

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5074427号
(P5074427)

(45) 発行日 平成24年11月14日(2012.11.14)

(24) 登録日 平成24年8月31日(2012.8.31)

(51) Int.Cl.	F 1
CO3B 37/025 (2006.01)	CO3B 37/025
GO2B 6/00 (2006.01)	GO2B 6/00 376Z
GO2B 6/032 (2006.01)	GO2B 6/20 Z
CO3B 37/012 (2006.01)	CO3B 37/012 Z

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-557295 (P2008-557295)	(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 ブ ラザ 1
(86) (22) 出願日	平成19年2月20日 (2007.2.20)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(65) 公表番号	特表2009-528248 (P2009-528248A)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(43) 公表日	平成21年8月6日 (2009.8.6)	(72) 発明者	ガラガー,マイケル ティー アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 30 コーニング ウエスト フォース ストリート 91
(86) 國際出願番号	PCT/US2007/004532		
(87) 國際公開番号	W02007/106305		
(87) 國際公開日	平成19年9月20日 (2007.9.20)		
審査請求日	平成22年1月29日 (2010.1.29)		
(31) 優先権主張番号	11/366,654		
(32) 優先日	平成18年3月1日 (2006.3.1)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファイバ作成中にファイバプリフォーム内の二元圧力制御を可能にする方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトニック結晶光ファイバを作成する方法において、複数の孔及び外周を有するプリフォームであって、前記孔が該プリフォームの第1の端面から該プリフォームの第2の端面まで貫通している、プリフォームを提供する工程、径方向に内側に延びる少なくとも1つのスロットを、該少なくとも1つのスロットが前記孔の少なくともいくつかと交差し、しかも該少なくとも1つのスロットが前記孔の少なくとも1つとは交差しないように、前記プリフォーム内に形成する工程、

前記少なくとも1つのスロットに第1の圧力を導入することによって、前記少なくとも1つのスロットが交差している前記孔内に前記第1の圧力を確立する工程、

前記少なくとも1つのスロットが交差していない前記孔内に前記第2の圧力を導入することによって、前記少なくとも1つのスロットが交差していない前記孔内に前記第2の圧力を確立する工程、及び

前記第1の圧力及び前記第2の圧力を独立に制御しながら、前記プリフォームをファイバに線引きする工程、

を有してなる方法。

【請求項 2】

前記プリフォームをファイバに線引きする前記工程が、前記線引工程の少なくとも一部の間は前記第2の圧力が前記第1の圧力と異なるように、前記第1の圧力及び前記第2の圧力を独立に制御する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのスロットを形成する前記工程が、それぞれが前記プリフォームの前記外周の 30° から 180° の範囲内の弧と交差する、少なくとも 2 つのスロットを形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記少なくとも 2 つのスロットを形成する前記工程が、前記プリフォームの前記外周の 70° から 180° の範囲内の弧と交差するように、前記スロットを形成する工程を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記プリフォームの前記第 1 の端面において前記孔の前記少なくともいくつかを封じると同時に前記プリフォームの前記孔の少なくとも 1 つを通してガスを流し、よって、前記プリフォームの前記孔の、前記ガスを受け入れている、前記少なくとも 1 つの閉塞を阻止する工程、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記プリフォームの前記第 1 の端面において前記孔の前記少なくともいくつかを封じると同時に前記孔の少なくとも 1 つにプラグを挿入し、よって、前記孔の前記少なくとも 1 つの閉塞を阻止する工程、及びその後に前記プラグを除去する工程、
をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

第 1 の管を前記プリフォームの前記第 1 の端面に、前記第 1 の管が前記プリフォームの前記第 1 の端面において封じられていない前記プリフォームの前記孔と気体流通状態にあるように、固着する工程、

をさらに含み、

前記第 2 の圧力が、前記第 1 の管を介して、前記第 1 の端面において封じられていない前記プリフォームの前記孔と通じることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記プリフォームの少なくとも一部を中に封入する第 2 の管を提供する工程、及び

前記第 2 の管を前記プリフォームの前記外周に、前記第 2 の管が前記少なくとも 1 つのスロットと気体流通状態にあるように、固着する工程、

をさらに含み、

前記第 1 の圧力が前記第 2 の管を介して前記プリフォームの前記少なくとも 1 つのスロットと通じることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プリフォームの少なくとも一部を中に封入する管を提供する工程、及び

前記管を前記プリフォームの前記外周に、前記管が前記少なくとも 1 つのスロットと気体流通状態にあるように、固着する工程、

をさらに含み、

前記第 1 の圧力が前記管を介して前記プリフォームの前記少なくとも 1 つのスロットと通じることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、フォトニック結晶光ファイバまたはフォトニックバンドギャップファイバを作成する方法に関し、特に、プリフォームの光ファイバへの線引き中にプリフォーム内の長さ方向に延びる複数の孔の中の圧力の独立制御を与える方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

光ファイバは、遠距離通信、レーザ加工及び溶接、レーザビーム及びパワー送配、ファイバレーザ等を含む、広汎な分野で用いられている。一般に、ファイバは、ガラスなどの

10

20

30

40

50

固体透明材料で構成され、その長さに沿って一定の断面形状を有する。そのようなファイバの別の構造には、ファイバ軸に沿って長さ方向に延びる孔または空所を有する微細構造付光ファイバがある。これらの孔には一般に空気または不活性ガスを入れるが、その他の材料を入れることもできる。

【0003】

微細構造付光ファイバは、広汎な特性を最適化するような構造につくることができ、数多くの用途に有用である。例えば、微細構造付光ファイバは中実ガラスコア及び、大きな負の値と大きな正の値の間の範囲にわたる分散値が得られるように孔の位置及び寸法が定められた態様で、コアを囲むクラッド領域に配置された複数の孔を有することができる。これらの特定のファイバは分散補償を必要とする用途に有用である。中実コア微細構造付光ファイバは、広い波長範囲にわたり单一モード導波を提供するような構造につくることもできる。中実コア微細構造付光ファイバの大半は全反射機構によって導光し、この場合、連関する孔の低屈折率が、孔が配置されているクラッド領域の屈折率を低めるように作用する。

10

【0004】

微細構造付光ファイバの別の形態には、全反射機構とは基本的に異なる機構によって導光する、フォトニックバンドギャップファイバがある。フォトニックバンドギャップファイバはファイバのクラッド層に形成されたフォトニック結晶構造を有し、ここで、フォトニック結晶構造は孔の周期アレイからなる。ファイバのコアはフォトニック結晶構造クラッド層における欠陥によって形成される。例えば、欠陥にはフォトニック結晶構造の孔とは寸法及び／または形状が実質的に異なる孔を含めることができる。一般に、フォトニックバンドギャップファイバは、ガラス内の空気孔の周期アレイからなるクラッド構造によって囲まれた中空空気コアで構成される。

20

【0005】

微細構造付光ファイバのフォトニック結晶構造は、その範囲内では光がフォトニック結晶構造内を伝搬することができない、バンドギャップとして知られる、周波数範囲を有する。応用において、バンドギャップ内の周波数を有する、ファイバのコアに導入された光はフォトニック結晶クラッド層内を伝搬せず、したがってコア内に閉じ込められるであろう。フォトニックバンドギャップファイバは、フォトニック結晶構造の孔より大きな孔で形成されたコアを有することができる。中空コアフォトニックバンドギャップ技術の極めて重要な態様は、非線形性が小さく、減衰が小さい、空気コアをもつファイバの作成である。詳しくは、光は、気体材料にともなう吸収及びレイリー散乱による小さな損失を示す、気体媒質内を誘導される。光は気体媒質内を誘導されるから、中空コアファイバは極めて小さな非線形性を与えるように構成することができる。さらに、中空コア微細構造付光ファイバは非常に広い波長範囲にわたる導光に良く適している。そのようなファイバは、溶接、リソグラフィ、切断等のような、UVからIRの範囲の波長で高パワーを伝送する業界内での用途に有利であり、遠距離通信信号の超低損失伝送を必要とする用途にも有利である。

30

【0006】

微細構造付光ファイバは全ガラス光ファイバの製作に概ね類似の方法を用いて作成される。所望の孔配置を有するプリフォームが形成され、次いで熱及び張力を用いてファイバに線引きされる。線引プロセス中、孔の寸法、形状及び配置は材料の粘度及び孔内の表面張力に依存してかなり歪み得る。そのような歪は、バンドギャップが孔の寸法、ピッチ及び対称性のようなフォトニック結晶構造の特性寸法の変化に極めて敏感であり得るから、中空コアフォトニックバンドギャップファイバに特に有害である。そのような歪はコア／クラッド層境界の幾何学的形状にも影響を与え、したがって、導波モードの減衰挙動にかなりの効果を有し得る。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

これまで、中空コア微細構造付光ファイバの製作に用いられている製作プロセスは、再現が困難であり、比較的高費用であって、時間がかかっていた。当業者には、微細構造付光ファイバの作成に用いられるプリフォームの孔は極めて小さく（例えば直径が数100μmより小さく）なり得ること、及び微細構造付光ファイバプリフォームの無数の孔の様々な加圧システムへの結合が些細な作業ではないことが認められるであろう。ファイバの形状寸法の改善された制御を可能にし、それでも、実用的であって、ロバストで反復可能であり、よって中空コア微細構造付光ファイバの製作にともなう総時間、費用及び複雑性を低減する、方法が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様はフォトニック結晶光ファイバを作成する方法に関し、本方法は、複数の穴及び外周を有するプリフォームであって、孔がプリフォームの第1の端面からプリフォームの第2の端面まで貫通している、プリフォームを提供する工程及び、径方向に内側に延びる少なくとも1つのスロットを、少なくとも1つのスロットが孔の少なくともいくつかと交差し、しかもスロットが少なくとも1つの孔とは交差しないように、プリフォーム内に形成する工程を含む。本方法は、少なくとも1つのスロットに第1の圧力を導入することによって少なくとも1つのスロットが交差している孔内に第1の圧力を確立する工程及び少なくとも1つのスロットと交差していない少なくとも1つの孔の一端に第2の圧力を導入することによって少なくとも1つのスロットが交差していない少なくとも1つの孔内に第2の圧力を確立する工程も含む。本方法は、第1及び第2の圧力を独立に制御しながら、プリフォームをファイバに線引きする工程をさらに含む。

【0009】

本発明の別の態様はフォトニック結晶光ファイバまたはフォトニックバンドギャップ光ファイバを作成する方法に関し、本方法は、それぞれが軸線、第1の端面及び第2の端面を有する複数本の細長ガラス管であって、ガラス管の内の少なくとも何本かは、それぞれがガラス管の軸線に平行であって、ガラス管の第1の端面からガラス間の第2の端面まで貫通する、孔を有する毛管である、複数本の細長ガラス管を提供する工程、ガラス管のそれぞれの軸線が互いに実質的に平行になるようにガラス管が配置された、ガラス管の束を形成する工程、及びガラス管の束を、第1の端面及び第2の端面を有するプリフォームを形成するために、加熱して直径を縮める工程（すなわち再線引工程）を含む。本方法は、プリフォームの第1の端面を加熱して変形させることによりプリフォームの第1の端面においてプリフォームの孔の内の少なくともいくつかを封じる工程及び、半径方向に内側に延び、長さ方向に隔てられた複数のスロットを、スロットのそれぞれが孔のいくつかと交差し、よってプリフォームの外周と孔の間の気体流通を提供し、しかもスロットがガラス孔の全てとは交差しないように、プリフォーム内に形成する工程も含むことができる。本方法は、プリフォームの第1の端面に第1の管を、スロットが交差していないプリフォームの孔の内の少なくともいくつかと第1の管が気体流通状態にあるように、固着する工程及び、プリフォームの外周のまわりに第2の管を、第2の管がスロットと気体流通状態にあるように、固着する工程をさらに含む。本方法はまた、第2の管を介してスロットに第1の圧力を導入することによってスロットが交差している孔内に第1の圧力を確立する工程、第1の管を介して第2の圧力を導入することによってスロットが交差していないガラス管の孔内に第2の圧力を確立する工程及び、第1及び第2の圧力を独立に制御しながら、プリフォームをファイバに線引きする工程をさらに含む。この第1及び第2の圧力の独立制御により、孔寸法、ピッチ、コア寸法及びコアの形状の厳密な制御が容易になる。

【0010】

本明細書に開示される本発明の方法により、中空コア微細構造付光ファイバの製作に対する、実用的であって、ロバストで反復可能な方策が可能になる。本発明の方法は、中空コア微細構造付光ファイバの製作に通常ともなう、プロセスの時間、費用及び複雑性を低減し、提案される用途に特によく適する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本明細書での説明のため、「上」、「下」、「右」、「左」、「後」、「前」、「縦」、「横」及びこれらに派生する用語は図1, 3及び5における方位付けとして本発明に関わることになる。しかし、そうではないことが明白に指定されている場合を除いて、本発明が様々な別の方位付け及び工程シーケンスをとり得ることは当然である。添付図面に示され、以下の明細に説明される、特定のデバイス及びプロセスが添付される特許請求の範囲に定められる本発明の概念の例示的実施形態であることも当然である。したがって、本明細書に開示される実施形態に関する特定の寸法及びその他の物理的特性は、限定であることが特許請求の範囲で明白に述べられていない限り、限定と見なされるべきではない。

【0012】

本発明の一態様においては、微細構造付光ファイバを形成するための方法が提供される、本方法においては、複数の穴及び外周を有するプリフォームが提供され、孔はプリフォームの第1の端面からプリフォームの第2の端面まで貫通する。径方向に内側に延びる複数のスロットが、プリフォームの多くの孔とスロットが交差するように、しかもスロットがプリフォーム内の孔の全てとは交差しないように、プリフォーム内に形成される。次いで、スロットに第1の圧力を導入することによってスロットが交差している孔内に第1の圧力が確立され、スロットが交差していない孔の一端に第2の圧力を導入することによってそれらの孔内に第2の圧力が確立される。次いで、第1及び第2の圧力を独立に制御しながら、プリフォームをファイバに線引きし、よって、以下でさらに詳細に論じられるように、ファイバの線引き中の孔の寸法、ピッチ等の制御が可能になる。

【0013】

参照数字10(図1)はフォトニック結晶光ファイバの作成のための光ファイバプリフォームを全体として指定する。プリフォーム10は、それぞれが長さ方向に延びる孔14を有する毛管12の束で構成される(図2)。図示される例において、孔14のそれぞれは中空であり、その中には気体媒質が入っているが、孔の少なくともいくつにはその中に別の屈折材料を入れることができることに注意すべきである。図示される実施形態において、毛管12は中央に配置された長さ方向に延びる中空コア16をつくるような態様で配置され、中空コア16の形状は気体供給配管の気体流通可能な態様での中空コア16との結合が困難であることを示す。しかし、例えば、コアが中央に配置されていないか、あるいは(ファイバの中心のまわりに対称または非対称に配置された)複数のコアが用いられる、別の構成を用いることができるであろう。複数の毛管12の孔14はコア16に対する実効屈折率クラッド領域を形成する。集成において、毛管12の束は大きなスリーブ管または外被ガラス管18内に配置される。詳しくは、初期光ファイバプリフォーム10は、その内の少なくとも何本かは孔14を有する毛管12である、ガラス管の束を構成し、ガラス管の束を大きなスリーブ管内に配置し、集成体を加熱及び再線引きして(集成体の直径を縮めて)孔14が未だにその中に保持されている一體プリフォーム10を形成することによって、形成される。形成されると、プリフォーム10は、第1の端面22、第2の端面20及び外周23を定め、プリフォーム10内には孔14が未だに保持されている。図示される例において、毛管12の束の過大な外寸に対するスリーブ管18の相対寸法は比例尺で示すことができることに注意されたい。

【0014】

図3に最善に示されるように、プリフォーム10の第2の端面20において、ヘリウムのような、加圧ガスがコア16に導入され、同時にプリフォーム10の第1の端面22は端面22の変形を可能にするために加熱される。加圧ガスは、ヘリウム、アルゴンまたは窒素あるいはこれらの混合気のような、不活性ガスであることが好ましい。プリフォーム10の第1の端面22は、プリフォームが第1の端面22に近接する端面領域24内の孔14を封止するに十分に熱くなるまで、加熱される。図示される例において、孔14は、以下で論じられるように、プリフォーム10の第1の端面22に供給されるいかなる空気圧もコア16には入るが、孔14に入ることは防止されるように、封じられる。

【0015】

10

20

30

40

50

あるいは、プリフォーム 10 の第 1 の端面 22 の加熱に先立って、例えば黒鉛ロッドのような、プラグ 28 を中空コア 16 に挿入することができ、よって、端面領域 24 が孔 14 を封じるために加熱されて変形させられるときの、中空コア 16 の閉塞を防止することができる。孔 14 の封止に続いて、加熱された、酸素のようなガスがプリフォーム 10 の第 2 の端面 20 を介して中空コア 16 に導入され、よって、コア 16 内からの黒鉛ロッド 28 の抜取りが可能になることが好ましい。あるいは、端面領域 24 の変形及び冷却に続いて十分な量の熱を外部から端面領域 24 に印加し、よって、黒鉛ロッド 28 の抜取りを可能にすることもできる。

【0016】

径方向に内側に延びる複数のスロット 30 がプリフォーム 10 内に形成される。図示される例において、全部で 6 つのスロット 32, 34, 36, 38, 40, 42 が形成される。しかし、所望に応じて、6 つより多いかまたは少ないスロットを用いることができるであろう。スロット 32, 34, 36, 38, 40, 42 のそれぞれは多くの孔 14 と交差し、よって、以下で説明されるように、孔 14 との気体流通が可能になる。単一スロットを、プリフォーム 10 の外周 23 と 360° で交差し、プリフォーム 10 の全ての孔 14 のそれぞれと交差するように、形成できることに注意されたい。少なくとも 2 つのスロットが、それぞれのスロットがプリフォーム 10 の外周 23 の約 30° から約 180° の範囲内の弧と交差するように、プリフォーム 10 に形成されることが好ましい。多数のスロット 30 がプリフォーム 10 内に形成され、それぞれが外周 23 の約 70° から約 180° の範囲内の弧と交差することができる。例えば、それぞれが外周 23 のほぼ 170° ~ 180° の弧と交差する、総数 6 のスロット 30 をプリフォーム 10 内に形成することができるが、別の数のスロット 30 を用いることもできる。

【0017】

図示される例（図 4A ~ 4F）においては、スロット 32, 34, 36, 38, 40, 42 がそれぞれ、外周 23 の 170° と 180° の間の弧と交差するように形成される。詳しくは、第 1 のスロット 32 の形成後、第 2 のスロット 34 の始点が第 1 のスロット 32 の始点から 120° になるようにプリフォーム 10 を回転させる。このパターンを、第 3 のスロット 36 の始点が第 2 のスロット 34 の始点から 120° 回転され、第 4 のスロット 38 の始点が第 3 のスロット 36 の始点から 180° 回転され、第 5 のスロット 40 の始点が第 4 のスロット 38 の始点から 120° 回転され、第 6 のスロット 42 の始点が第 5 のスロット 40 の始点から 120° 回転されるというように、反復される。以下の例のスロット 30 は、ダイアモンド微粉固着カッティングホイールによって形成されたが、ダイアモンド微粉固着カッティングワイア、研磨材水ジェット、レーザカッティング、ドリル加工、火炎作業等を含む、そのような用途に適するその他の方法及びデバイスを用いることができる。プリフォーム 10 の適切な引張強度及び剪断強度を確保するためには、スロット 32, 34, 36, 38, 40, 42 が、スロット 30 の隣接する対のそれぞれの中心線間隔として定義される距離 d だけ、プリフォーム 10 の長さに沿って相互に隔てられることが好ましい。距離 d は約 1 mm から約 5 mm までの範囲内にあることが好ましい。さらに、また同様の理由のため、スロット 32, 34, 36, 38, 40, 42 のそれぞれの幅 w は約 1 mm から約 4 mm までの範囲内にある。プリフォーム 10 のスロット 32, 34, 36, 38, 40 及び 42 は、プリフォーム 10 へのスロットの形成に続いて精密研磨して、プリフォーム 10 のスロット内に、スロット形成中に、形成される微小クラックを除去するかまたは減らすことができる。

【0018】

プリフォーム 10 内のスロット 30 の形成に続き、第 1 のガラス管 44（図 5）がプリフォーム 10 の第 1 の端面 22 に固着される。詳しくは、第 1 のガラス管 44 は、プリフォーム 10 の第 1 の端面との間に気密封止が形成されるように、プリフォーム 10 の第 1 の端面 22 に火炎作業で固着される近端 46 を有する。第 1 のガラス管 44 は、第 1 のガラス管 44 が中空コア 16 と気体流通状態にあるように、プリフォーム 10 に固着される。第 1 のガラス管 44 の遠端 48 は第 1 の圧力制御システム（図示せず）と気体流通状態

10

20

30

40

50

にある。第2のガラス管52の近端50が、第2のガラス管50がプリフォームの少なくとも一部を封入するように、プリフォーム10の外周23に火炎作業で固着される。このようにすれば、第2のガラス管52の内部はスロット30と気体流通状態にある。第2のガラス管50の一端50はプリフォーム10の外周32に火炎作業で固着されることが好ましい。供給配管55が第2のガラス管52内のアパーチャ59を介して第2のガラス管52と気体流通状態にあるように、第2のガラス管52の外周57に供給配管55が火炎作業で固着される。供給配管55は第2の圧力制御システム(図示せず)と気体流通状態にある。図示される例において、第2のガラス管52は、第2のガラス管52内にプリフォーム10の一部及び第1のガラス管44が受け入れられるような形状につくられている。例えば、第1のガラス管44を滑動可能な態様で第2のガラス管52の遠端54内に保持することができる。あるいは、第1のガラス管44が第2のガラス管52の遠端54内に堅固に保持されるように、第1のガラス管44に火炎作業を行うことができる。第1のガラス管44及び第2のガラス管52は火炎作業によってプリフォーム10に固着させることができるが、そのような用途に適する、ガラスフリット、レーザ溶接、Oリングシール、エポキシ樹脂等のような、その他の方法及びプロセスを利用することもできる。10

【0019】

技術上既知の態様において、プリフォーム10は、プリフォーム10の第2の端面20から線引きされて、プリフォーム10の直径が縮められ、光ファイバが好ましくは形成される。プリフォーム10(図3)が孔14及び中空コア16に単一圧力が印加されている状態でファイバに線引きされると、微細構造にかなりの歪が生じ得る。特に、中空コア16はフォトニック結晶クラッド領域の孔14に比較して寸法がかなり大きく歪む。本発明のいくつかの実施形態、すなわちコア16の直径が孔14の直径より大きい実施形態においては、孔14に対するコア16の相対寸法を維持するため、孔14内に用いられる圧力より低い圧力をコア16内に用いることができる。しかし、コア直径が孔14の相対直径より小さければ、コア16には孔14より高い圧力を用いることが望まれることになる。20

【0020】

この結果、中空コア16と孔14内の圧力を独立に制御することが望ましい。ファイバの線引中、第1の圧力制御システムを第2の圧力制御システムとは異なる圧力に設定することができる。例えば、当業者は、中空コア16と孔14の相対寸法を互いに対して維持し、よって上述した歪を回避するために、第1の圧力制御システムの圧力を第2の圧力制御システムの圧力より高く設定することができる。2つの独立な圧力制御システムが用いられる場合、第1の圧力制御システムを第2の圧力制御システムとは実質的に異なる圧力に設定することができる。圧力制御システムによって与えられる圧力を制御することによって、当業者は、ファイバがそれから線引きされるプリフォーム10の第2の端面20における孔14及び中空コア16の内部の圧力を制御することができる。当業者であれば、線引中に孔の相対直径を拡大、維持または縮小するためにコア16及び孔14の内部圧力を制御することができる。さらに、線引工程中にヘリウム、アルゴン、窒素等のような不活性ガスを利用することは既知であるが、本発明の方法により、コア16及び孔14に導入されるガスを互いに異ならせることができることになる。例えば、ファイバ線引作業中に、第1の圧力(すなわち孔14に接している圧力)を約10~300 Torr(約1.33×10³~4×10⁴ Pa)とすることができます、第2の圧力(すなわち中空コア16に接している圧力)を約5~75 Torr(約6.66×10²~1×10⁴ Pa)とすることができます。さらに、第1及び第2の圧力は真空としての印加できることに注意されたい。30

【0021】

圧力制御システムの少なくとも一方の圧力を制御するためにフィードバック制御を利用することができます。例えば、孔の寸法をモニタすることができ、相対圧力を制御するためのフィードバック系の一部としてその寸法情報を用いることができる。あるいは、圧力モニタを中空コア16及び/または孔14に結合させることができ、圧力モニタからの圧力情報を、相対圧力を制御するためのフィードバック系の一部として用いることができる。40

【0022】

本明細書に開示される本発明の方法により、中空コア微細構造付光ファイバの製作に対する、実用的であって、ロバストで反復可能な方策が可能になる。本発明の方法は、中空コア微細構造付光ファイバの製作に通常ともなう、プロセスの時間、費用及び複雑性を低減し、提案される用途に特によく適する。

【0023】

添付される特許請求の範囲に定められるような本発明の精神または範囲を逸脱することなく、本明細書に説明されるような本発明の好ましい実施形態に様々な改変がなされ得ることが当業者には明らかになるであろう。したがって、本発明の改変及び変形が添付される特許請求項及びそれらの等価物の範囲内に入れば、本発明はそのような改変及び変更を10を含すると目される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】中空コア微細構造付光ファイバの形にされるべきプリフォームの側面図である

【図2】プリフォームの端面図である

【図3】プリフォームを通って長さ方向に延びる孔がプリフォームの一方の端面で封じられており、代りの黒鉛ロッドが破線で示されている、プリフォームの部分側断面図である

【図4A】図3の線IVA-IVAに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図4B】図3の線IVB-IVBに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図4C】図3の線IVC-IVCに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図4D】図3の線IVD-IVDに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図4E】図3の線IVE-IVEに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図4F】図3の線IVF-IVFに沿ってとられたプリフォームの断面図である

【図5】第1及び第2の加圧管に結合されたままのプリフォームの部分側断面図である

【符号の説明】

【0025】

10 プリフォーム

12 毛管

14 孔

16 中空コア

18 外被ガラス管

20, 22 プリフォーム端面

23 プリフォーム外周

28 黒鉛ロッド

30, 32, 34, 36, 38, 40, 42 スロット

10

20

30

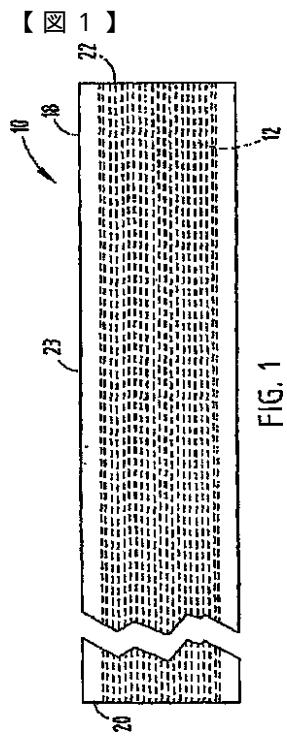


FIG. 1

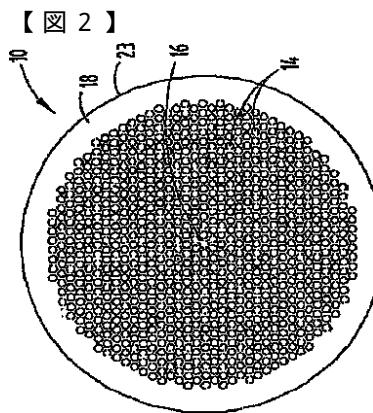
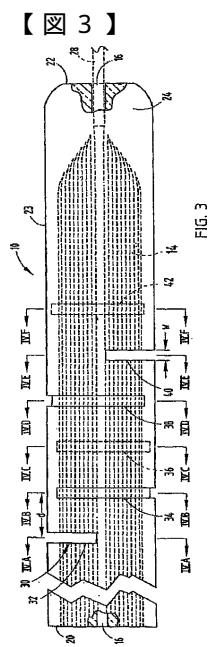


FIG. 2



IG. 3

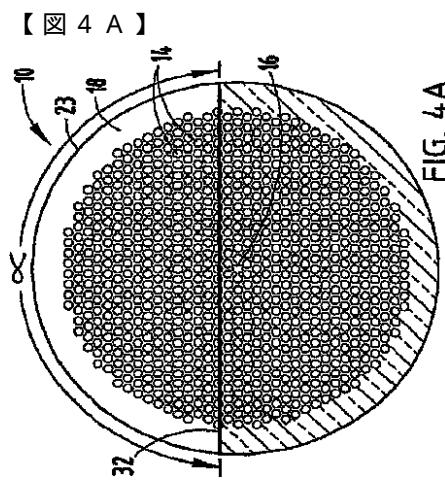
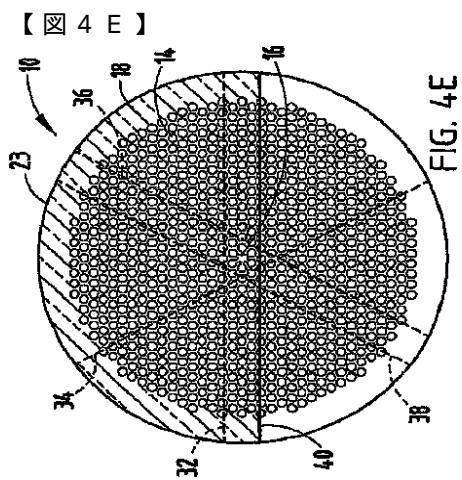
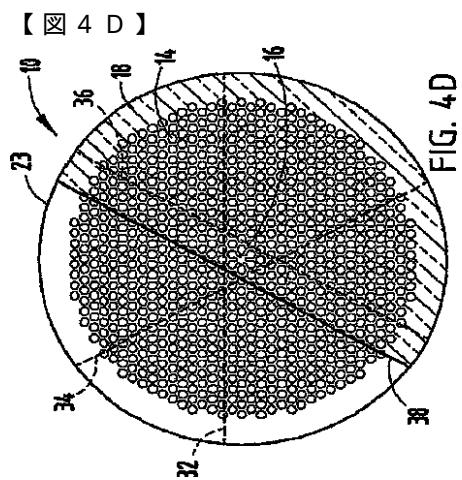
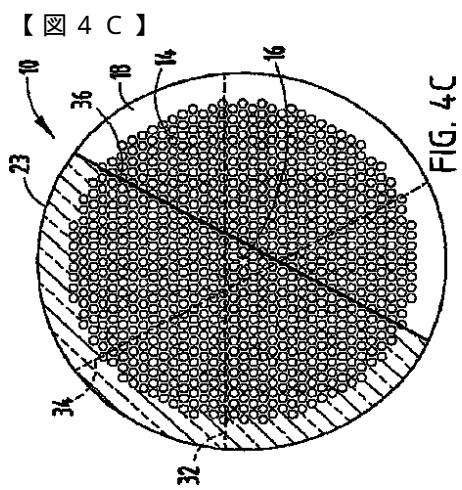
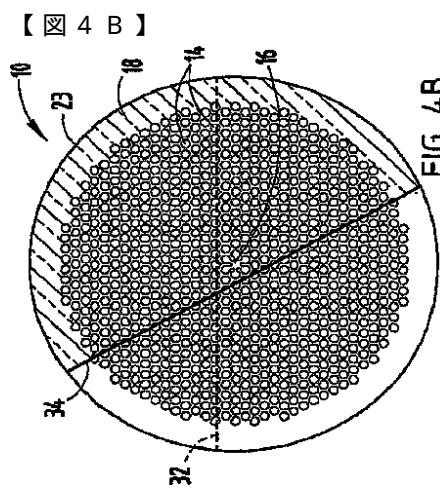
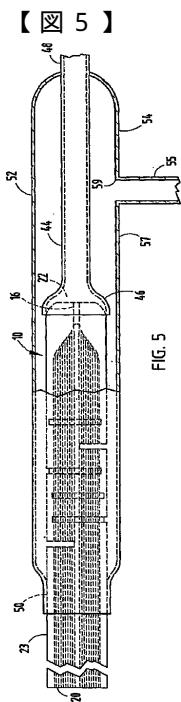
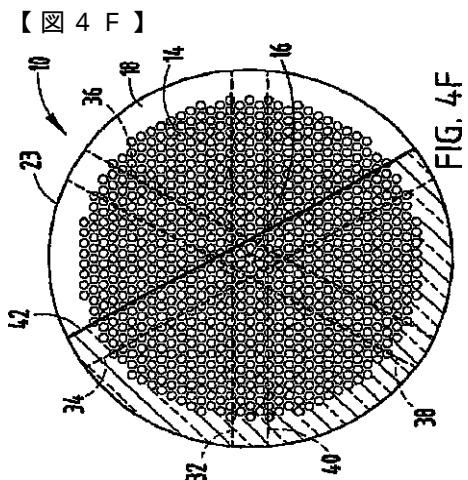


FIG. 4A





フロントページの続き

(72)発明者 ホートフ, ダニエル ダブリュ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14830 コーニング ノース ロード 10427

(72)発明者 マッカーシー, ジョゼフ イー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14801 アディソン ハードスキャップル ロード 75
96

(72)発明者 ヴェンカタラマン, ナテサン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14870ペインテッド ポスト ウッドセッジ ドライヴ
186

審査官 山崎 直也

(56)参考文献 特表2005-529829 (JP, A)
特開2004-339004 (JP, A)
特開2004-238426 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03B 37/00-37/16