているような流体ベアリングの実施の形態は、光ファイバ製造工程中の何れの段階においても使用可能なことを理解すべきである。被膜塗布装置の以前において非直線的径路を可能にすることによって、ベアリング・アセンブリおよびこれらのベアリング・アセンブリを組み込んだ光ファイバ製造システムは、常套的な線引き塔に比較して占有空間が狭くて済むシステムを提供しながら、光ファイバ製造システム内において構成要素の操作および交換が容易に行なえる点で極めて融通性に富むものである。

40

【0038】

ここで論議されているように、上記ベアリング・アセンブリおよびこれらのベアリング・アセンブリを組み込んだ光ファイバ製造システムは、光ファイバを冷却する新規なシステムおよび方法を含み、これによって、付加的な冷却機構および要素を排除し、さらにこのようなシステムの融通性を高める。したがって、ここに説明されている流体ベアリング

50

を組み込んだ光ファイバ製造システムおよび光ファイバ製造方法は、従来のシステムおよび方法に勝る多くの利点を有する。

【実施例 1】

【0039】

1個の光ファイバプリフォームから直径が約125 μ mの1本の光ファイバが、線引き速度が20m/秒、線引き張力が約200グラムの常套的なファイバ線引き工程を用いて線引きされた。被膜が付されていない裸の光ファイバは、本発明による流体ベアリングを通じて向きを変えられたことによって180度変向された。利用された流体ベアリングは、図3～図5に示された形式を有し、かつ最も狭い部位の幅が約127 μ m、最も広い部位の幅が約380 μ mのファイバ支持溝250を備え、流体ベアリングの半径(したがってファイバ旋回半径)は約13cm(5インチ)であった。この流体ベアリングは、流体ベアリングに入るファイバの進入温度が約1100の位置に設けられた。室温(すなわち約24)の空気が流体ベアリングを通じて放出された。ファイバ支持溝250内においてファイバを取り巻く領域における流体の速度は約1000km/時であった。流体ベアリングの出口におけるファイバの温度は、本発明の大きな冷却能力を実証する約500であった。ファイバ経路は、この光ファイバを傷付けることなく巧みに180度回転させた。

10

【0040】

本発明の精神および範囲から離れることなしに、種々の変形および変更が可能なことは、当業者には明らかであろう。したがって本発明は、添付の請求項およびそれらの均等物の範囲内で行なわれた本発明の変形および変更をカバーすることを意図するものである。

20

【符号の説明】

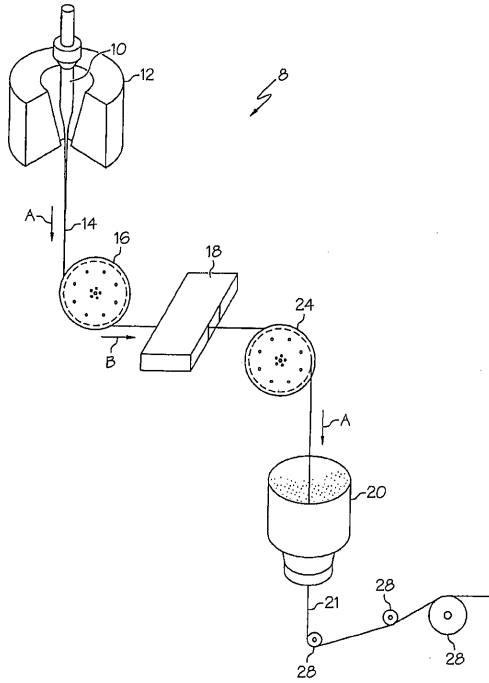
【0041】

- 8, 108 光ファイバ製造システム
- 10, 110 プリフォーム
- 12, 112 線引き炉
- 14, 114, 214, 314 裸の光ファイバ
- 16, 24, 116, 216, 316 流体ベアリング
- 18, 118 冷却装置
- 20, 120 コーティング・ユニット
- 21, 121 保護被膜層
- 28, 128 牽引機構
- 230, 132 プレート
- 234 開口部
- 236 内側部材
- 238, 239, 338 円弧状外周面
- 240 ボルト
- 242, 244 溝の壁面
- 250 ファイバ支持溝
- 254 流体
- 256 溝の外方部
- 257 溝の内方部
- 270 スロット
- 272 多孔質材料
- 370 切欠き部

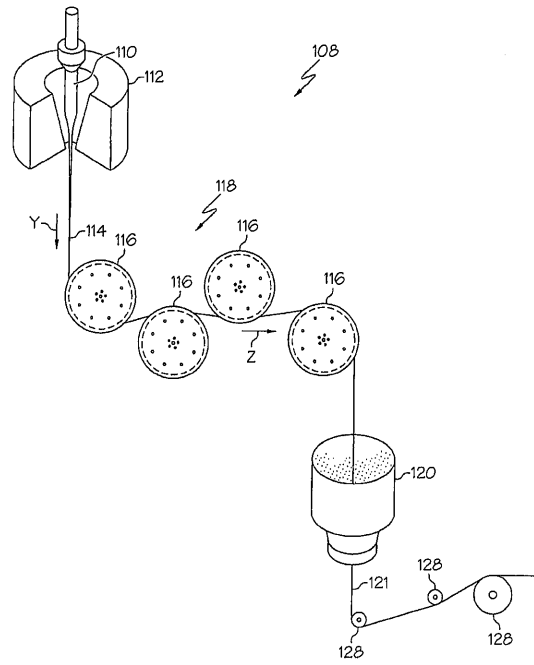
30

40

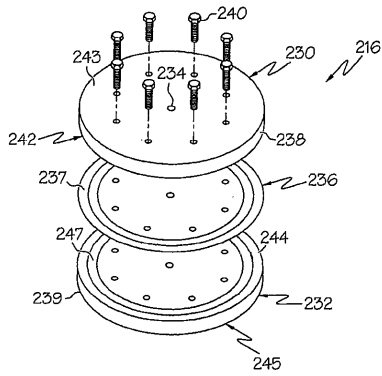
【 図 1 】



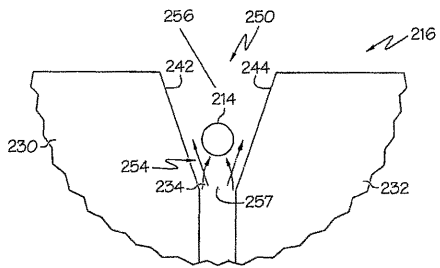
【 図 2 】



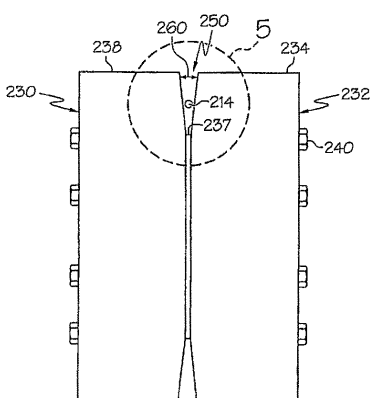
【 図 3 】



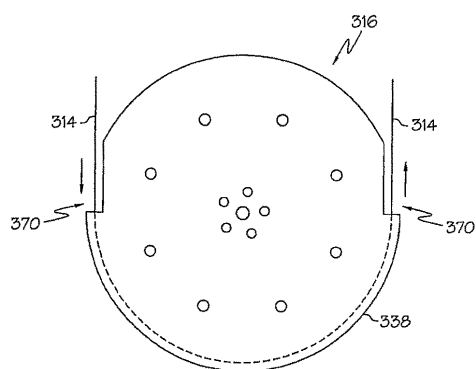
【 図 5 】



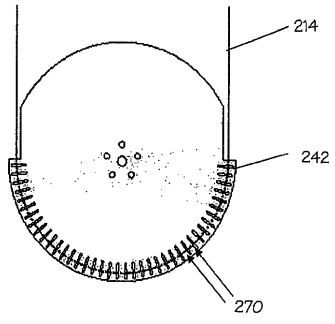
【 図 4 】



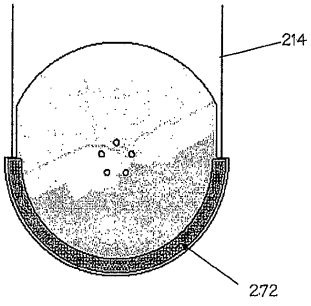
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェイムズ エイチ フェイラー
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 28403 ウィルミントン サウス ライヴ オーク
パークウェイ 2118
- (72)発明者 アンドレイ ヴィー フィリップフ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14870 ペインテッド ポスト オーヴァーブルック ド
ライヴ 66
- (72)発明者 スティーヴン ジェイ グレゴースキー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14870 ペインテッド ポスト ウェストン レイン 1
18
- (72)発明者 ブルース ダブリュ レッディング
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 28409 ウィルミントン ヨークシャー レイン 2
13
- (72)発明者 ジョン シー トーマス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14905 エルミラ ヘンディー クリーク ロード 77

審査官 山崎 直也

- (56)参考文献 特開昭62-003037(JP,A)
特開平09-263357(JP,A)
特開平05-024743(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C03B 37/00 - 37/16