

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4065854号  
(P4065854)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月11日(2008.1.11)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 6/02 (2006.01)	GO2B 6/10 C
G02B 6/032 (2006.01)	GO2B 6/20 A
G02F 1/365 (2006.01)	GO2F 1/365
H01S 3/06 (2006.01)	H01S 3/06 B

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2004-7415 (P2004-7415)
(22) 出願日	平成16年1月15日 (2004.1.15)
(65) 公開番号	特開2004-220035 (P2004-220035A)
(43) 公開日	平成16年8月5日 (2004.8.5)
審査請求日	平成16年5月31日 (2004.5.31)
(31) 優先権主張番号	10/342793
(32) 優先日	平成15年1月15日 (2003.1.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	302003314 フルカワ エレクトリック ノース アメリカ インコーポレーテッド アメリカ合衆国 30071 ジョージア, ノアクロス, ノースイースト エクスプレスウェイ 2000
(74) 代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫
(74) 代理人	100085176 弁理士 加藤 伸晃
(74) 代理人	100106703 弁理士 産形 和央
(74) 代理人	100096943 弁理士 白井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】充填されたコア光ファイバおよび充填されたコア光ファイバを作る方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

コアが充填された光ファイバであって、

光学活性材料で充填されたコア領域と、前記コア領域を囲む高い屈折率のクラッド・リングとを含む中央領域であって、第1の端部終端および前記第1の端部終端に対向する第2の端部終端を有するものとして規定される中央領域と、

前記高い屈折率のクラッド・リングのテープ形成されたセクションからなるコア領域を含み、前記中央領域の前記第1の端部終端に結合された第1の結合領域と、

前記高い屈折率のクラッド・リングのテープ形成されたセクションからなるコア領域を含み、前記中央領域の前記第2の端部終端に結合された第2の結合領域とを備えるコアが充填された光ファイバ。

## 【請求項 2】

前記光学活性材料が、液体材料を含む請求項1に記載のコアが充填された光ファイバ。

## 【請求項 3】

前記光学活性材料が、固体材料を含む請求項1に記載のコアが充填された光ファイバ。

## 【請求項 4】

前記第1の結合領域の高い屈折率のコア領域を、前記高い屈折率のクラッド・リングに結合する第1のテープを含む、前記第1の結合領域と前記中央領域との間に配置された第1の遷移領域と、

前記高い屈折率のクラッド・リングを、前記第2の結合領域の高い屈折率のコア領域に

10

20

結合する第2のテープを含む、前記中央領域と前記第2の結合領域との間に配置された第2の遷移領域とをさらに備える請求項1に記載のコアが充填された光ファイバ。

【請求項5】

前記第1および第2のテープが、各遷移領域を横切る本質的に低損失なモード・フィールド展開を維持するように断熱的テープを備える請求項4に記載のコアが充填された光ファイバ。

【請求項6】

コアが充填された光ファイバを作る方法であって、

第1の端部終端および前記第1の端部終端に対向する第2の端部終端を有し、かつ中空コア領域を囲む高い屈折率のクラッド・リングを含むものとして規定される、中空コア・ファイバを提供する工程と、

前記中空コア領域の一部に、光学活性材料を充填する工程と、

前記光学活性材料を封入し、かつ各端部終端において前記クラッド・リングをテープ状に潰して高い屈折率の固体コア領域を形成するように、前記中空コア・ファイバの前記第1および第2の端部終端を潰す工程とを含む方法。

【請求項7】

前記中空コア・ファイバは前記クラッド・リングの外側にクラッド層を含み、前記潰す工程を実行する際に、前記第1の端部終端における前記固体コア領域と前記クラッド層との間に第1の遷移領域を形成し、前記クラッド層と前記第2の端部終端における前記固体コア領域との間に第2の遷移領域を形成するために、前記コア領域が充填された光ファイバが潰される請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記第1および第2の遷移領域が、各遷移領域を横切る本質的に低損失なモード・フィールド展開を維持する断熱的遷移領域を含む請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、充填されたコア光ファイバ構造に関し、より詳細には、標準な光伝送ファイバに容易に結合することができるよう、光学的に活性な材料で充填された中空コア・ファイバ、およびそのようなファイバを作る方法に関する。

【背景技術】

【0002】

中空コア光ファイバは、それらに関する様々な用途が開発された近年においてより普及した。例えば、中空コア光ファイバは、液晶材料で充填されることができ、次に、電気制御可能な長周期ファイバ格子として使用される。例えば、Y. Jeong他、「Electricaly Controllable Long-Period Liquid Crystal Fiber Gratings」、IEEE Photonics Technology Letters、Vol. 12、No. 5、2000年5月、pp. 519以下参照。そのようなファイバは、所望の活性材料を含むように充填されたコア領域を除き、普通の伝送ファイバと同一の不可欠な構造を有する。Y. Jeong他によって記載された構成において、液晶コア・ファイバは、毛管作用を用いて、中空コア・ファイバをネマチック液晶材料で充填することによって形成される。シリカ・コア伝送ファイバと液晶充填ファイバとの間の屈折率整合は、これらの2つの間に低い屈折率のネマチック液晶材料を使用することによって達成される。

【0003】

中空コア・ファイバの他の用途において、2フォトン・ポンプ・レーザが、レーザまたはスーパーラジアンス作用を引き起こす特定の染料材料で充填された中空コア・ファイバを使用することによって形成される。例えば、G. S. He他、「Two-photon-pumped cavity lasing in a dye-solution-filled hollow-fiber system」、Optical Lett

10

20

30

40

50

ers、Vol. 20、No. 23、1995年12月1日、pp 2393以下参照。He他によって議論された特定のレーザ構造において、中空ファイバの内径は、100 μmであり、ファイバの2つの開放端部は、それぞれファイバのコアに使用された同じ染料溶液で充填された、2つの同一の液体結合セルに浸される。各結合セルは、液体充填ファイバ外への結合およびシステムの残り内への結合を提供するために、光学ウインドウをさらに含む。

#### 【0004】

1980年5月6日にGeddes他に発行された米国特許第4201446号に開示されるように、液体コア光学ファイバは、温度を測定するためにも使用された。Geddes他の構成において、液体コアの屈折率が温度とともに変化する液体コア・ファイバが開示されている。したがって、液体コア光学ファイバが通過する物質の温度は、ファイバの端部から伝送された光出力の最大角度から測定することができます。Geddes他の液体コア・ファイバは、その後、温度感受性液体で充填される透明毛細管を備える。その毛細管は、次に、従来のマルチモード・ファイバに直列に接続される。毛細管の使用が、毛細管とマルチモード・ファイバとの間の境界での反射を引き起こすことが知られている、この方法で達成されることがある光学結合の角度に関しては、Geddes他には何ら議論されていない。

#### 【0005】

光学活性材料（すなわち、材料の光学特定が、強い光ビームの通過および外部電界の印加を含む様々な手段によって変更されることができる）を中空コア・ファイバへ組み込む能力は、多くの可能性のある利点がある。例えば、高い光学非線形性を有する材料は、より小型でより低い電力の光学デバイスを可能にするために使用されることができる。コア充填されたファイバを充填しあつ密封するための様々な従来技術の方法は、ほとんどの光学システム適用に関しては実際的ではないことが断言される。特に、活性コア材料は、ファイバ内部で密封されず、密封は、市販デバイス適用のために実際に必要である。さらに、コア充填された光ファイバ内への光結合、およびコア充填された光ファイバ外への光結合の低損失方法は知られていない。

【非特許文献1】Y. Jeong他、「Electrically Controllable Long-Period Liquid Crystal Fiber Gratings」、IEEE Photonics Technology Letters、Vol. 12、No. 5、2000年5月、pp. 519

【非特許文献2】G. S. He他、「Two-photon-pumped cavity lasing in a dye-solution-filled hollow-fiber system」、Optical Letters、Vol. 20、No. 23、1995年12月1日、pp 2393

#### 【特許文献1】米国特許第4201446号

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

従来技術において残っているこれらの問題および他の問題は、充填されたコア光ファイバ構造に関し、より詳細には、標準の光学伝送ファイバへ容易に結合することができるそのような構造を作る方法に関する本発明によって対処される。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本発明によれば、活性コア材料は、中空コア・ファイバのセクションにまず導入され、ファイバは、中空コアを囲む高い屈折率のクラッド・リングを備えるように形成される。活性コア材料は、通過する信号の光学特性を変更する機能をする液体であることができるが、それに限定されない。コアが、所望の量の活性材料で充填されると、ファイバの端部分（活性材料を含まない）は、高い屈折率クラッド・リングが、コア充填されたファイバ・セクションのどちらかの側に高い屈折率コアを形成するために圧縮され、所望のファイ

10

20

30

40

50

バのセクション内で活性材料を本質的に“はさみ”および密封してシーリングするように潰される。

#### 【0008】

好ましい実施形態において、潰すプロセスが実行され、最終的なファイバ構造は、高い屈折率リング材料が高い屈折率コア領域を形成する反対側端部を含み、高い屈折率リングが、中央のコア充填されたファイバ・セクションに対して断熱的に外側にテーパ形成される遷移領域が続く。断熱的な遷移は、高い屈折率コア領域から高い屈折率リングへの、低損失モードの展開を可能にする。

#### 【0009】

高い屈折率コア領域を含む潰されたファイバ・セクションは、次に、標準の伝送ファイバへ容易に結合される（溶融スプライシングなどの通常の従来技術）ことができ、したがって、コア充填されたファイバへの結合およびコア充填されたファイバ外への結合のための低損失構成を形成することは、本発明の一態様である。さらに、潰された終了点は、密封シールを提供し、コア材料（ほとんどの場合において液体）が、コア充填されるファイバ・セクション内に配置されたままであることを確実にする。

#### 【0010】

本発明の他またはさらなる特徴および利点は、添付の図面を参照して以下の記載の間で明らかになろう。

#### 【0011】

同様の符号がいくつかの図面で同様な部品を示す図面を参照する。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0012】

図1は、本発明により、活性コア材料で充填されかつその後シールされるように処理されることができる、中空コア・ファイバ10の例示的な断面を示す。示されるように、中空コア・ファイバ10は、中空コア14を囲む高い屈折率クラッド・リング12を含み、外側クラッド層16が、高い屈折率クラッド・リング12を封入するために形成される。外側クラッド層16は、クラッド・リング12の屈折率より低い屈折率を有する。例えば、中空コア14の一般的な径は5μmであり、高い屈折率クラッド・リング12の一般的な幅は4μmであり、高い屈折率クラッド・リング12と外側クラッド層16との間の一般的な屈折率差は、ほぼ0.005である。ゲルマニウムでドープされたシリカまたはシリカなどの様々な従来の材料は、それぞれ高い屈折率クラッド・リング12および外側クラッド層16を形成するために使用することができる。例示的な中空コア・ファイバは、他の類似する幾何形状を含むことができ、特に追加のクラッドおよび外側保護層を含むことができる。本発明の目的のために、中空コア14および高い屈折率クラッド・リング12を含むことは、不可欠であると考えられる。

#### 【0013】

図2は、図1のファイバ10の切断側面図を含み、コア14に、ファイバの光学パラメータを修正するために使用される活性材料20、例えば液体が充填される。材料20は、吸い込み圧力または毛管作用を用いて、または圧縮空気または不活性ガスを用いる中空コア内へ材料を強制することなどによって、任意な適切なプロセスを使用してファイバ10へ導入することができる。他の適切なプロセスは、中空コア14を固体材料で充填するために使用される。材料20の特定の組成は、本発明の製造プロセスには関連がない。材料20が導入されると、本発明により、ファイバ10は、ファイバ10内に材料20を捕らえ、かつ固体コア領域を形成するように高い屈折率のクラッド・リング12の外側部分を低減するために潰される。

#### 【0014】

図3は、この潰す操作が実行された後のファイバ10を示す。加熱プロセスが、この機能を実行するために、使用され、かつファイバ10の端部セクション22および24に加えられることができる。例示的なプロセスにおいて、ファイバ10が、両側でテーパ形成されかつ潰されるように、タンクステン・フィラメントなどの熱源が、端部セクション2

10

20

30

40

50

2 および 2 4 に沿って可変電力で動かされる。例として、熱源は、20 . 5 W の最大電力で 7 mm の距離にわたって動かされる。示されるように、潰すプロセスは、高い屈折率のクラッド・リング 1 2 が、第 1 の高い屈折率のコア領域 2 8 を形成するために潰される第 1 の端部結合セクション 2 6 を結果として形成する。同様に、高い屈折率のクラッド・リング 1 2 が、第 2 の高い屈折率のコア領域 3 2 を形成するために潰される第 2 の端部結合セクション 3 0 が成される。本発明の好ましい実施形態において、潰すプロセスが、第 1 の結合セクション 2 6 とファイバ 1 0 の中央領域 3 6 との間に断熱的にテープ形成されたセクション 3 4 を形成し、かつ第 2 の結合セクション 3 0 と中央領域 3 6 との間に同様の断熱的にテープ形成されたセクション 3 8 を形成するように実施される。これらの断熱的にテープ形成された遷移領域 3 4 および 3 8 は、活性材料 2 0 で部分的に充填することができ、したがって、潰すプロセスの間にファイバ内に存在する任意のガスの気泡を含むこともある。しかしながら、断熱的な遷移を形成するために潰すプロセスを制御することによって、第 1 の高い屈折率のコア 2 8 内を伝播する光のモード・フィールドは、信号が、領域 2 6 および 3 4 を通り中央領域 3 6 へ伝播するときに低い損失で展開する。同様に、中央領域 3 6 と第 2 の高い屈折率のコア 3 2 との間の領域 3 8 における断熱的なテープの存在は、光信号が活性材料 2 0 を出ると、低損失モード展開を有効に導く。

#### 【 0 0 1 5 】

図 4 は、伝送ファイバの別個のセクション 4 0 および 4 2 に従来のように結合される、図 3 の潰されたファイバ・セクション 1 0 を示す。溶融スプライシングは、従来技術で良く知られている例示的なプロセスであり、このプロセスは、両端部で平坦な表面を提供するためにファイバ 1 0 を割った後、ファイバ 1 0 をファイバ・セクション 4 0 および 4 2 に接続するために使用することができる。本発明の好ましい実施形態において、ファイバ 1 0 が潰されたときに、高い屈折率のコア領域 2 8 および 3 2 の径は、それぞれファイバ 4 0 のコア領域 4 4 およびファイバ 4 2 のコア領域 4 6 を本質的に整合するように、高い屈折率のリング 1 2 の幅が選択される。したがって、この整合は、ファイバ・デバイス 1 0 内への光信号、およびファイバ・デバイス 1 0 外への光信号の比較的有効な低損失結合を提供する。さらに、潰されたファイバ・セクション 1 0 に存在する結果としての対称性は、信号が、第 1 の結合領域 2 6 から中央領域 3 6 を通って伝播し、かつ第 2 の結合領域 3 0 を通って出るときに、低い偏光依存性が信号に導入されることを確実にする。

#### 【 0 0 1 6 】

上述の中空コア・ファイバの適用の 2 つの特定の例が議論された。第 1 の例において、内部にシールされた高い非線形材料を有する中空コア・ファイバは、小型の光スイッチとして作用することができ、光スイッチは、さらに、比較的低光電力レベルが、スイッチング動作のために使用することができる。そのような高い非線形材料は、非線形係数  $n_2$  を有するカルコゲニドを含み、その非線形係数  $n_2$  は、一般に、シリカの強度より 2 から 3 のオーダーで大きい。光学位相シフトは、光が非線形材料を通して伝播するときに、結果として自己位相変調を引き起こす。この位相シフトは、 $\phi = (2 \pi L / \lambda) n_2 I$  によって定義され、ここで  $L$  は、非線形材料を含むファイバの長さであり、 $I$  は、伝播光の光強度であり、 $\lambda$  は波長である。 $n_2$  は、シリカに関する係数よりカルコゲニドに関する係数の方がかなり大きいので、位相シフトは、上述の式から分かるように、ファイバのより短い長さとより低い電力レベルとの組み合わせを用いて導かれることができる。光スイッチは、Mach - Zehnder 干渉計または Sagnac 干渉計を含む、多数の構成で非線形材料を含む中空コア・ファイバで構成されることができる。

#### 【 0 0 1 7 】

第 2 の例は、液晶などの電気的に切り換え可能な材料を含む中空コア・ファイバを含む。そのようなデバイスは、例えば変調器として使用することができる。ファイバ・コアを横切って印加された電界は、材料の屈折率における変化を生成する。クラッド・リング 1 2 の屈折率の値から、印加された電界が強度変化したときにより低い値に変化する屈折率を有する材料を選択することによって、ファイバを伝播する光学フィールドの分布は、主に充填されたコアからクラッド・リング 1 2 へ変化する。充填材料とクラッド・リング

12との吸収係数が異なるなら、光学フィールドは、印加された電界に応じて異なる程度で減衰される。

**【0018】**

本発明の特徴および利点は、前述の記載で示されているが、開示は例示だけであり、添付の特許請求の範囲内に留まる一方、変更は、デバイスおよびデバイスを作る方法の両方になされることは理解されるであろう。

**【図面の簡単な説明】**

**【0019】**

【図1】本発明により活性材料で充填されかつシールされることができる、中空コア光ファイバ断面の斜視図の例を含む図である。

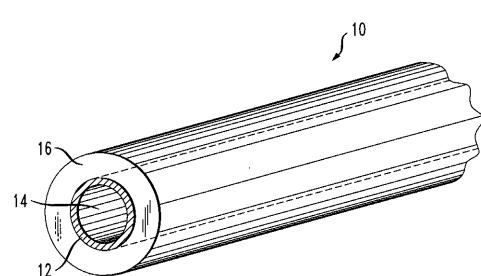
10

【図2】液体または固体などの活性コア材料で充填された、図1の中空コア・ファイバ・セクションの切断側面図を示す図である。

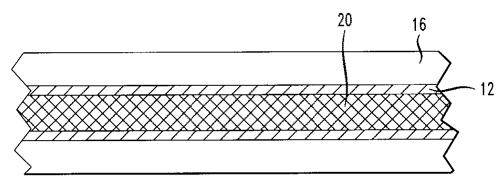
【図3】活性コア材料をシールし、かつ高い屈折率端部コア領域を形成するためにその後に潰される、図2の活性コア充填ファイバ・セクションを示す図である。

【図4】従来の光伝送ファイバの例示的なセクションに取り付けられた、図3の潰されたファイバ・セクションを示す図である。

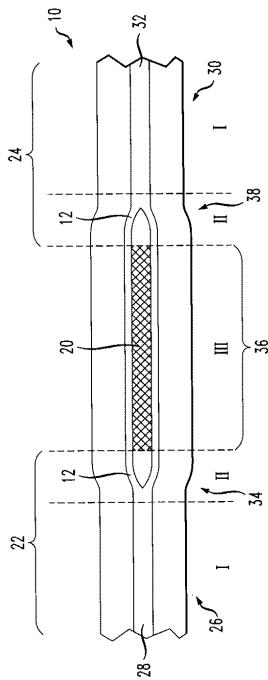
**【図1】**



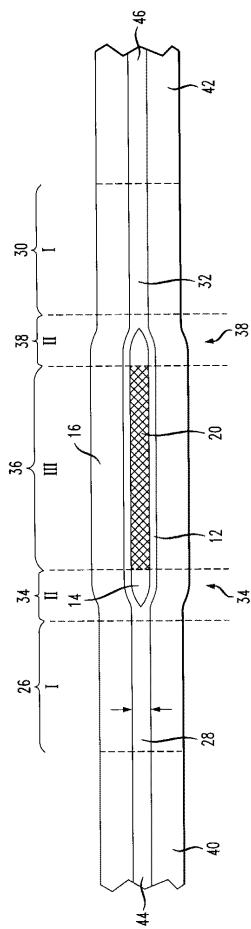
**【図2】**



**【図3】**



【図4】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100091889  
弁理士 藤野 育男  
(74)代理人 100101498  
弁理士 越智 隆夫  
(74)代理人 100096688  
弁理士 本宮 照久  
(74)代理人 100102808  
弁理士 高梨 憲通  
(74)代理人 100104352  
弁理士 朝日 伸光  
(74)代理人 100107401  
弁理士 高橋 誠一郎  
(74)代理人 100106183  
弁理士 吉澤 弘司  
(72)発明者 アクヘーレッシュ アベラック  
アメリカ合衆国 08873 ニュージャーシィ, サマーセット, レラー レーン 29ジー  
(72)発明者 ベンジャミン イーグルトン  
アメリカ合衆国 07901 ニュージャーシィ, サミット, オープレイ ストリート 17  
(72)発明者 クリフォード ヘッドレイ  
アメリカ合衆国 08822 ニュージャーシィ, フレミントン, アバーディーン サークル 1  
7  
(72)発明者 アップス - サミ マリック  
アメリカ合衆国 08873 ニュージャーシィ, サマーセット, ロイヤル コート 215  
(72)発明者 スチーヴァン ウィーランディ  
アメリカ合衆国 08844 ニュージャーシィ, ヒルズボロー, ヴァリノア ロード 30

審査官 和田 将彦

(56)参考文献 特開平05-005909(JP, A)  
特開平11-038256(JP, A)  
特開昭49-060492(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 6 / 00 - 6 / 54  
J S T 7 5 8 0 ( J D r e a m 2 )  
J S T P l u s ( J D r e a m 2 )