

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4808906号
(P4808906)

(45) 発行日 平成23年11月2日(2011.11.2)

(24) 登録日 平成23年8月26日(2011.8.26)

(51) Int.Cl.

F 1

C03C 13/04 (2006.01)

C03C 13/04

C03B 37/018 (2006.01)

C03B 37/018

B

G02B 6/00 (2006.01)

G02B 6/00 356A

G02B 6/00 376Z

請求項の数 14 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-514451 (P2002-514451)
 (86) (22) 出願日 平成13年6月8日 (2001.6.8)
 (65) 公表番号 特表2004-505000 (P2004-505000A)
 (43) 公表日 平成16年2月19日 (2004.2.19)
 (86) 國際出願番号 PCT/NL2001/000433
 (87) 國際公開番号 WO2002/008811
 (87) 國際公開日 平成14年1月31日 (2002.1.31)
 審査請求日 平成20年4月11日 (2008.4.11)
 (31) 優先権主張番号 1015405
 (32) 優先日 平成12年6月9日 (2000.6.9)
 (33) 優先権主張国 オランダ (NL)

(73) 特許権者 503447483
 ドゥラカ ファイバー テクノロジー ベー
 ヴェー
 オランダ国 5651 セーアー アイン
 ドーフェン ズワーンストラート 1 ベ
 ドレイフェンテライン “デ ベク”
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100149700
 弁理士 高梨 玲子
 (74) 代理人 100072051
 弁理士 杉村 興作
 (72) 発明者 デニス ロベルト シモンズ
 オランダ国 5624 アーテー アイン
 ドーフェン ドウ バゼルストラート 3
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単一モード光ファイバーおよび単一モード光ファイバーの製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光伝導性コア部分(4)、前記コア部分(4)を取り囲む内部クラッド部分(3)、および前記内部クラッド部分(3)を取り囲むジャケット部分(1)から構成される単一モード光ファイバーであって、前記コア部分(4)の屈折率が前記クラッド部分およびジャケット部分の領域(3、1)の屈折率より大きく、かつ前記クラッド部分およびジャケット部分の領域(3、1)の屈折率が略等しい単一モード光ファイバーにおいて、前記内部クラッド部分(3)の厚さは3 μm以上であり、前記内部クラッド部分(3)が0.1~8.5重量%の範囲でフッ素をドープされたSiO₂から形成され、これにより前記コア部分(4)がその全断面にわたって圧縮軸方向応力を受けることになり、さらに前記内部クラッド部分(3)はジャケット部分(1)の屈折率に等しい屈折率を得るために屈折率増加ドーパントが供給されることを特徴とする単一モード光ファイバー。

【請求項 2】

前記内部クラッド部分(3)のフッ素の量が0.2~2.0重量%の範囲であることを特徴とする請求項1記載の単一モード光ファイバー。

【請求項 3】

前記ジャケット部分(1)と内部クラッド部分(3)との間に緩衝層(2)があり、前記緩衝層(2)が前記コア部分(4)の屈折率より低い屈折率を有し、かつ前記内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しいことを特徴とする請求項1または2記載の単一モード光ファイバー。

【請求項 4】

前記コア部分(4)と前記内部クラッド部分(3)との間に中間層(5)があり、前記中間層(5)が前記コア部分(4)の屈折率より低い屈折率を有し、かつ前記内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しいことを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項に記載の単一モード光ファイバー。

【請求項 5】

前記ジャケット部分(1)の外側に外部クラッド部分(7)があり、前記外部クラッド部分(7)が内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しい屈折率を有することを特徴とする請求項1～4のうちいずれか1項に記載の単一モード光ファイバー。

10

【請求項 6】

前記内部クラッド部分(3)の厚さは $21\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1～5のうちいずれか1項に記載の単一モード光ファイバー。

【請求項 7】

前記コア部分(4)が0.2～2.0重量%の範囲でフッ素をドープされたSiO₂から形成されることを特徴とする請求項1～6のうちいずれか1項に記載の単一モード光ファイバー。

【請求項 8】

光伝導性コア部分、前記コア部分を取り囲む内部クラッド部分、および前記内部クラッド部分を取り囲むジャケット部分から構成され、前記コア部分の屈折率が前記内部クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率より大きく、かつ前記内部クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率が略等しい、単一モード光ファイバーの製造法であって、ジャケット部分として機能するシリカ基体チューブが1種またはそれ以上の反応性ガスでフラッシュされて、前記内部クラッド部分および前記コア部分をそれぞれ形成し、その後、前記基体チューブをコラプスし、かつ延伸して単一モード光ファイバーにする、単一モード光ファイバーの製造法において、内部クラッド部分(3)が0.1～8.5重量%の範囲でフッ素をドープされたSiO₂から形成され、これにより、前記コア部分(4)がその全断面にわたって圧縮軸方向応力を受けることになり、さらに前記内部クラッド部分(3)はジャケット部分(1)の屈折率に等しい屈折率を得るために屈折率増加ドーバントが供給されることを特徴とする単一モード光ファイバーの製造法。

20

【請求項 9】

前記内部クラッド部分(3)のフッ素量が0.2～2.0重量%の範囲であることを特徴とする請求項8記載の製造法。

【請求項 10】

緩衝層(2)が前記ジャケット部分(1)と前記内部クラッド部分(3)との間に挿入され、前記緩衝層(2)が前記コア部分(4)の屈折率より低い屈折率を有し、かつ前記内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しいことを特徴とする請求項8または9記載の製造法。

【請求項 11】

中間層(5)が前記コア部分(4)と前記内部クラッド部分(3)との間に挿入され、前記中間層(5)が前記コア部分(4)の屈折率より低い屈折率を有し、かつ前記内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しいことを特徴とする請求項8～10のうちいずれか1項に記載の製造法。

40

【請求項 12】

前記ジャケット部分(1)の外側に外部クラッド層(7)を配置し、前記外部クラッド部分(7)が内部クラッド部分(3)およびジャケット部分(1)の領域の屈折率に略等しい屈折率を有することを特徴とする請求項8～11のうちいずれか1項に記載の製造法。

【請求項 13】

前記コア部分(4)および前記内部クラッド部分(3)、および任意に前記外部クラッド部分(7)、前記中間層(5)および/または緩衝層(2)、をPCVD法により形成す

50

ることを特徴とする請求項 8 ~ 12 のうちいずれか 1 項に記載の製造法。

【請求項 14】

前記 P C V D 法がプラズマ導入下で行われることを特徴とする請求項 13 記載の製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明が属する技術分野)

本発明は、光伝導性コア部分、前記コア部分を取り囲む内部クラッド部分、および前記内部クラッド部分を取り囲むジャケット部分から構成され、前記コア部分の屈折率が前記クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率より大きく、前記クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率が略等しい単一モード光ファイバーの製造法に関し、この製造法により、ジャケット部分として使用されるシリカ基体チューブが 1 種またはそれ以上の反応性ガスで内部をフラッシュされて前記内部クラッド部分およびコア部分をそれぞれ形成し、その後、2 層が備わった前記基体チューブをコラプスして延伸し単一モード光ファイバーにする。さらに、本発明は、光伝導性コア部分、前記コア部分を取り囲むクラッド部分、および前記内部クラッド部分を取り囲むジャケット部分から構成される単一モード光ファイバーに関する。 10

【0002】

(従来の技術)

この型の光ファイバーは周知であり、主に遠距離通信技術の分野において利用されている。例えば、欧州特許出願公開第 0127227 号明細書、米国特許第 5,242,476 号明細書、および米国特許第 5,838,866 号明細書を参照のこと。本発明で使用する「単一モード」の用語は、この分野の専門家には一般に知られているので、ここでさらに説明する必要性はない。減衰や分散が低いという特性のために、このような光ファイバーは長距離の、しばしば何千キロメートルもの距離の、データのリンクを形成するのに特に適している。このようなかなり距離にわたって光ファイバーの累積的な信号ロスを最小に維持することは、光信号の伝送を少数の中間増幅ステーションを使用して行なうとする場合、非常に重要である。普通に使用される伝送波長である 1550 nm では、遠距離通信産業にとっては、従来的に、このような光ファイバーにおける全減衰が 0.25 dB/km を超えないことが必要である。 20

【0003】

現在製造されているファイバーは、許容可能な減衰に関するこのような全要求に適合しているかもしれないが、それにもかかわらず、時間が経つと、同じ光ファイバーについてかなり減衰が増加することがしばしば観察される。広範な調査により、この現象は徐々に水素ガスが周囲からファイバー内にしみ出し、その結果ファイバー内に SiH および SiOH のような化合物が形成するためであることがわかった。これらの化合物は、約 1530 および 1385 nm の波長における減衰ピークと共に強い赤外吸収を示す。 30

【0004】

このような水素が誘導する減衰の問題を克服するための解決策は欧州特許出願公開第 477,435 号明細書に開示されている。ここに開示された方法によると、ファイバーの実際的な実施の前にファイバーの全構造的欠陥部位に水素原子を確実に存在させるために、溶融した光ファイバーはその製造過程で既に水素含有ガスに広範に暴露される。しかし、この既知の方法の欠点は、水素誘導減衰の兆候に対応するのみであり、原因に対応するものではない。さらに、この既知の方法は、製造法をかなり複雑にし、使用された水素含有ガスによる製品ファイバーの汚染の付加的な危険をもたらす。 40

【0005】

米国特許第 5,090,979 号明細書に、光ファイバーの製造法が開示されており、これは、純粋な二酸化珪素コア部分、フッ素ドープ二酸化珪素外側層、フッ素ドープ二酸化珪素基体層、および純粋な二酸化珪素キャリヤ層から構成され、前記コア部分の屈折率は前記キャリヤ層の屈折率に略等しい。

【0006】

10

20

30

40

50

米国特許第5,033,815号明細書に、マルチモード型の光ファイバーが開示されており、このファイバーは本発明の単一モード光ファイバーとは実質的に異なる。さらに、この公報からわかるマルチモード光ファイバーは引き続き、 GeO_2 - または Si_2O_3 - ドープコア部分、 F - ドープクラッド部分および任意に備える TiO_2 - ドープジャケット部分を含み、結果として、前記コア部分の屈折率はクラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率より高く、ジャケット部分の屈折率はクラッド部分の屈折率より実質的に低く、屈折率の特徴は本発明の特徴と実質的に異なる。圧縮軸方向応力に関するデータは該公報には開示されていない。

【0007】

欧州特許出願公開第762159号明細書には、分散補償ファイバーが開示されている。
それは、少なくとも10モル%の GeO_2 を含むコア部分、およびクラッド部分から構成され、前記クラッド部分は第1フッ素ドープクラッド部分、第2塩素ドープクラッド部分、および第3塩素またはフッ素ドープクラッド部分から構成される。前記第3クラッド部分のドーピングは延伸時のガラス粘度が純粋な二酸化珪素ガラスの粘度より低く、延伸の間の温度が比較的低くできるように選択される。圧縮軸方向応力に関するデータはこの公報からはわからない。

10

【0008】

(発明が解決しようとする課題)
したがって、本発明の目的は、1550nmの波長において水素により引き起こされる減衰が充分に低く、確実に、その波長における全減衰が最大で0.25dB/kmである単一モード光ファイバーの製造法を提供することである。

20

上記のように、本発明の目的は、内部クラッド部分が0.1~8.5重量%の範囲のフッ素をドープされた SiO_2 から構成され、その結果、コア部分が全断面にわたって圧縮軸方向応力を受けることを特徴とする単一モード光ファイバーの製造法により達成される。

【0009】

(課題を解決するための手段)
本発明者は、ファイバーコアの軸圧縮の存在により、前記欠陥の発生を防止し、その結果、水素誘導減衰を非常に低下させることを提案する。本発明は、ファイバーコアに軸張力が存在することにより二酸化珪素コアに構造的欠陥を形成することが容易になることから、ファイバーコアに軸圧縮を存在させることでこのような欠陥の発生を本質的に回避でき、したがって、水素誘導減衰が実質的に減少することになる。

30

【0010】

(発明の実施の形態)
本発明者は、多くの実験を実施し、プレフォームを形成した。それは、基体チューブの内部表面に、フッ素ドーピングを含む SiO_2 から形成される、酸化珪素の内部クラッド部分、および、内部クラッド部分の屈折率より高い屈折率であり、ファイバーの最終的なコアを形成する酸化珪素の第2ドープ層を提供した。次に、こうして得られたコア部分および内部クラッド部分を形成した基体チューブを熱的にコラプスし、ロッドを形成し、このロッドは最終的に溶融端の一方にて必要なファイバーに延伸される。

40

【0011】

本発明では、内部クラッド部分は、0.1~8.5重量%の範囲で、好ましくは0.2~2.0重量%の範囲で、フッ素でドープされることが好ましい。8.5重量%より多いフッ素ドーピングは、このような層の堆積における問題が生じるため望ましくない。0.1重量%よりフッ素量が少ないと、コア部分において必要な圧縮軸方向応力についての顕著な効果をもたらさない。最大ドーピング2.0重量%は、非常に低い減衰ロスが必要とされる場合に特に好ましい。この減衰ロスはレイリー散乱の増加によりネガティブに影響される。内部クラッド部分の一部は、ファイバーのコア内側を移送される光のための光通路としても機能することを実験は事実として示した。

【0012】

内部クラッド部分におけるフッ素ドーピングの適用によりこの層の屈折率が減少する。ジ

50

ジャケット部分の領域の屈折率に略等しい、低い屈折率に調節するために、この内部クラッド部分には、例えば、 P_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 SnO_2 、 GeO_2 、 N 、または Al_2O_3 、またはこれらの化合物のうちの1つまたはそれ以上の組み合わせ等のいわゆる屈折率増加ドーピング材料が供給される。

【0013】

本発明の方法の態様では、ジャケット部分および内部クラッド部分の間に緩衝層を挿入することが特に好ましい。この緩衝層はコア部分の屈折率より小さい屈折率を有し、かつクラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率に略等しい。

ジャケット部分の光品質が低い場合、つまり、ジャケット部分が不純物を含むことを意味する場合に、このような緩衝層は特に必要である。プレフォームを製造するためのコラプスのための連続的な熱処理およびその次のプレフォームからのファイバーの延伸において、このような不純物は、光ファイバーの光伝導部分に拡散し得る。その結果として、減衰の発生が強められる。したがって、緩衝層の適用は、ファイバーの光伝導部分に不純物が至るのを防止する。

【0014】

本発明の方法の特別な態様は、コア部分と内部クラッド部分との間に中間層を挿入することがこのましい。この中間層はコア部分の屈折率より低い屈折率を持っており、内部クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率に略等しい。単一モード光ファイバーの光伝導はコア部分を直接取り囲む層において部分的に生じる。この層が多くドープされると、高レイリー散乱の効果が顕著になる。しかし、高ドーピングは、必要とされる圧縮軸方向応力下にコア部分をおくために必要とされる。低ドーピングの中間層は起こり得る過剰なレイリー散乱の否定的な効果を防止するために挿入されるのが好ましい。

【0015】

内部クラッド部分は最終ファイバー中で好ましくは3~21マイクロメートルの厚さを有する。

必要な層厚さは層へのドーピングに依存する。試験により、3マイクロメートルより薄い層厚さは、本発明において必要とされる圧縮軸方向応力下にコア部分をおくのに不十分である。内部クラッド部分の最大層厚さの上限は、最終的に光ファイバーに延伸されるプレフォームのプロセス可能性により主に決定される。

【0016】

ある態様において、さらに、1種またはそれ以上のドーピングを有する光伝導性コア部分は0.2~2重量%の範囲のフッ素ドーピングを有する SiO_2 から形成され、この1種またはそれ以上のドーピングによりコア部分が本発明において必要とされる屈折率を確実に有し、このコア屈折率がクラッド部分の屈折率より高く、ドーピングは、例えば、 P_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 SnO_2 、 GeO_2 、 N 、 Al_2O_3 またはこれらの化合物のうち1種またはそれ以上の組み合わせを含むことが要求される。

特別な態様では、コア部分、内部クラッド部分、およびジャケット部分、場合によって設けられる緩衝層および/または中間層から構成されるプレフォームが例えばガラスチューブまたは外部CVD法により形成される層の形態において付加的な層を形成されることが好ましい。

【0017】

本発明では、コア部分および内部クラッド部分、および設ける可能性のある中間層および/または緩衝層の形成は化学蒸着法により行われる。特に、PCVD法、好ましくはプラズマ誘導法により行われる。従来の基体チューブの軸長さは特に直径の何倍も長いので、このような基体チューブの内部表面に材料の均一な層を制御下で堆積することはスパッタ堆積法、レーザーアブレーション堆積法等の従来の堆積法を用いては非常に困難である。PCVDの態様では、使用した化学蒸着は基体チューブの内側表面の全長にわたって首尾よく分布され得る。これにより、内壁に非常に均一な堆積が可能になる。さらに、PCVD法を適用することにより、ドーピングレベルを制御した層の堆積を行いうことが可能になる。これにより、この方法を、コア部分および内部クラッド部分、補助的に設ける可能性

10

20

30

40

50

のある中間層および／または緩衝層の堆積に都合よく利用できる。

【0018】

さらに、本発明は、光伝導性コア部分、前記コア部分を取り囲む内部クラッド部分、および前記内部クラッド部分を取り囲むジャケット部分から構成される単一モード光ファイバーに関する。ここで、コア部分の屈折率は内部クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率より大きく、内部クラッド部分とジャケット部分の領域の屈折率が略等しく、本発明の単一モード光ファイバーは、0.1～8.5重量%の範囲、好ましくは0.2～2.0重量%の範囲のフッ素ドーピングを有するSiO₂で形成され、これによりコア部分がその全断面にわたり圧縮軸方向応力を受けることを特徴とする。

【0019】

特別な態様では、単一モード光ファイバーが、コア部分と内部クラッド部分との間に中間層を挿入され、その中間層がコア部分の屈折率より低い屈折率を有し、内部クラッド部分とジャケット部分の領域の屈折率に略等しくなるように形成されることが好ましい。

さらに、本発明の単一モード光ファイバーの特別な態様では、ジャケット部分および内部クラッド部分との間に緩衝層があると好ましく、この緩衝層は屈折率がコア部分の屈折率より低く、内部クラッド部分およびジャケット部分の領域の屈折率に略等しい。

さらに、ある態様では、ジャケット部分の外側に外部クラッド部分があると好ましい。

【0020】

(実施例)

図1において、単一モード光ファイバー6は、模式的に表されており、該光ファイバー6はプレフォームをコラプスし、これからファイバーを延伸する工程の後に得られる。単一モード光ファイバー6は光伝導性コア部分4と見なすことができる。この光伝導性コア部分4は内部クラッド部分3により取り囲まれてあり、次に内部クラッド部分3はジャケット部分1により取り囲まれている。例えば、基体チューブはジャケット部分として適切である。前記コア部分4の屈折率は内部クラッド部分3およびジャケット部分1の屈折率より大きく、これら後者2つの部分の屈折率は略等しい。図1～6において使用される同じ符号は互いに対応する。

【0021】

図2において、単一モード光ファイバー6の特別な態様を模式的に示す。該単一モード光ファイバー6は、光伝導性コア部分4から構成され、この光伝導性コア部分4は内部クラッド部分3により取り囲まれ、この内部クラッド部分3は緩衝層2により取り囲まれ、この緩衝層2は最後にジャケット部分1により取り囲まれる。このような単一モード光ファイバー6はジャケット部分1としてシリカ基体チューブを使用し、その後、緩衝層2、内部クラッド部分3および最後にコア部分4をそれぞれPCVD法により堆積して、本発明の方法にしたがって製造される。前記各層をシリカ基体チューブ上に堆積した後、サーマルコラプス法を実施し、その後、プレフォームを得、プレフォームからその端部において単一モード光ファイバー6を延伸する。

【0022】

図3において、単一モード光ファイバー6の特別な態様を模式的に示す。この単一モード光ファイバー6は中間層5により取り囲まれたコア部分4から構成され、この中間層5は内部クラッド部分3により取り囲まれ、この内部クラッド部分3は緩衝層2により取り囲まれ、この緩衝層2は最後にジャケット部分1により取り囲まれる。図3に模式的に示されたこの単一モード光ファイバー6は図2において記載したのと同じ方法で製造される。しかし、ある態様では、図3に示された緩衝層2を省略することができる。その結果、内部クラッド部分3はジャケット部分1に直接堆積され、次に内部中間層5および最後にコア部分4が堆積される。ただし、この態様は図示していない。

【0023】

図4において、ジャケット層1は外部クラッド部分7を備える。この外部クラッド層7は図5および6においても適用される。本発明では、0.1～8.5重量%、および好ましくは0.2～2.0重量%の範囲でフッ素により内部クラッド部分をドーピングすること

10

20

30

40

50

により圧縮軸方向応力を单一モード光ファイバーのコア部分に受けさせることにおいて特に特徴がある。

図7に、従来技術における单一モード光ファイバーの半径 r の関数として応力を表すグラフを示す。このファイバーは、GeO₂およびFをドープされたSiO₂から形成されたコア部分およびSiO₂からなる非ドープのクラッド部分から構成される。このコア部分の位置は垂直な点線で示される。したがって、コア部分がポジティブな応力下、すなわち張力下にあることが直ちにわかる。

【0024】

図8に、本発明の单一モード光ファイバーの半径 r の関数として応力を表すグラフを示す。このファイバーはGeO₂およびFをドープされたSiO₂から形成されたコア部分、さらに内部クラッド部分から構成され、これは図5に応じてGeO₂およびFをドープされたSiO₂から形成され、他の部分は非ドープのSiO₂からなる。コア部分の位置は垂直な点線により示され、コア部分は圧縮軸方向応力下にあることが直ちに明確となる。この特性は本発明に必要である。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の单一モード光ファイバーの態様を示す。

【図2】 緩衝層を備えた、本発明の单一モード光ファイバーの特別な態様を示す。

【図3】 中間層を備えた、本発明の单一モード光ファイバーの特別な態様を示す。

【図4】 図1～3にそれぞれ対応するが、これらはジャケット部分が外部クラッド部分を備えている。

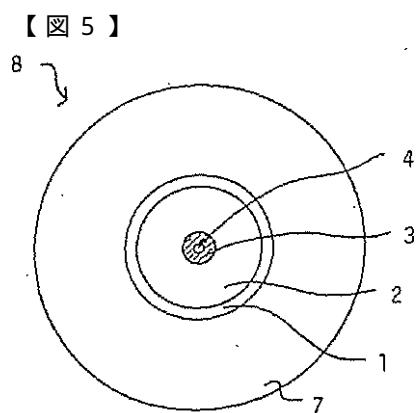
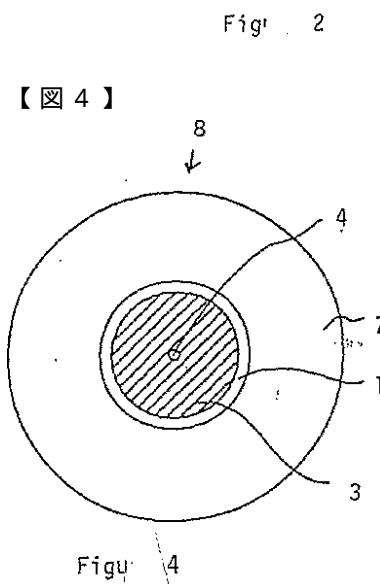
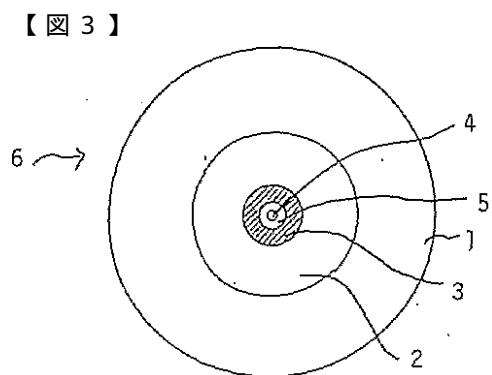
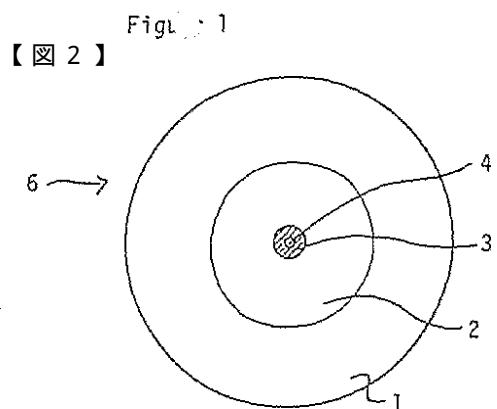
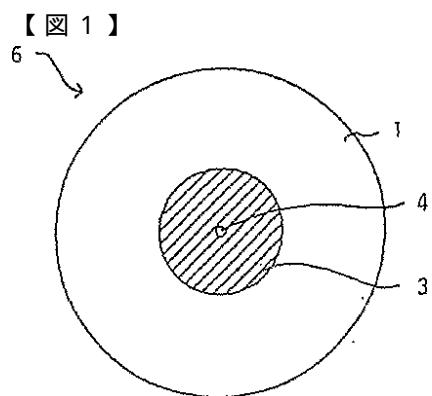
20

【図5】 図1～3にそれぞれ対応するが、これらはジャケット部分が外部クラッド部分を備えている。

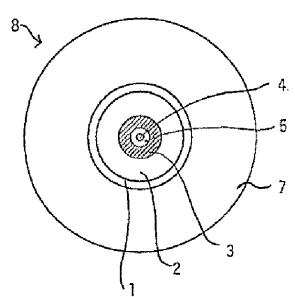
【図6】 図1～3にそれぞれ対応するが、これらはジャケット部分が外部クラッド部分を備えている。

【図7】 従来における張力対ファイバー半径のグラフを示す。

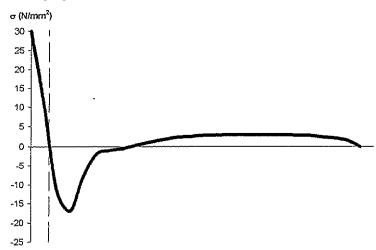
【図8】 本発明の張力対ファイバー半径のグラフを示す。



【図 6】

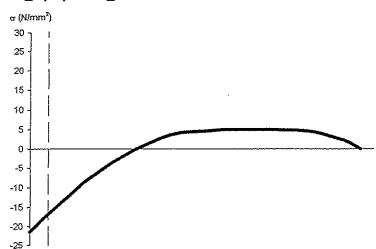


【図7】



Figuur 7

【図8】



Figuur 8

フロントページの続き

(72)発明者 アントニウス ヘンリクス エリサベス ブレエオルズ
オランダ国 6129 エーエム イュルモンド マウリッツラーン 6

審査官 山田 貴之

(56)参考文献 特開昭56-121002(JP, A)
特開昭56-062204(JP, A)
特開平09-127354(JP, A)
特開平04-001706(JP, A)
米国特許第05090979(US, A)
特開昭61-166503(JP, A)
特開2001-002448(JP, A)
特開平09-221335(JP, A)
特開平11-095056(JP, A)
特開昭58-145635(JP, A)
米国特許第04691991(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03B 37/00-37/16

C03C 13/04